

발 간 등 록 번 호

11-1543000-001112-01

2013



Office

Research



Farming

International



영산강 배수갑문 확장에 따른 담수호 시스템 구축 방안 연구(II)

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

농림축산식품자료실



0017620



농림축산식품부



한국농어촌공사

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “영산강 배수갑문 확장에 따른 담수호 시스템 구축 방안 연구” 과제의 2차년도 최종보고서로 제출합니다.

2015년 12월 31일

주관연구기관명 : 농어촌연구원
연구책임자 : 박지성
연구원 : 김진택
 김광용
 김정대
 문성근

공동연구기관 : 충북대학교
연구책임자 : 맹승진
연구원 : 강민구
 김형산
 황주하
 아 잠
 전경수

요 약 문

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

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, 평균 해면 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 계획때 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. 2차년 연구내용 및 결론

4.1 2차년 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 연계 물수지 분석
- 담수호 치수시스템 구축
- 이치수 시스템 설계(안) 제시
- 담수호 물관리 마스터플랜 수립 방안 제시

4.2 연구방법

- 담수호 연계 물수지 분석
 - 영산호, 영암호 및 금호호별 유출모형 개발 및 연계
 - 담수호 유입량, 담수호별 농업용수 수요량, 각 연락수로 및 배수갑문 유통량을 고려한 물수지 분석
- 담수호 치수시스템 구축
 - 입력자료 구축 및 매개변수 검보정
 - 치수시스템 구축 시 영산호, 영암호, 금호호 연계 모형 구축

- 이치수 시스템 설계(안) 제시
 - 물관리시스템 구축을 위한 S/W, H/W 구성 계획 수립
 - 물수지 분석 기반의 물관리 시스템 설계(안) 제시
- 담수호 물관리 마스터플랜 수립 방안 제시
 - 마스터플랜 수립을 위한 관련 실무자 청문 및 설문조사
 - 유역관리계획 방안 제시
 - 이수, 치수, 수질을 통합한 영산강 통합 마스터플랜 방안 제시

4.3 연구결과

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 물관리 필요성이 대두되었다.

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.

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.

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

가. 담수호 연계 물수지 분석

- 영산호, 영암호 및 금호호의 통합물관리 시스템 구축을 위해서는 신뢰성 있는 수위-유량관계곡선식의 확보가 필수적이다. 일반적으로 자연하천에서 수위-유량관계는 수위의 상승 및 하강에 따라 유량 변화가 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.
- 영산호, 영암호 및 금호호 연계 물수지 분석을 위해 해석모형을 이용한 모의분석을 실시하였다. 모의분석을 실시하기 위해 개념적 토양함수량 산정 모형을 이용하였다. 저수지조작, 대유역의 실시간 일유출 예측 등의 목적으로 사용되고 있으며, 이수모형은 모의유출량 산정이 필수적이고, 장기유출모형에 초점을 맞춰야 하기 때문에 장기 물 관리 시스템 구축 및 적용에 활용된 SSARR 모형이 적절할 것으로 판단되었다.
- 유출모형내 수자원의 흐름 체계에 대해 유출 모식도를 도시하였으며, 표준유역에 따른 입력자료를 DB화 하였다. 또한 수자원장기종합계획(국토해양부, 2011)에서 제시한 용수수요량을 이용하여 추정하였다.
- 보 건설 직전인 2008년, 2009년을 분석대상기간으로 선정하여 SSARR 모형으로 모의하였으며, 표준유역별 매개변수의 독립적 산정은 할 수 없어 3개 제어지점 즉 죽산보와 승촌보에서 가장 가까운 수위표인 본동, 영산포 수위관측소와 영산호 최말단부에 위치한 사포 수위관측소에서의 결과만을 변수로 보정하였다. 연평균 유량의 상대오차는 영산포가 0.6% 및 32.1%로 가장 작은 오차를 보였으며, 사포는 214.3% 및 174.5%의 큰 오차를 보였다.
- 3개 제어지점에서의 유출량 자료만을 근거로 하여 기설정된 보정방향과 민감도 분석 결과에 따라 시행착오적인 방법으로 매개변수를 결정하였다. 보정 후의 값을 살펴보면 연평균 유량은 2008년 13.7%, 2009년 5.6%로 감소하였으며, 홍수기 평균 유량의 오차는 2008년 5.6%, 2009년 3.6%로 감소되었다.

- 모형을 검증하기 위하여 보정을 통해 결정된 매개변수 값을 이용해 2013년과 2014년을 검증대상으로 선정하여 3개 제어지점에서 유량의 모의치와 관측치를 비교하였다. 그 결과 모형 검증시 3개 제어지점의 평균오차가 모형 보정시 평균오차보다 유사하게 나타남에 따라 모형의 검증결과는 양호한 것으로 판단된다.

나. 담수호 치수시스템 구축

- 영산호의 치수 시스템을 구축하기 위해 홍수량을 산정하였으며, 합리적인 산정을 위해서 국내에서 많은 적용사례가 있고 저류함수법과 같은 실무 적용성이 뛰어난 HEC-HMS 모형을 이용하였다. 모형의 보정에 앞서 결정된 매개변수에 따른 HEC-HMS 모형의 계산결과를 분석하였으며, 분석대상기간은 2012년 8월 28일부터 2012년 9월 1일까지를 분석대상기간으로 선정하였다. 모의된 유출량과 사포수위표의 실측 유출량을 비교하였으며, 보정전 사포지점에 대한 평균 상대오차는 0.14%로 관측치와 유사한 값을 나타냈으며, 이를 보정하여 상대오차를 0.02% 수준으로 감소시켰다.
- 모형을 검증하기 위하여 보정을 통해 결정된 매개변수 값을 이용해 2009년 7월 14일부터 2009년 7월 18일까지를 분석대상기간으로 선정하였다. 검증 결과의 상대오차는 9.73%로 보정한 값보다는 높은 상대오차를 나타내고 있지만 10%이내의 결과를 보여 적절한 검증이 이루어진 것으로 판단된다.

다. 이치수 시스템 설계(안) 제시

- 이수와 치수 모형의 보정과 검증을 통해 효율적인 물관리를 목적으로 한 영산호 통합물관리 시스템이 프로토 타입을 구축하였다. 기존 영산호 유역에 구축된 물관리시스템과 유관기관에 기 운영중인 하천 유량관리시스템을 분석하여 최적화된 영산호 통합물관리시스템을 설계 및 해당 시스템의 프로토 타입 데모버전을 개발하였다.

라. 담수호 물관리 마스터플랜 수립 방안 제시

- 영산호 통합물관리시스템 구축을 위한 마스터 플랜은 관련 실무자들에 대한 설문조사, 관련 여건 분석, 문헌 조사 등을 통하여 영산호 물관리의 문제점을 파악하고 향후 발전 방향을 단기, 중기, 장기로 구분하여 수립하여 제시하였다.

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(Ⅱ)

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.

- Freshwater cooperation water balance analysis
- Construction of freshwater flood analysis system
- System design (draft) presented
- Freshwater water management master plan draft presented

4.2 Methods of the Study

- Freshwater cooperation water balance analysis
 - Yongsan river, development and cooperation of Youngam and Kumho door-to-door runoff model
 - Water balance analysis

- Construction of freshwater flood analysis system
 - Construction of input data and parameters correction
 - Yongsan river, development and cooperation of Youngam and Kumho door-to-door flood analysis system
- System design (draft) presented
 - S / W, H / W configuration plans for water management system construction
 - Water balance analysis based water management system design (draft) presented
- Freshwater water management master plan draft presented
 - Related practitioners hearing, investigation for the Master Plan
 - Watershed management plan presented
 - Yongsan river presented integrated master plan draft

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.
- Implementation of the simulated analysis using SSARR model for Yongsan lake, Youngamho and Gumuhoho cooperation water balance analysis
- Show the outflow schematic diagram for the flow system of water resources in the runoff model
- The DB of the input data along the normal basin
- Long-term comprehensive plan of water resources (Ministry of Land, Transport and Maritime, 2011) estimated using water demand was presented in
- Model validation results depending on is similarly display than the average error of the mean time error correction model of the three control points at the time of verification of the runoff model is judged to be good

- HEC-HMS model utilized with excellent practical applicability to construct flood analysis system Yongsan Lake
- Build the Yongsan lake integrated water management system is a prototype for the purpose of efficient water management through a correction and verification of water utilization and flood analysis model
- Master plan for the Yongsan lake integrated water management system construction, questionnaire survey to the relevant officials, analysis of the related conditions, grasp the problems of water management of the Yongsan lake through such literature survey
- Construction master plan of yongsan river integrated water management system, presented in formulating separately the direction of future development of short-term, medium-term, long-term

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	2
2. 담수호 현황	4
2.1 유역 개요	4
2.2 시설물 현황	5
2.3 담수호간 운영 개요	7
2.4 관측소 현황	8
3. 영산호, 영암호 및 금호호 연계 물수지 분석	22
3.1 해석모형을 이용한 영산호, 영암호 및 금호호 연계 모의분석 방법	22
3.2 유출모형내 수자원 흐름 체계	42
3.3 매개변수 검증	92
4. 담수호 치수시스템 구축	97
4.1 유역의 분할	97
4.2 과거 주요홍수사상 조사	98
4.3 면적강우량 산정	99

4.4	매개변수 초기값 산정	100
4.5	홍수량 산정	112
4.6	신뢰성이 확보된 자료를 통한 유입량 비교 분석 및 보정	116
5.	물수지분석 기반의 물관리 시스템 설계(안)	120
5.1	개요	120
5.2	유관기관 시스템 분석	121
5.3	영산호 통합물관리시스템	158
5.4	시스템 프로토 타입	161
6.	영산강 담수호 물관리 마스터플랜 수립 방안	172
6.1	영산호 통합물관리시스템 구축을 위한 마스터 플랜 ..	172
6.2	실행계획별 추진과제	173
6.3	추진과제별 정의 및 추진체계	176
6.4	영산호 통합물관리시스템 구축을 위한 프로세스	187
7.	결론	189
	참고문헌	192
	<부록> 설문지 및 설문 조사 결과	

표 목 차

(표 2.2-1) 영산호, 영암호 및 금호호 하구둑 현황	6
(표 2.2-2) 제수문, 배수갑문 시설 현황	7
(표 2.4-1) 우량관측소 현황	10
(표 2.4-2) 수위관측소 현황	11
(표 2.4-3) 주요 지점 현황	13
(표 2.4-4) 수위-유량 관계곡선식	15
(표 3.1-1) 수문예측모형의 비교	30
(표 3.2-1) 계절별 고도별 강우량 보정계수	45
(표 3.2-2) 고도별 강우가중치	46
(표 3.2-3) EKE, ETP, DKE, ETEL	46
(표 3.2-4) 월별 증발산량 지표 가중치	47
(표 3.2-5) 소유역별 해당 강우관측소의 월평균 온도	47
(표 3.2-6) 소유역별 SMI-ROP 도표	48
(표 3.2-7) 소유역별 BII-BFP 도표	48
(표 3.2-8) 소유역별 S-SS 분리 도표	49
(표 3.2-9) 미국에서의 유역추적 매개변수	50
(표 3.2-10) 유역별 가상저수지의 수효와 저류시간 T_s	50
(표 3.2-11) 하도추적에 관한 매개변수	52
(표 3.2-12) 유역별 생활 및 공업용수 이용 현황	55
(표 3.2-13) 유역별 농업용수 이용 현황	56
(표 3.2-14) 보정전 오차	58
(표 3.2-15) 내부처리 매개변수의 민감도분석을 위한 기준치	70

(표 3.2-16) 미국에서의 유역추적 매개변수	77
(표 3.2-17) 유역유출과 관련된 매개변수의 고수시 민감도 분석	84
(표 3.2-18) 유역유출과 관련된 매개변수의 저수시 민감도 분석	85
(표 3.2-19) 최종 토양습윤 상태별 유출률(SMI-ROP) 도표	87
(표 3.2-20) 최종 침투량별 지하수 유입률(BII-BFP) 도표	87
(표 3.2-21) 최종 지표수와 지하수 분리(S-SS) 도표	88
(표 3.2-22) 최종 유량별 저류시간(Ts) 값	88
(표 3.2-23) 보정후 오차	88
(표 3.3-1) 모형의 검증 결과	92
(표 4.2-1) 영산강유역 주요홍수 발생 현황(홍수예경보 발령 기준)	98
(표 4.3-1) 티센계수	100
(표 4.4-1) 하천설계기준에 제시된 공식의 입력형태에 따른 분류	101
(표 4.4-2) 자연하천 유역에 대한 도달시간 공식	101
(표 4.4-3) 소유역별 도달시간 산정	102
(표 4.4-4) 수문학적 토양군의 분류	105
(표 4.4-5) 분류방법에 따른 수문학적 토양 유형	106
(표 4.4-6) 농경지역 및 삼림지역의 유출곡선지수(AMC- II)	109
(표 4.4-7) 도시지역의 유출곡선지수(AMC- II)	110
(표 4.4-8) 선행 토양함수조건의 분류	111
(표 4.4-9) 5일 선행강우량에 따른 AMC 조건 조사결과	111
(표 4.6-1) 모형의 보정 결과	118
(표 4.6-2) 모형의 검증 결과	119
(표 6.2-1) 추진전략별 과제 및 세부과제	174
(표 6.3-1) 영산호 통합물관리위원회 설치 및 운영 추진체계	176
(표 6.3-2) 성과 모니터링 및 평가 추진체계	177

(표 6.3-3) 통합정보시스템 구축 추진체계	177
(표 6.3-4) 영산호 통합물관리 체계 구축 추진체계	178
(표 6.3-5) 참여형 의사결정프로세스 구축 추진체계	179
(표 6.3-6) 한해관리 추진체계	179
(표 6.3-7) 홍수관리 추진체계	180
(표 6.3-8) 수질관리 추진체계	181
(표 6.3-9) 염해관리 추진체계	181
(표 6.3-10) 의사결정지원시스템 개발 추진체계	182
(표 6.3-11) 모니터링 시스템 개발 추진체계	183
(표 6.3-12) 수질관리 기술 개발 추진체계	184
(표 6.3-13) 염해저감 기술 개발 추진체계	184
(표 6.3-14) 연안해역 영향 평가 추진체계	185
(표 6.3-15) 교육 프로그램 개발 추진체계	186
(표 6.3-16) 협력 네트워크 구축 및 교류 추진체계	187

그림 목 차

<그림 1.4-1> 통합물관리시스템 구축 방안(마스터플랜) 연계도	3
<그림 2.3-1> 담수호간 유량 관계도	8
<그림 2.4-1> 영산강유역 수문관측소 위치도	9
<그림 2.4-2> 대상유역별 평년 월평균 강우량	12
<그림 2.4-3> 수위관측소 위치도	14
<그림 2.4-4> 영산강유역 평년 월평균 유출량	21
<그림 2.4-5> 영산강유역 유황분석 곡선	21
<그림 3.1-1> SSARR 모형의 유출모식도	32
<그림 3.1-2> SSARR 모형의 구성	35
<그림 3.2-1> 영산강, 영암호 및 금호호 유출모식도	43
<그림 3.2-2> SSARR 모형의 보정전 결과(2008년, 본동)	59
<그림 3.2-3> SSARR 모형의 보정전 결과(2008년, 영산포)	59
<그림 3.2-4> SSARR 모형의 보정전 결과(2008년, 사포)	60
<그림 3.2-5> SSARR 모형의 보정전 결과(2009년, 본동)	60
<그림 3.2-6> SSARR 모형의 보정전 결과(2009년, 영산포)	61
<그림 3.2-7> SSARR 모형의 보정전 결과(2009년, 사포)	61
<그림 3.2-8> SMI-ROP 관계	63
<그림 3.2-9> KE vs. 강우강도와의 관계	63
<그림 3.2-10> DKE vs. SMI와의 관계	63
<그림 3.2-11> 유출량과 BII와의 관계	64
<그림 3.2-12> 지표수와 복류수의 분리양상이 유출에 미치는 영향	65
<그림 3.2-13> 유역 추적 특성인자들과 수문곡선	66

<그림 3.2-14> 지표수 가상저수지의 수효가 흐름에 미치는 영향	67
<그림 3.2-15> 복류수 가상저수지의 수효가 흐름에 미치는 영향	67
<그림 3.2-16> 지표수의 저류시간이 흐름에 미치는 영향	68
<그림 3.2-17> 복류수의 저류시간이 흐름에 미치는 영향	68
<그림 3.2-18> 지표수와 복류수 저류시간 증가에 따른 수문곡선 변화 양상	69
<그림 3.2-19> 가상저수지 수효와 저류시간 변화에 따른 수문곡선 변화 양상	69
<그림 3.2-20> SMI의 민감도(2008년)	71
<그림 3.2-21> SMI의 민감도(2009년)	71
<그림 3.2-22> BII의 민감도(2008년)	72
<그림 3.2-23> BII의 민감도(2009년)	72
<그림 3.2-24> S-SS의 민감도(2008년)	73
<그림 3.2-25> S-SS의 민감도(2009년)	73
<그림 3.2-26> BIITS의 민감도(2008년)	74
<그림 3.2-27> BIITS의 민감도(2009년)	74
<그림 3.2-28> BIIMX의 민감도(2008년)	75
<그림 3.2-29> BIIMX의 민감도(2009년)	75
<그림 3.2-30> BFLIM의 민감도(2008년)	75
<그림 3.2-31> BFLIM의 민감도(2009년)	76
<그림 3.2-32> PBLZ의 민감도(2008년)	76
<그림 3.2-33> PBLZ의 민감도(2009년)	77
<그림 3.2-34> 지표수 저류시간의 민감도(2008년)	78
<그림 3.2-35> 지표수 저류시간의 민감도(2009년)	79
<그림 3.2-36> 지표수 저류시간을 유량함수로 한 민감도(2008년)	79
<그림 3.2-37> 지표수 저류시간을 유량함수로 한 민감도(2009년)	79
<그림 3.2-38> 복류수 저류시간의 민감도(2008년)	80

<그림 3.2-39> 복류수 저류시간의 민감도(2009년)	80
<그림 3.2-40> 복류수 저류시간을 유량함수로 한 민감도(2008년)	81
<그림 3.2-41> 복류수 저류시간을 유량함수로 한 민감도(2009년)	81
<그림 3.2-42> 지하수 저류시간의 민감도(2008년)	82
<그림 3.2-43> 지하수 저류시간의 민감도(2009년)	82
<그림 3.2-44> 회귀지하수 저류시간의 민감도(2008년)	83
<그림 3.2-45> 회귀지하수 저류시간의 민감도(2009년)	83
<그림 3.2-46> SSARR 모형의 보정후 결과(2008년, 본동)	89
<그림 3.2-47> SSARR 모형의 보정후 결과(2008년, 영산포)	89
<그림 3.2-48> SSARR 모형의 보정후 결과(2008년, 사포)	90
<그림 3.2-49> SSARR 모형의 보정후 결과(2009년, 본동)	90
<그림 3.2-50> SSARR 모형의 보정후 결과(2009년, 영산포)	91
<그림 3.2-51> SSARR 모형의 보정후 결과(2009년, 사포)	91
<그림 3.3-1> SSARR 모형의 검증 결과(2013년, 승촌보)	93
<그림 3.3-2> SSARR 모형의 검증 결과(2013년, 죽산보)	93
<그림 3.3-3> SSARR 모형의 검증 결과(2013년, 사포)	94
<그림 3.3-4> SSARR 모형의 검증 결과(2014년, 승촌보)	94
<그림 3.3-5> SSARR 모형의 검증 결과(2014년, 죽산보)	95
<그림 3.3-6> SSARR 모형의 검증 결과(2014년, 사포)	95
<그림 4.1-1> 담수호 중권역 분할도	97
<그림 4.3-1> 담수호유역 Thiessen	99
<그림 4.4-1> GIS를 이용한 CN값 산정 모식도	104
<그림 4.4-2> GIS 기법을 활용한 정밀토양도	105
<그림 4.4-3> GIS 기법을 활용한 토지이용도	107
<그림 4.4-4> 담수호유역 CN(Curve Number)	112

<그림 4.5-1> 유역의 등시간선	113
<그림 4.5-2> 치수모형내 수자원 흐름 체계	115
<그림 4.5-3> 영산강유역 HEC-HMS 모식도	116
<그림 4.6-1> 보정 전 유량 비교	117
<그림 4.6-2> 보정 후 유량 비교	118
<그림 4.6-3> 모형의 검증 결과	119
<그림 5.1-1> 영산호 통합물관리시스템 메인화면	120
<그림 5.2-1> 하천유량관리시스템의 구성	121
<그림 5.2-2> 하천유량관리시스템의 분석절차	121
<그림 5.2-3> 모형의 개별 모듈	122
<그림 5.2-4> 연계모의 개념도	123
<그림 5.4-1> 영산호 통합물관리시스템 주화면	161
<그림 6.2-1> 추진전략별 과제	173
<그림 6.2-2> 3개호 관리를 위한 마스터 플랜 개념도	175
<그림 6.4-1> 영산호 통합물관리시스템 구축을 위한 프로세스	187

제 1 장 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 물관리 필요성이 대두되었다.

경제사회의 급격한 발전과 주변 환경의 많은 변화가 있었고, 이에 따라 당초 계획을 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 분석을 수행함으로써 담수호 물관리 효율화를 위한 시스템 구축방안을 수립코자 다음과 4개 항목으로 구분하여 과제를 수행하고자 한다.

- 담수호 연계 물수지 분석
- 담수호 치수시스템 구축
- 이치수 시스템 설계(안) 제시
- 담수호 물관리 마스터플랜 수립 방안 제시

1.3. 연구방법

- 담수호 연계 물수지 분석
 - 영산호, 영암호 및 금호호별 유출모형 개발 및 연계
 - 담수호 유입량, 담수호별 농업용수 수요량, 각 연락수로 및 배수갑문 유통량을 고려한 물수지 분석
- 담수호 치수시스템 구축
 - 입력자료 구축 및 매개변수 검토정
 - 치수시스템 구축 시 영산호, 영암호, 금호호 연계 모형 구축
- 이치수 시스템 설계(안) 제시
 - 물관리시스템 구축을 위한 S/W, H/W 구성 계획 수립
 - 물수지 분석 기반의 물관리 시스템 설계(안) 제시
- 담수호 물관리 마스터플랜 수립 방안 제시
 - 마스터플랜 수립을 위한 관련 실무자 청문 및 설문조사
 - 유역관리계획 방안 제시
 - 이수, 치수, 수질을 통합한 영산강 통합 마스터플랜 방안 제시

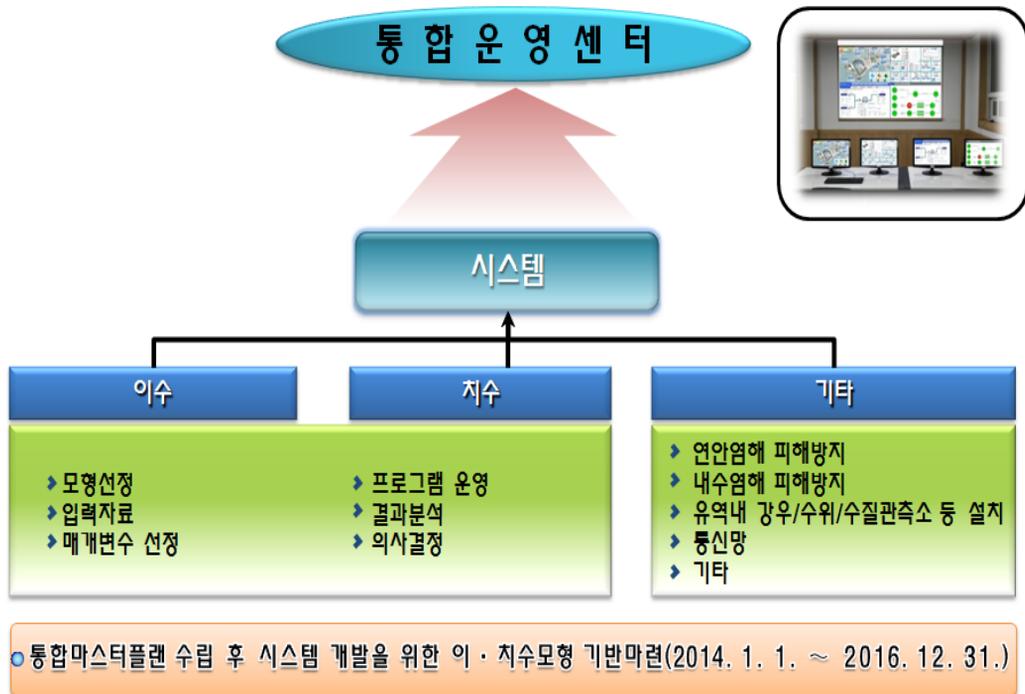
1.4. 기대효과 및 실용화방안

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 고령화 사회 도래, 환경중심 정책 및 사업 추진, 농촌의 다면적 기능 증진, 농촌지역 문화 자원 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, 농림수산식품부 및 국토교통부 등 범부처간 연계가 가능한

ICT 기반의 통합물관리시스템을 개발한다. 개발된 시스템은 이·치수기 영산호, 영암호 및 금호호 유역내 배수문 및 제수문의 효율적인 조작을 유도함으로써 농업용수의 효율적인 관리를 가능하도록 할 것이다.

상기의 사항을 도식화하면 다음과 같다.



<그림 1.4-1> 통합물관리시스템 구축 방안(마스터플랜) 연계도

제 2 장 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 가구 수는 528,277호로서 가구당 인구는 3.25명이다.(국토해양부, 2011)

영산강의 유역면적은 3,455km, 유로연장은 129.5km이며 유역의 동서간 최대 길이는 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 균유산(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), 균유산(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 지석천이 좌측에서 유입한다. 지석천 합류 후 나주시를 관류하여 서쪽으로 유하하다 우안측에서 고막원천, 함평천이 차례로 유입

되며, 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 271.9㎢이고 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 II 단계 사업(’76~’81년)”의 일환으로 ’81년에 완공되었으며, 목포시에서 상류쪽으로 약 6km 되는 곳의 바다를 메워 축조한 방조제이다.

영산호는 연락수로를 통하여 영암호(244백만㎥)와 금호호(133백만㎥)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
사업시행자	한국농어촌공사	한국농어촌공사	한국농어촌공사
위치	영암군 삼호읍 나불리	영암군 삼호읍 삼포리	영암군 삼호읍 삼포리
수계명(분류)	영산강	-	-
유압수계(하천명)	광주천, 황룡강, 지석천, 고막원천, 함평천 등	계곡천, 옥천천	-
개발면적(ha)	20,700	13,160	7,840
유역면적(ha)	34,700	35,500	18,400
만수(호수)면적(ha)	3,460	4,286	2,330
총저수량(백만 m ³)	253.6	244.6	133.1
유효저수량(백만 m ³)	180.9	138.8	75.5
홍수위(EL.M)	+1.38	+0.23	+0.27
상시만수위(EL.M)	-1.35	-1.45	-1.55
사수위(EL.M)	-9.43	-6.35	-6.35
총유입량 (백만 m ³ /년간)	최대 4,302.7 최소 2,487.0	최대 471.4 최소 275.0	최대 207.8 최소 130.4
총방류량 (백만 m ³ /년간)	최대 4,302.7 평균 2,487.0	최대 472.0 평균 244.0	최대 453.3 평균 310.8
방조제 높이(m)	19.5	최대 32.30 평균 25.90	최대 28.1 평균 18.3
방조제 길이(m)	4,350(2,094) 목포1,347m, 영암747m	2,220	2,110
방조제 체적(백만 m ³)	3.42	4.40	2.58
배제량(m ³ /sec)	10,837	1,831	887
방조제(댐)형식	경사형 혼성제	경사형 혼성제	경사형 혼성제
배수갑문(m)	30×13.6×8련	10×10.5×8련	10×10.5×5련
통선문(련)	갑문식어도 6.6×11.9×30×2련	갑문식어도 6.6×8.24×10×2련	갑문식어도 6.6×8.24×10×2련
방조제 준공년월일	'81.128	'93.1231	'96.1130
사업비(공사비)	42,603,920천원	35,043,836천원	37,083,167천원
관리기관	한국농어촌공사 영산강사업단	한국농어촌공사 영산강사업단	한국농어촌공사 영산강사업단

(표 2.2-2) 제수문, 배수갑문 시설 현황

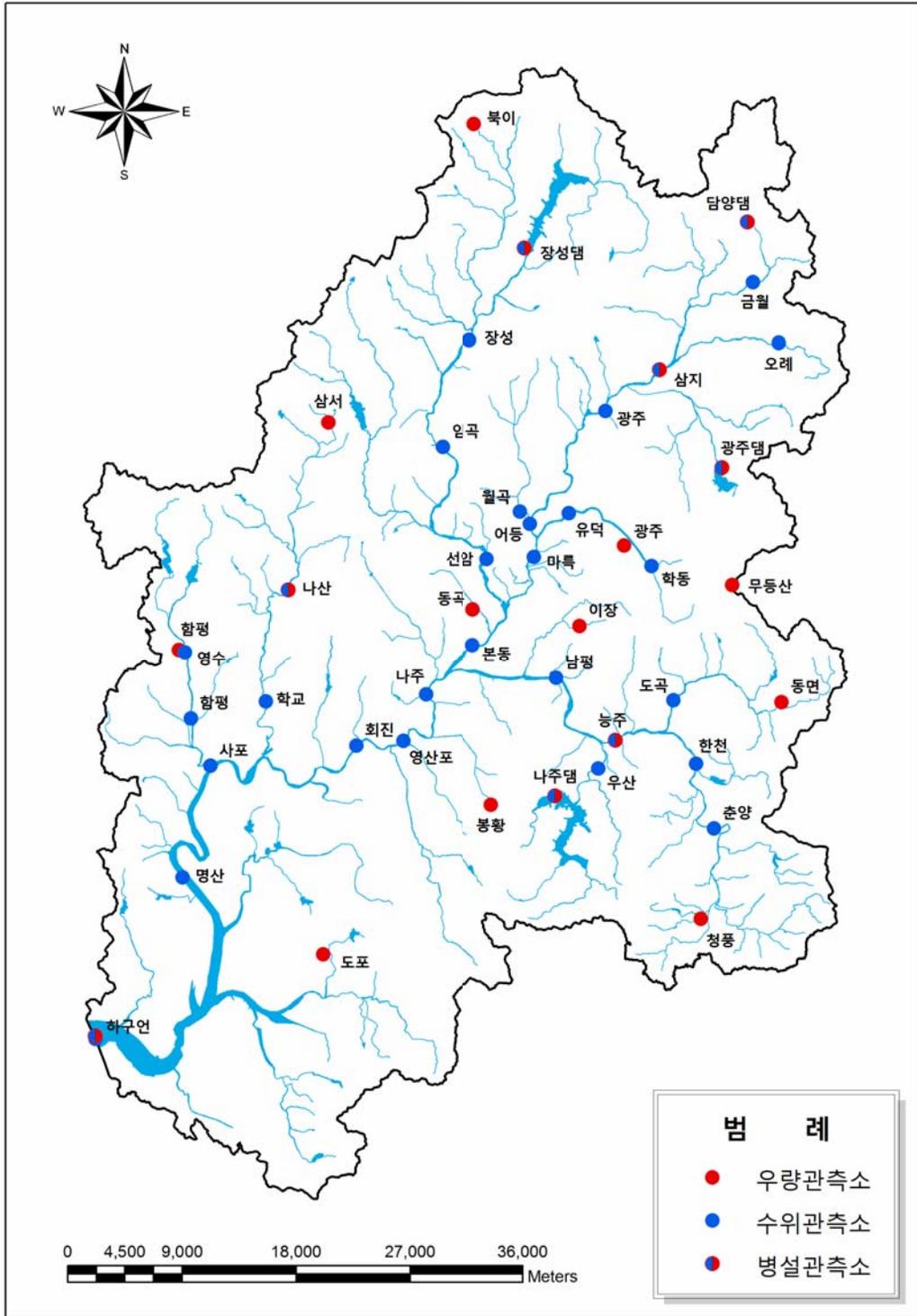
시설계획	위치	시설내용
영산호 배수갑문 확장	영산강 하구둑	영산호 배수갑문 확장 B=240m→480m
영암호 저류공간 활용	영암호 하구둑	영암호 배수갑문 확장 B=80m→410m
	영산호-영암호	연락수로확장(L=4.4km) B=15m→140m
	영암 연락수로 금호 연락수로	영암 제수문 증설 B=30m→160m 금호 제수문 신설 B=30m

2.3. 담수호간 운영 개요

영산강 하류부에는 영산호와 영암호, 영암호와 금호호가 연락수로를 통해서 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 매시간 영산호, 영암호 및 금호호의 내수위에 따른 수두차에 의해 결정되므로 이들 모두를 하나의 동적시스템으로 구축하여 해석하는 것이 필요하다.



<그림 2.4-1> 영산강유역 수문관측소 위치도

(표 2.4-1) 우량관측소 현황

일련 번호	관측소 코 드	관측 소명	위 치			관측 개시일
			지 명	경 도	위 도	
1	50014020	광주	광주.남.서2. 대성초등학교	126-54-24	35-08-27	1992-04-01
2	50014030	광주댐	전남.담양.고서.분향. 광주댐내	126-59-30	35-11-49	1992-04-01
3	50014040	무등산	광주.동.용연. 무등산 2중계소	127-00-02	35-06-45	1992-04-01
4	50014050	담양댐	전남.담양.용.도림. 취수탑 도교	127-00-50	35-22-24	1992-04-01
5	50014060	삼지	전남.담양.봉산.삼지. 삼지교 하류	126-56-15	35-16-03	2003-08-26
6	50024020	북이	전남.장성.북이.백암. 백암계	126-46-32	35-26-36	1962-07-01
7	50024030	장성댐	전남.장성.장성.용강. 취수탑 도교	126-49-11	35-21-16	1992-04-01
8	50034030	나주댐	전남.나주.다도.관촌. 취수탑 도교	126-50-49	34-57-38	1992-04-01
9	50034040	능주	전남.화순.도곡.평. 신성교 하류	126-53-57	35-00-03	1962-07-01
10	50034050	이장	광주.남.양과. (구)대촌동초등학교	126-52-06	35-04-59	2002-01-01
11	50034060	동면	전남.화순.동.장동. 동면초등학교	127-02-37	35-01-41	2002-01-01
12	50034070	청풍	전남.화순.청풍.어. 청풍초등학교	126-58-24	34-52-20	2002-01-01
13	50044030	동곡	광주.하산. 동곡초등학교	127-46-31	35-05-41	1992-04-01
14	50044040	봉황	전남.나주.봉황.죽석. 봉황초등학교	126-47-29	34-57-15	1992-04-01
15	50054010	삼서	전남.장성.삼서.대곡. 면사무소	126-38-54	35-13-44	1961-08-01
16	50054020	나산	전남.함평.나산.삼축. 나산교 하류	126-36-50	35-06-31	2004-12-10
17	50064020	함평	전남.함평군(읍).기각. 기산초등학교	126-31-11	35-03-53	1992-04-01
18	50074010	도포	전남.영암.도포.구학. 도포중학교	126-38-44	34-50-46	1992-04-01
19	50084010	하구언	전남.영암.삼호. 나불 하구언	126-26-57	34-47-14	1992-04-01

(표 2.4-2) 수위관측소 현황

일련 번호	관측소 코드	관측 소명	위 치			관측 개시일	비 고
			지 명	경 도	위 도		
1	5001610	담양댐	전남.담양.용.도립. 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 하류	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.황룡.월평. (구)제2황룡교	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.관촌. 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	
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	

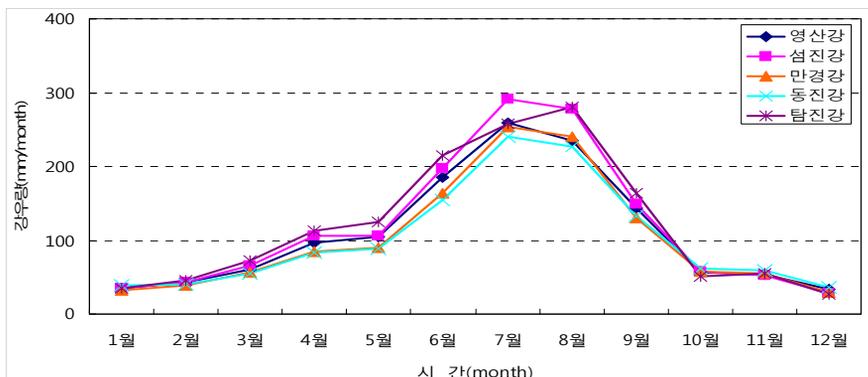
(표 2.4-2) 수위관측소 현황(계속)

일련 번호	관측소 코드	관측 소명	위 치			관측 개시일	비 고
			지 명	경 도	위 도		
31	5006630	함평	전남.함평.읍다.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	

2.4.1. 강수량 분석

(표 2.4-1)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 기상청 관할 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 2.4-2>와 같다.



출처: 국토교통부 영산강홍수예보, 2008

<그림 2.4-2> 대상유역별 평년 월평균 강우량

2.4.2. 수위-유량관계 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.

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

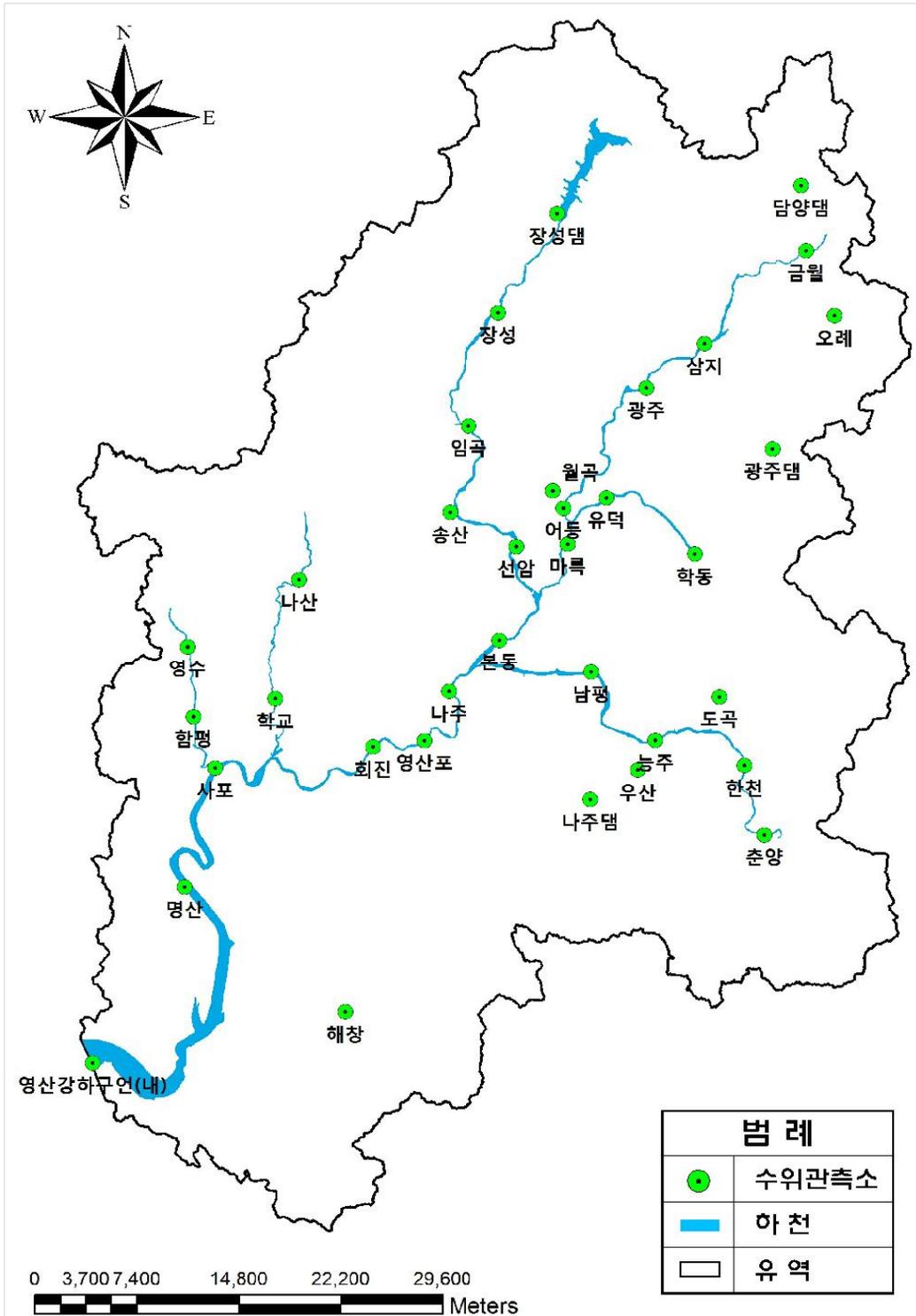
영산강의 나주와 마륵 수위표, 황룡강의 선암 수위표, 지석천의 남평 수위표는 과거 간헐적인 유량측정을 해오다가 1980년대 및 1990년대에 비교적 지속적으로 유량측정을 실시하였다.

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

(표 2.4-3) 주요 지점 현황

구 분			지 점	영 산 강			
				마 륵	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 2.4-3> 수위관측소 위치도

2.4.3. 주요 지점의 수위-유량관계곡선식

영산강지구 실시간 수위자료는 마륙, 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 2.4-4) 수위-유량 관계곡선식

지 점	수위-유량 관계곡선식		이용 자료	인용문헌(발행연도)
	H(h) : m	Q : m ³ /s H(h) : m		
마륙	1.12<H<2.22 2.22<H<4.93	Q=68.2972-108.859H+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)

(표 2.4-4) 수위-유량 관계곡선식(계속)

지 점	수위-유량 관계곡선식		이용 자료	인용문헌(발행연도)
	H(h) : m	Q : m ³ /s H(h) : m		
마륵	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 ≤ 8.345	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)
	0.62 ≤ h ≤ 1.20 1.20 < h ≤ 5.11 5.11 < h ≤ 10.68	Q=Q=107.194(h-0.620)2.394 Q=Q=49.317(h-0.430)2.019 Q=Q=101.129(h-0.050)1.569	2007년 35개	한국수문조사연보 (국토해양부, 2007)
	0.62 ≤ h ≤ 1.34 1.34 < h ≤ 5.11 5.11 < h ≤ 10.68	Q=77.996(h-0.640)1.951 Q=21.679(h-0.080)2.528 Q=101.129(h-0.050)1.569	2001년 12개 2008년 30개	한국수문조사연보 (국토해양부, 2008)
	0.74 ≤ h ≤ 2.82 1.08 ≤ h ≤ 1.24 0.74 ≤ h ≤ 1.63 1.63 < h ≤ 2.46 1.22 ≤ h ≤ 1.34 0.74 ≤ h ≤ 1.73 1.21 ≤ h ≤ 1.34 0.74 ≤ h ≤ 2.65 1.25 ≤ h ≤ 1.27 0.74 ≤ h ≤ 3.19 1.22 ≤ h ≤ 1.24 0.74 ≤ h ≤ 2.44 2.44 < h ≤ 2.58 2.58 < h ≤ 3.63 3.63 < h ≤ 10.43 1.16 ≤ h ≤ 1.19 0.74 ≤ h ≤ 2.64 2.64 < h ≤ 3.59 3.59 < h ≤ 5.56 1.19 ≤ h ≤ 1.21 0.74 ≤ h ≤ 3.24 1.15 ≤ h ≤ 1.17 0.74 ≤ h ≤ 1.51 0.97 ≤ h ≤ 1.22 0.87 < h ≤ 1.47	Q=Q=62.651(h-0.740)1.881 Q=Q= 0.1536h+7.6156 Q=Q=73.591(h-0.740)3.533 Q=Q=61.477(h-0.740)2.196 Q=Q= -12.225h+28.489 Q=Q=60.893(h-0.740)2.045 Q=Q= 1.1933h+1.558 Q=Q=39.275(h-0.740)2.011 Q=Q= 182.45h-217.92 Q=Q=43.538(h-0.740)1.811 Q=Q= 250.74h-294.38 Q=Q=57.544(h-0.740)1.796 Q=Q=12.302(h+1.640)1.775 Q=Q=46.285(h-0.640)1.857 Q=Q=109.388(h-1.740)1.844 Q=Q= -0.2424h+13.966 Q=Q=66.477(h-0.740)1.822 Q=Q=41.595(h-0.340)1.967 Q=Q=51.757(h-0.820)2.061 Q=Q= 694.43h-810.86 Q=Q=89.421(h-0.740)1.473 Q=Q= 389.91h-430.4 Q=Q=58.597(h-0.740)1.324 Q=Q= -3.7328h+12.515 Q=Q= 58.597(h-0.870)1.324	2010년 51개	한국수문조사연보 (국토해양부, 2010)

(표 2.4-4) 수위-유량 관계곡선식(계속)

지 점	수위-유량 관계곡선식		이용 자료	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 1.108 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 2.4-4) 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 2.4-4) 수위-유량 관계곡선식(계속)

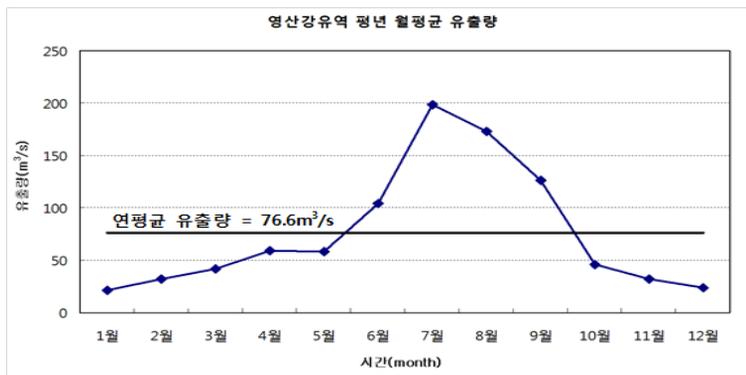
지 점	수위-유량 관계곡선식		이용 자료	인용문헌(발행연도)
	H(h) : m	Q : m ³ /s H(h) : m		
남평	3.3>h≥1.9 1.9>h>0.6	Q=9.002-142.645h+160.736h ² Q=173.45(h-0.564) ²	1989년	한국수문조사연보 (건설부, 1991)
	0.85<H<4.34	Q=80.706H ² +201.729H-193.044	1993년	한국수문조사연보 (건설부, 1993)
	0.90≤h≤2.82	Q=349.662(h-0.89000)1.6388	2001년	한국수문조사연보 (건설교통부, 2001)
	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 2.95		한국수문조사연보 (건설부, 1964)
	075≤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 2.4-4) 수위-유량 관계곡선식(계속)

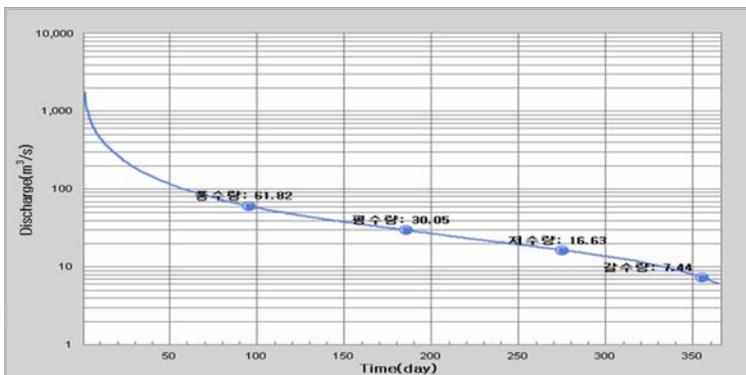
지 점	수위-유량 관계곡선식		이용 자료	인용문헌(발행연도)
	H(h) : m	Q : m ³ /s H(h) : m		
선암		$Q=462.193(H-0.561)^2$	1988년	영산강유역조사보고서 (한국수자원공사, 1988.12)
	0.39≤H≤1.00 1.00≤H≤4.02	$Q=72.171H^2-41.262H+6.730$ $Q=74.666(H-0.290)^2$	1997년	유량연보 (건설교통부, 1997)
	0.5≤h≤2.0	$Q=244.4612(h-0.42)^2$	1990 ~1991년	한국수문조사연보 (건설부, 1991)
	0.35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

대상유역인 영산강, 영암호 및 금호호로 유입되는 유량을 산정하기 위해 (표 2.4-4)의 수위-유량관계곡선식을 사용하여 장기유출량을 모의하여야 한다. 그러나 금번 과업수행에서는 향후 개발될 담수호 통합물관리시스템의 기반 모형으로 사용될 장기유출모형의 데모 버전 개발이 목적이기 때문에 영산강 홍수통제소에서 기 발표한 분석 결과를 요약하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

영산강홍수통제소에서는 영산강유역의 장기유출량 특성을 분석하기 위해 (표 2.4-4)의 수위-유량관계곡선식을 사용하여 장기유출모형인 TANK 모형의 매개변수를 검·보정하여 과거 30년(1971년~2000년)간 장기유출자료를 생산하여 분석하였다. <그림 2.4-4>는 영산강유역 평년 월평균 유출량과 연평균 유출량을 도시한 것으로 앞선 강우특성과 유사한 변동성을 보이며 연평균 유출량이 76.6m³/s로 분석되었다. 또한, 이러한 장기유출자료를 바탕으로 본 유역의 유행곡선을 산정한 결과, <그림 2.4-5>와 같이 풍수량은 61.82m³/s, 평수량은 30.05m³/s, 저수량은 16.63m³/s, 갈수량은 7.44m³/s로 검토되었다.



<그림 2.4-4> 영산강유역 평년 월평균 유출량



출처: www.wamis.go.kr

<그림 2.4-5> 영산강유역 유행분석 곡선

제 3 장 영산호, 영암호 및 금호호 연계 물수지 분석

3.1. 해석모형을 이용한 영산호, 영암호 및 금호호 연계 모의분석 방법

3.1.1. 장기유출모형

가. 수문예측모형 및 기반 모형의 선정

1) 수문예측의 정의

수문예측(Hydrological Forecasting)란 설계빈도 산정 등에 수반되는 일반적인 수문예측(Hydrological Prediction)과는 달리 실시간적인 성격을 갖는 것으로서 차후 도달될 수문학적 상태에 대한 예측을 말한다. 이 두 가지는 모두 같거나 유사한 수문학적 해석기법이나 모형을 사용한다는 점에서는 동일하지만 수문예측에 있어서는 추가적인 여타 수문모듈 또는 비수문모듈 [예, 구성망 설계(Network Design), 자료처리(Data Processing), 원격탐사(Remote Sensing), 원격통신(Telecommunication), 컴퓨터의 작동적 이용(Operational Use) 등]이 요구된다. 이런 점에서 수문예측이란 단지 수문학적 배경만으로 가능한 것이 아니며, 여타 공학적인 기반 위에서 경제적인 측면까지 고려한 예측기법인 것이다. 그러므로 성공적인 수문예측을 위해서는 수문해석과 수문모형에 대한 지식 뿐 아니라 구성망 설계기법이나 원격탐사 등과 같은 비수문학적인 지식도 요구되는 것이다.

2) 수문예측의 분류

수문예측에는 다음과 같은 서로 독립적인 세가지 측면에서 분류할 수 있다.

가) 변수에 따른 분류

- 수위(Water Level)
- 수량(Discharge or Volume) 및 수질
- 얼음(Ice)

나) 목적에 따른 분류

- 홍수예측
- 발전 및 관개를 포함한 급수예측
- 주운예측
- 농업과 관련된 예측
- 갈수예측

다) 예측기간에 따른 분류

- 단기예측: 2일 이내
- 중기예측: 2-10일
- 장기예측: 10일 이상
- 계절예측
- 비상시 예측

3) 시스템 구성

수문예측 시스템은 통상적으로 다음과 같은 부시스템으로 구성된다.

- 과거 및 실시간 자료수집 부시스템
- 자료전송 부시스템
- 데이터 베이스 관리 부시스템
- 예측모형(개발단계 및 작동단계) 부시스템
- 예측결과 제공 부시스템
- 평가 및 개정 부시스템

이러한 부시스템 각각의 선정기준은 기술적인 측면과 대상영역의 특성 외에 사회적, 행정적 측면까지 고려해야 함은 물론이고, 기존의 타 부시스템 까지도 염두에 두고 결정되어야 한다. 특히 자료수집 부시스템의 경우에는 기존의 수집체계를 충분히 활용할 수 있도록 구성되어야 한다. 또한 새로운 수문예측 시스템을 도입할 경우에는 반드시 기존 수문체계와의 연계성을 검토해야 할 것이다. 또한 이러한 부시스템의 연계상태에 따라 전체 시스템을 두 가지로 구분할 수 있는데, 부시스템간의 인위적인 연계행위가 필요한

시스템을 'Off-line system'이라 하고 모든 시스템이 자체적으로 자동적인 연계가 이루어지는 시스템을 'On-line system'이라 한다.

수문예측 시스템이 결정되었다고 하더라도 이에 대한 보정작업은 지속적으로 수행되어야 하며 그 절차는 다음과 같다.

- 가. 목적 및 방향 설정
- 나. 자료수집
- 다. 평가 우선순위 설정 및 모형의 선정 또는 개발
- 라. 데이터베이스 구축
- 마. 모형의 변수추정
- 바. 모형의 검증 ——— 개발단계① (Development mode)
- 사. 모형의 적용 ——— 작동단계② (Operational mode)
- 아. 문제제기 및 방향 재설정 후 단계 ①부터 다시 수행

4) 수문예측모형 구분

Nemec(1986)은 수문예측모형을 다음과 같이 분류한 바 있다.

가) 결정론적 예측모형

(1) 유출모형

- 수위·유량 자료의 관계에 근거한 모형
- 하천 상·하류를 따라 몇 개 지점의 수문곡선을 시간지체에 의해 서로 연관지어 관측된 상류 수문곡선으로부터 하류의 수위 또는 유량을 예측하는 모형이다.
- 수문학적 추적 모형
- 연속방정식과 (선형)저류방정식에 관한 (상)미분방정식으로 구성되는 (선형)시스템 이론을 도입하는 모형으로서 Nash 모형, Kalinin-Millyukov 모형, Svoboda 모형 등이 이에 속한다.
- 수리학적 추적 모형 연속방정식과 운동방정식으로 구성되는 St. Venant 식과 같은 (편)미분방정식을 풀어 유속 및 수위를 구하여 유량을 예측하는 모형으로서 다음과 같은 종류가 있다.
 - (i) Dynamic Wave
 - (ii) Diffusion Analogy
 - (iii) Kinematic Wave

(2) 강우-유출모형

- 다중회귀분석에 의한 모형: 매개변수를 이용하여 강우 및 인접지점의 유출과 예측 지점의 유출을 관련시키는 모형으로서 계산이 단순하고 신뢰도와 정확도가 높은 장점이 있으나 타유역에 직접적으로 적용될 수 없으며 유출과정이 나타나 있지 않고 모형의 개선을 바랄 수 없다는 단점이 있다.
- 시스템이론 및 단위유량도를 이용한 모형: 입력(강우 또는 상류지점의 유출)과 출력(유출) 사이에 선형관계가 있다는 가정하에 선형시스템 이론을 이용하면 회선적분(Convolution Integral)식을 얻을 수 있다. 이 식의 불연속적 형태의 계수를 주어진 유출 자료로부터 결정하면 특정지점의 유출을 예측할 수 있게 된다.
- Distributed Parameter에 근거한 모형: 수리학적 모형을 이용하여 지표수 흐름과 하도흐름에 대한 미분방정식을 구성한 후, 매개변수 산정을 통해 유출량을 계산하는 모형이다.
- 개념적 토양함수량 산정 모형: 유효강수량 산정기능과 추적기능이 별도로 마련되어 각각의 수문현상을 간단한 수식으로 표현한 후 그 해를 구하는 모형이다. 입력 자료에는 강수량 및 증발산에 영향을 미치는 각종 수문 기상학적 요소가 포함되고, 유출량, 증발산량 및 토양함수량 등과 관련된 정보가 출력된다. 토양함수량 산정방법에 따라 다음과 같이 세 가지로 분류될 수 있다.

(i) 지표(Index) 사용 - SSARR 모형의 SMI와 같은 토양함수량의 척도를 나타내는 지표를 사용하는 모형이다.

(ii) 내포된 모형 - Tank 모형에는 토양함수 만을 나타내는 지표나 변수는 없으나, 저류량이 증가할수록 침투량이 감소하도록 모형이 구성되어 있어 토양함수의 기능을 내포하고 있다.

(iii) 명시된 모형 - NWSRFS 모형에서 채택하고 있는 Sacramento 유역 모형은 유역을 상부영역(직접유출)과 하부영역(기저 유출)으로 분할함과 동시에 각 영역은 또한 구속수(Tension Water)와 자유수(Free Water)로 구성되어 있다. 여기에서 구속수란 토양함수를 말한다.

나) 추계학적-결정론적 복합모형

유출현상이 입력 자료와 밀접한 관계가 있는 선형적이며 결정론적 요소와 추계학적 요소의 합으로 구성되는 형식의 모형으로서 TF(Transfer Function) 모형이 이 범주에 속한다. 최근에는 결정론적 예보모형으로 개발된 모형이 개발단계 후 작동단계에서 추계학적-결정론적 복합모형 형식을 취하는 소위 'Self-tuning Algorithm'이 도입되기도 한다. 이 범주의 모형은 다음과 같은 두 가지로 구분될 수 있다.

- 순수 추계학적 시계열 모형
- 시스템적 유역반응모형이 포함된 추계학적 시계열 모형

5) 모형 선정 기준

효율적인 수문예측을 위한 최적의 모형을 선정하기 위해서는 다음 사항들이 충분히 검토되어야 할 것이다.

- 예측목적(구체적 또는 세부적)
- 유역의 기후와 지형적 특성
- 가용 입력 자료의 축적된 기간
- 시·공간적인 자료의 질
- 컴퓨터의 용량과 기능
- 유역의 크기에 따른 매개변수 추정의 용이성
- 모형개선의 용이성

본 과업의 목적은 한강수계의 저수시 유출관리 시스템을 개발하는 것으로서 한강 유역의 기후와 지형적 특성, 입력 자료의 양과 질을 고려하여 모형을 선정하여야 한다. 최종적인 모형 선정을 위해서는 우선 전술한 모형의 구분 중 어떠한 종류의 모형을 선정하여야 할 것인가를 결정하여야 한다.

현재 한강에서 홍수예측모형으로 사용되고 있는 저류함수법을 저수관리에 까지 확장시킬 수만 있다면 타모형에 비해 가산점을 부여할 수 있겠지만 이는 저수관리에 필요한 연속 유출모형이 아닌 홍수사상모형이기 때문에 본 과업에서는 제외된다. 또한, 추계학적 모형도 상당히 많은 양의 자료를 요구하기 때문에 본 과업에서는 일단 논외로 하고, 결정론적 모형 중에서도

강우자료를 충분히 이용할 수 있도록 유출모형보다는 강우·유출모형으로 결정하는 것이 바람직할 것이다.

강우·유출모형 중 ‘다중회귀분석에 의한 모형’과 ‘시스템 이론 및 단위 유량도를 이용한 모형’은 ‘입출력모형’ 또는 ‘Black-box모형’이라 하는데, 입력 자료인 강우와 출력자료인 유출량에만 관심이 있을 뿐 입력과 출력 사이의 변환과정을 밝히려는 노력은 전혀 이루어지지 않는 모형이다. ‘Distributed Parameter에 근거한 모형’은 물리학적 배경 하에 매개변수가 공간적함수(Distributed) 상태에 있는 모형인데, 지표수나 하천수 또는 지하수의 움직임을 질량, 에너지, 운동량 등에 관계된 미분방정식을 이용하여 3차원 공간상에서 수치 해석적으로 해를 구하여 유출량을 산정하는 모형이다. ‘개념적 토양함수량 산정 모형’은 강우·유출 과정에 관한 물리학적 식을 풀기보다는 질량 보존을 유지하면서 과정의 개념화를 통해 유출량을 산정하는 준물리학적 모형이다. 이 범주에 속하는 모형은 매개변수가 공간의 함수가 아닌 경우(Lumped)가 대부분이다. 이러한 세 가지 형태의 모형 중에서 ‘Distributed Parameter에 근거한 모형’은 계산량이 방대할 뿐 아니라 아직 개발이 완료되지 않았기에 이 역시 선정대상에서 제외된다.

또한 과업의 목적상 유역의 증발산을 고려할 수 있어야 하고, 개발된 시스템을 타유역으로 확장하여 적용할 경우까지도 감안한다면, 그 중에서도 준물리학적 모형인 ‘개념적 토양함수량 산정 모형’의 개념적 토양함수량 산정 모형이 본 과업에 가장 적절하다고 할 수 있다. ‘개념적 토양함수량 산정 모형’은 전술한 바와 같이 다시 토양함수량 산정방법에 따라 세 가지로 구분될 수 있는데, 각 경우에 예시된 세 모형 즉, SSARR 모형과 Tank 모형 및 NWSRFS 모형이 본 과업의 선정대상 모형으로서, WMO(World Meteorological Organization)에서 1970년부터 1975년까지 시행한 강우 유출모형간의 비교 프로그램에 참여한 10개의 모형에 세 가지 모형 모두 포함되어 있다. 모형의 비교는 미국, 구소련, 호주, 일본, 카메룬, 태국 등에 위치한 서로 기상조건이 상이한 6개 유역에서 이루어졌다.

6) 모형의 특성

가) SSARR(Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation) 모형

SSARR 모형은 미국 공병단에서 1956년 처음 개발되어 지속적으로 보정이 이루어지고 있는 모형으로서 저수지조작, 대유역의 실시간 일유출예측 등의

목적으로 널리 사용되고 있다. 유역추적모형과 하도추적모형외에 저수지 조작(Reservoir Regulation) 모형까지 포함된 이 모형은 미국의 Columbia 강과 베트남의 Mekong 강 등과 같은 대하천에 성공적으로 적용된 바 있으며, 강우뿐 아니라 강설에 따른 유출도 가능한 모형이다. 또한 SSARR 모형은 Lumped parameter 모형으로서 24개 이상의 매개변수를 시행착오방법에 의해 최적값을 찾게 된다. 계산시간간격은 6분에서 24시간까지 중에서 선택할 수 있고, ‘개념적 토양함수량 산정 모형’중 지표사용모형에 해당되며 SMI(Soil Moisture Index), ETI(Evapotranspiration Index), BII(Baseflow Infiltration Index) 등과 같이 몇 개의 매개변수가 지표형태로 주어지게 된다. WMO의 모형비교 프로그램에 6개 유역 모두 참여한 바 있으며, 국내에서는 강주환(1986)과 한국수자원공사(2000, 2004)가 한강수계에, 안상진과 이용수(1989)가 금강수계인 보청천유역에, 그리고 한국수자원공사(1991, 1996)에서 낙동강유역에 각각 적용한 바 있다. 국토해양부는 2011년 개발한 하천유량관리시스템내 유출모형으로 SSARR 모형을 적용되었다.

나) NWSRFS(National Weather Service River Forecast System) 모형

NWSRFS모형은 미국 기상청에서 1972년 하천예측시스템을 구축하기 위하여 기존의 SWM(Stanford Watershed Model IV)을 수정 보완한 모형으로서 미국 Louisiana 주의 Mississippi 강 하류에 적용된 이래 주로 이 지역의 수문예측시스템으로 이용되어 왔으며 최근에는 미국 전역에서 널리 이용되고 있다. 개발 초기에는 토양함수량 산정에 있어서 ‘다중회귀분석에 의한 모형’에 속하는 API(Antecedent Precipitation Index) 계열의 유역모형을 채택하였으나 1973년 Burnash등이 ‘개념적 토양함수량 산정 모형’ 중 명시된 모형에 해당하는 Sacramento모형을 추가하였다. 이 모형은 공극(Pore) 사이의 물의 움직임은 토양함수 공급 상태와 토양함수 저류시스템의 함수로 표현하여 준선형(Quasi-linear)으로 모형화한 것이다. 이 기법을 사용하기 위해서는 공극수의 움직임을 매시간단계의 시작상태로 가정해야 하므로 정확한 계산을 위해서는 계산시간 간격을 가능한 작게 선정해야 한다. NWSRFS에서의 기본적인 계산시간 간격은 6시간이다.

하도모형으로는 1차원 부정류 계산에 사용되는 동력학과(Dynamic Wave) 모형과 비홍수시와 같이 동역학적 흐름이 비교적 중요치 않을 경우에 사용되는 Lag and K 추적기법 및 Muskingum 추적, Tatum 추적 등 여러 가지가 있으며 이들을 선별적으로 적용할 수 있다. 시행착오방법 뿐 아니라 자동

보정 방법을 검용하여 변수조정을 할 수 있는 기능이 포함되어 있으며, WMO의 모형비교 프로그램 중 4개 유역에 참여한 바 있고, 국내에서는 Cho et al. (1995)이 한강수계에서 기존의 홍수예측 시스템인 저류함수법과 비교한 바 있다. 또한 한국수자원공사(1995)에서 한강수계에 NWSRFS의 축소모형인 NWS-PC 모형을 적용한 바 있다.

다) Tank 모형

Tank 모형은 Sugawara가 1961년 처음 개발한 모형으로서 주로 일본과 동남아 각국에서 널리 이용되고 있는데, 지하수층 구조를 모형화한 것과 같이 연직방향으로 연속된 일련의 탱크로 유역모형이 구성된다. 각 탱크는 바닥과 측벽에 1개 이상의 유출구가 있어 첫 번째 탱크에 유입된 강수는 측벽 유출구로 '유출'(지표수유출)되거나, 바닥 유출구를 통해 두 번째 탱크로 '침투'된 후 측벽 유출구로 '유출'(복류수유출), 또는 하부 탱크로 '침투'되어 '유출'(지하수유출)되기도 한다. 건조한 유역에서는 토양의 비균질성을 반영하기 위하여 서로 특성이 다른 탱크열을 평행 배치하여 탱크망을 형성하는 경우도 있다. Tank 모형은 '개념적 토양함수량 산정 모형' 중 내포된 모형에 해당되며 Black-box적 성격 때문에 Tank 모형의 구조와 매개변수가 결정되기 위해서는 Tank 모형에 숙련된 경험자가 필요하다는 점과 저수지추적이 포함되어 있지 않다는 문제점이 있다. WMO의 모형비교 프로그램에 6개 유역 모두 참여하였고, 국내에서는 현재 낙동강 저수관리에 사용되고 있으며 김현영과 박승우(1988), 한국수자원공사(1992), 박승우(1993) 등이 적용한 바 있다.

3.1.2. 모형의 선정

상기 3개 모형 중 본 과업에 가장 적절한 모형을 선정하기 위하여 3.1.1절에서 언급한 모형의 선정기준을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

- 본 과업의 목적이 저수시 저수지의 최적 방류량 결정에 있음을 감안하면 저수지조작 기능까지 있는 SSARR 모형이 가장 우월한 반면 저수지 추적 기능조차 없는 Tank 모형이 가장 열등하다.
- 3개 모형 모두 WMO 모형비교 프로그램에 참여한 바 있고 세계각지에서 널리 쓰인다는 점에서 유역특성에 별 구애를 받지 않는 우수한 모형임엔 틀림없지만, 국내적용사례(Cho et al., 1995)에서는 저수시 불량한 결과를

보이나, 한국수자원공사(1995)에서는 적절한 결과를 보이고 있는 NWSRFS 모형과 강주환(1986)과 한국수자원공사(2000, 2004)가 한강수계에, 안상진과 이용수(1989)가 금강수계인 보청천 유역에, 한국수자원공사(1991, 1996)에서 낙동강에 적용한 SSARR 모형이 양호하며 우리나라와 기후조건이 유사한 인접국가인 일본에서 개발되었다는 점에서 Tank 모형이 가장 우월하다고 할 수 있다.

- 3개 모형간 우열이 없다.
- 저수유출을 위한 계산시간간격은 24시간으로 선택하는 것이 가장 보편적이며 더욱이 국내하천의 제반 자료가 24시간 간격으로 조사되어 있는 것이 많다는 점에서 계산시간간격에 제한이 있는 NWSRFS 모형이 가장 열등하고 같은 맥락에서 SSARR 모형이 가장 우월하다.
- Tank모형이 가장 단순하다는 점에서 장점이 있다.
- 최적 매개변수 산정시 지표형태이기 때문에 주로 시행착오법에 의존해야 하는 SSARR 모형과 연구자의 숙련과 경험이 요구되는 Tank 모형이 다소 열등하다.
- Black-box적 성격 때문에 Tank 모형이 다소 열등하다.

상기의 사항 외에도 모형의 선정에 있어 예측의 정확도 항목이 가장 중요하다. 모형은 매개변수 보정 등의 상대성으로 인해 절대적인 환경에서의 비교와 검증은 어렵다고 할 수 있다. 비교된 3개 모형은 전 세계적으로 활용되어 실무적으로 사용되고 있는바 모형의 선정 조건에서 정확도는 고려하지 않았다. 이상을 도표로 나타내면 (표 3.1-1)과 같다.

(표 3.1-1) 수문예측모형의 비교

항 목	내 용	SSARR	NWSRFS	Tank
(1) 예측의 정확도	저수지 추적 및 조작	◎	○	×
(2) 유역특성	국내외 적용사례	○	○	◎
(3) 자료기간	자료의 축적된 기간	○	○	○
(4) 자료의 질	계산시간 간격	◎	△	○
(5) 매개변수	최적 매개변수 산정	○	◎	○
(6) 모형개선	모형개선의 용이성	○	○	△

주) ◎: 우수, ○: 양호, △: 보통, ×: 불량

이상의 결과로부터 본 과업의 유출모형으로는 SSARR 모형과 NWSRFS 모형이 적절하다고 판단되나, 향후 구축될 이수모형은 모의유출량 산정이 필수적이기 때문에 장기유출모형에 초점을 맞춰 선정하여야 한다.

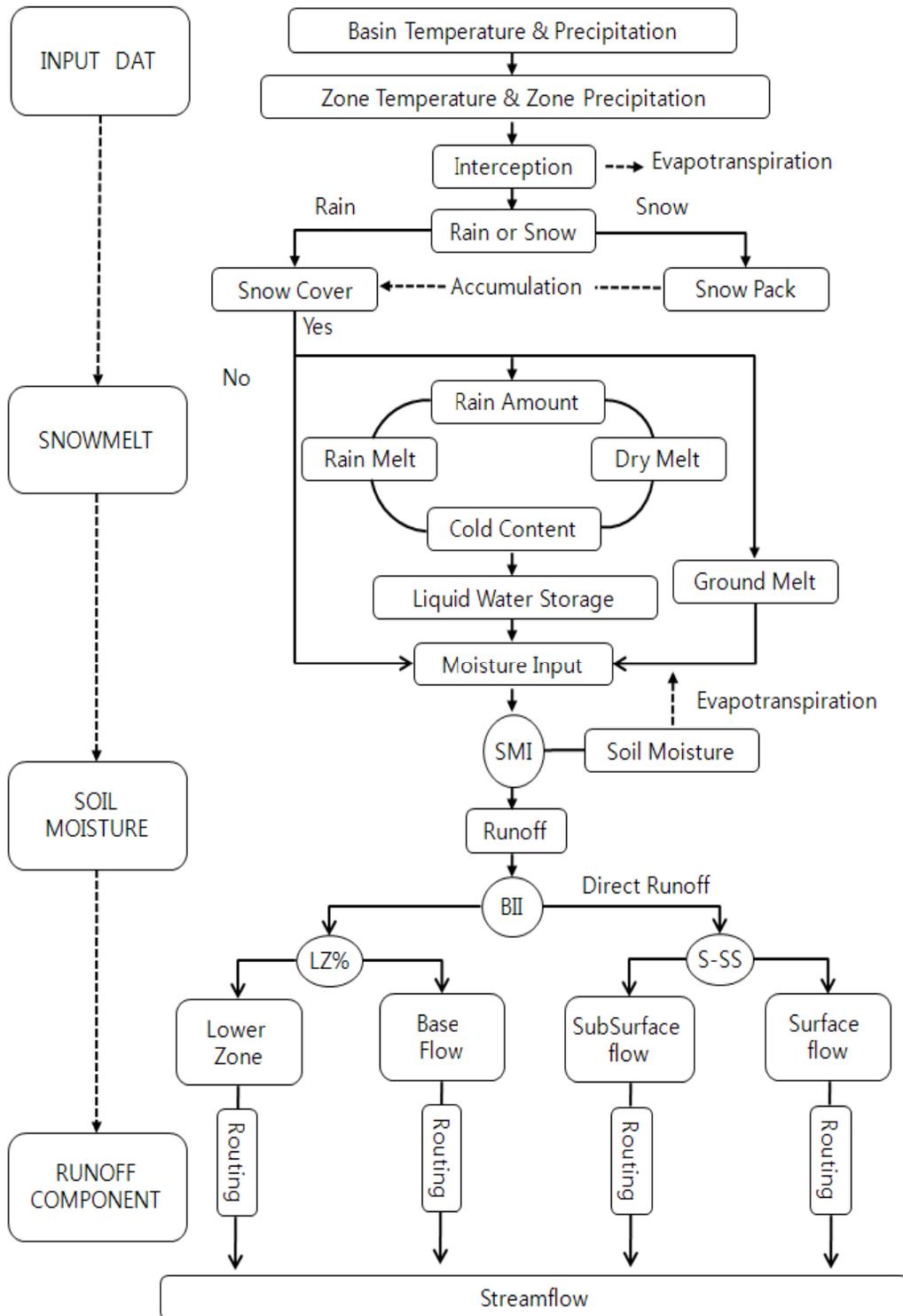
개발될 이수모형 목적이 호내 유입되는 유량의 신뢰성 확보를 통해 하구둑 운영에 영향을 미친다는 것을 감안한다면, 장기 물 관리 시스템 구축 및 적용에 활용된 SSARR 모형이 적절할 것으로 판단된다. SSARR 모형은 강주환(1986)과 한국수자원공사(2000, 2004, 2007)가 한강수계에, 안상진과 이용수(1989)가 금강수계인 보청천 유역에, 한국수자원공사(1992, 1996)에서 낙동강수계에, 국토해양부(2011)에서 5대강 8대 하천에 적용한 사례가 있다.

장기유출을 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 3개호 유입량 산정에 적용할 장기유출모의 모형으로 SSARR 모형을 선정하였다.

가. 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 장기 유출에 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 3.1-1>은 SSARR 모형의 유출모의 시스템을 도시한 것으로 크게 입력, 용설, 토양수분, 유출로 구성되어 있는 것을 알 수 있다. <그림 3.1-1>에서의 유출해석과정을 살펴보면 다음과 같다.



<그림 3.1-1> 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 융설 또는 온도에 의한 융설을 일으키게 되고 융설된 수분은 토양으로 이동하게 된다. 강우와 융설량의 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 회귀지하수층(LZ : Lower Zone)에 의해 지하수유출과 회귀 지하수유출로 나뉘게 된다. 각 유출성분들은 지표면, 지표하, 지하수, 회귀지하수로 저수지에 유입되고 저수지추적방법을 통해 독립적으로 하도로 유입되어 각 유출량의 합이 하천유출량으로 산정된다.

나. 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

다. 모형의 구성

4개의 실행파일 중에서 SSARR2K.exe 파일은 SSARR 모형의 주 실행 파일로서 모형 수행의 전반적인 기능을 수행하게 된다. 작업파일인 IODC 파일에는

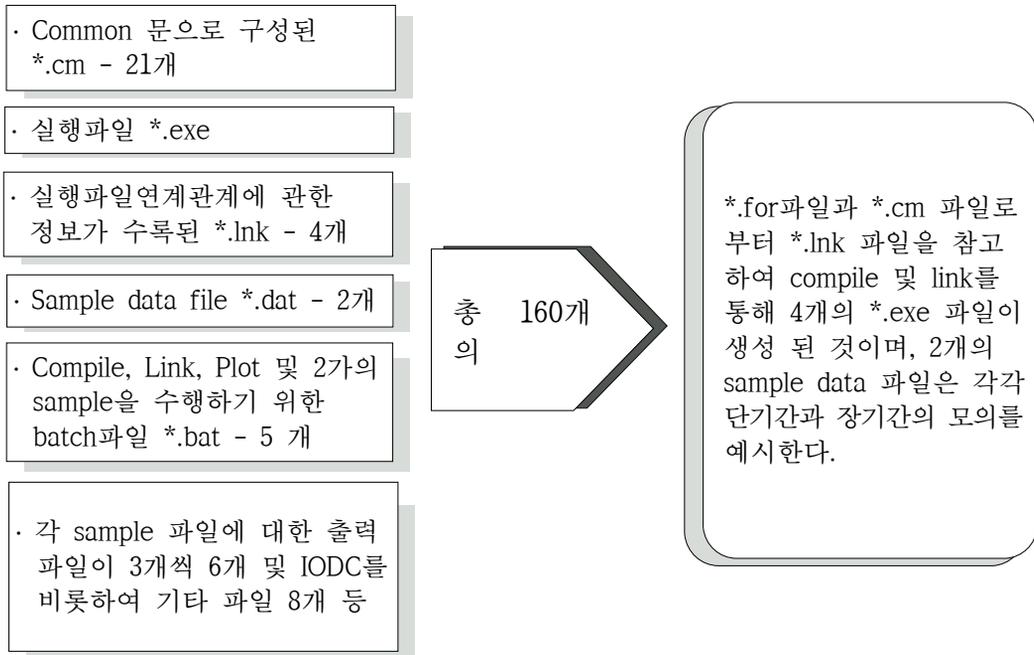
입력파일로부터의 모든 정보가 record type 별로 정리되어 기록되고 입력파일에서 강우자료와 같은 시계열 자료를 삭제하더라도 IODC 파일에는 그대로 남아 있게 된다. 그러므로 다른 유역이나 다른 강우사상에 대하여 모의를 하고자 할 때에는 IODC에 기록된 모든 정보를 삭제할 필요가 있는데 그 기능을 하는 것이 FINIT2K.exe 파일이다. 또한 IODC는 파일크기에 제한이 있으므로 1년 이상의 장기모의를 수행할 경우 Bulk data 파일에 수록되어 있는 시계열 자료를 복사하여 사용해야 하는데 BULKMAIN.exe 파일은 Bulk data 파일의 정리 및 관리 기능을 하는 파일이며 PLOTI2K.exe 파일은 화면상에서 각종 출력 데이터가 그림으로 도시되도록 하는 기능을 담당한다. 모형의 운용방식에는 batch mode와 interactive mode의 두 가지가 있는데, 단 한 번의 자료 입력으로 최종적인 출력을 얻게 되는 batch mode와는 달리 interactive mode에서는 수행 중에 모니터 상에서 대화식으로 자료의 입출력이 이루어 지므로 실시간 유출해석이 가능한 방법이다. Interactive mode의 경우 수문 기상 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 수문기상자료에 관한 파일이며 특정 Software 저작권자의 동의하에 이용이 가능하다. 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 : 강수자료, 기온자료, 관측유량, 저수지조작, 수문 기상학적 자료 등
- 제어자료 : 모의기간, 추적빈도, 출력제어 등



<그림 3.1-2> 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 유출 해석에 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, 변수 추정을 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.

라. 매개변수 산정방법 및 물리적 특성

1) 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 (3.1)과 저류방정식 (3.2)가 사용된다.

$$I_t = O_t + \frac{dS_t}{dt} \quad (3.1)$$

$$S_t = T_s O_t \quad (3.2)$$

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(3.1)은 식(3.3)으로 표현할 수 있으며, 식(3.2)를 식(3.3)에 대입하면 식(3.4)와 같은 추적식을 얻게 된다.

$$[(I_1 + I_2)/2 - (O_1 + O_2)/2]\Delta t = S_2 - S_1 \quad (3.3)$$

$$O_2 = O_1 + \Delta t(I_m - O_1)/(T_s + \Delta t/2) \quad (3.4)$$

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

매개변수는 가상저수지의 개수와 각 저수지의 저류시간(T_s)이 있는데, 유역 모형에서는 저류시간이 직접 입력되지만 하도모형에서는 저류시간을 다음 식(3.5)와 같이 유량의 함수로 표현한다. 즉, 식(3.2)를 참고하면 SSARR 모형의 유역모형은 선형이지만 저수지를 포함한 하도모형은 비선형임을 알 수 있다.

$$T_s = \frac{KTS}{I^n} \quad (3.5)$$

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

2) 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 저수유출 관리와 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.

가) 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.

나) 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.

다) 기온

DC 유역모형과는 달리 IS 유역모형에서는 강우만의 해석시에도 기온에 관한 자료가 요구된다. 먼저 다음 식(3.6)으로부터 시각 t 에서 평균해수면상에서의 값으로 환산된 유역가중평균기온 TA_t 를 산정한다.

$$TA_t = \sum_{i=1}^n (TA_{it} \cdot W_i - E_i \cdot L_t) / n \quad (3.6)$$

여기서, TA_{it} , W_i , E_i 는 각각 6*i* 측후소의 기온과 가중치 및 고도이며, L_t 는 고도별 기온감소율, n 은 해당구역의 측후소 개수이다. 이로부터 식(3.7)에 의해 각 밴드에서의 시간별 기온 TA_{zt} 를 산정하게 된다.

$$TA_{zt} = TA_t + L_t \cdot E_z \quad (3.7)$$

여기서, E_z 는 해당밴드의 평균고도이다.

라) 강우량

강우량도 기온과 유사한 방법으로 산정된다. 우선 다음 식(3.8)에 의해 해당시각의 유역가중평균 강우량 PP_t 를 산정한다.

$$PP_t = \sum_{i=1}^n (PP_{it} \cdot W_i) / n \quad (3.8)$$

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

마) 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(3.9)로 표현된다.

$$PET_{zt} = ETP_t \cdot ETMO_t \cdot ETEL_z \cdot EKE_{zt} \cdot SNETF \quad (3.9)$$

여기서, ETP_t 는 기온에 따른 PET (cm/day)이며, $ETMO_t$ 는 위도 및 월별 보정계수, $ETEL_z$ 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(3.10)과 같이 토양함수량에 따른 보정계수 DKE_{zt} 를 곱하여 최종적인 증발산지표 ETI_{zt} 가 결정된다.

$$ETI_{zt} = PET_{zt} \cdot DKE_{zt} \quad (3.10)$$

바) 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.

사) 강설

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

아) 토양함수량-유출 관계

강우 또는 해빙된 적설에 의해 토양에 유입된 수분량은 유출되거나 토양 내에 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. 강우강도가 제3의 변수로 포함되기도 하는 이 곡선에 의한 총유출량 RGP 는 다음 식(3.11)에 의해 계산된다.

$$RGP = ROP \cdot MI \quad (3.11)$$

여기서, MI 는 토양에 유입된 수분량이다.

자) 토양함수량-증발산량 관계

SMI는 토양의 습윤상태에 관한 지표로서 이로부터 유출량이 결정되는데 이는 강우 또는 강설과 같이 토양에 제공되는 수분에 의해 증가되고 증발산에 의해 감소된다. 즉 SMI는 다음 식(3.12)에 의해 시간적으로 변화하게 된다.

$$SMI_2 = SMI_1 + (MI - RGP) - PH \cdot ETI/24 \quad (3.12)$$

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

차) 기저유출

총유출량 RGP는 BII(Baseflow Infiltration Index)에 의해 직접유출과 기저유출로 분리되며, 총기저유출을 TBF는 총유출을 $RG(=RGP/PH)$ 와 BFP(Base Flow Percent)의 곱으로 계산된다. 여기서, BFP는 SSARR 매뉴얼의 BII-BFP도표에 의해 결정되며, BII는 다음 식(3.13)과 같이 시간적으로 변화하게 된다.

$$BII_2 = BII_1 + (24RG - BII_1) \frac{PH}{BIITS + PH/2} \quad (3.13)$$

여기서, 아래첨자 1, 2는 각각 변화전후의 상태이고, $BIITS$ 는 저류시간으로서 30~60시간의 범위를 갖는 값이며, $BIIMX$ 는 BII의 최대값이다. 만일 계산된 BII_2 값이 $BIIMX$ 보다 크게 되면 BII_2 를 $BIIMX$ 값으로 취하게 된다. 전술한 바와 같이 총기저유출을 TBF는 RG 와 BFP의 곱으로 계산되는데, TBF가 상한값인 BFLIM보다 크게 되면 BFLIM값을 취하게 된다. 후술되겠지만 순수한 기저유출을 BF는 총기저유출을 TBF에서 회귀지하수유출을 LZ를 뺀 값이 되며 뒤에서 다시 언급되어진다.

카) 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 PBLZ라 하면, 회귀지하수 유출을 LZ는 TBF와 PBLZ의 곱으로 계산된다. PBLZ의 통상적인 값은 50%이며, LZ가 DGWLIM(PBLZ의 최대값)보다 크게 되면 LZ는 DGWLIM 값을 취하게 된다.

타) 지표수 및 복류수 유출

총유출을 RG 에서 총기저유출을 TBF를 뺀 값이 직접유출을 RGS가 되며, 이는 다시 S-SS(Surface-Subsurface Separation) 지표에 의해 지표수유출과 복류수유출로 분리된다.

3) 저수지조작 모형

가) 추적방법

저수지추적도 유역추적과 마찬가지로 연속방정식과 저류방정식에 의해 이루어지는데, 유역추적과는 달리 수위-유출량 관계곡선을 필요로 한다. 저류시간과 수위 또는 유출량 관계가 주어졌을 경우에는 연속방정식으로부터, 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.

나) 입력자료

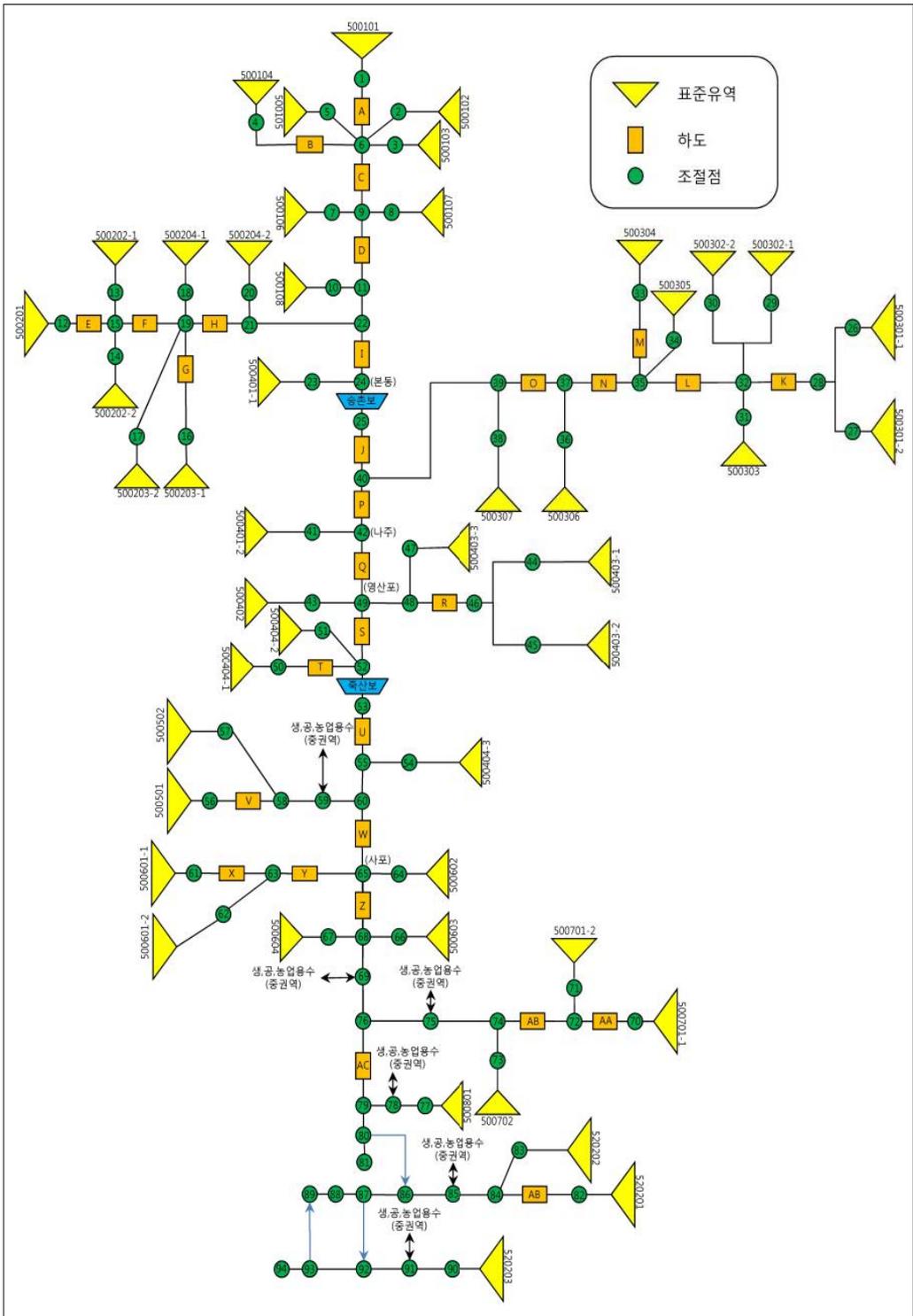
- 만수위와 최저수위 및 수위-저류량 관계곡선 또는 수위-저류량-유출량 관계곡선
- 초기조건(유출량, 저류량 또는 수위)
- 저수지 조작에 관한 자료: 저수지 조작은 다음과 같은 댐운영 지침에 의해 수행된다.
 - 자유 율류되는 경우
 - 방류량이 주어지는 경우
 - 저수지 수위 또는 수위의 변화량이 설정되는 경우
 - 저수지의 저수량 또는 저수량의 변화량이 설정되는 경우

다) 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.

3.2. 유출모형내 수자원 흐름 체계

영산강유역, 영암호 및 금호호의 수자원 흐름체계인 유출 모식도를 도시한 결과는 <그림 3.2-1>과 같다.



<그림 3.2-1> 영산강, 영암호 및 금호호 유출모식도

3.2.1. 표준유역 단위 변경에 따른 입력자료 구축 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 다음과 같이 설정하였다.

가. 물리적 입력변수

1) 유역분할과 Thiessen계수

표준유역으로 분할하였으며 선정된 강우 관측소를 분석 해당 연별로 선정하였다. 각 표준유역별로 Thiessen계수를 산정하였다.

2) 고도별 면적비

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

3) 저수지 특성자료

SSARR의 저수지 조작 기능 중 방류량이 설정되는 경우에 대해서만 모의하였는데 영산강수계에 수문이 있어 조작이 가능하고 방류량 자료가 있는 승촌보와 죽산보의 방류량을 입력하였다.

나. 수문기상 입력변수

1) 강우자료

표준유역별로 2007년부터 현재까지 각 강우관측소별 강우량 자료를 Thiessen 계수에 의해 표준유역별 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 최적 저수관리 시스템 개발 보고서」(한국수자원공사, 1996) 및 「저수유출 수문모형 개발」(한국수자원공사, 2004)에서 적용한 방법을 인용하고 지형의 특성을 고려하여 고도별 강우량 보정계수를 설정하였다. 여기서 보정계수라 함은 고도 1 m 증가함에 따른 강우량 증가량(mm)이다.

(표 3.2-1) 계절별 고도별 강우량 보정계수

권역	적용 중권역	보정계수	
		하절기	동절기
영산강 고막원천 합류부 상류	5001번~5005번	0.0400	0.0830
영산강 고막원천 합류부 하류	5006번~5008번, 5202번	0.2961	0.0251

각 표준유역 관측소의 평균표고에 해당하는 고도의 고도별 강우가중치를 100%로 하고 고도에 따른 강우가중치를 보정계수로 이용해 ELPP 도표로 부여하였다. 예를 들면, 표준유역의 관측소 평균표고는 178.7m이며 보정계수는 0.0400이라면 178.7m에서의 강우가중치는 100이 되도록 0m와 200m에서의 강우가중치를 선형보간에 의해 각각 99.48과 100.07로 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 3.2-2)에 제시하였다.

(표 3.2-2) 고도별 강우가중치

유역	도표명	평균표고(m)		고도(m)별 강우가중치(%)							
		유역	관측소	0	200	400	600	800	1,000	1,200	1,400
5001	ELPP01	144.62	237.35	99	100	100	101	102	102	103	103
5002	ELPP02	178.70	222.73	99	100	101	101	102	103	103	104
5003	ELPP03	168.52	68.28	100	100	101	102	102	103	103	104
5004	ELPP04	311.69	24.10	100	101	101	102	102	103	103	104
5005	ELPP05	87.36	40.20	99	103	108	112	116	121	125	129
5006	ELPP06	55.38	32.88	99	104	110	115	120	125	130	136
5007	ELPP07	79.53	22.64	99	105	110	115	120	126	131	136
5008	ELPP08	56.89	11.23	100	105	110	115	121	126	131	136
5202	ELPP09	55.00	11.23	100	105	110	115	121	126	131	136

(표 3.2-3) 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 3.2-4)와 같다(SSARR Manual p. D-51 참조).

(표 3.2-4) 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 표준 유역별로 지형적으로 가까운 강우관측소의 온도자료를 사용하였다. 월평균 온도는 기상청 홈페이지(www.kma.go.kr)에서 수집하였다.

(표 3.2-5) 소유역별 해당 강우관측소의 월평균 온도 (단위: °F)

소유역	관측소	월											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5001~5005	광주	36	40	47	58	67	73	77	76	72	62	51	34
5006~5008, 5202	목포	36	38	46	56	64	71	76	75	72	62	52	36

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 융설 자료 및 결빙자료 등 방대한 자료가 요구되는데, 3개호 유역에서의 이러한 자료는 매우 미미한 실정이다. 또한 3개호 유역에서의 연간 강설량은 강수량에 비해 매우 적은 양이며 상당부분이 증발에 의해 손실되므로 강설에 의한 유출기여율은 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 유출지점에 해당하는 표준유역별 SMI-ROP 초기치 도표(SSARR Manual p. C-4)를 참조하여 시행착오법에 의해 (표 3.2-6)과 같이 3가지 종류로 결정하였다.

(표 3.2-6) 소유역별 SMI-ROP 도표

SMI (cm)	ROP(%)		
	A(5001-5005) ¹⁾	B(5006-5008)	C(5202)
0	7	8	9
1	17	18	20
2	39	41	47
3	62	65	75
4	79	81	87
5	87	89	93
10	100	100	100
999	100	100	100

1) : 해당 중권역 번호

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 3.2-7)과 같이 3 종류로 적용하였다.

(표 3.2-7) 소유역별 BII-BFP 도표

BII (cm/day)	BFP(%)		
	A(5001-5005) ¹⁾	B(5006-5008)	C(5202)
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

1) : 해당 중권역 번호

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 3.2-8)과 같이 3 종류로 적용하였다.

(표 3.2-8) 소유역별 S-SS 분리 도표

Input Rate (cm/hr)	Surface Comp.(cm/hr)		
	A(5001-5005) ¹⁾	B(5006-5008)	C(5202)
0.0	0.00	0.00	0.00
0.5	0.25	0.19	0.15
1.0	0.75	0.68	0.57
1.5	1.25	1.18	1.07
2.0	1.75	1.68	1.57
2.5	2.25	2.18	2.07
3.0	2.75	2.68	2.57

1) : 해당 중권역 번호

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, 계산 시간간격과 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 선형저수지로 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 3.2-9)와 같다.

(표 3.2-9) 미국에서의 유역추적 매개변수

유역구분 흐름장 종류	유역A (유역면적: 530km ²)		유역B (유역면적: 6,250km ²)	
	저수지 수효	Ts (hr)	저수지 수효	Ts (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

각 흐름장에서의 매개변수로는 가상저수지의 수효와 저류시간이 있다. 각 매개변수는 유역면적과 유로연장 및 도달시간 등을 참고하고 ‘한강수계 실시간 저수지 운영시스템 구축’(한국수자원공사, 2007)에서 제시한 매개변수 값을 반영하여 (표 3.2-10)과 같이 산정하였다.

(표 3.2-10) 유역별 가상저수지의 수효와 저류시간 Ts (단위: hr)

중권역	면적 (km ²)	지표수		복류수		지하수		회귀지하수	
		수효	Ts	수효	Ts	수효	Ts	수효	Ts
5001	714.8	4	3	3	13	2	230	2	2,300
5002	565.0	4	3	3	11	2	200	2	2,000
5003	664.0	4	3	3	12	2	210	2	2,100
5004	405.2	3	2	2	10	1	170	1	1,700
5005	219.0	3	2	2	7	1	100	1	1,000
5006	470.4	3	2	2	8	1	180	1	1,800
5007	264.5	3	2	2	7	1	110	1	1,100
5008	150.5	3	2	2	6	1	80	1	800
5202	556.8	4	3	3	11	2	200	2	2,000

8) 하도추적 매개변수

하도추적에서도 유역추적과 마찬가지로 연속된 가상저수지의 추적 방법이 사용되는 바, 가상저수지의 수효와 저류시간이 매개변수가 된다. 유역추적과 다른 점은 가상저수지의 저류시간 T_s 가 다음 식(3.14)와 같이 결정되는 것이다.

$$T_s = \frac{KTS}{I^n} \quad (3.14)$$

여기서 KTS 는 시행착오적 방법에 의해 결정되는 상수이고 I 는 유량, n 은 -1과 1 사이의 값을 갖는 계수이다. 가상저수지의 수효와 KTS 및 n 값의 일반적인 산정절차는 다음과 같다.

- n 값을 가정한다. 0.20을 취하는 것이 통상적이다.
- 총 저류 시간을 결정한다. 이는 근사적으로 도달시간과 일치한다.
(선형하도의 경우 완전 일치).
- 가상저수지의 수효를 결정한다. 보통 8~16km당 1개로 한다.
- 이로부터 각 가상 저수지당 저류시간을 구할 수 있다.
식(3.5)로 부터 KTS 를 구한다.

한강수계에서의 구간별 도달시간은 미국 개척국(USBR)에서 개발한 다음 식(3.15)를 검증자료의 제약성 때문에 수정 없이 그대로 사용하였다.

$$T_c = \left(0.871 \frac{L^3}{H}\right)^{0.385} \quad (3.15)$$

여기서 T_c 는 도달시간(hr), L 은 하도길이(km), H 는 표고차(m)이다.

이렇게 구한 도달시간에 해당하는 유량을 실측 유량-도달시간관계(건설부, 1987)를 참조하여 저류시간을 비롯한 각종 매개변수와 함께 (표 3.2-11)에 제시하였는데 이는 추후 민감도분석을 통해 보정될 것이다. 이때 n 값은 0.20으로 고정하였다.

(표 3.2-11) 하도추적에 관한 매개변수

하도	길이 (km)	표고차 (m)	도달시간 (hr)	저수지 수효	저류시간 (hr)	유량 (m ³ /sec)	KTS
A	19.0	60	5.9	2	2.94	10	4.66
B	8.6	40	2.8	1	2.75	10	4.36
C	18.8	20	8.9	2	4.44	20	8.08
D	9.0	5	6.5	1	6.48	20	11.79
E	8.4	40	2.7	1	2.69	10	4.27
F	19.3	40	7.0	2	3.50	10	5.55
G	11.5	40	3.8	2	1.92	10	3.04
H	10.6	5	7.8	2	3.89	20	7.08
I	5.7	3	4.6	1	4.61	40	9.65
J	2.2	2	1.8	1	1.76	40	3.68
K	13.0	40	4.4	2	2.22	10	3.52
L	5.4	3	4.4	1	4.36	10	6.91
M	6.5	20	2.6	1	2.62	10	4.15
N	7.4	20	3.0	1	3.02	20	5.50
O	9.0	5	6.4	1	6.43	20	11.71
P	2.4	3	1.7	1	1.74	60	3.96
Q	8.2	5	5.8	1	5.80	60	13.16
R	13.4	40	4.6	2	2.30	10	3.64
S	9.3	5	6.7	1	6.73	70	15.74
T	6.9	4	5.2	1	5.18	10	8.21
U	4.8	5	3.1	1	3.13	80	7.51
V	22.2	10	14.0	2	7.01	10	11.11
W	6.5	20	2.6	1	2.62	90	6.43
X	13.0	6	9.2	2	4.59	10	7.27
Y	6.7	4	5.0	1	4.98	10	7.90
Z	24.3	3	24.7	2	12.36	100	31.05
AA	14.7	40	5.1	2	2.56	10	4.06
AB	4.6	3	3.7	1	3.65	20	6.65
AC	13.6	20	6.1	2	3.06	120	7.96
AD	12.4	5	9.4	2	4.68	121	12.22

라. 취수량 및 회귀수량

1) 용수 산정 방법

본 과업에서는 수자원장기종합계획(국토해양부, 2011)에서 제시한 생활, 공업, 농업용수수요량을 적용하였다. 용수별 수요량 산정 방법을 정리하면 다음과 같다.

가) 생활용수

2006년 수자원장기종합계획에서는 국가계획의 일관성확보 측면과 계량경제학적 모델의 낮은 신뢰성을 감안하여 1인 1일 사용량은 단변량시계열 추세모형에 의해 분석 후 주요 수요추정 인자인 장래인구, 급수보급률, 급수인구, 목표유수율 등은 전국수도종합계획수립연구(환경부, 2004)의 지표를 적용 또는 보정하여 적용한 바 있으며, 국토해양부에서 수립한 2004년 및 2009년 광역상수도 및 공업용수도 수도정비기본계획과 2007년에 수립한 환경부 전국수도종합계획도 동일한 방법을 사용하였다.

또한, 정부에서는 2008년 10월 국토해양부 및 환경부가 합의 제정한 「상수도 수요량 예측 업무편람」을 통해 국가계획에 인구 및 1인1일사용량은 단변량시계열 추세모형을 적용하고 보급률 및 유수율은 현실성을 감안하여 정책목표를 반영 하도록 하고 있으며, 환경부 전국수도종합계획, 국토해양부 광역상수도 및 공업용수도 수도정비기본계획, 지자체 수도정비기본계획 등 수도계획시 이용되고 있다.

따라서 수자원장기종합계획(국토해양부, 2011)에서는 상수도 수요량은 국가 계획지침과 전차 및 관련계획의 연계성을 종합적으로 고려하여 단변량시계열 추세 모형을 적용한 후 2025 광역상수도 및 공업용수도 수도정비기본계획(국토해양부, 2009)에서 환경부 및 지자체와의 협의를 통해 반영한 정책지표인 급수보급률 및 목표유수율 등을 최근 통계자료를 감안하여 보정 반영하고, 미급수지역 수요량 및 기타 지하수 이용량은 기존의 반영기준을 적용하여 산정하였다.

또한 2006년 수자원장기종합계획과 동일하게 수요량의 변동성을 감안하여 장래 물 절약을 감안한 수요관리량을 토대로 고수요, 기준수요, 저수요 시나리오별로 수요량을 산정(본 과업에서는 기준수요 적용)하였으며, 상수도 수요량 예측편람에서 제시한 기타용수 및 개발계획 용수 등은 수자원계획의 특성을 감안하여 세종시 및 새만금 지구 개발계획만을 반영하였다.

나) 공업용수

2001년 수자원장기종합계획에서는 부지면적당 원단위법을 적용하여 공업용수를 추정하였다. 추정에 이용된 공단의 분양실적, 지자체 자료 등 통계의 신뢰도 문제가 제기되었고, 용수의 재이용을 고려하지 않아 과다추정 논란도 있었다.

따라서 2006년 수자원장기종합계획에서는 부지면적당 원단위법의 문제점을 보완하기 위하여 5년 단위로 조사되는 산업총조사 결과를 토대로 생산액당 원단위법을 적용하여 공업용수를 추정하였으나, 2003년 현황조사 이후 폐지되어 경제센서스에 포함하여 2010년 조사 후 2011년에 발행되어 수자원장기종합계획(국토해양부, 2011)에서는 적용이 곤란하였다.

정부에서는 2008년 10월 국토해양부 및 환경부가 합의 제정한 「상수도 수요량 예측편람」을 통해 국가계획에 부지면적당 원단위를 사용하도록 하고 있으며, 부지면적당 원단위의 단점을 보완하기 위하여 기존공단은 실 사용량 실적을 토대로 가동율과 입주율 등을 고려하여 실사용량 기반의 수요추정을 하도록 하였다.

따라서 수자원장기종합계획(국토해양부, 2011)에서는 국가 계획기준 및 생산액당 원단위의 적용이 곤란한 상황을 감안하여 기존공단은 실사용량 조사자료를 토대로 실가동률을 고려하여 산정하고, 신규공단은 실가동률 전망과 부지면적당 원단위를 적용하여 산정하였다. 또한, 장래 경제성장률 예측을 토대로 고수요, 기준수요, 저수요 시나리오별 수요량(본 과업에서는 기준수요 적용)을 제시하고, 물 절약을 위한 수요관리는 현행 우리나라의 현황과 일본의 재이용률 증가추세를 감안하여 반영하였다.

다) 농업용수

농업용수 수요량을 직접 측정하여 산정하는 방법은 전국적인 사용량을 측정하여 누계하는 방법과 대표지역의 실측 사용량을 구역전체에 확대하여 적용하는 방법 등이 있으며, 간접적인 방법은 증발산량 산정이론, 논 필지내의 물수지 및 토양수분추적법을 통하여 이론적으로 산정하는 방법이 있다.

2001년 및 2006년 수자원장기종합계획에서는 직접 측정하는 방법이 현실적으로 불가능하여 필요수량을 이론적인 방법으로 정립하고 경지면적을 중심으로 지역별 기상, 토양특성 등을 반영하여 전체 농업용수 수요량을 추정하였다.

아직 전국적인 농업용수 사용량을 측정하여 산정하는 방법이나 대표지역의 실측사용량을 통하여, 수요량을 산정하기는 어려운 상황이다. 또한, 수자원 장기종합계획(국토해양부, 2011)은 기존 수자원장기종합계획('01수립, '06보완)의 연장선에서 사회·경제적 여건변화를 반영하는 것이므로 2006년 수자원장기 종합계획 수립 시 적용했던 방법을 이용하여 동일하게 추정하였다.

2) 적용된 용수사용량

수자원장기종합계획(국토해양부, 2011)에서 제시한 용수수요량을 적용하였다. 이수모형의 유출체계는 표준유역단위이나 영산호 유역의 용수수요량은 중권역 단위로 산정되어 있고 영암호와 금호호 유역은 표준유역단위로 산정되어 있다. 따라서 모형에 적용한 영산호 유역의 용수이용량은 중권역 단위로, 영암호와 금호호 유역의 용수이용량은 표준유역 단위로 반영하였다.

본 절에서는 SSARR 모형의 검·보정을 위해 사용되어질 자료인 2013년과 2014년에 대한 중권역별 용수 이용현황을 (표 3.2-12~13)과 같이 정리하였다.

(표 3.2-12) 유역별 생활 및 공업용수 이용 현황 (단위: m^3/s)

연도	유역	생활용수	공업용수
2013	5005	0.33	0.05
	5006	0.60	0.14
	5007	0.15	0.13
	5008	0.09	0.09
	520201, 520202	0.17	0.05
	520203	0.03	0.01
2014	5005	0.33	0.06
	5006	0.59	0.17
	5007	0.15	0.13
	5008	0.09	0.10
	520201, 520202	0.17	0.05
	520203	0.03	0.01

(표 3.2-13) 유역별 농업용수 이용 현황

(단위: m³/s)

연도	유역	월											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2013	5005	-	-	0.64	0.83	4.01	5.84	4.84	3.64	1.92	0.43	-	-
	5006	-	-	2.68	3.49	16.79	24.42	20.25	15.23	8.05	1.82	-	-
	5007	-	-	1.49	1.94	9.34	13.58	11.27	8.47	4.48	1.01	-	-
	5008	-	-	0.18	0.23	1.12	1.62	1.35	1.01	0.53	0.12	-	-
	520201, 520202	-	-	1.14	1.49	7.16	10.41	8.63	6.49	3.43	0.77	-	-
	520203	-	-	0.77	1.00	4.81	7.00	5.81	4.37	2.31	0.52	-	-
2014	5005	-	-	0.64	0.83	4.00	5.82	4.82	3.63	1.92	0.43	-	-
	5006	-	-	2.67	3.48	16.74	24.34	20.19	15.19	8.02	1.81	-	-
	5007	-	-	1.49	1.94	9.32	13.55	11.24	8.46	4.47	1.01	-	-
	5008	-	-	0.18	0.23	1.11	1.61	1.34	1.01	0.53	0.12	-	-
	520201, 520202	-	-	1.14	1.48	7.14	10.38	8.61	6.47	3.42	0.77	-	-
	520203	-	-	0.76	0.99	4.77	6.94	5.75	4.33	2.29	0.52	-	-

마. 회귀수량 산정

유역 등에서 취수된 용수는 해당 유역 등으로 환원되는 경우와 타유역 또는 타하도로 배수되는 경우로 나눌 수 있으며, 이러한 회귀수량은 하도의 물수지 분석에서 매우 중요한 요소이다.

이상의 회귀수량과 관련된 회귀율은 수자원장기종합계획(국토해양부, 2011)에서 언급된 생활, 공용수는 65%, 농업용수는 35%를 적용하였다. 그러나 수자원장기종합계획(국토해양부, 2011)에서 제시된 회귀율을 반영하여 일유출 모형을 수행한 결과 주요지점별 일유출량이 다수의 음(-)유량으로 산정되었다.

따라서 본 과업에서는 음(-)유량이 발생되지 않게 하기 위해서 상대적으로 합리적이라고 판단되는 생활 및 공용용수의 회귀율을 당초의 65%로 적용하였고, 농업용수의 회귀율은 미지의 외적 요인이 많아 당초의 35%를 점진적으로 증가시켜 음(-)유량이 발생하지 않는 회귀율인 85%를 적용하였다.

바. 모형 적용

농업용수 및 생·공용수의 취수에 대한 모의를 위해 SSARR모형에서는 가상적인 유역을 만들어 취수량 만큼을 음(-)의 수량으로 유출되는 형식으로 모의할 수 있다. 또한 회귀수량에 있어서는 회귀되는 지점에 회귀수량이 유출되도록 모의할 수 있는데, 이때 농경지의 저류효과를 고려하기 위하여 비교적 저류시간이 긴 가상적인 하도를 거친 후 유출되도록 한다.

사. 입력자료의 DB화

본 절에서 제시한 방법에 의해 구축된 장기유출모형인 SSARR 모형의 입력자료는 향후 개발될 시스템내에 DB화 되어 저장되어질 것이다. 입력자료의 DB에 관한 상세한 사항은 후술할 시스템 체계도를 참고하기 바란다.

3.2.2. 유출 매개변수 보정

가. 보정방향의 설정

모형의 보정에 앞서 전절에서와 같이 결정된 매개변수에 따른 SSARR 모형의 계산결과를 분석하였다. 비교적 최근 자료이며 또한 보 건설 직전인 2008년, 2009년을 분석대상기간으로 선정하였다. 선정된 두 해에 대한 유출량을 각각 1월 1일부터 12월 31일까지 SSARR 모형으로 모의하였다. 이를 위해 2007년의 입력 자료를 구성하여 SSARR 모형의 안정화를 꾀하였으며 모형의 여러 가지 초기조건은 매뉴얼에 의해 적절히 가정하여 부여하였다. 변수보정을 위해서는 각 표준유역의 유출량 계산치와 관측치 자료로부터 유역별 매개변수가 결정되어야 하지만 몇 개소의 제어지점을 제외한 대부분의 관측 자료가 부실하거나 수위-유량곡선의 신뢰성이 다소 결여되어 있는 실정이다.

따라서 본 과업에서는 표준유역별 매개변수의 독립적 산정은 할 수 없었으며 3개 제어지점 즉 죽산보와 승촌보에서 가장 가까운 수위표 지점인 본동, 영산포 수위관측소 지점과 영산호 최말단부에 위치한 사포 수위관측소에서의 결과만으로 변수를 보정하였다.

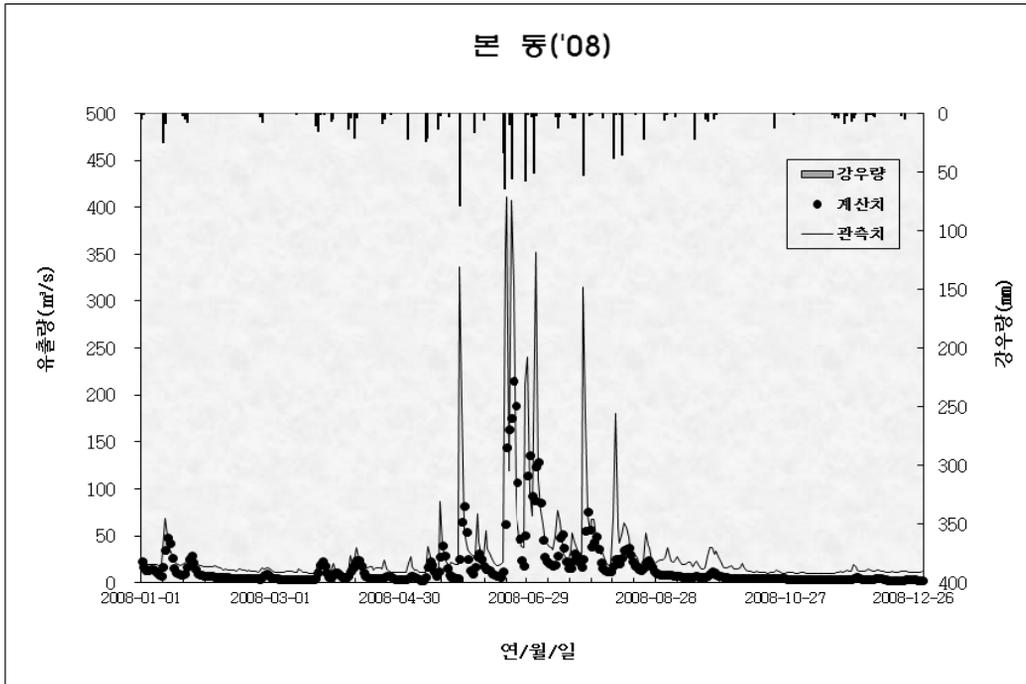
상기 제어지점의 2008년 모의결과는 <그림 3.2-2>~<그림 3.2-4>에, 2009년의 모의결과는 <그림 3.2-5>~<그림 3.2-7>에 각각 도시하였다. 보정전 연평균

유량의 상대오차는 영산포가 0.6% 및 32.1%로 가장 작은 오차를 보였으며, 사포는 214.3% 및 174.5%의 큰 오차를 보였다. 이러한 원인은 관측유량이 결측(08년, 09년)되어 수위-유량관계식에 의해 산정된 값과 모의값의 차이가 발생되었기 때문인 것으로 판단된다.

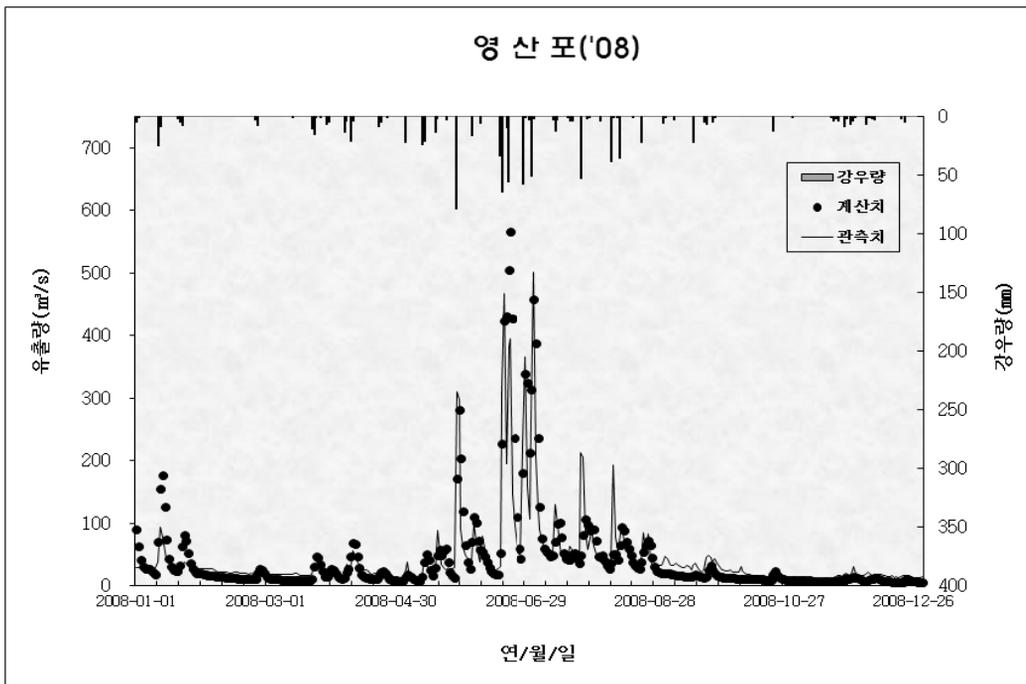
이와 같이 이수기 및 홍수기에서 일부 지역을 제외한 모든 지점에서 모의치가 실측치보다 크거나 작게 나타나므로 변수보정의 방향은 연유출의 총량을 일치시키는 방향으로 설정되어야 할 것이다. 그러나 유출은 강우 및 기타 여러 요소에 기인한 것이므로 변수보정만을 통해서는 정확성 측면에 있어서 큰 증진을 기대할 수는 없다. 그러나 표준유역 및 수요지별 용수이용량 자료와 회귀율에 대한 신뢰도를 향상시킴과 동시에 매개변수 보정이 이루어진다면 현재보다 월등히 개선된 유출모의 결과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

(표 3.2-14) 보정전 오차

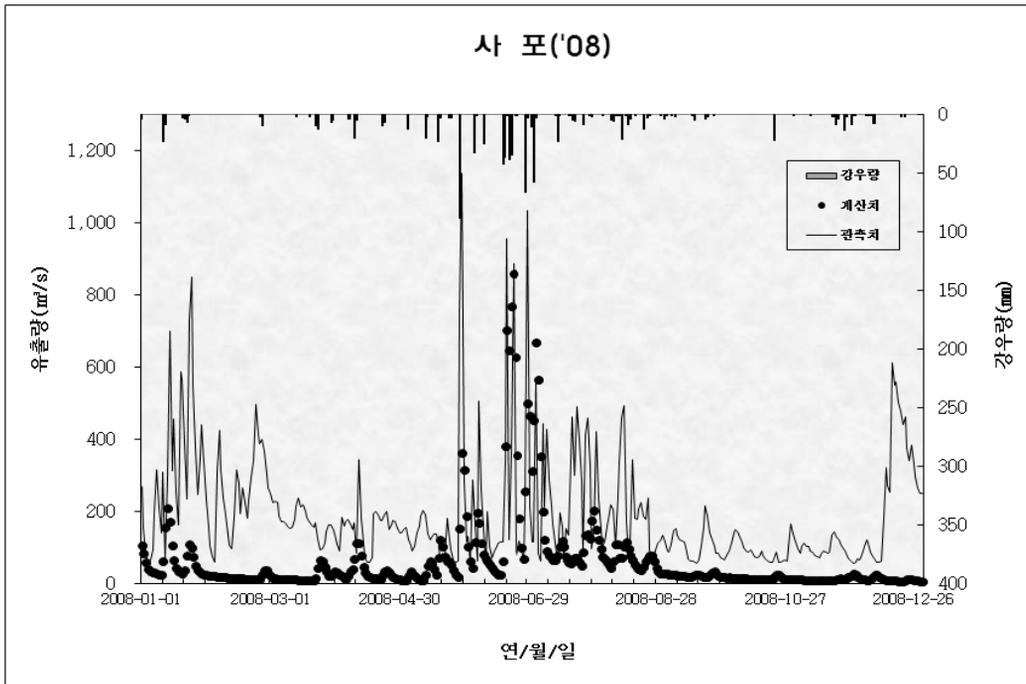
년도	지점	연평균 유량 (m ³ /s)		상대 오차 (%)	이수기 평균 유량 (m ³ /s)		절대 오차 (m ³ /s)	홍수기 평균 유량 (m ³ /s)		상대 오차 (%)
		관측	모의		관측	모의		관측	모의	
2008	본동	32.0	16.3	96.2	17.7	8.3	9.3	60.5	32.1	88.1
	영산포	42.4	42.7	0.6	24.8	22.6	2.2	77.6	82.9	6.4
	사포	193.9	61.7	214.3	192.6	30.9	161.7	196.4	123.0	59.6
	평 균			103.7			57.8			51.4
2009	본동	38.7	30.8	25.5	12.6	7.8	4.8	90.5	76.6	18.1
	영산포	58.6	86.2	32.1	18.8	21.0	2.2	137.8	216.2	36.2
	사포	333.1	121.3	174.5	162.8	30.3	132.5	672.3	302.7	122.1
	평 균			77.3			46.5			58.8



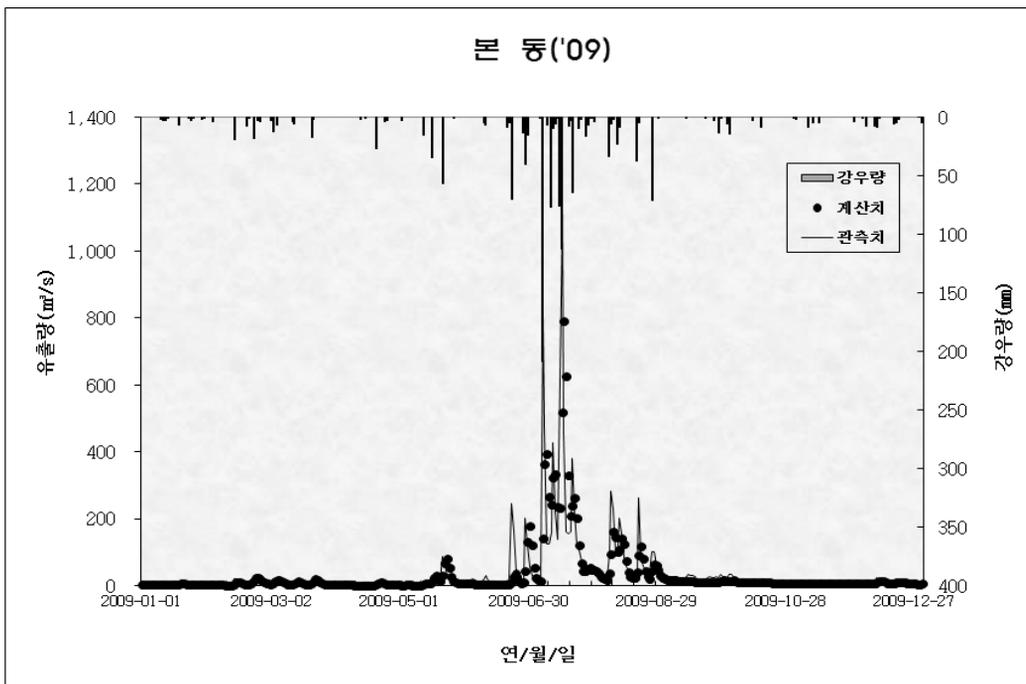
<그림 3.2-2> SSARR 모형의 보정전 결과(2008년, 본동)



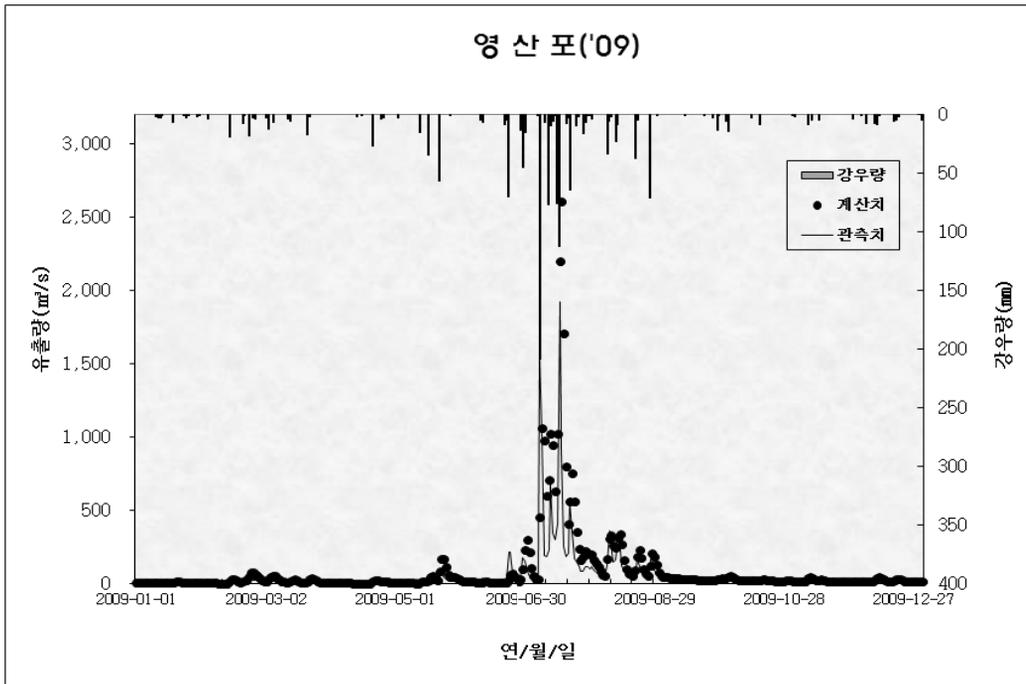
<그림 3.2-3> SSARR 모형의 보정전 결과(2008년, 영산포)



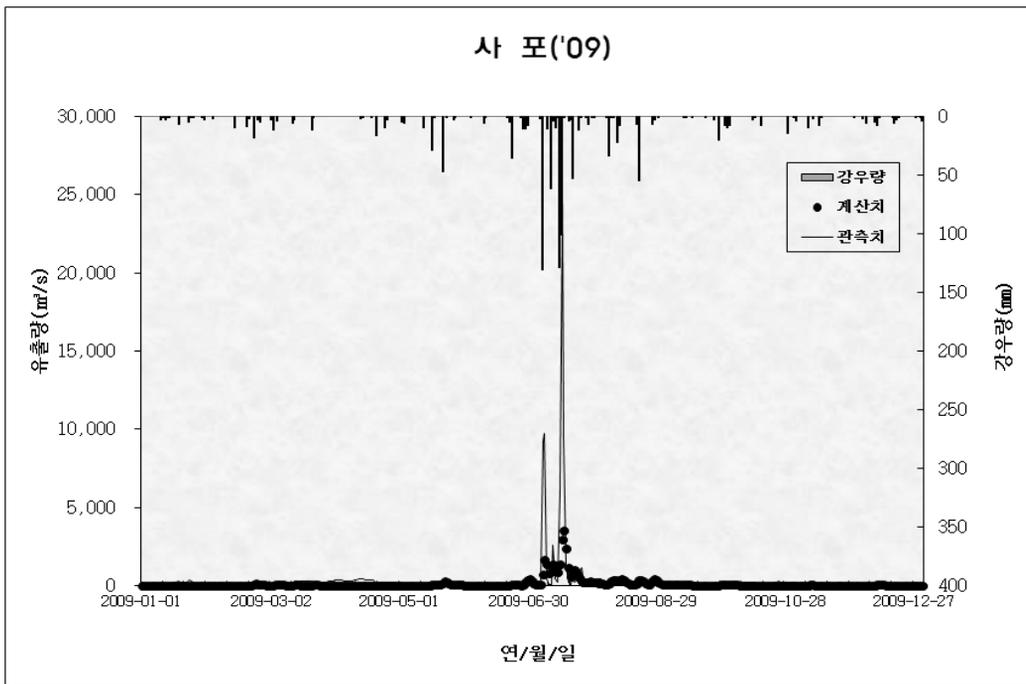
〈그림 3.2-4〉 SSARR 모형의 보정전 결과(2008년, 사포)



〈그림 3.2-5〉 SSARR 모형의 보정전 결과(2009년, 본동)



<그림 3.2-6> SSARR 모형의 보정전 결과(2009년, 영산포)



<그림 3.2-7> SSARR 모형의 보정전 결과(2009년, 사포)

나. 매개변수 연관성

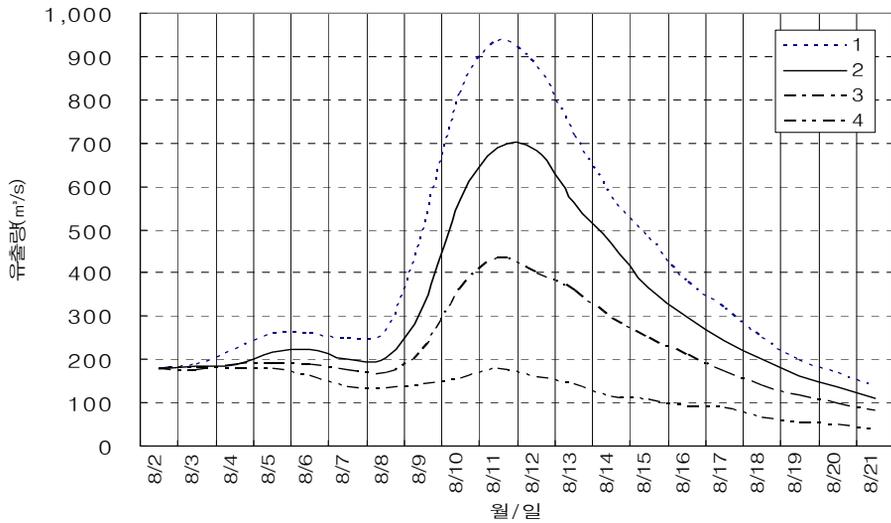
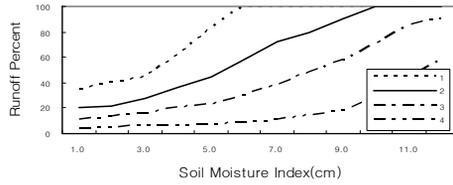
SSARR 모형의 민감도 분석에 앞서 SSARR 매뉴얼에서 제시한 주요 매개변수의 변동에 따른 유출변화를 알아보고 매개변수 상호간의 연관성을 파악하고자 본 절에서는 각 매개변수들이 모형의 결과 값에 미치는 영향과 상호 연관성에 대하여 서술하고자 한다.

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

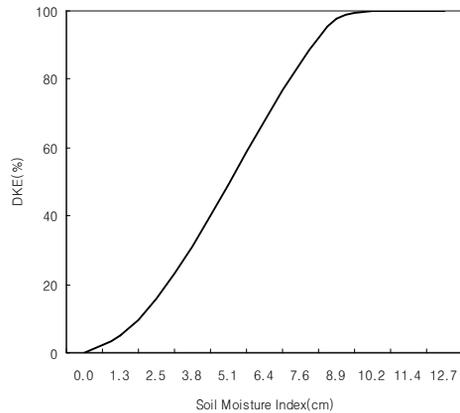
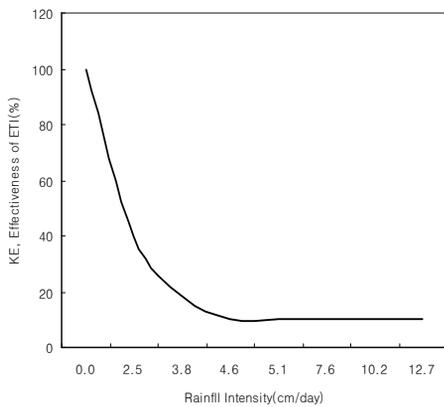
SMI-ROP는 토양의 습윤상태를 나타내는 지표이며 수문 그래프에 영향을 미치는 중요한 매개변수 중의 하나이다. SMI 곡선을 통하여 총 유출량 값을 비교함으로써 홍수예측을 하는데 유용하다. 만약 SMI가 높은 값을 가진다면 더 많은 강우유출이 발생하므로 잠재적으로 일어날 수 있는 홍수에 대비해야 할 것이다. 일반적으로 토양이 수분을 많이 함유하고 있을 때 대부분의 심각한 홍수가 발생하게 되는데 SMI-ROP 간의 관계가 어떠한 영향을 끼치는지 알아보기 위해서 4개의 다른 SMI 곡선을 적용한 결과 얻어진 유출량은 <그림 3.2-8>에서 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 3.2-9>는 전형적인 KE 곡선을 나타내며 <그림 3.2-10>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 3.2-8> SMI-ROP 관계

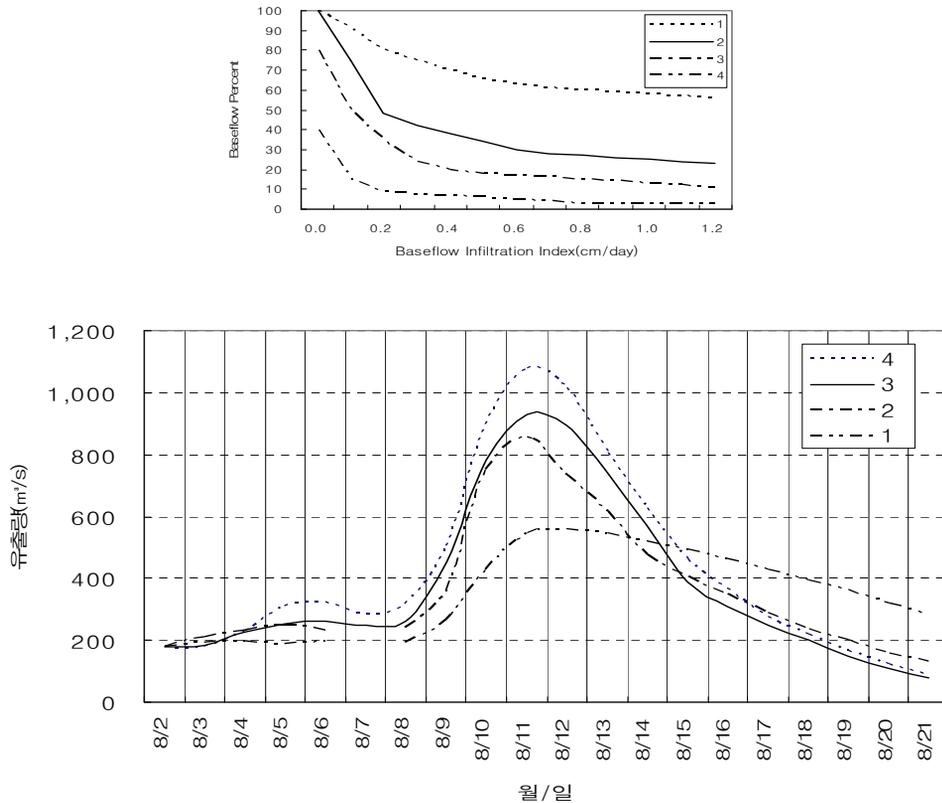


<그림 3.2-9> KE vs. 강우강도와의 관계

<그림 3.2-10> DKE vs. SMI와의 관계

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

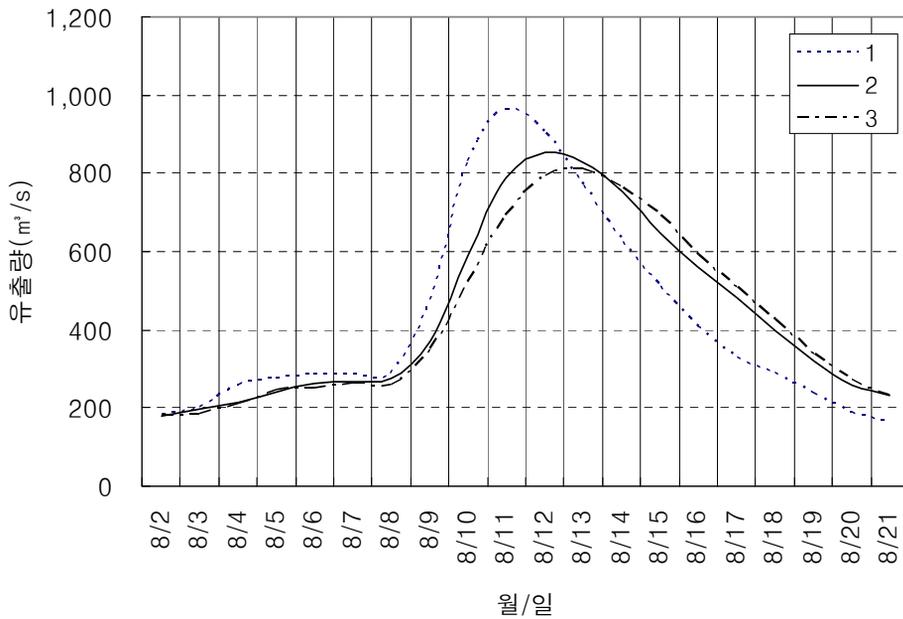
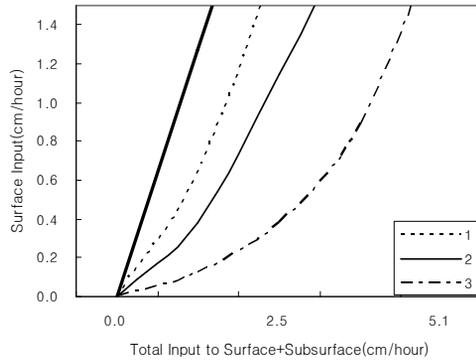
유출량을 대략적으로 측정한 후에는 흐름을 3가지 형태로 구분하게 되는데 기저유출 흐름의 관계는 경험에 바탕을 두고 결정되어지며 <그림 3.2-11>은 4가지의 다른 BII-기저유출 퍼센트 곡선을 나타낸다. 각 수문 그래프의 다른 매개변수들, 예를 들어 SMI, ETI 등이 동일하게 주어졌을 때 <그림 3.2-11>에서 보는 바와 같이 유출량은 BII에 의해 크게 영향을 받지 않으나 기저유출은 곡선 1의 경우가 곡선 4의 경우보다 큰 수치를 나타내고 있다.



<그림 3.2-11> 유출량과 BII와의 관계

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

SMI, BII 등의 다른 조건들이 같을 때 <그림 3.2-12>는 강우유출이 지표수와 복류수로 분리되는 것을 도식화한 것이다. 곡선 1은 다른 것들과 비교해서 더 많은 양의 지표수와 조기의 침투유량을 보이고 있다. 지표수와 복류수의 관계는 지표수량이 높을수록 복류수가 점차 증가하는 양상을 보인다.



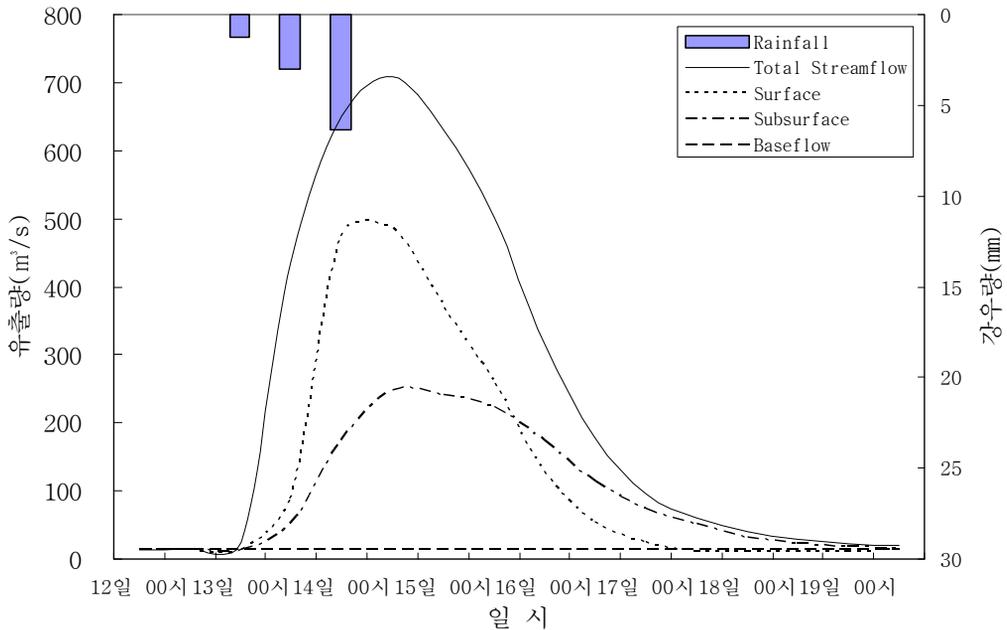
〈그림 3.2-12〉 지표수와 복류수의 분리양상이 유출에 미치는 영향

4) 유역추적 매개변수(Watershed Routing Parameters)

4가지(지표수, 복류수, 지하수, 회귀지하수) 흐름장은 가상의 선형 저수지로 구성되며, 유출 곡선은 각 흐름장에 대한 가상저수지 수효와 가상 저수지 저류시간에 의해 영향을 받는다. 유역 유출의 세 가지 구성인자, 세분화된 추적 단계와 단계별 저류시간이 〈그림 3.2-13〉에 도식화되어 있다. 이 경우는 복류수의 침투유량이 지표수의 침투유량을 미세하게 지연시키고 있으며 더 높은 침투유출을 발생시킨다. 아래의 경우와 같이 기저유출의 저류시간은

보통 길기 때문에 기저유출의 추적 특성 인자들은 유출 곡선에 거의 영향을 미치지 않는다. 그러므로 지표수와 복류수의 가상저수지 수효를 바꾸었을 때 생기는 어떠한 변화는 <그림 3.2-14> 및 <그림 3.2-15>와 같다.

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

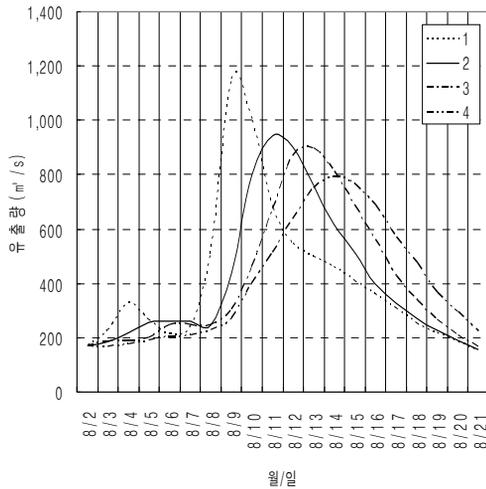


<그림 3.2-13> 유역 추적 특성인자들과 수문곡선

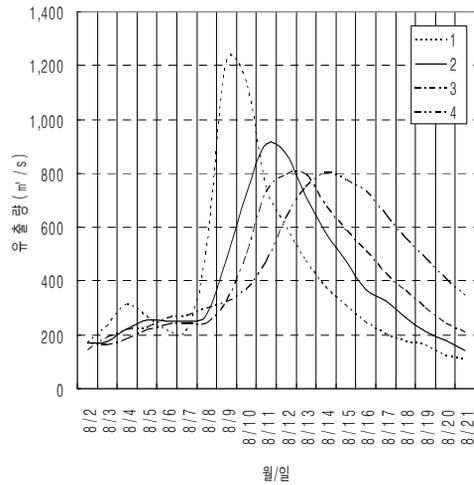
<그림 3.2-14>는 모든 조건이 같고 단지 지표수의 저류시간만이 다름을 나타내고 있다. 증가된 지표수 저류시간으로 인하여 총 저류시간이 길어졌고 첨두유량은 감소함을 보여준다. 반면에 <그림 3.2-15>를 통해 볼 수 있듯이 가상저수지 수효의 변화에 따라서 저류시간의 변화 양상을 알 수 있다. 다시 말해서 <그림 3.2-15>에서의 수문곡선 4의 저류시간이 수문곡선 3의 저류시간 보다 길다. 이 모든 도식화된 예제에 있어서 총 유출량은 같다.

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

HYDROGRAPH	NO. ROUTING PHASES	
	SURFACE	SUBSURFACE
1	1	2
2	3	3
3	4	4
4	6	5



〈그림 3.2-14〉 지표수 가상저수지의 수효가 흐름에 미치는 영향

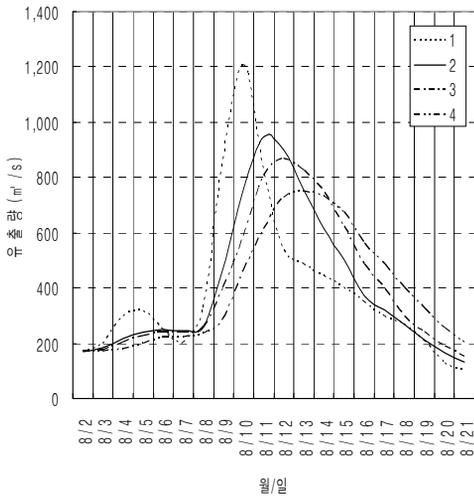


〈그림 3.2-15〉 복류수 가상저수지의 수효가 흐름에 미치는 영향

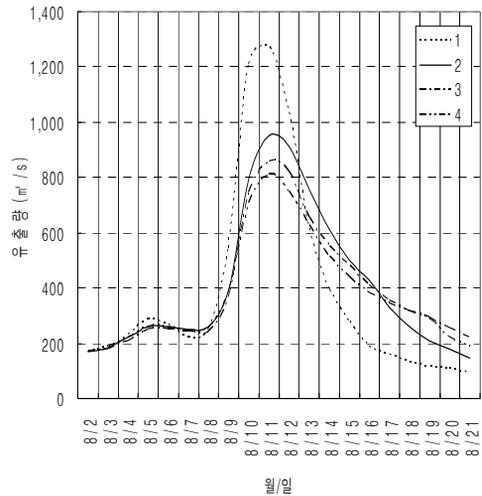
또한 저류시간 조절은 수문 곡선의 특성에 중요한 영향을 끼침을 알 수 있다. 〈그림 3.2-16〉은 지표수 인자에 관한 저류시간만 증가시켰을 때의 변화를 도식화한 것으로 총 저류시간의 지체와 첨두유량의 저하를 볼 수 있다. 〈그림 3.2-17〉은 복류수의 저류시간만을 변화시켰을 때의 변화를 나타낸 것으로 첨두유량의 총 저류시간에만 약간의 변화가 있는 것을 볼 수 있고 복류수의 저류시간 증가에 따라 총 저류시간이 증가함을 보여준다.

HYDROGRAPH	Ts PER PHASE	
	SURFACE	SUBSURFACE
1	10	50
2	25	50
3	35	50
4	55	50

HYDROGRAPH	Ts PER PHASE	
	SURFACE	SUBSURFACE
1	25	20
2	25	50
3	25	70
4	25	90



〈그림 3.2-16〉 지표수의 저류시간이
흐름에 미치는 영향

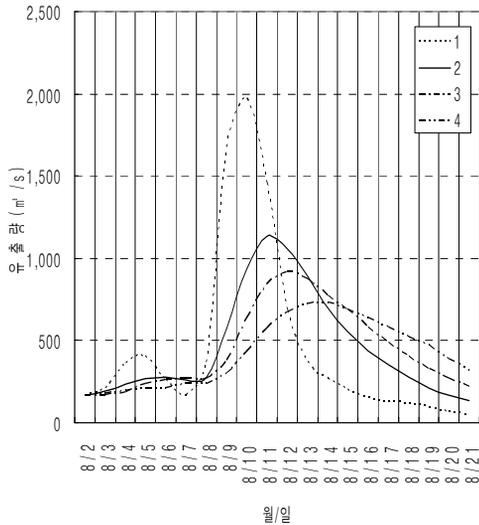


〈그림 3.2-17〉 복류수의 저류시간이
흐름에 미치는 영향

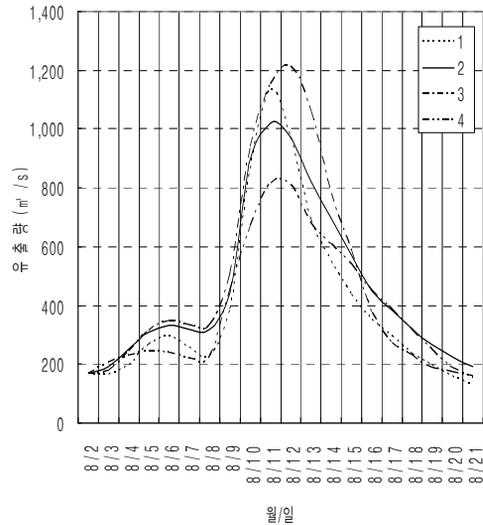
〈그림 3.2-18〉은 지표수와 복류수 둘 모두의 저류시간을 증가시켰을 때의 변화를 나타내고 있으며 총 저류시간의 경우 수문곡선 4가 수문곡선 1보다 긴 것을 다시 한번 보여주고 있다. 〈그림 3.2-19〉에서는 유역추적 특성 인자들의 변화가 흐름에 어떠한 영향을 미치는지 보여주고 있다. 수문곡선 1은 첨두유량 도달 시간에 영향 없이 첨두유출량의 증가만이 있음을 보여준다. 수문곡선 3은 복류수의 첨두유량만이 증가되었음을 보여준다. 이것은 복류수 첨두유량의 저류시간이 증가함에 따라 총 유출량의 저류시간이 증가하는 것이라 할 수 있다. 수문곡선 4는 복류수 저류시간이 증가함으로써 첨두유량의 감소와 총 유출량의 지체시간이 길어짐으로 수문곡선이 완만해지면서 높은 경사의 감수곡선이 발생했다.

HYDROGRAPH	Ts PER PHASE	
	SURFACE (hrs.)	SUBSURFACE (hrs.)
1	10	20
2	25	50
3	35	70
4	55	90

HYDROGRAPH	SURFACE		SUBSURFACE	
	PHASE NO.	Ts PER PHASE	PHASE NO.	Ts PER PHASE
1	5	13	3	50
2	3	25	3	50
3	3	25	7	15
4	3	25	5	37



〈그림 3.2-18〉 지표수와 복류수 저류 시간 증가에 따른 수문곡선 변화 양상



〈그림 3.2-19〉 가상저수지 수효와 저류 시간 변화에 따른 수문곡선 변화 양상

3.2.3. 민감도 분석

SSARR 모형의 수많은 매개변수를 모두 보정하기는 현실적으로 어려운 부분이 있다. 따라서 영산강유역에 민감한 주요 매개변수를 찾기 위해 민감도 분석을 실시하였으며, 민감도 분석을 실시하기 위한 초기값은 SSARR Manual 및 금강 수계 표준유역 구분에 따른 SSARR 모형에 의한 주요지점별 유출특성 분석(김태우, 2013) 등을 바탕으로 (표 3.2-15)와 같이 선정하였다.

민감도 분석의 대상지역은 유역의 중류부에 위치하고 있으며, 유역면적이 전체 평균에 가장 가까운 5005 중권역을 선정하였다. 분석에 사용된 수문자료는 비교적 최근자료이며 강우자료의 결측이 적고 홍수와 가뭄이 연이어 발생한 2008년과 2009년 자료를 사용하여 해당년의 최대유량값을 보이는 시기를 전후로 한달간의 자료를 선정하였다.

(표 3.2-15) 내부처리 매개변수의 민감도분석을 위한 기준치

SMI	SMI (cm)	0	1	2	3	4	5	10	999
	ROP (%)	8	19	43	68	85	93	100	100
BII	BII (cm/day)	0.0	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	5.0	100.0
	BFP (%)	45	16	14	13	12	11	10	10
	BIITS : 40 hr, BIIMX : 3 cm/day, BFLIM : 0.13 cm/hr								
S-SS	input rate (cm/hr)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	
	sf. comp. (cm/hr)	0.00	0.15	0.57	1.07	1.57	2.07	2.57	
PBLZ	50 %								
Ts (hr)	surface: 3, subsurface: 10, baseflow: 100, lower zone: 1,000								

민감도 분석을 위한 각 매개변수의 범위는 SSARR Manual 및 하천유량관리 시스템구축을 위한 장기유출모형 모의 개발(한국수자원공사, 2011)을 참조하여 적당하다고 판단되는 범위를 선정하였다.

SMI-ROP 곡선은 기준값으로 부터 10%씩 증감시킨 값을, BII-BFP 곡선은 BII값이 0일때의 값만 10%씩 증감시킨 값을, S-SS 곡선은 0.15 cm/hr 증감시킨 값에 대하여 각각 분석을 실시하였다. 이들을 포함하여 유역유출과 관련된 제반 매개변수의 기준값과 범위 및 민감도를 (표 3.2-11) 및 (표 3.2-12)에 제시하였으며, 민감도의 지표유량은 직접유출이 끝나는 시점에서의 유량을 각각 선정하였다. 여기서 민감도는 식(3.16)과 같이 매개변수의 증감량에 대한 유량 변화량의 기하평균값으로 정의된다.

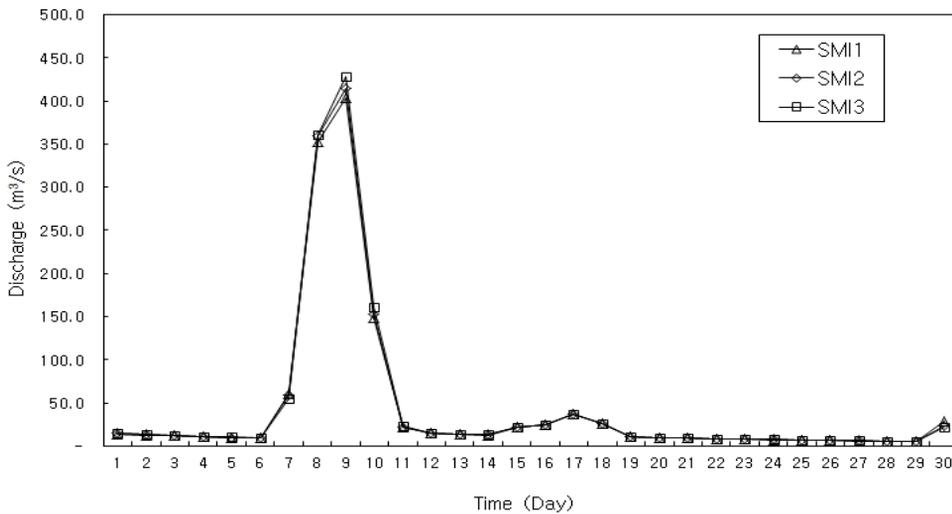
$$\text{민감도} = \sqrt{\frac{\left[\frac{(Q_u - Q_o)/Q_o}{(P_u - P_o)/P_o}\right]^2 + \left[\frac{(Q_o - Q_l)/Q_o}{(P_o - P_l)/P_o}\right]^2}{2}} \quad (3.16)$$

여기서, Q와 P는 각각 유량과 매개변수값을 나타내며 아래첨자 o , u , l 은 각각 지표값과 상한값 및 하한값을 의미한다.

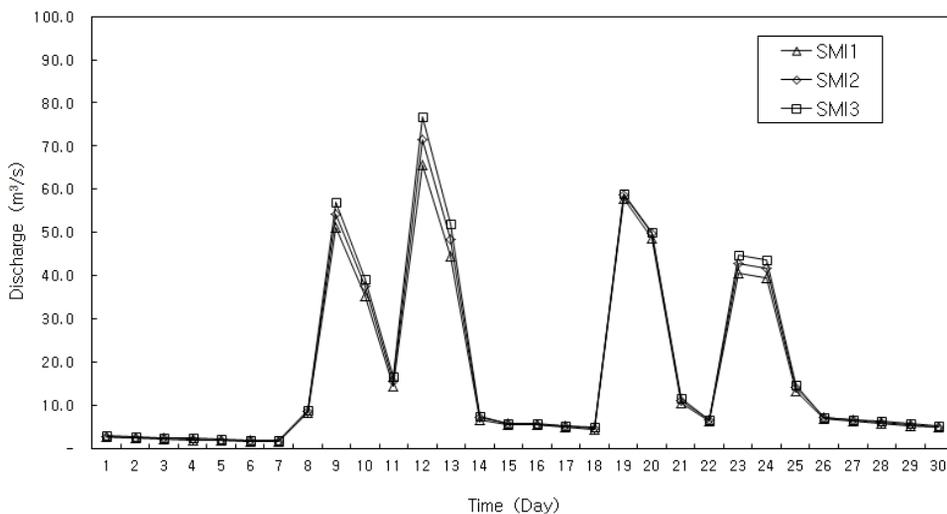
또한 침투값의 변화를 포함한 수문곡선의 전체적인 변화양상을 <그림 3.2-20>~<그림 3.2-23>에 도시하였으며 분석결과를 매개변수별로 살펴보면 다음과 같다.

가. 토양습윤 상태별 유출율

토양습윤 상태별 유출율(SMI-ROP)은 내부처리 매개변수 중에서 수문 그래프에 영향을 미치는 중요한 매개변수로서 <그림 3.2-20> 및 <그림 3.2-21>에 민감도 분석 결과를 도시하였다. 그림에서 SMI2 곡선에 대한 SMI1 곡선과 SMI3 곡선의 민감도를 분석하여 (표 3.2-17) 및 (표 3.2-12)에 제시하였다.



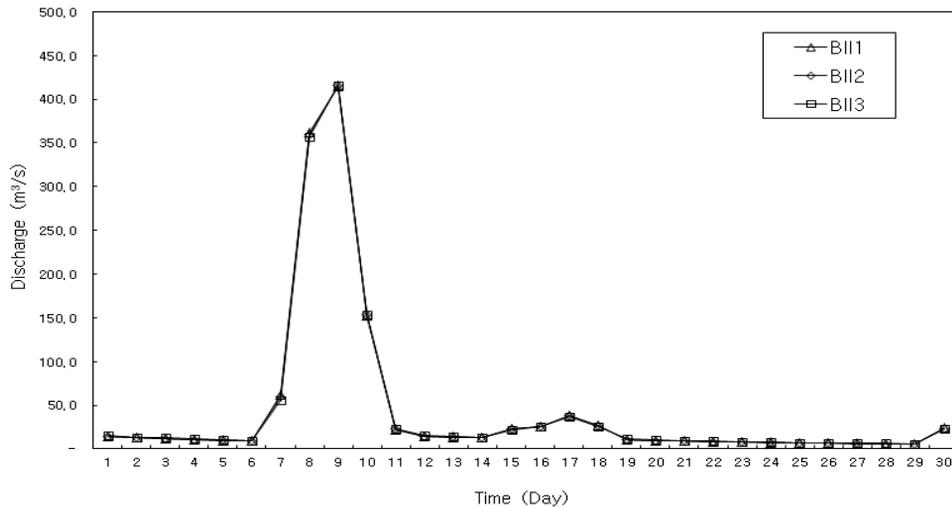
<그림 3.2-20> SMI의 민감도(2008년)



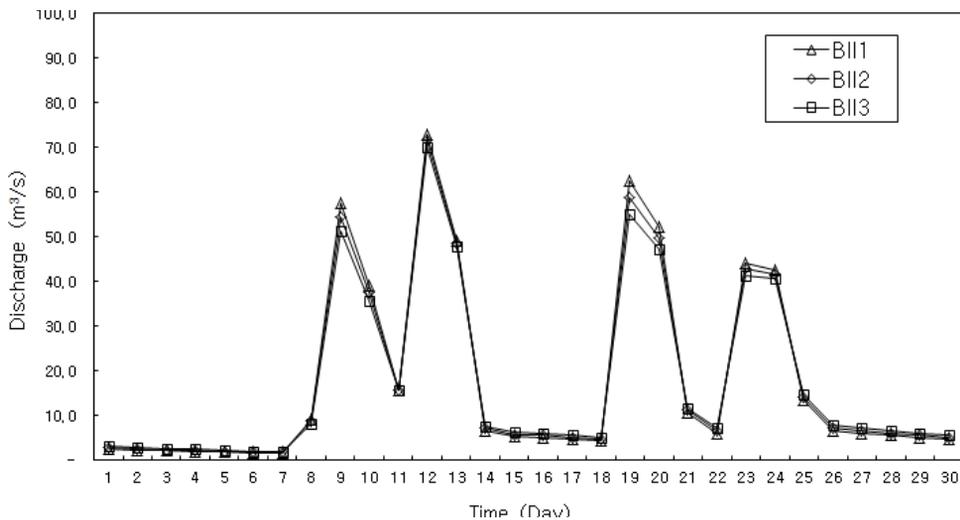
<그림 3.2-21> SMI의 민감도(2009년)

나. 침투량별 지하수 유입률

침투량별 지하수 유입률(BII-BFP)은 총 유출량 중 지하수로 유입되는 비율을 설정하는 매개변수이며 분석결과를 (표 3.2-17)과 (표 3.2-18), <그림 3.2-22>와 <그림 3.2-23>에 도시하였다. BII 매개변수는 고수시 보다 저수시 민감도가 크게 나타나고 있어 이를 통해 저수시에 대한 보완이 가능하다.



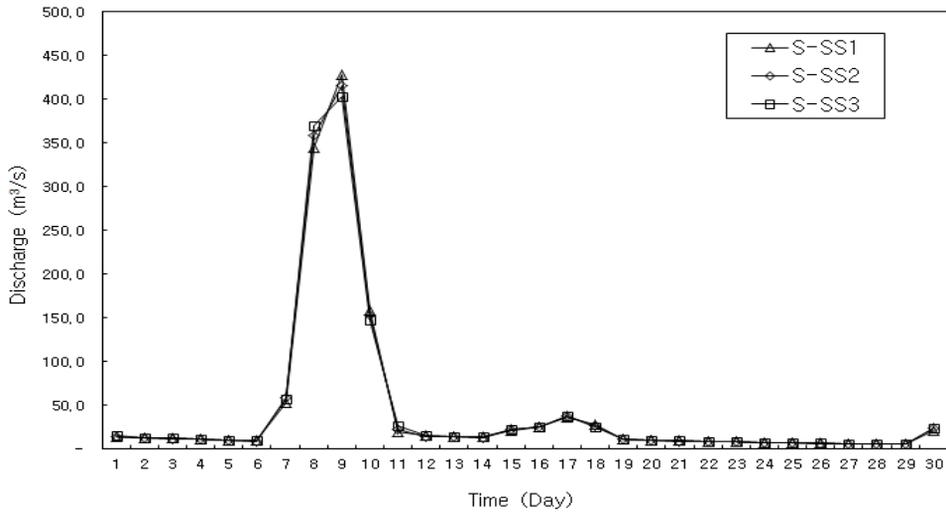
<그림 3.2-22> BII의 민감도(2008년)



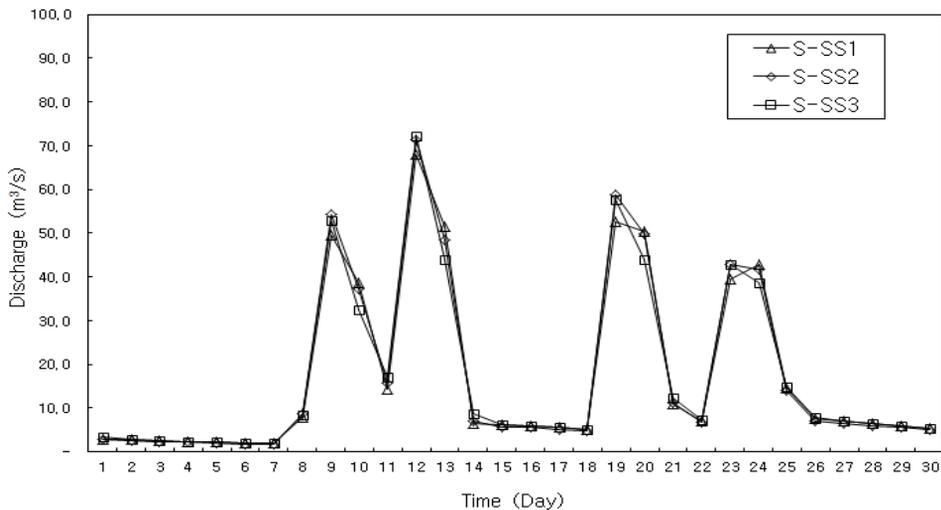
<그림 3.2-23> BII의 민감도(2009년)

다. 지표수와 복류수 분리

지표수와 복류수 유출지수(S-SS)에 의해 지표수와 복류수로 구분되며, 이 매개변수의 변화에 따른 민감도 분석 결과를 <그림 3.2-24>와 <그림 3.2-25>에 도시하였다. 이 매개변수는 침투유량과 저수시 유량에서 타 매개변수보다 민감한 변화가 있으며 이 매개변수를 통해 침투유량과 총유출량을 조절할 수 있다.



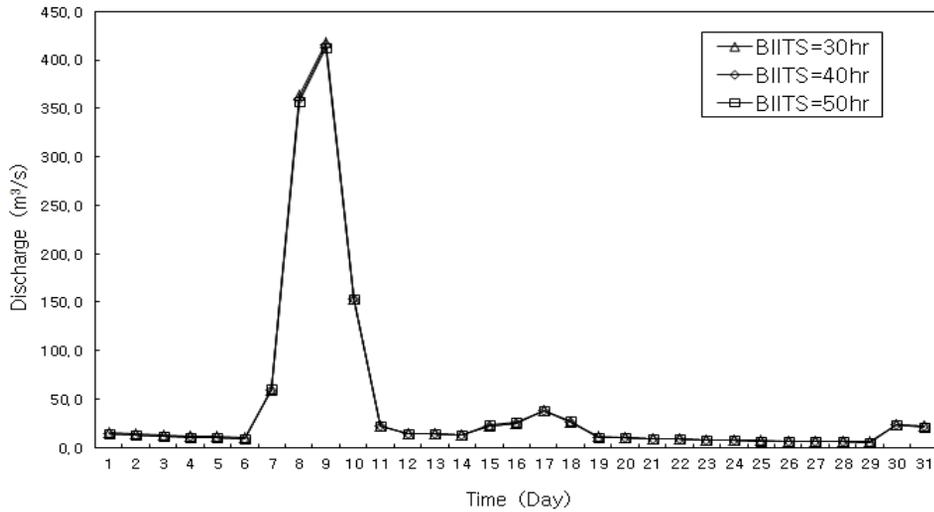
<그림 3.2-24> S-SS의 민감도(2008년)



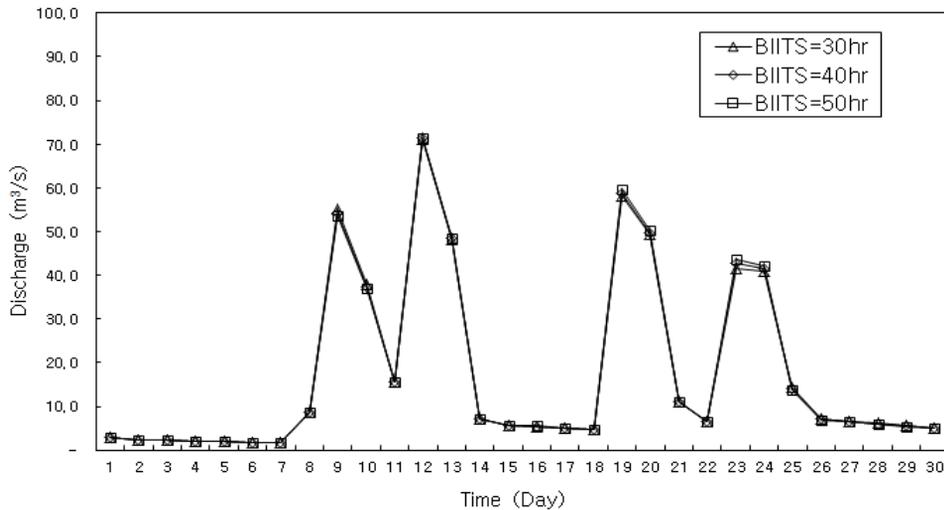
<그림 3.2-25> S-SS의 민감도(2009년)

라. 기저유출지수와 관련된 매개변수

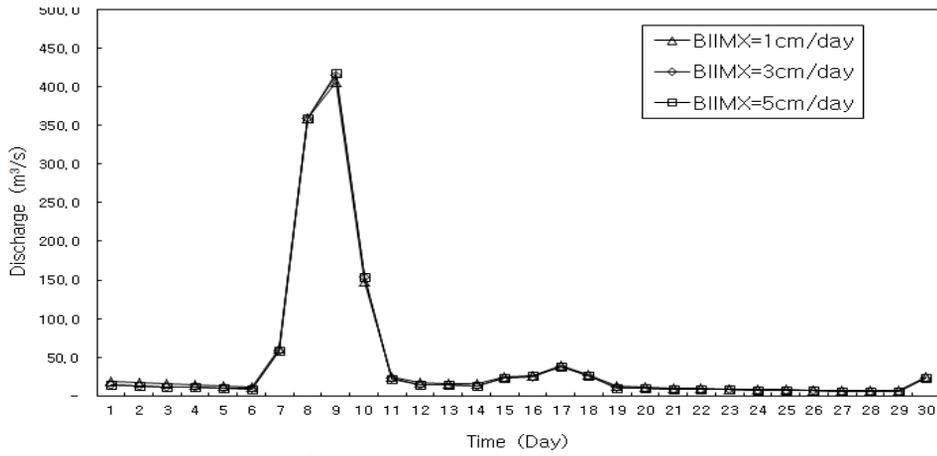
기저유출지수(BII)와 관련된 매개변수로는 BII의 저류시간(BIITS), 최대BII(BIIMX)와 최대지하수유출율(BFLIM) 등이 있으며, 민감도 분석결과를 <그림 3.2-26>~<그림 3.2-31>에 도시하였다. (표 3.2-11) 및 (표 3.2-12)에서도 볼 수 있듯이 고수시 및 저수시 모두 둔감한 결과를 보이고 있다.



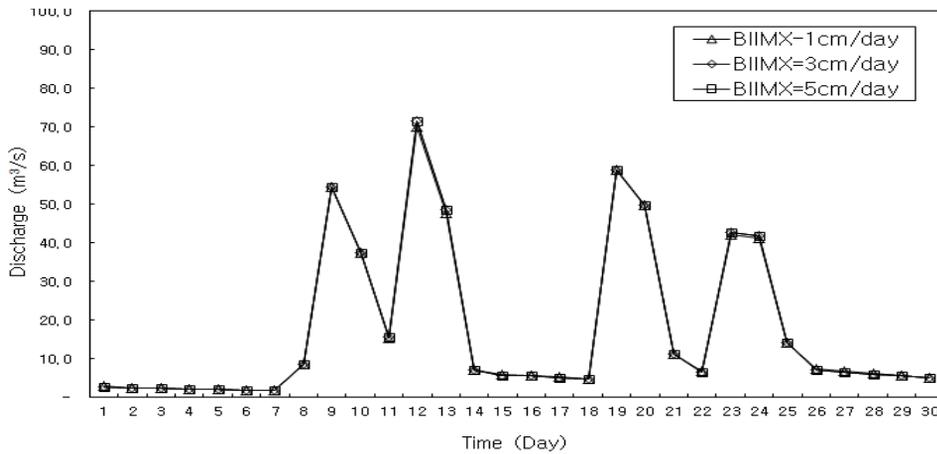
<그림 3.2-26> BIITS의 민감도(2008년)



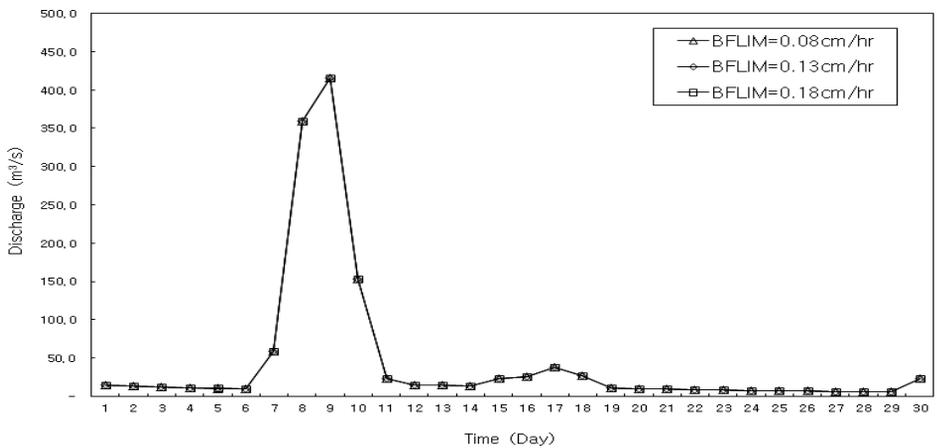
<그림 3.2-27> BIITS의 민감도(2009년)



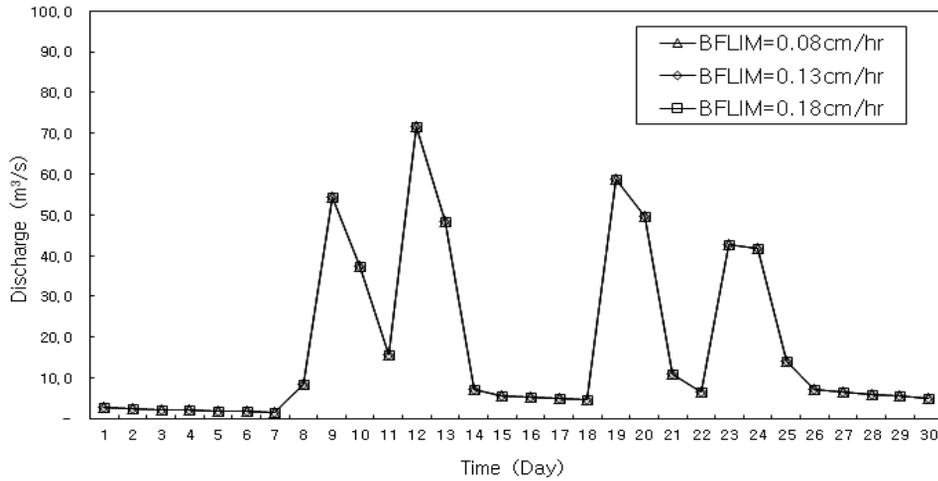
<그림 3.2-28> BIIMX의 민감도(2008년)



<그림 3.2-29> BIIMX의 민감도(2009년)



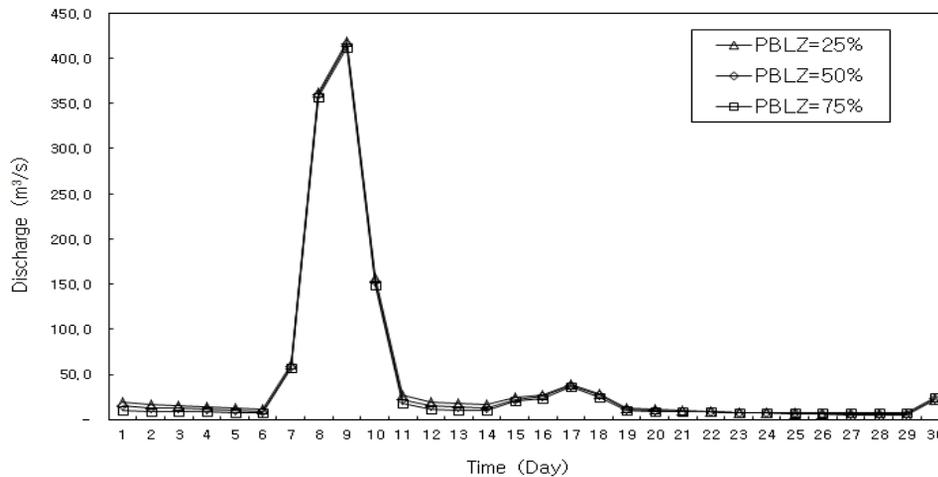
<그림 3.2-30> BFLIM의 민감도(2008년)



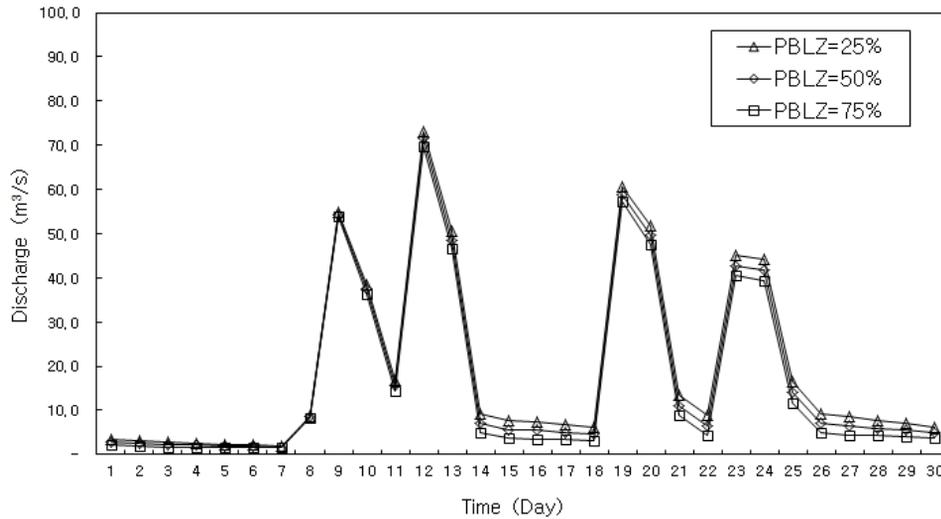
〈그림 3.2-31〉 BFLIM의 민감도(2009년)

마. 지하수 중 회귀지하수가 차지하는 비율

지하수로의 유입유량 중 지하 깊숙히 저류되었다가 비교적 오랜 시간이 경과한 후에 유출되는 유량이 전체 지하수 유입량에서 차지하는 비율(PBLZ)을 나타내는 매개변수로서 민감도 분석결과를 〈그림 3.2-32〉 및 〈그림 3.2-33〉에 제시하였다. PBLZ는 침투유량에는 큰 영향을 주지 않지만 (표 3.2-12)에서 볼 수 있듯이 저수시의 유량 변화에는 영향을 준다. 또한 PBLZ의 증가에 따라 침투유량 직후에 형성되는 지하수감수곡선에 기여하는 지하수 유출량은 감소하게 되며 감소된 유량은 차후에 장기적으로 유출되는 것이다.



〈그림 3.2-32〉 PBLZ의 민감도(2008년)



<그림 3.2-33> PBLZ의 민감도(2009년)

바. 유역추적 매개변수

유역추적 매개변수에는 지표수, 복류수, 지하수 및 회귀지하수 등 4가지 흐름에 대하여 각 흐름의 가상저수지의 수효와 저류시간이 있다. 이들 매개변수는 유역면적과 평균 지표면 유출거리 및 경사, 그리고 지체시간, 토지이용상태 및 토양의 상태에 따라 다르게 산정되어야 하는데, 민감도 분석과 시행착오적 방법에 의해 결정되는 것이 통상적인 방법이다. SSARR Manual에 제시된 미국내의 두 지점에서 결정된 유역추적 매개변수는 (표 3.2-16)과 같다.

(표 3.2-16) 미국에서의 유역추적 매개변수

유역구분 흐름장 종류	유역A (유역면적: 530km ²)		유역B (유역면적: 6,250km ²)	
	저수지 수효	Ts (hr)	저수지 수효	Ts (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

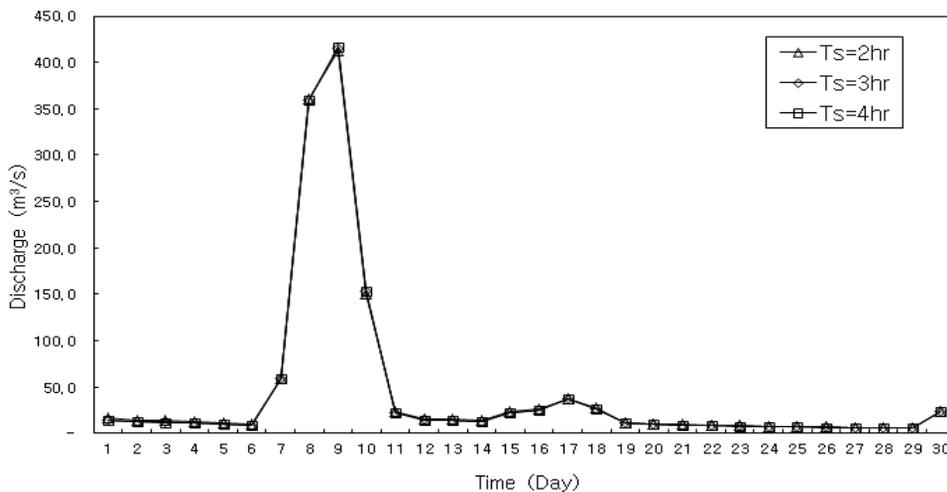
(표 3.2-16)을 영산강유역의 매개변수 결정에 참조한 결과 민감도 분석에서 선정한 5005 중권역의 유역면적이 218.6km²이고 미국에 비해 산지가 많아 경사가 급한 국내유역임을 감안하면 매개변수의 값은 유역 B보다 유역 A에 가까울 것으로 판단된다. 또한 매개변수의 단순화를 위해 가상저수지의 수효를 (표 3.2-16)의 유역 A와 같게 고정시켰으며, 앞의 조건에 따라 5005 중권역의 4가지 흐름 각각의 저류시간 Ts를 변화시켜 가면서 민감도분석을 시행하였다.

먼저 지표수에 대해서 저류시간을 2시간~4시간까지 한 시간 간격으로 변화시켰으며, 그에 따른 유출수문곡선의 변화 결과를 <그림 3.2-34> 및 <그림 3.2-35>에 도시하였고 (표 3.2-17) 및 (표 3.2-18)에 민감도 분석 결과를 제시하였다.

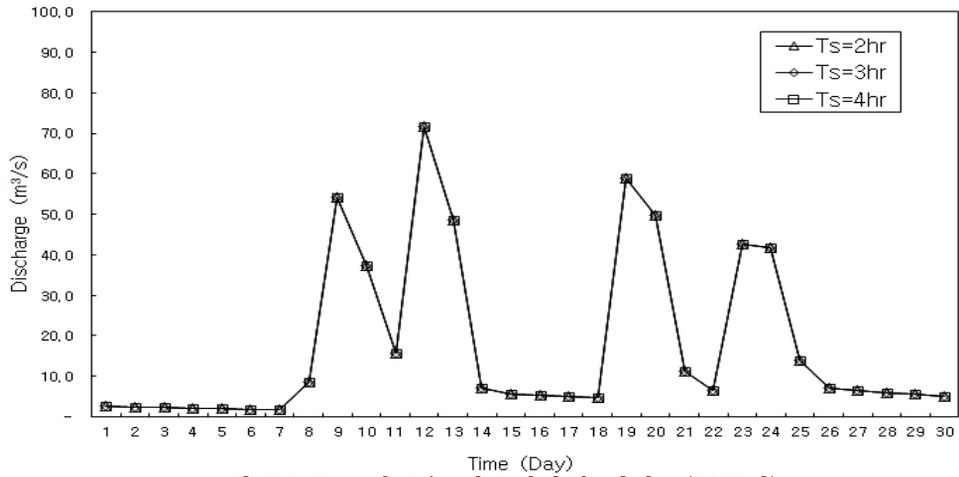
SSARR 모형에서는 유역에서의 저류시간을 일정한 상수로 하지 않고 유량의 함수로 설정할 수도 있으며, 유량의 함수로 분석을 하게 되면 저류시간이 유량증가에 따라 작아지게 됨으로써 실제현상에 더욱 부합하게 된다. 지표수의 저류시간을 일정한 상수로 하지 않고 유량의 함수로 분석한 결과를 <그림 3.2-36> 및 <그림 3.2-37>에 도시하였다.

지표수와 함께 복류수에 대해서도 저류시간이 8시간~12시간까지 두 시간 간격으로 변화시킨 일정한 경우와 저류시간이 유량의 함수인 경우에 대하여 각각 모의하였고 그 결과를 <그림 3.2-38>과 <그림 3.2-39>에 도시하였다.

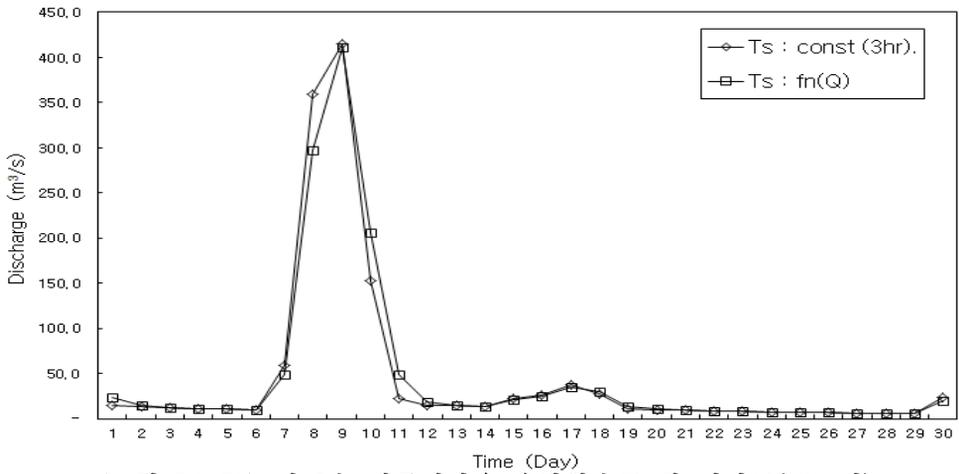
지하수와 회귀지하수의 경우 저류시간이 일정한 경우에 대해서만 검토하였으며, 그 결과를 <그림 3.2-42>~<그림 3.2-45>에 도시하였다.



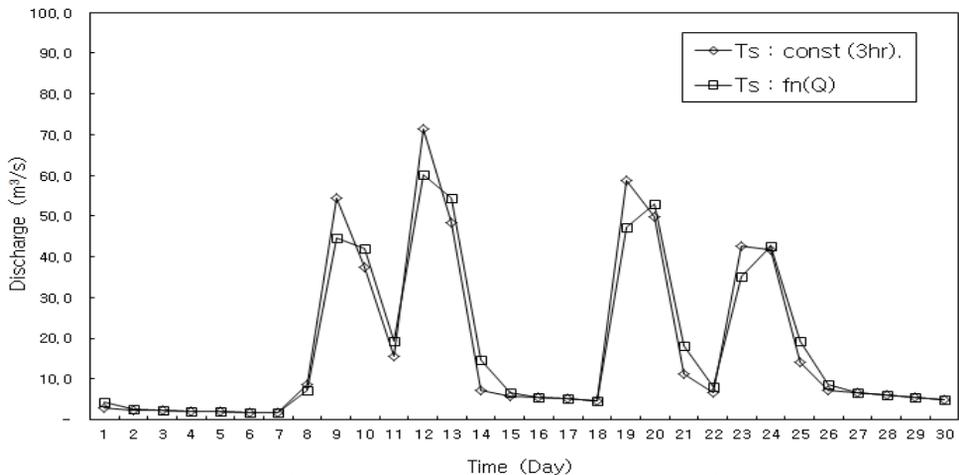
<그림 3.2-34> 지표수 저류시간의 민감도(2008년)



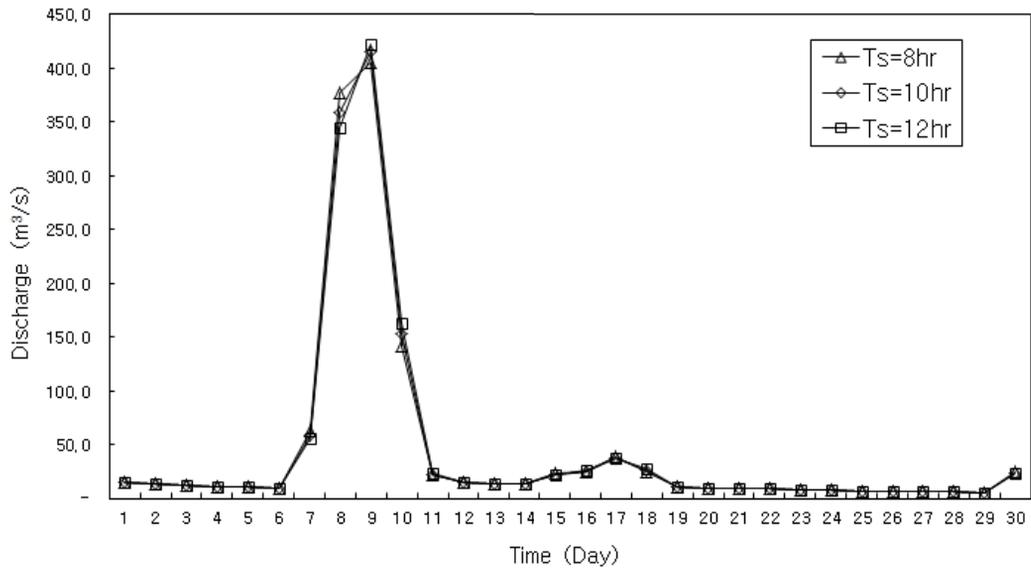
〈그림 3.2-35〉 지표수 저류시간의 민감도(2009년)



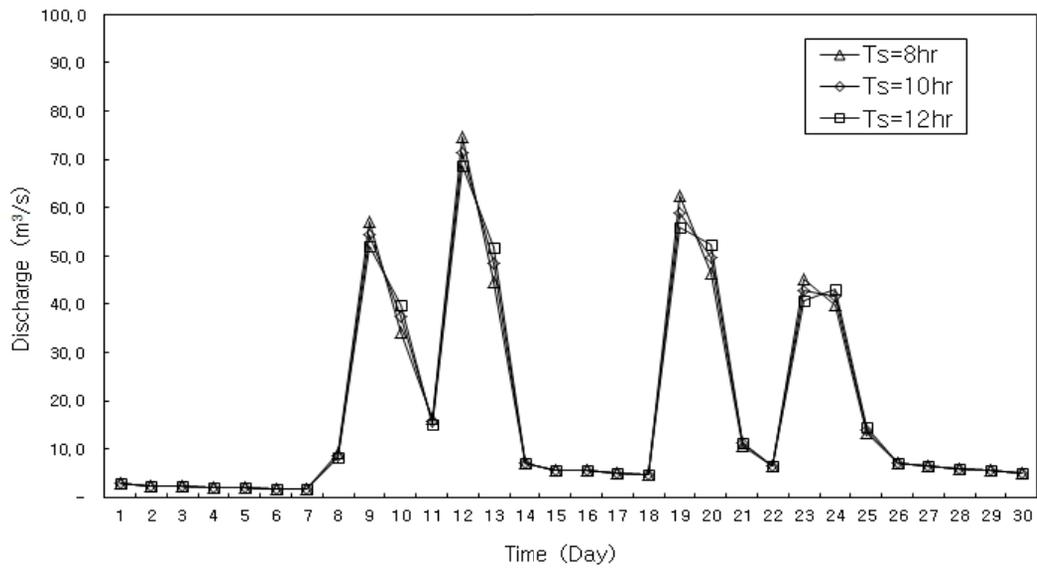
〈그림 3.2-36〉 지표수 저류시간을 유량함수로 한 민감도(2008년)



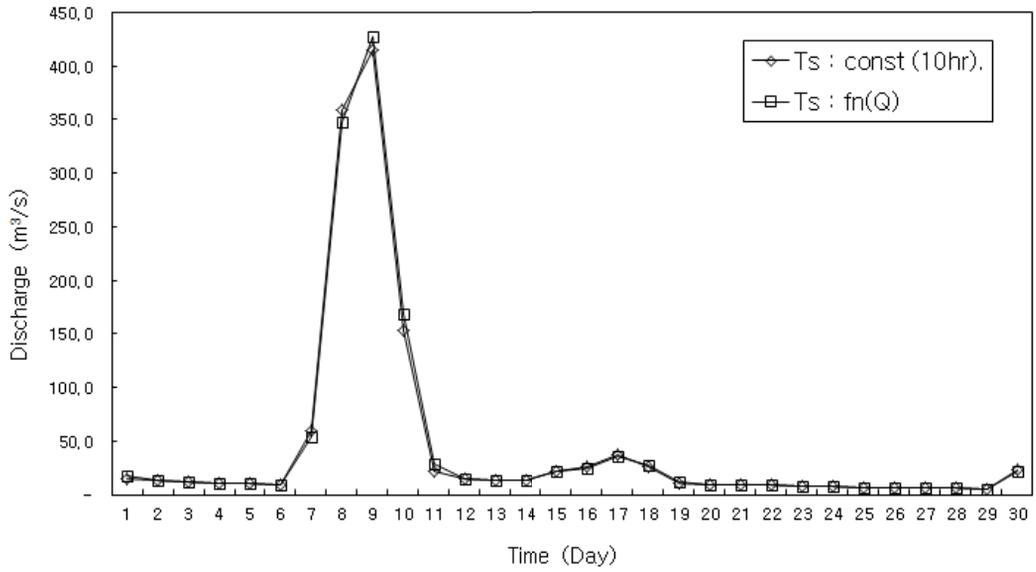
〈그림 3.2-37〉 지표수 저류시간을 유량함수로 한 민감도(2009년)



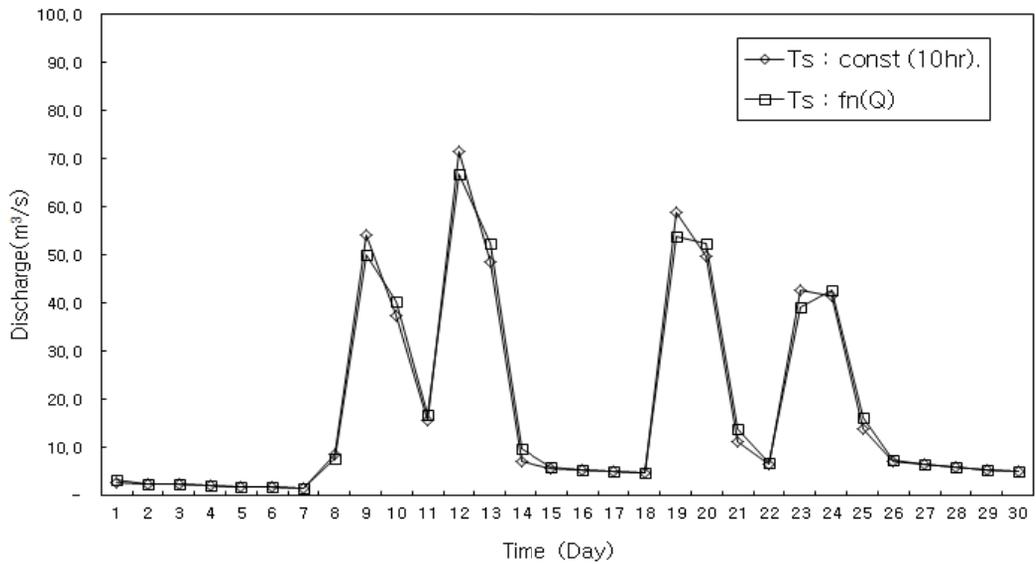
<그림 3.2-38> 복류수 저류시간의 민감도(2008년)



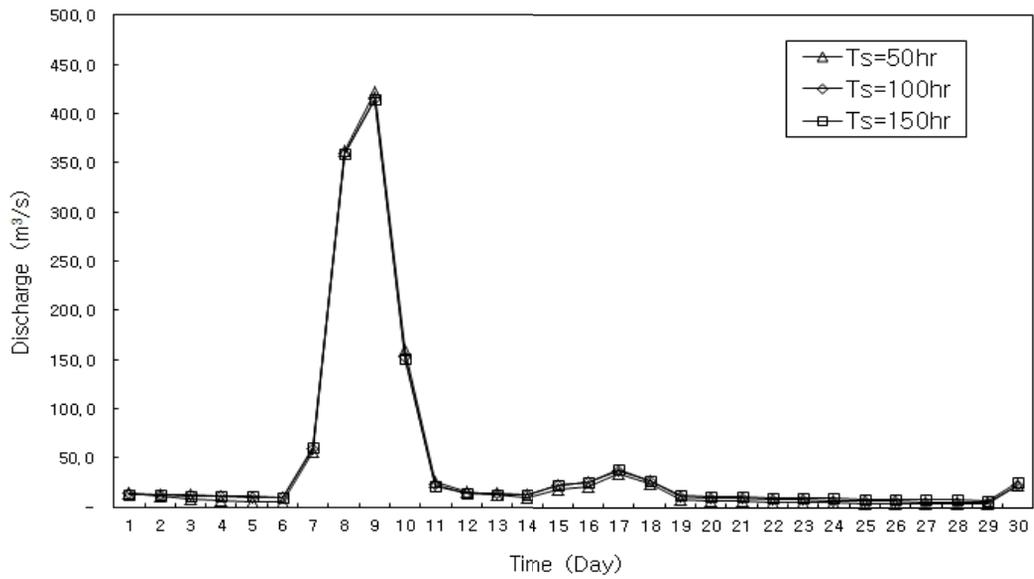
<그림 3.2-39> 복류수 저류시간의 민감도(2009년)



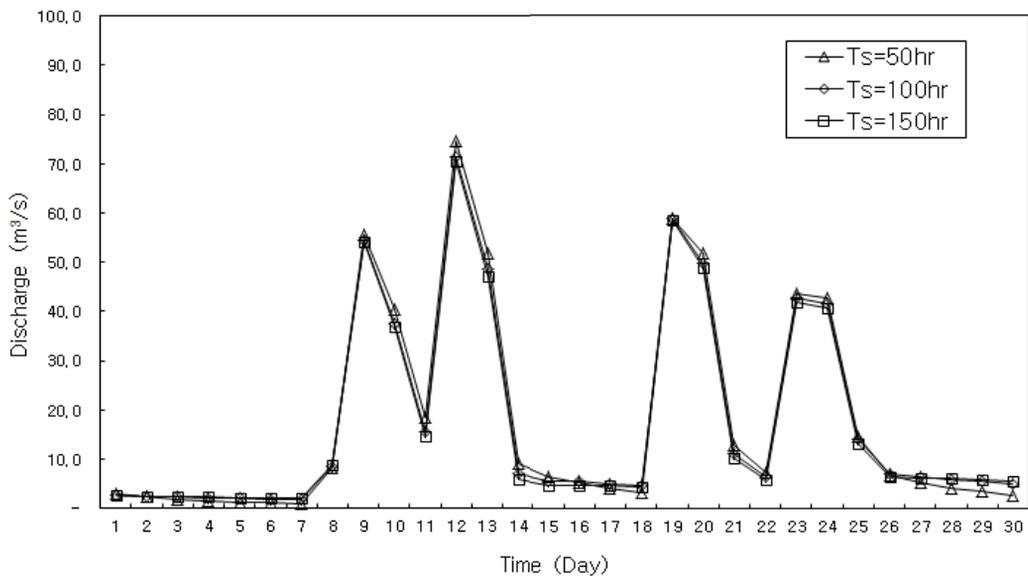
<그림 3.2-40> 복류수 저류시간을 유량함수로 한 민감도(2008년)



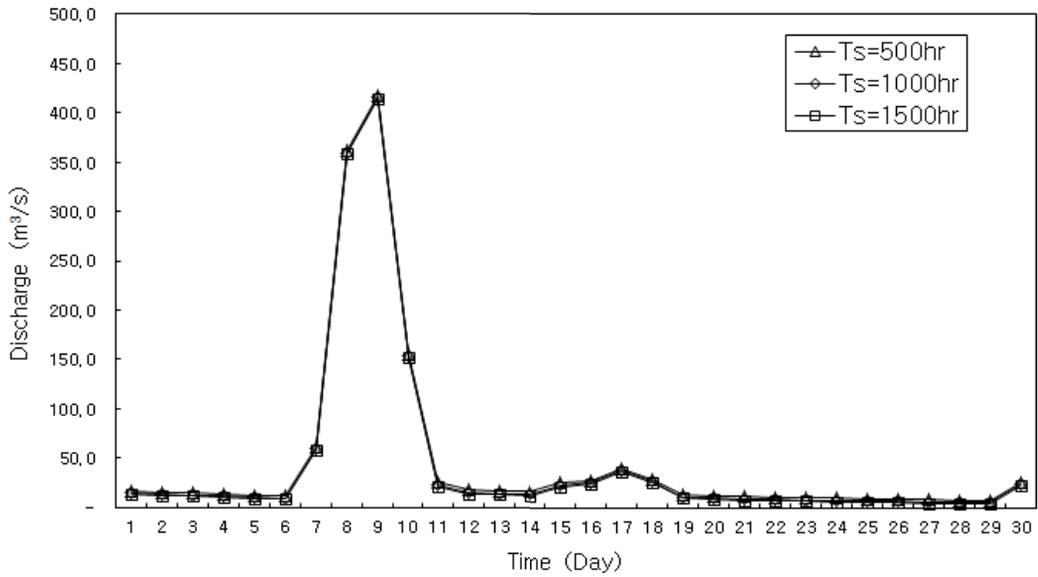
<그림 3.2-41> 복류수 저류시간을 유량함수로 한 민감도(2009년)



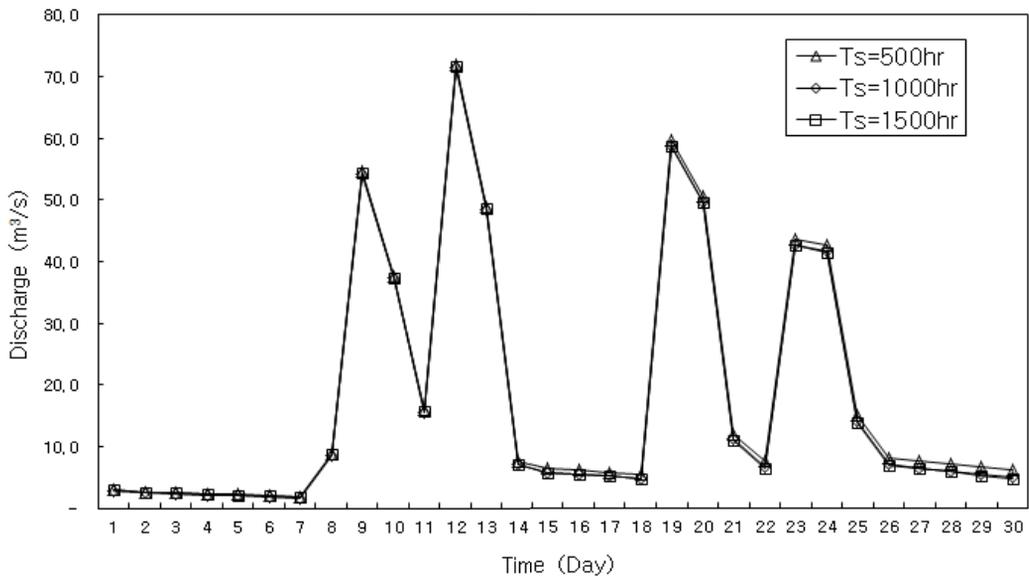
<그림 3.2-42> 지하수 저류시간의 민감도(2008년)



<그림 3.2-43> 지하수 저류시간의 민감도(2009년)



<그림 3.2-44> 회귀지하수 저류시간의 민감도(2008년)



<그림 3.2-45> 회귀지하수 저류시간의 민감도(2009년)

(표 3.2-17) 유역유출과 관련된 매개변수의 고수시 민감도 분석

매개변수	범위	침투유량 (m ³ /s)		민감도	
		2008	2009	2008	2009
SMI	SMI1	403.5	65.6	0.31	0.79
	SMI2	415.3	71.5		
	SMI3	429.0	76.9		
BII	BII1	414.8	72.9	0.01	0.20
	BII2	415.3	71.5		
	BII3	415.8	70.1		
S-SS	S-SS1	428.1	68.0	0.51	0.27
	S-SS2	415.3	71.5		
	S-SS3	403.4	72.2		
BIITS	30 hr	418.4	71.0	0.03	0.02
	40 hr	415.3	71.5		
	50 hr	412.9	71.3		
BIIMX	1 cm/day	405.7	70.0	0.02	0.02
	3 cm/day	415.3	71.5		
	5 cm/day	417.0	71.5		
BFLIM	0.08 cm/day	415.2	71.5	0.00	0.00
	0.13 cm/day	415.3	71.5		
	0.18 cm/day	415.3	71.5		
PBLZ	25 %	418.6	73.1	0.02	0.05
	50 %	415.3	71.5		
	75 %	411.9	69.9		
Ts (Surface)	2 hr	412.0	71.5	0.02	0.00
	3 hr	415.3	71.5		
	4 hr	416.1	71.5		
Ts (Subsurface)	8 hr	406.1	74.7	0.10	0.21
	10 hr	415.3	71.5		
	12 hr	422.9	68.8		
Ts (Baseflow)	50 hr	421.6	74.5	0.02	0.06
	100 hr	415.3	71.5		
	150 hr	414.3	70.4		
Ts (Lower zone)	500 hr	417.6	71.9	0.01	0.01
	1,000 hr	415.3	71.5		
	1,500 hr	414.2	71.6		

(표 3.2-18) 유역유출과 관련된 매개변수의 저수시 민감도 분석

매개변수	범위	첨두유량 (m ³ /s)		민감도	
		2008	2009	2008	2009
SMI	SMI1	22.1	6.7	0.26	0.50
	SMI2	22.6	7.1		
	SMI3	23.2	7.4		
BII	BII1	22.0	6.6	0.26	0.64
	BII2	22.1	7.1		
	BII3	23.2	7.5		
S-SS	S-SS1	19.9	6.4	2.54	3.09
	S-SS2	22.6	7.1		
	S-SS3	26.4	8.7		
BIITS	30 hr	22.8	7.0	0.02	0.03
	40 hr	22.6	7.1		
	50 hr	22.6	7.1		
BIIMX	1 cm/day	24.6	7.2	0.10	0.02
	3 cm/day	22.6	7.1		
	5 cm/day	22.3	7.1		
BFLIM	0.08 cm/day	22.5	7.1	0.00	0.00
	0.13 cm/day	22.6	7.1		
	0.18 cm/day	22.6	7.1		
PBLZ	25 %	26.7	9.2	0.36	0.59
	50 %	22.6	7.1		
	75 %	18.50	5.0		
Ts (Surface)	2 hr	23.2	7.1	0.06	0.00
	3 hr	22.6	7.1		
	4 hr	22.4	7.1		
Ts (Subsurface)	8 hr	22.2	7.1	0.07	0.00
	10 hr	22.6	7.1		
	12 hr	22.9	7.1		
Ts (Baseflow)	50 hr	26.4	9.2	0.26	0.49
	100 hr	22.6	7.1		
	150 hr	21.1	5.8		
Ts (Lower zone)	500 hr	25.1	7.6	0.17	0.11
	1,000 hr	22.6	7.1		
	1,500 hr	21.4	7.1		

민감도 분석 결과 저수시 및 고수시 SMI와 S-SS가 모두 민감하고, BII와 PBLZ 및 지하수의 저류시간은 저수시에만 민감한 매개변수로 확인되었다.

3.2.4. 매개변수 결정

최종적인 매개변수의 값을 결정하기 위해서는 목적함수가 먼저 선정되어야 하는데 목적함수로는 관측치와 모의치의 오차를 최소화하는 형태의 것을 취하는 것이 통상적이며, 오차는 상대오차와 절대오차로 구분할 수 있다. 그러나 전자의 경우 유량이 큰 홍수기의 오차를 감소시키는 방향으로 매개변수가 결정될 우려가 있어 본 과업의 목적이기도 한 저수시의 정확도가 저하될 수 있다. 후자의 경우는 정반대로 저수시 위주로 매개변수가 결정되므로 고수시 유량은 전혀 반영되지 못할 소지가 있다. 따라서 앞에서도 언급했듯이 고수시와 저수시를 분리하여 각각에 대해 선정된 민감한 매개변수를 통한 독립적인 모형의 보정 절차가 가장 합당하다고 사료되어 목적함수 선정에 있어서 고수시인 홍수기와 저수시인 이수기 및 이·치수기 전체인 연 단위로 구분하였다. 즉, 고수시인 홍수기에는 토양습윤상태별 유출률(SMI-ROP), 침투량별 지하수 유입률(BII-BFP), 지표수와 지하수 분리(S-SS)와 유역에서의 저류시간을 통해 3개 제어지점에서 일유량을 대상으로 평균관측유량과 평균모의유량의 차에 평균관측유량으로 나눈 상대오차가 최소로 되는 것을 목적함수로 선정하였고, 저수시인 이수기에는 BII-BFP, 지하수 중 회귀지하수가 차지하는 비율(PBLZ) 및 지하수의 저류시간(Ts)을 통해 기저유출이 지속되는 기간 위주로 3개 제어지점에 대해서 각 지점별로 일유량을 대상으로 평균관측유량과 평균모의유량의 차인 절대오차의 최소화를 역시 목적함수로 선정하였다. 이·치수기 전체인 연 단위에서는 연유출의 과반을 차지하기 때문에 고수시와 같은 상대오차가 최소로 되는 것을 목적함수로 선정하였다. 그러나 일유출모형이라는 한계 때문에 시시각각 큰 변화를 보이는 고수시 유량에 대해 변수보정을 통한 정확도의 증진은 크게 기대할 수 없으며, 신빙성 있는 소유역별 유량관측자료가 결여되어 있다는 점에서 저수시의 변수보정도 한계가 있다. 그러므로 본 과업에서는 3개 제어지점에서의 유출량 자료만을 근거로 하여 기설정된 보정방향과 민감도 분석 결과에 따라 시행착오적인 방법으로 매개변수를 결정하였다.

2008년 자료와 2009년 자료에 의한 모형의 보정방향과 민감도 분석 결과에 따라 내부처리 매개변수 중 고수시 또는 저수시에 민감도가 큰 SMI-ROP, BII-BFP, S-SS와 유량별 Ts, 그리고 PBLZ 등을 제외한 나머지 매개변수는 처음에 설정한 기준값으로 고정하였다. 침투유량에 큰 영향을 미치는 SMI-ROP, BII-BFP, S-SS와 유역추적 매개변수 중 유량의 함수로 설정되는 Ts에 대해 저수시 결과까지 감안한 상태에서 수차례의 시행착오를 통해 (표 3.2-19)~(표 3.2-21)와 같이 각각 그 값을 결정하였다.

저수시(이수기) 보정에 있어서도 고수시(홍수기)의 결과를 감안한 상태에서 시행착오를 통해 BII-BFP, PBLZ 및 지하수, 회귀지하수의 Ts 등을 결정하였다. 최종적으로 결정된 BII-BFP를 (표 3.2-14)에 제시하였고 PBLZ는 75%로 하였고, 지하수와 회귀지하수의 Ts는 각각 150hr와 1,500hr로 결정하였다.

이와 같이 최종적으로 결정된 매개변수에 의한 결과를 <그림 3.2-46>~<그림 3.2-51>에 제시하였으며 보정후의 연평균 유량, 이수기 및 홍수기 평균 유량에 대한 오차를 (표 3.2-23)에 제시하였다.

보정 후의 값을 살펴보면 연평균 유량은 2008년 13.7%, 2009년에는 5.6% 감소되었다. 이수기 평균 유량의 절대 오차는 본동과 영산포에 비해 사포값의 차이가 크게 발생하였다. 이는 앞서 서술한 원인과 같으며, 홍수기 평균 유량의 오차는 2008년 5.6%, 2009년에는 3.6%로 감소되었다.

따라서 본 과업에서 개발된 이수모형은 이후에도 축적된 자료를 통해 유역별 매개변수의 보정이 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

(표 3.2-19) 최종 토양습윤 상태별 유출률(SMI-ROP) 도표

SMI (cm)	ROP(%)	SMI (cm)	ROP(%)	SMI (cm)	ROP(%)
	A(5001-5005)		B(5006-5008)		C(5202)
0	15	0	17	0	19
1	25	1	18	1	30
2	45	2	51	2	57
3	70	3	71	3	85
4	90	4	91	4	97
5	99	5	99	5	99
10	100	10	100	10	100
999	100	999	100	999	100

(표 3.2-20) 최종 침투량별 지하수 유입률(BII-BFP) 도표

BII (cm/day)	BFP (%)		
	A(5001-5005)	B(5006-5008)	C(5202)
0.0	46	45	44
1.0	19	18	17
1.5	16	15	14
2.0	15	14	13
2.5	14	13	12
3.0	13	12	11
5.0	10	10	10
100	10	10	10

(표 3.2-21) 최종 지표수와 지하수 분리(S-SS) 도표

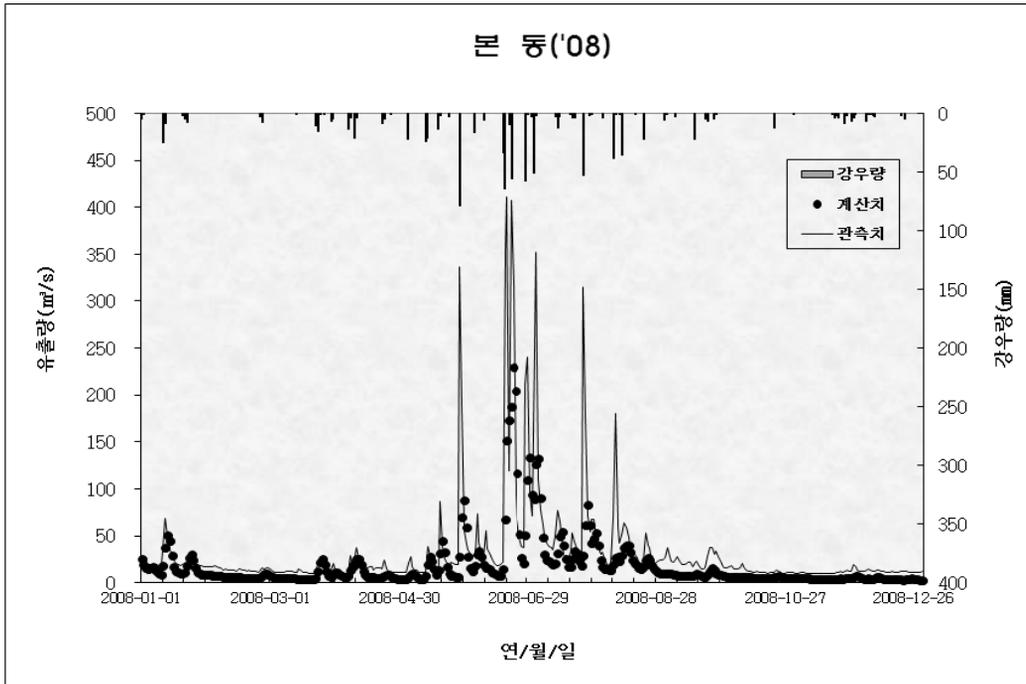
Input Rate (cm/hr)	지표면 유출 (cm/hr)		
	A(5001-5005)	B(5006-5008)	C(5202)
0.0	0.00	0.00	0.00
0.5	0.27	0.29	0.25
1.0	0.79	0.78	0.67
1.5	1.29	1.28	1.17
2.0	1.79	1.68	1.57
2.5	2.27	2.18	2.07
3.0	2.79	2.68	2.57

(표 3.2-22) 최종 유량별 저류시간(Ts) 값

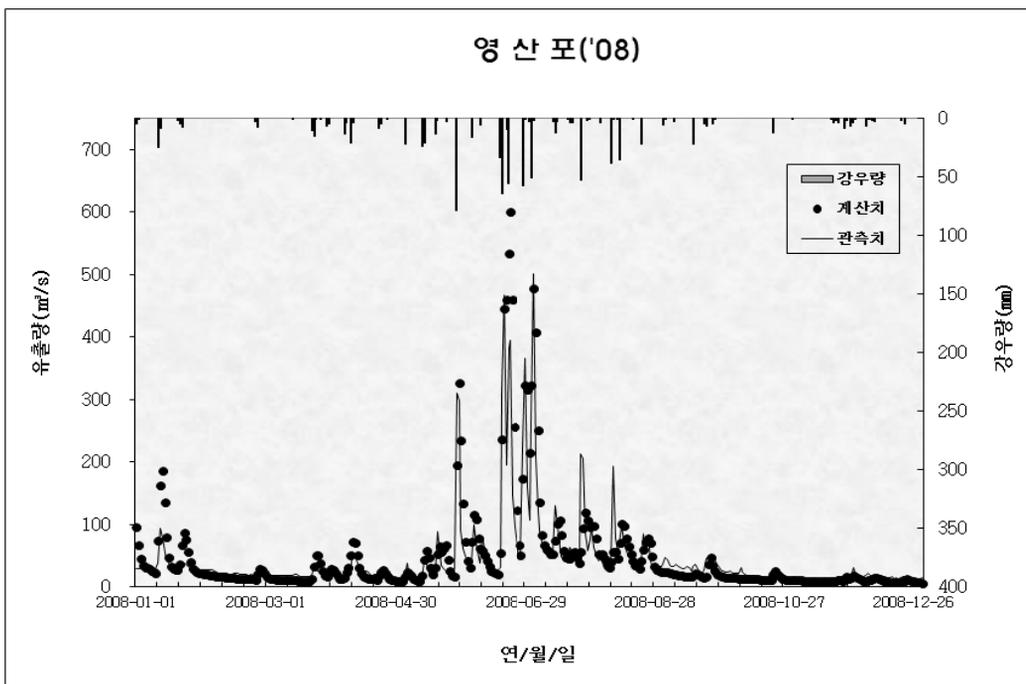
유량 (m ³ /s)	Ts (hr)
0	10
10	8
15	7
20	6
40	5
100	4
400	3
1000	2

(표 3.2-23) 보정후 오차

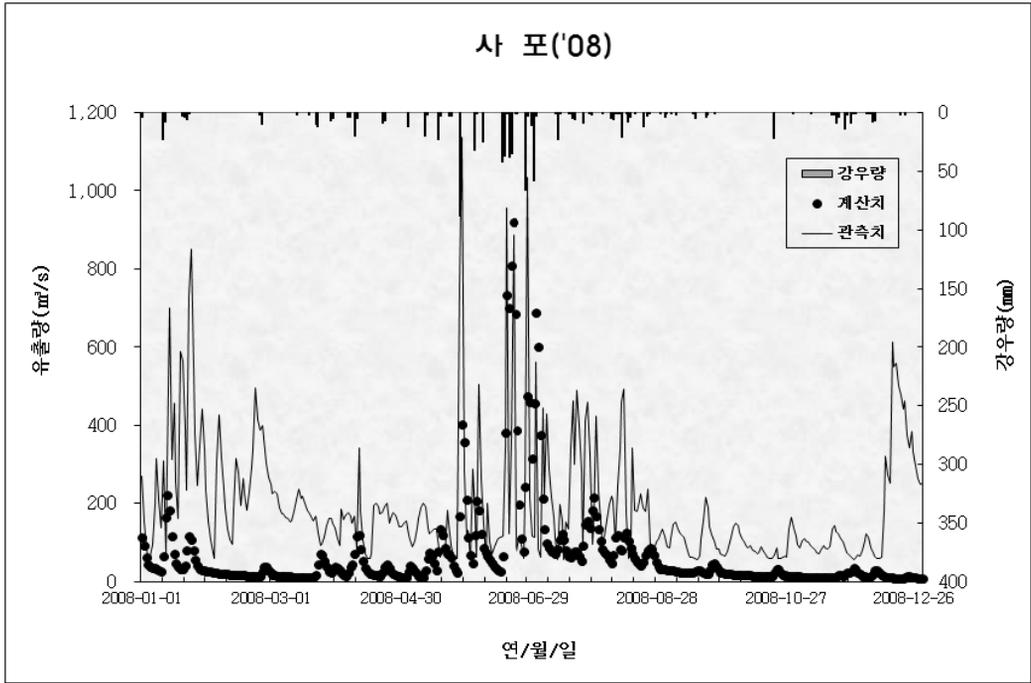
년도	지점	연평균 유량 (m ³ /s)		상대 오차 (%)	이수기 평균 유량 (m ³ /s)		절대 오차 (m ³ /s)	홍수기 평균 유량 (m ³ /s)		상대 오차 (%)
		관측	모의		관측	모의		관측	모의	
2008	본동	32.0	17.8	80.1	17.7	9.4	8.3	60.5	34.5	75.4
	영산포	42.4	46.4	8.5	24.8	25.2	0.4	77.6	88.5	12.4
	사포	193.9	66.8	190.4	192.6	34.4	158.2	196.4	131.2	49.7
	평 균			93.0			55.6			45.8
2009	본동	38.7	32.7	18.3	12.6	8.8	3.8	90.5	80.2	12.9
	영산포	58.6	90.1	35.0	18.8	23.5	4.7	137.8	222.8	38.1
	사포	33.1	127.2	161.8	162.8	33.9	128.9	672.3	313.1	114.7
	평 균			71.7			45.8			55.2



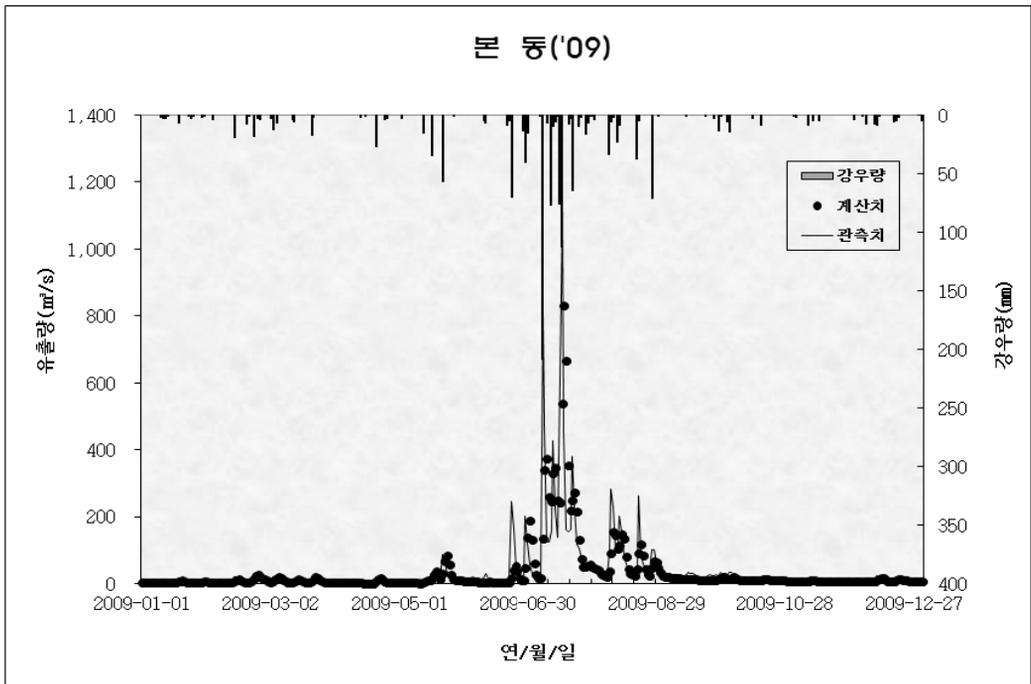
<그림 3.2-46> SSARR 모형의 보정후 결과(2008년, 본동)



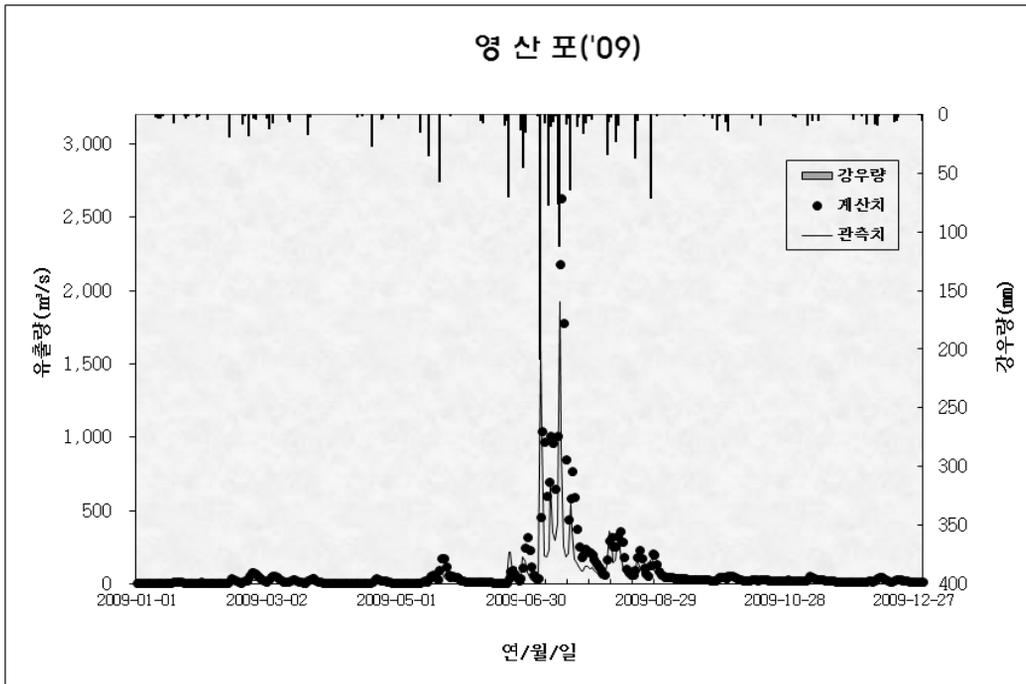
<그림 3.2-47> SSARR 모형의 보정후 결과(2008년, 영산포)



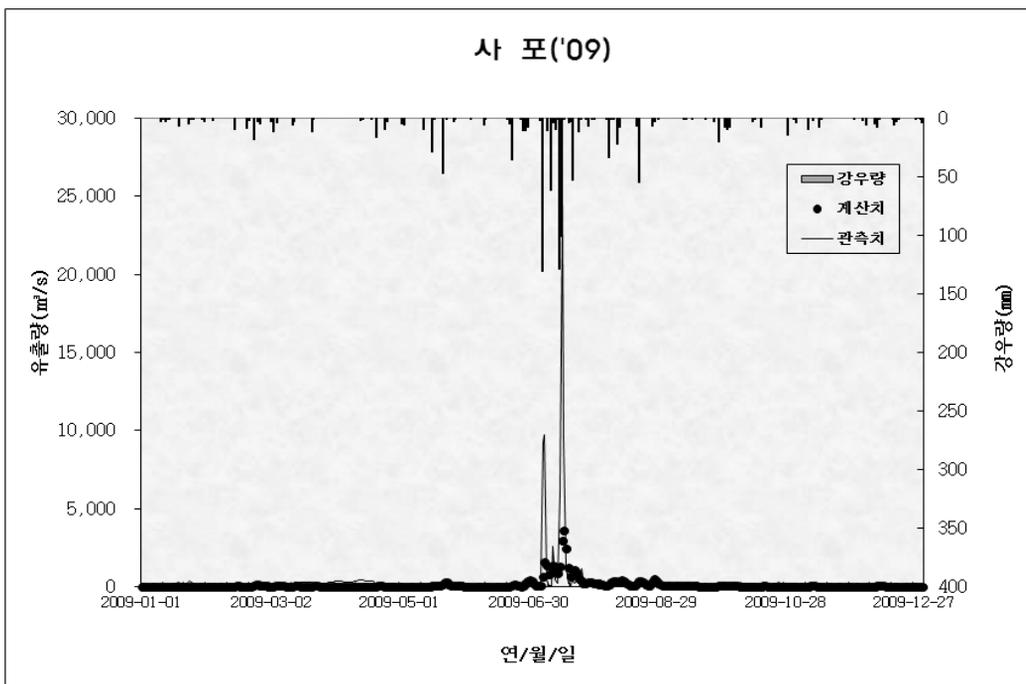
<그림 3.2-48> SSARR 모형의 보정후 결과(2008년, 사포)



<그림 3.2-49> SSARR 모형의 보정후 결과(2009년, 본동)



<그림 3.2-50> SSARR 모형의 보정후 결과(2009년, 영산포)



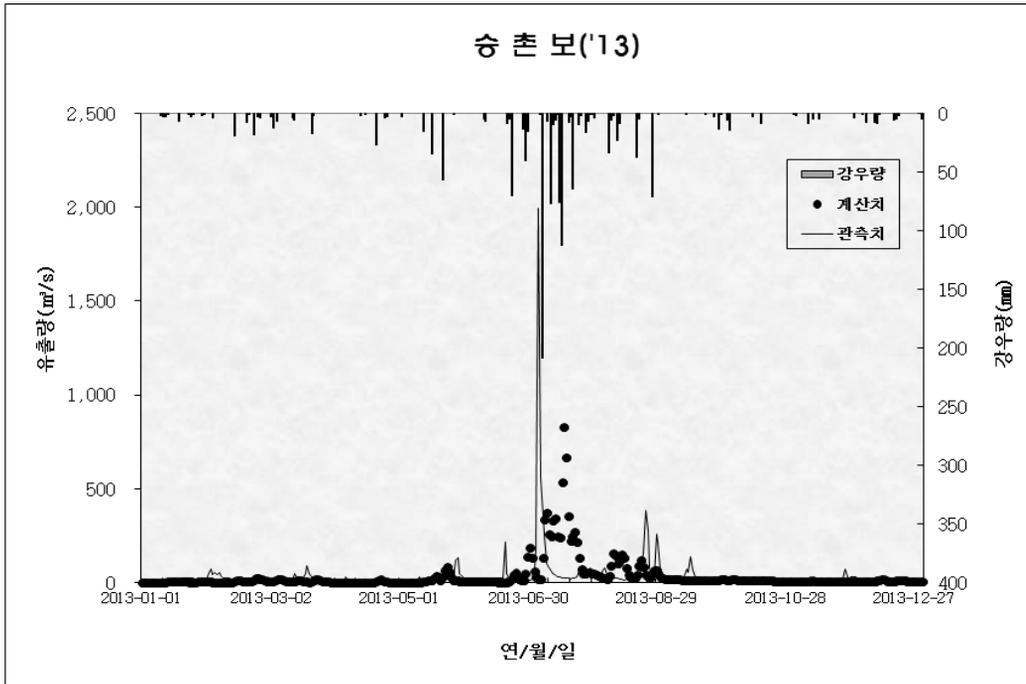
<그림 3.2-51> SSARR 모형의 보정후 결과(2009년, 사포)

3.3. 매개변수 검증

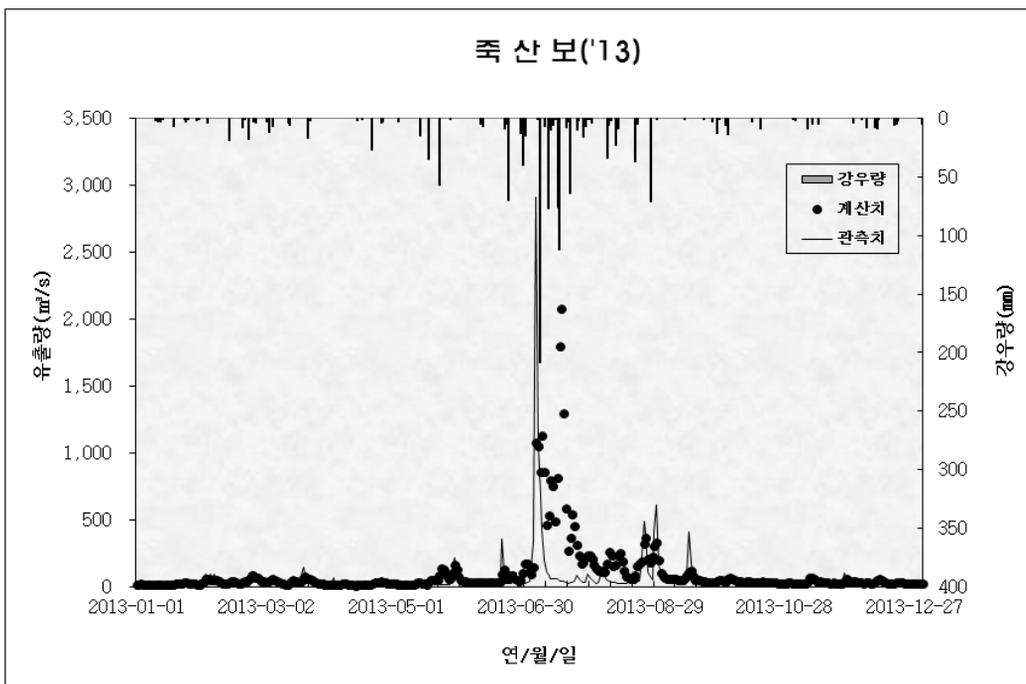
모형을 검증하기 위하여 보정을 통해 결정된 매개변수 값을 이용해 타년도의 유출을 모의하였다. 2013년과 2014년을 검증대상으로 선정하여 3개 제어지점에서 유량의 모의치와 관측치를 비교하였다. 이들의 결과에서 타년도에 비해 관측치와 모의치의 오차 평균이 비교적 작게 나타나는 2013년 및 2014년의 결과를 <그림 3.3-1>~<그림 3.3-6>에 도시하였으며, 연평균유량, 이수기 평균유량 및 홍수기 평균유량에 대한 상대오차와 저수시 절대오차를 (표 3.3-1)에 제시하였다.

(표 3.3-1) 모형의 검증 결과

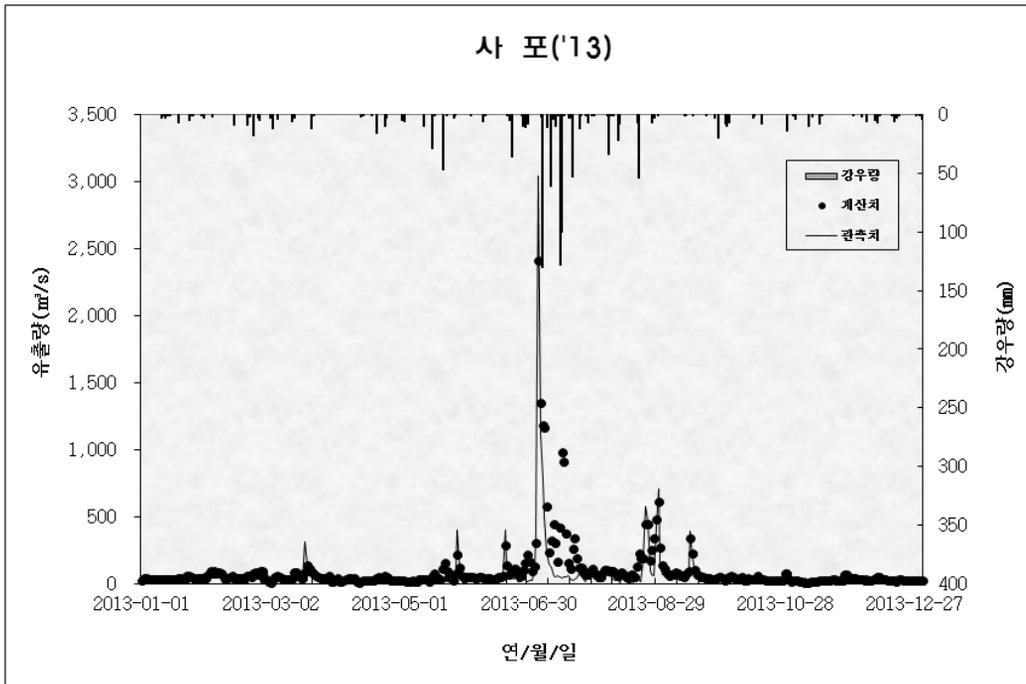
년도	지점	연평균 유량 (m ³ /s)		상대 오차 (%)	이수기 평균 유량 (m ³ /s)		절대 오차 (m ³ /s)	홍수기 평균 유량 (m ³ /s)		상대 오차 (%)
		관측	모의		관측	모의		관측	모의	
2013	승촌보	36.7	32.7	12.2	20.0	8.8	11.2	69.9	80.2	12.8
	죽산보	61.8	99.5	37.8	34.5	35.8	1.4	116.3	226.2	48.6
	사포	67.4	91.1	26.1	39.7	41.5	1.7	122.4	190.1	35.6
	평 균			25.4			4.7			32.4
2014	승촌보	32.1	26.2	22.5	18.8	14.5	4.3	58.5	49.4	18.5
	죽산보	54.1	86.7	37.6	29.0	42.7	13.7	104.0	174.2	40.3
	사포	61.4	79.9	23.1	35.2	40.5	5.4	113.8	158.3	28.1
	평 균			27.7			7.8			29.0



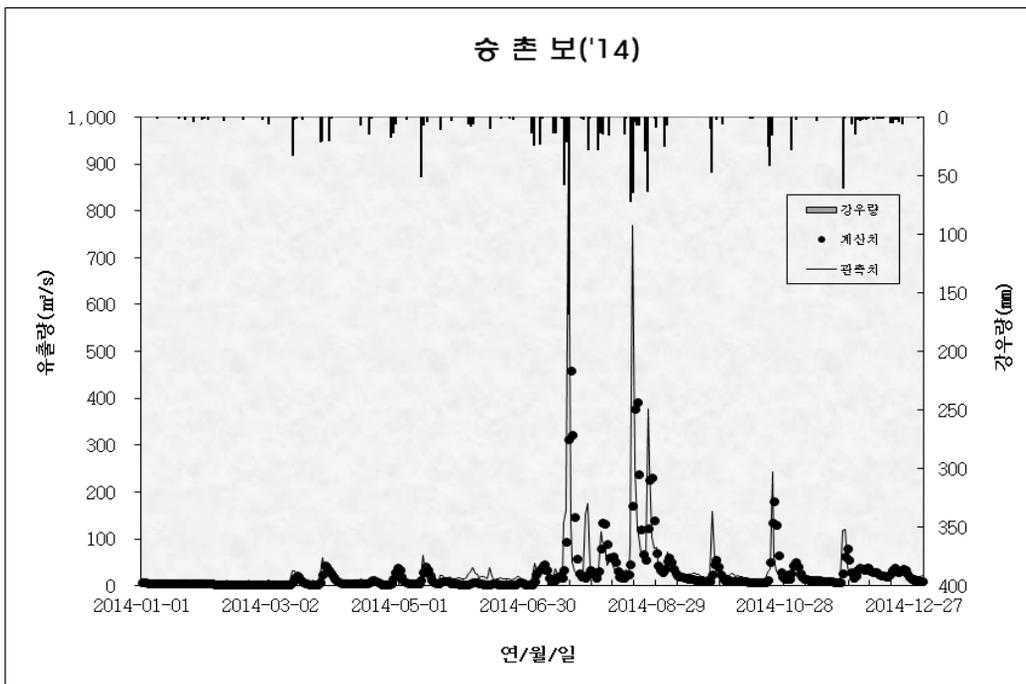
〈그림 3.3-1〉 SSARR 모형의 검증 결과(2013년, 승촌보)



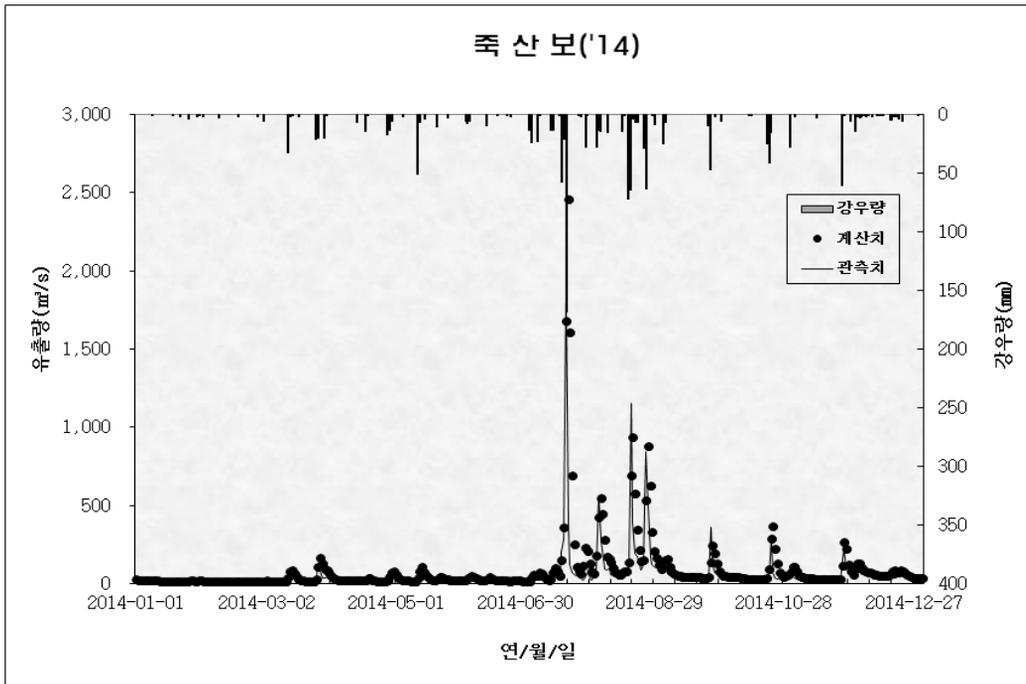
〈그림 3.3-2〉 SSARR 모형의 검증 결과(2013년, 죽산보)



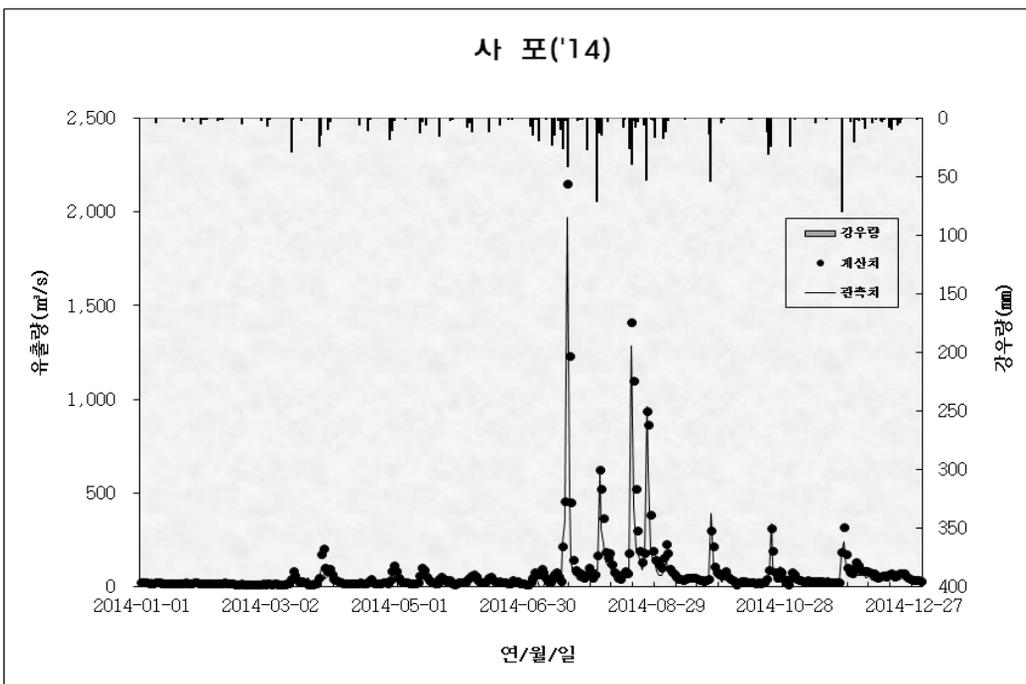
〈그림 3.3-3〉 SSARR 모형의 검증 결과(2013년, 사포)



〈그림 3.3-4〉 SSARR 모형의 검증 결과(2014년, 승촌보)



<그림 3.3-5> SSARR 모형의 검증 결과(2014년, 죽산보)



<그림 3.3-6> SSARR 모형의 검증 결과(2014년, 사포)

모형의 검증은 2013년과 2014년을 대상으로 3개 제어지점에 대해 실시되었으며 각 지점에 대해 연평균유량 및 홍수기 평균유량의 상대오차와 이수기 평균유량의 절대오차를 산정하였다. 그 중 2013년의 승촌보 및 죽산보의 관측값과 모의값의 변화양상은 유사하나 지체시간으로 인한 침투유량의 시간차가 발생하여 오차가 발생한 것으로 판단된다. 그러나 2014년의 경우는 모형 검증시 3개 제어지점의 평균오차가 유사하게 나타남에 따라 모형의 검증결과는 양호한 것으로 판단된다.

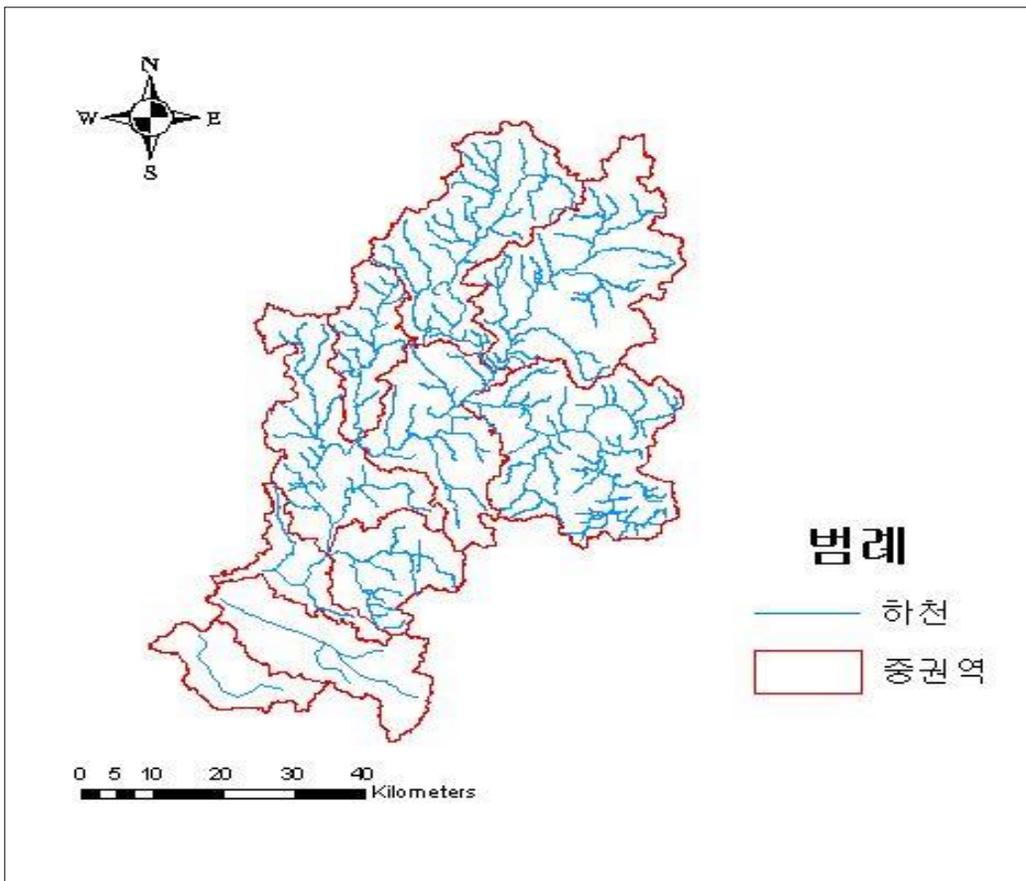
본 과업의 대상 담수호는 영산호, 영암호 및 금호호로 나누어져 있다. 이상에서 수행한 유출모형의 매개변수 보정과 검증은 영산호를 대상으로 수행한 것이다. 영암호와 금호호는 유역내 수위관측소의 부재로 인해 영암호와 금호호의 유출에 대한 보정과 검증은 수행할 수 없었다. 따라서 영암호와 금호호의 유출모의는 영산강 유역에 대한 유출모형의 매개변수 검증자료를 입력자료로 하여 유출모의를 수행하여야 할 것이다.

제 4 장 담수호 치수시스템 구축

담수호의 치수 시스템을 구축하기 위해 홍수량 계산을 하였으며, 해당 유역에 다년간 축적된 강우-유출자료 및 수위-유량자료 등이 있는 경우 이들 자료를 이용하여 분석하는 것이 가장 좋은 방법이나, 본 과업에서는 기왕의 홍수 중 피해가 큰 홍수사상을 골라 유출모형에 적용하여 비교 분석하는 방법을 채택하였다.

4.1. 유역의 분할

담수호 유역을 중권역 중심으로 분할하고 지류 및 본류에 대한 하도구간을 분할하였다. 또한 주요지점을 대상으로 지형특성 및 하도특성을 고려하였으며, 유역을 분할한 것은 다음과 같다.



<그림 4.1-1> 담수호 중권역 분할도

4.2. 과거 주요홍수사상 조사

영산강 유역 농업종합개발사업 이후 '89년 7월 홍수를 제외하고는 큰 홍수 피해가 없다가 '04년 8월에 발생한 태풍 '메기'에 의한 집중호우로 지석천유역과 영산강 중·하류부에 대규모 홍수피해가 발생하였다.

영산강 홍수통제소의 홍수예경보는 '92년부터 시작되었으며, 홍수예경보 발령 기준으로 홍수사상을 조사한 결과 총 7회로 조사되었고, 강우원인은 주로 강우 전선과 태풍에 의한 것으로 나타났다.(영산강하천기본(변경)보고서, 2009)

다음 표는 영산강유역의 주요홍수 발생현황으로 본 보고서에서는 2009.07.14. ~ 07.18, 2012.08.28. ~ 09.01의 홍수 사상을 이용하여 면적강우량을 산정하였다.

(표 4.2-1) 영산강유역 주요홍수 발생 현황(홍수예경보 발령 기준)

호우기간	강우 원인	관측소별 누가우량(mm)						최고수위(mm)					비고
		광주	북이	삼서	함평	능주	목포 ¹⁾	마륙	선암	남평	나주	사포	
'89.7.24 ~27	전 선	460	291	399	375	404	248	6.80	4.88	5.67	10.80	-	· 주의보수위 마륙:5.5m 선암:4.0m 남평:3.0m 나주:7.0m
'97.7.15 ~17	전 선	99	100	55	88	101	89	4.12	2.72	2.33	6.06	4.18	
'97.8.03 ~06	전 선	219	137	189	138	85	132	6.42	4.06	2.22	7.66	5.01	
'98.8.18 ~19	저기압	83	112	140	105	58	30	5.33	3.64	1.59	6.41	4.65	
'98.9.29 ~10.1	태 풍	265	358	274	249	219	237	6.03	3.75	3.46	8.75	6.50	
'02.8.30 ~9.1	태 풍	173	206	78	53	69	61	5.84	3.21	2.23	6.90	5.52	· 경보수위 마륙:6.5m 선암:5.0m 남평:4.0m 나주:8.0m
'04.8.18 ~19	태 풍	323	156	143	111	410	207	-	4.09	6.27	10.20	7.11	
'09.7.14 ~18	전 선	224	116	137	141	151	192	5.42	3.40	4.51	8.30	5.93	
'12.8.28 ~9.1	태 풍	210	207	163	191	194	279	2.82	4.51	4.22	5.67	5.52	

1) 목포는 기상청 자료를 사용함

(표 4.3-1) 티센계수

강우 관측소	면적(km ²)	티센계수	강우 관측소	면적(km ²)	티센계수
북이	108.945	2.698	함평	266.999	6.612
쌍치	10.656	0.264	봉황	198.068	4.905
고척	21.128	0.523	나주댐	84.823	2.101
장성댐	215.051	5.326	능주	116.767	2.892
담양댐	140.164	3.471	동면	92.255	2.285
오산	44.463	1.101	동가	58.139	1.440
심지	162.708	4.030	청풍	148.017	3.666
삼서	244.776	6.062	운월	29.566	0.732
광주(기)	127.097	3.148	한대	77.767	1.926
광주(국)	51.501	1.275	도포	378.875	9.383
광주댐	92.131	2.282	목포	38.201	0.946
무등산	76.997	1.907	작천	77.19	1.912
이장	90.484	2.241	해남	252.641	6.257
동곡	196.843	4.875	진도	35.942	0.890
나산	221.121	5.476	하구언	378.596	9.376

4.4. 매개변수 초기값 선정

4.4.1. 강우의 집중시간 산정

현재 제안되어 적용되고 있는 도달시간 산정식의 대부분은 경사, 유역크기, 흐름저항성분(flow resistance), 물과 관련된 입력성분으로 이루어져 있으며, 이러한 특징들은 유역의 지표류 흐름부분, 관거 시스템, 하도 시스템에 포함된다. 따라서 홍수도달시간을 산정하기 위한 방법은 입력형태와 지배적인 흐름형태에 따라 구별된다.

유역의 도달시간을 결정하기 위해서는 유역의 특성에 따라 하도흐름이 지배적인 경우, 지표면 흐름이 지배적인 경우, 하도와 지표면 흐름이 복합된 경우로 구분할 수 있으며, 도달시간 산정식의 입력형태에 따라 산정식을 하도흐름이 지배적인 경우, 지표면 흐름이 지배적인 경우, 하도와 지표면 흐름이 복합적인 경우로 구분하여 적용할 수 있다.

(표 4.4-1) 하천설계기준에 제시된 공식의 입력형태에 따른 분류

Method	Equation(Tc)	Overland Flow				Channel Flow			
		resistance	slope	length	input	resistance	slope	length	input
Kirpich (1940)	$T_c = 3.976L_c^{0.77} S_c^{-0.385}$					○	○		
Kerby (1959)	$T_c = 36.264(L \cdot n)^{0.467} / S^{0.2335}$	○	○	○					
Kraven	$T_c = 0.444L_c \cdot S_c^{-0.515}$					○	○		
Rziha	$T_c = 0.833L \cdot S^{-0.6}$					○	○		
California Culvert Practice(1942)	$T_c = 60(11.9L^3 / H)^{0.385}$		○	○					
SCS Lag Eq. (1975)	$T_c = 100L_f^{0.8}(1000/CN-9)^{0.7} / 1900S_c^{-0.5}$	○	○	○					

(표 4.4-2) 자연하천 유역에 대한 도달시간 공식

공식명 (발표년도)	공식(TC, min)	제한사항 또는 비고
Kirpich (1940)	$T_c = 3.976L_c^{0.77} S_c^{-0.385}$ L = 유역의 최장하천길이(km) S = 유역의 평균경사(H/L, m/m) H = 유역출구점과 본류 최원점까지의 표고차	지표면 흐름이 지배적인 농경지 소유역 하도경사가 3-5% 유역면적 0.453km ² 이하 불투수성 완만한 표면 N = 0.02 나지의 비포장표면 N = 0.10 초지가 없는 나지의 거친표면 N = 0.20 초지로 구성된 표면 N = 0.20 낙엽으로 덮힌 수목지역 N = 0.60 초지와 산림이 우거진 표면 N = 0.80
Kerby (1959)	$T_c = 36.264(L \cdot n)^{0.467} / S^{0.2335}$ L = 유로의 최원점부터 하천유입부분까지의 직선거리(km) S = 유로의 평균경사(m/m) N = 유역의 조도를 나타내는 상수	초지가 없는 나지의 거친표면 N = 0.20 초지로 구성된 표면 N = 0.20 낙엽으로 덮힌 수목지역 N = 0.60 초지와 산림이 우거진 표면 N = 0.80
Johnstone and Cross 공식 (1949)	$T_c = (282/r^2)(L/S)^{0.5}$ L = 본류 유로길이(mi) S = 본류 유로평균경사(H/L, ft/mi) r = 하천형태에 따른 지류 인자	25~1,624 mi ² 의 유역면적
Kraven 공식	$T_c = 0.444L_c \cdot S_c^{-0.515}$ L = 유로길이(km) S = 유로경사(H/L, m/m)	지표면 흐름이 지배적인 중하류, 하도경사가 1/200 이하인 유역

(표 4.4-2) 자연하천 유역에 대한 도달시간 공식(계속)

공식명 (발표년도)	공식(TC, min)	제한사항 또는 비고
Rziha 공식	$T_c = 0.833L \cdot S^{-0.6}$ L = 유로길이(km) S = 유역의 평균경사(H/L, m/m)	지표면 흐름이 지배적인 상류, 하도경사 1/200 이상인 유역
California Culvert Practice 공식 (1942)	$T_c = 60(11.9L^3/H)^{0.385}$ L = 최장 유로길이(m) H = 상류 분할점과 출구의 표고차(ft)	산지 소유역
SCS lag 공식 (1975)	$T_c = 100L_f^{0.8}(1000/CN-9)^{0.7}/1900S_a^{-0.5}$ L = 최장 흐름경로(ft) CN = SCS 유출곡선지수 S = 유역평균경사(%)	주로 농경지 유역에 적용, 0.8km ² 이하의 도시유역도 적용 가능, 도시 불투수지역에서는 Tc = 1.67×유역지체시간

본 보고서에서는 (표 4.4-3)에 나타난 바와 같이 영산강 유역을 8개의 중권역으로 분할하여 산정하였으며, 영암호와 금호호 유역의 도달시간은 5008 중권역의 도달시간을 적용하여 산정하였다.

흐름특징은 하도 지배적인 흐름이거나, 하도와 지표면 흐름이 복합된 유역으로 판단되면, 이와같은 흐름에 적용할 수 있는 도달시간은 입력형태가 하도 지배적인 특징을 나타내는 Kirpich, Kraven(II), Rziha식 등이며, 이 중에서 영산강 유역의 흐름특성을 비교적 잘 반영하고 있는 Kraven(II) 공식의 도달시간을 채택하였다.

(표 4.4-3) 소유역별 도달시간 산정

유역	중권역	도달시간(hr)			
		Rizha	Kirpich	Kraven(I)	수정 Kraven
영산강 분류	5001	51.32	28.72	14.99	9.74
	5002	39.90	24.27	11.91	8.58
	5003	26.69	19.36	8.23	7.25
	5004	78.54	42.39	15.45	9.43
	5005	20.68	10.72	6.07	4.10
	5006	88.67	39.13	23.67	9.00
	5007	28.53	30.33	7.82	3.61
	5008	14.37	7.97	4.15	2.62

4.4.2. 유효우량 분석

가. 유효우량 산정방법

지상에 내린 강우의 일부는 침투, 차단, 지면저류 등으로 손실이 발생하게 되며, 총 강우량 손실량을 제외한 나머지 강우량인 유효우량이 지표면을 흘러 유역의 출구에서 직접유출을 형성하게 된다.

홍수량 산정을 위한 강우-유출 모형은 총 강우량 중 유효우량과 이로 인한 직접 유출량간의 관계를 계산하는 모형이다. 따라서 홍수량 산정을 위해서는 유효우량의 시간적 분포를 나타내는 유효우량주상도를 작성하여 사용하게 된다.

총 강우량 중 유효우량을 산정하는 방법에는 ϕ 지표법, W지표법, NRCS(US Soil Conservation Service)방법 등이 있다.

금회 과업에서 유효우량 산정은 NRCS방법을 적용하였다. NRCS방법은 유역의 토양, 이용현황, 선행강우조건 등을 고려한 유출곡선지수(CN, Curve Number)를 산정하고, 유출곡선지수와 유효우량의 관계를 이용하여 유효우량을 산정하는 방법으로 토양형과 토지이용현황으로 분류한 면적을 가중인자로 하여 산정하게 된다.

NRCS유효우량산정법의 기본이 되는 총우량-총유효우량 관계는 다음과 같다.

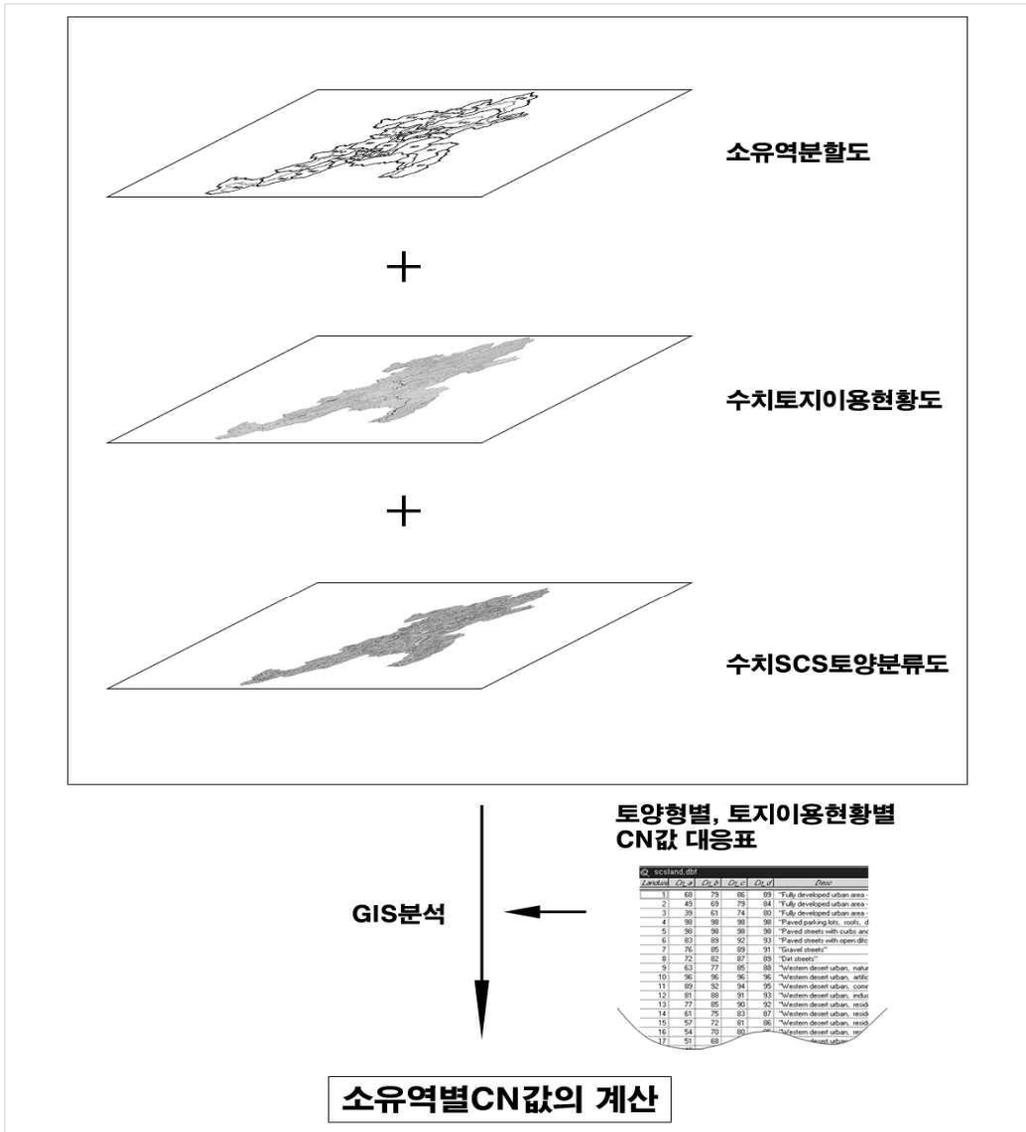
$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (4.1)$$

여기서, P는 강우지속기간 동안의 총 누가우량(또는 누가우량, mm)이며, S는 유역의 최대 잠재보유수량(mm)이고, Q는 총 누가우량 P 로 인한 직접유출량으로서 누가유효우량에 해당하며, S는 유역의 토양이나 토지이용 및 처리상태 등의 수문학적 토양-피복형의 성질을 대변하는 것으로서, 한 유역의 유출능력을 표시하는 유출곡선지수(runoff curve number) CN 과의 관계는 다음과 같다.

$$S = \frac{25,400}{CN} - 254 \quad (4.2)$$

따라서 NRCS방법에 의한 유효우량의 산정을 위해서는 CN 값의 결정이 중요하며, 이러한 CN 값은 토양도, 토지이용도 및 소유역도의 중첩을 통해 산정된다.

금회 과업에서의 CN 값 추정은 유역의 지리정보를 가장 효율적이고 정확하게 분석하기 위해 GIS기법을 도입하였으며, 다음 <그림 4.4-1>은 GIS를 이용한 유출계수의 산출과정을 모식화한 것이다.



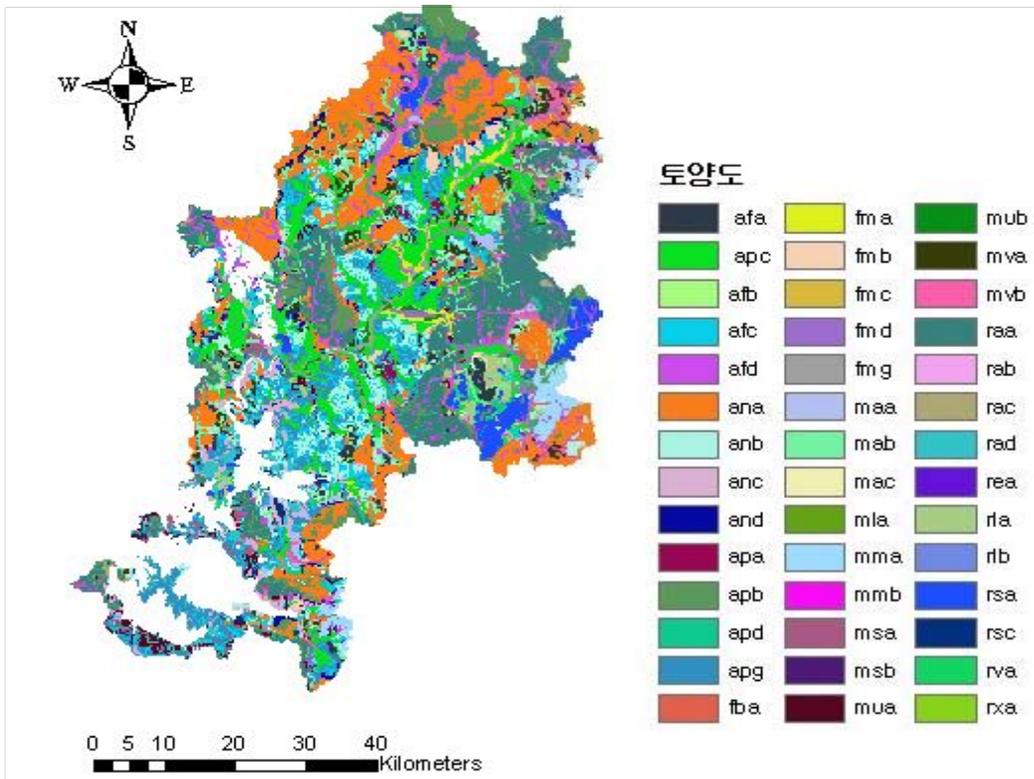
〈그림 4.4-1〉 GIS를 이용한 CN값 산정 모식도

1) 토양의 구분

어떤 유역의 토양은 그 성질에 따라 침투능이 서로 다르기 때문에 강우로 인한 유출과정에 직접적인 영향을 미치게 된다. 그러나 이러한 토양의 성질을 양적으로 표시하기는 어렵기 때문에 SCS는 토양의 침투능, 즉 유출률에 따라 네 가지의 토양군으로 분류하였다. SCS에 의한 토양군의 분류는 (표 4.4-4)에 나타내었다.

(표 4.4-4) 수문학적 토양군의 분류

토양군	토양의 성질	비고
Type A	<ul style="list-style-type: none"> 완전히 젖었을 때, 침투속도 큼, 토양내 투수속도 큼, 유거 가능성 낮음, 토심이 깊음 양호, 매우 양호하게 배수되는 모래 또는 자갈을 포함 	자갈이 있는 부양질
Type B	<ul style="list-style-type: none"> 완전히 젖었을 때 침투속도 보통 토심은 약간 깊거나 깊음, 배수는 약간 양호, 양호 토성은 세립질(fine)에서 약간 조립질(corase) 투수속도는 보통 	돌 및 자갈 섞인 사질토
Type C	<ul style="list-style-type: none"> 완전히 젖었을 때 낮은 침투속도 물 흐름을 저해하는 층을 포함 토성은 약간 세립질에서 세립질 투수속도는 느림 	세사질의 토양층
Type D	<ul style="list-style-type: none"> 완전히 젖었을 때 매우 느린 침투속도 예) 팽창율이 높음, 지하수위가 높음 지표나 얇은 토심에 점토반층(claypan) 또는 점토층 존재 얇은 토심에 불투수성 매질 존재, 아주 느린 침투 속도 	점토질 토양



<그림 4.4-2> GIS 기법을 활용한 정밀토양도

2) 토지 이용상태

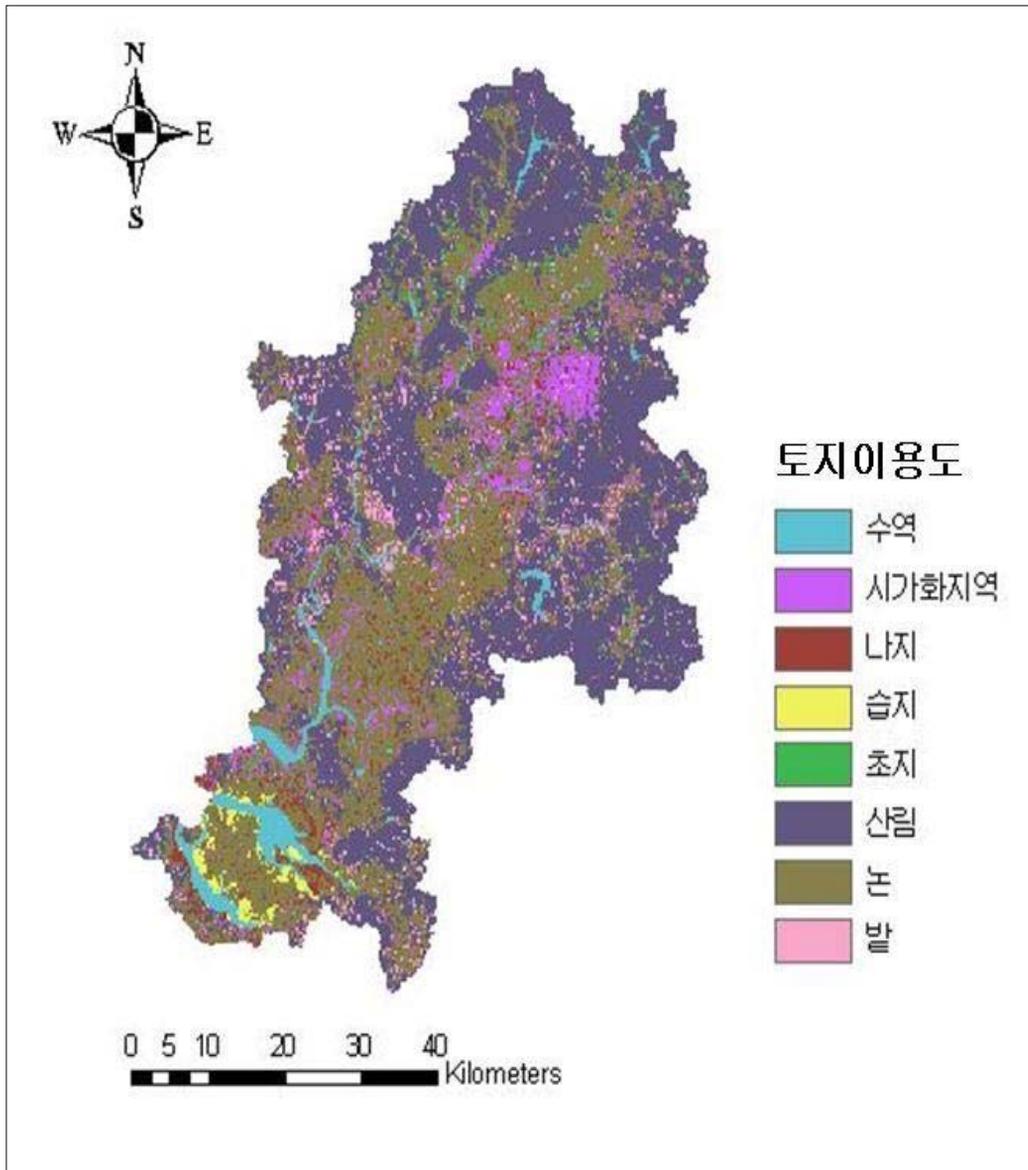
SCS는 유역의 토지이용상태에 따라서 광범위한 분류를 제공하고 있다. 먼저 도시지역과 농경지역으로 대별하였으며, 도시지역의 경우에는 전체면적에 대한 불투수면적의 백분율(% imperviousness)에 따라 유출곡선지수 CN을 제시하였다. 농경지역의 경우에는 다양한 토지이용상태로 세분하여 유출곡선지수의 값을 제시하고 있다.

만일 주어진 유역 내에 여러 가지 형태의 토지이용상태가 공존하고 있다면 다음 식(4.3)을 사용하여 면적을 가중치로 갖는 평균유출곡선지수의 값을 구해야 한다.

$$\overline{CN} = \frac{\sum A_i CN_i}{\sum A_i} \quad (4.3)$$

(표 4.4-5) 분류방법에 따른 수문학적 토양 유형

토지 이용	분류방법	수문학적 토양군 분류			
		A	B	C	D
논	정정화 등 (1995)	강서, 고천, 남계, 매곡, 가천	석천, 사촌, 규암	지산, 만경, 칠곡, 용지, 행곡, 함평, 신흥, 금곡, 임곡, 칠곡, 남평	전북, 평택, 광할, 포승, 옥천, 유가, 예천, 화동, 함창, 가곡, 부용, 호남, 춘포, 양곡, 포리
	농업과학 기술원(2007)			매곡, 남계	강서 등
밭	정정화 등 (1995)	삼각, 지곡, 수암, 예산, 중동, 상주, 송산, 덕천, 뇌곡, 황룡	아산, 오산, 봉산, 반호, 호계, 도계, 용계, 태화, 안룡, 송정, 석토, 귀산, 백산, 우곡, 대곡	금곡	전남, 장원, 각화, 연곡
	농업과학 기술원(2007)	삼각, 지곡, 수암, 예산, 중동, 상주, 송산, 덕천, 뇌곡, 황룡, 안룡, 우곡, 백산, 대곡	아산, 오산, 봉산, 반호, 호계, 도계, 용계, 태화	송정, 귀산	전남, 장원, 각화, 연곡, 석토, 금곡
임야	정정화 등 (1995)	송산, 삼각, 외산, 수암, 청산, 오대, 행산, 관악	아산, 오산, 고산, 봉산, 마산, 태화, 괴림, 덕산, 석토	무등, 대구, 장성, 대산	-
	농업과학 기술원(2007)	송산, 삼각, 외산, 수암, 괴림	아산, 오산, 고산, 봉산, 마산, 태화, 청산	장성, 대산	오대, 행산, 관악, 덕산, 무등, 대구, 석토



〈그림 4.4-3〉 GIS 기법을 활용한 토지이용도

3) 지표면의 처리상태

SCS는 농경지역을 포함한 투수지역에서 동일한 토지이용상태를 갖는 유역에 대해서도 지표면의 처리상태에 따라서 일렬경작지(straightrow), 층별 경작지(contoured) 및 층이진 단구(contoured & terraced)등으로 구분하여 유출곡선 지수의 값을 나타내고 있다.

4) 토양의 수문학적 조건

SCS는 토양의 수문학적 조건을 빈약(poor), 보통(fair) 및 양호(good)의 세 가지로 구분하고 있다. 여기서 수문학적 조건이 양호하다는 것은 풀이나 잡목이 잘 자라고 있는 상태를 나타내며, 이는 유출률이 낮아진다는 것을 의미한다. 반대로 수문학적조건이 빈약하다는 것은 풀이나 잡목이 잘 덮여있지 않고 토양 자체가 노출되어 있는 상태를 의미하며 이는 유출률이 커진다는 것을 나타낸다.

5) 유역의 선행토양함수조건

SCS는 토양의 수문학적 조건을 빈약(poor), 보통(fair) 및 양호(good)의 세 가지로 구분하고 있다. 여기서 수문학적 조건이 양호하다는 것은 풀이나 잡목이 잘 자라고 있는 상태를 나타내며, 이는 유출률이 낮아진다는 것을 의미한다. 반대로 수문학적 조건이 빈약하다는 것은 풀이나 잡목이 잘 덮여있지 않고 토양 자체가 노출되어 있는 상태를 의미하며 이는 유출률이 커진다는 것을 나타낸다.

어떤 유역 상에 동일한 강우가 발생한다 하더라도 선행강우량이 많은 경우에는 토양이 많은 물을 포함하고 있으므로 유출률이 커지게 되며, 선행강우량이 작은 경우에는 침투에 의한 손실이 커지게 되어 유출률이 낮아지게 된다. SCS는 1년을 성수기와 비성수기로 구분하여 선행토양함수조건(AMC)을 다음의 세 가지로 나타내었다.

- ① AMC-I : 유역의 토양이 대체로 건조한 상태에 있어서 유출률이 대단히 낮은 상태
- ② AMC-II : 유출률이 보통인 상태
- ③ AMC-III : 유역의 토양이 거의 포화되어 있어서 유출률이 대단히 높은 상태

(표 4.4-6) 농경지역 및 삼림지역의 유출곡선지수(AMC-II)

토지이용상태	피복처리상태	수문학적 조건	토양형			
			A	B	C	D
휴경지(fallow)	나지(bare soil)	-	77	86	91	94
	작물 잔여물 존재 (crop residue cover: CR)	배수나쁨	76	85	90	93
배수 좋음		74	83	88	90	
이랑 경작지(논) (row crops)	경사경작 (straight row: SR)	배수나쁨	72	81	88	91
		배수 좋음	67	78	85	89
	등고선경작 (contoured: C)	배수나쁨	70	79	84	88
		배수 좋음	65	75	82	86
	등고선, 테라스 경작 (contoured & terraced: C&T)	배수나쁨	66	74	80	82
		배수 좋음	62	71	78	81
	C & T + CR	배수나쁨	65	73	79	81
		배수 좋음	61	70	77	80
조밀 경작지(밭) (small grains)	경사경작 (straight row: SR)	배수나쁨	65	76	84	88
		배수 좋음	63	75	83	87
	SR + CR	배수나쁨	64	75	83	86
		배수 좋음	60	72	80	84
	등고선경작 (contoured: C)	배수나쁨	63	74	82	85
		배수 좋음	61	73	81	84
	C + CR	배수나쁨	62	73	81	84
		배수 좋음	60	72	80	83
	등고선, 테라스 경작 (contoured & terraced: C&T)	배수나쁨	61	72	79	82
		배수 좋음	59	70	78	81
C & T + CR	배수나쁨	60	71	78	81	
	배수 좋음	58	69	77	80	
콩과식물 (close-seeded legumes) 또는 윤번조치 (rotation meadow)	경사경작 (straight row: SR)	배수나쁨	66	77	85	89
		배수 좋음	58	72	81	85
	등고선경작 (contoured: C)	배수나쁨	64	75	83	85
		배수 좋음	55	69	78	83
	등고선, 테라스 경작 (contoured & terraced: C&T)	배수나쁨	64	73	80	83
		배수 좋음	51	67	76	80
목초지(pasture) 또는 목장(range)		배수나쁨	68	79	86	89
		배수보통	49	69	79	84
		배수 좋음	39	61	74	80
초지(meadow)		-	30	58	71	78
삼림(woods)		배수나쁨	45	66	77	83
		배수보통	36	60	73	79
		배수 좋음	30	55	70	77
관목숲(forests)	매우 덩성덩성	-	56	75	86	91
농가(farmsteads)	건물, 골목길, 차로, 주차장	-	59	74	82	86

(표 4.4-7) 도시지역의 유출곡선지수(AMC-II)

개발상태	피복상태	평균 침투수율 (%)	토양형			
			A	B	C	D
완 전 히 개 발 된 도시지역	• 개활지(잔디, 공원, 골프장, 묘지)					
	- 나쁜상태 (초지피복률 50% 이하)		68	79	86	89
	- 보통상태 (초지피복률 50~75%)		49	69	79	84
	- 양호상태 (초지피복률 75% 이상)		39	61	74	80
	• 불투수지역					
	- 포장된 주차장, 지붕, 접근로 (도로 포함, 도로경계선 불포함)		98	98	98	98
	- 포장된 곡선길과 우수거 (도로 경계선 불포함)		98	98	98	98
	- 포장길(도로 경계선 포함)		83	89	92	93
	- 자갈길(도로 경계선 포함)		76	85	89	91
	- 흙 길(도로 경계선 포함)		72	82	87	89
	• 도시지역 : 상업 및 사무실 지역	85	89	92	94	95
	• 공업지역	72	81	88	91	93
	• 주거지역(구획지 크기에 따라 구분)					
	- 150평 이하	65	77	85	90	92
	- 150~ 300평	38	61	75	83	87
	- 300~ 400평	30	57	72	81	86
	- 400~ 600평	25	54	70	80	85
	- 600~1200평	20	51	68	79	84
	- 1220~1440평	12	46	65	77	82
개발중인 도시지역			77	86	91	94

유역의 유출능력은 선행토양함수조건에 크게 영향을 받는다. 동일한 강수량에 대해 선행 강수량이 많으면 유역 토양의 습윤도가 높아 유출률(유효우량)이 상대적으로 많아지게 되고, 선행 강수량이 적을 경우 침투손실이 증가하여 유효우량은 적어지게 된다.

미국토양보존국에서는 유역의 선행토양함수조건을 5일 선행강수량의 크기에 따라 AMC-I, AMC-II, AMC-III의 세 가지로 분류하였다. NRCS방법의 선행토양함수조건 분류기준은 다음 (표 4.4-8)과 같다.

(표 4.4-8) 선행 토양함수조건 분류

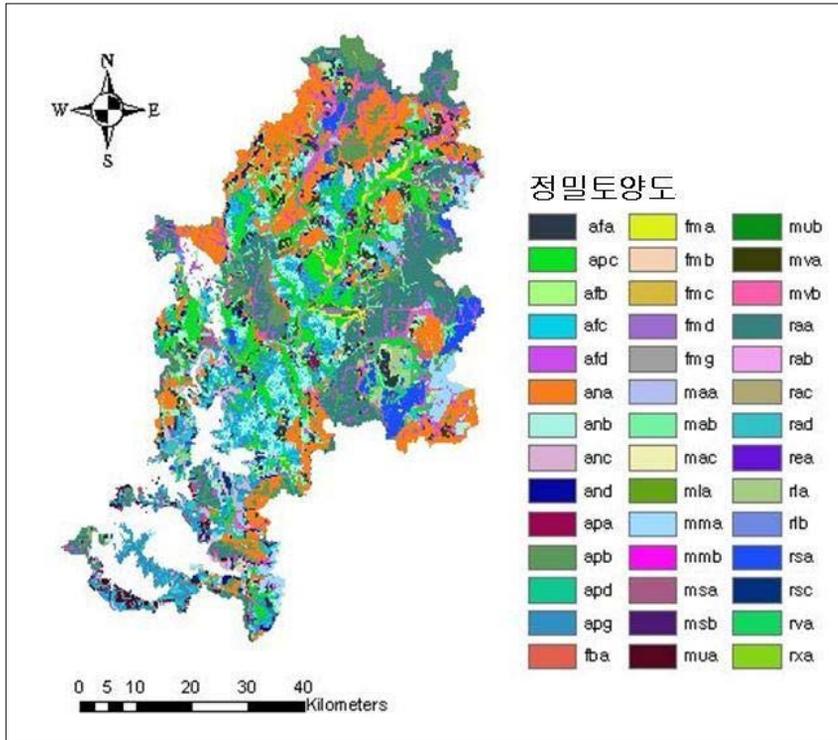
AMC	5일 선행강수량 P(mm)		비 고
	비성수기	성수기	
I	$P < 13$	$P < 36$	유역의 토양은 대체로 건조상태에 있어서 유출률이 대단히 낮은 상태
II	$13 \leq P \leq 28$	$36 \leq P \leq 53$	유출률이 보통인 상태
III	$P > 28$	$P > 53$	유역의 토양이 수분으로 거의 포화되어 있어서 유출률이 대단히 높은 상태

금회 적용한 강우관측소 중 대표 관측소 6개에 대해 1일 100mm 이상의 호우사상을 대상으로 5일 선행강수량을 조사하여 AMC-I 조건 발생빈도를 분석한 결과, 대부분의 강우관측소에서 AMC-I 조건의 발생빈도가 비교적 크게 나타났다.

따라서 중규모 이상의 호우 발생시 선행강우에 의한 AMC-I 조건이 재현될 개연성이 높으므로 금회 홍수량 산정을 위한 선행토양함수조건으로 AMC-I 조건을 적용하였다.

(표 4.4-9) 5일 선행강우량에 따른 AMC 조건 조사결과

구분	총 호우사상 개수	AMC-I 조건 호우사상 개수	AMC-II 조건 호우사상 개수	AMC-III 조건 호우사상 개수
광 주	27	16	3	8
목 포	43	24	2	17
북 이	26	16	2	8
삼 서	32	22	4	6
합 평	29	19	3	7
능 주	34	20	4	10



〈그림 4.4-4〉 담수호유역 CN(Curve Number)

4.5. 홍수량 산정

4.5.1. 홍수량 산정방법

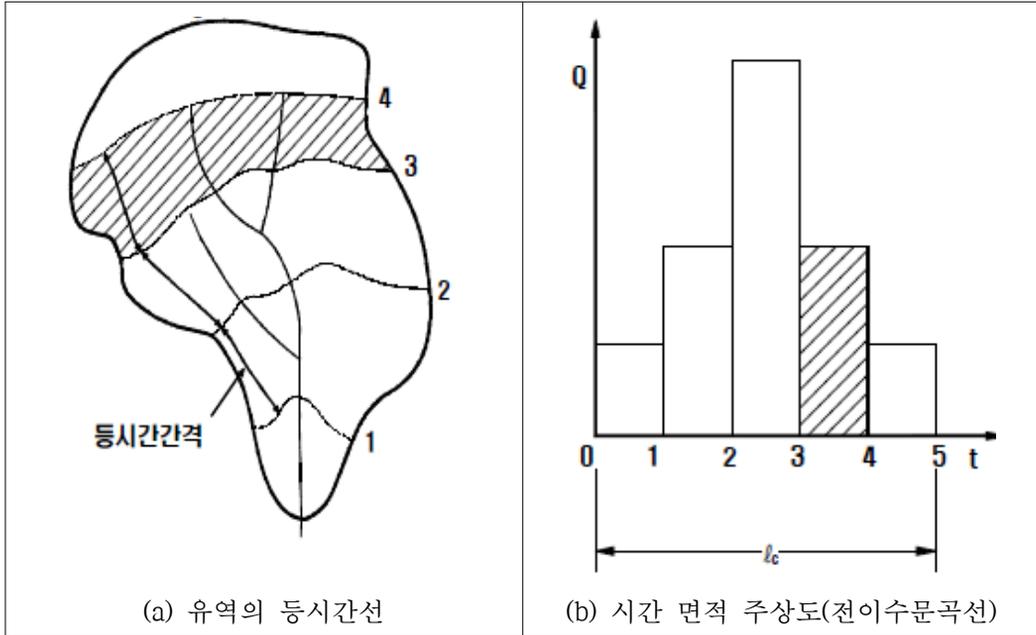
분할된 중권역에서 홍수량을 산정하기 위한 유역 홍수추적기법으로는 Clark 단위도법, SCS 단위도법, Snyder의 단위도법, Nakayasu 단위도법 등의 합성단위도법이 있다.

이들 각 방법에 따른 홍수량 산정 결과의 적절성, 그리고 기존의 하천기본 계획에서 Clark 단위도법을 대부분 채택한 점 등을 종합적으로 고려하여 본 보고서에서는 Clark 단위도법을 유역추적 방법으로 채택하여 홍수량을 산정하였다.

가. Clark 유역추적법(Area-Routing Method)

이 방법은 유역의 도달시간-누가면적 관계를 이용하여 유역내에 내리는 순간단위 유효우량으로 인한 유역출구에서의 직접유출 수문곡선인 순간 단위

유량도를 유도하는 방법으로 강우로 인한 유수의 전이(Translation) 뿐만 아니라 유역의 저류 효과도 고려하므로 자연하천에서의 적용에 적합한 방법이다.
수문학적 홍수추적방법은 다음 식으로 표시되는 저류 방정식에 기초한다.



<그림 4.5-1> 유역의 동시간선

$$I - O = \frac{d_s}{d_t} \quad (4.4)$$

여기서, I와 O는 하도의 임의구간으로 유입되는 유입량(Inflow)과 유출되는 유출량(Outflow)을 표시하며 S는 저류량(Storage)을 나타낸다.

$$I_i = \frac{A_i \times 10^6}{\Delta_t \times 3600 \times 100} = 2.78 \frac{A_i}{\Delta_t} \quad (4.5)$$

여기서, A_i : i 번째 시간 구간에 포함되는 유역면적(km²)
식 (4.4)를 미분의 향으로 표시하면

$$(I - O) \cdot \Delta t = \Delta S \quad (4.6)$$

또 저류량은 구간 상류단에서의 유입량과 하류단에서의 유출량의 차이이므로

$$\frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t - \frac{O_1 + O_2}{2} \Delta t = S_2 - S_1 \quad (4.7)$$

여기서 첨자 1, 2는 추적시간 t의 시작과 끝을 표시한 것이다. 또 유역을 선형저수지라고 가정하였으므로

$$S = KO \quad (4.8)$$

여기서, K : 저류상수

식 (4.7), (4.8)에서

$$\frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t - \frac{O_1 + O_2}{2} \Delta t = K(O_2 - O_1) \quad (4.9)$$

식 (4.9)를 O_2 에 관해서 정리하면,

$$O_2 = C_0 I_2 + C_1 I_1 + C_2 O_1 \quad (4.10)$$

여기서, $C_0 = \frac{0.5 \Delta t}{K + 0.5 \Delta t}$, $C_1 = \frac{0.5 \Delta t}{K + 0.5 \Delta t}$, $C_2 = \frac{K - 0.5 \Delta t}{K + 0.5 \Delta t}$

식 (4.10)에 의해서 임의의 추적 구간에서의 유출량 O_2 를 구할 수 있고 여기서 구한 O_2 가 다음 구간에서의 O_1 이 되어 수차적으로 계산을 실시함으로써 전체적인 유출량 곡선을 구할 수 있다.

4.5.2. 홍수량 산정

유역특성에 따른 주요 인자를 검토하고 하천 상·하류의 일관성을 고려하여 유역추적법에 의해 홍수량을 산정하였고 이유는 다음과 같다.

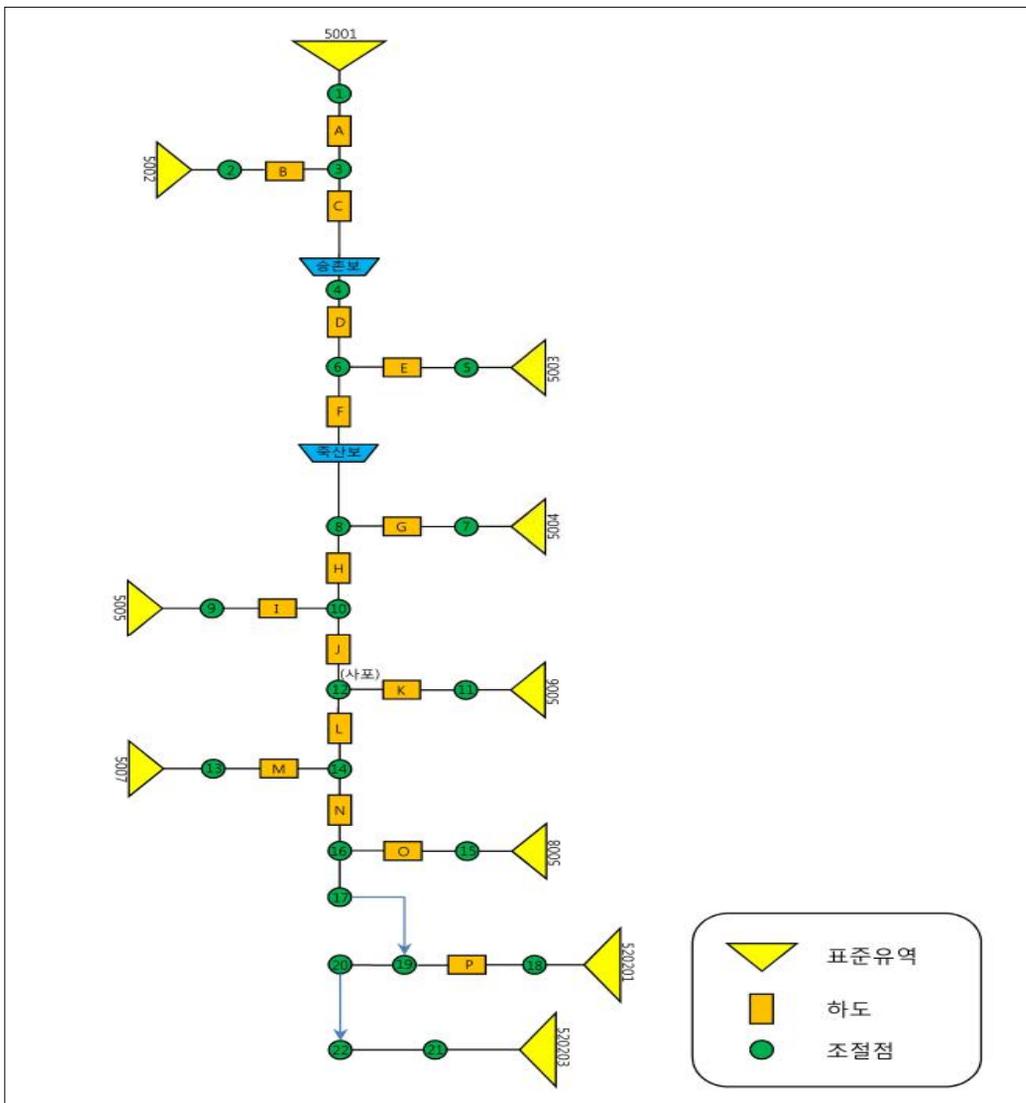
유역의 홍수 유출 특성을 나타내는 주요인자는 유역면적, 유로연장, 유역평균폭, 형상계수, 하도경사, 유역중심까지 거리, 토지이용 및 토양침투능 등이 있으며 홍수량 산정방법별로 몇몇 주요 인자를 이용하여 홍수량을 산정하게 된다. 또한 하천경사도 상류는 경사가 급하고 하류로 갈수록 완만한 경사를 이루고 있으며 유역형상은 수지상유역의 형태를 이루고 있다.

유역추적법은 도달시간-누가면적 관계를 사용하여 자연하천 유역에 내리는 순간 단위 유효우량으로 인한 유역출구에서의 직접유출 수문곡선을 유도하는 방법으로 유역의 지형 특성 인자 및 유역의 저류효과도 고려되므로 하천기본

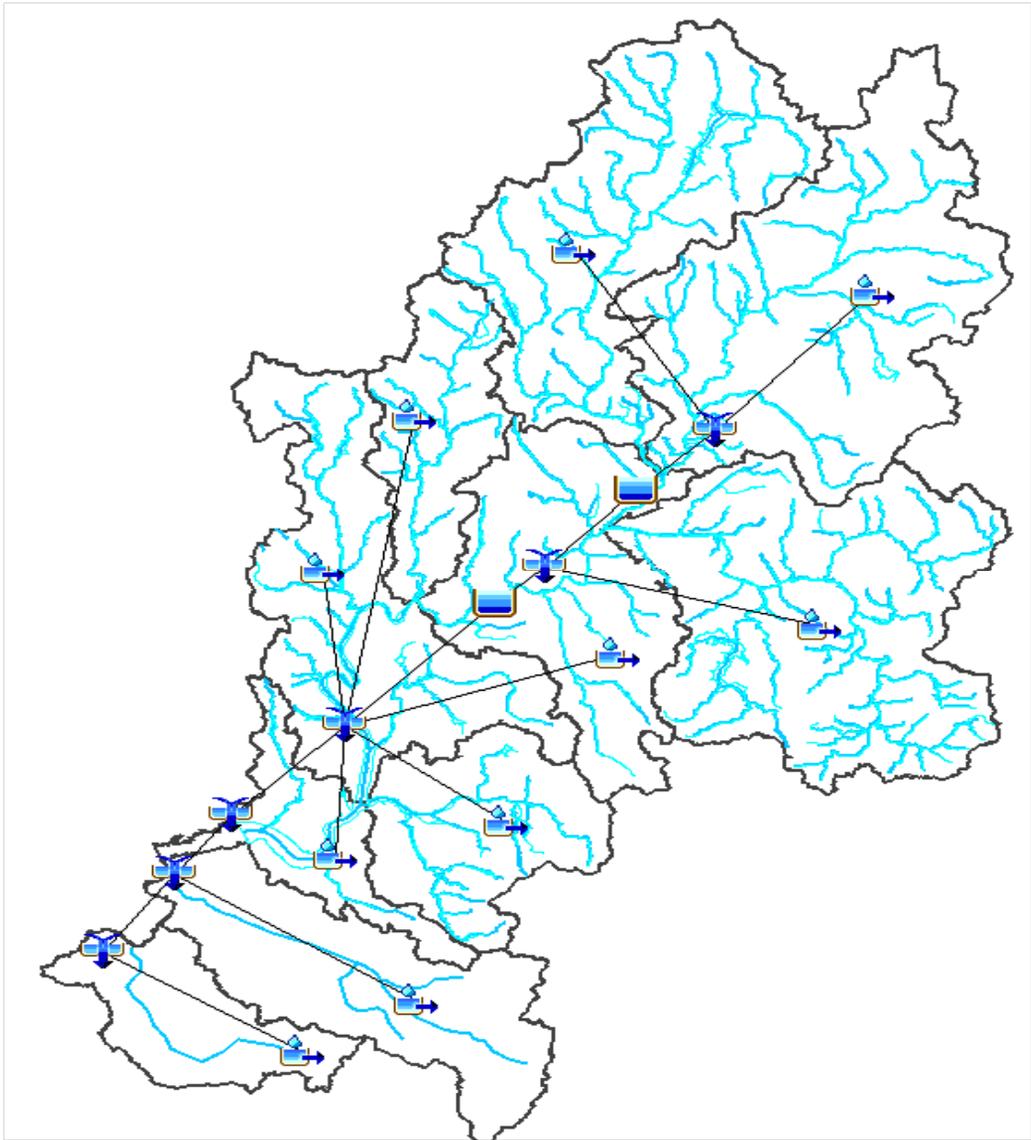
계획 수립시 대표적으로 적용되는 방법이며, 본 유역에도 적합한 방법으로 판단 되었다.

본 과업에서 합리적인 홍수량을 산정을 위해서 국내에서 많은 적용사례가 있고 저류함수법과 같은 실무 적용성이 뛰어난 HEC-HMS 모형을 이용하였다.

영산강유역의 영산호, 영암호, 금호호에 대한 모형의 수자원 흐름체계를 다음 그림과 같이 모식도로 표현하였고, 이를 토대로 HEC-HMS를 이용하여 홍수량을 산정하였다.



<그림 4.5-2> 치수모형내 수자원 흐름 체계



<그림 4.5-3> 영산강유역 HEC-HMS 모식도

4.6. 신뢰성이 확보된 자료를 통한 유입량 비교 분석 및 보정

4.6.1. 보정방향 설정

모형의 보정에 앞서 결정된 매개변수에 따른 HEC-HMS 모형의 계산결과를 분석하였다. 분석대상기간은 2012년 8월 28일부터 2012년 9월 1일까지를 분석대상기간으로 선정하였다. 이를 위해 중권역별 입력자료를 구성하여 모형의

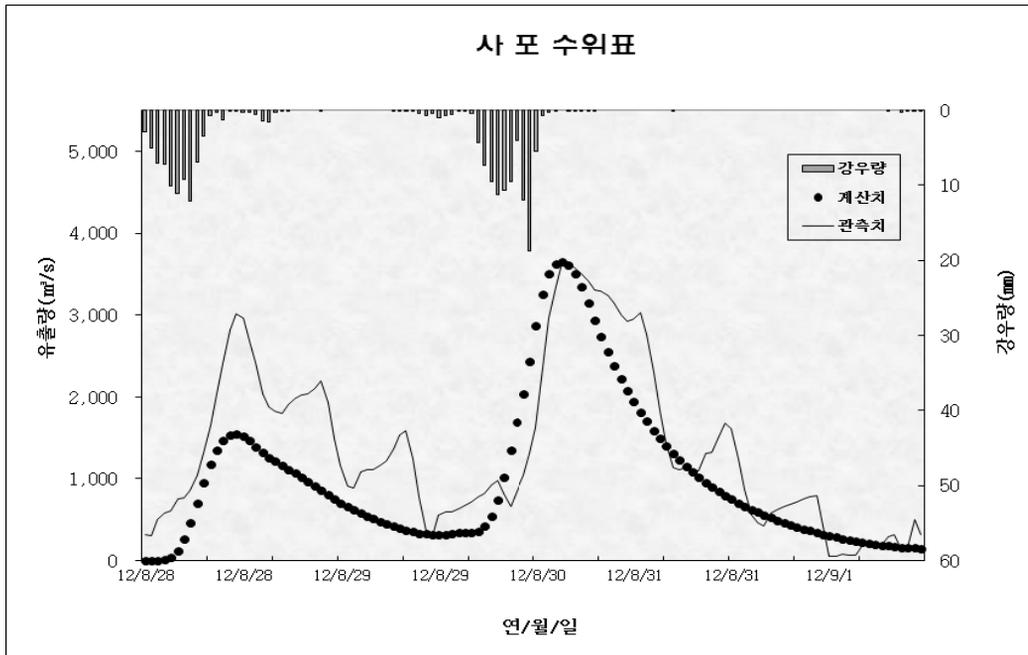
안정화를 꾀하였으며 모형의 여러 가지 초기조건은 매뉴얼에 의해 적절히 가정하여 부여하였다.

보정을 위해 영산강 하구에서 가까운 사포 수위표의 실측유출량을 이용하였다. 실측유출량과 모의유출량을 동시에 만족하는 매개변수를 찾는다는 것은 현실적으로 어려운 문제이다. 유출은 강우 및 기타 여러 요소에 기인한 것이므로 변수보정만을 통해서서는 정확성 측면에 있어서 큰 증진을 기대할 수 없다.

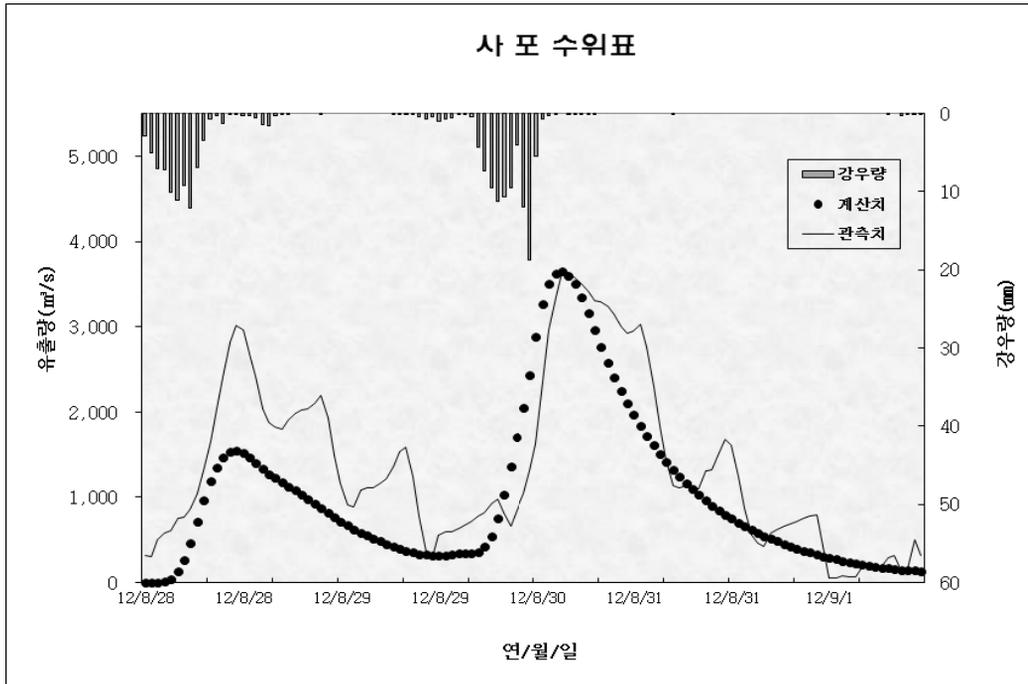
4.6.2. 주요 지점 보정

사포 수위표에 대한 유출모형의 보정을 위해 전절에서 제시한 매개변수를 사용하여 HEC-HMS 모형에 의한 모의유출량을 산정하였다. 모의된 유출량과 사포 수위표의 실측 유출량간을 비교한 것이 <그림 4.6-1>과 같이 보정 전 유출수문곡선이다.

민감도 분석 결과, 민감한 매개변수인 도달시간(t_c), 저류상수(K), CN을 변화시키면서 모의 유출량이 최대한 실측유출량에 근접하도록 시행착오법에 의해 HEC-HMS 모형을 수행하였다. 이러한 절차를 거친 최종 모의유출량과 실측 유출량을 비교한 것이 <그림 4.6-2>와 같이 보정 후 유출수문곡선이다.



<그림 4.6-1> 보정 전 유량 비교



〈그림 4.6-2〉 보정 후 유량 비교

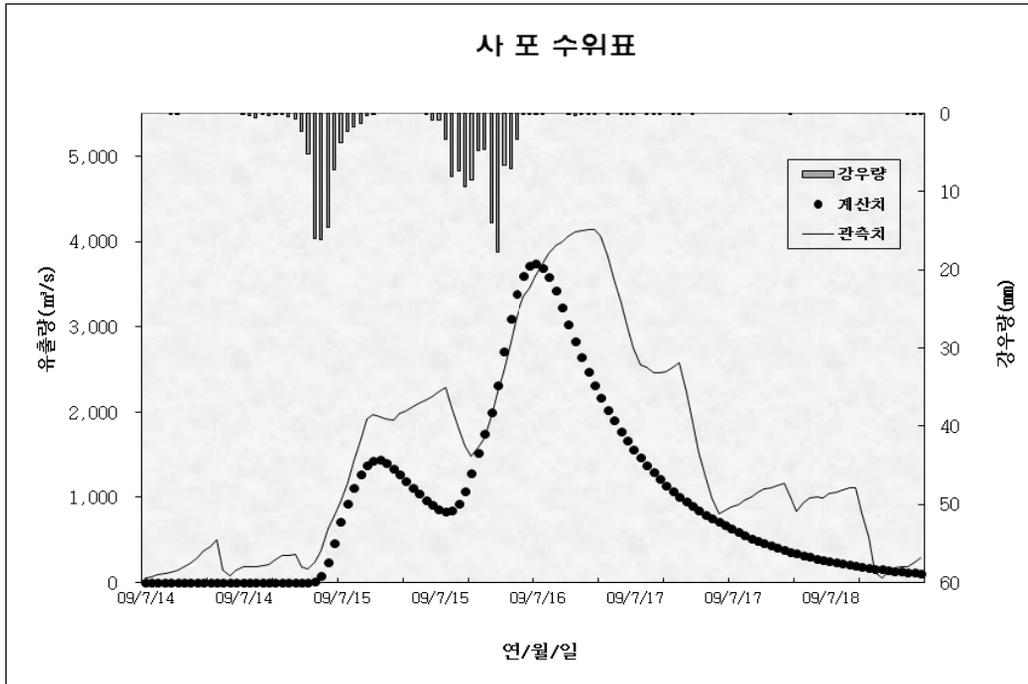
이상의 영산강 수계 사포지점에 대한 보정 전과 후의 결과는 (표 4.6-1)과 같다. (표 4.6-1)에서 보정 전의 사포지점에 대한 평균 상대오차 0.14%로 관측치와 모의가 비슷하게 나왔으나, 이를 보정하여 상대오차 0.02%의 수준으로 감소시켰다.

(표 4.6-1) 모형의 보정 결과

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	
2012. 08. 28 ~ 2012. 09. 01	사포	314.7	315.16	0.14	314.7	314.8	0.02

4.6.3. 주요 지점 검증

전절에서 보정에 사용된 매개변수에 의한 검증을 사포수위표에 모의한 결과는 다음과 같으며, 분석대상기간은 2009년 7월 14일부터 2009년 7월 18일까지를 분석대상기간으로 선정하였다.



〈그림 4.6-3〉 모형의 검증결과

이상의 사포지점에 대한 검증 결과는 (표 4.6-2)와 같다. 모형의 검증 결과 상대오차는 9.73%로 보정 전과 후 보다는 높은 상대오차를 나타내고 있지만 10% 이내의 결과를 보여주어 나쁘지 않은 검증이 이루어진 것으로 판단된다.

(표 4.6-2) 모형의 검증 결과

기간	지점	보정 후 총 유량 (10^6 m^3)		상대 오차 (%)
		관측	모의	
2009. 07.14 ~ 2009. 07.18	사포	358.1	323.3	9.73%

제 5 장 물수지분석 기반의 물관리 시스템 설계(안)

5.1. 개요

기후변화, 유역개발로 인한 하천유량의 변화 증대와 4대강 살리기 사업으로 신설된 영산강의 승촌보와 죽산보로 인해 영산강 하류의 유황이 이전과 변경으로 인해 기존의 영산호, 영암호, 금호호의 배수문 조작 방법을 새롭게 개발해야 하는 상황 도래하여 안정적인 관개용수 공급 및 담수호 수질 개선과 국내외적인 통합수자원관리 이수/치수/수질을 고려한 수자원관리를 위한 관련 기관들의 정보 공유 등을 통해 영산호, 영암호 및 금호호의 물순환 과정을 새로 정립하고, 이를 반영한 영산호 통합물관리 시스템 구축을 통해 효율적인 물관리를 목적으로 한다.

기존 영산호 유역에 구축된 물관리시스템과 유관기관에 기 운영중인 하천 유량관리시스템을 분석하여 최적화된 영산호 통합물관리시스템을 설계 및 해당 시스템의 프로토타입 데모버전을 개발하여 영산호 통합물관리시스템의 이해를 도모하고자 한다.



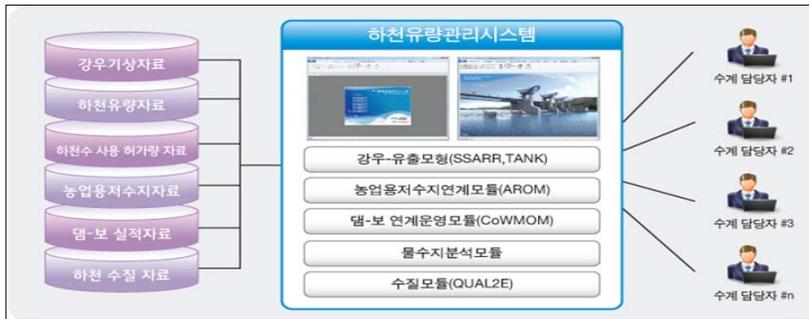
<그림 5.1-1> 영산호 통합물관리시스템 메인화면

5.2. 유관기관 시스템 분석

5.2.1. 하천유량관리시스템

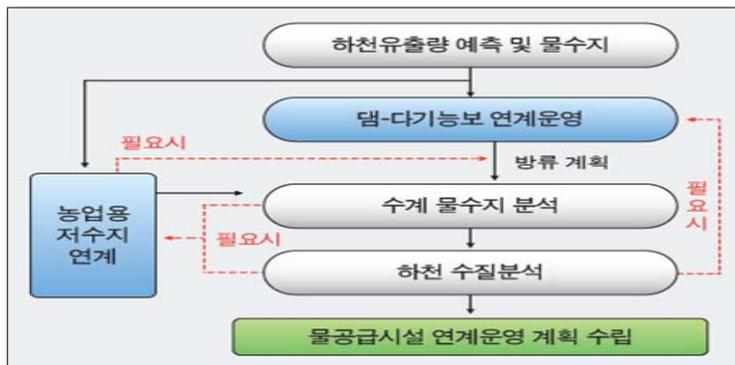
가. 시스템 구성

하천유량관리시스템은 아래 그림과 같이 강우기상 자료, 하천유량 자료, 하천수 사용 허가량 자료, 농업용 저수지 자료, 댐-보 실적자료, 하천수질 자료를 바탕으로 강우-유출모형(SSARR, TANK), 농업용 저수지연계모듈(AROM), 댐-보 연계 모형(CowMOM), 물수지 분석모형, 수질 모형(QUAL2E)로 구성되어 있으며, 각 수계의 홍수통제소 및 한국수자원공사의 담당자가 효율적인 의사결정을 할 수 있도록 지원하는 의사결정지원(DSS: Decision Supporting System)시스템이다.



<그림 5.2-1> 하천유량관리시스템의 구성

하천유량관리시스템의 분석절차는 강우-유출모형, 농업용저수지 연계모듈, 물수지 모형을 이용하여 댐-다기능 보의 유입량 자료를 산정하고, 이를 바탕으로 결정된 댐-보의 방류량에 따른 하천의 주요지점 유량 및 수질 결과를 제공하여, 물공급 시설의 연계운영계획 및 효과를 모의/분석 할 수 있도록 구성된다.



<그림 5.2-2> 하천유량관리시스템의 분석절차

나. 주요 기능

하천유량관리시스템은 하나의 수계에 대해서 여러 가지 모형들의 통합 솔루션을 제공한다. 하천유량관리시스템은 강우-유출모형(SSARR, Tank), 물수지 분석모형, 저수지운영모형(CowMOM), 수질 모형(QUAL2E) 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) : 유역 전체의 표준유역별 유출량을 산정
- 농업용 저수지 연계운영(AROM) : 운영기준에 따른 방류량 및 하천유지용수 방류 가능량 산정
- 댐-보 연계 운영(CoWMOM) : 유입량 및 수요량을 고려한 댐-보 방류량 산정

물수지 분석(물수지 분석 모형) : 강우에 의한 유출량 및 수요량, 회귀량, 하폐수 처리장 방류량을 고려한 수계의 물수지(표준유역별 유량 및 부족량) 분석 및 하도추적 기능

- 하천 수질 분석(QUAL2E) : 댐-보 운영 결과에 따른 하천 주요지점의 월단위 평균 수질 모의

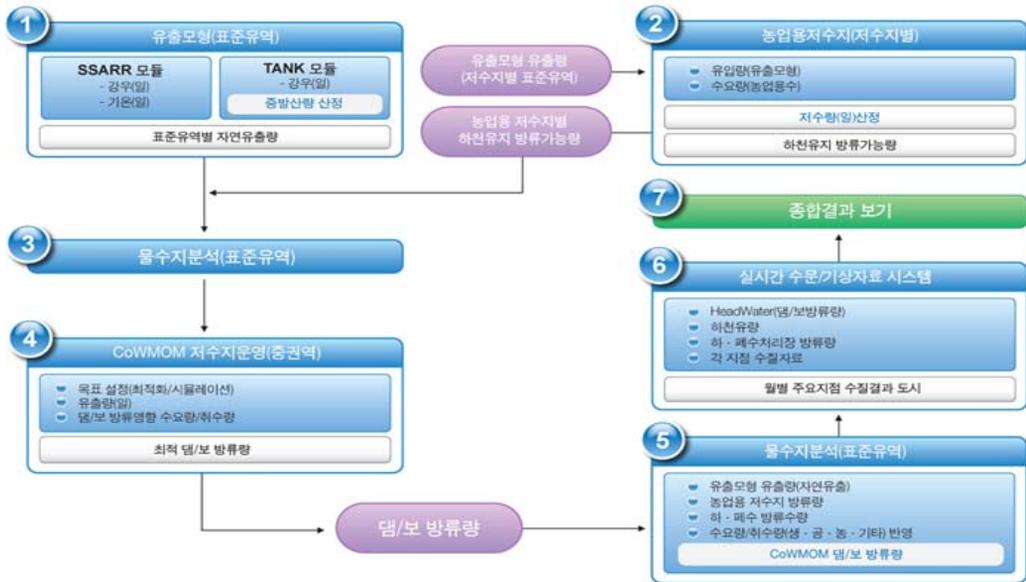


〈그림 5.2-3〉 모형의 개별 모듈

1) 통합 모의 환경

하천유량관리시스템의 개별 모형은 <그림 5.2-4>에서 보듯이 각 단계별 연계 운영을 통하여 수계의 유량 및 수질 결과를 모의 분석하며, 리포트로 출력 할 수 있도록 구성되어 있다.

강우 및 기상자료에 의한 표준유역별 유출량 자료와 농업용 저수지의 하천 유지유량 방류 가능량, 하폐수 처리장의 시설용량 자료, 하천수 사용허가량에 근거한 수요량 및 회귀량 자료를 기반으로 하도추적을 반영한 물수지 분석을 수행하며, 댐-보의 예상 유입량 자료를 산정하며, 예상 유입량 및 수계내 수요량 자료를 바탕으로 운영기준에 따라 최적 댐-보 방류량을 결정하며, 결정된 시설물(댐, 보)의 운영 자료를 물수지 분석 모형과 수질모형 자료를 이용하여 모의함으로써, 운영효과를 유기적으로 모의 할수 있는 통합 모의 기능을 위주로 개발되었다.



<그림 5.2-4> 연계모의 개념도

2) 강우-유출 모형(SSARR, TANK)

가) SSARR 모형

미육군공병단의 SSARR 모형을 이용하여 사용자 편의를 위해 구축한 윈도우즈 기반의 강우-유출 예측 시스템이다.

- 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

나) TANK 모형

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

- 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
- ESP 확률 및 기상 전망을 이용한 유출 예측

3) 농업용 저수지 연계 모듈(AROM)

농업용 저수지 뚝 높임 사업으로 추가 저수량을 확보하는 뚝 높이기 대상 저수지는 4대강 사업의 목적에 해당하는 하천유지유량 방류와 농업용수 공급이라는 본래의 목적을 동시에 달성할 수 있도록 해야 한다. 이를 위해 빈도별 저수량 모의 결과를 활용한 농업용 저수지 운영기준이 모듈화 되어 있다.

- 특징
 - 실시간 저수량을 초기저수량으로 설정
 - 운영기준에 의한 방류 가능량을 산정
 - 방류 가능한 하천유지유량과 저수량의 변화를 모의
 - 하천유량관리시스템과 연계
- 주요 기능
 - 과거 실적자료 조회 기능
 - 초기 수위, 저수량, 농업용수 수요량 설정 기능
 - 운영기준에 따른 하천유지용수 방류 가능량 산정
 - 일별 저수위, 저수량, 하천유지유량 변화 모의

4) 댐-보 연계 운영 모형(CowMom)

저수지 운영 모형(CoWMOM)은 현실 수문 상황과 운영조건을 고려하여 유역 내에 존재하는 수자원의 수요와 공급의 지역적, 시간적 불균형을 해소시켜 공급하기 위한 댐-보 최적연계운영 모형이다.

- 특징
 - 발전함수 선형화를 통한 발전량 최대화 반영
 - 목표계획법을 적용하여 해를 도출하지 못하는 경우가 발생하지 않도록 함
 - 수계 내 시설의 추가 및 삭제 등 변화 가능
 - 댐 기준수위 상·하한을 적용하여 댐 운영시 의사결정자의 의도를 반영함

- 주요 기능

- 분석 기간 내 수문 상황과 운영 조건을 고려하여 운영목적을 최대한 달성하는 저수지운영계획 수립
- CowMOM의 입력 자료를 손쉽게 구성하고 모의수행 결과를 확인할 수 있는 사용자 편의의 GUI 제공
- CowMOM 수행방법으로 시뮬레이션과 최적화를 선택 가능
- 이수기/홍수기간 분석단위를 자유롭게 설정
- 보 방류 시설별 우선순위를 설정

5) 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 표준 유역(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 유역 내 하천수 사용량 공급 가능 여부 판단
- 하천수 사용량과 함께 유역 내 기준 지점에 대해 설정되어 있는 하천 관리유량(또는 하천유지유량)의 만족 여부 판단

6) 수질 모형(QUAL2E)

하류 수질을 고려한 저수지 운영계획 수립을 지원할 수 있는 정상상태 모형(QUAL2E)로 구성되었으며, 모형 수행결과 유량 자료 및 DB에 구축된 과거 5개년간의 수질 평균자료를 활용하여 하천유량관리를 지원한다.

- 특징
 - 하천유량관리시스템의 저수지 운영모형의 결과에 따른 유량을 각 입력 카드의 Headwater로 반영
 - 4대강 사업에 따라 신설되는 보를 기준으로 수질 입력카드를 구분 (보 운영 결과 반영)
 - 분류 주변지역을 비점오염원 지역으로 분류하여 입력자료로 반영
 - 분류 유역의 하폐수 처리장을 점오염원으로 반영
- 주요 기능
 - 중요지점의 월평균 수질값 계산
 - 모식도를 통하여 각 지점별 확인이 가능하도록 사용자 편의 GUI 기능
 - 하천유량관리시스템 예측을 통한 유량결과를 수질 입력자료로 자동 연계

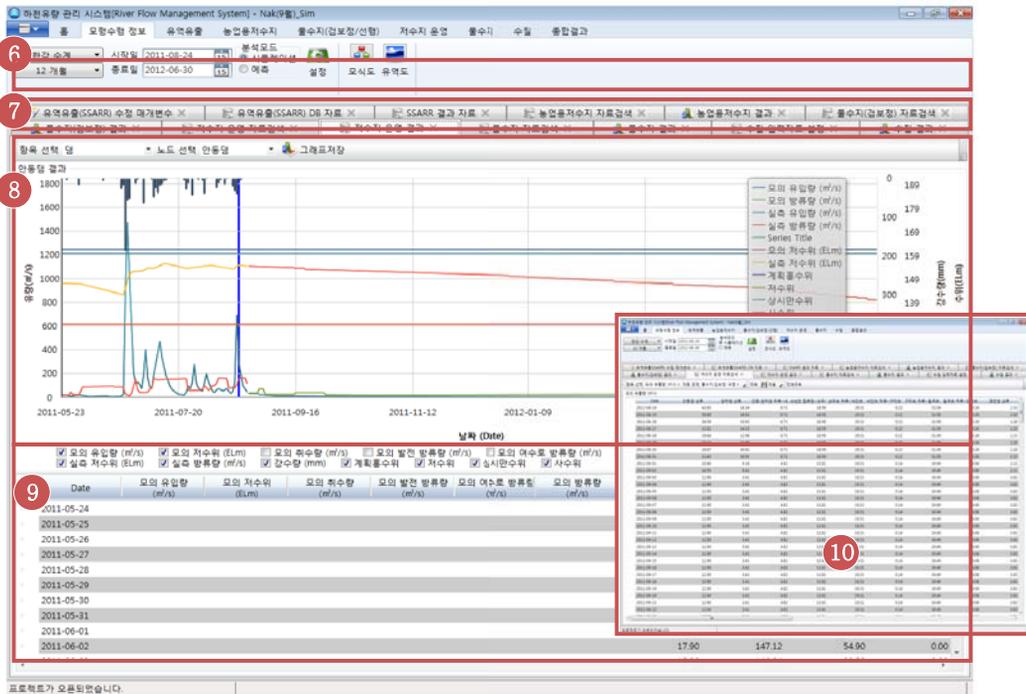
다. 화면 구성



1) 전체 화면 구성

- ① 타이틀 : 본 프로그램의 타이틀인 하천유량 관리시스템의 명칭과 프로젝트 오픈시 프로젝트 명이 기재되는 부분

- ② 메뉴 선택 : 모형수행정보, 유역유출, 농업용저수지, 물수지, 저수지 운영, 수질, 종합결과로 이루어진 모의하고자 하는 모형 선택을 할수 있는 메인 메뉴 부분이며 좌측의 파란색 아이콘을 클릭하면 저장, 열기, 종료 등 기본 기능을 수행 할 수 있다.
- ③ 리본 메뉴 : 각 메인메뉴 선택시 각 메뉴에서 설정 또는 수행할 수 있는 기능을 모아 놓은 부분으로 자세한 구성은 다음 절의 메뉴구성에서 설명
- ④ 메인화면 : 본 프로그램의 메인화면으로 데이터 조회 및 결과 조회시 데이터, 그래프를 표출하는 화면
- ⑤ 로그 화면 : 프로그램의 현재 수행상태를 나타내는 상태 정보 표출 화면



- ⑥ 화면 선택 : 탭 메뉴방식으로 각 모형에서 조회한 입출력 화면을 관리 하는 부분이며 해당 화면으로 이동할 수 있다.

- ⑦ 항목 설정 : 각 모형의 입출력 결과 조회 화면으로 표준유역, 기간 등 조회하고자 하는 항목을 설정, 적용하는 기능
- ⑧ Graph : 결과 자료를 그래프로 확인할 수 있는 그래프 화면
- ⑨ Table : 입출력 결과 자료를 테이블의 형태로 조회할 수 있다.
- ⑩ Table로만 구성된 입력조회 화면 예시

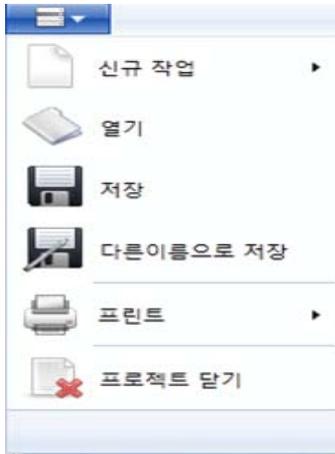
라. 기본 기능 및 메뉴 구성



하천유량관리시스템의 메뉴는 상단의 그림과 같이 홈, 모형수행정보, 유역유출, 농업용저수지, 물수지(검보정/선행), 저수지 운영, 물수지, 수질, 종합결과로 구성되어 있다.

모형수행정보	수계선택, 기간설정, 분석모드 설정, 모식도/유역도 보기
유역유출	SSARR/TANK 모형 매개변수 설정, 자료검색, 모형수행, 결과 보기, 모식도/유역도 보기
농업용저수지	기본현황 보기, 자료검색, 모형수행, 과거실적, 결과보기, 모식도 보기
물수지 (검보정/선행)	유역정보, 자료검색, 모형수행, 결과보기, 모식도 보기
저수지 운영	운영선택, 자료검색, 댐 설정, 보 설정, 모형수행, 결과보기, 모식도 보기
물수지	유역정보, 자료검색, 모형수행, 결과보기, 모식도 보기
수질	자료 입력, 모형수행, 결과보기, 모식도 보기
종합결과	월간계획, 연간계획

1) 기본 기능



좌상단의 파란색 아이콘을 클릭함으로써 실행할 수 있으며 아래의 그림과 같이 신규작업, 열기, 저장, 다른이름으로 저장, 프린트, 프로젝트 닫기 등 프로젝트(하천유량관리시스템은 각각의 시나리오의 입력 및 출력 결과를 프로젝트 단위로 관리한다) 관리를 위한 기본 기능을 제공한다.

가) 신규작업

신규작업 메뉴는 초기화면 및 향후에 설명할 모형 수행 정보의 수계 선택과 동일한 기능으로 신규작업 수행시 수계를 선택하는 기능을 한다.

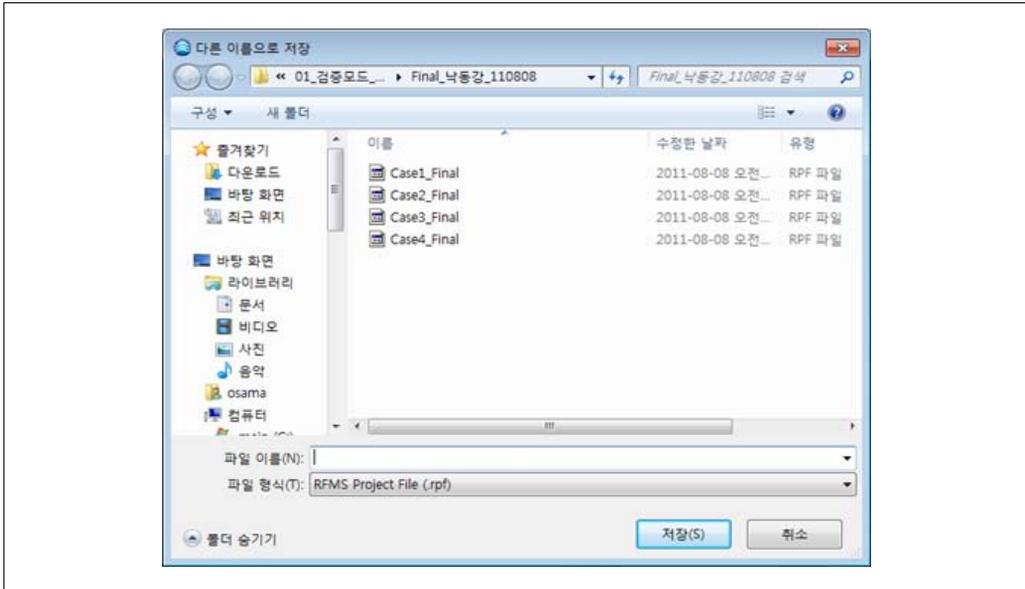
(보통의 경우 모형수행정보 메뉴에서 기산설정시 수계선택을 동시에 한다.)



나) 프로젝트 열기, 저장, 다른이름으로 저장

프로젝트는 하천유량관리시스템의 프로젝트 파일인 *.RPF 파일로 저장되며, 저장된 파일을 불러올 수 있는 기능을 지원한다. *.RPF 파일은 텍스트

기반으로 각 모형의 입출력 자료를 저장하는 파일로 일반 텍스트 에디터로 열어 볼 수 있다.



다) 프로젝트 닫기 및 종료

메인메뉴 하단에 빨간색 X표로 아이콘화 되어 있으며 각각의 기능은 다음과 같다.

프로젝트 닫기: 열려있던 프로젝트를 종료하고 프로그램을 초기화한다.

종료: 하천유량관리시스템을 종료한다.

- 모형 수행정보

모형수행 정보 화면은 모의대상 수계 설정, 선행기간 설정, 모의기간 설정, 분석모드 설정 기능을 제공하며, 해당수계의 모식도를 확인 할 수 있는 기능을 제공한다.



① 수계설정 : 4대강/ 7대하천 중 분석하고자 하는 수계를 설정

- ② 선행기간 설정 : 모형의 준비기간을 설정하는 메뉴로 1개월~12개월 중 선택할 수 있다. 선행기간은 분석기간의 자료 분석에 영향을 주는 선행 유역유출을 반영하는 목적과 선행기간의 실측자료를 이용하여 매개변수를 검보정하는 용도로 설정한다.
- ③ 분석기간 설정 : 분석기간의 시작일 및 종료일을 설정한다.
- ④ 분석모드 설정 : 본 프로그램은 과거의 수문사상 및 댐운영을 모의해 볼 수 있는 시뮬레이션 모드와 운영계획을 작성하거나 효과를 분석할 수 있는 예측 모드로 나누어 진다. 예측 모드 설정시 예측강우 자료를 무강우 또는 과거 강우 중 선택할 수 있으며 ESP(Ensemble Streamflow Prediction)을 이용하여 수행할 수 있으며, 각 모형에서 제공하는 빈도유입량 자료를 통하여서 분석 할 수 있다.
- ⑤ 설정 버튼 : 설정된 사항을 반영한다.
- ⑥ 모식도 : 설정된 수계의 모식도를 확인 할 수 있다.

(1) 강우-유출모형(SSARR, TANK)

유역유출을 분석하기 위하여 본 시스템에서는 국내에 비교적 적용경험이 풍부한 연속유출모형인 SSARR 모형과 TANK 모형을 지원하며 각 모형의 세부 메뉴 구성은 아래와 같다.



- ① 모형설정 : SSARR 모형과 TANK모형 중 분석모형을 설정
- ② 매개변수 : SSARR 모형의 주요 매개변수(SMI, BII, S-SS)를 설정할 수 있다.
- ③ 검색 : 강우/기온 자료를 조회하며 결측자료의 보정(RDS기법) 및 해당 관측지점의 지점 자료를 유역단위 자료로 환산(Thiessen 가중치 적용)하는 기능을 수행한다.
- ④ 실행 : 모형을 수행한다.
- ⑤ 결과 : 결과 자료를 각 유역별 지점별로 조회

- ⑥ 모식도 : 해당수계의 유역유출 모식도를 조회
- ⑦ 설정 : 설정 버튼 활성화시 입력파일을 TEXT기반으로 조회 할 수 있다.

(2) TANK 모형



- ① 모형설정 : SSARR 모형과 TANK모형 중 분석모형을 설정
- ② 매개변수 : TANK 모형의 주요 매개변수를 설정할 수 있다.
- ③ 검색 : 강우/잠재증발산량 자료를 조회하며 결측자료의 보정(RDS기법) 및 해당 관측지점의 지점 자료를 유역단위 자료로 환산(Thissen 가중치 적용)하는 기능을 수행한다.
- ④ 실행: 모형을 수행한다.
- ⑤ 결과 : 결과 자료를 각 유역별 지점별로 조회.
- ⑥ 모식도 : 해당수계의 유역유출 모식도를 조회.

(3) 농업용 저수지 연계운영 모듈(AROM)

강우-유출 모형에서 결정된 유입량을 연계 받아 유입량, 저수량, 수요량 자료를 기반으로 농업용 저수지의 방류량을 결정하는 모형



- ① 기본현황 : 농업용 저수지의 기본현황을 조회
- ② 자료검색 : 각 저수지의 유입량/수요량/저수량을 조회한다.
- ③ 모형수행 : 모형 수행 버튼
- ④ 과거실적 : 과거 실적(유입량, 수요량, 저수량, 방류량)을 조회
- ⑤ 결과보기 : 모형 수행 결과를 그래프와 테이블 형태로 조회
- ⑥ 모식도 : 해당수계의 모식도를 조회

(4) 물수지(검보정/선행) 모형

수계내의 물수지(물의 들고 나감)를 계산하는 모형으로 각 유역의 물의 유입(강우로 인한 자연유출량, 하폐수 처리장, 댐/보, 농업용 저수지 방류량)과 유출(수요량, 취수량 등)을 하도추적을 기반으로 계산하며 검보정 기능(실측 자료와 모의자료의 비교를 통한 매개변수 수정 지원)과 선행 기능(저수지 모형의 입력 자료로 쓰일 댐/보별 유입량 자료 제공)을 수행하는 모형



- ① 유역정보 : 각 유역의 기본정보(유역명, 유역면적, 하도길이, 하천관리 유량, 하천유지유량)을 제공
- ② 자료검색 : 자연유출량, 댐/보/농업용 저수지/하폐수 처리장 방류량, 생공농/기타 용수 수요량을 조회 및 수정
- ③ 모형수행 : 모형 수행 버튼
- ④ 결과보기 : 모형 수행 결과를 그래프와 테이블 형태로 조회
- ⑤ 모식도 : 해당수계의 모식도를 조회

(5) 댐-보 연계운영모형(CoWMOM)

댐-보 연계운영모형은 강우-유출모형(SSARR, TANK), 농업용저수지모형(AROM), 물수지 모형의 결과를 이용하여 댐/보의 운영을 결정하는 최적화 모형으로 메뉴 구성은 아래 그림과 같다.



- ① 분석방법 선택 : 시뮬레이션(댐 실측, 보 활용) 모드와 최적화(댐 최적화, 보 활용) 모드 중 선택을 할 수 있으며, 운영계획

작성시 시뮬레이션 모드로 설정하면 운영자가 입력한 댐 방류계획을 토대로 댐/보 연계운영 계획을 수립하며, 최적화 운영 선택시, 최적화 과정을 통해 댐/보 연계운영 계획을 수립한다.

- ② 자료검색 : 해당수계의 유출량, 수요량, 방류량 자료를 검색, 설정한다.
- ③ 댐 운영자료 설정 : 댐 운영 조건을 설정
- ④ 보 운영자료 설정 : 보 운영 조건을 설정
- ⑤ 모형수행 : 모형 수행 버튼
- ⑥ 결과보기 : 모형 수행 결과를 그래프와 테이블 형태로 조회
- ⑦ 모식도 : 해당수계의 모식도를 조회

(6) 물수지(최종) 모형

물수지 모형은 선행 모형에서 결정된 자료를 바탕으로 표준유역 및 주요 지점의 유량 및 물 부족량을 모의하는 모형이다. 물수지(검보정/선행)과의 차이점은 댐/보의 방류량 자료를 저수지 모형에 의해 결정된 운영계획에 따라 모의한다는 차이점이 있다.(유입량 또한 모형결과가 아닌 빈도유입량을 적용하여 모의할 수 있다.)



- ① 유역정보 : 각 유역의 기본정보(유역명, 유역면적, 하도길이, 하천관리 유량, 하천유지유량)을 제공
- ② 자료검색 : 자연유출량, 댐/보/농업용 저수지/하폐수 처리장 방류량, 생공농/기타 용수 수요량을 조회 및 수정
- ③ 모형수행 : 모형 수행 버튼
- ④ 결과보기 : 모형 수행 결과를 그래프와 테이블 형태로 조회
- ⑤ 모식도 : 해당수계의 모식도를 조회

(7) 수질 모형(QUAL2E)

전 단계에서 결정된 유량자료를 바탕으로 정상류 해석 모형인 QUAL2E 모형을 통하여 주요지점별 수질결과를 모의한다. 사용자는 하천유량관리 시스템에서 분석된 유량과 지점별 수질 평균 자료(5개년)를 통하여 주요지점의 월별 수질값을 개략적으로 모의해 볼 수 있다.



- ① 입력 : 댐/보로 구분지어진 수원자료 및 점오염원에 해당하는 지류 및 하수처리장의 수질 및 유량 자료를 Database 및 모형결과에서 연계하여 가져온다.
- ② 모형수행 : 모형 수행 버튼
- ③ 결과보기 : 모형 수행 결과를 그래프와 테이블 형태로 조회
- ④ 모식도 : 해당수계의 모식도를 조회

라) 종합결과

종합결과는 모형수행 결과의 요약(summary)화면으로 Excel형식으로 주요 결과 데이터를 정리하여 볼 수 있다.



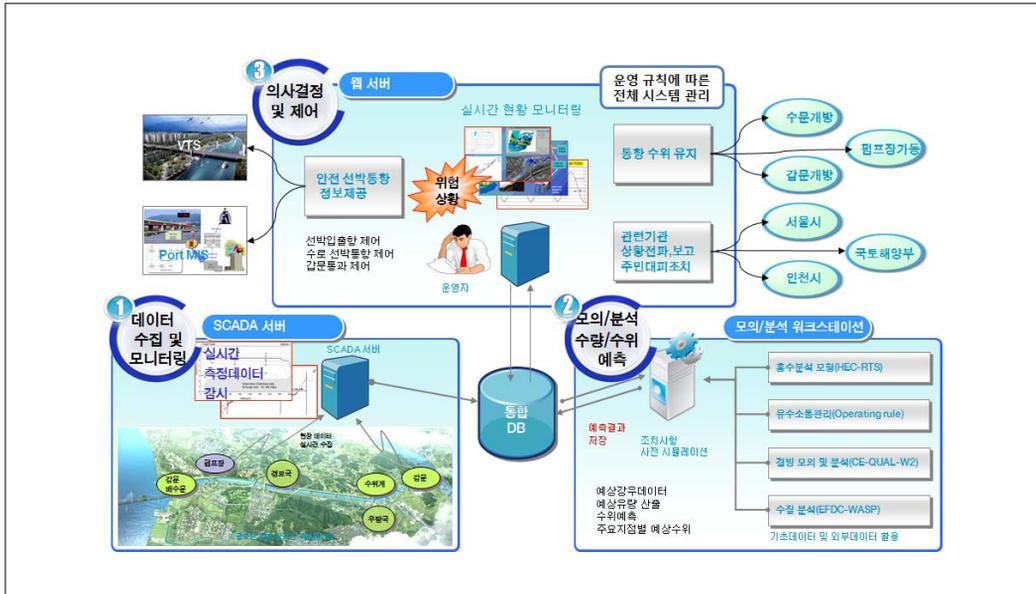
- ① 월간계획 : 월간 계획 수립을 위한 엑셀 형태의 보고서
- ② 연간계획 : 연간 계획 수립을 위한 엑셀 형태의 보고서

5.2.2. 아라천 물관리시스템

가. 시스템 구성

아라천 물관리 실시간 모니터링 시스템은 재난재해 방지를 위한 수문종합현황 및 강우·수위, 유수소통, 선박관제, 펌프장 정보 실시간 모니터링 시스템으로 아라천 물관리 종합 현황 파악 및 강우예측자료를 통해 수로 상황을 예측하여 의사결정을 지원하기 위한 웹 기반 시스템이다.

본 과업은 아라천 유역의 다양한 시설물 및 측정정보를 분석, 자료관리 및 통합관제 등의 물관리 DB 보완, 기능개선으로 아라천 물관리시스템을 고도화하여 홍수재해를 예방하고 안전한 뱃길 운영을 도모한다.



- SCADA서버를 중심으로 데이터 수집 및 모니터링을 수행하는 자료 수집부, 수집된 자료를 바탕으로 모의 분석을 수행하는 모의 수행부, 원시 자료 및 모의 분석 자료를 바탕으로 의사결정 및 제어의 중추가 되는 웹 서버 부분으로 구성
- 웹 기반의 의사결정지원시스템은 VTS, PortMIS 등 관련기관과 연관하여 각종 자료를 수집하고 모니터링 시스템 및 모의 분석 모형의 분석 결과를 기반으로 운영자가 합리적인 의사결정을 수행할 수 있도록 구성
- 예·경보상황을 경보장치 및 유관기관/지자체에 전파할 수 있도록 구성

나. 주요 기능 및 화면 구성

1) 메인화면

Main화면을 통합 관제형 대시보드로 구성하였으며, Zone구역을 6개로 기능으로 세분화되어있으며, 주요 정보를 화면과 영상으로 감시 할 수 있도록 구성되어 있다.

Main화면 프레임 구성			Zone별 기능
①통합감시Zone	②수위관리Zone		통합감시 : 아라천유역 통합감시관리
	③수량관리Zone		수위관리 : 거점 수위 증감경향,알람 관리
④주요감시 Zone	⑤운영관리 Zone	⑥시설관리 Zone	수량관리 : 유수소통, 강우량 증감 관리
			주요감시 : 관측자료 표기 (서해, 수위, 수질, 강우)
			운영관리 : 홍수관리,예측관리,통계관리
			시설관리 : 펌프장 등 시설물 가동정보

통합관제Zone의 Main 화면 지형도는 위성지형도와 일반지형도로 구분하고 상호 쉽게 전환될 수 있도록 구성되어 있다.



통합관제의 Main화면

2) 위성지형도

가) 시설물정보



- ① 'Quick Menu'에서 시설물을 클릭 시 나오는 정보로 아래बाट기에 있는 각 시설물정보가 표출된다.
- ② '홍수ON/OFF', '평상시 ON/OFF' 버튼 클릭 시 각 해당 유수흐름이 표출됨.





- 클릭을 하지 않을 경우 고풍정보의 기립/도복 상태에 따라 해당 유수흐름을 자동 표시된다. (기립시 왼쪽, 도복시 오른쪽)

③ 범례 : 각 시설물 아이콘에 대한 정보를 표시된다.

④ 시설물 팝업의 '+'을 클릭 시 해당 시설물의 '⑤' 상세 팝업이 열리며, 해당 시설물의 이미지 및 제원정보를 확인 할 수 있다.

나) 교량수위



① 'Quick Menu'에서 교량수위를 클릭 시 나오는 정보로 아래랫길에 있는 각 교량의 수위정보가 표시된다.

② 각 교량의 수위, 형하고, 운영수위(상), 운영수위(하) 정보가 표시된다.

다) 수질



- ① 'Quick Menu'에서 수질을 클릭 시 나오는 정보로 아래बाट길에 있는 각 TMS 수질정보가 표출된다.
- ② 각 TMS의 'DO', 'CHL' 정보가 표출된다.

라) CCTV



- ① 'Quick Menu'에서 'CCTV'를 클릭 시 나오는 정보로 아래बाट길에 있는 각 CCTV의 정보가 표출된다.
- ② 해당 'CCTV' 아이콘 클릭 시 팝업으로 영상정보가 표출된다.

3) 일반지형도



① 일반도 'Quick Menu'에서 '2' 시설물을 클릭 시 나오는 정보로 아래 뱃길에 있는 각 시설물정보가 표출되며, 위성지형도와 달리 펌프장, 배수문 등 시설물의 유입량, 방류량, 수위 등의 정보가 표시된다.



4) 수위관리 ZONE



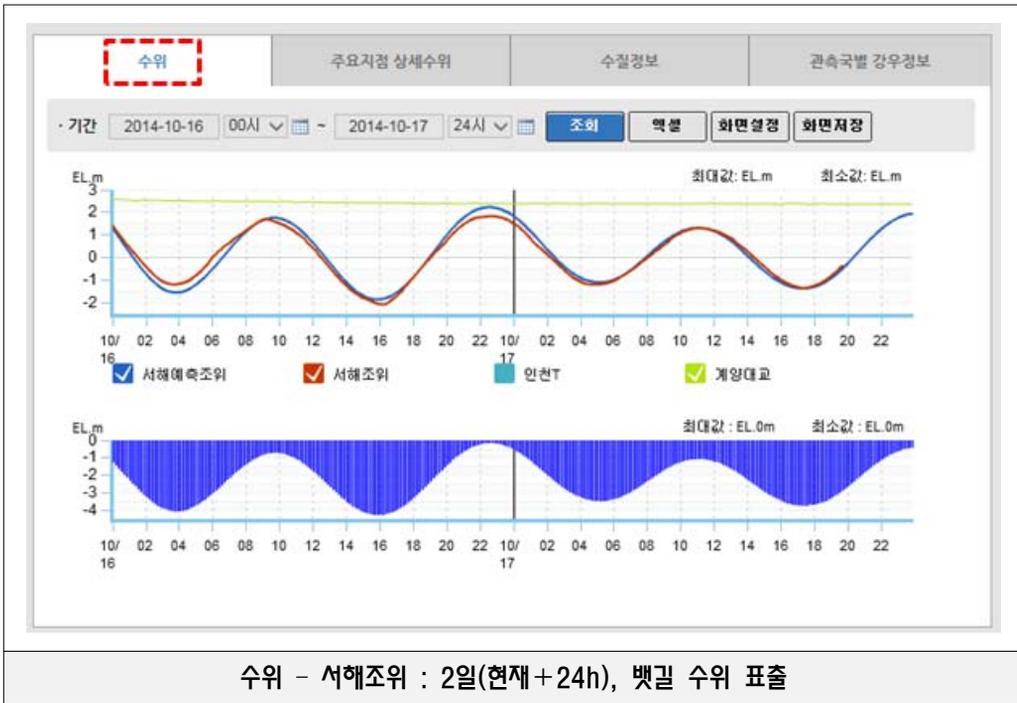
- ① 인천T, 시천교, 계양교, 별말교, 굴현보, 잠관 6개소 중 선택 시 해당 수위 값 및 상태 알림정보가 표출되며, 수위변화량에 대해 Graph 표출 (1시간전, 30분전, 현재)

가) 수량관리 Zone



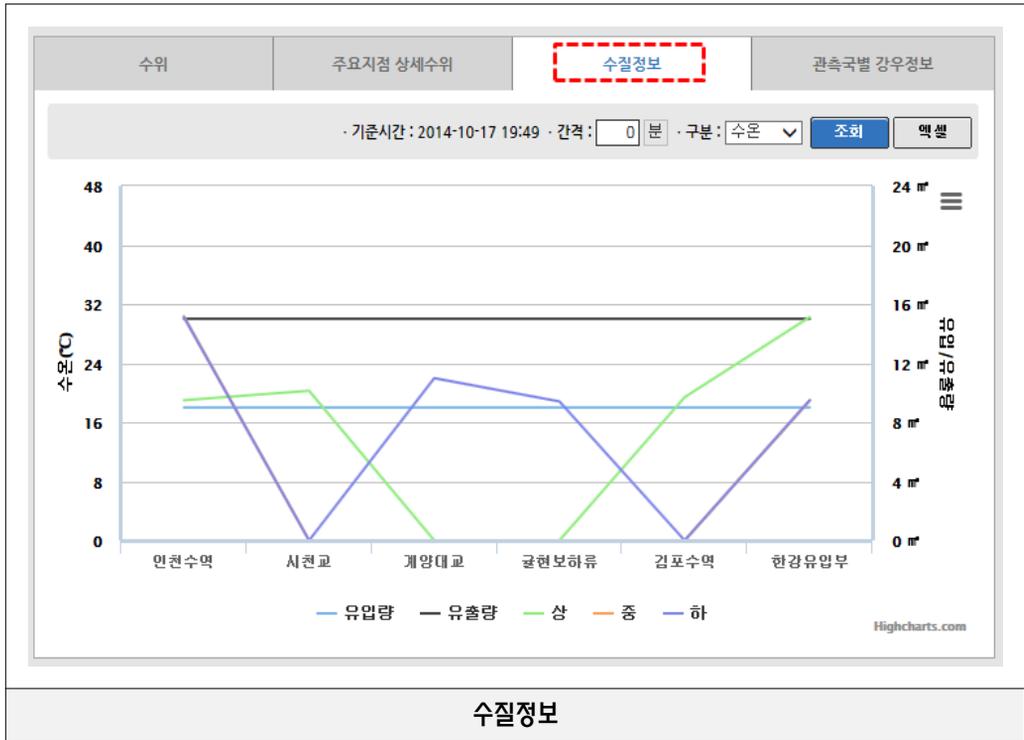
- ① 유수소통량 - 유입량 방류량 변화추이가 표출되며, 수량변화량 그래프는 1시간전, 30분전, 현재로 구분되어 표출된다.
- ② 굴현보, 김포T, 인천T 유역 강우량 정보를 10분, 1시간, 금회우량을 표출한다.

나) 주요감시 ZONE



수위		주요지점 상세수위				수질정보			관측국별 강우정보	
구분	서해조위	인천T	시천교	계양대교	별말교	김포T	한강수위	행주대교	굴원보(상)	굴원보(하)
수위	▲ -0.24	▲ 2.40	▲ 2.43	▼ 2.35	▼ 2.41	▼ 2.45	2.69	-	3.17	▼ 2.53
계방교	-	6.50	6.75	7.60	7.60	7.30	-	-	7.75	7.75
계획홍수위	-	5.01	5.51	6.35	6.55	6.55	-	-	6.68	6.54
운영수위	-	2.4-3.2	2.4-3.2	2.4-3.2	2.4-3.2	2.4-3.2	-	-	-	-
저장시간	19:49	19:49	19:49	19:49	19:49	19:49	19:49	00:00	19:49	19:49
구분	서해갑문 갑실		한강갑문갑실	서해배수문		굴포천 하구	신곡수중보			
	복측	남측		외측(바다)	내측(수로)		상류	하류		
수위	▼ -0.49	▲ 2.40	▲ 2.45	▲ -0.27	▲ 2.43	▲ 3.04	▲ 2.84	▼ 1.00		
저장시간	19:49	19:49	19:49	19:49	19:49	19:49	19:49	19:49		

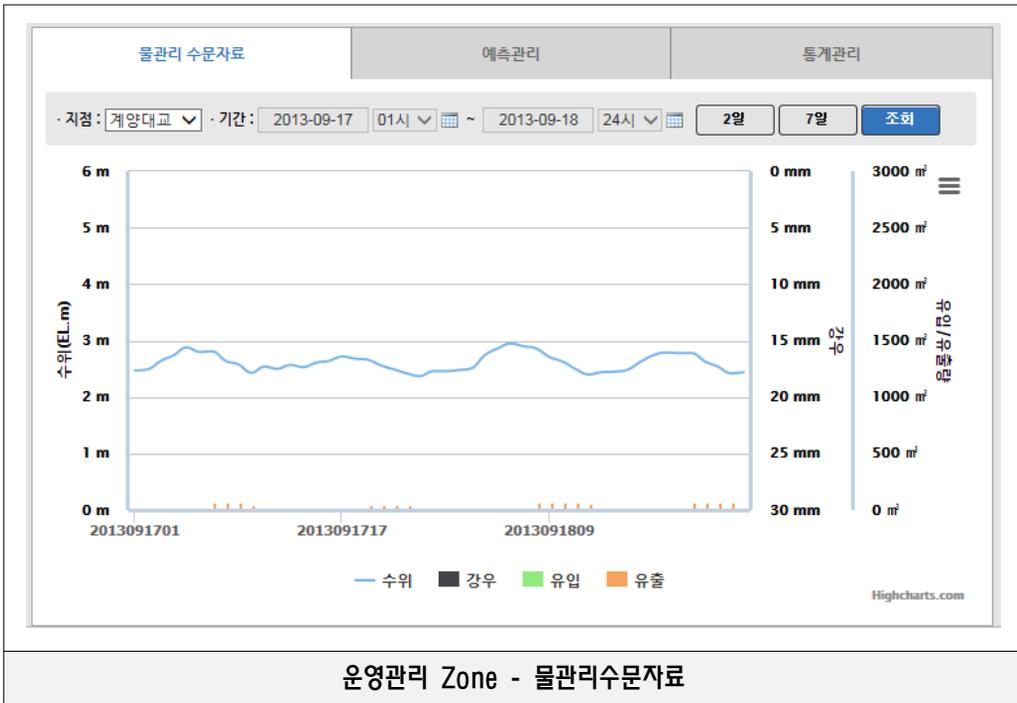
주요지점 상세수위



수위	주요지점 상세수위			수질정보			관측국별 강우정보	
구분	인천TAWS	김포TAWS	굴원보TM	김포	인천	부평	양곡	유역평균
1분우량	2	0	2	0	0	1	0	0
10분우량	1	0	3	0	0	3	0	0
30분우량	3	2	6	0	0	4	0	0
시우량	1	3	7	0	0	0	0	0
일우량	0	0	0	0	0	1	0	0
월우량	7	12	44	10	21	13	14	26
년우량	608	685	599	491	607	650	591	620
금회우량	0	0	0	0	0	1	0	0
지배면적(km)	11	11	70	5	1	53	7	158

관측국별 강우정보

다) 운영관리 ZONE



물관리 수문자료		예측관리								통계관리			
강우시작시점 : 2014-07-05		종료시점 : 2014-12-12		지속시간 : 전제		조회							
구분	3	5	10	20	50	80	100	200	지속시간	기간	강우량	빈도	
10분	16.8	18.6	20.4	21.9	23.5	24.2	24.4	25.2	10분	-	-	-	
60분	40.9	45.4	53.8	61.0	68.9	75.0	77.4	85.6	60분	-	-	-	
120분	62.8	72.3	83.1	94.9	111	121.1	125.1	138.3	120분	-	-	-	
180분	77.2	89.0	104.1	120.0	141.5	156.6	161.7	181.3	180분	-	-	-	
360분	103.7	120.8	143.3	169.1	204.4	226.6	236.7	271.7	360분	-	-	-	
540분	123.5	145.0	174.8	206.4	250.2	277.4	289.5	331.2	540분	-	-	-	
720분	139.6	164.9	200.6	234.8	282.9	310.7	323.6	366	720분	-	-	-	
1080분	156.1	186.1	227.0	268.7	326.1	359.1	375.4	426.4	1080분	-	-	-	
1440분	166.5	201.0	248.9	299.0	369.5	412.4	432	498.5	1440분	-	-	-	

운영관리 Zone - 통계관리

- 수문자료 : 수위, 강우, 수량(유입량, 유출량) 트렌드 그래프 표출
- 예측관리 : 서해예측조위, 계양대교, 인천T, 굴현보상류 예측수위, 수위 예측, 굴현보, 월류, 도복에 대하여 차트 및 시트 표기

라) 시설물정보 ZONE

시설물정보		펌프장					
경서 (EL,-0.08m)	토출량 : 0 m ³ /s	1호기	2호기	3호기	4호기	5호기	
2경서 (EL,1.49m)	토출량 : 0 m ³ /s	1호기	2호기	3호기			
매립지 (EL,2.47m)	토출량 : 0 m ³ /s	1호기	2호기	3호기	4호기	5호기	6호기
백석 (EL,2.68m)	토출량 : 0 m ³ /s	1호기	2호기	3호기	4호기		
왕길 (EL,1.82m)	토출량 : 0 m ³ /s	1호기	2호기	3호기			
굴포천 (EL,3.04m)	토출량 : 0 m ³ /s	1호기	2호기				

시설물정보 Zone - 펌프장



- 펌프장 : 경서, 2경서, 수도권매립지, 백석, 왕길, 굴포천 펌프장에 대하여 각 명칭, 가동대수/전체대수, 수위, 토출량에 대하여 확인할 수 있음.
- 배수문 : 서해, 백석, 검암1, 검암2, 검암3, 서부용-남, 서부용-북, 굴현천, 굴포천 배수문에 대하여 각 명칭, 가동대수/전체대수, 수위, 방류량에 대하여 확인 할 수 있음.

5) 영문페이지



- 외국 관련 기관에 소개 및 홍보를 위한 영문 페이지 제공
- 'KOR' (한글페이지), 'ENG'(영문페이지) 중 선택하여 화면 전환할 수 있음.

6) 서브화면

가) 현황정보

- 아라뱃길 수위, 강수량, 유량 등 운영현황 총괄표를 통한 운영현황 표출



- 아라천 유역면적, 굴포천유역면적, 계획홍수량(서해배수문, 굴현보), 계획 홍수위(인천TM ~ 김포TM) 정보를 확인 할 수 있음.



- 기상현황(인천의 기온, 굴현보의 강우량 등), 유수소통량(유입량, 방류량) 정보를 확인 할 수 있음.



- 현재, 전일의 서해조위, 주운수로 수위, 한강수위의 수위정보를 확인 할 수 있음.



- 인천T, 김포T, 굴현보, 시천교, 계양대교, 벌말교에 각 형하고, 수위, 운영수위(상), 운영수위(하)등에 대한 정보를 제공함.



- 굴현보/체절수문의 유수흐름정보와, 유입암거, 잠관에 대한 수위정보를 제공함.

7) 강수정보

- 경인 아라뱃길의 강수정보 제공

경인아라뱃길 물관리 시스템

현황정보 | **강수정보** | 수질정보 | 유수소통정보 | 전역운영정보 | 시설물정보 | 통달관리

강수정보 : 경인아라뱃길의 강수정보에 대해서 알려드립니다.

관측국별 강우정보														관측국별 강우정보																					
구분	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#12	#13	#14	구분	인천T AWS	김포T AWS	공천T AWS	김포	인천	부평	양곡	유연	구축(수질)											
1분우량	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1분우량	2.0	0.2	2.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1분우량	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
10분우량	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10분우량	1.0	0.3	3.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	10분우량	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
30분우량	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30분우량	3.0	2.0	6.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	30분우량	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
시우량	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	시우량	1.0	3.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	시우량	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
일우량	0.0	0.4	0.3	0.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	일우량	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.2	일우량	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
월우량	13.0	18.2	25.4	18.6	43.1	40.0	32.8	12.0	20.6	43.7	30.9	10.9	10.2	7.0	26.3	월우량	7.0	12.0	44.0	9.5	20.9	13.0	13.5	26.3	월우량	26.7	29.5	26.0	28.2	19.4	12.0				
년우량	649.5	643.7	629.3	640.4	600.5	626.1	685.0	661.8	597.9	557.8	530.5	599.7	608.0	619.6	년우량	608.0	685.0	599.0	490.5	607.4	649.5	591.0	619.6	년우량	631.2	646.5	594.0	623.9	667.8	689.0					
금회우량	0.0	0.4	0.3	0.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	금회우량	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.2	금회우량	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0					
지배면적(kal)	10.0	16.1	15.3	21.7	17.8	26.2	9.7	2.2	6.8	7.9	2.5	5.5	13.0	2.8	132.5	지배면적(kal)	11.1	10.6	70.3	4.5	0.8	52.9	7.3	157.5	지배면적(kal)	157.5	136.2	191.5	107.0	9.0	2.2				

강수정보 전체페이지

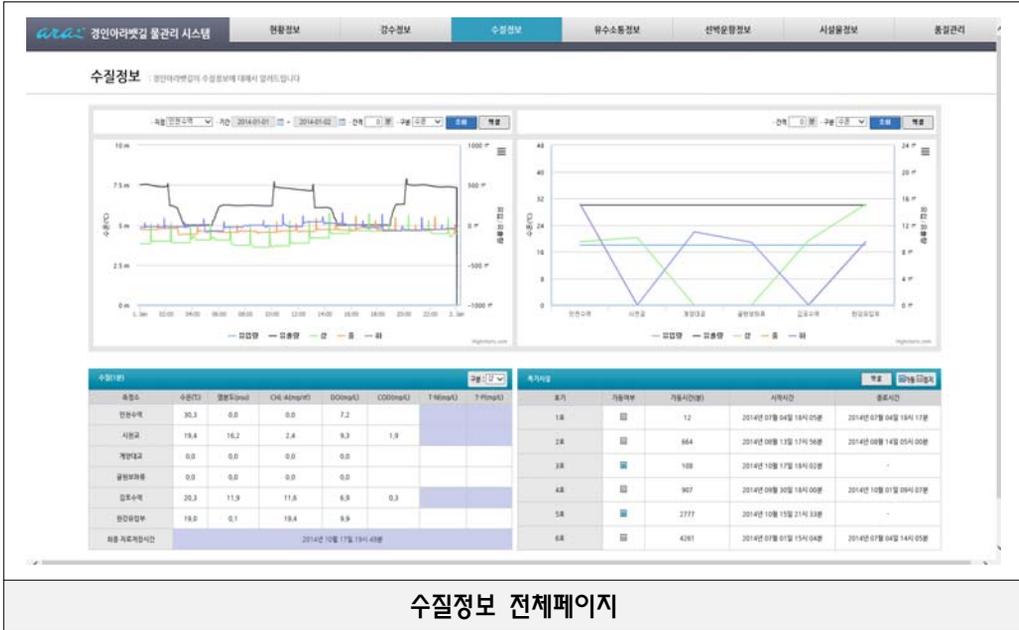
mm	관측국별 강우정보									단위 : mm	수위
유량	구분	인천T AWS	김포T AWS	공천보 TMA	김포	인천	부평	양곡	유연	구축(수질)	
0.0	1분우량	2.0	0.2	2.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1분우량	
0.0	10분우량	1.0	0.3	3.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	10분우량	
0.0	30분우량	3.0	2.0	6.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	30분우량	
0.0	시우량	1.0	3.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	시우량	
0.2	일우량	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.2	일우량	
26.3	월우량	7.0	12.0	44.0	9.5	20.9	13.0	13.5	26.3	월우량	
619.6	년우량	608.0	685.0	599.0	490.5	607.4	649.5	591.0	619.6	년우량	
0.2	금회우량	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.2	금회우량	
157.5	지배면적(kal)	11.1	10.6	70.3	4.5	0.8	52.9	7.3	157.5	지배면적(kal)	

관측국별 강우정보

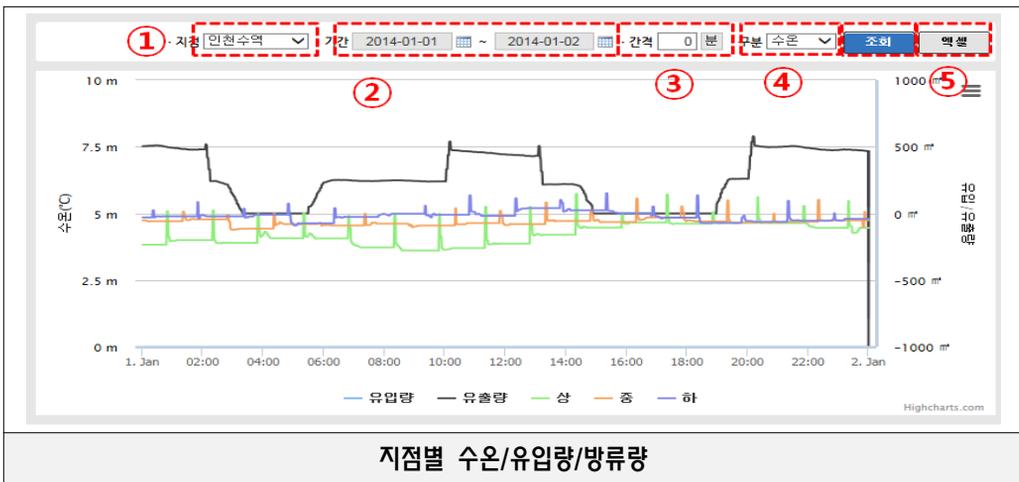
- 신규 : 관측국별 강우 1분 우량정보

8) 수질정보

- 경인아라뱃길의 수질정보 제공



수질정보 전체페이지



지점별 수온/유입량/방류량

- ① '인천수역', '시천교', '계양대교', '굴현보하루', '김포수역', '한강유입부' 중 선택
- ② 기간 선택 (시작일, 종료일 지정)
- ③ 시간 간격설정(10분, 20분, 30분 등등) - 자료표출단위
- ④ 선행 조건 설정 후 '조회' 버튼 클릭
- ⑤ '엑셀' 버튼 클릭 시 조회된 자료를 엑셀로 저장



- ① 시간 간격설정(10분, 20분, 30분 등등) - 자료표출단위
- ② '수온', '염분도', 'CHL-A', 'DO', 'COD', 'T-N', 'T-P', '탁도', 'pH' 중 선택
- ③ 선행 조건 설정 후 '조회' 버튼 클릭
- ④ '엑셀' 버튼 클릭 시 조회된 자료를 엑셀로 저장

수질(1분)							
측정소	수온(°C)	염분도(psu)	CHL-A(mg/m ³)	DO(mg/L)	COD(mg/L)	T-N(mg/L)	T-P(mg/L)
인천수역	30.3	0.0	0.0	7.2			
시천교	19.4	16.2	2.4	9.3	1.9		
계양대교	0.0	0.0	0.0	0.0			
굴현보하류	0.0	0.0	0.0	0.0			
김포수역	20.3	11.9	11.6	6.9	0.3		
한강유입부	19.0	0.1	19.4	9.9			
최종 자료저장시간	2014년 10월 17일 19시 49분						

수질(1분)

- ① '상', '중', '하' 선택 시 해당 측정소의 수질정보 제공

폭기시설				
호기	가동여부	가동시간(분)	시작시간	종료시간
1호	<input type="checkbox"/>	12	2014년 07월 04일 18시 05분	2014년 07월 04일 18시 17분
2호	<input type="checkbox"/>	664	2014년 08월 13일 17시 56분	2014년 08월 14일 05시 00분
3호	<input checked="" type="checkbox"/>	108	2014년 10월 17일 18시 02분	-
4호	<input type="checkbox"/>	907	2014년 09월 30일 18시 00분	2014년 10월 01일 09시 07분
5호	<input checked="" type="checkbox"/>	2777	2014년 10월 15일 21시 33분	-
6호	<input type="checkbox"/>	4261	2014년 07월 01일 15시 04분	2014년 07월 04일 14시 05분

폭기시설

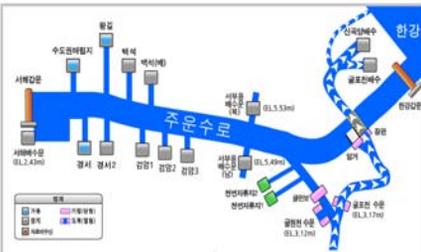
① 폭기시설의 가동여부, 가동시간, 시작시간, 종료시간의 정보를 제공하며, '엑셀' 버튼 클릭 시 엑셀로 저장 가능

9) 시설물정보

- 경인아라뱃길의 시설물정보를 제공

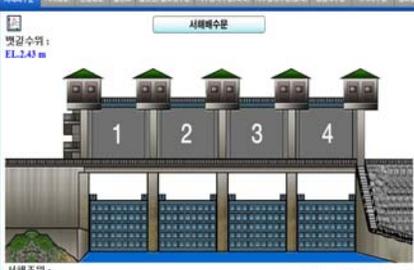
경인아라뱃길 물관리 시스템
현황정보
관수정보
수질정보
유수소통정보
선박운행정보
시설물정보
홍갈관리

시설물정보 > 경인아라뱃길의 시설물정보에 대해서 알려드립니다



현황

구분	수도관리센터	합강	백석	관서	관서2	안곡천역수	공포천역수
가동/정지	1/0	1/0	0/4	1/5	0/0	0/5	0/6
유량 (m³/s)	0	0	0	0	0	0	0
경관/유량	1/1	-	-	0/1	-	0/2	0/2
방류량 (m³/s)	0	-	-	0	-	0	0



시내배수문

벚강수위: EL.3.43 m

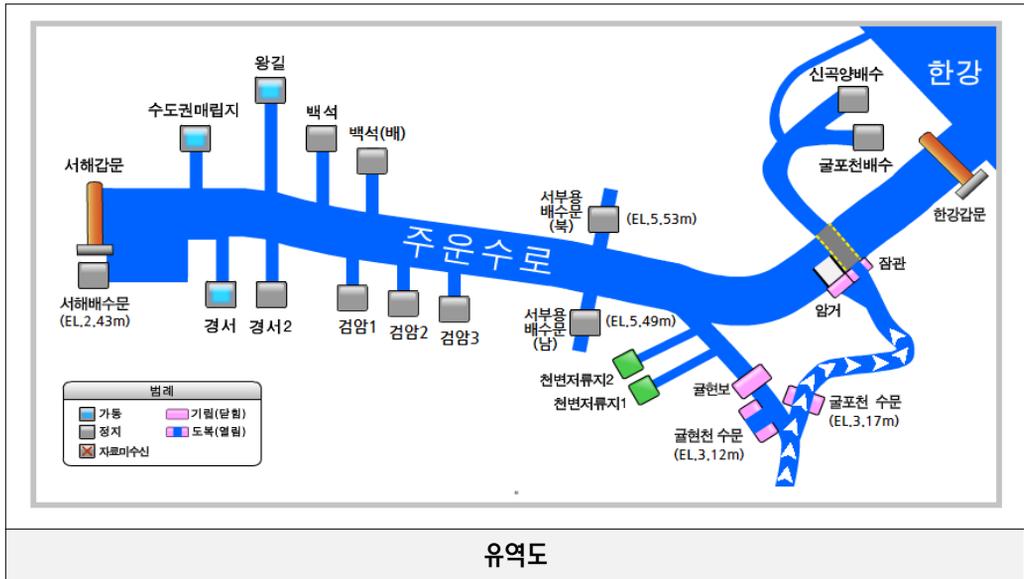
시내조위: EL.0.27 m

시내배수문 1	시내배수문 2	시내배수문 3	시내배수문 4
수문개도 0.0	수문개도 0.0	수문개도 0.0	수문개도 0.0
유입량 0.0	유입량 0.0	유입량 0.0	유입량 0.0
방류량 0.0	방류량 0.0	방류량 0.0	방류량 0.0

현수교 교량현황

구분	시내	관서	관서	관서	관서	관서	백석
현수교	현수교	현수교	현수교	현수교	현수교	현수교	현수교
교량/보행대리	0/4	3/0	3/4	5/5	4/9	0/2	0/3
유입량 (m³/s)	0	0	0	0	0	-	-
방류량 (m³/s)	0	0	0	0	0	-	-
대류수위 (EL.m)	2.43	5.09	5.03	3.12	3.27	-	-
방류수위 (EL.m)	0.27	2.35	2.35	3.27	3.27	-	-

시설물정보 전체페이지

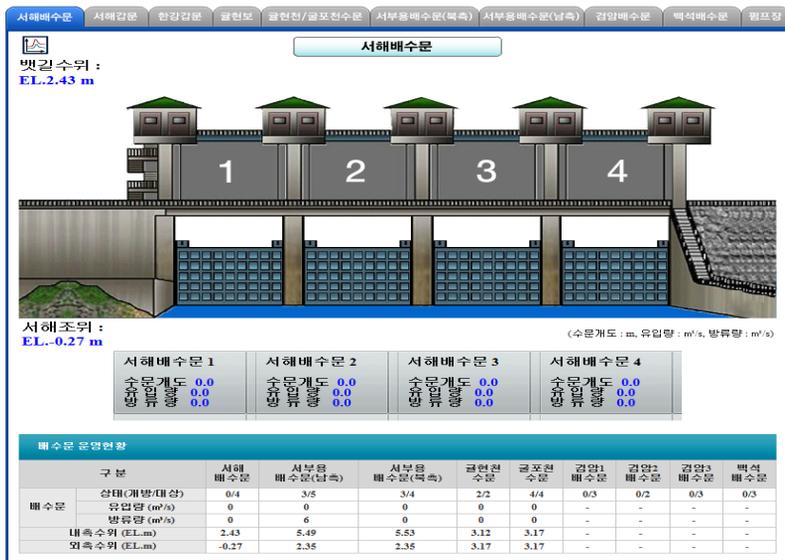


- 현재 펌프장의 가동유무와, 배수문 및 보의 기립 및 도복 여부에 대한 정보를 제공하고 있으며, 굴현보 기립/도복 유무에 따른 유수흐름을 제공함.

펌프장 운영현황								
구 분		수도권매립지	왕길	백석	경서	경서2	신곡양배수	굴포천배수
펌프장	가동/총대수	1/6	1/3	0/4	1/5	0/3	0/5	0/6
	토출량 (m ³ /s)	0	0	0	0	0	0	0
배수문	개방/총문수	1/1	-	-	0/1	-	0/7	0/2
	방류량 (m ³ /s)	0	-	-	0	-	0	0
수조수위 (EL,m)		2.47	1.82	2.68	-0.08	1.49	3.04	3.04
주운수로수위 (EL,m)		2.43	2.43	2.43	2.43	2.43	1	2.84
자료저장시간		19:49	19:49	19:49	19:49	19:49	19:49	19:49

펌프장 운영현황

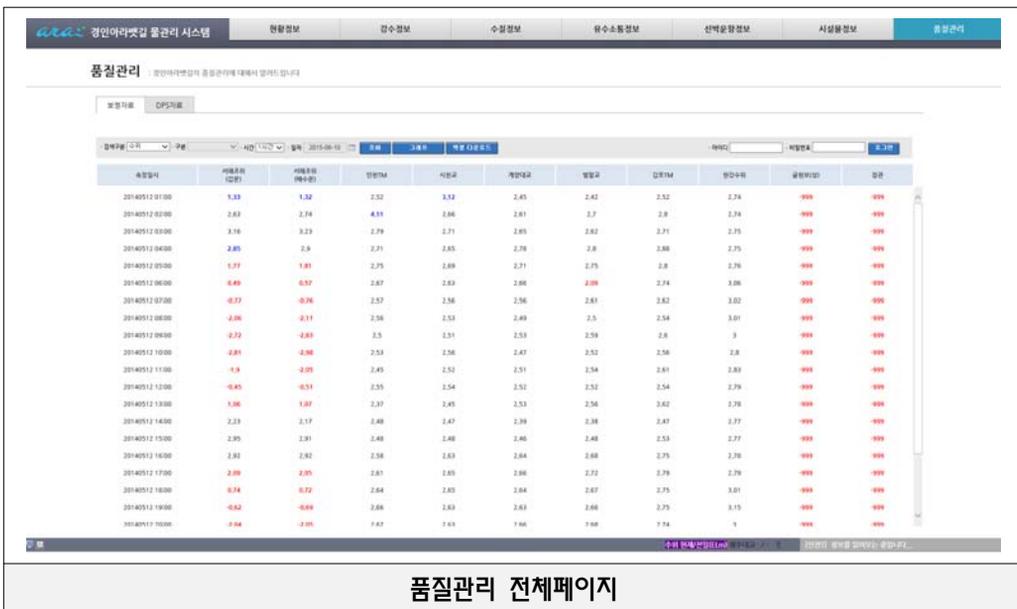
- 펌프장, 배수문의 운영현황 정보에 대해 제공
- 펌프장 : 가동/총대수, 토출량
- 배수문 : 개방/총문수, 방류량
- 수조수위, 주운수로수위, 자료저장시간



배수문 이미지

- 현재 아래벚길에 운영되고 있는 각 배수문의 운영정보를 그림과 표로 제공
- 배수문의 각 문 개도 여부, 유입량, 방류량, 내측수위, 외측수위

다. 품질관리



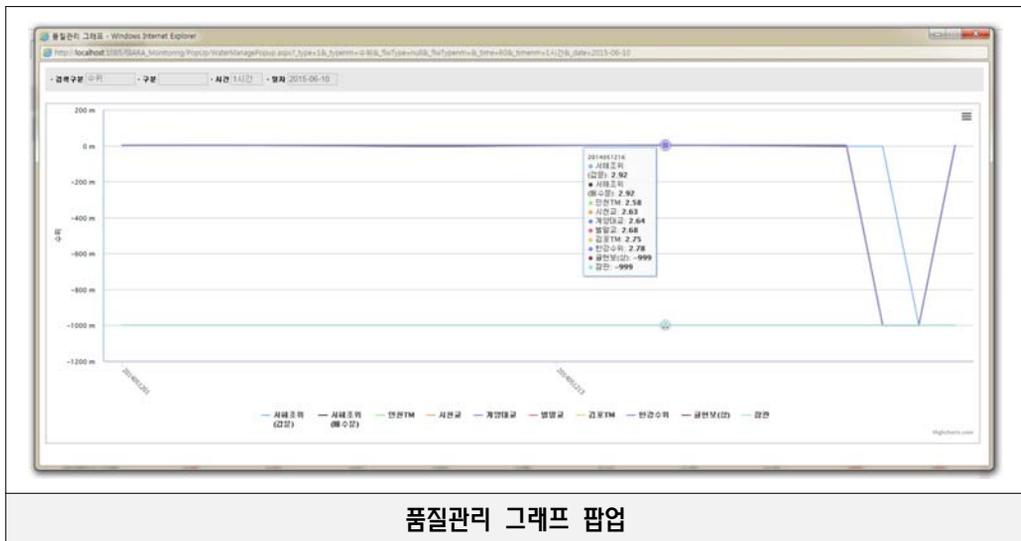
보장자료 DPS자료

검색구분: 수위, 구분: , 시간: 1시간, 날짜: 2015-06-10, 조회, 그래프, 엑셀 다운로드

수위	시계오차 (간격)	시계오차 (현재수위)	시계오차 (기온)	시계오차 (시설물운영)	시계오차 (유량)	시계오차 (유입량)	시계오차 (유출량)	계면대고	법랑고	침포TM	한강수위	굴침차(상)	값
20140512 0100	1.33	1.32	4.11	2.66	2.61	2.42	2.52	2.74	-999	-999			
20140512 0200	2.63	2.74	4.11	2.66	2.61	2.7	2.8	2.74	-999	-999			
20140512 0300	3.16	3.23	2.79	2.71	2.85	2.62	2.71	2.75	-999	-999			
20140512 0400	2.85	2.9	2.71	2.65	2.78	2.8	2.88	2.75	-999	-999			
20140512 0500	1.77	1.81	2.75	2.69	2.71	2.75	2.8	2.76	-999	-999			
20140512 0600	0.49	0.57	2.67	2.63	2.66	2.89	2.74	3.06	-999	-999			
20140512 0700	-0.77	-0.76	2.57	2.56	2.56	2.61	2.62	3.02	-999	-999			
20140512 0800	-2.06	-2.11	2.56	2.53	2.49	2.5	2.54	3.01	-999	-999			
20140512 0900	-2.72	-2.83	2.5	2.51	2.53	2.59	2.6	3	-999	-999			
20140512 1000	-2.81	-2.98	2.53	2.56	2.47	2.52	2.56	2.8	-999	-999			
20140512 1100	-1.9	-2.05	2.45	2.52	2.51	2.54	2.61	2.83	-999	-999			
20140512 1200	-0.45	-0.51	2.55	2.54	2.52	2.52	2.54	2.79	-999	-999			

품질관리 자료 조회

- 각 수집되는 DB 자료에 대한 품질을 관리 할 수 있는 기능을 제공
- ① ‘수위’, ‘강우’, ‘기온’, ‘시설물운영’, ‘유량’, ‘유입량’, ‘유출량’ 중 선택
- ② 시간 간격 설정 (10분, 30분, 1시간)
- ③ 조회기간 설정
- ④ 위 조건 설정 후 ‘조회’ 클릭 시 해당 자료가 조회
- ⑤ ‘그래프’ 버튼 클릭 시 조회된 자료의 차트형식 팝업으로 제공

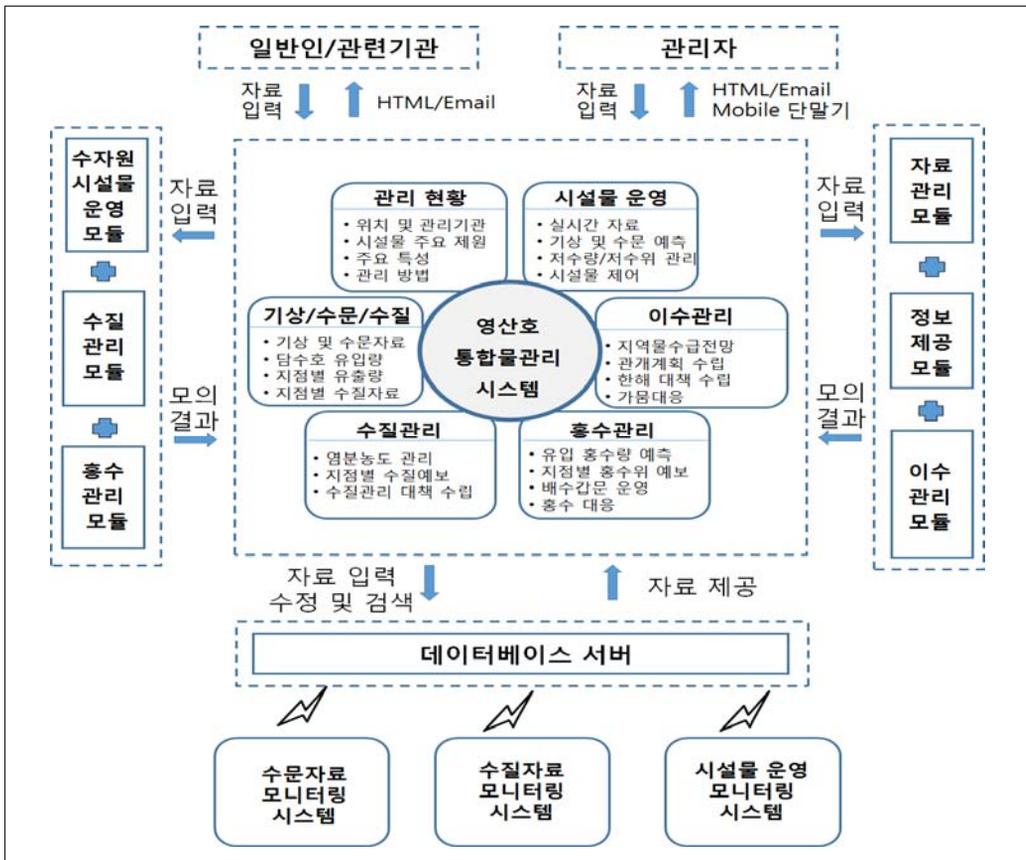


- ⑥ ‘엑셀 다운로드’ 버튼 클릭 시 조회자료가 엑셀로 저장됨. (경로지정가능)

5.3. 영산호 통합물관리시스템

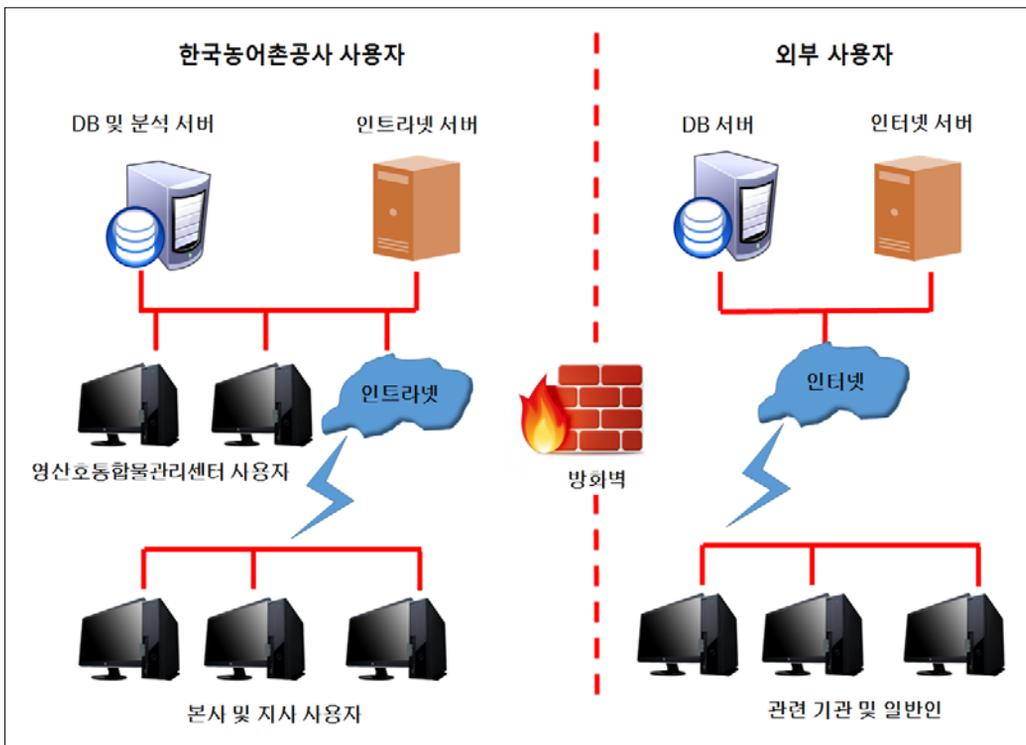
5.3.1. 시스템 모식도

영산호 통합물관리시스템은 아래 그림과 같이 수문자료, 수질자료, 시설물 운영 자료 등을 계측하기 위한 모니터링 시스템, 관리자의 효과적인 영산호 실시간 물관리를 위한 의사결정지원시스템, 일반인 및 관련기관 실무자들과 정보공유를 위한 통합정보시스템으로 구성된다. 모니터링 시스템은 주요지점의 측정자료를 수집하며 이를 실시간으로 데이터베이스 서버에 전송하며, 전송된 자료는 의사결정시스템과 통합정보시스템에서 활용한다. 의사결정지원시스템은 관리자가 영산호의 이수, 홍수, 수질관리를 위한 대책을 수립할 때 필요한 자료들을 제공한다. 통합정보시스템은 일반인들이 영산호의 통합물관리에 대해서 관심을 가지게 하며, 관련기관 관계자들이 각 기관의 임무 수행을 통합적으로 수행하기 위한 정보를 제공한다.



5.3.2. 하드웨어 구성도

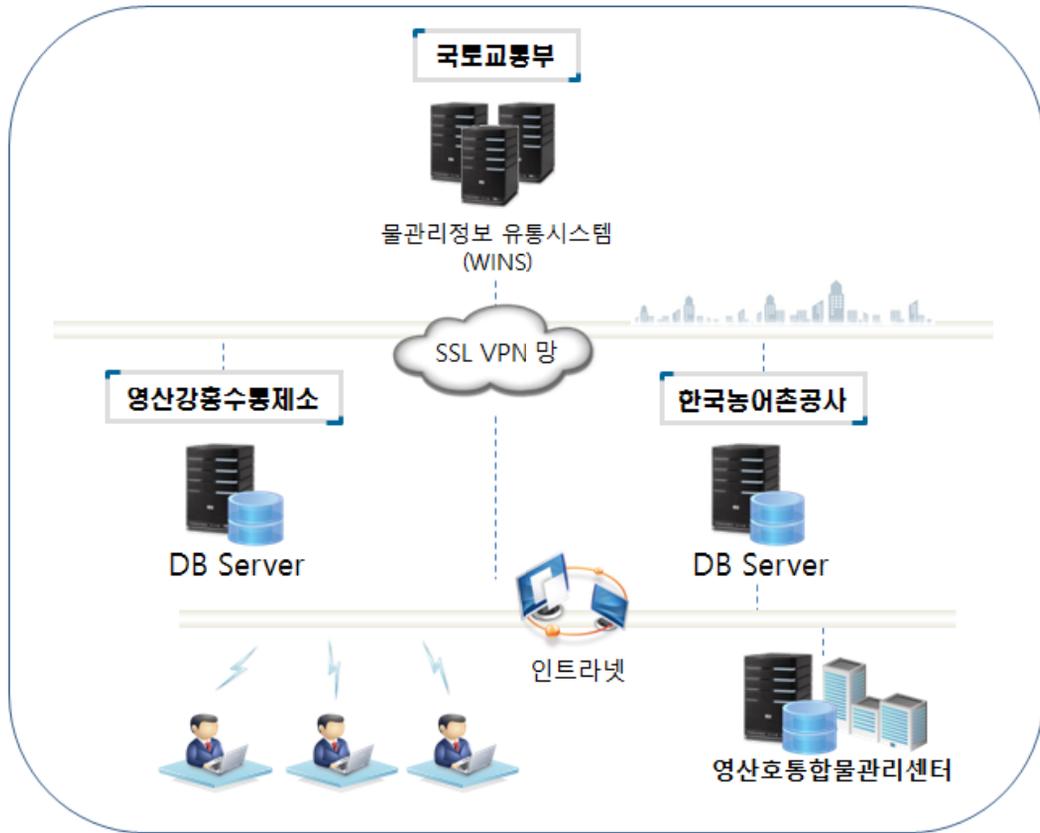
영산호 통합물관리시스템의 하드웨어는 아래 그림과 같이 한국농어촌공사 사용자와 외부사용자를 구분하여 구축한다. 한국농어촌공사 사용자 중 영산호 통합물관리센터 직원은 DB 및 분석 서버에 직접 연결되어 시스템을 조작할 수 있으며, 본사와 지사 사용자는 인트라넷으로 시스템에 연결할 수 있다. 관련 기관 종사자나 일반인은 외부사용자로서 영산호 통합물관리시스템에서 제공하는 통합정보시스템의 자료들을 인터넷을 통하여 검색이 가능하도록 한다.



5.3.3. 데이터 연계

가. 외부 유관기관 자료연계

영산호 통합 물관리를 위한 자료 연계방법으로 한국농어촌공사와 국토부 산하 영산강홍수통제소의 데이터를 WINS를 통한 연계 방법이 있으며, 추후 영산강 홍수통제소와 관련 연계데이터의 세부 내용에 관해서는 업무 협의가 필요하다.



※ SSL : 월드 와이드 웹 브라우저와 웹 서버 간에 데이터를 안전하게 주고 받기 위한 업계 표준 프로토콜. 미국 넷스케이프 커뮤니케이션스사가 개발했고, 마이크로소프트사 등 주요 웹 제품 업체가 채택하고 있다. SSL은 웹 제품뿐만 아니라 파일 전송 규약(FTP) 등 다른 TCP/IP 애플리케이션에 적용할 수 있으며, 인증 암호화 기능이 있다. 인증은 웹 브라우저와 웹 서버 간에 서로 상대의 신원을 확인하는 기능이다. 암호화 기능을 사용하면 주고받는 데이터가 인터넷상에서 도청되는 위험성을 줄일 수 있다.

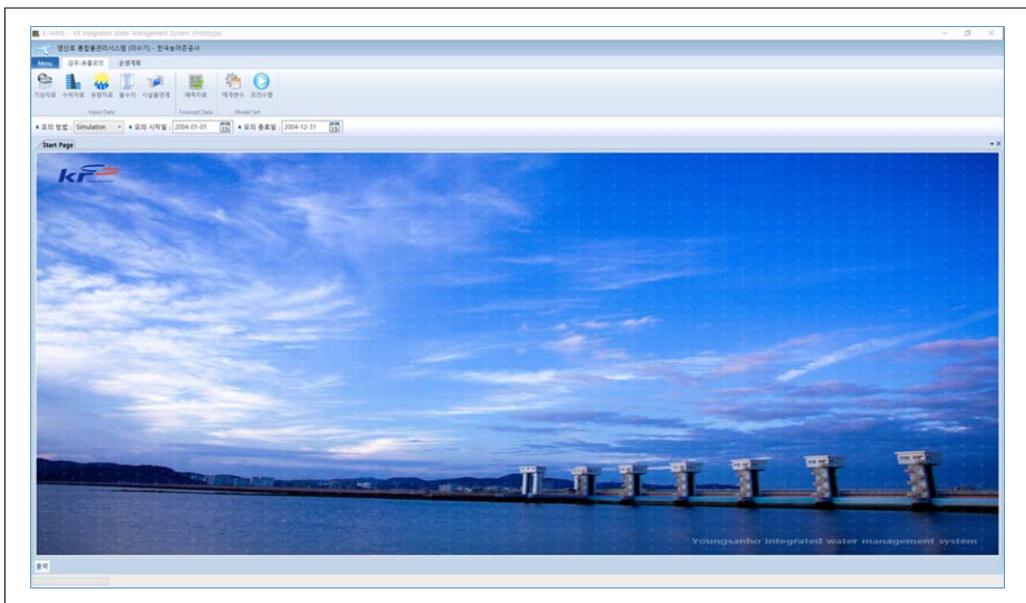
5.4. 시스템 프로토타입

5.4.1. 영산호 통합물관리시스템 프로토타입

가. 시스템 개요

영산호 홍수관리 의사결정지원시스템의 홍수관리 모형 시스템은 강우와 수위자료를 이용하여 상류 유역에서 발생하는 홍수량을 예측하고, 홍수 유입에 따른 주요지점들 및 영산호의 수위변화, 담수호 방류로 인한 영향 등을 예측하여 영산호 내에서 발생할 홍수상황을 사전에 예측하여 홍수배제를 위한 대책을 수립하도록 하는 기능을 수행한다. 홍수관리 모형 시스템의 구성은 유역 홍수량 계산모형, 부정류 계산모형, 조위예측모형, 배수갑문 운영모형, 담수호 연계운영 모형 등으로 구성되어 있다.

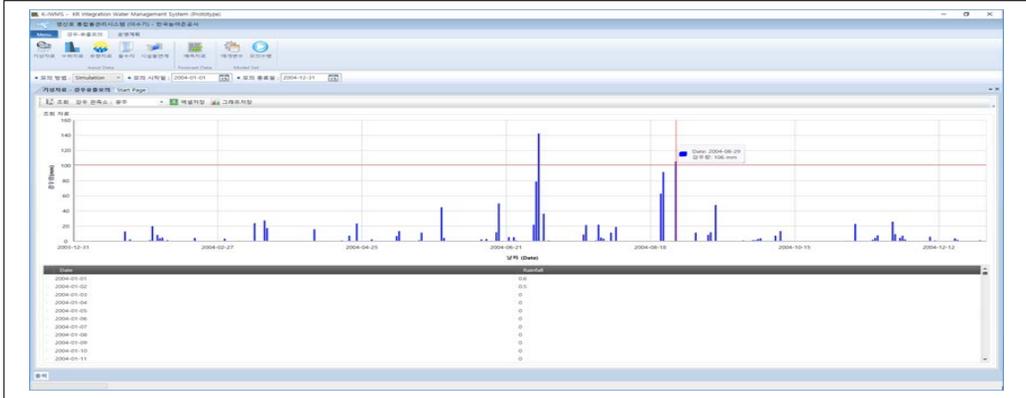
본 용역에서 개발한 프로토타입은 유관기관 시스템들을 분석하여 참고하였으며, 이수/홍수 관리모형에서의 입력자료인 기상자료, 수위자료, 유량자료, 물수지 자료, 시설물 연계 자료, 예측자료 등을 구성하여 모형수행, 모의 결과 확인까지 일련의 모의 프로세스를 구현하였다. 프로토타입 User Interface는 .NET WPF 기술을 이용하여 개발하였고 리본 메뉴를 이용함으로써 여러 메뉴 정보에 대해서 효율적으로 관리 및 추가 할 수 있도록 구성하였다.



<그림 5.4-1> 영산호 통합물관리시스템 주화면

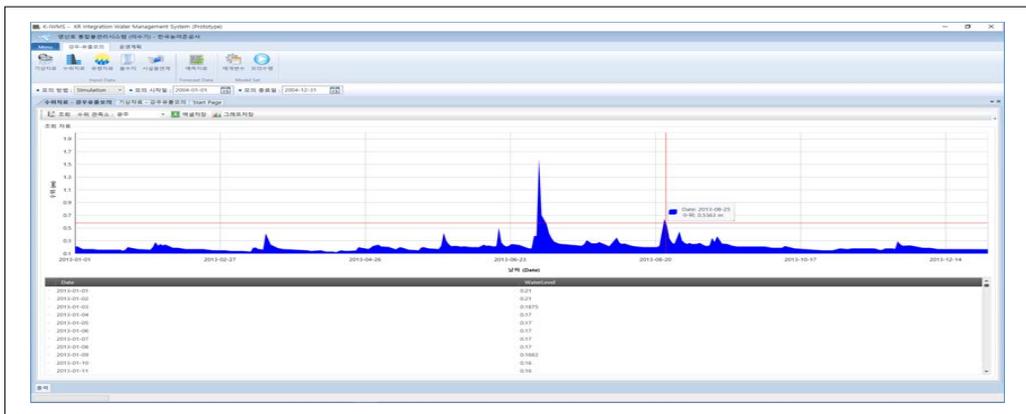
나. 이수기 모형시스템

1) 기상자료



기상자료 화면에서는 각 기상 관측 지점의 강우정보를 표출하고 있으며, 프로토 타입에서는 파일 기반으로 데이터를 불러오고 있다. 화면에서 보이고 있는 데이터는 국가 수자원관리종합정보 시스템에서 다운 받은 2014년 영산강 유역의 광주 관측소 데이터를 표출하고 있으며, 화면 부가기능으로는 조회 자료의 데이터를 엑셀 및 그래프로 저장할 수 있으며, 검토정을 통해 자료를 수정하여 모의의 입력자료로 사용할 수 있도록 구성하였다. 본 기능 구성하기 위해서는 실시간 기상자료의 데이터베이스 연계 및 수집이 가능해야 한다.

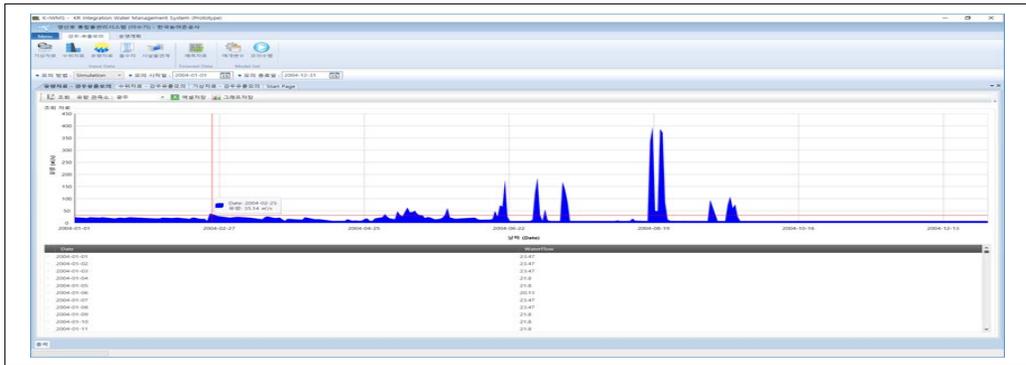
2) 수위자료



수위자료 화면에서는 각 수위 관측 지점의 수위정보를 표출하고 있으며, 프로토 타입에서는 파일 기반으로 데이터를 불러오고 있다. 화면에서 보이고

있는 데이터는 국가 수자원관리종합정보 시스템에서 다운 받은 2014년 영산강 유역의 광주 관측소 데이터를 표출하고 있으며, 화면 부가기능으로는 조회 자료의 데이터를 엑셀 및 그래프로 저장할 수 있으며, 검보정을 통해 자료를 수정하여 모의의 입력자료로 사용할 수 있도록 구성하였다. 본 기능 구성하기 위해서는 실시간 수위자료의 데이터베이스 연계 및 수집이 가능해야 한다.

3) 유량자료



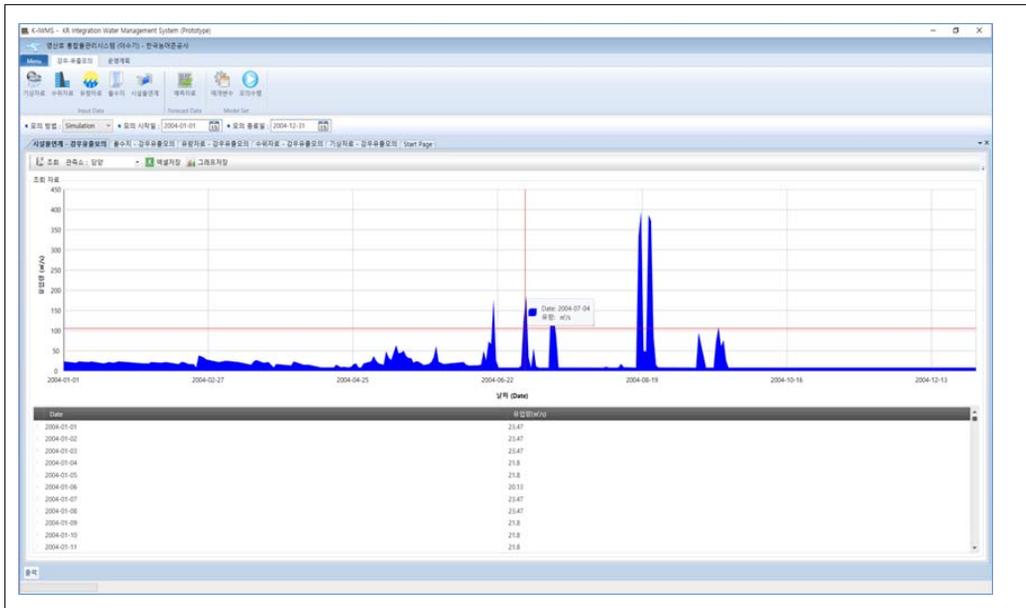
유량자료 화면에서는 각 유량 관측 지점의 유량정보를 표출하고 있으며, 프로토타입에서는 파일 기반으로 데이터를 불러오고 있다. 화면에서 보이고 있는 데이터는 국가 수자원관리종합정보 시스템에서 다운 받은 2004년 영산강 유역의 광주 관측소 데이터를 표출하고 있으며, 화면 부가기능으로는 조회 자료의 데이터를 엑셀 및 그래프로 저장할 수 있으며, 검보정을 통해 자료를 수정하여 모의의 입력자료로 사용할 수 있도록 구성하였다. 본 기능 구성하기 위해서는 실시간 유량자료의 데이터베이스 연계 및 수집이 가능해야 한다.

4) 물수지 자료

날짜 (Date)	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
2004-01-01	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-02	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-03	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-04	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-05	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-06	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-07	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-08	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-09	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-10	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-11	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-12	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-13	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-14	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-15	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-16	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-17	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-18	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-19	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-20	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-21	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-22	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-23	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-24	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-25	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-26	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-27	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-28	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-29	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
2004-01-30	0.77	1.31	0.51	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67

물수지 화면에서는 각 물수지 지점의 생활용수, 농업용수, 공업용수 자료를 표출하고 있으며, 프로토 타입에서는 파일 기반으로 1년치가 데이터를 불러와 표출하고 있다. 화면 부가기능으로는 조회 자료의 데이터를 엑셀 및 그래프로 저장할 수 있으며, 검토정을 통해 자료를 수정하여 모의의 입력자료로 사용할 수 있도록 구성하였다. 본 기능을 구성하기 위해서는 실시간 유량자료의 데이터베이스 연계 및 수집이 가능해야 한다.

5) 시설물 연계



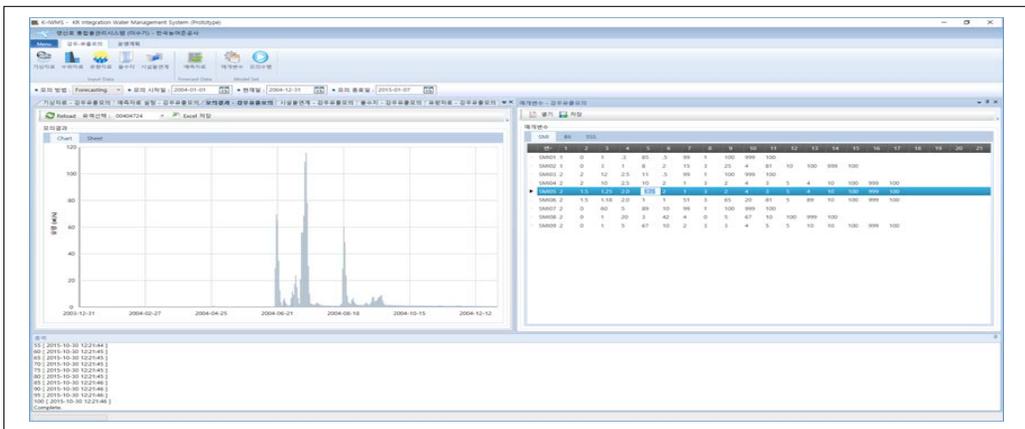
시설물 연계 화면에서는 지정 시설물 연계지점의 유입량(m³/sec) 자료를 표출하고 있으며, 프로토 타입에서는 파일 기반으로 1년치가 데이터를 불러와 표출하고 있다. 화면 부가기능으로는 조회 자료의 데이터를 엑셀 및 그래프로 저장할 수 있으며, 검토정을 통해 자료를 수정하여 모의의 입력자료로 사용할 수 있도록 구성하였다. 본 기능 구성하기 위해서는 연계지점의 실시간 유입량자료의 데이터베이스 연계 및 수집이 가능해야 한다.

6) 예측자료 설정



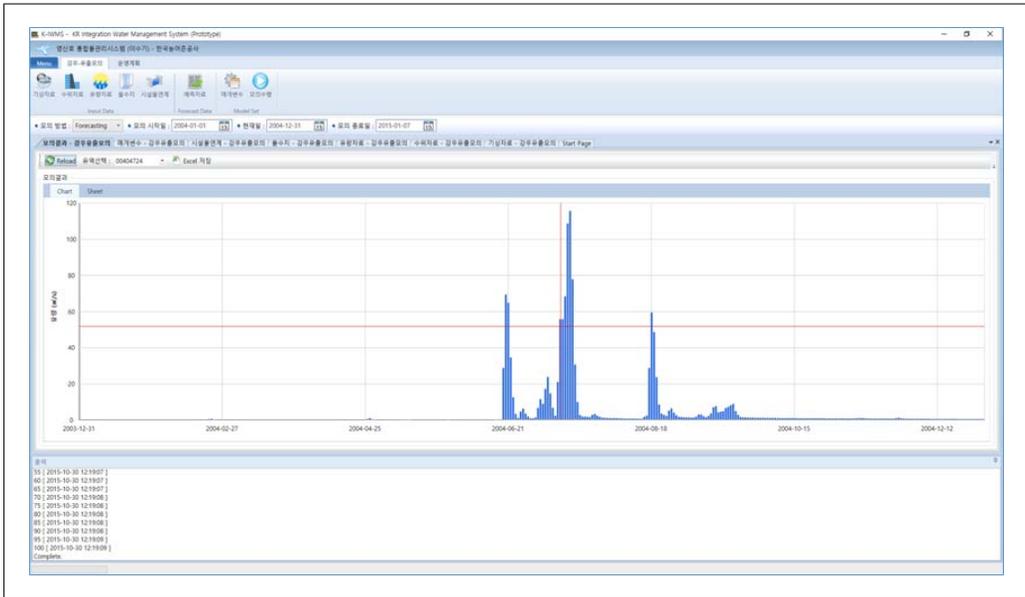
본 프로토 타입은 모의 방법을 Simulation, Forecast 모드로 구분하였으며, Simulation 모드는 매개변수 검/보정을 위한 모드이며, Forecast 모드는 검/보정을 통한 매개변수로 정해진 기간에 대해 지점별 유량 값을 예측한다. 기상자료, 수위자료, 유량자료 등의 입력자료의 예측기간에 해당하는 부분의 자료를 입력 할 수 있도록 구성하였다.

7) 모형 매개변수 설정



매개변수 설정은 모형의 dat 파일을 로드하여 User Interface에서 수정할 수 있으며, 구성된 입력자료로 매개변수만 변경하여 모의를 반복 수행할 수 있도록 구성하여 검/보정을 효율적으로 할 수 있도록 하였다.

8) 모의 결과



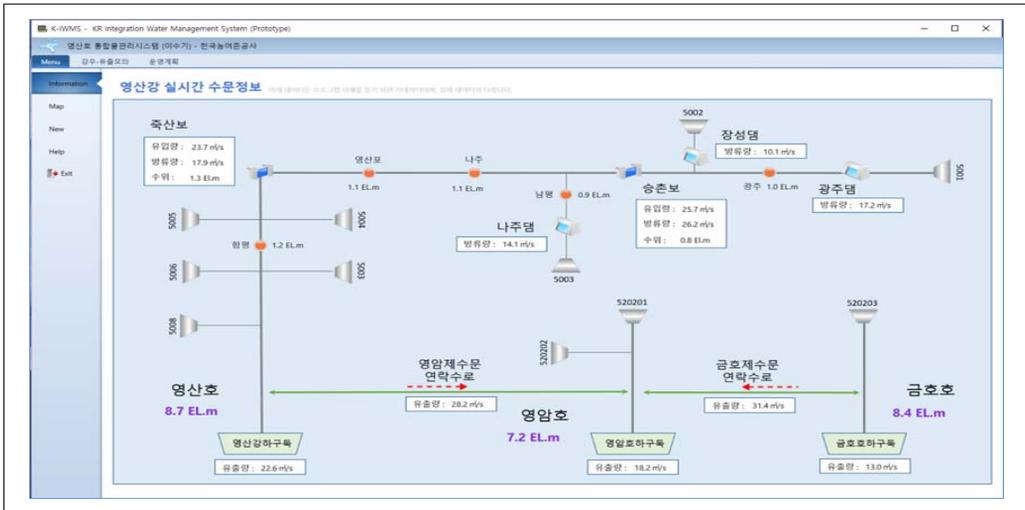
출력

55	[2015-10-30 12:21:44]
60	[2015-10-30 12:21:45]
65	[2015-10-30 12:21:45]
70	[2015-10-30 12:21:45]
75	[2015-10-30 12:21:45]
80	[2015-10-30 12:21:46]
85	[2015-10-30 12:21:46]
90	[2015-10-30 12:21:46]
95	[2015-10-30 12:21:46]
100	[2015-10-30 12:21:46]

Complete

모의 결과는 Chart와 Sheet로 표출하고 있으며, 엑셀 및 그래프 저장, 클립보드 복사 등의 기능을 통하여 보고서 작성 및 업무에 활용 할 수 있도록 구성하였다.

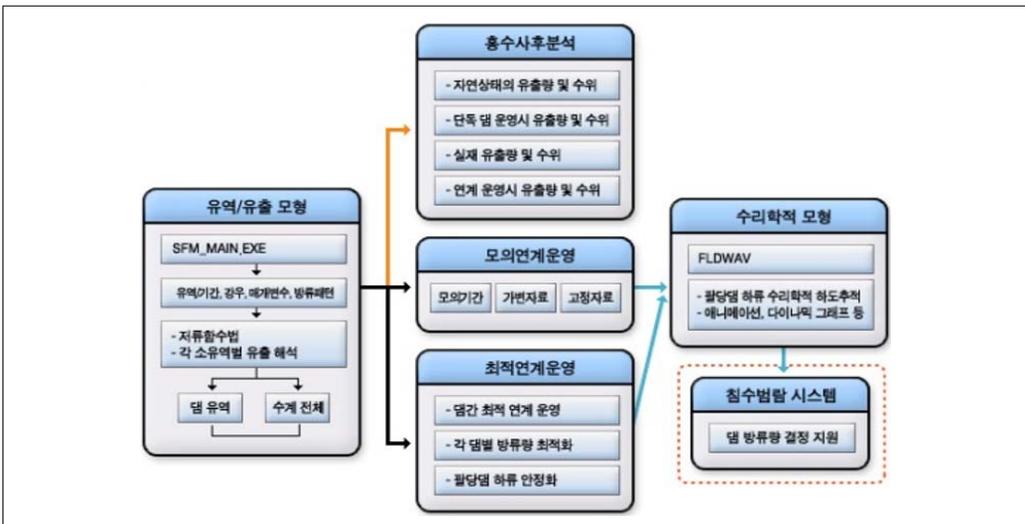
9) 수문정보 모니터링



실시간 수문정보 화면은 모니터링 화면으로 영산강 유역의 모식도에 실시간 수문정보를 로드하여 표출할 수 있도록 구성하였다. 본 기능을 구현하기 위해서는 각 주요 지점의 선정 및 실시간 수문정보 데이터베이스 연계 및 수집이 필요하다.

다. 홍수분석 시스템

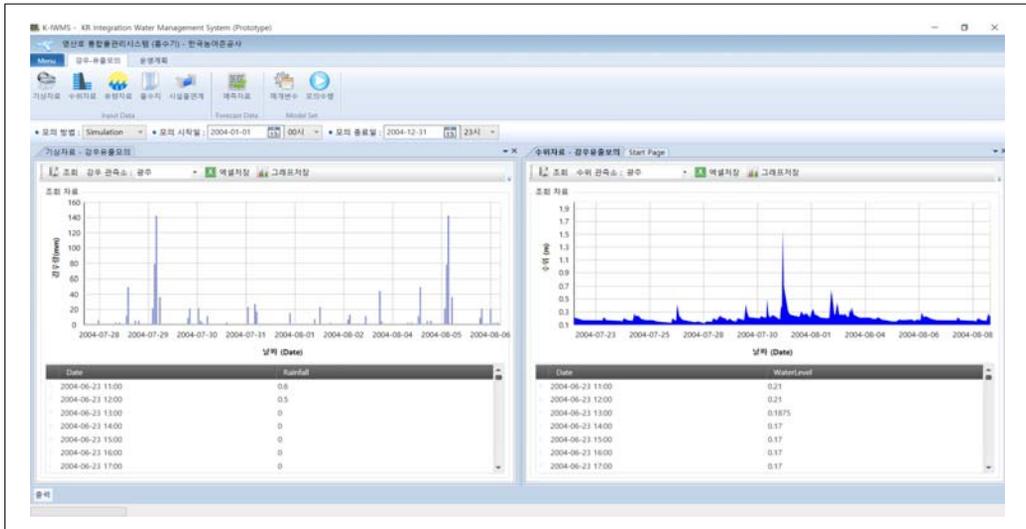
1) 시스템 개요



홍수 분석시스템은 홍수모형의 입력자료를 구성하여 매개변수 변경, 모형 수행, 모의결과 확인으로 프로세스는 이수모형시스템과 동일하며, 입력자료와 모의 결과는 시계열로 구성되어 있다.



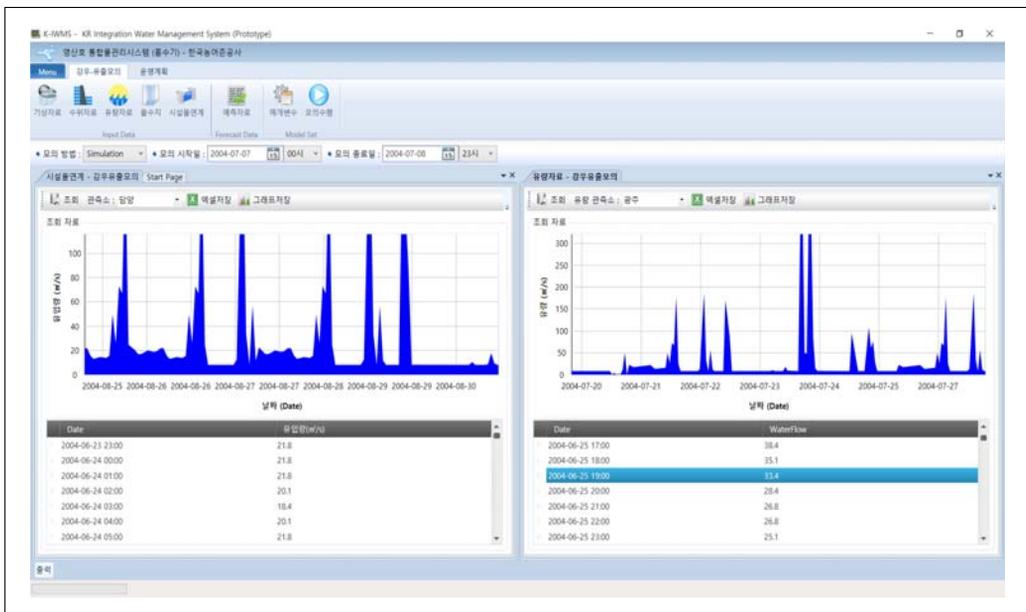
2) 기상자료, 수위자료



기상자료, 수위자료 화면에서는 각 관측 지점의 강우, 수위정보를 표출하고 있으며, 프로토 타입에서는 파일 기반으로 데이터를 불러오고 있다. 화면에서

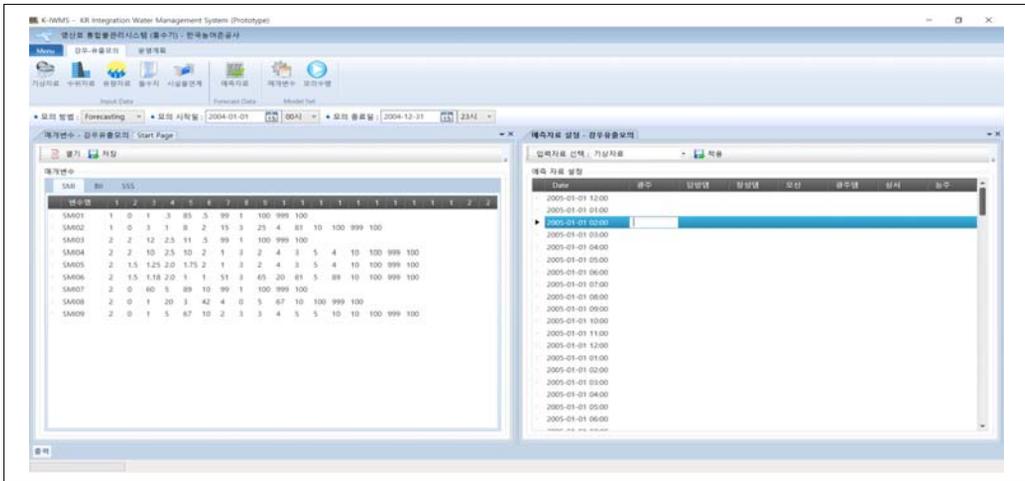
보이고 있는 데이터는 국가 수자원관리종합정보 시스템에서 다운 받은 2014년 영산강 유역의 광주 관측소 데이터를 가공하여 시계열로 표출하고 있으며, 화면 부가기능으로는 조회 자료의 데이터를 엑셀 및 그래프로 저장할 수 있으며, 검보정을 통해 자료를 수정하여 모의의 입력자료로 사용할 수 있도록 구성하였다. 본 기능 구성하기 위해서는 실시간 시계열 기상, 수위 자료의 데이터베이스 연계 및 수집이 가능해야 한다.

3) 유량자료, 시설물 연계



유량자료 화면에서는 각 유량 관측 지점의 유량정보를 표출하고 있으며, 프로토 타입에서는 파일 기반으로 데이터를 불러오고 있다. 화면에서 보이고 있는 데이터는 국가 수자원관리종합정보 시스템에서 다운 받은 2004년 영산강 유역의 광주 관측소 일 데이터를 시계열로 가공하여 가데이터를 표출하고 있으며, 화면 부가기능으로는 조회 자료의 데이터를 엑셀 및 그래프로 저장할 수 있으며, 검보정을 통해 자료를 수정하여 모의의 입력자료로 사용할 수 있도록 구성하였다. 시설물 연계 화면에서는 지정 시설물 연계지점의 유입량(m³/sec) 자료를 표출하고 있으며, 프로토 타입에서는 파일 기반으로 시계열 가 데이터를 불러와 표출하고 있다. 본 기능 구성하기 위해서는 실시간 시계열 유량자료의 데이터베이스 연계 및 수집이 가능해야 한다.

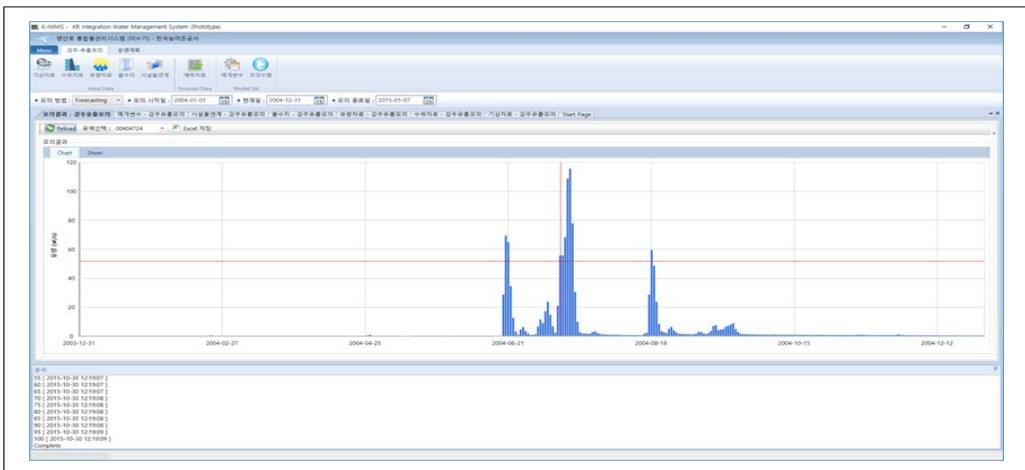
4) 매개변수, 예측자료 설정

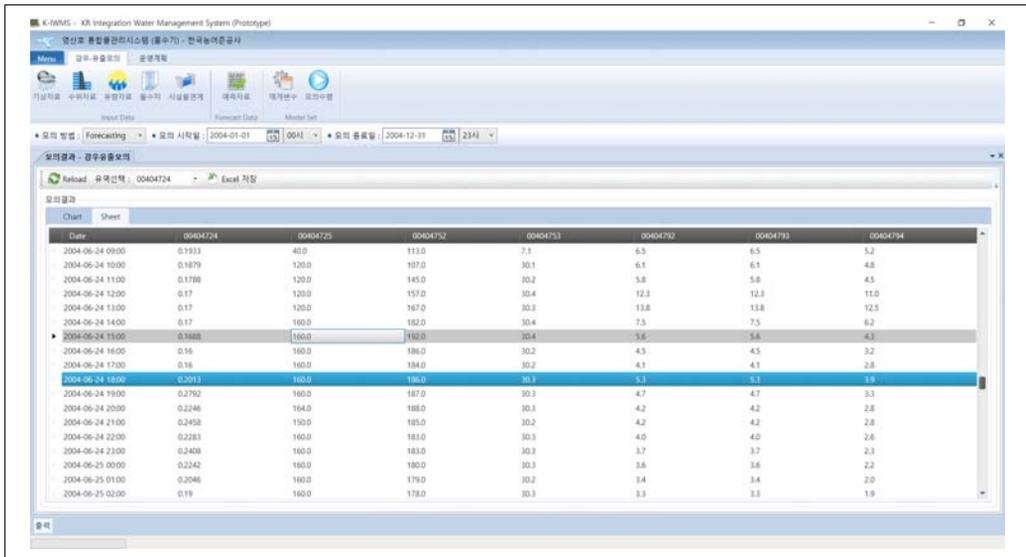


본 프로토 타입은 모의 방법을 Simulation, Forecast 모드로 구분하였으며, Simulation 모드는 매개변수 검/보정을 위한 모드이며, Forecast 모드는 검/보정을 통한 매개변수로 정해진 기간에 대해 지점별 유량 값을 단기 예측한다. 기상자료, 수위자료, 유량자료 등의 입력자료의 예측기간에 해당하는 부분의 시계열 데이터를 입력 및 수정을 할 수 있도록 구성하였다.

매개변수 설정은 모형의 dat 파일을 로드하여 User Interface에서 수정 할 수 있으며, 구성된 입력자료로 매개변수만 변경하여 모의를 반복 수행 할 수 있도록 구성하여 검/보정을 효율적으로 할 수 있도록 하였다.

5) 모의결과





홍수기 분석 시스템에서는 모의 결과는 Chart와 Sheet로 1시간 간격으로 표출하여 홍수기 업무에 활용할 수 있도록 구성하였으며, 이외 엑셀 및 그래프 저장, 클립보드 복사 등의 기능을 통하여 보고서 작성 및 업무에 활용할 수 있도록 구성하였다.

6) DB 테이블 구조 설계 및 활용체계 구축

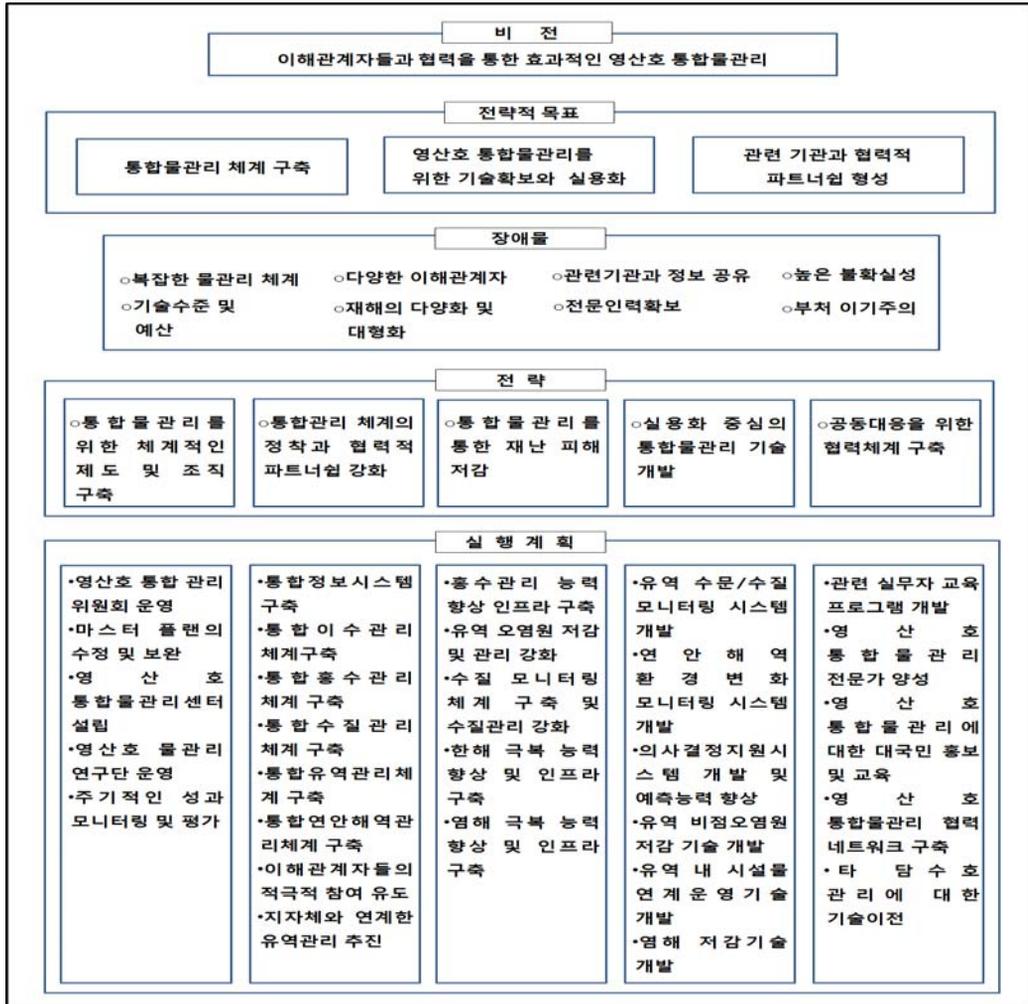
홍수분석모형 입출력에 필요한 DB 테이블을 구축하고 영산강 홍수통제소에서 개발하는 실시간 물관리시스템의 원활한 활용을 위한 DB체계를 마련한다.

- 1) 홍수분석모형 DB 테이블 구축
 - 홍수분석모형 입력자료
 - 홍수분석모형 분석결과
- 2) 실시간 물관리시스템 DB 활용체계 구축
 - 실시간 물관리시스템 DB 구조 분석
 - 활용체계 구축

홍수분석모형에 활용될 수 있도록 영산강 수계 수질측정 자료 등의 항목에 대해 DB 테이블 구조를 설계하고 구축한다. 영산강홍수통제소에서 물관리시스템을 영산호 통합물관리센터 내에서 원활히 사용할 수 있도록 DB 활용체계를 구축한다.

제 6 장 영산강 담수호 물관리 마스터플랜 수립 방안

6.1. 영산호 통합물관리시스템 구축을 위한 마스터 플랜



영산호 통합물관리시스템 구축을 위한 마스터 플랜은 관련 실무자들에 대한 설문조사, 관련 여건 분석, 문헌 조사 등을 통하여 영산호 물관리의 문제점을 파악하고 향후 발전 방향을 수립하여 개발하였다.

마스터 플랜의 비전은 이해관계자들과의 협력을 통한 효과적인 영산호 통합 물관리로 하였다. 비전을 달성하기 위한 전략적 목표는 통합물관리체계 구축, 영산호 통합물관리를 위한 기술확보와 실용화, 관련 기관과 협력적 파트너십 형성 등이다. 전략적 목표를 달성하는데 장애물로는 복잡한 물관리 체계, 다양한

이해관계자, 관련기관과 정보 공유, 높은 불확실성, 기술수준 및 예산, 재해의 다양화와 대형화, 전문인력 확보, 부처 이기주의 등이다. 장애물을 극복하기 위한 추진전략은 통합관리를 위한 체계적인 제도 및 조직 구축, 통합관리체계 정착과 협력적 파트너십 강화, 통합물관리를 통한 재난 피해 저감, 영산호 통합물관리를 위한 실용화 기술 개발, 공동대응을 위한 협력 체계 구축 등이다.

각 추진전략을 구체적으로 시행하기 위한 실행계획을 살펴보면, 통합관리를 위한 체계적인 제도 및 조직 구축을 위한 실행계획으로는 영산호 통합 관리 위원회 운영, 마스터 플랜의 수정 및 보완, 영산호 통합물관리센터 설립, 영산호 물관리 연구단 운영, 주기적인 성과 모니터링 및 평가 등이 포함된다. 통합관리체계 정착과 협력적 파트너십 강화를 위한 실행계획으로는 통합정보시스템 구축, 통합이수관리 체계구축, 통합홍수관리 체계 구축, 통합수질관리 체계 구축, 통합유역관리체계 구축, 통합연안해역관리체계 구축, 이해관계자들의 적극적 참여 유도, 지자체와 연계한 유역관리 추진 등이 포함된다. 통합물관리를 통한 재난 피해 저감을 위한 실행계획으로는 홍수관리 능력 향상 인프라 구축, 유역 오염원 저감 및 관리 강화, 수질 모니터링 체계 구축 및 수질관리 강화, 한해 극복 능력 향상 및 인프라 구축, 염해 극복 능력 향상 및 인프라 구축이 포함된다. 영산호 통합물관리를 위한 실용화 기술 개발을 위한 실행계획으로는 유역 수문/수질 모니터링 시스템 개발, 연안해역 환경변화 모니터링 시스템 개발, 의사결정지원시스템 개발 및 예측능력 향상, 유역 비점오염원 저감 기술 개발, 유역 내 시설물 연계운영 기술 개발, 염해 저감기술 개발 등이 포함된다. 공동대응을 위한 협력 체계 구축을 위한 실행계획으로는 관련 실무자 교육 프로그램 개발, 영산호 통합물관리 전문가 양성, 영산호 통합물관리에 대한 대국민 홍보 및 교육, 영산호 통합물관리 협력 네트워크 구축, 타 담수호에 관리에 대한 기술이전 등이 포함된다.

6.2. 실행계획별 추진과제



〈그림 6.2-1〉 추진전략별 과제

(표 6.2-1) 추진전략별 과제 및 세부과제

추진전략	추진과제	세부과제
1. 통합관리를 위한 체계적인 제도 및 조직 구축	M1. 영산호 통합물관리위원회 설치 및 운영	영산호 통합물관리위원회 설치
		영산호 통합물관리위원회 운영
		영산호 통합물관리센터 운영
		영산호 통합물관리연구단 운영
	M2. 성과 모니터링 및 평가	마스터플랜 수정 및 보완
		주기적인 성과 모니터링 성과 평가 및 반영
2. 통합관리체계 정착과 협력적 파트너십 강화	M3. 통합정보시스템 구축	통합정보시스템 구축 및 자료 제공
	M4. 영산호 통합물관리 체계 구축	통합이수관리 체계 구축
		통합홍수관리 체계 구축
		통합수질관리 체계 구축
		통합유역관리 체계 구축
	통합연안해역관리 체계 구축	
M5. 참여형 의사결정프로세스 구축	이해관계자의 참여 유도 지자체와 연계한 유역관리 사업 추진	
3. 통합물관리를 통한 재난 피해 저감	M6. 한해관리	한해극복 능력 향상 및 인프라 구축
	M7. 홍수관리	홍수관리 능력 향상 및 인프라 구축
	M8. 수질관리	수질 모니터링 체계 구축 및 수질관리 강화
		유역 오염원 저감 및 관리 강화
M9. 염해관리	염해극복 능력 향상 인프라 구축	
4. 영산호 통합물관리를 위한 실용화 기술 개발	M10. 의사결정지원시스템 개발	의사결정지원시스템 개발
		모형의 예측능력 향상
		유역 내 시설물 연계운영 기술 개발
	M11. 모니터링 시스템 개발	연안해역 환경변화 모니터링 시스템 구축
		유역 수문/수질 모니터링 시스템 개발
	M12. 수질관리 기술 개발	유역 비점오염원 저감기술 개발 및 적용
M13. 염해저감 기술 개발	염해 저감기술 개발 및 적용	
M14. 연안해역영향평가	방류에 따른 영향평가 기법 개발 및 적용	
5. 공동대응을 위한 협력 체계 구축	M15. 교육 프로그램 개발	관련실무자 교육 프로그램 개발
		영산호 통합물관리 전문가 양성
		영산호 물관리에 대한 대국민 홍보 및 교육
	M16. 협력 네트워크 구축 및 교류	영산호 물관리 협력 네트워크 구축
타 담수호 물관리에 대한 기술 이전		



<그림 6.2-2> 3개호 관리를 위한 마스터 플랜 개념도

6.3. 추진과제별 정의 및 추진체계

6.3.1. 영산호 통합물관리위원회 설치 및 운영

이 과제는 영산호 물관리시스템을 구축한 후 시스템의 효과적인 운영을 위해서 필요한 영산호 통합물관리위원회를 설치 및 운영하기 위한 구체적인 방법을 제시하고 실제 위원회를 설치하기 위한 것이다. 영산강 유역의 물관리에는 많은 이해관계자들이 있으며, 이들을 영산호 통합물관리위원회에 적극적으로 참여할 수 있도록 조직과 기능, 운영방법 등을 구체적으로 제시한다. 이 과제를 추진하기 위한 세부과제로는 영산호 통합물관리위원회 설치, 영산호 통합물관리위원회 운영, 영산호 통합물관리센터 운영, 영산호 통합물관리연구단 운영 등이 있다.

(표 6.3-1) 영산호 통합물관리위원회 설치 및 운영 추진체계

추진과제	추진일정		
	단기	중기	장기
<ul style="list-style-type: none"> • 영산호 통합물관리위원회 설치 <ul style="list-style-type: none"> - 조직, 기능 협의 및 확정 - 운영방법 협의 및 확정 			
<ul style="list-style-type: none"> • 영산호 통합물관리위원회 운영 <ul style="list-style-type: none"> - 위원회 운영을 통한 의사결정 기구화 - 다자간 통합물관리 운영 			
<ul style="list-style-type: none"> • 영산호 통합물관리센터 운영 <ul style="list-style-type: none"> - 통합물관리센터 설립 - 기술적 분석 체계 구축 및 운영 			
<ul style="list-style-type: none"> • 영산호 통합물관리연구단 운영 <ul style="list-style-type: none"> - 민원해결방안 연구 및 실용화 - 미래 기술 개발 및 운영의 효율화 방안 제시 			

6.3.2. 성과 모니터링 및 평가

이 과제는 영산호 통합물관리 시스템을 운영하면서 발생하는 문제점을 파악하기 위하여 성과를 모니터링하고 주기적으로 평가하기 위한 것이다. 영산호 통합물관리를 통해서 발생하는 영향들은 장기적으로 유역 및 외해에서 나타나기 때문에 유역 및 해역에 발생하는 변화들을 반영하여 마스터 플랜을 수정 및 보완하고, 새로운 운영 방법을 도입해야한다. 특히 사회-경제적 변화, 생태계 변화, 선호도 변화 등으로 반영하여 관련 정책 및 제도를 수정하고 보다 효과적인

영산호 통합물관리 체계를 구축한다. 이 과제를 추진하기 위한 세부과제로는 마스터플랜 수정 및 보완, 주기적인 성과 모니터링, 성과 평가 및 반영 등이 있다.

(표 6.3-2) 성과 모니터링 및 평가 추진체계

추진과제	추진일정		
	단기	중기	장기
<ul style="list-style-type: none"> • 모니터링 체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 시스템 운영 문제점 제시 - 주기적 평가 수행 			
<ul style="list-style-type: none"> • 내외해 영향 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 유역 변화 분석 - 해역 변화 분석 			
<ul style="list-style-type: none"> • 성과분석 및 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 사회·경제적 변화, 생태계 변화, 선호도 변화 분석 - 정책 및 제도 수정 보완 제시 			

6.3.3. 통합정보시스템 구축

이 과제는 영산호 통합물관리시스템에서 일반인 및 관련 실무자들에게 영산호 운영과 관련된 정보를 제공하기 위한 통합정보시스템은 구축하기 위하여 추진하는 것이다. 통합정보시스템은 인터넷을 사용하여 정보를 제공하며, 영산호 물관리와 관련된 자료, 한해관리, 홍수관리, 수질관리 대책 등을 제공한다. 이해관계자들은 통합정보시스템에서 제공되는 정보와 대책들을 바탕으로 자신들의 활동을 수행한다. 이 과제를 추진하기 위한 세부과제로는 통합정보시스템 구축 및 자료 제공이 있다.

(표 6.3-3) 통합정보시스템 구축 추진체계

추진과제	추진일정		
	단기	중기	장기
<ul style="list-style-type: none"> • 통합정보시스템 자료 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 강우량, 수위, 방류량, 유입량 등 - 시설물 정보 - 운영 정보 			
<ul style="list-style-type: none"> • 통합정보시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 한해관리 - 홍수관리 - 수질관리 대책 			

6.3.4. 영산호 통합물관리 체계 구축

이 과제는 영산호 통합물관리를 이수, 치수, 수질관리 등을 고려하여 보다 효과적으로 수행하기 위하여 필요한 체계를 구축하기 위한 것이다. 통합물관리를 위하여 관련기관들과 긴밀한 협조관계를 구축하고 실시간 관련 정보를 교환한다. 또한 홍수량 및 오염원 저감을 실시하고 이의 효과를 극대화하기 위하여 지자체 등과 협의를 통하여 유역관리를 실시한다. 영산호, 영암호, 금호호 등의 배수갑문 운영으로 인하여 외해에서 발생하는 환경변화를 파악하고 피해를 저감하기 위해서 통합연안해역관리 체계도 구축되어야 한다. 이 과제를 추진하기 위한 세부과제로는 통합이수관리 체계 구축, 통합홍수관리 체계 구축, 통합수질관리 체계 구축, 통합유역관리 체계 구축, 통합연안해역관리 체계 구축 등이 있다.

(표 6.3-4) 영산호 통합물관리 체계 구축 추진체계

추진과제	추진일정		
	단기	중기	장기
<ul style="list-style-type: none"> • 이수관리체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 이수모형에 의한 유입량 산정 신뢰도 향상 - 이수측면 영산호, 영암호, 금호호 등의 배수갑문 운영 			
<ul style="list-style-type: none"> • 치수관리체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 홍수량 저감 방안 및 홍수량 산정 신뢰도 향상 - 치수측면 영산호, 영암호, 금호호 등의 배수갑문 운영 			
<ul style="list-style-type: none"> • 수질관리체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 오염원 저감방안 구축 - 수질측면영산호, 영암호, 금호호 등의 배수갑문 운영 			
<ul style="list-style-type: none"> • 통합연안해역관리 체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 외해 환경변화 분석 - 이수, 치수, 수질 통합관리 구축 			

6.3.5. 참여형 의사결정프로세스 구축

이 과제는 영산호 통합물관리에 이해관계자의 적극적인 참여를 유도하고 이들의 활동을 보장하기 위해 필요한 참여형 의사결정프로세스를 구축하는 것이다. 영산호 통합물관리는 영산호 통합물관리위원회에서 검토 및 심의된 사항을 바탕으로 수행되므로 민주적인 절차에 따라 합리적이고 투명하게 진행

되어야 한다. 따라서 의사결정프로세스에 대한 적절한 감독이 필요하며, 제반 여건들의 변화를 반영하여 주기적으로 수정 및 보완되어야 한다. 이 과제를 추진하기 위한 세부과제로는 이해관계자의 참여 유도, 지자체와 연계한 유역관리 사업 추진 등이 있다.

(표 6.3-5) 참여형 의사결정프로세스 구축 추진체계

추진과제	추진일정		
	단기	중기	장기
<ul style="list-style-type: none"> • 참여형 의사결정프로세스 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 이해관계자의 참여 유도 체계 구축 - 지자체와 연계한 유역관리 사업 추진 			
<ul style="list-style-type: none"> • 의사결정프로세스 역할 확립 <ul style="list-style-type: none"> - 의사결정프로세스에 대한 감독 기능 부여 - 제반 여건 변화 반영 체계 구축 			

6.3.6. 한해관리

이 과제는 영산호 물관리시 발생하는 가뭄으로 인한 한해를 저감하기 위한 것이다. 한해를 저감하기 위한 대책으로는 구조적 대책과 비구조적 대책이 있으며, 피해지역에 적절한 대책을 선정하여 추진해야 한다. 따라서 사전에 피해가 예상되는 지역에 대책을 수립해 놓으면 시기적절하게 한해에 대응할 수 있다. 본 과제에서는 피해 예상 지역에서 발생 가능한 한해 시나리오를 개발하고 이에 따른 대책들을 수립하도록 한다. 이 과제를 추진하기 위한 세부과제로는 한해극복 능력 향상 및 인프라 구축이 있다.

(표 6.3-6) 한해관리 추진체계

추진과제	추진일정		
	단기	중기	장기
<ul style="list-style-type: none"> • 구조적 대책 <ul style="list-style-type: none"> - 피해 예상 지역 구조적 대책 수립 - 한해극복 능력 향상 및 인프라 구축 			
<ul style="list-style-type: none"> • 비구조적 대책 <ul style="list-style-type: none"> - 피해 예상 지역 비구조적 대책 수립 - 한해 시나리오 개발 및 대책 수립 			

6.3.7. 홍수관리

이 과제는 영산호 물관리시 발생하는 홍수로 인한 피해를 저감하기 위한 것이다. 홍수피해를 저감하기 위한 대책으로는 구조적 대책과 비구조적 대책이 있으며, 피해지역에 적절한 대책을 선정하여 추진해야 한다. 따라서 사전에 피해가 예상되는 지역에 대책을 수립해 놓으면 시기적절하게 홍수에 대응할 수 있다. 본 과제에서는 피해 예상 지역에서 발생가능한 홍수 시나리오를 개발하고 이에 따른 대책들을 수립하도록 한다. 이 과제를 추진하기 위한 세부과제로는 홍수관리 능력 향상 및 인프라 구축이 있다.

(표 6.3-7) 홍수관리 추진체계

추진과제	추진일정		
	단기	중기	장기
<ul style="list-style-type: none"> • 구조적 대책 <ul style="list-style-type: none"> - 피해 예상 지역 구조적 대책 수립 - 홍수관리 능력 향상 및 인프라 구축 			
<ul style="list-style-type: none"> • 비구조적 대책 <ul style="list-style-type: none"> - 피해 예상 지역 비구조적 대책 수립 - 홍수 시나리오 개발 및 대책 수립 			

6.3.8. 수질관리

이 과제는 영산호 물관리시 발생하는 수질문제로 인한 영향을 저감하기 위한 것이다. 수질문제를 해결하기 위해서는 구조적 대책과 비구조적 대책이 있으며, 수질문제를 파악하여 적절한 대책을 선정하여 추진해야 한다. 특히 비점오염원은 폭우시 담수호로 유입되어 담수호 부영양화의 원인이 되고 있다. 따라서 사전에 비점원오염원 저감을 위한 영농법의 보급을 통하여 유역 내에서 발생하는 오염부하량을 저감시켜야 한다. 본 과제에서는 유역 내에서 오염원을 저감할 수 있는 대책들을 수립하도록 한다. 이 과제를 추진하기 위한 세부과제로는 수질 모니터링 체계 구축 및 수질관리 강화와 유역 오염원 저감 및 관리 강화 등이 있다.

(표 6.3-8) 수질관리 추진체계

추진과제	추진일정		
	단기	중기	장기
<ul style="list-style-type: none"> • 오염현황 자료관리 <ul style="list-style-type: none"> - 오염관리에 필요한 자료 구축 - 오염 모니터링 자료 구축 			
<ul style="list-style-type: none"> • 수질감시 모니터링 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 모니터링 체계 구축 - 유역 오염원 저감 및 관리 강화 			

6.3.9. 염해관리

이 과제는 영산호 물관리시 발생하는 염해를 저감하기 위한 대책을 개발하는 것이다. 담수호의 염분농도가 높으면 농업용수로 사용할 수 없으므로 적절한 방법을 사용하여 농도를 저하시켜야 한다. 특히 외부에서 양질의 유량을 확보하여 담수호에 공급하여 염분농도를 저하시킬 수 있다. 또한 염분농도가 높은 저층수를 방류하는 제염기술을 적용할 수 있다. 이와 같은 기법들은 담수호, 유역, 해역의 특성을 고려해야 하므로 관련 기술 및 인프라가 필요하다. 이 과제를 추진하기 위한 세부과제로는 염해극복 능력 향상 인프라 구축이 있다.

(표 6.3-9) 염해관리 추진체계

추진과제	추진일정		
	단기	중기	장기
<ul style="list-style-type: none"> • 유량확보 방안 <ul style="list-style-type: none"> - 이수기 유량확보 방안 - 치수기 유량확보 방안 - 3개호 방조제 연계운동을 통한 유량확보 방안 			
<ul style="list-style-type: none"> • 염분농도 저감 방안 <ul style="list-style-type: none"> - 제염 기술 확보 및 운영 - 염해극복 능력 향상 인프라 구축 			
<ul style="list-style-type: none"> • 염해 모니터링 및 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 염해 모니터링 장비 설치 및 통신체계 구축 - 외해 및 내해 염도 분석 시스템 구축 			

6.3.10. 의사결정지원시스템 개발

이 과제는 영산호 통합물관리를 위해서 관리자가 특정한 조치를 취하기 위해서 필요한 정보들을 제공하여 적절한 의사결정을 할 수 있도록 하는 시스템을 개발하는 것이다. 의사결정지원시스템은 데이터베이스 시스템, 모형 시스템, GUI로 구성되어 있다. 관리자는 이수시 단기 및 장기 기상상황과 용수수요를 고려하여 물관리계획을 수립하며, 홍수시에는 홍수상황을 고려하여 배수갑문 운영 계획을 수립한다. 또한 담수호 수질관리를 위해서 담수호를 연계운영하거나 상류 수원공을 활용하는 계획 등을 수립한다. 이와 같은 과정에서 의사결정지원시스템에서 제공하는 정보를 바탕으로 의사결정을 수행한다. 이 과제를 추진하기 위한 세부 과제는 의사결정지원시스템 개발, 모형의 예측 능력 향상, 유역 내 시설물 연계운영 기술 개발 등이 있다.

(표 6.3-10) 의사결정지원시스템 개발 추진체계

추진과제	추진일정		
	단기	중기	장기
<ul style="list-style-type: none"> • 물관리계획 수립 <ul style="list-style-type: none"> - 기상상황 분석 체계 구축 - 이수기 물관리계획 수립 - 홍수상황을 고려한 배수갑문 운영 계획 수립 - 담수호 수원공 등 활용 계획 수립 - 담수호를 연계운영 체계 구축 	■		
<ul style="list-style-type: none"> • 의사결정지원시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 데이터베이스 시스템 구축 - 모형시스템 구축 - GUI 체계 구축 	■		

6.3.11. 모니터링 시스템 개발

이 과제는 영산호 통합물관리를 위해서 필요한 유역의 수문 및 수질 자료, 외해 수질 자료를 수집하기 위한 시스템을 개발하는 것이다. 영산호의 이수, 치수, 수질관리를 위해서는 실시간 수문 및 수질 자료가 필요하다. 수문자료의 경우 대부분 영산강 홍수통제소에서 측정된 것이나 영암호와 금호호 상류의 수문자료는 부재한 상태이다. 따라서 기존 자료뿐만 아니라 새로이 수집한 자료를 효과적으로 관리하기 위한 시스템이 필요하다. 영산호, 영암호, 금호호

유입수에 대한 수질자료가 부재한 상태이며, 각 담수호의 수질 상태를 예측하기 위해서는 실시간 자료가 필요하다. 따라서 담수호의 유입수 수질을 파악하기 위한 모니터링 시스템이 개발되어야 한다. 각 담수호의 외해 환경은 배수갑문 운영에 영향을 받는다. 따라서 이의 영향을 파악하기 위하여 외해 환경을 실시간으로 측정할 수 있는 모니터링 시스템이 필요하다.

이 과제를 추진하기 위한 세부 과제는 연안해역 환경변화 모니터링 시스템 구축과 유역 수문/수질 모니터링 시스템 개발이 있다.

(표 6.3-11) 모니터링 시스템 개발 추진체계

추진과제	추진일정		
	단기	중기	장기
<ul style="list-style-type: none"> • 모니터링 체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 유역의 수문 및 수질 자료 - 외해 수질 자료 수집을 위한 시스템 개발 			
<ul style="list-style-type: none"> • 자료관리 시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 수문, 수질자료 구축 - 영암호와 금호호 상류 수문/수질자료 구축 			
<ul style="list-style-type: none"> • 실시간 모니터링 시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 연안해역 환경변화 모니터링 시스템 구축 - 유역 수문/수질 모니터링 시스템 개발 			

6.3.12. 수질관리 기술 개발

이 과제는 영산호, 영암호, 금호호의 수질관리를 위해 필요한 유역 비점오염원 저감을 위한 최적관리기법을 개발하는 것이다. 영산호 상류 유역은 하수처리장 건설로 배출부하량을 감소시켰으나, 도시화로 인하여 홍수량이 증가하고 비점오염원이 증가하고 있다. 영암호와 금호호는 상류유역의 영농활동으로 인해 비점오염원 배출되고 있다. 따라서 담수호의 수질관리를 위해서는 하수처리장 건설뿐만 아니라 비점오염원에 대한 제어가 필요하다. 본 과제에서는 담수호 유역의 비점오염원 배출부하량을 저감하기 위한 기술을 개발하고 적용성을 평가한다. 이 과제를 추진하기 위한 세부 과제는 유역 비점오염원 저감기술 개발 및 적용이 있다.

(표 6.3-12) 수질관리 기술 개발 추진체계

추진과제	추진일정		
	단기	중기	장기
<ul style="list-style-type: none"> • 오염원 최적관리기법 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 비점오염원 관리 기법 개발 - 점오염원 관리 기법 개발 - 적용성 평가 			
<ul style="list-style-type: none"> • 수질관리 시설물 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 하수처리장 건설 계획 수립 - 유역 비점오염원 저감기술 적용 			

6.3.13. 염해저감 기술 개발

이 과제는 영암호와 금호호의 염분농도를 저감하기 위해서 필요한 기술을 개발하는 것이다. 영암호의 염분 농도를 저감하기 위하여 영산호로부터 저농도의 유량을 유입하여 희석시켜 농업용수로 사용할 수 있다. 또한 고농도의 저층수를 방류하여 염분농도를 저하시킬 수 있다. 담수호 유입수의 수질을 고려하고 다른 수원으로부터 유량을 확보하여 섞어서 저농도의 유량을 유입시켜 염분농도를 저하시킬 수 있다. 이와 같은 과정을 모의할 수 있는 모형을 개발하여 대책들의 효과를 파악하고 적절한 대책을 수립할 수 있다. 이 과제를 추진하기 위한 세부 과제는 염해 저감기술 개발 및 적용이 있다.

(표 6.3-13) 염해저감 기술 개발 추진체계

추진과제	추진일정		
	단기	중기	장기
<ul style="list-style-type: none"> • 염해 저감 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 구조적 대책(시설물 보수 및 확충 등) - 비구조적 대책(저농도 유량 유입 등) 			
<ul style="list-style-type: none"> • 모의 모형 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 모형 체계 결정 및 검증 - 실용화 및 준범용화 			
<ul style="list-style-type: none"> • 대책 수립 <ul style="list-style-type: none"> - 제도적 보완책 마련 - 민원 해결 방안 수립 			

6.3.14. 연안해역 영향 평가

이 과제는 영산호, 영암호, 금호호에서 저층수 배제나 신설 배수갑문을 통한 담수배제가 연안해역에 미치는 영향을 평가하고 저감대책을 개발하는 것이다. 담수호의 담수화 과정에서 발생한 오염물질이 배출되지 못하면 저층에 축적됨에 따라 심층수가 혐기성화 되고 오염물질이 용출되는 문제가 발생한다. 따라서 방조제 축조 후 담수화 촉진을 위해 저층배수시설을 이용하여 저층수를 지속적으로 연안으로 배제시킨다. 담수호 저층수 배수시설은 대부분 방류관이 외해로 길게 뻗어있지 않아 희석효과가 불량하여 악취와 연안의 미관을 해친다. 저층수를 배제하지 않을 경우에는 담수호의 담수화가 어려우며, 농업용수로 적합한 용수확보가 어렵다. 최근 선진국에서는 내륙에서 발생하는 하수나 폐수를 긴 도류관을 사용하여 외해로 이송한 후 수중 방류하는 방식을 적용하고 있다. 또한 영산호는 상류유역에서 홍수량 증가로 인한 홍수를 신속히 배제하기 위하여 추가로 배수갑문을 신설했으며, 이를 통한 홍수 배수시 담수가 연안으로 유입하여 영향을 미치게 된다. 이와 같은 과정을 모의할 수 있는 모형을 개발하여 담수호의 방류가 연안에 미치는 영향을 파악하고 적절한 대책을 수립할 수 있다. 이 과제를 추진하기 위한 세부 과제는 방류에 따른 영향평가 기법 개발 및 적용이 있다.

(표 6.3-14) 연안해역 영향 평가 추진체계

추진과제	추진일정		
	단기	중기	장기
<ul style="list-style-type: none"> • 평가 모형 개발 - 담수호의 방류가 연안에 미치는 영향 분석 - 적절한 대책 수립 방안 제시 			
<ul style="list-style-type: none"> • 방류에 따른 영향평가 기법 개발 및 적용 - 방류 기준 설정 및 운영을 개선 - 통합시스템내 분석을 통한 의사결정 시스템 탑재 			

6.3.15. 교육 프로그램 개발

이 과제는 영산호 통합물관리를 실행하기 위한 협력체계를 구축하기 위하여 관련 실무자 및 이해관계자들에 대한 교육프로그램을 개발하는 것이다. 통합물관리를 시행하기 위해서는 관련 실무자들에 대한 교육이 필요하다. 특히 물관리시스템을 적절히 운영하기 위해서는 관련 시스템들에 대한 이해가 필요

하며, 이를 실무에 활용하기 위해서는 다양한 시나리오를 바탕으로 연습이 필요하다. 관련 기관의 실무자들을 함께 교육하여 시너지 효과를 얻을 수 있으며, 실제 상황에 효과적으로 대응할 수 있다. 영산호 물관리에 대한 국민들의 관심과 지원을 얻기 위해서는 대국민 홍보 및 교육이 필요하다. 영산호 운영을 통해서 얻어지고 있는 효과를 국민들에게 홍보하고 영산강 유역관리의 중요성에 대해서 교육하여 영산호 물관리의 중요성을 인식하게 한다. 이 과제를 추진하기 위한 세부 과제는 관련실무자 교육 프로그램 개발, 영산호 통합물관리 전문가 양성, 영산호 물관리에 대한 대국민 홍보 및 교육 등이 있다.

(표 6.3-15) 교육 프로그램 개발 추진체계

추진과제	추진일정		
	단기	중기	장기
<ul style="list-style-type: none"> • 교육 프로그램 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 시나리오 개발 - 시나리오에 의한 운영자 훈련 - 영산호 통합물관리 전문가 양성 			
<ul style="list-style-type: none"> • 대국민 홍보 프로그램 개발 			

6.3.16. 협력 네트워크 구축 및 교류

이 과제는 효과적인 영산호 통합물관리를 위하여 관련 분야에서 활동하는 전문가들이 협력할 수 있는 네트워크를 구축하며, 영산호 통합물관리에서 확보된 기술들을 다른 담수호 관리에 이전할 수 있는 방법을 개발하는 것이다. 담수호 관리에 관련된 분야에서 활동하는 국내·외 전문가들은 각자의 영역에서 활동을 하므로 적극적으로 영산호 통합물관리에 직접 참여하기 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위해 SNS나 웹사이트를 개설하여 사이버 네트워크를 구축할 수 있다. 영산호 통합물관리에서 해결해야 하는 문제들은 국내에 위치한 다수의 담수호 관리에서 발생하는 것들과 유사하다. 따라서 확보된 기술들을 타 담수호에 이전하면 비용-효율적인 측면에서 긍정적인 결과를 얻을 수 있다. 또한 담수호 관리에 대한 국제적인 네트워크를 형성하여 외국의 기술을 도입하고 영산호에서 효과가 입증된 기술들을 다른 나라에 이전할 수 있다. 이 과제를 추진하기 위한 세부 과제는 영산호 물관리 협력 네트워크 구축과 타 담수호 물관리에 대한 기술 이전 등이 있다.

(표 6.3-16) 협력 네트워크 구축 및 교류 추진체계

추진과제	추진일정		
	단기	중기	장기
<ul style="list-style-type: none"> • 국내외 전문가 협력 네트워크 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 사이버 네트워크 구축 - 타 담수호 기술 이전 - 외국 기술 도입 			

6.4. 영산호 통합물관리시스템 구축을 위한 프로세스

6.4.1. 프로세스 필요성

프로세스는 복잡한 문제를 단계별로 해결하기 위해 사용되는 유용한 도구이다. 목표 및 목적, 원칙, 방안 등을 고려하여 각 프로세스별 활동을 정의하고, 이에 기반하여 실행계획을 수립한다. 효율적인 영산호 통합물관리시스템을 구축하기 위하여 <그림 4-1>과 같은 3단계 프로세스를 개발하였다. 프로세스는 1단계 모니터링 체계 구축, 2단계 프로그램 개발, 3단계 통합시스템 구축 및 운영으로 구분된다.



<그림 6.4-1> 영산호 통합물관리시스템 구축을 위한 프로세스

가. 1단계: 모니터링 체계 구축

- (1) 관측소 위치 및 측정항목 선정: 이수, 치수, 수질 분야로 구분
- (2) 계측방법 선정 : 하천 및 호소로 구분하여 수위 및 유량 측정, 수질 항목을 고려한 측정 방법 선정

- (3) 자료의 실시간 통합 DB 구축 : 결측자료 보완, 자료의 품질 관리(QAQC), 자료 DB 구축
- (4) 자료 공유 시스템 구현 : 관계기관과 자료 공유 체제 구축, 대국민 자료 제공 시스템 구현

나. 2단계: 운영 및 관리 프로그램 개발

- (1) 운영 및 관리 목적 설정 : 용수공급, 홍수관리, 염해피해관리, 수질 감시 및 예보
- (2) 운영방법 선정 : 물관리 방법, 제염방법, 홍수예경보 방법, 수질 예·경보 방법
- (3) 예측 모형 개발 : 모의 및 최적화 모형 이용, 운영 목표 달성을 위한 예측 자료 생성
- (4) 의사결정지원시스템 개발 : GUI 개발, 운영 방법에 따른 예측 모형들의 조합, 계측자료의 정리 및 모형 입력 자료 생성
- (5) 예측결과 공유시스템 구현 : 운영 목적별 예경보 지점 선정, 관련 기관에 예측결과 통보 방법 결정 및 시스템 구축, 대국민 및 지역민 통보

다. 3단계: 통합시스템 구축 및 운영

- (1) 정보공유체계 구축 : 관련 기관과 협조 체계 구축
- (2) 통합물관리시스템 구축 및 운영 : 전담 관리부서 신설 및 전담 요원 상주
- (3) 운영위원회 설치 : 관련 실무자, 전문가, 지역민들의 참여를 통한 주기적인 문제점 도출 및 해결
- (4) 시스템 수정 및 보완 : 주기적인 시스템 상태 평가, 모니터링 상태 평가, 자료 이용정도 평가, 목표 달성정도 평가, 관리자 관리능력 평가 등을 주기적으로 실시. 평가결과를 반영하여 시스템 수정 및 보완.
- (5) 유지관리 : 일상적 유지관리, 비상복구, 개수로 구분, 효율적인 유지관리를 위해서 체계적인 계획 필요, 유지관리계획은 수리시설의 효율적 운영, 부적절한 계획에 의한 긴급보수의 지양, 동일한 작업의 반복 지양, 불필요한 비용 절감 등을 고려하여 수립, 사업결과를 주기적으로 평가하여 사업의 질적 수준 유지 및 사업 목표 달성

제 7 장 결 론

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 물관리 필요성이 대두되었다.

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.

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.

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

1. 담수호 연계 물수지 분석

가. 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.

나. 영산호, 영암호 및 금호호 연계 물수지 분석을 위해 해석모형을 이용한 모의분석을 실시하였다. 모의분석을 실시하기 위해 개념적 토양함수량

산정 모형을 이용하였다. 저수지조작, 대유역의 실시간 일유출예측 등의 목적으로 사용되고 있으며, 이수모형은 모의유출량 산정이 필수적이고, 장기유출모형에 초점을 맞춰야 하기 때문에 장기 물 관리 시스템 구축 및 적용에 활용된 SSARR 모형이 적절할 것으로 판단되었다.

- 다. 유출모형내 수자원의 흐름 체계에 대해 유출 모식도를 도시하였으며, 표준유역에 따른 입력자료를 DB화 하였다. 또한 수자원장기종합계획(국토해양부, 2011)에서 제시한 용수수요량을 이용하여 추정하였다.
- 라. 보 건설 직전인 2008년, 2009년을 분석대상기간으로 선정하여 SSARR모형으로 모의하였으며, 표준유역별 매개변수의 독립적 산정은 할 수 없어 3개 제어지점 즉 죽산보와 승촌보에서 가장 가까운 수위표인 본동, 영산포 수위관측소와 영산호 최말단부에 위치한 사포 수위관측소에서의 결과만을 변수로 보정하였다. 연평균 유량의 상대오차는 영산포가 0.6% 및 32.1%로 가장 작은 오차를 보였으며, 사포는 214.3% 및 174.5%의 큰 오차를 보였다.
- 마. 3개 제어지점에서의 유출량 자료만을 근거로 하여 기설정된 보정방향과 민감도 분석 결과에 따라 시행착오적인 방법으로 매개변수를 결정하였다. 보정 후의 값을 살펴보면 연평균 유량은 2008년 13.7%, 2009년 5.6%로 감소하였으며, 홍수기 평균 유량의 오차는 2008년 5.6%, 2009년 3.6%로 감소되었다.
- 바. 모형을 검증하기 위하여 보정을 통해 결정된 매개변수 값을 이용해 2013년과 2014년을 검증대상으로 선정하여 3개 제어지점에서 유량의 모의치와 관측치를 비교하였다. 그 결과 모형 검증시 3개 제어지점의 평균오차가 모형 보정시 평균오차보다 유사하게 나타남에 따라 모형의 검증결과는 양호한 것으로 판단된다.

2. 담수호 치수시스템 구축

- 가. 영산호의 치수 시스템을 구축하기 위해 홍수량을 산정하였으며, 합리적인 산정을 위해서 국내에서 많은 적용사례가 있고 저류함수법과 같은 실무 적용성이 뛰어난 HEC-HMS 모형을 이용하였다. 모형의 보정에 앞서 결정된 매개변수에 따른 HEC-HMS 모형의 계산결과를 분석하였으며, 분석대상기간은 2012년 8월 28일부터 2012년 9월 1일까지를 분석대상기간으로 선정하였다. 모의된 유출량과 사포수위표의 실측 유출량을 비교하였

으며, 보정전 사포지점에 대한 평균 상대오차는 0.14%로 관측치와 유사한 값을 나타냈으며, 이를 보정하여 상대오차를 0.02% 수준으로 감소시켰다.

나. 모형을 검증하기 위하여 보정을 통해 결정된 매개변수 값을 이용해 2009년 7월 14일부터 2009년 7월 18일까지를 분석대상기간으로 선정하였다. 검증 결과의 상대오차는 9.73%로 보정한 값보다는 높은 상대오차를 나타내고 있지만 10%이내의 결과를 보여 적절한 검증이 이루어진 것으로 판단된다.

3. 이치수 시스템 설계(안) 제시

이수와 치수 모형의 보정과 검증을 통해 효율적인 물관리를 목적으로 한 영산호 통합물관리 시스템이 프로토 타입을 구축하였다. 기존 영산호 유역에 구축된 물관리시스템과 유관기관에 기 운영중인 하천유량관리시스템을 분석하여 최적화된 영산호 통합물관리시스템을 설계 및 해당 시스템의 프로토 타입 데모 버전을 개발하였다.

4. 담수호 물관리 마스터플랜 수립 방안 제시

영산호 통합물관리시스템 구축을 위한 마스터 플랜은 관련 실무자들에 대한 설문조사, 관련 여건 분석, 문헌 조사 등을 통하여 영산호 물관리의 문제점을 파악하고 향후 발전 방향을 단기, 중기, 장기로 구분하여 수립하여 제시하였다.

이상의 결과를 바탕으로 본 과업의 2차년에는 효율적인 담수호 물관리 시스템의 구축과 영산강 통합 물관리 마스터플랜의 수립을 고도화 하고자 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 연구보고서. 4대강 살리기 추진본부.
6. 국토해양부 (2009), 마스터플랜.
7. 국토해양부 (2009), 영산강 하천기본계획(변경) 보고서.
8. 국토해양부 한강홍수통제소(2011), 4대강 재난방지를 위한 하천시설물 연계 기술 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, 한국수문학회지, 22(1), 109-116.
16. 윤용남(2009), 수문학(기초와 응용).

17. 이신재, 정성원, 이진원, 박상우 (2008), 감조하천에서 복합 수위-유량관계 곡선 개발에 관한 연구, 수자원학회 발표회, pp.367-372.
18. 이충대, 한학영, 임태은 (2010), 금강하구둑 갑문조작에 의한 배수영향 지점에서 유량산정방법 연구, 수자원학회, pp.1307-1311.
19. 익산지방국토관리청(2009), 영산강 하천기본계획(변경) 보고서.
20. 한국수자원공사 (1997), 수문자료 빈도분석 기법 및 갈수기 적용 방안 연구.
21. 한국수자원공사 (2000), 저수유출 수문모형 개발.
22. 한국수자원공사 (2006), 수자원장기종합계획 보고서(2006~2020).
23. 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.
24. 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

〈설문지〉

I. 영산호통합물관리시스템 설계

1-1. 관리자가 효과적으로 영산호의 이수, 홍수, 수질을 관리하기 위하여 영산호통합물관리시스템에서는 의사결정지원시스템을 채택합니다. 어떠한 의사결정지원시스템 구성이 적절하다고 생각하십니까?

- (1) 이수, 홍수, 수질관리를 각각 수행하기 위한 3개의 의사결정지원시스템 개발
- (2) 이수 및 수질관리와 홍수관리로 구분하여 2개의 의사결정지원시스템 개발
- (3) 이수, 홍수, 수질관리를 통합한 1개의 의사결정지원시스템 개발
- (4) 기타()

1-2. 영산호통합물관리시스템에서는 통합정보시스템을 통하여 일반인들에게 영산호 운영에 관련된 정보를 제공하고자 합니다. 일반인들에게 어떤 정보를 제공하는 것이 적절하다고 생각하십니까?(복수응답 가능합니다.)

- (1) 영산호 관리 현황 (2) 기상, 수문, 수질 자료 (3) 과거 영산호 운영 자료
- (4) 실시간 시설물 운영 상황 (5) 평상시 배수갑문 운영 계획 (6) 홍수에·경보 상황
- (7) 홍수배제를 위한 배수갑문 운영 계획 (8) 수질예보 자료 (9) 수질관리 대책
- (10) 양수장 지구 관계 계획 (11) 한해 대책 (12) 기타

II. 영산강 통합물관리 및 정보공유 방법

2-1. 영산강 유역의 통합물관리를 위해서 광주호, 나주호, 담양호, 장성호 운영자료는 어떻게 공유하는 것이 적절하다고 생각하십니까?

- (1) 4대 댐의 환경유지용수 및 방류량 자료를 포함한 운영자료를 한국농어촌공사의 영산호통합물관리시스템에서 일괄적으로 수집하여 관련 기관에 제공한다.
- (2) 4대 댐의 환경유지용수 및 방류량 자료를 포함한 운영자료를 각 댐에서 영산강 홍수통제소로 바로 전송하여 타기관과 정보를 공유하도록 한다.
- (3) 4대 댐의 환경유지용수 및 방류량 자료를 포함한 운영자료를 각 댐에서 한국수자원공사의 영산강통합물관리센터로 보내어 승촌보 및 죽산보 운영에 활용하도록 한다.
- (4) 기타()

2-2. 담수호 연계 운영을 위해 필요한 죽산보 운영 자료는 어떻게 획득하는 것이 적절하다고 생각하십니까?

- (1) 영산강홍수통제소로부터 죽산보 실시간 운영자료와 단·장기 운영계획을 받아 담수호 운영에 활용한다.
- (2) 한국수자원공사의 영산강통합물관리센터로부터 죽산보 운영 계획을 받아 영산호 통합물관리센터에서 자체적으로 유입량을 예측하여 배수갑문을 운영한다.
- (3) 영산강홍수통제소, 영산강통합물관리센터, 영산호통합물관리센터가 협력하여 죽산보 운영계획을 수립하고 이를 담수호 운영에 반영한다.
- (4) 기타()

2-3. 영산호, 영암호, 금호호의 수질관리를 위한 수질예보는 어떻게 하는 것이 적절하다고 생각하십니까?

- (1) 한국농어촌공사의 영산호물관리센터에서 주기적으로 영산강 유역과 담수호의 수질 예측을 실시하여 관련기관에 전파한다.
- (2) 국립환경연구원이나 영산강유역환경청에서 주기적으로 영산강 유역의 수질을 예측하여 관련기관에 전파한다.
- (3) 영산호 통합관리위원회에서 관련기관들의 의견을 수렴하여 영산강 유역 및 담수호의 수질예보 실시한다.
- (4) 기타()

Ⅲ. 영산호 통합관리위원회 구성 및 운영

3-1. 영산호 운영시 발생하는 문제를 해결하기 위하여 요구되는 영산호 통합관리위원회 구성은 어떻게 하는 것이 적절하다고 생각하십니까?

- (1) 관련기관 실무자들로만 구성한다.
- (2) 관련기관 실무자 및 학계 전문가로 구성한다.
- (3) 관련기관 실무자, 학계 전문가, 지역민, 시민단체 등으로 구성한다.
- (4) 기타()

3-2. 영산호 통합관리위원회 기능에 포함되어야 할 항목을 선정하십시오. (복수응답 가능합니다.)

- (1) 상류 유역관리 결과 검토 및 계획 심의
- (2) 담수호 연계 운영을 통한 용수공급 결과 검토 및 계획 심의

- (3) 저층수 배수시설의 가동 결과 검토 및 계획 심의
- (4) 배수갑문 조작 결과 검토 및 계획 심의
- (5) 영산호 수질관리 대책 결과 검토 및 계획 심의
- (6) 죽산보 및 승촌보와 영산호의 연계운영 결과 검토 및 계획 심의
- (7) 담수호 염해 피해 검토 및 저감 대책 심의
- (8) 담수호 운영과 관련된 민원 검토 및 처리
- (9) 기타

3-3. 영산호 통합관리위원회는 어디에 설치하는 것이 적절하다고 생각하십니까?

- (1) 한국농어촌공사 영산호통합물관리센터
- (2) 국토교통부 영산강홍수통제소
- (3) 환경부 영산강유역환경청
- (4) 한국수자원공사 영산강통합물관리센터
- (5) 국토교통부 익산국토관리청
- (6) 기타()

3-4. 영산호 통합관리위원회 개최 주기는 어느 정도가 적절하다고 생각하십니까?

- (1) 매월 1회
- (2) 분기 1회
- (3) 반기 1회
- (4) 필요시
- (5) 기타()

3-5. 영산호 통합관리위원회 위원장은 누가 되는 것이 적절하다고 생각하십니까?

- (1) 국토교통부 익산국토관리청장
- (2) 국토교통부 영산강홍수통제소장
- (3) 환경부 영산강유역환경청장
- (4) 한국농어촌공사 영산호통합물관리센터장
- (5) 한국수자원공사 영산강통합물관리센터장
- (6) 학계 전문가
- (7) 일반인 및 시민단체
- (8) 기타

IV. 계측시설 설치 방법

4-1. 영암호와 금호호 상류유역에는 강우관측소가 설치되지 않았습니다. 이들 자료를 획득하기 위하여 적절한 방법은 무엇이라고 생각하십니까?

- (1) 담수호 운영에 필요하지 않다.
- (2) 협의를 통하여 영산강홍수통제소에서 강우관측소를 설치하여 운영하도록 한다.
- (3) 영산강홍수통제소와 협의하여 한국농어촌공사가 강우관측소를 설치하여 운영한다.
- (4) 기상청에서 운영하는 기상관측소의 강우량 자료를 활용한다.
- (5) 기타()

4-2. 영암호와 금호호 유입하천에는 수위관측소가 설치되지 않았습니다. 이들 자료를 획득하기 위하여 적절한 방법은 무엇이라고 생각하십니까?

- (1) 담수호 운영에 필요하지 않다.
- (2) 협의를 통하여 영산강홍수통제소에서 수위관측소를 설치하여 운영하도록 한다.
- (3) 영산강홍수통제소와 협의하여 한국농어촌공사가 수위관측소를 설치하여 운영한다.
- (4) 기타()

4-3. 영암호와 금호호 유입하천에는 자동수질관측소가 설치되지 않았습니다. 이들 자료를 획득하기 위하여 적절한 방법은 무엇이라고 생각하십니까?

- (1) 담수호 운영에 필요하지 않다.
- (2) 협의를 통하여 영산강유역환경청에서 자동수질관측소를 설치하여 운영하게 한다.
- (3) 영산강유역환경청과 협의하여 한국농어촌공사가 자동수질관측소를 설치·운영한다.
- (4) 기타()

4-4. 영산호 외해 조위와 염분 농도는 목포 조위관측소에서 실시간으로 측정하고 있으나 자동수질관측소가 설치되지 않았습니다. 영산호 외해의 수질자료를 획득하기 위하여 적절한 방법은 무엇이라고 생각하십니까?

- (1) 담수호 운영에 필요하지 않다.
- (2) 협의를 통하여 국립해양조사원에서 수질관측소를 설치하여 운영하도록 한다.
- (3) 국립해양조사원과 협의하여 한국농어촌공사가 수질관측소를 설치하여 운영한다.
- (4) 기타()

4-5. 영암호 제수문과 금호호 제수문에는 유량 측정 장치가 설치되지 않았습니다.
담수호간 용수 유·출입을 파악하기 위하여 적절한 방법은 무엇이라고 생각하십니까?

- (1) 담수호 운영에 필요하지 않다.
- (2) 제수문 상·하류에 수위측정장치를 설치하고 수위차를 고려하여 유량을 산정한다.
- (3) 제수문에 유량계를 설치하여 직접 통수량을 측정한다.
- (4) 영산호 내수위와 영암호 내수위, 영암호 내수위와 금호호 내수위를 각각 고려하여 유량을 산정한다.
- (5) 영암제수문과 영암호 사이의 교량, 금호호 제수문과 영암호 사이의 교량에 유량계를 설치한다.
- (6) 기타()

V. 상류 유역관리

5-1. 상류 유역관리가 영산호, 영암호, 금호호의 홍수 및 수질관리에 영향을 미칠 것으로 생각하십니까?

- (1) 상류 유역관리는 담수호 유입 홍수량 저감과 수질관리에 효과적이다.
- (2) 상류 유역관리는 담수호 유입 홍수량 저감에 효과적이다.
- (3) 상류 유역관리는 담수호 수질관리에 효과적이다.
- (4) 상류 유역관리는 담수호 유입 홍수량 저감 및 수질관리에 효과적이지 않다.
- (5) 기타()

5-2. 영산호, 영암호, 금호호의 홍수 및 수질관리를 위하여 상류에 적용할 수 있는 유역관리기법으로 어떤 것이 적절하다고 생각하십니까?(복수응답 가능합니다.)

- (1) 강변저류지 건설을 통한 홍수량 저감
- (2) 농업용 저수지 증고
- (3) 홍수조절지 건설을 통한 홍수량 저감
- (4) 농경지에 최적관리기법 도입을 통한 토양유실 방지 및 오염 부하량 저감
- (5) 하수처리장설치를 통한 오염 부하량 저감
- (6) 개발제한구역 설치를 통한 불투수면 증가 억제
- (7) 기타

〈실무자 청취 및 설문조사 결과〉

1. 설문 조사 개요

2014년 7월에 실시한 영산호 통합물관리시스템 구축 방안수립을 위한 1차 설문조사에서는 영산호 관리 상태, 통합운영을 위한 협의체 운영, 영산호 통합물관리시스템 구축, 영산호 통합물관리시스템 운영 및 관리 등에 대한 관련 실무자들의 인식상태를 개략적으로 조사하였다. 그러나 효과적인 통합물관리시스템을 개발하기 위해서는 통합물관리시스템을 활용하는 실무자들의 의견을 반영하여 시스템 메뉴, 제공정보, 운영 방법, 타 기관과 자료 공유 방법 등을 체계적으로 수립해야 하며, 시스템 운영을 위한 관련 기관들의 참여 방법에 대한 구체적인 내용이 필요하다. 따라서 금번에 실시된 2차 설문조사에서는 통합물관리시스템을 활용하는 실무자들의 의견을 구체적으로 조사하였으며, 이를 영산호 통합물관리시스템 구축을 위한 마스터플랜 수립과 통합물관리시스템 설계에 반영하고자 하였다.

설문기간은 2015년 7월 1일부터 8월 10일 사이에 실시되었으며, 설문대상은 영산호 물관리와 관련된 기관의 실무자들이었다. 설문참여자들을 분류해보면 실제 영산호 관리를 담당하고 있는 한국농어촌공사 영산강사업단 직원 48명, 한국수자원공사 물관리센터 직원 1명, 한국수자원공사 영산강 통합물관리센터 직원 1명, 영산강홍수통제소 직원 1명이다.

설문 조사 항목은 (표 1-1)과 같이 ○ 의사결정지원시스템, ○ 통합정보시스템 콘텐츠, ○ 4대 댐 자료 공유방법, ○ 죽산보 운영 자료, ○ 수질예보, ○ 영산호 통합관리위원회 구성, ○ 영산호 통합관리위원회 기능, ○ 영산호 통합관리위원회 설치기관, ○ 영산호 통합관리위원회 개최 주기, ○ 영산호 통합관리위원회 위원장, ○ 영암호와 금호호 상류유역 강우자료 획득방법, ○ 영암호와 금호호 유입하천의 수위자료 획득방법, ○ 영암호와 금호호 유입하천의 수질자료 획득방법, ○ 영산호 외해 수질자료 획득방법, ○ 담수호간 용수 유·출입 파악, ○ 상류 유역관리가 담수호 홍수 및 수질관리에 미치는 영향, ○ 상류에 적용할 수 있는 유역관리기법 등과 같이 총 17개 문항으로 구성이 되어 있다. 각 조사문항에 대한 답변은 4~12개로 구성이 되어 있으며, 기타 의견은 설문지에 기록하도록 하였다.

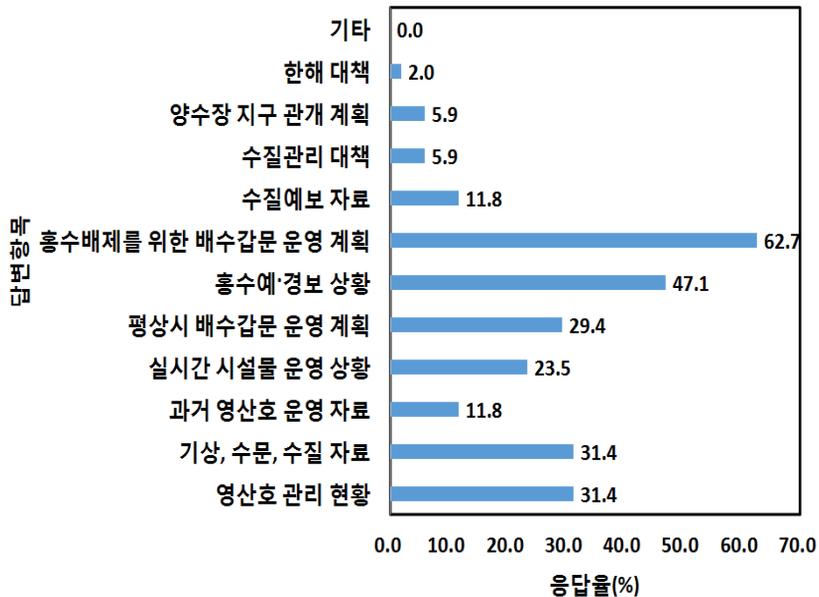
(표 1) 설문 조사 문항 및 답변항목수

설문조사문항	답변항목수
○ 의사결정지원시스템	4
○ 통합정보시스템 콘텐츠	12
○ 4대 댐 자료 공유방법	4
○ 죽산보 운영 자료	4
○ 수질예보	4
○ 영산호 통합관리위원회 구성	4
○ 영산호 통합관리위원회 기능	9
○ 영산호 통합관리위원회 설치기관	6
○ 영산호 통합관리위원회 개최 주기	5
○ 영산호 통합관리위원회 위원장	8
○ 영암호와 금호호 상류유역 강우자료 획득방법	5
○ 영암호와 금호호 유입하천의 수위자료 획득방법	4
○ 영암호와 금호호 유입하천의 수질자료 획득방법	4
○ 영산호 외해 수질자료 획득방법	4
○ 담수호간 용수 유·출입 파악	6
○ 상류 유역관리가 담수호 홍수 및 수질관리에 미치는 영향	5
○ 상류에 적용할 수 있는 유역관리기법	7

2. 설문 조사 결과 분석

영산호 의사결정지원시스템의 구성에 대한 질의에 대하여 45.1%가 “이수, 홍수, 수질관리를 통합한 1개의 의사결정지원시스템개발”을 선호하였으며, 33.3%가 “이수 및 수질관리와 홍수관리로 구분한 의사결정지원시스템개발”을 선호하였다. 또한 응답자의 21.6%가 “이수, 홍수, 수질관리를 각각 수행하기 위한 3개 의사결정지원시스템 개발”을 선호하는 것으로 나타났다.

통합정보시스템에서 일반인들에게 제공하기에 적절한 정보에 대하여 <그림 2-1>과 같이 응답자의 62.7%가 “홍수배제를 위한 배수갑문 운영 계획”이라고 응답하였으며, 47.1%가 “홍수 예·경보 상황”이라고 답하였다. 응답자의 31.4%가 각각 “영산호 관리 현황”과 “기상, 수문, 수질 자료”라고 답하였다.

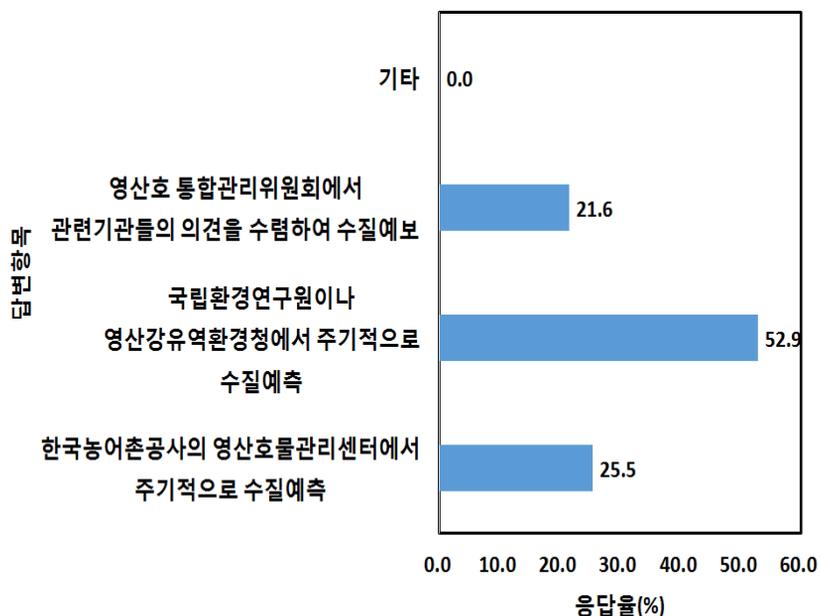


<그림 1> 통합정보시스템에서 제공하기에 적절한 정보

광주호, 나주호, 담양호, 장성호 운영자료의 공유방법에 대하여 응답자의 43.1%가 “각 댐에서 영산강홍수통제소로 전송하여 타기관과 공유”라고 응답하였으며, 응답자의 41.2%가 “영산호통합물관리시스템에서 일괄적으로 수집하여 관련기관에 제공”이라고 답하였다.

담수호 연계 운영을 위해 필요한 죽산보 운영 자료의 획득방법에 대하여 응답자의 49.0%가 “영산강홍수통제소, 영산강통합물관리센터, 영산호통합물관리센터가 협력하여 운영계획을 수립한다”라고 응답하였으며, 응답자의 35.3%가 “영산강홍수통제소로부터 죽산보 실시간 운영자료와 단·장기 운영계획을 받아 담수호 운영에 활용한다”라고 답하였다.

담수호 수질관리를 위한 수질예보에 대하여 <그림 2-2>와 같이 응답자의 52.9%가 “국립환경연구원이나 영산강유역환경청에서 주기적으로 영산강 유역의 수질 예측”이라고 응답하였으며, 응답자의 25.5%가 “한국농어촌공사의 영산호물관리센터에서 주기적으로 영산강 유역과 담수호의 수질예측 실시”라고 답하였다.

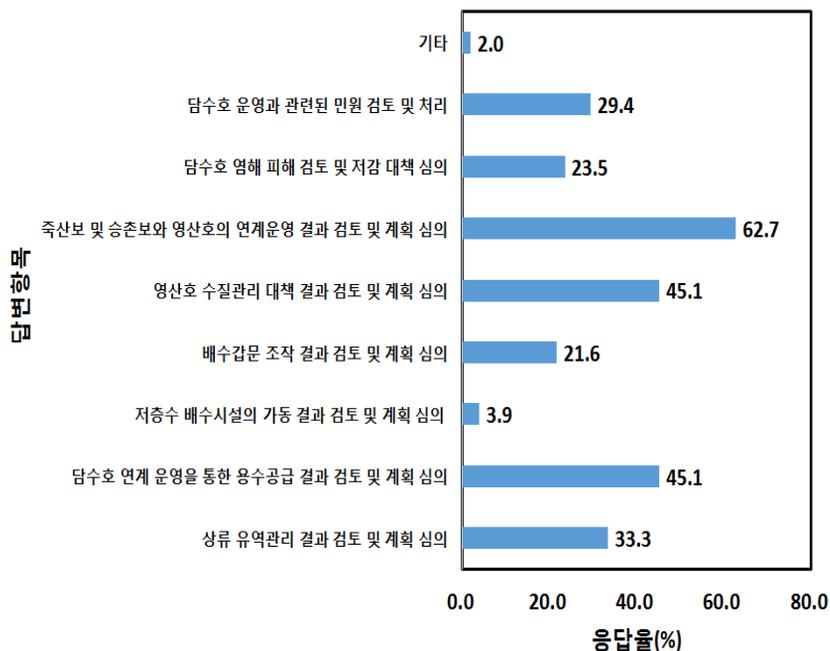


<그림 2> 담수호 수질관리를 위한 수질예보

영산호 통합관리위원회 구성에 대하여 응답자의 37.3%가 “관련기관 실무자 및 학계 전문가로 구성한다.”라고 응답하였으며, 응답자의 31.4%가 “관련기관 실무자, 학계 전문가, 지역민, 시민단체 등으로 구성한다.”라고 답하였다.

영산호 통합관리위원회 기능에 대하여 <그림 2-3>과 같이 응답자의 62.7%가 “죽산보 및 승촌보와 영산호의 연계운영 결과 검토 및 계획 심의”라고 응답하였으며, 응답자의

45.1%가 각각 “담수호 연계 운영을 통한 용수공급 결과 검토 및 계획 심의”와 “영산호 수질관리 대책 결과 검토 및 계획 심의”라고 답하였다.



〈그림 3〉 영산호 통합관리 위원회 기능

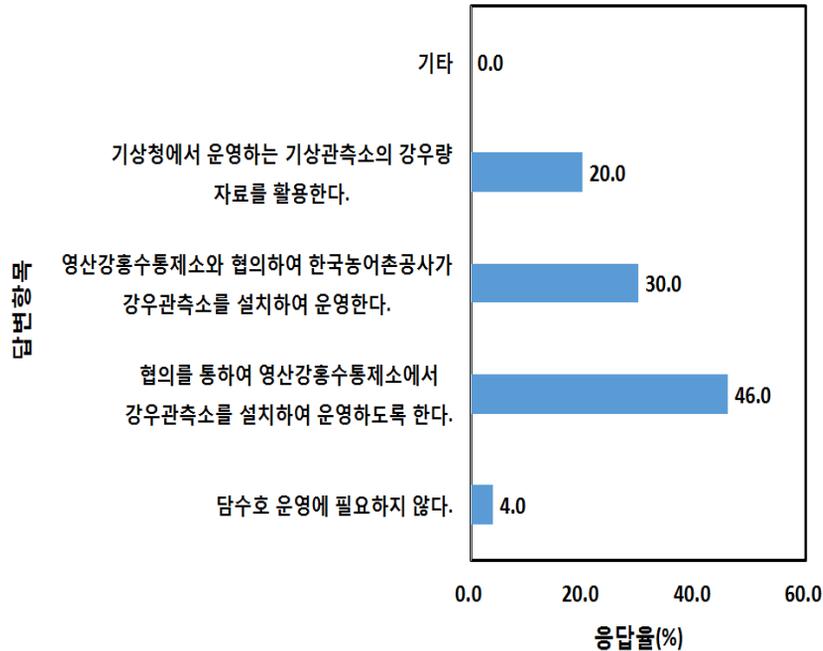
영산호 통합관리위원회 설치기관에 대하여 응답자의 48.0%가 “한국농어촌공사 영산호 통합물관리센터”라고 응답하였으며, 응답자의 26.0%가 “국토교통부 영산강홍수통제소”라고 답하였다.

영산호 통합관리위원회 개최 주기에 대하여 응답자의 48.0%가 “분기1회”라고 응답하였으며, 응답자의 22.0%가 “매월1회”라고 답하였다.

영산호 통합관리위원회 위원장에 대하여 응답자의 46.0%가 “한국농어촌공사 영산호 통합물관리센터장”이라고 응답하였으며, 응답자의 20.0%가 “국토교통부 영산강홍수 통제소장”이라고 답하였다.

영암호와 금호호 상류유역 강우자료 획득방법에 대하여 <그림 2-4>와 같이 응답자의 46.0%가 “협의를 통하여 영산강홍수통제소에서 강우관측소를 설치하여 운영”이라고 응답하였으며, 응답자의 30.0%가 “영산강홍수통제소와 협의하여 한국농어촌공사가

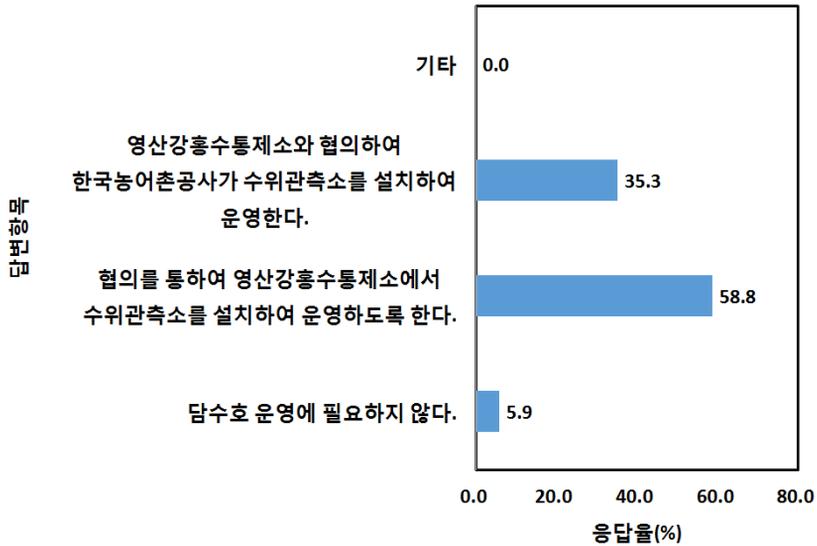
강우관측소 설치”라고 답하였다. 응답자 중 강우관측소를 설치하여 운영해야 한다는 의견이 전체의 76.0%를 나타냈다.



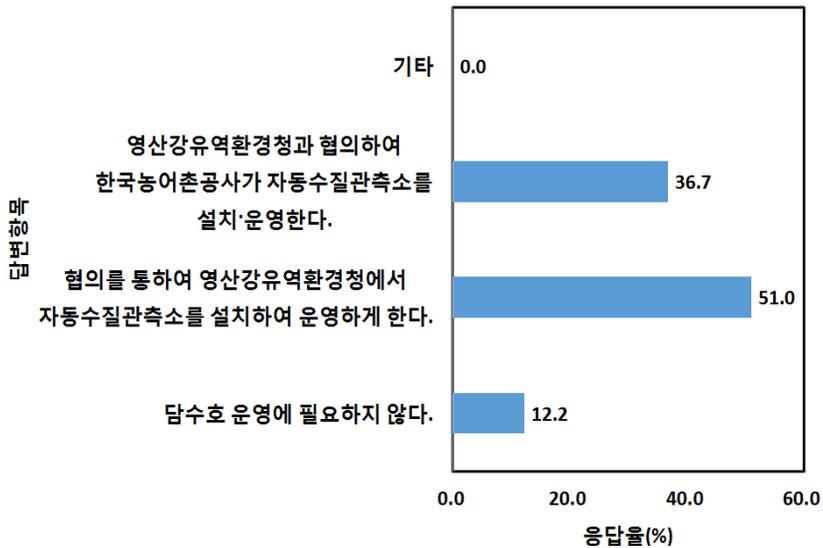
〈그림 4〉 영암호와 금호호 상류유역 강우자료 획득방법

영암호와 금호호 유입하천의 수위자료 획득방법에 대하여 <그림 2-5>와 같이 응답자의 58.8%가 “협의를 통하여 영산강홍수통제소에서 수위관측소를 설치하여 운영”이라고 응답하였으며, 응답자의 35.3%가 “영산강홍수통제소와 협의하여 한국농어촌공사가 수위관측소 설치”라고 답하였다. 응답자 중 수위관측소를 설치하여 운영해야 한다는 의견이 전체의 94.1%를 나타냈다.

영암호와 금호호 유입하천의 수질자료 획득방법에 대하여 <그림 2-6>과 같이 응답자의 51.0%가 “협의를 통하여 영산강유역환경청에서 자동수질관측소를 설치하여 운영”이라고 응답하였으며, 응답자의 36.7%가 “영산강유역환경청과 협의하여 한국농어촌공사가 자동수질관측소를 설치하여 운영”이라고 답하였다. 응답자 중 수질관측소를 설치하여 운영해야 한다는 의견이 전체의 87.7%를 나타냈다.

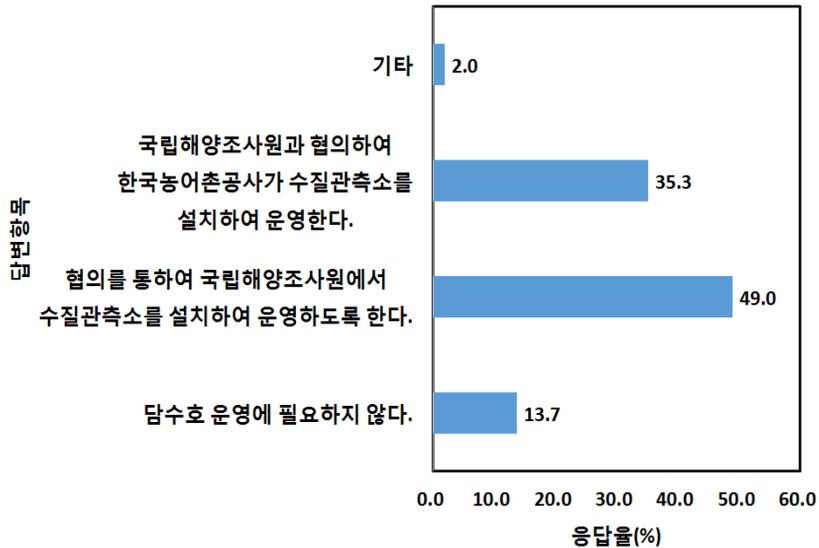


<그림 5> 영암호와 금호호 유입하천의 수위자료 획득방법



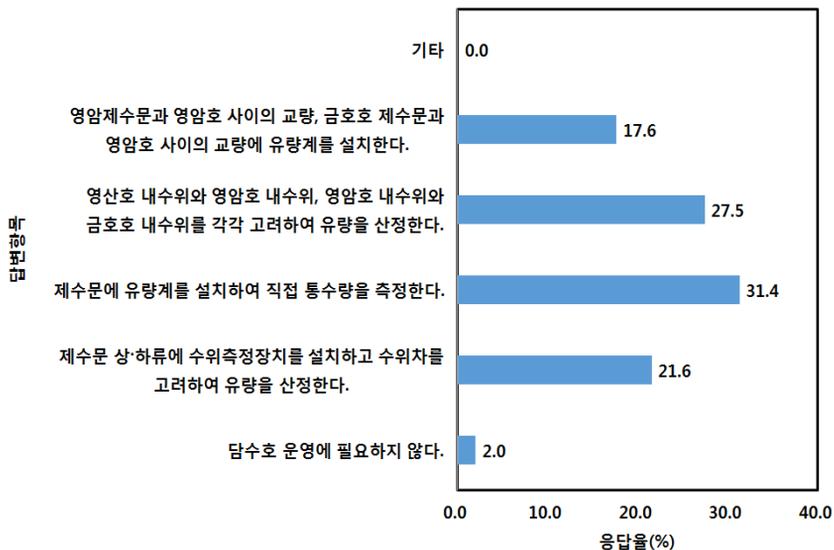
<그림 6> 영암호와 금호호 유입하천의 수질자료 획득방법

영산호 외해의 수질자료 획득방법에 대하여 <그림 2-7>과 같이 응답자의 49.0%가 “협의를 통하여 국립해양조사원에서 수질관측소를 설치하여 운영”이라고 응답하였으며, 응답자의 35.3%가 “국립해양조사원과 협의하여 한국농어촌공사가 수질관측소를 설치하여 운영”이라고 답하였다. 응답자 중 외해 수질관측소를 설치하여 운영해야 한다는 의견이 전체의 84.3%를 나타냈다.



<그림 7> 영산호 외해 수질자료 획득방법

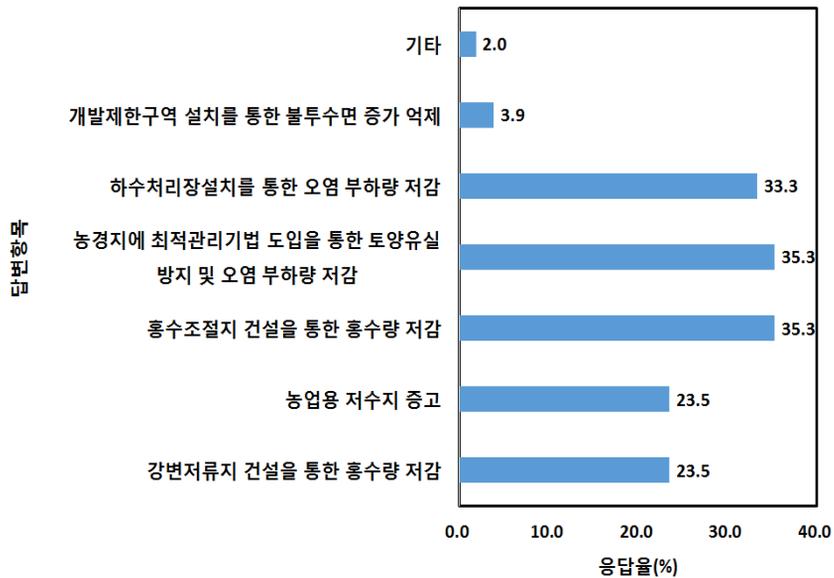
담수호간 용수 유·출입을 파악하기 위하여 적절한 방법에 대하여 <그림 2-8>과 같이 응답자의 31.4%가 “제수문에 유량계를 설치하여 직접 통수량 측정”이라고 응답하였으며, 응답자의 27.5%가 “영산호 내수위와 영암호 내수위, 영암호 내수위와 금호호 내수위를 각각 고려하여 유량 산정”이라고 답하였다. 응답결과 중 유량계를 설치하여 직접 통수량을 측정한다는 의견이 전체의 49.0%를 나타냈다.



<그림 8> 담수호간 용수 유·출입을 파악하기 위하여 적절한 방법

상류 유역관리가 영산호, 영암호, 금호호의 홍수 및 수질관리에 미치는 영향에 대하여 응답자의 62.0%가 “상류 유역관리는 담수호 유입 홍수량 저감과 수질관리에 효과적이다.”라고 응답하였으며, 응답자의 16.0%가 “상류 유역관리는 담수호 유입 홍수량 저감에 효과적이다.”이라고 답하였다.

영산호, 영암호, 금호호의 홍수 및 수질관리를 위하여 상류에 적용할 수 있는 유역 관리기법 대하여 <그림 2-9>와 같이 응답자의 35.3%가 각각 “농경지에 최적관리기법 도입을 통한 토양유실 방지 및 오염 부하량 저감”과 “홍수조절지 건설을 통한 홍수량 저감”라고 응답하였으며, 응답자의 33.3%가 “하수처리장설치를 통한 오염 부하량 저감”이라고 답하였다.



<그림 9> 상류에 적용할 수 있는 유역관리기법

참여연구원

목 차	소 속	성 명
제1장 서론	농어촌연구원	박지성, 김광용
제2장 담수호 현황	농어촌연구원	김진택, 문성근
제3장 영산호, 영암호 및 금호호 연계 물수지 분석	충북대학교	맹승진, 김형산
제4장 담수호 치수시스템 구축	충북대학교	맹승진, 황주하
제5장 물수지분석 기반의 물관리 시스템 설계(안)	충북대학교	맹승진, 전경수, 아 잠
제6장 영산강 담수호 물관리 마스터플랜 수립 방안	충북대학교	강민구
제7장 결 론	농어촌연구원	박지성, 김정대

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

영산강 배수갑문 확장에 따른 담수호 시스템 구축 방안 연구(Ⅱ)	
발 행 일	2015. 12
발 행 인	이 용 직
발 행 처	한국농어촌공사 농어촌연구원
주 소	경기도 안산시 상록구 사동 해안로 870
	전 화 031 - 400 - 1700
	FAX 031 - 409 - 6055
■ 이 책의 내용을 무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다. 단, 이 책의 출처를 명시하면 인용이 가능합니다.	