

[ 외 표 지 ]

<http://rri.ekr.co.kr>

# 영산강 하구둑 구조개선사업

## 최적방안 수립 연구

---

A Study on the Optimal Improvement Plans of the  
Structure for Young-San River Estuary Dyke

---

2008. 12.



농림수산식품부



한국농촌공사

[ 의 표 지 - 측 면 ]

↑  
2.5cm

↓

영  
산  
강  
하  
구  
독

구  
조  
개  
선  
사  
업

최  
적  
방  
안

수  
립

연  
구

2  
0  
0  
8

12

농  
림  
수  
산  
식  
품  
부  
한  
국  
농  
촌  
공  
사

↑  
1cm  
↓

[ 외 표 지 - 후 면 ]



농림수산식품부



한국농촌공사



[ 내 표 지 ]

# 영산강 하구둑 구조개선사업

## 최적방안 수립 연구

---

A Study on the Optimal Improvement Plans of the  
Sturcture for Young-San River Estuary Dyke

---

2008. 12.



농림수산식품부



한국농촌공사



# 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “영산강 하구둑 구조개선사업 최적방안 수립 연구”의 최종보고서로 제출합니다.

2008년 12월

연구기관명 : 한국농촌공사 농어촌연구원

농어촌연구원장 임 종 완

생산자원연구소장 안 영 태

연구책임자 김 영 화

연구원 김 현 태

전 상 옥

한 상 필

정 해 원



# 요 약 문

1. 연구과제명 : 영산강 하구둑 구조개선사업 최적방안 수립 연구

2. 연구기간 : 2008. 05 ~ 2008. 12(최종)

3. 연구의 필요성 및 목적

## 3.1 연구의 필요성

- 최근 영산호 내수위가 건설당시('76) 설계홍수위를 초과하는 등 기상요인의 여건변화로 배수갑문 확장 필요성 대두
- 국토해양부, 지속가능발전위원회 등에서 배수갑문 확장, 하구둑 통합관리 체계 등 영산강 하구둑 구조개선에 대한 필요성 제기
- 전남도에서 영산호 수질을 농업용수 수질기준 이상 요구, 통선문 및 하구둑 생태경관개선 및 배수갑문확장 사업 추진 요구
- 영산강섬진강수계관리위원회·국립환경과학원 영산강물환경연구소에서 어류 생물 다양성 확보를 위해 어도설치 타당성 조사 실시
- 시설물의 이·치수 고유기능을 유지하면서 재해 예방기능 강화, 호내수질 개선, 생태경관개선 등 종합적인 구조개선 필요

## 3.2 연구의 목적

- 집중호우 등 이상기후 대비 재해방지 능력 강화, 양질의 용수공급을 위한 담수호 수질개선, 하구 건전성 회복을 위한 하구생태개선, 관광자원으로 활용하기 위한 다기능 하구둑 경관개선 등 종합적인 구조개선 방안 마련 및 예비타당성 기초자료 제공

4. 연구내용 및 결과

## 4.1 연구내용

- 영산강 유역 재해대책
  - 영산강 유역 수문분석
  - 영산강 유역 이·치수 대책에 대한 분석
  - 홍수량 분석을 통한 배수갑문 확장 검토

- 영산강 유역 수질분석
  - 환경부 및 사업단 측정망 자료를 이용한 수질현황 분석
  - 호내 수질개선대책 검토
- 영산강 하구둑 생태경관개선 방안
  - 영산강 하구둑 어도 기본 설계
  - 영산강 하구둑 통선문 기본 설계
  - 친환경 공간조성 및 생태환경개선 방안 검토
  - 하구둑 경관개선 등 다기능 활용 모델 검토
- 영산강 하구둑 구조개선사업 모델 개발 및 기본 계획
  - 영산강 하구둑 구조개선사업 모델안 제시
  - 하구둑 구조개선 공종별 기본설계 및 표준단면도 작성
  - 하구둑 구조개선 공종별 사업비 산출
- 영산강 하구둑 구조개선에 따른 사회·경제적 효과 분석
  - 영산강 하구둑 구조개선사업 경제성 및 정책적 분석

## 4.2 연구결과

### 4.2.1 재해대책

#### 가. 국토해양부 치수대책 검토 결과

- 농업용저수지 치수능력 증대(4개댐 승상), 천변저류지(1개소), 홍수조절지(2개소)를 신설 설치하여 영산강 유역 홍수량  $8,310\text{m}^3/\text{s}$  중  $1,300\text{m}^3/\text{s}$ 를 저류
- 영산호 배수갑문 확장  $240\text{m}(240\rightarrow 480\text{m})$ , 영암호 배수갑문 확장  $330\text{m}(80\rightarrow 410\text{m})$ , 영산-영암호 연락수로 확장  $125\text{m}(15\rightarrow 140\text{m})$ , 연락수로 제수문 2개소(영암호, 금호호) 설치 등을 통해 영산강 하구둑의 설계홍수위 조절( $\text{EL.}+2.30\rightarrow 1.64\text{m}$ )

#### 나. 영산강 유역 홍수량 분석

- 영산호 유역 홍수량  $8,310\text{m}^3/\text{s}$ 중 상류저류량  $1,300\text{m}^3/\text{s}$ 를 제외한  $7,010\text{m}^3/\text{s}$ 를 영산호 하류에서 처리, 이중 연락수로  $2,300\text{m}^3/\text{s}$ 를 제외한  $4,710\text{m}^3/\text{s}$ 가 배수갑문 배제량



<그림 1> 영산강 물수지 분석

#### 다. 배수갑문확장에 따른 통수능력 검토

- 물수지기법 및 한국농촌공사 기술프로그램인 Gate-pro v2.90을 활용하여 배수갑문확장에 따른 통수능력을 검토

##### 1) 영산호 배수갑문확장에 따른 통수능력 검토

- 4개의 Case에 대해 영산호 배수갑문확장규모 결정을 위한 통수능력을 검토한 결과, 100년 빈도 홍수량(8,310m<sup>3</sup>/s)이 그대로 영산호에 유입시 현재 배수갑문폭의 경우 내수위 상승이 EL.+ 2.7m이며, 배수갑문폭이 480m일 경우 EL.+ 2.30m
- 상류 홍수 저감시설 설치후 홍수 유입량(7,010m<sup>3</sup>/s)일 경우 현재 배수갑문폭의 경우 내수위 상승이 EL.+ 2.48m이며, 배수갑문 폭이 480m일 경우 EL.+ 2.29m

##### 2) 영암호 배수갑문확장에 따른 통수능력 검토

- 현재 영암호 배수갑문(80m)의 통수능력 검토 결과 홍수 유입량 1,480m<sup>3</sup>/s의 경우 최대 수위는 EL.+ 0.119m로 영암호 계획홍수위 0.23m에 비해 0.11m만큼 여유가 있음

##### 3) 영산-연락수로-영암호 연계운영시 통수능력 검토

- 영산호 유입량 7,010m<sup>3</sup>/s, 영암호 유입량 1,480m<sup>3</sup>/s, 영산-영암 연락수로 140m로 확장하고, 영산호 배수갑문 480m, 영암호 배수갑문 410m로 확장시

통수능력을 검토한 결과, 영산호 최고내수위는 1.73m, 영암호 최고내수위는 0.13m로 조사되었는바, 당초 영산호 계획홍수위 EL.+1.64m보다 영산호의 경우 8.6cm 높았으며, 영암호는 계획홍수위 EL.+0.23m보다 9.6cm 낮은 것으로 나타나 영산·영암호 배수갑문 및 연락수로 확장 폭이 적정한 것으로 판단

**라. TM/TC 및 홍수에·경보시스템**

- 영산강 하구둑의 물관리자동화시스템은 원격감시(TM) 및 원격제어(TC) 장치를 설치하여 신설되는 배수갑문 관리소에서 지구내의 전반적인 이·치수 상황 및 수질측정장치를 연계운영토록 계획
- 영산·영암호 배수갑문, 영산-영암연락수로 및 제수문 등 종합적인 물관리가 가능하도록 계획하였고, 홍수관리 및 예경보는 영산강홍수통제소와 연계 운영토록 계획

**4.2.2 수질개선 대책**

**가. 영산호 수질현황 분석 결과**

- T-N과 T-P는 V등급에서 등급외 수준으로 수질개선 대책이 필요
- 환경부에서 상류측 및 비점오염원에 대한 수질개선 대책을 수립하여 추진하고 있으나 농경지 및 하류 대책은 미흡

항목	BOD	COD	T-N	T-P	SS	Chl-a
수질	1.6	4.9	3.399	0.119	8.5	3.6
등급	Ib	III	등급외	VI	III	-

**나. 퇴적량 분석 결과**

- 구간별 퇴적량을 산정하기 위해 영산호 23.43km를 중심부를 따라 3~4km 간격으로 7개 구간으로 분할 1978~2007년까지 퇴적량 분석 결과

<표 1> 기간별 영산호의 퇴적량

기간(년)	1978 <sup>1)</sup> ~1988	1988 <sup>2)</sup> ~1997	1997 <sup>2)</sup> ~2007	1978~2007 <sup>3)</sup>
퇴적량(천m <sup>3</sup> )	45,158	8,448	21,605	75,211

주 : 1) 영산강 하상변동조사보고서(1998)  
 2) 영산강 하천정비 기본계획에서 실시한 횡단측량자료(1989, 1998)  
 3) 영산호 수질개선 타당성 조사를 위한 연구(2007)

<표 2> 구간별 영산호의 퇴적량

구간	A	B	C	D	E	F	G	계
퇴적량(천m <sup>3</sup> )	18,533	25,321	12,180	6,757	6,148	4,464	1,808	75,211

**다. 상류유역 수질개선대책 분석 결과**

**1) 상류유역 환경부 수질관리 목표치**

- 생물화학적 산소요구량(BOD<sub>5</sub>) 기준으로 영산강 상류유역 본류 7개지점에 대해 Ⅱ~Ⅲ등급 수준의 수질 관리 목표치 설정

**2) 상류유역 수질개선대책 현황 분석 결과**

- 환경부 물환경관리기본계획 및 4대강비점오염원관리종합대책, 전라남도 수질관리 종합계획

<표 3> 영산강 유역 수질개선대책

개발사업	주요내용
물환경관리기본계획	2006~2015년까지 생태적으로 건강한 하천과 유해물질로부터 안전한 물환경 조성 목표로 주요지표에 대한 기준치 설정
4대강 비점오염원 관리 종합대책	2004~2020년까지 수질오염부하의 22~37% 이상을 차지하는 비점오염원 관리를 통해 4대강 물관리종합대책의 목표수질 달성
전라남도 종합계획	2008~2020년까지 건강한 환경과 쾌적한 남도라는 목표로 자연생태계 보전·복원 및 참여와 협력에 의한 환경관리

**라. 호내 수질개선대책**

**1) 호내 수질개선 목표치 설정**

- 호내 수질개선 목표치는 환경부 및 지자체에서 상류유역의 수질을 목표 수질까지 개선하는 조건으로 단계별 호내 수질개선 목표치 설정

<표 4> 영산호 수질개선 목표치 설정

항 목	목표수질		사유
	1단계	2단계	
COD	Ⅲ	Ⅱ	- 환경부 및 전남도 Ⅱ급수 요구 - 상류 관리조건에 따라 호내 수질 관리
T-N	Ⅲ	Ⅱ	
T-P	Ⅲ	Ⅱ	

## 2) 호내 수질개선대책

- 수질개선 대책으로 환경부 물환경관리기본계획에 따른 상류대책 추진상황을 고려 호내 수질개선대책을 Ⅲ급수 목표로 설정시 배후농경지 20,700ha에서 유입되는 유출수의 수질개선을 위해 저층수배제시설, 부유쓰레기수거선 및 Rope댐, 인공습지, 침강지 설치

<표 5> 영산호 수질개선 대책

대책	목표수질	대 책	비 고
1단계	Ⅳ	부유쓰레기제거	로프댐 및 제거선
		저층수배제시설	D=2.2m, L=2km(4조)
		자동관측시설	5개소
2단계	Ⅲ	침강지	200ha
		인공습지	145ha

### 4.2.3 생태경관개선

#### 가. 어도

- 현행 통선문식 어도는 통선문 목적으로 설치되어 어류소상 시간을 충분히 제공하지 못하고, 회유성어종(칠성장어 등)은 소상이 곤란
- 영산강 하구의 서식어종 중 뱀장어, 방어, 송어, 망둑, 꺾정이 어종 대상으로 자연형수로식 어도를 설치
- 어류의 이동 및 은신처, 산란처 제공을 위한 소, 여울, 자갈밭 등을 친환경적으로 조성하며, 어류이동 관찰실 및 전시장 등을 계획

#### 나. 통선문

- 현행 30ton급 소형선박이 통과할 수 있도록 설치되어 있으나, 향후 관광 및 레저, 서남해안 개발 등에 따른 지역사회 여건변화에 대처 곤란
- 신설 통선문은 2,500톤급(관광유람선) 선박통행이 가능하게 설치하여 레저, 관광 및 차후 물류운송 등을 고려 대형선박이 통과할 수 있도록 계획

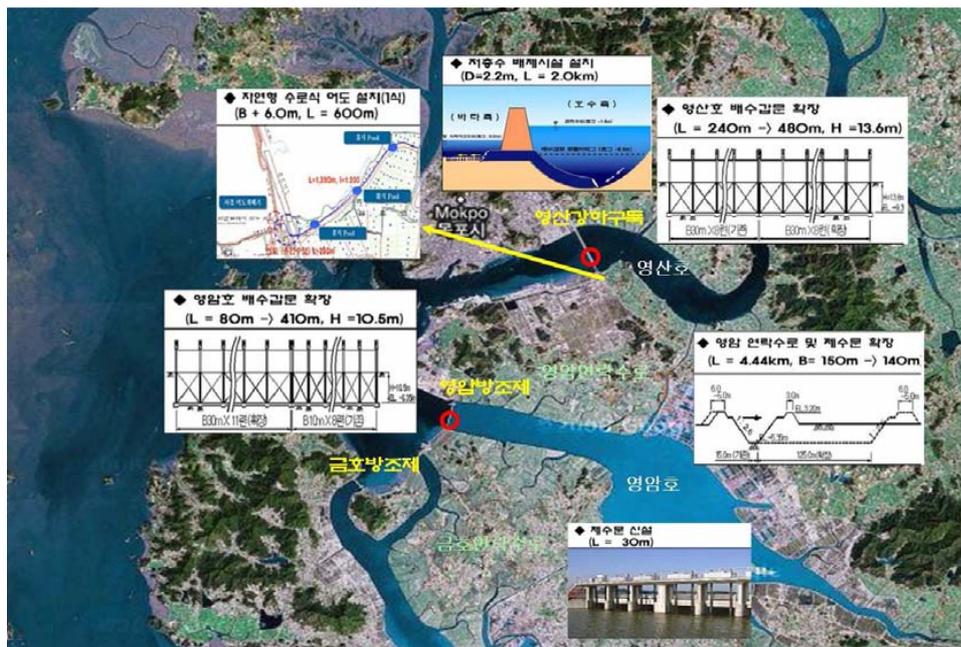
## 다. 생태경관개선

- 영산강 하구둑은 농업용수 공급기능, 치수대책기능, 교통로 및 방재기능을 가진 구조물로 담수 및 연안생태계를 단절시키고, 주변 경관을 고려하지 않은 기능위주의 시설물
- 생태개선은 담수하천, 해양 및 연안 등 하천·하구 생태기능 개선을 위한 동·식물 서식공간 조성을 위한 수변습지공원 계획
- 수변습지공원은 생태공원, 생태숲, 조류관찰대, 수질개선대책공법 등의 시설을 설치하여 지역민 휴식공간, 체험학습장 등 관광시설물로 계획
- 경관개선은 전망시설, 야간조명, 경관고려 배수갑문, 하구둑 및 도로공간 활용 구조물 등 지역민 및 관광객을 위한 다기능 공간으로 계획

### 4.2.4 영산강 하구둑 구조개선 모델

- 구조개선 방안을 치수형, 치수생태형, 치수생태경관형 3개안 설정

모델명	목 표	사 업 내 용
치수형	재해예방	치수(배수갑문 확장) + 홍수관리(TM/TC)
치수생태형	재해예방, 생태개선	치수형+ 수질(저층수배제시설)+ 생태(어도)
치수생태경관형	재해예방, 수질개선, 생태경관	치수생태형+ 수질(인공습지+ 침강지)+ 생태(습지)+ 경관(전망대)+ 통선문 + 하구둑 및 도로승상



<그림 2> 치수생태형 모델의 구조개선 사업 계획도

#### 4.2.5 사회경제적 효과

##### 1) 경제성분석

- 경제성분석 결과 <치수대책형-1안>은 NPV 475억원, IRR 6.81%, B/C 1.08, <치수생태형-2안>은 NPV 3,174억원, IRR 9.83%, B/C 1.51, <치수생태경관형-3안>은 NPV 7,350억원, IRR 10.23%, B/C 1.78

구분	총사업비	잔존가치	연 평균 유지관리비	총비용	총비용의 현재가치	연평균 편익	총편익의 현재가치	NPV	B/C	IRR
1안	5,672	2,176	28.4	5,546	5,714	576	6,189	475	1.08	6.81
2안	6,189	2,300	30.9	6,064	6,230	882	9,403	3,174	1.51	9.83
3안	9,399	3,404	47.0	9,098	9,438	1,605	16,788	7,350	1.78	10.23

- 주) 1) 분석기간은 공사종료 후 50년간(편익발생시점부터 50년간)
- 2) 할인율은 처음 30년간은 6.5%, 이후 20년간은 5.0% 적용

##### 2) 정책적분석

###### ① 지역파급효과

- 영산강 하구둑 구조개선 모델별 전남지역 경제 및 산업에 미치는 파급효과 분석 결과

<표 6> 지역경제 파급효과

(단위 ;억원)

구분	1안		2안		3안	
	전남	전국	전남	전국	전남	전국
생산유발효과	5,711	10,110	6,233	11,035	9,126	16,156
비용자보수창출효과	1,367	2,059	1,493	2,247	2,185	3,290
고용유발효과	9,073	14,594	9,903	15,929	14,499	23,322

###### ② 지역낙후도 평가

- 지역낙후도 평가 결과 전남 16위로 상대적으로 낙후정도가 심한 지역이며, 사업대상지인 목포시 28위, 무안군 130위, 함평군 135위로 낙후도가 타 지역에 비해 높아 지역균형발전의 차원에서 정책적인 배려가 필요

#### 5. 연구결과의 실용화 방안

- 영산강 하구둑 구조개선 시범사업 예비타당성조사의 기초자료 활용
- 낙동강, 금강, 한강 등 노후화된 하구둑 구조개선 사업의 정책입안시 활용

# 목 차

<b>I. 연구개요</b> .....	<b>1</b>
1.1 연구배경 및 필요성 .....	1
1.2 연구 목적 .....	1
1.3 연구범위 및 내용 .....	2
1.4 기대효과 .....	4
1.5 연구결과 실용화 방안 .....	4
<b>II. 영산강 하구둑 구조개선 필요성</b> .....	<b>5</b>
2.1 영산강 하구둑 시설물 개황 .....	5
2.1.1 영산강 하구둑 개발 현황 .....	5
2.1.2 영산강 수리시설 현황 .....	8
2.1.3 치수시설물 현황 .....	9
2.2 지역여건변화 .....	11
2.2.1 홍수량 증가 .....	1
2.2.2 침수면적 확대 .....	1
2.2.3 영산호 수질악화 .....	1
2.2.4 생태경관변화 .....	2
2.2.5 지역사회 변화 .....	2
2.3 하구둑 구조개선 필요성 .....	3
<b>III. 재해대책</b> .....	<b>15</b>
3.1 현황 .....	5
3.1.1 영산강 유역의 PMP 산정 .....	5
3.1.2 홍수량 산정 .....	7
3.1.3 현재 영산호 배수갑문 능력 검토 .....	9
3.1.4 영산강 유역 종합치수계획 홍수방어 대안 .....	2
3.2 배수갑문 홍수배제 능력 검토 .....	3
3.2.1 일반사항 .....	3
3.2.2 영산호 배수갑문 능력검토 .....	4
3.2.3 영산-영암 연락수로 통수능력 검토 .....	6

3.2.4 영암호 배수갑문 능력검토 .....	9
3.2.5 물수지기법을 활용 영산호-연락수로-영암호 연계 통수능력 검토 .....	2
3.3 배수갑문 설계 .....	2
3.3.1 배수갑문 위치 선정(안) .....	2
3.3.2 배수갑문 형식 및 규모 결정 .....	6
3.3.3 배수갑문 지수방법 선정 .....	6
3.3.4 배수갑문 수문배열방식 선정 .....	6
3.3.5 배수갑문 게이트 선정 .....	9
3.3.6 권양기형식 선정 .....	9
3.3.7 배수갑문 구조설계 표준단면도 .....	0
3.4 TM/TC 및 홍수예·경보시스템 .....	71
3.4.1 물관리자동화시스템(TM/TC) .....	71
3.4.2 홍수예·경보 프로그램 구축 .....	77
3.5 결론 및 제언 .....	80
3.5.1 결론 .....	80
3.5.2 제언 .....	80

#### **IV. 수질개선 .....** 81

4.1 수질현황조사 .....	81
4.1.1 영산강 유역 수질관측 지점 .....	81
4.1.2 영산강의 수질현황 .....	81
4.1.3 영산호의 수질현황 .....	91
4.1.4 영산호 퇴적물 분포 및 퇴적물 양 조사 .....	91
4.1.5 수질예측 .....	103
4.2. 수질개선대책 .....	114
4.2.1 환경부 수질관리 목표 .....	114
4.2.2 호내 수질개선대책 .....	116
4.2.3 영산호의 해수유통 가능성 검토 .....	127
4.3 결론 및 제언 .....	136
4.3.1 결론 .....	136
4.3.2 제언 .....	136

<b>V. 생태경관개선</b> .....	<b>137</b>
5.1.1 어도의 필요성 및 목적 .....	137
5.1.2 영산강 하구둑 기존 어도 분석 .....	138
5.1.3 기존 어도의 문제점 .....	139
5.1.4 영산강 하구둑 어도 설계 .....	140
5.2. 통선문 .....	138
5.2.1 통선문 국내외 사례조사 .....	138
5.2.2 통선문 계획 .....	139
5.3 생태·경관개선 .....	169
5.3.1 영산강 하구둑 생태환경 .....	139
5.3.2 서식처 및 비오톱 .....	170
5.3.3 식물상 및 식생 .....	172
5.3.4 동물상 .....	173
5.3.5 인문 사회 환경 .....	176
5.3.6 현황종합 분석 및 SWOT분석 .....	177
5.3.7 영산강 하구둑 생태경관개선 방안 .....	182
5.3.8 습지 및 생물 서식처 복원 방안(생태개선 방안) .....	190
5.3.9 영산강 하구둑 경관개선 방안 .....	183
5.4 결론 및 제언 .....	197
5.4.1 결론 .....	197
5.4.2 제언 .....	197
<b>VI. 영산강 하구둑 구조개선 모델</b> .....	<b>199</b>
6.1 구조개선 모델 선정 .....	199
6.1.1 치수형 모델 .....	199
6.1.2 치수생태형 모델 .....	201
6.1.3 치수생태경관형 모델 .....	204
6.2 구조개선 모델별 사업비 .....	208
6.3 구조개선 공종별 개략사업비 .....	210

<b>VII. 영산강 하구둑 구조개선사업에 따른 사회경제적 효과 분석</b> .....	<b>213</b>
7.1 편익 추정 .....	213
7.1.1 편익의 종류 .....	23
7.1.2 편익 측정 방법 .....	24
7.1.3 편익의 측정 .....	24
7.2 경제성 분석 .....	219
7.2.1 사업시행비용 .....	29
7.2.2 경제성 분석 결과 .....	21
7.2.3 민감도 분석 .....	26
7.3 정책적 분석 .....	227
7.3.1 지역경제 파급효과 분석 방법 .....	27
7.3.2 지역경제 파급효과 분석 결과 .....	29
7.3.3 지역균형발전 분석을 위한 지역낙후도 평가 .....	24
7.4 결론 및 제언 .....	236
7.4.1 결론 .....	26
7.4.2 제언 .....	26
<b>VIII. 종합결론</b> .....	<b>237</b>
<b>XII. 참고 문헌</b> .....	<b>241</b>
<b>부    록</b> .....	<b>247</b>

# 표 목 차

<표 2-1> 영산호, 영암호, 금호호 하구둑 현황 .....	7
<표 2-2> 영산강 유역의 수원공 현황 .....	8
<표 2-3> 4대호 주요 제원 .....	8
<표 2-4> 하천별 치수시설 현황 .....	9
<표 2-5> 하천별 개수 현황 .....	9
<표 2-6> 2007년 기준 영산호 수질현황 .....	2
<표 3-1> 강우깊이-지속시간 포락 및 균일화 .....	15
<표 3-2> 주요지점별 가능최대강수량 .....	16
<표 3-3> 현재 및 목표연도에 대한 주요지점별 peak 홍수량 .....	8
<표 3-4> 영산호의 내용적 변화 .....	19
<표 3-5> 목표 검조서 기준조석 성과 .....	20
<표 3-6> 목표 조석 비조화 상수 .....	20
<표 3-7> 현 배수갑문의 능력검토 결과 .....	21
<표 3-8> 주요 저수지 시설현황 .....	23
<표 3-9> 현상태시 각 댐의 주요지점별 홍수조절효과 .....	23
<표 3-10> 댐 증고에 의한 주요지점별 홍수조절효과 (Auto ROM) .....	23
<표 3-11> 댐 증고에 의한 주요지점별 홍수조절효과 (Rigid ROM) .....	24
<표 3-12> 제한수위 조정에 따른 주요지점별 홍수조절효과 .....	24
<표 3-13> 댐 개발형태 및 운영 방안 .....	24
<표 3-14> 신규댐 제원 .....	25
<표 3-15> 신규댐 계획에 의한 주요지점별 홍수조절효과 .....	25
<표 3-16> 천변저류지 개발에 따른 주요지점별 홍수조절효과 .....	26
<표 3-17> 영산강 유역내 가능 홍수조절지 현황 .....	27
<표 3-18> 홍수조절지 목표 하류 방류량 .....	27
<표 3-19> 홍수조절지별 지점 첨두홍수 조절량 .....	27
<표 3-20> 홍수조절지에 개발에 따른 주요지점별 홍수조절효과 .....	28
<표 3-21> 영산강 하구둑 주요 수위 현황(100년 빈도) .....	9
<표 3-22> 배수갑문 확장 폭에 따른 최고 내수위 변화(100년 빈도) .....	9
<표 3-23> 배수갑문 확장시 갑문 수리량 변화 .....	31

<표 3-24> 조위시간 조건에 따른 영산호 내수위 비교 .....	31
<표 3-25> 배수갑문 확장에 따른 효과 (100년 빈도) .....	2
<표 3-26> 영암호·금호호 분석을 위한 확률강우량 .....	33
<표 3-27> 영암호·금호호 홍수량 .....	34
<표 3-28> 계획 홍수시 영암호·금호호 운영결과 .....	34
<표 3-29> 영산호-영안호 홍수시 수두차 분석결과 .....	35
<표 3-30> 영암호 분기유량별 최고 내수위, 침수시간, 소요배수갑문 폭 .....	35
<표 3-31> 영암갑문 확장 폭에 따른 영산호-영암호 운영 결과 .....	36
<표 3-32> 연락수로 확장 폭에 따른 영산호-영암호 운영결과 .....	36
<표 3-33> 갑문 배제의 개념도 .....	40
<표 3-34> 유량계수 .....	41
<표 3-35> 영산호 배수갑문 능력검토 .....	41
<표 3-36> 배수갑문 확장에 따른 내수위 변화 .....	46
<표 3-37> 조도계수별 연락수로 유량 .....	48
<표 3-38> 저폭별 연락수로 유량 .....	49
<표 3-39> 영암호 배수갑문 능력검토 .....	50
<표 3-40> 영산호의 배수갑문 검토 Case 분류 .....	52
<표 3-41> Case 1의 영산-연락수로-영암호 연계운영시 최고 내수위 .....	54
<표 3-42> Case 2의 영산-연락수로-영암호 연계운영시 최고 내수위 .....	54
<표 3-43> Case 3의 영산-연락수로-영암호 연계운영시 최고 내수위 .....	56
<표 3-44> Case 4의 영산-연락수로-영암호 연계운영시 최고 내수위 .....	58
<표 3-45> 배수갑문 프로그램(Gate-pro v2.9) 영산호 데이터 .....	66
<표 3-46> 배수갑문 프로그램(Gate-pro v2.9) 영암호 데이터 .....	66
<표 3-47> 관리체계 계획 .....	72
<표 3-48> 관리대상시설 및 관리항목과 관리체계 .....	72
<표 3-39> 중앙관리소 기기구성 .....	74
<표 3-40> 홍수에경보 프로그램의 구성 .....	79
<표 3-41> 치수분야 시스템의 시설별 필요장치 및 프로그램 .....	80
<표 4-1> 수계별 지점수 .....	81

<표 4-2> 기관별 조사지점수 .....	82
<표 4-3> 영산강 권역 주요지점 및 중권역 대표지점 .....	82
<표 4-4> 연도별 수온 변화 추이 .....	85
<표 4-5> 연도별 pH 변화 추이 .....	86
<표 4-6> 연도별 용존산소(DO) 변화 추이 .....	87
<표 4-7> 연도별 전기전도도(EC) 변화 추이 .....	88
<표 4-8> 연도별 생물학적산소요구량(BOD) 변화 추이 .....	89
<표 4-9> 연도별 화학적산소요구량(COD) 변화 추이 .....	90
<표 4-10> 연도별 총질소(T-N) 변화 추이 .....	91
<표 4-11> 연도별 총인(T-P) 변화 추이 .....	92
<표 4-12> 연도별 부유물질(SS) 변화 추이 .....	93
<표 4-13> 연도별 수질항목에 대한 영산호의 수질변화 .....	95
<표 4-14> 각 구간의 단면적 산출 .....	101
<표 4-15> 기간별 영산호의 퇴적량 .....	101
<표 4-16> 구간별 영산호의 퇴적량 .....	102
<표 4-17> 영산호 세굴 및 퇴적량 .....	102
<표 4-18> 영산호 퇴적오니토량(1978 ~ 2007, 30년간) .....	102
<표 4-19> EUTRO7 모형의 복잡도에 따른 모의 수질항목 .....	103
<표 4-20> 분할된 구획 입력자료 .....	106
<표 4-21> 수평 확산계산을 위한 구획 간의 단면적 및 특성길이 .....	107
<표 4-22> 월별 강우량과 유출량 (2000년-나주수위관측소) .....	107
<표 4-23> 식물성 플랑크톤의 침강속도 .....	108
<표 4-24> 경계농도 (유입지점 영암천 합류점 - 영산호2) .....	109
<표 4-25> 경계농도 (유출지점 영산강 하구언 - 영산호1) .....	109
<표 4-26> 경계농도 (유입지점 남창천 합류점 - 무안2) .....	110
<표 4-27> 모형에 적용된 주요 반응상수 .....	111
<표 4-28> 기상요소 (목포기상관측소 - 2000년) .....	112
<표 4-29> 수질항목의 형태 및 밀도 .....	112
<표 4-30> 영산호 수질개선 목표치 설정 .....	116
<표 4-31> 영산호 수질개선 대책 .....	116

<표 4-32> 침강지 설계요령 .....	118
<표 4-33> 침강지의 장단점 .....	118
<표 4-34> 국내외 인공습지의 오염물질 저감효과 .....	121
<표 4-35> 하구환경 개조 구상별 농업용수 공급가능 면적 분석 .....	130
<표 4-36> 해수유통구상 농업생산기반 대체시설 수요 .....	130
<표 4-37> 영산강 농업개발사업 추진현황 .....	131
<표 5-1> 어도 이용 생물의 소하 습성 .....	138
<표 5-2> 기존 하구둑 어도 현황 .....	139
<표 5-3> 기존어도의 유인수 펌프 가동현황(하구둑 관리연보 2000) .....	144
<표 5-4> 기존어도의 해측,호측 갑문 개폐 조작현황 .....	145
<표 5-5> 기존 갑문식 어도의 문제점 및 대안 .....	147
<표 5-6> 어도설치 위치 검토 .....	152
<표 5-7> 자연형수로식 어도의 규모 .....	152
<표 5-8> 관측 조위를 이용한 시뮬레이션 입력 조위 자료 .....	157
<표 5-9> 국외 통선문 사례 .....	158
<표 5-10> 기타 외국의 통선문 사례 .....	158
<표 5-11> 국내 통선문 사례 .....	159
<표 5-12> 국내 기준서에 의한 선박 규격 .....	161
<표 5-13> 화물선(R/S선박) 규격 .....	161
<표 5-14> 국내 운행중인 선박(유람선) 규격 .....	161
<표 5-15> 영산강 하구 유역의 식생 .....	173
<표 5-16> 영산강 하구둑의 년도별 출현 조류 .....	175
<표 5-17> 역사·문화자원 현황 .....	177
<표 5-18> 생태자연도 평가 기준 .....	180
<표 5-19> 영산강 하구둑의 기회성 및 제한성 .....	181
<표 5-20> SWOT 분석 .....	182
<표 5-21> 지표 및 실행전략 .....	183
<표 5-22> 시설 및 이용 프로그램 계획 .....	186
<표 5-23> 시설 및 이용 프로그램 계획 .....	189
<표 5-24> 조류의 서식환경 .....	192

<표 6-1> 치수형 모델의 주요 공종 .....	200
<표 6-2> 치수생태형 모델의 주요 공종 .....	203
<표 6-3> 치수생태경관형 모델 주요 공종 .....	207
<표 7-1> 영산강 하구둑 구조개선 사업의 예상 편익과 비용 .....	213
<표 7-2> 빈도별 총 피해액 비교 .....	215
<표 7-3> 다차원법에 의한 100년 빈도 피해액의 산정 .....	215
<표 7-4> 다차원법에 의한 200년 빈도 피해액의 산정 .....	216
<표 7-5> 연평균 피해 경감액(홍수피해 및 침수피해방지 편익) .....	216
<표 7-6> 레크리에이션 용수 편익(2007년 기준) .....	216
<표 7-7> 영산호 수질개선 편익 .....	218
<표 7-8> 대안별 영산강 하구둑 구조개선 사업비 내역 .....	220
<표 7-9> 연간 유지관리비 내역 .....	221
<표 7-10> 사업계획 대안별 경제성 분석 결과 .....	221
<표 7-11> 대안 1의 연도별 편익과 비용 .....	222
<표 7-12> 대안 2의 연도별 편익과 비용 .....	223
<표 7-13> 대안 3의 연도별 편익과 비용 .....	225
<표 7-14> 민감도 분석 .....	227
<표 7-15> 대안 1의 지역경제 파급효과 .....	230
<표 7-16> 대안 2의 지역경제 파급효과 .....	230
<표 7-17> 대안 3의 지역경제 파급효과 .....	231
<표 7-18> 대안 1의 산업별 파급효과 .....	231
<표 7-19> 대안 2의 산업별 파급효과 .....	232
<표 7-20> 대안 3의 산업별 파급효과 .....	233
<표 7-21> 시·도 낙후도 지표 .....	235
<표 7-22> 시군별 낙후도 지표 .....	235

# 그 립 목 차

<그림 2-1> 영산강 하구둑 전경 .....	6
<그림 2-2> 치수시설 현황도 .....	10
<그림 3-1> 강우깊이-지속시간 포락 및 균일화 .....	16
<그림 3-2> 주요지점별 가능최대강수량 .....	17
<그림 3-3> 현재 조위조건의 영산호 내수위 분석(고고조 일치형) .....	21
<그림 3-4> 현재 조위조건의 영산호 내수위 분석(고저조 일치형) .....	22
<그림 3-5> 장래 목표연도 홍수량 유입시 영산호 내수위 변화 .....	28
<그림 3-6> 배수갑문 확장에 따른 영산호 내수위 변화 .....	30
<그림 3-7> 배수갑문 확장후 영산강 지점별 홍수위 변화 (100년빈도) .....	2
<그림 3-8> 계획 홍수시 영암호·금호호 운영결과 .....	34
<그림 3-9> 영산강 하구둑 물수지 개념도 .....	37
<그림 3-10> I 와 O의 수문곡선 .....	39
<그림 3-11> 프로그램 흐름도 .....	40
<그림 3-12> 현 배수갑문 홍수배제능력 검토 결과 .....	42
<그림 3-13> 배수갑문 폭 360m인 경우 홍수배제능력 검토 결과 .....	3
<그림 3-14> 배수갑문 폭 480m인 경우 홍수배제능력 검토 결과 .....	4
<그림 3-15> 배수갑문 폭 600m인 경우 홍수배제능력 검토 결과 .....	4
<그림 3-16> 영암호 연락수로의 수위-유량곡선 .....	48
<그림 3-17> 영암호 연락수로의 수위-유량곡선 .....	49
<그림 3-18> Case 1(80m)의 영암호 수위변화 .....	50
<그림 3-19> Case 2(200m)의 영암호 수위변화 .....	51
<그림 3-20> Case 3(410m)의 영암호 수위변화 .....	51
<그림 3-21> 영산-연락수로-영암호 연계운영시 영산, 영암호 내수위 변화(Case 1) .....	53
<그림 3-22> 영산-연락수로-영암호 연계운영시 영산, 영암호 내수위 변화(Case 2) .....	55
<그림 3-23> 영산-연락수로-영암호 연계운영시 영산, 영암호 내수위 변화(Case 3) .....	56
<그림 3-24> 영산-연락수로-영암호 연계운영시 영산, 영암호 내수위 변화(Case 4) .....	57
<그림 3-25> 배수갑문 프로그램(Gate-pro v2.9)입력 창 .....	85
<그림 3-26> Gate-pro 방법에 의한 영산호 내수위 변화 .....	9
<그림 3-27> Gate-pro 방법에 의한 영암호 내수위 변화 .....	9

<그림 3-28> 영산강 하구둑 종단면도 .....	63
<그림 3-29> 영암호 하구둑 종단면도 .....	64
<그림 3-30> 중앙관리소 기기구성 배치도 .....	75
<그림 3-31> 중앙관리소 측면도 .....	75
<그림 3-32> 영산호 홍수예·경보 흐름도 .....	79
<그림 4-1> 영산강유역 수질측정망 .....	82
<그림 4-2> 영산강 본류 주요지점에 대한 연도별 수온 변화 .....	85
<그림 4-3> 영산강 본류 주요지점에 대한 연도별 pH 변화 .....	86
<그림 4-4> 영산강 본류 주요지점에 대한 연도별 용존산소(DO) 변화 .....	87
<그림 4-5> 영산강 본류 주요지점에 대한 연도별 전기전도도(EC) 변화 .....	88
<그림 4-6> 영산강 본류 주요지점에 대한 연도별 생물학적산소요구량(BOD) 변화 .....	89
<그림 4-7> 영산강 본류 주요지점에 대한 연도별 화학적산소요구량(COD) 변화 .....	90
<그림 4-8> 영산강 본류 주요지점에 대한 연도별 총질소(T-N) 변화 .....	91
<그림 4-9> 영산강 본류 주요지점에 대한 연도별 총인(T-P) 변화 .....	92
<그림 4-10> 영산강 본류 주요지점에 대한 연도별 부유물질(SS) 변화 .....	93
<그림 4-11> 영산호 최심하상고 변화 .....	99
<그림 4-12> 영산호 퇴적량 산정 단면 모식도 .....	101
<그림 4-13> EUTRO 모듈의 다이어그램과 수질항목간 상호작용 .....	104
<그림 4-14> 플랑크톤의 수질반응 .....	105
<그림 4-15> 질소의 수질반응 .....	105
<그림 4-16> 인의 수질반응 .....	105
<그림 4-17> DO와 BOD의 수질반응 .....	105
<그림 4-18> BOD 모의 결과 .....	113
<그림 4-19> 모의치와 실측치 산포도 .....	113
<그림 4-20> 전라남도 영산강수계 목표수질 .....	114
<그림 4-21> 광주광역시 영산강수계 목표수질 .....	115
<그림 4-22> 이중목적 침강지(저류지)의 개념도 .....	117
<그림 4-23> 영산호 수질개선대책 개념도 .....	126
<그림 4-24> 영산호, 영암호, 금호호의 하구환경 개조 구상 .....	127

<그림 4-25> 영산강 Ⅱ·Ⅲ·Ⅳ단계 평면도, 급수면적 및 용수량 .....	129
<그림 4-26> 이사하야 간척지 위치 및 전경 .....	132
<그림 4-27> 해수유통시 수중보 조건 .....	133
<그림 4-28> 하구둑 완전개방 수중보 설치시 영산호의 수위변화 .....	133
<그림 4-29> 하구둑 완전개방 수중보 설치시 영산강 내수위 영향 .....	134
<그림 4-30> 기수역과 담수구역 밀도차에 의한 염분 변화 .....	134
<그림 4-31> 배수갑문 조작 수중보 설치시 수위 변화 .....	134
<그림 5-1> 어류의 소상 현황 .....	140
<그림 5-2> 어도의 입구가 적정한 예 .....	140
<그림 5-3> 부적정한 어도의 위치 .....	141
<그림 5-4> 영암방조제 갑문식 어도에서 채집된 어종의 구성 .....	143
<그림 5-5> 영산강 하구둑 기존 갑문식어도를 통한 어류 소상 현황 .....	146
<그림 5-6> 자연형수로식 어도의 규모 .....	153
<그림 5-7> 자연형수로식 어도 표준단면도 .....	154
<그림 5-8> 자연형수로식 어도 개요도 .....	155
<그림 5-9> 배수갑문과 통선문 전경 .....	160
<그림 5-10> 연도별 하구습지면적 변화 모식도 .....	169
<그림 5-11> 영산강 하구둑의 위성영상변화 및 대상지 서식처 변화 .....	169
<그림 5-12> 대상지역의 비오톱 분석도 및 현황 .....	171
<그림 5-13> 문도 및 식생 현황 .....	171
<그림 5-14> 담수호, 농경지 및 농수로 서식처 현황 .....	172
<그림 5-15> 영산강 하구둑 지역의 조류 분포도 .....	175
<그림 5-16> 영산강 하구 서식생물 .....	176
<그림 5-17> 영산강 하구둑 주변 주요 관광자원 분포도 .....	176
<그림 5-18> 영산강 하구 담수역 식물플랑크톤 생체량의 장기적 변화 .....	178
<그림 5-19> 영산강 하구 해수역 식물플랑크톤 생체량의 장기적 변화 .....	178
<그림 5-20> 영산강 하구둑의 보전가치 평가도 .....	180
<그림 5-21> 기본방향 .....	184
<그림 5-22> 생태환경 개선 중심형 기본 구상도 .....	185

<그림 5-23> 생태환경개선 중심형의 생물서식처 보존 .....	185
<그림 5-24> 생태환경개선 중심형의 경관 개선 방안 .....	186
<그림 5-25> 복합개발 중심형 기본 구상도 .....	187
<그림 5-26> 복합개발 중심형의 생물 서식처 보존 .....	188
<그림 5-27> 복합개발 중심형의 경관개선 방안 .....	188
<그림 5-28> 습지 복원 구상 .....	190
<그림 5-29> 습지별 서식 가능한 식생 현황 .....	190
<그림 5-30> 습지 및 하안 내 주요 도입식물 단면모식도 .....	191
<그림 5-31> 습지 내 주요 도입시설 구상 .....	192
<그림 5-32> 영산강 하구둑의 경관 자원 .....	193
<그림 5-33> 하구둑 및 도로공간 구상 단면 .....	194
<그림 5-34> 전망시설 사례 .....	195
<그림 5-35> 배수갑문 경관 사례 .....	196
<그림 5-36> 야간 조명 사례 .....	196
<그림 6-1> 치수형 모델의 구조개선 사업 계획도 .....	201
<그림 6-2> 치수생태형 모델의 구조개선 사업 계획도 .....	202
<그림 6-3> 치수생태경관형 모델의 구조개선 사업 계획도 .....	206



# I. 연구개요

## 1.1 연구배경 및 필요성

- 영산호의 「수질개선, 재해예방 강화, 생태환경 조성」 등이 연계된 종합적인 계획 수립 및 추진체계를 정립함으로써 시너지 효과 극대화 및 중복투자를 방지하는 등 하구둑 구조개선사업의 효율적 추진기반 구축이 필요
- 영산호는 환경부 수질측정 결과 농업용수 이용 측면에는 별로 지장이 없으나, 최근 전남도는 농업용수 수질기준 이상의 수질을 요구하는 등 종합적인 수질 개선대책의 필요성 대두
- 최근 이상기후 및 기상변화로 집중호우시 배수갑문의 홍수배제능력 부족 및 노후화로 인한 침수우려가 있어 '영산강유역 종합치수계획('05. 건설교통부)'에 배수갑문 확장계획 등 수리·수문 분석을 통한 종합적인 검토가 필요
- 지속가능발전위원회는 '지속 가능한 하천·하구역 통합관리체계 구축방안('07. 6월)'에 이수(利水)기능을 유지하면서 재해예방 강화와 어도·습지조성 등 일부 생태환경 복원 등 종합적인 영산강 하구둑 구조개선 시범사업 추진을 요구
- 하구둑 및 주변환경을 활용한 관광 자원화 및 개발을 통해 낙후된 지역의 경제적 활성화 마련을 위한 사업이므로 사업비의 적정성 및 경제적 타당성 검토 필요
- 현행 정부의 대운하 사업 계획 등 하구둑 구조물 및 주변시설의 재조명을 통한 사회기반시설로서의 역할 및 생태환경 자원활용 및 어메니티와 연계한 지역의 산업, 경관, 환경 변화와 관련한 역사적, 문화적 유산으로 관리 및 보존 필요

## 1.2 연구 목적

- 집중호우 등 이상강우 대비 침수방지 등 재해방지 능력 강화를 위해 배수갑문 확장에 따른 홍수배제능력 검토 및 적정규모 결정
- 영산강 담수호 수질조사분석을 통해 Ⅲ등급 수준 유지를 위한 수질개선대책 수립 및 적정규모 결정을 통해 친수환경 조성을 통한 자원화
- 생물의 다양성 확보를 위한 갑문식어도 및 자연형수로식 어도 설치를 위한 생태환경 조사 및 적정규모 결정
- 하구의 건전성 회복을 위해 물길조성을 위한 통선문 설계, 하구생태환경 복원, 다기능 친환경 하구둑 경관개선을 통한 지역경제의 활성화

### 1.3 연구범위 및 내용

구 분	연구목표	연구내용 및 범위
1차년도 (2008년)	영산강 하구둑 구조개선 시범사업 모델개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 하구둑 구조개선 사업관련 자료 수집, 문헌 및 연구실적 조사, 의견수렴</li> <li>◦ 사업의 내용, 범위, 방향 및 목표 수립</li> <li>◦ 사업추진체계 마련(법적 검토, 총괄부서, 시행주체)</li> <li>◦ 기술적 사항 검토</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 영산강 하구둑 생태복원 방안               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 영산강 생태계 실태파악 및 관리의 효율성 연구</li> <li>- 친환경 공간조성 및 연안생태환경 복원방안 제시</li> <li>- 하구둑 경관개선 등 다기능 활용 생태복원 모델</li> </ul> </li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 영산강 유역 수문 및 수질분석               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 홍수량 분석을 통한 배수갑문 재해예방 대책 수립</li> <li>- 환경부 및 사업단 측정망 자료를 이용한 수질 분석 및 수질개선대책 제시</li> </ul> </li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 영산강 하구둑 기본설계 및 타당성 검토               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 하구둑 구조개선 공종별 기본설계</li> <li>- 하구둑 구조개선 공종별 표준단면도 작성</li> <li>- 하구둑 구조개선 공종별 사업비 산출</li> <li>- 하구둑 구조개선 모델에 대한 편익 및 경제성 분석</li> </ul> </li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 영산강 하구둑 통선문 기본설계               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 하구둑 통선문에 대한 국내외 사례조사 및 장단점 분석</li> <li>- 영산강 하구둑 통선문 기본설계</li> <li>- 영산강 하구둑 통선문 표준단면도 작성 및 사업비 산출</li> </ul> </li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 영산강 하구둑 어도 기본설계               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 하구둑 어도에 대한 국내외 사례조사 및 장단점 분석</li> <li>- 영산강 하구둑 어도 기본설계</li> <li>- 영산강 하구둑 어도 표준단면도 작성 및 사업비 산출</li> </ul> </li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 영산강 하구둑 구조개선에 따른 사회경제적 효과 분석               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정량적 접근을 통하여 영산강 하구둑 어도설치 사업의 사회경제적 파급효과를 예측</li> <li>- 정량적 접근 이외에, 사업으로부터 파급될 수 있는 기타 정성적 효과 발굴</li> <li>- 사업과 직접적인 연관성 요약하여 소개, 시사점을 도출</li> </ul> </li> </ul>

구 분	연구목표	연구내용 및 범위
2차년도 (2009년)	영산강 하구둑 구조개선 모델 영향 평가 및 경제성 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 하구둑 구조개선 사업관련 자료 수집, 문헌 및 연구실적 조사, 의견수렴</li> <li>◦ 사업의 내용, 범위, 방향 및 목표수립</li> <li>◦ 관련부처 역할 및 업무분장</li> <li>◦ 기술적 사항 검토 및 보완 요청</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 하구둑 구조개선에 따른 수질개선 및 예측기법 제시 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 영산강 유역의 수질정책에 필요한 오염원 조사</li> <li>- 담수호 수질개선 대책 및 보완기법 제시</li> <li>- 하구둑 구조개선 모델에 따른 수질예측기법 제시</li> </ul> </li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 영산강 유역 수문조사 및 물수지 모형구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유출량 및 홍수량 분석</li> <li>- 하구둑 물수지 모의 모형 구축 및 실용화</li> </ul> </li> <li>◦ 사업효과 및 경제성 분석 및 검토</li> </ul>

- 본 연구는 2년으로 계획되었으나, '09년도 영산강 하구둑 구조개선사업을 위한 예비 타당성 신청을 위하여 연구기간이 단축되어 영산강 유역의 수문분석을 이수측면의 경우 '영산강IV단계 농업종합개발사업 타당성 및 기본조사보고서-수문조사-(2000, 한국농촌공사)자료와 치수측면은 '영산강유역종합치수계획보고서(2007, 건설교통부)' 자료를 토대로 분석
- 수질분석은 환경부 영산강유역환경청 측정자료와 '영산호 수질개선 타당성조사 (2006, 영산강섬진강수계관리위원회)' 자료를 토대로 분석
- 영산강 유역 생태경관개선을 위한 어도설치의 기본현황조사에 대해서는 '영산강 하구둑어도설치의 타당성 조사(2005, 영산강섬진강수계관리위원회·국립환경과학원 영산강물환경연구소) 자료를 이용 분석
- 본 연구보고서의 구성은 예비타당성 보고서 작성을 위해 영산강 하구둑 구조개선 사업과 관련된 내용을 위주로 기존자료의 현황분석, 공종별 설계 등을 중심으로 본문을 구성하였으며, 영산강 유역의 기본현황, 수질분석 data, 어도 및 생태경관 관련 사례조사 등 일반현황에 대해서는 부록으로 수록

- 본 연구보고서의 수문 및 수질분석의 경우 기존 자료의 현황분석만을 실시하였고, 배수갑문홍수능력 검토시 부정류분석을 실시하여야 하나 연구기간의 단축으로 정류 해석으로 분석하였는바, 향후 기본계획수립시 영산강 하구둑에 대한 홍수량 및 수질예측에 대해 더욱 세밀한 분석 실시

## 1.4 기대효과

- 하구둑의 시설물의 현대화 및 최적운영 마련으로 홍수재해 관리 능력 강화
- 생태복원, 경관개선을 통한 하구둑의 지속가능한 토대 마련 및 발전에 기여
- 담수호 수질개선 및 일부 기수역 확보 방안 마련
- 관광, 휴식, 레저 등 다양한 기능을 제공으로 지역사회의 경제, 사회, 문화 및 삶의 질의 향상에 기여

## 1.5 연구결과 실용화 방안

- 활용 정책명 : '지속가능한 하천·하구역의 통합관리체계 구축'의 『영산강하구둑 구조개선시범사업』
- 활용 주관부서 : 농림수산식품부 시설안전과
- 반영계획 : 영산강 하구둑 구조개선 사업 타당성 분석

## II. 영산강 하구둑 구조개선 필요성

### 2.1 영산강 하구둑 시설물 개황

#### 2.1.1 영산강 하구둑 개발 현황

- 영산강 하구둑은 '영산강유역 농업종합개발사업Ⅱ단계('76~'81)'사업의 일환으로 1976년 10월 착공하여 1981년 12월에 완공되었으며, 목포시에서 상류쪽으로 약 6km 되는 곳의 바다를 막아 축조한 방조제로서, 풍부한 수자원을 확보하여 Ⅲ·Ⅳ단계 용수공급은 물론 생활용수 및 공업용수를 공급함으로써 다목적 댐으로 이용
- 개발목표 : 수자원 확보(농·공·생활용수 32억<sup>3</sup>m<sup>3</sup>), 국토확장 31,072ha(간척토지 18,000ha), 다목적 용지 종합개발(농업, 공업, 도시용지 공급), 육운개선(84km) 및 해안선 단축(210km), 관광개발 및 지역사회발전(서남권 산업개발 촉진)
- 사업규모 :
  - 사업구역 : 2시·도 2시 10군
  - 개발면적 : 126,000ha
  - 사업비 : 28,306억원5단계로 구분 단계별 추진
- 사업추진경위
  - 1963 : 영산강 유역개발(영산강 하구둑) 예비조사
  - 1965 : IBRD 차관 예비신청(영산강 상류 지역개발)
  - 1967 : 영산강 개발 기본조사 착수(종합개발계획 검토)
  - 1969 : 종합개발계획 수립 및 I 단계 타당성조사 착수(차관 추진)
  - 1972~1976 : 제3차 경제개발 5개년 계획 ⇒ 4대강 유역 농업종합개발사업 추진
  - 1972.2 : I 단계 차관협정 체결(IBRD/IDA 48백만\$)
  - 1972~1979 : I 단계 사업시행('76. 10월 4개댐 준공)
  - 1977.2 : II 단계 차관협정 체결(IBRD 95백만\$)
  - 1976~1998 : II 단계 사업시행('81. 12월 하구둑 준공)
  - 1988.6 : III 단계 차관협정 체결(OECF 4,440백만\$)
  - 1985~현재 : III 단계 사업시행('96. 11월 방조제 준공)
  - 1999.8 : IV 단계 육지부 개발사업 확정
  - 1999.11 : IV 단계 기본조사 및 실시설계 시행
  - 2000.12 : IV 단계 기본계획 확정
  - 2001.12 : IV 단계 사업시행

○ 사업추진성과

- 전천후 농업생산기반조성 57,351ha 개발 완료
  - 영산강 수자원 3,157백만톤 확보 종합이용 기여
    - 배후농경지 49,700ha 한수해 상습지 완전해소
    - 대불산단 공업용수 : 14,000톤/일
  - 간척토지 18,000ha 토지자원 확충으로 다목적 이용
    - 간척지 영농으로 식량 및 주민 소득증대 기여
    - 대불국가산단 부지 제공 710ha
    - 전남도청 부지 제공 568ha
    - 목포권 산업, 관광개발 여건조성 → 목포권 상·공업, 해양개발 촉진
    - 전남 서남부권 성장 동력을 위한 기반 조성
  - 지역개발, 관광산업화 등으로 지역경제 활성화
    - 간척개발사업으로 대불공단, 현대삼호중공업 등 인구증가로 목포권 지역경제 활성화
    - 서남해안권의 주변지역 관광자원과 행정중심 도시의 연관산업으로 주민소득 증대 기여
    - 전남의 지역이미지 개선 및 브랜드 가치상승
    - 저개발지역의 지역개발촉진 및 국가균형개발에 기여
- 영산호, 영암호, 금호호 하구둑 제원 : <표 2-1> 참조



<그림 2-1> 영산강 하구둑 전경

<표 2-1> 영산호, 영암호, 금호호 하구둑 현황

재 원	영 산 호	영 암 호	금 호 호
1. 사업시행자	한국농촌공사	한국농촌공사	한국농촌공사
2. 위 치	영암군 삼호읍 나불리	영암군 삼호읍 삼포리	해남군 산이면 금호리
3. 수계명 (분류)	영산강	-	-
4. 유압수계(하천명)	광주천, 황룡강, 지식천 고막원천, 함평천등	계곡천, 옥천천	-
5. 개발면적(ha)	20,700	13,160	7,840
6. 유역면적(ha)	34,700	35,500	18,400
7. 만수(호수)면적(ha)	3,460	4,286	2,330
8. 총저수량(백만m <sup>3</sup> )	253.6	244.6	133.1
9. 유효저수량(백만m <sup>3</sup> )	180.9	138.8	75.5
10. 홍수위(EL.M)	+ 1.38	+ 0.23	+ 0.27
11. 상시만수위(EL.M)	-1.35	-1.45	-1.55
12. 사수위(EL.M)	-9.43	-6.35	-6.35
13. 총 유 입 량 (백만m <sup>3</sup> /년간)	최대 4,302.7 평균 2,487.0	최대 471.4 평균 275.0	최대 207.8 평균 130.4
14. 총 방 류 량 (백만m <sup>3</sup> /년간)	최대 4,302.7 평균 2,487.0	최대 472.0 평균 244.0	최대 453.3 평균 310.8
15. 방조제 높이(m)	19.5	최대 32.30 평균 25.90	최대 28.1 평균 18.3
16. 방조제 길이(m)	4,350(2,094) 목포1,347m, 영암747m	2,220	2,110
17. 방조제체적(백만m <sup>3</sup> )	3.42	4.40	2.58
18. 배제량(m <sup>3</sup> /sec)	10,837	1,831	887
19. 방조제(댐)형식	경사형 혼성재	경사형 혼성재	경사형 혼성재
20. 배 수 갑 문(m)	30 × 13.6 × 8련	10 × 10.5 × 8련	10 × 10.5 × 5련
21. 통선문(련)	갑문식 어도 6.6×11.9×30×2련	갑문식 어도 6.6×8.24×10×2련	갑문식 어도 6.6×8.24×10×2련
22. 방조제준공년월일	'81. 12. 8	'93. 12. 31	'96. 11. 30
23. 사업비(공사비)	42,603,920천원	35,043,836천원	37,083,167천원
24. 관 리 기 관	한농공 영산강사업단	한농공 영산강사업단	한농공 영산강사업단

## 2.1.2 영산강 수리시설 현황

- 농업용 저수지는 총 1,056개소 관개면적은 63,000ha로 전체 수원공수의 40.2%, 관개면적의 58.5%이며, 양수장은 280개소(10.7%) 관개면적 31,000ha(28.7%), 취입보 578개소 관개면적은 11,000ha, 관정은 711개소 관개면적은 2,000ha

<표 2-2> 영산강 유역의 수원공 현황

구분	영산강 유역		농조관리		시·군관리	
	개소수(개)	관개면적(ha)	개소수(개)	관개면적(ha)	개소수(개)	관개면적(ha)
저수지	1,056	62,813.30	544	56,960.60	512	5,852.7
양수장	280	30,781.61	229	29,462.31	51	1,319.3
취입보	578	11,635.47	321	9,801.57	257	1,833.9
관 정	711	2,167.30	34	120.60	677	2,046.7
계	2,625	107,397.68	1,128	96,345.08	1,497	11,052.6

- 주요 저수지 제원

<표 2-3> 4대호 주요 제원

구 분		단위	담양호	장성호	광주호	나주호
위 치		-	담양, 금성 영산강상류	장성, 성읍 황룡강상류	담양, 고서 증암천상류	나주, 다도 지석천상류
댐	형 식	-	경사코아형 활댐	중심코아형 활댐	중심코아형 활댐	중심코아형 활댐
	제정고	EL.m	123.0	90.5	78.4	67.5
	제정폭	m	10.0	10.0	8.0	10.0
	높 이	m	46	36	25	31
	연 장	m	305.5	603	505	496
유역면적		km <sup>2</sup>	65.6	122.8	41.3	104.7
만수면적		km <sup>2</sup>	4.04	6.87	1.86	7.80
수혜면적		km <sup>2</sup>	62.45	711.39	31.55	92.68
총저수량		천톤	66,677	89,760	17,360	91,200
유효저수량		천톤	64,800	84,800	15,200	87,800
여수토형식		m	일류연식 50×4	레디알게이트 31.8×7.5	일류연식 60×3	레디알게이트 42.5×4
게이트형식		m	-	레디알게이트 9.2×7.89×2련	-	레디알게이트 9.2×7.89×2련
취수시설			취수탑 8.1m <sup>3</sup> /s	압력터널 13.8m <sup>3</sup> /s	사통식 3.1m <sup>3</sup> /s	도수로-압력 터널-콘벨브 11.4m <sup>3</sup> /s

## 2.1.3 치수시설물 현황

### 가. 하천 치수시설 현황

- 영산강 유역내 치수시설물로는 하천에 총연장 383km의 제방이 축조되어 있고, 975개소의 배수시설, 31개소의 배수펌프장이 설치

<표 2-4> 하천별 치수시설 현황

하천	제 방		배수펌프장 (개소)
	연 장 (km)	배수시설물 (개소)	
계	382.9	975	31
영 산 강	180.4	331	17
광 주 천	23.8	220	-
황 룡 강	68.5	153	3
지 석 천	48.2	93	3
고막원천	36.6	125	5
함 평 천	25.3	33	3

### 나. 하천 개수 현황

- 영산강 유역내 하천의 요개수 연장 총 386.6km중 완성제방 기준으로 개수된 연장은 총 316.7km로 평균 개수율 81.9%로 조사
- 하천 구간중 광주천과 황룡강 국가하천 구간은 100% 개수가 완료된 반면, 함평천은 31%에 불과하고, 지방2급 하천의 평균 개수율은 50% 수준

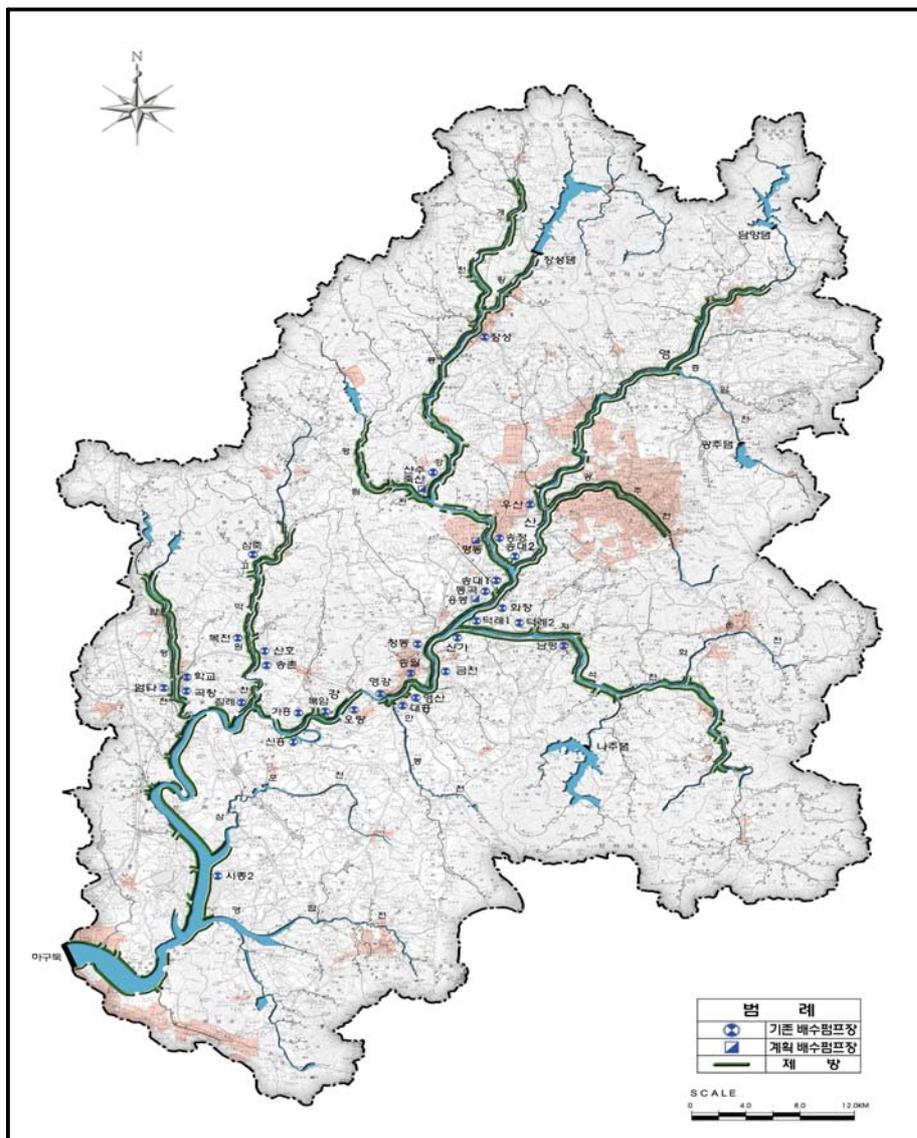
<표 2-5> 하천별 개수 현황

하천	하천등급	하천연장 (km)	요개수 (km)	완전개수 (km)	불완전개수 (km)	미개수 (km)	개수율 (%)
계		237.53	386.58	316.65	66.17	3.76	81.9
영 산 강	국 가	111.68	181.09	138.88	41.60	0.61	76.7
광 주 천	지방1	11.80	23.78	23.78	0.00	0.00	100.0
황 룡 강	국 가	9.41	14.22	14.22	0.00	0.00	100.0
	지방1	34.40	57.40	54.25	0.00	3.15	94.5
지 석 천	국 가	34.00	48.17	43.80	4.37	0.00	90.9
고막원천	국 가	22.33	36.60	33.91	2.69	0.00	92.7
함 평 천	국 가	13.91	25.32	7.81	17.51	0.00	30.8
	지방 2급	1,239.00	1,703.70	854.74	344.38	504.58	50.0

자료 : 국토해양부, 영산강유역종합치수계획보고서, 2007.

#### 다. 치수시설물

- 영산강 유역내 각 하천에 설치된 배수문, 배수암거 및 배수통관 등 배수시설물은 총 975개소가 있으며, 배수시설의 설치 및 밀도는 영산강, 지석천, 그리고 황룡강의 경우 1km마다 평균적으로 1.8개의 배수시설물이 설치
- 상습침수지역의 피해를 해소하기 위해 설치한 배수펌프장은 유역의 중·하류보인 광주광역시, 나주시, 영암군, 함평군 등에 총 31개소의 배수펌프장이 가동중
- 하수도 시설은 2002년 기준 광주광역시 약 2,670km, 나주시 약 230km, 그리고 장성군 약 180km의 하수관거 시설이 설치되어 있으며, 향후 영산강 유역내 2020년 기준 약 730km의 하수관거 신설계획이 수립



<그림 2-2> 치수시설 현황도

## 2.2 지역여건변화

### 2.2.1 홍수량 증가

- 이상기후 등 기후변화에 의한 집중호우로 설계강수량 증가(282 → 349 mm로 67mm 증가)
- 영산강유역종합치수계획('07, 건설교통부)에 따르면, '76년 영산강 하구둑 설계 당시 계획홍수위 EL.+1.38보다 0.92m 상승한 2.30m로 홍수위 상승
- 설계강수량 및 홍수위 상승에 따라 100년 빈도 홍수량 증가 : (5,600 → 8,310m<sup>3</sup>/s로 2,710m<sup>3</sup>/s 증가)

### 2.2.2 침수면적 확대

- 영산호 주변의 홍수위(EL.+2.30m) 이하 침수가능 농경지 면적 : 5,897ha
- 남약신도시 : 하천기본계획 홍수위(EL.+1.64m) 기준으로 최저부지 (EL.+2.75m)로 조성함에 따라 침수가능성 증가 ⇒ 홍수위 EL.+2.30m → +1.64로 낮추는 대책 필요
- '04년 8월 태풍 매기 내습시 침수피해 사례
  - 나주지역에 최고 1일 강수량 353mm 집중호우 발생
  - 영산호 수위가 강우직전 대비 3.42m 급상승(EL.-1.35m → +2.05m)
  - 당초 계획 홍수위(EL.+1.35m) 보다 0.67m 높은 수위로 상승
  - 영산호 주변 양수장 17개소, 배수장 1개소, 농경지 2,861ha 침수
- 국립해양연구원 목표검조소의 비조화상수를 살펴보면 과거 하구둑 설계 당시와 현재의 대조평균만조위의 경우 50cm 상승(당초 EL.1.39m → 1.89m)

### 2.2.3 영산호 수질악화

- 전국에서 가장 오염이 심각한 수질로 유역권 주민의 삶의 질 저하
- 영산호의 년도('95~'07년)별 수질변화를 보면
  - BOD : 1.3~3.0 mg/L 하천수질기준 Ib~III등급
  - COD : 4.2~6.2 mg/L 호소수질기준 III~IV등급
  - T-N : 3.399~5.237 mg/L 호소수질기준 등급외
  - T-P : 0.074~0.207 mg/L 호소수질기준 IV등급('97, 99년) 그 외는 등급외
- 영산호 주변 신도시 건설 및 배후 농경지에서 고농도 유출수의 유입으로 영산호 수질 악화 우려

- 서남해안관광레저도시 등 숙박인프라 확장을 위해 영산강 수변 수상호텔 건립 등 지역사회발전을 위해 2급수 이상 깨끗한 영산호 요구
- 영산호 퇴적오니량의 경우 하구둑에서 10km까지 56,034천m<sup>3</sup>('79~'07년)

<표 2-6> 2007년 기준 영산호 수질현황

항목	BOD	COD	T-N	T-P	SS	Chl-a
	----- mg/L -----					mg/m <sup>3</sup>
수질	1.6	4.9	3.399	0.119	8.5	3.6
등급	Ib	III	등급외	VI	III	-

#### 2.2.4 생태경관변화

- 현행 통선문식 어도는 통선문 위주로 설치되어 어류소상 시간을 충분히 제공하지 못하고, 회유성어종(칠성장어 등)은 소상이 곤란
- 현행 30ton급 소형선박이 통과할 수 있도록 설치되어 있으나, 향후 관광 및 레저, 서남해안 개발 등에 따른 지역사회여건 변화에 대처 곤란
- 하구습지 면적 감소 - 1910년대 하구면적의 20%인 309km<sup>2</sup> → 2000년대 5%인 73km<sup>2</sup>
- 영산강 하구둑은 농업용수 공급기능, 치수대책기능, 교통로 및 방재의 기능을 가진 구조물로 담수 및 연안 생태계를 단절시키고, 주변 경관을 고려하지 않은 기능위주의 시설물로 설치
- 영산강 주변경관 등 천혜의 자연조건 등을 활용 전원마을&뉴타운을 조성 농촌주거복지향상과 도시민유입 등 지역경제 활성화 방안 추진

#### 2.2.5 지역사회 변화

- 국토해양부, 전남도 등에서 배수갑문 확장 등 하구둑 구조개선을 요구
- 지속위에서 '지속가능한 하천·하구역의 통합관리체계구축방안('07. 6)'의 일환으로 영산강 하구둑 구조개선 시범추진 지시
- 영산강 유역 고대문화권지정, 영산강 강변도로개설사업, 영산강 횡단교량 개수 (2,500톤급 관광유람선 통선시 기준미달인 교량), J-Project, 서남해관광레저도시 건설 등 풍부한 관광자원 분포 및 개발

## 2.3 하구둑 구조개선 필요성

- 홍수량 증가 및 남악신도시 개발에 따른 계획홍수위 증가(EL.+1.64m) 등에 따라 기존의 배수갑문 통수능력만으로는 재해예방기능이 미약하여 영산호 배수갑문확장, 영암호 연계운영을 위한 연락수로 확장 등 재해예방대책 추진
- 영산호 수질악화, 관광·레저 활동 등 수변공간 활용의 증가에 따라 현행 영산호 수질로는 곤란하므로 영산호 상류유역 수질개선대책뿐만 아니라 호내 수질개선대책 수립하여 깨끗한 수질 유지로 지역민의 삶의 질 향상
- 하구둑 건설에 의해 담수하천과 연안 생태계 단절로 하구역의 독특한 생태복원의 요구가 증가하고 있어, 생태개선을 위해 생태공원, 생태숲, 조류관찰대 등 수변습지 공원 조성을 통해 관광활성화 추진
- 현행 어도의 문제점을 개선하고 어류 생물다양성 확보를 위한 신규 어도 설치를 요구하고 있어, 자연형수로식 어도를 설치하여 생물다양성 확보 및 어류 관찰실 및 전시장 등 시설물을 설치하여 체험학습장 및 관광효과 증대
- 레저, 관광객 증가에 따라 영산호 관광유람선 운항, 글로벌 농식품 물류기지 조성 사업 등 차후 관광유람선 및 물류운송 등을 고려 대형선박이 통과할 수 있도록 통선문 확대 요구
- J-프로젝트, 영산강유역 고대문화권 지정, 영산강 강변도로 개설 등 주변 관광 사업과의 조화를 위해 하구둑에 전망시설, 야간조명, 신설 배수갑문구조개선, 하구둑 및 도로공간 활용 구조물 등 지역민 및 관광객을 위한 다기능 공간으로 경관개선
- 재해예방기능 강화, 수질개선, 생태경관개선 등 영산강 하구둑 구조개선사업은 종합적으로 추진



### III. 재해대책

- 본장은 건설교통부의 '영산강유역종합치수계획보고서'의 수문분석 및 홍수방어 대안에 대한 내용을 위주로 설계강수량, 홍수량 분석, 영산, 영암호 배수갑문확장 능력 검토에 대해 정리하였으며, 배수갑문확장에 대한 타당성을 검증하기 위해 한국농촌공사 기술프로그램인 Gate pro V.2.90을 이용하였으며, 배수갑문 위치결정, 규모 및 형식 결정 그리고 표준단면도 등으로 구성
- 영산강 유역의 이수계획, 홍수 및 재해현황 분석, 홍수재해대책 등의 내용은 부록 C 및 D에 수록하여 정리

#### 3.1 현황

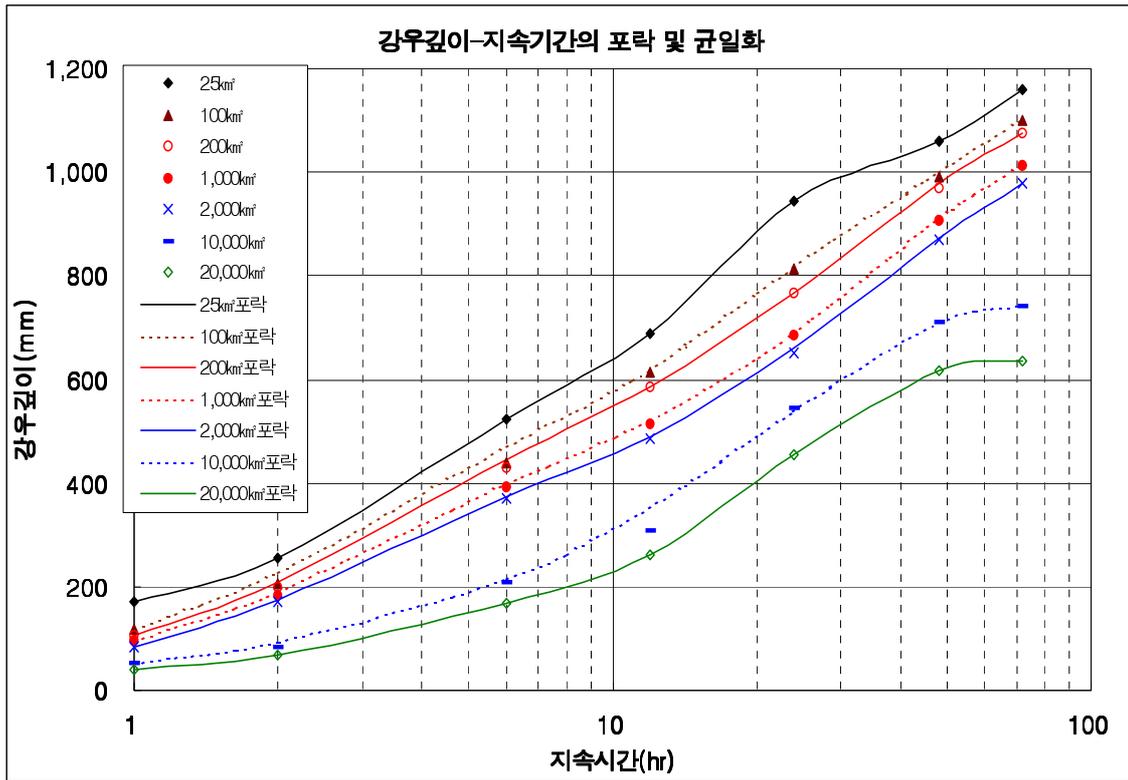
##### 3.1.1 영산강 유역의 PMP 산정

- 수문기상학적인 방법에 의해 산정된 값과 PMP도를 독치하여 산정한 값을 비교하여 이 중 큰 값을 지속시간별, 면적별 PMP로 채택하고 이를 그래프에 도시하여 매끄러운 곡선이 될 수 있도록 포락곡선을 작성하여 영산강 유역의 PMP를 결정

<표 3-1> 강우깊이-지속시간 포락 및 균일화 (단위 : mm)

구 분	1hr포락	2hr포락	6hr포락	12hr포락	24hr포락	48hr포락	72hr포락
25km <sup>2</sup> 포락	172.0	256.0	523.0	690.0	945.0	1,060.0	1,158.0
100km <sup>2</sup> 포락	118.0	227.43	472.2	617.4	816.2	999.7	1,100.0
200km <sup>2</sup> 포락	107.0	207.9	446.2	586.9	768.1	977.6	1,075.0
1,000km <sup>2</sup> 포락	96.0	189.2	398.6	519.6	689.5	911.4	1,012.0
2,000km <sup>2</sup> 포락	83.0	176.0	374.4	488.7	659.4	873.8	980.0
10,000km <sup>2</sup> 포락	52.0	95.0	216.6	352.8	539.8	711.7	742.0
20,000km <sup>2</sup> 포락	42.0	69.0	167.0	261.0	456.0	616.0	637.0

- 또한 주요 지점별 가능최대강수량(PMP)는 지속시간별로 포락 및 균일화한 후 주요 지점의 면적에 따라 PMP를 결정(<표 3-2> 및 <그림 3-1> 참조)
- 가능최대 강수량 분석결과, 영산강하구는 지속시간 24시간의 경우 638mm의 강우가 최대로 발생하는 것으로 검토되었고, 유역 최상류의 담양댐지점은 907mm로 분석

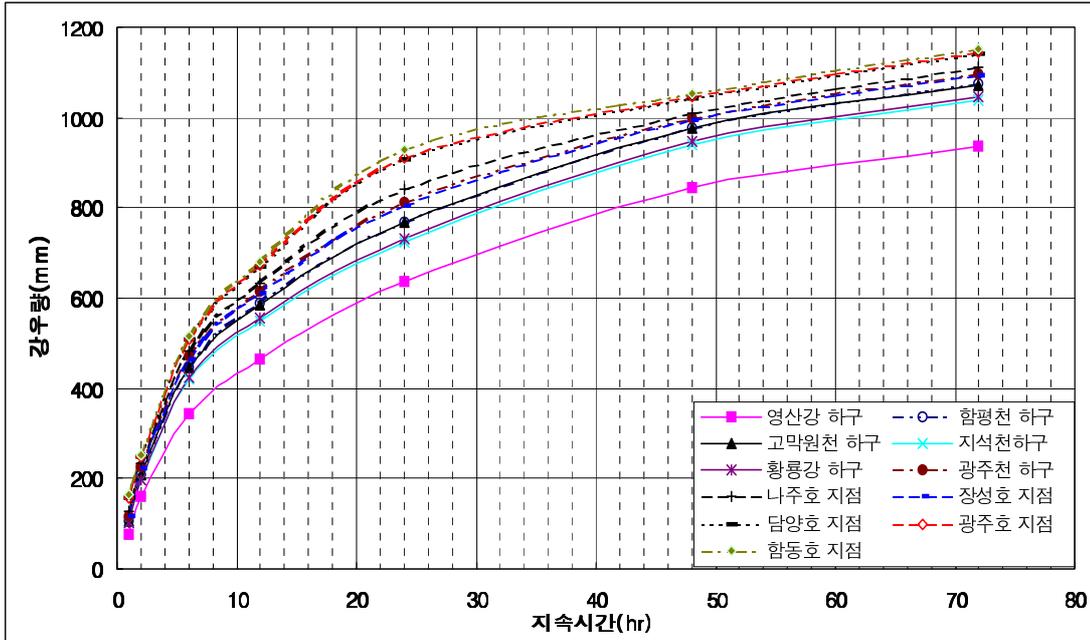


<그림 3-1> 강우깊이-지속시간 포락 및 균일화

<표 3-2> 주요지점별 가능최대강수량

단위 : mm

지 점	유역면적 (km <sup>2</sup> )	1hr포락	2hr포락	6hr포락	12hr포락	24hr포락	48hr포락	72hr포락
영산강 하구	3,455.0	77	161	346	464	638	844	937
광주천 하구	106.5	117	226	470	615	813	998	1,098
황룡강 하구	564.3	102	199	425	556	732	947	1,046
지석천하구	657.2	101	197	419	548	723	940	1,039
고막원천 하구	215.9	107	208	445	586	767	976	1,074
함평천 하구	196.4	107	209	447	588	770	978	1,076
나주댐 지점	85.3	129	233	482	632	841	1,011	1,111
장성댐 지점	122.4	116	223	466	611	805	995	1,094
담양댐 지점	46.9	156	248	508	669	907	1,042	1,141
광주댐 지점	43.8	158	249	510	672	913	1,045	1,143
함동댐 지점	34.4	165	252	517	681	929	1,053	1,151



<그림 3-2> 주요지점별 가능최대강수량

### 3.1.2 홍수량 산정

- 홍수량은 산정지점별 강우의 임계지속시간을 고려하고 상류유역의 면적에 해당하는 면적우량감소계수를 적용하여 산정
- 홍수량 산정모형은 미육군공병단에서 개발한 HEC-HMS를 적용
- 매개변수 보정과 검증을 위한 대상홍수

강우 기간 (년월일)	관측소별누가우량 (mm)						강우 원인	AMC 조건	수위 (m)·유량 (m <sup>3</sup> /s)						비고
	북이	삼서	광주	목포	함평	능주			선 압		남 평		나 주		
									Hp	Qp	Hp	Qp	Hp	Qp	
'97.07. 15 ~ 17	100	55	99	89	88	101	전선	III	2.72 (7.16 13:00)	674	2.33 (7.16 11:00)	708	6.06 (7.16 18:00)	1,826	보정 대상
'97.08. 03 ~ 06	137	189	219	132	138	85	전선	I	4.06 (8.05 02:00)	1,061	2.22 (8.05 05:00)	645	7.66 (8.05 08:00)	2,891	보정 대상
'98.09. 29 ~ 10.1	358	274	265	237	249	219	태풍	I	3.75 (9.30 19:00)	894	3.46 (9.30 17:00)	1,531	8.75 (9.30 20:00)	3,855	보정 대상
'89.07. 24 ~ 27	291	399	460	248	375	404	전선	I	4.88 (7.25 16:00)	2,750	5.67 (7.25 20:00)	2,300	10.80 (7.25 22:00)	7,300	검증 대상
'04.08. 18 ~ 19	156	143	323	207	111	410	태풍	II	4.09 (8.18 21:30)	917	6.27 (8.18 18:00)	3,250	10.20 (8.18 21:30)	7,243	검증 대상

주) H<sub>p</sub> : 첨두홍수위, Q<sub>p</sub> : 첨두홍수량, ( ) : 발생시간

○ 주요지점별 peak 홍수량(2002년 기준)

지점별	유역 면적 (km <sup>2</sup> )	빈도별 peak 홍수량 (m <sup>3</sup> /s)							임계 지속 시간 (hr)
		20년	50년	80년	100년	150년	200년	500년	
영산강하구	3,455.0	6,189	7,380	7,930	8,202	8,710	9,190	10,289	29
광주천하구	106.5	603	720	779	808	857	893	1,008	14
황룡강하구	564.3	1,651	1,983	2,102	2,172	2,299	2,389	2,690	25
지석천하구	657.2	2,205	2,642	2,857	2,970	3,152	3,311	3,780	19
고막원천하구	215.9	943	1,108	1,191	1,232	1,303	1,349	1,519	15
함평천하구	196.4	1,014	1,199	1,294	1,339	1,421	1,477	1,664	17

○ 목표연도 홍수량 산정을 위해 '10년 단위의 유역종합치수계획을 수립'하도록 정한 하천법 제11조 2의 규정과 국토종합계획, 수자원장기종합계획 등 관련계획의 계획 기준연도 등을 종합적으로 고려 2016년으로 설정

○ 장래개발계획 등을 고려 토지이용변화를 예측하고, 이를 통해 유출곡선지수의 변화를 분석하여 목표연도의 유역상황에 근거한 유출곡선지수 산정

○ 목표연도 빈도별 홍수량을 산정한 결과, 영산강 하구둑을 기준으로 현재 홍수량 대비 약 100 m<sup>3</sup>/s, 지석천 하구 약 10 m<sup>3</sup>/s, 황룡강 하구 약 40m<sup>3</sup>/s가 증가

<표 3-3> 현재 및 목표연도에 대한 주요지점별 peak 홍수량

지점별	유역 면적 (km <sup>2</sup> )	구분	빈도별 peak 홍수량 (m <sup>3</sup> /s)						
			20년	50년	80년	100년	150년	200년	500년
영산강하구	3,455.0	현재	6,189	7,380	7,930	8,202	8,710	9,190	10,289
		장래	6,303	7,476	8,035	8,304	8,823	9,235	10,406
		증가량	114	96	105	102	113	126	117
광주천하구	106.5	현재	603	720	779	808	857	893	1,008
		장래	616	732	792	820	869	905	1,020
		증가량	13	12	13	12	12	12	12
황룡강하구	564.3	현재	1,651	1,983	2,102	2,172	2,299	2,389	2,690
		장래	1,695	2,020	2,137	2,201	2,329	2,429	2,734
		증가량	44	37	35	29	30	40	44
지석천하구	657.2	현재	2,205	2,642	2,857	2,970	3,152	3,311	3,780
		장래	2,214	2,659	2,867	2,980	3,162	3,323	3,790
		증가량	9	17	10	10	10	12	10
고막원천하구	215.9	현재	943	1,108	1,191	1,232	1,303	1,349	1,519
		장래	975	1,135	1,220	1,260	1,332	1,385	1,558
		증가량	32	27	29	28	29	36	39
함평천하구	196.4	현재	1,014	1,199	1,294	1,339	1,421	1,477	1,664
		장래	1,014	1,199	1,294	1,339	1,421	1,477	1,664
		증가량	0	0	0	0	0	0	0

### 3.1.3 현재 영산호 배수갑문 능력 검토

○ 현 배수갑문의 능력을 검토할 때의 기본적인 가정사항

- 영산호 내용적은 '98년 하천정비기본계획 당시 측량성과를 활용(<표 3-4> 참조)
- 외조위는 하구둑 계획당시의 목포 삼학도 검조소의 조위 측정자료에 비해 현재 조위변화가 큰 만큼 국립해양조사원에서 최근의 조석자료를 토대로 분석한 조위 조건을 적용
- 영산호의 유입량은 '98 하천정비기본계획의 계획빈도 홍수수문곡선을 적용

<표 3-4> 영산호의 내용적 변화

단 위 : m<sup>3</sup>

표고 (EL.m)	'75 년	'98 년	증 감
2	493,714,297	352,053,957	-141,660,340
1	424,297,676	313,787,974	-110,509,702
0	336,164,072	277,401,316	-58,762,756
-1	278,070,294	242,769,407	-35,300,887
-2	241,430,680	209,773,809	-31,656,871
-3	208,670,366	178,722,902	-29,947,464
-4	178,682,598	150,761,414	-27,921,184
-5	152,174,604	126,420,475	-25,754,129
-6	129,258,501	106,763,987	-22,494,514
-7	109,304,101	90,931,957	-18,372,144
-8	93,159,000	76,981,810	-16,177,190
-9	79,931,131	64,372,974	-15,558,157
-10	68,612,931	53,068,512	-15,544,419
-15	26,031,064	14,481,871	-11,549,193

주) '75년 : 농업기반공사, 영산강 유역개발 2단계사업 수문조사 보고서, 1975.

'98년 : 건설교통부, 영산강 하천정비기본계획(보완), 1998.

○ 영산호 및 배수갑문 제원

구분	저 수 지						배 수 갑 문		
	만수 면적	총저수 용량	유효 저수용량	계획 홍수위	상시 만수위	사수위	Sill 표고	문비 (m)	통선문
단위	km <sup>2</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	EL.m	EL.m	EL.m	EL.m	BxHx런	개소
제원	34.6	253.2	180.9	(+)1.39	(-)1.35	(-)9.35	(-)9.35	30x13.6x8	1

○ 하구둑 외조위 조건

<표 3-5> 목표 검토서 기준조석 성과

항 목			목 포	
관 측 위 치			34°46'56" N 126°23'19" E	
관 측 기 간			1999. 1 ~ 2002. 12	
조화상수			반조차 (cm)	지각 (°)
	M <sub>2</sub>	주태음반일주조	141.1	29.6
	S <sub>2</sub>	주태양반일주조	43.6	70.2
	K <sub>1</sub>	일월합성일주조	30.5	243.4
	O <sub>1</sub>	주태음일주조	23.6	219.9

<표 3-6> 목표 조석 비조화 상수

단위 : EL.m

항 목		영산강하구둑설계당시	현재('04년 기준)
약최고만조위	(Approx.H.H.W.)	1.95	2.43
대조평균만조위	(H.W.O.S.T)	1.39	1.89
평균만조위	(H.W.O.M.T)	1.02	1.41
소조평균만조위	(H.W.O.N.T)	0.66	0.93
평균해면	(M.S.L)	-0.20	0.00
소조평균간조위	(L.W.O.N.T)	-1.06	-0.93
평균간조위	(L.W.O.M.T)	-1.43	-1.41
대조평균간조위	(L.W.O.S.T)	-1.80	-1.89

주) 육상표고로의 환상

- ① E.L. = D.L. - 235 cm (영산강하구둑 건설당시)  
「영산강 유역개발 2단계사업 수문조사 보고서(농업기반공사, 1975)」
- ② E.L. = D.L. - 243 cm (현 재)  
「서해안 해수범람 흔적조사 및 종합대책 수립(행정자치부, 1998)」

○ 현 배수갑문의 능력검토 결과

- 당초 영산강 하구둑 축조 당시 영산호의 최고 내수위는 EL.1.39m로 계획되었으나 '영산강 하천정비기본계획(건설교통부, 1998)'에서는 영산호 주변 방수제 설치와 상류 유입토사의 퇴적에 따른 내용적 감소 고려 최고 내수위를 EL.1.64m로 분석
- 당초 하구둑 설계 당시에 비해 현재 조석환경이 과거와 다른 양상을 보임에 따라 영산호에서 홍수시 형성되는 최고 내수위를 조석변화를 고려 재검토하였으며, 검토 조건은 현재 영산호 하구둑지점의 기고시 홍수량('98 하천정비기본계획의 계획 홍수량)이 유입되는 것으로 가정 조석변화에 따른 영산호 수위변동 양상을 분석
- 영산강 하구둑 외조위는 약 25시간을 주기로 변화하며 2회씩의 고조와 저조가 발생하는데 그 규모가 각각 달라서 고조는 고고조(HHW)와 저고조(LHW), 저조는

고저조(HLW)와 저저조(LLW)로 구분되며, 약 25시간을 한 주기로 하는 조위의 변화 과정과 영산호로 유입되는 유입홍수수문곡선의 침투시간과 맞물리는 시점의 공통적인 특징에 따라 ‘고고조 일치형’, ‘고저조 일치형’, ‘저고조 일치형’, 그리고 ‘저저조 일치형’ 등 4가지 형태로 대별

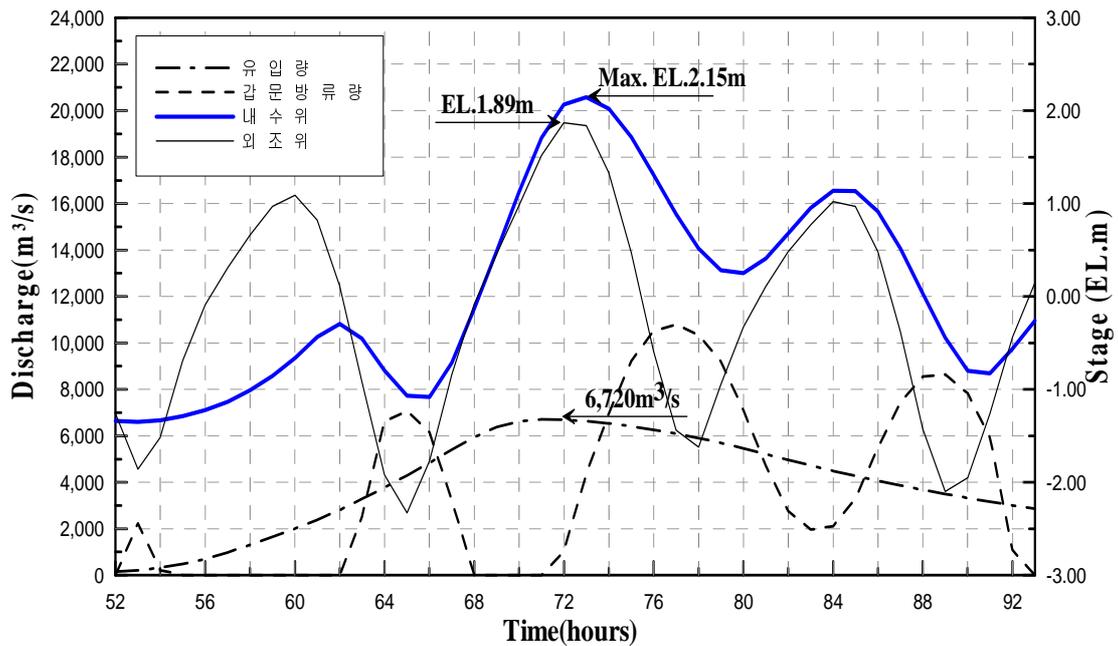
- 이상 4가지 분석조건을 토대로 배수갑문 운영에 따른 영산호 최고 내수위를 검토한 결과 현재의 조위조건을 적용하여 분석하면 분석 조건에 따라 영산호의 최고 내수위는 '고저조 일치형'의 경우 최소 EL.1.59m에서 '고고조 일치형'의 홍수사상이 발생하는 경우는 최대 EL.2.15m까지 상승할 수 있는 것으로 분석

<표 3-7> 현 배수갑문의 능력검토 결과

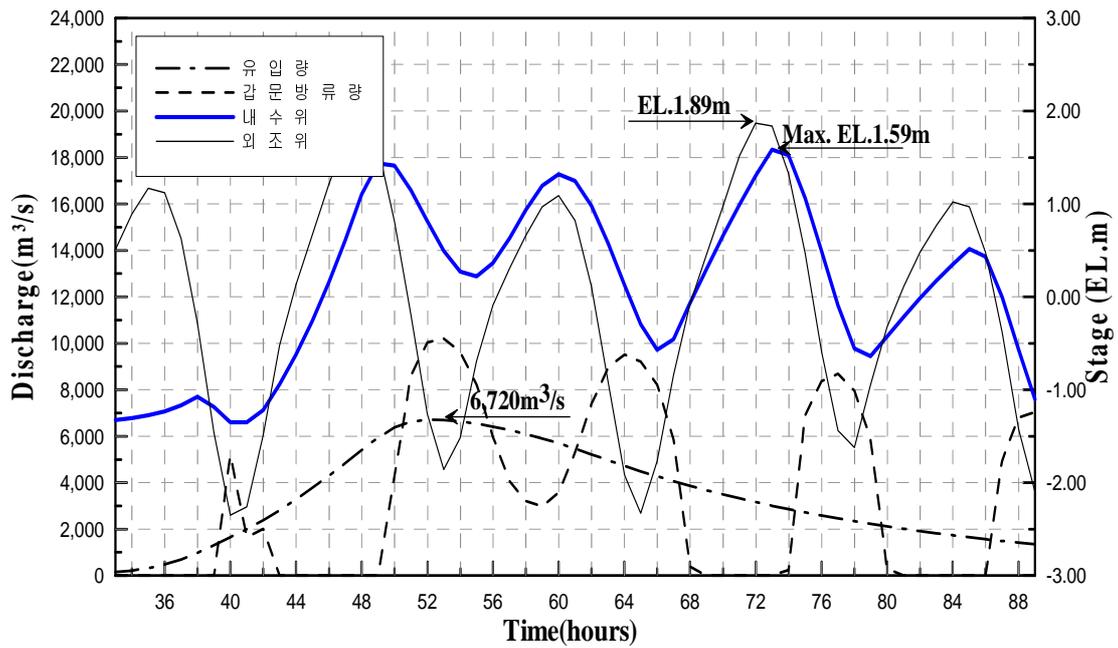
단위 : EL.m

구 분		고고조 일치형	고저조 일치형	저고조 일치형	저저조 일치형
설계당시 조위조건	내수위 (EL.m)	최 고	1.64	1.39	1.46
		최 저	1.51	1.29	1.35
	갑문 총 배제량( $10^6 \text{ m}^3$ )	628	678	652	637
	갑문 총 배제시간 (hr)	31	33	33	33
현 재 조위조건	내수위 (EL.m)	최 고	2.15	1.75	1.98
		최 저	2.02	1.59	1.85
	갑문 총 배제량( $10^6 \text{ m}^3$ )	573	634	590	586
	갑문 총 배제시간 (hr)	28	31	30	30

주) 검토조건 : 배수갑문 폭 = 240 m, '98 하천정비기본계획의 계획홍수량 유입시



<그림 3-3> 현재 조위조건에서의 영산호 내수위 분석(고고조 일치형)



<그림 3-4> 현재 조위조건의 영산호 내수위 분석(고저조 일치형)

### 3.1.4 영산강 유역 종합치수계획 홍수방어 대안

○ 영산강 유역의 홍수방어 대안

방어대안		개요	내용	비고
중·상류	농업용저수지 치수능력증대	홍수조절용량 확보 및 홍수조절기능부여	·댐중고 : 장성, 나주, 광주, 합동댐 ·수문설치 : 광주, 합동 2개소  ·제한수위조정 및 운영률 변경 : 장성, 나주댐 2개호	구조적 방법  비구조적 방법
	신규댐	신규댐에 의한 홍수조절	·오례댐, 광주2댐 2개소	
	홍수조절지	홍수지체에 의한 홍수조절	·홍수조절지 4개소	
	천변조절지	하천변 저지대 농경지 저류지화	·천변저류지 18개소	
하류	영산강하구둑 배수갑문확장	영산호 내수위저하 침수/관수시간단축	·영산강 하구둑 배수갑문 확장	
	영암호 저류 공간 활용	영암호 저류용량 활용 영산호 내수위 저하	·영암호 배수갑문 확장 ·연락수로 확폭 및 제수문 신·증설	
	하천개수	제방축보	·외수범람 방지를 위한 제방축보	
배수펌프장		저지대 내수배제 개선	·배수펌프장 신설 3개소 ·배수펌프장 증설 7개소	

### 가. 농업용 저수지 치수능력 증대

- 대상저수지 : 장성, 나주, 담양, 광주 및 함동 저수지
- 방법 : 제당승상 및 홍수조절용 수문설치 등 구조물적 방법과 홍수기 제한수위 조정과 저수지 운영률 조정을 통한 홍수조절용량 확보하는 비구조물적 방법

<표 3-8> 주요 저수지 시설현황

댐	제정고 (EL.m)	만수위 (EL.m)	계획홍수위 (EL.m)	일류언표고 (EL.m)	수문 (B <sup>m</sup> ×H <sup>m</sup> ×런)	최대방류량 (m <sup>3</sup> /s)	댐운영 방식
장 성	90.50	86.50	86.50	79.50	9.2×7.8×3	1,040	Auto
나 주	67.50	63.90	63.90	58.40	9.5×6.2×4	972	Auto
담 양	124.00	119.50	121.10	119.50	-	-	자연조절
광 주	78.90	74.60	76.40	74.60	-	-	자연조절
함 동	48.25	45.50	46.75	45.50	-	-	자연조절

<표 3-9> 현상태시 각 댐의 주요지점별 홍수조절효과

단위 : m<sup>3</sup>/s

지점	목표 연도 홍수량	빈도 (년)	장 성 댐		나 주 댐		담 양 댐 (자연조절)		광주댐 (자연조절)		함동댐 (자연조절)	
			홍수량	조절량	홍수량	조절량	홍수량	조절량	홍수량	조절량	홍수량	조절량
하 구 독	8,310	100	8,160	△150	8,190	△120	8,230	△80	8,270	-	8,310	-
나주수위표	8,320	200	8,320	△190	8,250	△70	8,200	△120	8,270	-	8,320	-
마특수위표	3,010	200	-	-	-	-	2,840	△170	2,920	-		

- 댐 증고에 의한 치수능력 증대 방법

- 장성댐, 나주댐, 함동댐 2.0m 증고, 광주댐 1.0m 증고, 담양댐 미 증고
- 증고높이별 치수능력 평가 방법 : Auto ROM, Rigid ROM

<표 3-10> 댐 증고에 의한 주요지점별 홍수조절효과 (Auto ROM)

단위 : m<sup>3</sup>/s

지점	목표 연도 홍수량	빈도 (년)	장성댐 (2.0m 증고)		나주댐 (2.0m 증고)		광주댐 (1.0m 증고)		함동댐 (2.0m 증고)	
			홍수량	조절량	홍수량	조절량	홍수량	조절량	홍수량	조절량
하 구 독	8,310	100	7,970	△340	7,970	△340	8,270	△80	8,220	△90
나주수위표	8,320	200	7,780	△540	7,880	△440	8,270	△110	8,220	△100
마특수위표	3,010	200	3,010	-	3,010	-	2,850	△160	3,010	

<표 3-11> 댐 증고에 의한 주요지점별 홍수조절효과 (Rigid ROM) 단위 : m³/s

지점	목표연도 홍수량	빈도 (년)	장성댐 (1.5m 증고)		나주댐 (1.5m 증고)		광주댐 (1.0m 증고)		함동댐 (1.5m 증고)	
			홍수량	조절량	홍수량	조절량	홍수량	조절량	홍수량	조절량
하 구 독	8,310	100	8,020	△290	8,020	△290	8,240	△70	8,270	△40
나주수위표	8,320	200	7,850	△470	7,950	△370	8,220	△100	8,270	△50
마륵수위표	3,010	200	3,010	-	3,010	-	2,880	△130	3,010	

<표 3-12> 제한수위 조정에 따른 주요지점별 홍수조절효과 단위 : m³/s

지점	목표연도 홍수량	빈도 (년)	장 성 댐 (제한수위조정+ 운영톨변경)		나 주 댐 (제한수위조정+ 운영톨변경)	
			홍수량	조절량	홍수량	조절량
하 구 독	8,310	100	8,120	△190	8,130	△180
나주수위표	8,320	200	8,020	△300	8,080	△240
마륵수위표	3,010	200	3,010	-	3,010	-

#### 나. 신규댐 개발 계획

- '댐건설장기계획(건설교통부, 2001)'에서 영산강 유역내 오레댐과 광주2댐
- 개발계획 : 계획홍수량을 전량 방류할 수 있는 홍수조절용 수문을 설치하여 상시 만수위와 계획홍수위를 동일하게 관리하는 개념으로 개발계획 수립

<표 3-13> 댐 개발형태 및 운영 방안

구 분		오레댐	광주2댐
댐개발형태		다목적댐	치수전용댐
댐운영	비홍수기	저수위에서 상시만수위까지의 저수용량인 2,240만m³을 용수로 활용	유효저수용량 350만m³을 용수로 활용
	홍수기	제한수위를 설정하여 제한수위에서 계획홍수위까지의 용량 1,010만m³으로 홍수조절	우기전 저수위까지 수위를 낮추어 홍수조절용량 350만m³을 확보하여 홍수조절

<표 3-14> 신규댐 제원

구분	단 위	오 레 댐	광 주 2 댐
● 유역현황 •하천 •유역면적	km <sup>2</sup>	영산강 오레천 34.0	영산강 증암천
● 댐제원 •위치 •형식 •댐높이 •댐길이	m m	전남 담양 무정 중심코아형 흙댐 37.0 342	전남 담양 남면 중심코아형 흙댐 34.0 350
● 저수지 •계획홍수위 •상시만수위 •저 수 위 •총저수용량 •유효저수용량	EL.m EL.m EL.m 백만m <sup>3</sup> 백만m <sup>3</sup>	82.0 82.0 62.0 23.2 22.4	145.0 145.0 130.0 4.15 3.50
● 여수로 •형식 •수문 •보조여수로	- - m	Chute식 B6.0m×H7.0m×3 <sup>련</sup> -	터널식 D5.0m×L300m 30.0
● 사업효과 •용수 공급량 •홍수조절용량	백만m <sup>3</sup> 백만m <sup>3</sup>	12.3 10.1	- 3.5

○ 홍수조절 효과

<표 3-15> 신규댐 계획에 의한 주요지점별 홍수조절효과

단위 : m<sup>3</sup>/s

지점	목표연도 홍수량	빈도 (년)	오 레 댐		광 주 2 댐	
			홍수량	조절량	홍수량	조절량
하 구 독	8,310	100	8,250	△60	8,250	△60
나주수위표	8,320	200	8,230	△90	8,210	△110
마륵수위표	3,010	200	2,890	△120	2,850	△160
증암천합류전	1,170	100	1,030	△140	1,170	-

다. 천변저류지 개발 계획

- 천변저류지는 하천연변의 저지대 농경지 및 폐천부지 등을 이용하는 off-site 방식이면서 off-line 방식인 유역저류시설로 홍수시 하도내 첨두홍수량을 낮추어 하류부의 피해를 경감시키는 것을 목적으로 설치

○ 천변저류지 가능지점 현황

구 분	개소	면적 (ha)	유효저류량 (천m³)
영 산 강	7	854.4	21,874
광 주 천	2	24.8	630
황 룡 강	3	169.9	3,778
개 천	2	117.4	2,974
평 립 천	1	61.5	984
지 석 천	2	129.6	1,578
고막원천	1	72.9	1,166
계	18	1,430.5	32,984

○ 천변저류지 홍수조절효과

<표 3-16> 천변저류지 개발에 따른 주요지점별 홍수조절효과

단위 : m³/s

하천	지점	목표연도 홍수량	빈도 (년)	영산강	광주천	황룡강	개천	평림천	지석천	고막원천
영 산 강	하구둑	8,310	100	-	-	-	-	-	-	-
	사포수위표	8,880	100	580	-	-	-	-	-	-
	고막원천합류전	8,270	100	640	-	-	-	-	-	-
	영산포수위표	8,610	200	830	-	-	-	-	-	-
	나주수위표	8,320	200	240	-	-	-	-	-	-
	본동수위표	5,140	200	280	-	-	-	-	-	-
	마륵수위표	3,010	200	360	-	-	-	-	-	-
	광주천합류전	2,600	200	360	-	-	-	-	-	-
	증암천합류전	1,170	100	110	-	-	-	-	-	-
광주천	하 구	910	200	-	40	-	-	-	-	-
황룡강	하 구	2,430	200	-	-	280	90	10	-	-
	선암수위표	2,450	200	-	-	310	90	10	-	-
지석천	하 구	3,330	200	-	-	-	-	-	150	-
	남평수위표	3,210	200	-	-	-	-	-	160	-
	능주수위표	2,270	100	-	-	-	-	-	70	-
고막 원천	하 구	1,260	100	-	-	-	-	-	-	110
	학교수위표	1,240	100	-	-	-	-	-	-	120

라. 홍수조절지 개발 계획

- 금회 계획 홍수조절지는 하천에 제수문을 설치하여 평상시는 유수를 흘려보내 하천 기능에 영향을 주지 않고 있다. 홍수발생시 하류의 수위 조건에 따라 제수문을 조작 홍수를 천변의 저지대나 농경지에 저류 또는 지체시켜 하류 홍수량을 경감시키는 지체구조물(detention structure)

○ 홍수조절지 계획 대상지 : 지석, 황룡, 정암, 담양

<표 3-17> 영산강 유역내 가능 홍수조절지 현황

구 분	조 절 지			
	지 석	황 룡	정 암	담 양
위 치	화순군 이양면	광주 광산구	광주 북구	담양군 월산면
하 천	지석천 (국가)	황룡강 (지방1)	석곡천 (지방2)	용천 (지방2)
유역면적 (km <sup>2</sup> )	139.2	536.8	13.2	40.8
조절지 면적 (km <sup>2</sup> )	1.58	6.35	0.22	1.22

○ 홍수조절지 홍수조절효과

<표 3-18> 홍수조절지 목표 하류 방류량

구 분	홍 수 조 절 지			
	지 석	황 룡	정 암	담 양
저류지 계획홍수위(EL.m)	68.00	27.00	86.00	54.00
유효저류용량(×10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	7.38	44.90	1.16	4.25
저류지에 의한 조절홍수량(×10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	6.38	40.65	0.87	3.27
목표 하류방류량(m <sup>3</sup> /s)	550	980	50	110
조절지 하류 하도 계획홍수량(m <sup>3</sup> /s) (계획빈도)	1,060 (100년)	1,770 (100년)	223 (50년)	470 (50년)

<표 3-19> 홍수조절지별 지점 침투홍수 조절량

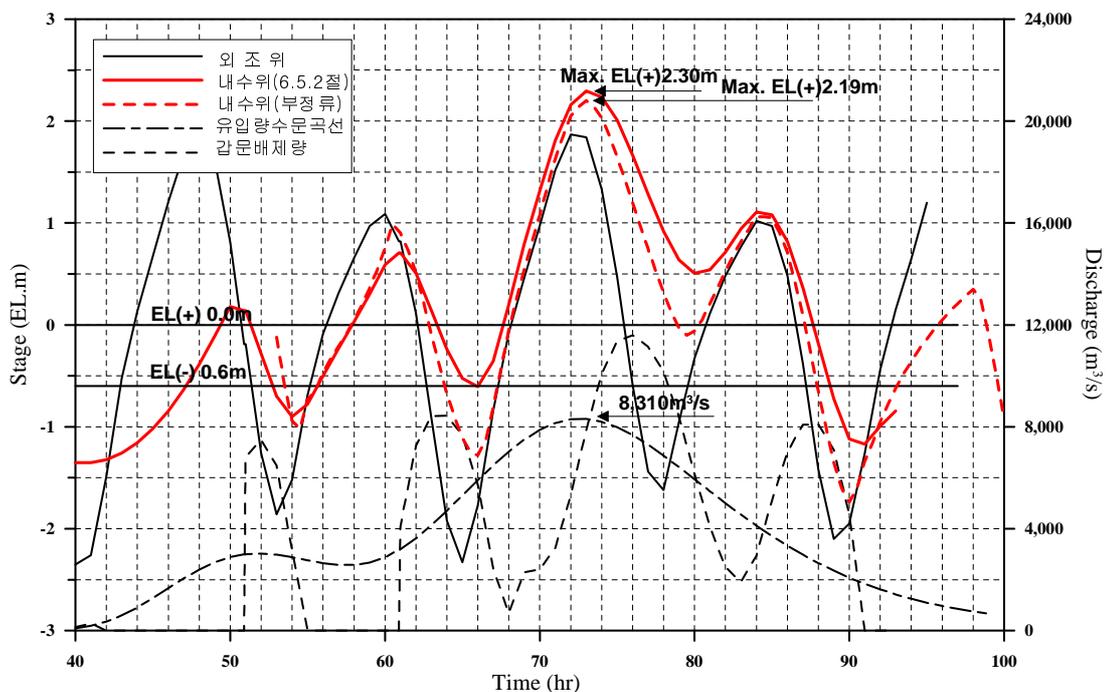
구분 \ 조절지		지 석	황 룡	정 암	담 양
유역면적 (km <sup>2</sup> )		139.2	536.8	13.2	40.8
저류지 면적 (km <sup>2</sup> )		1.58	6.35	0.22	1.22
홍수조절용량 (×10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )		6.38	40.65	0.87	3.27
지점침투홍수 조절량(m <sup>3</sup> /s)	100년 빈도	288	1,237	111	383
	200년 빈도	383	1,456	131	440
조절지 계획홍수위 (EL.m)		68.00	27.00	86.00	54.00

<표 3-20> 홍수조절지에 개발에 따른 주요지점별 홍수조절효과      단위 : m<sup>3</sup>/s

하천	지 점	목표연도 홍수량	빈도 (년)	조 절 량			
				지 석	황 룡	정 압	담 양
영 산 강	하 구 독	8,310	100	△40	△540	-	△70
	나주수위표	8,320	200	△150	△1,030	△10	△110
	마륵수위표	3,010	200	-	-	△30	△170
	증암천합류전	1,170	100	-	-	-	△180
광 주 천	하 구	910	200	-	-	-	-
황 룡 강	하 구	2,430	200	-	△1,300	-	-
	선암수위표	2,450	200	-	△1,380	-	-
지 석 천	하 구	3,330	200	△210	-	-	-
	남평수위표	3,210	200	△240	-	-	-
고막원천	하 구	1,260	100	-	-	-	-

마. 영산호 배수갑문 확장

○ 영산호의 100년 빈도 계획홍수위는 설계 당시 EL.+1.38m이나 '하천정비기본계획 (1998, 건설교통부)'시 계획홍수위가 EL.+1.64m로 변경되었고, 금회 하구독 기준 목표연도(2016년) 홍수량 8,310m<sup>3</sup>/s가 영산호로 유입되는 경우 최대 EL.2.30m까지 상승하여 설계 당시에 비해 92cm가 상승하는 것으로, 이는 퇴적에 의한 영산호 내용적 감소와 하구독 외조위가 설계 당시에 비해 상승에 기인



<그림 3-5> 장래 목표연도 홍수량 유입시 영산호 내수위 변화

<표 3-21> 영산강 하구둑 주요 수위 현황 (100년 빈도)

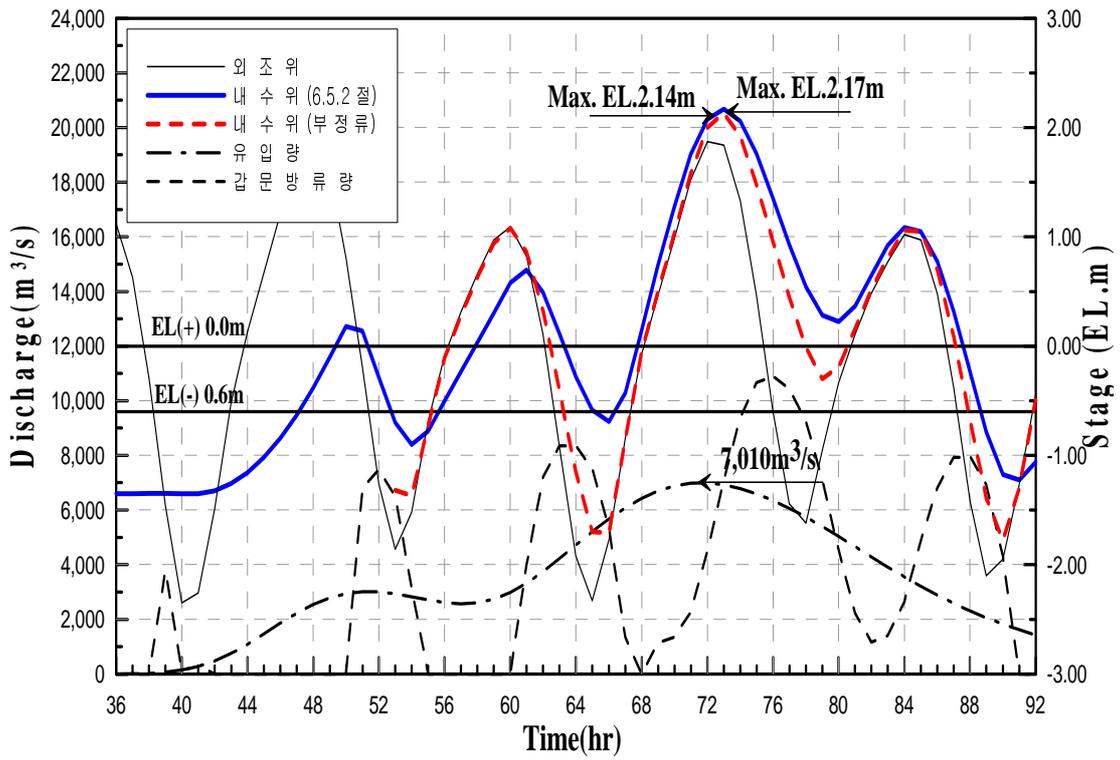
구 분	단위	당초 (1975년)	하천정비기본 계획(1998)	목표연도 (2016년)	비 고
peak 홍수량	m <sup>3</sup> /s	5,600		8,310	100년빈도
대조평균만조위	EL.m	1.39		1.89	2004년 기준
계획홍수위	EL.m	1.38	1.64	2.30	92 cm 증가
상시만수위	EL.m	-1.35		-1.35	

### 1) 배수갑문 확장규모 검토

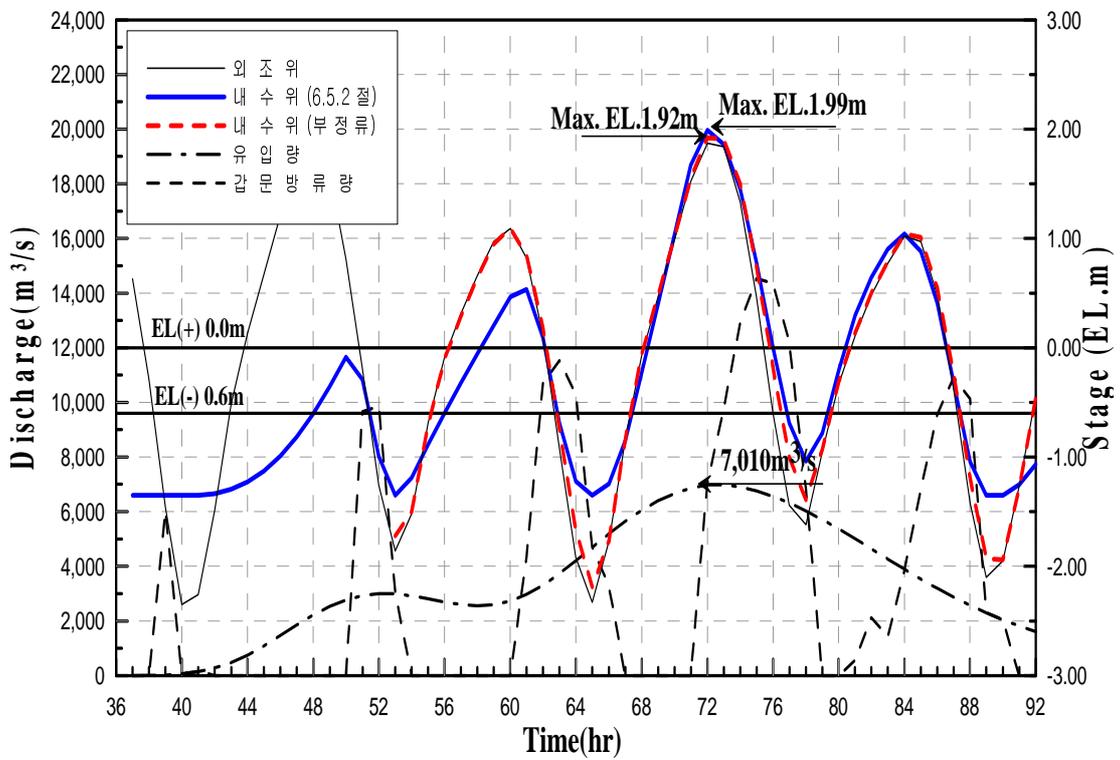
- 상류에서 영산호로 유입되는 홍수수문곡선은 상류유역 저류시설 계획의 사업여부를 고려하여 하구둑 지점의 홍수량을 사업 전에는 목표연도 홍수량(첨두홍수량 8,310m<sup>3</sup>/s)으로, 그리고 사업 후에는 상류 유역저류시설에 의해 조절이 된 후의 홍수량(첨두홍수량 7,010m<sup>3</sup>/s)을 적용하여 영산호 내수위를 분석
- 홍수배제능력 증대를 위한 배수갑문 규모결정은 현재 폭인 240m에서 120m씩 증가시켜 영산호 내수위 변화 분석
- 내수위 변화를 분석하기 위한 방법은 영산호의 내용적곡선을 이용하고 하구둑 수위차에 의한 배수갑문을 통한 흐름을 4가지 흐름으로 가정하여 해석하는 방법과 부정류해석을 실시하는 방법의 두 가지 방법을 적용하여 현재 상태와 배수갑문을 두 배로 확장한 경우 영산호의 시간에 따른 내수위 변화를 도시(<그림 3-6> 참조)
- 하구둑 배수갑문의 확장 폭에 따른 100년 빈도 최고 내수위 변화를 분석한 결과 배수갑문 폭이 240m인 현재 상태하에 목표연도 홍수량(첨두홍수량 8,310m<sup>3</sup>/s)이 유입되는 경우 영산호 최고 내수위는 EL.2.30m까지 상승할 것으로 분석되었고, 상류 유역저류시설물들이 모두 설치되어 하구둑지점에 조절된 홍수량(첨두홍수량 7,010m<sup>3</sup>/s)이 유입되면 EL.2.17m까지 상승하는 것으로 분석

<표 3-22> 배수갑문 확장 폭에 따른 최고 내수위 변화 (100년 빈도)

배수갑문 폭 (m)	최고 내수위 (EL.m)		비 고
	상류부시설계획전	상류부시설계획후	
240	2.30	2.17	현상태
360	2.08	2.05	
480	2.01	1.99	채 택
600	1.97	1.96	
720	1.95	1.93	
860	1.92	1.92	



(a) 현 상태 (B=240m)



(b) 배수갑문 확장후 (B=480m)

<그림 3-6> 배수갑문 확장에 따른 영산호 내수위 변화

- 현재 배수갑문 폭의 두 배인 480m로 확장할 경우 영산호 최고 내수위는 EL. 2.01m, 720m일 경우 EL.1.95m, 860m의 경우 EL.1.92m로 분석
- 배수갑문 폭을 현재의 두배로 확장할 경우가 수위 저감량이 29 cm로 가장 큰 반면, 폭을 더 이상 넓혀도 수위저감 효과는 수 cm 이내로 현 외조위 조건을 고려할 때 가장 적정
- 배수갑문 폭을 480m로 확장할 경우 갑문에서의 수리량 변화를 분석한 결과, 갑문 규모가 늘어남에 따라 침투배제량이 커지게 되고, 이로 인해 갑문개방시 내수위가 당초보다 더 낮게 그리고 신속히 하강하면서 갑문을 통한 배제시간 감소

<표 3-23> 배수갑문 확장시 갑문 수리량 변화

구 분	총갑문 배제량 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	갑문배제 가능시간 (hr)	침투배제량 (m <sup>3</sup> /s)	비 고
현 재 (B=240 m)	702	36	10,910	
확장후 (B=480 m)	723	30	14,530	

- 조위의 변화 과정과 영산호로 유입되는 유입홍수수문곡선의 침투시간과 맞물리는 시점으로 구분된 4가지 조건에 따라 영산호의 내수위를 분석한 결과, 영산호로 유입된 홍수의 방류에 지장을 초래하여 영산호의 수위를 상승시킴으로써 치수적으로 가장 불리한 조건이 발생하는 것은 영산호로 침투홍수량이 유입하는 시기에 고고조가 발생하는 경우로 내수위는 최고 EL.1.99m, 최소 EL.1.87m가 형성되어 평균 최고 내수위는 EL.1.92m가 될 것으로 분석

<표 3-24> 조위시간 조건에 따른 영산호 내수위 비교

단위 : EL.m

구 분	고고조 일치형	고저조 일치형	저고조 일치형	저저조 일치형	비 고
최 고	1.99	1.66	1.60	1.86	
최 소	1.87	1.23	1.14	1.67	
평 균	1.92	1.43	1.34	1.79	

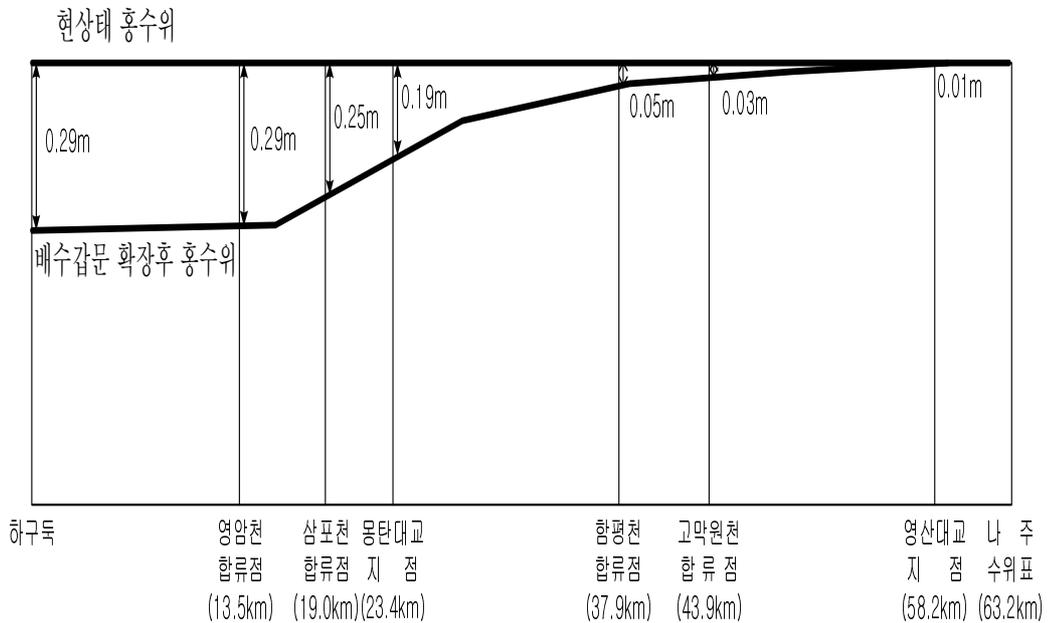
## 2) 배수갑문 확장 효과

- 영산호 주변 농경지의 평균 최저답고인 EL.-0.6m를 기준으로 한 농경지의 침수 시간과 농경지 최저 답표고(EL.0.0m) 기준의 관수시간을 분석한 결과, 농작물의 침수시간은 배수갑문 확장 전 33시간에서 21시간으로 단축되고, 관수시간은 20시간에서 약 7시간으로 줄어들어 갑문확장 효과가 큰 것으로 검토

<표 3-25> 배수갑문 확장에 따른 효과 (100년 빈도)

구분	확 장 전		확 장 후	
	상류부 시설계획 전	상류부 시설계획 후	상류부 시설계획 전	상류부 시설계획 후
최고 내수위 (EL.m)	2.30	2.17	2.01	1.99
침수시간 (hr)	33	20	21	21
관수시간 (hr)	20	20	7	7

- 배수갑문을 480m로 확장할 경우 EL 2.30m에서 EL 2.01m로 29cm 하강하며 기점 수위 본류의 배수위를 계산한 결과, 하구둑에서 약 58km 상류에 위치한 나주시의 영산대교 지점까지 배수갑문 확장효과 나타나는 것으로 분석(<그림 3-7> 참조)



<그림 3-7> 배수갑문 확장후 영산강 지점별 홍수위 변화 (100년빈도)

### 바. 영산호-영암호 연계운영

- 영산호의 최고 내수위는 배수갑문을 적정규모로 확장하여도 목표연도 100년 빈도 홍수시 하구둑 설계 당시의 계획홍수위인 EL.1.39m보다 62cm 증가한 EL.2.01m까지 상승하고, 상류유역 저류시설물이 설치되어 홍수조절교화를 고려하더라도 당초보다 60cm가 상승한 EL.1.99m까지 상승
- 영산호의 최고 내수위를 당초 '98 하천정비기본계획에서 고시한 EL.1.64m이하로 떨어뜨리기 위해서는 하구둑 배수갑문 확장과 함께 영산호에 인접해 있는 영암호의 저류공간을 활용하는 계획을 검토

### 1) 영암호와 금호호 현황

○ 영산호, 영암호, 금호호 제원 <표 2-1 보완>

구분		단위	영산호	영암호	금호호
유역면적		EL. m	3,455	355	184
방조제	연장(갑문포함)	m	2,458	2,219	2,120(2조)
	제정고	EL.m	(+)8.50	(+)5.50	(+)5.50
	제정폭	m	4.0	4.0	4.0
저수지	만수면적	EL.m	34.6	42.9	23.3
	총저수용량	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	253.2	244.6	133.1
	(만수위 기준)				
	유효저수용량	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	180.9	138.8	75.5
	(만수위 기준)				
	계획홍수위	EL.m	(+)1.39	(+)0.23	(+)0.16
	상시만수위	EL.m	(-)1.35	(-)1.45	(-)1.55
사수위	EL.m	(-)9.35	(-)6.35	(-)6.35	
배수갑문	Sill 표고	EL.m	(-)9.35	(-)6.35	(-)6.35
	문비	(B)m×(H)m×련	30×13.6×8	10×10.5×8	10×10.5×5
	통선문	개소	1	1	1
	배제량	m <sup>3</sup> /s	10,837	1,831	887
연락수로	연장	m	2,248	2,186	9,550
	저폭	m	15	15	15
	Sill 표고	EL.m	(-)5.35	(-)5.35	(-)5.35

○ 연락수로 : 영산호와 영암호를 연결하는 연락수로의 수로 바닥고는 유입부와 유출부를 포함 전 구간이 EL.-5.35m로 유량소통은 양측 호의 수위차에 의한 에너지 경사에 영향을 받으며, 영암 연락수로 제수문 B10<sup>m</sup>×H7.2<sup>m</sup>×3련, 저폭 15m

○ 영암호와 금호호 홍수량 산정

<표 3-26> 영암호·금호호 분석을 위한 확률강우량

단위 : mm

빈도별	광 주			목 포		
	기 준	금 회 (2 일)	금 회 (48시간)	기 준	금 회 (2 일)	금 회 (48시간)
100년	333.5	349.3	386.0	333.2	324.8	363.2
200년	367.9	383.0	423.1	367.7	356.7	399.7

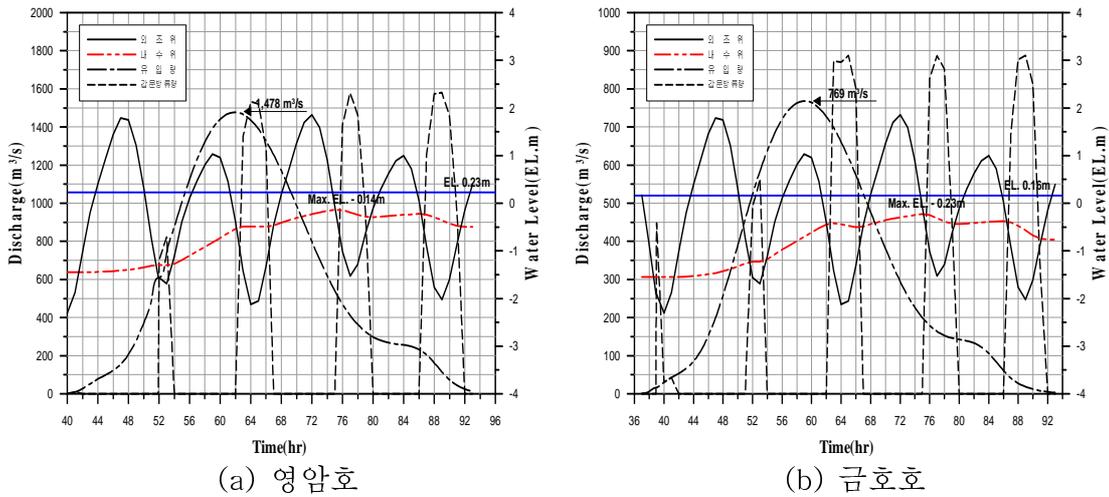
- 주) 1) 기 준 : 2일 연속강우(자료기간 : 1914 ~ 1985년)  
 2) 금회(2일) : 2일 연속강우(자료기간 : 1914 ~ 2002년)  
 3) 금회(48시간) : 48시간 연속강우(자료기간 : 1961 ~ 2002년)

<표 3-27> 영암호·금호호 홍수량

산정지점 \ 구분	침투홍수량(m <sup>3</sup> /s)	유출총량(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	비고
영암호 하구	1,480	116,362	100년 빈도
금호호 하구	770	61,549	

2) 영암호, 금호호 치수능력 검토

○ 영암호와 금호호 유역에 100년 빈도의 홍수량이 발생 했을 때 양 호소의 내수위 변화를 검토하였는데, 영암호 운영 결과 상시만수위인 EL.-1.45m에서 시작된 내수위는 EL.-0.14m까지 상승하나 계획홍수위에는 못 미치는 것으로 분석되었으며, 금호호 운영 결과 상시만수위 EL.-1.55m에서 시작된 내수위는 EL.-0.23m까지 상승하나, 영암호와 마찬가지로 계획홍수위 아래에서 홍수를 무난히 처리할 수 있는 것으로 분석(<그림 3-8> 및 <표 3-28> 참조)



<그림 3-8> 계획 홍수시 영암호·금호호 운영결과

<표 3-28> 계획 홍수시 영암호·금호호 운영결과

구 분	빈 도	침투유입량 (m <sup>3</sup> /s)	최대방류량 (m <sup>3</sup> /s)	시작내수위 (EL.m)	최고내수위 (EL.m)	계획홍수위 (EL.m)
영암호	100년	1,480	1,581	-1.45	-0.14	0.23
금호호	100년	770	887	-1.55	-0.23	0.16

### 3) 영산호-영암호 연계운영 방안

○ 운영계획

- 영산호의 내수위 상승을 줄이기 위하여 영암호와 연계 운영하는 방안
- 영암호와 금호호는 연락수로가 있어 금호호로의 유량배분도 가능하나, 영암호의 저류용량이 크고 금호호까지 영향이 미치는 것을 막기 위해 영암호만 연계운영 하는 방안으로 검토

○ 연락수로 검토

- 영산호의 홍수량이 4,710m<sup>3</sup>/s 이상에서 수두차는 최대 2.05m, 최소 수두차 -0.32m로 나타났으며, 평균적으로 1.08m의 수두차가 발생

<표 3-29> 영산호-영암호 홍수시 수두차 분석결과

구 분	수 두 차(m)			비 고
	최 대	최 소	평 균	
영암 연락수로	2.05	-0.32	1.08	

### 3) 영산호-영암호 연계 운영 결과

- 영산호의 최고 내수위 EL.1.64m를 유지하기 위해서는 영산호의 홍수량 8,310m<sup>3</sup>/s 중 2,300m<sup>3</sup>/s를 영암호로 분산시켜야 가능하며, 연락수로 저폭은 140m가 필요
- 상기 유량분기에 따라 영암호 100년 빈도 최대 유입홍수량은 1,480 → 2,700m<sup>3</sup>/s가 되고, 최고 내수위는 EL.1.34m 상승 계획홍수위인 EL.0.23m를 1.11m 초과

<표 3-30> 영암호 분기유량별 최고 내수위, 침수시간, 소요배수갑문 폭

목표영산호 최고내수위 (EL.m)	영암호 홍수배분량 (m <sup>3</sup> /s)	영암연락수로 소요저폭 (m)	영암호 최고내수위 (EL.m)	침수시간 (hr)		영암호 소요 배수갑문폭 (m)
				영산호	영암호	
1.99	-	15	-0.14	21	20	-
1.94	910	50	0.37	20	21	100
1.89	1,310	70	0.62	20	31	150
1.84	1,510	90	0.78	19	31	170
1.79	1,760	100	0.95	18	32	220
1.74	2,140	130	1.22	18	34	310
1.69	2,220	130	1.27	8	34	330
1.64	2,300	140	1.34	8	35	410

- 영산호 배수갑문 폭과 연락수로 저폭을 계획규모인 480m와 140m로 고정시키고 영암 배수갑문 폭 변화시 영산·영암호의 최고내수위 검토 결과는 <표 3-31>, 영산호 및 영암호 배수갑문 폭을 계획규모인 480m와 410m로 고정시키고 연락수로 저폭 변화시 영산·영암호의 최고내수위 검토 결과는 <표 3-32>

<표 3-31> 영암갑문 확장 폭에 따른 영산호-영암호 운영 결과

영 산 호 배수갑문폭 (m)	영 암 호 배수갑문폭 (m)	연락수로 저 폭 (m)	영 산 호 최고내수위 (EL.m)	영 암 호 최고내수위 (EL.m)	연락수로 유 량 (m <sup>3</sup> /s)
480	410	140	1.65	0.18	2,520
	350		1.66	0.21	2,520
	330		1.66	0.23	2,520
	300		1.66	0.26	2,520

<표 3-32> 연락수로 확장 폭에 따른 영산호-영암호 운영결과

영 산 호 배수갑문폭 (m)	영 암 호 배수갑문폭 (m)	연락수로 저 폭 (m)	영 산 호 최고내수위 (EL.m)	영 암 호 최고내수위 (EL.m)	연락수로 유 량 (m <sup>3</sup> /s)
480	410	140	1.65	0.18	2,520
		150	1.63	0.22	2,670
		160	1.63	0.28	2,800

- 영산강 하류부 수위저감을 위한 시설계획 (최종)

구 분		현 재	계 획	비 고
영산호	영산호 배수갑문 폭 (m)	240	480	(B)30m×8련
영암호	영암호 배수갑문 폭 (m)	80	410	(B)30m×11련
	영암 연락수로 저폭 (m)	15	140	125m 확장
	영암 연락수로 제수문 (m)	30	160	연락수로 폭
	금호 연락수로 제수문 (m)	-	30	신설

## 3.2 배수갑문 홍수배제 능력 검토

### 3.2.1 일반사항

#### 가. 목적

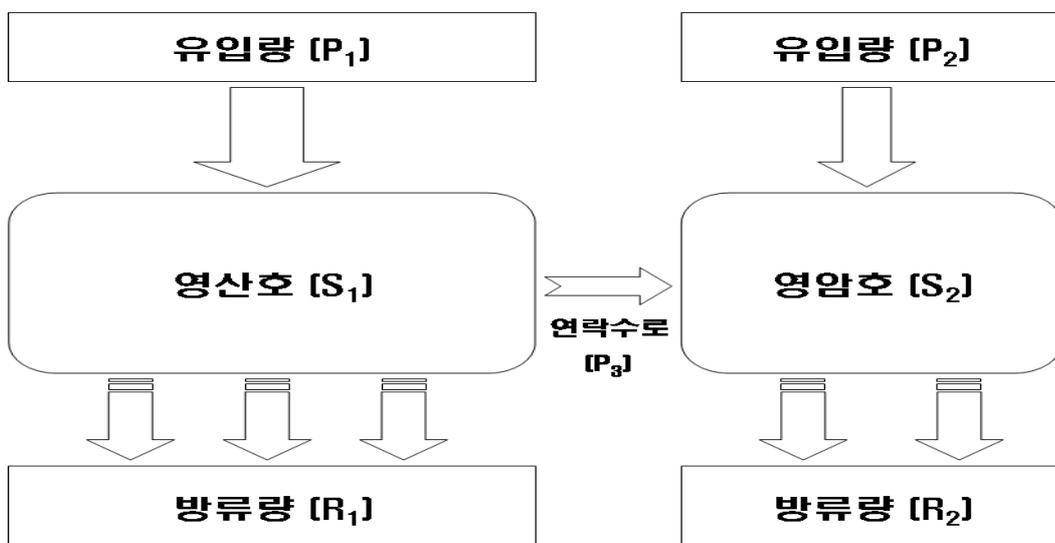
- 국토해양부에서 수립한 영산강 유역 종합치수계획에 대한 홍수배제능력 및 배수갑문의 확장의 적정성을 검토하는 것을 목적

#### 나. 검토 방법

- 홍수량 및 내용적 등의 기본 데이터는 '영산강유역종합치수계획보고서' 자료를 이용하였고 현재 운영중인 배수갑문과 신규 증설이 된 경우를 각각의 Case로 구분하여 검토하였고, 영산강-연락수로-영암호 연계운영시 홍수유입량 및 연락수로 이동량과 배수갑문 배제량을 연계하여 물수지 기법과 한국농촌공사 배수갑문 프로그램(Gate-pro v2.9)을 이용하여 검토

#### 다. 물수지 기법의 개요

- 물수지(water balance)는 모든 가능한 방향에서 물이 이동되는 정도를 비교분석하는 것이라 할 수 있으며, 특정지역에서 물의 양이 어떻게 변하는지를 산정할 경우 물이 이동하고 저류되는 지역적인 경계의 결정과 함께 시간도 고려
- 본 분석에 고려된 사항으로는 <그림 3-9>에서 보는 바와 같이 영산호-연락수로-영암호의 각각의 유입량과 배제량을 고려하여 서로 연계된 흐름으로 계산하여 검토



<그림 3-9> 영산강 하구둑 물수지 개념도

- 호 내부에 침투가 발생하지 않고 유입량 P가 전부 배수갑문으로 배제가 발생한다고 가정하고, 배수갑문에서 시간에 따라 배출되는 배제량을 R이라 하며, 연락수로의 이동량, 즉 영산호에서는 배제량이며, 영암호에서는 유입량이라고 보았으며 이들 관계의 물수지를 보면,

- 영산호의 경우

$$P_1 - P_3 - R_1 - S_1 = 0$$

1)

- 영암호의 경우

$$P_2 + P_3 - R_2 - S_2 = 0$$

2)

여기서,  $P_1, P_2$  : 영산호, 영암호 유입량

$P_3$  : 연락수로 이동량

$R_1, R_2$  : 영산호, 영암호 배수갑문 배제량

$S_1, S_2$  : 영산호, 영암호 저류량

## 라. 배수갑문능력검토 프로그램(Gate-Pro v2.9) 개요

### 1) 개요

- 배수개선사업 계획지구 내 기존시설물의 능력을 검토하거나 새로운 시설물의 규모를 결정할 경우 사용되며 유입홍수량에 의한 내수위와 하천수위(조위)로 나타내는 외수위와의 시간별 관계에 따라 지구내의 침수형태를 분석, 계획하고 이에 적합한 시설물(배수문, 배수갑문, 배수장)의 규모를 검토 결정하는데 이용
- 사용되는 범위로는 상·하류구역이 분리 연계된 구역의 다중처리, 다중, 다련의 갑문수 처리, 분석간격 사용자 입력으로 정밀계산, 시간별 유입량 계산, 시간별 배제량 계산, 시간별 외수위 변화에 따른 내수위 계산, 구역별 최고 침수위 계산, 구역별, 표고별 침수시간 요약계산 등이 있음
- 다른 프로그램과 마찬가지로 여러 제한성을 가지고 있는데, 첫째, 내수위는 내용적이 입력된 최대표고 이상으로 상승(내수위가 최대표고 이상이 되면 제방을 넘어 월류하는 것으로 간주)하지 않으며, 둘째, 문비 인양중에 발생하는 수리현상은 고려하지 못하며, 셋째, 갑문이 2련 이상이라도 전체문비를 동시에 개폐하는 것으로 간주하며, 넷째, 제한내수위는 갑문의 Sill표고 이하가 될 수 없으며, 다섯째, 표고별 내용적의

최저표고는 반드시 갑문 sill표고 및 제한내수위 이하

## 2) 입력자료

- 지구 내 누가 내용적(시작표고는 반드시 갑문 sill표고 이하)
- 빈도별, 시간별 홍수유입량 및 적용 외수위
- 배수갑문 제원
- 제한내수위(용수를 필요로 하는 경우 관리수위)
- 최초계산 적용을 위한 외수위 및 내수위
- 분석 시간간격

## 3) 프로그램의 해석방법

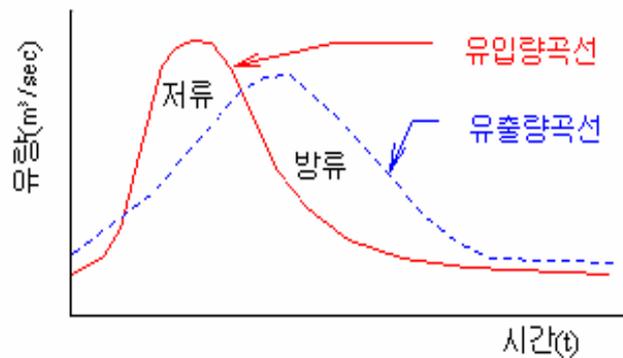
- 저류방정식
  - 침수분석은 유역내 홍수량의 저류현상을 분석하는 것으로 저류현상의 기본은 식 3)과 같이 물수지 방정식으로 나타내며,

$$I - O = S \quad (\text{유입량} - \text{방류량} = \text{저류량}) \quad 3)$$

- 이를  $\Delta t$  시간에 대해 정리하면 식 4)와 같으며,

$$\left( \frac{I_{t-1} + I_t}{2} - \frac{O_{t-1} + O_t}{2} \right) \cdot \Delta t = \Delta S \quad 4)$$

- 식 4)를 토대로 I 와 O의 수문곡선을 그래프로 나타내면 <그림 3-10>과 같음

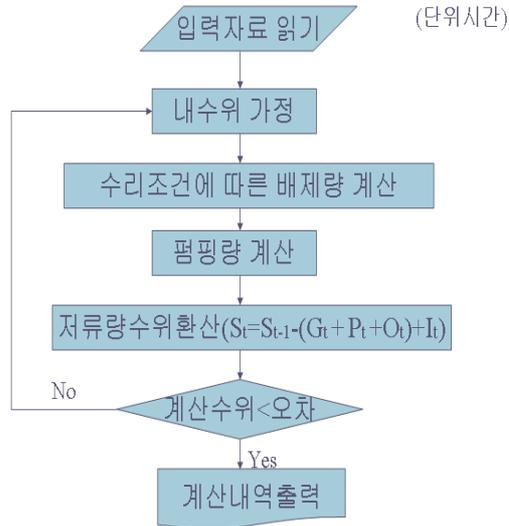


I 와 O의 수문곡선

<그림 3-10> I 와 O의 수문곡선

○ 프로그램 흐름도

- <그림 3-11>은 프로그램 흐름도를 나타낸 것으로, 프로그램에서의 배제량과 내수위의 산출방법을 알 수 있음



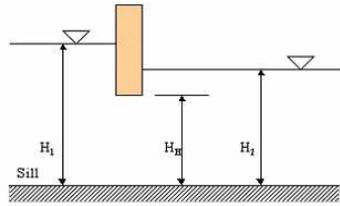
<그림 3-11> 프로그램 흐름도

○ 갑문 배제량 계산

- 배수갑문을 통과하는 유량은 내·외수위 차에 의해서 수리학적을 해석할 수 있으며, 배수갑문의 Sill을 통과하는 유량은 광정웨어 또는 수중웨어의 흐름으로 간주하여 해석

<표 3-33> 갑문 배제의 개념도

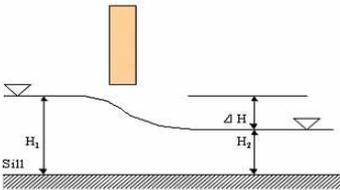
○ 수중 Orifice



조건  $H_1 > H_0, H_2 > H_0$   
 유량  $Q = C_1 \times H_0 \times B \times \sqrt{2 \times g \times (H_1 - H_2)}$

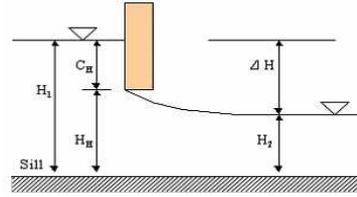
여기서, B : 웨어의 폭, C : 유량계수

○ 수중 Weir



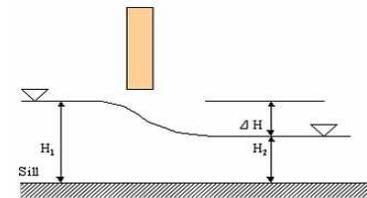
조건  $(H_1 - H_2) < \frac{1}{3} H_1$   
 $Q = C_3 \cdot (H_1 - \Delta H) \cdot B \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta H}$

○ 불완전 Orifice



조건  $H_1 > H_0, H_2 < H_0$   
 보통오리피스  $Q_{21} = C_{21} \cdot (\Delta H - C_B) \cdot B \sqrt{g \cdot (\Delta H + C_B)}$   
 수중오리피스  $Q_{22} = C_{22} \cdot (H_1 - \Delta H) \cdot B \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta H}$   
 $Q = Q_{21} + Q_{22}$

○ 한계류



조건  $(H_1 - H_2) \geq \frac{1}{3} H_1$   
 $Q = C_4 \cdot \frac{2}{3} H_1 \cdot B \sqrt{2 \cdot g \cdot \frac{1}{3} H_1}$

<표 3-34> 유량계수

C <sub>1</sub>	C <sub>21</sub>	C <sub>22</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>
0.7	0.6	0.9	0.8	0.8

### 3.2.2 영산호 배수갑문 능력검토

#### 가. 검토조건

- 외조위 및 홍수유입량은 '영산강유역종합치수계획보고서'의 자료를 활용하여 검토하였으며, 홍수유입량은 장래 목표연도 100년 빈도 유입량 8,310m<sup>3</sup>과 상류저류 시설설치에 따른 유입량 7,010m<sup>3</sup>의 두 가지 조건을 대상으로 현재 배수갑문 능력 검토와 배수갑문 확장규모 결정을 위해 현재 폭 240m에서 120m씩 증가시킨 배수갑문 능력을 검토하여 적정 배수갑문 확장 규모 결정(<표 3-35> 참조)

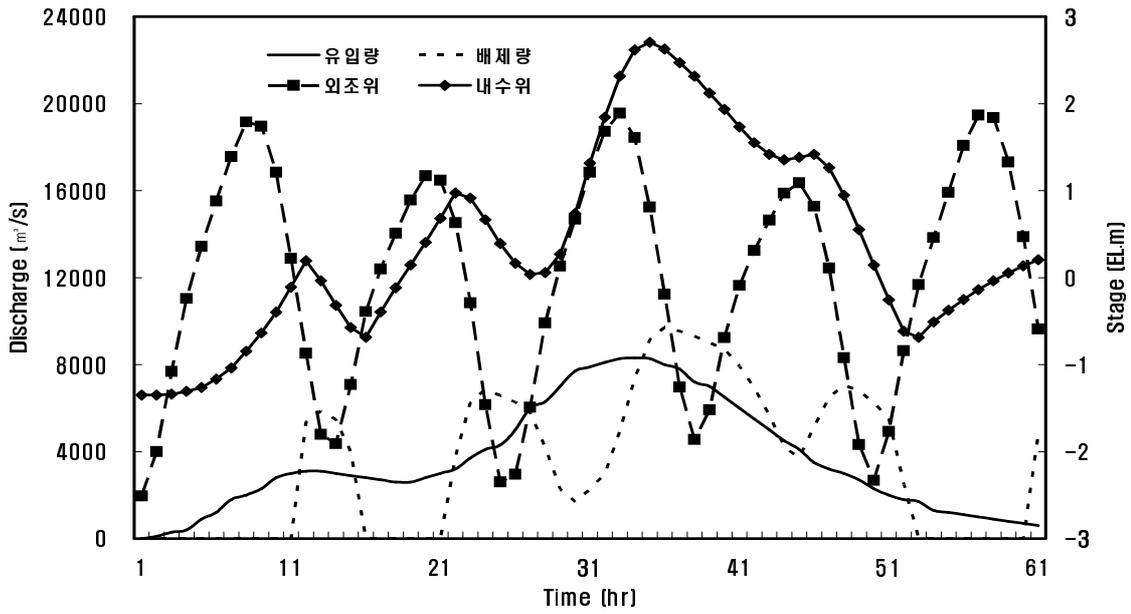
<표 3-35> 영산호 배수갑문 능력검토

Case	1	2	3	4
배수갑문 폭(m)	240	360	480	600

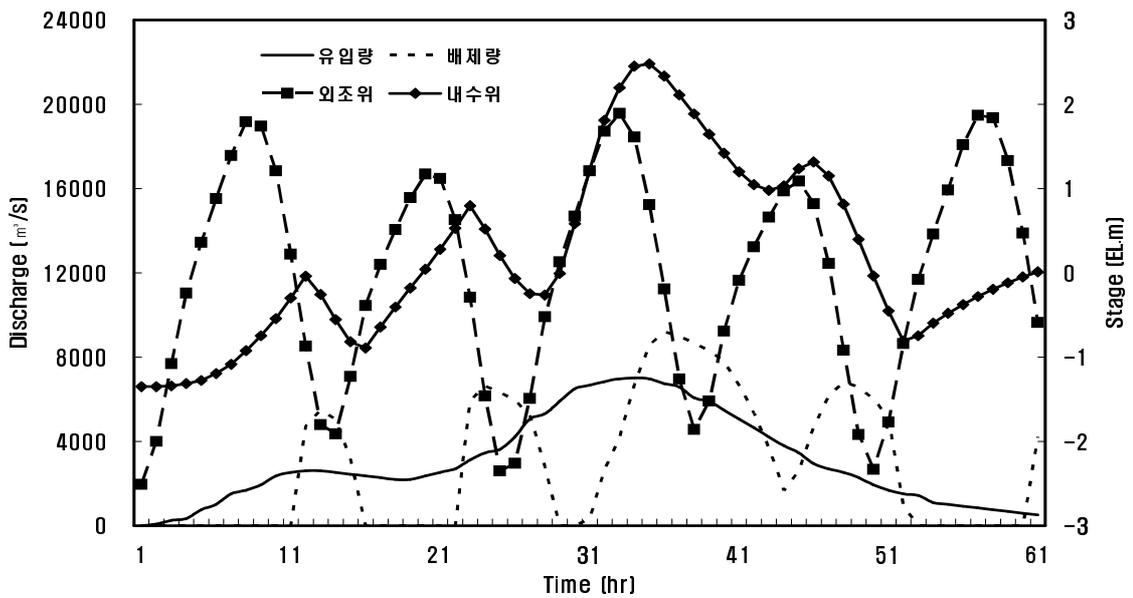
#### 나. 검토결과

##### 1) Case 1

- 장래 목표연도 100년빈도 홍수유입량(8,310m<sup>3</sup>/s)이 영산호로 유입될 경우 배수갑문 배제능력을 검토한 결과, 배수갑문 배제량은 영산호의 내수위와 외조위에 수위차에 따라서 크게 영향이 받는 것으로 나타났으며 외조위의 특성상 6시간마다 최대 수위와 최저수위가 교대로 나타나기 때문에 최대 홍수량이 도달하여 내수위가 상승하여도 최대 외조위 시간이 중복되면 배제를 못시키는 시간대가 발생하는데, 현재 배수갑문 상태(240m)을 검토한 결과 최고 내수위가 EL.+ 2.7m까지 상승하는 것으로 '영산강하구둑종합치수계획보고서'의 최대홍수위 EL.+ 2.3m보다 약 40cm 높은 것으로 나타남
- 상류저류시설 설치완료 후 홍수유입량(1,300m<sup>3</sup>/s)이 영산호로 유입될 경우 배수갑문 배제능력을 검토한 결과, 현재 배수갑문(240m)의 경우 최고 내수위가 EL.+ 2.48m로 '영산강하구둑종합치수계획보고서' 최대홍수위 EL.+ 2.3m보다 약 18cm 높은 것으로 (<그림 3-13> 참조) 홍수량이 적어지면서 수위가 내려가지만 영산호 계획홍수위 EL.+ 1.64m보다 0.84m 높은 것으로 영산호 배수갑문 확장이 필요한 것으로 사료



(a) 홍수량 유입량 8,310m<sup>3</sup>/s

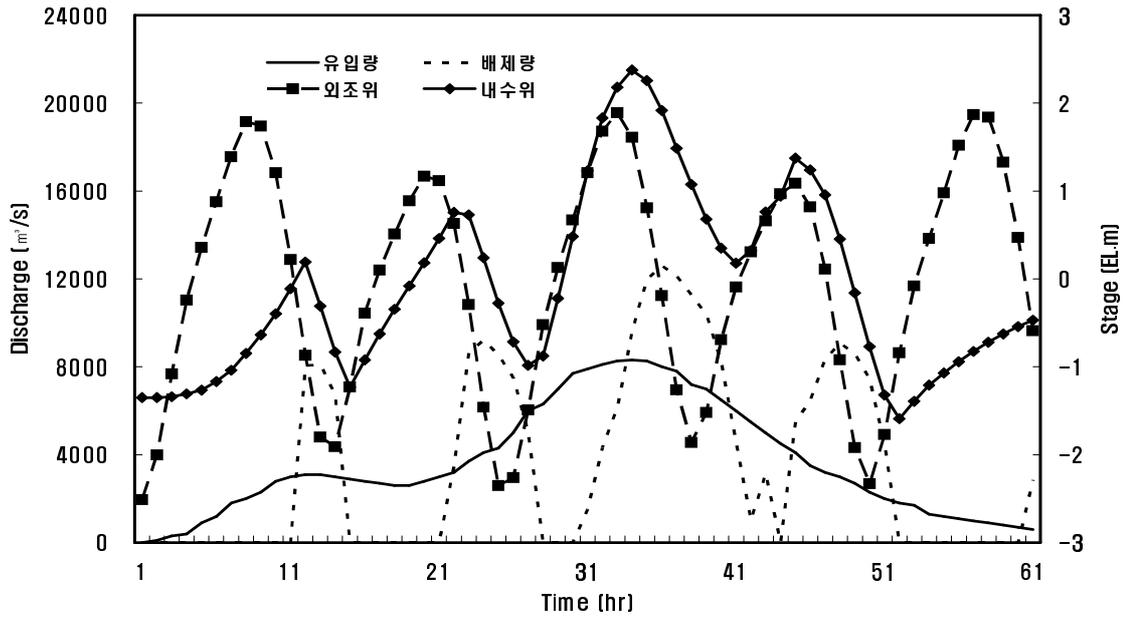


(b) 홍수량 유입량 7,010m<sup>3</sup>/s

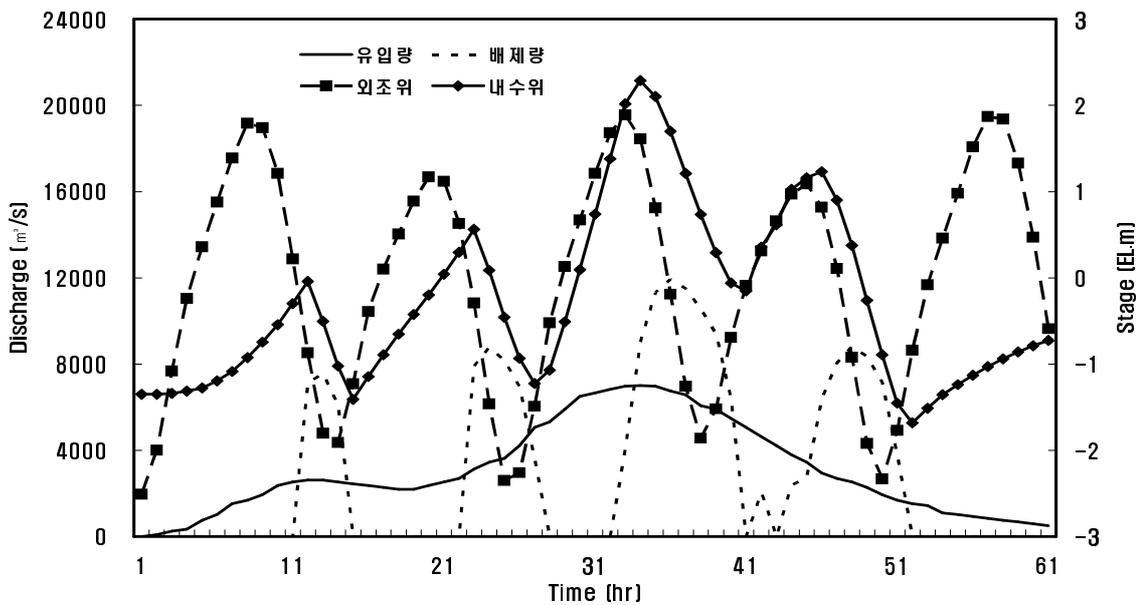
<그림 3-12> 현 배수갑문 홍수배제능력 검토 결과

## 2) Case 2

- 홍수유입량 8,310m<sup>3</sup>/s이 영산호로 유입될 경우 기존 배수갑문보다 폭 120m가 확장된 폭 360m인 경우 배수갑문 배제능력을 검토한 결과, 최고 내수위가 폭 240m의 경우보다 약 24cm 낮아진 EL.+2.46m이며, 홍수유입량이 7,010m<sup>3</sup>/s인 경우 최고 내수위는 EL.+2.38m로 기존 배수갑문보다 약 10cm가 낮아진 것으로 분석(<그림 3-13> 참조)



(a) 홍수유입량 8,310m<sup>3</sup>/s



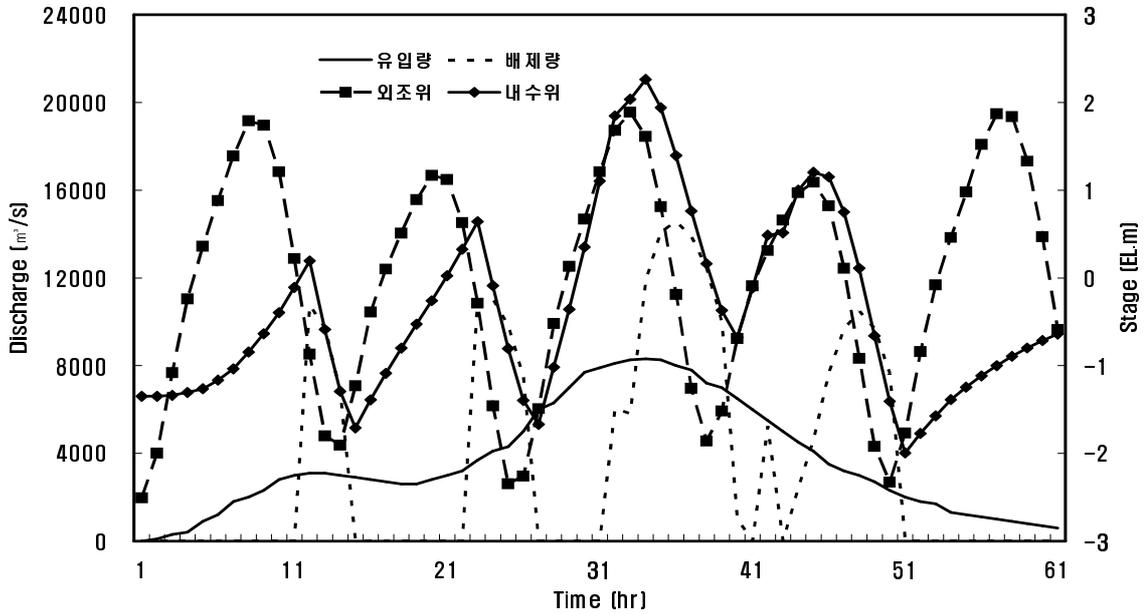
(b) 홍수유입량 7,010m<sup>3</sup>/s

<그림 3-13> 배수갑문 폭 360m인 경우 홍수배제능력 검토 결과

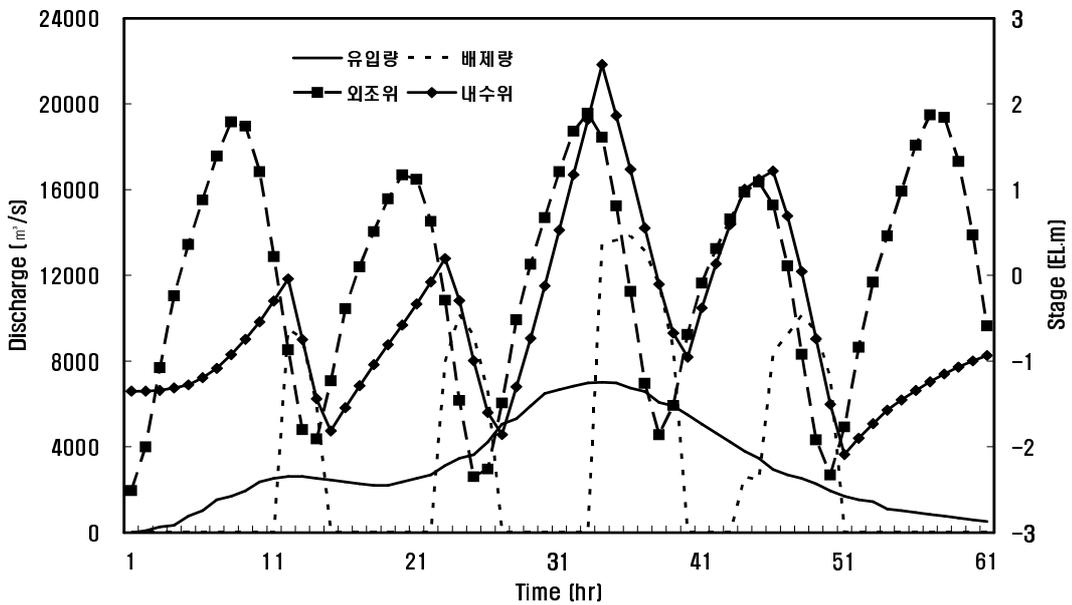
### 3) Case 3

- 홍수유입량 8,310m<sup>3</sup>/s이 영산호로 유입될 경우 기존 배수갑문보다 폭 240m가 확장된 폭 480m인 경우 배수갑문 배제능력을 검토한 결과, 최고 내수위가 폭 240m인 경우보다 약 40cm 낮아진 EL.+2.30m까지 낮아졌으며, 홍수유입량이 7,010m<sup>3</sup>/s인 경우 최고 내수위는 EL.+2.29m로 홍수유입량 차이에 대한 최고 내수위의 차이는 별로 없는 것으로 나타났는데, 이는 배수갑문의 배제량은 폭과의 관계도 중요하지만 외조위의 영향이 더 크게 작용하는 것으로 판단(<그림 3-14> 참조)

- '영산강하구독중합치수계획보고서'에서 검토한 결과 최고 내수위가 EL.+1.99m로 본 검토결과와 비교하면 약 30cm 정도의 차이를 보이고 있는데 이는 분석방법의 차이에 의한 시간별 내수위변화와 외조위의 차이에 의한 것으로 판단



(a) 홍수유입량 8,310m<sup>3</sup>/s



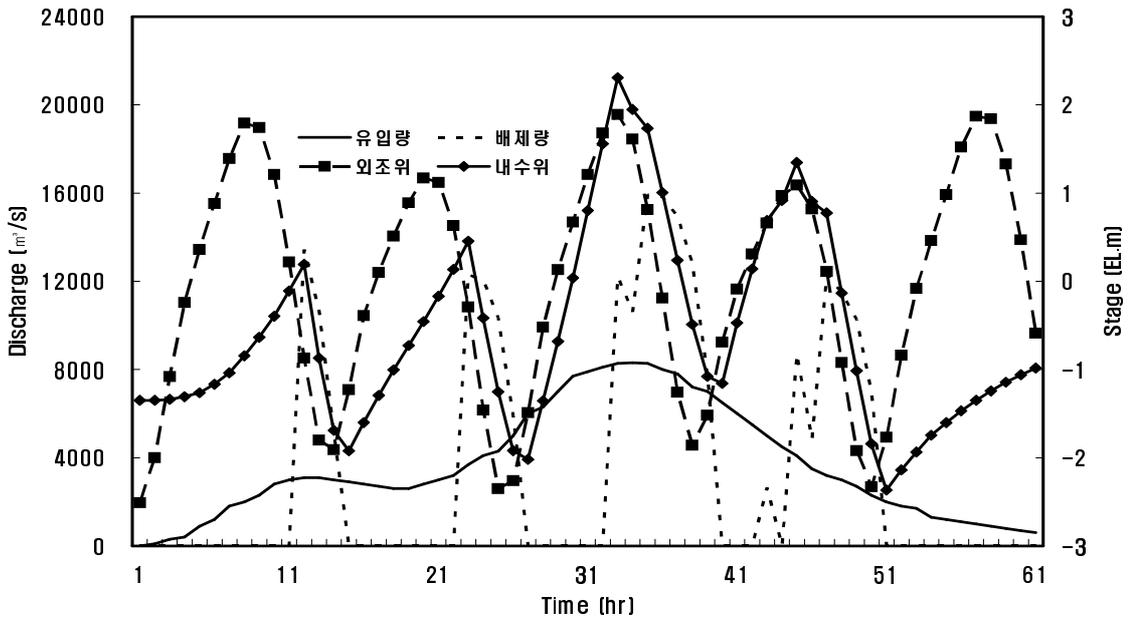
(b) 홍수유입량 7,010m<sup>3</sup>/s

<그림 3-14> 배수갑문 폭 480m인 경우 홍수배제능력 검토 결과

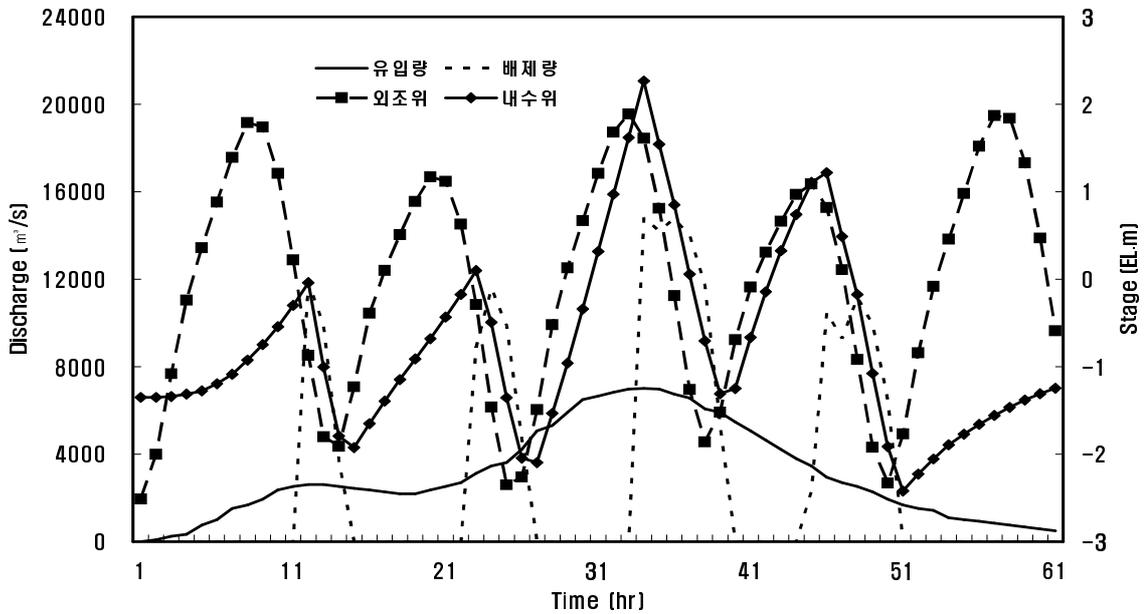
#### 4) Case 4

- 홍수유입량 8,310m<sup>3</sup>/s이 영산호로 유입될 경우 기존 배수갑문보다 폭 240m가 확장된 폭 480m인 경우 배수갑문 배제능력을 검토한 결과, 최고 내수위가 폭 240m인

경우보다 약 44cm가 낮아진 EL.+2.26m로 조사되었는데, 폭 480m의 경우와 비교하면 4cm 정도의 차이가 있으며, 홍수유입량이 7,010m<sup>3</sup>/s인 경우 최고 내수위는 EL.+2.23m로 폭 240m인 경우보다 25cm가 낮아진 것으로 분석되었지만, 폭 480m의 경우와 비교하면 약 6cm 정도 차이를 보이고 있어, Case 3과 Case 4의 경우 홍수유입량에 대한 내수위의 차이는 별로 없는 것으로 분석(<그림 3-15> 참조)



(a) 홍수유입량 8,310m<sup>3</sup>/s



(b) 홍수유입량 7,010m<sup>3</sup>/s

<그림 3-15> 배수갑문 폭 600m인 경우 홍수배제능력 검토 결과

### 다. 종합결론

- 4개의 Case에 대해 영산호 배수갑문확장규모 결정을 위한 통수능력을 검토한 결과, 100년 빈도 홍수량(8,310m<sup>3</sup>/s)이 그대로 영산호에 유입시 현재 배수갑문폭의 경우 내수위 상승이 EL.+2.7m이며, 배수갑문폭이 480m일 경우 EL.+2.30m로 분석되었으며, 상류저감시설 설치후 홍수 유입량(7,010m<sup>3</sup>/s)일 경우 현재 배수갑문폭의 경우 내수위 상승이 EL.+2.30m이며, 배수갑문폭이 480m일 경우 EL.+2.29m
- Case3과 4의 경우는 홍수량의 유입과는 상관없이 최대 내수위 차이가 별로 없는 것으로 보아 배수갑문의 배제량은 폭과의 관계도 중요하지만 외조위의 영향이 더 크게 작용하는 것으로 판단
- 현 배수갑문에 비해 360m로 증가시 내수위 저감효과는 10cm, 480m로 증가시 19cm, 600m로 증가시 25cm로 최대 폭인 600m로 확대하여야 하나 480m인 경우에 비해 증감효과가 별로 없으므로 영산호 배수갑문 확장 폭은 현재의 2배인 240m가 적정한 것으로 판단
- 계획홍수위 EL.+1.64m로 내수위를 저감할 경우 영산호 배수갑문 확장만으로는 어려우므로 영산-연락수로-영암호 연계운영을 통한 영산호 내수위 저감이 필요

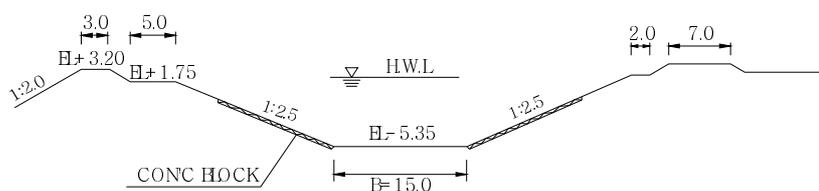
<표 3-36> 배수갑문 확장에 따른 내수위 변화

구분	폭 (m)	계획홍수위 (m)	홍수유입량 (8,310m <sup>3</sup> /s)	홍수유입량 (7,010m <sup>3</sup> /s)	비고
Case 1	240	EL. 1.64	2.70	2.48	
Case 2	360		2.46	2.38	
Case 3	480		2.30	2.29	
Case 4	600		2.26	2.23	

### 3.2.3 영산-영암 연락수로 통수능력 검토

#### 가. 영산-영암 연락수로 통수능력 산정 방법

- 영암 연락수로 표준단면도



- 연락수로의 유량산정은 Manning 공식을 이용하여 평균유속 V를 구하고 이를 이용 유량공식에 적용하여 유량을 산정

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad 5)$$

$$Q = A \cdot V \quad 6)$$

여기서, V : 평균유속 (m/s),                      n : 조도계수  
 R : 경심 (m),                                      I : 동수경사  
 Q : 유량 (m<sup>3</sup> /s),                                A : 흐름단면적 (m<sup>2</sup>)

- Manning 공식의 적부는 조도계수의 결정이 적절한가의 여부에 달려있다. 따라서 이를 결정하는데 있어서는 표면조도, 초생수로의 불규칙성, 수로의 만곡, 단면형상, 유속, 경심, 침전과 세굴, 부유물질 등 여러 가지 요인에 따라 변화하기 때문에 신중히 고려할 필요가 있다. 하지만 이번 검토에서는 영산강 유역종합치수계획에서 구한 n값 0.026을 사용하여 연락수로의 유량을 구함

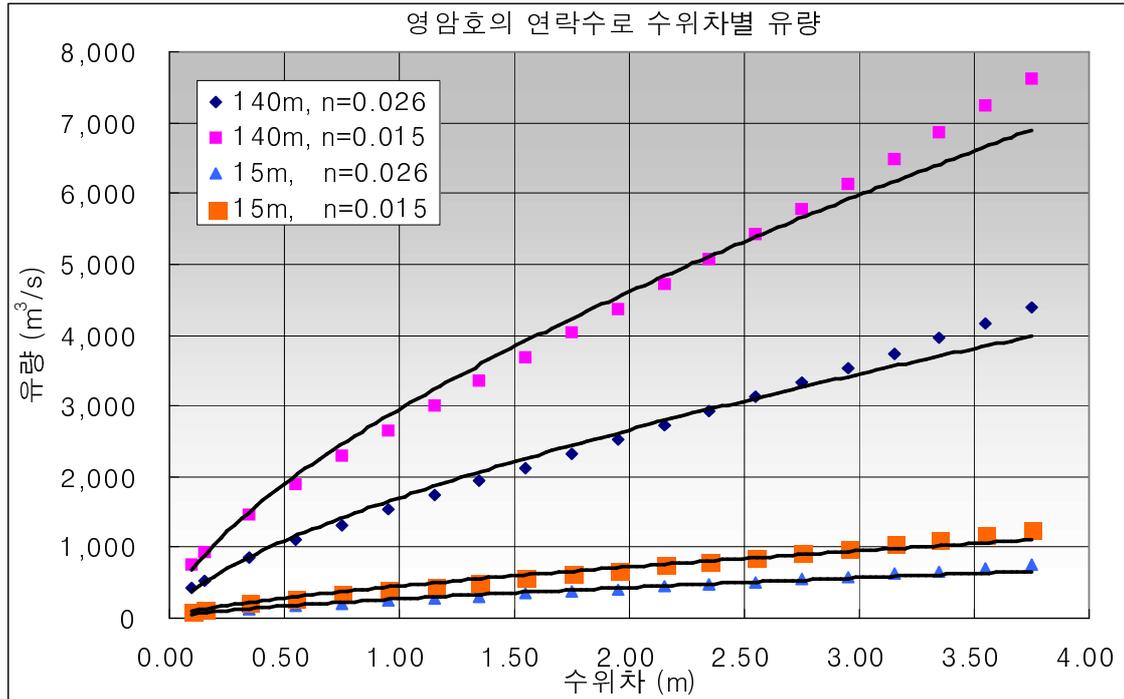
## 나. 검토조건

- 연락수로의 경우 바닥 표고는 -5.35m로 동일하고 연락수로를 통해 영산호에서 영암호로 분기되는 유량은 하도의 동수경사에 지배되기 보다는 영산·영암호 내수위의 수두차이에 의해서 물의 흐름이 결정
- '영산강유역종합치수계획보고서'에서 보면 연락수로를 통하여 영산호의 홍수량을 2,300m<sup>3</sup>/s를 배제 한다고 설정하고, 이에 대한 적정 폭을 125m 확장한 140m로 결정
- 연락수로 통수능력 검토는 영산호에서 분기되는 홍수량을 적절히 통수할 수 있는 최적 저폭을 결정

## 다. 검토결과

### 1) 연락수로 통수능력 검토

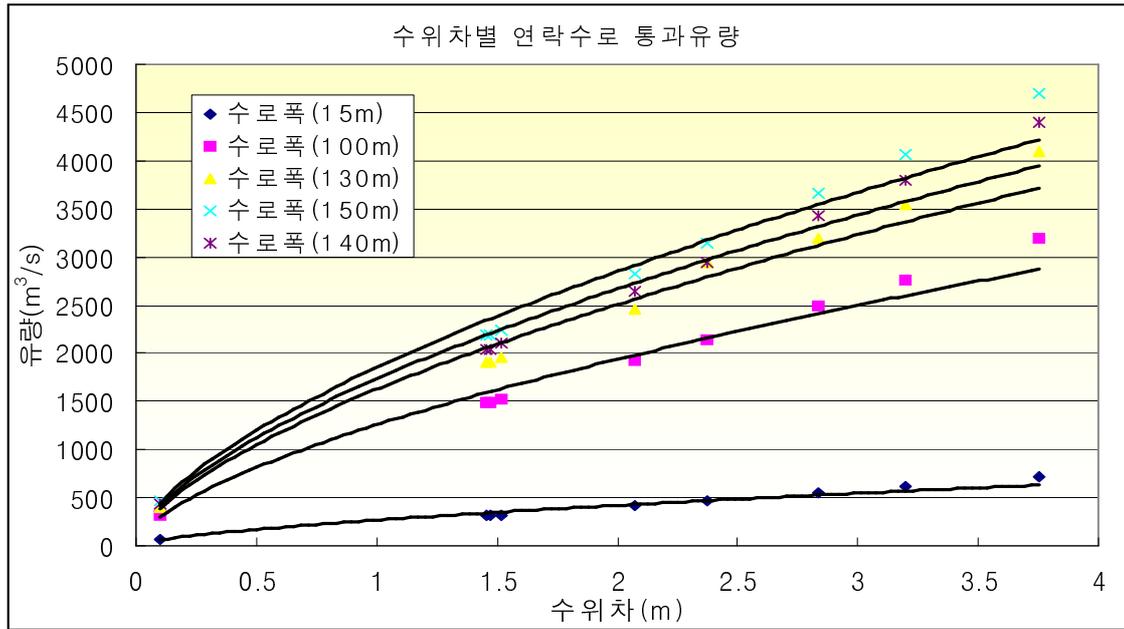
- 조도계수를 콘크리트 0.015, 흙수로 0.025, '영산강유역종합치수계획보고서'에서 검토한 0.026을 사용하여 영산-영암호의 내수위차 별로 수로 저폭 변화에 따른 통과 유량 산정(<그림 3-16> 및 <표 3-37> 참조)
- 영산호와 영암호 홍수기 최대 수위차인 3.75m부터 관리수위 차인 0.1m까지 고려 단면 폭을 변화 영산-영암 연락수로 통수량 산정



<그림 3-16> 영암호 연락수로의 수위-유량곡선

<표 3-37> 조도계수별 연락수로 유량

수심차	수로저폭					
	15 m			140 m		
	n=0.015	n=0.025	n=0.026	n=0.015	n=0.025	n=0.026
0.10	112.10	67.30	64.70	757.30	454.40	436.90
0.15	138.67	83.20	80.00	934.83	560.90	539.33
0.35	219.67	131.80	126.73	1,473.00	883.80	849.81
0.55	285.67	171.40	164.81	1,903.67	1,142.20	1,098.27
0.75	345.67	207.40	199.42	2,290.67	1,374.40	1,321.54
0.95	403.00	241.80	232.50	2,655.17	1,593.10	1,531.83
1.15	459.00	275.40	264.81	3,007.17	1,804.30	1,734.91
1.35	514.67	308.80	296.92	3,352.33	2,011.40	1,934.05
1.55	570.33	342.20	329.04	3,694.33	2,216.60	2,131.36
1.75	626.50	375.90	361.44	4,035.17	2,421.10	2,327.99
1.95	683.33	410.00	394.23	4,376.83	2,626.10	2,525.11
2.15	746.17	447.70	430.48	4,720.50	2,832.30	2,723.38
2.35	800.00	480.00	461.54	5,067.00	3,040.20	2,923.28
2.55	860.00	516.00	496.16	5,417.00	3,250.20	3,125.21
2.75	921.33	552.80	531.54	5,771.33	3,462.80	3,329.63
2.95	984.00	590.40	567.69	6,130.17	3,678.10	3,536.65
3.15	1,048.00	628.80	604.62	6,494.00	3,896.40	3,746.55
3.35	1,113.50	668.10	642.41	6,863.17	4,117.90	3,959.54
3.55	1,180.67	708.40	681.16	7,238.00	4,342.80	4,175.79
3.75	1,249.50	749.70	720.87	7,618.83	4,571.30	4,395.50



<그림 3-17> 영암호 연락수로의 수위-유량곡선

<표 3-38> 저폭별 연락수로 유량

구분	0.1	1.46	1.47	1.52	2.07	2.37	2.84	3.2	3.75
15m	64.7	314.6	314.6	324.2	414.2	465	547.7	614	720.8
100m	316.3	1481.6	1481.6	1524.6	1919.5	2137.9	2487.6	2763.3	3199.5
130m	406.7	1902.2	1902.2	1957.3	2462.5	2943.3	3188.3	3540	4095.9
140m	436.9	2042.7	2042.7	2101.8	2643.9	2943.3	3422.4	3799.5	4395.5
150m	467.1	2183.3	2183.3	2246.4	2825.4	3145.2	3656.7	4059.2	4695.3

#### 나. 연락수로 저폭확장에 따른 통수유량 적정성 검증

- '영산강종합치수계획보고서'에서 홍수기의 연락수로의 수심차이는 2.0m 정도로 본다고 나와 있고 이때 연락수로 확장에 따른 통수유량은 2,500m³/s로 보고 있는데 이번 연락수로 저폭 확장에 따른 통수유량 적정성 검증 결과 <그림 3-17>에서 보면 1.95m에서 2,525m³/s로 연락수로 140m로 확장이 타당한 것으로 판단

### 3.2.4 영암호 배수갑문 능력검토

#### 가. 목적

- 영산-영암 연락수로 통수유량 증가로 현재 영암호 배수갑문의 능력을 검토하고, 배수갑문 배제능력 부족시 영암호 배수갑문확장(건설교통부 80→410m)의 타당성 및 적정성 검토

## 나. 검토방법

- 외조위 및 홍수유입량 등은 '영산강유역종합치수계획보고서'의 자료를 활용하여 검토하였으며 100년빈도의 홍수 유입량인 1,478m<sup>3</sup>/s으로 결정하여 산정
- 배수갑문 확장규모 결정을 위해 갑문 폭을 80m, 200m, 410m에 적정성 검토

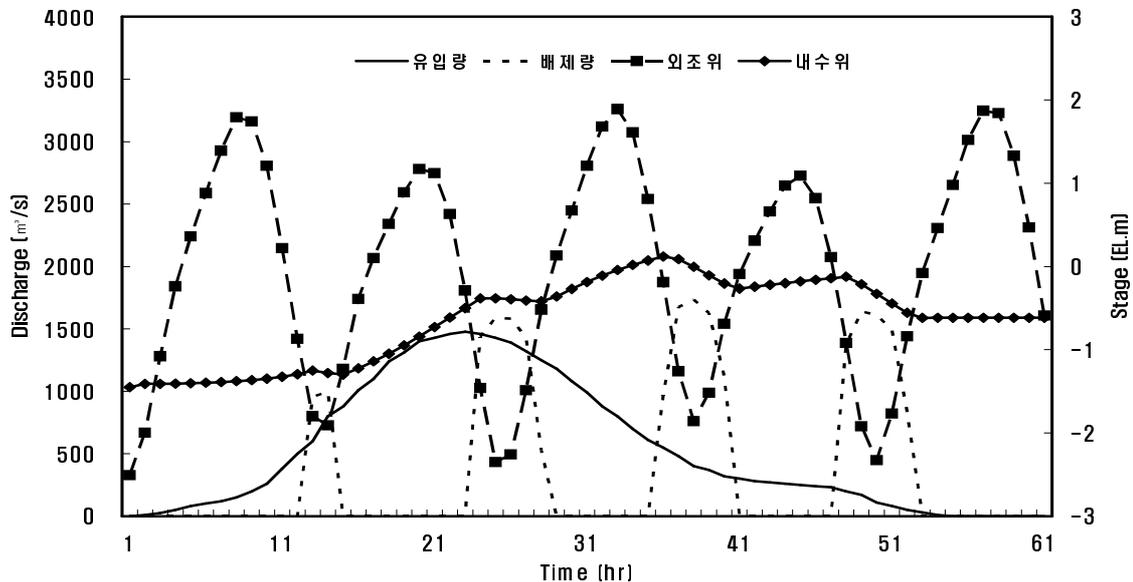
<표 3-39> 영암호 배수갑문 능력검토

Case	1	2	3
배수갑문 폭(m)	80	200	410
형식(B×H×련) (신설)	10 <sup>m</sup> ×10.6 <sup>m</sup> ×8련	10 <sup>m</sup> ×10.6 <sup>m</sup> ×8련 30 <sup>m</sup> ×10.6 <sup>m</sup> ×4련	10 <sup>m</sup> ×10.6 <sup>m</sup> ×8련 30 <sup>m</sup> ×10.6 <sup>m</sup> ×11련

## 다. 검토결과

### 1) Case 1

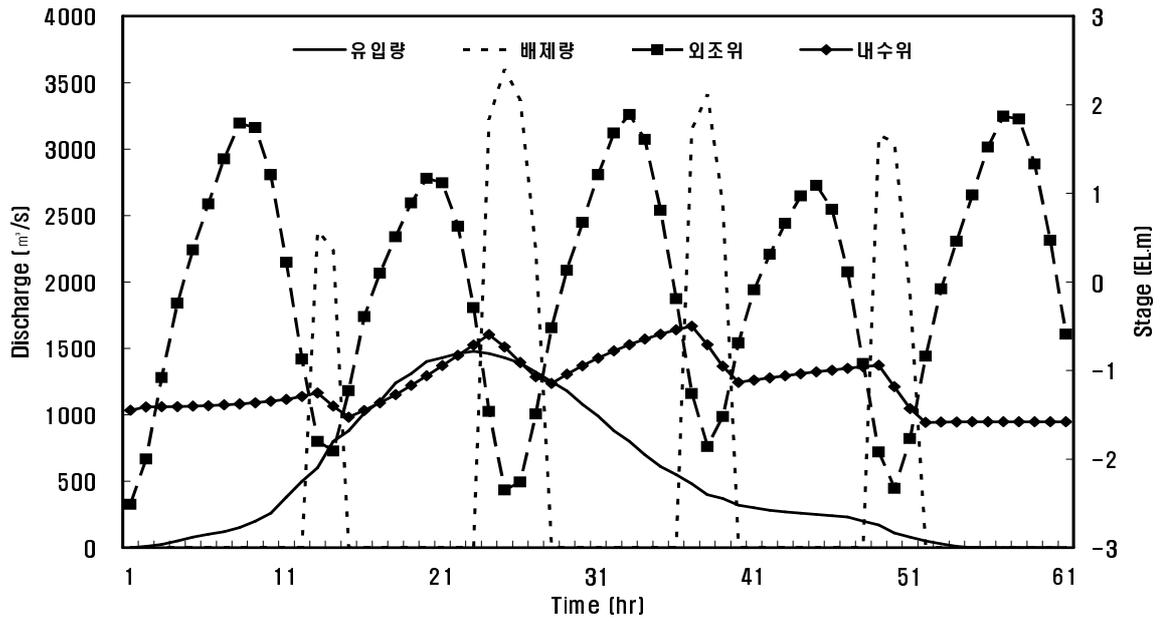
- 현재 배수갑문(80m)에 홍수 유입량 1,478m<sup>3</sup>/s의 경우 배수갑문 배제능력을 검토한 결과, 최대 내수위가 EL.+0.119m로 영암호 계획홍수위 EL.+0.23m에 비해 0.11m만큼의 여유가 있는 것으로 분석(<그림 3-18> 참조)



<그림 3-18> Case 1(80m)의 영암호 수위변화

### 2) Case 2

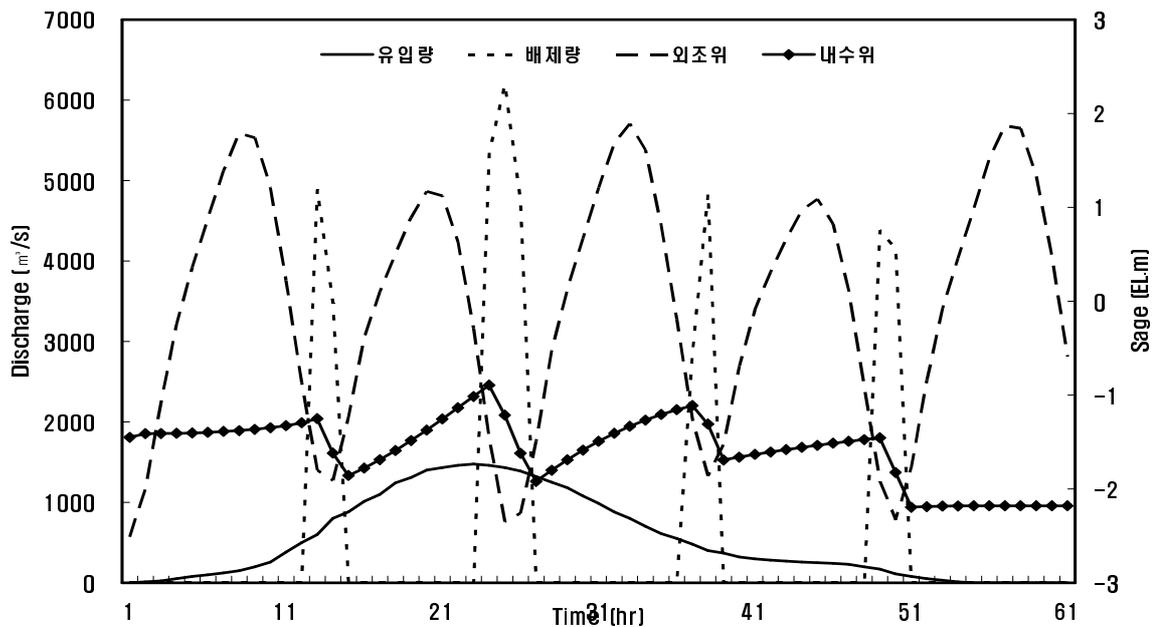
- 현재 배수갑문(80m)에 120m를 확장한 200m의 경우 최대 내수위가 EL.-0.498m로 계획홍수위에 비해 0.728m만큼의 여유가 있는 것으로 분석(<그림 3-19> 참조)



<그림 3-19> Case 2(200m)의 영암호 수위변화

### 3) Case 3의 검토결과

- 현 배수갑문에 330m를 확장한 410m의 경우 배수갑문 배제능력을 검토한 결과, 최대 내수위가 EL.-0.894m로 계획홍수위에 비해 -1.124m만큼의 여유가 있는 것으로 분석(<그림 3-20> 참조)



<그림 3-20> Case 3(410m)의 영암호 수위변화

**라. 종합결론**

- 영암호 배수갑문 배제능력 검토결과, 현재 배수갑문만으로도 첨두홍수량 유입시 계획홍수위 EL.+0.23m에 비해 0.11m만큼의 여유가 있어 배수갑문 확장이 필요 없지만 영산호의 홍수 피해 저감을 위해 연락수로를 통해 홍수량이 통수되어 영암호로 유입될 경우 영산호-연락수로-영암호 연계 운영시 배제능력을 재검토 하여 영암호의 배수갑문 확장 폭을 선정해야 할 것으로 판단

**3.2.5 물수지기법을 활용 영산호-연락수로-영암호 연계 통수능력 검토**

**가. 검토조건**

- 홍수유입량은 영산호 7,010m<sup>3</sup>/s와 영암호 1,478m<sup>3</sup>/s의 조건으로 검토
- 연락수로의 경우 바닥 표고는 EL.-5.35m로 동일하고 연락수로를 통해 영산호에서 영암호로 분기되는 유량은 하도의 동수경사에 지배되기 보다는 영산·영암호 내수위의 수두차이에 의해서 물의 흐름이 결정
- 영산호-연락수로-영암호의 배수갑문 확장 폭 및 연락수로 확장 폭의 적정 규모 결정을 위해 <표 3-40>과 같은 각각의 Case별로 검토

<표 3-40> 영산호의 배수갑문 검토 Case 분류

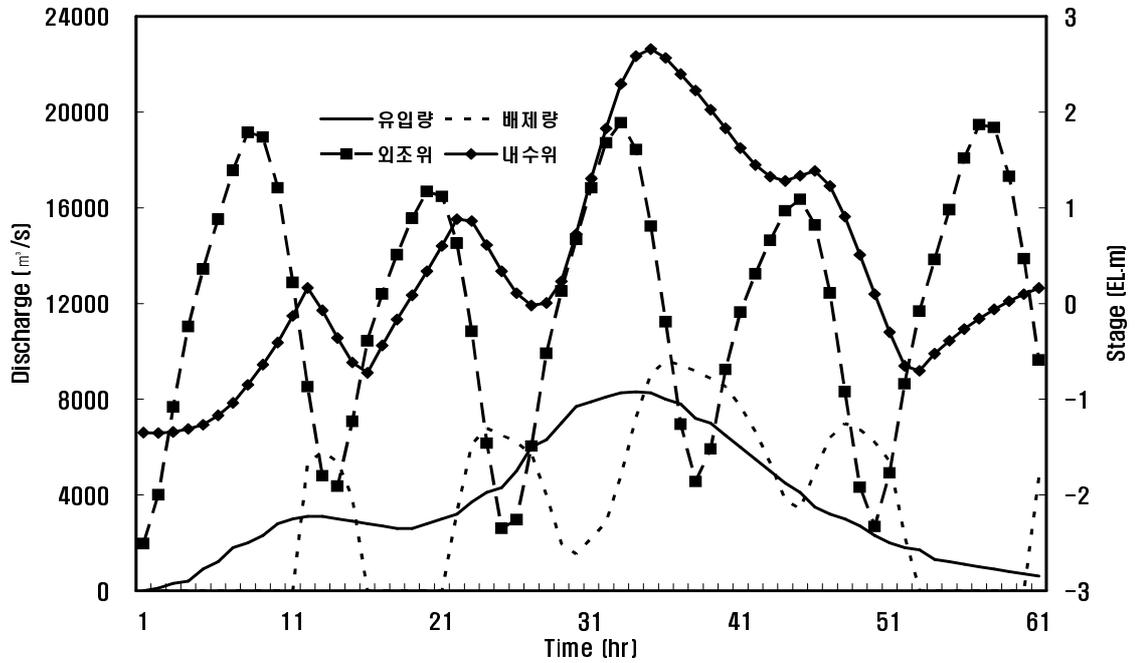
구분	영산호 배수갑문(m)	연락수로(m)	영암호 배수갑문(m)	비고
Case 1	240	15	80	홍수유입량 영산호:7,010m <sup>3</sup> /s 영암호:1,478m <sup>3</sup> /s
Case 2	480	15	80	
Case 3	480	140	80	
Case 4	480	140	410	

**나. 검토결과**

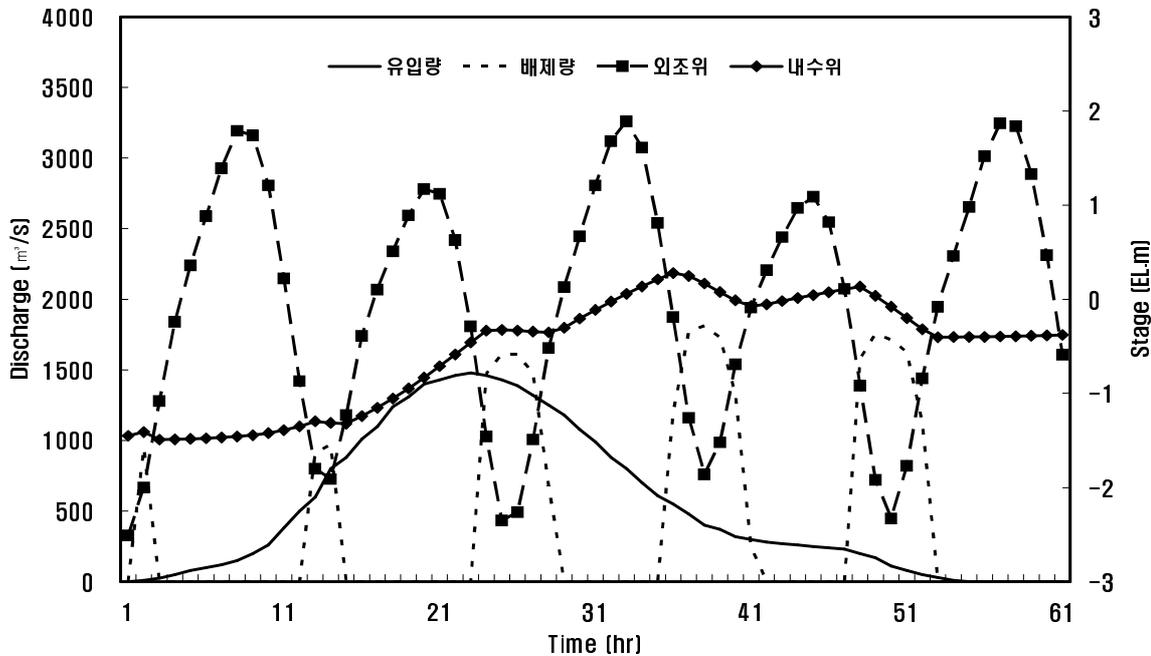
**1) Case 1**

- 영산호-연락수로-영암호의 배수갑문 및 연락수로의 제원을 현재 설치되어 있는 상태로 하여 배수갑문 배제능력을 검토한 결과, 영산호 및 영암호의 최고 내수위는 계획 홍수위를 각각 1.066m와 0.051m를 초과(<표 3-41> 참조)
- 영산호 단독 배제시와 비교하면, 단독 배제시 최고 내수위 2.48m보다 4.6cm 낮아진 2.446m로 연락수로를 통한 홍수유입량 배제는 이루어지지만 현재 연락수로 단면으로는 영산호 홍수배제 능력 미비

- 영암호의 경우 홍수유입량과 영산호에서 연락수로를 통하여 유입되는 배제량이 합해져서 내수위 변화에 영향을 주는데, 영암호의 현재 배수갑문 배제능력을 고려해 보면, 영암호 단독 배제시 0.119m로 계획홍수위에 비해 낮았지만, 영암 연락수로 유입량에 의해 최고 내수위가 0.281m로 계획홍수위(EL.+0.23)을 초과



(a) 영산호의 내수위 변화



(b) 영암호의 내수위 변화

<그림 3-21> 영산-연락수로-영암호 연계운영시 영산, 영암호 내수위 변화(Case 1)

- 현재 상태에서 영산호-연락수로-영암호의 100년 빈도 홍수 유입량이 발생하면, 영산호 및 영암호의 경우 계획홍수위를 초과하므로 침수피해 및 제방붕괴의 방지를 위해 영산호와 영암호 배수갑문 확장 및 연락수로 확장이 필요

<표 3-41> Case 1의 영산-연락수로-영암호 연계운영시 최고 내수위

구분	최고수위(m)	연락수로량(m <sup>3</sup> /s)	배제량(m <sup>3</sup> )
영산호	2.446	195.12	603,844,300
영암호	0.281		90,106,375

## 2) Case 2

- 영산호, 영암호 배수갑문 및 연락수로의 제원을 영산호 배수갑문 폭은 현재의 240→480m로 확장하고, 연락수로 및 영암호 배수갑문은 현상태로 유지할 경우에 대해 연계운영시 배제능력을 검토한 결과, 영산호의 경우 단독 운영시 최고 내수위 EL.+2.29m보다 4.5cm 낮아진 2.245m로 분석되었으며, Case 1과 비교하면 0.201m 낮아진 수치로 연계운영시 영산호 배수갑문 확장에 따른 영산호의 내수위의 변화에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 판단(<표 3-42> 및 <그림 3-22(a)> 참조)
- 영산호 배수갑문 확장에 따른 영암호의 최고 내수위는 0.214m로 영산호 확장에 따라 연락수로 유입량이 적어 Case 1과 비교하여 6.7cm 낮았지만, 영산호를 계획 내수위(EL.+1.64m)로 낮추기 위해서는 연락수로 확장이 필요(<그림 3-22(b)> 참조)
- Case 2의 결과와 같이 영산호-연락수로-영암호 연계 운영시 영산호 배수갑문 확장만으로는 Case 1과 별 차이가 없는 것으로 다른 대책이 필요

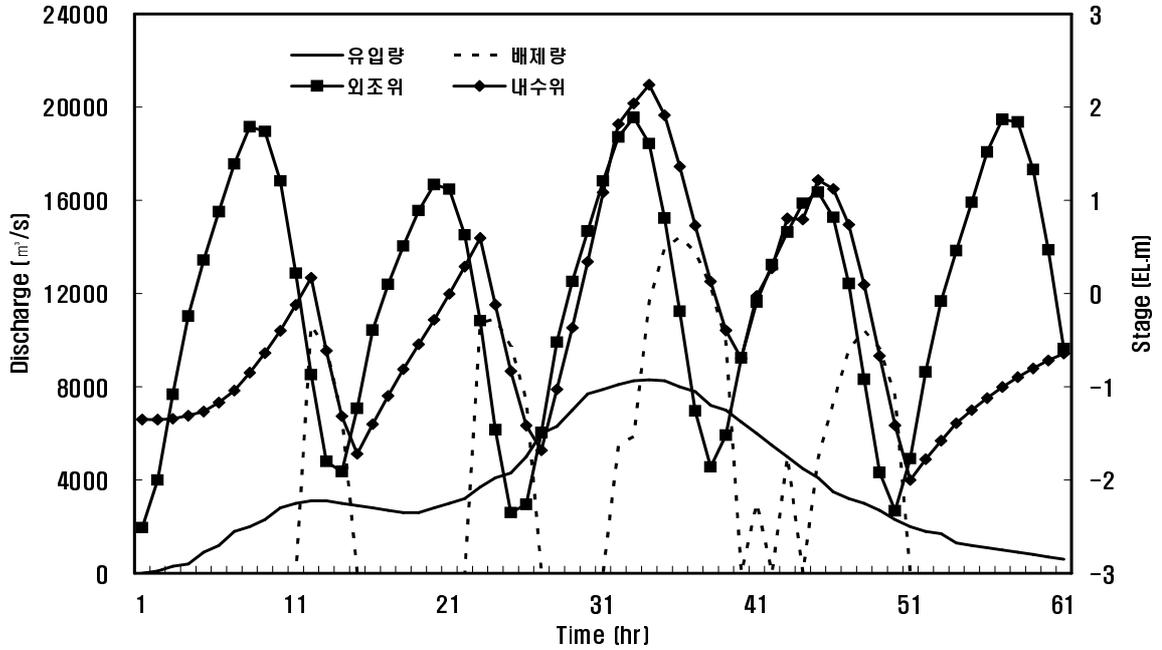
<표 3-42> Case 2의 영산-연락수로-영암호 연계운영시 최고 내수위

구분	최고수위(m)	연락수로량(m <sup>3</sup> /s)	배제량(m <sup>3</sup> )
영산호	2.245	192	646,881,645
영암호	0.214		85,102,046

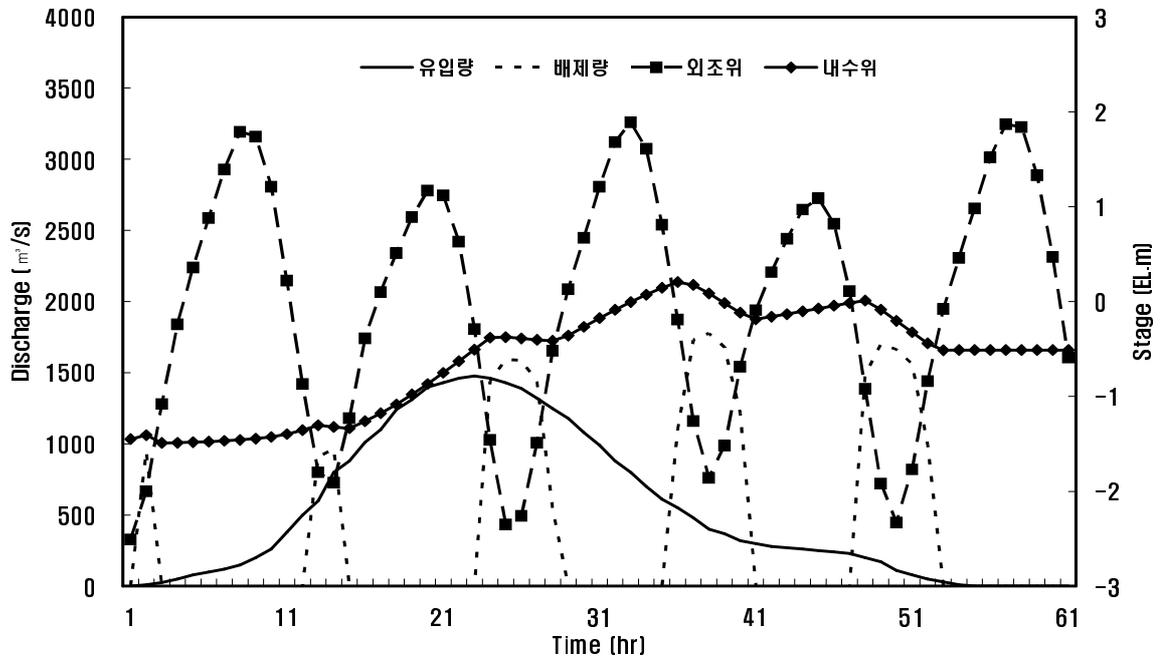
## 3) Case 3

- Case 3의 경우는 영산호 배수갑문확장 및 연락수로 단면 폭을 15→140m로 확장하고, 영암호 배수갑문은 현상태로 유지할 경우 연계운영시 배제능력을 검토한 결과, 영산호의 경우 Case 2보다 0.232m 낮아진 2.023m로 영암 연락수로 확장에

따라 영암호로의 유입량이 192 → 2,127m<sup>3</sup>/s으로 증가하여 영산호의 내수위는 감소하였지만, 영암호의 경우는 Case 2보다 최고 내수위가 0.768m 높아진 0.982m로 영암호 계획홍수위 EL.+0.23을 상회하는 것으로 영암호에 대한 홍수배제량 증가를 위해 배수갑문 확장이 필요할 것으로 판단(<표 3-43> 및 <그림 3-23> 참조)



(a) 영산호의 내수위 변화



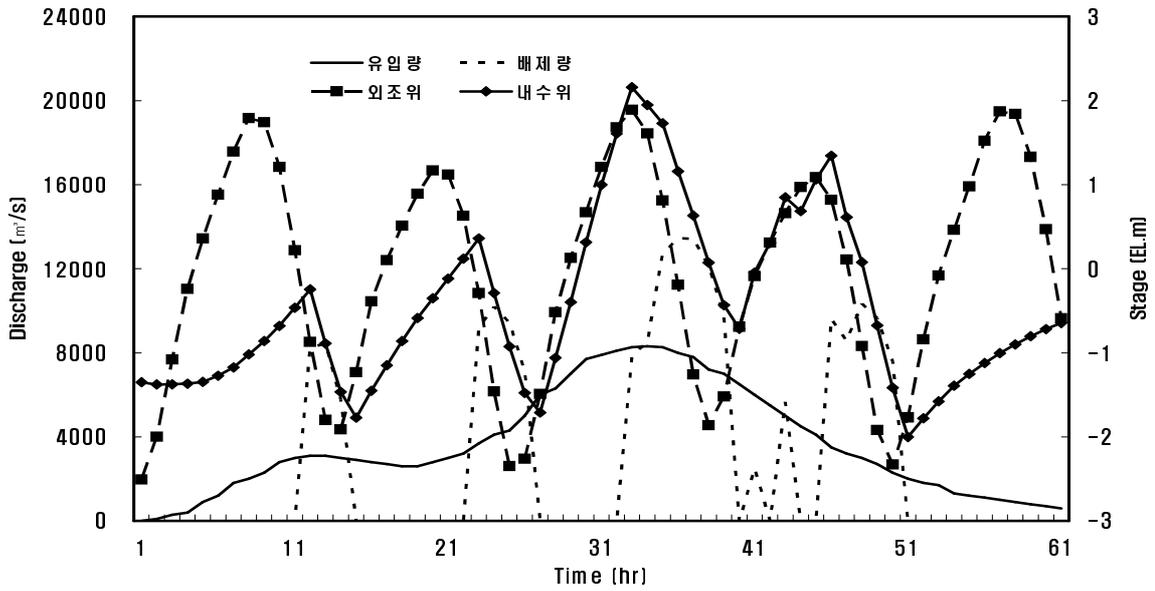
(b) 영암호의 내수위 변화

<그림 3-22> 영산-연락수로-영암호 연계운영시 영산, 영암호 내수위 변화(Case 2)

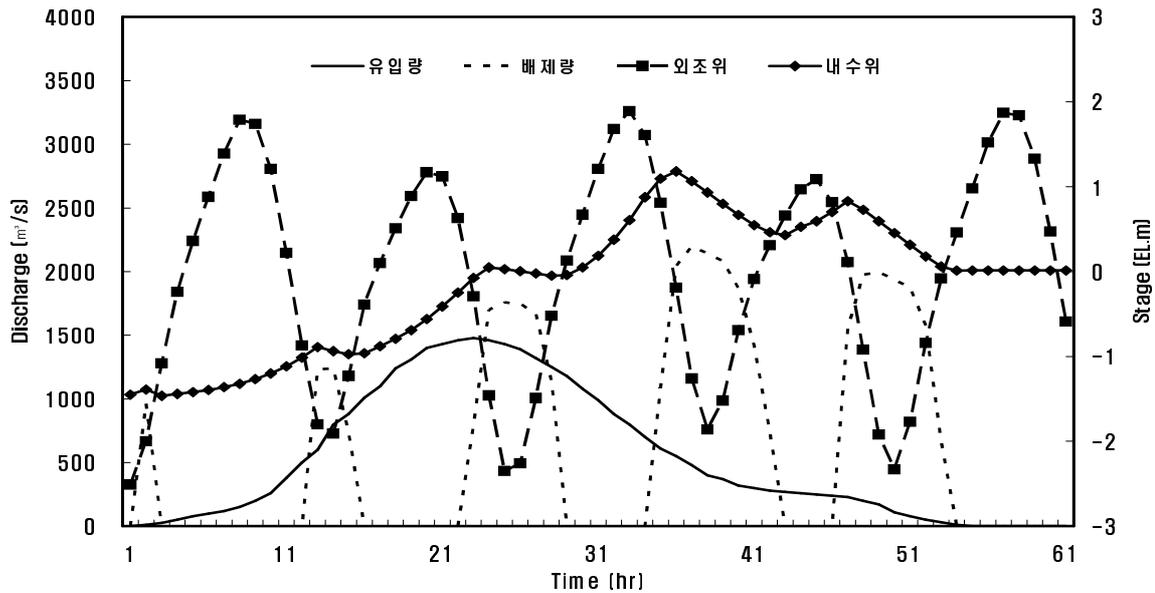
- 영산호 배수갑문 및 영암 연락수로를 확장할 경우 영산호의 내수위는 현저하게 감소하는 것을 볼 수 있지만 반면에 현재 영암호 배수갑문으로는 연락수로 확장에 따른 증가된 유량을 배제할 수 있는 대책이 필요

<표 3-43> Case 3의 영산-연락수로-영암호 연계운영시 최고 내수위

구분	최고수위(m)	연락수로량(m <sup>3</sup> /s)	배제량(m <sup>3</sup> )
영산호	2.023	2,127.92	587,977,314
영암호	0.982		122,203,094



(a) 영산호의 내수위 변화

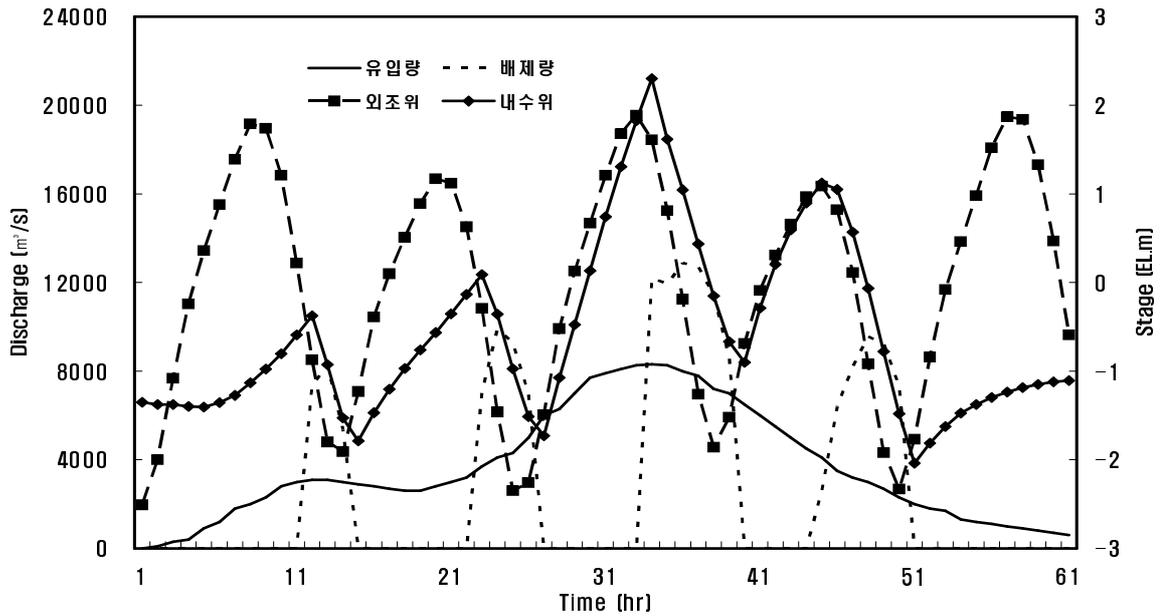


(b) 영암호의 내수위 변화

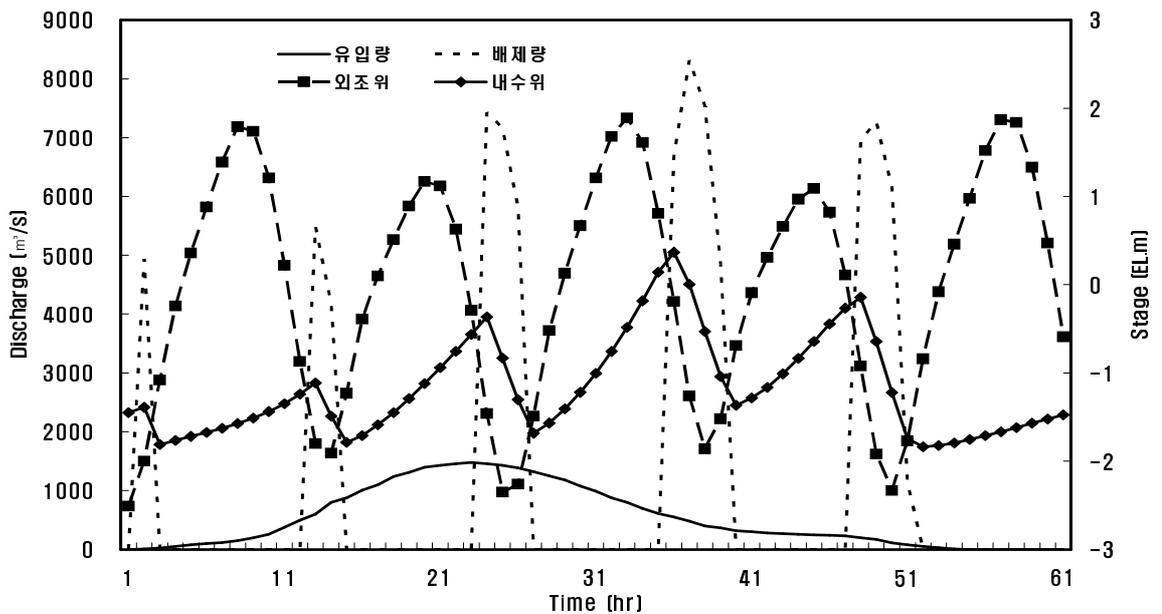
<그림 3-23> 영산-연락수로-영암호 연계운영시 영산, 영암호 내수위 변화(Case 3)

#### 4) Case 4

○ Case 4의 경우는 '영산강유역종합치수계획보고서'에서 제시한 것으로 영산호 배수갑문 확장(240→480m), 영암호 배수갑문 확장(80→410m), 영암 연락수로(15→140m)로 확장하여 연계운영시 배제능력을 검토한 결과, 영산호의 경우 Case 1의 경우와 비교해서 0.72m 낮아진 1.726m로 영산호 계획홍수위 EL.+1.64m보다 8.6cm 높은 것으로 분석(<표 3-44> 및 <그림 3-24(a)> 참조)



(a) 영산호의 내수위 변화



(b) 영암호의 내수위 변화

<그림 3-24> 영산-연락수로-영암호 연계운영시 영산, 영암호 내수위 변화(Case 4)

- 영암호의 경우 연락수로 확장에 따라 영암호 홍수 유입량이 2,520 m<sup>3</sup>/s로 늘어났으나, 배수갑문 확장으로 최고 내수위는 0.134m로 영암호 계획홍수위 EL.+ 0.23m보다 낮은 수위를 보여주고 있어, 영산호-연락수로-영암호 연계운영시 Case 4의 규모가 적정한 것으로 판단

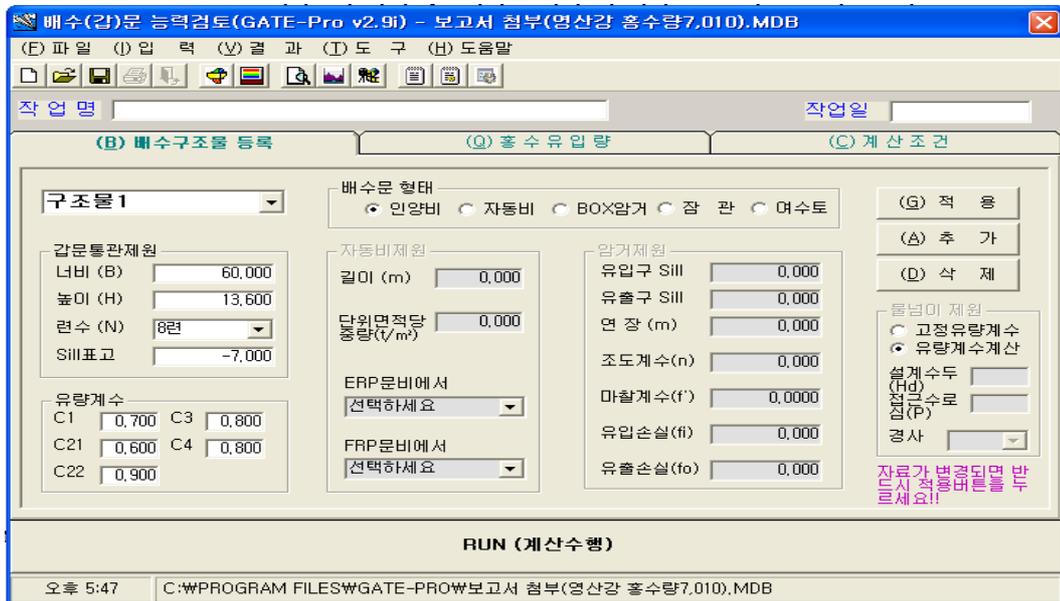
<표 3-44> Case 4의 영산-연락수로-영암호 연계운영시 최고 내수위

구 분	최고수위(m)	연락수로량(m <sup>3</sup> /s)	배제량(m <sup>3</sup> )
영산호	1.726	2,520	518,723,139
영암호	0.134		269,414,023

### 3.2.6 Gate-pro를 활용한 영산호-연락수로-영암호 연계 통수능력 검토

#### 가. 5.6.2 검토방법

- Gate-pro v2.9 에 입력한 모든 자료는 기존 물수지 분석에 이용한 자료와 동일
- 영산호-연락수로-영암호 연계운영시 배수갑문 통수능력 검토 프로그램과 물수지기법을 이용한 경우를 비교 분석(3.2.5의 Case 4)

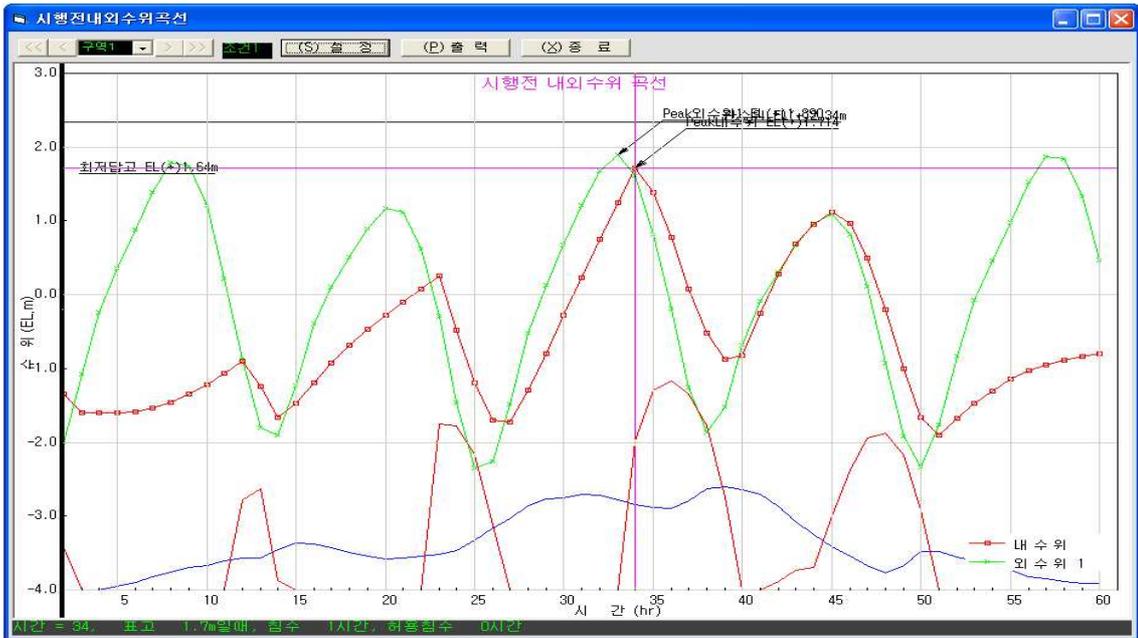


<그림 3-25> 배수갑문 프로그램(Gate-pro v2.9)입력 창

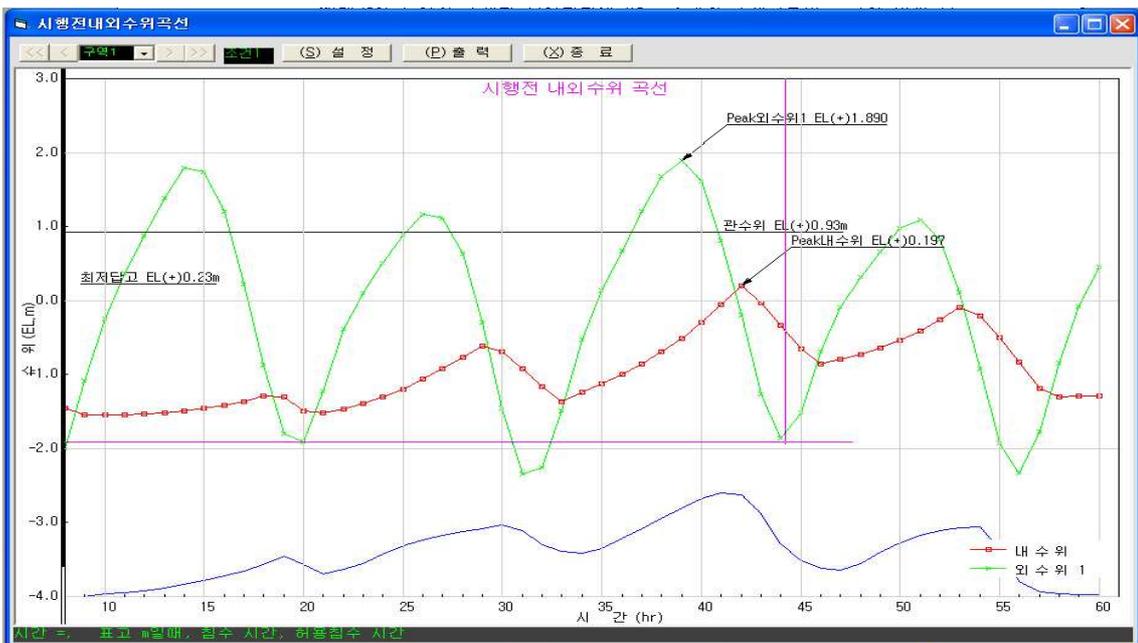
#### 나. 검토결과

- 배수갑문 프로그램인 Gate-pro v2.9에서 검토한 결과는 <그림 3-26>, <그림 3-27>과 같고, 이 결과를 물수지 분석과 비교하면 영산호의 경우 물수지 분석으로는 최고

수위가 1.726m인데 비해 배수갑문 프로그램은 1.715m로 0.011m 차이를 보이고 있어 분석방법상의 차이는 거의 없는 것으로 판단되며, 영암호 최고 내수위는 물수지 분석으로는 0.134m 계산되어졌고, 배수갑문의 프로그램에서는 0.197m로 계산되어졌는데 이는 물수지 분석의 경우 단순히 정류 상태의 흐름으로만 가정하여 산출한 값이라 배수갑문 프로그램과는 약간의 차이가 있는 것으로 판단



<그림 3-26> Gate-pro 방법에 의한 영산호 내수위 변화



<그림 3-27> Gate-pro 방법에 의한 영암호 내수위 변화

<표 3-45> 배수갑문 프로그램(Gate-pro v2.9) 영산호 데이터

시작	종료	외수1	시작 내수위	다음 내수위	평균 내수위	흐름 (l)	UnitQ (l)	자체유입량	갑문배제량	저류량
2	3	-1.54	-1.35	-1.60	-1.48	3	2,329	0	8,383,994	222,836,944
3	4	-0.66	-1.60	-1.60	-1.60	0	0	0	0	222,836,944
4	5	0.06	-1.60	-1.60	-1.60	0	0	0	0	222,836,944
5	6	0.62	-1.60	-1.58	-1.59	0	0	775,800	0	223,612,736
6	7	1.14	-1.58	-1.53	-1.56	0	0	1,524,600	0	225,137,344
7	8	1.59	-1.53	-1.46	-1.50	0	0	2,525,400	0	227,662,752
8	9	1.77	-1.46	-1.35	-1.40	0	0	3,583,800	0	231,246,560
9	10	1.48	-1.35	-1.21	-1.28	0	0	4,449,600	0	235,696,160
10	11	0.72	-1.21	-1.07	-1.14	0	0	4,827,600	0	240,523,760
11	12	-0.33	-1.07	-0.90	-0.98	0	0	5,679,000	0	246,202,752
12	13	-1.34	-0.90	-1.24	-1.07	3	4,940	6,332,400	17,785,412	234,749,744
13	14	-1.86	-1.24	-1.66	-1.45	3	5,565	6,355,800	20,034,218	221,071,312
14	15	-1.57	-1.66	-1.48	-1.57	3	522	7,857,000	1,878,691	227,049,632
15	16	-0.81	-1.48	-1.20	-1.34	0	0	9,262,800	0	236,312,432
16	17	-0.15	-1.20	-0.93	-1.06	0	0	8,958,600	0	245,271,040
17	18	0.31	-0.93	-0.69	-0.81	0	0	8,350,200	0	253,621,248
18	19	0.70	-0.69	-0.47	-0.58	0	0	7,423,200	0	261,044,448
19	20	1.03	-0.47	-0.28	-0.38	0	0	6,611,400	0	267,655,840
20	21	1.15	-0.28	-0.10	-0.19	0	0	6,147,000	0	273,802,848
21	22	0.88	-0.10	0.07	-0.02	0	0	6,226,200	0	280,029,056
22	23	0.17	0.07	0.25	0.16	0	0	6,625,800	0	286,654,848
23	24	-0.88	0.25	-0.48	-0.11	3	9,101	7,000,200	32,763,712	260,891,328
24	25	-1.91	-0.48	-1.19	-0.84	3	8,962	7,797,600	32,264,200	236,424,720
25	26	-2.31	-1.19	-1.70	-1.45	3	7,394	9,801,000	26,617,708	219,608,016
26	27	-1.88	-1.70	-1.72	-1.71	3	3,531	12,121,200	12,712,115	219,017,104
27	28	-1.01	-1.72	-1.29	-1.51	0	0	14,121,000	0	233,138,112
28	29	-0.20	-1.29	-0.80	-1.04	0	0	16,702,200	0	249,840,320
29	30	0.40	-0.80	-0.28	-0.54	0	0	17,935,200	0	267,775,520
30	31	0.94	-0.28	0.23	-0.02	0	0	18,046,800	0	285,822,336
31	32	1.45	0.23	0.75	0.49	0	0	18,806,400	0	304,628,736
32	33	1.79	0.75	1.25	1.00	0	0	18,703,800	0	323,332,544
33	34	1.75	1.25	1.71	1.48	0	0	17,787,600	0	341,120,128
34	35	1.21	1.71	1.39	1.55	3	8,153	16,864,200	29,349,834	328,634,496
35	36	0.31	1.39	0.78	1.08	3	10,917	16,277,400	39,301,452	305,610,464
36	37	-0.73	0.78	0.08	0.43	3	11,463	16,102,800	41,265,892	280,447,392
37	38	-1.56	0.08	-0.52	-0.22	3	10,716	17,555,400	38,576,196	259,426,592
38	39	-1.69	-0.52	-0.88	-0.70	3	8,990	19,940,400	32,363,264	247,003,712
39	40	-1.11	-0.88	-0.82	-0.85	3	5,082	20,354,400	18,294,126	249,063,984
40	41	-0.39	-0.82	-0.25	-0.53	0	0	19,798,200	0	268,862,176
41	42	0.11	-0.25	0.28	0.02	0	0	18,826,200	0	287,688,384
42	43	0.49	0.28	0.69	0.49	3	449	16,416,000	1,616,452	302,487,936
43	44	0.82	0.69	0.95	0.82	3	1,078	13,510,800	3,880,480	312,118,240
44	45	1.03	0.95	1.12	1.04	3	1,257	10,906,200	4,523,649	318,500,800
45	46	0.96	1.12	0.97	1.04	3	4,038	8,560,800	14,537,062	312,524,544
46	47	0.47	0.97	0.50	0.73	3	6,558	6,618,600	23,608,778	295,534,368
47	48	-0.41	0.50	-0.21	0.15	3	8,328	4,744,800	29,981,648	270,297,536
48	49	-1.42	-0.21	-1.00	-0.60	3	8,571	3,245,400	30,855,708	242,687,232
49	50	-2.13	-1.00	-1.66	-1.33	3	7,384	4,883,400	26,583,524	220,987,104
50	51	-2.05	-1.66	-1.91	-1.78	3	4,353	7,590,600	15,670,987	212,906,704
51	52	-1.31	-1.91	-1.68	-1.79	0	0	7,592,400	0	220,499,104
52	53	-0.46	-1.68	-1.48	-1.58	0	0	6,528,600	0	227,027,712
53	54	0.19	-1.48	-1.30	-1.39	0	0	5,769,000	0	232,796,704
54	55	0.72	-1.30	-1.15	-1.22	0	0	5,142,600	0	237,939,296
55	56	1.25	-1.15	-1.03	-1.09	0	0	3,882,600	0	241,821,888
56	57	1.70	-1.03	-0.95	-0.99	0	0	2,676,600	0	244,498,496
57	58	1.86	-0.95	-0.89	-0.92	0	0	2,178,000	0	246,676,496
58	59	1.59	-0.89	-0.84	-0.86	0	0	1,746,000	0	248,422,496
59	60	0.90	-0.84	-0.80	-0.82	0	0	1,364,400	0	249,786,896
60	61	-0.06	-0.80	-0.77	-0.78	0	0	1,024,200	0	250,811,104

<표 3-46> 배수갑문 프로그램(Gate-pro v2.9) 영암호 데이터

시작	종료	외수1	시작 내수위	다음 내수위	평균 내수위	흐름 (1)	UnitQ (1)	자체유입량	갑문배제량	저류량
8	9	-1.54	-1.45	-1.55	-1.50	3	1,136	0	4,088,022	240,486,976
9	10	-0.66	-1.55	-1.55	-1.55	0	0	0	0	240,486,976
10	11	0.06	-1.55	-1.54	-1.54	0	0	306,594	0	240,793,568
11	12	0.62	-1.54	-1.53	-1.53	0	0	421,776	0	241,215,344
12	13	1.14	-1.53	-1.51	-1.52	0	0	683,334	0	241,898,672
13	14	1.59	-1.51	-1.49	-1.50	0	0	987,138	0	242,885,808
14	15	1.77	-1.49	-1.46	-1.47	0	0	1,367,100	0	244,252,912
15	16	1.48	-1.46	-1.42	-1.44	0	0	1,806,444	0	246,059,360
16	17	0.72	-1.42	-1.36	-1.39	0	0	2,332,314	0	248,391,680
17	18	-0.33	-1.36	-1.29	-1.33	0	0	2,892,690	0	251,284,368
18	19	-1.34	-1.29	-1.30	-1.30	3	1,132	3,625,380	4,075,574	250,834,176
19	20	-1.86	-1.30	-1.49	-1.40	3	3,441	4,490,911	12,385,804	242,939,280
20	21	-1.57	-1.49	-1.52	-1.51	3	1,392	3,537,972	5,011,764	241,465,488
21	22	-0.81	-1.52	-1.46	-1.49	0	0	2,520,000	0	243,985,488
22	23	-0.15	-1.46	-1.39	-1.43	0	0	3,024,000	0	247,009,488
23	24	0.31	-1.39	-1.31	-1.35	0	0	3,705,570	0	250,715,056
24	25	0.70	-1.31	-1.19	-1.25	0	0	4,725,972	0	255,441,024
25	26	1.03	-1.19	-1.06	-1.13	0	0	5,649,048	0	261,090,080
26	27	1.15	-1.06	-0.92	-0.99	0	0	6,339,402	0	267,429,488
27	28	0.88	-0.92	-0.77	-0.85	0	0	6,850,800	0	274,280,288
28	29	0.17	-0.77	-0.61	-0.69	0	0	7,275,168	0	281,555,456
29	30	-0.88	-0.61	-0.69	-0.65	3	3,077	7,617,636	11,076,593	278,096,480
30	31	-1.91	-0.69	-0.93	-0.81	3	5,244	7,968,762	18,877,326	267,187,920
31	32	-2.31	-0.93	-1.17	-1.05	3	4,963	7,331,310	17,868,142	256,651,088
32	33	-1.88	-1.17	-1.36	-1.26	3	3,944	5,835,060	14,199,395	248,286,752
33	34	-1.01	-1.36	-1.24	-1.30	0	0	5,076,000	0	253,362,752
34	35	-0.20	-1.24	-1.13	-1.19	0	0	4,878,000	0	258,240,752
35	36	0.40	-1.13	-1.00	-1.07	0	0	5,366,358	0	263,607,104
36	37	0.94	-1.00	-0.86	-0.93	0	0	6,521,256	0	270,128,352
37	38	1.45	-0.86	-0.70	-0.78	0	0	7,581,276	0	277,709,632
38	39	1.79	-0.70	-0.51	-0.60	0	0	8,708,886	0	286,418,528
39	40	1.75	-0.51	-0.29	-0.40	0	0	9,873,649	0	296,292,192
40	41	1.21	-0.29	-0.05	-0.17	0	0	11,016,180	0	307,308,384
41	42	0.31	-0.05	0.20	0.07	0	0	11,597,040	0	318,905,408
42	43	-0.73	0.20	-0.03	0.09	3	6,046	11,430,000	21,764,240	308,571,168
43	44	-1.56	-0.03	-0.33	-0.18	3	6,467	9,237,330	23,281,876	294,526,624
44	45	-1.69	-0.33	-0.66	-0.50	3	5,811	5,904,450	20,918,344	279,512,736
45	46	-1.11	-0.66	-0.86	-0.76	3	3,641	4,004,478	13,107,222	270,409,984
46	47	-0.39	-0.86	-0.79	-0.82	0	0	3,148,740	0	273,558,720
47	48	0.11	-0.79	-0.72	-0.76	0	0	2,914,290	0	276,473,024
48	49	0.49	-0.72	-0.64	-0.68	0	0	3,679,902	0	280,152,928
49	50	0.82	-0.64	-0.54	-0.59	0	0	4,994,658	0	285,147,584
50	51	1.03	-0.54	-0.41	-0.47	0	0	6,027,372	0	291,174,944
51	52	0.96	-0.41	-0.26	-0.33	0	0	6,819,120	0	297,994,048
52	53	0.47	-0.26	-0.10	-0.18	0	0	7,358,922	0	305,352,960
53	54	-0.41	-0.10	-0.21	-0.15	3	3,598	7,677,000	12,954,121	300,075,840
54	55	-1.42	-0.21	-0.50	-0.36	3	5,884	7,772,940	21,182,220	286,666,560
55	56	-2.13	-0.50	-0.83	-0.67	3	5,657	5,303,772	20,366,224	271,604,096
56	57	-2.05	-0.83	-1.19	-1.01	3	4,891	1,730,322	17,608,806	255,725,632
57	58	-1.31	-1.19	-1.30	-1.24	3	1,458	504,000	5,250,150	250,979,488
58	59	-0.46	-1.30	-1.29	-1.30	0	0	342,000	0	251,321,488
59	60	0.19	-1.29	-1.29	-1.29	0	0	234,000	0	251,555,488
60	61	0.72	-1.29	-1.28	-1.28	0	0	315,450	0	251,870,944

### 3.3 배수갑문 설계

- 배수갑문 설계기준에서 계획기준 외수위는 하천의 경우 계획확률빈도 강우와의 상관관계를 고려하여 구한 외수위 수문곡선을 기준으로 하며, 해안은 1) 소조시 또는 대조시 평균조위 곡선을 기준, 2) 양정결정시에는 최고수위 확률 계산치를 기준

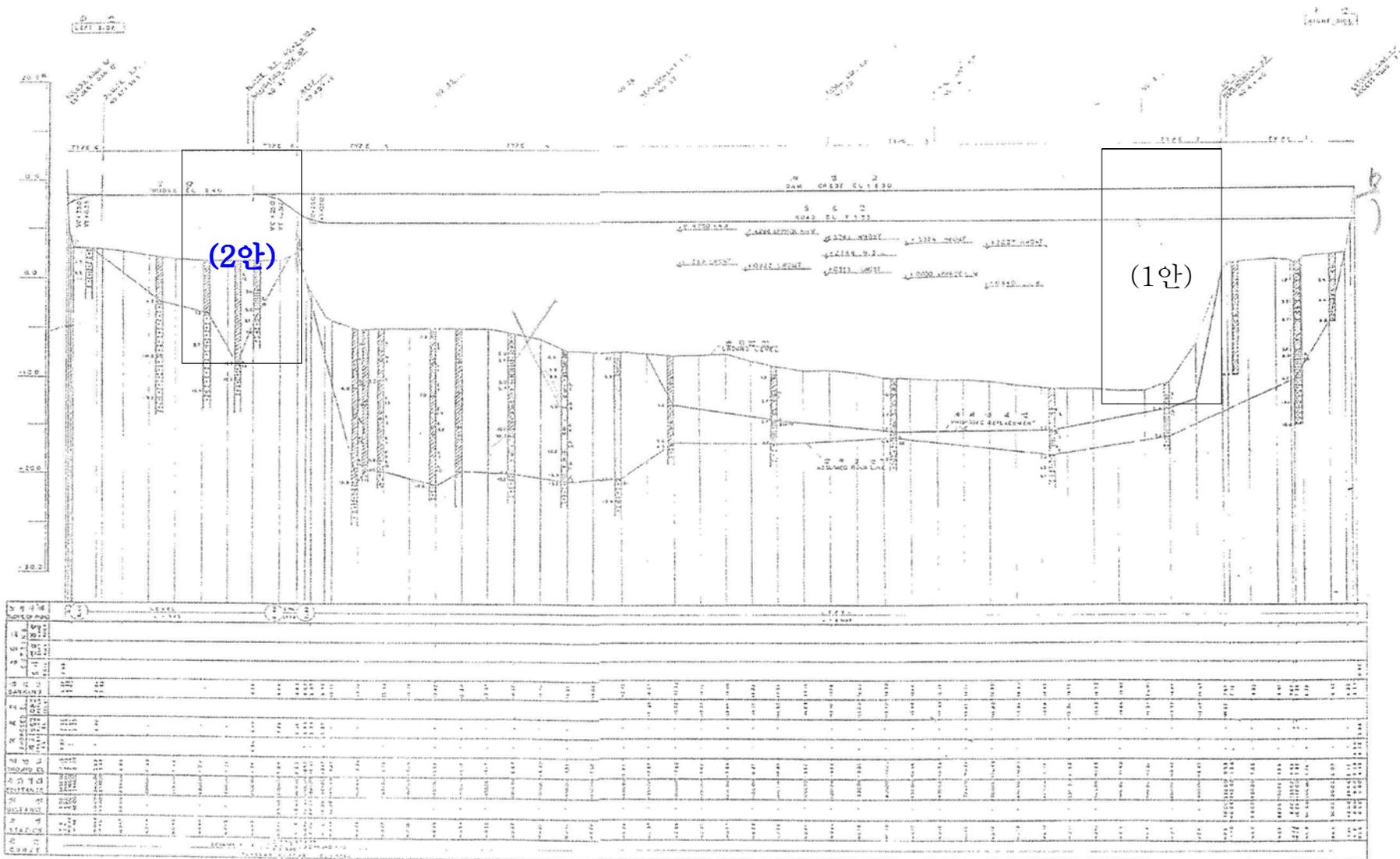
#### 3.3.1 배수갑문 위치 선정(안)

- 영산호

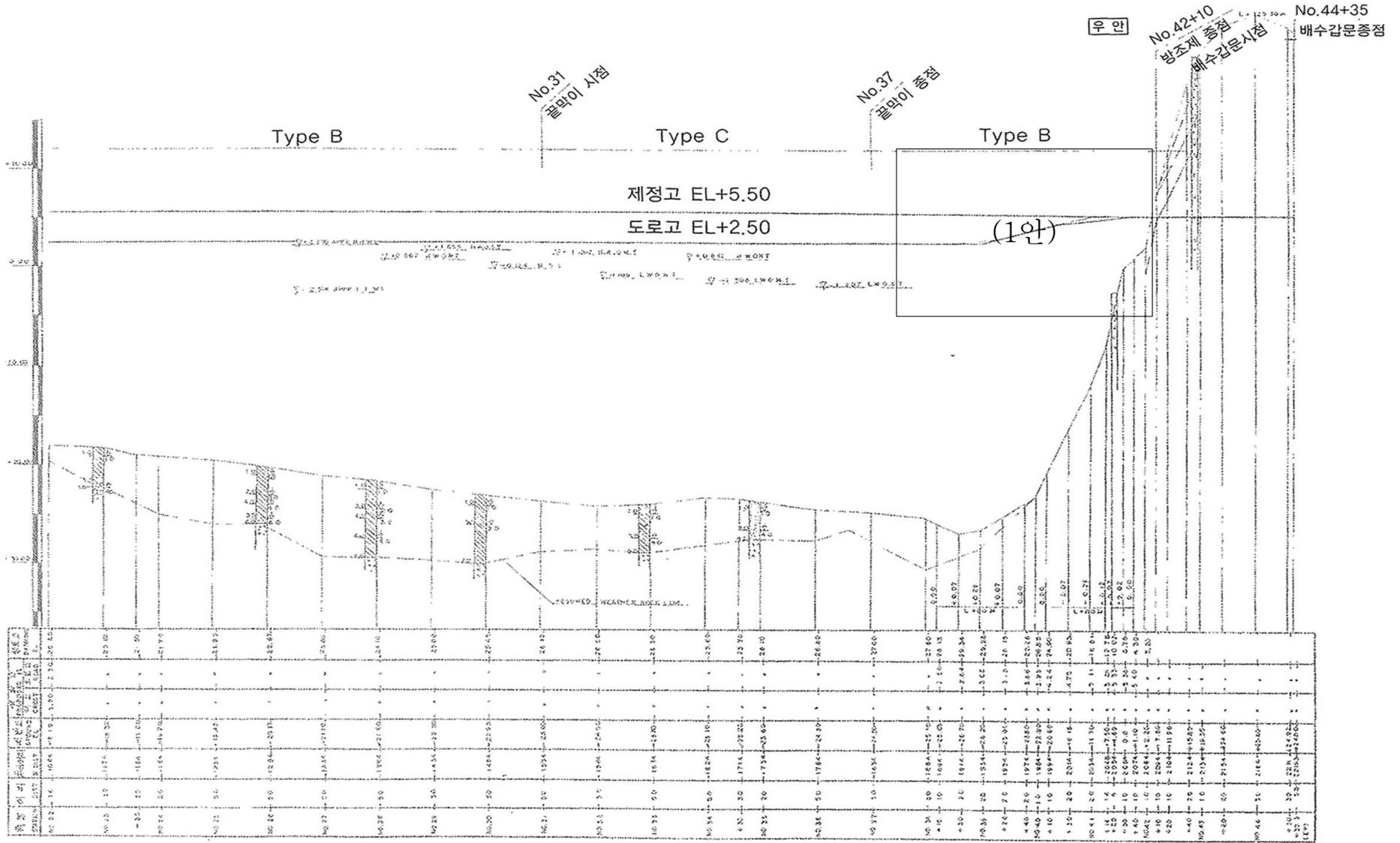
구분	1 안	2 안
위치	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 방조제 시점부근(목포측) (전남 목포 옥암동)에 설치</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현배수갑문 좌안 (영암 삼호 산호리)에 설치</li> </ul> 
공사 여건	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 갑문개방시 목포시의 내수배제를 담당하는 삼향천 하구부 영향</li> <li>○ 기초지반이 배수갑문이 위치하기 불리한 조건</li> <li>○ 현재 목포측 해안쪽 도시건설로 배수갑문 설치시 빠른 유속에 의한 피해 발생 우려</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 구조물의 기초지반으로 양호</li> <li>○ 홍수량 배제시 바닥세굴면에서도 안전</li> <li>○ 홍수시 상류하천의 영향을 받지 않아 수리조건이 원할</li> </ul>

- 영암호

구분	1 안	2 안
위치	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현배수갑문 좌안 (전남 영암 삼호읍)에 설치</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 방조제중앙부 (방조제 시점에서 No.20+12)에 설치</li> </ul> 
공사 여건	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 영산호에서 오는 홍수량에 대한 배제가 힘들</li> <li>○ 기초지반이 양호하나 표고높이가 EL.(-)25로 Sill표고 (-)6.35까지 말뚝기초시공시 공사비 증가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 영산호에서 오는 홍수량에 대한 배제능력이 (1안)보다는 양호</li> <li>○ 기초지반이 양호하고 표고높이가 EL.(-)10정도로 Sill표고 (-)6.35까지 Ring Concrete 시공 가능○</li> </ul>



<그림 3-28> 영산호 하구둑 종단면도



No. 0+16  
 영암호 하구둑  
 (1/50)

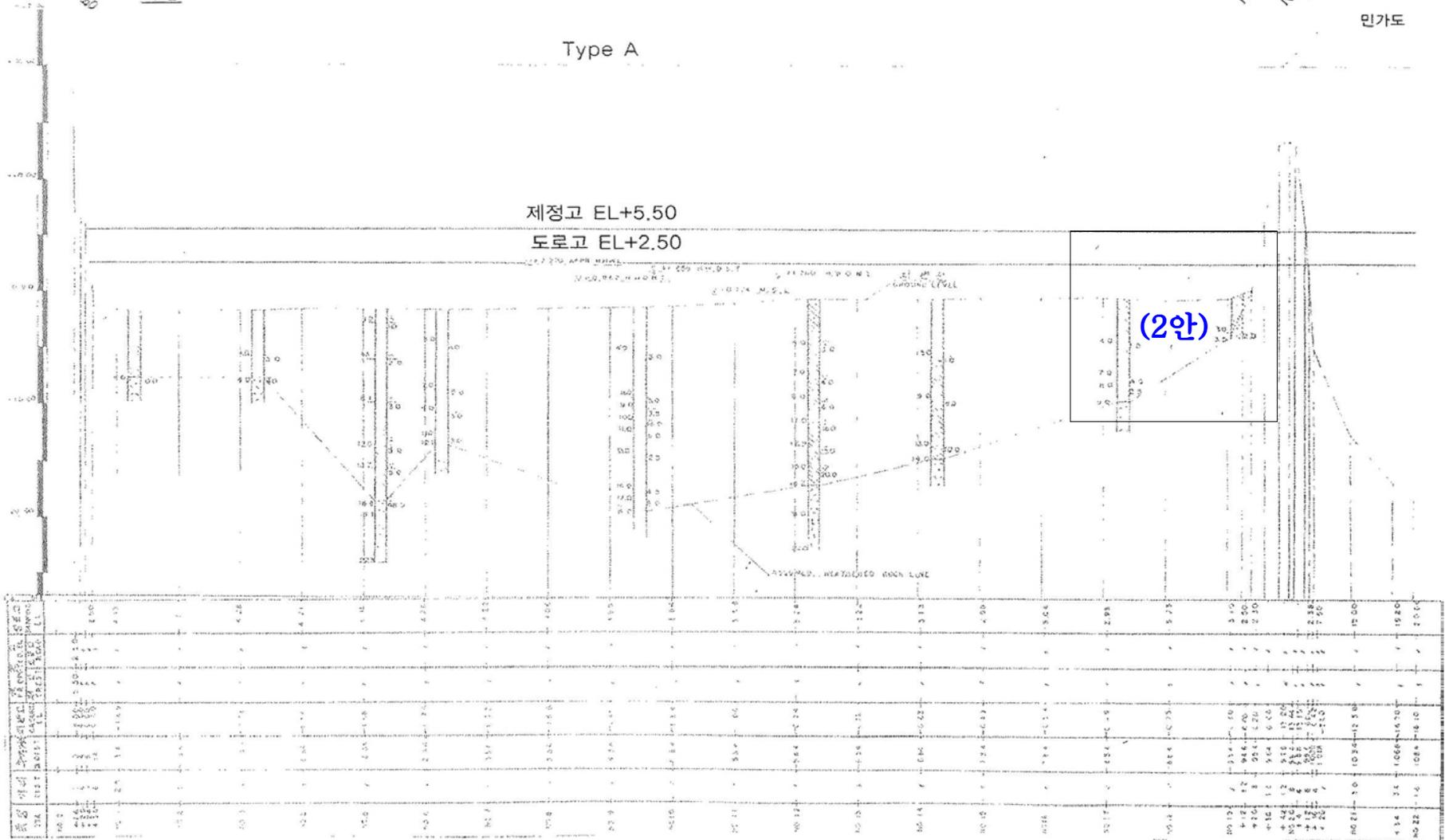
No. 19+30  
 No. 20+12

민가도

Type A

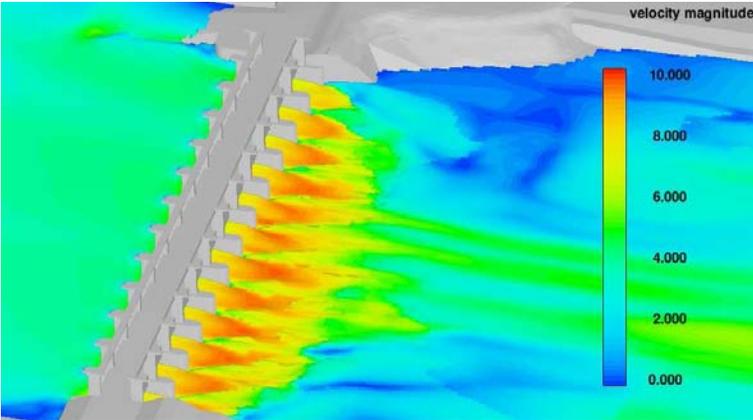
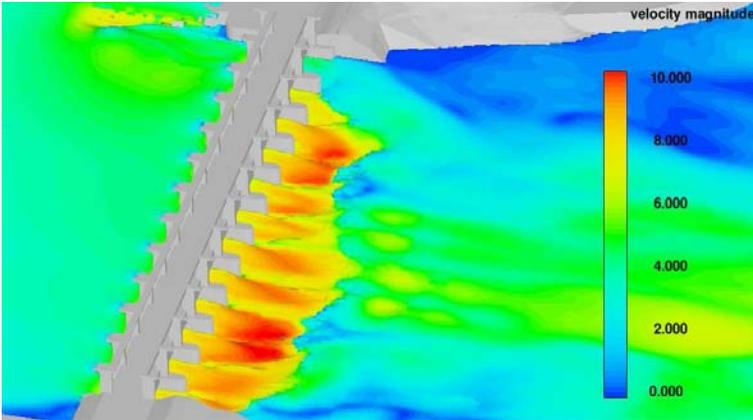
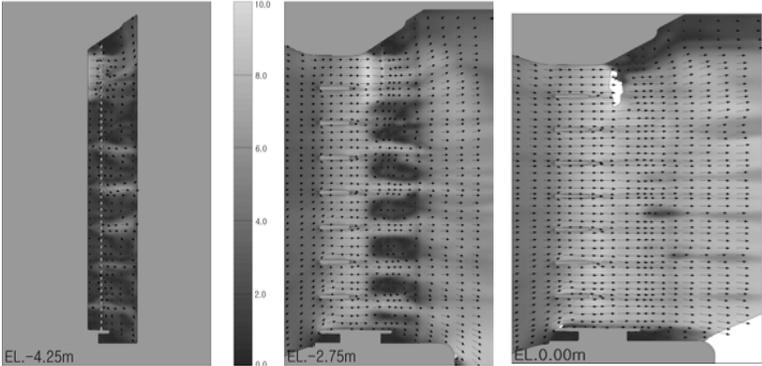
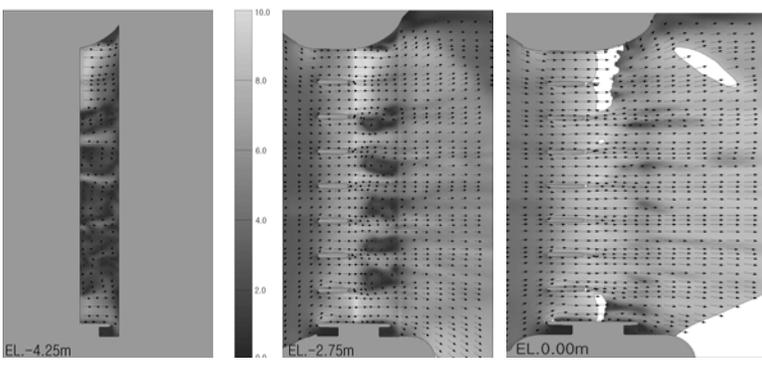
제정고 EL+5.50  
 도로고 EL+2.50

(2안)

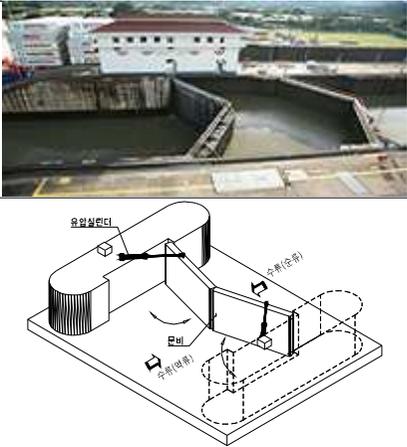
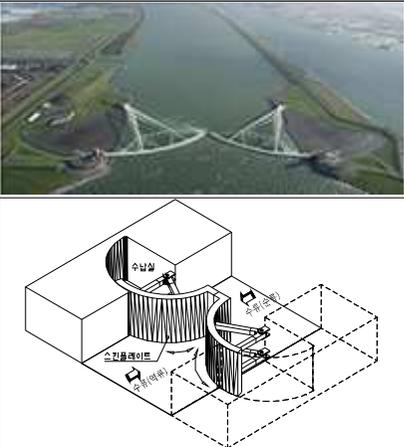
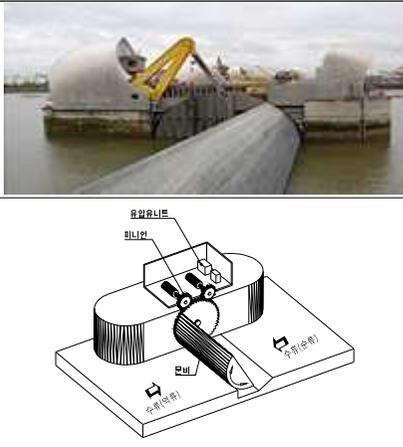
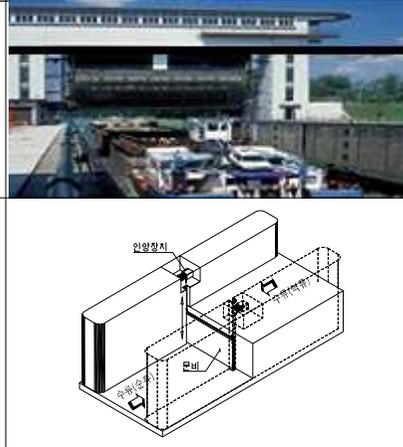


<그림 3-29> 영암호 하구둑 종단면도(계속)

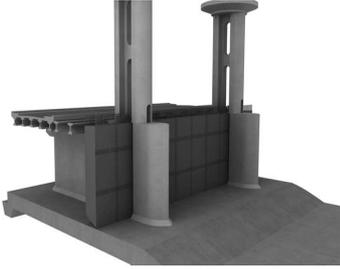
□ 3차원 수치해석을 통한 배수갑문 위치 적정성 평가

구 분	1안(기존 배수갑문 인근에 신설배수갑문 설치)	2안(목포측에 신설)
기설 배수갑문	 <p>·최대유속 : 약 8.0m/sec</p>	 <p>·최대유속 : 약 10.0m/sec</p>
신설 배수갑문		
해석 결과	·최대유속 : 약 9.5m/sec	·최대유속 : 약 11.5m/sec (1안에 비해 2m/sec 증가) ·일부지역 와류발생
선정안	◎	

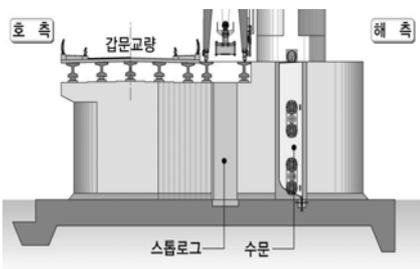
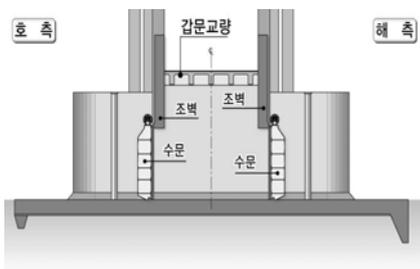
### 3.3.2 배수갑문 형식 및 규모 결정

구분	Miter Gate	Sector Gate	Rising Sector Gate	Rising Roller Gate
형상				
구조 및 작동원리	<ul style="list-style-type: none"> <li>·좌·우 2매의 비체로 구성되며 평면적으로 문비접촉부와 약 20°정도로 합장한 형태가 되는 구조.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·문비는 수직회전축을 중심으로 약 1/4의 원호상으로 형성되며 문비자중은 상하 회전축의 피봇부에서 지지하는 구조.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·문비는 D자형 Shell구조로 구동원판 편측 원주방향에 부착 구동원판의 회전에 의해 승강하는 구조</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·수중에 잠긴 평면비체 양단에 부착된 수개의 롤러가 수압하중을 받으며 갑벽의 Slot내에서 수직 인양, 하강되는 구조.</li> </ul>
적용성	<ul style="list-style-type: none"> <li>·수위차가 비교적 적은 장소에 적합</li> <li>·장래확장성이 유리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·수위차가 크고 특히 역수압이 작용하는 장소에도 적용 가능</li> <li>·부지면적이 커 장래확장성이 불리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·수위차가 적은 장소에 적합하며 수위차가 클 경우 적용에 제약이 따름</li> <li>·장래확장성이 유리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·수위차가 적은 장소와 역류가 작용될 수 있는 장소에 적합</li> <li>·부지 이용면에서 장래확장성이 가장 유리</li> </ul>
문비개폐 가능성	<ul style="list-style-type: none"> <li>·편측 수압작용시 개폐 불가능, 수위 밸런스에 의해 개폐 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·문비에 편측수압이 작용하고 수위차가 있어도 개폐가 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·수위차에 의해 수압이 작용하고 있어도 개폐가 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·수위차에 의해 수압이 작용하고 있어도 개폐가 가능</li> </ul>
문비 Sill 위치	<ul style="list-style-type: none"> <li>·Rail등이 필요 없어 Sill을 갑실바닥과 같은 높이에 설치 가능</li> <li>·모래 등 퇴적물은 문비 개폐시 수류에 의해 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·대형일 경우 갑실바닥에 Rail등을 설치하여 문비자중을 지지.</li> <li>·모래 등 퇴적물은 문비 개폐시 수류에 의해 제거됨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·갑실바닥과 같은 높이에 설치가능하나, 문비 수납실에 모래 및 퇴적물이 누적될 우려가 있음.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·상류갑실 바닥의 모서리부분에 설치 가능</li> <li>·모래 등 퇴적물 누적 우려 없음</li> </ul>
개폐시간	<ul style="list-style-type: none"> <li>·유압실린더의 행정이 짧아 개폐속도가 가장 신속</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·대형게이트의 경우 규모에 비례하여 개폐속도가 늦다</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·랙크기어 구동으로 타형식보다 개폐속도가 가장 늦다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·와이어로프식의 경우 개폐속도가 Miter Gate보다 느리고 Sector Gate보다 빠르다.</li> </ul>
선정안				◎

### 3.3.3 배수갑문 지수방법 선정

구 분	1안(3방지수 Type)	2안(4방지수 Type)
형 상		
설계조건	·지수벽이 없이 외조위 차단 ·문비경간장이 15.0m 이상(담수호가 조성되는 경우)	·수문과 지수벽으로 외조위 차단 ·문비경간장이 15.0m 이하
문비높이	·설계고조위에 도파고를 더한 높이까지 계획	·홍수시 유하물이 통수단면을 축소시키지 않고 취부배수로 시설물의 유지관리에 편한 계획홍수위 이상으로 계획
장 점	·지수효과 우수하고 유지관리 편리 ·상류측 부유물이 많을때 유리 ·저압수문 형식에 적용 가능	·권양기실이 낮아져 공사비 저렴하고 미관이 좋음 ·저압, 고압수문에 적용 가능
단 점	·Pier 및 권양기실이 높아 불안정하고 토목, 기계 공사비가 과다	·하나의 문은 지수효율이 저하되거나 이중문으로 지수효과 양호 ·부유물이 많을시 통수단면을 막아 침수 우려
적용사례	·영산강, 금강, 낙동강, 새만금, 석문, 화옹 배수갑문	·아산만, 삼교천, 시화, 남양, 대호, 남포 배수갑문
선 정 안	해면간척편에서 경간장 폭 15m이상이고 담수호가 조성되는 경우 담수화를 고려하여 3방지수로 정하고 있으며, 유지관리 측면도 유리한 3방지수 채택	

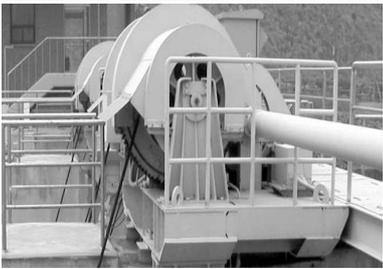
### 3.3.4 배수갑문 수문배열방식 선정

구 분	1안(1열 배열)	2안(2열 배열)
형 상		
개 요	·수문을 1열만 배치하는 것으로 수문 유지보수를 위해 Stoplog 필요	·수문을 2열로 배치하며 Stoplog 불필요
장 점	·공사비 저렴	·비상시 대처 및 유지관리 용이
단 점	·비상시 대처 곤란, 유지관리가 복잡	·공사비 과다
시공사례	·금강, 영산강, 시화, 낙동강 배수갑문	·아산, 삼교천, 남양, 새만금 배수갑문
선 정 안	3방지수의 경우 1열 배열을 주로 사용하므로, 사업비 측면에서 경제적인 1열배열 채택	

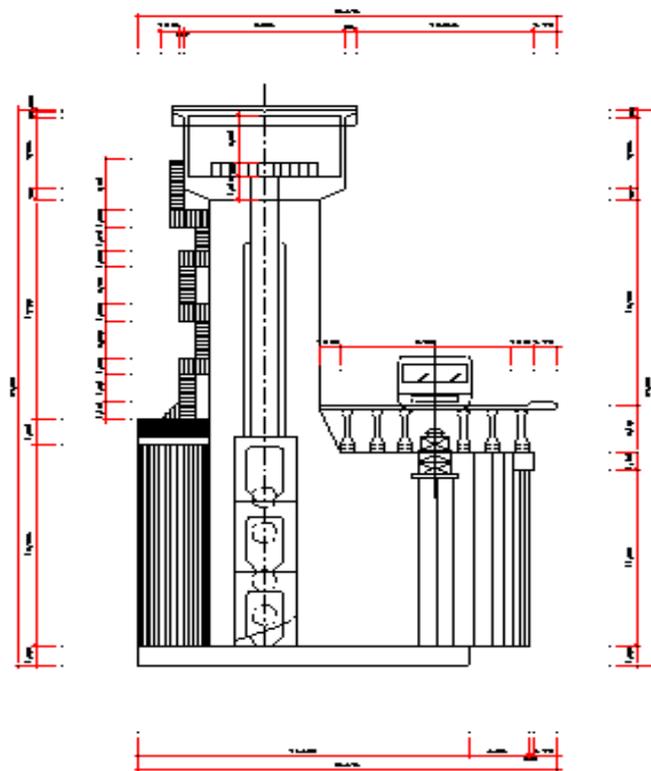
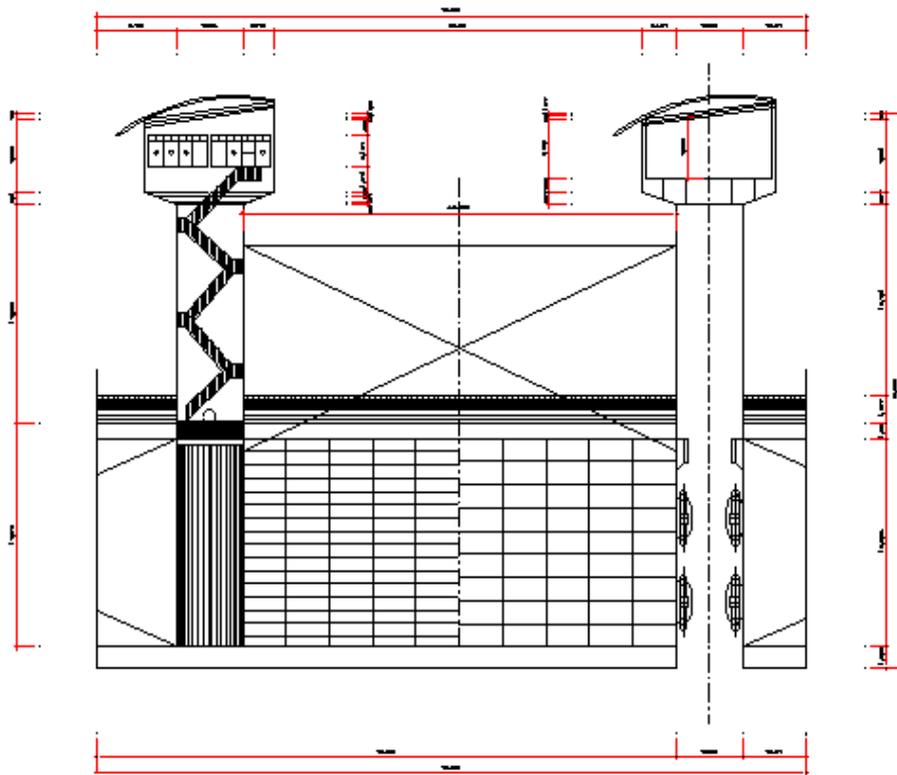
### 3.3.5 배수갑문 게이트 선정

구분	1안(Roller Gate)	2안(Radial Gate)
형상		
분비구조 및 자중	·관부재로 구성되어 지간이 레디얼 게이트보다 크므로 문비중량이 큼	·힘부재와 압축부재로 구성되어 있어 롤러게이트에 비하여 경량
수리현상	·문비 양쪽 호구(슬롯)이 필요하며 문비 개폐시 난류로 인한 진동 발생	·문비 양쪽 호구(슬롯)이 없어 수리현상 양호
수압하중	·하중이 여러 개의 롤러에 전달 ·내·외측 양방향 수압에 안전한 구조	·하중이 두 지점의 트러니언에 집중 ·수압이 역방향일 경우 문비구조 불안
권상하중	·문비 전체를 수직상부로 들어 올려야 하므로 레디얼게이트에 비하여 큼	·트러니언핀이 회전되므로 권상하중이 비교적 적음
권양대	·개폐장치 설치 위치가 높고, 별도의 개폐장치 설치용 문주의 축조가 필요	·개폐장치 설치 위치가 낮고, 개폐장치 설치용 문주 불필요로 구조물이 낮음
유지관리 및 시공성	·해수 접촉면이 적어 부식이 적음 ·호구부위 시공 난항, 누수방지에 주의	·해수 접촉면이 많아 부식 우려 ·조작이 복잡하고, 시공이 어려움
선정안	Radial Gate의 경우 2열배열 사용, 사업비 측면에서 경제적인 Roller Gate 채택	

### 3.3.6 권양기형식 선정

구분	1안(Wire Rope 식)	2안(유압식)
형상		
장점	·시공경험이 많고 국내 제작이 용이 ·권양하중 분산 용이, 유지관리 편리 ·고장 발생률 낮고, 고장시 수리 간단 ·초기공사비가 저렴 ·문비 동일속도 승강 및 정지 유리	·소형경량으로 대출력 가능 ·과부하 방지가 용이 ·기계식에 비해 소음이 적음 ·문비의 개폐속도가 일정하며 미세속도 조절시 유리
단점	·Wire Rope가 해풍 및 해수에 부식우려 ·유압식에 비해 소음이 많음 ·설치부문의 토목구조가 복잡	·시공경험이 적으며 수입 불가피 ·실린더 축방향 충격에 취약 ·구조가 복잡, 고장시 즉시 수리 불가 ·배관등의 이음새에서 누유되기 쉬움 ·유압설비의 주기적인 시험운전 및 점검 필요
선정안	국내 시공경험이 많고 조작관리에 용이하며 경제적인 Wire Rope식 채택	

### 3.3.7 배수갑문 구조설계 표준단면도



### 3.4 TM/TC 및 홍수에·경보시스템

#### 3.4.1 물관리아동화시스템(TM/TC)

##### 가. 기본구상

###### 1) 시스템의 형식

- 영산강 하구둑의 물관리아동화시스템은 원격감시(TM) 및 원격제어(TC) 장치를 설치하여 신설되는 배수갑문 관리소에서 지구내의 전반적인 이·치수 상황을 감시하고 배수갑문 등의 조절설비를 제어하여 계획적 물관리를 할 수 있게 하는 시스템
- 현장의 담수호 수위, 조위변화, 유입유량, 수위나 유량, 배수갑문의 개도 등을 신호로 전송하는 기능(정보전송계), 신호를 프로그램, 영상, 램프 등으로 표시하여 관리원에게 알리는 기능(감시계), 신호를 처리하여 숫자나 그래프로 입출력하는 정보처리 및 입출력기능(정보처리계), 표시된 정보에 따라 시설을 조절하는 기능(제어계) 등을 수행할 수 있도록 계획

###### 2) 대상시설 기본계획

- 영산강 하구둑 자동화 대상시설은 하구둑 신설 배수갑문 자동화시스템, 기설 배수갑문 자동화시스템, 상류유역 유입하천, 영산강 유역 수문분석자료 산출, 수로의 전반적인 유황 파악과 제어, 제어 프로그램 계획과 일치하는 센서 배치 계획, 물관리 조직과 일치하는 제어시설 배치 및 프로그램 설치계획, 유지관리 및 안전관리 필요성 등을 고려하여 계획
- 물관리 자동화 시설 설치계획은 소요기능, 자동화 시설의 안정성과 내구성, 기설 시설현황과 개보수 필요성, 경제성, 확장성, 호환성, 설치 및 유지관리 편의성 등을 복합 고려하였는데, 특히 응용중앙감시제어(adaptive supervisory control)의 개념으로 계획하여 영산강 하구둑 사업지구에서는 홍수에·경보뿐만 아니라 기설 시설물 등에도 중앙감시제어를 일괄 적용할 수 있도록 확장성을 고려하여 설계하며, 신규 시설물은 각 시설에 현장제어시설물만 설치하면 중앙에서 원격감시 및 제어가 가능하도록 신설되는 배수갑문 관리소에서 중앙관리소 설비를 갖추도록 계획

###### 3) 관리항목 검토

- 수위, 유량 등의 계측이나 문비, 밸브 등의 감시와 조작 등을 관리항목으로 정하고 실시간 계측으로 계획

#### 4) 관리체계 검토

- 관리체계는 영산강 하구둑의 현행 물관리에 적합한 시스템 운영체계를 고려 관리체계를 계획

<표 3-47> 관리체계 계획

항 목	검 토 내 용	관 리 방 법
관리의 기본	·관리대상시설 선정 ·관리항목 및 관리체계	·영산호 및 방조제 시설 ·원격감시제어, 담수호 및 유역수위, 조위 감시
현장관리 계획	·정보운송장치 ·계측 및 감시·조절방식 ·데이터 처리 및 표시·기록	·RTU 설치 ·원격계측, 현장·원격수동, 자동제어 ·필요
중앙관리소 계획	·관리수준 ·감시제어 기기구성 ·데이터처리 ·표시/기록 ·장치간 인터페이스 ·전원설비 ·환경조건	·원격수동 및 자동 제어 ·PC, 프린터, 게이트웨이, 프로젝터 ·데이터 서버 ·영상장치, 모니터/출력장치, DB구축 ·게이트웨이, LAN ·한전전력 및 UPS ·배수갑문 관리소(중앙관리소)
데이터 전송	·관리소-현장간 전송회선 ·관리소-현장간 대향방식	·유·무선 ·Polling 및 회선경쟁 방식
시스템 구성과 기기사양 (관리소장치)	·데이터 처리 및 주변장치 ·정보운송장치	·PC 또는 PC서버, 영상장치, 모니터, 프린터, 데이터 저장장치 ·게이트웨이, LAN 구축
시스템 구성과 현장조절	·정보운송장치 ·현장제어장치	·RTU 설치 ·현장 수동 제어
관련장치	·감시 및 계측 장치	·CCTV, 수위계, 우량계 등
기타	·건축계획 ·검사 ·관리와 보수	·배수갑문 관리소 신축 ·제품검사, 설치검사, 운영검사 ·운영관리, 보수관리(정기점검 등)

#### 5) 시스템 기능의 확대와 다목적화

- 영산강 하구둑 물관리자동화시스템의 기능은 홍수, 이수, 치수 등 다목적으로 검토하고, 지구내외의 수리시설을 포함한 광역화된 시스템으로 계획하여 제반 물관리가 수행되도록 계획

<표 3-48> 관리대상시설 및 관리항목과 관리체계

관리목적	대상시설	관리항목	관리체계
이·치수 관리	강우량계 배수갑문	강우량, 물수지, 담수호 내수위, 취입수위, 저수량 배수갑문개도 수전상태 및 제수변개도	데이터→중앙관리소↔ 대내외기관
홍수관리	배수갑문	강우량, 담수호 내외수위, 유역수위, 수전상태, 배수갑문 개도	담수호 내·외수위, 유역데이터 →중앙관리소↔배수갑문개폐, 홍수예·경보

## 6) 시스템의 구성

- 영산강 하구둑 물관리자동화시스템의 게이트웨이와 RTU는 다음과 같이 구성
  - 게이트웨이 시스템 : 배수갑문 중앙관리소 1개소→배수갑문 관리소 2층에 설치
  - RTU 시스템 : 배수갑문3개소→신설 배수갑문 2개소, 신설 중앙관리소 1개소
  - 측정 및 감시시설 : 수위국 8개소 → 신설 배수갑문 4개소, 기설배수갑문 4개소  
감시카메라 16개소 → 신설배수갑문 4개소, 방조제 8개소, 기설 4개소  
영산강홍수통제소 → 수위국 및 우량국 연계 구축

### 나. 감시제어 방식

#### 1) 배수갑문

- 영산호에는 담수호의 수위 및 유량 관리를 위한 배수갑문이 설치되어 있으며, 배수갑문 시설의 자동화시스템에서 받아들이는 측정데이터 살펴보면, 통선문 담수측 및 해수측 개도, 통선문 밸브, 배수갑문 게이트, 해수측 수위, 담수측 수위

#### 2) 이수관리

- 담수호의 이수관리는 관개기는 물론 비관개기에도 담수호내 생태환경, 수질오염 방지를 위한 하천유지수와 강우기 홍수조절을 위하여 적절한 물관리가 필요
- 본 지구에서는 담수호의 유역과 규모 등이 대규모로서 강우량은 영산강홍수통제소의 본 유역자료 및 목포기상청 관측자료를 이용하고 저수량은 원격소에 의한 자료 전송에 의하여 중앙관리소에서 원격측정

### 다. 중앙관리소 계획

#### 1) 중앙관리소 설비구성

##### □ 중앙관리소 설비구성 검토

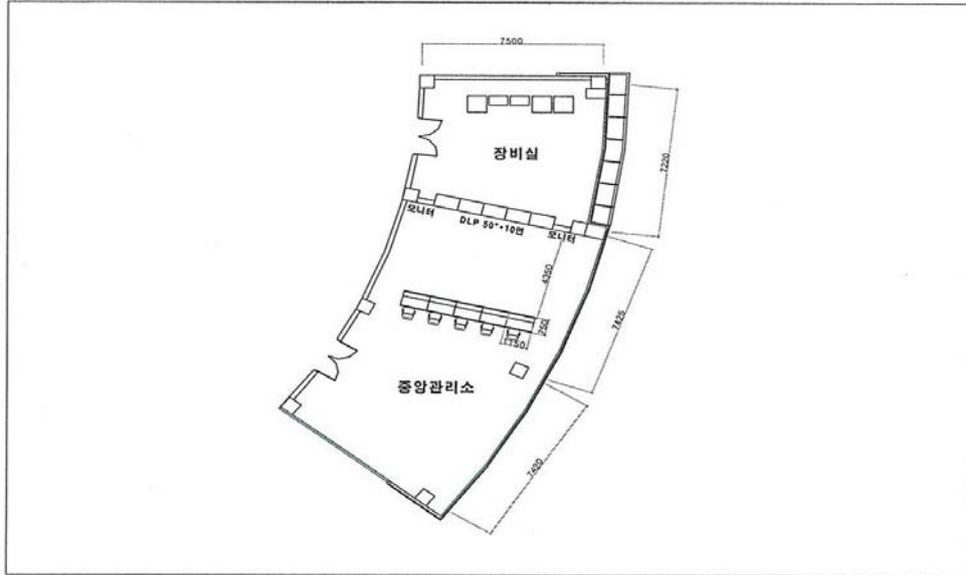
- 중앙관리소의 감시제어설비는 컴퓨터, 통신장치, 조작대, 프린터, UPS, 영상관계 장치, 그래픽 보드 등으로 구성되어 있는데, 현재 본 지구에서 계획 중인 중앙관리소는 자동화 시스템의 통합운영을 위하여 장치에 대한 확장성과 호환성 및 적용성을 종합적으로 검토해야 하며, 또한 관련사업 등으로 자동화가 가능한 시설물을 연계하여 통합관리가 가능하도록 공간 확보와 호환성, 확장성, 범용성이 요구되므로 위 조건을 고려하여 장비구성을 검토하였고 검토내용은 <표 3-39>와 같으며 중앙관리소 기기 배치는 <그림 3-30> 및 <그림 3-31>에 표시

<표 3-39> 중앙관리소 기기구성

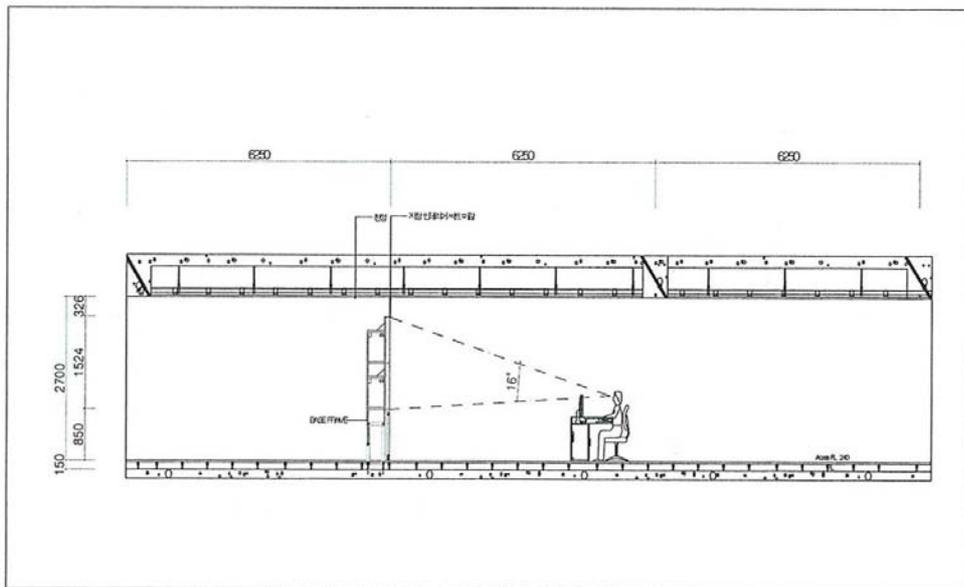
종별	품목	수량	내 용
주 컴퓨터	PC(Server급)	2식	감시제어용
홍수예·경보용 컴퓨터	최신사향	1식	홍수예·경보용
노트북 컴퓨터	최신사향	1식	프로그램 툴박스용
모니터	21" ×3개	1식	TFT-LCD, 21"
프린터	Dot Matrix	1식	이벤트 보고서 출력용
프린터	Color Laser	1식	하드카피용(컬러)
프린터	Laser	1식	보고서 양식 출력용
프린터 서버		1식	프린트 공유용
영상관제장치	DLP방식(50")×6면 (Digital Light Processor)	1식	감시제어용
모니터	TFT-LCD, 21"×13면	1식	CCTV 감시용
모니터	PDP 60", XGA급	2식	유역관측 현황
지구 현황도		1식	지구 현황 파악
조작대	Operator Desk	1식	운영자 Desk
통신제어장치	FIU & Communication Processor	1식	원격소 장치와 데이터 전송
원격소 장치	RTU	1식	전력계통 및 감시/제어용
저장장치	Sata 1.5Gbps, 1Tb	3식	데이터 백업용
통신장치	무선용, 유선용	2식	데이터 통신
전시모형	2.5×2.5	1식	지구현황
무정전전원장치	UPS	1식	정전시 시스템 보호
Audio System	VRT, DVD	1식	보고 및 발표용
S/W	감시제어 프로그램(MMI)	1식	운영체제 포함
S/W	홍수예·경보 프로그램	1식	수문해석 P/G 등

**□ 중앙관리소 설비구성**

- 중앙관리소의 통신장치는 Field Interface Unit(FIU), Radio, 모뎀, 안테나로 구성되며, FIU는 주컴퓨터와 연결되어 모든 RTU와 통신하고, 주컴퓨터와 보조컴퓨터와 연결되도록 구성하고 중앙관리소 안테나는 전방향성안테나(omni directional antenna)로 피뢰침을 포함하고, RTU 안테나는 지향성 안테나(yagi antenna)로 계획
- 프린터는 이벤트 프린터, 리포트 프린터, 하드카피용 프린터로 구성되었고, 디스플레이 장치는 DLP방식을 채택하여 향후 자동화 시설이 증설될 경우에도 중앙관리소 현황판 시설이 추가 또는 변경될 필요가 없도록 계획



<그림 3-30> 중앙관리소 기기구성 배치도



<그림 3-31> 중앙관리소 측면도

## 라. 원격소 계획

### 1) 원격소 설치계획

- 원격측정(TM)과 원격제어(TC) 기능을 포함하는 용·배수관리 시스템을 계획하며, 각 배수갑문 수문을 원격조정 또는 자동제어 하여 영상호 유입량에 따른 적정수위 관리 과정을 중앙관리소에서 종합관리 할 수 있는 시스템으로 구성하는데, 각 배수갑문에 설치될 원격제어장치는 RTU와 수위계(Water Level sensor), 제어기(controller)와 모뎀, 통신장치(radio 및 antenna)등으로 구성

## 2) 원격소 설비의 구성과 설치계획

- 현재 국내 물관리자동화 지구에 주로 사용되는 설비 중 RTU는 일반적으로 다음과 같이 구성
  - Motor Control Center(MCC) : 현장조작이 가능토록 수문/자동 모드선택, 문비 상하개폐 버튼 등이 장착
  - RTU 큐비클 : 안테나를 제외한 위의 구성 요소들이 장착되어 보호됨
  - 수위계, 문비 : 센서, Data Logger
  - 전동화시설 : 문비, 스펀들, Actuator (개도계 포함), 모터
- 본 사업계획에서는 한국농촌공사 물관리 통합정보시스템 구축을 목표로 향후 각 배수갑문 관리소-지사-도본부-본사를 연계하는 통합시스템이 필요한 바 이를 실현하고자 각 사업지구별로 자동화 시스템의 호환성, 확장성 등 표준화 된 시스템을 구축하기 위하여 공사에서 제정한 물관리자동화시스템(표준시방서 2005.10)을 기준으로 계획하였으며, 정보통신 발달에 따른 신기술도입 및 제품선정 등은 보다 종합적으로 검토하여 사업의 효율성을 제고

## 마. 데이터 전송방식의 검토

### 1) 데이터 전송회선의 종류

- 영산호 배수갑문 물관리자동화의 기본계획을 수립함에 있어 배수갑문 관리소의 중앙관리소와 배수갑문 등의 원격소(피 제어소)간을 연결할 전송회선으로는 여러 가지 방식을 채택할 수 있는데, 전송회선은 통신의 전달매체로서 안테나를 사용하는 자유공간을 이용하느냐 또는 케이블 전송선로를 이용하느냐 하는 문제를 일반적으로 통신을 원하는 지점간의 거리에 따른 전체 에너지 손실의 경제성과 필요한 회선용량, 투자비용 등에 따라 선택
  - 무선방식 : 단신무선회선, 다중무선회선
  - 유선방식 : 사설선(메탈케이블, 광파이버케이블), 통신사업자 통신회선(전용, 가입회선)

### 2) 최적 전송로 검토 - 데이터 전송회선

- 본 사업지구의 자동화시스템 계획 수립에 있어 중앙관리소 및 원격소(RTU)간의 전송회선은 유지관리 비용의 경제성과 시공이 용이한 방식을 우선적으로 검토하였는데, 통신망 구성의 시설비 및 통신사용료, 데이터 전송속도와 수준, 자동화 시스템 호환성(표준사양) 확보, 향후 통신기술의 발전추세, 통신망의 안전성 및

신뢰성 확보, 도시화와 산업화에 따른 통신장애 요소 등을 비교·검토한 결과 신설 배수갑문 중앙관리소와 기설 배수갑문 관리소의 통신은 광케이블을 이용한 유선 통신회선을 사용하고 현장 원격소장치의 통신망, 방조제 및 배수갑문의 동영상 데이터 전송의 경우에는 무선통신망을 기본으로 하되 시설물의 중요도를 감안 광케이블을 이용한 유선통신망 구축 등 통신방식의 이중화로 시설물 운영의 안정성을 극대화

#### 바. 자동화시스템 운용프로그램(MMI) 설치계획

- 최근 자동화시스템의 운용은 자동제어기술 및 컴퓨터 기술의 발전에 따라 종전의 조작반에 의한 단순 조작 형태에서 컴퓨터 그래픽 및 모의발생 등을 이용한 다양한 형태로 변화
- 시스템 운영프로그램에는 컴퓨터 운영 시스템(operation system), MMI(Man Machine Interface) 프로그램, RTU 프로그램 관리용 프로그램이 있으며, 본 계획에서는 자동화시스템 구축시 필요한 대표적인 MMI에 대하여 계획
- 자동화 시스템 운용프로그램(MMI)은 시스템 운영자와 현장의 자동화 시설간을 연결하여, 대상 물관리 시설물을 집중화하여 시설들을 감시/제어하므로 일반적으로 안정성 있는 전문 프로그램 환경에서 개발하여야 하며 현장의 여러 종류의 시설들과 호환성이 절대적으로 중요하므로 작동 신뢰성을 등을 감안해야 하며, 또한 시스템 사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 그래픽 환경의 메뉴방식과 운영용 컴퓨터의 Windows 환경 호환성을 고려하여 개발

### 3.4.2 홍수에·경보 프로그램 구축

#### 가. 홍수에·경보 프로그램의 개요

- 홍수에·경보는 댐, 담수호, 제방 등 홍수제어시설물의 축조를 직접적으로 수반하지 않고, 적극적이며 조직적으로 홍수에 대처하는 비시설물적인 수단으로서 하천유역 등의 특정 지점에서 발생하게 될 장래 홍수를 미리 예측하여 그 피해를 예방하거나 또는 경감시키기 위해서 행하는 제반활동을 의미하며, 유역의 수문기상 관측자료를 신속, 정확하게 수집·분석하여 홍수를 미리 예측, 판단하고 예경보 할 수 있는 시설을 홍수에·경보시스템이라 함
- 홍수에·경보를 위해서는 실시간의 수위, 우량자료가 기본적으로 확보되어야 하는데, 이를 위해 본 시스템에서는 영산호 유역에 있는 영산강유역통제소 관할 33개의

수위, 19개소의 우량자료, 한국농촌공사 영산강사업단의 자료, 영산강사업단의 시설 배수갑문 및 신설 배수갑문의 내·외수위 자료를 영산호 배수갑문관리소의 신규 데이터 서버에 안정적으로 데이터베이스화, 관리하여 홍수예·경보 프로그램 등 물관리에 활용

- 홍수예·경보 프로그램은 홍수예·경보시스템이 원활하게 동작하도록 하고 사용자가 예측, 판단할 수 있도록 하는 역할을 수행하는데, 영산호 배수갑문 홍수예·경보 프로그램은 치수측면에서 효율적인 유지관리를 위하여 하나의 시스템 내에서 유역내 홍수량 산정, 하류하천의 하도추적, 방조제 내외 수위예측 등을 순차적으로 수행함으로써 관리자의 의사결정을 지원하는 프로그램으로 강우에 따라 정확한 담수호 수위예측 및 조위예측을 통하여 배수갑문을 최적 운영할 수 있도록 검토

## 나. 개발방향

- 홍수예·경보 프로그램은 개발 필요성 및 개발목적에 맞게 기존의 분석방법과 변경된 설계기준을 모두 적용할 수 있어야 하며, 시스템 관리자가 필요로 하는 내용을 포함하고 있어야 하며, 시스템 관리자는 방조제, 수리구조물의 설계내역 및 개보수 이력, 시설물 운영에 따른 방류량 변화, 담수호 수위예측 등의 자료가 필요
- 따라서, 프로그램은 방조제 계획당시 수문설계에 관한 사항을 가지고 있어야 하며, 향후 개보수 등 시설물 구조가 변경될 경우 지속적인 자료의 업데이트가 필요한데 이와 같은 특성을 갖는 시스템의 특수성 때문에 본 프로그램은 다음과 같은 개발 방향을 설정
  - 시스템의 입출력자료는 향후 업데이트 및 자료관리가 용이한 데이터베이스를 기본으로 구축
  - 방조제 자료관리 및 분석은 각각 독립적으로 운영되도록 관리부분은 시설물 정보 관리모형, 분석부분은 기상모형, 유역모형, 저류모형, 홍수위 모형, 조위예측모형으로 구분하여 구축
  - 시스템 내의 서브루틴 및 함수는 모듈화를 통하여 시스템의 업데이트 및 유지관리가 용이하도록 구성

## 다. 프로그램의 구성

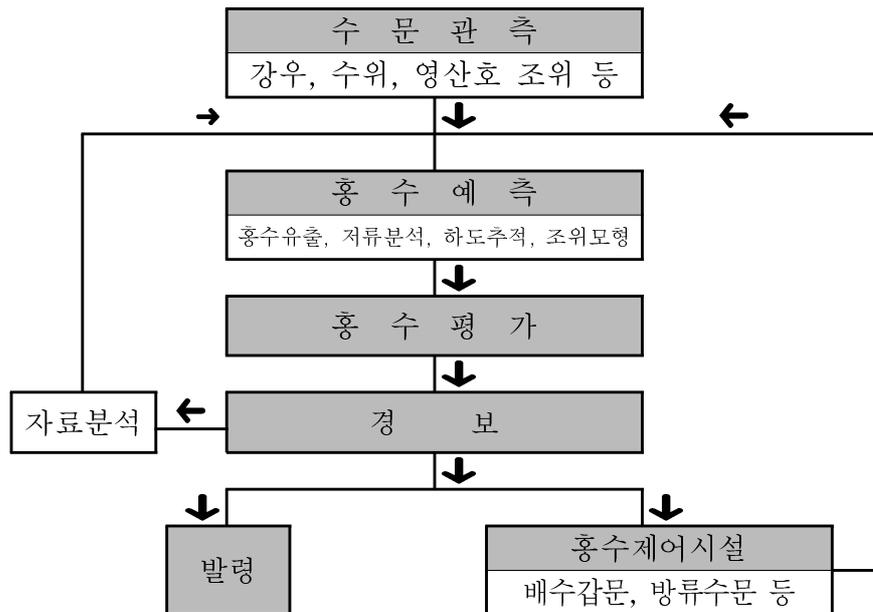
- 홍수예·경보 프로그램은 크게 기상모형, 유역모형, 담수호 저류모형, 하류하천 홍수위 분석모형, 조위예측 모형의 5개로 구성

<표 3-40> 홍수예·경보 프로그램의 구성

구 분	산 출 내 용	기 법	비고
기상모형	설계강우량, PMP 강우 분포율	Huff분포와 Keifer & Chu, Pilgrim & Cordery 및 Yen-Chow 방법, 실측강우량	
유역모형	홍수유출산정	SCS 무차원 단위도법	
저류분석모형	홍수유입량, 운영방법	제한수위, 예비방류, RROM	
하도추적모형	홍수유입량, 담수호 운영	포준축차법	
조위예측모형	방조제 조위예측	110분조 최소자승법	

**라. 기본시스템 구성**

- 영산호의 홍수예·경보는 <그림 3-32>에서 보는 바와 같이 유역에 관련된 수문 기상관측소로부터 얻은 홍수정보를 기초로 홍수를 예측, 평가한 후 그 결과에 따라 예·경보를 발령함과 동시에 배수갑문 제어를 통해 홍수를 적절히 관리



<그림 3-32> 영산호 홍수예·경보 흐름도

- 치수분야 시스템은 홍수조절용 수위시스템을 구축하는 것으로 계획하였으며, 각 시설별 필요장치 및 프로그램은 <표 3-41>

**마. 운용관리 교육 훈련**

- 일선기관에서 물관리자동화시스템의 하드웨어 및 지원프로그램을 효율적으로 이용하기 위해서 시스템의 운영 및 유지관리에 대한 교육훈련이 필요

<표 3-41> 치수분야 시스템의 시설별 필요장치 및 프로그램

구분	사업내용	필요장치 및 프로그램	비고
영산강홍수통제소	영산강홍수통제소와 영산호 관리소간 데이터 전송 프로그램 구축	통신프로그램 변경 디지털유선모뎀(DSU)	
영산호배수갑문 관리소	홍수통제소와 관리소간 데이터 전송프로그램 구축	통신프로그램 변경 디지털유선모뎀(DSU)	수위국 및 우량국 데이터 수신추가
	영산호관리소 FIU와 데이터 서버와 연결 프로그램	데이터서버 컴퓨터 데이터베이스 프로그램	
영산강사업단	영산강사업단 MMI와 영산호 관리소 데이터 서버와의 통신 프로그램	프로그램 연계	

- 홍수에·경보(물관리)프로그램을 대상지구에 적절하게 활용하기 위해서 프로그램 설치 후 일정기간 시스템의 현장시험운동을 통한 적용성 평가 및 관리자의 보완 기술 습득이 필요
- 교육훈련 주요 내용은 시스템 관리자의 운영 및 유지관리(관리자의 컴퓨터 및 물 관리 기본교육, 시스템의 점검 및 유지관리 교육), 시스템 현장시험 운영 및 개선(프로그램의 현장적용 및 시험운영, 시험운영결과에 따른 비교 및 프로그램 보완 방법, 선지지 해외 현장운영기술 습득 등), 네트워크 운영관리 교육(사업단, 도본부, 본사 통합 네트워크 운영방법, 물관리 정보 활용 및 관리, 유관기관[영산강 홍수통제소, 도청, 농림부 등]과의 관련자료 연계방안)

### 3.5 결론 및 제언

#### 3.5.1 결론

- 이상기후에 대한 홍수량 증가에 따라 하구둑 배수갑문 홍수배제능력 검토 결과, 영산호 및 영암호 배수갑문 확장, 영암 연락수로 확장 등이 필요하며, 물수지기법을 이용 적정규모를 결정
- 장래 홍수량에 대한 적정규모 검토 결과 영산강 배수갑문(240→480m), 영암호 배수갑문(80→410m), 영암연락수로(15→140m) 확장이 타당한 것으로 판단

#### 3.5.2 제언

- 본 수문분석에서 사용한 자료들은 '영산강유역종합치수계획보고서'의 자료로 향후 기본계획수립시 영산강 하구둑에 대해 더욱 세밀한 분석을 실시

## IV. 수질개선

- 본장은 영산강유역 수질현황 분석 및 수질개선대책에 대한 내용을 위주로 영산강 본류의 수질현황, 영산호 수질현황 등을 분석하기 위해 직접 현장 조사를 실시하여야 하나 연구기간의 단축으로 인해 환경부 영산강유역환경청 측정자료를 이용하여 수질현황을 분석하였으며, 수질개선대책은 영산강 상류유역의 경우 환경부 및 지자체에서 수질개선대책을 수립하고 있어, 본 연구에서는 호내 수질개선대책을 위해 배후농경지에 대한 대책만을 수립
- 영산강 연안해역 수질현황 및 일반적인 호내 수질개선대책 등의 내용은 부록 E에 수록하였으며, 영산강 본류 및 영산호 수질현황 그리고 적용가능한 호내 수질개선대책만을 본장에 수록

### 4.1 수질현황조사

#### 4.1.1 영산강 유역 수질관측 지점

- 영산강 수계의 수질관측 지점 현황을 보면, 하천수 31개소, 호소수 17개소, 농업용수 15개소, 기타 3개소로 총 66개 지점을 측정(<표 4-1> 참조)

<표 4-1> 수계별 지점수

구 분	계	하 천 수			호소수	농업용수	기 타		
		소계	환경부	기타기관			소계	도시관류	공단배수
영산강	<b>66</b>	31	20	11	17	15	3		3

- 기관별 조사지점수를 보면 환경부 영산강유역환경청에서 하천수 40개소 호소수 19개소 총 59개소를 측정하고 있으며, 영산강물환경연구소에서는 하천수 23개 지점에 대해 수질측정을 실시하고 있는데, 그 중 수질측정망 1개소, 오염총량측정망 22개소 지점을 관리하고 있으며, 광주시 및 전남도에서는 각각 2개소 9개소의 수질측정망을 관리하여 총 93개 지점에 대해 수질을 측정(<표 4-2> 참조)
- 영산강유역 수질측정망 93개 지점 중 대표지점 담양, 우치, 광주1, 황룡강3-1, 지석천4, 광산, 나주, 무안2이며, 중권역 대표지점은 광주2-1(영산강상류), 황룡강 3-1(황룡강), 지석천4(지석천), 영산포-1(영산강중류), 고막원천2-1(고막원천), 무안1(영산강하류), 영암천(영암천), 무안2(영산강하구연)(<표 4-3> 참조)

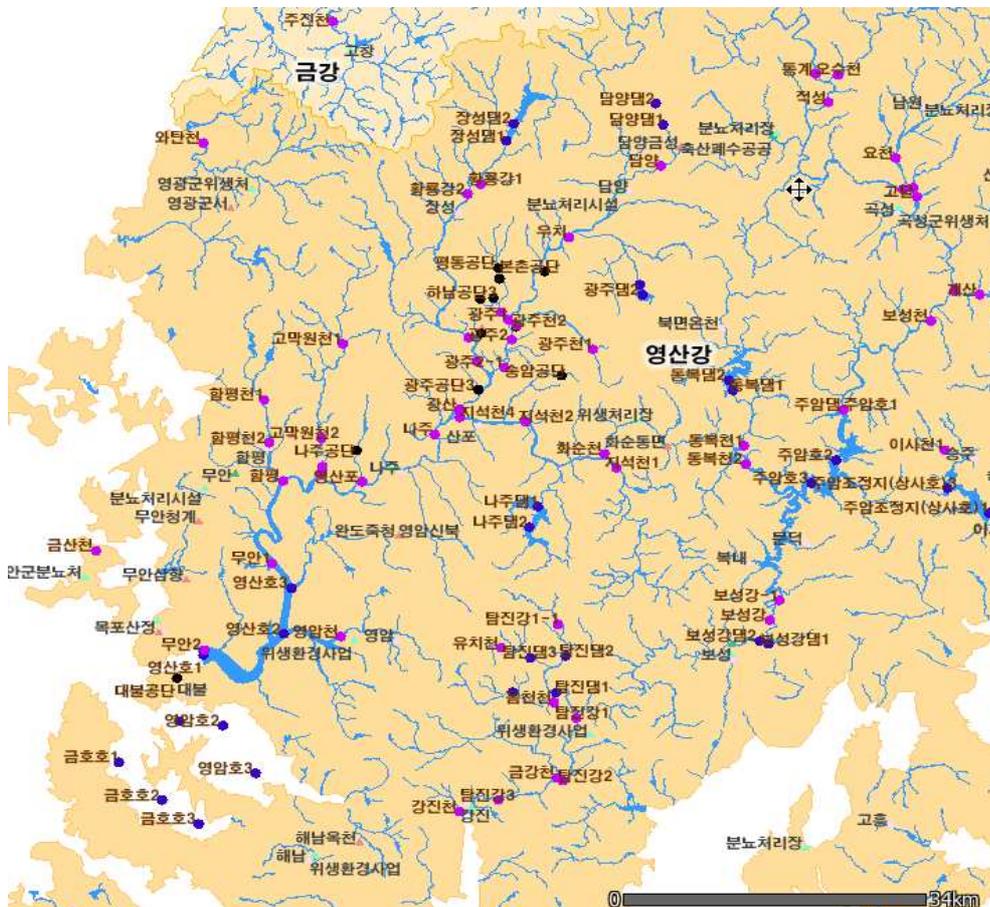
<표 4-2> 기관별 조사지점수

기 관	측정망	총계	하천수(지점수)		호소수 (지점수/호소)	
			소계	수질측정망		총량측정망
총 계		93	74	52	22	21/9
환경부	영산강유역환경청	59	40	40	-	19/8
연구소	영산강물환경연구소	23	23	1	22	
시도	광 주	2	2	2	-	2/1
	전 남	9	9	9	-	-

<표 4-3> 영산강 권역 주요지점 및 중권역 대표지점

수계	주요지점	중권역대표지점(중권역명)
영산강	*담양, 우치, 광주1, 황룡강3-1, 지석천4, 광산, *나주, 무안2	광주2-1(영산강상류), 황룡강3-1(황룡강), 지석천4(지석천), 영산포-1(영산강중류), 고막원천2-1(고막원천), 무안1(영산강하류), 영암천(영암천), 무안2(영산강하구연)

※ \*은 영산강·섬진강 권역의 대표지점임



<그림 4-1> 영산강유역 수질측정망

#### 4.1.2 영산강의 수질현황

- 영산호로 유입되는 유입수의 수질농도와 영산강의 수질변화 추세를 파악하기 위해 환경부 수질측정망에서 측정된 1989년 1월 ~ 2007년 12월까지 19개년간 영산강 수질자료를 이용하여 분석(부록 <표 E-1> 및 <그림 4-1> 참조)
- 환경부에서는 각 수계별 수질관리를 위하여 수질측정망을 설치하여 운영하고 있으며, 영산강에는 총 31개의 하천수 수질측정 지점이 있으며, 각 목표수질은 광주 2지점이 Ⅲ등급이며, 나머지 지점은 Ⅱ등급으로 설정
- 하천생활환경기준

등급	상태	기 준						
		수소이온 농도(pH)	생물학적 산소요구량 (mg/L)	부 유 물질량 (mg/L)	용 존 산소량 (mg/L)	대장균군 (군수/100mL)		
						총 대장균군	분원성 대장균군	
매우 좋음	Ia		6.5 ~ 8.5	1 이하	25 이하	7.5 이상	50 이하	10 이하
좋음	Ib		6.5 ~ 8.5	2 이하	25 이하	5.0 이상	500 이하	100 이하
약간 좋음	II		6.5 ~ 8.5	3 이하	25 이하	5.0 이상	1,000 이하	200 이하
보통	III		6.5 ~ 8.5	5 이하	25 이하	5.0 이상	5,000 이하	1,000 이하
약간 나쁨	IV		6.0 ~ 8.5	8 이하	100 이하	2.0 이상	-	-
나쁨	V		6.0 ~ 8.5	10 이하	쓰레기등이 떠있지 아니할것	2.0 이상	-	-
매우 나쁨	VI		-	10 초과	-	2.0 미만	-	-

- 매우 좋음 : 용존산소가 풍부하고 오염물질이 없는 청정상태의 생태계로 간단한 정수처리 후 생활용수 사용
- 좋음 : 용존산소가 많은 편이며, 오염물질이 거의 없는 청정상태에 근접한 생태계
- 약간 좋음 : 약간의 오염물질은 있으나 용존산소가 많은 상태의 다소 좋은 생태계로 일반적 정수처리후 생활용수 또는 수영용수 사용
- 보통 : 용존산소를 소모하는 오염물질이 보통수준에 달하는 일반 생태계로 고도의 정수처리후 생활용수로 이용하거나 일반적 정수처리후 공업용수 사용
- 약간 나쁨 : 상당량의 용존산소를 소모하는 오염물질이 있어 영향을 받는 생태계로 농업용수로 사용하거나, 고도의 정수처리후 공업용수로 이용, 낚시 가능
- 나쁨 : 과량의 용존산소를 소모하는 오염물질이 있어 물고기가 드물게 관찰되는 빈곤한 생태계로 산책 등 국민의 일상생활에 불쾌감을 유발하지 않는 한계이며, 특수한 정수처리후 공업용수 사용
- 매우 나쁨 : 용존산소가 거의 없는 오염된 물로 물고기가 살 수 없음

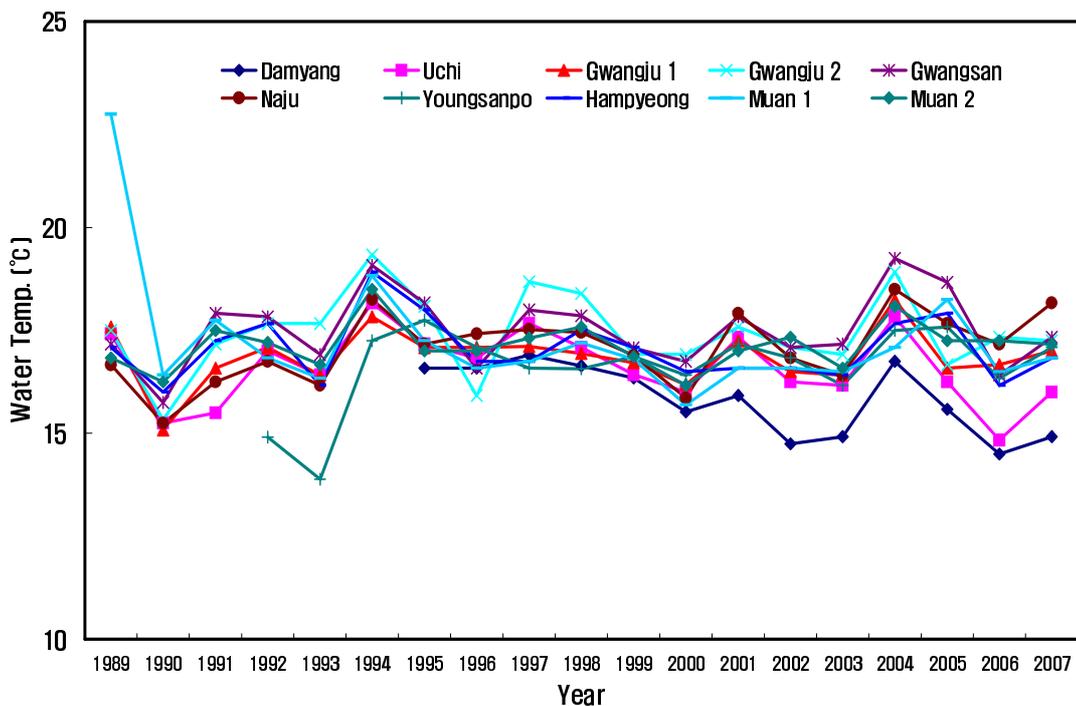
## 가. 연도별 수질변화 추이

- 환경부에서 설치한 하천수 수질측정망 31개 지점 중 영산강 본류에 설치된 10개 지점에 대하여 연평균 수질을 항목별로 비교하여, 각 지점별로 어느 정도의 오염 부하 및 정화능력이 있는지를 파악하여, 이를 통해 영산호내 수질개선과 더불어 영산호 상류지역 수질개선을 제안
- 영산강 본류 수질측정지점의 수질을 최근 19년간(1989~2007) 연평균 수질자료의 수온분석 결과 상류에서 중류부 나주지점까지는 상승하다 나주를 지나 하류로 갈수록 수온이 낮아지다 무안2지점에서 다시 상승하는 경향을 보였으며, pH의 경우 상류지점인 담양, 우치보다 하류지점인 함평, 무안1, 무안2지점이 높게 나타나는 경향(<표 4-4, 5> 및 <그림 4-2, 3> 참조)
- 연평균 수질자료의 용존산소(DO) 분석결과, 상류에서 광주1지점까지는 상승하다 광주1을 지나 광주광역시, 나주시를 통과하면서 DO가 낮아지는 경향을 보이다가, 나주이후부터 상승하는 경향을 보였으며, 전기전도도(EC)의 경우 중류부인 광주2, 광산, 나주지점이 높았으며, 하구둑과 가까운 무안2의 경우 다른 지점에 비해 5배 이상을 높은 값을 나타냄(<표 4-6, 7> 및 <그림 4-4, 5> 참조)
- 연평균 수질자료의 생물학적산소요구량(BOD) 분석결과, 상류에서 하류로 갈수록 수질이 개선되는 경향을 보였으며, 하구둑과 접해 있는 무안2의 경우는 Ib~II 등급의 수질을 나타내고 있었으며, 광주2지점에서 BOD 농도가 다른 지역에 비해 높게 나타나고 경향을 보였으며 특히 최근 3년('04~'06) 동안 매우 나쁨(VI)의 수질상태를 보였으며, 화학적산소요구량(COD) 농도의 연도별 변화추이를 보면, 2000년대를 제외하고 1997년 이후로 수질이 점차로 개선되고 있었으며, 영산호의 시작부분인 무안1지점의 COD 농도가 III,IV등급 수질을 보이고 있으며, 영산호의 마지막 지점인 무안2지점에서는 하구둑과 인접해 있어서 수문을 통한 방류로 인해 II,III등급의 수질을 보임(<표 4-8, 9> 및 <그림 4-6, 7> 참조)
- 연평균 총질소(T-N)와 총인(T-P) 농도의 경우, 다른 수질항목과 유사하게 상류에서 하류로 갈수록 개선된 효과는 보이고 있으나 거의 모든 지역에서 호소수질 환경기준으로 등급외의 수치를 보이고 있으며, 2004년 이후 갑작스럽게 증가하는 경향을 나타내었으며, 지점별로는 광주2와 광산이 다른 지점에 비해 상대적으로 높은 값을 보였으며, 영산호 시작부분인 무안1지점에 비해 마지막 지점인 무안2지점의 수질이 낮은 값을 나타내었으며, 부유물질(SS)농도의 경우 T-N과 T-P와 유사한 경향을 보임(<표 4-10~12> 및 <그림 4-8~10> 참조)

<표 4-4> 연도별 수온 변화 추이

단위 : °C

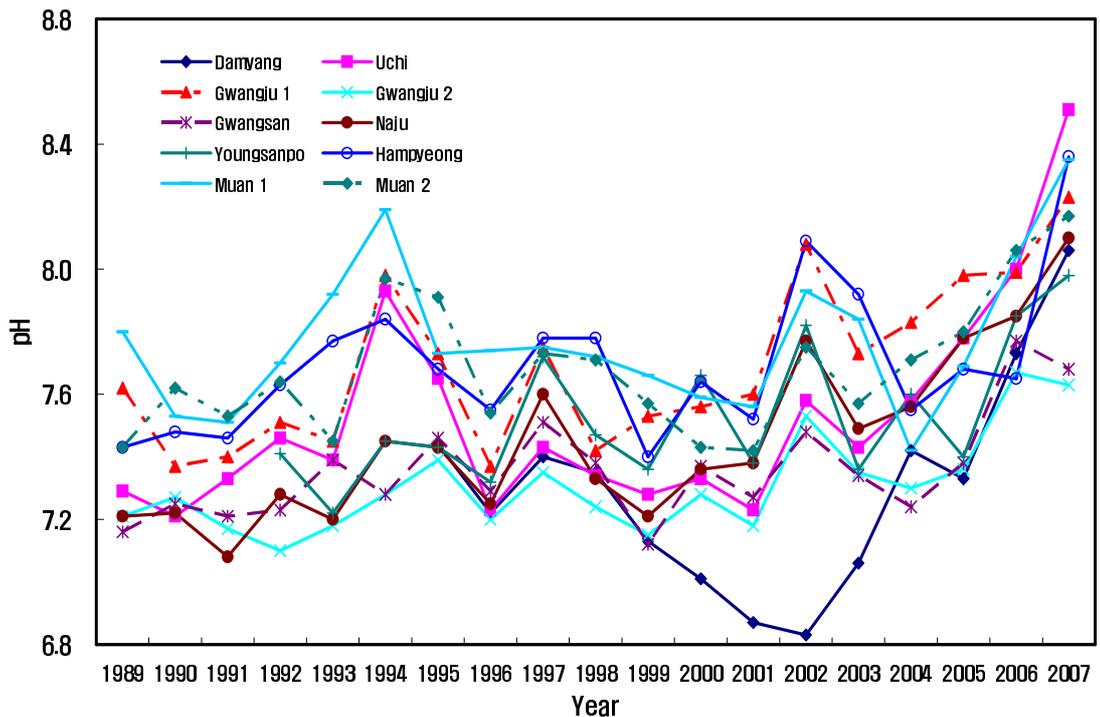
년도	담양	우치	광주1	광주2	광산	나주	영산포	함평	무안1	무안2
1989		17.42	17.58	17.50	17.17	16.67		17.08	22.75	16.83
1990		15.25	15.08	15.33	15.75	15.25		16.00	16.42	16.25
1991		15.50	16.58	17.17	17.92	16.25		17.25	17.75	17.50
1992		17.00	17.08	17.67	17.83	16.75	14.91	17.67	16.83	17.21
1993		16.42	16.42	17.67	16.92	16.17	13.88	16.17	16.33	16.67
1994		18.17	17.83	19.33	19.08	18.25	17.25	18.92	18.83	18.50
1995	16.58	17.17	17.08	18.08	18.17	17.17	17.75	18.00	17.25	17.00
1996	16.58	16.83	17.08	15.92	16.58	17.42	17.08	16.75	16.58	17.00
1997	16.90	17.67	17.11	18.68	18.00	17.53	16.58	16.75	16.75	17.32
1998	16.64	17.08	16.94	18.40	17.86	17.45	16.57	17.52	17.19	17.58
1999	16.34	16.43	16.72	16.93	17.08	16.89	16.86	17.09	16.80	16.86
2000	15.53	16.00	16.18	16.92	16.75	15.86	16.42	16.50	15.69	16.17
2001	15.92	17.33	17.25	17.58	17.83	17.92	17.17	16.58	16.58	17.00
2002	14.75	16.25	16.50	17.08	17.08	16.83	16.83	16.58	16.58	17.33
2003	14.92	16.17	16.42	16.92	17.17	16.42	16.17	16.42	16.50	16.58
2004	16.75	17.83	18.25	18.92	19.25	18.50	17.50	17.67	17.08	18.08
2005	15.58	16.25	16.58	16.67	18.67	17.67	17.58	17.92	18.25	17.25
2006	14.50	14.83	16.67	17.33	16.42	17.17	16.33	16.17	16.50	17.25
2007	14.92	16.00	17.00	17.25	17.33	18.17	17.08	16.83	16.83	17.17
Max.	16.90	18.17	18.25	19.33	19.25	18.50	17.75	18.92	22.75	18.50
Min.	14.50	14.83	15.08	15.33	15.75	15.25	13.88	16.00	15.69	16.17



<그림 4-2> 영산강 본류 주요지점에 대한 연도별 수온 변화

<표 4-5> 연도별 pH 변화 추이

년도	담양	우치	광주1	광주2	광산	나주	영산포	함평	무안1	무안2
1989		7.29	7.62	7.21	7.16	7.21		7.43	7.80	7.43
1990		7.21	7.37	7.27	7.25	7.22		7.48	7.53	7.62
1991		7.33	7.40	7.17	7.21	7.08		7.46	7.51	7.53
1992		7.46	7.51	7.10	7.23	7.28	7.41	7.63	7.70	7.64
1993		7.39	7.45	7.18	7.39	7.20	7.22	7.77	7.92	7.45
1994		7.93	7.98	7.28	7.28	7.45	7.45	7.84	8.19	7.97
1995	7.44	7.65	7.73	7.39	7.46	7.43	7.43	7.68	7.73	7.91
1996	7.22	7.23	7.37	7.20	7.29	7.25	7.32	7.55	7.74	7.54
1997	7.40	7.43	7.75	7.35	7.51	7.60	7.72	7.78	7.75	7.73
1998	7.35	7.34	7.42	7.24	7.38	7.33	7.47	7.78	7.72	7.71
1999	7.13	7.28	7.53	7.15	7.12	7.21	7.36	7.40	7.66	7.57
2000	7.01	7.33	7.56	7.28	7.37	7.36	7.66	7.64	7.59	7.43
2001	6.87	7.23	7.60	7.18	7.27	7.38	7.38	7.52	7.56	7.42
2002	6.83	7.58	8.08	7.53	7.48	7.77	7.82	8.09	7.93	7.75
2003	7.06	7.43	7.73	7.35	7.34	7.49	7.36	7.92	7.84	7.57
2004	7.42	7.58	7.83	7.30	7.24	7.56	7.60	7.55	7.42	7.71
2005	7.33	7.78	7.98	7.36	7.38	7.78	7.40	7.68	7.69	7.80
2006	7.73	8.00	7.99	7.67	7.77	7.85	7.85	7.65	8.04	8.06
2007	8.06	8.51	8.23	7.63	7.68	8.10	7.98	8.36	8.35	8.17
Max.	8.06	8.51	8.23	7.67	7.77	8.10	7.98	8.36	8.35	8.17
Min.	6.83	7.23	7.37	7.10	7.12	7.20	7.22	7.40	7.42	7.42

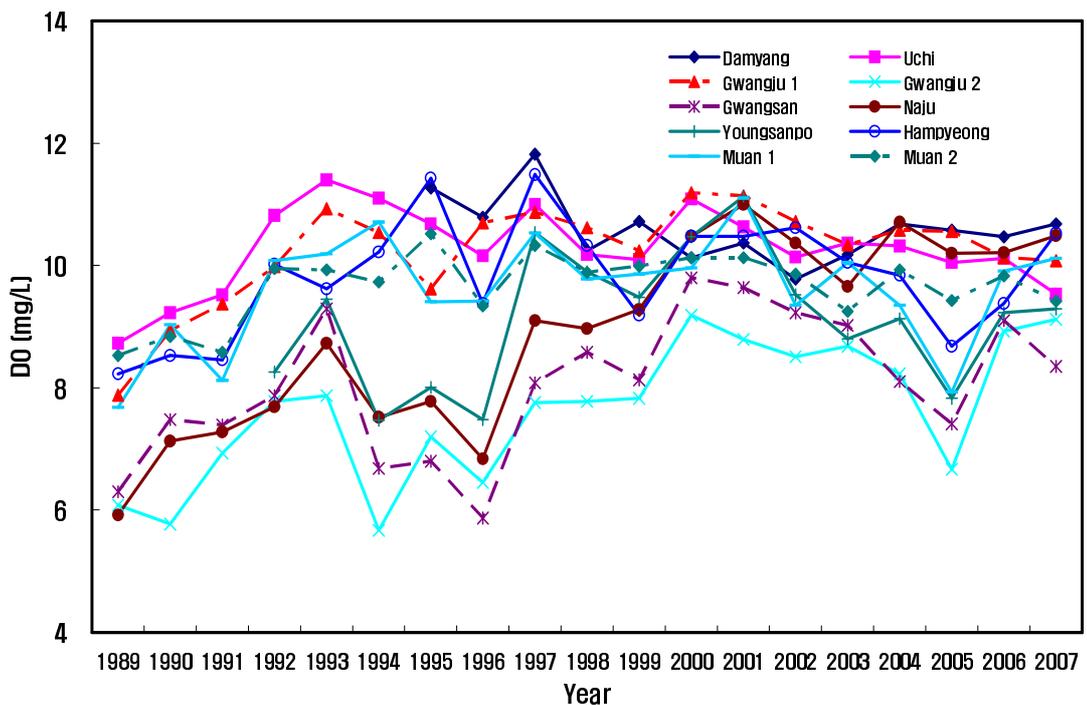


<그림 4-3> 영산강 본류 주요지점에 대한 연도별 pH 변화

<표 4-6> 연도별 용존산소(DO) 변화 추이

단위 : mg/L

년도	담양	우치	광주1	광주2	광산	나주	영산포	함평	무안1	무안2
1989		8.73	7.88	6.08	6.30	5.92		8.23	7.68	8.53
1990		9.23	8.94	5.77	7.48	7.13		8.53	9.03	8.84
1991		9.52	9.37	6.93	7.39	7.28		8.46	8.12	8.58
1992		10.82	9.98	7.78	7.87	7.69	8.26	10.02	10.08	9.95
1993		11.40	10.93	7.87	9.29	8.73	9.45	9.62	10.19	9.93
1994		11.10	10.54	5.67	6.68	7.52	7.47	10.22	10.71	9.73
1995	11.27	10.68	9.62	7.20	6.80	7.78	8.01	11.43	9.41	10.52
1996	10.79	10.16	10.70	6.45	5.87	6.84	7.48	9.38	9.42	9.34
1997	11.82	11.00	10.87	7.76	8.08	9.10	10.54	11.49	10.53	10.33
1998	10.24	10.18	10.62	7.78	8.58	8.97	9.90	10.33	9.78	9.89
1999	10.72	10.10	10.24	7.83	8.13	9.28	9.48	9.19	9.86	9.99
2000	10.13	11.09	11.19	9.19	9.80	10.48	10.47	10.48	9.96	10.13
2001	10.37	10.63	11.14	8.79	9.64	11.00	11.13	10.48	11.10	10.13
2002	9.78	10.14	10.72	8.51	9.23	10.37	9.52	10.62	9.35	9.86
2003	10.18	10.37	10.34	8.68	9.02	9.66	8.80	10.05	10.05	9.25
2004	10.68	10.32	10.58	8.23	8.10	10.71	9.13	9.84	9.35	9.93
2005	10.58	10.05	10.56	6.67	7.41	10.20	7.83	8.68	7.93	9.43
2006	10.47	10.12	10.13	8.93	9.10	10.21	9.23	9.38	9.91	9.83
2007	10.68	9.53	10.08	9.12	8.35	10.49	9.29	10.53	10.12	9.42
Max.	11.82	11.40	11.19	9.19	9.80	11.00	11.13	11.49	11.10	10.52
Min.	9.78	9.53	9.62	5.67	5.87	6.84	7.47	8.68	7.93	9.25

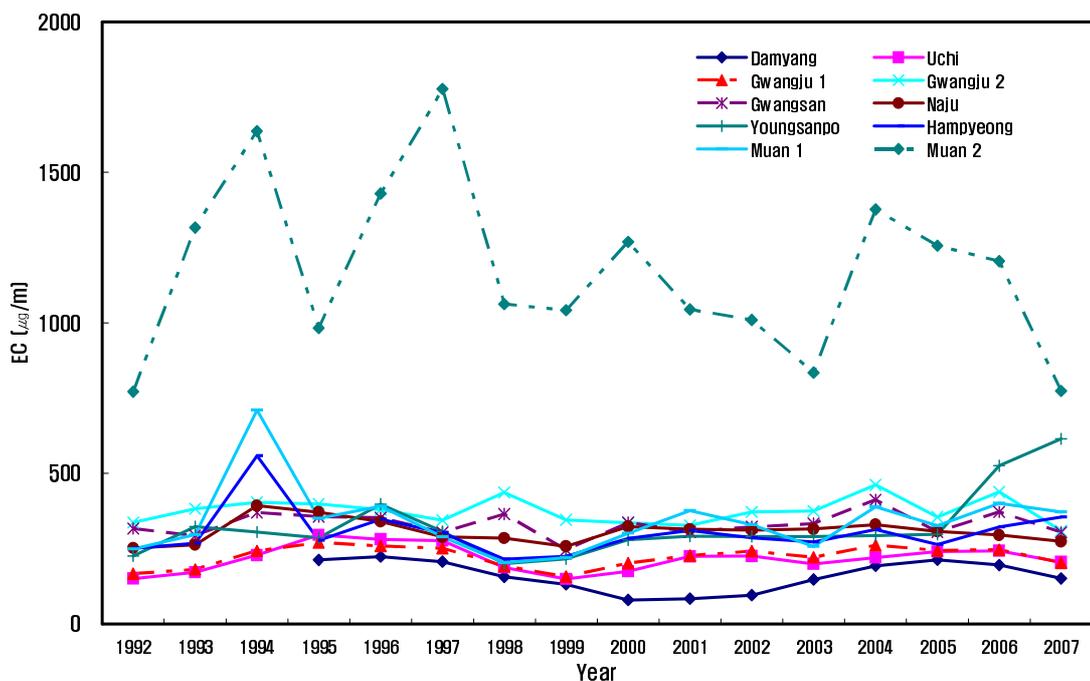


<그림 4-4> 영산강 본류 주요지점에 대한 연도별 용존산소(DO) 변화

<표 4-7> 연도별 전기전도도(EC) 변화 추이

단위 :  $\mu\text{g}/\text{cm}$

년도	담양	우치	광주1	광주2	광산	나주	영산포	합평	무안1	무안2
1992		150.9	167.1	337.3	317.3	252.1	226.1	251.8	250.0	771.8
1993		171.8	181.3	383.2	293.3	263.2	323.5	267.9	296.7	1,316.8
1994		228.9	242.8	403.8	370.1	393.2	305.4	559.2	710.0	1,636.8
1995	213.2	296.0	270.8	398.8	356.9	371.5	286.5	277.9	350.3	983.3
1996	223.9	281.3	259.0	380.0	353.3	340.2	398.3	348.3	391.7	1,429.4
1997	207.3	276.8	251.8	345.0	304.2	289.2	307.5	302.9	289.6	1,777.1
1998	156.3	188.5	192.5	436.7	365.4	285.3	201.3	214.6	203.3	1,062.3
1999	131.8	149.6	157.0	346.1	246.5	257.8	216.7	224.5	220.8	1,041.9
2000	80.2	174.8	202.5	336.4	336.6	323.8	279.8	284.4	301.9	1,268.8
2001	84.2	224.5	227.3	327.9	306.3	315.3	291.5	311.1	376.3	1,044.4
2002	95.8	225.5	242.3	371.9	322.8	311.6	290.7	286.8	330.0	1,009.9
2003	147.5	199.9	222.0	375.1	333.4	315.6	291.2	272.3	257.6	835.0
2004	193.1	220.8	261.9	462.3	412.4	330.5	294.3	314.1	389.5	1,377.2
2005	213.3	240.8	244.6	355.7	305.9	307.5	297.9	264.5	327.0	1,256.5
2006	196.1	243.6	247.3	438.6	372.4	295.3	525.7	321.8	401.2	1,205.1
2007	151.3	205.9	203.3	309.6	304.4	274.4	615.2	355.2	372.1	774.2
Max.	223.9	296.0	270.8	462.3	412.4	393.2	615.2	559.2	710.0	1,777.1
Min.	80.2	149.6	157.0	309.6	246.5	252.1	201.3	214.6	203.3	771.8

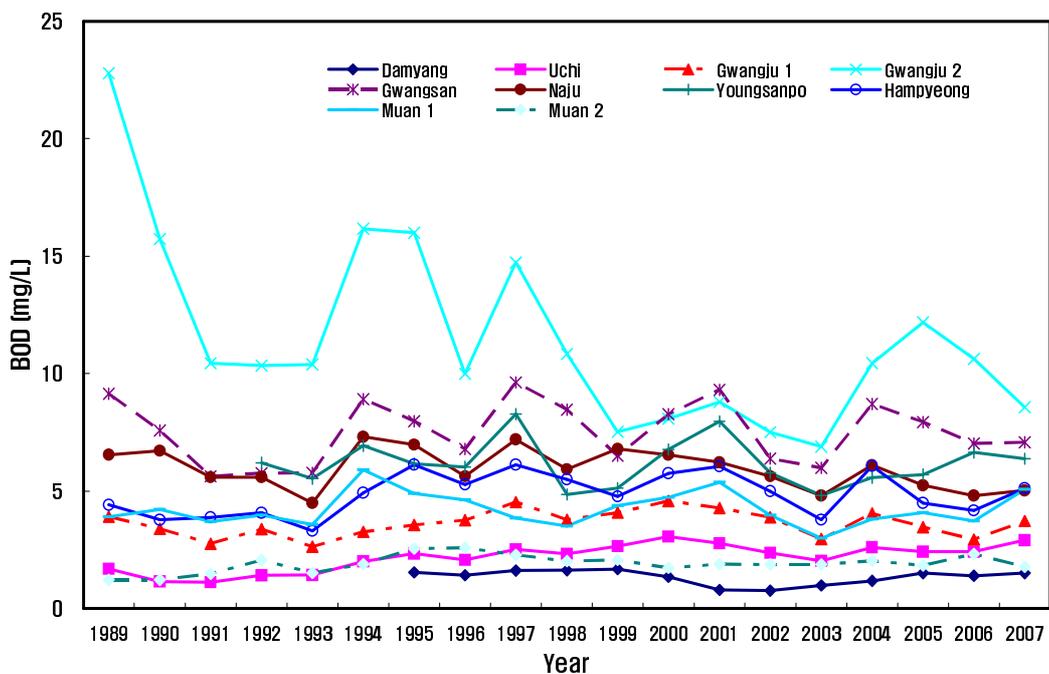


<그림 4-5> 영산강 본류 주요지점에 대한 연도별 전기전도도(EC) 변화

<표 4-8> 연도별 생물학적산소요구량(BOD) 변화 추이

단위 : mg/L

년도	담양	우치	광주1	광주2	광산	나주	영산포	함평	무안1	무안2
1989		1.69	3.92	22.79	9.14	6.55		4.42	3.90	1.23
1990		1.15	3.40	15.73	7.58	6.72		3.78	4.22	1.23
1991		1.12	2.76	10.44	5.63	5.59		3.88	3.70	1.48
1992		1.41	3.38	10.34	5.77	5.60	6.21	4.08	3.98	2.06
1993		1.43	2.63	10.39	5.78	4.49	5.53	3.31	3.58	1.52
1994		2.01	3.27	16.17	8.91	7.31	6.93	4.93	5.91	1.89
1995	1.54	2.34	3.56	16.00	7.98	6.98	6.17	6.13	4.90	2.55
1996	1.42	2.07	3.76	9.99	6.79	5.63	6.03	5.28	4.63	2.59
1997	1.62	2.52	4.53	14.73	9.63	7.20	8.28	6.13	3.85	2.28
1998	1.63	2.33	3.78	10.84	8.47	5.93	4.86	5.50	3.52	2.02
1999	1.68	2.66	4.09	7.52	6.50	6.80	5.13	4.78	4.39	2.07
2000	1.36	3.06	4.58	8.08	8.27	6.54	6.77	5.76	4.73	1.73
2001	0.80	2.78	4.28	8.80	9.31	6.23	7.97	6.05	5.38	1.89
2002	0.76	2.37	3.88	7.51	6.39	5.63	5.78	5.00	3.97	1.88
2003	0.98	2.03	2.96	6.89	5.99	4.81	4.82	3.79	3.00	1.88
2004	1.18	2.61	4.05	10.45	8.71	6.10	5.57	6.07	3.81	2.03
2005	1.51	2.42	3.47	12.19	7.94	5.25	5.70	4.49	4.08	1.84
2006	1.40	2.42	2.94	10.63	7.03	4.81	6.65	4.18	3.73	2.32
2007	1.51	2.91	3.73	8.57	7.08	5.03	6.38	5.12	5.08	1.78
Max.	1.68	3.06	4.58	16.17	9.63	7.31	8.28	6.13	5.91	2.59
Min.	0.76	1.41	2.63	6.89	5.77	4.49	4.82	3.31	3.00	1.52

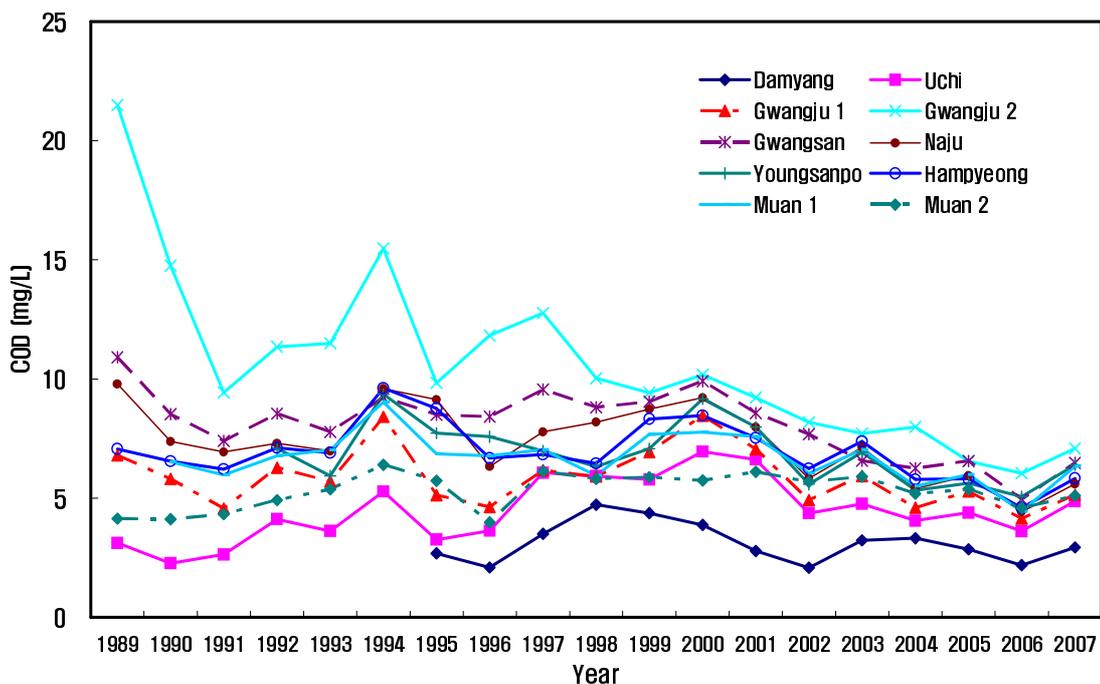


<그림 4-6> 영산강 본류 주요지점에 대한 연도별 생물학적산소요구량(BOD) 변화

<표 4-9> 연도별 화학적산소요구량(COD) 변화 추이

단위 : mg/L

년도	담양	우치	광주1	광주2	광산	나주	영산포	함평	무안1	무안2
1989		3.12	6.79	21.49	10.91	9.79		7.07		4.14
1990		2.27	5.81	14.76	8.53	7.38		6.55	6.52	4.12
1991		2.63	4.57	9.43	7.40	6.93		6.22	5.98	4.33
1992		4.12	6.28	11.35	8.55	7.30	7.08	7.12	6.78	4.92
1993		3.62	5.70	11.49	7.78	6.98	5.93	6.91	7.03	5.38
1994		5.28	8.41	15.48	9.23	9.60	9.37	9.61	9.03	6.40
1995	2.68	3.26	5.13	9.84	8.50	9.13	7.73	8.76	6.86	5.73
1996	2.09	3.63	4.63	11.82	8.42	6.33	7.58	6.68	6.78	3.98
1997	3.50	6.06	6.17	12.77	9.56	7.78	6.98	6.83	7.03	6.13
1998	4.73	5.93	5.91	10.03	8.81	8.19	6.33	6.46	5.94	5.81
1999	4.37	5.78	6.94	9.42	9.05	8.73	7.07	8.32	7.67	5.88
2000	3.88	6.95	8.46	10.18	9.91	9.21	9.16	8.47	7.77	5.74
2001	2.78	6.62	7.06	9.22	8.57	7.98	7.98	7.53	7.58	6.10
2002	2.08	4.37	4.92	8.18	7.68	5.83	5.58	6.24	6.05	5.69
2003	3.23	4.76	5.93	7.71	6.57	7.13	6.92	7.38	7.03	5.90
2004	3.32	4.05	4.60	7.99	6.26	5.40	5.33	5.78	5.51	5.19
2005	2.85	4.39	5.28	6.55	6.56	5.94	5.63	5.81	5.99	5.38
2006	2.19	3.61	4.14	6.05	4.95	4.42	5.06	4.59	4.45	4.59
2007	2.93	4.87	5.14	7.08	6.48	5.60	6.39	5.83	6.34	5.10
Max.	4.73	6.95	8.46	15.48	9.91	9.60	9.37	9.61	9.03	c6.40
Min.	2.08	3.26	4.14	6.05	4.95	4.42	5.06	4.59	4.45	3.98

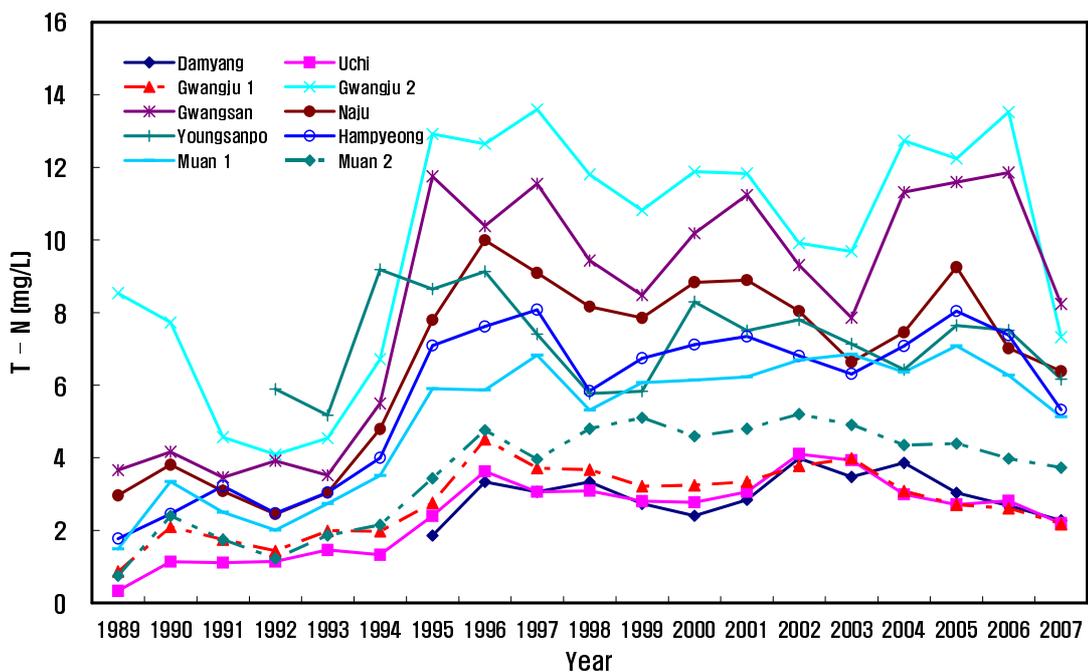


<그림 4-7> 영산강 본류 주요지점에 대한 연도별 화학적산소요구량(COD) 변화

<표 4-10> 연도별 총질소(T-N) 변화 추이

단위 : mg/L

년도	담양	우치	광주1	광주2	광산	나주	영산포	함평	무안1	무안2
1989		0.332	0.865	8.532	3.657	2.961		1.774	1.488	0.750
1990		1.136	2.093	7.731	4.163	3.809		2.458	3.343	2.396
1991		1.111	1.744	4.567	3.458	3.079		3.219	2.496	1.742
1992		1.140	1.434	4.093	3.919	2.446	5.888	2.469	2.009	1.226
1993		1.455	1.980	4.536	3.516	3.032	5.168	3.043	2.737	1.862
1994		1.327	1.979	6.712	5.492	4.791	9.187	3.998	3.506	2.152
1995	1.855	2.400	2.754	12.917	11.752	7.794	8.651	7.088	5.904	3.436
1996	3.334	3.624	4.507	12.651	10.384	9.990	9.132	7.612	5.869	4.756
1997	3.060	3.058	3.710	13.598	11.549	9.093	7.409	8.076	6.825	3.959
1998	3.335	3.094	3.670	11.806	9.434	8.158	5.767	5.837	5.312	4.803
1999	2.732	2.802	3.213	10.820	8.480	7.852	5.831	6.741	6.072	5.102
2000	2.404	2.769	3.243	11.876	10.186	8.831	8.295	7.116	6.142	4.591
2001	2.847	3.068	3.340	11.828	11.237	8.889	7.499	7.341	6.230	4.794
2002	3.983	4.099	3.773	9.912	9.305	8.038	7.800	6.806	6.695	5.200
2003	3.472	3.934	3.986	9.687	7.855	6.637	7.133	6.307	6.853	4.908
2004	3.861	2.992	3.080	12.733	11.316	7.457	6.430	7.076	6.356	4.350
2005	3.035	2.712	2.707	12.246	11.593	9.249	7.643	8.042	7.083	4.391
2006	2.687	2.811	2.610	13.523	11.855	7.013	7.513	7.376	6.274	3.975
2007	2.272	2.191	2.172	7.322	8.234	6.381	6.164	5.322	5.133	3.728
Max.	3.983	4.099	4.507	13.598	11.855	9.990	9.187	8.076	7.083	5.200
Min.	1.855	1.140	1.434	4.093	3.516	2.446	5.168	2.469	2.009	1.226

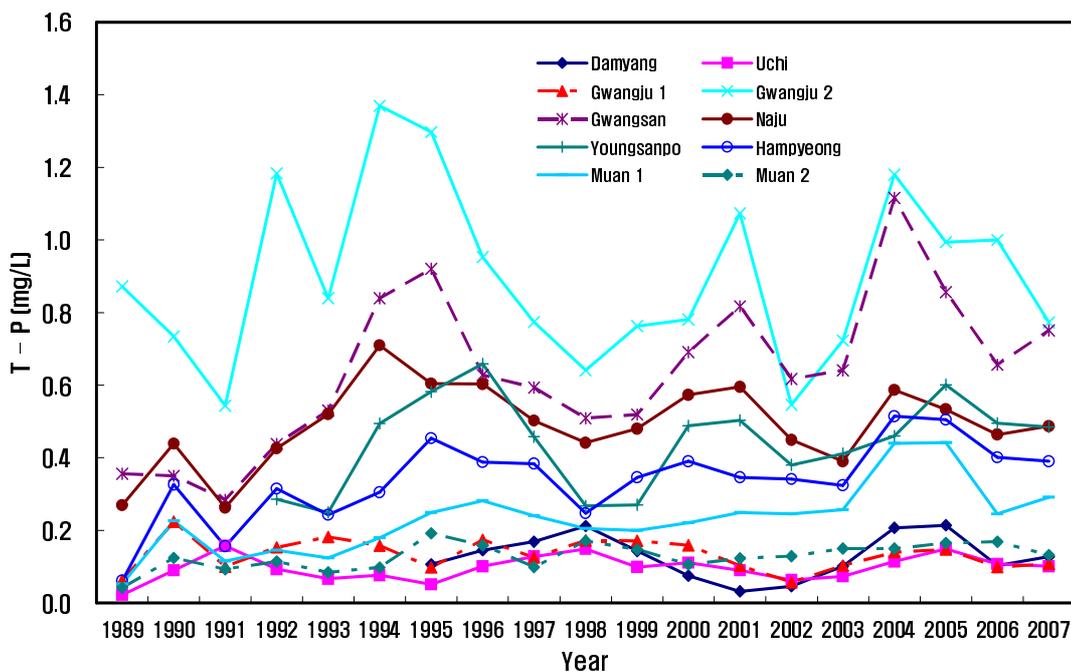


<그림 4-8> 영산강 본류 주요지점에 대한 연도별 총질소(T-N) 변화

<표 4-11> 연도별 총인(T-P) 변화 추이

단위 : mg/L

년도	담양	우치	광주1	광주2	광산	나주	영산포	합평	무안1	무안2
1989		0.022	0.062	0.872	0.356	0.269		0.061	0.052	0.042
1990		0.090	0.224	0.734	0.350	0.439		0.326	0.226	0.124
1991		0.157	0.100	0.543	0.284	0.263		0.156	0.115	0.093
1992		0.093	0.153	1.183	0.438	0.426	0.286	0.315	0.145	0.114
1993		0.067	0.182	0.839	0.530	0.520	0.249	0.243	0.124	0.084
1994		0.076	0.158	1.369	0.839	0.710	0.494	0.305	0.180	0.098
1995	0.106	0.051	0.098	1.297	0.920	0.604	0.582	0.454	0.249	0.192
1996	0.145	0.101	0.174	0.953	0.628	0.603	0.659	0.388	0.282	0.159
1997	0.169	0.128	0.125	0.774	0.593	0.502	0.458	0.384	0.240	0.099
1998	0.212	0.149	0.172	0.641	0.509	0.441	0.267	0.247	0.205	0.171
1999	0.143	0.099	0.171	0.763	0.519	0.480	0.270	0.346	0.200	0.147
2000	0.075	0.111	0.159	0.781	0.691	0.573	0.488	0.390	0.221	0.106
2001	0.032	0.090	0.102	1.073	0.817	0.595	0.503	0.346	0.249	0.123
2002	0.046	0.063	0.057	0.546	0.617	0.449	0.380	0.341	0.245	0.129
2003	0.101	0.073	0.103	0.723	0.641	0.390	0.411	0.324	0.257	0.150
2004	0.207	0.114	0.140	1.180	1.116	0.587	0.460	0.514	0.440	0.150
2005	0.214	0.149	0.147	0.994	0.856	0.533	0.601	0.505	0.441	0.165
2006	0.103	0.107	0.099	1.000	0.656	0.464	0.495	0.401	0.245	0.169
2007	0.128	0.101	0.108	0.773	0.751	0.487	0.485	0.390	0.291	0.132
Max.	0.214	0.149	0.182	1.369	1.116	0.710	0.659	0.514	0.441	0.192
Min.	0.032	0.051	0.057	0.546	0.438	0.390	0.249	0.243	0.124	0.084

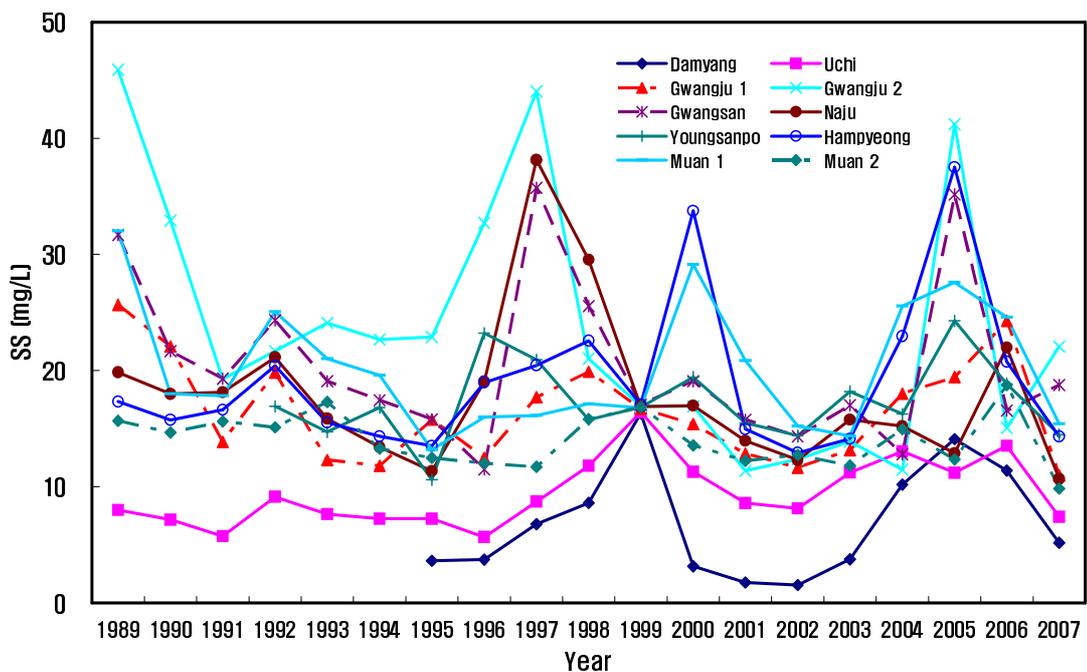


<그림 4-9> 영산강 본류 주요지점에 대한 연도별 총인(T-P) 변화

<표 4-12> 연도별 부유물질(SS) 변화 추이

단위 : mg/L

년도	담양	우치	광주1	광주2	광산	나주	영산포	합평	무안1	무안2
1989		8.0	25.7	45.9	31.7	19.9		17.3	32.0	15.7
1990		7.2	22.1	32.9	21.7	18.0		15.8	18.0	14.7
1991		5.8	13.9	19.3	19.3	18.1		16.6	17.8	15.6
1992		9.1	19.8	21.7	24.3	21.1	16.9	20.4	25.1	15.1
1993		7.6	12.3	24.1	19.1	15.9	14.7	15.5	21.0	17.3
1994		7.2	11.8	22.7	17.5	13.4	16.8	14.3	19.6	13.3
1995	3.6	7.3	15.8	22.9	15.8	11.4	10.6	13.5	13.2	12.5
1996	3.7	5.7	12.5	32.7	11.5	19.1	23.2	19.0	16.0	12.0
1997	6.8	8.7	17.7	44.0	35.7	38.1	20.9	20.5	16.1	11.7
1998	8.6	11.8	19.9	21.0	25.6	29.6	15.8	22.6	17.1	15.8
1999	16.3	16.4	16.7	16.9	17.1	16.9	16.9	17.1	16.8	16.9
2000	3.2	11.3	15.4	16.9	19.1	17.0	19.4	33.8	29.1	13.6
2001	1.8	8.6	12.9	11.4	15.8	14.0	15.5	15.0	20.9	12.2
2002	1.6	8.1	11.7	12.4	14.3	12.3	14.4	12.9	15.2	12.7
2003	3.8	11.2	13.2	13.9	17.0	15.8	18.2	14.1	14.4	11.8
2004	10.2	13.1	18.0	11.5	12.8	15.2	16.3	23.0	25.6	15.0
2005	14.1	11.2	19.4	41.2	35.2	12.9	24.3	37.5	27.6	12.4
2006	11.4	13.5	24.3	15.1	16.6	22.0	18.9	20.8	24.6	18.7
2007	5.2	7.4	11.0	22.1	18.8	10.7	14.5	14.3	15.4	9.9
Max.	16.3	16.4	24.3	44.0	35.7	38.1	24.3	37.5	29.1	18.7
Min.	1.6	5.7	11.0	11.4	11.5	10.7	10.6	12.9	13.2	9.9



<그림 4-10> 영산강 본류 주요지점에 대한 연도별 부유물질(SS) 변화

### 4.1.3 영산호의 수질현황

- 영산호의 호소수질은 환경부에서 3개지점(영산호1, 영산호2, 영산호3)을 대상으로 수질측정을 실시하고 있으며, 수질변화 추세를 파악하기 위해 1995년 1월부터 2007년 12월까지 13개년간의 수질자료를 이용하여 연도별, 월별 수질분포사항을 분석(부록 <표 E-2> 및 <그림 4-1> 참조)
- 수온, pH, DO, EC, BOD, COD, SS, T-N, T-P, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, Chl-a, 투명도 등을 매월 측정하고 있으며, PO<sub>4</sub>-P, ABS, 중금속 등의 항목에 대해서는 분기별로 측정(부록 <표 E-3> 참조)
- 호소 생활환경 기준

등급	상태	기준									
		수소이온농도 (pH)	화학적산소요구량 (COD) (mg/L)	부유물질량 (SS) (mg/L)	용존산소량 (DO) (mg/L)	총인 (T-P) (mg/L)	총질소 (T-N) (mg/L)	클로로필-a (Chl-a) (mg/m <sup>3</sup> )	대장균군 (군수/100mL)		
									총대장균군	분원성대장균군	
매우 좋음	Ia		6.5 ~ 8.5	2이하	1이하	7.5이상	0.01이하	0.2이하	5이하	50이하	10이하
좋음	Ib		6.5 ~ 8.5	3이하	5이하	5.0이상	0.02이하	0.3이하	9이하	500이하	100이하
약간 좋음	II		6.5 ~ 8.5	4이하	5이하	5.0이상	0.03이하	0.4이하	14이하	1,000이하	200이하
보통	III		6.5 ~ 8.5	5이하	15이하	5.0이상	0.05이하	0.6이하	20이하	5,000이하	1,000이하
약간 나쁨	IV		6.0 ~ 8.5	8이하	15이하	2.0이상	0.10이하	1.0이하	35이하	-	-
나쁨	V		6.0 ~ 8.5	10이하	쓰레기 등이 떠있지 않을 것	2.0이상	0.15이하	1.0이하	70이하	-	-
매우 나쁨	VI		-	10초과	-	2.0미만	0.15초과	1.5초과	70초과	-	-

※ 총인, 총질소의 경우 총인에 대한 총질소의 농도 비율이 7미만일 경우에는 총인의 기준은 적용하지 아니하며, 그 비율이 16이상일 경우에는 총질소의 기준을 적용하지 아니함

#### 가. 영산호의 연도별 수질변화 추이

- 환경부에서 측정하고 있는 영산호의 3개 지점에 대해 수온, pH, DO, EC, BOD, COD, T-N, T-P, SS, Chl-a, 투명도, 총대장균군에 대해 1995 ~ 2007년에 대해 연도별 수질 변화 특징을 조사·분석(<표 4-13> 참조)

<표 4-13> 년도별 수질항목에 대한 영산호의 수질변화

항목	년도	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07
	항목													
수온 (°C)	영산호3	16.8	16.7	16.2	17.8	16.4	16.1	16.8	17.4	16.3	16.7	15.1	16.4	17.3
	영산호2	16.9	16.7	16.3	17.9	16.3	16.1	16.6	17.3	16.2	16.4	15.4	15.4	16.5
	영산호1	16.9	16.7	16.1	17.8	16.1	16.0	16.6	17.4	15.9	16.5	15.6	16.0	17.0
pH	영산호3	8.1	7.5	7.8	7.7	7.4	7.6	7.6	7.8	7.7	7.7	7.6	7.6	8.3
	영산호2	8.0	7.4	7.7	7.7	7.5	7.5	7.7	7.8	7.6	7.7	7.6	7.6	8.0
	영산호1	8.1	7.4	7.6	7.6	7.4	7.5	7.6	7.9	7.6	7.7	7.6	7.7	8.2
DO (mg/L)	영산호3	10.4	10.1	10.3	9.9	9.5	10.0	10.8	9.1	9.6	9.1	7.1	8.6	9.7
	영산호2	10.6	9.3	9.5	9.9	9.5	10.3	10.6	9.7	8.6	9.5	7.5	8.3	8.2
	영산호1	10.8	9.4	9.7	9.8	9.5	10.3	10.7	10.4	9.2	9.6	7.9	8.7	9.4
EC ( $\mu$ s/cm)	영산호3	1,069.6	457.5	514.2	441.7	346.7	574.2	632.7	547.0	552.5	1,245.6	1,391.1	965.1	404.3
	영산호2	928.1	463.8	599.2	509.2	408.3	738.5	785.6	710.4	606.0	1,354.1	1,246.8	1,821.1	622.2
	영산호1	1,207.5	525.8	759.2	736.7	542.5	939.0	965.9	982.8	770.8	1,560.5	1,378.8	1,452.3	940.3
BOD (mg/L)	영산호3	3.1	2.9	3.1	2.3	3.3	2.9	3.2	2.7	2.4	2.0	1.9	2.8	3.5
	영산호2	3.1	2.3	2.3	2.4	2.9	2.0	2.5	2.6	2.3	1.5	1.4	2.6	2.2
	영산호1	2.6	2.1	2.1	2.2	2.0	2.1	2.1	3.0	2.4	1.6	1.3	1.9	1.6
COD (mg/L)	영산호3	4.1	4.5	6.2	5.9	6.2	6.3	6.7	5.8	6.3	5.3	5.4	4.6	5.3
	영산호2	4.0	4.5	5.7	5.7	6.1	6.2	6.3	5.7	6.0	5.0	5.0	4.6	5.1
	영산호1	5.2	4.2	5.9	5.8	5.6	5.9	6.2	5.8	6.0	5.2	4.8	4.7	4.9
T-N (mg/L)	영산호3	4.022	3.305	4.956	5.324	4.532	4.404	4.871	5.667	4.847	4.392	4.584	4.727	4.192
	영산호2	3.768	3.420	4.600	4.933	4.338	4.441	4.602	5.433	4.945	4.543	4.304	4.608	3.594
	영산호1	3.851	3.822	4.570	4.608	4.008	4.267	4.777	5.237	4.668	5.142	4.132	4.425	3.399
T-P (mg/L)	영산호3	0.117	0.129	0.101	0.126	0.137	0.127	0.125	0.135	0.147	0.193	0.177	0.159	0.213
	영산호2	0.169	0.115	0.071	0.108	0.141	0.109	0.113	0.115	0.152	0.187	0.186	0.143	0.154
	영산호1	0.125	0.150	0.074	0.136	0.098	0.113	0.102	0.093	0.168	0.207	0.137	0.136	0.119
SS (mg/L)	영산호3	11.8	13.3	14.6	15.1	15.5	18.9	14.5	10.7	12.2	13.0	15.8	24.2	21.1
	영산호2	11.4	11.7	10.1	13.3	12.7	15.2	10.1	9.6	10.1	18.2	26.4	18.7	17.4
	영산호1	10.9	10.9	9.5	12.4	10.0	12.3	7.4	8.5	9.8	13.3	10.4	14.6	8.5
Chl-a (mg/m <sup>3</sup> )	영산호3	13.4	11.4	18.7	27.5	25.6	32.8	22.5	18.2	17.5	12.3	20.7	3.6	4.8
	영산호2	10.7	9.3	15.4	21.0	24.2	23.9	19.5	14.0	12.2	12.2	17.6	4.6	4.0
	영산호1	19.4	10.3	11.0	19.3	13.2	19.2	12.5	17.9	12.7	11.9	15.5	5.5	3.6
투명도 (m)	영산호3	1.4	1.2	1.2	0.8	0.8	0.7	1.1	0.9	0.7	0.8	0.6	0.6	0.6
	영산호2	1.4	1.2	1.2	0.9	0.8	0.7	1.1	1.0	0.8	0.9	0.8	0.7	0.8
	영산호1	1.2	1.3	1.2	0.8	0.7	0.8	1.1	1.2	0.9	1.1	1.1	1.0	1.1
총대장균군 (균수/100ml)	영산호3	45.9	301.6	714.2	1,083.3	8.8	108.1	200.8	520.0	140.0	33.0	41.7	12,232.4	21,081.9
	영산호2	42.3	331.8	483.3	296.6	5.4	93.8	280.3	155.0	70.4	16.3	38.8	10,814.2	23,299.1
	영산호1	48.7	184.1	354.2	175.7	2.7	97.8	59.8	65.0	35.0	13.8	41.2	16,545.3	17,850.1

주)      최대값      최소값

- 수온은 크게 기온의 변화에 의해 결정되며, 유량의 영향도 많이 받는데, 수층별 수온분포는 물의 대류 및 성층현상의 원인이 되고, 침강계수나 저니층으로부터 영양염의 용출과도 관련이 있으며, 수중생태계의 생물학적 작용 억제를 위해서도 수온은 중요한 역할을 하는데, 영산호의 년도별 수온변화를 보면, 영산호3의 경우 '05년 15.1 ~ '98년 17.8℃, 영산호2 '05년 15.4 ~ '98년 17.9℃, 영산호1 '05년 15.6 ~ '98년 17.8℃로 지점별 또는 년도별로 별 차이를 보이지 않음
- pH는 보통 호소에서는 식물플랑크톤의 광합성이 활발한 표층에서 pH가 높으며, 유기물의 산화분해가 활발한 저층에서는 pH가 낮는데, 표층에서 식물플랑크톤의 광합성에 의한 DO의 생성과 저층에서의 유기물 산화분해로 인한 DO의 소비와 관련되어 있는데, 영산호의 년도별 pH의 변화를 보면, 영산호3의 경우 '99년 7.4 ~ '07년 8.3, 영산호2 '96년 7.4 ~ '07년 8.0, 영산호1 '99년 7.4 ~ '07년 8.2로 점점 증가하는 추세를 보임
- DO 농도의 변화에는 호소의 수심, 수온분포와 생물학적 영향이 큰 부분을 차지하고 있는데, 영산호의 년도별 DO의 변화는 영산호3의 경우 '95년 10.4 ~ '05년 7.1mg/L로 감소하다 '05년 이후 증가하는 추세를 보였으며, 영산호2는 '95년 10.6 ~ '05년 7.5mg/L로 영산호3과 같은 유형변화를 보였으며, 영산호1의 경우 '95년 10.6 ~ '05년 7.9mg/L로 감소하는 경향을 보이다 '05년 이후 다시 증가하는 추세로 농도차이는 조금씩 있지만 지점별 경향을 비슷한 것으로 나타남
- EC는 갈수기에 유량이 감소하면서 상대적으로 잔류하고 있는 무기이온 양이 증가하여 높게 나타나는데, 영산호의 년도별 EC의 변화를 보면, 영산호3의 경우 '95년 1,069.6  $\mu\text{s/cm}$ 에서 '99년 346.7  $\mu\text{s/cm}$ 까지 감소하는 경향을 보이다가 '99년 이후 '05년까지 증가하는 추세를 보였으며, 영산강2의 경우 '95년 928.1  $\mu\text{s/cm}$ , '99년 408.3  $\mu\text{s/cm}$ 로 감소하다 '99년 이후 '04년 1,354.1  $\mu\text{s/cm}$ 까지 증가하는 추세를 보였으며, 영산호1은 '95년 1,207.5  $\mu\text{s/cm}$ , '96년 525.8  $\mu\text{s/cm}$ 로 감소하다 '04년까지 증가하는 추세를 보임
- 수중의 유기물질이 호기성세균에 의해 산화되며, 이에 소요되는 용존산소의 양을 BOD라고 하는데, 영산호의 년도별 BOD 농도 변화를 보면, 영산호3의 경우 최소 '05년 1.9mg/L, 최고 '07년 3.5mg/L이며, 영산호2의 경우 최소 '05년 1.4mg/L 최고 '95년 3.1mg/L, 영산호1은 최소 '05년 1.3mg/L 최고 '02년 3.0mg/L로 영산강1의 값이 다른 지점에 비해 낮았으며, 년도별로는 일정 패턴이 없이 증감하는 추세를 보였으나 하천수질기준으로 Ib ~ III등급 수준으로 농업용수에는 적합

- 수중의 유기물이 화학적으로 산화될 때 산소의 소비량을 측정하는 방법으로, 영산호의 년도별 COD 변화를 보면, 영산호3은 '95년 4.1mg/L로 최소치를 보이다 '01년 6.7mg/L로 점차적으로 증가하다 '01년 이후 감소하여 '07년 5.3mg/L로 IV 급수 수질을 나타내었으며, 영산호2의 경우 영산호3과 비슷한 경향으로 '95년 4.0mg/L로 최소치를 보이다 '01년 6.3mg/L로 증가하다 '01년 이후 감소하여 '07년 5.1mg/L로 IV급수 수질을 나타내었으며, 영산호1은 '96년 4.2mg/L로 최소치를 보이다 '01년 6.2mg/L로 점차적으로 증가하다 '01년 이후 감소하여 '07년 4.9mg/L로 III급수 수질
- T-N은 생활하수, 농업활동, 축산폐수 등에 의해 호소나 강으로 유입되어 호소의 부영양화를 일으키는 영양염류물질로 영산호의 년도별 T-N의 변화를 살펴보면, 영산호3의 경우 '96년 3.305mg/L로 최소치를 나타내다 점차 증감을 거듭하다 '02년 5.667mg/L로 최대치를 보인 이후 감소하다 '07년 4.192mg/L로 호소수질기준으로 등급의 수질이며, 영산호2의 경우 영산호3과 비슷한 경향으로 '96년 3.420mg/L로 최소치를 나타내다 증감을 거듭하다 '02년 5.443mg/L로 최대치를 보인 이후 감소하다 '07년 3.594mg/L로 등급의 수질이며, 영산호1의 경우 '96년 3.822mg/L로 영산호3과 영산호2의 수질에 비해 높은 값을 나타내었으며, '02년 5.237mg/L로 다른 지점에 비해 최대치는 낮았으며, '07년 3.399mg/L로 최소치를 보였지만 호소 수질기준 등급의 수질
- T-P도 T-N과 마찬가지로 부영양화를 일으키는 영양염류물질로 영산호의 년도별 T-P의 변화를 보면, 영산호3의 경우 '97년 0.101mg/L로 최소치를 보이다 점차 증가하여 '04년 0.193mg/L까지 증가하다 다시 감소하는 경향을 보이다 '07년에 0.213mg/L로 최대치를 나타내었으며, 영산호2의 경우 영산호3과 비슷한 경향으로 '97년 0.071mg/L로 IV급수 수질을 보이다 점차 증가하여 '04년 0.187mg/L까지 증가하다 다시 감소하여 '07년에 0.154mg/L로 VI등급 수질이며, 영산호1은 다른 지점과 마찬가지로 '97년 0.074mg/L로 최소치를 보이다 점차 증가하여 '04년 0.207mg/L까지 증가하다 '07년에 0.119mg/L로 감소하는 경향을 보였으며 호소 수질기준 V등급 수준
- 부유물질의 유기성 성분은 분해할 때 용존산소를 소모시키며, 무기질소 및 무기인은 부영양화 현상을 초래하는데, 영산호의 년도별 SS 변화를 보면, 영산호3의 경우 10.7 ~ 24.2mg/L, 영산호2 9.6 ~ 26.4mg/L, 영산호1 7.4 ~ 13.6mg/L로 영산호1의 경우가 가장 낮았지만 강우기 측정자료가 없어 분석이 미비

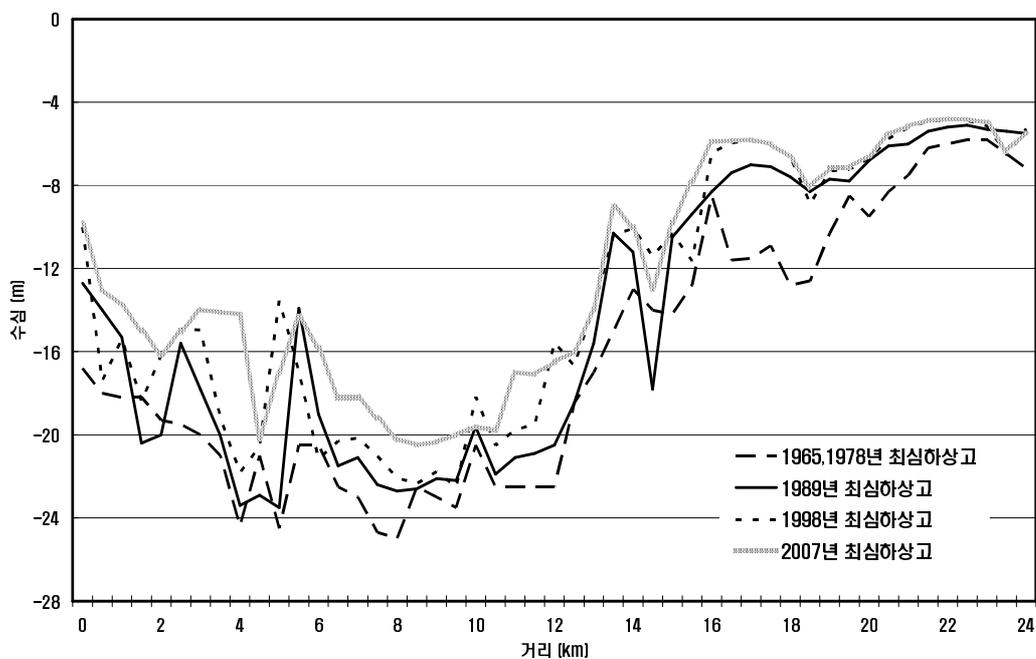
- Chlorophyll a(Chl-a) 농도는 영양도의 판정기준으로서 사용되며, US EPA 기준에서는 Chlorophyll a의 농도가 10  $\mu\text{g/L}$  이상이면 부영화를 나타낸다고 하였으며, 조류의 번식은 pH를 증가시키는 동시에 용존산소량의 농도도 증가시키는 반면에 일시적으로 증식된 조류의 사멸은 조류의 사체가 저층으로 가라앉아 박테리아로부터 분해되면서 저층의 용존산소가 소비되는 영향을 주는데, 영산호의 년도별 Chl-a 변화를 보면, 영산강3의 경우 '96년 11.4  $\text{mg/m}^3$ 에서 점차 증가하여 '00년 32.8  $\text{mg/m}^3$ 까지 증가하다 다시 감소하여 '06년 최소치인 3.6  $\text{mg/m}^3$ 까지 감소하였으며, 영산강2는 영산강 3과 비슷한 경향으로 '96년 9.3  $\text{mg/m}^3$ 에서 점차 증가하여 '99년 24.2  $\text{mg/m}^3$ 까지 증가하다 다시 감소하여 '07년 최소치인 4.0  $\text{mg/m}^3$ 까지 감소, 영산호1은 '95년 최대치인 19.4  $\text{mg/m}^3$ 에서 '05년까지 10.0  $\text{mg/m}^3$  이상의 Chl-a 값을 보이다 '06년 5.5  $\text{mg/m}^3$ , '07년 3.6  $\text{mg/m}^3$ 로 감소하는 경향을 보임
- 육수와 해수의 투명한 정도를 나타내는 것으로, 플랑크톤 등 물속의 미생물 양에 반비례하며, 투명도가 크면 빈영양호, 투명도가 작으면 부영양호를 의미하는데, 영산호의 년도별 투명도의 변화를 보면, 영산호3의 경우 '95년 1.4 m로 최대치를 보이다 '00년 0.7 m까지 감소하는 경향을 보이다가 '01년 1.1 m로 증가하여 다시 점차 감소하여 '07년에는 0.6 m로 최소치를 나타내었으며, 영산호2는 영산호3과 비슷한 경향을 보였는데 '95년 1.4 m로 최대치를 보이다 '00년 0.7 m까지 감소다시 '01년 1.1 m로 증가하다 '06년에는 0.7 m까지 감소하는 경향을 보였으며, 영산강1은 0.7~1.3 m의 범위로 년도별로 큰 차이를 보이지 않음
- 총대장균군은 그람음성·무아포성의 간균으로서 유당을 분해하여 가스 또는 산을 발생하는 모든 호기성 또는 통성 혐기성균을 말하는데, 대장균군과 장구구과는 달리 인체에 무해한 것이며, 대장균군과 장구균은 지표수내 존재하는 병원체의 유무를 결정하는 지표로 사용되고 또한, 오염물 또는 익히지 않은 패류의 섭취로 인한 위장장애(gastrointestinal disorder) 현상에 기반을 두고 있는 질병의 위해성 지표로도 사용되는데, 영산호의 년도별 총대장균군의 변화를 보면, 영산호3의 경우 최소 8.8 균수/100mL에서 최대 21,081.9 균수/100mL로 년도별 변화폭이 크게 나타났으며, 영산호2의 경우 최소 5.4 균수/100mL에서 최대 23,299.1 균수/100mL로 영산호3의 경우보다 '07년을 제외하고는 낮은 값을 보였으며, 영산호1은 최소 2.7균수/100mL에서 최대 17,850.1균수/100mL로 다른 지점에 비해 낮은 값을 보였지만, '95년과 '06년의 경우에 높은 값을 나타내었으며, 총대장균군은 다른 수질 항목과 달리 년도별 변화폭이 크게 조사

#### 4.1.4 영산호 퇴적물 분포 및 퇴적물 양 조사

- 영산호의 하상퇴적 실태를 파악하여 퇴적물양의 총량을 산출하고자 영산강 하상 변동조사보고서(1988)의 1965년, 1978년 자료, 영산강 하천정비 기본계획(1989, 1998)의 1988년, 1997년 자료와 2007년 수심측정 자료를 사용
- 하구둑 건설 이전 영산호 수심의 경우 영산강 하구둑부터 20km까지의 수심은 1965년 자료이며, 그 지점 이후부터 몽탄대교까지는 1978년 자료로 하구둑 건설 이후 수심의 변동 및 퇴적량을 파악하기 위해 '65년 자료를 1978년 자료로 이용

##### 가. 최심하상고 변화

- 최심하상고는 1978(1965), 1988, 1997, 그리고 2007년 자료의 각 구간에서 가장 깊은 지점을 추출한 수심을 의미하며, 1978년부터 2007년까지 최심하상고가 점차로 낮아지고 있는 추세를 보이고 있으며, 하구호인 영산호에서의 최심하상고의 상승은 퇴적된 퇴적물이 수체에 영향을 줄 뿐 아니라 저수용량의 감소에도 영향을 미칠 것으로 판단되며, 최심하상고의 평균 변화속도는 13cm/년(95% 신뢰구간 적용) 정도로 추정되며, 국내의 주요 호소의 연평균 퇴적오니의 퇴적속도는 팔당호 3.4cm, 남한강 3.3cm, 경안천 12.6cm, 대청호 7cm 등으로 보고되고 있으며, 일본의 동경만 연안은 연간 3~7cm로 보고



<그림 4-11> 영산호 최심하상고 변화

## 나. 퇴적량 및 퇴적오니토량 추정

### 1) 퇴적량 산정방법

- 영산호의 퇴적량을 산정하기 위해 과거 하천정비 기본계획 수립시 측정한 하천횡단 자료를 이용하여 퇴적량을 산출하였는데, 각 시기에 수심을 측정한 측정 지점이 동일하지 않기 때문에 Kriging에 의한 보간방법을 적용해서 동일한 데이터 크기를 형성하였으며, Kriging법에 의해 형성된 데이터를 1:1로 비교해서 수심의 증감을 나타내었으며, 이를 이용해서 퇴적양을 산출
- 수계관리 및 유역환경 기초조사를 실시함에 있어 지역별 시기별의 모든 데이터를 측정하는 것은 불가능한 일이므로, 이러한 경우 대표지점의 측정 데이터와 물 흐름의 연속성을 파악하여 보간법(interpolation)을 적용하여 개괄적으로 시공간적인 정보를 생산할 수 있는데, 시공간적 정보 생산을 위한 보간법은 일반적으로 Kriging Algorithm을 활용하여 실측된 데이터가 가중화(weighted)된 선형 조합으로 미지의 값을 예측하는 방법이 주로 사용

$$\tilde{v} = \sum_{i=1}^n W_i \times v \quad \sum_{i=1}^n W_i = 1 \quad 1)$$

여기에서  $i$ 번째 예측값( $\tilde{v}$ )의 예측오류( $r_i$ )는 실측값( $v$ )과 예측값의 차이로 다음과 같이 표현

$$r_i = \tilde{v} - v_i \quad 2)$$

또한,  $i$ 부터  $k$ 까지 예측값의 평균오류( $m_i$ )와 오류분산( $\sigma_i^2$ )은 다음의 식으로 표현

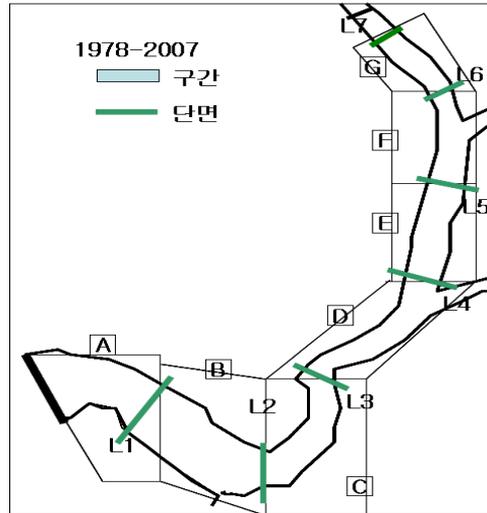
$$m_i = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k r_i = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \tilde{v}_i - v_i \quad 3)$$

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (r_i - m_i)^2 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k [\tilde{v}_i - v_i - \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (\tilde{v}_i - v_i)]^2 \quad 4)$$

- 선형의 보간법은 Kriging Algorithm을 사용하여 오류분산( $\sigma_i^2$ )을 최소화하는 목적으로 미지의 값들을 예측

### 2) 퇴적 및 세굴량 조사

- 구간별 퇴적량을 산정하기 위해 영산호 23.43km를 중심부를 따라 3~4km의 간격으로 7개 구간으로 나누어, 각 구간별로 1978~2007년까지 퇴적량을 산출하였는데, 각 구간에 대한 년도별 단면적과 평균수심은 <표 4-14>



<그림 4-12> 영산호 퇴적량 산정 단면 모식도

<표 4-14> 각 구간의 단면적 산출

단면	하구둑 으로부터 거리 (km)	하폭 길이 (m)	1978년		1988년		1997년		2007년	
			단면적 (㎡)	평균 수심 (m)	단면적 (㎡)	평균 수심 (m)	단면적 (㎡)	평균 수심 (m)	단면적 (㎡)	평균 수심 (m)
L1	3.5	1,301.6	15,832	-12.2	14,255.5	-11.1	13,787.9	-10.7	11,392.1	-9.6
L2	6.5	935.8	14,358	-15.4	12,197.9	-13.2	10,748.0	-11.7	9,151.0	-10.8
L3	10.5	557.0	8,295	-14.9	7,760.8	-14.4	7,748.3	-15.3	5,495.2	-10.9
L4	14	862.4	7,865	-9.1	7,007.1	-7.0	6,069.4	-7.2	4,943.7	-6.3
L5	17	804.1	6,447	-8.0	4,652.1	-5.9	3,828.5	-4.9	3,542.7	-4.8
L6	20	562.3	3,659	-6.5	2,654.3	-4.9	2,514.2	-4.6	2,750.2	-5.4
L7	23.43	600.0	2,700	-4.5	2,829.7	-4.9	2,717.8	-4.7	3,091.6	-5.7

○ 영산호 23.4km 전체 구간에서 1978~1988년까지 11년간 퇴적량은 45,158천 $m^3$ 이고, 4,516천 $m^3$ /년의 속도로 퇴적되는 것으로 나타났으며, 1988~1997년까지 10년간 퇴적량은 8,448천 $m^3$ , 1997~2007년까지 11년간 퇴적량은 21,605천 $m^3$ , 그리고 1979~2007년까지 31년간 총 퇴적량은 75,212천 $m^3$ 이며, 하구둑에서 가까운 세 구간에는 퇴적물이 전체의 74.5%(56,034천 $m^3$ )

<표 4-15> 기간별 영산호의 퇴적량

기간(년)	1978 <sup>1)</sup> ~1988	1988 <sup>2)</sup> ~1997	1997 <sup>2)</sup> ~2007	1978~2007 <sup>3)</sup>
퇴적량(천 $m^3$ )	45,158	8,448	21,605	75,211

주 : 1) 영산강 하상변동조사보고서(1998)  
 2) 영산강 하천정비 기본계획에서 실시한 횡단측량자료(1989, 1998)  
 3) 영산호 수질개선 타당성 조사를 위한 연구(2007)

<표 4-16> 구간별 영산호의 퇴적량

구간	A	B	C	D	E	F	G
퇴적량(천m³)	18,533	25,321	12,180	6,757	6,148	4,464	1,808

<표 4-17> 영산호 세굴 및 퇴적량

단위 : 천m³

구간	구간거리 (km)	1978 ~ 1988			1988 ~ 1997			1997 ~ 2007		
		퇴적	세굴	순퇴적	퇴적	세굴	순퇴적	퇴적	세굴	순퇴적
A	0 ~ 3	10,781	2,223	8,558	2,352	485	1,867	5,400	1,113	4,287
B	3 ~ 6.5	16,009	3,796	12,213	-1,477	-350	-1,127	10,789	2,559	8,230
C	6.5 ~ 10.5	7,221	961	6,260	767	102	665	4,192	558	3,634
D	10.5 ~ 14	3,345	855	2,490	1,841	471	1,370	1,572	402	1,170
E	14 ~ 17.5	3,945	1,124	2,821	2,381	678	1,703	-178	-51	-127
F	17.5 ~ 20.5	2,703	261	2,442	1,587	153	1,434	174	17	157
G	20.5 ~ 23.43	1,154	521	630	997	453	544	-343	-156	-187
합계	0 ~ 23.43	45,158	9,744	35,414	8,448	1,991	6,457	21,606	4,442	17,164

### 3) 퇴적오니토량 추정

- 퇴적오니토량 추정을 위하여 25개 지점에서 하상퇴적물을 채취하여 입도분석을 실시하였는데, 퇴적물의 성분 구분은 여러 가지 기준 가운데 '영산강 옛모습 찾기 사업 타당성 보고서'와 동일한 기준으로 비교하기 위해 해군시설공병단(NAVFAC)에서 정한 기준을 선택하여 실시하였으며, 실트 및 점토를 퇴적오니토로 구분하고 퇴적량 중 실트 및 점토가 차지하는 구성비를 적용 퇴적오니토량을 산정
- 영산호의 세굴량 산정은 영산강 옛모습 찾기 사업 타당성 조사 보고서 결과를 바탕으로 각 구간의 퇴적에 대한 세굴 비율을 적용해서 산출하였는데, 영산강 하구둑으로부터 몽탄대교까지 퇴적오니토(실트 및 점토)의 평균 구성비는 총 퇴적토의 99.82%이며, 1978 ~ 2007년까지 순 퇴적오니토량은 58,993천m³으로 추정

<표 4-18> 영산호 퇴적오니토량(1978 ~ 2007, 30년간)

구간	구간거리 (km)	퇴적오니토 구성비 (%)	퇴적량 (천m³)	퇴적량의 오니토량 (천m³)	세굴량 (천m³)	세굴량의 오니토량 (천m³)	순퇴적량 (천m³)	순퇴적량의 오니토량 (천m³)
A	0 ~ 3	99.93	18,533	18,520	3,821	3,818	14,712	14,702
B	3 ~ 6.5	99.99	25,321	25,318	6,005	6,004	19,316	19,314
C	6.5 ~ 10.5	99.98	12,180	12,178	1,621	1,621	10,559	10,557
D	10.5 ~ 14	99.99	6,758	6,757	1,728	1,728	5,030	5,029
E	14 ~ 17.5	99.99	6,148	6,147	1,751	1,751	4,397	4,397
F	17.5 ~ 20.5	99.53	4,464	4,443	431	429	4,033	4,014
G	20.5 ~ 23.43	99.33	1,808	1,796	821	815	987	980
합계	23.43	99.82	75,212	75,159	16,178	16,166	59,034	58,993

#### 4.1.5 수질예측

##### 가. WASP7 모형의 기초이론

- WASP7(Water Quality Analysis Simulation Program Ver. 7)은 DYNHYD 모형과 WASP7 모형으로 구성되는데 DYNHYD 모형은 수체의 수리적 특성에 대한 모형이며 WASP7 모형은 수체에서 오염물질의 반응과 이동을 모형화
- WASP7 모형은 부영양화와 독성물질에 대한 2개의 부프로그램으로 구성되어 있으며, 이를 EUTRO 모듈과 TOXI 모듈이라 하며, EUTRO 모듈은 부영양화, DO, BOD, 영양염류 등의 보편적인 오염현상을 모의하며, TOXI 모듈은 유기화학 물질, 금속물질 등의 독성물질에 의한 오염현상을 모의

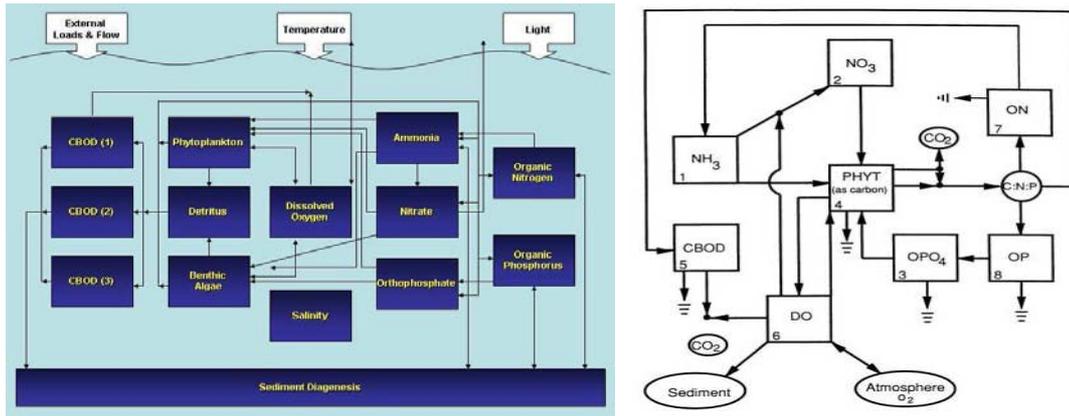
##### 나. EUTRO 모듈

- EUTRO 모듈은 수질항목의 공간적 시간적 변화를 모의하는 동적 모형으로서 <표 4-19>와 같이 6종류의 복잡도(complex level)에 따라 수질 모의를 수행

<표 4-19> EUTRO7 모형의 복잡도에 따른 모의 수질항목

System No	Symbol	수질항목명	복잡도에 따른 모의 항목					
			1	2	3	4	5	6
1	NH <sub>3</sub> -N	Ammonia Nitrogen			i	i	i	i
2	NO <sub>3</sub> -N	Nitrate Nitrogen			i	i	i	i
3	PO <sub>4</sub> -P	Inorganic Phosphorus				i	i	i
4	Chl-a	Phytoplankton Carbon				i	i	i
5	CBOD	Carbonaceous BOD	i	i	i	i	i	i
6	DO	Dissolved Oxygen	i	i	i	i	i	i
7	ON	Organic Nitrogen			i	i	i	i
8	OP	Organic Phosphorus				i	i	i
Complexity Level		Explanation						
1		Streeter-Phelps BOD-DO Eq. with SOD						
2		Modified Streeter-Phelps Eq. with NBOD						
3		Linear DO Balance with Nitrification						
4		Simple Eutrophication						
5		Intermediate Eutrophication						
6		Intermediate Eutrophication with Benthos						

- 예측에 관련된 각각의 수질인자는 <그림 4-13>과 같이 상호 연결된 순환고리를 가지고 있으며, 한 가지 수질항목의 변화는 다른 수질항목의 변화와 직접적으로 연결



<그림 4-13> EUTRO 모듈의 다이어그램과 수질항목간 상호작용

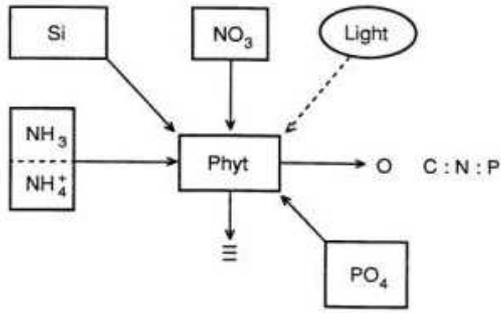
## 다. EUTRO 모듈의 기본식과 상호 관계식

### 1) 식물성 플랑크톤

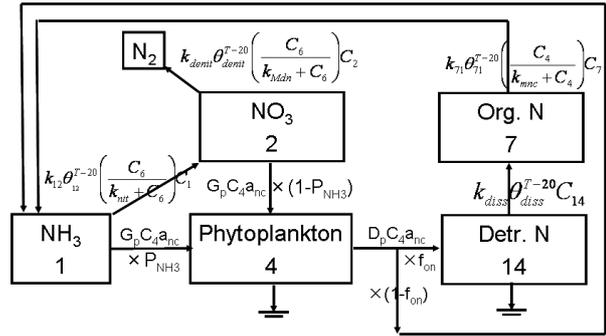
- 식물성 플랑크톤의 반응은 다른 모든 수질항목에 영향을 주는 부영양화의 중심 역할로 가정되며, 반응식은 식물성 플랑크톤의 성장, 사멸, 침강으로 표현
- 식물성 플랑크톤의 생체량 감소에 대한 침강효과는 주어진 단면적과 침강속도, 수체의 수심에 의해 결정되며, 각 수질항목의 용존율에 의해서도 영향을 받음

### 2) 질소

- 암모니아성 질소와 질산성 질소는 모두 섭취되어 식물 플랑크톤의 세포증식에 이용되고, 생리학적 이유로 암모니아 질소가 선호
- 암모니아 선호식에서  $P_{NH_3}$ 는  $NH_3-N$ 농도가 최대 질소농도에 대한 반포화상수  $K_{mN}$ 을 크게 초과하면 1에 접근하고,  $NO_3-N$ 의 존재상태에서  $NH_3-N$ 이 0에 접근하면 0에 접근
- 식물 플랑크톤이 호흡하고 사멸하는 동안 세포내 질소분율  $f_{ON}$ 은 유기물의 비율이며,  $(1-f_{ON})$ 은 암모니아성 질소의 무기상태 비율을 의미하며, 비생체 유기질소의 광물화를 모든 식물 플랑크톤 수준에서 일차 반응율로 증가하도록 반포화상수  $K_{mpc}$ 가 0이 되도록 하여 인 순환과 같은 반응속도로 진행되도록 제한



<그림 4-14> 플랑크톤의 수질반응



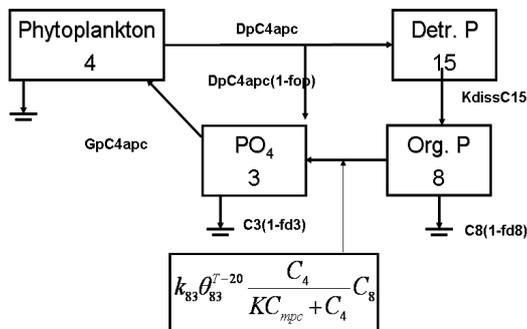
<그림 4-15> 질소의 수질반응

#### 4) 인

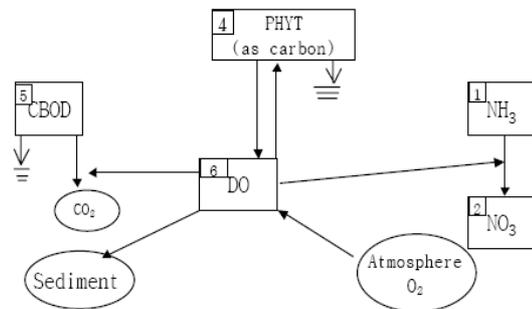
- 생성된 식물 플랑크톤 탄소 각 mg마다 무기인 apc mg이 섭취되었다가 식물 플랑크톤이 호흡이나 사멸할 때 생체량은 비생체성 유기물질과 무기물질로 재순환
- 분율 f<sub>OP</sub>는 유기성을 의미하며, (1-f<sub>OP</sub>)는 무기형태로 살아있는 식물 플랑크톤 세포들에 의해 섭취될 수 있고, 식물플랑크톤이 이용할 수 있기 위해서는 비생체성 유기인은 광물화 혹은 미생물 분해에 의해 무기인으로 변환

#### 4) CBOD/DO

- 용존산소의 감소는 수체내의 호기성 미생물의 호흡반응과 저질에서의 미생물의 혐기성 반응에 발생
- 식물 플랑크톤 성장으로 인한 용존산소의 공급은 수체내 이용가능한 암모니아성 질소 발생원이 고갈되고, 식물 플랑크톤이 이용가능한 NO<sub>3</sub>를 이용하기 시작할 때 부터 시작되며, 식물 플랑크톤 호흡은 광합성의 역반응으로 수체 내 용존산소를 감소하며, 식물 플랑크톤의 사멸은 산화되는 유기탄소를 제공



<그림 4-16> 인의 수질반응



<그림 4-17> DO와 BOD의 수질반응

## 라. WASP 모형의 입력자료

Data Group A	Model Identification and Simulation Control (모형구성 및 수질모의 제어)	Data Group F	Waste Loads (오염부하량)
Data Group B	Exchange Coefficients (확산계수)	Data Group G	Environmental Parameters (환경매개변수)
Data Group C	Volumes(체적)	Data Group H	Chemical Constants (반응상수)
Data Group D	Flows Boundary Conditions (흐름정보)	Data Group I	Time Functions (시간함수)
Data Group E	Boundary Conditions (경계조건)	Data Group J	Initial Conditions (초기조건)

### 1) 모형구성 및 수질모의 제어

- 이 자료군은 data set, time set, system, print interval, segment 부분으로 분리 입력
- 본 수질모의에서는 모형의 실행형태를 data set에서 부영양화 현상을 모의하는 EUTRO 모듈 선택, System에서 수질항목 선정, time set에서 모의시간간격을 0.01 day, print interval에서 출력시간간격을 1.0 day로 입력하여 수질모의를 제어

### 2) 구획(segments)별 체적 및 확산정보

- 지형자료 및 하천 종·횡단자료 등을 이용 구획 분할 후 각 구획별 체적 및 확산 정보 입력
- 본 모의에서 구획분할은 수평분할 만 실시하여 지형적인 요인을 고려하여 6개의 구획으로 분리하였으며, 영산강하천정비기본계획(건설교통부, 1998)에서 종·횡단 측량결과를 이용하여 각 구획별 단면적 및 수심, 체적 등을 산출하여 입력

<표 4-20> 분할된 구획 입력자료

구획	종단거리 (m)	하폭 (m)	수심 (m)	체적 (m <sup>3</sup> )
1	2,500	842	11.39	7,656,000
2	1,000	720	8.72	19,682,250
3	2,000	788	12.75	17,468,600
4	1,000	1,375	11.71	19,386,550
5	4,500	1,680	11.81	24,941,000
6	2,500	1,888	11.41	13,545,000

<표 4-21> 수평 확산계산을 위한 구획 간의 단면적 및 특성길이

구획	단면적 (m <sup>2</sup> )	특성길이 (m)
1-2	5,250.0	1,750
2-3	5,530.0	1,500
3-4	7,770.0	1,500
4-5	9,450.0	2,750
5-6	10,010.0	3,500

### 3) 흐름정보

- 본 자료군에서는 수체 내에서의 유체 흐름 및 물질 이동에 대한 정보를 입력하며, 수체 유동, 간극수 유동, 유기물질 침강속도, 조류 침강속도, 무기물질 침강속도, 증발량 및 강우량 6개 부분으로 구성되어 있으며, 이러한 유동 및 물질 이동은 시간에 따른 변화를 고려하도록 구성되어 계절적인 변화특성 모의 가능
- 수체유동 : 수문자료는 "영산강4단계농업종합개발사업 타당성 및 기본조사보고서 수문조사 (농업기반공사, 2000)" 자료를 이용 나주수위관측소의 자료를 이용하여 영산호의 유입량을 산정, 강우자료는 Thiessen가중치로 점강우량자료를 면강우량 자료로 변환시킨 월별면적강우량자료를 구축하여 입력(<표 4-22> 참조)
- 유기물질의 침강속도 : 계절적인 변화를 고려 0.001 ~ 0.1 m/day 범위

<표 4-22> 월별 강우량과 유출량 (2000년-나주수위관측소)

월	면적강우량 (mm)	장기유출량 (m <sup>3</sup> /s)	관측수위 (m)	유입유량 (m <sup>3</sup> /s)
1	4.1	0.87	0.58	27.03
2	1.1	0.87	0.58	25.29
3	8.7	1.16	0.60	36.01
4	4.2	1.97	0.65	58.96
5	44.9	1.73	0.63	53.53
6	229.2	50.56	0.90	1,516.71
7	206.6	199.59	1.21	6,187.31
8	350.0	273.83	1.44	8,488.85
9	231.4	233.55	1.48	7,006.37
10	8.4	1.29	0.61	40.05
11	39.0	2.08	0.63	62.25
12	0.8	4.33	0.75	134.22

- 조류의 침강속도 : 일반적인 식물성 플랑크톤의 침강속도는 <표 4-23>과 같이 기존 연구자들의 자료를 참고하여 0.1 ~ 0.5 m/day 범위

<표 4-23> 식물성 플랑크톤의 침강속도

조류의 종류	침강속도(m/day)	참 고 문 헌
Total Phyto-plankton	0.05 ~ 0.5	Tetra Tech (1976), Chen & Wells (1975, 1976)
	0.05 ~ 0.2	O'Connor et al. (1975, 1981) Thomann et al. (1974, 1975, 1979) Di Toro & Matystik (1980), Thomann & Fizparick (1982)
	0.4	Lombardo (1972)
	0.03 ~ 0.05	Scavia (1980)
	0.05	Bierman et al. (1980)
	0.2 ~ 0.25	Youngberg (1977)
	0.04 ~ 0.6	Jorgensen (1976), Jorgensen et al. (1978, 1981)
	0.01 ~ 4.0	Baca & Arnett (1976)
	0.0 ~ 2.0	Chen & Orlob (1975), Smith (1978)
	0.15 ~ 2.0	Duke & Masch (1973), Roesner et al. (1977)
Blue-green algae	0 ~ 30	Jorgensen (1979)
	0.05 ~ 0.15	Bieman (1976), Bieman et al. (1977)
	0.2	Lehman et al. (1975)
	0.1	Depinto et al. (1976)
	0.08 ~ 0.2	Tetra Tech (1980), Porcella et al. (1983)
	0.10 ~ 0.11	Collins & Wlosinski (1983)

- 무기물질의 침강속도 : 부유입자성 물질의 분포에 따라 Stoke's 침강속도 범위에 따르며, 본 모의에서는 clay 등의 작은 입자에 의한 무기물질의 침강을 고려 0.04 ~ 0.5 m/day 범위
- 증발 및 강우 : 증발과 강우에 의한 수체변화는 증발 및 강우강도와 각 구획의 표면적에 의해 계산될 수 있으며, 시간에 따라 변화를 입력하며, 월별 강우량과 증발량을 조사하여 입력

#### 4) 경계조건

- 유량의 유입과 유출이 일어나는 구획에 대해서 수질항목별 농도의 시간분포 자료를 입력

- 수질항목별 경계농도는 수질측정지점인 영암천 합류점에 위치한 영산호2, 영산강 하구언에 위치한 영산호1, 무안군에 위치한 무안2의 월별 농도로 총 3개의 경계 구역에서 경계조건을 설정

<표 4-24> 경계농도 (유입지점 영암천 합류점 - 영산호2) 단위 : mg/L

월	DO	BOD	SS	T-N	T-P	NH <sub>3</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	ON	OP	PO <sub>4</sub> -P	Chl-a
1	11.6	1.8	10.0	5.15	0.203	0.809	3.267	1.074	0.019	0.173	17.5
2	12.7	1.7	8.0	4.29	0.147	0.468	2.110	1.712	0.022	0.122	20.6
3	13.8	3.0	8.8	6.10	0.146	0.652	3.932	1.512	0.069	0.085	47.3
4	10.7	3.1	12.0	5.70	0.149	0.856	4.821	0.021	0.054	0.066	17.9
5	13.3	1.7	3.2	5.43	0.029	0.496	4.498	0.435	0.012	0.024	4.3
6	9.5	2.8	8.8	5.20	0.043	0.163	4.517	0.509	0.220	0.036	20.0
7	7.0	5.6	14.8	5.45	0.106	0.298	1.905	3.250	0.025	0.066	52.2
8	7.2	1.5	18.8	2.64	0.096	0.109	2.286	0.240	0.033	0.076	10.2
9	8.2	1.8	22.0	1.98	0.125	0.205	1.688	0.086	0.041	0.058	21.5
10	8.4	1.0	9.2	3.39	0.101	0.092	1.471	1.823	0.035	0.074	11.4
11	9.3	0.7	21.2	2.56	0.072	0.372	1.963	0.220	0.010	0.061	4.6
12	12.3	0.8	10.8	3.34	0.139	0.181	2.577	0.581	0.015	0.105	3.2

<표 4-25> 경계농도 (유출지점 영산강 하구언 - 영산호1) 단위 : mg/L

월	DO	BOD	SS	T-N	T-P	NH <sub>3</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	ON	OP	PO <sub>4</sub> -P	Chl-a
1	13.2	1.1	9.6	5.583	0.192	0.599	3.495	1.489	0.019	0.173	22.9
2	12.9	2.4	11.6	4.413	0.144	0.446	1.378	2.589	0.022	0.122	34.0
3	13.2	2.9	10.4	6.086	0.154	0.802	3.971	1.313	0.069	0.085	40.5
4	10.2	1.8	12.4	5.986	0.120	1.265	4.725	-	0.054	0.066	12.0
5	13.9	2.0	4.4	5.746	0.043	0.622	4.165	0.978	0.019	0.024	43.1
6	8.3	2.8	12.8	5.362	0.048	0.068	4.423	1.255	0.012	0.036	34.3
7	7.9	3.4	10.0	2.606	0.086	0.331	1.957	3.074	0.220	0.066	20.8
8	7.4	2.4	15.6	2.016	0.101	0.120	2.452	0.034	0.025	0.076	14.3
9	9.2	1.9	16.8	3.323	0.091	0.128	1.892	-	0.033	0.058	19.8
10	8.8	1.7	31.6	2.587	0.115	0.173	2.876	0.274	0.041	0.074	39.3
11	8.4	0.6	26.4	2.568	0.096	0.063	2.375	0.149	0.035	0.061	2.3
12	10.6	1.3	20.4	3.816	0.115	0.110	2.901	0.805	0.010	0.105	3.9

<표 4-26> 경계농도 (유입지점 남창천 합류점 - 무안2)

단위 : mg/L

월	DO	BOD	SS	T-N	T-P	NH <sub>3</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	ON	OP	PO <sub>4</sub> -P	Chl-a
1	10.1	1.4	10.3	4.294	0.144	0.329	0.666	1.084	0.022	0.156	11.2
2	12.2	1.3	11.3	4.411	0.135	0.326	3.987	1.623	0.192	0.132	12.3
3	12.9	2.0	9.0	5.626	0.131	0.588	4.575	1.456	0.054	0.094	22.6
4	10.2	2.8	11.0	5.284	0.082	0.818	4.336	0.022	0.045	0.067	17.5
5	13.3	1.4	7.9	5.230	0.073	0.357	4.549	0.456	0.013	0.024	5.6
6	9.5	1.3	6.5	5.814	0.047	0.273	5.336	0.509	0.220	0.026	19.5
7	7.6	3.2	21.0	5.524	0.120	0.349	2.006	2.560	0.025	0.066	23.2
8	7.9	2.2	21.7	7.248	0.110	0.087	7.012	0.240	0.033	0.076	10.2
9	8.3	1.7	23.3	2.310	0.136	0.206	1.040	0.086	0.041	0.058	19.6
10	8.6	1.2	9.3	2.197	0.089	0.085	1.043	1.823	0.035	0.074	11.6
11	10.5	1.2	18.6	3.868	0.102	0.281	3.331	0.220	0.010	0.061	3.2
12	13.0	1.1	12.2	3.291	0.098	0.130	2.903	0.581	0.015	0.105	3.1

### 5) 오염부하량

- 장기유출량과 수질측정지점 수질농도를 활용하여 오염부하를 추정

### 6) 환경매개변수

- 시간함수가 입력되는 항목들의 공간적인 변화를 반영할 수 있도록 매개 변수값을 각 구획의 구간특성에 따라서 입력하는데, WASP7 모형에서는 35개의 인자

### 7) 반응상수

- 모의 대상 수질항목별 반응상수와 수질항목간 반응상수로 시간, 공간에 대하여 일정한 값을 갖는 상수로 구성되며, 주요 반응상수는 <표 4-27> 참조

### 8) 시간함수

- 수온, 기온, 풍속, 유속, 염도, 일사량, 플랑크톤 개체수 등 수질반응에 대한 환경 조건의 시간적 변화를 22개 항목으로 구분하여 입력할 수 있으며, 본 모의에서는 2000년 목포기상관측소의 실측자료인 수온변화, 일사량, 일조량 총족비율, 기온 등을 월별로 입력(<표 4-28> 참조)

<표 4-27> 모형에 적용된 주요 반응상수

Ammonia			
Constants	Value	Min.	Max.
Nitrification rate @20°C	0.23	0	10
Nitrification temperature coefficient	1.08	0	1.07
Half saturation : Nitrification oxygen limit	2	0	2
Nitrate			
Denitrification rate @20°C	0.3	0	0.09
Denitrification temperature coefficient	1.04	0	1.04
Half saturation : Denitrification oxygen limit	1	0	0
Organic Nitrogen			
Dissolved organic nitrogen mineralization rate @20°C	1	0	1.08
Dissolved organic nitrogen mineralization temperature coefficient	1.08	0	1.08
Organic nitrogen decay sediment	0.0004	0	0.004
organic nitrogen decay in sediment temperature coefficient	1.08	0	1.08
Chlorophy II - a			
Phytoplankton maximum growth rate @20°C	5	0	3
Phytoplankton growth temperature coefficient	1.07	0	1.07
Phytoplankton light formulation Swith(1=Steel, 2=Smith)	1	1	2
Phytoplankton carbo : Chlorophy II ratio	30	0	200
Phytoplankton optimal light saturation	350	0	350
Phytoplankton half-saturation constant for nitrogen	0.05	0	0.05
Phytoplankton half-saturation constant for phosphorus	1.0E-0.5	0	0.05
Phytoplankton endogenous respiration rate @20°C	0.036	0	0.5
Phytoplankton respiration temperature coefficient	1.047	0	1.08
Phytoplankton phosphorus : carbon ratio	0.01	0	0.24
Phytoplankton nitrogen : carbon ratio	0.3	0	0.43
Dissolved Oxygen			
Calc reeration option(0=Covar, 1=O'connor, 2=Owens, 3=Churchill 4=Tsvoglou)	1	0	4
Global Reaeration rate constant at 20°C, per day	10	0	10
Theta -- Reaeration temperature correction	1.047	0	1.03
oxygen : Carbon stoichiometric ratio	2.57	0	2.67
BOD1(ultimate)			
BOD (1) decay rate @20°C	0.04	0	5.6
BOD (1) decay rate temperature correction	1.05	0	1.07
BOD (1) half saturation oxygen limit	0.5	0	0.5

<표 4-28> 기상요소 (목포기상관측소 - 2000년)

월 구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
수온 (℃)	6	5	9	13	17	23	28	25	21	20	16	9
기온 (℃)	1.9	1.1	6.7	11.9	16.8	21.7	25.8	26.6	20.7	16.4	9.0	4.3
풍속 (m/s)	4.8	5.2	4.8	4.3	3.9	3.5	3.9	3.7	3.6	3.9	4.3	4.4
일사량 (MJ/m <sup>2</sup> )	257.5	322.5	502.5	626.3	620.3	461.3	599.5	580.5	531.3	392.9	325.0	236.9
일조율 (%)	46	48	50	52	51	40	38	51	50	59	53	48

### 9) 초기조건

- 구획별 모의대상 수질항목의 초기값과 고형성분의 밀도, 용존율을 입력하는데, 본 모의에서는 보정 및 검정자료는 2000년 1월 실측자료를 이용하여 초기조건을 구성(<표 4-24> 참조)하였으며, 향후 수질예측은 환경부 수질관리목표치를 초기 조건으로 하여 모의(영본 D지점)

<표 4-29> 수질항목의 형태 및 밀도

구분	NH3-N	NO3-N	PO4-P	Chl-a	CBOD	DO	Ogr-N	Org-P
형 태	유기질	무기질	무기질	조류	유기질	무기질	유기질	유기질
밀 도	1.0	1.0	2.0	2.0	0.5	0.0	0.5	0.5
용 존 율				0.0		1.0		
초기농도 (mg/L)	0.809	3.267	0.089	17.5	1.8	11.6	1.489	0.019
수질관리목표 (mg/L)					5.2			

### 마. 모형의 보정

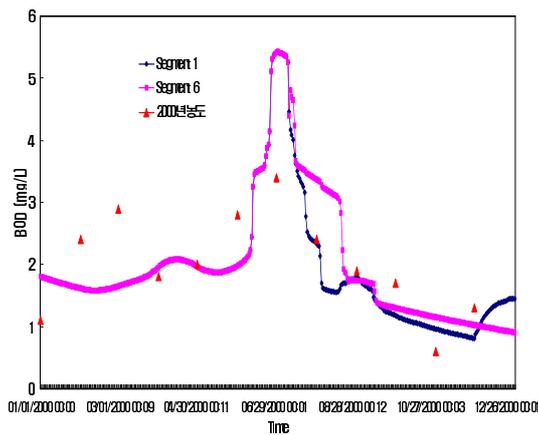
- WASP7 모형에서는 총 35개의 매개변수를 모의할 수 있으며, 각각 구획별 특성에 맞게 입력하며, 본 모의에서는 모형의 결과가 적정값에 수렴할 때까지 반복 계산하는 시행착오법을 사용
- 반응상수의 4개의 상수군은 조류 관련상수, 질소순환 관련상수, 인순환 관련상수, BOD 및 DO 관련 상수로 구성

- 수질항목간 상호반응의 중심이 되는 조류와 관련된 반응상수는 조류최대성장율, 조류호흡율, 조류분해율, 광소멸계수 등이고, 인 순환과 관련된 반응상수는 유기인 가수분해율, 식물성 플랑크톤내 인-탄소비, 인 침강속도 등, 질소순환과 관련된 반응상수는 유기질소 가수분해율, NH<sub>3</sub>-N의 질산화율, 조류내 질소-탄소비, 질소 침전속도 등이며, BOD 및 DO와 관련된 탈산소계수, 재폭기계수 등
- 모의에 적용된 반응상수는 모형의 default값, 참고문헌에서 제시된 값 등을 이용

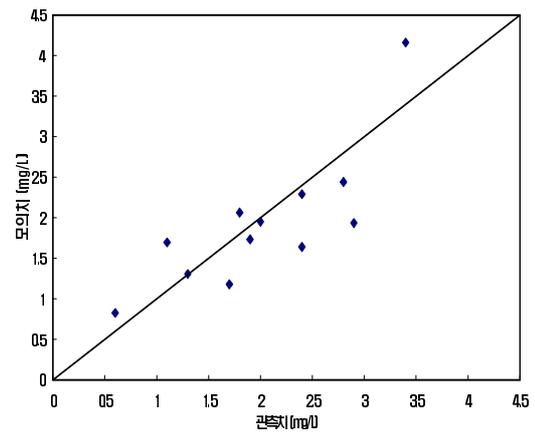
## 바. 모형의 예측

### 1) BOD 예측

- 모의 결과 BOD범위는 0.81 ~ 5.42mg/L이고 관측 농도범위는 0.6 ~ 3.4mg/L로 조사 되었으며, 5월 ~ 9월 사이에 BOD가 증가하고 있는데 이는 일조량의 증가에 따라 조류의 성장이 촉진되어 부영양화 현상이 발생하기 때문



<그림 4-18> BOD 모의 결과



<그림 4-19> 모의치와 실측치 산포도

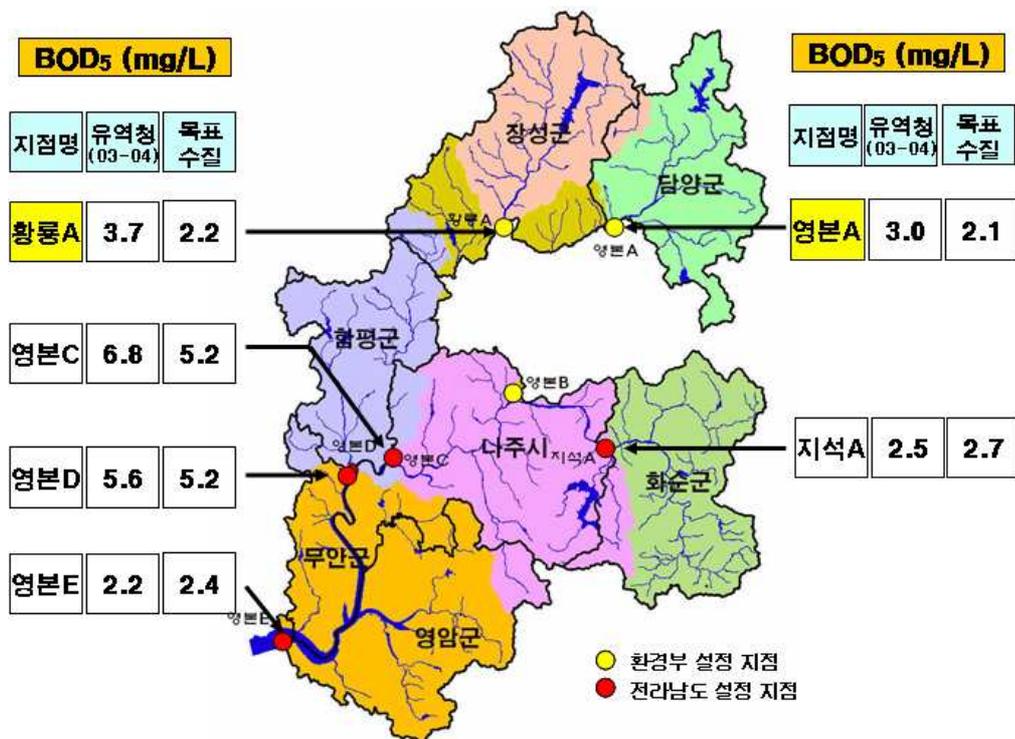
## 4.2. 수질개선대책

### 4.2.1 환경부 수질관리 목표

#### 가. 전라남도 수질관리 목표

- 계획기간 : 2004 ~ 2010년(7년간-기본계획 수립 기준연도 2002년 말)
- 관리대상 : 5일 생물화학적 산소요구량(BOD<sub>5</sub>)
- 대상지역 : 영산강수계 7개 단위유역의 전라남도 관할지역

수계	단위 유역	시 도 (점유율 %)
영산강(7개)	영본 A	광주광역시(11.4), 전라남도(88.6)
	영본 B*	광주광역시(71.6), 전라남도(28.4)
	영본 C	광주광역시(8.7), 전라남도(91.3)
	영본 D	광주광역시(1.9), 전라남도(99.1)
	영본 E	전라남도(100)
	지석 A	전라남도(100)
	황룡 A	전라북도(1.2), 전라남도(98.8)



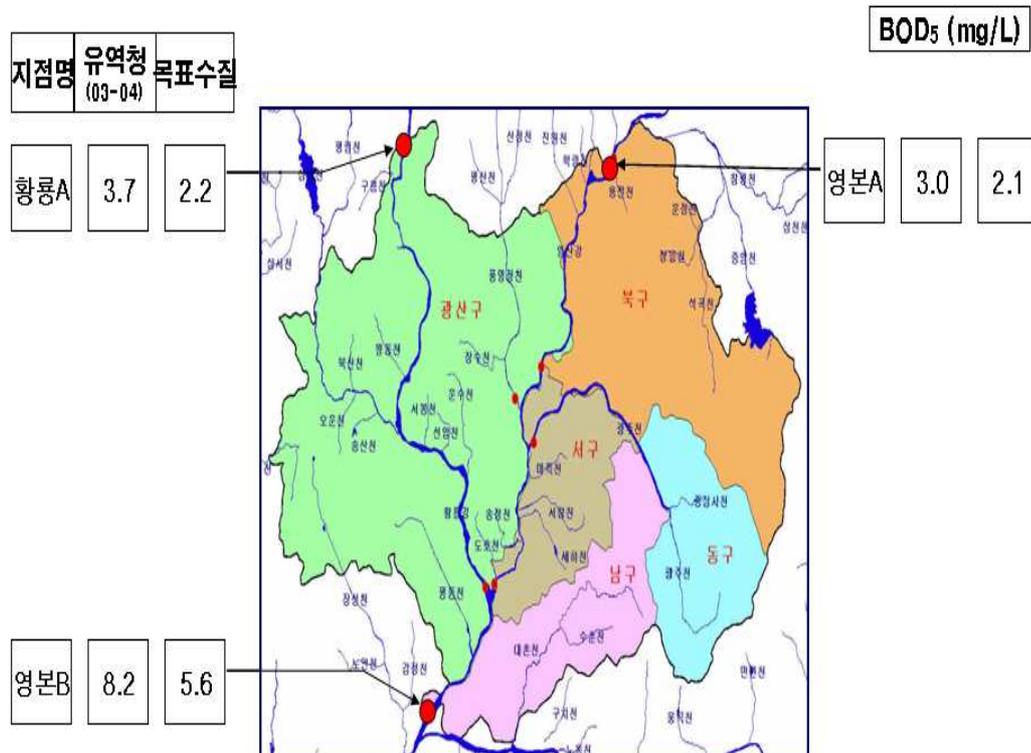
<그림 4-20> 전라남도 영산강수계 목표수질

## 나. 광주광역시 수질관리 목표

- 계획기간 : 2004 ~ 2010년(7년간-기본계획의 수립 기준연도 2002년 말)
- 관리대상 : 5일 생물화학적 산소요구량(BOD<sub>5</sub>)
- 대상지역 : 영산강, 섬진강수계 목표수질 설정 수계구간 및 유역(환경부 고시 제 2002-181호, 2002.11.30)중 광주광역시가 수립주체인 단위유역 1개(영본B) 및 그 외 단위유역 3개(영본A,영본C, 영본D) 광주광역시의 관할지역

수계	단위 유역	시·도 (점유율, %)
영산강	영본 A*	광주광역시(11.4), 전라남도(88.6)
	영본 B	광주광역시(71.6), 전라남도(28.4)
	영본 C*	광주광역시(8.7), 전라남도(91.3)
	영본 D*	광주광역시(1.9), 전라남도(98.1)

주) \* 영본A, 영본C, 영본D 단위유역에 대한 기본계획수립의 주체는 전라남도임



<그림 4-21> 광주광역시 영산강수계 목표수질

## 4.2.2 호내 수질개선대책

### 가. 호내 수질개선 목표치 설정

- 호내 수질개선 목표치는 환경부 및 지자체에서 상류유역의 수질을 목표수질까지 개선하는 조건으로 단계별 호내 수질개선 목표치 설정

<표 4-30> 영산호 수질개선 목표치 설정

항 목	목표수질		사유
	1단계	2단계	
COD	Ⅲ	Ⅱ	- 환경부 및 전남도 Ⅱ급수 요구 - 상류 관리조건에 따라 호내 수질 관리
T-N	Ⅲ	Ⅱ	
T-P	Ⅲ	Ⅱ	

### 다. 공종별 수질개선대책

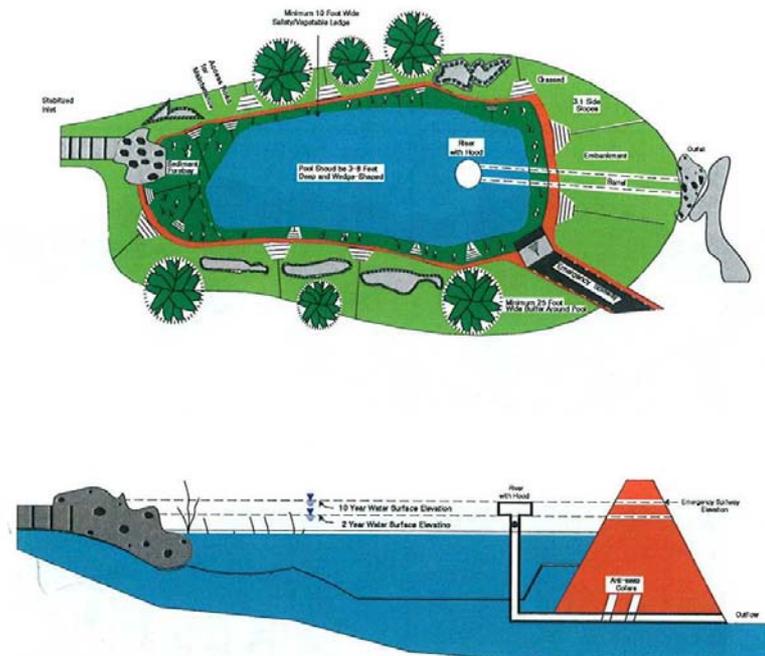
- 호내 수질개선 대책으로 환경부 '물환경관리기본계획'에 따른 상류대책 추진상황을 고려 호내 수질개선대책을 Ⅲ급수 목표로 설정시 배후농경지 20,700ha에서 유입되는 유출수의 수질개선을 위해 저층수배제시설, 부유쓰레기수거선 및 Rope댐, 인공습지, 침강지 설치

<표 4-31> 영산호 수질개선 대책

대 책	목표수질	대 책	추진내용	비 고
1단계	Ⅳ	부유쓰레기 제거	○ 장마나 집중호우시 상류유역에서 발생하여 담수호로 유입하는 각종 생활쓰레기와 초목류 등 부유쓰레기 제거	로프댐(1식) 부유쓰레기 제거선(1척)
		저층수 배제시설	○ 담수호의 수문이나 갑문 하단부 즉 사수위에 위치한 저층수나 퇴적물을 외부로 배제하여 수질을 개선 도모 - 봄, 가을에 용출, 전도되어 담수호 전체에서 수질에 악영향을 미치는 퇴적층의 T-N, T-P를 성층형성시기에 집중적으로 배제	D=2.2m, L=2km 4조
		자동 관측시설	○ 유입수질 및 호내수질을 실시간으로 관측·감시하여 이상 발견시 즉각적인 조치 강구	5개소
2단계	Ⅲ	침강지	○ 담수호 유입부에 설치하여 강우시 농경지에서 유입되는 비점오염물질을 토사 침전, 준설하여 제거	200ha
		인공습지	○ 상류유역에서 유발된 비점오염물질을 물리적·생물학적으로 처리	145ha
3단계	Ⅱ	-	○ 환경부계획과 연계하여 항우계획 수립·추진	-

## 라. 침강지

- 침강지는 자연의 물리적인 침강작용과 흡착작용을 이용하여 초기강우시 유역으로부터 유입되는 다량의 고농도 오염물질을 침강되게시키는 작용을 응용한 수처리 공법으로 우리나라 호소 부영양화의 제한인자인 인은 흡입자에 강하게 흡착되는 성질이 있어 초기 강우시 유사에 흡착된 상태로 유입하게 되므로 침강지에서 이러한 오염물질이 대부분 침강
- 국내에서 침강지의 구체적인 설계기준은 한국농촌공사 농업용수수질개선 조사·설계 매뉴얼에 제시되어 있으며(<표 4-32> 참고), 장 등(2004)의 연구에 의하면 저수지 내에 설치되는 침강지는 유역면적의 0.6~0.8% 정도가 적정규모로 제안된 바 있고, 수심은 성층현상의 방지를 위하여 5m 이하가 적당하고 침강지의 오염물질 포착효율은 평균적으로 COD 35%, T-N 30%, T-P 20%인 것으로 보고한 바 있으며, 국내 사례에 의하면 COD 11%, T-N 42%, T-P 29%, SS 36%, Chl-a 36% 정도로 보고되어 구미 등의 체류지와 비슷한 오염물질 포착효율을 보이고 있으며, 특히 일강우량 30mm 이상의 비교적 강우량이 많은 경우에 그 효과가 큼
- 수질정화 측면에서 침강지의 최적수심은 1~3m이며 성층현상 방지를 위해서는 6m 이하가 유리하고 침강지 내부에 중도(island) 혹은 정류벽(baffle)을 설치하면 사수역(dead zone)방지 등 수류의 흐름을 좋게 하여 침강지의 포착효율을 높일 수 있음



<그림 4-22> 이종목적 침강지(저류지)의 개념도

<표 4-32> 침강지 설계요령

항목	설 계 요 령																																												
기본요건	·입자성 오염물질의 유입부하가 높은 경우에 적합																																												
설계제원	<ul style="list-style-type: none"> <li>·주요 설계제원은 수표면적(또는 용량), 수심, 수처리 효율, 체류시간 등이 있음</li> <li>·침강지의 수표면적은 유역면적의 0.6~0.8%(SAR index)나 저수지 규모의 10% 중 적은 값을 채택하는 것이 침강지 규모, 수처리 효율 등의 측면에서 유리</li> <li>·수심은 성층화 현상을 방지하기 위하여 6m 이하가 적정하고 평균 수심이 3~5m 정도가 되도록 계획</li> <li>·체류시간은 6시간 정도만 되어도 높은 정화효과를 기대할 수 있으며, 12시간 정도로 증가시키는 것이 수질정화 및 홍수조절에 유리</li> <li>·침강지 내의 사수역방지 등 수류의 흐름을 개선하기 위한 중도나 정류벽의 설치 권장</li> <li>·On-line 침강지는 저수지 수체와 완전히 분리되는 구조가 유리</li> <li>·국내에 설치한 침강지의 유형별 단위공사비는 준설형 19천원/m<sup>3</sup>, 보조댐형 2천원/m<sup>3</sup>, 차수막형 13천원/m<sup>3</sup> 정도로 분석</li> </ul>																																												
정화효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>·하천수 중의 입장성물질량, 체류시간, 침전물 제거빈도에 의존</li> <li>·침강지의 수처리효율은 평균적으로 SS 20~60%, COD 5~50% T-N 10~40%, T-P 20~40%인 것으로 보고</li> <li>·국내에 설치된 침강지 유형별 수처리 효율</li> </ul> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">유 형</th> <th colspan="2">COD(%)</th> <th colspan="2">T-N(%)</th> <th colspan="2">T-P(%)</th> <th colspan="2">SS(%)</th> </tr> <tr> <th>강우</th> <th>평시</th> <th>강우</th> <th>평시</th> <th>강우</th> <th>평시</th> <th>강우</th> <th>평시</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>준 설 형</td> <td>11</td> <td>5</td> <td>17</td> <td>13</td> <td>23</td> <td>20</td> <td>19</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>차수막형</td> <td>14</td> <td>5</td> <td>31</td> <td>25</td> <td>25</td> <td>20</td> <td>44</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>보조댐형</td> <td>50</td> <td>5</td> <td>44</td> <td>32</td> <td>43</td> <td>23</td> <td>55</td> <td>47</td> </tr> </tbody> </table>	유 형	COD(%)		T-N(%)		T-P(%)		SS(%)		강우	평시	강우	평시	강우	평시	강우	평시	준 설 형	11	5	17	13	23	20	19	15	차수막형	14	5	31	25	25	20	44	30	보조댐형	50	5	44	32	43	23	55	47
유 형	COD(%)		T-N(%)		T-P(%)		SS(%)																																						
	강우	평시	강우	평시	강우	평시	강우	평시																																					
준 설 형	11	5	17	13	23	20	19	15																																					
차수막형	14	5	31	25	25	20	44	30																																					
보조댐형	50	5	44	32	43	23	55	47																																					
시공 및 유지관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>·부유쓰레기 등의 유출방지 및 수거대책</li> <li>·퇴적물의 준설 등 유지관리(1회/5년 정도)</li> <li>·익사사고 등 안전관리 대책</li> </ul>																																												
유의사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>·하천에서는 On-line 보다는 Off-line으로 설치하는 것이 타당</li> <li>·처리대상 유량 및 수질을 결정하기 위해서는 강우시 수질-유량조사 자료에 대한 검토 필요</li> <li>·침두홍수 제어를 병행하면 차수효과도 기대</li> </ul>																																												

<표 4-33> 침강지의 장단점

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> <li>·강우유출수의 수질과 수량 모두를 조절하는 가장 저렴한 수단</li> <li>·채래의 홍수조절용 유수지 건설비의 10% 정도만 더 소요</li> <li>·기존의 홍수조절조를 개선해 사용가능</li> <li>·침전물과 침전물에 흡착된 오염물질의 제거에 탁월</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·비교적 대규모의 토지를 필요</li> <li>·적절한 관리 필요</li> <li>·용해성 물질은 제거효율 저조</li> <li>·침전물이 제거되지 않았을 경우 대규모 강우 후 침전물 채부상</li> <li>·침전물 제거시 별도의 장비 필요</li> </ul>

자료 : 한국환경정책평가연구원, 도시지역 비점오염원 관리방안 연구, 1997.

## 마. 인공습지(Constructed Wetland)

- 인공습지는 자연습지가 가진 정화능력을 인위적으로 향상시켜 수중의 각종 오염 물질을 저감시키는 친환경적 친생태적 수질정화시설로 북미나 유럽에서는 이미 '70년대부터 인공습지를 생활하수, 축산폐수, 광산폐수, 비점원오염 등 정화에 활용하여 왔으며, 인공습지의 수질정화 효과에 대해서는 인정하고 있으며, 인공습지의 종류는 크게 지표흐름형(SF, Surface water flow)과 지하흐름형(SSF, Subsurface flow)으로 구분
- 인공습지는 물리적, 화학적, 생물학적 복합작용에 의해 오염물질을 정화시키고, 홍수를 일시적으로 저류하여 하류지역의 홍수를 경감시키고 유속을 느리게 하여 토사의 유출을 방지할 뿐만 아니라 지하수를 함양하는 수문학적 기능도 동시에 가지고 있으며, 야생동식물의 서식처나 은신처로서 이용되어 생태계를 건전하게 유지하는 기능도 있으며, 이러한 친자연적인 인공습지의 기능을 이용하여 지역주민 여가 및 휴식공간과 환경교육 프로그램으로 활용

### 1) 인공습지의 규모

- 인공습지 규모 추정방법으로 CWW는 유입되는 수질과 유량이 비교적 일정하기 때문에 K-C\*일차반응모델(Kadlec and Knight, 1996; Reed et al., 1995)을 많이 이용하나, CSW는 강우유출현상과 밀접한 관련이 있어 유량 및 수질의 변동이 크기 때문에 충격적인 수리부하가 간헐적으로 가해지며, 큰 유기오염 부하는 거의 없고 높은 영양물질과 유사를 포함
- CSW 등을 포함한 비점원오염 처리시설의 규모 추정은 강우심법이나 유역면적비법을 이용하는데, 강우심법은 1년, 2년, 10년 빈도와 같은 확률강우량이나 20mm, 30mm와 같이 기준 강우량을 적용하였을 경우의 유역유출량 기준을 의미하는데, 강우심법으로는 13mm(Reed et al., 1995), 30mm(장정렬 등, 2000), 2년빈도 일강우량(USEPA, 1986), 연평균유출량의 70%(최인욱과 권순국, 2002), 90% 강우유출수처리기준(환경부, 2003) 등이 있으며, 유역면적비법은 유역면적의 일정비율을 인공습지의 면적으로 정하는 방법으로, 1~5%(환경부, 2003; MDE, 1987; Kadlec and Knight, 1996) 북미의 CSW는 1:1~1:5000, 일반적으로 유역면적의 3~5%를 권장
- Knight(1992)에 의하면 CSW 설계시에 CSW 위치로서 상류에 소규모로 분산하여 조정할 것인지 아니면 하류에 대규모로 조성할 것인가, 습지의 단위포장(cell)의 크기와 형상, 유량과 수심, 식생선택, 야생동식물의 도입여부를 고려하여 설계

## 2) 인공습지식물 선정

- 인공습지에서는 주로 정수식물을 많이 이용하고 있는데, 가장 많이 사용하는 정수식물로는 갈대, 부들, 골풀, 매자기, 사초, 미나리, 줄 등이 있으며, 이들의 오염물질 제거능력이 우수한 것으로 보고
- 많은 정수식물은 뿌리 끝 부분까지 통기조직이 발달되어 있어 물밖에 나와 있는 줄기와 잎으로부터 운반된 산소가 뿌리부근에도 공급되어 토양 내의 유기물의 분해를 촉진시키는 역할을 하며, 특히 갈대 등의 정수식물은 부엽식물이 가지는 오염물질 제거효과 뿐만 아니라 질산화와 탈질화를 동시에 일으키는 환경을 창출하여 뿌리 주위의 토양에 있는 질소제거를 촉진
- 습지에서 N의 제거는 토양에서 일어나는 질산화 및 탈질화와 식물에 의한 흡수이며, 습지에서 제거되는 전체 질소량에서 식물 및 미생물에 의한 흡수와 암모니아로 전환되어 제거되는 질소량은 전체의 1~34%정도이며, 제거되는 N의 총량에서 탈질화에 의해 제거되는 양이 약 60~70%에 이르며, 식물에 의해 제거되는 양은 약 25% 정도
- 습지에서 P는 주로 습지토양에 흡착되거나 수중의 입자성 오염물질에 결합되어 침강되는 것이 주 제거작용이며, 식물에 의한 흡수는 전체의 5~10%에 불과하며, P의 제거효과는 조성초기 1~2년 사이에는 높을 수 있으나 시간이 지나면서 감소하여 오래된 습지에서 P의 제거효율은 30~50% 정도가 한계

## 3) 인공습지 시스템 배열과 식물식재

- 연못-습지 시스템이 습지단독시스템보다 오염물질 제거효과가 높으며 얕은습지-연못-깊은습지의 시스템 배열이 가장 유리하고, 개방수역과 식생습지의 비율은 토지이용조건, 비용, 인공습지의 기능과 조성목적에 따라 달라질 수 있는데, CWW의 설계시에는 식생습지는 100% 식생으로 하고 개방수역은 50~100%로 설정
- CSW와 CWW에서 식생습지와 개방수역의 비율을 CSW의 경우에는 식생습지 80% (얕은습지 50%, 깊은 습지 30%)와 개방수역(연못) 20%가 적정하며, CWW의 경우에는 식생습지 85%(얕은습지 70%, 깊은습지 15%), 개방수역 15%가 적정하며, 또한 야생동식물의 서식처로서 기능이 주목적이라면 얕은습지 40%, 연못 50%와 진흙 10%의 비율이 적정한데, 얕은습지는 수심 0.3m이하로서 주로 입자성 오염물질의 침전과 여과에 의한 정화효과를 기대하는 습지이고, 깊은습지는 수심 0.3~1.0m로 다소 긴 체류시간을 가지면서 용존성 오염물질의 분해와 질산화와 탈질화를

연기 위한 습지, 개방수역은 수심이 1~2m의 연못으로 입자성 물질의 침강과 조류의 광합성에 의한 깊은습지의 질산화와 오염물분해에 필요한 산소의 공급이 주요기능

#### 4) 오염물질 저감효과

<표 4-34> 국내외 인공습지의 오염물질 저감효과

Parameter		Concentration (mg/L)			Mass (kg/ha/d)			HRT
		In	Out	Eff(%)	In	Out	Eff(%)	
북미	BOD	30.3	8.0	74	7.2	5.1	71	5 ~ 14d
	TSS	45.6	13.5	70	10.4	7.0	68	
	TN	9.03	4.27	53	1.94	1.06	55	
	TP	3.78	1.62	57	0.50	0.17	34	
석문1	BOD	10.9	3.5	68	21.36	18.02	93	1 ~ 3d
	TSS	16.1	6.1	62	40.85	33.32	94	
	TN	6.86	1.93	2	29.93	27.71	96	
	TP	0.49	0.11	78	1.75	1.63	89	
석문2	BOD	4.0	2.9	22	3.05	0.86	24	2 ~ 5d
	TSS	23.1	8.0	50	16.06	10.24	34	
	TN	3.30	1.50	52	2.76	1.46	53	
	TP	0.30	0.14	51	0.23	0.11	48	
시화반월	BOD	18.7	15.0	20	41.5	7.2	17	1 ~ 3d
	TSS	14.4	5.3	63	32.1	20.4	64	
	TN	19.3	13.6	30	35.1	8.9	25	
	TP	0.91	0.69	24	1.8	0.2	11	
시화동화	BOD	12.9	8.1	37	24.7	7.2	29	1 ~ 2d
	TSS	17.1	6.8	61	42.4	24.6	58	
	TN	4.7	2.5	47	9.6	4.3	45	
	TP	0.20	0.10	52	0.4	0.2	50	
마산	BOD	7.4	9.0	23	-	7.8	26	1 ~ 72hr
	TSS	22.5	11.5	68	-	36.2	68	
	TN	1.86	1.68	57	-	1.07	57	
	TP	0.16	0.14	43	-	0.08	43	

#### 5) 국내외 인공습지의 수리적 인자 검토

위치	유형	면적(ha)	유량(m <sup>3</sup> /d)	HLR(cm/d)
북미습지	NW	97.7	542	2.18
	FWS	54.9	35,599	3.88
석문1	FWS	0.28	130	13.3
석문2	FWS	0.8	500 ~ 1,500	6.3 ~ 18.8
시화반월	FWS	21.8	49300	16.8 ~ 41.7
시화동화	FWS	10.9	21100	15.6 ~ 48.3
마산	FWS	0.33	45 ~ 725	30 ~ 477
북미	SF	1.2	1,444	16.08
덴마크	SF	0.20	215	8.01
영국	SF	0.08	148	20.28

## 6) 인공습지 설계기준

설계기준	개요
설계량	·30mm법, 유황분석법, 90% 강우사상법, 25mm법, 13mm법, 6mm 흡선법 등이 사용되나 주로 강우심법에 의해 산정
체류시간	·저농도 고유량 처리를 위한 인공습지의 체류시간은 6~48시간 권장
수심	·얕은습지는 0.1~0.3m, 깊은습지는 0.3~1.0m, 연못 등의 개방수역은 1m 이상이 적용되며, 처리효율, 수생식물의 성장, 용존산소농도 등을 고려할 때 평균 수심 0.3m가 추천
규모산정	·유역면적비법, 체류시간에 의한 방법, RBS에 의한 방법, 모델링에 의한 방법 등이 있음
형상	·종/횡비 1:1~1:4가 좋으며, 퇴적물 고려하여 30cm 여유고를 갖는 것이 좋음
조바닥과 측면	·잡초의 유입, 병해충 서식지 관리와 사면의 안정을 위해 식생재료를 도입하고 정기적인 관리계획을 수립
식물선택	·성장잠재력, 생존력, 식재와 유지관리비용 등을 고려하여 선택하며, 부들, 갈대, 고랭이 등의 정수식물이 이에 해당되나, 습지의 다양한 역할을 기대한다면 비정수성식물의 도입을 검토할 필요가 있음
식재밀도	·식재밀도는 식물의 정착속도와 식재비용에 영향을 미치므로, 식재 후 첫 성장기간에 피도 60%이상을 달성하기 위해서는 1~4본/㎡이 적당
전후처리시설	·전처리시설로 고형물을 제거하기 위한 2~5시간의 체류시간을 가지는 침강지를 설치하고 후처리시설은 퇴적물의 재부유를 방지하기 위해 침전지를 검토

자료 : 농업기반공사, 인공습지 설계관리 요령, 2004.

## 7) 장점과 단점

장점	단점
<ul style="list-style-type: none"> <li>·식생습지는 일반적으로 연석이나 도랑 시스템보다 설치비용이 저렴</li> <li>·도로옆 습지는 비가 내리는 동안 자동차가 빗길에 미끄러지는 현상을 예방하면서 도로표면의 유수흐름을 방지</li> <li>·도로옆 습지는 강우유출수를 더 잘 희석시키고 수질을 개선하기 위해 침투도랑과 침투조와 병행 사용 가능</li> <li>·습지는 자연경관개선의 효과를 가짐</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·식생습지는 연석과 도랑시스템보다 더 많은 관리가 필요(풀 깎기, 식종 등)</li> <li>·도로옆 습지는 제설과 도로밖 주차로 인한 손상이 있을 수 있음</li> <li>·습지가 있는 도로는 가로등이 필요하고 보도시스템으로는 부적합</li> <li>·습지는 배수성이 열악한 토양, 과도한 경사, 또는 중력식 배출구를 설치하지 못할 경우 사용 불가</li> </ul>

자료 : 한국환경정책평가연구원, 도시지역 비점오염원 관리방안 연구, 1997

## 8) 유지관리

- 습지가 지속적으로 잘 운영되기 위해서는 지속적인 관리를 요하며, 습지의 운영 및 유지관리는 1) 유입수가 미생물, 식물, 토양 등과 충분한 접촉 여부, 2) 처리수의 흐름이 습지 전 지역 균등 통과 여부, 3) 미생물이 건강한 활동을 할 수 있는 환경 조성, 4) 식물들의 성장이 왕성하도록 유지시켜야 하는데, 이에 따라 청소계획, 야생동물 관리방안, 퇴적물, 식물절취 및 보식 등 식물관리계획, 수문학적인 시스템 관리(유량분배, 수위 등), 병해충 방제와 모니터링을 포함

### 바. 저층 수질의 정화 계획

- 영산호의 경우 수심이 15m 이상 되는 깊은 지점에 존재하는 오염저층수는 유기물질 및 영양염류가 다량 함유되고 있으며, 특히, 자정작용의 촉매인 용존산소는 전무하고 염분농도도 거의 해수수준으로 높아 수질의 혼합을 방해하는 성층현상을 나타내고 있어 오염물질의 확산 및 분해가 용이하지 않은 수질특성을 보임
- 따라서, 퇴적물 제거와 함께 저층수의 수질정화의 필요성이 대두되고 있어 이를 위해 새만금, 화옹, 간월호와 같은 저층수배제시설이 필요
- 영산강 하구둑으로부터 10.0km까지 퇴적오니토(실트 및 점토)의 평균 구성비는 총 퇴적토의 99.82%이며, 순 퇴적오니토량은 44,573천m<sup>3</sup>으로 연간 30,000m<sup>3</sup> 규모의 저층배제시설의 경우 약 1,486일이면 저층수의 정화처리가 가능한 것으로 사료

### 1) 위치

- 관내 유속에 의한 진동이 방조제 체제에 영향을 주지 않도록(성토단면과 기초지반의 액상화 현상) 기초지반 조건이 좋고, 시공여건이 유리한 신설 배수갑문에 병행 설치

### 2) 토구시설(문비형식 및 개폐장치)

- 문비규모는 조위조건을 고려하여 최대수두차를 얻을 수 있는 약 최저 간조위(EL.-1.89m)이하, 사수위(EL.-9.35m)에서도 관내 공기유입이 되지 않는
- 문비상단은 완전개방시 관리수위(EL.-1.35m)로 계획하여 저조시 문비상태를 점검할 수 있도록 설치

### 3) 문비개폐장치 선정

구 분	초비	스핀들식	유압식	자동수위조절장치식	자동선택배수장치
문비 작동 방법	·내외수위차에 의한 자동개폐	·스핀들 회전에 의한 상하 작동 ·수동, 전동 병행	·유압에 의한 상하활동 ·수동, 전동 병행	·수위차 감지와 비례 제어기 시호에 따라 전동기 조작	·내외 수위차에 의한 자동 개폐
장 점	·동력을 사용하지 않음 ·수위차에 의한 자동 개폐 ·조작인원이 불필요	·중소규모문비에 적용 ·수압으로 인한 자동 강하불가시 적용 ·유지관리가 편리	·모든 수문에 적용 가능 ·문비 자동 강하 불가시 적용 ·문비개폐속도 임의조정 가능	·자동수위조절장치에 의한 개폐 ·자동, 수동 작동 가능	·동력을 사용하지 않음 ·부력에 의한 자동 개폐 ·조작인원이 필요치 않음
단 점	·보조문비로서 적용 ·소규모 문비 적용 ·부력을 고려한 문비 하중 설계 ·완전지수 어려움	·문비개폐를 위한 동력 필요 ·자동조작을 위한 컴퓨터 필요 ·관리인 필요 ·문비개폐속도 고정 (0.2 ~ 0.3m/min)	·문비개폐를 위한 동력 필요 ·자동조작을 위한 컴퓨터 필요 ·관리인 필요 ·개폐시 유압피스톤이 노출된 상태가 되므로 보호시설 필요	·파장이 길고 부근 수심이 얕은 경우 불필요한 문비 작동 발생으로 고장발생 과 전력낭비 ·조절장치의 정밀성 유지를 위한 유지관리 필요 ·문비개폐를 위한 동력 필요 ·수동작동시 관리인 필요	·부유물 부착방지용 스크린이 배수효과 저해 ·장치가 철재로 되어 부식 등 내구성이 없음 ·해조류 부착시 해수역유입 초래 ·장치 수리보수시 해수역유입 방지시설 필요 ·파랑 충격가중시 관체손상 우려 ·작동불필요시 저수량 낭비 초래 ·국내외 시공실적이 없으며 기능의 확실성 결여
선 정	영산호는 저층배제시설 계획 위치가 방조제에서 2km 떨어진 위치까지 파이프를 설치하므로, 파랑 및 파장의 영향을 많이 받지 않으므로 수위차 감지에 오차범위가 적음을 고려할 때 자동수위조절장치를 주문비로 하고, 초비를 보조문비로 하는 시설이 타당한 것으로 판단				

#### 4) 관종 선정

##### ○ 관종별 특성

구분	단위	FRP관	파형 PE관	도복장강관	비고
비중		1.5 ~ 1.8	0.94 ~ 0.95	7.8	
선팽창계수	/°C	2.34×10 <sup>-5</sup>	2×10 <sup>-4</sup>	12×10 <sup>-5</sup>	
인장강도	kg/cm <sup>2</sup>	840 ~ 2400	250 ~ 356	4100	
young 율	kg/cm <sup>2</sup>	90,000	-	21,000	
굴곡강도	kg/cm <sup>2</sup>	1500 ~ 1600	250	-	
충격강도	kg-cm/cm <sup>2</sup>	60 ~ 120	12 ~ 14	-	
흡수율	mg	-	0.01	-	
내약품성	-	양호	양호	불량	
생산최대구경	m/m	2300(2600)	3000(2200)	-	( )는 생산실적
조도계수		0.01	0.01	0.012	
접합방법		F.R.P MAT로 2차 접합	Flange식 및 P.E welding	Flange 식 (고무 Sleeve)	

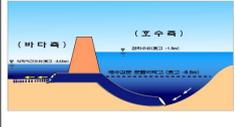
#### 사. 조류제거 및 부유쓰레기 수거선

- 하구에 위치한 담수호는 상류 유역에서 벨상 배출된 각종 생활쓰레기와 초목류 등 부유쓰레기가 장마철이나 집중호우시 담수호내로 유입되어 담수호 수질오염은 물론 경관훼손등 심미적 불쾌감을 유발하고, 시설물 피해 등이 발생 가능하며, 또한 대량의 녹조발생시 긴급한 수거·처리를 통한 호소 부영양화 방지에도 기여를 할 수 있는 부유쓰레기 수거선이 필요
- 현재 대청호, 팔당호 등 대형 상수원댐에서 이용

#### 아. 영산호의 침강지 및 인공습지 적용

- 영산호의 경우 침강지는 현재 상류유역 홍수대책으로 계획중인 나주영산포의 천변저류지를 침강지를 활용하는 방안과 몽탄대교 아래 지점의 구 방조제를 이용하여 침강지를 조성
- 인공습지의 경우는 각 삼포천, 삼양천, 영양천 하류부와 호내로 유입되는 농로의 최말단부에 설치하고 또한, 처리효율을 높이기 위해 각 지천의 중간부분에 침강지와 병행 설치

자. 영산호 수질개선대책 공법

대책구분	공 법	선 정 사 유	비 고
호내 수질개선 대책	부유 쓰레기 제거	하구둑에 위치한 담수호는 상류유역 발생 각종 생활쓰레기와 초목류등 부유쓰레기가 장마나 집중호우시 담수호에 유입 이를 제거하기 위한 시설	
	저층수 배제시설	저층수 배제시설은 댐과 호소의 수문이나 갑문 하단부 즉 사수위에 위치한 저층수나 퇴적물을 외부로 배제하여 수질을 개선하기 위한 시설	
	자동 관측시설	유입수질 및 호내수질을 실시간으로 감시하여 이상 발견시 즉각적인 조치를 강구하기 위해 설치	
농경지 수질개선 대책	침강지	호소나 하천의 유입부에 설치하여 강우시 농경지에서 유입되는 비점오염물질을 토사 침전, 낙차폭기, 준설 등의 방법으로 오염물질을 제거 위해 설치	
	인공습지	상류유역에서 유발된 비점오염물질을 물리적·생물학적으로 처리하기 위해 설치	



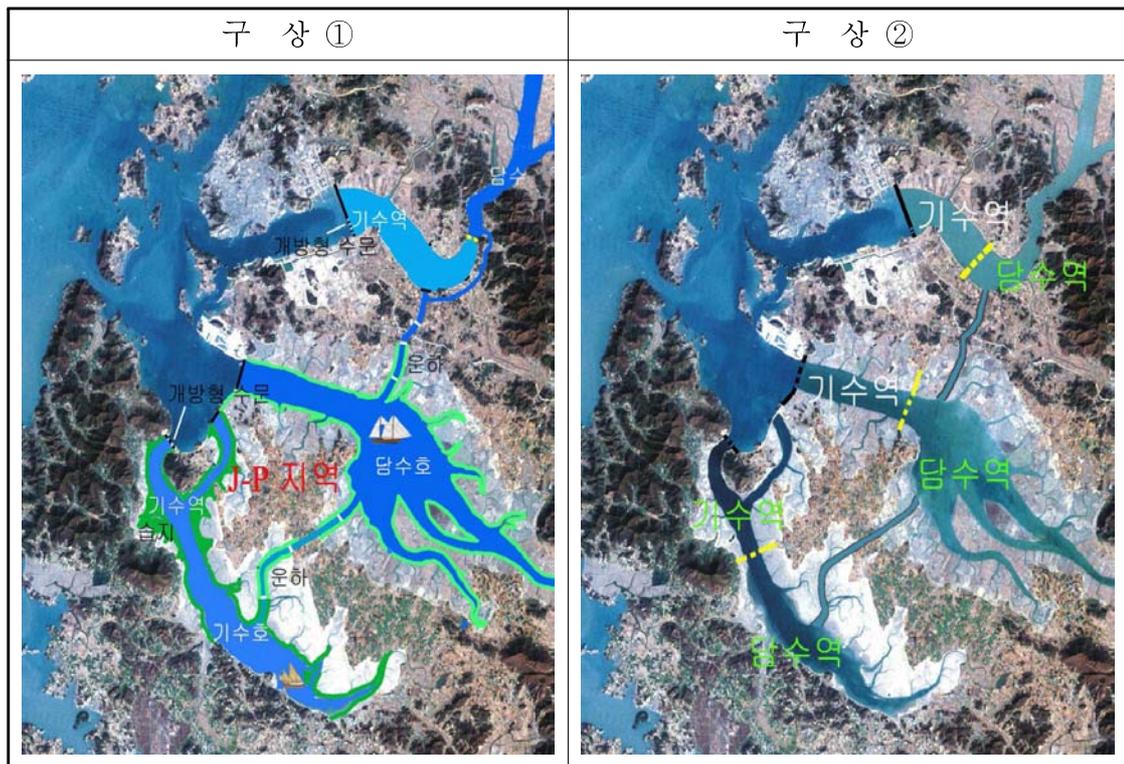
<그림 4-23> 영산호 수질개선대책 개념도

### 4.2.3 영산호의 해수유통 가능성 검토

#### 가. 전남발전연구원 및 한국환경·정책평가연구원 분석 요지

##### 1) 전남발전연구원

- 시화호 및 네덜란드 휘어스호 등 국내·외 해수유통 사례를 소개, 수질문제 해결을 위해 농업용수 활용에 지장이 없는 범위내에서 부분적인 해수유통 필요성을 피력
- 해수유통 방안으로 영산강 하구둑 배수갑문의 일부 개방 및 새로운 형태의 수문 설치 또는 완전개방 등을 논의
- 영산호·영암호·금호호의 해수유통을 위한 하구환경 구조개선 방안
  - 구상 ① : 해수유통(영산호 45%, 금호호 100%), 수중보 및 연결수로
  - 구상 ② : 해수유통(영산호 27%, 영암호 19%, 금호호 36%), 수중보



<그림 4-24> 영산호, 영암호, 금호호의 하구환경 개조 구상

##### 2) 한국환경·정책평가 연구원

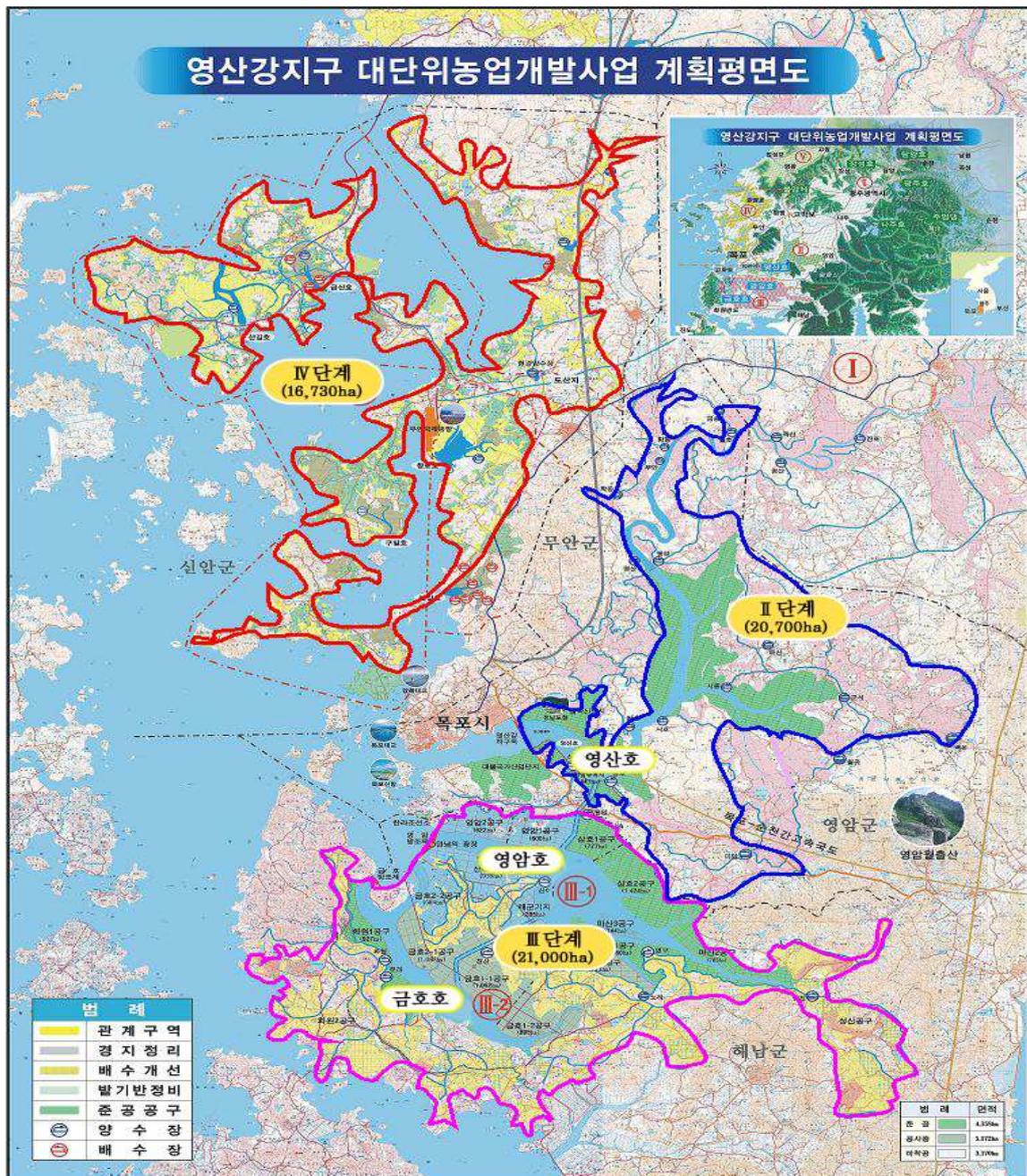
- 영산강 하구둑 해수유통에 따른 염분 및 유속의 변화를 예측 및 평가하기 위하여 하구둑의 구조적 변화 및 유량 변화에 따른 물리 환경 변화를 수질모델을 이용하여 예측 및 평가(지속가능한 하구역 관리방안 II, 한국환경·정책평가연구원 2005)

- 하구둑의 수문을 완전개방, 확대개방, 방조제를 제거할 경우 홍수기 대조시 조석의 영향이 가장 강할 때 하천 유입량 증가에 따라 0.3psu의 확대 범위가 하구둑 기준으로 영산호 방조제의 수문 폭 및 유무에 관계없이 약 14km 지점까지 확산
- 또한, 방류된 영산호의 담수는 고하도와 화원반도 사이의 지역에서 외해에서 유입되는 외양수와 혼합되면서 외해로 빠져 나가 주변 연안역의 염분에 영향을 미칠 것으로 판단되며, 방류량 및 방류시간의 확대는 결국 목포항 주변연안 및 청계만에 이르는 지역까지 염분의 저하를 발생시켜 주변 생태계에 영향을 미칠 것으로 예상
- 하구둑 상시개방 및 수문 확대에 따른 해수유입범위는 최대 창조시를 기준으로 하천 유입량이 감소함에 따라 해수의 유입범위가 하구둑을 기준으로 25km 지점 이상의 지역까지 영향을 미칠 것으로 판단되며, 해수와 담수의 구분 기준인 0.3psu의 염분이 조석의 영향으로 몽탄대교 상류 지역까지 확산되어 하구둑의 상시개방에 따른 조석의 영향을 받는 감조하천의 형태로 영산호가 변화
- 수문의 위치에 따라 수문 통과시 빠른 유속이 나타나며, 하안 시설 및 수문의 안전성에 문제가 발생할 가능성이 있으며, 특히 남악신도시의 하안을 따라 강한 유속이 발생 하안의 침식과 강한 유속에 의한 위험 발생 가능성 증대
- 방류량 증가에 따라 COD 수치가 저층에서 감소하며, 유입유량 증가에 따른 COD 농도의 변화는 표층에서는 지역적으로 다소 상승하는 값을 가지나, 저층에서는 COD 농도가 유입유량에 따라 감소하는데, 전체 수계에서 감소가 아니라 부분적인 증가를 나타내는 곳이 있는데, 이는 유량 증가에 따른 수위 상승효과에 의해 영산강 수계의 물리적인 구조가 변화되어서 나타나는 것으로 보이며, 특히 방조제 부근에서의 부분적인 증가는 Wall barrier 효과로, 이 구간에서 유속의 감소 및 수위의 정체로 인해서 COD 농도가 증가하는 것으로 사료
- 유입유량과 방류량의 증감에 따른 COD 농도변화를 보면, 유량의 증가에 따라 COD 농도의 감소효과가 있고, 그 효과는 표층보다는 저층에서 크게 나타났지만 공간적으로는 전체 수계에서 감소하는 곳과 증가하는 곳이 다양하게 나타났으며, 또한 유량이 증가하는 시기의 COD 농도의 변화보다, 그 후 COD 농도 변화율이 커짐을 알 수 있었고 같은 유입량이지만 방류량이 다른 경우 방류량이 많을 때 COD 농도가 감소하는 경향

#### 나. 영산호 해수유통의 문제점

- 영산호의 해수유통은 하구둑 설치의 기본목적인 농업용수 확보 및 침수방지 등이치수에 위배 - 영산호는 농지 58,430ha 용수공급 및 주변 침수방지 기능 구비

- 가뭄이 심했던 '94년 기준 농업용수 수요가 많은 3개월간 최대 32,137ha(총면적 58,430ha의 55%)까지 용수공급 중단 발생
- 하구환경 구상 ① : 3개월간(7~9월) 용수공급 중단(최대 32,137ha)
- 하구환경 구상 ② : 2개월간(7~8월) 용수공급 중단(최대 13,790ha)
- 농업용수 공급중단 없이 대상지역에 모두 농업용수를 공급해야 하기 때문에 실질적으로는 58,430ha 전체에 용수부족 문제 발생
- 주변이 해양 및 평야지역으로서 대체 수자원 확보도 어려움



<그림 4-25> 영산강 II·III·IV단계 평면도, 급수면적 및 용수량

<표 4-35> 하구환경 개조 구상별 농업용수 공급가능 면적 분석

구 분		4월	5월	6월	7월	8월	9월
농업용수 수요량(백만m³)		8	13	144	203	137	129
구상 ①	공급량(백만m³)	8	13	144	92	91	102
	공급율(%)	100.0	100.0	100.0	45.0	66.4	79.1
	공급불가면적(ha)	-	-	-	32,137	19,632	12,211
구상 ②	공급량(백만m³)	8	13	144	155	129	129
	공급율(%)	100.0	100.0	100.0	76.4	94.2	100.0
	공급불가면적(ha)	-	-	-	13,790	3,389	-

주) 연간총수요량 : 788백만m³(농업용수 634백만m³, 공업용수 등 154백만m³)

○ 해수가 유통되는 인접지역의 양수장·용수로·배수로 등 농업생산기반시설 기능 상실에 따른 막대한 대체시설 설치비 소요

- 하구환경구상 ① : 영산·금호호 주변 재정비(2,368억원 추산)
- 하구환경구상 ② : 영산·영암·금호호 하류부 재정비(827억원 추산)

<표 4-36> 해수유통구상 농업생산기반 대체시설 수요

해수 유통	구분	기능상실	대체 시설	
			주요공사	금액 (억원)
구상 ①	계			2,368
	영산강 II	- 양수장 4개소(산호,대불, 동호,죽산) - 배수로 104조 73.4km 배수문 26개소 등	- 양수장 4개소(480억원) - 배수장 1개소(120억원) - 용수로 21.0km(250억원) - 배수문 26개소(50억원) - 도로 11.0km(30억원) - 방수제보강 4.5km(38억원)	968
	영산강 III	- 양수장 4개소 - 배수로 343조 210km 배수문 28개소 - 도로 10조 27km 등	- 양수장 5개소(600억원) - 용수로 80km(560억원) - 방수제보강 20km(220억원) - 도로 6.0km(20억원)	1,400
구상 ②	계			827
	영산강 II	- 양수장 3개소(산호,대불, 죽산) - 배수로 80조 48.5km 배수문 12개소 - 배수장 1개소(삼향)	- 양수장 3개소(360억원) - 배수장 1개소(120억원) - 배수문 12개소(23억원) - 도로 6.0km(16억원) - 방수제보강 2.8km(24억원)	543
	영산강 III	- 양수장 2개소(화원,문내) - 배수로 126조 74.7km 배수문 4개소 - 도로 3.5km - 용수로 13.0km 등	- 양수장 5개소(240억원) - 배수문 4개소(8억원) - 용수로 11.0km(23억원) - 도로 3.5km(3억원) - 방수제보강 11km(23억원)	284

- 현재 시행중인 영산강 III·IV단계 사업 시행의 당위성 상실 : 해수유통시 용수 공급원 없이 용수공급시설 설치하는 모순
  - 중단시 기시공 수로 등의 무용지물화, 대체용수원 확보 곤란, 농업인 반발
  - 중단시 활용가치가 없는 기시공 시설 및 투자액 손실
    - 하구환경구상 ① : 양수장 3개소(완공 1, 공사중 2), 용수로 144km(완공), 1,718억원
    - 하구환경구상 ② : 양수장 2개소(공사중), 용수로 81km(완공), 1,524억원

<표 4-37> 영산강 농업개발사업 추진현황

구분	전체면적	완공		시행중(미완공)	
		면적	비율	면적	비율
계	58,340ha	28,834ha	43.7%	32,869ha	56.3%
영산강 II	20,700	20,700	100.0	-	-
영산강 III-1	13,160	3,934	30.0	9,226	70.0
영산강 III-2	7,840	927	11.8	6,913	88.2
영산강 IV	16,730	-	-	16,730	100.0

- 영산호 해수유통은 민물을 바닷물로 바꾸는 것으로서, 용수활용을 위한 수질개선 수단으로 보기 어려움 - 배수갑문 개방 및 담수호내 해수차단시설을 설치해도 하구둑 인접이 해수화되나, 전남도가 오염되었다는 영산호 상류까지 해수유입 곤란
- 전남발전연구원에서 제안한 하구환경 개조구상은 농업용수 공급중단, 침수 및 수질·해양환경문제 야기 우려
  - 전남도청을 중심으로 침수문제 발생이 우려되고, 침수방지를 위한 방수제 승상, 배후지역 배수체계 전면 재정비 필요 : 영산호 관리수위 EL.-1.35m, 홍수위 EL.+1.38m, 대조평균만조위 EL.+1.89m, 평균답표고 EL.-0.6m
  - 농업용수 공급부족 기간중 담수호내 물이 장기간 정체됨에 따라 호소수질 오염이 가중되고, 바다로의 방류량도 중단 또는 대폭 감소함에 따라 인근 해양 환경에도 악영향 우려 : 영산호와 연결된 영암·금호호의 수질 및 해양환경에도 영향
  - 영산호는 지형 특성상 습지 등 호소내 수질대책으로는 수질개선에 한계가 있는 실정으로 '06년 발표된 '물환경관리기본계획(환경부)'의 영산호 상류 오염원 처리 대책을 차질 없이 시행 : 영산호는 물의 정체시간이 비교적 짧은 하천형태로서, 정체에 의한 추가적인 오염이 적은 반면, 호소내 습지에서의 체류에 의한 수질 개선 여건이 상대적으로 불리하며, 연평균 물 순환 주기의 경우 영산호 9.9회, 시화호 1.1회, 새만금호 4.8회, 화성호 2.6회

- 일본 이사하야만 간척은 한때 해수유통을 검토했지만 지역위원회의 논의 등을 거치면서 담수화하는 것으로 확정하였으며, 본 사업은 '08년도 3월에 최종 준공
  - 일본 정부는 2002년, 4월 24일부터 5월 20일 사이에 단기개문조사를 실시하여 해수도입이 담수호 및 해역의 환경에 미치는 영향에 대하여 조사한 적은 있으나, 수문개방을 결정한 적은 없음
  - '03년 3월 중장기 개문조사 검토위원회를 설치하여 검토한 결과 개문조사가 아리 아케해의 어업환경에 영향을 미칠 것으로 판단하여, 일본정부는 '04년 5월에 중장기개문조사 실시 중단 및 재생계획을 발표
  - 재생계획의 주요내용은 환경변화를 규명하기 위한 조사, 환경개선을 위한 현지 실증, 담수호로부터의 배수 개선 등
- 이사하야 담수호는 호내 목표수질 달성을 위하여 상류 환경기초시설 설치, 호내 자연정화시설 설치 등 다양한 수질개선 대책을 마련하여 추진
  - 이사하야만은 담수호내 수질개선을 위하여 상류에 환경기초시설을 설치하여 오염수 유입을 줄이고 있으며, 호내에 수질정화를 위하여 자연정화시설, 환경보전형 농업 실시, 유역부하삭감대책, 생활배수대책을 추진

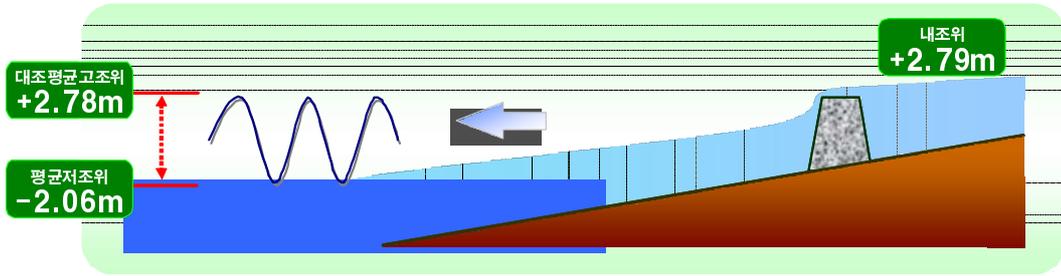


<그림 4-26> 이사하야 간척지 위치 및 전경

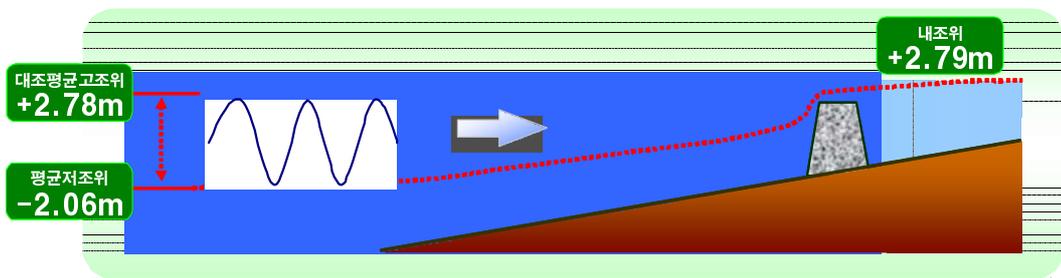
#### 다. 수중보 설치 해수유통의 문제점

- 해수유통시 수중보의 기능은 수중보 하류는 해수, 상류는 담수를 유지하는 것으로 하류는 감조구역, 상류는 담수 수자원 활용

- 상류 담수유지를 위한 수중보의 전제조건으로 수중보를 경계로 바다로부터 상류 유입량보다 담수호에서 하류로 배출량이 더 많아야 하며, 이를 위해 담수호 수위가 대조평균고수위 보다 높아야 함



(a) 저조위시

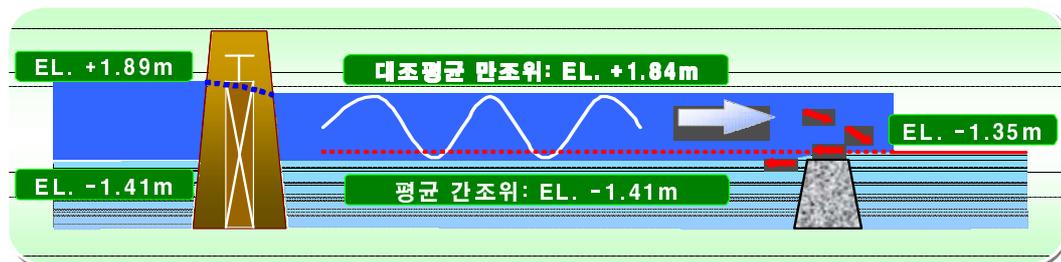


(b) 고조위시

<그림 4-27> 해수유통시 수중보 조건

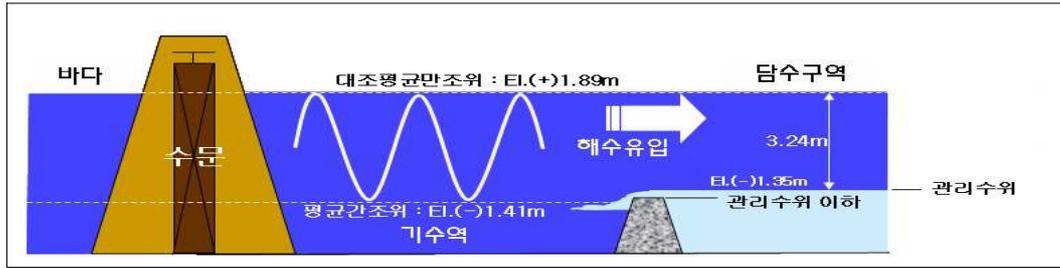
### 1) 하구둑 완전개방 수중보 설치

- 현행, 영산호에 해수유통을 위한 수중보 설치시 해수면은 평균해수면 EL.0m이고 대조평균조위는 EL.-1.41 ~ +1.89m이나 담수호관리수위는 EL.-1.35m



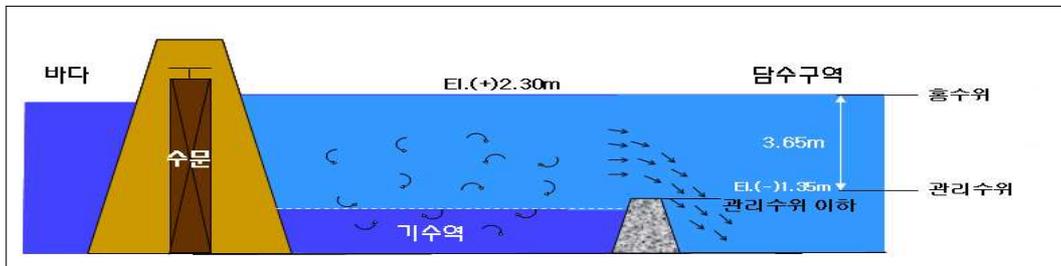
<그림 4-28> 하구둑 완전개방 수중보 설치시 영산호의 수위변화

- 수중보 설치 후 해수유통시 바닷물이 관리수위보다 3.24m 높은 EL.+1.89m(대조 평균만조위)의 높이로 1일 2회 담수구간에 유입
- 또한, 영산강의 수위가 EL.-1.35m에서 EL.-1.41 ~ +1.89m로 1일 2회 변화되므로 주변 농경지로부터 배수가 현재는 자연배수상태이나 365일내내 기계배수가 필요



<그림 4-29> 하구둑 완전개방 수중보 설치시 영산강 내수위 영향

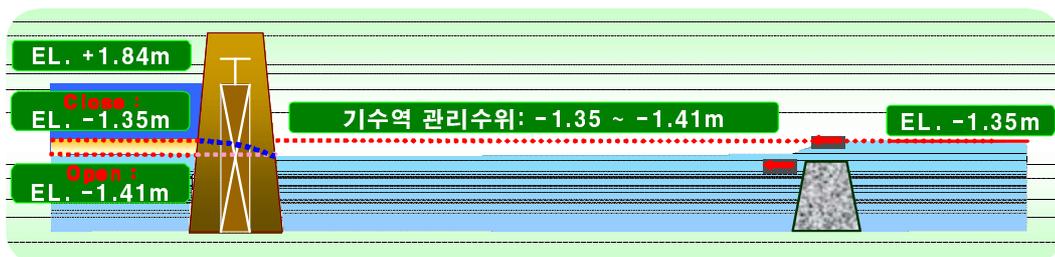
- 배수갑문을 통한 수위조절시, 홍수시 수위상승으로 수중보 상류 담수구간으로 해수 유입 : 홍수시 수중보보다 3.65m 높은 EL+ 2.30m(홍수위)로 상승, 수중보 아래 바닷물이 수중보 상류로 역류, 희석 - 해수(1.025톤/㎥)와 담수(1.0)의 밀도차에 의해 해수에서 담수측으로 물 흐름 발생



<그림 4-30> 기수역과 담수구역 밀도차에 의한 염분 변화

#### 나) 배수갑문 조작 영산강 수중보 설치

- 배수갑문 조작 영산강 수중보 설치시 그 상류 관리수위를 EL.-1.35m로 유지하기 위해서는 배수갑문 조작에 의해 그 하류 감소하천 수위를 최소한 EL.-1.35m 미만으로 관리하기 위해 배수갑문 조작을 통해 감소하천 수위가 EL.-1.34m에 도달하기 이전에 바다로 방류하여야 하나, 목포항 평균간조위가 EL.-1.41m이기 때문에 감소하천 수위 EL.-1.34m를 유지하기 위해 방류할 수 있는 시간은 1시간 이내로 매우 짧아 갑문을 통한 방류량이 매우 작아 배수갑문을 통한 수위조절은 거의 불가능



<그림 4-31> 배수갑문 조작 수중보 설치시 수위 변화

- 수중보를 설치하는 경우 홍수량 발생시 수중보에서의 수위상승에 의한 배수효과로 상류 수십킬로미터까지 영향이 미쳐 홍수위가 관리수위 보다 약 1.0m 이상 더 상승하며, 또한 홍수시에는 기수역 수위증가로 해수가 수중보 상류로 역 유입되기 때문에 담수 유지가 곤란
- 홍수량 유입시 수중보 하류에서도 홍수위가 감소하천 관리수위 보다 약 1.3m 이상 더 상승, 즉, 홍수량 유입시 배수갑문 내측 감소하천 인근지역은 기존 홍수위 보다 더 높아 침수 발생 우려
- 수중보 위치에서 상류로 물이 흐르는 양은 20시간/일(약 $6.23 \times 10^8 \text{m}^3/\text{일}$ )이나 하류로 흐르는 양은 4시간/일(약 $1.84 \times 10^8 \text{m}^3/\text{일}$ )로 수중보 상류를 담수호로 유지하는 것이 불가능

#### 라. 해수유통에 대한 검토 요지

- 영산호 상류유역의 오염원을 그대로 두고 해수유통을 실시하는 것은 영산강의 근본적인 수질대책으로 볼 수 없으며, 특히 영산호 수질은 오염원이 밀집된 상류유역(광주천)의 영향을 많이 받고 있으며, 영산강에서 흘러 온 물은 호소 유입후 오히려 개선되는 추세('07년 COD 광주 2 : 7.1 mg/L → 영산호 : 5.1 mg/L)
- 영산강중 가장 오염된 곳은 광주하수가 유입되는 광주천 하류부로서 상류유역에 오염원이 집중된 지역에 대한 환경기초시설 등을 확충하고, 상류유역의 오염원처리 대책을 담은 '물환경관리기본계획'을 차질 없이 시행하며, 아울러 '영산강 수질오염총량제'가 추가적으로 진행될 경우 영산강 및 영산호의 수질은 개선될 전망
- 현재 시행중인 영산강 Ⅲ·Ⅳ단계 농업개발의 당위성이 상실되어 사업중단 요구 여론이 형성되고, 농업인 반발 등 집단민원 발생과 타 담수호의 새로운 갈등요인으로도 작용할 수도 있으며, 해수유통은 바다의 기수역(汽水역)이 다소 확대될 뿐, 농업용수 부족, 기존 양수장·수로 등 기능상실, 침수피해, 호소·해양오염, 선박통행 제한 등 감당하기 어려운 경제·사회·환경적 손실을 야기
- 이와 같이 해수유통시 농업용수 부족, 농업생산기반시설 이동설치, 환경문제 등이 우려되는 점을 감안, 수질문제는 해수유통보다는 오염원이 집중된 유역내 하수·축산분뇨 등의 처리대책인 '물환경관리종합계획' 및 '영산강 수질오염총량제' 등 상류 오염원 처리에 주력하는 것이 바람직하며, 아울러 영산호내에서는 앞에서 제시한 다양한 추가적인 수질개선 사업을 추진할 경우 수질문제는 해결될 전망

## 4.3 결론 및 제언

### 4.3.1 결론

- 하구둑 상류 영산강 수질의 절대적 영향을 받는 영산호의 수질은 COD, T-N, SS는 Ⅲ~Ⅳ등급으로 농업용수 기준을 만족하고 있으나 T-P는 V, T-N은 등급외 수준
- 수질개선대책의 기본방향은 상류 수질개선 대책은 환경부 및 지자체에서 목표 수질까지 개선하는 조건으로 단계별 호내 수질개선 목표치 설정 및 수질 개선 대책 수립하여 추진
- 수질개선 대책으로 환경부 '물환경관리기본계획'에 따른 상류대책 추진상황을 고려 호내 수질개선대책을 Ⅲ급수 목표로 설정시 배후농경지 20,700ha에서 유입되는 유출수의 수질개선을 위해 저층수배제시설, 부유쓰레기수거선 및 Rope댐, 인공 습지, 침강지 설치
- 해수유통은 농업용수 부족, 농업생산기반시설 이동설치, 환경문제 등이 우려되는 점을 감안, 수질문제는 오염원이 집중된 유역내 하수·축산분뇨 등의 처리대책인 '물환경관리종합계획' 및 '영산강 수질오염총량제' 등 상류 오염원 처리에 주력하는 것이 바람직하며, 아울러 영산호내에서는 앞에서 제시한 다양한 추가적인 수질개선 사업을 추진할 경우 수질문제는 해결될 전망

### 4.3.2 제언

- 본 연구보고서의 수질분석의 경우 환경부 영산강유역환경청의 자료를 분석하여 강우시 수질분석 data가 미비하며, 향후 기본계획수립시 영산강 하구둑에 대한 수질조사 및 예측에 대해 더욱 세밀한 분석 실시
- 본 연구보고서의 호내 수질개선대책은 환경부 및 지자체에서 상류유역의 수질을 목표수질까지 개선하는 조건으로 수립하였으므로, 상류유역에 대한 수질개선 효과가 미비할시는 본 호내 수질개선대책만으로는 수질개선 효과는 미비하므로, 상류유역의 수질에 따라 호내 수질개선대책 재수립

## V. 생태경관개선

- 본장의 생태경관개선은 어도, 통선문, 생태 및 경관개선으로 구성되어 있는데, 현재 영산강 하구둑에 설치되어 있는 어도 및 통선문의 현황을 분석 문제점을 파악하고, 향후 생물다양성 확보 및 관광 및 레저의 증가 등에 따른 어도 및 통선문의 적정 규모, 표준단면도를 제시
- 생태 및 경관개선을 위해서는 현재 영산강 하구둑의 담수하천, 연안해역 등의 생태를 SWOT분석을 통해 파악하여 영산강 하구둑만의 독특한 생태개선방안을 제시하며, 치수 및 용수공급만을 위한 단조로운 하구둑을 다기능 친환경 하구둑으로 경관개선방안을 제시
- 영산강 유역 생태경관개선을 위한 어도설치의 기본현황조사에 대해서는 「영산강 하구둑어도설치의 타당성 조사(2005, 영산강섬진강수계관리위원회·국립환경과학원 영산강물환경연구소)」 자료를 이용 분석
- 어도의 일반적인 사항 및 어도의 형식, 그리고 어도 및 생태경관개선의 국내외 사례조사 내용은 부록 F에 수록

### 5.1 어도

- 어도란 하천 개발에 따라 부수적으로 나타날 수 있는 하천생태계 교란과 파괴를 최소화하거나 폭포나 급류와 같이 어류의 이동에 대한 장애물을 극복하게 하여 하천에서 어종의 보존이나 어류분포의 확산을 조장할 수 있도록 어류의 이동통로를 인위적으로 설치한 하천 수리시설물

#### 5.1.1 어도의 필요성 및 목적

- 댐이나 취입보를 포함한 하천횡단 수공구조물을 하천에 설치하게 되면 하천에 서식하는 회유성 어류는 물론 계절에 따라 국지회유하던 어류 및 수생 동물들의 이동통로가 막혀 서식환경에 접근하기 어렵게 하며, 이는 수공구조물 상류의 하천 어류 개체수를 급격히 감소시키거나 심한 경우 멸종시켜서 하천 생태계의 다양성 및 균형에 심각한 영향을 초래
- 따라서 이의 영향을 최소화하기 위한 방편으로 어도가 개발되었으며 어도는 하천에서 어류이동에 장애물이 있을 경우 어류의 원활한 이동을 가능케 하는 인공적인 수리구조물

- 어도의 설치목적은 댐건설로 인하여 소하성 어류들의 이동이 차단되는 경우 이러한 어류들의 이동을 가능토록 하여 유용한 수산자원을 보호할 뿐 아니라 나아가서 자연생태계를 보전하는 것으로 과거에는 경제적인 종의 보호에 중점을 두었으나 최근에는 전체적인 어류 및 수생생물의 이동을 가능케 하여 생태계의 다양성 및 건전성을 도모하기 위한 목적으로 어도의 인식이 전환되는 추세이며, 국내 하천에 분포하는 생물중에서 대표적으로 어도가 필요한 어종은 <표 5-1>에 제시

<표 5-1> 어도 이용 생물의 소하 습성

습 성	어 종	비 고
성어가 소상하여 산란한 후 치어가 바다로 나감	웅어, 빙어, 황복, 황어, 연어, 송어, 칠성장어 등	
치어가 소상하여 성장한 후 산란을 위해 강하	은어, 뱀장어, 꺾정어, 꼭저구, 참계 등	뱀장어 외는 하구에서 산란
수시로 왕래	송어, 가송어, 농어, 전어, 줄공치, 가실망둑 등	
담수호에서 배수갑문을 열 때 잘못 나간 담수어	붕어, 잉어, 강준치, 가시납지리 등	
국지회유	어종피라미, 월, 열목어, 납자루 등	

- 하구의 서식어종 중 어도가 필요한 생물종

어 종	구 분	소 상		강 하		산 란	유영력
		시기(월)	체장(cm)	시기(월)	체장(cm)		
뱀장어	강하	2~5	5~6	9~10	50~70	-	1.5m/s
빙 어	소하	2~4	10~18	4~5	자어	3~4	1~1.8m/s
송 어	양측	봄	30~60	가을	-	10~11	5m/s
망 둑	양측	수시	-	-	-	4~5	벽을타고오름
꺾정어	강하	4~5	2전후	11	10~17	2~3	0.2m/s

### 5.1.2 영산강 하구둑 기존 어도 분석

#### 가. 영산강 하구둑 기존 어도의 현황

- 우리나라 서해안의 간만의 차는 인천만(仁川灣)의 9m를 최고로, 대부분 5m 이상 이어서 세계적으로도 큰 편이며, 남해안은 2m 내외, 동해안은 0.3m 내외

- 하구둑의 생태계 보존과 어류의 서식처 원형과 복원을 고려한 적정 어도 설치는 이런 조수간만의 차이와 어류상에 따라 그 형식 및 규모가 설계되어야 할 필요성이 있는데, 영산강 하구둑은 서해안의 조위변동에 직접적인 영향을 받는 감소하천 구간으로 하구둑의 총연장은 4,350m이며, 그 외 시설물은 배수갑문, 통선문 등이 설치되어 있으며, 영산강 하구둑에 설치된 기존 어도는 당초 통선문 기능 위주로 설치된 구조물에 유인수 펌프를 설치하는 형식으로 1997년 10월 ~ 1998년 5월 사이에 준공되었으며, 통선문 겸용 갑문식어도로 활용

<표 5-2> 기존 하구둑 어도 현황

어 도	기존 통선문겸용 갑문식 어도 전경
<p>통선문겸용 갑문식어도 폭 : 6.6m, 길이: 30m</p>	

### 5.1.3 기존 어도의 문제점

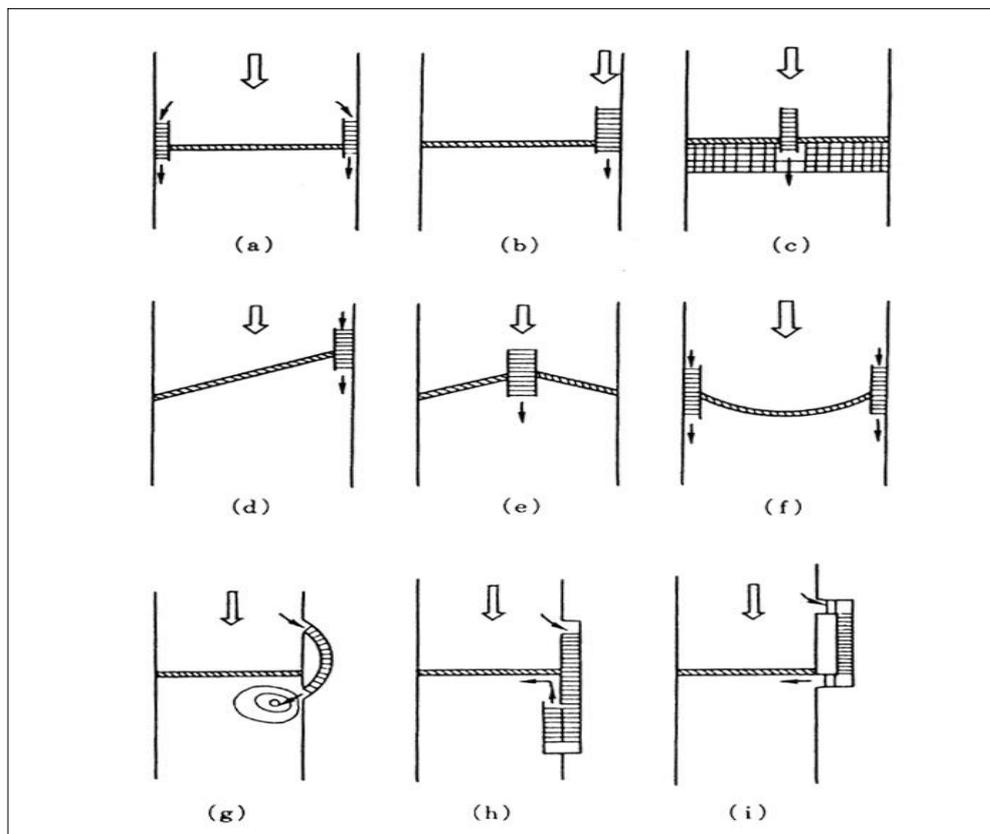
#### 가. 일반사항

- 어도의 규모가 클수록 어류의 소상환경이 양호하다는 생각이 과거에는 지배적이었으나, 어도는 어도의 규모보다는 어류의 이동경로에 어도의 입구를 설치할 때 어류의 소상효과가 크게 나타나는데, 어도의 기능이 효율적으로 설계되기 위해서는 하구언 하류에 있어서의 어류의 일반적인 거동특성을 조사해야 하는데, 어류의 일반적인 거동 특성을 요약하면
  - 소상어는 흐름에 대하여 정방향의 주행특성을 가지고 있으며 일반적으로 하안부를 통하여 이동
  - 강한흐름을 피하고 유수의 경계면을 통하여 이동
  - 조용하고 일률적인 흐름에서는 비교적 빠른 흐름으로 이동
  - 복잡한 난류, 기포 등의 흐름에서는 조용한 흐름으로 이동
  - 강한 흐름이 발생하는 곳에서는 측면부의 순환류가 발생하는 곳에 체류
  - 유속이나 밝기 등 환경이 크게 변할 때는 곧바로 소상하지 않고 같은 장소에 머무는 경우가 많음



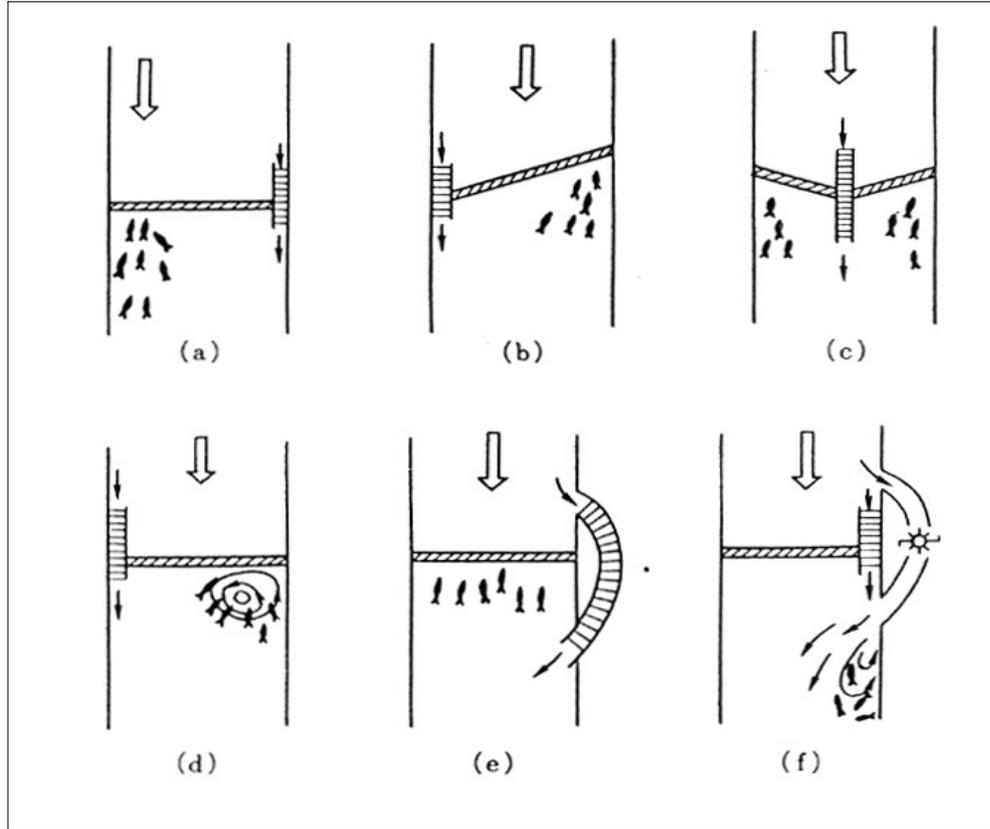
<그림 5-1> 어류의 소상 현황

○ <그림 5-2>는 어도설치 위치의 적절한 예이며, <그림 5-3>은 부적절한 예를 표시



출처) 中村中六, 1994, 「魚道の設計」, 東京 :財團法人 ダム水源池環境整備センタ.

<그림 5-2> 어도의 입구가 적절한 예



출처) 中村中六, 1994, 「魚道の設計」, 東京 :財団法人 ダム水源池環境整備センター.

<그림 5-3> 부적정한 어도의 위치

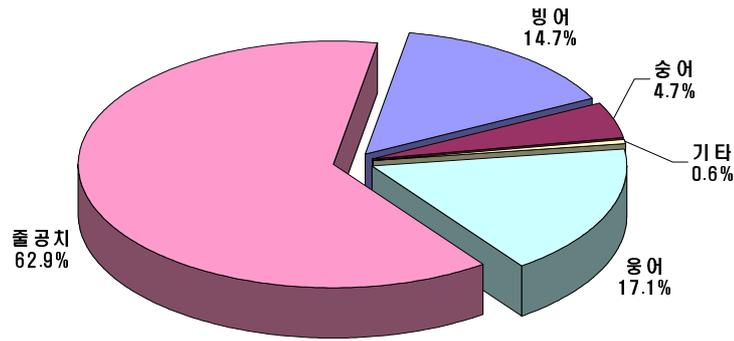
- <그림 5-2>의 (a)는 장애물에 의하여 좌, 우안 어느 쪽으로 이동하여도 좌, 우 양안에 어도가 위치하여 소상 가능한 환경을 제공할 수 있으며, (b)는 주 흐름상에 어도가 위치하고 있고, (c)는 어도가 중앙에 위치하고 있지만 직하류 하상 보호공의 중앙부를 낮게 하여 중앙부에 주 흐름이 생기고 어도의 입구가 언측 하류에 있어 어도를 찾을 수 있고, (d), (e), (f)는 어류의 이동 특성 결과 어도 입구로 모일 수 밖에 없으며, (g)~(i)는 어도를 우회시킨 경우로 어느 경우도 어도의 입구를 언 직하류에 위치시켜 언과 어도 입구의 체류구간을 작게 한 예
- <그림 5-3>의 (a)는 주 흐름의 반대방향에 어도가 설치되었으며, (b), (c)는 언 또는 보의 직하류 도수나 단차를 피하며, 상류로 이동함에 따라 어도가 없는 좌안 또는 양안으로 고기가 모이게 되며, (d)는 어도가 위치한 반대편에 깊은 순환류가 발생되어 고기가 체류되는 형태이고, (e)는 어도 입구를 찾지 못한 고기가 언 직하류에 모여 있으며, (f)는 발전방류는 강한 흐름에 의한 측면의 순환류에 고기가 체류되어 있는 형태로, 대체로 상기 서술한 (a)~(f)의 기본적인 어류특성을 따르지 않는 어도의 형태

## 나. 기존어도의 문제점

- 우리나라의 어도설치 목적이 선진외국과 달리 생물 다양성 확보와 부가시설에 의한 인간과 하천환경의 조화에 있으므로 기존 어도의 효율성을 평가하기 위해서는 생물 다양성 확보 여부, 소상효율, 집어효과, 어도 입구의 적정성, 부가시설에 의한 관광 및 교육효과 등을 종합적으로 분석

### 1) 생물 다양성 확보 여부

- 생물 다양성 확보 여부는 영산강 하구둑에 설치한 통선문 겸용 갑문식어도에 대한 어류의 이용에 관한 정량적 자료로 평가되어야 하나 우리나라에서 어류의 어도 이용에 관한 자료는 매우 적은 편이며, 하구둑에 설치한 갑문식어도의 이용을 정량적으로 조사한 것은 황(1999)의 영암방조제 갑문식어도를 통한 어류상 조사
- 영산강 하구둑에 설치된 기존 갑문식어도는 1981년 준공 당초 통선문 기능 위주로 설치된 구조물에 유인수 펌프를 설치하는 형식으로 1998년에 완성되었으며, 어도의 이용에 관한 정량적 조사는 통선문 조작시 관찰 기록으로 남아 있는 것뿐이며, 이 기록 자료는 비전문가에 의한 기록으로 좋은 참고자료로서 활용은 가능하나 학술적 또는 타당성 평가에는 다소 무리한 기록
- 따라서 인근의 방조제에 설치된 갑문식어도의 이용에 관한 자료를 이용하여 영산강 하구둑의 생물 다양성을 평가할 수 밖에 없는데, 하구둑 준공연도(1981. 12)가 영암방조제의 준공연도(1993. 12) 보다 12년 빠르고 통선문으로 사용하던 시설에 어도의 기능을 추가한 것이(1998. 5) 영암방조제 갑문식어도 보다 5년 늦게 설치되어 운용되어 오고 있는 점을 고려할 때 영암 방조제 어류상의 정량적 평가를 하구둑의 기존어도의 평가에 이용하는데 있어서 무리가 없을 것으로 판단
- 황(1999)에 의하면 영암방조제의 어류상은 住谷(1995), 中川등(1995)이 보고한 외국의 하구에 설치한 어도의 어류상 보다 어도의 이용 개체가 많은 것으로 보고하고 있으며, 또한, 황은(2005) 강에 설치한 어도와 하구에 설치한 어도의 이용에 관한 보고를 하였는데 강에 설치된 어도에서 우점종인 피라미가 전체의 약 50%를 차지하고 나머지 9종은 비교적 고르게 채집된 반면 영암방조제 갑문식 어도에서는 줄공치가 62.9%를 차지하고 다음으로 웅어, 빙어, 숭어 순이며, 기타는 1%이하로 우점종이 차지하는 비중이 높아 종의 다양성이 떨어지며, 개체수로는 회유성 어류가 99%를 차지(<그림 5-4> 참조)



<그림 5-4> 영암방조제 갑문식 어도에서 채집된 어종의 구성

- 위에서 살펴본 바와 같이 영암 방조제 갑문식어도를 이용하는 개체수 대부분이 회유성 어류임을 감안할 때 생물 다양성 확보를 위해서는 회유성 어류 및 주연성 어류의 산란, 서식 등을 도울 수 있는 기수역 확보가 필수
- 특히, 주연성 어류 중에서 저염 내성이 큰 어종은 기수역이 없어도 적응할 수 있지만, 저염 내성이 작은 어류는 감소하게 되며, 주연성 어류는 어도내의 기수역에서 산란하거나 성장하기 때문에 기수역이 확보된 어도를 서식 장소로 이용
- 따라서, 이러한 주연성 어류를 위해서는 넓은 기수역이 필요하며, 기수역이 확보되면 기수역에서는 물론 연안에서도 주연성 어류의 양이 증가할 것으로 기대되고, 이들에게 적합한 어도가 설치될 경우 자원량이 증가할 것이고, 나아가 어획량이 증가할 것으로 기대
- 이러한 넓은 기수역을 확보하기 위해서는 기존 영산호 내에 시설을 계획할 수 있으나 영산호의 수리 수문적 측면 재평가와 하구둑에 미치는 영향 및 홍수 등에 의한 기수역 보존 등이 어려우리라 판단되며, 따라서 영산호 외곽의 인공으로 조성된 넓은 염수역, 기수역이, 담수역이 필요하리라 판단

## 2) 어류의 집어효과와 소상효율

- 영산강 하구둑에 설치된 기존 갑문식어도에서 어류의 집어효과와 소상효율을 평가하기 위해서는 지속적인 유인수의 공급으로 인한 집어효율 평가, 해측 갑문 및 호측 갑문의 개폐시간 및 주기에 지배를 받는 소상시간을 분석
- 어류의 집어효율 및 소상시간 분석은 하구둑의 기존 갑문식 어도 조작 실적자료인 '하구둑 관리연보, 2000, 농업기반공사' 자료를 분석
- 분석결과는 <표 5-3>, <표 5-4>에 제시하였으며, 기존 갑문에서 유인수량의 공급은 총 372회(년 월평균 31회)이었으며, 총가동시간은 2,044hr로 하루 24시간을

년간 방류하는 조건을 부여한다면 년 약 23% 비율로 공급되고 있었으며, 유인수 공급 펌프의 년 평균 1회당 가동시간은 6시간으로 나타남

- 따라서 년 23% 비율의 유인수 펌프 가동과 하루 1~2회 가동회수를 참고하면, 하루 25~50%의 비율로 방류량이 공급되는데 이는 다소 단속적이긴 하나 1일 1~2회의 극히 한정되어 운영되는 기존의 어도에서는 어류의 소상에 적합한 유향을 하구언 하류에 형성할 수 있으므로 집어효율은 다소 얻을 수 있을 것으로 판단
- 어류가 갑문식어도를 통하여 호측으로 소상하는 시간에 대한 분석 자료인 <표 5-4>로 판단할 수 있는 것은 갑문 게이트의 조작이 하루 최대 2번 반복되었으며, 해측 갑문의 개폐시간은 유인수 펌프 가동시간과 동일하게 운영되고 있고, 해측 갑문의 년 평균 1회 개방 시간은 6시간으로 운영
- 그러나 호측 갑문을 통해 영산호를 진입하기 위한 소상시간인 호측 갑문의 개폐 시간은 년 평균 1회당 개방시간이 47분으로 극히 한정되어 있었으며, 이는 어류의 소상에 충분한 시간을 제공하지 못하리라 판단

<표 5-3> 기존어도의 유인수 펌프 가동현황(하구둑 관리연보 2000)

월 별	총 가동 회수	총 가동시간(분)	평균 1회당 가동시간(hr)
1	3	1,470	8
2	21	10,230	8
3	25	14,770	10
4	24	10,050	7
5	41	11,420	5
6	37	10,270	5
7	48	12,790	4
8	47	12,320	4
9	36	10,560	5
10	41	11,530	5
11	30	9,580	5
12	19	7,640	7
계	372	122,630	2,044
평균	31		6

- 따라서 기존 갑문식 어도에 있어서는 영산호의 담수 이용에 영향을 주지 않는 범위 내에서 되도록 장시간 개방할 수 있어 어류의 소상효율을 높여주고 조석 현상에 따른 호측과 해측의 수면 변화에도 하루 수회 어도를 조작할 수 있도록 조정

<표 5-4> 기존 어도의 해측, 호측 갑문 개폐 조작현황

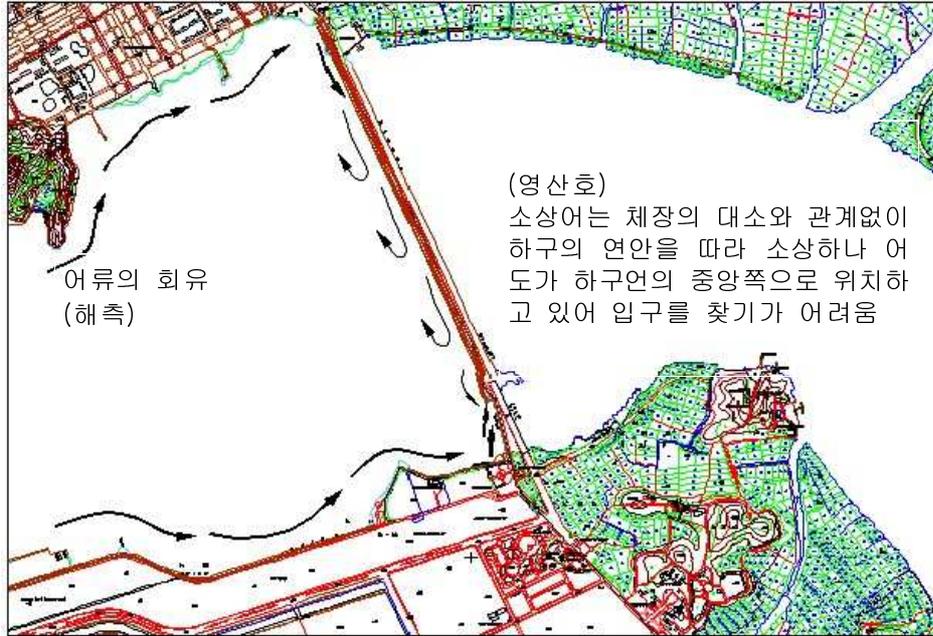
일별	총 개폐 회수	총 개폐 시간(분)		평균 1회당 개폐 시간(분)		
		해측	호측	해측		호측
1	3	1,470	170	490	8hr	57
2	21	10,230	920	487	8hr	44
3	25	14,770	1,160	591	10hr	46
4	24	10,050	950	419	7hr	40
5	41	11,420	1,830	279	5hr	45
6	37	10,270	1,730	278	5hr	47
7	48	12,790	2,490	266	4hr	52
8	47	12,320	2,180	262	4hr	46
9	36	10,560	1,840	293	5hr	51
10	41	11,530	1,920	281	5hr	47
11	30	9,580	1,390	319	5hr	46
12	19	7,640	910	402	7hr	48
계	372	122,630	17,490	4,367	73hr	568
평균	31			8,734	6hr	47

자료 : 농업기반공사, 구둑 관리연보, 2000.

### 3) 기존 어도의 입구

- 어도의 입구부는 어류의 유도 및 진입이 용이해야 하므로 어도의 형식과 설치 지점의 현장상황을 조사하여 소상어가 모이고 있는 장소에 어도 입구를 설치
- <그림 5-5>는 영산강 하구둑 기존 갑문식어도를 통한 어류의 소상 현황을 나타낸 것으로 기존 갑문식어도의 입구에 대해 검토한 결과 다음과 같은 문제점 대두
  - 영산강 하구둑에 설치된 기존 어도는 당초 통선문 기능 위주로 설치된 구조물에 유인수 펌프를 설치하는 형식으로 되어 있어, 어도 입구가 우안인 영암측 하구둑 시점에서 370m 안쪽으로 위치하고 있어 어류가 어도 입구를 찾아오기가 어려움
  - 기존의 어도 구조를 보완하더라도 어류가 소상할 때는 하천의 가장자리를 따라서 이동하는 습성이 있기 때문에 어도의 기능을 원활히 발휘할 수 없음
  - 기존 통선문겸용 갑문식 어도의 기능을 위한 Gate 조작은 조수간만의 차이가 커서 1일 최대 2회 정도로 운영되고 있고, 소조시에는 조작이 불가능하므로 소상어가 수문 직하류에 장시간 체류하여 소상 기능이 저하
- 따라서 어류가 소상할 때는 하천의 가장자리를 따라 이동하게 되므로 어도의 입구는 하천의 양안에 신설하는 것이 바람직하며, 신규 어도를 영암측 시점부에 설치시 남측의 경우는(영암측) 기존의 배수갑문이 8련이 운영되고 있어 자연스런

유향을 형성하고 있으나 북측인 목포측에 신규어도를 설치할 경우는 배수갑문의 신설조건이 부여되어야 자연스런 유향을 형성하여 어도의 입구로 소상어를 유도할 수 있으리라 판단



<그림 5-5> 영산강 하구둑 기존 갑문식 어도를 통한 어류 소상 현황

#### 4) 인간과 환경의 조화 및 환경보존

- 유역의 생태환경에 지대한 영향을 미치는 하천은 급격한 산업화와 경제성장과정을 거치는 동안 그 기능 변화와 생태환경파괴를 경험하고 있으며, 하천이 지니고 있는 본연의 기능은 풍부한 수량, 깨끗한 수질, 하천에 의지하여 살아가는 다양한 생물과 인간이 서로 조화를 이룰 때 좋은 생태환경 형성
- 이미 선진 외국의 경우는 어도 본연의 기능 이외에 인간과 하천환경의 조화라는 관점에서 어도에 관찰실, Visitor Center 등과 같은 부가시설을 설치 일반인들의 관광효과와 학생들의 교육효과를 고려하고 있으므로 우리나라에서도 '어도시설의 설치 및 관리규정(해양수산부 2005)'등이 고시되어 어도 설치로 생물 다양성 확보와 이에 의한 생태계보존 및 인간과 환경의 조화로 얻을 수 있는 관광 및 교육효과를 고려하는 노력이 최근에 시도
- 생물 다양성 확보, 어류의 집어효과, 소상효율 등을 접어두고라도 인간과 환경의 조화 및 환경보존적인 시설에 있어서 기존 영산강 하구둑 어도시설에는 관찰실, Visitor Center 등과 같은 부대시설이 전혀 없는 실정

- 기존의 갑문식어도에 관찰실의 기능 부여를 한다할 지라도 담수호의 탁도가 흐리기 때문에 기존 어도를 통해 유평하는 물고기를 벽체로 유도하는 등의 시설이 필요하게 되며, 어류의 관찰실이 영암측 하구둑 시점에서 370m 안쪽으로 위치하게 되어 접근성이 떨어지리라 판단
- 또한, 어도의 입구 등에서 나타난 문제점 및 대안을 고려해본다면 신규 어도 설치를 고려할 필요성 있으며, 부가적으로 관찰실 및 Visitor Center 등을 설치를 통하여 생태계보존 및 인간과 환경의 조화로 얻을 수 있는 관광 및 교육효과 기대

#### 다. 기존 어도의 개선방안

- 기존 어도의 문제점을 개선하기 위한 방안은 크게 기존 어도의 문제점을 고려하여 기존 어도를 개선하는 방법과 신규 어도를 설치하는 방법 2가지로 분류하여 고려
- 생물 다양성 확보 여부, 소상효율, 집어효과, 어도 입구의 적정성, 부가시설에 의한 관광 및 교육효과 등을 고려하여 신규 어도를 설치하는 방법에 대한 검토를 실시
- 기존 갑문식어도의 문제점과 개선방안을 요약 정리하면 <표 5-5>

<표 5-5> 기존 갑문식 어도의 문제점 및 대안

구 분	기존 통선문 겸용 갑문식 어도의 문제점	개 선 방 안
생물 다양성 확보 여부	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦영산강 하구둑의 통선문 겸용 갑문식 어도의 이용에 관한 정량적 자료가 없어 영암 방조제 갑문식어도의 정량적 자료를 이용하여 생물다양성 평가를 실시</li> <li>◦영암호의 갑문식어도를 이용하는 개체수 국외 어도의 이용에 관한 발표자료보다 개체수가 많았으나 대부분이 회유성 어류임</li> <li>◦우점종을 차지하는 비율이 높아 종의 다양성은 떨어짐</li> <li>◦생물 다양성 확보에 필수적이며, 회유성 어류 및 주연성 어류의 산란, 서식 등을 도울 수 있는 기수역 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦생물 다양성 확보를 위해서는 회유성 어류 및 주연성 어류의 산란, 서식 등을 도울 수 있는 기수역 확보 필요</li> <li>◦주연성 어류 중 저염 내성이 작은 어류를 위해서는 넓은 기수역이 필요</li> <li>◦기수역이 확보되면 기수역에서는 물론 연안에서도 주연성 어류의 양이 증가하여 자원량이 증가할 것이고, 나아가 어획량이 증가 기대</li> <li>◦넓은 기수역을 확보하기 위해서는 기존 영산호 내에 시설을 계획할 수 있으나 영산호의 수리 수문적 측면 재평가와 하구둑에 미치는 영향 및 홍수 등에 의한 기수역 보존 등이 어려움</li> <li>◦영산호 외곽의 인공조성으로 조성된 넓은 염수역, 기수역이, 담수역이 필요</li> </ul>

<표 5-5> 기존 갑문식 어도의 문제점 및 대안(계속)

구 분	기존 통선문 겸용 갑문식 어도의 문제점	개 선 방 안
어류의 집어효과 및 소상효율	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦어류의 집어효과와 소상효율 평가는 지속적인 유인수의 공급으로 인한 집어효율 평가, 해측 갑문 및 호측 갑문의 개폐시간 및 주기에 지배를 받는 소상시간 분석으로 평가</li> <li>◦유인수량의 공급 : 총 372회(년 월평균 31회), 총가동시간 2,044hr               <ul style="list-style-type: none"> <li>-하루 24시간 연간 방류 조건시 년 약23% 비율로 공급, 유인수 공급 펌프의 년 평균 1회당 가동시간은 6시간</li> <li>-유인수 펌프 가동과 하루 1~2회 가동회수를 참고하면, 하루25~50%의 비율로 방류량이 공급</li> <li>-이는 다소 단속적이긴 하나 1일 1~2회의 극히 한정되어 운영되는 기존의 어도에서 어류의 소상에 적합한 유향을 하구언 하류에 형성할 수 있어 집어효율은 다소 얻을 수 있음.</li> </ul> </li> <li>◦갑문 게이트의 조작이 하루 최대 2번 반복되었으며, 해측 갑문의 개폐시간은 유인수 펌프 가동시간과 동일함(년평균 1회 개방 시간 : 6hr)               <ul style="list-style-type: none"> <li>-호측 갑문을 통해 영산호를 진입하기 위한 소상시간인 호측 갑문의 개폐시간이 극히 한정됨(년 평균 1회당 개방시간 = 47분)</li> <li>-이는 어류의 소상에 충분한 시간을 제공하지 못하리라 판단</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦기존 갑문식어도에 있어서는 영산호의 담수 이용에 영향을 주지 않는 범위 내에서 되도록 장시간 개방할 수 있어 어류의 소상효율을 높여주는 어도의 형식이 필요</li> <li>◦조석 현상에 따른 호측과 해측의 수면 변화에도 하루 수회 어도를 조작할 수 있는 신규어도가 필요할 것으로 판단됨</li> </ul>
어도 입구	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦기존 어도는 당초 통선문 기능 위주로 설치된 구조물에 유인수 펌프를 설치한 형식</li> <li>◦어도 입구가 우안인 영암측 하구둑 시점에서 370m 안쪽에 위치하고 있어 어류가 어도입구를 찾아오기가 어렵게 되어있음</li> <li>◦기존의 어도 구조를 보완하더라도 어류가 소상할 때는 일반적으로 하천의 가장자리를 따라서 이동하는 습성이 있기 때문에 어도의 기능을 원활히 발휘할 수가 없을 것으로 판단됨.</li> <li>◦기존 갑문식 어도의 기능을 위한 Gate 조작은 조수간만의 차이가 커서 1일 최대 2회 정도로 운영, 소조시에는 조작 불가능, 소상어가 수문 직하류에 장시간 체류하여 소상 기능 저하할 수 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦어류가 소상할 때는 하천의 가장자리를 따라 이동하게 되므로 어도의 입구는 하천의 양안에 신설하는 것이 바람직함</li> <li>◦신규어도를 영암측 시점부에 설치시 남측의 경우는(영암측) 기존의 배수갑문이 8련이 운영되고 있어 자연스런 유향을 형성하고 있어 어도의 입구로 소상어를 유도가능</li> <li>◦북측인 목포측에 신규어도를 설치할 경우는 배수갑문의 신설조건이 부여되어야 자연스런 유향을 형성하여 어도의 입구로 소상어를 유도할 수 있으리라 판단</li> </ul>

<표 5-5> 기존 갑문식 어도의 문제점 및 대안(계속)

구 분	기존 통선문 겸용 갑문식 어도의 문제점	개선방안
인간과 환경의 조화 및 환경보존	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦생물 다양성 확보, 어류의 집어효과, 소상효율 등을 접어두고라도 인간과 환경의 조화 및 환경보존적인 시설에 있어서 기존 영산강 하구둑 어도 시설에는 관찰실, Visitor Center 등과 같은 부대시설이 전혀 없음</li> <li>◦기존의 갑문식어도에 관찰실의 기능 부여를 한다할 지라도 담수호의 탁도가 흐리기 때문에 기존 어도를 통해 유영하는 물고기를 벽체로 유도하는 등의 시설이 필요</li> <li>◦어류의 관찰실이 영암측 하구둑 시점에서 370m 안쪽으로 위치하게 되어 접근성이 떨어짐</li> <li>◦영암호에 설치된 통선 갑문식 어도에서는 주연성 어류들이 주를 이루었고, 영산호의 어종구성에서는 해산 어류 및 주연성 어류가 점진적으로 감소하고 담수어류가 증가하는 양상을 나타내고 있음</li> <li>◦물론 영산호에서는 1981년 2월에 체질이 이루어졌음에 반하여 영암호에서는 10년 후인 1991년 4월에 체질이 이루어져 영암호의 자료가 담수화가 진행되는 과정 중에 조사된 자료이기 때문에 차이가 있을 수도 있으나</li> <li>◦기존에 통선문으로 사용하던 시설에 어도의 기능을 추가한 것이(1998.5) 영암방조제 갑문식어도와 유사한 시기에 설치되어 운용되어 오고 있는 점을 고려할 때 환경보존적인 측면에서도 어도의 효율성도 고려되어야 할 것으로 판단</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦어도의 입구 등에서 나타난 문제점 및 대안을 고려해 본다면 신규어도 설치가 필요하며</li> <li>◦신규어도설치에 부가적으로 관찰실 및 Visitor Center 등을 설치할 통하여 생태계보존 및 인간과 환경의 조화로 얻을 수 있는 관광 및 교육효과를 나타내리라 판단</li> </ul>

## 5.1.4 영산강 하구둑 어도 설계

### 가. 어도 설계시 고려사항

#### 1) 어도의 검토

- 어도를 계획하기 전에 먼저 설치된 낙차공이 꼭 필요한 것인지, 여러 개의 낙차공을 하나로 통합할 수 없는지, 낙차공 자체를 물고기나 참게가 이동할 수 있는 돌보나 V자형 여울 등으로 바꿀 수 있는 지를 먼저 검토해야 하고 꼭 필요하고 개선할 수 없다는 결론이 날 경우 어도를 계획

#### 2) 어도의 필수조건

- 어도를 설치할 때는 소상어가 어도 입구이외의 장소에 모이지 않아야 함
- 어도 입구에 모인 소상어는 신속하게 어도로 들어갈 수 있어야 함
- 어도내에 진입한 소상어는 신속하고 안전하게 어도를 통과할 수 있어야 함
- 어도를 통과한 소상어가 신속하게 하천을 소상할 수 있어야 함
- 구조는 견고하고 관리가 용이하여야 함

#### 3) 어류의 생태

##### 가) 대상 어종

- 우리나라의 하천에 서식하는 어류는 총 170여종이 있는데, 이중 바다와 하천을 왕래하며 서식하는 회유어는 은어, 뱀장어, 웅어 등 약 30종 내외이나 은어, 뱀장어를 제외하면 대부분의 회유성 어류는 하구에서 멀리 떨어진 곳까지는 내려가지 않으므로 회유성 어류를 위해서만 어도를 설치한다면 설치할 필요가 적어짐
- 그러나, 붕어, 왜몰개, 벼들붕어 등 이동성이 작은 호소성 어류 외에 피라미, 갈겨니, 산천어 등 하천에 서식하는 대부분의 물고기는 봄철에 물이 늘고 수온이 올라가면서 하천의 상류로 이동하고 가을철 물이 줄고 수온이 내려가면 월동을 위하여 하류로 내려오는 이른바 국지회유를 하므로 어도의 필요성이 높음

##### 나) 소상어의 습성

- 일반적으로 어도의 기본 유량은 이용하는 대표 어종의 체고와 체장에 의해 결정되는데 체고는 유영에 필요한 최소 수심을 결정하는 가장 중요한 요소이며, 체장은 대표 어종의 유영력을 추정함으로써 어도 내 한계유속을 결정할 수 있으며, 유영에 필요한 최소 폭을 규정하는데 이용

○ 대표 어종의 체고, 체장과 어도 설계 인자와의 일반적인 관계식은

① 유영력 ( $m/s$ ) =  $(2 \sim 4) BL$

② 최대 유영력 ( $m/s$ ) =  $10 \times BL$

③ 유영에 필요한 최소 폭 ( $m$ ) =  $BL/2$

④ 유영에 필요한 최소수심 ( $m$ ) =  $1.2 \times BH$

⑤ 소상 도중 Pool에서의 최대 유속 ( $m/s$ ) =  $(2 \sim 4) \times BL$

⑥ Pool에 필요한 최소 넓이 = 길이  $\times$  폭 =  $[(2 \sim 4) \times BL] \times BL/2$

여기서, BL은 어류의 체장(m), BH는 어류의 체고(m)를 각각 나타내며, 최대 유영력은 한계 유속과 관련

## 나. 영산강 하구둑 어도 설계

### 1) 대표어종

○ 신규어도 설치시 영산호에 뱀장어나 웅어와 같은 회유성 어류와 송어나 줄공치와 같은 주연성 어류를 대표 어종으로 하여 하구의 기능이 생물 다양성을 회복 할 수 있도록 하여 계획

○ 대표어종은 회유성 어류인 뱀장어, 웅어, 주연성 어류인 줄공치, 학공치, 송어

### 2) 생태유지 기본유량 산정

○ 어도 내 생태 유지 기본 유량 산정을 위하여 최대 체고 30cm, 최소 체장 10cm, 최대 체장 3m로 가정하였을 때, 최대 유영력, 즉 한계 유속은 1.0m/s, 한번에 10마리가 통과한다고 가정했을 때 유영에 필요한 최소 폭은 15m

○ 또한 유영에 필요한 최소 수심은 0.36m, 이주 시 회복을 위하여 필요한 Pool 내 최대유속은 0.2~0.4m/s로 나타났는데, 어도 내 생태 환경 유지를 위한 기본 유량은 일일 466,560m<sup>3</sup>으로 추정

### 3) 어도의 형식 및 위치선정

○ 영산강 하구둑은 영산강 연안지역의 상습적인 수해를 방지하고 극심한 한발을 극복 하기 위해 축조된 시설물로 건설당시 어도는 설치되지 않았으며, 완공이후 1996년 하구둑을 경유하여 담수호로 들어오는 선박통행을 위하여 설치하였던 통선문에 유인수 공급시설을 추가하여 어도로 이용하고 있으나 어류의 이동에 많은 제약 요인

- 어류의 원활한 이동과 생태 환경의 복원을 위하여 어도의 위치는 하구둑의 북측 (목포시 측)에 통선문 설치시 통선문을 이용한 갑문식 어도를 계획하였고 남측 (영암군 측) 배수갑문 남쪽에 제수문부 자연형수로식 어도를 계획
- 남측에서는 담수호의 수위가 바다측 조위보다 낮은 시간이 많은 현지여건을 고려하여 어도출구에 Chute식 Channel을 추가하여 수위 차에 따른 이동장애를 해결 하도록 계획

<표 5-6> 어도설치 위치 검토

구분	갑문식 어도(영암측)	영 암 측
위치	◦신설 통선문	◦현 농업용수 배수로를 이용 설치
형식	◦통선문을 활용한 갑문식 어도	◦제수문부 자연형수로식 어도 어도출구에 Chute식 Channel 설치
공사 여건	◦목포 하당 신도시측 삼향천이 인접하여 공사 여건 불리함. ◦지반이 연약하여 기초처리 필요 - 간석지 깊이가 18m이상 ◦우회도로 설치필요 ◦취부배수로 굴착 필요 ◦별도의 배수갑문 신설 필요	◦기초지반이 양호함. - 기초압반이 EL(-)6.0 ~ (-)7.0m ◦내외측 수심이 얕은 편이며 시공 여건이 좋음 ◦현 배수갑문을 가배수로로 이용 ◦별도의 우회도로 설치 최소화 ◦민원발생 최소화

- 하구둑 구조개선 사업의 일환으로 추진 중인 배수갑문 신설 및 통선문에 설치하여 유인수 방류시설로 활용한 갑문식어도 계획
- 어도 형식은 수위변화에 영향을 받지 않는 갑문식 어도와 제수문부 자연형수로식 어도를 배치하여 관광 및 교육효과 등을 고려하여 계획

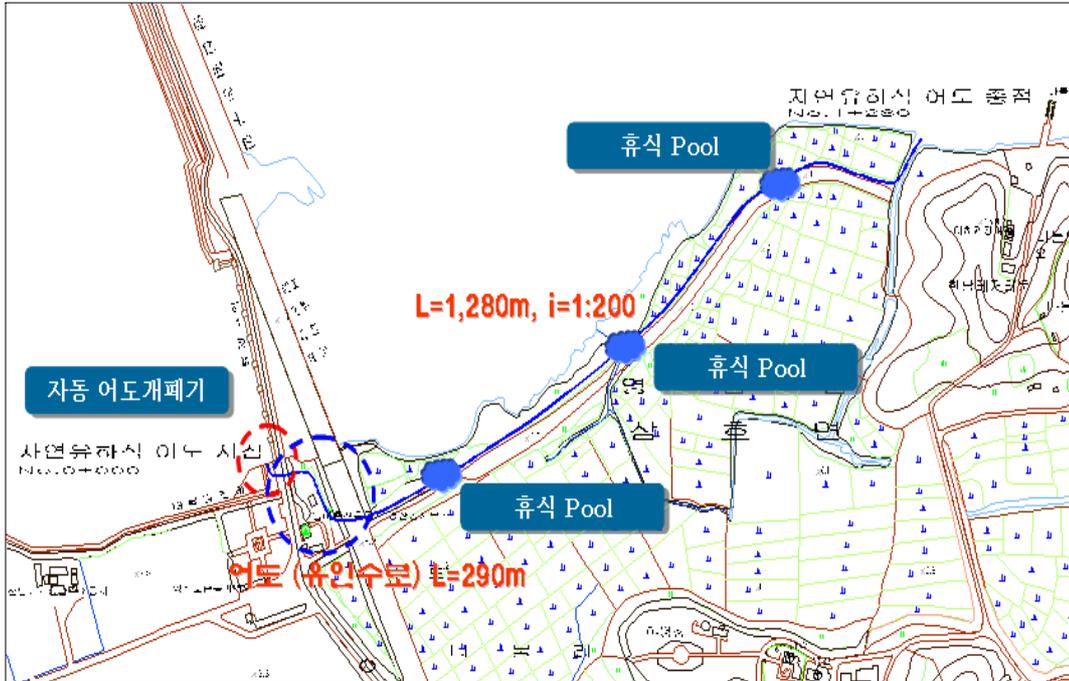
**4) 어도의 규모 - 제수문부 자연형수로식 어도**

- 제수문부 자연형수로식 어도는 영암측 시점부에 계획하였는데, 제수문부 자연형수로식 어도는 수로식, Chute식 Channel의 조합형, 제원은 <표 5-7>

<표 5-7> 자연형수로식 어도의 규모

구분	← 해측			담수측→		
	제1수로	염수 Pond	제2수로	기수 Pond	제3수로	담수 Pond
면적(ha)	-	2	-	1.5	-	1.0
폭(m)	5	-	6	-	6	-
길이(m)	300	-	100	-	100	-
깊이(m)	2~5	4	2	4	2	3
경사	1/100	-	1/100	-	1/50	
비고	시점부 (암거)					Chute식 Channel설치

- 제수문부 자연형수로식 어도는 생물 다양성 확보를 위해 회유성 어류 및 주연성 어류의 산란, 서식 등을 도울 수 있는 염수 Pond, 기수 Pond, 담수 Pond를 계획하여 어종들이 자연스럽게 이주할 수 있도록 하였다 제수문부 자연형수로식 어도는 Pond의 염도를 유지시켜 기수역을 확보 하는 것이 가장 중요한 인자로 작용



<그림 5-6> 자연형수로식 어도의 규모

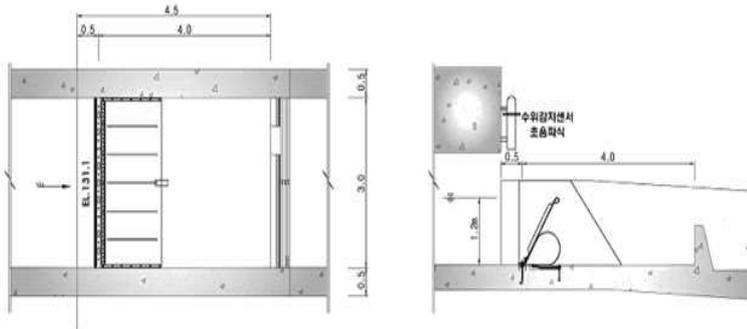
## 5) 어도 설치 계획에 따른 필요수량 산정

### 가) 운영방법

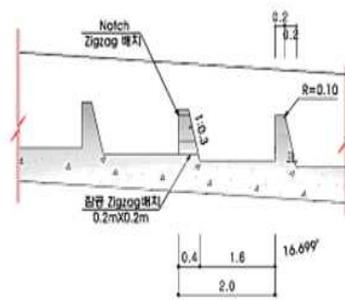
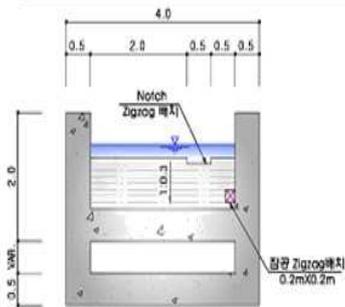
- <그림 5-7, 8>은 자연형수로식 어도의 평면 및 단면을 나타내는 개요도
- 자연형수로식 어도는 염수 Pond, 기수 Pond, 담수 Pond를 설치하여 어종들이 자연스럽게 이주할 수 있도록 계획하였으며, 따라서 Pond의 염도를 유지시키는 것이 가장 중요한 인자로 작용
- 목표 염도는 염수 Pond 20,000mg/L, 기수 Pond 8,000 ~ 12,000mg/L, 담수 Pond 경우 500mg/L이며, 이를 유지시키기 위하여 창조 및 낙조 시 해측 조위와 담수 Pond에 공급하여야 할 담수량을 적절히 조절
- Pond의 염도를 목표 값에 도달시키기 위해 어도 입구 바닥은 대조 평균 간조위보다 낮은 EL.-3.0m에 위치시켜 해수가 어도 입구 바닥보다 항상 높게 유지시켰으며, 또한 제 1, 2, 3수로, 담수 Pond, 암거 사이에는 유량 조절을 위한 자동 수문을 계획

- 제 1 수로의 길이는 300m, 수로 경사는 1/100로 하였으며, 깊이는 5.0~2.0m, 제 1 수로의 시점부는 폭 5m, 깊이 5m로 해수 유입량을 조절하기 위하여 암거로 계획하였으며, 상류 수로는 폭 3m, 깊이 3m로 계획

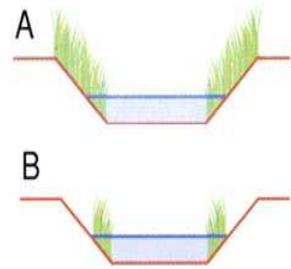
**자동개폐 계획**



**어도 유인수로 표준 단면도**



**자연형 어도 구간**



<그림 5-7> 자연형수로식 어도 표준단면도

- 염수 Pond의 바닥 표고는 EL.-2.0m 이며, 면적은 2.0ha, 깊이는 4m로 계획하였으며, 제 1 수로의 길이는 100m, 폭 6m, 깊이 2m, 수로 경사는 1/100로 계획
- 기수 Pond의 바닥 표고는 EL.-1.0m, 면적은 1.5ha, 깊이는 4m로 계획하였으며, 제 3 수로의 길이는 100m, 수로 폭 6m로 계획
- 담수 Pond 유량조절수문에서 담수 Pond 사이의 수로 폭은 6m, 깊이 2m이고, 수로 경사는 1/50로 계획하였으며, 담수 Pond의 바닥 표고는 EL.+0.5m이며, 담수 Pond로 유인된 어류들을 하천으로 방류시키기 위하여 바닥에서 1m 위에 암거를 계획
- 어도 운영은, 창조시 유량 조절 수문을 모두 개방하여 담수 Pond까지 해수가 도달하도록 하며, 낙조시 유량 조절 수문을 이용하여 수로와 Pond의 유량을 일정 수준 유지시키며, Pond내 펌프를 통하여 하천수를 양수하여 각 Pond의 염도를 조절하며, 하천수 양수량은 하부 기수 및 염수 Pond의 염도에 의해 결정



<그림 5-8> 자연형수로식 어도 개요도

## 나) 필요수량 산정

- 창조시 해측에서 어도 내로 유입되는 수량은 관수로 유량 공식을 이용하였으며, 이때 사용된 조위는 2005년 영산강 홍수통제소 실제 조위를 기준으로 하여 설계 고조위(EL.+2.38m) 및 저조위(EL.-2.48m) 내에서 인위적인 조위를 발생시켰으며, 발생 조위는 <표 5-8>

$$Q_{\text{sea-flow}} = A \times V = (B \times H) \times \sqrt{\frac{2 \times g \times H}{f_e + f_o + f \times \frac{1}{D}}}$$

여기서,  $Q_{\text{sea-flow}}$  : 해측에서 어도 내로 유입되는 양

A : 단면적, V : 평균 유속, B, H : 폭과 어도 내 수심  
 g : 중력가속도,  $f_e, f_o$  : 유입 및 유출 손실계수,  
 l : 어도 길이, D : 관경

○ 위 식을 이용하여 조위 변화에 따른 통과 유량을 구한 결과 일일 1,093,145m<sup>3</sup>이 해측에서 어도 내로 유입 가능한 것으로 계산되었으며, 이는 일일 466,560m<sup>3</sup>의 생태 유지 기본 유량을 충족하는 것으로 판단

○ 낙조시 담수습지에서 수로 내 생태 유지를 위하여 기본적으로 흘려주어야 할 유량은 Manning 공식을 이용하며, 공급은 펌프를 통하여 양수하며, Manning의 조도계수는 0.025(막돌 깔쌓기), 수로 폭 6m, 수심 50cm, 수로 경사 0.01로 산정

$$Q_3 = [(B \times H)] \times \frac{1}{n} \times (R)^{\frac{2}{3}} \times (I)^{\frac{1}{2}}$$

$$= [(6 \times 0.5)] \times \frac{1}{0.025} \times \left[ \frac{0.5}{3} \right]^{\frac{2}{3}} \times (0.01)^{\frac{1}{2}} = 3.6 \text{ m}^3/\text{s}$$

○ 기수습지 목표 염도에 도달하기 위해 담수습지에서 공급해 주어야 할 수량은 창조시 유입된 습지 저류량(25,000m<sup>3</sup>)에 포함된 창조시 유입된 해수 염도 30,000mg/L와 담수습지 공급 양수량 3.6m<sup>3</sup>/s에 포함된 담수 염도 500mg/L의 관계에서 산정

$$C_1 = \frac{Q_0 \times C_0 + Q_2 \times C_2}{Q_0 + Q_2}$$

$$10,000 \text{ (mg/L)} = \frac{25,000 \times 30,000 + (3.6 \times \text{hour}) \times 500}{25,000 + (3.6 \times \text{hour})}$$

따라서, 펌프 양수 지속시간(hour)은 14,620sec(4.1hour)이며, 펌프 양수 총량은

$$Q = 3.6 \times 14,620 = 52,632 \text{ m}^3$$

○ 이와 같이 염수습지 목표 염도에 도달하기 위해 담수습지에서 양수하여야 할 수량은 창조시 유입된 습지 저류량(40,000m<sup>3</sup>)과 염수습지 목표 염도 20,000mg/L, 기수 습지에서 유입되는 수량에 포함된 기수 염도 10,000mg/L와의 관계에서 산정

$$20,000 \text{ (mg/L)} = \frac{40,000 \times 30,000 + (3.6 \times \text{hour}) \times 10,000}{40,000 + (3.6 \times \text{hour})}$$

따라서, 펌프 양수 지속시간(hour)은 11,111sec(3.1hour)이며, 펌프 양수 총량은

$$Q = 3.6 \times 11,111 = 40,000 \text{ m}^3$$

○ 한편, 낙조시 필요한 펌프 양수량(Q<sub>p</sub>)는

$$Q_p = 52,632 + 40,000 = 92,632 \text{ m}^3.$$

<표 5-8> 관측 조위를 이용한 시뮬레이션 입력 조위 자료

구 분	해측 조위	염수 Pond 수위	기수 Pond 수위	담수 Pond 수위
0:00	0.000	0.000	0.000	0.000
0:30	0.780	0.780	0.780	0.780
1:00	1.080	1.080	1.080	1.080
1:30	1.280	1.280	1.280	1.280
2:00	1.580	1.580	1.580	1.580
2:30	1.780	1.780	1.780	1.780
3:00	2.080	2.000	2.000	2.000
3:30	2.380	2.000	2.000	2.000
4:00	2.380	2.000	2.000	2.000
4:30	2.290	2.000	2.000	2.000
5:00	2.180	2.000	2.000	2.000
5:30	1.880	1.880	1.880	1.880
6:00	1.680	1.680	1.680	1.680
6:30	1.380	1.380	1.380	1.380
7:00	0.980	0.980	0.980	0.980
7:30	-0.100	0.000	0.000	0.000
8:00	-0.500	0.000	0.000	0.000
8:30	-0.900	0.000	0.000	0.000
9:00	-1.100	0.000	0.000	0.000
9:30	-1.340	0.000	0.000	0.000
10:00	-1.210	0.000	0.000	0.000
10:30	-1.000	0.000	0.000	0.000
11:00	-0.600	0.000	0.000	0.000
11:30	-0.300	0.000	0.000	0.000
12:00	0.000	0.000	0.000	0.000
12:30	0.000	0.000	0.000	0.000
13:00	0.110	0.110	0.110	0.000
13:30	0.310	0.310	0.310	0.000
14:00	0.510	0.510	0.510	0.510
14:30	0.600	0.600	0.600	0.600
15:00	0.710	0.710	0.710	0.710
15:30	0.700	0.700	0.700	0.700
16:00	0.800	0.800	0.800	0.800
16:30	0.880	0.880	0.880	0.880
17:00	0.600	0.600	0.600	0.600
17:30	0.500	0.500	0.500	0.000
18:00	0.100	0.100	0.100	0.000
18:30	-0.680	0.000	0.000	0.000
19:00	-1.180	0.000	0.000	0.000
19:30	-1.680	0.000	0.000	0.000
20:00	-2.080	0.000	0.000	0.000
20:30	-2.280	0.000	0.000	0.000
21:00	-2.480	0.000	0.000	0.000
21:30	-2.480	0.000	0.000	0.000
22:00	-2.280	0.000	0.000	0.000
22:30	-1.980	0.000	0.000	0.000
23:00	-1.580	0.000	0.000	0.000
23:30	-1.180	0.000	0.000	0.000

## 5.2. 통선문

### 5.2.1 통선문 국내외 사례조사

#### 가. 국외 사례 조사

<표 5-9> 국외 통선문 사례

구 분	제원 (B×H×L)	문비형식	선박통과 규모	전경
포르투갈 (Valeira Dam)	21 <sup>m</sup> ×31 <sup>m</sup> ×84 <sup>m</sup>	리프팅 게이트	1,000톤 규모 자항바지선	
파나마 (Gatun-Locks)	-	미터게이트	대형 R/S 선박	
슬로바키아 (Vodne Dielo Gabčíkovo)	34 <sup>m</sup> ×31.1 <sup>m</sup> ×84 <sup>m</sup>	미터게이트	대형자항바지선 대형 유람선	
슬로바키아 (Vodne Dielo Bunovo)	-	미터게이트	대형자항바지선 대형 유람선	
오스트리아 (Kraftwerk Freudenau)	-	리프팅 게이트	대형자항바지선 대형 유람선	
독 일 (Schleuse Eickersmühlen)	24.67 <sup>m</sup> ×12 <sup>m</sup> ×190 <sup>m</sup>	리프팅 게이트	대형자항바지선 대형 유람선	

<표 5-10> 기타 외국의 통선문 사례



## 나. 국내 사례 조사

<표 5-11> 국내 통선문 사례

구분	제원 (B×H×L)	문비	선박통과 규모	전경
새만금 가력	4 <sup>m</sup> ×15 <sup>m</sup> ×30 <sup>m</sup>	미터게이트	어선 5톤급	
새만금 신시	16 <sup>m</sup> ×15 <sup>m</sup> ×65 <sup>m</sup>	미터게이트	준설선(3,600HP) 어선 5톤급 관광선 464인승	
아산만 방조제	7 <sup>m</sup> ×10.6 <sup>m</sup> ×30 <sup>m</sup>	리프팅 게이트	일반어선 30톤급	계획중
영산강 하구둑	6.6 <sup>m</sup> ×11.9 <sup>m</sup> ×30 <sup>m</sup>	리프팅 게이트	30톤급 선박	
인천항	1만톤급 3련 24.5 <sup>m</sup> × 6.4 <sup>m</sup> × 18.5 <sup>m</sup> 680톤 5만톤급 4련 38 <sup>m</sup> × 8.3 <sup>m</sup> × 18.5 <sup>m</sup> 1,250톤	슬라이딩 게이트	680톤 1,250톤	
시화 방조제	B6.6 <sup>m</sup> ×L14 <sup>m</sup>	-	-	

### 5.2.2 통선문 계획

#### 가. 기본설계

##### 1) 개요

- 통선문(갑문은) 수위차가 다른 두 수면간을 선박이 자유로이 통과할 수 있도록 갑실 및 문비 등을 설치하는 구조물로서, 지형 및 지질, 바람, 파랑, 표사, 수위 등의 자연조건과 항만기능 및 교통 등 배후지의 이용상황이나 시공성 및 경제성을 고려하여 선박의 입·출항이 용이한 장소에 선정
- 영산강 하구둑은 서해와 영산호를 연결하는 방조제로서 현재 수문이 높이 13.6m, 폭 30m, 8련으로 설치되어 있으며, 또한 30톤급 소규모 선박이 자유롭게 드나들 수 있도록 하는 길이 30m, 폭 6.6m의 통선문(通船門)도 설치되어 있음



<그림 5-9> 배수갑문과 통선문 전경

## 2) 통선문 계획

- 통선문 계획의 기본방향은 신설 통선문에 2,500톤급 선박통행이 가능토록 규모를 설정하여, 통선문관리 및 차후 물류운송 및 관광 등 목적으로 화물 및 관광유람선 등이 사용할 수 있도록 검토

### 가) 선박의 종류

<p><b>근해선박(Short-sea Vessel) :</b> 근해선박은 지역적인 해양무역에 사용되며, 경인운하에서는 최대 1,000TEU급의 컨테이너 선박 수용 가능</p>	
<p><b>바다/하천겸용 선박(Sea-River Vessels) :</b> Sea/River 선박은 근해 노선과 내륙수로 운항에 모두 맞는 제원을 가지고 있다. 선박의 흘수 및 수면 위 마스트 높이, 선박의 폭에 대한 각별한 주의가 내륙수로 운항에 요구되며, 특정 경로에 있어 증가된 화물량을 맞추고 화물의 환적 및 체선을 줄이기 위해 혹은 제시간에 화물 전달을 위해 개발</p>	
<p><b>피더선박(Container Feeder Vessel) :</b> 컨테이너 피더선박은 근해선박과 아주 유사하지만 피더선박은 대형 거점항간 전용노선으로 운항하며, 선박은 물동량에 따라 다양하며, 경인운하 적용 피더선박은 400 ~ 600 TEU급</p>	
<p><b>해양 바지선(Seagoing Barge) :</b> 해양 바지선은 주로 모래 채취장으로부터 모래를 인천항으로 수송하는데, 선박의 폭은 약간 큰 28m이며, 흘수는 8.5m에 길이는 110m까지 존재</p>	
<p><b>내륙주운 밀 바지선(IWT Push Barge) :</b> 푸시 바지 시스템이 유럽과 미국에서 널리 사용되고 있는데, 미국에서는 큰 강을 따라 대량의 화물을 수송하고 있으며, 유럽에서는 철강 산업을 위한 대량의 철강과 석탄을 수송</p>	
<p><b>해양 호퍼선(Seagoing hopper) :</b> 해저면의 해사를 채취하여 선박 자체적으로 저장하고 항해가 가능한데, 해양 호퍼선은 특히 해사를 준설하여 장거리를 운송하는 것에 적당</p>	
<p><b>Ro-Ro 선박(Ro-Ro vessel) :</b> Ro-Ro선박은 화물을 트럭으로 적재하거나 하역하는 선박으로 하역시간과 항해 시간을 신속하게 한다는 점</p>	

## 나) 선박의 제원 및 갑실 규모 결정

- 해양수산부의 항만 및 어항설계기준(2005)을 보면 선박규격, 화물선(R/S) 규격 등이 기술되어 있으며, 본 통선문 설계에서는 카페리선에 대해 설계규모를 설정

<표 5-12> 국내 기준서에 의한 선박 규격

구분	톤 수	길이 (m)	폭 (m)	흘수 (m)
화물선	1,000(DWT)	67	10.9	3.9
카페리선	400(GT)	50	11.8	3.0
	700	63	13.5	3.4
	1,000	72	14.7	3.7
	<b>2,500</b>	<b>136</b>	<b>18.3</b>	<b>4.6</b>
롤온롤오프선	700(DWT)	75	13.6	3.8
여객선	2,000(GT)	83	15.6	4.0
자동차전용선	500(GT)	70	11.8	3.8

자료 : 해양수산부, 항만 및 어항설계기준, 2005.

<표 5-13> 화물선(R/S선박) 규격

대상 선박	보조 항행 선박	비고
5,000톤급 자항바지선 (L132.4 <sup>m</sup> ×B16.9 <sup>m</sup> ×D 4.0 <sup>m</sup> )	5,000톤급 R/S선박 (L135.0 <sup>m</sup> ×B16.0 <sup>m</sup> ×D4.5 <sup>m</sup> )	주) L:선박길이 B:선박폭 D:만재흘수
<b>2,500톤급 자항바지선</b> (L110.0 <sup>m</sup> ×B11.4 <sup>m</sup> ×D 3.8 <sup>m</sup> )	2,500톤급 R/S선박 (L90.0 <sup>m</sup> ×B13.0 <sup>m</sup> ×D4.5 <sup>m</sup> )	
	2,500톤급 컨테이너선 (L83.0 <sup>m</sup> ×B14.8 <sup>m</sup> ×D4.7 <sup>m</sup> )	

<표 5-14> 국내 운행중인 선박(유람선) 규격

구분	여객선(920명) (2,394톤급)	일반어선 (30톤급)	한강유람선 (480인승)	충주호유람선 (143인승)	여유 기준	갑실규모 결정치	비고
길이(m)	80	21.5	59	28	3.0 ~ 10.0	<b>146</b>	
폭(m)	<b>19</b>	4.35	11	5	0.2 ~ 1.2	<b>22</b>	
수면상높이 (m)	20 ~ 35	7 ~ 8	6.5	5.0	0.2 ~ 1.0	<b>11.35</b> (6.35)	통선문부분 ()삼호대교 부분
수면하깊이 (m)	2.16	1.6	1.3	0.65	0.2 ~ 1.0	<b>5.2</b>	
채택선박						<b>◎</b>	

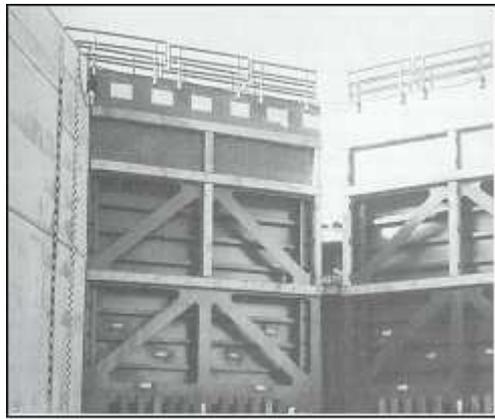
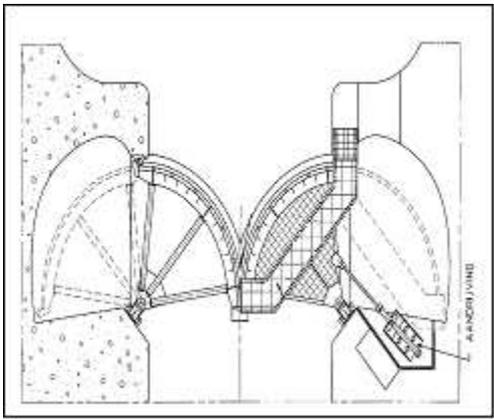
## 다) 설계 조건

### ○ 갑실 규모 결정

- L(길이) = 선박 L + 여유길이(3 ~ 10m) = 136 + 10 = 146.0m
- W(폭) = W × n + 여유폭(0.2 ~ 1.0m) = 19 + 0.6(방충재) + 2 = 22.0m
- 수면상 높이 = 선박의 수면상 높이 + 여유고(0.2 ~ 1.0m)
  - ※ 교량의 규격 및 관리수위가 고정되어 확보 가능한 수면상 높이 = 교량슬래브 하단 [EL(+)**10.00**] - 관리수위[EL(-)1.35] = 11.35m
  - ※ 갑실 규모 결정은 삼호대교를 통과할 수 있는 선박으로 결정시는(삼호대교 하단 슬래브[EL(+)**5.0**] - 관리수위([EL(-)1.35 = 6.35m
- 수면하 깊이 결정 = 내수위 관리수위(-1.35m) - Sill 표고(-9.35m) = 8.0m

### ○ 문비형식 비교

- 문비는 미터게이트, 섹터게이트, 슬라이딩게이트, 리프팅게이트를 비교 검토한 결과, 어도와 같이 사용할 경우 작동이 신속하고, 정비보수가 쉬운 미터게이트를 채택

구분	미터게이트 (채택)	섹터게이트
형상		
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>·자재 이용 효율성이 높고 저렴</li> <li>·정비 보수가 쉽고 작동이 신속</li> <li>·마스트 높이에 제한이 없다</li> <li>·가로 방향 공간 필요조건이 없다</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·수위의 고저가 뒤바뀌어도 작동가능</li> <li>·물이 흐르는 경우에도 작동가능</li> <li>·작동이 용이</li> <li>·마스트 높이에 대한 제한이 없음</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>·갑문 내외의 수위차가 클 경우 2세트의 문짝 필요</li> <li>·폭이 넓을 경우 변형</li> <li>·얼음 및 부유물에 약함</li> <li>·운영에 필요한 전력 소모가 큼</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·시공비용이 크며, 개폐시간이 김</li> <li>·안팎의 수위차가 큰 경우 증배수가 어려움</li> <li>·얼음이나 부유물에 취약</li> <li>·갑벽 문비실 저장공간이 크게 필요</li> </ul>

구분	슬라이딩 게이트	리프팅 게이트
형상		
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>·갑문에 대해 종방향 필요공간 적음</li> <li>·갑문 안팎 수위 고저가 뒤바뀌고 수위차가 높아도 작동이 가능</li> <li>·작동이 신속하며, 형 제한이 없음</li> <li>·갑실 배수시 보수정비가 용이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·갑벽에 문비 활동공간 불필요</li> <li>·갑문 안팎 수위 고저가 뒤바뀌어도 작동이 가능</li> <li>·작동이 신속</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>·철재(steel) 소요가 상대적으로 많아 시공비가 많이 든다.</li> <li>·횡방향으로 들어가는 공간이 많이 필요</li> <li>·얼음이나 부유찌꺼기에 약함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·철재가 많이 들어 공사비가 비싸다</li> <li>·인양 가능 높이로 인해 형하고가 제한</li> <li>·갑문 안팎의 수위차가 높은 경우, 리프팅 타워가 아주 높아야 함</li> <li>·문짝이 들려 올려지므로, 보수정비 어려움</li> </ul>

○ 도개교 검토 및 사례 조사

- 도개교의 경우, 필요시 설치

개 폐 식		승 강 식
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Pont de la bataille du Texel교/프랑스</li> <li>· 연장 : L = 60m</li> <li>· 완공 : 1994년</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Woodrow Winson교/미국</li> <li>· 폭원 B = 76m</li> <li>· 완공예정 : 2008년</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Kahldenbucke교/독일</li> <li>· 연장 L = 34.31m,</li> <li>· 폭원 B = 13.3m</li> <li>· 완공 : 2000년</li> </ul>

## 나. 가물막이 및 기초검토

### 1) 검토개요

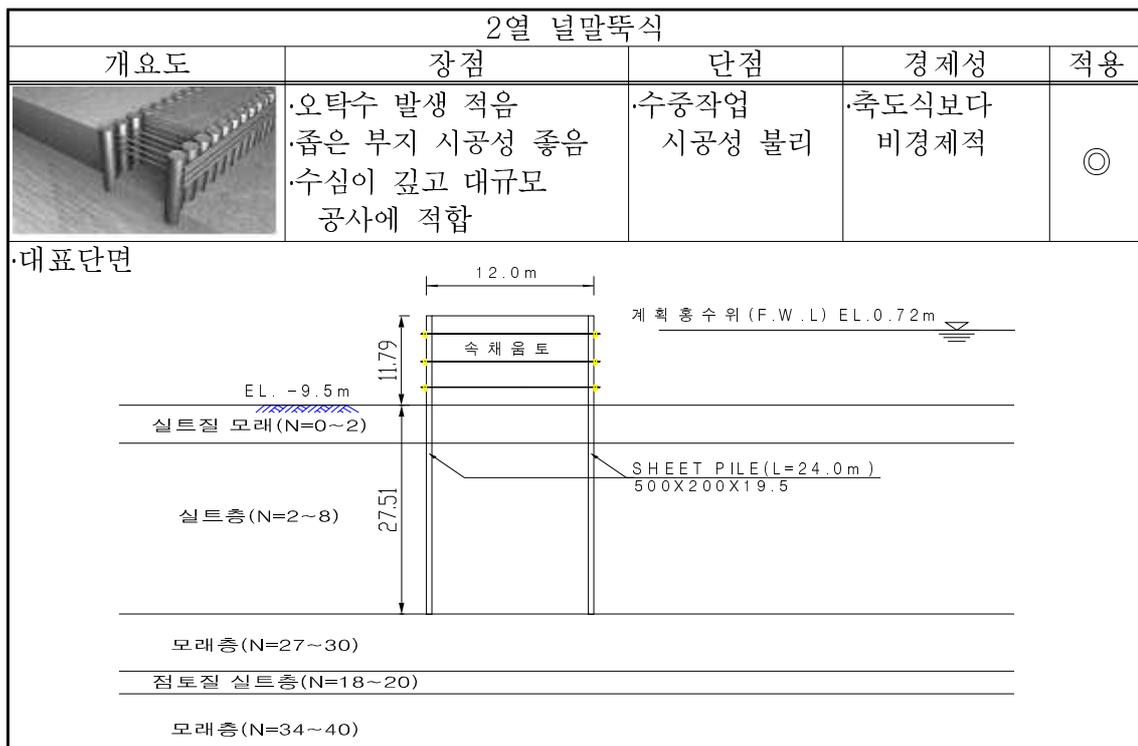
- 해성퇴적층(실트질 모래, 점토질 실트) 아래 지지 지반층(풍화암, 연암) 예상
- 현장의 구조물 지지층이 해성퇴적층 아래에 분포하고, 연약층이 부분적으로 분포하므로 구조물 기초는 하중을 지지층까지 전달하는 깊은 기초 형식 필요
- 구조물 공사를 위한 가물막이는 수심이 깊으므로 안정성과 경제성을 고려

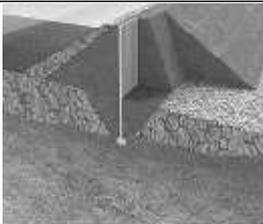
### 2) 가물막이 검토

- 해성퇴적층(실트질 모래, 점토질 실트)층이 약 30~50m 층후로 분포하고 있고, 연약점토층이 분포하므로 안정성을 고려한 공법 요구됨
- 가물막이 심도는 약 5~14m의 높이를 나타냄
- 가물막이의 목적, 시공조건, 지반조건 등을 고려한 가물막이 형식 선정
- 경제성 및 시공성, 안정성을 고려한 가물막이 검토
- 안정적인 굴착사면 확보와 Dry Work을 고려한 공사 중 배수계획 필요

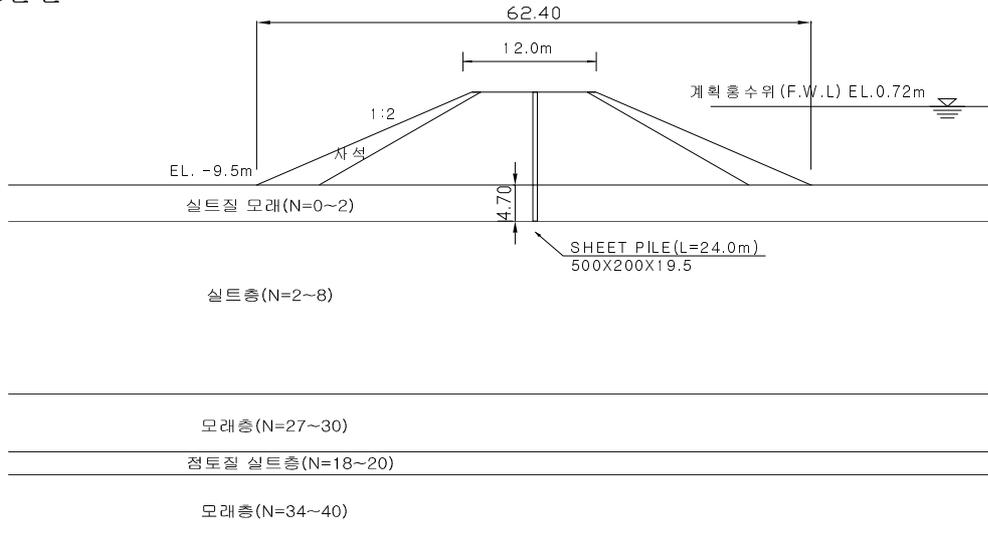
### 가) 가물막이 공법 비교

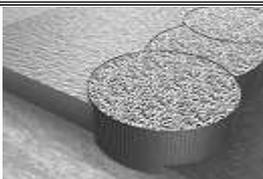
- 가물막이로서 수심이 깊은 대규모 공사에 적합하고, 원형셀식보다 상대적으로 공사비가 저렴한 2열 널말뚝식 가물막이 공법 적용



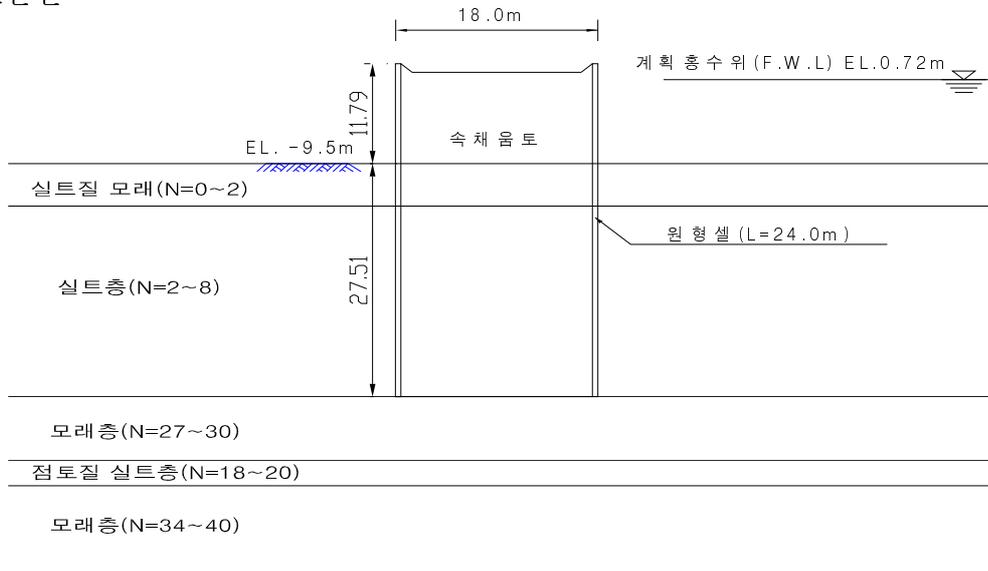
축도식 + 차수벽				
개요도	장점	단점	경제성	적용
	<ul style="list-style-type: none"> <li>·육상작업 안정성 우수</li> <li>·수심이 얇은 경우에 유리</li> <li>·별도의 차수벽 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·깊은 곳에 적용 어려움</li> <li>·오탉수 방지 시설 필요</li> <li>·공사 후 토사 처리량 많음</li> </ul>	·경제성 우수	△

·대표단면



원형 Cell 식				
개요도	장점	단점	경제성	적용
	<ul style="list-style-type: none"> <li>·오탉수 발생최소, 안정성 우수</li> <li>·대규모 공사에 적합</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·가설작업대 필요 시공성 불리</li> <li>·공사비 과다 필요</li> </ul>	·경제성 불리	△

·대표단면



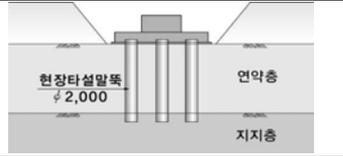
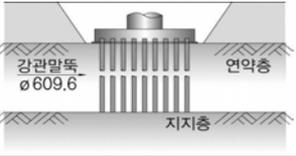
### 3) 구조물 기초검토

#### 가) 기본방향

- 해성퇴적층(실트질 모래, 점토질 실트) 분포하고 있고, 구조물 지지층이 그 아래에 분포하므로 하중을 지지층까지 전달하는 깊은 기초 형식 필요
- 구조물의 특성, 하중조건, 지반조건 및 시공성 등을 고려한 기초형식 선정
- 연약층에서 발생하는 부마찰력 고려
- 상부하중에 대한 지지력, 허용침하량을 안정적으로 확보할 수 있는 기초설계

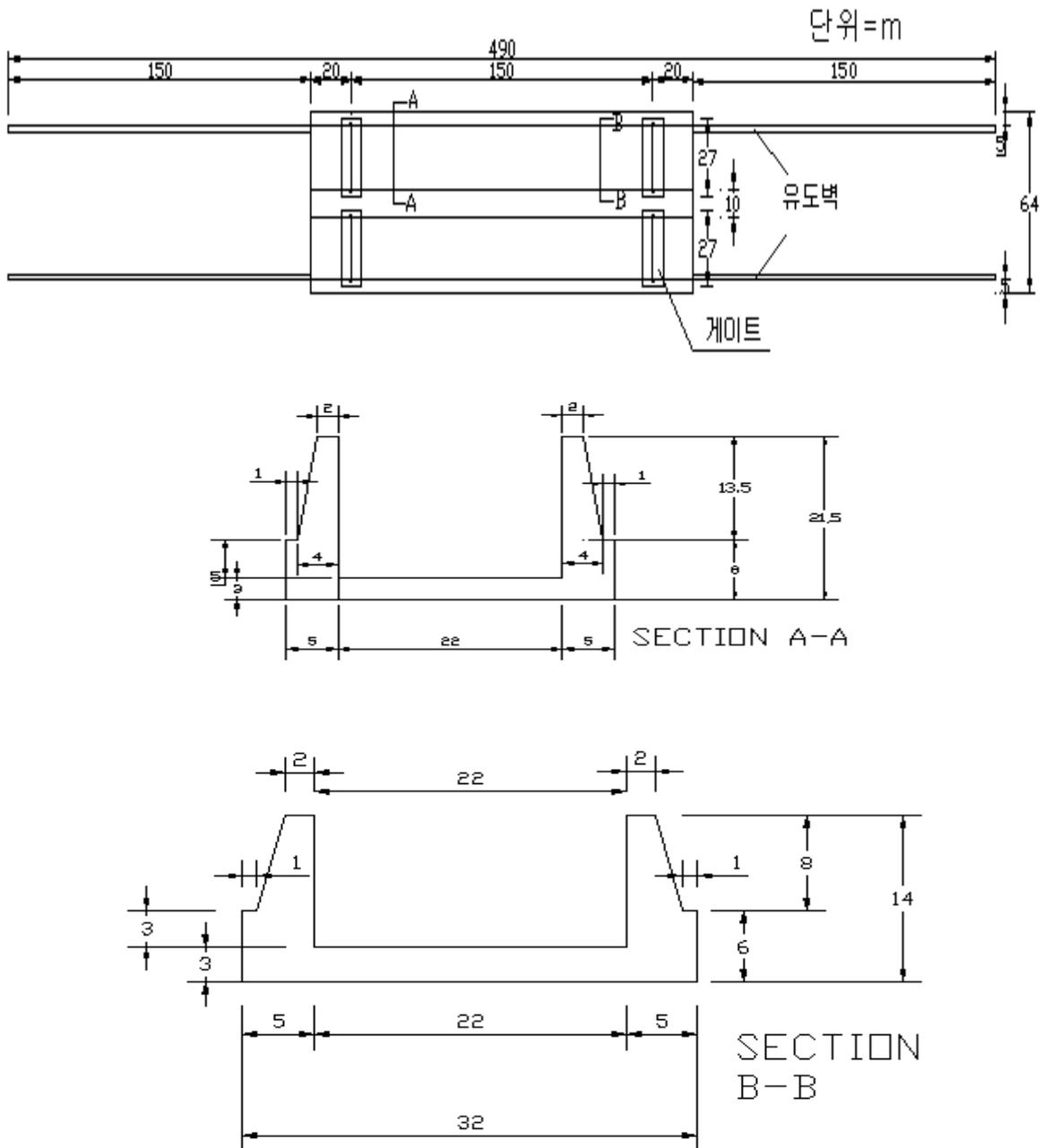
#### 나) 말뚝기초형식 선정

- 구조물 기초로서 횡방향력에 저항력과 시공성이 양호하며, 현장타설말뚝보다 상대적으로 공사비가 저렴한 강관말뚝이 적합할 것으로 판단됨

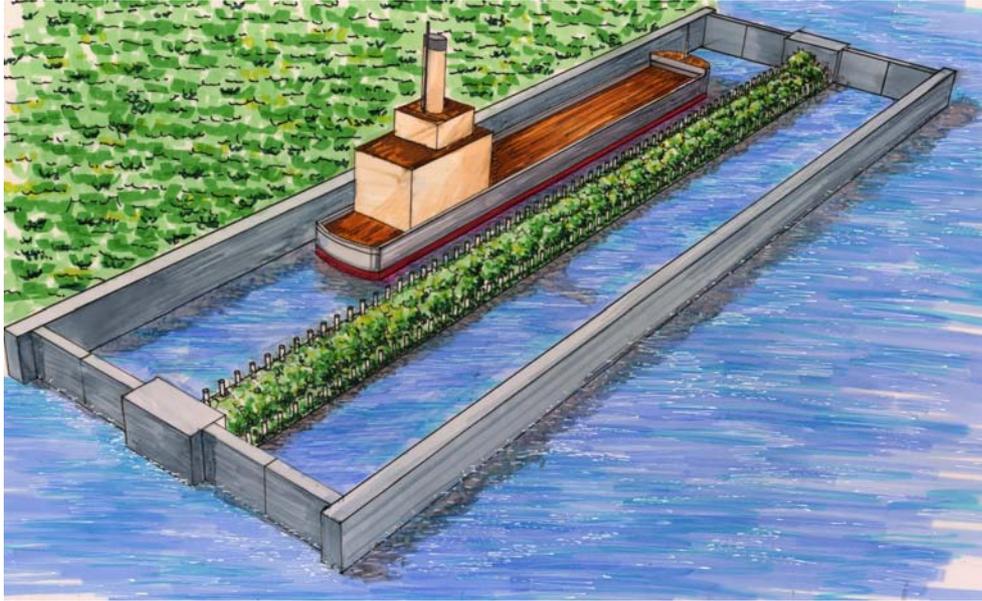
구 분	현장타설말뚝	강관말뚝 (항타말뚝)	PHC 말뚝
시공도			
시공법	·지지층까지 선굴착 후 콘크리트를 타설하여 기초 형성	·강관말뚝을 유압해머를 사용하여 지지층까지 항타 관입	·PHC재질 말뚝을 지지층까지 항타관입
대 상 지 반	·모든 지반 적용 가능	·풍화암 및 연암 일부 ·전석층 불가	·전석층을 제외한 토사 지반 적용
장 점	·본당 지지력이 매우 큼 ·지지층 확인 가능 ·수평저항력이 매우 큼 ·저소음, 저진동	·공사기간 짧음 ·품질관리 용이 ·부마찰력에 대한 대책 용이 ·협소부지 시공용이	·재료부식이 없어 내구성 비교적 큼 ·15m 이하 지지층에 양호 ·건축구조물 기초 말뚝에 주로 사용
단 점	·품질관리 어려움 ·넓은 시공여유부지 필요 ·국내 최대실적 L=80m ·Slime 발생에 따른 환경 문제	·소음·진동 발생 ·대심도의 경우 이음 시공에 따른 부재력 감소 ·재료부식에 대한 대책필요	·부마찰력에 의한 인장력에 취약 ·마찰지지로 인한 침하우려 ·절단과 연결이 어려워 현장 적용성 결여 ·N치가 35이상일 경우 항타 곤란
검토 내용	·선단 지지층 확인 신뢰성 있는 지지력 확보 ·수평하중 저항력 우수 ·소음·진동이 적어 민원 해소 ·직경 $\phi$ 2,000 ·허용지지력:900~1100t <sub>f</sub> /본	·N치가 40~50까지도 항타가능하므로 거의 모든 토질에 적용가능 ·소음·진동 실측 후 대책 수립 ·강관 $\phi$ 508 ·허용지지력:75~129t <sub>f</sub> /본	·시공심도가 깊고 횡방향력이 작용되어 불리 ·PHC $\phi$ 500 ·허용지지력:66~125t <sub>f</sub> /본
경제성	고 가	경제성 보통	경제성 보통
적 용	△	○	×

- 구조물 위치에서의 상세한 시추 조사를 추가하여 가물막이 및 구조물 지역의 연약층 분포를 확인하고, 연약지반 강도시험(콘관입시험 및 삼축시험등)을 통하여 구조물 위치의 전단강도를 파악하여 구조물 설계에 반영
- 관문 및 교량 접속부에 연결되는 옹벽 및 연결도로는 연약지반으로 판단되는 지층위에 시공되므로, 연약지반 처리를 통한 별도의 지반 안정화대책 등이 요구

**다. 계획평면도**



다. 계획조감도



### 5.3 생태·경관개선

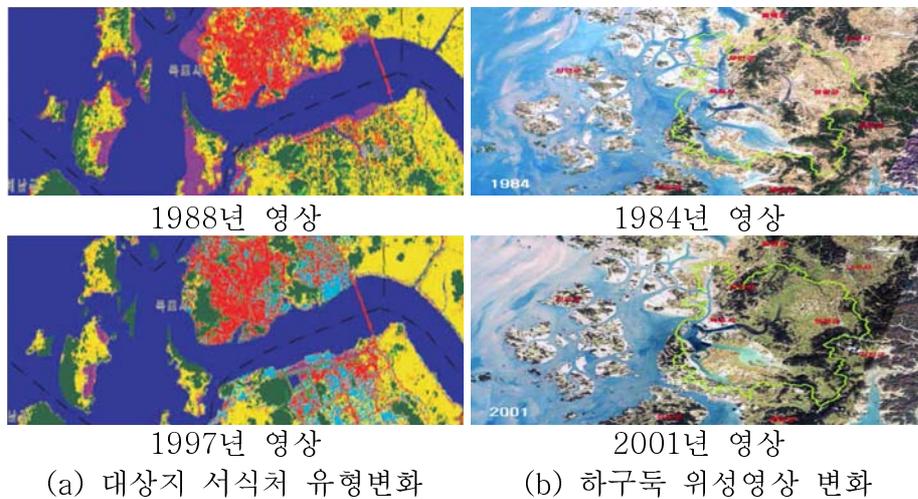
- 영산강 하구둑은 단순 개보수 형식의 구조개선 사업에서 벗어나 해양과 담수호의 경계에 위치한 하구둑이 갖는 생태, 관광, 휴식, 위락 등 다양한 기능의 개발 잠재여건과 수요를 반영하고, 친환경적인 요소를 가미한 체계적 개발기법을 활용하여 병행 추진할 경우 사업효과 증대
- 영산강 하구둑 유역의 생태경관에 대한 조사 및 분석을 토대로 생태환경 및 동·식물의 서식처 제공 계획 등 생태복원방안 제시, 하구둑의 친환경적인 조성방향 제시 및 관광자원을 고려한 다양한 프로그램 제시

#### 5.3.1 영산강 하구둑 생태환경

- 1910년대 하구습지가 309km<sup>2</sup>로 영산강 하구 면적의 20%였는데, 2000년대 들어서면서 하구습지면적은 73km<sup>2</sup>로 영산강 하구면적의 5% 이하로 감소
- 하구둑 건설 및 개발사업에 의해 습지의 비중이 줄어드는 가운데 농경지와 기타 용지의 비중이 증가하였으며, 그 후 영산강 하구둑 주변으로는 농경지가 나지로 전환



<그림 5-10> 연도별 하구습지면적 변화 모식도



<그림 5-11> 영산강 하구둑의 위성영상변화 및 대상지 서식처 변화

### 5.3.2 서식처 및 비오름

#### 가. 일반 현황

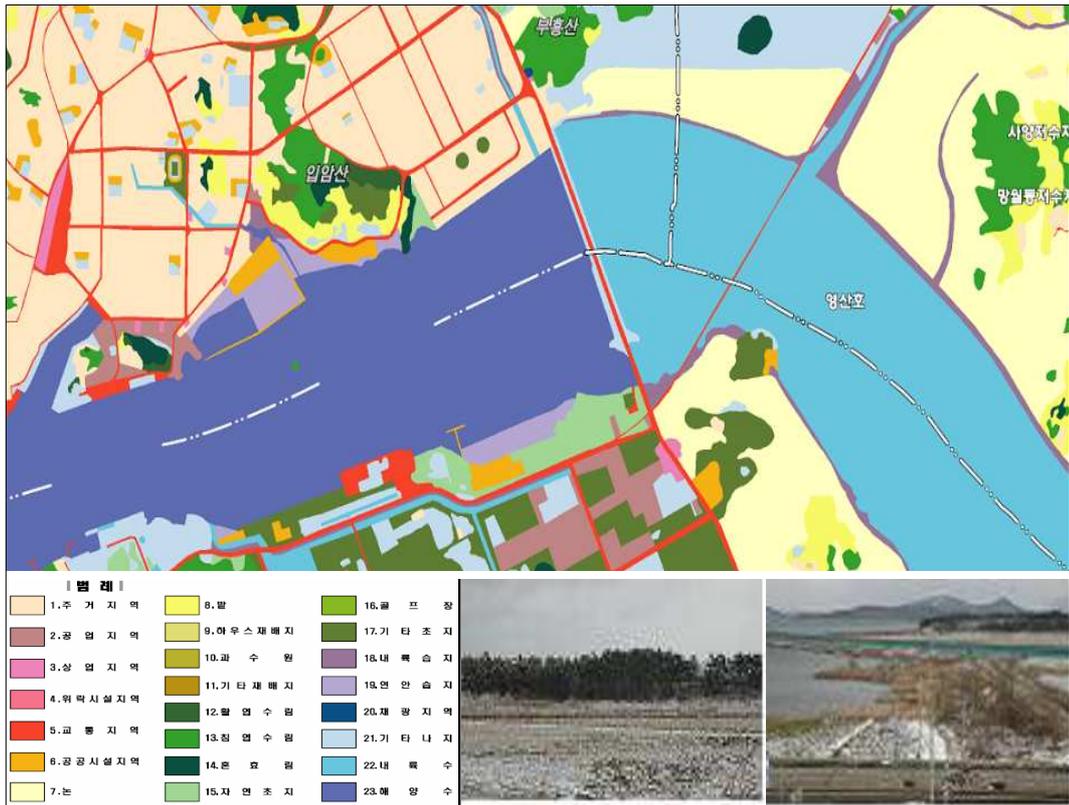
- 영산강 하구둑 내부는 대부분 농경지로 형성되어 있고 다양한 형태의 농수로가 발달되었고, 주변으로 산림과 초지가 형성되어 있으며, 강과 인접해서 일부는 강변 습지가 존재(<그림 5-12> 참조)
- 농경지가 우세한 지역으로 하구 및 연안 생태계, 산림 생태계 등 다양한 생태적 영향을 받고 있으며 농경지를 제외하고 다양한 서식처(biotop)가 형성되어, 하구 주변에 어류, 양서류, 파충류, 조류, 포유류 등 다양한 야생동물이 서식하고 있으며, 갯벌은 텃새와 철새 등 중요한 조류 서식처 역할
- 방조제 건설로 해안-담수 생태계가 공존하는 공간이 조성되어, 이동성 조류의 stepping stone 역할을 하게 되며, 우리나라와 중국, 일본 등 동북아를 연결하는 중요한 서식처가 됨으로, 조류 생태 네트워크로 구상할 필요가 있음
- 영산강 하구의 갯벌 면적은 47.8km<sup>2</sup>로 하구 전체 갯벌면적의 9.9%, 전국갯벌면적의 1.7%를 차지하고 있으며, 영산강 하구에 지정된 연안·해양보호구역은 목포시에 지정된 조수보호구역을 제외하고 하구 행정구역 내에 지정된 보호구역은 전무
- 영산강 하구 및 주변해역은 한강 하구와 더불어 갯벌이 매우 잘 발달되어 있는 지역이지만, 관리대상 범위 중 해역부의 대부분이 연안육지부에 인접해 있고, 무인도서가 발달되어 있지 않은 특징을 보이고 있어서 보호구역이 매우 적게 지정된 것으로 판단

#### 나. 문도

- 영산강 하구둑과 대불방조제 사이에 위치하고 있는 문도는 도로가 단절되면서 튀어나와 섬형태를 하고 있으며, 주변으로 퇴적지가 형성되어 해수습지의 형태
- 형성된 퇴적지에는 칠면초 등의 식생이 자연스럽게 서식하고 있으며, 텃새와 철새 등 조류 서식처의 역할(<그림 5-13> 참조)

#### 다. 담수호, 농경지 및 농수로 서식처

- 기존 물길의 시작부분이 모두 둑이 설치되어 있는 상황이지만, 배수시설을 통해서 강물이 흐르고 그 주변으로 갈대 등 습생식물 등이 서식하고 있으며, 농경지는 그대로 유지되고 있어 생태공간으로 활용이 가능(<그림 5-14> 참조)



<그림 5-12> 대상지역의 비오톱 분석도 및 현황



<그림 5-13> 문도 및 식생 현황



<그림 5-14> 담수호, 농경지 및 농수로 서식처 현황

### 5.3.3 식물상 및 식생

#### 가. 하구둑

- 방조제 해측사면, 내측사면과 천단부 및 내부 담수호와 직접 연결되는 완사면의 식물상 및 식생은 토양의 종류와 유기물 함량, 깊이, 염도, 물의 염도, 해풍과 인간의 활동에 의해 영향을 받는 정도 등에 따라 차이가 나타나는 것으로 보이는데, 각 공간으로 유입되어 자생하고 있는 식물종들은 공간별 환경조건을 견딜 수 있는 종으로서 자생종을 중심으로 선별하여, 녹화공법의 도입초중에 참고
- 방조제 해측사면 : 강한 염도에 견딜 수 있는 염생식물 등 해안가에서 나타나는 초본류가 일부 서식
- 방조제 내측사면 : 천단부와 함께 토양이 거의 없어 식생이 발달하지 못함
- 담수호변의 내측완사면 : 유기질이 풍부한 미사질토양이 많이 퇴적된 곳을 중심으로 습지식생군락이나 싸리, 갯버들 등의 관목군락이 발달하였으나, 토양층이 얇은 사석처리구간은 대부분 외래귀화종이나 칩 등이 대규모 군락을 이루어 종다양성이 떨어지고, 불량한 경관을 제공

#### 나. 하구지역

- 영산강 하구의 경우, 영산강 발원지인 담양호 뚝 아래에서 물가나 바닷가 연안에서 흔히 볼 수 있는 피막이풀, 모래사초, 꽃방동사니, 방동사니대가리, 이삭사초 등이 모래가 쌓인 곳에서 군락으로 분포하고 있어 과거에 영산강 바닷물 고조시 바닷물이

담양읍까지 밀려 왔다는 사실을 보여주고 있으며, 이 지역에서 금역새의 분포는 매우 특이한 것으로(이 식물은 제주도 한강면 용수리에서 이영노에 의해 채집되어 1974년 신종으로 발표된 것)(서정수, 2004) 사료

- 영산강 하구 조하대에 출현하는 저서생물의 출현종수는 206 ~ 238종에, 평균서식 밀도는 663 ~ 1,137개체/m<sup>2</sup>이며, 정점별 종다양성지수는 2.0 ~ 2.5이며, 우점종은 이매패류인 *Theora fragilis*, 다모류인 *Tharyx* sp., *Pocillochaenis johnsonni* 등
- 대상지내와 주변은 농경지 및 나지 지역이고 기존 식생이 분포하는 구릉성 산지 지역은 대부분 곰솔군락(*Pinus thunbergii* community)이 분포하고 있으며, 그 외 식생이 분포하는 지역은 시점부인 영호리와 벌암리 일원의 구릉성 산지에 분포하는 상수리나무군락이며, 기존 영암호를 개발하여 형성된 간척지는 대부분 농경지로 사용
- 대상지의 관속식물은 총 43과 78속 86종 14변종으로 총 100분류군으로 나타났으며, 이중 양치식물은 3과 2종 1변종으로 총 3분류군, 피자식물강의 쌍자엽식물과 단자엽식물은 각각 69, 23종, 나자식물은 2과 5종 등으로 이중 특별히 보호가치가 있거나 보호대상종으로 지정된 법적보호종은 분포치 않으나 자란(*Bletilla striata* REICHB. FIL.), 보춘화(*Cymbidium goeringii* REICHB. FIL.)등 관상학적 가치가 있는 일부 난초과 식물이 분포하고 있음

<표 5-15> 영산강 하구 유역의 식생

구 분	수목림식생	관수지초본식생	부엽침수식생
식 생	버드나무군락, 갯버들군락 (2개 유형)이 주로 제방부 및 둔치부에서 서식	달뿌리풀군락, 갈대 군락, 줄군락 등	마름군락, 생이가래 군락, 개구리밥 군락

### 5.3.4 동물상

#### 가. 곤충

- 샷포로잡초노린재 등 8목 30과 41종 서식

#### 나. 어류

- 특정종의 다양성과 전체 다양성(종수)의 상대적인 비는 1.4로 자연하구에 비해 매우 낮으며, 과거 Mori(1936)가 보고한 42종의 어종 중에서 2001년에도 출현한 어종은 모두 25종으로 약 60%에 이르러 거의 유사한 어류상을 나타내고 있었으나, 과거에

출현하였던 어종 중에서 국수뱅어, 도화뱅어, 농어, 황복 등의 기수성 어종은 출현하지 않았는데 이것은 하구둑 완공으로 해수차단 때문인 것으로 판단

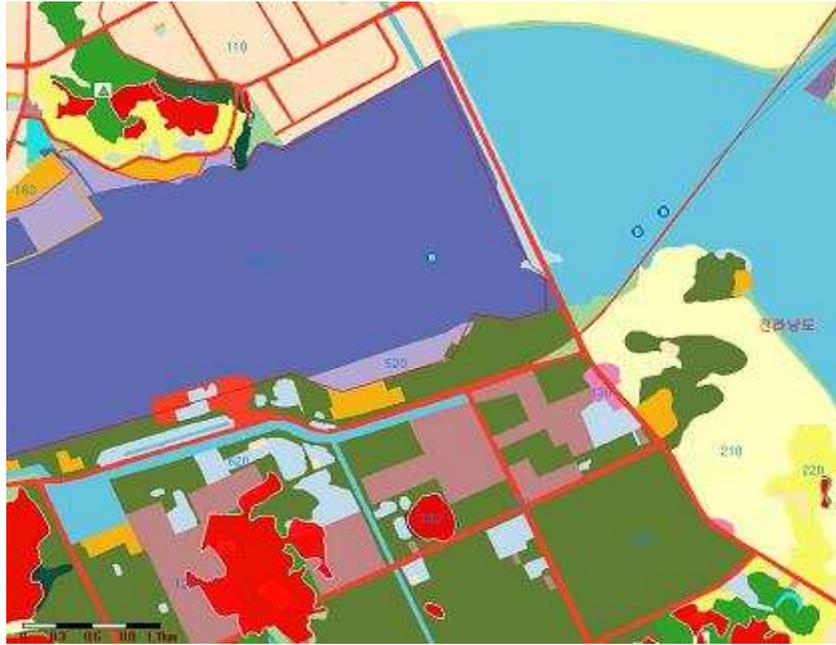
- 과거에 미출현종인 각시붕어, 흰줄납줄개, 떡납줄갱이, 큰납지리 등의 잡자루아과 어류와 돌고기, 줄몰개, 긴몰개가 출현하였는데 이는 기수역이 담수화되고 정수 생태계로 변화하여 이들 어종이 서식하기 적당한 환경이 갖추어졌기 때문에 상류에서 유하하여 서식하게 된 것으로 추측
- 영산호, 영산호 상류의 영산강 수계, 영산호 주변의 연안 수역 및 영암호와 그 상류수계에 서식하고 있는 어류는 총 3강 16목 56과 118속 161종
- 일차 담수어는 53종으로 잉어과 34종, 미꾸리과 4종, 동자개과 3종, 메기과, 통가리과, 꺾지과가 각 2종, 칠성장어과, 드렁허리과, 김정우렁과, 동사리과, 천상어과, 가물치과가 각 1종이 출현
- 주연성 어류는 35종으로 망둑어과 24종, 전어과, 학공치과, 송어과가 각 2종, 칠성장어과, 실고기과, 농어과, 돛양태과, 참복과가 각 1종이 출현
- 회유성 어류는 칠성장어, 뱀장어, 무태장어, 웅어, 빙어, 은어, 뺑어, 국수뱅어, 송어, 큰가시고기, 꺾정이, 황복 등 12종이 출현하였으며, 해산어류의 경우 37과 62종
- 서식어종 중 한국특산종은 각시붕어, 칼납자루, 줄납자루, 가시납지리, 참몰개, 긴몰개, 몰개, 참중고기, 왜매치, 돌마자, 치리, 남방종개, 눈동자개, 미유기, 통사리, 자가사리, 꺾지, 동사리 등 18종으로 모두 일차담수어이며, 도입어종은 떡붕어, 백련어, 초어, 블루길 등

#### 다. 양서파충류

- 양서류는 청개구리, 참개구리 등을 포함 1목2과5종이면, 파충류는 유헤목이, 무자치 등 1목2과4종으로 총 9종의 양서·파충류가 서식

#### 라. 조류

- 2004년 조류 특정종 조사에서 영산강의 2종의 출현에 그쳐 가장 낮은 특정종 분포를 보였으며, 조류의 분포적 특성에 기초할 때 영산강 하구의 생태적 현황은 다른 하구에 비하여 열악(이창희, 2004)
- 조류서식처로서 강 하구가 중요하며 농경지도 주요한 가치가 있으며, 영산강 하구둑 내외에 존재하는 조류와 어류간의 상관관계 파악이 중요한 것으로 사료



<그림 5-15> 영산강 하구둑 지역의 조류 분포도

<표 5-16> 영산강 하구둑의 년도별 출현 조류

년도	조 류 명
1984	왜가리, 중대백로, 흰뺨검둥오리, 재갈매기, 팽이갈매기, 제비
1985	중대백로, 쇠백로, 왜가리, 청둥오리, 흰뺨검둥오리, 홍머리오리, 검둥오리, 꿩, 뜰부기, 마도요, 팽이갈매기, 쇠제비갈매기, 제비, 알락할미새, 개개비
1988	갈매기, 재갈매기, 팽이갈매기, 제비갈매기, 쇠제비갈매기, 바다직박구리, 알락할미새, 물레새, 제비, 까치, 박새, 종다리, 방울새, 붉은머리오목눈이, 뺨꾸기, 멧비둘기, 물총새
1989	쇠제비갈매기, 바다직박구리, 알락할미새, 물레새, 제비, 참새, 까치, 박새, 종다리, 방울새, 붉은머리오목눈이, 뺨꾸기, 멧비둘기, 물총새
1990	중대백로, 왜가리, 흰뺨검둥오리, 흰물떼새, 팽이갈매기, 제비, 참새
1993	쇠백로, 중대백로, 왜가리, 꿩, 멧비둘기, 후투티, 제비, 노랑할미새, 알락할미새, 참새, 찌르레기, 어치, 까치, 까마귀
1996	중대백로, 왜가리, 멧비둘기, 붉은머리오목눈이, 참새, 까치

#### 마. 포유류

- 영산강 하구둑 주변 지역에 서식하는 포유류는 식육목으로 너구리, 수달, 대륙 족제비 등 3종이고, 소목으로 고라니, 쥐목으로 청설모 외 3종, 토끼목으로 멧토끼 등 4목 9종이 서식



수달서식지(포유류)      치리(어류)      네발나비(곤충류)      땡기흰죽지(조류)

<그림 5-16> 영산강 하구 서식생물

### 5.3.5 인문 사회 환경

#### 가. 관광자원

- 영산강 하구둑 자체가 주요한 관광자원이며 인근 주변으로 농업박물관, 해양유물 전시관이 존재하고 현재 진행중인 J프로젝트와 더불어 월출산, 두륜산 등 다양한 관광자원이 산재하고 있어, 이들 풍부한 관광자원을 활용하여 관광자원의 유형별 네트워크화를 통하여 관광의 기회성을 향상시킬 수 있으며 이의 실현을 위하여 체계화된 관광네트워크 구상이 필요



<그림 5-17> 영산강 하구둑 주변 주요 관광자원 분포도

#### 나. 역사·문화자원

- 전라남도 해남군 및 영암군의 지정문화재 분포현황을 보면 해남군은 국가지정 문화재 26점, 지방지정문화재 27점, 문화재자료 8점으로 총 61점의 문화재가 분포하고 있는 것으로 조사되었고, 영암군의 경우 국가지정문화재 13점, 지방지정문화재 38점, 문화재자료 14점으로 총 65점의 문화재가 분포

- 해남군 및 영암군의 관광 및 위락시설은 두륜산, 월출산, 영산호, 송호해수욕장 등의 자연자원뿐만 아니라, 인문자원으로 녹우당, 대흥사, 도갑사 등이 다양하게 분포
- 해남 서동사 대웅전 목조삼존불좌상 및 대웅전이 각각 유형문화재 제227호, 문화재 자료 제174호로 지정

<표 5-17> 역사·문화자원 현황

구 분		관 광 자 원 현 황	
인문 자 원	사적· 명승	해남군	녹우당, 고산유물관, 충무사
		영암군	왕인박사유적지, 장천리선사주거지, 내동리쌍무덤, 신연리 고분군, 옥야리고분군, 영보정, 영팔정, 회사정, 구고사, 녹동서원, 죽정서원
	사찰	해남군	대흥사, 미황사, 은적사, 서동사, 도장사
		영암군	도갑사
	기타	해남군	가학산휴양림
		영암군	도기문화센터, 주거변천사야외전시장, 영산호농업박물관, 테마리조트

### 5.3.6 현황종합 분석 및 SWOT분석

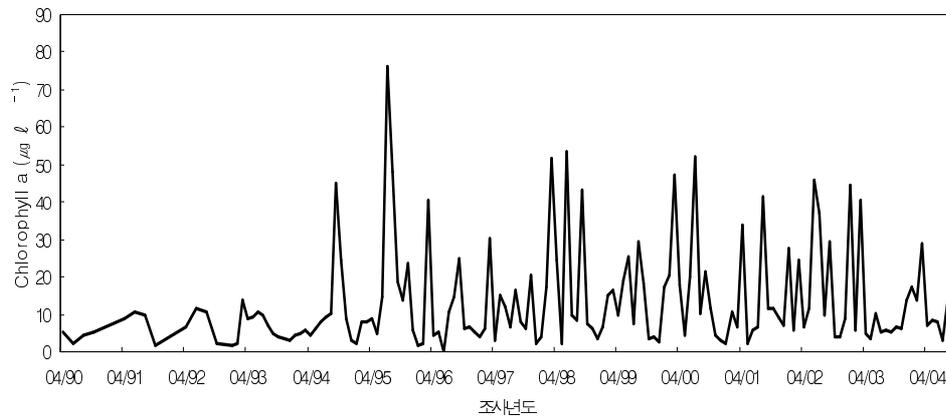
#### 가. 생태기반

- 영산강 하구는 영산강유역종합개발사업에 의해 고유의 생태환경이 심각하게 영향을 받는 우리나라의 대표적인 취약 하구로서 인공구조물 및 하구둑 축조로 인한 해안선 침식 등 자연해안선 변화가 일어나고 있고, 이와 더불어 연안퇴적환경과 생태계의 많은 변화를 초래함으로써 남해만, 영암만, 금호만의 갯벌이 소멸되는 등 담수와 해수가 교차하는 하구생태계의 변화와 함께 하구습지가 농경지 등으로 개발되어 습지면적이 크게 감소
- 영산강 하구둑 건설이후로 해양환경에서 발생된 변화를 살펴보면 퇴적물의 세립화 (clay : 59%, sil t :39%)로 인한 저서생물 군집변화(임과 박, 1998), 최대 해양 에너지 지역이 외해로 이동되면서 연안침식이 발생하고, 풍부한 일사량으로 인한 고온과 저염의 담수가 방류되어 해양환경의 급작스러운 변화를 초래(박 등, 2001; 신 등, 2005), 성층이 심화되면서 저층 용존산소가 감소(임과 박, 1998), 해양의 주요 에너지인 조석에서 조차가 증가하였는데 평균(극조) 고조시에 28(60)cm가 증가했고, 평균(극조) 저조시에 13(43)cm 감소(강 등, 1998), 결국 수위상승으로 목포해안 침수가 발생하고 홍수시 담수배제 기간을 조절할 필요성이 제기

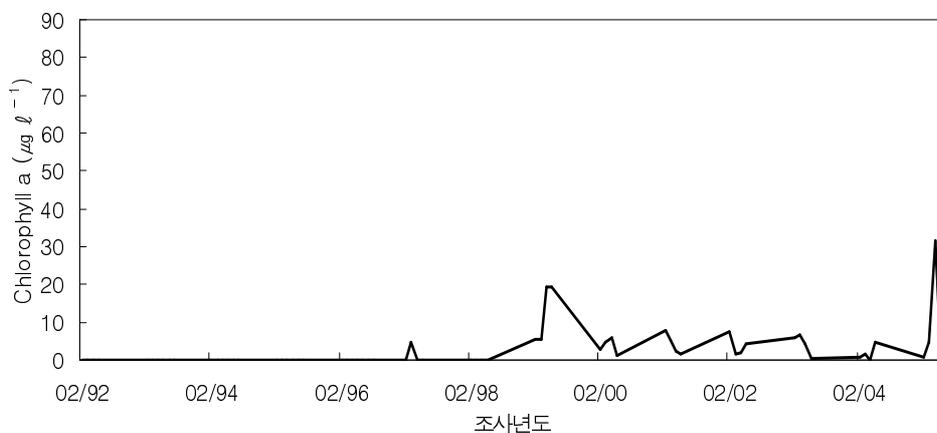
- 영산강 하구둑 수문개방으로 인한 높은 수질의 담수유입이 목포해역의 수질에도 악영향을 끼치고 있으며, 공간적으로 다른 염분 및 영양염의 농도 분포와 중·소형 플랑크톤의 생체량 분포가 나타나고, 회유성 어류의 감소 등, 일시적 담수배제로 인한 물리적·생태적 영향이 인근 해역 및 하구생태계에 나타나고 있음

#### 나. 생태환경 - 식물플랑크톤의 생체량

- 영산강 하구의 장기적인 식물플랑크톤의 생체량 변화를 보면 담수역에서는 1994~1996년에 식물플랑크톤의 생체량의 급격한 증가를 보였으며, 이후 감소하는 경향
- 담수역에서 식물플랑크톤의 크기 구조는 4월에 가장 높은 전체 생체량을 보였으며 Nano-size 식물플랑크톤이 우세하였으며, 7월에는 Nano-size가 감소하고 Micro-size와 Pico-size가 증가하였으며, 9월에는 Micro-size와 Nano-size가 비슷한 분포를 나타내었고 겨울에는 Nano-size가 다시 우세, 해수역의 경우는 4월, 7월, 9월에는 Micro-size 식물플랑크톤이 높은 기여율을 겨울인 1월에는 Nano-size 식물플랑크톤이 우세하게 나타나 계절에 따른 크기 구조의 변화가 발생



<그림 5-18> 영산강 하구 담수역 식물플랑크톤 생체량의 장기적 변화



<그림 5-19> 영산강 하구 해수역 식물플랑크톤 생체량의 장기적 변화

- 영산강 등 담수하천 생태계와 해양 및 연안 생태계의 연결, 생태적 구조 및 기능의 복원을 위하여 담수와 염수가 유통할 수 있는 하구생태계의 복원과 하구둑의 구조개선이 필요하며, 영산강과 접한 보전가치가 높은 습지의 적극 보전, 중거점 산림녹지 및 농수로의 연결을 통한 생태네트워크 구축, 서식처로서 보전가치가 높은 지역의 보전 및 기존 대나무 밀집지역 활용

## 다. 인문환경

- 방조제는 조수 차단, 홍수조절, 담수 확보, 교통개선 등으로 주요하게 이용되어 왔으나, 지역주민 및 방문자에 의한 휴식과 조망 등 관광기반으로서의 이용이 증가하고 있어 경관을 즐길 수 있고, 휴식 및 다양한 체험을 가질 수 있는 공간으로 이용될 수 있도록 개선이 필요
- 영산강 하구둑의 연방문객은 2012년 860만명, 2016년 1,030만명에 이를 것으로 추정되고 있어, 영산강 유역 고대문화권 개발계획과 연계하여 해양과 담수호의 수변환경을 토대로 한 생태체험 및 조망, 레저, 휴식 등 관광자원 개발 필요
- 방조제의 천단 및 해측사면 등을 방문한 이용객들을 위한 전망시설과 주차시설 등이 미비하며, 노점상의 난립과 낚시행위 등이 무질서하게 이루어져 위험한 관광행태가 이루어지고 있으며, 방조제 콘크리트 사면 등이 그대로 노출되어 있어, 경관적으로 불량하며 여름철 이용객들의 이용에도 매우 불리
- 기존에 조성된 방조제의 기념광장 등은 방조제 전체 구간의 공간 활용과 연계성이 떨어지고, 휴식공간 미비와 공간 컨셉의 차별화가 부각되지 않아 관광자원으로서의 활용에 효율성이 떨어지며, 배수갑문 등 방조제 시설이 단순 수리시설물로 조성되어, 경관적으로 방문객에게 매력적인 요소로 부각되고 있지 못하므로, 야간조명 등 보다 적극적인 경관개선 계획이 필요하며, 방조제와 담수호, 간척지의 생태 및 관광 등의 이용에 있어서 각 공간 간의 네트워크화를 통해 체계적인 공간 활용 필요

## 라. 보전가치 평가

### 1) 생태 보전 및 복원지역 설정 기준

- 보전·핵심지역은 수변습지, 수계, 산림 등 주요생물서식지가 포함된 지역으로 개발을 제한하며, 적극적인 보전이 이루어져 생물 다양성, 순환성, 자립성, 안정성, 연계성을 고려한 생태환경을 목적으로 설정

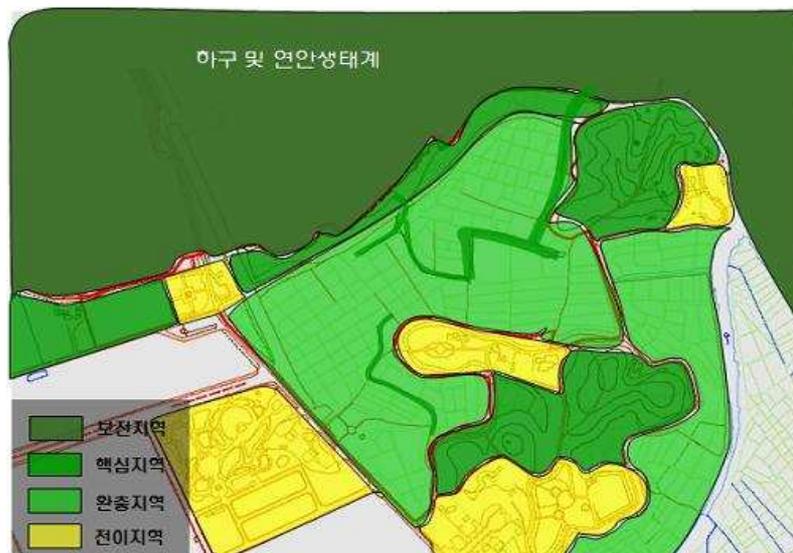
- 완충지역은 보전지역을 보호하기 위해 둘러싸고 있거나, 이에 인접한 지역으로 농수로, 논 등으로 설정하고, 또한, 보전을 원칙으로 하되 개발이 불가피할 경우 자연친화적 개발과 최대한의 복원을 기준으로 적용
- 전이지역은 개발이 진행되어 있어 자연친화적 정비 및 개발을 필요로 하는 지역으로 최대한 자연을 훼손하지 않는 범위에서 공간을 조성

<표 5-18> 생태자연도 평가 기준

평가항목	세부평가항목		
생태 자연도	생태자연도 등급에 의한 보전대상지역 선정		
	평가기준		
	보전·핵심지역	완충지역	전이지역
	생태적으로 보호가치가 높은지역 : 수계, 수변 습지, 산림 등	보호가치가 있는 지역 : 농수로, 논 등	개발이 진행되고 있거나, 중단되어 정비가 필요한 지역

## 2) 보전가치 평가

- 대상지역의 현황에 따른 상대적 보전가치평가를 실시하며, 하구 및 제방밖 습지, 농수로는 상대적으로 보전가치 높고, 농경지는 보통 수준
- 보전가치에 따른 공간계획의 구분이 필요한데, 가치가 높은 곳은 보전하고 훼손된 곳은 복원, 가치가 낮은 곳은 친환경적 활용 또는 기능 향상이 필요



<그림 5-20> 영산강 하구둑의 보전가치 평가도

## 마. 기회성 및 제한성 분석

○ 영산강 하구둑의 제반 조건을 살펴본 결과, 대상지가 갖는 기회성과 제한성 분석

<표 5-19> 영산강 하구둑의 기회성 및 제한성

구 분		내 용
기	해수생태계와 기수생태계의 복합성을 지닌 장소	·방조제 조성으로 해수생태계와 기수생태계가 방조제를 경계로 형성됨에 따라 특성이 다른 생태계를 동시에 수용할 수 있는 생태영역으로 조성될 수 있는 잠재력 지님 ·다른 두 생태계에서 발견되는 생물을 수용함으로써 생물다양성이 증진되는 공간으로 조성 가능
	철새도래지로서의 기회성	·서남해안의 해안가를 중심으로 철새도래지 산재 ·철새서식처 조성을 통한 조류의 유인 가능성 높음
회	다양한 생산과 소비활동의 전이지역	·영산강 하구둑의 시점부에 입지예정인 남약신도시 옥암지구와 중점부에 입지하고 있는 대불산업공단 그리고 영암방조제 및 금호방조제의 내부 개발지에는 J-Project의 개발계획이 수립 중에 있어 신도시, 산업단지, 관광단지 등 다양한 생산과 소비활동이 이루어지는 지역들의 전이지역으로 역할을 함
	주변의 다양한 문화관광자원	·영산강 하구연 유역 주변으로 다양한 문화유산과 유적 등이 분포
성	특색있는 관광자원으로 조성	·지역특색과 환경, 문화자원을 활용한 관광상품이 부족한 현실 ·특색 있는 관광지로의 조성을 통해 경제, 사회적으로 큰 성장 요인 ·관광거점국가가 되기 위한 아시아 국가간의 관광계획이 활발
	불리한 자연여건	·영산강 하구연 유역은 위치상 바람의 영향이 큰 지역 ·방조제상에 형성된 부지이므로 섬과 인접한 일부 지역을 제외하고 대부분의 대상지가 자연환경을 새롭게 창출해야할 지역 ·하구둑으로 인한 물순환 왜곡, 지형경관변화 및 기수성 어족 자원 급감, 조류 종 다양성 감소
한	특수한 자연환경	·해안가에 인접해 있음에 따라 해안가의 염분에도 강한 식생의 도입 요구 ·해풍으로 인해 바람에도 강한 수종의 선택 요구
	지역주민과의 파트너십의 요구	·새로운 환경조성에 따른 지역주민의 불만이나 반발 등을 파트너십 차원에서 조정할 필요가 있음 ·지역주민이 직접 참여할 수 있는 프로그램 요구

## 바. SWOT 분석

<표 5-20> SWOT 분석

강점(Strengths)	약점(Weaknesses)
<ul style="list-style-type: none"> <li>·해양경관이 쾌적하고 아름다운 자연환경</li> <li>·독특한 자연환경 및 입지조건</li> <li>·토지의 대부분이 국유지로 개발행위시 토지보상 등에 대한 부담감이 적음</li> <li>·주변의 하구 및 연안생태계</li> <li>·지역 내 농수로의 활용 잠재력</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·인공구조물로 환경·경관적 자연성 부족</li> <li>·기존의 하구둑 및 방조제에 대한 선입견 (인공적 구조물, 해양환경의 변화, 단순한 교통로 및 방재의 기능 등)이 있음</li> <li>·인접 구릉지대의 난개발</li> <li>·산업철도가 지역내 관통(경관문제)</li> </ul>
기회(Opportunities)	위협(Threats)
<ul style="list-style-type: none"> <li>·여가, 문화활동에 대한 수요 증가</li> <li>·발달로 접근성이 높아짐</li> <li>·신정부의 지방분권 및 지역발전정책의지</li> <li>·주변지역의 개발계획 수립(남약신도시, J-project 등)</li> <li>·J프로젝트 개발에 따른 주변 지역의 활성화 기대</li> <li>·어류 외 조류의 서식처로서 중요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·대상지의 여건상 기반시설의 확충에 불편한 점이 많음</li> <li>·입지적 여건에 따른 해풍 및 월파, 염해 등에 대한 제약 요소가 있음</li> <li>·지속적 난개발 압력</li> </ul>

### 5.3.7 영산강 하구둑 생태경관개선 방안

#### 가. 비전 및 목표

##### 1) 비전

- 다기능 하구둑으로서 하구와 연안생태계를 연결하는 환경친화적 하구둑으로 조성
- 하구둑의 경관개선을 통해 해양문화중심도시로서 미항목포의 이미지를 브랜드화

##### 2) 목표

##### 가) 생태환경 및 경관개선

- 생태계의 자립성, 순환성, 안정성, 다양성을 고려한 계획
- 하구와 연안생태계를 연결하여 서식동식물의 서식처 조성 및 복원
- 하구와 담수호의 수변경관을 즐길 수 있는 다기능 하구둑 계획
- 하구둑의 시설 등의 정비 및 디자인화를 통한 인공적인 경관 개선

##### 나) 다기능 하구둑 계획

- 영산강하구의 독특한 생태와 경관을 즐기는 시설 계획
- 지역민과 방문자의 여가를 위한 시설 계획
- 하구둑의 유지·관리 자원 마련을 위한 신규사업화 전략

## 나. 지표 및 실행전략

### 1) 지표

- 자연적인 하구에서는 담수를 통해 공급되는 영양염이 하구 생태계를 생산적인 시스템으로 유지하는데 매우 중요한 자원으로 영양염은 식물플랑크톤, 저서미세조류나 해조류와 같은 수중 및 저서 일차생산자들에게 필수적인 영양물질
- 영산강 하구둑이 개방된 직후에 하구둑 바로 외측 해역에서 식물플랑크톤의 생물량이 급증하지만 10일정도가 경과된 후에는 외측 해역의 식물플랑크톤의 대발생을 목격할 수가 없었는데 이는 해양환경에서 담수를 통해 유입되는 영양염에 대한 반응속도가 빠르며 영양염의 유입으로 인한 식물플랑크톤의 증가는 먹이사슬을 통해 해양어류와 같은 대형동물들의 먹이를 제공함으로써 생산적인 시스템이 가능하게 만드는 역할을 하기 때문인 것으로 사료
- 따라서 영산강 하구둑의 생태복원이 이루어질 경우 해양 생태계의 건강성이 향상될 것이라고 사료

### 2) 실행전략

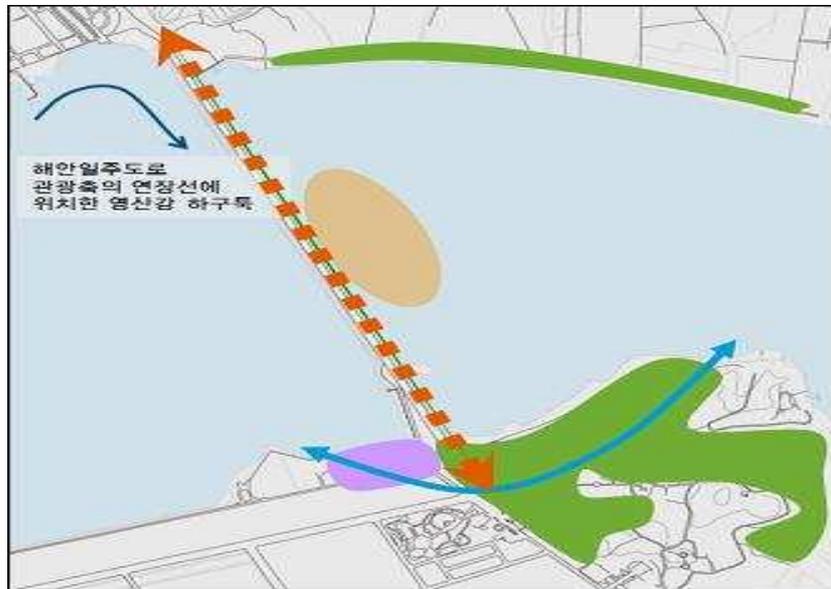
<표 5-21> 지표 및 실행전략

구분	계획 요소	주요 내용
자연생태적 요소	습지 및 서식처 복원	·담수호 습지를 보전하고 조류 및 생물체의 서식처를 복원하여 생태적으로 우수한 공간 조성
	어도	·어도와 수로 및 습지의 연계 체계 구축
경관적 요소	배수갑문 및 도로시설 정비	·낙후된 배수갑문 시설과 도로포장 등을 정비하고 디자인된 가로시설물을 도입
	야간경관 시설	·경관조명을 설치하여 특색있는 공간조성
	전망데크	·하구둑의 중심에 바다와 담수의 풍경을 감상할 수 있는 전망데크 및 광장 등 휴게공간 조성
환경교육/체험요소	야외전시 및 체험장	·자연생태를 학습, 체험하는 야외공간 조성
	농업체험 학습장	·농지를 활용한 체험 및 학습장 조성
	자연생태체험	·자연 및 생태의 체험과 학습장 조성
	서식처 관찰 및 학습	·어도의 관찰 및 학습공간, 조류관찰대 조성
관광요소	기념공간	·상징공원을 조성하여 대상지의 상징성을 알릴 공간 조성
	남도문화체험	·남도의 특징을 활용한 남도문화 체험공간 조성
	기념품 판매장	·농업체험의 생산물이나 남도를 상징하는 기념품 판매
	휴식공간	·방문자를 위한 벤치, 산책로 등 휴식공간

## 다. 공간 기본 구상

### 1) 기본 방향

- 영산강 하구둑 일대를 생태적인 공간으로 창출하여 대상지역의 생물다양성 증진
- 담수 및 염수 생태계의 전이지역인 기수생태계의 복원
- 하구생태계와 학습 및 체험 등 공간의 체계적·통합적 이용
- 해안일주도로 관광축(제3차 전라남도 종합계획)과 연계하여 생태관광을 유도하고, 하구둑에서 조류관찰, 경관조망 등 다양한 볼거리 제공하기 위해 시설물의 재정비 등을 통한 경관개선방안 제시 및 다양한 공간 구상 계획 수립



<그림 5-21> 기본방향

### 2) 기본구상

#### 가) 생태환경개선 중심형

- 시설을 최소화하고 생태를 보존시키는 방향으로 계획
- 하구둑의 경관개선 및 조망시설 설치, 기존 수로를 활용한 어도를 조성하여 생태 환경적인 공간 계획
- 감조하천형 어도 조성 및 생물 서식처 보존
  - 기존 갈대숲을 보전하여 조류서식처로 복원, 시설로 조류관찰로·안내판 등 조성
  - 습지부는 자연형으로 조성하여 생태적 안정화를 이룰 수 있도록 계획하고, 생물의 관찰거리를 고려하여 데크 및 해설판 설치

- 기존의 물길을 이용하여 자연하천형 어도를 조성하고 어류 서식공간을 확충하여 생물 다양성 확보 및 어류관찰을 통한 학습효과 제공



<그림 5-22> 생태환경 개선 중심형 기본 구상도



(A) 염수습지와 조류서식처

(B) 기수습지와 데크

(C) 담수습지와 해설판

(D) 어도와 어류관찰

<그림 5-23> 생태환경개선 중심형의 생물서식처 보존

○ 하구둑 경관개선 방안

- 특색 있는 야간 조명시설을 설치하고 낙후된 배수갑문을 리모델링하여 경관개선
- 전망대를 설치 방문객들에게 하구둑의 자연경관을 조망할 수 있도록 공간 조성



<그림 5-24> 생태환경개선 중심형의 경관 개선 방안

<표 5-22> 시설 및 이용 프로그램 계획

구분	프로그램		
	공간 프로그램	시설 프로그램	이용 프로그램
생물 서식처 제공	어도	어도 관련 시설	어도내 어류관찰 등
	조류 서식처	갈대숲 조성, 서식처 복원	헛대, 조류관찰 등
	습지	기수습지, 담수습지, 염수 습지, 헛대, 모래섬, 습초지, 관찰테크 등	습지별 생물종 관찰 및 학습, 모래섬 생물종 학습 등
하구둑 경관개선	전망대	전망테크	전망, 휴게공간 제공
	배수갑문	배수갑문시설 정비 및 경관 조명	경관 조망
	야간 조명	특색 있는 야간 조명 시설	야간 경관 조망
생태관광 또는 녹색관광	조류관찰공간	조류관찰로(제방위 도로 활용) 등	제방에서 조류 관찰 등
	어도관찰공간	어도, 관찰테크 등	어도내 어류 관찰 등

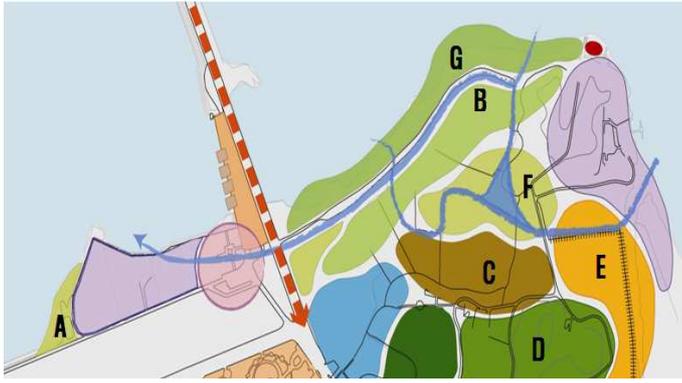
## 나) 복합개발 중심형

- 다양한 프로그램과 체험위주의 계획으로 생태관광을 위한 공간 조성
- J프로젝트 등 주변 지역 프로그램과 차별화되는 공간 계획

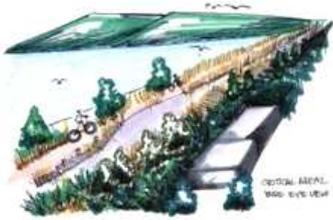


<그림 5-25> 복합개발 중심형 기본 구상도

- 생물 서식처 보존 및 체험공간 조성
  - 기존 갈대숲을 보전하여 조류서식처로 복원, 조류관찰로·관찰대·안내판 등 조성하여 학습·관찰 효과를 기대
  - 해안일주 관광축과 연계할 수 있도록 다양한 관광시설 및 체험학습 공간 제공
  - 농촌체험장, 생태공원, 퍼머컬처, 생태숲 등 다양한 체험이 이뤄질 수 있는 공간을 조성하고 전시장·야외판매장 등을 조성하여 지역경제 활성화에 이용
  - 기존의 물길을 이용하여 자연하천형 어도를 조성하고 어류 서식공간을 확충하여 생물 다양성 확보 및 어류관찰을 통한 학습효과 제공



(A) 염수습지와 조류서식처



(B) 조류관찰로



(C) 농업체험장



(D) 야외판매장



(E) 야생초화원/곤충원



(F) 생태공원

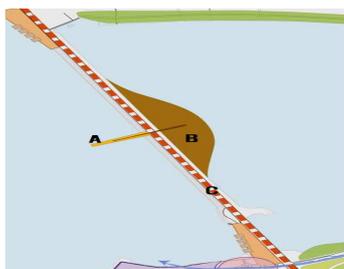


(G) 갈대숲

<그림 5-26> 복합개발 중심형의 생물 서식처 보존

○ 하구둑 경관 개선 방안

- 특색 있는 야간 조명시설을 설치하고 낙후된 배수갑문을 리모델링하여 경관 개선
- 데크광장과 전망대를 설치하여 Over-bridge로 연계시키고 공연장, 주차장, 휴게 공간 등의 시설 등을 조성하여 관광객들이 이용할 수 있도록 계획



(A) 전망대



(B) 수변 데크



(C) 야간경관조명

<그림 5-27> 복합개발 중심형의 경관개선 방안

<표 5-23> 시설 및 이용 프로그램 계획

구분	프로그램		
	공간 프로그램	시설 프로그램	이용 프로그램
생물서식처 제공	어도	어도 관련 시설	어도내 어류 관찰 등
	조류 서식처	갈대숲 조성, 서식처 복원	헛대, 조류관찰 등
	습지	기수·담수·염수습지, 헛대, 모래섬, 습초지, 관찰데크 등	습지별 생물종 관찰 및 학습, 모래섬 생물종 학습
	야생초화원	나비원, 곤충원, 환경해설판, 데크산책로 등	초지내 생물종 관찰 및 학습 등
	생태숲	환경해설판, 데크 등	생태숲 내 생물종 관찰 및 학습 등
하구독 경관개선	전망대	전망데크, 연결 브릿지 등	경관 조망
	데크광장	주차장, 휴게공간, 환경조각물, 공연장 등	공연, 경관 조망, 레크-레이션, 휴식 등
	야간조명	구조물을 설치하여 적극적인 조명시설계획	야간 경관 조망
	배수갑문	배수갑문시설정비 및 경관 조명	경관 조망
농업체험 및 학습	관찰공간	논, 밭 등	논밭에 서식하는 생물종 관찰 등
	체험공간	피머컬처, 주말농장 등	직접 텃밭 가꾸기 등
	학습공간	논, 밭, 전통농가 등	전통 농가시설 및 농기구 학습 등
지역경제 활성화	농산물판매장	농산물전시장, 농산물판매장 등	직접 가꾼 농산물 판매 지역농산물 구매하기 등
	기념물판매장	기념물전시장, 기념물판매장 등	남도 기념물, 농업 관련 기념물 구매하기 등
생태관광 또는 녹색관광	조류관찰공간	조류관찰로(제방위 도로 활용)	제방에서 조류 관찰 등
	어도관찰공간	어도, 관찰데크 등	어도내 어류 관찰 등
	남도문화체험	대나무밭 등	남도문화 학습 및 체험

### 5.3.8 습지 및 생물 서식처 복원 방안(생태개선 방안)

#### 가. 습지 식생 복원 방안

- 어도와 연계된 습지를 조성하여 어류의 유입을 유도하고 생물 서식처 복원을 위하여 습지 조성을 구상하였으며, 기수습지(범람원)은 갈대, 억새, 오리나무, 버드나무 등의 다층구조로 식재하여 주위 환경과 생태적으로 연계될 수 있도록 조성하고 생물의 서식처 제공
- 교목층, 아교목층과 관목층, 초본층의 다층구조로 식생이 형성될 경우 그 생태계 내의 생물종들이 수평적 공간의 4배에 해당하는 공간을 여유할 수 있으므로 공간의 효율적인 측면에서도 유리

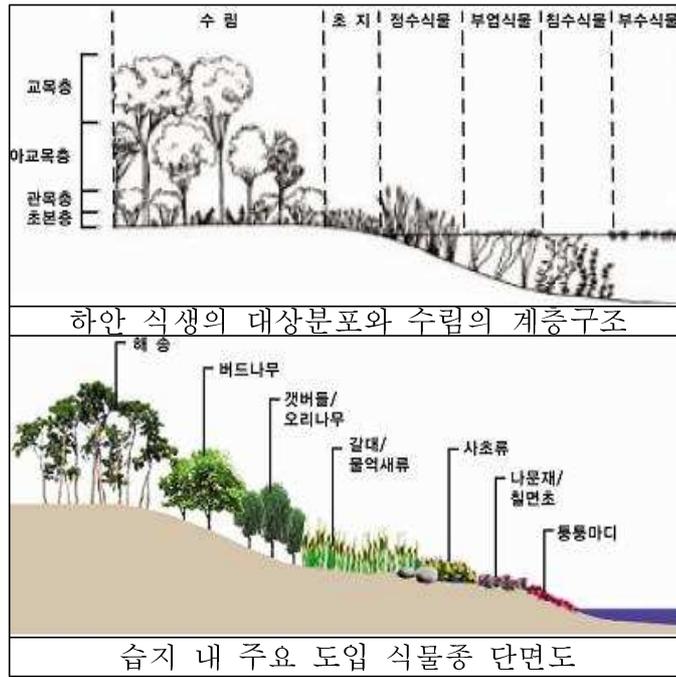


<그림 5-28> 습지 복원 구상

- 수위 및 물의 염도에 따라 습지구간별 다양한 식생 도입 가능



<그림 5-29> 습지별 서식 가능한 식생 현황



<그림 5-30> 습지 및 하안 내 주요 도입식물 단면 모식도

#### 나. 곤충류의 서식처 조성기법

- 초본류의 도입을 통해 식물을 먹이원으로 하는 곤충종의 유입을 유도
- 얇은만과 습지성 초지를 조성하여 유충의 서식환경을 확보
- 돌무더기, 통나무, 나무더미, 낙엽층 및 부엽토 쌓기 등을 제공하여 곤충의 서식 공간 마련

#### 다. 양서·파충류의 서식처 조성기법

- 양서·파충류의 서식처 및 은신처로서 썩은나무, 자갈밭, 모래밭, 돌무덤 등을 조성하고 생물 접근거리를 고려 인공섬 배치
- 습지와 물가 등 다양한 수생식물 및 수질정화식물을 식재하여 휴식처 및 산란 장소 조성

#### 라. 조류의 서식처 조성기법

- 습지부에 헛대, 인공섬, 관목덤불, 모래밭, 완만한 유속의 사행유로 등의 조류 서식공간을 조성
- 먹이원인 수서생물, 곤충, 어류 등의 서식공간 확보 필요
- 조류를 유인하고 서식하기에 적합한 환경을 제공하기 위한 습지를 위해서는 수심,

가장가지 처리, 식재 등이 주요 관점이며, 또한, 조류의 서식을 위해서 가장 중요한 것은 외부간섭을 최대한 줄여주는 것으로 사람의 간섭이 적어야 하므로 관찰행위로 인한 간섭을 최소화해주기 위한 데크 조성이 필요

<표 5-24> 조류의 서식환경

서식지유형	주식생	관찰종	비고
하중도 (모래)	-	청둥오리, 흰뺨검둥오리, 백로류, 갈매기류, 도요류, 할미새류	휴식지
하중도(빨)	줄, 갈풀 등	쇠오리, 도요류, 할미새류	휴식지 및 채식지
수변부식생	달뿌리풀, 줄, 갈대, 버드나무류 등	붉은머리오목눈이, 노랑턱멧새, 쑥새, 물까치 등	서식지
농경지	재배작물, 보리 등	멧비둘기, 말뚱가리, 황조롱이, 꿩, 쇠부엉이, hing새, 떼까마귀, 지빠귀류 등	서식지
제방부 (초지형)	물억새, 갈대 등	노랑턱멧새, 쑥새 등 멧새류	서식지
제방부 (단목형)	아까시나무, 버드나무류	멧비둘기, 직박구리, 떼까치, 딱새, 박새, 되새, 방울새, 참새, 찌르레기, 까치 등	서식지
수중보	-	논병아리, 백로류	서식지



<그림 5-31> 습지 내 주요 도입시설 구상

### 5.3.9 영산강 하구둑 경관개선 방안

#### 가. 경관 자원

- 해양 경관의 정체성을 부각시킬 수 있는 공간 창출에 따른 경관 가치 증진을 위해 독특한 환경을 살린 차별화 및 일상에서의 해방감을 극대화하면서 독립된 공간으로 활용
- 하구둑 및 방조제가 가지는 독특한 환경의 관광자원화 및 목포시, 영암, 해안, 무안군의 관광벨트 활성화로 인한 관광수익 증대 및 배수갑문, 하구둑 도로정비, 야간경관 등 경관자원의 개선 및 복구 방안 제시
- 관광기반을 조성하기 위해 독특한 경관 창출 방안 모색



경관계획의 요소

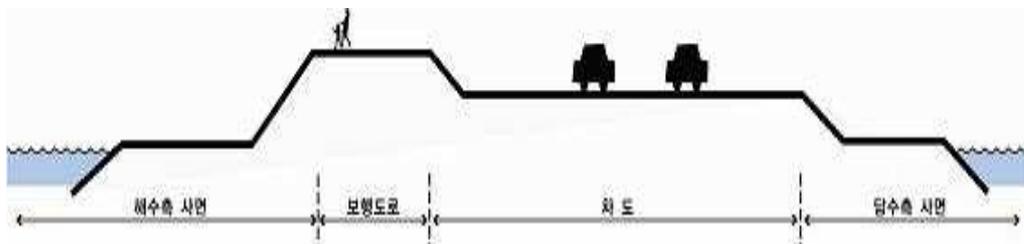


<그림 5-32> 영산강 하구둑의 경관 자원

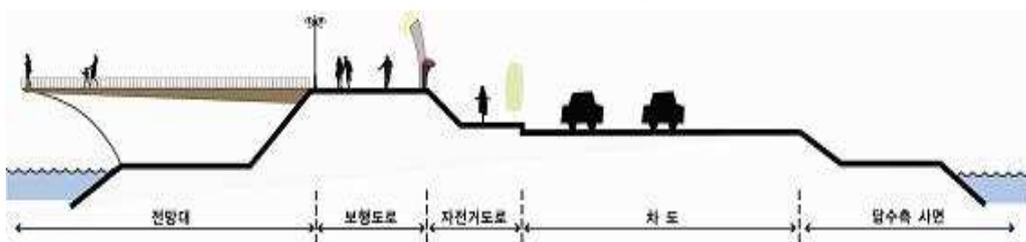
## 나. 경관 개선 구상

### 1) 하구둑 및 도로 공간 구상

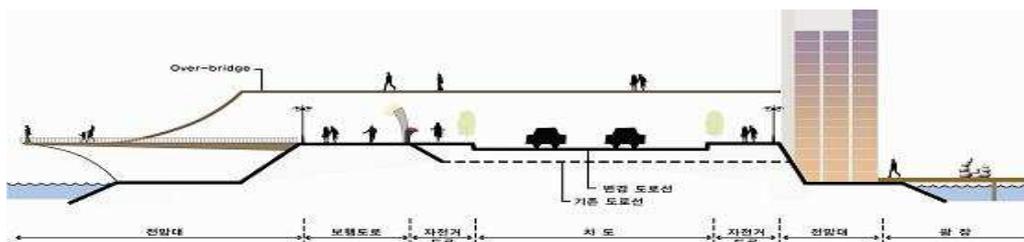
- 하구둑의 주요 기능중 하나인 도로로서의 역할은 증가되는 교통량과 예상되는 관광객수에 비례하여 중요도가 높고, 또한 대상지 내의 선형공간의 특징을 살릴 수 있는 요소이며, 현재는 자전거도로가 따로 지정되어 있지 않아서 보행자와 자전거이용자 모두 안전에 노출되어 있으며, 도로포장이나 시설 등이 낙후되어 정비 및 경관개선이 필요
- 생태환경 개선 중심형은 자전거도로를 분리하고 보행도로를 정비하고 경관조명을 설치하여 야간경관 개선 효과를 주고, 해수측으로 전망대를 설치하여 좌·우측으로 목포항과 영산호의 경관을 감상
- 복합개발 중심형은 도로를 승상하여 운전자와 보행자 모두 경관을 감상 할 수 있고, 자전거 도로를 분리하여 보행자와 자전거이용자 모두 안전하게 이용할 수 있으며, 또한, 담수측의 전망타워와 해수측의 전망대를 Over-bridge로 연결하여 경관을 감상하고 커뮤니티 공간으로 활용



(a) 하구둑 및 도로 현황



(b) 생태환경 개선 중심형 구상 단면



(c) 복합개발 중심형 구상 단면

<그림 5-33> 하구둑 및 도로공간 구상 단면

## 2) 전망 시설

- 영산강 하구둑에 도입되는 전망시설은 이용객의 흥미를 끌 수 있도록 다양한 형태로 설계됨은 물론 많은 볼거리를 제공하고, 그와 더불어 영산강 하구둑의 의미를 살펴볼 수 있도록 교육적인 프로그램 마련
- 경관적으로 가장 양호하며, 가능한 모든 방향에서 전망될 수 있는 지역에 도입
- 수변전망데크는 가능한 물의 접촉에 내성을 가진 목재 소재를 사용하며, 중간 중간 다양한 형태의 전망대나, 벤치 및 컨테이너 녹화 등을 조성하여 산책로 및 공원의 기능도 함께 가질 수 있도록 조성하며, 수변전망데크는 가능한 100m이상 설치



전망탑 및 휴게소



전망타운내 시설



수변전망데크

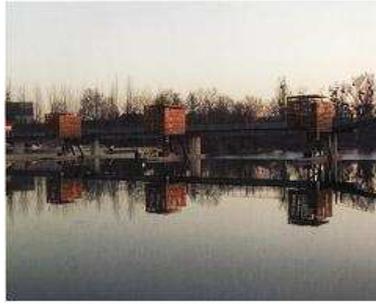


전망대

<그림 5-34> 전망시설 사례

### 다. 배수갑문 시설경관 개선

- 기존의 배수갑문은 시설이 낙후되고 주변경관에 이질감을 주므로 경관 개선이 요구되며, 영산강 하구둑을 대표하는 디자인으로 구상
- 배수갑문 구상 방법은 구조물의외곽부에 목재 등 다양한 소재를 이용하여 리모델링, 조명을 이용하여 야간경관 개선, 지역의 상징적인 이미지를 이용하여 배수갑문의 디자인을 고려하여 특색 있는 경관연출, 조망시설을 설치하여 주변경관을 감상할 수 있는 공간 제공



전망대형 배수갑문



아산만 방조제 배수갑문



새만금 방수제 배수갑문



군산 신시도 배수갑문

<그림 5-35> 배수갑문 경관 사례

#### 라. 야간 조명

- 영산강 주변 관광지역과의 연계성을 고려하고 하구둑의 경관요소의 장점을 부각시키기 위하여 야간조명 등의 시설과 경관구조물을 이용한 조명시설의 도입은 경관과 하구둑의 이미지 향상에 긍정적인 영향을 기대할 수 있으며, 관련시설(배수갑문, 전망대 등)과 통일감 있는 디자인으로 구상
- 야간 경관 구상 방법은 시간별, 계절별 야경 연출 프로그램 계획에 의해 운영, 특색 있는 디자인의 구조물을 이용하여 형태를 보여줄 수 있도록 빛 투사, 하구둑의 선형 강조를 위한 라인 조명, 수면에 비치는 빛을 이용하여 랜드마크적 경관조명 연출



<그림 5-36> 야간 조명 사례

## 5.4 결론 및 제언

### 5.4.1 결론

- 영산강 하구의 서식어종 중 뱀장어, 방어, 숭어, 망둑, 꺾정이 어종 대상으로 자연형 수로식 어도를 설치
- 어류의 이동 및 은신처, 산란처 제공을 위한 소, 여울, 자갈밭 등을 친환경적으로 조성하며, 어류이동 관찰실 및 전시장 등을 계획
- 신설 통선문은 2,500톤급(관광유람선) 선박통행이 가능하게 설치하여 레저, 관광 및 차후 물류운송 등을 고려 대형선박이 통과할 수 있도록 계획
- 기존의 단순 시설물로서 조성된 영산강 방조제는 시대적 변화에 따라 관광자원 및 자연친화적 시설로서 구조와 기능의 개선이 필요하며, 개선방안으로 단순 개보수 형식의 사업에서 벗어나 관광, 생태, 휴식, 위락 등 다양한 기능의 공간을 계획하고 더불어서 생태 및 경관개선의 방안으로 다양한 방법을 제안
- 다기능 하구둑 계획은 대안 1로 생태환경 개선 중심형 개발로 시설을 최소화하고 생태를 보존시키는 방향으로 계획하는 것이며, 대안 2로 복합개발 중심형 개발로 다양한 프로그램과 계획위주의 생태관광을 위한 공간으로 조성하여 주변 지역 관광 프로젝트와 차별화되는 공간을 계획
- 생태개선 방안으로는 현재 서식하고 있는 생물들의 현황을 파악하여 다양한 생물들이 서식할 수 있도록 각 생물별 서식공간을 구상
- 경관개선 방안으로 영산강 하구둑의 자연경관 및 인공경관 자원을 선정하여 관광기반을 조성하기 위해 독특한 경관 창출 방안 제시하였으며, 하구둑 및 도로공간, 전망시설, 배수갑문 시설의 개선, 야간 조명 계획에 중점을 두고 개선 방안을 모색

### 5.4.2 제언

- 향후 후속 연구로서, 국내외 선진 사례 및 공법에 대한 조사와 고찰과 사업지구 현황에 대한 정밀한 조사, 분석을 수행하여 시설 개선 및 토지이용계획과 그에 따른 사업효과 분석이 필요
- 다기능 하구둑 계획 등 제안된 대안의 개선효과 및 경제성 등 다양한 측면의 여건을 분석하여 보완된 공간 구상 계획이 필요
- 관광기반을 조성하기 위한 구상들을 바탕으로 관광객 수요를 조사하고 유지·관리를 위한 계획 필요



## VI. 영산강 하구둑 구조개선 모델

### 6.1 구조개선 모델 선정

- 구조개선 방안을 치수형, 치수생태형, 치수생태경관형 3개안 설정

안	모델명	목 표	사 업 내 용	비고
1	치수형	재해예방	치수(배수갑문 확장) + 홍수관리(TM/TC)	
2	치수 생태형	재해예방 수질개선 생태개선	치수(배수갑문 확장) + 홍수관리(TM/TC) + 수질(저층수배제시설)+ 생태(어도)	
3	치수 생태 경관형	재해예방 수질개선 생태경관	치수(배수갑문 확장) + 홍수관리(TM/TC) + 수질(저층수배제시설+ 인공습지+ 침강지) + 생태(어도+ 습지)+ 경관(데크광장+ 망대+ 야간조명) + 통선문 + 하구둑 및 도로승상	

#### 6.1.1 치수형 모델

##### 가. 필요성

- 이상기후, 집중호우로 인하여 재해위험성 증가
  - 홍수량이 계획당시 보다 2,710m<sup>3</sup>/s 증가 (5,600 → 8,310m<sup>3</sup>/s)
  - 홍수위 0.92m 상승 (EL.+1.38 → +2.30m)
  - 대조평균만조위도 계획당시보다 0.5m 상승(EL.+1.39 → +1.89m)
- 기존 배수갑문의 노후화로 구조개선 필요

##### 나. 비 전

- 배수갑문 구조의 현대화로 홍수배제능력 및 유지관리의 효율성 제고

##### 다. 목 표

- 현행 이·치수(利·治水) 기능을 유지하면서, 재해예방 기능강화 및 다기능 방조제로 친환경적 설계

##### 라. 기본방향

- 치수대책
  - 영산호 유역 홍수량 8,310m<sup>3</sup>/s중 상류저류량 1,300m<sup>3</sup>/s을 제외한 7,010m<sup>3</sup>/s 영산호 하류에서 처리

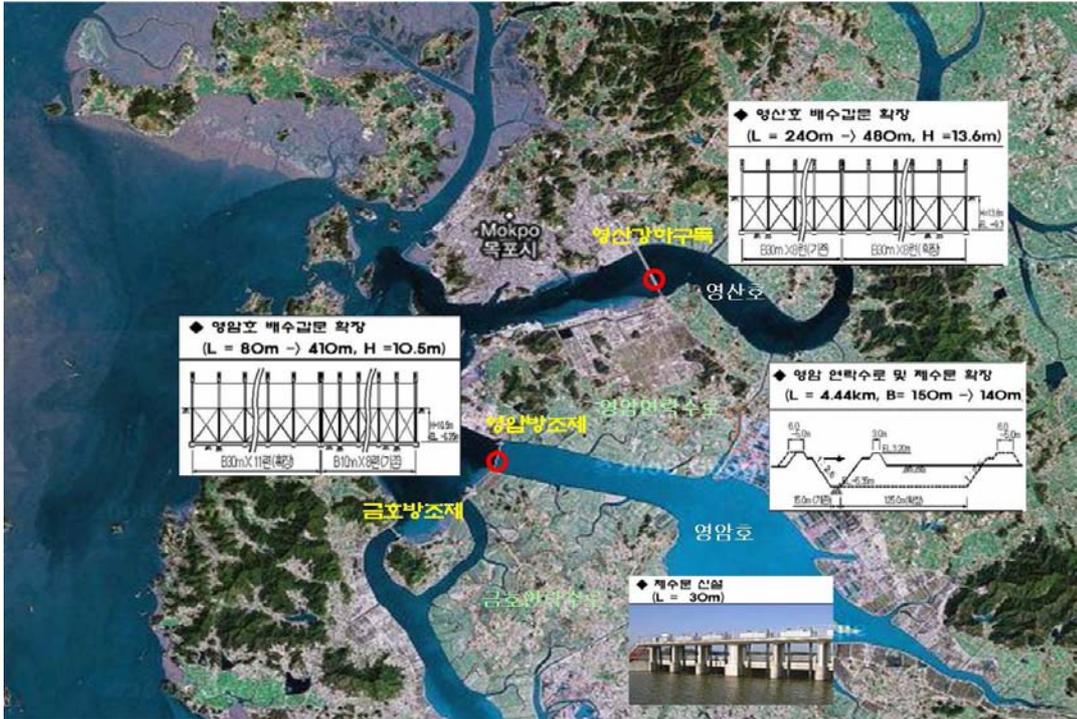
- 이 중 연락수로 배제 2,300m<sup>3</sup>/s을 제외한 4,710m<sup>3</sup>/s을 배수갑문 배제
- 영산·영암호 배수갑문 확장, 영산-영암호 연락수로 확장, 제수문 설치 등 신규 구조물의 홍수배제능력 검토 및 구조물 설치 계획 수립

**마. 기대효과**

- 영산강 상류부 홍수 분담량 증대로 하류의 침수 등 재해 피해 예방  
(침수면적 감소 : 10,070 → 7,033ha, 3,037ha 감소)
- 재해예방 및 대처능력 강화로 경제적 손실 방지
- 배수갑문 등 구조물의 현대화로 유지관리의 효율성 증대

<표 6-1> 치수형 모델의 주요 공종

항 목			하구둑 시설현황	
영 산 호	담 수 호	유역면적	345,500ha	
		설계홍수량	5,600m <sup>3</sup> /s(100년 빈도) → 8,310m <sup>3</sup> /s	
		총저수용량	253백만m <sup>3</sup>	
		관리수위	EL.-1.35m	
		홍수위	EL.+1.39m → +2.30m	
	배 수 갑 문	홍수배제(구)		5,600m <sup>3</sup> /s
		문 비	규 모	30m × 13.6m × 8련(Roller Gate)
		통선문	규 모	6.6m × 11.9m × 1련 × 1조
		홍수배제(신규)		4,710m <sup>3</sup> /s
		문 비	규 모	<b>30m × 13.6m × 16련(Roller Gate)</b>
	통선문	규 모	6.6m × 11.9m × 1련 × 1조	
연 락 수 로 및 제 수 문			배제량	2,330m <sup>3</sup> /s
			수로규모(확장)	<b>현행 15m → 140m</b>
			영암호 제수문(확장)	<b>현행 30m → 160m</b>
			금호호 제수문(신설)	<b>30m</b>
영 암 호	담 수 호	유역면적	35,500ha	
		설계홍수량	1,480m <sup>3</sup> /s(100년 빈도) → 2,700m <sup>3</sup> /s	
		총저수용량	244.6백만m <sup>3</sup>	
		관리수위	EL.-1.45m	
		홍수위	EL.0.23m → +1.34m	
	배 수 갑 문	홍수배제(구)		1,480m <sup>3</sup> /s
		문 비	규 모	10m × 10.5m × 8련(Roller Gate)
		홍수배제(신규)		2,700m <sup>3</sup> /s
	문 비	규 모	<b>30m × 10.5m × 11련(Roller Gate)</b>	
유지관리	홍수예·경보시스템		<b>중앙관리소 1식</b>	



<그림 6-1> 치수형 모델의 구조개선 사업 계획도

### 6.1.2 치수생태형 모델

#### 가. 필요성

- 이상기후, 집중호우로 인하여 재해위험성 증가
- 기존 배수갑문의 노후화에 따른 안전성 검토
- 하구둑 건설에 따른 어종 감소 등 하구생태계 변화에 따른 생태개선 요구
- 영산호 저면에 31년간 퇴적되어 있는 저니토 및 제염을 위해 전남도에서 저층수 배제시설 설치 요구

#### 나. 비전

- 배수갑문 구조의 현대화로 홍수배제능력 및 유지관리의 효율성 제고
- 하구생태계와 담수생태계를 연결하는 생태환경개선 및 기존 습지 등을 연결하는 생태공간 보전을 통한 영산호만의 독특한 생태환경 조성

#### 다. 목표

- 현행 이·치수(利·治水) 기능을 유지하면서, 재해예방 기능강화, 생태개선, 수질개선 등 종합적인 구조개선

## 라. 기본방향

### ○ 치수대책

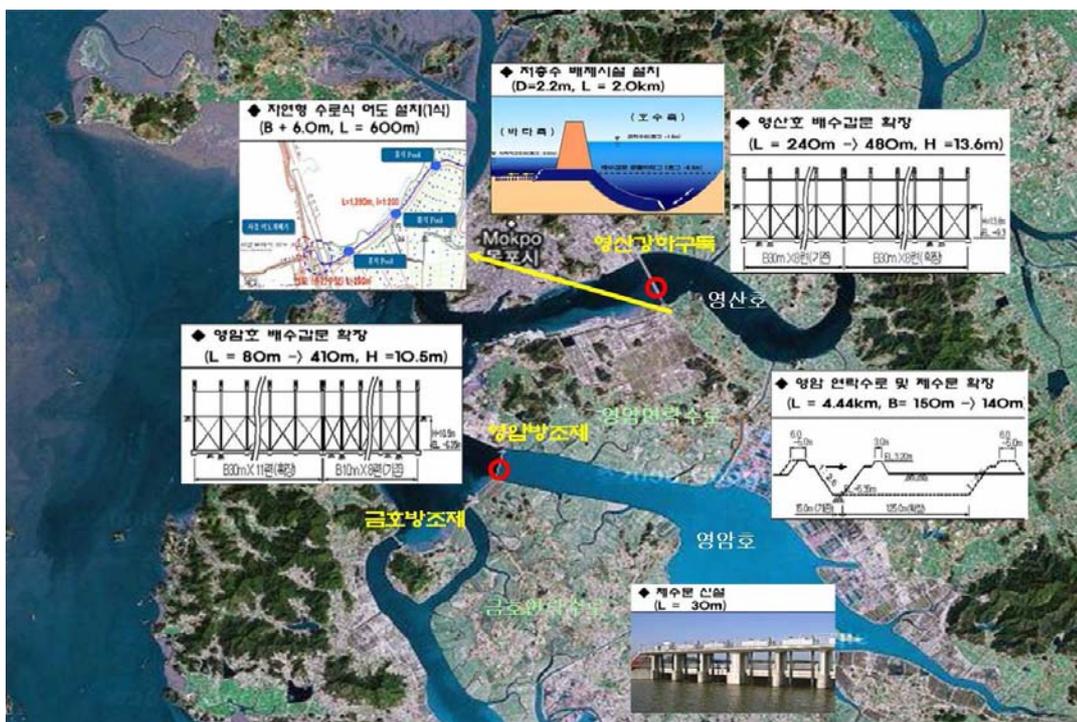
- 영산호 유역 홍수량 8,310m<sup>3</sup>/s중 상류저류량 1,300m<sup>3</sup>/s을 제외한 7,010m<sup>3</sup>/s 영산호 하류에서 처리
- 이중 연락수로 배제 2,300m<sup>3</sup>/s을 제외한 4,710m<sup>3</sup>/s을 배수갑문 배제
- 영산호, 영암호 배수갑문 확장, 영산-영암호 연락수로 확장, 제수문 설치 등 신규 구조물의 홍수배제능력 검토 및 구조물 설치 계획 수립

### ○ 어도 및 저층수배제시설

- 신설 어도는 어종에 맞는 어도형식 선정하고 교육 및 산란의 장으로 활용
- 저층수배제시설은 영산호의 저니토 및 제염을 위해 적정 규모 및 형식 선정

## 마. 기대효과

- 재해예방 및 대처능력 강화로 경제적 손실 방지
- 배수갑문 등 구조물의 현대화로 유지관리의 효율성 증대
- 주연성어종 및 회유성어종 등 다양한 어종 소상 가능 및 어도 관찰실 설치 등 지역주민 등의 교육의 장으로 활용 등 관광활성화로 지역경제발전 기대
- 저층수 배제시설을 통한 수질개선효과 및 영산호의 저수량 증대



<그림 6-2> 치수생태형 모델의 구조개선 사업 계획도

<표 6-2> 치수생태형 모델의 주요 공종

항 목			하구둑 시설현황	
영 산 호	치 수 대 책	담 수 호	유역면적	345,500ha
			배수갑문	5,600m³/s(100년 빈도) → 8,310m³/s
			총저수용량	253백만m³
			관리수위	EL.-1.35m
			홍수위	EL.+1.39m → +2.30m
	배 수 갑 문	홍수배제(구)		5,600m³/s
		문 비	규 모	30m × 13.6m × 8련(Roller Gate)
		통선문	규 모	6.6m × 11.9m × 1련 × 1조
		홍수배제(신규)		4,710m³/s
		문 비	규 모	<b>30m × 13.6m × 16련(Roller Gate)</b>
		통선문	규 모	6.6m × 11.9m × 1련 × 1조
	수질개선	저층수 배제시설	<b>D: 2.2m, L: 2km (4조)</b>	
	생태개선	자연형수로식 어도	<b>B : 20m, L = 1,280m</b>	
연락수로 및 제 수 문			배제량	2,330m³/s
			수로규모(확장)	<b>현행 15m → 140m</b>
			영암호 제수문(확장)	<b>현행 30m → 160m</b>
			금호호 제수문(신설)	<b>30m</b>
영 암 호	치 수 대 책	담 수 호	유역면적	35,500ha
			설계홍수량	1,480m³/s(100년 빈도) → 2,700m³/s
			총저수용량	244.6백만m³
			관리수위	EL.-1.45m
			홍수위	EL.0.23m → +1.34m
	배 수 갑 문	홍수배제(구)		1,480m³/s
		문 비	규 모	10m × 10.5m × 8련(Roller Gate)
		홍수배제(신규)		2,700m³/s
		문 비	규 모	<b>30m × 10.5m × 11련(Roller Gate)</b>
유지관리			홍수예·경보시스템	<b>중앙관리소 1식</b>

### 6.1.3 치수생태경관형 모델

#### 가. 필요성

- 기후변화에 의한 집중호우 발생으로 홍수량 증가(5,600→8,310m<sup>3</sup>/s)
- 외조위 상승으로 침수피해 증가(EL.+ 1.39→+ 1.89m, 0.5m 증가)
- 하천유지유량 부족에 따른 수질악화 및 하천생태계 훼손
- 하구둑 건설에 따른 어종 감소 등 하구생태계 변화 및 습지 감소 등에 따른 하구 생태계 악화에 대한 개선 요구
- 다기능 친환경적 하구둑 정비 등 경관 개선 요구

#### 나. 비전

- 하구와 연안생태계를 연결하는 다기능 친환경적 하구둑으로 Upgrade
- 영산강 하구둑의 생태환경 및 경관개선을 통해 해양문화중심도시로서 미항목포 이미지 브랜드화

#### 다. 목표

- 현행 이·치수(利·治水) 기능을 유지하면서, 재해예방 기능강화 및 물길확대, 환경 대책 등에 대한 종합적인 구조개선
- 영산강 하구의 독특한 생태와 경관을 즐길 수 있는 하구둑의 시설 정비 및 디자인화를 통한 경관개선

#### 라. 기본방향

- 치수대책
  - 영산호, 영암호 배수갑문 확장, 영산-영암호 연락수로 확장, 제수문 설치 등 신규 구조물의 홍수배제능력 검토 및 구조물 설치 계획 수립
- 통선문 및 어도
  - 신설 통선문은 물류운송, 관광 등의 목적으로 화물 및 관광유람선 통과 규모
  - 신설 어도는 어종에 맞는 어도형식 선정하고 교육 및 산란의 장으로 활용
- 수질개선대책
  - 상류측 수질개선은 환경부 및 지자체에서 목표수질까지 개선하고 호내 및 배후농경지 대책 수립

- 목표수질 설정

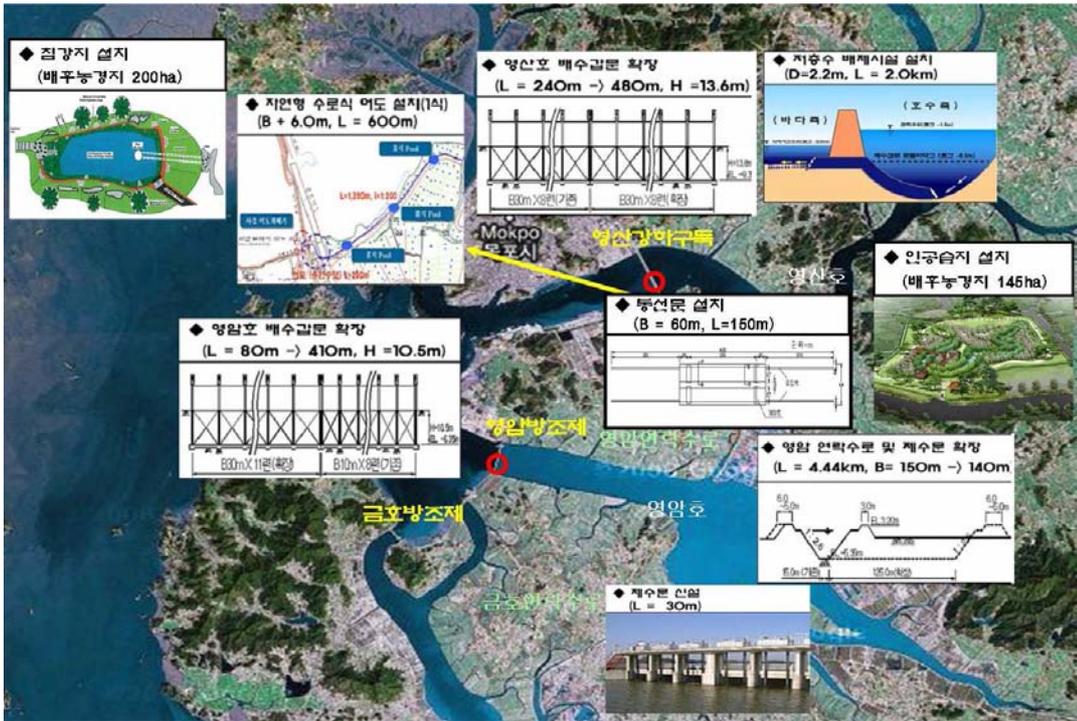
항 목	COD	T-N	T-P
목표설정	- 환경부 및 전남도 II급수 수질 요구(현재조건 불가) - 유역대책 III등급 환경부 개선 조건으로 - 농경지(20,700+17,250ha) 유출 및 호내 수질개선 대책 수립		
목표수질	III	III	III

○ 생태·경관 개선

- 하구생태계와 담수생태계를 연결하는 생태환경 조성
- 기존 하구둑과 신규 구조물의 아름답고 조화로운 경관형성을 통해 지역주민 및 방문자의 여가 활동의 장 형성 및 조망권 확보를 위한 방조제 도로 승상

**마. 기대효과**

- 재해예방 및 대처능력 강화로 경제적 손실 방지
- 수질개선으로 호소의 다기능 활용 등 지속가능 발전 토대 마련
- 통선문 신설 영산강 물길조성에 따른 관광활성화로 지역경제발전 기대
- 주연성어종 및 회유성어종 등 다양한 어종 소상 가능 및 어도 관찰실 설치 등 지역주민 등의 교육의 장으로 활용
- 하구둑 환경기능 및 생태환경 복원으로 지속적인 개발 토대 마련 및 통합적, 체계적 공간 이용으로 주변지역의 경제적 시너지 효과 유발



+



<그림 6-3> 치수생태경관형 모델의 구조개선 사업 계획도

<표 6-3> 치수생태경관형 모델 주요 공종

항 목			하구둑 시설현황		
영 산 호	치 수 대 책	담 수 호	유역면적	345,500ha	
			홍수량	5,600m <sup>3</sup> /s(100년 빈도) → 8,310m <sup>3</sup> /s	
			총저수용량	253백만m <sup>3</sup>	
			관리수위	EL.-1.35m	
			홍수위	EL.+1.39m → +2.30m	
		배 수 갑 문	홍수배제(구)	5,600m <sup>3</sup> /s	
			문 비	규 모	30m × 13.6m × 8련(Roller Gate)
			통선문	규 모	6.6m × 11.9m × 1련 × 1조
			홍수배제(신규)	4,710m <sup>3</sup> /s	
			문 비	규 모	30m × 13.6m × 16련(Roller Gate)
	수 질 개 선	통선문	규 모	30m × 13.6m × 2련 × 1조	
		저층수 배제시설		D: 2.2m, L: 2km (2조)	
		침강지		200ha	
		인공습지		145ha	
	생 태 및 경 관 개 선	부유쓰레기 제거		선박 1척 및 로프댐	
		자연형수로식 어도		B : 2~5m, L = 500 ~ 600m	
		수변습지공원		수질정화시설 교육장, 습지조성 등-	
	도로승상 등		H = 2.5m		
연 락 수 로 및 제 수 문			홍수배제	2,300m <sup>3</sup> /s	
			수로규모	140m	
			영암호 제수문 규모	160m	
			금호호 제수문 규모	30m	
영 암 호	치 수 대 책	담 수 호	유역면적	35,500ha	
			설계홍수량	1,480m <sup>3</sup> /s(100년 빈도) → 2,700m <sup>3</sup> /s	
			총저수용량	244.6백만m <sup>3</sup>	
			관리수위	EL.-1.45m	
			홍수위	EL.+0.23m → +1.34m	
	배 수 갑 문	홍수배제(구)	1,480m <sup>3</sup> /s		
		문 비	규 모	10m × 10.5m × 8련(Roller Gate)	
		홍수배제(신규)	2,700m <sup>3</sup> /s		
		문 비	규 모	30m × 10.6m × 11련(Roller Gate)	
유지관리			홍수예·경보시스템	중앙관리소 1석	

## 6.2 구조개선 모델별 사업비

<표 6-4> 구조개선 모델별 사업비

단위 : (억원)

분야 및 사업명	사업규모	총 사업비		
		치수형	치수 생태형	치수생태 경관형
□ 재해예방 및 기능강화	소 계	<b>5,324</b>	<b>5,324</b>	<b>5,324</b>
◦영산호배수갑문확장	240확장(240m→480)	1,673	1,673	1,673
◦영암호배수갑문확장	330m확장(80m→410)	1,871	1,871	1,871
◦영암연락수로확장	125m확장(15m→140),4.4km	989	989	989
◦영암제수문확장	130m확장(30m→160)	615	615	615
◦금호제수문신설	30m	176	176	176
□ 어도설치	소 계		<b>370</b>	<b>370</b>
◦자연형수로식어도	B=20m, L=1200m, 자동수문		370	370
□ 수질개선	소 계	-	<b>137</b>	<b>636</b>
◦저층수배제시설 설치	D=2.2m, L=2.0km		137	137
◦침강지 설치	200ha			184
◦인공습지 조성	145ha			285
◦Rope댐 설치	5개소			5
◦부유쓰레기 제거선	1척			25
□ 경관·생태환경 개선	소 계	-	-	<b>1,995</b>
◦통선문 확장	B=30m, L=150m, 2련			1,000
◦다기능 공간 조성	1식			193
◦하구둑 및 도로 승상	3조(h=0.5m, 8.68km)			802
□ 유지관리체계 구축	소 계	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>80</b>
◦홍수예·경보시스템	1식	68	68	68
◦자동수질관측시설	1식	12	12	12
□ 기타공사비		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
◦환경영향평가	1식	3	3	3
□ 용지매수비		<b>275</b>	<b>275</b>	<b>625</b>
합 계		<b>5,682</b>	<b>6,189</b>	<b>9,399</b>

※ 각 공종별 사업비는 부대경비포함가격임.

영산강 하구둑 구조개선 모델별 비교

구 분	영산강 하구둑 구조개선 계획			
	치수형 (1안)	치수생태형 (2안)	치수생태경관형 (3안)	
계획의 개념	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 영산호 홍수처리 능력제고를 통한 수위 저감 계획으로 홍수피해 경감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 영산호 홍수처리 능력제고를 통한 수위 저감 계획으로 홍수피해 경감</li> <li>● 어도설치, 수질개선 등 하구 생태 및 환경 개선</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 영산호 홍수처리 능력제고를 통한 수위 저감 계획으로 홍수피해 경감</li> <li>● 통선문, 어도설치 등 하구 생태환경 개선 및 호내 수질개선</li> </ul>	
구조개선계획	배수갑문확장	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 영산호 배수갑문 : 240→480m</li> <li>● 영암호 배수갑문 : 80→410m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 영산호 배수갑문 : 240→480m</li> <li>● 영암호 배수갑문 : 80→410m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 영산호 배수갑문 : 240→480m</li> <li>● 영암호 배수갑문 : 80→410m</li> </ul>
	연락수로확장	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 저수로폭 15→140m, L=4,400m</li> <li>● 제수문 설치 -영암(확장) : 30→160m, 금호(신설) : 30m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 저수로폭 15→140m, L=4,400m</li> <li>● 제수문 설치 -영암(확장) : 30→160m, 금호(신설) : 30m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 저수로폭 15→140m, L=4,400m</li> <li>● 제수문 설치 -영암(확장) : 30→160m, 금호(신설) : 30m</li> </ul>
	통선문확장	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 폭 30m, 길이 150m 2련</li> </ul>
	어도설치	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 자연형수로식어도(B: 20m, L = 1,280m)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 자연형수로식어도(B: 20m, L = 1,280m)</li> </ul>
	수질개선	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 저층수 배제시설(D=2.2m, L=2km, 2조)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 저층수 배제시설(D=2.2m, L=2km, 2조)</li> <li>● 부유쓰레기 제거(선박 1척과 로프댐)</li> <li>● 습지(145ha), 침강지(200ha)</li> </ul>
	생태경관	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 수변습지공원 조성</li> <li>● 하구둑 도로 승상(H=2.5m)</li> </ul>
유지관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 홍수예·경보시스템 1식</li> <li>● 자동 수질관측시설</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 홍수예·경보시스템 1식</li> <li>● 자동 수질관측시설</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 홍수예·경보시스템 1식</li> <li>● 자동 수질관측시설</li> </ul>	
공사비	5,682억원	6,189억원	9,399억원	
장·단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 치수대책위주로 홍수조절효과 양호</li> <li>● 저층수배제시설, 통선문, 어도 등 미포함</li> <li>● 호내 수질개선, 하구둑의 다기능 이용 등 종합적인 구조개선이 누락</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 1(안)에 비해 어도 등의 생태개선 및 환경개선을 고려한 종합적인 구조개선</li> <li>● 하천·하구 경관·환경개선 미흡</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 치수대책, 생태경관, 수질개선 등 통합적, 체계적 공간이용 경제적 시너지 효과 유발</li> <li>● 1, 2안에 비해 사업비 과다</li> </ul>	
평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 치수대책에 한정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 재해예방, 어도설치, 생태, 유지관리 등 종합적 고려</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 상류유역 수질개선 효과 미발생시 호내 수질개선대책만으로는 개선효과 미미</li> <li>● 도로승상 및 다기능 시설은 지역개발사업으로 전남도사업으로 추진</li> </ul>	
선정유	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2안의 경우 전남도 및 영산강사업단의 의견 반영 호내 유지관리를 위한 부유쓰레기 수거선, 저층의 퇴적오니제거를 위한 저층수 배제시설, 생태개선을 위한 어도설치 등 치수대책외에 생태 및 환경을 고려한 계획으로 1안에 비해 종합적인 구조개선사업</li> <li>○ 3안의 경우 환경부에서 상류유역 수질개선효과 미발생시 현재의 수질개선 대책만으로는 호내 수질개선 효과는 미미하여 2안으로 채택</li> </ul>			

### 6.3 구조개선 공종별 개략사업비

단위 : 백만원

구 분		재료비	노무비	경 비	합 계
영 산 호 배수갑문	토 공	949	2,859	2,703	6,511
	구조물공	10,793	4,411	540	15,744
	포 장 공	76	53	28	157
	기 타 공	21,060	16,670	4,510	42,240
	부 대 공	5,869	23,708	12,344	41,921
	제 잡 비	-	11,623	49,107	60,730
소 계		38,747	59,323	69,232	167,302
영 압 호 배수갑문	토 공	1,284	3,823	3,656	8,763
	구조물공	14,747	5,878	713	21,338
	포 장 공	75	63	34	172
	기 타 공	23,875	18,805	5,100	47,780
	부 대 공	6,003	20,022	16,854	42,879
	제 잡 비	-	11,840	54,393	66,233
소 계		45,985	60,430	80,751	187,166
영 압 연락수로	보 상 비	-	-	27,500	27,500
	토 공	2,154	19,223	23,048	44,425
	구조물공	1,910	588	79	2,577
	포 장 공	131	61	24	216
	기 타 공	5,130	2,565	855	8,550
	부 대 공	7,108	3,554	3,554	14,216
	제 잡 비	-	3,124	25,826	28,950
소 계		16,433	29,115	80,885	126,433
영 압 제수문	구조물공	6,651	2,502	297	9,450
	포 장 공	2	3	3	8
	기 타 공	10,465	4,755	3,780	19,000
	부 대 공	5,418	3,207	3,904	12,529
	제 잡 비	-	2,551	17,974	20,525
소 계		22,537	13,018	25,958	61,513

단위 : 백만원

구 분		재료비	노무비	경 비	합 계
금 호 제수문	구조물공	1,765	691	79	2,535
	포 장 공	3	5	4	12
	기 타 공	2,295	1,365	910	4,570
	부 대 공	579	1,819	1,736	4,134
	제 잡 비	-	945	5,339	6,284
소 계		4,642	4,824	8,068	17,534
어 도	토 공	1,934	844	2,773	5,551
	구조물공	11,740	2,704	569	15,013
	포 장 공	-	-	-	-
	기 타 공	-	-	-	-
	부 대 공	-	-	6,961	6,961
	제 잡 비	5,059	533	3,967	9,559
소 계		18,733	4,081	14,270	37,084
저 층 수 배제시설	토 공	15	95	77	187
	구조물공	1,792	1,185	155	3,132
	포 장 공	6	9	8	23
	기 타 공	1,627	165	110	1,902
	부 대 공	472	1,483	1,416	3,371
	제 잡 비	-	716	4,256	4,972
소 계		3,912	3,652	6,021	13,585
유지관리	토 공	-	-	-	-
	구조물공	-	-	-	-
	포 장 공	-	-	-	-
	기 타 공	4,700	2,327	-	7,027
	부 대 공	-	-	-	-
	제 잡 비	-	-	975	975
소 계		4,700	2,327	975	8,002
환경영향평가비		-	-	300	300
합 계		155,789	176,870	286,260	618,919



## VII. 영산강 하구둑 구조개선사업에 따른 사회경제적 효과 분석

- 본장에서는 영산강 하구둑 구조개선사업에 따른 경제성 및 정책적 분석을 위해 편익 측정 및 경제성 분석 그리고 지역사회파급효과 및 지역나후도 평가를 실시
- 편익추정의 세부방법에 대해서는 부록 G에 수록

### 7.1 편익 추정

#### 7.1.1 편익의 종류

- 영산강 구조개선 사업으로 인하여 발생하는 편익은 크게 직접편익(direct benefits or primary benefits)과 간접편익(indirect benefits or secondary benefits)으로 구분
- 사업의 용도에 따라 명확히 구분하는 것은 어려우나 영산강 하구둑 구조개선 사업의 경우 계량화가 가능한 직접 편익으로는 크게 홍수조절에 따른 홍수피해 경감 편익, 하류수질 개선 편익, 레크리에이션 용수 제공 편익 등이 있으며, 간접 편익은 사업실시에 따른 연관산업의 파급효과, 토지이용증가 편익 등
- 투자사업의 편익과 비용항목은 사업마다 다르고 똑같은 종류의 사업이라도 위치와 규모에 따라 다를 수 있으며, 수자원개발 사업 중 다목적댐 건설로 인해 예상되는 편익과 비용은 해당 용도에 따라 다를 수는 있으나 일반적인 항목은 <표 7-1>

<표 7-1> 영산강 하구둑 구조개선 사업의 예상 편익과 비용

구분	편익	비용
직접	<ul style="list-style-type: none"> <li>·생활·공업·농업용수 공급</li> <li>·홍수조절                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-침수 피해 감소 인명 및 재산피해 감소</li> <li>-농작물 및 농경지 침수 및 유실방지</li> <li>-하천구조물피해감소(제방, 호안, 수제, 교량)</li> </ul> </li> <li>·레크리에이션(레크리에이션 기능 향상)</li> <li>·하류수질개선 : 하천유지용수공급, 수질보전 및 개선</li> <li>·비상용수 공급 : 갈수기의 비상용수 대책</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·구조개선 건설비</li> <li>·유지관리보수비</li> <li>·레크리에이션시설비</li> <li>·주운시설 건설비</li> </ul>
간접	<ul style="list-style-type: none"> <li>·토지이용 증가                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 저지대 및 침수상습지의 이용</li> </ul> </li> <li>·홍수관리 노동력절감</li> <li>·유역관리 효과 및 수자원의 효율적 이용</li> <li>·토사유입량 감소, 수자원 시설관리비 절감</li> <li>·극심한 갈수대비 물 공급</li> <li>·연관 산업 파급 효과                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 생산유발효과, 부가가치유발, 고용창출유발효과</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·환경생태개선비                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수질보전 및 개선</li> <li>생태계 보존</li> </ul> </li> <li>·주변지역지원비</li> </ul>

자료 : 한국수자원공사, 수자원 개발의 경제성 분석모델, 1998.

### 7.1.2 편익 측정 방법

- 공공투자사업의 편익은 시장에서 거래되는 재화나 서비스만으로 구성되어 있지 않는 한 정확하게 측정하기는 어렵고, 간접적인 방법으로 측정이 가능하다고 할지라도 그 방법이 한가지로만 한정되어 있지 않음
- 편익 개념이 비용 개념보다 훨씬 복잡하고 측정하기도 어려우며, 편익을 측정하는 이론적 바탕은 투자사업이 만들어 내는 재화나 서비스에 대한 소비자들의 지불의사(willingness to pay; WTP) 또는 소비자 잉여(consumer surplus) 개념에서 출발하며, 일반적으로 투자사업의 편익과 비용은 사업유무(before & after)에 따라 얼마나 재화와 서비스가 생산되는가를 판별하고 여기에 재화의 시장가격을 적용 평가하며, 시장가격이 경쟁가격에서 크게 벗어난 경우에는 잠재가격에 가깝게 교정
- 편익의 측정방법은 크게 1) 시장가격에 의한 평가방법으로 시장가격을 이용하여 편익을 직·간접적으로 평가할 수 있는 방법으로 시장가격방법, 기회비용방법, 생산비용방법, 복구비용방법, 비용절감방법 등이 있으며, 2) 대응가격에 의한 평가방법으로 시장가격이 없는 경우 간접적으로 평가하는 방법으로 대체가격방법, 재산평가방법, 임금격차방법, 보상가격방법, 여행비용방법 등이 있으며, 3) 조사에 의한 평가 방법으로 사업의 산출물(outputs)에 대해 소비자들의 지불의사를 조사하여 추정하는 경우로서 설문조사방법, 입찰게임방법, 델파이방법 등
- 본 분석에서는 편익 분석을 위해 시장가격이 존재하는 경우 시장가격을 적용하고 시장가격이 존재하지 않는 편익의 경우 경험치를 이용 분석하였으며, 또한 장래 경제가 성장함에 따라 자산가치 증가를 반영하기 위해 한진희 등(2002)의 잠재성장률 연구에 따라 자산가치에 경제성장률을 감안하였는데, 반영률은 2009~2011년까지는 4.56%, 2012~2015년까지는 5.38%, 2016~2020년까지는 3.86%, 2021~2025년까지는 2.47%, 2026년 이후에는 1.48%로 계속 유지된다고 가정

### 7.1.3 편익의 측정

- 수자원 사업의 경제성 분석은 유역의 홍수범람 예상 지구에 대한 치수사업의 경제성과 투자효과를 분석하고, 이 결과를 이용하여 치수계획의 기본방침을 제시하여 객관적이고 합리적인 치수사업이 될 수 있도록 하는 절차
- 본 분석에서는 '치수사업 경제성분석 방법 연구-다차원 홍수피해 산정방법-(건설교통부, 2004)'를 적용하여 영산강 하구둑 구조개선에 따른 홍수조절에 따른 피해 경감 편익, 레크리에이션 용수제공 편익, 수질개선에 따른 편익을 파악

- 홍수조절편익, 레크리에이션 용수제공 편익, 수질개선에 따른 편익 산정방법에 대해서는 부록 G에 수록하였으며, 본 내용에서는 편익 산출 결과만을 제시

**가. 홍수조절 편익**

**1) 빈도별 총피해액 산정**

- 침수구역의 자산가치, 침수편입율, 침수심별 피해율을 이용하여 빈도별 피해액을 산정하였는데, <표 7-2>는 영산강 하구둑 구조개선 사업 전·후에 대한 50년, 100년, 200년, 500년 빈도에 대한 총 피해액

<표 7-2> 빈도별 총 피해액 비교

단위 : 백만원

피해항목	빈 도(년)			
	50	100	200	500
사업전	2,265,181	227,416	4,162,268	5,082,164
사업후	806,295	930,360	1,060,584	1,171,874

**2) 연평균 피해경감 기대액**

- 위 기준에 의해 산정한 피해액은 그 지역이 홍수피해로부터 완전히 해소가 되는 경우엔 전부 편익으로 볼 수 있지만, 본 사업에서 계획한 홍수방어시설에 의한 침수구역 홍수피해는 모두 해소시키는 것이 아니고 하도가 분담키 어려운 홍수량만 분담하는 계획으로, 홍수방어대안별 편익은 사업 전·후 직접피해액을 산정하여 피해 경감액을 산정한 후 여기에 홍수의 생기확률을 곱하고, 피해경감 기대액을 누계하여 연평균 피해경감 기대액을 산정(<표 7-3> ~ <표7-5> 참조)

<표 7-3> 다차원법에 의한 100년 빈도 피해액의 산정

단위 : 억원

항목		피해액		피해경감액
		사업전	사업후	
인명		82	55	27
거주	건물 및 가정용품	1,188	467	721
농업	농경지 및 농작물	498	354	144
산업	유형 및 재고자산	3,937	0	3,937
공공시설물		9,488	1,392	8,096
간접피해액		11,081	7,035	4,046
총피해액		26,274	9,303	16,971

<표 7-4> 다차원법에 의한 200년 빈도 피해액의 산정

단위 : 백만원

항목		피해액		피해경감액
		사업전	사업후	
인명		8,210	5,461	2,750
거주	건물 및 가정용품	118,845	46,739	72,106
농업	농경지 및 농작물	49,797	35,444	14,354
산업	유형 및 재고자산	393,711	-	393,711
공공시설물		948,781	139,217	809,564
간접피해액		1,108,072	703,499	404,573
총피해액		2,627,416	930,360	1,697,056

<표 7-5> 연평균 피해 경감액(홍수피해 및 침수피해방지 편익)

단위 : 백만원

빈도	연평균 초과율	피해액			구간평균 피해율	구간 확률	연평균 피해액	연평균 피해경감 기대액누계
		사업전	사업후	피해경감액				
50년	0.020	2,265,181	806,295	1,458,885	729,443	0.020	14,589	14,589
<b>100년</b>	<b>0.010</b>	<b>2,627,416</b>	<b>930,360</b>	<b>1,697,056</b>	<b>1,577,971</b>	<b>0.010</b>	<b>15,780</b>	<b>30,369</b>
200년	0.005	4,162,288	1,060,584	3,101,684	2,399,370	0.005	11,997	42,365

나. 레크리에이션 용수 편익

○ 영산강 하구둑 구조개선 사업에 따른 예상되는 레크리에이션 편익으로는 낚시행위 편익, 유람선이용 편익, 각종 수상스포츠 활동 편익이 예상되며 수상 및 해변활동 경험율과 참여율은 한국관광공사가 발표한 국민여행실태조사(2007)의 자료를 활용하여 편익을 추정(<표 7-6>참조)

<표 7-6> 레크리에이션 용수 편익(2007년 기준)

단위: 원

구 분	예상방문객수 (명)	수상/해변 활동경험율	수상/해변활동 참여율	지불의사액	합 계
낚시행위가능	16,607,095	0.743	0.077	5,056	4,803,746,636
유람선이용가능			0.078	14,832	14,275,022,604
스포츠 활동			0.038	2,465	1,155,800,835
<b>합 계</b>				<b>22,353</b>	<b>20,234,570,075</b>

자료 : 1) 과학기술부, 수자원 및 기술가치 평가시스템 구축, 2007.

2) 한국관광공사, 2007 국민여행실태조사, 2008.

#### 다. 수질개선 편익

- 영산강 하구둑 구조개선사업의 수질개선을 위한 공사내역을 살펴보면 <대안 1>의 경우는 영산호 및 영암호 배수갑문확장, 영암호 연락수로 확장, 영암연락수로제수문 확장, 금호연락수로제수문 신설, 홍수예·경보시스템 등의 사업으로 수질개선효과 보다는 홍수 및 침수 방지 목적이 강하여 수질개선의 효과는 미비
- <대안 2>의 경우는 <대안 1>에 저층수배제시설 등의 수질개선의 내용이 포함된 사업안이지만 영산호의 수질을 개선하기에는 미비하여 수질개선에 따른 표본평균 지불의사액의 적용은 <표 7-7>의 악취 나고 쓸모없는 물에서 생활보전용 수질로의 개선 지불의사액을 반영
- <대안 3>의 경우는 <대안 1>에 부유쓰레기 수거선, 침강지, 인공습지, 저층수배제 시설, 자동수질관측시설 등의 수질개선의 내용이 포함된 사업안으로 보다 적극적인 수질개선 노력이 계획되었으며, 이러한 공사의 실시로 현재 4급수 수질이 3급수 이상의 수질로 변경될 것으로 예상
- 현재 영산호에서 발생하고 있는 악취로 수상활동 및 친수기능을 하고 있지 못하였으나 사업이후에는 이러한 활동이 가능할 것으로 예상되며, 영산호의 수질개선에 따른 레크리에이션 용수 공급에 따른 편익 산정은 새만금사업의 수질개선 편익의 연구 결과와 사업규모 및 사례가 동일하므로 연구 경험치를 이용하여 편익을 파악하여도 무방할 것으로 판단되어 새만금사업 환경영향 공동조사 결과 보고서의 표본평균 1인당 지불의사액을 이용하여 편익을 산정
- 따라서 편익산정은 수질개선 시나리오 중 <대안 2>는 악취 나고 쓸모없는 물에서 생활보전용 수질로, <대안 3>은 악취 나고 쓸모없는 물에서 농사가 가능 한 수질로 개선시 연간 1인당 지불의사액에 사용자 지역(목포, 영산강 유역) 세대수를 곱하여 산출하였으며, 새만금사업의 경우 사용자지역 및 비사용자지역의 세대수까지도 간접편익 발생지역으로 분류하여 편익에 산정하였으나, 본 분석에서는 직접적인 편익이 발생하는 사용자 지역에 한하여 보수적인 방법으로 편익을 산정하여 과대 계상의 문제를 고려(<표7-7> 참조)

<표 7-7> 영산호 수질개선 편익

단위 : 백만원

수질개선 시나리오	사용자지역 (목포시, 영산강 유역)	비사용자지역 (서울, 대전, 전북 가구 중심)	합 계
악취나고 쓸모없는 물-> 생활보전용 수질	24,280	41,638	65,918
<b>생활보전용 수질 -&gt; 농사가능 수질</b>	<b>19,864</b>	35,278	55,142
악취나고 쓸모없는 물 -> 농사가능 수질	44,144	76,916	121,060

- 주 : 1) 새만금사업 환경영향 공동조사단, 새만금사업 환경영향공동조사 결과보고서 (경제성 분야), 2000.  
 2) 사업지역 및 서울, 대전, 전북시민에 대해 지역별 표본 평균 지불의사액을 사용하여 계산  
 3) 영산호의 경우 농업용수와 레크리에이션 기능을 보장하기 위한 수질개선 노력이 병행됨으로 상기 효과보다 더 큰 지불의사 발생

## 7.2 경제성 분석

- 본 장에서는 경제성 분석 결과만을 제시하고, 경제성 분석의 개요, 분석방법 등은 부록 G에 수록

### 7.2.1 사업시행비용

- 경제성 분석을 위한 비용에는 크게 직접투자비용과 사업완료 후 유지관리비 그리고 농산물 생산에 따르는 투입비용 등으로 구성되는데 농산물 생산에 따르는 투입비용은 편익산정시 고려하므로 여기에서는 직접투비용과 유지관리비만을 비용으로 산출하였으며, 또한 사업의 기술적인 측면과 재정상황을 고려하여 재해대책 위주인 <대안 1>과 재해대책 및 약간의 수질개선이 포함된 <대안 2>, 재해대책, 경관개선 및 생태환경 조성을 통한 레크리에이션 기능 확대, 적극적인 수질개선 대책을 고려한 <대안 3>의 세 개의 공사비 대안을 가지고 비용을 산출

#### 가. 직접투자비

- 영산강 하구둑 구조개선 사업의 총 공사기간은 사업의 특성을 고려하여 1년간의 기본설계와 공사비 투자기간 3년을 반영하였으며, 공사비는 최근의 다른 지역의 수자원사업비를 참고로 하여 산정하였으며, 기타사업비의 산정시 누락된 잡공종에 대하여는 관리비 및 예비비로서 처리 반영
- 대안별 사업비 구성을 보면 <대안 1>의 경우 재해대책 위주로 영산호와 영암호 배수갑문확장 및 연락수로 확대, 제수문 공사비 및 홍수예경보시스템을 포함하고 있고, <대안 2>의 경우는 <대안 1>에 생태개선 및 수질개선대책이 추가된 안으로 재해대책으로 영산호와 영암호 배수갑문확장 및 연락수로 확대, 제수문 공사비가 포함되고, 생태경관개선 대책으로 어도설치비와 수질개선을 위한 저층수 배제 시설비가 포함되어 있고, <대안 3>의 경우 <대안 2>에 생태환경개선과 영산호내 수질개선을 보다 확대한 안으로 재해대책으로 영산호와 영암호 배수갑문확장 및 연락수로 확대, 제수문 공사비가 포함되고, 생태경관개선 대책으로 어도, 통선문 확장, 다기능공간 조성, 하구둑 및 도로승상비와 수질개선을 위한 침강지, 인공습지, Rope 댐 설치, 저층수 배제시설, 쓰레기수거선 구입비를 포함
- 각 대안별 사업비 내역은 <표 7-8>

<표 7-8> 대안별 영산강 하구둑 구조개선 사업비 내역

단위 : 억 원

분야 및 사업명	사업규모	총 사업비		
		1안	2안	3안
□ 재해예방 및 기능강화	소 계	4,851	4,851	4,851
◦영산호배수갑문확장	240확장(240m→480)	1,528	1,528	1,528
◦영암호배수갑문확장	330m확장(80m→410)	1,711	1,711	1,711
◦영암연락수로확장	125m확장(15m→140),4.4km	899	899	899
◦영암연락수로제수문확장	130m확장(30m→160)	557	557	557
◦금호연락수로제수문신설	30m	156	156	156
□ 어도설치	소 계		330	330
◦자연형수로식어도 설치	B=20m, L=1200m, 자동수문		330	330
□ 수질개선	소 계	-	120	619
◦저층수배제시설 설치	D=2.2m, L=2.0km		120	120
◦침강지 설치	200ha			184
◦인공습지 조성	145ha			285
◦Rope댐 설치	5개소			5
◦부유쓰레기제거선 도입	1척			25
□ 경관·생태환경 개선	소 계	-	-	1,995
◦통선문 확장	B=30m, L=150m, 2련			1,000
◦다기능 공간 조성	1식			193
◦하구둑 및 도로 승상 (3조)	h=0.5m, 8.68km			802
□ 유지관리체계 구축	소 계	70	70	70
◦홍수예·경보시스템	1식	58	58	58
◦자동수질관측시설	1식	12	12	12
□ 기타공사비		3	3	3
◦환경영향평가	1식	3	3	3
□ 용지매수비		275	275	625
□ 부대경비	소 계	473	540	906
◦설계, 공감, 사업관리 등		473	540	906
합 계		5,672	6,189	9,399

#### 나. 유지관리비

- 영산강 하구둑 구조개선 사업의 공사완료 후 수리시설물의 원활한 유지관리를 위한 유지관리비는 '수자원(댐)부문사업의 예비 타당성조사 표준지침 연구(제3판)'에 따라 보상비를 제외한 총공사비의 0.5%를 연간 유지관리비로 산정

<표 7-9> 연간 유지관리비 내역

구 분	총사업비 (억원)	유지관리비비율 (%)	유지관리비 (억원)	비고
대안 1	5,672	0.5	28.4	
대안 2	6,189	0.5	30.9	
대안 3	9,399	0.5	47.0	

### 7.2.2. 경제성 분석 결과

- 상기와 같이 영산강 하구둑 구조개선 사업 실시에 따라 발생하는 편익(경제성장률을 반영함)과 비용(분석시점으로 현재가치화 함)을 바탕으로 공사사업비(3개안) 및 공사기간을 고려하여 경제성 분석 실시
- 공사기간 3년을 반영하여 분석한 결과, <대안 1>안의 경우 NPV는 47,553백만원으로 0보다 크고, IRR은 6.81%로 6.0%보다 작고, B/C 비율은 1.08으로 1보다 커 경제성 평가기준에 모두 적합하여 경제성이 있는 사업으로 나타났으며,
- <대안 2>안의 경우 NPV는 421,141백만원으로 0보다 크고, IRR은 9.83%로 6.0%보다 크고, B/C 비율은 1.51로 1보다 커 경제성 평가기준에 모두 적합하여 경제성이 있는 것으로 나타났으며, 마지막으로 <대안 3>안의 경우 NPV는 734,985백만원으로 0보다 크고, IRR은 10.23%로 6.0%보다 크고, B/C 비율은 1.78로 1보다 크게 나타나 경제성 평가기준에는 모든 안이 적합하는 것으로 나타났으나, 대안중 가장 높은 경제성을 가진 사업은 <대안 3>안으로 평가됨(<표 7-10> 참조)

<표 7-10> 사업계획 대안별 경제성 분석 결과

단위 : 억원

구분	총사업비	잔존가치	연 평균 유지관리비	총비용	총비용의 현재가치	연평균 편익	총편익의 현재가치	NPV	IRR	B/C
1안	5,672	2,176	28.4	5,546	5,714	576	6,189	475	6.81	1.08
2안	6,189	2,300	30.9	6,064	6,230	882	9,403	3,174	9.83	1.51
3안	9,399	3,404	47.0	9,098	9,438	1,605	16,788	7,350	10.23	1.78

- 주) 1) 분석기간은 공사종료 후 50년간(편익발생시점부터 50년간)  
 2) 잔존가치는 연락수로, 제수문, 하구둑, 어도, 수변습지공원의 내용년수를 80년으로 책정하고, 분석기간 50년을 경과한 잔여50년간(편익발생시점부터 50년간)  
 3) 유지관리비 : 총사업비의 0.5%  
 4) 할인율은 처음 30년간은 6.5%, 이후 20년간은 5.0% 적용

라. 구조개선사업 대안별 편익과 비용

○ 구조개선 사업 대안에 대한 연도별 편익과 비용의 현재가치는 <표 7-11 ~ 13>

<표 7-11> 대안 1의 연도별 편익과 비용

단위 : 백만원

구분	비 용			편 익				현 재 가 치		
	공사및 부대비용	유지비	총비용	홍수피해 경감	수질 개선	레크리 에이션	총편익	비용	편익	순 현재가치
2009	170,160		170,160				0	170,160	0	-170,160
2010	283,600		283,600				0	266,291	0	-266,291
2011	113,440		113,440				0	100,015	0	-100,015
2012		2,840	2,840	30,369			30,369	2,351	25,141	22,790
2013		2,840	2,840	32,003			32,003	2,208	24,877	22,669
2014		2,840	2,840	33,725			33,725	2,073	24,615	22,542
2015		2,840	2,840	35,539	0	0	35,539	1,946	24,356	22,410
2016		2,840	2,840	36,911	0	0	36,911	1,828	23,752	21,925
2017		2,840	2,840	38,336	0	0	38,336	1,716	23,164	21,448
2018		2,840	2,840	39,815	0	0	39,815	1,611	22,589	20,978
2019		2,840	2,840	41,352	0	0	41,352	1,513	22,029	20,516
2020		2,840	2,840	42,948	0	0	42,948	1,421	21,483	20,063
2021		2,840	2,840	44,009	0	0	44,009	1,334	20,670	19,336
2022		2,840	2,840	45,096	0	0	45,096	1,252	19,888	18,636
2023		2,840	2,840	46,210	0	0	46,210	1,176	19,136	17,960
2024		2,840	2,840	47,351	0	0	47,351	1,104	18,412	17,307
2025		2,840	2,840	48,521	0	0	48,521	1,037	17,715	16,678
2026		2,840	2,840	49,239	0	0	49,239	974	16,880	15,906
2027		2,840	2,840	49,968	0	0	49,968	914	16,084	15,170
2028		2,840	2,840	50,707	0	0	50,707	858	15,326	14,468
2029		2,840	2,840	51,458	0	0	51,458	806	14,604	13,798
2030		2,840	2,840	52,219	0	0	52,219	757	13,915	13,158
2031		2,840	2,840	52,992	0	0	52,992	711	13,259	12,549
2032		2,840	2,840	53,777	0	0	53,777	667	12,634	11,967
2033		2,840	2,840	54,573	0	0	54,573	627	12,039	11,412
2034		2,840	2,840	55,380	0	0	55,380	588	11,471	10,883
2035		2,840	2,840	56,200	0	0	56,200	552	10,931	10,378
2036		2,840	2,840	57,032	0	0	57,032	519	10,415	9,897
2037		2,840	2,840	57,876	0	0	57,876	487	9,924	9,437
2038		2,840	2,840	58,732	0	0	58,732	457	9,457	8,999
2039		2,840	2,840	59,601	0	0	59,601	429	9,011	8,582
2040		2,840	2,840	60,484	0	0	60,484	403	8,586	8,183

<표 7-11> 대안 1의 연도별 편익과 비용(계속)

단위 : 백만원

구분	비용			편익				현재가치		
	공사및 부대비용	유지비	총비용	홍수피해 경감	수질 개선	레크리 에이션	총편익	비용	편익	순 현재가치
2041	63,000	2,840	65,840	61,379	0	0	61,379	8,901	8,298	-603
2042		2,840	2,840	62,287	0	0	62,287	366	8,020	7,654
2043		2,840	2,840	63,209	0	0	63,209	348	7,751	7,403
2044		2,840	2,840	64,144	0	0	64,144	332	7,491	7,160
2045		2,840	2,840	65,094	0	0	65,094	316	7,240	6,924
2046		2,840	2,840	66,057	0	0	66,057	301	6,998	6,697
2047		2,840	2,840	67,035	0	0	67,035	287	6,763	6,476
2048		2,840	2,840	68,027	0	0	68,027	273	6,536	6,263
2049		2,840	2,840	69,034	0	0	69,034	260	6,317	6,057
2050		2,840	2,840	70,055	0	0	70,055	248	6,105	5,858
2051		2,840	2,840	71,092	0	0	71,092	236	5,901	5,665
2052		2,840	2,840	72,144	0	0	72,144	224	5,703	5,478
2053		2,840	2,840	73,212	0	0	73,212	214	5,512	5,298
2054		2,840	2,840	74,296	0	0	74,296	204	5,327	5,123
2055		2,840	2,840	75,395	0	0	75,395	194	5,148	4,954
2056		2,840	2,840	76,511	0	0	76,511	185	4,976	4,791
2057		2,840	2,840	77,643	0	0	77,643	176	4,809	4,633
2058		2,840	2,840	78,793	0	0	78,793	168	4,648	4,480
2059		2,840	2,840	79,959	0	0	79,959	160	4,492	4,332
2060		2,840	2,840	81,142	0	0	81,142	152	4,341	4,189
2061	-217,625	2,840	-214,785	82,343	0	0	82,343	-10,944	4,196	15,140
합 계	412,575	142,000	554,575	2,881,276	0	0	2,881,276	571,383	618,936	47,553

<표 7-12> 대안 2의 연도별 편익과 비용

단위 : 백만원

구분	비용			편익				현재가치		
	공사 및 부대비용	유지비	총비용	홍수피해 경감	수질 개선	레크리 에이션	총편익	비용	편익	순 현재가치
2009	185,670		185,670				0	185,670	0	-185,670
2010	309,450		309,450				0	290,563	0	-290,563
2011	123,780		123,780				0	109,132	0	-109,132
2012		3,090	3,090	30,369	5,959	1,788	38,116	2,558	31,554	28,996
2013		3,090	3,090	32,003	9,932	2,980	44,915	2,402	34,913	32,511
2014		3,090	3,090	33,725	13,904	4,172	51,801	2,255	37,808	35,553
2015		3,090	3,090	35,539	19,864	5,960	61,363	2,118	42,054	39,936
2016		3,090	3,090	36,911	20,631	6,190	63,732	1,988	41,012	39,023
2017		3,090	3,090	38,336	21,427	6,429	66,192	1,867	39,995	38,128
2018		3,090	3,090	39,815	22,254	6,677	68,747	1,753	39,004	37,251

<표 7-12> 대안 2의 연도별 편익과 비용(계속)

단위 : 백만원

구분	비용			편익				현재가치		
	공사 및 부대비용	유지비	총비용	홍수피해 경감	수질 개선	레크리 에이션	총편익	비용	편익	순 현재가치
2019		3,090	3,090	41,352	23,113	6,935	71,400	1,646	38,037	36,391
2020		3,090	3,090	42,948	24,005	7,203	74,156	1,546	37,094	35,548
2021		3,090	3,090	44,009	24,598	7,380	75,988	1,451	35,690	34,239
2022		3,090	3,090	45,096	25,206	7,563	77,865	1,363	34,340	32,977
2023		3,090	3,090	46,210	25,828	7,750	79,788	1,280	33,040	31,761
2024		3,090	3,090	47,351	26,466	7,941	81,759	1,201	31,790	30,589
2025		3,090	3,090	48,521	27,120	8,137	83,778	1,128	30,587	29,459
2026		3,090	3,090	49,239	27,522	8,258	85,018	1,059	29,145	28,086
2027		3,090	3,090	49,968	27,929	8,380	86,277	995	27,772	26,777
2028		3,090	3,090	50,707	28,342	8,504	87,553	934	26,462	25,529
2029		3,090	3,090	51,458	28,762	8,630	88,849	877	25,215	24,338
2030		3,090	3,090	52,219	29,187	8,757	90,164	823	24,027	23,203
2031		3,090	3,090	52,992	29,619	8,887	91,499	773	22,894	22,121
2032		3,090	3,090	53,777	30,058	9,019	92,853	726	21,815	21,089
2033		3,090	3,090	54,573	30,503	9,152	94,227	682	20,787	20,105
2034		3,090	3,090	55,380	30,954	9,287	95,622	640	19,807	19,167
2035		3,090	3,090	56,200	31,412	9,425	97,037	601	18,873	18,272
2036		3,090	3,090	57,032	31,877	9,564	98,473	564	17,984	17,419
2037		3,090	3,090	57,876	32,349	9,706	99,930	530	17,136	16,606
2038		3,090	3,090	58,732	32,828	9,850	101,409	498	16,328	15,831
2039		3,090	3,090	59,601	33,313	9,995	102,910	467	15,559	15,091
2040		3,090	3,090	60,484	33,806	10,143	104,433	439	14,825	14,387
2041	63,000	3,090	66,090	61,379	34,307	10,293	105,979	8,935	14,328	5,393
2042		3,090	3,090	62,287	34,814	10,446	107,547	398	13,848	13,450
2043		3,090	3,090	63,209	35,330	10,600	109,139	379	13,384	13,005
2044		3,090	3,090	64,144	35,853	10,757	110,754	361	12,935	12,574
2045		3,090	3,090	65,094	36,383	10,916	112,393	344	12,501	12,158
2046		3,090	3,090	66,057	36,922	11,078	114,057	327	12,082	11,755
2047		3,090	3,090	67,035	37,468	11,242	115,745	312	11,677	11,365
2048		3,090	3,090	68,027	38,023	11,408	117,458	297	11,286	10,989
2049		3,090	3,090	69,034	38,585	11,577	119,196	283	10,907	10,625
2050		3,090	3,090	70,055	39,156	11,749	120,960	269	10,542	10,272
2051		3,090	3,090	71,092	39,736	11,922	122,751	256	10,188	9,932
2052		3,090	3,090	72,144	40,324	12,099	124,567	244	9,847	9,603
2053		3,090	3,090	73,212	40,921	12,278	126,411	233	9,517	9,284
2054		3,090	3,090	74,296	41,526	12,460	128,282	222	9,198	8,976
2055		3,090	3,090	75,395	42,141	12,644	130,180	211	8,889	8,678
2056		3,090	3,090	76,511	42,765	12,831	132,107	201	8,591	8,390
2057		3,090	3,090	77,643	43,398	13,021	134,062	191	8,303	8,112
2058		3,090	3,090	78,793	44,040	13,214	136,046	182	8,025	7,843
2059		3,090	3,090	79,959	44,692	13,409	138,060	174	7,756	7,582
2060		3,090	3,090	81,142	45,353	13,608	140,103	165	7,496	7,331
2061	-230,000	3,090	-226,910	82,343	46,024	13,809	142,177	-11,562	7,245	18,807
합 계	451,900	154,500	606,400	2,881,276	1,586,530	476,023	4,943,829	622,951	1,044,092	421,141

<표 7-13> 대안 3의 연도별 편익과 비용

단위 : 백만원

구분	비용			편익				현재가치		
	공사 및 부대비용	유지비	총비용	홍수피해 경감	수질 개선	레크리 에이션	총편익	비용	편익	순 현재가치
2009	281,970		281,970				0	281,970	0	-281,970
2010	469,950		469,950				0	441,268	0	-441,268
2011	187,980		187,980				0	165,734	0	-165,734
2012	0	4,700	4,700	30,369	13,243	6,070	49,682	3,891	41,129	37,238
2013	0	4,700	4,700	32,003	22,072	10,117	64,192	3,653	49,898	46,244
2014	0	4,700	4,700	33,725	30,901	14,163	78,789	3,430	57,506	54,076
2015		4,700	4,700	35,539	44,144	20,234	99,917	3,221	68,477	65,255
2016		4,700	4,700	36,911	45,848	21,015	103,774	3,024	66,779	63,755
2017		4,700	4,700	38,336	47,618	21,826	107,779	2,840	65,124	62,284
2018		4,700	4,700	39,815	49,456	22,669	111,940	2,667	63,509	60,843
2019		4,700	4,700	41,352	51,365	23,544	116,261	2,504	61,935	59,431
2020		4,700	4,700	42,948	53,347	24,453	120,748	2,351	60,400	58,049
2021		4,700	4,700	44,009	54,665	25,056	123,731	2,208	58,114	55,907
2022		4,700	4,700	45,096	56,015	25,675	126,787	2,073	55,915	53,842
2023		4,700	4,700	46,210	57,399	26,310	129,919	1,946	53,799	51,853
2024		4,700	4,700	47,351	58,817	26,959	133,128	1,827	51,764	49,936
2025		4,700	4,700	48,521	60,269	27,625	136,416	1,716	49,805	48,089
2026		4,700	4,700	49,239	61,161	28,034	138,435	1,611	47,457	45,846
2027		4,700	4,700	49,968	62,067	28,449	140,484	1,513	45,220	43,707
2028		4,700	4,700	50,707	62,985	28,870	142,563	1,421	43,089	41,668
2029		4,700	4,700	51,458	63,917	29,297	144,673	1,334	41,058	39,724
2030		4,700	4,700	52,219	64,863	29,731	146,814	1,252	39,122	37,870
2031		4,700	4,700	52,992	65,823	30,171	148,987	1,176	37,278	36,102
2032		4,700	4,700	53,777	66,797	30,618	151,192	1,104	35,521	34,417
2033		4,700	4,700	54,573	67,786	31,071	153,429	1,037	33,847	32,810
2034		4,700	4,700	55,380	68,789	31,531	155,700	974	32,251	31,278
2035		4,700	4,700	56,200	69,807	31,997	158,004	914	30,731	29,817
2036		4,700	4,700	57,032	70,841	32,471	160,343	858	29,283	28,424
2037		4,700	4,700	57,876	71,889	32,951	162,716	806	27,902	27,096
2038		4,700	4,700	58,732	72,953	33,439	165,124	757	26,587	25,830
2039		4,700	4,700	59,601	74,033	33,934	167,568	711	25,334	24,623
2040		4,700	4,700	60,484	75,128	34,436	170,048	667	24,140	23,473
2041	75,300	4,700	80,000	61,379	76,240	34,946	172,565	10,816	23,331	12,515
2042		4,700	4,700	62,287	77,369	35,463	175,119	605	22,548	21,943
2043		4,700	4,700	63,209	78,514	35,988	177,710	576	21,793	21,216
2044		4,700	4,700	64,144	79,676	36,520	180,341	549	21,062	20,513
2045		4,700	4,700	65,094	80,855	37,061	183,010	523	20,356	19,833

<표 7-13> 대안 3의 연도별 편익과 비용(계속)

단위 : 백만원

구분	비용			편익				현재가치		
	공사 및 부대비용	유지비	총비용	홍수피해 경감	수질 개선	레크리 에이션	총편익	비용	편익	순 현재가치
2046		4,700	4,700	66,057	82,052	37,609	185,718	498	19,673	19,176
2047		4,700	4,700	67,035	83,266	38,166	188,467	474	19,014	18,540
2048		4,700	4,700	68,027	84,498	38,731	191,256	452	18,377	17,925
2049		4,700	4,700	69,034	85,749	39,304	194,087	430	17,760	17,330
2050		4,700	4,700	70,055	87,018	39,886	196,959	410	17,165	16,755
2051		4,700	4,700	71,092	88,306	40,476	199,874	390	16,590	16,200
2052		4,700	4,700	72,144	89,613	41,075	202,832	372	16,033	15,662
2053		4,700	4,700	73,212	90,939	41,683	205,834	354	15,496	15,142
2054		4,700	4,700	74,296	92,285	42,300	208,881	337	14,976	14,640
2055		4,700	4,700	75,395	93,651	42,926	211,972	321	14,474	14,153
2056		4,700	4,700	76,511	95,037	43,561	215,109	306	13,989	13,684
2057		4,700	4,700	77,643	96,443	44,206	218,293	291	13,520	13,229
2058		4,700	4,700	78,793	97,871	44,860	221,523	277	13,067	12,790
2059		4,700	4,700	79,959	99,319	45,524	224,802	264	12,629	12,365
2060		4,700	4,700	81,142	100,789	46,198	228,129	251	12,206	11,954
2061	-340,450	4,700	-335,750	82,343	102,281	46,882	231,505	-17,108	11,796	28,905
합 계	674,750	235,000	909,750	2,881,276	3,525,767	1,616,082	8,023,125	943,845	1,678,830	734,985

### 7.2.3 민감도 분석

- 민감도 분석은 B/C, NPV, IRR에 영향을 줄 수 있는 여러 가지 투입변수나 매개 변수를 변화시켜 B/C 비율, NPV, IRR이 어떻게 변화 하는지를 분석
- 본 분석에서는 불확실성의 요소가 가장 큰 편익액, 사업비의 예측결과가 변동 될 경우 경제적 타당성에 미치는 영향을 파악하기위해 민감도 분석을 실시
- 대안별 민감도 분석 결과 <대안 1>의 경우 사업 후 발생하는 편익의 10% 감소와 공사비용이 10% 상승하거나 불변일 경우, NPV < 0, IRR < 6.0%, B/C 비율 < 1로 나타나 경제성이 없는 것으로 평가
- 반면 <대안 2>와 <대안 3>은 편익의 10% 감소와 공사비용이 10% 상승하거나 불변일 경우에도 NPV > 0, IRR > 6.0%, B/C 비율 > 1 로 나타나 편익과 비용의 변화에도 경제성에는 큰 변화가 없는 것으로 평가(<표 7-14> 참조)

<표 7-14> 민감도 분석

단위 : 백만원, %

구 분	편익변화	비용변화	NPV	IRR	B/C비율	비고
대안 1	10%하락	10%상승	-67,989	5.66	0.89	
		불변	-14,342	6.17	0.97	
대안 2	10%하락	10%상승	261,148	8.40	1.38	
		불변	319,685	9.06	1.51	
대안 3	10%하락	10%상승	485,575	8.80	1.47	
		불변	574,472	9.47	1.61	

### 7.3 정책적 분석

- 예비타당성조사의 범위는 크게 사업의 경제성에 관한 분석과 정책적 차원에서의 분석으로 나눌 수 있으며, 경제성 평가에 관한 분석은 일단 그 사업이 어느 정도의 경제적 가치가 있는 사업인지를 파악할 수 있도록 함으로써 사업에 대한 정확한 이해를 도움
- 정책적 분석의 주요 내용은 해당사업 내용의 특수성과는 무관하게 모든 예비타당성 조사 사업에 있어서 정책적으로 평가되어야 할 기본 평가항목 분석으로 지역경제 파급효과 분석, 지역균형발전을 위한 지역낙후도 평가, 재원조달 가능성 평가, 관련계획 및 정책방향과의 연관성 평가, 지역의 이해도 및 추진의지 평가, 환경성 평가 등이 기본 평가항목에 해당
- 본 분석에서는 사업의 특성을 고려하여 기본항목 중 지역경제 파급효과 분석과 지역균형발전을 위한 지역낙후도 평가만을 실시

#### 7.3.1 지역경제 파급효과 분석 방법

- 비용편익분석에서는 일반적으로 경제적 효과를 계량화하지만, 주로 사업이 완료된 후 해당사업으로 인해 발생하는 편익의 효과를 측정하는 것이지, 사업기간 중 발생하는 지출로 인한 경제적 효과는 측정·포함하지 못하고 있으며, 계량화하기 어려운 사업 후의 편익을 측정하는 것도 의미가 있는 일이지만, 상대적으로 측정이 용이한 사업기간 중 발생하는 경제적 파급효과를 계측하는 것도 중요한 일
- 왜냐하면 경제적 파급효과 계측을 통해 서로 다른 사업(혹은 지역)간 경제적 측면에서의 정책적 우선순위의 결정을 위한 판단기준을 생산할 수 있을 뿐만

아니라, 지역경제의 구조 파악 및 지역간 연계효과를 측정할 수 있으므로 지역내 사업간 투자우선순위 결정에도 도움이 될 수 있기 때문

- 지역경제 파급효과란 해당사업으로 인하여 발생한 생산량, 부가가치 증가 등 경제적 파급효과로서 흔히 공공투자사업의 간접편익으로 구분되나, 지역경제 파급효과를 간접편익으로 간주하기 위해서는 다음과 같은 조건을 만족
  - 해당사업이 시행되지 않았다면 경제 활성화 여부
  - 해당사업이 시행되지 않았다면 경제활성화를 위해 투입된 생산요소가 다른 용도로 사용되지 않았거나 생산성이 떨어지는 용도로의 투입
  - 해당사업으로 인하여 촉진된 경제활동이 발생할 수 있는 다른 경제활동을 대체 여부
- 이러한 이유로 예비타당성조사 공공투자사업의 시행여부 판단에 있어 하나의 기준으로 다지역산업연관모형(MRIO Model : Multi-Regional Input Output Model)을 구축하여 생산유발효과, 부가가치유발효과, 고용유발효과, 임금유발효과, 지역간 연계효과(interregional linkage effect) 등의 경제적 파급효과를 분석

## 가. KDI MRIO의 개요

### 1) KDI MRIO의 구조

- 지역경제 파급효과 분석은 체너리-모제스형의 경쟁형 다지역산업연관모형을 바탕으로 작성된 KDI 다지역산업연관모형(KDI MRIO)을 이용하였는데, MRIO 모형은 지역기술계수, 지역별·산업별 부가가치, 지역별 최종수요, 지역교역계수 등의 추정부문들을 결합·작성하여 구축

### 2) KDI MRIO의 지역 및 산업분류

- KDI MRIO는 서울특별시를 포함한 5대 광역시와 9개도를 총괄하는 15개 지역 모형이며, 산업부문은 12개 토목건설부문을 포함한 총 37개 산업으로 구성되어 있는 경쟁형 다지역산업연관모형으로 내생부문이 (555×555)에 달함

## 나. 지역경제파급효과 분석을 위한 유발계수 추정절차

- 산업연관분석은 최종수요의 변동(소비 혹은 투자)이 각 산업의 생산 활동에 미치는 직·간접 파급효과를 계측하는 것으로, 최종수요 변동에 의한 경제적 파급효과는 보통 세 가지, 즉, 생산 유발효과, 부가가치 유발효과, 고용 유발효과 측면에서 파악

- 생산유발효과 : 최종수요의 증가는 생산활동과정을 통하여 생산유발효과를 창출
- 부가가치 유발계수 : 최종수요의 증가는 생산활동을 통하여 부가가치를 창출하게 되며, 산업연관모형을 이용하여 최종수요의 변동과 부가가치와의 기능적 관계를 파악하는 것이 부가가치 유발계수
- 고용유발계수 : 생산 활동은 기본적으로 중간재에 자본이나 노동 등 본원적 생산요소를 결합하여 이루어지며, 수요증가에 따른 관련 산업의 생산활동은 노동의 수요를 수반하게 되므로 노동의 산업별 파급효과 계측은 노동수요 예측 및 계획 수립에 있어 중요한 자료로 제공되며, 고용 유발계수는 기본적으로 부가가치 유발계수와 동일한 방법으로 계산

#### 다. 유발계수 추정

- 산업별 유발효과는 발생지역별로도 추정할 수 있으며, KDI 공공투자관리센터에서는 이상의 각종 유발효과를 주기적으로 갱신하고 있으며, 개별 예비타당성조사의 연구시 KDI 공공투자관리센터에서 추정치를 입수하여 분석에 사용

### 7.3.2 지역경제 파급효과 분석 결과

- 본 영산강 하구둑 구조개선 사업은 수자원 사업의 댐건설과 같은 부문으로 분류할 수 있으며, 다지역 산업연관모형에서는 건설기간중의 경제적 파급효과만을 분석하므로 완공 후 유지관리비는 제외하며, 사업비중 용지보상비 및 기타 이전소득 또한 제외하고 순수한 공사비만을 가지고 분석(<표 7-8> 참조)
- 지역경제 파급효과의 경우 공사 대안별로 보면 <대안 1>의 경우 전남지역에 생산유발효과 5,711억원, 피용자보수창출효과 1,367억원, 고용유발효과 9,073명의 증가를 가져오며 전국적으로 생산유발효과 10,110억원, 피용자보수창출효과 2,059억원, 고용유발효과 14,594명의 증가를 가져오는 것으로 분석되었으며, <대안 2>의 경우 전남지역에 생산유발효과 6,233억원, 피용자보수창출효과 1,493억원, 고용유발효과 9,903명의 증가를 가져오며, 전국적으로는 생산유발효과 11,035억원, 피용자보수창출효과 2,247억원, 고용유발효과 15,929명의 증가를 가져오는 것으로 분석되었으며, <대안 3>은 전남지역에 생산유발효과 9,126억원, 피용자보수창출효과 2,185억원, 고용유발효과 14,499명의 증가를 가져오며, 전국적으로는 생산유발효과 16,156억원, 피용자보수창출효과 3,290억원, 고용유발효과 23,322명의 증가를 가져와 가장 높은 지역경제 파급효과를 가져오는 것으로 분석되었으며, 공사비 대안별 지역경제 및 지역산업에 미치는 파급효과는 <표 7-15>~<표 7-20>

<표 7-15> 대안 1의 지역경제 파급효과

단위 : 억원

지역	생산액유발효과		피용자보수창출효과		고용유발효과	
	유발계수	편익액	유발계수	편익액	유발계수	편익액(명)
서울	0.1913	837	0.0432	189	0.3181	1,391
부산	0.0661	289	0.0106	46	0.0839	367
대구	0.0262	115	0.0053	23	0.0405	177
인천	0.0418	183	0.0053	23	0.0526	230
광주	0.1026	449	0.0168	73	0.126	551
대전	0.0249	109	0.0054	24	0.0357	156
경기	0.0918	401	0.0147	64	0.121	529
강원	0.0181	79	0.0038	17	0.0235	103
충북	0.0305	133	0.0052	23	0.0376	164
충남	0.0327	143	0.0049	21	0.039	171
전북	0.0691	302	0.0108	47	0.0863	377
<b>전남</b>	<b>1.3059</b>	5,711	<b>0.3127</b>	1,367	<b>2.0748</b>	9,073
경북	0.0412	180	0.0059	26	0.0471	206
경남	0.2476	1,083	0.0217	95	0.2203	963
제주	0.0219	96	0.0045	20	0.031	136
<b>전국</b>	<b>2.3119</b>	10,110	<b>0.4708</b>	2,059	<b>3.3374</b>	14,594

<표 7-16> 대안 2의 지역경제 파급효과

단위 : 억원

지역	생산액유발효과		피용자보수창출효과		고용유발효과	
	유발계수	편익액	유발계수	편익액	유발계수	편익액(명)
서울	0.1913	913	0.0432	206	0.3181	1,518
부산	0.0661	315	0.0106	51	0.0839	400
대구	0.0262	125	0.0053	25	0.0405	193
인천	0.0418	200	0.0053	25	0.0526	251
광주	0.1026	490	0.0168	80	0.126	601
대전	0.0249	119	0.0054	26	0.0357	170
경기	0.0918	438	0.0147	70	0.121	578
강원	0.0181	86	0.0038	18	0.0235	112
충북	0.0305	146	0.0052	25	0.0376	179
충남	0.0327	156	0.0049	23	0.039	186
전북	0.0691	330	0.0108	52	0.0863	412
<b>전남</b>	<b>1.3059</b>	6,233	<b>0.3127</b>	1,493	<b>2.0748</b>	9,903
경북	0.0412	197	0.0059	28	0.0471	225
경남	0.2476	1,182	0.0217	104	0.2203	1,051
제주	0.0219	105	0.0045	21	0.031	148
<b>전국</b>	<b>2.3119</b>	11,035	<b>0.4708</b>	2,247	<b>3.3374</b>	15,929

<표 7-17> 대안 3의 지역경제 파급효과

단위 : 억 원

지역	생산액유발효과		피용자보수창출효과		고용유발효과	
	유발계수	편익액	유발계수	편익액	유발계수	편익액(명)
서울	0.1913	1,337	0.0432	302	0.3181	2,223
부산	0.0661	462	0.0106	74	0.0839	586
대구	0.0262	183	0.0053	37	0.0405	283
인천	0.0418	292	0.0053	37	0.0526	368
광주	0.1026	717	0.0168	117	0.126	880
대전	0.0249	174	0.0054	38	0.0357	249
경기	0.0918	641	0.0147	103	0.121	846
강원	0.0181	126	0.0038	27	0.0235	164
충북	0.0305	213	0.0052	36	0.0376	263
충남	0.0327	229	0.0049	34	0.039	273
전북	0.0691	483	0.0108	75	0.0863	603
<b>전남</b>	<b>1.3059</b>	9,126	<b>0.3127</b>	2,185	<b>2.0748</b>	14,499
경북	0.0412	288	0.0059	41	0.0471	329
경남	0.2476	1,730	0.0217	152	0.2203	1,539
제주	0.0219	153	0.0045	31	0.031	217
<b>전국</b>	<b>2.3119</b>	16,156	<b>0.4708</b>	3,290	<b>3.3374</b>	23,322

<표 7-18> 대안 1의 산업별 파급효과

단위 : 억 원

산 업	생산액 유발효과		피용자보수		고용 유발효과	
	유발계수	편익액	유발계수	편익액	유발계수	편익액
농림어업	0.0175	77	0.0014	6	0.0137	60
광업	0.0568	248	0.0104	45	0.0765	335
음식료품 및 담배	0.0146	64	0.0007	3	0.0118	52
섬유·가죽제품	0.0077	34	0.0008	3	0.0151	66
목재·종이·출판	0.0801	350	0.0081	35	0.1039	454
석탄·석유화학 및 비금속광물	0.2902	1,269	0.0227	99	0.1922	840
정밀화학	0.0214	94	0.0014	6	0.0203	89
제1차금속 및 금속제품	0.1796	785	0.0125	55	0.1206	527
일반기계	0.038	166	0.0044	19	0.0444	194
전기기계 및 장치	0.0095	42	0.001	4	0.0132	58
전자·통신기기	0.0076	33	0.0004	2	0.0066	29
정밀기기	0.0037	16	0.0004	2	0.0055	24
수송장비	0.0112	49	0.001	4	0.0088	38
가구 및 기타제조업	0.0034	15	0.0004	2	0.0075	33
전력·가스·수도	0.0258	113	0.0043	19	0.0122	53
건축 및 건축보수	0.0084	37	0.0024	10	0.0124	54

<표 7-18> 대안 1의 산업별 파급효과(계속)

단위 : 억 원

산 업	생산액 유발효과		피용자보수		고용 유발효과	
	유발계수	편익액	유발계수	편익액	유발계수	편익액
하천사방	1	4,373	0.3048	1,333	1.7987	7,866
도소매 및 음식숙박	0.0393	172	0.0084	37	0.1038	454
운수 및 보관	0.0499	218	0.0124	54	0.0865	378
통신서비스	0.0113	49	0.0045	20	0.0111	49
금융·보험서비스	0.0418	183	0.0183	80	0.111	485
방송·문화오락서비스	0.0121	53	0.0035	15	0.0199	87
사업서비스	0.2307	1,009	0.0544	238	0.402	1,758
교육 및 보건	0.0095	42	0.0058	25	0.0238	104
기타서비스	0.0877	384	0.008	35	0.0767	335
합 계	<b>2.258</b>	9,874	<b>0.4923</b>	2,153	<b>3.298</b>	14,422

<표 7-19> 대안 2의 산업별 파급효과

단위 : 억 원

산 업	생산액 유발효과		피용자보수		고용 유발효과	
	유발계수	편익액	유발계수	편익액	유발계수	편익액
농림어업	0.0175	84	0.0014	7	0.0137	65
광업	0.0568	271	0.0104	50	0.0765	365
음식료품 및 담배	0.0146	70	0.0007	3	0.0118	56
섬유·가죽제품	0.0077	37	0.0008	4	0.0151	72
목재·종이·출판	0.0801	382	0.0081	39	0.1039	496
석탄·석유화학 및 비금속광물	0.2902	1,385	0.0227	108	0.1922	917
정밀화학	0.0214	102	0.0014	7	0.0203	97
제1차금속 및 금속제품	0.1796	857	0.0125	60	0.1206	576
일반기계	0.038	181	0.0044	21	0.0444	212
전기기계 및 장치	0.0095	45	0.001	5	0.0132	63
전자·통신기기	0.0076	36	0.0004	2	0.0066	32
정밀기기	0.0037	18	0.0004	2	0.0055	26
수송장비	0.0112	53	0.001	5	0.0088	42
가구 및 기타제조업	0.0034	16	0.0004	2	0.0075	36
전력·가스·수도	0.0258	123	0.0043	21	0.0122	58
건축 및 건축보수	0.0084	40	0.0024	11	0.0124	59
하천사방	1	4,773	0.3048	1,455	1.7987	8,585
도소매 및 음식숙박	0.0393	188	0.0084	40	0.1038	495
운수 및 보관	0.0499	238	0.0124	59	0.0865	413
통신서비스	0.0113	54	0.0045	21	0.0111	53
금융·보험서비스	0.0418	200	0.0183	87	0.111	530
방송·문화오락서비스	0.0121	58	0.0035	17	0.0199	95

<표 7-19> 대안 2의 산업별 파급효과(계속)

단위 : 억원

산 업	생산액 유발효과		피용자보수		고용 유발효과	
	유발계수	편익액	유발계수	편익액	유발계수	편익액
사업서비스	0.2307	1,101	0.0544	260	0.402	1,919
교육 및 보건	0.0095	45	0.0058	28	0.0238	114
기타서비스	0.0877	419	0.008	38	0.0767	366
합 계	<b>2.258</b>	10,777	<b>0.4923</b>	2,350	<b>3.298</b>	15,741

<표 7-20> 대안 3의 산업별 파급효과

단위 : 억원

산 업	생산액 유발효과		피용자보수		고용 유발효과	
	유발계수	편익액	유발계수	편익액	유발계수	편익액
농림어업	0.0175	122	0.0014	10	0.0137	96
광업	0.0568	397	0.0104	73	0.0765	535
음식료품 및 담배	0.0146	102	0.0007	5	0.0118	82
섬유·가죽제품	0.0077	54	0.0008	6	0.0151	106
목재·종이·출판	0.0801	560	0.0081	57	0.1039	726
석탄·석유화학 및 비금속광물	0.2902	2,028	0.0227	159	0.1922	1,343
정밀화학	0.0214	150	0.0014	10	0.0203	142
제1차금속 및 금속제품	0.1796	1,255	0.0125	87	0.1206	843
일반기계	0.038	266	0.0044	31	0.0444	310
전기기계 및 장치	0.0095	66	0.001	7	0.0132	92
전자·통신기기	0.0076	53	0.0004	3	0.0066	46
정밀기기	0.0037	26	0.0004	3	0.0055	38
수송장비	0.0112	78	0.001	7	0.0088	61
가구 및 기타제조업	0.0034	24	0.0004	3	0.0075	52
전력·가스·수도	0.0258	180	0.0043	30	0.0122	85
건축 및 건축보수	0.0084	59	0.0024	17	0.0124	87
하천사방	1	6,988	0.3048	2,130	1.7987	12,569
도소매 및 음식숙박	0.0393	275	0.0084	59	0.1038	725
운수 및 보관	0.0499	349	0.0124	87	0.0865	604
통신서비스	0.0113	79	0.0045	31	0.0111	78
금융·보험서비스	0.0418	292	0.0183	128	0.111	776
방송·문화오락서비스	0.0121	85	0.0035	24	0.0199	139
사업서비스	0.2307	1,612	0.0544	380	0.402	2,809
교육 및 보건	0.0095	66	0.0058	41	0.0238	166
기타서비스	0.0877	613	0.008	56	0.0767	536
합 계	<b>2.258</b>	15,779	<b>0.4923</b>	3,440	<b>3.298</b>	23,046

### 7.3.3 지역균형발전 분석을 위한 지역낙후도 평가

- 비용편익분석을 중심으로 사업의 타당성여부를 검토하는 경제성 분석의 전제는 효율성이 높은 사업일수록 사업타당성이 높다는 것이며, 효율성만을 기준으로 사업의 타당성을 평가할 경우 지역간 불균형상태가 심화 될 우려가 있는데, 왜냐하면 경제성 분석의 구조에 따르면 지역발전이 부진한 낙후지역일수록 사업의 타당성이 낮게 평가되기 때문
- 예를 들어 낙후지역의 도로사업의 타당성을 평가 할 경우, 인구가 적고 교통량이 상대적으로 적어 도로건설의 편익이 낮기 때문에 사업의 경제적 타당성은 떨어지기 마련이며, 그 지역에 대한 투자기회는 적어지고 경제성이 높게 평가된 다른 지역으로 투자가 집중되는 현상이 지속되어 지역간 빈익빈부익부현상이 심화되며, 예비타당성조사는 이 같은 현상을 방지하고 국토균형개발이라는 상위 정책목표를 평가에 반영하기 위하여 정책적 분석 항목으로 지역낙후도를 포함
- 이러한 평가방향의 근본취지는 낙후지역에서 수행되는 공공투자사업에 대해서는 일종의 가점을 부여함으로써 경제성이 다소 낮은 사업이라 할지라도 사업을 추진하여 지역개발의 불균형상태가 심화되지 않도록 하자는 취지
- 지역균형발전이라는 정책목표의 달성을 위해서는 현재의 낙후정도에 대한 객관적인 평가가 선행되어야 하며, 지역의 낙후정도를 평가하는 객관적지수로서 지역낙후도 지수를 개발하고, KDI는 170개 지방자치단체의 지역낙후도 수준에 대한 평가결과를 발표하고 있어 이 자료를 이용하여 사업대상지역의 낙후도를 평가(<표 7-21> 및 <표 7-22>참조)
- <표 7-21>의 시·도 낙후도 지표에서 보면, 광주, 전남은 16개의 시·도 가운데 지역낙후도 순위가 가장 낮은 8위와 16위를 각각 보이고 있어 상대적으로 사업대상지의 낙후정도가 심한 지역
- <표 7-22>의 사업대상지의 시군지역의 낙후 지역 순위를 보면 목포시 28위, 화순군 93위, 영암군 77위로 3개 지역은 비교적 양호하지만, 담양군 107위, 무안군 130위, 함평군 135위, 영광군 128위, 장성군 121로 나타나 상대적으로 사업대상지역의 낙후도가 타지역에 비해 높은 것으로 나타나 지역균형발전의 차원에서 정책적인 배려가 필요한 지역

<표 7-21> 시·도 낙후도 지표

시군	인구증가율		경제			기반시설			지역 낙후도 지수
	인구 증가율	노령화 지수	재정 자립도	제조업 종사자 비율	승용차 등록대수	도로율	의사수	도시적 토지 이용율	
부 산	14	9	2	9	15	2	5	3	7
대 구	9	11	8	8	3	5	3	4	5
인 천	3	15	4	3	6	6	9	2	3
광 주	5	12	7	12	9	4	2	6	8
대 전	2	13	6	14	2	3	4	7	6
울 산	4	16	3	1	1	7	10	5	2
경기도	1	14	7	4	4	9	11	8	4
강원도	12	5	15	15	8	16	7	16	14
충 북	6	6	10	6	12	12	14	14	10
충 남	8	2	13	7	13	13	8	9	13
전 북	13	4	12	11	14	11	6	10	15
전 남	15	1	16	13	16	14	16	12	16
경 북	11	3	14	5	10	15	15	15	11
경 남	10	7	9	2	11	10	12	13	9
세 주	7	8	11	16	7	8	13	11	12

<표 7-22> 시·군별 낙후도 지표

시군	인구증가율		경제			기반시설			종합	
	인구 증가율	노령화 지수	재정 자립도	제조업 종사자 비율	승용차 등록 대수	도로율	의사수	도시적 토지 이용율	하위50위 포함 지표수	지역 낙후도 순위
목포시	37	30	50	130	89	8	17	3	1	28
나주시	116	127	117	72	131	87	42	57	2	105
담양군	128	147	119	38	123	123	140	87	5	107
화순군	47	106	95	111	112	138	103	129	2	93
해남군	126	121	138	121	164	99	61	102	5	142
영암군	73	113	78	26	125	82	125	53	2	77
무안군	135	120	132	101	153	57	86	71	3	130
함평군	122	150	135	104	141	61	137	69	5	135
영광군	132	97	136	160	139	108	37	59	4	128
장성군	91	126	121	70	117	102	158	96	3	121

## 7.4 결론 및 제언

### 7.4.1 결론

- 영산강 하구둑 구조개선사업의 경제성 분석 결과를 종합하여 보면 경제성 분석의 경우, <대안 2>안의 경우 NPV는 421,141백만원으로 0보다 크고, IRR은 9.83%로 6.0%보다 크고, B/C 비율은 1.51로 1보다 커 경제성 평가기준에 모두 적합하여 경제성이 있는 것으로 분석

구분	총 사업비	잔존 가치	연 평균 유지관리비	총비용	총비용의 현재가치	연평균 편익	총편익의 현재가치	NPV	IRR	B/C
1안	5,672	2,176	28.4	5,546	5,714	576	6,189	475	6.81	1.08
2안	6,189	2,300	30.9	6,064	6,230	882	9,403	3,174	9.83	1.51
3안	9,399	3,404	47.0	9,098	9,438	1,605	16,788	7,350	10.23	1.78

- 지역경제 파급효과의 경우 <대안 2>안의 경우 전남지역에 생산유발효과 6,233억원, 피용자보수창출효과 1,493억원, 고용유발효과 9,903명의 증가를 가져오며, 전국적으로는 생산유발효과 11,035억원, 피용자보수창출효과 2,247억원, 고용유발효과 15,929명의 증가를 가져오는 것으로 분석

구분	1안		2안		3안	
	전남	전국	전남	전국	전남	전국
생산유발효과(억원)	5,711	10,110	6,233	11,035	9,126	16,156
피용자보수창출효과(억원)	1,367	2,059	1,493	2,247	2,185	3,290
고용유발효과(인)	9,073	14,594	9,903	15,929	14,499	23,322

- 광주, 전남은 16개의 시·도 가운데 지역낙후도 순위가 가장 낮은 8, 16위를 각각 보이고 있어 상대적으로 낙후정도가 심한 지역으로 볼 수 있으며, 사업대상지의 시·군지역의 낙후 지역 순위를 보면 목포시 28위, 무안군 130위, 함평군 135위 로 나타나 상대적으로 사업대상지역의 낙후도가 타 지역에 비해 높은 것으로 나타나 지역균형발전의 차원에서 정책적인 배려가 필요한 지역

### 7.4.2 제언

- 본 연구에서의 사회경제성 효과분석의 경우 공사기간을 3년으로 시행한 바, 기본 계획수립시는 농림부 및 지자체와의 협의를 거쳐 공사기간과 년도별 투자사업비에 대한 세부계획수립후 사회경제성 효과분석을 실시

## VIII. 종합결론

- 본 연구는 영산강 유역 홍수피해 경감 및 재해예방 기능 강화를 위한 배수갑문 확장에 따른 설계, 하천과 바닷물길 복원을 위한 통선문 및 하구의 생물다양성 회복을 위한 어도 설치, 그리고 양질의 용수공급을 위한 담수호 수질개선 및 하구둑의 생태경관개선 등 영산강 하구둑의 구조개선사업의 종합적인 분석 및 검토를 수행하여 친환경적 다기능 하구둑 구조개선을 제시하기 위한 과제

### 1) 재해대책

- 이상기후에 대한 홍수량 증가에 따라 하구둑 배수갑문 홍수배제능력 검토 결과, 영산호 및 영암호 배수갑문 확장, 영암 연락수로 확장 등이 필요하며, 물수지기법을 이용 적정규모를 결정
- 건설교통부의 영산강 유역치수계획에 의하면 중상류지역의 경우 농업용저수지 댐 증고, 신규댐건설, 홍수조절지, 천변조절지에서 홍수량의 1,300m<sup>3</sup>/s를 저류하며, 하류에서는 영산-영암호 연락수로에서 2,300m<sup>3</sup>/s를 영암호로 배제하며, 나머지 홍수량 4,710m<sup>3</sup>/s를 영산호 배수갑문을 이용 배제시키는데, 현재 240m의 배수갑문으로는 홍수량을 배제할 수 없어 480m로 확장 계획 수립
- 장래 홍수량에 대한 적정규모 검토 결과, 영산강 배수갑문(240→480m), 영암호 배수갑문(80→410m), 영암연락수로(15→140m) 확장이 타당한 것으로 판단

### 2) 수질개선대책

- 현재 영산호 수질은 COD의 경우 III급수 수질을 유지하지만 년도별로 보면 IV급수에서 V급수까지 수질이 악화되었으며, T-N과 T-P의 경우는 VI등급에서 등급의 수준으로 수질개선 대책이 필요
- 환경부에서 물환경관리 기본계획에서 2015년까지 6조4천억 원을 투자하여 하수 및 축산분뇨 처리 등 호소 상류대책이 추진되나 BOD의 경우는 5.3→4.5mg/L로 개선되고, T-P의 경우 0.533→0.263mg/L(2015년)으로 개선효과는 있으나 호소 수질기준으로는 등급의 수준이므로, 영산호의 수질개선을 위해서는 배후 농경지에서 유입되는 농경지 유출수와 호소내부 수질개선 대책 수립
- 수질개선대책의 기본방향은 상류는 환경부 및 지자체에서 목표수질까지 개선하는 조건으로 단계별 호내 수질개선 목표치 설정 및 수질 개선대책 수립하여 추진

- 수질개선대책으로 환경부 '물환경관리기본계획'에 따른 상류대책 추진상황을 고려 호내 수질개선대책을 Ⅲ급수 목표로 설정시 농경지에서 유입되는 유출수의 수질 개선을 위해 저층수배제시설, 부유쓰레기수거선 및 Rope댐, 인공습지, 침강지 계획

### 3) 생태경관개선

- 영산강 하구둑에 설치된 어도는 통선문에 유인수 펌프를 설치하여 통선문 겸용 갑문식어도로 통선문 위주로 설치되어 어류 이동경로, 담수와 해수의 염도변화 등 생태특성에 대한 적응성 등이 고려되지 않았으며, 현행 갑문 게이트 조작으로는 어류소상 시간을 충분히 제공 못하며(하루 2회, 1회당 개방시간 47분), 어도 입구가 370m 안쪽에 위치하여 어도입구 찾기 곤란한 문제점이 있음
- 따라서, 어류의 원활한 이동과 생태 환경의 복원을 위하여 신설어도가 필요하며, 어도의 위치는 남측(영암군 측) 배수갑문 남쪽에 자연형수로식 어도를 계획하여 주연성 어종(송어 등) 및 회유성어종(칠성장어 등) 등이 소상이 가능하도록 설계
- 현행 영산강 통선문의 경우(30톤급, B=6.6m, H=11.9m, L=30m) 소형선박만 통과할 수 있어, 관광·레저 등을 위한 선박 규모 2,500톤급(관광유람선)의 통선은 불가능하여 통선문 신설 계획 수립
- 통선문 설계의 기본방향은 물류운송, 관광 등의 목적으로 화물 및 관광유람선 등이 통과하도록 규모를 검토한 결과, 폭 30<sup>m</sup>, 길이 150<sup>m</sup>가 적합한 것으로 분석되었으며, 위치는 신설 배수갑문과 함께 하는 것으로 계획
- 생태경관개선은 담수하천, 해양 및 연안 등 영산강 고유특성인 하천·하구 생태 기능 개선을 위한 동·식물 서식공간 조성을 위한 생태복원과 조수차단, 홍수조절, 담수 확보, 교통개선 등 하구둑의 기존 기능에 지역주민, 방문·관광객의 휴식·조망·관광·체험 등 다기능 공간을 조성

### 4) 구조개선 모델

- 구조개선 방안을 치수형, 치수생태형, 치수생태경관형 3개안 설정

모델명	목 표	사 업 내 용
치수형	재해예방	치수(배수갑문 확장) + 홍수관리(TM/TC)
치수생태형	재해 예방, 수질개선 생태개선	치수형+ 수질(저층수배제시설)+ 생태(어도)
치수생태경관형	재해 예방, 수질개선 생태경관개선	치수생태형+ 수질(인공습지+ 침강지)+ 생태(습지) + 경관(전망대)+ 통선문 + 하구둑 및 도로승상

## 5) 사회경제적 효과분석

- 경제성분석 결과 <치수대책형-1안>은 NPV 475억원, IRR 6.81%, B/C 1.08, <치수생태형-2안>은 NPV 3,174억원, IRR 9.83%, B/C 1.51, <치수생태경관형-3안>은 NPV 7,350억원, IRR 10.23%, B/C 1.78
- 영산강 하구둑 구조개선 모델별 전남지역 경제 및 산업에 미치는 파급효과 분석 결과 <치수생태형-2안>의 경우 전남지역에 생산유발효과 6,233억원, 피용자보수창출효과 1,493억원, 고용유발효과 9,903명의 증가를 가져오며, 전국적으로는 생산유발효과 11,035억원, 피용자보수창출효과 2,247억원, 고용유발효과 15,929명의 증가를 가져오는 것으로 분석

구분	1안		2안		3안	
	전남	전국	전남	전국	전남	전국
생산유발효과(억원)	5,711	10,110	6,233	11,035	9,126	16,156
피용자보수창출효과(억원)	1,367	2,059	1,493	2,247	2,185	3,290
고용유발효과(인)	9,073	14,594	9,903	15,929	14,499	23,322

- 광주, 전남은 16개의 시·도 가운데 지역낙후도 순위가 가장 낮은 8, 16위를 각각 보이고 있어 상대적으로 낙후정도가 심한 지역으로 볼 수 있으며, 사업대상지의 시·군지역의 낙후 지역 순위를 보면 목포시 28위, 무안군 130위, 함평군 135위 로 나타나 상대적으로 사업대상지역의 낙후도가 타 지역에 비해 높은 것으로 나타나 지역균형발전의 차원에서 정책적인 배려가 필요한 지역

## 6) 제언

- 본 수문 및 수질분석은 현황 자료를 분석하여 실시하였으므로 향후 기본계획수립시 영산강 하구둑에 대해 수문 및 수질예측에 대한 더욱 세밀한 분석을 실시
- 본 연구보고서의 호내 수질개선대책은 환경부 및 지자체에서 상류유역의 수질을 목표수질까지 개선하는 조건으로 수립하였으므로, 상류유역에 대한 수질개선 효과가 미비할시는 본 호내 수질개선대책만으로는 수질개선 효과는 미비하므로, 상류유역의 수질에 따라 호내 수질개선대책 재수립
- 향후 사업지구 현황에 대한 정밀한 조사, 분석을 수행하여 시설 개선 및 토지이용 계획에 따른 사업효과를 분석하고, 다기능 하구둑 계획 등 제안된 대안의 개선 효과를 다양한 측면의 여건을 분석하여 보완된 공간 구상 계획이 필요



## XII. 참 고 문 헌

- 강주환, 송재준, 오남선, 1998, 낙조우세와 관련된 목포해역의 조류특성 분석, 대한토목학회논문집 18:185-193.
- 건설교통부, 1998~2007, 수문조사연보.
- 건설교통부, 2000, 1999 수자원 관리기법 개발 연구 조사.
- 건설교통부, 2001, 치수사업 경제성 분석 개선방안 연구.
- 건설교통부, 2004, 치수사업 경제성분석 방법(다차원 홍수피해 산정방법).
- 건설교통부, 2005, 건설교통통계연보.
- 건설교통부, 2007, 영산강 유역 종합치수계획 보고서.
- 건설부, 1968, 홍수통계총람.
- 건설부, 1972, 수해통계연감(1961~1971).
- 과학기술부, 2007, 수자원 및 기술가치 평가시스템 구축.
- 관련부처합동, 2004, 4대강 비점오염원관리 종합대책.
- 광주광역시, 1997, 영산강 하천정비 기본계획 변경.
- 광주전남발전연구원, 2001, 영산강의 환경오염원에 관한 연구(지화학적 오염원을 중심으로).
- 광주전남발전연구원, 2005, 영산강 친수공간 조성에 관한 연구.
- 국립수산과학원, 2007, 한국해양환경조사.
- 국립환경과학원, 2007, 영산강 수계 수중생태계 수질모델인자 조사.
- 기상청, 1973~1999, 기상연보,
- 김경만 외, 2004, 진공흡인 압송시스템을 이용한 저수지 퇴적물 준설방법, 농어촌과 환경, 제84호.
- 김동섭, 2004, 하천에서의 수산자원 보호를 위한 어도 시설 표준설계·시공 등 표준 모형개발 및 운영·관리제도 연구.
- 농림부, 1998, 농업생산기반정비사업계획설계기준 관개편.
- 농림부·농어촌진흥공사, 1997, 영농방식 변화에 따른 필요수량 변화연구.
- 농림부·농어촌진흥공사, 1998, 영산강지구 담수호수질관리대책수립 조사연구(II).
- 농림부·농어촌진흥공사, 1998, 하구에 설치한 어도의 이용에 관한 연구.
- 농림부·농어촌진흥공사, 1999, 농업생산기반 정비사업 통계연보.
- 농림부·농업기반공사, 농촌지역 비점오염물질 관리방향 연구 및 기술개발, 2005.
- 농림부·한국농촌공사, 아산만 방조제 배수갑문 확장사업 기본계획보고서, 2006.

농림수산부, 1991, 농어촌용수이용 합리화계획 자료정보 데이터베이스 구축 연구(I).

농림수산부·농어촌진흥공사, 1992, 영산강(Ⅲ-1)지구 기본계획서(보완).

농림수산부·농어촌진흥공사, 1992, 영산강(Ⅲ-2)지구 기본계획서(보완).

농어촌용수개발기획단, 1989, 농어촌 용수이용 합리화 계획.

농업기반공사, 2000, '99 관리연보(하구둑, 영암, 금호 방조제).

농업기반공사, 2002, 영산강 농업종합개발사업지.

농업기반공사, 2004, 인공습지 설계관리 요령.

농업기반공사·농어촌연구원, 2002, 저수지와 담수호의 수질개선방안 최종보고서.

농업기반공사·농어촌연구원, 2005, 농업 가뭄지표 실용화 및 정보 제공 방안 최종보고서.

농업기반공사·서산시, 2005, 간월호 서산A지구 수질개선시범사업 보고서.

농업진흥공사, 1977, 영산강(Ⅲ, IV단계)지구 농업종합개발사업 예비기본조사보고서.

농업진흥공사, 1978, 영산강(Ⅲ, IV단계)지구 대단위농업종합개발사업 기본조사 보고서.

농업진흥공사, 1979, 밭 관개 설계편람.

농업진흥공사, 1980, 영산강유역 대단위농업종합개발사업(Ⅲ단계) 조사보고서.

농업진흥공사, 1984, 영산강(Ⅱ)지구 내부개답 기본조사 보고서.

농수산부·농업진흥공사, 1978, 영산강(Ⅲ, IV단계)지구 기본조사 보고서(수문).

농수산부·농업진흥공사, 1979, 영산강 개발.

농수산부·농업진흥공사, 1983, 영산강유역개발 제 Ⅲ 단계사업 수문조사보고서(Ⅲ권).

농수산부·농업진흥공사, 1984, 영산강 Ⅲ지구 방조제설치에 따른 해수면변화(I).

농수산부·농업진흥공사, 1984, 영산강개발, Ⅱ단계 농업종합개발사업 하구둑공사지

농촌진흥청, 2007, 2006 지역별 농산물 소득자료.

대불산단시설관리사업소, 2000, 대불산단시설관리소 업무현황.

류한홍, 2003, 목포주변 해역 퇴적물 내 중금속 분포 특성. 목포해양대학교 석사학위논문

목포시, 1999, 목포시 수도정비기보계획보고서.

목포시·영암군, 1997, 2011년 목포·서영암 도시기본계획.

박경양, 오철웅, 송태곤, 황중서, 1999, 영암댐의 어도를 이용하는 회유성 어류 자원의 계절적 변화 연구, 연안환경연구 16:1-13.

박래환, 조양기, 조철, 선연중, 박경양, 2001, 2000년 여름 영산강 하구의 해수 특성과 순환, 한국해양학회지 '바다' 6(4): 218-224.

박성천, 2004, 영산강 하천기능 평가와 미래. 영산강시대의 지역발전 방향과 과제심포지엄.

박용우, 2006, 영산강 하류 수역에서의 부유사 확산 모델링 조사 (최종보고서 초안).

(사) 한국대담회, 2002, 저수지 수질·생태계의 효율적 보전.

새만금사업 환경영향 공동조사단, 2000, 새만금사업 환경영향공동조사 결과보고서(경제성 분야).

소방방재청, 2006, 2005 중앙재해안전대책본부.

송태곤, 이완옥, 1988, 영산강수계의 어류상과 영산호내의 어류상 비교, 연안생물연구 5:113-129.

수자원관리종합정보종합시스템, <http://www.wamis.go.kr/>

신용식, 서호영, 현봉길, 2005, 해수층의 염분변화가 일차생산자와 상위소비자의 크기 구조에 미치는 영향, 한국해양학회지 10:113-123.

양홍준, 김구환, 금지돈, 2001, 낙동강하류의 어류상과 댐의 어도에서 어류의 이동, 한국육수학회지 34(3):251-258.

영산강섬진강수계관리위원회, 2006, 영산호 수질개선 타당성 조사.

영산강섬진강수계관리위원회·국립환경과학원영산강물환경연구소, 2005, 영산강섬진강수계 환경기초시설 운영실태 및 개선방안 조사.

영산강섬진강수계관리위원회·국립환경과학원영산강물환경연구소, 2005, 영산강 수질 개선을 위한 하천유지용수 확보 및 관리방안 최종보고서.

영산강섬진강수계관리위원회·국립환경과학원영산강물환경연구소, 2005, 영산강 하구둑 어도설치의 타당성 조사 최종보고서.

오구균, 김도균, 2007, 생태녹화공학.

우효섭 외 15인 G-7 국내 연건을 고려한 자연형 하천공법의 개발 연구팀, 2002, 하천복원 가이드라인.

이상현, 신용식, 장남익, 김종민, 김현구, 조영관, 정진, 2006, 섬진강·영산강 수계 주요 호소의 수질 동향과 영양상태 조사, 한국육수학회지 39:296-309.

이은엽, 2006, 도시내 생물서식유형별 대체서식지 조성방안.

이창희, 2004, 지속가능한 하구역 관리방안 I, 한국환경정책·평가연구원.

이창희, 2005, 지속가능한 하구역 관리방안 II, 한국환경정책·평가연구원.

이황복, 2003, 강우기와 비강우기의 목포주변해역의 수질특성, 목포해양대학교 석사학위논문.

일본 건설성 하천국, 2000, 치수경제조사 매뉴얼.

임영진, 2004, 영산강유역 고대문화의 특징과 문화유산의 계승·활용 방안. '영산강시대의 지역발전 방향과 과제' 심포지엄.

임현식, 박경양, 1998, 영산강 하구역의 연성저질에 서식하는 저서동물 군집, 한국수산학회지 31(3): 330-352.

전라남도, 1999, 주암호 수질개선종합대책 수립에 관한 연구.  
 전라남도 수질보전과, 2000, 상수도 주요 업무 현황.  
 전라남도 홈페이지, <http://www.jeonnam.go.kr/>  
 전남발전연구원, 2007., 호소의 친환경적 활용발안.  
 정부합동, 2000, 주암댐등 영산강수계 물관리종합대책.  
 조영길, 박경양, 1998, 영산강 하구 표층 퇴적물의 중금속 함량 및 분포, 한국환경  
 과학회지 7(4): 549-557.  
 중앙재해본부, 2003, 자연재해조사 및 복구계획수립지침.  
 통계청, 1999, 국부통계조사보고서.  
 통계청, 2002, 농산물생산비 통계.  
 통계청, 2007, 주민등록인구 통계자료.  
 한강홍수통제소외, 2006, 2006년도 한국수문조사연보.  
 한국감정원, 2000, 건물신축단가표.  
 한국개발연구원, 1999, 영산강 IV단계 육지부 개발사업.  
 한국개발연구원, 2004, 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구[제4판].  
 한국개발연구원, 2001, 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 [제3판].  
 한국개발연구원, 2003, 수자원 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구[제3판].  
 한국개발연구원, 2000, 영산강 4단계 농업종합개발사업 타당성 및 기본조사 보고서  
 (사회·경제분야).  
 한국건설기술연구원·한국수자원공사, 1996, 수자원 자료집.  
 한국관광공사, 2008, 2007 국민여행실태조사.  
 한국농촌공사 농어촌연구원, 2005, 새만금호 유입부 퇴적물 관리방안 연구.  
 한국농촌공사 농어촌연구원, 2006, 배수갑문 운영 및 관리방안 연구.  
 한국농촌공사 농어촌연구원, 2003, 방조제 내측사면의 친환경 공법개발 연구.  
 한국농촌공사 농어촌연구원, 2005, 농업용수 수질개선 조사·설계 매뉴얼.  
 한국농촌공사·경기도, 2002, 화옹호 수질개선대책.  
 한국농촌공사·화성시, 2007, 남양호 수질개선대책 조사보고서(Ⅱ).  
 한국산업경제연구원, 1998, 영산강 IV단계 개발사업 타당성조사.  
 한국수자원공사, 1998, 수자원 개발의 경제성 분석모델.  
 한국수자원공사, 1999, 확률 갈수유량 산정 및 이용방법 연구.  
 한국환경·정책평가연구원, 2006, 지속가능한 하구역 관리방안 III-1(하구의 현황).  
 한국환경·정책평가연구원, 2007, 저수지 비점오염원 저감을 위한 인공습지의 설치효과  
 및 개선방안.

- 한국환경정책평가연구원, 1997, 도시지역 비점오염원 관리방안 연구.
- 한국환경정책평가연구원, 2007, 환경친화적인 홍수방지방안 마련을 위한 연구.
- 한진희 등, 2002, 한국경제의 잠재성장률 전망(2003 ~ 2012).
- 해양수산부, 2005, 어도시설의 설치 및 관리규정.
- 해양수산부, 2005, 항만 및 어항설계기준.
- 행정자치부, 1998, 서해안 해수범람 흔적 조사 및 종합대책수립 조사보고서.
- 행정자치부국립방재연구소, 2001, 영산강 상류유역 개발이 하류부 수해에 미치는 영향 분석.
- 환경부, 2006, 물환경관리 기본계획-4대강 대권역 설보전 기본계획('06 ~ '15).
- 황영진, 2000, 주암댐 건설에 따른 어류상의 변화, 전남대학교박사학위논문.
- 若山茂樹, 1995, 世界の水資源保全.
- 中村中六, 1994, 魚道の設計, 東京 :財團法人 ダム水源池環境整備センター.
- Diaz, R.J., G.R. Cutter Jr., and D.M. Dauer, 2003, A comparison of two methods for estimating the status of benthic habitat quality in the Virginia Chesapeake Bay. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 285-286:371-381.
- Jordan, S. J. and P. A. Vaas, 2000, An Index of Ecosystem Integrity for Northern Chesapeake Bay. *Environmental Science and Policy* 3:S59-S88.
- Kane, D. D. and D.A. Culver, 2001, Development of a Planktonic Index of Biotic Integrity for Lake Erie. Paper presented at the 2001 meeting of the International Association for Great Lakes Research, Green Bay, Wisconsin.
- Kerans, B.L. and J.R. Karr, 1994, A benthic index of biotic integrity (B-IBI) for rivers of the Tennessee Valley. *Ecological Applications* 4:768-785.
- Kuo, J. and A.J. McComb, 1989, In: "Biology of Seagrasses. A treatise on the biology of seagrasses with special reference to the Australian region." (Eds. A.W.D. Larkum, A.J. McComb, S.A. Shepherd) (*Aquatic Plant Studies* 2) (Elsevier, Amsterdam). p. 6-73.
- USEPA, 1979, Best Management Practices Handbook : Agriculture, Virginia.
- Van Dolah, R.F., J.L. Hyland, A.F. Holland, J.S. Rosen, and T.R. Snoots, 1999, A benthic index of biological integrity for assessing habitat quality in estuaries of the southeastern United States. *Marine Environmental Research* 48: 269-283.
- Weisberg, S. B., J. A. Ranasinghe, D. M. Dauer, L. C. Schaffner, R. J. Diaz, and J. B. Frithsen, 1997, An estuarine benthic index of biotic integrity (B-IBI) for the Chesapeake Bay. *Estuaries* 20:149-158.



## 부 록 목 차

A. 영산강하구둑 구조개선 종합대책 사업개요 .....	249
B. 사업지구의 개황 .....	267
C. 재해현황 및 원인분석 .....	289
D. 이·치수계획 .....	303
E. 영산강 유역 수질현황 및 수질개선대책 .....	365
F. 생태경관 개선 .....	421
G. 영산강 하구둑 구조개선사업 사회경제성 효과 분석 .....	467



## A. 영산강하구둑 구조개선 종합대책 사업개요

### A.1 사업의 배경 및 목적

- 최근 기상변화와 집중호우 발생시 배수압문 능력 부족 및 노후화 인한 침수 우려
- 단순 수리시설물로 경관이 단조롭고 생태적으로 불리한 개발로 인한 하구둑 공간의 다기능 자원 개발이 미흡
- 영산강 말단부에 조성된 영산호는 상류하천의 오염물질 유입으로 인해 부영양화, 수질 악화 및 하구둑 조성으로 인한 연안생태 변화로 환경 문제 대두
  - 기업도시 및 혁신도시 등의 개발과 함께 하구 수질개선 요구
- 본 사업의 목적은 집중호우 등 이상강우 대비 침수방지 등 재해방지 능력을 강화하고, 담수호 수질개선 및 어도 등의 설치로 친환경적인 공간 조성을 통한 자원화 및 생물의 다양성 확보와 하구생태환경 복원으로 하구의 건전성 회복

### A.2 사업의 추진경위

#### 가. 추진경위

- '05. 4.18 : 해양정책관련 국정과제 업무협의회에서 하구환경관리체계 구축을 위한 중장기 추진계획 수립 협의
- '05. 6.22 : 연안해안의 지속가능한 발전방안 보고(대통령)
- '05. 7.29 : 연안·해양정책 국정과제 후속조치관련 관계부처회의  
(하구둑 구조개선 위한 구체적인 추진계획 수립)
- '05. 8.10 : 하구둑 구조개선사업 계획 수립 지시(농림부→한국농촌공사)
- '05. 8.16 : 2005 하구둑 구조개선 실태조사 추진회의 실시
- '05. 8.17 : 하구둑 구조개선 위한 실태조사 및 예비타당성 조사 위한 기본계획 수립 추진(사업추진 기본계획 전파 및 실태조사 추진지시)
- '05. 8.20 : 하구둑 구조개선사업 계획 수립 및 현장조사 실시(한국농촌공사)
- '05. 9. 9 : 하구둑 구조개선사업 관련 구체적 계획수립 협의(지속위)
- '05.10.31 : 하구둑 구조개선사업 실태조사 보고회 실시
- '05.11.25 : 하구둑 구조개선사업 기술검토회 개최(농림부 주관, 지속위 참석)
- '05.12. 9 : 하구둑 구조개선 정책과제 추진현황 협의(지속위)

# 사업위치도



하천명	국가	지방1급
영산강	111.68	-
광주천	-	11.80
황룡강	9.41	34.40
지석천	34.00	-
고막원천	22.33	-
함평천	13.91	-
계	237.53	-

하천등급	부호
국가	
지방1급	
지방2급	



<그림 A-1> 사업 위치도

- '07. 6. : 지속가능발전위원회는 '05년부터 분야별 연구팀 운영하여 "지속가능한 하천·하구역 통합관리체계 구축방안"을 관련부처 협의를 통하여 수립
- '07.12. : 국토해양부에서 영산강 유역 종합치수계획 수립 하구둑 배수갑문 확장 등 구조개선 계획 수립
- '08. 5. : 전남도 영산호 배수갑문 및 통선문 확장 요구

## 나. 추진근거

- 본 사업은 대통령 지시사항(제62회 국정과제회의시 '05.6.22)에서 하구둑 구조개선은 지금쯤 시작할 때가 된 것으로 보이므로 이 문제 추후 보고 등을 통해 하구둑 구조개선을 위한 구체적 계획 수립하여 제출
- 본 사업을 추진하는 법률적인 근거는 「농어촌정비법」(법률 9037호), 「농업기반시설 관리규정」(농림부훈령 제1255호), 「방조제관리법(법률 8852호)」이며, 농어촌정비법에는 제2조(농업기반시설이라함), 제3조(자원조사), 제4조(농어촌정비종합계획), 제6조(농업생산기반정비계획 및 예정지조사), 제7조(농업기반정비사업기본계획), 제8조(농업기반정비사업시행계획의 수립), 제9조(농업기반정비사업 시행자)제16조(시설물의 관리이관), 제18조(관리자의 의무사항), 제19조(수질개선사업, 동시행령 제21조(농업기반시설의 보호·관리), 제94조(자금지원)이고, 농업기반시설관리규정에는 제5조(시설관리자의 임무), 제17조(시설의 개보수), 방조제관리법에는 관리비의 부담(자금지원)등을 수행하도록 규정
- 사업의 주내용은 영산호 배수갑문 확장(기존 240→480m), 영암호 배수갑문 확장(기존 80→410m), 영산-영암 연락수로 확장(기존 15→140m, L=4,440m), 영암 및 금호 제수문 설치(영암 기존 30→160m 확대, 금호 30m 신설), 홍수·예경보 시스템(TM/TC) 등 치수대책관련 사업, 저층수배제시설, 습지(145ha) 등 호내수질개선대책 관련, 자연형수로식어도, 물길조성을 위한 통선문 설치 등 생태개선사업관련 등을 포함하며 총사업비는 6,189억원을 2012년까지 총3년간 투입하는 것으로 계획

## 다. 사업추진의 기대효과

- 경제분석 효과 - 공사 자체 분석결과 B/C = 1.51(할인율 6.5%)
- 배수갑문 확장 및 담수호 연계운영으로 재해방지 효과
  - 상습침수 농경지 침수피해 방지로 안정적인 영농기반 구축

- 하구둑 우측에 건설되는 남악신도시 침수예방
  - 시설현대화 및 자연재해 사전예방 기능 강화
  - 홍수관리 능력증대로 재해대처능력 강화 및 유지관리비 절감
- 지역사회의 경제활성화 및 지역주민 삶의 질 향상
- 관광, 휴식, 레저 등 다양한 기능 제공으로 지역사회 경제, 사회, 문화 및 주민의 삶의 질 향상
  - 남악신도시, 서남해안 관광미래형복합도시 등과 연계한 친환경적 개발로 관광 자원 개발 및 랜드마크화로 부가가치 제고
  - 하구둑 지속가능한 토대 마련 및 체계적, 통합적 이용을 통해 주변지역 시너지 효과 창출
  - 서남해안 관광레저 도시건설 등으로 교통 증가량 해소
- 수질개선을 통한 농가소득 증대 기반 마련
- 고품질, 친환경 작물생산으로 농가 소득 증대
  - 쾌적한 수변공간 조성기반 마련
- 어도 및 하구생태복원으로 하구둑의 어메니티 창출
- 하천·하구 생태환경 증진 및 생물다양성 확보
  - 하구의 생태관광 및 교육활용으로 관광효과 제고

### A.3 영산강 유역개발 관련계획 검토

- 영산강 유역개발 사업계획으로는 제4차국토종합계획(국토해양부), 수자원장기종합계획(국토해양부), 댐건설장기계획(국토해양부), 하천정비기본계획(국토해양부), 남약신도시 및 J프로젝트 계획(전라남도), 도로, 철도, 항만 건설사업(전라남도), 영산강유역 고대문화권 특정지역 지정 및 개발 계획(전라남도) 등이 있음

<표 A-1> 영산강 유역 개발 계획 및 주요내용

개발사업	주요내용
제4차 국토종합계획	2006 ~ 2020년까지 21세기 통합국토의 실현을 목표로 6대 전략 추진
수자원장기종합계획	홍수에 안전한 기반구축을 목표로 2020년까지 70% 경감을 목표로 7대 추진전략 추진
댐건설장기계획	영산강 유역에 4개댐 신설계획으로 다목적댐(평림, 오례), 용수 전용댐(성덕, 용흥)
하천정비기본계획	1998년 ~ 2000년 사이에 수립된 계획으로 영산강, 광주천, 황룡강, 지석천, 고막원천, 함평천 총 연장 229.7 km
주요토지개발계획	5개의 택지개발사업(남약신도시, 옥암지구 등), 관광산업 단지인 J프로젝트, 2개의 산업단지 조성사업, 영산강IV단계 농업종합개발사업
도로, 항만, 철도계획	3개의 철도건설 사업(목포 신외항 배후철도, 목포-보성간 철도), 무안공항건설, 목포 신외항 2차 개발계획
고대문화권 특정지역 지정 및 개발계획	8시군 55읍·면·동을 대상으로 고분 발굴·정비, 문화유적 정비, 곤충생태체험타운 등 관광휴양시설 조성 사업

#### A.3.1 제4차 국토종합계획(건설교통부, 2006)

- 제4차 국토종합계획은 계획기간을 2006 ~ 2020년으로 설정하여 21세기 통합국토의 실현을 목표로 하고, 이를 달성하기 위한 6대 전략
  - 상생하는 균형국토 : 다핵분산형 국토구조를 형성하고 지역별로 특화된 발전기반을 구축하여 국토의 균형발전 촉진
  - 경쟁력 있는 개방국토 : 동북아 물류·투자·교류 거점으로 도약
  - 살기 좋은 복지국토 : 쾌적한 국토조성 및 사회적 약자를 위한 주거 및 도시환경 개선

- 지속가능한 녹색국토 : 환경친화적이고 아름다운 국토 조성 및 깨끗한 물 공급
- 번영하는 통일국토 : 북한지역의 개발협력 강화 및 통합 인프라 구축과 지원체제 확립

○ 또한, 국토종합계획의 6대 추진전략

- 자립형 지역발전 기반의 구축
- 동북아 시대의 국토경영과 통일기반 조성
- 네트워크형 인프라 구축
- 아름답고 인간적인 정주환경 조성
- 지속가능한 국토 및 자원관리
- 분권형 국토계획 및 집행체계 구축

### A.3.2 수자원장기종합계획(건설교통부, 2006)

○ 기본이념

- 홍수에 안전한 기반 구축
  - 홍수로 인한 인명피해를 감소시켜 홍수에 안전한 국토 형성
  - 급격히 늘어나는 재산피해를 저감시켜 국가경제의 안정화 도모
  - 사회적 공감대를 바탕으로 하는 치수계획수립으로 홍수와 더불어 사는 사회형성

○ 목표

- 홍수에 대한 사회적 대응력 강화 : 홍수 피해액을 2020년까지 현재의 70% 경감

○ 추진전략

- 구조물적 대책의 다양화 및 활성화 : 제방중심의 치수대책에서 벗어나 홍수터 관리 등 다양한 대안을 활용하여 치수계획 수립
- 선택적 방어 개념의 도입 : 선택적 방어 개념을 바탕으로 대상 지역의 인구, 경제성 등 중요도를 고려하여 방어 및 보호의 수준을 차별화
- 유역중심의 치수대책 수립 : 하천중심, 행정구역 중심의 치수계획에서 벗어나 유역별 종합치수계획 수립 및 토지이용계획을 포함한 유역 전체에 일관된 치수계획 수립 및 관리
- 예방 사업 위주의 투자 정책 : 홍수 발생 후의 과다한 복구비 지출보다 예방적 치수사업을 확대하여 사전에 피해 예방 및 홍수 피해의 반복적 발생 방지를 위해 홍수 발생 후 원상복구의 개념에서 개량복구로 전환

- 이상홍수에 대비한 비구조물적인 홍수대책 활성화 : 홍수위험지도의 제작 및 계획, 규모 이상의 홍수발생에 대비한 첨단 홍수예보시스템 구축 및 홍수피해 발생 가능 지역에 대한 사전홍보 및 교육을 통해 홍수발생 시나리오별 대응 태세 강화
- 홍수터 관리 계획 수립 : 근본적 홍수방어를 위해 대상지역의 홍수피해 가능성 및 지역 특성을 감안하여 토지이용계획 수립
- 홍수에 대한 인식의 전환 : 홍수 범람 가능성이 있는 지역의 경우 피해 발생 가능성을 사전에 홍보하여 홍수위험지역에 대한 주민 의식 변화 및 비구조물적 대책 활성화의 일환으로 풍수해 보험 제도의 활성화

### A.3.3 댐건설장기계획(건설교통부, 2001)

- 기존 댐의 연계운영추진, 기존 댐 재개발 추진, 특성화된 댐건설 추진, 그리고 환경적으로 건전하고 지속가능한 댐 개발 추진 및 댐 주변지역 지원 확대
- 영산강 유역내에 4개댐(다목적댐 2개소, 용수전용댐 2개소) 후보지를 선정

<표 A-2> 영산강 유역내 예비후보댐 현황

댐	위 치	유역 면적 (km <sup>2</sup> )	총저수량 (백만m <sup>3</sup> )	유 효 저수량 (백만m <sup>3</sup> )	조 사 내 용	비 고
평림	황룡강 상 류	19.9	8.5	8.1	상습가뭄지역인 장성, 함평, 영광군 등 전남서부권의 용수공급으로 개발	용수전용댐 으로시행중
오례	영산강 상 류	34.0	23.2	22.6	하류에 농경지가 많아 기득수리권 과다	다목적댐
성덕	황룡강 상 류	12.1	6.6	6.4	댐 기초조건 불량하고 인근에 장성댐 위치	용 수 전용댐
용흥	황룡강 상 류	3.1	4.2	1.1	상류에 관개용 월산저수지 및 인근에 장성댐 위치	용 수 전용댐

### A.3.4 하천정비기본계획(건설교통부, 1998)

- 영산강의 황룡강 지방 1급 하천이 1985년에 수립된 것을 제외하고는 국가하천과 지방1급 하천 모두 1998~2000년 사이에 수립

<표 A-3> 하천정비기본계획 수립 현황

하 천	등 급	수립연장 (km)	수립연도	시행기관	비고
영 산 강	국 가	111.7	1998년	건설교통부	
광 주 천	지방1	11.8	2000년	광주광역시	
황 통 강	국 가	9.4	1998년	건설교통부	
	지방1	26.6	1985년	전라남도	
지 석 천	국 가	34.0	1998년	건설교통부	
고막원천	국 가	22.3	1999년	건설교통부	
함 평 천	국 가	13.9	1999년	건설교통부	

### A.3.5 주요 토지개발 및 계획 현황

- 영산강 하구는 최근 전남도청이전에 따른 남약신도시 건설, J프로젝트, S프로젝트 등으로 택지개발과 산업단지조성사업, 관광단지 개발사업 등이 급속히 증가
- 주요 택지개발사업으로 남약신도시 택지개발사업, 임성·망월 택지개발, 옥암지구 택지개발사업, 목포 용해2지구 택지개발사업, 나주 송월지구 택지개발사업 등

<표 A-4> 영산강 하구내 신도시 및 택지개발사업 추진현황

구 분	사 업 명	규모(천㎡)	위 치	사업기간	비 고
무안군	남약신도시	2,545	삼향면 남약리	2003 ~ 2010	진입도로, 상수도 배수지, 하수처리장
	임성·망월 택지	5,620	삼향면 임성리 삼향면 망월리	2001 ~ 2019	농경지, 주택
목포시	남약신도시 옥암지구	8,923	옥암동 삼향면 남약리	2002 ~ 2010	도청이전과 연계한 복합도시
	용해2지구 택지	338	용해동, 연산동	2003 ~ 2006	구시가지 외곽
나주시	송월지구 도시개발	298	송월동 일대	2003 ~ 2007	도로, 주차장 공원

- 산업단지조성사업으로는 나주국민임대산업단지조성공사, 해남 화원농공단지 조성 사업 등이 있는데, 기존의 산업단지는 1개의 국가산업단지(대불국가산업단지)와 2개의 지방산업단지(목포 삼진, 영암 삼호), 7개의 농공단지(봉황, 산정, 삼향, 일로, 군서, 신북, 옥천)가 입지하여 하구 환경관리 압력요인으로 작용
- 관광단지조성사업으로는 남해안을 국제수준의 관광지로 개발하고자 하는 남해안 관광벨트 조성사업, 동북아 관광거점 조성사업(일명 J 프로젝트) 등이 추진

- 전남도청의 신청사 이전과 연계해 최근 영산강유역 8개 시군은 영산강 유역 고대 문화권 지정·개발을 위한 특정지역 추진기획단을 설립(2004. 5)하여 건교부에 특정지역 지정계획을 제출하였는데, 이 계획은 2005~2014년까지 영산강 유역의 문화재 복원 및 정비(고인돌, 고분, 산성, 도요지 등), 문화유적 전송(마한박물관 건립 등), 생태공원(조류, 대나무, 습지 등) 조성, 기반시설 확충(강변도로, 탐방로 개설, 나루터 및 포구 설치) 등의 사업 추진

### 가. 전라남도 청사 이전에 따른 남악신도시 건설

- 위 치 : 전라남도 목포시 옥암동 및 무안군 삼향면 남악리, 일로읍 일원
- 면 적 : 8,913,150㎡(2,696,227평)
- 사업 시행자 : 전라남도지사, 목포시장
- 사 업 기 간 : 2000년 ~ 2019년(440만평, 23,684억원)



<그림 A-2> 남악신도시 건설 조감도

- 남악신도시 사업지구는 목포시, 하당 신도심, 대불 국가산업단지, 영암 국가산업단지, 삼호 지방산업단지, 영산호 등과 인접하고 있어 연계개발에 의한 개발상승효과 및 경제적 자족도시로의 개발이 용이하며, 사회적·경제적 여건 변화에 따른 행정 기능의 필요성 충족을 위한 행정중심도시로의 개발조건을 보유

- 부주산 근린공원, 오룡산, 영산호 등이 입지한 북고남저 형태의 트인 경관을 형성하고 있어 산악, 호반 및 해양자원을 보유한 특화된 자연친화적 신도시 건설이 가능한 지역이며, 서해안 고속도로, 국도 2호선, 지방도 815, 811호선 등이 사업지구와 인접하여 통과하고 있어 도시 및 지역간 접근성이 양호, 목포공항 확장 및 무안국제공항 조성에 따라 국제적 신도시로서의 역할 및 발전가능성 높은 편임

### 나. J-프로젝트(서남해안 관광레저도시 건설계획)

- 위 치 : 전라남도 해남군 산이면, 영암군 삼호읍 일원
- 면 적 : 10,000천평 (시범지구 간척지)
- 사업 시행자 : 4개 컨소시엄 15개 기업
- 사업 기간 : 2006년 ~ 2012년
- 개발 법령 : 기업도시개발특별법
- 계획 인구 : 70,000명
- 주요 시설 : 국제민간비행학교, 영상테마단지, 마리나, 호텔, 카지노, F1경기장, 엔터테인먼트, 골프장, 대학시설 등



<그림 A-3> 서남해안 관광레저도시 사업계획 평면도

## 다. 영산강 Ⅲ, Ⅳ단계 농업종합개발사업

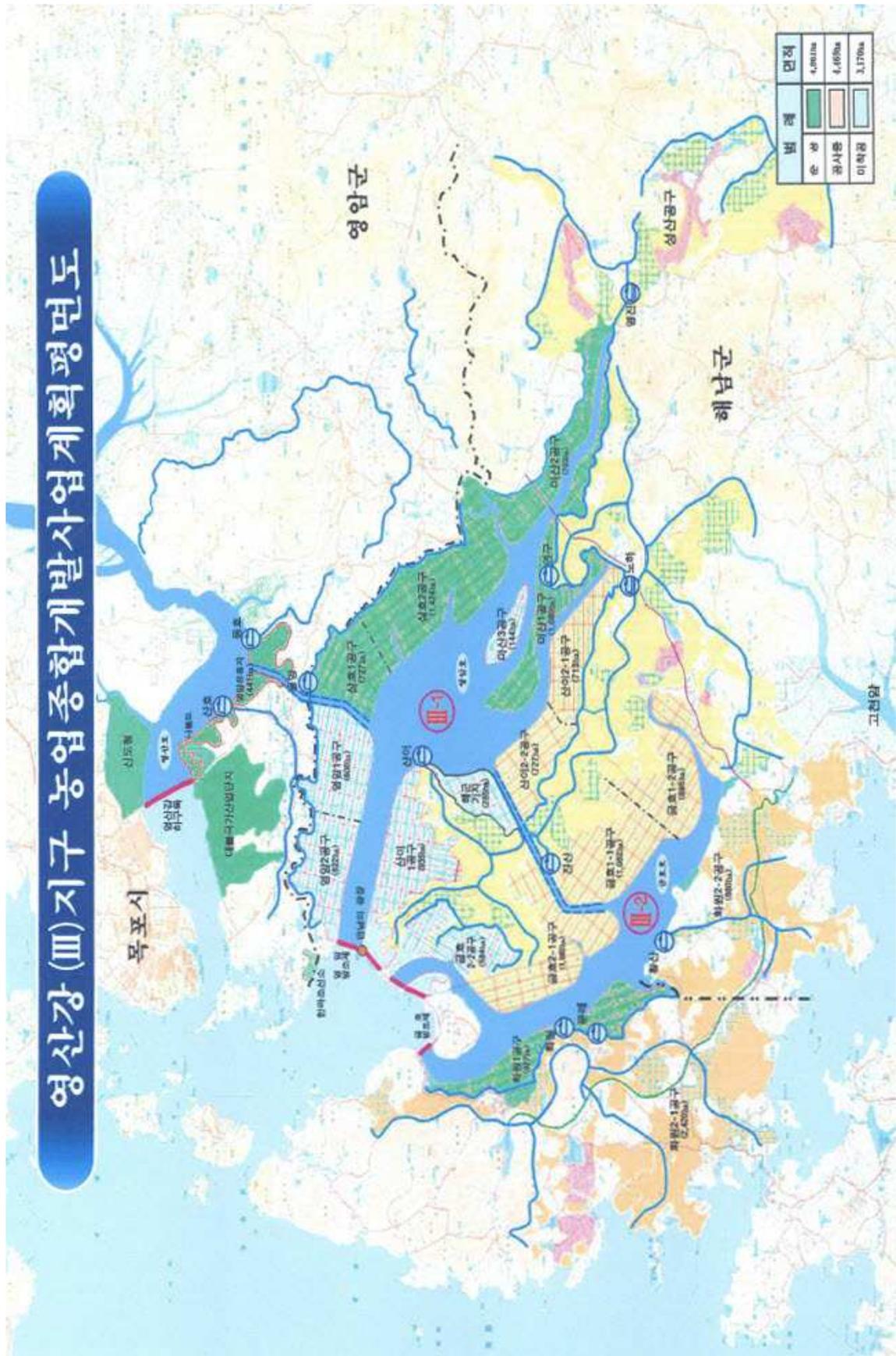
### 1) 영산강 Ⅲ단계 농업종합개발사업

- 사업구역 : 1도 3개군(전남 영암·해남·강진군)
- 사업내용
  - 영암·금호방조제 및 연락수로 설치, 378백만톤 수자원확보, 식량증산 231,000톤/년
  - 개발면적 : 21,000ha(간척토지 12,500ha 개발, 배후지 농경지 8,500ha 개발)
  - 총사업비 : 11,666억원
  - 사업기간 : 1985 ~ 2012년(28개년)
- 사업현황
  - 방조제 '96완공(영암방조제 : '93. 12월, 금호방조제 : '96. 11월)
  - 간척개답 15개 공구 12,500ha, 배후지 개발 3개 공구 8,500ha
    - 준 공 : 간척개답 5개 공구 4,861ha
    - 공사추진 : 간척개답 5개 공구 4,469ha, 배후지개발 2개 공구 3,300ha
    - 미 착 공 : 간척개답 5개 공구 3,170ha, 배후지개발 1개 공구 5,200ha

### 2) 영산강 Ⅳ단계 농업종합개발사업

- 사업구역 : 1도 4개군(전남 무안·신안·함평·영광군)
- 사업내용
  - 사계절 영농에 필요한 관개용수 공급체계 구축
  - 최적의 효율성과 첨단기능을 갖는 농업생산기반 구축
  - 식량증산 38,000톤/년
  - 개발면적 : 16,730ha(배후농경지 답 : 10,040ha, 전 : 6,690ha)
  - 총사업비 : 7,279억원
  - 사업기간 : 2001 ~ 2010년(10개년)
- 사업현황
  - 배후지개발 5개공구 16,730ha
    - 공사추진 : 배후지개발 1개 공구 32ha
    - 미 착 공 : 배후지개발 4개 공구 16,698ha

○ 영산강 농업종합개발사업 계획 평면도



### A.3.6 도로 등 개발 및 계획 현황

<A-5> 영산강 하구 철도, 공항, 항만 건설 계획 개요

구 분	사 업 명	주요 사업내용
철도	목포 신외항 배후철도건설	목포 신외항-삼호산단-대불산단간 5.2km 1단계(일로역-대불산단) 12.4km 완공(2003.12)
	목포-보성간 철도건설	목포-강진-보성간 단선 79.5km 전남 중남부권(장흥, 강진, 해남, 완도) 개발촉진
	임성-보성간 철도건설	무안 임성-보성 79.5km 실시설계중
공항	무안공항 건설	무안군 망운면 피서리 일원(2000~2006) 광주-무안간 고속도로(41.6km)와 연계
항만	목포 신외항 건설	총 12선석, 하역능력 연간 12백만톤 2단계사업 : 1993~2006년, 2007~2011년 대중국 교역의 진진기지

### A.3.7 영산강유역 고대문화권 특정지역 지정 및 개발계획

- 영산강 유역 고대문화권 사업은 나주, 영암, 함평 등 8시군 55읍·면·동을 대상으로 개발면적 2,463 km<sup>2</sup>, 총사업비 21,557억원의 대단위 사업으로, 사업내용은 고분 발굴, 정비 등의 문화유적 정비, 곤충생태체험타운 등 관광휴양시설 조성, 영산강 순환도로 등 기반시설 확충 등

<표 A-6> 권역별 사업내용

행정구역	구 체 사 업
담양군	영산강 시원 '용소' 주변정비사업, 관방제림 문화공원 조성, 담주산성 정비 대나무 생태공원 조성, 금성산성 복원정비사업
화순군	세계유산 고인돌 공원 조성, 비봉산성 발굴 및 정비·복원, 청동 유물출토지 발굴 및 정비, 지석강변 생태숲 조성
장성군	진원성 발굴 및 복원, 입암산성 정비·복원, 조류(백로) 생태공원 조성
나주시	영산강 역사문화단지 조성(남도농민 역사문화관 포함), 복암리 고분전시관 회진토성 복원, 나주목 정비·복원, 완사천 장화왕후 유적지 조성
영암군	마한 문화공원 조성, 해양 실크로드관, 도갑사 발굴 및 복원, 철새생태공원 삼호 백야 갈대밭 보전, 장천리 선사주거지 정비
함평군	전라수영발굴 및 복원, 웅월 지석묘 공원, 어류 생태 학습원, 조류생태공원 금성산성 복원, 선사유물 전시관 조성, 용천사 정비·복원 등
해남군	옥녀봉토성 정비·복원, 죽금성, 고다산성 정비·복원, 마한 문화촌 조성 진산리 청자도요지 정비·복원
무안군	식영정 주변 민속놀이공원조성, 문화생태마을 조성, 회산연꽃방죽 관광지 조성, 갯벌습지보호지역 관리사업, 충지사지 정비·복원 등

## A.4 영산강 유역 수질개선 부처별 대책현황

- 영산강 유역 주요 수질개선대책은 물환경관리기본계획(환경부), 4대강비점오염원 관리종합대책(관련부처합동), 전라남도 종합계획(전라남도) 등이 있음

<표 A-7> 영산강 유역 수질개선대책 주요내용

개발사업	주요내용
물환경관리기본계획	2006~2015년까지 생태적으로 건강한 하천과 유해물질로부터 안전한 물환경 조성 목표로 주요지표에 대한 기준치 설정
4대강 비점오염원 관리 종합대책	2004~2020년까지 수질오염부하의 22~37% 이상을 차지하는 비점오염원 관리를 통해 4대강 물관리종합대책의 목표수질 달성
전라남도 종합계획	2008~2020년까지 건강한 환경과 쾌적한 남도라는 목표로 자연생태계 보전·복원 및 참여와 협력에 의한 환경관리

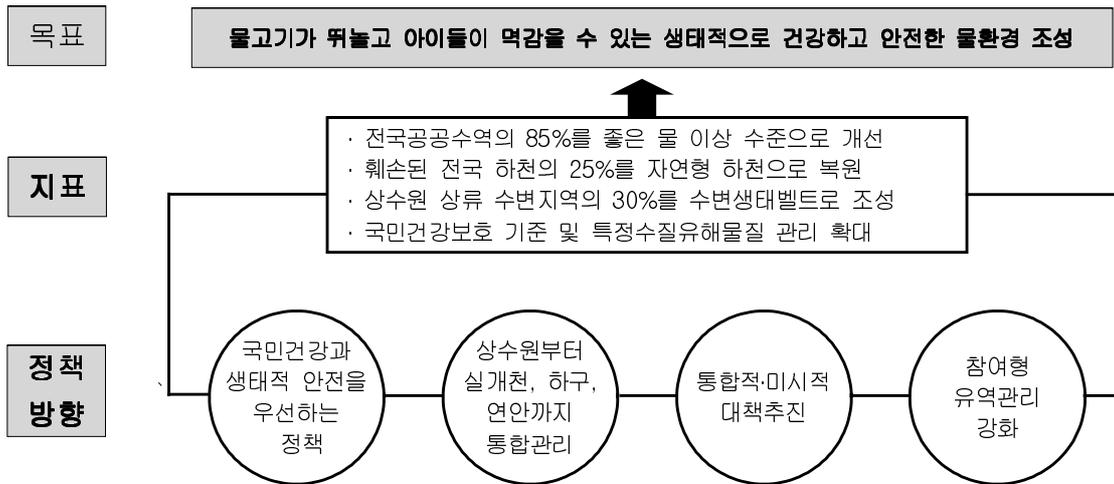
### A.4.1 물환경관리 기본계획(2006~2015) - 환경부-

- 목표 : "물고기가 뛰놀고 아이들이 먹 감을 수 있는 물환경 조성"
  - 생태적으로 건강한 하천과 유해물질로부터 안전한 물-
- 2015년 계획의 주요 지표
  - 전국 모든 하천의 85%를 '좋은 물' 이상으로 개선
  - 인공적으로 훼손된 전국 모든 하천의 25%를 자연형 하천으로 복원
  - 상수원 상류수변지역 30%를 수변생태벨트(Riverine Ecobelt)로 조성

<표 A-8> 물환경관리 기본계획의 주요 지표

지표항목	2005('04)		2015
○ 좋은 물(하천/호소) 비율 (840개 구간)	76%		<b>85%</b>
- '매우 좋은 물'(Ia)	22%		<b>40%</b>
- '좋은 물'(Ib)	34%	→	<b>32%</b>
- '약간 좋은 물'(II)	20%		<b>13%</b>
○ 훼손된 하천구간 자연형복원 비율	1%	→	<b>25%</b>
○ 수변생태벨트(REB) 조성율 (수변지역 매입토지 대비)	0%	→	<b>30%</b>
○ 국민건강보호 기준(항목)	9개	→	<b>30개</b>
- 특정수질유해물질 관리(항목)	17개	→	<b>35개</b>
○ 하수도보급율	81%	→	<b>90%</b>
- 상수원 주변 하수도보급율	30%	→	<b>70%</b>

○ 정책방향



○ 영산강대권역 수질개선대책

<표 A-9> 영산강권역의 목표와 지표

지 표 항 목	2005('04)		2015
○ 좋은 물(하천/호소) 비율 (143개 구간)	73%		<b>89%</b>
- '매우 좋은 물'(Ia)	5%		<b>27%</b>
- '좋은 물'(Ib)	51%	→	<b>46%</b>
- '약간 좋은 물'(II)	18%		<b>16%</b>
○ 훼손된 하천구간 자연형복원 비율	1%	→	<b>25%</b>
○ 수변생태벨트(REB) 조성율 (수변지역 매입토지 대비)	0%	→	<b>30%</b>
○ 국민건강성 기준항목(권역공통 적용지표)	9개	→	<b>30개</b>
○ 하수도보급율	63%	→	<b>80%</b>

○ 주요대책

- 영산호 유량관리 및 수질개선대책 마련
  - 한국농촌공사와 협의하여 적정한 유량관리 및 준설사업 추진방안 마련
  - 영암호 등 담수호 수질보전대책 마련, 영산강 하천유지용량 확보, 비점오염 관리시설(인공습지 등) 설치 등이 종합적인 중권역 관리대책 우선 수립
- 환경기초시설 조기 확충
- 농경지, 가축분뇨 등 비점오염원 관리
  - 가축분뇨의 예방적 대책 및 자원화 등 대책을 중권역별 대책의 중점시책으로 마련하여 추진

- 산림 간벌 폐목의 하천유입방지를 위한 우드칩(wood chip) 제조시설을 설치하여 폐목을 재활용함으로써 하천 오염예방 및 친환경농업에 활용하는 방안 검토

#### A.4.2 4대강 비점오염원관리 종합대책(2004 ~ 2020) - 관련부처합동-

- 목표 : 수질오염부하의 22 ~ 37% 이상을 차지하는 비점오염원 관리를 통해 4대강 물관리종합대책상의 목표수질 달성에 기여
- 대책기간 : 2004 ~ 2020년까지 3단계로 구분하여 단계적으로 추진

구 분	1단계('04 ~ '05)	2단계('06 ~ '11)	3단계('12 ~ '20)
제 도	기본제도 마련(국가·지자체 관리책무)	주요 오염원 관리의무 부여	관리의무 강화 지속 추진
관리사업	시범사업(국가)	4대강 대표유역 최적 관리사업(국가·지자체)	본격사업 추진(지자체 중심, 국가지원)
조사연구	원인규명, 처리기법 개발 중심	모니터링 기법 및 설치 기준 정립	비용효율성을 고려한 시설지속개발

#### ○ 대책성격

- 비점오염원 관리제도 정립을 위한 **기본방침**
- 국토개발 등 각종 개발사업 추진시의 비점오염원 **관리지침**
- 4대강 물관리종합대책 추진강화를 위한 **보완대책**

※ 대책효과 : 2020년 예상배출량의 34.3% 삭감(381톤/일 → 250톤/일)이며, 영산강 유역의 수계 BOD는 무안지점에서 3.46 → 2.81mg/L로 개선

#### ○ 주요내용

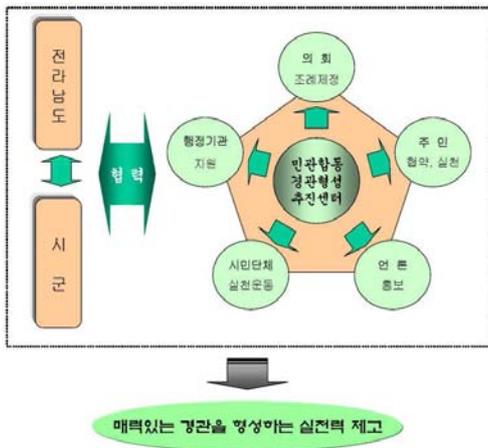
- 비점오염원 관리체계 구축을 위한 국가·지자체 책무부여 및 관리계획 수립, 조사연구 등 법적 근거 마련
- 각종 개발·정비사업에 관한 법령, 지침·규정 등 정비
- 각종 개발사업 및 도시, 농촌·산림, 도로, 하천 등에서의 비점오염물질 발생예방 및 하천유입 저감방안 추진
- 개발사업에 대한 환경영향평가·사전환경성검토 강화
  - 비점오염물질 저감기능을 높인 농지 정비, 시비 및 가축분뇨 관리
  - 도로내 초기우수의 하천유입 억제, 하천 정비·강화

- 골프장, 폐광산, 공장 등의 비점오염원관리 가이드라인 마련, 장기적으로 관리 의무 부여
- 비점오염원 관리개선을 위한 조사·연구
- 비점오염원 관리 및 저감방안에 대한 대국민 교육 및 홍보

#### A.4.3 전라남도 종합계획(2008 ~ 2020)

- 목 표 : "건강한 환경과 쾌적한 남도"라는 목표로 자연생태를 구성하는 요소들의 다양성과 균형성을 보전, 생명이 살아있는 환경유지를 위한 **건강한 환경**, 청정한 환경질을 유지하여 주거 만족도와 외지인이 방문하고 싶은 자연과 인간이 공존하는 지역으로의 **쾌적한 남도**
- 기본방향
  - 자연생태계의 보전·복원 및 환경자원의 지속가능한 이용
  - 환경, 경제, 사회 3축의 통합접근을 위한 환경관리기반 구축
  - 참여와 협력에 의한 환경관리 강화
- 추진사업
  - 자연환경보전사업으로 산지 ~ 하천 ~ 연안을 연계하는 통합생태네트워크 구축, 자연생태계보전 및 이용시설 확충, 자연경관보전지역 지정, 국·도립공원 방문자 센터 설치, 습지의 보전 및 활용, 갯벌연구·연안관리·철새연구센터 설치, 습지 보전 및 연안습지 복원 프로그램 구축, 하천생태숲 조성 및 토양침식 방지 등
  - 수질환경보전사업으로 **주암·장흥호 상수원 관리**로 유역종합정비사업, 상수원 수변생태벨트 조성, 상수원 상류 전저수지(pre-dam) 조성방안 추진하고, **영산강 수질보전대책**으로 홍수조절지 및 천변저류지를 수질정화습지·생태공원 등으로 활용, **자연형하천 정화사업**의 시행 및 평가, 하수처리장 Biopark 조성, 축산분뇨 자원화 및 농업배수 정화습지 조성, **호소 부유쓰레기 처리대책** 등
  - 환경관리측면에서 환경정책 조정기능강화 및 환경친화적인 조례 제정
  - 환경기초시설(하수처리시설, 하수관거정비, 분뇨처리장 등) 확충
  - 경관보전

## 경관 형성 및 관리 추진체계



## 주요실천사업

- ▷ 녹화프로젝트
- ▷ 농촌가옥 지붕개선
- ▷ 대규모 건축물 컨트롤
- ▷ 테마가로 조성
- ▷ 우수경관 마을/경작지 보전
- ▷ 해안도로 경관 개선
- ▷ 하천경관의 생태적 정비
- ▷ 역사문화 경관 보전 및 정비

## B. 사업지구의 개황

### B.1 영산강 유역 개황

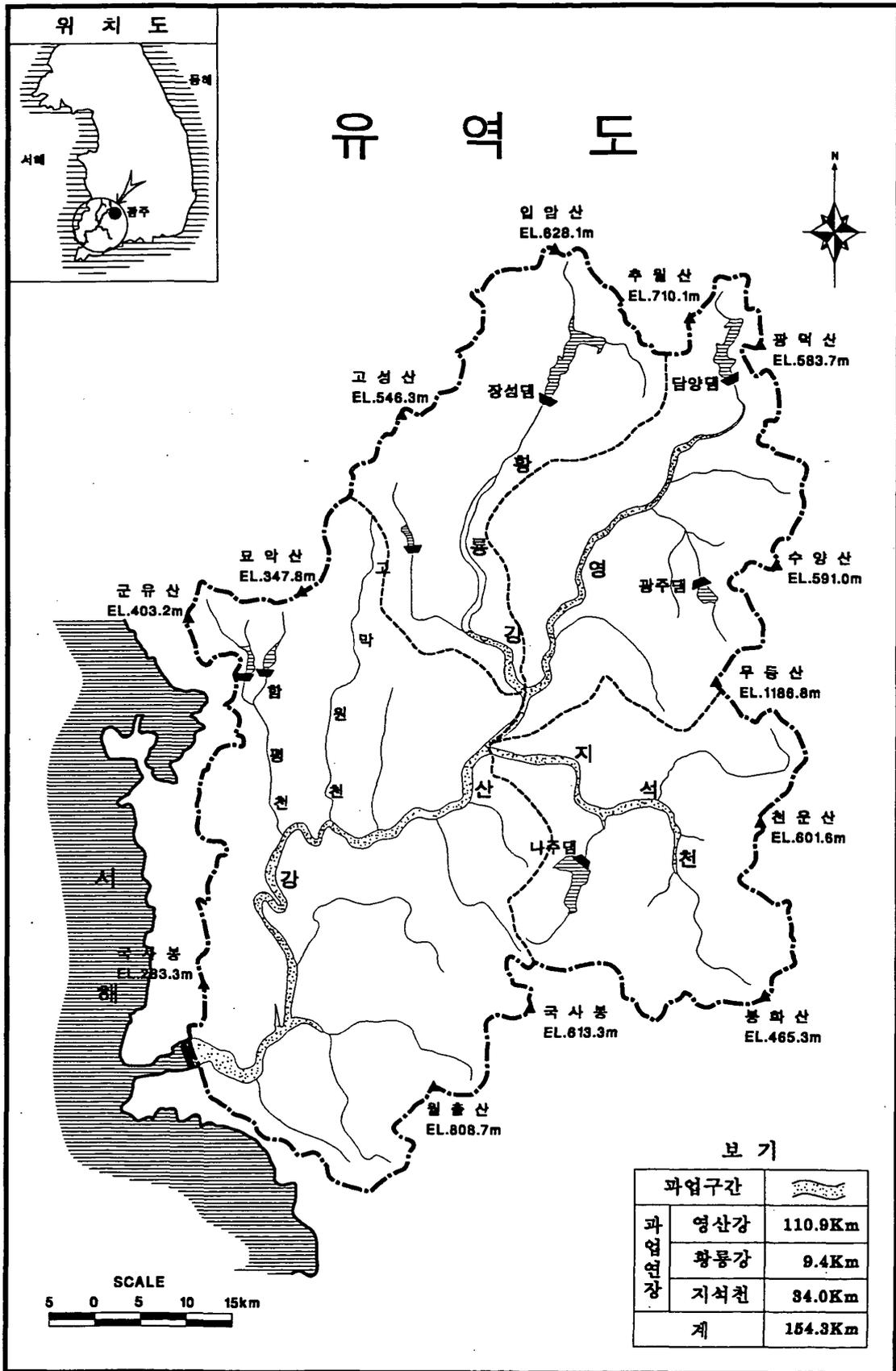
- 우리나라 5대강 중 하나인 영산강은 한반도 남서부 전라남북도에 위치하며, 유역 경계는 동경 126° 26'12" ~ 127° 06'07", 북위 34° 40'16" ~ 35° 29'01" 사이에 걸쳐 있으며, 유역의 행정구역은 광주광역시, 전라남도 나주시, 목포시, 담양군, 장성군, 영광군, 화순군, 함평군, 무안군, 영암군 등 1개 광역시, 2개도, 3개시 7개군의 전체 또는 일부를 포함
- 영산강 유역의 경계를 보면, 북측으로 군유산(EL. 403.3m), 묘악산(EL. 347.8m), 고성산(EL. 546.3m), 입암산(EL. 628.1m), 추월산(EL. 710.1m)의 능선을 분수령으로 하여 동진강 유역과 접하고 있고, 서측으로는 광덕산(EL. 583.7m), 수양산(EL. 591.0m), 무등산(EL. 1,186.8m), 천운산(EL. 601.6m)을 분수령으로 섬진강 유역과 접하여 있으며, 남측으로는 봉화산(EL. 465.3m), 국사봉(EL. 613.3m), 월출산(EL. 808.7m)의 능선을 분수령으로 하여 탐진강 유역과 접하고 있으며, 서측으로는 영산강 하구인 하구언에서 국사봉(EL. 283.3m), 군유산(EL. 403.2m)을 연결하는 능선을 분수령으로 유역 경계를 이루고 있음
- 영산강은 섬진강과 경계를 이루는 북측의 추월산 자락인 가말골 "용소"에서 발원하여 남쪽으로 유하하다 담양호를 지나 담양읍에 이르러 남서쪽으로 유향을 바꿔 유하하다가 좌안측으로 오례천, 증암강, 광주천이 유입되며 계속 남서류하다가 우안측으로 황룡강이 합류되고 다시 유하하다가 영산강 유역의 지류 중 제일 유역면적이 넓은 지석천이 좌측에서 유입되며, 지석천 합류후 나주시를 관류하여 서쪽으로 유하하다 우안측에서 고막원천, 함평천이 차례로 유입되며 함평천 합류 후 유향을 급선회하여 남쪽으로 유하하다가 영암군 학산면에서 우수방향을 서쪽으로 돌려 하구인 영산강 하구둑을 지나 서해로 유입
- 영산강 중류부인 광주천 합류점으로부터 영산대교 구간과 나주시 다시면 구간은 하천 양안의 넓은 평야로, 심한 자유사행이 발달하였으나 1930년대부터 하천개수가 이루어져 현재는 비교적 곧은 유로가 형성되어 있으며 나주시 영산대교 상하류 구간과 고막원천 합류점 하류구간은 하천 양안이 구릉지로서 사행과장 3,800 ~ 4,000m, 사행진폭 10,100 ~ 11,500m 정도의 감입사행을 이룸
- 영산강 하천상황을 보면 하구인 하구둑에서 구직할하천 종점 구간은 영산강개발 2단계사업을 통해 개수가 완료되었으며, 하폭은 2,280 ~ 500m 내외이고 평균하상

경사는 1/7,460 내외이며 하상은 이토 및 점토로 구성되어 있으며, 구직할하천 종점에서 영산대교 구간은 감입사행이 심한 구간으로 하폭이 1,240~355m 내외이며, 평균하상 경사는 1/6,150~1/5,390 정도이고 하상은 이토 및 모래로 이루어져 있고, 중류부인 영산대교에서 용산교 구간은 하폭이 780~330m 내외이며, 평균하상 경사는 1/2,460~1/1,330 정도이고 하상은 모래 및 자갈로 구성되어 있으며, 용산교에서 담양군 금성면 경계 상류부 구간의 하폭은 400~700m 내외이며, 평균하상 경사는 1/530~1/340 정도이고 하상은 모래, 자갈, 호박돌 등으로 이루어져 있음

- 영산강 제 1지류인 황룡강은 유역내에서 두 번째로 큰 지류이며, 하천상황은 장성군 북하면 용흥리에 위치한 병풍산에서 발원하여 북쪽으로 유하하다 장성댐 수몰지 상류부에서 유향을 180° 급선회하여 장성댐을 지나 남쪽으로 유하하며 장성읍에서 우안쪽으로 준용하천인 개천이 합류하고, 개천합류 후 장성읍을 관류한 뒤 계속 남쪽으로 유하하여 황룡강 직할하천 직상에서 우안측으로 준용하천인 평림천이 유입되며 남동류하여 영산강 우안측 광주광역시 광산구 송대동에서 영산강 본류에 합류
- 지석천은 영산강의 좌안측에 위치하는 유역내 제일 큰 지류로 화순군 이양면 증리 계상산(EL. 580.2m)에서 발원하여 서쪽으로 유하하다 이양면 소재지에서 유향을 바꿔 북류하며, 능주면사무소 소재지에서 서쪽으로 유하하면서 우안측에 준용하천인 화순천이 유입되고 좌안측에 나주댐이 있는 대초천이 유입되며, 대초천 합류후 드들강 유원지에 이르러 북쪽으로 유수의 방향을 바꾸게 되며, 남평읍에서 유향을 서쪽으로 바꿔 영산강 좌안측인 나주시 금천면 신가리에서 영산강 본류에 합류
- 지석천 하폭은 시점에서 대초천 합류점까지는 385~70m 내외, 대초천 합류점에서 하구까지는 750~165m 내외이며, 평균하상 경사는 시점에서 대초천 합류점까지는 1/1,000~0 정도, 대초천 합류점에서 하구까지는 1/1,840~1/440 정도에 이르며, 하상은 상류부의 경우 모래, 자갈, 호박돌 등으로 구성되어 있고 하류부는 잔자갈, 모래로 이루어짐

### B.1.1 유역의 평면적 특성

- 유역의 평면적 특성은 하천의 유출특성 중 특히 유출규모를 파악하는데 주요한 인자로 유역면적, 유로연장, 유로평균폭 및 형상계수 등으로 하천을 이해하고 수문사항을 분석하는데 이용하는데, 평면적 특성을 파악하기 위하여 1/25,000 수치지형도를 이용 유역면적, 유로연장, 유역의 평균폭 그리고 형상계수 등을 산정



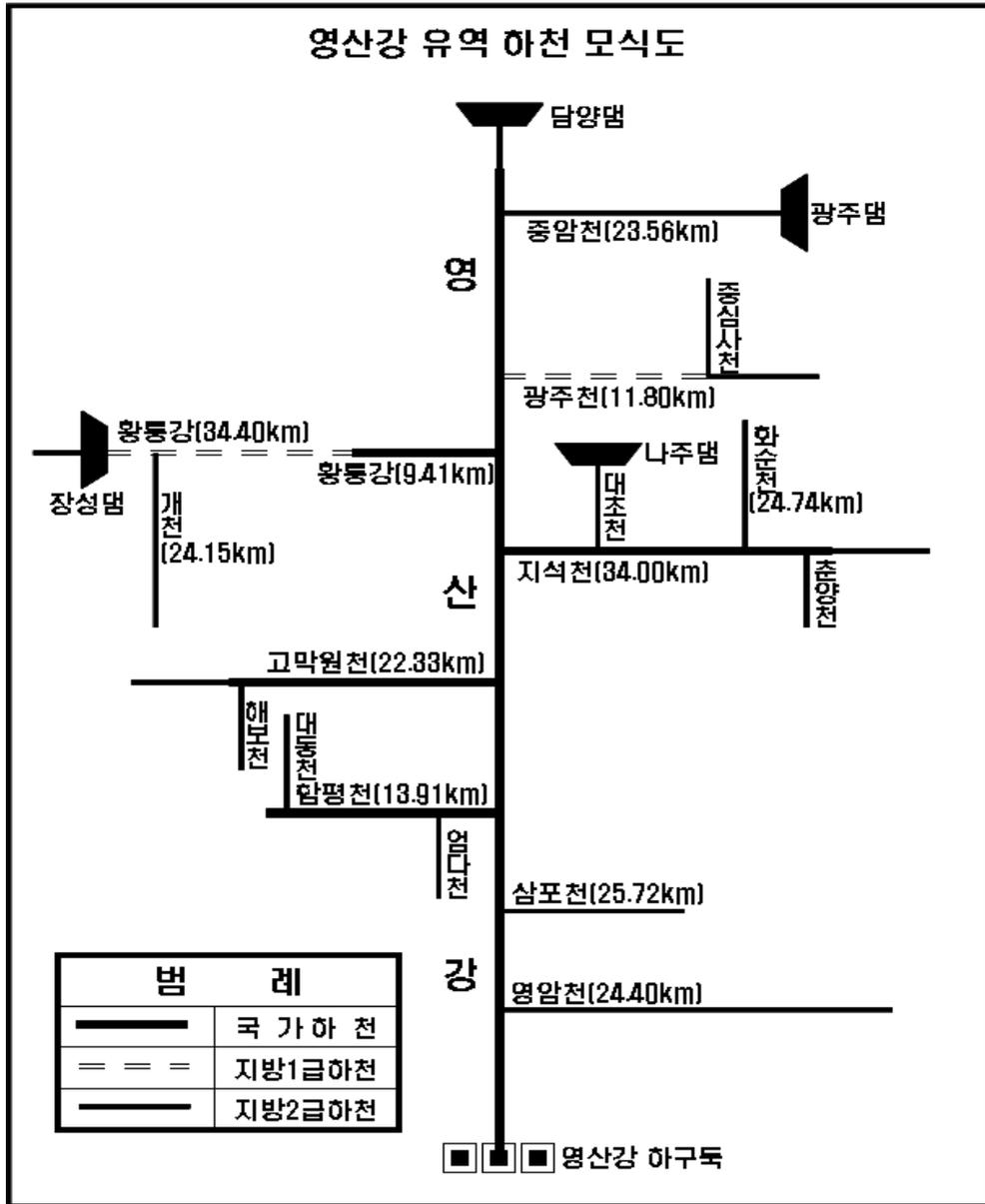
<그림 B-1> 영산강 유역도

- 영산강의 유역면적은 3,455.0km<sup>2</sup>, 유로연장은 129.5km, 유역의 동서간 최대길이 60.6km, 남북간 최대길이는 893.9km, 유역의 평균폭은 26.7km, 형상계수는 0.206이고 유역의 형태는 직사각형 형태의 수지상
- 유역내에서 가장 도시화가 많이 이루어진 광주천유역의 유역면적은 106.47km<sup>2</sup>, 유로연장은 22.8km로 영산강 전체유역의 약 3%를 점유하고, 유역의 형상은 장방형
- 영산강 유역면적의 약 19%를 차지하면서 영산강유역내 최대 소유역을 구성하고 있는 지석천유역은 유역면적 657.2km<sup>2</sup>, 유로연장 53.0km, 유역의 동서간 최대거리 31.2km, 남북간 최대거리 31.6km, 평균폭 12.4km, 유역형상계수는 0.234이며 유역 형상은 사각형태의 수지상
- 지석천 유역 다음으로 큰 황룡강 유역의 유역면적 564.3km<sup>2</sup>, 유로연장 58.6km, 동서간 최대거리 30.4km, 남북간 최대거리 42.5km, 평균폭 9.6km, 유역형상계수는 0.164, 유역형상은 직사각형태의 평행상이나 구룡천 합류점 하류부는 세장한 장방형
- 영산강 하류부 우안측에서 유입되는 고막원천의 유역면적은 215.9km<sup>2</sup>, 유로연장 34.3km, 유역평균폭 6.29km이며, 사포수위표 직하류 우안측에서 영산강으로 유입 되는 함평천의 유역면적 196.4km<sup>2</sup>, 유로연장 28.8km, 유역평균폭 6.82km

<표 B-1> 주요하천의 평면적 특성

하천	하천등급	유역면적 (km <sup>2</sup> )	유로연장 (km)	하천연장 (km)	유역평균폭 A/L(km)	형상계수 A/L <sup>2</sup>
영 산 강	국가	3,455.0	129.5	111.7	26.7	0.206
광 주 천	지방1	106.5	22.8	11.8	4.7	0.200
황 룡 강	국가	564.3	58.6	9.4	9.6	0.164
지 석 천	국가	657.2	53.0	34.0	12.4	0.234
고막원천	국가	215.9	34.3	22.3	6.3	0.184
함 평 천	국가	196.4	28.8	13.9	6.8	0.237

- 영산강 주요지점별 형상계수는 각 하천의 하구기준으로 영산강이 0.206, 함평천 0.237, 지석천 0.234이며, 영산강 지점별 형상계수로는 나주수위표 지점이 0.472로 가장 큰 특성을 나타내고 있는데, 나주수위표 지점은 유역내 최대 소유역인 지석천, 황룡강, 그리고 영산강 상류유역의 유출이 집중되는 지점이기 때문에 가장 큰 형상계수 값을 나타내고 있으며, 홍수시 가장 위험한 지역으로 평가(<표 B-2> 참조)



<그림 B-2> 영산강유역 하천모식도

### B.1.2 유역의 입체적 특성

- 유역의 입체적 특성인자는 유역의 표고, 경사 및 방향성 등으로 유출특성 중 홍수의 도달시간, 강우의 이동방향에 따른 유출특성의 변화 등을 파악하는데 활용

#### 가. 표고별 누가면적비

- 유역의 지형특성을 분석하는 하나의 방법으로 고도에 따라 변하는 강우, 증발, 식생 등에 영향을 미치는 인자로 지표면 표고변화가 클수록 수계의 표고분포 형태가 고지대와 저지대로 양극화되고 도달시간이 짧아 침투유출량이 커지는 경향이 있으며, 고지대에서는 침식이, 저지대에서는 퇴적이 발생하는 경향을 보임

<표 B-2> 영산강 주요지점의 평면적 특성

하천	지점	부호	유역면적 (km <sup>2</sup> )	유로연장 (km)	유역평균폭 A/L(km)	형상계수 A/L <sup>2</sup>	평균고도 (EL. m)
영 산 강	하 구 독	YS-1	3,455.0	129.5	26.7	0.206	118.9
	사포수위표	YS-21	2,592.0	91.6	28.3	0.309	137.0
	나주수위표	YS-3	2,054.7	66.0	31.1	0.472	153.6
	본동수위표	YS-4	1,327.0	60.8	21.8	0.359	153.4
	마륵수위표	YS-5	682.2	51.0	13.4	0.262	143.0
	광주천합류전	YS-6	561.5	49.4	11.4	0.230	146.2
	증암강합류후	YS-7	386.7	31.2	12.4	0.397	156.7
	증암강합류전	YS-8	240.6	31.0	7.8	0.250	173.9
	오례천합류전	YS-9	170.5	28.2	6.0	0.214	185.3
	담 양 교	YS-10	92.8	22.2	4.2	0.188	212.2
	금 월 교	YS-11	82.0	17.9	4.6	0.256	227.5
황 룡 강	하구	HY-1	564.3	58.6	9.6	0.164	151.3
	시점	HY-2	538.7	49.2	10.9	0.223	165.8
지 석 천	하구	JS-1	657.2	53.0	12.4	0.234	180.8
	남평수위표	JS-2	576.2	45.4	12.7	0.280	195.1
	대초천합류전	JS-3	409.4	37.1	11.0	0.297	195.1
	화순천합류전	JS-4	235.2	31.8	7.4	0.233	209.4
	춘양천합류전	JS-5	144.8	22.8	6.4	0.279	221.1

- 표고별 분포도를 보면, 영산강 유역의 주변부는 노령산맥 말단부에 둘러 쌓여 있고 중앙부는 낮은 분지 형태를 이루고 있는 것이 특징이며, 북고남저, 동고서저의 지형형태를 나타내고 있으며, 유역의 북쪽과 동쪽은 유역의 상류부분을 형성하고 있고, 남쪽과 서쪽은 유역의 하류부를 형성하고 있으며 중앙부의 낮은 분지지역은 호남의 곡창지역인 나주평야 등의 농경지를 구성
- EL. 100m 이상 표고에 대해 각 하천의 하구지점에 대한 구성비율을 보면, 영산강 하구가 42%, 황룡강과 지석천 유역이 64%, 66%를 차지한 반면, 고막원천과 함평천 유역은 24%, 27%로 표고가 낮은 지역으로 분석(<표 B-3> 참조)

<표 B-3> 주요하천의 표고별 누가면적비

(단위 : %)

하천	표고 (EL. m)							
	≥500	≥400	≥300	≥200	≥100	≥50	≥250	25>
영 산 강	1.57	4.23	10.43	21.19	42.11	62.36	78.85	100.0
광 주 천	3.82	6.59	11.76	23.69	43.86	77.22	96.45	100.0
황 룡 강	3.02	7.73	17.27	33.12	63.61	88.23	98.08	100.0
지 석 천	1.29	4.37	13.11	31.66	65.56	87.29	95.59	100.0
고막원천	0.05	0.40	1.62	7.79	23.82	60.74	87.50	100.0
합 평 천	0.00	0.00	0.30	4.87	26.72	53.76	73.32	100.0

<표 B-4> 영산강 주요지점의 표고별 누가면적비

(단위 : %)

하천	지점	부호	표고 (EL. m)							
			≥600	≥500	≥400	≥300	≥200	≥100	≥25	25>
영 산 강	하 구 독	YS-1	0.3	1.2	3.4	8.1	19.0	40.8	62.6	100.0
	사포수위표	YS-21	0.4	1.5	4.3	10.3	23.2	48.1	72.4	100.0
	나주수위표	YS-3	0.4	1.8	5.4	12.8	27.6	54.7	79.1	100.0
	본동수위표	YS-4	0.6	2.1	6.3	14.0	27.4	52.3	77.6	100.0
	마륵수위표	YS-5	0.9	1.8	5.9	12.1	24.4	47.0	75.2	100.0
	광주천합류전	YS-6	0.9	1.8	5.8	12.8	24.8	49.1	76.6	100.0
	증암강합류후	YS-7	1.3	1.8	5.8	14.1	27.5	53.5	82.1	100.0
	증암강합류전	YS-8	0.0	1.8	5.8	16.5	32.6	61.5	92.1	100.0
	오례천합류전	YS-9	0.0	2.3	7.6	19.9	34.5	64.9	94.7	100.0
	담 양 교	YS-10	0.0	2.2	9.8	26.1	42.4	77.1	97.8	100.0
	금 월 교	YS-11	0.0	2.5	11.2	29.9	47.4	83.7	97.5	100.0
황 룡 강	하구	HY-1	0.5	1.4	4.1	10.7	24.4	56.7	85.4	100.0
	시점	HY-2	0.5	1.5	4.4	11.5	25.1	58.9	87.8	100.0
지 석 천	하구	JS-1	0.2	1.6	4.2	11.5	30.6	64.7	88.4	100.0
	남평수위표	JS-2	0.2	1.8	4.8	13.0	34.7	71.9	94.8	100.0
	대초천합류전	JS-3	0.4	2.0	4.8	14.9	44.2	74.2	96.2	100.0
	화순천합류전	JS-4	0.0	2.1	4.9	17.3	52.30	78.2	98.8	100.0
	춘양천합류전	JS-5	0.0	2.2	4.9	19.1	54.0	87.8	100.0	100.0

## 나. 유역의 경사

- 유역의 경사는 침투나 유출에 영향을 주는 중요한 요소로 지표면 표고비와 밀접한 관계가 있으며, 지표면 경사도가 커질수록 홍수 도달시간이 짧아지고 침투홍수량은 증가하는 경향을 나타내게 되며, 지표면 유출시 유속이 증가하여 토양침식과 이에 따른 하상 퇴적도 증가
- 유역별 경사분포를 보면, 황룡강과 지식천은 다른 하천에 비해 급하여 20°이상의 유역면적이 각각 전체유역의 34%, 39%이며, 고막원천과 함평천은 유역경사가 완만하여 20°이상의 유역면적이 각각 전체유역의 20%, 19%

<표 B-5> 주요하천의 유역 경사

(단위 : %)

하천	유역면적 (km <sup>2</sup> )	유역 경사 (°)						평균경사 (%)
		≥50	≥40	≥30	≥20	≥10	≥0	
영산강	3,455.0	0.06	0.33	6.56	24.47	45.00	100.0	19.5
광주천	106.5	0.00	0.15	8.87	28.61	44.70	100.0	20.6
황룡강	564.3	0.06	0.57	10.32	34.29	60.64	100.0	26.3
지식천	657.2	0.12	0.53	10.05	38.84	65.48	100.0	28.1
고막원천	215.9	0.00	0.04	3.10	19.99	43.49	100.0	18.0
함평천	196.4	0.00	0.03	3.37	19.32	43.43	100.0	18.0

<표 B-6> 영산강 주요지점의 유역 경사

(단위 : %)

하천	지점	부호	유역 경사 (°)									
			≥80	≥70	≥60	≥50	≥40	≥30	≥20	≥10	≥5	≥0
영산강	하구둑	YS-1	0.4	0.8	2.0	6.1	12.1	23.9	42.4	56.1	66.8	100.0
	사포수위표	YS-21	0.4	1.0	2.5	7.7	15.2	28.7	49.3	63.8	75.9	100.0
	나주수위표	YS-3	0.5	1.2	3.0	9.3	17.5	31.4	53.4	68.0	80.1	100.0
	본동수위표	YS-4	0.6	1.1	3.0	8.7	15.4	29.4	49.9	65.5	78.8	100.0
	마륵수위표	YS-5	0.6	0.8	2.2	7.7	14.3	25.3	43.9	57.6	73.6	100.0
	광주천합류전	YS-6	0.7	0.9	2.6	7.6	14.2	24.3	43.6	58.1	73.0	100.0
	증암강합류후	YS-7	1.1	1.4	3.8	10.8	19.9	33.5	57.5	74.3	80.7	100.0
	증암강합류전	YS-8	1.7	2.1	5.5	14.9	24.3	37.1	58.4	73.3	76.3	100.0
	오례천합류전	YS-9	2.4	3.0	7.2	19.3	29.6	43.0	60.0	73.9	77.5	100.0
	담양교	YS-10	3.4	4.5	10.2	27.5	40.1	54.0	69.0	82.8	88.5	100.0
	금월교	YS-11	4.1	5.5	12.3	32.5	47.3	63.5	77.0	87.8	93.2	100.0
활룡강	하구	HY-1	0.8	1.8	4.5	11.3	19.1	38.2	63.6	82.1	88.7	100.0
	시점	HY-2	0.8	1.8	4.7	11.9	20.1	39.8	65.2	84.3	90.3	100.0
지석천	하구	JS-1	0.2	1.5	3.4	11.5	23.1	38.2	46.3	77.2	85.0	100.0
	남평수위표	JS-2	0.2	1.6	3.8	13.0	26.0	42.3	70.5	82.8	88.2	100.0
	대초천합류전	JS-3	0.3	2.4	5.0	14.6	28.6	44.8	73.4	84.0	90.2	100.0
	화순천합류전	JS-4	0.4	3.0	6.0	14.5	28.2	41.0	76.5	85.9	93.6	100.0
	춘양천합류전	JS-5	0.1	2.9	7.0	15.3	30.5	48.4	86.3	93.2	96.6	100.0

## 다. 유역의 방향성

- 유역이 어떠한 방향으로 놓여 있는가에 따라 한 유역의 유출은 크게 영향을 받는데, 특히 태풍이나 강우전선의 이동방향이 계절성을 가지고 있을 경우 유역이 이들 이동방향과 어떠한 방향으로 놓여 있는가에 따라서 유출은 큰 영향을 받음
- 유역의 방향성을 보면, 광주천을 제외하고 영산강 본류를 포함한 대부분의 하천 유역이 남(south), 남서(south-west), 남동(south-east) 방향의 방향성에 가장 큰 비율을 나타냈는데, 이는 북고남저, 동고서저의 유역 고도특성에 기인한 것으로 판단됨
- 경사와 방향성이 없는 평탄지(flat)는 영산강 본류 주변 및 하류부, 고막원천, 그리고 함평천 유역에 많이 분포하고 있으며, 영산강 전체 유역면적의 약 22%인 752km<sup>2</sup>에 달하고 대부분이 농경지로 이용되고 있는 지역

<표 B-7> 주요하천의 방향성 분포

(단위 : km<sup>2</sup>, (%))

하 천	계	flat	North	North-east	East	South-east	South	South-west	West	North-west
영 산 강	3,455.0 (100.0)	752.0 (21.8)	290.0 (8.4)	335.0 (9.7)	335.0 (9.7)	347.0 (10.0)	314.0 (9.1)	375.0 (10.9)	359.0 (10.4)	348.0 (10.1)
광 주 천	106.5 (100.0)	11.7 (11.0)	11.2 (10.6)	10.0 (9.4)	7.9 (7.4)	7.3 (6.9)	10.5 (9.9)	15.9 (15.0)	17.2 (16.2)	14.6 (13.8)
황 룡 강	564.3 (100.0)	57.2 (10.1)	49.1 (8.7)	58.9 (10.4)	69.2 (12.3)	71.7 (12.7)	62.0 (11.0)	68.7 (12.2)	66.0 (11.7)	61.5 (10.9)
지 석 천	657.2 (100.0)	61.4 (9.3)	73.1 (11.1)	73.4 (11.2)	69.2 (12.3)	68.5 (10.4)	66.1 (10.1)	81.7 (12.4)	79.8 (12.1)	84.0 (12.8)
고막원천	215.9 (100.0)	43.8 (20.3)	15.6 (7.2)	21.9 (10.1)	23.5 (10.9)	25.3 (11.7)	21.4 (9.9)	24.8 (11.5)	21.0 (9.7)	18.7 (8.7)
함 평 천	196.4 (100.0)	42.1 (21.4)	15.6 (7.9)	18.3 (9.3)	20.3 (10.4)	21.2 (10.8)	18.5 (9.4)	21.5 (10.9)	19.9 (10.1)	18.9 (9.6)

주) North : 0 ~ 22.5°, 337.5 ~ 360°    North-east : 22.5 ~ 67.5°    East : 67.5 ~ 112.5°  
 South-east : 112.5 ~ 157.5°    South : 157.5 ~ 202.5°    South-west : 202.5 ~ 247.5°  
 West : 247.5 ~ 292.5°    North-west : 292.5 ~ 337.5°

## 라. 하천경사

- 하천경사는 유출 및 세굴, 퇴적, 사행 등에 직접적인 영향을 주는 요소로, 하천 측량에서 조사된 최심하상고를 중심으로 하상경사를 분석(<그림 B-3> 참조)

- 영산강의 하구부인 하구둑에서 구직할하천 종점까지는 약 1/7,460 내외이며, 구직할하천 종점에서 영산대교까지는 약 1/6,150 ~ 1/5,390 내외, 영산대교에서 용산교 구간은 약 1/2,490 ~ 1/1,330 내외이고, 용산교 상류에서 담양군 금성면 경계까지는 약 1/530 ~ 1/340 정도로써 완류, 준완류, 준급류 하도로 조사
- 황룡강은 1/1,270 ~ 1/1,050 정도로 준완류 하도이며, 지식천의 경우 하구에서 대초천 합류점까지는 1/840 ~ 1/360내외로 준완류 및 준급류 하도로 조사

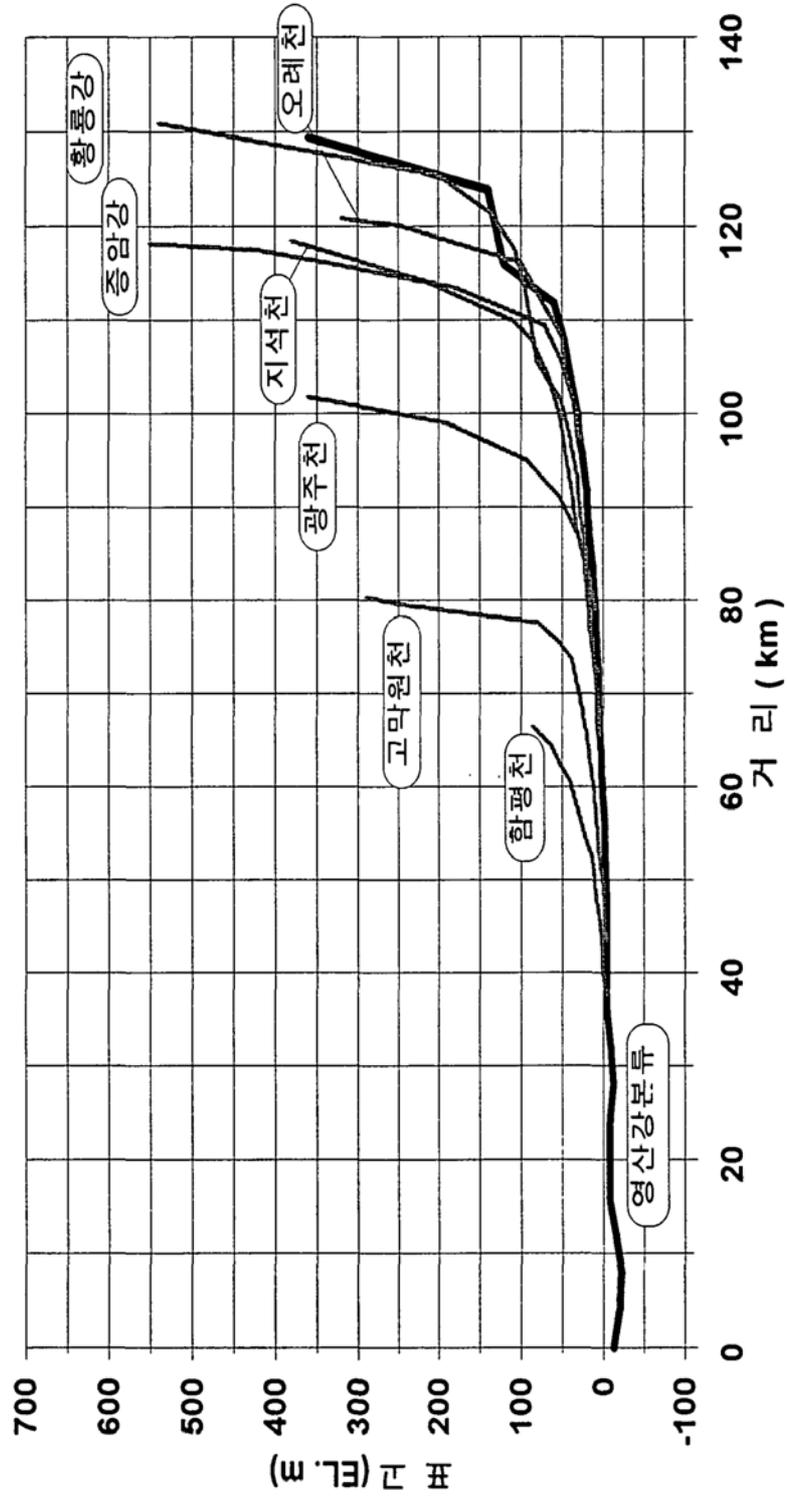
<표 B-8> 하천 구간별 하천경사

하 천	구 간	하 천 경 사
영 산 강	하구둑 ~ 구직할하천 종점	1/7,460
	구직할하천 종점 ~ 영산대교	1/6,150 ~ 1/5,390
	영산대교 ~ 용산교	1/2,460 ~ 1/1,330
	용산교 ~ 국가하천 시점	1/530 ~ 1/340
광 주 천	영산강 합류점 ~ 서방천 합류점	1/490 ~ 1/400
	서방천 합류점 ~ 증심사천 합류점	1/260 ~ 1/170
황 룡 강(국가)	전 구 간	1/1,270 ~ 1/1,050
황 룡 강 (지방1급)	평림천 합류점 ~ 개천 합류점	1/860 ~ 1/420
	개천 합류점 ~ 장성댐지점	1/340
지 석 천	하구 ~ 대초천 합류점	1/1,840 ~ 1/440
	대초천 합류점 ~ 춘양천 합류점	1/1,000 ~ 1/360
고막원천	고막원천 하구 ~ 안국천 합류점	1/2,100
	안국천 합류점 ~ 평릉천 합류점	1/1,370 ~ 1/670
	평릉천 합류점 ~ 국가하천 시점	1/590
함 평 천	함평천 하구 ~ 학교천 합류점	1/1,800 ~ 1/1,400
	학교천 합류점 ~ 서호리천 합류후	1/800

### B.1.3 지형

- 영산강 유역의 주변부는 노령산맥 말단부에 둘러 쌓여 있고 중앙부는 낮은 분지 형태를 이루고 있음이 특징이며 유역의 전반적인 방향은 서남향
- 지형의 윤회 단계중 현재 단계는 노년기 초에 해당되며, 전반적으로 풍화에 약한 고기(古期)의 변성암류, 화강암지역은 저지 혹은 평야지대이고, 상대적으로 풍화에 강한 퇴적암 및 화산암류지역의 고지를 이룸

# 하천 종단도



<그림 B-3> 영산강 하천 종단도

## 가. 산계

- 노령산맥 서측 지맥을 서부경계선으로, 남측 지맥을 동부 경계선으로 하여 형성된 분지를 서측으로 편재된 서남향의 소지맥(小地脈)이 양분
- 지맥의 분기점은 고창읍 입암산(EL. 655m)을 주봉으로 동측은 추월산(EL. 730m), 산성산(EL. 573m), 운산(EL. 522m), 화악산(EL. 614m), 국사봉(EL. 613m) 등의 고산준령이, 중앙 지맥은 장군봉(EL. 558m), 풍산(EL. 822m), 어등산(EL. 283m), 금성산(EL. 452m) 등, 서측은 문주산(EL. 620m), 고성산(EL. 546m), 태청산(EL. 593m), 중달산(EL. 313m) 등 비교적 낮은 산릉을 형성
- 전반적으로 중앙 및 서측의 지맥은 동서-남북방향으로 지맥을 형성하고 있는 고기(古期)의 변성암류의 방향과 일치하고, 동측의 지맥 역시 지맥을 형성하고 있는 퇴적암의 방향 및 화산암류의 관입 방향과 일치

## 나. 수계

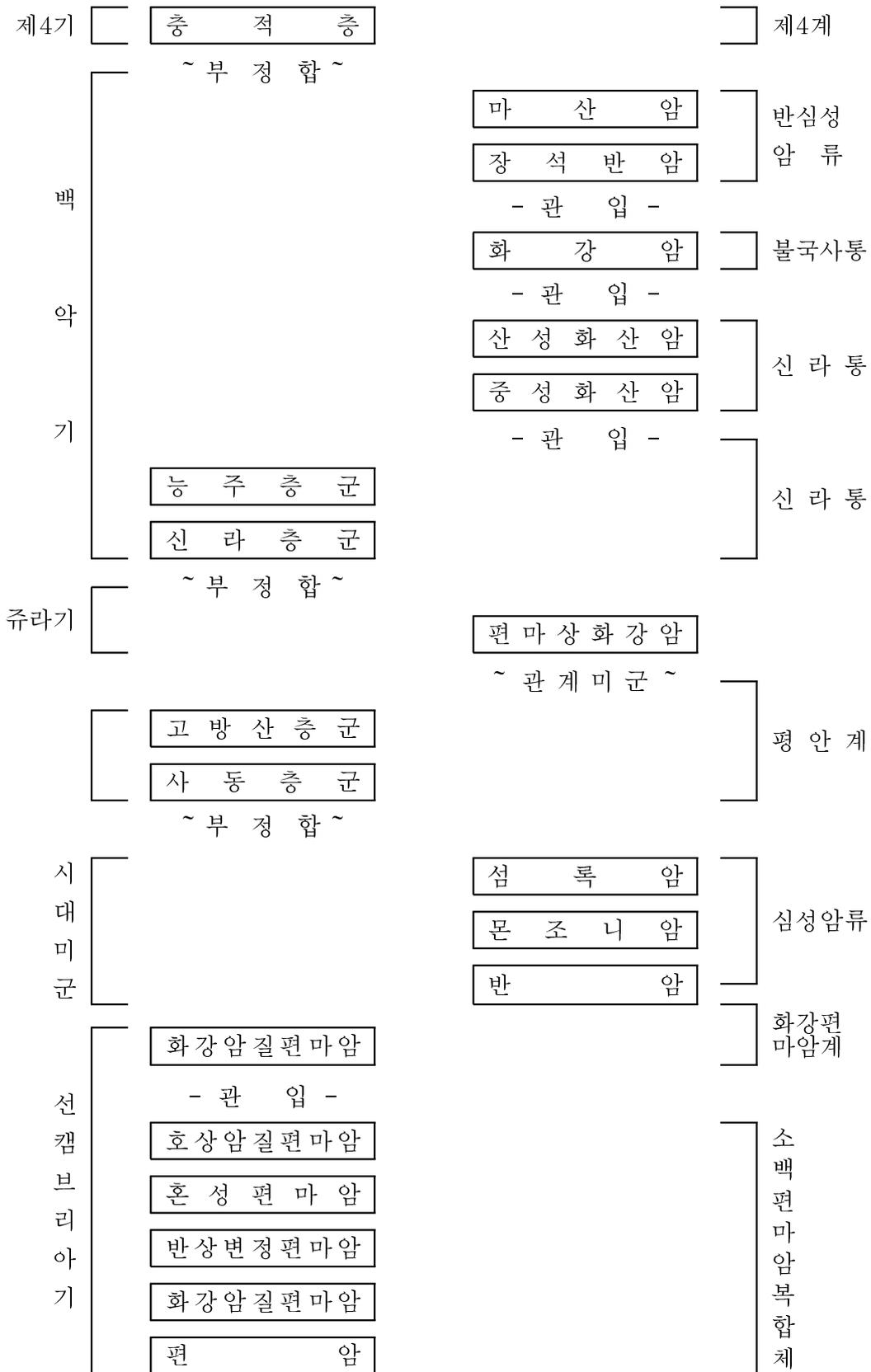
- 영산강은 추월산 자락인 "용소"에서 발원하여 수십개의 대소 지류가 유입하여 본류를 형성, 하천의 차수비(Order Ratio)가 높아 구조천(構造川)으로 볼 수도 있으나, 하천 차수비가 높은 원인은 저부를 형성하고 있는 화성암이 풍화에 약한 특성에 기인한 것으로 알려짐
- 영산강 유역을 하천 유형에 따라 3개군으로 분류
  - 서남향류 : 유역이 북반에 분포하며 영산강 본류와 황룡강이 이 군에 포함되며 분포암종은 화강암질류로 수계형태는 격자상~수지상
  - 남향류 : 유역의 남서부에 분포하며 평림천, 장성천, 고막원천, 함평천이 이군에 포함되며 수계형태는 격자상이며 특징적으로 타 유역에 비해 세류의 발달이 미약
  - 북서-서향류 : 유역의 동측에 분포하며 오례천, 용천, 석곡천, 광주천, 지석천, 봉황천, 석봉천이 이 군에 포함되며, 특히 이들 하천중 석곡천, 광주천, 지석천의 상류, 화순천은 수계형태가 원호를 이루고 있는 바, 이는 이 유역에 분포하는 화산암의 영향으로 예상
- 영산강 유역의 하천은 본류 하류를 제외하고는 비교적 사행(meandering)이 적으며 지층의 구조선에 무관하고 단지 지층의 풍화에 대한 저항강도의차에 따라 형성

#### B.1.4 지질

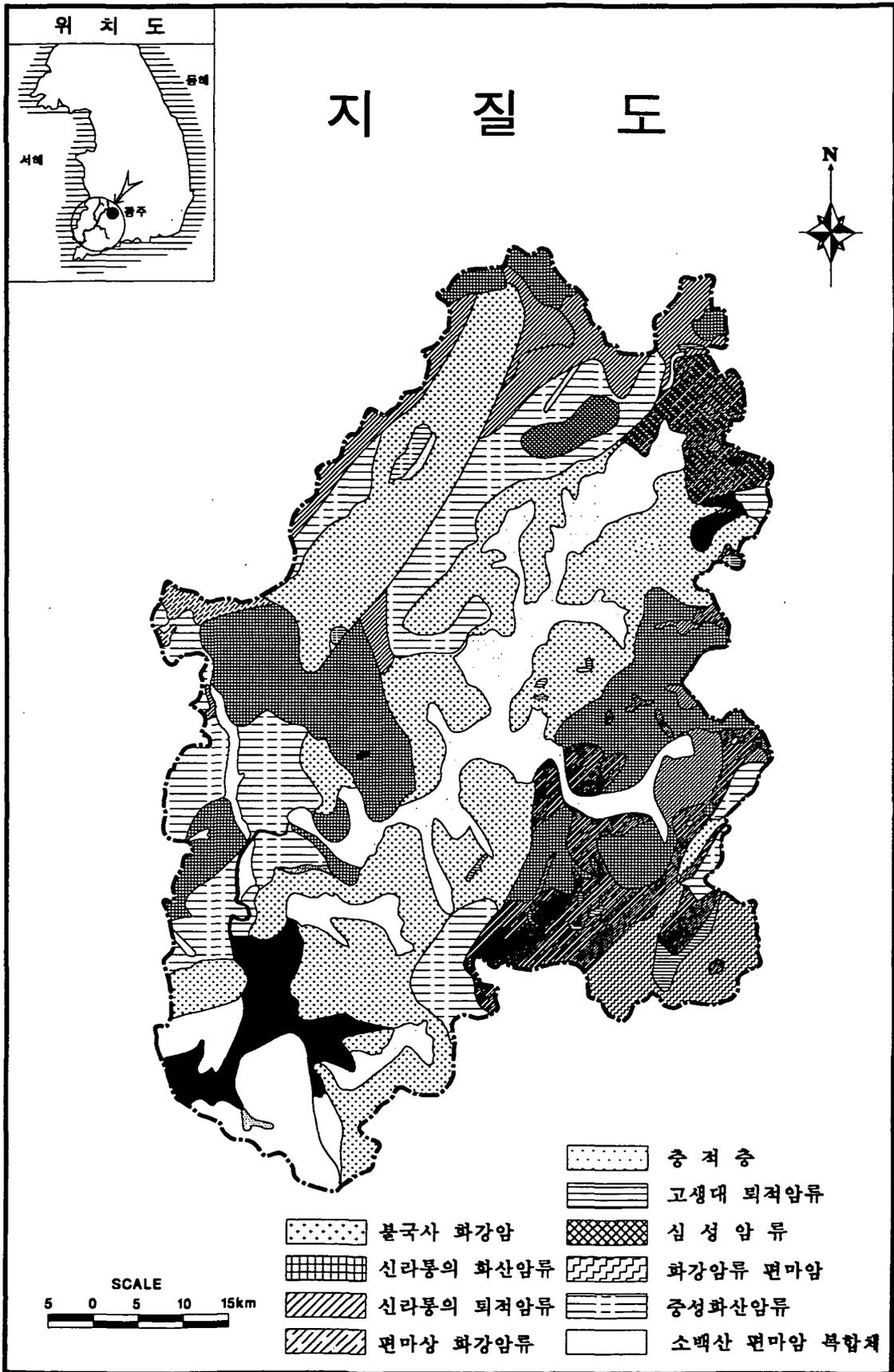
- 영산강 유역은 고기(古期) 퇴적기원의 변성암류를 기저층으로 평안계 퇴적암류, 편마상 화강암, 경상계 신라통의 퇴적암류 및 화산암류, 불국사통의 화강암류 및 맥암류로 구성(<그림 B-4, 5> 참조)
- 유역의 발달구조는 대체로 지층의 발달구조에 의해 결정되어지는 경향을 보이는 바 북동부는 N50°E 방향, 남동부는 NS 방향, 그리고 황룡강방향(장군봉-천주산 : N30°E 방향)으로 발달된 단층을 경계로 서측은 N30°E 방향으로, 남서부측은 N60°W 방향으로 길게 분포
- 고기 변성암류는 서반부에, 평안계 퇴적층은 남동부 화순탄전 부근에 소규모로 분포하며, 편마상 화강암은 북동부에, 신라통의 암층은 동남부에, 불국사통 화강암은 중앙부에 분포
- 특히, 영산강 유역의 본류가 화강암 분포지에 형성되었음은 풍화에 대한 저항력의 차이 때문으로 암종별 풍화에 대한 저항은 화산암, 변성암, 퇴적암, 화강암의 순서로 약해짐

#### B.1.5 토양

- 농업과학기술원에서 간행한 1/25,000 정밀토양도를 이용하여 영산강 유역의 수문학적 토양군(hydrologic soil group)을 분석(<표 B-9, 10> 참조)
- 영산강 전체적으로 수문학적 토양군 중 Group B지역의 면적이 약 1,310km<sup>2</sup>로 전체 유역면적의 약 38%를 차지
- 유역내 산림분포가 양호한 지역인 황룡강 상류유역과 지석천 상류유역은 강우의 보수기능이 큰 Group A의 분포가 우세하고, 영산강 본류 양안지역, 고막원천과 함평천지역 그리고 지석천 중하류지역은 Group B
- 장성댐 상류유역과 담양댐 상류유역 그리고 화순천 상류유역은 Group C로 분류되었고, 영산강과 삼포천 합류점 주변 영산강 본류 양안과 영암천 하류지역은 유출율이 큰 Group D



<그림 B-4> 영산강 유역 지질계통도



<그림 B-5> 영산강 유역 지질도

<표 B-9> 토양의 각 부호별 특성 및 토양형 구분

구 분	토 양 특 성			
조직군	sandy(skeletal) Loamy sk.(coarse)	Co. loamy Co. silty Vol. ashes	Fine loamy Loamy sk.(fine)	Fine silty Clayey(fine & very fine)
배수등급	매우양호	다소양호	불 량	매우불량
투수성 (cm/hr)	매우빠름, 빠름 (>12.0)	다소빠름 (12.0 ~ 6.0)	다소느림, 느림 (6.0 ~ 0.5)	느림, 매우느림 (<0.5)
투수저해토층의 유무 및 출현깊이	존재하지 않음	100 ~ 50 cm	50 ~ 25 cm	25 cm 이하
수문학적토양군	A	B	C	D

<표 B-10> 하천별 수문학적토양군의 분포 (단위 : km<sup>2</sup>, (%))

하 천	계	Group A	Group B	Group C	Group D
영 산 강	3,455.0 (100.0)	846.5 (24.5)	1,309.4 (37.9)	735.9 (21.3)	563.2 (16.3)
광 주 천	106.4 (100.0)	18.2 (17.1)	39.3 (36.9)	34.7 (32.7)	14.2 (13.3)
황 룡 강	564.3 (100.0)	205.9 (36.5)	170.4 (30.2)	156.9 (27.8)	31.1 (5.5)
지 석 천	657.2 (100.0)	255.0 (38.8)	237.2 (36.1)	99.3 (15.1)	65.7 (10.0)
고막원천	215.9 (100.0)	37.1 (17.2)	110.8 (51.3)	40.1 (18.6)	27.9 (12.9)
함 평 천	196.4 (100.0)	23.4 (11.9)	110.8 (56.4)	37.5 (19.1)	24.7 (12.6)

### B.1.6 임상

- 영산강 유역내 임야면적은 총 1,748.55km<sup>2</sup>로 전체면적의 50.6% 차지
- 임야면적 중 임목지가 1,694.7km<sup>2</sup>로 96.9%, 무임목지가 53.85km<sup>2</sup>로 3.1%에 불과하여 비교적 양호한 임상
- 임목지 중 수종별로 보면, 침엽수가 1,048.27km<sup>2</sup>로 59.9%, 활엽수가 239.36km<sup>2</sup>로 13.7%, 혼합림이 386.29km<sup>2</sup>로 22.1%, 죽림이 20.78km<sup>2</sup>로 1.2%
- 담양군의 죽림면적은 유역내 전체 죽림면적 20.78km<sup>2</sup> 중 10.29km<sup>2</sup>로 약 50%를 차지하고 있어 죽세공의 본산지임을 입증

<표 B-11> 영산강 유역내 각 시·군별 임야 면적 현황 (단위 : km<sup>2</sup>, (%))

행정구역		임야 면적	임목지					무임 목지
도·광역시	시·군		계	침엽수	활엽수	혼합림	죽림	
전라북도	정읍	2.10	2.06 (98.1)	1.27 (60.4)	0.51 (24.3)	0.27 (12.9)	0.01 (0.5)	0.04 (1.9)
	소계	2.10	2.06 (98.1)	1.27 (60.4)	0.51 (24.3)	0.27 (12.9)	0.01 (0.5)	0.04 (1.9)
광주광역시	-	202.82	197.90 (97.6)	117.28 (57.8)	21.62 (10.7)	57.10 (28.2)	1.90 (0.9)	4.92 (2.4)
	소계	202.82	197.90 (97.6)	117.28 (57.8)	21.62 (10.7)	57.10 (28.2)	1.90 (0.9)	4.92 (2.4)
전라남도	나주	228.33	223.32 (97.8)	173.44 (76.0)	11.27 (4.9)	35.97 (15.7)	2.64 (1.2)	5.01 (2.2)
	목포	1.08	1.04 (96.3)	0.80 (74.1)	0.04 (3.7)	0.20 (18.5)	0.00 (0.00)	0.04 (3.7)
	담양	253.69	248.62 (98.0)	126.56 (49.9)	36.46 (14.4)	75.31 (29.7)	10.29 (4.0)	5.07 (2.0)
	장성	327.86	323.51 (98.7)	192.61 (58.8)	67.43 (20.6)	61.38 (18.7)	2.09 (0.6)	4.35 (1.3)
	영광	1.22	1.19 (97.5)	0.97 (79.5)	0.04 (3.3)	0.18 (14.7)	0.00 (0.0)	0.03 (2.5)
	화순	321.40	309.34 (96.2)	164.88 (51.2)	68.53 (21.3)	74.41 (23.2)	1.52 (0.5)	12.06 (3.8)
	함평	145.72	141.28 (97.0)	108.54 (74.5)	3.54 (2.4)	28.55 (19.6)	0.65 (0.5)	4.44 (3.0)
	무안	65.92	64.61 (98.0)	46.41 (70.4)	1.69 (2.6)	16.34 (24.8)	0.17 (0.2)	1.31 (2.0)
	영암	198.41	181.83 (91.6)	115.51 (58.2)	28.23 (14.2)	36.58 (18.4)	1.51 (0.8)	16.58 (8.4)
	소계	1,543.63	1,494.74 (96.8)	929.72 (60.2)	217.23 (14.1)	328.92 (21.3)	18.87 (1.2)	48.89 (3.2)
계	1,748.55	1,694.70 (96.9)	1,048.27 (59.9)	239.36 (13.7)	386.29 (22.1)	20.78 (1.2)	53.85 (3.1)	

### B.1.7 행정구역 및 인구현황

- 영산강 유역의 행정구역으로는 광주광역시, 전라남도 나주시, 목포시, 담양군, 장성군, 영광군, 화순군, 함평군, 무안군, 영암군 등 1개 광역시, 3개시, 7개군을 포함
- 영산강 유역의 인구는 1,804,188명으로 남자가 897,431명, 여자가 906,757명으로 여자가 9,326명이 많은 것으로 나타났으며, 639,382가구에 거주하고 있어 가구당 인구는 2.82명으로 조사되었으며, 목포시가 3.04로 가구당 인구수가 가장 높음
- 도시거주인구가 142만명으로 전체의 78.9%를 차지할 정도로 광주광역시가 영산강 유역에 미치는 영향이 크며, 농촌지역 거주인구는 19.4%인 약 35만명

<표 B-12> 행정구역 및 인구현황

행정구역		가 구 수 (호)	인 구 수 (인)			세대당 인 구
도·광역시	시·군·구		계	남	여	
광주 광역시	-	503,844	1,423,460	706,959	716,501	2.83
	소 계	503,844	1,423,460	706,959	716,501	2.83
전 라 남 도	나주시	41,277	95,439	47,981	47,458	2.31
	목포시	3,940	11,970	5,810	6,160	3.04
	담양군	19,876	48,185	24,411	23,774	2.42
	장성군	20,119	48,507	24,687	23,820	2.41
	영광군	80	230	114	116	2.88
	화순군	24,673	64,077	31,753	32,324	2.60
	함평군	17,412	38,956	19,288	19,668	2.24
	무안군	13,306	33,340	16,832	16,508	2.51
	영암군	17,855	40,024	19,596	20,428	2.24
	소 계	135,538	380,728	190,472	190,256	2.81
계		639,382	1,804,188	897,431	906,757	2.82

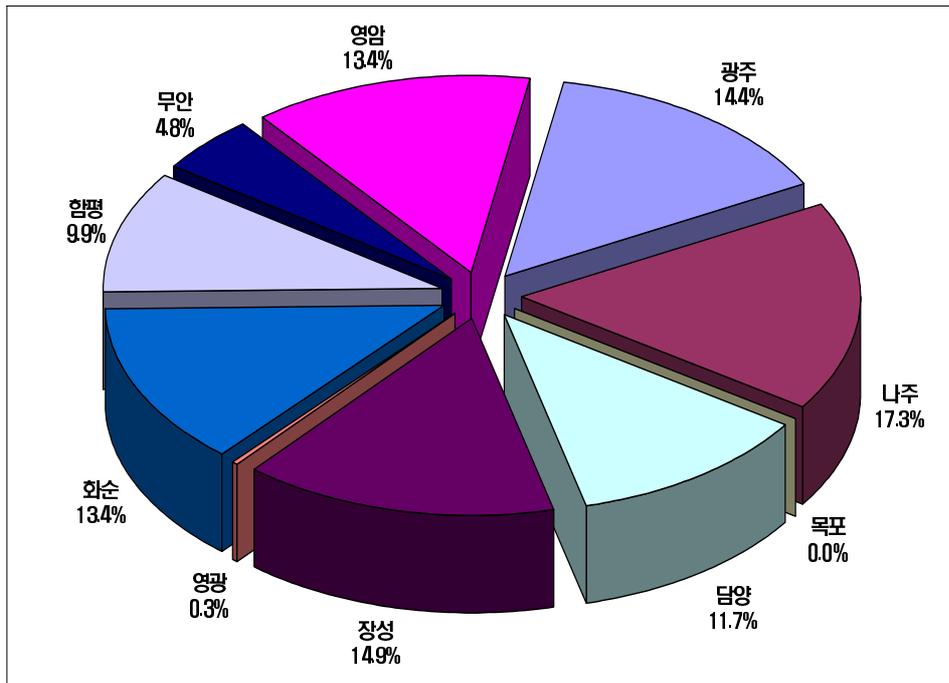
### B.1.8 토지이용현황

- 영산강 유역의 토지이용현황을 파악하기 위해 건설교통부 국립지리원에서 발행한 1/25,000 토지이용현황도와 환경부 발행 1/50,000 토지피복지도를 조사·분석
- 2000년 기준 유역내 토지이용 현황을 보면, 전체 면적 3,455.0km<sup>2</sup> 중 경작지가 1,161.4km<sup>2</sup>로 33.6%, 산림이 1,748.5km<sup>2</sup>로 50.6%를 차지하면서 가장 큰 비율을 나타내고 있으며, 불투수지역으로 분류될 수 있는 시가화/거준지역은 7.0%
- 영산강 유역내 두 번째로 큰 지식천 유역의 경우 산림지역이 465.1km<sup>2</sup>로 전체의 70.8%로 산림면적비율이 가장 높았으며, 광주천 유역의 경우 시가화/건조지역이 전체의 36.7%로 다른 유역에 비해 높은 비율을 차지
- 행정구역별 영산강 유역의 면적비율을 보면, 나주가 17.3%로 가장 큰 면적을 차지하고 있었으며, 장성 14.9%, 광주 14.4%순이며, 목포가 가장 낮은 면적 비율을 차지

<표 B-13> 토지이용현황

단위 : km<sup>2</sup>, (%)

하천	계	수역	시가화/ 건조지	나 지	초 지	농 업	산 림
영 산 강	3,455.0 (100.0)	208.8 (6.0)	242.2 (7.0)	30.5 (0.9)	63.7 (1.8)	1,161.4 (33.6)	1,748.5 (50.6)
광 주 천	106.4 (100.0)	2.0 (1.9)	39.0 (36.7)	2.9 (2.7)	2.4 (2.3)	5.4 (5.0)	54.7 (51.4)
황 룡 강	564.3 (100.0)	29.3 (5.2)	25.4 (4.5)	4.5 (0.8)	4.5 (0.8)	109.8 (19.4)	390.8 (69.3)
지 석 천	657.2 (100.0)	30.2 (4.6)	23.0 (3.5)	5.3 (0.8)	13.8 (2.1)	119.8 (18.2)	465.1 (70.8)
고막원천	215.9 (100.0)	7.3 (3.4)	9.5 (4.4)	0.1 (0.5)	9.7 (4.5)	92.5 (39.9)	95.8 (47.3)
함 평 천	196.4 (100.0)	7.5 (3.8)	10.6 (5.4)	1.6 (0.8)	9.8 (5.0)	74.0 (37.7)	92.9 (47.3)



<그림 B-6> 각 행정구역의 영산강 유역내 비율

## B.2 영산강 기상 개황

### B.2.1 기상특성

- 한반도의 남서부에 위치하며 우리나라의 전형적인 기후특성인 Monsoon 기후권에 속하는 영산강 유역의 기후는 여름철과 겨울철이 현저하게 다르며, 여름철에는 해양성 기후의 영향을 받아 일반적으로 고온다습한데 반하여 겨울철에는 대륙 기후로 변하여 한랭 건조
- 여름철인 6월 중순부터 불어오는 남풍은 고온 다습한 기단을 동반하고 한반도를 통과하는데 이 기단이 안정되어 있을 때는 강우량이 비교적 적지만 불안정해지면 호우가 발생하는 경우도 있어 이 기간 중에는 강우일수도 많고 기상현상도 예측을 불허할 만큼 급변
- 8월말경부터 9월중에는 기후상태가 건조해지고 풍향도 남풍에서 북풍으로 바뀌며 이 기간 중 태풍이나 집중호우가 자주 발생하며, 10월부터는 점점 건조해지고 천후도 일반적으로 맑아지지만 기온은 떨어지게 되며 이러한 현상은 11월중에도 유사하게 나타나며, 12월에 들어서서도 기온은 계속 저하하고 건조하며 1월, 2월 중에는 대륙성 기후가 변하기 시작하여 기온이 높아지고 강우량도 증가되며 4~5월을 지나 6월부터는 다시 우기가 시작되는 기상상태를 나타냄
- 영산강 유역의 기상관측은 유역내에 위치한 광주지방기상청과 유역 외에 위치한 목포기상관측소 2개소를 대상으로 영산강 유역의 기상특성을 파악하기 위하여 이들 관측소의 1951~2002년까지 52개년간의 기상관측 자료를 수집하여 분석

#### 가. 기온

- 관측기록에 의하면 영산강 유역의 평균기온은 광주 13.3℃, 목포 13.7℃이며, 최고기온과 최저기온의 범위는 광주 38.1℃ ~ -16.1℃, 목포 37.0℃ ~ -11.8℃
- 계절별로는 여름철인 7월의 평균기온이 광주 38.1℃, 목포 37.0℃로 가장 무더웠으며, 겨울철인 1월의 평균기온이 광주 0.0℃, 목포 1.5℃로 여름과 겨울의 평균기온차가 광주 38.1℃, 목포 35.5℃
- 최고기온은 1994년 7월에 광주 38.5℃, 목포 37.0℃로 나타났으며, 최저기온은 관측기록년에서 제외된 1943년 1월에 광주 -19.5℃, 1915년 1월에 목포 -14.2℃로 최저기온을 보였으며, 관측기록년 내에서는 광주가 1963년 1월에 -16.8℃, 목포가 1967년 1월에 -11.8℃

## 나. 강우

- 연평균강우량은 광주가 1,314.0mm, 목포가 1,107.0mm로 우리나라 연평균강우량 1,274.0mm를 기준으로 볼 때 광주는 약간 많은 것으로 나타난 반면 목포는 상당히 적은 강우량을 보임
- 년도별 강우량의 차이를 보면 광주는 1995년에 764.4mm, 1989년 2,020.4mm로 약 2.6배의 차이를 보였으며, 목포의 경우 1967년 701.8mm, 1972년 1,751.1mm로 2.5배의 차이를 보임
- 또한, 6~9월의 강우량을 보면, 광주 837.0mm, 목포 651.6mm로 연평균강우량 대비 63.7~58.9%

## 다. 증발량 및 습도

- 연평균증발량은 광주가 1,240.4mm, 목포가 1,200.1mm로 약 40mm 차이를 보였으며, 증발량이 가장 적은 월은 1월로 광주 45.0mm, 목포 48.9mm로 나타났으며, 가장 많은 월은 8월로 광주 157.7mm, 목포 154.7mm
- 또한, 5~8월의 증발량을 보면, 광주 610.2mm, 목포 548.7mm로 연평균증발량 대비 49.2~45.7%
- 연평균습도는 광주 72.3%, 목포 73.7%로 나타났으며, 광주의 경우 7~8월에 습도가 약 80%내외로 높고 3~4월에 66%대로 낮았으며, 목포의 경우 7~8월에 80~85%로 가장 높고, 10~1월에 약 69%내외로 낮음

## 라. 최대풍속

- 광주의 경우 1960년 8월에 25m/s로 나타났으며, 목포는 1952년 8월에 37.5m/s로 나타났으며, 전체적으로 겨울철에 강풍이 잦은 것으로 조사

## 마. 천기일수

- 광주와 목포의 기상자료에 의하면 연평균 강우일수는 124.4일 및 119.1일로 조사 되었으며, 월별로는 대체적으로 9~11일 사이의 분포를 보임
- 적설일수는 광주 30.5일, 목포 28.7일로 별 차이가 없는 것으로 나타났으며, 결빙 일수는 광주 106.0일, 목포 78.5일로 목포가 해안성 기후에 의해 광주보다 상당한 차이가 있는 것으로 분석

<표 B-14> 기상자료(광주)

관측기간 : 1951 ~ 2002년

월별	기 온(℃)			강우량 (mm)	증발량 (mm)	상대 습도 (%)	최대 풍속 (m/s)	천 기 일 수		
	기온	최고	최저					강우일수 (≥0.1mm)	적설 일수	결빙 일수
1	0.0	16.8	-16.1	35.3	45.0	70.9	20.3	11.2	1.1	29.3
2	1.7	19.7	-12.8	44.2	53.2	68.9	14.7	9.4	7.2	24
3	6.1	24.0	-9.5	64.3	90.2	66.3	20.0	9.1	2.9	16.1
4	12.6	28.5	-3.3	97.1	122.1	66.6	18.7	9.7	0.2	1.8
5	17.8	33.4	3.8	95.6	151.1	69.2	14.3	9.5	-	-
6	21.8	36.3	9.2	179.5	153.1	74.9	16.3	11.3	-	-
7	25.5	38.1	15.4	266.3	148.3	80.9	17.7	15.0	-	-
8	26.2	37.3	13.2	240.7	157.7	78.7	25.0	13.4	-	-
9	21.3	34.2	6.3	150.5	116.1	76.0	16.7	10.2	-	-
10	15.1	30.3	0.4	55.1	97.8	71.8	16.0	6.8	-	0.2
11	8.7	26.2	-6.3	53.1	60.1	72.0	14.7	9.3	1.8	8.2
12	2.8	19.3	-11.8	32.3	45.8	71.6	16.7	9.7	7.2	26.3
전년	13.3	38.1	-16.1	1,314.0	1,240.4	72.3	25.0	124.4	30.5	106.0

<표 B-15> 기상자료(목포)

관측기간 : 1951 ~ 2002년

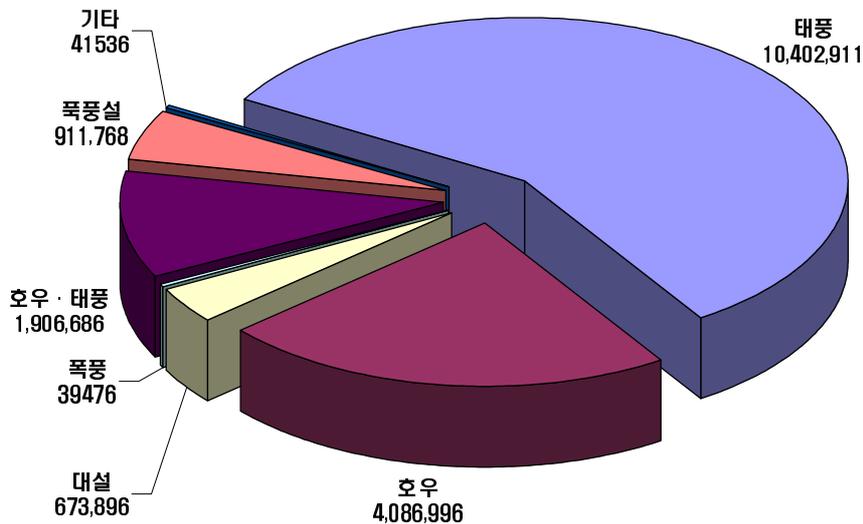
월별	기 온(℃)			강우량 (mm)	증발량 (mm)	상대 습도 (%)	최대 풍속 (m/s)	천 기 일 수		
	기온	최고	최저					강우일수 (≥0.1mm)	적설 일수	결빙 일수
1	1.5	17.3	-11.8	34.9	48.9	69.8	33.3	12.1	10.5	26.4
2	2.4	19.7	-11.0	44.7	53.7	70.4	35.0	10.3	7.3	21.7
3	6.2	22.0	-6.9	56.9	83.8	69.7	34.2	8.7	2.6	10.2
4	12.1	27.2	-2.9	93.6	109.9	71.4	26.0	9.4	0.1	0.4
5	17.0	30.4	7.0	92.5	134.8	74.0	23.3	9.4	-	-
6	20.8	34.4	9.8	156.8	130.6	79.9	25.3	10.5	-	-
7	24.7	37.0	14.8	199.6	128.6	84.8	26.0	13.1	-	-
8	26.1	36.7	13.7	165.1	154.7	80.5	37.5	10.7	-	-
9	22.0	34.2	3.4	130.1	121.9	76.1	36.2	9.2	-	-
10	16.5	32.1	1.8	51.2	110.1	69.7	26.7	6.5	-	-
11	10.2	26.5	-8.6	50.4	70.5	69.0	30.0	9.1	1.4	2.2
12	4.4	20.8	-11.6	31.2	52.6	69.5	25.8	10.1	6.8	17.6
전년	13.7	37.0	-11.8	1,107.0	1,200.1	73.7	37.5	119.1	28.7	78.5

## C. 재해현황 및 원인분석

- 최근 지구온난화에 따른 기상변화로 인하여 집중호우 및 이상가뭄이 자주 발생하며, 산업화와 도시화에 따른 물수요가 증가할 뿐만 아니라 각종 오폐수의 증가로 수질오염이 심화되어 사용할 수 있는 물은 점점 적어지는 심각한 상황이 도래
- '80년대 이후 겨울~봄철에는 만성적인 가뭄이 심화되고, 여름철에는 집중호우 및 태풍이 빈번하여 갈수록 가뭄 및 홍수로 인한 피해가 대형화되고 있는 추세로 변화한 기후 및 홍수패턴에 대응하기 위하여 기존 홍수방지대책에 대한 재검토 요구가 높아지고 있으며, 가뭄에 대해서는 홍수와는 달리 아직까지 종합적인 대책 마련이 안되고 있는 실정이므로 가뭄발생시 실효성 있는 가뭄관리체계를 구축하여 종합적인 홍수 및 가뭄예방 및 관리대책 수립 필요

### C.1 홍수피해 현황

- 최근 10년동안('95~'04) 우리나라에서 발생하는 자연재해 피해현황을 유형별로 보면, 태풍 46.0%, 호우 30.8%, 태풍·호우 14.9%, 폭풍설 7.6%순으로 태풍에 동반된 호우 피해까지 합하면 태풍으로 인한 직·간접적 피해규모는 총 자연재해 중 60%를 초과(<그림 C-1> 참조)



<그림 C-1> 최근 10년간('95~'04) 자연재해 원인별 재산피해 현황(단위 : 백만원)

- 또한 같은 기간 동안('95~'04) 태풍으로 인한 전국에 발생한 피해는 연평균 인명 피해 129명과 재산피해액 1조 4,029억원으로 막대한 피해 유발

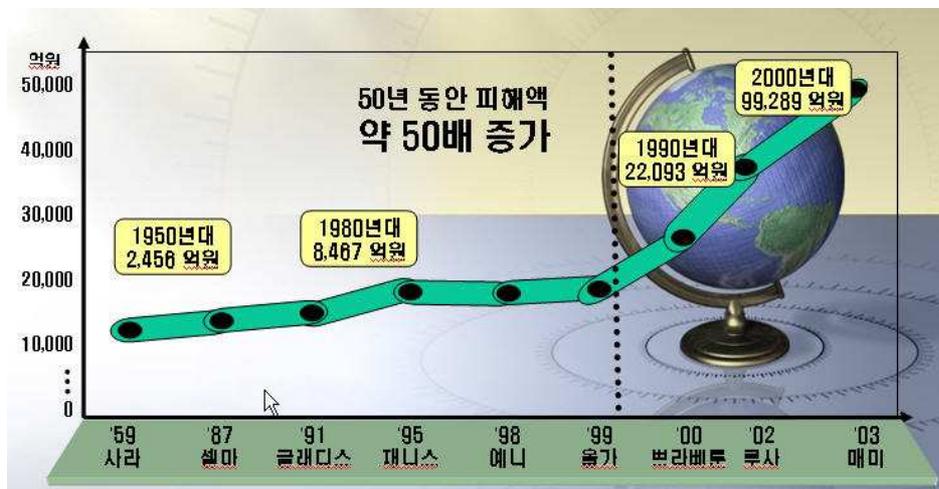
### 가. 주요 홍수피해 현황

- 1930년대 이전 연평균 2.2회의 집중호우 발생횟수는 1980년대 이후에는 8.8회로 4배 이상 증가하였으며, 2002년 8월 강릉에서는 일평균 870.5 mm의 집중호우가 발생
- 집중호우의 증가와 도시화의 진전으로 홍수피해도 급격하게 증가하였으며, 최근 10여년간 평균 피해액은 1조9,600억원에 이르며, 2002년 태풍 루사로 5조1,479억원, 2003년 태풍 매미로 4조7,756억원에 이르는 피해 발생
- 재해연보의 자료를 이용 시군구별 총피해액을 보면, 년도별 총피해액은 5,125억원에서 6조1,153억원으로 홍수의 특성상 피해는 특정지역에 집중되므로 최저피해액과 최고피해액이 큰 차를 보이고 있으며, 시군구단위별로 피해지역을 보면 일부는 댐 또는 조정지가 위치한 지역에 큰 피해를 보이는 경우도 있지만, 댐이 건설된 지역과 무관한 지역에서 큰 홍수 피해를 보인 곳도 있음

<표 C-1> 년도별 총피해액 및 규모

구분	총 피 해 액 (백만원)					
	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년
총피해액	1,219,681.1	512,477.9	1,256,167.6	6,115,292.6	4,408,240.9	1,230,435.9
시군별최고피해액	106,804.6	40,208.4	59,327.5	807,814.3	233,806.5	112,920.9
시군별최저피해액	3.3	0.5	0.3	0.1	0.2	1.0

- 최근 50년 동안 태풍에 의한 재산피해액이 약 50배 증가하였고, 특히 최근 2~3년간 인명 및 재산피해의 증가폭이 컸음



<그림 C-2> 주요 태풍으로 인한 재산 피해 현황

<표 C-2> 과거 주요호우 및 태풍피해 현황 순위(1위 ~ 5위)

연도		2002년	2003년	1998년	1999년	2002년
주요피해원인		태풍 (RUSA) 8/30 ~ 9/1	태풍 (MAEMI) 9/12 ~ 9/13	집중호우 7/31 ~ 8/18	집중호우 및 태풍(OLGA) 7/23 ~ 8/4	호 우 8/4 ~ 8/11
구분	단위					
통과구역	-	전남, 충북, 강원	경남, 경북 대구, 강원	전 국 (제주제외)	-	전 국
최대풍속	m/s	제주고산:43.7 흑 산 도:33.3 여 수:29.1	제주:60.0	-	완도:46.0 무안:1.0 광주:39.6 마산:37.0	-
최대 일강우량	mm	강 룡:870.5 동 해:319.5 속 초:295.5 대관령:712.5	남 해:453 대관령:397 고 흥:304	강화:481.0 보은:407.5 양평:346.0	철원:280.3 춘천:237.2	양평:320.2
주요 피해지역	-	전 국	전 국 (서울, 인천제외)	전 국 (제주제외)	전 국	전 국 (제주제외)
농 경 지	ha	17,749	4,847	7,796	3,879	2,127
농 작 물	ha	231,847	162,183	78,079	190,518	30,367
공공시설	개소	22,388	21,611	20,664	14,251	12,744
피해액 (백만원)	(가)	2,703,186.5	4,576,441.9	1,369,981.3	1,176,425.7	1,017,164.3
	(나)	5,147,917.2	4,222,486.0	1,247,817.3	1,049,042.1	918,131.9

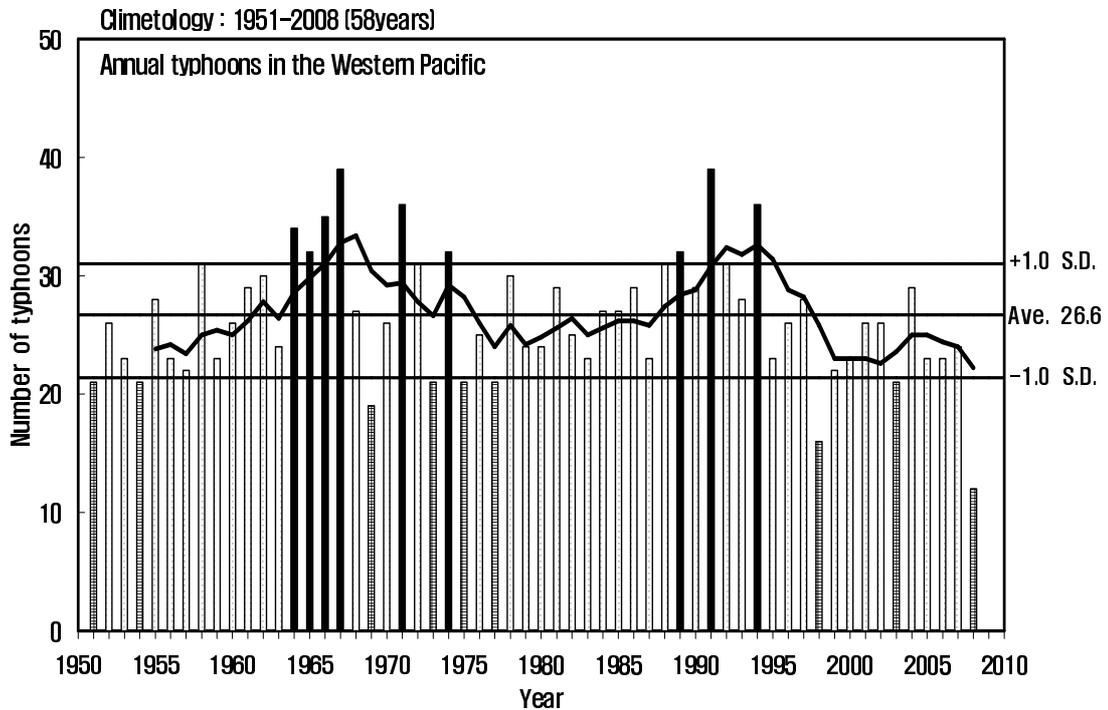
주1) 공공시설의 수치는 학교시설 피해물량을 제외한 전체 개소 수입  
 주2) 피해액의 (가)는 2005년도 가격기준, (나)는 2006년도 가격기준  
 자료 : 소방방재청, 2005 중앙재난안전대책본부, 2006

- 우리나라에 발생하는 태풍의 특징을 보면 북서태평양에서 태풍은 연평균 26.7개가 발생, 이 중에서 3.4개가 우리나라에 영향을 주며(<표 C-3> 참조), 1951년부터 2008년까지 58년간 북서태평양에서 발생한 연도별 태풍발생수(막대그래프)와 5년 이동평균(실선)을 도시하여 태풍발생의 장기간 변동 특징을 보면, 56년간 평균 태풍발생수는 26.7개였고,  $\pm 1\%$  표준편차 범위를 벗어나는 해를 태풍이 평년보다 많이(+1 표준편차) 또는 적게(-1 표준편차) 발생한 해로 정의하면, 평년보다 많이 발생한 해는 1964 ~ 67, '71, '74, '89, '94년이며, 적게 발생한 해는 1951, '54, '69, '73, '75, '77, '98, '03년이며, 기록상 가장 많이 발생한 해는 1967년으로 39개가 발생하였고, 가장 적게 발생한 해는 1998년으로 16개가 발생하였으며, 최근 10년 동안 발생한 태풍수 중 평균값을 초과한 해는 1997년의 28개와 2004년의 29개로 2개년으로 비교적 적게 발생하는 경향이 지속(<그림 C-3> 참조)

<표 C-3> 월별 태풍 발생수 및 영향수

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	년 합계
평년 (누적/ 영향)	0.5 (0.5/ 0)	0.1 (0.6/ 0)	0.4 (1.0/ 0)	0.8 (1.8/ 0)	1.0 (2.8/ 0)	1.7 (4.5/ 0.3)	4.0 (8.5/ 0.9)	5.5 (14.0/ 1.2)	5.0 (19.0/ 0.9)	3.9 (22.9/ 0.1)	2.5 (25.4/ 0)	1.3 (26.7/ 0)	26.7 (26.7/ 3.4)
10년평균 (누적/ 영향)	0.5 (0.5/ 0)	0.2 (0.6/ 0)	0.3 (1.0/ 0)	0.8 (1.8/ 0)	0.9 (2.8/ 0)	1.1 (4.5/ 0.1)	4.0 (8.5/ 1.1)	6.2 (14.0/ 1.4)	5.5 (19.0/ 1.0)	3.8 (22.9/ 0.2)	2.2 (25.4/ 0)	1.1 (26.7/ 0)	26.2 (26.2/ 3.8)

주) 1. ( / )안의 숫자는 (월별 누적된 태풍/우리나라에 영향을 준 태풍) 개수임  
 2. 평년은 1971~2001년까지 자료이며, 10년 평균은 1991~2000년 까지 자료임.



<그림 C-3> 태풍발생수의 장기간 변동(1951년~2008년). 매년 태풍발생수(■), 굵은 실선은 5년 이동평균 태풍발생수, 태풍이 평년보다 많이 발생한 해(■) 및 태풍이 평년보다 적게 발생한 해(▨)를 의미함

**나. 수계별 홍수피해 현황**

- 수해통계총람(건설부, 1971)에 의하면 1916년부터 1969년까지 우리나라 4대강의 홍수피해는 연평균 약 3.2회가 발생되었으며, 수계별로는 한강 3.5회, 낙동강 3.4회, 금강 2.7회, 영산강은 3.2회가 발생(<표 C-4> 참조)
- 우리나라의 연평균 홍수피해는 9,963백만원이며, 최대피해는 33,766백만원으로 km<sup>2</sup>당 연평균피해는 101,219원으로 조사되었으며, 수계별 연평균피해액은 4대강

전체 7,039백만원인데 이중 낙동강 유역이 2,859백만원으로 4대강중 가장 크며, 영산강 유역이 393백만원으로 가장 작지만, km<sup>2</sup>당 연평균 홍수피해는 영산강이 140,457원으로 최대이며, 한강 97,296원, 낙동강 119,864원 금강 125,126원으로 한강이 가장 낮음(<표 C-5> 참조)

<표 C-4> 4대강 년평균 홍수 발생 빈도

구 분	한강	낙동강	금강	영산강	계	
	1918 ~ 1971 (37년간)	1924 ~ 1971 (46년간)	1919 ~ 1971 (45년간)	1916 ~ 1971 (43년간)		
6월	상	2	2	1	1	6
	중	2	1	1	3	7
	하	6	6	7	12	31
	소계	10	9	9	16	44
7월	상	22	15	16	18	71
	중	23	18	16	14	71
	하	21	15	21	18	75
	소계	66	48	53	50	217
8월	상	9	13	13	11	46
	중	9	10	10	8	37
	하	14	15	14	18	61
	소계	32	38	37	37	144
9월	상	15	15	15	19	64
	중	3	10	5	11	29
	하	3	3	1	5	12
	소계	21	28	21	35	105
합 계	129	123	120	138	510	
년평균	3.5	3.4	2.7	3.2	3.2	

자료 : 건설부, 수해통계연감(1961 ~ 1971), 1972.

<표 C-5> 4대강 유역의 홍수피해

구분	단위	전국	4대강	한강	낙동강	금강	영산강
유역면적	km <sup>2</sup>	98,430	62,755	26,219	23,852	9,886	2,798
연평균	백만원	9,963	7,039	2,551	2,859	1,237	393
기왕최대	백만원	33,766 (1925년)	40,921 (1936년)	19,028 (1925년)	21,863 (1936년)	8,634 (1941년)	3,226 (1963년)
1km <sup>2</sup> 당 연평균피해	원	101,219	112,166	97,296	119,864	125,126	140,457

자료 : 건설부, 수해통계연감(1961 ~ 1971), 1972.

## C.2 영산강의 홍수 피해

- 영산강유역의 홍수발생시기는 7월, 8월, 9월, 6월의 순으로 발생하며, 1916년에서 1969년(1945~1957년 자료미비)까지 45년간 발생한 홍수는 7월 200회, 8월 144회, 9월 108회, 6월 44회이며, 영산강의 최고 홍수위는 1934년 나주 수위표의 경우 최고 8.6m이고, 영산포의 경우 11.56m를 기록
- 1980년도에 발행된 나주군지의 기록을 보면, 1877년에 여름과 가을 장마가 겹쳐 모든 곡식의 10분의 7이 부패하였다고 매천야록(梅泉野錄)에 기록되어 있고, 그 후 1901년 대홍수, 1925년 7, 8, 9월에 걸친 수해에 전남 일원에 걸쳐 피해를 입었으며, 1934년에는 구 영산포읍이 범람하여 고지대만 제외하고 배로 왕래하였다고 기록하였으며, 1963년 사라호 태풍 때는 영산강 유역에서만 약 21억원의 피해
- 영산강유역의 1916~1966년 33개년간(1945~1957년간은 자료미비)의 홍수피해액은 8,150백만원으로 연평균 피해액은 1966년 가격기준 247백만원, 연평균 침수면적은 5,178 ha이며, 홍수피해를 유형별로 보면 홍수피해가 가장 큰 해는 1963년의 2,191백만원이며, 가옥침수와 인명피해가 가장 크게 발생한 해는 1943년으로 가옥 붕괴와 침수가 9,160호, 인명피해 90명이며, 침수범람이 가장 컸던 해는 1934년 무려 25,128ha(<표 C-6> 참조)

<표 C-6> 영산강 유역의 홍수피해 내역

연도	피해액 (백만원)	사망 (인)	가옥피해 (호)	범람면적 (ha)	연도	피해액 (백만원)	사망 (인)	가옥피해 (호)	범람면적 (ha)
1916	433.4	433.4	313	411.9	1934	914.0	7	7,885	25,128.0
1917	-	-	-	-	1935	0	-	-	-
1918	-	-	-	1.0	1936	1,157.5	4	8,154	22,332.5
1919	-	-	-	-	1937	200.1	2	1,169	8,130.1
1920	27.7	27.7	37	12.2	1938	18.4	-	-	1,147.6
1921	38.6	38.6	28	371.8	1939	0	-	-	-
1922	106.9	106.9	134	5,440.4	1940	44.7	-	442	5,728.8
1923	2.8	2.8	13	117.4	1941	228.1	1	670	6,398.3
1924	28.5	28.5	307	2,178.8	1942	-	-	-	-
1925	93.2	93.2	117	1,408.5	1943	1,332.1	90	9,160	14,866.9
1926	55	55	135	3,399.2	1944	-	-	-	-
1927	122.7	122.7	45	352.3	1963	2,191.4	15	3,104	23,990.4
1928	132.5	132.5	60	1,719.7	1964	176.5	5	631	2,395.1
1929	66.2	66.2	-	-	1965	102.0	1	535	4,181.8
1930	99.6	99.6	1,407	8,630.9	1966	60.0	1	270	862.7
1931	19.6	19.6	232	4,965.5	계	8,150.0	182	40,086	170,807.7
1932	17.3	17.3	211	4,547.3	연평균	247.0	6	1,215	5,176.0
1933	471.0	471.0	5,019	22,089.3					

자료 : 건설부, 홍수통계 총람, 1968. 주) 금액은 1966년 가격 기준임

- 1970년 이후 홍수피해 현황을 살펴보면, 1974년 8월 폭우로 구 영산포읍의 대흥동 일대와 이창동, 안창동 일대가 침수되었으며, 1980년에는 태풍 어빙호, 쥬디호가 연속해서 영산강 일대를 강타하여 피해를 주었으며, 1989년에는 사상 유래 없는 강우량은 남부시가지 고지대만 남기고 완전히 침수피해를 주었으며, 1997~1999년 3년 연속 침수피해를 입었으며, 영산강 홍수 기록에 의하면 그 주기가 30년 주기와 7~10년 주기로 홍수 발생
- 최근 10년간(1988~1997년) 영산강유역의 평균 풍수해 규모를 보면, 사망 및 부상 17명, 공공시설물 피해 78.8억원, 건물피해 4.8억원, 농작물 피해 266.5억원 등으로 연간 평균 242.6억원의 피해를 입는 것으로 조사(<표 C-7> 참조)

<표 C-7> 최근 10년간(1988~1997년) 영산강 및 섬진강유역의 홍수피해

구 분	단위	영산강 유역		섬진강 유역	
		수량	피해액(백만원)	수량	피해액(백만원)
이재민	인	5,057		218	
인명(사망, 부상)	인	17		5	
침수면적	전	ha	217	89	
	답	ha	7,312	2,007	
	기 타	ha	303	-	
건 물	주 건 물	유 실	동	14	2
		전 파	동	209	19
		반 파	동	37	15
		소 파	동	2	3
		침 수	동	1,434	85
	부 속 건 물	동	91	2	
	계		1,559	476,479	55
선 박 피 해	척	6	11,939	5	10,617
경작지 피해	ha	260	998,029	132	652,026
농작물 피해	ha	6,249	26,652,108	1,677	9,544,630
공공시설피해			7,884,398		5,206,305
기 타 피 해			4,402,603		2,435,480
피 해 액 계			24,264,196		7,956,322

자료 : 행정자치부국립방재연구소, 영산강 상류유역 개발이 하류부 수해에 미치는 영향분석, 2001.

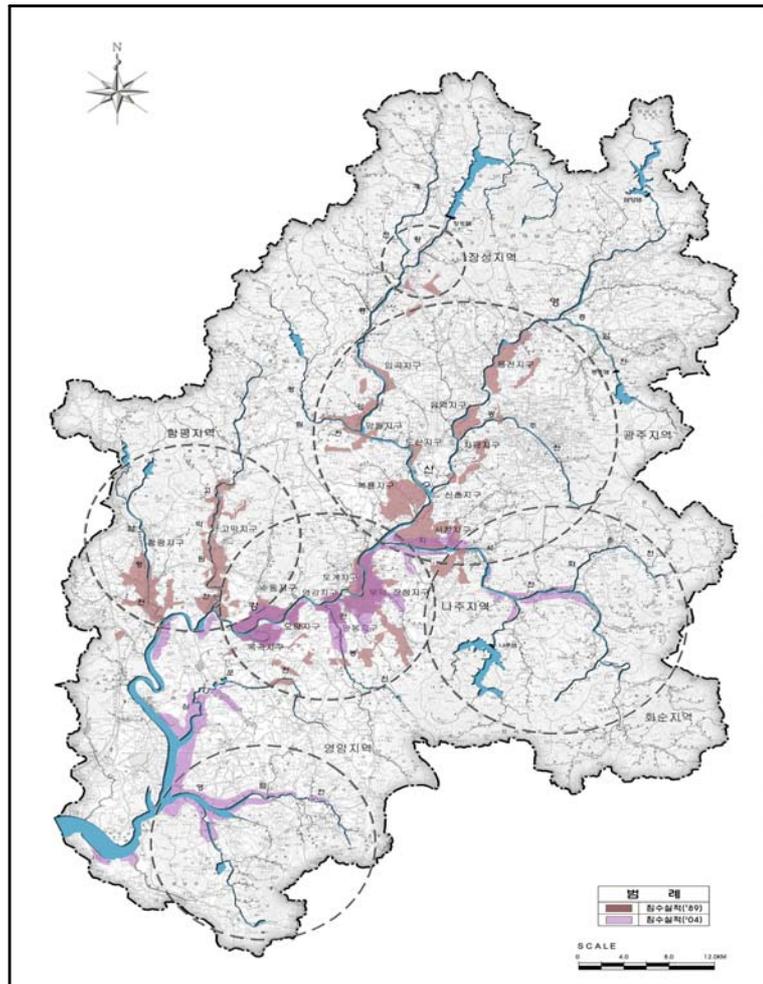
### C.3 홍수피해 취약지역 조사

#### 가. 홍수시 침수실적지역 조사

○ 영산강유역에 최대의 홍수피해를 발생시킨 '89년 7.25~27일의 홍수로 인하여 유역내 약 14,600ha가 침수되었고, 특히 나주지역은 영산강 본류 삼영체가 붕괴되어 나주시 일원에 대규모 피해가 발생하였고, 다음으로 큰 홍수피해가 발생한 홍수는 '04년 8.18~19일의 홍수로 유역내 9,700여ha가 침수되었으며 지석천유역, 나주시 일원, 그리고 영산강 하류부에 위치한 영암천 유역 일원에 대규모 피해가 발생

<표 C-8> 주요 홍수시 침수면적

지역	나주지역	광주지역	함평지역	장성지역	화순지역	영암지역	계
'89. 7	4,584	5,929	3,824	290	-	-	14,627
'04. 8	5,482	-	-	-	731	3,472	9,685



<그림 C-4> 주요홍수시 침수실적도

## 나. 유역내 취약지구 지정 현황

### 1) 수해상습지 및 재해위험지구

- 수해상습지구는 지난 10여년에 걸쳐 수해가 빈발한 지역으로서 전국의 시·군·구 기초자치단체로부터 보고되어 국토해양부가 수해상습지구로 지정한 곳으로 전국적으로 970개 지구, 재해위험지구는 내수와 외수침수가 빈번히 발생하는 지역을 대상으로 지방자치단체의 건의에 의해 행정안전부에서 지정하는 위험지역으로서 총 1,269개 지구가 지정, 선정기준 및 사업내용은 <표 C-9> 참조

<표 C-9> 수해상습지 및 재해위험지구

구 분	수해상습지 개선사업	재해위험지구 정비사업
주관 기관	국토해양부	행정안전부
대상하천	지방2급 하천(지방1급 하천 일부 포함)	지방1급, 지방2급 하천
선정기준	외수가 범람하여 제내지 침수를 발생시키는 지구를 선정	하천범람, 산사태, 침수 등 재해발생 지구를 각 지자체에서 선정
사업종류	외수범람방지를 위한 제방축제 및 축보사업	하천을 포함한 재해위험구조물 개선사업(제방, 교량, 펌프장설치, 산사태 방지공 등)
사업비 부담	국비 2/3, 지자체 1/3	지방 재정력지수에 의한 차등지원

### 2) 수해상습지

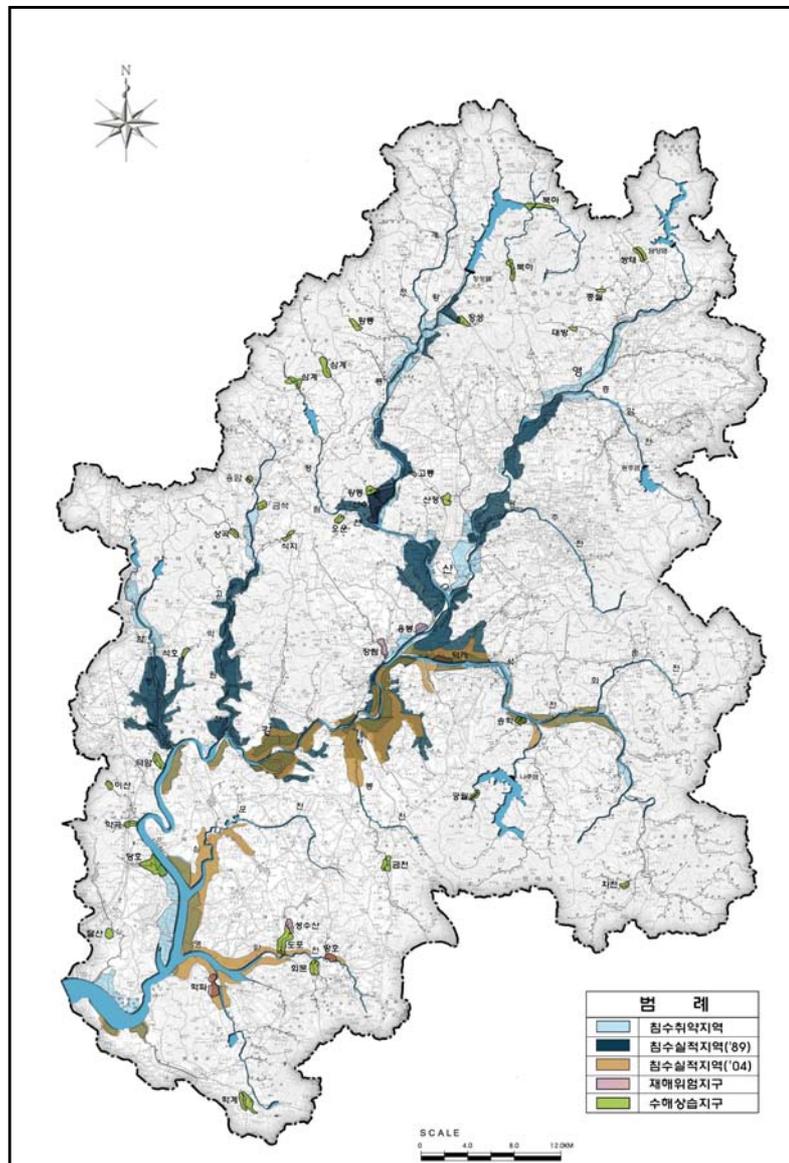
- 국토해양부에서 영산강 유역내에 수해상습지로 지정한 지구는 2002년 총 29개소로 조사되었으며, 이들 수해상습지는 모두 지방2급 하천에 위치하고 있고, 사업지구 대부분이 주로 제방 여유고가 부족하거나 제방축조가 안되어 있어 수해가 발생하는 것으로 조사

### 3) 재해위험지구

- 2002년 영산강 유역내 재해위험지구는 국가하천인 지식천변에 1개소, 학산천 등의 지방2급 하천변에 6개소 등 총 7개소의 재해위험지구가 광주광역시와 전라남도에 의해 지정되어 있으며, 이들 재해위험지구를 해소하는 사업은 하천개수와 배수 펌프장을 설치하여 총 110가옥과 1,122ha의 농경지를 침수피해로부터 벗어나게 하는 사업으로, 이중 내수침수가 주 피해원인으로 조사된 덕례지구와 용봉지구에 계획되어 있는 배수펌프장 등을 신설계획에 반영

#### 다. 외수 및 내수침수 취약지역

- 유역내 침수 취약지역은 앞서 언급된 침수실적지역과 취약지구로 지정된 지역외에 잠재적 홍수피해 가능지역 또한 취약지역으로 간주될 수 있으며, 이러한 지역은 주로 하천변에 위치하는 계획홍수위 보다 낮은 저지대지역으로 홍수시 하천내 수위가 제내지 지반고보다 높게 되면 하천으로의 내수배제가 불가능하게 되어 내수침수가 발생할 소지가 있거나, 제방붕괴시 침수가 발생될 수 있는 지역
- <그림 C-5>은 영산강유역내 침수실적지역, 수해상습지 및 재해위험지구로 지정된 지역, 그리고 외수와 내수침수가 우려되는 지역을 통합하여 나타낸 것으로, 광주, 나주시, 그리고 고막원천과 함평천의 저지대 지역이 유역내 취약지역으로 분석



<그림 C-5> 홍수 취약지역 현황

## C.4 주요 홍수피해 원인 및 수해방지 대책상의 문제점

### 가. 주요 홍수피해 원인

- 호우에 의한 홍수피해 유형은 강우가 직접적인 원인이 되는 내수피해와 피해지역의 유수가 침입하여 피해를 유발하는 외수피해, 두 가지 경우가 복합적으로 작용하는 혼합피해로 구분되며, 내수에 의한 피해는 하천의 홍수위(외수 홍수위)보다 낮은 제내지의 저지대 혹은 하천의 하상고보다 낮은 물리지역에서 주로 발생하며, 내수 피해는 내수배제구역의 강우량에 의한 유출량에 비해 해당 구역의 배수능력이 부족할 때 발생하며, 외수피해는 유수작용에 의한 토사의 침식과 퇴적, 유수에 의한 제방이 월류나 붕괴, 농지의 매몰 등에 대한 피해를 말하며, 주로 홍수시 하천 연안의 도로, 교량, 양·배수장, 제방 등과 같은 시설물의 피해 원인
- 최근 발생한 홍수피해의 내용을 보면, 집중호우 등의 기상변화, 하천과 교량 등의 구조물의 설계와 정비, 도시화로 인한 하천주변의 이용빈도 증가와 홍수 우려 지역의 개발 등과 같은 토지이용, 홍수방지와 발생시 피해최소화를 위한 관리방법 등의 제도적 미흡 등이 있으며, 지역별로 보면, 도시지역의 경우 배수시설의 부족, 공사장 등지에서의 시설물 유지관리 미흡, 교량설계 부실로 인한 홍수시 하천단면 부족 등이 피해의 주요원인이며, 농촌, 산간지역에서 발생한 피해는 제방고의 낮음, 하천 호안부 시설물의 부실, 배수시설의 부족 등으로 인한 저지대 농작물 침수, 무분별한 개간 및 개발사업으로 인한 산사태가 주를 이룸

<표 C-10> 주요홍수의 원인 분석

주요원인 구분	주요피해 원인
집중호우 등 기상변화	· 집중호우와 선행강우의 영향
구조물의 설계 및 정비	· 설계기준 등 구조물의 설계상의 문제 · 저수지 및 소류지붕괴 또는 월류 · 하천구조물 및 교량의 부실 · 하천정비부족 · 펌프장 등 내수배제의 불량 또는 부족
제도적 미흡	· 시행제도상의 문제 · 유지관리 미흡 · 피해복구 미흡
토지이용 및 도시화	· 도시화로 인한 홍수 · 산사태의 발생 및 피해 가중 · 지형적 특성 - 저지대의 침수, 난개발, 고랭지 채소재배 등

## 나. 영산강 유역의 일반적인 홍수피해 원인

- 수문지형학적 특성 : 영산강의 하상경사는 나주시 영산대교를 기준으로 상류부는 1/2,500 ~ 1/340, 하류부는 1/7,600 ~ 1/5,400의 매우 완만한 경사를 갖고 있어 상류부에 호우 발생시 유출이 급속히 하류부 지역에 도달하고, 하류에서는 유속이 지체되어 중·하류부 지역에 위치한 광주광역시와 나주시 지역의 침수피해가 가중
- 저류(지체) 구조물의 부족 : 영산강 유역은 댐 입지조건이 불량하여 홍수조절능력을 가지는 다목적댐이 없어 유역면적에 대한 주요 댐의 저수용량의 비가 다른 유역에 비해 상당히 작음
- 인위적 요인 : 영산강 상류유역에 위치하고 있는 광주광역시, 담양군, 장성군 등의 도시화로 인하여 첨두홍수 도달시간이 단축되고, 이에 따라 나주시를 포함한 중·하류부 지역은 첨두홍수량의 중첩가능성이 점증되고 급격한 수위상승으로 저지대 지역 내수피해 가중
- 시설물 운영 : 유역내 4대호는 농업용수 전용댐으로 사실상 홍수조절기능이 없어 집중 호우시 방류를 시행하면 직접적인 영산강 수위상승 효과가 매우 큼
- 하천 미개수 : 지방 2급 하천의 기본계획 수립율이 57%이고 소하천에 대한 정비 계획 수립율이 저조하여 미개수 하천의 경우 집중 호우시 하천단면 부족에 따른 월류, 세굴, 붕괴로 재산피해 발생이 우려

## 다. 수해방지 대책상의 문제점

### 1) 기존 사례 조사를 통한 수해방지 대책상의 문제점

- 이상기후에 의해 집중호우시 PMP(Probable Maximum Precipitation)를 초과 또는 근접하는 강수량, 산지소하천의 통수능력 초과 및 하천구조물 설계강우를 초과하는 집중강우 등이 발생
- 교량과 같은 하천구조물의 증가로 유수 소통 방해, 소하천이 지방하천과 합류하는 부분에서 수계를 일괄하는 하천개수사업의 결여로 특정지점에서 하폭 등 통수단면적 부족으로 인한 월류현상 발생으로 제방의 유실 또는 파손, 산지소하천 정비시 평지와 같은 공식을 적용 설계함으로써 통수능이 부족하게 설계되는 등 유역의 특성에 맞는 정비를 마련하지 못하여 피해를 야기하며, 또한 수공구조물이 오히려 유수를 방해하여 홍수 피해 가중

- 토지이용 및 도시화에 의해 홍수 등 자연재해를 우려하지 않고 건설되는 펜션과 전원주택 등의 난립, 도로인접 사면의 옹벽 및 토사방지시설의 미비 및 도로공사에 따른 절개지 공사비에 대한 투자미흡과 절개지 관리소홀 등에 의한 도로유실, 도시 지역에서는 하천의 복개 및 복개되지 않은 하천변은 주차장, 운동시설로 점용되거나 도로의 확장으로 하폭 축소, 또한 하천종단 교각 등은 하천 통수능을 저해하여 수위 상승
- 홍수재해 잠재적 가능성이 높은 지역임에도 불구하고 지역적 특성에 맞는 치수대책이 부재하고, 홍수방지 및 발생시 피해를 최소화할 수 있는 관리 및 기술적 체제 등이 미흡하고, 시설물에 대한 다원관리로 인한 시설물관리의 일관성 결여 및 현지주민의 하천시설물 중요도에 대한 인식부족 등 홍수방지 및 관리를 위한 제도적 미흡

## 2) 영산강유역의 일반적인 치수대책의 문제점

- 유역내 댐 및 저수지, 하천제방 및 배수펌프장 등 수리시설물이 소관부서별로 설치, 운영됨에 따라 상호 유기적인 연계와 홍수방어효과가 미흡
- 농업용 저수지는 홍수조절기능이 미약
- 국가하천과 지방하천의 설계빈도가 상이하여 연결부분이 홍수에 취약설계빈도 및 하천정비시기가 달라 홍수에 취약
- 지방2급 하천의 미개수 : 지방2급 하천 및 소하천에 대한 정비계획 미수립에 의한 미개수로 인해 집중 호우시 하천단면 부족에 따른 월류, 세굴, 붕괴 발생
- 댐 하류부 하천개수 계획빈도 : 유역내에 위치한 4개댐의 수문과 여수로의 설계 방류량 계획빈도는 500년으로 설정되어 있으나, 하류 하천은 지방2급 하천으로 지정되어 있어 하천의 개수계획빈도가 50~80년에 불과
- 하천의 유지관리 부실 : 하천의 유지관리 업무를 담당하고 있는 지자체의 예산 및 관심부족으로 하천제방관리가 소홀하며, 매년 적정 유지관리비의 40%만을 투자하는 실정이며, 하천을 횡단하는 교량, 철도 등이 하천의 제방고보다 낮거나 하천 폭보다 좁게 설치되어 홍수시 유수소통 장애로 수해 발생요인으로 작용



## D. 이·치수계획

### D.1 이수계획 분석

#### D.1.1 영산강 4단계 농업종합개발사업 현황

##### 가. 조사연혁 및 목적

##### 1) 영산강유역 및 IV단계 농업종합개발사업에 관련된 수문조사 내역

- 1963~1964년 : 영산강 하구둑 및 영암·금호지구에 대한 예비 타당성 조사(화란의 NEDECO 용역단)
- 1969~1971년 : 영산강유역 종합개발계획수립 및 I 단계 타당성조사(三祐용역단)
- 1970~1974년 : 영산강II 단계사업 타당성조사
- 1977~1978년 : 영산강III,IV 단계지구 농업종합개발사업 예비기본조사
- 1979~1980년 : 대단위농업종합개발사업 영산강III, IV 단계지구 타당성조사
- 1981~1982년 : 영산강유역 농업종합개발사업 III 단계 기본계획수립 수문조사
- 1991년 : 함해지구 기본계획수립을 위한 수문조사
- 1992년 : 영산강 III-1, III-2 지구 기본계획보완을 위한 수문조사
- 1999년 : 영산강IV 단계 육지부개발사업 예비타당성조사를 위한 수문조사
- 2000.2 ~ 현재 : 영산강IV 단계 농업종합개발사업 타당성 및 기본조사를 위한 수문조사

##### 2) 수문조사의 목적

- 영산강IV 단계 개발을 위한 관개계획 및 지역개발계획수립에 필요한 수문자료를 제공하고, 영산호의 여유수량을 판단하여 용수원 계획이 사라진 배후지에 대하여 용수공급계획시 영산강IV 단계 구역의 가용수자원량을 파악하고 부족한 수량을 분석하여 관개 계획을 수립하는데 필요한 수문량을 제공
- 해안 저지대의 상습침수구역에 대한 배수개선사업을 수행하는데 필요한 설계홍수량, 설계조위 및 받기반정비사업의 설계 용수량 산정에 필요한 기초 수문자료 등을 제공
- 영산강IV 단계 구역의 부족수량에 대하여 직접 용수를 공급하게 되는 영산호의 여유수량을 판단하고, 연계운영 되는 영산호와 영암·금호호의 향후 용수수요량 및 공급계획 등을 모두 고려하여 물수지 분석을 실시

## 나. 조사내용 및 범위

### 1) 영산강IV단계 기본계획수립을 위한 수문조사

- 기초 수문관측자료의 수집, 유역답사 및 시설물현황 조사, 구역내 용수이용 및 공급현황조사 등으로 나누어 실시하였으며 영암·금호호 유역을 포함하는 영산강 유역과 영산강IV단계 구역을 대상으로 실시
- 기초수문자료로서는 유역내의 강우자료, 주요 하천 지점에 대한 수위관측자료 및 유역내 주요 댐의 저수위 및 방류량 자료 등을 포함하였으며, 조위관측자료는 해양조사원의 목포항 기준검조소의 조위관측자료 및 우리공사에서 IV단계지구 농업 종합개발사업 타당성조사를 위하여 수행하였던 기왕의 검조자료도 수집·활용
- 영암·금호호 유역을 포함한 영산강유역에 대한 유역개략답사 및 IV단계 일부 구역에 대한 유역피복임상조사는 영산호 유역유입량을 산정하기 위한 자료수집 및 배수개선대상지구의 설계홍수량 산정에 필요한 자료를 수집하기 위하여 실시
- 유역내 용수이용 및 공급현황 조사는 전남 도청 및 목포 시청, 무안군청 등 행정 기관을 직접 방문하여 생·공용수 이용현황, 장래 용수수급계획 등 전반적인 수자원 이용계획에 대하여 조사를 실시
- 각 수리시설에 대한 설계제원 및 침수지구의 고저측량 자료와 각 조절지의 내용적 자료 등은 토목조사반에서 제공하는 자료를 적용하여 수문분석을 실시
- 위와 같은 현장 조사자료를 바탕으로 영산강IV단계구역 용수수요량 및 자체공급 능력을 검토하였으며, 영산강IV단계 용수수요량 및 자체용수공급능력을 판단하기 위하여 200개 수리시설물에 대한 시설물별 내한능력 검토, 영산호의 여유수량을 판단하기 위한 영산호 단독 및 영산·영암·금호호의 연계물수지 분석을 실시하였으며, 영산강IV단계 구역 배수개선대상지에 대한 수문량을 계산하고 침수 분석을 실시하여 배수개선사업 대상여부를 판단

<표 D-1> 주요 수문조사 내용

구 분	단 위	업무량	비 고
·유역개략답사	ha	170,000	- 나주관측소 이하 영산호 유역
·유역피복임상조사	ha	14,200	- 배수개선대상지 상류유역
·시설수리현황조사	ha	5,032	- 영산강IV단계 구역
·배수상황조사	ha	2,118	- 배수개선대상지 침수구역
·수문관측자료 수집	년	10	- 수위-유량 및 댐운영자료
·관련기관조사	개소	6	- 지역개발계획자료 수집

## D.1.2 수문조사

### 가. 유역조사

- 영산강 유역에 대한 유역조사는 영산호의 유입량을 산정하기 위한 것으로 나주 지점이하의 영산호 유역과 영암호, 금호호 유역에 대하여 조사를 실시하였으며, 유역조사는 지형도(1:25,000)상에서 소유역을 분할하고 각 소유역별 토지이용현황 및 유출특성을 조사하였으며 이러한 자료는 DIROM 모형에 의한 유출량을 산정하기 위한 기초자료로 활용하였으며, 나주지점 이상의 영산강 유역에 대한 유출량은 나주 수위표의 일별 수위자료를 이용하여 산출(<그림 D-1> 참조)

### 나. 기상자료 수집

- 영산강 유역의 기상관측소는 기상청 관할 종합관측소 및 AWS 관측망과 건교부의 TM/TC 관측망, 지방자치단체 등에서 운영하는 강우관측소로 나눌 수 있으며, 그 외에 면사무소 등에서 치수관리를 위하여 부분적으로 강우량을 관측하고 있으나, 관측기간이 짧아 장기적인 이·치수계획에 이용할 수 없으므로 금회 분석에서는 장기간의 종합기상 관측자료를 보유하고 있는 목포관측소의 기상자료를 활용
- 영산강 유역내의 기상청 종합관측소는 4개소가 있으며, 무안관측소를 제외하고 강우와 온도, 증발, 풍속 등 모든 기상요소에 대하여 29개년 이상의 장기관측자료를 보유하고 있어 금회 영산강 IV단계구역의 용수수요량 및 관계계획수립에 활용

<표 D-2> 영산강 유역내 기상청 기상관측소 현황

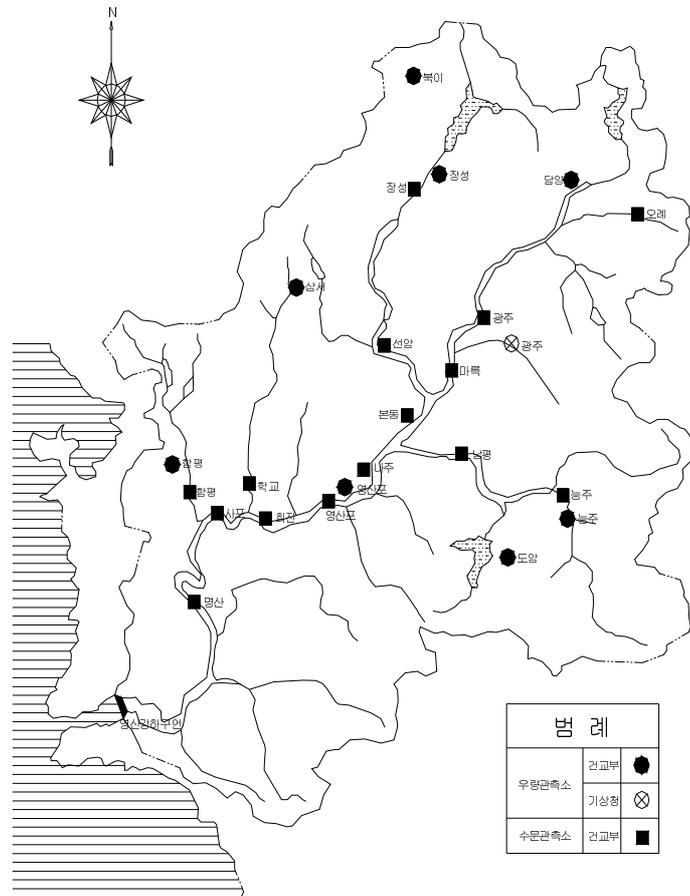
관측소	북 위 Lat.(N)	동 경 Long.(E)	해발고도 (EL.m)	풍속계높이 (m)	관 측 개시일	기상자료 보 유 년
광 주	35°10′	126°53′	70.3	17.5	1939.5.1	29
목 포	34°47′	126°23′	53.4	15.8	1904.4.1	29
해 남	34°33′	126°34′	22.1	10.0	1971.1.1	29
무 안	35°06′	126°17′	23.3	10.0	1993.1.1	7

자료 : 기상청, 기상연보, 1999. 기상자료 보유년은 종합기상자료 대상임.

- 영산강홍수통제소에서는 유역 전체를 망라하는 홍수조절 및 치수계획 수립을 위하여 TM/TC 수문·기상 관측망을 운용하여 홍수 예·경보업무에 활용되고 있으며, 영산강홍수통제소에서 관할하는 TM 우량관측소는 14개소이며 4개의 자기관측소 자료가 보조 자료로 활용(<표 D-3> 및 <그림 D-1> 참조)

<표 D-3> 영산강 홍수통제소 관할 기상 관측망

관측소명	종 별	위 치	관측개시일	비 고	
북이	T/M	전남 장성 북이 백암 성부마을	1962. 7	'92.4 자기→TM화	
장성댐	"	전남 장성(읍) 용강 장성댐	1992. 4		
담양댐	"	전남 담양 금성 대성 담양댐	1992. 4		
삼서	"	전남 장성 삼서 대곡 삼서면사무소	1961. 8		
광주댐	"	전남 담양 고서 분향	1992. 4		
광주	"	광주 남구 서2 대성초등교	1992. 4		
무등산	"	광주 동구 용연 제 2중계소	1992. 4		
동곡	"	광주 광산구 하산 동곡초등교	1992. 4		
함평	"	전남 함평(읍) 기강 기산초등교	1992. 4		
능주 2	"	전남 화순 도곡 평	1994. 7		'96.12. 이설
나주댐	"	전남 나주 다도 판촌 나주댐	1992. 4		
봉황	"	전남 나주 봉황 덕림 봉황초등교	1992. 4		
도포	"	전남 영암 도포 구학 도포중학교	1992. 4		
하구언	"	전남 영암 삼호 나불 하구둑	1992. 4		
영산포	자기	전남 나주 이창 영산포여중	1911. 6		
도암	"	전남 화순 도암 면사무소	1916. 6		
이양	"	전남 화순 이양 이양초등교	1995.12		
장성	"	전남 장성 성산 농촌지도소	1916. 6		



<그림 D-1> 영산강 유역내 수문·기상 관측망도

## 다. 수위자료 수집

### 1) 수위관측소 현황

- 영산강유역의 수위관측소는 18개소의 T/M망과 2개소의 일반 자기관측소가 있으며, 18개 자기관측소 중 본류에 9개소가 있으며 황룡강 등의 지류에 8개소가 설치

<표 D-4> 영산강 유역의 수위관측소 현황

관측소명	종별	위치	수계	수준거표(EL.m)	영점표고(EL.m)	관측개시일
담양댐	T/M	담양군 금성면 대성리 담양댐	본류	125.304	2.165	'92.4
장성댐	"	장성군 장성읍 용강리 장성댐	황룡강	94.285	2.340	'92.4
장성	"	장성군 황룡면 월평리 제2황룡교	황룡강	44.469	36.588	'62.7
광주	"	광주시 북구 용전동 용산교	본류	29.696	20.673	'92.4
광주댐	"	담양군 고서면 분향리 광주댐	증압천	78.585	2.152	'92.4
선암	"	광주시 광산구 도산동 장록교	본류	18.804	10.445	'15.1
마룩	"	광주시 광산구 마룩동 극락교	본류	18.893	7.811	'16.1
본동	"	광주시 광산구 본덕동	본류	12.369	4.839	'16.1
남평	"	나주시 남평읍 수원리 남평교	지석천	19.250	12.268	'18.4
나주	"	나주시 남산동 나주교	본류	14.040	1.312	'15.9
학교	"	함평군 학교면 고막리 고막교	고막원천	7.158	0.731	'92.4
함평	"	함평군 엄다면 학야리 학야교	함평천	7.248	0.721	'92.4
영산포	"	나주시 영산동 영산대교	본류	12.275	-0.718	'15.9
능주	"	화순군 능주면 천덕리 능주교	지석천	39.860	32.419	'62.7
사포	"	함평군 학교면 곡창리 동강대교	본류	2.537	-3.238	'62.1
나주댐	"	나주시 다도면 관촌리 나주댐	지석천	64.726	1.902	'92.4
명산	"	무안군 몽탄면 명산리 몽탄취수장	본류	2.397	-2.928	'92.4
하구둑	"	영암군 삼호면 나불리 방조제	본류	-	0.000	'92.4
오레	자기	담양군 무정면 봉안리 덕룡교	황룡강	56.083	50.888	'69.5
회진	"	나주시 다시면 신흥리	본류	5.871	-1.732	'17.6

자료 : 건설교통부, 수문조사연보.

### 2) 자료의 수집

- 영산강IV단계의 용수수요량을 산정하고 이러한 용수수요를 충족할 수 있는지를 판단하기 위한 영산호의 물수지 분석에 필요한 수위자료를 주로 수집하였으며, 영산호의 유입량은 나주수위표의 실측수위자료를 이용하여 산정하며, 나주4 지점의 일평균 수위자료는 나주지점의 수위-유량곡선식을 이용하여 유출량으로 환산
- 나주지점의 1990년부터 1998년까지의 일평균 수위자료와 홍수시의 영산호와 영산강의 수위변화를 파악하기 위하여 홍수시의 주요 수위표 지점의 시간별 수위자료 수집

### 3) 수위-유량곡선식

- 영산호 유입량은 나주지점의 실측유출량 자료를 이용하여 산정하게 되므로 나주 지점의 수위-유량관계식을 수집(<표 D-5> 참조)

<표 D-5> 영산강 주요 지점 수위-유량곡선식

관측소명	년도	적용범위	수위-유량곡선식	비 고
나 주	1993	1.29 < H ≤ 2.09	$Q = 54.194 (H - 0.682)^3$	
		2.09 < H ≤ 5.58	$Q = 39.070H^2 + 20.311H - 48.709$	
	1996	0.90 < H ≤ 1.95	$Q = 43.240 (H - 0.397)^3$	
		1.95 < H ≤ 6.50	$Q = 45.629H^2 + 39.443H - 88.451$	
	1997	0.92 < H ≤ 2.00	$Q = 58.125 (H - 0.416)^{2.5}$	
		2.00 < H ≤ 7.65	$Q = 42.189H^2 + 90.449H - 166.105$	
	1998	1.08 < H ≤ 2.00	$Q = 52.499 (H - 0.380)^{2.546}$	
		2.00 < H ≤ 8.75	$Q = 25.296 (H + 0.430)^{2.298}$	
	2003	0.33 ≤ H ≤ 5.97	$Q = 69.27072 (H + 0.10995)^{1.94169}$	
	2004	0.33 ≤ H ≤ 5.97	$Q = 69.27027 (H + 0.10995)^{1.94189}$	
		0.32 ≤ H ≤ 10.2	$Q = 73.16940 (H + 0.0653)^{2.0049}$	
	2006	0.40 ≤ H ≤ 3.22	$Q = 83.061 (H - 0.04)^{2.004}$	
3.22 ≤ H ≤ 4.53		$Q = 162.875 (H - 0.48)^{1.632}$		
4.53 ≤ H ≤ 5.64		$Q = 115.204 (H - 0.86)^{2.022}$		
영산포	1997	0.70 < H ≤ 2.00	$Q = 73.358H^2 - 46.852H + 5.259$	
		2.00 < H ≤ 8.09	$Q = 158.917 (H - 0.815)^{1.5}$	
	1998	0.89 ≤ H ≤ 2.00	$Q = 93.814 (H - 0.463)^2$	
		2.00 ≤ H ≤ 10.7	$Q = 66.998 (H - 0.050)^{1.812}$	
	2006	1.20 ≤ H ≤ 2.32	$Q = 81.846 (H - 0.68)^{1.825}$	
		2.32 < H ≤ 4.22	$Q = 53.211 (H - 0.18)^{1.749}$	
		1.73 ≤ H ≤ 2.32	$Q = 117.761 (H - 1.22)^{1.796}$	
		2.32 < H ≤ 4.22	$Q = 78.343 (H - 0.92)^{1.722}$	
4.22 < H ≤ 7.07	$Q = 27.313 (H - 0.26)^{2.259}$			
사 포	1991	1.40 < H ≤ 4.60	$Q = 53.043 (H + 0.220)^{2.4459}$	
회 진	1991	H ≥ 4.00	$Q = 16.50 H^{2.480}$	

자료 : 한강통수홍제소 외, 2006년도 한국수문조사년보, 2006.

### 라. 조위자료 수집

- 금회 분석에서는 인근에 목포 검조소가 있고 기왕에 영산강IV단계 간척사업을 위하여 많은 해상조사를 실시하였으므로 이러한 자료를 이용하여 수문분석을 실시할 계획이었으므로 직접적인 조위관측은 실시하지 않았음

- 남서해안의 기준 검조소는 목포항 검조소이므로 해양조사원으로부터 '97년도 및 '98년도의 시간별 조위자료를 수집하였으며, 금회 침수분석에 적용한 설계 기준 조위는 8월과 11월의 조위중 대조와 소조별로 가장 높은 조고와 가장 낮은 조고를 중심으로 72시간의 자료를 선택하여 적용

**마. 용수이용 및 수요조사**

**1) 농업용수**

- 영산강Ⅱ단계 사업에 의하여 조성된 영산호는 2억5천만톤의 용수원을 확보 인근 20,700ha에 관개용수와 생·공업용수를 공급함과 아울러 Ⅲ단계에 보충용수를 공급

<표 D-6> 영산강 Ⅱ,Ⅲ단계 개발면적 현황 (단위 : ha)

구 분	영산호	영암호	금호호	비 고
개발면적	20,700	13,160	7,840	
- 간척지	5,500	7,960	4,540	
- 배후지	15,200	5,200	3,300	

자료 : 농업기반공사, 영산, 영암, 금호호 관리연보, 1999.

- 영산호에서 직접 취수하는 주요 양수장을 조사한 결과 영산호에서 직접 취수하는 대규모 양수장은 모두 8개소로 총 관개 대상면적은 16,600ha이며 총 양수량은 46m<sup>3</sup>/s(<표 D-7> 참조)

<표 D-7> 영산호 직접취수 주요 양수장 현황

명 칭	위 치	수 해 면 적 (ha)	제 원					
			양수량 (m <sup>3</sup> /s)	양정 (m)	펌 프		전동기	
					구경 (mm)	대수	마력 (HP)	대수
산호	영암·삼호·산호	1,536.0	2.872	15.85	700	3	350	3
동호	영암·삼호·동호	759.0	1.270	13.98	500	2	200	2
서호	영암·서호·태백	2,875.0	4.818	28.86	800	4	800	4
시종	영암·시종·옥야	6,991.0	11.442	14.80	1,100 600	4 2	725 225	4 2
몽탄	무안·몽탄·봉산	711.6	1.042	20.10	900	2	225	2
명산	무안·몽탄·명산	899.0	1.708	10.986	650	2	225	2
청호	무안·일로·청호	1,540.0	2.927	13.38	850	2	425	2
동강	나주·동강·장동	1,294.0	19.980	4.75	400	3	50	3
소계		16,605.6	46.059					

## 2) 생·공용수

- 영산호 물수지에 향후 용수수요 및 그 동안의 여건변화를 고려하기 위하여 관련 기관을 방문하여 영산호 및 영암·금호호의 생·공업용수수요와 공급현황자료를 파악하여, 조사, 수집된 자료를 바탕으로 기본계획시의 생·공업용수의 공급계획을 검토하여 물수지 분석에 적용
- 현재 목포시의 상수도시설은 대동댐 계통과 주암댐 계통 광역상수도로 구분할 수 있으며 대동댐 계통은 석현정수장에서 시설용량 25,000m<sup>3</sup>/일(1981년 10월 준공)이며, 주암댐계통은 몽탄정수장에서 시설용량은 120,000m<sup>3</sup>/일로서 1987년 7에 준공되어 목포시의 총상수도 공급능력은 145,000m<sup>3</sup>/일로서 당초 영산호에서 공급하였던 시설용량 132,000m<sup>3</sup>/일을 상회
- 그러나 장래 목포시의 수도정비기본계획(1999년 12월)에 따르면 상수도 수요량을 추정한 결과 현재보다 수요량이 크게 증가할 것으로 예상되었으며 이에 따라 향후 2016년 이후에는 다시 일부 부족수량을 영산호에서 다시 취수할 계획이며, 목포시의 상수도 공급 및 단계별 용수공급계획을 정리(<표 D-8> 참조)

<표 D-8> 목포시 상수도 공급 및 시설계획

구 분	1998년	2001년	2006년	2011년	2016년
상 수 도 수 요 량	144,000m <sup>3</sup> /일	153,600m <sup>3</sup> /일	215,500m <sup>3</sup> /일	242,600m <sup>3</sup> /일	263,000m <sup>3</sup> /일
과 부 족	-	(+)1,400m <sup>3</sup> /일	(+)500m <sup>3</sup> /일	(-)1,100m <sup>3</sup> /일	
정 비 및 확장계획	-	대동계계통개량 10,000m <sup>3</sup> /일	탐진댐1단계 61,000m <sup>3</sup> /일	탐진댐2단계 25,500m <sup>3</sup> /일	영산강여과수 21,500m <sup>3</sup> /일
총 시 설 계획용량	145,000m <sup>3</sup> /일	155,000m <sup>3</sup> /일	216,000m <sup>3</sup> /일	241,500m <sup>3</sup> /일	263,000m <sup>3</sup> /일

자료 : 목포시, 목포시 수도정비기본계획보고서, 1999.

- 대불산업단지의 용수원은 영산호이며 시설계획 용량은 115천m<sup>3</sup>(<표 D-9> 참조)

<표 D-9> 대불산업단지 용수이용계획 및 시설현황

구 분	상수도 정·배수장			하수종말처리장		
	공업용수	생활용수	소 계	1단계	2·3단계	소 계
설계내역	66천m <sup>3</sup>	49천m <sup>3</sup>	115천m <sup>3</sup>	56천m <sup>3</sup>	56천m <sup>3</sup>	112천m <sup>3</sup>

자료 : 대불산단지설관리사업소, 대불산단지설관리사업소 업무현황, 2000.

- 2011년도 목포·서영암 도시기본계획에서는 목포권 및 서영암권의 용수수요량을 생활용수 482천m<sup>3</sup>/일, 공업용수 278.4천m<sup>3</sup>/일으로 예상(<표 D-10> 참조)

<표 D-10> 목포·서영암 생·공업용수요 추정 (단위 : 천m<sup>3</sup>/일)

구 분		1996	2001	2006	2011	비 고
생활용수	목 포	155	183	245	313	
	서 영 암	14	54	143	169	
	소 계	169	237	388	482	
공업용수	대불산업단지	104.7	104.7	104.7	104.7	
	삼호지방산업단지	12.1	12.1	12.1	12.1	
	삼호지방산업단지(확장)		4.1	4.1	4.1	
	영암국가산업단지		144.0	144.0	144.0	
	기타 공업용수		7.5	13.5	13.5	
	소 계	116.8	128.4	278.4	278.4	

자료 : 목포시·영암군, 2011년 목포·서영암 도시기본계획, 1997.

- 목포·서영암 기본계획에서 생활용수는 주암댐 및 탐진댐 계통에서 공급하지만 공업용수 공급계획은 영산호이며 255.7천m<sup>3</sup>/일(<표 D-11> 참조)

<표 D-11> 목포·서영암 공업용수 수요추정 (단위 : 천m<sup>3</sup>/일)

구 분	1996	2001	2006	2011	비 고
공업용수 공급계획	117.0	255.7	280.7	280.7	
- 영산호 공급계획	117.0	255.7	255.7	255.7	
- 탐진댐 공급계획	-	-	25.0	25.0	

자료 : 목포시·영암군, 2011년 목포·서영암 도시기본계획, 1997.

- 전라남도의 장래용수수급계획은 총 계획량 2,258천m<sup>3</sup>/일(생활 992천m<sup>3</sup>/일, 공업 1,336천m<sup>3</sup>/일) 중 주암댐 등에서 1,155천m<sup>3</sup>/일(생활 498천m<sup>3</sup>/일, 공업 657천m<sup>3</sup>/일)을 공급하고 나머지는 추진중이거나 신규 용수원을 개발하여 공급(<표 D-12> 참조)

<표 D-12> 전남도의 향후 용수공급계획 (단위 : 천m<sup>3</sup>/일)

구 분	추진중		장래계획	
	탐진댐	평림댐	적성·오레댐	영산호계통
총공급량	183백만m <sup>3</sup> /년	-	100백만m <sup>3</sup> /년	-
일공급량	350천m <sup>3</sup> /일	30천m <sup>3</sup> /일	200천m <sup>3</sup> /일	200천m <sup>3</sup> /일
공급내역	전남권 및 광주권 생활용수	장성·영광·함평 생활용수	담양·광주·순창 생활용수	삼호·영암공단

자료 : 전남도청 수질보전과, 상수도 주요 업무현황, 2000.

- 이상의 영산호와 관련된 용수수급 상위계획자료를 수집하여 분석한 결과 영산강 유역의 늘어나는 용수수요량을 충당하기 위하여 생활용수를 제외한 공업용수의 많은 부분은 영산호에서 공급하는 것이 불가피할 것으로 판단되며 그 수요량은 300천m<sup>3</sup>/일 이상으로 추정

### D.1.3 용수수요량 산정

#### 가. 용수공급 기본계획

##### 1) 사업개요

- 영산강IV단계 사업 기본계획중인 IV단계 구역내 관개대상면적은 16,730ha로서 그 중 논이 10,040ha, 밭이 6,690ha이며, 용수공급을 위한 기본계획에서는 관개 구역을 기설유수지 및 조절지를 중심으로 4개 용수권역으로 구분 용수를 공급
- 영산강IV단계 구역의 용수공급을 위한 시설로는 양수장과 조절지, 도수로와 용수로가 있으며 물관리 자동화 시설도 포함되며, 양수장은 영산호 및 조절지를 수원 공으로 사용(<표 D-13> 참조)

<표 D-13> 용수공급을 위한 주요시설물 계획

구 분	양수장	용 수 로				물관리 자동화 시설
		도수로	간 선	지 선	소계	
사업내역	10개소	2조 11km	11조 115km	401조 361km	414조 487km	1식

##### 2) 관개권역 분할 및 용수공급계획

- 관개개선사업은 IV단계 구역내 자체 소류지 및 유수지의 용수공급능력을 검토하여 자체용수공급능력을 제외한 부족수량을 영산호에서 양수하여 공급하는 것으로 관개개선사업을 위한 기본계획에서는 영산강IV단계 구역을 5개의 관개권역으로 구분하여 관개 및 용수이용계획을 수립(<표 D-14> 참조)

<표 D-14> 관개권역의 분할

번 호	관개권역	유수지명	개발면적(ha)		
			계	답	전
계	5개 권역		16,730	10,043	6,690
1	무안	도산지	32	32	-
2	현경·청계	창포·복길	3,498	2,111	1,387
3	운남·압해	도산·구일	4,123	2,075	2,048
4	해제·지도	금산·산길	6,194	3,986	2,208
5	함평·영암	목교·월암	2,883	1,836	1,047

- 받기반정비사업은 받기반 정비와 함께 관개용수를 공급하기 위한 여러 가지 시설물의 설치를 포함하게 되며 용수이용형태는 기설소류지의 지표수 이용, 신설 Farm pond의 지표수 이용, 지하관정에 의한 지하수 이용으로 구분(<표 D-15> 참조)

<표 D-15> 관개유형별 받기반정비 개발면적 현황

관개권역	지구수 (개소)	개발면적 (ha)	관 개 형 태(개소/ha)			
			기설소류지	기설유수지	신설 F/P	신설관정
소 계	216	6,690	62/3,573	5/138	11/924	138/2,055
현경·청계	33	1,387	9/754	1/38	4/357	19/238
운남·압해	36	2,048	15/1,399	2/78	3/297	16/274
해제·지도	107	2,208	24/1,054	2/22	2/94	79/1,038
함평·영암	40	1,047	14/366	-	2/176	24/505

### 3) 양수장 및 용수로계획

- 관개권역별로 양수장과 수원공의 관개면적은 <표 D-16>과 같으며, 영산호와 조절지를 수원공으로 하는 양수장은 모두 10개소이며 무안양수장의 경우는 시설 계획상의 문제점 및 관리의 효율을 목적으로 2개소로 분리 설치될 계획

<표 D-16> 관개권역별 양수장 시설계획

양수장명	권역	수원명	관개면적 (ha)	양수량 (m³/s)	제원			전양정 (m)
					동력 (kw)	펌프 (Φmm)	대수 (대)	
무안(1단)	현경, 청계 해제, 지도	영산호	6,100	12.25	9,600	900	8	63.90
함평(1단)	함평, 영암 운남, 압해	영산호	6,100	12.25	9,600	900	8	63.90
현경(2단)	해제, 지도 함평, 영암 운남, 압해	도산지	11,096	22.87	8,250	900	15	27.70
창포	현경, 청계	창포호	고:1,315 저: 676	2.21 1.89	2,200 500	800 700	2 2	77.30 19.60
복길	현경, 청계	복길호	268	0.75	180	600	2	8.30
구일	운남, 압해	구일호	1,604	3.22	3,000	600	5	70.80
금산	해제, 지도	금산호	고:1,967 저: 253	3.62 0.71	3,300 100	600 600	5 1	69.80 10.90
산길	해제, 지도	산길호	고:1,336 저:1,523	3.32 4.26	2,550 1,110	800 900	3 3	60.10 20.20
목교(3단)	함평, 영암	목교지	1,222	2.95	3,000	600	5	76.90
월암(4단)	함평, 영암	월암지	101	0.28	180	300	2	33.50

- 각 구역으로 용수공급을 위한 도수로 및 용수간선은 모두 양수장과 조절지를 연결하는 기능을 수행하고 있으며 무안도수로의 경우 총 관개급수 면적이 12,200ha이며 중간에서 분기 창포유수지로 유입되는 창포도수로는 1,072ha 관개(<표 D-17> 참조)

<표 D-17> 도수로 및 용수로 시설계획

권역	양수장명	수로명	관개면적(ha)			제원	
			계	답	전	연장(m)	유량(m <sup>3</sup> /s)
계		13조				126,535	
무안	무안 합평	무안도수로	12,200	7,617	4,583	9,284	24.502
		창포도수로	1,072	375	697	2,067	1.537
현경·청계	창포	현경간선	766	283	483	5,270	1.128
		청계간선	1,316	619	697	7,722	2.216
운남·압해	현경	운남간선	3,734	1,968	1,766	17,570	6.739
	구일	압해간선	1,607	1,003	604	9,182	3.220
해제·지도	현경	해제간선	4,963	3,385	1,578	21,596	10.567
	금산	금산1간선	2,221	1,324	897	10,256	4.330
		금산2간선	403	191	212	2,212	0.683
산길	산길간선	2,459	2,263	196	11,542	3.324	
합평·영암	현경	합평간선	2,399	1,857	542	12,644	5.571
	목교	손불간선	1,222	999	223	14,402	2.950
	월암	월산간선	102	102	-	2,788	0.285

### 나. 관개 필요수량 산정

- 관개 필요수량은 HOMWRS 모형을 이용 산정하고 그 특성을 분석하였고, 영산강 구역내 필요수량은 목포 기상관측소의 1973~1999년 기상자료를 적용

#### 1) 논 관개 필요수량

- 관개기간중 필요수량은 27개년 평균 911.6mm이며, 관개기간중 총 수요량은 1,300.8mm이며 이중 유효유량은 529.9mm, 순관개수량 774.9mm로 분석되었으며, 관개기간중의 총강우량은 742.1mm로서 강우중 유효율은 71.4%
- 각 연도별 연관개필요수량을 시계열자료로 Gumbel-Chow법에 의해 확률처리하여 한발 빈도년별 필요수량을 산정(<표 D-18> 참조)

<표 D-18> 가뭄 빈도년별 관개필요수량

(단위 : mm)

빈도년	평균	2년	3년	5년	7년	10년	20년	비고
용수수요량	1300.8	1290.9	1316.9	1346.6	1364.9	1383.9	1419.7	
관개필요수량	911.6	882.1	960.3	1,049.5	1,104.9	1,161.8	1,269.6	

- 영산강IV단계구역의 총 관개대상면적 10,040ha에 대한 각 가뭄빈도별 용수수요량 및 관개수요량을 산정(<표 D-19> 참조)

<표 D-19> 영산강IV단계구역 용수수요량 및 관개 필요수량 (단위 : 만m<sup>3</sup>)

빈도년	평년	2년	3년	5년	7년	10년	20년
용수수요량	13,060.0	12,960.6	13,221.7	13,518.9	13,703.6	13,894.4	14,253.8
관개필요수량	9,152.5	8,856.3	9,641.4	10,537.0	11,093.2	11,664.5	12,746.8

- 영산강IV단계 구역의 총 논 관개대상면적 **10,040ha**에 대한 평년의 용수수요량은 **129백만m<sup>3</sup>정도**이며 강우에 의한 간접 관개수량을 제외하고 **실제 관개**하여야 할 수량은 **89백만m<sup>3</sup>정도로** 평가

## 2) 밭 관개 필요수량

- 밭 관개 필요수량은 최근에 급격한 재배면적이 증가하는 밭벼와 무안·함평군 일원의 중요한 밭작물로 작부시기가 비슷하고 생육 및 재배환경이 거의 일치한 마늘·양파 그리고 밭벼 외에 여름 밭작물로 **참깨와 고추** 등도 재배되므로 이들 작물에 대한 관개 필요수량을 산정
- 각 밭작물의 작부시기는 FAO의 'Crop Evapotranspiration, Irrigation and Drainage Paper, Vol. 56' 보고서와 현장조사자료 및 '농어촌용수이용 합리화계획 자료정보 데이터베이스 구축 연구(I)(1991, 농림수산부)' 등의 자료를 참고하여 적용(<표 D-20> 참조)

<표 D-20> 밭 작물의 작부시기 적용

구분	전 작(여름작물)			후작(가을작물)
	고추	밭벼	참깨	마늘(양파)
작부시기	5/11 ~ 9/30	5/1 ~ 9/30	5/21 ~ 9/20	10/11 ~ 6/30

- 각 작물의 관개효율은 '농업생산기반정비사업계획설계기준 관개편(농림부, 1998)'을 참고하여 85%로 적용하였으며 총신속유효수분량(TRAM)값은 대상구역의 전체 가중평균값인 39.2mm를 적용
- 밭작물의 관개기간중 27년간의 년평균 관개필요수량은 밭벼 268.6mm, 마늘·양파 148.7mm, 참깨 137.8mm, 고추 150.2mm(<표 D-21> 참조)

<표 D-21> 밭작물의 연평균 관개필요수량 산정요약 (단위 : mm)

작 물 명	소비수량	강우량	유효우량	순용수량	조용수량	비고
밭 벼	585.2	756.9	356.9	228.3	268.6	
마늘·양파	385.0	459.8	258.6	126.4	148.7	
참 깨	381.4	659.3	264.3	117.1	137.8	
고 추	420.8	724.0	293.2	127.6	150.2	

○ 각 빈도별 년 관개필요수량을 시계열자료로 Gumbel-Chow법에 의해 확률처리하여 한밭 빈도년별 관개 필요수량을 산정(<표 D-22> 참조)

<표 D-22> 빈도별 밭 관개필요수량 (단위 : mm)

구 분		평균	2년	3년	5년	7년	10년	20년
밭벼	용수수요량	585.2	577.4	598.1	621.6	636.2	651.2	679.7
	관개필요수량	268.6	253.6	293.3	338.6	366.7	395.6	450.3
마늘 양파	용수수요량	385.0	381.3	391.0	402.1	408.9	416.0	429.4
	관개필요수량	148.7	139.1	164.4	193.3	211.3	229.7	264.6

○ 영산강IV단계 구역의 밭 관개대상 면적 6,690ha에 대한 평년의 총 용수수요량은 6,491만m<sup>3</sup>, 관개 필요수량은 3,571만m<sup>3</sup>으로 분석(<표 D-23> 참조)

<표 D-23> 영산강IV단계구역 밭 용수수요량 및 관개 필요수량 (단위 : 만m<sup>3</sup>)

구 분		평 년	2년	3년	5년	7년	10년	20년
밭벼	용수수요량	3915.0	3862.8	4001.3	4158.5	4256.2	4356.5	4547.2
	관개필요수량	1796.9	1696.6	1962.2	2265.2	2453.2	2646.6	3012.5
마늘 양파	용수수요량	2575.7	2550.9	2615.8	2690.0	2735.5	2783.0	2872.7
	관개필요수량	994.8	930.6	1099.8	1293.2	1413.6	1536.7	1770.2
소계	용수수요량	6490.6	6413.7	6617.1	6848.6	6991.7	7139.6	7419.9
	관개필요수량	3570.5	3481.5	3715.6	3983.2	4149.1	4319.7	4642.9

○ 영산강IV단계 전체 관개대상구역 면적은 논 10,040ha, 밭 6,690ha로 합계 16,730ha에 대한 용수수요량과 관개필요수량(<표 D-24> 참조)

<표 D-24> 영산강IV 단계 구역 총 용수수요량 및 관개 필요수량 (단위 : 만m<sup>3</sup>)

빈 도 년	평 년	2년	3년	5년	7년	10년	20년
용 수 수요량	19,550.6	19,374.3	19,838.8	20,367.5	20,695.3	21,034.0	21,673.7
관개필요수량	12,723.0	12,337.8	13,357.0	14,520.2	15,242.3	15,984.2	17,389.7

- 영산강IV단계 구역의 총 용수수요량은 년 평균 1.95억m<sup>3</sup> 정도로 평가할 수 있으며 이 중 강우에 의한 자연 관개수량을 제외한 시설물에서 관개하여야 할 수량은 1.27억m<sup>3</sup> 정도로 평가

**다. 자체 용수공급능력 검토**

**1) 개요**

- 영산강IV단계 구역의 용수공급을 위한 관개계획을 수립하기 위해서는 IV단계구역의 용수수요량과 구역내 수리시설물에서 공급 가능량 및 부족수량을 합리적으로 파악
- 총수요량 중 자연강우이용량을 제외한 관개 필요수량은 시설물에서 공급해주어야 할 수량이므로 IV단계 구역내 시설물에서 공급해주고도 부족한 수량은 영산호의 풍부한 수량을 이용하여 공급
- 영산호 공급수량을 판단하기 위해서는 자체 시설물의 공급능력을 먼저 판단하여야 하며, 각 시설물의 공급능력은 10년빈도 한발년에 관개 가능한 면적으로 판단할 수 있으며, 기설수리시설물의 저수용량이 10년빈도 한발년에 안정적으로 용수를 공급할 수 없는 대상면적에 대해서는 보충급수가 필요하게 되며 이 보충급수량의 합계가 영산호에서 공급해주어야 할 수량
- 영산호에서 공급해주어야 할 수량을 결정하는 방법은 간접적인 방법과 직접적인 방법으로 나눌 수 있는데, 간접적인 방법은 소류지별로 수리시설물 대장상의 내한능력 조사자료를 근거로 각 수리시설물의 한발빈도를 파악하고 필요수량 산정모형을 이용하여 단위면적당 관개필요수량을 곱하여 자체 공급능력을 산정하는 방법으로 이러한 방법은 내한능력 조사결과의 불확실성, 산정 방법상의 오차가 발생할 수 있으므로 가급적 피하는 것이 좋으며 수리시설물을 대상으로 직접 물수지를 수행함으로써 자체용수공급능력을 검토하는 것이 바람직하므로, 각 수리시설물에 대한 단독물수지와 연계물수지를 수행함으로써 자체 용수공급능력을 산정

**2) 물수지 분석**

- 각 시설물의 용수공급능력을 판단하기 위한 각 시설물의 총 개소수는 177개소

<표 D-25> 물수지 분석을 위한 기설수리시설물 현황

구 분	소 계	기설유수지	기설소류지		신설 F/P
			내용적 측량	유효저수량 이용	
개소수	177	5	11	150	13

- 수리시설물의 공급능력을 판단하기 위해 각 시설물의 특성에 맞는 물수지 모형을 개발하여 물수지 분석을 실시하였는데, 규모가 큰 유수지 및 내용적 측량을 실시한 소류지에 대해서는 기존에 개발된 HOMWRS 및 WWASS 모형을 보완 개발하여 적용하였으며, 150개 소류지에 대해서는 유효저수량 자료만을 이용 150개 소류지의 물수지를 동시에 수행할 수 있도록 프로그램을 개발 물수지 분석을 실시

**□ 대상시설물 및 제원**

<표 D-26> 주요 유수지 물수지 분석 제원

유수지명	유역면적 (ha)	수위(EL.m)		총저수량 (천m <sup>3</sup> )	유효저수량 (천m <sup>3</sup> )	관개면적(ha)	
		만수위	사수위			대상면적	회귀면적
창 포	6,000	-1.0	-2.8	8,070	4,924	1,298	1,226
복 길	3,800	-1.0	-2.7	1,802	1,095	1,095	-
구 일	1,070	-0.9	-1.8	693	291	945	488
금 산	1,350	-1.0	-2.6	2,122	1,020	1,333	394
산 길	2,700	-1.0	-2.4	6,497	2,879	2,255	1,424
소 계				19,184	10,209	6,926	3,532

- 상동서와 하동서 지구는 기설 유수지의 용량이 적어 수원공으로 소류지를 별도 계획한 양수소류지로서 금회 물수지 분석에 적용한 제원은 <표 D-27>과 같고, 나머지 내용적 측량을 실시한 소류지의 물수지 분석 제원은 <표 D-28>

<표 D-27> 양수유수지 물수지 분석 제원

저수지명		유역면적 (ha)	수위(EL.m)		총저수량 (천m <sup>3</sup> )	유효저수량(천m <sup>3</sup> )	비 고
			만수위	사수위			
상동서	답수호	275.0	-1.0	-2.5	147.8	84.9	
	유수지	-	4.7	-0.4	473.0	464.8	
하동서	답수호	285.0	1.0	-0.2	38.9	38.6	
	유수지	-	5.5	1.0	465.8	430.4	

<표 D-28> 주요 소류지 물수지 분석 제원

소류지명	유역면적 (ha)	수위(EL.m)		총저수량 (천m <sup>3</sup> )	유효저수량 (천m <sup>3</sup> )	비 고
		만수위	사수위			
현 경	415	2.8	1.8	106	66	
청 수	110	46.0	38.0	197	197	
양 곡	90	2.1	-0.2	129	128	
망 운	110	5.0	1.9	145	144	
도 산	130	39.8	35.7	120	117	
목 교	1,210	3.9	2.7	466	285	
산 남	270	10.2	5.4	437	426	
월 천	1,140	6.7	2.5	2,044	1,899	
개머리	30	7.7	2.9	162	159	
봉 동	210	4.6	2.5	582	461	
호 래	80	6.9	1.7	146	145	
소 계				4,534	4,027	

□ 시설물별 물수지 분석

- 각 시설물별로 물수지 분석을 실시하고 용수공급능력을 검토한 결과 어느 정도 규모가 큰 소류지에는 계획관개 대상면적에 비하여 소류지 공급능력이 대부분 10년빈도 이하로 충분한 용수공급능력이 없는 것으로 분석
- 5개 유수지에 대한 물수지 분석결과 총 관개대상면적 6,926ha에 10년빈도 용수공급 능력은 2,070ha에 지나지 않는 것으로 분석되었으며, 조절지 자체구역을 대상으로 할 경우 4,856ha에 대해서는 보충급수가 필요한 실정(<표 D-29> 참조)

<표 D-29> 주요 유수지의 물수지 분석 결과

유수지명	인가관개면적	전체관개대상면적	한발 빈도별 관개가능면적						관개부족면적
			2년	3년	5년	7년	10년	20년	
창포	1,076	1,298	1,260.0	1,125.0	1,020.0	970.0	920.0	855.0	378
복길	324	1,095	402.0	362.0	326.0	305.0	285.0	259.0	810
구일	10	945	142.0	134.0	127.0	122.0	115.0	113.0	830
금산	287	1,333	243.0	222.0	204.0	195.0	185.0	176.0	1,148
산길	1,090	2,255	760.0	687.0	624.0	594.0	565.0	529.0	1,690

- 시설 소류지에 대한 물수지 분석에서도 대부분의 소류지가 인가면적에 대해서도 안정적으로 용수를 공급할 수 없는 것으로 분석(<표 D-30> 참조)

<표 D-30> 주요 소류지별 물수지 분석 결과

소류지명	인가대상면적	전체관개대상면적	한발 빈도별 관개가능면적						관개부족면적
			2년	3년	5년	7년	10년	20년	
현경	33.3	36.89	24.0	21.0	18.0	17.0	15.0	14.0	21.89
청수	32.6	126.60	38.0	33.0	29.0	27.0	25.0	22.0	101.60
양곡	19.2	22.88	26.0	23.0	20.0	19.0	15.0	15.0	2.88
망운	37.8	56.49	30.0	25.0	22.0	21.0	20.0	18.0	36.49
도산	40.6	47.09	26.0	22.0	20.0	18.0	15.0	15.0	32.09
목교	89.2	-	96.0	86.0	75.0	71.0	65.0	58.0	29.20
산남	99.2	-	80.0	70.0	61.0	57.0	55.0	48.0	39.20
월천	351.7	-	358.0	313.0	273.0	253.0	235.0	211.0	55.00
개머리	32.0	62.61	18.0	17.0	16.0	15.0	10.0	10.0	47.61
봉동	79.9	96.99	84.0	73.0	63.0	59.0	50.0	48.0	41.99
호래	34.0	33.19	27.0	24.0	21.0	19.0	15.0	15.0	13.19

- 4개 권역으로 구분하여 실시한 150개 소류지에 대한 물수지 분석 결과 150개 소류지의 유역면적 합계는 7,343ha이며 유효저수량은 798만m<sup>3</sup>에 불과하며, 총 인가관개면적은 2,738ha, 실제 관개대상면적은 논 4,230ha, 밭 3,573ha에 달해 논 관개면적만을 대상으로 할 경우 물부족 면적은 2,948ha로 이 면적은 영산호로부터 보충수를 공급해주어야 할 관개면적(<표 D-31> 참조)

<표 D-31> 소류지 권역별 물수지 분석요약

권역명	소류지 유역면적	유효저수량	관개면적			물수지분석	
			논		밭	10년빈도	부족면적
			인가면적	계획면적	계획면적		
현경·청계	1,513.1	1422.5	461.9	759.8	754.7	190.7	569.1
운남·압해	902.0	1102.7	446.6	607.3	1398.6	232.3	375.0
해제·지도	1826.1	1706.5	787.1	1543.1	1053.8	262.5	1280.6
함평·영암	3,102.0	3746.4	1042.7	1319.6	365.7	596.1	723.5
소계	7,343.2	7,978.1	2,738.3	4,229.8	3,572.8	1,281.6	2,948.2

**라. 자체용수공급능력 평가**

- 영산강IV단계 구역의 총 관개대상면적 16,730ha에서 10년 빈도 이상의 안정적인 용수공급이 가능한 관개면적을 제외한 영산호에서 관개하여할 관개 대상면적은 신규 관개대상면적을 포함 7,617ha
- 영산호에서 직접 보충 급수하여야 할 용수수요량은 앞의 한발빈도별 용수수요량 및 관개 필요수량에 환산관개면적을 곱하여 산정한 것으로 개략적인 영산호의 직접 용수공급을 추정하면 <표 D-32>와 같고, 영산강IV단계 구역의 총 용수공급 면적 10,040ha에서 구역내 수리시설에서 공급가능한 2,423ha를 제외한 7,617ha에 대한 관개 필요수량은 10년 한발 빈도시 88백만m<sup>3</sup>으로 추정

<표 D-32> 영산강IV단계구역 용수수요량 및 관개 필요수량 (단위 : 만m<sup>3</sup>)

빈도년	평년	2년	3년	5년	7년	10년	20년
용수수요량	9,908.2	9,832.8	10,030.8	10,257.1	10,396.4	10,541.0	10,813.9
관개필요수량	6,943.6	6,718.9	7,314.6	7,994.0	8,416.0	8,849.4	9,670.5

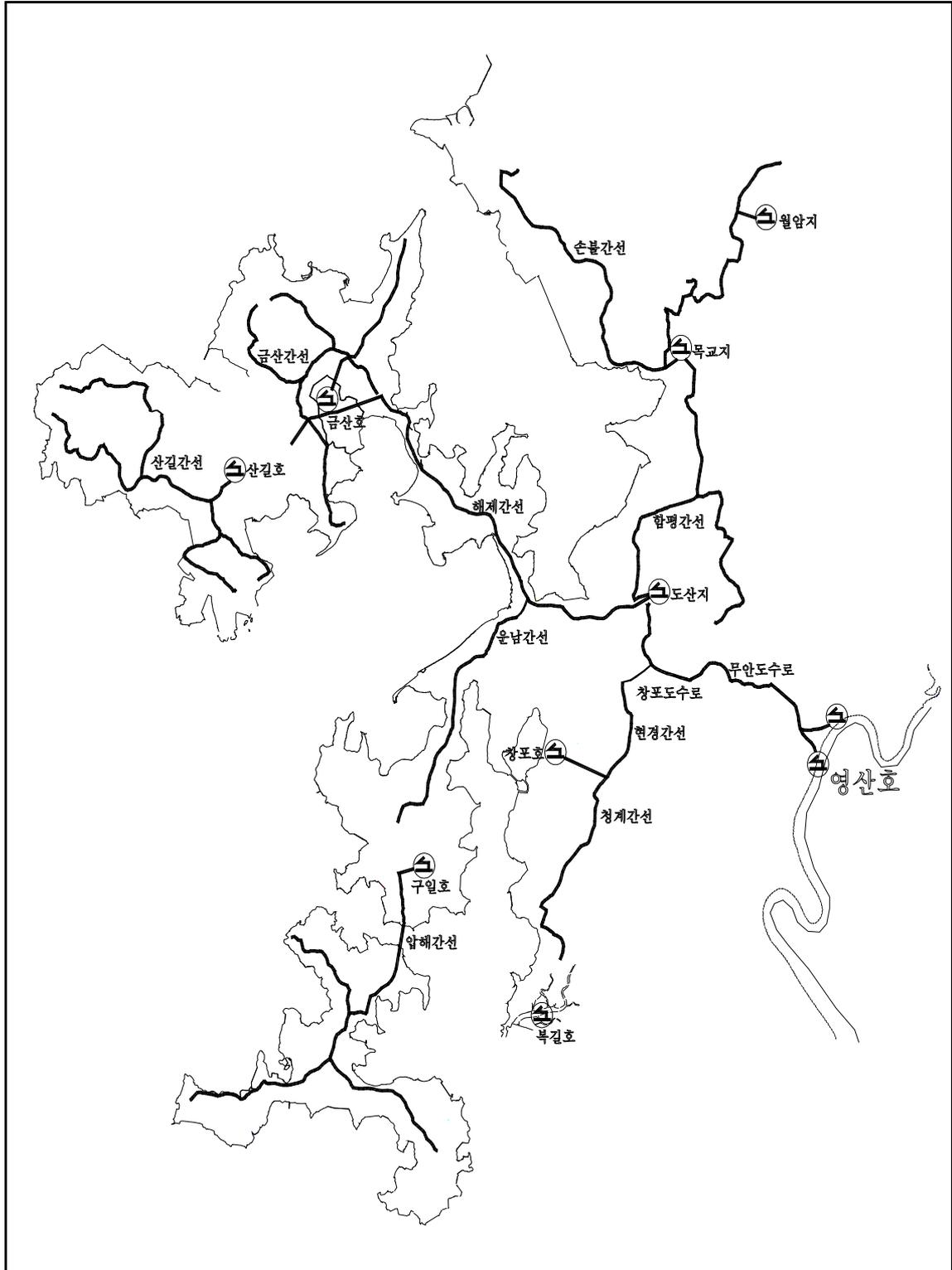
## 마. 연계 물수지에 의한 용수수요량 산정

### 1) 개요

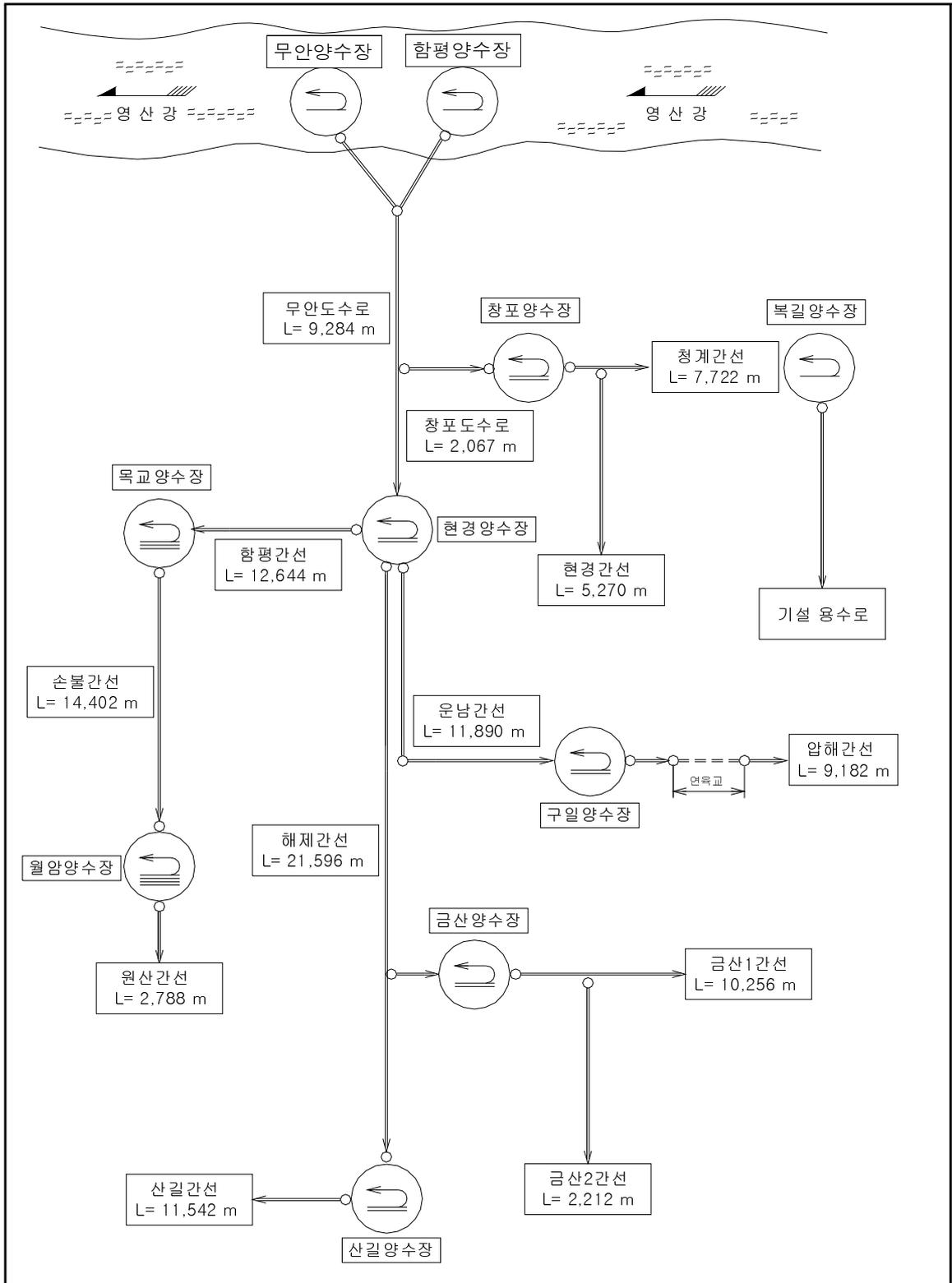
- 구역내 각 조절지와 소류지간의 부족수량은 용수구역내의 가용수자원량을 효율적으로 이용할 수 있도록 자체 구역내의 잉여용수에 대한 합리적인 배분을 먼저 고려하여 영산강 IV단계 구역내의 총 용수수급 및 배분량을 먼저 계산한 후 부족수량에 대해서 외부에서 공급해주는 것이 합리적인 용수 계획
- 이와 같은 점을 고려하여 영산강IV단계 농업용수개발구역에 대한 용수수요량을 산정하기 위하여 동 구역내의 각 수리시설물과 관개용수 공급망을 망라하여 임의 지점 및 시설물에서 용수수요와 공급량을 해석할 수 있도록 연계용수수요량 산정모형을 개발
- 영산강IV단계 구역의 용수수요량은 관개망을 통하여 연계되는 영산강 IV단계 구역내의 5개 조절지와 170여개 소류지를 연계하여 이들 시설물간의 물수지 분석과 용수배분관계를 모식화하고, 개발된 연계용수수요량 산정모형을 이용하여 연계 물수지 분석을 실시하여 산정(<그림 D-2> 참조)

### 2) 영산강 IV단계 용수공급계획

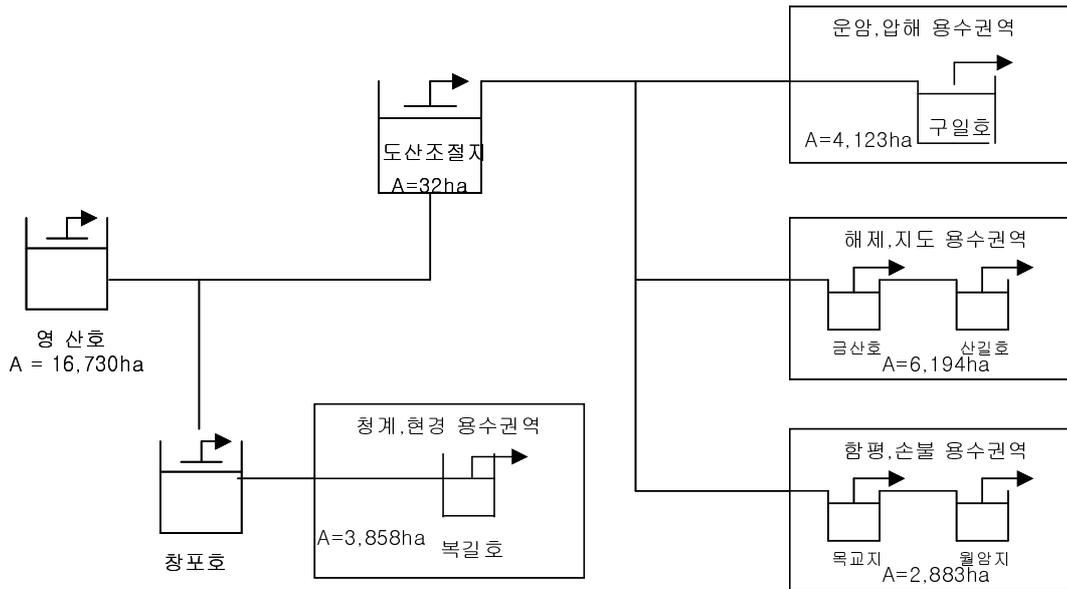
- 영산호에서 취수된 관개용수는 무안도수로를 따라 도산조절지에 유입하게 되며 도산조절지에서는 함평간선, 운남간선, 해제간선을 따라 각각 목교지, 구일호, 금산 및 산길호에 관개용수를 공급, 무안도수로에서 분기된 창포도수로는 창포호에 부족수량을 공급한 후 청계간선을 따라 복길호에 이름
- 영산강IV단계 구역의 양수장 및 용수로의 연결망 및 용수공급계통을 간략화하여 나타내면 <그림 D-3>과 같고, 영산호를 취수원으로 하는 무안·함평 양수장에서 취수된 관개용수는 도산조절지의 현경양수장을 통하여 배분되며 각 조절지에 설치된 목교, 구일, 금산, 산길양수장 등을 통하여 실제 급수구역에 용수공급
- 영산강IV단계 농업용수개발사업은 용수공급을 위한 용수로와 양수장을 시설하는 것이 주요 사업이며, 용수수급조절을 위하여 주요 조절지를 중심으로 용수권역을 구분하였는데, 도산조절지를 제외하면 4개권역으로 구분(<그림 D-4> 참조)



<그림 D-2> 영산강IV단계구역 용수공급계획도



<그림 D-3> 영산강IV단계 구역 용수로 및 양수장 계획도

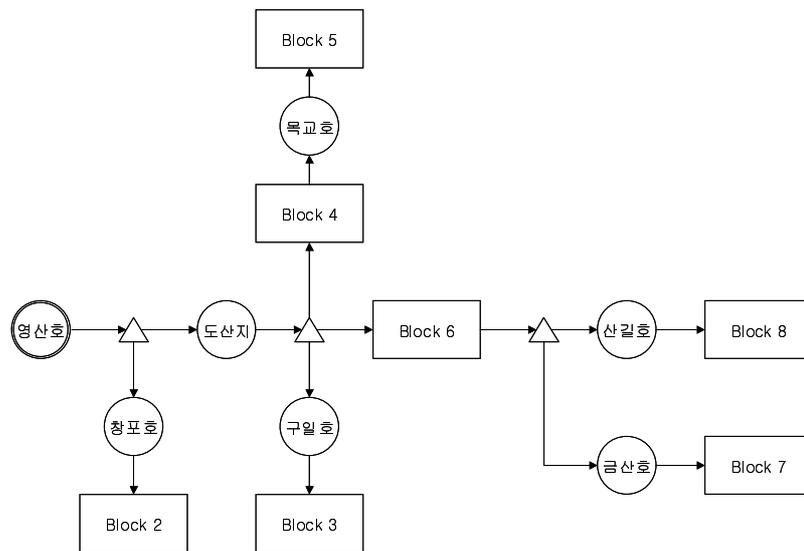


<그림 D-4> 영산강IV단계 용수권역의 구분

### 3) 용수공급망의 구성

- 연계용수수요량 산정모형을 이용하여 IV단계구역의 용수수요량을 산정하기 위하여 용수공급기본계획을 토대로 각 용수권역 및 용수계통도를 분석하여 연계용수수요량을 산정하기 위한 모식도를 작성
- 각 조절지와 소류지 및 용수공급망을 모식화하기 위해서는 용수의 공급, 배분, 조절, 합산지점을 용수수요형태나 공급방식에 따라 몇 가지 유형으로 분류하고 이를 개념화하는 것이 필요한데 금회 분석에서는 용수수요-공급형태를 5가지 유형으로 구분하였는데, 용수공급 및 배분망은 설계팀에서 제공한 용수계통도를 분석하고 이를 재해석하여 적용
- 첫 번째 유형은 조절지로서 각 용수권역의 주 수원공 역할을 하며 용수권역내의 물수요량과 자체담수호의 물부족량이 발생할 경우 용수로 및 양수장을 통하여 영산호로부터 부족수량을 공급받아 각 소류지 공급하는 유형
- 두 번째 유형은 각 소류지는 각 권역내 논과 밭에 용수를 직접 공급하게 되는 형태이며 소류지의 해당 논, 밭 관개면적에 대하여 용수를 공급한 후 용수부족이 발생하게 되면 각 용수권역의 해당 조절지로부터 부족수량을 공급
- 세 번째의 유형은 조절지나 소류지가 없는 형태로 각 용수간선이나 지선의 분수공을 통하여 직접용수를 공급받게 되는 구역이며 필지 단위의 논과 밭으로 구성

- 네 번째 유형은 용수로의 분기점 및 분수공을 모식화한 것으로 세가지 유형의 관계형태를 연결해주는 연결점(Node)을 의미하며, 연결점은 각 분기점에서 해당 분기점 아래의 용수수요량 및 공급량을 합산하여 당해 연결점의 용수수요량 또는 공급량을 결정
- 다섯 번째 유형은 관개면적이 없는 단순 유역으로서 유출량만을 산정하게 되며 소류지 또는 조절지의 상류유역에 대한 유출량을 산정
- 이러한 개념하에서 전체 영산강IV단계 구역을 용수권역 및 용수계통도에 따라 재분류하여 용수공급망을 모식화한 것이 <그림 D-5>로 5개 조절지를 중심으로 용수 BLOCK으로 구분하였고 함평간선 및 해제간선에서 직접용수를 공급하게 되는 구역을 따로 분류하여 용수 BLOCK을 설정하였고, 연결점은 하류 용수 BLOCK에서의 용수수요량을 누가하거나 상류에서의 공급량을 배분하는 점
- 용수 BLOCK은 영산-도산조절지를 포함하여 8개 BLOCK이며 각 블록은 고유번호를 갖게 되며 관개망상의 상류에서 용수를 공급받아 하류로 배분하게 되며 하류점의 수요량을 합계하여 상류 BLOCK에 전달



<그림 D-5> 연계수요량산정을 위한 용수공급망의 모식화

#### 4) 자료의 적용

- 영산강 IV단계구역의 용수수요량 산정시에는 각 조절지를 기준으로 8개의 용수 BLOCK으로 권역을 구분한 다음 각 BLOCK별로 관개공급망을 구성함으로써 BLOCK별 용수수요량과 영산강IV단계구역의 전체용수수요량을 산정

- 비관개기에는 대형 양수장인 무안·함평양수장의 가동이 중단되는 것으로 보고 관개기 종료시까지 용수를 공급하되 각 조절지와 소류지를 만수위로 유지시켜 놓고 용수공급을 중단하는 것으로 산정
- 영산호에서 무안·함평양수장을 통하여 공급해주어야 할 수량은 영산호의 용수 공급능력에 영향을 미치는 정도의 큰 수량이므로 이 공급수량을 고려한 영산호 물수지를 통하여 공급가능여부에 대한 검토가 필요
- 각 조절지를 기준으로 8개 권역으로 구분하여 적용한 관개면적(<표 D-33> 참조)

<표 D-33> 각 용수 BLOCK별 관개 필요수량 산정면적의 적용

번호	조절지명	Node 수	관개면적(ha)		비고
			논	밭	
1	도산조절지	5	47.00	0.00	
2	창포호	123	2,281.48	1,840.90	
3	구일호	64	1,205.66	604.39	
4	함평간선	80	891.87	319.00	직접 급수구역
5	목교조절지	80	2,202.56	156.70	
6	해제간선	45	649.72	463.05	직접 급수구역
7	금산호	112	1,440.71	947.01	
8	산길호	88	2,402.78	224.83	
소계		597	11,121.78	4,555.91	

### 5) 용수수요량 산정

- 연계용수수요량 산정모형을 이용하여 각 용수권역에서의 용수수요량과 조절지의 부족수량을 산정하여 영산호에서 공급해주어야 할 IV단계 구역의 일별 필요수량을 산정(<표 D-34> 참조)

<표 D-34> IV단계 구역 용수수요량 산정요약

구분	년평균 (백만 $m^3$ )	년최대 (백만 $m^3$ )	년최소 (백만 $m^3$ )	월최대 (백만 $m^3$ )	일최대 (천 $m^3$ )
수요량	<b>83.7</b>	123.9	55.0	36.2	1,757.7

- 연도별 연간수요량을 시계열로 빈도분석을 실시하고 가뭄연도별 영산강IV단계 수요량을 산정(<표 D-35> 참조)

<표 D-35> IV단계구역 빈도별 용수수요량

(단위 : 백만m<sup>3</sup>)

구 분	2년	3년	5년	7년	10년	20년	비 고
IV단계 수요량	80.78	88.41	97.10	102.51	<b>108.06</b>	118.57	

**바. 단위용수량의 산정**

**1) 개요**

- 설계용수량은 취수시설, 송수시설 등 수리시설물의 규모를 결정하기 위한 것으로 각 용수로의 지배구역에서 필요로 하는 수량을 원활하게 공급토록 하여야 하며 설계지구의 기상여건, 물관리 관행 및 작부체계, 영농방식, 향후 물관리 계획 및 TM/TC 등을 고려하여 결정
- 작물이 물을 가장 많이 필요로 하는 시기는 일반적으로 작물의 성장이 최고로 왕성하여 증발산량이 최대가 되는 시기이거나 씨레질 용수나 이양용수를 공급하는 시기가 되며, 설계용수량은 최대용수량이 발생하는 시기의 용수량이며 논의 경우 유효수량을 고려하지 않고 최대용수시기의 소비수량을 기준으로 결정
- 논에서의 설계용수량은 주로 용수로 설계단면을 결정하기 위한 것으로 용수시기별로 첨두 수요량을 산정하고 윤환관개를 고려하여 용수로 지배면적을 고려하여 결정하며, 밭 설계용수량은 밭작물에 공급하여야 할 첨두 소요수량으로 작물소비수량 및 관개방식에 따른 관개효율 및 계획 간단일수를 고려하여 결정
- 단위용수량은 설계용수량을 결정하기 위한 단위면적당 첨두 수요량을 의미하며 설계용수량은 보통 이 단위용수량에 윤환관개를 고려한 지배면적을 곱하여 산정

**2) 논 단위용수량**

- 논 작물을 위한 단위용수량은 Penman식에 의하여 일별 증발산량을 산정하고 이를 순별로 취합하여 순별증발산량을 산정하였고, 기상자료는 목포기상관측소의 27개년 (1973년 ~ 1999년)을 사용하였으며, HOMWRS을 이용하여 산정(<표 D-37> 참조)
- 증발산량 자료와 <표 D-36>과 같은 인자를 적용 생육기별 최대용수량을 산정

<표 D-36> 단위용수량 산정인자

구 분	이양일수 (일)	수로손실 (%)	삼투량 (mm/일)	이양용수심 (mm)	양수시간 (시간/일)	비 고
적용인자	15일	10	4	140	20	

<표 D-37> 순별 년최대 증발산량 산정내역

년도	최대 증발산량		년도	최대 증발산량	
	이앙기	본답기		이앙기	본답기
1973	44.91	89.95	1987	44.97	70.42
1974	46.47	96.14	1988	43.26	94.60
1975	46.26	101.58	1989	44.05	89.91
1976	42.88	86.19	1990	47.29	103.03
1977	41.60	103.14	1991	46.44	93.28
1978	45.19	101.42	1992	54.30	96.76
1979	45.21	83.82	1993	42.33	78.64
1980	37.05	69.23	1994	53.37	106.98
1981	43.69	104.33	1995	40.64	105.97
1982	54.17	93.59	1996	41.72	105.23
1983	48.09	82.55	1997	62.27	101.28
1984	52.16	95.85	1998	51.29	107.35
1985	47.56	100.32	1999	53.36	92.65
1986	45.38	89.49			
년 평균		<b>이앙기 : 48.62mm, 본답기 : 97.70mm</b>			
10년 빈도		이앙기 : 53.90mm, 본답기 : 107.91mm			

<표 D-38> 생육기별 최대 용수량 산정 내역 (m<sup>3</sup>/s/ha)

구 분	최대용수량		구 분	최대용수량	
	A	B		A	B
씨레 용수량(q1)	0.01800	0.0216	이앙기 최대용수량(q3)	0.00233	0.002796
이앙기 관리용수량(q2)	0.00121	0.00145	본답기 최대관리용수량(q4)	0.00190	0.002280

주) A : 양수시간 고려하지 않음, B : 양수시간 고려(24/20)

### 3) 밭 단위용수량

- 밭에서의 단위용수량을 산정하는 방법에는 토양조사를 실시한 경우 밭토양수분의 소비형을 고려하여 산정하며, 토양조사를 실시하지 않았을 경우에는 증발산량만을 이용하여 단위용수량을 산정
- 밭에서의 토양수분소비를 고려할 경우 토양수분소비형을 결정한 후 제한토층내의 생장유효수분량을 수분 소비비율로 나누어 총신속유효수분량(TRAM)을 계산한 다음 TRAM치를 1회 관개수량으로 보고 유회관개를 고려하여 간단 일수를 결정하며 지선 또는 간선별로 지배면적을 고려하여 계획일소비수량과 관개면적을 곱하고 관개방식별 관개효율을 고려하여 설계단위용수량을 결정

- 증발산량에 의한 단위용수량 산정방법은 증발산량과 관개효율만을 고려하여 밭단위용수량을 산정할 수 있으며, 증발산량은 기상자료 이용 Penman-Monteith 식에 의하여 산정하고, 생육기별 증발산량을 계산한 후 연도별 생육기에 따른 증발산량의 시계열 자료를 작성하여 빈도분석을 실시하여 10년빈도 최대증발산량을 구한 후 관개효율을 고려하여 조용수량을 산정
- 금회 분석에서는 목포측후소 27개년(1973년~1999년)간의 기상자료를 이용하여 증발산량을 산정하였으며 토양조사로 나타난 총신속유효수분량자료를 이용하여 계획일소비수량과 간단일수를 산정하여 단위용수량을 결정하였으며, 관개방식은 스프링클러에 의한 살수관개방식을 적용
- 증발산량은 Penman-Monteith식에 의하여 계산하였으며 연도별로 일별 최대값과 순별최대값을 산정하고 Gumbel-chow법에 의하여 빈도분석을 실시하므로써 10년 한발 빈도년의 증발산량을 결정하였는데, 밭벼의 순별 년평균값은 60.11mm이며 일별 년최대 평균값은 7.07mm, 양파의 순별 년평균값은 44.98mm이며 일별 평균값은 5.49mm
- 계획일소비수량은 보통 일평균 최대증발산량이나 10년빈도 일평균 증발산량을 적용할 수 있으나, 이러한 값은 일별 순간 극치값이므로 이를 이용한 설계용수량 산정은 시설측면에서 공사비의 증가 원인이 되므로 금회 분석에서는 순별평균값, 10년빈도 순별 평균값, 조사기간중의 일별 평균값 등을 비교(<표 D-39> 참조)

<표 D-39> 계획일소비수량 산정결과 비교

적 용	고 추	밭 벼	마늘(양파)	참 개	콩
순별 년최대증발산량(평균)	4.97	6.01	4.50	5.22	5.41
순별 년최대증발산량(10년빈도)	5.87	7.12	5.09	6.21	6.21
일별 년최대증발산량(평균)	5.84	7.07	5.49	6.14	3.89
일별 년최대증발산량(10년빈도)	6.54	7.92	6.04	6.89	5.69
순 일평균 증발산량(최대치)	4.37	5.29	4.20	4.60	4.60

- 밭 관개에서 간단일수는 유회블럭의 규모를 결정하고 총용수수요량을 결정하게 되므로 정확하게 추정하여야 하며 보통 순 1회 관개수량(TRAM)을 계획일소비수량으로 나누어 결정하게 되며, 단일 관개구역의 1회 조단위용수량은 블록별 유회관개를 고려하므로 총 공급량 측면에서 TRAM값을 간단일수로 나누고 관개효율을 고려하여 결정하며, 이때 실제의 양수장의 가동시간을 고려하여 산정한 각 방법별 조단위용수량과 간단일수는 <표 D-40>과 같음

<표 D-40> 간단일수 및 조단위용수량 산정내역

구분	계획일소비수량		간단일수 (일)	관개효율	관개시간 (hr)	조단위 용수량 (m <sup>3</sup> /s/ha)
	산정방법	소비수량				
밭벼	순별 10년빈도	7.12	5.5(5)	0.85	20	0.001281
	일별 10년빈도	7.92	4.9(5)			0.001281
	일평균 최대치	5.29	7.4(7)			0.000915
마늘 (양파)	순별 10년빈도	5.09	7.7(8)	0.85	20	0.000801
	일별 10년빈도	6.04	6.5(6)			0.001068
	일평균 최대치	4.60	8.5(8)			0.000801
콩	순별 10년빈도	6.21	6.3(6)	0.85	20	0.001068
	일별 10년빈도	5.69	6.9(7)			0.000915
	일평균 최대치	4.60	8.5(8)			0.000801
참깨	순별 10년빈도	6.21	6.3(6)	0.85	20	0.001068
	일별 10년빈도	6.89	5.7(6)			0.001068
	일평균 최대치	4.60	8.5(8)			0.000801
고추	순별 10년빈도	5.87	6.7(7)	0.85	20	0.000915
	일별 10년빈도	6.54	6.0(6)			0.001068
	일평균 최대치	4.37	8.9(9)			0.000712

#### D.1.4 영산호 용수공급능력 평가

##### 가. 개요

- 영산강농업종합개발사업의 주요 용수원인 영산호는 유역면적이 협소하고 별다른 유입하천이 없는 영산강Ⅲ단계 및 영산강Ⅳ단계에 연락수로를 통하여 제염용수 및 부족한 농업용수를 공급할 수 있도록 기본계획이 수립
- 영산강Ⅳ단계 육지부 개발에서는 대규모의 담수호가 조성되지 않고 영산호에서 관개기에 직접 양수장을 통하여 관개를 하게 되므로 영산호의 용수공급능력에 직접 영향을 미치므로 영산강Ⅳ단계 농업용수개발사업에 따른 영산호의 용수공급능력을 보다 적합하게 산정 할 필요가 있으며 그에 따른 문제점도 사전 검토
- 금회 영산호 용수공급능력평가를 위한 영산호의 물수지 분석에서는 그 동안의 여건 변화를 고려하여 영산호의 유입량을 재산정하고 용수수요량 조사결과를 바탕으로 관개용수량 및 생·공업용수를 반영하여 물수지 분석을 실시하여 여건 변화에 따른 영산호의 용수공급능력을 평가하며, 영산호는 영암·금호호와 연계 운영되므로 연계운영에 따른 물수지 분석을 실시하고 영산강Ⅳ단계 구역의 용수 수요량을 공급할 여력이 있는지를 판단

## 나. 유역 유입량의 산정

- 영산호 및 영암·금호호의 유역 유입량은 영산강(Ⅲ,Ⅳ단계)지구 수문조사보고서(1978.12)와 영산강(Ⅲ-1)지구 기본계획서(보완)(1992.12)를 참조하여 산정
- 위 보고서에서는 영산호 유역에 대해서는 나주지점의 실측유출량 자료를 근거로 나주지점에서의 TANK 모형을 구축 일별 유출량을 산정하고, 영산강 하구언 지점의 유출량은 나주지점의 유출모형이 전체 영산강 유역의 유출특성과 같다고 보고 전 유역에 대한 면적강우량을 적용하여 유출량을 추정
- 영암호 및 금암호 유역 유출량은 동 유역에 대한 기왕의 유출량 자료가 전무하고 유역이 주로 담수호를 둘러싸고 많은 간척지와 낮은 구릉지대로 구성되어 있어 이들 유역을 소유역의 군집으로 보고 유출량을 산정하였는데, 고수지점의 단기간의 유출량 관측기록을 토대로 1단 저류탱크모형을 구축하고 이 모형을 각 소유역에 적용하여 유출량을 산정
- 그러나 본 연구에서는 나주 하류지점 및 영암호, 금호호 유역에 대해서는 가지야마 공식이나 1단 저류탱크 모형 대신에 TANK 모형을 일반 무계측 농업유역에 적용할 수 있도록 수정한 DIROM모형을 적용하여 유출량을 산정

### 1) 나주지점의 유출모형

- 나주지점의 유출량은 나주수위표의 실측수위와 수위-유량곡선식을 이용하여 산정한 실측 유출량자료를 근거로 구축된 TANK 모형을 적용하여 산정
- TANK 모형은 영산강 Ⅱ단계 수문조사시 개발된 4단식 탱크모형을 사용하였으며 유출량 산정에 적용한 강우량은 나주지점 이상의 Thiessen망에 의한 면적 평균강우량을 적용하였으며, 나주지점의 유역면적은 2,063km<sup>2</sup>로서 영산호 전체 3,471km<sup>2</sup>의 59.4%에 달하며, 전체 유로장은 66.2km(<표 D-41> 참조)

<표 D-41> 나주수위표 지점 유역특성자료

유역면적 A(km <sup>2</sup> )	유로장 L(km)	유역평균폭 A/L(km)	형상계수 A/L <sup>2</sup>	비고
2,063km <sup>2</sup>	66.2	30.9	0.467	

- 나주지점의 유황자료를 보면, 갈수량은 영산강 상류유역의 4대 농업용댐이 완료된 1976년 이전과 이후에 상당한 차이가 나타나고 있으며 개략적으로 1976년 이전에는 4~5m<sup>3</sup>/s 정도로 평가되며 이후에는 8m<sup>3</sup>/s 내외로 평가(<표 D-42> 참조)

<표 D-42> 나주수위표 지점 유황자료

(단위 : m<sup>3</sup>/s)

구 분	갈수량 Q <sub>355</sub>	저수량 Q <sub>275</sub>	평수량 Q <sub>185</sub>	푹수량 Q <sub>95</sub>	비 고
영산강수계종합정비계획 (1989. 12, 건교부)	4.26	8.36	15.02	32.07	1979 ~ 1988
댐건설로 인한 5대강수계 본류의 유황분석(1993)*	5.0	7.0	11.0	23.0	1916 ~ 1975
영산강 하천정비 기본계획 변경(1997.10 광주광역시)	3.85	8.79	13.14	24.45	1916 ~ 1975
	8.78	15.48	22.61	37.32	1976 ~ 1993

자료 : 이진원회, 대한토목학회지 제3권33호, 1993.

## 2) 실측유출량의 산정

- 나주지점의 유출량을 산정하기 위하여 '91년도부터 '98년도까지의 나주수위표의 일평균 수위자료와 매년도 발표하는 수위-유량곡선 자료를 수집
- 유출량 산정을 위해 나주지점의 TANK 모형을 구축하고 최근의 8개년의 수위관측 자료에 의하여 TANK 모형의 매개변수를 보정하여 유출량을 산정하는 방법을 채택하였으며, 매개변수 보정을 위한 실측 유출량은 일별 수위자료와 연도별 수위-유량곡선식을 이용하여 유량자료로 환산

## 3) 면적평균강우량의 산정

- 강우-유출량 관계를 모형화한 TANK 모형을 적용하여 유출량을 산정하기 위해 지점강우를 적용하고 있으나 일반적으로 유역면적이 클 경우 각 우량관측소의 면적평균강우량을 적용하는 것이 일반적이므로, 나주수위표 상류유역의 5개 우량 관측소의 면적평균강우량을 적용하였으며 나주지점의 Thiessen계수는 <표 D-43> 과 같으며 Thiessen망도는 <그림 D-6>

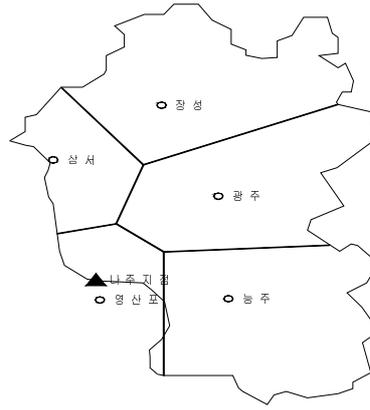
<표 D-43> 나주지점 Thiessen 계수의 적용

관측소	영산포	능주	삼서	장성	광주	소계
계 수	0.047	0.308	0.095	0.294	0.256	1.000

- Thiessen 계수를 적용하여 산정한 년평균 면적평균강우량은 1,337.6mm이며 5개 기상관측소의 년평균 강우량은 1,328.0mm로 연간 면적평균강우량과 9.6mm 차이에 불과하므로 면적평균강우량은 유역내의 대표 강우로 볼 수 있음(<표 D-44> 참조)

<표 D-44> 나주지점의 연평균강우량

관측소	연평균강우량
영산포	1,249.8
능 주	1,320.1
삼 서	1,372.2
장 성	1,348.6
광 주	1,349.1
평 균	1,328.0



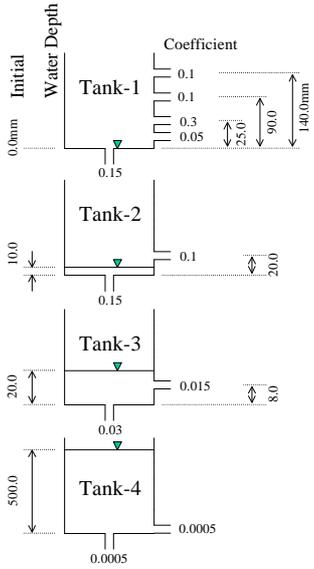
<그림 D-6> 나주지점의 Thiessen망도

#### 4) 유출모형의 구축

- 나주지점에서의 영산강 유출모형은 4단식 저류형 모형인 TANK 모형을 적용하였으며, 적용된 TANK 모형은 실측유량과 계산유량과의 관계에서 탱크모형의 매개변수를 조정하며 일반적인 TANK 모형과 다르게 농업용수이용과 회귀수량이 많은 영산강 유역의 특성을 감안하여 전유역에 걸쳐 회귀수량 매개변수를 도입
- TANK 모형의 매개변수는 반복계산에 의한 시행착오방법에 의하여 결정하였으며 수위관측자료에 결측자료가 없고 갈수기의 유출량과 홍수기의 유출량을 잘 반영할 수 있는 최근 3개년간의 계산유출량과 실측유출량을 비교함으로써 월별 유출량 자료에 의하여 모형의 보정을 시도하였으며, 결정된 TANK 모형의 매개변수는 <그림 D-7>과 같으며 회귀수량을 나타내는 매개변수는 0.3mm/일을 적용
- 모형의 매개변수 보정에 사용된 기간인 3개년간의 실측유출량 및 계산유출량을 비교한 결과는 나타내면 <표 D-45>와 같으며 실측치의 유출률은 3개년 평균 59.2%로 나타났으나 계산유출량은 51.7%로 이보다 낮음
- 위와 같이 홍수유출량에 대해서는 계산치가 비교적 적게 산정되는 것으로 나타났으나 평·갈수기에는 잘 일치하고 있어, 본 모형을 이용하여 '73년부터 '99년까지 나주지점의 유출량을 산정한 결과, 27개년간의 연평균 유출량은 1,407백만<sup>3</sup>m<sup>3</sup>으로 연평균강우량 1,382.0mm(2,739.7백만<sup>3</sup>m<sup>3</sup>)와 비교할 때 51.0% 유출

#### 3) 나주 하류지점의 유출모형

- 나주지점 이하의 영산강 유역에 대한 유역조사 자료를 근거로 직접 모델링에 의해 유역유출량을 산정하는 방법을 적용하였으며, 산정모형은 DIROM 유출량 모형을 근간으로 소유역간 네트워크 방식에 의해 유출량을 산정할 수 있는 WWASS



<그림 D-7> 나주지점 유출모형(TANK)의 제원

<표 D-45> 나주지점의 계산-실측유출량의 비교

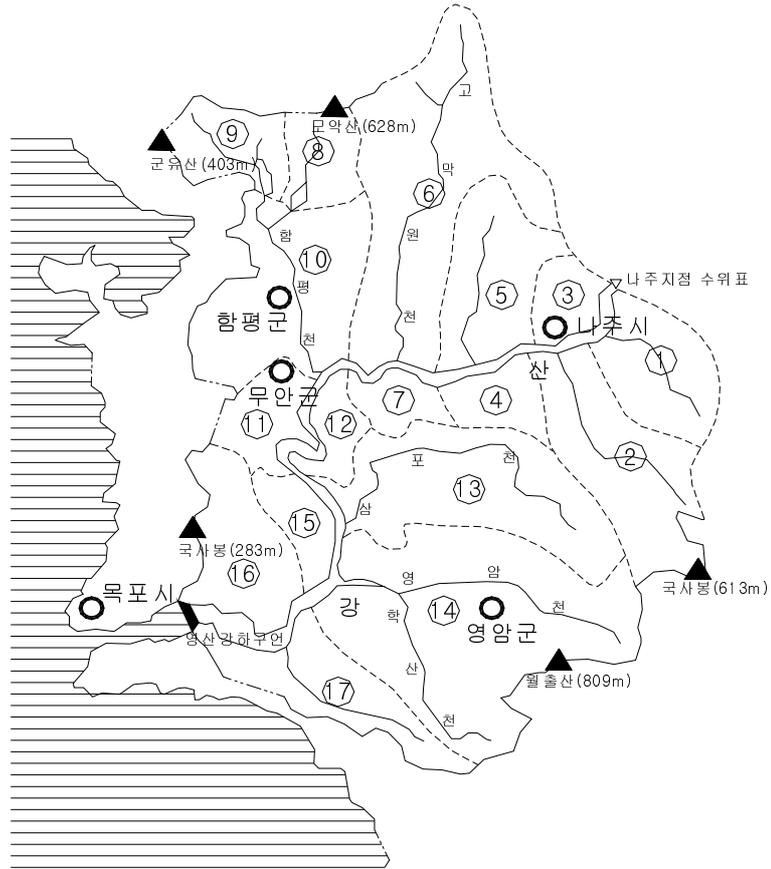
년도	면적강우량		실측유출량			계산유출량		
	(mm)	유량 (MCM)	평균 (m <sup>3</sup> /s)	유량 (MCM)	유출률 (%)	평균 (m <sup>3</sup> /s)	유량 (MCM)	유출률 (%)
1995	855.9	1765.8	31.0	977.9	55.3	26.1	825.9	46.7
1996	1117.8	2306.0	41.0	1294.4	56.1	36.1	1139.4	49.4
1997	1374.9	2836.4	57.0	1816.7	64.1	50.5	1608.0	56.7
평균	1016.2	2302.7	43.0	1363.0	59.2	37.6	1191.1	51.7

모형으로, 모형을 적용하기 위하여 나주지점 이하에 대한 유역조사를 실시하여 나주지점 이하의 유역을 유역특성에 따라 17개의 소유역으로 구분하고 유출량산정을 위한 Network를 작성(<표 D-46> 및 <그림 D-8> 참조)

- 유역조사를 통하여 구분된 나주지점 이하의 영산강 유역내 소유역은 고막원천, 함평천, 삼포천 유역 및 영암천과 학산천 유역 그리고 대동댐, 대동지 유역 등 영산강 지류유역이 7개, 댐 유역이 2개 등 총 17개의 소유역으로 구분
- 영산강을 중심으로 저수지나 취입보 및 양수장 등의 존재 유무와 농업, 생활 및 공업용수의 취수와 하수나 폐수의 유입 및 기타 타유역의 도수방류나 도수유입 등을 기준하여 영산강 본류를 따라 먼저 소유역을 구분하고 다시 양측 하천의 지류를 따라 세분한 것으로서 영산호의 유역물수지를 위해 유역의 여러 지점에서 물수지 요소가 충분히 고려

#### 4) 영산호 유입량 산정

- 영산호의 유입량은 나주지점의 실측유출량에 근거하여 산정한 일 유출량을 상류 경계로 하여 네트워크 방식에 의하여 순차 물수지를 수행하는 WWASS 모형에 의하여 추정
- 유출량을 산정한 결과 연평균 유출량은 2,502백만m<sup>3</sup>으로 분석되었으며 나주지점의 면적평균강우량 1,328mm(4,609백만m<sup>3</sup>)을 고려할 때 유출율은 54%



<그림 D-8> 나주지점 이하의 유역특성별 소유역 구분

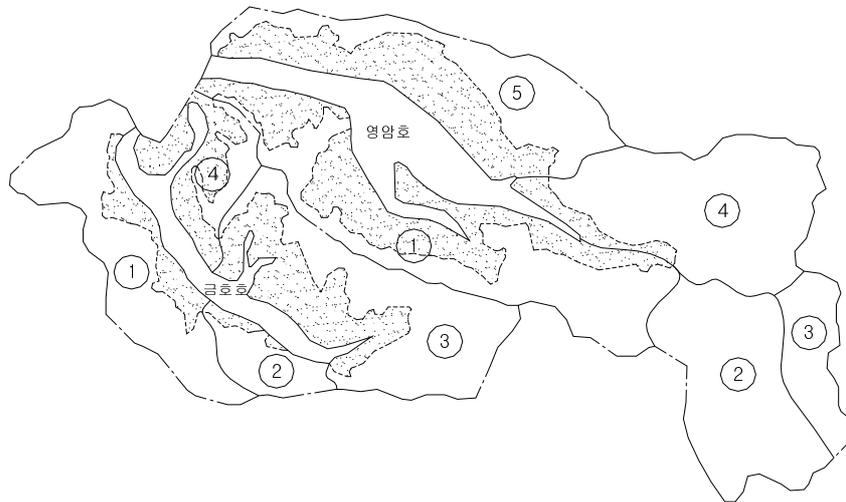
<표 D-46> 나주지점 이하 소유역별 특성 (단위 : ha)

번호	소유역명	유역면적	논	밭	산림	비고
1	영산천	8,600	3,664.8	1,290.4	2,987.8	
2	만봉천	10,040	3,139.3	394.1	5,608.4	
3	나주	3,405	462.5	272.9	2,358.1	
4	월산	3,055	1,265.0	468.1	986.3	
5	백룡지	5,290	1,334.0	249.5	3,379.5	
6	고막천	22,560	7,102.7	1,631.9	12,399.5	
7	증포	890	353.2	96.0	314.7	
8	대동댐	2,315	214.6	187.7	1,797.4	
9	대동지	4,875	771.8	767.9	3,077.0	
10	함평천	12,650	4,552.0	2,002.6	5,220.1	
11	몽탄	4,270	693.8	551.5	2,819.3	
12	대야	1,815	688.3	77.9	915.4	
13	삼포강	14,260	6,125.6	2,687.8	4,585.1	
14	영암천	26,735	10,225.2	3,317.1	11,932.8	
15	일로	4,145	2,239.9	563.3	1,067.9	
16	죽산	6,000	2,331.2	408.5	2,930.4	
17	삼호	6,435	2,083.9	702.4	3,248.4	
18	영산호	3,460	-	-	-	
합계		140,800	47,248.0	15,669.7	65,627.9	

- 유출량이 가장 많은 해는 1985년으로 4,063.8백만<sup>m</sup>, 가장 적은 해는 1995년의 1,272.4백만<sup>m</sup>으로 3.2배의 차이를 보이고 영산호의 유입량은 연도별변화가 심함

**다. 영암·금호호 유입량 산정**

- 영산강 III단계 사업으로 조성된 영암·금호호 지역의 유입량 산정은 유역내에 수위관측 자료가 전무하고 유출기록이 거의 없는 상태이므로 유역의 토지이용 특성에 따라 유출량을 산정할 수 있는 DIROM 모형을 적용하여 유출량을 산정
- 유출량 산정을 위한 네트워크는 수문조사 결과로 나타난 소유역 구분 및 영산강 III-1 및 III-2지구의 개발계획을 고려하여 영암호와 금호호로 나누어 작성



<그림 D-9> 영암, 금호호 유역특성별 소유역 구분

- 영산호의 경우 담수호 면적 대 유역면적의 비율이 1 : 100인데 비하여 영암호는 1 : 8.3, 금호호는 1 : 7.9로 자체 유역의 유입량이 매우 작을 것으로 추정

<표 D-47> 영암호 소유역별 특성 (단위 : ha)

번호	소유역명	유역면적	논	밭	임야	비고
1	마산 2	8,920	5,185.0	1,151.4	2,221.2	
2	지 석	2,225	393.3	46.8	1,665.8	
3	옥 천	5,804	2,029.4	316.2	3,065.1	
4	계 곡	7,593	1,580.7	334.9	5,315.7	
5	삼 호	6,672	4,042.9	445.7	2,005.1	
6	영암호	4,286				
합계		35,500	13,231.4	2295.0	14273.0	

<표 D-48> 금호호 소유역별 특성

(단위 : ha)

소유역번호	소유역명	소유역면적	논	밭	임야	비고
1	화원	5,776	1,674.4	625.4	3,109.7	
2	황산	1,430	722.2	142.0	439.6	
3	마산1	6,353	2,971.8	1,189.8	1,716.3	
4	산이	2,511	1,958.5	313.0	190.4	
5	금호호	2,330				
합계		18,400	7,326.9	2,270.2	5,456.0	

- 영암호의 연평균 유입량은 215.4백만<sup>m</sup>이며 금호호의 경우에는 104.5백만<sup>m</sup>으로 1992년의 영산강(Ⅲ-1)지구 기본계획서(보완) 자료와 비교하면 영암호에서는 275.0백만<sup>m</sup>에서 59.6백만<sup>m</sup>이 감소한 것이며 금호호의 경우에는 130.4백만<sup>m</sup>에서 25.9백만<sup>m</sup>이 감소

**라. 담수호 공급수량의 산정**

- 각 담수호에서 공급해주어야 할 수량은 농업용수의 경우 대상 관개면적을 결정하고 수혜구역에서의 관개 필요수량을 산정하므로써 결정되며, 생·공업용수량은 생활 및 공업용수 수요조사를 통하여 장기적인 용수수요를 추정하여 결정되고, 필요할 경우 환경용수나 하천유지용수도 담수호에서 공급해주어야 할 수량
- 금번 수문분석에서는 각 담수호에서의 관개 필요수량과 생·공업용수만을 담수호 공급수량 대상으로 하였으며 바다로 직접 방류되는 하구호의 특성을 반영하여 하천유지용수 등의 기타 용수소모량은 고려하지 않음

**1) 관개용수 공급량**

<표 D-49> 담수호별 관개대상 면적

구분	유역면적	관개면적(ha)			비고
		소계	논	밭	
영산호	347,100	19,189	18,139	1,050	
영암호	35,500	11,500	9,720	1,780	
금호호	18,400	6,870	5,330	1,540	
소계	401,000	37,559	33,189	4,370	

- HOMWRS 모형을 이용 산정한 농업용수 공급량은 영산호 160.1백만<sup>m</sup>, 영암호 92.2백만<sup>m</sup>, 금호호 53.5백만<sup>m</sup>

## 2) 생·공업용수 사용량

<표 D-50> 영산호의 용수공급 협약체결 내역

구 분	내 용	사 용 자	최대공급계약량(천m <sup>3</sup> )		용수단가 (m <sup>3</sup> /원)
			일일사용량	년간사용량	
영산호	생활용수	목포시	120	43,800	9.50
	공업용수	한국수자원공사	115	41,975	22.93

자료: 농업기반공사, '99년 하구둑, 영암, 금호호방조제 관리연보, 2000.

- 향후 영산호에서의 공업용수 수요량만을 대상으로 300천m<sup>3</sup>으로 추정하였으나 당초 기본계획시의 자료를 그대로 적용

<표 D-51> 영산호, 영암·금호호 생·공용수 공급량

구 분	소 계	영산호	영암호	금호호	비 고
공급량	433.0 (158.05)	344.0 (125.56)	36.0 (13.14)	53.0 (19.35)	천m <sup>3</sup> /일 백만m <sup>3</sup> /년

### D.1.5 영산호 물수지 모형

#### 가. 영산호 물수지 모형의 구축

- 조위조건에 의해 배제량의 제약을 받는 담수호에서의 수위변화를 추적하고 연결수로에 의해 담수호간의 공급량을 산정할 수 있는 담수호 저수위 모의조작 모형 LWRESS(Reservoir Simulation Model During Low Water Stage)을 보완·개발
- 이 모형은 담수호에서의 시간별 수위변화를 개략적으로 파악하며 실제 조작에 의한 배수갑문의 배제량, 저층배수시설의 배제량, 연락수로 공급량을 계산하게 되므로 배수갑문 등의 배제조건이 외해와 연결되어 있어 있을 경우에만 적용
- HOMWRS 및 WWASS 모형에 의하여 산정한 영산호, 영암호, 금호호의 일별 유입량 및 필요수량 산정결과를 이용하여 LWRESS 모형에 의해 배수갑문 등의 배수시설물 배제량 산정과 담수호에서의 수위거동을 추적함으로써 영산호에서 IV 단계의 용수를 공급할 경우와 그렇지 않을 경우의 담수호 수위변화와 용수공급 가능량을 검토

<표 D-52> 영산호 물수지 분석 제원

구 분 \ 호 별	영산호	영암호	금호호	비 고
유역면적 (km <sup>2</sup> )	3,471	355	184	
만수면적 (ha)	3,460	4,286	2,330	
총 저수량 (백만m <sup>3</sup> )	253.6	244.6	133.1	
유효 저수량 (백만m <sup>3</sup> )	180.9	138.8	75.5	
홍 수 위 (EL.m)	+ 1.30	+ 0.20	+ 0.20	
관리수위 (EL.m)	-1.35	-1.45	-1.55	(-)1.43
사 수 위 (EL.m)	-9.35	-6.35	-6.35	
홍수배제량 (m <sup>3</sup> /sec)	10,837	1,831	887	
배수갑문 (M)	30×13.6×8련	10×10.5×8련	10×10.5×5련	
연락수로	-	영산호→영암호 -연장 : 4,434m -저폭 : 15m -제수문 : 3련	영암호→금호호 -연장 : 9,550m -저폭 : 15m	

자료 : 농업기반공사, '99년 하구둑, 영암, 금호호방조제 관리연보, 2000.

## 나. 담수호별 용수공급능력 검토

### 1) 단독 물수지

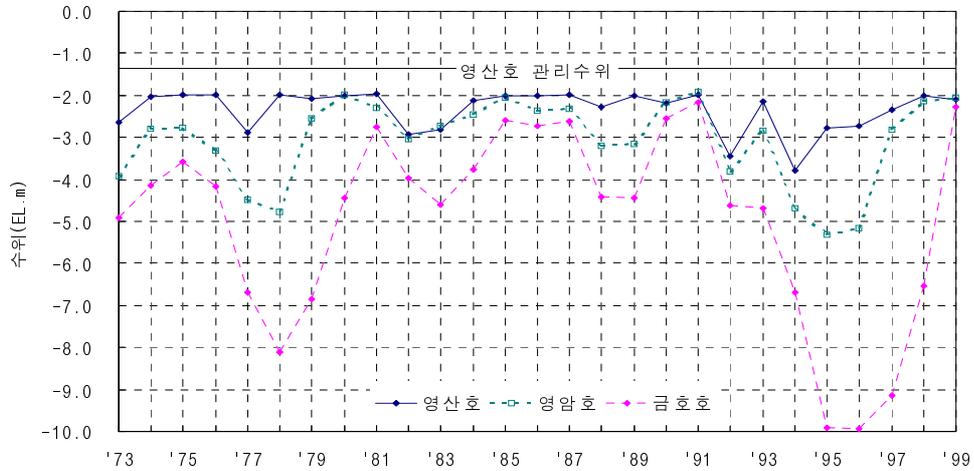
- LWRESS 모형을 이용하여 각 담수호에 대한 자체 유역의 유입량과 용수공급량만을 대상으로 단독물수지 분석한 결과 영산호의 총유입량은 2,502백만m<sup>3</sup>이며, 필요수량은 282백만m<sup>3</sup>으로 물수지 결과 년최저 평균수위는 -2.236m이며, 필요저수량은 33.5백만m<sup>3</sup>
- 영암호의 경우 유역유입량 215백만m<sup>3</sup>에 필요수량은 105백만m<sup>3</sup>으로 나타났으며 년평균 필요저수량은 57.5백만m<sup>3</sup>, 금호호의 경우 년평균 유입량은 104백만m<sup>3</sup>이나 필요수량이 73백만m<sup>3</sup>으로 유입량의 70%가 이용

<표 D-53> 담수호별 단독 물수지 분석결과 요약 (단위 : 백만m<sup>3</sup>, EL.m)

구 분	유 입 량	필요수량	방류량	수로공급	최저수위	필요저수량	비 고
영산호	2,501.74	282.09	2,189.12	0.00	-2.236	33.566	
영암호	215.42	105.33	76.66	0.00	-3.077	57.511	
금호호	104.45	72.87	16.60	-	-4.933	53.851	

## 2) 자체 용수공급능력

○ 각 담수호의 자체 용수공급능력을 파악하기 위하여 담수호별 년최저수위를 도시



<그림 D-10> 단독 물수지시 담수호별 연 최저수위

- 영산호는 갈수년인 '77년 및 '94년에 담수호의 수위가 떨어지는 양상을 보이지만 그 다음해에는 수위가 회복되어 갈수년에도 안정된 용수공급이 가능한 반면, 영암·금호호는 갈수년에 급격한 수위 저하현상을 보이고 있으며 특히 금호호의 경우 최저수위까지 저하되어 완전히 물이 고갈되는 것으로 나타났으며, 영암·금호호는 갈수년인 '79년, '95년, '96년에는 연중 한번도 방류량이 없는 실정
- 단독물수지에 의한 각 담수호별 10년빈도 필요저수량을 산정한 결과, 금호호의 경우 유효저수량 보다 크므로 용수부족이 발생(<표 D-54> 참조)

<표 D-54> 단독 물수지시 담수호별 10년빈도 필요저수량 (단위 : 백만 $m^3$ )

구 분	영산호	영암호	금호호	비 고
필요저수량	54.2	97.5	86.2	

## 다. 연계운용시 용수공급능력

### 1) 담수호 연계운용

- 연락수로를 통한 용수공급이 필요하게 되며 연락수로를 통한 용수공급은 자연적인 수위차에 의해 발생되며, 평상시의 공급량은 영산-영암-금호호의 관리수위를 10cm씩 낮게 유지시킴으로서 공급이 가능하도록 하여 영산-영암-금호호를 하나의 직접 연결된 저수지로 보고 연계물수지를 수행하여 용수공급능력을 검토

## 2) 영산-영암-금호 연계물수지

- 영산-영암-금호호의 연계물수지 분석을 실시하였는데, 이는 영산강Ⅱ, Ⅲ단계 기본계획시의 설계조건을 충족시키면서 물수지 분석을 실시할 경우 영산호의 여유수량이 얼마인지를 추정하기 위한 것으로 영산강Ⅳ단계에 대한 용수공급능력이 있는지를 판단(<표 D-55> 참조)

<표 D-55> 영산-영암-금호 연계물수지 분석결과 (단위 : 백만<sup>3</sup>m, EL.m)

구 분	유 입 량	필요수량	방류량	수로공급	최저수위	필요저수량	비 고
영산호	2,501.74	282.09	1,641.23	547.68	-2.371	34.619	
영암호	215.42	105.33	286.97	334.45	-2.213	29.566	
금호호	104.45	72.87	346.08	-	-2.223	13.754	

- 영산호의 연결수로 공급량은 547백만<sup>3</sup>m/년이며 다시 금호호로 유입되는 수량은 334백만<sup>3</sup>m/년으로 나타나 일부가 영암-금호호에서 사용되고 일부는 바다로 방류
- 용수공급능력을 검토하기 위하여 연계물수지 분석을 실시하였을 경우 각 담수호의 10년빈도 필요저수량을 산정한 결과 각 담수호의 유효저수량을 고려할 경우 안정적인 용수공급능력이 있는 것으로 판단(<표 D-56> 참조)

<표 D-56> 영산-영암-금호 연계운용시 10년빈도 필요저수량

구 분	영산호	영암호	금호호	비 고
필요저수량	58.3	59.3	26.5	

## 3) 영산-영암-금호-Ⅳ단계 연계물수지

- 영산강Ⅳ단계 구역의 용수수요량은 연평균 83.7백만<sup>3</sup>m이며 영산호 본류의 무안 양수장에서 직접 취수하게 되므로 영산호의 용수공급능력에 크게 영향을 미칠 것으로 예상할 수 있으므로 영산-영암-금호-Ⅳ단계를 연계 운용할 경우 영산호 및 영암·금호호의 물수지 분석(<표 D-57> 참조)

<표 D-57> 영산-영암-금호-Ⅳ단계 연계운영시 물수지 (단위 : 백만<sup>3</sup>m, EL.m)

구 분	유 입 량	필요수량	방류량	수로공급	최저수위	필요저수량	비 고
영산호	2,501.74	365.75	1,583.27	522.26	-3.015	53.339	
영암호	215.42	105.33	276.94	319.34	-2.392	35.990	
금호호	104.45	72.87	331.16	-	-2.395	17.056	

- 영산강IV단계에 필요한 수량을 영산호의 직접취수를 통하여 공급할 경우 부분적인 용수부족이 발생할 수도 있으므로 10년빈도 한발년의 용수공급능력을 파악하기 위하여 각 담수호의 10년빈도 필요저수량을 산정(<표 D-58> 참조)

<표 D-58> 영산-영암-금호-IV단계 연계운용시 10년빈도 필요저수량

구 분	영산호	영암호	금호호	비 고
필요저수량	95.9	61.8	30.7	

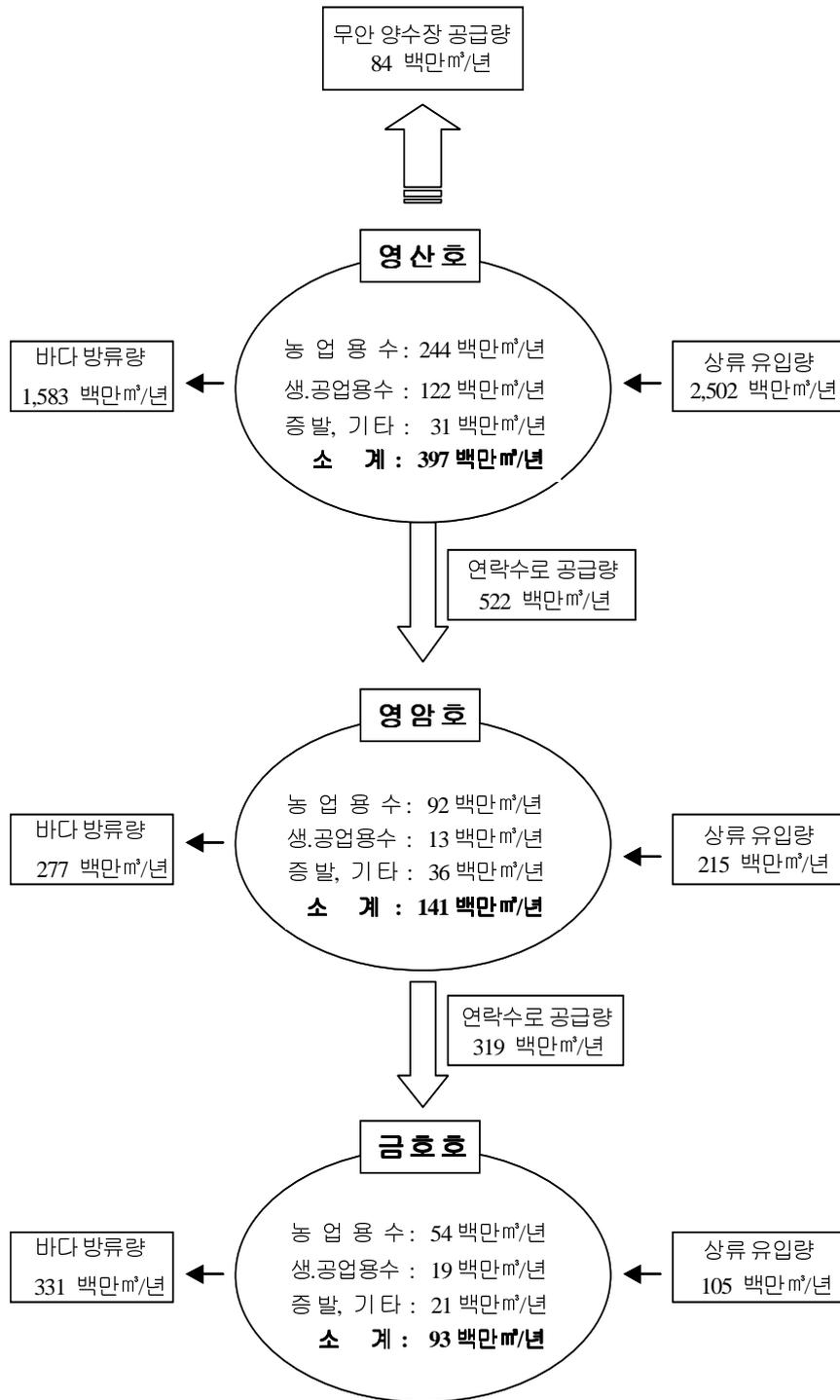
- 영산강 IV단계에 용수를 공급할 경우 영산호의 유효저수량 101.6백만<sup>m</sup>보다 필요저수량이 낮으므로 10년 빈도 한발년에 대한 용수공급능력이 있음을 시사

#### 4) 영산호 용수공급능력 평가

- 영산강Ⅱ, Ⅲ단계의 관개면적은 37,600ha이며, IV단계의 관개면적은 16,730ha로서 영산호의 직·간접 관개대상면적은 무려 54,330ha에 달하며, 영산호의 연평균 유입량이 2,502백만<sup>m</sup>이고 관개기의 유입량이 1,498백만<sup>m</sup>에 불과한 점을 고려할 때 충분한 용수공급능력이 있다고 볼 수 없음
- 그러나 Ⅲ, IV단계의 용수이용체계는 홍수기의 영산호 여유수량을 효율적으로 이용하기 위하여 충분한 조절용량을 갖는 담수호와 조절지 계획을 갖고 있으므로 용수공급이 가능하다. 영산호의 유효저수량은 180백만<sup>m</sup> <EL.-9.35m 기준>에 불과하지만 영암·금호호의 유효저수량은 214백만<sup>m</sup>이며 IV단계구역 조절지 및 소류지의 총 유효저수량은 22백만<sup>m</sup>로서 영산호의 1.3배에 달함(<표 D-59> 참조)

<표 D-59> 연계운영방식별 영산호 빈도별 필요저수량 (단위 : 백만<sup>m</sup>)

구 분	3년	5년	7년	10년	20년
단독 물수지 (영산강 Ⅱ 단계만 용수공급시)	37.58	44.94	49.51	54.20	63.10
영산-영암-금호 연계운영 (영산강 Ⅱ,Ⅲ단계 용수공급시)	39.23	47.66	52.90	58.28	68.47
영산-영암-금호-IV단계 연계운영 (영산강 Ⅱ,Ⅲ,Ⅳ단계 용수공급시)	61.62	76.78	86.20	95.87	114.20



<그림 D-11> 영산-영암-금호-IV단계 연계운용시 용수공급도

## D.2 영산강 유역 종합치수계획 분석

### D.2.1 수문자료 구축

#### 가. 기상자료

- 홍수량 산정에 영향을 미치는 유역내외 우량관측소를 중심으로 선정
- 폐쇄된 관측소를 포함 총 24개소의 우량관측소중 30개년 이상의 일 강우기록을 보유한 관측소는 북이, 장성, 삼서, 광주(기상청), 함평, 능주, 영산포, 도암, 목포 등 9개 관측소이고, 30개년 이상의 시 강우기록을 보유한 관측소는 광주와 목포
- 시강우 자료에 대한 지속기간별 확률강우량을 산정하기 위해 광주, 목포, 북이, 삼서, 함평, 능주 관측소의 20개년 이상 강우자료를 이용하여 분석

<표 D-60> 우량관측소 현황

구 분		우 량 관 측 소					
		광주	목포	북이	삼서	함평	능주
관할관서		기상청	기상청	건설교통부	건설교통부	건설교통부	건설교통부
관측개시		1914.9	1904.4	1962.7	1961.8	1916.2	1962.10
강우 기록	일 최대별	'14 ~ '02 (89개년)	'05 ~ '02 (98개년)	'64 ~ '02 '92결측 (38개년)	'63 ~ '02 '92결측 (39개년)	'16 ~ '41 '63 ~ '02 (66개년)	'63 ~ '02 (40개년)
	지속 시간별	'61 ~ '02 (42개년)	'61 ~ '02 (42개년)	'80 ~ '02 '92결측 (22개년)	'80 ~ '02 '87, '92결측 (21개년)	'73 ~ '02 '93결측 (29개년)	'80 ~ '02 '89, '92결측 (20개년)
위 치		유역내	유역외	유역내	유역내	유역내	유역내

- 6개 관측소의 집중호우 발생현황을 보면, 1시간에 30 mm 이상의 호우는 연평균 1.81회, 3시간에 50 mm 이상의 호우는 1.37회, 1일 100 mm 이상의 집중호우는 1.12회로 개략적으로는 년 1~2회 발생되는 것으로 분석
- 각 우량관측소별 기왕최대 강우량기록을 분석한 결과 1일 최대강우량은 영산포관측소에서 1989년 7월에 415.0 mm를 기록
- 시간단위 지속시간별 최대강우량은 삼서관측소에서 1시간 최대강우량 75 mm 기록

<표 D-61> 우량관측소별 기왕최대 강우량 기록 (일강우 기준)

단위 : mm

관측소	1일 최대		2일 최대		3일 최대		연속 최대		전년 최대	
	년월일	우량	년월일	우량	년월일	우량	년월일	우량	년도	우량
북 이	'86.6.24	203.0	'74.8.30 ~ 8.31	290.3	'78.8.18 ~ 8.20	371.6	'84.7.03 ~ 7.12	405.8	1980	1,837.9
삼 서	'78.8.19	221.4	'89.7.24 ~ 7.25	399.5	'89.7.24 ~ 7.26	443.5	'89.7.24 ~ 7.29	451.5	1989	1,856.7
광 주	'89.7.25	335.6	'89.7.25 ~ 7.26	423.8	'34.7.19 ~ 7.21	462.3	'52.8.21 ~ 9.14	665.0	1916	2,113.4
함 평	'89.7.25	311.5	'34.7.20 ~ 7.21	400.5	'34.7.20 ~ 7.22	547.8	'63.6.16 ~ 7.11	743.1	1916	2,110.7
목 포	'81.9.02	394.7	'81.9.01 ~ 9.02	502.4	'81.9.01 ~ 9.03	545.7	'81.9.01 ~ 9.03	545.7	1972	1,751.1
영산포	'89.7.25	415.0	'89.7.25 ~ 7.26	463.5	'89.7.25 ~ 7.27	467.5	'89.7.24 ~ 7.27	470.5	1916	2,183.0
도 암	'81.9.02	379.0	'81.9.02 ~ 9.03	452.0	'81.9.01 ~ 9.03	453.0	'81.9.01 ~ 9.03	453.0	1985	2,192.6
능 주	'89.7.25	345.5	'74.8.29 ~ 8.30	389.5	'74.8.28 ~ 8.30	397.9	'63.6.17 ~ 6.24	453.4	1985	2,253.6
장 성	'24.7.22	235.0	'89.7.24 ~ 7.25	365.5	'89.7.24 ~ 7.26	478.8	'34.7.18 ~ 7.29	615.8	1916	2,177.9
최 대	영산포	415.0	목 포	502.4	함 평	547.8	함 평	743.1	능 주	2,253.6

<표 D-62> 우량관측소별 기왕최대 강우량 기록(시간강우 기준)

단위 : mm

관측소	1시간 최대		6시간 최대		12시간 최대		24시간 최대	
	년월일	우량	년월일	우량	년월일	우량	년월일	우량
북 이	'84.7.05 12:00 ~ 7.05 13:00	72.0	'84.7.05 07:00 ~ 7.05 13:00	150.0	'02.8.31 12:00 ~ 9.01 00:00	189.0	'86.6.24 04:00 ~ 6.25 04:00	228.0
삼 서	'97.5.29 05:00 ~ 5.29 06:00	75.0	'97.5.29 07:00 ~ 5.29 13:00	212.0	'97.5.29 03:00 ~ 5.29 15:00	362.0	'97.5.29 01:00 ~ 5.30 01:00	395.0
광 주	'88.7.14 06:00 ~ 7.14 07:00	66.2	'88.7.25 11:00 ~ 7.25 17:00	219.4	'89.7.25 07:00 ~ 7.25 19:00	276.3	'89.7.25 06:00 ~ 7.26 06:00	379.1
함 평	'94.3.22 17:00 ~ 3.22 18:00	68.0	'97.5.29 12:00 ~ 5.29 18:00	200.0	'95.6.08 06:00 ~ 6.08 18:00	254.0	'94.5.26 11:00 ~ 5.27 11:00	336.3
목 포	'81.7.12 08:00 ~ 7.12 09:00	50.1	'81.9.02 10:00 ~ 9.02 16:00	176.1	'81.9.02 08:00 ~ 9.02 20:00	319.0	'81.9.02 03:00 ~ 9.03 03:00	405.8
영산포	'89.6.05 00:00 ~ 6.05 01:00	43.4	'85.6.23 10:00 ~ 6.23 16:00	114.2	'85.6.23 08:00 ~ 6.23 20:00	166.2	'89.7.25 10:00 ~ 7.26 10:00	415.0
도 암	'84.6.07 05:00 ~ 6.07 06:00	43.5	'86.8.28 06:00 ~ 8.28 12:00	166.0	'86.8.28 00:00 ~ 8.28 12:00	221.0	'85.6.23 05:00 ~ 6.24 05:00	245.0
능 주	'82.7.31 17:00 ~ 7.31 18:00	67.5	'97.5.29 14:00 ~ 5.29 20:00	262.0	'97.5.29 13:00 ~ 5.30 01:00	299.0	'97.5.29 01:00 ~ 5.30 01:00	334.0
장 성	'98.7.15 04:00 ~ 7.15 05:00	58.0	'86.6.24 16:00 ~ 6.24 22:00	116.0	'86.6.24 15:00 ~ 6.25 03:00	157.5	'86.6.24 07:00 ~ 6.25 07:00	197.5
최 대	삼 서	75.0	능 주	262.0	삼 서	362.0	영 산 포	415.0

## 나. 수위관측

- 영산강 유역에 수위관측을 위해 영산강본류에 13개소, 지석천에 5개소, 황룡강에 3개소 포함 총 31개소가 운영되고 있으며, 건설교통부에서 관리
- 영산강 유역의 수위관측소중 30개년 이상의 수위기록을 보유하고 있는 관측소는 영산강 본류에 마륵, 본동, 나주, 영산포, 회진수위표, 황룡강에 장성, 선암수위표, 그리고 지석천에 능주, 남평 수위관측소가 있으며, 이중 가장 장기간의 일 수위 기록을 보유하고 있는 수위표는 나주수위표로 61개년인 것으로 조사

## 다. 유량관측

- 영산강 유역내 수위표중 비교적 장기간의 유량측정 성과를 보유하고 있는 관측소는 영산강 본류의 나주와 마륵수위표로 1916년부터 유량측정을 실시하였으며, 나주와 마륵수위표, 황룡강의 선암수위표, 그리고 지석천의 능주와 남평수위표는 과거 간헐적으로 시행하다 '80~'90년대에 비교적 지속적으로 시행

## D.2.2 확률강우분석 및 PMP 산정

### 가. 확률강우분석

- 집중호우 발생의 경년변화를 파악하기 위해 이동평균법(moving average method)을 적용하여 24시간 지속 최대강우량과 연강우량의 5년, 10년 이동평균을 이용하여 강우량의 증감추세를 분석한 결과, 6개 우량관측소 모두에서 강우량의 뚜렷한 증가현상을 판단하기는 어려운 것으로 검토
- 강우 시계열 자료의 상관성 여부를 파악하기 위해 6개 우량관측소에 대하여 여러 지속시간(1, 2, 3, 6, 9, 12, 24, 48시간)별로 계열상관도를 분석한 결과, 통계학적 신뢰수준 95%범위 내에서 극히 일부 지속시간을 제외하고 모든 지속시간에 대하여 상관성이 없는 것으로 분석되었는데, 이것은 년최대강우 자료가 이전 연도의 강우와 상관없이 독립적으로 발생하고 있음을 의미
- 지속시간별 연최대강우 시계열 자료의 무작위성(randomness)을 분석하기 위하여 3개의 검정(Run 검정, Turning point 검정, Anderson exact 검정)을 수행하였고, 강우자료의 경향성(trend) 분석을 위해 3개의 검정(Kendall 검정, Hotelling-Pabst 검정, Wald-Wolfowitz 검정)을 수행한 결과, 6개 우량관측소에서 모든 지속시간에서 공히 무작위성과 무경향성을 갖고 있는 것으로 검토

## 나. 지속시간별 확률강우량

○ 확률가중모멘트법에 의한 Gumbel분포로 지속시간별·빈도별로 산정

<표 D-63> 지속시간별 확률강우량(광주)

단위 : mm

빈도	강 우 지 속 시 간									
	1시간	2시간	3시간	6시간	9시간	12시간	24시간	1일최대	2일최대	3일최대
5년	45.2	68.0	81.7	112.3	130.0	141.7	182.5	154.8	199.0	221.2
10년	52.3	79.2	95.6	131.2	152.1	165.8	214.6	183.0	235.3	262.8
20년	59.2	89.9	108.9	149.4	173.3	188.8	245.3	210.1	270.2	302.6
30년	63.2	96.1	116.5	159.8	185.5	202.1	263.0	225.7	290.3	325.6
50년	68.2	103.9	126.1	172.9	200.7	218.6	285.2	245.1	315.4	354.2
80년	72.7	110.9	134.9	184.8	214.7	233.8	305.4	262.9	338.4	380.5
100년	74.9	114.3	139.0	190.5	221.3	241.0	315.0	271.4	349.3	392.9
150년	78.8	120.4	146.5	200.8	233.3	254.0	332.4	286.7	369.0	415.5
200년	81.5	124.7	151.8	208.1	241.8	263.3	344.7	297.5	383.0	431.4
500년	90.3	138.4	168.8	231.2	268.8	292.7	383.9	332.0	427.5	482.3

<표 D-64> 지속시간별 확률강우량(목포)

단위 : mm

빈도	강 우 지 속 시 간									
	1시간	2시간	3시간	6시간	9시간	12시간	24시간	1일최대	2일최대	3일최대
5년	39.2	58.7	72.3	98.3	121.2	134.4	167.5	144.8	182.8	213.1
10년	45.1	67.7	83.5	113.5	141.2	157.6	196.4	171.6	217.2	256.3
20년	50.7	76.4	94.3	128.0	160.4	179.8	224.1	197.3	250.1	297.7
30년	54.0	81.3	100.5	136.4	171.4	192.6	240.0	212.1	269.1	321.5
50년	58.1	87.6	108.2	146.9	185.2	208.6	259.9	230.5	292.8	351.3
80년	61.8	93.3	115.3	156.4	197.9	223.3	278.1	247.5	314.5	378.6
100년	63.6	96.0	118.7	161.0	203.8	230.2	286.8	255.5	324.8	391.5
150년	66.8	100.9	124.8	169.2	214.7	242.8	302.4	270.0	343.4	414.9
200년	69.0	104.4	129.1	175.0	222.4	251.7	313.5	280.3	356.7	431.5
500년	76.2	115.4	142.8	193.6	246.8	280.1	348.8	313.1	398.7	484.3

<표 D-65> 지속시간별 확률강우량(북이)

단위 : mm

빈도	강 우 지 속 시 간									
	1시간	2시간	3시간	6시간	9시간	12시간	24시간	1일최대	2일최대	3일최대
5년	50.7	71.3	82.7	108.2	127.4	136.1	168.5	150.3	202.4	233.9
10년	61.2	85.1	97.5	127.4	150.7	160.7	192.2	173.1	237.4	278.0
20년	71.2	98.3	111.8	145.8	173.1	184.2	215.0	195.0	271.0	320.3
30년	77.0	105.8	119.9	156.4	186.0	197.8	228.0	207.6	290.4	344.7
50년	84.2	115.3	130.2	169.6	202.1	214.7	244.4	223.3	314.5	375.1
80년	90.8	124.0	139.5	181.7	216.8	230.2	259.3	237.7	336.6	402.9
100년	93.9	128.1	144.0	187.5	223.8	237.6	266.4	244.5	347.1	416.1
150년	99.6	135.6	152.0	197.9	236.5	250.9	279.3	256.9	366.1	440.0
200년	103.6	140.9	157.7	205.3	245.5	260.3	288.4	265.7	379.6	457.0
500년	116.4	157.7	175.9	228.7	274.0	290.4	317.4	293.6	422.5	510.9

<표 D-66> 지속시간별 확률강우량(함평)

단위 : mm

빈도	강 우 지 속 시 간									
	1시간	2시간	3시간	6시간	9시간	12시간	24시간	1일최대	2일최대	3일최대
5년	48.0	67.6	83.1	112.2	131.8	146.4	187.3	149.8	189.6	214.5
10년	54.8	75.9	94.0	128.4	150.5	168.3	219.9	176.2	224.1	254.1
20년	61.3	83.8	104.4	143.8	168.4	189.2	251.1	201.6	257.2	292.2
30년	65.0	88.3	110.3	152.7	178.7	201.3	269.0	216.1	276.2	314.0
50년	69.7	94.0	117.8	163.9	191.6	216.4	291.5	234.3	300.1	341.4
80년	73.9	99.3	124.6	174.1	203.3	230.2	312.0	251.0	321.9	366.4
100년	76.0	101.7	127.9	178.9	208.9	236.8	321.8	258.9	332.2	378.3
150년	79.6	106.2	133.8	187.7	219.0	248.6	339.4	273.2	350.9	399.8
200년	82.2	109.4	137.9	193.9	226.2	257.0	351.9	283.4	364.2	415.0
500년	90.5	119.5	151.2	213.6	249.0	283.8	391.7	315.7	406.4	463.5

### 다. 가능최대강수량(PMP) 산정

- 가능최대강수량(Probable Maximum Precipitation; PMP) : 주어진 지속기간동안 어느 특정 위치에 주어진 유역면적에 대하여 연중 어느 지정된 기간에 물리적으로 발생할 수 있는 이론적 최대강수량
- 영산강 유역 PMP 산정 방법 : '1999 수자원 관리기법 개발 연구조사(건설교통부, 2000)' 성과를 토대로 기왕 최대 호우를 DAD 해석 후 전이하는 방법 및 PMP도를 독치하여 포락하는 방법을 비교·검토하여 큰 값을 지속시간별, 면적별 PMP로 채택하고 균일화한 후 PMP 산정(<표 D-67, 68> 참조)

<표 D-67> 강우깊이-지속시간 포락 및 균일화

단위 : mm

구분	1hr포락	2hr포락	6hr포락	12hr포락	24hr포락	48hr포락	72hr포락
25km <sup>2</sup> 포락	172.0	256.0	523.0	690.0	945.0	1,060.0	1,158.0
100km <sup>2</sup> 포락	118.0	227.4	472.2	617.4	816.2	999.7	1,100.0
200km <sup>2</sup> 포락	107.0	207.9	446.2	586.9	768.1	977.6	1,075.0
1,000km <sup>2</sup> 포락	96.0	189.2	398.6	519.6	689.5	911.4	1,012.0
2,000km <sup>2</sup> 포락	83.0	176.0	374.4	488.7	659.4	873.8	980.0
10,000km <sup>2</sup> 포락	52.0	95.0	216.6	352.8	539.8	711.7	742.0
20,000km <sup>2</sup> 포락	42.0	69.0	167.0	261.0	456.0	616.0	637.0

<표 D-68> 주요지점별 가능최대강수량

단위 : mm

지점별	유역면적 (km <sup>2</sup> )	1hr	2hr	6hr	12hr	24hr	48hr	72hr
영산강 하구	3,455.0	77	161	346	464	638	844	937
광주천 하구	106.5	117	226	470	615	813	998	1,098
황룡강 하구	564.3	102	199	425	556	732	947	1,046
지석천 하구	657.2	101	197	419	548	723	940	1,039
고막원천 하구	215.9	107	208	445	586	767	976	1,074
함평천 하구	196.4	107	209	447	588	770	978	1,076
나주댐 지점	85.3	129	233	482	632	841	1,011	1,111
장성댐 지점	122.4	116	223	466	611	805	995	1,094
담양댐 지점	46.9	156	248	508	669	907	1,042	1,141
광주댐 지점	43.8	158	29	510	672	913	1,045	1,143

## D.3 홍수재해대책

### D.3.1 물관련 법령 및 주요업무

#### 가. 물관리 관계법령

- 우리나라 물관리 관련법령은 조직체계의 구성에 맞추어 수량관리법은 국토해양부, 그리고 수질관리법은 환경부에서 주로 관리하고 있으며, 개개 법령의 주요 내용이 가지는 불안정성 뿐만 아니라 법령간의 유기적인 연계성이 결여되어 있는 등 여러 가지 문제점 내포

<표 D-92> 물관리 관련 주요 법령 현황

구분	법률명	주요내용	관장부처
하천 및 수량관리	하천법	- 하천환경의 정비·보전 - 하천공작물의 설치 및 관리 - 수자원장기종합계획의 수립 - 하천 우수점용허가 등	국토해양부
	댐건설및주변지역 지원등에관한법률	- 댐의 건설 및 관리, 환경과의 조화 - 수자원의 합리적인 개발이용	국토해양부
	지하수법	- 지하수의 적절한 개발이용 - 지하수의 효율적 보전관리 - 지하수 오염예방	국토해양부 환 경 부
	소하천정비법	- 소하천의 정비·이용·관리 - 소하천정비중장기시행 계획수립	행정안전부
재해관리	자연재해대책법	- 방재 기본계획 수립 - 풍수해 예방 - 구호 및 응급복구 등	행정안전부
	농어업재해대책법	- 농어업재해의 예방 및 대책 - 피해의 보상 및 복구 등	농림수산식품부 국토해양부
수환경 및 수질관리	환경정책기본법	- 환경기준의 설정 - 자연환경의 보전 - 환경보전장기종합계획의 수립 등	환 경 부
	수질환경보전법	- 수질 측정망 설치 및 운영 - 배출허용기준 및 시설허가 관리 - 특정호소 수질보전 - 폐수종말처리장의 설치 등	환 경 부
	하수도법	- 하수도 정비 기본계획의 수립 및 하수도의 개량·정비 - 하수종말처리장의 설치 등	환 경 부
	오수·분뇨및축산 폐수의처리에관한법률	- 오수정화시설 및 정화조의 설치 등 - 자연·생활환경의 청결 - 분뇨처리장의 설치 - 축산폐수 공동처리시설의 설치 등	환 경 부
	수도법	- 수도정책 및 상수도 설치·관리 - 상수원 보호구역의 지정 및 원수의 수질검사 - 음용수의 수질기준 관리 - 급수시설의 위생 관리 등	환 경 부 국토해양부
	먹는물관리법	- 먹는 샘물의 수질기준 관리 - 먹는 샘물 개발허가 등	환 경 부

## 나. 물관련 부처별 주요 업무

- 우리나라 물 관련 주요부처는 6개 부처로, 국토해양부는 하천관리·홍수 및 저수 관리 등 수량관리 업무를 담당하고 있고, 환경부는 수질 관측지방 상하수도 정비 기본계획 관리 등의 수질관리 업무, 농림수산식품부는 농업용수 관련, 행정안전부는 방재업무, 그리고 지식경제부, 교육과학기술부 등에서 각각의 수자원 관련 업무를 부분적으로 수행하고 있으며, 국무총리실의 수질개선 기획단에서 물 관련 부처의 수질개선·수자원확보와 관련된 정책 및 사업을 총괄·조정

<표 D-93> 물관련 부처의 기능

부 처	기 능	
	수자원 관리	수자원 개발
국토해양부	·하천(국가하천)관리 ·공유수면 관리·저수 관리 ·홍수관리(홍수에경보) ·광역상수도 관리·수문관측 ·다목적댐 및 하구둑 (일부) 관리 ·지하수 관리	·다목적댐 건설 ·광역상수도 건설 ·내륙주운, 운하 건설
환 경 부	·수질관측·수질 규제 ·하천정화사업 ·음용수 수질기준관리 ·지방 상하수도 정비 계획 ·하·폐수 처리시설 관리	·환경영향평가 ·도시하수 처리 시설 건설 ·공단폐수 처리 시설 건설
농림수산 식품부	·관개용수(댐) 관리 ·하구둑(농업용) 관리	·농업용댐 건설 ·간척지 담수호 개발 ·지하수(농업용) 개발
행정안전부	·하천(지방1급, 지방2급)관리 ·홍수 재해 대책·수원지역 관리 ·상·하수시설 관리 ·내수면 어업	·지방 상수도 건설 ·지방 하수처리 시설 건설
지식경제부	·발전용댐 관리·소수력 ·운천수 관리	·발전용댐 건설(양수발전 포함)
교육과학기술부	·기상관측 및 예보	

## 다. 물 재해관리 법규

- 우리나라의 물관련 재해관리를 위한 기본법은 1967년 풍수해대책법이 시초이며 가뭄 피해 보상을 위한 농어업재해대책법은 1967년에 제정되었으며, 1967년 이전까지는 물 재해와 관련된 법령은 없었으며 재해대책에 관해 필요한 사항은 최고 회의의 의결 등으로 시행

- 풍수해대책법의 관련기관은 내무부(현 행정안전부)에서 건설부(현 국토해양부)로 이관되었으며 1990년 정부조직법 개정에 의거 다시 재해대책업무가 내무부로 이관되었으며, 1995년 12월 7일에는 방재업무의 선진화와 선진방재제도를 도입하여 자연재해대책법으로 전문 개정
- 자연재해대책법과 농어업재해대책법은 수질적인 문제로 발생하는 재해에 관한 대책들이며, 수질적인 문제에 대한 대책은 수환경 및 수질관리에 관한 법령인 환경정책기본법에 관련 사항이 기술(<표 D-93> 참조)

<표 D-93> 물 재해관리의 법규 및 업무

관련기관	관련 법규	관 련 업 무
행정안전부	자연재해대책법	·방재 기본계획수립 ·홍수해 예방 및 구호, 긴급복구 등
농림수산식품부 국토해양부	농어업재해대책법	·농어업재해의 예방 및 대책 ·피해의 보상 및 복구 등
환 경 부	환경정책기본법	·환경기준 설정 및 특별 대책지역 선정 ·장기종합계획의 수립

#### 라. 방재시설물에 관한 법규

- 방재시설물에 대해서는 자연재해대책법, 국토이용 관리법, 산림법 및 도시계획시설 기준에 관한 규칙 등에 나타나 있으나, 자연재해대책법에 제시되어 있는 수방 시설물에 대한 정의를 기준으로 살펴보면 자연재해대책법(개정 2008.03.28 법률 제8999호)제2조제7항에 정의된바, "수방기준"이라 함은 풍수해로부터 시설물의 내구성 강화 및 지하공간의 침수방지를 위하여 관계중앙행정기관의 장 또는 소방 방재청장이 정하는 기준으로 정의
- 자연재해대책법시행령(개정 2008.10.29 대통령령 제21098호) 제15조에 (수방기준의 제정대상 시설물 등)은 법 제17조제2항에 따라 수방기준을 제정하여야 하는 대상 시설물은 다음 각 호와 같음 <개정 2007.7.2, 2007.9.27, 2008.4.3, 2008.10.29>
  1. 수해내구성강화를 위하여 수방기준을 제정하여야 하는 시설물
    - 가. 「소하천정비법」 제2조제3호의 규정에 의한 소하천부속물 중 제방
    - 나. 「하천법」 제2조제3호에 따른 하천시설 중 제방
    - 다. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제2조제6호 마목의 규정에 의한 방재시설 중 유수지(遊水池)

- 라. 「하수도법」 제2조제3호에 따른 하수도 중 하수관거 및 공공하수처리시설
  - 마. 「농어촌정비법」 제2조제4호의 규정에 의한 농업생산기반시설 중 저수지
  - 바. 「사방사업법」 제2조제3호의 규정에 의한 사방시설 중 사방사업에 따라 설치된  
공작물
  - 사. 「댐건설 및 주변지역지원 등에 관한 법률」 제2조제1호의 규정에 의한 댐 중 15  
m이상의 공작물 및 여수로(餘水路), 보조댐
  - 아. 「도로법」 제2조제2항의 규정에 의한 교량
  - 자. 「항만법」 제2조제6호의 규정에 의한 방파제·방사제·파제제 및 호안
2. 지하공간의 침수방지를 위하여 수방기준을 제정하여야 하는 대상 시설물
- 가. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령」 제2조제2항제1호바목에 따른 지하  
도로, 같은 영 제2조제2항제3호라목에 따른 지하광장 및 「국토의 계획 및 이용에  
관한 법률」 제2조제9호에 따른 공동구
  - 나. 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」 제2조 및 동법 시행령 제2조의 규정에 의  
1종 시설물·2종 시설물 중 지하도상가
  - 다. 「대도시권 광역교통관리에 관한 특별법」 제2조제2호나목에 따른 도시철도 또는  
철도
  - 라. 「건축법 시행령」 별표 1 제3호아목에 따른 변전소 중 지하에 설치된 변전소  
(이 영의 시행일 전에 설치된 지하 변전소를 제외한다)
  - 마. 삭제 <2007.7.2>

### D.3.2 치수사업의 추이변화

- 우리나라 치수사업은 '61년 하천법 제정 이전에는 홍수피해지역을 보호하기 위한 하천개수사업과 그에 따른 제방축조 사업위주로 추진되었고, '70년대는 국토개발 종합계획과 연계한 유역종합개발계획을 수립하여 수계가 일관된 개발을 추진하였고, '80년대는 '87년 대홍수를 계기로 「방재대책 중장기계획('88)」을 수립, '90년대는 '99년말 「수해방지종합대책」이 수립되어 수해관련법과 제도개선, 투자확대 및 조직 개편 등을 시행, 2000년대는 '01년에 유역종합치수계획 수립을 위한 조항을 하천법에 신설하여 유역단위의 종합적인 치수계획 수립 기반 마련

#### 가. 1970년대 이전 치수사업

- '50년대말 이전까지는 주로 홍수피해 지역을 보호하기 위한 하천개수사업과 그에 따른 제방축조 사업을 위주로 추진

- '61.12.30 하천법(법률 제892호)을 제정하여 본격적으로 하천 홍수피해 지역 보호를 위한 하천개수 등의 치수정책 추진

#### 나. 1970년대 치수사업

- 제1차 국토개발종합계획과 연계하여 4대강 유역종합개발계획('71~'81)을 수립하여 치수와 다목적댐 건설, 하천개수와 관개시설 및 하구둑 건설 등 수계가 일관된 개발 추진하고, '74년부터 아이사개발은행(ADB) 차관으로 낙동강 유역 다목적댐 건설과 낙동강 연안 종합개발사업을 추진하여 5대강 수계 치수사업의 효시가 됨

#### 다. 1980년대 치수사업

- '80년대 국토개발정책은 지역간 균형개발을 정책의 기조로 삼고 하천개수사업도 투자효율성 제고와 지역간 균형유지를 위해 지구별 분산개수 방식에서 수계별 일괄개수 방식으로 전환하여 추진하였으며, 주요 치수사업은 하천개수사업과 수해상습지 개선 1단계사업을 들 수 있으며, '87년 대홍수를 계기로 수립된 「방재대책증장기계획('88)」을 통하여 시행

#### 라. 1990년대 이전 치수사업

- 홍수피해가 급증한 지방1급, 2급 하천의 개수를 제고를 기본목표로 설정하고 '90년 12월 「수자원장기종합계획('91~2001)」을 수립하여 하천유역개발 및 관리의 기본방향 제시하였으며, '96년에 보완된 「수자원장기종합계획('91~2001)」을 통하여 다목적댐 홍수조절능력을 2011년까지 18억<sup>m</sup>에서 31억<sup>m</sup>으로 높이는 홍수조절계획과 본류와 지류를 일괄하는 치수사업을 확대하여 2007년까지 하천개수 100% 달성을 목표로 계획을 추진하였고, '96, '98, '99년 홍수피해로 치수의 중요성이 강하게 부각됨에 따라 '99년말 수해방지종합대책을 수립하여 수해관련법과 제도개선, 하천개수 등 투자확대 및 조직개편 등을 시행

#### 마. 2000년대 치수사업

- '01년에 유역종합치수계획 수립을 위한 조항을 하천법에 신설하여 유역단위의 종합적인 치수계획 수립 기반을 마련하고, 4대강 유역종합치수계획 완료 또는 추진

### D.3.3 국내외 홍수재해대책 사례 조사

- 홍수대책은 크게 시설이나 장비 설치 등을 통해 홍수를 방어하는 대책인 구조적 대책(structural measures)과 토지이용규제 및 제도 등을 통해 홍수를 방어하고자 하는 비구조적 대책(non-structural measures)으로 구분

## 가. 국외의 홍수피해 대책 사례

### 1) 미국연방재난관리청(FEMA)의 친환경적 재난대비 정책 및 홍수피해 대책

#### □ 미국의 재난대비 경험

- 미국연방재난관리청(FEMA; Federal Emergency Management Agency)에 따르면 1990년 ~ 1999년 사이에 총 460개의 재난들이 대통령에 의해 선포되었고, 254억달러 이상이 재난 구제비로 사용하였는데, 많은 대형재난을 겪으면서 미국 의회는 연방재난관리청이 자연 재해 완화에 역점을 두도록 하였으며, 이는 자연 재난 후의 단기적 접근(복구)에서 보다 미래의 장기적인 접근 방향으로 정책 전환
- 미국의 재해완화정책은 1950년 첫 재난구제법(Disaster Relief Act) 통과를 현재의 재난보조정책의 기초가 되었으며, 1988년 로버트 스텝포드 재난보조법은 재해완화(hazard mitigation)라는 정책이 강조 되었는데, 일반적으로 미국의 자연재해 완화 정책은 이 법에서 시작

#### □ 미국의 친환경적 재난 대비의 방향

- 미국의 재난대비에 있어 가장 분명한 흐름은 완화(mitigation)에 가장 큰 중점을 두고 있으며, 이러한 흐름에는 몇 가지 방향성이 있는데, 비구조적 접근방안으로서의 완화에 대한 선호, 토지이용완화와 지속가능성의 통합, 지역정부의 중요성, 연방정부 역할의 개혁, 새로운 연대의 건설 등
- 비구조적 접근방안으로서의 완화에 대한 선호는 댐, 둑 등 토목공학적 방법인 구조적 접근 방법은 자연환경에 나쁜 영향을 미친다고 알려져 있어 환경주의자와 계획가는 비구조적인 접근의 중요성을 강조
- 토지이용 완화와 지속가능성의 통합으로는 준비와 대응을 통한 비상상태에 초점을 맞춘 단기적 접근이 아닌 지속가능한 토지이용계획을 통한 규제 등과 같은 장기적인 접근을 적극 권장하였는데, 재해완화와 토지이용계획을 지속가능하기 위해서는 재해 감소를 지역사회의 사회적, 경제적, 환경적 목표들과 통합
- 1995년 미국재난관리청의 자연 완화 전략은 "모든 완화는 지역적인 단위에서 이루어져야 한다"는 것으로 재해 완화에 있어 지역 정부의 영향력은 그 목표와 방법에 따라 다양하고 여러 가지 정책적 권한(계획, 규제, 토지 수용)등 지역정부의 토지이용과 개발 규제에 대한 중요성을 강조

## 2) 일본의 치수대책 현황

### □ 일본 홍수피해의 특성

- 일본은 우리나라와 유사하게 연간 강수의 상당량이 장마철을 중심으로 단기간에 집중되는 특성이 있으며, 산맥이 국토를 종단하고 있고 지형이 험난하여 많은 하천의 유량이 홍수기에 급증하는 현상을 보이고 있으며, 일본 도시의 상당수는 홍수를 통해 형성된 충적평야에 위치하고 있어 홍수기 하천수위가 상승하는 경우 대규모 홍수피해에 노출되는 조건
- 국토의 지리적 특성 때문에 태풍으로 인한 풍수해가 빈번하게 발생하여 태풍피해의 발생을 줄이기 위해 1960년에 「치산치수긴급조치법」을 제정하고 이에 근거하여 '치수사업 10년 계획'을 추진
- 일본의 가장 대표적인 치수대책은 제방을 건설하는 것으로 제방의 치수능력 제고를 위해 하천제방설계지침을 정하고 수리학적 혹은 토질공학적인 접근을 통해 기존 제방의 안전성 향상에 노력

### □ 일본의 치수대책

- 일본의 치수대책 원칙은 홍수시 하천수위를 크게 낮추는 것으로 정하고, 이러한 원칙을 기본으로 이용 가능한 다양한 치수대책을 지역적 특성에 따라 적절하게 편성
- 일본의 치수대책은 6가지로 구분되는데,
  - 제방승상 : 기존 제방의 높이를 조절하여 하천의 단면적을 증가시키는 방법
  - 강바닥 굴착 : 강바닥을 굴착하여 하천의 단면적을 증가시키는 방법
  - 인제(引堤) : 제방의 위치를 이동하여 강폭과 하천의 단면적 증가
  - 방수로 : 새로운 수로를 추가로 만들어 홍수시 하천유량을 감소시키는 방법
  - 우수지 : 인근에 평지가 있는 경우 우수지를 만들어 홍수시 피크 유량 조절
  - 댐 : 홍수의 일부를 댐 저수지에 저장하여 피크 유량 조절
- 제방승상, 강바닥 굴착, 인제 등을 통한 치수대책은 방수로, 우수지, 댐 등과 달리 추가적인 대규모 토지확보 없이 시행 가능한 대책이기 때문에 하천 인근의 토지 이용이 고도화된 지역에 적합하나, 제방승상이나 인제의 경우 하천 인근 도로, 교량, 철도 등 시설의 이전이 필요하며, 제방승상의 경우 제방붕괴로 인한 피해의 위험이 증가하는 단점이 있으며, 강바닥 굴착의 경우 하천 생태계에 영향을 미침
- 우수지와 댐은 홍수기에 하천유량이 급격히 증가하는 것을 효과적으로 조절할 수 있어, 일본 국토교통성 소관의 댐 수는 약 400개가 분포하고, 이들 댐은 1991년부터 2000년까지 10년 동안 약 4천회에 이르는 홍수를 조절

- 일본의 치수대책은 하천이나 유역의 특성, 토지이용 현황, 정비의 효율성, 비용효과 등을 고려하여 선택되고, 치수시설의 정비는 대규모 하천의 경우 30~40년 빈도, 중소하천은 10~30년 빈도 강우에 대비하며, 각 수계의 특성과 댐 이외의 치수시설 등을 고려하여 기존 시설의 활용을 극대화하는 방안 마련

**나. 국내 수계별 댐 설치 현황 및 홍수조절 효과**

- 우리나라에는 다목적댐, 발전전용댐, 하구둑, 생공용수전용댐, 농업용수댐 등 다양한 댐들이 건설되어 있으며, 이중 홍수조절능력을 갖춘 댐들은 주로 다목적댐과 발전전용댐으로서 4대강 등 주요 수계에 설치
- 전국에 운영중인 댐은 1,214개이며, 이중 1,114개가 관개용수댐으로 전체의 92%로 가장 많으며, 다목적댐은 15개소, 홍수조절용댐은 1개소가 있으며, 2006년 기준 건설중인 댐은 군남의 홍수조절지를 포함하여 4개소

<표 D-94> 우리나라 댐의 현황

구분	계	댐의 현황(개소수)				
		다목적댐	생공용수댐	발전용댐	관개용수댐	홍수조절댐
전 국	1,214	15	63	21	1,114	1
한 강	131	3	5	10	112	1
낙동강	310	5	5	7	293	-
금 강	137	2	4	2	129	-
영산강	72	-	9	-	63	-
섬진강	103	2	1	1	98	-
기 타	461	3	39	1	419	-

자료 : 수자원관리정보종합시스템, <http://www.wamis.go.kr/>

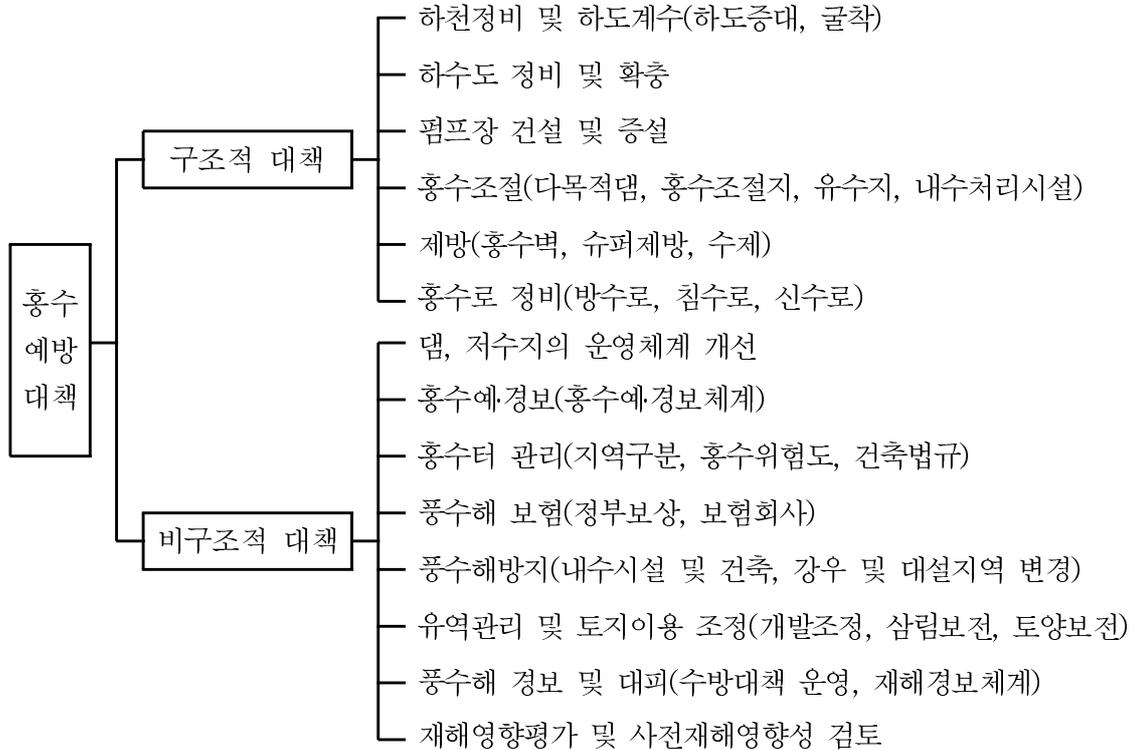
<표 D-95> 댐별 홍수조절용량

수계명	개소수	유역면적 (km <sup>2</sup> )	총저수량 (백만 m <sup>3</sup> )	단위면적당 저수량비 (백만 m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )	홍수조절 (백만 m <sup>3</sup> )
한 강	3개 다목적댐 6개 발전용댐	9,560.0	5,736.9	0.60	1,125.5
낙동강	5개 다목적댐	6,250.4	3,015.8	0.48	545.8
금 강	2개 다목적댐	4,134.0	2,305.0	0.56	387.0
섬진강	2개 다목적댐 1개 발전용댐	1,773.0	1,173.0	0.66	112.0
기 타	3개 다목적댐	415.6	349.4	0.84	27.3
총 계	15개 다목적댐 7개 발전용댐	22,133.0	12,580.1	0.57	2,197.6

자료 : 건설교통부, 건설교통통계연보, 2005.

- 다목적댐과 발전전용댐의 홍수조절용량을 보면, 한강수계의 홍수조절용량은 타수계보다 월등하게 큰 반면 금강과 섬진강의 경우 홍수조절능력이 저조하며, 단위면적당 저수용량비는 한강과 섬진강수계가 크며, 낙동강수계가 낮음

### D.3.4 환경친화적인 홍수관리방안



<그림 D-13> 홍수예방대책

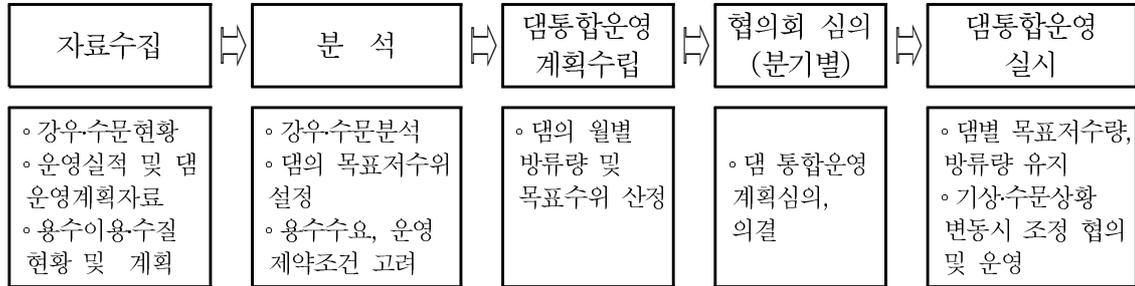
#### 가. 기존 댐의 적정운영을 통한 치수능력 증대방안

- 기존 댐의 적정운영에 의한 치수능력 증대에 의한 개선방안은 기존 댐의 운영 규칙을 개선하는 방안과 기존 댐에 퇴적된 토사를 준설하여 저수용량을 확충하는 방안, 유역내 댐군의 연계운영을 강화하는 방안, 댐 관리주체들의 협력을 통한 적정 운영 방안 등을 검토

#### 나. 유역내 댐군의 연계운영 방안 수립

- 유역내 댐군의 연계운영이 시행되고 있는 한강수계에서 최적화기법의 개념을 도입하여 "한강수계 댐군 최적 연계운영모형"이 개발되어 적용되고 있는데, 이 모형은 용수수용량에 대한 물부족의 최소화, 저수량 확보 최대화, 발전방류의 최대화, 불필요한 여수로 방류량의 최소화 등을 목표로 의사결정을 지원하는 시스템

- 유역내 댐군의 연계운영에 대한 절차로 댐의 이수 및 치수적 차원에서의 적정 운영을 위해 지속적인 자료관리와 검토된 안에 대한 관련기관의 협의에 의한 의사 결정 등으로 이론적, 실제적인 적정방안을 도출



<그림 D-14> 댐 연계운영 절차

- 기존 댐의 치수능력 강화사업으로 국토해양부에서는 이상호우에 대비, 기존 댐의 안전성을 제고하기 위해 치수능력 등재사업을 추진하고 있는데, 그 일환으로 2003 ~ 2011년까지 14개 댐의 치수능력을 확충할 계획으로 기존 댐의 여수로의 기능을 보강하기 위해 보조여수로 설치사업을 추진

#### 다. 기존 댐 운영의 효율화 방안 수립

- 기존 댐 운영의 효율화를 통한 치수능력 증대방안으로 홍수에·경보 체계의 개선, 기존 중소규모 저수지 운영기법의 개선, 현장 운영자료의 전산화 등 관리 철저, 저수지 준설을 통한 저류용량 확충, 상이한 관리주체간의 협의기구 운영
- 홍수에·경보 체계의 개선방안으로 실시간 정보 수집체계에 대한 개선, 하천 정보의 정확성의 개선, 현재 사용되고 있는 강우-유출모형인 저류함수법에 의해 홍수 예측을 할 때 토지이용도가 매년 변화되기 때문에 이에 대한 요소가 예측모형에 반영되도록 개선되어, 국토 GIS 기반체계 구축과 연계한 프로그램 개선
- 기존 중소규모 저수지 운영기법의 개선방안으로 중소규모 저수지의 경우 대부분 저수지 조절방식은 저수위를 기준으로 하여 운영하고 있는데 갑작스런 강수량의 증가에 따른 수위변화에 적절하게 대응하지 못하므로 일부 저수지를 홍수조절 능력을 향상시킬 수 있는 수정 Rigid ROM 방식 등으로 개선
- 현장 운영자료의 전산화 등 관리철저 방안으로 중소규모 댐의 경우 댐운영 방안이 상이하고 운영기관 조차 상이한 경우가 많아 운영자료 조차 적정관리가 되고 있지 않는 경우가 많은데, 향후 중소규모 저수지의 경우 시간대별 방류량 및 수문개도 등에 대한 실적관리 등을 실시간 관측 및 전산화하여 관리 철저

- 상이한 관리주체간의 협의기구 운영방안으로 지방2급 및 소하천 등은 지자체에서 관리하고 해당 하천유역에 위치한 중소규모 저수지의 경우 지자체, 한국농촌공사 등에서 관리하고 있어, 홍수시 해당 유역의 치수안전도를 확보하기 위해 해당 지자체와 저수지 관리기관간의 협의를 통해 사전 수문조절 등이 가능하도록 협의체를 구성하거나 연계체계를 구성, 운영

**라. 녹색댐에 의한 치수기능 확충**

- 녹색댐(green dam)은 산림이 빗물을 머금었다가 서서히 흘러 보내는 인공댐과 같은 기능을 한다고 해서 붙여진 이름으로, 산림의 수원함양기능을 의미하며 홍수조절 기능과 갈수완화기능, 수질정화기능 댐
- 산림청은 2006년부터 2015년까지 연차적으로 전국 40개 댐 주변 등에 녹색댐 기능을 하는 수원함양림을 조성하는 '전국 녹색댐 조성사업'을 추진하는데, 안동, 임하, 소양강, 횡성, 달방, 광동, 부안, 보령댐 등 8개 댐을 시작으로 대청, 용담, 섬진강, 밀양, 영천, 선암, 대암댐 등 연차적으로 댐 유역 숲가꾸기 사업 실시
- 당초계획에 의하면 5대강 유역 양안 5 km이내 산림 1만6천500 ha의 산림도 가꾸어 우리나라 침엽수림 220만ha에 대해 지속적으로 시행할 경우 소양댐(19억톤)의 3배나 되는 57억톤의 깨끗한 물을 확보할 수 있어 홍수방지는 물론 지속가능한 물 자원확보에 크게 기여



<그림 D-15> 녹색 댐의 개념도

**마. 유역내 유출저감시설을 통한 치수대책**

○ 재해가중요인의 저감방안 수립 필요성의 대두로 토지이용도의 극대화를 위한 저류 공간의 다목적 활용 및 치수뿐만 아니라 이수, 환경적으로도 유리한 침투시설의 설치 확대로 도시지역에서의 우수유출저감시설은 도심지역내에서 발생하고 있는 초기 유출수의 비점오염원적 수질악화 개선효과도 있는 것으로 판단되어 적극적인 설치 및 운영이 필요한 대책으로, 적용 가능한 우수유출 저감시설로는 침투통, 침투트렌치, 투수성 포장, 쇄석공극침투 등이며, 저류시설로는 공원연못, 학교운동장, 방재조절지, 저류지, 지하주차장 등(<표 D-96> 및 <그림 D-16> 참조)

<표 D-96> 국내 적용 가능한 우수유출저감시설

침투시설분류 및 특성		저류시설분류 및 특성	
구 분	특 성	구 분	특 성
침 투 통	건물 및 도로의 빗물받이 바닥에 자갈과 모래를 포설하여 침투유도	공 원 연 못	도시공원, 근린공원 등 기존 연못을 우기시 저류공간으로 활용
침 투 트 렌 치	우수관 사이를 잇는 지하시설로서 유공 및 투수성 콘크리트로 시공	학 교 운동장	운동장을 우기시 30cm정도 턱을 두어 저류공간으로 활용
침 투 측 구	투수성 콘크리트 등을 사용하여 공원 등 주변 배수시설로 시공	방 재 조절지	대규모 택지개발사업 시행시 저류공간을 설치
투 수 성 포 장	주차장, 보도 등을 투수성으로 시공, 침투유도	저 류 지	재해영향평가 대상사업내 설치된 저류지
투 수 보도블럭	보도를 투수성 재료로 시공	지 하 주차장	아파트 및 건물 주차장을 평소에는 주차시설로 우기시에는 저류조로 활용
쇄 석공극 침 투	주택사이 공간 등에 자갈모래를 포설하여 침투유도		



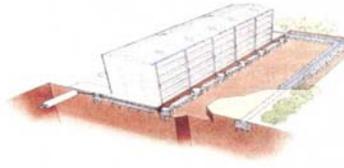
(a) 개인주택에서의 침투통



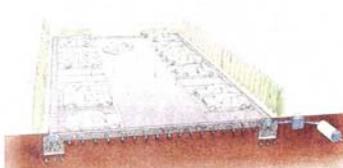
(b) 주택지역에서의 침투통 및 침투트렌치



(c) 주택에서의 쇄석공극저류



(d) 연립주택의 침투통 및 트렌치, 측구



(e) 주차장의 투수성 포장 및 침투측구



(f) 도로에서의 침투통 및 트렌치, 유공관

<그림 D-16> 적용 가능한 우수유출 저감 시설 모식도

## 바. 합리적 토지이용계획 및 관리를 통한 수해방지 방안

### 1) 토지이용계획 및 관리

- 합리적 토지이용계획 및 관리를 통해 홍수가중요인을 제거하고 수해상습지역을 해소하는 방안으로, 자연재난 완화(hazard mitigation)에 있어 토지이용계획, 홍수터(범람원) 관리 프로그램 제시, 상습침수지역에 대해 적극적으로 피해지역을 감소시키는 방안으로 특별법 제정안 검토
- 자연재해를 예방하기 위한 토지이용계획을 통한 자연재난완화는 오픈스페이스보존(open space preservation)과 도시개발의 무변별한 확산금지와 밀접한 관련
- 토지이용 계획적 접근 방안은 홍수로 인한 피해를 줄이기 위해 도시 및 지역개발을 조정하는 방안을 제안하는데 Myer R. Wolfe, et al.(1986)은 재난에 대비한 토지이용계획의 수단을 정리(<표 D-97> 참조)
- 홍수터(범람원)관리 방안은 홍수가 인간과 지역사회에 끼치는 영향을 완화하기 위해 고안된 프로그램으로 구성되며, 홍수다발지역의 개발을 제한하는 토지이용계획과 규제, 홍수터(범람원)의 천연자원과 기능을 유지하고 보수하는 것 등을 포괄
- 홍수터(범람원) 관리정책(flood plain management program)은 홍수의 영향을 최소화하기 위한 조례로 구조적, 비구조적 방법으로 구성되는데, 구조적인 방법은 인근지역에 범람하지 못하도록 홍수의 양을 감소시키는 방법으로 저류지, 제방, 도랑 등의 방법이며, 비구조적 방법으로는 홍수빈번지역에 토지이용계획과 홍수터(범람원) 관리규제 등을 실시

### 2) 수해방지를 위한 법제화 방안

- 2003년까지 전국 상습수해지구의 피해발생현황을 분석한 결과 내수침수가 원인인 지역은 524개소로 전체의 73.4%, 외수범람에 의한 침수가 원인인 지역은 26.6%
- 내수침수의 원인으로는 지형적인 저지대 문제, 배수능력 부족, 하천의 수위상승으로 인한 배수불량, 하수관거 용량부족, 하천을 복개하면서 유지관리가 되지 않음에 따라 일부 구간이 퇴적됨에 따라 역류하거나 범람하는 경우, 해안가 지역에서 조위의 영향에 따라 배수영향에 의해 내수가 원활하게 배제되지 못하는 경우 등
- 상습수해지역의 해소 방안으로 지자체에서는 내수침수에는 배수펌프장의 증설이나 신설, 외수침수에는 하천정비를 대책으로 수립·추진하고 있는데, 하천정비는 그 주체나 관리 소재에 따른 일부 하천이나 하천 구간에 따라 이루어지기 때문에 하천구간 전반에 걸친 치수안전도 확보가 곤란한 실정

<표 D-97> 재난완화를 위한 토지이용계획 및 관리적 수단

계획 수단	의 미	기 능
zoning	대부분 도시는 토지이용의 배분과 건물입지 등을 규제하는 zoning을 사용	위험한 홍수터(범람원) 지역의 새로운 건물이나 개발 금지
subdivision standard	대부분의 도시는 모든 토지구획을 정리하는 조례를 가짐	어떤 위험한 지역에서의 새로운 개발 입지를 규제
sensitive area ordinance	자연적으로 민감한 지역 개발시 개발의 영향에 대한 보고서를 제출해야 하는 조례제정	해변지역의 개발이 가져올 수 있는 태풍으로부터의 피해를 줄임
building codes	지자체내 모든 건물들의 유지, 입지, 건설, 설계 등을 규제함으로써 공공복지 보호	새로이 건설되는 건물들이 재난에 견딜 수 있는 다른 형태의 건물양식을 가능케 함
hazardous building abatement ordinance	이러한 조례는 위험한 건물을 해체하고 재건축 할 수 있음	위험한 지역에 있는 현 건물을 재난에 견딜 수 있는 건물로 대체할 수 있게 함
special use & critical facility permits	이러한 절차 및 허가는 개발자로 하여금 더욱 자세한 연구가 필요로 하는 중요한 시설에 대해 적용	어떤 특정시설의 입지를 재해에 상지역에 제한 할 수 있게 함
environmental impact statement	개발행위에 대한 환경영향을 예측하고 그러한 영향을 저감 할 수 있는 방안 강구	자연재난을 완화하기 위해 개별 개발행위의 강도를 변화시키는데 효과적
tax credit	토지가 개발을 하지 않거나 저밀도로 개발되는 한 세금 혜택 제공	자연재난에 민감한 지역에 개발을 제한하는데 인센티브를 제공
real estate disclosure	위험한 지역에 대해 부동산업자는 그러한 정보를 공개	위험한 지역의 부동산 매매 행위에 대해 영향을 미침
property acquisition	자연재난 위험지역을 정부가 사들이는 방법	정부가 토지를 매수함으로써 위험 지역의 개발을 제한할 수 있음
infrastructure location & design standards	위험한 지역의 기반시설을 제한하는 수단으로 사적개발행위를 막음	위험한 지역에서의 개발을 원천적으로 막는 효과를 가짐

- 상습수해지구 해소를 위한 법제화 방안으로 국고뿐만 아니라 민간재원도 투자될 수 있도록 유인하는 방안이 필요하며, 다른 구조적 대책으로는 상습수해지구 개선될 수 없다고 판단될 경우 집단이주를 고려할 수 있는 법적 근거를 마련하고, 민간유치를 위해서는 투자를 통한 이익창출이 가능하도록 각종 인허가 절차를 간소화할 필요가 있으며, 타 법령을 의제처리 할 수 있는 상위법의 개념 도입 및 상습수해지구 해소가 될 때까지 한시적으로 운영되는 법령 제정이 필요

### D.3.4 영산강 유역 침수피해 최소화를 위한 대책

#### 가. 영산강유역 수방시설물 설치현황

- 영산강 유역내 각 지자체에서는 수해를 예방하기 위한 대책을 계속 추진 중이며, 2001년 현재 영산강 유역 지자체에서 추진중인 수방대책을 정리(<표 D-98> 참조)

<표 D-98> 영산강유역 지자체간 수해 예방대책

지자체	수해 예방대책 시설물 현황
담양	·영산강 시원인 가마골 야영소에 자동우량 경보장치 설치
나주	·영산대교 부근 하도 확장 및 영산강변 배수펌프장 설치 ·영산포 옹벽 보강 및 영산강 하도 준설사업
함평	·하천기성제 정비 및 배수펌프장 설치
무안	·하천 기성제 정비 및 배수펌프장 설치 ·영산강 사업단 경지정리사업
영암	·하천 기성제 정비 및 배수펌프장 설치 ·영산강 사업단 경지정리사업
목포	·영산강 하구둑 배수갑문 제원, 작동 실적, 제한수위 검토 ·영산강 하구둑 배수갑문 확장, 연락수로 증대 계획 추진중 ·조위상승에 따른 해안로 파라핏 및 승상 ·배수펌프장 보강

#### 나. 영산강 유역 침수피해 최소화를 위한 대책

- 영산강 상류에 홍수조절용 다목적댐이 건설되어 있지 않은 현 상황에서 홍수기에는 영산강 상류의 4개 저수지에도 일정량의 홍수조절용량을 부여하는 방안을 검토하고, 홍수예경보시스템과 더불어 하류의 수위상황을 적절히 고려하여 저수지들을 운영할 수 있는 최적 연계 운영 시스템 구축
- 영산강 하구둑은 영산강 중·하류에 상당한 영향을 미치므로 홍수예경보시스템 내에 영산강 배수갑문의 운영을 최적화 할 수 있는 연계 시스템 구축
- 상류의 도시화로 인해 하류에서 피해가 가중될 수 있다는 사실을 상류의 지자체에서 인식하고 유역관리 차원에서 도시를 개발하고, 증가된 홍수량은 개발 지자체 내에서 해결할 수 있는 우수유출 저감시설을 설치하여 홍수피해 최소화를 기하며, 지자체간 협의기구의 설치가 필요

## E. 영산강 유역 수질현황 및 수질개선대책

### E.1 영산강 유역 수질관측 측정망 운영기본체계

#### E.1.1 하천수 수질측정 지점

<표 E-1> 환경부 수질측정망(하천수)

수계	중권역 (목표기준)	명칭	채수지점	구분	유량 조사지점	조사기관	비고
영 산 강	영산강 상류 (Ⅲ)	담양	전남도 담양군 담양읍 금월리(금월교)	본		영산강유역 환경청	주요지점
		우치	광주시 북구 우치동 (용산교)	본	총량유량	영산강물환경 연구소	주요지점, 총량지점
		풍영 정천	광주시 광산구 월곡동 (월곡철교)	지		광주광역시	
		광주1	광주시 서구 치평동 (하수처리장상류 1km)	본		영산강유역 환경청	주요지점
		광주천1	광주시 동구 학동 (방학교)	지		영산강유역 환경청	
		광주천2	광주시 서구 치평동 (하수처리장앞 수중보)	지		영산강유역 환경청	
		광주2	광주시 서구 마락동 (극락교)	본	마락	영산강유역 환경청	
		광주2-1	광주시 서구 서창동 (서창교)	본	마락	영산강유역 환경청	중권역 대표
	황룡강 (Ⅱ)	황룡강1	전남도 장성군 장성읍 영천리(진두보)	지	장성	전라남도	
		황룡강2	전남도 장성군 황룡면 장산리(제2황룡교)	지		전라남도	
		황룡강 2A	광주시 광산구 광산동 (오룡교)	지	총량유량	영산강물환경 연구소	총량지점
		황룡강3	광주시 광산구 서봉동 (송정취수장)	지	선암	광주광역시	
		황룡강 3-1	광주시 광산구 황룡동 (송정2교)	지	선암	영산강유역 환경청	주요지점, 중권역대표
	지석천 (Ⅱ)	지석천1	전남도 화순군 능주면 남정리(능주교)	지	능주	전라남도	
		화순천	전남도 화순군 도곡면 죽청리(죽청교)	지		전라남도	
		지석천 1A	전남도 화순군 도곡면 신성리(신성교)	지	총량유량	영산강물환경 연구소	총량지점
		지석천2	전남도 나주시 남평읍 수월리(남평교)	지	남평	전라남도	
		지석천4	전남도 나주시 금천면 신가리(지석대교)	지		영산강유역 환경청	주요지점, 중권역대표
	영산강 중류 (Ⅲ)	광산	전남도 나주시 노안면 학산리(학산교)	본	총량유량	영산강물환경 연구소	주요지점, 총량지점
		나주	전남도 나주시 삼도동 (나주대교)	본	영산포	영산강유역 환경청	주요지점
		영산포	전남도 나주시 진포동 (구진포나루터)	본		영산강유역 환경청	
		영산포 -1	전남도 나주시 동강면 동 당리(석관정 나루터, 고막 원천합류전)	본	총량유량 (죽산교, 구하 도, 반계천)	영산강물환경 연구소	중권역대표, 총량지점

수계	중권역 (목표기준)	명칭	채수지점	구분	유량 조사지점	조사기관	비고
영산강	고막원천 (Ⅱ)	고막원천 1	전남도 함평군 나산면 이문리(돈내보)	지		전라남도	
		고막원천 2	전남도 함평군 학교면 고막리	지	학교	전라남도	
		고막원천 2-1	전남도 나주시 학교면 석정리(새마을교)	지	총량유량	영산강물환경 연구소	중권역대표, 총량지점
	영산강 하류 (Ⅰb)	함평	전남도 나주시 동강면 월송리(몽탄양수장앞)	본	총량유량	영산강물환경 연구소	총량지점
		함평천1	전남도 함평군 학교면 기각리(기산교)	지		전라남도	
		함평천2	전남도 무안군 엄다면 학야리(학야교)	지	함평	전라남도	
		무안1	전남도 무안군 몽탄면 명산리(몽탄대교)	본	명산	영산강유역 환경청	중권역대표
	영암천 (Ⅰb)	영암천1	전남도 영암군 군서면 (해창교)	남해		영산강유역 환경청	중권역대표
	영산강 하구연 (Ⅰb)	무안2	전남도 무안군 상향면 옥암리(방조제앞)	본	총량유량	영산강물환경 연구소	중권역대표, 총량지점

※ 영암방조제 중권역 대표지점은 영암호 1지점(호소)

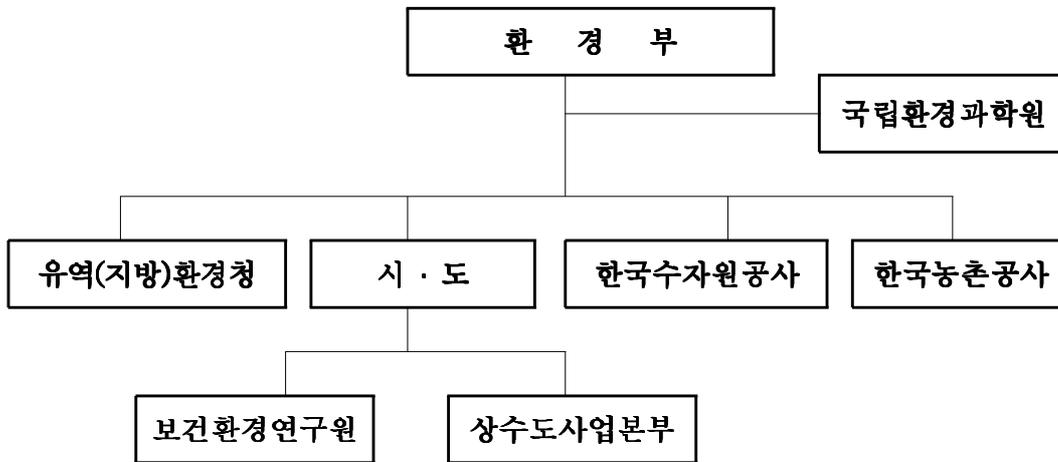
## 나. 호소수 수질측정 지점

<표 E-2> 환경부 수질측정망(호소수)

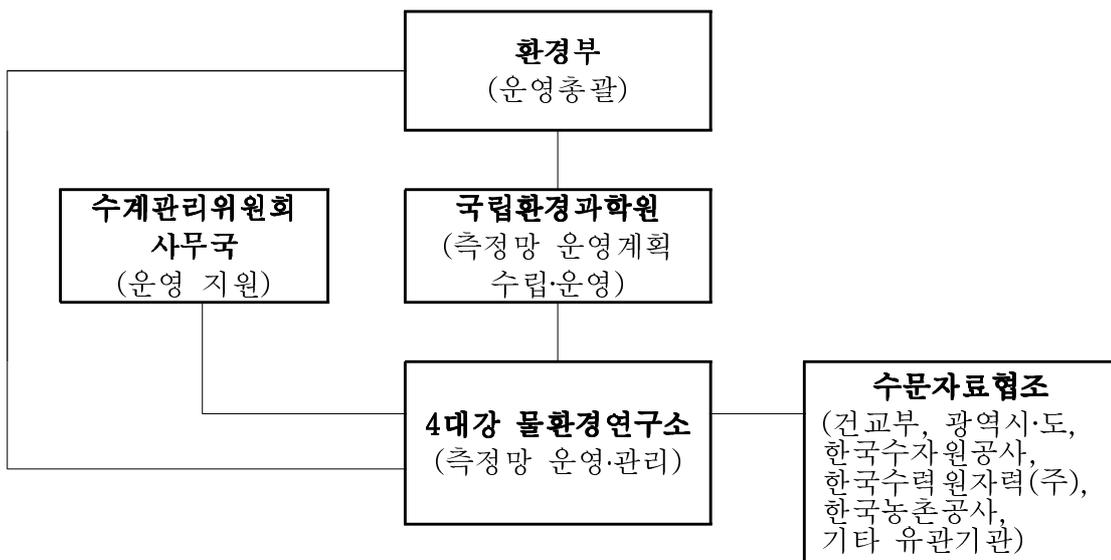
수계	명칭	환경 기준	채수지점	용도	유량 조사지점	조사기관
영	담양댐 1	I a	전남도 담양군 금성면 대성리(뚝앞)	농업	담양댐	영산강유역 환경청
	2		전남도 담양군 용면 월계리			
	장성댐 1	I b	전남도 장성군 장성읍 봉덕리(뚝앞)			
	2		전남도 장성군 장성읍 용강리			
	광주댐 1	I b	전남도 담양군 고서면 분향리(뚝앞)			
2		전남도 담양군 남면 학선리				
산	나주댐 1	I b	전남도 나주시 다도면 관촌리(뚝앞)	농업	나주댐	영산강유역 환경청
	2		전남도 나주시 다도면 신동리			
	영산호 1	I b	전남도 목포시 옥암동(방조제앞)			
2		전남도 영암군 서호면 금강리(닭머리앞)	농업	영산강하구연	영산강유역 환경청	
3		전남도 무안군 일로읍 용산리(양도앞)				
강	영암호 1	I b				전남도 영암군 삼호읍 용당리 황도앞 (배수갑문앞)
	2		전남도 영암군 삼호읍 산호리 (영암연락수로 앞)			
	3		전남도 해남군 계곡면 잠두리(뜯섬 앞)			
	금호호 1	-	전남도 해남군 산이면 부동리 흑두 ~ 신흥앞(배수갑문 앞)			
	2		전남도 해남군 황산면 관촌리 (금호1호 연락수로 앞)			
	3		전남도 해남군 황산면 연당리(죽도 앞)			

가. 운영체계도

1) 수질측정망



2) 총량측정망



## 나. 측정망 구성 기본체계

- 하 천 수(수질오염총량관리 측정망 포함)  수계 수질관리
- 호 소 수  수자원 이용
- 농 업 용 수  배출업소 관리 등
- 공단배수, 도시관류

## 다. 측정망 운영

<표 E-3> 측정망별 조사항목, 횟수 및 시기

구 분	조 사 항 목	조사횟수	시기(월)	비 고 (선정기준)
하 천 수 (도시 관류 포함)	pH, DO, BOD, COD, SS, 총질소, NH3-N, NO3-N, 총인, 수온, 페놀류, 전 기전도도, 분원성대장균군수, 총대장균군 수, DTN, DTP, PO4-P, 클로로필a	12회/년 (48회/년)	매월	하천수질 환경기준 및 하천보호상 필요한항목
	Cd, CN, Pb, Cr+6, As, Hg, ABS	4회/년 (12회/년)	3,6,9,12월	
	TCE, PCE, 사염화탄소, 1,2-디클로로에 탄, 디클로로메탄, 벤젠, 클로로포름	2회/년	3,9월	
	PCB, 유기인	1회/년	7월	
	총량 측정망	수온, pH, DO, 전기전도도, BOD, COD, TSS, 총질소, 총인 유량	1회/8일	연간 30회 이상
호 소 수	pH, DO, BOD, COD, TOC, SS, 총질소, DTN, NH3-N, NO3-N, 총인, DTP, PO4-P, 수온, 페놀류, 전기전도도, 클로로필a, 투명 도, 분원성대장균군수, 총대장균군수	12회/년	매월	호소수질 환경기준 및 호소수질 변화 상태파악 항목
	Cd, CN, Pb, Cr+6, As, Hg, ABS	4회/년	3,6,9,12월	
	TCE, PCE, 사염화탄소, 1,2-디클로로에 탄, 디클로로메탄, 벤젠, 클로로포름	2회/년	3,9월	
	PCB, 유기인	1회/년	7월	
농업 용수	pH, DO, BOD, COD, SS, 총질소, 총인, Cu, Pb, Cd, Cl-, 전기전도도	2회/년	6, 9월	수질환경 기준

※ 조사횟수 란의 ( )는 하천 및 금호강의 주요지점에 대한 조사횟수임

※ 하천수의 TCE, PCE, 사염화탄소, 1,2-디클로로에탄, 디클로로메탄, 벤젠, 클로로포름, PCB, 유  
기인 항목은 주요지점 및 중권역 대표지점에서 조사

※ 호소수의 TCE, PCE, 사염화탄소, 1,2-디클로로에탄, 디클로로메탄, 벤젠, 클로로포름, PCB, 유  
기인 항목은 주요호소(49개)에서 조사

※ 하천 유량의 적을 때 또는 계절적 변동이 심하거나 기타 오염물질 유입량 변화가 심하다고  
판단될 때와 호소수의 전도현상이 발생하는 시기에는 조사회수를 증가

## 나. 월별 수질변화 추이

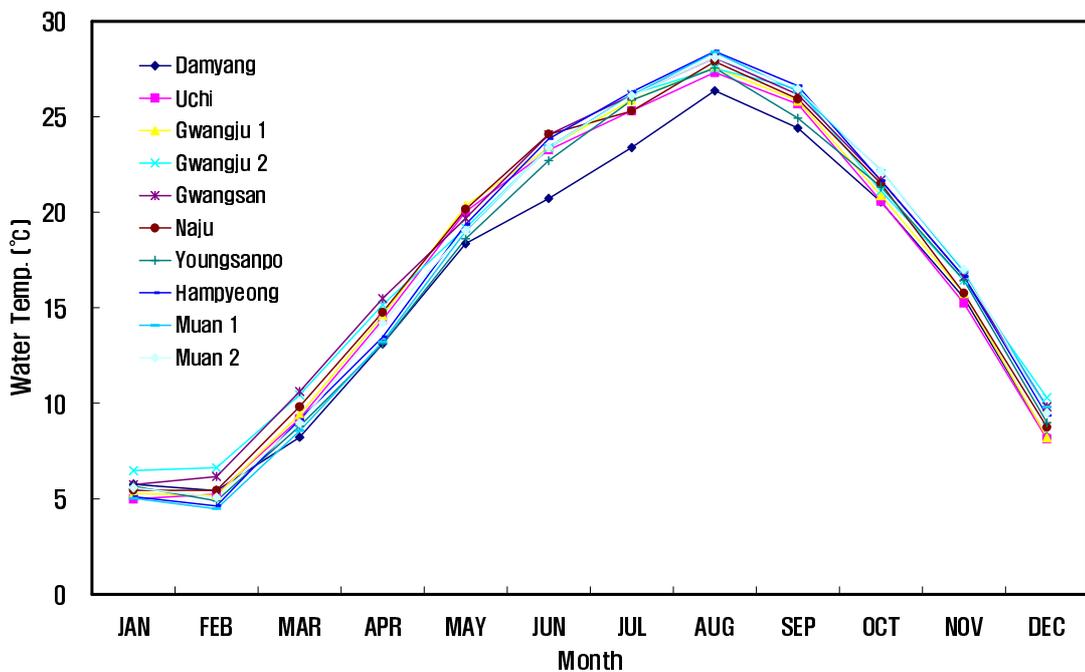
### 1) 수온 (Temperature)

- 영산강 본류의 월별 수온 변화 추세를 보면, 영산강 상류인 담양과 우치의 경우 수온이 가장 낮은 분포를 나타내었으며, 광주광역시를 관통하는 광주2와 광산의 경우 동절기에 타 유역에 비해 높은 수온을 나타냄

<표 E-4> 월별 수온 변화 추이

단위 : °C

월 지점	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
담양	5.77	5.43	8.22	13.12	18.36	20.72	23.38	26.36	24.40	20.55	15.52	8.24
우치	4.99	5.23	9.18	14.37	20.03	23.27	25.32	27.32	25.67	20.58	15.24	8.13
광주1	5.28	5.18	9.40	14.59	20.34	23.39	25.88	27.59	25.84	20.88	15.75	8.21
광주2	6.47	6.63	10.44	15.15	19.19	23.37	26.18	27.53	26.46	21.13	16.44	10.29
광산	5.74	6.16	10.62	15.48	19.68	24.05	26.12	28.08	26.17	21.68	16.61	9.82
나주	5.44	5.43	9.82	14.76	20.16	24.08	25.31	27.89	25.94	21.50	15.76	8.75
영산포	5.67	4.90	8.79	13.13	18.61	22.71	25.86	27.56	24.92	21.33	16.44	8.99
함평	5.11	4.63	9.14	13.47	19.36	23.84	26.31	28.43	26.61	21.65	16.63	9.37
무안1	5.02	4.47	8.56	13.21	19.01	23.41	26.13	28.38	26.33	22.19	16.89	9.79
무안2	5.58	5.07	8.97	14.21	19.06	23.38	26.11	28.11	26.46	22.15	17.02	9.49
Max.	6.47	6.63	10.62	15.48	20.34	24.08	26.31	28.43	26.61	22.19	17.02	10.29
Min.	4.99	4.47	8.22	13.12	18.36	20.72	23.38	26.36	24.40	20.55	15.24	8.13



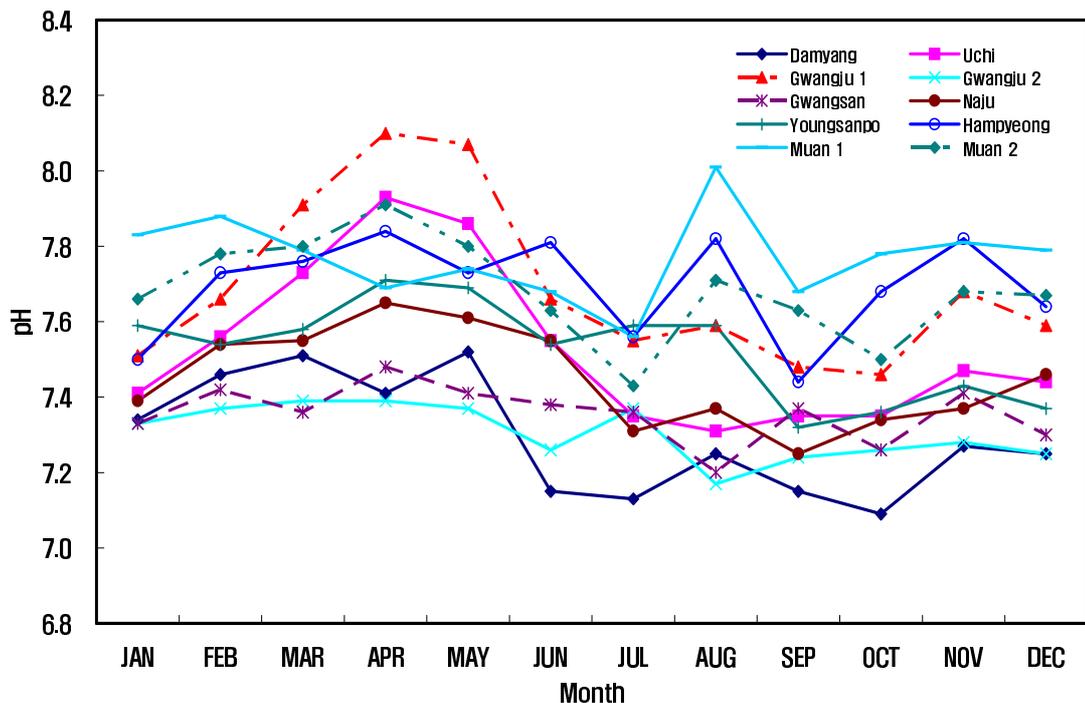
<그림 E-1> 영산강 본류 주요지점에 대한 월별 수온 변화

## 2) pH

○ 수중생태계에서 pH는 조류에 의한 CO<sub>2</sub>의 고정과 수중미생물에 의한 유기물의 산화분해작용으로 생성되는 CO<sub>2</sub>에 의해 크게 달라지는데, CO<sub>2</sub>가 감소하면 중성 혹은 알칼리성을 증가하면 산성을 나타내는데, 하구둑에 인접할수록 pH 7.68 ~ 8.01 정도로 다른 지점에 비해 높게 나타남.

<표 E-5> 월별 pH 변화 추이

월 지점	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
담양	7.34	7.46	7.51	7.41	7.52	7.15	7.13	7.25	7.15	7.09	7.27	7.25
우치	7.41	7.56	7.73	7.93	7.86	7.55	7.35	7.31	7.35	7.35	7.47	7.44
광주1	7.51	7.66	7.91	8.10	8.07	7.66	7.55	7.59	7.48	7.46	7.68	7.59
광주2	7.33	7.37	7.39	7.39	7.37	7.26	7.37	7.17	7.24	7.26	7.28	7.25
광산	7.33	7.42	7.36	7.48	7.41	7.38	7.36	7.20	7.37	7.26	7.41	7.30
나주	7.39	7.54	7.55	7.65	7.61	7.55	7.31	7.37	7.25	7.34	7.37	7.46
영산포	7.59	7.54	7.58	7.71	7.69	7.54	7.59	7.59	7.32	7.36	7.43	7.37
함평	7.50	7.73	7.76	7.84	7.73	7.81	7.56	7.82	7.44	7.68	7.82	7.64
무안1	7.83	7.88	7.79	7.69	7.74	7.68	7.56	8.01	7.68	7.78	7.81	7.79
무안2	7.66	7.78	7.80	7.91	7.80	7.63	7.43	7.71	7.63	7.50	7.68	7.67
Max.	7.83	7.88	7.91	8.10	8.07	7.81	7.59	8.01	7.68	7.78	7.82	7.79
Min.	7.33	7.37	7.36	7.39	7.37	7.15	7.13	7.17	7.15	7.09	7.27	7.25



<그림 E-2> 영산강 본류 주요지점에 대한 월별 pH 변화

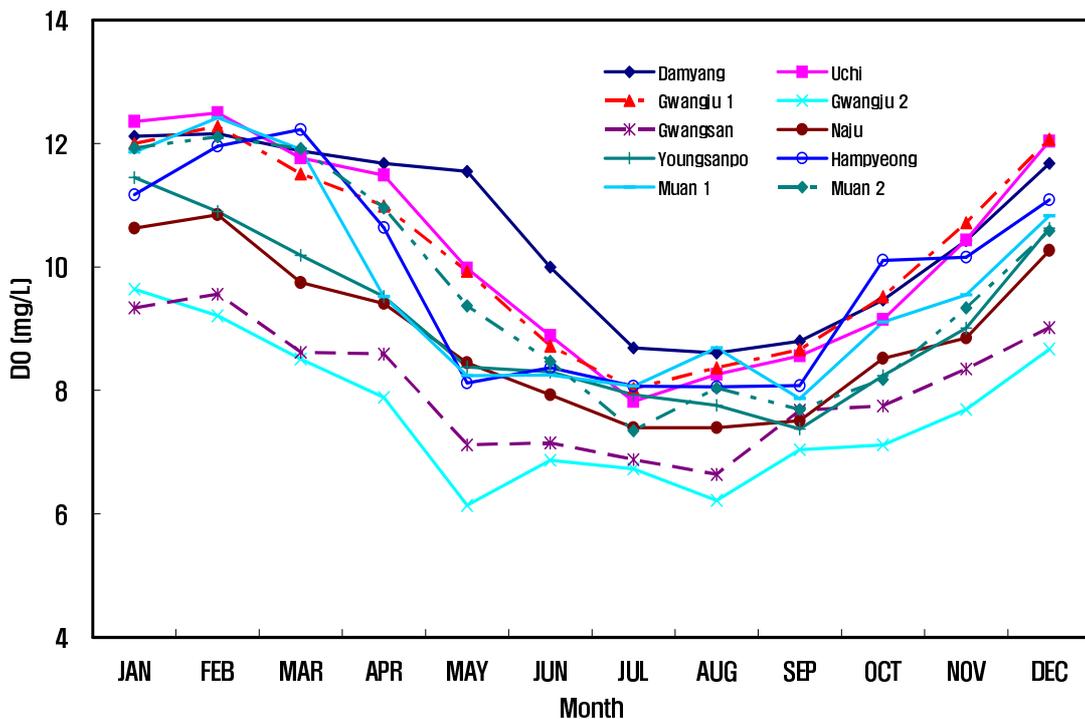
### 3) 용존산소 (Dissolved Oxygen, DO)

○ 용존산소량의 농도는 기상상태나 수온, 유속, 하상구조, 염분농도 및 생물학적 대사과정에 따라서 큰 변화를 보이고, 또한 계절이나 지역에 따라 큰 폭의 변화를 나타내는데, 영산강 상류지점의 농도가 높고 중류부인 광주2와 광산에서 낮아졌다가 다시 하류로 갈수록 상승하는 경향을 보임

<표 E-6> 월별 용존산소(DO) 변화 추이

단위 : g/L

월 지점	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
담양	12.12	12.16	11.88	11.68	11.55	10.00	8.69	8.61	8.80	9.47	10.43	11.68
우치	12.36	12.50	11.77	11.49	9.98	8.89	7.82	8.26	8.56	9.15	10.44	12.04
광주1	12.00	12.28	11.51	10.99	9.93	8.72	8.03	8.37	8.66	9.52	10.72	12.07
광주2	9.64	9.21	8.51	7.89	6.14	6.87	6.73	6.22	7.04	7.12	7.69	8.67
광산	9.34	9.56	8.62	8.59	7.12	7.15	6.88	6.64	7.68	7.75	8.35	9.02
나주	10.63	10.85	9.75	9.41	8.45	7.93	7.40	7.40	7.51	8.52	8.85	10.27
영산포	11.45	10.90	10.19	9.52	8.38	8.30	7.93	7.76	7.38	8.24	9.01	10.63
함평	11.17	11.96	12.23	10.64	8.12	8.37	8.07	8.06	8.08	10.11	10.16	11.09
무안1	11.86	12.42	11.91	9.52	8.24	8.25	8.07	8.69	7.87	9.11	9.55	10.83
무안2	11.93	12.11	11.92	10.96	9.37	8.47	7.35	8.04	7.69	8.18	9.34	10.59
Max.	12.36	12.50	12.23	11.68	11.55	10.00	8.69	8.69	8.80	10.11	10.72	12.07
Min.	9.34	9.21	8.51	7.89	6.14	6.87	6.73	6.22	7.04	7.12	7.69	8.67



<그림 E-3> 영산강 본류 주요지점에 대한 월별 용존산소(DO) 변화

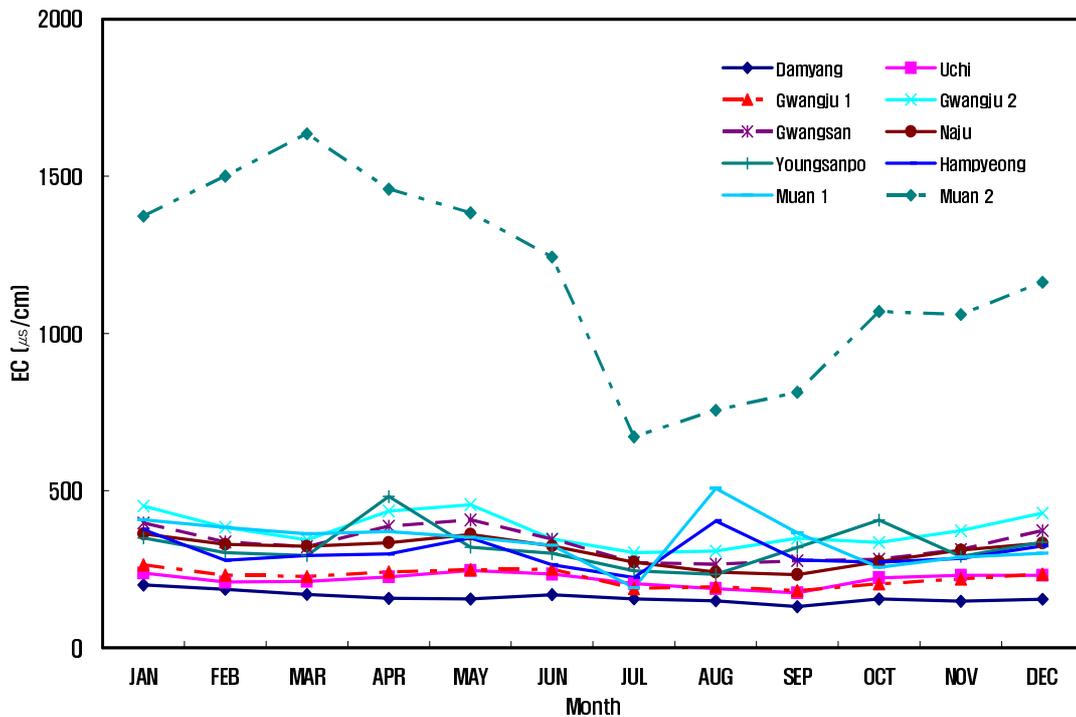
#### 4) 전기전도도 (Electric Conductivity, EC)

○ 전기전도도의 분포는 염도의 분포와 유사하게 나타나는데, 영산강 상류유역이 담양과 우치의 경우 131.1~246.2 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 를 보이다가 광주2와 광산을 통과하면서 265.6~455.6 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 으로 증가하다 다시 하류로 갈수록 감소하는 경향을 보이다 영산강 하구둑 앞인 무안2의 경우 671.1~1,635.8 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 로 2~4배 증가

<표 E-7> 월별 전기전도도(EC) 변화 추이

단위 :  $\mu\text{s}/\text{cm}$

월 지점	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
담양	200.3	186.0	169.8	157.2	155.5	169.4	155.8	149.4	131.1	155.2	148.2	154.8
우치	237.9	209.1	211.9	225.4	246.2	234.5	204.4	188.3	175.1	222.9	231.1	230.8
광주1	264.0	231.5	227.1	241.6	248.9	249.8	188.9	194.4	182.3	203.6	219.4	234.8
광주2	451.1	383.3	344.2	435.4	455.6	346.2	303.2	308.3	349.1	335.4	372.8	428.8
광산	397.3	336.5	321.6	387.4	407.0	345.6	271.8	265.6	277.1	281.9	313.4	373.4
나주	363.2	328.9	323.5	334.7	361.0	324.1	272.9	241.2	233.2	274.3	311.4	333.5
영산포	349.7	303.2	294.0	481.4	320.4	300.3	245.1	234.1	319.3	406.3	290.6	336.0
합평	376.5	278.4	294.1	298.8	349.7	263.9	223.9	403.8	279.1	272.9	285.4	324.4
무안1	408.1	383.0	362.7	370.3	351.3	325.8	190.8	507.8	365.9	256.4	288.0	300.9
무안2	1,373.9	1,500.5	1,635.8	1,459.0	1,383.6	1,243.5	671.1	755.9	813.3	1,070.2	1,060.3	1,163.5
Max.	1,373.9	1,500.5	1,635.8	1,459.0	1,383.6	1,243.5	671.1	755.9	813.3	1,070.2	1,060.3	1,163.5
Min.	200.3	186.0	169.8	157.2	155.5	169.4	155.8	149.4	131.1	155.2	148.2	154.8



<그림 E-4> 영산강 본류 주요지점에 대한 월별 전기전도도(EC) 변화

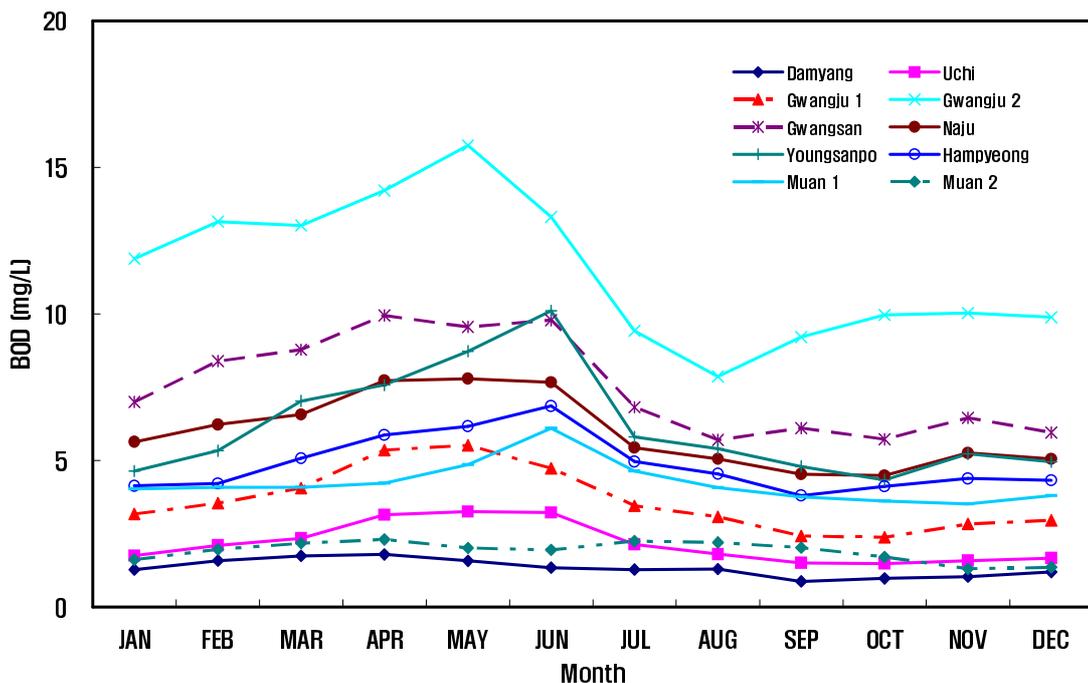
### 5) 생물학적산소요구량 (Biochemical Oxygen Demand, BOD)

○ 하천의 수질판단기준으로 사용되어지는 BOD는 수중의 유기물이 미생물에 의해 분해, 안정시키는데 소모되는 산소량을 측정하는 방법으로, 영산강의 경우 상류인 담양지점은 0.88 ~ 1.80mg/L의 수질이며, 광주광역시를 관통한 광주2지점은 7.87 ~ 15.75mg/L로 상승하다 하류로 갈수록 감소하여 영산강하구둑 앞인 무안2지점의 경우 1.31 ~ 2.31mg/L로 Ib,II 급수 수준

<표 E-8> 월별 생물학적산소요구량(BOD) 변화 추이

단위 : mg/L

월 지점	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
담양	1.28	1.59	1.75	1.80	1.58	1.35	1.28	1.30	0.88	0.98	1.04	1.20
우치	1.76	2.11	2.35	3.15	3.26	3.23	2.14	1.81	1.51	1.49	1.59	1.67
광주1	3.18	3.55	4.06	5.36	5.52	4.73	3.46	3.08	2.43	2.38	2.84	2.96
광주2	11.89	13.15	13.02	14.21	15.75	13.31	9.43	7.87	9.21	9.97	10.03	9.89
광산	7.00	8.39	8.78	9.95	9.56	9.79	6.82	5.70	6.11	5.73	6.46	5.96
나주	5.64	6.23	6.57	7.73	7.79	7.67	5.44	5.06	4.54	4.49	5.26	5.06
영산포	4.64	5.34	7.03	7.58	8.73	10.11	5.81	5.41	4.80	4.34	5.23	4.96
함평	4.14	4.22	5.08	5.87	6.17	6.86	4.97	4.55	3.81	4.12	4.39	4.33
무안1	4.03	4.09	4.09	4.23	4.86	6.11	4.65	4.08	3.76	3.62	3.52	3.80
무안2	1.62	1.97	2.18	2.31	2.02	1.95	2.25	2.21	2.03	1.71	1.31	1.36
Max.	11.89	13.15	13.02	14.21	15.75	13.31	9.43	7.87	9.21	9.97	10.03	9.89
Min.	1.28	1.59	1.75	1.80	1.58	1.35	1.28	1.30	0.88	0.98	1.04	1.20



<그림 E-5> 영산강 본류 주요지점에 대한 월별 생물학적산소요구량(BOD) 변화

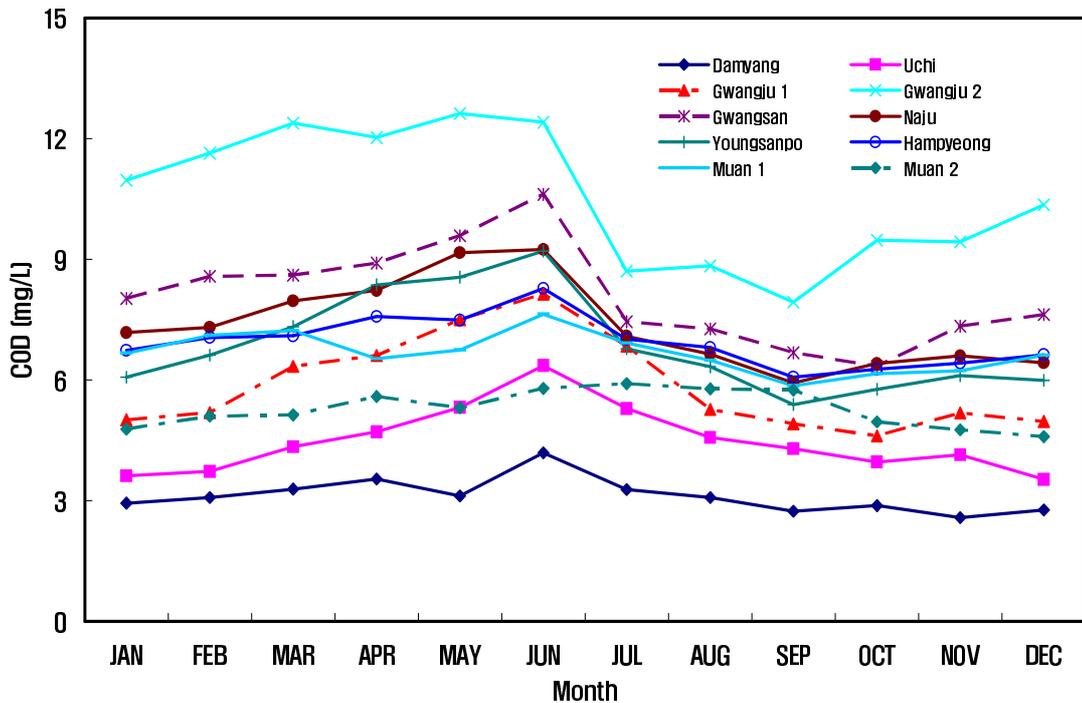
### 6) 화학적산소요구량 (Chemical Oxygen Demand, COD)

○ 수중의 유기물이 화학적으로 산화될 때 산소의 소비량을 측정하는 방법으로, 영산강 상류인 담양지점은 2.58~4.19mg/L의 수질이며, 광주광역시를 관통한 광주2지점은 7.94~12.63mg/L로 약 3배정도 상승하다 하류로 갈수록 감소하여 영산강하구둑 앞인 무안2지점의 경우 4.59~5.91mg/L로 III,IV급수 수준

<표 E-9> 월별 화학적산소요구량(COD) 변화 추이

단위 : mg/L

월 지점	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
담양	2.94	3.08	3.29	3.54	3.12	4.19	3.28	3.08	2.74	2.88	2.58	2.77
우치	3.62	3.73	4.34	4.71	5.32	6.36	5.29	4.57	4.29	3.96	4.14	3.53
광주1	5.01	5.19	6.34	6.61	7.50	8.14	6.84	5.27	4.91	4.61	5.18	4.97
광주2	10.97	11.64	12.39	12.03	12.63	12.41	8.71	8.84	7.94	9.48	9.44	10.36
광산	8.03	8.58	8.61	8.91	9.59	10.62	7.45	7.27	6.68	6.34	7.34	7.63
나주	7.18	7.31	7.97	8.23	9.17	9.25	7.09	6.64	5.93	6.41	6.60	6.43
영산포	6.07	6.62	7.33	8.37	8.56	9.21	6.78	6.33	5.39	5.77	6.11	5.99
함평	6.74	7.06	7.10	7.58	7.49	8.28	7.02	6.81	6.07	6.27	6.42	6.63
무안1	6.67	7.11	7.23	6.53	6.75	7.64	6.92	6.49	5.86	6.16	6.23	6.62
무안2	4.78	5.10	5.13	5.59	5.31	5.79	5.91	5.78	5.75	4.96	4.76	4.59
Max.	10.97	11.64	12.39	12.03	12.63	12.41	8.71	8.84	7.94	9.48	9.44	10.36
Min.	2.94	3.08	3.29	3.54	3.12	4.19	3.28	3.08	2.74	2.88	2.58	2.77



<그림 E-6> 영산강 본류 주요지점에 대한 월별 화학적산소요구량(COD) 변화

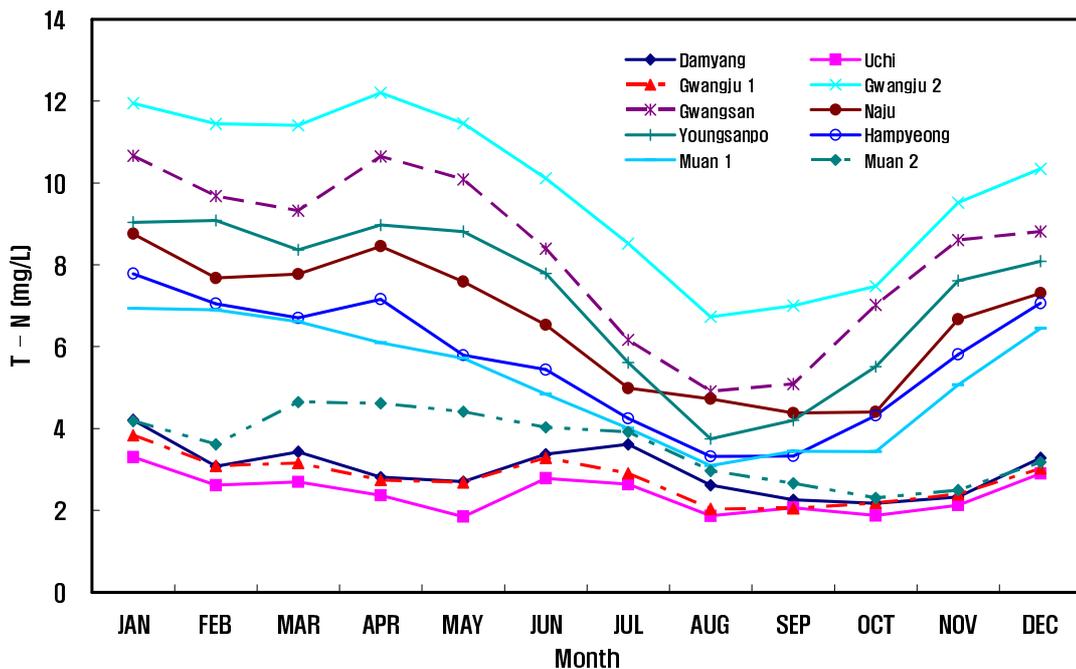
### 7) 총질소 (Total Nitrogen, T-N)

- 질소는 수중생태계의 유지에 많은 영향을 주지만 다량의 질소가 강이나 호수에 유입되면 이는 조류증식을 유발하여 부영양화 촉진
- 영산강 유역의 T-N 분포를 보면, 월별로 상류유역인 우치에서 최소값을 보이다 광주광역시 관통한 후인 광주2지점에서 최대값을 보이다 영산강하구둑 앞인 무안2지점에서 2.303 ~ 4.647mg/L로 호소수질기준 등급외 수준

<표 E-10> 월별 총질소(T-N) 변화 추이

단위 : mg/L

월 지점	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
담양	4.212	3.079	3.434	2.814	2.698	3.372	3.615	2.618	2.256	2.173	2.333	3.282
우치	3.302	2.615	2.694	2.371	1.849	2.783	2.639	1.865	2.068	1.874	2.128	2.899
광주1	3.832	3.094	3.157	2.743	2.688	3.281	2.905	2.036	2.046	2.183	2.398	3.021
광주2	11.949	11.443	11.406	12.205	11.456	10.113	8.520	6.729	7.003	7.476	9.518	10.343
광산	10.660	9.681	9.324	10.645	10.088	8.395	6.167	4.913	5.088	7.020	8.606	8.813
나주	8.757	7.678	7.775	8.453	7.586	6.534	4.985	4.724	4.380	4.409	6.671	7.310
영산포	9.036	9.084	8.368	8.972	8.812	7.786	5.609	3.749	4.203	5.511	7.611	8.087
함평	7.783	7.051	6.701	7.160	5.793	5.437	4.250	3.320	3.331	4.319	5.811	7.062
무안1	6.935	6.903	6.607	6.097	5.715	4.840	4.008	3.090	3.442	3.436	5.064	6.448
무안2	4.185	3.615	4.647	4.616	4.412	4.028	3.916	2.967	2.663	2.303	2.493	3.177
Max.	11.949	11.443	11.406	12.205	11.456	10.113	8.520	6.729	7.003	7.476	9.518	10.343
Min.	3.302	2.615	2.694	2.371	1.849	2.783	2.639	1.865	2.046	1.874	2.128	2.899



<그림 E-7> 영산강 본류 주요지점에 대한 월별 총질소(T-N) 변화

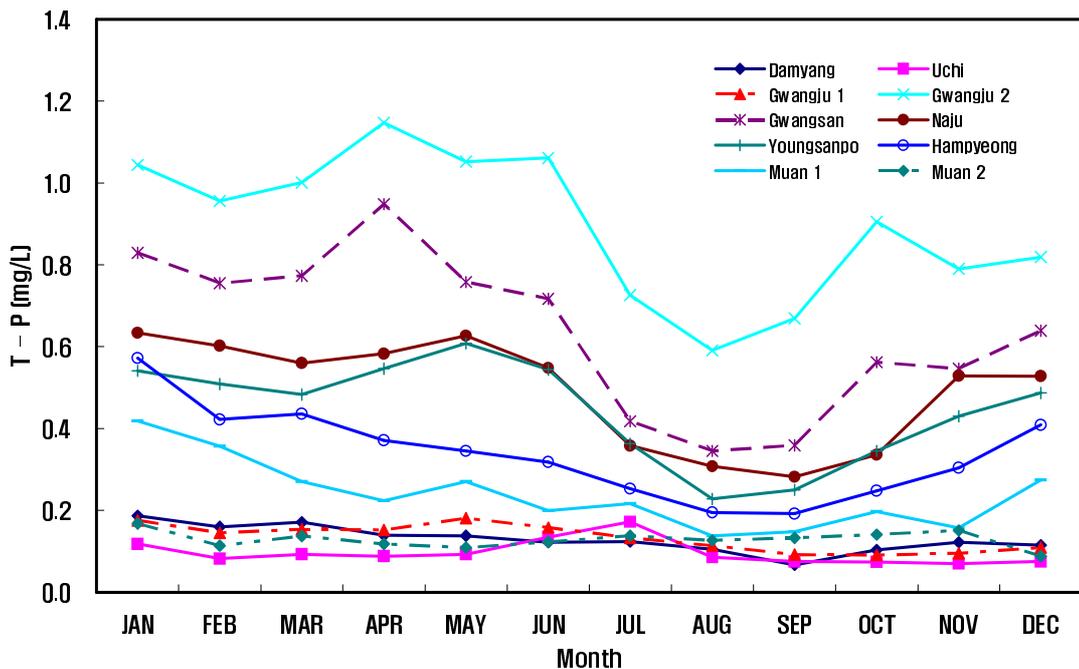
### 8) 총인 (Total Phosphorus, T-P)

- 인은 생활하수, 농업하수, 축산폐수 등으로 유입되며, 질소와 마찬가지로 조류의 증식을 유발하여 부영양화 촉진시키며, 시기에 따라 질소와 상반되는 결과를 보임
- 영산강 유역의 T-P 분포를 보면, 월별로 상류유역인 담양과, 우치에서 최소값을 보이다 광주광역시를 관통한 후인 광주2지점에서 최대값을 보이다 영산강하구둑 앞인 무안2지점에서 0.088 ~ 0.168mg/L로 호소수질기준 IV ~ VI등급 수준

<표 E-11> 월별 총인(T-N) 변화 추이

단위 : mg/L

월 지점	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
담양	0.187	0.160	0.171	0.139	0.138	0.122	0.124	0.105	0.067	0.103	0.122	0.115
우치	0.118	0.082	0.093	0.088	0.093	0.135	0.172	0.086	0.075	0.074	0.070	0.075
광주1	0.176	0.145	0.154	0.152	0.181	0.158	0.133	0.114	0.092	0.091	0.095	0.109
광주2	1.044	0.956	1.001	1.147	1.052	1.061	0.726	0.591	0.669	0.905	0.790	0.819
광산	0.829	0.755	0.773	0.948	0.758	0.717	0.418	0.345	0.359	0.562	0.546	0.639
나주	0.634	0.602	0.560	0.583	0.627	0.548	0.358	0.308	0.282	0.336	0.529	0.528
영산포	0.541	0.509	0.483	0.546	0.608	0.544	0.363	0.228	0.250	0.345	0.430	0.487
함평	0.572	0.422	0.436	0.371	0.345	0.318	0.253	0.195	0.192	0.248	0.304	0.409
무안1	0.419	0.357	0.270	0.224	0.270	0.199	0.217	0.138	0.148	0.197	0.157	0.274
무안2	0.168	0.114	0.137	0.118	0.109	0.123	0.138	0.127	0.133	0.141	0.151	0.088
Max.	1.044	0.956	1.001	1.147	1.052	1.061	0.726	0.591	0.669	0.905	0.790	0.819
Min.	0.118	0.082	0.093	0.088	0.093	0.122	0.124	0.086	0.067	0.074	0.070	0.075



<그림 E-8> 영산강 본류 주요지점에 대한 월별 총인(T-P) 변화

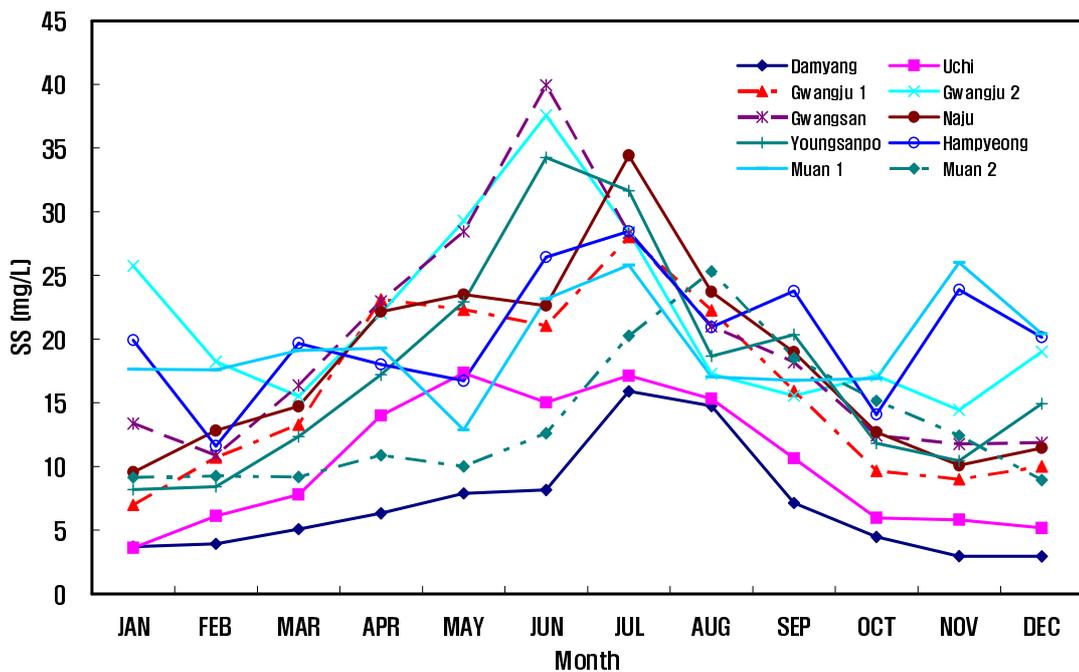
### 9) 총부유물질 (Total Suspended Solids, TSS)

○ 수중에서 부유물질은 빛의 전달을 방해하여 식물플랑크톤의 광합성을 방해하며, 어류의 폐사에도 영향을 주는데, 영산강 상류 담양지점은 2.9~15.9mg/L로 7, 8월 강우기에 높았으며, 다른 수질항목과는 달리 지류의 유입에 따라 증감하는 추세를 보이고 있으며, 영산강하구둑 앞인 무안2지점은 8.9~25.3mg/L로 호소수질기준 Ⅲ~Ⅵ등급 수준이며, 하천수질기준은 Ⅲ등급 수준

<표 E-12> 월별 총부유물질(TSS) 변화 추이

단위 : mg/L

월 지점	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
담양	3.7	3.9	5.1	6.3	7.9	8.2	15.9	14.8	7.1	4.5	3.0	2.9
우치	3.6	6.1	7.8	14.0	17.3	15.0	17.1	15.3	10.6	6.0	5.8	5.2
광주1	7.0	10.7	13.3	23.1	22.3	21.1	28.0	22.3	15.9	9.7	9.0	10.0
광주2	25.8	18.3	15.5	22.0	29.3	37.6	28.4	17.3	15.6	17.1	14.4	19.0
광산	13.4	10.9	16.4	23.0	28.5	40.0	28.3	21.0	18.2	12.4	11.8	11.9
나주	9.6	12.8	14.7	22.2	23.5	22.6	34.4	23.7	19.0	12.7	10.1	11.5
영산포	8.2	8.4	12.4	17.2	22.9	34.3	31.7	18.7	20.4	11.8	10.4	14.9
함평	19.9	11.6	19.7	18.0	16.7	26.4	28.5	20.9	23.8	14.1	23.9	20.2
무안1	17.6	17.6	19.1	19.3	12.9	23.2	25.8	17.0	16.8	16.9	26.0	20.4
무안2	9.2	9.3	9.2	10.9	10.0	12.6	20.3	25.3	18.5	15.2	12.4	8.9
Max.	25.8	18.3	19.7	23.1	29.3	40.0	34.4	25.3	23.8	17.1	26.0	20.4
Min.	3.6	3.9	5.1	6.3	7.9	8.2	15.9	14.8	7.1	4.5	3.0	2.9



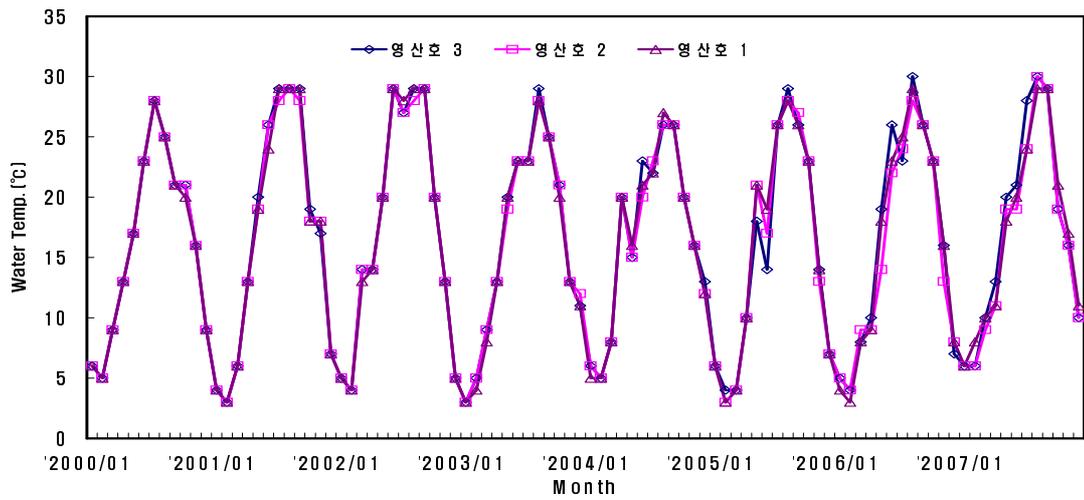
<그림 E-9> 영산강 본류 주요지점에 대한 월별 부유물질(SS) 변화

## 나. 영산호의 월별 수질변화 추이

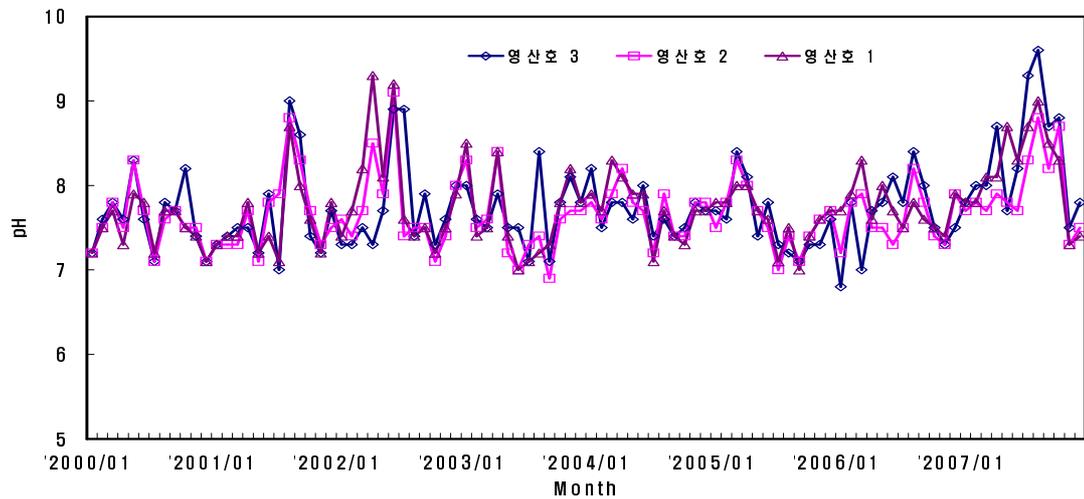
- 영산호의 수질측점에서 1995~2007년(13개년)까지 수질항목별 월평균 수질변화 추세를 조사·분석하였으며, <그림 E-10>~<그림 E-21>은 2000년 1월부터 2007년 12월까지 수질항목별 월별 변화 분포를 도시
- 영산호 내의 수온은 하절기 최고 29℃, 동절기 최저 3℃를 나타내었으며, 측정 지점별로는 별 차이가 없는 것으로 조사되었으며, pH의 경우 하절기 최고 9.6에서 최저 6.9, 동절기에는 최고 8.5에서 최저 6.8로 동절기에 비해 하절기가 높게 나타났으며, 측정지점별로는 하절기에는 영산호3이 동절기에는 영산호1이 높음
- DO 농도는 수온이 낮은 동절기 2월에 최고 18.1mg/L, 수온이 높은 하절기에는 최저 2.8mg/L로 측정되었으며, 수온과 마찬가지로 계절적 변동에 따른 일정한 패턴을 나타내고 있으며, 측정지점별로는 별 차이가 없는 것으로 조사되었으며, EC 농도는 측정지점별로는 5월에 최고치를 나타내었으며, 9월에 최저치를 보이고 있어 전체적으로 영산호1의 EC가 다른 지점에 비해 높은 것으로 조사
- BOD 농도는 하절기인 6, 7월에 높은 값을 보였으며, 동절기에 0.4~1.2mg/L로 낮은 값을 보였으며, 측정지점별로는 3월과 4월을 제외하고는 영산호1의 수질이 낮은 것으로 조사되었으며, COD 농도는 영산호3의 경우 최고 9.1mg/L, 최저 2.9mg/L, 영산호2 최고 8.4mg/L, 최저 3.1mg/L, 영산호1 최고 8.3mg/L, 최저 2.6mg/L로 영산호1의 수질이 다른 지점에 비해 낮은 것으로 조사되었으며, 매년 대체적으로 비슷한 양상을 보임
- 영산호 각 수질측점 지점의 T-N 농도 변화를 보면, 영산호3의 경우 월별 최대 범위는 4.054~10.169mg/L로 1월부터 6월까지 값이 6.0 이상으로 대체적으로 높게 나타났으며, 월별 최소 범위는 1.266~4.655mg/L로 1월에 최대값을 보였으며, 영산호2는 월별 최대 범위는 3.894~9.258mg/L로 영산호3보다는 낮은 수치를 보였으나 거의 같은 패턴의 증감을 보이고 있으며, 영산호1은 월별 최대 범위는 4.422~8.350mg/L로 다른 지점에 비해 T-N 농도는 낮으나 호소수질기준으로는 전체 지점이 등급의 수준
- T-P 농도 변화를 보면, 영산호3의 경우 월별 최대 범위는 0.172~0.659mg/L로 2월의 경우 최대수치를 나타냈으며, 최소 범위는 0.014~0.136mg/L로 1월의 경우 최대수치를 보였으며, 대체적으로는 하절기에 높은 값을 보이고 있었으며, 영산호2는 5월에 최소 0.017mg/L, 2월 최대 0.487mg/L로 영산강3의 농도보다는 평균 농도에

있어 낮은 수치를 보였으며, 영산호1은 5월에 최소 0.016mg/L, 1월에 최대 0.92mg/L로 최대 농도에 있어 다른 지점에 비해 높은 수치를 보였고, 호소수질 기준에 있어 최소농도는 1b수준이지만 최대농도는 등급외 수준

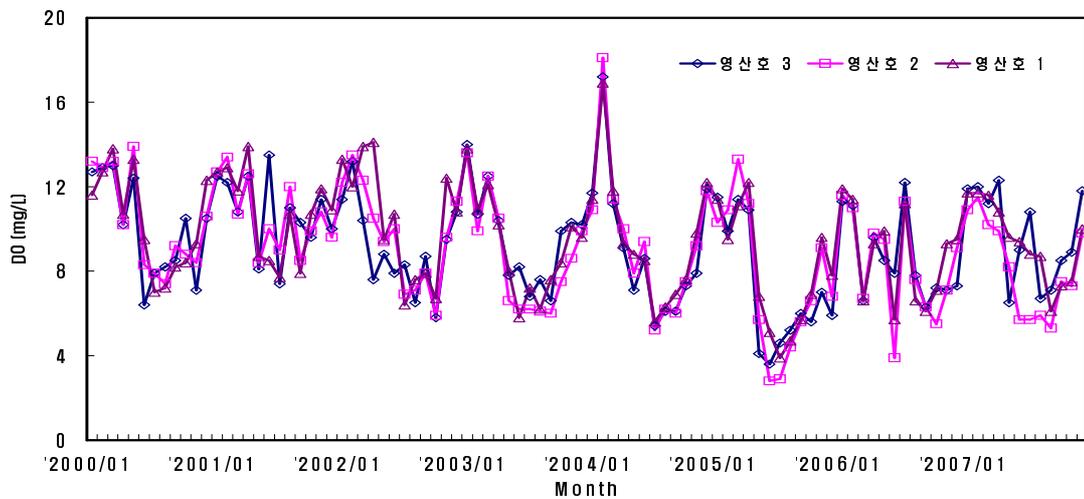
- SS 농도 변화를 보면, 각 수질지점별로 하절기와 강우기인 5월부터 9월에 대체적으로 높은 수치를 나타냈으며, 동절기에 낮은 수치를 보였으며, 각 수질지점별로 최대 값을 보면 영산호3 71.6mg/L, 영산호2 43.7mg/L, 영산호1 31.7mg/L로 하구둑에 근접한 영산호1의 SS가 가장 낮은 수치를 나타내었는데, 이는 평상시 수질 측정자료이므로 하천의 침전효과에 기인한 것으로 판단되며, 향후 강우기 자료를 보강하여 분석할 필요가 있음
- 수질지점별로 Chl-a 농도 변화를 보면, 영산호3과 영산호2의 경우 1월과 7월에 최고치를 기록하였고, 영산호1은 3월과 7월에 최대치를 기록하였는데, 영산호3은 98.7mg/m<sup>3</sup>, 영산호2 60.2mg/m<sup>3</sup>, 영산호1 52.2mg/m<sup>3</sup>로 영산호1이 다른 지점에 비해 낮은 수치를 기록하였으며, 월별로는 대체적으로 4, 11, 12월이 20.0mg/m<sup>3</sup> 이하로 낮은 수치를 보였고, 월별 최소치의 경우는 각 수질지점별로 6.0mg/m<sup>3</sup>로 대체적으로 낮은 값을 보였는데, Chl-a 농도의 증가는 외부에서 유입되는 인과 질소의 증가에 따른 것으로, T-N, T-P의 수질 변화와 일치한 결과를 보임
- 수질지점별로 투명도 변화를 보면, 영산호3의 경우 4월, 5월에 각각 2.0, 3.0m로 최대치를 보이고 있으며, 최소치는 0.3~0.6m로 대단히 낮은 수치를 보였으며, 영산호2의 경우 또한, 4월, 5월에 2.5, 2.0m로 최대치를 최소치는 0.3~0.9m로 영산호2의 경우보다 최대치는 낮지만 최소치는 높은 값을 보였으며, 영산호1의 경우 4월, 5월에 4.0, 1.9m로 다른 지점에 비해 4월의 경우 1.5~2배 정도 높은 수치를 보였으며, 최소치는 다른 지점과 비슷한 경향을 보임
- 수질지점별로 총대장균군의 변화를 보면, 전체적으로 최소치와 최대치의 차이가 상당히 크게 나타났으며, 월별 최소치는 0~30군수/100mL, 최대치는 1,911~89,667군수/100mL로 약 3,000배 정도의 차이를 보였으며, 각 수질지점별로 보면, 영산호3의 경우 11월에서 2월까지 41,842~74,333군수/100mL로 5월과 6월에 65,000, 43,000군수/100mL로 다른 월에 비해 상대적으로 2배에서 최대 12배까지의 범위였으며, 영산호2의 경우 12월에서 2월까지 30,432~75,490군수/100mL, 6월과 8월에 각각 64,643, 33,575군수/100mL로 다른 월에 비해 상대적으로 높은 수치를 보였으며, 영산호1은 5월에 70,333군수/100mL, 9월에 83,200군수/100mL, 12월에 89,667군수/100mL이며, 대체적으로 수질측점별로 12월에 높은 값을 보임



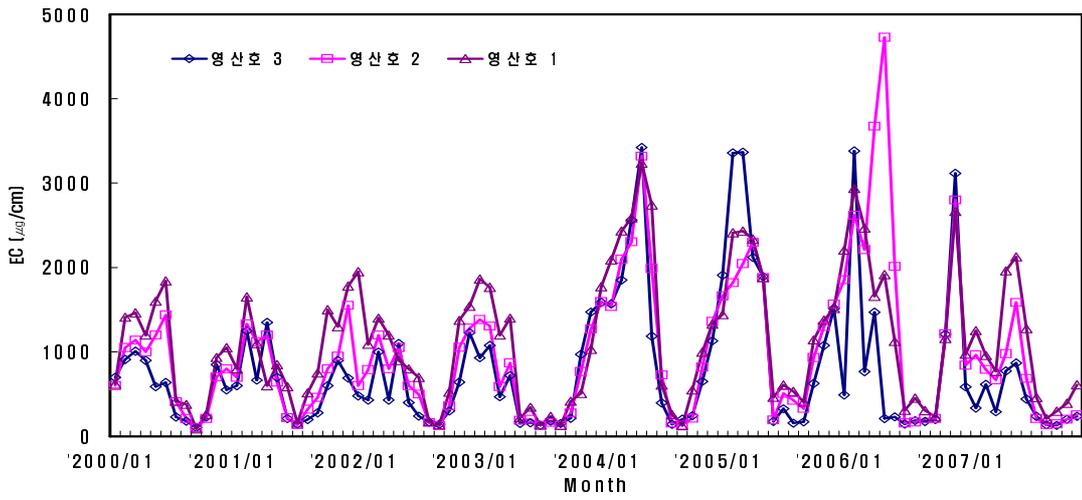
<그림 E-10> 영산호의 월별 수온 변화



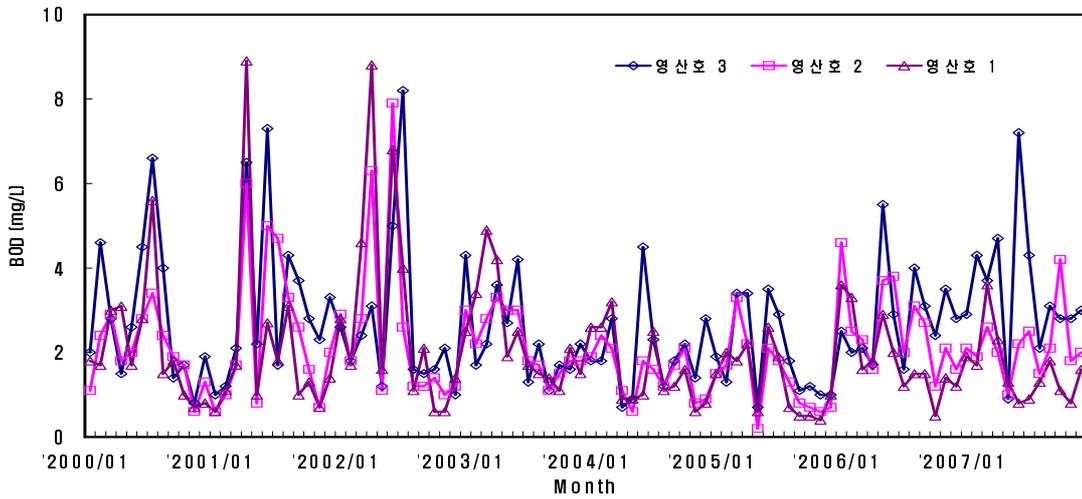
<그림 E-11> 영산호의 월별 pH 변화



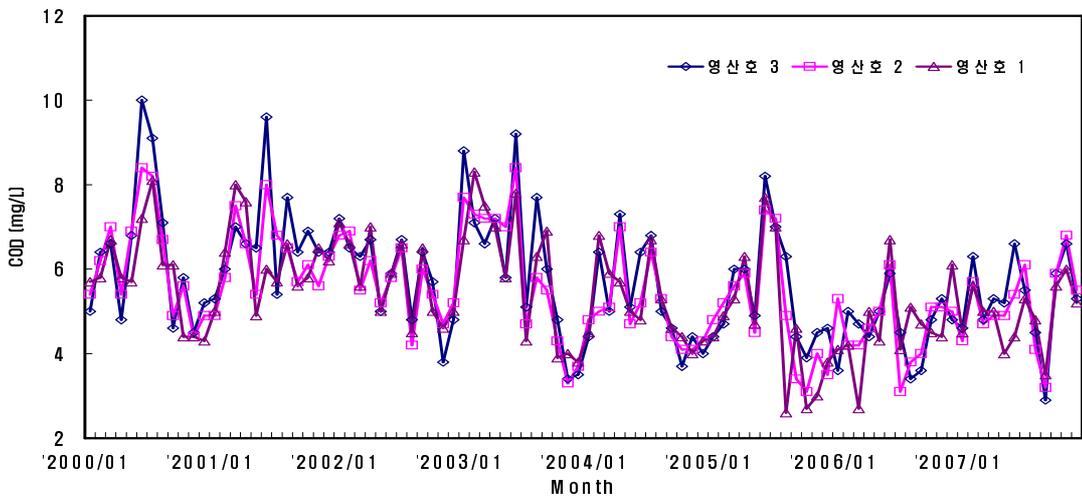
<그림 E-12> 영산호의 월별 DO 변화



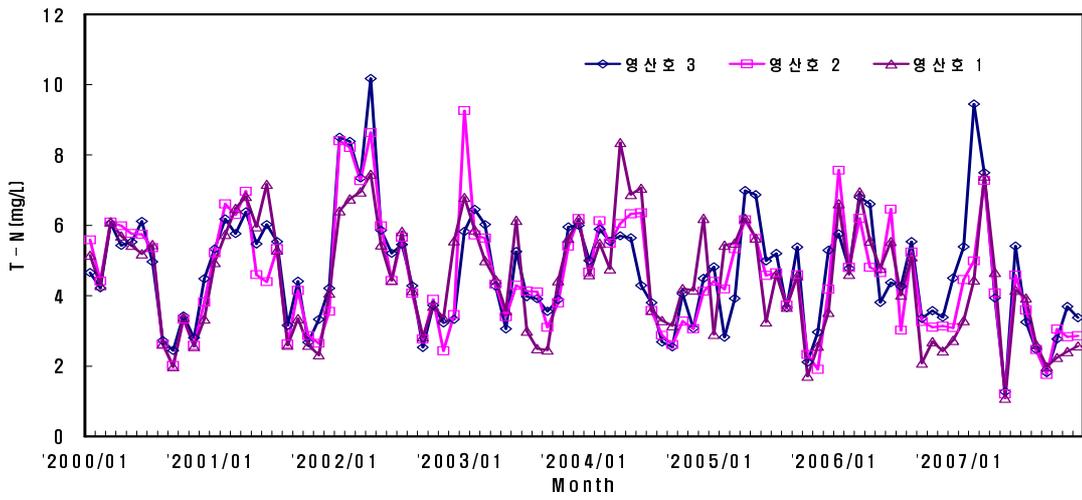
<그림 E-13> 영산호의 월별 EC 변화



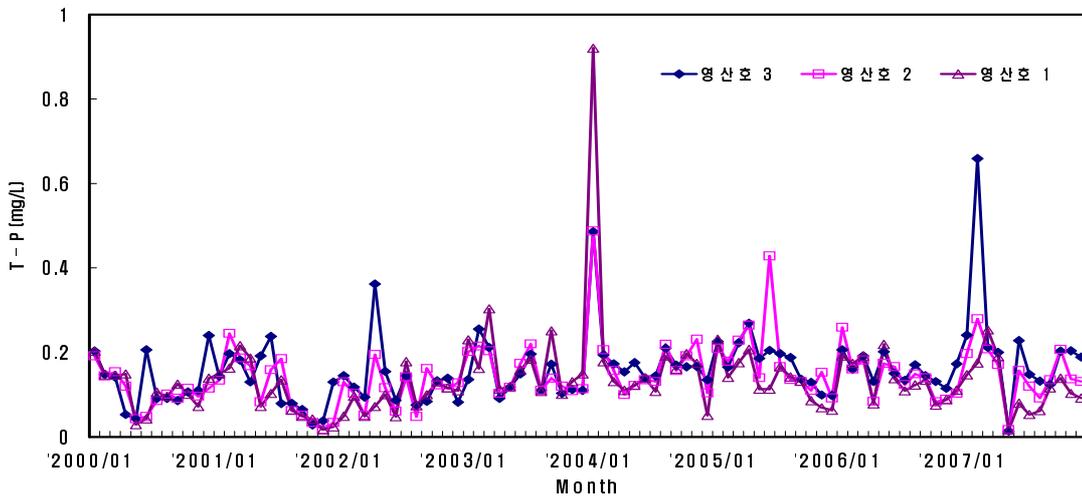
<그림 E-14> 영산호의 월별 BOD 변화



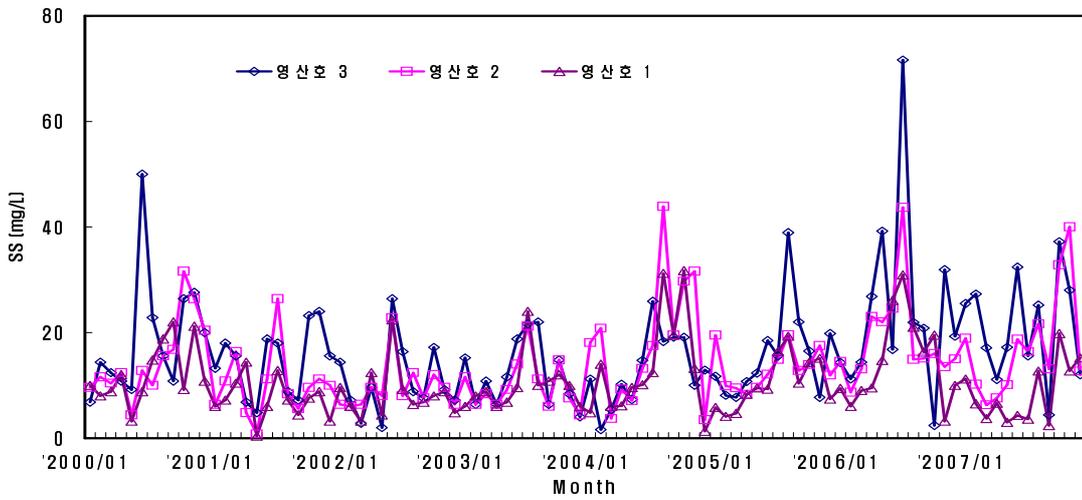
<그림 E-15> 영산호의 월별 COD 변화



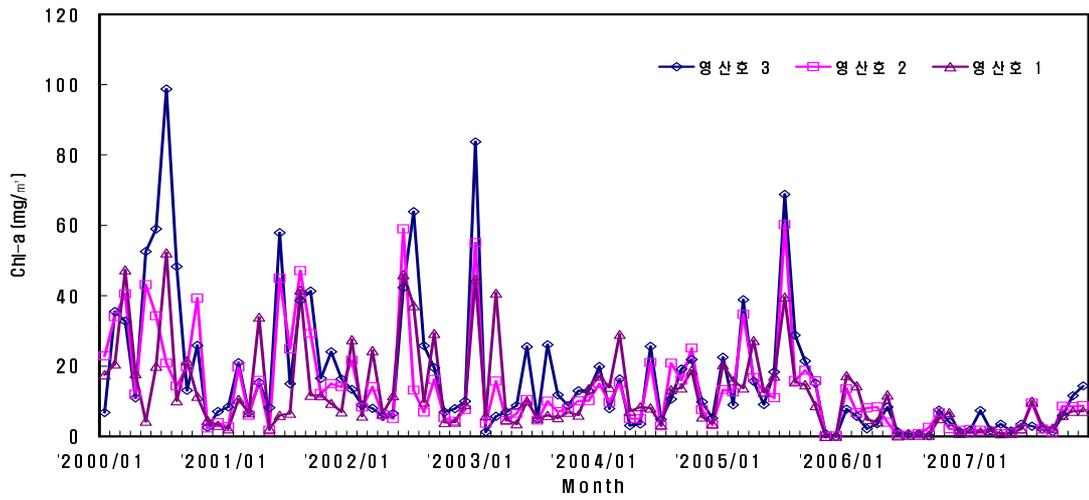
<그림 E-16> 영산호의 월별 T-N 변화



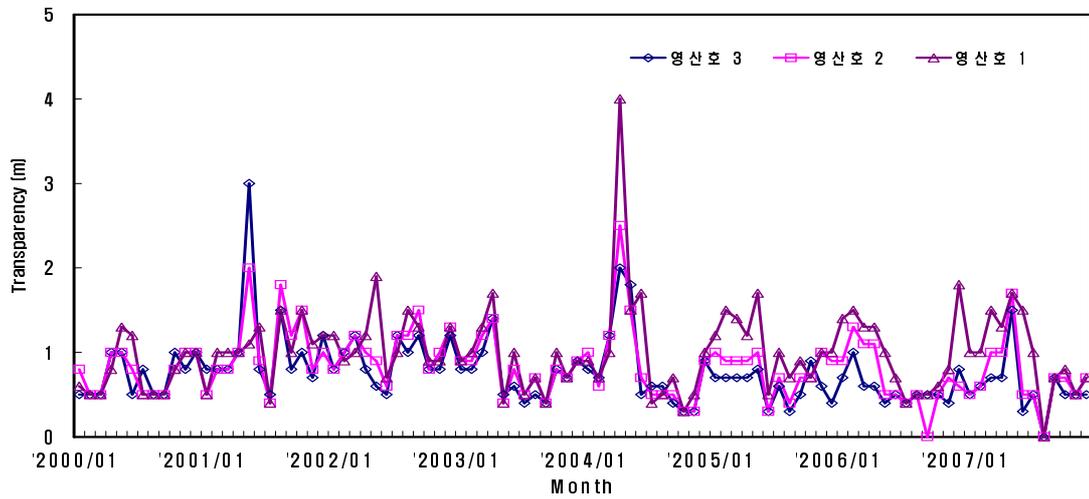
<그림 E-17> 영산호의 월별 T-P 변화



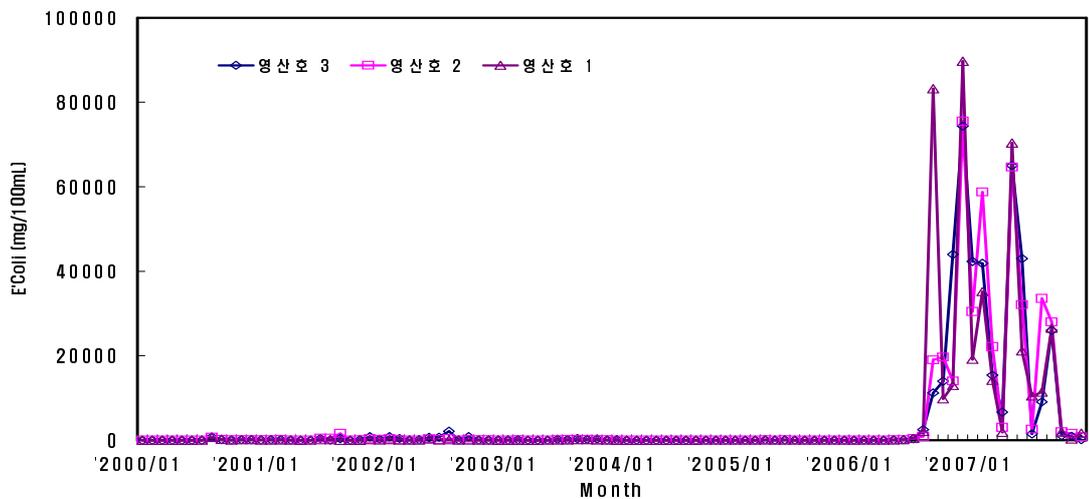
<그림 E-18> 영산호의 월별 SS 변화



<그림 E-19> 영산호의 월별 Chl-a 변화



<그림 E-20> 영산호의 월별 투명도 변화



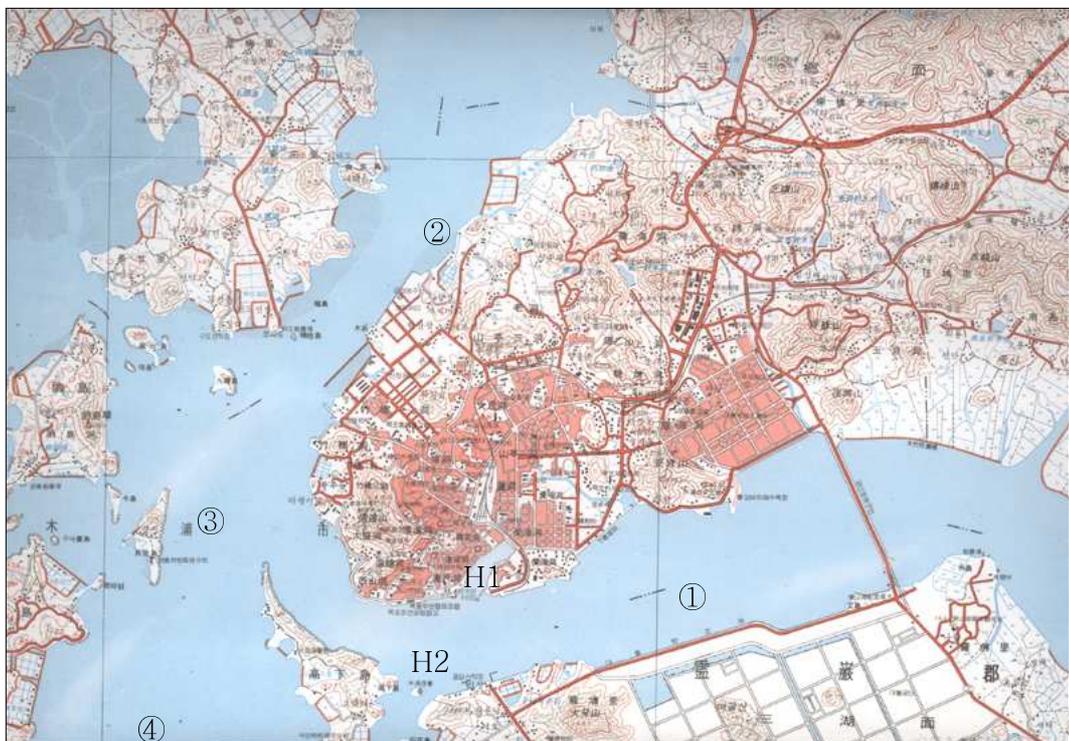
<그림 E-21> 영산호의 월별 총대장균군 변화

### E.1.2 영산호 연안해역의 수질변화 추이

○ 영산호 연안해역은 총 6개지점(<표 E-13>, <그림 E-22> 참조)에서 수질을 측정하고 있으며, 연안해역에서의 수질은 크게 외부해역의 유입원에 따라 변화되며, 또한 해역 자체 내에서의 물리, 화학, 생물학적인 요인들에 의해서도 변화하는데, 용존성 질소와 인은 식물 플랑크톤에 의해 섭취되어 Chl-a 및 COD의 농도를 변화시키고 식물 플랑크톤의 배설물, 사멸 등에 따라 COD, SS의 농도가 변화

<표 E-13> 영산호 연안해역에 대한 해양환경조사 정점 위치

해역 구분	연안 명칭	정점 코드	북 위	동 경	정 점 위 치	비 고
서해	목포 연안	H1	34° 46' 54"	126° 23' 27"	목포항내	남해수산 연구소
		H2	34° 46' 20"	126° 23' 01"	여객선터미널 앞	
		01	34° 46' 49"	126° 25' 30"	영산호 하구	
		02	34° 48' 46"	126° 23' 40"	신안군압해도동방	
		03	34° 47' 23"	126° 21' 00"	장좌도 동북방	
		04	34° 45' 33"	126° 20' 31"	달리도 동방	



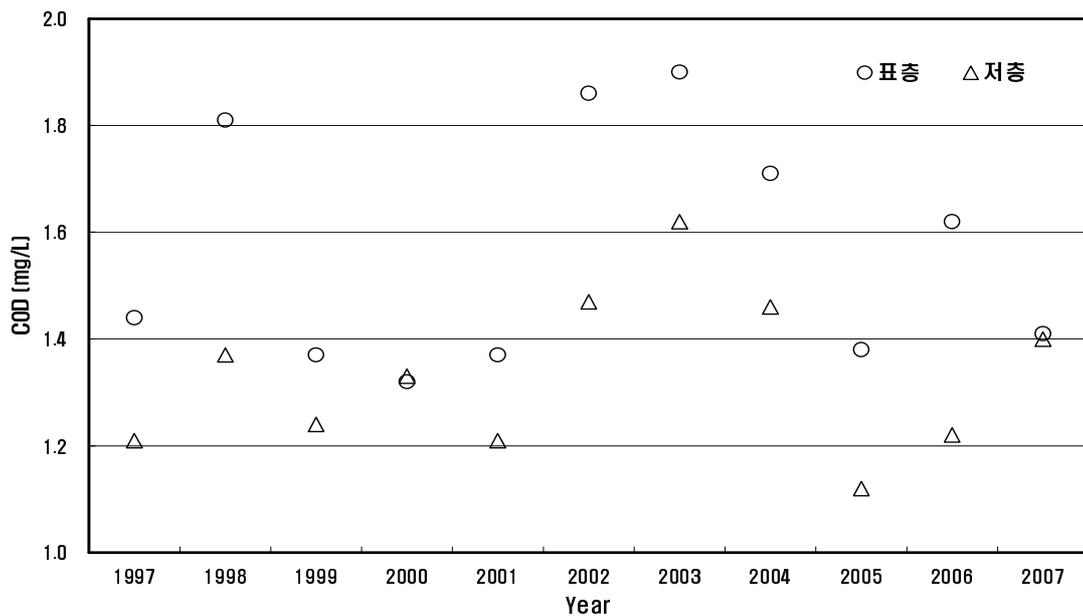
<그림 E-22> 영산호 연안해역의 해양환경조사 위치도

- 환경부 "환경정책기본법시행령"에 따른 해역수질기준은 등급 I은 참돔·방어 및 미역 등 수산생물의 서식·양식 및 해수욕에 적합한 수질이며, 등급 II는 해양에서의 관광 및 여가선용과 송어 및 김 등 등급I의 해역에서 서식·양식에 적합한 수산생물외의 수산생물의 서식·양식에 적합한 수질, 등급 III은 공업용 냉각수, 선박의 정박 등 기타 용도로 이용되는 수질(<표 4-130> 참조)

<표 E-14> 해역의 수질기준

등급	기준						
	pH	COD (mg/L)	DO (mg/L)	총대장균군 (총대장균군수 /100mL)	용매추출 유분 (mg/L)	총질소 (mg/L)	총인 (mg/L)
I	7.8-8.3	1 이하	7.5 이상	1,000 이하	0.01 이하	0.3 이하	0.03 이하
II	6.5-8.5	2 이하	5 이상	1,000 이하	0.01 이하	0.6 이하	0.05 이하
III	6.5-8.5	4 이하	2 이상			1.0 이하	0.09 이하

- 목포연안의 15년간(1993~2007년) 년평균 수질자료를 분석한 결과, 표층수의 pH는 7.74~8.25, 화학적산수요구량(COD)는 1.32~1.91mg/L로 II급수 수질, 용존산소(DO)는 7.92~9.36mg/L로 I급수 수질, 용존무기질소의 경우 0.077~0.611mg/L의 범위를 보였으며, 용존무기인은 0.008~0.046mg/L, 염분은 24.91~31.31, 수온의 경우는 14.6~18.5℃의 범위(<표 E-15> 참조)



<그림 E-23> 목포해역 연도별 COD 분포

<표 E-15> 목포연안 연도별 평균 수질

년도	층	수온 (℃)	염분	수소 이온 농도	용존 산소 (mg/L)	화학적 산소 요구량 (mg/L)	용존 무기 질소 (mg/L)	용존 무기인 (mg/L)	부유 물질 (mg/L)	Chl-a (µg/L)
2007	표층	16.80	29.64	7.96	8.53	1.41	0.322	0.014	0.0	12.73
	저층	15.90	32.23	7.96	8.36	1.40	0.213	0.012	0.0	0.00
2006	표층	14.60	28.57	8.25	8.44	1.62	0.596	0.026	13.2	3.38
	저층	13.70	31.99	8.18	8.02	1.22	0.293	0.018	37.8	1.35
2005	표층	15.20	29.96	8.00	8.72	1.38	0.363	0.027	12.4	8.19
	저층	14.80	31.82	8.01	8.74	1.12	0.243	0.020	13.5	4.28
2004	표층	15.80	31.24	8.23	9.36	1.71	0.154	0.012	15.0	3.30
	저층	15.30	31.51	8.21	8.99	1.46	0.148	0.014	0.0	3.31
2003	표층	15.60	28.68	8.10	9.20	1.90	0.210	0.008	20.4	4.76
	저층	14.80	30.47	8.05	8.50	1.62	0.213	0.012	0.0	4.76
2002	표층	15.20	29.99	8.21	8.88	1.86	0.149	0.008	11.3	6.12
	저층	14.50	30.84	8.15	8.43	1.47	0.152	0.010	0.0	4.04
2001	표층	15.40	30.65	8.12	8.82	1.37	0.267	0.011	17.0	6.28
	저층	14.70	32.19	8.08	8.45	1.21	0.252	0.019	0.0	6.28
2000	표층	15.10	31.31	8.07	8.69	1.32	0.144	0.011	18.6	3.76
	저층	14.60	31.71	8.09	8.15	1.33	0.111	0.013	0.0	0.00
1999	표층	15.90	29.90	8.14	8.15	1.37	0.148	0.012	16.4	17.97
	저층	15.80	30.87	8.10	8.15	1.24	0.130	0.017	0.0	17.97
1998	표층	16.10	24.91	8.07	8.27	1.81	0.277	0.020	12.7	0.00
	저층	15.20	29.26	8.07	8.04	1.37	0.202	0.021	0.0	0.00
1997	표층	15.60	31.23	8.09	7.92	1.44	0.077	0.009	20.2	3.81
	저층	15.20	31.98	8.08	7.66	1.21	0.067	0.009	0.0	3.81
1996	표층	17.40	31.05	8.07	9.11	1.66	0.267	0.009	14.5	0.00
	저층	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	14.5	0.00
1995	표층	18.10	26.92	8.00	9.22	1.81	0.611	0.019	11.4	0.00
	저층	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	11.4	0.00
1994	표층	18.20	28.35	7.98	8.26	1.91	0.281	0.046	11.3	0.00
	저층	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	11.3	0.00
1993	표층	18.50	26.85	7.74	9.29	1.82	0.275	0.019	10.2	0.00
	저층	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	10.2	0.00

자료 : 국립수산과학원, 한국해양환경조사자료.

- 2002~2007년간(5개년) 조사된 목포연안 월별 평균 수질을 보면, 표층수의 경우 수온은 5.2~25.9℃, pH의 경우 8.04~8.17로 I 급수의 수질, 용존산소의 경우 7.76~10.58mg/L로 I 급수의 수질, 총질소의 경우 0.541~0.922mg/L로 II,III급수의 수질이며, 총인의 경우 0.040~0.067mg/L로 총질소와 마찬가지로 II, III급수의 수질, COD의 경우 1.06~2.26mg/L로 II,III급수의 수질로 종합적으로 표층수에 대한 목포연안해역의 수질환경기준은 II, III급수 수준
- 저층수의 경우 수온은 5.0~24.2℃, pH의 경우 8.02~8.16로 I 급수의 수질, 용존산소의 경우 7.18~10.42mg/L로 I 급수의 수질, 총질소의 경우 0.510~0.757mg/L로 표층수에 비해 농도는 낮지만 수질환경기준으로 II, III급수의 수질이며, 총인의 경우 0.042~0.060mg/L로 표층수와 달리 II급수의 수질, COD의 경우 0.88~1.73mg/L로 I, II급수의 수질로 종합적으로 저층수에 대한 목포연안해역의 수질환경기준은 총질소를 제외하면 I, II등급 수준

<표 E-16> 목포연안 월별 평균 수질 (2002~2007년)

월	층	수온 (°C)	염분	수소 이온 농도	용존 산소	총질소	총인	화학적 산소 요구량	용존 무기 질소	용존 무기인	부유 물질	Chl-a (µg/L)
----- mg/L -----												
2	표층	5.2	31.79	8.17	10.58	0.582	0.042	1.64	0.20	0.009	15.92	5.85
	저층	5.0	32.03	8.16	10.42	0.510	0.047	1.73	0.16	0.010	29.12	5.05
5	표층	15.1	28.93	8.16	8.61	0.854	0.067	1.79	0.36	0.017	15.77	6.33
	저층	14.2	31.32	8.15	8.32	0.649	0.060	1.52	0.23	0.013	42.38	4.90
8	표층	25.9	26.08	8.15	8.21	0.922	0.057	2.26	0.45	0.022	14.62	10.89
	저층	24.2	30.45	8.02	7.18	0.757	0.048	1.51	0.26	0.019	10.60	2.08
11	표층	15.7	31.20	8.04	7.76	0.541	0.040	1.06	0.21	0.014	10.52	2.61
	저층	15.5	31.81	8.04	7.88	0.519	0.042	0.88	0.20	0.013	11.75	2.21

자료 : 국립수산과학원, 한국해양환경조사자료.

## E.2 환경기초시설 운영실태 분석

### E.2.1 수질개선사업의 시설별 투자 현황

- 하수처리장 설치, 하수관거정비사업이 전체 투자비의 85.6%를 차지하고 있으나, 하수처리사업의 계획대비 투자실적은 31.1%에 불과
- 영산강수계의 수질보전을 위해서는 환경기초시설 확충사업을 조기에 완료하고, 비점원오염 저감사업에 해당하는 녹조방지와 하천정화사업이 8.5%에 불과하여 이 분야에 대한 투자도 확대

<표 E-17> 영산강권역 시설별 투자현황(1998 ~ 2005년)      단위 : 백만원, %

구분	계	하수관거	녹조방지	분뇨처리	산업폐수	축산폐수	하수처리	하천정화
투자계획	1,502,122	338,523	52,462	34,126	19,500	40,741	942,917	73,853
투자실적	728,284 (100.0)	330,444 (45.4)	9,104 (1.3)	10,020 (1.4)	214 (0.03)	33,125 (74.5)	293,193 (40.3)	52,184 (7.2)
계획대비 투자실적	48.5	97.6	17.4	29.4	1.1	81.3	31.1	70.7

### E.2.2 영산강 유역 환경기초시설 설치 현황

- 환경기초시설수는 91개이며 총처리용량은 814,479 m<sup>3</sup>/일

구분	계	일반하수	소규모하수	가축분뇨	분뇨	폐수
시설수	91	14	59	4	8	6
용량 (m <sup>3</sup> /일)	814,479	805,000	3,269	440	1,320	4,450

- '08년 환경기초시설 설치로 하수, 분뇨, 축산폐수처리장(신설, 개·보수) 19개소, 자연형하천 정화사업 2개소

### E.2.3 영산강 유역 환경기초시설의 운영 현황

- 14개소 하수종말처리장 가동율은 20%미만 1개소(화순도곡온천), 20~50% 3개소(나주산포, 나주공산, 화순온천), 50~80% 4개소(나주운곡, 영암, 무안, 무안일로), 80~100% 4개소(광주제1, 광주제2, 담양, 장성), 100%이상 2개소(화순, 함평)

- 시설용량은 유입하수량에 비해 약간 여유(보통 20%정도)가 있거나 거의 근접하는 것이 바람직한데 영산강 유역 14개소 하수처리장 중 4개소를 제외한 10개소의 하수처리량은 유입하수량에 비해 시설용량이 과소 혹은 과대 설계
- 영산강 수계 하수처리장의 유입수질은 전국 평균 유입수질 BOD 126.1mg/L 보다 낮은 63.8mg/L, 유입수질이 계획수질 대비 50% 미만인 하수처리장은 BOD, SS 기준으로 각각 9개소로 전체의 65%에 해당하는데, 유입수질이 낮은 원인으로는 하수배제구역내의 관거정비가 미흡하고, 차집관거가 부실
- 하수처리장의 방류수질은 BOD 2~5mg/L의 분포로 하수처리장 방류수질 BOD 농도 9mg/L를 초과하지 않아 수질환경기준을 충족하였으며, 하수처리장의 처리능력 지표로 수질항목별 제거율을 보면, BOD와 SS항목은 90% 이상으로 비교적 양호하나, COD는 BOD와 SS보다 제거율이 낮고 하수처리장 시설별로 제거율의 편차가 심한 편이며, T-N과 T-P 항목은 제거율이 낮고 편차가 심함

#### E.2.4 영산강 유역 환경기초시설의 개선방향

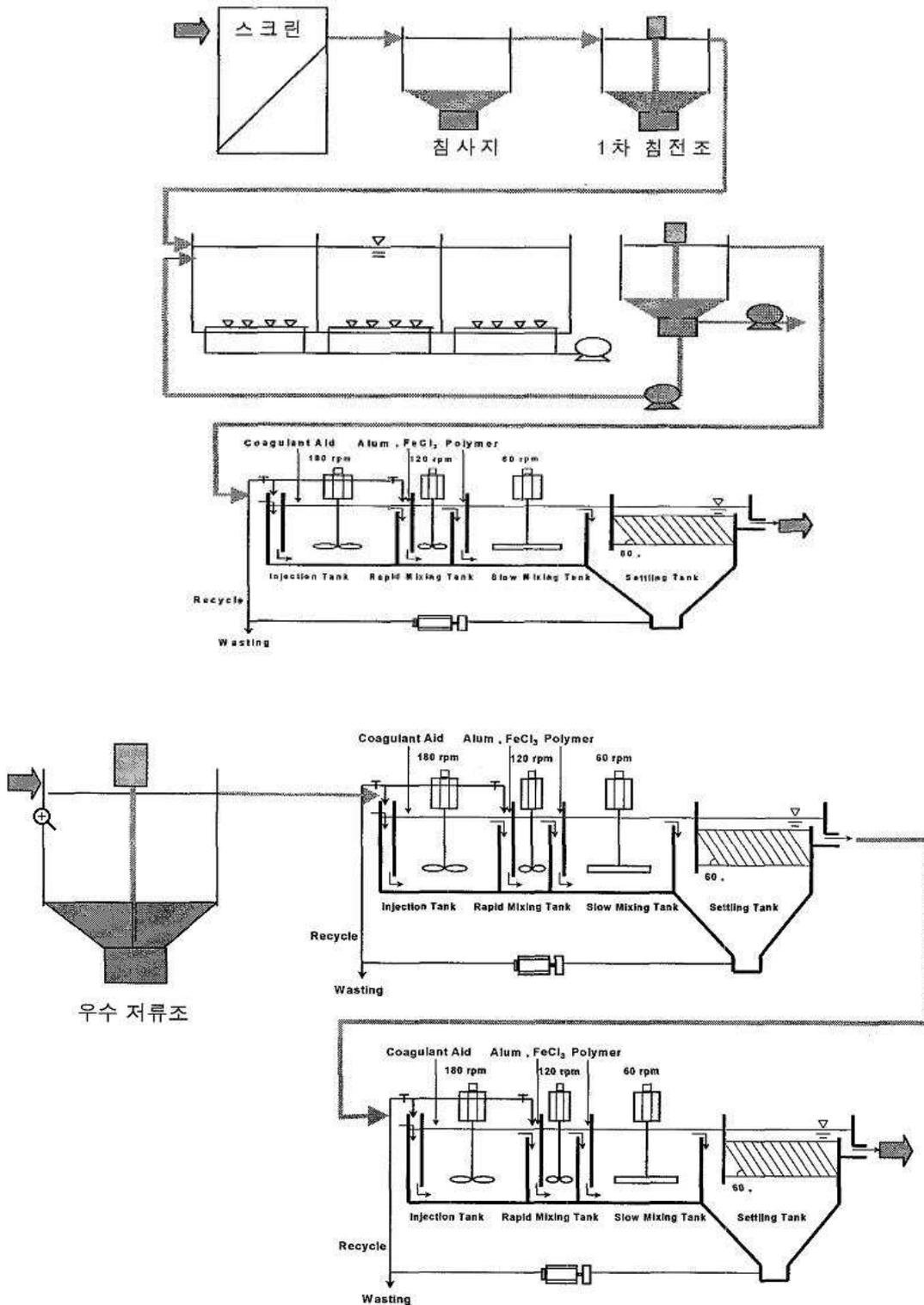
##### 가. 정책·제도적 측면

- 직영제 하수처리장의 경우 잦은 민원, 근무여건의 열악 등에 의해 환경기초시설 근무를 회피하는데 이를 개선하기 위해 근무자에게 승진 가산점 등 인센티브 부여
- 환경기초시설의 운영방식은 지방자치단체 직영제와 민간위탁 방식으로 직영제의 경우 과도한 운영인력 투입 금지 및 책임성 및 전문성을 갖춘 전문요원을 확보하여 실시, 민간위탁의 경우 단순 능률성만을 고려하여 선택할 경우 각종 부작용을 내포할 수 있으므로 발생 가능한 문제요소를 사전에 보완하여 시행

##### 나. 기술적 측면

- 기존 표준활성슬러지공법에 의한 하수처리시설이 있는 경우, 우수저류조와 초고속 응집침전공정을 추가하면, 강우 유출수와 함께 유입되는 비점오염부하와 가뭄시 하수관거중에 퇴적되어 있던 오염물질부하를 대폭 삭감할 수 있으며, 비강우시 생물학적 처리 후단에 위치한 초고속응집침전공정은 생물학적 처리수를 재처리함으로써 중수도나 모든 용도로 재활용이 가능한 수질 용수 확보 가능
- 신설 하수처리장의 경우, 첫째로 생물학적 처리시설과 강우 유출수를 처리할 수 있는 우수저류조와 초고속응집침전공법이 조합된 처리계통 설계, 둘째로 오염부하

저감을 위한 우수저류조와 2단 초고속응집침전공법 또는 우수저류조+초고속응집침전공법 처리계통이 있는데, 이 경우 비강우시 질소오염부하 농도가 큰 문제가 되지 않을 경우에 사용할 수 있는 방법



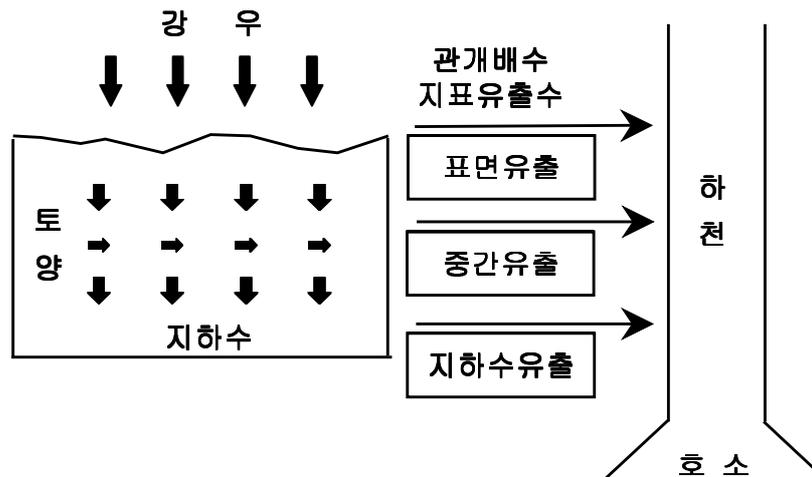
<그림 E-24> 신설 하수처리장의 처리공정 계통도

### E.3 농경지 수질개선 대책

- 국내 비점오염원 관련법규 및 적용별 삭감량 그리고 저감시설 사례는 부록에 첨부

#### E.3.1 농경지 오염물질의 유출경로

- 농경지에서의 비점오염원 유출은 주로 강우와 재배형태(물관리, 토양관리 등)에 따라 변동하고, 적용시기에 따라 오염부하 유출특성이 변화하는데, 주요 유출경로는 지표유출, 침출유출, 지하유출의 경로로 유출



<그림 E-25> 강우시 농경지에서의 유출경로

#### E.3.2 농경지에서의 비구조적 수질개선대책

- 농경지에서의 수질개선대책하면 보통 비점오염원 저감(삭감)대책으로 표현하고 있으며, 농촌 비점오염 관리를 위한 접근 방식으로 1단계로 발생원억제, 2단계로 배출제어 마지막 단계로 유역제어
- 농업생태계의 지속성을 보전하기 위한 실천방안으로 최적영농관리방안(Agricultural Best Management Practices; aBMP)을 제안하는데, aBMP란 "농업비점오염원에 의해 초래되는 오염량을 수질목표에 상응하는 수준으로 줄이거나 억제하는 권장된 수단으로서 기술경제·행정적으로 볼 때 가장 효율적으로 실현 가능한 영농방법
- aBMP에 의한 오염원 억제수단은 관리, 식물피복, 구조적 방법으로 구분되는데, 관리방법에 의한 억제는 화학자재의 형태, 시용시기, 시용율, 경운 방법 등이며, 식물피복 방법은 토양 표면에 식물을 재배하거나 잔류물질을 이용하여 토양유실 방지, 지표유출 속도 감소, 토양수분 보유력 증가, 침투수의 비율과 양 증가를 통한 오염원 억제 등으로 작부체계와 밀접한 관련이 있으며, 구조적 방법은 시설물을 설치하거나 공사를 통해 포장을 변경시켜 오염원의 발생을 억제

<표 E-18> 경작지에서 비점오염원 억제를 위한 BMP

○ 관리적 억제
- 과도한 화학물질 투입을 감소
- 손실방지를 위해 화학물질 투입 최적시기 결정 및 투입방법 개선
- 나지 기간의 최소화를 위한 경작기 경운시기 개선 및 잔류물 투입
- 수질 오염 가능성이 낮은 대체 농약 사용 및 내병충해성이 강한 작물 선택
- 체계적인 잡초 방제법 선택
- 경운의 감소 또는 무경운 및 등고선 재배
○ 식물에 의한 억제
- 병충해 순환 방지를 위한 윤작
- 토양 구조개선과 지표유거 최소화를 위한 윤작
- 동계 작물 재배로 피복 또는 등고선 대상 재배
- 지표유거와 토사 감소를 위한 경작지와 하천 경계에 완충지역 설치
○ 구조적 억제
- 계단식 경지 설치 및 배출로의 우회
- 초지로 조성된 수로설치, 심층배수, 조절지 설치

<표 E-19> 농경지 비점오염물질 관리기법

관 리 기 법	장 점	단 점
논갈이	침투증가, 식물의 성장촉진	기상조건에 따라 부적합
보전경보시스템	토양손실감소, 토양비효증가, 필요비료사용량 감소	다른 농장운영에 방해
등고선 경작	토양손실감소, 강우유출감소, 수분보유	지형제한
등고선과 수원	토양손실감소, 강우유출감소, 수분보유	지형제한, 과수수확의 손상 가능
식물잔재 및 녹비사용	동절기에 토양보호, 수분보유, 토양유기물함량 증진	성장시기와 수확기로 인한 제한
취약지구의 식중	침식감소, 수분보유, 토양개선	농지확보, 관리노력 필요
농업잔재물 이용	효과적인 토양보존, 수분보유, 침투증가, 필요비료량 감소	곤충문제 유발, 동물사료로의 사용이 더 유용
관개용수관리	침식감소, 장래 물공급확보, 식생피복 조성에 도움	보조시설이 필요
토양덮개	침식감소, 즉각적 효과, 강우유출감소, 발아를 위한 종자지	비용이 고가(특수장비가 필요)
초지관리	침식 및 영양물질 손실감소, 목초제공	보조시설 필요(다른 농장 운영에 방해)
초지조성	침식과 토양손실 감소, 목초 제공, 영양물질 손실감소	작물생산을 위한 농장운영에 방해, 농지확보

<표 E-20> 농경지 비점오염물질 관리기법 (계속)

관 리 기 법	장 점	단 점
방목지 조성	침식감소, 방목분해, 박테리아와 유기영양물질 부하량 감소	다른 농장운영에 방해
일렬식종	토양손실 감소, 수분 보유 영양물질 강우유출 감소	경작활동에 방해(장비제한)
오물침전연못	침전물을 포획하고 오염물질 흡착, 외부의 손상조절	시공비 고가, 다른 토지용도를 방해(토지작업이 필요)
우회수로건설	침식방지(경제적 사용을 위해 바람직한 지역으로 유출)	농장운영에 부적합(기타 보조처리방법 필요)
울타리치기	방목분산에 의해 침식예방 (식생피복개선)	농장운영에 제한(적용성 제한)
방풍림조성	풍식감소, 작물보호	적용성 제한
여과초지대	침전물 포획과 오염물질 흡착 (목초가능)	경작면적 감소(병해와 곤충의 은신처 제공)
경사안정화구조물	침전물 부하감소(제한지역내 식생조성을 용이하게 함)	고가, 적용제한(보조시설필요)
연못	침전물 포획과 오염물질 흡착 관개용수 제공 및 침식조절	다른 토지용도를 방해, 적용 제한(지질, 비용이 제한요소)
농로정비	채류도랑 개발(연중 지속적 접근이 가능)	고가
지하배수	침투증가, 접근성 개선, 강우 유출수 감소	총 영양물질 강우유출 증가
Trrrace	침식감소, 경사면의 영농성 개선, 강우 유출수 감소	장비와 지형제하에 따른 농경활동 방해
수로 & 유출부조성	침식감소, 접근통로 제공 (목초생산에 사용가능)	작물생산 토지감소(농경활동의 재편성이 필요)

자료 : USEPA, "Best Management Practices Handbook : Agriculture", Virginia, 1979. Choi and Shin, 1998. 재인용



<그림 E-26> 농경지 비점오염 비구조적 저감시설 사례

<표 E-21> 오염물질의 형태에 따른 aBMPs의 선정

오염 물질	제어방법	구조적		비구조적
		인공적	자연적	
토사 (TSS, 탁도)	농지 및 제방의 침식방지	테라스,우회수로, 사면안정화구조물 하천제방보호	피복작물,윤작,보전 경운,중요지역 식재	등고선재배,수변지역 보호,적절한초지관리
	토사포획을 위한 유거수로 조성	침사지	여과식생대조성,초지 수로,대상재배	
	토사 처리			적정재이용습지복원
영양 물질	오염원 최소화	축산분처리시스템 방지벽,우회수로, 테라스,인공멸칭	방목지관리,윤작	방목지및초지관리, 적정사육두수,퇴비화 양분관리
	수용성 형태의 화학비료관리	테라스,방수로웅덩이 유거수조절지,습지 개발,인공멸칭	피복작물,대상재배, 수변완충지역, 다비 작물로 전환	용수재이용,양분관리 관계수조절
	수용성 형태의 축산분뇨관리	우회수로,연못,조절지 퇴비화 시설	위와 동일	적정용수관리
	토양침식 및 토사 이동의 최소화	테라스,우회수로,하천 제방보호,침사지	보전경운,식생여과대, 수변보호지역	양분관리
	수계유입차단	상기방법, 수처리 (고부가가치작물)	수변완충지역	상기방법
병원균	오염원 최소화	울타리 설치		축산분뇨의관리 (처리량과 시기)
	최소 이동	축산분뇨 보관,저류 연못	식생여과대,수변완충 지역	적정부지선정, 적정량처리
	수처리	처리라군,여과지	인공습지,식물여재를 이용한 미생물여과 시스템	재활용과 재이용
금속류	토양원 관리		작물,식물선정	미량금속 함유물질 유입 방지
	유입원 관리	재이용재활용시스템 방수로웅덩이	작물선정	관개수관리, 통합 층해 관리
	수처리	여과	인공습지,식물여재를 이용한 미생물여과 시스템	-
염 류	유효성 제한 유실조절	증발지,관수로화,수로 라이닝,방수조절연못	작물선정,염수습지 방충,토지이용변경	점적관수, 관개수 관리

### E.3.3 농경지에서의 구조적 수질개선대책

- 토양침식은 강우에 의해 경사지 토양이 유실되는 과정이므로 안전하게 유출되게 하는 시설이 구조적 관리기법 중에서 가장 핵심적이 시설로는 승수로, 배수로 등이 있으며, 침식에 의해 발생된 흙탕물을 경지지역 또는 경지하류에서 저감시키는 시설로서 침사지, 저류연못, 저류지 등, 경사 밭과 주변지역의 사면이 강우시 포화되어 슬라이딩이 발생할 시에는 대량의 토사유출이 발생되므로 사면의 안정을 도모하는 시설 필요

<표 E-22> 구조적 적용기술별 고려사항과 권장지역

적용기술	고 려 사 항	권장지역
식생수로	식생수로 수질개선효과 분석 용이성 고려 농경배수로 활용 배제하고 식생수로의 연장을 길게 설치할 수 있는 곳 선정	하천둔치, 도로변 등
식 생 여과대	농업지역(밭지역)의 최적관리시설로 활용되거나, 도시지역의 보조적인 수단으로 활용되므로 밭지역의 토양유출을 방지할 수 있는 지역을 선정	밭과 인접한 수변구역, 도로변 등
인공습지	평상시에도 물이 공급될 수 있어야 습지식물이 유지되므로 규모가 크고 처리용량이 풍부한 지역에 적용	하천둔치
저류지	저류지는 소규모에서 대규모로 다양하게 적용(소규모는 수변 지역, 대규모는 하천둔치에 설치)	수변지역 하천둔치
장치형+저류조	도시지역의 배수로 말단부에 지하저류조 설치 부지가 가능하고 저류수를 추가적으로 처리할 수 있는 시설 설치가 가능한 지점	하천둔치
침투도랑	지하침투가 용이하고, 우수침투로 인한 민원의 우려가 적은 지역	도로변, 수변구역
침투형 저류지	지하침투가 용이하고, 우수침투로 인한 민원의 우려가 적은 지역 및 생활용수로 지하수를 사용하지 않는 지역	도로변, 하천둔치
장치형 시설	유지관리를 위한 접근성이 편하며, 부유쓰레기 발생이 적은 지역	도로변, 주차장



<그림 E-27> 농경지 비점오염 구조적 저감시설 사례

## E.4 영산강 호내 수질개선대책

### E.4.1 호소 수질오염 특성

#### 가. 호소 수질오염의 정의

- 호소의 수질은 다양한 항목과 기준에 따라 결정되는데, 그것을 종합하여 현재의 수질상태는 이렇다하고 정의하기는 쉽지 않지만, 호소의 수질을 정의하고, 그 수질을 개선하고자 하는 것은 일반적인 호소의 수질악화가 부영양화라는 내부 유기물 증가 현상으로 나타난다고 규정하기 때문

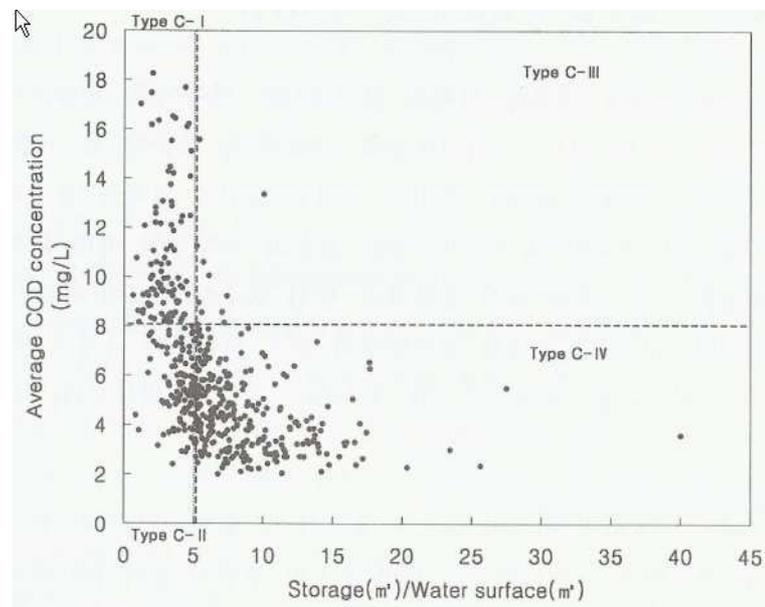
<표 E-23> 수계의 주요 오염물질 구분과 수질 및 수중생물에 대한 일반적인 작용

오염물질	구분	작용
유기물질	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 난분해성</li> <li>- 순분해성</li> <li>- 입자성</li> <li>- 용존성</li> <li>- 육상기원</li> <li>- 수중기원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 자연계 기원 유기물이 대부분이고 인위적으로 합성된 난분해성 유기화합물이 포함되며, 난분해성 유기물은 독성유기물과 관련</li> <li>- 분해과정에서 수중산소를 소비하여 산소호흡 생물에 영향(수중산소농도는 수온과 이온분포에 의해 영향을 받음)</li> <li>- 유기물질 자체의 수중탁도 유발로 광투과성 감소</li> <li>- 특정한 용존 유기물은 일부 수중 부유생물의 성장에 유리하게 작용</li> </ul>
영양물질	수중 또는 육상식물의 생장에 이용되는 물질	<ul style="list-style-type: none"> <li>- C, N, P, K, S, Cl, Na, Vitamin 및 기타 중금속의 일부</li> <li>- 과량 포함될 경우 독성작용을 나타내는 경우와 과부족할 때 결핍이 발생하는 경우가 있음</li> <li>- 과도한 조류(식물플랑크톤)의 성장에 이용되어 수중의 유기물오염을 유발함 : 기상상태 등 환경조건의 영향을 받음</li> </ul>
독성물질	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 중금속</li> <li>- 제초제, 살충제 등 화학약품</li> <li>- 자연계 생물이 분비하는 독성물질</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일부는 생물 성장에 미량 요구되기도 함(Pb, Cd, Hg, Co, Cu, Fe 등)</li> <li>- 제초제, 살충제 등 화학약품(alkali 또는 acid 물질포함)</li> <li>- 일부 고분자 물질은 환경호르몬으로 작용하여 수중 생물의 생리체계를 교란</li> </ul>
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 열 폐수</li> <li>- 방사성물질</li> <li>- 유류</li> <li>- 유사 및 부유물질</li> <li>- 기타</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 특정한 생물의 이상성장이나 또는 감소를 유발</li> <li>- 생물축적과 그에 따른 2차 생체내 반응으로 생물 생리체계의 교란</li> <li>- 거품 등에 의한 수표면 막형성으로 기체성분의 용해도 및 빛 투과감소, 또는 유출된 기름성분중에서 독성물질의 작용에 의한 생물폐사 발생 및 기형유발</li> <li>- 침식 및 퇴적에 의한 유사 및 부유물질 발생(용존물질 포함) : 수중의 영양물질 이동과 관련되는 경우도 있고, 한편으로는 영양물질을 흡착하여 호내 퇴적층의 표면을 차단하는 효과</li> <li>- 유입 부유물질의 일부는 상류수계로부터 유출된 식물플랑크톤을 포함</li> </ul>

#### 나. 호소 수질오염 유형분류 및 대책방향

- 저수지 수질에 영향을 미치는 인자는 체류시간, 수심, 유역면적, 유역형상, 경사, 토지이용상황, 수표면적, 저류량 등이 있으며, 호소의 수질은 내·외적인 요인에 의해서 결정되며, 1차 생산활동의 결과인 내생유기물량은 호소의 수광량에 따라 좌우되며, 수광량은 수표면적에 따라 달라지며, 호소의 수심에 따라서 분해량이 규정되는데, 일반적으로 1차 생산활동이 높은 생산층을 유광층 또는 보상심도라 하며, 투명도의 약 2.5배의 수심에 해당(岩佐義朗외, 1990)

- 일반적으로 호소의 수심이 얇으면 호소가 더 쉽게 부영양화 된다고 보고하였고, 일본에서의 조사결과 호소의 수심이 얇아짐에 따라 클로로필 a의 농도가 지속적으로 증가한다고 하였으며, 호소의 클로로필 a농도가 12 mg/m<sup>3</sup> 이상인 호소를 부영양호라 한다면 일본의 경우 평균수심 약 8 m이하이면 호소의 부영양화 될 소지가 있다고 판단(대한환경공학회, 1999)
- 농업기반공사(2002)에서는 전국 498개 농업용 저수지 및 하구담수호의 과거 수질 자료와 호의 물리적 인자를 이용 저수지의 오염유형을 분류하였는데, 수질인자로는 COD를 지표로 하였고 물리적 인자는 호의 유효저수량(ST, Effective Storage)대 호의 만수면적(WS, Water Surface)의 비, 즉 유효평균수심을 지표로 활용하여 저수지 오염유형 분류도를 작성 활용(<그림 E-28> 참조)



<그림 E-28> 호소 수질오염 유형분류

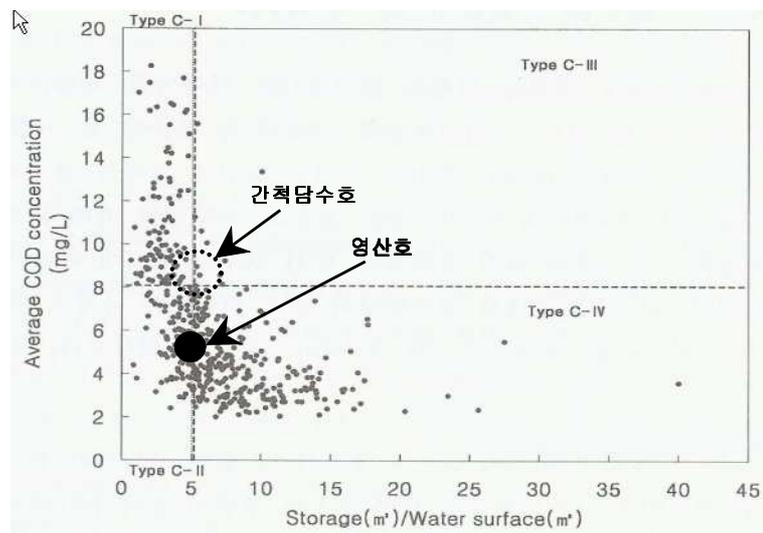
- <그림 E-28>에서 수질인자로는 호소수질환경기준 IV등급(농업용수수질기준) COD 농도 8mg/L를 기준으로 분류하였고, 물리적인자인 ST/WS비는 5 m를 기준으로 분류하였는데, 각 그룹을 오염특성에 따라 C-I형을 종합정비형, C-II형을 호내정비형, C-III형을 유역정비형, C-IV형을 관리형으로 구분 특성과 대책을 정리
- COD가 10mg/L 이상이면 수질오염이 심화된 것으로 판단하여 시급히 수질개선 대책을 마련해야 하는 저수지인 것으로 판정하여 10mg/L 이상을 수질대책기준, 6~8mg/L는 시급하지는 않지만 수질오염이 우려되므로 우려기준, 6mg/L 이하는 아직 수질오염이 진행되지 않은 저수지로 판단하여 수질오염 안전기준으로 세분

<표 E-24> 호소 수질오염 유형별 개선대책

유형	유형별 특성 및 대책
종합정비형 (C-I형)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조적으로 부영양화에 취약</li> <li>- 오염원인으로는 내부원인형과 외부원인형으로 세분</li> <li>- 내부원인형은 준설이나 체체승상 등 평균수심을 증가시킬 수 있는 대책 강구</li> <li>- 외부원인형은 유역 유입 점오염원 및 비점오염원의 저감대책 시행</li> </ul>
호내정비형 (C-II형)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 현재 수질오염은 되지 않았으나 구조적으로 부영양화에 취약하여 수질악화의 우려가 높기 때문에 평균수심을 증가시킬 대책 강구</li> </ul>
유역정비형 (C-III형)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 부영양화의 제어가 가능한 구조</li> <li>- 유역으로부터의 유입부하가 큼</li> <li>- 비교적 소형(평균 저수량 약 150만톤) 저수지</li> <li>- 유역내의 점오염원 및 비점오염원의 저감대책 강구</li> </ul>
관리형 (C-IV형)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 부영양화의 제어가 가능한 구조</li> <li>- 양호한 수질을 유지하기 위해 관련기관 및 유역 주민과의 유기적 공조 필요</li> </ul>

#### 다. 영산호의 수질오염 유형

- 저수지 수질오염 분류도를 이용하여 영산호의 수질오염 유형을 <그림 E-29>과 같이 분류하였는데, 우리나라 하구 담수호는 <그림 E-28>과 같이 평균수심이 4~6 m, COD는 7~11mg/L로서 4개 유형의 경계선상에 대부분이 놓여 있음
- 영산호는 만수면적이 3,460 ha, 유효저수량이 180.9 백만<sup>3</sup>m로 유효수심(ST/SW)이 5.23 m이며, COD의 평균농도가 조사시기별로 4.2~6.2mg/L로 <그림 E-29>과 같이 호내대책형(C-II 유형)과 보존관리형(C-IV 유형)의 경계선에 속함



<그림 E-29> 영산호의 수질오염 유형분류

#### E.4.2 호소 수질개선대책 이론

- 호내의 수질(유기물농도)이 유입수에 의하여 영향을 받고 있는지, 아니면 호내의 내부 생산에 의한 결과인지를 분석하여 오염원 처리에 집중할 것인지 또는 호내 생산성을 완화하는 처방을 할 것인지 선택
- 유역으로부터의 유기물 유입이 호소 수질악화의 원인이라면 어느 유역 하천을 통한 유입이 가장 호소에 직접적인 영향을 미치는지 분석해야 하는데, 이것은 어느 하천의 유기물 부하량이 많고 적음의 문제가 아니라 산소농도와의 균형에서 수중의 용존산소가 유기물을 완전히 산화할 만큼 충분하지 못한 경우에 문제가 발생하기 때문에 유입수에서의 유기물/산소 비율이 더욱 중요한데, 이러한 관점에서 유기물 부하량이 아무리 많아도 수체내의 용존산소가 내부의 유기물을 적절한 산화조건을 유지하면서 분해할 수만 있다면 그것을 오염이라고 규정할 수는 없을 것이며, 이러한 산소공급효과는 인과 같은 침전형 순환물질의 불활성화를 촉진하여 영양물질의 내부공급을 감소시키고 결과적으로 내부생산의 감소에 기여
- 호내에서의 유기물 오염 진행의 원인이 식물플랑크톤의 내부생산에 의한 결과라고 하면 내부생산을 유발하는 영양물질이 유역으로부터 공급되는지, 또는 내부공급에 의한 결과인지를 분석하여, 영양물질 외부유입이라면 점오염원인지 비점오염원인지 유입인자를 구분하여 비점오염원이라면 처리시설을 통하여 제거할 수 있는 유출 형태인지 또는 단지 유출관리를 통하여 제어할 것인 선택해야 하며, 내부공급 때문이라면 그것이 외부와 연계된 높은 유기물공급으로 산소평형이 깨진 상태에서 생물의 이용 가능한 영양물질량이 많아진 결과인지 아니면 전반적인 영양물질 순환량(유입량+ 내부순환량)이 많은 상태인지를 파악
- 수계에서 오염물질로 작용하는 물질별로 수질 및 수중생물에 미치는 영향과 각 물질별 제거원리를 보면, 대체로 유기물과 관련된 오염물질이 아닌 경우에는 호소에서 오염의 원인이 되는 경우가 많지 않은 것이 일반적이며, 호소의 수질오염 관리를 위해서 모든 수질오염(항목)에 관하여 대비하는 것은 효율적이지 못하기 때문에 수계별로 주요한 오염항목과 그와 관련된 물질의 역할 및 제거원리를 알아 보고 호수에서의 처리과정을 이해(<표 E-25> 참조)
- 일반적으로 호소의 부영양화의 진행은 오염물질의 부하량과 같은 요소보다는 자연적인 요소에 의하여 더 크게 유도되는 경향

<표 E-25> 오염물질이 수계별 수질 및 수중생물에 미치는 영향과 제거원리

오염물질	수 계 별 영 향			처리(제거) 원리
	하 천	호 수	해 양(하구)	
유기물질	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 육상의 인간생활계 및 자연계의 유기물이 다량이며, 수계에서 생산된 유기물은 적음</li> <li>- 낙동강처럼 하구독이 형성된 경우 50% 이상의 유기물 내부 생산 결과</li> <li>- 하천수에서의 유기물 내부생산은 수중보다는 수변지역 식생 및 하천바닥의 부착조류가 담당</li> <li>- 유기물 유입지점부터 산소농도 감소하고 이후에 하류에서 다시 회복</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 육상유입보다는 호소내 수중에서 식물플랑크톤에 의한 자체생산 비율이 높음</li> <li>- 유기물생산은 수표면층에서, 축적은 저층에서 발생하여 퇴적물과 접해있는 저층수에서 산소 고갈</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 하천을 통하여 하구로 유입되면서 토양입자 등과 함께 침강성 증대</li> <li>- 하구 및 연안에 빨지역 형성, 부유유기물을 먹는 부유물식자와 퇴적물식자가 유기물 감소에 기여</li> <li>- 물질순환과정에서 다시 1차 생산의 증가로 유기물 생산량 증가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 미생물에 의한 분해</li> <li>- 부유물식자 및 퇴적물식자에 의한 수중 유기물 고정(제거)</li> <li>- 생물활동에 수중 산소 필요</li> <li>- 수중의 산소수지와 밀접한 관계</li> <li>- 수중 산소공급에 따라 유기물 분해 또는 2차 오염진행</li> </ul>
영양물질 (질소, 인등)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 하천구간에서는 특별히 정체구간이 아니라면 영양물질에 의한 유기물 생성이 문제되지 않음</li> <li>- 침식과 퇴적의 구간별 반복 특징을 갖는 하천은 정체상태에 따라 영양물질에 대한 생물의 이용이 달라짐</li> <li>- 영양물질은 수중식물에 의한 유기물질의 재생산에 관여되므로 2차 오염물질이라고 볼 수 있음</li> <li>- 수계에 따라서 영양물질에 의한 유기물생산정도가 달라짐 (광투과도, 유속)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 정체수역에서 일반적으로 알려져 있는 부영양화의 원인이 될</li> <li>- 이러한 영양물질은 그 양이나 농도에 의하여 부영양화가 결정되는 것은 아님</li> <li>- 일반적으로 영양물질 농도와 내부생산 상관성이 어느 정도 인정되지만 호수별 차이가 큼</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일반적으로 해양에서는 질소가 제한 영양소로 작용</li> <li>- 하구에서는 육상으로부터 기원한 많은 영양물질에 의하여 1차 생산이 높은 것으로 알려져 있음</li> <li>- 이 지역은 높은 탁도가 1차 생산의 제한인자가 됨</li> <li>- 국내 하구호에서 높은 영양물질 농도에도 불구하고 탁도에 의해 내부생산이 제한되는 경우가 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 물질순환형태 : 침전형, 기체형, 그리고 생물이용형태에 따라 처리방법이 다름</li> <li>- 수중에 과량 포함된 경우는 화학적 침전 처리가 효과적</li> <li>- 인은 화학적처리 및 침전처리가 유리</li> <li>- 질소는 습지처리가 유리함</li> <li>- 호수에서의 인은 부영양화와 관련되므로 불활성화 방법을 사용하기도 함</li> </ul>
독성물질	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 독성물질이 함유된 유입부에서 문제발생</li> <li>- 독성물질 중 먹이 순환과정에서 생물농축이 발생하거나, 처음에는 독성이 없다가 일정량 이상이 체내에 축적되면 독성이 발현되기도 함</li> <li>- 남조류 등은 정체하천에서도 발생함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수계에 유입되면 희석에 의해서 독성효과가 감소되는 것이 일반적</li> <li>- 남조류 등에 의한 생물의 독성물질 분비에 관심이 집중되고 있음</li> <li>- 생물체에 축적되는 물질은 유입차단이 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 하구지역에서는 물질순환 특성에 따라 독성작용이 강하게 나타나는 경우가 있음</li> <li>- 생물농축에 의한 독성문제</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 희석에 의한 독성의 감소</li> <li>- 중화처리 및 중금속 등의 무독성화 작업</li> <li>- 농축생물의 수거에 의한 계외 제거</li> </ul>

<표 E-25> 오염물질이 수계별 수질 및 수중생물에 미치는 영향과 제거원리(계속)

오염 물질	수계별 영향			처리(제거) 원리
	하천	호수	해양(하구)	
기 타	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수중생물의 적응온도를 벗어난 수온변화는 생물의 이상증식 및 감소 유발</li> <li>- 수온변화는 수중 기체상 물질의 용해도 변화유발</li> <li>- 방사능물질은 유전자변형 및 열상에 의한 직접 또는 간접피해 유발</li> <li>- 유류는 수표면 막 형성에 기체상물질의 용해도 감소, 난분해성물질 및 독성물질 유출발생</li> <li>- 하천은 침식과 퇴적이 동시에 구간별로 발생하는 특징을 보임</li> <li>- 다량의 침식 또는 퇴적에 의해 토질의 유동적 상태를 유발하여 수변식생대의 감소를 유발</li> <li>- 수중의 광투과도 감소로 저서 또는 부착생물의 성장에 장애유발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 높은 수온은 내부생산에 관여하는 미생물의 증식을 유발할 가능성이 높음</li> <li>- 수중의 광투과도 감소로 저서 또는 부착생물의 성장에 장애유발</li> <li>- 수직적인 수온 변화로 나타나는 성층현상과 수직혼합에 의하여 연중 수질의 변동주기현상 발생</li> <li>- 수면 막을 형성하는 유류 등은 기체성분의 용해도에 영향</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 해양 및 하구에서 는 탁도 및 유류에 의한 오염 진행 증가</li> <li>- 해안에 많은 발전 방류수는 온수로 주변생태에 영향이 크게 나타남</li> <li>- 하구에서 다량의 토사퇴적은 저서생물의 서식에 영향을 주므로 상류의 부유사 이동은 생물서식 환경과 밀접한 관련이 됨</li> <li>- 탁도에 의한 광투과도 감소는 1차 생산의 감소로 나타나 하구지역의 종다양도 감소 원인이 됨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수온상승을 유발하는 인위적인 배출의 저감</li> <li>- 상류지역에서의 침식이나 토지이용의 제한</li> <li>- 유류의 유출방지</li> </ul>

#### E.4.3 호소 수질개선대책

- 호소의 수질보전대책은 크게 호소 외부대책과 호소 내부대책으로 구분할 수 있는데, 호소 외부대책은 오폐수처리, 유입수처리, 비점오염원 저감, 삼림생태계 대책 등이 포함된 유역관리대책이며, 호소 내부대책은 호소로 유입된 오염물질을 물리적, 생물학적, 화학적인 방법을 도입 처리하는 대책(<표 E-26> 참조)
- 호소의 수질개선기술의 적용에 있어 호소의 부영양화문제의 파악, 현행 대책의 파악 및 간이오염해석 결과를 종합적으로 파악한 뒤 수질개선대책을 검토
- 호소의 부영양화문제 파악을 위해 각종 조사 및 자료정리를 유기적으로 실시하며, 현행 대책 파악은 수질개선기술 적용시 환경기준, 관리기준 등의 설정치와 호소의 현황, 수질특성, 호소오염에 의한 장애, 유역의 현황 및 장애, 오염해석의 검토성과, 하수도 계획 등 가능한 타대책의 현황을 파악하며, 간이오염해석은 해당 호소의 부영양화 문제 및 현행 타대책의 실시상황, 장애의 변화를 감안하여 해당 호소에 대한 수질개선사업 적용의 필요성을 판단하는 필요한 자료를 얻기 위해 실시

<표 E-26> 호소의 수질개선 대책

구분	수질개선대책	세 부 내 용	주 요 도 입 사 례	
호 소 외 부 관 리	하 수 처 리	처리장 건설	일반호소	
		고도처리	보덴호(독), Mjosa호(노르웨이)	
		유역변경	Washington호, Balaton호, Tahoe호	
		소규모 처리장	수와호, 비파호 등	
		분뇨처리	일반 호소	
		산화지형 처리	발렌시아호(베네주엘라)	
		정화조	비파호	
		가정잡배수 메탄발포	巢湖(중)	
	유입수 관리	공장폐수 규제	일반 호소	
		습지 활용	Balaton호(헝가리), 빅토리아호(케냐)	
		오타수 유입방지 호안	로투루아호(뉴질랜드), 서호	
		유인세제 규제	5대호, 비파호	
		처리수의 식림지 살포	산로케담(아르헨티나)	
		농지시비법의 개선	보타호(콜롬비아)	
		하천수의 직접 탈인	Wahnbach호, Tegern호(독)	
		가축폐수 처리	풍연호	
		pre-dam 설치	阿木川담(일)	
		토지이용 규제	엄격한 규제	Tahoe호(미)
	오염원의 이전		비취호(대만)	
	간척금지		동정호(중)	
	토양침식 관리	상류 유역의 식재	진지	
		호소 주변에 완충지대 설치	스웨덴 등	
	경제적 기법	비료 과징금	노르웨이, 스웨덴 등	
		공장폐수 과징금	중국 등	
	호 소 내 부 관 리	호소의 물리적 개입	호소 순환의 개선	브레도호(슬로베니아)
			호저폭기	마루데가(스위스), Waccabuc(미)
			강제 수직혼합	상모호
정화용수의 도입			서호(중)	
저질개선		준설	Trummen호(스웨덴), 霞ヶ浦, 수와호	
		호저의 피복	비파호	
생물학적 기법		수초의 제거	레만호(스위스, 프), 비파호	
		조류 제거	霞ヶ浦	
		살조	Mendota호(미)	
		식물연쇄의 조작	작은 연못	
		갈대 생태에 맞춘 유지관리	서호(중)	
		호안식생의 보호	보덴호(독), 비파호	
기타		쓰레기 수거선	부루쵸호(프)	
		선박의 변소설치 의무화	원다미아호(영)	
		유람선 동력의 전기화	서호(중)	

자료 : 若山茂樹, 世界の水資源保全, 1995. 영산강섬진강수계관리위원회, 영산호 수질개선 타당성 조사보고서(최종), 2006.

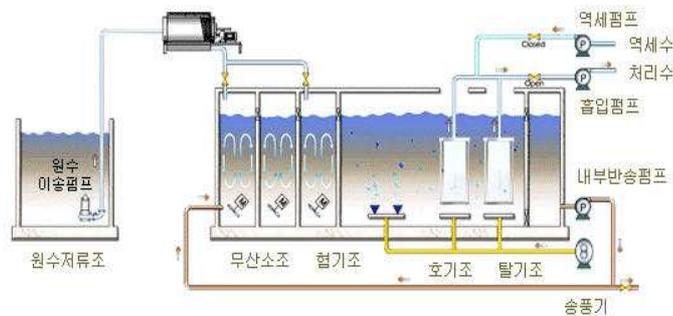
## 가. 호소 외부 대책

- 호소 유역에서 발생한 오염물질을 호소 유입 전에 처리하여 호소의 수질악화와 부영양화를 방지하는 대책으로 보다 근본적인 대책

### 1) 오폐수 처리

#### □ 고도처리시설

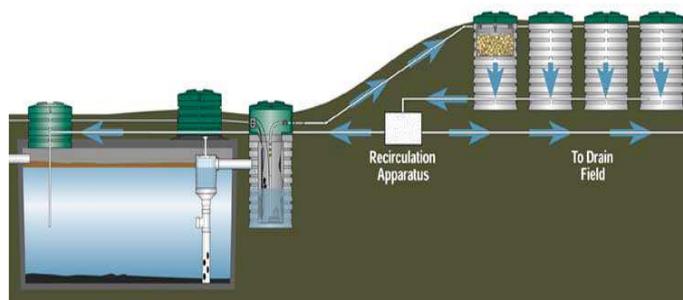
- 국내에서는 오폐수 2차 처리시설을 확충하고 있는 단계지만, 외국에서는 질소와 인을 제거하는 고도처리시설이 일반화되어 있고 아울러 처리과정에서 발생하는 슬러지는 용융결정화시설을 설치 완벽하게 처리할 뿐만 아니라 노반재·건설재 등 유효 이용하여 2차 환경문제 발생 가능성을 원천적으로 차단



<그림 E-30> 고도처리시설 계통도

#### □ 합병정화조 설치

- 합병정화조란 아파트나 단독 주택, 빌딩 등 수세식 화장실을 사용하는 곳이라면 반드시 분뇨정화를 위해 땅속에 정화조를 묻어야 하는데, 부실한 정화조는 부영양화 등의 수질 오염을 일으킬 수 있으며, 수세식 변기에서 정화조로 유입되는 하수의 BOD(생물학적 산소 요구량)는 380mg/L정도이며, 이 하수를 하천으로 방류할 때에는 190ppm 이하로 낮추어야 됨



<그림 E-31> 합병정화조의 병렬구조 설치 개념도

## 2) 유입수 처리

- 유입하천의 정화 ; 오염물질이 하천으로 유입되었을 경우 하천내에서 오염물질을 저감하는 방안으로 Biomedia에 의한 접촉산화, 산화지, 하안연과, 토양트렌치 등의 방법 도입

### □ Biomedia에 의한 접촉산화

- Biomedia에 의한 접촉산화는 하천의 자정기능을 인공적으로 촉진시키기 위해 자갈, 플라스틱 충전재를 이용 유수가 접촉하는 하상의 비표면적을 증대시키는 방법으로 하천수질이 20mg/L 이내이며, 용존산소가 충분하며, 수온이 13℃이상에 적합
- Biomedia에 의한 접촉산화시설은 투자비가 저렴하고 유지관리가 간편하며, 치수 및 이수상의 장애가 적으며, 지하설치시 상부부지의 활용이 가능하고, 소규모 단지 및 농업배수 처리에 적합하며, 처리효율이 비교적 크고, 2차 오염 발생이 적다는 장점이 있으나, 유입수의 오염도가 높을 경우 처리율이 저하되고, 유입수량 변화에 대한 적응도가 낮으며, 분리 불가능한 퇴적 슬러지의 제거가 곤란하고, 쓰레기·낙엽·수초 등에 의한 공극폐쇄 우려가 있는 단점이 지적

### □ 산화지

- 산화지란 생물학적으로 하수를 처리할 수 있는 연못으로서 연못에서 성장하고 있는 조류에 의한 광합성이나 혹은 자연폭기에 의하여 수중으로 용해된 산소를 이용, 호기성세균이 수중의 유기물을 분해하는 방법으로 처리효율을 증대시키기 위하여 어류를 투입하거나 수생식물을 재배
- 산화지는 기계시설이 필요 없고, 정화과정이 생물학적 처리방법 중 가장 간단하며, 유지관리 간편, 조경이나 수생식물 서식장 또는 양어장으로 활용이 가능하나, 수심과 체류시간, 침전 및 폭기시설 설치 등의 유무에 따라서 정화효과가 크게 달라지기 때문에 호기성 유지를 위해 1.5m 이하로 유지하며, 동일한 시설에서도 유입수의 수질과 수온 등에 의해서 효율이 달라지며, 처리수중에 섞인 조류의 제거가 곤란하며, 동절기에는 효과가 저하되는 특성

### □ 하안연과

- 하안연과는 복류수를 인위적으로 끌어올려 하천수를 희석 정화함과 동시에, 지하 침투속도를 빠르게 함으로써 침투정도에 따른 정화를 기대하는 방법
- 하안연과의 장점은 BOD 제거효율이 높고, 물의 흐름에 장애가 없고, 홍수시 문제점 미발생, 시설 및 유지관리 간편, 수량 확보가 용이, 단점은 하천수의 직접 정화

방법이 아니며, 오염물질 분리제거 불가능, 취수량은 투수층의 특성에 맞지 않을 경우 폐쇄, 넓고 깊은 채수층을 필요, 채수층의 수질오염 우려

#### □ 토양트렌치법

- 토양트렌치법은 피복토양의 호기성 조건을 유지하며, 지표면 30 cm 아래에 직경 약 10 cm의 배수관을 수평으로 매설하여 오폐수를 주입하고 배수관의 이음부를 통과한 오폐수가 토양의 공극사이를 침투하는 과정에서 처리하는 공법으로 국내에서 관리가 용이하고 운영비가 거의 들지 않는다는 장점 때문에 소규모 하수처리 시설로 이용

#### □ 하상퇴적물 준설

- 하상퇴적물 준설은 하천내에 유입된 오염물질중 침전성 고형물질은 하상에 침전되어 와류와 인위적인 작용으로 수중으로 부상하고 이때 퇴적물 중의 오염물질이 용출되는데, 하상오니의 준설방법은 하상퇴적물의 형태, 퇴적량 등을 고려하여 바스켓 준설기 또는 펌프식 준설기를 적용

#### □ 정화용수 도입

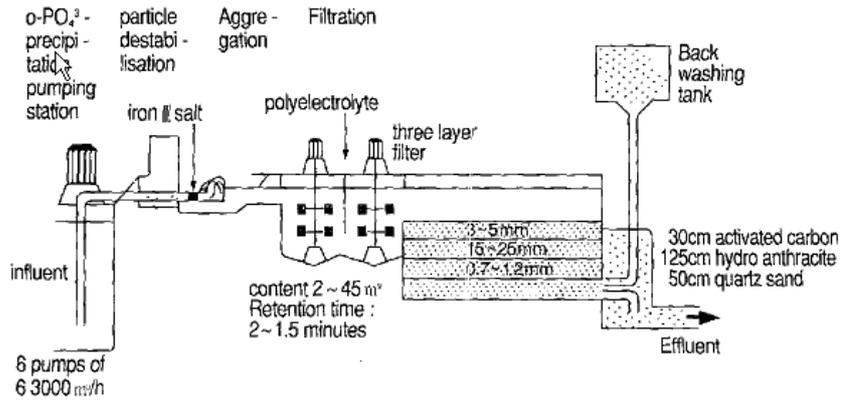
- 정화용수 도입은 오염물질을 희석할 수 있는 하천유지용수가 부족하거나 건천화한 도시하천에서 적용하는 대책으로, 상류지역에 유량조절용 댐 건설, 타 수계로부터 정화용수 인입, 하수처리수 인입, 지하수 방류 등의 방법 이용

### 3) 인 제거시설 설치

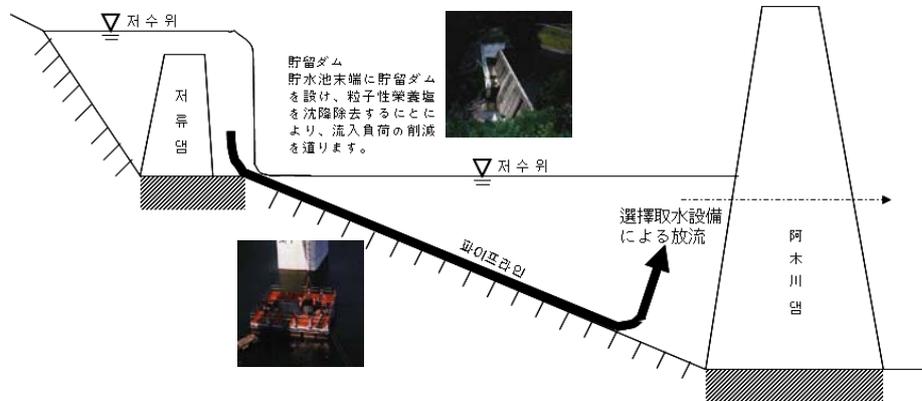
- 인의 제거에 의하여 부영양화를 통제하는 방법은 Wahnbach호에서 적용되었으며, 호소 유역의 대부분 지역이 농경지로 구성되어 총인의 80~90%가 Wahnbach하천으로 유입되어 부영양화를 방지하기 위해 총인의 약 90%의 제거시설 필요

### 4) pre-dam(전 댐, 전 저수지) 설치

- pre-dam은 댐 상류의 지천에서 유입되는 질소와 인 등 부영양화 원인 물질이 호소 내부로 유입되는 것을 막기 위하여 상류의 유입지천에 설치한 소규모 저수지로 전 댐은 침전성 오염물질의 제거를 목적으로 이용되며, 충분한 용적으로 유입하천수에 대한 침전시간을 확보해야 하며, 전 댐의 기저부가 혐기성 상태가 되면 인 제거 효율이 떨어지기 때문에 폭기시스템을 설치하는 경우가 많으며, 선택방류 또는 선택취수설비와 결합하여 운영할 때 설치효과가 극대화



<그림 E-31> Wahnbach호의 인 제거시설 개념도



<그림 E-32> 아끼가와댐(阿木川댐)의 저류댐 및 파이프라인

#### 4) 비점오염원 저감

##### □ 토지이용 규제

- 영국의 농림수산성은 상수원의 질소농도가 EU 한계치를 넘거나 넘을 우려가 있는 곳에 대해 질산염 오염취약지역(Nitrate sensitive areas)을 시범 지정 관리하며, 잉글랜드와 웨일즈에서 72개의 질산염 오염취약지역이 지정되어 규제의 주요 내용은 비료사용 권장량 준수, 겨울철 비료살포량을 최적사용량보다 적게, 겨울에 토지를 나지로 방치하기보다 작물잔재를 덮거나, 연간 유기퇴비 사용량의 규제, 강우집중시기시 축분이나 슬러리 살포 금지 등이 포함
- 일본에서도 환경농업을 장려하고 있는데, 나가노현의 경우 "환경과 공생하는 농업"을 목표로 농약과 화학비료의 삭감을 위해 환경에 이로운 농산물 인증사업의 추진, 천적을 이용한 해충제거 방법 등을 도입

<표 E-27> 선진국의 비점오염원 관리제도 현황

국별	관 리 제 도
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1972년 CWA(Clean Water Act)의 NPDES(National Pollutant Discharge Elimination System)에 의해 점오염원물질의 배출 금지규정을 제정한 후 강우유출수가 수질에 미치는 영향이 심각함을 인식, 1987년 CWA를 개정하여 EPA로 하여금 도시 및 공업지역 유출수에 대한 관리계획 수립</li> <li>○ 1990년 I 단계로 강우유출수 규제기준제정, 비점오염원으로 규정한 공업 활동, 건설지에서의 강우유출수를 점오염원으로 포함시켜 NPDES의 허가를 받도록 규정(1992. 10)</li> </ul>
영국	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 영국에서는 수자원법(Water Resource Act, 1991)에서 ‘질소취약지역’을 지정하여 운용</li> <li>○ 살충제와 무기비료 사용량을 감소시켜 농업에서의 비점오염원을 저감시키고, 양생동물의 서식처를 개선시킬 수 있도록 하는 환경적으로 양호한 농업관리 형태가 되도록 노력</li> <li>○ 비점오염원물질 부하가 농업관리를 통해서 감소될 수 있는 기본적인 방법으로 1) 토지에 대한 잠재적 오염물질의 살포를 최소화함으로써 발생원의 오염부담 감소, 2) 살포지점 및 근방에 오염물질을 역류하는 방법과 오염물질의 이동은 허용하나 수체에 도달하기 전에 지정지역에서 오염물질을 체류시키는 방법 등을 사용</li> </ul>
일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1970년의 공해문제가 대두된 이후 그 동안 수질오탁방지법을 중심으로 수질보전행정이 진행되어 공장과 사업장을 대상으로 한 배수규제와 총량규제, 지하수 및 생활배수대책, 하수도정비 등 점오염원을 중심으로 대책 수립</li> <li>○ 현재까지 비점오염원에 대한 수질관계법이나 정부의 지침으로 관리방안에 대한 것을 국가차원에서 제도화하지 못하고 있음</li> <li>○ 일반적인 수질관리 대책으로서의 비점오염원대책으로는 비점오염원 부하 대부분이 우천시의 강우 유출수에 의해서 배출되므로 1) 발생부하 감소 방법 2) 공공용수역에로의 유달·유비부하를 저감시키는 방법이 이용되며, 처리방안은 전량을 처리 하는 것이 비현실적이기 때문에 오염부하가 비교적 높은 초기우수대책에 중점을 두는 등 간헐적인 부하에 대처하는 것이 효과적인 방법으로 인정</li> </ul>

**□ 비점오염원 저감시설설치**

- 저감시설은 저류형, 침투형, 장치형, 식생형, 하수처리형, 복합접촉산화형 등

<표 E-28> 비점오염원 저감시설의 종류

관리유형	기술의 종류
저류형	하수관거, 저류연못, 이중목적저류지, 인공습지, 지하저류 등
침투형	침투지, 침투트렌치, 침투도랑, 침투집수정, 투수성포장 등
장치형	Stormfilter, Stormceptor, Sandfolter, Swirl 장치 등
처리형	초소속 응집·침전시설, 생물학적처리시설(접촉안정법, 폭기식 라군법, 살수 여상법 등)
식생형	식생여과대, 식생수로 등

## 다. 호소 내부대책

- 앞에서 열거한 방법들은 부영양화를 유발시키는 영양염이 유입되는 것을 근본적으로 차단시키는 개념으로, 효과를 보기 위해서는 장기간을 요하며 막대한 시설 투자비용이 요구되며, 또한, 이 방법들은 이미 부영양화가 진행되고 있는 호소나 저수지에 적용하기에는 부적합
- 따라서, 호소나 저수지 내에 존재하고 있는 영양염류 제거 방법과 부영양화 현상을 단기간 내에 일시적으로 감소시킬 수 있는 방법이 호소 내부대책으로 호소로 유입된 오염물질을 물리적, 생물학적, 화학적인 방법을 도입하여 처리하는 방법

### 1) 물리적 대책

#### □ 퇴적오니 준설

##### ① 준설의 필요성

- 호소의 퇴적물내에는 많은 유기물질, 영양염류 등이 포함되어 있으며, 유기물질이 분해되면서 수중의 산소를 소비하여 호수의 용존산소 결핍현상을 야기
- 호소의 저니가 혐기성 상태가 되면, 불활성화 되었던 오염물질 특히 영양염류와 철, 망간과 같은 중금속류가 용출하게 되고, 봄, 가을에는 수심별 수온차에 의한 전도현상(turn over)으로 오염된 퇴적물의 교란현상이 발생하는데, 이러한 문제를 해결하기 위해서 준설이 시행

<표 E-29> 호소의 준설효과와 문제점

준설 호수의 조건	준 설 효 과	문 제 점
호소가 생긴지 오래되어 퇴적물이 많이 쌓였을 경우	호소 퇴적물이 제거되므로 일반적인 수질개선 효과	호저 생물상에 영향을 주어 수생태계 변화 야기
호소의 수심이 얕아졌을 경우	호소 수심을 깊게 하여 저수량을 늘리는 효과	호소의 위치, 수심 등에 따라 비용의 차이가 있으나 많은 비용이 소요
제거된 퇴적물을 쉽게 운반할 수 있을 경우	퇴적물에서 용출되는 중금속류의 제거 효과	
저니층의 용존산소 결핍 현상이 심할 경우	수심이 얕은 호소에서 자라는 수초 제거 효과	골재채취가 주목적일 경우 침전되어 불활성화 상태의 영양염류가 수표면으로 용출되어 부영양화 가속화

- 수질개선 목적의 호소 준설시 고려할 사항은 퇴적물 제거기준의 설정 필요, 준설 과정에서 오니의 확산 방지, 수질악화를 조장하는 영양염분의 용출 방지, 준설토 처리장 확보 및 준설토 처리장 주변의 2차오염 방지 등, 이러한 문제점 때문에 여러 호소에서는 오래전에 준설 타당성 조사를 실시하였으나 아직 미실행

## ② 퇴적물 준설 방법

- 호소의 퇴적물 저감방안으로는 배사의 원리를 이용하는 방법, 베인을 사용하는 방법, Water Injection 방법, Dike를 설치하는 방법 등이 있으며, 이들 방법은 대형 저수지나 댐에 적용 가능한 것들로 퇴적물을 부유시켜 유속에 의해 하류로 보내거나 수문 앞에서 퇴적물을 퇴적시켜 강제로 배출하여 퇴적물을 제거하는 방법
- 캡핑에 의한 방법은 수저 퇴적물을 오염되지 않은 저니 또는 투수성이 낮은 점토질로 구성된 캡핑 재료를 오염된 저니층의 상부에 포설하여 오염 퇴적물과 상층부의 물을 완전히 분리하는 방법으로, 이는 준설에 의해 발생할 수 있는 토사의 재부상과 그로 인한 오염물질의 용출 등으로 인한 2차 오염을 방지할 수 있다는 점과 간단한 공정, 그리고 저가의 비용이 든다는 점에서 장점
- 진공흡입준설공법은 수저오니토를 회수하기 위한 것으로 선진국에서는 수질개선의 좋은 효과를 얻고 있으며, 국내에서도 저수지의 수질개선을 위해 농림부의 국책사업의 일환으로 진행되고 있는데, 이 준설방법은 환경의 상태와 여건에 맞게 적절히 수행되어야 하는데, 수저 오니토를 회수하기 위해 사용되는 오니전용준설장비인 진공흡입압송시스템은 2차 오염을 막아줌으로써 수질개선에 매우 좋은 효과를 나타내고 있고, 박층준설도 가능하여 오염토층만 선택적으로 제거할 수 있다는 점과 퇴적오니가 원지반에 처리장까지 압송관을 통해 송니되기 때문에 현장주변에서의 악취발생이나 오니확산의 우려가 없어 도심지 또는 민가 인접지역에서 효과적으로 작업이 가능하다는 장점

## □ 인공폭기 및 성층파괴

- 수심이 깊은 호소에서 발생하는 성층현상은 심수층의 산소의 고갈로 지층에서의 영양염 용출, 저서생물의 폐사 등을 유발하므로 이를 방지하기 위해 호소중에 공기를 불어넣어 호소를 순환시키는 인공폭기 방법이 1960년대 미국에서 시작되었는데, 처음에는 호소내 영양염을 이용 식물플랑크톤의 영향을 억제하기 위해 제안되었으나, 심수층까지의 산소공급에 의해서 수중의 영양염 감소와 저니의 영양염 용출 억제 등 종합적인 호내대책으로 주목

- 심층 폭기 원리는 낮은 온도로 유지되어 혐기성화되는 것을 방지하고 자연적으로 일어나는 영양물질의 축적을 방지하는데 있는데, 이 방법은 여름철에 성층화된 호소에 강제로 공기를 주입하여 호소 전체를 혼합시켜 주는 것으로 조류발생에 의한 부영양화를 줄이며 악취문제를 해결
- 강제폭기를 통해 호소 심층부가 혐기성상태가 되는 것을 방지하여 저니로부터의 영양염류 용출을 방지하며, 저층부의 Mn, Fe 등의 금속을 산화시켜 자연 소실이 가능하게 하며, 부수적으로 공기를 저층부까지 공급시킴으로써 저층에 지렁이, 물벼룩들이 증식할 수 있어, 이를 먹이로 하는 어류 번식이 가능하나, 호수 전체의 온도를 균등하게 하여 심층의 수온증가로 냉수어종의 서식지가 제한될 수 있는 등 호수의 생태계 변화를 가져올 수 있으며, 호수의 규모에 맞지 않게 수중폭기 장치를 설치할 경우, 위치 선정이 부적절할 경우 등에는 심층의 영양염류가 용출되어 조류의 대량번식이 발생할 수 있는 문제점이 있으며, 국내의 호소에는 주로 간헐식과 산기관식의 수중폭기장치를 설치

#### □ 선택 방류 (selective discharge)

- 선택방류 또는 선택취수 방법은 사이폰을 통한 심층수 방류(자연호소의 경우) 또는 난류확산이나 교란으로 영양물질이 표층으로 이동될 수 있는 영양물질이 감소될 수 있도록 심층방류(댐, 저수지의 경우)를 하는 방법으로, 선택방류를 한 17개 호소에서 연구결과 초기 총인 농도가 높은 호소의 경우 표층 인의 감소가 두드러졌으며, Balliger호와 Spiritwood호는 심층수 선택방류를 통해 수질개선이 이루어진 것으로 보고
- 그러나 이 방법은 심수층의 온도를 상승시켜 심수층에 존재하고 있는 미생물의 활동을 활발하게 하여 용존산소 농도를 감소시킬 수 우려가 있으며, 또한 높은 농도의 영양염을 함유한 물이 방출되어 호소 하류 지역에서는 수초가 과다번식하거나, 용존산소 농도가 낮아져서 물고기가 폐사하는 현상 등이 발생

#### □ 조류차단막(차수막) 설치

- 조류차단막은 유입하천에서 발생한 조류가 호소의 내부로 확산되는 것을 막기 위해서 설치하는데, 보통 조류가 발생하는 호소의 상류부에 설치하는 효과가 크다고 알려져 있으나, 수심, 호소의 폭, 유속 등 호소 및 유입하천의 특성에 따라 적정 지점을 선택

## □ 조류 제거선박 운영

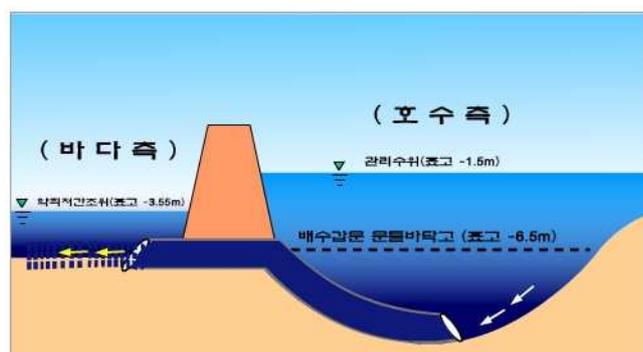
- 조류제거선박은 유입지천을 중심으로 발생한 조류가 표층에 부상한 후 물의 흐름이나 풍향에 의해 연안부 등 일부 수역에 과밀하게 집적되어 있을 경우 이를 흡입·여과장치를 장착한 선박을 이용하여 조류를 제거하고 물은 호소로 순환시키는 처리시스템으로, 국내에서 대청호에서 조류제거선(청수호)을 이용하여 부유상태의 조류를 구조토 여과방식으로 제거하고 있고, 팔당호에서도 경안천 및 팔당취수구 유입부에서 조류제거를 목적으로 조류 제거선박을 운영하고 있으나, 조류제거선의 여과능력이 작아 조류 증식 억제 효과에 한계

## □ 침전지

- 침전지는 호소나 하천의 유입부에 설치하여 강우시 농경지, 도로표면 등지에서 유입되는 비점오염물질을 토사 침전, 낙차 폭기, 준설 등의 방법으로 오염물질을 제거하는 방식으로 침전지 양측의 고수부지에 갈대, 부들과 같은 수생식물을 식재하여 침전 이외의 추가적인 정화기능을 갖도록 조성 가능

## □ 저층수 배제시설

- 저층수 배제시설은 댐과 호소의 수문이나 갑문 하단부 즉 사수위에 위치한 저층수나 퇴적물을 외부로 배제하여 수질을 개선하기 위한 시설로, 영산호에는 저층수 배제시설이 설치되어 있지 않으나, 금호호에는 저층수 배제시설이 설치



<그림 E-33> 저층수배제시설

## □ 영양물질 불활성화 및 바닥 차폐에 의한 영양물질 불활성화

- 조류는 주로 용해상태의 영양물질을 증식에 이용하는데, 용해된 상태의 영양물질을 조류가 번식에 이용하지 못하도록 화학약품을 투여 영양물질을 불활성화시키거나, 응집제와 반응시켜 영양물질을 침전물로 형성시켜 제거하는 방법 등을 사용하는데,

특히 황산알루미늄과 같은 응집제는 인의 제거뿐만 아니라, 탁도 및 색도를 제거하는 효과도 있어 영양물질을 제거시키는데 효과적이며, 또는 플라스틱 필름이나 토양으로 호수 바닥을 덮어서 저질토로부터 영양물질의 공급을 막는 방법도 실험적으로 시도되었으나 비용이 너무 많이 들며 저질토에서 발생하는 가스를 처리하여야 하는 등 기술적 어려움이 있음

## 2) 생물학적 대책

### □ 수초재배섬 설치

- 수초재배섬(인공식물섬 또는 부도)은 원래 이탄층이 수표면 위로 떠오르거나 호반의 일부가 떨어져나가 자연적으로 표류하는 지형으로, 수초재배섬은 부영양화된 호소나 하천유입부에 인공섬을 설치하고 그 위에 수생식물을 식재하여 친환경적인 방법으로 수질을 개선하고 생태서식공간을 제공하는 자연정화법으로, 선진국에서는 하수처리율이 100%에 도달하고 고도처리시설을 설치하였음에도 불구하고 목표수질을 달성하지 못하고 부영양화가 심해짐에 따라 다양한 식생정화시설을 설치하여 수질 개선을 시도하고 있는데, 일본은 우리나라와 같이 호소주변에 농경지와 주거지역이 위치하여 호소유입 오염부하량 삭감을 위한 수초재배섬 설치가 활발히 진행되고 있으며, 수초재배섬의 일반적인 효과는 수생식물의 뿌리를 통한 수질정화 및 영양물질의 흡수제거(BOD, COD, SS, N, P 등), 수생식물 및 동물(어류, 조류 등)의 서식공간 제공, 호수의 경관 향상, 호안의 침식방지 보호 등의 효과가 있음

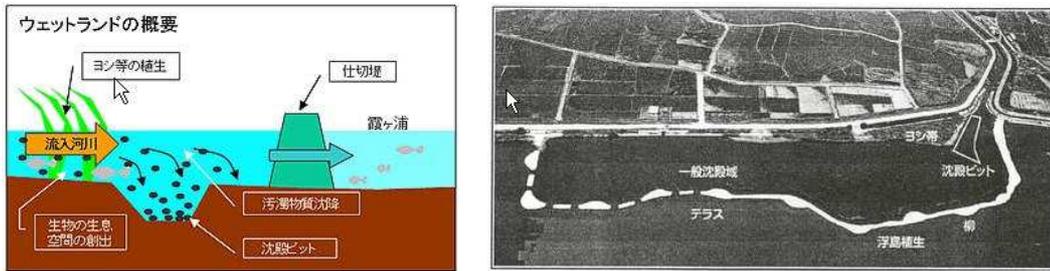
### □ 수질정화습지 조성

- 수질정화습지는 상류유역에서 유발된 생활하수, 축산폐수, 농업배수 등의 비점오염 물질을 물리적·생물학적으로 처리하기 위하여 설치한 시설로서 그 형태는 인공 습지, 호안 생물 서식공간 Bio-Park 등으로 다양한데, 국내 및 국외 여러 곳에서 식생정화법을 도입하고 있는데, 유입유량 변동, 수심, 체류시간 동절기 운영, 유지 관리, 균형 있는 습지생태계 확보, 병해충 방제와 모니터링 등에 대한 지속적인 평가가 이루어져야 하며, 오폐수 처리시설을 전적으로 대체하기보다는 보완적 수단으로 운영

### □ 호내호(湖內湖)

- 호내호(湖內湖)는 강우시에 하천으로부터 호소로 유입되는 탁수의 유속을 완화시키기 위해 하구에 설치한 저류지로서, 오염물질을 침전피트로 침전시키고, 인공섬을

설치하고, 일반침전구역에 갈대, 마코포, 향포 등의 식생대를 조성하여 오염물질이 호소로 확산되는 것을 방지하기 위한 공법



<그림 E-34> 가스미가우라의 호내호 식생정화시설 개념도 및 시설

### □ 수초제거

- 수초는 호소생태계에서 수질정화의 일익을 담당하고 있으나, 이를 제때에 제거해 주지 않으면 사멸한 후 분해되면서 성장과정에서 섭취했던 영양염류를 방출하게 되는데, 분해과정에서 산소소모에 의한 무산소화로 퇴적물에 축적되어 있는 오염물질이 다량 용출하고 퇴적속도를 증가시켜 수심의 저하와 국지적인 늪지화를 가속화하는 요인으로 작용

### □ 생물량 제거(biomass harvesting)

- 체내에 축적된 인과 함께 생물체를 제거하는 방법은 수생식물이나 극히 드문 경우에 어류를 제거하는 방안으로 국한되며, 이 방법으로 제거된 인의 비율은 식물이 많이 자라는 얕은 호수의 면적 비율에 따라 달라지나 아주 좋은 곳은 전체 호소 인량의 60%에 달하기도 하며, 호소 식물의 인은 퇴적층의 불활성화 물질로 불활성화 되어 제거되고 함
- 식물 제거는 미국에서 널리 실용화되어 있으나 영양물질의 감소 목적보다는 여가 선용 목적으로 호소에서 낚시나 보트타기 등에 장애가 되고 또는 식물이 분해되어 산소를 고갈시켜 물고기를 죽게 하기 때문에 제거하는 것으로, 부레옥잠 등이 매우 과밀하게 자라는 곳에서는 영양물질의 제거 효과가 있으며, 어류나 조류를 제거하는 것도 역시 생각될 수 있으나 부영양화된 열대 지역 호소에서는 이에 따른 영양물질의 제거 효과는 적음

### □ 생물학적 제어

- 생물학적 제어는 부영양화의 증상을 감소시키기 위하여 수계의 먹이 그물 중의 한 구성 성분을 다른 것으로 변화시키는 아주 신중한 조작으로, 여기에는 육식

어류나 플랑크톤을 먹는 어류를 가두거나 제거하여 그 수를 변화시키는 것이 일반적이나 수계를 혼합시켜 동물 플랑크톤에 직접적인 변화를 주는 방법도 포함되며, 부영양화 효과를 줄이려는 생물 군집 처리의 원리는 동물 플랑크톤에 대한 물고기의 포식효과를 관찰한 결과로 개발

### 3) 화학적 대책

#### □ 인의 응집침전

- 화학약품의 주입에 의하여 호소수 중의 인을 응결·침전시키는 방안으로, 황산 알루미늄에 의한 인의 응집·침전방법으로 인 농도는 응집제를 주입한 후 즉시 감소되는데 그 효과가 길지 않으며, 심층수와 표층수에 alum을 적용하는 방법은 Chl-a와 인산염 농도가 획기적으로 감소하고, 남조류의 수화현상을 예방하는 효과가 있는데, 화학적 처리의 장점은 호소수의 인산염 제거효율이 향상되고, 호소 퇴적물로부터의 인산염 재용출에 대한 alum 수산화층의 효과가 뛰어나며, 식물 플랑크톤 biomass의 감소효과가 높고, 동물플랑크톤, 세균성플랑크톤 및 물고기에 대한 독성이 없음

#### □ 황산동 살포

- 황산동의 구리이온은 조류의 세포막에 작용하여 세포의 성장을 억제함으로써 조류세포를 치사하게 하는 독성을 발휘하는데, 황산동 살포의 장점은 남조류의 제거효과가 크며, 타 약품에 비해 저렴하고, 살포방법이 간단하며, 염소제보다 독성이 약하고 농작물의 피해가 적으며, 낮은 농도(0.2 ~ 0.5mg/L) 정도에서 인체 해가 없으며, 적은 양의 투입으로 효과가 크고 지속성이 높음
- 단점으로는 pH 9.0 이상에서는 용해되지 않으므로 수화현상이 일어난 후에는 효과를 기대하기 어렵고, 고농도로 투여할 경우 물 색깔이 변하며, 장기간 투여할 경우 구리의 농축현상이 일어날 수 있고, 조류 종의 다양성이 없어지고 내성이 강한 조류가 우점할 수 있으며, 내성종이 생기면 조류의 제거를 위해 고농도의 약품을 투여해야 하며, 어류 종의 변화를 유발할 수 있다는 점들이 지적

#### □ 황토 살포

- 황토입자가 침강하면서 조류를 포집하여 함께 침전하거나 점토중의 알루미늄이온이 용출되어 조류 세포체를 파괴하는 특성을 활용한 것으로, 장점은 어류에 해가 적고, 황토 용출액 중 특이한 유해물질이 없으며 수질변호를 야기하지 않으며,

단점으로는 조류제거효과가 뛰어나지 않으며, 황토현탁액을 투여하기 위한 노력이 많이 들며, 짧은 시간에 다량 살포가 어렵고, 확산속도가 느리므로 넓은 지역에 적용하기는 곤란

<표 E-30> 황산동과 황토의 조류제거 효과 비교

처 리 방 법	Chl-a 제거효과	처리시간	특 징	참고문헌
황산동(0.1mg/L)	84.7%	24시간	부유성 조류가 적음 조류의 활동성이 미약	수질 연구회
황산동(0.5mg/L)	89.7%	24시간	"	
액체황산알루미늄(1.0mg/L)	63.0%	24시간	부유성 조류가 존재 조류의 활동성이 강함	
액체황산알루미늄(15.0mg/L)	98.8%	24시간		
황토+액체황산알루미늄 (5.0mg/L)	82.0%	24시간	부유성 조류가 존재 조류의 활동성이 강함	
황토(0.5g/L)	20.0%	1시간	부유성 조류가 존재 조류의 활동성이 강함	주암호 수질 개선 대책
황토(0.5g/L)	58.4%	4~24시간	"	
제올라이트(0.5g/L)	17.4%	1시간	"	
제올라이트(0.5g/L)	47.3%	4~24시간	"	

자료 : 전라남도, 주암호 수질개선종합대책 수립에 관한 연구, 1999.

- 다음 표는 1999년 발간한 Engineering Limnology에 소개된 내용으로 호소내의 수질개선을 위한 주요 기술과 적용사례를 수집한 자료로 본 연구에서는 앞에서 고찰한 사례를 포함한 선진사례를 조사하여 시사점 및 문제점을 종합적으로 검토하고, 영산호 적용가능성을 분석

<표 E-31> 국내외 호소수질관리 적용사례

제 어 방 법		개 요	문 제 점
영 양	호소내의 화학적 응집침전	<ul style="list-style-type: none"> <li>·호중에 철염, 알루미늄염을 직접 첨가하여 호소중에 용존하고 있는 무기인을 불용성인산화합물로 만들어 침전시킴에 따라 호수중의 생물생산력을 억제하는데, 이 방법의 효과적인 면은               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 각 형태의 인을 제거</li> <li>- 산소 유무와는 무관하게 제거</li> <li>- 처리에 의한 독성과 다른 환경과의 위험이 없음</li> <li>- 단, 응집제사용량에 따라 pH 문제 발생</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·침전한 불용성인산염이 조류의 영향에 의해 재용출하여 내부부하의 원인이 되므로, 비교적 얇은 호소에서는 부적절</li> </ul>
	희석 및 세척	<ul style="list-style-type: none"> <li>·영양염이 적은 물을 유입시킴에 따라 영양염이 많은 호소수와 교환하며, 또한 체류시간을 단축시켜 식물플랑크톤 영양염을 씻어 보냄에 따라 호소의 생물생산력을 억제</li> </ul>	
	선택방류	<ul style="list-style-type: none"> <li>·정체기에 영양염류가 풍부한 심수층에서 사이폰을 이용해 빼내면서 영양 분해중의 두께를 줄이고, 영양 생산층의 두께를 증가시켜 심수층중의 영양염과 유해물질을 감소시킴과 동시에 산소의 결핍 또는 부족한 물을 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·저산소에서 화학물을 포함하고 있을 가능성이 있는 심층수의 방류는 방류되는 하천역의 수이용 등에 상당한 악 영향을 끼침</li> <li>·저산소에서 영양염 농도가 높은 심층수를 가진 비교적 낮은 수심의 큰 호소에만 이용될 수 있음</li> <li>·심층수의 방류에 의해 심층부에서의 수온이 상승해 DO 소비속도도 빨라짐</li> </ul>
호 저 대 책	준설	<ul style="list-style-type: none"> <li>·호저침전물을 준설함에 따라 저질에서 호소로 영양염 회귀 방지</li> <li>·호저처리(호저를 피복하는 방법)의 전처리로서 이용되는 경우가 많음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·저질 ↔ 호소간의 물질순환량이 불명 → 준설의 효과 정도도 불명, 준설 → 호심도 증대 → 유근식물의 생육억제 → 식물플랑크톤 증식 자극</li> <li>·최대인방출농도 100mgP/m<sup>2</sup>/년으로 하면 Vollenweiderdml 그림에서 보면 평균수심 5m에서 위험부하</li> <li>·준설에 따른 교란, 부상에 의한 영양염 농도의 상승</li> <li>·준설에 따라, 호저상의 생태계가 파괴될 위험성이 있음</li> </ul>
	수위저하에 의한 호저 퇴적물의 건조제거	<ul style="list-style-type: none"> <li>·호소 수위를 저하시켜 호저퇴적물(실트, 부식질 등을 옹고, 건조시킨 후 제거함에 따라 퇴적물중에 포함된 영양염을 제거하며, 혹은 건조에 의해 저질을 안정화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·호소 수위 저하중에 일시적으로 수질이 악화되는 경향을 보임</li> <li>·부영화된 호소의 방류구 하류에서는 수질오염 문제가 일어날 위험성이 있음</li> </ul>

<표 E-33> 국내외 호소수질관리 적용사례(계속)

제 어 방 법		개 요	문 제 점
호 저 지	호저처리 (호저를 피복하는 방법)	·영양염을 많이 포함한 저질을 침투성이 낮은 막과 자갈, 플라 이애쉬 등으로 피복함에 따라 영양염의 저질에서의 용출과 수생식물 뿌리의 침입을 억제 ·피복하기 전에 저질의 준설 또 는 수생식물을 잘라낼 필요가 있음	·플라이애쉬에 의한 비복 - 높은 pH - 용존산소의 결핍 - 황화물 생성에 의한 생물 사멸 - 플라이애쉬중에 유해금속 퇴적 등의 악영향에 의한 수생식물 의 사멸 등이 Hampton(1792), Cairno 등(1972)의 연구에 의 해 제시되고 있고, 현재 부영 양호 회복기술로 플라이애쉬의 사용에 대한 보장은 아직 없음
	심층 폭기	·수온약층을 생기게 하는 수역 의 저층에서 폭기함에 따라 저 질과 접촉역에서 산소소비에 대항하여 산소를 보급하여 여 름철 정체기의 성층을 파괴하 지 않고 호기성을 유지함에 따 라, 인의 저질에서 용출을 막 고, 황화수소, 메탄가스의 발생 등을 방지 ·인의 내부부하를 방지하여 침 전에 의한 인제거를 조장(인의 저질로의 붓입) ·냉수성어류의 생식력 증대 가능	·시설비, 유지관리비가 고가 ·이미 산소결핍이 일어나 있는 경우, 여름의 산소수요를 만족시 키기 위해서 다량의 산소가 필 요 ·심층폭기에 의한 식물플랑크톤 의 영향은 간접적이고 호소의 생물학적 응답은 알려져 있지 않음
수 중 생 물 대 체	생물제거 에 의한 영양염 제거	·수중의 수초와 조류, 식물 잔 해, 물고기의 제거에 의해 수중 의 영양염을 제거 ·호소의 영양 불균형을 깨뜨리 지 않고 영양염의 제거가 가능	·호소에서의 제거를 위한 기계적 시스템이 필요 ·플랑크톤의 microstrainer에 의 한 처리를 하는 경우 남조 제거 율이 50%로서 100ha의 호수를 처리하는데 200일 소요
	인공적 순환 (전층 폭기)	·인공순환의 목적은 성층파괴에 의한 수질의 개선과 조류 억제 ·성층파괴 : 특히 여름철 성층기 에 저층의 산소부족을 해소하기 위해 강제적으로 상하혼합을 실 시하여, 이것에 의해 저질에서의 영양염의 방출을 방지 ·조류의 억제 : 수심이 깊고 무기 탁질이 많은 저수지, 즉 유광층 두께가 얇고 빛이 조류 생산의 제한요인이 되고 있는 저수지에 서 전 수심에 걸쳐 혼합, 교반을 행하여 조류가 유광층에 오래 머 무르는 것을 막고 동물 플랑크톤 에 의한 포식효과를 높임에 의해 조류 생산성을 억제	· 혼합교반에 의한 상하층의 균일 화

<표 E-31> 국내외 호소수질관리 적용사례(계속)

제 어 방 법		개 요	문 제 점
수 중 생 물 대 체	수위조작 (저하 또는 증가)에 의한 수중식물의 제거	·수위의 저하, 한랭기후에서 겨울 동안의 호소 수위를 저하시켜 유해성수중식물을 동결 건조시켜 사멸시키는데, 이러한 방법은 비용이 적게 든다는 장점	
	물리적 대책	·수위의 증가(범람), 호소수위의 증가라고 하는 환경변화를 일으켜 유해성 수중식물의 성장을 억제	
	화학적 제 어	·호중에 식생하고 있는 유해성 수중식물을 잘라내는 등, 물리적(기계적)으로 제거	
	생물학적 제 어	·살초제, 제초제 살포를 하여 대상생물을 사멸, 감소	·조류억제를 위해 사용 후 2~3주간후, 별종의 조류가 증식하는 경우가 있을 수 있음 ·다른 생물로의 영향과 호소중에 살초제가 잔존함에 따른 문제 발생 ·황상동에 의한 처리는 Chara종의 억제에는 그다지 효과가 없음
기 타	생물학적 제 어	·비유해성의 수중식물을 번식시켜 생존경쟁에 의해 유해성의 수중식물을 억제하며, 또한 특정조류의 성장을 바이러스에 의해 억제하는 효과 등을 생각할 수 있음	

### E.5 영산강하구둑 수질보전을 위한 기존수질보전 사례의 시사점

- 국내외 주요 호소의 수질보전계획을 보면, 새만금 수질보전계획, 시화호 수질보전계획, 화성호 수질개선대책, 印旌沼(인바누마)유역 수환경 건전화를 위한 긴급행동계획, 手賀沼(테가누마) 수환경 회복 행동계획, 신지코(宍道湖)·나카우미(中海湖) 수질보전과 담수화 중지계획, 이사하이만(諫早湾) 간척지 수문개방 논의 등 호소의 부영양화를 방지하기 위하여 다양한 유역관리 및 호소내부대책을 수립·시행
- 호소의 부영양화를 방지하기 위해 매우 다양한 수질보전 설비들을 도입하고 있을 뿐만 아니라 다양한 연구 및 관찰시설을 설치하여 그 성과를 모니터링하고 있으며, 또 자치단체별로 수질기준 및 배출수 기준 강화, 생태계 보전조례 제정 등과 같이

체계적·지속적인 수질보전을 위한 제도 정비, 시민과 지역주민의 참여활동을 유도하기 위한 다양한 홍보 및 교육, 호소 주변지역에 대한 종합적인 정비계획 수립·추진, 친수공원, 생태공원 등을 조성하여 친수공간화에도 역점

- 영산호와 유사한 하구의 간척호소에서는 수질악화, 생태환경과 수산양식의 변화 등에 대처하기 위하여 방조제 수문 개방의 필요성과 영향에 대한 논의와 함께 조사 연구도 신중하게 수행되고 있으며, 국내에서는 댐 및 하구둑 건설과정에서 사전에 수질환경을 보전하고 부영양화를 방지하기 위한 시설을 설치하는 사례가 매우 드문 편이며, 댐 건설과 수면관리는 한국수자원공사 또는 한국농촌공사, 유역관리는 자체단체의 몫이라고 하는 이분법적 사고가 지배적이어서 수자원공급과 수질관리의 문제점으로 작용
- 여러 호소의 조사연구를 통해서 국토면적이 협소하고 비점오염원에 의한 수질오염 부하량이 높은 우리의 현실을 고려해 볼 때 점오염원을 차단하기 위한 환경기초 시설을 완벽하게 설치하더라도 비점오염원을 저감하기 위한 대책이 수립되지 않으면 호소의 부영양화를 막기 어렵기 때문에 유역대책과 내부대책을 병행할 필요가 있으며, 또 댐 및 하구호의 수자원개발 및 보전을 위해서 관리기관, 자치단체, 지역주민 등 이해관계자간에 발생할 수 있는 갈등을 조정하기 위해서는 유역통합관리체계의 구축이 필요하며, 수질개선 대책의 수립, 시행, 점검 및 평가, 계획안의 수정 등과 같은 환류체계가 필수적이며, 이를 위해서 체계적이고 지속적인 연구와 모니터링이 수행되어야 하며, 지역주민의 적극적인 관심과 참여가 계획의 수립 및 추진체계를 더욱 공고히 하는데 도움이 되는데, 수질보전 노력에 지역주민의 적극적인 참여를 유도하기 위하여 전시·교육·연구기능 등을 종합적으로 수행할 수 있는 중심시설의 설치와 함께 교육 홍보 프로그램의 개발과 운영도 매우 중요한 과제
- 그러나, 영산호는 농업용수로 관리되고 있지만, 타 호소와 비교할 때 그동안 수환경 보전 및 복원을 위한 조사·연구사업이 체계적으로 실시되지 못하였으며, 호소의 수질오염의 원인을 과학적으로 규명하여 효과적인 수질개선 대책을 제시하기 위해서는 조사·연구사업이 지속될 필요성 있으며, 인공호소의 수질 및 생태환경이 사회문제로 대두되기 시작하면서 시화호, 새만금, 낙동강 하구호 등지에서 수생태계 보전 및 복원을 위한 다양한 시도와 연구가 이루어지고 있는 점은 하구둑이 축조된지 25년이 경과한 영산강하구에서도 수질개선 및 생태환경 복원을 근본적으로 해결할 수 있는 방안에 대한 논의와 연구가 필요하다고 시사



## F. 생태경관 개선

### F.1 어도

#### F.1.1 어도 관련 법률

- 국내에는 1995년 수산업법, 1996년 수자원보호령, 2001년 댐시설기준에 어도설치 관련 규정이 있으며, 해양수산부의 수산자원보호령과 환경부의 자연환경보전법, 그리고 1996년 이후 법정하천에 설치하는 댐에는 어도를 설치하도록 법으로 의무화 되어 있으며, 일반적으로 유용 어종자원의 보호보다는 생태계 보호 차원에서 어도를 설치하고 있는 추세
- 국내에서 어도를 설계할 때 참고자료는 건설교통부 하천설계기준의 어도편, 댐설계 기준의 어도편과 농림부 농업생산기반정비사업계획 설계기준 취입보편의 어도관련 부분, 일본의 것을 번역 발간한 어도의 설계지침, 농업용수리구조물 표준도(어도편), 환경부의 하천복원가이드라인 등이 있으며, 그 밖에 쉽게 구할 수 있는 해외 자료 인데 미국이나 일본의 어도는 경제성에 목적을 두고 있으며, 미국의 경우 연어가 대표어종이며, 일본의 경우 Ayu, 은어를 대표어종으로 선정하여 어도를 설계 시공 하고 있으나 우리나라의 경우는 어도 설치의 목적이 달라 생물 다양성확보, 즉, 생태계보전에 그 목적이 있어 가능한 모든 어종이 이용할 수 있도록 설계를 권장

#### F.1.2 어도의 형식

##### 가. 어도의 종류

- 하천에서보다 댐과 같은 어류의 이동에 대한 장애물이 있는 경우에도 어류가 이동할 수 있도록 설치한 인공 수리시설물인 어도는 그 목적 및 수리학적 구조, 형상, 설치 장소 등에 따라 종류가 분류
  - 목적별 분류 : 소상용 어도, 강하용 어도, 채포용 어도, 선별용 어도, 관찰용 어도
  - 수리학적 기구 : 풀식, 수로식, 갑문식, 엘리베이터식, 기타 어도
  - 장소별 : 사방댐, 보, 댐, 하구언 등 하천횡단 수공구조물의 종류에 따름

##### 1) 목적별 분류

- 어도를 설치목적에 따라 분류하면 <표 F-1>과 같은데, 설치된 어도가 5가지 목적을 모두 겸하고 있는 경우도 있으며 하천 좌우안별로 소상용 어도와 강하용 어도를 각각 설치하는 경우도 있고, 채집용 어도는 어류의 공간이동이나 실험을

위하여 어종을 채집하기 위해 설치하는 경우며 어종의 선별을 하게 되면 선별용 어도의 기능을 겸하며, 관찰용 어도는 어도구조물 측면에 유리를 끼운 관찰창이 부착된 형태로서 대표적인 예로 미국의 콜롬비아 강의 Bonneville댐의 어도

<표 F-1> 어도의 설치목적별 분류

분 류	목 적	비 고
소상용(遡上用) 어도	소상어류를 위한 용도	주기능
강하용(降下用) 어도	강하어류를 위한 용도	주기능
채집용(採集用) 어도	어류를 채집하기 위한 용도	부가적 기능
선별용(選別用) 어도	어종의 선별을 위한 용도	부가적 기능
관찰용(觀察用) 어도	어류의 관찰을 위한 용도	부가적 기능

## 2) 구조적 분류

### □ Pool식 어도

- Pool식 어도는 수로에 격벽을 만들어 Pool을 만들고 Pool의 완충력을 이용해서 유속을 줄이는 방법으로 계단식어도(전면월류형, 부분월류형), vertical slot식 어도, 잠공식 어도가 있으며, 부분월류형 어도는 Ice harbor형과 노르웨이형으로 분류
- Pool식 어도는 설치가 비교적 쉽고 공사비도 적게 들지만 유속이 빠르고 낙차가 있으므로 유영력, 도약력이 좋은 일부 어종만이 이용할 수 있는 단점이 있으며, Pool이 있어 소상중인 어류가 수시로 쉴 수 있고, 어도로 보낼 물이 적을 때도 운영이 가능하며 댐의 높이가 높고 경사가 급한 곳에도 설치가 가능한 장점이 있으며, Pool식 어도는 격벽부분이 유속이 크고 수심이 최소이기 때문에 이 부분이 소상이 가장 어려우므로 이 부분 설계가 중요

### □ 수로식 어도

- 수로식 어도는 어도 수로 내의 유속을 줄여 어도로 별도의 유인수가 없어도 어류가 소상할 수 있도록 하는 방법으로 유속을 줄이는 방법에 따라 Denil식 어도, 조석 불임 경사곡면식 어도, 도류벽식 어도, 인공하도식 어도가 있으며, 유목이나 토사가 들어와도 제거가 쉬움
- 도류벽 어도는 경사진 평면 수로에 물흐름을 유도하는 저류공으로 도류벽을 만들어 어도 내에서의 물의 흐름을 길게 하고 유속을 줄이는 어도형식으로 과거에 가장

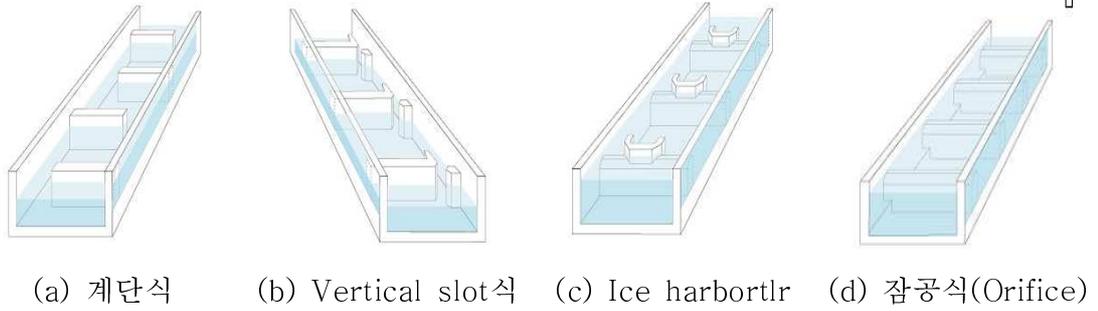
많이 시공하던 어도 형식이며, 도류벽식은 계단식과 마찬가지로 급구배의 좁은 장소에서 적은 예산으로 설치할 수 있는 장점이 있으나 댐에는 수로의 길이가 길어지므로 설치가 곤란

**□ 운영조작식 어도**

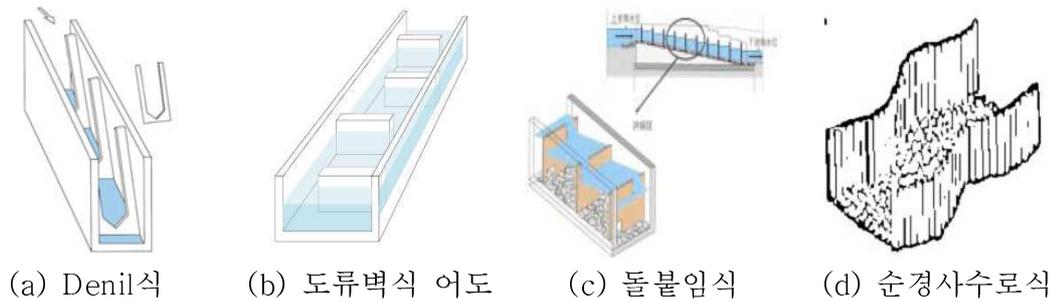
- 이용할 어종의 유영력이나 도약력에 상관없이 다양한 어종이 이용 가능하고, 댐에서 방류할 물이 적을 때도 적용 가능하며, 하구에서는 조차에 상관없이 적용이 가능하며, 댐의 높이나 저수지의 수위변동이 클 때도 편리하게 적용할 수 있으나 인위적 조작을 해야 물고기가 올라갈 수 있고, 운영비가 많이 드는 단점
- 운영조작식 어도의 종류로는 물고기가 든 용기를 제방 사면에 따라 설치한 궤도로 끌어올려 저수지에 붓는 Lift식, 수직형 엘리베이터식, 갑문이 설치된 갑문식, 특히 낙차가 큰 댐에서 댐의 진수지 부근에서 하부 Pool을 만들고 댐 위에 상부 Pool을 만들어 각 풀을 Shaft로 연결하고 갑문을 만드는 갑문식형인 Borland식으로 구분

<표 F-2> 어도의 구조적 형식별 분류

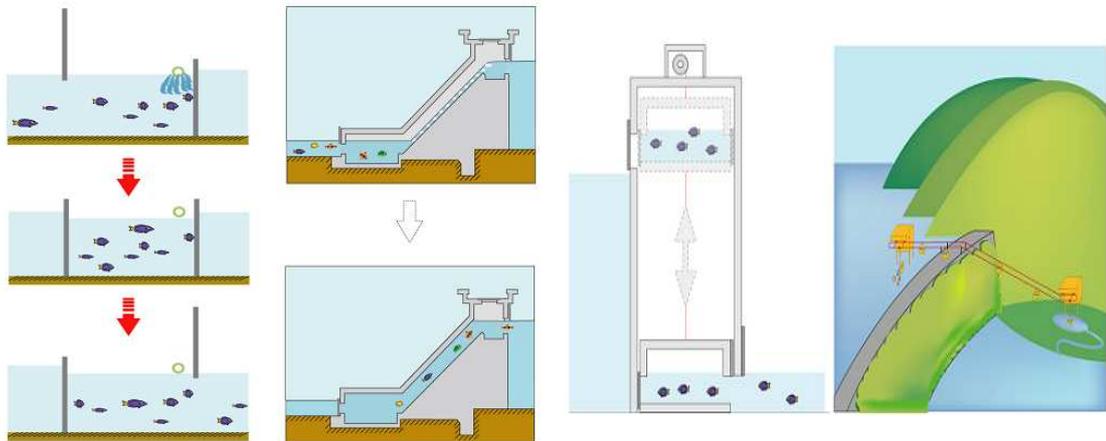
형 식	어 도 종 류	주 요 특 징
풀형식 (Pool Type)	계단식 - 전면월류형, 부분월류형 Vertical slot식, Ice harbor식 잠공식(Orifice)	Pool이 계단식으로 연속되어 있음(고정식)
수로형식 (Channel Type)	Denil식 - 표준데닐형, 급경사형 통선형데닐식 도류벽식, 돌붙임식, 순경사수로식	낙차가 없이 연속된 유로형상(고정식)
조작형식 (Operation Type)	갑문식 - 갑문형(Lock Gate) 볼랜드형(Borland) Lift or Elevator식 Fish pump식	시설이 인위적인 조작 으로 작동(가동식)
기 타	암거식(Culvert), 혼합식(병용식) 복합식(Hybrid)	



<그림 F-1> Pool식 어도형식



<그림 F-2> 수로식 어도형태



<그림 F-3> 가동식 어도형태

### 3) 형태적 분류

- 형태적 분류는 설치장소에 따라 다양하게 설치할 수 있으며, 어도의 형태는 가능한 한 어류가 무리 없이 이용할 수 있어야 하며 설치장소의 제한성이나 이용도에 따라 나선형, 부채형 등 여러 가지 형태로 설치



(a) 나선형 어도



(b) 부채형 어도

<그림 F-4> 형태적 분류의 어도형태

## 나. 어도 형식별 비교

<표 F-3> 어도형식별 장·단점 비교

분 류	구조적 형식	장 점	단 점
풀식 (Pool type)	계단식	·물고기가 휴식을 반복하면서 소상이 가능 ·여러 형태로 변형하여 적용하기에 용이 (ex : Ice harbor형어도)	·상류부의 수위변동에 의한 유속과 유량변동 ·풀(Pool)간 수위차에 따른 흐름의 변이가 불안정함. ·수표면에 부상을 싫어하는 소상어에게 불리
	잠공식	·상류부 수위변화에 따른 어도내 유속과 유량변화가 거의 없음 ·유량의 안정성을 중시하는 발전용 댐 등에 유리	·풀(Pool)간의 수위차가 클 경우 잠공내 유속이 지나치게 커져서 소상어의 통과에 불리 ·수표면의 유영을 좋아하는 소상어에게는 불리
	Vertical slot식	·소상어가 소상경로로서 임의의 수심위치를 선정 ·상류부 수위변화에 따른 어도내 유속과 유량변화가 적음	·최대유속인 Slot의 유속은 풀(Pool)간의 수위차만으로 결정하며 유량이 수심에 따라 변화함
수로식 (stream type)	순경사 수로식	·친수성(親水性)을 감안한 어도설치 가능함	·수위변동에 따른 유속과 유량변화 추정이 어려움. ·설치공간이 많이 필요함.
	돌붙임식	·조석부착으로 어도내 유향 조절이 가능함 ·일반적인 관리가 불리한 저녁차 보등에 유리함	·수위변동에 따른 유속과 유량변화 추정이 어려움.
수로식 (stream type)	도류벽식	·비교적 설치모양이 간편하고 어느정도 유향분석이 가능	·저유속의 순경사 설치가 필요
	Denil식 (표준형)	·비교적 급경사에 설치가 가능 ·비교적 소규모 수로에도 효과적	·연장이 긴 어도에서는 휴식용 풀(Pool)이 필요 ·저부는 저유속, 표면은 고유속
	Denil식 (스텝패스형)	·비교적 급경사에 설치가 가능	·저부는 고유속, 표면은 저유속
	Denil식 (주통형)	·비교적 유량이 크게 필요하므로 유도수로를 겸함	·저유속에는 완경사가 필요함. ·어도 효과가 낮음
	Culvert식	·도로등 매설되어 지나가는 간이수로형태에 적합	·저유속에는 완경사가 필요함

<표 F-3> 어도형식별 장·단점 비교(계속)

분 류	구조적 형식	장 점	단 점
운영 조작식 (Operation type)	갑문식	·수위변동과 관계되지 않음. ·기계조작으로 상황에 맞게 어도유지관리 가능	·기계의 전문조작이 필요 ·운영 및 관리비용이 고정식에 비해 큼
	Borland식	·수위변동과 관계되지 않음. ·기계조작으로 상황에 맞게 어도유지관리 가능	·기계의 전문조작이 필요 ·운영 및 관리비용이 고정식에 비해 큼
	Lift or Elevator식	·수위변동과 관계되지 않음 ·기계조작으로 유지관리 가능하며 소상어의 채집용으로 많이 사용	·기계의 전문조작이 필요 ·운영 및 관리비용이 고정식에 비해 큼
	Fish pump식	·소상어가 단기적으로 일개소 에 집중하도록 하는 경우나 설치공간이 좁을 때에 적합 ·기계조작으로 상황에 맞게 어도유지관리 가능	·펌프이동비용 및 관리 비용이 고정식에 비해 큼

## F.2 국내외 어도시설물 사례

### F.2.1 국내 감조하천 어도 설치사례

- 국내 하천에 설치된 어도는 2000년 기준 216개이며, 가장 많은 형식은 계단식(사다리식)으로 112개가 시공되었으며, 도벽식 어도는 58개가 설치되었으며, 지역별로는 강원도에 집중되어 114개가 시공
- 수공에서 관리하는 댐의 경우 각 수계에 설치된 시설물과 어도시설물의 수를 보면, 댐, 조정지, 보를 포함한 댐 관련 및 하천설치 시설물이 총113개인데 비하여 어도는 34개에 불과
- 위와 같이 국내 하천에는 어도가 상당수 있으나 하구에 설치된 어도는 그리 많지 않으며, 특히 영산강과 같이 규모가 큰 하구에 설치된 어도는 금강하구언, 낙동강하구언 어도 정도

<표 F-4> 국내 하구언 어도의 개요

구 분	어도 형식	규 모 (B <sup>m</sup> ×H <sup>m</sup> ×L <sup>m</sup> )	주요 어종	설치 년도	통수량
금강 하구언	도류벽식 + 유인 수로 + 수로식	9.0×1.75×81.4	송어, 용어, 전어, 농어, 참게, 황복, 뱀장어, 학꽂치 등	1990	0.5 ~ 0.7m/s
낙동강 하구언	계단식 웨어 + 오리피스	1.8×3.0×24.0	장어, 멸치, 빙어, 송어, 농어, 망둑, 뱀어, 참복, 뱀장어, 메기 등	1987	0.3m <sup>3</sup> /s 2 ~ 2.26m/s

#### 가. 금강 하구둑 어도

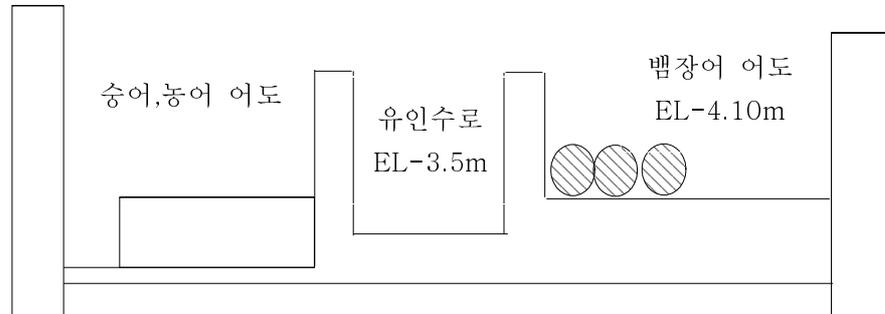
##### 1) 어도형식과 규모 및 방류량 조절

- 금강하구에 설치된 어도는 해수의 역류 방지 및 어도의 유량을 조절할 수 있는 문비와 어족이 소상할 수 있도록 한 기울기 20:1의 수로로 구성

<표 F-5> 금강 하구둑 어도의 구조

문 비	형 식	규 격
주 문 비	Girder type roller gate	폭 9.0m, 높이 5.3m 1조
보조문비	Girder type	폭 9.0m, 높이 2.0m 2블럭
조절문비	전도형(Flash board)	○ 송어, 농어 어도 - 폭 3.0m, 높이 1.00m, 1.25m 각 1련 - 폭 3.0m, 높이 1.50m, 1.75m 각 1련 ○ 유인수로 - 폭 1.4m, 높이 1.75m 1련

- 방류량 조절은 내수면의 관리 수위를 급수 시기별로 EL+ 1.0m ~ EL+ 2.0m를 유지함에 따라 어도 유입부에 조절 문비를 설치하여 월류 수심을 내수면 수위변화에 따라 자동 조절되고 유량은 임의로 조절 할 수 있도록 설치



<그림 F-5> 금강하구둑 어도의 단면도

- 숭어, 농어 어도 : 구형수로에 일정간격의 격벽을 설치하여 물을 역류시키는 구조로 측벽을 이용하여 도약하며 올라가도록 설치
- 유인수로 : 유량을 계속 방류하여 하류부(해측)염도 농도를 조정하여 소상하는 어족을 어도 부근으로 유인하는 기능
- 뱀장어 어도 : 뱀장어의 유영 능력은 0.5m/sec의 유속에서 측벽 모서리를 이용하여 소상하고 1.5m/sec의 유속에서는 밑바닥으로 소상하나, 실뱀장어(5cm크기)는 1.5m/sec의 유속에서 유영이 불가능하므로 어도 바닥에 호박돌(20~30cm)을 깔아 유속을 감소시켜 소상이 가능하도록 설치

## 2) 어도의 관리

- 경제적 유용종의 소상시기는 3~8월까지이며, 강하시기는 9~12월까지로 소상시기중 소상율이 최대인 때는 만조 2~3시간이며, 여기에 일몰과 일출이 겹칠 때 (실뱀장어, 참게, 유생)
- 농어, 숭어는 낮보다 저녁에 활발한 소상을 하고 6~8월 사이에 20cm 전후의 크기가 소상군에 해당
- 어도내 총수량 조절은 3~5월까지 실뱀장어, 농어, 숭어의 유어는 유영력이 40~60cm/sec이므로 유속은 50~70cm/sec가 적당하며 월류 유속이 80cm/sec이상이 되면 소상이 어려움

## 3) 어도의 이용현황 및 문제점

- 우리나라에서 어류의 어도이용에 관한 데이터는 매우 적은데 금강 하구둑의 어류

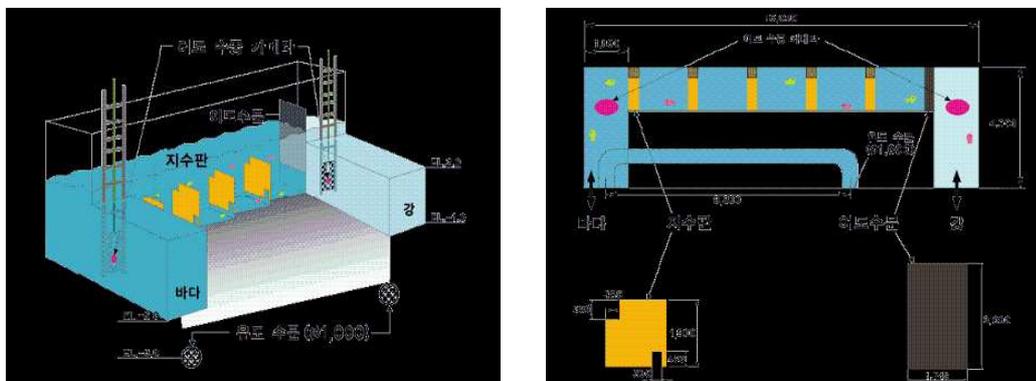
이용에 관한 조사는 황 등(1999)이 금강 하구둑 계단식어도의 이용을 조사한 것으로 금강 하구둑 어도에서 채집한 어류가 총 29종이었으며, 이중 회유성 어류는 용어, 송어 등 9종이며, 담수호에 서식하다가 배수갑문이나 자동조절 수문이 열릴 때 잘못 나온 눈불개, 강준치, 꼬리, 잉어 등 담수어가 나머지 부분을 차지한다고 하였는데, 이들 담수어들은 금강하구둑 계단식어도의 유인수 공급을 자동조절 수문을 열어 공급하고, 배수갑문을 많이 열고 있어 담수어가 해측으로 쓸려 나와 다시 담수호로 귀환하기 위해 어도에서 머물러 있다가 채집된 것이라 판단

- 금강 하구둑 계단식어도의 경우는 주연성 어류와 회유성 어류의 이동통로도도 활용이 되나 담수호에 서식하다가 배수갑문이나 자동조절 수문이 열릴 때 인위적인 어류의 해측 방류와 그로 인해서 잘못 빠져나온 어류들이 역귀환 하려고 거슬러 올라가지만 어도의 구조가 이런 현상에 충분히 고려되지 않아 Pool 속에 갇히는 등의 문제점 유발

## 나. 낙동강 하구둑 어도

### 1) 어도형식 및 규모

- 낙동강 하구둑의 주요 시설물은 총 연장 2,230m이며 토언제 1,720m, 주배수문부 510m로 구성되어 있으며, 주 배수문부는 홍수량 18,300m<sup>3</sup>/s(500년 빈도 홍수량)를 통수시킬 수 있도록 설계된 10개의 수문 구조물이며, 그 밖에 일일 선박 통과를 위한 갑문 1개소, 하류의 생태 문제를 고려한 우안 배수문 1개소와 회유성 어류의 이동을 위하여 좌안 우안에 어도 2개소가 설치되어 있는데, 어도의 접근수로의 길이는 총 8km로 상류 3km, 하류 5km로 회유성 어종의 상하류간 이동을 위해 어도를 하구둑 양쪽에 각각 1개소씩 설치



<그림 F-6> 낙동강 하구둑 어도의 구성

- 낙동강 하구둑 어도는 유속의 감소를 위하여 'ㄷ'자형 콘크리트 벽으로 만들었으며 바닥형상은 계단형이며, 어도의 상류측에는 1개의 어도수문이 설치되어 이 어도 수문을 개방함으로써 어도를 운영
- 어도 내에는 5개의 지수판이 있어 유속을 감소시키는 한편 이 지수판의 상부와 하부에 구멍을 내어 이 오리피스를 통해 어류가 각각 월류와 저류로 이동할 수 있게 되어 있으며, 어류가 입구를 찾을 수 있도록 일정량의 담수를 하류로 배출시켜 어류를 유인하기 위한 유인수문과 어도의 상류와 하류에 각각 1대씩의 수중 카메라를 설치하여 어도내 어류의 이동을 관찰할 수 있도록 구성

## 2) 어도의 이용현황 및 문제점

- 낙동강 하구둑의 어류이용 현황은 『낙동강 하구둑 일원의 회유성 어류 생태조사, 2004, 한국수자원공사』에 보고된 것이 있으며, 이 보고서에는 회유성 어류인 은어, 바다빙어, 도화뱅어, 큰가시고기 등이 제한적으로 채집되었고, 어도가 유속에 따른 어류의 이용이 제한되고 있음을 제시하였는데, 예를 들면 경제성이 높은 어종인 실뱀장어는 유속에 대한 문제로 어도의 이용이 불가능할 것으로 보고하고 있으며, 특히 어류의 유영능력에 대한 부분이 고려되지 않아 소형어류의 어도이용이 불가능함을 보고
- 한편, 경제성과 효율성면에서 일정한 간격을 두고 주기적인 갑문조절로 회유성 어류 이외에도 기수역에 서식하는 대부분의 어류에게 비록 그 규모가 매우 작지만 하구둑 건설로 손실된 기수역을 대신할 수 있음을 어류생태계 보전 측면에서 제안하고 있으며, 부대시설물로 전망대, 물문화관, 수변공원 등을 설치하여 일반인들의 관광과 학생들의 교육효과를 고려하였으나 하구에 설치된 어도는 개방형이 아니라서 일반인에게는 쉽게 접근이 불가
- 낙동강 하구둑의 기존어도는 생물다양성 확보차원에서는 다소 미흡한 어도의 구조이며, 친수적인 목적으로 어도에 관찰실과 같은 부가시설을 설치하여 일반인들의 관광효과와 학생들의 교육효과를 고려하는 측면에서도 미흡하다고 판단

### F.2.2 국외 어도 설치 사례

- 국내에서 하구둑 어도사례에 대해 많은 자료를 구할 수 없어 외국의 사례를 조사하였는데, 미국 워싱턴주의 The Lake Washington Ship Canal, Bonneville Lock and Dam, McNary Lock & Dam과 일본의 Nagaragawa Estuary Barrage, Chikugo Barrage 의 어도를 조사

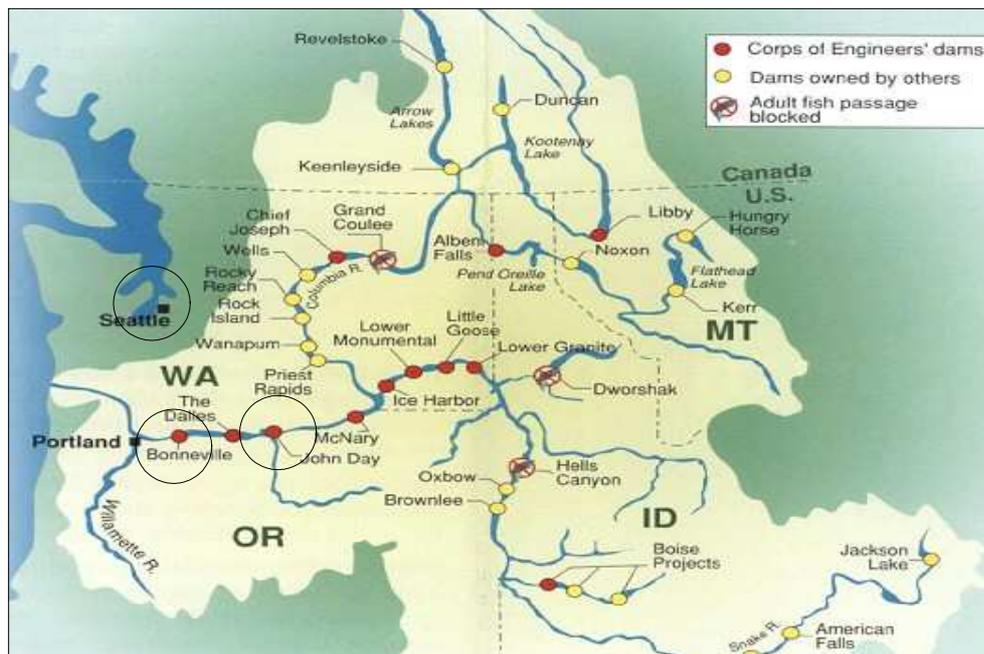
<표 F-6> 국외 어도 설치 사례 개요

구 분	주 목 적	어도 형식	주요 어종	설치년도	특징
The Lake Washington Ship Canal	Lake Washington와 Salmon Bay를 연결하는 Ship Canal	계단식 + 유인수+ 잠공	Chinook Coho Sockeye Steelhead	1916	저층수(저염도)를 유인수로 활용
Bonneville Lock and Dam	Power Plant (수력발전) & Ship Canal, 관개용수, Recreation, Fish & Wildlife	계단식+ 잠공 + Bypass Channel, Elevator (사용안함)	Chinook Sockeye Shad Sthurgeon Lamprey	1937	Bypass System 도입(하류로 이동하는 치어의 이동 통로)
McNary Lock & Dam	Power Plant (수력발전) & Ship Canal	계단식+ 잠공 + Bypass Channel + Elevator, and barge & Truck	Chinook Coho Sockeye Steelhead Shad	1957	Bypass System 도입, Transport System 도입 (치어를 하구에 방생)
Nagaragawa Estuary Barrage	홍수방지, 용수이용	갑문식+ 계단식 + 유인수 + 자연 하천형	Ayu, 은어 등	1995	인공부화 후 치어를 하류로 방류, Shell gate, Slip gate
Chikugo Barrage	홍수방지, 용수이용	갑문식+ 계단식 + 유인수	Ayu, 은어 등	1985	Shell gate

### 가. 미국의 어도 개황

- 미국의 어도는 태평양 연안 하천의 회유성 어류인 연어의 이동환경을 보호하기 위하여 북서부 지역은 오레곤주 콜럼비아강 본류에 많은 어도가 설치되어 있으며, 동부지역의 대서양 연안은 주로 아메리칸 청어의 회유를 위하여 뉴햄프셔주와 매사추세츠주에 걸쳐있는 매리맥강 등에 어도가 많이 설치되어 있는데 대부분 중소형 댐들이며 연안과 가까운 지역의 댐
- 서북부지역 콜럼비아강에 어도가 설치된 주요 댐들은 Bonneville 댐, The Dalles 댐, John Day 댐, McNary 댐 등이며, 콜럼비아강의 1차 지류인 스네이크(Snake)강에는 Ice Harbor 댐, Lower Monumental 댐, Little Goose 댐, Lower Granite 댐 등이 있는데, 이들의 어도형식은 대부분 풀형식의 어도부와 저수지 수위변화에 대응하기 위한 갑실부로 이루어져 있으며, 대표적인 댐으로 The Dalles댐의 경우에 풀형식과 vertical slot식이 혼합된 어도를 가지고 있으며, Bonneville 댐은 콜럼비아강의 최하류에 위치하고 있는데 어도의 최대낙차는 21.3m이고 어도 길이는 340m이며, 대부분의 댐들은 어도 관찰실을 두어 어도를 통과한 어류의 개체수를 계측모니터링 하고 있으며 또한 계단식 어도의 경우 최대낙차가 21.3~34.4m의 범위를 나타내고 있고 어도의 길이도 330~370m

- 동부지역 대서양 연안의 댐 중 조작형식 어도가 설치되어 있는 댐으로 Cataract 댐, Lowell-Pawtucket 댐, Holyoke 댐 등이 있는데, 이들 조작형식 어도의 최대 낙차는 15m 미만이며, 동부지역 코네티컷 강에는 Vernon 댐, Holyoke 댐, Turners Falls 댐 등에 어도가 설치되어 있는데 Holyoke 댐의 형식은 조작형식
- 워싱턴주의 The Lake Washington Ship Canal의 Fish Ladder는 시애틀 근교에 위치한 시설로 우리나라 하구의 조수간만의 차와는 상이하나 하구에 설치한 어도로서 비교적 유사한 형태로 운영되고 있으며, Bonneville Lock and Dam, McNary Lock & Dam의 어도는 콜럼비아강과 스네이크 강 상류에 위치한 댐들에 설치한 시설로 대부분 유사한 형태의 어도시설을 갖추고 있으며, 이들 시설들은 미 공병단 관할의 시설이며, 공병단에서는 Lake Washington과 Salmon Bay를 연결하는 Ship Canal을 통하여 주운, 휴양, 관광 등의 프로젝트를 수행하고, Bonneville Lock and Dam, McNary Lock & Dam등에 있어서는 발전, 홍수조절, 어류 및 야생동물보호, 용수공급 등의 프로젝트를 수행

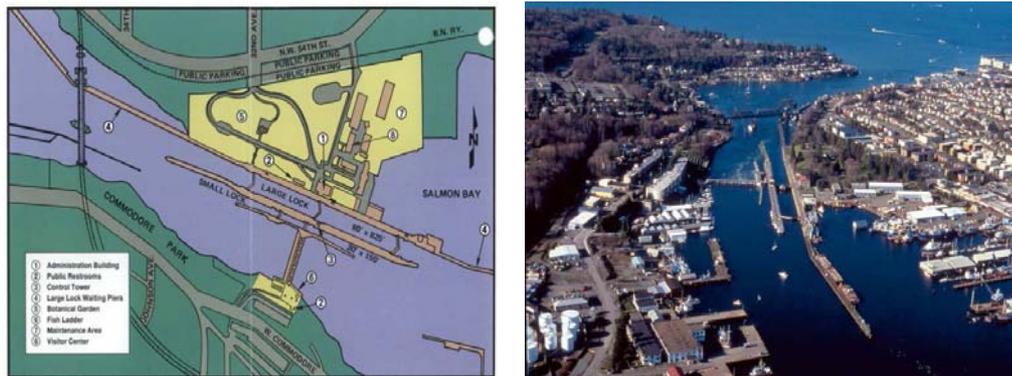


<그림 F-7> 미국의 어도사례조사 위치도

### 1) Lake Washington Ship Canal, Fish Ladder

- Lake Washington와 Salmon Bay를 연결하는 Ship Canal로 매년 갑문을 방문하는 관광객이 1백5십만 명이 넘는 유명한 Seattle의 관광명소로 갑문을 통하여 지나가는 배와 Fish Ladder를 거슬러 헤엄쳐 이주하는 연어(Salmon)를 관찰

- Lake Washington Ship Canal은 1906 ~ 1908년 미공병단 시애틀 지역의 기술자가 설계한 시설로 미공병단은 1916년에 갑문과 여수로와 Fish Ladder를 준공하였으며, 갑문은 Lake Washington을 Puget Sound와 Salmon Bay를 연결하여 Seattle 지역을 개발하는데 중요한 역할을 담당했는데, 이들 수역을 연결한 목적은 재제목과 석탄 같은 이 지역의 소중한 천연자원을 수출하기 위한 선박접근로를 만들었고, Seattle을 주요한 세계적 항구로 만드는데 일조

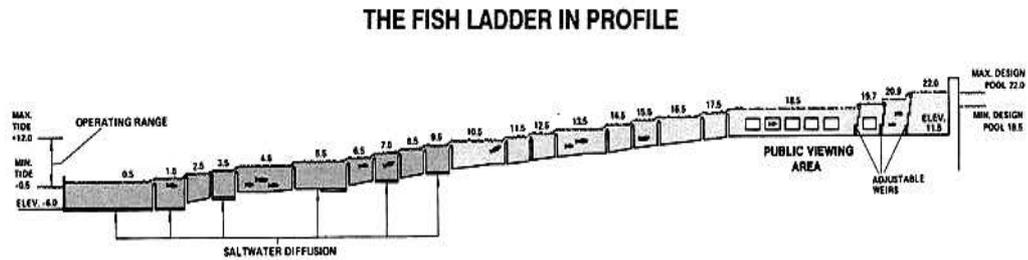


<그림 F-8> Lake Washington Ship Canal 평면도와 전경

### □ Fish Ladder

- 바닷물에서 담수로 이주하는 물고기를 소하성 물고기라 하는데, 호수, 강, 개울 또는 물고기 산란장에서 산란하며, 부화한 물고기는 바다로 나가 성어가 되었을 때 그들이 부화한 곳인 호수, 개울, 강으로 산란하기 위해 회유하게 되는데, 담수는 산란을 위한 물고기와 부화하기 위한 알과 어린 물고기의 생존과 보호를 위해 필수적인데, 갑문과 댐을 설계했을 때 워싱턴호의 자연적인 유역 흐름이 변화가 발생하였고 갑문과 댐은 Cedar강 유역 밖으로 이동하는 모든 연어를 막아버리는 문제를 초래
- 이런 문제를 바로 해결하기 위해 갑문과 보 주위로 지나는 연어를 고려하여 갑문과 보가 설치될 때 어도(Fish Ladder)를 계획하여 설치하였는데, 유인수가 충분하지 않아 대부분 연어는 초기에 설치한 Fish Ladder를 이용하지 못하였고, 막힌 보를 넘어가기 위해 갑문을 이용 육식동물의 표적이 되거나 갑문의 게이트나 벽체에 부딪히거나 선박과 프로펠러에 상처를 입어 소상에 방해를 받음
- 유인수의 흐름을 증대하고 Weir(총21계단)를 추가하여 1976년에 Fish Ladder를 개보수 하였으며, 이 당시 관찰창과 관찰대가 설치되어 연어들의 소상 과정을 볼 수 있도록 하였으며, Weir의 높이는 앞의 Weir 보다 1피트(30.48cm)씩 높게 설치

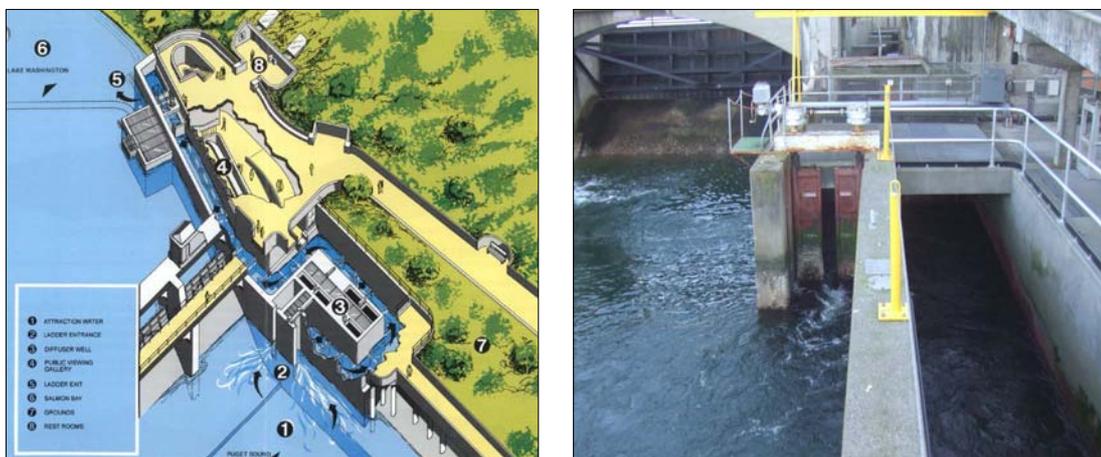
하였으며, 최종 3개의 Weir는 Salmon Bay의 수위와 조정할 수 있도록 하였으며, Ladder에서 가장 긴 Weir는 관람창이 건설



<그림 F-9> Fish Ladder 측면도

### □ Fish Ladder의 역할

- 연속 Weir나 웅덩이(Pool)로 이루어진 Fish Ladder는 물고기가 인공적으로 축조된 장애물이나 댐을 지나 상류로 거슬러 올라가도록 설계, 시공되었는데, 소상하는 물고기는 Fish Ladder입구(①)로부터 Puget해협으로 흘러 들어가는 유인수를 감지 계단식 어도로 들어오고(②) 각 Weir위로 뛰어 넘거나 각 Weir에 있는 터널 같은 개구부를 통과하여 헤엄쳐 들어오게 되는데 일반적으로 다른 어도보다 더 길게 21개의 Weir를 설치한 것은 물고기가 다음 Weir를 통과하거나 뛰어넘기 전 휴식을 취하도록 하게 한 것이며, Diffuser Well(보급수 통관,③)은 ladder안에서 담수와 저농도 바닷물을 혼합하여 유인수의 양을 증가 더 많은 물고기가 ladder를 발견할 수 있도록 하는 역할을 하며, 관람대에서는(④) 휴식을 취하거나 옆으로 헤엄치는 물고기를 볼 수 있고, 관람대를 지난 물고기는 어도를 빠져 나가서 Salmon Bay 담수호로(⑤) 유입



<그림 F-10> Fish Ladder 구조와 입구부 전경

## □ 관찰실 및 주변조경

- 관찰실은 Puget해협에 위치한 어도로부터 18번째에 해당하는 계단 높이에 맞춰 설치되어 있고 6개의 관찰창(150×150cm)이 2층 구조로 되어 있으며, 관찰창의 내부 구조는 지역 주민의 참여로 연어 등을 그려 넣은 타일식 벽화로 장식하였고 반지하 구조를 감안하여 출입구 옆에 커다란 통유리를 설치 채광효과를 높임
- Lake Washington Ship Canal에는 Fish ladder와 관람실 및 관찰창외에 안락과 즐거움을 위해 계단식 어도 인근에 휴식처가 조성되어 있으며, 휴식처는 나무와 관목, 보도, 휴식을 제공하는 벤치 등 공원 같은 분위기로 조화되어 있으며, visitor center는 갑문에서 교육활동, 자연보호를 지지하고 돕는 비영리 단체인 NWIA(NorthWest Interpretive Association)가 운영
- Lake Washington Ship Canal은 연간 40만 마리의 연어가 회유하며, Gate는 테인터 게이트 6련으로 구성되어 있으며, 유지관리비는 연간 5억원, 어도설치 사업비는 1천2백만 달러가 소요

## 2) Bonneville Lock and Dam, Fish Ladder

- Bonneville Lock and Dam은 Power Plant & Ship Canal, 관개용수, Recreation, Fish & Wildlife 목적으로 1896년에 콜롬비아강의 첫 번째 갑문인 Cascade Lock을 현재 위치로부터 몇 마일 상류에 건설하여, Cascade 급류 주변의 생필품 운송은 배제된 채 상류로 공병단의 화물을 운송하는 항해만이 가능했으며, Bonneville Lock and Dam의 완공 후 만수 후 급류지와 Cascade 운하와 갑문이 수몰
- Bonneville의 첫 번째 갑문인 Bonneville Lock이 1938년 완공 되었을 때 수직높이가 18m인 세계에서 가장 큰 수문이었으며, 갑문은 한 번에 두개의 바지선과 예인선을 가둘 수 있었으며, 콜롬비아강의 선박 교통량이 증가되었을 때 5개의 바지예인선을 가둘 수 있는 갑문을 가진 새로운 댐이 상류에 건설
- Bonneville의 거대한 갑문인 Bonneville Lock은 1993년 3월에 운하로 개통되었으며, 갑문은 폭 26m, 길이 206m로 상류의 7개 갑문과 같은 용량을 가진 5개의 바지선을 가둘 수 있었으며, 운송시간은 몇 시간에서 30분 이내로 단축되었는데, 갑문의 총 공사비는 3억4천백만달러가 소요되었으며, Bonneville 갑문을 통과하여 지나가는 석유제품, 나무제품(가구), 곡류와 같은 생필품은 Lewiston, Idaho와 콜롬비아 스네이크 내륙 운송로 알려진 운하에 있는 태평양 사이로 운송



<그림 F-11> Bonneville Lock and Dam 배치도 및 전경

**□ Fish Ladder**

- Bonneville Lock and Dam이 위치한 콜롬비아 강 유역은 Chinook 등의 연어가 서식하는데 1800~1900년대에 이르는 동안 남획, 채광, 벌목 등으로 인하여 연어가 많이 감소하였고 특히, 콜롬비아 강 유역에 댐건설이 연어의 소상에 큰 영향을 주어 어도를 설치하여도 자연조건보다는 감소하는 결과를 초래
- 1938년 Bonneville Lock and Dam에 계단식 어도를 반영하였는데 이를 시작으로 콜롬비아 강 상류 8개 댐에 계단식 어도가 설계되었으며, 이 계단식 어도는 성어가 단계적으로 댐 상류로 소상할 수 있도록 계단과 풀로 설계되었으며, 성어가 어도를 찾을 수 있도록 유인수 방류개념을 도입

**□ Fish Ladder의 운영**

**① Fish Ladder 위로 이동**

- Oregon과 워싱턴 연안 기슭의 Fish Ladder는 댐의 강 하류에서부터 Bonneville 호소 상류까지 이어져 있으며, Ladder 들은 계절적으로 상류로 회유하는 성어를 위한 통로인데, 계단형의 Weir들에 의해 구성되어진 Fish Ladder의 Pool은 댐 주위와 상류로 유도되는 경사로에 놓이게 되며, 이들 Weir들은 물고기가 한 계단에서 다음 계단까지 쉽게 헤엄칠 수 있도록 바닥을 따라 오픈 되어져 있고, Chinook, Coho, Sockeye 연어, Steelhead, 청어, 그리고 다른 어류들이 상류로 회유하는데 이 Fish Ladder를 이용



(a) Fish Ladder 위로 이동      (b) 하류부 수문      (c) 중간부 Weir

<그림 F-12> Bradford Island 측 Fishway

- 회유성 물고기인 연어는 Bonneville Dam에서 흘러나오는 다량의 물로 유인되는데 이러한 유인작용의 잇점을 얻기 위해 물고기 수집시설이 발전소 전면 및 여수로 댐 각 가장자리에 설치되어 있는데, 수집시설은 어도로 물고기를 유인하는 수집시설 자체의 물로 물고기를 유인
- Bradford Island의 어도는 길고 충분한 수의 웅덩이를 만들어 내는 수평 Weir를 가진 경사진 용수로로 되어있고, 각 웅덩이는 하류부의 인접 웅덩이보다 1ft (30.48cm)높게 되어있는데, 물고기는 물에 잠긴 오리피스를 통하여 헤엄치거나 한 웅덩이에서 다음 단계의 높은 웅덩이로 움직이기 위해 Weir 월류부를 넘어 유영
- Bradford Island 어도의 상류 부분은 최근에 개보수 되었는데 어도의 하류지역에서 시작한 Weir 대신 소용돌이 Pool과 경사진 수직 홈의 Pool을 만든 새로운 설계 방식으로, 생물학적으로 이들 경사 Pool이 물고기 통로에 탁월하고 어도에서 물을 자동제어 하도록 할 수 있으며, 어도의 상류부 근처에서 물고기는 카운팅 지점을 지나 관찰창으로 움직이며, 지하에 위치한 수중 관찰창은 연어의 이동을 관찰

## ② Fence와 Fish ladder의 미로

- Fence는 계단식 어도를 통해 올라가는 물고기를 멈추게 하는 것이 아니라 다음 벽체로 가기 위해 좁은 통로로 물고기를 유도하는 장치이며, 이 통로는 모든 물고기가 보여지며 카운트 될 수 있는 창으로 유도



<그림 F-13> Bradford Island Fishway의 fence

- Fish ladder의 미로는 미로처럼 보이지만 계단식 어도에서 상당히 중대한 목적을 가지고 있는데, 이 시설은 외유성 물고기에 대한 통로를 제공하며 배후의 변화 무쌍한 수위에도 불구하고 계단식 어도에 흐르는 물을 제어 가능

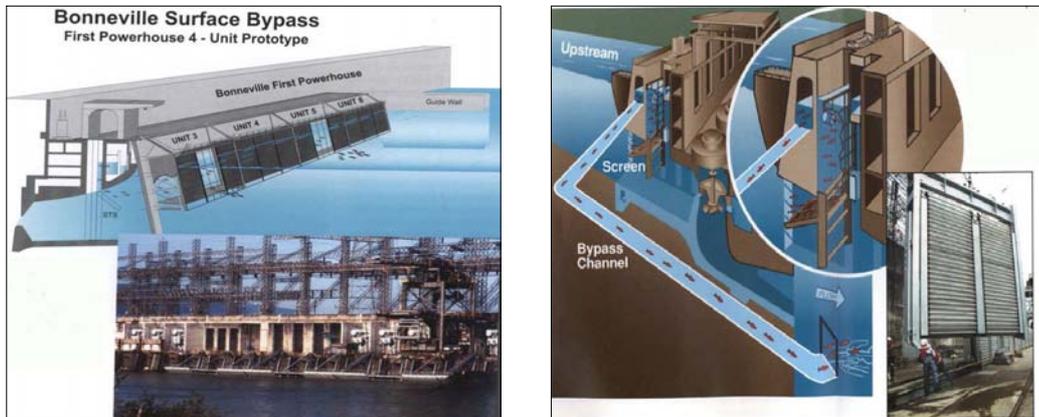


<그림 F-14> Bradford Island  
Fishway 미로

<그림 F-15> Washington shore  
Fish Ladder

### ③ Downstream으로 이동

- 봄과 여름동안 Steelhead 연어는 성어로 자라 대양으로 이주하는데, 이들 대다수는 barge와 댐을 지나는 트럭에 의해 운송되며, 강에 머물러 있는 치어는 여수로나 발전소를 통과하여 흐르는 물과 함께 이동하는데, Rotating Fish Screen은 어린 물고기를 By Pass System(우회)으로 전환하기 위해 발전소 내 터빈 취수구에 놓이게 되고 연어(치어)를 해칠 수 있는 터빈들로부터 멀리 떨어짐



<그림 F-16> Downstream으로 이동

### □ 관찰실 및 주변조경

- 방문객들은 Bradford 섬 Visitor center나 워싱턴 연안 Visitor Complex에 있는 물고기 관람건물(Fish Viewing Building)내에서 수중 유리벽을 지나가는 회유성 물고기를 관찰할 수 있으며, 수중 투명창은 Fish Ladder 위로 움직이는 다양한 물고기를 근접하여 볼 수 있는 장관을 제공

- Bradford Island에서는 계단식어도를 통과하는 다양한 종류의 성어를 관찰하는데, 이 관찰자료는 1938년부터 기록하였으며, 물고기의 이동, 증가와 감소 추적에 유용하였는데 상류로 회유하는 성어연어와 Steelhead는 2,400 ~ 4,300마리로 추정되며, 하류로 이동하는 연어와 Steelhead 치어가 매년 Bonneville Dam을 지나가며, Shad(청어), Sthurgeon(철갑상어), Lamprey(칠성장어)와 다른 종도 관찰

### 3) McNary Lock and Dam

- McNary Loack and Dam은 수력발전 및 Ship Canal을 목적으로 1945년 하천과 항구법 제 2절에 의해 허가되었으며, McNary Dam 건설 계획은 1947년 5월에 시작 모든 발전장치들은 1957년 2월에 가동
- 발전장치가 설치된 이래 효율적인 발전장치를 개선하기 위한 막대한 투자는 이루어지지 않았는데, 미 공병단과 Bonneville 전력국은 McNary의 터빈, 전력 이용성, 수력용량을 개선하기 위한 관련시스템 현대화 공동사업을 추진, 이 프로젝트는 McNary Dam과 Wallula호, 발전소, 통선문, 2개의 계단식어도, 부두시스템, 양수 설비를 포함하여 정수상태의 통선문, 수력발전기, 레크레이션, 야생동물 서식지 및 임시관개 시설을 제공



<그림 F-17> McNary Lock and Dam의 위치도 및 전경

#### □ McNary Dam

- McNary Dam은 길이가 2,245m, 높이가 하상위로 약 56m이며, Orgon주에 인접한 남쪽에 필댐과 콘크리트 구조물로 구성되어 있으며, 여수로는 중력식 콘크리트 댐이며, 길이는 399m, 수직수문이 15×16m 22개, 평균해수면 89m에 있는 물넘이는 0.86t/s의 설계홍수량을 배제하도록 설계

## □ Fish Passage

○ McNary Dam에는 연어와 Steelhead의 이주에 사용되는 두 개의 Fish Ladder가 존재

### ① Fish Ladder 위로 이동

○ Oregon와 워싱턴 연안 기슭에 각각 설치된 Fish Ladder는 댐의 강 하류에서부터 McNary Dam 상류까지 이어져 있으며, Ladder들은 계절적으로 상류로 회유하는 성어를 위한 통로이며, 계단형의 Weir들에 의해 구성되어진 Fish Ladder의 Pool은 댐 주위와 상류로 유도되는 경사로에 놓이게 되는데, 이들 Weir들은 물고기가 한 계단에서 다음 계단까지 쉽게 헤엄칠 수 있도록 바닥을 따라 오픈



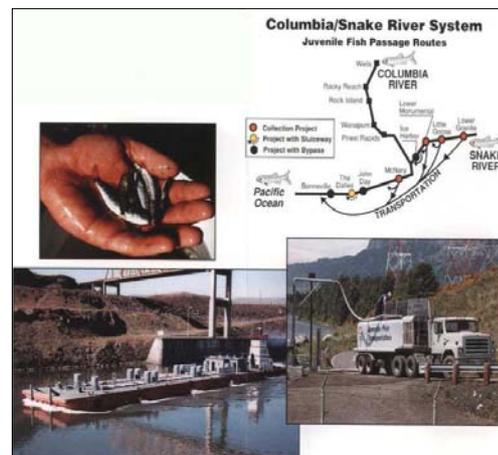
<그림 F-18> 계단형 Weir로 구성된 Fish Ladder-McNary댐 좌측

<그림 F-19> 엘리베이터식 어도 - McNary 댐 좌

○ McNary Dam에서는 하천 중앙에 어도입구가 12개소가 있고 연안에는 2개소의 계단식 어도입구가 설치되어 있는데 연안에 설치된 2개소로 소상하는 어류의 개체수가 전체 소상어류의 80%를 차지하고 있어 하천의 연안을 따라 이동하는 물고기의 습성을 잘 보여줌



<그림 F-20> 댐 상류부 어도 출구



<그림 F-21> 바지(barge)와 댐을 지나는 트럭에 의한 운송

## ② Downstream으로 이동

- 치어들이 콜롬비아 강 상류에서 대양으로 이동하는 방법 중 대다수가 바지(barge)와 댐을 지나는 트럭에 의해 운송되며, 강에 머물러 있는 치어는 여수로나 발전소를 통과하여 흐르는 물과 함께 이동하는데, Rotating Fish Screen은 치어를 By Pass System(우회)으로 전환하기 위해 발전소 내 터빈 취수구에 놓이게 되고 연어(치어)를 해칠 수 있는 터빈들로부터 멀리 설치되어 있음

## 4) 조사결과 고찰

- 미국의 경우 어도 설치 역사가 1916년 이래 계속되어 왔는데, 워싱턴주의 The Lake Washington Ship Canal, Bonneville Lock and Dam, McNary Lock & Dam의 어도설치 사례조사에서 이들 시설의 주요건설 목적은 Lake Washington과 Salmon Bay를 연결하는 Ship Canal, Power Plant(수력발전) & Ship Canal, 관개용수, Recreation, Fish & Wildlife 등이며, 어도의 형식은 계단식, 계단식+잠공, Bypass Channel, Elevator, and barge & Truck 등
- 어도를 설계할 때 주요 어종선정은 경제성이 있는 연어로만 선정되어 있으며, The Lake Washington Ship Canal의 어도는 건설 당시 관찰창과 관람대를 계단식 어도에서 가장 긴 Weir에 설치하여 이들 연어들이 휴식을 취하거나 옆으로 헤엄치는 매혹적인 소상 과정을 볼 수 있도록 함으로써 교육효과를 고려하였으며, Bonneville Lock and Dam의 경우는 수중어도를 통하여 이동하는 회유성 물고기의 광경을 보는 것에 추가적으로 오르곤 연안에 있는 Bradford 섬 Visitor Center를 설치하여 전시물과 함께 휴게실, 대극장, 콜롬비아강 골짜기의 전경을 관찰할 수 있는 전망대를 설치하여 관광효과를 고려하여 설치

## 나. 일본의 어도 개황

- 최근 일본에서는 보, 두수공, 하구언, 댐 등 각 수공구조물에 풀형식, 수로형식 등 다양한 어도가 설치되고 있으며, 보에 설치된 어도는 높이 2m 이하의 독에 설치되는 것으로서 기존의 계단식 어도를 개선한 풀형태의 아이스하머식 어도, vertical slot식 어도와 데널식 어도를 들 수 있는데, 이들 어도는 어류의 휴식 공간을 최대한 살리고 수심에 따라 변화되는 유속을 제공함으로써 유영력과 도약력이 다양한 여러 어종에 적합토록 되어 있는 점이 특색
- 하구언에 설치된 어도들은 대표적으로 유인수로를 갖춘 계단식 어도, 갑문식 어도,

여울식 어도 등이 설치되어 있으며, 이들 어도 중 계단식 어도들은 승강식으로 되어 있어 수위변화에 대처할 수 있고 일정수심을 유지함으로써 어류 소상을 용이하게 할 수 있으며, 또한 유인수로는 어류를 어도로 유인하는 영향을 하므로 어도 시설물 설치에 반드시 고려해야 하는 시설물이며, 참계 소상을 위해 계단식 어도에 줄을 설치하고 있는 점이 특색

- 댐에 설치된 어도들은 댐 높이가 낮은 중소형 댐이 대부분이며 위치도 하구에 인접한데 있으며 댐 건설 당시부터 어도를 도입 설치한 것이 아니라 어류생태 환경에 대한 인식과 이해가 높아지면서 댐 건설 후에 어도를 도입
- 일본의 어도설치 사례는 Nagaragawa Estuary Barrage와 Chikugo Barrage의 어도를 조사

### 1) Nagra Estuary Barrage(Kuwana city)

- 하구언 축조 주목적 : 나가라가와 하구언의 설치에 의해, 해수 침투 방지와 대규모 준설을 가능케 하여 나가라가와와 홍수(계획 타카미즈 유량 7,500m<sup>3</sup>/s)를 안전하게 배제하고, 세끼노 상류가 담수화 되어 아이치현·미에현·나고야시의 수도 용수나 공업용수에 최대 22.5m<sup>3</sup>/s의 물을 이용할 수 있게 하였으며, 환경측면에도 상당한 시설이 되어 있으며, 호측의 관리수위는 만조위보다 높게 유지

#### □ 하구언의 주요시설



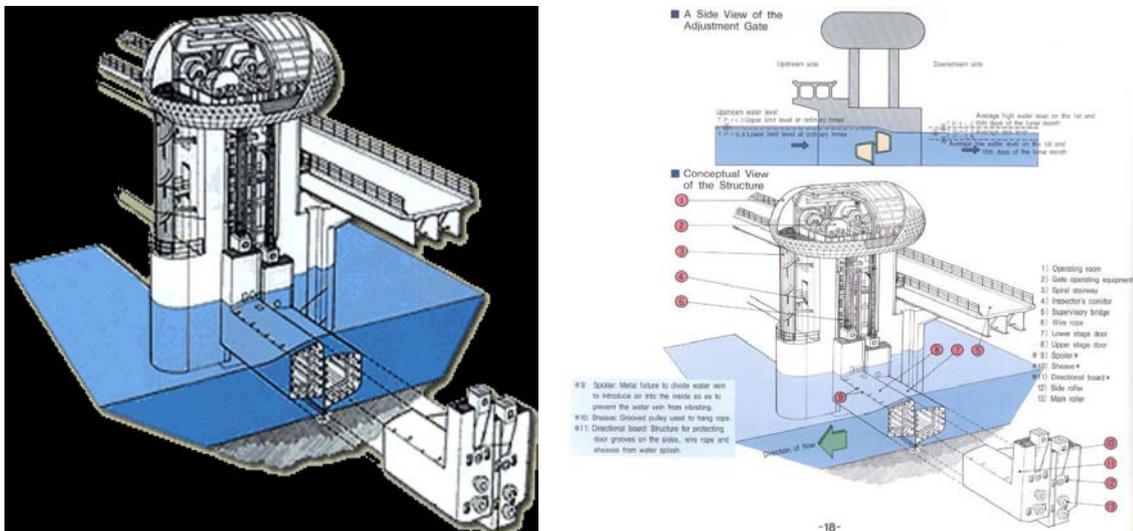
<그림 F-22> 나가라가와 하구언의 시설물 배치도

- 나가라가와 하구언 관리소 : 나가라가와 하구언의 심장부에 해당하는 장소로 관리소에서는 관리에 필요한 정보가 있어 그 정보를 기본으로 게이트 등을 조작

- 조절 게이트 : 1호에서 10호까지 총 10개의 조절수문이 있으며, 관리소로부터의 조작에 의해 2단식 게이트로 주위 환경에 따라 오버플로우(overflow), 언더플로우(underflow)의 정확한 조작이 가능하며, 게이트의 조작은 하구언 상류로부터 유입되는 수량과 하구언 하류의 조위에 의해 평상시, 홍수시, 고조시, 해일시 등 각각의 상황에 따라 조작되며, 게이트의 정식 명칭은 월류형 셀 구조 2단식 롤러 게이트

**□ 어도**

- 어류 소상, 강하를 위한 어도 시설은 하구언 좌안 및 우안에 설치되어 있는데 하구언 우안에는 자연하천형, 유인수형 계단식, 2단갑문식으로 구성되어 있고, 하구언 좌안에는 유인수형 계단식어도와 2단갑문식 어도로 구성



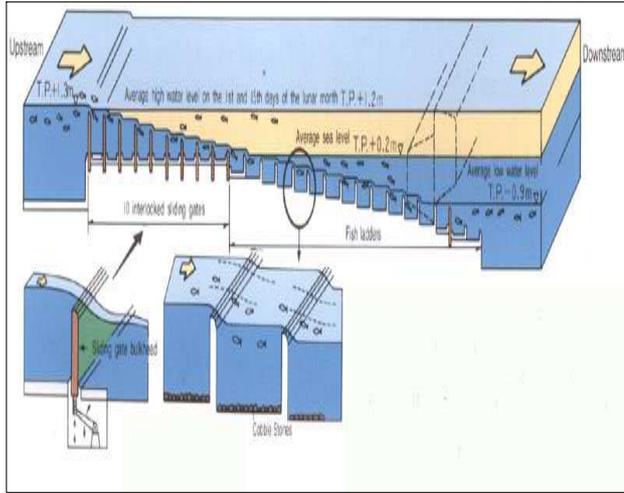
<그림 F-23> 월류형 셀 구조 2단식 롤러 게이트

- 유인수의 확보 : 유인수형 계단식어도와 2단갑문식어도는 은어 소상기인 2월부터 6월까지에는 11m³/s, 그 외의 시기에는 4m³/s의 물을 확보하여 방류  
- 대표어종 : Ayu, 성어의 경우 약 20cm 크기

**□ 어도종류**

**① 유인수형 계단식 어도**

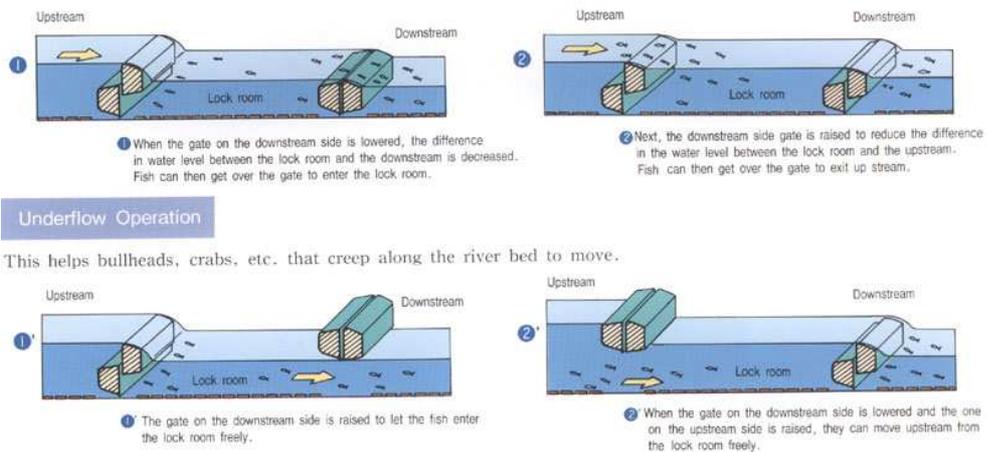
- 어도 중앙부의 유인수 수로와 좌우에 계단식어도로 구성되어 있으며, 유인수로로부터 빠른 유속의 물을 흘려보내 어도 입구에 물고기를 모으며 어도로부터 거슬러 올라갈 수 있도록 되어 있으며 이들의 이동 모습은 관찰실로부터 관람



<그림 F-24> 유인수형 계단식어도와 관찰창

### ② 갑문식 어도

- 갑문식 어도는 갑문으로 배를 운송하는 것과 같은 구조로 어류를 소상 시키며, 상하류 각각 게이트를 배치해서 이 게이트를 조작함으로써 갑문내의 수위를 조절하여 어류 등이 쉽게 거슬러 올라오도록 되어 있는데, 갑문식 어도는 2단식의 게이트로 되어있어 오버플로우, 언더플로우의 조작을 조합하여 다양한 어류를 거슬러 올라갈 수 있도록 하였으며, 오버플로우는 Ayu 등 수면을 이동하는 어류를 언더플로우(underflow)시는 메기나 계의 이동을 도움



<그림 F-25> 갑문식 어도의 조작

### ③ 자연하천형 어도

- 다양한 어류를 거슬러 올라갈 수 있도록 한 것으로 수로 구배를 완만하게 하고 조약돌 등 자연석으로 배치되어 있으며, 하천바닥의 깊이를 교대로 배치하여

다양한 수심이나 유속을 만들어 내어 어류의 휴식공간, 피난 장소를 마련할 수 있도록 배치되어 있으며, 이 어도에서는 유영력이 작은 어류나 새우·게류와 유영력이 강한 은어 등 다양한 어류 등의 소상을 예상하고 설치되었으며, 자연하천형 어도의 상류부에서는 4개의 고무보에 의해 상류의 수위 변화를 적절히 조절



<그림 F-26> 자연하천형 어도와 고무보

□ **갑문** : 배가 운항하지 않을 때는 갑문식어도로서 운용

- 선박은 Ibi river의 우안 측에 설치된 갑문을 통해서 나가라가와 강을 왕래 할 수가 있으며, 갑문의 조작은 갑문 게이트 개폐 장치 조작실에서 조정하며, 조작실에는 조작원이 상시 대기하고 있어 항해하는 선박이 상하류로 통선 요구 선줄을 당겨 신호하는 것으로써 조작을 개시
- 배의 통행에 의한 바다물 역류 방지 : 갑문을 통해 선박을 통행 시킬 때 하류의 바다물이 거슬러 올라가는 것을 막기 위해 제염 펌프가 설치되어 있으며, 갑문 내에서의 수위 조정을 위해 물을 주입시 펌프를 운전하여 갑문내의 염분 농도를 저하 시켜 바닷물의 상승을 막음



<그림 F-27> 갑문의 전경

□ **기타 시설물**

- 게이트 개폐 장치실 : 게이트를 개폐하기 위한 기계장치실로 게이트는 통상 관리소 내의 조작실로부터 원격 조정되며, 원격 조정이 되지 않을 경우 게이트 개폐 장치실에서 직접 게이트의 개폐 가능

- 관측소 : 수위, 수질, 수온, 파랑의 높이 등을 자동으로 관측하고 관측된 데이터는 관리소까지 송부
- 아쿠아 플라자 : 1994년 4월 나가라가 하구언의 자료관으로서 아쿠아 플라자가 개관 되었으며(건설비 5억 엔) 플라자 관내에서는, 대형영화관, 패넬, 리모콘 카메라, 모형 등을 사용해 나가라가와의 역사나 하구언 사업을 알기 쉽게 소개하고, 하구언 시설물이 가까이 보이는 테라스나 주위의 경치를 관찰할 수 있는 전망실 설치



<그림 F-28> 아쿠아 플라자 전경과 내부 구조도

## 2) Chikugo Barrage(Kurume city)

- 하구언 축조 주목적 : Chikugo 하구언은 1974년에 계획수립이 되었고 1980년에 착공하여 1985년에 준공되었으며, 축조 주목적은 홍수방지(치수), 용수이용(이수)에 있으며, 호측 관리수위는 만조위보다 높게 유지하고 있으나, 연간 10회 정도는 만조위보다 0.2m 정도 낮은 경우도 있으며, 조수 간만의 차는 6.00m,  $\pm 3m$ 이며, 유역면적 2,860km<sup>2</sup>, 하천길이 143km, 하구언 전폭 501.6m

### □ 하구언의 주요시설



<그림 F-29> Chikugo 하구언의 주요시설

- 찌꾸고 하구언 관리소 : 관리소는 좌안측의 쿠루메시에 위치하며 수질관리 및 게이트의 조작은 관리소 3층에 있는 조작실에서 실시
- 제수문 : 제수문은 하구언 중앙에 3개의 게이트로 되어 있으며, 항시 언더플로우 (underflow) 상태에서 방류
- 조절 게이트 : 조절 게이트는 하구언 좌우에 1문씩 2문 설치되어 있고, 평상시에는 오버플로우(게이트천단으로부터 월류)로 유출시에는 언더플로우(underflow)(게이트 하단으로부터의 유출)로 조작



(a) 관리소 전경



(a) Underflow 방류



(a) 조절게이트 전경



(b) 조작실

<그림 F-30> 관리소



(b) 제수문 물 차단

<그림 F-31> 제수문



(b) 조절게이트 overflow

<그림 F-32> 조절게이트

## □ 어도

### ① 계단식 어도

- 찌꾸고 하구언의 어도는 3개의 수로로 되어 있으며 양단에 2개는 물고기 이동을 위한 수로이며(좌하 사진 양단 2개의 수로) 중앙의 수로는 물고기를 유인하도록 하는 유인수로



<그림 F-33> 하류와 상류에서 바라본 계단식 어도

### 3) 조사결과 고찰

- Nagaragawa Estuary Barrage와 Chikugo Barrage에 설치된 일본의 어도사례 조사 결과, 이들 시설의 주요 목적은 홍수방지, 용수이용에 있으며, 어도의 형식은 갑문식, 계단식(유인수로), 자연하천형 등이며, 어종은 경제성이 있는 Ayu, 은어 등만 선정
- 일본의 계단식 어도는 어도 중앙부의 유인수 수로와 좌우에 계단식 어도로 구성되어 있고, 유인수로로부터 빠른 유속의 물을 흘려보내 어도 입구에 물고기를 모으며 어도로부터 거슬러 올라갈 수 있도록 되어 있으며 이들의 이동 모습은 관찰실을 설치하여 관람

#### 다. 미국과 일본의 어도설치 사례에 대한 종합분석

- 이상에서 조사된 미국과 일본의 어도현황에서 우리나라의 생물다양성 확보 차원의 어도설치 목적과 달리 미국과 일본의 어도는 경제성을 고려하여 설치되었으며, 어도를 이용하는 어종 또한 연어, Ayu, 은어로 국한
- 친수적인 목적으로 어도에 관찰실과 같은 부가시설을 설치하여 일반인들의 관광 효과와 학생들의 교육효과를 고려하는 측면에서는 인간과 하천환경의 조화라는 관점에도 그 목적을 두고 있음
- 결론적으로 우리나라의 어도 설치 목적은 일본이나 미국의 어도설치 목적과 다른 생태계보전에 있으며, 하천에 서식 가능한 모든 어종이 이용할 수 있도록 설계되어야 하며, 부가적으로 인간과 하천환경의 조화라는 관점에서도 어도에 관찰실과 visitor center 등 같은 부가시설을 설치하여 경제성 및 생물 다양성 확보 및 부가적으로 인간과 하천환경의 조화라는 관점에서도 그 목적을 설정

## F.3 생태·경관 개선 사례 고찰

### F.3.1 국외 사례

#### 가. 하구둑 방조제 사례

##### 1) 빅토리아 방조제

- 런던 템즈강 하류에 조성된 방조제로 도심 내 blue-walk을 위한 water front로서 1868~1874년 동안 개발되었고, 방조제 부두 배를 이용해 Kew나 Tower Bridge 등 주변 관광자원과 연계



빅토리아 방조제 위치도



전등 램프 장식



제방과 연결된 선착장



환경조각물

<그림 F-34> 빅토리아 방조제

##### 2) 카디프 방조제

- 영국 Ely강과 Taff강의 하구로 둘러싸인 Southwales의 해안에 위치한 카디프 방조제는 1994~1999년에 걸쳐 완성되었으며, 방조제 길이는 1.1km
- 카디프 방조제의 주요 가동부분은 수문과 다리, 어도(fishpass)로서 총 3개의 수문은 각 40m길이이고, 카디프 만과 세번강 사이를 지나는 배를 통과시켜, 카디프해 너머의 도시경관과 항구를 동시에 볼 수 있으며, 카디프만의 경관을 조망할 수 있는 배 모양의 데크 위에 조망점을 설치하고, 하단부에 자전거 전용도로를 연결
- 기존 방조제 내측사면의 콘크리트라이닝을 제거하고, 잔디를 식재하여 사면을 보호하고, 해안의 환경을 고려하여 종자를 배합하거나 해외에서 수입한 가로수 식재를

하였고, 다양한 식물종의 도입으로 자칫 분산될 수 있는 이미지를 평면의 조형적 디자인으로 정돈된 이미지로 전환하였고, 갯벌에는 해안식량이 풍부하여 약 100,000마리의 조류가 서식, 이들 중 6,000마리는 섭금류로서 관광객에게 볼거리를 제공



방문객 센터

해변가게 전경

<그림 F-35> 카디프 방조제

### 3) 유다지 프로젝트

- 1885년 유다지협회 설립, 1916년 유다지 서쪽해안지역 대홍수 이후 유다지 간척 사업을 위한 법률안 의회 통과, 1920년 방조제 건설 본격적 시작, 댐건설과 5곳의 간척용지 조성사업 포함 총 16만5천ha의 용지 조성
- 유다지 간척사업은 초창기에 홍수방지, 수자원관리 및 식량증산을 위한 농경지 확대를 목적으로 하였으나, 도시화의 진전과 경제성장 및 여가활동 증가 등에 따른 용지부족으로 네덜란드 서부의 도시화된 지역에 근접한 Flevoland(1950~56년 댐건설을 거쳐 1957~76년에 개발된 Eastern Flevoland와 1959~67년 댐건설을 거쳐 1968~96년에 개발된 Southern Flevoland)는 원래의 간척목적을 전환하여 도시적 용도 비중 확대
- Flevoland 지역에서는 캠핑, 사이클, 모터보트, 레크리에이션 등 다양한 토지이용 형태를 보이고 있으며, 유다지 간척지 네 곳의 인구는 2004년 현재 약 36만



간척사업 메모리얼파크



제방 모자이크 장식



산책로



메모리얼 파크의 조각물



Afsluit 방조제



대제방의 전망 휴게소

<그림 F-36> 네덜란드 쥬다지 프로젝트

#### 4) 아끼다현 방조제

- 총면적 22,024ha의 간척용지, 방수제 길이 52km, 간척지 내 박물관 설치, 조류 관찰대 및 데크, 생태공원, 간척지내 중앙도로 양측의 녹지대 조성 등 공간 활용

<표 F-7> 아끼다현 방조제의 개요

아끼다현 방조제		
방수제길이	52km	
간척지면적	·동서 12km, 남북 27km, 총면적 22,024ha (수면적 포함)	
토지이용	중앙 간척지	10,802ha
	주변 간척지	1,653ha
토지활용 및 프로그램	<ul style="list-style-type: none"> <li>·간척지 내 박물관 설치</li> <li>·조류 보호구역 내에 조류관찰대 및 데크 등의 관찰시설을 마련 탐방객의 생태 교육에 활용</li> <li>·중심지 서편에 약 200여종의 야생조류가 서식</li> <li>·각종 시설이 입지해 있는 간척지의 중심지에 생태공원을 조성</li> <li>·간척지 내 중앙 도로 양측에 15m 정도 너비의 은사시나무, 곰솔 소나무, 빛나무 등을 식재 녹지대를 조성</li> </ul>	

- 아끼다현 방조제 조류관찰 공간과 생태공원 현황



(a) 간척지 내 조류 관찰 공간



(b) 아끼다현 간척지 내 공공시설지구와 생태공원

<그림 F-37> 아끼다현 방조제

## 나. 하구 및 수변지역 개발 사례

### 1) Mission Bay Aquatic Park

- 미국 캘리포니아주 샌디에고의 수상스포츠의 메카지역에 위치하며, 1852년~1929년 San Diego 교통 혼잡을 줄이기 위해 현재 도로로 사용되고 있는 독으로 San Diego River의 물줄기를 Mission Bay로 전환, 1929~45년 주정부 공원부문에서 증여자의 기증과 구입에 의해 토지를 소유하나, 예산부족으로 불가능하여, 1945~62년 주정부와 연방정부의 도움으로 하천 준설 시행과 이 지역을 위한 기본계획을 충족하는 토지편집을 수행(1946년~1961년 : 토지 정리 작업), 1962년~현재 수많은 토지소유임대로 발전
- 토양유실과 모래톱 등은 Dragline 작업으로 관리하며, Sauerman Bucket으로 유실된 토양과 모래들을 다시 해안으로 이송하며, 샌디에고의 역사적인 개발형태로 계획에 있어서 많은 시간과 노력이 필요하였으며, 하구둑의 기능적인 면과 공간적 기능을 주변 환경과 맞게 발전시킬 필요가 있음

## 2) Yacht Basin in Bay of Natal, Durban, South Africa

- 남아프리카 공화국의 Durban시에 위치하며, Victoria Embankment Waterfront City 개발로 주변 하천의 퇴적물에 의해 생성된 모래톱을 이용하여 수상스포츠를 목적으로 조성하였으며, 건조한 경관에서 수상스포츠를 접목시킴으로서 Natal만은 화물 운송에서 관광과 수변도시로 탈바꿈하여, 수상스포츠의 각종 동호회단체들이 생겨나 지역문화의 전환점이 되었으며, 늘어나는 관광객의 수송을 대비하여 교통망 또한 확충하였으며, 하구둑 주변을 가능하면 지역경제와 문화간의 긴밀한 연결점이 유형항목을 포함하는 방법으로 찾을 필요 있음



<그림 F-38> Yacht Basin in Bay of Natal, Durban, South Africa의 구상도

## 3) 요코하마 MM21

- 일본의 동경과 약 30Km 떨어진 요코하마시의 해안에 위치하며, 1965년에 구상되어 1983년에 착공하였으며, 요코하마 MM21의 목적은 항만 기능 질적 전환과 수도권 업무기능의 분담, 목표는 물과 녹지에 둘러싸인 인간환경 도시로 재난에 강한 안전하고 쾌적한 생활, 지역의 특성을 감안한 종합적인 도시 추진
- 휴식, 항만, 기업 분담의 최대 대체지로서 다목적 기능을 할 수 있는 계획이 필요하며, 많은 시민들에게 항구와의 친근감을 주기 위해 상징적인 디자인과 함께 새로운 정비, 그리고 워터프론트의 귀중한 특성을 살려 인간과 자연이 융합

## 4) 마쿠하리 신도심

- 일본 지바시 남부 도쿄만 연안에 위치하며, 사업기간은 1972~2000년으로, 1967년 2월 지바현 제2차 종합 5개년 계획에 임해 뉴타운 구상, 1983년 11월 마쿠하리 신도심 사업화 계획 결정, 1992년 12월 마쿠하리 멧세 방문객 2,200만명 초과

- 수도권(도쿄권)에서의 우위 확보를 목적으로 지바신산업 삼각 구상을 하여 기업 이전을 전제로 한 일본최대규모의 신도심 개발로 국제교류 및 복합기능 거점의 성격을 갖는 다목적 공간 조성에 의한 매력적 도시 공간 창출

### 5) 우미노 카나미치 해변공원

- 일본 후쿠오카에 현해탄과 하카타만을 가로질러 놓인 반도 중앙부에 조성된 해변공원으로, 시민을 위한 친수공간을 제공하기 위해 레크레이션 공원을 목표로 개발하였으며, 2차 대전 이전부터 비행장으로 사용하였고, 연간 이용객은 180만명
- 일본에서 5번째로 국영공원으로 조성되었으며, 부산이 안고 있는 숙제 중 하나인 하일리아 부대 공원화사업과 유사하며, 다섯 개의 테마와 프로그램으로 형성되어 있으며, 숙박시설 조성
- 규모가 크고 시설이 풍성하다는 물리적인 특성뿐만 아니라 기존의 자연환경을 최대한 활용하였으며, 이용객의 접근 및 이용체계를 다양하게 고려하고 있다는 점에서 일본과 후쿠오카시라는 정체성을 공원을 통해 상징

## 다. 기타 유사 사례

### 1) 일본 Nakaikemi



다슬기/반딧불이 서식처



습지



전통농가 체험



학생들의 체험농장



농경지/습지관찰/생산농지



농가내 전통농기구 전시장



농경/생태 등의 교육관



소규모 퍼머컬처



컴포스터

<그림 F-39> Nakaikemi 생태공원 내의 주요시설 현황

- 생물종의 서식을 위한 서식처 및 채식환경을 조성하고, 다양한 프로그램을 통한 체험, 관찰학습 및 재미 부여, 농촌시설(논, 농가, 농기구 등)과 연계한 우수활용, 피머컬처, 컴포스트 조성으로 에너지 재생

### F.3.2 국내 사례

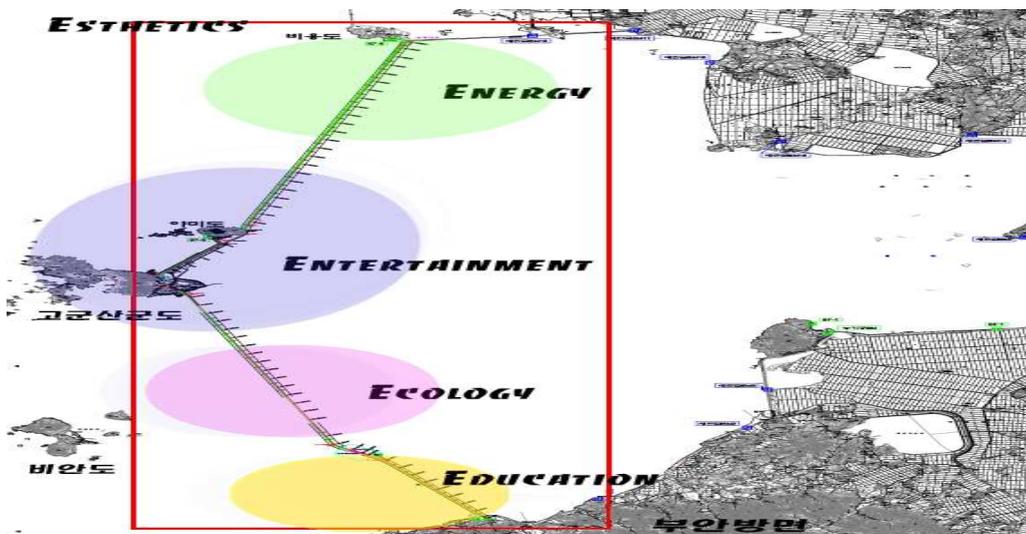
#### 가. 하구둑·방조제 사례

##### 1) 새만금 방조제

- 최근 새만금 방조제는 관광, 휴식, 생물서식처 등 다양한 기능을 수행할 수 있도록 공간계획을 수립하고 방조제 사면에 대한 녹화공법 등을 적용한 경관개선계획 수립
- 새만금 다기능 방조제 공간의 기본개념(5E) 및 공간구상 내용은 <표 9-2>

<표 F-8> 새만금 방조제 기본 개념 및 공간구상

기본 개념	공간 구상 내용
Education	방조제와 간척에 대한 교육 및 홍보의 공간 - 전시관 및 1호 방조제 내측공간
Ecology	생태적으로 안정한 공간 - 2호 방조제 내측공간
Entertainment	다양한 이용이 가능한 체험 공간 - 신시-야미도 구간의 3호 방조제 내측공간
Energy	자연친화형 에너지의 활용 - 4호 방조제 내측공간
Esthetics	심미적, 문화적 활동이 가능한 열린 공간 - 방조제 전체공간



<그림 F-40> 새만금 방조제 전체공간의 5E Concept 기본구상도

## 2) 삽교 하구둑

- 위치 : 충남 아산시 인주면 문방리 ~ 충남 당진군 신평면 문정리
- 사업기간 : 1975 ~ 1988
- 방조제 길이 : 3,360m(당진군 신평면 ~ 아산시 인주면)
- 이용 형태 및 시설물
  - 관광단지 조성기간 : 1차(1983.12 ~ 93.12), 2차(1994.1 ~ 2001.12)
  - 관광단지 투자조성계획 : 25,170백만원(공공 : 4,871백만원 민자 : 20,299백만원)
- 주요 관광시설
  - 공공시설 : 주차장 3개소(696대), 공중화장실(3동), 잔디공원 1개소, 체육공원 1개소
  - 기타시설 : 삽교천 함상공원(1998 ~ 2001)
  - 연간 관광객 수 : 2,746천명 (1일 최고 : 25,000명)
  - 연간 주차대 수 : 320천대 (1일 최고 : 3,000대)



배수갑문 전경



파고라 및 산책로



해측 조망공간



기념비



식당가 및 주차장



수상레포츠 시설

<그림 F-41> 삽교 하구둑 시설 및 이용 현황

<표 F-9> 삼교 하구둑 잠재여건 분석

구 분		내 용
기 회 성	다양한 시설	·헛집이나 어시장 등의 먹거리와 함상공원 등의 볼거리 및 놀이시설 등의 조성으로 관광객의 유치 유도
	방조제 사면의 계단	·이용객들이 사면위로 용이하게 올라갈 수 있도록 사면 넓은 구간에 계단 조성
	유료 주차장	·하루 1,000원의 주차요금을 받아 외곽시설 수익으로 활용
	전망공간 조성	·지대가 높은 곳에 내측을 관망할 수 있는 벤치 등을 조성
	사면 녹화 계획	·사면을 해측, 내측, 내측 완사면으로 나누어 녹화공법을 실시하여 생태적이며 관광객에서 친환경이미지를 심어줌
	기존 공간 개선	·방조제 공간에 전면적인 계획을 통하여 향후 방문객의 이용이 예상 됨
제 한 성	불투수성 포장	·외곽시설에 조성된 산책도로 불투수성 포장재로 조성
	수목 관리 소홀	·낙엽수의 전정이 심하게 처리되는 등 수목관리가 소홀하여 경관적으로 좋지 않음
	공지의 관리 소홀	·시점부 일부 부지의 관리소홀로 버려진 포장마차 등이 경관을 해침
	관광 안내소 비활성화	·관광안내소로의 접근성이 용이하지 않아 이용객 거의 없음
총 합	·관광객을 위한 함상공원, 놀이공원을 비롯한 수산물 시장 및 헛집 등의 다양한 이용시설이 있으나, 시설들이 다소 조밀하게 입지	

### 3) 서산 방조제

- 위치 : 충남 서산시 홍성군 및 태안지구
- 사업기간 : 1980 ~ 1995년, 방조제 길이 7,686m
- 이용행태 및 시설물 : 공원과 어린이 놀이시설, 철새 탐조대, 간이화장실 등
- 방조제 내측 사면을 잔디와 초지 등으로 녹화, 동양 최대 철새 도래지로 다양한 철새들을 관찰할 수 있고, 철새 기행전 등 관광 자원을 통한 많은 방문객 유치
- 방조제 인근 주변 관광 자원의 효율적 활용을 통한 방문객 유치, 지역 특산품을 관광 상품으로 판매, 이용객들을 고려하여 전체적으로 휴양시설이나 화장실 등의 편의시설이 깨끗하게 조성되어 있으며 지속적인 관리 시행



조류탐조대 전경



조류탐조대



안내판



간이 화장실

<그림 F-42> 서산 하구둑 시설 및 이용 현황

<표 F-10> 서산 하구둑의 잠재여건 분석

구 분		내 용
기 회 성	공원 및 어린이 놀이시설 조성	·방조제 외곽시설부지에 해측을 전망할 수 있도록 휴게시설 등을 비롯한 공원시설과 어린이 놀이공원이 조성
	사면녹화	·방조제 내측의 사면을 잔디와 초지 등으로 녹화
	간이화장실	·공원 입구 및 방조제 중간에 깨끗하게 만들어진 간이화장실이 조성되어 있어 이용객들에게 좋은 이미지를 제공 ·장애인용 화장실이 따로 마련되어 있음
	철새 도래지	·우리나라 최대의 철새도래지로 가창오리, 기러기, 오리 등이 오며, 철새기행전의 개최를 통해 서산 천수만에 오는 철새들을 관찰할 수 있도록 방문객을 유도
	상업시설지의 간판	·외곽시설에 조성된 음식점 및 숙박시설 간판을 따로 만들지 않고, 일괄적으로 만들어 깔끔한 이미지 제공
	어획 행위	·방조제 해측을 이용한 낚시 가능
	관광상품	·방조제 인근의 간월도의 특산품인 어리굴젓 등이 관광 상품으로 판매
제 한 성	안내사무소의 부재	·방조제 및 외곽시설을 찾는 이용객들에게 홍보할 수 있는 안내소 등이 없음
	다양한 이용 시설의 부족	·적극적으로 관광객들을 끌어들일 수 있는 이용시설이 부족
총 합	·전체적으로 공원 및 어린이 놀이시설 등이 깔끔하게 조성되어 있었으며, 깨끗하게 조성된 간이화장실이 인상적이며, 동양최대의 철새도래지로 철새기행전 등이 개최	

#### 4) 금강 하구둑

- 전북 군산시 성산면 ~ 충남 서천군 마서면 위치하며, 1982년 ~ 1990년에 준공하여, 방조제 길이는 총 1,890m
- 이용 형태 및 시설물
  - 공공시설 : 관리사무소, 주차장, 광장, 도로 산책로, 오수처리장
  - 상가 및 숙박시설 음식점(8), 일반상가(1), 토산품판매점(1) , 가족호텔(1), 여관(3)
  - 운동·오락 휴양시설 : 심신단련장, 수영장, 사계절 썰매장, 유희시설, 양궁장, 오락장, 윈드서핑장, 롤러스케이트장, 전망대, 휴게소, 야영장, 잔디광장 등
  - 철새관찰대 및 기타 부지 녹지



금강 하구둑 전경



금강휴게소



산책로



주차장 전경

<그림 F-43> 금강 하구둑 시설 및 이용 현황

<표 F-11> 금강 하구둑 잠재여건 분석

구 분		내 용
기획성	사면녹화	·방조제(둑)일부 사면을 잔디 등으로 녹화
	Riverside Park	·수변가에 조성된 리버사이드 공원에는 사계절 썰매장과 바이킹, 디스코 타가다 등 다양한 놀이시설이 입지
	철새도래지	·청둥오리, 세계적인 희귀조류인 검은머리물떼새와 검은머리갈매기 등이 관찰, 관찰대 및 탐조활동 활발
	지하를 활용한 이동통로 조성	·방조제(둑)를 사이로 조성된 공원을 용이하게 이용할 수 있도록 지하통로를 만들어 보도로 활용
	갈대숲 및 산책로 조성	·방조제(둑)내측으로 조성된 갈대숲을 볼 수 있는 수변 산책로 조성
제한성	관리체계의 일원화 부족	·양쪽으로 나뉜 금강하구둑의 일원화된 관리체계가 요구
종합		·전북과 충남을 잇는 금강하구둑은 양쪽부지가 모두 공원이나 놀이공원 등으로 활용, 철새도래지 특성을 살려 양쪽으로 관찰대 및 탐조대가 조성

5) 낙동강 하구둑

- 낙동강 하구둑은 부산 사하구 하단동(下端洞)과 강서구 명지동(鳴旨洞) 사이에 위치하며, 1983 ~ 1987년에 준공하여, 방조제 길이는 총 2,400m
- 이용 형태 및 시설물로는 공공시설로 주차장, 공중화장실, 기념광장 1개소, 전망대 1개소, 상가시설로 횃집, 기념품상가, 휴게소, 주유소, 여관, 기타시설로 을숙도 수변 생태공원, 배수관문의 경관조명

<표 F-12> 낙동강 하구둑 잠재여건 분석

구 분		내 용
기획성	다양한 시설 입지	·횃집이나 어시장 등의 먹거리 등의 볼거리 및 놀이 시설 등의 조성으로 관광객의 유치 유도
	을숙도 수변 생태공원	·하구둑 여유부지에 친환경 수변공간을 제공함으로써, 관광객의 산책 및 생태학습공간을 제공
	전망공간의 조성	·지대가 높은 곳에 내측을 관망할 수 있는 벤치 등 조성
	사면 녹화 계획	·사면을 해측, 내측, 내측완사면으로 나누어 녹화공법을 실시 생태적이며 관광객에서 친환경이미지를 심어줌
	철새 도래지	·다양한 철새들이 겨울에 찾아와 볼거리를 제공
	배수갑문 경관조명	·LED 조명을 통해 야간에도 다양한 경관 제공
제한성	불투수성 포장처리	·외곽시설에 조성된 산책도로 불투수 포장재로 조성
	수목관리의 소홀	·낙엽수의 전정(剪定)이 심하게 처리되는 등 수목관리가 소홀하여 경관적으로 좋지 않음
	관광안내소 비활성화	·관광안내소로 접근성이 용이하지 않아 이용객 부재
종합		·관광객을 위한 합상공원, 놀이공원을 비롯한 수산물 시장 및 횃집 등의 다양한 이용시설이 있으나, 시설들이 다소 조밀하게 입지



낙동강 하구둑 및 울속도 공원 안내도



울속도 수변(생태)공원 안내도



물 문화관



준공기념탑



하구둑 전망대



수변 산책로



자전거 대여점



야외 공연장



울속도 생태주차장



조류관찰대

<그림 F-44> 낙동강 하구둑 시설 및 이용 현황

### 6) 울속도 생태공원

- 쓰레기 매립장으로 바뀌어 버린 예전의 동양최대 철새도래지라 불리던 울속도가 다시 생태공원으로 복원
- 주요시설로는 문화회관, 자동차 전용극장, 야외공연장, 인라인스케이트장, 간이 축구장, 잔디광장, 휴게소 등 생태환경의 복원과 더불어 지역주민의 여가 및 환경 교육의 장으로 거듭남
- 울속도 생태공원 내 주요시설현황은 <그림 F-45>

### 7) 아산만 방조제

- 아산만 방조제는 경기도 평택시 현덕면 권관리~충남 아산시 인주면에 위치하며, 방조제길이는 총 2,564m, 이용행태 및 시설물로는 방조제 지구 북측으로 평택항 외곽호안 공사, 방조제 남측으로는 아산시에서 공제지구 공유수면 매립사업을 추진 중에 있고 또한 인주공단 연결도로 기본계획 수립



을숙도 생태공원 평면도    주차장 투수성 포장재료    조류서식처 및 조망권  
 <그림 F-45> 을숙도 생태공원 내 주요 시설 현황



배수갑문 전경    기념광장    주차장    해수측 낚시  
 <그림 F-46> 아산만 방조제 시설 및 이용 현황

<표 F-13> 아산만 방조제 잠재여건 분석

구 분		내 용
기 회 성	관광단지 조성	·방조제를 중심으로 수변을 따라 관광지가 조성
	다양한 시설	·숙박시설 및 핫집 등의 음식점, 예술관 및 식물원, 자동차 극장 등의 문화시설, 요트, 윈드서핑 등의 운동시설 도입
	수변 활용 데크 및 전망시설	·수변가를 따라 조성된 목재 데크 시설이 이 지역의 특이한 경관
	담수측 수변의 완충녹지 조성	·수변데크시설과 담수측 사이 사면에 초지로 완충녹지 조성
	건축물 조성	·특이한 건축물로 조성된 평택호 예술관
	유료 주차장	·시점부 주차장 유료화로 관광지의 유지관리비용 로 활용
제 한 성	사면처리	·콘크리트로만 조성된 방조제 사면처리
	외곽시설 부지 비활용	·방조제 상에 만들어져 있는 부지의 나지화
	간이 편이 시설 부족	·시점부 부지의 대부분이 주차장으로 활용되어 화장실이나, 편의점과 같은 편의시설 부족
	관광안내 사무소 활용	·관광지 안내 사무실이 충분히 활용되지 못함
총 합	·아산방조제를 중심으로 형성된 관광단지에는 음식점, 숙박시설을 비롯한 문화레저, 복지시설 등이 다양하게 조성되어 있으며, 수변가를 따라 조성된 목재데크가 특이한 경관을 연출	

## 8) 시화 방조제

- 경기도 시흥시 정왕동 오이도 ~ 경기도 안산시 대부동 방아머리에 위치하며, 1987 ~ 1994년에 준공하여, 방조제 총길이는 11,200m로 이용 형태 및 시설물로는 공공 시설로 관리사무소, 주차장, 광장, 도로 산책로, 우수처리장, 숙박시설은 가족호텔, 여관, 민박, 펜션 등, 휴양시설은 오이도 해상공원



시화 방조제 전경



해측부 낚시



인라인스케이트 이용

<그림 F-47> 시화 하구둑 시설 및 이용 현황

<표 F-14> 시화 방조제의 잠재여건 분석

구 분		내 용
기회성	서울근교	·서울 지하철과 연결되어있고 서울 근교라 관광객이 많고 다양한 놀이를 즐길
	호수측공간의 낚시터	·다양한 어류가 존재하여 낚시인들이 많이 모임
	자전거 도로조성	·서울인근에 위치하고 있어 인라인스케이트 동호인과 자전거동호인들이 쉽게 접근하여 즐길
제한성	관리체계의 일원화 부족	·일원화된 관리체계가 요구
종합	·서울 인근에 위치하고 있어 각종 동호인들과 시민들이 다양한 목적으로 찾아오고 있으며 이에 따른 공간구성이 필요	

## 다. 기타 유사 사례

### 1) 순천만 생태공원

- 우리나라에서 자취를 감춘 해안하구의 자연생태계가 원형에 가깝게 보전되어 있으며, 순천만은 조류와 갯벌 또한 흑두루미의 월동지로 다른 지역에서 볼 수 없는 갈대가 고밀도로 단일 군락을 이루고 있으며, 75km<sup>2</sup>가 넘는 해수역, 21.6km<sup>2</sup>의 갯벌면적, 5.4km<sup>2</sup>에 달하는 거대한 갈대군락이 형성되어 지난 2003년 12월에 해양수산부로부터 습지보존지역으로 지정되어 관리되고 있으며 2004년에는 동북아 두루미 보호 국제네트워크에 가입



휴게 및 야생초 학습원



자연형 하안 및 실개천



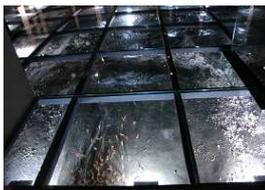
습지 관찰데크

순천만 생태공원 안내도

<그림 F-48> 순천만 생태공원 안내도 및 주요시설 현황

## 2) 순천만 전시관

○ 순천만 전시관의 주요 전경 및 관람 안내도



전시관 내부 바닥면의 수족관화



다양한 전시를 통한 학습



멀티미디어를 통한 환경교육



참여를 통한 교육 유도

<그림 F-49> 순천만 전시관 및 내부시설

### 3) 충주 다목적댐

- 충주 다목적댐은 충주시 종민동과 동량면 조동리에 위치하며, 길이 464.0m, 높이 97.5m인 콘크리트댐으로 1978 ~ 1985년에 준공되어 소양강댐 다음의 저수 능력을 갖고 있어 각종 용수를 수도권 지역에 공급하고, 홍수조절·수력발전·관개(灌溉)·상수(上水)·공업용수 공급 등의 여러 목적으로 사용
- 내륙호수인 충주호는 호반 관광지로 조성되었으며, 충주 탄금대와 중앙탑이 호소로 연결되고 본 댐에서 단양팔경까지 수상여행 길이 열려 관광자원 개발에 기여

### 4) 대청 다목적댐

- 대청 다목적댐은 대전광역시 대덕구 ~ 충북 청원군에 위치하며, 길이 495.0m, 높이 72.0m인 중력식 콘크리트댐과 사력댐으로 1975 ~ 1981년에 준공
- 본댐과 조정지댐, 그리고 본댐 주변에는 저수지내 물이 다른 지역으로 넘치지 못하도록 해 주는 3개의 보조댐이 있으며, 대전과 청주지역으로 용수를 공급하기 위한 도수로와 수력발전소가 있으며, 댐 하류지역의 홍수피해와 하류연안 농경지의 염수피해 경감, 그리고 급격히 증가하고 있는 유역 내 인접도시에 용수공급
- 잔디광장이 깨끗하게 조성되어 있어 편안한 휴식 공간을 제공하고 있으며, 전망대(팔각정휴게소)에 오르면 대청호 조망 가능

### 5) 장흥 다목적댐

- 장흥 다목적댐은 전라남도 장흥군 부산면 지천리에 위치하며, 길이 403.0m, 높이 53.0m인 콘크리트 표면차수벽형 석괴댐으로 1997 ~ 2006년에 준공되어 전남 9개 시·군에 대해 약 1억 3000만<sup>m</sup>의 생활·공업용수 등을 공급하고, 수력발전기 1기를 갖추어 전기 공급 가능
- 2005년 상수원보호구역과 수변구역으로 지정되어 보호되었으며, 수질 보호를 위해 하수처리장과 인공습지, 수중폭기장치와 수질자동측정기를 설치하였으며, 댐 주변을 관광지로 만들기 위하여 수몰지역의 문화와 유물을 전시한 물 문화관과 생태문화마을, 수변환경공원, 체육공원, 어류보호시설 등을 조성

## F.3.3 종합 및 시사점 도출

- 국내 방조제의 경우, 해외 사례에 비하여 관광 잠재자원, 생태자원이 뒤떨어지지 않으나 사람들의 이용, 관광을 고려한 시설은 미흡한 실정

- 다기능 하구둑 계획시 이용객들의 유형(지역민, 관광객)을 고려하여, 규모가 크고 시설이 풍성하다는 물리적인 특성뿐만 아니라 기존의 자연환경을 최대한 활용하고, 주변 관광 자원과 효율적 연계를 통해 방문객 유치를 함.
- 일반인들을 위한 농어촌 및 생태에 관한 프로그램 개발, 그리고 이용객들을 고려하여 화장실 등의 편의시설에 대한 지속적 관리 시행
- 많은 시민들에게 하구둑과의 친근감을 주기 위한 상징적인 디자인과 함께 정비 계획이 필요하며, 친환경적인 계획 및 공법을 실시하여 생태적이며 관광객에게 친환경이미지를 줄 수 있고, 일시성이 아닌 지속적인 관심이 이루어지며 역사적인 개발형태가 되도록 계획 수립
  - 오랫동안 토지를 보호하기 위한 제방 또는 둑은 도시의 경관과 도시화를 보여주는 상징이 되는데 과거의 기능적인 측면을 뛰어넘어서 문화적 유산으로 받아들이고, 문화를 상징하는 인식이 자리 잡도록 조성
- 국내외 관련 사례를 통해 영산강 하구둑 개선을 위한 계획요소 도출

<표 F-15> 계획 요소 도출

구 분	내 용	주 요 내 용
자연 생태적 요소	논	·농경지의 생태적 활용 (농경지 보전 혹은 공원화)
	습지와 하천	·다양한 유형의 습지와 하천 등 도입
	초지와 관목덤불숲	·초지, 관목덤불숲 등 다양한 유형의 서식처 도입
경관 요소	조망 시설	·대상지역의 경관을 즐기는 조망 시설 도입
농업 환경적 요소	체험 및 학습장	·농업체험, 작물 생산, 퍼머컬처 등 도입
	판매 및 전시장	·판매장, 전시장 등 도입
	농업박물관	·농업 관련 시설들의 박물관화, 전통가옥 등 도입
전시관	관찰 및 교육실	·기본적 요소로서 관찰과 교육, 퀴즈풀이 등의 프로그램 제공
	판매실	·관련 자료들의 판매 등
	체험실	·실내에서 자연 및 생태에 대한 체험프로그램 제공

## G. 영산강 하구둑 구조개선사업 사회경제성 효과 분석

### G.1 편익측정방법

#### G.1.1 홍수조절편익

##### 가. 침수대상 사업지구 침수면적 산정

- 다차원법의 산정방법에 따라 침수구역의 자산조사에 의해 산정된 건물, 건물내용물, 농작물, 유형 및 재고자산에 대한 가치에 빈도별 침수편입율과 자산유형별 침수심에 따른 피해율을 곱하여 영산강 구조개선 사업에 대한 빈도별 피해액을 산정
- 농업지역의 피해액 산정에서 농작물의 경우 농작물의 침수기간에 따라 피해액의 차이가 있으나 침수기간을 예측하는데 보다 세부적인 분석이 필요하기 때문에 국내하천의 홍수도달시간이 대개의 경우 1~2일미만으로 장기간이 아닌 점을 고려 1~2일로 가정하였으며, 농지피해액의 경우 유실과 매몰의 평균값을 사용
- 공공시설물의 경우 일반자산 피해액에 대한 공공시설물의 피해액 비율을 이용하여 산정하였으며, 작부면적이 없는 지역에서는 0.745, 작부면적이 있는 지역에서는 1.694를 사용하여 공공시설물의 피해액을 산정하였고, 간접피해액은 제외
- 영산강 구조개선 사업의 대안별 사업 전·후에 대한 재해대책을 토대로 각 시설 계획안별 50년, 100년 빈도의 강우시 영산강 유역에 대한 침수면적을 산출하였고, 영산강 유역의 침수피해 경감면적 분석 결과는 <표 G-1>

<표 G-1> 빈도별 침수심별 침수면적

단위: ha

빈도 (년)	침수심(m)	침수면적		침수피해 경감면적
		사업전	사업후	
50년	0-0.5	3,092	2,041	1,051
	0.5-1.0	2,352	1,118	1,234
	1.0-1.5	1,706	883	823
	1.5-2.0	886	649	237
	2.0-2.5	319	569	-250
	2.5이상	110	291	-181
	소계	8,465	5,551	2,914
100년	0-0.5	3,095	2,390	705
	0.5-1.0	2,619	1,492	1,127
	1.0-1.5	2,097	1,130	967
	1.5-2.0	1,509	880	629
	2.0-2.5	569	676	-107
	2.5이상	192	475	-283
	소계	10,081	6,806	3,038

<표 G-2> 침수피해 경감면적

(단위 : ha)

구 분	사업전	사업후	경감면적	비고
지석천	941	633	308	
황룡강	1,792	766	1,026	
광주천	50	34	16	
고막원천	904	889	15	
함평천	1,030	987	43	
영산강	5,354	3,724	1,630	
합 계	10,071	7,033	3,038	

나. 행정구역별 대상자산 조사

○ 지역특성은 일차적으로 특정지역이 가지고 있는 주거특성, 농업특성, 산업특성으로 대분류되며, 각 행정구역별 지역특성을 반영하는 구체적인 자산 산정 방법은 <표 G-3>에 나타내었으며, 이러한 지역특성에 관한 정보는 통계청과 같은 공공기관의 자료들을 이용하여 수집

<표 G-3> 직접피해의 대상자산과 피해액 산정방법

지역특성		자료	산정방법
주거	건물 (동)	단독주택	·해당 읍면동의 평균건물 연면적에 건축단가를 곱해서 산정
		아파트	
연립주택			
농업	건물내용불(세대)		·세대수에 1세대당 평가 단가를 곱하여 산정
	·가정용품 보급률 및 평균가격 ·지역별 가정용품 평가액 ·읍면동별 세대수		
농지	농경지	전(면적)	·매몰이나 유실이 발생하였을 경우 피해액을 바로 산정
		답(면적)	
농작물	농작물	전(면적)	·논면적, 밭면적에 시군구별 단위면적당 농작물 평가 단가를 곱하여 농작물자산 산정
		답(면적)	
산업	유형자산액	·산업분류별 1인종사자수당 사업체유형·채고자산	·산업분류마다 종업자에 1인당 평가 단가를 곱하고 사업소 유형고정자산 채고자산을 산정
	채고자산액	·읍면동별 산업분류별 종사자 수	

## 1) 주거특성

### 가) 건물자산

- 건물자산 가치를 구하는 식은 아래와 같으며, 해당 읍·면·동의 건물면적에 건축단가를 곱해서 가옥자산을 산정

$$\begin{aligned} \text{건물의 자산가치(원)} &= \text{단위면적별 건축형태별 건축단가(원/㎡)} \\ &\quad \times \text{건축형태별 연면적 비율(㎡/개수)} \\ &\quad \times \text{가구수(개수)} \times \text{기준년 건설업 Deflator} \end{aligned}$$

- 여기서, 건축형태별 연면적은 해당 읍·면·동의 시·군 통계연보를 근거로 평수별 가구수에 관한 자료를 바탕으로 산정하나, 구역내의 시·군 통계연보에 이와 관련된 통계자료가 없어 전국 평균자료를 이용하여 산정
- 지역내 단위면적별 건축형태별 건축단가는 구역내 시·군·구별 별도의 건축단가가 없어 전국평균인 <표 G-4>를 적용

<표 G-4> 건축형태별 건축단가

구 분	단독주택	아파트	연립주택	다세대주택	비거주용건물내
철근콘크리트조	722,822	566,001	566,001	722,822	537,593
철골조					483,143
연와석조	683,124	489,288	489,288	683,124	450,002
목조	512,604			512,604	431,919
목골모르타르조	378,972			378,972	190,691
토벽조	378,972			378,972	190,691
블록조	508,428			508,428	409,187
간이목골모르타르조	378,972			378,972	190,691

자료 : 한국감정원, 건물신축단가표, 2000.

- 건물자산 가치를 사업평가 기준년에 맞춰 산정하기 위해 경제통계에 있어서 금액으로 표시된 통계량에서 물가상승에 의한 명목적 증가분을 제거하기 위해 제수의 형태로 쓰이는 기준년 건설업 디플레이터(deflator) 보정지수를 이용(<표G-5> 참조)

<표 G-5> 연도별 건설업 Deflator 보정지수

연도	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
건설업 Deflator	100.00	104.74	104.02	106.02	109.61	114.44	122.36

- 주 : 1) 각 부문별 지수는 2003년도 단가로 환산을 위한 상대지수.  
 2) 한국은행, 건설업 Deflator지수는 GDP 항목 중 건설투자 항목을 이용.

## 나) 건물내용물

- 건물내용물 자산 가치(원) = 가정용품 평가액(원/세대수)
  - × 세대수 × 소비자 물가지수
- 여기서, 가정용품 평가액은 '국부통계조사보고서(1999)'에 나와 있는 1997년말 가정용품 보급률 및 평균가격(<표 G-6> 참조)으로부터 각 가정용품 항목별 보급률과 평균가격을 곱하고 전체를 합하여 산정한 세대별 평가액을 적용(<표 G-7> 참조) 하였으며, 기초수량이 되는 세대수는 해당 년의 시·군 통계연보 읍면동 자료를 이용
- 특정 통계년도의 건물내용물 자산 가치는 사업평가 기준년에 맞추기 위해 소비자가 구입하는 상품이나 서비스의 가격변동을 나타내는 기준년 소비자 물가지수를 이용하여 조정(<표 G-8> 참조)

<표 G-6> 가정용품 보급률 및 평균 가격 (단위: 원)

품목	보급률	평균가격	
냉장고	98.0	150,318	1,273,141
장롱	92.3	636,760	3,605,364
세탁기	88.4	319,840	1,324,324
컬라TV	87.9	252,801	2,995,388
VTR	61.5	327,999	523,223
카메라	54.0	74,354	1,225,000
진공청소기	51.3	71,009	172,807
오디오세트	51.2	345,036	1,300,000
전자레인지	50.7	169,374	285,088
침대	47.0	160,507	160,507
자동차	41.2	4,550,346	41,605,827
식탁	40.7	199,833	290,303
개인용컴퓨터	33.1	964,147	2,716,389
비디오겸용TV	20.0	491,128	1,126,373
에어컨	17.2	366,827	2,414,946
피아노	15.5	447,045	1,550,275
오토바이	7.6	967,121	4,659,464
헬스기구	6.5	59,838	426,561
비디오카메라	6.2	707,303	1,073,606
가스오븐레인지	5.7	770,506	770,506
국악기	5.4	18,596	96,588
골프채	2.8	1,117,143	1,895,771
바이올린	2.4	263,143	263,855
스키	1.8	349,415	349,415

자료 : 통계청, 국부통계조사보고서, 1999.

<표 G-7> 가정용품 평가액

구 분	대도시	중소도시	전원도시	농촌지역	산간지역
가정용품평가액 (원/세대)	27,402,902	22,329,401	17,225,900	12,182,399	7,108,898

자료: 건교부, 치수사업 경제성 분석방법 연구(다차원 홍수피해 산정방법), 2004.

<표 G-8> 년도별 소비자 물가지수

연도	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
소비자 물가지수	100.00	107.54	108.43	110.86	115.41	118.51	122.73

주: 각 부문별 지수는 2003년도 단가로 환산을 위한 상대지수, 2000년 개정 기준자료를 이용.

## 2) 농업 특성

### 가) 농경지 및 농작물

- 전답별 경지면적은 해당 지역의 시·군 통계연보로부터 과거 몇 년간의 자료를 수집하며, 농경지는 침수가 발생하여도 어느 침수심까지는 피해가 발생하지 않으므로 매몰이나 유실이 발생하였을 경우 피해액을 바로 산정
- 농작물 자산가치는 논면적, 밭면적에 시·군·구별 단위면적당 농작물 평가 단가를 곱하여 산정

$$\text{농작물 자산가치} = \text{단위면적당 농작물 평가단가(원/ha)}$$

$$\times \text{농작물 작부면적(ha)} \times \text{소비자 물가지수}$$

- 농작물 자산에 대한 평가시 전, 답의 대표작물 및 특수농작물에 대한 생산량은 논인 경우는 벼의 수확량(생산량), 밭의 경우는 주요한 작물의 수확량으로 하되 시·군별 통계자료에 의한 곡종별 작물통계에 의거 최근 5개년간의 자료 중 최대 및 최소 수확량을 제외한 3개년 간의 평균치를 평년작으로 하여 적용
- 단위면적당 농작물 평가단가는 <표 G-9> 및 <표 G-10>에서 제시된 값을 사용

<표 G-9> 지역별 논벼의 생산비(2002년 기준)

시,도	경기	충남	전남	전북
10a 당 생산비	536,892	504,110	615,810	529,544
가마당(80kg)생산비	87,426	76,795	99,323	94,569

자료 : 통계청, 농산물생산비, 2002.

<표 G-10> 농작물별 생산비 (2002년 기준)

(단위 : kg/원)

농작물	10a 당 생산비	가마당 생산비	
		기준무게	생산비
논벼	529,609	80	87,995
길보리	223,239	76.5	72,574
쌀보리	248,920	76.5	72,581
마늘	1,232,861	100	101,380
양파	981,828	20	3,219
고추	1,227,759	10	45,490
참깨	441,998	60	489,816

자료 : 통계청, 농산물생산비 통계, 2002.

### 3) 산업 특성

- 산업특성 자산가치는 해당 읍·면·동의 상업분류별 종업자수를 해당 지역의 시·군 통계연보로부터 수집하여 여기에 <표 G-11>에서와 같은 산업대분류마다 종업자수에 1인당 평가단가를 곱하고 사업소 유형고정자산·재고자산을 산정

산업지역 자산가치(원)

= 산업분류별 사업체 1인당 유형 및 재고자산 평가액(원/인)

× 사업체별 종사자수(인) × 소비자 물가지수

<표 G-11> 산업분류별 사업체 1인당 종사자의 유형자산과 재고자산

산업분류	광 주		전 남	
	유형자산	재고자산	유형자산	재고자산
농업, 수렵업, 임업	2,519,888	430,223	5,658,394	756,792
어업	0	0	147,937	29,645
관업	97,018	5,263	51,867	3,544
제조업	128,027	69,070	450,154	53,276
전기, 가스, 수도업	2,559,004	3,984	2,035,252	55,653
건설업	67,774	36,033	27,632	4,020
도소매 및 소비자용품수리업	27,422	14,631	49,624	26,729
숙박 및 음식점업	30,237	1,073	49,215	371
운수창고 및 통신	111,579	1,271	69,761	1,403
금융보험업	31,806	366	31,459	2,243
부동산 임대 및 사업서비스업	79,926	8,586	81,446	2,005
공공행정, 국방 및 사회보장행정	0	0	0	0
교육서비스	83,921	4	37,172	12
보건 및 사회복지업	38,535	1,948	60,297	1,658
기타공공, 사회 및 개인서비스업	53,858	424	67,314	288

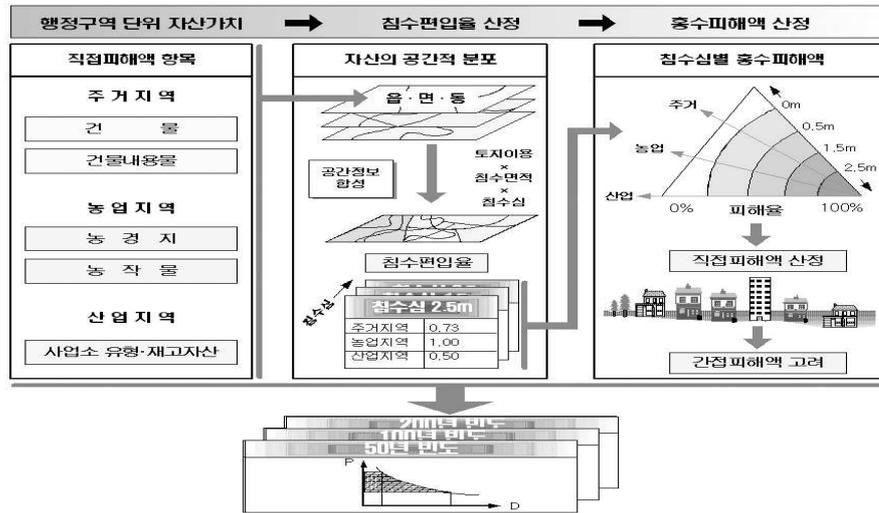
## 다. 침수편입율 산정

- 침수편입율이란 행정구역 내에서 주거, 산업, 농업 등 지역 특성요소의 총자산 가치를 실제 침수된 부분에 대한 자산가치로 환산하기 위해 지역특성 요소별로 지리요소인 공간객체들의 위치(position) 정보를 침수심별로 중첩하여 전체에 대한 비율로 나타낸 것으로, 각 침수심별 침수편입율을 효율적으로 산정하기 위해서는 HEC-GeoRAS와 같은 소프트웨어를 이용하는 것이 바람직하나, 현재 국립지리원에서 제작된 수치지도(1/5,000)의 정보로는 HEC-GeoRAS를 적용하는데 많은 문제점이 있는 것으로 금회 적용결과 나타났고, 또한 영산강 유역과 같은 대하천에서 이와 같은 방법론을 도입하여 침수심별 침수편입률을 산정하는 것은 현재 상태에서는 불가능할 것으로 판단
- 따라서 본 분석에서는 각 홍수위에 대한 침수구역은 제내지 지형현황 등을 육안으로 확인하면서 AutoCAD상에서 수작업으로 작성하였고, 이를 피해지역의 읍·면·동 단위 행정구역, 토지이용상태 등의 공간정보를 지리정보시스템(GIS)과 연계하여 행정구역 내에서도 침수피해지역의 침수심에 따라 주거지역, 농업지역, 산업지역별로 침수편입률을 산정

## 라. 침수피해액 산정

- 기존의 홍수피해액 산정방법에서는 피해 지역을 대도시, 중소도시, 전원도시, 농촌 지역, 산간지역 등으로 특성에 따라 구분하고, 특성별 가중치나 속성 값들을 침수 면적에 곱하는 1차원적인 방법으로 피해액을 계산하였는데, 기존 방법은 최소 구분 단위를 시·군·구로 하고 있어서 그 정밀도가 낮을 뿐 아니라 지역의 대표적 특성을 인구라는 하나의 독립변수만으로 구분하고 있어서 실제 피해지역의 자산 가치가 올바르게 반영되었다고 할 수 없으며, 또한 침수지역에 대한 공간적 정의 없이 수치적으로만 침수면적을 산정하기 때문에 침수심에 대한 고려가 불가능하며, 피해지역 내에서도 토지의 이용형태나 인구밀집도 등에 따라 피해액 선정방법이 달라야 함에도 이를 반영하지 못하는 단점이 있음
- 따라서 본 분석에서 이용한 다차원 홍수피해산정방법은 이러한 단점을 보완하기 위하여 피해지역의 읍·면·동 단위 행정구역, 침수구역 및 침수심, 토지이용상태 등의 공간정보를 지리정보시스템과 연계하여 행정구역 내에서도 침수피해지역의 침수심에 따라 주거지역, 농업지역, 산업지역별로 침수편입률을 산정하여 이를 범람 지역내의 피해자산을 곱해서 직접피해를 산정(<그림 G-1> 참조)

- 직접피해액 항목은 인명 피해액, 건물 피해액, 건물내용물 피해액, 농경지 피해액, 농작물 피해액, 사업소 유형·재고자산 피해액, 공공자산 피해액으로 7가지로 분류되며, 이중 인명 피해액과 공공시설 피해액을 제외한 5가지 피해액은 일반자산 평가액을 근거로 산정



<그림 G-1> 다차원 홍수피해액 산정개념도

### 1) 인명피해액

#### 가) 사망 및 부상

$$\text{인명피해액} = \text{침수단위면적당 손실 인명수(명/ha)} \times \text{손실원단위(원/명)} \times \text{침수면적(ha)}$$

- 손실 원단위는 1998년 불변 가격으로 1인당 사망 2억5천만원, 부상 2천만원을 적용하였으며, 또한, 단위 침수면적당 손실인명수는 과거 30년간의 자료를 평균한 값을 이용(<표 G-12> 참조)

<표 G-12> 단위 침수면적당 손실 인명수

구분	대도시	중소도시	전원도시	농촌지역	산간지역
사망	0.004	0.004	0.001	0.002	0.002
부상	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002

자료 : 건설교통부, 치수사업 경제성 분석 개선방안 연구, 2001.

#### 나) 이재민 피해 손실

$$\text{이재민 피해액} = \text{침수면적당 발생 이재민(명/ha)} \times \text{대피일수(일)} \times \text{일평균국민소득(원/명·일)} \times \text{침수면적(ha)}$$

- 대피일수는 최근 10년간의 재해연보를 참고로 하여 평균 10일로 산정하였고, 일 평균 국민소득은 2003년 현재의 국민소득을 365일로 나누어 약 4만1천3백원으로 산정하였고, 또한 침수면적당 발생 이재민 수는 과거 30년간의 자료를 평균하여 조사된 값을 이용(<표 G-13> 참조)

<표 G-13> 단위 침수면적당 발생 이재민 수 (단위 : 명/ha)

구분	대도시	중소도시	전원도시	농촌지역	산간지역
이재민수	1.85	1.17	0.27	0.37	0.98

자료 : 건설교통부, 치수사업 경제성 분석 개선방안 연구, 2001.

## 2) 주거특성과 침수심에 따른 피해액

### 가) 건물피해액

- 건물피해액은 등지반고 지구별 건물자산액에 추정 침수심 등에 따르는 피해율을 곱해서 산출하였는데, 다만 자산 피해율을 주거형태와는 무관하나 층수는 고려한다는 가정하에 <표 G-14>에서 제시된 건물피해율에 의하여 산정

$$\text{건물피해액} = \text{건물자산가치(원)} \times \text{주거지역 침수편입율} \\ \times \text{침수심별 건물 침수피해율}$$

<표 G-14> 침수심별 건물 피해율 (단위 : %)

침수심	0-0.5m	0.5-1.0m	1.0-2.0m	2.0-3.0m	3.0m이상
단독주택	15	32	64	95	100
아파트	15/n <sub>1</sub>	32/n <sub>1</sub>	64/n <sub>1</sub>	95/n <sub>1</sub>	100/n <sub>1</sub>
연립주택	15/n <sub>2</sub>	32/n <sub>2</sub>	64/n <sub>2</sub>	95/n <sub>2</sub>	100/n <sub>2</sub>

자료 : 건교부, 치수사업 경제성분석 방법(다차원 홍수피해 산정방법), 2004.

주 : n<sub>1</sub>은 아파트 층수, n<sub>2</sub>는 연립주택 층수.

### 나) 건물내용물 피해액

- 건물내용물 피해액은 등지반고 지구별 건물내용물 자산액에 추정 침수심 등에 따르는 피해율을 곱해서 산출하는데 주거형태와 무관하고 자산의 피해율은 모두 같다는 가정하에 <표 G-15>를 고려하여 산정

$$\text{건물피해액} = \text{건물내용물 자산가치(원)} \times \text{주거지역 침수편입율} \\ \times \text{침수심별 건물내용물 침수피해율}$$

<표 G-15> 침수심별 건물내용물피해율

침수심(m)	0 ~ 0.5m	0.5 ~ 1.0m	1.5 ~ 2.5m	2.5m 이상
피해율(%)	15.0	40.0	83.0	100.0

자료 : 치수사업 경제성분석 방법(다차원 홍수피해 산정방법), 건교부, 2004.

주 : 침수심별 피해율은 일본의 계수를 인용하여 산정.

### 3) 농업특성과 침수심에 따른 피해액

○ 논과 밭의 침수심에 따른 피해는 동일한 기준을 적용하고, 홍수피해의 경계선을 침수심 1m로 정하는데, 침수심 1m 이하에서는 논이나 밭이 침수되기는 하지만, 농경지 침수에 의해서는 피해액은 발생하지 않으나 농작물 피해는 발생한 것으로 보고 있으며, 침수심이 1m 이상인 경우에 농경지 매몰 및 유실에 의해서 발생하는 것으로 하고, 그 피해액은 통상적으로 책정되는 농경지의 매몰이나 유실에 따른 피해액의 평균값을 사용

○ <표 G-16>과 <표 G-17>은 침수심에 따른 농경지와 농작물에 대한 피해율

$$\text{농경지 피해액} = \text{매몰, 유실의 평균피해액(원)} \times \text{농업지역 침수편입율} \\ \times \text{침수심별 농경지 침수피해율}$$

$$\text{농작물 피해액} = \text{농작물 자산가치(원)} \times \text{농업지역 침수편입율} \\ \times \text{침수심별 농경지 침수피해율}$$

<표 G-16> 침수심별 농경지 피해율

구 분		1m이하	1m이상	비 고
피해내용		침수	매몰, 유실	매몰과 유실의 평균값을 사용
농경지	논	0%	100%	매몰 : 매몰면적(m <sup>2</sup> )*0.1(m)*2,940원/m <sup>3</sup> 유실 : 유실면적(m <sup>2</sup> )*0.2(m)*5,660원/m <sup>3</sup>
	밭	0%	100%	

자료 : 중앙재해본부, 자연재해조사 및 복구계획수립지침, 2003.

<표 G-17> 침수심별 농작물 피해율

단위 : %

구 분		1m 이하				1m이상	비고
침수시간		1일이하	1-2	3-45-6	7일이상		
농작물	논	14	27	47	77	95	100
	밭	35	51	67	81	95	100

#### 4) 산업특성과 침수심에 따른 피해액

- 주어진 읍면동의 산업특성에 대하여 <표 G-18>과 같이 침수심에 따른 피해율은 유형자산 피해, 재고자산 피해 두가지 형태로 구분하며, 유형, 재고자산 피해액은 침수심에 맞는 피해율을 곱하여 산정

$$\text{유형} \cdot \text{재고자산 피해액} = \text{유형} \cdot \text{재고 자산가치(원)} \times \text{산업지역 침수편입율} \\ \times \text{침수심별 유형, 재고자산 침수피해율}$$

<표 G-18> 침수심별 사업체 유형고정자산·재고자산의 피해율

구분	0.5m 이하	0.5 ~ 1.0m	1.0 ~ 2.0m	2.0m이상
유형자산	25	50	80	100
재고자산	15	30	60	100

자료 : 건교부, 치수사업 경제성분석 방법(다차원 홍수피해 산정방법), 2004.  
 주 : 침수심별 피해율은 일본의 계수를 인용하여 산정.

#### 5) 공공시설물 피해액

- 공공시설물 피해액을 산정하기 위해서는 우선 일반자산 피해액을 산정하여야 하며, 일반자산 피해액은 건물, 건물내용물, 농경지, 농작물, 사업체 유형자산 및 재고자산을 합하여 산정

$$\text{일반자산 피해액} = \sum_{i=1}^n [\text{RD}_i(\text{건물, 건물내용물, 침수심}) \\ + \text{AD}_i(\text{농경지, 농작물, 침수심}) + \text{ID}_i(\text{사업체유형} \cdot \text{재고자산, 침수심})]$$

단,  $\text{RD}_i(\ )$ ,  $\text{AD}_i(\ )$ ,  $\text{ID}_i(\ )$  : 거주, 농업, 산업지역 피해액 함수,  
 $n$  : 해당읍면동 갯수

- 위에서 구한 일반자산피해액에 <표 G-19>에서 제시된 공공시설물 피해액 비율을 곱하여 산정한 것이 공공시설물 피해액

$$\text{공공시설물 피해액} = \text{일반자산 피해액(원)} \times \text{공공시설물 피해율}$$

<표 G-19> 일반자산피해액에 대한 공공시설물의 피해액 비율

공공시설물 항목	도로	교량	하수도	도시 시설	공익	농지	농업용 시설	소계
피해율	0.616	0.037	0.004	0.002	0.086	0.291	0.658	1.694

자료 : 일본 건설성 하천국, 치수경제조사 매뉴얼, 2000.

## 6) 직접피해액 산정방법의 기본식

직접피해액=(1 + a)일반자산피해액 + 인명피해액

여기서 a : 공공토목시설물에 대한 일반자산피해액의 비율

## 7) 간접피해액 산정

- 치수사업의 간접피해액은 홍수범람으로 인해 피해가능지역에 초래될 수 있는 산업, 교통, 통신 등에 지장을 주는 물질 및 각종 서비스의 손실감소와 수해의 예방, 대처 및 복구에 소요되는 비용이라고 정의 할 수 있다. 또한 홍수피해지역의 치수안전도가 향상됨으로 인해 미래의 잠재적 자산 및 토지의 이용도가 높아진다면 이러한 효과도 포함
- 본 분석에서는 '치수사업 경제성분석 방법 연구-다차원 홍수피해 산정방법-(건설교통부, 2004)'에서 제시된 간접피해액 산정방법 중 토지이용 고도화에 따른 지가상승을 고려 특히 영산강 하류부 우안측의 남악 신도시 건설로 인한 지가상승액은 택지조성 후 분양하는 용지들의 실거래가, 해당지역의 공시지가들을 조사하여 300,000원/m<sup>2</sup>를 사용

## G.1.2 레크리에이션 용수 편익

- 생활여유가 향상되면서 레크리에이션에 대한 시민들의 관심이 높아지고 있고, 물은 우리생활 뿐만 아니라 레크리에이션 활동에 직접·간접적으로 큰 역할을 하고 있으며, 수영, 낚시, 보트놀이 등은 물과 관련한 직접적인 활동이고 소풍, 산보, 캠핑, 하이킹이나 자연경관의 감상 등은 간접적인 활동(<표 G-20> 참조)
- 수자원 부문의 레크리에이션용수 편익은 하천, 호수 및 저수지 또는 주위의 수변공간을 활용하여 직접 또는 간접적으로 얻을 수 있는 레크리에이션의 즐거움 또는 심미적 만족감을 정량화한 편익을 의미

### 1) 레크리에이션 용수 편익 산정방법

- 일반적으로 재화나 서비스는 시장을 통하여 그 가치가 결정되지만 레크리에이션 활동에 관련된 물의 가치는 일반재화와 같이 시장을 통하여 평가하기 어려운데, 이러한 시장의 가격기구를 통해서 가치를 결정할 수 없는 것들에 대하여 잠재가격을 사용할 수 있으나 적용상의 문제점으로 인하여 기회비용을 널리 사용하고 있으며, 기존에 레크리에이션 편익에 대하여 산정된 자료가 있다면 이를 이용하여 추정

<표 G-20> 레크리에이션 용수의 가치

편익의 종류		예	
사용가치	직접사용가치	수상활동	·여가(수상스키, 낚시, 수영, 보트놀이) ·상업적 이용(어로, 항해)
		물의 소비	·식수 및 하수처리 ·관개 ·공업용수
	간접사용가치	경관가치	·하천부근의 여가활동(야영, 사진 촬영) ·인근 거주민의 경치 감상
		생태적 가치	·철새 감상기회 제공 ·먹이사슬을 통한 기타 생태계의 보존
존재가치	대리소비로 인한 가치		·가족, 친지, 친구의 하천이용 ·일반대중의 이용
	칭지기적 가치 - 증유가치 - 고유가치		·가족이나 후세를 위한 자연보존 ·오지의 습지 등을 보존

자료 : 과학기술부, 수자원 및 기술가치 평가시스템 구축, 2007.

- 최근 일반적인 편익 산정방법은 미국이나 일본에서 사용하고 있는 여행자비용법(travel cost method; TCM), 조건부가치측정법(contingent valuation method; CVM), 일단위가치측정법(unit-day value method; UVM)을 이용(<표 G-21> 참조)
- 국내에는 아직 수자원분야 사업에서 레크리에이션에 의한 편익 산정 방법이 확립되지 않았으나 영산강 구조개선 사업의 특성을 고려하여 가상가치평가법(CVM)을 활용하여 우리나라 10개 댐 호수별 레크리에이션 용수 편익을 산정한 경험치를 가지고 분석

<표 G-21> 미국수자원협의회 레크리에이션 편익 산정방법 및 기본개념

방법	승인년도	기본개념
여행자비용법 (travel cost method: TCM)	1973	·출발지로부터 목적지까지 여행시간과 경비의 증가에 따라 일인당 휴양지의 방문은 감소한다는 전제하에 편익 산출
조건부가치측정법 (contingent valuation method: CVM)	1979	·개인에게 직접 질문하여 추정된 레크리에이션 양의 변화를 추정함으로써 편익을 측정함
일단위가치측정법 (unit-day value method: UVM)	1964	·전문가의 의견과 잘 조사된 여론결과에 의존하며 레크리에이션 개발에 대해 이용자의 평균지불 의사를 말함

- CVM 분석법은 각 소비자가 실제로 행한 행위를 분석하지 않고 설문조사를 통해 각 소비자가 레크리에이션 기회를 제공하는 특정 지역의 수자원 보호를 위해 어느 정도나 비용을 부담할 것인가를 추정하는 방법
- 이 방법은 미국, 캐나다, 유럽 등에서는 레크리에이션 기회를 제공하는 특정지역 수자원의 가치를 단순히 추정할 뿐만 아니라 수량, 수질 등이 달라지거나 레크리에이션 행위의 종류가 달라질 경우에 발생하는 경제적 가치의 변화까지 추정하는 등 매우 다양하게 발전 활용
- <표 G-22>는 CVM 기법에 의한 우리나라 10개 호수(소양, 충주, 대청, 용담, 안동, 합천, 남강, 부안, 주암, 팔당) 특성에 대한 지불의사액을 10%와 90%사이의 범위에 대해 크기순으로 표시하였고, 편익 추정시 극단적으로 높은 금액에 의해 영향을 받는 평균값을 사용한 것보다는 중앙값을 활용하는 것이 더 바람직하므로 본 분석에서는 지불의사액을 대표하는 중앙값을 이용하여 편익을 분석

<표 G-22> 호소 특성변화에 대한 1인당 연간 지불의사액 단위 : 원

백분위(%)	저수량 1억m <sup>3</sup> 씩 증가	낚시행위가능	유람선이용가능	호수를 조망 할 수 있는 식당
1	177	2,686	7,879	10,439
5	197	2,979	8,741	11,580
10	214	3,242	9,510	12,599
25	258	3,903	11,449	15,169
<b>50</b>	<b>334</b>	<b>5,056</b>	<b>14,832</b>	<b>19,651</b>
75	475	7,189	21,091	27,943
90	752	11,393	33,423	44,282
95	1,034	15,668	45,961	60,894
99	2,359	35,732	104,823	138,881
평균	471	7131	20,922	27,720

자료 : 과학기술부, 수자원 및 기술가치 평가시스템 구축, 2007.

## 2) 레크리에이션 용수 편익 산정

- 레크리에이션 용수 편익 산정은 CVM 기법에 의해 호소 특성변화에 대한 주민 1인당 연간 지불의사액의 중간 값(50% 분위)과 한국관광공사가 발표한 1인당 평균 국내여행 세부 비용(2007)에 지역의 방문객을 곱하여 산정(<표 G-23> ~ <표 G-26>참조)

<표 G-23> 1인당 평균 국내여행 세부 비용(2007)

(단위 : 원)

구분	총비용	숙박여행	당일여행
전체	393,996	273,179	120,817
교통비 및 자동차 임대비	101,140	69,137	32,003
식음료비	97,350	62,808	34,541
숙박비	26,608	26,608	-
기념품 및 쇼핑비	26,233	14,071	12,162
패키지 비용	25,730	19,128	6,602
오락 서비스	14,801	9,688	5,113
운동 및 경기비	5,906	3,442	2,465
문화 서비스비	4,908	2,539	2,369
장비 임대비	2,597	1,698	900
여행사 지불비	332	160	172
여행보험비	89	62	26
기타	88,302	63,839	24,463

자료 : 한국관광공사, 2007 국민여행실태조사, 2008.

<표 G-24> 방문지별 국내여행 객수 총량 계산(2007)

구분	국내여행	숙박여행	당일여행
정의	만 15세 이상 국민들 중 2007. 1. 1~12..31일까지 16개 광역시 도 및 북한을 방문한 경험이 있는 인구수	만 15세 이상 국민들 중 2007. 1. 1~12..31일까지 16개 광역시 도 및 북한을 숙박여행으로 방문한 경험이 있는 인구수	만 15세 이상 국민들 중 2007. 1. 1~12..31일까지 16개 광역시도 및 북한을 당일여행으로 방문한 경험이 있는 인구수
계산 방법	(방문지역 기준 월별 국내 숙박여행 총 참가자 수) + (방문지역 기준 월별 국내 당일 여행 총 참가자 수)	①월별 국내 숙박여행 경험률을 기준으로 만 15세이상 인구 중 월별 국내숙박여행 경험자 인구수 산출 ②월별 국내숙박여행 방문 비율을 기준으로 별 국내숙박 여행 경험자 중 방문 지역별 국내숙박여행 경험자인구수 산출	①월별 국내당일여행 경험률을 기준으로 만 5세 이상 인구 중 월별 국내당일 여행 경험자 인구수 산출 ②월별 국내당일여행 방문지 비율을 기준으로 월별 국내당일 여행 경험자 중 방문 지역별 국내숙박여행 경험자 인구수 산출

○ 영산강 하구둑 연간 방문객은 한국관광공사와 전라남도의 주변지역 방문객에 대한 예상치의 경우 두 기관간의 편차가 너무 커 신뢰도를 높이기 위해 한국관광공사가 발표한 2007년도 지역별 방문객 총량을 활용(<표 G-25> 및 <표 G-26> 참조)

- 그러나 전라남도가 추진하고 있는 영산강 뱃길 복원사업 및 영산강 천변에 대한 친수공간 확보 사업의 전개 등으로 향후 보다 많은 관광객이 사업예상 지역을 방문할 것으로 판단되나 본 분석에서는 레크리에이션 편익의 과대 계상 문제를 고려하여 가장 보수적인 자료를 활용

<표 G-25> 지역별 방문객 총량

단위 : 명

지역	총 계	숙박여행	당일여행
서울	22,746,929명	7,968,341명	14,778,588명
부산	11,685,701명	5,136,928명	6,548,773명
대구	7,027,977명	2,436,315명	4,591,663명
인천	7,874,282명	3,335,339명	4,538,944명
<b>광주</b>	<b>4,242,846명</b>	<b>1,919,969명</b>	<b>2,322,877명</b>
대전	3,479,711명	1,527,485명	1,952,226명
울산	3,633,817명	1,108,716명	2,525,101명
경기	32,074,509명	11,906,883명	20,167,625명
강원	20,492,495명	13,667,272명	6,825,223명
충북	8,772,070명	4,325,336명	4,446,734명
충남	15,498,539명	8,899,429명	6,599,110명
전북	12,353,319명	5,729,115명	6,624,204명
<b>전남</b>	<b>16,607,095명</b>	<b>8,391,541명</b>	<b>8,215,554명</b>
경북	15,355,456명	8,081,951명	7,273,505명
경남	22,023,919명	10,240,157명	11,783,761명
제주	4,943,445명	2,627,731명	2,315,714명
북한	160,173명	155,686명	4,487명

자료 : 한국관광공사, 국민여행실태조사, 2007.

<표 G-26> 전남 지역별 관광수요 예측

단위: 명

구 분	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년
광주근교	18,793,655	19,418,425	20,006,422	20,557,648	21,062,724	21,530,211
<b>서남권</b>	20,357,857	21,872,222	23,430,714	25,033,331	26,680,075	28,380,732
중남부권	18,212,887	19,573,316	20,973,785	22,414,294	23,894,844	25,444,794
동부권	20,071,345	20,657,552	21,196,364	21,687,780	22,141,180	22,508,857
합 계	77,435,744	81,521,514	85,607,284	89,693,054	93,778,824	97,864,594

자료 : 전라남도 홈페이지.

### G.1.3 영산호 구조개선에 따른 수질개선 편익

#### 가. 수질개선 편익 산정 방법

- 영산강 구조개선에 따른 편익측정은 조건부가치측정법(CVM: contingent valuation method)을 이용하여 수질개선의 편익을 추정하였는데, CVM 연구는 가상시장을 설정하고 주민들에게 구체적인 수질개선 시나리오를 제시하고 이러한 조건부 상품에 대한 지불의사를 직접 표현하도록 하는 방법으로 수질개선에 따른 소극적 사용가치를 포함한 총 가치를 측정
- 영산강 유역의 수질개선에 대한 편익측정 방법 또한 새만금호와 저수량 규모 및 기능면에서 매우 유사한 사례이므로 본 타당성 조사에서는 새만금사업의 수질개선 편익의 연구 결과<sup>1)</sup>를 이용하여 편익을 파악하여도 무방할 것으로 판단
- 다만, 사용지역의 세대수나 비사용지역의 세대수는 2007년 조사 자료를 활용하였으며, 2000년 조사당시의 새만금호 수질개선에 따른 표본 평균 지불의사가격을 7년간의 경제성장률을 감안하여 2007년 현재의 가격으로 수정하지 않고 2000년도 조사가격을 그대로 반영하는 보수적인 방법으로 편익액을 추정
- 또한 새만금호 수질개선에 다른 CVM 연구 당시 새만금호의 수질을 5급수에서 4급수로의 전환에 대한 지불의사가격을 추정한 반면 영산호의 경우 현재 4급수 수질에서 3급수 이상의 수질개선을 목표로 하고 있기 때문에 새만금호의 수질개선에 따른 표본평균 지불의사가격보다 높은 지불의사가격을 나타낼 것으로 예상(<표 G-27> 및 <표 G-28> 참조)

<표 G-27> 표본평균 1인당 지불의사액

단위 : 원

구분	월평균지불의사액	연평균지불의사액
악취가나고 쓸 수 없는 물 -> 생활보전용 수질		
표본전체	1,631.9(2,003.9)	19,582.8(24,047.6)
사용자지역	2,601.3(3,194.3)	31,215.6(38,332.7)
비사용자지역	658(808)	7,896((9,696)
생활보전용 수질 -> 농사가능수질		
표본전체	1,334.6(1,638.8)	16,135.2(19,814)
사용자지역	2,128.2(2,613.4)	25,538.4((31,361)
비사용자지역	557.5(684.6)	6,690(8,215)

주 : 새만금사업 환경영향 공동조사단, 새만금사업 환경영향공동조사 결과보고서(경제성 분야), 2000. ( )은 2000~2007년간 국민총소득 성장률 22.8%를 반영한 가격.

1) 총 표본수 및 모집단은 사용지역인 새만금사업 유역과 비사용지역인 서울, 대전, 광주지역에 1,300명의 표본을 할당하여 실시

<표 G-28> 모집단에 속하는 세대수

단위 : 명

구 분	지 역	세 대 수
사용자지역	사업지역	92,615
	영산강 유역	685,219
비사용자지역	서울, 대전, 전북	5,273,385
	전남도 외 전국	17,921,965

자료 : 통계청, 주민등록인구 통계자료, 2007.

## G.2 경제성 분석의 개요

- 일반적으로 예비타당성조사의 범위는 크게 사업의 경제성 및 정책적 차원의 분석으로 나눌 수 있고, 수자원사업은 수문학적 유역특성과 수몰지역 및 환경생태계에 미치는 영향 때문에 기술적 타당성과 사회적 영향 및 환경성에 관한 분석이 주요 사항으로 추가되었으며, 대상지역의 갈수시의 물 공급에 따른 이수안전도의 향상과 홍수조절에 따른 인명과 재산보호 및 재해예방 효과 및 최근에는 다양한 레크리에이션에 대한 시민들의 관심이 높아지고 있으므로 저수지와 댐 하류구간의 수변공간의 이용과 친수기능의 효과도 고려
- 수자원 관련 사업에서 최적 규모는 순편익이 가장 큰 경우를 뜻하며 비용·편익 곡선 상에서 최종 추가분에 대한 편익과 비용의 증분이 동일하게 되는 규모를 말하나, 계획의 입안에서 유의해야 되는 것은 순편익이 최대가 되거나 비용·편익비가 가장 큰 사업이 최적 개발규모가 아닐 수도 있으므로, 최적규모로 결정된 시설규모에 대한 세밀한 계획을 기준으로 사업전체에 대한 경제성 검토가 이루어져야 하며 이와 같은 검토는 주로 순현재가치(net present value, NPV) 분석, 편익·비용비율(benefit-cost ratio, B/C), 내부수익율(internal rate of return, IRR) 분석을 통해 판단
- 경제성 판단의 지표는 편익 또는 수익과 비용을 동일한 비교기준으로 환산하여 적용하는데, 사업 분석 기간의 총편익과 총비용을 현재가치화 할 수 있으나, 부속 구조물이나 시설물의 내용연한이 다르므로 연간균등비용과 연간균등편익을 기준으로 하는 것이 보다 일반적이며, 연간균등비용과 편익은 총 사업기간에 발생하는 일련의 비용과 편익을 각각 기준년도의 현재가치로 할인하고 이를 합산하여 전 기간 동안 균등하게 발생하도록 구한 연간균등액을 의미
- 개략적인 총사업비를 추정하기 위해서는 건설비, 보상비 등 시설구축을 위한 초기 투자비용과 유지관리비, 시설개량비 등 시설운영에 따르는 비용을 추정해야 하며,

필요한 경우 경제성 분석에 사용된 각종 추정치의 오차를 보완하기 위하여 편익, 비용 등 주요 변수의 변화가 경제성에 미치는 영향에 대한 민감도 분석을 수행

- 정부의 재정이 투입되는 사업은 기본적으로 공공재적 성격이 있기 때문에 사업의 추진 여부를 경제성 여부만으로 판단하는 것은 문제가 있는데, 예를 들어 사업의 추진 여부를 경제성으로만 판단한다면 인구가 밀집된 대도시지역 중심으로만 사업이 추진될 우려가 있으며, 경제적 이용도가 낮은 산간벽지의 도로는 영원히 비포장도로로 남아 ‘부익부 빈익빈’ 현상이 심화
- 이러한 경제성 분석의 한계를 보완하기 위한 정책적 분석의 주요 내용은 해당사업 내용의 특수성과는 무관하게 모든 예비타당성조사 사업에 있어서 정책적으로 평가되어야 할 ‘기본 평가항목’ 분석으로, 지역경제 파급효과 분석, 지역균형발전을 위한 지역낙후도 평가 등이 기본 평가항목에 해당

## G.2.1 경제성 분석 방법

### 가. 평가지표

#### 1) 순현재가치(net present value ; NPV)

- 순현재가치는 투자 사업으로부터 미래에 발생할 편익과 비용의 차이인 순편익(net benefit)을 현재가치화 하여 합산한 것이며, 순현재가치는 다음과 같이 표현

$$NPV = \frac{B_0 - C_0}{(1+r)^0} + \frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + \dots + \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n} = \sum_{t=0}^n \frac{NB_t}{(1+r)^t}$$

여기서  $B_t$  : t 차년도에 발생하는 편익

$C_t$  : t 차년도에 발생하는 비용

$NB_t$  : t 차년도에 발생하는 순편익 또는 순가(= $B_t - C_t$ )

n : 분석기간      r : 할인율

- 잔존가치를 편익과 별도로 고려하는 경우는

$$NPV = \sum_{t=0}^n \left[ \frac{NB_t}{(1+r)^t} \right] + \frac{S_n}{(1+r)^n}$$

여기서  $S_n$  : 잔존가치(salvage value)

#### 2) 편익·비용비(benefit-cost ratio ; B/C)

- 편익·비용비는 현시점으로 할인된 총편익과 총비용의 비를 말하며, 같은 분석기간내의 할인된 총비용과 총편익을 구하여 이들 값을 이용하거나 댐 사업과

같이 부속시설물이나 대체시설의 내용연한이 다른 경우에는 편의상 할인된 총액의 연간균등금액을 비교하기도 하는데, 이러한 편익·비용비를 식은

$$B/C \text{ ratio} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

### 3) 내부수익율(internal rate of return; IRR)

- 내부수익율은 편익·비용비가 1이 되는 할인율  $r$ 을 의미하며 순현재가치로 평가할 때는 순현재가치가 0이 되도록 하는 할인율을 의미, 이를 식으로 표현하면

$$\frac{B_0 - C_0}{(1+r)^0} + \frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + \dots + \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n} = \sum_{t=0}^n \frac{NB_t}{(1+r)^t} = 0$$

- 이 방법은 순현재가치나 편익·비용비를 구하는데 어떤 할인율을 적용해야 할지 불분명 하거나 어려운 점이 많을 때 적용하는데, 내부수익율에 관련하여 사업 개발자는 최소 투자수익율을 설정하고 내부수익율이 최소 투자수익율에 미치지 못하는 투자사업은 참여하지 않게 되며, 또한 할인율이 최소 투자수익율과 같은 값을 갖는 경우 편익·비용비가 1보다 작으면 이 사업계획도 기각하는 것이 원칙

## G.2.2 주요 경제성 평가지표의 비교 검토

- 순현재가치 분석(NPV)은 모든 타당한 경제적 자료를 단일 계산화하여 심사나 순위 매김이 가능토록 하여 주며, 이 경우 현가를 계산하기 위해서는 적절한 할인율 산정이 요구되며, 현가를 결정하는 일반적인 과정은 순편익흐름내의 미래가를 현재가로 계산하는 것인데, 일반적으로 심사평가법에서는 ‘순현재가치’가 0보다 작거나 같으면 사업안을 기각하는 것이 원칙이고 사업의 예산에 대한 제약이 없을 경우 가장 높은 ‘순현재가치’를 나타내는 사업이 가장 먼저 우선 순위 결정을 받게 되고, 또한 예산이 제약 될 경우라도 예산집행 제약내에서 가장 높은 ‘순현재가치’를 보이는 사업이 가장 높이 평가
- 편익·비용비율분석(B/C)은 통상적인 평가방법으로 ‘순현재가치’ 분석과 같이 단일 계산분석법으로, 실제비용과 편익의 크기가 나타나 있지 않기 때문에 편익·비용비율분석 하나만으로는 분석이 충분치 못하며, 타당한 사업 규모의 결정에서 ‘순현재가치’와 편익·비용비율은 사업규모의 증가에 따라서 어느 규모까지는 증가시킬 수 있는데, 이 경우 ‘순현재가치’가 최대가 되는 곳에서 사업 규모를 결정

- 보통의 경우 내부수익률(IRR)을 계산하기 위해서는 반복법을 사용하는데, 내부 수익률을 이용하여 결정하는 방법은 사업의 내부수익률이 사업평가에 이용된 수익률보다 작을 경우 사업을 기각하는 것인데, 이 방법은 NPV나 B/C비율을 구하는데 어떤 할인율을 적용해야 할지 불분명하거나 어려운 점이 많을 때 이용되기도 하나 사업규모에 대한 정보가 반영되지 못하므로 투자의 우선순위를 결정하는 평가에는 독립적 이용 불가능

<표 G-29> 경제성분석기법의 특징

방 법	특징 및 장점	단 점
순현재가치 (NPV)	·적용이 쉽다 ·결과나 규모가 유사한 대안을 평가할 때 이용 ·각 방법의 경제성 분석 결과가 다를 경우 이 분석 결과를 우선	·투자사업이 클수록 크게 평가 ·자본투자의 효율성 평가 미진
편익·비용비 (B/C ratio)	·적용이 쉽다 ·결과나 규모가 유사한 대안을 평가 할 때 이용	·사업규모의 상대적 비교가 곤란 ·편익이 늦게 발생하는 사업의 경우 낮게 평가
내부수익률 (IRR)	·투자사업의 예상수익률 판단 가능 ·NPV나 B/C 적용시 할인율이 불분명 할 경우 이용	·짧은 사업의 수익성이 과장 되기 쉬움 ·편익발생이 늦은 사업의 경우 불리한 결과가 발생

자료 : 한국개발연구원, 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구[제4판], 2004.

### G.2.3 할인율의 적용

- 영산강 하구둑 구조개선 투자사업의 타당성을 분석하기 위해서는 산출된 편익과 비용을 비교하여야 하나, 사업계획 기간이 여러 해 또는 수십 년일 경우가 많은 수자원 개발과 같은 공공투자사업의 경우 편익과 비용이 동시에 발생하지 않고 비용은 사업초기에 편익은 후기에 장기간에 걸쳐 발생
- 미래의 편익과 비용을 어떤 할인율로 할인할 것인가는 비용·편익 분석에서 대단히 중요한 역할을 하는데, 할인율의 선택에 따라 투자 사업이 타당성이 평가되며, 특히 수자원 개발사업과 같이 비용은 사업초기에 발생하고 편익은 일정기간 후 지속적으로 발생하는 경우 경제성은 할인율의 크기에 따라 많은 영향을 받으며, 개발도상국인 경우는 사회적 할인율이 8~10% 수준이거나 10%가 훨씬 넘는 국가도 많고 선진국의 경우는 보통 6.0% 내외의 수준을 제시하고 있는데, 우리나라의 경우에 대한 법적 근거라 할 수 있는 '댐건설및주변지역지원등에관한법률'에 이자율

및 건설이자율의 결정에 대해 “건설부장관이 관계 중앙행정기관의 장과 협의 결정”이라고 정성적으로 언급하고 있고 기존 다목적댐의 타당성 조사 보고서에서는 관례적으로 8~2%의 할인율이 적용

- '예비타당성 조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완연구[4판]'에서는 <표 G-30>과 같이 사업기간 및 편익의 발생기간이 장기적인 수자원 부문의 경우, 분석기간이 30년 이상인 사업을 감안하여 사업기간에 따라 할인율을 차등 적용할 것을 제안하고 있는데, '일반지침[3판]'에서 수자원 부문과 타부문의 할인율 차이를 1.5%로 제시하였으며, 개정판에서는 수자원부문 사업이 장기사업인 점을 고려 편익 발생기간 30년까지는 6.5%, 30년 이후에는 5.0%로 차등 적용하는 방안을 제안<sup>2)</sup>
- 본 분석에서는 한국개발연구원(KDI)의 제안에 따라 사업기간에 따라 할인율을 차등하여 편익을 분석하고, 사업의 편익증가율도 경제성장률을 반영하는 방법과 반영하지 않는 방법 즉, 편익증가율 0%를 적용하는 두 가지 방법으로 분석

<표 G-30> 편익의 시간별 발생구조

구 분	도 로	철 도	항 만	수자원
편익발생기간	20년	30년	30년	50년
편익증가율	3%	3%	0%	0%

자료 : 한국개발연구원, 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구[제4판] 2004.

#### G.2.4 내용연수 및 잔존가치의 결정 기준

- 공공투자 사업의 타당성을 평가하는데 있어 해당 투자사업의 효과가 몇 년이나 지속될 것인가 하는 사업 계획기간이 결정되어야 하며, 이 사업효과에 해당하는 지속연수의 기준이 되는 구조물의 수명은 물리적 수명과 경제적 수명으로 구분
- 본 분석에서는 시설물의 경제적 측면이 중요하므로 투자시설물의 내용연수를 기준으로 사업 분석기간을 고려하고, 물리적으로 남은 시설물은 순간존가치로 평가하여 편익 항목에 합산하는데, 즉, 투자 사업은 각기 내용연수가 다른 여러 가지 설비와 시설물의 복합으로 이루어지는 것이 보통이므로 이런 경우 분석기간 중에 수명이 끝나는 설비와 시설물에 대해서는 대체 투자비를 계산해 주어야 하고, 또한 이때 잔존가치가 있으면 이를 편익 항목에 고려
- 수자원 관련 법령으로는 '댐건설 및 주변지역 지원 등에 관한 법률 시행령' 제27조 [별표3] 규정에 각 사업목적별 내용 연수와 잔존가치가 <표 G-31>과 같이 명시

2) 본 분석에서는 건설기간 6년 포함 36년까지는 6.5% 적용하고 이후인 20년 동안은 5.0% 적용

되어 있어 본 분석에서는 수자원 관련법령 규정에 따라 감가상각율과 잔존가치율을 반영하여 <표 G-32>와 같이 잔존가치를 산정하여 분석에 적용

<표 G-31> 감가상각율

단위 : %, 년

사업항목	감가상각율	내용년수	잔유가격율
발전사업	2.00	45	10
관개사업	1.82	55	0
홍수조절	1.25	80	0
공업용수도사업	2.00	45	10
상수도사업	2.00	45	10

자료 : 한국개발연구원, 수자원 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구[제3판] 2003.

<표 G-32> 시설물 잔존가치

단위 : %

구분	댐	천변저류지	홍수조절지	배수갑문	연락수로	통선문	기타
적용비율	0	80	80	0	80	0	0

자료 : 한국개발연구원, 수자원 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구[제3판] 2003.



## ■ 공동연구 및 위촉연구 참여내역

### 분야별 공동연구 및 위촉연구 참여내역

연구항목	한국농촌공사		용역기관	
	부서명	성명	기관명	성명
○영산강 하구둑 구조개선 개발을 위한 기초조사 ○영산강 하구둑 구조개선 시범사업 모델 개발	생산자원 연구소	김영화 김현태 전상욱 한상필		
○영산강 하구둑 기본설계 및 타당성 검토 ○영산강 유역 수문 및 수질분석 ○영산강 하구둑 생태복원 방안 제시 ○영산강 하구둑 통선문 기본설계 ○영산강 하구둑 어도 기본설계 ○영산강 하구둑 구조개선에 따른 사회·경제적 효과 분석			(주) KER  전남대학교 서울대학교  건국대학교 (주) KER 조선대학교	유찬호  한국헌 박미영  원종필 강 윤 채종훈



## 주 의

1. 이 보고서는 농림부로부터 연구비를 지원받아 한국농촌공사 농어촌 연구원에서 수행한 연구보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용은 연구원의 공식견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.

### ■ 발 행 처

영산강 하구둑 구조개선 최적방안 수립 연구	
발 행	2008. 12
발행인	임 종 완
발행처	한국농촌공사 농어촌연구원
주 소	경기도 안산시 상록구 사동 1031-7번지
	전 화 031 - 400 - 1700
	FAX 031 - 409 - 6055
■ 이 책의 내용을 무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다. 단, 이 책의 출처를 명시하면 인용이 가능합니다.	