

2014



Office



Research



Farmin



International

영산강 배수갑문 확장에 따른 담수호 시스템 구축 방안 연구(Ⅰ)

A study on planning establish water management system of freshwater lake according to extention at drainage sluice gate of Yongsan river(I)



농림축산식품부



한국농어촌공사

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “영산강 배수갑문 확장에 따른 담수호 시스템 구축 방안 연구” 과제의 1차년도 최종보고서로 제출합니다.

2014 년 12 월 31 일

주관연구기관명 : 농어촌연구원

연구책임자 : 박지성

연구원 : 김진택

김광용

신안국

김진환

문성근

공동연구기관 : 충북대학교

연구책임자 : 맹승진

연구원 : 강민구

김형산

아잠

전경수

요 약 문

1. 연구과제명 : 영산강 배수갑문 확장에 따른 담수호 물관리 시스템 구축 방안 연구

2. 연구기간 : 2014년 1월 ~ 2016년 12월 (총 3년)

3. 연구의 필요성 및 목적

3.1 연구배경 및 필요성

- 1982년 준공된 영산강하구둑은 설계 당시 영산강 하구호 구간이 대부분 미개수 상태였으나 현재 거의 전구간에 제방이 축조되어 제내지로 편입이 되고, 상류부 토사유입으로 인한 영산호 내용적 감소, 평균해면 상승, 기상요인의 여건 변화로 배수갑문 확장에 따른 효율적 물관리 필요성 대두
- 경제사회의 급격한 발전과 주변환경의 많은 변화가 있었고 이에 따라 당초계획을 검토하면 개발면적과 몽리면적의 내용별 증감, 용수의 다양화 및 추가 수요 등이 크게 대두되었고, 또한 당초 계획 때 보다 확률강우량이 증대되고, 담수호가 축조된 지 장기간이 경과함에 따라 퇴적으로 인한 내용적 감소현상이 나타나는 등 수문조건 변화
- 따라서 수자원의 다양한 활용을 위해서는 최근 수문조건을 고려한 전반적인 수문해석과 수리계산 재검토가 필요하며, 물수지 결과에 따라 수자원의 최대 활용방안을 강구함과 동시에 수위관리

- 등 이상적인 담수호 운영 방안에 대한 검토가 요구되는 실정
- 국토해양부, 지속가능발전회 등에서 배수갑문 확장 및 연락수로 확장에 따른 하구둑 통합관리 체계 구축에 대한 필요성 제기

3.2 목 적

- 영산강 하구둑 구조개선 사업에 따른 하구둑 배수갑문 및 연락수로 확장에 따라 영암호 및 금호호와 연계한 효율적 물관리 체계정립을 통한 담수호 물관리 시스템 구축 방안 제시

4. 1차년 연구내용 및 결론

4.1 1차년 연구 내용

본 연구는 영산호, 영암호 및 금호호의 물순환 과정을 새로 정립하고, 이를 반영한 통합물관리 시스템 구축에 탑재될 개념적인 강우-유출 분석을 수행함으로써 담수호 물관리 효율화를 위한 시스템 구축방안을 수립코자 다음과 3개 항목으로 구분하여 과제를 수행하고자 한다.

- 담수호 유입량 조사 및 분석
- 담수호 유입량 모의 분석
- 담수호 물관리 효율화를 위한 시스템 구축방안(마스터플랜) 수립

4.2 연구방법

- 담수호 현황
 - 유역개요

- 시설물 현황
- 담수호 유입량 분석
 - 담수호 유역내 주요지점별 수위-유량 관계 조사 및 분석
 - 영산강 관련 국토교통부 영산강홍수통제소 실시간수문자료(수위, 유입·방류량) 및 기상자료 수집/분석
 - 영산강지구 실시간수문자료, 제수문, 배수갑문 운영자료 수집/분석 및 활용방안
 - 영산호 수위변동에 따른 영암호 유입량 관계추정
- 담수호 유입량 모의 분석
 - 국토교통부 하천유량관리시스템 운영 자료를 연계한 담수호 유역 유입량 분석
 - 댐·보 연계 운영기법에 의한 용수공급능력 평가
 - 승촌보와 죽산보 건설전·후 유입량 조사 및 모의 분석
 - 해석모형을 이용한 영산호, 영암호 및 금호호 연계 모의분석
 - 신뢰성이 확보된 자료를 통한 유입량 비교 분석 및 보정
 - 기관 수위-유량 곡선식을 활용한 유량 비교 분석 실시
- 담수호 물관리 효율화를 위한 통합물관리시스템 구축 방안(마스터 플랜) 수립
 - 농림부, 국토교통부, 환경부 등 관련부처, 산하 및 부속기관 연구내용 조사
 - 기 수행된 연구내용 중 최종성과물(운영 규정, 시스템 등)의 종류와 장단점 분석
 - 최종성과물 중 활용 가능한 성과물(예: 국토교통부 하천유량관리시스템)과의 연계방안 제시
 - 마스터플랜 수립을 위한 관련 실무자 청문 및 설문조사

4.3 연구결과

○ 영산호, 영암호 및 금호호의 통합물관리 시스템 구축을 위해서는 신뢰성 있는 수위-유량관계곡선식의 확보가 필수적이다.

○ 대상 유역인 영산호, 영암호 및 금호호는 배수갑문 조작에 의해 영향을 받는 구간이며, 일반적인 자연하천에서 볼 수 있는 수위-유량관계인 수위의 상승 및 하강에 따른 유량 변화를 찾아볼 수 가 없다. 따라서 영산강 상류로부터 유입되는 유량자료를 실시간으로 확보할 수 있는 것이 중요하다.

○ 영산강 본류에 건설된 승촌보와 죽산보의 유량값을 상류에 위치한 본동, 영산포 수위관측소의 유량값과 비교하였다. 승촌보의 연평균 유량값은 $36.48\text{m}^3/\text{s}$, 본동 수위관측소의 연평균 유량값은 $44.90\text{m}^3/\text{s}$ 를 나타내고 있으며, 죽산보의 연평균 유량값은 $61.56\text{m}^3/\text{s}$, 영산포 수위관측소의 연평균 유량값은 $53.20\text{m}^3/\text{s}$ 를 나타내고 있다.

○ 과거 영산강 유역내 수위관측소는 다수 있었으나, 명확한 조절점이 없어 하류부 유량관리에 어려움이 많았다. 그러나 승천보 및 죽산보와 같은 거대 수공구조물이 주요 조절점 역할을 함에 따라 과거보다 하류부 유량관리에 신뢰성이 높아질 것으로 기대된다.

○ 하천유량관리시스템은 5대강 8대 하천에 대해 모의할 수 있도록 국토교통부에서 개발하여 운영 중인 시스템이며 하천유량관리시스템에 의해 영산강유역의 주요 조절점에 대한 유출량은 모의가 가능하여 본 과업을 통해 개발될 시스템과의 연계는 반드시 필요하다고 판단된다.

○ 통합물관리시스템을 개발하기 위해 국내외 수자원관련 정보시스템과 가뭄관리 정보시스템, 홍수예·경보 시스템 및 수질 예보 시스템 등을 조사하였다.

○ 영산호, 영암호 및 금호호의 수자원의 통합적 관리 차원에서 기존 한국수자원공사와 홍수통제소 및 한국농어촌공사 물관리 시스템의 운영상

황 및 시스템 현황을 분석하였으며 이를 반영하여 최종적으로 영산호, 영암호와 연락수로로 연결되어 있는 금호호의 활용도를 극대화하여 저수지내 유량을 최적으로 관리할 수 있도록는 시스템 개발 방향을 정립하였다.

○ 영산호 통합물관리시스템 구축 방안수립을 위한 설문조사 결과는 통합물관리시스템을 통한 관련 기관들의 정보 공유와 협력 및 통합관리의 항목이 가장 필요하다고 분석되었다.

5. 연구결과의 실용화 방안

- 최적의 물관리를 통한 담수호 이용 효율화
- 연구결과를 통한 신규 정책사업 예산 확보
- 영산강 하구둑 및 연락수로 제수문 조작 기준 마련을 통한 효율적인 유지관리 및 물관리 시스템 구축 방안 마련

Summary

1. Title : A study on planning establish water management system of freshwater lake according to extension at drainage sluice gate of Yeongsan river

2. Period : January. 2014 ~ December. 2016

3. Objectives and necessity

3.1 Backgrounds of the study and necessity

○ As four-river refurbishment project that began in 2008, Before construction of Yeongsan lake downstream of runoffs is changed after construction by Seungchon and Juksan weirs that have been built in the mainstream of Yeongsan lake, Need to develop a new drainage gate a second sluice operation of Yeongsan lake, Yeongam lake and Kumho lake have been existing management has become the situation

○ For a variety of utilization of water resources, recently the overall sluice interpretation and mathematical calculation review in consideration of such new hydrological conditions and river structures are required.

- Depending on the results of the water balance, as well as take maximum advantage plan of water resources, consideration of ideal freshwater lake management plan is required..

- It raised the need for the Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Council for Sustainable Development, the Estuary Bank management of improvements associated with drainage sluice gate and connecting waterway expansion.

3.2 Objectives

- Freshwater lake water management system building plan suggestion through the water management system establishment related with Yeongam lake and Kumho lake depending on estuary bank sea dike sluice and transition canal extension followed by Yeongsan lake estuary bank structural improvement project.

4. Contents and conclusions

4.1 Contents

This study aims at establishing of system building plan for the freshwater lake water management efficiency through the establishment of a new cyclic process of Yeongsan lake, Yeongam lake and Kumho lake, an execution of conceptual rainfall - runoff analysis which is loaded to integrated water management system construction that reflect

new cyclic process. Accordingly, we conduct the project by dividing it into 3 items.

- An Inflow survey and analysis of the freshwater lake
- An inflow simulation analysis of the freshwater lake
- A development of system construction plan for the efficiency of water management of freshwater lake(Masterplan)

4.2 Methods of the Study

- Current status of freshwater lake
 - Basin Overview
 - Current facilities
- An Inflow analysis of the freshwater lake
 - Each main point in freshwater lake basin - rating curve survey and analysis
 - Real-time sluice material of Yeongsan River related Ministry of Land, Infrastructure and Transport, flood control office (water level, inflow rate, discharge flow) and Meteorological data collection / analysis
 - Yeongsan River District real-time hydrologic data, check gate, drainage sluice gate operational data collection, analysis and Utilization
 - Estimation of Yeongam lake inflow of relationship due to water level fluctuations in the Yeongsan lake.

- An inflow simulation analysis of the freshwater lake
 - A flow analysis of freshwater lake basin in cooperation the Ministry of Land, Infrastructure and Transport, RFMS(River Flow Management System) operation data.
 - An evaluation of water supply capacity by dam, weir cooperative operation technique.
 - An inflow investigation and simulated analysis before and after the construction of Seungchon beams and Juksan weirs.
 - Yeongsan lake, Yeongam lake and Kumho lake cooperation simulated analysis using an analytical model.
 - An inflow comparative analysis and correction using trustworthy data.
 - An implementation of the comparative analysis of the flow rate using rating curve

- A Development of system construction plan for the efficiency of water management of freshwater lake.
 - Relevant ministries such as Ministry of Agriculture and Forestry, the Ministry of Land, Infrastructure and Transport, and the Ministry of the Environment, subsidiary, affiliated institutions appendages, and under research.
 - The types, their advantages and disadvantages of the final output(Operating rule and the system) of this information has been a new study conducted analysis.
 - The presentation of the Linkage Strategy of our achievements possible use of the final output(eg. Ministry of Land, Infrastructure and Transport RFMS(River Flow Management System)

- Related practitioners hearing, investigation for the Master Plan.

4.3 Results of Study

- Ensure reliable rating curve is essential for Integrated water management system construction of Yeongsan lake, Yeongam lake and Kumho lake.
- Yeongsan lake, Yeongam lake and Kumho lake is a section affected by drainage sluice gate operation, important that it is possible to obtain the flow rate data that flows from the upstream Yeongsan River in real time.
- This building is located upstream the Seungchon weirs and Juksan weirs of flow rate values that have been built in the mainstream of Yeongsan River, the results were compared with the flow rate value of Yeongsanpo water level observatory, annual average flow rate value of Seungchon weirs is $36.48\text{m}^3 / \text{s}$, annual average flow rate value of the water level observatory shows the $44.90\text{m}^3 / \text{s}$, annual average flow rate value of Juksan weirs $61.56\text{m}^3 / \text{s}$, annual average flow rate value of Yeongsanpo water level observatory is displayed in $53.20\text{m}^3/\text{s}$
- There were many water level observatory in the past Yeongsan River basin, many difficulties in the flow control because of downstream of no clear regulatory point. but, It is expected that the increase in the downstream flow control reliability than ever

before by huge handmade structure such as seeing Seungchon weirs, Juksan weirs to the role of the control point.

- RFMS(River Flow Management System) is a system that operates in developed to simulate the five-river 8 streams from the Ministry of Land, Transportation and Development. Outflow of the major control point of Yeongsan River basin by river flow management system can be simulated, cooperation with the system to be developed through this study is essential.
- Overseas water-related information systems and drought management information system the Survey flood example, alarm systems and water quality forecast system investigation in order to develop an integrated water management system.
- Survey results for Youngsan lake integrated water management system approach to establish are analyzed that the entry of information sharing and collaboration and unified management of relevant institutions through an integrated water management system is needed most.

5. Methods for Utilizing the Result

- Freshwater use efficiency through optimal water management
- Budget ensure the new policy business through the results of the research

- Preparation on planning establish efficient maintenance and water management system through the Yeongsan River Estuary Bank, connecting waterway sluice operation criteria making

목 차

1. 서론	1
1.1 연구배경 및 목적	1
1.2 연구 내용	1
1.3 연구방법	2
1.4 기대효과 및 실용화방안	3
2. 담수호 현황	4
2.1 유역 개요	4
2.2. 시설물 현황	6
2.3 담수호간 운영 개요	8
3. 담수호 유입량 분석	10
3.1 영산강홍수통제소 실시간 수문자료 및 기상자료 수집 및 분석	10
3.2 담수호 유역내 주요지점별 수위-유량 관계 조사 및 분석	16
3.3. 영산강지구(담수호) 실시간수문자료, 제수문, 배수갑문 운영자료 수집/분석 및 활용방안	27
3.4. 담수호 수위변동에 따른 유입량 관계추정	44
4. 담수호 유입량 모의 분석	46
4.1 국토교통부 하천유량관리시스템 운영 자료를 연계한 담수호 유역 유입량 분석 방법	46
4.2 댐·보 연계 운영기법에 의한 용수공급능력 평가	56

4.3 승촌보와 죽산보 건설 전·후 유입량 조사 및 모의 분석	67
4.4 해석모형을 이용한 영산호, 영암호 및 금호호 연계 모의분석 방법	70
4.5 신뢰성이 확보된 자료를 통한 유입량 비교 분석 및 보정	105
4.6 기관 수위-유량 곡선식을 활용한 유량 비교 분석 실시	120
5. 담수호 물관리 효율화를 위한 통합물관리시스템 구축 방안(마스터플랜) 수립	124
5.1 농림부, 국토교통부, 환경부 등 관련부처, 산하 및 부속기관 연구내용 조사	124
5.2 기 수행된 연구내용 중 최종성과물(운영 규정, 시스템 등)의 종류와 장단점 분석	159
5.3 최종성과물 중 활용 가능한 성과물과의 연계방안 제시	162
5.4 마스터플랜 수립을 위한 관련 실무자 청문 및 설문조사	176
6. 결론	187
참고문헌	191
 <부록> 설문지 및 설문 조사 결과	

표 목 차

<표 2.2-1> 영산호, 영암호 및 금호호 하구둑 현황	7
<표 2.2-2> 제수문, 배수갑문 시설 현황	8
<표 3.1-1> 우량관측소 현황	11
<표 3.1-2> 수위관측소 현황	12
<표 3.2-1> 주요 지점 현황	17
<표 3.2-2> 수위-유량 관계곡선식	20
<표 3.3-1> 영산강 배수갑문 조작현황	29
<표 3.3-2> 영암호 배수갑문 조작현황	34
<표 3.3-3> 금호호 배수갑문 조작현황	37
<표 4.2-1> 다기능보의 운영 하한수위	58
<표 4.2-2> 농업용저수지 연계운영 효과 분석	65
<표 4.3-1> 수위관측 지점별 유황분석 결과	68
<표 4.3-2> 승촌보 건설 전·후 월별유량 비교	70
<표 4.3-3> 죽산보 건설 전·후 월별유량 비교	70
<표 4.4-1> EKE, ETP, DKE, ETEL	89
<표 4.4-2> 월별 증발산량 지표 가중치	89
<표 4.4-3> 소유역별 SMI-ROP 도표	91
<표 4.4-4> 소유역별 BII-BFP 도표	91
<표 4.4-5> 소유역별 S-SS 분리 도표	92
<표 4.4-6> 미국에서의 유역추적 매개변수	93
<표 4.4-10> 영산강수계 유역분할을 위한 하도 구분	95
<표 4.5-1> 모형의 보정 결과(영산강)	112
<표 4.5-2> 모형의 검증 결과	115
<표 4.5-3> 하천유량관리시스템에 의한 주요 조절점별 유출량 분석 ..	119
<표 4.5-4> 영암호, 금호호 월별 평균 유량 비교	120
<표 5.2-1> 영산강유역의 홍수방어 대안	161
<표 5.4-1> 설문 조사 문항 및 답변 항목수	178

그 림 목 차

<그림 2.3-1> 영산호와 영암호 유량 관계도	9
<그림 3.1-1> 영산강유역 수문관측소 위치도	10
<그림 3.1-2> 대상유역별 평년 월평균 강우량	14
<그림 3.1-3> 대상유역 평년 년평균 등우선도	15
<그림 3.2-1> 수위관측소 위치도	18
<그림 3.2-2> 영산강유역 평년 월평균 유출량	26
<그림 3.2-3> 영산강유역 유황분석 곡선	27
<그림 3.4-1> 영산강 하구둑 수위-유량 비교	45
<그림 4.1-1> 하천유량관리시스템 메인화면	47
<그림 4.1-2> 하천유량관리시스템 기간 설정	47
<그림 4.1-3> 강우-유출 작업표시줄	48
<그림 4.1-4> 매개변수 설정상황	48
<그림 4.1-5> 강우량 조회	49
<그림 4.1-6> 강우량 조회 과정	49
<그림 4.1-7> 강우량 조회 완료	50
<그림 4.1-8> 수문량 계산	50
<그림 4.1-9> 강우-유출 실행	51
<그림 4.1-10> 강우-유출 결과	51
<그림 4.1-11> 물수지 작업표시줄	52
<그림 4.1-12> 물수지 자료검색	52
<그림 4.1-13> 물수지 자료조회	53
<그림 4.1-14> 물수지 자료조회 완료	53
<그림 4.1-15> 물수지 모형실행	54
<그림 4.1-16> 물수지 결과	55
<그림 4.2-1> 다기능보의 운영 계획	57
<그림 4.2-2> 농업용저수지 연계운영 효과 분석	65

<그림 4.2-3> 농업용저수지 연계운영 효과 분석: 승촌보 수위 및 총 방류량 비교	66
<그림 4.2-4> 농업용저수지 연계운영 효과 분석: 죽산보 수위 및 총 방류량 비교	66
<그림 4.3-1> 본동수위표 유황분석	68
<그림 4.3-2> 영산포수위표 유황분석	69
<그림 4.4-1> SSARR 모형의 유출모식도	72
<그림 4.4-2> SSARR 모형의 구성	76
<그림 4.4-3> 담수호 유역내 모식도	86
<그림 4.4-4> SMI-ROP 관계	98
<그림 4.4-5> KE vs. 강우강도와의 관계	99
<그림 4.4-6> DKE vs. SMI와의 관계	99
<그림 4.4-7> 유출량과 BII와의 관계	100
<그림 4.4-8> 지표수와 복류수의 분리양상이 유출에 미치는 영향	101
<그림 4.4-9> 유역 추적 특성인자들과 수문곡선	102
<그림 4.4-10> 지표수 가상저수지의 수효가 흐름에 미치는 영향	103
<그림 4.4-11> 복류수 가상저수지의 수효가 흐름에 미치는 영향	103
<그림 4.4-12> 지표수의 저류시간이 흐름에 미치는 영향	104
<그림 4.4-13> 복류수의 저류시간이 흐름에 미치는 영향	104
<그림 4.4-14> 지표수와 복류수 저류시간 증가에 따른 수문곡선 변화 양상	105
<그림 4.4-15> 가상저수지 수효와 저류시간 변화에 따른 수문곡선 변화 양상	105
<그림 4.5-1> 보정 전 유출곡선(광주)	107
<그림 4.5-2> 보정 후 유출곡선(광주)	107
<그림 4.5-3> 보정 전 유출곡선(마륵)	108
<그림 4.5-4> 보정 후 유출곡선(마륵)	108
<그림 4.5-5> 보정 전 유출곡선(본동)	109
<그림 4.5-6> 보정 후 유출곡선(본동)	109
<그림 4.5-7> 보정 전 유출곡선(나주)	110

<그림 4.5-8> 보정 후 유출곡선(나주)	110
<그림 4.5-9> 보정 전 유출곡선(영산포)	111
<그림 4.5-10> 보정 후 유출곡선(영산포)	111
<그림 4.5-11> 모형의 검증 결과(광주)	113
<그림 4.5-12> 모형의 검증 결과(마륵)	113
<그림 4.5-13> 모형의 검증 결과(본동)	114
<그림 4.5-14> 모형의 검증 결과(나주)	114
<그림 4.5-15> 모형의 검증 결과(영산포)	115
<그림 4.5-16> 모형의 보정 결과(광주)	116
<그림 4.5-17> 모형의 보정 결과(마륵)	116
<그림 4.5-18> 모형의 보정 결과(승촌보)	117
<그림 4.5-18> 모형의 보정 결과(나주)	117
<그림 4.5-19> 모형의 보정 결과(영산포)	118
<그림 4.5-20> 모형의 보정 결과(사포)	118
<그림 4.5-21> 영암호, 금호호 월별 평균 유량(2010-2013년)	120
<그림 5.1-1> 물관리정보유통시스템의 메인 화면	125
<그림 5.1-2> 국가 수자원관리 종합정보시스템의 메인 화면	126
<그림 5.1-3> 하천관리지리정보시스템의 메인화면	127
<그림 5.1-4> 국가지하수정보센터(GiMS)의 종합정보시스템	128
<그림 5.1-5> 물환경정보시스템의 메인화면	129
<그림 5.1-6> 농촌용수종합정보시스템(RAWRIS)의 메인화면	130
<그림 5.1-7> 상하수도종합정보시스템에서 제공하는 실시간 정수장 수질자료	131
<그림 5.1-8> Sevier 강수계의 Central 지역 주요지점의 실시간 유량 자료	132
<그림 5.1-9> Sevier 강 수계의 저수지들의 실시간 저수위 자료	133
<그림 5.1-10> NDMC 홈페이지	134
<그림 5.1-11> NIDIS 홈페이지	135
<그림 5.1-12> VerDRI를 이용한 가뭄모니터링	135
<그림 5.1-13> 가뭄 위험지도를 제공하는 Drought Risk Atlas	136

<그림 5.1-14> NIDIS가 제공하는 일주일 가뭄정보	136
<그림 5.1-15> Web 및 GIS 기반 가뭄관리시스템 구성	138
<그림 5.1-16> Web 및 GIS 기반 가뭄관리시스템 실행	138
<그림 5.1-17> 한국수자원공사 가뭄정보시스템 메인 화면	139
<그림 5.1-18> 한국수자원공사 가뭄정보시스템 구성도	140
<그림 5.1-19> AHPS에서 제공하는 하천 수위 관측소 및 하천수위 자료	142
<그림 5.1-20> AHPS에서 제공하는 하천 수위 예측 지점 및 하천수위 예측 자료	142
<그림 5.1-21> USFDM 모형의 입력자료	143
<그림 5.1-22> 공간의사결정시스템(SDSS)의 흐름도	144
<그림 5.1-23> Dhaka시의 모형적용 지역의 DEM	145
<그림 5.1-24> Dhaka시의 모형적용 지역의 침수지도	146
<그림 5.1-25> 홍수 포탈에서 제공하는 진행중인 홍수에 관한 정보	147
<그림 5.1-26> EFAS를 통해서 제공되는 홍수예보	147
<그림 5.1-27> EFAS에서 사용하는 LISTFLOOD 모형의 구조	148
<그림 5.1-28> 스마트 재난상황실 경보화면	149
<그림 5.1-29> 샌 호아퀸강 실시간 수질 관리 프로그램의 관측소 위치	151
<그림 5.1-30> 실시간 수질 예측 결과	152
<그림 5.1-31> 방콕시의 실시간 수질 모니터링 시스템	153
<그림 5.1-32> ICPR 모니터링 관측소	155
<그림 5.1-33> 라인강의 국제경보센터(IHWZ)	156
<그림 5.1-34> 국립환경과학원 실시간 수질 정보 시스템	157
<그림 5.1-35> 실시간 수질 정보 시스템 구성도	158
<그림 5.2-1> 방조제 유지관리 업무	160
<그림 5.3-1> 개발 배경 및 목적	163
<그림 5.3-2> 하천유량관리시스템 연계 구성도(현재)	164
<그림 5.3-3> 하천유량관리시스템 연계 공동 활용 구성(안)	164
<그림 5.3-4> 시스템 구성도	165

<그림 5.3-5> 시스템 분석 절차	166
<그림 5.3-6> 시스템 주요 기능	168
<그림 5.3-7> 연계모의 개념도	169
<그림 5.3-8> 하천유량 관리시스템 수행절차	174
<그림 5.3-9> 물관리 시스템 계획	175
<그림 5.4-1> 영산호관리 분야 중 불만족스러운 분야에 대한 설문조사 결과	179
<그림 5.4-2> 효과적인 영산호 관리를 위해 우선적으로 개선해야할 점에 대한 설문조사 결과	180
<그림 5.4-3> 영산호 운영과 관리 협의체 구성의 필요성에 대한 인식에 대한 설문 조사 결과	181
<그림 5.4-4> 영산호 운영 목표를 달성하기 위한 통합물관리시스템의 필요성에 대한 설문조사 결과	182
<그림 5.4-5> 통합물관리시스템으로부터 얻고자 하는 정보에 대한 설문조사 결과	183
<그림 5.4-6> 영산호 이수관리를 위한 관리기관이 상이한 시설물의 운영에 대한 설문 조사 결과	185
<그림 5.4-7> 영산호 홍수관리를 위한 관리기관이 상이한 시설물의 운영에 대한 설문 조사 결과	185
<그림 5.4-8> 영산호 수질관리를 위한 관리기관이 상이한 시설물의 운영에 대한 설문 조사 결과	186

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

1982년 준공된 영산강하구둑은 설계 당시 영산강 하구호 구간이 대부분 미개수 상태였으나 현재 일부를 제외한 전구간에 걸쳐 제방이 축조되어 제내지로 편입이 되고, 상류부 토사유입으로 인한 영산호 내용적 감소, 평균해면 상승, 기상요인의 여건 변화로 배수갑문 확장에 따른 효율적 물 관리 필요성이 대두되었다.

경제사회의 급격한 발전과 주변 환경의 많은 변화가 있었고, 이에 따라 당초계획을 검토하면 개발면적과 몽리면적의 내용별 증감, 용수의 다양화 및 추가 수요 등이 크게 대두되었다. 또한 당초 계획 때 보다 확률강우량이 증대되고, 담수호가 축조된 지 장기간이 경과함에 따라 퇴적으로 인한 내용적 감소현상이 나타나는 등 수문조건이 변화하였다.

또한 2008년부터 시작된 4대강 살리기 사업의 일환으로 영산강 본류에 건설된 승촌보와 죽산보로 인해 보 건설 전의 영산강 하류의 유황이 건설 후 변경되어, 기존에 운영하던 영산호, 영암호 및 금호호의 새로운 배수문과 제수문 조작 방법을 제시해야하는 상황이 도래하였다.

따라서 수자원의 다양한 활용을 위해서는 최근 수문조건과 하천구조물의 신설 등을 고려한 전반적인 수문해석과 수리계산 재검토가 필요하며, 물수지 결과에 따라 수자원의 최대 활용방안을 강구함과 동시에 수위관리 등 이상적인 담수호 운영 방안에 대한 검토가 요구되는 실정이다. 국토교통부, 지속가능발전회 등에서 배수갑문 확장 및 연락수로 확장에 따른 하구둑 관리 개선 방안에 대한 필요성을 제기하고 있는 실정이다.

1.2 연구 내용

본 연구는 영산호, 영암호 및 금호호의 물순환 과정을 새로 정립하고, 이를 반영한 통합물관리 시스템 구축에 탑재될 개념적인 강우-유출 분석

을 수행함으로써 담수호 물관리 효율화를 위한 시스템 구축방안을 수립코자 다음과 3개 항목으로 구분하여 과제를 수행하고자 한다.

- 담수호 유입량 조사 및 분석
- 담수호 유입량 모의 분석
- 담수호 물관리 효율화를 위한 시스템 구축방안(마스터플랜) 수립

1.3 연구방법

- 담수호 현황
 - 유역개요
 - 시설물 현황
- 담수호 유입량 분석
 - 담수호 유역내 주요지점별 수위-유량 관계 조사 및 분석
 - 영산강 관련 국토교통부 영산강홍수통제소 실시간수문자료(수위, 유입·방류량) 및 기상자료 수집/분석
 - 영산강지구 실시간수문자료, 제수문, 배수갑문 운영자료 수집/분석 및 활용방안
 - 영산호 수위변동에 따른 영암호 유입량 관계추정
- 담수호 유입량 모의 분석
 - 국토교통부 하천유량관리시스템 운영 자료를 연계한 담수호 유역 유입량 분석
 - 댐·보 연계 운영기법에 의한 용수공급능력 평가
 - 승촌보와 죽산보 건설전·후 유입량 조사 및 모의 분석
 - 해석모형을 이용한 영산호, 영암호 및 금호호 연계 모의분석
 - 신뢰성이 확보된 자료를 통한 유입량 비교 분석 및 보정
 - 기관 수위-유량 곡선식을 활용한 유량 비교 분석 실시

- 담수호 물관리 효율화를 위한 통합물관리시스템 구축 방안(마스터플랜) 수립
 - 농림부, 국토교통부, 환경부 등 관련부처, 산하 및 부속기관 연구 내용 조사
 - 기 수행된 연구내용 중 최종성과물(운영 규정, 시스템 등)의 종류와 장단점 분석
 - 최종성과물 중 활용 가능한 성과물(예: 국토교통부 하천유량관리시스템)과의 연계방안 제시
 - 마스터플랜 수립을 위한 관련 실무자 청문 및 설문조사

1.4 기대효과 및 실용화방안

본 과제를 통해 하구둑 관리 개선 방안의 일환으로, 농업용수 관리의 효율화와 최적의 용수 공급량을 제공하기 위한 효율적 물관리시스템 개발 방안이 이루어진다면 농업용수 손실을 절감할 수 있는 비구조적 대책의 성과로 에너지 절감 효과가 발생 될 것이다. 최근의 하천 환경과 친수공간에 대한 국민적 관심의 증대에 따라 절감된 농업용수를 활용하는 방안 등 국민의 수자원환경 개선에 이바지하는 성과가 클 것이다. 절감된 농업용수는 농촌지역의 고령화사회 도래, 환경중심 정책 및 사업 추진, 농촌의 다면적 기능 증진, 농촌지역 문화자원 등 다양한 지역자원을 이용한 체험관광 등을 위해 사용될 수 있어 효율적인 물관리가 필요하다. 기후변화에 따라 매년 반복되는 농경지 침수를 예측하고, 효과적으로 관리함으로써 영산강 주변의 침수피해와 염해피해를 최소화하고, 논에서의 발작물 재배 확대 등 영농환경 및 정책변화에 효율적으로 대응하는 성과가 발생할 것이다.

2016년 담수호 물관리 효율화를 위한 통합물관리시스템 구축 방안(마스터플랜)이 수립되면, 농림부 및 국토교통부 등 범부처간 연계가 가능한 ICT 기반의 통합물관리시스템을 개발한다. 개발된 시스템은 이수기 영산호, 영암호 및 금호호 유역내 배수문 및 제수문의 효율적인 조작을 유도함으로써 농업용수의 효율적인 관리를 가능하도록 할 것이다.

2. 담수호 현황

본 과제의 대상유역은 영산강유역의 하류부와 남쪽에 연이어 위치한 영암호 및 금호호 유역이다. 본 절에서는 분석 대상유역인 영산강, 영암호 및 금호호에 대한 유역 개요, 시설물 등 현황 중심으로 서술하고자 한다.

2.1 유역 개요

우리나라 5대강 중 하나인 영산강은 한반도 남서부 전라남북도에 위치하며, 유역경계는 동경 126° 26' 12" ~ 127° 06' 07", 북위 34° 40' 16" ~ 35° 29' 01" 사이에 걸쳐 있다. 유역의 행정구역을 살펴보면 전라북도 정읍시, 광주광역시, 전라남도 나주시, 목포시, 담양군, 장성군, 영광군, 화순군, 함평군, 무안군, 영암군 등 1개 광역시, 2개도, 3개시 7개군의 전체 또는 일부를 포함하고 있다. 유역내 인구는 1,717,770명(남: 853,584명, 여: 864,186명)이고 가구수는 528,277호로서 가구당 인구는 3.25명이다.(국토해양부, 2011)

영산강의 유역면적은 3,455km, 유로연장은 129.5km이며 유역의 동서간 최대길이는 60.6km, 남북간 최대길이는 89.9km이다. 유역의 평균폭은 26.7km, 형상계수는 0.206이고 유역형태는 직사각형 형태의 수지상이며 유역의 평균고도는 EL. 118.9m이다.

유역의 경계를 살펴보면 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 동진강유역과 접하여 있고, 서측으로는 광덕산(EL 583.7m), 수양산(EL 591.0m), 무등산(EL 1,186.8m), 천운산(EL 601.6m)을 분수령으로 섬진강유역과 접하여 있다. 그리고 남측으로는 봉화산(EL 465.3m), 국사봉(EL 613.3m), 월출산(EL 808.7m)의 능선을 분수령으로 하여 탐진강유역과 접하여 있으며, 서측으로는 영산강 하구인 하구언에서 국사봉(EL 283.3m), 군유산(EL 403.2m)을 연결하는 능선을 분수령으로 유역 경계를 이루고 있다.

영산강은 섬진강과 경계를 이루는 북측의 추월산 자락인 가마골 “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 유역 면적이 넓은 지식천이 좌측에서 유입한다. 지식천 합류 후 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 유입된다.

영암호는 1992년 4월 영산강Ⅲ-1(영암호)지구 종합개발 사업지구로 영암군 삼호면 황도와 해남군 산이면 구성리를 잇는 2.2km의 방조제가 완공되었다. 영암호는 큰 하천이 없어 영산강 물로 수로를 이용하여 3급수의 물을 하루 3백만톤 공급받고 있는 상태이며 담수능력은 245백만톤이다.

영암호의 유역면적은 271.9km²이고 북위 34°40′, 동경 126°130′이며 해남읍에서 북서쪽으로 약 10km 지점, 목포에서 남동쪽으로 약 15km 지점에 위치하고 있다. 영암호는 콘크리트댐에 의해 바다와 나뉘어져 있고 주위에는 간척에 의해 광활한 나대지가 이루어져 있다. 이 나대지 일부에 벼농사를 짓고 있다.

금호호는 영산강 Ⅲ-2(금호호)지구인 금호방조제는 1994년 물막이 공사가 완료되었으며 총 매립면적은 7,400ha이며 상실된 갯벌면적은 4,000ha이다. 1994년 만들어진 금호호는 호수로 유입되는 큰 하천이 없어서 3~5급수의 영산강물을 영암호와 같이 수로로 하루 3백만톤을 공급받고 있다. 금호호의 위치는 북위 34°38′ 동경 126°25′이며 해남읍의 북서쪽 20km, 목포시의 남쪽 15km 지점에 위치하고 있다. 금호호 동쪽으로는 산이화강암이 위치하고 있으며 금호방조제에 의하여 조성된 영암호와 금호호를 잇는 수로 주위의 간척지이다. 그 면적은 1,600ha이고 현재 이 지역은 논으로 사용되며 주위는 광활한 평지로 되어있다.

2.2. 시설물 현황

영산강 하구둑은 “영산강유역 농업종합개발사업 II단계 사업('76~'81년)”의 일환으로 '81년에 완공되었으며, 목포시에서 상류쪽으로 약 6km되는 곳의 바다를 메워 축조한 방조제이다.

영산호는 연락수로를 통하여 영암호(244백만 m^3)와 금호호(133백만 m^3)에 남는 물을 공급한 후 바다로 방류하기 때문에 수자원이용의 효율을 높이고 영암호와 금호호의 모수원 역할을 하고 있다.

영산강 하류부에 위치한 영산호와 영암호, 영암호와 연락수로로 연결되어 있는 금호호의 현황은 다음과 같다.

<표 2.2-1> 영산호, 영암호 및 금호호 하구둑 현황

재원	영산호	영암호	금호호
1. 사업시행자	한국농어촌공사	한국농어촌공사	한국농어촌공사
2. 위치	영암군 삼호읍 나불리	영암군 삼호읍 삼포리	영암군 삼호읍 삼포리
3. 수계명(분류)	영산강	-	-
4. 유압수계(하천명)	광주천, 황룡강, 지석천, 고막원천, 함평천 등	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 ³)	253.6	244.6	133.1
9. 유효저수량(백만m ³)	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. 총유입량 (백만m ³ /년간)	최대 4,302.7 최소 2,487.0	최대 471.4 최소 275.0	최대 207.8 최소 130.4
14. 총방류량 (백만m ³ /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 ³)	3.42	4.40	2.58
18. 배제량(m ³ /sec)	10,837	1,831	887
19. 방조제(댐)형식	경사형 혼성제	경사형 혼성제	경사형 혼성제
20. 배수갑문(m)	30×13.6×8련	10×10.5×8련	10×10.5×5련
21. 통선문(련)	갑문식어도 6.6×11.9×30×2 련	갑문식어도 6.6×8.24×10×2 련	갑문식어도 6.6×8.24×10×2 련
22. 방조제준공년월일	'81.128	'93.1231	'96.1130
23.사업비(공사비)	42,603,920천원	35,043,836천원	37,083,167천원
24. 관리기관	한국농어촌공사 영산강사업단	한국농어촌공사 영산강사업단	한국농어촌공사 영산강사업단

<표 2.2-2> 제수문, 배수갑문 시설 현황

시설계획	위치	시설내용
영산호 배수갑문 확장	영산강 하구둑	영산호 배수갑문 확장 B=240m→480m
영암호 저류공간 활용	영암호 하구둑	영암호 배수갑문 확장 B=80m→410m
	영산호-영암호	연락수로확장(L=4.4km) B=15m→140m
	영암 연락수로 금호 연락수로	영암 제수문 증설 B=30m→160m 금호 제수문 신설 B=30m

2.3 담수호간 운영 개요

영산강 하류부에는 영산호와 영암호, 영암호와 금호호가 연락수로를 통해 서로 연결되어 있다. 영산강 하천기본계획(변경)보고서(2009)에서는 영산강 하류부 치수대책의 한 방편으로 영산호에 인접해 있는 영암호의 저류공간 활용계획을 제시하고 있다. 이 경우, 영산강 상류에서 영산호로 유입하는 유량은 연락수로를 통해 영암호로 분기되는 유량과 영산호로 유입되는 유량으로 나누어지고, 영산호의 내수위는 연락수로를 통한 분기유량과 영산호로 유입되는 유량, 하구둑 외조위 변화에 따른 배수갑문 조작에 따라 변동하게 된다.

영암호의 내수위는 자체 유역에서 발생하는 홍수량과 영산호와 금호호를 각각 연결하는 연락수로를 통해 유입 또는 유출되는 유량이 중첩되어 영암호로 유입되면서 외조위 변화에 따라 운영되는 영암호 배수갑문의 조작에 의해 내수위가 변동하게 된다. 금호호의 내수위는 자체 유역에서 발생하는 홍수량과 영암호를 연결하는 연락수로를 통해 유입 또는 유출되는 유량이 중첩되어 금호호로 유입되면서 외조위 변화에 따라 운영되는 금호호 배수갑문의 조작에 의해 내수위가 변동하게 된다.

또한 연락수로를 통해 영산호, 영암호 및 금호호로 분기되는 유량은 매 시간 영산호, 영암호 및 금호호의 내수위에 따른 수두차에 의해 결정되므로 이들 모두를 하나의 동적시스템으로 구축하여 해석하는 것이 필요하다.



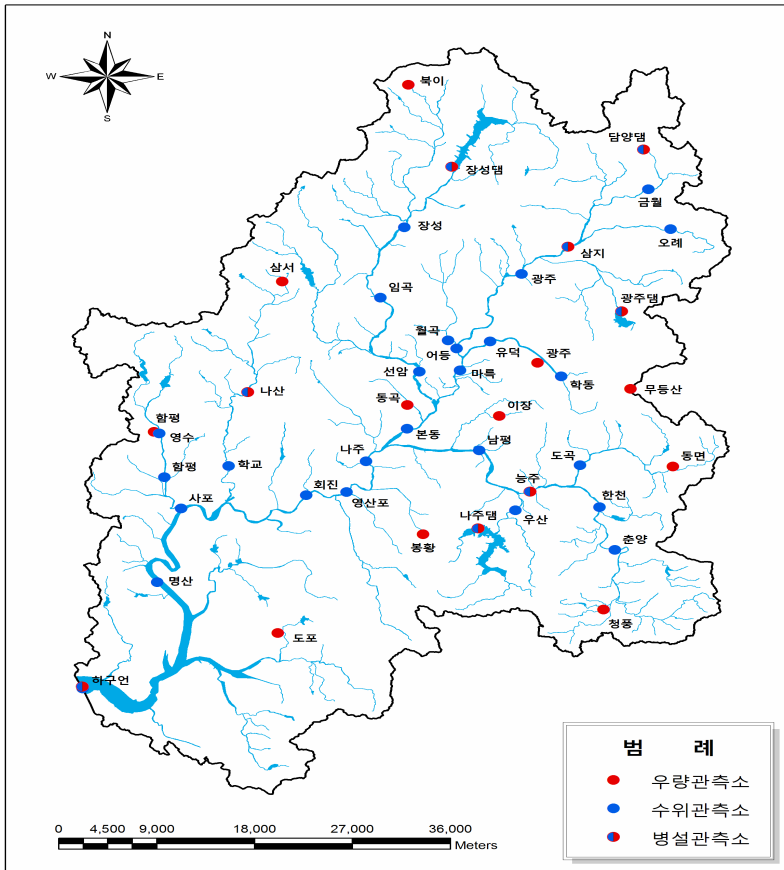
<그림 2.3-1> 영산호와 영암호 유량 관계도

3. 담수호 유입량 분석

대상유역인 영산강, 영암호 및 금호호유역의 유입량 분석을 위해 각 유역내 수문관측시설 현황을 파악하고, 실시간 관측자료 확보가 가능하며 향후 개발될 시스템에 적용할 수 있는 수문관측소를 파악하고자 한다.

3.1 영산강홍수통제소 실시간 수문자료 및 기상자료 수집 및 분석

영산강유역의 수문관측시설은 수위관측소 25지점, 우량관측소 11지점, 수위·우량 병설관측소 8지점이 존재한다. 이들 관측소들의 상세내역은 다음과 같다.



<그림 3.1-1> 영산강유역 수문관측소 위치도

<표 3.1-1> 우량관측소 현황

일련 번호	관측소 코 드	관측 소명	위 치			관측 개시일	비 고
			지 명	경 도	위 도		
1	50014020	광주	광주.남.서2. 대성초등 학교	126-54- 24	35-08- 27	1992-0 4-01	
2	50014030	광주댐	전남.담양.고서.분향. 광 주댐내	126-59- 30	35-11- 49	1992-0 4-01	
3	50014040	무등산	광주.동.용연. 무등산 2 중계소	127-00- 02	35-06- 45	1992-0 4-01	
4	50014050	담양댐	전남.담양.용.도림. 취수 탑 도교	127-00- 50	35-22- 24	1992-0 4-01	
5	50014060	삼지	전남.담양.봉산.삼지. 삼 지교 하류	126-56- 15	35-16- 03	2003-0 8-26	
6	50024020	복이	전남.장성.복이.백암. 백 암제	126-46- 32	35-26- 36	1962-0 7-01	
7	50024030	장성댐	전남.장성.장성.용강. 취 수탑 도교	126-49- 11	35-21- 16	1992-0 4-01	
8	50034030	나주댐	전남.나주.다도.판촌. 취 수탑 도교	126-50- 49	34-57- 38	1992-0 4-01	
9	50034040	능주	전남.화순.도곡.평. 신성 교 하류	126-53- 57	35-00- 03	1962-0 7-01	
10	50034050	이장	광주.남.양과. (구)대촌 동초등학교	126-52- 06	35-04- 59	2002-0 1-01	
11	50034060	동면	전남.화순.동.장동. 동면 초등학교	127-02- 37	35-01- 41	2002-0 1-01	
12	50034070	청풍	전남.화순.청풍.어. 청풍 초등학교	126-58- 24	34-52- 20	2002-0 1-01	
13	50044030	동곡	광주.하산. 동곡초등학 교	127-46- 31	35-05- 41	1992-0 4-01	
14	50044040	봉황	전남.나주.봉황.죽석. 봉 황초등학교	126-47- 29	34-57- 15	1992-0 4-01	
15	50054010	삼서	전남.장성.삼서.대곡. 면 사무소	126-38- 54	35-13- 44	1961-0 8-01	
16	50054020	나산	전남.함평.나산.삼축. 나 산교 하류	126-36- 50	35-06- 31	2004-1 2-10	
17	50064020	함평	전남.함평군(읍).기각. 기산초등학교	126-31- 11	35-03- 53	1992-0 4-01	
18	50074010	도포	전남.영암.도포.구학. 도 포중학교	126-38- 44	34-50- 46	1992-0 4-01	
19	50084010	하구언	전남.영암.삼호. 나불 하 구언	126-26- 57	34-47- 14	1992-0 4-01	

<표 3.1-2> 수위관측소 현황

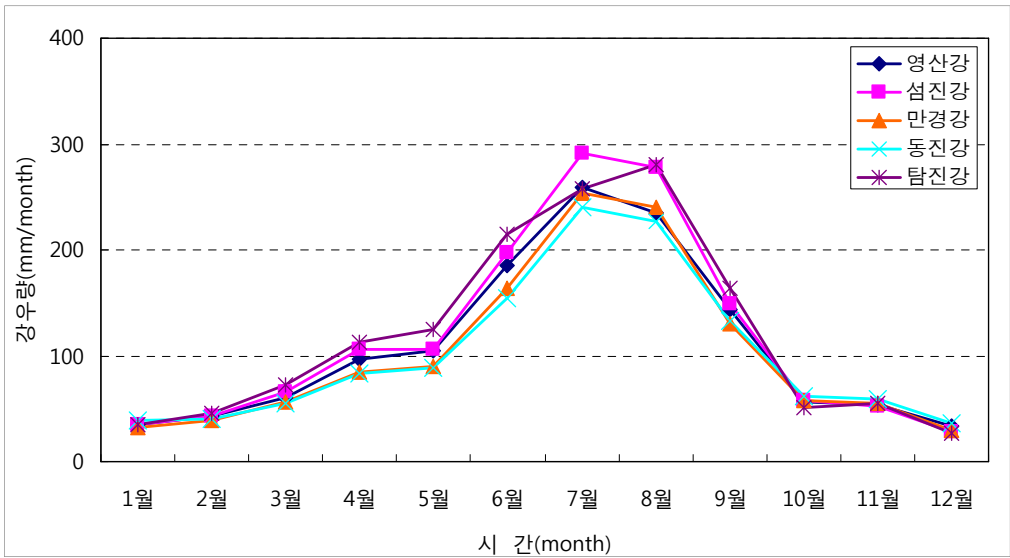
일련 번호	관측소 코 드	관측 소명	위 치			관측 개시일	비 고
			지 명	경 도	위 도		
1	5001610	담양댐	전남.담양.용.도림. 취수탑 도교	127-00-50	35-22-24	1992-04-01	
2	5001615	금월	전남.담양.금성.금월. 금월교 하류	127-01-07	35-19-47	2003-08-26	
3	5001620	오례	전남.담양.무정.봉안. 덕용교	127-02-28	35-17-11	1969-05-01	
4	5001625	삼지	전남.담양.봉산.삼지. 삼지교 하류	126-56-15	35-16-03	2003-08-26	
5	5001630	광주댐	전남.담양.고서.분향. 광주댐내	126-59-30	35-11-49	1992-04-01	
6	5001640	광주	광주.북.용전. 용산교 하류	126-53-26	35-14-15	1992-04-01	
7	5001650	유덕	광주.서.유덕. 유촌교	126-51-32	35-09-51	2000-06-01	
8	5001655	월곡	광주.광산.운남. 풍영정천2교 하 류	126-48-59	35-09-55	2008-01-01	'07.12. 26 신설
9	5001660	어등	광주.광산.우산. 어등대교 하류	126-49-29	35-09-23	2006-02-20	
10	5001670	학동	광주.동.학. 설월교	126-55-50	35-07-34	2004-10-06	
11	5001680	마륵	광주.서.벽진. 극락교 하류	126-49-42	35-07-57	1916-01-01	
12	5002620	장성댐	전남.장성.장성.용강. 취수탑 도교	126-49-11	35-21-16	1992-04-01	
13	5002650	장성	전남.장성.항룡.일평. (구)제2항룡 교	126-46-18	35-17-17	1962-07-01	
14	5002660	임곡	광주.광산.임곡. 용진교	126-44-52	35-12-42	2006-02-20	
15	5002690	선암	광주.광산.도산. 장록교 하류	126-47-14	35-07-52	1915-01-01	
16	5003605	춘양	전남.화순.춘양.용두. 용두교	126-59-05	34-56-14	2002-01-01	
17	5003610	한천	전남.화순.한천.모산. 지석천1교	126-58-10	34-59-01	2002-01-01	
18	5003615	도곡	전남.화순.화순.주도. 주도교 상류	126-56-59	35-01-46	2002-01-01	
19	5003620	능주	전남.화순.도곡.평. 신성교 하류	126-53-57	35-00-03	1962-07-01	
20	5003640	나주댐	전남.나주.다도.판촌. 취수탑 도교	126-50-49	34-57-38	1992-04-01	
21	5003650	우산	전남.나주.남평.우산. 우산교	126-53-04	34-58-49	2002-01-01	
22	5003680	남평	전남.나주.남평.수원 (구)남평교	126-50-52	35-02-44	1918-04-01	
23	5004620	본동	광주.광산.용봉.	126-46-30	35-04-08	1916-01-01	
24	5004650	나주	전남.나주.삼도. 나주대교 상류	126-44-01	35-02-00	1915-09-01	
25	5004670	영산포	전남.나주.영산. 영산대교	126-42-51	35-00-00	1915-09-01	
26	5004690	회진	전남.나주.다시.신평	126-40-25	34-59-47	1917-06-01	
27	5005650	나산	전남.함평.나산.삼축. 나산교 하류	126-36-50	35-06-31	2004-12-10	

<표 3.1-2> 수위관측소 현황(계속)

일련 번호	관측소 코 드	관측 소명	위 치			관측 개시일	비 고
			지 명	경 도	위 도		
28	5005680	학교	전남.함평.학교.고막. 고막교	126-35 -43	35-01 -40	1992-04 -01	
29	5006610	사포	전남.함평.학교.곡창. 동강교 상류	126-32 -51	34-58 -53	1962-01 -01	
30	5006620	영수	전남.함평.함평.영수. 영수교 상류	126-31 -30	35-03 -47	2003-12 -22	
31	5006630	함평	전남.함평.엄다.학야. 학야교 하류	126-31 -49	35-00 -56	1992-04 -01	
32	5006670	명산	전남.무안.몽탄.명산	126-31 -26	34-54 -04	1992-04 -01	
33	5008690	하구언	전남.영암.삼호. 나불 하구언	126-26 -57	34-47 -14	1992-04 -01	

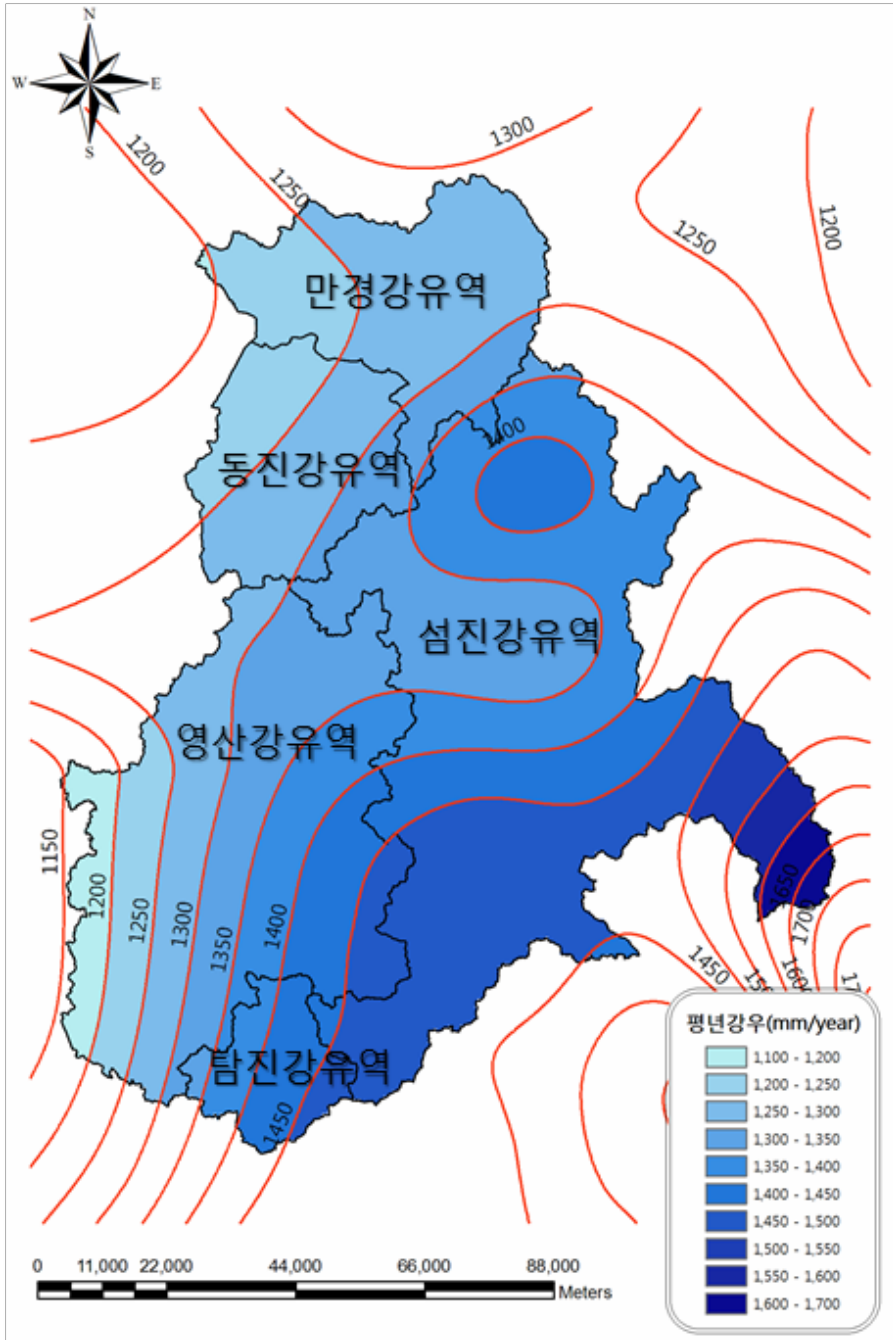
<표 3.1-1>의 우량관측소에 의한 강수량은 우량관측소별 관측개시일과 기록년수의 상이함으로 인해 분석이 원활하지 못하였다. 그래서 영산강홍수통제소에서 발표한 자료에 따르면, 영산강홍수통제소에서는 강수의 시·공간적 변화 특성을 파악하기 위해 1971년~2001년(30년)간 기상청 자료를 활용하여 등우선도를 작성하고 평년 강수량을 분석하였다. 등우선도 작성에 있어 영산강 및 인근의 관할구역(섬진강, 만경강, 동진강, 탐진강)내 관측소만을 이용하여 분석 할 경우 대상관측소의 수가 부족하여 왜곡의 우려가 있어 전국 기상청관할 관측소의 자료를 이용하여 등우선도를 작성하였고, 도서지역에 위치한 백령도, 울릉도, 흑산도의 관측소는 등우선도 작성시 부적절한 결과를 초래할 수 있어 등우선도 작성시 제외하였으며, 등우량에 대한 보간법으로는 Kriging Method를 이용하였다(국토교통부 영산강홍수예보, 2008).

그 결과 영산강의 평년 강수량은 1,304.9mm로 분석되었다. 이와 같은 자료를 바탕으로 평년 월평균 강우의 변동성을 도시하면 <그림 3.1-2>과 같고, 평년 강수량에 대한 공간적 분포인 등우선도를 나타내면 <그림 3.1-3>과 같다.



출처: 국토교통부 영산강홍수예보, 2008

<그림 3.1-2> 대상유역별 평년 월평균 강우량



출처: 국토교통부 영산강홍수예보, 2008

<그림 3.1-3> 대상유역 평년 년평균 등우선도

월평균 강우량의 변동성은 여름철에 집중하는 우리나라의 강우특성에 일치하는 것으로 나타났고, 영산강유역의 공간적 특성은 서쪽에서 동쪽으로 갈수록 강수량의 분포가 많아진다는 것으로 분석되었다.

3.2 담수호 유역내 주요지점별 수위-유량 관계 조사 및 분석

영산강유역의 수위관측소중 30개년 이상의 장기간 수위기록을 보유하고 있는 관측소로는 영산강 본류에 위치한 마륵, 본동, 나주, 영산포, 회진, 사포 수위관측소이며, 영산강 지류인 황룡강에는 장성, 선암 수위관측소, 그리고 지석천에는 능주, 남평 수위관측소로 조사되었다.

이중 가장 장기간의 일 수위기록을 보유하고 있는 수위표는 나주수위표로 66개년인 것으로 조사되었다.

3.2.1 주요 지점의 제원

영산강유역 내 수위표 중 비교적 장기간의 유량측정 성과를 보유하고 있는 관측소는 영산강 본류의 나주와 마륵 수위표로 일제강점기인 1916년부터 유량측정을 시작하였다.

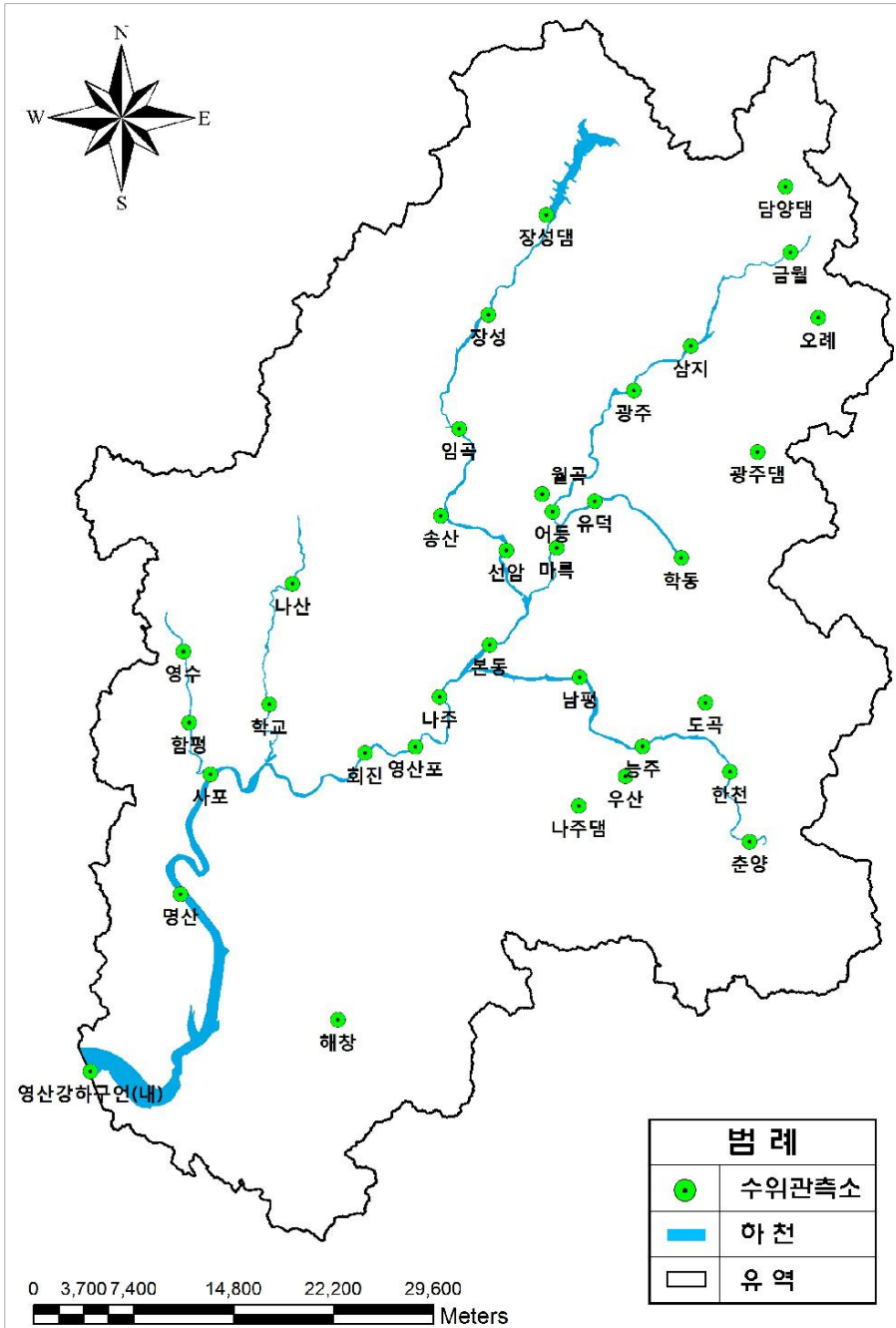
영산강의 나주와 마륵 수위표, 황룡강의 선암 수위표, 지석천의 남평 수위표는 과거 간헐적인 유량측정을 해오다가 1980년대 및 1990년대에 비교적 지속적으로 유량측정을 실시하였다.

그러나 본 과제의 대상유역인 영암호와 금호호에는 수위관측 시설이 설치되어 있지 않았고, 국토교통부 및 환경부 등에서도 특정 목적을 위한 별도의 유량측정은 실시하지 않았다.

<표 3.2-1> 주요 지점 현황

구 분		지점	영 산 강			
			마 립	나 주	남 평	선 암
수위표영점표고(EL.m)			7.563	1.312	12.024	9.930
홍수예보 수위	경계	수위표기준(m)	5.50	7.00	3.50	3.50
		해발기준(EL.m)	13.06	8.31	15.52	13.43
	위험	수위표기준(m)	6.50	8.00	4.50	4.50
		해발기준(EL.m)	14.06	9.31	16.52	14.43
계획홍수위		수위표기준(m)	6.64	9.99	5.13	4.68
		해발기준(EL.m)	14.20	11.30	17.15	14.61
제방고	좌안	수위표기준(m)	10.58	11.89	6.66	8.87
		해발기준(EL.m)	18.14	13.20	18.68	18.80
	우안	수위표기준(m)	10.83	12.34	6.81	7.11
		해발기준(EL.m)	18.39	13.65	18.83	17.04
계획홍수량(m ³ /s)			2,710	7,190	3,120	1,970
하 폭(m)			400	620	220	360

출처: www.wamis.go.kr



<그림 3.2-1> 수위관측소 위치도

3.2.2 주요 지점의 수위-유량관계곡선식

영산강지구 실시간 수위자료는 마륵, 나주, 남평 및 선암 수위관측소를 대상으로 수집 가능하며, 각 수위관측소의 수위-유량관계곡선식에 의해 유량자료를 실시간으로 확보할 수 있다. 하지만 영암호와 금호호내에는 수위관측소가 없어 영산호내에 있는 수위관측소별 기왕의 수위-유량관계곡선식만을 제시하였다. 수문관측소별 수위-유량관계곡선식은 다음과 같다.

<표 3.2-2> 수위-유량 관계곡선식

지 점	수위-유량 관계곡선식		이용 자료	인용문헌(발행연도)
	H(h) : m	Q : m ³ /s H(h) : m		
마륵	1.12<H<2.22 2.22<H<4.93	Q=68.297 ² -108.859H+61.478 Q=10.680(H+0.692) ^{2.5}	1993년	한국수문조사연보 (건설부, 1993)
		Q=16.75389(H-0.1354746) ^{2.154058}	1963 ~1966년	영산강유역조사보고서 (한국수자원공사, 1988.12)
		Q=36.11h ² -25.35h+4.45	1964 ~1965년	한국수문조사연보 (건설부, 1965)
		Q=40.34749(H-0.0380625) ^{1.696786}	1967 ~1976년	영산강유역조사보고서 (한국수자원공사, 1988.12)
		Q=40.27278(H+0.2307363) ^{1.607351}	1977 ~1979년	영산강유역조사보고서 (한국수자원공사, 1988.12)
		Q=61.19709(H+0.1347891) ^{1.579884}	1980 ~1981년	영산강유역조사보고서 (한국수자원공사, 1988.12)
		Q=25.02-70.08H+53.04H ²	1980 ~1983년	한국수문조사연보 (건설부, 1983)
		Q=66.08052(H-0.6526866) ^{1.615732}	1982 ~1983년	영산강유역조사보고서 (한국수자원공사, 1988.12)
	4.6>h≥2.5 2.5>h>0.65	Q=29.71-69.568H+54.203H ² Q=49.45(H-0.487) ²	1982 ~1983년 1989년	한국수문조사연보 (건설부, 1991)
		Q=97.29832(H-0.1297861) ^{1.270669}	1984 ~1988년	영산강유역조사 보고서 (한국수자원공사, 1988.12)
	0.98≤h≤5.99	Q=99.62099(h-0.75968) ^{1.5509}	1998 ~1999년	한국수문조사연보 (건설교통부, 1999)
	1.0≤h≤5.0 0.98≤h≤5.21	Q=32.66373(h-0.32679) ^{2.085558} Q=85.5135(h-0.6943) ^{1.5421}	1999 ~2000년	한국수문조사연보 (건설교통부, 2000)
	0.95≤h≤5.00	Q=99.05686(h-0.80379) ^{1.41098}	2000 ~2001년	한국수문조사연보 (건설교통부, 2001)
	h≤1.50 h>1.50	Q=36.41h ² -29.51h+5.98 Q=17.105h ^{2.465}		한국수문조사연보 (건설부, 1964)
		Q=6.42-39.78H+47.06H ²		한국수문조사연보 (건설부, 1982)
	0.100≤h≤8.34 5	Q=32.4521(h+0.2699) ^{2.1440}		유량연보 (건설교통부, 1998)
	0.99≤h≤7.48	Q=41.57721(h-0.47314) ^{2.02548}	2004년	한국수문조사연보 (건설교통부, 2004)
	1.00≤h≤4.49	Q=78.8267(h-0.622) ^{1.5637}	2003년	
	0.93≤h≤1.24 1.24<h≤5.00 5.00<h≤6.54	Q=14.530(h-0.040) ^{5.990} Q=17.000(h+0.240) ^{2.360} Q=80.000(h-2.400) ^{2.470}	2006년	한국수문조사연보 (건설교통부, 2006)

<표 3.2-2> 수위-유량 관계곡선식(계속)

지 점	수위-유량 관계곡선식		이용자 료	인용문헌(발행연도)
	H(h) : m	Q : m ³ /s H(h) : m		
마북	0.62 ≤ h ≤ 1.20	Q=Q=107.194(h-0.620) ^{2.394}	2007년 35개	한국수문조사연보 (국토해양부, 2007)
	1.20 < h ≤ 5.11	Q=Q=49.317(h-0.430) ^{2.019}		
	5.11 < h ≤ 10.68	Q=Q=101.129(h-0.050) ^{1.569}		
	0.62 ≤ h ≤ 1.34	Q=77.996(h-0.640) ^{1.951}	2001년 12개 2008년 30개	한국수문조사연보 (국토해양부, 2008)
	1.34 < h ≤ 5.11	Q=21.679(h-0.080) ^{2.523}		
	5.11 < h ≤ 10.68	Q=101.129(h-0.050) ^{1.569}		
	0.74 ≤ h ≤ 2.82	Q=Q=62.651(h-0.740) ^{1.881}	2010년 51개	한국수문조사연보 (국토해양부, 2010)
	1.08 ≤ h ≤ 1.24	Q=Q= 0.1536h+7.6156		
	0.74 ≤ h ≤ 1.63	Q=Q=73.591(h-0.740) ^{3.533}		
	1.63 < h ≤ 2.46	Q=Q=61.477(h-0.740) ^{2.196}		
	1.22 ≤ h ≤ 1.34	Q=Q= -12.225h+28.489		
	0.74 ≤ h ≤ 1.73	Q=Q=60.893(h-0.740) ^{2.045}		
	1.21 ≤ h ≤ 1.34	Q=Q= 1.1933h+11.558		
	0.74 ≤ h ≤ 2.65	Q=Q=39.275(h-0.740) ^{2.011}		
	1.25 ≤ h ≤ 1.27	Q=Q= 182.45h-217.92		
	0.74 ≤ h ≤ 3.19	Q=Q=43.538(h-0.740) ^{1.811}		
	1.22 ≤ h ≤ 1.24	Q=Q= 250.74h-294.38		
	0.74 ≤ h ≤ 2.44	Q=Q=57.544(h-0.740) ^{1.796}		
	2.44 < h ≤ 2.58	Q=Q=12.302(h+1.640) ^{1.775}		
	2.58 < h ≤ 3.63	Q=Q=46.285(h-0.640) ^{1.857}		
	3.63 < h ≤ 10.43	Q=Q=109.388(h-1.740) ^{1.844}		
	1.16 ≤ h ≤ 1.19	Q=Q= -0.2424h+13.966		
	0.74 ≤ h ≤ 2.64	Q=Q=66.477(h-0.740) ^{1.822}		
	2.64 < h ≤ 3.59	Q=Q=41.595(h-0.340) ^{1.967}		
	3.59 < h ≤ 5.56	Q=Q=51.757(h-0.820) ^{2.061}		
	1.19 ≤ h ≤ 1.21	Q=Q= 694.43h-810.86		
0.74 ≤ h ≤ 3.24	Q=Q=89.421(h-0.740) ^{1.473}			
1.15 ≤ h ≤ 1.17	Q=Q= 389.91h-430.4			
0.74 ≤ h ≤ 1.51	Q=Q=58.597(h-0.740) ^{1.324}			
0.97 ≤ h ≤ 1.22	Q=Q= -3.7328h+12.515			
0.87 < h ≤ 1.47	Q=Q= 58.597(h-0.870) ^{1.324}			

<표 3.2-2> 수위-유량 관계곡선식(계속)

지점	수위-유량 관계곡선식		이용자료	인용문헌(발행연도)
	H(h) : m	Q : m ³ /s H(h) : m		
나주	1.29<H<2.09 2.09<H<5.58	Q=54.194(H-0.682) ³ Q=39.070H ² +20.311h-48.709	1993년	한국수문조사연보 (건설부, 1993)
	0.33≤h≤5.97	Q=69.27027(h+0.10995) ^{1.94169}	2003년	한국수문조사연보 (건설교통부, 2003)
		Q=48.525(h-0.836) ²	1959 ~1983년	한국수문조사연보 (건설부, 1983)
		Q=39.70845(H-0.7611339) ^{2.283985}	1963 ~1981년	영산강유역조사보고서 (한국수자원공사, 1988.12)
		Q=80.766h ² -174.4h+94.148 Q=49.28h ² -77.08h+30.14	1964 ~1965년	한국수문조사연보 (건설부, 1965)
	5.8>h≥2.5 2.5>h>1.3	Q=26.427h ^{2.108} Q=30.72-114.24h+71.04h ²	1980 ~1983년 1989년	한국수문조사연보 (건설부, 1991)
	1.4<H<2.5 2.5<H<9.0	Q=156.1325(H-1.364576) ^{1.503833} Q=85.81488(H-0.499001) ^{1.405477}	1982 ~1988년	영산강유역조사보고서 (한국수자원공사, 1988.12)
	0.90≤H<1.95 1.95≤H<6.50	Q=43.2(h-0.4) ³ Q=45.6h ² +39.4h-88.5	1995 ~1996년	유량연보 (건설교통부, 1996)
	0.92≤H≤2.00 2.00≤H≤7.65	Q=58.125(H-0.416) ^{2.5} Q=42.189H ² +90.449H-166.105	1995 ~1997년	유량연보 (건설교통부, 1997)
	1.08≤H≤2.00 2.00≤H≤8.75	Q=52.499(H-0.380) ^{2.545} Q=25.296(H+0.430) ^{2.295}	1995 ~1998년	유량연보 (건설교통부, 1998)
	0.69≤h≤8.75	Q=85.628(h-0.343) ^{1.785}	1998 ~1999년	한국수문조사연보 (건설교통부, 1999)
		Q=49.28h ² -77.08h+30.14		한국수문조사연보 (건설부, 1964)
		Q=-124.2+73.09h+22.26h ²		한국수문조사연보 (건설부, 1982)
	0.33≤h≤5.97	Q=69.27027(h+0.10995) ^{1.94189}	2004년	한국수문조사연보 (건설교통부, 2004)
	0.32≤h≤ 10.20	Q=73.16940(h+0.0653) ^{2.0049}	2004년	한국수문조사연보 (건설교통부, 2004)

<표 3.2-2> 수위-유량 관계곡선식(계속)

지 점	수위-유량 관계곡선식		이용 자료	인용문헌(발행연도)
	H(h) : m	Q : m ³ /s H(h) : m		
나주	0.40 ≤ h ≤ 3.22	Q=83.061(h-0.04) ^{2.004}	2006년	한국수문조사연보 (건설교통부, 2006)
	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}		
	-0.40 ≤ h ≤ 0.55	Q=Q=26.536(h+0.400) ^{3.785}	2007년, 59개	한국수문조사연보 (국토해양부, 2007)
	0.55 < h ≤ 3.00	Q=Q=181.475(h-0.330) ^{1.398}		
	3.00 < h ≤ 5.00	Q=Q=337.407(h-1.020) ^{1.102}		
	5.00 < h ≤ 11.74	Q=Q=318.363(h-0.810) ^{1.103}		
	-0.37 ≤ h ≤ 0.48	Q=22.604(h+0.370) ^{2.167}	2007년 42개 2008년 33개	한국수문조사연보 (국토해양부, 2008)
	0.48 < h ≤ 3.00	Q=177.207(h-0.300) ^{1.406}		
	3.00 < h ≤ 5.00	Q=337.407(h-1.020) ^{1.102}		
	5.00 < h ≤ 11.74	Q=318.363(h-0.810) ^{1.103}		
	-0.37 ≤ h ≤ 0.48	Q=Q=22.604(h+0.370) ^{2.167}	2010년 63개	한국수문조사연보 (국토해양부, 2010)
	0.48 < h ≤ 3.00	Q=Q=177.207(h-0.300) ^{1.406}		
	3.00 < h ≤ 5.00	Q=Q=337.407(h-1.020) ^{1.102}		
	5.00 < h ≤ 11.74	Q=Q=318.363(h-0.810) ^{1.103}		
	0.53 ≤ h ≤ 2.29	Q=Q=10.829(h-0.060) ^{1.704}		
	1.15 ≤ h ≤ 2.17	Q=Q= -42.298h+127.2		
	0.50 ≤ h ≤ 1.48	Q=Q=80.438(h-0.200) ^{1.322}		
	0.53 ≤ h ≤ 2.29	Q=Q=10.829(h-0.060) ^{1.704}		
	1.54 ≤ h ≤ 3.44	Q=Q= 201.7h-229.39		
	0.30 ≤ h ≤ 3.00	Q=Q=119.646(h-0.300) ^{1.229}		
	0.49 ≤ h ≤ 0.69	Q=Q= 2.650h+17.237		
	0.30 ≤ h ≤ 2.36	Q=Q=170.566(h-0.290) ^{1.379}		
	2.36 < h ≤ 5.75	Q=Q=35.324(h+1.690) ^{1.843}		
	5.75 < h ≤ 11.74	Q=Q=126.028(h+0.350) ^{1.342}		
	0.82 ≤ h ≤ 1.90	Q=Q= -7.8695h+81.402		
	0.78 ≤ h ≤ 2.21	Q=Q=11.875(h+0.240) ^{2.279}		
0.84 ≤ h ≤ 1.66	Q=Q= 5.5833h+8.9827			
1.17 ≤ h ≤ 1.66	Q=Q=7.958(h-0.080) ^{2.566}			

<표 3.2-2> 수위-유량 관계곡선식(계속)

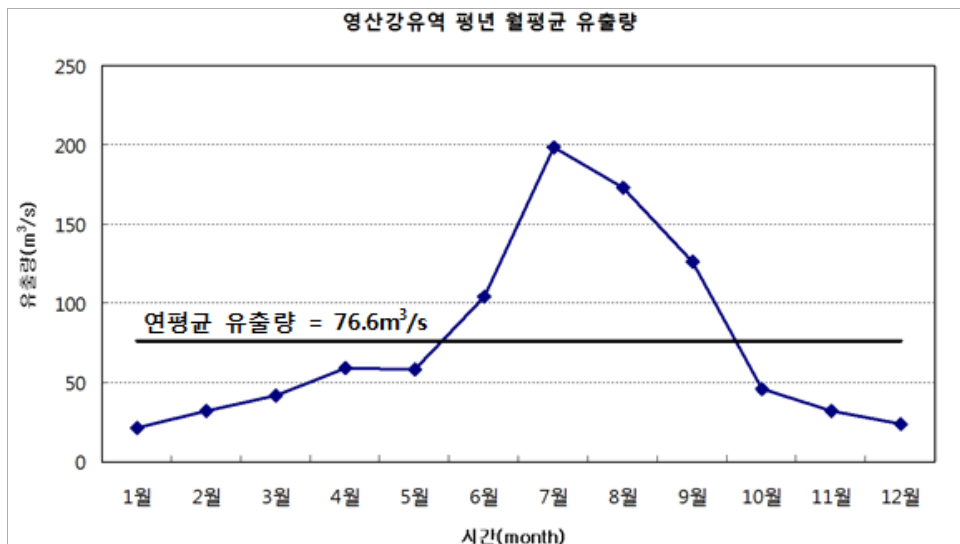
지 점	수위-유량 관계곡선식		이용 자료	인용문헌(발행연도)
	H(h) : m	Q : m ³ /s H(h) : m		
남평	3.3>h≥1.9 1.9>h>0.6	Q=9.002-142.645h+160.736h ² Q=173.45(h-0.564) ²	1989년	한국수문조사연보 (건설부, 1991)
	0.85<H<4.34	Q=80.706H ² +201.729H-193.044	1993년	한국수문조사연보 (건설부, 1993)
	0.90≤h≤2.82	Q=349.662(h-0.89000) ^{1.6388}	2001년	한국수문조사연보 (건설교통부, 2001)
	0.70≤h≤4.18	Q=155.8154(h-0.6154) ^{1.9081}	2002년	한국수문조사연보 (건설교통부, 2002)
	0.3<H<1.0 0.3<H<1.0 1.0<H<5.0	Q=79.55567(H-0.1290782) ^{2.497553} Q=816.9142(H-0.701168) ^{1.85339} Q=237.3744(H-0.9239267) ^{0.7004662}	1963 ~1965년 1966 ~1988년 1963 ~1988년	영산강유역조사보고서 (한국수자원공사, 1988.12)
	0.50≤H≤0.74 0.74≤H≤1.00 1.00≤H≤2.20	Q=122.648H ² -125.829H+34.026 Q=911.304(H-0.589) ^{2.5} Q=61.012H ² +310.297H-272.620	1990년 1993년 1996 ~1997년	유량연보 (건설교통부, 1997)
	0.76≤H<1.00 1.00≤H<3.00	Q=488.8(h-0.7) ^{1.5} Q=79.8h ² +211.9h-28.5	1995 ~1996년	유량연보 (건설교통부, 1996)
	0.74<h<3.35	Q=-187.598+161.995h+114.787h ²	1997 ~1998년	유량연보 (건설교통부, 1998)
	0.78≤h≤3.35	Q=120.660h ² +152.160h-189.240	1997 ~1999년	한국수문조사연보 (건설교통부, 1999)
		Q=42.7h ^{2.95}		한국수문조사연보 (건설부, 1964)
	0.75≤h≤1.00 1.00≤h≤5.78	Q=3.69220(h-0.0597) ^{2.4749} Q=293.2261(h-0.9625) ^{1.4698}	2004년	한국수문조사연보 (건설교통부, 2004)
	0.01≤h≤0.99 0.93≤h≤1.56 1.56<h≤1.94 1.94<h≤7.00	Q=5.390(h-0.010) ^{2.367} Q=327.611(h-0.927) ^{1.503} Q=60.686(h-0.050) ^{2.422} Q=293.226(h-0.963) ^{1.470}	2004년 37개 2008년 28개	한국수문조사연보 (국토해양부, 2008)
	0.88≤h≤1.19 1.19<h≤1.58 1.58<h≤3.15 3.15<h≤7.00	Q=Q=461.972(h-0.880) ^{1.783} Q=Q=214.782(h-0.650) ^{2.146} Q=Q=62.372(h-0.010) ^{2.396} Q=Q=324.793(h-0.962) ^{1.394}	2004년 23개 2006년 22개 2010년 37개	한국수문조사연보 (국토해양부, 2010)

<표 3.2-2> 수위-유량 관계곡선식(계속)

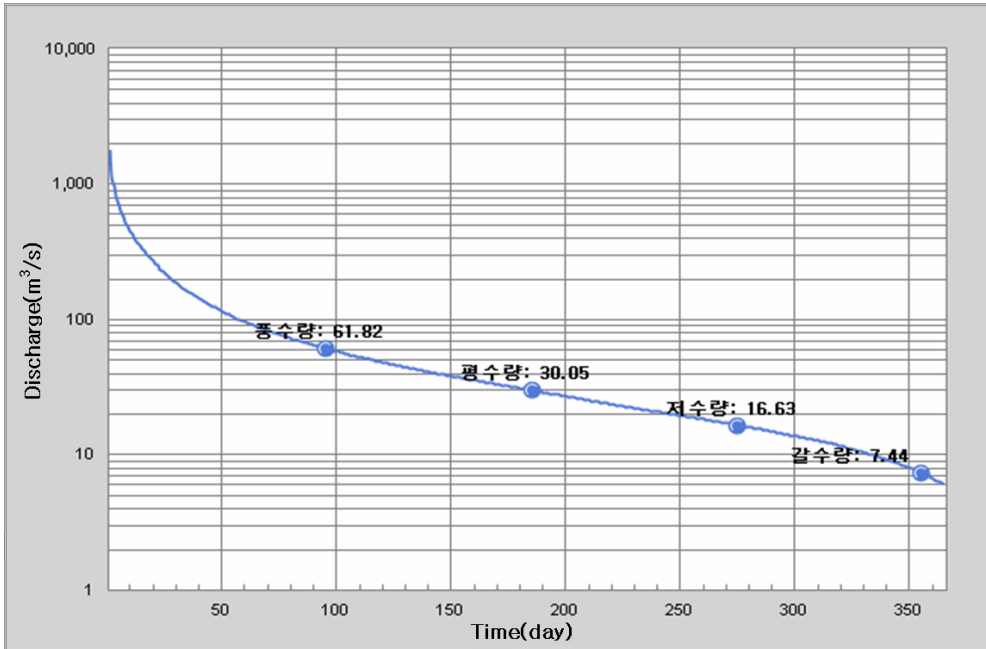
지 점	수위-유량 관계곡선식		이용 자료	인용문헌(발행연도)
	H(h) : m	Q : m ³ /s H(h) : m		
선암		$Q=462.193(H-0.561)^2$	1988년	영산강유역조사보고서 (한국수자원공사, 1988.12)
	0.39≤H≤1.00	$Q=72.171H^2-41.262H+6.730$	1997년	유량연보 (건설교통부, 1997)
	1.00≤H≤4.02	$Q=74.666(H-0.290)^{2.0}$		
	0.5≤h≤2.0	$Q=244.4612(h-0.42)^{2.1117}$	1990 ~1991년	한국수문조사연보 (건설부, 1991)
	0.35<h<4.02	$Q=60.85130(h-0.21251)^{2.15606}$	1996 ~1998년	유량연보 (건설교통부, 1998)
	0.26≤h≤4.02	$Q=47.59329(h-0.11)^{2.30463}$	1997 ~1999년	한국수문조사연보 (건설교통부, 1999)
	0.10≤h≤3.26	$Q=63.81454(h-0.087917)^{1.91094}$	1999 ~2000년	한국수문조사연보 (건설교통부, 2000)
	0.47≤h≤2.10	$Q=45.5149(h-0.0182)^{2.2097}$		
	0.23≤h≤3.37	$Q=51.94806(h-0.03000)^{2.04855}$	1999년 2000년 2002년	한국수문조사연보 (건설교통부, 2002)
	0.84≤H≤2.36	$Q=1.315(H+0.200)^{4.853}$	2006년	한국수문조사연보 (건설교통부, 2006)
	2.36<H≤3.57	$Q=13.033(H+0.285)^{2.332}$		
	3.57<H≤5.40	$Q=239.178(H-2.372)^{1.312}$		
	5.40<H≤7.34	$Q=0.660(H-0.085)^{4.615}$		
0.46≤H≤0.90	$Q=Q=12.595(H-0.460)^{2.402}$	2007년 48개	한국수문조사연보 (국토해양부, 2007)	
0.90 <H≤2.00	$Q=Q=9.875(H-0.260)^{3.421}$			
2.00 <H≤4.00	$Q=Q=7.834(H-0.050)^{3.184}$			
4.00 <H≤5.50	$Q=Q=20.142(H-0.460)^{2.713}$			
5.50 <H≤7.45	$Q=Q=23.024(H-0.050)^{2.509}$			
0.46≤H≤0.90	$Q=87.920(H-0.460)^{4.370}$	2007년 49개 2008년 30개	한국수문조사연보 (국토해양부, 2008)	
0.90<H≤1.42	$Q=15.592(H-0.500)^{2.028}$			
1.42<H≤2.50	$Q=31.221(H-0.710)^{2.521}$			
2.50<H≤4.85	$Q=31.514(H-0.690)^{2.458}$			
4.85<H≤8.38	$Q=20.496(H-0.050)^{2.508}$			
0.49≤h≤1.99	$Q=Q=17.048(H-0.490)^{2.577}$	2010년 39개	한국수문조사연보 (국토해양부, 2010)	
0.35≤h≤1.50	$Q=Q=12.345(H-0.350)^{2.523}$			
1.50<h≤1.99	$Q=Q=17.048(H-0.490)^{2.577}$			
1.99<h≤5.59	$Q=Q=11.249(H-0.350)^{2.953}$			
5.59<h≤8.10	$Q=Q=48.342(H-0.100)^{2.016}$			

대상유역인 영산강, 영암호 및 금호호로 유입되는 유량을 산정하기 위해 <표 3.2-2>의 수위-유량관계곡선식을 사용하여 장기유출량을 모의하여야 한다. 그러나 금번 과업수행에서는 향후 개발될 담수호 통합물관리시스템의 기반 모형으로 사용될 장기유출모형의 데모 버전 개발이 목적이기 때문에 영산강홍수통제소에서 기 발표한 분석 결과를 요약하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

영산강홍수통제소에서는 영산강유역의 장기유출량 특성을 분석하기 위해 <표 3.2-2>의 수위-유량관계곡선식을 사용하여 장기유출모형인 TANK 모형의 매개변수를 검·보정하여 과거 30년(1971년~2000년)간 장기유출자료를 생산하여 분석하였다. <그림 3.2-2>는 영산강유역 평년 월평균 유출량과 연평균 유출량을 도시한 것으로 앞선 강우특성과 유사한 변동성을 보이며 연평균 유출량이 $76.6\text{m}^3/\text{s}$ 로 분석되었다. 또한, 이러한 장기유출자료를 바탕으로 본 유역의 유황곡선을 산정한 결과, <그림 3.2-3>과 같이 풍수량은 $61.82\text{m}^3/\text{s}$, 평수량은 $30.05\text{m}^3/\text{s}$, 저수량은 $16.63\text{m}^3/\text{s}$, 갈수량은 $7.44\text{m}^3/\text{s}$ 로 검토되었다.



<그림 3.2-2> 영산강유역 평년 월평균 유출량



출처: www.wamis.go.kr

<그림 3.2-3> 영산강유역 유황분석 곡선

3.3 영산강지구(담수호) 실시간수문자료, 제수문, 배수갑문 운영자료 수집/분석 및 활용방안

담수호의 제수문 및 배수갑문의 운영은 농업기반시설 관리지침(농림부, 1999)에 다음과 같이 정리되어 있다.

담수호의 관리는 ‘담수호의 저수량을 필요한 시기에 필요한 량의 관개 용수를 공급하는 등 담수호의 기능과 역할이 가능하도록 적정한 수위가 유지되도록 관리하여야 한다’ 라고 명기되어 있다. 이는 담수호의 담수량은 농업용수, 공업용수, 생활용수 등을 급수할 목적으로 양수장이나 도수로에서 취수된다. 따라서 취수량의 확보를 위하여 적정한 수위를 유지할 필요가 있다. 또한 시기별로 용수량이 큰 편차를 보이므로 한발시에도 농업용수, 공업용수, 생활용수 등에 대한 기간별로 공급계획을 수립하여 체계적으로 공급할 수 있도록 하여야 한다.

담수호의 수위는 내한 능력을 극대화하기 위해 가급적 담수호의 수위를 높게 유지하는 것이 유리하나 상류유역의 저지대 침수방지 등을 위해서는 낮을수록 유리하다. 따라서 용수관리상 기상관측자료 등 물수지 기본자료

에 의하여 적정 담수호 수위인 관리 수위를 설정하여야 한다.

그러나 비관개 중에는 관리수위 범위 내에서 주기적으로 방류하여 담수호 내의 물을 순환시키고 하구의 기능을 정상화하도록 하여야 한다.

배수갑문의 조작 운영은 ‘담수호의 관리수위 유지 및 수질개선이 필요한 경우 배수갑문을 조작 운영하여야 하며 조작하기 전에 방류로 인한 안전사고 예방을 위한 조치를 하여야 한다’라고 명기되어 있다. 이는 담수호 관리수위를 유지하기 위한 배수갑문 조작은 담수호 내에서 취수하는 양수장에서 용수공급에 지장이 없으며 유입량을 감안하여 관리 수위에서 허용 범위를 정하여 조작 운영하여야 한다. 보통 허용범위는 $\pm 0.20\text{m}$ 정도이므로 배수갑문 조작은 관리수위가 $+ 0.20\text{m}$ 에서 개문 $- 0.20\text{m}$ 폐문하며 수문 개방은 하류부 전단면에 유량이 고루 분포되도록 개방해야 한다.

배수갑문 조작에 의한 방류로 인접에 있는 선박 및 어부, 낚시꾼들의 안전사고를 예방하기 위해서는 개문 0.5~1시간전부터 폐문시까지 경고방송과 경광 등을 작동하는 등 필요한 안전조치를 하여야 한다.

또한 통선문 조작 운영, 담수호 퇴적 등에 관한 사항도 상시 운영에 영향을 미치는 항목으로 판단된다.

상기의 관리지침에 의거 영산호, 영암호 및 금호호내의 배수갑문 운영 현황은 <표 3.3-1>~<표 3.3-3> 와 같다.

<표 3.3-1> 영산강 배수감문 배수감문 조작현황

순번	월일	문수	개방 높이 (m)	개문				폐문				완전 개문 시간 (분)		계획조위		실측조위		배제량 (천톤)	
				시작	완료	내 수위	외 수위	시작	완료	내 수위	외 수위	조고	시간	조고	시간	조고	시간		
계	123																	2,439,962	
소계(1월)	1																	19,114	
1	1.11	5	8.5	6:27	6:52	-119	-127			8:40	9:05	-174	-288					19,114	
소계(2월)	4																	35,288	
2	2.06	5	8.7	17:55	18:20	-118	-138			19:15	19:40	-131	-177			18:57	-179	19:00	4,613
3	2.07	5	8.5	4:55	5:20	-127	-144			7:20	7:45	-171	-252			6:55	-299	7:00	15,265
4	2.21	5	8.5	18:00	18:25	-119	-164			21:00	21:25	-153	-182			19:29	-229	19:20	12,042
5	2.24	3	8.5	18:10	18:35	-150	-171			21:03	21:28	-160	-242			21:04	-248	21:20	3,368
소계(3월)	6																	72,030	
6	3.06	4	8.5	4:00	4:25	-93	-118			6:30	6:55	-126	-171			5:50	-200	6:00	30,708
7	3.06	4	8.5	17:32	17:57	-119	-140			18:45	19:00	-129	-184			18:28	-184	19:00	3,548
8	3.07	4	8.5	17:53	18:18	-123	-144			20:00	20:25	-146	-186			19:03	-219	19:10	8,265
9	3.08	4	8.5	18:25	18:50	-140	-160			20:12	20:37	-176	-236			19:40	-264	20:00	12,124
10	3.29	5	8.5	21:10	21:45	-88	-150			23:20	23:50	-118	-172			23:10	-190	22:50	10,644
11	3.30	4	8.5	21:58	22:24	-92	-113			23:58	0:52	-111	-151			12:04	-164	23:46	6,741
소계(4월)	12																	121,057	
12	4.01	4	8.5	13:10	13:40	-50	-70			15:05	15:36	-56	-71			15:23	-160	15:37	2,821
13	4.02	5	9.0	0:25	0:53	-51	-62			3:10	3:50	-85	-123			3:17	-127	2:46	12,973
14	4.02	5	9.0	15:05	15:35	-80	-101			16:00	16:30	-82	-90			16:23	-108	15:56	699
15	4.03	5	9.0	2:25	2:52	-78	-92			4:47	4:47	-110	-133			4:28	-152	3:55	8,124
16	4.03	5	9.0	15:00	15:30	-87	-110			17:03	17:38	-140	-236			17:10	-239	17:41	19,018
17	4.06	4	8.0	17:44	18:09	-98	-114			20:10	20:40	-134	-263			18:32	-310	19:13	12,773
18	4.11	3	8.5	20:44	21:11	-124	-149			23:00	23:25	-145	-199			22:36	-292	22:27	7,574
19	4.21	3	8.5	18:22	18:49	-118	-130			20:15	20:36	-139	-176			19:31	-213	19:31	7,682
20	4.22	4	8.5	18:30	19:05	-110	-130			20:32	20:57	-139	-215			20:01	-256	20:02	10,520

<표 3.3-1> 영산강 배수감문 조작현황(계속)

순번	월일	문수	개방 높이 (m)	개문				폐문				완전 개문 시간 (분)	계획조위		실측조위		배제량 (천톤)				
				시작	완료	내		외		시작	완료		내		외			조고	시간	조고	시간
						수위	수위	수위	수위				수위	수위	수위	수위					
21	4.24	5	8.5	19:30	20:10	-105	-134	21:24	21:55	-146	-208	21:00	-234	20:47	14,651						
22	4.25	5	8.5	20:13	20:42	-127	-147	22:00	22:30	-154	-187	21:32	-224	21:26	9,540						
23	4.26	5	8.5	20:28	20:50	-122	-142	22:40	23:02	-164	-184	22:08	-228	22:19	14,682						
소계(5월)	5										618				87,114						
24	5.02	5	8.5	2:03	2:30	-84	-99	3:54	4:04	-93	-124	2:33	-143	3:43	3,188						
25	5.02	5	8.5	14:40	15:02	-83	-98	16:43	17:05	-105	-133	15:31	-153	16:28	46,205						
26	5.04	5	8.5	16:50	17:17	-89	-109	18:47	19:15	-140	-167	18:01	-249	17:51	18,307						
27	5.08	5	8.5	19:10	19:37	-121	-141	21:05	21:32	-166	-200	20:53	-287	21:03	15,710						
28	5.17	3	10.0	16:45	17:15	-138	-168	17:20	17:50	-149	-175	17:17	-179	17:23	3,704						
소계(6월)	1										129				6,742						
29	6.30	5	8.5	14:26	14:53	-115	-136	16:08	16:35	-134	-170	16:10	-186	16:10	6,742						
소계(7월)	22										3,742				393,382						
30	7.02	5	8.5	16:23	16:50	-108	-132	17:10	17:35	-146	-215	18:08	-233	17:40	13,587						
31	7.04	6	8.5	18:00	18:25	-122	-145	20:00	20:25	-145	-209	19:47	-271	19:20	8,283						
32	7.06	7	8.5	8:23	8:49	-103	-137	9:39	10:05	-126	-193	9:11	-204	9:30	8,161						
33	7.06	7	8.5	19:30	19:57	-91	-115	21:40	22:07	-159	-222	21:13	-263	21:30	23,996						
34	7.07	7	8.5	9:10	9:35	-129	-159	10:15	10:40	-145	-197	9:51	-202	10:10	5,800						
35	7.07	7	8.5	20:45	21:12	-147	-167	22:11	22:38	-173	-212	21:54	-228	22:00	8,756						
36	7.11	7	8.5	11:20	11:45	-94	-112	13:10	13:33	-102	-118	12:46	-137	12:50	2,839						
37	7.12	7	9.0	11:00	11:30	-8	-33	13:50	14:20	-75	-112	13:48	-118	13:21	41,651						
38	7.13	7	8.5	12:43	13:09	-51	-63	14:45	15:11	-79	-109	14:58	-121	14:10	10,875						
39	7.14	8	8.6	13:35	14:03	-50	-65	16:12	16:40	-88	-105	16:00	-118	15:30	14,508						
40	7.15	8	9.0	8:02	8:32	65	43	17:53	18:23	-48	85	5:13	-138	16:50	74,898						
41	7.16	8	9.0	4:00	4:30	-6	-20	6:20	6:50	-38	-67	6:00	-84	6:00	17,006						
42	7.16	8	8.5	15:16	15:42	-30	-50	18:14	18:40	-105	-131	17:40	-158	17:30	9,751						
43	7.17	8	8.5	16:09	16:36	-53	-65	19:01	19:28	-119	-140	18:21	-183	18:20	24,096						
44	7.18	8	8.5	17:00	17:27	-61	-73	19:45	20:12	-122	-148	19:01	-195	19:10	21,521						
45	7.19	8	8.5	6:47	7:14	-83	-103	8:25	8:50	-91	-139	7:44	-149	7:58	2,828						
46	7.19	8	9.0	17:20	17:50	-20	-31	20:41	21:11	-122	-140	19:38	-216	19:45	41,182						

<표 3.3-1> 영산강 배수감문 조작현황(계속)

순번	월일	문수	개방높이 (m)	개문				폐문				완전개문시간 (분)		계획조위		실측조위		배제량 (천톤)
				시작	완료	내수위	외수위	시작	완료	내수위	외수위	조고	시간	조고	시간	조고	시간	
47	7.20	8	9.0	7:15	7:45	-89	-105	8:49	9:21	-113	-145	126	-146	8:16	-167	8:30	8:515	
48	7.20	6	8.5	18:35	19:02	-98	-113	20:58	21:25	-157	-175	170	-206	20:15	-223	20:30	20:840	
49	7.21	6	8.5	19:26	19:53	-126	-142	21:19	21:46	-173	-202	140	-212	20:52	-234	21:00	16,293	
50	7.24	8	8.5	9:30	9:55	-125	-140	11:05	11:30	-154	-200	120	-183	10:39	-211	10:50	10,250	
51	7.25	8	8.0	10:30	10:55	-153	-176	11:46	12:11	-176	-192	101	-177	11:22	-210	11:30	7,746	
소계(8월)	20											3,842					738,865	
52	8.13	8	9.0	14:40	15:10	-70	-92	16:35	17:05	-86	-108	145	-103	16:27	-119	16:20	5,601	
53	8.14	8	9.0	15:12	15:42	-52	-66	17:33	18:03	-95	-124	171	-125	17:19	-140	17:10	15,998	
54	8.15	8	8.5	16:27	16:55	-90	-109	18:14	18:47	-129	-158	140	-151	18:00	-178	18:10	13,792	
55	8.16	8	9.0	16:40	17:12	-64	-80	18:36	19:08	-125	-218	148	-177	18:42	-218	19:08	21,536	
56	8.17	8	8.5	17:42	18:08	-83	-107	20:04	20:30	-149	-161	168	-200	19:20	-223	19:40	23,547	
57	8.22	8	9.0	8:44	9:12	-100	-116	10:50	11:18	-160	-206	126	-208	10:12	-244	10:40	21,140	
58	8.22	8	8.5	21:33	22:01	-125	-140	23:00	23:28	-151	-199	115	-160	22:37	-203	22:50	9,239	
59	8.23	8	8.5	9:48	10:15	-138	-158	11:23	11:50	-164	-170	122	-192	10:54	-225	11:00	12,124	
60	8.24	8	9.7	22:37	23:08	-8	-18	1:24	1:55	-83	-100	138	-74	0:26	-107	0:40	34,533	
61	8.25	8	10.0	9:42	10:14	35	24	13:41	14:13	-93	-120	271	-139	12:45	-170	12:50	68,242	
62	8.26	7	6.5	1:30	1:49	-51	-85	2:30	2:49	-56	-66	79	-45	1:57	-83	1:40	2,350	
63	8.26	8	9.0	11:40	12:08	-37	-51	14:30	14:58	-111	-128	198	-121	14:12	-154	13:50	28,780	
64	8.27	8	9.0	13:40	14:09	-63	-73	15:43	16:11	-100	-115	151	-127	15:44	-133	15:30	13,015	
65	8.28	8	10.0	14:10	14:43	53	30	18:07	18:40	-21	-86	270	-149	16:55	-149	16:55	52,217	
66	8.29	8	10.5	2:40	3:13	88	75	7:17	7:50	-33	-68	310	-113	5:49	-128	6:25	89,350	
67	8.29	8	10.0	15:25	15:58	-1	-35	18:45	19:18	-94	-108	233	-173	17:51	-172	18:20	42,763	
68	8.30	8	9.5	5:40	6:10	-48	-112	7:29	7:58	-78	-141	138	-144	6:22	-136	6:50	11,936	
69	8.30	8	10.5	15:28	16:02	69	50	20:39	21:13	-14	-64	345	-193	18:37	-222	18:59	61,753	
70	8.31	8	11.0	3:54	4:30	154	153	8:56	9:32	-43	-117	338	-169	7:11	-232	8:11	159,769	
71	8.31	8	10.0	17:04	17:35	8	-8	20:29	21:00	-102	-155	236	-204	19:18	-265	19:40	51,180	

<표 3.3-1> 영산강 배수감문 조작현황(계속)

순번	월일	문수	개방 높이 (m)	개문			폐문			완전 개문 시간 (분)		계획조위		실측조위		배제량 (천톤)
				시작	원료	내 수위	외 수위	시작	원료	내 수위	외 수위	조고	시간	조고	시간	
소계(9월)	29										4,718					671.697
72	9.01	8	9.0	6:25	6:55	-60	-91	8:28	8:58	-125	-202	-185	7:46	-232	8:10	22,935
73	9.01	8	9.0	19:07	19:34	-100	-106	21:00	21:27	-162	-178	-205	19:56	-277	20:10	21,814
74	9.03	8	8.5	7:35	8:01	-91	-115	9:35	10:01	-156	-185	-192	8:52	-241	9:30	22,986
75	9.04	8	8.5	20:46	21:13	-116	-129	22:42	22:42	-142	-151	-156	21:42	-189	22:00	9,401
76	9.05	8	8.8	8:29	8:58	-96	-108	10:29	10:58	-142	-165	-171	9:53	-204	10:10	16,497
77	9.05	8	9.5	21:26	22:00	-99	-130	22:43	23:17	-121	-150	-126	22:26	-166	22:30	7,806
78	9.06	8	9.5	9:05	9:33	-104	-114	11:10	11:38	-148	-156	-152	10:23	-191	10:40	15,343
79	9.07	8	8.5	9:43	10:09	-95	-121	11:23	11:49	-127	-139	-130	10:57	-169	10:50	11,374
80	9.08	8	10.0	8:48	9:20	24	24	12:50	13:22	-46	-90	-104	11:37	-204	10:10	41,325
81	9.08	8	10.0	22:05	22:37	33	21	1:03	1:35	-25	-41	-193	0:33	-166	22:30	38,459
82	9.09	8	10.0	10:02	10:36	1	-14	13:20	13:54	-73	-86	-80	12:37	-104	12:30	49,614
83	9.10	8	8.5	11:37	12:05	-23	-35	15:29	15:57	-68	-95	-71	14:27	-87	14:10	20,489
84	9.11	8	9.5	13:07	13:38	-17	-29	16:00	16:31	-65	-76	-87	15:53	-100	15:46	22,679
85	9.12	8	8.7	14:35	15:02	-34	-44	17:18	17:45	-89	-95	-115	16:50	-123	10:49	22,454
86	9.13	8	9.0	15:45	16:13	-55	-67	18:03	18:31	-120	-135	-147	17:37	-164	17:34	23,510
87	9.14	8	9.0	16:40	17:08	-73	-89	18:52	19:20	-137	-165	-178	18:18	-203	18:31	22,913
88	9.15	8	8.5	6:00	6:25	-129	-139	6:48	7:13	-145	-187	-168	6:47	-194	7:18	5,800
89	9.15	8	8.5	17:48	18:13	-134	-147	19:29	19:54	-175	-184	-204	18:58	-228	19:00	14,129
90	9.16	8	8.5	7:00	7:26	-162	-175	7:52	8:18	-170	-193	-200	7:21	-197	7:44	2,694
91	9.16	8	8.5	18:40	19:06	-147	-158	19:07	20:33	-182	-206	-220	19:38	-218	20:00	11,787
92	9.17	8	9.0	6:48	7:17	-107	-113	8:43	9:12	-134	-149	-225	7:57	-195	8:10	12,063
93	9.17	8	9.5	18:04	18:33	27	7	21:43	22:12	-82	-115	-223	20:17	-220	21:00	57,988
94	9.18	8	9.5	6:40	7:10	6	-38	9:40	10:10	-150	-166	-239	8:33	-210	9:00	67,003
95	9.18	8	9.5	19:27	19:57	-48	-58	22:00	22:30	-128	-138	-212	20:57	-205	21:30	29,640
96	9.19	8	9.3	7:40	8:10	-97	-107	9:28	10:28	-167	-177	-240	9:10	-232	9:20	24,562
97	9.20	8	9.0	8:20	8:50	-101	-121	10:30	11:00	-177	-197	-227	9:49	-242	9:55	26,510
98	9.21	8	8.5	9:10	9:36	-136	-153	11:10	11:36	-194	-200	-202	10:32	-240	10:20	19,532
99	9.28	8	9.0	16:50	17:20	-61	-81	18:50	19:20	-105	-155	-172	18:20	-201	18:50	15,488
100	9.30	8	9.0	18:16	18:44	-86	-96	19:55	20:23	-128	-199	-184	19:35	-199	20:23	14,902

<표 3.3-1> 영산강 배수감분 조작현황(계속)

순번	월일	문수	개방 높이 (m)	계분				폐문				완전개문 시간 (분)	계획조위		실측조위		배제량 (천톤)
				시작	완료	내 수위	외 수위	시작	완료	내 수위	외 수위		조고	시간	조고	시간	
소계(10월)	9											1,076					101,046
101	10.03	8	8.5	7:32	7:58	-111	-127	9:24	9:50	-161	-181	138	-194	8:49	-219	8:50	17,574
102	10.04	8	8.0	8:27	8:51	-158	-174	9:38	10:02	-176	-192	95	-182	9:18	-209	9:30	6,062
103	10.14	6	8.5	17:15	17:41	-94	-120	18:50	19:16	-134	-215	121	-199	18:35	-212	18:40	14,192
104	10.18	5	12.8	7:52	8:33	-124	-202	8:34	8:54	-151	-228	103	-261	8:48	-286	9:00	9,594
105	10.19	2	12.8	8:23	9:04	-155	-197	9:05	9:46	-167	-197	83	-242	9:30	-256	9:50	4,041
106	10.26	5	8.5	15:58	16:25	-86	-106	17:27	17:54	-110	-130	116	-132	17:14	-151	17:10	8,515
107	10.28	5	9.0	17:08	17:37	-66	-86	19:20	19:49	-120	-148	161	-158	18:38	-193	19:00	19,062
108	10.29	5	8.5	18:15	18:42	-108	-118	19:44	20:11	-128	-154	116	-163	19:15	-179	19:30	7,096
109	10.30	5	8.5	5:48	6:15	-128	-138	7:44	8:11	-171	-205	143	-205	7:19	-239	7:30	14,910
소계(11월)	5											650					64,251
110	11.01	5	8.5	7:12	7:38	-158	-174	8:48	9:14	-189	-213	122	-203	8:20	-242	8:23	10,440
111	11.12	5	8.5	17:01	17:28	-110	-130	18:52	19:19	-145	-155	138	-183	18:13	-203	18:12	12,541
112	11.16	5	8.5	6:49	7:15	-123	-133	8:57	9:23	-191	-204	154	-275	8:32	-311	8:42	23,420
113	11.19	5	8.0	9:53	10:17	-158	-174	11:16	11:40	-178	-201	107	-186	10:52	-214	11:00	6,736
114	11.27	5	8.0	5:04	5:28	-140	-158	6:49	7:13	-173	-186	129	-194	6:18	-209	6:14	11,114
소계(12월)	9											1,218					129,376
115	12.04	5	8.5	8:40	9:06	-133	-146	10:20	10:57	-170	-193	137	-183	10:18	-212	10:04	12,800
116	12.11	4	8.5	16:32	16:59	-100	-120	18:21	18:48	-130	-156	136	-162	17:55	-184	17:45	10,644
117	12.12	5	8.5	17:35	18:02	-129	-141	19:16	19:43	-160	-182	128	-181	18:46	-207	18:45	10,851
118	12.13	5	8.5	18:37	19:05	-158	-168	19:55	20:23	-195	-223	106	-195	19:33	-227	19:40	12,461
119	12.16	5	8.5	7:18	7:44	-114	-124	9:34	10:00	-180	-229	162	-268	9:04	-290	9:20	22,909
120	12.17	5	8.5	8:35	9:00	-170	-179	10:15	10:40	-227	-266	125	-242	9:49	-275	9:50	18,893
121	12.18	4	8.0	9:40	10:03	-194	-209	10:45	11:08	-205	-236	88	-206	10:35	-249	10:40	3,402
122	12.29	5	8.5	5:50	6:17	-95	-103	8:22	8:49	-155	-187	179	-219	7:41	-239	7:47	20,577

<표 3.3-2> 영암호 배수감문 조작현황

순번	월일	문수	개방 높이 (m)	개문				폐문				완전 개문 시간 (분)		계획조위		실측조위		배제량 (천톤)
				시작	완료	내 수위	외 수위	시작	완료	내 수위	외 수위	조고	시간	조고	시간			
계	65																	346.405
소계(1월)	11																	-
1	1.10	1	4.5	7:40	7:55	-1.60	-2.70	9:00	9:15	-1.60	-1.80	95	-2.47	7:49	-2.72	7:41	7:41	-
2	1.10	1	4.5	19:20	19:35	-1.60	-1.90	21:00	21:15	-1.60	-2.10	115	-1.91	20:28	-2.09	20:33	20:33	-
3	1.11	1	4.5	7:30	7:45	-1.63	-1.95	9:10	9:25	-1.63	-1.97	115	-2.58	8:28	-2.83	8:27	8:27	-
4	1.11	1	4.5	20:00	20:15	-1.63	-2.00	21:15	21:30	-1.63	-2.10	75	-2.06	21:03	-2.33	21:04	21:04	-
5	1.12	1	4.5	7:00	7:15	-1.63	-1.97	9:00	9:15	-1.63	-2.15	135	-2.61	8:08	-2.75	9:09	9:09	-
6	1.13	1	4.5	8:40	8:55	-1.63	-1.90	10:40	10:55	-1.63	-1.98	135	-2.51	9:47	-2.71	9:49	9:49	-
7	1.13	1	4.5	21:10	21:25	-1.63	-1.96	23:00	23:15	-1.63	-2.00	125	-2.18	22:19	-2.38	22:29	22:29	-
8	1.14	1	4.8	9:30	9:45	-1.63	-2.00	11:20	11:35	-1.63	-2.15	125	-2.27	10:30	-2.5	10:25	10:25	-
9	1.15	1	4.8	10:10	10:25	-1.63	-1.79	12:00	12:15	-1.63	-1.80	125	-1.92	11:17	-2.17	11:11	11:11	-
10	1.25	1	4.5	8:00	8:15	-1.63	-1.90	10:20	10:35	-1.63	-1.79	155	-2.54	8:30	-2.86	8:16	8:16	-
11	1.26	1	4.5	8:40	8:55	-1.62	-1.82	10:40	10:55	-1.62	-1.86	135	-2.42	9:06	-2.68	9:11	9:11	-
소계(2월)	1											80						-
12	2.10	1	4.5	9:00	9:15	-1.61	-2.85	10:05	10:20	-1.62	-1.81	80	-2.78	8:52	-2.86	9:09	9:09	6.800
소계(3월)	4											165						6.800
13	3.09	6	4.5	6:40	6:55	-1.48	-1.83	9:10	9:25	-1.64	-1.91	165	-2.75	7:56	-2.84	8:11	8:11	6.800
14	3.12	1	4.5	9:00	9:15	-1.69	-1.9	10:45	11:00	-1.69	-1.84	120	-2.2	9:58	-2.5	10:06	10:06	-
15	3.24	1	4.5	7:30	7:45	-1.53	-1.98	9:15	9:30	-1.54	-1.89	120	-2.1	8:21	-2.58	8:29	8:29	-
16	3.26	1	4.5	8:50	9:05	-1.51	-1.82	9:55	10:10	-1.52	-1.96	80	-1.81	9:24	-2.14	9:26	9:26	-
소계(4월)	6											794						33.972
17	4.4	7	4.8	17:05	17:25	-1.23	-1.53	18:10	18:30	-1.31	-1.53	85	-1.94	17:52	-1.8	17:52	17:52	3.400
18	4.5	7	4.5	5:10	5:25	-1.28	-1.87	7:05	7:20	-1.45	-1.6	130	-2.19	6:11	-2.19	5:56	5:56	7.211
19	4.1	7	4.2	20:20	20:34	-1.56	-1.71	23:00	23:14	-1.74	-1.85	174	-2.51	21:51	-2.83	21:54	21:54	7.650
20	4.23	7	4.8	19:15	19:35	-1.26	-1.61	21:36	21:45	-1.43	-1.6	150	-2.14	20:30	-2.32	20:28	20:28	7.211
21	4.24	7	4.2	19:50	20:04	-1.41	-1.64	21:46	22:00	-1.52	-1.74	130	-2.08	21:00	-2.25	20:59	20:59	4.670
22	4.25	7	4.5	20:20	20:35	-1.36	-1.55	22:10	22:25	-1.45	-1.76	125	-1.97	21:32	-2.13	21:30	21:30	3.830

<표 3.3-2> 영암호 배수감문 조작현황(계속)

순번	월일	문수	개방 높이 (m)	개문				폐문				완전 개문 시간 (분)		계획조위		실측조위		배제량 (천톤)
				시작	완료	내 수위	외 수위	시작	완료	내 수위	외 수위	조고	시간	조고	시간			
소계(5월)	3												426					20,381
23	5:03	7	4.5	15:57	16:12	-1.23	-1.5	17:50	18:05	-1.36	-1.55	128	-2.38	18:01	-1.99	17:03	5.525	
24	5:07	7	4.2	18:30	18:44	-1.28	-1.47	21:30	21:44	-1.52	-1.62	194	-2.8	20:10	-2.89	20:24	10.181	
25	5:08	7	4.2	19:30	19:44	-1.49	-1.79	21:00	21:14	-1.6	-2.85	104	-2.56	20:53	-2.87	21:03	4.675	
소계(6월)	2											191					5.081	
26	6:19	7	4.2	18:25	18:39	-1.27	-1.58	19:50	20:04	-1.34	-1.58	99	-1.84	19:16	-1.93	19:20	2.956	
27	6:29	7	4.5	13:43	13:58	-1.34	-1.48	15:00	15:15	-1.39	-1.5	92	-1.62	15:02	-1.66	14:42	2.125	
소계(7월)	8											1,160					53,986	
28	7:2	7	4.5	16:40	16:55	-1.3	-1.63	18:40	18:55	-1.45	-1.74	135	-2.19	18:08	-2.23	17:57	6.380	
29	7:16	7	4.8	16:10	16:30	-0.93	-0.99	18:00	18:20	-1.05	-1.21	130	-1.42	17:40	-1.44	17:30	5.675	
30	7:17	7	4.8	16:40	17:00	-0.95	-1.01	19:00	19:20	-1.1	-1.22	160	-1.6	18:21	-1.66	18:14	6.950	
31	7:18	7	4.8	17:35	17:55	-1.04	-1.2	19:45	20:05	-1.2	-1.28	150	-1.77	19:01	-1.81	18:46	6.800	
32	7:19	6	4.8	18:00	18:20	-0.93	-1.02	20:40	21:00	-1.11	-1.2	180	-1.94	19:38	-2.04	19:44	8.650	
33	7:2	7	4.8	18:40	19:00	-1.09	-1.19	21:10	21:30	-1.31	-1.34	170	-2.06	20:15	-2.19	20:20	8.925	
34	7:22	7	4.8	20:10	20:30	-1.29	-1.37	22:20	22:40	-1.46	-1.53	150	-2.09	21:31	-2.23	21:25	7.206	
35	7:23	7	4.8	9:15	9:35	-1.47	-1.55	10:20	10:40	-1.55	-1.81	85	-1.83	10:01	-1.86	10:12	3.400	
소계(8월)	7											1,222					70,686	
36	8:28	8	5	15:40	16:05	-0.55	-0.83	17:25	17:50	-0.62	-0.76	130	-1.49	16:55	-1.15	17:05	4.125	
37	8:29	8	5	5:00	5:25	-0.62	-0.66	16:35	17:00	-0.7	-0.79	120	-1.13	5:49	-0.95	6:05	4.975	
38	8:29	8	5	16:00	16:25	-0.48	-0.65	19:10	19:35	-0.78	-0.95	215	-1.73	17:51	-1.84	17:52	16.181	
39	8:3	8	5	5:39	6:04	-0.69	-0.81	7:45	8:10	-0.76	-0.76	149	-1.44	6:32	-1.33	6:53	4.125	
40	8:3	8	5	16:50	17:15	-0.39	-0.6	20:25	20:50	-0.63	-0.69	240	-1.93	18:37	-2.23	18:45	15.555	
41	8:31	8	5	6:08	6:33	-0.51	-0.91	8:31	8:56	-0.71	-0.77	168	-1.69	7:11	-1.83	7:40	10.800	
42	8:31	8	5	17:45	18:10	-0.65	-0.79	20:50	21:15	-0.92	-1.01	200	-2.04	19:18	-2.23	19:35	14.925	
소계(9월)	16											2,230					110,034	
43	9:01	8	5	6:40	7:05	-0.9	-1	8:55	9:20	-1.08	-1.05	160	-1.85	7:46	-1.93	7:56	8.800	
44	9:01	8	5	18:40	19:05	-1.07	-1.2	21:00	21:25	-1.28	-1.29	165	-2.05	19:56	-2.25	20:21	8.944	
45	9:02	8	4.8	7:25	7:45	-1.26	-1.46	9:10	9:30	-1.44	-1.5	125	-1.93	8:20	-2.19	8:22	7.636	

<표 3.3-2> 영암호 배수감문 조작현황(계속)

순번	월일	문수	개방높이(m)	개문				폐문				완전개문시간(분)	계획조위		실측조위		배제량(천톤)
				시작	완료	내수위	외수위	시작	완료	내수위	외수위		조고	시간	조고	시간	
46	9.03	8	5	7:50	8:15	-1.42	-1.51	8:55	9:20	-1.52	-2.23	90	-1.92	8:52	-2.26	8:58	4,245
47	9.11	8	4.8	13:55	14:15	-0.56	-0.69	15:50	16:10	-0.66	-0.69	135	-0.87	15:53	-0.93	15:04	5,400
48	9.12	8	5	15:00	15:25	-0.62	-0.79	17:15	17:40	-0.75	-0.93	160	-1.15	16:50	-1.23	16:28	6,675
49	9.13	8	5	16:00	16:25	-0.74	-0.94	18:20	18:45	-0.94	-1.15	165	-1.47	17:37	-1.63	17:15	10,800
50	9.14	8	5	16:50	17:15	-0.93	-1.22	19:15	19:40	-1.13	-1.27	170	-1.78	18:18	-1.99	18:01	9,075
51	9.15	8	5	17:40	18:05	-1.15	-1.37	19:50	20:15	-1.36	-1.41	155	-2.04	18:58	-2.23	18:58	8,925
52	9.16	8	5	6:30	6:55	-1.35	-1.53	7:50	8:15	-1.48	-1.67	105	-2	7:21	-2.07	7:23	5,525
53	9.16	8	4.5	18:35	18:50	-1.45	-1.63	20:30	20:45	-1.57	-1.57	130	-2.2	19:38	-2.25	19:44	5,095
54	9.17	8	5	7:15	7:40	-1.45	-1.64	8:25	8:50	-1.51	-1.67	95	-2.25	7:57	-2.05	8:01	2,545
55	9.17	8	5	19:05	19:30	-1.12	-1.33	21:30	21:55	-1.28	-1.38	170	-2.23	20:17	-2.56	20:31	6,819
56	9.18	8	4.5	7:30	7:45	-1.19	-1.37	9:40	9:55	-1.34	-1.42	145	-2.39	8:33	-2.29	8:41	6,800
57	9.18	8	4.5	20:00	20:15	-1.3	-1.48	21:55	22:10	-1.45	-1.52	130	-2.12	20:57	-2.19	20:59	5,955
58	9.19	8	4.5	8:05	8:20	-1.44	-1.65	10:00	10:15	-1.6	-1.65	130	-2.4	9:10	-2.48	9:14	6,795
소계(10월)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
소계(11월)	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	930	-	-	-	-	34,420
59	11.02	1	4.5	8:00	8:15	-1.42	-1.97	8:45	9:00	-1.43	-2.32	60	-1.96	8:50	-2.34	8:49	-
60	11.15	9	5.0	7:30	7:55	-1.4	-2.9	9:10	9:35	-1.45	-1.61	125	-2.81	7:48	-2.92	7:24	2,130
61	11.16	1	4.5	8:00	8:15	-1.44	-2.81	9:15	9:30	-1.44	-2.4	90	-2.09	7:25	-2.43	7:18	5,100
62	11.19	1	4.5	10:30	10:45	-1.4	-2.03	11:15	11:30	-1.41	-2.05	60	-1.86	10:52	-2.19	11:01	-
63	11.29	9	10	6:40	7:20	-1.4	-2.22	7:45	8:25	-1.52	-1.88	105	-2.09	7:25	-2.43	7:18	5,100
소계(12월)	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	275	-	-	-	-	11,045
64	12.03	4	10	8:20	9:00	-1.5	-1.56	9:25	10:05	-1.54	-2.04	105	-1.97	9:39	-2.1	9:42	1,700
65	12.18	9	5	9:05	9:30	-1.42	-1.6	11:30	11:55	-1.64	-1.69	170	-2.06	10:35	-2.48	10:36	9,345

<표 3.3-3> 금호호 배수감문 조차현황

순번	월일	문 수	개방 높이 (m)	개문				폐문				완전 개문 시간 (분)	계획조위		실측조위		배제량 (천톤)	
				시작	완료	내 수위	외 수위	시작	완료	내 수위	외 수위		조고	시간	조고	시간		
계	152											19090						220,318
1월합계	13											1,520						1,652
1	1.10	5	4.5	6:30	6:45	-1.58	-1.65	8:55	9:10	-1.61	-1.76	160	-2.47	7:49	-2.49	7:50	708	
2	1.11	1	4.5	7:15	7:30	-1.61	-1.71	9:15	9:30	-1.61	-1.71	120	-2.58	8:28	-2.59	8:35	0	
3	1.12	1	4.5	7:50	8:05	-1.61	-1.70	10:10	10:25	-1.61	-1.81	155	-2.61	9:08	-2.51	9:15	0	
4	1.13	1	4.5	8:35	8:50	-1.61	-1.68	10:40	10:55	-1.61	-1.71	140	-2.51	9:47	-2.48	9:50	0	
5	1.13	1	4.5	21:30	21:45	-1.61	-1.71	22:55	23:10	-1.61	-1.72	100	-2.18	22:19	-2.20	22:30	0	
6	1.14	2	4.5	9:25	9:40	-1.61	-1.63	11:05	11:20	-1.63	-1.69	115	-2.27	10:30	-2.27	10:30	472	
7	1.15	1	4.5	10:25	10:40	-1.63	-1.65	11:35	11:50	-1.63	-1.71	85	-1.92	11:17	-1.95	11:15	0	
8	1.25	1	4.5	7:30	7:45	-1.62	-1.67	9:35	9:50	-1.62	-1.80	140	-2.54	8:30	-2.63	8:40	0	
9	1.26	1	4.5	8:00	8:15	-1.62	-1.66	10:00	10:15	-1.62	-1.72	135	-2.42	9:06	-2.39	9:15	0	
10	1.27	1	4.5	8:45	9:00	-1.62	-1.70	10:25	10:40	-1.62	-1.76	115	-2.22	9:41	-2.22	9:40	0	
11	1.27	1	4.5	21:30	21:45	-1.62	-1.70	22:45	23:00	-1.62	-1.72	90	-2.01	22:08	-2.03	22:25	0	
12	1.28	2	4.5	9:25	9:40	-1.62	-1.65	10:45	11:00	-1.64	-1.69	95	-1.94	10:16	-2.00	10:15	472	
13	1.29	1	4.5	10:25	10:40	-1.64	-1.66	11:20	11:35	-1.64	-1.70	70	-1.60	10:53	-1.69	10:50	0	
2월합계	15											1,770					3,304	
14	2.07	2	4.5	5:35	5:50	-1.58	-1.61	7:50	8:05	-1.60	-1.67	150	-2.37	6:55	-2.42	6:45	472	
15	2.07	1	4.5	18:45	19:00	-1.60	-1.64	20:05	20:20	-1.60	-1.70	95	-1.95	19:31	-1.94	19:45	0	
16	2.08	1	4.5	6:10	6:25	-1.60	-1.65	8:45	9:00	-1.60	-1.71	170	-2.62	7:35	-2.53	7:30	0	
17	2.09	1	4.5	6:50	7:05	-1.59	-1.63	9:15	9:30	-1.59	-1.67	160	-2.76	8:14	-2.78	8:20	0	
18	2.10	6	4.5	7:40	7:55	-1.57	-1.60	10:00	10:15	-1.65	-1.72	155	-2.78	8:52	-2.80	9:00	1,888	
19	2.13	1	4.5	10:15	10:30	-1.61	-1.65	11:30	11:45	-1.61	-1.70	90	-1.91	10:58	-1.93	11:10	0	
20	2.20	1	4.5	18:20	18:35	-1.56	-1.60	19:30	19:45	-1.56	-1.65	85	-1.81	18:54	-1.91	19:10	0	
21	2.21	1	4.5	5:45	6:00	-1.56	-1.61	8:00	8:15	-1.56	-1.67	150	-2.30	6:57	-2.32	7:10	0	
22	2.21	1	4.5	18:50	19:05	-1.56	-1.60	20:05	20:20	-1.56	-1.67	90	-2.03	19:29	-2.00	19:45	0	

<표 3.3-3> 금호호 배수감문 조작현황(계속)

순번	요일	문 주	개방 높이 (m)	개문				폐문				안전 개문 시간 (분)	계획조위		실측조위		배제량 (천톤)
				시작	완료	내 수위	외 수위	시작	완료	내 수위	외 수위		조고	시간	조고	시간	
23	2.22	1	4.5	6:40	6:55	-1.56	-1.61	8:25	8:40	-1.56	-1.60	120	-2.40	7:35	-2.27	7:45	0
24	2.23	2	4.5	7:30	7:45	-1.56	-1.59	9:05	9:20	-1.58	-1.65	110	-2.41	8:10	-2.29	8:20	472
25	2.23	1	4.5	19:45	20:00	-1.58	-1.63	21:50	22:05	-1.58	-1.63	140	-2.25	20:35	-2.22	20:50	0
26	2.24	1	4.5	7:50	8:05	-1.58	-1.64	9:15	9:30	-1.58	-1.67	100	-2.34	8:44	-2.12	8:50	0
27	2.25	2	4.5	8:25	8:40	-1.58	-1.62	9:55	10:10	-1.60	-1.68	105	-2.18	9:17	-2.07	9:25	472
28	2.26	1	4.5	9:25	9:40	-1.60	-1.63	10:00	10:15	-1.6	-1.67	50	-1.95	9:49	-1.79	9:50	0
3월합계	19											2,100					5,664
29	3.06	1	5.0	18:10	18:30	-1.46	-1.48	18:50	19:10	-1.46	-1.48	60	-2.01	5:50	-1.72	5:45	0
30	3.07	1	5.0	5:20	5:40	-1.46	-1.50	7:30	7:50	-1.46	-1.52	150	-2.36	6:36	-2.21	6:35	0
31	3.07	1	5.0	18:20	18:40	-1.46	-1.49	19:20	19:40	-1.46	-1.51	80	-2.18	19:03	-1.83	19:15	0
32	3.08	2	5.0	6:00	6:20	-1.48	-1.49	8:00	8:20	-1.48	-1.53	140	-2.62	7:16	-2.41	7:15	472
33	3.08	5	5.0	18:50	19:10	-1.48	-1.51	20:25	20:45	-1.58	-1.65	120	-2.51	19:40	-2.29	20:00	2,360
34	3.09	5	4.5	6:40	6:55	-1.58	-1.61	8:55	9:10	-1.65	-1.68	150	-2.75	7:56	-2.69	8:05	1,180
35	3.10	2	4.5	7:40	7:55	-1.65	-2.10	9:25	9:40	-1.67	-1.72	120	-2.72	8:36	-2.65	8:40	472
36	3.11	2	4.5	8:50	9:05	-1.66	-2.25	10:15	10:30	-1.67	-1.73	100	-2.53	9:16	-2.60	9:30	236
37	3.12	1	4.5	9:00	9:15	-1.65	-1.67	10:35	10:50	-1.65	-1.75	110	-2.20	9:58	-2.23	10:10	0
38	3.13	1	4.5	10:15	10:30	-1.64	-1.68	11:15	11:30	-1.64	-1.71	75	-1.76	10:42	-1.93	11:00	0
39	3.21	1	4.5	6:00	6:15	-1.61	-1.64	7:30	7:45	-1.61	-1.67	105	-2.03	6:38	-2.21	6:50	0
40	3.21	1	4.5	18:20	18:35	-1.61	1.63	19:50	20:05	-1.61	-1.66	105	-2.03	19:02	-2.04	19:20	0
41	3.22	1	4.5	6:15	6:30	-1.61	-1.65	8:00	8:15	-1.61	-1.67	120	-2.13	7:13	-2.23	7:20	0
42	3.22	1	4.5	18:45	19:00	-1.61	-1.63	20:15	20:30	-1.61	-1.68	105	-2.17	19:33	-2.06	19:50	0
43	3.23	1	4.5	7:15	7:30	-1.58	-1.61	8:30	8:45	-1.58	-1.65	90	-2.15	7:49	-2.01	8:05	0
44	3.23	1	5.0	19:10	19:30	-1.52	-1.55	21:05	21:25	-1.52	-1.60	135	-2.25	20:03	-2.25	20:15	0
45	3.24	2	5.0	7:20	7:40	-1.52	-1.55	9:15	9:35	-1.54	-1.60	135	-2.10	8:21	-2.35	8:35	472
46	3.25	2	5.0	8:10	8:30	-1.53	-1.55	9:30	9:50	-1.55	-1.61	100	-1.99	8:53	-2.05	9:10	472

<표 3.3-3> 금호호 배수감문 조작현황(계속)

순번	월일	문 주	개방 높이 (m)	개문				폐문				완전 개문 시간 (분)	계획조위		실측조위		배제량 (천톤)
				시작	완료	내 수위	외 수위	시작	완료	내 수위	외 수위		조고	시간	조고	시간	
4월합계	14											1,810					25,960
48	4.04	5	5	17:00	17:20	-1.28	-1.31	18:15	18:35	-1.38	-1.43	95	-1.94	17:52	-1.62	17:50	2,360
49	4.05	5	5	4:55	5:15	-1.38	-1.41	6:55	7:15	-1.52	-1.57	140	-2.19	6:11	-2.02	6:10	3,068
50	4.06	1	5	17:30	17:50	-1.52	-1.63	19:02	19:40	-1.52	-1.61	130	-2.67	19:12	-2.78	19:25	0
51	4.07	5	5	6:20	6:40	-1.52	-1.55	8:40	9:00	-1.69	-1.73	160	-2.51	7:37	-2.72	7:45	4,012
52	4.08	1	4.5	7:15	7:30	-1.68	-1.71	9:20	9:35	-1.68	-1.75	140	-2.45	8:20	-2.72	8:30	0
53	4.09	1	4.5	7:55	8:10	-1.66	-1.69	10:10	10:25	-1.66	-1.72	150	-2.26	9:01	-2.63	9:15	0
54	4.09	5	4.5	19:40	19:55	-1.65	-1.67	22:25	22:40	-1.78	-1.82	180	-2.82	21:09	-3.01	21:19	3,068
55	4.10	1	4.5	9:10	9:25	-1.78	-1.81	10:30	10:45	-1.78	-1.83	95	-1.96	9:45	-2.21	10:00	0
56	4.10	5	4.5	20:40	20:55	-1.78	-1.82	22:45	23:00	-1.92	-1.98	140	-2.54	21:51	-2.71	22:05	3,304
57	4.22	5	5	18:40	19:00	-1.47	-1.51	20:55	21:15	-1.62	-1.65	155	-2.16	20:01	-2.29	20:10	3,068
58	4.23	5	4.5	8:00	8:15	-1.57	-1.58	9:10	9:25	-1.64	-1.68	85	-1.71	8:32	-1.83	8:45	1,416
59	4.23	5	4.5	19:20	19:35	-1.63	-1.65	21:10	21:25	-1.75	-1.83	125	-2.14	20:30	-2.23	20:30	2,596
60	4.24	5	4.5	20:00	20:15	-1.72	-1.73	21:25	21:40	-1.79	-1.85	100	-2.08	21:00	-2.14	21:05	1,652
61	4.26	5	4.5	20:50	21:05	-1.56	-1.59	22:30	22:45	-1.62	-1.67	115	-1.82	22:08	-1.99	22:05	1,416
5월합계	14											1,800					15,636
62	5.03	5	5.0	16:00	16:20	-1.33	-1.38	17:50	18:10	-1.45	-1.52	130	-2.02	17:16	-1.92	18:30	2,832
63	5.04	1	5.0	17:15	17:35	-1.40	-1.43	19:50	20:10	-1.4	-1.45	175	-2.38	18:01	-2.28	18:15	0
64	5.06	2	5.0	6:20	6:40	-1.38	-1.40	8:20	8:40	-1.41	-1.43	140	-2.12	7:21	-2.24	7:40	768
65	5.07	1	5.0	7:15	7:35	-1.41	-1.45	9:00	9:20	-1.41	-1.47	125	-2.08	8:05	-2.81	8:30	0
66	5.07	5	5.0	18:35	18:55	-1.41	-1.46	21:20	21:40	-1.56	-1.61	185	-2.80	20:10	-2.92	20:20	3,540
67	5.08	2	5.0	8:15	8:35	-1.54	-1.58	9:45	10:05	-1.56	-1.60	110	-1.95	8:50	-2.17	9:10	472
68	5.08	5	4.5	19:30	19:45	-1.56	-1.59	22:15	22:30	-1.76	-1.81	180	-2.66	20:53	-2.89	21:45	4,720
69	5.09	1	4.5	9:25	9:40	-1.76	-1.79	10:20	10:35	-1.76	-1.81	70	-1.76	9:35	-2.02	10:00	0

<표 3.3-3> 금호호 배수감문 조작현황(계속)

순번	월일	문수	개방높이(m)	개문				폐문				완전개문시간(분)	계획조위		실측조위		배제량(천톤)				
				시작	완료	내		외		시작	완료		내		외			조고	시간	조고	시간
						수위	수위	수위	수위				수위	수위	수위	수위					
70	5.09	1	4.5	20:30	20:45	-1.75	-1.78	22:45	23:00	-1.75	-1.80	150	-2.41	21:37	-2.68	21:45	0				
71	5.18	5	8.0	17:20	17:50	-1.62	-1.65	17:50	18:20	-1.66	-1.73	60	-1.75	17:55	-1.78	17:55	944				
72	5.19	1	4.5	17:35	17:50	-1.63	-1.65	19:00	19:15	-1.63	-1.71	100	-1.86	18:30	-1.97	18:30	0				
73	5.21	1	4.5	18:30	18:45	-1.60	-1.64	20:15	20:30	-1.6	-1.72	120	-1.99	19:35	-2.11	19:30	0				
74	5.22	1	4.5	18:50	19:05	-1.57	-1.61	20:45	21:00	-1.57	-1.65	130	-2.01	20:08	-2.22	20:05	0				
75	5.24	5	8.0	20:05	20:35	-1.55	-1.65	20:40	22:10	-1.65	-1.76	125	-1.95	21:17	-2.11	21:15	2,360				
6월합계	11											1,320					16,284				
76	6.1	2	4.5	15:15	15:30	-1.54	-1.57	17:05	17:20	-1.56	-1.60	125	-1.98	16:40	-1.99	16:20	472				
77	6.3	2	4.5	16:50	17:05	-1.55	-1.57	19:15	19:30	-1.57	-1.62	160	-2.46	18:22	-2.51	18:20	472				
78	6.4	1	5.0	17:30	17:45	-1.55	-1.58	20:15	20:30	-1.55	-1.61	180	-2.58	19:10	-2.76	19:10	0				
79	6.5	1	5.0	7:15	7:30	-1.55	-1.59	8:35	8:50	-1.55	-1.62	95	-2.59	19:56	-2.85	20:00	0				
80	6.17	5	5.0	16:50	17:10	-1.38	-1.41	18:25	18:45	-1.49	-1.55	115	-1.63	18:03	-1.78	18:00	2,596				
81	6.18	5	5.0	17:40	18:00	-1.41	-1.45	19:10	19:30	-1.48	-1.55	110	-1.74	18:40	-1.82	18:30	1,652				
82	6.19	5	5.0	18:15	18:35	-1.46	-1.50	19:55	20:15	-1.55	-1.62	120	-1.84	19:16	-1.91	19:20	2,124				
83	6.20	5	5.0	18:40	19:00	-1.51	-1.55	20:30	20:50	-1.63	-1.71	130	-1.93	19:52	-2.07	19:50	2,832				
84	6.23	5	5.0	20:30	20:50	-1.50	-1.53	22:20	22:40	-1.61	-1.65	130	-1.96	21:45	-1.63	10:00	2,596				
85	6.28	6	5.0	12:50	13:10	-1.40	-1.43	13:45	14:05	-1.46	-1.50	75	-1.53	13:52	-1.55	13:45	1,416				
86	6.29	6	5.0	13:40	14:00	-1.39	-1.43	15:00	15:20	-1.48	-1.53	80	-1.62	15:02	-1.64	14:35	2,124				
7월합계	16											2,050					44,260				
87	7.01	5	5.0	15:35	15:55	-1.38	-1.41	17:45	18:05	-1.54	-1.60	150	-2.00	17:11	-2.07	17:00	3,776				
88	7.02	6	5.0	16:30	16:50	-1.48	-1.51	19:00	19:20	-1.65	-1.73	170	-2.19	18:08	-2.22	18:05	4,012				
89	7.06	1	5.0	8:40	9:00	-1.54	-1.56	9:45	10:05	-1.54	-1.60	85	-1.74	9:11	-1.87	9:40	0				
90	7.06	5	5.0	19:50	20:10	-1.50	-1.53	21:30	21:50	-1.66	-1.71	120	-2.20	21:13	-2.47	21:20	3,776				
91	7.15	6	5.0	15:30	15:50	-0.98	-1.01	17:00	17:20	-1.15	-1.25	110	-1.25	16:54	-1.36	16:45	4,140				

<표 3.3-3> 금호호 배수감문 조작현황(계속)

순번	월일	문수	개방높이(m)	개문				폐문				완전개문시간(분)	계획조위		실측조위		배제량(천톤)		
				시작	완료	내		외		시작	완료		내	외	조고	시간		조고	시간
						수위	수위	수위	수위										
92	7.16	6	5.0	16:20	16:40	-1.13	-1.16	18:00	18:20	-1.29	-1.38	120	-1.42	17:40	-1.51	17:40	3,776		
93	7.17	6	5.0	16:40	17:00	-1.11	-1.15	19:00	19:20	-1.25	-1.32	160	-1.60	18:21	-1.69	18:15	3,304		
94	7.18	5	5.0	17:35	17:55	-1.16	-1.19	19:40	20:00	-1.31	-1.40	145	-1.77	19:01	-1.82	19:00	3,540		
95	7.19	6	5.0	18:05	18:25	-1.14	-1.17	20:40	21:00	-1.32	-1.41	175	-1.94	19:38	-2.11	19:45	4,248		
96	7.20	5	5.0	18:45	19:05	-1.28	-1.31	21:00	21:20	-1.48	-1.54	155	-2.06	20:15	-2.23	20:25	4,720		
97	7.22	5	5.0	20:15	20:35	-1.39	-1.42	22:10	22:30	-1.58	-1.65	135	-2.09	21:31	-2.24	21:30	4,484		
98	7.23	5	4.5	9:10	9:25	-1.55	-1.58	10:45	11:00	-1.65	-1.70	110	-1.83	10:01	-2.00	10:15	2,360		
99	7.24	2	4.5	9:35	9:50	-1.63	-1.67	11:20	11:35	-1.65	-1.70	120	-1.83	10:39	-2.06	10:55	472		
100	7.25	1	4.5	10:25	10:40	-1.63	-1.67	12:05	12:20	-1.63	-1.69	115	-1.77	11:22	-2.00	11:25	0		
101	7.26	1	4.5	11:15	11:30	-1.62	-1.65	12:30	12:45	-1.62	-1.70	90	-1.64	12:12	-1.89	12:10	0		
102	7.30	5	4.5	15:50	16:05	-1.58	-1.71	17:05	17:20	-1.65	-1.73	90	-1.71	17:02	-1.32	16:30	1,652		
8월합계	8											1,275					34,386		
103	8.24	5	5.0	10:45	11:05	-1.52	-1.55	12:15	12:35	-1.57	-1.62	110	-1.67	11:43	-1.89	11:55	1,180		
104	8.28	5	5.0	15:45	16:05	-0.78	-0.81	17:35	17:55	0.86	-0.91	130	-1.49	16:55	-1.11	17:00	2,400		
105	8.29	5	5.0	5:10	5:30	-0.79	-0.83	6:25	6:45	-0.83	-0.88	105	-1.13	5:49	-0.98	6:10	1,200		
106	8.29	5	5.0	16:10	16:30	-0.82	-0.85	19:05	19:25	-1.03	-1.08	195	-1.73	17:51	-1.86	17:50	6,108		
107	8.30	5	5.0	5:45	6:05	-0.95	-1.01	7:20	7:40	-1.01	-1.09	115	-1.44	6:32	-1.34	6:55	1,636		
108	8.30	5	5.0	16:40	17:00	-0.45	-0.47	20:40	21:00	-0.72	-0.78	260	-1.93	18:37	-2.13	18:45	8,530		
109	8.31	5	5.0	5:55	6:15	-0.65	-0.68	8:30	8:50	-0.87	-0.92	175	-1.69	7:11	-1.83	7:40	6,600		
110	8.31	5	5.0	17:50	18:10	-0.87	-0.89	20:35	20:55	-1.12	-1.21	185	-2.04	19:18	-2.23	19:35	6,732		
9월합계	21											2,850					64,440		
111	9.01	5	5.0	6:45	7:05	-1.12	-1.15	8:45	9:05	-1.31	-1.35	140	-2.00	7:49	-1.99	8:10	4,484		
112	9.01	5	5.0	18:45	19:05	-1.28	-1.31	20:45	21:05	-1.43	-1.51	140	-1.79	20:10	-2.28	20:00	3,540		
113	9.02	5	5.0	7:20	7:40	-1.40	-1.43	9:10	9:30	-1.52	-1.61	130	-2.00	8:20	-2.21	8:40	2,832		

<표 3.3-3> 금호호 배수김문 조직현황(계속)

순번	월일	문수	개방 높이 (m)	개문				폐문				완전 개문 시간 (분)		계획조위		실측조위		배제량 (천톤)
				시작	완료	내 수위	외 수위	시작	완료	내 수위	외 수위	조고	시간	조고	시간			
																조고	시간	
114	9.02	5	5.0	19:30	19:50	-1.49	-1.53	20:20	21:40	-1.61	-1.72	130	-1.67	20:43	-2.33	20:45	2.832	
115	9.03	5	4.5	7:50	8:05	-1.57	-1.62	9:35	9:50	-1.67	-1.72	120	-1.94	8:49	-2.28	9:00	2.360	
116	9.04	1	4.5	21:05	21:20	-1.62	-1.67	22:10	22:25	-1.62	-1.71	80	-1.26	21:50	-1.88	22:00	0	
117	9.05	5	4.5	8:55	9:10	-1.60	-1.63	10:30	10:45	-1.67	-1.73	110	-1.66	9:48	-2.07	10:00	1.652	
118	9.11	5	5.0	14:05	14:25	-0.80	-0.83	15:45	16:05	-0.85	-0.89	120	-1.08	16:11	-0.98	15:30	1.500	
119	9.12	5	5.0	15:00	15:20	-0.82	-0.88	17:10	17:30	-0.95	-1.03	150	-1.41	17:05	-1.29	16:45	3.900	
120	9.13	5	5.0	15:55	16:15	-0.92	-0.95	18:25	18:45	-1.09	-1.17	170	-1.73	17:52	-1.61	17:30	4.524	
121	9.14	5	5.0	16:50	17:10	-1.06	-1.10	19:15	19:35	-1.25	-1.32	165	-1.99	18:35	-1.98	18:20	4.484	
122	9.15	5	5.0	5:40	6:00	-1.23	-1.25	7:30	7:50	-1.35	-1.41	130	-2.31	6:50	-1.75	7:00	2.832	
123	9.15	5	5.0	17:35	17:55	-1.33	-1.37	19:45	20:05	-1.47	-1.55	150	-2.13	19:17	-2.22	19:10	3.304	
124	9.16	5	5.0	6:25	6:45	-1.47	-1.49	7:55	8:15	-1.57	-1.65	110	-2.55	7:29	-2.01	7:30	2.360	
125	9.16	5	5.0	18:35	18:55	-1.56	-1.58	20:15	20:35	-1.67	-1.73	120	-2.15	19:59	-2.21	20:00	2.596	
126	9.17	5	5.0	7:15	7:35	-1.51	-1.55	8:30	8:50	-1.57	-1.65	95	-2.65	8:08	-1.98	8:15	1.416	
127	9.17	5	5.0	18:50	19:10	-1.03	-1.05	21:35	21:55	-1.22	-1.31	185	-2.04	20:41	-2.51	20:40	4.484	
128	9.18	5	5.0	7:20	7:40	-1.18	-1.21	9:30	9:50	-1.39	-1.46	150	-2.61	8:48	-2.22	8:50	4.956	
129	9.18	5	5.0	19:55	20:15	-1.37	-1.39	21:45	22:05	-1.49	-1.55	130	-1.81	21:24	-2.11	21:00	2.360	
130	9.19	5	5.0	7:35	7:55	-1.47	-1.51	10:20	10:40	-1.68	-1.73	185	-2.42	9:30	-2.41	9:25	4.956	
131	9.21	5	4.5	9:10	9:25	-1.61	-1.65	11:15	11:30	-1.74	-1.82	140	-1.71	11:05	-2.41	10:40	3.068	
10월합계	8											1,070					-	
132	10.04	1	4.5	8:25	8:40	-1.60	-1.62	10:00	10:15	-1.60	-1.69	130	-1.82	9:18	-2.03	9:40	0	
133	10.05	1	4.5	8:55	9:10	-1.60	-1.63	10:25	10:40	-1.60	-1.65	105	-1.66	9:48	-1.95	9:55	0	
134	10.17	1	4.5	7:30	7:45	-1.59	-1.62	9:15	9:30	-1.59	-1.65	120	-2.65	8:08	-2.81	8:20	0	
135	10.18	1	4.5	7:50	8:05	-1.59	-1.63	10:05	10:20	-1.59	-1.64	150	-2.61	8:48	-2.71	9:05	0	
136	10.19	1	4.5	8:10	8:25	-1.59	-1.62	10:30	10:45	-1.59	-1.65	155	-2.42	9:30	-2.72	9:40	0	

<표 3.3-3> 금호호 배수감문 조작현황(계속)

순번	월일	문수	개방 높이 (m)	개문				폐문				완전 개문 시간 (분)	계획조위		실측조위		배제량 (천톤)
				시작	완료	내 수위	외 수위	시작	완료	내 수위	외 수위		조고	시간	조고	시간	
137	10.20	1	4.5	9:00	9:15	-1.59	-1.76	11:20	11:20	-1.59	-1.67	140	-2.11	10:14	-2.51	10:15	0
138	10.21	1	4.5	9:40	9:55	-1.59	-1.65	12:00	12:00	-1.59	-1.66	140	-1.71	11:05	-2.12	11:05	0
139	10.31	1	4.5	6:40	6:55	-1.48	-1.51	8:50	8:50	-1.48	-1.56	130	-2.06	7:50	-2.25	7:55	0
11월합계	6											635					4,720
140	11.03	5	8.5	8:10	8:40	-1.47	-1.51	9:20	9:20	-1.56	-2.11	70	-1.84	9:21	-2.11	9:20	2,124
141	11.04	5	8.5	9:20	9:50	-1.56	-1.61	10:30	10:30	-1.62	-1.70	70	-1.69	9:55	-1.88	10:00	1,416
142	11.14	1	4.5	6:00	6:15	-1.59	-1.62	8:30	8:30	-1.59	-1.75	150	-2.73	7:05	-2.80	7:00	0
143	11.15	1	4.5	6:40	6:55	-1.59	-1.62	9:20	9:20	-1.59	-1.70	160	-2.81	7:48	-3.04	7:50	0
144	11.16	5	8.5	8:20	8:50	-1.59	-2.88	9:30	9:30	-1.64	-2.28	70	-2.75	8:32	-2.98	8:35	1,180
145	11.18	1	4.5	8:50	9:05	-1.63	-1.70	10:45	10:45	-1.63	-2.30	115	-2.25	10:01	-2.61	10:10	0
12월합계	7											890					4,012
146	12.03	1	4.5	8:30	8:45	-1.54	-1.58	10:30	10:30	-1.54	-1.60	120	-1.84	9:21	-1.92	9:50	0
147	12.04	5	4.5	9:00	9:15	-1.54	-1.57	11:05	11:05	-1.62	-1.67	125	-1.69	9:55	-2.00	10:00	1,888
148	12.12	1	4.5	18:00	18:15	-1.56	-1.62	19:30	19:30	-1.56	-1.61	90	-1.83	18:13	-1.91	19:00	0
149	12.13	5	4.5	18:40	18:55	-1.56	-1.60	20:15	20:15	-1.65	-1.70	95	-1.93	19:00	-2.02	19:45	2,124
150	12.16	1	4.5	7:45	8:00	-1.61	-1.65	10:45	10:45	-1.61	-1.70	180	-2.75	8:32	-2.72	9:10	0
151	12.17	1	4.5	8:45	9:00	-1.61	-1.70	11:10	11:10	-1.61	-1.71	145	-2.56	9:17	-2.62	9:50	0
152	12.18	1	4.5	9:20	9:30	-1.61	-1.68	11:35	11:35	-1.61	-1.70	135	-2.25	10:01	-2.21	10:35	0

앞에서 설명한 관리지침에 따라 담수호 수위의 내한 능력을 극대화하기 위해 물수지 기본자료에 의하여 적정 담수호 수위인 관리 수위를 설정하여야 한다. 하지만 비관개 중에는 관리수위 범위 내에서 주기적으로 방류하여 담수호 내의 물을 순환시키고 하구의 기능을 정상화하도록 하는 문제점이 있다.

또한 배수갑문의 조작 운영시 관리수위의 유지뿐만 아니라 수질개선이 필요한 경우 조작 운영하여야 한다. 담수호내 수질에 영향을 미치는 인자는 체류시간, 수심, 유역면적, 유역형상, 경사, 토지이용상황, 수표면적, 저류량 등이 있으며, 호소의 수질은 내·외적인 요인에 의해 결정된다. 담수호내 수질을 실시간으로 관측·감시하여 이상 발견시 즉각적인 조치가 필요할 것이다.

상기와 같은 문제를 해결하기 위해서는 영산강 상류로부터 유입되는 유량자료를 실시간으로 확보할 수 있는 것이 중요하다. 따라서 본 과업을 통해 개발하고자하는 담수호 통합물관리시스템은 국토교통부의 하천유량관리시스템과 기술적인 연동이 가능하도록 해야 할 것이다.

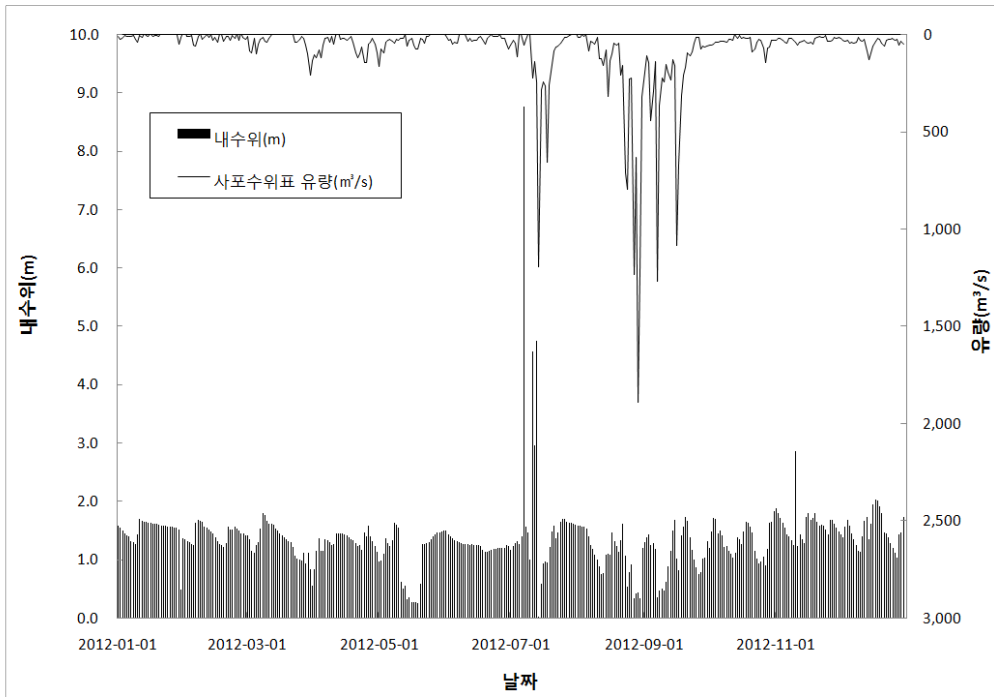
3.4. 담수호 수위변동에 따른 유입량 관계추정

수자원의 효율적인 관리를 위해서 신뢰성 있는 수위-유량관계곡선식이 필수적이다. 일반적으로 자연하천에서 수위-유량관계는 수위의 상승 및 하강에 따라 유량변화가 일정한 경향성을 가지고 변동하기 때문에 단일함수 관계로 설명이 가능하지만 배수갑문 조작에 영향을 받는 구간에서는 수위와 유량만의 단일함수 관계가 아닌 갑문의 개·폐에 따라 수위와 유량이 변동하는 특성을 가지고 있다.

영산강 하구둑의 최말단부에 유입되는 유량은 배수갑문 조작에 의해 배수영향을 받아 단순 수위-유량관계곡선을 이용하여 유량을 산정할 경우 부정확한 자료를 제공하게 된다.

다음 <그림 3.4-1>은 영산강 하구둑 수위와 하구둑 상류지점에 위치한 사포 수위관측소의 유량값과 비교하였다. 하구둑 직상류부에 위치한 명산

수위관측소에 실측된 유량값이 측정되어 있지 않아 부득이 사포 수위관측소의 수위-유량 곡선식에 의한 유량값을 사용하였다.



<그림 3.4-1> 영산강 하구둑 수위-유량 비교

<그림 3.4-1>과 같이 일반적인 자연하천에서 볼 수 있는 수위-유량관계인 수위의 상승 및 하강에 따른 유량 변화를 찾아볼 수가 없었다. 이는 배수갑문 조작에 의한 배수효과를 받는 지점에서의 특징이라고 볼 수 있다. 갑문의 폐쇄에 의하여 상류의 수위가 증가하게 되면 측정지점에서 에너지선의 경사 또는 수면곡선의 경사는 등류수위에서의 경사보다 완만해지고 갑문의 개방시에는 수면저하효과가 생겨 측정 지점에서 수위는 등류수위보다 낮아지게 되고 경사는 급해지는 특징을 가지고 있다.

따라서 이와 같은 문제를 해결하기 위해서는 수위-유량 관계뿐만 아니라 연차 사업을 통해 유입량과 내수위의 저류용량을 파악하여 이를 보정하는 작업이 반드시 필요하다.

4. 담수호 유입량 모의 분석

4.1 국토교통부 하천유량관리시스템 운영 자료를 연계한 담수호 유역 유입량 분석 방법

4대강 살리기 사업의 일환으로 댐 및 하천을 연계한 유역단위의 종합적인 물 관리를 위해 국토교통부에서는 우리나라의 5대강 8대 하천에 대해 모의할 수 있는 하천유량관리시스템을 구축하여 운영 중에 있다. 하천유량관리시스템 내에서 장기유출모형에 의한 모의유출량 산정은 필수적이기 때문에 하천유량관리시스템에 탑재될 장기유출모형을 우선적으로 선정하여야 한다. 장기유출모의모형에 의해 산정된 자연유출량에 물수지 분석시 반영한 용수수요량을 적용하여 표준유역별, 주요 지점별 모의유출량을 산정할 수 있도록 구축되어 있다.

수문모형을 이용하면 타 수문자료에 비해 비교적 자료기간이 길고 관측 밀도가 높은 강우량 자료를 활용하여 유출모의가 가능하다. 이수관리를 위해서는 일단위 또는 주간, 순간, 월간 및 연단위의 유출을 연속적으로 모의하여야 한다. 이와 같은 목적의 수문모형 중, 장단기 물 관리 시스템 구축 및 적용에 활용된 SSARR 모형이 적절할 것으로 판단된다.

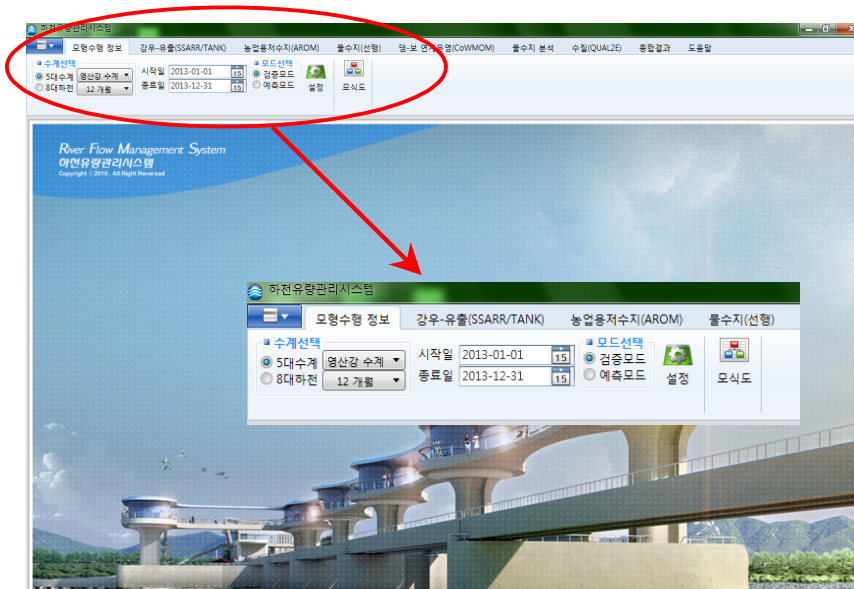
4.1.1 하천유량관리시스템 분석 과정

하천유량관리시스템은 5대강 8대 하천에 대해 모의할 수 있도록 구축된 시스템이다. 하천유량관리시스템 내에 포함된 장기유출모형이 하나의 표준화된 절차에 의해 모든 수계에 적용할 수 있는지를 파악할 수 있다. 다음 그림에서 바탕화면의 아이콘을 클릭하여 프로그램을 실행시키면, 한강부터 섬진강까지의 5대강 수계에 대해 선택할 수 있는 화면이 나타난다. 그리고 모의를 수행하고자하는 수계를 선택한다.



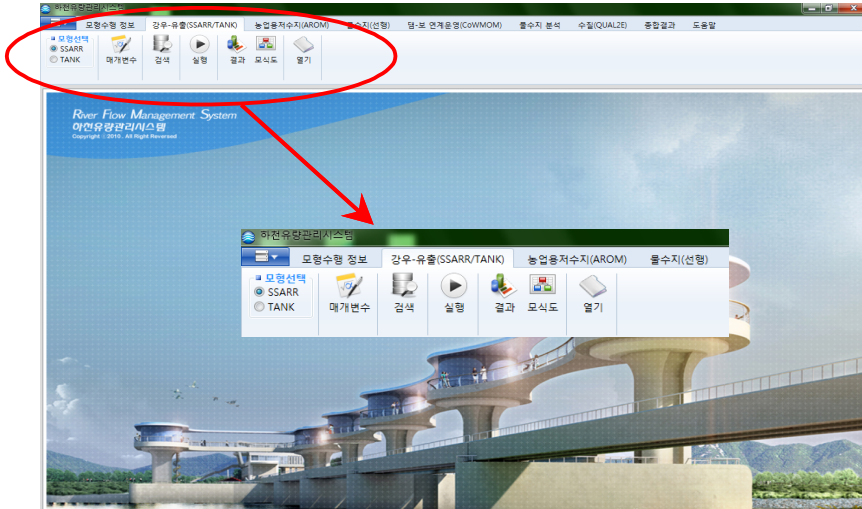
<그림 4.1-1> 하천유량관리시스템 메인화면

수계 선택 후 아래 그림에서 왼쪽 상단의 수계에 대한 정보와 모의 시작일과 종료일을 선택 할 수 있다. 또한 사전 선행모의기간을 1개월부터 12개월까지 나눠서 선택 할 수 있다.



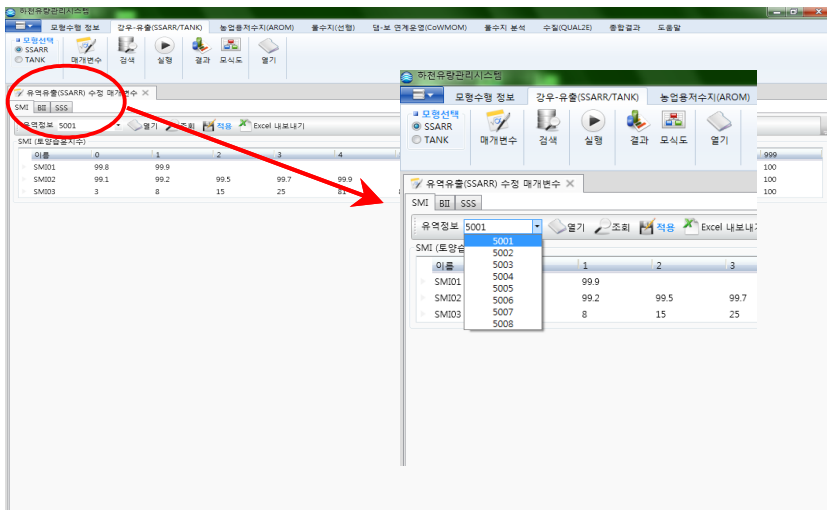
<그림 4.1-2> 하천유량관리시스템 기간 설정

시간을 설정한 후 다음 그림과 같이 ‘강우-유출’ 표시줄이 있다. 표시줄을 활성화 하면 매개변수 설정, 강우량 조회 등의 아이콘으로 이루어져 있다.



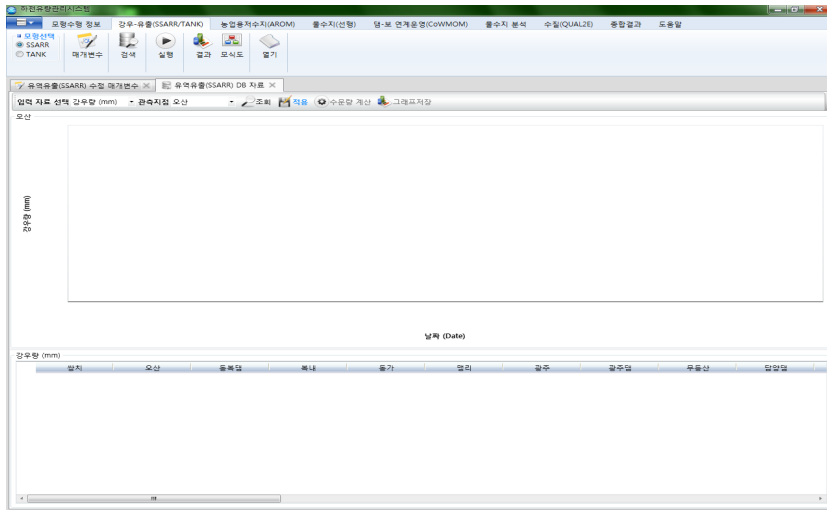
<그림 4.1-3> 강우-유출 작업표시줄

다음의 그림은 매개변수 아이콘을 활성화한 것이다. SSARR의 주요 매개변수인 SMI, BII, SSS의 적용상황을 각 중권역 별로 확인할 수 있다. 매개변수에 대한 설정이 완료되면 ‘적용’ 버튼을 눌러서 저장한다.



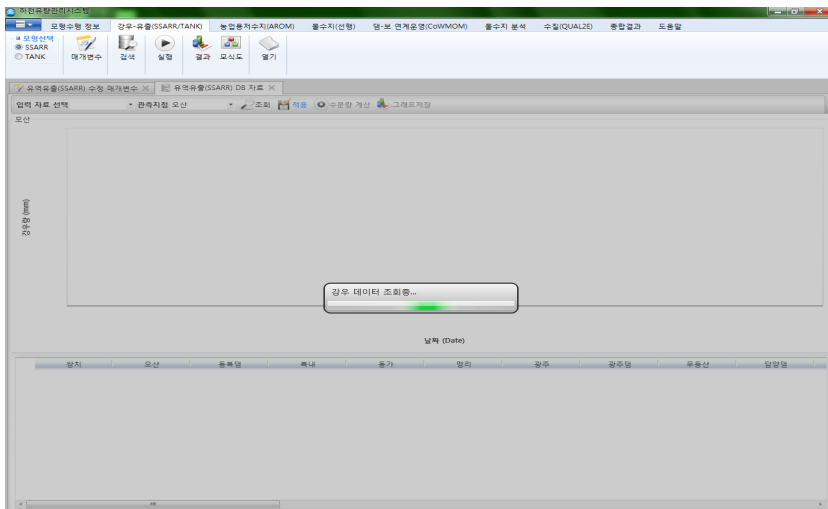
<그림 4.1-4> 매개변수 설정상황

다음 그림은 강우량 조회를 위해 ‘강우-유출’ 표시줄에서 ‘검색’ 아이콘을 활성화한 것이다.



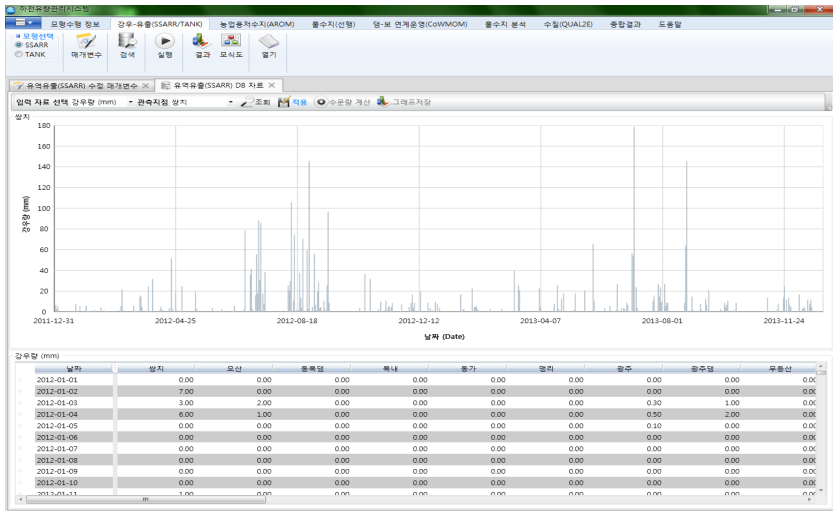
<그림 4.1-5> 강우량 조회

다음 그림은 ‘조회’ 아이콘을 활성화 하여 강우자료 조회 과정을 나타낸 것이다.



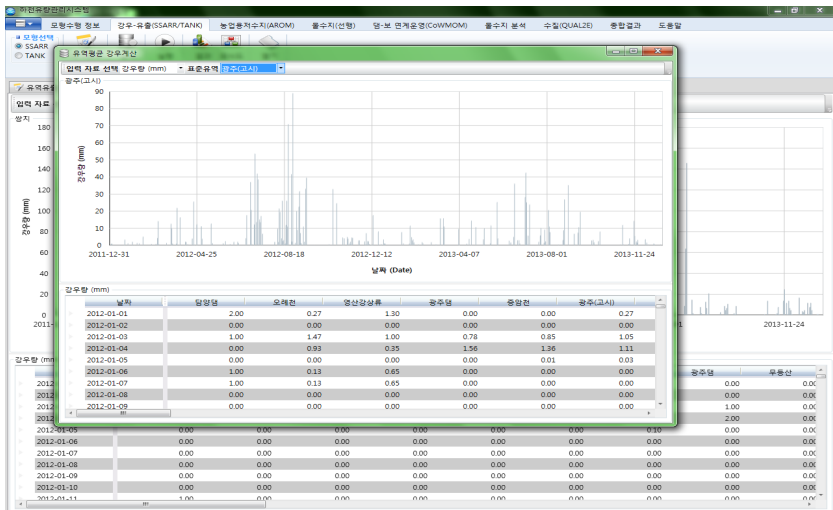
<그림 4.1-6> 강우량 조회 과정

아래 그림은 조회된 강우자료의 모습이다. ‘관측지점’ 옆의 표시줄을 활성화 하여 각 표준유역별 강우자료를 확인할 수 있다.



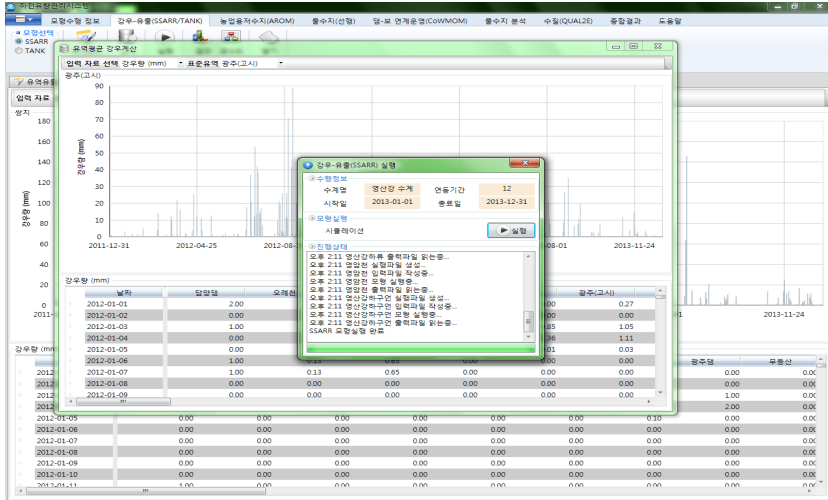
<그림 4.1-7> 강우량 조회 완료

강우자료 조회가 완료된 후 ‘수문량 계산’ 아이콘을 활성화 한다. 다음 그림은 수문량 계산을 완료한 것이다.



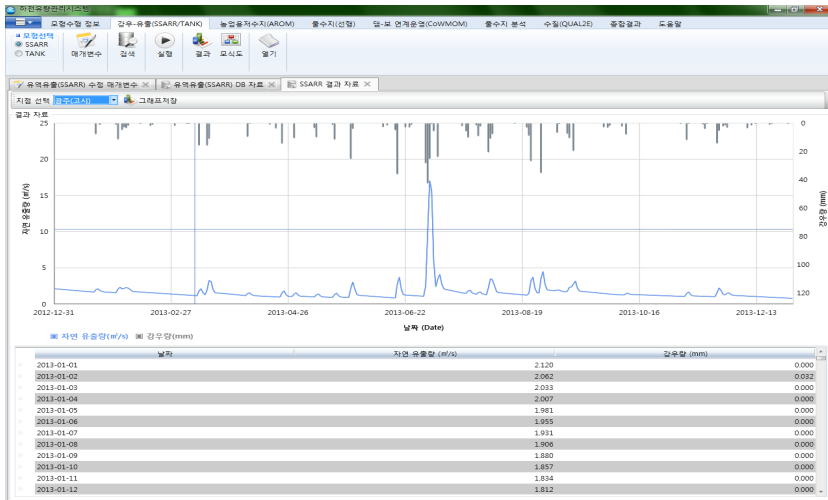
<그림 4.1-8> 수문량 계산

강우조회와 수문량 계산이 완료된 후 '실행' 아이콘을 활성화 하면 다음 그림과 같이 '강우-유출(SSARR) 실행' 창이 보여진다. 활성화 된 창에서 '실행' 아이콘을 활성화 하여 모형을 수행한다.



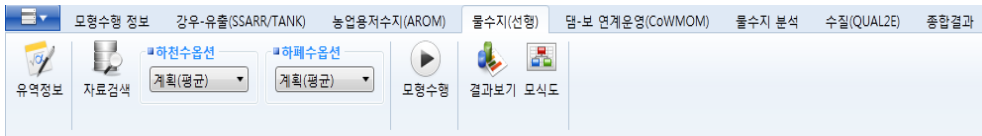
<그림 4.1-9> 강우-유출 실행

모형수행이 끝난 후 '강우-유출(SSARR) 실행' 창을 닫아준다. 그리고 '결과' 아이콘을 활성화 하여 다음 그림과 같이 강우-유출에 대한 결과를 확인할 수 있다.



<그림 4.1-10> 강우-유출 결과

강우-유출에 대한 모의가 끝나게 되면 <그림 4.1-11>의 ‘물수지(선행)’ 아이콘을 활성화 한다.



<그림 4.1-11> 물수지 작업표시줄

물수지 분석에 대한 자료 검색을 위해 ‘자료검색’ 아이콘을 활성화 하면 <그림 4.1-12>와 같다.

일련번호	입출량	유출량	농업용저수량	공주량	중립량	공주(고시)	중립(고시)	대륙(고시)	장성량
2013-01-01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

<그림 4.1-12> 물수지 자료검색

‘전체조회’ 아이콘을 활성화 하면 <그림 4.1-13>과 같이 물수지 자료를 조회한다.

Date	달입량	오대량	방산강상류	광주댐	충양원	광주(교사)	충양원	마북(교사)	장성댐
2013-01-01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-01-31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013-02-01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

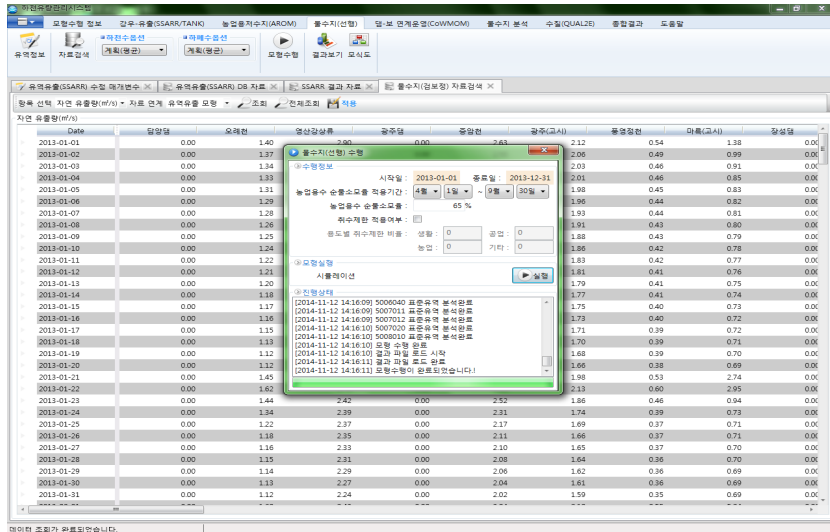
<그림 4.1-13> 물수지 자료조회

자료조회가 완료되면 <그림 4.1-14>의 아래 표시줄에 ‘데이터 조회가 완료되었습니다.’ 라는 문구가 나온다. 조회가 끝나면 ‘적용’ 아이콘을 활성화 하여 데이터를 저장한다.

Date	달입량	오대량	방산강상류	광주댐	충양원	광주(교사)	충양원	마북(교사)	장성댐
2013-01-01	0.00	1.40	2.90	0.00	2.63	2.32	0.54	1.38	0.00
2013-01-02	0.00	1.37	2.87	0.00	2.55	2.06	0.49	0.99	0.00
2013-01-03	0.00	1.34	2.85	0.00	2.50	2.03	0.46	0.91	0.00
2013-01-04	0.00	1.32	2.83	0.00	2.46	2.01	0.46	0.85	0.00
2013-01-05	0.00	1.31	2.80	0.00	2.43	1.98	0.45	0.83	0.00
2013-01-06	0.00	1.29	2.77	0.00	2.40	1.96	0.44	0.82	0.00
2013-01-07	0.00	1.28	2.74	0.00	2.37	1.93	0.44	0.81	0.00
2013-01-08	0.00	1.28	2.72	0.00	2.33	1.91	0.43	0.80	0.00
2013-01-09	0.00	1.25	2.69	0.00	2.30	1.89	0.43	0.79	0.00
2013-01-10	0.00	1.24	2.66	0.00	2.27	1.86	0.42	0.78	0.00
2013-01-11	0.00	1.22	2.64	0.00	2.25	1.83	0.42	0.77	0.00
2013-01-12	0.00	1.21	2.61	0.00	2.22	1.81	0.41	0.76	0.00
2013-01-13	0.00	1.20	2.59	0.00	2.19	1.79	0.41	0.75	0.00
2013-01-14	0.00	1.18	2.56	0.00	2.17	1.77	0.41	0.74	0.00
2013-01-15	0.00	1.17	2.54	0.00	2.15	1.75	0.40	0.73	0.00
2013-01-16	0.00	1.16	2.52	0.00	2.12	1.73	0.40	0.72	0.00
2013-01-17	0.00	1.15	2.49	0.00	2.10	1.71	0.39	0.72	0.00
2013-01-18	0.00	1.13	2.47	0.00	2.08	1.70	0.39	0.71	0.00
2013-01-19	0.00	1.12	2.44	0.00	2.06	1.68	0.39	0.70	0.00
2013-01-20	0.00	1.12	2.42	0.00	2.04	1.66	0.38	0.69	0.00
2013-01-21	0.00	1.15	2.41	0.00	2.03	1.65	0.38	0.69	0.00
2013-01-22	0.00	1.16	2.41	0.00	2.04	1.66	0.38	0.69	0.00
2013-01-23	0.00	1.14	2.42	0.00	2.02	1.65	0.38	0.69	0.00
2013-01-24	0.00	1.14	2.39	0.00	2.01	1.64	0.38	0.69	0.00
2013-01-25	0.00	1.22	2.37	0.00	2.17	1.69	0.37	0.71	0.00
2013-01-26	0.00	1.18	2.35	0.00	2.11	1.66	0.37	0.71	0.00
2013-01-27	0.00	1.16	2.33	0.00	2.10	1.65	0.37	0.70	0.00
2013-01-28	0.00	1.15	2.31	0.00	2.08	1.64	0.36	0.70	0.00
2013-01-29	0.00	1.14	2.29	0.00	2.06	1.62	0.36	0.69	0.00
2013-01-30	0.00	1.13	2.27	0.00	2.04	1.61	0.36	0.69	0.00
2013-01-31	0.00	1.12	2.24	0.00	2.02	1.60	0.35	0.69	0.00
2013-02-01	0.00	1.12	2.24	0.00	2.02	1.60	0.35	0.69	0.00

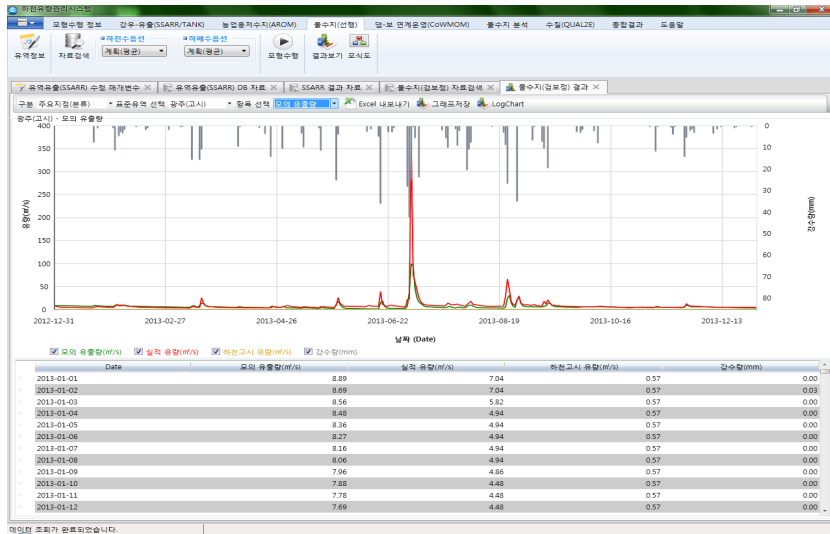
<그림 4.1-14> 물수지 자료조회 완료

데이터 저장이 완료된 후 ‘모형수행’ 아이콘을 활성화 하면 <그림 4.1-15>와 같이 ‘물수지(선행) 수행’ 창이 보여진다. 활성화 된 창에서 ‘실행’ 아이콘을 활성화 하여 모형을 수행하게 된다.



<그림 4.1-15> 물수지 모형실행

모형수행이 완료 후 ‘결과보기’ 아이콘을 활성화 하여 <그림 4.1-16>과 같이 결과를 확인 할 수 있다. 모의결과는 댐, 분류, 지류, 보, 농업용저수지, 표준유역에 따라서 구분 할 수 있으며, 각각의 모의유출량, 유역 내 이용 가능 수량, 하천수 사용량 및 하천관리유량, 물 부족량을 확인할 수 있다.



<그림 4.1-16> 물수지 결과

이상의 과정을 통해 국토교통부 하천유량관리시스템 운영 자료를 연계한 영산강유역의 유입량은 광주, 마곡, 승촌보, 나주, 영산포 및 사포 수위 관측소별로 모의할 수 있다.

향후 본 과업을 통한 시스템이 구축된다면 영산강유역의 말단부 유입량은 하천유량관리시스템에서 모의된 자료를 활용하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

4.2 댐·보 연계 운영기법에 의한 용수공급능력 평가

본 절에서는 댐·보 연계 운영기법에 의한 용수공급능력 평가를 위해 하천유량관리시스템에 제공된 영산강 유역내 기 설치된 댐과 신규 건설되는 2개 다기능보의 연계운영 시스템을 구성한 결과를 인용하여 정리하였다 (국토해양부, 2011).

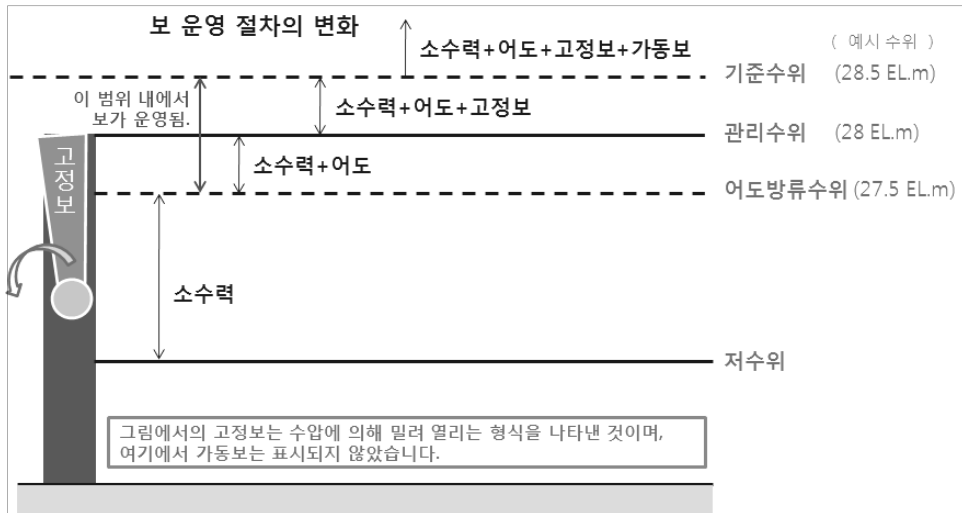
4.2.1 다기능보의 운영목적 및 제약사항 조사

다기능보는 4대강 살리기 프로젝트 마스터플랜의 5대 핵심과제 중 미래의 물 부족과 기후변화에 따른 이상 가뭄에 대비하기 위한 수자원 확보 차원에서 건설되었다. 기존 우리나라의 주요 수자원 확보처는 대규모의 다목적댐과 다수의 용수공급 전용댐 등이다. 하천유량관리시스템에 적용된 영산강 유역내 기 설치된 댐과 신규 건설되는 2개 다기능보의 연계운영 시스템을 구성하여 하천의 적정 유량관리를 통한 하천수 이용의 안정성 및 효율성 제고에 목적을 두고 있다.

현재 건설된 모든 다기능보는 어도를 통한 방류 기준, 소수력 발전을 위한 방류 기준, 관리수위 등을 설정하여 운영을 계획하고 있다. 하지만 이러한 보 운영이 평수기 또는 갈수기에도 유지될 수 있는지에 대한 정량적인 평가와 보 운영 방안의 수립이 요구된다.

다기능보 운영의 제약사항은 수공구조물에 의한 제약사항과 하도구간의 제약사항으로 구분하여 제시하였다.

다기능보의 수공구조물에 의한 제약사항은 다기능보와 4대강에 기 설치된 댐의 제원, 운영계획, 운영 기준 등이다. <그림 4.2-1>는 한국수자원공사에서 계획하고 있는 다기능보의 운영 계획이다. 보 운영의 핵심 목표는 보의 수위가 어도 방류수위에서 보 기준수위의 범위 내에서 변동되도록 하는 것이다.



자료 : 국토해양부, 2011

<그림 4.2-1> 다기능보의 운영 계획

다기능보 운영의 하도구간에 의한 제약사항으로는 취수시설의 취수가능 수위를 고려하여 결정된 보 운영의 하한수위가 제시되었고, 하천법 제51조에 의해 정의되는 하천유지유량이 조사되었다.

취수에 지장이 없도록 하는 보 운영의 하한수위는, 우선 4대강의 64개 취수장에 대한 취수가능 수위의 조사를 통해 분석되었고, 이 가운데 영산강에 설치된 보 운영에 영향을 미치는 1개소의 취수 가능수위를 검토하여 결정되었다. 그리고 다기능보 구간 내에 보 운영에 영향을 주는 취수시설이 없는 경우, 해당 지점의 갈수위를 보 운영의 하한수위로 하였다(<표 4.2-1>). 또한, 다기능보의 방류와 하류의 유지용수공급에 관한 제약으로 활용될 수 있는 하천유지유량을 제시하였다.

<표 4.2-1> 다기능보의 운영 하한수위

구 분	취수장 명	취수 가능수위 (El. m)	보명	보 수위 (El. m)		운영 하한수위 (El. m)	비 고
				관리수 위	갈 수 위		
영산강 (1개소)	-	-	승촌보	7.5	2.47	2.47	갈수위 적용
	LG화학	1.46	죽산보	3.5	-1.35	1.46	

4.2.2 댐과 다기능보의 연계운영 모형화 방안 검토

가. 기존 수자원시설물 연계운영기법 조사

저수지 군 최적 연계 운영을 위한 연구는 선형계획법(Linear Programming), 동적계획법(Dynamic Programming), 비선형계획법(Nonlinear Programming), 네트워크 최적화 모형(Network Optimization Model) 등 다양한 최적해 기법들을 이용하여 진행되고 있다. 그러나 대부분 저수지 군 최적 연계 운영 문제는 그 규모가 매우 크며 저수지 운영 특성상 단일 목적이 아닌 다양한 목적들을 고려해야 한다. 더욱이 미래 유입량 예측이 불확실하고 비선형의 특성을 갖는 현실 문제로 인하여 최적해 도출에 있어 많은 어려움을 지니고 있어 이러한 문제를 해결하기 위해 지금도 활발한 연구가 진행되고 있다.

나. 모형화 방안 구상

미국을 비롯한 선진 각국에서는 과거 십여 년 동안 물 관리를 위한 종합적인 시스템 구축에 많은 비용과 노력을 기울인 결과로 지금은 비교적 성공적인 사례들을 찾아볼 수 있다. 물론 원한다면 선진국에서 개발된 모형을 한국 실정에 적합하게 수정하여 사용할 수도 있다. 그러나 그들의 모형을 수정하는데 들이는 노력보다는 한국 실정에 적합한 독자적인 모형을 구축하는 편이 훨씬 수월하다.

수자원의 효율적 이용 및 관리를 위하여 댐에 저수된 물을 효과적으로

이용한다는 것은 시스템의 관점에서 보면 확보된 수자원을 댐 건설의 목적에 따라 시간 및 공간별로 적절하게 할당시키는 것이라고 할 수 있다. 결국 댐 군 최적 연계 운영은 강수량의 계절적, 지역적 편중 효과를 감소시키는 수자원의 지역적, 시간적 최적 할당 문제로 귀착되어진다.

CoWMOM은 유역 내 모든 댐들의 저수 상황을 함께 고려하는 관점에서 모형을 수립하였으며, 단독운영 대신 연계 운영을 통하여 각 댐의 방류량이 댐들 서로 간의 운영에 미치는 영향을 고려하였다. 또한 CoWMOM에서는 어떤 형태로든 유입량을 예측해야 하는데, 실제 댐 운영 시 각 댐별 중장기 유입량 예측이 기술적으로 어려운 상황이다. 만약 예측이 어렵다면 가장 좋은 운영 정책은 불필요한 방류를 최대한 줄이고, 상류댐에 최대한 많이 저류하는 것으로 이것이 ‘Water Conservation Approach’이다. 이것은 본 모형이 기초하고 있는 보수적인 댐 운영 방침으로서 ‘유역 출구에서 발생하는 불필요한 Spill’을 최대한 억제하면서(유역 내 가용한 수자원을 최대한 확보한 상태에서) 댐 간의 연계 운영이 이루어지게 하는 것이므로, 유역 내 댐 군 최적 연계 운영의 실질적인 수자원 보존이 가능하게 된다는 것을 의미한다. 앞으로 들어올 유입량 시나리오를 안다고 가정하였고, 기간 내 물 수요량의 패턴을 안다고 가정하였다. 장차 들어올 것으로 가정된 유입량 시나리오에 대하여 CoWMOM이 제시하는 각 주요 댐들에서의 최적 방류계열들이 유역 수자원 보존차원에서 어떤 영향을 미칠 것인지를 미리 감안하여 방류 결정을 하기 위한 충분한 정보를 제공한다는 점에서 의미를 찾을 수 있다.

4.2.3 댐과 다기능보의 연계운영 모형 개발

가. 모형의 기본 설계

CoWMOM은 최적화 엔진을 활용하지만 극단적이거나 미미한 해를 도출하려는 경향을 피하게 하며, 미래의 유입량 및 수요량 등의 불확실성에 대한 상식적인 대응을 수행한다. 또한 CoWMOM은 의사결정자의 의도 및 실제 상황 반영에 유연한 모형이라 할 수 있으며 단기 운영의 특성을 정

교하게 표현하여 실용적인 일별 최적 운영 모형이 되도록 모형을 수립하였으며, 일반적 수계의 특성을 반영하여 여러 수계에 적용할 수 있는 범용 모형으로 구성하였다.

나. 수학 모형의 수립

4대강 살리기 사업을 통해 보가 신설됨으로써 기존의 CoMOM 4.2 구축 시와는 크게 다른 새로운 수리 수문 환경에 처하게 되었고, CoWMOM은 이에 따라 수계의 물리적 구조변경을 고려하여 재설계된 수계 네트워크를 근간으로 하고 있다.

수학적 모형은 목적함수와 제약식군으로 이루어져 있어서, 구조 자체는 아주 단순 하다. 목적함수는 모형 구동을 위한 엔진 역할을 하고, 제약식은 적용 대상 system 을 수식으로 표현하는 부분이라 할 수 있다. 먼저 목적함수의 내용을 살펴보면, 목적함수는 ① 비용 최소화 및 이익 최대화, ② 목표(Goal) 달성, ③ 운영 제약 준수, 이 중에서 ① 비용 최소화 및 이익 최대화에 나타나 있는 목적들은 중요도 순서대로 나열되어 있다.

수계내의 각 시설은 각각 그 특성에 맞게 운영되고 있으며, 각 시설의 운영특성을 고려하기 위하여 다음과 같이 제약조건을 모형 수립에 반영하였다. 제약식은 대상 운영 시스템의 물리적 특성이나, 운영특성 등이 기술되는 부분이므로 다음과 같이 운영조건 준수를 위한 제약식 뿐 아니라 여러 가지 목표달성에 관련된 제약식이 포함된다.

다. CoWMOM의 주요 기능

CoWMOM은 의사결정자의 의도 및 실제 상황 반영에 유연한 모형이라 할 수 있다. 즉, 의사 결정자의 판단에 따라 가중치를 결정하고 목표를 조정할 수 있다. 또한 제시된 어떤 시나리오에 의해 의도한 목표가 현실을 반영하지 못하고 있어도 모형은 목표계획법에 의해 가능한 해를 제시하고자 한다. 이러한 CoWMOM의 특성은 댐 운영자가 의도하는 운영 방안을 반영하기 쉽도록 한다.

CoWMOM은 댐 수위에 대한 목표 설정으로 기말 목표 저수위와 월별 기준수위 상·하한에 대한 설정이 가능하다.

기말 목표저수위는 분석 기간 중간의 저수량 수준에 관계없이 분석기말 시점에 목표로 하는 저수위를 말한다. 기말 시점의 저수위는 다음 분석기간의 운영과 차년도의 운영성과에 큰 영향을 미치므로 저수지 운영에 있어서 중요한 의미를 가진다. CoWMOM은 분석기간 전체의 수문 상황을 고려하면서 기말 시점에 목표로 한 저수위를 가급적 달성할 수 있도록 운영할 수 있다.

CoWMOM은 기존에 개발된 CoMOM을 개선하여 매월의 기준수위 상한과 하한을 고려하여 저수지 운영을 할 수 있는 기능을 추가하였다. 이러한 기능을 활용하여 CoWMOM을 운영하면 최적화 모형을 통한 결과가 현실적으로 실행되기 어려운 운영을 제시할 수 있는 가능성을 피할 수 있게 된다. 또한 참조 수위 정보를 활용한 저수지 운영을 함으로써 수문 기상의 불확실에 대비한 탄력적인 댐 운영을 할 수 있게 된다.

CoWMOM은 댐 및 보 방류량에 대한 목표 설정으로 일별 목표 방류량과 보 방류시설물 별 우선순위를 설정할 수 있다.

CoWMOM은 댐이 최소한 유지해야하는 방류량을 설정해 줄 수 있다. 만약 이러한 양을 설정하지 않으면 CoWMOM은 높은 우선순위의 목적을 우선 달성시킨 후, 남은 물을 가급적 저수를 할 것이기 때문에 일부 기간은 방류량이 매우 적게 제시할 가능성이 있다. 따라서 최소의무방류량을 유지하도록 목표를 설정하면 최적화 효과는 조금 떨어지겠지만, 댐 운영자가 의도하는 방류량에 가까운 값이 도출될 것이다.

보의 방류우선순위는 기본적으로 ‘어도 방류 → 소수력발전 방류 → 고정보 무효 방류’ 순서로 설정되어있으며, 이외에 몇 가지 다른 대안으로 설정가능하다. 가령, 보 기준수위 유량 월류 월류 → 소수력발전 방류 → 고정보 무효 방류’로 선택할 수 있다. 보의 방류우선순위는 목적함수에 보의 방류시설별 방류 가중치를 우선순위에 따라 순차적으로 차등하게 부여함으로써 우

선순위를 부여할 수 있다.

CoWMOM은 기본적으로 최적화 모형이지만, 실상은 운영 목표를 가진 능동적이고 적극적인 시뮬레이션 모형으로 볼 수도 있다. 따라서 사용자가 모형의 가중치를 조정할 경우 얼마든지 시뮬레이션과 유사한 방식의 운영을 할 수도 있다.

라. 하천유량관리시스템(RFMS)의 연계

본 과업에서 5대강 수계를 대상으로 개발한 CoWMOM 모형은 하천유량관리시스템(River Flow Management System, RFMS)에 탑재되어 실행되도록 개발하였다. 하천유량관리시스템은 하나의 수계에 대해서 여러 가지 모형들을 연계하여 통합 솔루션을 제공하는 프로그램으로서, 댐-보 최적 연계운영모형인 CoWMOM 모형과 강우-유출모형(SSARR, Tank), 물수지분석모형, 수질 모형(QUAL2E) 등으로 구성되어있다. 이 같이 여러 모형을 상호 연계하여 통합하는 시스템에서는 모형간 정확한 입·출력자료의 연계가 중요하다.

유입량은 CoWMOM에서는 댐의 영향권 밖에 있는 상류 수요를 직접 고려하지 않고, 이 양만큼 쓰고 남은 양만이 댐으로 유입된다고 가정하였다. 즉, 댐 영향권 밖에서 유입량은 강우-유출모형을 통한 자연유출량이 아닌, 자연유출량에 용수 수요가 반영되는 물수지분석모형을 통한 모의유량을 입력 자료로 활용하게 된다.

수요량은 수요량은 홍수통제소의 취수 허가대장 자료를 근거로 하여 댐의 영향권 밖에 있는 상류 수요를 직접 고려하지 않고, 이 양만큼 쓰고 남은 양만이 댐으로 유입된다고 가정하였다. 따라서 댐의 비영향권역에서의 수요는 CoWMOM에 직접 반영하지 않았다.

마. CoWMOM의 프로그램 개발

CoWMOM은 다른 수계에 적용을 쉽게 하고, 수계 시스템 변경이 미치

는 영향을 쉽게 분석하기 위해 객체 지향적으로 개발하였다. 또한 CoWMOM은 Windows XP의 개발환경에서 프로그램이 수행되는 것을 목적으로 하여, 수문자료를 효과적으로 관리하고 수학적 모형과의 완전한 통합을 가능케 한 자료 관리 시스템이 있다. 자료 관리 시스템은 파일 시스템으로 구축되어 별도의 데이터베이스 없이도 프로그램이 수행될 수 있다. 다음으로는 수학적 모형을 자동으로 수립하는 최적화 지원 모듈을 들 수 있다. 그리고 수학적 모형의 최적화부분을 담당하는 최적화 엔진이 있다. 프로그램의 개발 언어로는 MS Visual Studio를 사용하며, 수학적 모형 수립을 위한 Modeling Library로 ILOG Concert를 이용하며, 최적화 수행을 위한 최적화 Package로 ILOG CPLEX를 이용한다.

바. 프로그램 검증 및 적용성 검토

본 과업을 통해 개발된 CoWMOM의 네트워크 모형 및 컴퓨터 프로그램을 검증하기 위해 수계 내 각 시설들에서의 유량 보전(Flow Conservation) 검증과 운영 실적 모사를 수행해 보았다. 본 분석에서는 분석기간을 2008년 10월 1일~2009년 6월 30일(이수기)로 하여, 각 수계 (한강, 낙동강, 금강, 영산강, 섬진강)내 댐들의 일별 총 유입량 실적 자료를 CoWMOM에 입력함으로써 수계 내 각 시설로 들어오는 유입량의 합과 나가는 양의 합이 같아지는 것을 검증하였다. 그 결과, 각 댐의 방류량 및 저수량(저수위)이 실적과 대체로 일치함을 확인할 수 있어 모의 과정을 통해 본 과업에서 개발한 CoWMOM의 수학적 모형 및 최적화 수행 프로그램이 큰 오류 없이 수행되고 있음을 확인하였다.

4.2.4 CoWMOM 모형의 적용성 평가 및 효과 분석

가. CoWMOM의 최적 운영과 시뮬레이션 방식의 운영 결과의 비교

CoWMOM을 활용한 최적운영과 의사결정자의 결정에 의한 시뮬레이션 방식의 운영 결과를 비교하였다. CoWMOM을 시뮬레이션방식 운영으로 과거 실적을 모의한 결과와 CoWMOM을 최적 연계운영하여 최적의 방류

량을 결정한 결과를 비교해봄으로써 기존 운영방식과 대비한 CoWMOM의 최적화 효과를 가늠할 수 있게 된다. 그 결과, 최적화운영은 시뮬레이션 운영을 비교할 때, 기말저수량 186.3백만 m^3 , 분석기간 중 저수량 평균값 87.3백만 m^3 이 증가하였다.

CoWMOM의 시뮬레이션운영은 미래의 상황이나 수계 내의 다른 댐의 상황을 고려하지 않고, 사전에 결정한 방류량을 최대한 준수하는 운영이기 때문에 최적해와는 거리가 먼 결과를 도출한다. 하지만 최적화운영은 의사결정자가 입력한 최소한의 운영지침을 준수하면서 최적화 과정을 통해 방류량을 결정하기 때문에, 유역 내 시·공간적인 용수 수요의 지속적인 충족과 필요한 시기에 필요한 곳에 필요량을 공급하는 것이 가능하다. 또한 최적화 운영에서는 되도록 상류댐에 최대한 저류하도록 하며, 여수로 방류같은 불필요한 방류를 최소화 하고, 홍수용량 및 발전수위를 최대로 확보할 수 있기 때문에 시뮬레이션 운영보다 나은 결과를 나타내는 것은 당연하다.

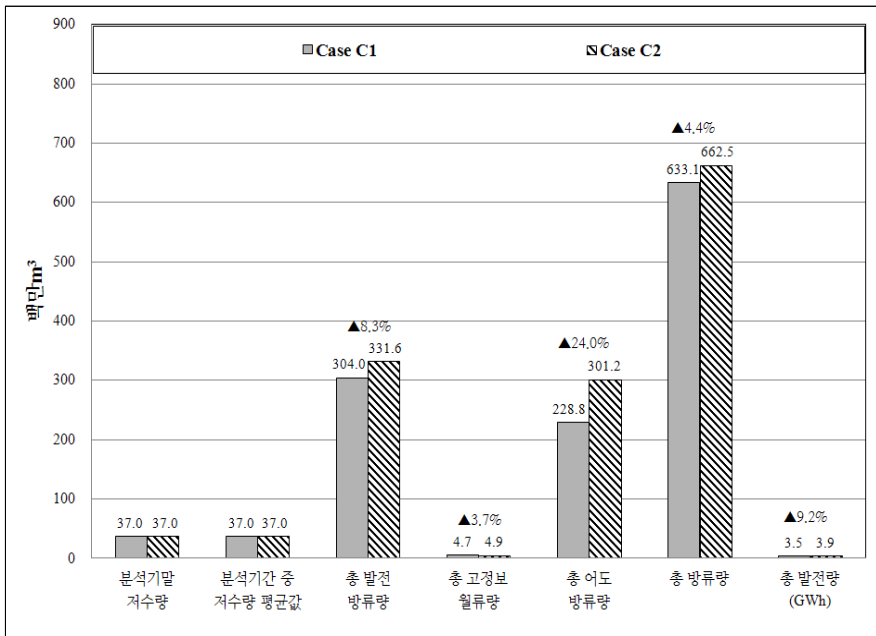
나. CoWMOM을 활용한 독높임 농업용저수지와 연계 효과 분석

독높임 농업용 저수지를 CoWMOM에 연계하여 과거 수문상황에서 농업용 저수지 독높임 사업 이전과 이후의 운영결과를 서로 비교·분석하였다. 농업용 저수지 독높임 사업이전과 이후에 달라진 점은 농업용 저수지에서 방류하는 양이 CoWMOM의 입력자료에 반영되는 것으로, 두 결과를 비교하여 농업용 저수지 독높임 사업으로 인한 댐/보 운영 측면에서의 기대효과를 비교해 보았다. 그 결과, 영산강에서 농업용 저수지 독높임 사업 이후의 조건을 반영할 경우 농업용저수지 독높임 사업의 효과로 수행기간 중 28.1백만 m^3 (5.5%)의 유입량이 증가한다. <표 4.5.4-5>는 농업용저수지로부터의 추가 유입량을 더해서 금강에 대한 댐-보 연계운영을 수행한 결과를 나타낸 것이다. 그 결과 분석기간 중 저수량 일 평균값과 분석 기말저수량은 동일하였고, 발전량 총합은 0.4GWh(9.2%) 증가한 것으로 나타났다.

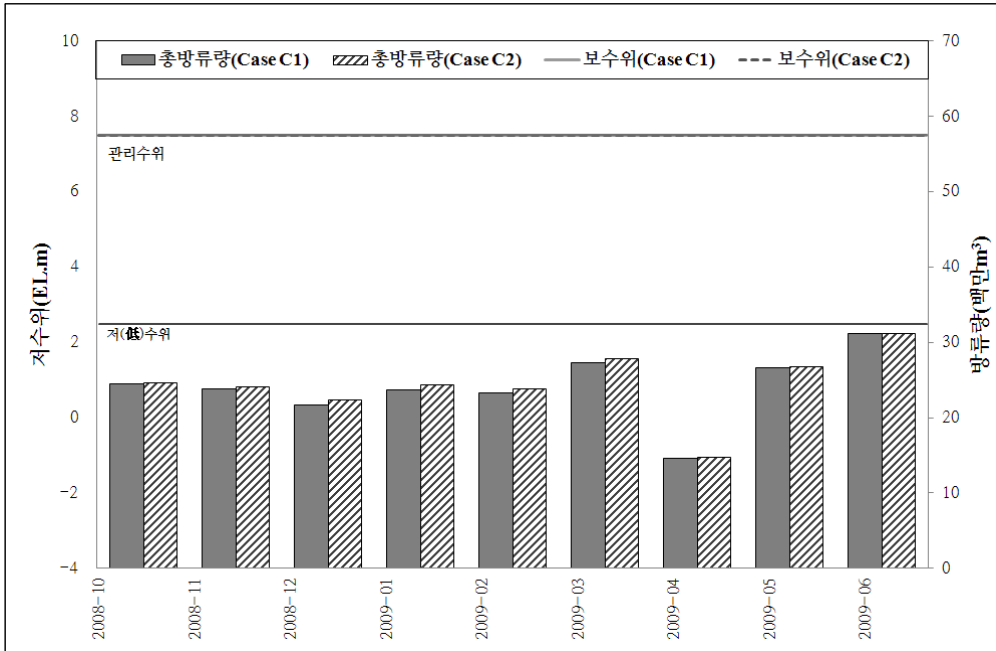
이는 보는 관리수위를 유지하기 때문에 저수량의 이득이 없으며, 상류의 유입량이 증가하여 발전량이 증가한 것이다.

<표 4.2-2> 농업용저수지 연계운영 효과 분석

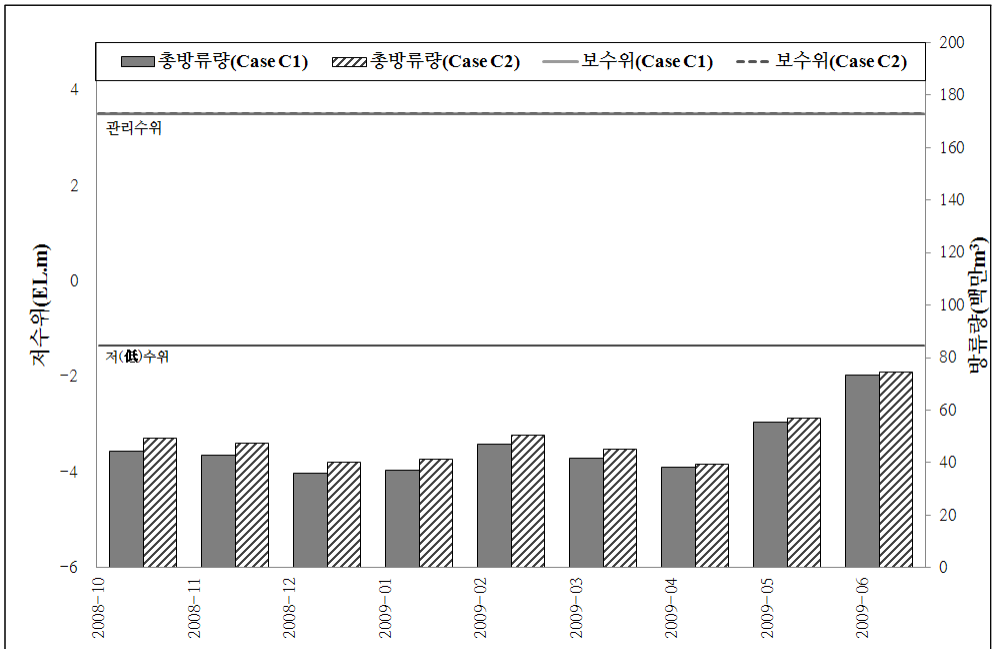
구분	기말저수량 (백만m ³)	분석기간 중 저수량평균값 (백만m ³)	총 발전 방류량 (백만m ³)	총 고정보 월류량 (백만m ³)	총 어도 방류량 (백만m ³)	총 방류량 (백만m ³)	총 발전량 (GWh)
Case C1	37.0	37.0	304.0	4.7	228.8	633.1	3.5
Case C2	37.0	37.0	331.6	4.9	301.2	662.5	3.9
증감량	0.0	0.0	27.6	0.2	72.4	29.4	0.4
증감비율(%)	0.0	0.0	8.3	3.7	24.0	4.4	9.2



<그림 4.2-2> 농업용저수지 연계운영 효과 분석



<그림 4.2-3> 농업용저수지 연계운영 효과 분석: 승춘보 수위 및 총 방류량 비교



<그림 4.2-4> 농업용저수지 연계운영 효과 분석: 죽산보 수위 및 총 방류량 비교

다. CoWMOM을 활용한 최적운영 기법에 의한 용수공급능력 평가

국토해양부(2011)을 통하여 개발된 CoWMOM의 연계운영 결과를 다양한 방법으로 검증하기 위하여 CoWMOM을 활용하여 용수공급능력 증대 효과를 파악하였다. 이를 위해서 1967~2006년의 40개년을 대상으로 분석한 결과, CoWMOM을 활용할 경우 댐/보 연계시 용수공급능력 증가량은 영산강에서 126.1백만 m^3 증가한 것으로 나타났다. 아울러, 이 결과는 유입량 정보를 완전히 알고 있다는 가정하에서의 분석결과로서 이 수치는 실제 실현 가능한 수치보다는 이론적으로 구할 수 있는 수치임을 감안해야 할 것이다.

라. CoWMOM 활용의 성과 평가를 위한 추가 분석

국토해양부(2011)에서는 CoWMOM의 활용성을 평가하기 위해 한국수자원공사에서 제시한 시나리오에 따른 추가 분석을 통하여 물이용 효과를 분석하였다. 이를 위해 하천유량관리시스템(RFMS)의 개별 모형인 SSARR, 농업용저수지 연계모듈(AROM), CoWMOM, 물수지분석, QUAL2E를 활용하여 통합·연계 분석을 실시하였다. 그 결과 실적을 기준으로 보, 농업용저수지 추가 활용 시 대체적으로 물 부족량이 감소하였고 본류 및 지류의 평균유량이 증가하였다.

4.3 승촌보와 죽산보 건설 전·후 유입량 조사 및 모의 분석

4.3.1 승촌보, 죽산보 건설 전

영산강 살리기 사업으로 시행되어 2012년도에 준공된 승촌보와 죽산보의 건설 전 유량자료는 10개년(2002~2011년)의 수위자료와 수위-유량관계 곡선에 의해 환산된 유량자료를 사용하여 유황분석을 실시하였다.

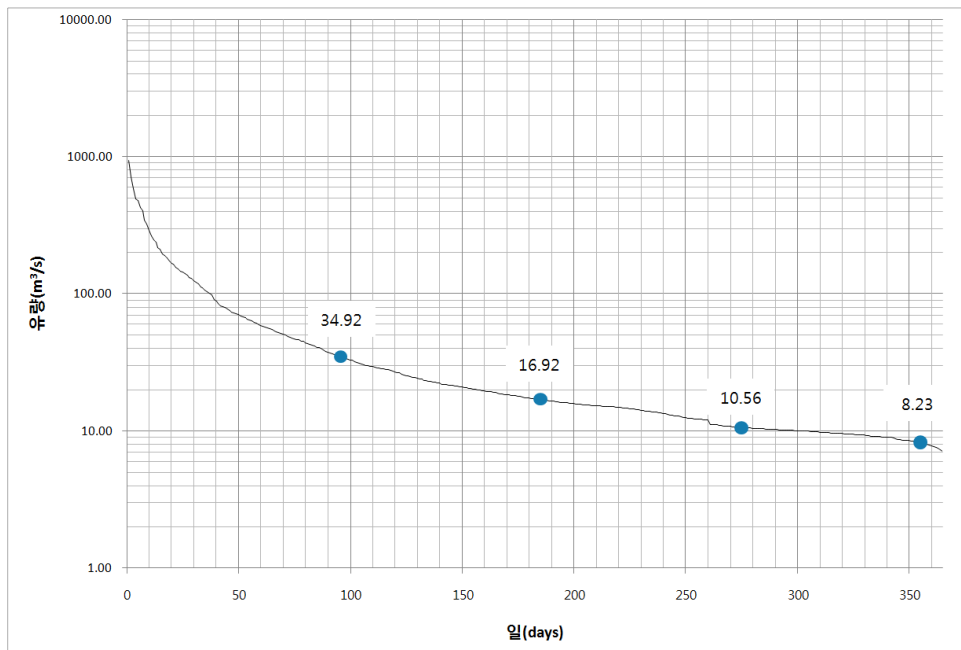
보 건설전의 유량은 승촌보 상류에 위치한 본동 수위표와 죽산보 상류에 위치한 영산포 수위표로 유황분석을 실시하였는데 죽산보 상류에 위치

한 수위표 중 회진 수위표가 영산포보다 근거리에 있지만 유량자료가 미비하여 영산포 수위표로 분석을 실시하였다.

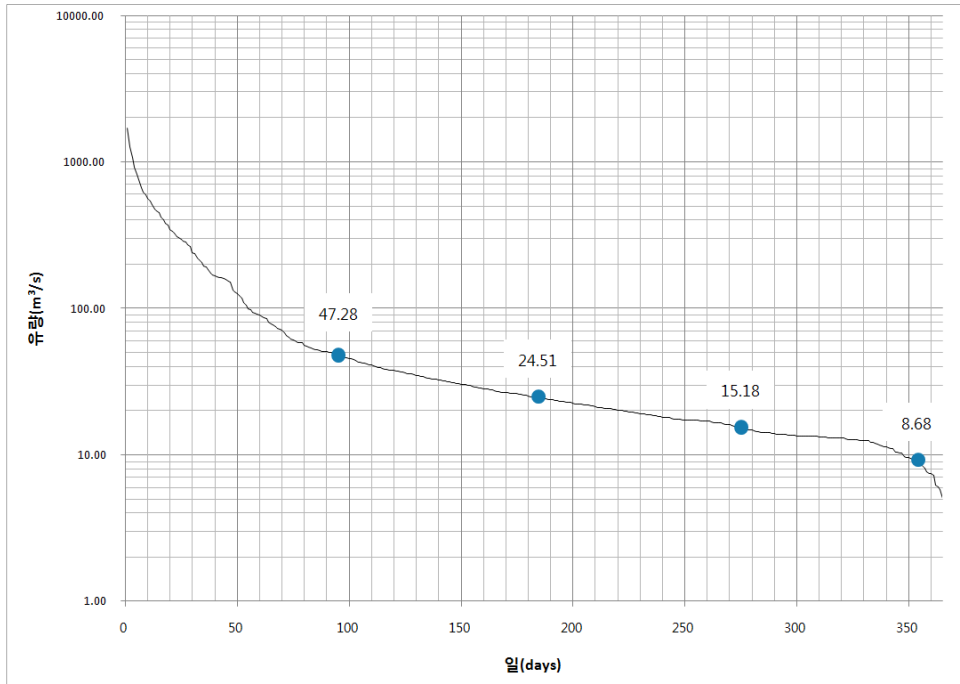
유황분석 결과 본동 수위표는 갈수량 8.23m³/s, 저수량 10.56m³/s, 평수량 16.92m³/s, 풍수량 34.92m³/s 이고 영산포 수위표는 갈수량 8.68m³/s, 저수량 15.18m³/s, 평수량 24.51m³/s, 풍수량 47.28m³/s 로 산정되었다.

<표 4.3-1> 수위관측 지점별 유황분석 결과 (단위 : m³/s)

지 점	갈수량(Q ₃₅₅)	저수량(Q ₂₇₅)	평수량(Q ₁₈₅)	풍수량(Q ₉₅)
본동	8.23	10.56	16.92	34.92
영산포	8.68	15.18	24.51	47.28



<그림 4.3-1> 본동수위표 유황분석



<그림 4.3-2> 영산포수위표 유황분석

4.3.2 승촌보, 죽산보 건설 후

2012년에 준공된 승촌보와 죽산보의 유량값은 6월부터 관측되었다. 보 건설 전과 후의 유량비교를 위해 승촌보는 직상류에 위치한 본동 수위관측소와 죽산보는 직상류에 위치한 영산포 수위관측소를 대상으로 각각 10개년(2002~2011년) 월별 평균 유량을 산정하고 이들을 각 보에서 유출된 2013년 유출량과 비교하였다.

승촌보의 연평균 유량값은 $36.48\text{m}^3/\text{s}$, 본동 수위관측소의 연평균 유량값은 $44.90\text{m}^3/\text{s}$ 를 나타내고 있으며, 죽산보의 연평균 유량값은 $61.56\text{m}^3/\text{s}$, 영산포 수위관측소의 연평균 유량값은 $53.20\text{m}^3/\text{s}$ 를 나타내고 있다.

<표 4.3-2> 승촌보 건설 전·후 월별유량 비교 (단위 : m³/s)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
승촌보	15.83	29.62	22.46	14.18	26.07	32.27	141.49	70.43	33.43	16.41	20.13	15.50	36.48
본동	13.44	14.58	28.98	25.43	29.06	38.74	117.82	106.71	92.15	45.88	12.11	13.95	44.90

<표 4.3-3> 죽산보 건설 전·후 월별유량 비교 (단위 : m³/s)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
죽산보	36.49	52.44	43.59	29.68	34.83	58.53	228.17	112.04	63.62	27.10	27.71	24.50	61.56
영산포	18.38	21.35	21.80	28.55	42.13	44.15	157.03	151.86	100.63	21.18	15.73	15.57	53.20

<표 4.3-2> 승촌보의 연평균 유량이 직상류에 위치한 본동의 연평균 유량보다 작은 이유는 보 건설 이후의 유량 자료가 2013년만 기록되어, 향후 수년간의 유량계열이 기록되어야 정확한 상하류 유량간의 비교가 이루어져야 할 것이다.

과거 영산강 유역내 수위관측소는 다수 있었으나, 명확한 조절점이 없어 하류부 유량관리에 어려움이 많았다. 그러나 승촌보 및 죽산보와 같은 거대 수공구조물이 주요 조절점 역할을 함에 따라 과거보다 하류부 유량관리에 신뢰성이 높아질 것으로 기대된다.

4.4 해석모형을 이용한 영산호, 영암호 및 금호호 연계 모의분석 방법

4.4.1 장기유출모형의 선정

하천유량관리시스템 내에서 장기유출모형에 의한 모의유출량 산정은 필수적으로 하천유량관리시스템에 탑재될 장기유출모형을 우선 선정하여야 한다.

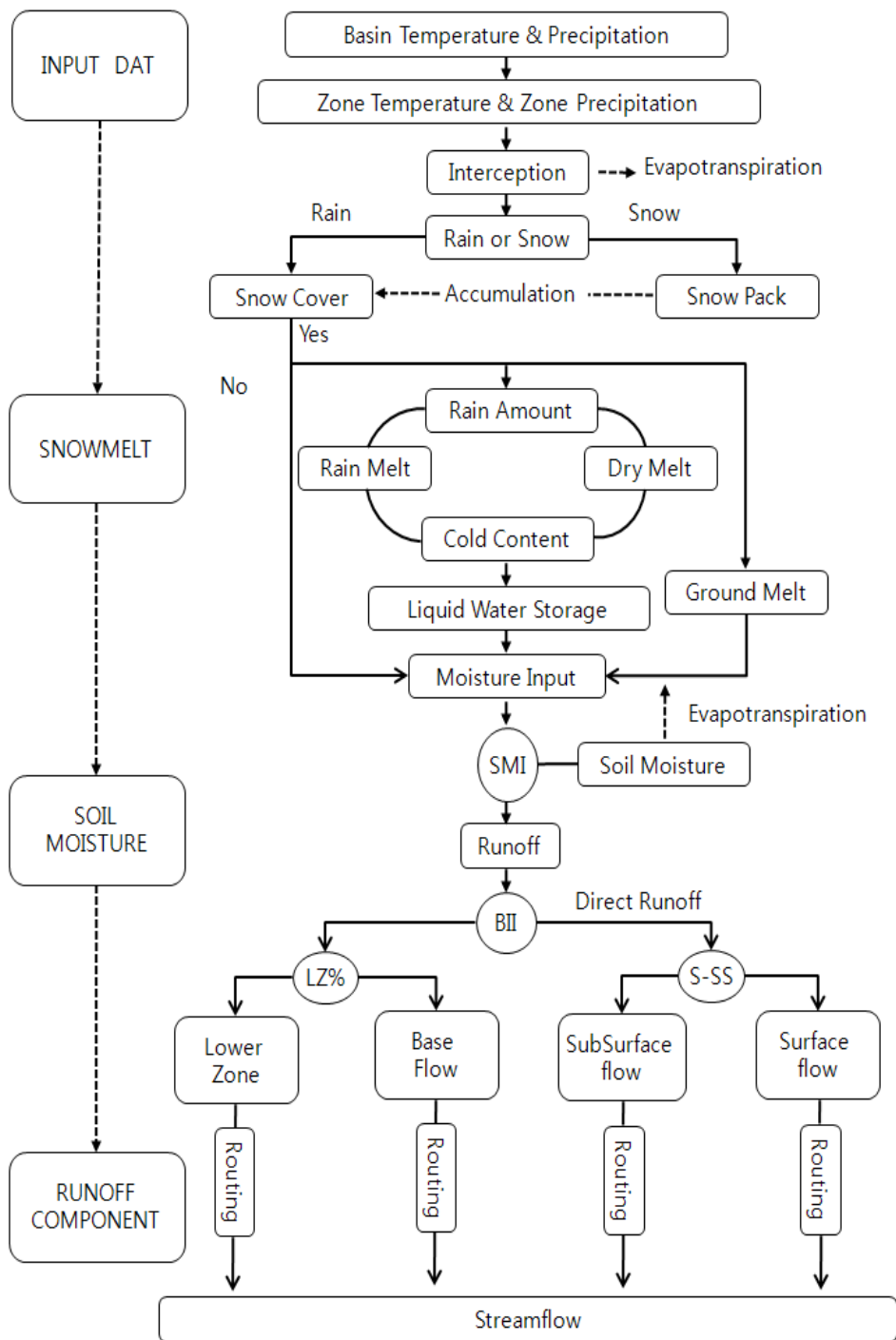
하천유량관리시스템의 목적이 저수지 및 보의 최적 방류량 결정에 있

음을 감안하면 장단기 물 관리 시스템 구축 및 적용에 활용된 SSARR 모형이 적절할 것으로 판단된다. SSARR 모형은 강주환(1986)과 한국수자원공사(2000, 2004, 2007)가 한강수계에, 안상진과 이용수(1989)가 금강수계인 보청천 유역에, 한국수자원공사(1992, 1996)에서 낙동강에 적용한 사례가 있다. 저수유출을 위한 계산시간간격은 24시간으로 선택하는 것이 가장 보편적이며 더욱이 국내하천의 제반 자료가 24시간 간격으로 조사되어 있는 것이 많다는 점에서 계산시간간격에 제한이 있다.

이상의 적용사례와 검토를 통해 하천유량관리시스템에 적용할 장기유출모의모형으로 SSARR 모형을 선정하였다.

4.4.2 SSARR 모형의 개요

SSARR 모형은 미국 공병단의 북태평양지부에서 수자원시스템의 계획, 설계 및 관리를 위한 수학적 수문모형으로 1956년 처음 개발되었다. SSARR 모형에는 DC(Depletion Curve) 버전 모형과 IS(Integrated Snowband) 버전 모형이 있는데 본 과업에서는 저수유출모의에서 회귀지하수 추적기능과 증발산 기능 등 장기유출에 유용한 기능이 보완된 IS버전 모형을 적용하였다. SSARR-IS 모형은 유역을 고도에 따라 1~20개의 밴드(band)로 분할하고 고도에 따른 강우량과 토양함수량 및 기온에 따른 증발산량의 변화 등을 고려하여 유출해석을 수행한다. 이 방법은 강설과 토양수분이 고도별로 차이가 있다는 점에 착안한 것으로, 밴드는 보통 고도 600m 간격으로 분할한다. <그림 4.4-1>은 SSARR 모형의 유출모의 시스템을 도시한 것으로 크게 입력, 용설, 토양수분, 유출로 구성되어 있는 것을 알 수 있다. <그림 4.4-1>에서의 유출해석과정을 살펴보면 다음과 같다.



<그림 4.4-1> SSARR 모형의 유출모식도

우선 유역내 또는 인근의 관측소에서 얻어진 강수량자료와 기온자료로부터 각 밴드별 강수량과 기온을 산정한다. 다음으로 차단에 의한 손실을 제외한 밴드별 강수량에 대해 그 날의 기온에 따라 강우와 강설로 구분한다. 강우의 경우는 적설(Snow Cover)이 없을 경우 바로 지표면으로 이동하게 되고, 강설인 경우는 기존의 적설량에 추가되거나 적설이 없을 경우 새로운 적설을 형성하기도 한다. 만일 적설이 있는 경우 강우량에 따라 강우에 의한 용설 또는 온도에 의한 용설을 일으키게 되고 용설된 수분은 토양으로 이동하게 된다. 강우와 용설량의 합은 토양수분지수(SMI: Soil Moisture Index)에 따라 토양수분과 유출량으로 나뉜다. 토양수분지수는 토양수분의 상태에 따른 유출율의 함수이다. 토양수분은 증발산에 의해서만 소멸되고 유출에 기여하지는 않는다. 유출량은 기저침투량지수(BII: Baseflow Infiltration Index)에 의해 직접유출과 기저유출로 구분된다. 직접유출은 다시 지표면-지표하유출비(S-SS: Surface-Subsurface Separation)에 따라 지표면유출과 지표하유출로 구분되며, 기저유출은 회귀지하수율(LZ: Lower Zone)에 의해 지하수유출과 회귀 지하수유출로 나뉜다. 각 유출성분들은 지표면, 지표하, 지하수, 회귀지하수로 저수지에 유입되고 저수지추적방법을 통해 독립적으로 하도로 유입되어 각 유출량의 합이 하천유출량으로 산정된다.

가. 모형의 적용 범위

결정론적 개념모형인 SSARR 모형은 비교적 대유역에 적합한 모형으로서 강우 뿐 아니라 강설에 대한 모의도 포함되어 있다. 하천유출과 유역유출에 대한 예측의 기능 외에 다음과 같은 경우에도 효과적으로 적용될 수 있다.

- 다목적 저수지 운영에 따른 영향 분석
- 설계강우에 대한 유역유출 모의

- 관개용수 공급을 위한 하천유량의 취수량 분석
- 하도 시스템 전반에 대한 주요지점의 일유출 예측
- 유출량의 계절예측

나. 모형의 구성

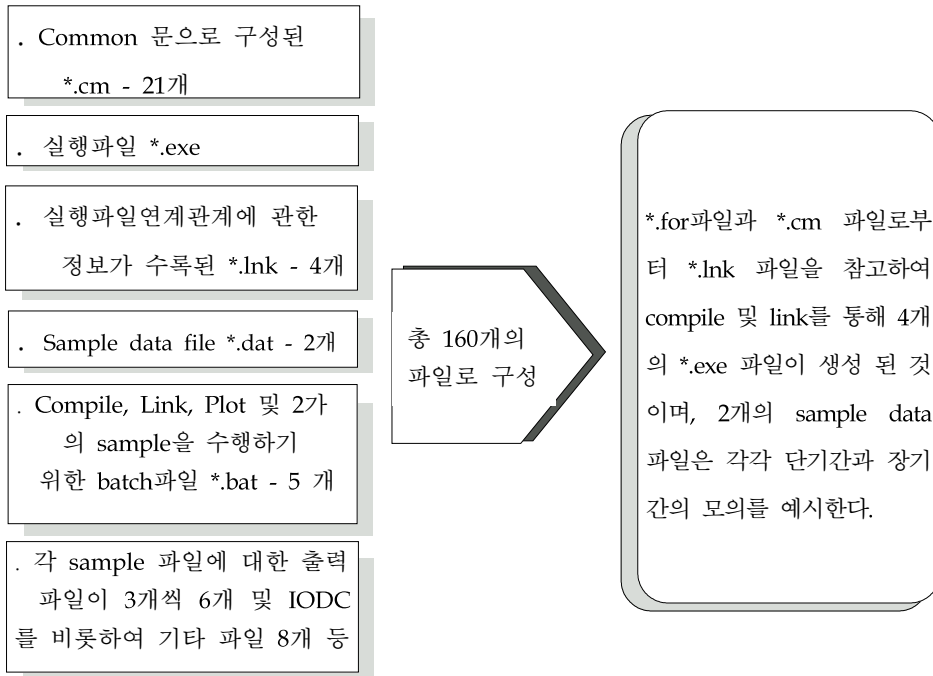
4개의 실행파일 중에서 SSARR2K.exe 파일은 SSARR 모형의 주 실행 파일로서 모형 수행의 전반적인 기능을 수행하게 된다. 작업파일인 IODC 파일에는 입력파일로부터의 모든 정보가 record type 별로 정리되어 기록되고 입력파일에서 강우자료와 같은 시계열 자료를 삭제하더라도 IODC 파일에는 그대로 남아 있게 된다. 그러므로 다른 유역이나 다른 강우사상에 대하여 모의를 하고자 할 때에는 IODC에 기록된 모든 정보를 삭제할 필요가 있는데 그 기능을 하는 것이 FINIT2K.exe 파일이다. 또한 IODC는 파일크기에 제한이 있으므로 1년 이상의 장기모의를 수행할 경우 Bulk data 파일에 수록되어 있는 시계열 자료를 복사하여 사용해야 하는데 BULKMAIN.exe 파일은 Bulk data 파일의 정리 및 관리 기능을 하는 파일이며 PLOTI2K.exe 파일은 화면상에서 각종 출력 데이터가 그림으로도 시도되도록 하는 기능을 담당한다. 모형의 운용방식에는 batch mode와 interactive mode의 두 가지가 있는데, 단 한 번의 자료입력으로 최종적인 출력을 얻게 되는 batch mode와는 달리 interactive mode에서는 수행 중에 모니터 상에서 대화식으로 자료의 입출력이 이루어지므로 실시간 유출 해석이 가능한 방법이다. Interactive mode의 경우 수문기상 자료에 대한 DBMS의 구축 필요성이 제기되는데, 이를 위해 SSARR 프로그램 내에 CROHMS (Columbia River Operational Hydromet Management System) 데이터베이스로부터 SSARR Work file로 자료를 전송 받아 복사하는 기능을 갖는 부프로그램이 있다. CROHMS 데이터베이스 파일은 Columbia River의 운영 및 관리와 관련된 여러 부서에서 공유하는 실시간 수문기상 자료에 관한 파일이며 특정 Software 저작권자의 동의하에 이용이 가능

하다. 현재 미국 공병단에 설치되어 있는 특정한 컴퓨터에서만 사용이 가능하게 되어 있으며 저작권자의 동의 없이는 여타 컴퓨터에 장착될 수 없게 되어 있다. SSARR 모형의 국내하천 적용시 이와 같은 DBMS의 구축은 필수적인데 이를 위해서는 상기 프로그램의 개발을 전제로 한다. 이 프로그램에는 자료를 전송 받아 복사하는 기능 외에 자료의 보정 및 Format에 맞게 재정리하는 기능이 포함되어야 한다. 또한 Interactive Mode의 경우 계산시간간격의 변경이 가능하므로 홍수기에는 계산시간 간격을 줄여 모형을 연속적으로 실행시킬 수 있다.

1) 입력자료

입력 자료로는 다음과 같은 자료들이 있으며 각 자료들에 따라 Free-Format (Z-format)과 Fixed-Format으로 입력할 수 있다.

- 불변자료: 유역면적, 저수지의 용량, 유역특성자료 등
- 초기조건 자료: 각종 초기조건
- 가변자료: 강수량, 기온자료, 관측유량, 저수지조작, 수문 기상학적 자료 등
- 제어자료: 모의기간, 추적빈도, 출력제어 등



<그림 4.4-2> SSARR 모형의 구성

2) 유역유출모형

SSARR 모형은 기존의 Depletion Curve(DC) 유역모형 외에도 최근 버전인 SSARR-8에 Integrated Snowband(IS) 유역모형이 추가되어 있어 연구목적에 따라 모형을 선택할 수 있다. IS 모형에는 DC모형의 기능이 모두 포함되어 있으며 이외에 강설에 따른 유출기능이 대폭 보완되어 있으며 장기적인 유출해석에 대한 기능도 보완되어 있다. 즉, IS 모형은 하나의 유역을 고도별로 여러 개의 띠(Band)로 분할함으로써 산악지역의 강설에 대한 모의에 주안점을 둔 것이지만, 연간물수지분석(Annual water budget analysis)에 이용될 수 있는 차단(Interception)에 대한 모의기능과 장기적 회귀지하수의 추적기능이 추가되었으며 증발산 모의에 대한 개선이 이루어져 장기적인 유출 해석 시에도 유용하도록 한 것이다.

3) 하도 및 저수지 조작 모형

여기에는 일반적인 하도 및 저수지 추적기능 외에 다음과 같은 부수적인 기능도 포함되어 있다.

- 하도추적: 연속방정식, 저류방정식
- 하도 초기조건 조정기능(Operational Forecasting)
- 국지 유입량 산정
- 취수량 산정 및 회귀수량 산정
- 월류수 추적
- 배수(Backwater) 추적
- 저수지 조작

4) 출력

유출모의 결과 및 하도추적 결과 등 유역 유출과 관련된 제반 정보 및 하도모형 결과 등이 출력되며 통계치 및 그래프 출력도 가능하다.

5) 자료처리 및 저장 파일

▪ SSARR work file

각 부프로그램 간에 자료 및 결과를 취합 또는 제공하는 기능을 갖는 파일로서 프로그램이 재가동될 때 연속성을 유지시켜주는 기능도 있으며, 변수추정을 위한 장기 모의시 변수조정이 완료될 때까지 임시저장파일로 활용되기도 한다.

▪ Bulk data file

장기적 가변자료가 여기 저장되며 필요시 SSARR work file로 전송된다. SSARR work file은 계산 당시의 필요 데이터만을 저장하는 파일인 반면 Bulk data file은 장기 시계열자료(50년 이상)를 저장하는 파일이다.

- Drawer files

Operational forecast system에서 수행순서 및 자료처리 등을 제어하는 파일이다.

- CROHMS(Columbia River Operational Hydromet Management System) database file

Colombia 강의 실시간 수문기상자료를 공유할 수 있게 하는 파일이다.

- Miscellaneous work file

유역모형과 하도모형에 존재하는 임시 작업파일로서 모형의 수행 중에만 존재한다.

4.4.3 매개변수 산정방법 및 물리적 특성

가. 추적방법

유역모형과 하도모형에서 채택하고 있는 기본적인 추적방법은 Nash 모형과 유사한 ‘Cascade of Reservoir’ 방법으로서, 홍수파가 연속된 일련의 저수지를 통과함으로써 평행이동 및 지체효과를 갖게 되는 방법이다. 각 저수지의 추적에는 연속방정식 (4.1)과 저류방정식 (4.2)가 사용된다.

$$I_t = O_t + \frac{dS_t}{dt} \quad (4.1)$$

$$S_t = T_s O_t \quad (4.2)$$

여기서, I_t 와 O_t 는 각각 임의의 시각 t 에서의 유입량과 유출량이고, S_t 는 저류량이며, T_s 는 저류시간(Time of Storage)이다. 식(4.1)은 식(4.3)으로 표현할 수 있으며, 식(4.2)를 식(4.3)에 대입하면 식(4.4)와 같은 추적식을 얻게 된다.

$$[(I_1 + I_2)/2 - (O_1 + O_2)/2]\Delta t = S_2 - S_1 \quad (4.3)$$

$$O_2 = O_1 + \Delta t(I_m - O_1)/(T_s + \Delta t/2) \quad (4.4)$$

여기서, 아래첨자 1, 2는 각각 계산시간 시작점과 끝점이고, I_m 은 평균 유입량, Δt 는 시간간격이다.

매개변수는 가상저수지의 개수와 각 저수지의 저류시간(T_s)이 있는데, 유역모형에서는 저류시간이 직접 입력되지만 하도모형에서는 저류시간을 다음 식(4.5)와 같이 유량의 함수로 표현한다. 즉, 식(2)를 참고하면 SSARR 모형의 유역모형은 선형이지만 저수지를 포함한 하도모형은 비선형임을 알 수 있다.

$$T_s = \frac{KTS}{I^n} \quad (4.5)$$

여기서, KTS 는 시행착오방법에 의해 결정되는 상수이고, I 는 유입유량, n 은 -1에서 1 사이의 값을 갖는 계수이다.

나. Integrated Snowbank 유역모형

최근까지 국내에 적용된 SSARR 모형은 앞 절에서 언급하였듯이 1975년 이전 버전인 SSARR-4인데, 여기서 채택하고 있는 유역모형은 DC(Depletion Curve)유역모형이다. 최근 버전인 SSARR-8은 DC 유역모형 외에 IS 유역모형이 추가되어 두 가지 유역모형을 선택적으로 사용할 수 있게 되었다. IS 유역모형은 산악지형에서 강설에 대한 유출해석 기능을 대폭 강화시킨 것으로서 DC 모형의 모든 기능이 포함되어 있으며, 특히 강우만의 해석시 저수유출관리와 같은 장기적 모의에 유용하도록 차단해석기능과 장기적인 회귀지하수의 추적기능이 추가되었고 증발산 기능이 대폭적으로 보완되었다.

IS 유역모형은 한 개의 유역을 고도별로 1-20개의 띠로 분할하여 고도와 밀접한 관계를 갖는 적설량, 즉 변량을 보다 정확하게 모의하기 위해 개발된 것이며, 강우에 따른 유출만을 해석할 경우에도 고도에 따른 강우량과 토양함수량 및 기온에 따른 증발산량의 변화를 고려한 유출해석이 가능한 모형이다. 입력 자료는 Z-format을 통한 free-format으로 입력이 가능하며 유역명을 비롯한 모든 지명을 숫자 뿐 아니라 문자로도 입력할 수 있다. IS 유역모형의 추적방법을 항목별로 살펴보면 다음과 같다.

1) 계산시간간격

모형에서 사용되는 계산시간간격은 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 24 시간 등이며 과업의 목적과 가용자료 및 유역의 크기 등을 감안하여 선택이 가능하다.

2) 유역의 band 분할

유역은 한 개의 band로 구성될 수도 있으며 최대 20개까지의 band로 구성될 수 있는데 보통 600m 고도 간격으로 분할하는 것이 일반적이다. 이 방법은 강설과 토양수분이 고도별로 차이가 있다는 점에 착안한 것인데, 강우만 고려할 경우 강우와 토양수분량 산정에도 이 방법을 이용할 수 있다.

3) 기온

DC 유역모형과는 달리 IS 유역모형에서는 강우만의 해석시에도 기온에 관한 자료가 요구된다. 먼저 다음 식(4.6)으로부터 시각 t 에서 평균해수면상에서의 값으로 환산된 유역가중평균기온 TA_t 를 산정한다.

$$TA_t = \sum_{i=1}^n (TA_{it} \cdot W_i - E_i \cdot L_t) / n \quad (4.6)$$

여기서, TA_{it} , W_i , E_i 는 각각 i 측후소의 기온과 가중치 및 고도이며, L_t 는 고도별 기온감소율, n 은 해당구역의 측후소 개수이다. 이로부터 식(4.7)에 의해 각 밴드에서의 시간별 기온 TA_{zt} 를 산정하게 된다.

$$TA_{zt} = TA_t + L_t \cdot E_z \quad (4.7)$$

여기서, E_z 는 해당밴드의 평균고도이다.

4) 강우량

강우량도 기온과 유사한 방법으로 산정된다. 우선 다음 식(4.8)에 의해 해당시각의 유역가중평균 강우량 PP_t 를 산정한다.

$$PP_t = \sum_{i=1}^n (PP_{it} \cdot W_i) / n \quad (4.8)$$

여기서, PP_{it} , W_i 는 각각 우량관측소 i 에서의 강우량과 가중치이다. 해당밴드의 강우량은 PP_t 와 기입력된 유역별 고도-강우백분을 관계 곡선에 의해 결정된다.

5) 증발산량

IS 유역모형에서 증발산량 산정은 Thorthwaite 공식에 기초하고 있으며, 기온, 해발고도, 월별강우량 및 적설유무를 감안하여 결정된 PET (Potential Evapotranspiration)양과 토양함수량으로부터 산정된다. 즉 PET_{zt} 는 식(4.9)로 표현된다.

$$PET_{zt} = ETP_t \cdot ETMO_t \cdot ETEL_z \cdot EKE_{zt} \cdot SNETF \quad (4.9)$$

여기서, ETP_t 는 기온에 따른 $PET(\text{cm/day})$ 이며, $ETMO_t$ 는 위도 및 월별보정계수, $ETEL_z$ 는 고도보정계수, EKE_{zt} 는 강우강도에 따른 보정계수이며, $SNETF$ 는 적설이 있을 경우의 보정계수로서 통상적으로 0.9를 취한다. 이렇게 결정된 PET_{zt} 에 다음 식 (4.10)과 같이 토양함수량에 따른 보정계수 DKE_{zt} 를 곱하여 최종적인 증발산지표 ETI_{zt} 가 결정된다.

$$ETI_{zt} = PET_{zt} \cdot DKE_{zt} \quad (4.10)$$

6) 차단량

차단량을 산정하기 위해서는 우선 강우가 지상에 도달하기 전에 일시 저장되는 가상적인 용기가 있다고 가정하고, 용기의 용량을 입력시키게 된다. 용기의 용량은 일정하게 할 수도 있고 계절별로 변화시킬 수도 있으며 통상 사용되는 값은 0.2inch이다. 용기내의 수분은 강우에 의해 보충되며 증발산에 의해 고갈된다.

7) 강설

각 밴드는 적설유무에 따라 적설밴드와 무설밴드로 나뉘게 되는데 적설밴드는 해빙기에 지표해빙과 적설표면해빙에 의해 또는 강우에 의한 해빙에 의해 토양수분을 증가시키게 된다.

8) 토양함수량-유출 관계

강우 또는 해빙된 적설에 의해 토양에 유입된 수분량은 유출되거나 토양내에 존재하거나 또는 증발산에 의해 대기로 환원되기도 한다. 토양에 유입된 총수분량 중 유출에 기여하는 양은 SSARR 매뉴얼의 SMI(Soil Moisture Index)-ROP(Runoff Percent) 관계곡선으로부터 결정된다. 강우

강도가 제3의 변수로 포함되기도 하는 이 곡선에 의한 총유출량 RGP 는 다음 식(4.11)에 의해 계산된다.

$$RGP = ROP \cdot MI \quad (4.11)$$

여기서, MI 는 토양에 유입된 수분량이다.

9) 토양함수량-증발산량 관계

SMI 는 토양의 습윤상태에 관한 지표로서 이로부터 유출량이 결정되는데 이는 강우 또는 강설과 같이 토양에 제공되는 수분에 의해 증가되고 증발산에 의해 감소된다. 즉 SMI 는 다음 식(4.12)에 의해 시간적으로 변화하게 된다.

$$SMI_2 = SMI_1 + (MI - RGP) - PH \cdot ETI/24 \quad (4.12)$$

여기서, 아래첨자 1, 2는 각각 변화전후의 상태이고, PH 는 계산시간이다.

10) 기저유출

총유출량 RGP 는 BII (Baseflow Infiltration Index)에 의해 직접유출과 기저유출로 분리되며, 총기저유출을 TBF 는 총유출을 $RG(=RGP/PH)$ 와 BFP (Base Flow Percent)의 곱으로 계산된다. 여기서, BFP 는 $SSARR$ 매뉴얼의 BII - BFP 도표에 의해 결정되며, BII 는 다음 식 (4.13)과 같이 시간적으로 변화하게 된다.

$$BII_2 = BII_1 + (2ARG - BII_1) \frac{PH}{BIITS + PH/2} \quad (4.13)$$

여기서, 아래첨자 1, 2는 각각 변화전후의 상태이고, *BIITS* 는 저류시간으로서 30~60시간의 범위를 갖는 값이며, *BIIMX*는 *BII*의 최대값이다. 만일 계산된 *BII*2값이 *BIIMX*보다 크게 되면 *BII*2를 *BIIMX* 값으로 취하게 된다. 전술한 바와 같이 총기저유출을 *TBF*는 *RG*와 *BFP*의 곱으로 계산되는데, *TBF*가 상한값인 *BFLIM*보다 크게 되면 *BFLIM*값을 취하게 된다. 후술되겠지만 순수한 기저유출을 *BF*는 총기저유출을 *TBF*에서 회귀지하수유출을 *LZ*를 뺀 값이 되며 뒤에서 다시 언급되어진다.

11) 회귀지하수 유출

IS 유역모형에 새로이 도입된 개념으로 기저유출량 중의 일부는 상당히 오랜 저류시간을 갖는 지하수흐름을 형성하여, 이러한 회귀지하수유출에 대한 추적을 독립적으로 수행하게 된다. *TBF* 중 회귀지하수유출에 기여하는 비율을 *PBLZ*라 하면, 회귀지하수 유출을 *LZ*는 *TBF*와 *PBLZ*의 곱으로 계산된다. *PBLZ*의 통상적인 값은 50%이며, *LZ*가 *DGWLIM*(*PBLZ*의 최대값)보다 크게 되면 *LZ*는 *DGWLIM* 값을 취하게 된다.

12) 지표수 및 복류수 유출

총유출을 *RG*에서 총기저유출을 *TBF*를 뺀 값이 직접유출을 *RGS*가 되며, 이는 다시 *S-SS*(*Surface-Subsurface Separation*) 지표에 의해 지표수 유출과 복류수유출로 분리된다.

다. 저수지조작 모형

1) 추적방법

저수지추적도 유역추적과 마찬가지로 연속방정식과 저류방정식에 의해 이루어지는데, 유역추적과는 달리 수위-유출량 관계곡선을 필요로 한다. 저류시간과 수위 또는 유출량 관계가 주어졌을 경우에는 연속방정식으로 부터, 그렇지 않을 경우에는 전 단계의 유출량 값을 유출량 가정값으로

취한 후, 저류방정식에서 계산되는 유출량 값과 일치할 때까지 반복 계산한다. 수문이 있는 저수지의 계산도 저수지 조작에 관한 몇가지 제한조건이 부가되는 것 외에는 이와 동일하다.

2) 입력자료

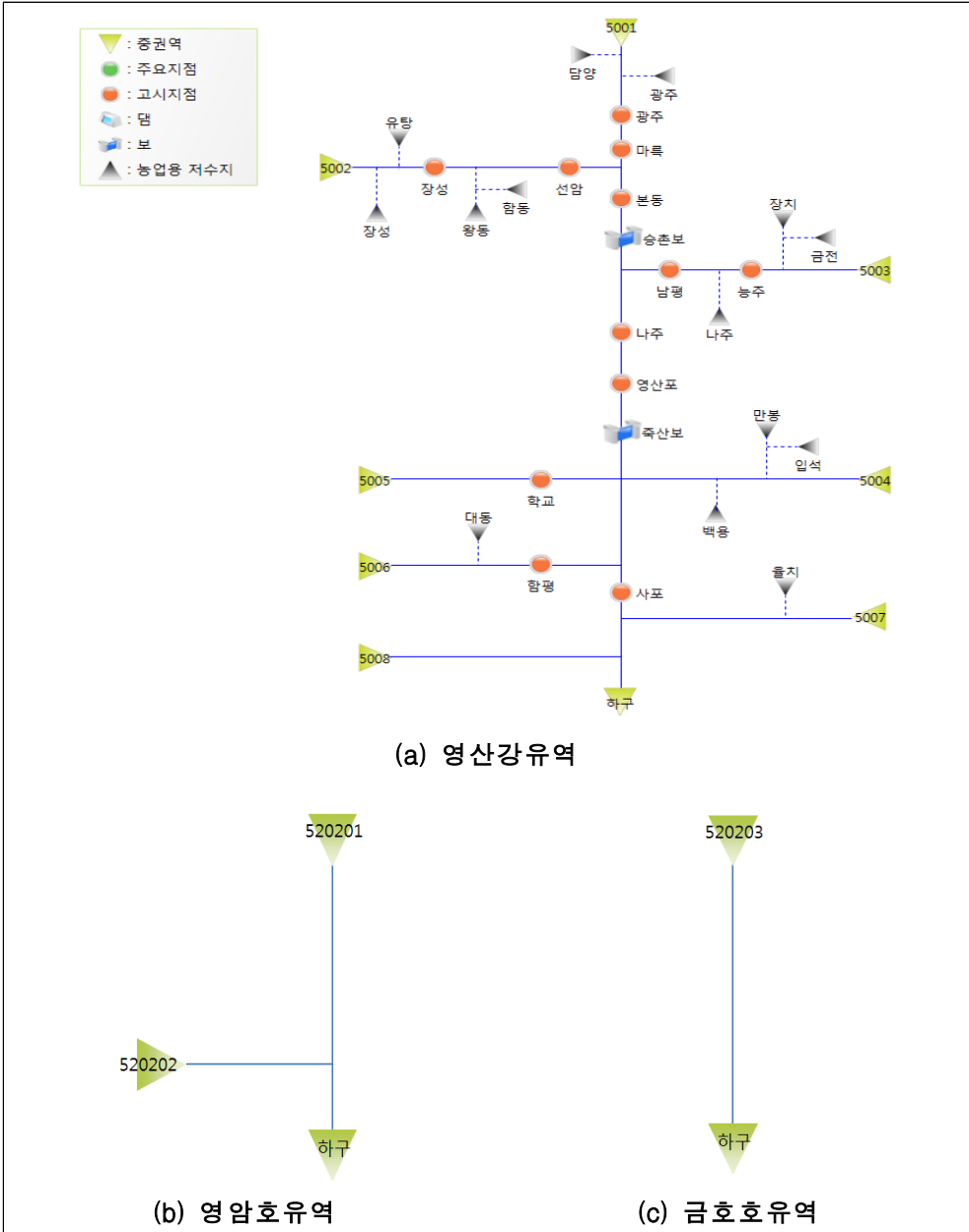
- 만수위와 최저수위 및 수위-저류량 관계곡선 또는 수위-저류량-유출량 관계곡선
- 초기조건(유출량, 저류량 또는 수위)
- 저수지 조작에 관한 자료: 저수지 조작은 다음과 같은 댐운영 지침에 의해 수행된다.
 - 자유 월류되는 경우
 - 방류량이 주어지는 경우
 - 저수지 수위 또는 수위의 변화량이 설정되는 경우
 - 저수지의 저수량 또는 저수량의 변화량이 설정되는 경우

3) 제약조건

- 저수지 수위는 최저수위 이하로 내려가지 않는다.
- 유출량은 수위-유출량 관계곡선의 최대유출량을 초과할 수 없다.
- 저수지 수위가 만수위를 초과할 경우 수위-유출량 관계곡선 유무에 따라 유출량은 free flow로 계산되거나 유입량과 동일하게 된다.

4.4.4 유출모형내 수자원 흐름 체계

영산강유역, 영암호 및 금호호의 수자원 흐름체계인 유출 모식도를 도시한 결과는 <그림 4.4-3>과 같다.



<그림 4.4-3> 담수호 유역내 모식도

4.4.5 표준유역 단위 변경에 따른 입력자료 재구축 DB화

수문모형에서 설정되는 매개변수는 크게 물리적 매개변수(Physical Parameter)와 수문기상 매개변수(Hydrometeorologic Parameter) 및 내부처리 매개변수(Process Parameter)로 구분될 수 있다(Fleming, 1977). SSARR모형에서 결정되어야 할 매개변수를 한강, 낙동강, 금강, 영산강, 섬진강 및 8대 하천별로 다음과 같이 설정하였다.

가. 물리적 입력변수

1) 유역분할과 Thiessen계수

대상수계별로 표준유역으로 분할하였으며 선정된 강우 관측소를 분석해당 연별로 재선정하였다. 각 표준유역별 Thiessen계수는 ‘하천유량관리시스템’에서 언급한 바와 같다.

2) 고도별 면적비

한 개의 소유역을 여러 개의 밴드로 분할하는 IS 유역모형에는 고도별 면적비가 입력되어야 하는데 고도별 유역면적과 고도별 면적비는 과거에 발표된 연구 성과를 인용하여 사용하였다.

3) 저수지 특성자료

본 과업에서는 표준유역 단위의 유출량만을 모의하기 때문에 저수지 특성자료는 입력자료로 활용하지 않았다.

나. 수문기상 입력변수

1) 강우자료

하천유량관리시스템을 구동하기 위해 각 수계의 표준유역별로 강우관측

시작년부터 현재까지 각 강우관측소별 강우량 자료를 Thiessen 계수에 의해 소유역별 면적 강우량으로 환산하였다.

2) 고도별 강우 가중치 (ELPP)

유역의 고도에 따라 강우량이 다소 차이가 나는 것이 일반적인 현상이다. 그러나 Thiessen방법에 의해 산정된 유역평균 강우량은 유역을 단순한 평면으로 간주하여 산정된 것이므로 고도별 강우 가중치를 부여하여 이러한 가정을 보완할 수 있다. 본 과업에서는 「낙동강수계 실시간 최적저수관리 시스템 개발 보고서」 및 「저수유출 수문모형 개발」에서 적용한 방법과 동일한 방법을 사용하였다. 여기에서 소유역별 강우관측소의 평균고도 및 소유역별 하절기(4월-9월)와 동절기(10월-3월)의 월누가강우량을 산정한다. X축에는 강우관측소의 평균고도를, Y축에는 하절기와 동절기의 월누가강우량을 도시하여 각각의 회귀계수를 산정하고 이를 고도별 강우량 보정계수로 하였다. 여기서 보정계수라 함은 고도 1 m 증가함에 따른 강우량 증가량(mm)이다.

각 표준유역 관측소의 평균표고에 해당하는 고도의 고도별 강우가중치를 100%로 하고 고도에 따른 강우가중치를 보정계수로 이용해 ELPP 도표로 부여하였다. 예를 들면, 표준유역의 관측소 평균표고는 643.4m이며 보정계수는 0.0469라면 643.4m에서의 강우가중치는 100이 되도록 600m와 800m에서의 강우가중치를 선형보간에 의해 각각 99.81과 100.67로 부여하게 된다. 한편 하절기의 강우량이 동절기에 비해 월등히 많기 때문에 보정계수는 하절기의 값으로 통일하였다.

3) 강우강도별 증발산량 지표 가중치(EKE), 기온별 증발산 지수(ETP), SMI별 증발산량 지표 가중치(DKE), 고도별 증발산량 지표 가중치(ETEL)

SSARR 사용자 Manual의 변수설명 부분과 적용 예 부분을 참조하여

설정하였으며 <표 4.4-1>에 제시하였다.

<표 4.4-1> EKE, ETP, DKE, ETEL

강우강도 (cm/日)	EKE (%)	기온 (°F)	ETP (cm/일)	SMI (cm)	DKE (%)	고도 (m)	ETEL (%)
		20	0			0	100
0	100	30	0	0	0	400	100
2	50	40	0.10	3	50	800	110
3	20	50	0.20	6	90	1,200	120
5	10	60	0.30	9	100	1,600	130
10	10	80	0.45	999	100	2,000	140
999	10	100	0.60			9,999	140
		999	0.75				

4) 월별 증발산량 지표 가중치(ETM)

증발산량 산정시 월별 증발산량 보정치를 입력하게 되는 항목으로서 북위 37° 내외에 위치하고 있는 우리나라 하천유역에 대한 값은 <표 4.4-2>와 같다(SSARR Manual p. D-51 참조).

<표 4.4-2> 월별 증발산량 지표 가중치

월	ETM(%)	월	ETM(%)	월	ETM(%)
1월	86	5월	122	9월	103
2월	84	6월	123	10월	97
3월	103	7월	125	11월	85
4월	110	8월	117	12월	83

5) 최대 차단량(TINTMX)

전형적인 값인 0.5cm(SSARR Manual p. 15 참조)로 취하였다.

6) 기온

기상청에서 운영하는 기상대 및 관측소에서 측정된 월평균 온도 중 각 수계의 표준유역별로 지형적으로 가까운 강우관측소의 온도자료를 사용하였다. 월평균 온도는 기상청 홈페이지(www.kma.go.kr)에서 수집하였다.

7) 강설

SSARR모형에서 IS유역모형의 가장 큰 장점 중의 하나가 강설에 대한 모의이다. 강설에 대한 모의를 위해서는 강설량, 적설심, 적설선의 고도 등 적설량과 관계된 자료 뿐 아니라 지온과 강우에 의한 용설 자료 및 결빙자료 등 방대한 자료가 요구되는데, 한강 유역에서의 이러한 자료는 매우 미미한 실정이다. 또한 한강수계에서의 연간 강설량은 강수량에 비해 매우 적은 양이며 상당부분이 증발에 의해 손실되므로 강설에 의한 유출 기여율은 무시할 수 있을 정도로 적기 때문에 변수추정을 위한 현 단계에서 강설에 대한 모의는 생략하였다.

다. 내부처리 매개변수

1) 토양습윤상태별 유출률 (SMI-ROP)

SSARR모형에서 가장 민감한 변수 중 하나는 SMI-ROP이다. 각 유출 지점에 해당하는 표준유역별 SMI-ROP 초기치 도표(SSARR Manual p. C-4)를 참조하여 시행착오법에 의해 <표 4.4-3>과 같이 3 종류로 결정하였다.

<표 4.4-3> 소유역별 SMI-ROP 도표

SMI (cm)	ROP(%)		
	A	B	C
0	8	7	9
1	18	17	20
2	41	39	47
3	65	62	75
4	81	79	87
5	89	87	93
10	100	100	100
999	100	100	100

2) 침투량별 지하수 유입률(BII-BFP)

BII-BFP 도표 역시 SMI와 동일하게 모든 수계별(SSARR Manual p. C-6 참조)로 시행착오법에 의해 BII-BFP 초기치를 <표 4.4-4>와 같이 3 종류로 적용하였다.

<표 4.4-4> 소유역별 BII-BFP 도표

BII (cm/day)	BFP(%)		
	A	B	C
0.0	44	43	40
1.0	16	15	14
1.5	14	13	11
2.0	12	12	10
2.5	11	11	10
3.0	10	10	10
5.0	10	10	10
100.0	10	10	10

3) 지표수와 복류수 분리(S-SS)

S-SS 도표 역시 SMI와 BII 경우와 동일하게 SSARR Manual p. C-7를 참조하여 시행착오법에 의해 산정하였고 그 결과는 <표 4.4-5>와 같이 3 종류로 적용하였다.

<표 4.4-5> 소유역별 S-SS 분리 도표

Input Rate (cm/hr)	Surface Comp.(cm/hr)		
	A	B	C
0.0	0.00	0.00	0.00
0.5	0.19	0.25	0.15
1.0	0.68	0.75	0.57
1.5	1.18	1.25	1.07
2.0	1.68	1.75	1.57
2.5	2.18	2.25	2.07
3.0	2.68	2.75	2.57

4) 침투량의 저류시간(BIITS)

BIITS의 범위는 대략 30hr~60hr이며(SSARR Manual p. 22 참조) 본 과업에서는 40hr로 취하였다.

5) 최대 침투량(BIIMX)과 최대 지하수 유출율(BFLIM)

SSARR Manual pp. 21~22를 참조하여 BIIMX는 3cm/day로 취하였고, 계산시간간격과 밀접한 관계가 있는 매개변수인 BFLIM은 계산시간간격이 커질수록 작아지는 경향을 보이게 되며 일유출 모의시의 전형적인 값은 0.13cm/hr 정도의 값을 갖는다.

6) 지하수 중 회귀지하수가 차지하는 비율(PBLZ) 및 이의 최대값(DGWLIM)

PBLZ 값은 통상 50% 정도로 하며 DGWLIM 값은 0.1cm/hr로 취하였다(SSARR Manual p. 23 참조).

7) 유역추적 매개변수

SSARR모형에서의 유역추적은 지표수, 복류수 및 지하수 각각에 대한 추적 및 IS유역모형에서 추가되는 회귀지하수 등 4가지 흐름장에 대한 추적이 독립적으로 이루어지게 된다. 각 흐름장은 여러개의 가상적인 선형 저수지로 구성되어 있다고 가정하고 이에 대한 저수지 추적을 시행하게 되는 것이다. 각 흐름장에서의 매개변수로는 가상저수지의 수효와 저류시간이 있다. 각 매개변수는 유역면적과 유로연장 및 도달시간 등을 참고하고 SSARR 매뉴얼의 부록 D에 제시된 미국내의 두 개 지점에서 결정된 값은 다음 <표 4.4-6>과 같다.

<표 4.4-6> 미국에서의 유역추적 매개변수

흐름장 종 류	유역구분	유역A (유역면적: 530km ²)		유역B (유역면적: 6,250km ²)	
		저수지 수효	T_s (hr)	저수지 수효	T_s (hr)
지표수		4	2.5	4	3.5
복류수		3	11.0	3	26.0
지하수		2	200.0	3	100.0
회귀지하수		2	2,000.0	2	2,000.0

8) 하도추적 매개변수

본 과업에서는 표준유역별 자연유출량을 산정하기 때문에 하도추적 매개변수는 적용하지 않았다.

라. 입력자료의 DB화

본 절에서 제시한 방법에 의해 구축된 장기유출모형인 SSARR 모형의 입력자료는 하천유량관리시스템내에 DB화 되어 저장되어 있다. 입력자료의 DB에 관한 상세한 사항은 하천유량관리시스템 사용자매뉴얼을 참고하기 바란다.

4.4.6 표준유역 및 하도별 유출 매개변수 보정

가. 매개변수 추출

영산강유역의 모의 유출량 산정에 필요한 수문기상 입력변수는 고도별 강우가중치, 강우강도별 증발산량 지표 가중치(EKE), 기온별 증발산 지수(ETP), SMI별 증발산량 지표 가중치(DKE), 고도별 증발산량 지표 가중치(ETEL), 월별 증발산량 지표 가중치(ETM), 최대 차단량(TINTMX), 기온이 있다.

내부처리 매개변수로는 토양습윤상태별 유출률(SMI-ROP), 침투량별 지하수 유입률(BII-BFP), 지표수와 복류수 분리(S-SS), 침투량의 저류시간(BIITS), 최대 침투량(BIIMX)과 최대 지하수 유출율(BFLIM), 지하수 중 회귀지하수가 차지하는 비율(PBLZ) 및 이의 최대값(DGWLIM)가 있다.

이외에도 유역추적 매개변수와 하도추적 매개변수가 있다. 본 과업에서는 표준유역별 유출량을 산정하기 때문에 하도추적 매개변수는 적용하지 않았다.

장기유출모의 모형의 유출모의에 필요한 표준유역별 유역면적과 하도길이 등과 같은 입력자료를 구축하였다.

<표 4.4-10> 영산강수계 유역분할을 위한 하도 구분

표준유역		유역면적 (km ²)	유로연장 (km)
유역코드	유역명		
500101	담양댐	47.89	12.51
500102	오례천	59.29	21.90
500103	영산강상류	130.31	39.72
500104	광주댐	44.06	4.65
500105	증암천	105.32	14.79
500106	광주	103.86	25.57
500107	풍영정천	71.27	22.98
500108	마륵	152.80	19.66
500201	장성댐	122.93	17.02
500202-1	유탕저수지	9.02	6.25
500202-2	장성	154.62	50.97
500203-1	함동(수양)저수지	32.74	13.83
500203-2	평림천	84.99	29.47
500204-1	왕동저수지	3.67	5.69
500204-2	선암	157.07	35.47
500301-1	장치저수지	18.93	10.92
500301-2	지석천상류	122.48	16.17
500302-1	금전저수지	31.75	8.60
500302-2	능주	64.41	22.61
500303	화순천	127.72	25.40
500304	나주댐	85.18	16.29
500305	대초천	36.82	16.43

<표 4.4-10> 영산강수계 유역분할을 위한 하도 구분(계속)

표준유역		유역면적 (km ²)	유로연장 (km)
유역코드	유역명		
500306	남평	93.79	24.76
500307	지석천	82.90	9.56
500401-1	승촌보(본동)	44.89	14.87
500401-2	나주	66.38	21.51
500402	영산포	95.78	8.86
500403-1	만봉저수지	12.04	8.90
500403-2	입석저수지	5.81	1.00
500403-3	만봉천	84.79	18.86
500404-1	백용저수지	27.00	11.98
500404-2	죽산보	59.71	35.94
500404-3	고막원천합류점	24.78	5.11
500501	고막원천상류	102.13	14.40
500502	학교	116.82	30.16
500601-1	대동저수지	48.27	12.88
500601-2	함평	66.42	25.62
500602	함평천	85.18	16.09
500603	삼포천	140.67	28.08
500604	사포	129.82	43.78
500701-1	울치저수지	9.87	8.04
500701-2	학산천	81.63	20.48
500702	영암천	173.01	25.43
500801	영산강하구언	150.53	17.22
520201	옥천천	107.34	28.02
520202	영암방조제	262.38	12.42
520203	금호방조제	187.04	23.89

나. 매개변수 연관성

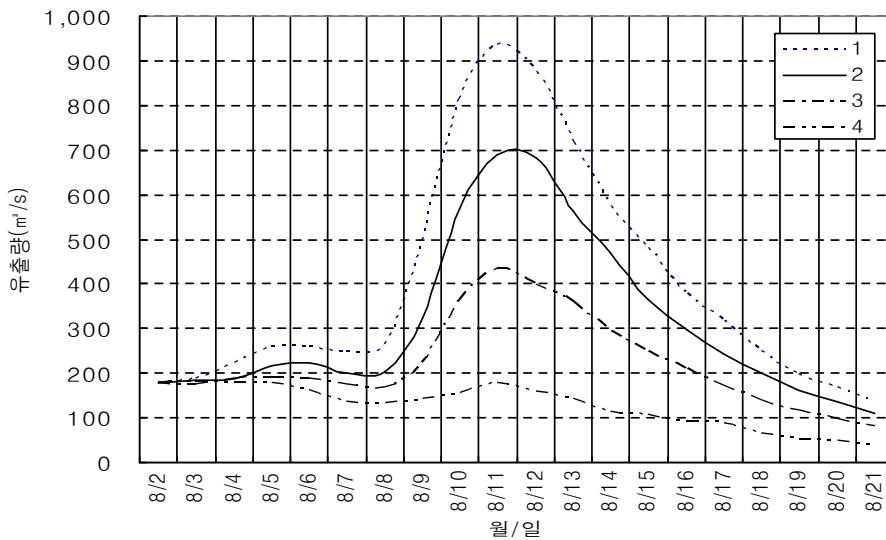
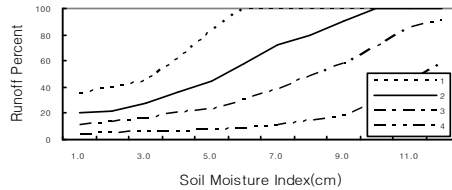
SSARR 모형의 민감도 분석에 앞서 SSARR 매뉴얼에서 제시한 주요 매개변수의 변동에 따른 유출변화를 알아보고 매개변수 상호간의 연관성을 파악하고자 본 절에서는 각 매개변수들이 모형의 결과값에 미치는 영향과 상호연관성에 대하여 서술하고자 한다.

1) 토양습윤 상태별 유출율 (SMI-ROP: Soil Moisture Index-Runoff Percent)

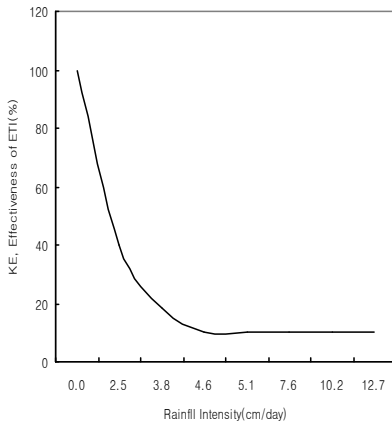
SMI-ROP는 토양의 습윤상태를 나타내는 지표이며 수문 그래프에 영향을 미치는 중요한 매개변수 중의 하나이다. SMI 곡선을 통하여 총 유출량 값을 비교함으로써 홍수예측을 하는데 유용하다. 만약 SMI가 높은 값을 가진다면 더 많은 강우유출이 발생하므로 잠재적으로 일어날 수 있는 홍수에 대비해야 할 것이다. 일반적으로 토양이 수분을 많이 함유하고 있을 때 대부분의 심각한 홍수가 발생하게 되는데 SMI-ROP 간의 관계가 어떠한 영향을 끼치는지 알아보기 위해서 4개의 다른 SMI 곡선을 적용한 결과 얻어진 유출량은 <그림 4.4-4>에서 보는바와 같다. 곡선 1의 경우 가장 많은 양의 강우를 흡수한 토양으로서 상대적으로 많은 강우를 유출시켰고 곡선 4의 경우 토양이 함유하고 있는 수분이 적으므로 곡선 1의 경우 보다 유출량이 적은 것을 보여 주고 있다.

SMI-ROP 관계에서 주시해야할 변수중의 하나가 증발산량 지표(ETI: Evapotranspiration Index)이며 이 변수에 의해 관측유량과 모의유량 간의 차이가 조절될 수 있다. 월단위의 ETI를 사용할 경우 ETI 값은 스스로 자주 변화하게 된다. 예를 들어 봄과 초여름 동안 모의 유량이 관측 유량을 초과했을 때에 그에 상응하는 ETI 값은 증가한다. 이것은 그 계절 동안에 특히 식물의 활발한 증산작용이 있고, 토양 속의 수분 함유량이 적고 유출량 또한 적기 때문에 나타나는 반응이다. 그렇다고 해서 ETI 값이 터무니없이 변화하지는 않는다. 강우가 발생하면 SMI는 KE(우기에

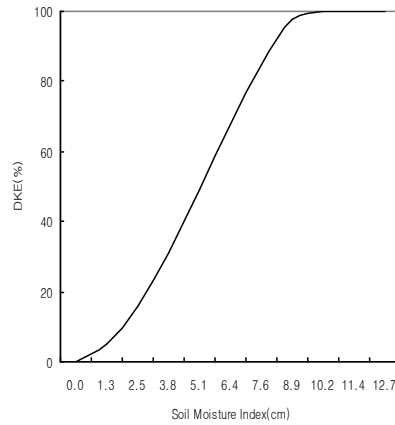
ETI가 감소하는 것을 나타내는 인자로서 Percent Effective ETI로 표현) 값에 의해 감소하게 되는 ETI에 의해 동반하여 감소 하게되며 토양 수분이 한정 될 때 실제의 증발량은 DKE(토양 속의 수분이 감소되어 갈 때 일별 ETI 값도 감소함을 나타내는 인자)-SMI와 ETI의 관계를 밝혀냄으로서 좀 더 자세히 측정할 수 있다. <그림 4.4-5>는 전형적인 KE 곡선을 나타내며 <그림 4.4-6>은 토양이 충분한 수분을 함유하고 있을 때 DKE는 1.0에 가깝고 토양이 건조됨에 따라 DKE는 감소함을 보여 주고 있다. ETI, KE, DKE 각각이 강우에 미치는 영향은 경미하다. 단 장기간의 모의 운영이 필요할 경우나 선행의 토양 수분 함유 상태가 현저하게 변동하는 경우에만 위와 같은 요소들이 유역 모형에 있어서 중요하다고 할 수 있다.



<그림 4.4-4> SMI-ROP 관계



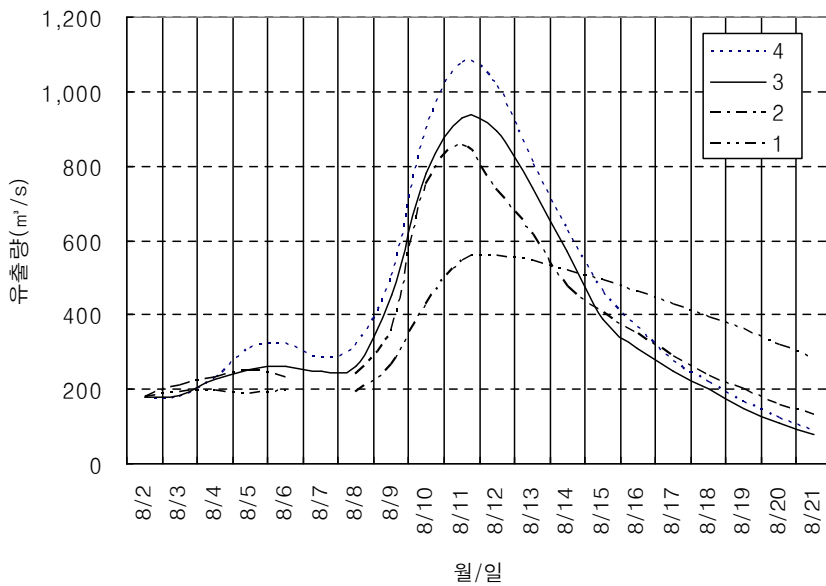
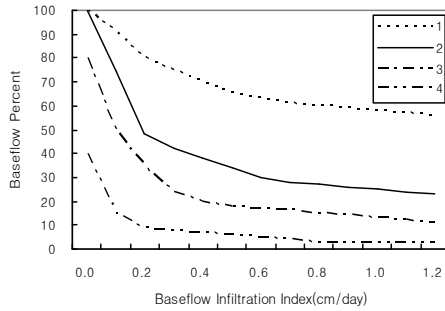
<그림 4.4-5> KE vs. 강우강도와의 관계



<그림 4.4-6> DKE vs. SMI와의 관계

2) 침투량별 지하수 유입률 (BII-BFP: Baseflow Infiltration Index-Baseflow Percent)

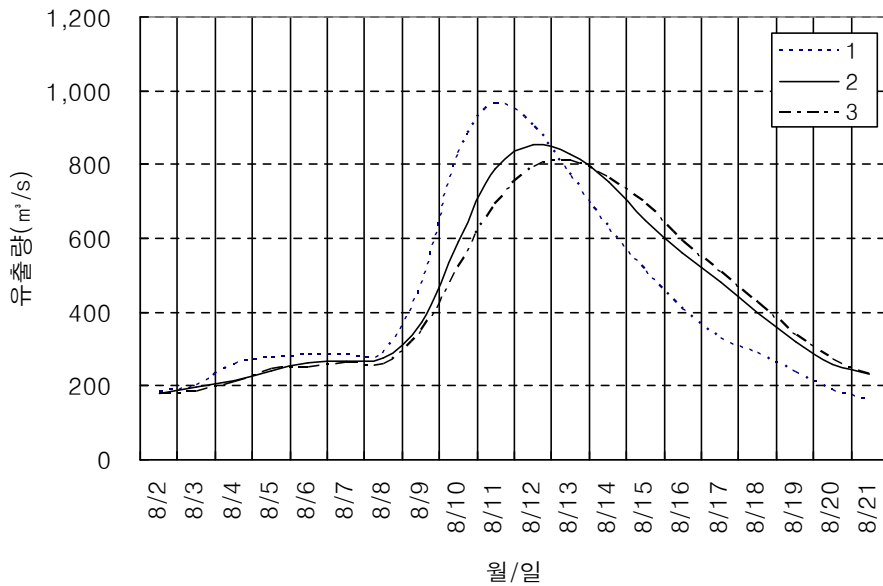
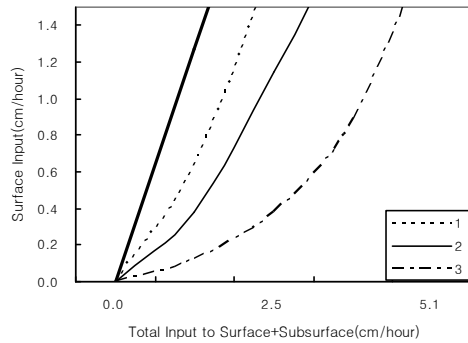
유출량을 대략적으로 측정한 후에는 흐름을 3가지 형태로 구분하게 되는데 기저유출 흐름의 관계는 경험에 바탕을 두고 결정되어지며 <그림 4.4-7>는 4가지의 다른 BII-기저유출 퍼센트 곡선을 나타낸다. 각 수문 그래프의 다른 매개변수들, 예를 들어 SMI, ETI 등이 동일하게 주어졌을 때 <그림 4.4-7>에서 보는 바와 같이 유출량은 BII에 의해 크게 영향을 받지 않으나 기저유출은 곡선 1의 경우가 곡선 4의 경우보다 큰 수치를 나타내고 있다.



<그림 4.4-7> 유출량과 BII와의 관계

3) 지표수와 복류수 분리 (S-SS: Surface-Subsurface Separation)

SMI, BII 등의 다른 조건들이 같을 때 <그림 4.4-8>는 강우유출이 지표수와 복류수로 분리되는 것을 도식화한 것이다. 곡선 1은 다른 것들과 비교해서 더 많은 양의 지표수와 조기의 첨두유량을 보이고 있다. 지표수와 복류수의 관계는 지표수량이 높을수록 복류수가 점차 증가하는 양상을 보인다.



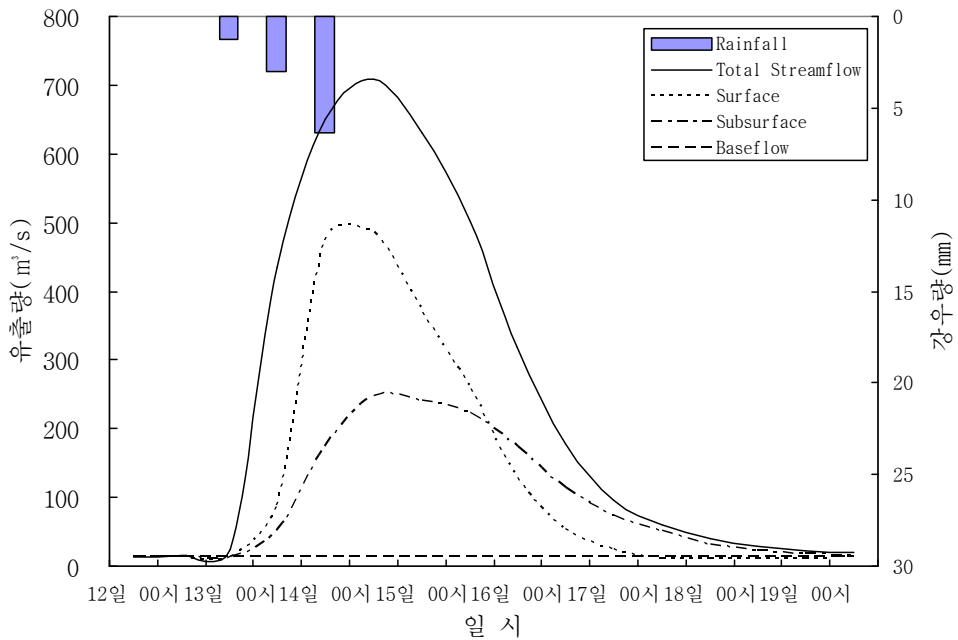
<그림 4.4-8> 지표수와 복류수의 분리양상이 유출에 미치는 영향

4) 유역추적 매개변수 (Watershed Routing Parameters)

4가지(지표수, 복류수, 지하수, 회귀지하수) 흐름장은 가상의 선형 저수지로 구성되며, 유출 곡선은 각 흐름장에 대한 가상저수지 수효와 가상저수지 저류시간에 의해 영향을 받는다. 유역 유출의 세 가지 구성인자, 세분화된 추적 단계와 단계별 저류시간이 <그림 4.4-9>에 도식화 되어있다. 이 경우는 복류수의 침투유량이 지표수의 침투유량을 미세하게 지연

시키고 있으며 더 높은 침투유출을 발생시킨다. 아래의 경우와 같이 기저 유출의 저류시간은 보통 길기 때문에 기저유출의 추적 특성 인자들은 유출 곡선에 거의 영향을 미치지 않는다. 그러므로 지표수와 복류수의 가상 저수지 수효를 바꾸었을 때 생기는 어떠한 변화는 <그림 4.4-10> 및 <그림 4.4-11>과 같다.

	NO. PHASES	T _s PER PHASE
SURFACE	5	7.7
SUBSURFACE	4	13.0
BASEFLOW	2	250.0

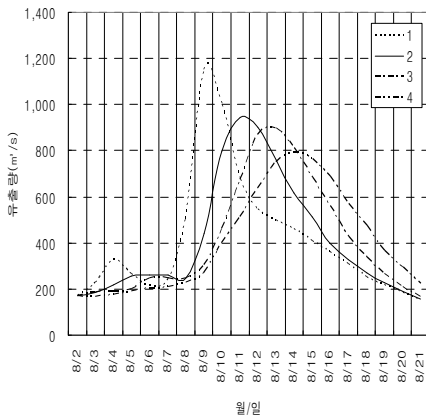


<그림 4.4-9> 유역 추적 특성인자들과 수문곡선

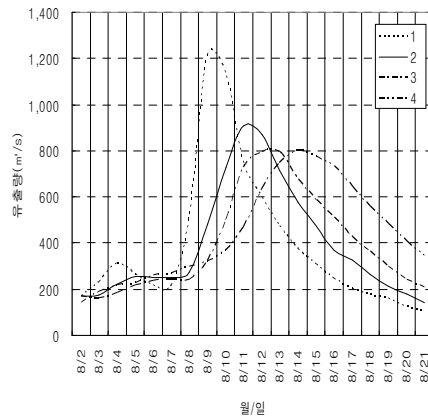
<그림 4.4-10>은 모든 조건이 같고 단지 지표수의 저류시간만이 다를 수 있다. 증가된 지표수 저류시간으로 인하여 총 저류시간이 길어졌고 침투유량은 감소함을 보여준다. 반면에 <그림 4.4-11>을 통해 볼 수 있듯이 가상저수지 수효의 변화에 따라서 저류시간의 변화 양상을 알

수 있다. 다시 말해서 <그림 4.4-11>에서의 수문곡선 4의 저류시간이 수문곡선 3의 저류시간 보다 길다. 이 모든 도식화된 예제에 있어서 총 유출량은 같다.

HYDROGRAPH	NO. ROUTING PHASES		HYDROGRAPH	NO. ROUTING PHASES	
	SURFACE	SUBSURFACE		SURFACE	SUBSURFACE
1	1	3	1	2	
2	3	3	2	3	
3	5	3	3	4	
4	7	3	4	5	



**<그림 4.4-10> 지표수
가상저수지의 수효가 흐름에
미치는 영향**

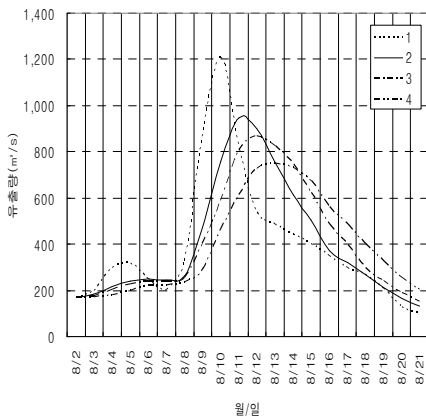


**<그림 4.4-11> 복류수
가상저수지의 수효가 흐름에
미치는 영향**

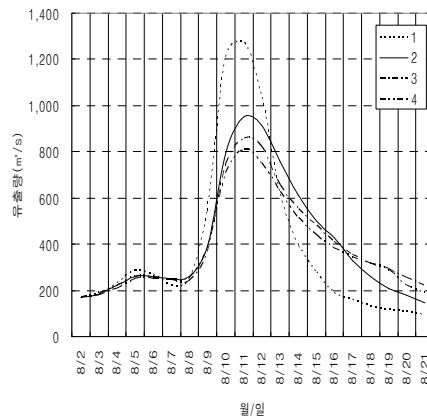
또한 저류시간 조절은 수문 곡선의 특성에 중요한 영향을 끼침을 알 수 있다. <그림 4.4-12>는 지표수 인자에 관한 저류시간만 증가시켰을 때의 변화를 도식화한 것으로 총 저류시간의 지체와 첨두유량의 저하를 볼 수 있다. <그림 4.4-13>은 복류수의 저류시간만을 변화시켰을 때의 변화를 나타낸 것으로 첨두유량의 총 저류시간에만 약간의 변화가 있는 것을 볼

수 있고 복류수의 저류시간 증가에 따라 총 저류시간이 증가함을 보여준다.

HYDROGRAPH	T _s PER PHASE		HYDROGRAPH	T _s PER PHASE	
	SURFACE	SUBSURFACE		SURFACE	SUBSURFACE
1	10	50	1	25	20
2	25	50	2	25	50
3	35	50	3	25	70
4	55	50	4	25	90



**<그림 4.4-12> 지표수의
저류시간이 흐름에 미치는 영향**

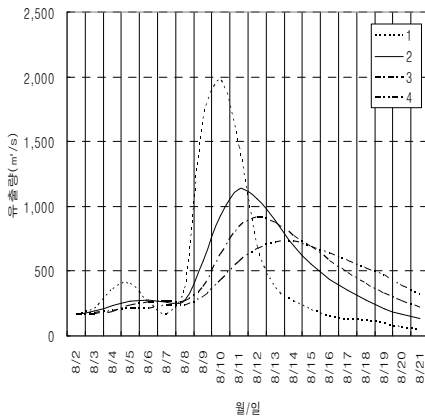


**<그림 4.4-13> 복류수의
저류시간이 흐름에 미치는 영향**

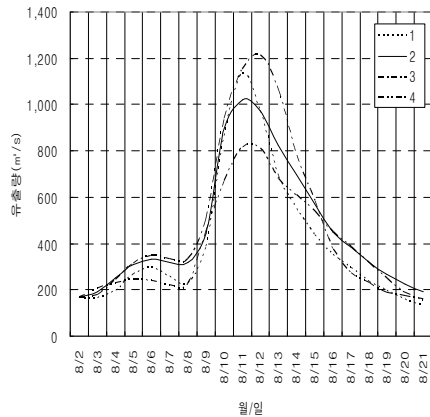
<그림 4.4-14>은 지표수와 복류수 둘 모두의 저류시간을 증가시켰을 때의 변화를 나타내고 있으며 총 저류시간의 경우 수문곡선 4가 수문곡선 1보다 긴 것을 다시 한번 보여주고 있다. <그림 4.4-15>에서는 유역추적 특성 인자들의 변화가 흐름에 어떠한 영향을 미치는지 보여주고 있다. 수문곡선 1은 침투유량 도달 시간에 영향 없이 침투유출량의 증가만이 있음을 보여준다. 수문곡선 3은 복류수의 침투유량만이 증가되었음을 보여준다. 이것은 복류수 침투유량의 저류시간이 증가함에 따라 총 유출량의 저

류시간이 증가하는 것이라 할 수 있다. 수문곡선 4는 복류수 저류시간이 증가함으로써 첨두유량의 감소와 총 유출량의 지체시간이 길어짐으로 수문곡선이 완만해지면서 높은 경사의 감수곡선이 발생했다.

HYDROGRAPH	T _s PER PHASE		SURFACE		SUBSURFACE	
	SURFACE (hrs.)	SUBSURFACE (hrs.)	PHASE NO.	T _s PER PHASE	PHASE NO.	T _s PER PHASE
1	10	20	5	13	3	50
2	25	50	3	25	3	50
3	35	70	3	25	7	15
4	55	90	3	25	5	37



<그림 4.4-14> 지표수와 복류수
저류시간 증가에 따른 수문곡선
변화 양상



<그림 4.4-15> 가상저수지 수효와
저류시간 변화에 따른 수문곡선
변화 양상

4.5 신뢰성이 확보된 자료를 통한 유입량 비교 분석 및 보정

4.5.1 보정방향 설정

모형의 보정에 앞서 전절에서와 같이 결정된 매개변수에 따른 SSARR 모형의 계산결과를 분석하였다. 분석대상기간은 그 이전 자료인 2007년 10월 1일부터 2008년 6월 30일까지를 분석대상기간으로 선정하였다. 이를 위해 2007년부터 2008년의 입력 자료를 구성하여 SSARR 모형의 안정화를 꾀하였으며 모형의 여러 가지 초기조건은 매뉴얼에 의해 적절히 가정

하여 부여하였다. 변수보정을 위해서는 각 소유역의 유출량 계산치와 관측치 자료로부터 유역별 매개변수가 결정되어야 하지만 몇 개의 제어지점을 제외한 대부분의 관측 자료가 부실하거나 수위-유량곡선의 신뢰성이 다소 결여되어 있는 실정이다. 따라서 본 과업에서는 영산강의 결과만으로 변수를 보정하였다.

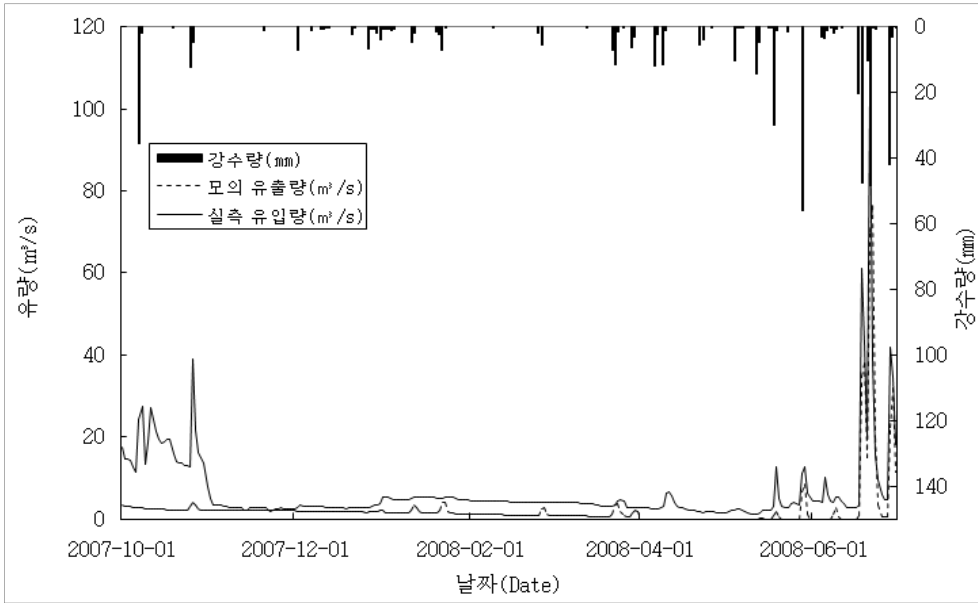
보정을 위해 영산강유역의 모든 지점에 대해 저수시와 고수시의 실측 유출량과 모의유출량을 동시에 만족하는 매개변수는 찾는 것은 현실적으로 어려운 문제이다. 이와 같이 이수기 및 홍수기에서 일부 지역을 제외한 모든 지점에서 모의치가 실측치보다 크거나 작게 나타나므로 변수보정의 방향은 연 유출의 총량을 일치시키는 방향으로 설정되어야 할 것이다. 그러나 유출은 강우 및 기타 여러 요소에 기인한 것이므로 변수보정만을 통해서서는 정확성 측면에 있어서 큰 증진을 기대할 수는 없다. 그러나 향후에 하천유량관리시스템이 구축된 후 지속적인 운영을 통해 표준 유역 및 수요지별 용수이용량 자료와 회귀율에 대한 신뢰도를 향상시킴과 동시에 매개변수 보정이 이루어진다면 현재보다 월등히 개선된 유출모의 결과를 기대 할 수 있을 것으로 판단된다.

4.5.2 주요지점별 보정

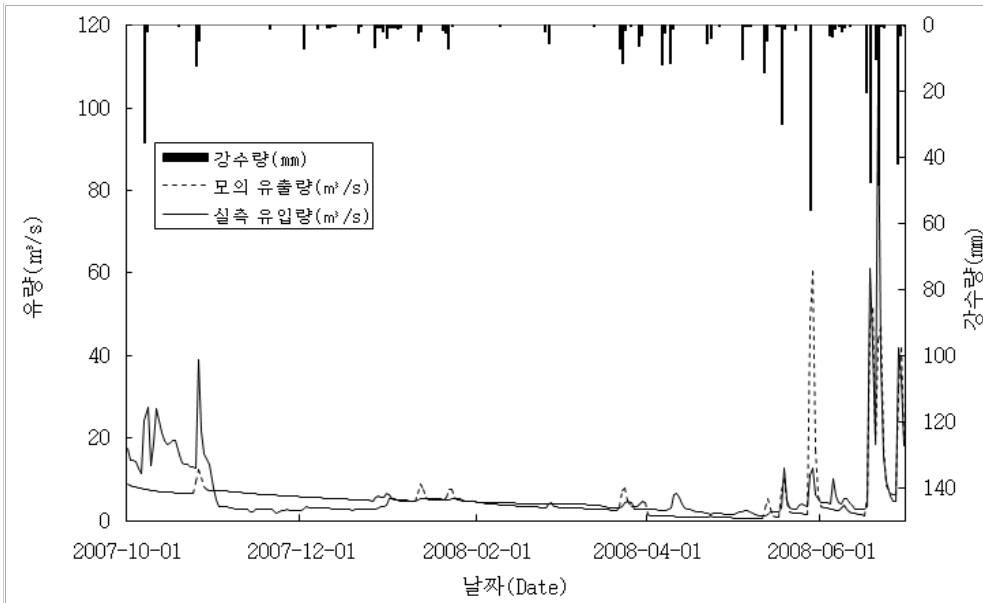
주요 조절점에 대한 유출모형의 보정을 위해 전절에서 제시한 매개변수를 사용하여 SSARR 모형에 의한 모의유출량을 산정하였다. 모의된 유출량과 각 수계별로 주요 조절점의 실측 유출량간을 비교한 것이 보정 전 유출수문곡선이다.

민감도 분석 결과, 민감한 매개변수인 SMI, BII, S-SS 등을 변화시키면서 모의유출량이 최대한 실측유출량에 근접하도록 시행착오법에 의해 SSARR 모형을 수행하였다. 이러한 절차를 거친 최종 모의유출량과 실측 유출량을 비교한 것이 보정 후 유출수문곡선이다.

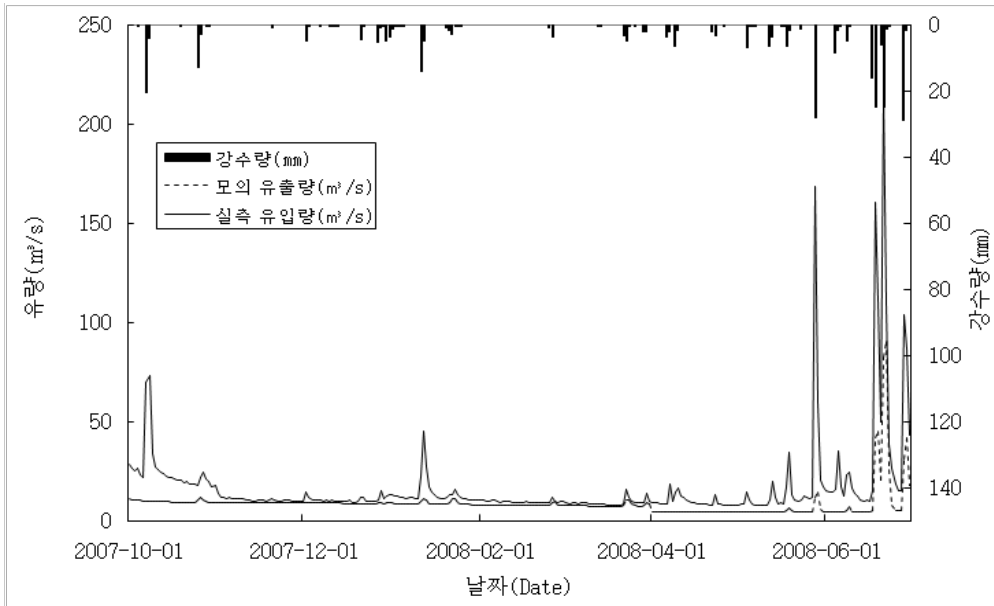
영산강유역의 주요조절점은 광주, 마륵, 본동, 나주 및 영산포 수위관측소로 하였다.



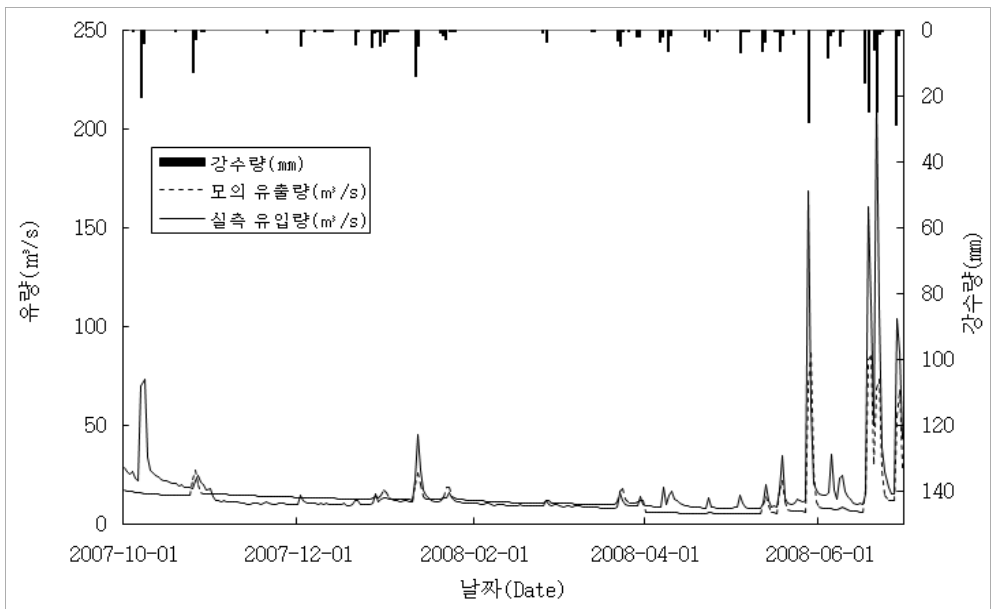
<그림 4.5-1> 보정 전 유출곡선(광주)



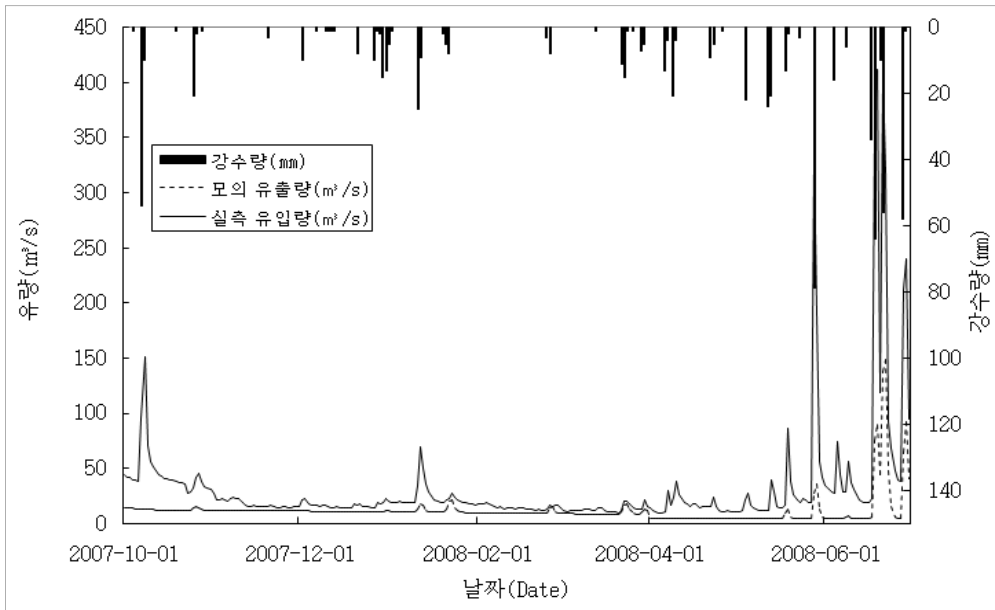
<그림 4.5-2> 보정 후 유출곡선(광주)



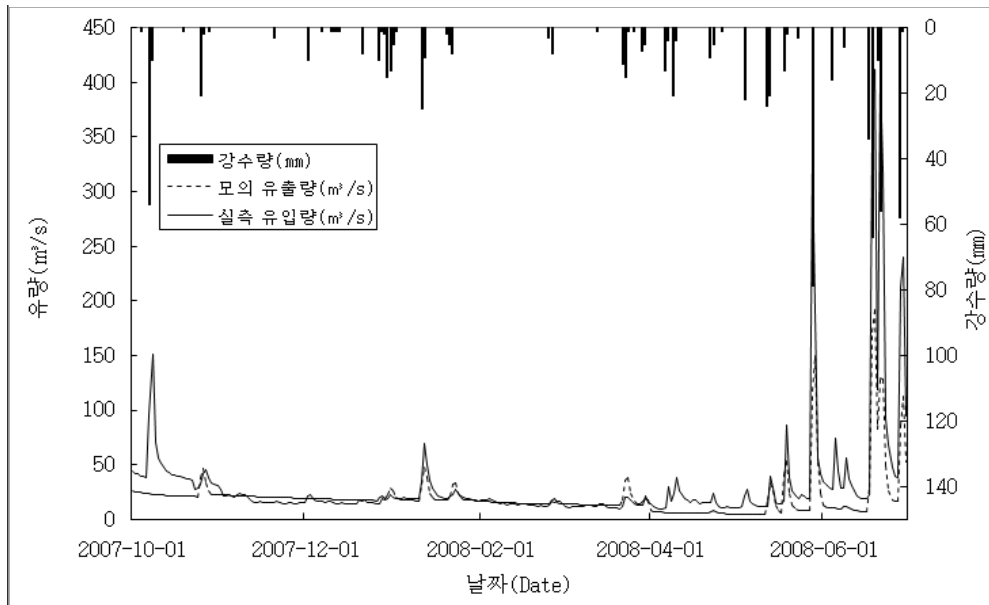
<그림 4.5-3> 보정 전 유출곡선(마북)



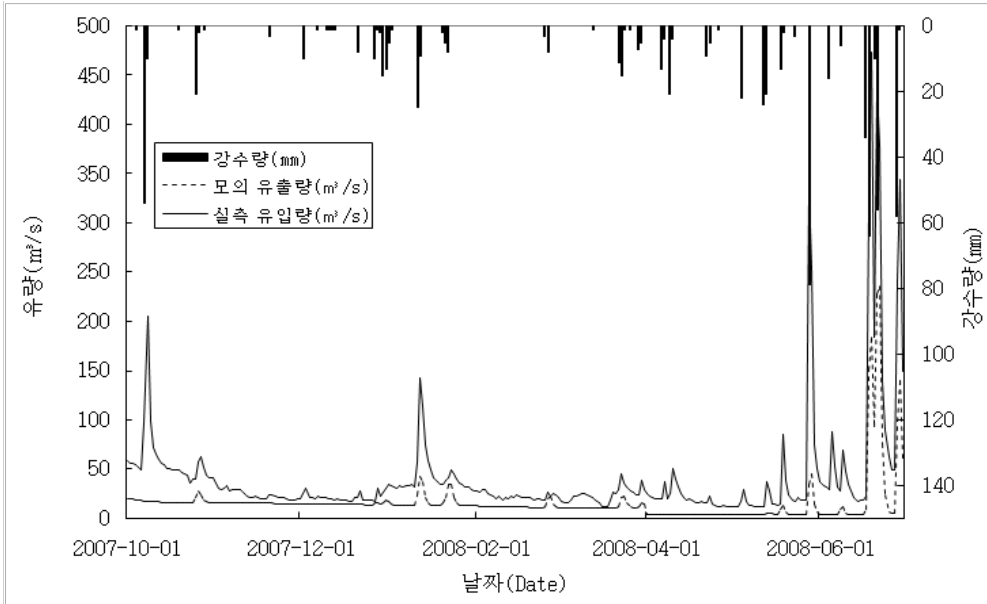
<그림 4.5-4> 보정 후 유출곡선(마북)



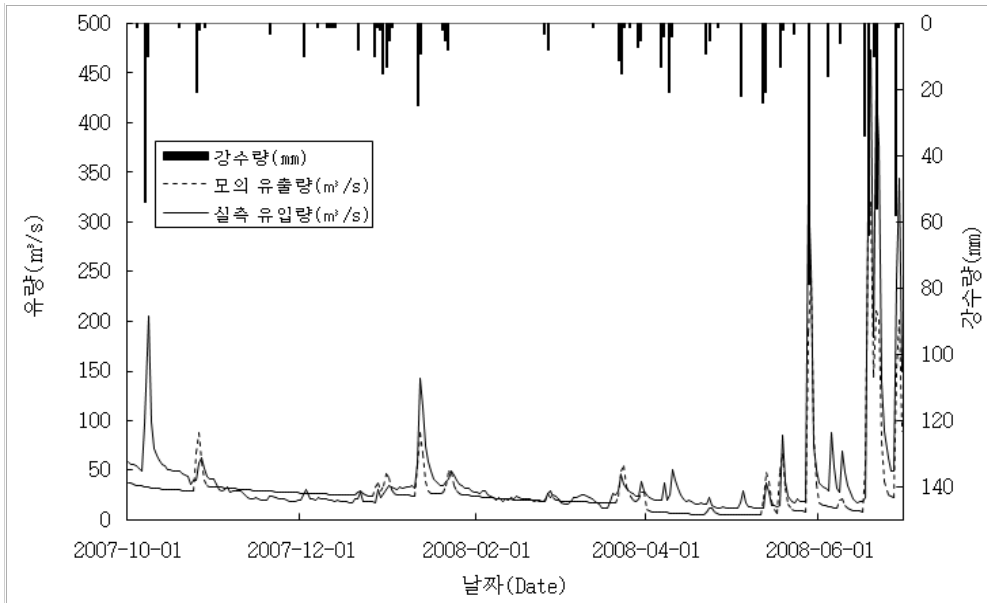
<그림 4.5-5> 보정 전 유출곡선(본동)



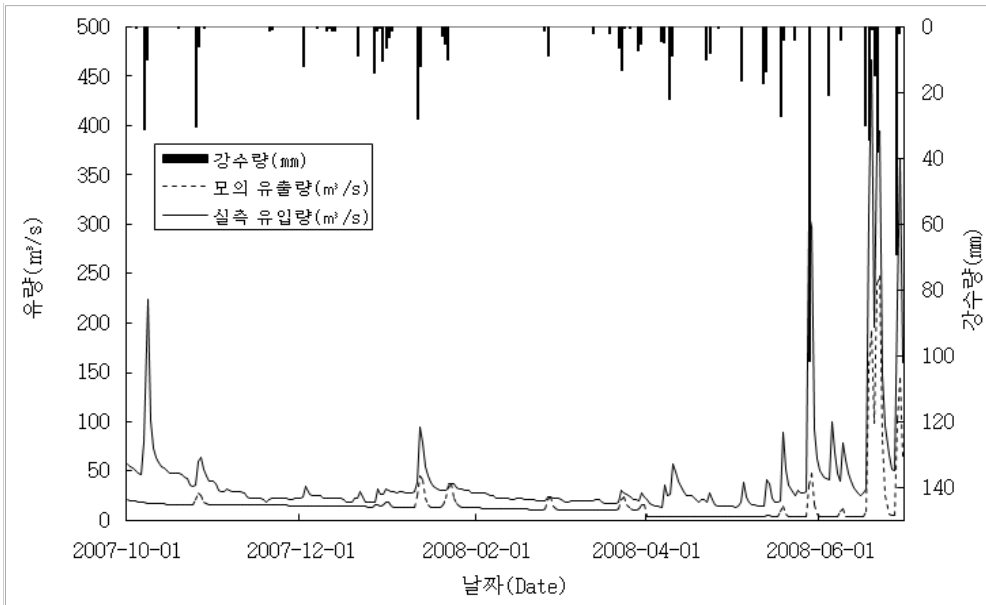
<그림 4.5-6> 보정 후 유출곡선(본동)



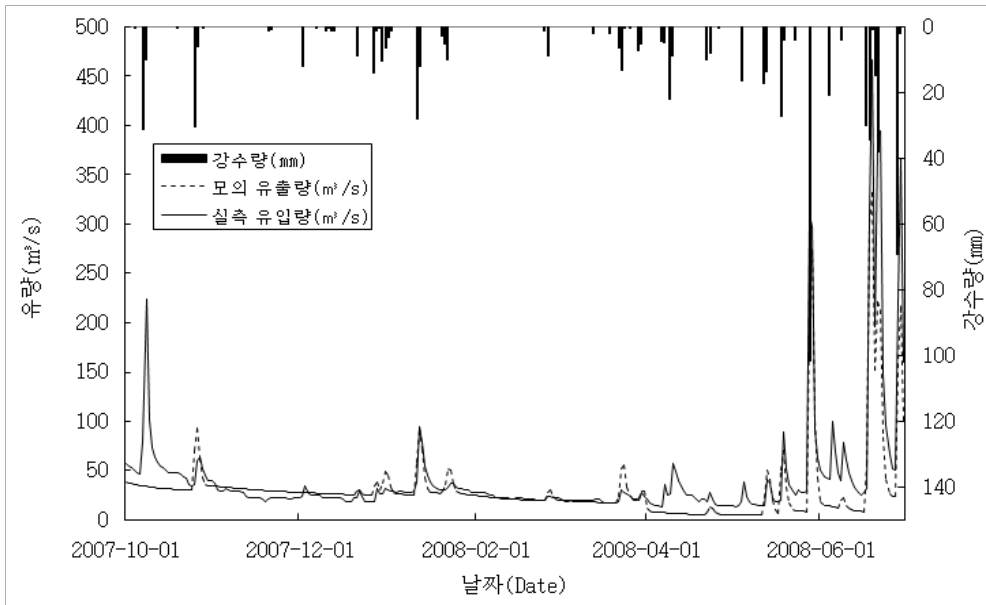
<그림 4.5-7> 보정 전 유출곡선(나주)



<그림 4.5-8> 보정 후 유출곡선(나주)



<그림 4.5-9> 보정 전 유출곡선(영산포)



<그림 4.5-10> 보정 후 유출곡선(영산포)

이상의 영산강 수계 주요조절점에 대한 보정 전과 후의 결과는 <표 4.5-1>과 같다.

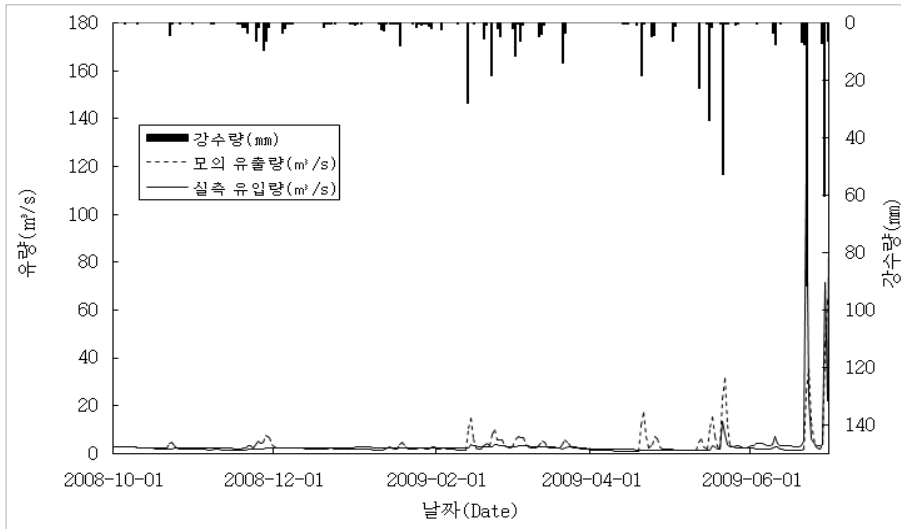
<표 4.5-1>에서 보정 전의 주요지점에 대한 평균 상대오차 57.4% 이었으나 보정 후에는 23.3%로 상대오차가 1/2 수준으로 감소하였으나, 모든 조절점에서 상대오차가 10% 이하의 값은 보이지 않고 있다. 이는 영산강 수계에서 사용되는 농업용수량의 자료가 불명확하기 때문인 것으로 판단된다.

<표 4.5-1> 모형의 보정 결과(영산강)

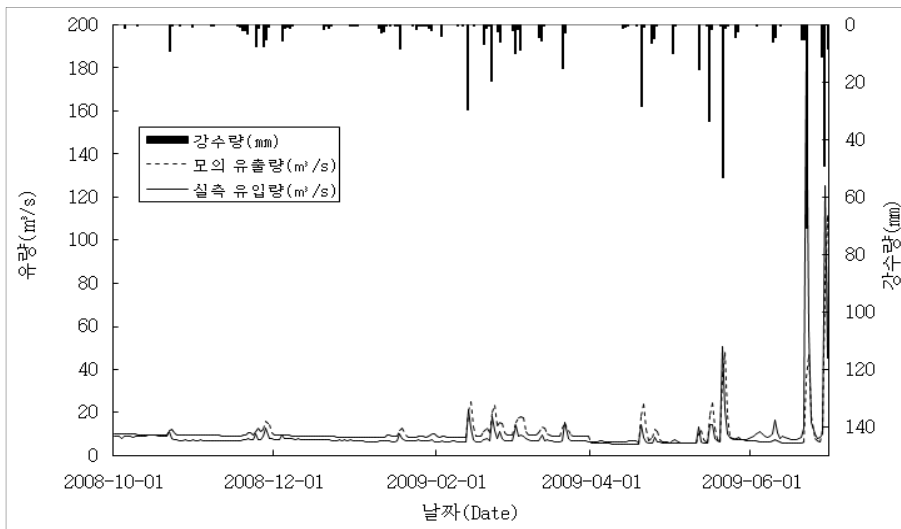
기간	지점	보정 전 총 유량 (10 ⁶ m ³)		상대 오차 (%)	보정 후 총 유량 (10 ⁶ m ³)		상대 오차 (%)
		관측	모의		관측	모의	
2007. 10.01 ~ 2008. 06.30	광주	153.2	62.6	59.1	153.2	136.5	10.9
	마륵	392.5	208.4	46.9	392.5	314.4	19.9
	본동	746.8	281.3	62.3	746.8	483.9	35.2
	나주	974.1	397.8	59.2	974.1	719.5	26.1
	영산포	993.8	401.8	59.6	993.8	752.5	24.3
	평 균			57.4			23.3

4.5.3 주요지점별 검증

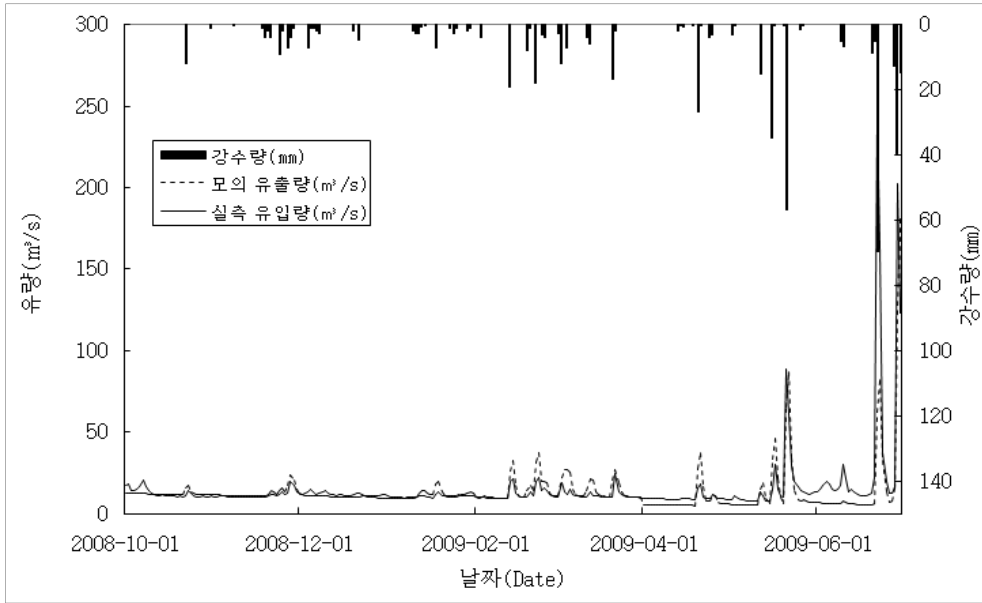
전절에서 보정에 사용된 매개변수에 의한 검증을 주요지점별로 모의한 결과는 다음과 같다.



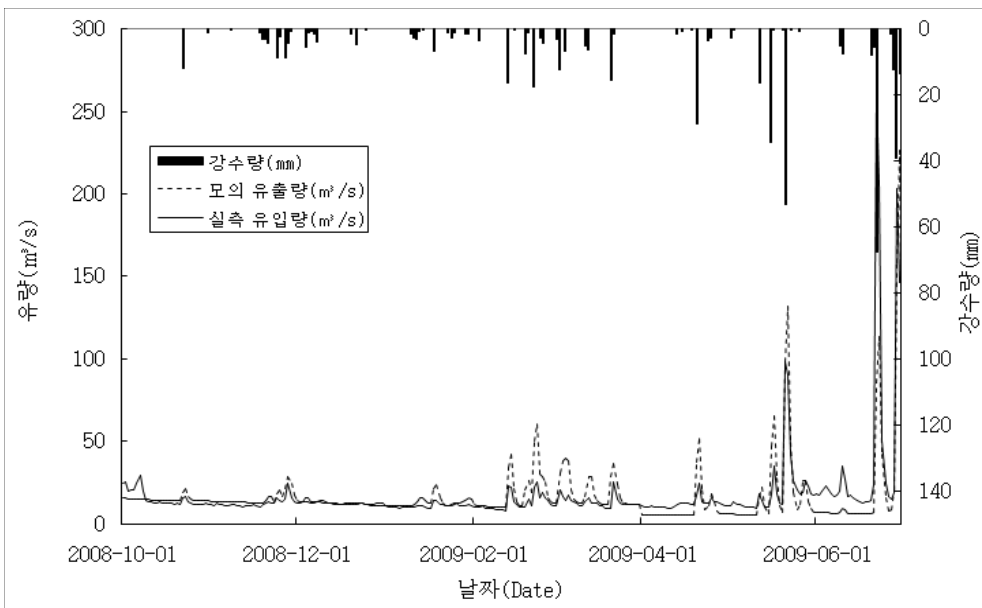
<그림 4.5-11> 모형의 검증 결과(광주)



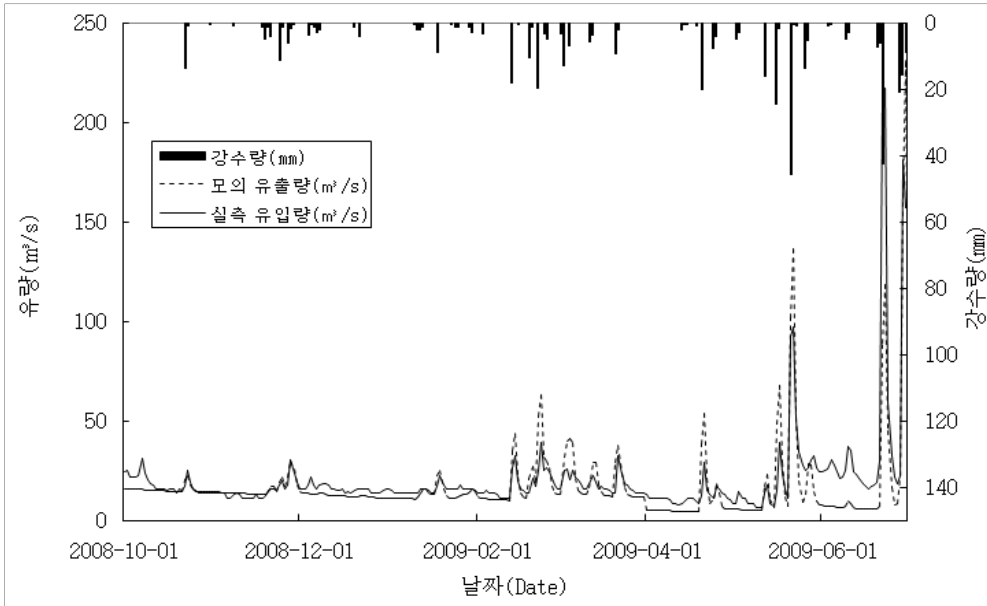
<그림 4.5-12> 모형의 검증 결과(마북)



<그림 4.5-13> 모형의 검증 결과(본동)



<그림 4.5-14> 모형의 검증 결과(나주)



<그림 4.5-15> 모형의 검증 결과(영산포)

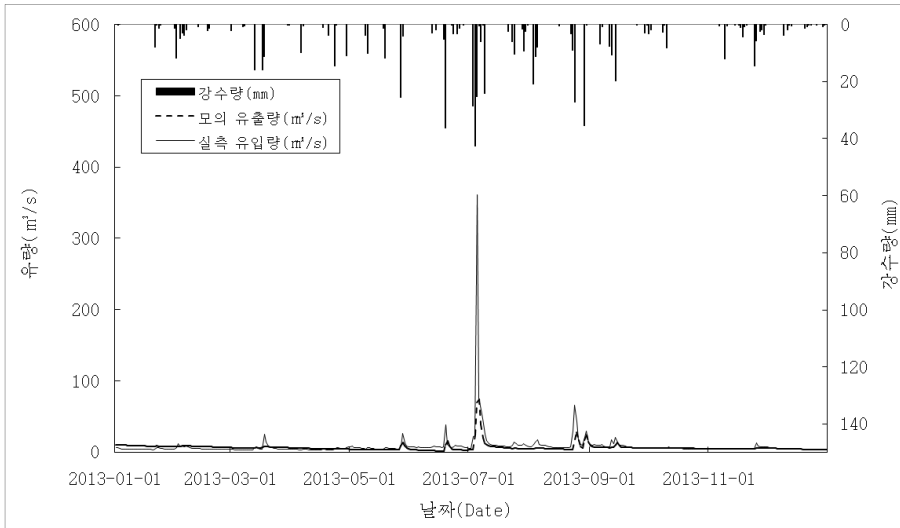
이상의 영산강 수계 주요조절점에 대한 검증 결과는 <표 4.5-2>와 같다.

<표 4.5-2>에서 주요지점에 대한 평균 상대오차가 10.5%로 보정 전과 후 보다 작은 상대오차를 나타내고 있어 적절한 검증이 이루어진 것으로 판단된다.

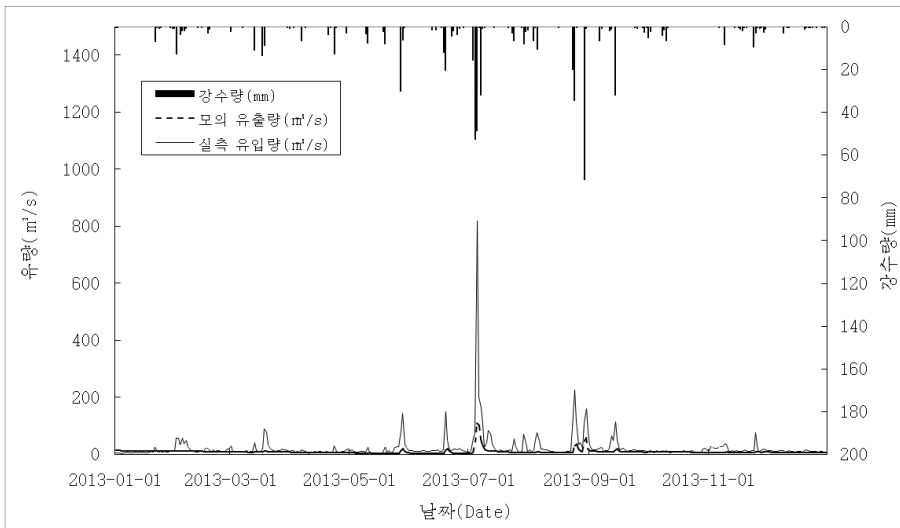
<표 4.5-2> 모형의 검증 결과

기간	지점	보정 후 총 유량 (10 ⁶ m ³)		상대 오차 (%)
		관측	모의	
2008. 10.01	광주	73.2	82.3	12.4
	마륵	217.1	243.2	12.0
2009. 06.30	본동	351.7	317.4	9.8
	나주	405.0	396.2	2.2
	영산포	478.7	402.0	16.0
	평 균			10.5

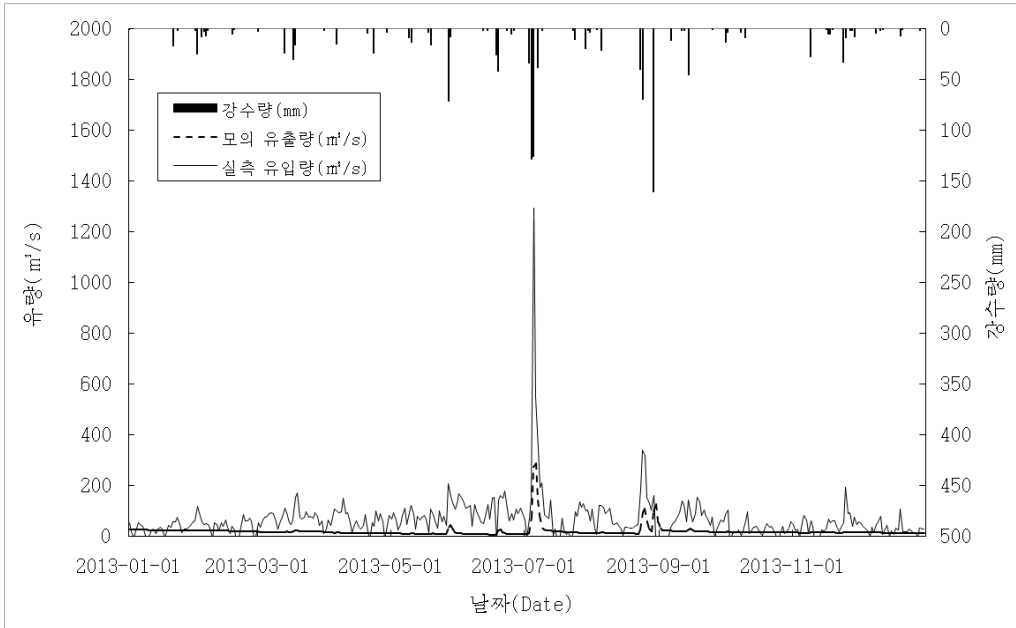
이상의 보정과 검증에 의해 산정된 매개변수를 하천유량관리시스템의 초기 입력자료로 사용하여, 보 건설 이후의 주요조절점인 광주, 마륙, 승촌보(과거 본동), 나주, 영산포 및 사포 수위관측소에 대한 모의 결과는 <그림 4.5-16>~<그림 4.5-20>, <표 4.5-3>과 같다.



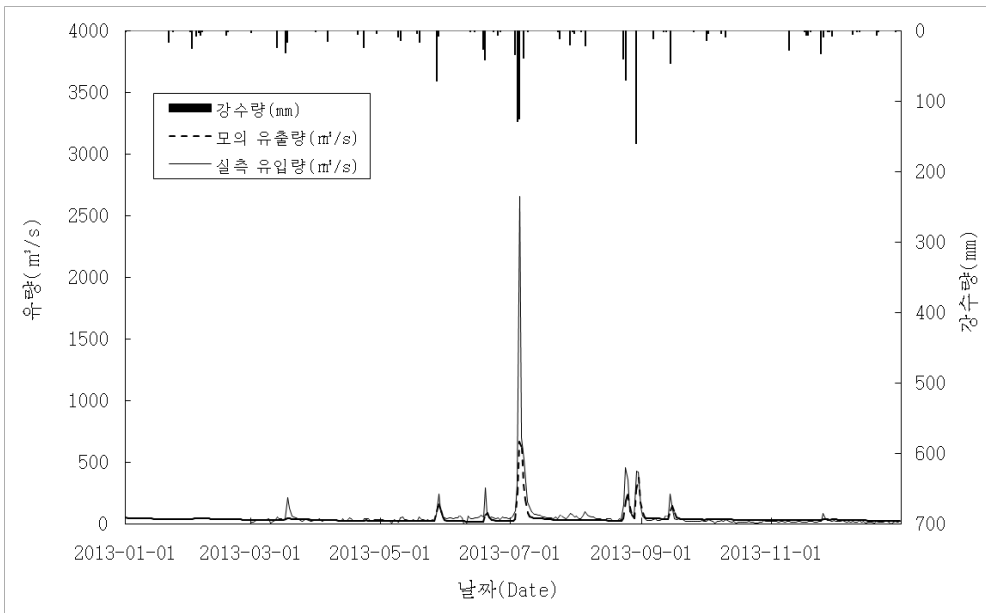
<그림 4.5-16> 모형의 보정 결과(광주)



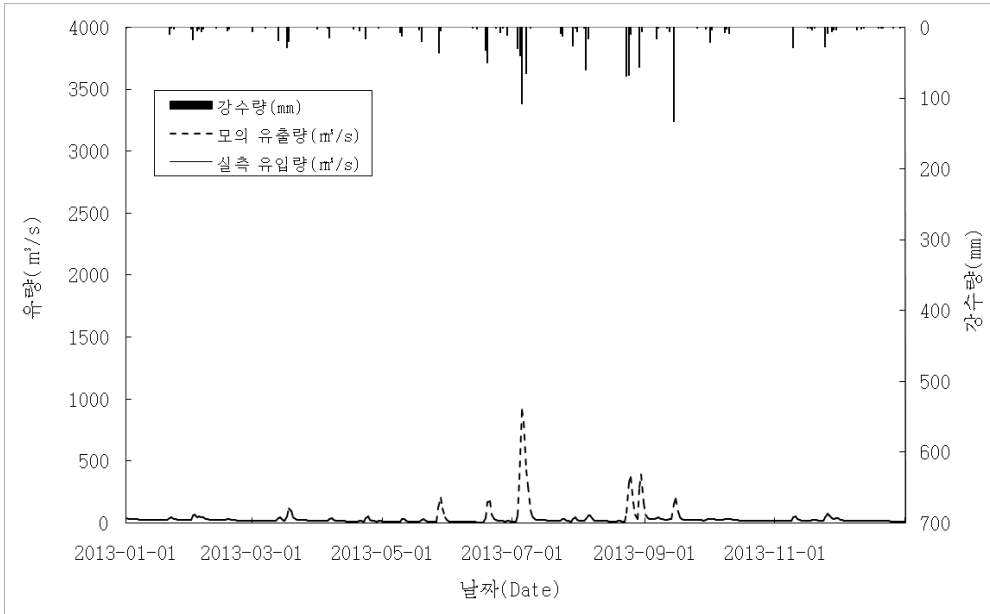
<그림 4.5-17> 모형의 보정 결과(마륙)



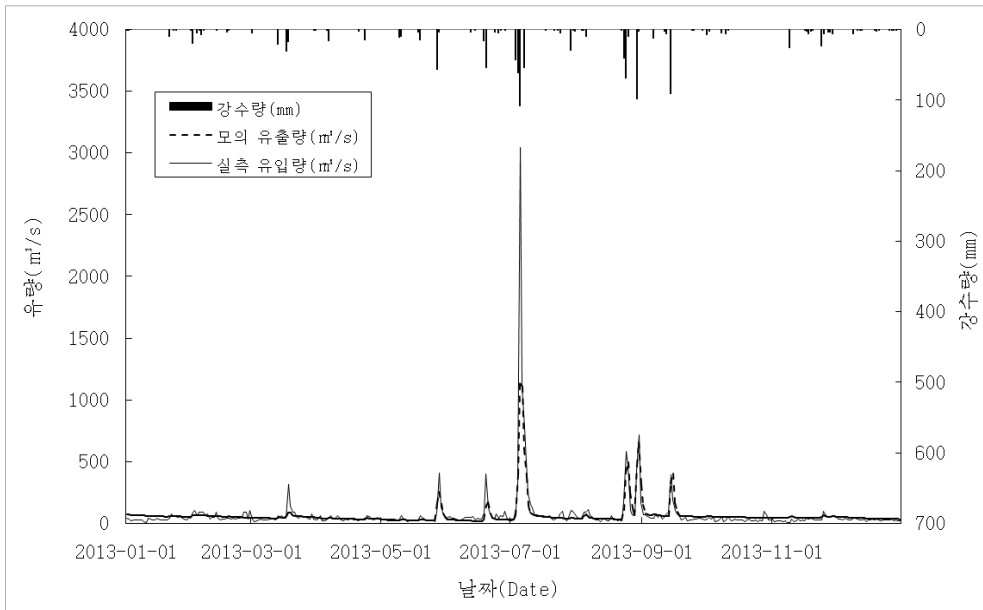
<그림 4.5-18> 모형의 보정 결과(승촌보)



<그림 4.5-18> 모형의 보정 결과(나주)



<그림 4.5-19> 모형의 보정 결과(영산포)



<그림 4.5-20> 모형의 보정 결과(사포)

<표 4.5-3> 하천유량관리시스템에 의한 주요 조절점별 유출량 분석

기간	지점	보정 후 총 유량 (10 ⁶ m ³)		상대오차(%)
		관측	모의	
2013. 01.01	광주	100,261.5	78,690.2	21.5
	마륵	254,871.4	102,332.4	59.8
~	승촌보	734,159.3	208,078.0	71.7
	나주	537,427.7	467,512.1	13.0
2013. 12.31	영산포	-	501,999.8	-
	사포	775,386.4	754,687.7	2.7
	평균			33.7

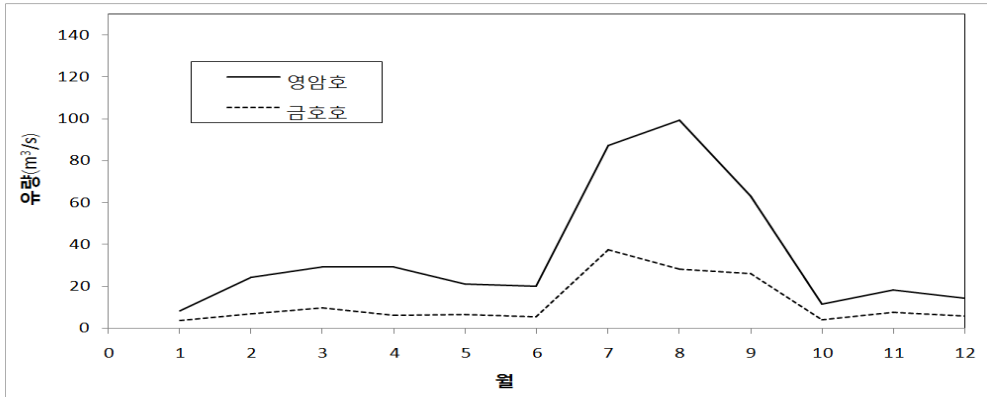
<표 4.5-3>에서 각 지점별로 상대오차가 크게 나타난 것은 영산강 유역의 상류부에 위치한 수위관측소의 수위-유량관계곡선식의 신뢰도에 문제가 있는 것으로 판단된다.

그러나 하천유량관리시스템에 의해 영산강유역의 주요 조절점에 대한 유출량은 모의가 가능하여 본 과업을 통해 개발될 시스템과의 연계는 반드시 필요하다고 판단된다.

4.5.4 영암호 및 금호호 유출모의

담수호는 영산호, 영암호 및 금호호로 나누어져 있다. 영산호로 유입되는 유량은 배수위의 영향을 상대적으로 적게 받고 영산호 직상류부에서 제일 가까운 사포수위표의 수위 자료에 의해 유추할 수 있다. 그러나 영암호와 금호호 유역에는 수위관측소가 없어 현재의 체계에서는 유입량을 파악하기가 어렵다.

따라서 본 과업에서 전술한 유출모형인 SSARR 모형을 기반으로 영암호와 금호호를 대상으로 각각 유출체계를 구축하였고 유출모의는 4장에서 언급한 매개변수를 입력자료로 하여 수행하였다. 이들 입력자료에 의해 모의된 2010년부터 2013년까지의 유출량은 <그림 4.5-21> 및 <표 4.5-4>와 같다.



<그림 4.5-21> 영암호, 금호호 월별 평균 유량(2010-2013년)

<표 4.5-4> 영암호, 금호호 월별 평균 유량 비교 (단위 : m³/s)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
영암호	8.35	24.36	29.33	29.38	21.04	20.07	87.20	99.55	63.07	11.70	18.35	14.62	35.58
금호호	3.89	6.92	9.68	6.37	6.53	5.45	37.72	28.17	26.10	4.27	7.62	5.85	12.38

<그림 4.5-21> 및 <표 4.5-4>에서 나타난 바와 같이 영암호와 금호호의 연평균 유량은 각각 35.58m³/s 및 12.58m³/s이다. 그러나 산정된 모의 유량은 보정과 검증은 거치는 않은 자료이기 때문에 신뢰성이 낮은 결과이다.

향후 본 과제가 연차사업으로 진행되면서 영암호의 유입량은 기존의 물리적 기반을 적극 활용하여야 하고, 영암호와 금호호 유역은 상류부에 각각 수위관측소를 설치하여 유역내 유입량을 산정 할 수 있는 기반을 구축하여야 할 것이다. 또한 현재 구축된 유출모형을 고도화하는 과정이 병행되어야 할 것이다.

4.6 기관 수위-유량 곡선식을 활용한 유량 비교 분석 실시

수자원의 효율적인 관리를 위해서는 홍수량 자료뿐만 아니라 저·평수량의 유량자료도 매우 중요하다. 따라서 저수위에 대해 유량측정을 실시

하여 유량자료를 확보해야 하며, 연속적인 유량자료를 얻기 위해서는 신뢰성 있는 수위-유량관계곡선식이 반드시 필요하다.

수위-유량관계 곡선식은 다음과 같이 산정한다.

담수호 유역내 주요지점에서의 유량을 측정하기 위해 유속계를 사용하여 1점법, 2점법, 3점법 및 점근법에 의해 유속을 측정한다. 측정된 유속은 식 (4.14)에 의해 유량으로 산정할 수 있다.

$$Q = A \cdot V \quad (4.14)$$

여기서, Q = 유량(m^3/s), A = 통수단면적(m^2), V = 유속(m/s)이다.

관측된 수위-유량은 다음의 방법에 의해 수위-유량곡선식의 개발을 위한 자료로 활용된다. 현재 사용 중인 수위-유량 곡선식의 형태는 크게 USGS, USBR, WMO(World Meteorological Organization)에서 작성된 기준에 기본을 두고 있으며, WMO에서 발간된 HOMS MANUAL에 언급된 수위-유량 곡선식의 일반적 형태는 지수형과 포물선형 2가지 형태가 추천되고 있다. 하지만 부득이한 경우를 제외하고는 지수형으로 작성하여야 한다.

- 지수형

$$Q = a \cdot (H + b)^n \quad (4.15)$$

여기서, Q 는 유량(m^3/s), a , b 및 n 은 상수이며 b 는 영유량 수위이다. n 은 하도단면 형상 등에 관계하며 직사각형수로인 경우 1.5, 포물선 형태인 경우 2, 삼각형이나 반원형인 경우 2.5의 값을 가진다. 또한, 비교적 폭이 넓은 하천인 경우 1.3~1.8 범위를 가지며 비교적 깊고 좁은 단면인 경우 보통 2보다 크고 종종 3을 초과할 수도 있다. 자연하천에서 단면이 포물선일 경우가 많으며, 이 때 n 값은 약 2가 되므로 곡선식형은 2차식이 된다.

지수형은 하천수위와 유량의 물리적인 개념을 표현해 주는 식으로 매개변수 n 은 하천형상에 따라 어느 정도 일정한 값을 가지며, 계수 b 는 물리적으로 유량이 “0”이 되는 수위를 말한다. 그러나 실제로는 매개변수 b 에 대한 선정이 어렵고, 갈수유량의 처리가 어려운 단점이 있다.

이 식에서 $(H+b)$ 는 단면 바닥으로부터 수심을 나타내는 개념으로서 인공구조물이 아닌 실제 하도에서는 b 값을 알 수 없다. 따라서 시행착오법에 의하여 수위-유량이 직선을 형성 하는 b 값을 구하여야 한다.

그러나 위의 “0”유량 수위인 b 는 실제로 통제기능의 변화를 의미하는 역할을 하지만 물리적인 특성을 명확히 나타내진 않는다. 그러므로 “0”유량 수위라는 단순한 물리적 개념과는 다르다는데 유의해야 한다.

- 포물선형

$$Q = aH^2 + bH + c \quad (4.16)$$

여기서, Q 는 유량(m^3/s), H 는 상대수위(실수위+조정수위, $h+dh$), a , b , c 는 매개변수이다.

“0”유량의 처리 또는 갈수유량의 처리에 적합한 표현으로서, 갈수 유량의 처리가 손쉬워지는 장점이 있다. 또한, 매개변수 b 에 대한 선정이 간편하여 사실상 운용이 쉬워진다.

지수형의 회귀모형은 다소 수리학적 특성을 반영하고 있다. 그러나 영유량 표고 계산과 직선구간 설정을 시행착오법으로 해야 하는 번잡성이 있다. 또한 관측자료를 양 대수지에 도시하므로 시각적으로 수위-유량의 기각점을 판단하는데 어려움이 있고 또한 통제 변동점, 즉 변곡점 결정이 어렵다. 그러나 포물선 식은 경험적인 모형이지만 통제의 변환점을 쉽게 구할 수 있는 장점이 있다. 포물선식을 변형하면, $\sqrt{Q} = AH + B$, (A, B : 회귀상수)로 표현할 수 있으며, 즉, $Q = A^2H^2 + 2ABH + B^2 = aH^2 + bH + c$ 의 관계가 있음을 알 수 있다. 따라서 \sqrt{Q} 대 H 의 측정값을 선형지에 도시하여, 직선 기울기의 변동을 조사하고, 각 직선 구간마다 기울기 A 및 절편 B 를 구하거나 또는 바로 2차

식으로 회귀분석을 하면 된다. 다만 이 경우에는 낮은 수위에서 자료가 밀집하므로 저수 구간의 자료는 눈금이 큰 선형지에 별도로 도시하여 분석하여, 통제 변동점을 쉽게 찾을 수 있다.

- 지수형과 포물선형의 비교

지수형과 포물선형 중에서 상대적 우수성은 없으며 분석의 편의성에 따라 선택하여 쓰게 된다. 그러나 “0”유량의 처리에 가지는 번잡함을 해결할 수 있다면 보다 수리적인 의미를 가지는 지수형에 의한 측정이 보다 바람직할 것이라고 판단된다.

이상의 방법에 의해 개발된 수위-유량관계 곡선식은 유역의 유출량을 산정하는데 매우 유용한 자료로 활용된다. 그러나 영암호와 금호호내에 수위-유량을 관측할 수 있는 수위관측소가 없기 때문에 유역내로 유입되는 유량을 산정하기가 매우 어려운 실정이다. 또한 배수갑문의 개폐여부에 따라 단일 수위-유량관계 곡선의 개발, 즉 실제 상황에서 저류와 방류로 구분하여 개발된 수위-유량곡선을 적용하기에는 현실적으로 매우 어렵다.

따라서 영산강 유역내 설치되어 운영되는 모든 수위관측소는 국토교통부에서 관할하고 타 기관에서 관리하는 수위관측소는 없기 때문에 각 기관에서 개발된 담수호내 수위-유량 곡선식을 활용한 유량의 비교는 어려웠다. 다행히 전절에서 영산강 유역내 각 수위관측소별로 개발된 수위-유량곡선식에 의해 산정된 실측유출량과 유출모형에 의해 모의된 유출량과 비교 분석은 수행 가능하였다. 그러나 영암호와 금호호는 수위관측소가 전무하여 수위-유량관계곡선식에 의한 실측유출량과 모의유출량간의 비교를 할 수 없었다.

따라서 연차 사업을 통해 영암호와 금호호내에 수위-유량을 관측 할 수 있는 수위관측소를 설치하여 상기의 문제점들을 보완하고 영산호 상류의 수위관측소와의 연계한 최적의 방법을 도출하여야 할 것이다.

5. 담수호 물관리 효율화를 위한 통합물관리시스템 구축 방안 (마스터플랜) 수립

5.1 농림부, 국토교통부, 환경부 등 관련부처, 산하 및 부속기관 연구 내용 조사

통합물관리시스템을 개발하기 위해 국내외 수자원관련 정보시스템에 대해 서술하고자 한다. 본 과업에서 개발하는 시스템의 목적은 이수지만, 수자원관련 정보시스템 전반에 대한 구성을 파악하기 위해 타 분야인 치수와 수질 등에 관한 시스템도 소개하고자 한다.

5.1.1 수자원관리 정보시스템

가. 물관리정보유통시스템(WINS)

물관리정보유통시스템은 5개 부처 10개 물관련기관의 수자원정보를 on-line으로 공동활용하기 위해 구축한 시스템이다. 이 시스템은 관련기관의 정보교환이 가능하도록 공통유역도 유역분할 및 코드, 물관리정보 코드, 물관리 업무·자료 및 정보제공, 물관리정보 운영체계에 대한 사항을 물관리정보협회를 통해 심의·확정된 물관리정보 표준에 따라 개발되었다. 물관련기관 담당자 외 일반사용자는 <그림 5.1.1-1>과 같이 국가수자원관리 종합정보시스템(WAMIS), 하천관리지리정보시스템(RIMGIS), 국가지하수 정보센터(GiMS), 상하수도종합정보시스템(푸르누리), 농촌용수종합정보시스템(RAWRIS), 물환경정보시스템(WIS) 등을 통해 정보 수집이 가능하다.



<그림 5.1-1> 물관리정보유통시스템의 메인 화면

나. 국가 수자원관리 종합정보시스템(WAMIS)

국가 수자원관리 종합정보시스템은 <그림 5.1-2>와 같이 물관련 정보를 전국민에게 제공하기 위하여 관련정보를 수문기상, 유역, 하천, 댐, 지하수, 이수, 수도, 환경생태, 자연재해, 지형공간 등과 같이 10개 분야로 구분하였으며, 텍스트 자료와 수자원 관련 주제도를 제공한다. 또한, 다른 관리기관의 수문정보(강우, 수위, 기상, 유량 등) 뿐만 아니라 수자원 관리 정보도 얻을 수 있다.



<그림 5.1-2> 국가 수자원관리 종합정보시스템의 메인 화면

다. 하천관리지리정보시스템(RIMGIS)

하천관리지리정보시스템은 국토해양부가 국가하천의 효율적인 관리와 대국민 서비스의 질 향상, 하천관리업무의 효율성 제고 등을 목표로 하천 정보의 표준화 및 전산화를 통한 정보제공 및 하천에 관련한 제반 업무를 지원하기 위해 <그림 5.1-3>과 같이 개발된 시스템이다. 하천관리지리정보시스템은 일반 국민들에게 하천일반사항, 하천기본계획 보고서, 홍수위험지도, 국가하천 공간정보 등과 같은 하천에 대한 다양한 정보를 제공한다. 또한, 하천관리자의 효율적인 하천업무를 지원하기 위하여 하천정보전산화지침, 하천기본계획 성과물, 홍수위험지도, 하천관리대장 및 하천점용허가 등의 정보를 제공한다.



<그림 5.1-3> 하천관리지리정보시스템의 메인화면

라. 국가지하수정보센터(GIMS)

국가지하수정보센터는 <그림 5.1-4>와 같은 종합정보시스템을 운영하고 있으며, 이 시스템은 국토해양부 산하 한국수자원공사에서 관리하는 시스템으로 국토해양부, 농림수산식품부, 환경부, 지자체 등과 같은 지하수 관계기관들의 정보를 종합하여 제공하기 위해 개발되었다. 이 시스템은 지하수 수문, 수질, 이용실태조사, 지하수 기초조사 및 지하수 관련 법령 등과 같은 다양한 정보제공하고 있다. 또한, 전국 320개 지하수 관측지점의 수위, 수온 등과 같은 자료를 실시간으로 제공한다.



<그림 5.1-4> 국가지하수정보센터(GIMS)의 종합정보시스템

마. 물환경정보시스템(WIS)

물환경정보시스템은 수질 및 수생태계 환경 기준으로 건전한 수생태계를 유지하고 물의 이용목적에 적합한 수질을 보전하기 위해 다양한 정보를 제공할 수 있는 정보시스템이다. <그림 5.1-5>와 같이 수생태환경평가, 수질측정망, 수리수문자료, 호소환경자료, 유역환경자료, 오염원조사, 물관련자료 등의 정보를 제공한다. 이 콘텐츠들을 자세히 살펴보면, 수생태환경평가는 수생태건강성평가와 어류, 조류, 저서생물 등과 관련된 수생태 자료를 제공하며, 호소환경은 호소의 정의 및 호소환경에 대한 조사자료를 제공하고, 유역환경은 유역의 개념과 유역의 보전 방향 및 보전사례에 대한 정보를 제공하며, 오염원조사는 수질오염원 관련 통계자료 조사를 분석하여 수질관리를 위한 기초자료로 제공하며, 수질특정망은 하천수, 호소수, 농업용수, 공단배수, 조시관류에 대한 측정자료를 제공한다.



<그림 5.1-5> 물환경정보시스템의 메인화면

바. 농촌용수종합정보시스템(RAWRIS)

농촌용수종합정보시스템은 한국농어촌공사에서 생성되는 농촌용수 및 자원정보 등을 on-line으로 제공하기 위한 국가차원의 물관리정보 활용시스템이다. 이 시스템 개발을 통해 농촌용수 및 생산기반분야 종합정보체계망이 구축되었으며, 정부 정책방향 지원, 최적 농촌용수개발계획과 가뭄대책 수립, 농민들의 영농활동 지원 및 알권리 충족, 관련정보 분석을 통한 물재이용 및 신규 용수개발시 사업비 절감 등을 달성할 수 있게 되었다. 이 시스템은 <그림 5.1-6>과 같이 농촌용수관리에 필요한 수량, 수질, 지하수, 시설물자료 등을 생성, 가공, 분석하여 제공한다.

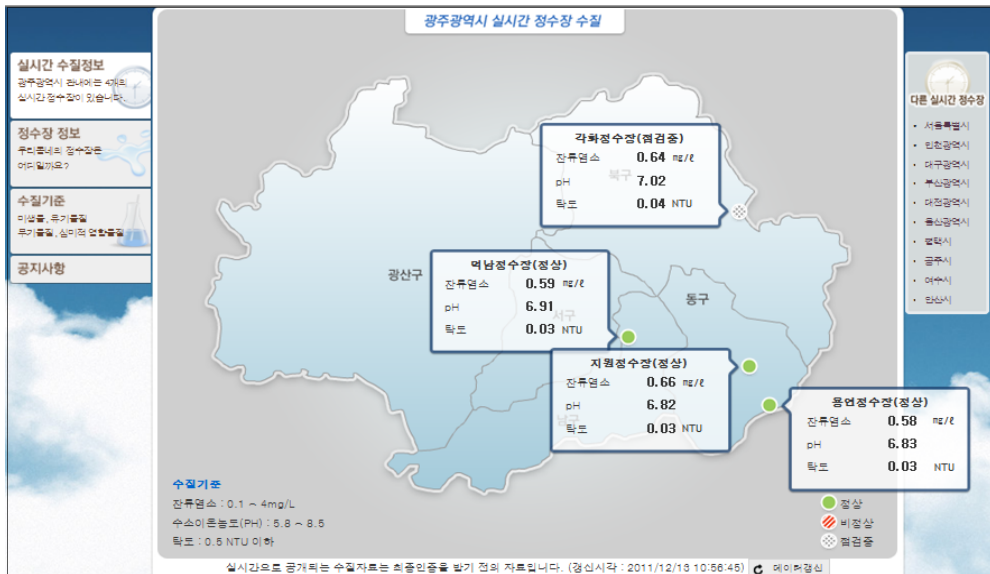


<그림 5.1-6> 농촌용수종합정보시스템(RAWRIS)의 메인화면

사. 상하수도종합정보시스템

환경부의 상하수도종합정보시스템은 깨끗하고 안전한 수돗물 공급을 위한 다중감시체계 구축, IT기술을 활용한 생산 및 공급의 전 과정에 대한 실시간 수질 및 수량 정보 수집 시스템 구축, 안전하고 효율적인 수돗물 공급체계 구축 (수돗물 처리 및 관리시스템 고도화 추진), 대규모 취·정수 및 급수 계통 위주로 실시간 관리시스템 구축 및 운영(수돗물 생산에서 소비까지 전 과정에 대한 안전성 강화) 등을 목표로 개발된 정보시스템이다. 이 시스템은 상하수도 업무 관련 통계, 정책 정보를 제공할 뿐만 아니라 뉴스, 기술정보, 컨설팅을 지원하고 있으며, 부가적으로 다양한 지식공유 모임 기능을 서비스하고 있다. 특히 <그림 5.1-7>과 같이 전국 정수장의 수돗물 수질검사결과 및 실시간 정수처리 수질 정보를 인터넷을 통해 국민들에게 제공함으로써 수돗물에 대한 국민들의 이해를 증진시키고자 하였다. 또한, 수도꼭지 수질정보를 현재 서비스되고 있는 실시간 정수장과 연결시켜 제공하고 있다. 이 시스템은 상하수도 업무 관련 통계, 정책 정

보를 제공할 뿐만 아니라 뉴스, 기술정보, 컨설팅을 지원하고 있으며, 부가적으로 다양한 지식공유 모임 기능을 서비스하고 있다.

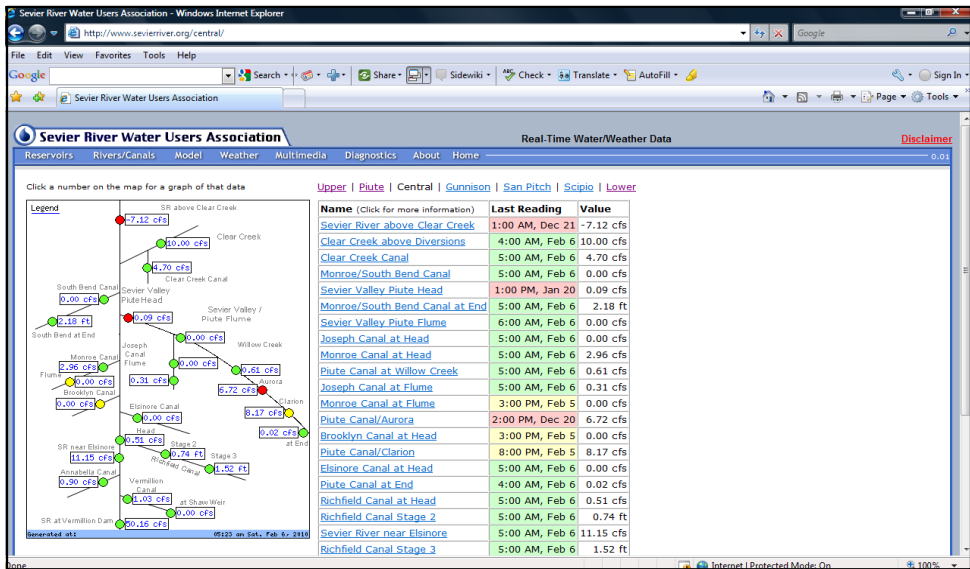


<그림 5.1-7> 상하수도종합정보시스템에서 제공하는 실시간 정수장 수질자료

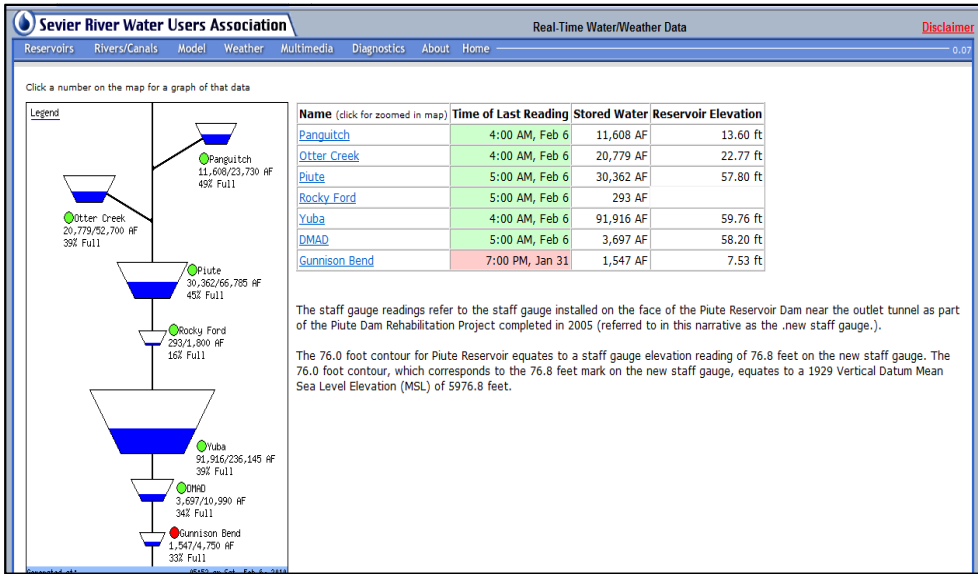
아. 인터넷 기반의 가상수계를 이용한 수자원 관리

컴퓨터 및 자동화 기술, 휴대폰 및 무선통신기술을 포함한 통신네트워크 기술의 발달로 인해 StoneFly Technology, 개척국(USBR), Utah State University(USU), Utah 용수 사용자 그룹 등은 Sevier 강, San Rafael 강, Duchense 강 등에 대해 인터넷에서 가상수계(Virtual river basin)을 만들어 활동하고 있다. 이들 수계에 대한 웹사이트 및 자동화 시스템은 실시간 환경 모니터링 시스템, 저비용의 자동화 시스템, 자료의 가치화를 위한 웹사이트 개발, 웹사이트, 셀폰, PDA 등을 통해 실시간 접속이 가능한 데이터베이스 개발, 의사결정지원시스템 등으로 구성되어 있다. 수계 주요 지점의 기상 자료 및 하천과 수로의 수위자료를 측정하기 위하여 모니터링 장비를 설치 및 운영하고 있으며, 데이터로거와 라디오 원격측정 장치를 사용하여 자료를 송수신하고 있다. 수계에 있는 수자원 시설물을 자동으로

원격조절하기 위하여 액추에이터 설치하고 저전압이나 태양열을 이용하여 시설물을 자동으로 작동하고 있다. 또한, 웹 캠을 이용하여 측정지점의 상황을 실시간으로 감시할 수 있도록 하고 있다. 하천의 주요지점 및 수로의 유량을 실시간으로 제공하기 위하여 <그림 5.1-8>과 같이 웹사이트를 운영하고 있으며, <그림 5.1-9>와 같이 해당 수계에 위치한 저수지 상황을 실시간으로 웹사이트를 통해 제공하고 있다.



<그림 5.1-8> Sevier 강수계의 Central 지역 주요지점의 실시간 유량 자료



<그림 5.1-9> Sevier 강 수계의 저수지들의 실시간 저수위 자료

5.1.2 가뭄관리 정보시스템

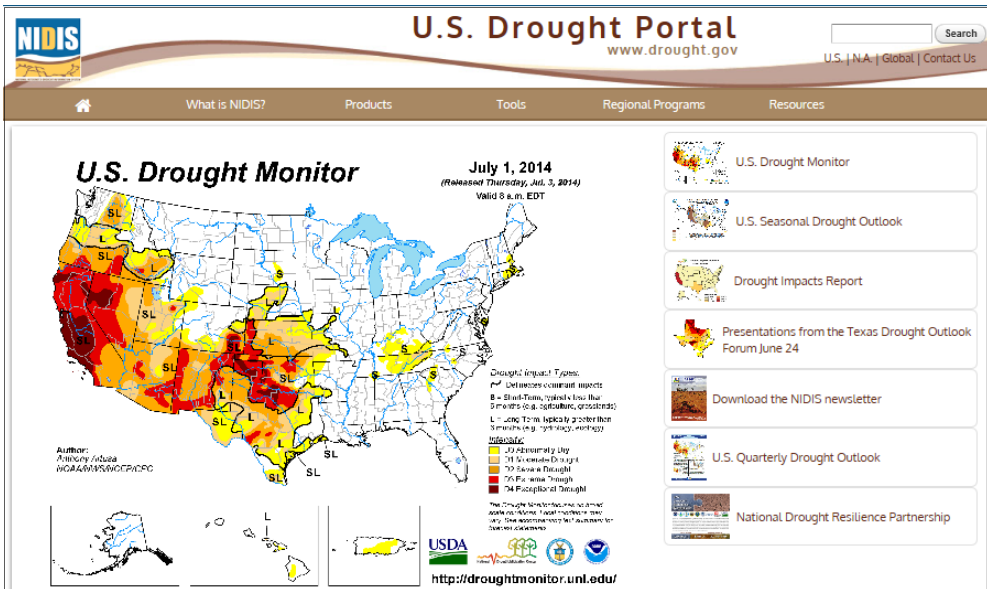
가. 미국 국가통합가뭄정보시스템(National Integrated Drought Information System, NIDIS)

효율적인 가뭄관리를 위해서 1995년에 설립된 국가가뭄경감센터(National Drought Mitigation Center, NDMC)는 종합적인 가뭄모니터링, 가뭄예보, 각 주별 가뭄관리계획 및 가뭄경감계획 수립, 가뭄관련 정책자문, 가뭄관련 교육프로그램 운영, 가뭄관련 교재 및 자료의 출간 업무 등을 수행하고 있다. <그림 5.1-10>은 NDMC의 홈페이지이며, 가뭄모니터링, 조기경보, 계획 및 경감 등으로 구성되어 있으며, 주정부, 연방정부, 지역단체에 가뭄관련 업무 지원 및 수자원공급계획 수립을 지원하고 있다. 2006년에는 NDMC와 NOAA가 참여하여 NIDIS를 설립하였으며, NIDIS는 여러 기관의 가뭄자료를 제공받아 통합하고 실시간으로 미국 전역의 가뭄을 모니터링하여 가뭄조기경보를 실시하고 있다. 또한 가뭄예측 및 주별 가뭄

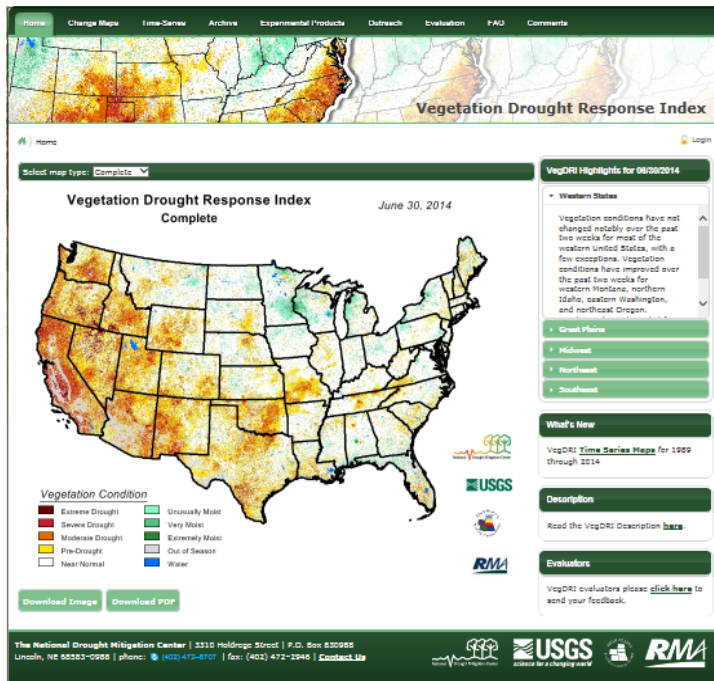
관리, 경감계획 등에 관한 정보를 제공하고 있다. <그림 5.1-11>은 NIDIS의 홈페이지이며, NIDIS에서는 가뭄지표, 수문모니터링, 위성영상, 산불 등을 통하여 가뭄 상황을 모니터링하고 있으며, 관련 정보를 제공하고 있다. <그림 5.1-12>는 식생가뭄모니터링 지표(Vegetation Drought Response Index, VegDRI)를 이용하여 가뭄상태를 모니터링 한 것이며, 2주 간격으로 위성영상을 활용하여 식생에 대한 가뭄상태를 제공하고 있다. NIDIS는 Drought Risk Atlas를 통해서 <그림 5.1-13>과 같이 미국전역의 가뭄위험지도를 제공하고 있다. 가뭄관리 데이터베이스에서는 미국내에서 가뭄에 대한 준비 및 대응 사례에 관련된 정보를 제공한다. <그림 5.1-14>와 같이 NIDIS는 일주일 단위로 현재 상태, 예보, 영향 등에 관한 정보를 제공한다.



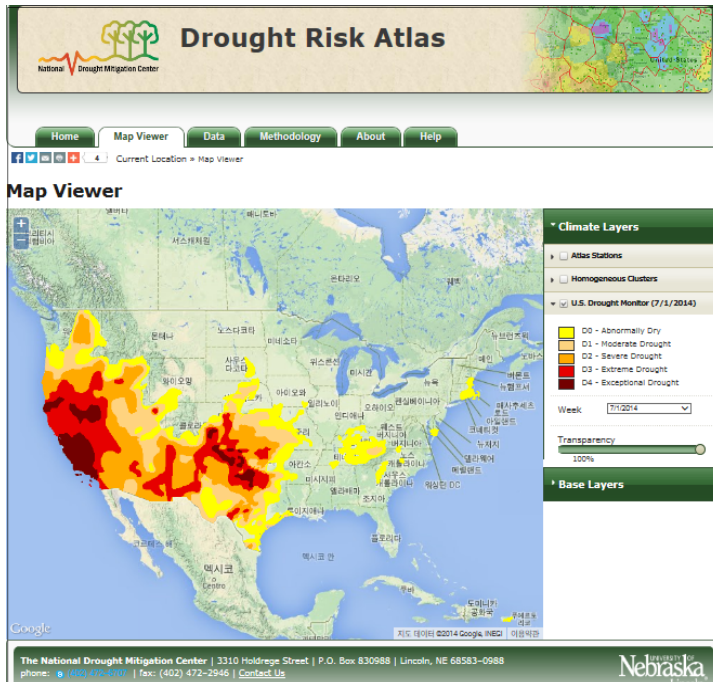
<그림 5.1-10> NDMC 홈페이지



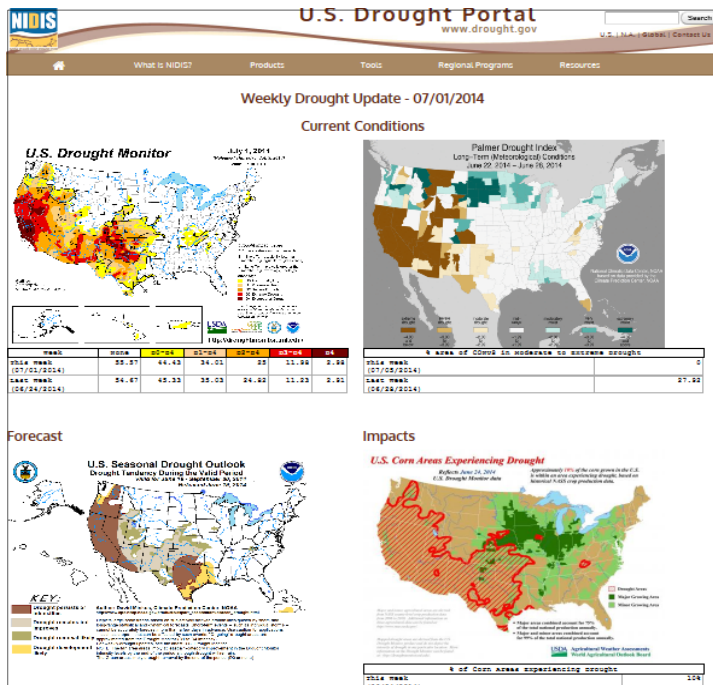
<그림 5.1-11> NIDIS 홈페이지



<그림 5.1-12> VerDRI를 이용한 가뭄모니터링



<그림 5.1-13> 가뭄 위험지도를 제공하는 Drought Risk Atlas



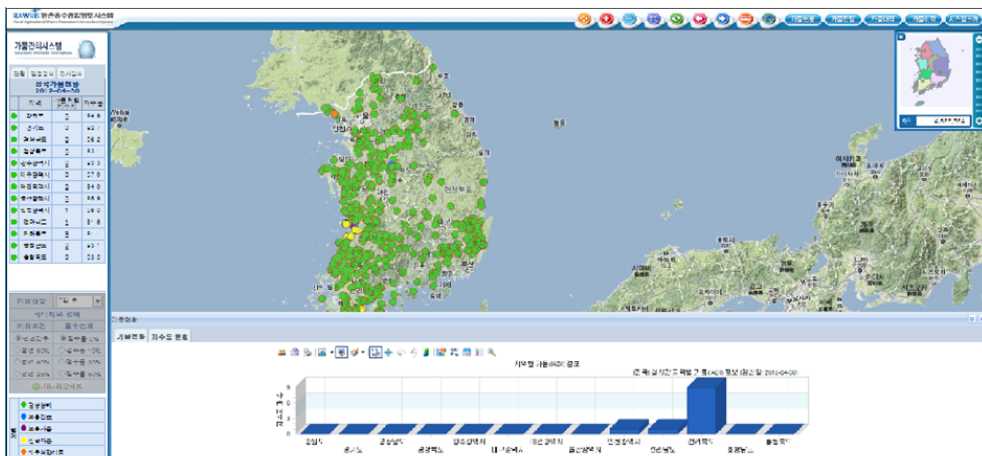
<그림 5.1-14> NIDIS가 제공하는 일주일 가뭄정보

나. 한국농어촌공사 Web 및 GIS 기반 가뭄관리시스템

Web 및 GIS 기반 가뭄관리시스템은 농업가뭄정보의 체계적인 관리와 활용, 조기 가뭄대응을 통한 가뭄피해 최소화, 가뭄대책예산 확보 및 절감을 위한 과학적 의사결정지원, 농민 및 지역주민에 대한 신속한 가뭄예측 정보제공, 예측 가능한 가뭄대응체계 구축으로 농업용수관리 업무에 대한 신뢰향상을 위해서 필요하였다. 한국농어촌공사 Web 및 GIS 기반 가뭄관리시스템은 현재 구축되어 운영 중인 RAWRIS(농촌용수종합정보시스템)와 연동되어 농업가뭄의 조기 진단 및 발생시 농촌용수의 이용과 관리가 효율적으로 이루어지고, 전국적으로 농촌용수 이용에 있어 발생할 수 있는 가뭄에 대하여 대책과 대응 방안 도출이 원활히 이루어 질 수 있도록 하기 위해 개발되었다. 이 시스템은 <그림 5.1-15>와 같이 Web-GIS 기반 가뭄관리시스템, 가뭄대응 의사결정지원시스템, 농업용수 물관리를 위한 가뭄 예경보 기준 및 예경보시스템, 가뭄대응을 위한 웹기반 농촌용수 물관리시스템으로 구성되어 있다. Web-GIS 기반 가뭄관리시스템은 실시간 전국, 본부/지사별, 시도별, 개별 저수지에 대한 가뭄현황 정보 제공, 농업가뭄 관리를 위한 지구단위 가뭄모델의 적용, 웹을 통한 공간정보 및 가뭄정보 제공 등을 수행한다. 가뭄대응 의사결정지원시스템은 농업가뭄관리를 위한 수원공 및 지구단위 가뭄모델 제공, 농업가뭄 실시간 제공을 위한 그래픽 인터페이스 제공, 농업용수 관리에 활용할 수 있는 토양수분지수(SMI), 저수지 가뭄지수(RDI), 통합농업가뭄지수(IADI) 정보 제공 등을 수행한다. 농업용수 물관리를 위한 가뭄 예경보 기준 및 예경보시스템은 시기별 동적의사결정모형에 의한 가뭄대응모델 제공, 시나리오와 기상전망, 실시간 자료를 활용한 가뭄예경보 시스템 제공 등을 수행한다. 가뭄대응을 위한 웹기반 농촌용수 물관리시스템은 수요량과 공급량 기반 가뭄대응 시스템 제공, 지구별, 수원공별 물관리 기반 가뭄대응 프로그램 제공 등을 수행한다. <그림 5.1-16>은 Web 및 GIS 기반 가뭄관리시스템을 실행한 화면을 나타낸다.



<그림 5.1-15> Web 및 GIS 기반 가뭄관리시스템 구성



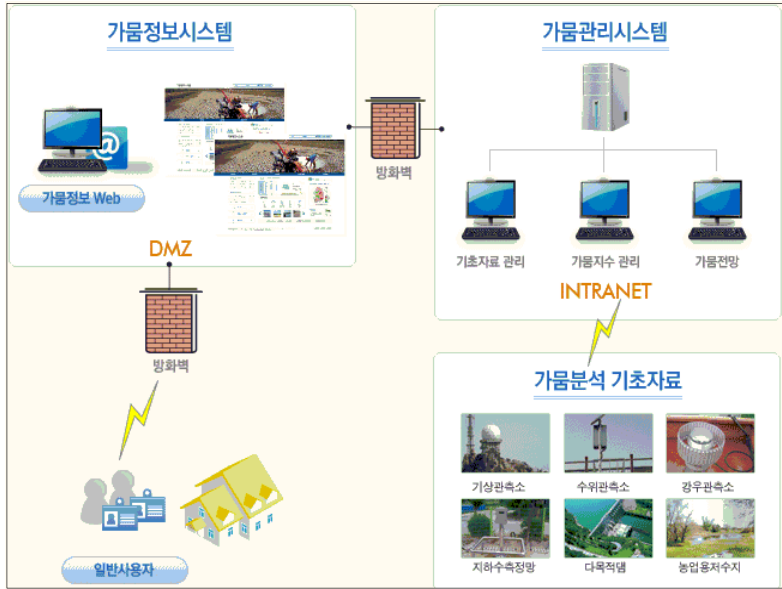
<그림 5.1-16> Web 및 GIS 기반 가뭄관리시스템 실행

다. 한국수자원공사 가뭄정보시스템

가뭄을 대비하고 대응체계를 구축하기 위해서는 가뭄진행상황을 모니터링하고 평가할 필요가 있으며, 가뭄모니터링을 기반으로 향후 가뭄의 진행양상을 전망해야 한다. 특히 가뭄예방과 극복을 위한 대국민적 공감대가 필요하다. 이를 해결하기 위해서 개발된 한국수자원공사 가뭄정보시스템은 <그림 5.1-17>과 같이 생성되는 가뭄지수모니터링 결과와 가뭄전망 및 다양한 가뭄관련 정보를 실시간으로 on-line상에서 대국민에게 제공하기 위해서 개발된 종합적인 가뭄전문 포털 시스템이다. 가뭄정보시스템은 <그림 5.1-18>과 같이 가뭄기초자료 모니터링 시스템, 가뭄관리시스템, 가뭄정보시스템으로 구성되어 있다. 특히 체계적인 가뭄정보 부족을 해결하여 사용자에게 신속하게 가뭄정보를 제공할 수 있으며, 가뭄지수인 WADI, SPI, PDSI, MSWASI, SMI, NDVI 등을 이용하여 가뭄상태를 파악하고 가뭄을 전망하고 있다.



<그림 5.1-17> 한국수자원공사 가뭄정보시스템 메인 화면



<그림 5.1-18> 한국수자원공사 가뭄정보시스템 구성도

5.1.3 홍수예·경보 시스템

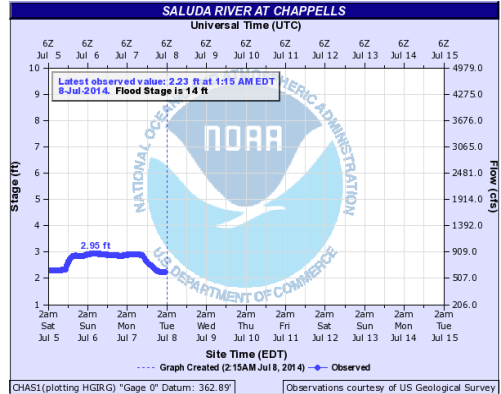
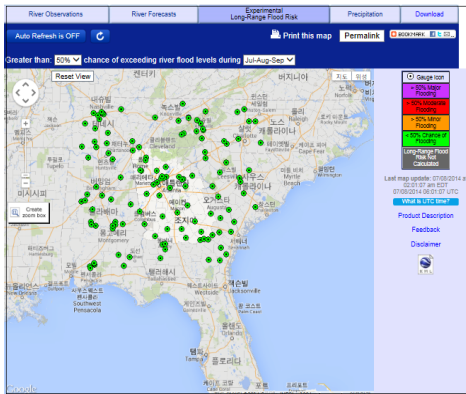
가. 미국의 홍수예경보 시스템

미국 전체의 홍수예경보와 관련된 업무는 국립기상청(NWS)에서 담당하고 있으며 미국 전역을 13개의 대하천 유역으로 구분하여 각각 1개의 하천예보국을 운영하고 있다. 지역단위의 홍수예경보 업무는 각 County에 소속되어 있는 공공사업국에서 담당하여 미육군공병단(USACE) 및 미국립기상청(NWS)과 협조하여 돌발홍수예보 및 주민대피명령 등의 업무를 수행하고 있다. 따라서 지역단위로 별도의 홍수예경보 시스템을 구축하여 운영하는 사례는 그리 많지 않은 실정이며 대부분의 지역단위 홍수예보에 미국립기상청에서 개발된 홍수예보 모형인 NWSRFS(National Weather Service River Forecasting System)모형을 독립적으로 구축하여 운영하는 경우가 많다. 다만 텍사스주와 같이 County보다 작은 규모의 도심지역의 경우에는 대학과 연계되어 자체적인 도시홍수예경보시스템을 구축하는 경우도 있으며, 경우에 따라서는 SWMM모형과 최근에 개발된 분포형 수문모형을 적용하여 홍수예경보 시스템을 구축하는 경우도 있다.

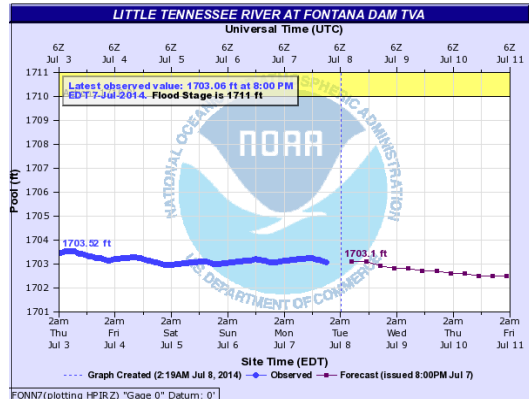
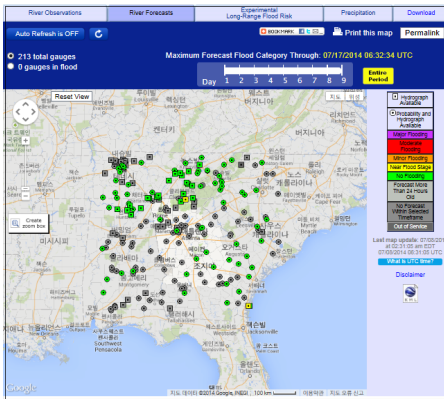
NWS는 지방정부들로부터 지방홍수 예·경보를 위한 지원업무와 관련하여 끊임없는 요구를 받고 있으며 이를 수용하여 미국 전역을 대상으로 하는 홍수예·경보시스템과 병행하여 지역단위의 홍수예보업무 지원을 위하여 LFWS(local flood warning system)를 개발하여 적용하고 있다. LFWS는 미국의 군소 지역단위(county, city, community 등)를 기반으로 하고 있으며 자원봉사자, 강우관측소, 수위관측소, 홍수예측을 위한 수문모형, 수문모형의 운영체제, 이동통신 네트워크와 이를 담당하는 운영자로 구성되어 있다. 미국에서는 지역 및 산악, 그리고 도시 지역의 강한 호우로 인한 돌발홍수의 방어를 위하여 1969년 국립기상청 재해조사팀의 보고를 바탕으로 NWS는 돌발홍수감시 및 경보체제를 최초로 구축하였다. 이러한 돌발홍수시스템은 13개의 하천 예보국(River Forecast Centers, RFC)에 의한 하천수위 예·경보 프로그램이 미치지 못하는 지역 및 유역에 우선 예·경보 업무 제공, 용설로 인한 단기간 홍수문제가 있는 지역에 예·경보 제공, 하천홍수 예·경보 시스템이 있는 곳이라도 강우에 특히 민감한 지역에 예·경보를 제공한다. 유역범위는 대체로 200 km² ~2,500 km²에 이르고 있으며 돌발홍수 프로그램은 상호의존적인 협조체제를 구축하고 있다.

NWS는 최신 선진개념의 웹기반 하천 및 수문예측 시스템인 AHPS(Advanced Hydrologic Prediction Service)를 구축하고 있다. AHPS는 1993년 Des Moines River 홍수피해 이후 개발되어 운영 되고 있으며, 1997년부터 타 지역으로 시스템이 확대 적용되고 있다. AHPS 시스템은 홍수에 대비할 수 있는 선행시간의 추가 확보, 보다 정확한 하천예보 및 홍수 경보, 보다 정확한 정보 제공을 목표로 하고 있다. AHPS는 기존 RFC들과 기상예보사무소(Weather Forecast Office, WFO), 유관기관들과 자료공유 기능을 강화했으며, NEXRAD(Next Generation Weather Radar), GOES(Geostationary Satellite System), ASOS(Automated Surface Observation System), AWIPS(Advanced weather interactive processing system), NWSRFS(NWS River Forecast System) 등을 활용한다. 수위에측 서비스 제공지점을 연차별로 증가시키고 있으며, 2008년 현재 미국 전체 7,300지점 중 3,787지점에 대하여 <그림 5.1-19>와 같이 수위관측자료

를 제공하고 있으며, 4,000여개 수위예측지점 중에서 2,568 지점에 대하여 <그림 5.1-20>과 같이 수위예측 자료를 제공하고 있다.



<그림 5.1-19> AHPS에서 제공하는 하천 수위 관측소 및 하천수위 자료

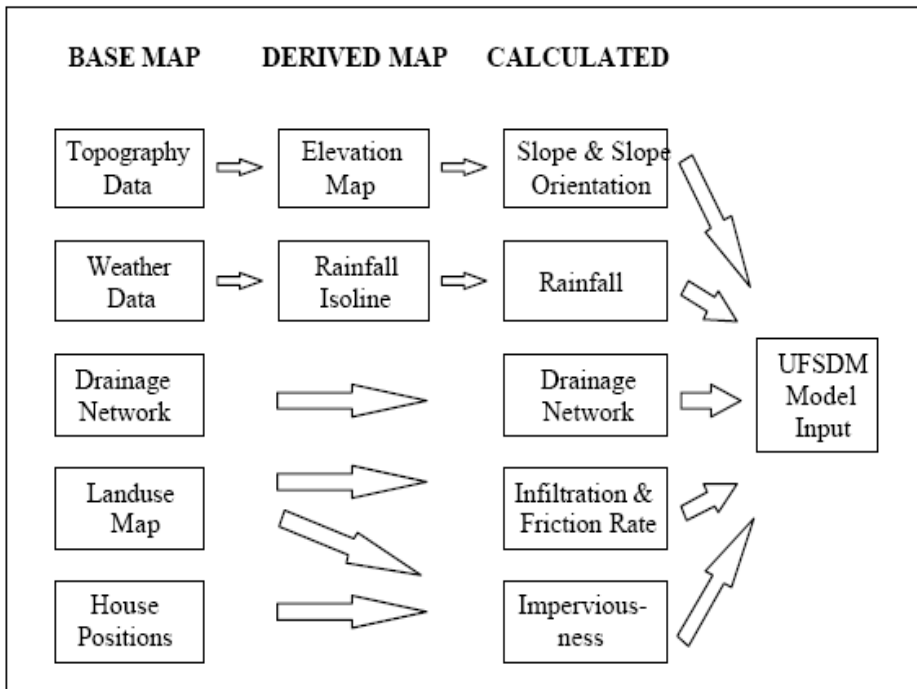


<그림 5.1-20> AHPS에서 제공하는 하천 수위 예측 지점 및 하천수위 예측 자료

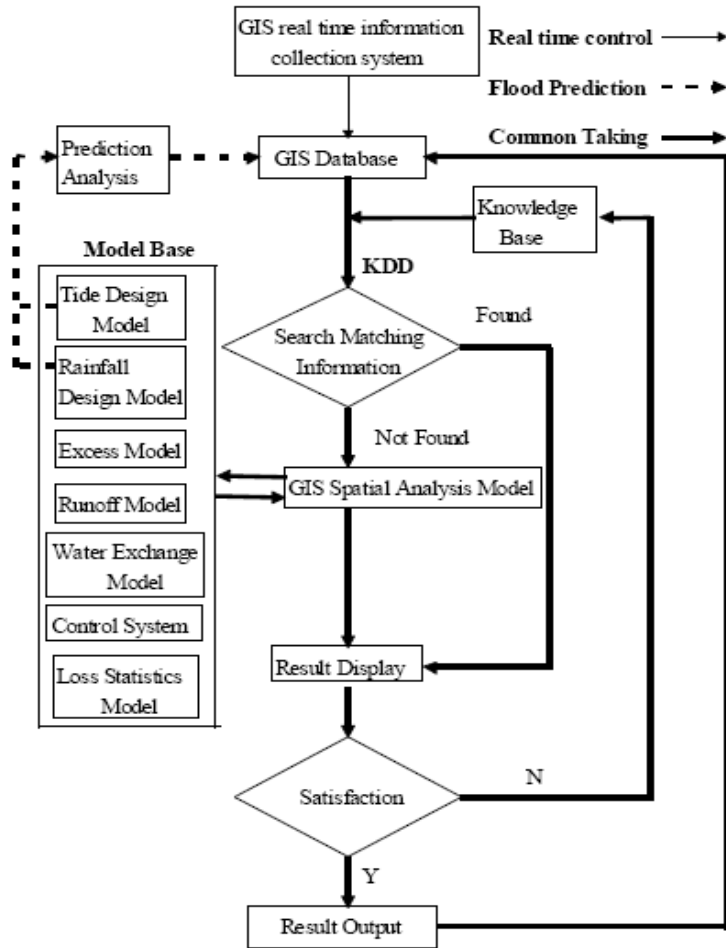
나. 중국 광조우시 도시홍수예경보 시스템

중국 광조우시에 대한 도시홍수예경보 시스템은 칭화대학교가 주관하여 약 3년간의 연구를 통하여 1999년에 실험적으로 적용하게 되었다. 광조우시의 도시홍수예경보 시스템을 구축하기 위하여 개발된 모형은 Urban Flood Dynamic Simulation Model(UFDSM)이며, 전체적으로 강우-유출

해석을 위해서는 <그림 5.1-21>과 같이 GIS 입력자료를 기반으로 하고 있는 분포형 수문모형을 기본으로 개발되었다. 또한 홍수범람 해석이 가능하도록 별도의 모듈을 개발하여 연계운영이 되도록 하였다. 도시지역의 하수시스템(sewer system)에 대한 별도의 해석을 수행할 수 있도록 하수해석 모듈이 강우-유출 모형과 연계되어 운영되도록 구축함으로써 전체적인 도시홍수를 완벽하게 재현할 수 있는 시스템 개발이 이루어졌다고 판단된다. UFDSM모형의 개발시에는 지표면 유출(surface flow)과 지표하 유출(sub surface flow)을 동시에 고려할 수 있는 동역학적 모형(dynamic model)의 개발, 도시하수시스템 모의 모형과 지표면 유출 모의 모형의 연계운영, 내수침수 및 외수침수를 동시에 모의할 수 있는 침수범람해석 모형의 연계운영, 홍수규모별 위험도 평가 기술(risk assesment tool)의 연계운영 등을 고려하였다. 이러한 기능들을 이용하는 공간의사결정시스템의 흐름도는 <그림 5.1-22>와 같다.



<그림 5.1-21> USFDM 모형의 입력자료

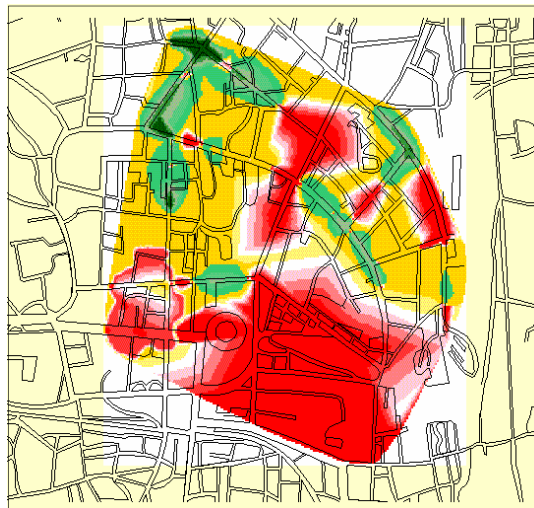


<그림 5.1-22> 공간의사결정시스템(SDSS)의 흐름도

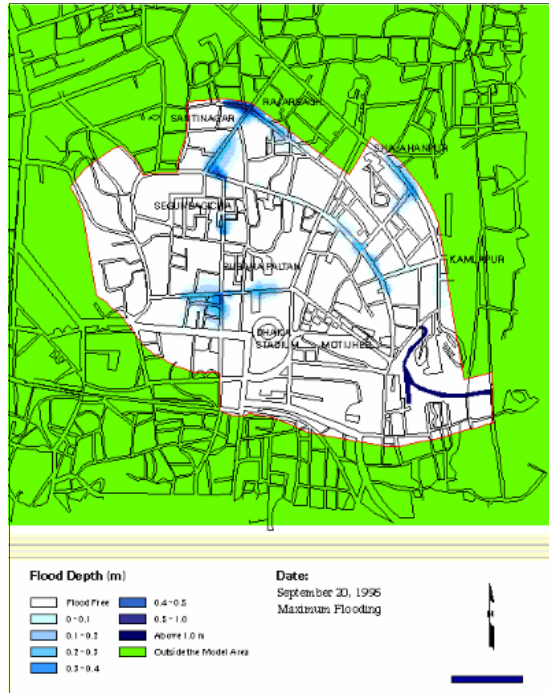
다. 방글라데시 Dhaka시 홍수예경보 시스템

방글라데시의 Dhaka시는 매년 홍수피해를 겪으므로 인해 시 자체적으로 도시형 홍수예경보시스템을 구축하는 사업을 2000년 이후부터 수행하였으며 DHI(Danish Hydraulic Institute) 및 일본의 국제협력기구인 JICA(Japan International Cooperation Agency) 등과 공동 협조체제를 구축하여 도시홍수예경보 시스템을 개발하였다. 방글라데시 Dhaka시의 도시홍수 예경보 시스템은 <그림 5.1-23>과 <그림 5.1-24>와 같이 빈번하게

발생하는 도시홍수에 의한 범람구역을 예측하는 침수예측 시스템을 중심으로 개발되었다. 따라서 Dhaka시 전체의 우수배수 시스템을 모의하기 위한 하수관망 해석 프로그램 개발에 중점을 맞추어서 시스템 개발이 이루어 졌다. 이를 위해서 적용된 모형으로는 DHI에서 개발되어 상용화 되어 있는 MOUSE 모형과 MIKE11 GIS 모형을 연계하여 적용하였다. Dhaka시의 도시홍수 예정보 시스템에 적용된 MOUSE 모형은 DHI에서 최근에 도시홍수해석을 위해서 개발된 모형으로서 ESRI의 Arc View와 연계되어 운영되도록 하였으며 지표면 유출해석, 개수로 흐름 해석, 관수로 흐름 해석(도시우수 및 하수관망 해석), 수질 및 유사 해석 등이 가능하다. 이러한 기능을 통합하여 도심지역에서의 홍수해석을 위해서 수문, 수리, 수질 및 유사해석의 기능을 수행하기 위한 통합 모듈로 개발되었다. MOUSE가 복합적인 도시홍수 해석을 위하여 포함하고 있는 세부모듈의 구조는 아래와 같다. 특히 Dhaka시의 홍수예측 및 범람모의 시스템은 하수관망해석과 지표면 유출을 연계하여 해석하기 위해서 MOUSE와 함께 MIKE11 GIS를 연계하여 운영되도록 전체 시스템이 개발되었으며 MIKE11 및 최근에 DHI에서 개발된 MIKE21도 동시에 연계운영이 가능하게 되었다.



<그림 5.1-23> Dhaka시의 모형적용 지역의 DEM

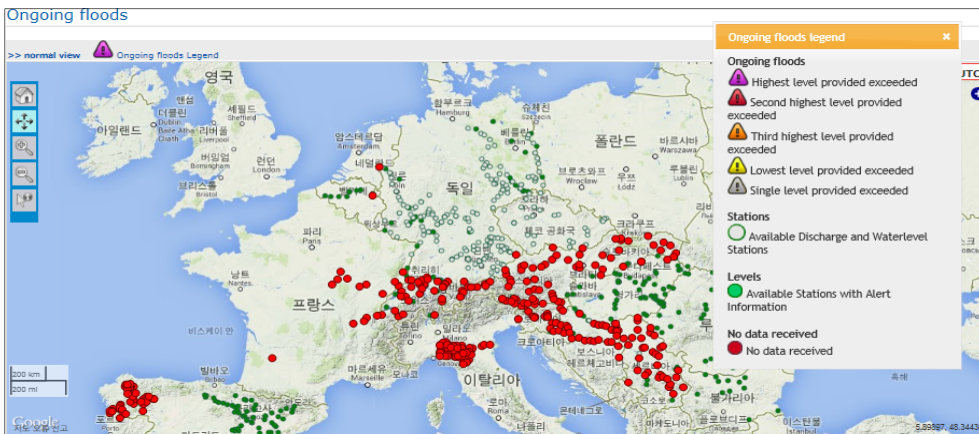


<그림 5.1-24> Dhaka시의 모형적용 지역의 침수지도

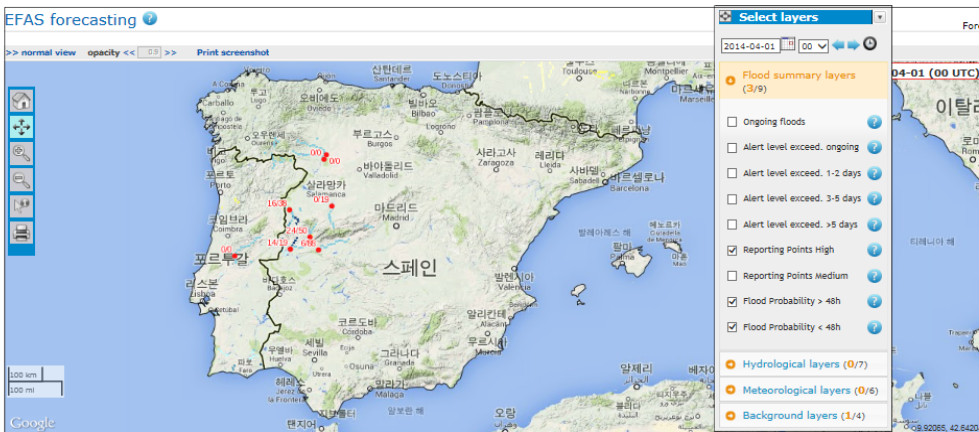
라. 유럽위원회의 홍수 포탈 (Floods Portal)

유럽 홍수 포탈은 유럽위원회의 공동연구센터(Joint Research Centre, JRC)내에서 진행 중인 연구결과와 유럽 국가들로부터 수집된 정보들로 부토 유럽의 하천들의 홍수와 홍수위험에 관련된 정보를 종합하여 제공한다. 유럽수문서비스(European Hydrological Services)와 국제유출정보센터(Global Runoff Data Centre, GRDC)의 협업에 기초하여 유럽의 진행 중인 홍수에 관한 정보를 <그림 5.1-25>와 같이 제공한다. 특히 실시간 하천 자료에 근거하여 하천수위가 한계값을 초과하는 하천지점들에 대한 정보를 제공한다. 홍수 포탈에서는 <그림 5.1-26>과 같이 홍수예보를 실시한다. 홍수예보는 European Floods Awareness System (EFAS)을 통해서 이뤄지며, 이 시스템은 국가 및 지역시스템에 우대될 수 있는 홍수조기경보시스템이다. EFAS는 3일 이나 그 이상의 기간 내에 발생이 가능한 홍수에 관한 정보를 국가 기관들이나 유럽위원회에 제공한다. 홍수 경보는 회원국

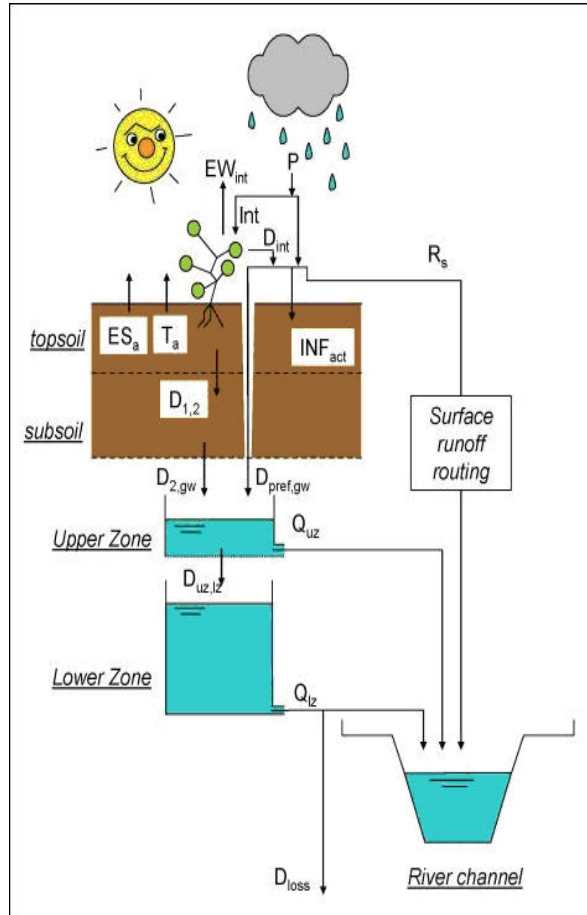
들의 책임이기 때문에 보관된 홍수경보자료만 공공적으로 획득이 가능하다. 실시간 정보는 국가별 파트너 기관들에게만 제공된다. EFAS는 분포형 강우-유출모형인 LISTFLOOD 모형을 사용하고 있으며, 모형의 구조는 <그림 5.1-27>과 같다. LISTFLOOD 모형은 강우-유출-홍수모형의 형태를 취하고 있으며, 토지이용도 변화를 반영할 수 있도록 개발되었다. 홍수 모의는 1시간 간격으로, 1~2달의 홍수기간 동안 홍수상황을 모의할 수 있다. 전체 유럽에 대하여 1 km 그리드로 구성되었으며, 단일 및 통합하천 유역에 대한 모의가 가능하다.



<그림 5.1-25> 홍수 포털에서 제공하는 진행중인 홍수에 관한 정보



<그림 5.1-26> EFAS를 통해서 제공되는 홍수예보



<그림 5.1-27> EFAS에서 사용하는 LISTFLOOD 모형의 구조

마. 국립재난안전연구원 스마트 재난상황실 (Smart Big Board)

국립재난안전연구원에서는 국민과 소통하고 민관협력에 기반한 각종 재난정보의 연계·분석을 통해 정보중심의 신속한 재난상황관리체계를 구축하기 위하여 재난 및 안전사고 시 현장중심의 SNS, 기상, 위성, 재난지도 등 모든 정보네트워크를 활용하여 위험상황을 분석하고 그 결과를 국민에게 서비스 할 수 있는 최첨단 상황실을 구축하여 운영하고 있다. 스마트 재난상황실은 <그림 5.1-28>과 같이 다양한 기관 및 정보를 취합 및 분석

하여 실시간으로 재난정보를 제공하고 있다. 특히 강우, 바람 등에 대한 단순한 수치로써 정보를 제공하는 것이 아니라 재난관리 및 의사결정에 실제 활용 가능한 위험수준에 대한 기준을 제시하여 보다 현실적인 상황 인식이 가능하다. 또한 실시간 기상정보에 침수예상도, 급경사지 위험지도, 조석 위험정보를 함께 표출하여 단순한 모니터링을 넘어 향후 상황추이 예측 및 적절한 대응이 가능하다. 일방향적인 기존의 재난관리방법이 아닌 양방향 소통이 가능한 사용자 맞춤형 재난관리 체계구축의 기반을 마련하고자 하고 있다. 스마트 재난상황실 연계정보로는 SK플래닛 기상정보, SNS, 현장조사, 침수예상도 등이 있다. SK플래닛 기상정보는 서울지역 약 270여개의 SK 통신기지국에 설치된 기상정보이며, 이를 활용하여 국지·돌발 홍수상황에 대한 국립재난안전연구원의 기상정보에 대한 실시간 분석을 통한 대처 능력 제고가 가능하다. SNS는 위치정보가 있는 최근 1,500개의 트위터 데이터 수집 및 재난관련 17개 키워드별 누적 발생량을 제공한다. 이를 통해서 국립재난안전연구원에 의한 재난 이슈 및 트렌드를 실시간으로 파악이 가능하다. 현장조사는 국립재난안전연구원의 자연재난 전문가들에 의한 재난현장 조사이며, 재난현장정보의 신속한 수집 및 전문 평가 수행 결과의 표출이 가능하다. 침수예상도는 과거 광화문과 강남역 주변의 침수예상도를 제공하는 것이다.



<그림 5.1-28> 스마트 재난상황실 경보화면

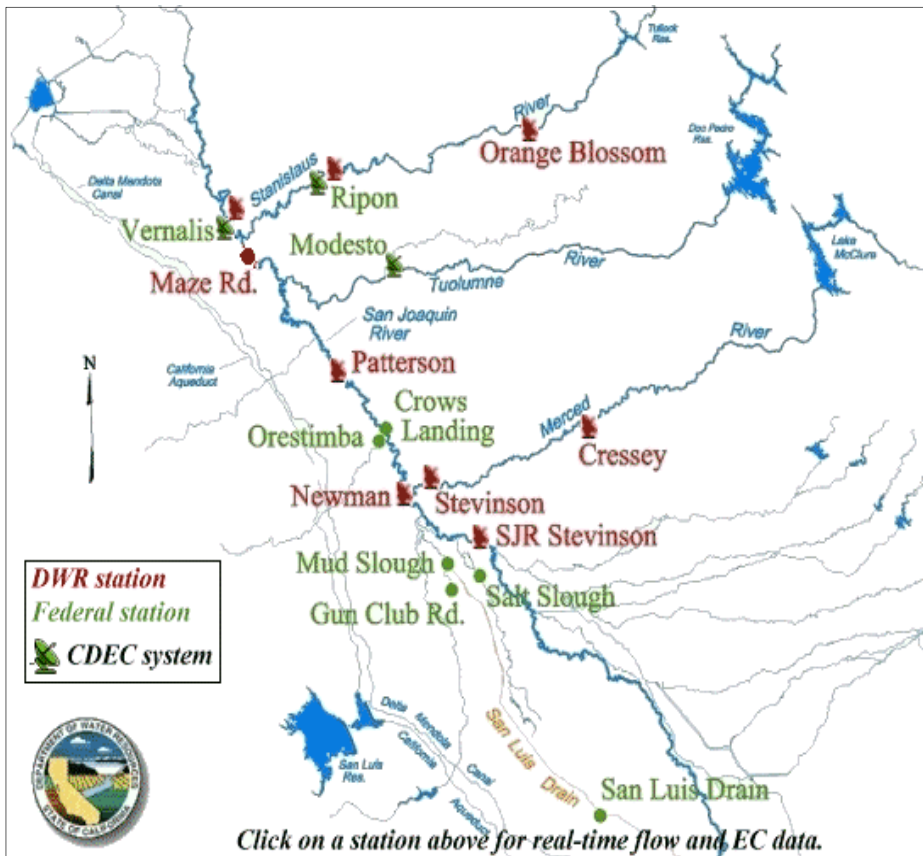
5.1.3 수질 예보 시스템

가. 캘리포니아 샌 호아퀸강(San Joaquin River)의 실시간 수질 관리 프로그램

샌 호아퀸강은 시에라 네바다 사막에서 발원하며, 세크라멘토강에 유입된다. 본류 구간의 연장은 300마일 정도이며, 상류부에는 프라이언 댐이 건설되어 운영되고 있다. 샌 호아퀸강의 염분 농도는 관개기간동안 기준치보다 높기 때문에 캘리포니아 수자원관리 위원회에서는 강 하류 지역을 수질관리가 필요한 지역으로 지정하고 있다. 상류의 프라이언 댐 건설로 인해 유량변화가 발생하여 치누크 연어를 포함한 어류들의 활동이 사라졌다. 특히 강의 수온이 연어 산란기간의 적정온도 보다 높은 경우가 발생하였다. 또한 샌 호아퀸강의 수량 및 수질 자료들은 여러 기관에서 상이한 빈도로 수집되어왔다. 따라서 단일 기관에 의해 장기간 수집된 유량 및 수질 데이터가 없었으며, 이로 인해 체계적인 관리가 어려웠다.

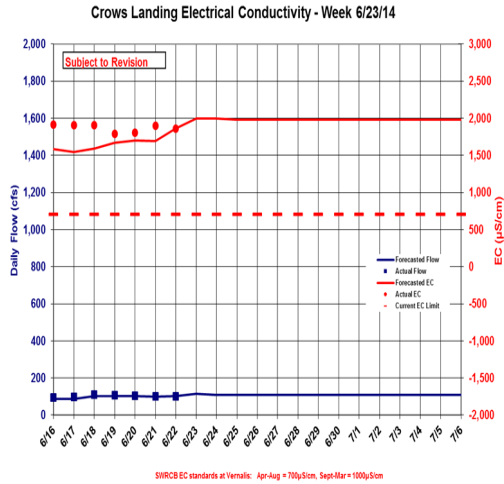
이와 같은 문제를 효과적으로 해결하기 위하여 샌 호아퀸강 실시간 수질관리 프로그램을 시행하고 있다. 이 프로그램에서는 <그림 5.1-29>와 같이 실시간 유량 및 수질 데이터 수집, <그림 5.1-30>과 같이 샌 호아퀸강의 단기 수질 모델링 및 예보, 샌 호아퀸강의 염분농도 목표치 달성을 위한 수질관리 의사결정, 관련 데이터의 배포를 통한 관련 기관들과의 정보공유를 시행한다. 이와 같은 활동을 통하여 달성하고자 하는 구체적인 목표로는 습지 및 농경지의 배출량과 배출시간을 조절하여 샌 호아퀸강 하류의 염분 농도 목표치를 달성하는 회수를 증가시켜 목표치 달성을 위한 뉴멜론 저수지의 방류량 및 방류빈도를 줄이는 것이다. 이와 같은 활동을 통해서 절약된 용수는 회귀성 어류의 활동을 위해 사용이 가능하다. 특히 프라이언댐 하류의 샌 호아퀸강에서 치누크 연어의 번식을 도모할 수 있다. 프라이언댐과 메르세드강 사이의 홍수터에 수변구역을 조성하고 생태계를 유지하며, 이를 위한 지형학적, 수문학적 조건의 형성하도록 한다. 특히 샌 호아퀸강의 수온관리를 통하여 강의 수온을 어류 서식에 적합한 온도로 맞출 수 있으며, 이를 위하여 댐으로부터 저수온수를 방류한다.

실시간 수질예보는 주단위로 이뤄지며, 이를 위하여 21일간의 수질 모델링을 실시한다. 측정된 항목들은 실시간으로 측정되어 전송되며, 1주일간의 자료를 이용하여 모형을 보정하고 향후 2주간의 전기전도도와 유량이 예보된다. 이를 통하여 강 하류의 염도한계치에 대한 달성정도를 평가한다. 수질관리 프로그램에 의해 수집된 자료와 예보결과는 인터넷을 통하여 유역 수자원관리자들에 제공되며, 이를 통하여 염분농도의 목표 달성을 위한 이해관계자들의 갈등을 줄이고 있다. 특히 모니터링 및 모델링을 통한 실시간 유량 및 수질관리를 통해서 샌 호아퀸강의 수질이 개선되었다.



<그림 5.1-29> 샌 호아퀸강 실시간 수질 관리 프로그램의 관측소 위치

CROWS LANDING MODEL RESULTS - Week 6/23/14							
Date	FLOWS			CONCENTRATIONS			ASSIMILATIVE CAPACITY
	Q (cfs) model	Q (cfs) actual	Percent Difference (mod-act)	EC (µS/cm) model	EC (µS/cm) actual	Percent Difference (mod-act)	
6/16/2014	86	95	-9.5%	1,584	1,916	-17.3%	-67
6/17/2014	88	97	-9.3%	1,548	1,905	-18.7%	-57
6/18/2014	102	111	-8.1%	1,590	1,910	-16.8%	-68
6/19/2014	102	107	-4.7%	1,672	1,794	-6.8%	-110
6/20/2014	103	105	-1.9%	1,699	1,805	-5.9%	-130
6/21/2014	100	101	-1.0%	1,695	1,901	-10.8%	-124
6/22/2014	102	101	1.0%	1,681	1,851	0.0%	-168
6/23/2014	114			1,994			-261
6/24/2014	110			1,955			-254
6/25/2014	110			1,965			-250
6/26/2014	110			1,900			-248
6/27/2014	110			1,900			-248
6/28/2014	110			1,900			-248
6/29/2014	110			1,900			-248
6/30/2014	110			1,900			-248
7/1/2014	110			1,900			-248
7/2/2014	110			1,900			-248
7/3/2014	110			1,900			-248
7/4/2014	110			1,900			-248
7/5/2014	110			1,900			-248
7/6/2014	110			1,900			-248



<그림 5.1-30> 실시간 수질 예측 결과

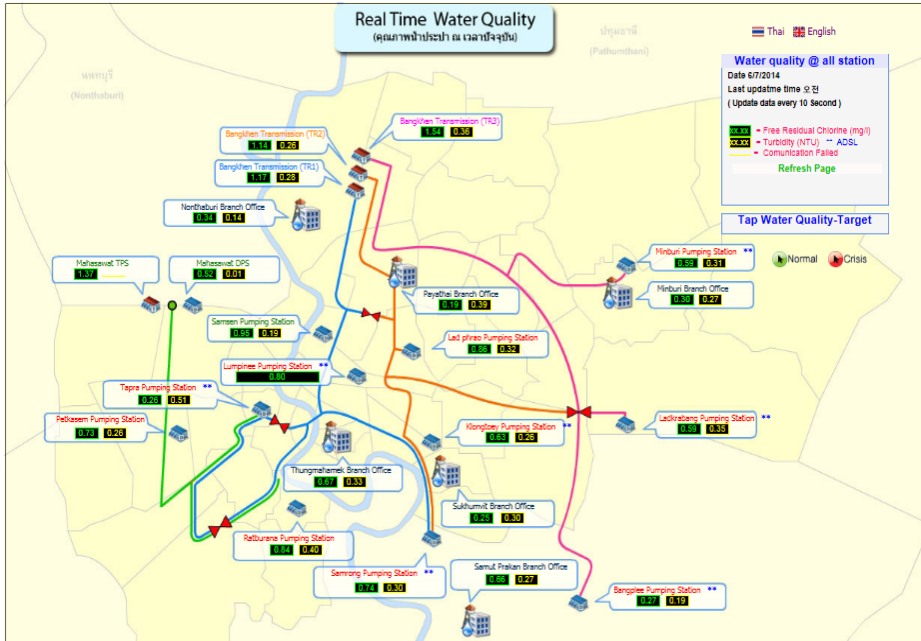
나. 태국 방콕 도시하천 수질예보 시스템

태국 방콕에서는 도시하천의 홍수관리를 위한 예·경보시스템을 MIKE II모형을 기반으로 구축하여 운영해왔으며, 홍수예·경보시스템은 도시하천의 홍수를 정확하게 예측하여 관련 정보를 의사결정자 및 관계자들에게 제공해왔다. 이와 같은 기존 시스템을 차오 프라야강, 친강, 방파콩강 및 운하들로 구성된 방콕 지역의 수질을 개선하기 위하여 수질예보시스템으로 개선하였으며, 수질감시시스템과 의사결정지원시스템으로 구성하였다. 대상지역의 수자원 네트워크를 형성하고 있는 수로들은 홍수에 대비한 배수로 역할, 하수를 바다로 흘려보내는 통로, 관개용수 공급 등의 역할을 수행하고 있다.

대상하천들의 수질관리를 위해서 실시간 수질 모델링 시스템을 운영 중이며, 이 시스템은 최신 센서와 데이터베이스 기술을 기반으로 하고 있다. 특히 <그림 5.1-31>과 같은 실시간 자료를 방콕시 행정부에 제공하여 주요 오염원 규명, 수질예보, 수리시설물 운영 등의 문제 해결하고 있다. 시스템은 네덜란드 DHI사의 MIKE FLOOD WATCH 컨셉에 기반하여 개발

되었다. 수질측정지점은 총 12개이며, 차오 프라야 강에 6개가 설치되어 있으며, 파등 크롱 캐섬, 샌 셉, 파지차룽 등에 각각 2개씩 설치되어 있다. 측정자료는 수온, 수위, 전기전도도, 용존 산소량, pH, 탁도 등이며, 측정된 자료들은 데이터베이스 시스템인 ENSIS를 통해서 관리되며, 데이터를 온라인으로 검색이 가능하다.

시스템은 매 3시간 마다 방콕시 하천의 수질상태와 관련된 정보를 담당자에게 제공한다. 시스템은 측정 지점의 최신 강우, 수위, 배출량과 관련된 데이터를 수집 및 관리하며, 관련 정보를 활용하여 방콕시의 운하 및 차오 프라야 강의 강우, 유출량, 오염 농도 등을 모의하고 방콕시 담당자에게 표와 지도를 통하여 관련 자료를 제공한다. 이와 같은 시스템은 하천의 오염 발생지점을 관리자에게 알려주며, 수질예보를 통하여 운하 및 하천의 유량과 염분을 적절하게 통제할 수 있도록 하고 있다. 또한 관련 정보와 모델링 결과를 웹을 통하여 신속하게 전파할 수 있어 수질사고에 적극적으로 대처할 수 있다.



<그림 5.1-31> 방콕시의 실시간 수질 모니터링 시스템

다. 라인강 수질 경보시스템

라인강 수질은 2차 대전 이후 다양한 목적으로 이해관계자들이 라인강을 활용하면서 심각하게 저하되었다. 특히 산업발달, 인구 증가 등으로 인해 산업폐수와 생활하수가 유입됨에 따라 연어가 사라지고 수질이 악화되었다. 이에 따라 1964년 ‘국제 라인강 수질오염방지 위원회’가 구성되었고 관련 국가들의 공동 노력이 본격화되었다. 1976년에는 ‘라인강 화학 오염방지 조약’, ‘라인강 염화물오염 방지조약’ 등이 체결되었으며, 이후 라인강의 수질 오염 방지를 위한 경보시스템이 구축되어 체계를 갖추게 되었다. 경보시스템에서는 유량, 용존산소량, pH, 전기전도도, 유기물, 염소, 영양염류, 중금속, 방사성물질 등을 측정하며, 독극물 및 중금속 유입을 확인할 수 있도록 생물경보시스템이 도입되었다. 그러나 1986년 스위스 산도스에 위치한 화학공장의 화재사고로 유출된 농화학물질로 인해 라인강의 수생태계가 크게 훼손되었다. 이를 해결하기 위하여 1987년 국제 라인강 보호 위원회(International Commission for the Protection of the Rhine against Pollution, ICPR)를 결성하여 라인강 복원계획을 수립하고 라인강 수질개선을 위한 활동을 추진하였다. 이를 통하여 2000년까지 목표수질을 달성하였으며, 라인강과 인접한 지역의 하수처리율이 95%까지 향상되었으며, 수질경보체계가 한층 강화되었다.

라인강 수질경보시스템은 1990년 ICPR과 CHR(Commission for Hydrology of the Rhine watershed)이 공동개최한 회의에서 구체화되었다. 초기 시스템은 <그림 5.1-32>와 같은 수질 모니터링 지점에서 수온, 탁도, 산소, 암모늄, 전기전도도 등을 측정하고 8개의 경보사무소에서 배출된 오염원 종류 및 양을 감시하였다. 이후 수질 경보망이 업그레이드 되었으며, 수질 모델링이 체계를 갖추었다. 라인강에 수질오염 사고가 발생하면 <그림 5.1-33>과 같은 국제경보센터(International Main Alert Center, IHWZ)에서 경보 발령하며, ICPR의 경보센터에서 하류에 경보를 한다. 수질예측 모델은 오염원, 확산가능성, 배출량, 수량 등을 예측하고, 오염물질의 진행상태를 정확하게 예측하며 예측결과를 바탕으로 수질오염을 막기

위한 조치를 취한다. 라인강 유역 국제 물관리 협회(International Association of Waterworks in the Rhine catchment area, IAWR)에서는 라인강 수질관리를 위한 감시활동하고 있다. 라인강 수질관리는 ICPR의 수질경보시스템과 IAWR의 상수도관리시스템에 의해서 수행되고 있다(국립환경과학원, 2011).



<그림 5.1-32> ICPR 모니터링 관측소



<그림 5.1-33> 라인강의 국제경보센터(IHWZ)

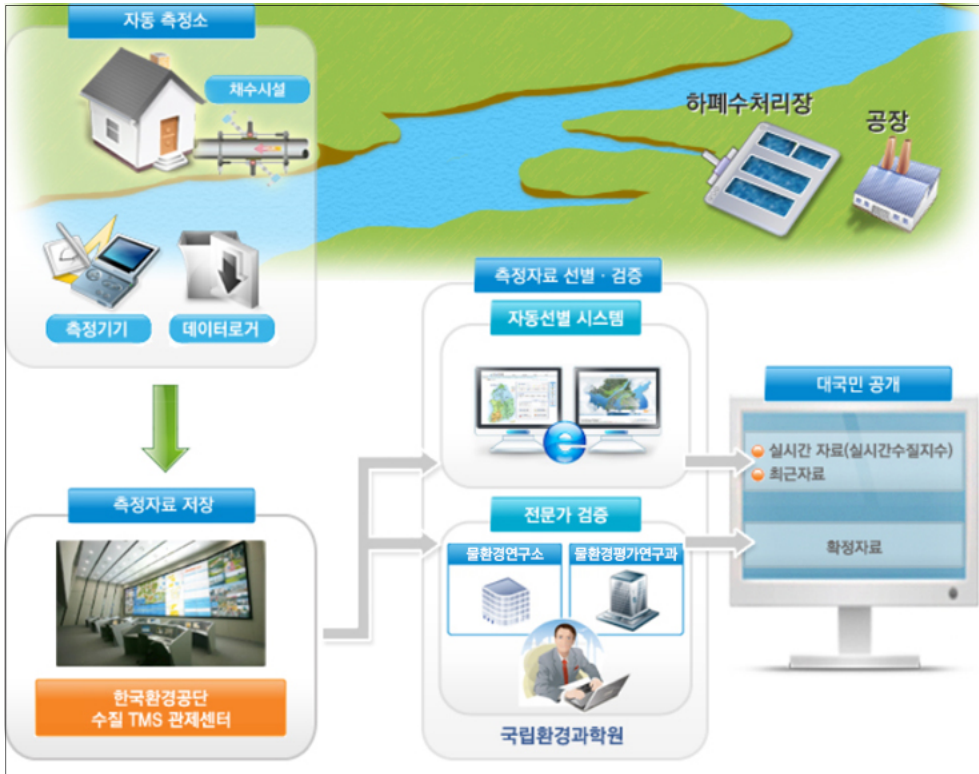
라. 국립환경과학원 실시간 수질 정보 시스템/수질 예경보 시스템

국립환경과학원 실시간 수질 정보 시스템은 <그림 5.1-34>와 같이 전국 주요 상수원 및 오염사고 취약지역에 대한 상시 감시, 수질오염사고 조기경보체계 구축, 수질자동측정망 운영을 목적으로 개발되어 운영되고 있다. 시스템의 운영을 위해서 환경부, 국립환경과학원, 4대강 물환경연구소, 한국환경공단, 유역(지방)환경청 등이 참여하고 있다. 환경부는 수질자동측정망의 설치 및 운영 계획을 수립하며, 운영기관을 지도 및 감독한다. 전송항목으로는 일반항목(수온, pH, DO, EC), TN, TP, NH₃-N, NO₃-N, PO₄-P, 생물감시항목(물고기, 물벼룩, 미생물, 조류), 페놀, VOCs(9종 10개 항목), 중금속(Cu, Pb, Zn, Cd) 등과 같이 총 28개 항목이다. 측정소에서 5분마다 측정된 자료가 데이터베이스로 실시간으로 전송된다. <그림

5.1-35>와 같이 측정소에서 측정된 자료는 통신망과 전송시스템을 통하여 실시간으로 한국환경공단 수질 TMS 관제센터에서 수집하며 수집된 데이터를 국립환경과학원 실시간 수질정보시스템으로 전송되며, 웹 및 모바일 서비스를 통하여 대국민 서비스를 실시한다. 측정소는 한강 22(호소 1, 하천 21), 낙동강 24(하천 24), 금강 13(호소 3, 하천 10), 영산강 10(호소 4, 하천 6)으로 총 69개소이다.



<그림 5.1-34> 국립환경과학원 실시간 수질 정보 시스템



<그림 5.1-35> 실시간 수질 정보 시스템 구성도

국립환경과학원에서는 2011년 8월부터 실시간 수질예보를 통해 수질악화를 사전예방하고 수질오염사고 시 실시간 수질오염사고 대응시스템의 운영을 통해 즉각적인 최적 대응 방안을 제시하고 있다. 특히 4대강의 수질변화를 미리 예측하는 수질예보시스템 운영으로 신속하고 정확한 최적의 물관리를 수행한다. 3차원 수질모델(EFDC)의 격자망을 이용하여 하천 지형을 실제와 같이 재현하고, 수질·유량·기상자료를 종합해 수질변화를 시뮬레이션하며, 수질예보결과를 관련 기관과 국민들에게 제공한다. 또한 실시간 수질오염사고 대응시스템을 운영하여 수질오염사고 발생 시, 즉각 3차원 독성모델을 가동하여 도달시간과 확산범위를 예측하고, 시나리오 분석을 통해 최적방제방법을 선정하여 유관기관에 통보한다.

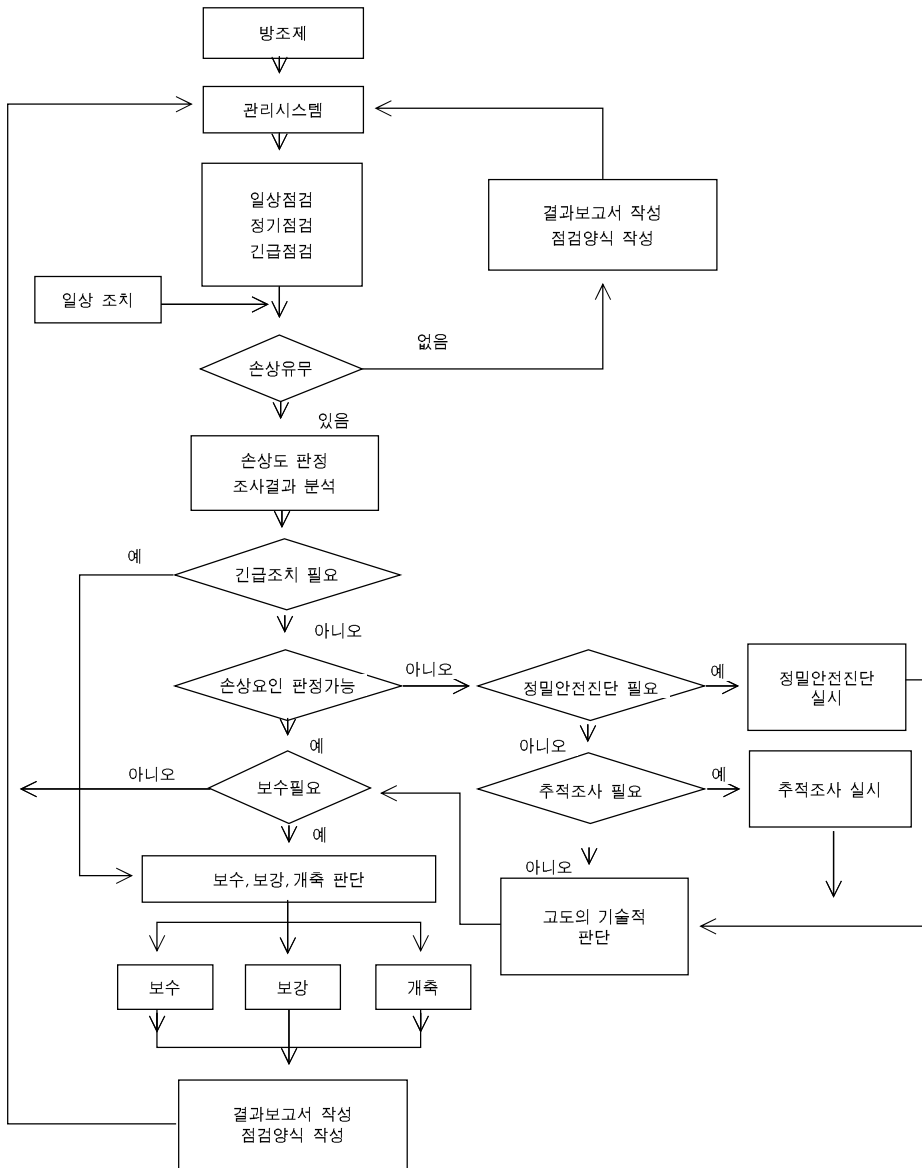
5.2 기 수행된 연구내용 중 최종성과물(운영 규정, 시스템 등)의 종류와 장단점 분석

5.2.1 농업기반시설 관리지침

관리지침의 목적은 농업기반시설인 방조제를 효율적으로 관리하기 위하여 점검, 정비를 통하여 손상된 부분을 원상 복구하고 시설의 기능을 보전하여 시설 이용자의 편의와 안전도를 높이며, 안전관리, 홍수관리, 관리조직, 관리기술 등 필요한 실무요령과 관련 이론자료를 통하여 시설물을 효율적이고 과학적인 관리를 하기 위함이다.

또한 지침에서는 방조제의 유지관리를 시행함에 있어서 관리방법, 점검, 진단, 일상적인 유지보수 등을 체계적이고 일괄적으로 운영하게 하기 위하여 일반적이고 기본적인 사항을 규정한 것이며, 기타 특수한 사항이나 별도의 기술이 필요한 경우는 적절한 보완을 통하여 이 지침서를 적용한다.

방조제의 유지관리 업무는 시설의 이상이나 결함을 조기에 정확히 파악하여 적절한 대책을 수립하는 것으로 결함의 예측, 점검, 평가 및 판정, 대책수립, 기록 등을 합리적으로 조합시켜 순서에 따라 대처하여야 한다. 또한 담수호는 유수의 저류기능, 조절기능이 잘 발휘할 수 있도록 물 수지예측 등 담수호의 수위관리를 합리적으로 운영하여야 한다.



<그림 5.2-1> 방조제 유지관리 업무

방조제관리자는 홍수가 발생 또는 발생할 우려가 있는 경우에 담수호의 내·외수위 등 관측결과와 배수갑문 조작상황 등 필요한 사항을 관련기관에 통보하여야 하며, 배수갑문 조작으로 인한 인근에 조업 중인 선박 기타 주민에게 피해가 발생할 우려가 있으므로 사이렌, 경종, 경광 및 확

성기 등으로 배수갑문을 개문하여 방류함을 지역주민에게 알려야 한다.

이상의 지침만으로는 3개의 담수호로 유입되는 유입량에 따른 수문조작과 담수호간의 연계 방안이 제시되어 있지 않아 효율적인 제수문관리가 어려운 실정이다.

5.2.2 영산강 하구둑 구조개선사업 최적방안 수립 연구(2008.12)

최근 이상기후 및 기상변화로 집중호우 시 배수갑문의 홍수배제능력 부족 및 노후화로 인한 침수우려가 있어 ‘영산강유역 종합치수계획(건설교통부, 2005)’에 배수갑문 확장계획 등 수리·수문 분석을 통한 종합적인 검토를 하였다. <표 5.2-1>는 영산강의 홍수방어 대안의 목록이다.

<표 5.2-1> 영산강유역의 홍수방어 대안

방어대안		개요	내용	비고
중 · 상류	농업용저수지 치수능력증대	홍수조절용량 확보 및 홍수조절기능부여	<ul style="list-style-type: none"> •댐중고 : 장성, 나주, 광주, 합동댐 •수문설치 : 광주, 합동 2개소 •제한수위조정 및 운영률 변경 : <li style="padding-left: 20px;">장성, 나주댐 2개소 	구조적 방법
	신규댐	신규댐에 의한 홍수조절	•오례댐, 광주2댐 2개소	비구조적 방법
	홍수조절지	홍수지체에 의한 홍수조절	•홍수조절지 4개소	
	천변조절지	하천변 저지대 농경지 저류지화	•천변저류지 18개소	
하 류	영산강하구둑 배수갑문확장	영산호 내수위저하 침수/관수시간단축	•영산강 하구둑 배수갑문 확장	
	영암호 저류 공간 활용	영암호 저류용량 활용 영산호 내수위 저하	<ul style="list-style-type: none"> •영암호 배수갑문 확장 •연락수로 확폭 및 제수문 신·증설 	
	하천개수	제방축보	•외수범람 방지를 위한 제방축보	
배수펌프장		저지대 내수배제 개선	<ul style="list-style-type: none"> •배수펌프장 신설 3개소 •배수펌프장 증설 7개소 	

수자원의 효율적인 관리를 위해서는 홍수량 자료뿐만 아니라 저·평수량의 유량자료도 매우 중요하다. 하지만 기 수립된 사업에서는 홍수방어 대안만 서술할 뿐 저·평수량에 대한 내용이 미비하다.

5.3 최종성과물 중 활용 가능한 성과물(예; 국토교통부 하천유량관리시스템)과의 연계방안 제시

5.3.1 개요

가. 개발 배경 및 목적

과업지역 내 영산호, 영암호 및 금호호의 수자원의 통합적 관리 차원에서 기존 한국수자원공사와 홍수통제소 및 한국농어촌공사 물관리 시스템의 운영상황 및 시스템 현황을 분석하고, 4대강 살리기 사업 추진에 의한 물관리 환경 변화(승촌보, 죽산보)와 각종 신규 수공시설물(배수갑문 확장, 연락수로 확장, 제수문 확장 및 신설)계획에 따른 시설물 운영과 물순환 과정을 새롭게 정립하고 이를 반영하여 최종적으로 영산호, 영암호와 연락수로로 연결되어 있는 금호호의 활용도를 극대화하여 저수지내 유량을 최적으로 관리할 수 있는 시스템 개발을 목적으로 한다.

영산호, 영암호 및 금호호 저수지내 기존 및 신규 수공시설물 설치로 인한 수리 시설물 확대

- 보 및 배수문 확장, 연락수로, 제수문 확장 사업 등 연계 운영 대상 수공시설물 확대
- 이.치수를 위한 구조적 대책에 발맞추어 합리적인 시설물 운영을 위한 통합시스템 필요

한정된 수자원의 효율적 관리를 위한 시설물 운영과 물순환 과정의 새로운 정립 필요

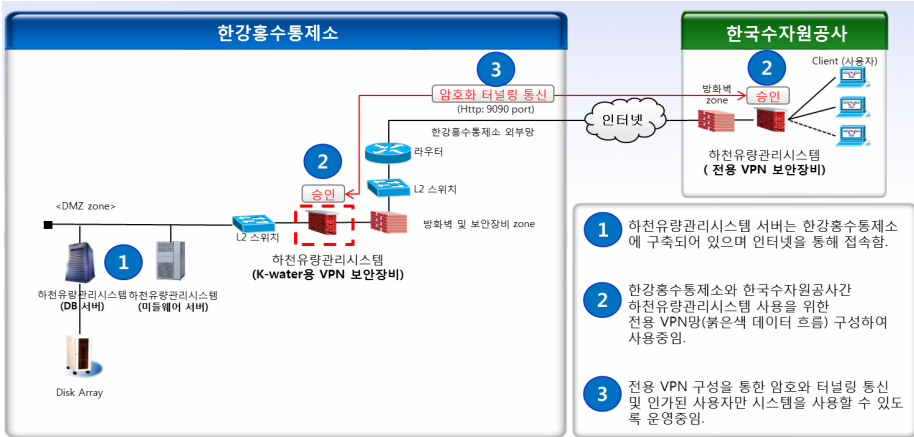
- 저수지별, 하천 유역단위별 수량, 수질환경을 종합적으로 고려한 통합수자원 관리시스템이 요구됨
- 실시간/단.장기간 예측을 통한 수자원 관리의 필요성 대두

최신기술을 적용한 통합물관리 필요성 증대

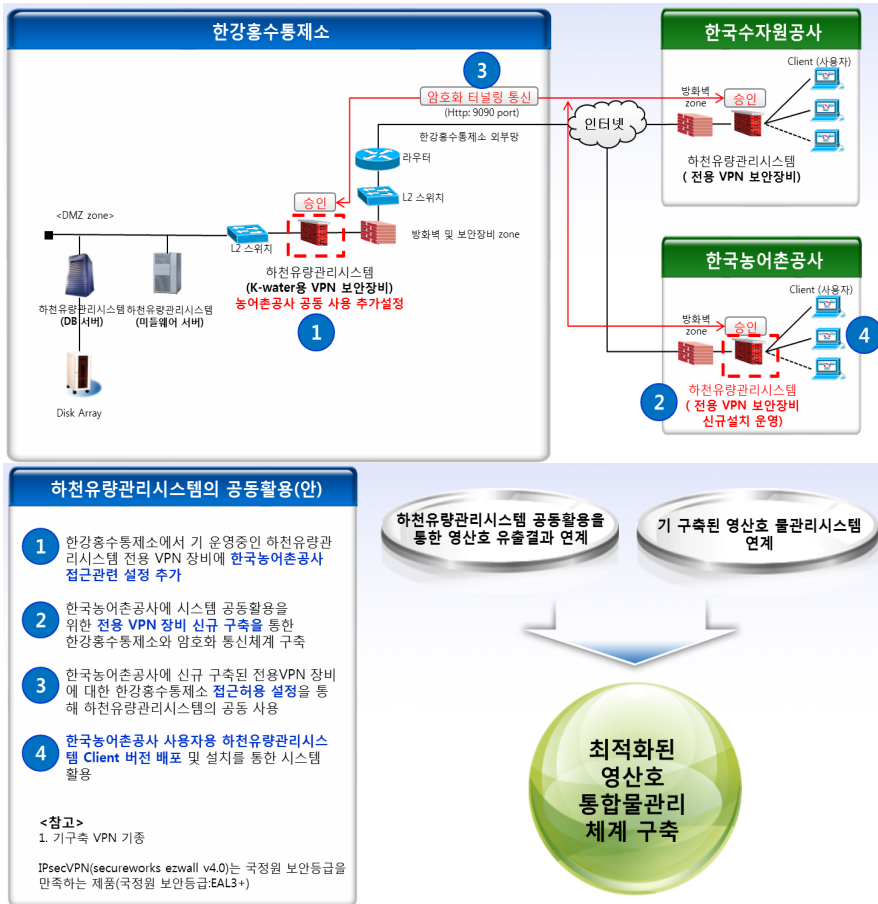
- 향상된 계측/통신기술의 발달에 따른 실시간 수문 자료 계측기술
- IT기술 발달에 따른 정보공유기술 발전 및 시스템화를 통한 물관리 체계화 및 합리화

**최적의 수자원관리를 통한
재난방지 및 선진 물관리
체계 확립**
【영산호, 영암호 및 금호호
연계 수자원 관리 시스템
구축】

<그림 5.3-1> 개발 배경 및 목적



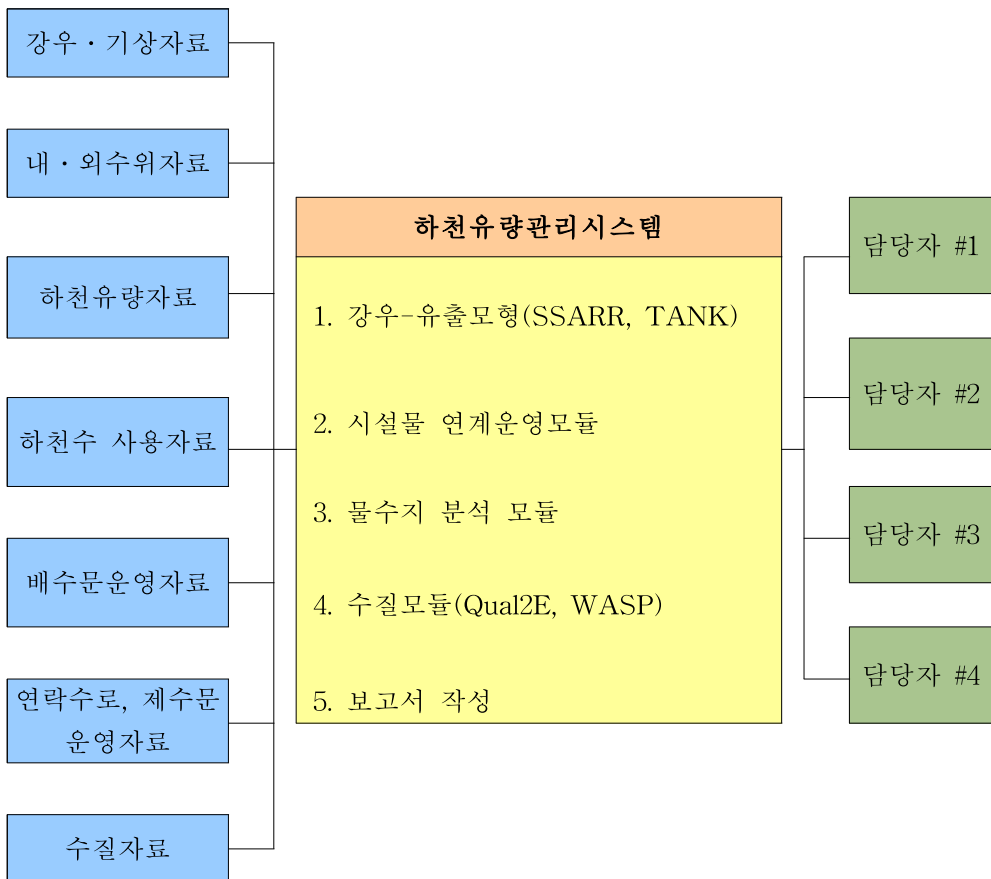
<그림 5.3-2> 하천유량관리시스템 연계 구성도(현재)



<그림 5.3-3> 하천유량관리시스템 연계 공동 활용 구성(안)

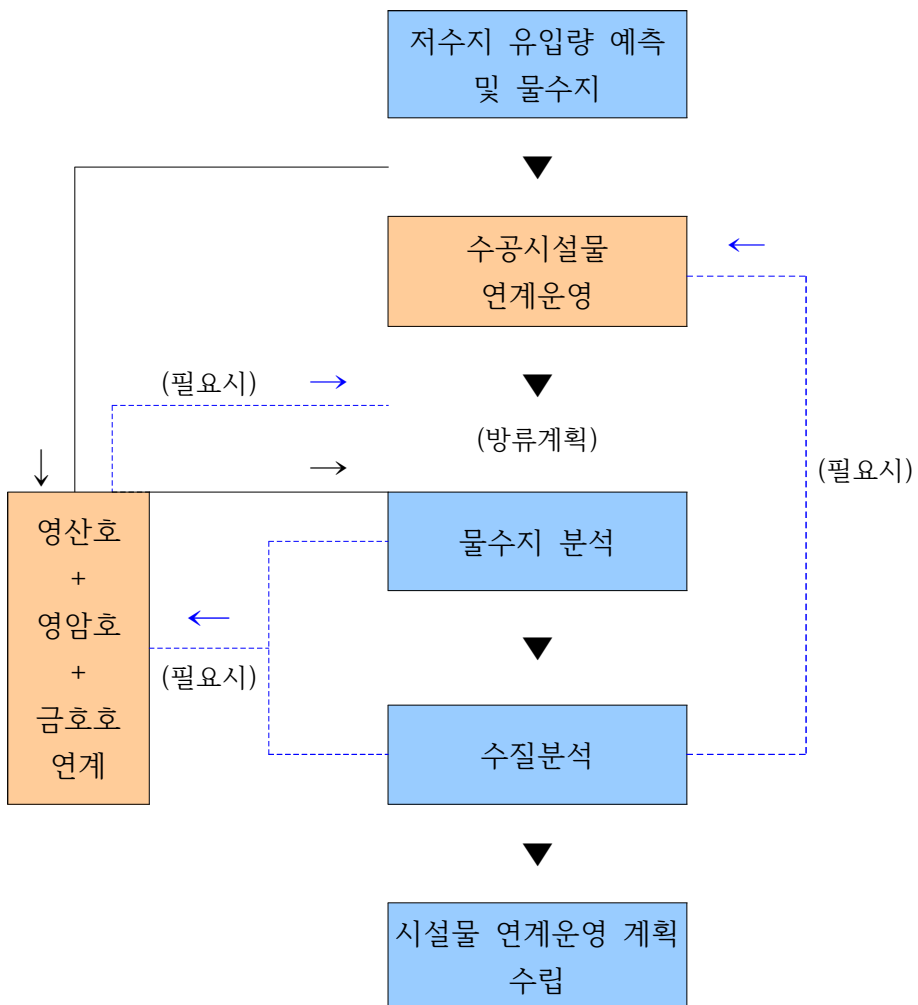
나. 시스템 구성

하천유량관리시스템은 아래와 같이 강우기상 자료, 내·외수위 자료, 하천유량 자료, 각종 수공시설물 운영실적자료, 하천수 사용 자료 등을 바탕으로 강우-유출모형(SSARR, TANK), 각종 수공시설물 연계모듈, 물수지 분석모형, 수질 모형(Qual2E, WASP)으로 구성되어 있으며, 한국수자원공사와 홍수통제소 및 한국농어촌 공사의 담당자가 효율적인 의사결정을 할 수 있도록 지원하는 의사결정지원(DSS : Decision Supporting System) 시스템이다.



<그림 5.3-4> 시스템 구성도

하천유량관리시스템의 분석절차는 아래와 같이 강우-유출모형, 수공시설물 연계모듈, 물수지 모형을 이용하여 영산호, 영암호 및 금호호의 유입량 자료를 산정하고, 이를 바탕으로 결정된 각종 수공시설물(보, 배수갑문, 연락수로 제수문)의 운영에 따른 주요지점별 유량 및 수질결과를 제공하여, 물공급 시설의 연계운영계획 및 효과를 모의/분석할 수 있도록 구성한다.

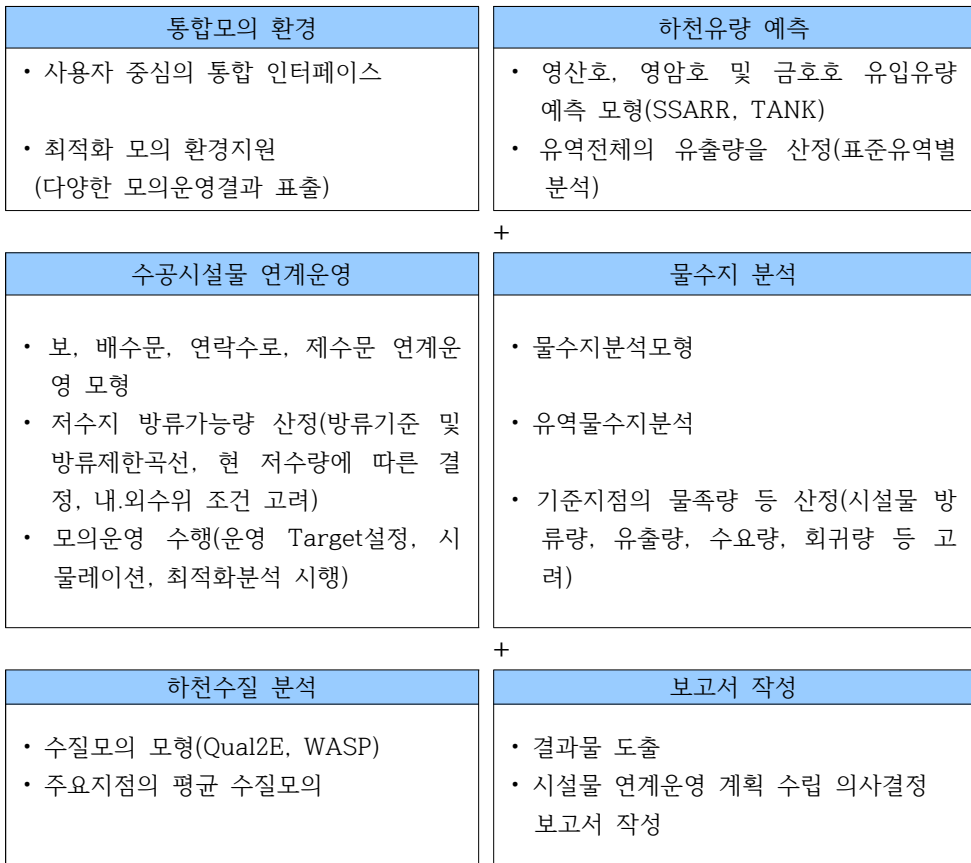


<그림 5.3-5> 시스템 분석 절차

5.3.2 주요기능

하천유량관리시스템은 영산호, 영암호 및 금호호의 연결수계에 대해서 여러 가지 모형들의 통합 솔루션을 제공한다. 하천유량관리시스템은 강우-유출모형(SSARR, TANK), 물수지분석 모형, 각종 수공시설물 운영모형(보, 배수갑문, 연락수로), 수질 모형(Qual2E, WASP) 등으로 구성되어 있으며, 각각의 원시 Dos 모형에 대하여 사용자가 편하게 입출력 Data를 Control할 수 있도록 사용자 중심의 직관적인 GUI 화면을 제공한다. 각 모형은 개별 모듈의 형태로 아래와 같은 기능을 수행하게 된다.

- 하천유량예측(SSARR, TANK) : 영산호, 영암호 및 금호호 전체의 표준유역별 유출량을 산정
- 수공시설물 연계운영모형 : 운영기준에 따른 방류량 및 하천유지용수 방류 가능량 산정 및 유입량 및 수요량을 고려한 방류량 산정
- 물수지 분석(물수지 분석 모형) : 강우에 의한 유출량 및 수요량, 회귀량, 방류량을 고려한 수계의 물수지(표준유역별 유량 및 부족량) 분석 및 하도추적 기능
- 하천 수질 분석(Qual2E, WASP) : 각종 수공시설물 연계운영 결과에 따른 저수지 및 주요지점의 수질 모의



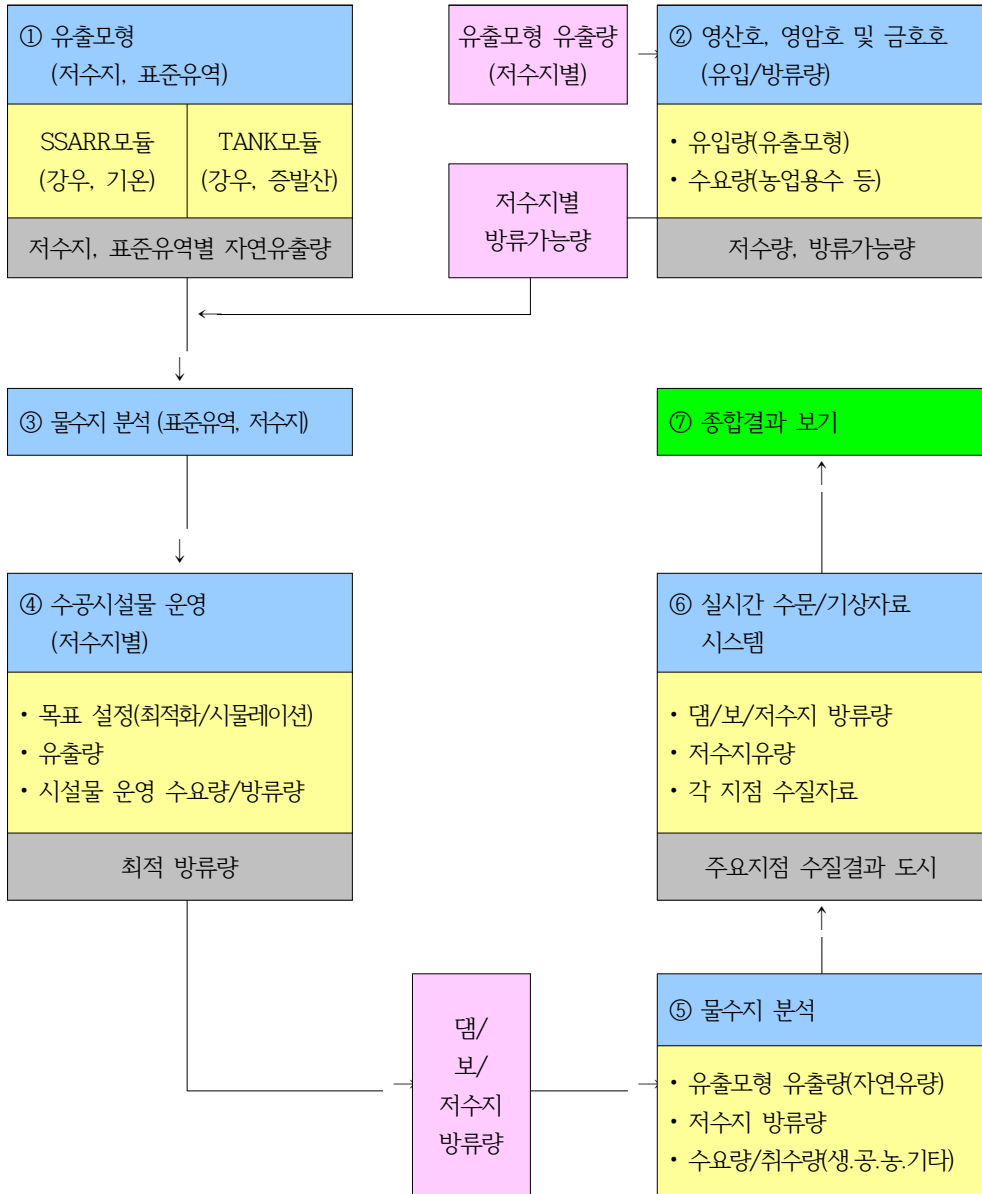
<그림 5.3-6> 시스템 주요 기능

가. 통합모의 환경

하천유량관리시스템의 개별 모형은 아래와 같으며 각 단계별 연계 운영을 통하여 수계의 유량 및 수질 결과를 모의 분석하여, 리포트로 출력 할 수 있도록 구성된다.

강우 및 기상자료에 의한 표준유역별 유출량 자료와 내·외수위를 고려한 배수갑문(영산호, 영암호 및 금호호) 방류 가능량, 연락수로 제수문 방류 가능량, 하천수 수요량 및 회귀량 자료를 기반으로 하도추적을 반영한 물수지 분석을 수행하며, 과업지역의 예상 유입량 및 과업지역내 수요량 자료를 바탕으로 운영기준에 따라 각종 수공시설물의 최적 운영조건을 결정

하며, 결정된 시설물(배수문, 제수문, 보)의 운영 자료를 물수지 분석 모형과 수질모형 자료를 이용하여 모의함으로써 운영효과를 유기적으로 모의할 수 있는 통합 모의 기능을 위주로 개발한다.



<그림 5.3-7> 연계모의 개념도

나. 강우-유출 모형(SSARR, TANK)

(1) SSARR 모형

미육군공병단의 SSARR 모형을 이용하여 사용자 편의를 위해 구축한 윈도우즈기반의 강우-유출 예측 시스템

□ 특징

- 용수 수요량(취수량)과 하천유황을 실시간으로 취득, 관리
- 하천의 연속 유출량 예측
- 실시간 수문자료 DB와 연동하여 유역 유출 상황 모의
- 장기 유출 예측의 불확실성을 고려한 ESP(Ensemble Streamflow Prediction)기법 활용

□ 주요 기능

- SSARR 모형의 입력자료를 손쉽게 구성하고 모의수행 결과를 확인할 수 있는 사용자 편의의 GUI 제공
- 과거모의 기능 및 예측모의 수행 가능
- SMI, BII, SSS 등의 주요 매개변수 보정 기능, 케이스별 보정도 가능하며 보정된 매개변수는 파일저장 및 불러오기 가능
- 소유역 및 주요 지점 유출량 산정
- ESP 확률을 이용한 유출 예측

(2) TANK 모형

일본의 Sugawara(1967)가 최초로 개발한 개념적 강우-유출모형으로 유역을 오리피스형 유출공을 가진 몇 개의 저류형 탱크의 조합으로 표현하고 저류탱크의 조합에 따라 장단기 유출 모의가 가능

□ 특징

- 4단 탱크모형의 경우, 각 단의 탱크는 유출성분을 표현(1단 : 지표면 유출, 2단 : 중간유출, 3단 및 4단 : 기저유출)
- 강우의 강도에 따라 직접유출 발생 여부가 결정

- 유역으로부터의 유출은 각각의 유출공 계수를 갖는 여러 개의 유출 성분의 합
- 1~4단 탱크까지 순차적으로 물이 이동하게 되며, 이에 따라 자동적으로 유출량 산정에 있어 시간의 지연현상 반영
- 강우와 유출의 비선형 관계 표현 가능

□ 주요 기능

- 탱크모형의 입력자료를 손쉽게 구성하고 모의수행 결과를 확인할 수 있는 사용자 편의의 GUI 제공
- 과거모의 기능 및 예측모의 수행 가능
- 각 단 탱크의 유출공 계수 등 주요 매개변수 보정 기능, 케이스별 보정도 가능하며 보정된 매개변수는 파일저장 및 불러오기 가능
- 소유역 및 주요 지점 유출량 산정

다. 각종 수공시설물 연계운영 모형

수공시설물(보, 배수문, 연락수로, 제수문) 연계운영 모형은 현재 수문 상황과 운영조건을 고려하여 유역내 존재하는 수자원의 수요와 공급의 지역적, 시간적 불균형을 해소시켜 공급하기 위한 영산호, 영암호 및 금호호 최적연계운영 모형이다.

□ 특징

- 실시간 저수량(영산호, 영암호 및 금호호)을 초기저수량으로 설정
- 내·외수 수위 및 운영기준에 의한 방류 가능량을 산정
- 방류 가능한 영산호, 영암호 및 금호호의 유지유량과 저수량의 변화를 모의
- 하천유량관리시스템과 연계
- 목표계획법을 적용하여 해를 도출하지 못하는 경우가 발생하지 않도록 함
- 저수지(영산호, 영암호 및 금호호)의 기준수위 상·하한을 적용하여 운영시 의사결정자의 의도를 반영함

□ 주요기능

- 과거 실적자료 조회 기능
- 초기수위, 저수량, 농업용수 수요량 설정 가능
- 운영기준에 따른 저수지 방류 가능량 산정
- 일별 저수위, 저수량 변화 모의
- 분석 기간 내 수문 상황과 운영 조건을 고려하여 운영목적을 최대한 달성하는 저수지운영계획 수립
- 입력자료를 손쉽게 구성하고 모의수행 결과를 확인할 수 있는 사용자 편의의 GUI 제공
- 시설물 모의 운영시 시뮬레이션과 최적화를 선택 가능
- 이수기/홍수기간 분석단위를 자유롭게 설정
- 시설물 운영 우선순위를 설정

라. 물수지 분석 모형

장래 예상되는 수문학적 조건에 따라 기준유역 내 필요수량 공급 가능 여부를 판단하는 것이 물수지 분석이라 할 수 있으며, 이를 지원하기 위한 모형이 물수지 분석모형이다.

□ 특징

- 모형의 모의단위는 일 단위 모의(시간적 단위)와 수자원단위지도 표준유역(공간적 단위)을 기준으로 함
- 혼합 방법(유역 물수지 + 하도 물수지)을 이용한 물수지 분석 수행
- 공간적 최소 고려단위인 표준유역에 대해 유역 물수지 방법을 통한 물수지 분석 수행 후 유역별 상·하류 관계를 고려하여 순차적 반복 계산(하도 물수지 분석 방법)

□ 주요 기능

- 현재 또는 장래 예상되는 유량 조건에 따라 과업지역내 영산호, 영암호 및 금호호 연계 유량 공급 가능 여부 판단
- 연계유량 사용량과 함께 과업지역 내 영산호, 영암호 및 금호호에 설

정되어 있는 상시만수위만족 여부 판단

- 저수지 유량 공급 우선순위 설정

마. 수질 모형(Qual2E, WASP)

하류 수질을 고려한 저수지 운영계획 수립을 지원할 수 있는 정상상태 모형으로 구성되었으며, 모형 수행결과 유량 자료 및 DB에 구축된 과거 수질 평균자료를 활용하여 저수지 유량관리를 지원한다.

□ 특징

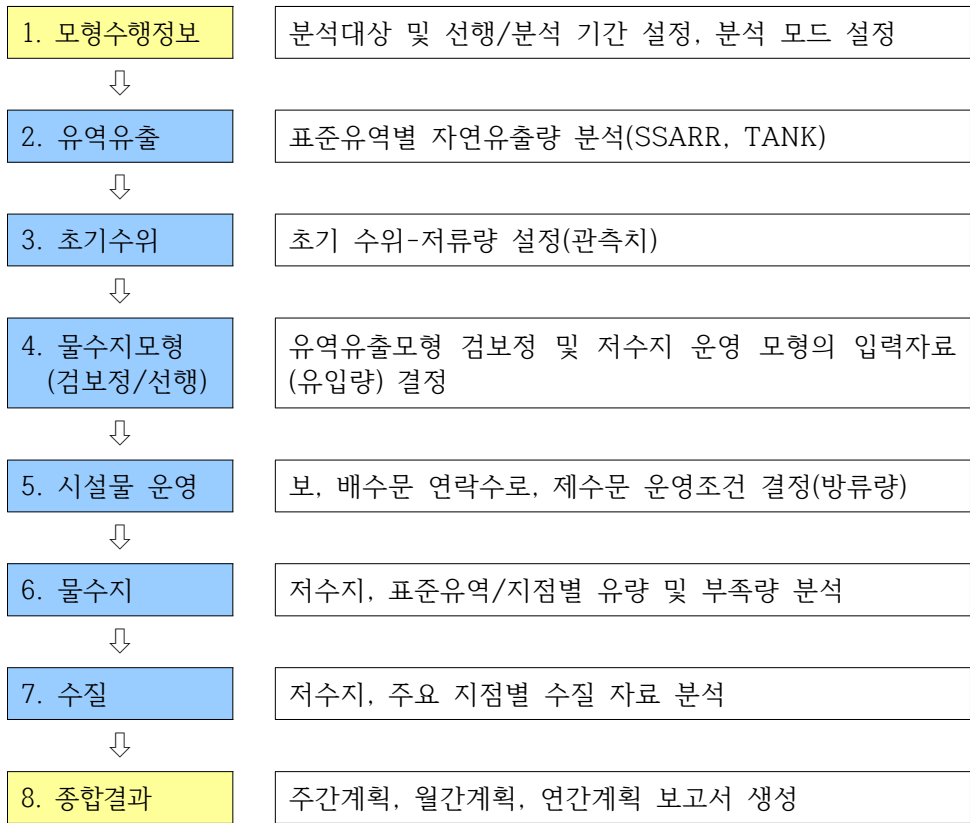
- 하천유량관리시스템의 각종 수공시설물(보, 배수문, 연락수로, 제수문) 운영모형의 결과에 따른 유량을 각 입력카드의 Headwater로 반영
- 영산호, 영암호 및 금호호 주변지역을 비점오염원 지역으로 분류하여 입력자료로 반영
- 과업지역 내 하폐수 처리장을 점오염원으로 반영

□ 주요 기능

- 주요지점의 수질값 계산
- 모식도를 통하여 각 지점별 확인이 가능하도록 사용자 편의 GUI 기능
- 하천유량관리시스템 예측을 통한 유량결과를 수질 입력자료로 자동 연계

5.3.3 수행절차

하천유량 관리시스템은 아래와 같이 메뉴구성순에 따라 순차적으로 수행한다.



<그림 5.3-8> 하천유량 관리시스템 수행절차

5.3.4 통합물관리시스템 계획

홍수예방, 효율적 수자원 운영을 위한 영산호, 영암호 및 금호호 통합관제 및 물관리 계획은 아래와 같다.

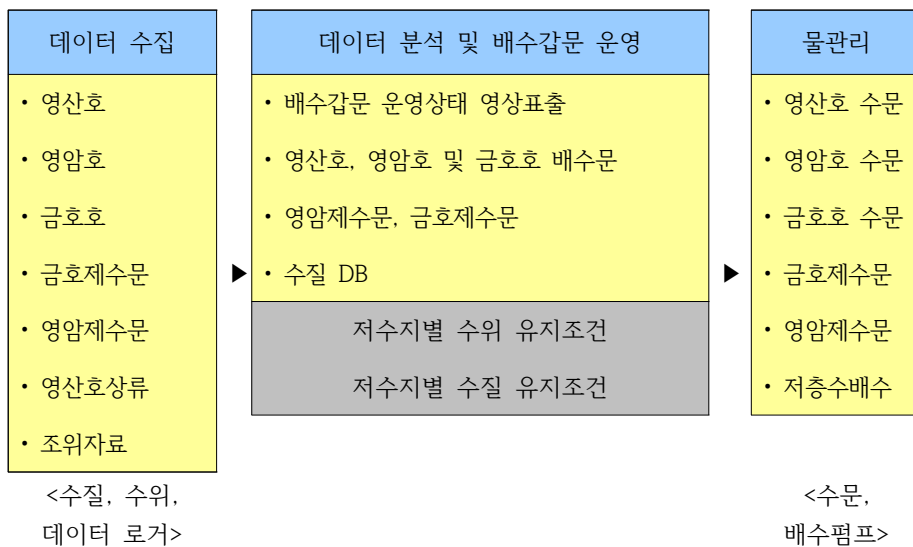
□ 수위 유지조건 및 연락수로 운영

- 평상시 저수지 : 관리수위 유지
- 홍수시 저수지 : 계획홍수위~관리수위 유지
- 연락수로 운용 : 영산호측 내수위가 영암호측 내수위보다 높으면 영암호 제수문 개방

□ 영산호 상위 수원 및 관측소 연계

- 상위수원 : 영산강, 황룡강, 지식천, 고막원천, 광주천
- 상류댐 : 담양댐, 광주댐, 장성댐, 나주댐, 합동댐
- 우량(국교부) : 북이, 삼서, 함평, 능주 등
- 우량(기상청) : 광주, 목포 등
- 수위 : 함평, 사포, 영산, 해창, 담양 등
- 수원분석 : 상류댐 개방시 영산호의 수위 상승

□물관리 시스템 계획



<그림 5.3-9> 물관리 시스템 계획

- 수위측정 : 수위자료 분석 후 통합수문운영
- 수질측정 : 수질 분석 후 수문 및 저층수 배수
- 유출예보 : 기상, 유역, 하도추적, 조위예측 분석 및 예보
- 통합운영 : 수위 조건에 따라 수공시설물 운영

5.4 마스터플랜 수립을 위한 관련 실무자 청문 및 설문조사

5.4.1 설문 조사 개요

영산호 통합물관리시스템 구축 방안수립을 위한 설문조사는 한국농어촌공사에서 2009년부터 2013까지 5개년에 걸쳐 방재능력강화, 수질환경개선, 영산강 하구 생태건전성 회복, 하구둑 및 주변경관의 관광자원화를 위하여 실시한 영산강하구둑 구조개선 사업을 반영하여 영산호의 효과적으로 운영하기 위하여 실시하였다. 4대강 사업으로 인하여 상류유역이 개발되고 유황이 변함에 따라 이를 반영하기 위하여 통합관제센터에서 통합물관리시스템을 통하여 영산호, 영암호 및 금호호를 통합운영할 계획이다. 체계적인 통합물관리시스템을 구축하기 위해서는 마스터 플랜이 필요하며, 관련 기관 실무자들의 의견을 수렴하여 성공적인 영산호 통합물관리시스템 구축을 위해 설문조사를 실시하였다.

설문기간은 2014년 7월 16일부터 10월 31일 사이에 실시되었고, 설문대상은 영산호 물관리와 관련된 기관의 실무자들이었으며, 총 28명이 설문조사에 참여하였다. 설문참여자들을 분류해보면 실제 영산호 관리를 담당하고 있는 한국농어촌공사 영산강사업단 직원 25명, 과거 영산호 물관리 사업 참여 경력이 있는 한국농어촌공사 직원 2명, 한국수자원공사 물관리센터 직원 1명, 한국수자원공사 영산강통합물관리센터 직원 2명이다.

설문 조사 항목은 <표 5.4-1>과 같이 ○영산호 관리 상태, ○영산호관리 분야 중 불만족스러운 분야, ○효과적인 영산호 관리를 위해 우선적으로 개선해야할 점, ○영산호 관리 문제에 대한 인지도, ○영산호 운영과 관리 협의체 구성의 필요성에 대한 인식, ○영산호 운영과 관리 협의체에 참여할 의사, ○영산호 운영과 관리 협의체의 효과적인 운영 방법, ○영산호 통합물관리시스템의 필요성, ○영산호 운영 목표를 달성하기 위한 통합물관리시스템의 필요성, ○영산호, 영암호 및 금호호의 연계운영을 위한 통합물관리시스템의 필요성, ○통합물관리시스템으로부터 얻고자 하는 정보, ○영산호 통합물관리시스템에 제공이 가능한 정보, ○영산호 통합관리

를 위한 관련 기관들의 협력 방법, ○이수관리를 위한 관리기관이 상이한 시설물의 운영, ○홍수관리를 위한 관리기관이 상이한 시설물의 운영, ○수질관리를 위한 관리기관이 상이한 시설물의 운영 등과 같이 총 16개 문항으로 구성이 되어 있다. 각 조사문항에 대한 답변항목은 4~12개로 구성이 되어 있으며, 기타 의견은 설문지에 자유롭게 기록하도록 하였다.

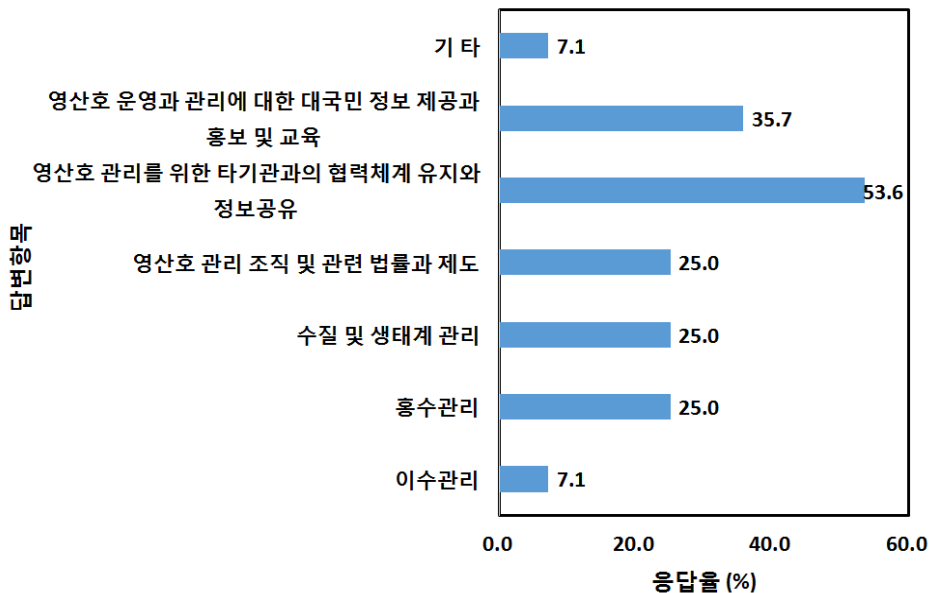
<표 5.4-1> 설문 조사 문항 및 답변 항목수

설문조사문항	답변항 목수
○ 영산호 관리 상태	6
○ 영산호관리 분야 중 불만족스러운 분야	7
○ 효과적인 영산호 관리를 위해 우선적으로 개선해야할 점	6
○ 영산호 관리 문제에 대한 인지도	5
○ 영산호 운영과 관리 협의체 구성의 필요성에 대한 인식	4
○ 영산호 운영과 관리 협의체에 참여할 의사	4
○ 영산호 운영과 관리 협의체의 효과적인 운영 방법	4
○ 영산호 통합물관리시스템의 필요성	4
○ 영산호 운영 목표를 달성하기 위한 통합물관리시스템의 필요성	4
○ 영산호, 영암호 및 금호호의 연계운영을 위한 통합물관리시스템의 필요성	4
○ 통합물관리시스템으로부터 얻고자 하는 정보	12
○ 영산호 통합물관리시스템에 제공이 가능한 정보	5
○ 영산호 통합관리를 위한 관련 기관들의 협력 방법	5
○ 이수관리를 위한 관리기관이 상이한 시설물의 운영	5
○ 홍수관리를 위한 관리기관이 상이한 시설물의 운영	5
○ 수질관리를 위한 관리기관이 상이한 시설물의 운영	6

5.4.2 설문 조사 결과 분석

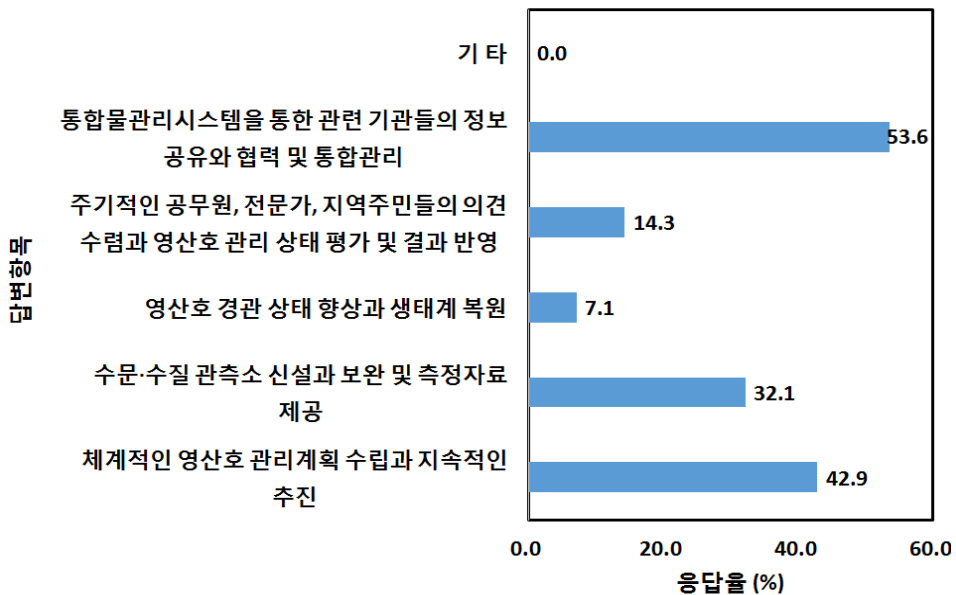
영산호관리 상태에 대하여 응답자의 45.4 %가 “보통이다”라고 답했으며, 응답자의 28.6 %가 “잘 관리되고 있다”라고 답했으며, 응답자의 21.4 %가 “아주 잘 관리되고 있다”라고 답했으며, 응답자의 3.6 %가 “잘못 관리되고 있다”라고 답하였다. 영산호관리 상태에 대하여 전체 응답자의 96.4 %가 보통 이상으로 판단하고 있는 것으로 나타났다.

영산호 운영 및 관리 분야 중 가장 만족스럽지 못한 분야에 대하여 <그림5.4-1>과 같이 응답자의 53.6 %가 “영산호 관리를 위한 타기관과의 협력체계 유지와 정보공유”라고 답했으며, 응답자의 35.7 %가 “영산호 운영과 관리에 대한 대국민 정보 제공과 홍보 및 교육”이라고 답했다. 응답자의 25.0 %가 “영산호 관리 조직 및 관련 법률과 제도”, “수질 및 생태계 관리”, “홍수관리”라고 각각 답하였다.



<그림 5.4-1> 영산호관리 분야 중 불만족스러운 분야에 대한 설문조사 결과

보다 발전된 영산호 관리를 위해서 우선적으로 개선해야할 점에 대하여 <그림5.4-2>와 같이 응답자의 53.6 %가 “통합물관리시스템을 통한 관련 기관들의 정보 공유와 협력 및 통합관리”라고 답했다. 응답자의 42.9 %와 32.1%가 각각 “체계적인 영산호 관리계획 수립과 지속적인 추진”과 “수문·수질 관측소 신설과 보완 및 측정자료 제공”라고 답하였다.



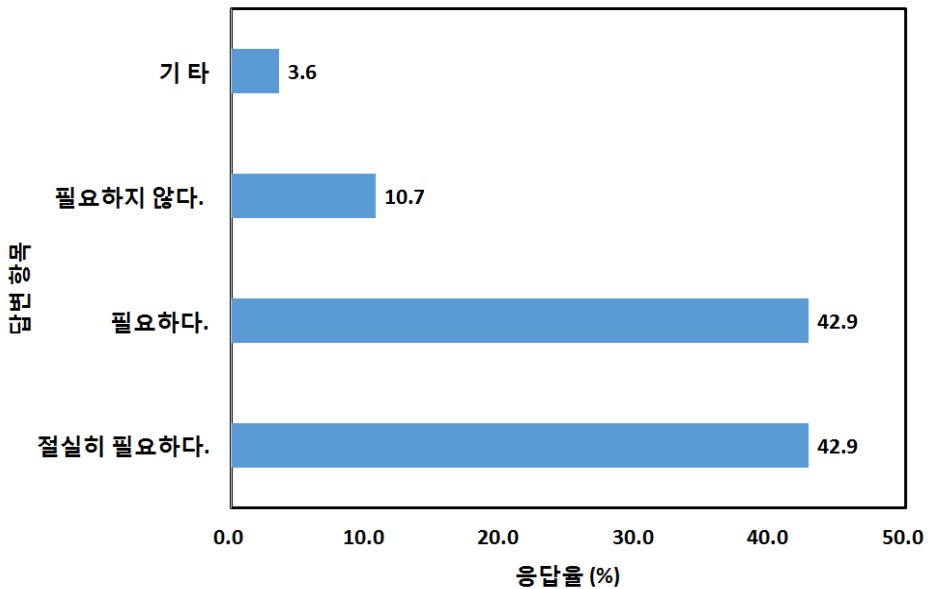
<그림 5.4-2> 효과적인 영산호 관리를 위해 우선적으로 개선해야할 점에 대한 설문조사 결과

영산강의 하류에 위치한 영산호 운영 시 발생하는 홍수관리, 가뭄관리, 수질관리, 염해관리 등과 관련된 문제들에 대한 인지도에 대하여 응답자의 53.6 %가 “조금 알고 있다”라고 답했으며, 응답자의 46.4 %가 “자세히 알고 있다”라고 답하였다. 응답자 중에서 “들어본 경험이 있을 뿐이다”와 “전혀 모른다”라고 답한 응답자는 없었다.

영산호의 효과적인 관리를 위한 관련 기관, 지역민, 전문가, 시민단체 등이 참여하는 영산호 운영과 관리 협의체 구성에 대하여 <그림5.4-3>과 같이 응답자의 42.9 %가 “절실히 필요하다”와 “필요하다”라고 각각 응답

하였다. “필요하지 않다”라는 응답은 전체 응답자의 10.7 %를 차지하였다. 기타 의견으로는 “신규 협의체를 구성하는 것 보다 기존 협의체를 효과적으로 활용할 필요가 있다”라는 응답이 있었다.

영산호 운영과 관리 협의체에 참여할 의사에 대하여 응답자의 75.0 %가 “적극적으로 참여하겠다”라고 답했으며, 응답자의 14.3 %가 “참여는 하되 관련 정보만 제공하겠다”라고 답하였다. 응답자의 3.6 %는 “참여하지 않겠다”라고 답하였다. 전체 응답자의 89.3 %가 영산호 운영과 관리 협의체에 참여할 의사가 있는 것으로 나타났다.



<그림 5.4-3> 영산호 운영과 관리 협의체 구성의 필요성에 대한 인식에 대한 설문조사 결과

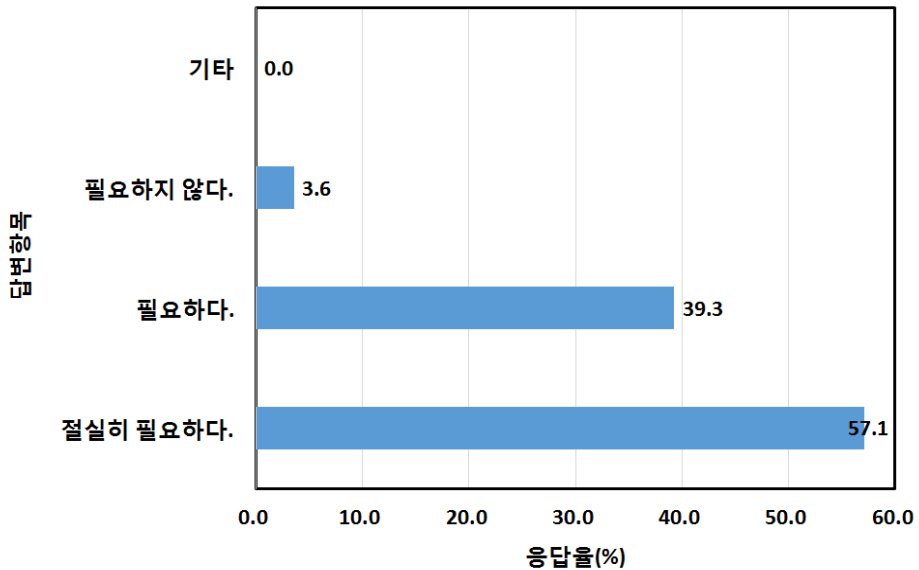
영산호 운영과 관리 협의체의 효과적인 운영 방법에 대하여 응답자의 39.3 %가 “관련 기관, 지역민, 전문가들, 시민단체들의 자율적인 참여를 유도하고 실질적인 영산호 운영 방안 논의, 결정, 실행, 평가”라고 답했으며, 응답자의 32.1 %가 “하향식 방식으로 관련 기관들이 중심이 되어 협의체를 구

성하고 관련 정책과 계획을 검토하고 결정하며 대국민 정보 제공”이라고 답하였다.

관련 기관들의 영산호 운영 관련 정보공유와 대국민 서비스를 위한 통합물관리시스템의 필요성에 대하여 응답자의 64.3 %가 “절실히 필요하다”라고 답했으며, 응답자의 14.3 %가 “필요하다”라고 답하였다. 전체 응답자의 78.6 %가 영산호 통합물관리시스템이 필요하다는 의견을 제시하였다.

영산호 운영 목표를 달성하기 위한 통합물관리시스템의 필요성에 대하여 <그림5.4-4>와 같이 응답자의 57.1 %가 “절실히 필요하다”라고 답했으며, 응답자의 39.3 %가 “필요하다”라고 답하였다. 전체 응답자의 96.4 %가 영산호의 운영 목표를 달성하기 위해서 영산호 통합물관리시스템이 필요하다는 의견을 제시하였다.

효과적인 영산호, 영암호 및 금호호의 연계운동을 위한 통합물관리시스템의 필요성에 대하여 응답자의 64.3 %가 “절실히 필요하다”라고 답하였으며, 응답자의 35.7 %가 “필요하다”라고 답하였다. 전체 응답자의 100.0 %가 영산호, 영암호 및 금호호의 연계운영의 운영을 위해서 영산호 통합물관리시스템이 필요하다는 의견을 제시하였다.

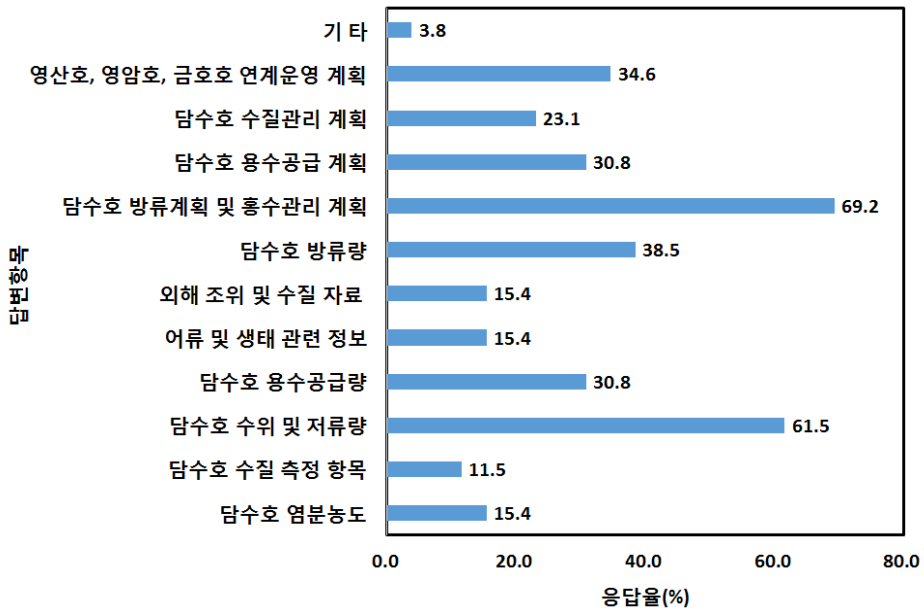


<그림 5.4-4> 영산호 운영 목표를 달성하기 위한 통합물관리시스템의 필요성에 대한 설문조사 결과

통합물관리시스템으로부터 얻고자 하는 정보에 대하여 <그림5.4-5>와 같이 응답자의 69.2 %가 “담수호 방류계획 및 홍수관리 계획”이라고 답하였으며, 응답자의 61.5 %가 “담수호 수위 및 저류량”라고 답하였다. 기타 의견으로는“관련기관 정보 연계운영계획”이 있었다.

영산호 통합물관리시스템에 제공이 가능한 정보에 대하여 응답자의 55.6 %가 “영산강 홍수예경보 지점의 수위와 유량 자료 및 홍수예보 자료”이라고 답하였으며, 응답자의 40.7 %가 “영산강 주요 지점의 실시간 유량자료와 예보자료”라고 답하였다. 기타 의견으로는 “평립댐, 승촌보, 죽산보 운영 자료”가 있었다.

영산호 통합관리를 위한 관련 기관들의 협력 방법에 대하여 응답자의 53.6 %가 “협의체에 적극적인 참여와 정보교환을 통한 기관별 물관리 계획의 수정과 보완”이라고 답하였으며, 응답자의 46.4 %가 “통합물관리시스템을 통한 실시간 자료 제공 및 정보교환”이라고 답하였다.



<그림 5.4-5> 통합물관리시스템으로부터 얻고자 하는 정보에 대한 설문조사 결과

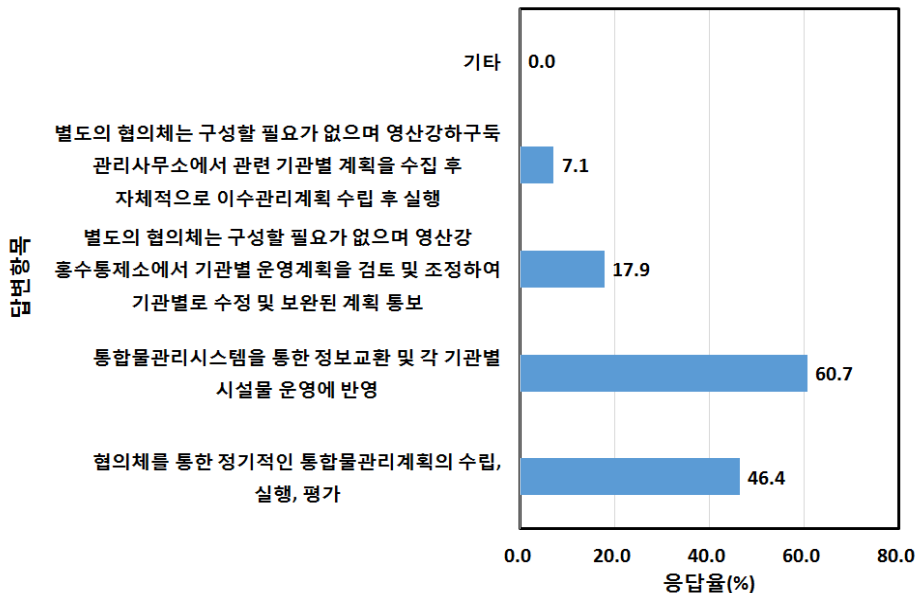
영산호 통합물관리시스템에 제공이 가능한 정보에 대하여 응답자의 55.6 %가 “영산강 홍수예경보 지점의 수위와 유량 자료 및 홍수예보 자료”이라고 답하였으며, 응답자의 40.7 %가 “영산강 주요 지점의 실시간 유량자료와 예보자료”라고 답하였다. 기타 의견으로는 “평립댐, 승촌보, 죽산보 운영 자료”가 있었다.

영산호 통합관리를 위한 관련 기관들의 협력 방법에 대하여 응답자의 53.6 %가 “협의체에 적극적인 참여와 정보교환을 통한 기관별 물관리 계획의 수정과 보완”이라고 답하였으며, 응답자의 46.4 %가 “통합물관리시스템을 통한 실시간 자료 제공 및 정보교환”이라고 답하였다.

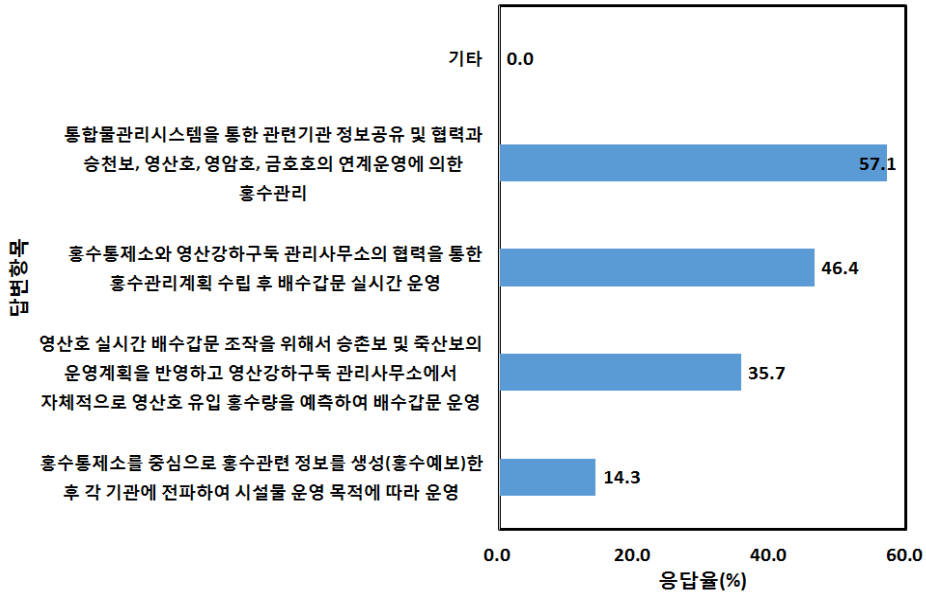
영산호의 이수관리를 위한 관리기관이 상이한 시설물의 운영에 대하여 <그림5.4-6>과 같이 응답자의 60.7 %가 “통합물관리시스템을 통한 정보교환 및 각 기관별 시설물 운영에 반영”이라고 답하였으며, 응답자의 46.4 %가 “협의체를 통한 정기적인 통합물관리계획의 수립, 실행, 평가”라고 답하였다.

영산호의 홍수관리를 위한 관리기관이 상이한 시설물의 운영에 대하여 <그림5.4-7>과 같이 응답자의 57.1 %가 “통합물관리시스템을 통한 관련 기관 정보공유 및 협력과 승천보, 영산호, 영암호 및 금호호의 연계운영에 의한 홍수관리”라고 답하였으며, 응답자의 46.4 %가 “홍수통제소와 영산강 하구둑 관리사무소의 협력을 통한 홍수관리계획 수립 후 배수갑문 실시간 운영”이라고 답하였다.

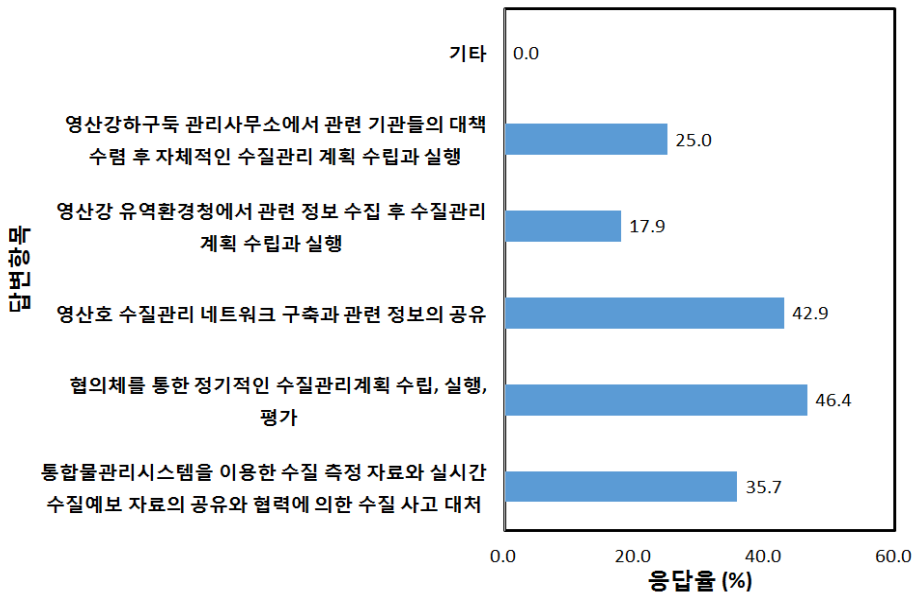
영산호의 수질관리를 위한 관리기관이 상이한 시설물의 운영에 대하여 <그림5.4-8>과 같이 응답자의 46.4 %가 “협의체를 통한 정기적인 수질관리계획 수립, 실행, 평가”라고 답하였으며, 응답자의 42.9 %가 “영산호 수질관리 네트워크 구축과 관련 정보의 공유”라고 답하였다.



<그림 5.4-6> 영산호 이수관리를 위한 관리기관이 상이한 시설물의 운영에 대한 설문조사 결과



<그림 5.4-7> 영산호 홍수관리를 위한 관리기관이 상이한 시설물의 운영에 대한 설문조사 결과



<그림 5.4-8> 영산호 수질관리를 위한 관리기관이 상이한 시설물의 운영에 대한 설문조사 결과

6. 결론

2008년부터 시작된 4대강 살리기 사업의 일환으로 영산강 본류에 건설된 승촌보와 죽산보로 인해 보 건설 전의 영산강 하류의 유황이 건설 후 변경되어, 기존에 운영하던 영산호, 영암호 및 금호호의 새로운 배수문과 제수문 조작 방법을 제시해야하는 상황이 도래하였다.

수자원의 다양한 활용을 위해서는 최근 수문조건과 하천구조물의 신설 등을 고려한 전반적인 수문해석과 수리계산 재검토가 필요하며, 물수지 결과에 따라 수자원의 최대 활용방안을 강구함과 동시에 수위관리 등 이상적인 담수호 운영 방안에 대한 검토가 요구되는 실정이다. 국토교통부, 지속가능발전회 등에서 배수갑문 확장 및 연락수로 확장에 따른 하구둑 관리 개선 방안에 대한 필요성을 제기하고 있는 실정이다.

본 연구는 영산호, 영암호 및 금호호의 물순환 과정을 새로 정립하고, 이를 반영한 통합물관리 시스템 구축에 탑재될 개념적인 강우-유출 분석을 수행함으로써 담수호 물관리 효율화를 위한 시스템 구축방안을 수립코자 한다.

1. 영산호, 영암호 및 금호호의 통합물관리 시스템 구축을 위해서는 신뢰성 있는 수위-유량관계곡선식의 확보가 필수적이다. 일반적으로 자연하천에서 수위-유량관계는 수위의 상승 및 하강에 따라 유량변화가 일정한 경향성을 가지고 변동하기 때문에 단일함수 관계로 설명이 가능하지만 배수갑문 조작에 영향을 받는 구간에서는 수위와 유량만의 단일함수 관계가 아닌 갑문의 개·폐에 따라 수위와 유량이 변동하는 특성을 가지고 있다.
2. 대상 유역인 영산호, 영암호 및 금호호는 배수갑문 조작에 의해 영향을 받는 구간이며, 일반적인 자연하천에서 볼 수 있는 수위-유량관계인 수위의 상승 및 하강에 따른 유량 변화를 찾아볼 수 가 없다. 이는 배수갑문 조작에 의한 배수효과를 받는 지점에서의 특징이라고

볼 수 있다. 갑문의 폐쇄에 의하여 상류의 수위가 증가하게 되면 측정지점에서 에너지선의 경사 또는 수면곡선의 경사는 등류수위에서의 경사보다 완만해지고 갑문의 개방시에는 수면저하효과가 생겨 측정지점에서 수위는 등류수위보다 낮아지게 되고 경사는 급해지는 특징을 가지고 있다. 따라서 영산강 상류로부터 유입되는 유량자료를 실시간으로 확보할 수 있는 것이 중요하다.

3. 영산강 본류에 건설된 승촌보와 죽산보의 유량값을 상류에 위치한 본동, 영산포 수위관측소의 유량값과 비교하였다. 승촌보의 연평균 유량값은 $36.48\text{m}^3/\text{s}$, 본동 수위관측소의 연평균 유량값은 $44.90\text{m}^3/\text{s}$ 를 나타내고 있으며, 죽산보의 연평균 유량값은 $61.56\text{m}^3/\text{s}$, 영산포 수위관측소의 연평균 유량값은 $53.20\text{m}^3/\text{s}$ 를 나타내고 있다. 승촌보의 연평균 유량이 직상류에 위치한 본동의 연평균 유량보다 작은 이유는 보 건설 이후의 유량 자료가 2013년만 기록되어, 향후 수년간의 유량계열이 기록되어야 정확한 상하류 유량간의 비교가 이루어져야 할 것이다.
4. 과거 영산강 유역내 수위관측소는 다수 있었으나, 명확한 조절점이 없어 하류부 유량관리에 어려움이 많았다. 그러나 승천보 및 죽산보와 같은 거대 수공구조물이 주요 조절점 역할을 함에 따라 과거보다 하류부 유량관리에 신뢰성이 높아질 것으로 기대된다.
5. 향후 개발될 통합물관리 시스템과 연계되어야 할 하천유량관리시스템은 5대강 8대 하천에 대해 모의할 수 있도록 국토교통부에서 개발하여 운영 중인 시스템이다. 하천유량관리시스템 내에 포함된 장기 유출모형이 하나의 표준화된 절차에 의해 모든 수계에 적용할 수 있는지를 파악할 수 있다. 하천유량관리시스템 내에 탑재된 SSARR 모형이 장단기 물 관리 시스템 구축 및 적용에 적절하여 본 과업에 사용하였다. SSARR 모형에 의해 주요지점별 검·보정을 실시하였다. 2007.10.01~2008.06.30 기간 동안의 주요지점에 대한 보정 전 평균 상대오차는 57.4%였으나 보정 후 상대오차는 1/2 수준인 23.3%로

감소하였다. 그리고 2008.10.01~2009.06.30 기간 동안의 주요지점에 대한 평균 상대오차가 10.5%로 보정 전·후 보다 상대적으로 작은 상대오차를 나타내고 있어 적절한 검증이 이루어진 것으로 판단된다.

하지만 이상의 보정과 검증에 의해 산정된 매개변수를 하천유량관리 시스템의 초기 입력자료로 사용하여, 보 건설 이후의 주요조절점인 광주, 마륵, 승촌보(과거 본동), 나주, 영산포 및 사포 수위관측소에 대한 모의 결과는 상대오차가 크게 나타났다. 이것은 영산강 유역의 상류부에 위치한 수위관측소의 수위-유량관계곡선식의 신뢰도에 문제가 있는 것으로 판단된다.

그러나 하천유량관리시스템에 의해 영산강유역의 주요 조절점에 대한 유출량은 모의가 가능하여 본 과업을 통해 개발될 시스템과의 연계는 반드시 필요하다고 판단된다.

6. 통합물관리시스템을 개발하기 위해 국내외 수자원관련 정보시스템과 가뭄관리 정보시스템, 홍수에·경보 시스템 및 수질 예보 시스템 등을 조사하였다.
7. 영산호, 영암호 및 금호호의 수자원의 통합적 관리 차원에서 기존 한국수자원공사와 홍수통제소 및 한국농어촌공사 물관리 시스템의 운영 상황 및 시스템 현황을 분석하였다. 4대강 살리기 사업 추진에 의한 물관리 환경 변화(승촌보, 죽산보)와 각종 신규 수공시설물(배수갑문 확장, 연락수로 확장, 제수문 확장 및 신설)계획에 따른 시설물 운영과 물순환 과정을 새롭게 정립하고 이를 반영하여 최종적으로 영산호, 영암호와 연락수로로 연결되어 있는 금호호의 활용도를 극대화하여 저수지내 유량을 최적으로 관리할 수 있다는 시스템 개발 방향을 정립하였다.
8. 영산호 통합물관리시스템 구축 방안수립을 위한 설문조사는 한국농어촌공사에서 2009년부터 2013까지 5개년에 걸쳐 방재능력강화, 수질환경개선, 영산강 하구 생태건전성 회복, 하구둑 및 주변경관의 관광자원화를 위하여 실시한 영산강하구둑 구조개선 사업을 반영하여 영산호의 효과적으로 운영하기 위하여 실시한 결과, 통합물관리시스

템을 통한 관련 기관들의 정보 공유와 협력 및 통합관리의 항목이 가장 필요하다고 분석되었다.

이상의 결과를 바탕으로 본 과업의 2차년과 3차년에는 유출 모형의 고도화와 수위-유량곡선식의 신뢰성 향상, 유역 내 필요한 관측시설 등 통합시스템 개발을 위해 필요한 사항을 검토하여 최종적인 마스터플랜 등을 수립하고자 한다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부 (2006), 실시간 물관리 시스템 구축 연구(1차).
2. 건설교통부 (2007), 실시간 물관리 시스템 구축 연구(2차).
3. 건설교통부 (2007), 실시간 물관리 시스템 구축 연구(3차).
4. 국토해양부 (2009), 실시간 물관리 시스템 구축 연구(4차).
5. 국토해양부 (2009), 4대강살리기 사업에 따른 취수문제 해소방안 연구 보고서. 4대강 살리기 추진본부.
6. 국토해양부 (2009), 마스터플랜
7. 국토해양부 (2009), 영산강 하천기본계획(변경) 보고서.
8. 국토해양부 한강홍수통제소(2011), 4대강 재난방지를 위한 하천시설물 연계기술 개발(Ⅱ) 하천유량관리시스템 구축.
9. 과학기술부 한국수자원공사 (2004), 실시간 물관리 운영 시스템 구축 기술 개발.
10. 농림부 (2003), 농업기반시설 관리지침.
11. 농림수산식품부 한국농촌공사(2008), 영산강 하구둑 구조개선사업 최적방안 수립 연구.
12. 김재희, 이재성, 김승권, 고익환 (2008), 인공신경망 기법을 활용한 댐 군 최적연계 운영모형(CoMOM)의 가중치 선정에 관한 연구, 수자원학회 발표회, pp. 400-404.
13. 김대근, 김동욱 (2010), 영산강 하류부 조절을 위한 영산호-영암호-금호호 연계운영, 대한토목학회논문, pp. 277-284.
14. 신상호, 문형필, 김민환, 전일권 (2005), 수문의 영향을 받는 지점의 수위-유량곡선식 개선, 수자원학회 발표회, pp.669-673.
15. 안상진, 이용수 (1989), SSARR모형에 의한 유역유출 해석, 한국수문

- 학회지, 22(1), 109-116.
16. 이신재, 정성원, 이진원, 박상우 (2008), 감조하천에서 복합 수위-유량 관계곡선 개발에 관한 연구, 수자원학회 발표회, pp.367-372.
 17. 이충대, 한학영, 임태은 (2010), 금강하구둑 갑문조작에 의한 배수영향 지점에서의 유량산정방법 연구, 수자원학회, pp.1307-1311.
 18. 한국수자원공사 (1997), 수문자료 빈도분석 기법 및 갈수기 적용 방안 연구.
 19. 한국수자원공사 (2000), 저수유출 수문모형 개발.
 20. 한국수자원공사 (2006), 수자원장기종합계획 보고서(2006~2020).
 21. Rockwood, D. M. (1968), Application of Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation -SSARR- Program to the Lower Mekong River. Proceeding in the Use of Analog and Digital Computer in Hydrology Symposium, International Association of Scientific Hydrology, UNESCO, pp. 329-344.
 22. Schermerhorn, V. P., and Kuehl, D. W. (1968), Operational Streamflow Forecasting with SSARR Model. Proceeding in the Use of Analog and Digital Computer in Hydrology Symposium, International Association of Scientific Hydrology, UNESCO, pp. 317-328.

<부록> 설문지 및 설문 조사 결과

I. 영산호 관리에 대한 일반적인 인식

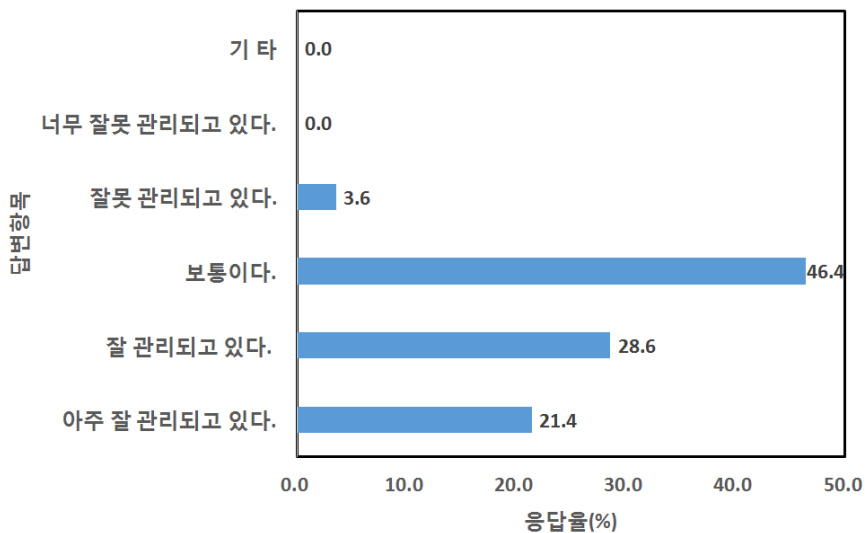
1-1. 귀하께서는 영산호 관리 상태에 대하여 어떻게 생각하십니까?

- (1) 아주 잘 관리되고 있다.
- (2) 잘 관리되고 있다.
- (3) 보통이다.
- (4) 잘못 관리되고 있다.
- (5) 너무 잘못 관리되고 있다.
- (6) 기 타 ()

조사 결과

° 영산호관리 상태에 대한 질의에 대하여 45.4 %가 “보통이다”라고 답했으며, 28.6 %가 “잘 관리되고 있다”라고 답했으며, 21.4 %가 “아주 잘 관리되고 있다”라고 답했으며, 3.6 %가 “잘못 관리되고 있다”라고 답하였음. 영산호관리 상태에 대하여 응답자의 96.4 %가 보통 이상으로 판단하고 있는 것으로 나타남.

[영산호 관리 상태]



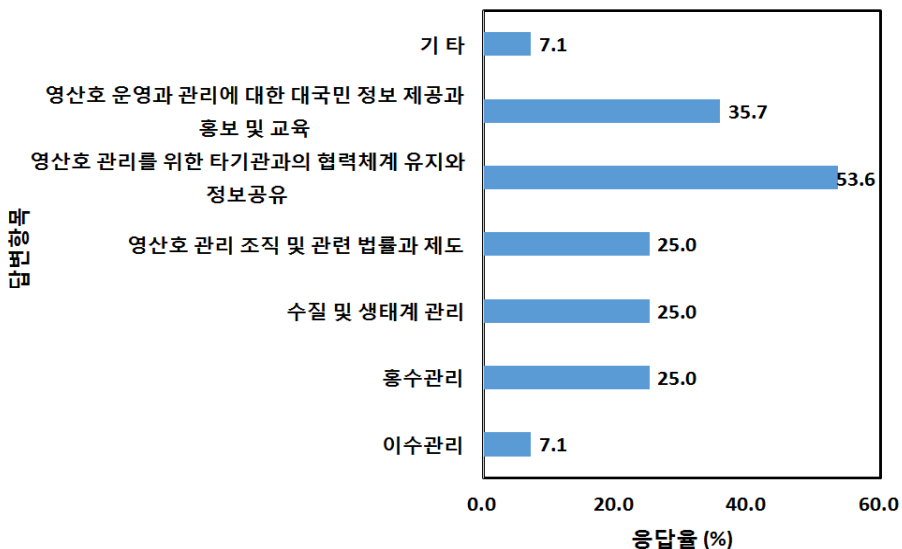
1-2. 귀하께서는 영산호 운영 및 관리 분야 중 가장 만족스럽지 못한 분야가 무엇이라고 생각하십니까? (복수응답 가능합니다.)

- (1) 이수관리
- (2) 홍수관리
- (3) 수질 및 생태계 관리
- (4) 영산호 관리 조직 및 관련 법률과 제도
- (5) 영산호 관리를 위한 타기관과의 협력체계 유지와 정보공유
- (6) 영산호 운영과 관리에 대한 대국민 정보 제공과 홍보 및 교육
- (7) 기 타 ()

조사 결과

◦ 영산호 운영 및 관리 분야 중 가장 만족스럽지 못한 분야에 대한 질문에 대하여 응답자의 53.6 %가 “영산호 관리를 위한 타 기관과의 협력 체계 유지와 정보공유”라고 답했으며, 응답자의 35.7 %가 “영산호 운영과 관리에 대한 대국민 정보 제공과 홍보 및 교육”이라고 답했음. 응답자의 25.0 %가 “영산호 관리 조직 및 관련 법률과 제도”, “수질 및 생태계 관리”, “홍수관리”라고 각각 답하였음.

[영산호관리 분야 중 불만족스러운 분야]



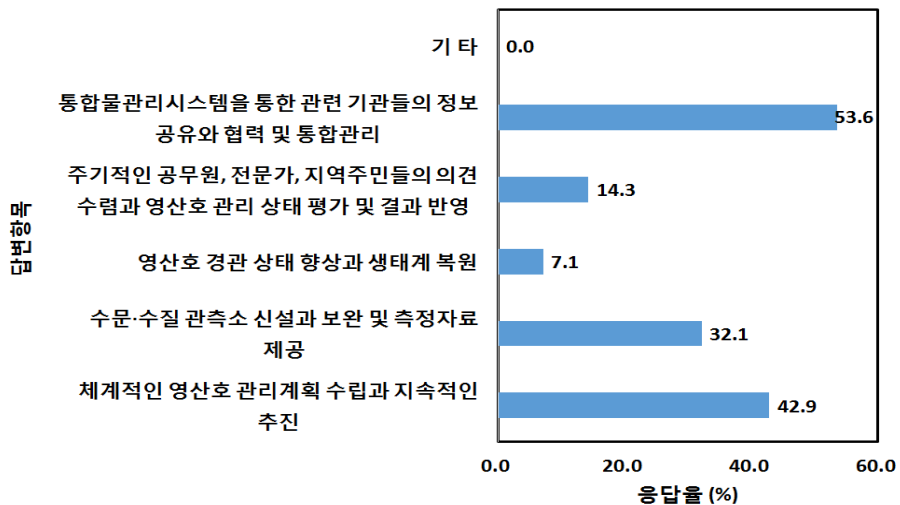
1-3. 귀하께서는 보다 발전된 영산호 관리를 위해서 우선적으로 개선해야할 점이 무엇이라고 생각하십니까? (복수응답 가능합니다.)

- (1) 체계적인 영산호 관리계획 수립과 지속적인 추진
- (2) 수문·수질 관측소 신설과 보완 및 측정자료 제공
- (3) 영산호 경관 상태 향상과 생태계 복원
- (4) 주기적인 공무원, 전문가, 지역주민들의 의견 수렴과 영산호 관리 상태 평가 및 결과 반영
- (5) 통합물관리시스템을 통한 관련 기관들의 정보 공유와 협력 및 통합관리
- (6) 기 타 ()

조사 결과

◦ 보다 발전된 영산호 관리를 위해서 우선적으로 개선해야할 점에 대한 질문에 대하여 응답자의 53.6 %가 “통합물관리시스템을 통한 관련 기관들의 정보 공유와 협력 및 통합관리”라고 답했음. 응답자의 42.9 %와 32.1%가 각각 “체계적인 영산호 관리계획 수립과 지속적인 추진”과 “수문·수질 관측소 신설과 보완 및 측정자료 제공”라고 답하였음.

[효과적인 영산호 관리를 위해 우선적으로 개선해야할 점]



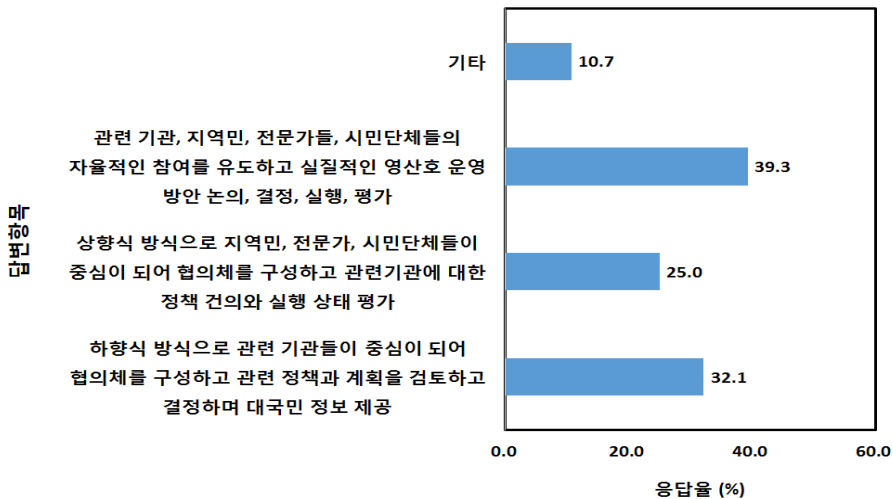
2-4. 귀하께서는 영산호 운영과 관리 협의체를 어떻게 운영하는 것이 효과적인 것으로 생각하십니까?

- (1) 하향식 방식으로 관련 기관들이 중심이 되어 협의체를 구성하고 관련 정책과 계획을 검토하고 결정하며 대국민 정보 제공
- (2) 상향식 방식으로 지역민, 전문가, 시민단체들이 중심이 되어 협의체를 구성하고 관련기관에 대한 정책 건의와 실행 상태 평가
- (3) 관련 기관, 지역민, 전문가들, 시민단체들의 자율적인 참여를 유도하고 실질적인 영산호 운영 방안 논의, 결정, 실행, 평가
- (4) 기 타 ()

조사 결과

- 영산호 운영과 관리 협의체의 효과적인 운영 방법에 대하여 응답자의 39.3 %가 “관련 기관, 지역민, 전문가들, 시민단체들의 자율적인 참여를 유도하고 실질적인 영산호 운영 방안 논의, 결정, 실행, 평가” 라고 답했으며, 응답자의 32.1 %가 “하향식 방식으로 관련 기관들이 중심이 되어 협의체를 구성하고 관련 정책과 계획을 검토하고 결정하며 대국민 정보 제공” 이라고 답하였음.

[영산호 운영과 관리 협의체의 효과적인 운영 방법]



Ⅲ. 영산호 통합물관리시스템 구축

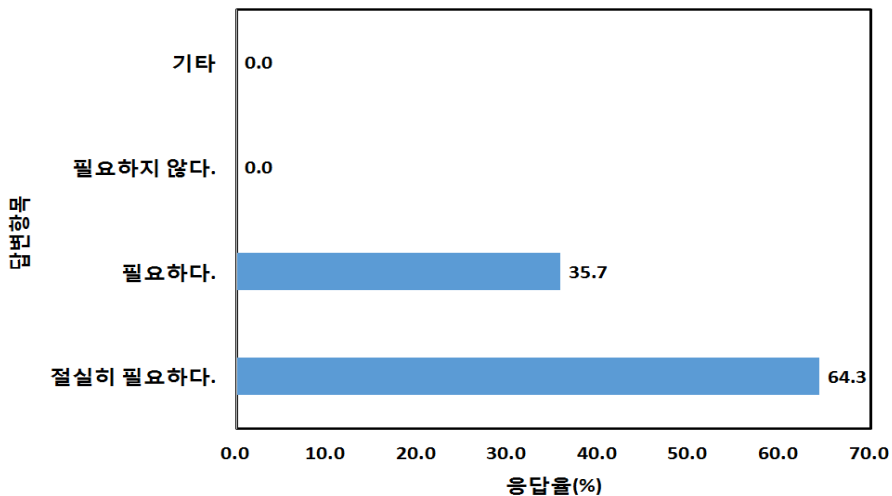
3-1. 귀하께서는 관련 기관들의 영산호 운영 관련 정보공유와 대국민 서비스를 위하여 통합물관리시스템이 필요하다고 생각하십니까?

- (1) 절실히 필요하다.
- (2) 필요하다.
- (3) 필요하지 않다.
- (4) 기타 ()

조사 결과

° 관련 기관들의 영산호 운영 관련 정보공유와 대국민 서비스를 위한 통합물관리시스템의 필요성에 대하여 응답자의 64.3 %가 “절실히 필요하다” 라고 답했으며, 응답자의 14.3 %가 “필요하다” 라고 답하였음. 응답자의 78.6 %가 영산호 통합물관리시스템이 필요하다는 의견을 제시함.

[영산호 통합물관리시스템의 필요성]



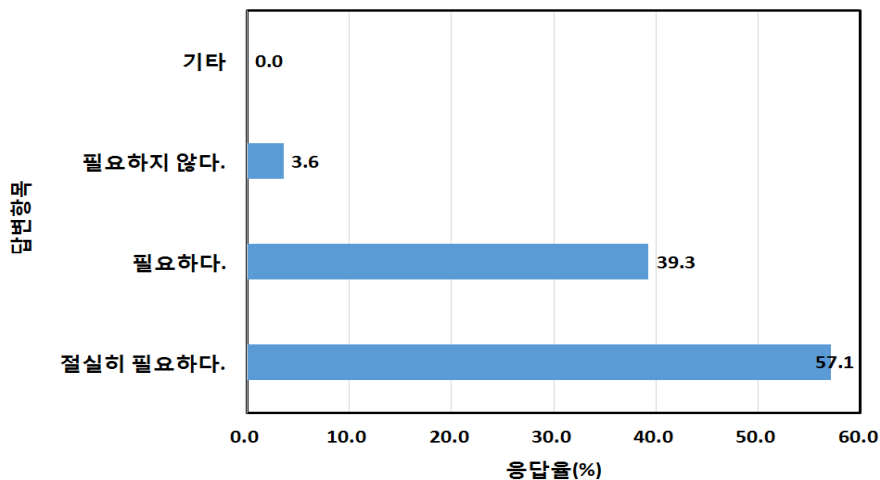
3-2. 영산호의 이수관리, 홍수관리, 환경 및 수질 관리는 상호영향을 미치므로 영산호 운영 목표를 달성하기 위해서는 세 가지 측면을 동시에 고려하는 통합관리가 필요합니다. 귀하께서는 영산호 운영 목표를 달성하기 위해서 통합물관리시스템이 필요하다고 생각하십니까?

- (1) 절실히 필요하다.
- (2) 필요하다.
- (3) 필요하지 않다.
- (4) 기 타 ()

조사 결과

° 영산호 운영 목표를 달성하기 위한 통합물관리시스템의 필요성에 대하여 응답자의 57.1 %가 “절실히 필요하다” 라고 답했으며, 응답자의 39.3 %가 “필요하다” 라고 답하였음. 응답자의 96.4 %가 영산호의 운영 목표를 달성하기 위해서 영산호 통합물관리시스템이 필요하다는 의견을 제시함.

[영산호 운영 목표를 달성하기 위한 통합물관리시스템의 필요성]



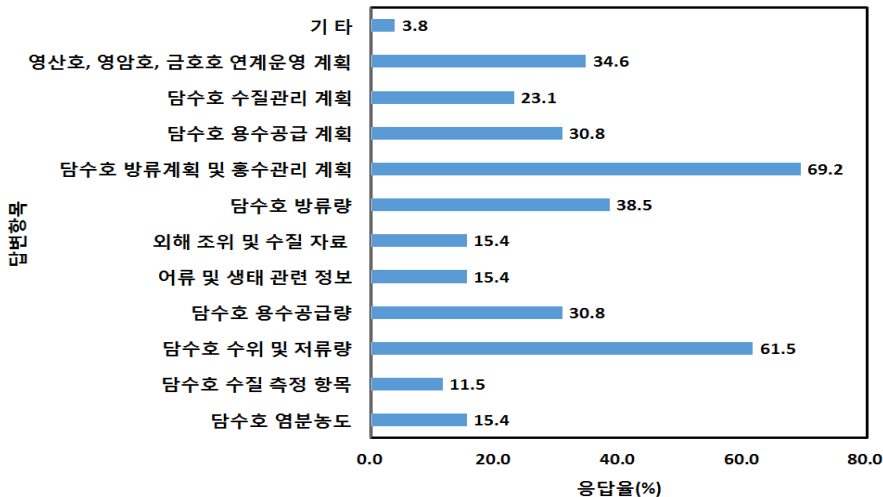
3-4. 귀하께서 통합물관리시스템으로부터 얻고자 하는 정보는 무엇
 입니까? (복수응답 가능합니다.)

- (1) 담수호 염분농도
- (2) 담수호 수질 측정 항목
- (3) 담수호 수위 및 저류량
- (4) 담수호 용수공급량
- (5) 어류 및 생태 관련 정보
- (6) 외해 조위 및 수질 자료
- (7) 담수호 방류량
- (8) 담수호 방류계획 및 홍수관리 계획
- (9) 담수호 용수공급 계획
- (10) 담수호 수질관리 계획
- (11) 영산호, 영암호 및 금호호 연계운영계획
- (12)기타()

조사 결과

◦ 통합물관리시스템으로부터 얻고자 하는 정보에 대하여 응답자의 69.2 %가 “담수호 방류계획 및 홍수관리 계획” 이라고 답하였으며, 응답자의 61.5 %가 “담수호 수위 및 저류량” 라고 답하였음. 기타 의견으로는 “관련기관 정보 연계운영계획” 이 있었음.

[통합물관리시스템으로부터 얻고자 하는 정보]



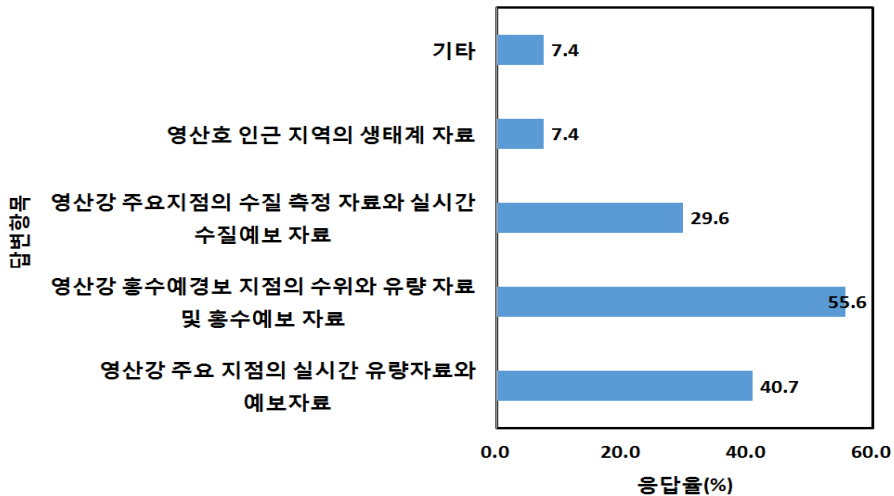
3-5. 귀 기관에서 영산호 통합물관리시스템에 제공이 가능한 정보는 무엇입니까? (복수응답 가능합니다.)

- (1) 영산강 주요 지점의 실시간 유량자료와 예보자료
- (2) 영산강 홍수예경보 지점의 수위와 유량 자료 및 홍수예보 자료
- (3) 영산강 주요지점의 수질 측정 자료와 실시간 수질예보 자료
- (4) 영산호 인근 지역의 생태계 자료
- (5) 기 타 ()

조사 결과

° 영산호 통합물관리시스템에 제공이 가능한 정보에 대하여 응답자의 55.6 %가 “영산강 홍수예경보 지점의 수위와 유량 자료 및 홍수예보 자료” 이라고 답하였으며, 응답자의 40.7 %가 “영산강 주요 지점의 실시간 유량자료와 예보자료” 라고 답하였음. 기타 의견으로는 “평립댐, 승촌보, 죽산보 운영 자료” 가 있었음.

[영산호 통합물관리시스템에 제공이 가능한 정보]



IV. 영산호 통합물관리시스템 운영과 관리

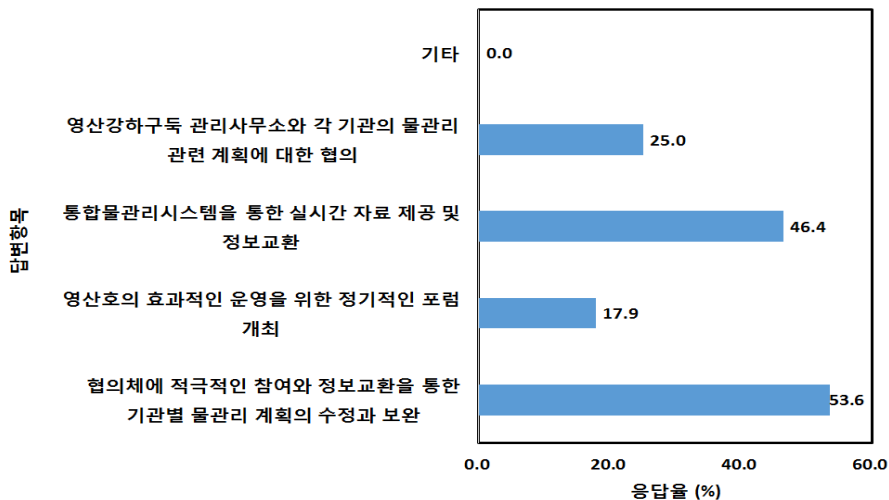
4-1. 향후 영산호 통합물관리시스템에서는 영산호의 이수, 치수, 환경(수질)을 통합관리하고자 합니다. 귀하께서는 관련 기관들이 어떻게 협력해야 한다고 생각하십니까? (복수응답 가능합니다.)

- (1) 협의체에 적극적인 참여와 정보교환을 통한 기관별 물관리 계획의 수정과 보완
- (2) 영산호의 효과적인 운영을 위한 정기적인 포럼 개최
- (3) 통합물관리시스템을 통한 실시간 자료 제공 및 정보교환
- (4) 영산강하구둑 관리사무소와 각 기관의 물관리 관련 계획에 대한 협의
- (5) 기타 ()

조사 결과

- 영산호 통합관리를 위한 관련 기관들의 협력 방법에 대하여 응답자의 53.6 %가 “협의체에 적극적인 참여와 정보교환을 통한 기관별 물관리 계획의 수정과 보완” 이라고 답하였으며, 응답자의 46.4 %가 “통합물관리시스템을 통한 실시간 자료 제공 및 정보교환” 이라고 답하였음.

[영산호 통합관리를 위한 관련 기관들의 협력 방법]



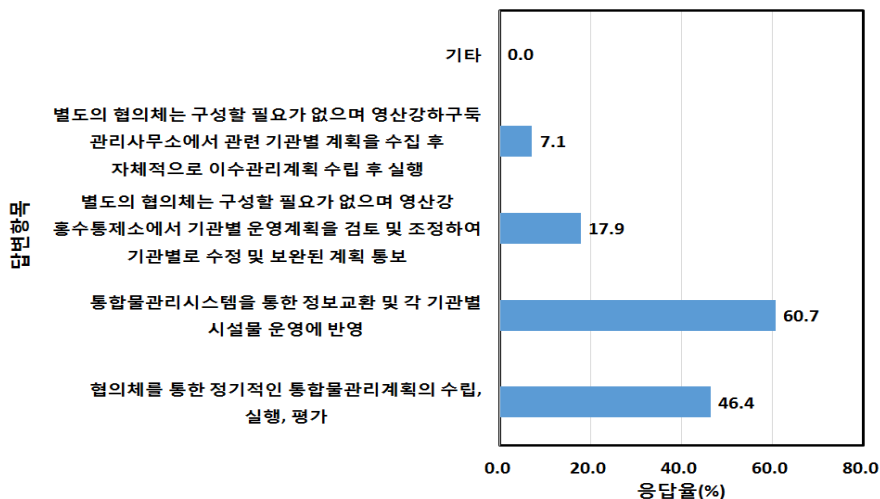
4.2. 귀하께서는 영산호의 이수관리를 위해서 관리기관이 상이한 시설물의 운영은 어떻게 이뤄져야 한다고 생각하십니까? (영산호, 영암호 및 금호호/ 승촌보, 죽산보/ 광주호, 나주호, 담양호, 장성호) (복수응답 가능)

- (1) 협의체를 통한 정기적인 통합물관리계획의 수립, 실행, 평가
- (2) 통합물관리시스템을 통한 정보교환 및 각 기관별 시설물 운영에 반영
- (3) 별도의 협의체는 구성할 필요가 없으며 영산강 홍수통제소에서 기관별 운영계획을 검토 및 조정하여 기관별로 수정 및 보완된 계획 통보
- (4) 별도의 협의체는 구성할 필요가 없으며 영산강하구둑 관리사무소에서 관련 기관별 계획을 수집 후 자체적으로 이수관리계획 수립 후 실행
- (5) 기타 ()

조사 결과

- 영산호의 이수관리를 위한 관리기관이 상이한 시설물의 운영에 대하여 응답자의 60.7 %가 “통합물관리시스템을 통한 정보교환 및 각 기관별 시설물 운영에 반영” 이라고 답하였으며, 응답자의 46.4 %가 “협의체를 통한 정기적인 통합물관리계획의 수립, 실행, 평가” 라고 답하였음.

[이수관리를 위한 관리기관이 상이한 시설물의 운영]



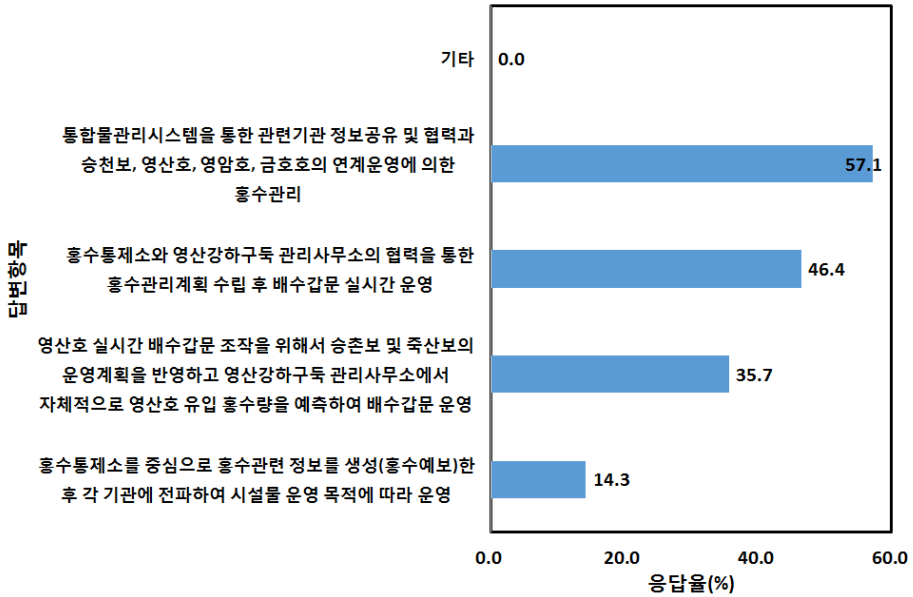
4-3. 귀하께서는 영산호의 홍수관리를 위해서 관리기관이 상이한 시설물 운영은 어떻게 이뤄져야 한다고 생각하십니까? (복수 응답 가능합니다.)

- (1) 홍수통제소를 중심으로 홍수관련 정보를 생성(홍수예보)한 후 각 기관에 전파하여 시설물 운영 목적에 따라 운영
- (2) 영산호 실시간 배수갑문 조작을 위해서 승천보 및 죽산보의 운영계획을 반영하고 영산강하구둑 관리사무소에서 자체적으로 영산호 유입 홍수량을 예측하여 배수갑문 운영
- (3) 홍수통제소와 영산강하구둑 관리사무소의 협력을 통한 홍수관리계획 수립 후 배수갑문 실시간 운영
- (4) 통합물관리시스템을 통한 관련기관 정보공유 및 협력과 승천보, 영산호, 영암호 및 금호호의 연계운영에 의한 홍수관리
- (5) 기 타 ()

조사 결과

- 영산호의 홍수관리를 위한 관리기관이 상이한 시설물의 운영에 대하여 응답자의 57.1 %가 “통합물관리시스템을 통한 관련기관 정보공유 및 협력과 승천보, 영산호, 영암호 및 금호호의 연계운영에 의한 홍수관리” 라고 답하였으며, 응답자의 46.4 %가 “홍수통제소와 영산강하구둑 관리사무소의 협력을 통한 홍수관리계획 수립 후 배수갑문 실시간 운영” 이라고 답하였음.

[홍수관리를 위한 관리기관이 상이한 시설물의 운영]



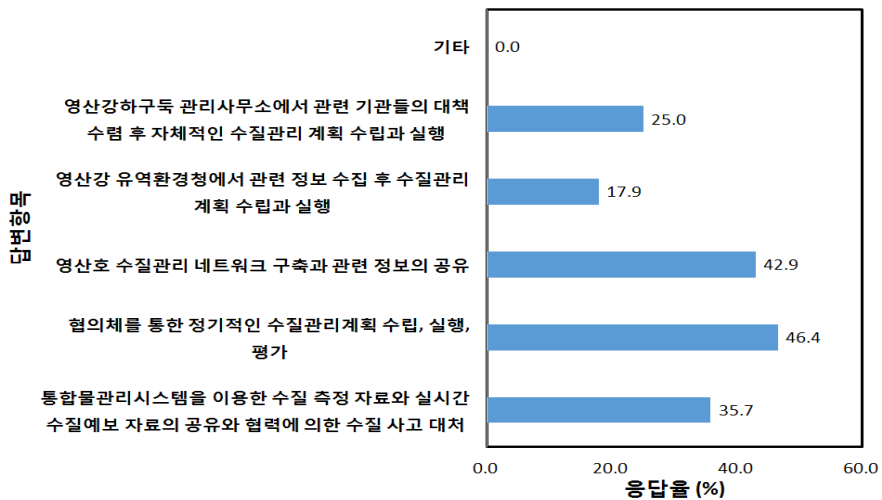
4-4. 귀하께서는 영산호의 수질관리를 위해서 관련기관들이 협력체계를 어떻게 구축해야 한다고 생각하십니까? (복수응답 가능합니다.)

- (1) 통합물관리시스템을 이용한 수질 측정 자료와 실시간 수질예보 자료의 공유와 협력에 의한 수질 사고 대처
- (2) 협의체를 통한 정기적인 수질관리계획 수립, 실행, 평가
- (3) 영산호 수질관리 네트워크 구축과 관련 정보의 공유
- (4) 영산강 유역환경청에서 관련 정보 수집 후 수질관리 계획 수립과 실행
- (5) 영산강하구둑 관리사무소에서 관련 기관들의 대책 수립 후 자체적인 수질관리 계획 수립과 실행
- (6) 기 타 ()

조사 결과

- 영산호의 수질관리를 위한 관리기관이 상이한 시설물의 운영에 대하여 응답자의 46.4 %가 “협의체를 통한 정기적인 수질관리계획 수립, 실행, 평가” 라고 답하였으며, 응답자의 42.9 %가 “영산호 수질관리 네트워크 구축과 관련 정보의 공유” 라고 답하였음.

[수질관리를 위한 관리기관이 상이한 시설물의 운영]



연구 참여자

목 차	소속	참여자	비고
1장 서론	농어촌연구원	박지성	
2장 담수호 현황	농어촌연구원	문성근 김광용	
3장 담수호 유입량 분석	농어촌연구원	김진택 신안국	
4장 담수호 유입량 모의분석	충북대학교	맹승진 김형산	
5장 담수호 물고나리 효율 화를 위한 통합물관리시 스템 구축 방안(마스터 플랜) 수립	충북대학교	강민구 아 잠 전경수	
6장 결 론	농어촌연구원	박지성 김진환	

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부로부터 연구비를 지원받아 한국농어촌공사 농어촌연구원에서 수행한 연구보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용은 연구원의 공식견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.

■ 발 행 처

연구과제명 : 영산강 배수갑문 확장에 따른 담수호 물관리시스템 구축 방안 연구

발 행 일	2014. 12
발 행 인	박 정 환
발 행 처	한국농어촌공사 농어촌연구원
주 소	경기도 안산시 상록구 사동 해안로 391번지
	전 화 031 - 400 - 1700
	FAX 031 - 409 - 6055

- 이 책의 내용을 무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다.
단, 이 책의 출처를 명시하면 인용이 가능합니다.