보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개( ), 비공개( )
국토교통기술촉진연구사업 제3차연도 최종보고서

R&D / 17CTAP-C096287

국토교통기술 R&D Report

인도네시아 찌상쿠이 유역 지능형 물관리 시스템 개발 최종보고서

2018. 8.

주관연구기관 / ㈜유신
공동연구기관 / ㈜알엔에이솔루션
공동연구기관 / ㈜지티이

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

R&D	17CTAP-C096287

[국토교통기술촉진연구사업 글로벌기술협력분야]

인도네시아 찌상쿠이 유역 지능형 물관리 시스템 개발

2018.08

KAIA

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘인도네시아 찌상쿠이 유역 지능형 물관리 시스템 개발’(연구개발 기간 : 2015. 6. 1 ~ 2018. 6. 30) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2018. 8. 31.

주관연구기관명 : (주)유신 성 낙 일 (대표자) (인)

공동연구기관명 : (주)알엔에이솔루션 현 종 일 (대표자) (인)

공동연구기관명 : (주)지티이 김 태 원 (대표자) (인)

주관연구기관책임자: ㈜유신 고익환
공동연구기관책임자: ㈜알엔에이솔루션 김유진
공동연구기관책임자: ㈜지티이 김태원

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>17CTAP-C096287</td><td>해당 단계
연구 기간</td><td>2015.6~2018.6
(3년 1개월)</td><td>단계구분</td><td>(3차년)/
(3년)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4">국토교통기술연구개발사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4">국토교통기술촉진연구사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4">인도네시아 찌상쿠이 유역 지능형 물관리 시스템 개발</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">고익환</td><td>해당단계
참여
연구원 수</td><td>총: 24명
내부: 19명
외부: 5명</td><td>해당단계
연구개발비</td><td>정부: 244,000천원
기업: 67,241천원
정부 외: 40,000천원
계: 351,241천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
참여
연구원 수</td><td>총: 24명
내부: 19명
외부: 5명</td><td>총
연구개발비</td><td>정부: 576,000천원
기업: 201,723천원
정부 외: 100,000천원
계: 877,723천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속 부서명</td><td colspan="3">㈜유신</td><td colspan="2">참여기업명</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명:인도네시아</td><td colspan="2">상대국 연구기관명:PusAir</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명:</td><td colspan="2">연구책임자:</td></tr>
<tr><td colspan="3">[연구개발 배경]
- 인도네시아 반둥지역은 급격한 도시화, 인구집중으로 심각한 물 부족에 처해 있으나, 비효율적인 용수공급 및 이용체계로 물관리 위기 극복이 어려움
- 따라서, 자료 공유체계(공동활용 DB)를 구축하고, 물관련 기관 간 이해관계를 조정하기 위한 의사결정지원 tool을 제공 필요
- 또한, 다원화된 용수공급원과 댐, 보, 발전, 취수장 등 다중 물관리 시설물, 다양한 물관리 기관을 고려하여 표준화된 최적 연계운영 지침(가이드라인) 필요

[연구개발 목표]
- 최적의 용수공급 및 효율성을 극대화하기 위한 물관리 시설물 연계 운영 및 지능형 물관리 기술 개발
- 시나리오별 물관리 시설물 최적 연계운영을 위한 의사결정지원 시스템(DSS, Decision Support System) 개발
- 물관리 기관 간 이해관계 조정 및 연계운영을 위한 가이드라인

[연구내용]
- 대상지역 용수이용 현황 조사 및 물관리 시설물 운영 현황 분석
- 유역 내 물 공급/배분 현황 분석을 통한 용수공급체계 개선방안 수립
- 유역 내 물관리 시설물 최적 연계운영 가이드라인 수립
- 다중 물관리 시설물 연계 운영 방안 및 시나리오 개발
- 용수 공급 시설 및 배분 현황 데이터베이스 구축
- 시나리오별 다중 물관리 시설물 연계운영 효과 분석
- 유역 내 시간적 공간적 용수공급 및 배분 효과 검증
- 극한 가뭄 등 비상시 연계운영 효과분석
- 연계운영 기술 시험 적용 및 효과 검증</td><td colspan="3">보고서 면수</td></tr>
</table>

< 요약문 >

연구의 목적 및 내용	[연구개발 최종목표] 최적의 용수공급 및 물 이용 효율성을 극대화하기 위한 물관리 시설물(댐, 보, 발전, 취수장 등) 연계 운영 및 지능형 물관리 기술 개발 [연차별 주요 연구내용] ● 1차년도 : 시나리오별 용수공급 배분 현황 분석 및 시스템 설계 - 유역내 물관리 시설물 운영 현황 조사 - 기관별 데이터 연계 제공 방안 수립 - 시나리오별 유역내 물수지 현황 분석 - 다중 물관리 시설물 연계운영 방안 수립 ● 2차년도 : 물관리 시설물 최적 연계운영 가이드라인 작성 - 유관기관 수문자료 수집 및 연계 체계 구축 - 시나리오별 물관리 시설물 연계운영 효과 분석 - 시설물 간 최적 연계운영 방안 수립 - 시나리오별 물관리 시설물 최적 연계운영 가이드라인 작성 ● 3차년도 : 지능형 물관리 의사결정지원시스템 개발 및 연계운영 효과분석 - 유역 내 시간적 공간적 용수공급 및 배분 효과 검증 - 극한 가뭄, 수질 사고 등 비상시 연계운영 효과분석 - 최적연계운영 기준 가이드라인 설명회 개최 - 통합유역관리(IWRM)으로의 확대방안 수립
연구개발성과	- 유역 내 물관리 시설물 최적 연계운영 가이드라인(지침) - 물관리 시설물 연계운영 및 지능형 물관리 의사결정지원시스템(시스템)
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	[기술적 기대성과] - 선진국의 전유물이었던 '통합 유역 수자원 계획 및 관리' 분야에서의 한국의 경험과 기술을 바탕으로 인도네시아 현지에 부합하는 맞춤형 기술 개발 및 이전과 역량 강화 - 이를 통한 우리나라 물관리 기술의 국제적 브랜드화와 경험 축적, 해외 수자원사업에의 활용가치가 매우 높음 [사회·경제적 파급효과] - 인도네시아 수자원 관리 능력의 획기적인 향상이 기대됨에 따라 200만명 이상의 반둥 지역 주민들에게 혜택을 주는 수자원 관리서비스가 가능해질 것으로 판단됨 - 중앙 및 지방, 유역 물관리 기관 기술자들의 역량 강화를 통한 제도 개선 효과와 인도네시아 중앙·정부·주민들의 물환경관리 인식 증대 등 가시적, 비가시적 경제적 효과가 기대 됨 [활용방안] - 다수의 물관련 기업과 IT기업들이 관심을 보이고 있어, 사업 참여 가능성이 높고 이들을 통해 향후 사업화가 추진될 것으로 전망 - 연구과제의 수행과 함께 해외사업 진출을 위한 인적 네트워크의 구축, 본 연구기관의 타 사업분야인 개발도상국 또는 저개발국가의 통합유역 및 하천관리 사업과 연계하여 개발기술의 적극적 활용을 통한 신시장 진출 - 서남아시아 등 개도국 환경개선을 위한 환경기술 및 유지관리시스템 분야의 수출 기대

핵심어 (5개 이내)	용수공급	연계운영	의사결정지원 시스템	통합물관리	지능형 물관리

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 ·····5
2. 국내외 기술 개발 현황 ·····15
3. 연구 수행 내용 및 성과 ·····33
4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ·····227
5. 연구개발성과의 활용 계획 ·····231
6. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보 ·····234
7. 연구개발성과의 보안등급 ·····236
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황 ·····237
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적 ·····238
10. 연구개발과제의 대표적 연구 실적 ·····239
11. 기타 사항 ·····241
12. 참고 문헌 ·····242

제 1 장 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적

가. 연구추진 목적

○ 유역의 가용 수자원을 최대한 효율적으로 활용할 수 있도록 통합 물관리체계를 수립함으로써 물부족 문제에 대한 관리적 측면에서의 해결방안을 모색

○ 특히 대상유역인 반둥 지역은 인구의 고밀화로 인하여 식수가 매우 부족하며, 복잡한 수계 및 다양한 관리주체로 인한 수자원 관리 및 운영에 문제가 있음

○ 따라서, 유역의 한정된 수자원을 다양한 용수 수요처에 가장 합리적이고 효율적인 용수를 수급하기 위한 의사결정 지원 체계를 수립

○ 통합 수자원정보 관리체계의 수립을 통한 유역의 수리수문 현황을 종합적으로 판단하고, 운영목적에 따른 최적의 운영방안을 제시함으로써 유역관리의 관점에서 통합적으로 시설물을 운영

○ 하천, 지하수, 댐, 보 등 다원화된 용수공급원과 댐, 보, 수력발전, 취수장 등 다중 물관리 시설물, 다양한 물관리 기관을 고려하여 표준화된 최적 연계운영 지침(가이드라인)을 제시

나. 연구개발 대상 지역

○ 연구대상지역인 Cisangkuy 유역은 인도네시아 제 3의 도시인 반둥시의 주요한 식수공급원으로, 반둥시 남측에 위치하며, Citarum 강의 제1지류에 해당한다. Cisangkuy 강의 유역면적은 약 279.21 ㎢이며, 유로연장은 49.78 ㎞임

○ 유역 상류의 2개의 저수지가 있어 유역의 주 상수원 역할을 하고 있으며, 하류에 3개의 소수력 발전소로 전력을 생산하고 있음



<연구대상 지역>

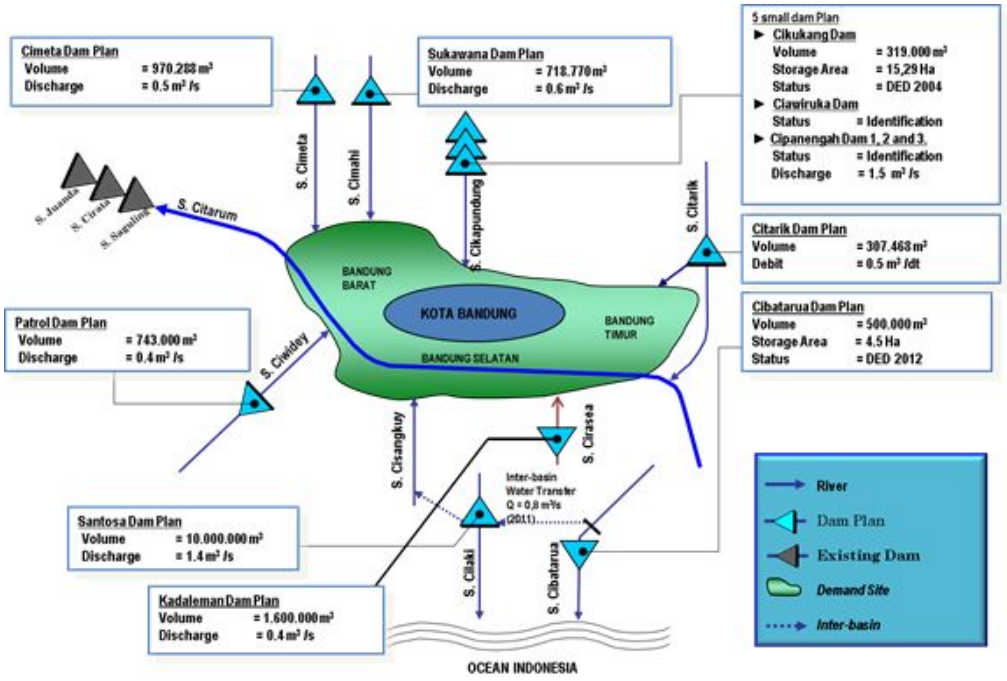
다. 연구추진 배경

○ 기후변화 및 환경오염으로 인하여 물부족 국가가 세계적으로 증가하고 있는 추세이며, 특히 집중강우의 형태가 많아짐에 따라 홍수피해 및 용수공급의 문제가 사회적으로 큰 이슈가 되고 있음

○ 최근 20여년 간의 급속한 경제성장과 도시화 과정에서 인도네시아는 인구와 산업의 과도한 도시집중으로 지난 1960-80년대 한국이 산업화 과정에서 겪었던 것보다 훨씬 심각한 환경문제에 직면하고 있으며, 자카르타와 반둥을 포함하는 광역 수도권 지역의 물 부족과 수질 오염, 환경문제가 이미 매우 위험한 수준에 도달 함

○ 특히, 찌따룸강 중상류에 위치한 인도네시아 3대 도시인 반둥시는 고질적인 용수부족 문제를 겪고 있음. 2010년 현재 약 일평균 15CMS의 용수가 부족한 상황이며, 2030년에는 지속적인 인구증가로 약 23CMS의 용수가 추가로 더 필요한 것으로 전망

○ 이러한 용수공급 문제 해결을 위해 반둥시 및 찌따룸강 유역관리청은 댐 및 지하수 개발, 유역간 물이동 등의 구조적인 대책뿐만 아니라 비구조적인 대책으로써 기존 및 신규 저수지 연계 운영을 통한 용수이용의 효율성을 높이는 방안을 모색하고 있음



<반둥시 추가 용수공급 계획>

○ 인도네시아 반둥 지역의 연간 강수량은 2,380mm로 강수량은 풍족하나, 기후는 건기(4~9월)와 우기(10~3월)로 구분되어 계절간 극심한 강수량 차이를 보이며, 높은 인구밀도와 하천의 심각한 오염수준으로 인하여 식수공급량은 매우 부족함

○ 반둥의 석회질 기반의 지형으로 지하수는 풍족한 편이나, 상수부족으로 인한 지하수의 과잉사용으로 인하여 지반 침하 등 부작용을 일으키고 있고, 인구 증가를 고려하였을 때 무분별한 지하수의 지속적인 사용은 머지않아 지하수의 고갈을 초래할 것으로 예상됨

○ 반둥은 최근 급속하게 성장하고 있는 지역으로 인구가 상당히 밀집되어 있어 상수요구량이 크나, 인근 상수원이 한정되어 있어 상수 수급에 어려움을 겪고 있음

○ 인근 상수원으로 Citarum 강 본류 및 Cisangkuy, Cikapundung, Cimahi 강 등이 존재하나, 주식수원인 Lembang, Ciburuy, Patenggang, Cileunca 저수지 이외에는 소규모 저수지에 불과하며, 저수지 별로 관리주체가 상이하고 해당 지역의 목적을 최우선으로 운영을 하고 있어 실질적으로 상수원으로 사용하는데 문제가 있음

○ 이에 인도네시아 정부에서는 (반둥 상수도 마스터플랜)을 통해 상수 부족 문제를 해결하기 위

해 추가 상수원 개발 등을 추진하고 있음

○ 특히, 대상지역인 Cisangkuy 유역은 반둥의 주 식수원의 하나로써, 수계가 매우 복잡하고 소규모 댐, 소수력발전소 등 다수의 수리시설물이 존재하여 수자원 관리 및 운영에 있어 고려해야 할 사안이 많음

○ 수계 내 주요 댐인 Cileunca 저수지 및 Cipanunjang 저수지의 경우 전력회사인 인도네시아 파워에서 관리하고 있으며, 저수지 하류의 소수력 발전소의 운영을 위한 목적으로 저수지관리를 하고 있음

○ 저수지 아래로 3개의 소수력 발전소가 운영되고 있으며, Cisangkuy 주 하천의 대부분의 수량을 발전용수로 활용하고 있으며, 세 발전소를 거친 최종 수량의 일부를 취수장에서 취수하여 식수원으로 사용하고 있음

○ 현재 진행 중인 반둥 상수도 마스터플랜(SPAM Bandung raya)에 따라 Cisangkuy 유역으로부터 추가 취수가 진행될 예정이며, 이를 위한 추가 상수원(댐) 개발 및 연계를 계획하고 있으나 지역 주민으로부터 반발을 야기하고 있음

○ 따라서, 모의분석 시스템을 통해 한정된 수자원을 가장 효율적인 방법으로 운영하기 위한 합리적인 근거를 제시하여 해당 유역에 거버넌스 중심의 수자원 운영체계를 수립함으로써 용수 수요 주체간 분쟁을 최소화 하고, 지역 발전 및 용수 수급의 최적화를 위한 방안을 제시하는 것을 목표로 함

라. 연구개발 기대성과

○ 본 연구를 통하여 개발된 시스템은 해당유역의 상수공급 부족 문제를 해소할 수 있는 비 구조적인 대책으로써 다양한 상수원의 운영 및 발전소, 취수장 등 수리 시설물의 운영 최적화를 위한 방안을 제시

○ 현지 낙후된 정보체계를 개선하여 각 기관 및 대상 시설로부터 표준화된 정보전달체계를 수립하여 통합 관리 DB를 구축하여, 기존 단위시설 내에서만 활용하던 정보의 전산화 및 공유를 제공

○ 통합 DB를 기반으로 수리수문 현상의 모의 분석을 통해 하천 시설물 운영의 합리적 기준을 제시함으로써 다양한 관리주체들의 시설물운영에 대한 이견 및 분쟁을 해소하고, 유역관리 측면에서 시설물을 운영

○ 개발하고자 하는 시스템은 해당 유역에 국한된 것이 아니라, 다양한 환경 조건에 대한 확장성을 보장함으로써 범용성을 갖도록 하며, 표준화된 수문자료 DB를 기반으로 하여 한정된 수자원과 다양한 수요 간의 효율적이고 합리적인 분배 및 시설물 운영문제를 해결하기 위한 의사결정도구로써 활용

○ 합리적인 의사결정을 통해 부족한 수자원의 효율적인 사용이 가능하며, 이로 인한 경제적 효과는 추가 원수 개발등 구조적 대책에 비하여 그 효율도 높고 적용기간도 매우 짧아 적용 지역에 즉각적인 효과를 기대할 수 있음

○ 본 연구로 개발되는 성과물은 해당 유역에 적용하여 실제 해당 지역의 물 관리 의사결정도구로 활용할 수 있으며, 지역의 기술수준의 발전에 따라 지속적인 기술의 검증 및 업데이트를 실시하여, 이를 통해 인도네시아 전역으로의 확대를 기대할 수 있음

2. 연구개발의 필요성

가. 기술적 필요성

○ 관리적 측면에서 정보의 수집은 가장 기본이 되는 사항이며, 특히 이질적인 정보를 통합하여 분석하기 위한 관리체계의 수립은 매우 중요함

○ 특히, 반둥지역은 데이터 관리적 측면에서 보았을 때 아직도 수기로 작성하는 등 정보의 전산화가 시급한 상황이며, 데이터의 활용도 또한 매우 열악한 상황임

○ 또한, 시설물 별 다양한 관리주체가 있으며 각 기관간 정보의 공유에 있어 복잡한 절차가 존재하고, 정보관리가 부실하고 협조가 용이하지 않아 한정된 정보를 기준으로 운영하고 있음

○ 다양한 수리시설물은 각각 특성에 따라 운영을 위한 기준이 필요하며, 각 기준을 만족하기 위한 수리적인 조건이 필요함

○ 다양한 기준 및 조건들로 인하여 각 수리시설물을 통합 운영하는 것은 많은 어려움이 따르며, 유역관리 측면에서 각 조건들을 가장 합리적으로 만족시키는 방법을 찾는 것은 매우 중요함

○ 수자원의 개발은 물리적 한계가 있으며 장기적인 관점에서 한정적인 수자원을 효율적으로 분배하는 것이 필요함

○ 수자원의 최적활용을 위한 지능형 유역 물관리를 위해서는 물수급을 위한 주요 수리시설물에 대한 모니터링과 용수의 공급 및 배분의 합리적인 분석이 필수적임

○ 특히, 실시간 수리시설물 연계 운영을 위해서는 수요에 대한 부족상태와 공급의 여유상태 정보를 활용하여 실시간으로 적시적소에 용수를 공급하는 것이 가장 중요한 점이라 할 수 있음

○ 공급부족 상태 취수지점 또는 수요부족 상태 지점에 대하여 용수를 공급하는 문제를 해결하기 위해서는 상하류 수리시설물에 대한 최적 연계운영이 필요함

○ 또한 통합유역관리 및 적응형 물관리를 위한 시공간적 용수공급 및 배분현황을 실시간으로 파악하기 위해서는 물수급 현황을 모니터링 할 수 있는 지속적인 관리 체계를 구축하는 것이 중요

○ 수리 시설물 통합 연계운영 체계를 마련함으로써 향후 물부족을 대비하고, 다양한 시설물을 운영함에 있어 발생되는 에너지 손실을 최소화 함으로써 국가적 에너지 효율을 증대

나. 경제·산업적 필요성

○ 물은 산업활동에 있어서 필수 불가결의 요소로써 농업/상업/공업/생활에 이르기까지 인간의 삶에 가장 중요한 역할을 함

○ 기후 변화 및 환경오염으로 인하여 가용 수자원은 점점 줄어들고 있으며, 특히 식수 문제는 전 세계적으로 커다란 이슈가 되고 있음

○ 가용 수자원의 한계로 인하여 증가하는 수요에 비하여 부족한 공급은 용수를 많이 필요로 하는 농업 및 공업 분야에 큰 영향을 끼치고 있으며, 특히 상수의 부족 문제는 일반 시민의 경제적 부담으로 작용하게 됨

○ 반둥지역의 경우 추가 상수원의 개발에도 불구하고, 단기적으로 상수취수의 증가로 인한 농업용수의 부족을 우려한 주민들의 반발이 있을 정도로 수자원의 균형적인 배분은 매우 중요한 문제임

○ 종합적인 분석을 통해 합리적인 시설물 및 수자원 운영 방안을 제시함으로써 저비용으로 기존의 물부족 문제를 해소하고, 산업 각계에 계획적이고 합리적인 공급을 통해 경제발전에 기여

○ 고효율화를 통한 물 생산 및 분배에 소요되는 비용을 절감하여 도시화 현상의 가속화로 인한 지속적인 물수요 증가량에 대비

○ 다양한 업종 간의 네트워크를 통해 수자원분야 융복합형 산업 창출의 기반을 마련할 수 있으며, 해외에 기술 및 노하우를 수출함으로써 국내 물기업이 세계 시장에 진출할 수 있게 될 것으로 기대됨

○ 노후화된 물 관리시설의 재활 및 개선과 더불어 첨단 ICT를 융합한 물관리 시스템의 개발을 통하여 국내 물산업의 성장을 촉진하고, 수자원의 공급 및 관리 측면의 기반시설 보강을 통하여 국내 물산업의 육성을 도모하고 이를 바탕으로 경기침체 회복과 관련 산업들의 동반 성장 유도

○ 안정적인 용수공급 및 최적 운영을 통해 개인 및 국가의 물복지(Water Welfareness)가 증대되고 기존의 낙후된 수자원 관리 시설에서 발생하는 비효율을 타파함으로써 사회적인 물관리 비용 절감

○ 지능화된 물관리 기술을 통해 수질사고 등 비상상황이 발생할 경우 신속하게 대응할 수 있으며 추가적인 수자원 오염을 방지할 수 있게 되어 국민의 건강 비용을 낮출 수 있음

다. 사회·문화적 필요성

○ 물산업은 인구증가, 기후변화에 따른 물부족 심화, 수질오염 등으로 21세기를 선도할 Blue Gold 산업으로 부상하고 있으며, 이에 따라 물산업의 패러다임이 변하고 있음

○ GWI에 의하면 전세계 물산업 규모는 연평균 6.5%씩 성장, 2025년에 8,650억달러(1,038조원) 시장을 형성할 전망이며, 전기, 가스, 통신, 교통 등 다양한 지역공공서비스 분야와 접목하여 종합서비스 산업으로 발전하는 추세임

○ 베올리아(Veolia)는 수도공급회사로 시작하여 물처리, 운송, 에너지공급, 건설, 동산, 폐기물처리 등 복합기업으로 성장

○ 안정적이고 효율적인 물공급을 통한 시·공간적 물 불균형 해소로 국민의 편리증대 및 용수수요 증가에 비하고, 수요의 충돌로 인한 사회적 마찰을 방지

○ 삼성경제연구소는 "스마트SOC"라는 개념을 통해, IT기반의 SOC가 기존 SOC의 효율을 20% 이상 높여줄 것이라고 주장함

○ 실시간 물수급 관리체계의 구축으로 인한 하천수 사용허가량의 증대로 인하여 물이용 분쟁 감소 및 부적절한 하천수 사용허가 기준의 개선에 기여

라. 정부지원 필요성

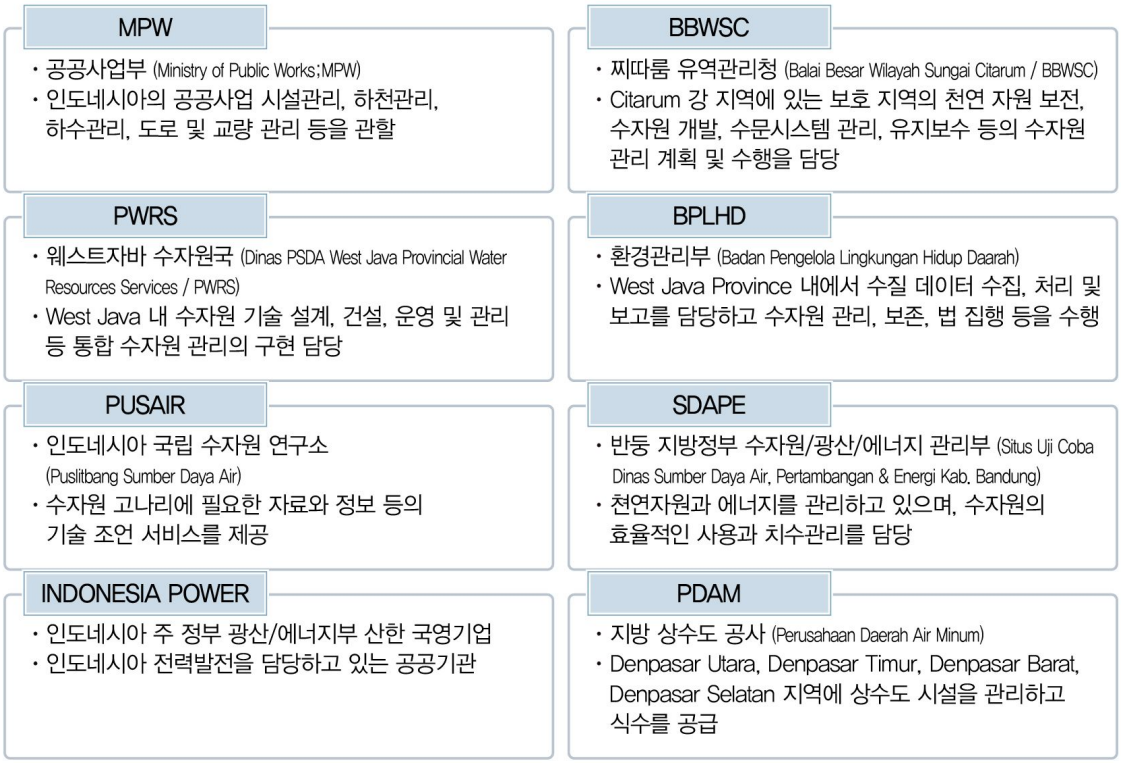
○ 본 연구는 산업기반기술로써 사회적인 문제의 해결책을 제시할 수 있으며, 다양한 이해관계를 조정하고 합리적인 의사결정을 이끌어 내는 해당 기술의 적용 및 확대를 위하여 의사결정에 따른 관계기관의 협조를 이끌어 내기 위한 정부 차원에서의 공인 및 지원이 필요

○ 인도네시아 정부산하 연기기관과 공동 연구를 통해 국가적인 위상을 세우고, 발전된 한국의 기술력을 홍보 및 지원할 수 있는 계기가 됨은 물론 전 세계적으로 당면한 문제의 한 가지 해결책으로 확산, 활용 가능

○ 인도네시아 정부는 2004년 수법 (Law No. 7/2004 on Water Resources)을 선포, 유역단위 통합수자원관리의 원칙을 채택을 통한 물 문제 해결에 적극 나서고 있으며, 한국의 수자원관리 기술 경험을 바탕으로 한 물관련 이해당사자간의 효과적인 정보관리, 공유 및 분배 기반 수자원 계획 및 관리 능력배양 지원이 시급한 실정임

○ 대상지역인 반둥지역의 물관련 기관은 다음과 같이 매우 다양한 반면, 관련 기관 간 자료 공유 및 업무협조 체계는 미비하며, 용수의 사용용도(생활 및 농업용수, 발전 등)에 따라 관련 기관의 이해관계가 충돌하고 있음

○ 또한 인도네시아의 경우 폭발적 인구증가(2.5억명/세계 5위)와 대규모 이모작 농업으로 인해 대상 유역인 찌상쿠이강을 비롯한 많은 유역들은 복잡한 물 이용 체계를 가지고 있으며, 이에 대한 정확한 현황 파악이 어려움



<인도네시아 반둥지역 물관련 기관 현황>

○ 따라서, 현지의 유관기관과 긴밀한 네트워크를 구축하고 있는 국책 연구기관을 비롯하여 인도네시아 반둥지역의 수자원 분야의 많은 연구실적을 보유한 학계, 유사과제 경험을 보유한 IT 솔루션 업체와 공동연구를 추진하고자 함

○ 또한 2012년, 인도네시아 전역의 하천유역 경계를 확정하는 대통령 고시를 통해, 전국을 131개의 하천유역으로 구분하고 63개 유역은 중앙에서, 53개 유역은 지방에서, 15개 유역은 지구(district)에서 관리하도록 함에 따라 성공적인 연구 추진을 통해 타 유역으로의 확장이 가능

○ 인도네시아뿐만 아니라 비슷한 기후환경 및 유역특성을 가진 다른 동남아 국가에도 적용가능한 기술을 개발함으로써 신규 시장 개척 및 확대 가능

○ 특히, 본 연구의 대상지역인 인도네시아 반둥 지역은 'Decision support system for Integrated water resources management in Citarum river basin(2012, ADB)' 1차 구축 사업 및 '인도네시아 반둥 상수도시스템 구축사업 타당성조사 및 기본설계(2013, 코이카)', '찌따룸강 유역 홍수예경보 시스템 구축 사업(2015-16, 코이카)' 등 다양한 물관련 사업이 진행되고 있는 주요 지역으로 지속적인 사업발굴을 위한 연구가 필요

○ 일본을 비롯한 네덜란드, 영국 등 선진국에서는 적극적인 연구과제 지원 및 사업 발굴을 통한 시장 진입 및 확대를 꾀함에 따라 이에 대응하기 위한 노력이 절실하게 요구됨

3. 연구개발 범위

가. 연구개발 최종 목표

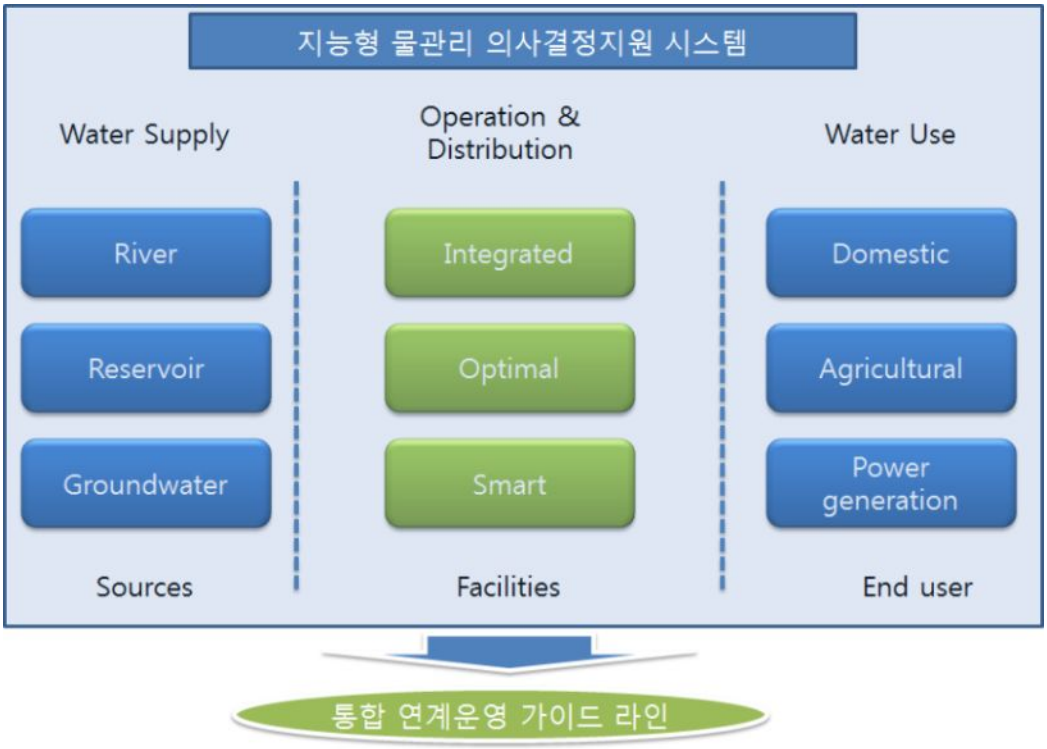
(1) 최종 목표

○ 연구개발 최종 목표 :

최적의 용수공급 및 물 이용 효율성을 극대화하기 위한 물관리 시설물(댐, 보, 발전, 취수장 등) 연계 운영 및 지능형 물관리 기술 개발

○ 최종성과물 :

- 유역 내 물관리 시설물 최적 연계운영 가이드라인(지침)
- 물관리 시설물 연계운영 및 지능형 물관리 의사결정지원시스템(시스템)



<연구의 최종목표>

(2) 최종목표의 성격 및 설정근거

(가) 지능형 물관리 의사결정지원 시스템(시제품 개발)

○ 인도네시아 반둥지역은 BBWSC(유역관리청), Indonesia Power(전력공사), PDAM(지방상수도공사), DPSDA(서자바주 수자원국), BPLHD(환경관리국) 등 다양한 물관련 기관들이 산재해 있는 반면, 업무 협조체계 및 자료 공유는 미비함

○ 유역 내 물관리 시설물에 따라 담당 기관이 다르며, 각 기관별로 단일 목적의 물이용을 함에 따라 용수의 재이용 및 최적 활용이 제한적임. 예를 들어 하천용수를 이용하여 소수력 발전을 하고 있는 Indonesia Power(전력공사)의 경우 유역의 용수공급 및 활용에 대해서는 아무런 기여도 하지 못하고 있으며, 관련 인식도 부족함

○ 따라서, 동일한 자료를 이용하여 물관리를 할 수 있도록 자료 공유체계(공동활용 DB)를 구축하고, 물관련 기관 간 이해관계를 조정하기 위한 의사결정지원 tool을 제공하고자 함

(나) 유역 내 물관리 시설물 최적 연계운영 가이드라인 작성(지침)

○ 대상 유역인 반둥 지역은 무분별한 수자원 개발로 용수공급 및 이용체계가 매우 복잡하고, 각 시설물에 대한 관할 기관도 다름

○ 하천, 지하수, 댐, 보 등 다원화된 용수공급원과 댐, 보, 발전, 취수장 등 다중 물관리 시설물, 다양한 물관리 기관을 고려하여 표준화된 최적 연계운영 지침(가이드라인)을 제시하고자 함

나. 연차별 연구목표 및 내용

연 차	주요 연구활동	세부 연구내용
1차년도	용수이용 현황 조사 및 분석	- 유역내 물관리 시설물 운영 현황 조사 - 용수이용 현황 및 관련 계획 조사/분석 - 물관련 유관기관 현황 및 업무 분석
	수문자료 공동활용 방안 수립	- 수문자료(강우, 수위, 유량) 및 수질자료 수집 및 관리현황 조사 - 기관별 수문정보 DB 구축현황 조사 - 기관별 데이터 연계·제공 방안 수립
	의사결정지원시스템 개발 방안 수립 및 설계	- 시나리오별 유역내 물수지 현황 분석 - 다중 물관리 시설물 연계운영 방안 수립 - 시설물 간 연계를 고려한 운영기준 제시 - DB 구조 및 시스템 프레임워크 설계
2차년도	수문자료 공동활용 DB 구축	- 유관기관 수문자료 수집 및 자료 입력 - 수동 및 자동 계측 데이터 연계 체계 구축 - 수집된 수문자료 품질 검증
	연계운영 가이드라인 수립	- 시나리오별 물관리 시설물 연계운영 효과 분석 - 시설물 간 최적 연계운영 방안 수립 - 연계운영 시나리오에 따른 운영효과를 지식기반 DB 형태로 구축 - 시나리오별 물관리 시설물 최적 연계운영 가이드라인 작성
	물관리 시설물 연계운영 기술 개발	- 강우-유출 및 물수지 분석 모형 구축 - 시나리오별 물관리 시설물 연계운영 기법 개발 - 시공간적 물수급 현황을 고려한 용수공급 우선순위 선정 - 주요 저수지 및 보, 발전소, 취수장의 장단기 운영계획 수립
	지능형 물관리 의사결정지원 시스템 개발	- 과거 자료 및 실시간 자료 연계를 통한 실시간 분석 체계 구축 - 연계운영 기준에 따른 시나리오별 분석 기능 구현 - 실시간 모니터링을 기반으로 한 최적화된 용수이용 방안을 제공하는 지능형 시스템 개발
3차년도	수문자료 공동활용 DB 보완 및 검증	- 지속적인 수문자료 품질검증을 통한 신뢰성 있는 정보 제공 체계 구축 - 기관별 담당자를 대상으로 한 자료 품질관리 및 공동활용 세미나 개최
	연계운영 효과 검증	- 유역 내 시간적·공간적 용수공급 및 배분 효과 검증 - 극한 가뭄, 수질 사고 등 비상시 연계운영 효과분석 - 최적 연계운영 가이드라인 설명회 개최 - 통합유역관리(IWRM)으로의 확대방안 수립
	시스템 시험운영	- 각 시설물별 운영 시나리오 적용을 통한 시험운영 및 보완 - 타 유역으로의 확장성 검증

다. 연구개발 핵심성과

(1) 성과 리스트

연번	핵심성과물	성과유형※	핵심성과 개요
1	지능형 물관리 의사결정 지원 시스템	시스템	최적의 용수공급 및 물 이용 효율성을 극대화하기 위한 ICT 기반의 물관리 시설물(댐, 보, 발전, 취수장 등) 연계 운영 시스템
2	최적연계운영 가이드라인	정책·제도	개별 기관별로 일관성 있는 물관리 시설물 연계운영을 수행하기 위한 표준지침 제공

(2) 핵심성과물별 세부 설명

(가) 지능형 물관리 의사결정 지원 시스템

정의	최적의 용수공급 및 물 이용 효율성을 극대화하기 위한 ICT 기반의 물관리 시설물(댐, 보, 발전, 취수장 등) 연계 운영 시스템(시작품) 개발		
목적	유역 내 물관리 시설물의 최적연계 운영 및 안정적 용수공급 및 배분을 위한 의사결정지원		
성능목표	(기존기술 수준) 관리단위 별 단일 목적에 의한 시설운영 및 통합 DB 부재 (개발기술 수준) 통합 연계운영 및 최적운영 지원, 공동활용 DB 구축 (개발기술 수준 설정근거) 기존 운영체계인 시설 단위의 단일 운영 결과 분석을 통해 용수이용을 극대화 할 수 있는 의사결정지원 체계를 구축하고, 기관 별 DB 현황 및 자료 분석을 바탕으로 정보공유를 위한 통합 DB 체계 구축 가능		
성과달성 책임자 (소속기관)	고익환/(주)유신		
소요기간	’15.06 ～’18.06(3년1개월, 3년차)		
성과달성 확인방법	현지 담당 기관인 유역관리청(BBWSC)의 시스템 탑재 및 유무		
성과달성에 따른 정량적 성과	특허 출원		국내 : 0건, 국외 : 0건(인도네시아 - 추진중)
	특허 등록		국내 : 0건, 국외 : 0건
	논문	SCI(E)급	국내 : 0건, 국외 : 0건
		비SCI(E)급	국내 : 0건, 국외 : 1건 (1건 완료, 1건 심의중)
		학술발표	국내 : 1건, 국외 : 3건
	저작		0건
	S/W		3건
	신기술		0건
	기타		2건(기술보고서)
성과물 소유권	**소유유형**		단독 / 공동 / 해당없음
	소유기관		(기관명) (주)유신
	외국기관 소유 사유		해당사항 없음

(나) 최적연계운영 가이드라인

<table>
<tr><td>정의</td><td colspan="3">개별 기관별로 일관성 있는 물관리 시설물 연계운영을 수행하기 위한 표준지침 제공</td></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="3">표준화된 물관리 시설물 운영 지침 제공</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="3">(기존기술 수준) 개별 물관리 시설물에 대한 확정된 운영룰 및 지침 부재
(개발기술 수준) 통합유역관리 측면에서 용수공급원 및 용수 사용목적을 고려한 연계운영 가이드라인 제시
(개발기술 수준 설정근거) 시설물 간 연계운영에 따른 운영효과를 분석하여 가장 효율적으로 용수를 이용할 수 있는 연계 운영 방안 수립</td></tr>
<tr><td>성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="3">Williamh/PusAir</td></tr>
<tr><td>소요기간</td><td colspan="3">’15.06 ～’18.06(3년1개월, 3년차)</td></tr>
<tr><td>성과달성 확인방법</td><td colspan="3">연계운영 가이드라인 적용에 대한 BBWSC(유역관리청)과의 협약서</td></tr>
<tr><td rowspan="8">성과달성에 따른 정량적 성과</td><td colspan="2">특허 출원</td><td>국내 : 0건, 국외 : 0건</td></tr>
<tr><td colspan="2">특허 등록</td><td>국내 : 0건, 국외 : 0건</td></tr>
<tr><td rowspan="3">논문</td><td>SCI(E)급</td><td>국내 : 0건, 국외 : 0건</td></tr>
<tr><td>비SCI(E)급</td><td>국내 : 1건(1건 완료, 1건 심의중), 국외 : 0건</td></tr>
<tr><td>학술발표</td><td>국내 : 3건, 국외 : 0건</td></tr>
<tr><td colspan="2">저작</td><td>0건</td></tr>
<tr><td colspan="2">S/W</td><td>0건</td></tr>
<tr><td colspan="2">신기술</td><td>0건</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>3건(기술보고서 2건, 지침 1건)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">성과물 소유권</td><td>소유유형</td><td colspan="2">단독 / 공동 / 해당없음</td></tr>
<tr><td>소유기관</td><td colspan="2">(기관명) (주)유신, BBWSC(찌따룸강 유역관리청)</td></tr>
<tr><td>외국기관 소유 사유</td><td colspan="2">본 과제의 대상유역인 찌상쿠이 강을 관할하는 유역관리청에 가이드라인에 대한 소유권을 인계하여, 해당 기관의 유역관리 업무 규정에 반영함으로써 실질적인 물관리 업무에 활용토록 하고자 함</td></tr>
</table>

제 2 장 국내외 기술 개발 현황

1. 관련 분야의 국내외 연구동향 및 학술적 성과

가. 유사연구 조사 및 검토

(1) 연구개발과제의 중복방지를 위한 조사 및 검토결과

○ 연구개발과제의 중복성 방지를 위한 기존의 국책사업의 조사 결과 아래와 같은 관련 연구가 진행되어 왔음

(단위 : 억원)

부처명	사업명	과제명	예산	비 고
국토해양부	건설기술혁신사업	차세대 용수공급 시스템 기획연구	1.0	
국토해양부	건설기술혁신사업	스마트워트그리드 연구단	317	
교육과학기술부	프런티어연구사업	수자원의 지속적 확보기술개발	1,000	
국토해양부	건설기술혁신사업	기후변화에 의한 수문영향분석과 전망	37.26	
국토해양부	건설기술혁신사업	첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 (4세부과제 : 물안보 확보를 위한 탄력적 물관리 기술 개발)	29.04	
환경부	차세대 에코이노베이션 사업	차세대 지능형 상수관망 기술 개발	250	

○ 에코 스마트 상수도 시스템 개발 사업단에서는 ET-IT-NT를 융합한 막여과 정수처리기술과 통합 상수도 시스템 개발을 통해 2020년까지 물기업을 육성하기 위한 세계시장 선도형 정수막 분리 기술, 첨단 지능형 최적정수처리 플랜트 기술, 수출시장 맞춤형 상수도 기술을 개발 중에 있음

○ '차세대 용수공급 시스템 기획연구'는 기존 생산자 중심의 중앙집중식 처리시스템과 장대(長大)형 용수공급체계를 탈피하기 위한 분산형 용수공급 시스템과 신재생 에너지 생산 및 활용, 융합 기술 개발 방향을 수립

○ 스마트워트그리드 연구단에서는 한정된 수자원을 효율적으로 사용하기 위해 첨단 정보통신기술(ICT)을 이용한 고효율의 차세대 물관리 인프라 시스템 구축을 목표로 하고 있으며, 대체·능동형 수자원 확보 및 분배기술 개발 및 지역간 수자원 평가 및 관리 기술 개발, ICT 기반의 물정보 서비스 기술을 개발 중에 있음

○ 수자원의 지속적 확보기술 개발 사업의 일환으로 수행된 '수자원 통합관리 및 운영 기술 개발' 과제는 이수기 물관리 및 하천유량 관리를 위한 저수지군 연계운영 기술 개발에 중점을 두고 있는 반면, 본 과제는 상수원수-농업용수-발전-하천 유지용수를 종합적으로 고려한 다중 물관리 시설물 연계운영 기술을 개발하고자 함

○ '수자원의 지속적 확보기술개발'에서는 수자원 확보, 수자원확보기술의 선진화를 목표로 수자원 확보를 위한 요소·기반기술 개발, 수자원의 안정적 확보기반 구축을 위한 요소·기반기술의 실용화 및 시스템화, 수자원 확보의 적용성 증진을 위한 시스템 통합 및 상용화에 대한 연구를 수행하였음

○ 수자원의 지속적 확보기술개발사업은 물 부족에 대비해 수자원을 지속적으로 확보하기 위한 기술 개발에 초점을 맞추고 있어 본 연구의 목표와는 그 핵심이 중복되지 않음

○ ‘기후변화에 의한 수문영향 분석과 전망’과제는 기후변화에 따른 수자원 및 극치사상 전망, 기후변화를 고려한 물순환 및 물수급 전망, 기후변화를 고려한 경제성 평가 및 수자원정책 제시의 연구내용에 따라 기후변화에 따른 수자원 분야 경제성 평가 및 기후변화에 대응 할 수 있는 수자원 정책을 수립을 연구하였음

○ 첨단기술 기반 하천운영 및 관리 선진화 사업단의 세부과제인‘물안보 확보를 위한 탄력적 물관리 기술 개발’에서는 외부환경변화에 따른 하천 수량의 정량화 기술 개발, 하천유량관리 고도화 기술 개발, 탄력적 하천수량 확보 및 관리기술 개발을 목표로 하여 표준유역내 물이용 효율을 증진시키기 위한 연구로서 하천 시설물 간 통합 연계운영 기술을 개발하고자 하는 본 과제와는 중복성이 없음

○ ‘차세대 지능형 상수관망 기술개발’과제에서는 글로벌탑수준의 상수관망 통합관리시스템 개발을 위해 지능형 상수관망 유지관리 통합관리 시스템 구축 및 10,000세대 이상의 대형 test-bed에 요소기술 및 통합관리 시스템 설계/시공/평가/운영 기술 개발, 관망 IT기반 및 공정조합형 플랜트 표준화 기술 개발 그리고 관망용 신규오염물질 측정 센서개발 등을 수행함
○ ‘차세대 지능형 상수관망 기술개발’과제의 경우, 상수관로의 결함, 노후화, 누수 등의 사고취약 관망을 진단하여 사전예방을 위한 시스템을 개발하는 과제로, 본 과제의 하천 시설물 간 통합 연계운영 기술을 개발하고자 하는 본 과제와는 중복성이 없음

(2) 연구개발과제의 차별화 방안

○ 기존의 연구개발 과제는 유역의 정보 통합 관리, 단일수원 최적화, 요소기술별 자체 효율화 중심의 연구로, 개별적으로 추진되어 왔으나, 본 과제에서는 다원화된 용수공급원을 가진 다중 물관리 시설물을 최적 연계운영 할 수 있는 기술을 개발하고자 함
○ 개별적으로 단일 목적을 가진 수자원 시설물(댐 및 보, 소수력 발전, 취수장 등)을 보다 적극적으로 활용하기 위한 능동형 물관리 시설물 운영·관리 기술을 개발
○ 단순한 국내의 물부족 현상을 해소하는 것이 중심인 기존 연구와 달리 본 연구과제에서는 동남아 저개발 국가의 물부족 현상을 해결하는 새로운 수자원 비즈니스 솔루션을 개발하고, 이를 통해 적극적인 해외 시장 진출을 목표로 수행하고자 함
○ ICT를 기반으로 한 다원화된 용수공급원-다중 물관리 시설물 연계운영 기술은 세계적으로도 개발 초기 단계로, 기술적 선점을 확보하여 글로벌 전략상품 수출이라는 목표를 설정하여 추진하는 점이 기존 사업의 목표와 차별성을 가짐
○ 세계 시장과 비교하여 취약한 국내 물산업 역량을 높이기 위해 국내의 우수한 IT역량을 활용하여 국가별 맞춤형 물관리 지능화 기술을 수출하여 국가 차원의 수주를 목표
○ 해당 지역의 전문가 그룹 네트워크 활용을 통해 현지 특성을 반영한 용수공급 우선순위 선정과 기관 간 자료 공유 및 업무 협조 체계 구축, 유역 내 물관련 기관의 이해관계 조율을 위한 의사결정지원시스템을 개발하고자 함

< 기존 기술과 개발기술의 차이점 >

기존기술	개발 기술
- 단일 목적을 위한 수자원의 운영을 중점 - 상수도 공급의 효율성 또는 수자원 관리(이수/치수)의 효율성 추구 - 이해 조정을 위해 단위기관 간 별도 협의 필요 - 기관 간 관리정보가 통일되지 않음	- 다양한 목적을 위한 수자원의 운영을 중점 - 상수공급 / 전력생산 / 농공용수 공급의 최적효율성 추구 - 각 수요간 조정을 위한 정책적인 부분을 고려 - 유관기관 간 수자원 정보의 통합

나. 관련분야의 국내외 연구동향

(1) 국내 연구 동향

○ 전라북도 Smart Water Complex 계획

- 사업목적 : Smart Water Technology를 적용하여 물 자립기반 마련 및 미래형 물산업 사회 구현을 목적으로 조성된 물순환 실증단지 조성
- 사업위치 : 새만금 산업단지 산업물류시설용지(9.3㎢)
- 사업내용

• 스마트 물관리 시스템(다중수원관리) : 수질계측센서를 통해 다양한 용수원의 실시간 수질정보를 비교·분석하여 깨끗한 수원을 취수 선택하는 시스템

• 스마트 물공급 시스템(맞춤형 용수공급) : 첨단 고속 수처리 플랜트를 효율적으로 조합하여 다양한 수질의 공업용수를 생산하고, 입주업체에 저렴하게 공급하는 시스템

• 스마트 물순환 : 고도처리 플랜트를 활용하여 상대적으로 오염량이 적은 생활하수 및 초순수 재처리수 등을 선순환하는 시스템



< 스마트 물관리 시스템의 개념도 >

○ U-Eco City 연구단(2008. 4)

- 도시의 유비쿼터스(ubiquitous) 네트워크와 생태계를 연결한 새로운 개념의 도시모델 개발을 위한 R&D사업으로, U-City 인프라 구현기술 등 5개 세부 과제로 구성
- 세부과제 : U-City 인프라 구현기술, U-Space 구축기술연구, Eco-Space 녹색기술개발, U-City 발전전략 및 활성화방안 연구, U-Eco City 종합지원체계 연구
- U-Space 구축기술연구 과제 중 물관리 기술에 유비쿼터스 정보통신기술을 접목한 U-물순환 시스템 구축기술 개발 사업 포함
- 사업 내용 : 물의 생산과 소비, 처리 및 수질관리 등의 물순환 과정에 USN(Ubiquitous Sensor Network), RFID(Radio Frequency IDentification), 실시간 모니터링 등의 정보통신 기술 활용



< U-Eco City 개념도 >

○ 에코스마트 상수도시스템 개발사업단(2011. 8)

- 세계 최고 수준의 정수기술을 개발하고, 세계 일류 환경기업을 육성하기 위한 환경부의 글로벌 탑환경기술 개발사업
- 연구목표 : ET(환경기술)-IT(정보통신기술)-NT(나노기술)를 융합한 막여과 정수처리 기술과 통합상수도시스템 개발을 통해 2020년까지 글로벌 탑수준의 물기업육성
- 세계시장 선도형 정수 막분리기술, 첨단 지능형 최적정수처리 플랜트 기술, 수출시장 맞춤형 상수도 기술 개발 등 3개 분야 8개 핵심과제로 구성

세계시장 선도형 정수 막분리 기술	첨단지능형 최적 정수처리 플랜트 기술	수출시장 맞춤형 상수도 기술
● 저에너지형 내오염성 정밀여과막 및 모듈 개발 ● 고투과성/고강도 한외여과막 및 모듈개발 ● 고농도 배출수 처리용 침지식 분리막 및 모듈개발 ● 차세대 정수용 분리막 및 모듈개발	● CECs 대비 정수 공급을 위한 첨단 기술 개발 ● 수질 맞춤형 정수처리공정개발 ● 지능형 정수 플랜트 최적화 기술개발	● 다목적(저개발국, 재난대비, 분산화) 소교무 정수처리 패키지 개발

< 에코스마트 상수도시스템 개발사업단의 비전 및 연구개발 내용 >

○ 차세대 지능형 상수관망 기술개발사업단(2011. 8)

- 정수장에서 나온 깨끗한 물이 2차 오염 없이 상수관망을 통해 수용가까지 안전하게 공급될 수 있도록 하기 위한 환경부의 글로벌탑환경기술 개발사업
- 총괄과제인 차세대 상수관망 통합관리시스템 개발과 스마트 블록시스템 설계 및 구축기술 개발 등 6개 세부과제로 구성



< 차세대 지능형 상수관망 개발사업단의 비전 및 목표 >

○ 스마트워터그리드 연구단(2012. 7)

- 2020년 세계 최고 수준의 물 복지국가 실현을 비전으로 첨단 정보통신기술(ICT)을 이용하여 고효율의 차세대 물관리 인프라 시스템 구축을 목표로 하는 국토교통부의 건설기술혁신사업
- 물분야 3S(Security(안보), Safety(안전), Solution(문제해결)) 달성을 위해 3개 세부과제로 구성
- 1세부과제(상하수도 분야) : 신도시 수자원 연계활용을 위한 지능형 수자원 확보기술 개발
- 2세부과제(수자원 분야) : 수자원 최적 활용을 위한 지능형 유역물관리 플랫폼 개발
- 3세부과제(ICT 분야) : 스마트워터그리드 맞춤형 ICT 기반 물정보 관리 기술 개발

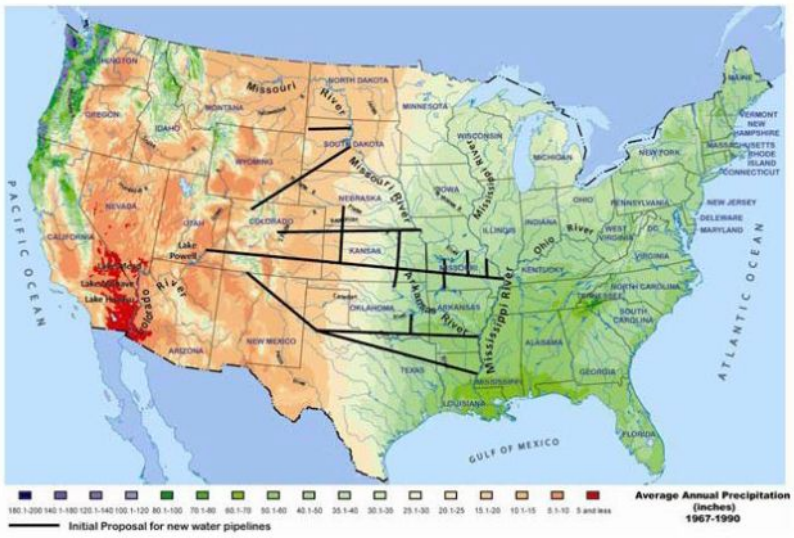


< 스마트워터그리드 연구단 연구과제 개요 >

(2) 국외 연구 동향

○ National Smart Water GridTM 계획(2009. 7)(미국)

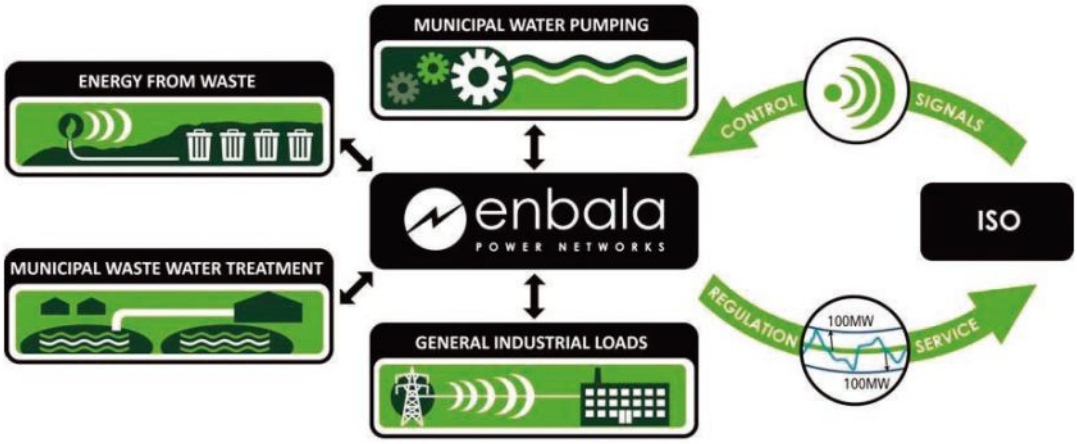
- Lawrence Livermore National Lab에서 홍수 방지와 가뭄 해소를 위해 제안한 국가차원의 수자원 이송계획
- 미국 중남부 지역의 풍부한 수자원을 콜로라도 강과 서부 지역으로 관로 수송하는 새로운 형태의 수자원 관리방안 제시
- 홍수 피해가 빈번한 지역(미시시피강과 아칸스강, 미주리강)의 물을 수자원이 부족한 콜로라도강과 서부지역으로 관로 이송
- 비용편익 분석 결과 순수익 330억불 이상이 발생하는 것으로 추정



< National Smart Water GridTM 계획 >

○ 물-에너지 상호연결(Water-Energy Nexus)(미국)

- Enbala사는 스마트 워터그리드와 스마트 파워그리드의 연계를 통한 시너지 효과 창출
- 미국 전력의 4~13%가 물의 생산·이송 및 폐수 처리에 사용되며 물부족 지역인 캘리포니아는 약 19%의 에너지가 수자원 시스템에 사용
- 처리방법을 고도화하고 대체수자원을 활용할수록 에너지 사용량 증가
- 미국내 총 소요전력을 위해 사용되는 발전용수는 1년에 약 4,000억㎥ 수준
- 신재생에너지를 이용한 발전은 더 많은 물을 필요로 한다는 연구결과가 보고됨(이상호, 2011).
- Enbala사는 스마트 파워 그리드에서의 전력 수요제어 기술을 이용하여 상하수도 시설의 전력관리를 최적화하는 기술을 개발하여 운영중임.



< nbala사의 Water-Energy Nexus >

○ 남동 퀸즈랜드(SEQ, South-East Queensland) 주의 워터그리드 프로젝트(호주)

- 남한면적의 17배에 이르는 퀸즈랜드 주는 극심한 가뭄(2004년~2007년) 이후 안정적인 수자원 확보를 위한 장기 계획 수립
- 물이 풍부한 지역에서 부족한 지역으로 이동시키기 위해 553㎞에 이르는 파이프라인 네트워크 구축
- SEQ Water Grid 포함 시설 : 댐(12개소), 정수장(10개소), 재이용수 고도처리 시설(3개소), 담수화 시설(1개소), 저수지(28개소), 펌프장(22개소) 등
- 지역내 주요 물 공급원들과 수처리 플랜트 및 대용량 물 운반 네트워크를 연결하며, SEQ Water, Link Water, SEQ Water Grid Manager 등 여러 기관이 역할 분담



< SEQ 워터그리드의 개념도 >

○ 수자원 자립 기반을 구축한 NEWater(재생수) 사업(싱가포르)

- 1970년대 인접국인 말레이시아로부터 용수를 전량 수입하던 문제를 해결하기 위해 정부 차원에서 수립한 대형 프로젝트
- 싱가포르 전체 하수 중 절반 이상을 선진화된 멤브레인 기술(전처리-초미세 여과-역삼투압-자외선 살균)을 이용해 음용수 수준 이상의 깨끗한 물 생산
- 현재 4개의 수처리 플랜트에서 2억 9백만 리터/일 생산(전체 물 수요의 15%에 해당)
- NEWater 처리수는 산업용수, 조경수 등으로 100% 재이용
- 국가사업으로 수처리 기술 연구개발 R&D 센터 설립(2004)
- GE, 지멘스 등 글로벌 기업들과 협력 강화 및 유치활동 전개

- 미국 상하수도 기업인 Marmon Water는 R&D 센터에 5천만 싱가포르 달러(한화 약 490억원) 투자
- 2007~2012년 동안 수처리 연구개발에 3.3억 싱가포르 달러(한화 약 3,000억원)투자
- 싱가포르 기업 Hyflux는 연매출 5.3억 싱가포르 달러(한화 약 4,800억원)규모의 세계적 물기업으로 성장



< NEWater 수자원 공급 체계도 >

2. 국내외 관련 기술 특허 동향

가. 국내외 기술개발 수준

○ 우리나라는 통합 물 관리 테스트베드 부문의 경쟁력 확보에 있어 정보통신 인프라 및 관련기술을 활용한 하드웨어 및 소프트웨어 연구개발이 중요

○ 전 세계적으로 초기단계의 기술인 이 분야에 집중적으로 투자할 경우 향후 세계 거대 기업과의 경쟁에서 우위 선점 가능

○ 물 관리 기술에 IT, BT, NT, GT 등을 물 관리 기술 첨단화 및 수자원확보 다원화, 기후변화 대응 수재해 관리, 이치수 안전도 제고 등에 적용하는 것이 유리

○ 물 산업은 물 순환 전 과정을 포괄하며 유역종합개발까지 범위를 확대

○ 기후변화에 따른 인프라 투자 증가, 친수공간 개발 증가, 상하수도 광역화 및 통합화와 전문화 추세

○ 연평균 6.5% 성장(GWI)이 예상되고 플랜트, 화학, 소재 산업 등 관련 산업에도 상당한 파급 효과가 유발

○ 전기, 가스, 통신, 교통 등 다양한 공공서비스 분야와 접목하여 종합 서비스산업으로 발전 추세

○ 선진국은 스마트 통합 물 관리 시스템의 구축 사례 및 차별화 기술을 확보

○ (미국, IBM 지능화 프레임워크) 스마트워터그리드의 인프라가 ①시공간 데이터 확보 → ②분석(Insight 제공) → ③지혜롭고 분권적인 의사결정 지원시스템의 단계로 확장하는 전략을 수립

- 물 관리의 지능화는 정보통신 기술을 기반으로 물 관리 운영 및 관리 효율화, 미래 대응 등 상위의 물 정책과 의사결정을 지원

○ (일본, Hitachi 지능형 물 시스템) 기존의 장비산업 중심의 물 산업에서 비즈니스 솔루션을 제공하는 물 산업으로 이동하는 전략을 수립

- 운영효율을 높이기 위해 물리적인 물 순환 시스템과 물 정보 시스템을 통합하는 구조(Water Circulation System)
- 핵심기술로 고도수처리기술, 해수담수화설비, 효율적 시스템 통합을 위한 IT기술(모니터링, 시뮬레이션, 정보관리, 센싱)을 선정
- TakaDu 플랫폼은 물리적 장치와 소프트웨어를 완전 분리한 범용성이 높은 물 관리 시스템을 구축하여 적용

○ (EU, HarmoniCA) 1990년대에 통합하천유역계획을 위한 의사결정지원시스템인 Waterware가 개발
- 유역 수자원관리를 지원하는 분석도구로 네덜란드의 물 관리기관인 RIZA를 중심으로 한 HarmoniCA(Harmonized modeling tool for Integrated Basin Management) 구축
- 남부 유럽국가들의 Water Strategy Man Projects 등 통합 수자원 계획 및 관리를 지원하는 다양한 종류의 의사결정지원시스템 개발

○ (호주, CRC(Cooperative Research Center)) 1991년도에 설립된 이래 공익을 위한 기술혁신과 상용화에 중점을 둔 범 국가적 수자원 기술개발을 주도
- 소규모 수자원 환경 계측기술개발과 모형개발, 유역 단위의 대규모 모델링에 중점을 둔 8개 분야의 21개 연구사업 수행
- 통합수자원관리의 의사결정을 지원하는 시스템 'IOOM' 개발

○ 한국의 기술수준은 최고국(미국) 대비 71.9% 수준
○ 물 관리 인프라 및 기술수준 분석 결과는 수자원 시스템의 종합순위는 17위
○ 건설교통기술 분야 중 수자원 시스템 관련 자료를 조사한 결과, 수자원 시스템의 특허 및 논문 순위는 총 20개 분야 중 각각 14위와 19위
○ 수자원시스템기술 분야의 특허 및 논문 건수는 높지 않으나 특허출원 건수가 매년 약 400건씩 지속적으로 성장
○ 논문의 경우 전체적으로 미국의 논문기술경쟁력이 가능 높으며, 중국과 미국은 논문 게재활동이 가장 활발한 것으로 평가되고, 영국이 논문 영향력이 가장 높은 것으로 나타남
○ 논문은 연평균 5.9% 증가율을 보이는 등 성장세를 나타내고 있으나 전문 인력이 부족하고 핵심 기술에 대한 연구개발이 미흡

< 국가별 논문 평가지표 현황 (2013)>

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	영국
논문활동도	0.09	0.09	0.22	0.27	0.11	0.11	0.11
논문집중도	1.08	0.91	1.06	0.96	1.04	1.09	0.91
논문영향력	1.18	0.93	1.32	0.65	0.89	0.89	1.37
종합점수	61.0%	16.4%	100%	59.3%	47.4%	55.7%	42.2%
순위	2	7	1	3	5	4	6

○ 연도별 특허출원등록 현황을 분석한 결과, 특허건수는 1991년 122건에서 2010년 234건으로 약 2배 증가

○ 특허량은 수처리, 수자원 감시, 수질 관리, 재이용수 관련기술 순이며 수자원 공급 관련기술 분야가 낮은 특허량을 보임

○ 전체적으로 일본의 특허기술 경쟁력이 가장 높은 것으로 나타나며 한국은 특허활동도·특허집중도에서 상위권이나 특허 경쟁력 및 특허영향력에서 크게 떨어져 전체적으로 세계 7위 수준

< 국가별 특허 평가지표 현황 (2013)>

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	영국
특허활동도	0.18	0.24	0.17	0.25	0.07	0.05	0.04
특허집중도	0.95	1.03	0.96	1.04	0.98	1.02	1.03
특허시장력	0.78	0.85	1.31	0.73	1.42	1.80	1.64
특허경쟁력	0.11	0.25	0.26	0.09	0.11	0.12	0.06
특허영향력	0.62	0.84	1.32	0.43	0.72	0.80	0.84
종합점수	38.0%	100%	95.9%	68.0%	48.8%	73.1%	65.5%
순위	7	1	2	4	6	3	5

<관련 특허 동향>

구분	특허명	주요핵심공정	특허권자	비고
국내	지능형 물관리 시스템	서버에서 각종 기상 관련 정보를 수집하여 현장 여건에 맞는 홍수 예측 데이터를 생성하고 관리자에게 알려서 관리자로 하여금 수문 혹은 펌프를 작동	대영	2010
국내	수리시설물 물관리자동화시스템의 다입력에 대한 화면 표출시스템	원격 계측 및 제어를 수행하도록 하는 수리시설물 물관리자동화시스템의 다입력에 대한 화면 표출시스템	대영	2012

2. 국내외 시장분석 및 산업동향

가. 국내외 시장분석

○ '물' 은 만물의 기원으로 인류의 생존과 국가의 안전에 필수 요소이자 인간의 행복과 삶의 질을 좌우하는 한편, 새로운 성장 동력 산업으로 인식

○ '물'은 인류 역사에서 가장 가치 있는 자원으로 국가 간 전쟁, 사회 구성원 간 분쟁의 원인이 되기도 하며 모든 산업의 생산재이자 경제 활동의 인프라

○ 지구 온난화 및 기후 변화에 따른 환경재난 발생, 인구 증가 및 산업 활동 확대에 따른 수자원 부족 등으로 지구적 '물 위기' 초래

○ 2002년, 유엔경제사회문화권익위원회에서 물 인권을 명시하고 2010년, 유엔인권 이사회에서 '안전한 물과 위생' 등 물 인권을 결의

○ 세계적인 물 수요의 증가와 산업적 활용가치의 확장으로 반도체와 조선시장을 뛰어 넘는 미래의 블루골드(Blue gold)로 인식

○ 세계 물 시장은 2010년 기준 4,828억 달러이며 2025년까지 8,650억 달러 규모로 성장이 예상(GWI, Global Water Intelligence, 2011)
○ 호주, 북유럽, 중동 등의 국가에서는 물 가격이 기름 가격을 추월한지 오래이며 국내외 브랜드 생수 시장이 폭발적으로 성장
○ 수자원 인프라의 지속적 발전과 과학기술의 성숙에 따라 물에 대한 산업 기반적 인식이 에너지, 식량, 도시, 관광 등 산업의 성장 동력으로 재조명
○ 세계 인프라 시장예측 중 수자원 분야는 2010년에 576억 달러, 2020년 772억 달러, 2030년까지 1,037억 달로 전망(OECD, 2006)
○ 수자원 인프라는 2030년까지 전체 인프라 시장의 절반이상(57.7%)를 차지(도로 16.2%, 철도 3.2%, 통신 9.5%, 전력 13.4%)(OECD, 2006)

(1) 국내 시장 현황

○ 우리나라는 UN에서 정한 물 부족 국가로 1인당 강수량이 세계평균의 10%에 불과하며, 산업의 지속 발전을 위해 안정적 물 공급이 요구
○ 일부 지역에서는 물이 풍부한 지역과 부족한 지역의 격차와 시간적인 격차(갈수기 및 장마)가 발생하는 소위 “물 격차" 문제 발생 예상
○ 연평균 강수량은 세계평균의 1.6배이나, 1인당 강수총량은 세계평균의 1/6로 가용수자원이 적은 물 스트레스 국가로 분류됨

< 우리나라와 세계의 수자원 현황 비교 >

구분	대한민국	세계평균	비교
연강수량	1,277mm	880mm	1.6배
1인당 연강수 총량	2,629㎥	16,427㎥	1/6배

○ 연도별, 시기별 및 지역별 강수량의 편차가 커, 매년 가뭄과 홍수가 발생, 물 관리 여건이 매우 불리한 국가 중 하나
○ 지역별로 차이가 있지만 대체로 강수량이 많은 해와 적은 해의 차이가 세 배에 이름
○ 기후적 요인으로 인한 홍수와 가뭄 등 자연재해가 증가가 예상되며 강수량은 2050년 17% 증가, 홍수피해는 2080년까지 3배 증가(기후변화 적응 물관리 정책/이병국, 2011)

< 우리나라와 수자원 불균형 현황>

연도별 강수량	시기별 강수량	지역별 강수량
754(최저)~1,756(최고)mm	홍수기 3개월 5% 비홍수기 9개월 35%	남해안, 영동지역 1,400mm 이상 낙동강 중류지역 1,100mm 이하

○ IPCC의 4차 기후변화보고서에 따르면, 우리나라를 포함하여 지구온난화로 인한 강수량의 변동으로 홍수와 가뭄에 대한 취약성 증가 예상
○ 우리나라의 물 관리는 국토해양부(수량), 환경부(수질)로 이원화되어 있으며 물관리체계에 따라 농림부, 지경부, 안행부 등으로 분리 운영

○ 이에 최근 통합수자원관리(Integrated Water Resources Management, IWRM)로 불리는 유역통합

관리체계 및 협력적 거버넌스 체계가 국제적으로 널리 받아들여지고 있음

○ 물을 재난 예방, 안보, 산업 육성 등 포괄적 통합 관리 대상으로 인식

○ 기후 변화와 재난 재해 증가, 가뭄과 홍수 등 경제사회적 위협, 안정적 생산 활동 보장, 물 산업의 지속 성장 등의 문제를 포괄적 물 관리로 대응

○ 수자원 관점에서 토양수분 손실량 증가, 농업용수 부족, 하천유량 변동에 따른 개발 및 운영의 불확실성이 지속적으로 증대

○ 자연자해 피해액이 2000년대 들어 1980년의 5.3배로 증가, 전국단위 극한가뭄이 14년에서 7년 주기 발생, 홍수와 가뭄 등 물재해 증가

○ 향후 홍수량 20%, 가뭄기간 3.4배 증가 전망(기후변화 대응 재난관리 개선 종합대책/ 국무총리실, 2011)

○ 물 위기의 포괄적 대응을 위해 통합적 물 관리체계와 기술 대응이 필요

○ 현재 우리나라의 수자원량은 평상시 유출량 193억㎥, 홍수 시 유출량 560억㎥, 지하수 37억㎥ 등 총 수자원량 333억㎥ 이용

○ 지하수의 총 부존량은 1조 3,240억㎥이며 이용이 가능한 양은 1,170억㎥이나 대수층의 발달이 빈약하여 대규모 지하수 개발이 곤란

○ 지하수 채취 기술 등을 감안할 때 현재 이용되는 지하수는 37억㎥에 불과하여 향후 수자원 부족이 예상

< 수자원 관리 패러다임의 변화(2014) >

구분	현재	미래
해결수단	부족한 물 직접 확보	물의 효율적 분배
주요 방법	기존 수원 및 용수 관리 대체 수자원 확보 양적 확보, 시설 확장	확보된 용수의 효율적 분배 수요맞춤형 용수공급 활용효율 및 에너지 고려, 가동율 최적화

○ 우리나라의 물 시장 규모는 2023년까지 약 31조원에 이를 것으로 전망

○ 2014년 기준 국내 물산업의 시장규모는 약 18조로 연평균 성장률(2013~2020) 6% 시, 10년 후 2033년 규모는 31조원 예상

○ 물 공급시설은 현재 10조원 규모에서 2015년에는 연간 24조원 규모로 성장할 것으로 추정

○ 상하수도사업은 광역상수도, 지방상수도, 하수도 사업으로 분류

○ 164개의 지자체가 주체가 되어 상하수도 시설을 지속적으로 확충

○ 공공부문은 한국수자원공사, 한국환경공단, 서울시 상수도사업본부, 부산 시 상수도사업본부 등이 주도하고, 민간 부문은 코오롱 그룹, 삼성엔지니어링, 현대엔지니어링, 효성에바라, 태영건설, 한화건설 등이 주도

(2) 국외 시장 현황

○ 세계 물 시장은 연평균 4.9% 성장이 예상되며 서비스 및 기술 집약적 부문이 가장 높은 시장 규모 및 성장률이 예상

○ 세계 물 시장 규모인 4,239억 달러 중 서비스 46.4%(설계, 운영, 관리), 제조 39.1% (설비, 관망, 펌프, 밸브, 화학약품), 건설 14.6%(토목, 파이프 재생) 순으로 비중을 차지 (Global Water Market/2010, 생수시장 제외)

○ 세계 물 시장은 연평균 4.9%의 지속적 성장이 예상되며, 2025년 8,650억 달러로 전망(Global Water Market, 2011)

○ 2007년에서 2025년까지 세계 물 시장의 부문별 성장률은 재이용수 18.4%, 해수담수화 7.5%, 공업용수 및 공업하수 4.9%, 하수 4.8%, 상수 4.6% 순(Global Water Market, 2011)

< 세계 인프라 시장 규모 >

구 분	전 세 계			개발도상국(비 OECD 국가)		
	2000~2010	2010~2020	2020~2030	2000~2010	2010~2020	2020~2030
도 로	220	245	292	61	78	114
철 도	49	54	58	18	19	25
통 신	654	646	171	249	304	89
전 력	127	180	241	90	118	154
수자원	**576**	**772**	**1,037**	**141**	**288**	**414**
합계	1,626	1,897	1,799	559	807	796

○ 2000년 '제2차 세계 물 포럼' 을 통해 물 안보(Water Security) 개념이 확산되고, 물 부족과 수자원 불균형의 문제를 극복하기 위해 일정 수준의 물 확보를 권고
○ 2002년, 유엔경제사회문화권익위원회에서 '물 인권'을 명시하고 2010년, 유엔인권 이사회에서 '안전한 물과 위생' 등 물 인권을 결의
○ 생존을 위한 물 수요 증가뿐 만 아니라 산업적 생산 활동을 위한 가상수(Virtual water) 수요도 급격히 증가
○ 농림 및 제조업의 기준으로 생산량 대비 물 소비량은 맥주 1리터 당 296리터, 커피 1리터 당 1,056리터, 쌀 1kg 당 2,497리터, 쇠고기 1kg 당 15,415리터(한국환경 정책평가연구원, 2012)
○ 지구적 기후 변화는 전 산업 분야에 영향을 미치며 물 순환 시스템의 변화에 따라 극심한 홍수 및 가뭄의 발생 빈도를 증가(유엔 정부간 기후변화위원회/IPCC, 2007)
○ 기후변화에 의한 강우의 편중성 증가와 가용 수자원의 부족이 가장 큰 문제
○ 인구증가와 도시화로 인한 물수요 증가는 현재의 물관리 시스템이 감당할 수 있는 범위를 넘어선 단계
○ 이러한 물 수요와 공급의 불균형은 단지 수자원의 양적인 부족에만 기인하는 것이 아니라 기존 물 관리시설의 비효율성에도 상당한 원인
○ 생산된 물의 상당한 양이 이송과정에서 손실되는 현상이 나타나고 있으며, 물의 생산과 공급에 과다한 에너지가 사용되는 경우도 빈번하게 발생
○ 2018년 글로벌 물 시장 규모는 약 6,742억 달러에 달할 전망
○ 최근 IT를 통합수자원 관리에 활용하는 Smart River, Smart Grid기술의 등장으로 IT 기반 물 관리가 신전략사업으로 등장
○ 수요 맞춤형 물 공급, 시설물 운영의 최적화, 기존 수자원 관리시설 확충 등과 같은 선순환적 관리와 운영 최적화 중심으로 시장 개척
○ 기술의 융복합화로 인해 기존 단편적인 물 이용 및 관리 기술에서 벗어나 수질, 수량, 생태, 환경 등이 통합·관리되는 형태로 발전할 전망
○ 상하수도의 경우 수자원 확보, 설계, 시공, 운영관리, 하폐수 처리까지 전 과정의 시스템을 통합하는 토탈 솔루션 체계로 전환
○ Veolia 등 세계적 물 기업들은 설계·건설·운영관리 및 파이낸싱 등 모든 분야에서 기술 우위

확보

○ 글로벌 물 기업은 자국에서의 오랜 상하수도 사업 운영 노하우를 기반으로 경쟁력있는 분야에 역량을 집중하고 아웃소싱 등을 적극 활용

○ 세계 물 산업의 대부분은 상하수도 시장이며 다국적 물 기업 중심으로 성장

○ 세계 주요 물 전문기업들은 상수원, 상수도, 하수도, 폐수처리 등을 통합하여 관리할 수 있는 역량을 갖추면서 경쟁력을 확보

○ 국제 간 기술경쟁이 과열되고 기존의 독과점 체제에 변화되면서 다국적 물 전문 기업의 시장 점유율이 하락 추세

< 세계 물 시장 성장전망 (2013)>

분 야	연 도	소재/부품/설계/건설	운영/관리 서비스	합 계
상수	2007	6.6	10.6	17.2
	2025	19.0	19.8	28.8
하수	2007	7.5	7.8	15.3
	2025	21.1	14.4	35.3
공업용수	2007	2.2	0.2	2.4
	2025	5.3	0.4	5.7
재이용수	2007	0.1	-	0.1
	2025	2.1	-	2.1
해수담수화	2007	0.5	0.7	1.2
	2025	1.0	3.4	4.4
합계	2007	16.9	19.3	36.2
	2025	48.5	38.0	86.5

나. 국내외 산업 동향

(1) 국내 산업 동향

○ 정부는 신 성장동력 기술전략에 스마트 상수도 분야 및 관련기술을 포함하여 2010년부터 연구개발 사업에 착수

○ 세계 물 시장의 확대와 국내 기업의 해외진출 및 수주실적이 증가함에 따라 관련 기술의 활용 및 협력 가능성이 증대

○ 국내 물 관련기업의 경우 해외진출 경험 및 전문 인력이 부족하고, 외국 물 전문기업에 비해 자본 및 전문성이 상대적으로 취약

○ 상수도 설계 및 시공 분야는 선진국과 경쟁 가능한 수준이나 지능형 물 생산 및 공급 시스템은 선진국 대비 기술 수준이 낮음

○ 지자체와 공기업 위주의 물 운영 및 관리는 관련대학 및 기업의 참여를 어렵게 하며, 물 산업 생태계 조성에 한계점으로 지적

○ 선진국과 동일한 통합 물 관리 정책을 추진하고 있으며 국정목표에 부합하는 스마트 분산형물 관리 기술 개발에 주력

○ 세부적으로 과학기술을 위한 창조산업의 육성, 물 관련 재난관리체계 강화, 환경과 조화되는 국토개발, 기후변화 적응을 세부 목표로 수립

○ 현재 기술 기초기반 구축을 위한 건전한 도시 물 순환-저영향개발 기술, 스마트 워터 그리드 기발 및 통합수자원관리 기술 등의 기초연구가 분산되어 국내에서 진행 중

- 에코스마트 상수도 시스템 개발 사업단, '11~'16(6년), 849억원
- 차세대 지능형 상수관망 기술개발 사업단, '11.8~'16.4(5년), 250억원
- 기후변화 대응 하천운영 및 관리기술개발 연구단, '11.12~'16.5(4.5년), 294억원
- SMART WATER GRID 연구단, '12.7~'16.7(4년), 317억원

< 우리나라의 스마트 물 관리 관련 연구개발 과제 예시 (2014)>

부처명	사업명	과제명
환경부	차세대 지능형 상수관망기술개발	스마트 미터 및 센서 네트워크 기반 상수관망 운영관리 최적화
한국건설 기술연구원	한국건설기술연구원 연구운영비 지원	지능형 물 공급시설 건설기술 개발
환경부	차세대 에코이노베이션 사업	토탈솔루션 형태의 지능형 상수도 통합관리 시스템 설계/시공/운영 -협동과제 10건
환경부	차세대 에코이노베이션 사업	소규모 상수시설 통합관리용 저전력 광역센서망 및 복합센서 모듈기술 개발
국토해양부	건설기술혁신사업	자립형 센서기반 지능형 환경관리 시스템
환경부	수처리선진화	급수설비의 안정성 확보 기술개발
환경부	국제공동연구사업	태국수질관리용 수질계측기(BOD, COD)운영기술 개발
지식경제부	추가연구개발특구육성	광학식 DO, ph, 탁도 센서가 적용된 수질모니터링시스템 개발
		수질계측센서의 성능분석 및 센서 융합기술에 관한 연구
건설교통부	NGIS 지원연구사업	-지자체 지하시설물 DB성과의 활용 확대 방안 연구(상수도 관망 및 누수관리를 중심으로)
건설교통부	건설기술 기반구축사업	-국토 및 도시의 효율적 관리를 위한 광역공간정보 처리기술 연구
국토해양부	건설기술혁신사업	-Smart Water 그리드 맞춤형 ICT기반 물정보 관리 기술 개발
중소기업청	마을상수도 원격제어 통합 관리 시스템 개발	-마을상수도 통합관리시스템의 개발
중소기업청	원격 상하수도 제어감시 시스템	-원격 상하수도 제어 감시 시스템 개발
환경부	물환경 정책시스템구축	-물환경 관리, 수질오염 예·경보시스템 외 3개 시스템 구축

(2) 국외 산업 동향

○ 주요 선진국과 물 산업계는 스마트 물 관리 체계로의 전환과 관련기술 확보를 위한 연구 개발에 집중

○ 선진국은 도시집적화, 기후변화에 대응을 위한 ICT 인프라 활용 및 융합기술을 통해 스마트 분산형 물 관리 체계 구축을 경쟁적으로 추진

- 연구개발의 목표는 물 관리의 안보화, 효율화 및 친환경화
- 스마트 분산형물관리 기술은 도시기반 저영향개발 및 그린인프라 구축기술(우수), 스마트워터 그리드 구축기술(상수), 그리고 통합수자원관리 적용기술(하천 및 유역)로 특성화
- 기술의 고도화, 표준화 및 산업화를 위하여 실증이 가능한 실험 시설 및 실증시범 단지의 구

축 및 운영
- 이는 통합 물 관리체계 구축을 위해 총체적 계획, 설계, 건설, 운영 등 종합 솔루션 연구개발에 집중

○ 도시 스마트 물 관리기술은 우수 관리적 측면에서 저영향개발 가법 및 그린인프라, 상수관리를 위한 스마트워터그리드로 구분
- 지역 맞춤형 통합수자원관리로 정의하여 이들 기술 간의 유기적인 연계와 융합을 통한 도시의 건전한 물 순환 회복을 위한 정책 수행
- 미국은 국가차원에서 수질·수량 통합관리기술을 개발 및 물 관련 계측기 분야 및 정보시스템분야에 연관산업 육성 및 시장 창출
- 미국은 허드슨강 507Km 구간을 대상으로 첨단 센서 네트워크를 이용해 실시간으로 수량 및 수질 상태를 모니터링 할 수 있는 데이터 플랫폼을 개발하여 실제 적용 중
- EU는 물 산업 관련 융복합 프로젝트로 물 관리 IT 기술 중심의 아쿠아 네트워크 프로젝트 추진
- 네덜란드는 빈번한 홍수의 시시각각 변화하는 범람상태를 모니터링하고 그에 따라 실시간으로 대응할 수 있는 현명한 제방(Smart Levee)을 건설하는 프로젝트를 IBM과 공동으로 진행

○ 물의 복합성을 고려한 에너지, 식량, 도시재생 등과의 연관 연구와 상호보완성 확보를 위한 연구개발이 세계적으로 확산

○ 화석 에너지원 등의 한계와 문제점을 극복하기 위해 수자원을 이용한 신재생 에너지의 생산기술과 상호 보완 및 효율화 연구가 확산

○ 통합 물 관리체계를 통해 에너지 관리를 위한 물의 생산과 사용에 대해서도 양방향 실시간 관리에 의한 효율 향상이 가능하며 물의 생산과 수송 및 처리시설에 사용되는 에너지 사용량을 최소화

○ 대도시 내의 복잡한 물 관리 시설을 체계적이고 효율적으로 관리하기 위한 기술로 스마트 물 관리 시스템이 대두

○ 미국은 대표적 물 관리 기관인 미 개척국(USBR), 미 지질조사국(USGS), TVA(테네시 유역관리청)이 참여(SWG사업단, 2013)
- 미 개척국에서는 WARSMP 모형을 이용해서 물 관리 시스템을 운영
- MMS(modular Modeling System)를 이용하여 해당 유역의 지점별 유량을 산정
- 지점별 유량 산정을 입력자료로 RiverWare에서 유역 내 저수지 등의 각종 시설물 들을 시뮬레이션하여 실질적 유출량 제공
- TVA(테네시 유역관리청)에서도 미 개척국과 유사한 방식을 적용하고 MMS 대신 WaterView 모형(저수지 운영모형은 RiverWare 이용)

○ 유럽에서는 WaterWare를 이용한 물 관리 시스템을 운영하고 장기적으로 WFD(Water Framework Directive)에 따른 관리 시스템을 구축
- WaterWare는 수자원 관리를 위한 통합정보 의사결정시스템으로 분석을 위해 RRM(Rainfall Runoff Model), WRM(Water Resource Model) STREAM 등으로 구성
- RRM은 WRM의 입력자료인 유출량을 산정
- WRM은 RRM에서 산정한 유출량을 이용하여 수자원에 대한 모의시험을 실시
- STREAM은 일별 수질계산 모형으로 WRM의 수문데이터를 처리해서 DO, BOD 등과 같은 수질 자료를 처리

○ 일본의 경우 하천 유역 종합 정보 시스템(Foundation of River & Basin Integrated Communication System ; FRICS) 운영
- 하천 유역내의 하천·지진 재해, 환경에 관한 정보를 최첨단 기술을 활용하여 과거, 현재, 미래의 정보를 종합적으로 제공
- 국토교통성 하천국, 기상청, 도도부현 등이 관할하는 다양한 자료(우량, 수위, 댐, 해안, 지진, 기온, 풍향, 풍속 등) 및 대량 정보 제공

3. 현황분석 결과

가. SWOT 분석

(강점:S)	(약점:W)
• 수문계측 및 통신 부분에서 상대적으로 우위 • IT 부분에서 운영결정지원 및 운영효율화에 역점 • Smart Water Management 구현을 위한 정부 및 산업체의 의지 • 세계 최강의 정보화 인프라 구축 및 강력한 정보화 정책추진 • 대형건설업체들의 IT기술도입에 투자 및 적극적 활용의지 • U-Korea 구현을 위한 정부 및 산업체의 의지 • 글로벌 IT역량을 보유하고 있고, 수자원 분야 연구 성과 축적으로 충분한 기반 구축됨	• 물관리 기관 간의 업무 영역이 복잡하게 얽혀 있음 • 인도네시아의 경우 기술개발에 대한 의지 및 필요성에 대해서는 공감하나, 관련 예산확보에 어려움을 겪고 있음 • SWM의 설계, 구축 및 운영 경험이 없음 • SWM의 표준 경쟁에서 수자원 분야의 표준 전문가 및 당국의 관심 부족 • 상대적으로 미약한 국내 시장 및 고급인력, 원천기술 등 핵심자원 부족
(위기:A)	**(기회:T)**
• 일본을 비롯한 네덜란드, 영국 등의 인도네시아 시장 진입을 위한 노력이 증대되고 있음 • 관련분야에 대한 선진국의 특허출원 및 등록 • 고부가가치를 창출할 수 있는 국산화된 기반기술 부재 - 주요 선진국(미국, 유럽), 주변국이 국가 전략산업으로 육성함에 따라 치열한 경쟁 예상 - 풍부한 자금력을 기반으로 한 외국계 IT 업체들의 시장 확대 추세	• 현재는 SWM 산업의 태동기로 글로벌 물산업과 수자원 기술 패러다임의 급격한 변화 • 물관련 정보시스템 등의 비구조적 대책 적용을 통한 하천 및 유역 관리에 대한 관심 증대 • SWM은 단기간에 급변하지 않기 때문에 준비시간 충분 • 세계최고 IT기술력을 물산업에 접목하여 다양한 제품과 서비스 창출 가능 • 디지털 융합에 따른 산업 컨텐츠 수요증가 • SWM 구현을 통해 저비용으로 물관리 효율성을 극대화함으로써 개발도상국가에 선도기술을 제공할 수 있는 최적의 기회

나. 시사점 및 분석 결과

○ 물관리는 환경과 생태에 대한 적극적인 고려와 경제적인 효율성에 대한 검토, 그리고 효과적인 관리를 위한 제도 확립 등 복잡한 프로세스를 가지고 있음
○ 기존의 다양한 법률과 행정 체제를 통해 물 관리의 효율화 정책이 추진되고 있으나 새로운 성장동력으로서의 산업적 활용전략이 미흡
○ 물은 유역단위 유기체로 통합적으로 연계성이 있게 관리되어야 하나, 지금까지 기능별·시설별, 개별적으로 계획·관리

○ 물 문제의 개별적 접근으로 인한 물 관련 갈등과 현안의 누적, 기후변화 등 불확실성 증대로 물 관리 리스크와 유역관리 비중이 증대
○ 기존의 물 운영 및 관리 체계로는 기후 변화 및 물 부족 현상의 효과적 대응, 산업의 생산 활동 효율화, 생활 환경 개선 등에 한계
○ 기후변화 및 물 위기에 대한 효과적 대응과 성장동력 발굴 관점에서 통합 물 관리 시스템 구축과 핵심기술 등 새로운 생태계 조성이 중요
○ 미래의 물 관리는 기후, 환경, 산업, 기술 정책을 포괄한 통합 생태계를 고려해야 하며 에너지, 식량, 도시 재생 등 다원적 연계로 가치 확장이 필요
○ 통합, 공평, 효율적 생태계 조성을 위한 산업가치 연계와 부가가치 창출을 위한 기술수용 전략이 중요

○ 물 관리 패러다임이 수자원 확보에서 효율적 분배로 전환됨에 따라 수요, 효율, 최적 관점에서 통합 관리 시스템을 혁신해야 하며 예측 기반 정책결정을 통한 운영 및 관리체계 고도화, 과학적 성과와 효율적 운영기술의 융합화, 연계 산업과의 시너지를 창출하는 지능화가 중요

○ 선진국이 주도하는 물 산업 시장에서 우리나라는 지속적 공공정책 추진을 통해 자립적 수자원 체계를 유지하고 있으나 산업 가치 창출은 미흡
○ 주요 선진국은 물 위기 등을 고려해 기존의 물 관리 계획을 통합적 유역관리 체계로 전환하고, 산업적 생태계 육성 방안을 수립하는 한편, 기술 융합 및 연구개발 중심의 전략적 대안 프로그램을 추진함에 따라 우리나라도 기술 중심의 통합 관리 시스템 구축과 종합적 연구개발 계획 수립이 필요
○ 세계 물 시장은 공공에서 민간으로 개방·확장되고 자본투입에서 기술융합으로 발전함에 따라 새로운 기술정책 및 통합적 연구개발 계획 마련이 시급

○ 통합솔루션에 대한 해외시장의 요구에 맞추기 위해서는 물 관리 사업 관련 민간기업과 관련 공공기관, 현지 유관기관과의 적극적인 협력체계 구축이 필수

○ 경쟁력 제고를 위해 기존 물 관리 사업의 범위를 확장하여, '수량-수질-생태환경-친수-통합관리'의 연계 시스템 및 기술이 중요
○ 물의 성질 상 수자원의 수계별, 영향권별 통합적 관리의 필요성에 대해 지속적으로 검토필요

○ 최신의 ICT 기술을 활용한 스마트 물 관리 시스템 구축이 기술 선점 및 새로운 시장 선도에 유리

제 3 장 연구 수행 내용 및 성과

1. 현황 조사 및 분석

가. 유역 현황

(1) 유역 개황

○ Cisangkuy강은 Citarum 강의 제1지류로써, 인도네시아 제 3의 도시인 반둥시 남측에 위치하며, 반둥시의 주요한 식수공급원임

○ Cisangkuy 강의 유역면적은 약 279.21이며, 유로연장은 49.78임

○ 유역 상류에 2개의 저수지가 있어 유역의 주 상수원 역할을 하고 있으며, 하류에 3개의 소수력 발전소를 통해 전력을 생산하고 있음

<유역면적 및 유로연장>

구 분	유역면적(km2)	유로연장(km)
Cisangkuy 강 유역	279.21	49.78
Cipanunjang 댐	76.36(*)	7.67
Cileunca 댐	20.62(**)	12.95
Pataruman 유량관측지점	133.80	23.95

주) 1.(*): Cipanunjag으로 유입되는 Saluran터널 유역면적 포함시

2.(**): Cileunca댐으로 유입되는 Cipanujang 댐 유역면적(※ Saluran 터널 제외) 포함시 Pataruman 유량관측지점 기준 유역면적 (※ Saluran 터널 제외)

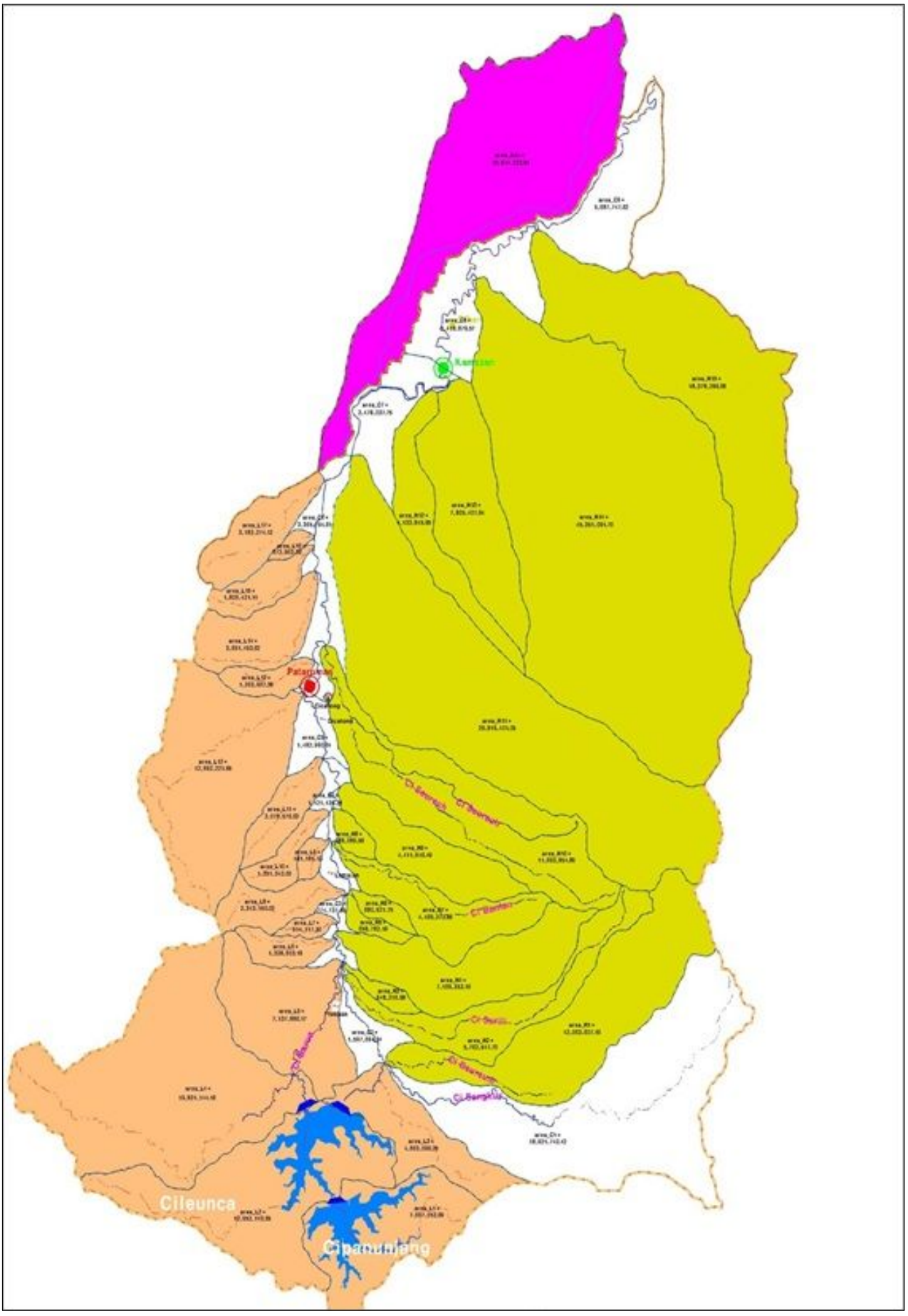


<찌상쿠이강 유역 위치>

(2) 수계 현황

(가) 수계 현황

○ Citarum 합류점을 기준으로한 Cisangkuy 강으로의 주요 유입지류는 좌안 17개소, 우안 15개소로 분류됨



<Cisangkuy 수계망도>

<수계 현황>

유수의 계통(수계)			유역면적 (㎢)	유로연장 (㎞)	비고
본 류	제1지류	제2지류			
Citarum	Cisangkuy	-	279.21	49.78	ipanunjang
		L1	7.667	5.136	Cileunca
		L2	12.952	8.801	
		L3	4.663	4.889	Cisarua
		L4	19.831	4.034	Cisarua
		L5	7.138	11.238	
		L6	1.339	2.418	
		L7	0.514	1.489	
		L8	2.343	3.788	
		L9	0.481	0.975	
		L10	1.351	2.520	
		L11	2.079	3.232	
		L12	12.692	9.389	
		L13	1.264	2.090	
		L14	3.651	4.569	
		L15	1.806	3.226	
		L16	0.373	0.982	
		L17	3.182	4.074	
		R1	12.064	11.505	Ciboureum
		R2	5.763	9.733	Cisurili
		R3	0.648	2.059	
		R4	7.169	8.502	
		R5	0.659	1.907	
		R6	0.681	1.460	
		R7	4.469	6.244	Cibunian
		R8	0.688	1.317	
		R9	4.412	5.697	
		R10	11.694	10.448	Ciseureuh
		R11	29.819	16.903	
		R12	4.134	6.557	
		R13	7.805	6.235	
		R14	45.351	12.590	
		R15	18.378	14.899	

Note) 1. L1~L17 : Cisangkuy 좌안 유입지류
2.R1~R15:Cisangkuy 우안 유입지류

(나) 유역특성

○ 유역의 기하학적 특성

- 유역의 기하학적 특성 : 유역면적, 유로연장, 유역평균폭, 유역형상계수 등으로 구분됨
- 형상계수는 유역의 형태를 나타내는 무차원 단위의 수치로서 형상계수가 1.0에 가까울수록 정방형에 근접하고, 원형류 유역은 0.8정도, 방사상 유역에서는 0.1정도임
- 형상계수가 크면 길이에 비하여 폭이 넓은 유역이고, 작은 것은 긴 유역을 의미하는 것이다. 형상계수가 클수록 유출의 집중성향이 크게 나타나 첨두유량이 매우 크게 예측된 반면 형상계수가 작으면 유출의 집중성향도 약해지며 따라서 첨두유량이 비교적 작게 나타날 것으로 예측할 수 있음
- Citarum 합류지점을 기준으로 유역 형상을 살펴보면, 유역 하류부의 형상계수가 0.11로 유역의 모양이 방사형에 가까운 유역임을 알 수 있음

<유역의 기하학적 특성>

구분	부호	유역면적(km2)	유로연장(㎞)	유역평균폭(A/L)	형상계수(A/L²)
Cisangkuy	Total	279.21	49.78	5.609	0.11
	L1	7.667	5.136	1.493	0.291
	L2	12.952	8.801	1.472	0.167
	L3	4.663	4.889	0.954	0.195
	L4	19.831	4.034	4.916	1.219
	L5	7.138	11.238	0.635	0.057
	L6	1.339	2.418	0.554	0.229
	L7	0.514	1.489	0.345	0.232
	L8	2.343	3.788	0.619	0.163
	L9	0.481	0.975	0.494	0.507
	L10	1.351	2.520	0.536	0.213
	L11	2.079	3.232	0.643	0.199
	L12	12.692	9.389	1.352	0.144
	L13	1.264	2.090	0.605	0.289
	L14	3.651	4.569	0.799	0.175
	L15	1.806	3.226	0.560	0.174
	L16	0.373	0.982	0.380	0.386
	L17	3.182	4.074	0.781	0.192
	R1	12.064	11.505	1.049	0.091
	R2	5.763	9.733	0.592	0.061
	R3	0.648	2.059	0.315	0.153
	R4	7.169	8.502	0.843	0.099
	R5	0.659	1.907	0.346	0.181
	R6	0.681	1.460	0.466	0.319
	R7	4.469	6.244	0.716	0.115
	R8	0.688	1.317	0.522	0.397
	R9	4.412	5.697	0.774	0.136
	R10	11.694	10.448	1.119	0.107
	R11	29.819	16.903	1.764	0.104
	R12	4.134	6.557	0.630	0.096
	R13	7.805	6.235	1.252	0.201
	R14	45.351	12.590	3.602	0.286
	R15	18.378	14.899	1.234	0.083

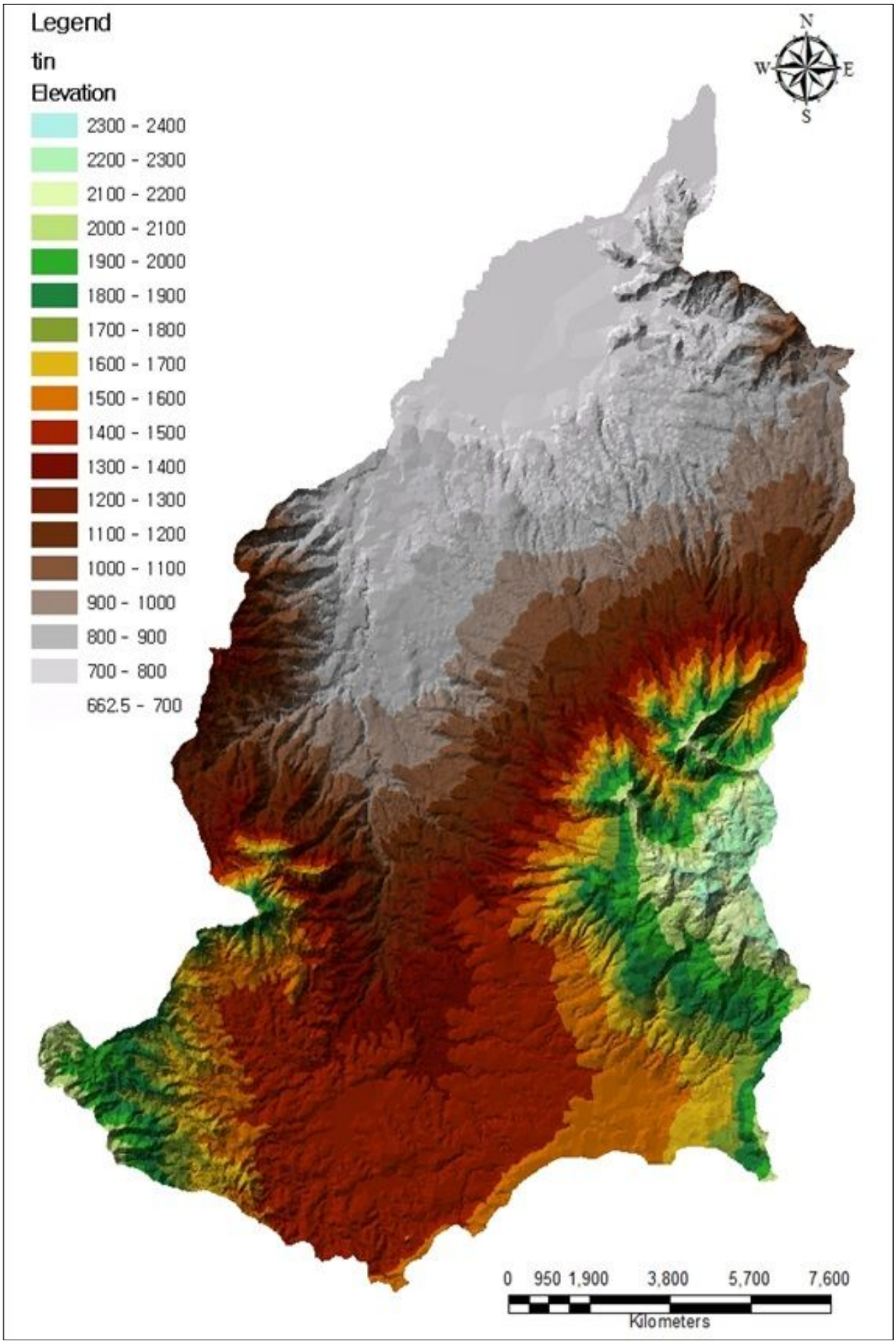
○ 표고별 누가면적 및 구성비

- 유역의 지역특성을 분석하는 방법으로 사용되며, 수치지도와 GIS 소프트웨어(ArcView)를 활용하여 분석
- 고도자료는 GIS 수치지형도를 토대로 TIN(Triangulated Irregular Network model) 및 DEM(Digital Elevation Model)을 구성하였다. 수치지형도의 Layer 중 주곡선과 계곡선 및 표고점 Layer를 추출하여 고도 모형의 구성을 위한 자료로 이용

<표고별 누가면적 및 구성비>

하천	부호	구분	표고별(EL.m) 면적분포						Total
			900≤	1200≤	1500≤	1800≤	2100≤	2400≤	
Cisangkuy	Total	Area(㎢)	70.165	56.144	77.058	45.344	23.443	7.055	279.209
		Ratio(%)	25.1	20.1	27.6	16.2	8.4	2.5	100.0
	L1	Area(㎢)	0.000	0.000	6.475	1.192	0.000	0.000	7.667
		Ratio(%)	0.0	0.0	84.5	15.5	0.0	0.0	100.0
	L2	Area(㎢)	0.000	0.000	9.827	2.453	0.665	0.008	12.952
		Ratio(%)	0.0	0.0	75.9	18.9	5.1	0.1	100.0
	L3	Area(㎢)	0.000	0.000	4.240	0.423	0.000	0.000	4.663
		Ratio(%)	0.0	0.0	90.9	9.1	0.0	0.0	100.0
	L4	Area(㎢)	0.000	0.000	5.235	9.399	4.980	0.217	19.831
		Ratio(%)	0.0	0.0	26.4	47.4	25.1	1.1	100.0
	L5	Area(㎢)	0.000	0.010	5.640	1.381	0.108	0.000	7.138
		Ratio(%)	0.0	0.1	79.0	19.3	1.5	0.0	100.0
	L6	Area(㎢)	0.000	0.038	0.892	0.395	0.014	0.000	1.339
		Ratio(%)	0.0	2.8	66.6	29.5	1.1	0.0	100.0
	L7	Area(㎢)	0.000	0.031	0.483	0.000	0.000	0.000	0.514
		Ratio(%)	0.0	6.0	94.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	L8	Area(㎢)	0.000	0.180	1.211	0.789	0.163	0.000	2.343
		Ratio(%)	0.0	7.7	51.7	33.7	6.9	0.0	100.0
	L9	Area(㎢)	0.000	0.360	0.121	0.000	0.000	0.000	0.481
		Ratio(%)	0.0	74.8	25.2	0.0	0.0	0.0	100.0
	L10	Area(㎢)	0.000	0.547	0.590	0.214	0.000	0.000	1.351
		Ratio(%)	0.0	40.5	43.7	15.8	0.0	0.0	100.0
	L11	Area(㎢)	0.000	1.528	0.496	0.055	0.000	0.000	2.079
		Ratio(%)	0.0	73.5	23.8	2.6	0.0	0.0	100.0
	L12	Area(㎢)	0.294	5.747	5.727	0.884	0.040	0.000	12.692
		Ratio(%)	2.3	45.3	45.1	7.0	0.3	0.0	100.0
	L13	Area(㎢)	0.491	0.676	0.097	0.000	0.000	0.000	1.264
		Ratio(%)	38.8	53.4	7.7	0.0	0.0	0.0	100.0

하천	부호	구분	표고별(EL.m) 면적분포						Total
			900≤	1200≤	1500≤	1800≤	2100≤	2400≤	
Cisangkuy	L14	Area(㎢)	1.137	1.698	0.816	0.000	0.000	0.000	3.651
		Ratio(%)	31.1	46.5	22.3	0.0	0.0	0.0	100.0
	L15	Area(㎢)	0.660	1.044	0.103	0.000	0.000	0.000	1.806
		Ratio(%)	36.5	57.8	5.7	0.0	0.0	0.0	100.0
	L16	Area(㎢)	0.360	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.373
		Ratio(%)	96.6	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	L17	Area(㎢)	1.595	1.542	0.046	0.000	0.000	0.000	3.182
		Ratio(%)	50.1	48.4	1.4	0.0	0.0	0.0	100.0
	R1	Area(㎢)	0.000	0.000	2.562	3.594	3.534	2.374	12.064
		Ratio(%)	0.0	0.0	21.2	29.8	29.3	19.7	100.0
	R2	Area(㎢)	0.000	0.000	2.941	1.212	1.069	0.541	5.763
		Ratio(%)	0.0	0.0	51.0	21.0	18.6	9.4	100.0
	R3	Area(㎢)	0.000	0.002	0.647	0.000	0.000	0.000	0.648
		Ratio(%)	0.0	0.3	99.7	0.0	0.0	0.0	100.0
	R4	Area(㎢)	0.000	0.081	4.115	2.172	0.802	0.000	7.169
		Ratio(%)	0.0	1.1	57.4	30.3	11.2	0.0	100.0
	R5	Area(㎢)	0.000	0.112	0.547	0.000	0.000	0.000	0.659
		Ratio(%)	0.0	17.0	83.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	R6	Area(㎢)	0.000	0.075	0.606	0.000	0.000	0.000	0.681
		Ratio(%)	0.0	11.0	89.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	R7	Area(㎢)	0.000	0.586	2.534	1.139	0.211	0.000	4.469
		Ratio(%)	0.0	13.1	56.7	25.5	4.7	0.0	100.0
	R8	Area(㎢)	0.000	0.688	0.000	0.000	0.000	0.000	0.688
		Ratio(%)	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	R9	Area(㎢)	0.000	1.984	1.773	0.650	0.005	0.000	4.412
		Ratio(%)	0.0	45.0	40.2	14.7	0.1	0.0	100.0
	R10	Area(㎢)	0.867	4.158	2.640	2.121	1.626	0.281	11.694
		Ratio(%)	7.4	35.6	22.6	18.1	13.9	2.4	100.0
	R11	Area(㎢)	8.948	7.298	3.940	3.145	3.542	2.946	29.819
		Ratio(%)	30.0	24.5	13.2	10.5	11.9	9.9	100.0
	R12	Area(㎢)	3.040	1.094	0.000	0.000	0.000	0.000	4.134
		Ratio(%)	73.5	26.5	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	R13	Area(㎢)	6.040	1.765	0.000	0.000	0.000	0.000	7.805
		Ratio(%)	77.4	22.6	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	R14	Area(㎢)	18.870	13.312	6.954	4.052	1.947	0.217	45.351
		Ratio(%)	41.6	29.4	15.3	8.9	4.3	0.5	100.0
	R15	Area(㎢)	9.549	8.697	0.132	0.000	0.000	0.000	18.378
		Ratio(%)	52.0	47.3	0.7	0.0	0.0	0.0	100.0


Legend
tin
Elevation
2300 - 2400
2200 - 2300
2100 - 2200
2000 - 2100
1900 - 2000
1800 - 1900
1700 - 1800
1600 - 1700
1500 - 1600
1400 - 1500
1300 - 1400
1200 - 1300
1100 - 1200
1000 - 1100
900 - 1000
800 - 900
700 - 800
662.5 - 700
N
W
E
S
0 950 1,900 3,800 5,700 7,600
Kilometers

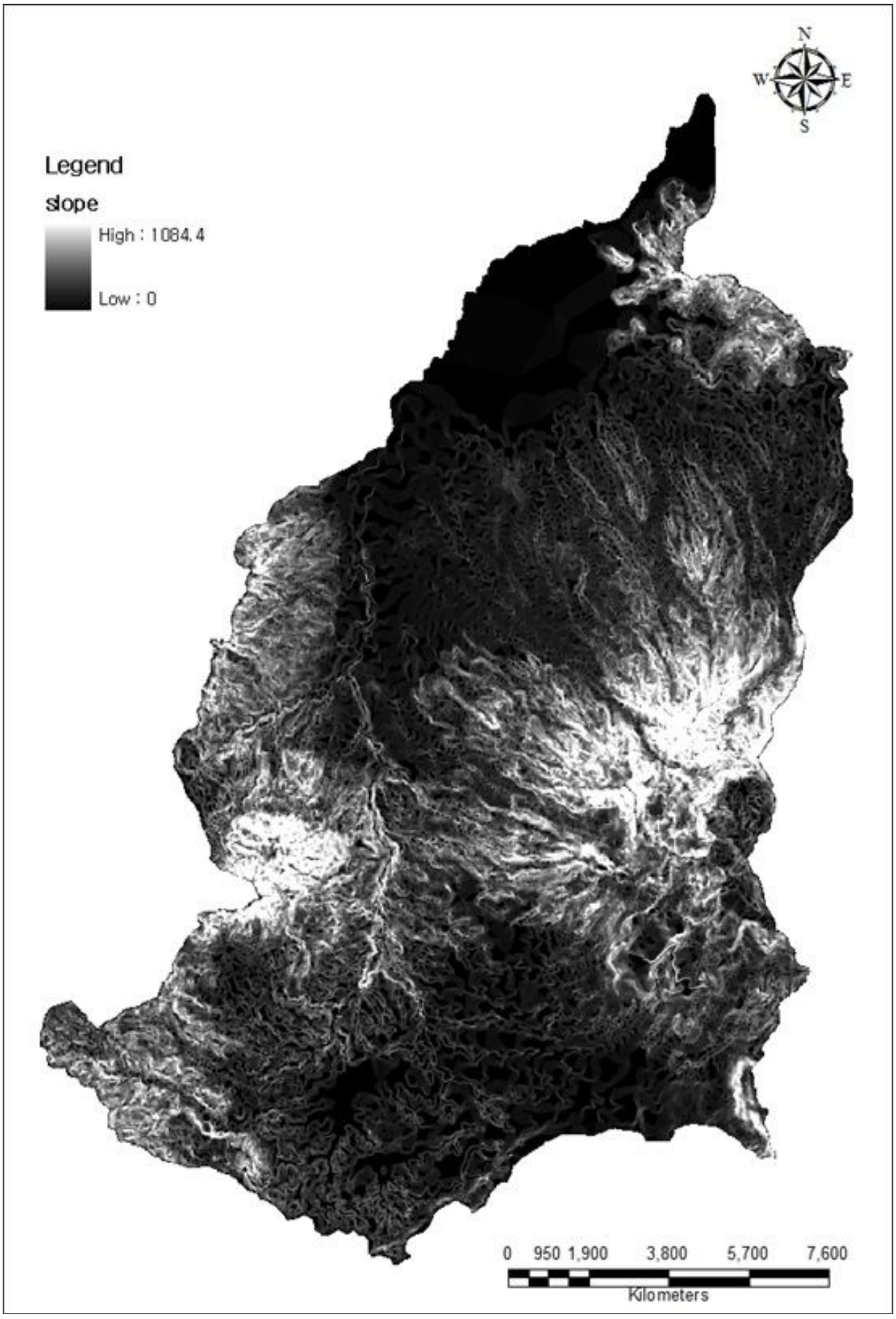
<유역표고 분석>

○ 유역의 평균고도 및 평균경사

- 과업구간의 주요지점을 대상으로 수치지도와 GIS TOOL(ArcView)을 사용하여 추출한 DEM을 토대로 평균고도를 분석함
- 유역의 평균경사는 유역의 지형과 구성양상을 나타내는 인자로서 빗물의 침투량 이나 유출율 결정에 영향을 주며, 지표면 유출속도를 좌우하는 요소 중의 하나이다. 유역경사가 급하면 토양의 침식이 용이하여 토층이 얇아지고, 토양함유수분이 적으며, 침투량도 적게 되어 완경사 유역에서 보다 유출용적이나 첨두유량의 크기가 크게 됨

<유역의 평균고도 및 유역의 평균경사>

부호	평균고도(EL.m)	평균경사(%)	부호	평균고도(EL.m)	평균경사(%)
L1	1,473.2	15.225	R1	1,787.0	23.696
L2	1,507.2	20.024	R2	1,632.3	22.419
L3	1,441.4	11.584	R3	1,361.4	17.660
L4	1,666.4	34.234	R4	1,520.1	25.456
L5	1,440.4	31.672	R5	1,265.4	28.789
L6	1,443.9	47.607	R6	1,285.0	28.739
L7	1,294.0	39.723	R7	1,433.0	34.290
L8	1,459.9	71.802	R8	1,084.0	23.590
L9	1,164.2	48.404	R9	1,265.1	36.573
L10	1,286.5	67.053	R10	1,356.3	34.941
L11	1,130.1	42.309	R11	1,296.1	35.642
L12	1,211.4	43.495	R12	827.6	9.048
L13	982.6	28.591	R13	806.3	11.224
L14	1,033.4	35.100	R14	1,065.2	28.979
L15	963.3	39.592	R15	874.8	24.102
L16	801.2	23.945	Cisangkuy	1,266.5	26.041
L17	911.3	39.587			


N
W
E
S
Legend
slope
High : 1084.4
Low : 0
0 950 1,900 3,800 5,700 7,600
Kilometers

<유역경사 분석>

○ 유역의 토지이용현황

– 유역 내 지표면의 상태 및 식생 피복 상태를 파악하는 것은 합리적인 수문량을 결정하는데 중요한 부분을 차지함

<유역의 토지이용현황>

Cisangkuy		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.884	0.32
Forest	62.853	22.51
Field	42.323	15.16
Grass	21.845	7.82
Woods	55.295	19.81
Paddy	60.724	21.75
River	3.218	1.15
Site	32.028	11.47
Wet Land	0.017	0.01
Total	279.187	100

L1		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.399	5.20
Forest	0.169	2.21
Field	2.290	29.87
Grass	2.804	36.57
Woods	0.000	0.00
Paddy	0.315	4.11
River	1.234	16.09
Site	0.456	5.95
Wet Land	0.000	0.00
Total	7.667	100.00

L2		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.177	1.37
Forest	0.509	3.93
Field	2.699	20.84
Grass	3.252	25.10
Woods	1.423	10.99
Paddy	2.214	17.09
River	1.453	11.22
Site	1.225	9.46
Wet Land	0.000	0.00
Total	12.952	100.00

L3		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.019	0.40
Forest	0.001	0.03
Field	3.653	78.33
Grass	0.093	1.99
Woods	0.000	0.00
Paddy	0.014	0.30
River	0.000	0.00
Site	0.884	18.96
Wet Land	0.000	0.00
Total	4.663	100.00

L4		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.000	0.00
Forest	3.973	20.03
Field	1.543	7.78
Grass	3.316	16.72
Woods	10.126	51.06
Paddy	0.288	1.45
River	0.000	0.00
Site	0.585	2.95
Wet Land	0.000	0.00
Total	19.831	100.00

L5		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.000	0.00
Forest	3.323	46.56
Field	0.719	10.07
Grass	1.901	26.63
Woods	0.977	13.68
Paddy	0.002	0.03
River	0.000	0.00
Site	0.216	3.02
Wet Land	0.000	0.00
Total	7.138	100.00

L6		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.000	0.00
Forest	0.118	8.81
Field	0.000	0.00
Grass	0.000	0.00
Woods	1.216	90.84
Paddy	0.000	0.00
River	0.000	0.00
Site	0.005	0.35
Wet Land	0.000	0.00
Total	1.339	100.00

L7		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.000	0.00
Forest	0.102	19.84
Field	0.000	0.00
Grass	0.000	0.00
Woods	0.405	78.77
Paddy	0.002	0.48
River	0.000	0.00
Site	0.005	0.91
Wet Land	0.000	0.00
Total	0.514	100.00

L8		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.000	0.00
Forest	0.023	0.98
Field	0.000	0.00
Grass	0.000	0.00
Woods	2.155	91.98
Paddy	0.140	5.97
River	0.009	0.37
Site	0.016	0.70
Wet Land	0.000	0.00
Total	2.343	100.00

L9		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.000	0.00
Forest	0.117	24.29
Field	0.000	0.00
Grass	0.000	0.00
Woods	0.072	14.98
Paddy	0.268	55.79
River	0.000	0.00
Site	0.024	4.94
Wet Land	0.000	0.00
Total	0.481	100.00

L10		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.000	0.00
Forest	0.361	26.74
Field	0.000	0.00
Grass	0.000	0.00
Woods	0.718	53.16
Paddy	0.254	18.80
River	0.000	0.00
Site	0.018	1.30
Wet Land	0.000	0.00
Total	1.351	100.00

L11		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.000	0.00
Forest	0.363	17.48
Field	0.041	1.97
Grass	0.000	0.00
Woods	0.943	45.38
Paddy	0.594	28.59
River	0.000	0.00
Site	0.137	6.58
Wet Land	0.000	0.00
Total	2.079	100.00

L12		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.005	0.04
Forest	3.050	24.03
Field	3.238	25.51
Grass	0.023	0.18
Woods	5.828	45.92
Paddy	0.045	0.35
River	0.018	0.14
Site	0.486	3.83
Wet Land	0.000	0.00
Total	12.692	100.00

L13		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.000	0.00
Forest	0.622	49.17
Field	0.127	10.03
Grass	0.000	0.00
Woods	0.000	0.00
Paddy	0.358	28.29
River	0.000	0.00
Site	0.158	12.52
Wet Land	0.000	0.00
Total	1.264	100.00

L14		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.000	0.00
Forest	1.970	53.95
Field	0.507	13.88
Grass	0.000	0.00
Woods	0.548	15.02
Paddy	0.359	9.82
River	0.000	0.00
Site	0.268	7.33
Wet Land	0.000	0.00
Total	3.651	100.00

L15		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.000	0.00
Forest	1.619	89.64
Field	0.030	1.65
Grass	0.000	0.00
Woods	0.001	0.06
Paddy	0.099	5.46
River	0.000	0.00
Site	0.057	3.18
Wet Land	0.000	0.00
Total	1.806	100.00

L16		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0	0
Forest	0.264	70.86
Field	0	0
Grass	0	0
Woods	0	0
Paddy	0.072	19.29
River	0	0
Site	0.037	9.84
Wet Land	0	0
Total	0.373	100

L17		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.005	0.16
Forest	0.767	24.11
Field	0	0
Grass	0.083	2.59
Woods	0	0
Paddy	2.118	66.55
River	0	0
Site	0.21	6.58
Wet Land	0	0
Total	3.182	100

R1		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.000	0.00
Forest	2.763	22.90
Field	1.643	13.62
Grass	2.438	20.21
Woods	4.099	33.98
Paddy	0.000	0.00
River	0.000	0.00
Site	1.121	9.29
Wet Land	0.000	0.00
Total	12.064	100.00

R2		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.000	0.00
Forest	0.948	16.46
Field	1.163	20.19
Grass	1.222	21.21
Woods	1.062	18.43
Paddy	0.408	7.08
River	0.000	0.00
Site	0.958	16.63
Wet Land	0.000	0.00
Total	5.763	100.00

R3		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.000	0.00
Forest	0.004	0.66
Field	0.001	0.11
Grass	0.000	0.00
Woods	0.000	0.00
Paddy	0.551	84.96
River	0.000	0.00
Site	0.093	14.27
Wet Land	0.000	0.00
Total	0.648	100.00

R4		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.000	0.00
Forest	2.235	31.18
Field	0.352	4.91
Grass	1.951	27.22
Woods	0.227	3.16
Paddy	1.836	25.61
River	0.000	0.00
Site	0.568	7.93
Wet Land	0.000	0.00
Total	7.169	100.00

R5		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.000	0.00
Forest	0.159	24.15
Field	0.002	0.26
Grass	0.000	0.00
Woods	0.000	0.00
Paddy	0.423	64.18
River	0.000	0.00
Site	0.075	11.42
Wet Land	0.000	0.00
Total	0.659	100.00

R6		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.000	0.00
Forest	0.049	7.19
Field	0.000	0.00
Grass	0.000	0.00
Woods	0.000	0.00
Paddy	0.577	84.75
River	0.000	0.00
Site	0.055	8.06
Wet Land	0.000	0.00
Total	0.681	100.00

R7		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.000	0.00
Forest	2.374	53.12
Field	0.228	5.10
Grass	0.237	5.31
Woods	0.165	3.68
Paddy	1.307	29.24
River	0.000	0.00
Site	0.159	3.56
Wet Land	0.000	0.00
Total	4.469	100.00

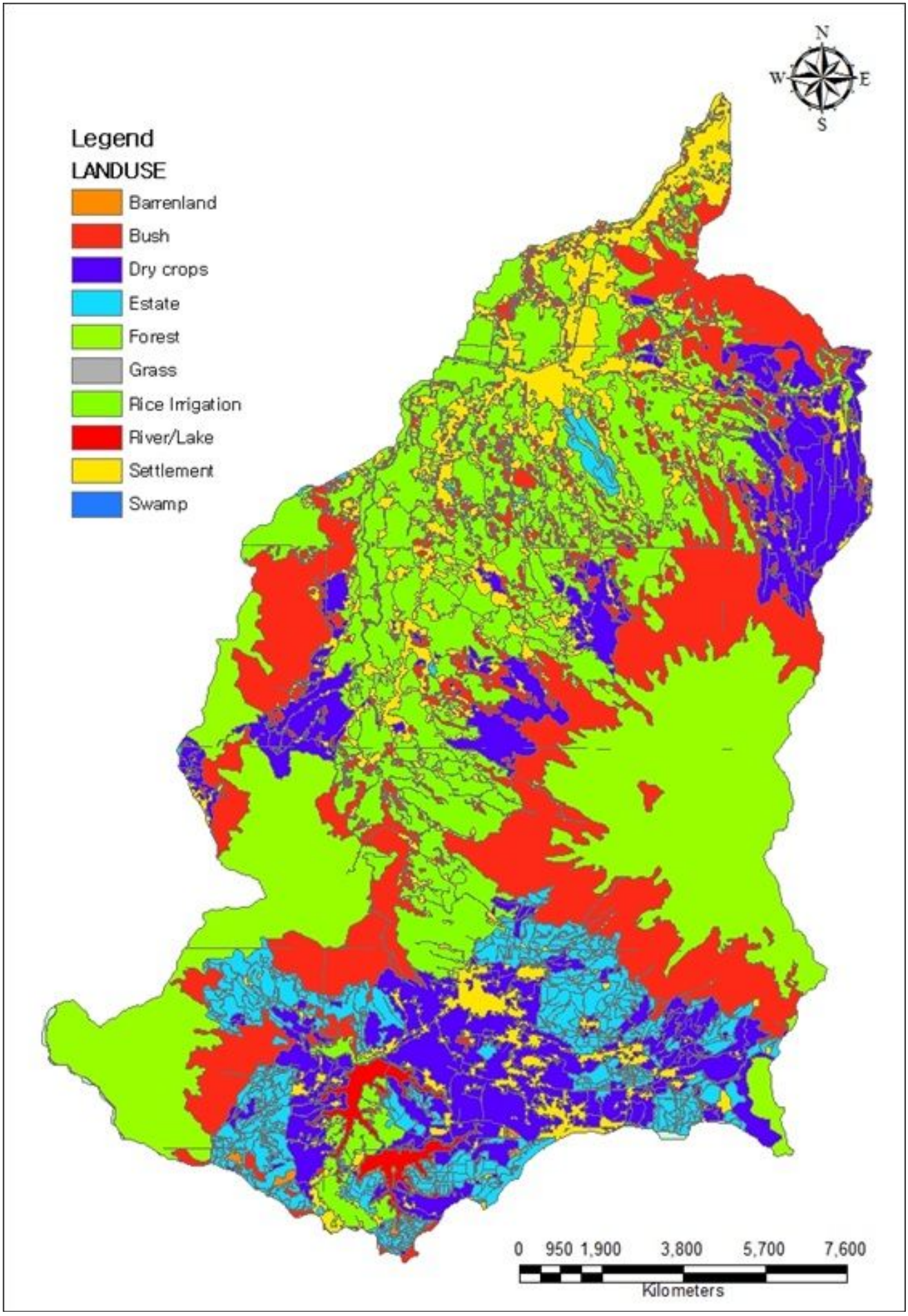
R10		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0	0
Forest	2.165	18.51
Field	1.019	8.72
Grass	0	0
Woods	4.13	35.32
Paddy	3.62	30.96
River	0	0
Site	0.759	6.49
Wet Land	0	0
Total	11.694	100

R8		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.000	0.00
Forest	0.137	19.90
Field	0.000	0.00
Grass	0.000	0.00
Woods	0.000	0.00
Paddy	0.502	73.01
River	0.000	0.00
Site	0.049	7.08
Wet Land	0.000	0.00
Total	0.688	100.00

R11		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0	0
Forest	4.582	15.36
Field	1.992	6.68
Grass	0.045	0.15
Woods	10.869	36.45
Paddy	9.125	30.6
River	0	0
Site	3.206	10.75
Wet Land	0	0
Total	29.819	100

R9		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0	0
Forest	1.828	41.44
Field	0	0
Grass	0	0
Woods	0.316	7.17
Paddy	2.109	47.81
River	0	0
Site	0.157	3.57
Wet Land	0	0
Total	4.412	100

R12		
토지이용	유역면적 (㎢)	비율 (%)
Bare Ground	0.007	0.17
Forest	0.388	9.38
Field	0.098	2.37
Grass	0.024	0.58
Woods	0	0
Paddy	2.562	61.98
River	0.001	0.02
Site	1.054	25.49
Wet Land	0	0
Total	4.134	100


N
W
E
S
Legend
LANDUSE
Barrenland
Bush
Dry crops
Estate
Forest
Grass
Rice Irrigation
River/Lake
Settlement
Swamp
0 950 1,900 3,800 5,700 7,600
Kilometers

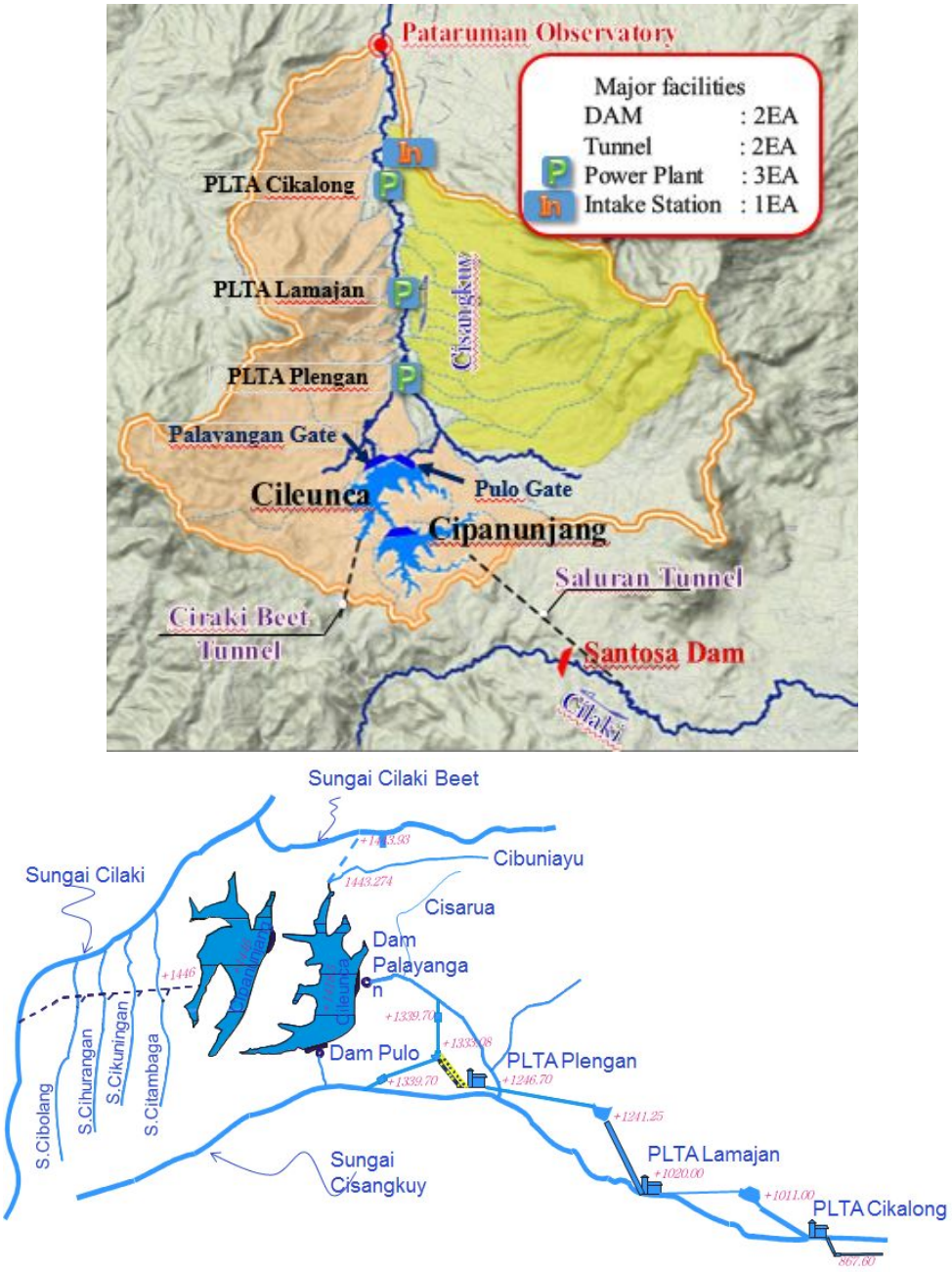
<유역의 토지이용 현황>

나. 물관리 시설물 현황

○ 인도네시아 찌따룸강 중·상류에 위치한 인도네시아 3대 도시인 반둥은 연간 강수량은 2,380 mm로 강수량은 풍족하나, 기후는 건기(4~9월)와 우기(10~3월)로 구분되어 계절간 극심한 강수량 차이를 보이며, 특히 급속한 경제성과과 도시화 과정에서 높은 인구밀도와 하천의 심각한 오염수준으로 인하여 식수공급량은 매우 부족한 실정임

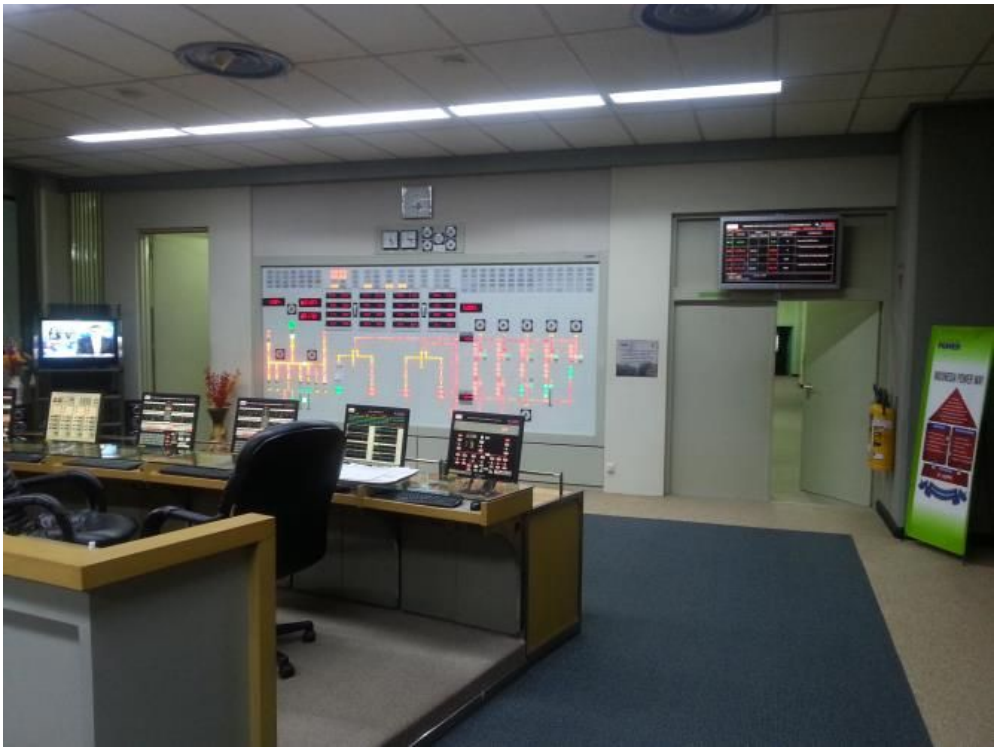
○ Cisangkuy 유역 내 주요 댐인 Cileunca 및 Cipanunjang 저수지의 경우 전력회사인 인도네시아 파워에서 관리하고 있으며, 저수지 하류 3개의 소수력 발전소(Plengan, Lamajan, Cikalong)가 운영되고 있으며, Cisangkuy 주 하천의 대부분의 수량을 발전용수로 활용하고 있으며, 세 발전소를 거친 최종 수량의 일부를 취수장에서 취수하여 식수원으로 사용하고 있기 때문에 상수 수급에 어려움을 겪고 있는 실정임

○ Cisangkuy 유역 내 주요 시설물로는 저수지 2개소, 소수력 발전소 3개소, 터널 2개소(타 유역 물 유입), 취수장 1개소 및 기타 여러 개의 소규모 보로 구성됨



< Cisangkuy 유역 물관리 시설물 위치 및 모식도 >

○ 주요 시설물 현황 조사

구 분	내 용	비 고
방문기관	■ Indonesia Power - PLTA Plengan, Lamajan, Cikalong - Dam Cipanunjang , Cileunca - Dam Saguling ■ PDAM - Intake Cikalong	
주요내용	■ 주요 시설물 현황 조사 - 시설물 현장 방문 및 현황 조사	현장조사
		PLTA Saguling 운영센터
		PLTA Saguling 운영센터 (내부)

		PLTA Cikalong 운영센터
		PLTA Cikalong 발전소
		PLTA Cikalong 발전소 방류구

	 	PLTA Cikalong 발전소 상류부 POND
		DAM Cipanunjang
		DAM Cileunca (Pulo)

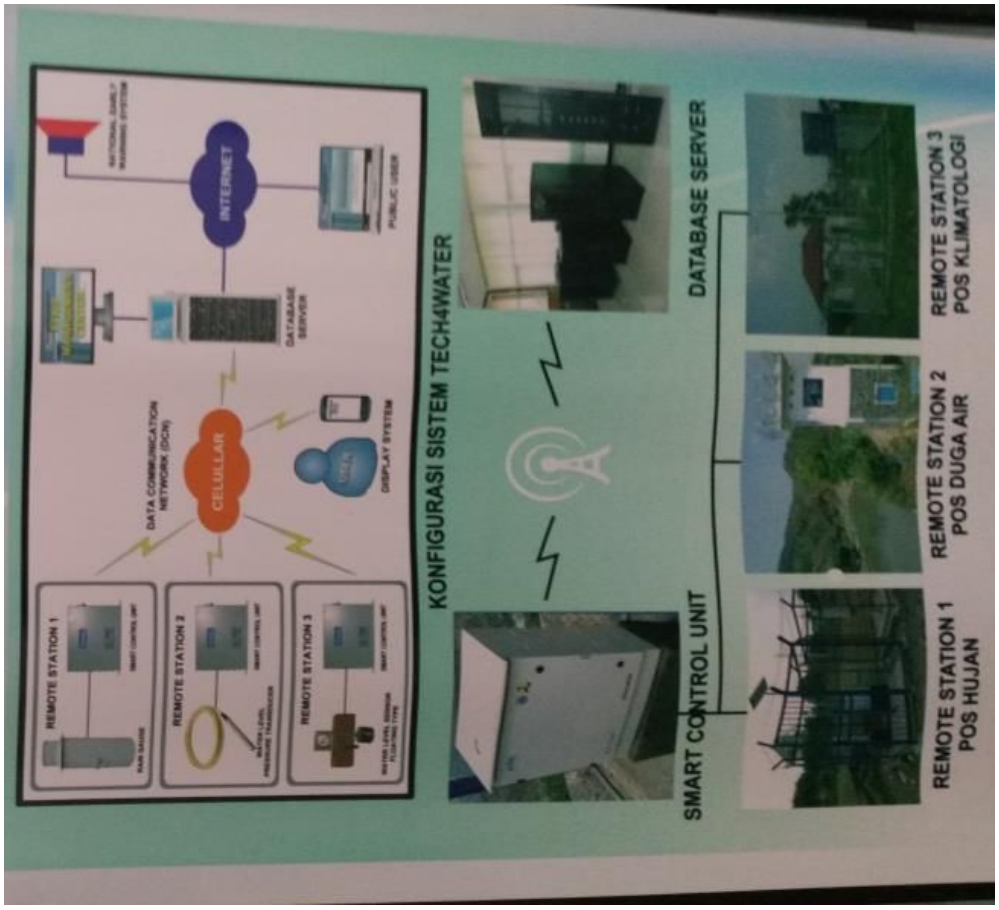
	 	DAM Cileunca (Playangan)
		Dam Saguling

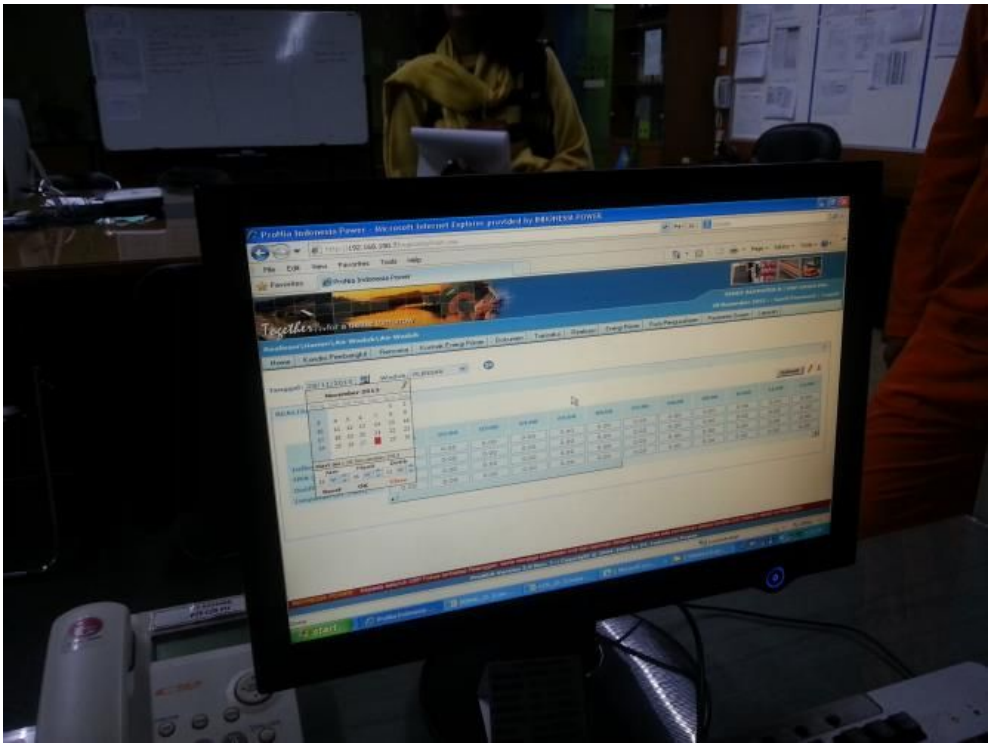
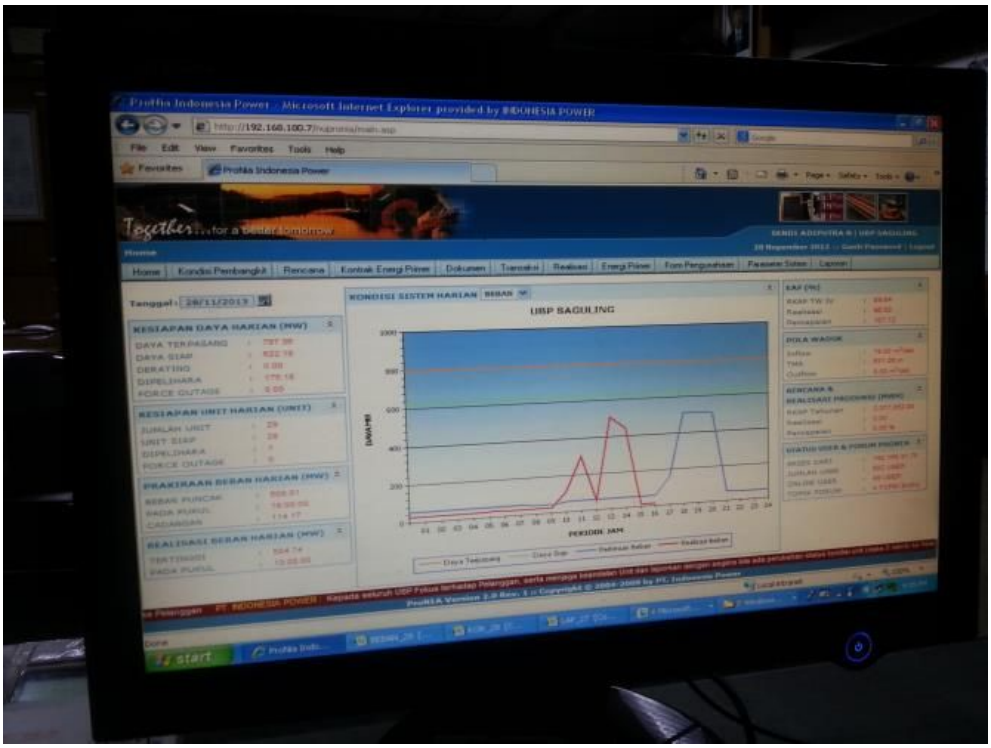
○ 주요 관측 현황 조사

구 분	내 용	비 고
방문기관	■ Observatory(Water level) - Kamasan, Pataruman	
주요내용	■ 주요 관측지점 현황조사 - 관측지점 현황조사 - 관측장비 현황조사	
		Kamasan 관측소 인근 홍수흔적
		Kamasan 관측소 (목척)
		Pataruman 관측소 (자동)

		Ciherang Weir
		Ciherang 관개수로
		Ciherang 관개수로

□ 관련기관 시스템 현황 조사

구 분	내 용	비 고
방문기관	■ PUSAIR ■ Indonesia Power	
주요내용	■ 시스템 구축 현황 조사 - 시스템 구축 현황 조사 - 시스템 하드웨어 현황 조사	현장조사
		Tech4Water (인도네시아 국가 수문기상 시스템) 구성도
		PUSAIR 하드웨어 현황

		Indonesia Power 전력 모니터링 시스템 (내부망)
		Indonesia Power 전력 모니터링 시스템 (내부망)

○ 반둥 지역의 수원 부족으로 인한 상수공급 부족 문제를 해결하기 위한 인도네시아 공공사업부와 지방정부의 Water Supply System Metropolitan Bandung Project(SPAM)에 따르면 2010년 기준으로 반둥시의 원수공급은 14.9 m3/s가 부족하고, 2030년에는 22.7 m3/s만큼 부족할 것으로 추정하고 있음

○ 동 보고서에 따르면 반둥의 상수도 부족을 해결하기 위하여 Cipanunjang, Cileunca 댐의 최적 활용, 신규 댐의 건설, Sagunling 댐으로부터 펌핑을 통한 용수공급, 찌따룸 강의 필터링, 지하수의 활용을 제시하고 있으나, 이 중 가장 우선순위에 자리하고 있는 것이 Cipanunjang 및 Cileunca 기존 수력 댐의 활용과 신규 댐을 건설할 예정이며 이와 더불어 물관리시스템 정비 등 비구조적인 대책방안 마련에 집중하고 있는 실정이다(ADB, 2012, 2015). 이에 공동연구기관인 PUSAIR(Pusat Litbang Sumber Daya Air)와 협의 및 현장조사 결과 다음 사항들을 확인할 수 있었음

현장조사 결과-현황 및 문제점

- Cileunca 및 Cipanunjang 저수지 수위는 수기로 기록되고 있으며, 저수지 운영룰이 존재하지 않는다. 발전용수 부족상황 발생 시 취수문을 통해 용수를 공급하는 것으로 조사됨
- Cikalong 발전소에서 발전하고 방류된 용수 중 1.9 ㎥/s를 취수하여 반둥시의 생활용수로 사용하고 있으며 나머지 유량은 Cisangkuy 강으로 방류하고 있다. 용수공급의 최우선 순위가 전력생산을 위한 발전방류에 맞추어져 있는 실정이며, 향후 SPAM 계획에 의해 Cikalong 취수장을 증설하여 1.4 ㎥/s를 추가로 취수하여 총 3.3 ㎥/s를 반둥시로 보낼 계획임
- 강우유출 모형은 자바섬 전체에 대하여 네델란드에서 구축하였으며, GUI 시스템이 연계된 WFLOW 수문학적 분포 모형이 적용하고 있다. 그러나 WFLOW 모형은 자바섬 전체에 대하여 6개 유출 지점을 선정하여 유역별로 구축되어 있으며, Cisangkuy 소유역에 대하여 강우-유출이 표출되어 있지 않아 이 지역에 대하여 강우 유출 모형 구축이 필요함
- 강우 및 수위 자료에 대한 체계적이고 효율적인 관리 및 기법의 부재(수위관측소가 설치되어 있지만 제대로 운영 관리되어 있지 않고, 수위관측소가 설치된 수위계를 매일 지역 주민이 목측을 통해 관측한 후 수기로 작성하여 관리자에게 제출하는 방법으로 수위관측자료가 운영되고 있는 실정)
- BMKG(인도네시아 기상청), 인도네시아 파워 등에서 관리하고 있는 6개소 우량관측소를 분석한 결과, 인접한 관측소일지라도 동일연도 최대 1,000 mm 이상까지 차이를 보임으로서 보유년수 및 결측일수와 함께 강우기록에 대한 신뢰성에 문제가 있는 것으로 판단됨
- 장기강우유출 모형으로 TANK 모형을 구축함에 있어 중요 인자인 증발산량(Evapotranspiration) 과 강우량 자료의 신뢰성에 문제가 있으며, PUSAIR에서도 TANK 모형 적용에 많은 어려움을 겪고 있는 실정임
- SWAT 모형 구축을 위해서 토양도(Soil map) DB가 필요한데, 이 자료가 없기 때문에 구축이 어려운 실정임
- 2006년~2007년의 경우 50일 이상 강우가 발생하지 않아 Indonesia Power에서 물공급에 어려움을 겪은 경험이 있으면서도, 극한 가뭄 발생에 따른 운영방안 등이 없는 실정임

(1) 저수지

○ Cisangkuy 유역내 저수지는 Cipanunjang, Cileunca 2개소로 하류측에 위치한 소수력 발전소 3개소(Plengan, Lamajan, Cikalong)에 발전용수를 공급

(가) Cipanunjang Reservoir

- 1930년에 건설, Cileunca 저수지 직상류에 위치
- 발전용수 및 Cileunca 저수지의 용수수급
- Cilaki 강으로부터 Cipanunjang 저수지로 터널1개소(Saluran) 연결
- 해당 관리인이 인근 관리실에 상주하여 수위 관측 및 수문조작 업무를 수행
- 댐에서 방류하는 물은 Cileunca 저수지 및 Cisangkuy 강 본류로 유입

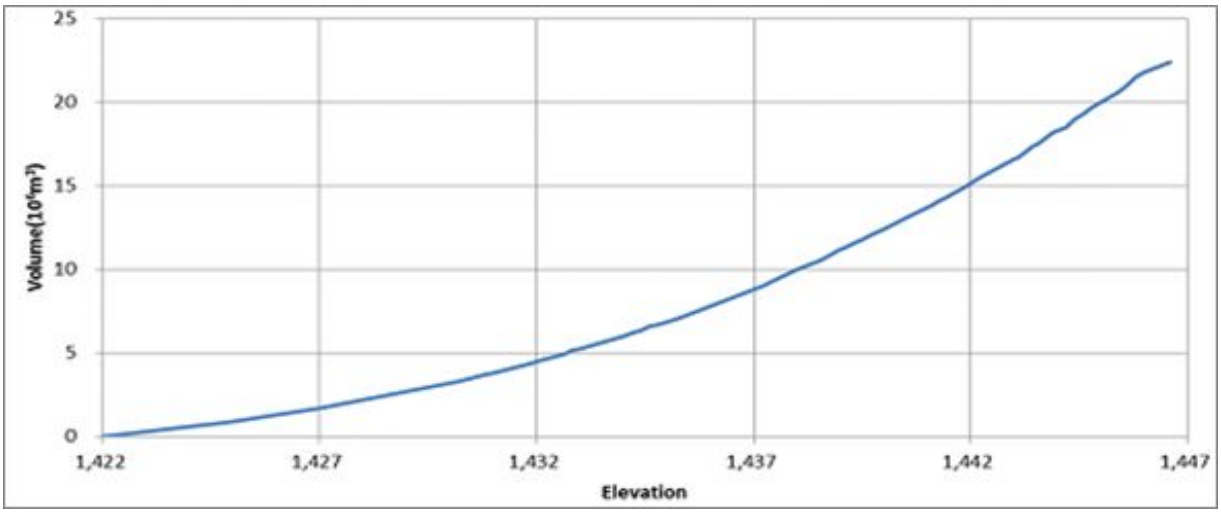
<Cipanunjang 저수지 제원>

건설년도	면적(ha)	저류량(10^6㎥)	만수위(EL.m)	사수위(EL.m)
1930	160	22.4	1446	1432
길이(m)	폭(m)	높이(m)	홍수조절방식	
135	5	24	Morning-glory spillway	
			자연월류 방식	

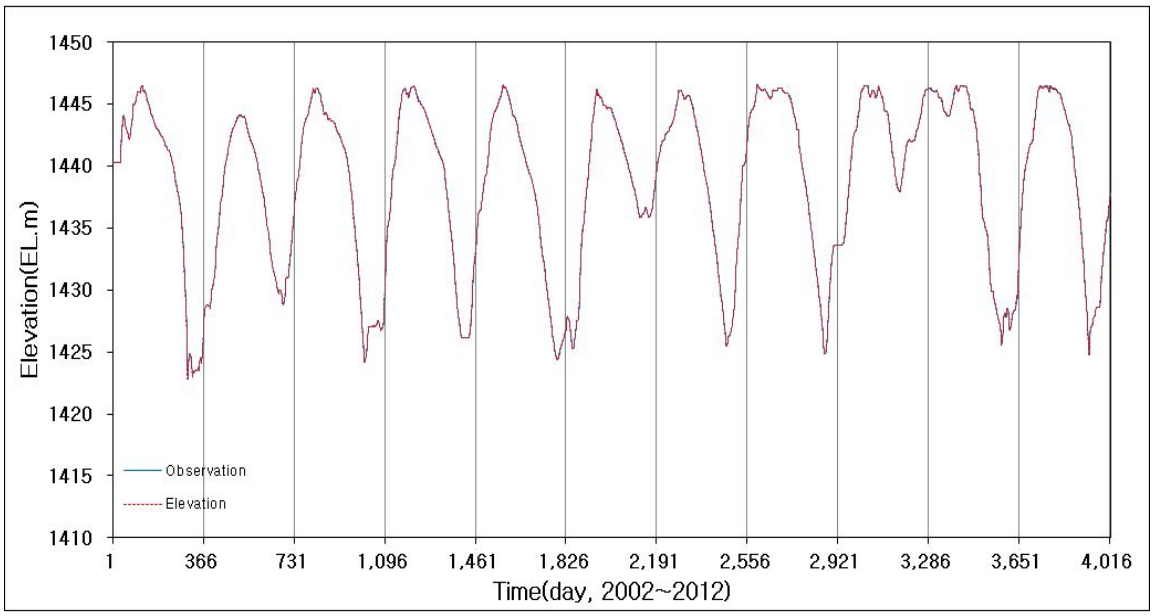
<Cipanunjang 수위-저류량 관계>

수위(EL.m)	저류량(10^6㎥)	수위(EL.m)	저류량(10^6㎥)	수위(EL.m)	저류량(10^6㎥)
1422.0	0.0	1430.0	3.2	1438.0	10.0
1423.0	0.3	1431.0	3.8	1439.0	11.2
1424.0	0.6	1432.6	4.9	1440.0	12.4
1425.0	0.9	1433.0	5.3	1441.0	13.7
1426.0	1.3	1434.0	6.0	1442.0	15.2
1427.0	1.7	1435.0	6.9	1443.0	16.6
1428.0	2.2	1436.0	7.8	1446.0	21.8
1429.0	2.7	1437.0	8.8	1446.6	22.4

주) 자료출처 : PLTA Plengan Power Plant



<Cipanunjang 수위-저류량 관계곡선>



<Cipanunjang 저수지 수위 관측자료(2002년~2012년)>

(나) Cileunca Reservoir

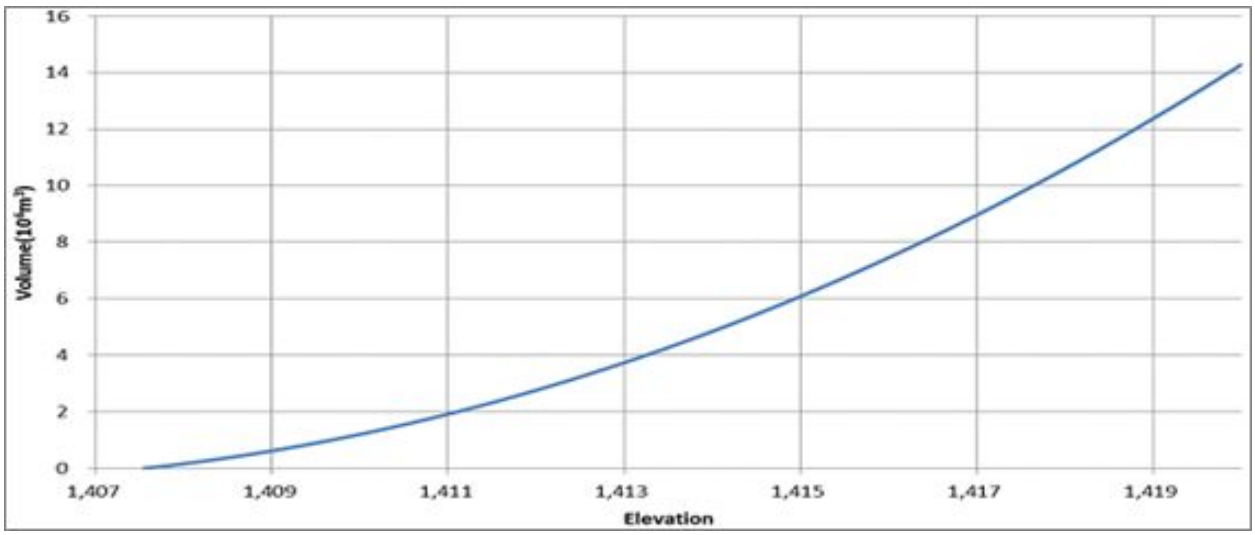
- 1924년에 건설, Cisangkuy의 최상류측에 위치
- 발전용수 공급목적
- 터널(Ciraki Beet) 1개소 연결되어 있으며, Ciraki 유역의 유량이 일부 유입

<Cileunca 저수지 제원>

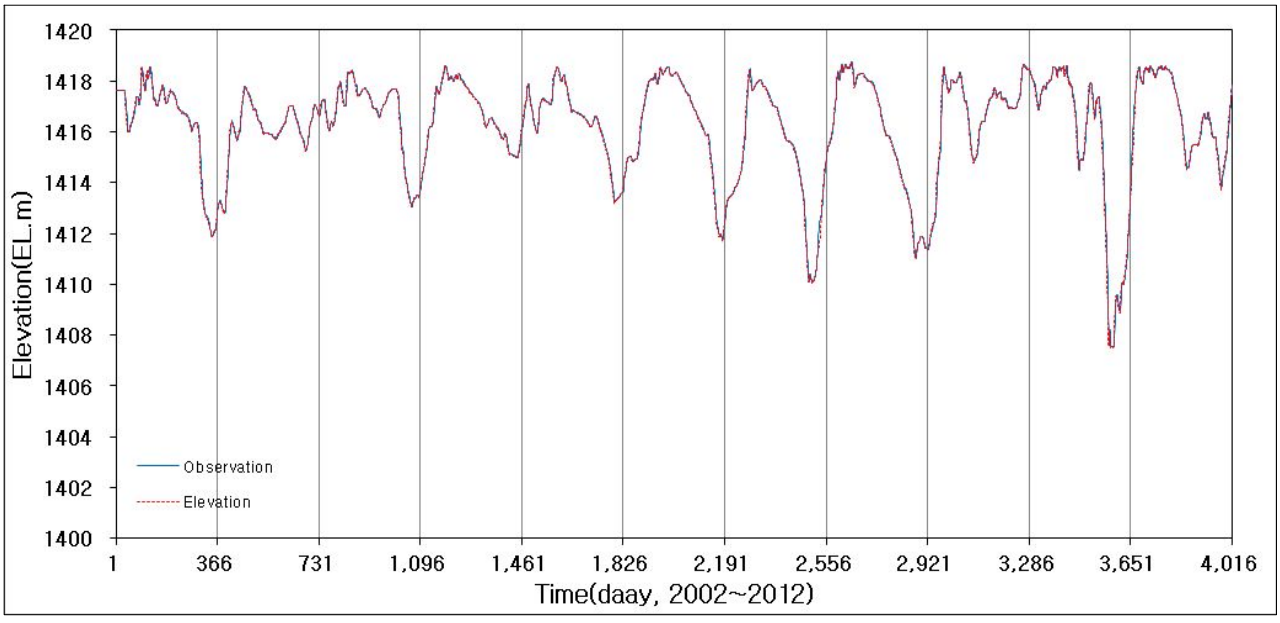
저수지	수립년도	면적(ha)	저류량(10^6㎥)	만수위(EL.m)	사수위(EL.m)
Cileunca	1924	180	11.3	1418.5	1408.2
댐명	**길이(m)**	**폭(m)**	**높이(m)**	**홍수조절방식**	
Pulo	595	5	18.96	Morning-glory spillway	
Palayangan	86.5	6.4	20.14	자연월류 방식	

<Cileunca 수위-저류량 관계>

수위(EL.m)	저류량(10^6㎥)	수위(EL.m)	저류량(10^6㎥)	수위(EL.m)	저류량(10^6㎥)
1407.6	0.0	1412.0	2.8	1417.0	9.0
1408.0	0.2	1413.0	3.7	1418.0	10.6
1409.0	0.6	1414.0	4.9	1419.0	12.4
1410.0	1.2	1415.0	6.1	1420.0	14.3
1411.0	1.9	1416.0	7.5	-	-



<Cileunca 수위-저류량 관계곡선>



<Cileunca 저수지 수위 관측자료(2002년~2012년)>

(2) 소수력 발전소

○ 유역 내 3개소의 소수력 발전소는 INDONESIA POWER에서 관리

○ 사용된 발전수는 다시 하위 발전소의 발전용수로 사용되며, 각 발전소 별로 댐 및 지류로부터 추가 발전수량을 확보

○ 연간계획 및 월간계획에 따라 운영하며, 필요에 따라 직접 운영을 지시(P3B)

○ 각 발전소에서는 SCADA 시스템을 사용하여 발전소를 운영

○ 최대 가능 발전유량 : Plengan - 9.65 ㎥/s, Lamanjan - 11.7 ㎥/s, Cikalong - 16.5 ㎥/s

○ 발전소별 발전용수 사용량

- 2004년~2012년의 월평균 자료를 보유하고 있는 것으로 조사됨
- 월평균 발전용량 : Plengan 3.81 ~ 7.24 ㎥/s, Lamajan 4.00 ~ 7.51 ㎥/s, Cikalong 4.25 ~ 8.14 ㎥/s

<소수력 발전소 제원>

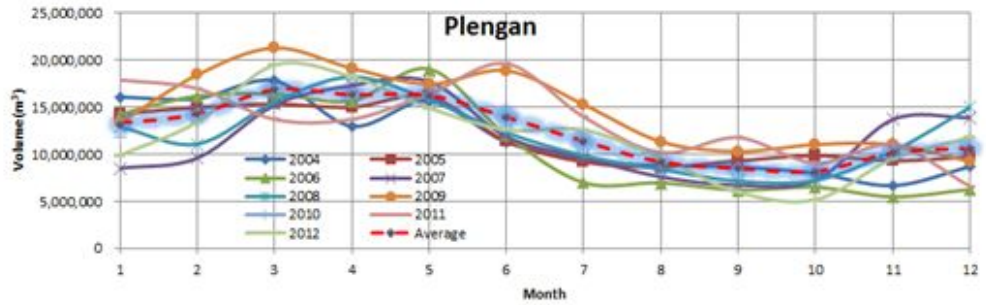
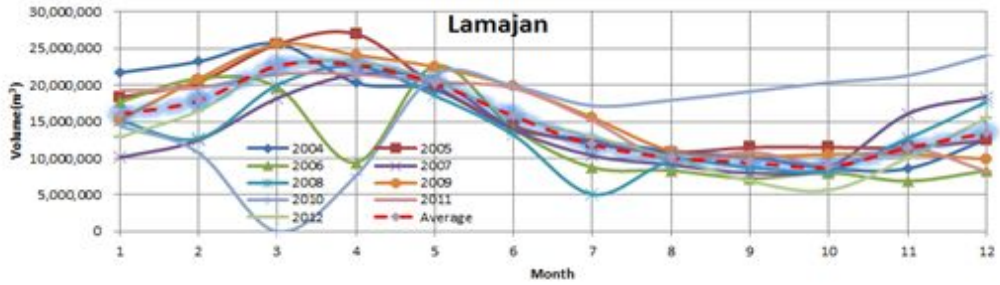
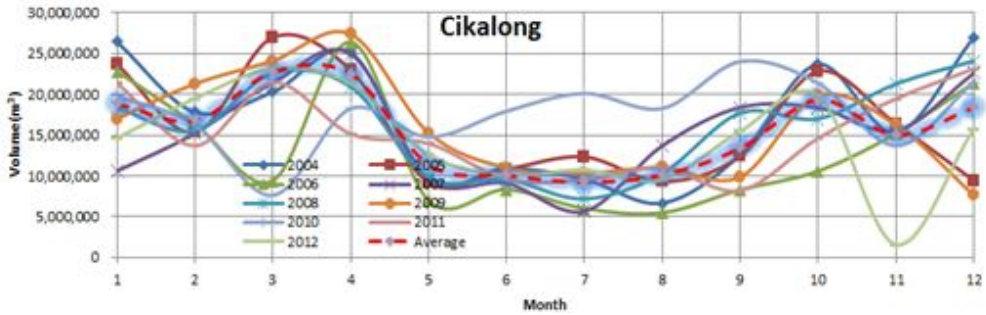






구 분	Plengan	Lamajan	Cikalong
터빈수	5	3	3
업체명	Escher Wyss/B Meier	Stork Ch./Gbr Stork	Neyrpic Alsthom
형 식	Francis Horisontal	Francis Vertical	Francis Horisontal
용 량	3×1500, 1×2900, 1×2280	3×9000	3×9000
회전(rpm)	750~600	600	750
유량(㎥/s)	3×1.6, 1×2.85, 1×2	3.9×3	5.50×3
수두(m)	90	216	140
설립연도	1922, 1962, 1996	1925, 1934	1961

<월평균 발전 용수량>

발전소	월평균 발전용수량(㎥/s)											
	(년)	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월
Plengan	5.47	6.18	7.10	7.24	6.81	6.36	5.29	4.42	4.31	3.81	5.40	5.68
												
Lamajan	5.79	5.81	7.40	7.51	7.42	6.34	5.15	4.23	4.11	4.00	5.19	6.01
												
Cikalong	6.98	7.36	8.14	7.92	7.14	6.75	5.31	4.25	4.32	5.07	5.75	7.01
												

(3) 취수장

○ Cikalong 취수장은 Cikalong 발전소 하구부에 위치하고 있으며, 취수된 용수는 현재 반둥시의 생활용수로 사용(PDAMA에서 관리)

○ 취수원인 Cikalong 발전소에서 발전하고 방류된 용수를 이용하여 현재 용수량 1.9 ㎥/s 를 취수하고 나머지 유량은 Cisangkuy 강으로 방류

○ 향후, SPAM 계획에 의해 Cikalong 취수장을 증설하여 1.4 ㎥/s를 추가로 취수하여 총 3.3 ㎥/s를 반둥시로 보낼 계획인 것으로 조사됨

○ Cikalong 취수장의 취수현황

- 현재 계획취수량 : 1.6 ㎥/s (원수 1.4 ㎥/s, 정수 0.2 ㎥/s)
- 금회 현장조사량 : 1.9 ㎥/s (원수 1.4 ㎥/s, 정수 0.5 ㎥/s)
- 향후 추가계획량 : 3.3 ㎥/s (현재 1.9 ㎥/s + 추가 1.4 ㎥/s)

○ 발전소 방류 부분에 보와 수문으로 유입수량을 조절하며, 방류량 중 일부가 취수장으로 유입

○ 방류량 하류에 Cisangkuy 본류로부터 취수구도 있으나 평상시에는 쓰이지 않고, 발전소가 운영을 하지 않을 시 사용

○ 취수된 물은 근처 Cikalong 취수장으로 보내지며 취수장에서는 간단한 침사 과정을 거친 후 Bandung 정수장으로 물을 공급

○ 취수장 내 유량측정 장치가 없기 때문에 Bandung 정수장으로부터 유량을 전달받아 기록

○ 운영정보 관련하여 PDAM에서는 실시간으로 정수장 운영 데이터를 모니터링하며, 정수장에서는 모니터링 데이터를 기반으로 취수장을 운영

○ 향후 증대될 수량 고려 시 기존의 취수문의 취수능력에 한계가 있으며, 시설 증대 또는 하천 본류 취수문의 동시 사용을 고려해야 함



<취수장 현장조사 결과>

(4) 도수 터널

○ 찌상쿠이강 유역에는 타 수계로부터 유입되는 2개의 도수터널이 존재하며, 터널 유입유량은 별도의 시설물 조작 및 운영조건 없이 터널 유입부에 설치된 위어를 통해 조절되는 것으로 조사됨

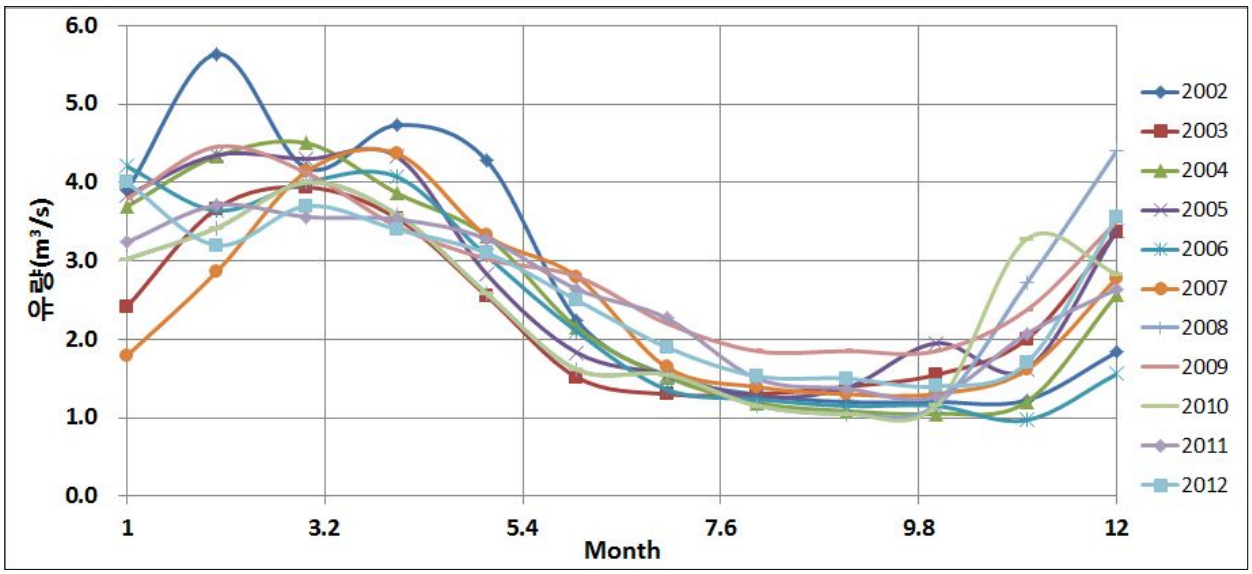
○ Saluran 터널 : Soropotan 관측소의 관측자료에 의하면, 연 평균 2.58 ㎥/s (2002년~2012년)가 유입되는 것으로 조사됨

○ Cilaki Beet 터널 : Cileuca 저수지로 유입되는 터널로써 현재 터널 유입부 지점에서 유량을 관측하고 있으며, 연 평균 0.50 ㎥/s (2002년~2012년)의 유량이 유입되고 있는 것으로 조사됨

<Saluran 터널 유입량>

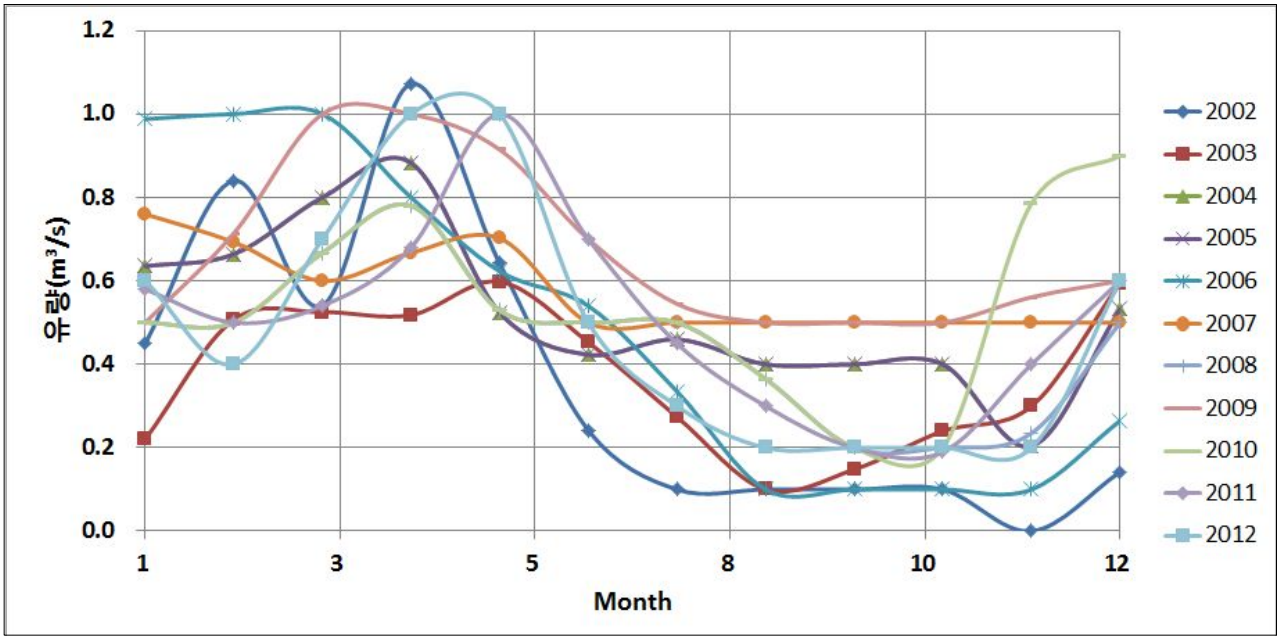
Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	평균
2002	3.90	5.64	4.18	4.73	4.28	2.24	1.54	1.30	1.20	1.20	1.22	1.84	2.77
2003	2.41	3.67	3.94	3.54	2.55	1.52	1.30	1.30	1.40	1.55	2.00	3.37	2.38
2004	3.69	4.34	4.50	3.87	3.32	2.15	1.52	1.19	1.09	1.05	1.20	2.57	2.54
2005	3.84	4.35	4.30	4.33	2.83	1.83	1.55	1.27	1.38	1.95	1.62	3.38	2.72
2006	4.21	3.64	4.00	4.07	3.06	2.10	1.36	1.24	1.15	1.15	0.97	1.56	2.38
2007	1.79	2.86	4.14	4.37	3.32	2.80	1.64	1.39	1.30	1.31	1.61	2.78	2.44
2008	3.03	3.42	4.00	3.59	2.58	1.62	1.55	1.16	1.05	1.16	2.72	4.40	2.52
2009	3.79	4.46	4.12	3.44	3.03	2.80	2.20	1.85	1.85	1.85	2.37	3.50	2.94
2010	3.03	3.42	4.00	3.59	2.58	1.62	1.55	1.16	1.05	1.16	3.28	2.84	2.44
2011	3.24	3.71	3.56	3.53	3.28	2.64	2.27	1.50	1.37	1.27	2.07	2.64	2.59
2012	4.00	3.20	3.70	3.40	3.10	2.50	1.90	1.53	1.50	1.40	1.70	3.56	2.62
평균	3.36	3.88	4.04	3.86	3.08	2.16	1.67	1.35	1.30	1.37	1.89	2.95	2.58

주) Soropotan 지점 기준 월 및 연평균 유입량(m^3/s)



<Cilaki Beet 터널 유입량>

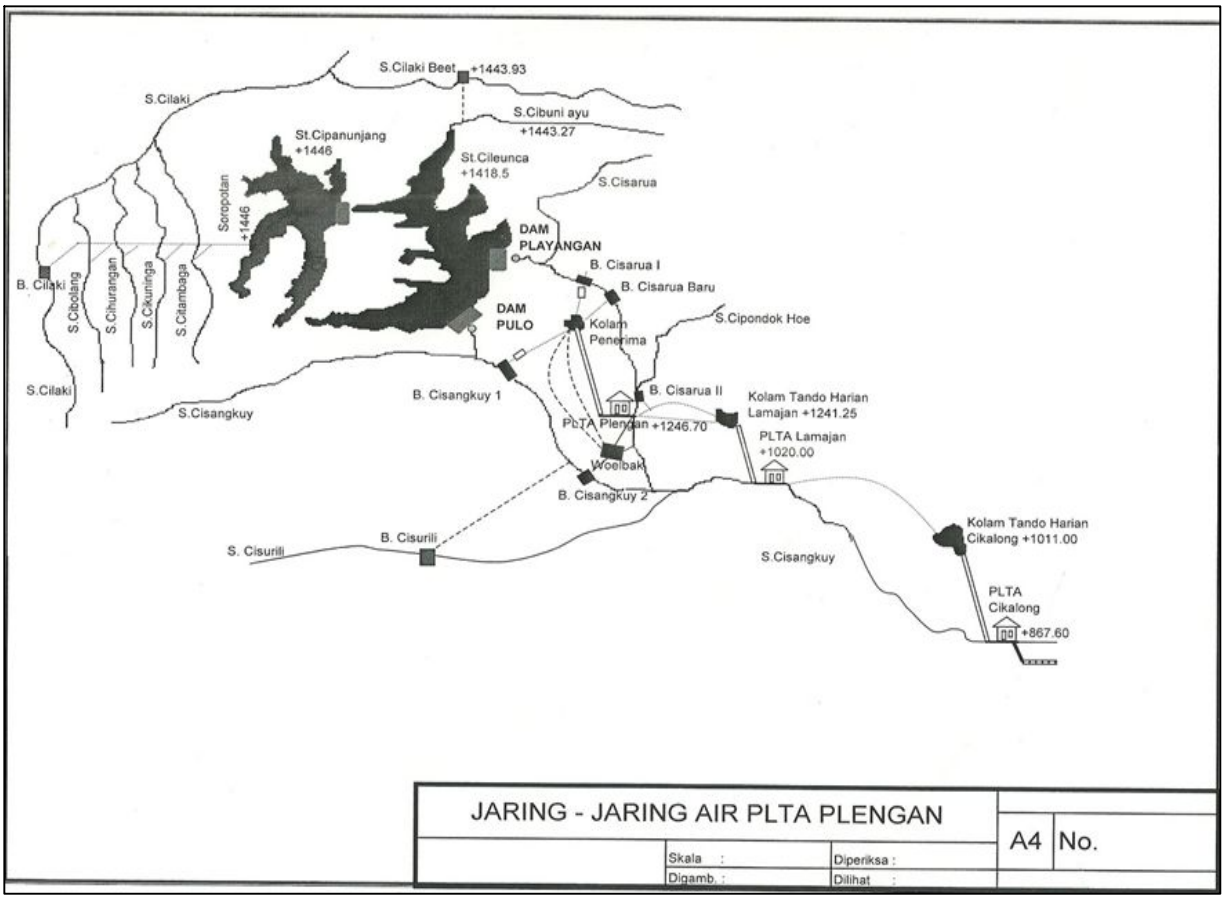
Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	평균
2002	0.45	0.84	0.54	1.07	0.64	0.24	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.14	0.36
2003	0.22	0.51	0.53	0.52	0.60	0.45	0.27	0.10	0.15	0.24	0.30	0.60	0.37
2004	0.64	0.66	0.80	0.88	0.52	0.42	0.46	0.40	0.40	0.40	0.20	0.53	0.53
2005	0.64	0.66	0.80	0.88	0.52	0.42	0.46	0.40	0.40	0.40	0.20	0.53	0.53
2006	0.99	1.00	1.00	0.80	0.62	0.54	0.34	0.10	0.10	0.10	0.10	0.27	0.50
2007	0.76	0.69	0.60	0.67	0.70	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.58
2008	0.50	0.50	0.67	0.78	0.53	0.50	0.50	0.37	0.20	0.20	0.24	0.50	0.46
2009	0.50	0.71	1.00	1.00	0.92	0.70	0.55	0.50	0.50	0.50	0.56	0.60	0.67
2010	0.50	0.50	0.67	0.78	0.53	0.50	0.50	0.37	0.20	0.20	0.79	0.90	0.54
2011	0.58	0.50	0.54	0.68	1.00	0.70	0.45	0.30	0.20	0.19	0.40	0.60	0.51
2012	0.60	0.40	0.70	1.00	1.00	0.50	0.30	0.20	0.20	0.20	0.20	0.60	0.49
평균	0.58	0.63	0.71	0.82	0.69	0.50	0.40	0.30	0.27	0.28	0.32	0.52	0.50



(5) 소규모 보

○ 본 과제 대상지역에는 용수확보를 위한 다수의 소규모 보가 존재

○ 유량 조절을 위한 수문은 존재하지 않으나 용수배분 기능 고려 가능



<찌상쿠이 유역 주요 보 위치>

<주요 보 별 제원 및 현황>

No	TEMPAT	PANJANG METER	KAPASITAS (M3)	MIRING	BENTUK	TINGGI DIATAS PERMU. LAUT		TAHUN PEMBUATAN	KETERANGAN
						Max (M)	Min (M)		
1	Cilaki-Cipanunjang	7680	6	0.001	Tapal Kuda	1459.53	1450.2	1956	
2	Cilaki Beet	970	3		Tapal Kuda	1445.63	1444.67	1964	
3	Cisangkuy	1370	2.8	0.0023	Tapal Kuda	1340.65	1333.15	1922	
4	Cisarua 1	1140	5	0.001	Tapal Kuda	1336.25	1333.15	1950	
	Cisarua 2		1		Tapal Kuda			1996	RELOKASI
5	Plengan-Lamajan.I	3006	5.8		Tapal Kuda	1243.95	1241.25	1925	
6	Plengan-Lamajan.II	3006	8		Tapal Kuda	1243.95	1241.25	1976	
7	Lamajan-Cikalong	2700	12	0.01	Tapal Kuda	1014.1	1012.1	1960	
10	Dam Cisangkuy					1339.7			
11	Dam Cisarua					1339.7			
12	Kolam Penerima					1333.08			
13	PH Plengan					1246.7			
14	Penstock	206	4.5 & 3.9						

(6) 관개시설

○ 본 과제 대상 지역인 찌상쿠이 유역 하류에는 대규모 농경지(Ciherang)가 존재하며, 찌상쿠이 본류로부터 농업용수를 공급받고 있음

○ 관개용수량은 서자바주 수자원국인 DPSDA에서 현재 사용 중인 다음 표의 단위 용수량을 적용하였으며, 관개용수에 대한 효율은 65%, 회귀율은 35%를 적용

① 농업용수

Data (월)	Net demand(Liter/sec/ha)					
	Dry crops		Rice Irrigation		Dry Crops	Rice Irrigation
	I (상순)	II (하순)	I (상순)	II (하순)	Average	
1	0.00	0.01	0.00	0.00	0.005	0.000
2	0.00	0.00	0.00	0.71	0.000	0.355
3	0.00	0.78	0.72	0.78	0.390	0.750
4	1.08	1.08	0.73	0.72	1.080	0.725
5	0.61	0.65	1.14	0.73	0.630	0.935
6	1.02	0.71	0.69	0.00	0.865	0.345
7	0.68	0.00	0.00	0.00	0.340	0.000
8	0.00	0.03	0.47	0.00	0.015	0.235
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
10	0.00	0.00	1.54	1.55	0.000	1.545
11	0.96	0.96	0.96	0.62	0.960	0.790
12	1.01	0.33	0.75	0.94	0.670	0.845

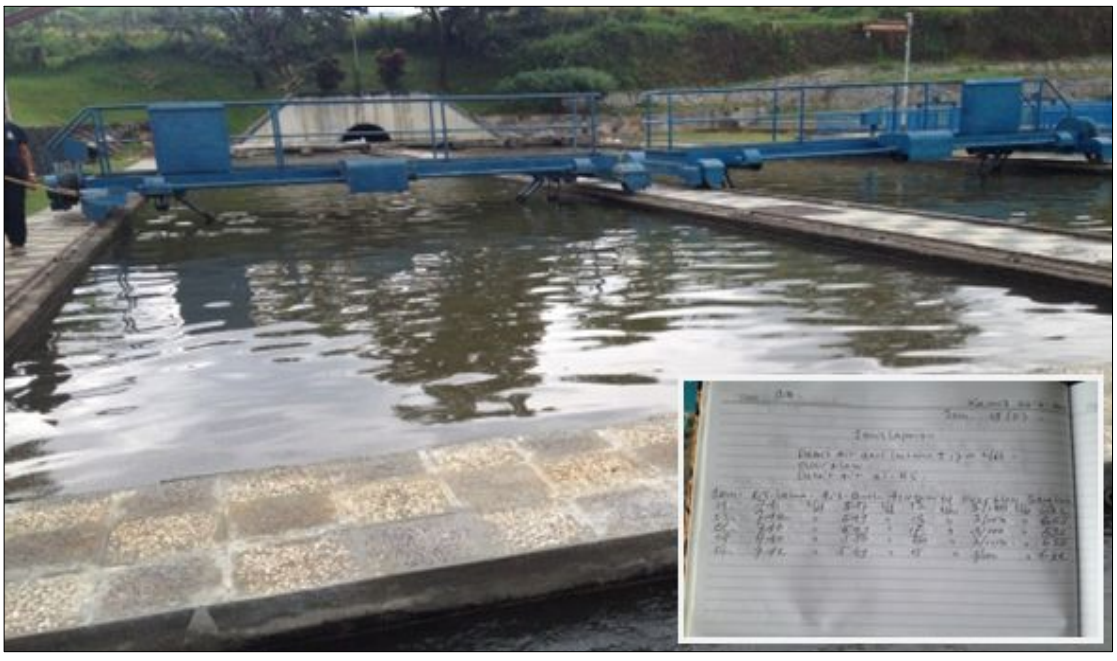
주) 자료출처 : DPSDA

② 생활용수

○ 금회 현장조사량 : 1.9 ㎥/s (원수 1.4 ㎥/s, 정수 0.5 ㎥/s)

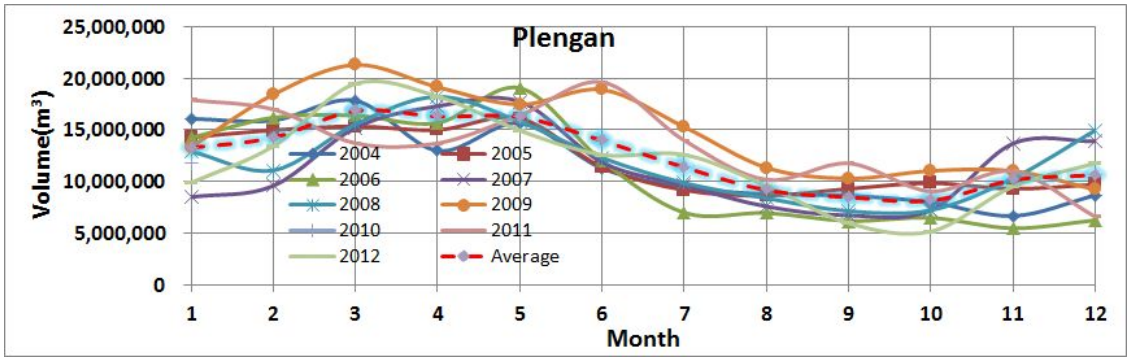
○ 생활용수 이용현황에 대한 현장조사결과, 수기로 작성

◎ Cikalong 취수장 및 수기노트

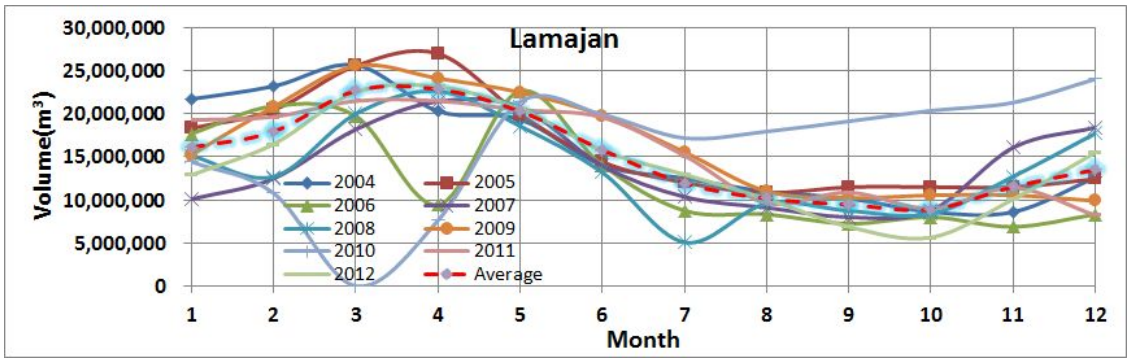


③ 공업용수

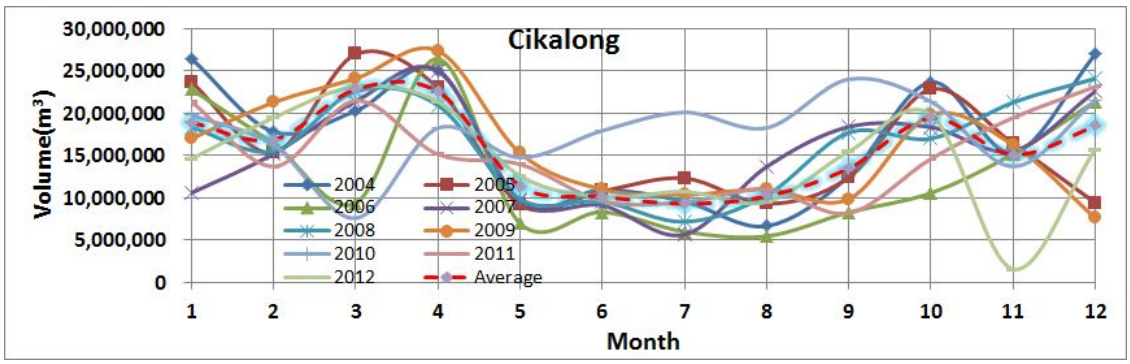
발전소	기간	월평균 발전용수량(㎥/s)											
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
Plengan	평균	5.47	6.18	7.10	7.24	6.81	6.36	5.29	4.42	4.31	3.81	5.40	5.68



Lamajan	평균	5.79	5.81	7.40	7.51	7.42	6.34	5.15	4.23	4.11	4.00	5.19	6.01



Cikalong	평균	6.98	7.36	8.14	7.92	7.14	6.75	5.31	4.25	4.32	5.07	5.75	7.01

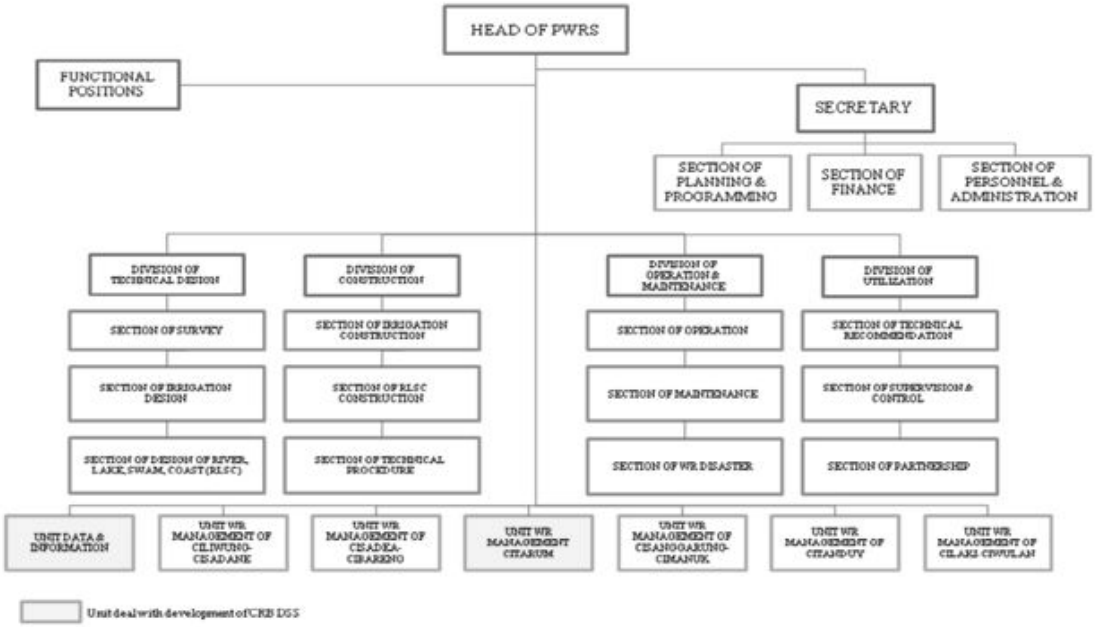


다. 물관리 기관 현황

(1) 인도네시아 주요 물관리 기관

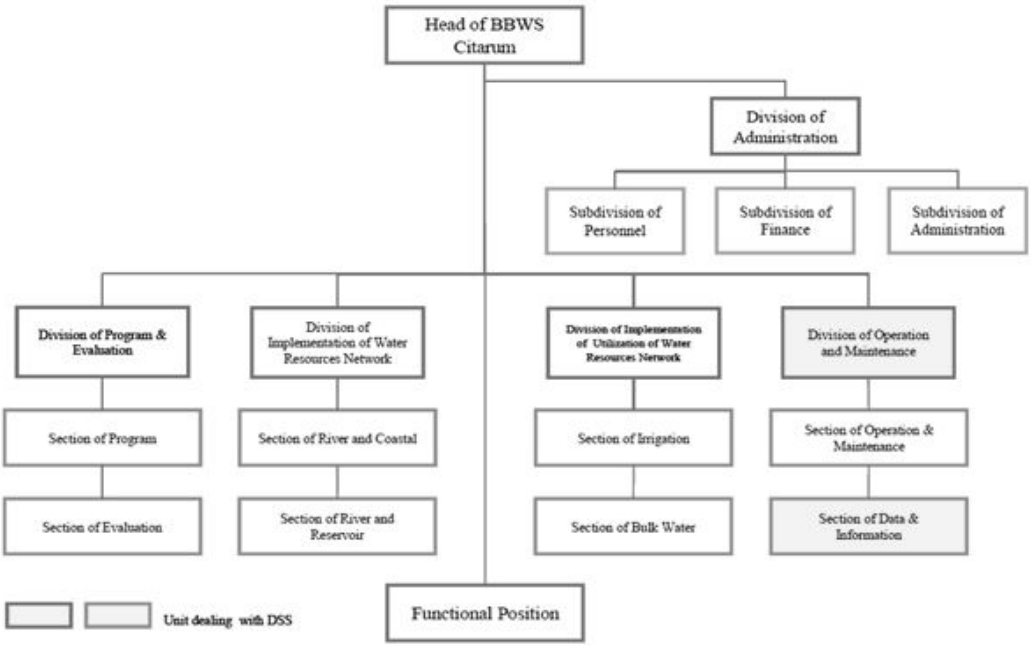
(가) West Java 수자원국 (DPSDA West Java Provincial Water Resources Services/PWRS)

- PWRS는 West Java Province 지방 정부 기관으로, West Java 내 수자원 기술 설계, 건설, 운영 및 관리 등 통합 수자원 관리의 구현을 담당
- DPSDA는 수문 수질 데이터 및 처리 관련 정보를 PWRS에 지원하는 역할을 담당
- DPSDA의 데이터는PWRS에서 수자원 인프라 시설 운영 및 유지보수, 기타 수자원 이용 시 참고 데이터로 활용



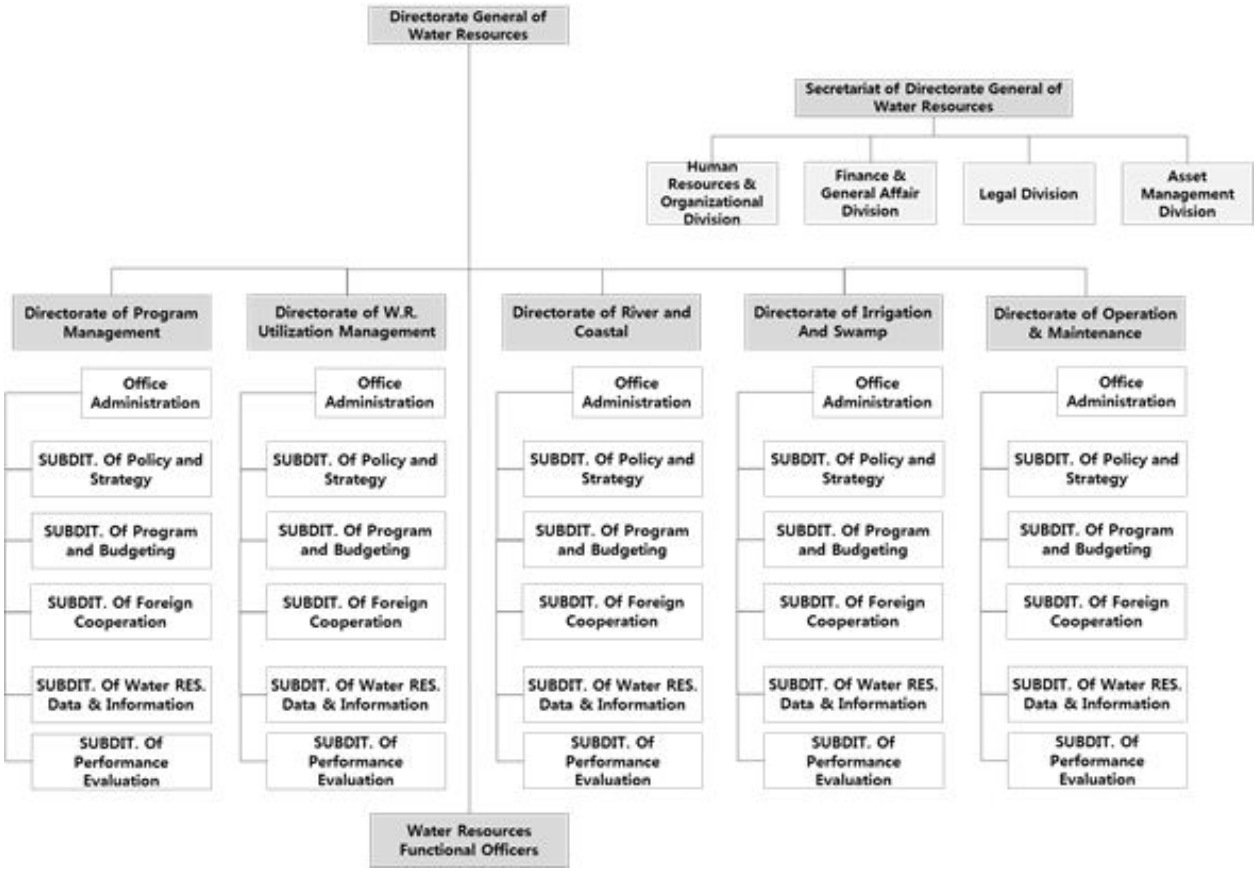
(나) Citarum유역관리청(Balai Besar Wilayah Sungai Citarum / BBWSC)

- Citarum 강 지역에 있는 보호 지역의 천연 자원 보전, 수자원 개발, 수문시스템 관리, 유지보수 등의 수자원 관리 계획 및 수행을 담당



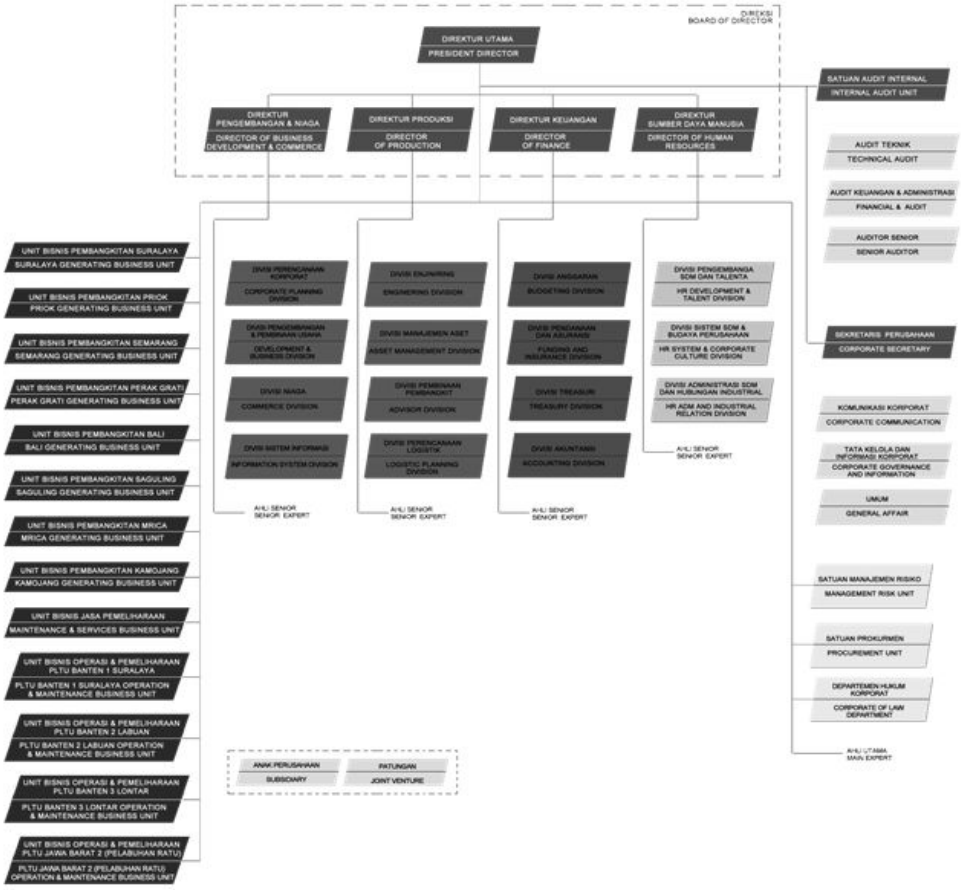
(다) 공공사업부 수자원국(Ministry of Pubilc Works / MPW)

- 공공사업부(Ministry of Public Works; MPW)는 기술 부처로서 인도네시아의 공공사업 시설관리, 하천관리, 하수관리, 도로 및 교량 관리 등을 관할
- MPW는 급수와 공중위생을 포함한 물 부문의 정책과 표준을 국가 수준에서 결정
- 정책 결정의 기능 이외에도, MPW는 기술 규정을 제정하고, 표준과 가이드라인을 규정
- MPW가 발행한 가이드라인이나 NSPM은 공공사업 부문 개발 산업 현장에서 바람직한 운영 관행의 기준이 되는 참고 지침으로서 활용
- 공공사업부의 수자원국은 수자원개발에 관한 계획, 설계, 시공, 설비, 유지관리, 지침 등역할을 담당



(라) Indonesia Power

- INDONESIA POWER는 인도네시아 주 정부 광산/에너지부 산하 국영기업으로 인도네시아 전력발전을 담당
- 세계적 수준의 공공 발전 서비스를 제공하기 위한 목적으로 설립되었으며, 발전 분야뿐만 아니라 장기적으로 전력발전 관련 사업을 개발
- INDONESIA POWER의 주요 업무는 다음과 같음
  - ▫ 전력 발전의 지속적인 사용 효율성을 위한 메커니즘 개발
  - ▫ 환경 친화적인 전기 공급 사업
  - ▫ 전력 발전의 다양한 산업화를 위한 사업 개발
  - ▫ 전력 발전의 안전성, 신뢰성, 효율성, 환경적 지속 가능성 추구



(2) 유역 내 물관리 기관 현황

○ 찌상쿠이 유역 내 물관리를 위한 주요 유관기관은 다음과 같음

기관	역할
MPW	공공사업부(Ministry of public Works) 인도네시아의 공공사업 시설관리, 하천관리, 하수관리, 도로 및 교량관리 등 관할
BBWSC	찌따룸 유역관리청(Balai Besar Wilayah Sungai Citarum) Citarum 강 지역에 있는 보호지역의 천연자원인 하천, 수자원개발, 수문시스템 관리, 유지보수 등의 수자원 관리계획 및 수행을 담당
PWRS	웨스트 자바 수자원국(Dinas PSDA West Java Provincial Water Resource Services) West Java 내 수자원 기술 설계, 건설, 운영 및 관리 등 통합 수자원 관리의 구현담당
BPLHD	환경관리부(Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah) West Java Province 내에서 데이터 수집, 처리 및 보고를 담당하고 수자원의 관리, 보존, 법 집행 등을 수행
PUSAIR	인도네시아 국립 수자원 연구소(Puslitbang Sumber Daya Air) 수자원 관리에 필요한 자료와 정보 등의 기술 조언 서비스를 제공
SDAPE	반둥 지방정부 수자원/광산/에너지 관리부(Situs Uji Coba Dinas Sumber Daya Air, Pertambangan & Energi Kab. Bandung) 천연자원과 에너지를 관리하고 있으며, 수자원의 효율적인 사용과 치수관리를 담당
Indonesia Power	인도네시아 주 정부 광산/에너지부 산하 국영기업 인도네시아 전력발전을 담당하고 있는 공공기관
PDAM	지방상수도 공사(Perrusahaan Daerah Air Minum) Denpasar Utara, Denpasar Timur, Denpasar Barat, Denpasar Selatan 지역에 상수도 시설을 관리하고 식수를 공급

○ 각 기관은 유역 내 하천 시설물을 자체적으로 운영 및 관리하고 있으며 하천 시설물 및 관할 기관은 다음과 같음

Type	Name	Basin	Responsible organization
Dam	Cibatarua	Cibatarua	BBWSC
	Santosa	Cilaki	BBWSC
	Dam Cipanunjang	Cilaki	INDONESIA POWER
	Dam Playangan	Cisarua	INDONESIA POWER
	Dam Pulo	Cisangkuy	INDONESIA POWER
Intake	Intake Cikalong	Cisangkuy	PDAM
Open channel	Soropotan	Cilaki	
Power plant	PLTA Plengan	Cisarua	INDONESIA POWER
	PLTA Lamajan	Cisangkuy	INDONESIA POWER
	PLTA Cikalong	Cisangkuy	INDONESIA POWER
Tunnel	Cibatarua	Cibatarua	BBWSC
	Cibilang	Cilaki	PLANT Union
	Cihurangan	Cilaki	PLANT Union
	Cikuningan	Cilaki	PLANT Union
	Citambaga	Cilaki	PLANT Union
Weir	Cibatarua	Cibatarua	BBWSC
	Cilaki Beet	Cilaki	INDONESIA POWER
	Cilaki	Cilaki	
	Cisurili	Cisurili	PLANT Union
	Cisarua 1	Cisarua	PLANT Union
	Cisangkuy 1	Cisangkuy	INDONESIA POWER

(마) 각기관별 목표 수자원 사용량 및 기관간 조정 현황 조사

- 현재 BBWSC(찌따룸 유역관리청)와 인도네시아 파워 기관간 용수배분 관련한 조정이 필요한 것으로 파악됨
- BBWSC(찌따룸 유역관리청)은 Cisangkuy 유역에 관해 생활 및 농업, 발전용수에 대해 균형적인 배분을 목표로 함
- Indonesia Power의 경우 전력목표량 달성을 위해 수자원의 우선적인 용수공급을 하고 있음
- 이에 BBWSC와 Indonesia Power간의 조정을 위해 향후 물수지 분석을 통해 조정이 필요 할것으로 판단됨

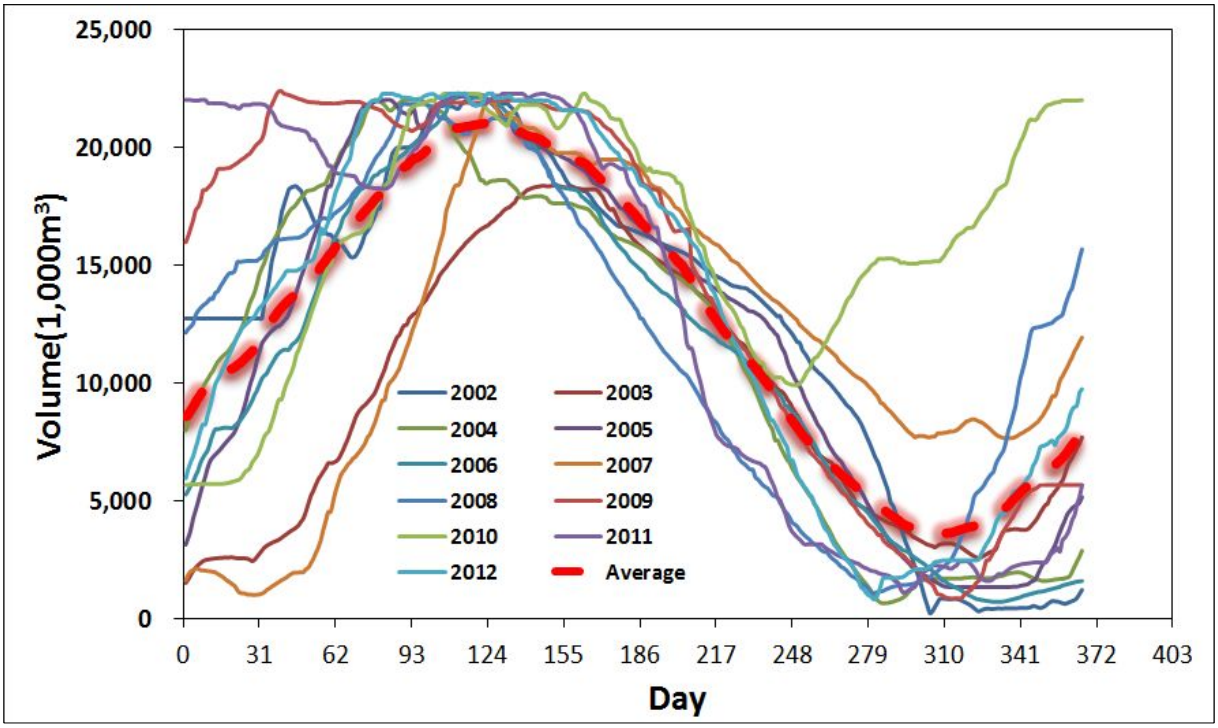
(바) 유역내 물관련 기관별 운영 목표 및 일간/월간/연간 운영계획수립 현황 조사

- 각 기간별 시설물에 대한 운영 목표 및 구체적인 계획은 수립되어 있지 않기 때문에 과거 운영현황에 대한 경향을 분석하여 추정함

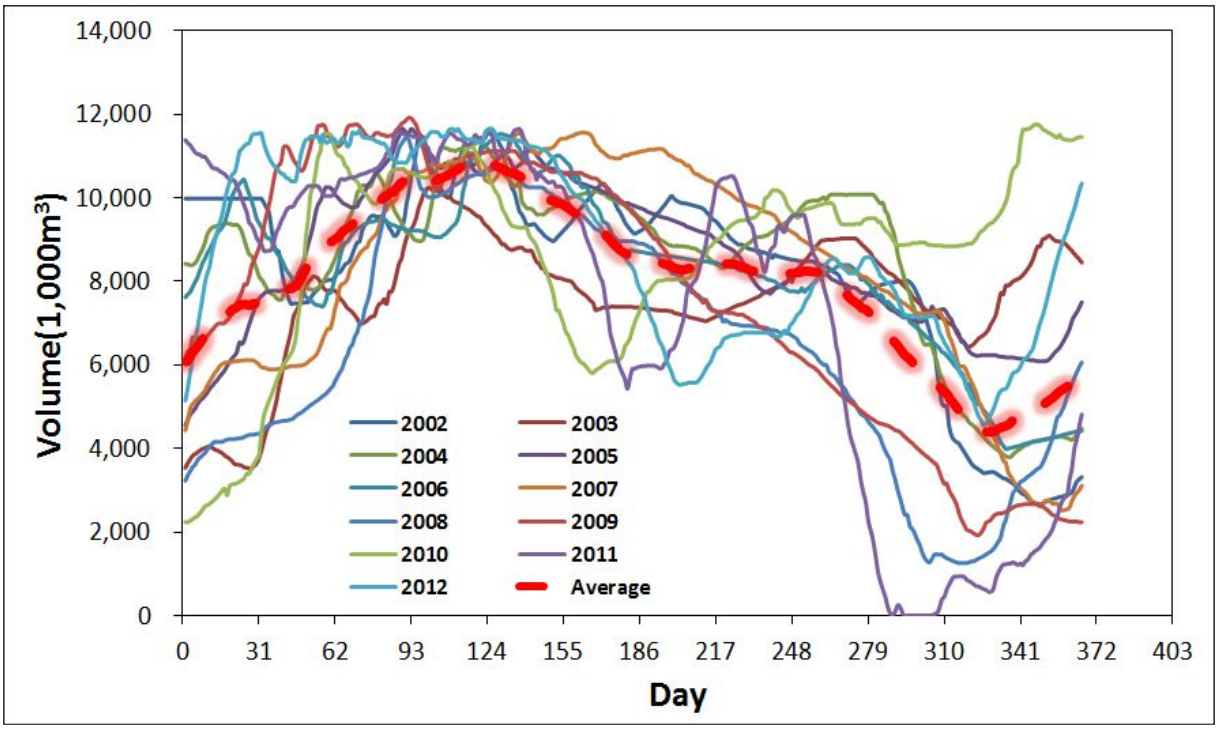
① 저수지

- 저수지에 대한 운영목표 및 운영계획은 2002년~2011년 유량데이터의 경향을 분석한 결과 일정한 경향을 보임 → 따라서 월평균치를 운영 목표 및 계획으로 추정함

<Cipanunjang 저수지>



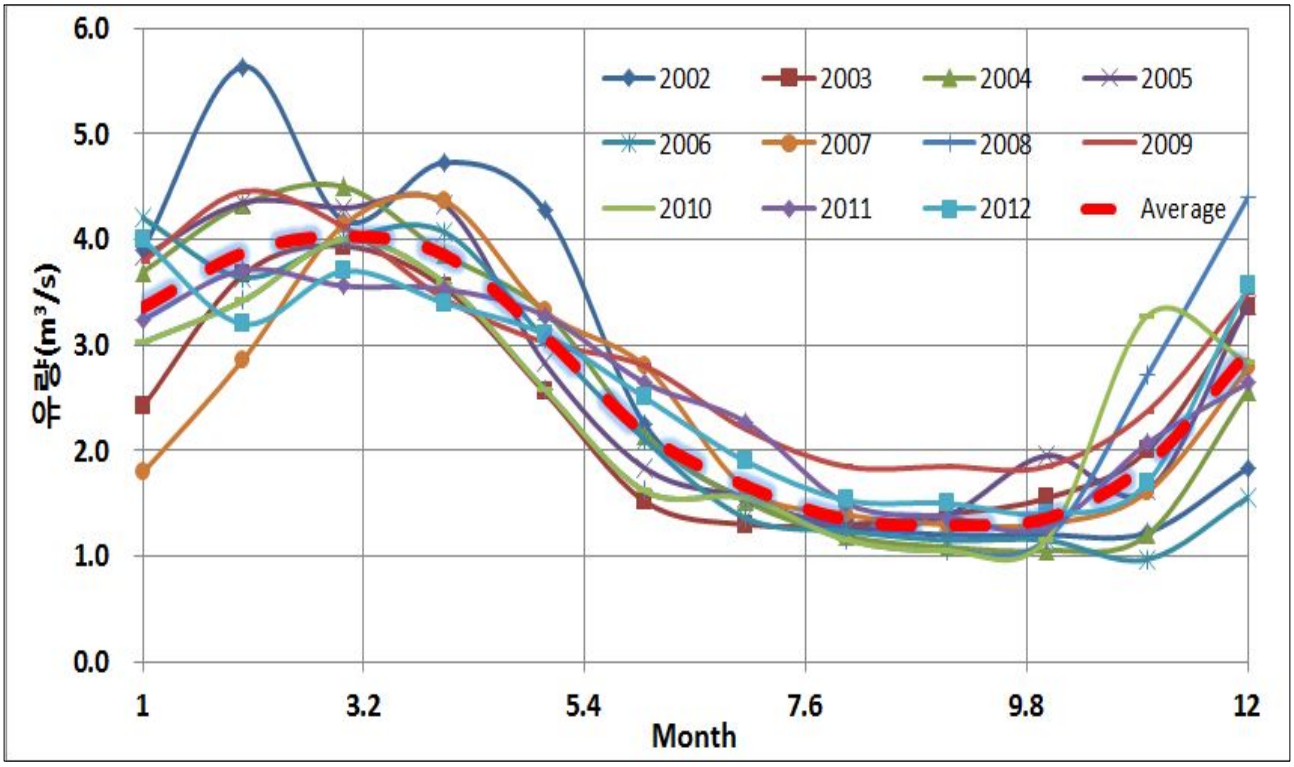
<Cileunca 저수지>



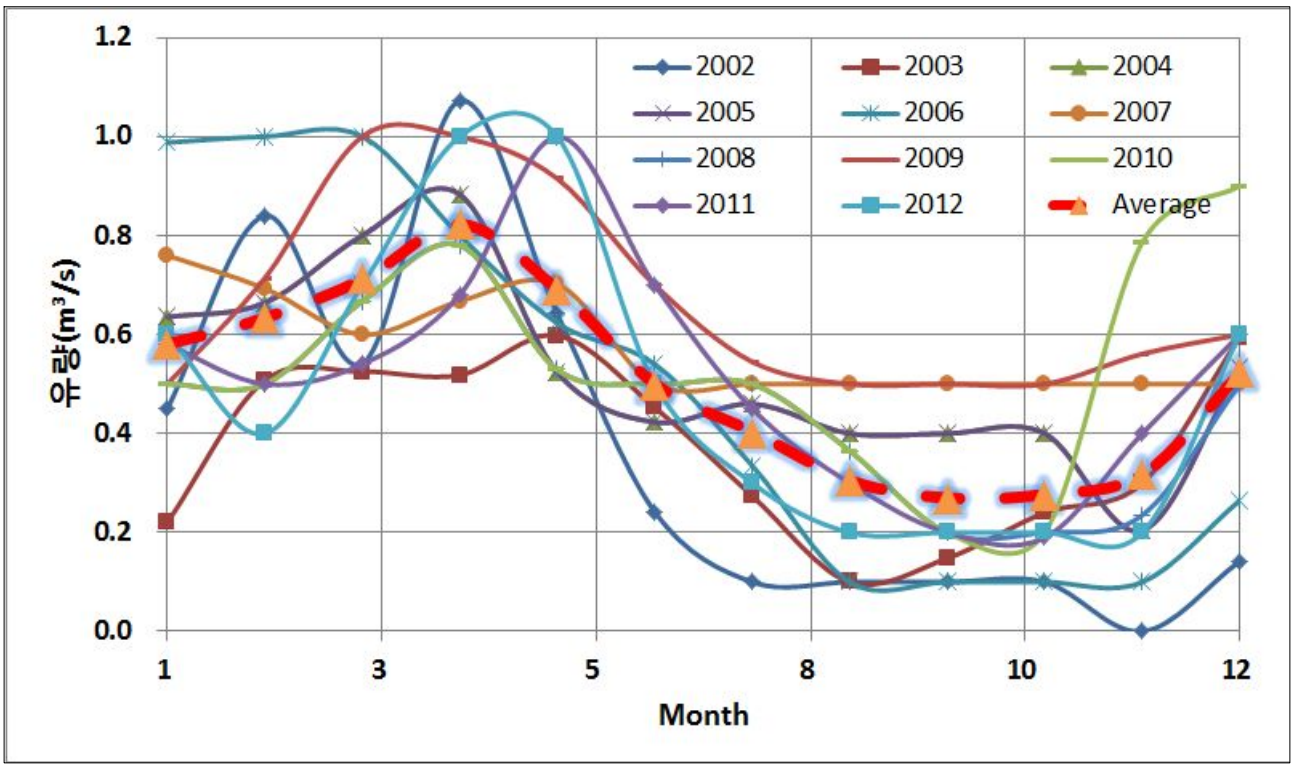
② 터널

- Cipanunjang, Cilunca 저수지로 물을 공급하는 터널(Saluran, Cilaki Beet)은 별도의 시설물 조작없이 수위에 따라 터널 유입부에 설치된 위어를 통해 유량이 유입됨
- 연간 터널유입유량을 보면, 저수지 운영패턴과 유사하게 분석됨
  → 따라서 월평균치를 운영 목표 및 계획으로 추정함

<Saluran 터널>



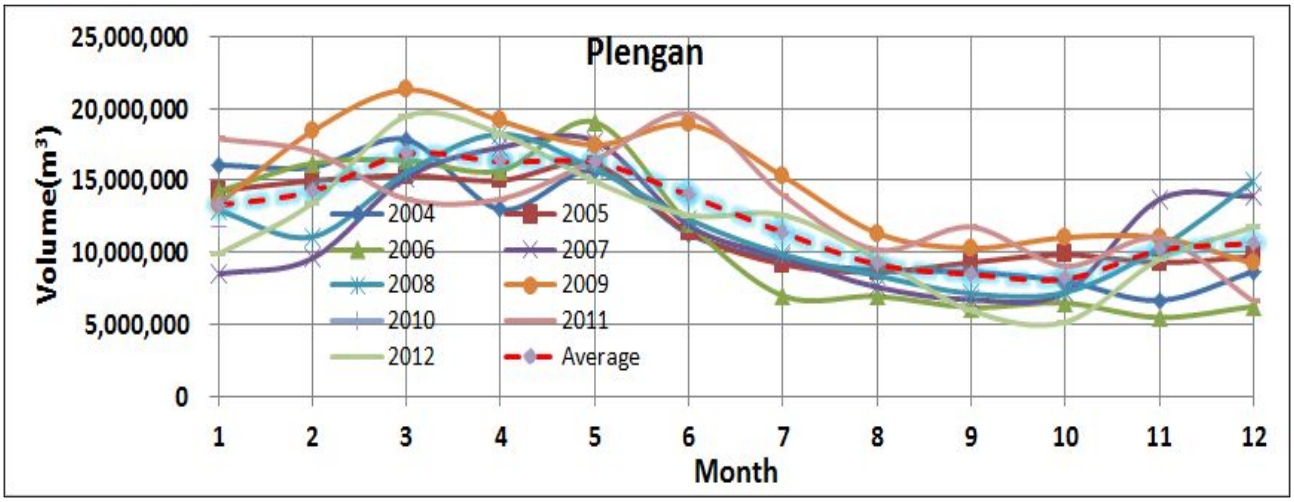
<Cilaki Beet 터널>



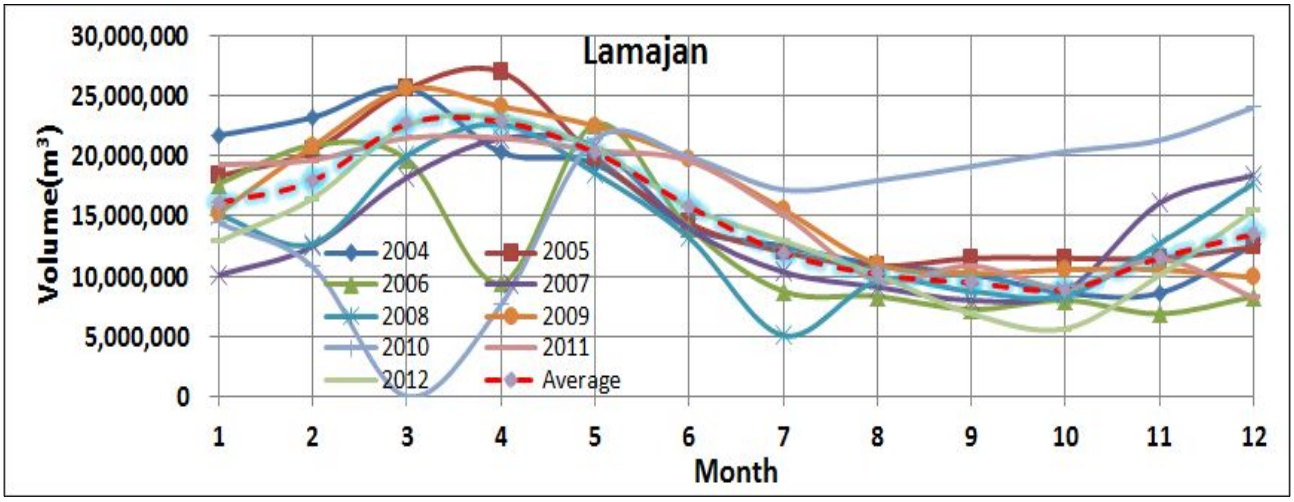
③ 발전소

- Cisangkuy 유역내 위치한 발전소는 Cisangkuy 상류지역의 고도가 높고 낙차가 큰 지형적인 이점을 살려 발전하는 형식을 취하고 있음
- 발전소 운영목표 및 운영계획은 2004년~2011년 유량데이터의 경향을 분석한 결과 일정한 경향을 보임 → 따라서 월평균치를 운영 목표 및 계획으로 추정함

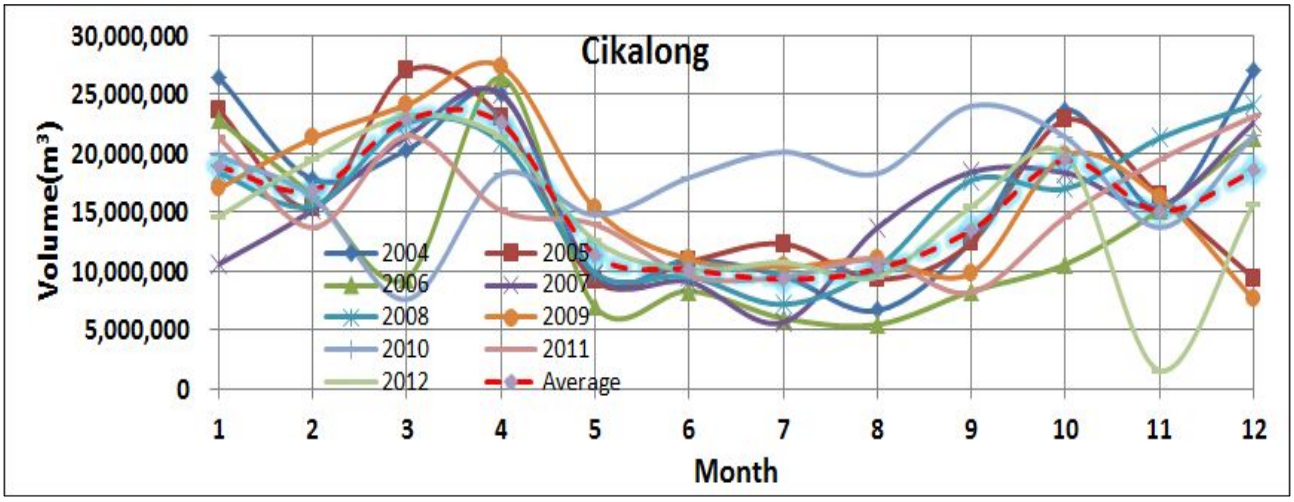
<Plengan>



<Lamajan>



<Cikalong>



(사) 기관별 시설물 운영 관련 협의 및 협조 현황 조사

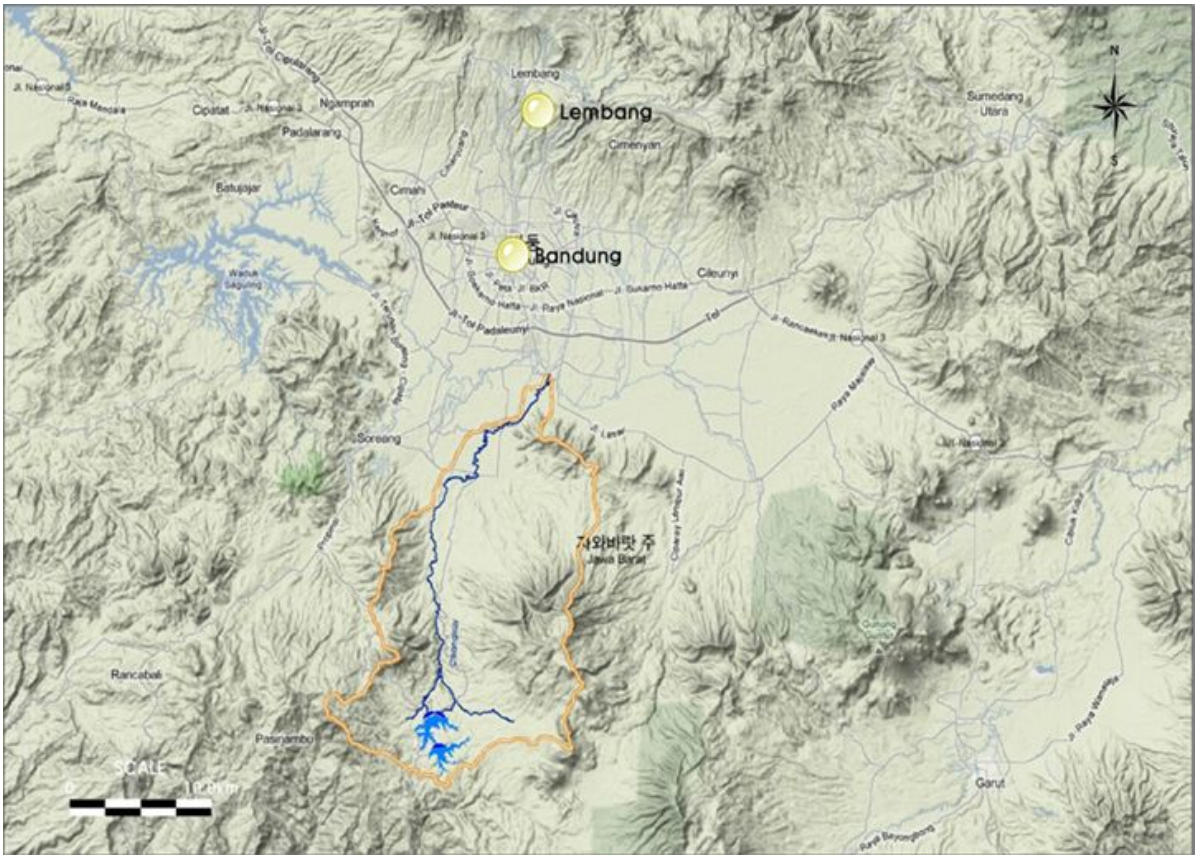
- 시설물의 운영은 유선전화를 통해 운영되고 있으며, 자료통합관리를 위한 기관별 자료협조 요청

구분	시설물	운영관련 협의	협조현황
댐	Cipanunjang	유선전화를 이용한 수문조작 발전용 댐으로 소수력발전소에서 관리	수위 및 방류량 측정데이터
	Dam Pulo of Cileunca		
	Dam Playangan of Cileunca		
터널	Saluran	유입부에 설치된 위어를 통한 유량 유입	터널유입유량 측정데이터
	Cilaki Beet		
발전소	Plengan	유선전화를 이용한 수문조작 발전용 댐으로INDONESIA POWER에서 관리	발전유량 전산자료
	Lamajan		
	Cikalong		
취수장	Cikalong	PDAM에서 관리	현장에서 관측유량 수기로 작성하며 방류량의 측정

라. 수문관측 현황 및 분석

(1) 기상관측

○ Cisangkuy 유역 인근에 반둥시의 Bandung 기상관측소와 Lembang 기상관측소 2개소가 있다. Cisangkuy 유역의 기상 특성을 파악하기 위하여 유역에 더 가까이 위치한 Bandung 관측소의 지료를 수집하여 분석한 결과, Cisangkuy 유역의 월평균 기온은 23.3℃, 최고기온과 최저기온의 범위는 28.8℃~19.3℃를 나타내는 것으로 조사되었고, 일조율 및 상대습도는 각각 58.1%, 78.3%인 것으로 조사됨

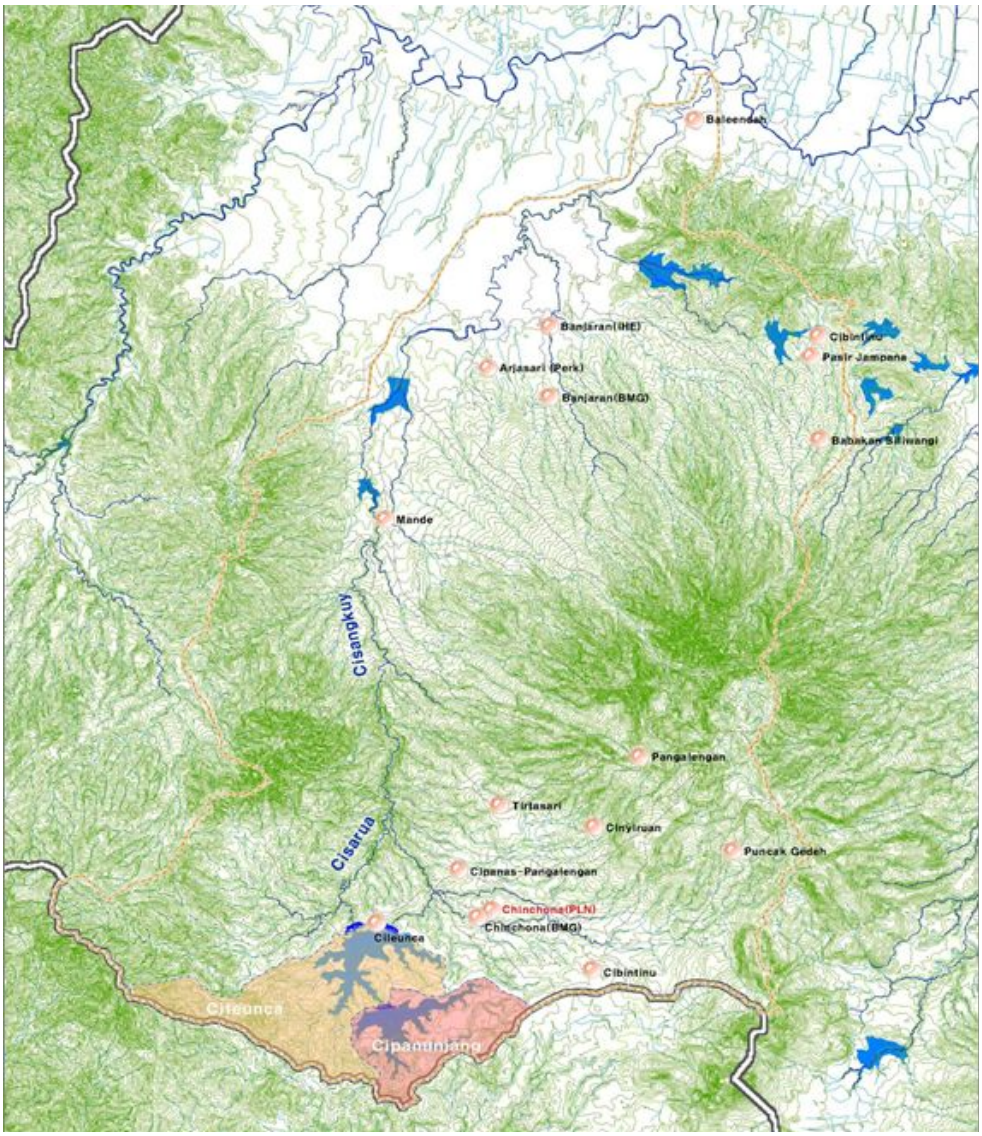


<기상관측도 위치도>

월별	기 온(°C)			일조율 (%)	증기압 (mb)	상대습도 (%)	풍속 (km/h)
	평균	최고	최저				
1	23.2	28.1	20.5	46.4	913.5	81.2	4.8
2	22.8	27.5	19.9	45.6	921.6	80.0	5.2
3	23.3	28.4	19.8	52.2	921.2	81.6	4.4
4	23.4	28.8	19.8	54.5	921.5	81.0	3.7
5	23.6	29.2	19.5	60.7	917.1	79.0	3.9
6	23.1	28.9	18.6	67.7	933.4	78.6	3.3
7	22.8	28.9	18.0	72.9	922.3	75.4	3.9
8	23.0	29.2	18.1	75.5	922.6	71.5	4.3
9	23.3	29.9	18.6	70.3	922.8	73.2	4.9
10	23.6	29.4	19.4	55.5	922.2	77.5	4.6
11	23.5	28.7	19.9	45.1	921.6	81.8	4.1
12	23.8	28.3	19.9	50.3	921.6	79.0	4.4
평균	23.3	28.8	19.3	58.1	921.8	78.3	4.3

(2) 강우관측소 현황

○ Cisangkuy 유역에는 BMKG(인도네시아 기상청), 인도네시아 파워 등 각 기관별로 관리하고 있는 18개소의 관측소가 있음



관측소	위 치		관할 기관	보유연수	형식
	동경(°)	북위(°)			
Cibintinu	107.64806	7.051111	IHE	1983~1993	일자료
Pasir Jampana	107.64667	7.055556	IHE	1983~1993	일자료
Babakan Siliwangi	107.64833	7.075556	IHE	1984~1993	일자료
Banjaran	107.59	7.049167	IHE	2001~2005	일자료
Cipanas-Pangalengan	107.57083	7.176667	IHE/DINAS	1985~1993	일자료
Mande	107.55444	7.094722	IHE	1985~1987 1991~1992	일자료
Cinchona	107.575	7.187778	IHE	1991~2005	일자료
Baleendah	107.62083	7.000833	DINAS	2003~2005	일자료
Cileunca	0	0	DINAS	-	-
Banjaran	107.59	7.065833	BMG		-
Arjasari (Perk)	107.57639	7.059167	BMG		-
Cinyiruan	107.6	7.166667	BMG		-
Chinchona	107.578	7.186111	BMG		-
Pangalengan	107.61	7.15	BMG	1991~2005	일자료
Cibitung	107.6	7.2	BMG	-	-
Puncak Gedeh	0	0	BMG		-
Tirtasari	0	0	BMG		-
Chinchona	107.578	7.186111	PLN	1986~2012	일자료

주) 2012년 인도네시아 법에 의해 BMKG 강우량은 월 강우량만 제공됨.

▫ 관측기록 보유현황 및 결측일수

– Cisangkuy 유역내에서 금회 과업지역과 연관이 있는 관측소는 6개소가 위치함

– 20개년 이상의 일 강우기록을 보유한 관측소는 Chinchona(PLN) 1개소, 10개년 이상의 강우기록을 보유한 관측소는 Cibintinu, Pangalengan 2개소, 10개년 미만은 Mande, Chinchona, Cileunca 3개소 인 것으로 조사됨

<강우관측기록 보유현황>

Year	Cibintinu	Mande	Chinchona (BMKG)	Cileunca	Pangalengan	Chinchona (BMKG)
1983	181	–	–			–
1984	○					
1985	○	273	181			
1986	○	○	○			○
1987	○	○	334		–	○
1988	305	○				○
1989	○	○	–			15
1990	○	○				44
1991	○	○	○		○	○
1992	○	○	○	–	○	○
1993	306	306			365	183
1994					○	○
1995					○	○
1996					○	○
1997					○	○
1998					○	○
1999					○	○
2000					○	○
2001					77	○
2002					61	30
2003	–	–	–	31	○	○
2004				○	61	196
2005				○	○	○
2006						○
2007						○
2008						184
2009				–	–	○
2010						–
2011						○
2012						○
보유	11	9	5	3	15	26

주) 표안의 수치는 결측일수를 나타냄

<관측소별 연평균 강우량>

Year	Cibintinu	Mande	Chinchona (BMKG))	Cileunca	Pangalengan	Chinchona (PLN)
1983	X	-	-	-	-	-
1984	1,769					
1985	1,651	X	X			
1986	1,926	508	2,620			2,639
1987	632	1,922	X			1,962
1988	X	2,049	-			1,727
1989	1,976	928				X
1990	2,023	1,981				X
1991	2,017	3,437	1,771		2,301	1,708
1992	3,197	2,066	1,622		3,381	1,368
1993	X	X	-	-	X	X
1994	-	-	-		1,748	653
1995					3,460	1,513
1996					2,975	939
1997					1,619	1,140
1998					2,872	2,379
1999					2,665	2,231
2000					1,915	1,645
2001					X	1,545
2002					X	X
2003				X	3,531	892
2004				1,425	X	X
2005				1,709	2,690	513
2006				-	-	1,419
2007						2,535
2008						X
2009						2,843
2010						-
2011						2,282
2012						2,264
결측년	3	2	2	1	4	6

주) X : 자료는 보유하고 있으나, 결측년으로 10일이상 결측을 기준으로 선정

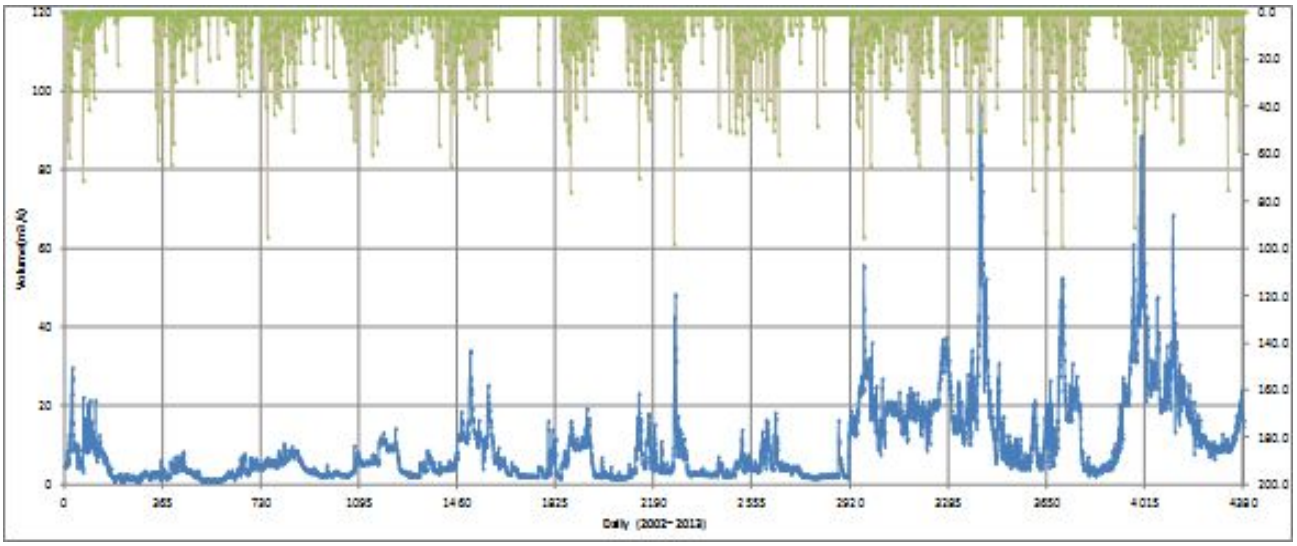
◎ 강우관측기록 보완

- 조사된 강우자료를 토대로 Cisangkuy 유역내의 강우 관측소를 서로 보완한 년 강우량(1984년~1.992년, 1994년~2012년)은 아래 표와 같음

<강우 관측기록 보완>

Year	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
연 강우량	1,764.90	1,650.80	2,639.00	1,962.00	1,727.00	1,975.70	2,032.20
관측소	Cibintinu		Chinchona			Cibinutinu	
Year	1991	1992	1994	1995	1996	1997	1998
연 강우량	1,708.00	1,368	1,747.50	1,513.00	2,975.00	1,140.00	2,379.00
관측소	Chinchona		Pangplengan	Chichona	Pangplengan	Chinchona	
Year	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
연 강우량	2,231.00	1,645.00	1,545.00	1,580.00	1,218.10	1,425.00	1,709.00
관측소	Chinchona				Cileunca		
Year	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
연 강우량	1,419.00	2,535.00	1,844.00	2,843.00	2,901.00	2,282.0.0	2,263.70
관측소	Chinchona		Cileunca	Chinchona	Cileunca	Chinchona	

- 조사된 강우자료를 토대로 Cisangkuy 유역내의 강우 관측소를 서로 보완한 년 강우량(1984년~1.992년, 1994년~2012년)은 아래 표와 같음



<강우량 보완 결과>

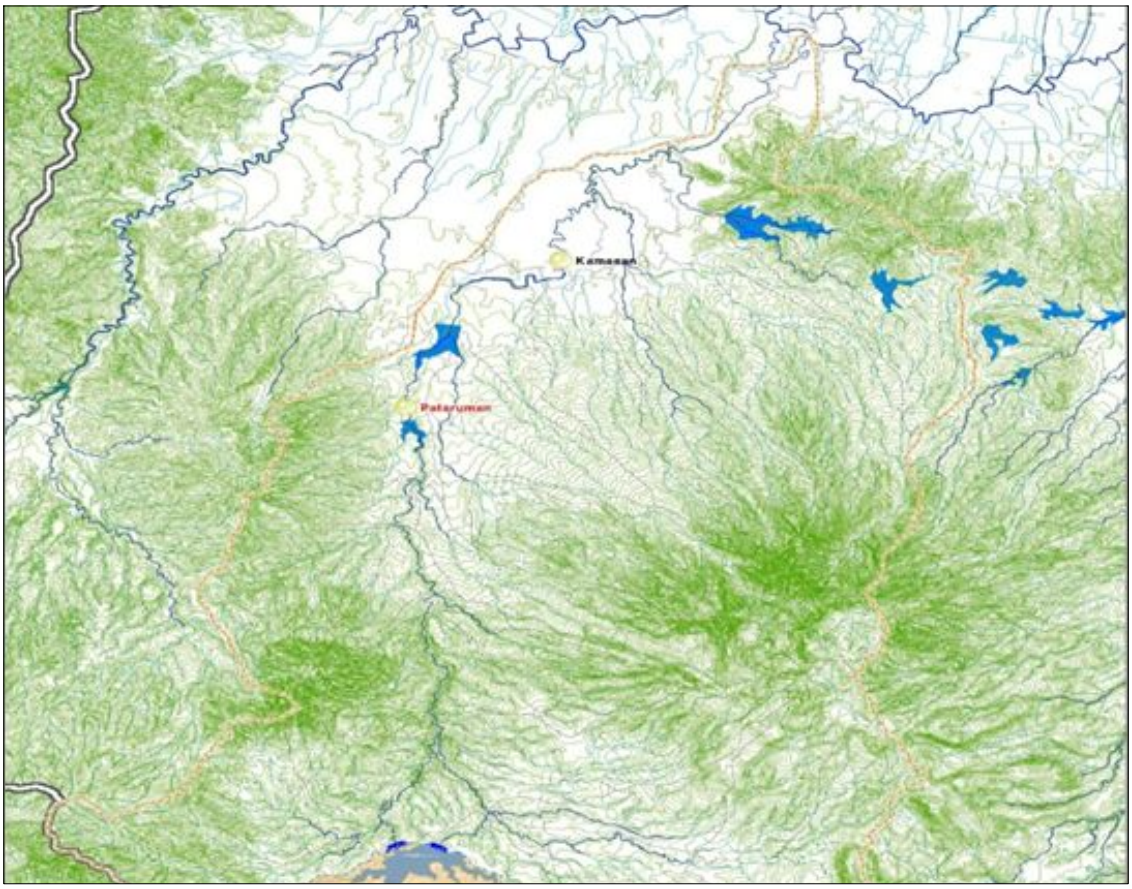
(3) 수위 및 유량 자료 현황

○ Cisangkuy 유역 내의 유량 관측지점 : Kamazan, Pataruman 관측소(BBWSC 및 DPSDA에서 관리)

<관측소 현황>

관측소	위 치		관할기관	자료년수	형식
	동경()	북위()			
Kamazan	107.57834	7.0448821	BBWSC, DPSDA	2001~2012	일 자료
Pataruman	107.54934	7.0811537	BBWSC, DPSDA	2001~2012	일 자료

◎ 수위 및 유량관측소 위치



▫ 관측기록 보유현황

– Pataruman 및 Kamazan 유량관측소의 관측자료 확인결과, 관측기록 확보년수는 2001년~2012년(12개년, 일자료)이며 결측일수는 없는 것으로 조사됨

<월평균 유량(Pataruman)>

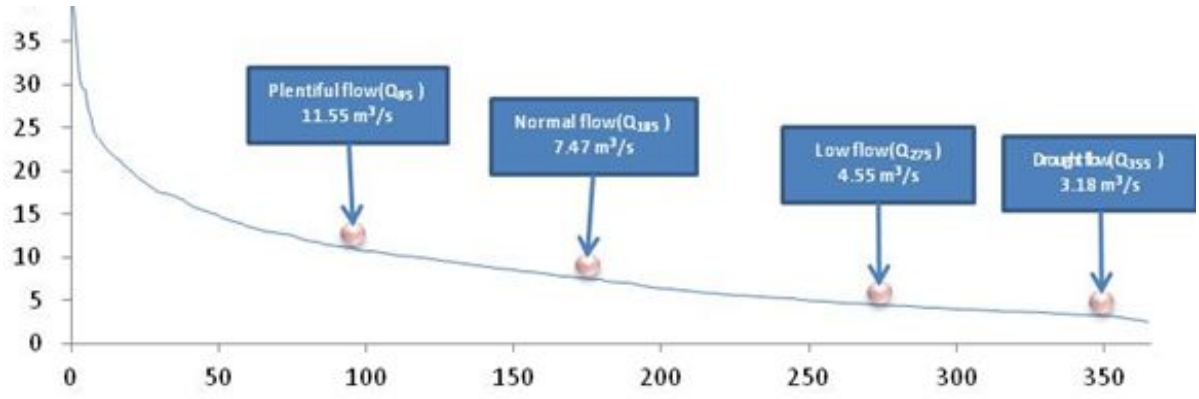
Year	월평균 유량(㎥/s)												
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계
2001	12.6	10.6	10.8	11.8	7.7	7.2	4.8	5.8	6.0	7.6	15.5	7.5	108
2002	10.8	8.8	10.0	11.4	8.1	3.7	1.7	1.7	1.5	2.2	2.3	2.7	65
2003	2.6	4.5	5.1	3.0	1.8	1.0	1.1	1.7	2.3	4.2	4.4	4.9	37
2004	5.2	5.3	6.9	7.6	7.2	3.9	3.1	2.4	2.7	2.8	2.4	5.2	55
2005	5.5	6.2	8.7	9.7	8.3	3.1	2.3	3.5	5.7	3.7	4.1	5.4	66
2006	12.7	18.6	12.1	12.6	9.0	5.2	3.4	2.8	2.2	2.4	2.9	7.8	92
2007	3.4	8.9	10.3	11.4	6.4	2.8	2.3	1.8	2.0	4.8	9.6	9.2	73
2008	6.3	3.7	13.8	9.1	2.9	2.9	2.6	3.3	3.0	2.8	6.3	5.3	62
2009	4.2	9.6	7.6	5.3	4.0	3.7	2.2	1.9	2.1	2.2	4.4	4.9	52
2010	15.7	28.1	24.3	15.3	17.7	18.6	15.6	19.9	18.0	16.5	21.6	32.4	244
2011	18.4	16.4	18.7	34.3	42.5	13.8	14.6	7.3	7.4	5.2	11.6	8.9	199
2012	12.8	28.3	22.6	21.9	7.1	3.3	3.8	4.5	9.3	20.3	36.2	52.7	223
평균	9.2	12.4	12.6	12.8	10.2	5.8	4.8	4.7	5.2	6.2	10.1	12.3	106

– 하천 수계상 어떤 지점에서의 가용한 하천유량의 규모와 변동성을 평가하기 위한 수단으로 유황(flow duration analysis)이 필요하며 이를 분석하기 위해 유황곡선을 작성한다. Pataruman 지점의 최근 10개년(2003년~2012년) 일유출량 자료를 이용하여 유황분석을 수행하였으며, 검토결과 풍수량은 11.55 ㎥/s, 평수량은 7.47 ㎥/s, 저수량은 4.55㎥/s, 갈수량은 3.18 ㎥/s인 것으로 분석되었다.

<Pataruman 유량관측지점 유황분석 결과>

Year	유황 (㎥/s)			
	풍수량	평수량	저수량	갈수량
	(Q95)	(Q185)	(Q275)	(Q355)
2003	3.96	2.62	1.52	0.90
2004	6.04	3.92	2.71	2.18
2005	6.93	5.08	3.59	2.11
2006	11.50	5.24	2.50	2.03
2007	9.62	4.17	2.15	1.64
2008	5.48	3.53	2.63	2.24
2009	4.45	3.46	2.08	1.79
2010	22.70	19.30	16.50	11.60
2011	20.30	13.20	7.21	4.32
2012	24.50	14.20	4.62	2.97
평균	11.55	7.47	4.55	3.18

주) 유황분석 : Pataruman 유량관측지점 최근 10개년 자료(2003~2012)



<Pataruman 유량관측지점 유황곡선>

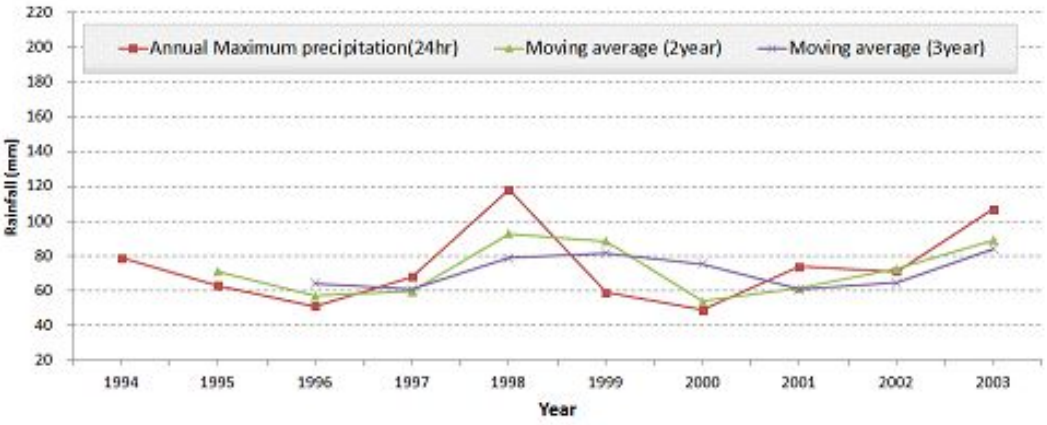
(4) 수문특성 분석

- 과업지역 내 수문특성 분석을 위하여 획득한 자료중 가장 장기간의 자료를 보유한 Chinchona(PLN 관할)관측소의 자료중 결측치가 대체로 없는 10개년(1994년~2003년)의 일강우 자료와 Pataruman 유량관측소의 11개년(2002~2012년) 유량관측 자료를 분석하였다.

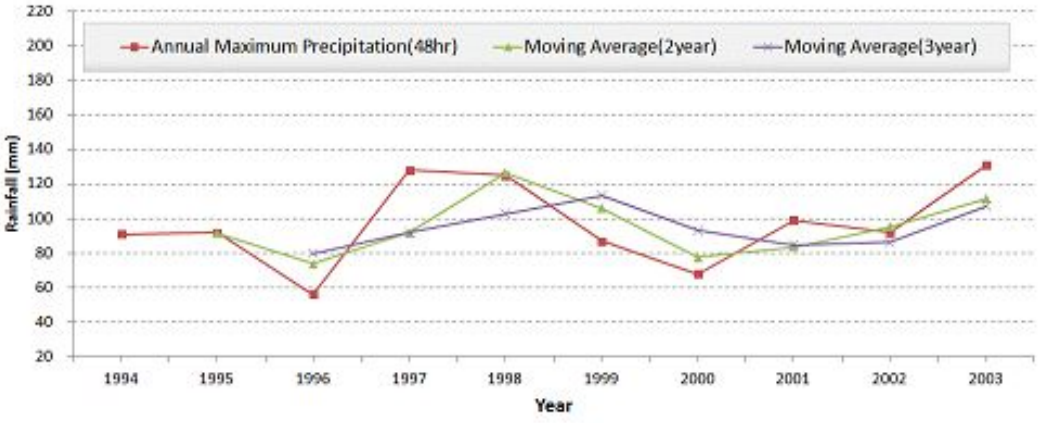
◎ 우량관측

ㅇ 이동평균법에 의한 분석

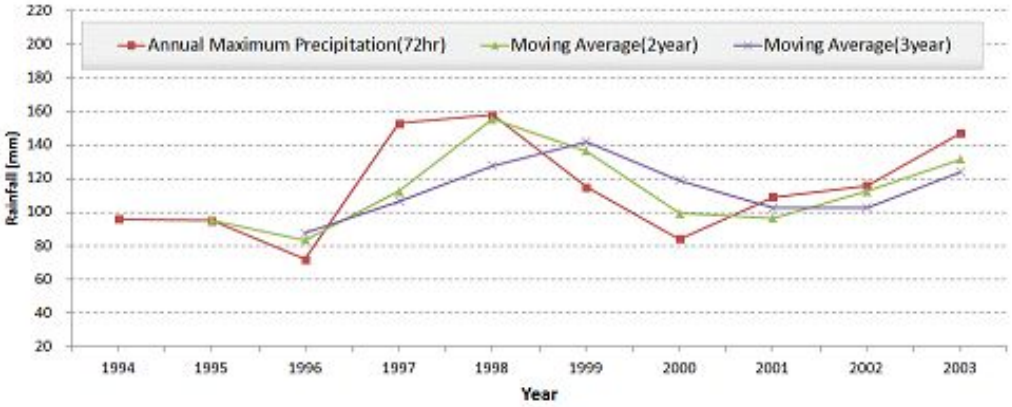
- 강우량의 증감추세를 분석하기 위하여 Chinchona 우량관측소의 1일, 2일, 3일 최대강우량과 연강우량에 대하여 이동평균법(moveing average method)에 의한 분석함
- 이동평균법을 이용한 강우량의 증감추세 분석결과 강우량이 뚜렷이 증가하는 패턴을 나타내고 있다고 판단하기는 어려운 것으로 검토됨



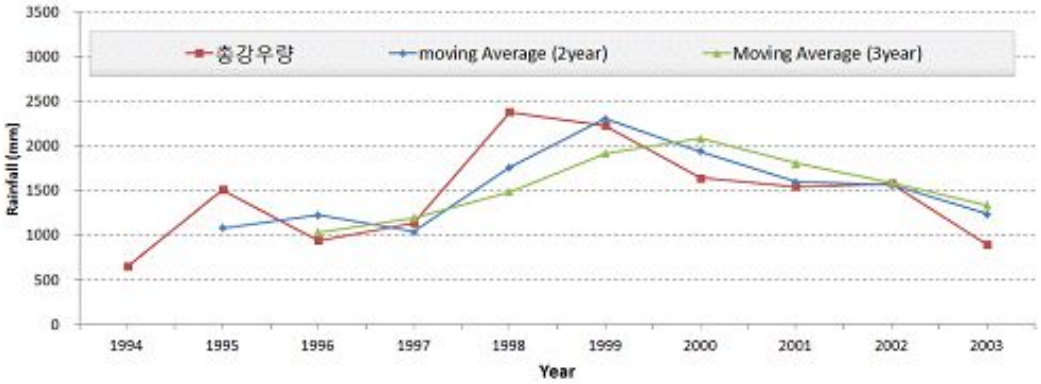
<1일 최대 강우량>



<2일 최대 강우량>



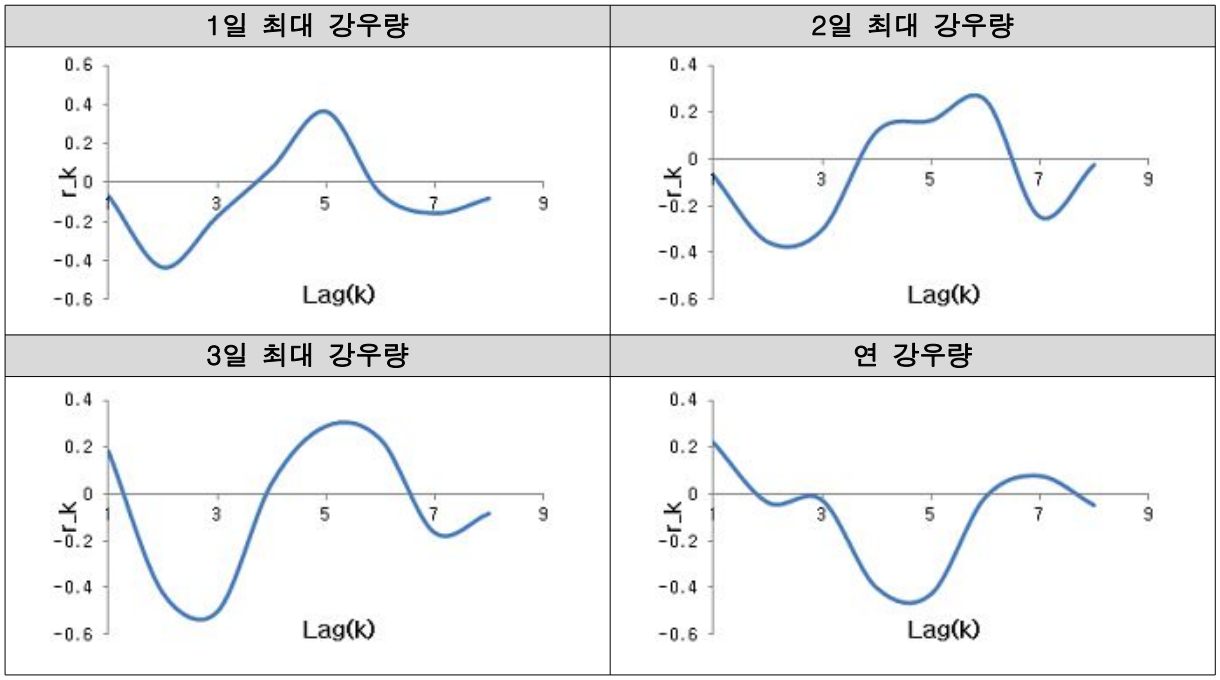
<3일 최대 강우량>



<연 강우량>

○ 시계열 자료의 상관성 분석

- 수문학에서의 계열상관도 활용성은 수문학적 지속성(hydrologic persistency)를 파악하는데 있다. 계열상관도란 계열상관계수(serial correlation coefficient)의 차수(number of lags)와 상관계수 r_k간의 관계를 나타낸 그림이다. 계열상관도의 형태가 $r_1<0$ 이고 시간축 주위로 진동하고 있으면 계열상관성이 없는 것으로 판단할 수 있고, r_1, r_2 등의 값이 0보다 상당히 크면 단기 계열상관도가 높다고 판단할 수 있어 수문학적 지속성이 있다고 할 수 있다.
- Chinchona 관측소에 대하여 1일, 2일, 3일 최대강우량과 연강우량에 대한 계열상관도를 분석한 결과, 통계학적 신뢰수준 95%범위 내에서 모든 지속기간에 대하여 상관성이 없는 것으로 분석되었다. 이것은 연 최대강우 자료가 이전 연도의 강우와 상관이 없는 독립적으로 발생하고 있음을 의미한다.



<강우량 자료 계열 상관도(Chinchona 관측소)>

○ 무작위성 및 경향성 분석

- 연최대강우 시계열 자료의 무작위성(randomness)을 분석하기 위하여 3개의 검정(Run 검정, Turning point 검정, Anderson exact 검정)을 수행하였다. 또한 강우자료의 경향성(trend) 분석을 위해 3개의 검정(Kendall 검정, Hotelling-Pabst 검정, Wald-Wolfowitz 검정)을 수행하였다. 1일, 2일, 3일 연최대강우량 및 연강우량에 대하여 무작위성 및 경향성을 분석한 결과 모든 지속시간에서 공히 무작위성과 무경향성을 갖고 있는 것으로 검토함

<무작위서 검토 결과>

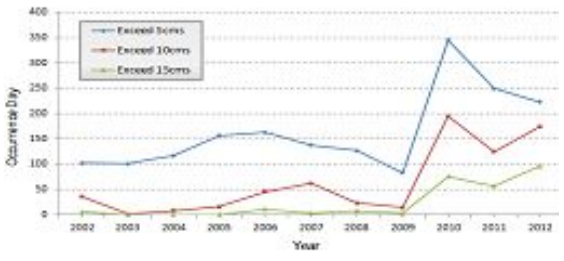
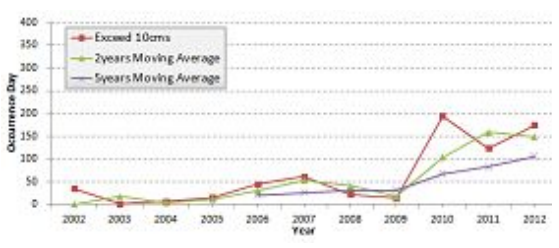
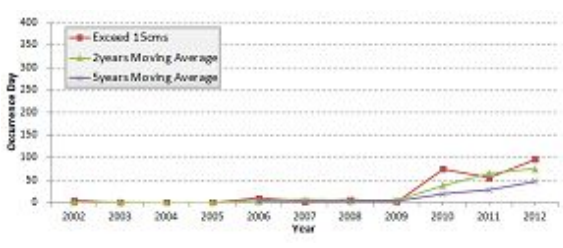
지속 시간	Run			Turning Point			Anderson Exact Test		
	검정 통계치	한계치	검정 결과	검정 통계치	한계치	검정 결과	검정 통계치	한계치	검정 결과
1일	0.49	±1.96	O	-0.69	±1.96	O	0.14	±1.96	O
2일	-1.22	±1.96	O	0.74	±1.96	O	0.15	±1.96	O
3일	-2.35	±1.96	X	-2.35	±1.96	X	0.99	±1.96	O
총강우	-1.62	±1.96	O	-0.69	±1.96	O	1.11	±1.96	O

<경향성 검토 결과>

지속시간	Kendall Test			Hoteling-Pabst Test			Wald-Wolfowitz Test		
	검정 통계치	한계치	검정 결과	검정 통계치	한계치	검정 결과	검정 통계치	한계치	검정 결과
1일	0.36	±1.96	O	-0.53	±1.96	O	-0.29	±1.96	O
2일	0.00	±1.96	O	-0.31	±1.96	O	-0.31	±1.96	O
3일	0.89	±1.96	O	-1.07	±1.96	O	-0.27	±1.96	O
총강우	0.54	±1.96	O	-0.89	±1.96	O	-0.13	±1.96	O

◎ 유량관측

- 과업지역내 집중호우의 발생빈도 분석은 강우자료의 한계로 인해 간접방법으로 Pataruman 유량관측지점의 유출특성을 분석하였다. Pataruman 유량관측지점에서의 관측유량이 5㎥/s, 10㎥/s, 15㎥/s를 기준으로 설정하여 초과발생 일수를 도출하였으며, 이에 대해 2년, 5년 단위로 이동평균법을 적용하여 분석함
- 이동평균법에 의한 분석결과, 유출량은 Chinchona 우량관측소와는 달리 증가하는 현상을 타나내고 있는데, 이는 가용 자료한계로 인한 분석기간의 차이(Chinchona 1994~2003, Pataruman 2002~2012)에 따른 것으로 판단된다. 그러나 유출량에 가장 큰 영향을 미치는 부분이 강우임을 감안시 과업지역의 경우 최근에 강우 및 유출이 증가하고 있음

유량관측소 유량 집중 일수	5㎥/s 초과값 발생빈도 및 이동평균
	
10㎥/s 초과값 발생빈도 및 이동평균	15㎥/s 초과값 발생빈도 및 이동평균
	

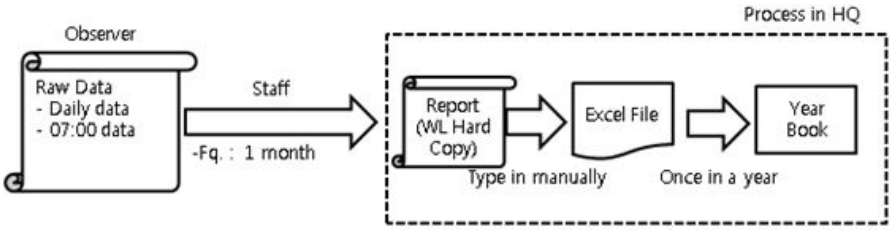
(5) 수문자료 수집 및 관리 현황

(가) BBWSC

a. 수문자료관측

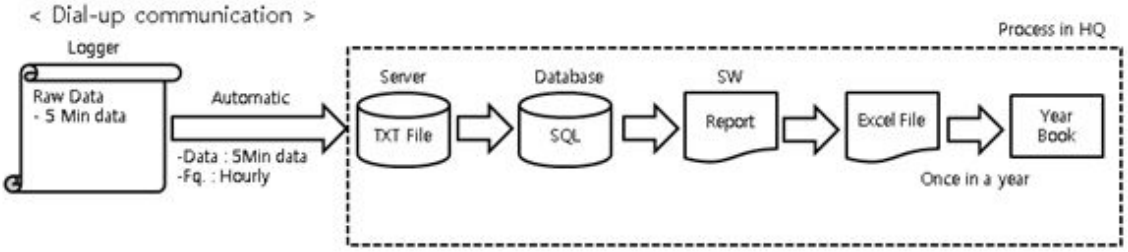
- BBWSC에서 관할하는 수문관측소는 강우관측소 25개소, 수위관측소 20개소(자동관측소는 강우 3개소, 수위 5개소)
- 수문관측은 하위 기관에 위임하여 관측업무를 수행
- 각 관측소에서 관측된 데이터는 매월 서면으로 BBWSC에 전달되며 사무소에서는 이 데이터를 전산화 하는 작업을 수행
- 강우관측

▫ 수동관측소 현황



관측주기	1일 1회 보통우량계를 사용하여 관측
자료관리	측정일지에 기록하여 매월 BBWSC로 문서를 전송

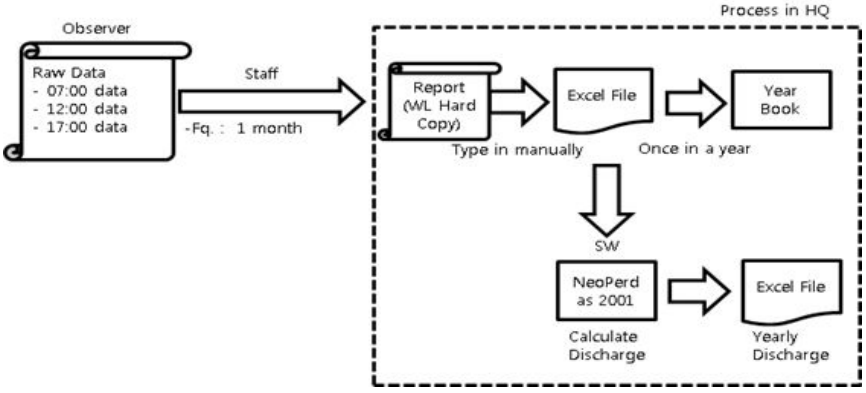
▫ 자동관측소 현황



관측주기	5분마다 전도식 우량계를 사용하여 자동으로 측정
자료관리	측정된 데이터는 함께 설치된 데이터로거에 저장되어 매 1시간마다 BBWSC의 데이터베이스로 전송.

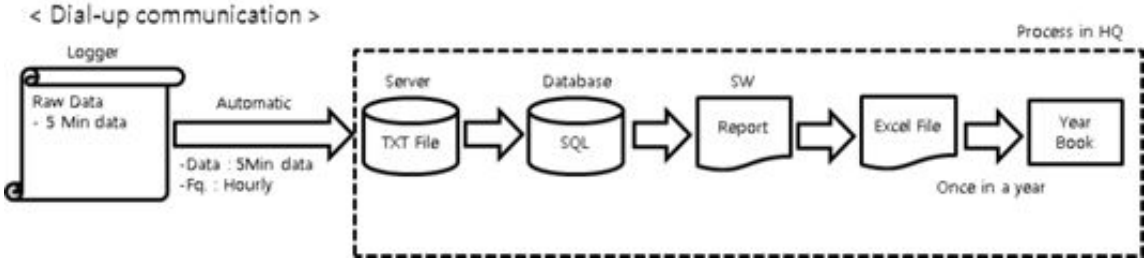
- 수위관측

▫ 관측소현황(수동관측소)



관측주기	수동관측소의 경우 1일 3회 수위표를 사용하여 관측
자료관리	측정일지에 기록하여 매월 BBWSC로 문서를 전송

□ 관측소현황(자동관측소)



관측주기	5분마다 자동으로 측정
자료관리	측정된 데이터는 함께 설치된 데이터로거에 저장 매 1시간마다 BBWSC의 데이터베이스로 전송

(나) PUSAIR

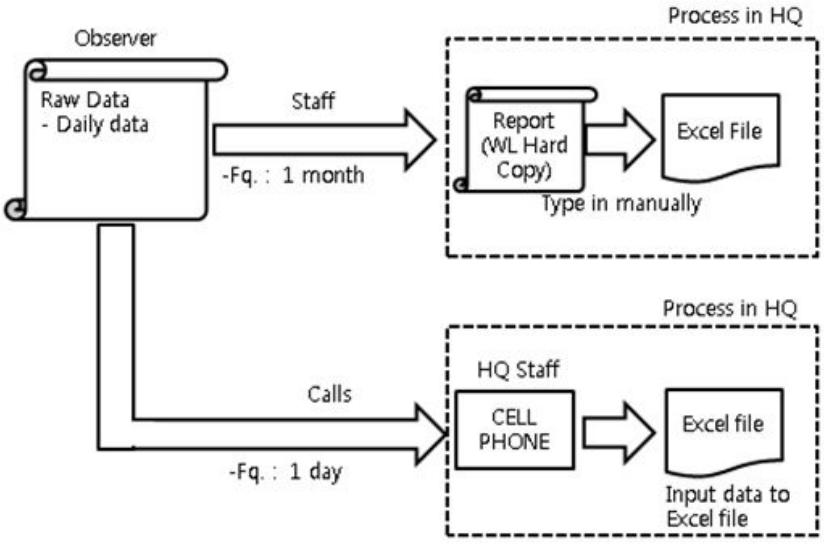
- 인도네시아 국가 수자원 연구소인 PUSAIR의 경우 국가 수문자료 관리 시스템을 운영하고 있어 직접 관측시설을 관리하지는 않고 각 기관으로부터 관측정보를 전달받음
- 하지만, 실시간으로 공유되는 자료는 일부에 국한됨

(다) BMKG

- 인도네시아 기상청인 BMKG는 인도네시아 전역에 걸쳐 많은 강우관측소를 관리하고 있으며, 그 중 사업대상 지역(Cisangkuy 유역)에 관련된 강우관측소는 총 9개소로 조사됨

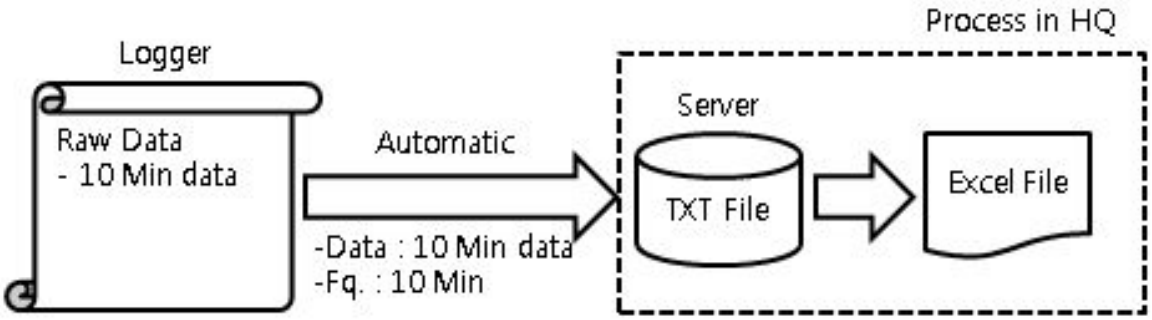
a. 수문자료관측

□ 수동관측소 현황



관측주기	BANDUNG 관측소를 제외한 모든 관측소는 수동으로 관측
자료관리	수동 관측소는 구두(전화통화)로 데이터를 전달 중요도에 따라 매일 1회 또는 월 1회 주기로 데이터를 전달

▫ 자동관측소 현황



관측주기	BANDUNG 관측소를 제외한 모든 관측소는 수동으로 관측
자료관리	수동 관측소는 구두(전화통화)로 데이터를 전달 중요도에 따라 매일 1회 또는 월 1회 주기로 데이터를 전달

(라) INDONESIA POWER

a. 수문자료관측

– Cisangkuy 유역내 Cipanunjang수력 댐으로부터 Cikalong 취수장 구간의 하천 시설물들은 인도네시아 전력 공급 회사인 INDONESIA POWER가 운영하고 있음

– 사업대상 지역 내에 INDONESIA POWER 산하 기관(PLTA)인 3개의 소수력 발전소가 있으며, 실질적인 시설물 운영은 3개 발전소 중 PLTA Plengan 에서 담당

– Cipanunjang, Cileunca 댐 및 PLTA Plengan의 강우관측소는 모두 수동관측을 통해 자료 획득

관측주기	BBWSC와 마찬가지로 1일 1회 보통우량계를 이용하여 강우를 측정
자료관리	2개 댐의 경우 PLTA Plengan에 구두(전화)로 데이터를 전달

(6) 기관별 물관리 시스템 현황

▫ 각 기관별로 수집된 데이터를 활용하기 위한 응용시스템에 대한 조사를 실시

▫ 일부 기관은 실시간으로 데이터를 감시하기 위한 시스템을 운영하고 있으나, 대부분 단순 모니터링에 그치고 있으며, 수집된 데이터의 활용은 부족한 상황

▫ 특히, 유역 관리 측면에서의 응용시스템 도입이 절실한 실정임

(가) BBWSC

▫ 모니터링 시스템으로써 HYDROCENTER와 FFWS(Flood Forecast and Warning System)을 운영하고 있음

▫ 두 시스템은 구축된 DB로부터 데이터를 제공받으며, 각 시스템별로 제공받는 관측소 데이터가 일부는 차별적으로 되어있음

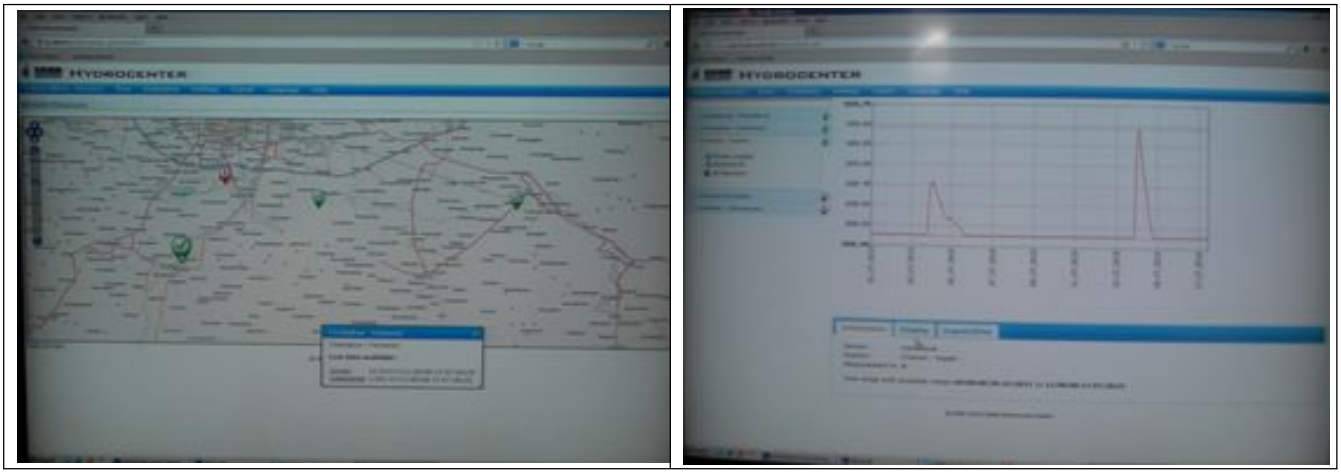
▫ 두 시스템 모두 단순 모니터링 시스템 수준에 불과하며, 보다 효율적인 유역관리를 위하여 정교한 분석 시스템 도입이 필요

a. Hydrocenter

▫ 현재 설치된 자동관측소로부터 전송받은 데이터를 실시간 표출

▫ GIS 맵 기반으로 구성되어있으며, 데이터 테이블 및 플로우 챠트 제공

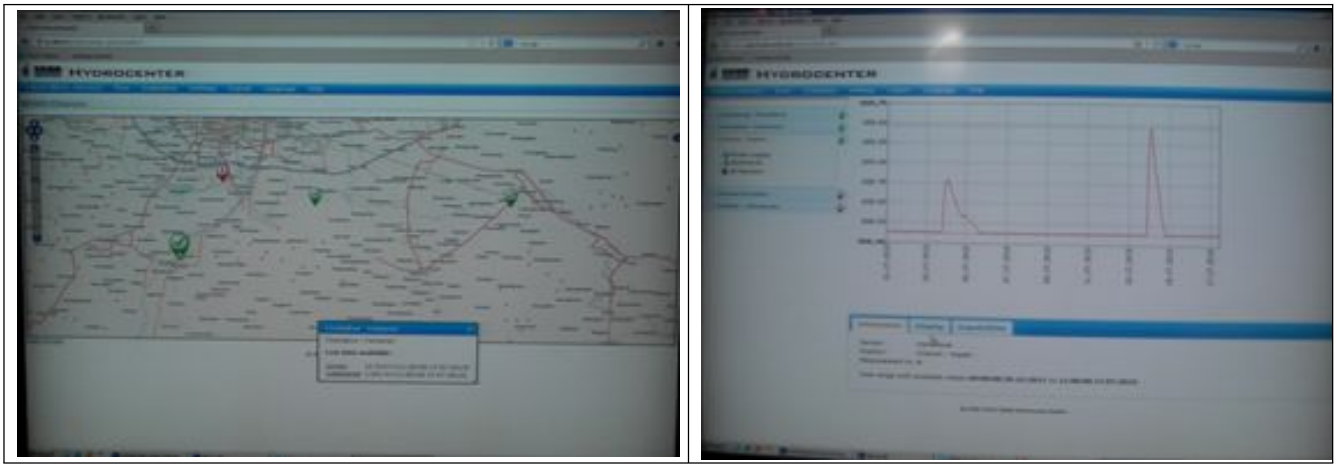
▫ 모니터링 데이터는 수문측정값 및 측정소 전원상태 등 총 8개 관측소에 해당하는 정보 제공



<BBWSC, Hydrocenter>

b. Tech4water-FFWS

- 인도네시아 국가 홍수예경보 시스템으로써 실시간 모니터링 및 경보를 제공하며, 사업대상지역이 위치한 West Java 지역의 경우 경보시스템은 구축되어있지 않음
- 전체 시스템은FMC Puslitbang Air(National)를 메인으로 FMC BBWS Citarum, FMC BBWS Cimanuk, FMC C3-Banten 의 3개 센터로 운영되고 있으며, BBWSC에서는 Citarum유역에 대한 정보를 구축하고 있음



<BBWSC, Tech4Water>

- BBWSC에 구축된 FFWS Server는 Database 역할을 수행하고 있으며, DBMS로 MySQL을 사용
- 모니터링 시스템은 윈도우 체제를 기반으로 하고 있으며, Open GIS맵을 사용하여 관측소 측정 자료를 실시간으로 제공

구 분	내 용
FFWS Server	storage and processing of data
Display System	LCD Monitor, Monitoring PC
Webserver	Webservice
Software	Telemetry & Application DCN
	Forecasting Application

(나) BMKG

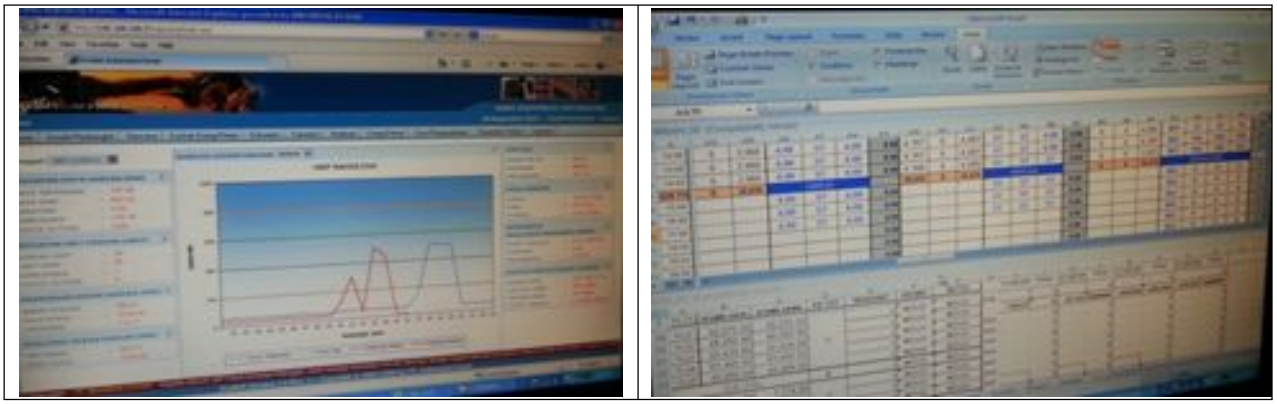
- 모니터링 시스템인 Automatic Weather System Online으로 실시간 관측정보에 대한 현황을 모니터링
- 데이터는 자동관측지점 1개소의 데이터에 한하며, C/S기반으로 외부로 제공되지 않고, 내부에서만 사용



<Automatic Weather System Online, BMKG>

(다) INDONESIA POWER

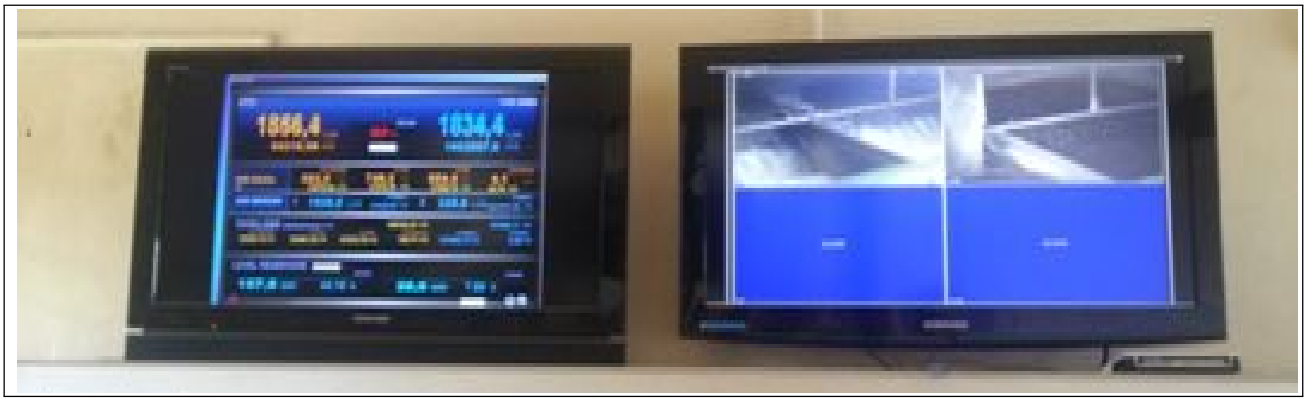
- 모니터링 시스템으로 Pronia INDONESIA POWER를 운영
- INDONESIA POWER 산하 발전소 들의 전력 생산 등 관련 데이터를 모니터링 하고 있으며, 내부 시스템으로 외부에는 제공되지 않음



<Pronia, INDONESIA POWER>

(라) PDAM

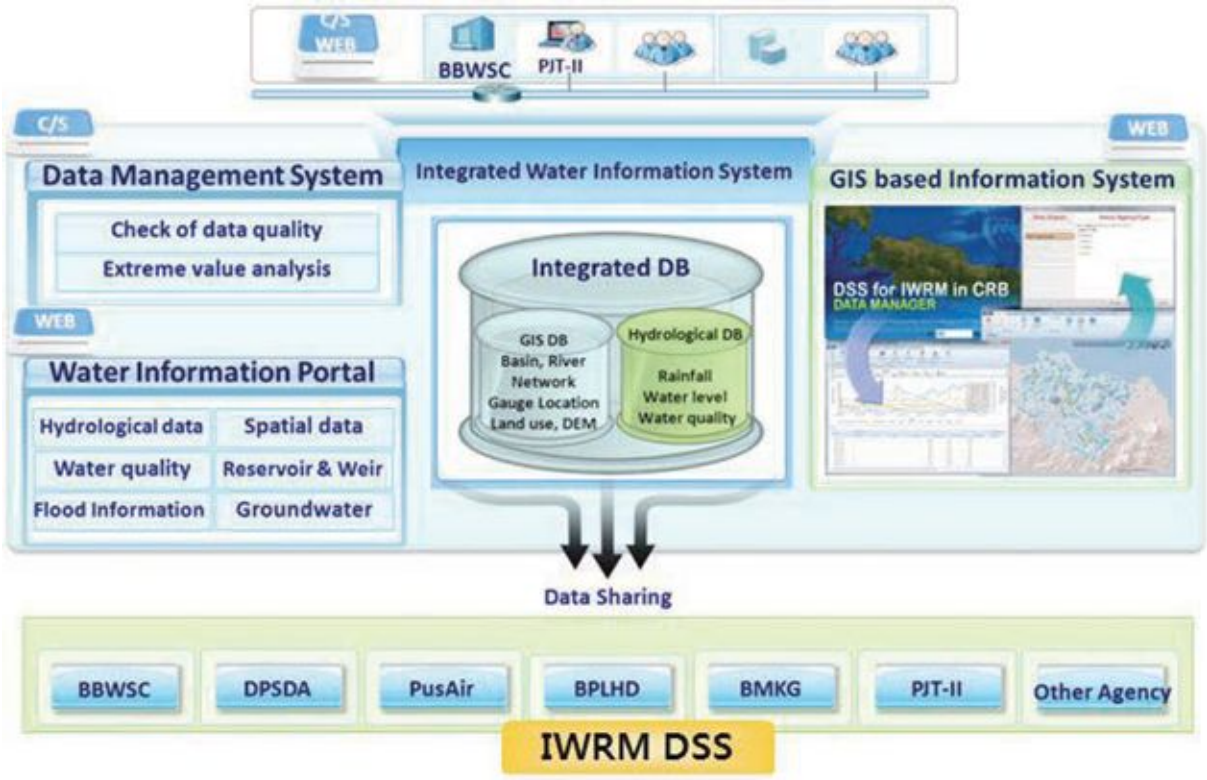
- PDAM Bandung에서 자체적으로 모니터링 시스템을 운영하고 있으며, 내부망으로 외부에는 제공되지 않음



<취수 모니터링, PDAM>

(마) PJT-Ⅱ(Citarum-DSS)

▫ PJT-Ⅱ에서는 지난 2012년 수자원 환경 관련 데이터 수집 및 분석, 모니터링 현황 분석 및 최적화, 수문GIS DB 구축, 강우-유출 예측 시스템 구축, 기관 및 개인 물관리 역량 강화 등을 목적으로 K-water가 수행한 Citarum-DSS(Citarum River Basin-Decision Support System) 구축 프로젝트에 참여한 바 있으며, 1단계 성과품을 보유

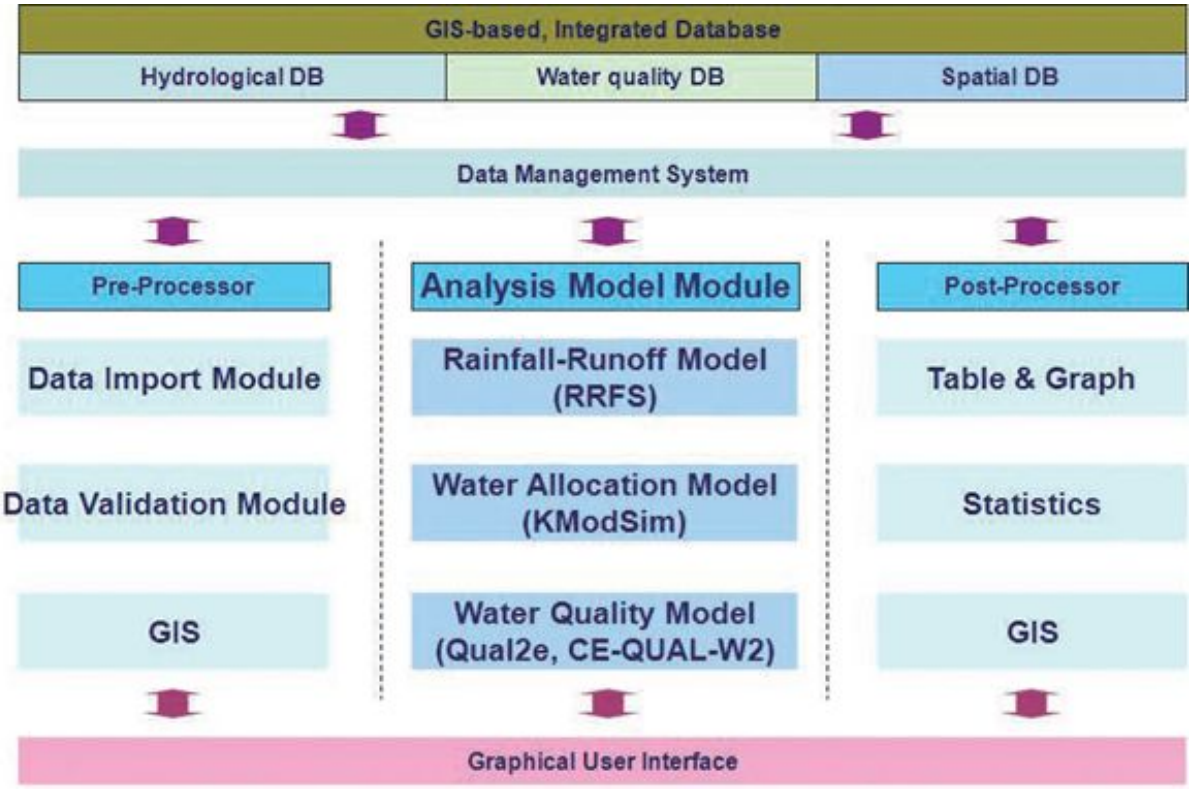


<Citarum-DSS 개념도>

▫ Citarum-DSS 구축 전 Citraum강 유역기관에서는 기관별로 표준화 되지 않은 상태에서 측정 빈도, 측정 형태 및 측정항목 등이 상이한 데이터를 취급

▫ 이와 같은 이유로, Citarum-DSS 구축 작업 시 기존에 PJT-Ⅱ, Citarum 하천유역관리청(BBWSC), West Java환경청(PBLHD) 등 Citarum 유역을 관리하는 기관들이 각각 별도로 수집하여 관리하는 수자원, 환경 및 GIS 자료들을 최대한 수집하여 표준화 작업을 진행

▫ Citarum-DSS는 이러한 표준화 DB를 기반으로 Citarum 유역의 모니터링 및 모델링의 표준 체계 역할을 수행하고, 유역관리자들이 유역관리 대책을 수립할 수 있도록 수문 데이터를 분석/통합하는 기능을 제공 가능하나, 유역내 주요 물관리 기관들인 BBWSC, PJT-II, West Java 주 정부 등이 공통의 자료 공유 시스템으로 활용하기 위한 후속사업 필요



<Citarum-DSS 세부 구성요소>

마. 현황분석을 통한 물관리 시스템 개선방안

(1) 현지 적용 가능 기술을 고려한 시스템 개발 기본 방향

- □ 본 장에서는 Bandung시의 물관리정책과 유역내 수자원을 관리하는 유관기관을 조사하고, Cisangkuy 유역 내의 시설물의 구성과 각 시설물의 운영현황 조사를 통해 물관리 현황을 분석함으로써 기존 운영방식의 문제점과 향후 개선방향에 대해 살펴보았으며, 최적의 유역통합관리를 수행하기 위한 지능형 물관리 시스템의 필요성 관점으로 타당성을 검토
- □ 앞서 설명한 바와 같이 본 연구의 대상지역인 Cisangkuy 강 유역은 2개의 저수지와 3개의 소수력 발전소, 취수장, 연결터널, 다수의 소규모 보(weir) 등 다양한 물관리 시설물이 산재해 있으며, 이러한 시설물의 운영에 따라 용수공급 및 배분, 발전, 수질 등 다양한 하천관리 요소들이 영향을 받게 됨
- □ 특히, 현재 발전소로 공급되는 수량 일부를 Cisangkuy 강 본류쪽으로 활용하는 방안과 추가 댐 신설 시 기존 댐과의 연계운영을 통해 보다 효율적인 용수이용 방안을 검토하고 분석할 수 있는 시스템 체계를 수립하는 것은 매우 중요
- □ 이러한 측면에서 안정적인 용수공급을 위해서는 신규 댐 건설 등 구조적인 대책과 더불어, 물관리 시설물의 효율적인 운영을 담보할 수 있는 비구조적인 대책으로써의 지능형 물관리 시스템에 대한 요구도 증대되고 있음
- □ 따라서 유역 내 다중의 물관리 시설물을 상호 연계운영 하고, 운영효과를 최적화 하기 위해서는 첨단 정보통신 기술(ICT)을 활용하여 용수의 공급부터 분배, 관리를 최적화 할 수 있는 지능형 통합 운영 시스템이 필요
- □ 이를 위해 계측자료의 확보와 지속적인 자료의 축적, 표준화된 구성을 통한 통합 데이터베이스 구축, 이상 상황 발견 및 신속한 상황대처를 위한 경보/알람 체계, 실시간 모니터링 시스템 구축 및 분석/모의 시스템을 통한 최적 모의가 수행되어야 함
- □ 또한, 업무의 효율화 및 데이터 관리의 통합화를 높이기 위하여 지리정보 시스템을 도입하여 GIS 기반의 시설물 관리 및 공급량 모의 등을 통해 최적의 물관리 운영시스템 도입 필요
- □ 유역관리 및 유역 내 물관리 시설물 운영에 필요한 수문자료 관리 체계 구축 및 정보의 일

관성 유지

- 유역 내 물관리 시설물 연계운영을 통한 통합유역관리 업무의 효율화
- 수자원 이용 효율 개선 및 서비스 향상
- 체계적인 댐 통합 운영 관리를 통한 예산 절감 효과 달성
- 가뭄, 홍수, 수질 사고 등 비상 상황 발생시 신속한 대응 체계 마련
- 댐 등 물관리 시설물 운영 정보의 효율적 관리
- 원수 및 용수 사용량 분석으로 수자원 이용률 제고

□ Bandung시 물공급 계획을 지원하기 위하여 자동화된 선진국형 운영관리시스템의 도입이 우선되어야 하며, 이를 달성하기 위해 계측자료 수집을 위한 TM/TC 체계 확보, 유관기관에서 보유한 유역내 시설물 정보의 공유 및 통합관리, GIS를 이용한 가시화, 사용자의 접근성 향상을 위한 웹시스템 구축으로 유역내 하천유량관리 및 의사결정지원 시스템을 도입해야할 필요성을 확인

□ 본 과제에서 제시하는 지능형 물관리 시스템의 운영 및 유지관리를 고려할 때, 향후 유역관리청(BBWSC) 내에 유역물관리를 위한 통합관리센터를 구축하여 최신 정보기술을 이용한 전문운영센터로 운영하고, 수자원 분야의 전문성과 유지관리 체계 향상을 위한 투자가 필요할 것으로 판단됨

□ 현지의 열악한 수문자료 현황을 고려하여 수문자료의 품질관리 향상을 위한 자료관리 시스템을 개발하여 찌따룸강 유역청(BBWSC)에 제공

(2) 개선 방안

조사 및 검토된 계측통신, 데이터베이스 및 통합운영 시스템의 분야별 개선방안은 다음과 같다.

(가) 계측/통신 분야

a. 계측자료 수집체계 개선을 위한 방안

□ 현지에서 계측되는 자료는 대부분 인력을 이용한 수동계측을 수행하고 있으며, 자동계측을 통한 방식은 일부를 제외하고는 사용되고 있지 않음

□ 따라서 주요 관측지점의 자동계측 및 계측된 자료를 유선 및 무선 통신을 이용하여 전송하여 이를 정보로써 활용할 수 있는 방안을 고려해야 하며, 계측분야의 문제점 및 이들의 개선방향은 다음과 같음

<계측 분야 문제점 및 개선 방안>

구분	문제점	해결방안
측정 방법	목측에 의한 수동계측 측정 결과에 대한 신뢰도 저하	주요지점에 자동계측기 설치 계측결과에 대한 신뢰도 향상
수집 시점	측정 주기의 불균형 및 측정 횟수 한계 측정 후 1개월 후 측정 결과의 확인	무선을 이용한 통신으로 주기적 계측자료 송신 및 필요시 자료 덤프를 통한 데이터 전송
활용 방법	누락자료 또는 오류로 인한 한계 단순 저장 시스템 보유 정보로 활용할 수 있는 시스템 부재	안정적인 데이터베이스 관리시스템을 도입하여 체계적인 자료관리 및 실시간 모니터링시스템 구축

□ 제기된 문제점을 해결하려면 계측되어야 할 자료를 유형별로 구분하여 수위, 유량, 강우, 수질 관측국을 설치하여 실시간 자료측정 설비를 구축하여야 하며, 이를 무선통신을 이용해 수집 및 저장할 수 있는 통신시스템과 데이터베이스를 구축해야 함

□ 그리고 수집된 자료를 고급화된 정보로써 활용할 수 있도록 실시간 모니터링 및 자료 관리

시스템을 도입하는 것이 반드시 필요

b. 현장 감시설비 제어를 통한 개선방안

□ 기존 설비 중 제어대상이 되는 시설물은 없는 것으로 확인되었으나, 향후 Cisangkuy 유역의 체계적인 하천관리를 위해서는 신규댐의 수문제어 및 터널 내 이송량 관리를 위한 터널 개폐 등의 검토가 이루어져야 함

□ 따라서 다음과 같은 문제점들이 존재하며 이를 해결하기 위한 방안은 아래와 같음

<시설물 감시 제어분야의 문제점 및 개선방안>

구분	문제점	해결방안
제어 대상	하천관리를 위해서는 수량의 분배 가능한 상황이 필요하나 현재 제어대상은 누락되어 있음	신규 댐 및 터널 건설 시, 방류량 제어를 위한 개도수문을 설치하여 필요에 따른 최적 운영이 가능하도록 구성함
감시 제어 설비	소수력 발전소에서 발전을 위해 사용하는 유량의 감시 및 운영 연계를 위한 방안 부재	기존 3개의 소수력 발전소에 설치된 SCADA 시스템의 연계 또는 운영 정보의 획득으로 수량 관리 수행

□ Cisangkuy 유역의 기존댐과 신규댐을 통합운영하기 위해서는 유량제어가 필수로 발생함에 따라, 관리체계가 일원화 되는 것이 가장 좋은 방법임

□ 그러나 현지 조사 결과 기존 댐은 소수력발전소의 발전용으로 운영되는 댐으로 INDONESIA POWER에서 운영관리를 수행하고, 신규로 설치되는 댐은 상수 공급량 확보를 위해 설치되는 댐으로 하천 공급유량을 관리하는 BBWSC에서 수행할 계획이며, 그리고 취수장의 취수량 및 정수장 공급량 관리는 PDAM에서 운영하고 있음

□ 따라서 다양한 하천 유역 관리 기관(RBO)에서 수집 및 운영되는 자료를 상호 연계 및 기존 설비의 SCADA 자료 연계가 필요하다. 향후 MOU체결 등을 통해 각 기관과의 운영 연계와 Bandung시 상수 공급을 위한 공동 협력체계를 구성할 필요가 있음

c. 수집 자료의 송수신을 위한 통신 분야 개선방안

□ 현지조사 결과 확인된 소수의 자동계측설비에서는 3G 모뎀을 이용하여 BBWSC의 전산실로 측정 결과를 전송하는 것으로 확인됨

□ 따라서 향후 설치되는 관측국인 경우 인도네시아 전역에서 쉽게 사용할 수 있으며, 비용측면을 고려한 3G 통신을 활용하는 것이 좋을 것으로 판단됨

□ 각 계측국에는 RTU(Remote Terminal Unit)에 3G 모뎀을 이용하여 실시간 송수신 및 제어명령, 기간 덤프 명령 등을 수행할 수 있도록 구성할 필요가 있음

(나) 데이터베이스 분야

a. 기존 데이터베이스 관리시스템의 개선 방안

□ 본 과제 대상지역인 찌상쿠이 강 유역의 경우 현장에서 측정된 데이터를 실시간 수집하고 수집된 계측자료를 관리하며, 주기적인 백업 및 복구 활동을 수행할 수 있는 체계가 필요

□ 조사된 사항에 따르면 현장에서 설치된 일부 자동관측소는 3G(GSM 통신 방식) 모뎀을 이용하여 BBWSC로 실시간 자료를 전송하는 것으로 확인 되었으며, 각각의 장비에 RTU가 설치되어 있어 통신상태의 체크 및 미송신 자료의 재전송을 하고 있는 것으로 조사됨

□ 그리고 전송된 계측 데이터는 MySQL 데이터베이스를 이용하여 저장을 수행하며, 저장된 자

동계측 자료는 SEBA社에서 제공된 솔루션을 통해 표출

- ▫ 하지만 자동계측 설비가 늘어나고 계측자료의 수집주기가 짧아질수록 기존 MySQL 데이터베이스의 용량관리 및 처리속도의 문제점 등이 발생할 가능성이 존재하며, 기존 SEBA社의 솔루션은 APM(Apache, Php, Mysql)으로 구성된 제품으로 확장성 및 분석 솔루션의 탑재, 소스의 변경 등에 제한이 있을 것으로 예상됨
- ▫ 따라서 향후 적용할 지능형 물관리 시스템을 위해서라도 안정적인 데이터베이스 관리시스템의 필요성과 고가용성을 보장하는 시스템을 설치하는 것이 바람직 할 것으로 판단됨
- ▫ 이에 따라 신규 DBMS에 기존 수집데이터를 Migration하여 자료의 누락 없이 사용될 수 있도록 통합 데이터베이스 체계를 구성하는 것을 제안

b. Citarum-DSS를 이용한 시스템 고도화 방안

- ▫ 한국의 K-water가 BBWSC, PJT-II, PUSAIR 등과 협력하여 구축한 Citarum-DSS를 고도화하여 BBWSC의 지능형 물관리 시스템을 구축하는 것이 구축 비용과 시간을 절약하고 기존 시스템을 활용할 수 있는 방안으로 판단됨
- ▫ 기존 Citarum-DSS에서 구축한 통합 데이터베이스는 ORACLE社의 데이터베이스를 사용하고 있으며, 다수의 유관기관에서 전송된 파일을 업로드를 통해 통합 저장 및 관리 할 수 있도록 구성되어 있음
- ▫ 따라서, BBWSC에서도 향후 이 시스템 활용을 위해 ORACLE 데이터베이스를 적용하는 것이 타당할 것으로 보임
- ▫ 또한, 유관기관 별 독립적인 계측 및 운영 관련 자료들을 활용하기 위하여 각 기관에 독립된 데이터베이스를 설치하여 기관간의 자료 공유체계를 구축하는 것이 중요
- ▫ 이에 따라 유관기관 간의 협력체계 구축이 필요할 것으로 예상되며, 각 기관에서 보유하고 있는 시설물 연계운영을 위해 필요한 정보를 조사하여 반영하여야 할 것으로 판단됨

c. 지리 정보 시스템을 활용한 시스템 개선 방안

- ▫ 조사결과 현지에서 선행 과제(ADB, KOICA, K-water 등)를 통해 다양한 GIS 자료를 상당수 보유하고 있는 것으로 확인되었으며, 이를 이용하여 Citarum 유역 및 Cisangkuy 유역에 대한 지리정보체계를 구성하는 것이 가능할 것으로 판단됨
- ▫ 따라서 GIS 시스템을 구축하여 지능형 물관리 시스템 내에 통합 적용할 필요가 있음

(다) 물관리 시스템 분야

a. 통합수자원관리를 위한 개선 방안

- ▫ BBWSC에 구성되어 있는 시스템은 현장 자동계측자료(수위, 강우)를 Open GIS Map을 이용하여 수집된 자료를 표출하고, 해당 측정지점의 시계열 자료를 제공하도록 구성되어 있음
- ▫ 효율적인 지능형 물관리 시스템을 구성하기 위해서는 체계적인 유역관리와 Bandung시 권역 전체를 포함하는 통합수자원관리(IWRM: Integrated Water Resources Management) 체계를 구성하기 위한 기반을 마련할 필요가 있음
- ▫ 통합수자원관리란 물을 통한 사회적/경제적 복지를 극대화하기 위해 수량뿐만 아니라 수질, 하천까지 고려하여 수자원을 통합관리하는 체계를 의미하므로, 본 과업의 실제 수행을 통해 그 토대를 제공할 필요가 있음
- ▫ 따라서 BBWSC에 구축될 지능형 물관리 시스템은 Citarum 상류 및 Bandung지역에 대한 통합수자원관리 체계 구성을 위한 기반이 되어야 하며, 이를 달성하기 위한 방안으로 기존 발전용 댐과 신규 용수공급용 댐 간의 연계를 통한 하천유량관리 체계를 통합할 수 있는 시스템 도입이 필요

b. 유관기관 (RBO) 협조를 통한 기관 연계 방안

□ 현지 조사를 통해 확인한 결과 Cisangkuy 유역의 효율적 운영을 위해 수집되어야 하는 자료는 타 기관들에서 수집되고 있는 다수의 자료가 연계되어야 함

□ 특히 기존 댐을 운영하고 있는 Indonesi Power 3개 소수력발전소의 발전용 필요수량과 운영계획을 이용한 가용량 등의 정보와 PDAM에서 운영하는 Cikalong 취수장의 유입량 및 저수량, 방류량 정보를 제공 받아 모의 및 분석을 위한 고급 정보로 활용해야 할 필요가 있음

□ 이에 따라 본 과제에서는 BBWSC를 중심으로 한 연계운영 가이드라인을 도입함으로써 상기 유관기관들과의 협조체계를 구성하고, 향후 통합수자원관리를 위한 기반을 마련하고자 함

2. 물관리 시설물 운영 방안 수립

가. 분석 시나리오 구성

□ 인도네시아의 경우 수자원관리 기관 및 부처는 있지만, 복잡한 이해관계가 얽혀있어 국내에서 단독으로 물수지 분석 시나리오를 수립하기는 많이 어려움

□ 현지 Cisangkuy 유역 용수공급 현황 및 장래 계획 등을 파악하고 있는 공동연구기관인 PusAir와 협의를 통해 수립

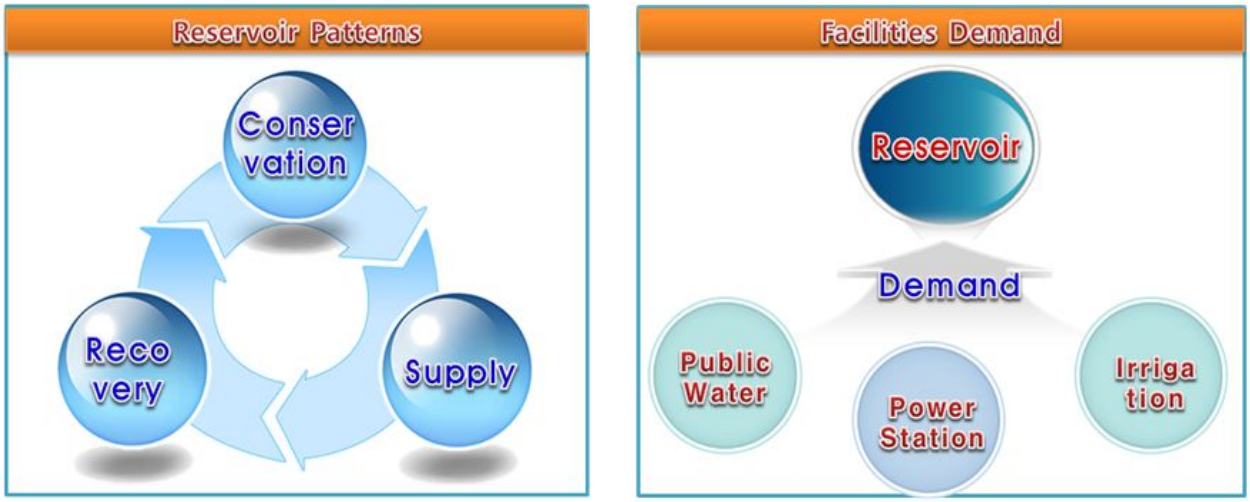
□ 그러나 향후 계획에 대하여 정확히 언제 실행이 될지는 PusAir도 정확히 파악하기에는 어려운 것으로 확인됨

□ 현재까지 협의를 통해 파악된 자료를 기반으로 PusAir와 협의를 통해 수립

- 과업지역은 저수지 하류 및 하천을 중심으로 발전소, 취수장 및 농경지가 조성되어 있음
- 용수 이용은 대부분 저수지와 하천을 연결하여 필요한 용수량을 취수하여 이용할 수 있도록 인공 및 자연수로가 설치되어 있는 것으로 조사됨
- 그러나 상류부에 위치한 저수지는 발전용수 전용댐이므로 댐 하류부의 공공용수, 농업용수 공급과 연계한 효율적인 운영체계가 미흡함
- 또한, 과업지역내 Cikalong 취수장의 경우 반둥시의 SPAM 계획에 의해 현재 취수량 1.9 ㎥/s (원수 1.4 ㎥/s + 정수 1.5 ㎥/s)에 장래 신규댐 공급량 1.4 ㎥/s를 추가 취수하여 총 3.3㎥/s(기존 1.9 ㎥/s + 신규 1.4 ㎥/s)의 용수공급을 계획 중에 있음
- 따라서, 기존 저류지 시설물의 용수공급능력 검토를 통해 Cikalong 취수장의 현재 및 장래용수량에 대한 용수수급 및 물부족 상황 검토가 우선되어야 하며, 이와 동시에 신규 저류지 시설물 계획에 따른 용수공급능력을 검토하는 물수지분석이 필요
- 또한 Cisangkuy 유역의 2개의 저수지는 우기(12월 ~ 3월)에 저수량을 확보하고 건기에 필요용수를 공급하는 패턴을 지니고 있음
- 극한 가뭄으로 인한 우기시 강우가 발생하지 않을 경우 용수(관개용수, 발전용수, 생활용수) 공급에 어려움이 발생함
- 2002년 ~ 2012년 강우자료를 이용한 강우분석결과 2003년 ~ 2004년, 2006년 ~ 2007년, 2009년 ~ 2010년의 경우 우기에 한달이상 무강우으로 인하여 용수공급에 어려움이 발생
- 특히 2006년 ~ 2007년의 경우 50일 이상 강우가 발생하지 않음
- 이에 극한 가뭄 발생에 따른 운영방안을 검토
- 위 사항을 고려하여 다음과 같이 시나리오를 구성함
- PusAir와 협의를 통해 수립한 시나리오 중 저수지 퇴적토에 따른 용적 검토 수행부분의 경우 기존 보고서 자료를 인용하였으나, 정확성을 위해 저수지에 대한 수심측량에 수행은 국내 연구기관과 PusAir가 동의하였으나 이에 대한 실행에는 많은 어려움이 있음

(1) 기존 수력댐 저수지 시스템 운영효율 개선 평가

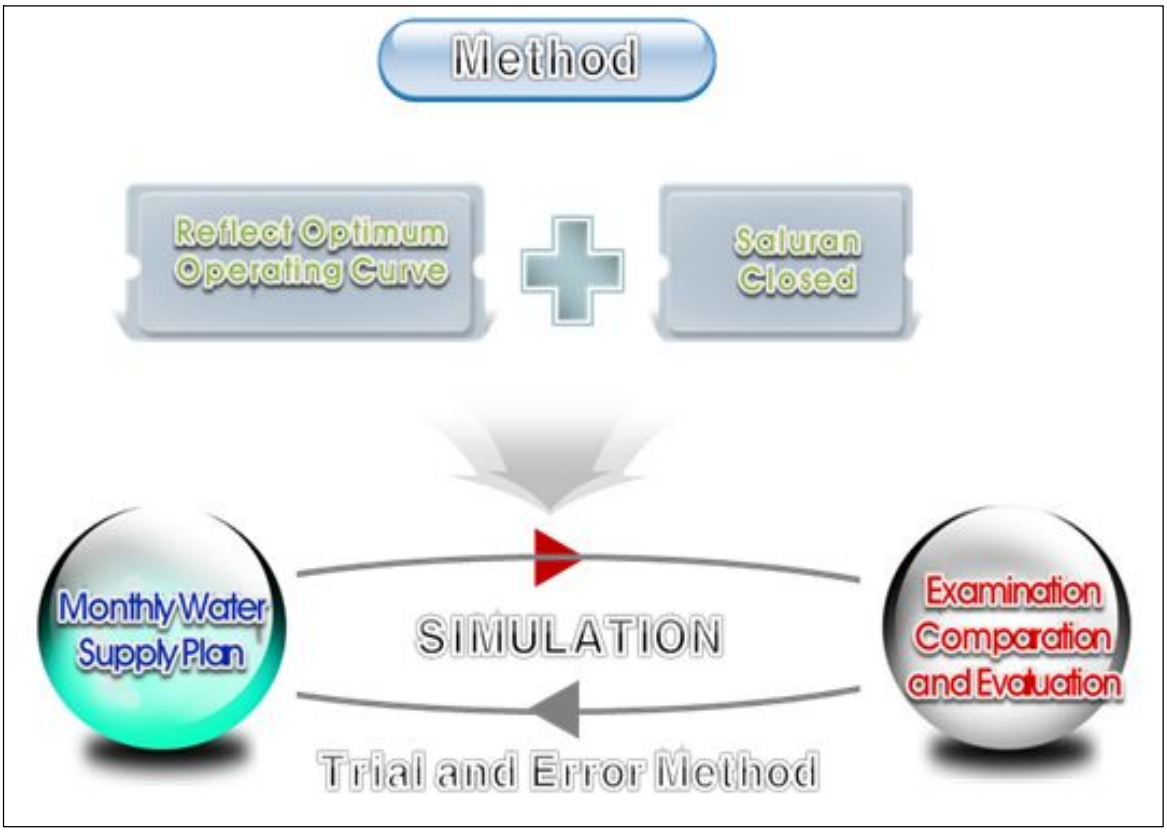
- 현재 용수체계에 대해 현재 관측된 수위를 통해 도출된 연평균 대표운영곡선과 최적화 운영곡선 적용시 검토를 수행
- Cipanunjang과 Ciluenca 저수지의 패턴을 기초로하여 월별로 용적곡선을 체크하면서 하류측 요구량이 최대가 되는 용적을 기준으로 산출
- 최대건조시기 발생시 저수지 이수안전도 100 % 달성 및 최대 에너지 생산을 위해 가능한 많은 물을 유지하는 최적화된 저장 운영곡선을 시행착오법을 통해 검토
- 최적 운영곡선 산정을 통한 관개용수, 발전용수, 생활용수 확보
- 검토조건
  - 모의기간 : 2002년~2012년 (11년, 일자료)
  - 기존 저류지 대표운영곡선 및 최적화 운영곡선 적용
  - Cikalong 취수장 1.9 ㎥/s 취수
  - 발전소 3개소 운영 : 9개년(2004년~2012년) 월평균 발전량 발전



< 최적운영곡선 산출을 위한 필요자료 >

(2) Santosa 신규댐 공급량 계획 검토

- 현재 용수체계에 대해 Cikalong 취수장에서 계획취수량 발생시 신규댐인 Santosa 댐으로 부터의 최소공급가능량 검토를 수행
- 신규 Santosa 댐 공급유량 (최소공급유량을 시행착오법으로 검토)
- 신규 Santosa 댐 설치에 따른 추가취수시 적정 운영시기 검토를 통해 신규댐 계획 수립시 기초자료로 활용
- 검토조건
  - 모의기간 : 2002년~2012년 (11년, 일자료)
  - 기존 저류지 최적화 운영곡선 적용
  - Cikalong 취수장 3.3 ㎥/s 취수
  - 발전소 3개소 운영 : 9개년 (2004년~2012년) 월평균 발전량 발전



< Santosa 신규댐 공급량 검토방법 >

(3) 저수지 2개소의 퇴적토에 따른 용적 검토

- 2009년에 실시된 평면도 및 횡단도를 활용하여 GIS의 TIN망을 구성하여 수위-용적 곡선산출
- 평면도의 경우 별도의 CAD 및 GIS 자료를 획득하지 못하여 보고서를 스캔하여 기존 획득 수치지형도에 최대한 일치시켜 분석을 수행
- 검토조건
  - 모의기간 : 2002년~2012년 (11년, 일자료)
  - 기존 저류지 대표운용곡선 적용
  - Cikalong 취수장 1.9 ㎥/s 취수
  - 발전소 3개소 운영 : 9개년(2004년~2012년) 월평균 발전량 발전
  - 퇴적토를 반영한 금회 GIS 산정 수위-저류량 적용시 현 용수 체계에 대한 물수지 분석 수행

(4) Cikalong 댐 설치에 따른 하류부 영향 평가

- 과업지역의 현재 용수체계에 대해 Cikalong 취수장 하류부 Cisangkuy 강에 신규 취수댐 설치에 따른 설치규모별 물수지 분석을 수행
- 검토조건
  - 모의기간 : 2002년~2012년 (11년, 일자료)
  - 기존 저류지 Targe storage 우선순위 적용
  - Cikalong 취수장 1.9 ㎥/s 취수
  - 신규 취수보 0.35 ㎥/s 취수(V = 80,000 ㎥)
  - 발전소 3개소 운영 : 9 개년(2004년~2012년) 월평균 발전량
  - 신규 취수보 설치에 따른 추가 취수시 적정 규모 검토 → 신규 취수보 계획수립시 기초자료로 활용

(5) 극한 가뭄 발생에 따른 운영방안 검토

□ 2개댐(Cipanunjang, Cileunca)의 11월 저류량을 고려한 우기(12월 ~ 4월)에 가뭄발생시 운영 가능일수 산정

– 2002년 ~ 2012년 관측자료를 이용하여 11월 저류량을 산정하고, 12월 이후 가뭄발생시 발전유량, 관개용수, 취수량(생활용수) 등의 공급가능 일수 산정

– 발전효율과 관개용수, 추쉬량 변경(100%, 80%, 50%)에 따른 용수공급가능일수 산정

□ 검토조건

– 모의기간 : 2016년 12월~2017년 4월 (5개월, 일자료)

– 2개 저류지 12개년(2002년~2012년) 11월 최저저류량 평균값 적용 : 7,293,000 ㎥

– Cikalong 취수장 1.9 ㎥/s 취수

– 발전소 3개소 운영 : 9 개년(2004년~2012년) 11월평균 발전량

– 터널유입량은 2002년~2012년 11월 평균유입량 적용

– 유출량(Run-off)은 유출량 조사자료(2002년~2017년 중 건기(9월~11월) 평균값 적용

□ 검토방법

– MODSIM 저수지 운영에 따른 용수공급의 이수안전도를 평가함

– 발전용수, 관개용수, 생활용수 변경(100%, 80%, 50%)에 따른 용수공급가능일수 산정

(6) 관개용수 우선순위 적용에 따른 발전유량 이수안전도 평가

□ 2개댐(Cipanunjang, Cileunca)의 운영시 우선순위를 발전유량이 아닌 관개용수와 Cikalong 취수장에 적용할 경우 발전유량을 이수안전도 평가

– 2002년 ~ 2012년 관측자료를 이용하여 저류량을 최대가 되는 4월 ~ 5월 기준으로 1년간 물 공급 일수 검토

– 관개용수 및 취수량 100% 공급에 따른 발전효율별(100%, 80%) 이수안전도 산정

□ 검토조건

– 모의기간 : 2016년 5월 1일 ~ 2017년 4월 31일 (12개월, 일자료)

– 2개 저류지 12개년(2002년~2012년) 자료중 연간 최대저류량 평균값 적용 : 3,1,917 ㎥

– Cikalong 취수장 1.9 ㎥/s 취수

– 발전소 3개소 운영 : 9 개년(2004년~2012년) 평균발전량

– 터널유입량은 2002년~2012년 월별 평균유입량 적용

– 유출량(Run-off)은 유출량 조사자료(2002년~2017년)의 일별 평균값 적용

□ 검토방법

– MODSIM 저수지 운영에 따른 발전용수공급의 이수안전도를 평가함

– 관개용수 및 취수량 100% 공급에 따른 발전효율별(100%, 80%) 이수안전도 산정

나. 분석 모형 구축

(1) 유출분석 모형

- 유출분석이란, 유역에 내린 비가 강의 각 지점에서 흘러나오는 것을 유출이라고 하며, 이러한 현상을 강우 및 기타 수문기상자료에 근거하여 추정하는 것을 말한다.
- 유출의 결과인 하천유량은 물이 수자원으로 이용되는 가장 중요한 공급처이기도 하면서 또한 인간생활에 가장 큰 피해를 주는 요소이다. 따라서 신뢰성 높은 유출분석을 통해 안정적이고 지속적인 수자원 관리를 위한 계획수립이 필요하다.
- 유출분석은 유역의 이수 및 치수정책 수립, 수리구조물의 설계홍수량 산정, 유역의 수문지질특성파악 그리고 이상기후 등에 대한 유출량 변동성 평가를 위해 수행한다.

(가) 장기유출모형

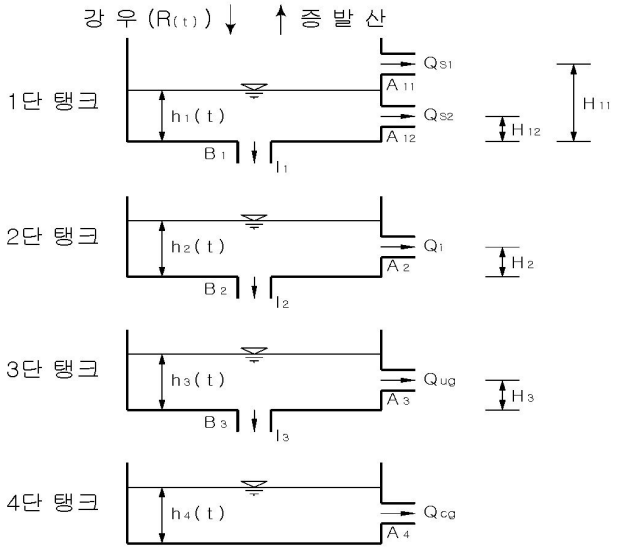
- 장기유출모형은 이수목적으로 일(daily)단위 이상의 장기유출분석에 적용하는 모형으로써, TANK 모형, TOP-model, SSARR-모형 등이 있다.

① TANK 모형

- Sugawara가 제안한 Tank 모형은 유역을 오리피스 유출공을 가진 몇 개의 저류형 수조(tank)의 조합으로 가정하여 강수량을 유량으로 환산하는 유출모형이다.
- Tank 모형은 Black-Box형 모형이나 결정해야 할 매개변수의 수가 많아서 숙련된 경험이 필요하며 저수지추적이 포함되어 있지 않는 등의 단점이 있으나, 유출구조가 수문현상을 잘 재현한다는 점에서 모형의 객관성이 인정되고 있다.
- 저수유출이나 홍수유출에 모두 사용 가능하나 주로 저수유출에 이용되고, 모형 구성은 직렬형과 병렬형이 있으나 주로 직렬형이 사용된다.

ⓐ Tank 모형의 유출량 및 침투량 계산

- 전체 하천유출은 지표면유출, 중간유출, 기저유출 등의 합으로 구성되는 것으로 간주한다. 장기유출인 저수유출 예측을 위한 Tank 모형은 <그림 27>과 같이 연속된 3단 또는 4단 Tank로 구성된다.
- 강수량이 제 1단 Tank로 유입하여 저류량이 증가하면서 저류량 중 일부는 측면 유출공으로 유출되고 일부는 저면 침투공으로 침투되어 제 2단 Tank로 유입되는 방식으로 분석한다.
- Tank별 유출성분을 살펴보면, 제 1단 Tank의 1, 2유출공은 지표면유출, 제 2단 Tank의 유출공은 중간유출, 제 3단, 제 4단 Tank의 유출공은 기저유출 등으로 구분된다.



<Tank 모형의 구성>

– 저수유출 해석의 경우 Tank 모형의 매개변서는 Tank의 측면 유출공의 유출계수, 저면 침투공의 침투계수 및 Tank의 저류고 등으로 구성되며, 4단 Tank 모형의 유출량 및 침투량은 다음과 같은 순서로 계산한다.

a) 제 1단 Tank

- t일의 저류고 $h_1(t) = h_1(t-1) - Q_{s1}(t-1) - Q_{s2}(t-1) - I_1(t-1) + R(t)$
- t일의 유출량 $Q_{S1}(t) = A_{11} \times [h_1(t) - H_{11}], \quad Q_{S2}(t) = A_{12} \times [h_1(t) - H_{12}]$
- t일의 침투량 $I_1(t) = B_1 \times h_1(t)$

b) 제 2단 Tank

- t일의 저류고 $h_2(t) = h_2(t-1) - Q_i(t-1) - I_2(t-1) + I_1(t)$
- t일의 유출량 $Q_i(t) = A_2 \times [h_2(t) - H_2]$
- t일의 침투량 $I_2(t) = B_2 \times h_2(t)$

c) 제 3단 Tank

- t일의 저류고 $h_3(t) = h_3(t-1) - Q_{ug}(t-1) - I_3(t-1) + I_2(t)$
- t일의 유출량 $Q_{ug}(t) = A_3 \times [h_3(t) - H_3]$
- t일의 침투량 $I_3(t) = B_3 \times h_3(t)$

d) 제 4단 Tank

- t일의 저류고 $h_4(t) = h_4(t-1) - Q_{cg}(t-1) + I_3(t)$
- t일의 유출량 $Q_{cg}(t) = A_4 \times h_4$

여기서, $Q(i)$는 Tank의 유출공에 대한 유출고(mm), I 는 Tank의 침투공에 대한 침투고(mm), H_j는 Tank의 유출공의 높이(mm), A_i는 Tank의 유출공계수(hr-1, day-1)이다.

– 최종 하천유출량은 다음과 같이 지표면유출고, 중간유출고, 기저유출고 합에 유역면적을 곱하고 단위환산을 통하여 산정한다.

$$Q(t) = \frac{A}{86.4}[Q_{s1}(t) + Q_{s2}(t) + Q_i(t) + Q_{ug}(t) + Q_{cg}(t)]$$

여기서, $Q(t)$는 하천유출량(m3/s), A는 유역면적(km2), $Q_{s1}(t)$는 제 1단 탱크의 상단 유출공의 직접유출고(mm), $Q_{s2}(t)$는 제 1단 탱크의 하단 유출공의 직접유출고(mm), $Q_i(t)$는 제 2단 탱크의 중간유출고(mm), $Q_{ug}(t)$는 제 3단 탱크의 기저유출고(mm), $Q_{cg}(t)$는 제 4단 탱크의 기저유출고(mm)이다.

ⓑ 모형의 매개변수 범위

- 제 1단 Tank
  - 유출공 및 침투공의 계수 : 0.1 – 0.5
  - 유출공의 높이: 상단 30-50 mm, 하단 10-20 mm
- 제 2단 Tank
  - 유출공 및 침투공의 계수 : 0.03 – 0.1
  - 유출공의 높이: 0-50 mm
- 제 3단 Tank
  - 유출공 및 침투공의 계수 : 0.005 – 0.05

- 유출공의 높이: 0-20 mm
- 제 4단 Tank
  - 유출공의 계수 : 0.005 – 0.0005
  - 침투공의 계수 : 0-0.005 mm
  - 유출공의 높이 : 0-10 mm

ⓒ 모형의 매개변수 결정시 유의사항

· 계산된 유출수문곡선에서 조정이 필요하다고 판단되는 유출량이나 감수부경사가 어느 Tank에서의 유출에 의해 지배되는가를 확인하기 위하여 계산된 유출수문곡선에 각 Tank별 유출량을 별도로 도시하여 검토하는 것이 필요하다.

· Tank 모형은 추정하여야 하는 매개변수가 많아서 단순한 방법으로는 매개변수를 결정할 수 없으므로 시행착아법 또는 최적화기법 등을 사용하여야 하며 숙련된 경험이 필요하다.

ⓓ 모형의 적용

· Tank 모형에서는 유효강우를 계산하지 않고 관측된 강수량으 직접 이용하며 증발산을 제외한 나머지는 모두 유출되므로 유량과 강수량 등 입력자료의 정밀도가 매우 중요하다.

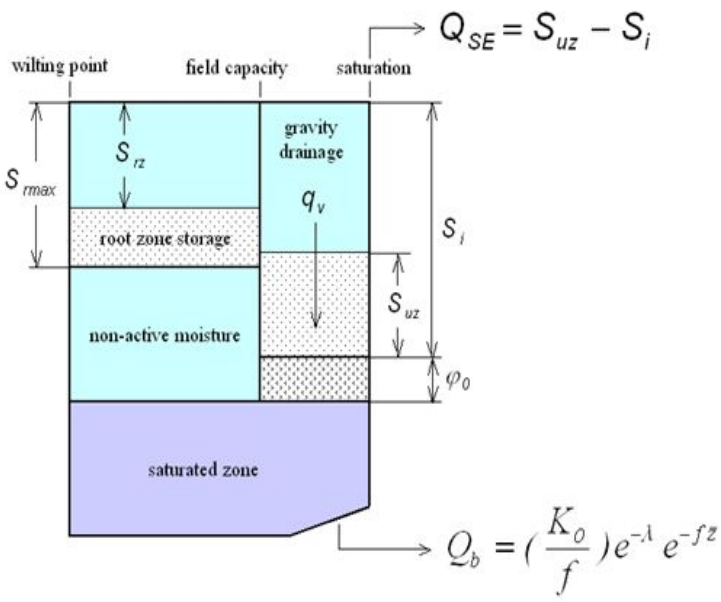
· Tank 모형은 계산자체는 단순 선형계산이지만 여러 유출공에 의한 유출이 시간차를 두고 조합되므로 결과적으로 비선형모형이 된다.

② TOPMODEL

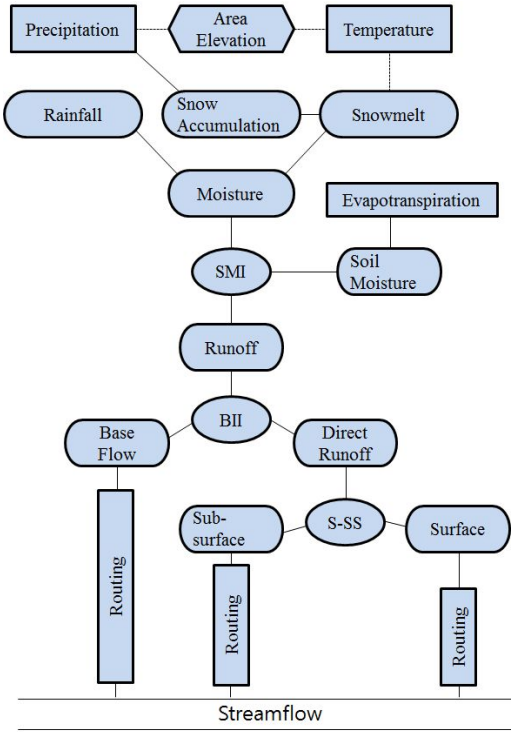
– Beven 등(1994)이 개발한 개념적 수문모형으로써, 수치고도자료와 토양, 식생자료 등을 이용하여 유역의 토양수분 분포를 예측하고, 지하흐름을 산정하며 유출에 기여하는 동적 포화기여지역 개념을 이용하여 유출을 모의한다.

③ SSARR 모형

– 미국 육군공병단(U.S. Army Corps of Engineers)에서 개발하기 시작한 모형으로 Rockwood(1958)에 의해 처음으로 제안되었으며, 그 후 1964년 Rockwood가 이를 수정보완하여 SSARR(Streamflow Synthesis And Reservoir Regulation) 모형을 완성시켰다. 이 모형은 홍수추적을 위한 특수목적 모형으로서 비교적 큰 유역에 대한 홍수예보와 저수지 조절을 근본목적으로 삼고 있다. 모형의 구조는 <그림 29>와 같다. <그림 29>에 표시된 바와 같이 SSARR 모형의 구조를 살펴보면 우선 실측되었거나 혹은 지표관계로부터 계산된 점우량과 강설량의 시간적 분포를 고려하여 입력자료로 사용하고, 이로부터 임의시간 동안에 유역상 균등하게 배분되는 수분입력(moisture input)을 결정하였다. 이 수분입력은 토양의 수분지표함수(soil moisture index function, SMI)에 의해 유출분과 토양수분의 증가분(soil moisture)로 나누어진다. 토양수분은 증발산에 의해 손실되며 <그림 29>에서 볼 수 있듯이 토양수분 중 일부가 침루하여 지하유출 과정은 포함시키지 않았다. 유출분(runoff)은 다시 기저유출의 침투지수(baseflow infiltration index, BII)에 의해 기저유출분과 직접유출분으로 나누어지며, 직접유출분은 다시 지표면 유출(surface runoff, S)과 지표하 유출(subsurface runoff, SS)로 나누어진다. 이상과 같은 구조에 의해 결국 하천수로의 유입수는 기저유출과 지표하 유출 및 지표면 유출로 나누어지며, 이들 유출분은 각각 하천수로를 통해 추적된 후 유역의 출구지점에서 합성함으로써 총 유량을 계산하도록 되어 있다.



<TOPMODEL>



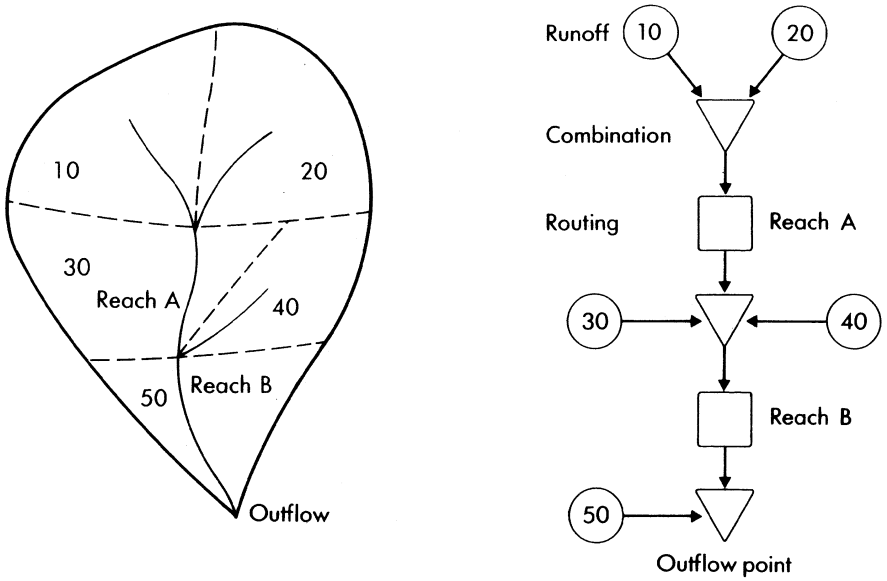
<SSARR 모형의 구조>

(나) 단기유출모형

– 단기유출모형은 치수목적으로 일(daily)단위 이하의 단기유출분석에 적용되며, HEC-1 모형, HEC-HMS 모형, WMS 모형 등이 있다.

① HEC-1 모형

– 하천유역에 내린 강우로 인한 지표면 유출과정을 모의하기 위해 1973년에 공식적으로 발표한 전산프로그램이다. 유역에서 강우에 의한 수문 과정을 모의하기 위해 미 육군 공병단의 HEC에 의해 개발되었다. HEC-1에 의해 강우로부터 직접유출로의 변환을 위해서는 <그림 30>과 같이 전체 유역을 몇 개의 소유역으로 분할하여 소유역으로부터의 유출을 단위도법으로 계산하고, 하도 및 저수지 홍수추적을 하며, 지류의 본류 합류점에서 합성하는 절차를 반복함으로써 지점별 홍수 수문곡선을 계산해 나간다.



<HEC-1 모형>

② HEC-HMS 모형

- HEC의 Hydrologic Modeling System(HEC-HMS, 1998)은 윈도우 기반(Window-based)의 수문학적 모의모형으로서, HEC-1 모형을 대폭 보완하고 있는 모형이다. HEC-HMS와 HEC-1의 가장 큰 차이점은 HEC-HMS에 하천유역이라든지 하도, 그리고 유역특성 자료의 입력 등 수문학적 요소를 자유자재로 다룰 수 있는 편리한 GUI로 구축되어 있다는 점이 장점이다.
- HEC-HMS 모형은 Watershed Explorer, Component Editor, Message Log, Desktop의 4개로 구성되며, 모형의 실행을ㅇ 위한 관리요소는 크게 유역의 특성인자와 매개변수를 설정하는 Basin Model Manager, 강우와 같은 수문기상 요소를 설정하는 Meteorologic Medel Manager, 그리고 모형의 시간에 관련되는 모든 정보를 취급하는 Control Specifications Manager로 구성된다.

③ WMS 모형

- 미육군 공병단과 Brigham Young 대학의 공학 컴퓨터 그래픽 연구소에 의해 개발되었다. 이는 수치고도 데이터를 이용하여 형성된 불규칙 삼각망(Triangulated Irregular Networks, TINs)으로부터 유역도 및 소유역 경계선 등을 자동으로 식별하고 강우-유출 프로그램인 HEC-1, TR-20, 합리식 및 NFF(National Flood Frequency Program)에 대한 GUI 환경을 제공하는 특징이 있다.

(다) 유역관리 모형

- 유역의 물관리를 위해 국외에서 물수지 모형인 MODSIM, WEAP, MIKE-BASIN등이 주로 사용되고 있다. 이러한 모형들은 통합수자원관리와 지속가능한 수자원관리의 개념으로 수자원관리를 수행하도록 확장되고 있다. 이러한 맥락에서 지리정보시스템을 도입하거나 GUI 기능을 강화하여 사용자가 수자원 시스템을 보다 용이하게 작성하고 이해할 수 있도록 기능이 강화되고 있으며 용수수요의 변화와 수자원 시설물, 운영원칙 등의 변화 등을 쉽게 고려할 수 있도록 모형이 발전하고 있다. 이에 따라 기존의 수량관리 뿐 아니라, 수질을 통합적으로 관리 할 수 있도록 모형이 확장되어 가고 있으며, 최근들어 기후변화, 물의 경제적 가치, 환경용수 등의 시나리오 영향을 평가할 수 있도록 운영되고 있다.

① MODSIM

- MODSIM은 미국 텍사스의 수자원개발부(Texas Water Development Board, 1972)의 SIMYLD 네트워크 모형의 알고리즘을 기반으로 미국 콜로라도 주립대학교의 Labadie 교수가 개발한 범용 유역 물관리 모형이다. 이 모형은 하천 유역을 일반화된 네트워크로 구축하고 네트워크 흐름 비용 최소화 기법인 Lagrangian relaxation algorithm을 사용하여 선형네트워크의 해법을 적용하고 있다. 이렇게 구축된 하천 유역 네트워크 모형은 하천 유역 관리에 있어서 물리적, 수문학적, 제도적인 측면에서 물이 배분될 수 있도록 하고, 유역 수자원관리 시설의 전체적인 배치 및 운영조건을 다양하게 반영할 수 있도록 구축된다.
- MOSIM은 특정 기간에 걸친 첨두 흐름조건보다는 평균흐름조건 하에서 모형화가 가능하며, 지표수와 지하수를 연계하여 계산할 수 있는 특징이 있다. 주요 입력자료는 저수지 침투, 관개침투, 수로손실, 관정, 회귀수, 양수에 의한 하천 체류, 지하수 저류 등이 있어 이들을 고려한 모형구축이 가능하다. MODSIM의 하천체계 관리를 위한 특징은 다음과 같다.
- 유역 또는 하천체계에 대한 모의 기간을 월별, 주별 및 일별(라우팅 기능) 단위로 모의가능
- 복잡한 IF-THEN 규칙을 사용하지 않고 광범위한 유역의 구성 및 운영조건을 우선순위에 의해 모의가능
- 지하수 및 지표수 연계 운영가능

- 물 배분을 위한 구조물들을 직접 포함 가능
- 자연유량 권리, 계절별 수리권, 물시장 교환 및 계획 등의 분석 가능
- 미리 결정된 운영방침은 없으나, 네트워크 모형 알고리즘 구조와는 별개로 시스템의 특징 및 운영 요구사항에 대한 사용자 입력자료에 의하여 운영방침 결정가능
- 네트워크 규모가 큰 유역에도 적용가능하며, 폐쇄형 및 분기형 수로 모의가능
- 유입량, 방류량, 저류고, 발전량, 손실량, 공급량 및 부족량 등과 같은 중요한 계산결과를 그래프와 파일의 형태로 제공
- 월별, 주별 및 일별 분석이 가능하고 간단한 조작을 통하여 다양한 주기별 분석가능
- 지표수와 지하수의 연계와 하천 대수층과의 상화관계 포함가능
- 수질을 고려할 수 있도록 시스템을 확장하고 있어, 확장 후 수질을 고려한 수자원계획 수립 가능
- 일별 모의를 위한 수문학적 하도추적이 가능
- Lagrangian relaxation 기반의 최신 네트워크 최적화 알고리즘인 RELAX IV(Bertsekas, 2001) 이용

② WEAP(K-WEAP)

- WEAP("Water Evaluation and Planning" system) Stockholm Environment Institute(SEI)에 개발된 지표수와 지하수의 물수지를 기본으로 한 시뮬레이션 모형으로 기본 시나리오를 바탕으로 하여 다양한 시나리오 변화의 영향을 쉽게 비교 분석할 수 있다. 수자원계획을 위한 실용적인 도구로 활용코자 개발되었으며, 이를 한국건설기술연구원에서 국내여건에 적합하게 수정한 프로그램이 K-WEAP("Korea-Water Evaluation and Planning" system)이다. K-WEAP은 물수지 분석의 기초 원리에 따라 모의를 수행하며 도시나 농촌의 용수수급시스템, 단일소유역이나 복합적인 유역의 용수수급 시스템 등에 적용이 가능하다. 뿐만 아니라 목적별 수요분석이나, 수자원보전, 수리권과 배분 우선순위, 지하수와 하천수 연계모의, 저수지운영, 수력발전, 오염물 추적, 생태계 필요수량 분석 등과 같은 광범위한 영역을 고려할 수 있다. 사용자는 여러 가지 공급원과 수요처, 취입수로, 하수처리장 등의 시설물들, 하천유지유량, 수요량, 오염발생량 등의 항목을 시스템에 표현할 수 있으며, 이에 대한 자료의 구조나 수준을 특별한 필요성이나 제한된 자료의 한계 등에 따라 적절하게 조절할 수 있다.

③ MIKE BASIN

- MIKE BASIN은 DHI(Danish Hydrulic Institute)에서 개발된 유역 물관리 모형으로 물배분 뿐만 아니라, 지하수-지표수 연계 운영, 저수지 운영 및 수질문제를 다룰 수 있으며 유역 수자원 계획 및 관리를 위하여 Arc-gis와 연계되어 있다. MIKE BASIN은 유역 물관리를 모의하기 위하여 다른 모형들과 같이 네트워크 모형을 구성하게 되는데, 링크는 하도구간을 노드는 합류점, 취수지점, 저수지, 수요처 등을 나타내도록 되어 있다.
- MIKE BASIN은 물배분에 있어서 지역우선순위와 전역우선순위의 두 가지 우선순위 분배방식을 사용하고 있다. 지역우선순위 방법은 하천으로부터 취수된 수량을 수요처에 분배하기 위한 방법으로 사용자가 수요처의 중요도에 따라 우선순위를 지정하도록 되어 있다. 개개의 수요처는 정해진 우선순위에 따라 시계열에 지정된 수요량을 공급받게 되며 수요처에 대하여 다양한 공급원이 존재하게 되면 이에 대한 우선순위를 가까운 공급원으로부터 하는 지역우선순위에 따라 설정하여 분배하게 된다. 전역우선순위의 경우 물배분은 사용자가 정의한 우선순위 운영규칙에 의해 이루어지며 하천유지용수를 포함한 수요처의 수요량 및 목표 저수량 등을 설정할 수 있다. 이렇게 정해진 우선순위는 정해진 수질에 대하여 비선형 최적화 기법을 이용하여 물배분을 수행하게 된다.

(라) 분석모형 선정

- Cisangkuy 유역의 유출분석을 위하여 수문현상을 잘 재현한다는 점에서 모형의 객관성이 인정되며, 우리나라 실무에서 많이 적용하고 있는 TANK 모형을 선정하였다.
- 물수지분석 모형에는 네트워크 선형계획법에 의한 물배분 모의와 최적화 기능과 최적모의를 위한 목적함수와 제약조건은 GUI 상에서 자동적으로 생성되어 컴퓨터 프로그래밍에 대한 편의성 제공하며, 국내 한국수자원공사 등에서 유역별 물수지분석시 많이 사용하는 MODSIM 모형을 선정하였다.
- 본 과업에서는 찌상쿠이 유역의 물관리를 위하여 하천수 관리와 저수지 관리를 연계하는 물수지 방법론을 제시하고 유역 내 제어지점의 물수급 상황에 대한 분석도구로 활용하고자 Tank 모형과 MODSIM을 적용할 계획이다.

(2) 분석모형 검토

(가) Tank 모형

① TANK 모형의 구축

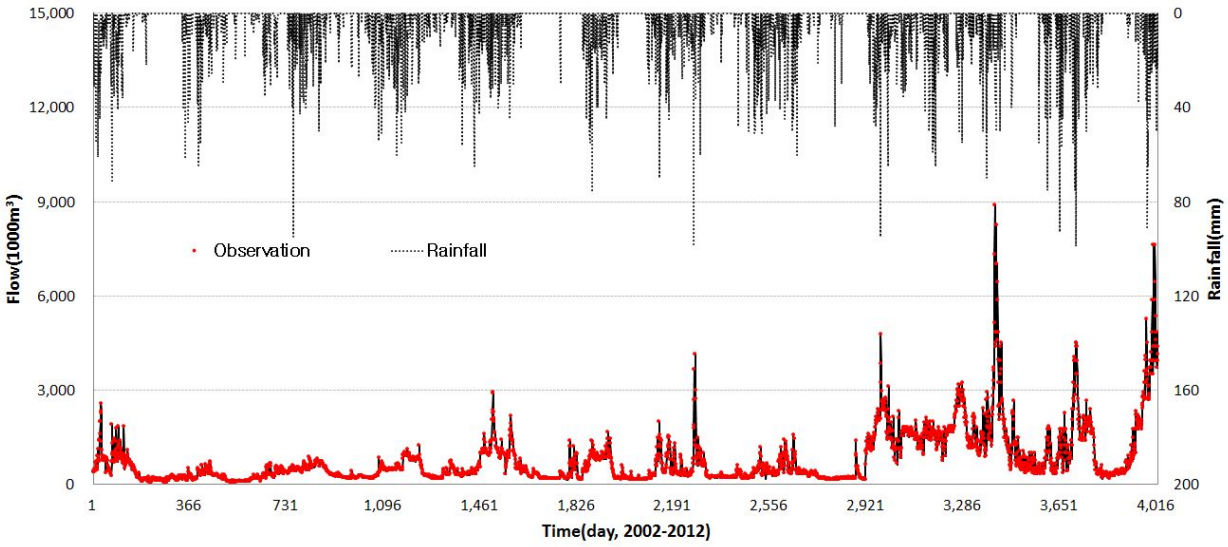
- TANK 모형 구축에 필요한 입력자료는 강우자료, 토지피복 및 지형자료, 증발산량 자료
- Paqtaruman 관측자료를 이용한 매개변수 추정을 수행

a) 강우자료

- 강우관측소 6개소의 1984년 ~2012년 강우자료 중 Pataruman의 수위관측 자료(2002년 ~ 2012년) 동일한 기간의 강우자료를 적용
- 강우 결측일수를 고려하여 Chinchona, Cileunca 관측소의 자료를 이용

<TANK 모형에 적용한 강우자료>

Year	2002	2003	2004	2005	2006	2007
연 강우량 (mm)	1,580.00	1,218.10	1,425.00	1,709.00	1,419.00	2,535.00
관측소	Chinchona	Cileunca			Chinchona	
Year	2008	2009	2010	2011	2012	비 고
연 강우량 (mm)	1,844.00	2,843.00	2,901.00	2,282.0.0	2,263.70	
관측소	Cileunca	Chinchona	Cileunca	Chinchona		



< 강우자료 그래프 >

b) 토지피복 및 지형자료

- Cisangkuy 유역은 지형자료를 토대로 41개의 소유역(L1~17, R1~15, C1~9)으로 구분하여 TANK모형 구축
- 토지이용도를 이용하여 임야, 답, 전, 기타 등의 면적을 구분하여 TANK모형 입력자료 구축
- Cisangkuy 유역의 토지이용현황 분석결과, 전 42.32 km2(15.16%), 답 60.72 km2(21.75%), 임야 118.15 km2(42.32%), 기타 57.992 km2(20.77%)로 구성되어 있음
- 임야와 농경지가 전체 면적의 79.23 %를 차지하는 것으로 조사됨

c) 증발산량 자료

- 일증발산량 값은 Penman-Monteith 공식을 이용하여 산정함
- 증발산량 산정에 필요한 기상자료는 Cisangkuy 유역 인근에 반둥시의 Bandung 관측소의 1999년부터 2005년 까지 기상자료를 이용하여 산정(※2004년 자료는 결측일수가 많아 제외)
- TANK모형에 적용하기 위하여 산정한 일증발산량을 월단위로 평균하여 모형에 적용함

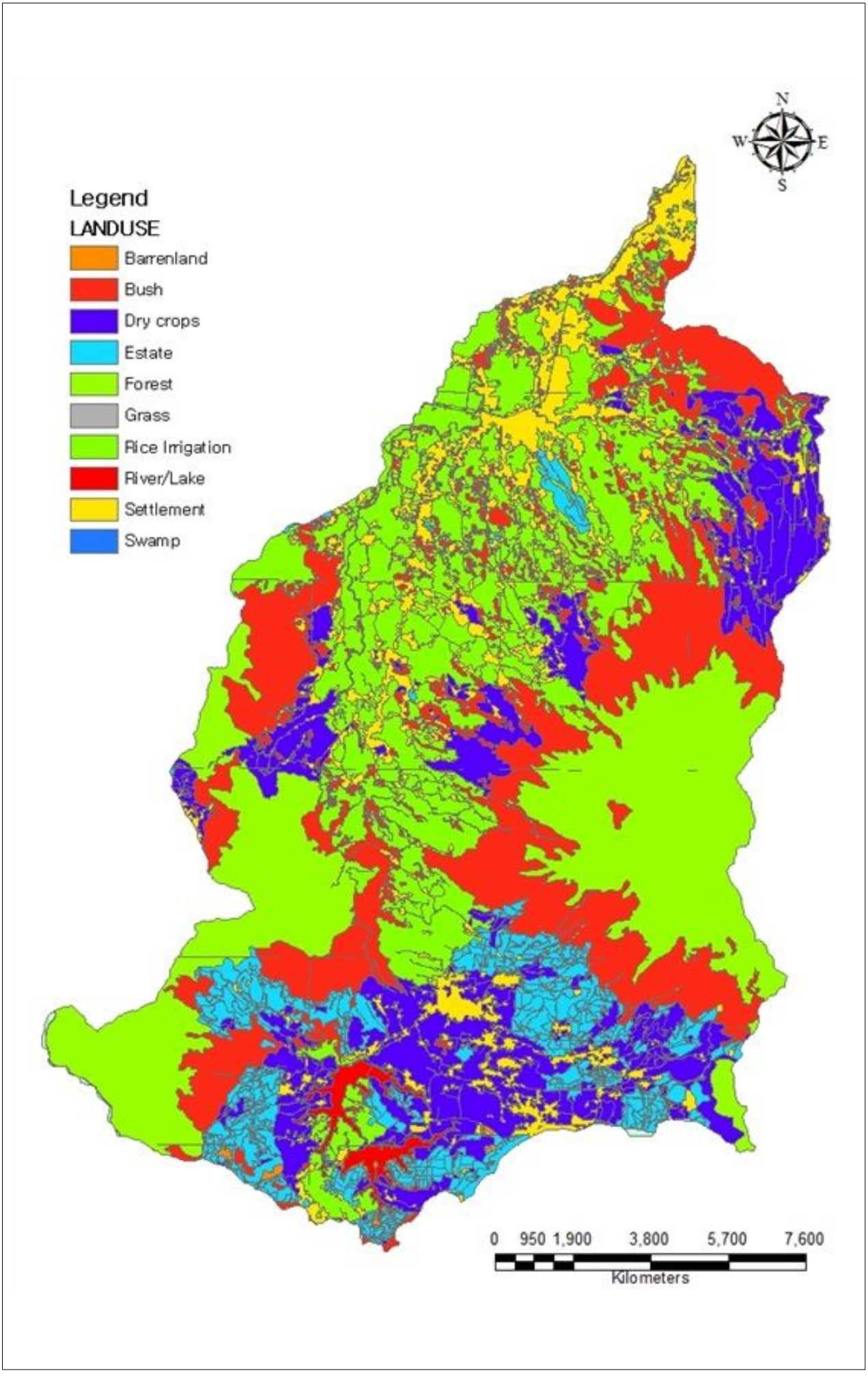
ⓐ Penman-Monteith 공식

- Penman-Monteith 공식은 국제식량농업기구(FAO)에서 기존에 사용되던 약 20여 종류의 증발산량 공식을 검정한 후 1998년부터 하나의 공식으로 통일하여 사용하기로 결정한 잠재증발산량(reference evapotranspiration) 공식

$$\lambda ET = \frac{\Delta (R_n - G) + \rho_a \cdot c_p \cdot \frac{e_s - e_a}{r_a}}{\Delta + \gamma \left[1 + \frac{r_s}{r_a} \right]}$$

여기서, λET = latent heat flux(잠열 유속, MJ m-2 day-1),
Rn = 지구(작물)표면에서 순수하게 축적되는 에너지,
G = 토양 열 유속(soil heat flux),
(es - ea) = 대기의 증기압 부족량(vapour pressure deficit),
ρa = 일정한 대기압하의 평균대기밀도,
cp = 대기의 비열(specific heat),
Δ = 포화증기압과 온도곡선의 기울기,
γ= 건습계 상수(psychrometric constant),
rs = 표면저항((bulk) surface resistance),
ra = 공력저항(aerodynamic resistance)

- 잠열유속(MJ m-2 day-1)은 증발산량(mm/day) = 0.408 잠열유속(MJ m-2 day-1)의 관계를 이용하여 증발산량(mm/day)으로 환산시킬수 있음



< Cisangkuy 유역의 토지이용현황도 >

<Cisangkuy 유역의 소유역별 토지이용현황 정리>

구분 (소유역)	면적(km2)					비율(%)			
	전체	임야	답	전	기타	임야	답	전	기타
전체	279.187	118.148	60.724	42.323	57.992	42.32	21.75	15.16	20.77
L1	7.667	0.176	0.315	2.290	4.886	0.93	1.66	12.10	25.82
L2	12.952	1.953	2.214	2.699	6.086	10.32	11.70	14.26	32.17
L3	4.663	0.001	0.014	3.653	0.995	0.01	0.07	19.30	5.26
L4	19.831	14.099	0.288	1.543	3.902	74.51	1.52	8.15	20.62
L5	7.138	4.300	0.002	0.719	2.117	22.73	0.01	3.80	11.19
L6	1.339	1.334	0.000	0.000	0.005	7.05	0.00	0.00	0.02
L7	0.514	0.507	0.002	0.000	0.005	2.68	0.01	0.00	0.02
L8	2.343	2.178	0.140	0.000	0.025	11.51	0.74	0.00	0.13
L9	0.481	0.189	0.268	0.000	0.024	1.00	1.42	0.00	0.13
L10	1.351	1.080	0.254	0.000	0.018	5.71	1.34	0.00	0.09
L11	2.079	1.307	0.594	0.041	0.137	6.90	3.14	0.22	0.72
L12	12.692	8.878	0.045	3.238	0.531	46.92	0.24	17.11	2.81
L13	1.264	0.622	0.358	0.127	0.158	3.28	1.89	0.67	0.84
L14	3.651	2.518	0.359	0.507	0.268	13.31	1.90	2.68	1.41
L15	1.806	1.620	0.099	0.030	0.057	8.56	0.52	0.16	0.30
L16	0.373	0.264	0.072	0.000	0.037	1.40	0.38	0.00	0.19
L17	3.182	0.767	2.118	0.000	0.297	4.06	11.19	0.00	1.57
R1	12.064	6.861	0.000	1.643	3.559	36.26	0.00	8.68	18.81
R2	5.763	2.011	0.408	1.163	2.180	10.63	2.16	6.15	11.52
R3	0.648	0.004	0.551	0.001	0.093	0.02	2.91	0.00	0.49
R4	7.169	2.462	1.836	0.352	2.519	13.01	9.70	1.86	13.31
R5	0.659	0.159	0.423	0.002	0.075	0.84	2.23	0.01	0.40
R6	0.681	0.049	0.577	0.000	0.055	0.26	3.05	0.00	0.29
R7	4.469	2.539	1.307	0.228	0.396	13.42	6.91	1.20	2.09
R8	0.688	0.137	0.502	0.000	0.049	0.72	2.66	0.00	0.26
R9	4.412	2.145	2.109	0.000	0.157	11.34	11.15	0.00	0.83
R10	11.694	6.295	3.620	1.019	0.760	33.27	19.13	5.39	4.02
R11	29.819	15.451	9.125	1.992	3.251	81.66	48.22	10.53	17.18
R12	4.134	0.388	2.562	0.098	1.086	2.05	13.54	0.52	5.74
R13	7.805	1.190	4.477	0.404	1.735	6.29	23.66	2.13	9.17
R14	45.351	20.343	13.096	4.733	7.178	107.51	69.21	25.02	37.94
R15	18.371	6.867	2.290	7.085	2.129	36.29	12.10	37.44	11.25

<Cisangkuy 유역의 소유역별 토지이용현황>

구분 (소유역)	면적(km2)					비율(%)			
	전체	임야	답	전	기타	임야	답	전	기타
C1	18.922	5.546	0.000	7.518	5.858	29.31	0.00	39.73	30.96
C2	1.598	0.379	0.004	1.008	0.207	2.00	0.02	5.33	1.09
C3	0.775	0.583	0.185	0.000	0.007	3.08	0.98	0.00	0.04
C4	1.421	0.623	0.708	0.000	0.091	3.29	3.74	0.00	0.48
C5	1.483	0.064	0.856	0.213	0.350	0.34	4.52	1.13	1.85
C6	3.366	0.177	2.579	0.017	0.593	0.93	13.63	0.09	3.14
C7	3.478	0.187	2.318	0.000	0.973	0.99	12.25	0.00	5.14
C8	5.402	0.488	2.937	0.000	1.977	2.58	15.52	0.00	10.45
C9	5.688	1.409	1.114	0.000	3.166	7.45	5.88	0.00	16.73

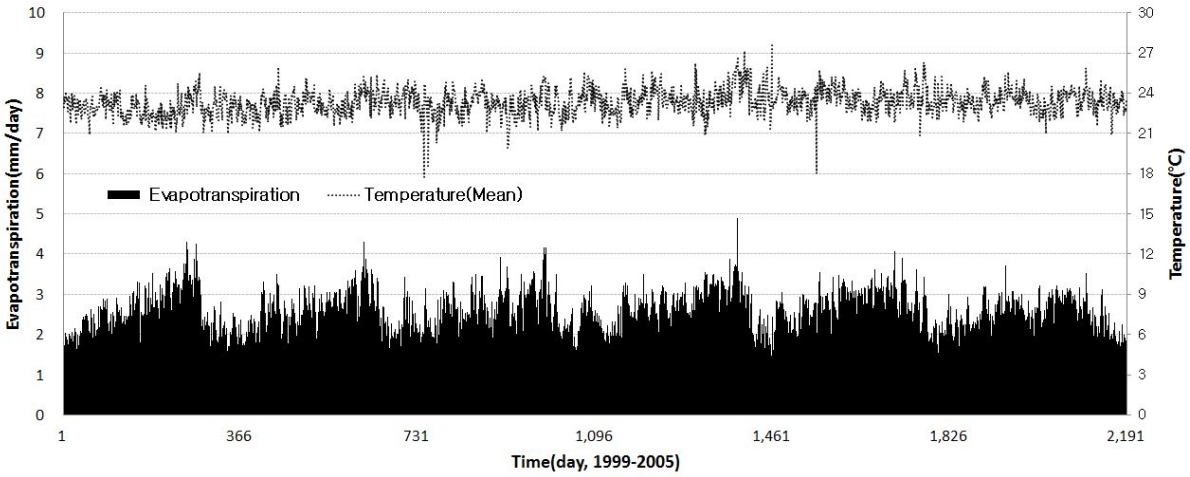
ⓑ 증발산량 산정

- Bandung 관측소의 기상자료(일조시간, 일조율, 기온, 일평균 상대습도, 풍속)를 이용하여 일별 증발산량 산정
- 산정한 일별 증발산량을 이용하여 장기적인 유출량을 산정하기 위하여 월평균 일증발산량으로 변환하여 TANK 모형에 적용

<월 평균 증발산량(mm/day)>

구분	월 평균 증발산량(mm/day)											
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1999년	1.84	2.08	2.36	2.36	2.46	2.61	2.77	3.06	3.40	2.54	2.09	1.96
2000년	1.99	2.40	2.52	2.33	2.62	2.54	2.72	2.96	3.18	2.38	1.94	2.41
2001년	2.06	2.34	2.44	2.61	2.57	2.68	2.66	2.88	3.04	2.23	1.98	2.54
2002년	2.04	2.30	2.58	2.65	2.63	2.67	2.71	3.10	3.08	3.26	2.30	1.95
2003년	2.40	2.17	2.57	2.72	2.80	2.83	2.91	2.97	2.98	2.59	2.23	2.00
2005년	2.12	2.27	2.52	2.66	2.66	2.40	2.63	2.82	2.71	2.45	2.19	1.86
평균	2.08	2.26	2.50	2.56	2.62	2.62	2.73	2.97	3.06	2.58	2.12	2.12

주) 결측일수가 많은 2004년 자료는 제외



< 증발산량 산정 >

ⓒ TANK 모형 구축

- 유역특성자료, 강우자료, 증발산량 자료를 이용하여 TANK 모형을 구축

<Cisangkuy 유역(L1)의 TANK 모형 구축(입력자료)>

```
Cisangkuy_L1
01/01/2002          12/31/2012
         6     0.700          2
     7.667     0.176      0.315      2.290      4.886
                5.00        S1I
                5.00        S2I
              141.00        S3I
              333.00        S4I
           0.3970000        A11
           0.1211000        A12
           0.0486000         A2
           0.0050000         A3
           0.0006000         A4
           0.0812000         B1
           0.1044000         B2
           0.0211000         B3
          73.0000000        H11
          23.0000000        H12
           6.0000000         H2
               0.000         H3
   1.0      2.08
   3.0      2.08
  10.0      2.08
   3.0      2.08
   0.0      2.08
   0.0      2.08
   0.0      2.08
   0.0      2.08
   0.0      2.08
   0.0      2.08
   0.0      2.08
   0.0      2.08
   0.0      2.08
   0.0      2.08
   0.0      2.08
   8.0      2.08
   0.0      2.08
   6.0      2.08
   0.0      2.08
   0.0      2.08
   0.0      2.08
```

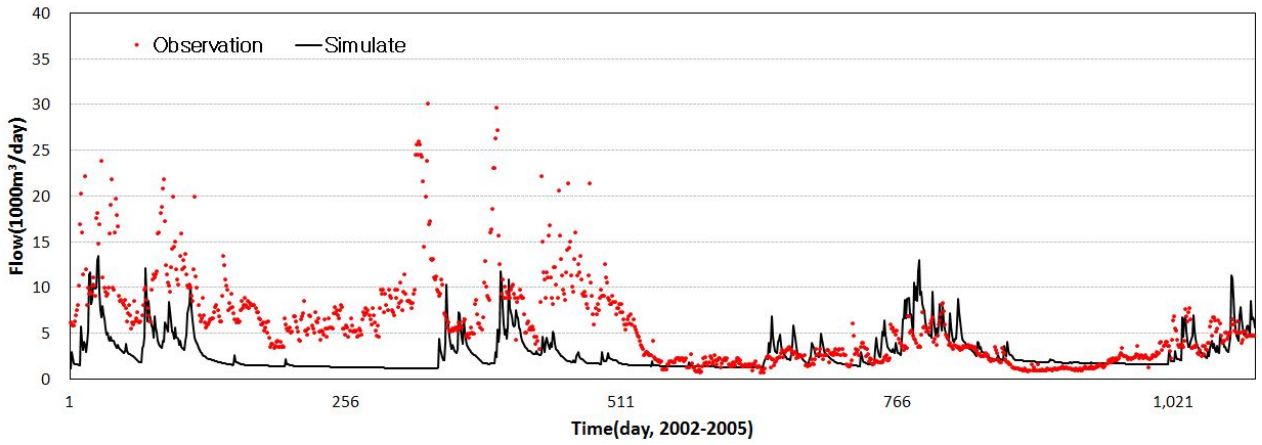
ⓓ 매개변수 추정

- TANK 모형을 이용하여 산정된 유출량과 관측된 유량자료(Pataruman의 수위관측)를 이용하여 매개변수를 추정
- 2002년 ~ 2005년의 강우량 및 유량자료를 이용한 매개변수 추정결과 일부구간의 유출량에 맞는 매개변수를 추정하면 다른 구간의 유출량이 상이하게 나오는 경향이 있음
- 이는 강우자료의 신뢰성이 떨어지기 때문이라고 사료됨(※동시간의 인근 관측소 강우량 간에 1000 mm이상의 강우량 차이가 발생하며, 결측자료가 많음)
- TANK 모형 유출량의 신뢰성을 확보하기 위하여 매개변수 추정과정이 필요하나 강우자료의 신뢰성 저하로 추정이 불가능함
- TANK 모형의 유출량을 적용하여 물수지 분석을 하기에는 부적합하여, 추후에 양질의 강우자료 확보 후 매개변수를 추정하여 TANK 모형 유출량 적용

<강우관측기록 보유현황>

Year	Cibintinu	Mande	Chinchona (BMKG)	Cileunca	Pangalengan	Chinchona (BMKG)
1983	181	–	–	–	–	–
1984	○					
1985	○	273	181			
1986	○	○	○			○
1987	○	○	334			○
1988	305	○	–			○
1989	○	○				15
1990	○	○				44
1991	○	○	○		○	○
1992	○	○	○		○	○
1993	306	306	–		365	183
1994	–	–			○	○
1995					○	○
1996					○	○
1997					○	○
1998					○	○
1999					○	○
2000					○	○
2001					77	○
2002					61	30
2003				31	○	○
2004				○	61	196
2005				○	○	○
2006				–	–	○
2007						○
2008						184
2009						○
2010						–
2011						○
2012						○
보유	11	9	5	3	15	26

주) 표안의 수치는 결측일수를 나타냄



< 강우-유출모형 매개변수 추정결과 >

(나) ModSim 모형

- ModSim 모형은 미국 텍사스의 수자원개발부가 개발한 SIMYLD 네트웍 모형을 미국 콜로라도 주립대학의 Labadie 교수가 수정하여 개발한 MODSIM (Modified SIMYLD)을 기본모델로 하여 한국유역에 맞도록 개발된 모형
- 일반화된 하천유역 네트워크 모형(river basin network model)으로 네트워크 최적화기법인 Lagrangian relaxation algorithm을 사용하여 실수계산보다는 효율이 매우 좋은 정수계산 방식을 선형네트웍의 해법으로 적용
- ModSim 8.5는 MS .Net Framework을 기반으로 개발되어 모형 내에서 MS Visual C++ .Net 코드를 생성 및 수행가능
- ModSim 모형내 모든 전역 변수들과 클래스는 Custom code에 의해서 직접적으로 제어 가능
- ModSim의 강력한 사용자 편의 시스템(GUI)은 운영에 필요한 데이터베이스 자료와 최적모의 흐름 네트워크와의 동적연결을 가능
- 최적모의를 위한 목적함수와 제약조건은 GUI 상에서 자동적으로 생성되며, 더불어 사용자에게 최적화 모델링 또는 컴퓨터 프로그래밍에 대한 편의성 제공
- ModSim 모형은 객체지향적 개념으로 설계되었으며, 모형에서 담당하는 기능별로 동적링크 라이브러리 (DLL; Dynamic Link Library)로 구성
- NetworkUtils.dll은 화면상에서의 네트워크 구성에 대한 라이브러리이며, Libsim.dll은 네트워크 선형계획법에 의한 물배분 모의와 최적화 기능을 함

ⓐ 매트릭스 계산

- 개량된 simplex method를 확장한 표준 선형프로그램을 사용하여 정수계산 방식이 필요한 정도의 정확도를 갖는 해를 계산가능
- 하천유역 관리에 있어서 물리적, 수문학적, 제도적인 측면에서 물이 배분될 수 있고, 유역 수자원관리 시설의 전체적인 배치 및 운영조건을 다양하게 반영할 수 있도록 구축됨

ⓑ Net Framework의 가장 뛰어난 장점

- ModSim 모형 사용자에게 다양한 또는 특수한 형태의 운영율이나 입력 자료를 입력가능하며 사용자가 원하는 형태의 결과를 출력 가능
- 모형의 소스코드의 변경없이 외부모형과의 결합을 가능
- C++, C#, 그리고 Visual Basic 등 어떠한 형태의 .Net 언어 기반위에서 개발된 사용자코드라도 모형 내에서 구동가능

① ModSim 모형의 기본이론

ⓐ 네트워크 흐름 모형의 기본이론

- ModSim 에서는 5개의 노드객체가 왼쪽 노드 모음창에 위치하고 있지만 기능에 따라 7개로 나눌 수 있으며, 노드 객체들을 연결하는 링크들도 기능에 따라 3개로 나눌 수 있음
- ModSim의 노드와 링크는 수요처, 하수처리장, 지하수 대수층, 저수지, 하천, 송수관 등의 물리적 또는 수문학적 요소들 이외에 유역 물관리에 영향을 미치는 다양한 법적, 제도적 요소를 고려한 네트워크 구축가능
- ModSim은 네트워크 흐름의 최적화 기법을 이용하여 계산시간($t = 1, \cdots, T$)동안 순차적으로 유역 물배분을 모의할 수 있으며 가상의 노드와 링크를 포함하여 다음과 같은 네트워크 흐름 비용 최소화 문제를 계산

$$\min \sum_{l \in A} c_l q_l \qquad \text{(식.1)}$$

$$\sum_{l\in O_i} q_l - \sum_{k\in I_i} q_k = O_{lk}(\mathbf{q}); \text{for } all\, i \in N \qquad \text{(식.2)}$$

$$l_{lt}(\mathbf{q}) \le q_l \le u_{lt}(\mathbf{q}) \text{ for } all \;\; links\; l \in A$$

여기서, q_l : link ℓ 에서의 유량(정수값),

q_l : link ℓ 에서의 cost, weighting factor나 단위유량당 우선순위,

A : Network의 모든 link의 집합,

N : 모든 node,

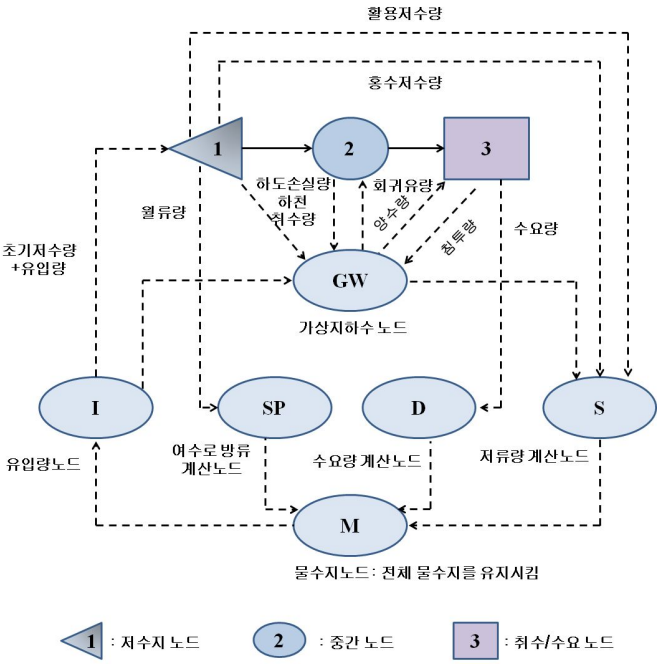
O_i : node i에서 시작되는 모든 link(유출 link),

I_i : node i에서 시작되는 모든 link(유입 link),

l_l : link ℓ 에서의 범위의 하한치,

u_l : link ℓ 에서의 범위의 상한치를 말함

- (식.1)은 임의의 노드에서 흘러 빠져나간 총량이 그 노드 안으로의 총 유입 흐름량과 같다는 것을 나타냄
- (식.2)는 모든 링크 흐름에서의 상한 값과 하한값을 말함
- 시스템은 동일한 노드 쌍에 여러 개의 링크가 할당될 수 있으며, 모든 흐름은 모의에 선정된 시간구간당 체적으로 표현됨 (∴ ModSim은 특정 시간 구간에서 첨두흐름 조건보다는 평균흐름 조건으로 모형화 됨)
- 네트워크 최적화 문제에 대한 데이터 베이스는 완전하게 O_i,□I_i, N_i, A 집합체일 뿐만 아니라 ,각 링크에 대한 $I:[l_l, u_l, c_l]$ 링크 매개변수에 의해서 결정됨
- 링크 매개변수는 사용자에 의하여 제공된 자료에 기초하여 ModSim에 의해 자동으로 결정
- 완전 순환적인 네트워크는 기본적으로 다음그림과 같이 구성되며, 굵은 선으로 표시된 노드 1,2와 3은 실제적인 것으로 실제 유역의 상황을 나타내는 물리적인 시스템 노드를 말함
- 노드 1은 저수지이고, 노드 3은 수요/취수이고 노드 2는 중간 노드
- 실선으로 표시된 링크는 실제하천, 수로 또는 용수 공급망 등을 나타냄



< ModSim의 네트워크 구조 >

<노드와 링크의 기능 및 입력자료>

아이콘	기능	입력자료
저류노드 (저수지운영)	·하천 및 하천밖 저수지운영 ·홍수조절, 용수공급,사수위설정 ·저수지군 운영을 위한 저류공간 분할	·수위,면적, 저수량 관계표 ·최대, 최소, 초기 저수량 ·저수지 운영곡선 ·저수량 수급균형표 ·수리학적 최대 방류량표 ·순 증발량 및 침투량 ·저수지 예측 유입량
저류노드 (수력발전)	·자연낙차에 의한 수력발전 ·유역변경식 수력발전 ·첨두발전, 부가발전, 기저발전 ·양수발전 저수지	·수위와 방류량에 대한 비선형 효율관계표 ·방류량, 방수위 관계표 ·발전기용량 ·양수발전 부하율
저류노드 (수리권 설정)	·저수권 설정 ·저수지 소유권 설정 ·물은행 및 공급계약	·저수지 수리권자 ·그룹 소유권
비저류노드	·유역 유출량 ·지류 유입량 ·하천의 합류점 또는 분기지점 ·지하수의 회귀지점 ·양수에 의한 하천수의 고갈지점	·유입량 시계열 자료 ·사용자 정의 코드를 통한 외부 강우유출 모형의 수행
수요노드 (소모성)	·소모성 물수요지점 ·지하수 양수지점 ·지표수-지하수 모의지점(Glover 모형, SDF)	·수요량 시계열 자료 ·외부 소모사용 모형 ·수분상황에 따른 수요량과 우선순위 ·물사용 효율(시변 입력가능) ·대수층 관련 매개변수, 최대양수량
통과노드 (비소모성)	·하천유지유량 설정 (환경, 생태, 주운 등) ·비소모성 물수요지점 ·모형 검,보정을 위한 유량관측지점으로 설정	·하천유지유량 시계열 자료 ·수문현황에 따른 통과 수요량과 우선순위 ·모형 검,보정을 위한 관측유량자료
네트워크 싱크노드	·유역 출구점(다수의 유역출구 설정가능)	
링크	·하도 손실량 ·최대 및 최소 통수능의 설정	·최대 통수능 시계열자료 ·링크 비용 및 편익
다중 링크	·비선형 하도 손실량 곡선 설정 ·비선형 비용 vs 흐름 함수설정 ·다수의 공급원 및 수리권 설정	·최대 통수능 시계열자료 ·링크 비용 및 편익
하도 추적 링크	·하도 흐름 추적	·Muskingum 하도추적계수 ·사용자 정의 지체계수

ⓑ ModSim의 네트워크 구성과 관련된 중요한 가정사항

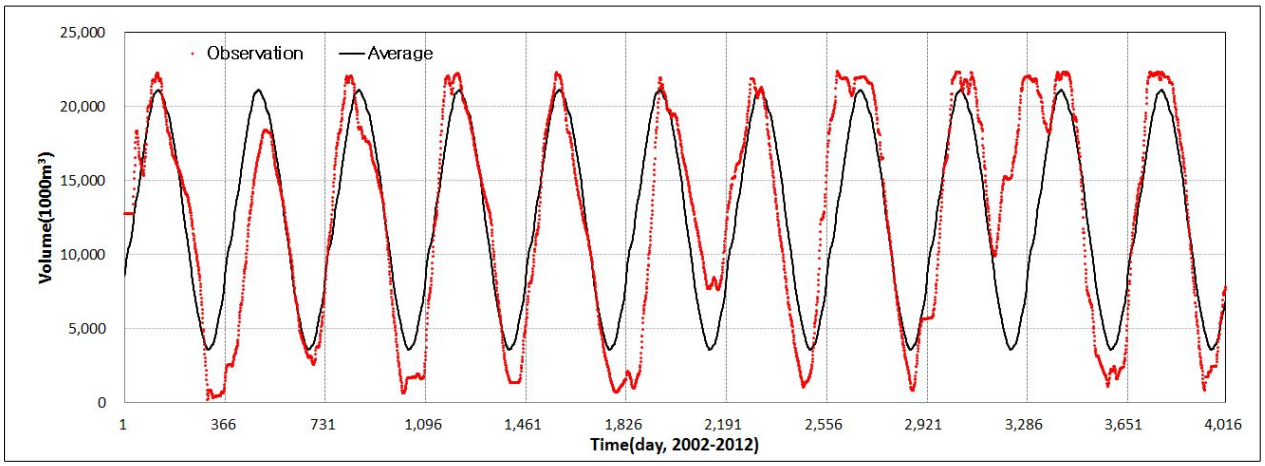
- 모든 저류 노드와 링크는 상한 값과 하한 값(즉, 최대, 최소 저류량과 흐름량이 설정되어야 함)을 설정해야함 (상한값은 모형에서 시간에 따라 변할 수 있음)
- 각 링크는 0보다 큰 유량에 대해 한 방향으로 흘러야 하며, 역으로 흐를 수 있는 흐름은 두 노드 사이에 부가적인 역 방향 링크를 할당해 줌으로서 모형화 가능
- 모든 유입량, 수요량 및 시스템내의 유입과 손실량은 모든 노드에 누적됨
- 네트워크 내 노드의 밀도가 증가하면 모의 정확도는 향상되나 계산 시간과 필요한 데이터의 수는 증가함
- 수입노드(Import Node)는 다른 유역 혹은 유역 외의 다른 지점으로부터 시스템에 유입되는 유량을 나타냄
- 각 저수지는 시스템으로부터 손실을 월류 노드(Spill Node)로 처리할 수 있음
- 사용자는 저수지 운영규칙에 의해 각 저수지의 목표운영기간 말의 저류량 형태로 제공받고, 최대저류용량은 저수지의 홍수조절용량의 한계 또는 월류용량으로 결정됨

(2) 모형 입력자료 구축

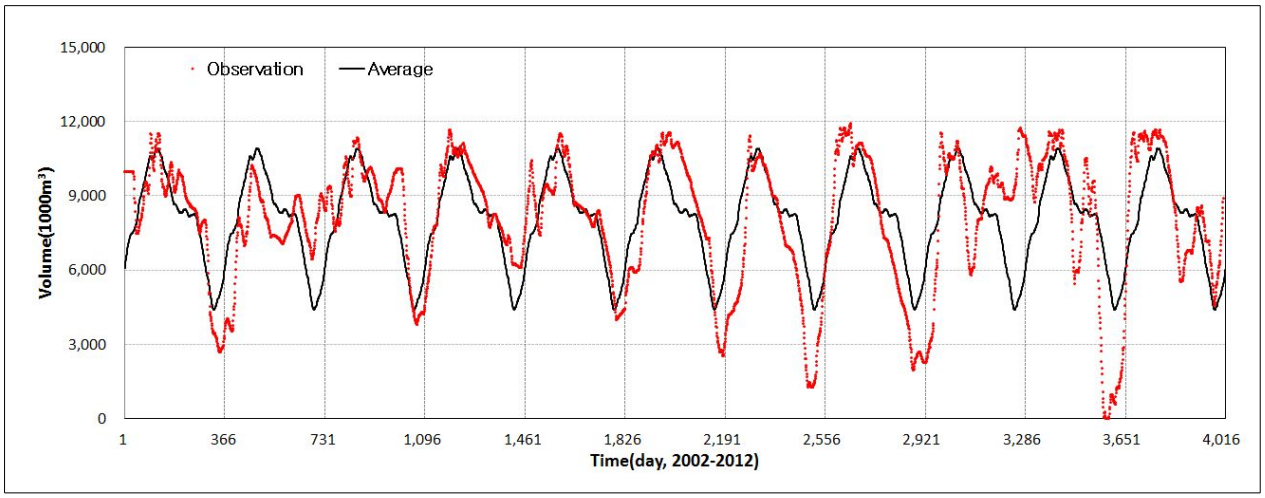
- Cisangkuy 유역의 발전용수, 공업 및 생활용수, 관개용수를 고려한 ModSim 구축
- 유역내 수리구조물(발전소, 저수지, 취수장 등)을 고려하여 구축

(가) 저수지

- Cisangkuy 유역내 Cipanunjang, Cileunca 2개소 저수지를 적용하였으며, 저수용량은 관측된 수위자료(2002년 ~ 2012년)를 저수용량으로 변환하여 적용함
- 운영률에 따른 효과분석시 월평균치를 운영 목표 및 계획 추정하여 적용
- Cipanunjang 저수지(2002년~2012년)



- Cileunca 저수지(2002년~2012년)

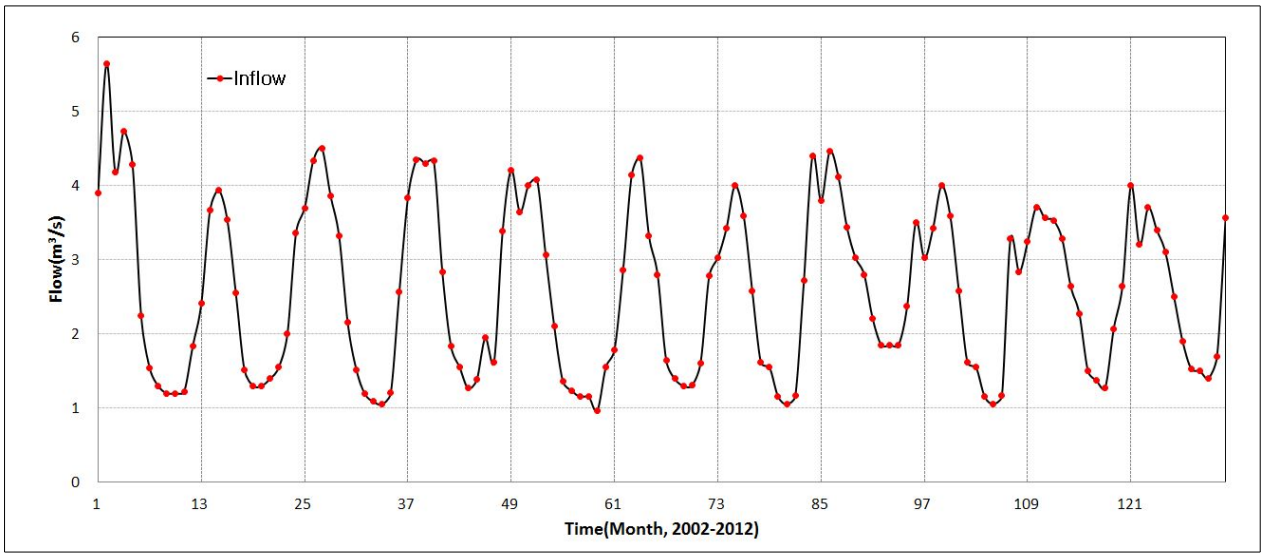


(나) 도수 터널

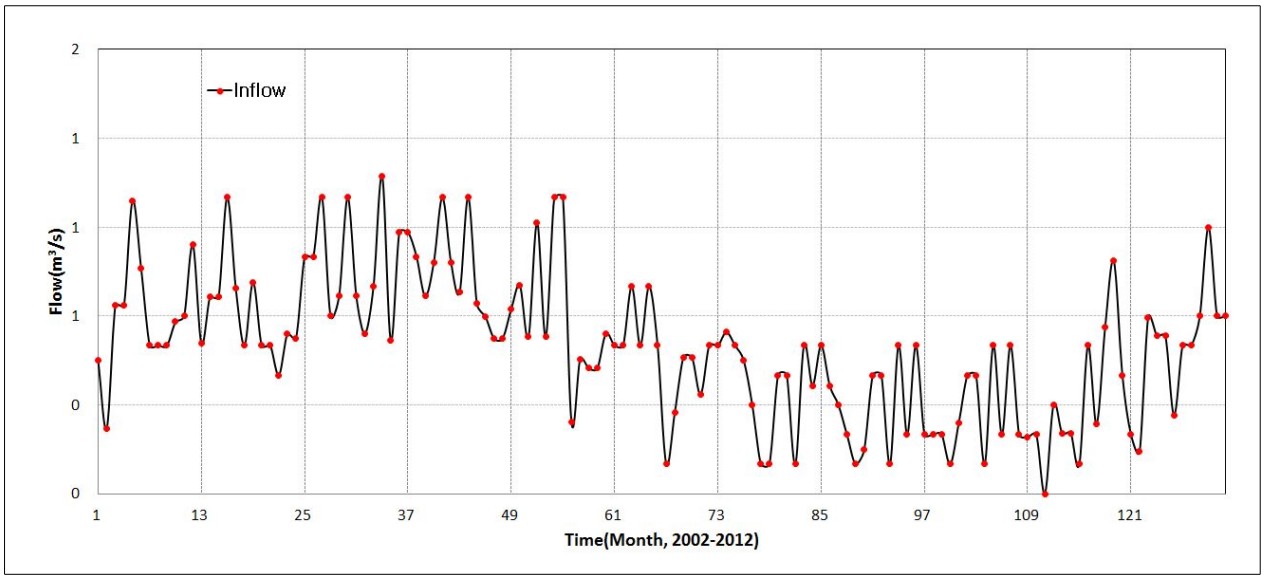
- Cipanunjang, Cilunca 저수지로 물을 공급하는 터널(Saluran, Cilaki Beet)은 별도의 시설물 조작없이 수위에 따라 터널 유입부에 설치된 위어를 통해 유량이 유입됨
- Saluran 터널 : Cipanunjang 저수지로 유입되고 있으며, Soropotan 관측소의 관측자료에 의하면, 연 평균 2.58 ㎥/s (2002년~2012년)가 유입
- Cilaki Beet 터널 : Cileuca 저수지로 유입되는 터널로써 현재 터널 유입부 지점에서 유량을 관측하고 있으며, 연 평균 0.50 ㎥/s (2002년~2012년)의 유량이 유입
- ModSim 모형에는 터널 유입부에서 관측한 자료(2002년 ~ 2012년)를 적용
- 운영률 검토시 월평균치를 운영 목표 및 계획으로 추정하여 적용

<터널 유입량 자료>

- Saluran 터널 유입량(2002년~2012년)



- Cilaki 터널 유입량(2002년~2012년)

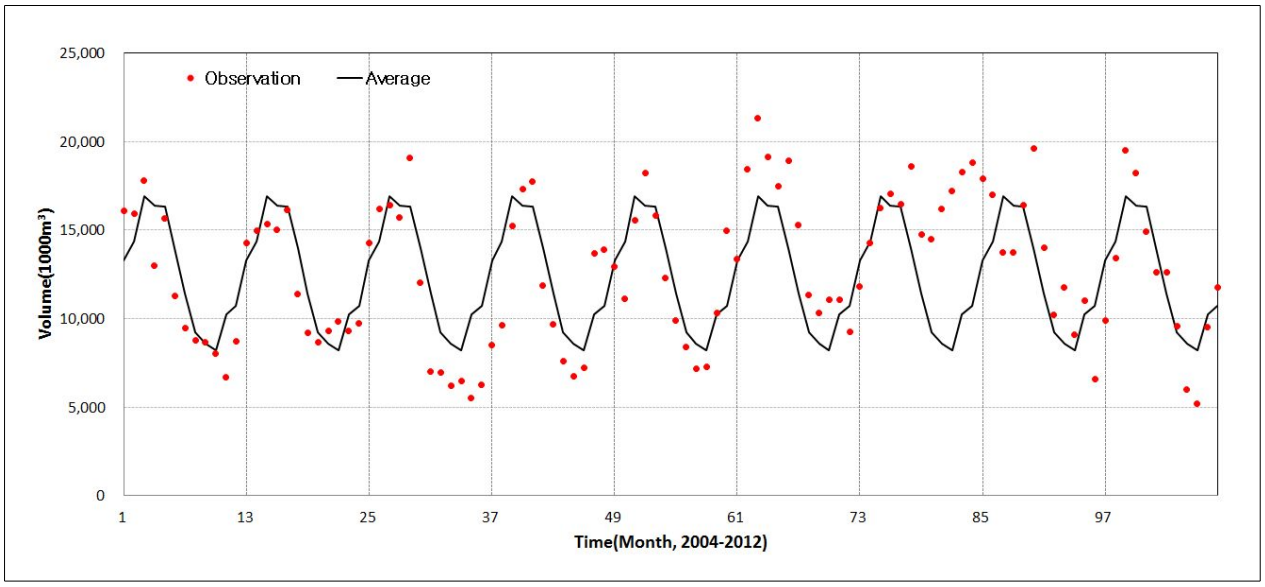


(다) 소수력 발전소

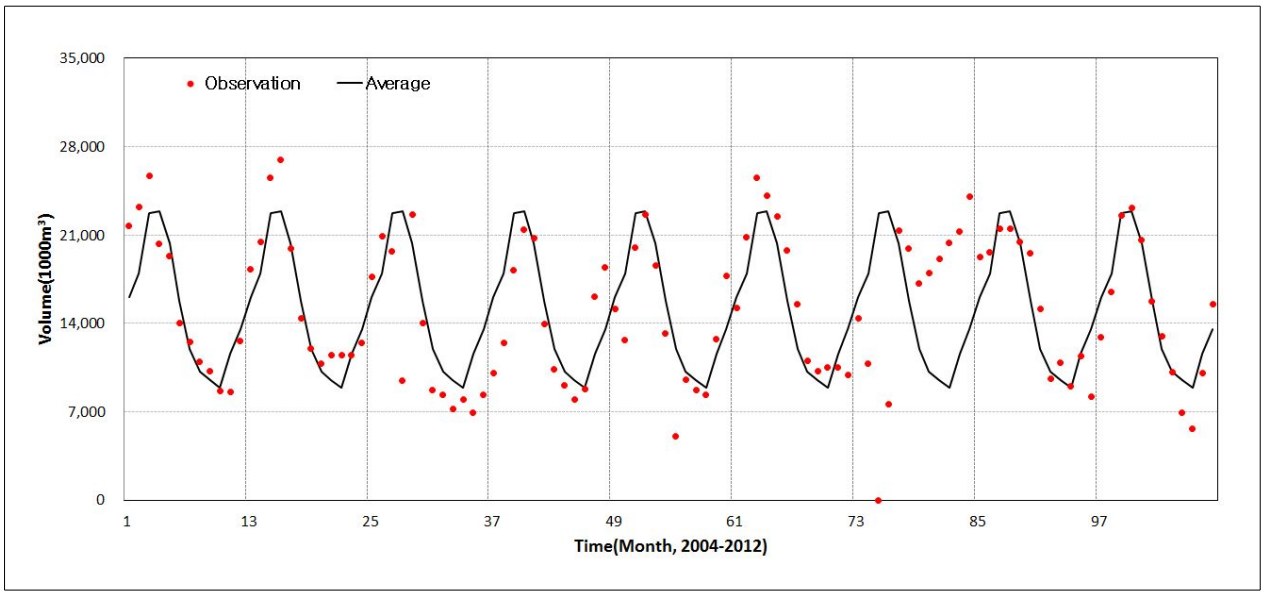
- Cisangkuy 유역내 위치한 발전소 3개소(Plengan, Lamajan, Cikalong)의 발전소별 취수계통 현황과 발전소 운영현황(2004년 ~ 2012년)자료를 이용하여 모형에 적용
- 운영률 검토시 월평균치를 운영 목표 및 계획으로 추정하여 적용

<발전소 유량자료>

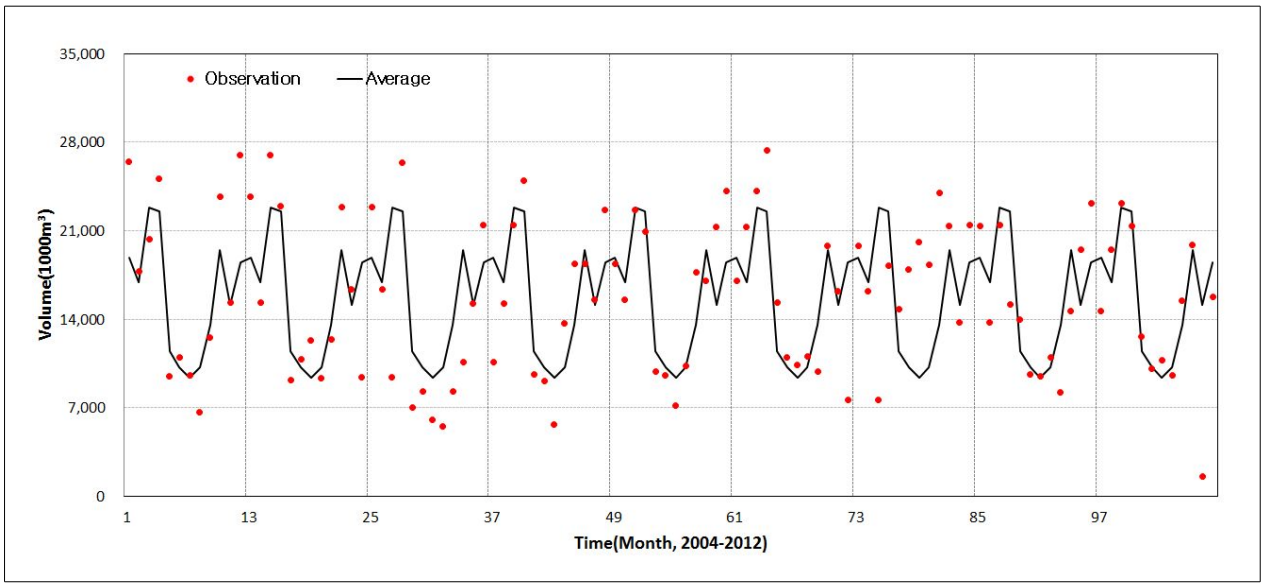
– Plengan



– Lamajan



– Cikalong

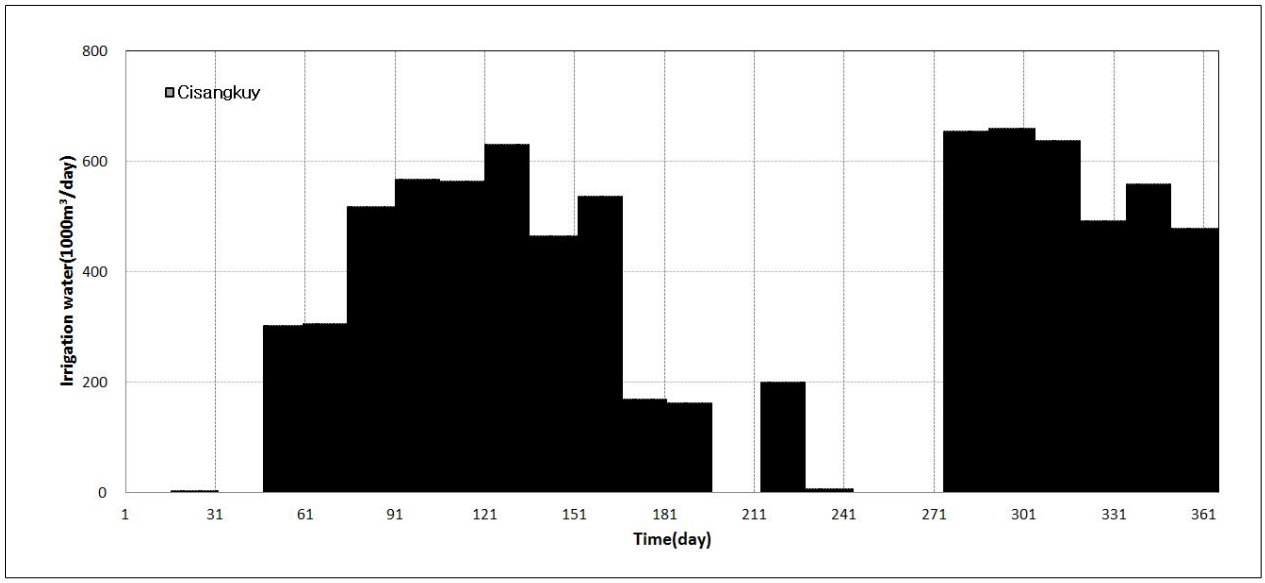


(라) 취수장(취수량 자료)

- Cikalong 취수장은 PDAM에서 관리하는 취수장으로 계획취수량은 1.6 ㎥/s이나, 금회 현장조사 결과 1.9 ㎥/s 취수하고 있는 것으로 조사됨
- 금회 물수지 분석에는 현장조사량인 1.9 ㎥/s를 적용하여 분석함
- 추후 Santosa 댐 계획에 따른 추가 1.4 ㎥/s 취수시는 미래 계획에 대한 운영률 검토시 적용

(마) 관개용수(농업용수)

- 관개용수는 DPSDA에서 제시한 단위용수량과 소유역별 농지면적을 이용하여 소유역별 소요량을 산정
- 모형의 검·보정을 통하여 관개용수의 회귀율은 65%로 추정하여 적용



< Cisangkuy 유역의 관개용수량 >

(바) 유역별 유출량

ⓐ 유출분석

- 유출분석 방법으로는 분석대상지점 상·하류에 위치한 수위표 지점 등의 실측자료를 이용하는 방법, 강우-유출모형에 의한 방법이 있음
- 금회 TANK모형을 구축하였으나 강우자료의 신뢰성이 떨어져 적용불가
- 유역별 유출량은 Cisangkuy 유역내에 있는 Pataruman 유량관측소의 실측자료(2002년 ~ 2012년)를 이용하여 유역 면적별 비유량법으로 자연유출량을 산정하여 적용

ⓑ 비유량법

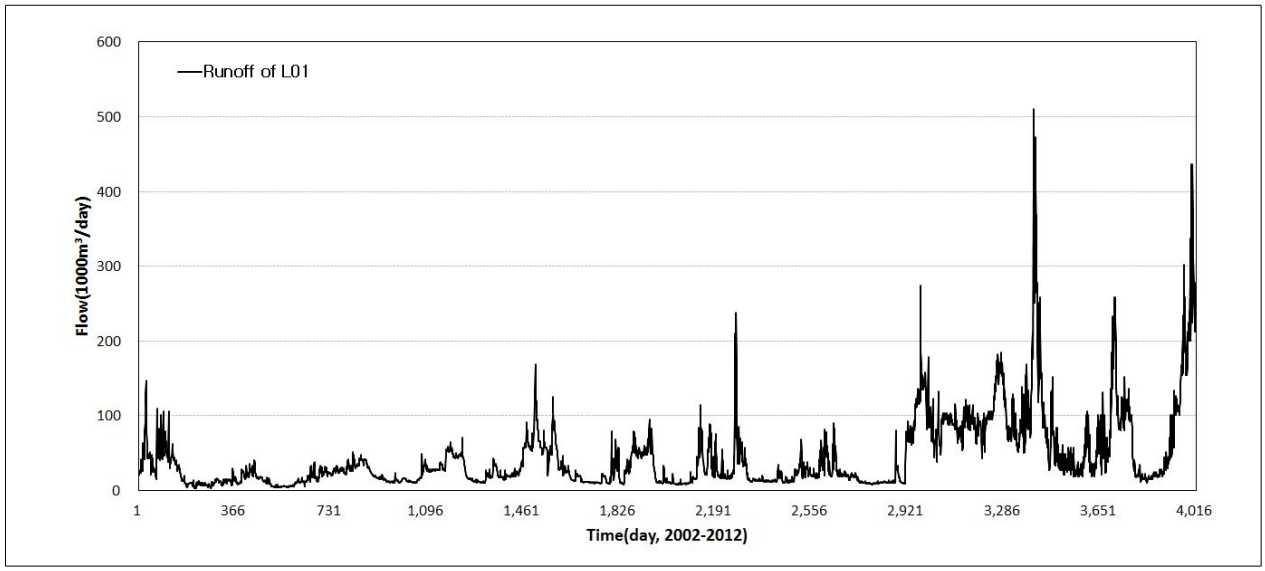
- Pataruman 관측소의 유량은 Saluran 터널과 Cilaki Beet 터널로 인해 Cilaki 및 주변 유역의 유량이 포함되어 있음
- 또한 2개 저수지(Cipanunjang, Cileunca)에 의해 조절된 유량으로 순수한 자연유량이 아님
- Cileunca 저수지의 방류량, 관개용수를 고려하여 Pataruman 지점의 자연유량을 산정

□ 자연유량 산정방법

- 자연유량 = 실측유량 + 순물소모량(생활, 공업 및 농업용수)
- Pataruman(자연유량, Cileunca 저수지 상류지역 제외)
  = Pataruman(관측유량)-Cileunca(계산방류량)+{관개면적×단위용수량×회귀율(65%)}

ⓒ 유출량 자료

- 상기에 산정한 자연유량을 유역면적별 비유량법을 적용하여 유출량 산정
- 2002년 ~ 2012년 자료를 최종 적용하여 물수지 분석 수행

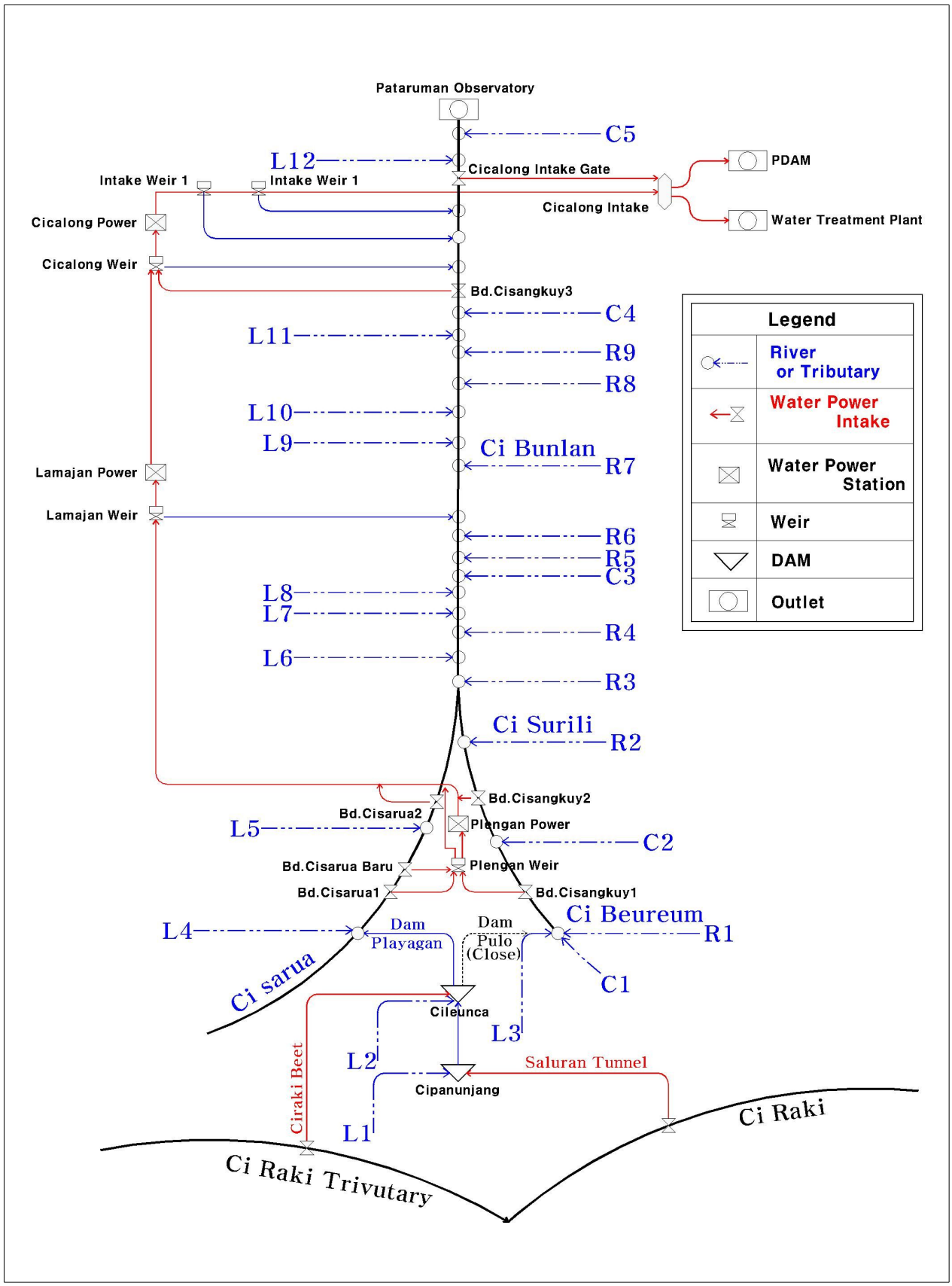


< 소유역 유출량(L1) >

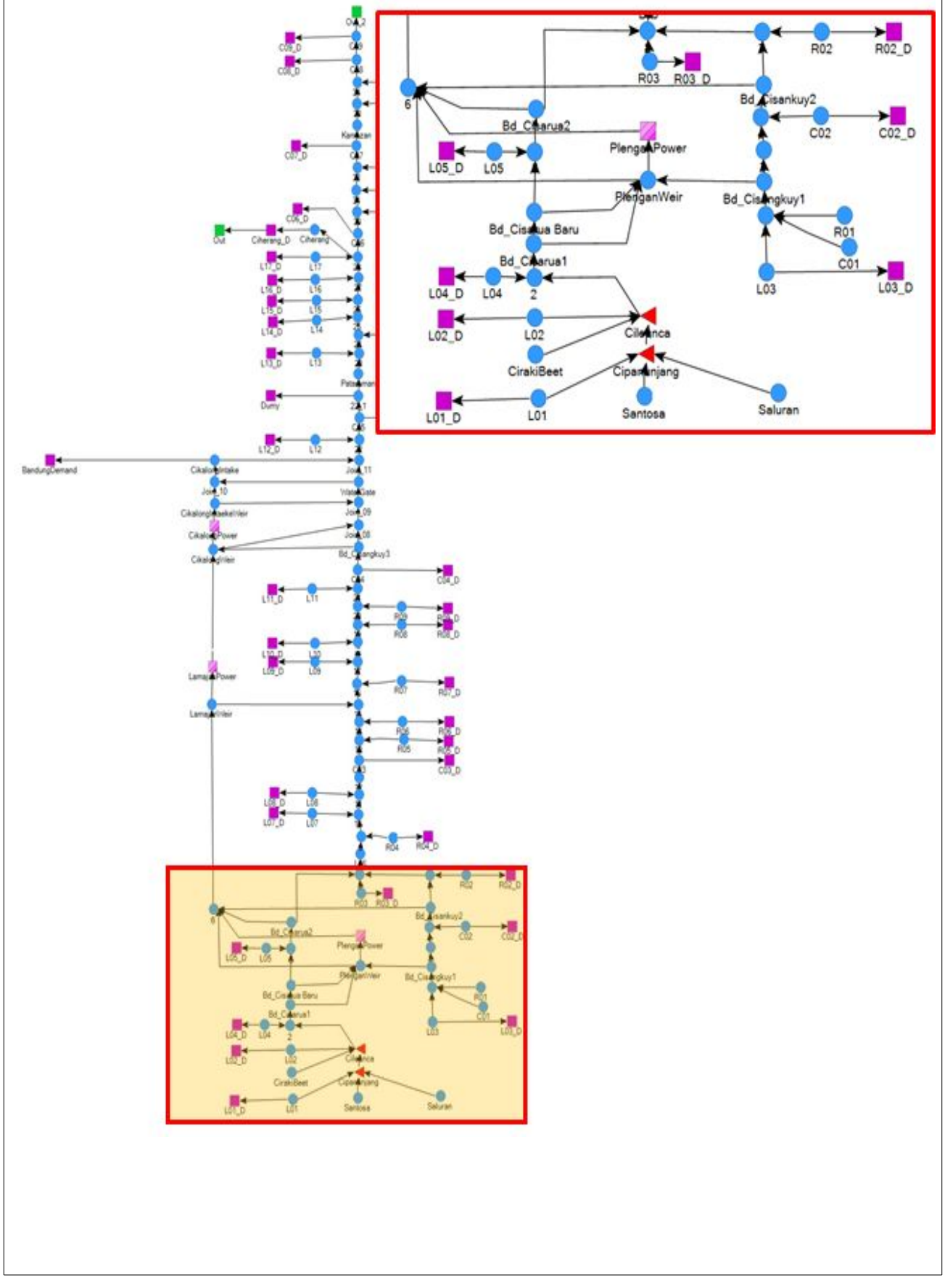
(3) 유역 네트워크 구축 및 모형 검증

(가) 유역 네트워크 구축

- 주요 시설물(저수지, 발전소, 취수장) 및 취수지점, 지류유입, 관개용수 등을 고려하여 Cisangkuy 유역에 대하여 32개의 소유역 구분
- 구분된 소유역을 토대로 ModSim 모형의 네트워크 구성



< 유역 네트워크 모식도 >



< ModSim 네트워크 구축 >

(나) 모형의 적정성 검토

- Cisangkuy 유역의 물수지 평가를 함에 있어 금회 구축된 모형의 적정성 및 적합도 평가 수행
- 2개 저수지(Cipanunjang, Cileunca)와 Pataruman 관측소의 운영자료(2002년 ~ 2012년)를 이용하여 검토를 수행

ⓐ 검토조건

- 모의기간 : 2002년 ~ 2012년(11개년, 일자료)
- 기존 저류지 Targe storage 우선순위 적용
- Cikalong 취수장의 취수량 1.9 ㎥/s 적용(금회 현장조사량)
- 기존 저류지 2개소 운영 조건 : 기존 저수지 운영체계 유지(저수지 운영자료 적용)
- 발전소 3개소 운영 조건 : 월평균 발전용수 적용(9개년, 2004년 ~ 2012년)

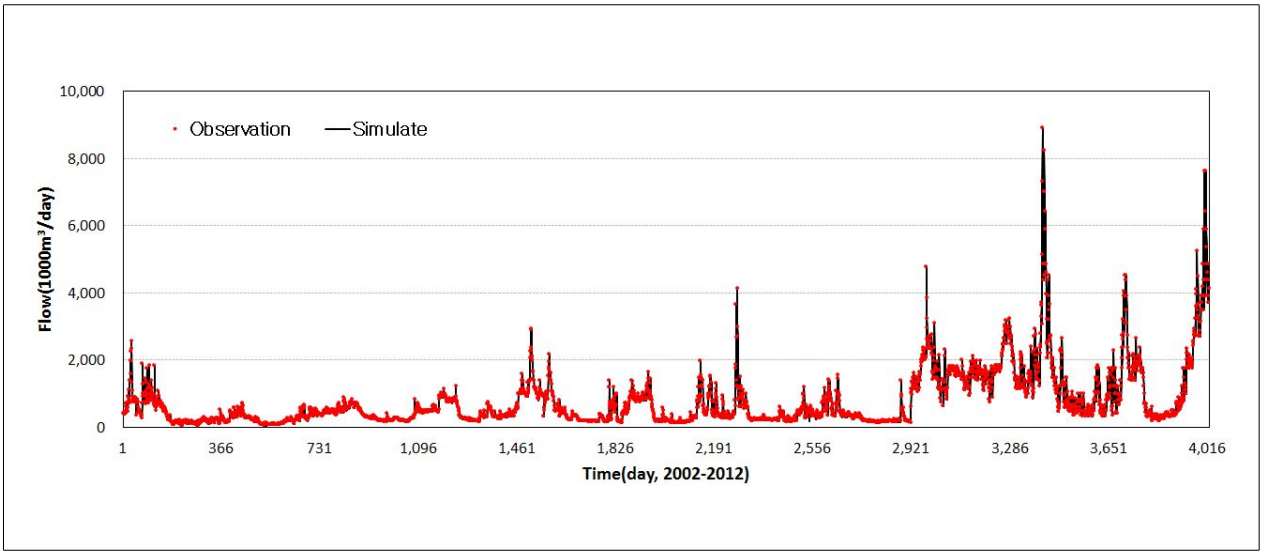
ⓑ 모형검증 검토결과

- 현 용수체계에 대한 물수지 분석결과 Pataruman 관측지점의 이수안전도는 Q95% 유량기준 66.72 % 이고, 관측유량 대비 (+)0.78 %의 오차를 보임
- Pataruman 관측지점의 2002년 ~ 2012년 일자료의 실측치와 비교한 결과 결정계수(R2)는 .999, 모형 효율성 계수(ME)는 0.999, 평균제곱근 오차(RMSE)는 13.65 ㎥로 검토됨
- 비교결과 Cisangkuy 유역의 ModSim 모형은 적정하게 구축됨

<현 용수체계 검토 결과(2002년 ~ 2012년)>

구분	결정계수(R2)	효율성계수(ME)	평균제곱근 오차(RMSE)	비고
Pataruman	0.999	0.999	13.65 ㎥	적정성 확보

주) Pataruman 관측지점 기준 일 유출량 비교(관측치 및 모의치)



< Pataruman 관측지점 적합도 >

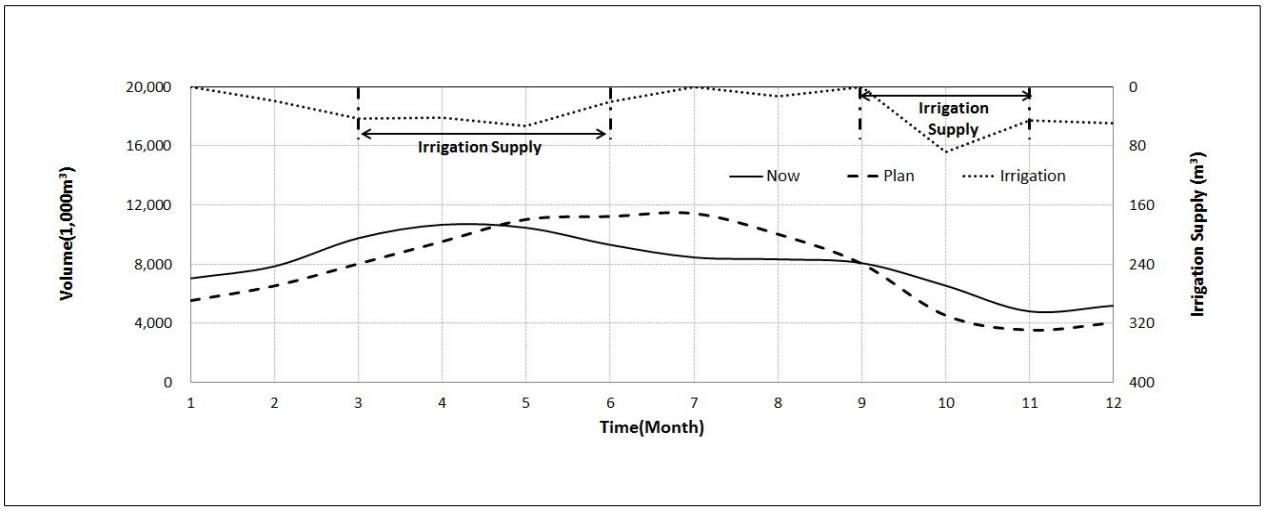
다. 시나리오별 모의 결과

(1) 기존 수력댐 저수지 시스템 운영효율 개선 평가

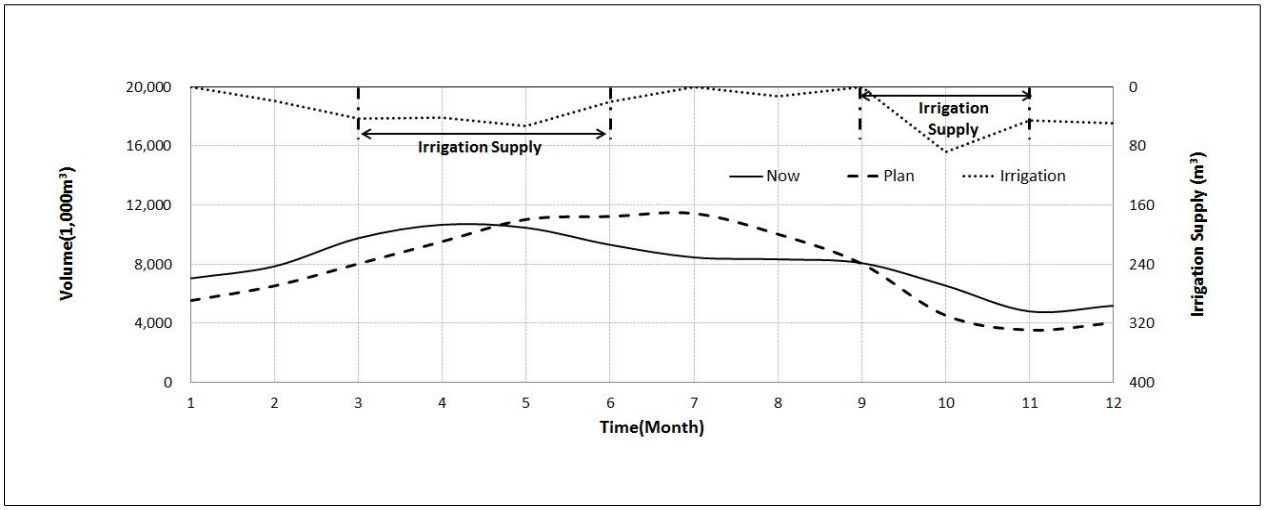
- Cipanunjang, Cileunca의 운영수위를 조사한 결과, 건기와 우기에 따라 일정한 패턴을 나타남
- 12월~2월(우기) : 저수지의 수위를 최대한 끌어올려 건기시에 방류된 물을 보충하는 시기
- 3월~5월 : 건기가 발생되는 시기에 대비하여 우기시 보충된 물을 최대한 보존
- 9월~11월(건기) : 방류하는 시기
- 2개의 저수지는 에너지 생산을 위한 최적운영면에서는 대체로 만족한 결과를 보이는 것으로 판단되나, 하류지역의 필요관개용수 공급측면에서는 9월~12월에 부족
- 이에따라, 비록 현재 운영중인 저류지의 경우 주로 하류부 수력발전소 운영을 위해 운영되기는 하나 발전뿐만 아니라 하류부 용수공급 및 관개용수 면에서도 다각적으로 활용이 가능한 최적운영곡선을 시행착오를 통해 검토
- 최적운영곡선에 따른 효과검토 결과 3개의 발전소의 발전용량이 1.41 % ~ 2.71%가 증가되며, Cikalong 취수장의 이수안전도가 0.9 % 증가되는 것으로 검토됨

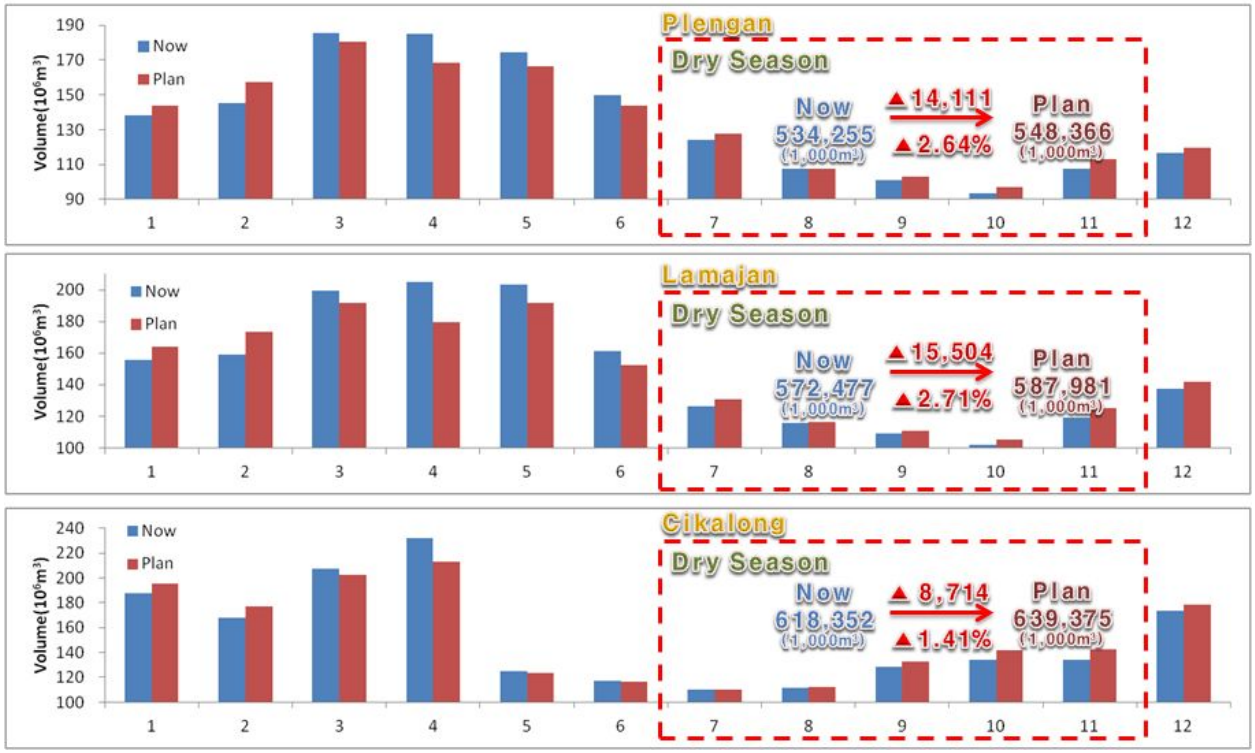
<저수지 최적운영곡선>

- Cileunca

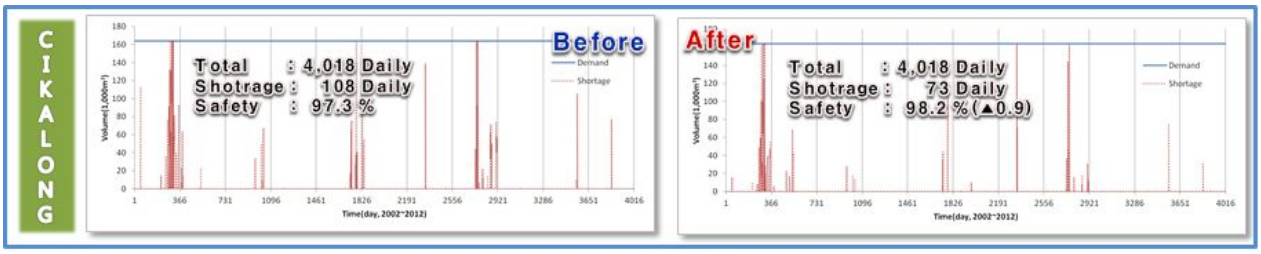


- Cipanunjang





< 발전소(3개소) 모의 결과 - Case 1 >



< Cikalong 취수장 모의 결과 - Case 1 >

(2) Santosa 신규댐 공급량 계획 검토결과

-현 용수체계에서 신규댐 설치에 따른 추가취수시 물수지 분석을 수행

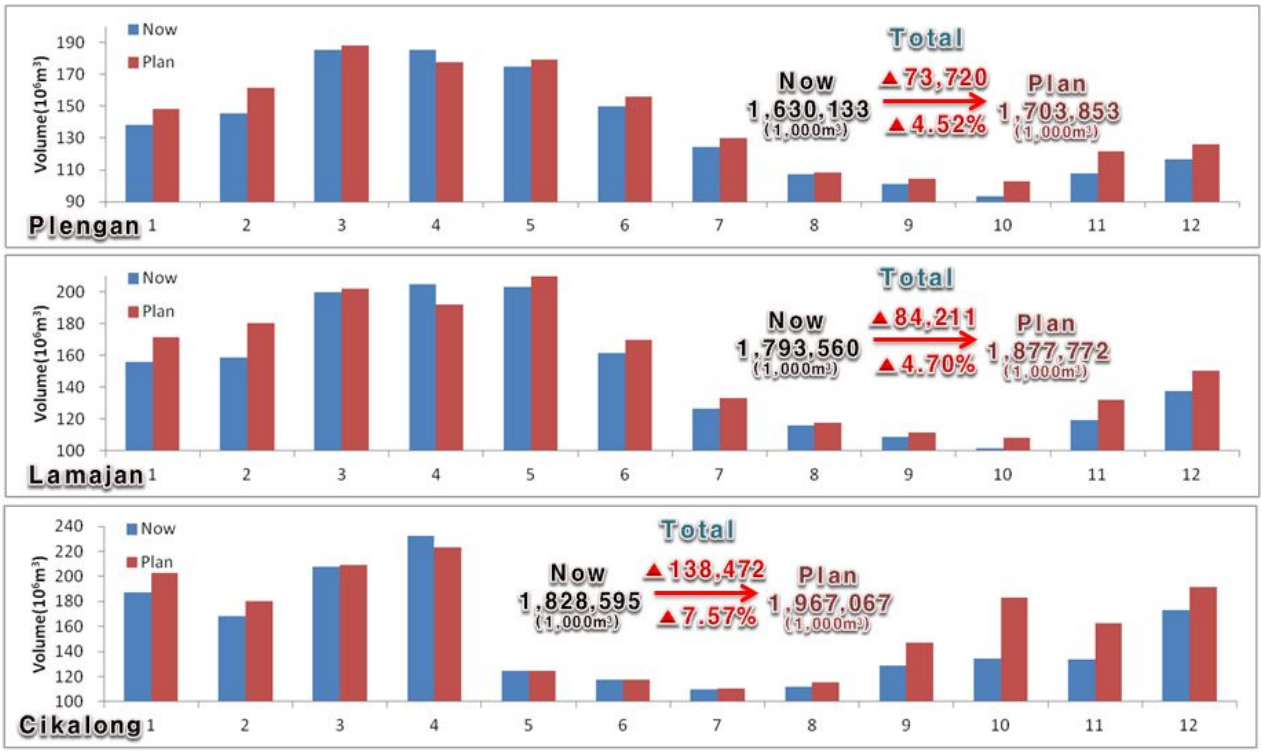
-1.4 ㎥/s의 추가취수시 기존 용수체계와 유사한 경우의 신규 Santosa 댐 최소공급 유량을 시행착오법으로 검토

-검토결과 Santosa 댐에서 월별 2.11 ㎥/s ~ 4.05 ㎥/s의 유량을 공급한다면 추가취수시에도 문제가 없을 것으로 검토됨

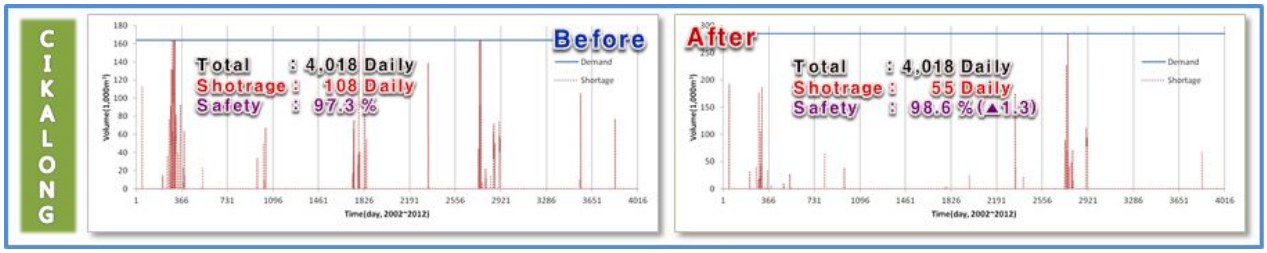
-추가 취수로 인하여 3개의 발전소의 발전용량이 4.52 % ~ 7.57 %가 증가되며, Cikalong 취장의 이수안전도가 1.3 % 증가되는 것으로 검토됨

Santosa 댐 월별 공급량 계획(㎥/s)

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	평균
공급	3.47	3.52	4.05	3.63	3.33	2.88	2.48	2.11	2.39	3.32	3.20	3.02	3.12



< 발전소(3개소) 모의 결과 - Case 2 >

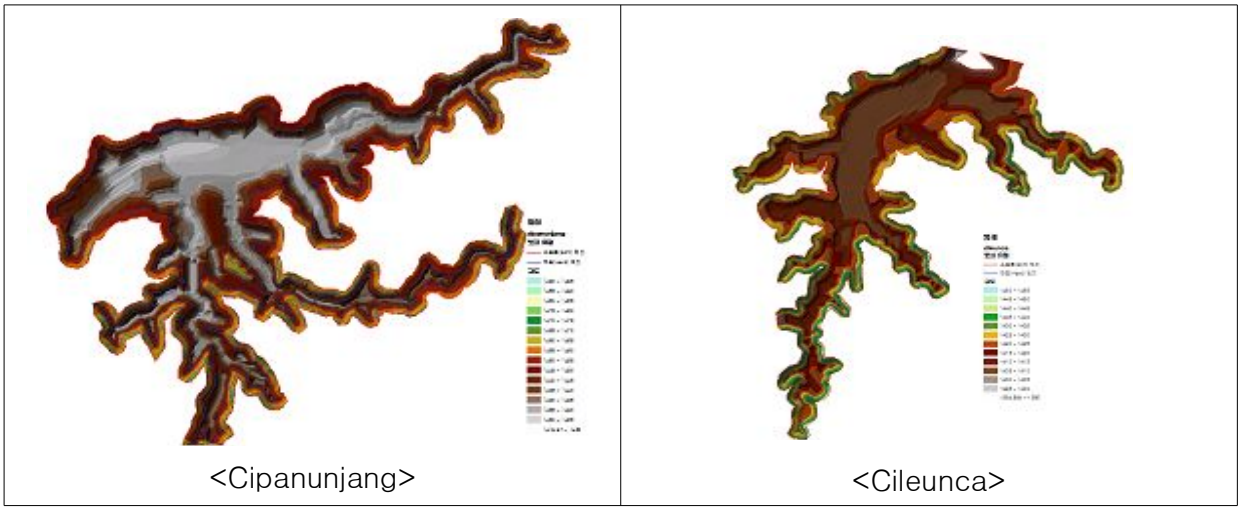


< Cikalong 취수장 모의 결과 - Case 2 >

(3) 저수지 2개소의 퇴적토에 따른 용적 검토

-2009년에 실시된 평면도 및 횡단도를 활용하여 GIS의 TIN망을 구성하여 수위-용적 곡선을 산출(※ 평면도의 경우 별도의 CAD 및 GIS 자료를 획득하지 못하여 보고서를 스캔하여 기존 획득한 수치지형도에 최대한 일치시켜 분석 수행)

-GIS를 활용하여 분석한 결과 Indonesia Power 보고서와 약 210만톤(만수위 기준)차이가 발생하였으며, 만수위와 사수위 사이의 용적 또한 오차가 있는 것으로 분석



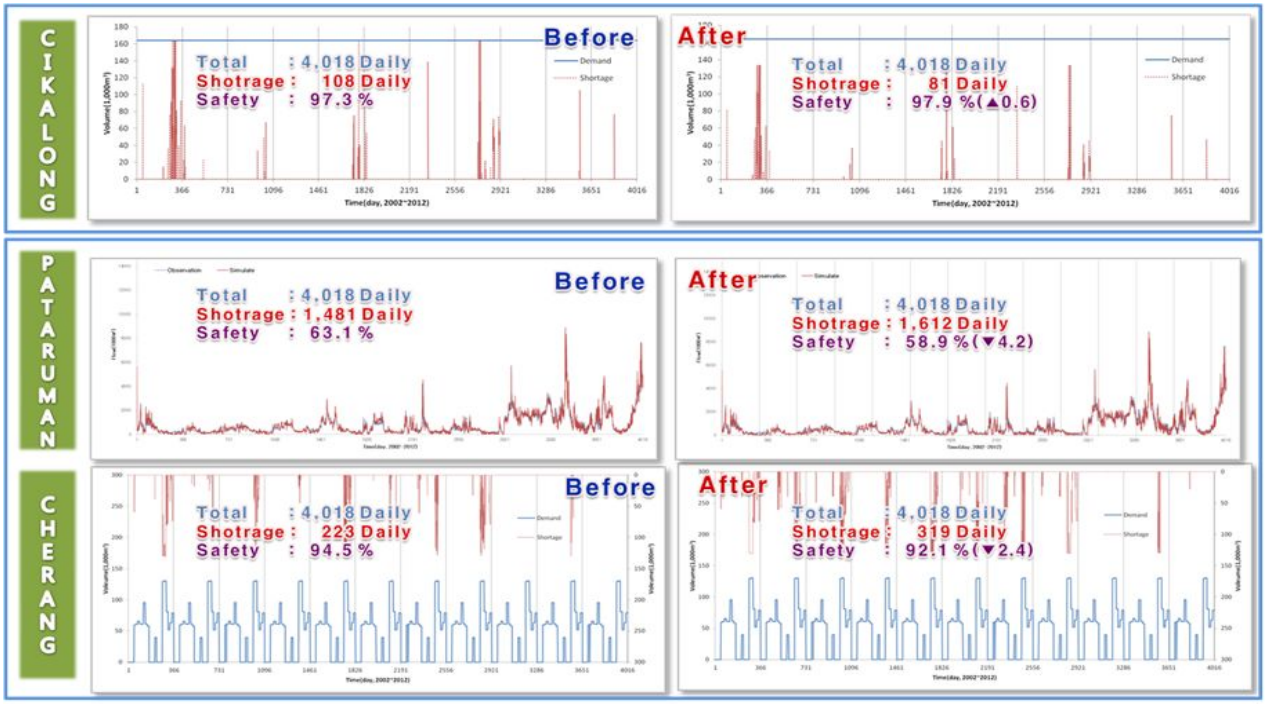
<Cipanunjang> <Cileunca>

< 저수지 용적 GIS분석 >

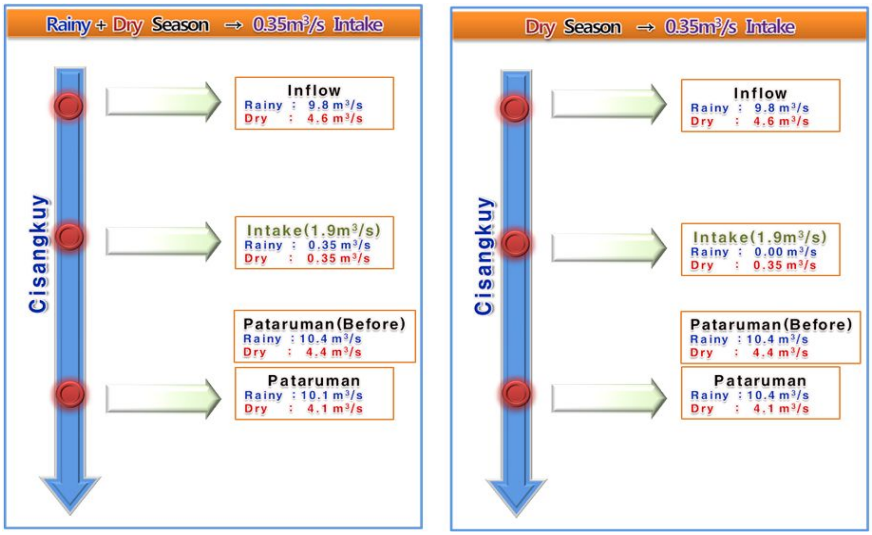
-현 용수체계에 대한 물수지 분석결과 기존과 동일한 것으로 분석됨
-퇴적토가 대부분 사수위 아래에 있어 유효용적에 미치지 않은 것으로 판단됨
-하지만, 금회 GIS를 활용하여 퇴적토를 반영한 수위-용적 곡선의 경우 자료의 정확성 및 정밀도가 낮아 이를 그대로 반영하기에는 다소 무리가 있음에 따라, 추후 퇴사량 조사 및 측정을 통한 추가 분석 수행필요

(4) Cikalong 댐 설치에 따른 하류부 영향 평가

-현재 용수체계에 대해 Cikalong 취수장 하류부 Cisangkuy 강에 신규 취수댐 설치에 따른 설치규모별 물수지 분석을 수행
-Cikalong 댐 집수능력 평가 : Pataruman 관측지점의 건기시 유량을 검토한 결과, 2002년~2012년의 평균 유량은 3.6 ㎥/s로 집수용량인 80,000 ㎥의 집수가 가능함
- Cikalong 조절지 댐 공급능력 및 하류 영향 평가
- 평가 결과, 건기시에도 Cikalong 취수장으로 꾸준히 0.35 ㎥/s를 공급이 가능한 것으로 검토
- Pataruman 지점의 하천 유지유량과 Ciherang 관개지역의 이수 안전도가 2.4 ~ 4.29 %로 감소되는 것으로 분석됨



< Cikalong 취수장, Pataruman, Ciherang 관개지역 영향검토 - Case 4 >



< Pataruman 영향검토(평균유량) - Case 4 >

3. 연계운영 효과 분석

가. 시나리오별 물관리 시설물 연계운영 효과 분석

(1) 기존 수력댐 저수지 시스템 운영효율 개선 평가

-기존 저수지의 최적운영곡선에 따른 검토결과, 최적 운영시 Plengan 발전소의 발전용량은 548,366,000 ㎥으로 약 2.64 % 증감됨

-Lamajan 발전소의 발전용량은 587,981,000 ㎥으로 약 2.71 % 증감됨

-Cikalong 발전소의 발전용량은 639,375,000 ㎥으로 약 1.41 % 증감됨

-현 운영과 최적운영의 효과분석

구분		연평균 발전용량(1000㎥) -> 건기시 공급량		
		현 운영시	최적 운영시	증감
발전소	Plengan	534,255	548,366	▲ 14,111 (2.64 %)
	Lamajan	572,477	587,981	▲ 15,504 (2.71 %)
	Cikalong	618,352	639,375	▲ 8,717 (1.41 %)

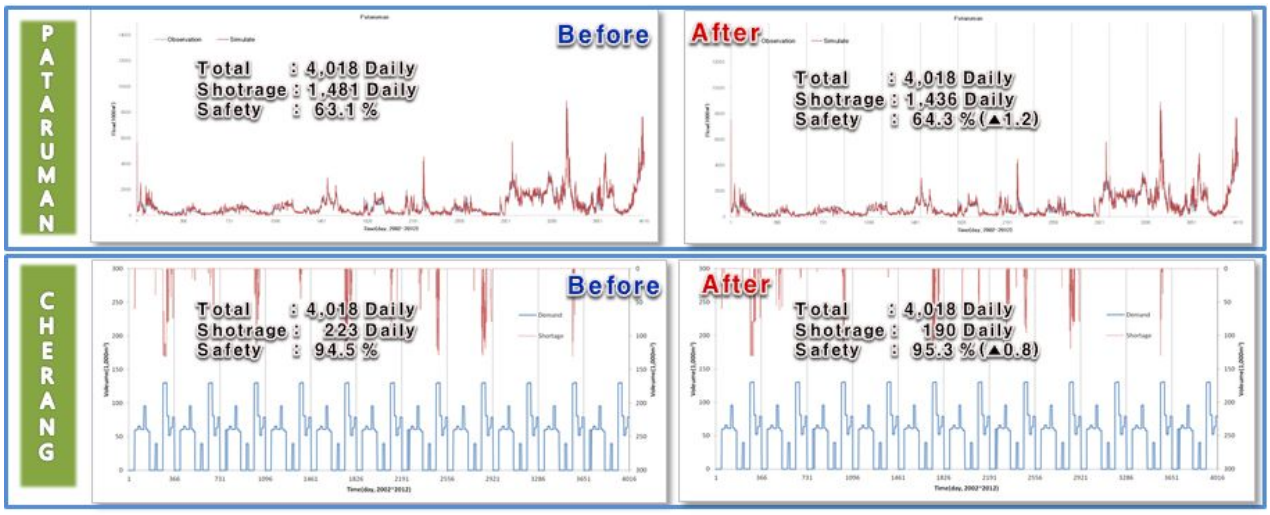
-Cikalong 취수장의 이수안전도가 0.9 % 증가, 11년간 물부족 일수가 108일에서 73일로 감소

-Pataruman 관측지점의 이수안전도가 1.2 % 증가되며, 11년간 물부족 일수가 1,481일에서 1,436일로 감소

-Ciherang 관개용수의 이수안전도가 0.8 % 증가되며, 11년간 물부족 일수가 223일에서 190일로 감소

-Cikalong 취수장, Pataruman 관측지점, Ciherang 관개용수의 효과분석(운영효율 개선)

구분		기존		계획		증감
		안전도(%)	부족(Day)	안전도(%)	부족(Day)	
Cikalong 취수장		97.3	108	98.2	73	▲ 0.9
Pataruman	Q95%	63.1	1,481	64.3	1,436	▲ 1.2
농경지	Ciherang	94.5	223	95.3	190	▲ 0.8



< 하류부 영향검토(운영효율 개선) >

(2) Santosa 신규댐 공급량 계획 평가

-Santosa 신규댐 공급량에 따른 물수지 분석결과, Plengan 발전소의 발전용량은 1,703,853,000 ㎥으로 약 4.53 % 증감됨

-Lamajan 발전소의 발전용량은 1,877,772,000 ㎥으로 약 4.70 % 증감됨

-Cikalong 발전소의 발전용량은 1,967,067,000 ㎥으로 약 7.57 % 증감됨

-Santosa 공급에 따른 발전용량 검토

구분		연평균 발전용량(1000㎥)		
		현 운영시	최적 운영시	증감
발전소	Plengan	1,630,133	1,703,853	▲ 73,720 (4.52 %)
	Lamajan	1,793,560	1,877,772	▲ 84,211 .(4.70 %)
	Cikalong	1,828,595	1,967,067	▲ 138,472 (7.57 %)

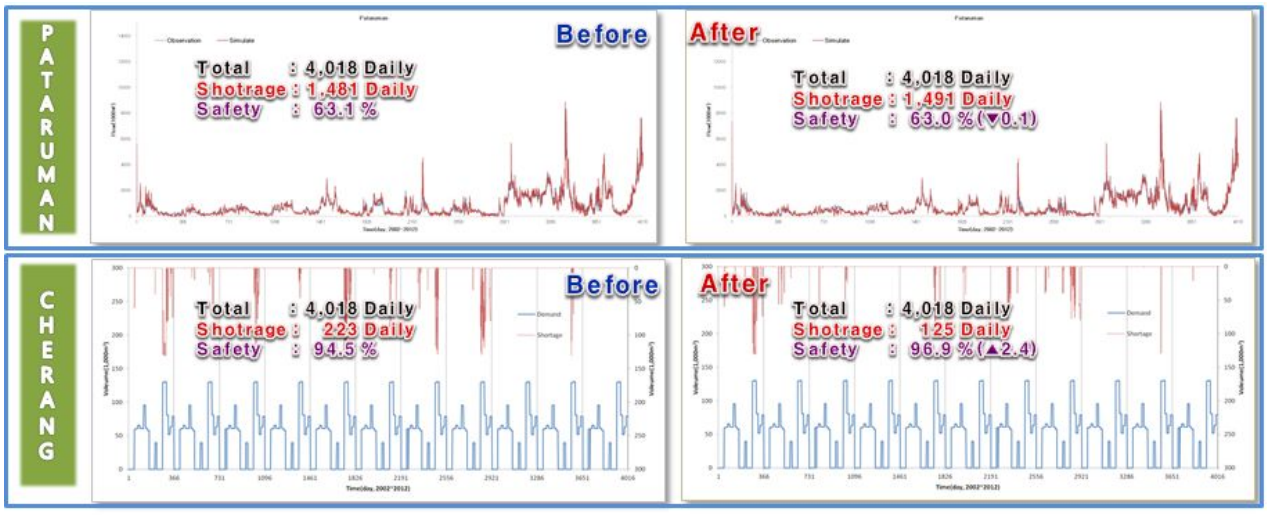
-Cikalong 취수장의 이수안전도가 1.3 % 증가, 11년간 물부족 일수가 108일에서 55일로 감소

-Pataruman 관측지점의 이수안전도가 0.1 % 감소되며, 11년간 물부족 일수가 1,481일에서 1,491일로 증가

-Ciherang 관개용수의 이수안전도가 2.4 % 증가되며, 11년간 물부족 일수가 223일에서 125일로 감소

-Cikalong 취수장, Pataruman 관측지점, Ciherang 관개용수의 효과분석(Santosa 댐 유량공급)

구분		기존		계획		증감
		안전도(%)	부족(Day)	안전도(%)	부족(Day)	
Cikalong 취수장		97.3	108	98.6	55	▲ 1.3
Pataruman	Q95%	63.1	1,481	63.0	1,491	▽ 0.1
농경지	Ciherang	94.5	223	96.9	125	▲ 2.4



< 하류부 영향검토(Santosa 댐 유량공급) >

(3) 저수지 2개소의 퇴적토에 따른 용적 검토

-현 용수체계에 대한 물수지 분석결과 기존과 동일한 것으로 분석됨

-퇴적토가 대부분 사수위 아래에 있어 유효용적에 미치지 않은 것으로 검토됨

-저수지 2개소의 퇴적토에 용적에 따른 영향검토

구분		연평균 발전용량(1000㎥)		
		현 운영시	퇴적토 반영	증감
발전소	Plengan	1,630,133	1,630,133	-
	Lamajan	1,793,560	1,793,560	-
	Cikalong	1,828,595	1,828,595	-

(4) Cikalong 댐 설치에 따른 하류부 영향 평가

-Cikalong댐 설치에 따른 하류부 영향검토 결과, Cikalong 취수장의 이수안전도는 0.6 % 증가

-하지만 Pataruman 관측지점과,Ciherang 농경지의 이수안전도는 각각 4.2 %, 24. % 감소하는 것으로 검토됨

-Cikalong 댐 설치시

구분		기존		계획		증감
		안전도(%)	부족(Day)	안전도(%)	부족(Day)	
Cikalong 취수장		97.3	108	97.9	81	▲ 0.6
Pataruman	Q95%	63.1	1,481	58.9	1,612	▽ 4.2
농경지	Ciherang	94.5	223	92.1	319	▽ 2.4

나. 기관별 운영 목적 및 현황을 기준으로 시나리오 적정성 검토

(1) 기존 수력댐 저수지 시스템 운영효율 개선에 따른 하류 시설물의 효과검토

-Cisangkuy 유역의 경우 상류부에 위치한 저수지는 발전용수 전용댐으로 수력 발전소 3개소 (Plengan, Lanajan, Cikalong)의 용수수요 공급에 최우선 순위를 부여함

-발전용수를 우선 공급한 후 이후 공공용수, 농업용수 등을 공급하는 현 운영체계로 최적운영곡선을 산정

-물수지 분석을 통해 발전용수 공급과 연계한 효율적인 운영 방안을 도출

(2) 신규 Santosa 댐 유량공급에 따른 하류 시설물의 효과검토

-Cikalong 취수장의 1.4 ㎥/s 추가 취수 계획에 따른 Santosa 댐의 추가 유량공급 계획 수립

-Santosa 댐의 추가 유량공급에 따른 시설물들의 효과를 분석

-추가공급량을 고려한 최적운영곡선을 산정하여 발전용수 공급과 연계한 효율적인 운영방안 도출

다. 극한 가뭄 등 비상시 연계운영 효과 분석

(1) 극한 가뭄 발생에 따른 운영방안 검토 시 입력자료

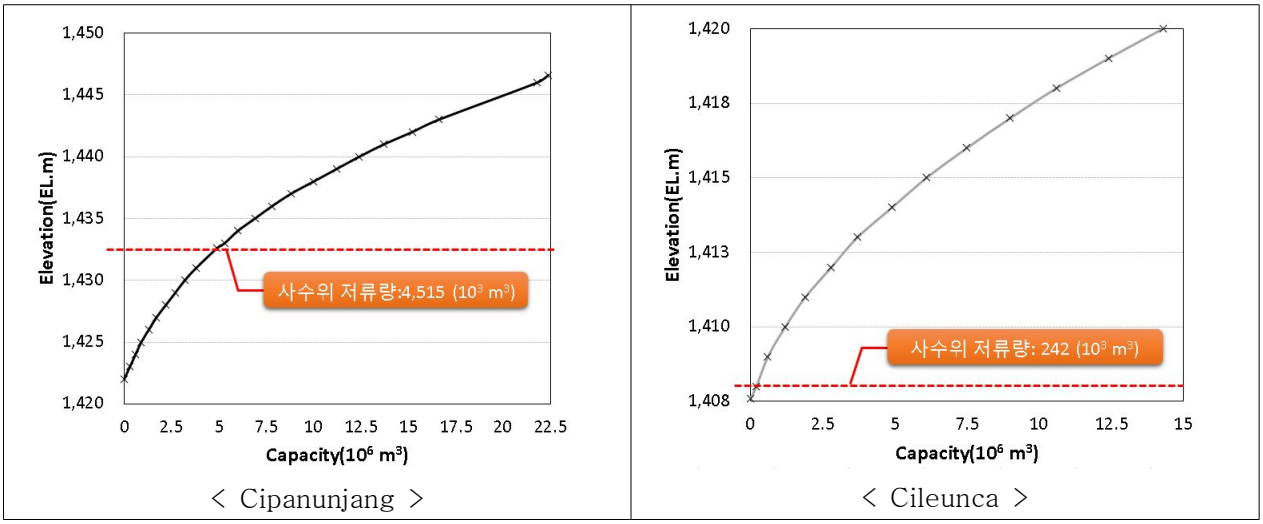
(가) 댐 저류량 초기조건

-우기시(12월 ~ 2월) 가뭄발생에 따른 댐운영 가능일수 산정을 위해 저류량이 가장 적은 11월의 저류량을 초기조건으로 적용

-2002년 ~ 2012년 11월 최저저류량 검토결과 2011년 11월 저류량이 가장 적은 것으로 조사되었으나, 2개의 댐 모두 사수량{Cipanunjang: 4,515(103㎥), Cileunca: 242(10^3㎥)} 보다 적은 것으로 조사되어 검토에 적용이 불가함

-이에 2002년~2012년 11월 평균저류량 적용

- Cipanunjang: 3,297(10^3㎥), Cileunca: 3,996(10^3㎥)



< Cipanunjang > < Cileunca >

< 수위-저류량 곡선 >

<2002년~2012년 11월 저류량 관측자료>

구분	2002년~2012년 11월 저류량(1000 ㎥)											
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	평균
Cipanunjang	309	2,575	1,710	1,336	711	7,670	1,925	853	15,182	1,600	2,400	3,297
Cileunca	3,277	6,433	3,815	6,181	3,985	3,659	1,252	1,929	8,840	31	4,549	3,996

(나) 용수공급량 및 유입유량 산정

a) 터널유입량

-2002 ~ 2012년 11월 터널유입량 평균값 적용

-Saluran: 163 (10^3㎥/day), Ciraki Beet: 27 (10^3㎥/day)

<2002년~2012년 터널유입량 관측자료>

구분	2002년~2012년 11월 터널유입량(1000 ㎥/day)											
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	평균
Saluran	105	173	104	140	84	139	235	205	283	179	147	163
Ciraki Beet	0	26	17	17	9	43	21	48	68	35	17	27

b) 발전유량

-2004년 ~ 2012년 11월 발전유량 평균값 적용

□ Plengan: 341 (10^3㎥/day), Lamazan: 385 (10^3㎥/day), Cikalong: 504 (10^3㎥/day)

<2004년~2012년 발전유량>

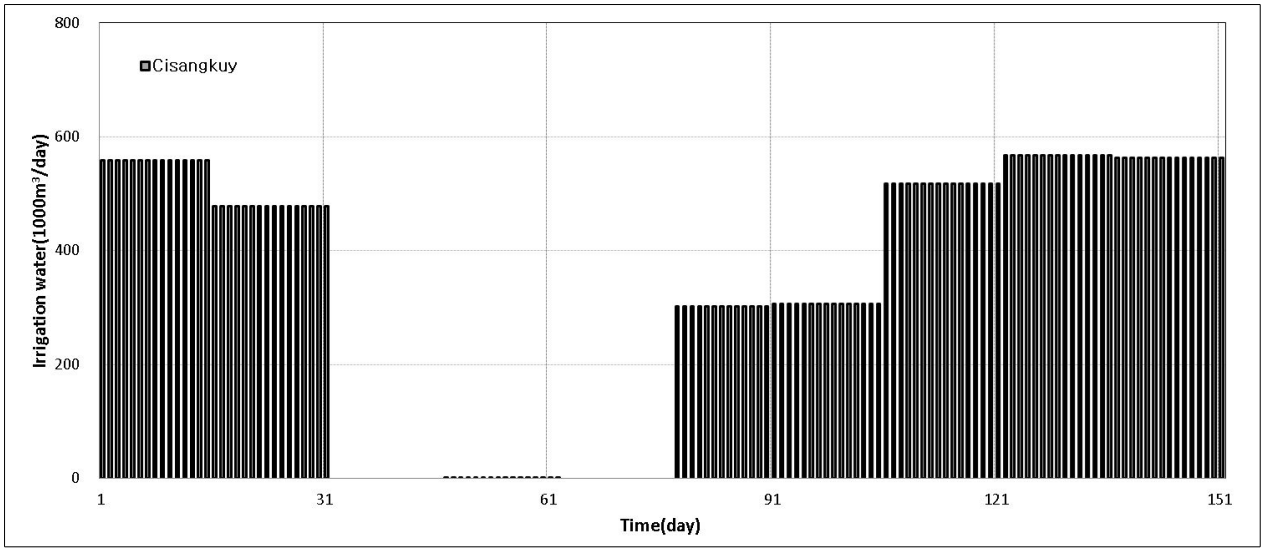
구분	2002년~2012년 11월 발전유량(1000 ㎥/day)									
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	평균
Plengan	223	310	183	456	344	368	609	366	318	341
Lamazan	286	382	229	536	424	351	710	380	336	385
Cikalong	511	547	507	519	710	542	457	649	53	504

c) 관개유량

□ 단위관개용수를 이용하여 산정하였으며, 회귀율은 65% 적용

<관개유량 산정결과>

구분	기간별 관개유량(1000 ㎥/day)									
	12월		1월		2월		3월		4월	
	1~15일	16~말일	1~15일	16~말일	1~15일	16~말일	1~15일	16~말일	1~15일	16~말일
Cisangkuy유역	559	478	0	2	0	302	306	517	567	563



< 관개용수 산정결과 그래프 >

d) Cisangkuy 유역 유출량

□ 2002년~2012년 관측자료를 이용하여 건기시 유출량 적용

□ 12개년 자료중 9월, 10월, 12월 최저유출량 적용

□ 9월 최저유출량: 29 (103㎥/day), 10월 최저유출량: 163 (10^3㎥/day),

□ 11월 최저유출량: 754 (10^3㎥/day)

<2002년 ~ 2012년 유출량 조사자료>

구분	2002년~2012년 11월 유출량(1000 ㎥/day)											
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	최저
8월	216	247	153	395	387	82	369	33	3258	1073	445	33
9월	63	235	243	581	230	184	317	29	3135	822	1394	29
10월	163	835	568	488	488	911	655	238	2884	1025	3970	163
11월	754	1293	804	1049	854	1848	1887	1163	4308	2521	7025	754
12월	928	1194	1230	1361	2085	2066	1615	913	6333	2229	10168	913

d) 용수 공급율 조건

▫ 발전용수, 관개용수, 생활용수 공급조건을 100% 80%, 50% 적용하여 공급가능일수 산정

(2) 극한 가뭄 발생에 따른 운영방안 검토결과

▫ 현재 Cisangkuy 유역의 수문분석을 통한 가뭄재해 발생현황을 검토함

▫ 발전용수, 관개용수, 생활용수 공급조건을 100% 80%, 50% 적용하여 공급가능일수 산정

▫ 3가지 조건의 유출량(Runoff)을 적용하여 공급가능일수 산정

(가) 유출량 29 (10^3㎥/day) 적용

▫ 발전용수, 관개용수, 생활용수 공급율을 100% 적용시 9일 이후 2개 댐의 수위가 사수위 아래로 내려가는 것으로 검토됨

▫ 하류의 물공급량 저하로 물부족현상이 발생함

▫ 발전용수, 관개용수, 생활용수 공급율을 50% 적용시 31일 이후 2개 댐의 수위가 사수위 아래로 내려가는 것으로 검토됨

a) 발전용수 공급율 100%

구분 (Case)	유출량 (103㎥/day)	용수별 효율(%)			사수위 도달시간	일최대 방류량 (103㎥/day)	일최대 부족량 (103㎥/day)
		발전	관개	생활			
1-1-1	29	100	100	100	9일	643.2	496.7
1-1-2	29	100	100	80	10일	610.3	463.9
1-1-3	29	100	100	50	10일	590.5	441.8
1-2-1	29	100	80	100	11일	580.0	413.8
1-2-2	29	100	80	80	11일	571.1	413.8
1-2-3	29	100	80	50	11일	571.1	413.8
1-3-1	29	100	50	100	12일	542.0	371.8
1-3-2	29	100	50	80	12일	542.0	371.8
1-3-3	29	100	50	50	12일	542.0	371.8

b) 발전용수 공급율 80%

구분 (Case)	유출량 (103㎥/day)	용수별 효율(%)			사수위 도달시간	일최대 방류량 (103㎥/day)	일최대 부족량 (103㎥/day)
		발전	관개	생활			
2-1-1	29	80	100	100	9일	643.2	496.7
2-1-2	29	80	100	80	10일	610.3	463.9
2-1-3	29	80	100	50	10일	561.1	414.6
2-2-1	29	80	80	100	11일	541.8	386.3
2-2-2	29	80	80	80	12일	509.0	353.5
2-2-3	29	80	80	50	14일	470.2	313.0
2-3-1	29	80	50	100	15일	441.1	270.9
2-3-2	29	80	50	80	15일	441.1	270.9
2-3-3	29	80	50	50	15일	441.1	270.9

c) 발전용수 공급율 50%

구분 (Case)	유출량 (103㎥/day)	용수별 효율(%)			사수위 도달시간	일최대 방류량 (103㎥/day)	일최대 부족량 (103㎥/day)
		발전	관개	생활			
3-1-1	29	50	100	100	9일	643.2	496.7
3-1-2	29	50	100	80	10일	610.3	463.9
3-1-3	29	50	100	50	10일	561.1	414.6
3-2-1	29	50	80	100	11일	541.8	386.3
3-2-2	29	50	80	80	12일	509.0	353.5
3-2-3	29	50	80	50	14일	459.7	304.2
3-3-1	29	50	50	100	18일	389.8	220.7
3-3-2	29	50	50	80	21일	356.9	187.9
3-3-3	29	50	50	50	31일	307.7	138.7

- 발전용수, 관개용수, 생활용수 공급율을 100% 적용시{유출량 29 (10^3㎥/day)}



– 발전용수, 관개용수, 생활용수 공급율을 50% 적용시{유출량 29 (10^3㎥/day)}



(나) 유출량 163 (10^3㎥/day) 적용

- □ 발전용수, 관개용수, 생활용수 공급율을 100% 적용시 11일 이후 2개 댐의 수위가 사수위 아래로 내려가는 것으로 검토됨
- □ 하류의 물공급량 저하로 물부족현상이 발생함
- □ 발전용수, 관개용수, 생활용수 공급율을 50% 적용시 134일 이후 2개 댐의 수위가 사수위 아래로 내려가는 것으로 검토됨

a) 발전용수 공급율 100%

구분 (Case)	유출량 (103㎥/day)	용수별 효율(%)			사수위 도달시간	일최대 방류량 (103㎥/day)	일최대 부족량 (103㎥/day)
		발전	관개	생활			
1-1-1	163	100	100	100	11일	540.6	386.4
1-1-2	163	100	100	80	11일	540.6	386.4
1-1-3	163	100	100	50	11일	540.6	386.4
1-2-1	163	100	80	100	12일	521.1	358.4
1-2-2	163	100	80	80	12일	521.1	358.4
1-2-3	163	100	80	50	12일	521.1	358.4
1-3-1	163	100	50	100	13일	492.0	316.4
1-3-2	163	100	50	80	13일	492.0	316.4
1-3-3	163	100	50	50	13일	492.0	316.4

b) 발전용수 공급율 80%

구분 (Case)	유출량 (103㎥/day)	용수별 효율(%)			사수위 도달시간	일최대 방류량 (103㎥/day)	일최대 부족량 (103㎥/day)
		발전	관개	생활			
2-1-1	163	80	100	100	12일	514.6	362.7
2-1-2	163	80	100	80	13일	481.8	329.9
2-1-3	163	80	100	50	15일	439.7	285.5
2-2-1	163	80	80	100	13일	420.3	257.5
2-2-2	163	80	80	80	16일	420.3	257.5
2-2-3	163	80	80	50	16일	420.3	257.5
2-3-1	163	80	50	100	19일	391.2	215.5
2-3-2	163	80	50	80	19일	391.2	215.5
2-3-3	163	80	50	50	19일	391.2	215.5

c) 발전용수 공급율 50%

구분 (Case)	유출량 (103㎥/day)	용수별 효율(%)			사수위 도달시간	일최대 방류량 (103㎥/day)	일최대 부족량 (103㎥/day)
		발전	관개	생활			
3-1-1	163	50	100	100	12일	514.6	362.7
3-1-2	163	50	100	80	13일	481.2	329.9
3-1-3	163	50	100	50	15일	432.5	280.6
3-2-1	163	50	80	100	17일	413.3	252.3
3-2-2	163	50	80	80	19일	380.4	219.5
3-2-3	163	50	80	50	27일	331.2	170.2
3-3-1	163	50	50	100	123일	261.2	86.7
3-3-2	163	50	50	80	133일	241.0	64.2
3-3-3	163	50	50	50	134일	241.0	64.2

- 발전용수, 관개용수, 생활용수 공급율을 100% 적용시{유출량 163 (10^3㎥/day)}



- 발전용수, 관개용수, 생활용수 공급율을 50% 적용시{유출량 163 (10^3㎥/day)}



(다) 유출량 754 (10^3㎥/day) 적용

□ 발전용수, 관개용수, 생활용수 공급율을 100% 적용시 33일 이후 2개 댐의 수위가 사수위 아래로 내려가는 것으로 검토됨

□ 하류의 물공급량 저하로 물부족현상이 발생함

- 관개용수, 생활용수는 충족하나 발전용수가 부족함(Cikalong 취수장 하류의 유역의 유출량이 많음)

□ 용수 공급율 50% , 80%로 저감시에는 물부족현상 없음

a) 발전용수 공급율 100%

구분 (Case)	유출량 (103㎥/day)	용수별 효율(%)			사수위 도달시간	일최대 방류량 (103㎥/day)	일최대 부족량 (103㎥/day)
		발전	관개	생활			
1-1-1	754	100	100	100	33일	320.2	142.0
1-1-2	754	100	100	80	33일	320.2	142.0
1-1-3	754	100	100	50	33일	320.2	142.0
1-2-1	754	100	80	100	91일	300.8	114.0
1-2-2	754	100	80	80	91일	300.8	114.0
1-2-3	754	100	80	50	91일	300.8	114.0
1-3-1	754	100	50	100	121일	271.7	72.0
1-3-2	754	100	50	80	121일	271.7	72.0
1-3-3	754	100	50	50	121일	271.7	72.0

b) 발전용수 공급율 80%

구분 (Case)	유출량 (103㎥/day)	용수별 효율(%)			사수위 도달시간	일최대 방류량 (103㎥/day)	일최대 부족량 (103㎥/day)
		발전	관개	생활			
2-1-1	754	80	100	100	-	221.6	-
2-1-2	754	80	100	80	-	221.6	-
2-1-3	754	80	100	50	-	221.6	-
2-2-1	754	80	80	100	-	201.8	-
2-2-2	754	80	80	80	-	201.8	-
2-2-3	754	80	80	50	-	201.8	-
2-3-1	754	80	50	100	-	172.0	-
2-3-2	754	80	50	80	-	172.0	-
2-3-3	754	80	50	50	-	172.0	-

c) 발전용수 공급율 50%

구분 (Case)	유출량 (103㎥/day)	용수별 효율(%)			사수위 도달시간	일최대 방류량 (103㎥/day)	일최대 부족량 (103㎥/day)
		발전	관개	생활			
3-1-1	754	50	100	100	-	70.4	-
3-1-2	754	50	100	80	-	70.4	-
3-1-3	754	50	100	50	-	70.4	-
3-2-1	754	50	80	100	-	50.5	-
3-2-2	754	50	80	80	-	50.5	-
3-2-3	754	50	80	50	-	50.5	-
3-3-1	754	50	50	100	-	34.5	-
3-3-2	754	50	50	80	-	34.5	-
3-3-3	754	50	50	50	-	34.5	-

- 발전용수, 관개용수, 생활용수 공급율을 100% 적용시{유출량 754 (10^3㎥/day)}



- 발전용수, 관개용수, 생활용수 공급율을 80% 적용시{유출량 754 (10^3㎥/day)}



(라) 극한가뭄 발생시 용수공급 방안

□ 우기(12월~4월)에 가뭄발생시 현재 용수공급량을 적용하면 단기간에 물부족현상이 발생

□ 현재 2개댐의 최대저류량으로는 용수확보가 힘듬

□ 이에 가뭄을 대비하여 관리기관에서는 목표공급일수(30일, 60일, 90일) 기준을 정한후 공급율 조절을 통한 합리적인 저수지 운영이 필요함

□ 공급율을 50% 저감시 최대 134일 용수공급이 가능함

라. 관개용수 우선순위 적용에 따른 발전유량 이수안전도 평가

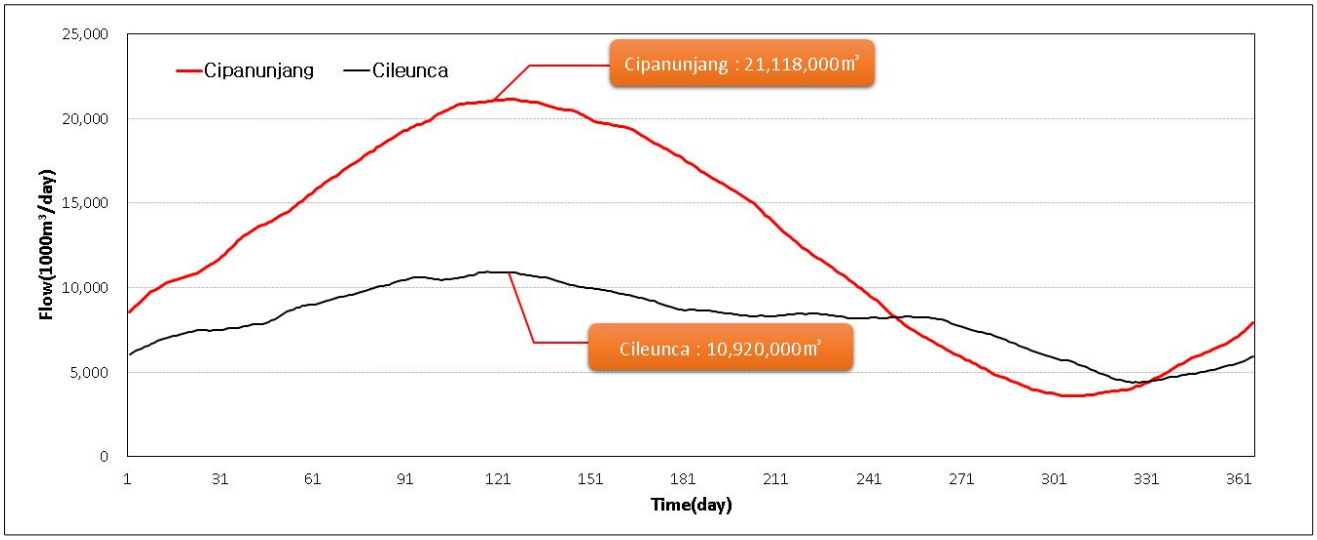
(1) 관개용수 우선순위 적용에 따른 발전유량 이수안전도 평가시 입력자료

(가) 댐 저류량 초기조건

□ 연간 최대저류량 확보후 운영율에 따른 이수안전도 평가하기 위하여, 2개 저류지 연간 최대 저류량이 발생하는 4월 말~ 5월 초 최대저류량의 평균값을 적용하여 초기조건 적용

- Cipanunjang : 21,118 (103㎥)
- Cileunca : 10,920 (103㎥)

– 2개 저류지 연평균 저류량 곡선



(나) 용수공급량 및 유입유량 산정

a) 터널유입량

□ 2002 ~ 2012년 월별 평균유입량 적용

□ 2002년~2012년 터널유입량 관측자료

구분	2002년~2012년 월별 평균유입량(1000 ㎥/day)											
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
Saluran	290	335	349	334	266	187	144	117	112	118	163	255
Ciraki Beet	50	54	61	71	60	43	35	26	23	24	27	45

b) 발전유량

□ 최대 발전유량 적용시 유량공급이 불가능하기 때문에 관측자료의 평균유량 적용

□ 2004년 ~ 2012년 발전유량 평균값 적용

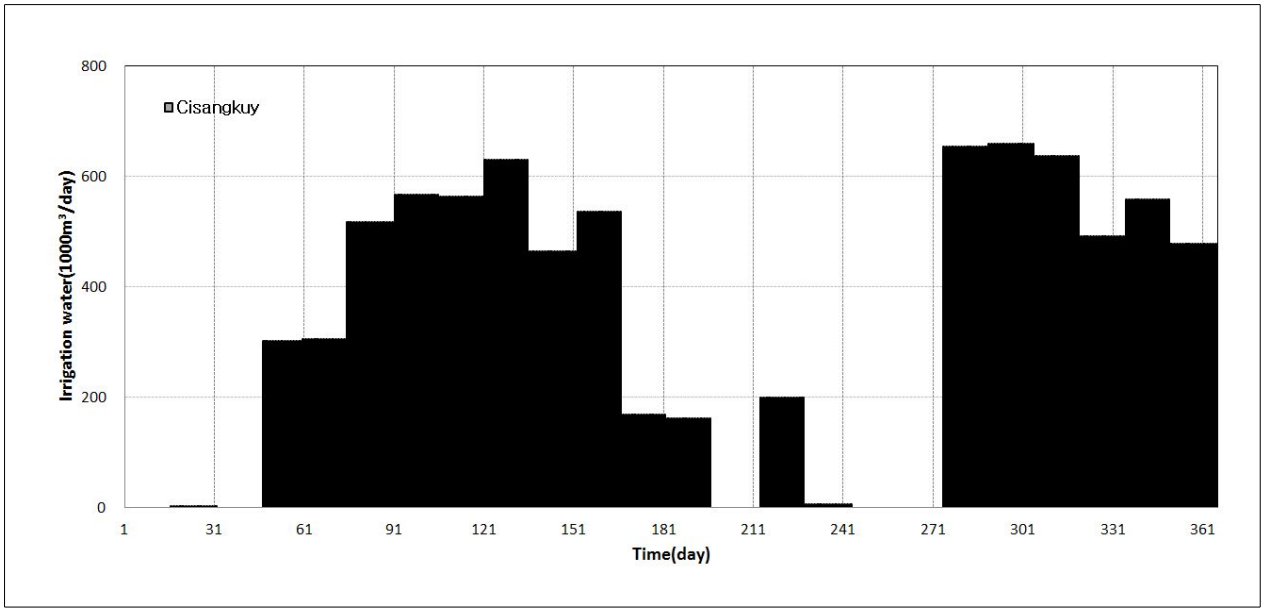
□ Plengan: 411 (10^3㎥/day), Lamazan: 498 (10^3㎥/day), Cikalong: 518 (10^3㎥/day)

□ 발전유량 산정

구분	발전유량(1000 ㎥/day)			비고
	Plengan	Lamazan	Cikalong	
최대 가능발전유량	834	1,011	1,425	
평균발전유량(2004~2012)	411	498	518	적용

c) 관개유량

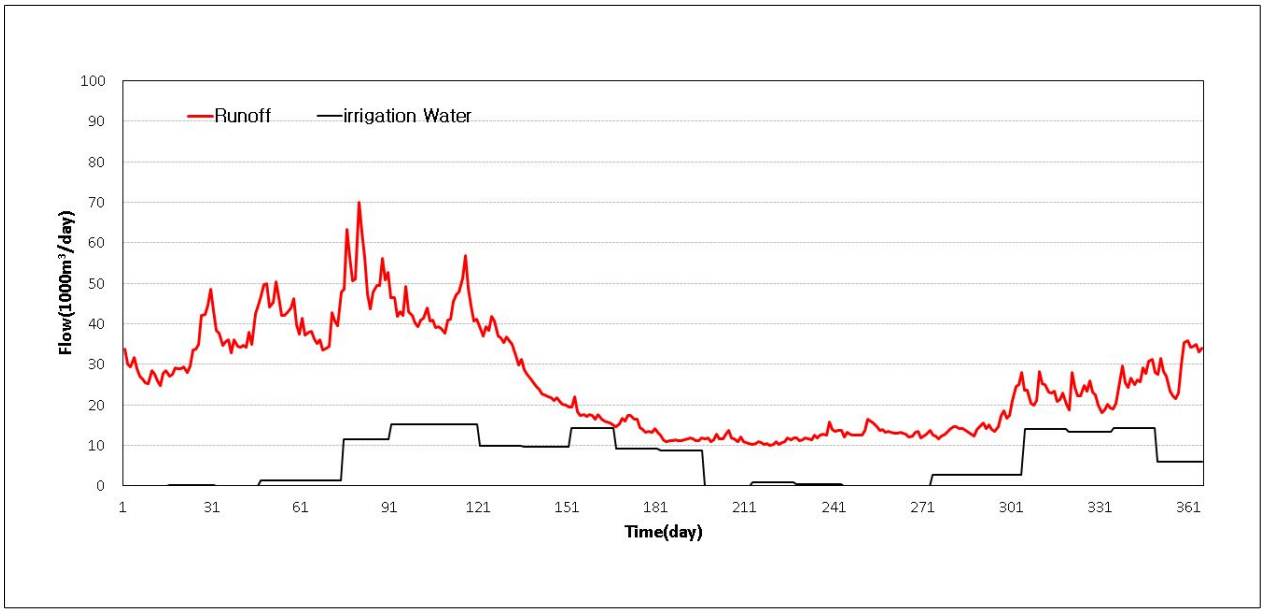
□ 단위관개용수를 이용하여 산정하였으며, 회귀율은 65% 적용



< Cisangkuy 유역의 관개용수량 >

d) Cisangkuy 유역 유출량

□ 2002년~2012년 관측자료를 이용하여 일별 평균 유출량 적용



< L1 유역의 유출량 및 관개용수량 >

e) 용수 공급율 조건

□ 관개용수 및 취수량 100% 공급에 따른 발전효율별(100%, 80%) 이수안전도 산정

(2) 관개용수 우선순위 적용에 따른 발전유량 이수안전도 검토결과

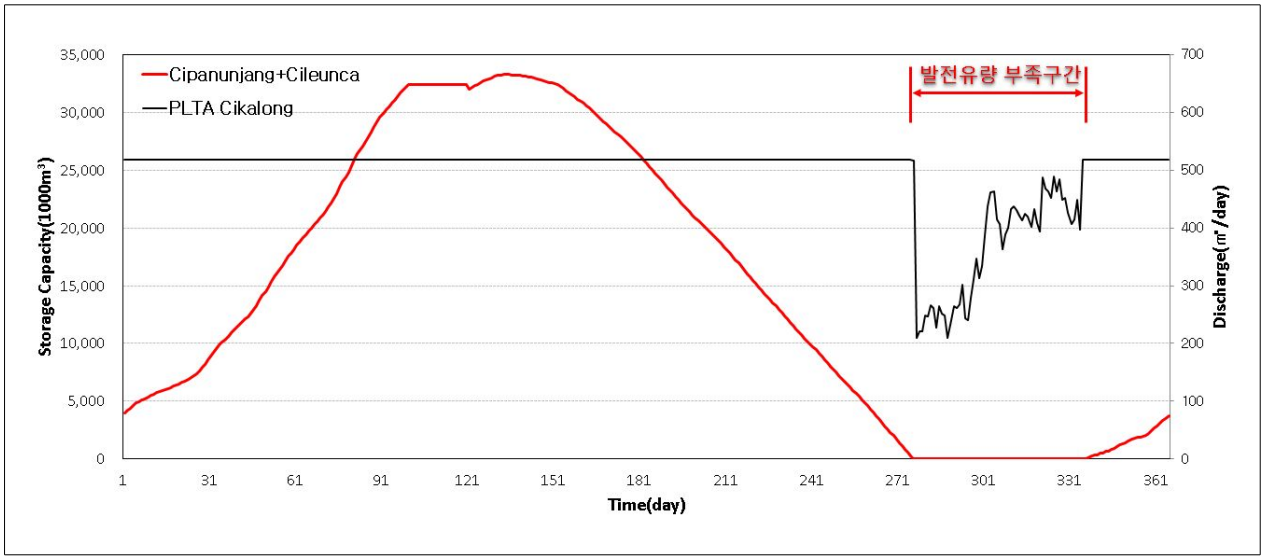
- 현재 Cisangkuy 유역의 수문분석을 통한 관개용수 우선순위 적용시 발전유량 이수안전도 검토 수행
- 관개용수, 생활용수를 우선으로 하여 100% 공급시 발전용수(100%, 80%) 공급조건에 따른 공급가능일수 산정

(가) 발전용수 공급율 100%

- 발전용수 100% 적용시 건기인 10월 ~ 11월에 58일 이상 발전용수 공급이 불가능한 것으로 검토되어 연간 이수안전도는 84.1% 인 것으로 검토됨
- 발전효율 100% 적용시 연간 발전용수 부족량 9,133 10^3㎥ 부족한 것으로 검토됨
- 이수안전도 100%를 확보하기 위해서는 저류용량 9,200 10^3㎥ 추가확보 필요

구분	용수별 효율(%)			발전용수 부족일수	일최대 방류량 (103㎥/day)	연간 부족량 (103㎥)
	발전	관개	생활			
Cisangkuy	100	100	100	58일	496.0	9,133

- 연간 댐 저류량(Cipanunjang + Cileunca) 곡선 및 Cikalong 발전소 발전용량

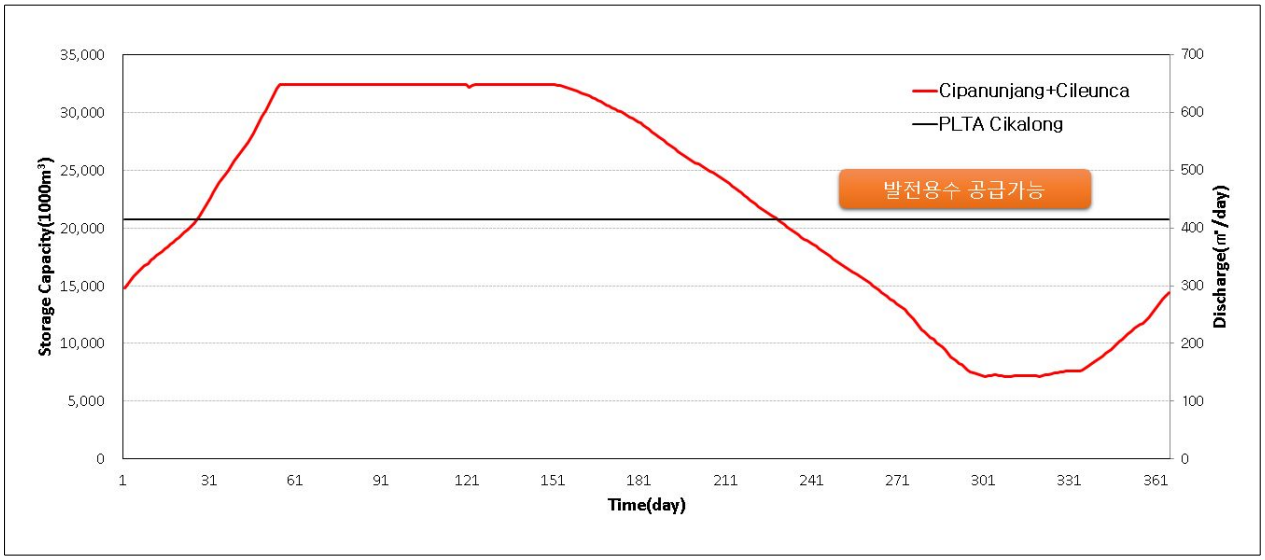


(나) 발전용수 공급율 80%

- 발전용수 80% 적용시 관개용수, 생활용수, 발전용수 공급에 문제가 없는 것으로 검토됨
- 2개의 저류지 연간 최소저류량이 7,148 10^3㎥으로 검토되었으며, 최대 방류량은 473.4 10^3㎥으로 나타남
- 발전용수 80% 적용시 이수안전도 100%로 검토됨

구분	용수별 효율(%)			발전용수 부족일수	일최대 방류량 (103㎥/day)	연간 부족량 (103㎥)
	발전	관개	생활			
Cisangkuy	80	100	100	-	473.4	-

□ 연간 댐 저류량(Cipanunjang + Cileunca) 곡선 및 Cikalong 발전소 발전용량



4. 연계운영 가이드라인 수립

가. 기존 사례 분석

(1) 한강수계 댐통합 운영 규정(2009년 8월)

(가) 개요

▫ 「하천법」 제14조 제4항에 따라 한강수계에서 홍수로 인한 재해의 방지와 수자원의 효율적인 운영을 위하여 필요한 다목적댐과 수력발전댐의 연계운영에 관한 사항을 정함

▫ 훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」(대통령훈령 제248호)에 따라 종전 「한강수계 댐통합운영규정」(건설교통부훈령 제430호, 2003.10.09)을 폐지하고 다시 제정(유효기간을 정함)

(나) 주요 내용

구분	설명
댐통합운영의 원칙	① 댐통합운영은 홍수조절과 용수공급을 우선으로 하되, 각 댐의 관리규정에 명시된 기본기능 및 각 댐관리자의 정당한 권리가 보장될 수 있도록 하여야 한다. ② 댐통합운영은 한강수계내 수문상황, 각 댐의 저수량, 유입·방류상황, 전력계통상황 및 용수수요 등을 종합적으로 고려한 과학적인 연계운영시스템에 의하여 운영하여야 한다. ③ 댐관리자는 협의회에서 심의·의결된 댐통합운영계획(이하 '운영계획'이라 한다)에 따라 해당 댐을 운영하되, 각 댐의 수문상황·전력수급상황 또는 용수수급상황의 변경이 있는 경우 운영계획의 범위 내에서 댐통합운영자와 상호 협의·조정하여 댐을 운영할 수 있다.
운영계획의 수립	① 댐통합운영자는 다음 연도의 연간 운영계획과 분기별 운영계획을 수립하여야 한다. ② 제1항의 운영계획 수립을 위하여 댐관리자는 다음 각 호의 사항이 포함된 연간 운영계획을 매년 11월 30일까지, 분기별 운영계획은 매분기 시작 전월 첫째 주 목요일까지 댐통합운영자에게 제출하여야 한다. 다만, 1분기 자료는 생략할 수 있다. 1. 댐의 월별 예상 유입량 및 운영 목표수위 2. 댐의 월별 발전 및 방류계획 3. 그밖에 운영계획 수립에 필요한 자료 ③ 제1항의 운영계획 수립을 위하여 관계기관은 다음 각 호의 사항이 포함된 연간 수량 및 수질관리에 관한 계획을 매년 11월 30일까지, 분기별 수량 및 수질관리에 관한 계획은 매분기 시작 전월 첫째 주 목요일까지 댐통합운영자에게 제출하여야 한다. 다만, 1분기 자료는 생략할 수 있다. 1. 한강수계 내 월별 용수이용상황 및 예상수요(한강홍수통제소, 관련 지방자치단체) 2. 한강수계내 수질상황 및 월별 수질관리계획(한강유역환경청) 3. 그밖에 운영계획 수립에 필요한 자료 ④ 댐통합운영자는 제2항 및 제3항에 따른 댐운영계획과 수량 및 수질관리에 관한 계획을 취합·조정하여 수자원이용효율을 극대화할 수 있도록 다음 각 호의 사항이 포함된 연간 운영계획을 수립하여야 하며, 제2호 및 제3호의 사항에 대하여는 분기별 운영계획을 수립하여야 한다. 1. 통합운영 목표와 기본방향 2. 한강수계내 월별 용수수요 및 용수공급계획에 관한 사항 3. 각 댐별 월별 목표수위 및 방류계획에 관한 사항 4. 댐통합운영시스템의 운영관리에 관한 사항 5. 댐관리자 및 관련기관과의 연락체계에 관한 사항 6. 수질사고 등 돌발사태시 댐운영에 관한 사항 7. 통합운영의 실적 및 평가에 관한 사항 8. 협의회의 운영계획에 관한 사항

구분	설명
운영계획의 수립	9. 댐통합운영에 관한 기술개발 및 연구 등에 관한 사항 10. 기타 댐통합운영에 필요하다고 인정하는 사항 ⑤ 댐통합운영자는 제4항에 따라 수립된 연간 운영계획 및 분기별 운영계획에 대하여 제13조에 따른 협의회의 심의·의결을 거쳐야 한다.
비상방류	댐관리자는 예상치 못한 기상변화, 댐안전관리 등의 사유로 긴급히 방류량을 조정할 필요가 있는 경우 방류량을 조정하고 그 결과를 댐통합운영자에게 통보하여야 하며, 홍수기중 비상방류는 한강홍수통제소장에게도 통보하여야 한다.
자료수집 및 제공	① 댐관리자는 댐통합운영에 필요한 수문자료·운영자료를 댐통합운영자에게 제공하여야 하며, 댐통합운영자는 관계기관의 요청시 확보한 수문자료를 제공하여야 한다. ② 댐관리자는 댐의 운영에 필요한 각종 수문자료와 운영자료를 댐통합운영자에게 실시간으로 제공하여야 한다. ③ 제1항 및 제2항에 규정된 수문자료와 운영자료의 수집범위, 관측주기 등은 협의회에서 결정한다.
운영실적 보고 및 평가	① 댐관리자는 다음 각 호의 월별·분기별·연간 운영실적을 각각 매월 첫째 주 목요일, 매분기 시작 전월 첫째주 목요일, 매년 11월 30일까지 댐통합운영자에게 제출하여야 한다. 1. 댐의 일별 유입량 및 수위 2. 댐의 일별 발전량 및 방류량 3. 그밖에 댐의 운영자료 ② 댐통합운영자는 각 댐의 분기별 운영실적을 협의회에 보고하여야 하며, 협의회 의장은 월별·분기별·연간 운영실적을 운영계획을 기준으로 평가하여 제1항의 제출기간 이후 20일 이내에 국토해양부장관에게 보고하여야 한다. ③ 국토해양부장관은 제2항의 운영실적과 평가자료를 분석하여 댐운영의 개선이 필요할 경우 댐관리자에게 필요한 조치를 명할 수 있다.
댐통합운영 협의회	① 한강수계의 수자원 이용과 관련된 기관 상호간의 유기적인 협조체제를 구축하고 댐통합운영에 필요한 기본사항을 정하기 위하여 협의회를 둔다. ② 협의회의 의장은 한강홍수통제소장이 되며, 위원은 국토해양부 수자원개발과장, 서울지방국토관리청 하천국장, 한강홍수통제소 조사과장, 지식경제부 총괄정책과장, 한강유역환경청 유역관리국장, 관련 지방자치단체 관계국장, 한국수자원공사 관계본부장, 한국수력원자력주식회사 관계본부장 및 의장이 추천하는 3인 이내의 민간전문가 등 16인 이내로 구성한다. ③ 민간전문가의 임기는 2년으로 하되 연임할 수 있다. 단, 보궐위원의 임기는 전임자의 잔임기간으로 한다. ④ 간사는 댐통합운영자의 소속직원이 되며, 회의록을 작성·보관하여야 한다.

(2) 댐 관리 규정(2015년 5월)

(가) 개요

- ▫ 댐건설 및 주변지역 지원 등에 관한 법률」(이하 "법"이라 한다) 제17조 및 같은 법 시행령(이하 "영"이라 한다) 제17조, 「한국수자원공사법」 제27조에 따라 댐 및 하굿둑의 관리에 필요한 사항을 규정
- ▫ 이 규정은 영 제16조 제2항에 따라 댐관리자가 관리하는 다목적댐, 용수댐, 홍수조절용댐 및 낙동강하굿둑에 대하여 적용< 개정 2013.07.01. >
- ▫ 댐의 관리는 관계 법령에서 정한 경우 외에는 이 규정에 따르도록 함
- ▫ 저수지 운영 및 방류, 조정지댐 운영 및 취·도수시설의 관리, 댐 시설물의 유지관리, 수질 및 환경관리, 교육 훈련 및 자료관리, 관리비용, 저수구역내의 토지 및 수면관리 등의 내용을 포함하고 있으나, 본 과업과 직접적인 연관이 있는 저수지 운영 및 방류 규정을 중점적으로 분석

(나) 주요 내용

구분	설명
댐관리의 기본원칙	댐관리자는 댐의 저수를 이용하여 공익의 증진과 홍수피해의 제거 또는 경감에 기여할 수 있도록 댐을 적정하게 관리하여야 한다.
댐 운영 계획	① 댐관리자는 댐의 효율적인 운영을 위하여 댐 상·하류의 안정적인 용수공급과 댐 수위 및 유입량 등을 고려하여 연간 및 월간 댐운영계획을 수립하고, 연간 댐운영계획은 매년 10월까지, 월간 댐운영계획은 매월 시작일 전일까지 국토교통부장관에게 보고하여야 한다.< 개정 2013.07.01 > ② 댐관리자는 유입량 및 용수수요량 등의 상황에 따라 제1항에 따른 댐 운영계획을 변경하여 운영할 수 있다. 다만, 이상갈수 및 관계기관의 요청으로 운영계획의 변경이 필요한 경우에는 국토교통부장관에게 보고하여야 한다.< 개정 2013.07.01 > ③ 댐관리자는 댐의 효율적인 운영을 위하여 동일 수계 내 2개 이상의 댐을 연계한 댐운영계획을 수립하여 운영할 수 있다. ④ 제3항에 의한 댐간 연계운영계획을 수립할 경우, 각 댐의 기본기능 및 댐 사용권자 등의 정당한 권리가 보장될 수 있도록 하여야 한다. ⑤ 댐관리자는 댐사용권을 침해하지 않는 범위내에서 수질개선 및 하천환경 보전 등을 위하여 댐을 운영할 수 있으며, 이 경우 하천유량을 고려하여 적정 수량을 방류하는 것을 원칙으로 한다.
용도별 우선순위	댐의 저수는 수문상황에 따라 다음 각 호에서 정한 우선순위에 따라 이용한다. 1. 홍수기에는 홍수조절이 다른 용도에 우선한다. 2. 이상갈수시에는 댐의 저수를 생활용수, 공업용수, 농업용수, 하천유지용수, 환경개선용수, 발전용수의 순으로 공급한다.
용도별 이용방법	① 댐의 용도별 이용방법은 다음 각 호와 같다. 1. 홍수조절 : 홍수조절용량을 이용하여 댐에 유입되는 홍수량의 전부 또는 일부를 저류시켜 방류량의 크기를 최소화한다. 2. 생활용수·공업용수·농업용수·하천유지용수 및 환경개선용수의 공급 : 가. 유효저수용량을 이용하여 댐 상·하류 용수수요에 따라 방류량을 조절하는 방법으로 행하되, 댐 하류의 용수공급은 발전방류를 이용한다. 다만, 발전 중지한 경우 또는 발전방류량이 용수수요량보다 적을 때에는 댐 수문 또는 용수공급 전용설비를 통하여 공급할 수 있다. 나. 생활용수, 공업용수, 농업용수, 하천유지용수 및 환경개선용수는 기존 댐 사용권 등의 범위에서 공급하되, 농업용수의 공급기간은 별표 1에 따른다. 다. 농업용수 공급기간 외의 기간에 농업용수 수요가 발생하는 경우에는 다른 용도의 용수공급에 지장이 없는 범위에서 공급할 수 있다. 라. 이상갈수시에는 저수위 이하의 저수량을 이용하여 용수를 공급할 수 있다. 3. 발전 : 유효저수용량을 이용하여 제6조제1항의 연간 및 월간 댐운영계획에 따라 발전을 실시하되, 첨두발전을 하는 댐도 홍수기 중에는 상시발전을 할 수 있다. ② 댐별 기준수위, 홍수조절용량, 용수공급량, 유효저수용량, 발전시간 및 최대발전사용수량은 별표 1과 같다.
댐 저수의 방류	① 댐의 저수는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에 방류할 수 있다. 1. 예비방류를 위하여 필요한 경우 2. 홍수조절을 위하여 필요한 경우 3. 생활·공업·농업용수의 공급을 위하여 필요한 경우 4. 하천유지용수 공급을 위하여 필요한 경우 5. 환경개선용수 공급을 위하여 필요한 경우 6. 발전을 위하여 필요한 경우 7. 공익 및 댐의 효용증진을 위하여 필요한 경우

구분	설명
	8. 댐 및 부속시설 등의 점검·정비 등을 위하여 필요한 경우 9. 그 밖에 부득이한 사유가 발생한 경우 ② 댐관리자는 다목적댐 및 용수댐에서 제1항제1호 및 제2호의 사유로 인하여 수문방류를 하고자 하는 경우에는 댐상류의 수문분석현황 등 관련자료를 첨부하여 해당 홍수통제소장의 승인을 받아야 한다. 다만, 횡성, 남강, 밀양, 보령, 장흥, 김천부항, 군위,성덕,보현산다목적댐과 용수댐은 홍수의 위험 등 긴급한 사유가 발생한 경우에는 홍수통제소장에게 보고하고 방류할 수 있다.< 개정 2013.07.01 ,개정 2014.09.16,개정 2015.05.27> ③ 댐관리자는 홍수조절용댐에서 제1항제1호와 제2호 및 그 밖의 긴급한 사유 등으로 수문방류를 할 경우에는 해당 홍수통제소장에게 보고하여야 한다. ④ 댐관리자는 방류에 따른 위해(危害) 방지를 위하여 댐 하류에 영 제18조에서 정한 경고표지를 설치하여야 한다.
방류량의 제한	① 댐관리자는 제9조에 따라 댐의 저수를 방류할 때에는 별표 1에서 정한 계획방류량을 넘지 않도록 하여야 한다. 다만, 해당 홍수통제소장의 지시가 있을 때에는 그러하지 아니하다. ② 댐관리자는 별표 1에서 정한 최대 발전사용수량을 고려하여 발전용도의 댐사용권이 침해되지 않도록 방류시간 및 방류량을 적정하게 조절하여야 한다.
방류시 조치사항	① 댐관리자는 본댐에서 수문방류를 하고자 할 때에는 특별한 사유가 없으면 방류개시 3시간 전까지 방류시기, 방류량 및 방류에 따른 댐하류의 수위상승 정도가 포함된 방류계획을 관계기관에 통보하고, 방송·사이렌 또는 확성기 등을 통하여 방류시기 및 주의사항을 하류주민에게 알려야 한다. 방류계획이 변경된 때에도 지체없이 변경된 내용을 관계기관에 통보하고 하류 주민에게 알려야 한다. 다만, 방류개시 3시간 전까지 방류계획을 확정할 수 없는 경우에는 예정 방류시기·방류량 등을 관계기관 및 하류주민에게 예고하여야 한다. ② 댐관리자는 본댐에서 수문방류를 하였을 때에는 다음 각 호의 사항을 기록·보관하여야 한다. 1. 수문조작당시의 기상 및 유입량·방류량·댐수위 등 수문에 관한 사항 2. 수문조작사유, 조작한 수문의 명칭 및 개도, 조작개시 및 종료시간 3. 댐 및 부속시설물과 댐상·하류지역에 대한 홍수피해에 관한 사항 4. 방류에 따른 경보 및 유관기관 협조사항 5. 그 밖에 필요한 사항

(3) 댐과 보 등의 연계운영 규정(2016년 4월)

(가) 개요

- ▫ 「하천법」 제14조 제4항에 따라 댐, 보 등의 하천시설 및 둑높임 농업용저수지 등 하천시설에 준하여 관리하여야 하는 시설의 연계운영을 통하여 갈수 및 홍수로 인한 재해의 방지와 수자원의 효율적인 운용을 위하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 함
- ▫ 별표에 따른 댐, 보, 둑높임 농업용저수지 등의 시설간 연계운영 업무에 적용

(나) 주요 내용

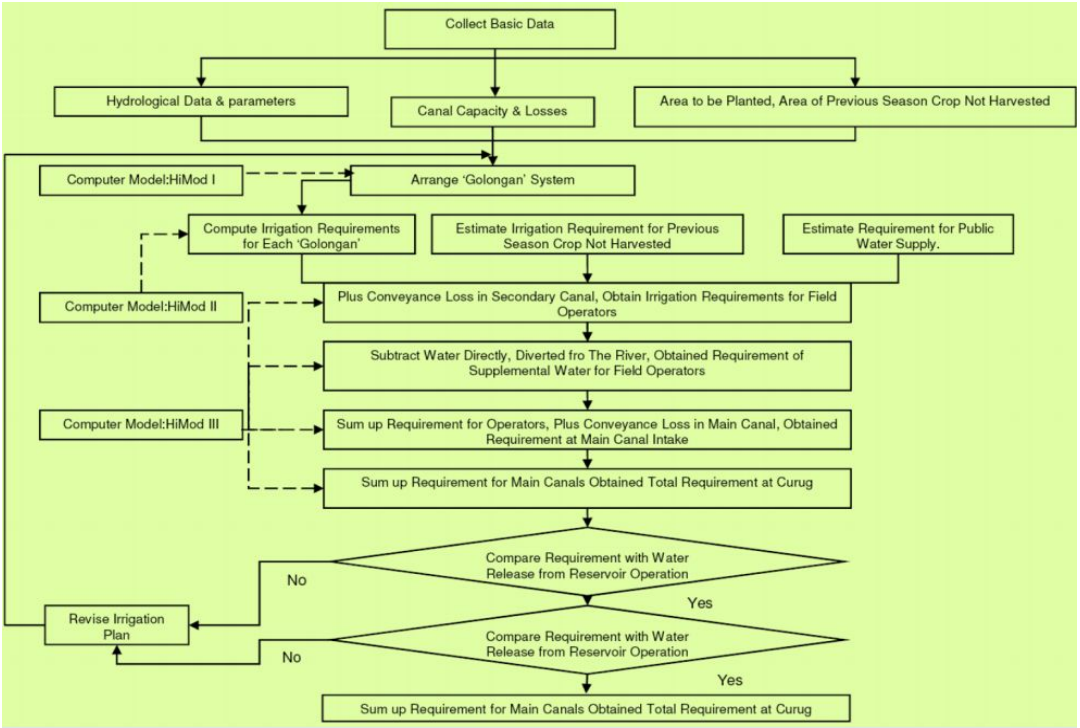
구분	설명
연계운영의 원칙	시설의 연계운영으로 하천의 기능 보전과 효용을 증진하고 홍수, 갈수 및 수질악화로 인한 피해를 줄여 모든 국민이 수자원 이용에 따른 혜택을 고루 향유하도록 하여야 하며, 공공의 이익을 침해하지 아니하고 물 관리에 지장이 없는 범위에서 시설관리자의 정당한 권리를 보장하도록 별표1에 따른 시설들을 연계 운영하여야 한다.
	① 홍수기 중 시설관리자는 「자연재해대책법」, 「하천법」, 「댐 건설 및 주변지역지원 등에 관한 법률」 등 관련 법령과 그 밖의 관련 규정을 준수하여야 한다.

구분	설명
홍수기 운영	② 시설관리자는 각 시설의 홍수기 제한수위를 준수하여야 하고, 홍수조절을 위한 수문조작이 필요한 경우에는 홍수통제소장의 사전 승인을 받아야 한다. ③ 홍수통제소장은 하천에 홍수주의보 또는 경보의 발령이 필요하거나 홍수관련 피해 발생의 우려가 있다고 판단할 경우 기상, 하천 상황과 댐과 보의 저수량 상황 등 수계 전체 홍수 상황을 고려하여 시설물관리자에게 별표3에 따라 시설별 최저 운영수위까지의 저류공간을 홍수조절에 이용하는 등 필요한 조치를 지시할 수 있다.
갈수기 운영	① 갈수기 중 시설관리자는 「자연재해대책법」, 「하천법」 등 관련 법령을 준수하고 연계운영계획에 따라 시설을 운영하여야 한다. ② 홍수통제소장은 하천유량의 상황을 대표할 수 있는 하천유지유량 고시 지점에 대하여 갈수상황이 발생할 우려가 있다고 판단할 경우 기상, 하천 상황과 댐과 보 및 둑높임 농업용 저수지의 저수량, 물사용 현황 등 수계 전체 물수급 상황을 고려하여 시설물관리자에게 필요한 조치를 지시할 수 있다.
연계운영의 수립	① 홍수통제소장은 다음 각 호의 사항이 포함된 연간 연계운영계획을 수립하여야 한다. 이 경우 제2호부터 제4호까지의 사항은 분기별, 월별 연계운영계획을 별도로 수립하여야 한다. 1. 연계운영 목표와 기본방향 2. 시설의 목표수위 및 방류계획에 관한 사항 3. 물 사용 시설의 물 사용실적 및 계획 4. 댐과 보의 수면 상황 및 수면관리 계획에 관한 사항 5. 수질사고 등 수질악화에 사전에 대비한 시설 운영에 관한 사항 6. 연계운영의 실적에 관한 사항 7. 제15조부터 제17조까지의 댐·보 등의 연계운영협의회의 운영에 관한 사항 8. 그 밖의 연계운영에 필요한 사항 9. 관계기관과의 연락체계에 관한 사항 ② 연간 및 분기별 운영계획은 수계 댐·보 등의 연계운영협의회의 의결로써 확정된다. ③ 시설관리자는 연계운영계획에 따라 별표1의 각 시설을 운영하여야 한다.
자료수집 및 공동활용	① 홍수통제소장은 제9조에 따른 연계운영계획 수립을 위해 필요한 경우 「하천법」 제22조제2항에 따라 관계기관에 관련 자료의 제공을 요청할 수 있으며, 자료 제출의 요청을 받은 관계기관의 장은 특별한 사유가 없는 한 이에 응하여야 한다. ② 홍수통제소장은 제1항에 따라 수집한 자료를 관계기관과 공동 활용하여야 한다.
연계운영 모니터링	① 홍수통제소장은 시설관리자에 대해 제9조에 따라 수립된 연계운영계획 이행 여부를 모니터링하고 계획과 차질이 발생할 경우 관련 사유를 제출하게 하거나 계획의 조정, 이행을 지시할 수 있다. ② 홍수통제소장은 제6조부터 제8조까지의 사항을 상시 모니터링하고 필요한 경우 관계기관과의 협의를 통하여 방류 등의 조치를 취할 수 있다. 다만, 홍수예보·갈수예보 및 수질예보(조류경보 포함)가 발령된 경우에는 관련 규정에 따른다.
운영실적 평가	① 홍수통제소장은 다음 각 호의 내용을 포함하여 연 1회 연계운영의 실적을 평가하여야 한다. 1. 댐, 보 및 둑높임 농업용저수지 시설관리자 : 월별 저수위, 유입량, 방류량, 발전량 등 운영실적 2. 물 사용 시설관리자 : 월별 사용량, 월평균·최대·최소사용량 등 운영실적 3. 그 밖의 운영자료 ② 홍수통제소장은 제1항에 따른 운영실적 평가 결과 연계운영에 개선이 필요할 경우 댐·보 등의 연계운영협의회에 안건으로 상정할 수 있다.

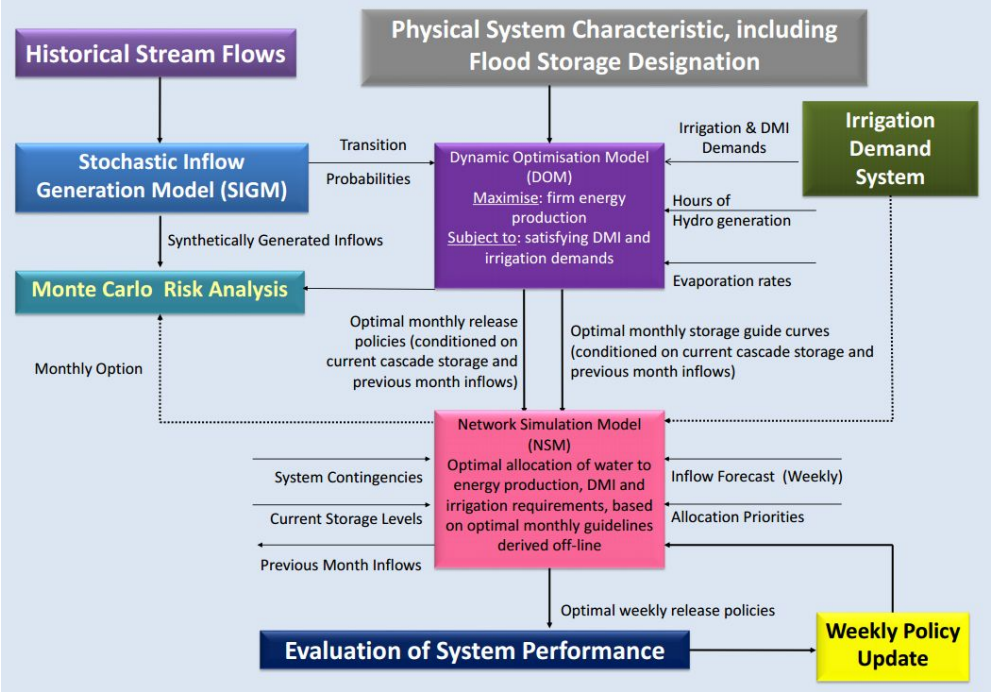
구분	설명
비상방류	① 시설관리자는 예상치 못한 기상변화, 하천의 유량, 및 수질변화, 안전관리 등과 관련한 긴급한 사유가 발생하여 방류량을 조정할 필요가 있는 경우에 방류량을 조정하고 그 결과를 관할 홍수통제소장에게 지체없이 통보하여야 한다. ② 관계기관은 기상변화, 하천의 유량 및 수질변화와 안전관리 등과 관련한 긴급한 사유가 발생한 경우에 관할 홍수통제소장에게 비상방류를 요청할 수 있다. ③ 제2항에 따라 비상방류를 요청받은 관할 홍수통제소장은 물수급 상황을 고려하여 필요할 경우 시설관리자에게 비상방류를 지시할 수 있으며, 시설관리자는 시설사용에 지장을 주지 않는 한 이에 따라야 한다.
댐·보 등의 연계운영 협의회	① 수자원 이용과 관련된 관계기관 상호간의 유기적인 협조체제를 구축하고 댐·보 등의 연계운영에 필요한 기본사항을 정하기 위하여 국토교통부 장관 소속으로 댐·보 등의 연계운영협의회(이하 '협의회'라 한다)를 중앙과 수계별로 둔다. ② 협의회의 위원장 및 위원은 별표2에 따라 구성한다. ③ 민간전문가는 중앙과 수계별로 5인 내외로 위원장이 임명하고, 임기는 3년으로 하되 한 차례 연임할 수 있다. 다만, 위원의 결원에 따른 보궐위원의 임기는 전임위원의 잔여임기로 한다. ④ 위원장은 협의회를 대표하고 협의회의 업무를 총괄한다. 다만, 위원장이 부득이한 사유로 직무를 수행할 수 없을 때에는 위원장이 미리 지명한 위원이 그 직무를 대행한다. ⑤ 협의회의 사무처리 및 업무지원을 위해 간사 2명을 둔다. 간사는 협의회에 소속된 위원 중에서 위원장이 지정하는 자가 된다.

(4) 인도네시아 찌따룸강 3개댐 연계 운영

- 본 과제 대상인 찌상쿠이강의 본류인 찌따룸강에는 3개의 직렬 다목적 댐(Saguling, Cirata, Jatiluhur)이 위치하고 있음
- 3개 댐의 연계운영을 위해 찌따룸강 물관리 위원회(SPK-TPA Citarum)를 구성
- 매년 1월 초 3개 댐 운영을 위한 표준운영절차(Standard Operation Procedure, SOP)를 수립하며, 매달 관계기관인 BBWSC, PJT-II, Indonesia Power 간의 협의를 통해 운영룰을 조정
- 관개용수 계획 수립 절차



□ 찌따룸강 3개댐 최적 연계운영 방안



□ 연간 연계운영 계획은 1998년 Nedeco에 의해 개발된 스프레드시트 프로그램인 RESOP를 이용하여 계산하며, 각 저수지별 실제 용량(Live Storage)을 등분배원칙(Equal sharing principle)에 의해 개별 저수지별로 분배하여 운영계획 수립

나. 가이드라인 수립의 기본 방향

(1) 가이드라인의 목적

□ Cisangkuy 유역에 존재하는 댐, 보, 소수력 발전소, 취수장 등의 하천시설 및 이에 준 하여 관리하여야 하는 시설의 연계운영을 통하여 홍수로 인한 재해의 방지와 수자원의 효율적인 운용을 위하여 필요한 사항을 규정함을 목적

(2) 통합연계운영

① 연계운영의 원칙

□ Cisangkuy 유역 내 물관리 시설물 연계운영은 발전과 용수공급을 우선으로 함

□ 각 시설의 관리규정에 명시된 기본 기능 및 각 시설 관리자의 정당한 권리를 보장함

□ 유역 내 수문상황, 각 댐의 저수량, 유입 및 방류상황, 전력계통상황 및 용수수요 등을 종합적으로 고려한 과학적인 연계운영시스템에 의하여 운영

□ 관리자는 협의회에서 심의·의결된 운영계획에 따라 해당 물관리 시설을 운영

□ 단, 각 댐의 수문상황·전력수급상황 또는 용수수급상황의 변경이 있는 경우 운영계획의 범위 내에서 통합연계운영자와 상호 협의·조정하여 물관리 시설을 운영

② 연계운영의 주체

□ 찌상쿠이 유역 내 물관리 시설 간 연계운영은 유역관리청(BBWSC) 청장이 되며, 연계 운영과 관련한 제반 업무를 수행

(3) 연계운영 계획 및 기준 수립

① 연계운영계획 수립시 필요항목

□ 연계운영 목표와 기본방향

□ 시설의 예상 유입량 및 운영 목표 수위

▫ 발전 및 방류 계획
▫ 물 사용 시설의 물 사용실적 및 계획
▫ 수질사고 등 수질악화에 사전에 대비한 시설 운영에 관한 사항
▫ 연계운영의 실적 및 평가에 관한 사항
▫ 연계운영협의회의 운영에 관한 사항
▫ 그 밖의 연계운영에 필요한 사항

② 연계운영기준 수립
▫ 댐, 보, 소수력 발전, 취수장 등 개별 시설물에 대한 운영 기준 기술
▫ 시나리오별 물수지 분석 결과 및 운영효과 분석 결과를 바탕으로 기준 수립에 반영

③ 비상운영
▫ 시설관리자는 예상치 못한 기상변화, 하천의 유량 및 수질 변화, 안전관리 등과 관련한 긴급한 사유가 발생하여 방류량을 조정할 필요가 있는 경우에 방류량을 조정하고 그 결과를 관할 유역청장에게 지체없이 통보함
▫ 관계기관은 기상변화, 하천의 유량 및 수질 변화, 안전관리 등과 관련한 긴급한 사유가 발생한 경우에 관할 유역청장에게 비상방류를 요청가능
▫ 비상방류를 요청받은 관할 청장은 물수급 상황을 고려하여 필요할 경우 시설관리자에게 비상방류를 지시할 수 있으며, 시설관리자는 시설사용에 지장을 주지 않는 한 이에 따라야 함

나. 시설물 간 최적 연계운영을 위한 가이드라인 개발

▫ 가이드라인의 목적, 통합운영의 원칙, 연계운영 계획 및 기준 등을 고려하여 가이드라인 초안을 작성하여 현지 유관기관인 BBWSC, PusAir, Indonesia power 등과 협의를 통해 수립
▫ 실질적인 가이드라인 적용 및 활용을 위해 물관리 시설물 연계운영 및 지능형 물관리 시스템 적용에 대한 협약서(Agreement) 체결
▫ 연계 운영 대상 시설

구분	시설명	관할기관
댐 및 저수지	Cipanunjang, Cileunca	Indonesia Power
보	B.Cilaki, B.Cilaki Beet, B.Cisarua I, B.Cisarua II, B.Cisarua Baru, B.Cisurili, B.Cisangkuy I and B.Cisangkuy II	Indonesia Power 및 지자체
소수력 발전	Plengan, Lamajan, Cikalong	Indonesia Power
취수장	Cikalong	PDAM

▫ 연계운영 협의회 구성

위원장	위원		
	물관리 관련 정부기관	**지자체 (물사용 시설관리자 포함)**	**시설 관리자 (물사용 시설관리자 제외)**
유역청장	BBWSC PusAir	West Java Province PDAM	Indonesia Power PJT-II

Guidelines for coordinated water facilities operation and implementation of SWMS

Article 1 [Purpose]

The purpose of this Guideline is to establish mutual cooperative relationship throughout strategic tie among the three organizations for successful coordinated water facilities operation and implementation of the SWMS.

Article 2 [Project general]

The outline of the Project with respect to this guideline is as follows;

a. Project Name : Development of smart water management system (SWMS) in the Cisangkuy river basin, Indonesia
b. Executing Agency : KAIA
c. Implementing Agency : PusAir
d. Period : June 2015 – June 2018
e. Configuration of SWMS
   - Database system
   - Real-time monitoring system
   - Data management system
   - Water balance analysis system

Article 3 [Principles of the cooperation]

The Parties agree to apply the following principles to cooperation activities covered by this Agreement:

a. Contribution optimized water supply and maximized water use efficiency.
b. Partnership in the SWMS cooperation in accordance with the procedures and rules governing the implementation of SWMS.
c. Reciprocal opportunities to engage in cooperative activities in another water resources management project in the CRB
d. Timely exchange of information that may affect cooperative activities

Article 4 [Scope of cooperation activities]

The sectors for cooperative activities in coordinated water facilities operation and implementation of the SWMS are as follows;

- Scientific research for introduction of IWRM (Integrated Water Resources Management)
- Analysis and assessment of effects regarding coordinated multi-water facilities
- Formulation of optimal time-spatial water supply plan
- Construction of seamless data acquisition system
- Hydrological data management including QA/QC (Quality Assurance/Quality Control)
- Reliable hydrological analysis including model calibration
- Training of designated personnel
- Data sharing and dissemination of water information to stakeholders

Article 5 [Roles and responsibilities of the parties]

The roles and undertakings of the parties are as follows;

a. BBWSC
   - Main body for the cooperation of implementation of smart water management
   - Development, operation and management of SWMS
   - Coordination with stakeholders
   - Leading and forms of cooperation team
   - Rainfall-runoff analysis, water balance analysis and model calibration
   - Management of computing system and database for SWMS
   - Data sharing and water information dissemination
b. PusAir
   - Leading technical support for SWMS implementation
   - Assistance of model calibration for rainfall-runoff and water balance analysis
   - Supporting hydrological data QA/QC
c. UP Saguling
   - Providing and supporting data and information with respect to reservoir operation and hydro power generation
   - Assistance of decision making regarding optimal coordinated water facilities operation

Article 6 [Forms of cooperation organization]

The parties should form the cooperation organization as Joint Technical Working Group. Also the parties should designate responsible personnel for successful implementation of SWMS and provide the necessary human resources by allocating qualified personnel as follows.

a. Hydrological and hydraulic modelers (BBWSC 2 person, PusAir 2 person, UP Saguling 2 person)
b. Hydrological data manager (BBWSC 2 person, PusAir 1 person, UP Saguling 1 person)
c. Field equipment specialists (BBWSC 2 person, PusAir 1 person)
d. IT and computing system specialists (BBWSC 2 person, PusAir 1 person)

The parties should allocate at least 2 persons between professionals and senior engineers for better operation and maintenance of SWMS.

Article 7 [Steering Committee]

In accordance with the objective in Article 1, the parties establish a Steering Committee (hereinafter referred to as "Committee") for the management of this Guideline. This Committee shall consist of official representatives of each Party and it shall establish its own rules of procedure.

The functions of the Committee include:

a. Promoting, making recommendations to and overseeing the cooperative activities as mentioned in Articles 4 to 6 of the Agreement;
b. Advising the Parties on ways to enhance and improve cooperation consistent with the principles set out in Article 3 of this Agreement;
c. Reviewing the efficient functioning and implementation of this Guideline.
d. The Committee shall, as a general rule, meet annually. The meetings should be held alternatively in the office of each party. Additional meetings may be organized at the request of either party.

Article 8 (Coordinated operation)

a. The coordinated operation procedures should be developed for both normal and emergency operations.
b. The operating procedures developed for normal or day-to-day operation of water infrastructures should include the following;
   - Instructions for operating control mechanisms.
   - Instructions for operating the reservoir in accordance with reservoir operation rule curve.
   - General instructions for the operation of the dam and appurtenances.
c. The following aspects also need to be included;
   - Releases to be made for various purposes round the year.
   - Rule curves.
   - Inflow forecasting
   - Flood release procedure
   - Limitation on reservoir drawdown rate

Article 9 (Data providing and sharing)

d. The parties have mutual cooperation for data collection, processing and information sharing for coordinated water facilities operation and SWMS implementation.
e. Data sharing with each party is carried out through the DB server located in BBWSC.
f. Routine data for the following is to be collected in separate forms as per frequency prescribed;
   - Reservoir water surface elevation and storage
   - Reservoir inflow and outflow
   - River releases
   - Irrigation, water supply and hydropower releases
   - Hydro-meteorological data
   - Water quality

Article 10 [Emergency operation]

a. For emergency operations, the Emergency Action Plan (EAP) will have to be formulated in line with consultation with each Party. It should include;

i) A clear description of the circumstances under which a warning is issued and a list of individuals to whom the warning is issued.
ii) The names, organizations, telephone numbers (day/night), and alternate communication

5. 지능형 물관리를 위한 의사결정지원 시스템 개발

가. 수문자료 공동활용 방안 수립

○ 각 기관별로 산재되어 있는 수문자료를 연계·활용하기 위해 기관별 수문정보 DB 구축 현황을 조사하고 개선방향 도출

(1) 기관별 수문정보 DB 구축현황 조사

(가) BBWSC

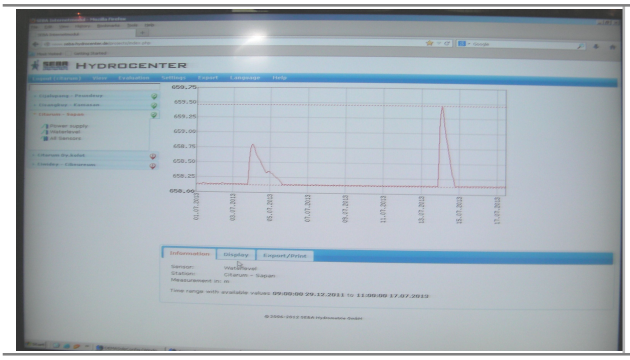
- DATABASE
  - □ BBWSC는 수문데이터베이스를 자체 구축하고 있으며, DBMS로 MySQL을 사용
  - □ 데이터베이스에 저장되는 데이터는 자동관측소에서 전송되는 데이터에 한함
  - □ 자동관측 데이터 이외에 수동관측 데이터의 경우 문서 또는 수동으로 전산화시킨 파일 형태로 보관

수동관측	자동관측
월 1회 관측소로부터 제공되는 관측보고서를 기반으로 직접 Typing	매시간 GSM 통신을 통하여 전송된 Raw 파일을 데이터베이스(MySQL)에 적재
수문월보를 생성, 파일과 문서로 동시에 보관	
측정된 데이터는 함께 설치된 데이터로거에 저장 매 1시간마다 BBWSC의 데이터베이스로 전송	

구분	수집항목	수집주기	관측주기	저장방식
자동관측소	수위	1시간	5분	데이터베이스
	강우	1시간	5분	데이터베이스
수동관측소	수위	1달	일 3회	문서, 파일
	강우	1달	일 1회	문서, 파일

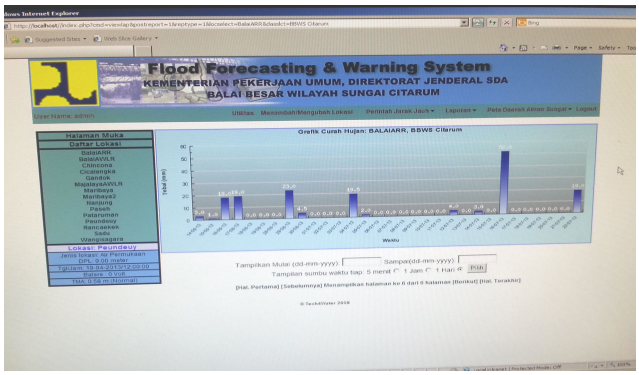
- MONITORING
  - □ 모니터링 시스템으로써 HYDROCENTER와 FFWS(Flood Forecast and Warning System) 운영
  - □ 시스템은 구축된 DB로부터 데이터를 제공받으며, 각 시스템별로 제공받는 관측소데이터가 일부는 차별적 구성
  - □ 단순 모니터링 시스템 수준에 불과하며, 보다 효율적인 유역관리를 위하여 정교한 분석 시스템 도입이 필요함

<Hydrocenter>



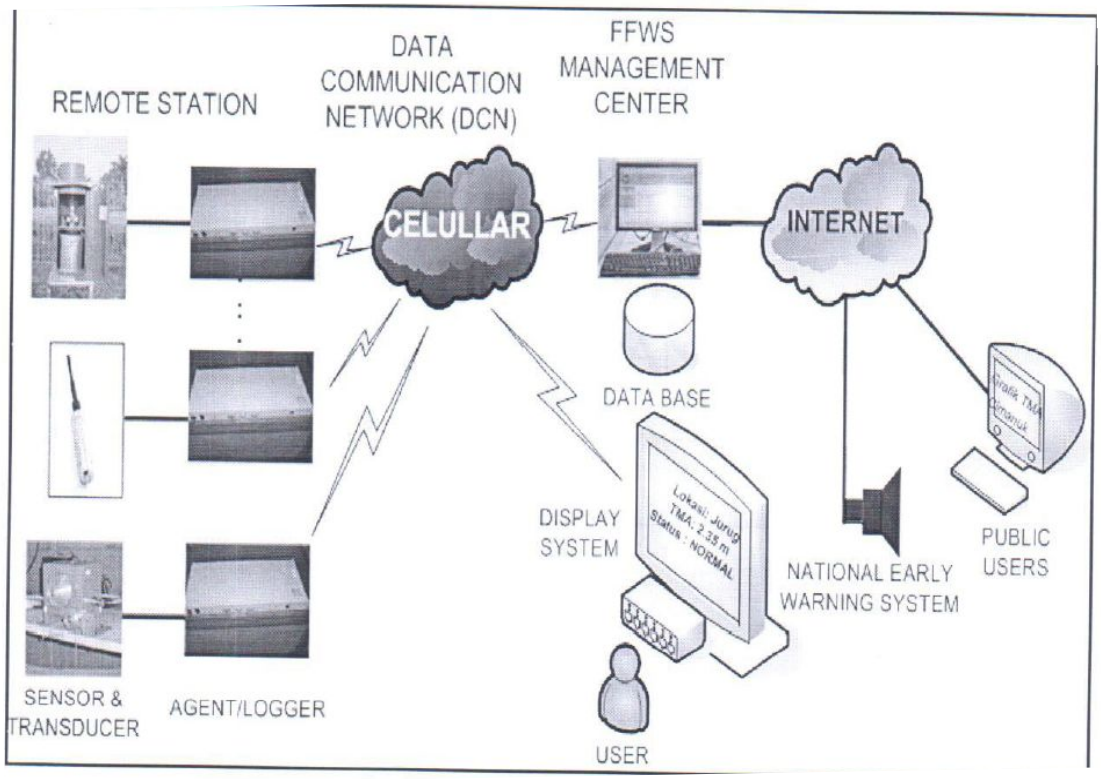
- 현재 설치된 자동관측소로부터 전송받은 데이터를 실시간으로 모니터링
- GIS 맵 기반으로 구성되어있으며, 데이터 테이블 및 플로우 챠트를 제공
- 모니터링 데이터는 수문측정값 및 측정소 전원상태 등 총 8개 관측소에 해당하는 정보를 제공

<FFWS>



- 인도네시아 국가 홍수예경보 시스템으로써 실시간 모니터링 및 경보를 제공
- 사업대상지역이 위치한 West Java 지역의 경우 경보시스템은 구축되어있지 않음

▫ 전체 시스템은FMC Puslitbang Air(National)를 메인으로 FMC BBWS Citarum, FMC BBWS Cimanuk, FMC C3-Banten 의 3개 센터로 운영
▫ BBWSC에서는 Citarum유역에 대한 정보를 구축



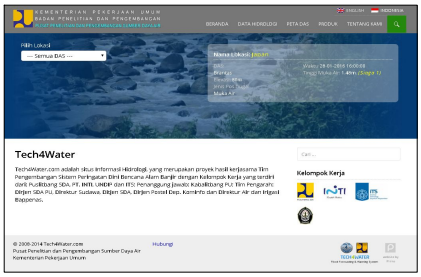
Contents	Details
FFWS Server	storage and processing of data
Display System	LCD Monitor, Monitoring PC
Webserver	Webservice
Software	Telemetry & Application DCN
	Forecasting Application

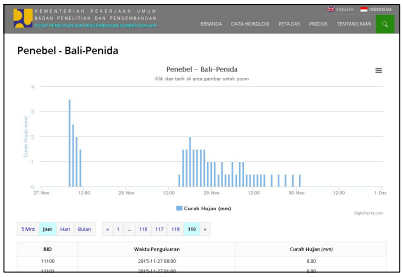
▫ BBWSC에 구축된 FFWS Server는 Database 역할을 수행하고 있으며, DBMS로 MySQL 사용
▫ 모니터링 시스템은 윈도우 체제를 기반으로 하고 있으며, Open GIS맵을 사용하여 관측소 측정자료를 실시간으로 제공

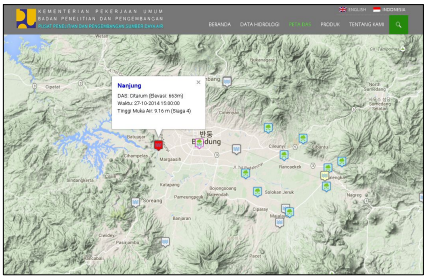
(나) PUSAIR

- DATABASE
  - 국가 수문자료 관리시스템의 데이터를 관리하기 위한 DB서버를 구축하여 DBMS (MYSQL)를 사용하여 관측정보를 관리
  - 수문정보는 3개의 FMC(BBWS CITARUM, BBWS CIMANUK, C3-BANTEN)으로부터 수집
  - 각 FMC에서 운영하는 자동관측소의 데이터는 GSM 통신을 통해 PUSAIR에 동시에 전송되며, 전송된 데이터는 DBMS로 관리

- MONITORING







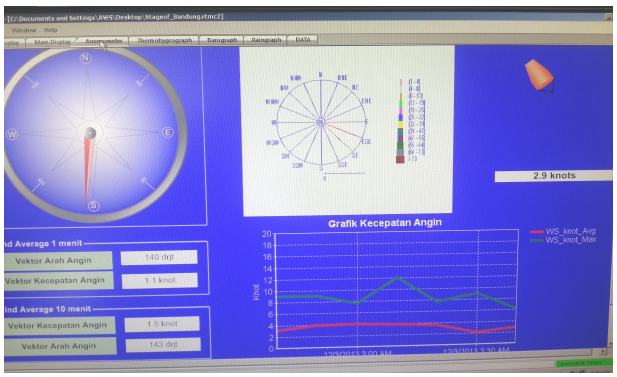
  - 인도네시아 국가 수문자료 관리시스템으로 Tech4water 시스템을 운영
  - 3개의 FMC는 오프라인 시스템인 반면 PUSAIR에서는 웹 기반으로 수문정보를 제공
  - 시스템은 GIS 기반으로 관측소의 위치, 관측데이터를 제공

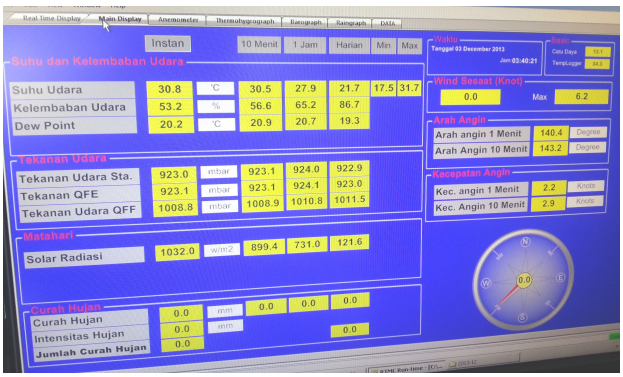
(다) BMKG

- DATABASE
  - BMKG는 관측데이터를 수동으로 전산화 하여 파일로 관리
  - DBMS로 관리하고 있지 않고, 정책상 외부에 데이터 제공 시 유료로 제공(제한된 데이터에 한함)

수동관측	자동관측
월 1회 관측소로부터 수집된 데이터를 기반으로 직접 Typing, 파일로 보관	데이터로거로부터 전송된 데이터는 일단위로 엑셀파일로 저장

- MONITORING





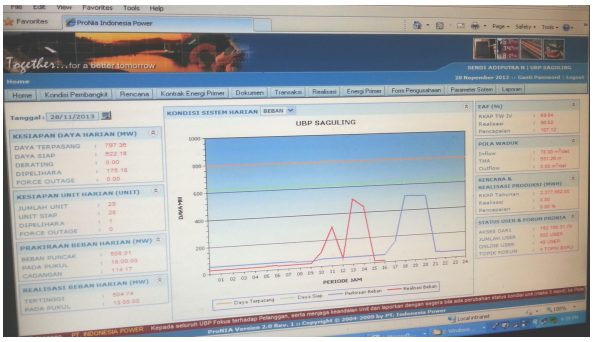
  - 모니터링 시스템인 Automatic Weather System Online으로 실시간 관측정보에 대한 현황을 모니터링
  - 데이터는 자동관측지점 1개소의 데이터에 한하며, C/S기반으로 외부로 제공되지 않고, 내부에서만 사용

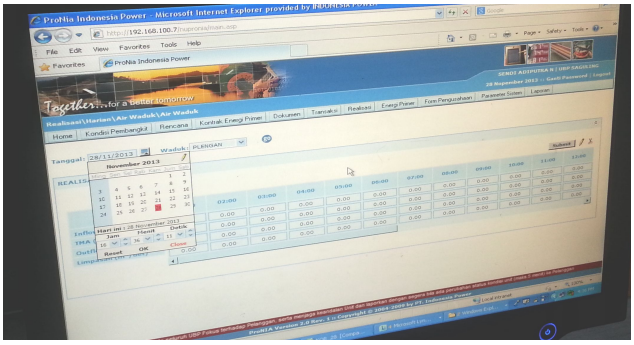
(라) INDONESIA POWER

- DATABASE
  - ▫ 유역 내 각 소수력 발전소에서 수집된 데이터는 인도네시아 파워(UPDT Saguling)에서 관리
  - ▫ UPDT Saguling에서는 3개 소수력 발전소에 매 3시간마다 전화를 걸어 발전량 및 사용수량 정보를 수집
  - ▫ 수집된 데이터는 직접 Typing 하여 엑셀로 저장하여 관리

수동관측	자동관측
매 3시간 수집된 데이터를 직접 Typing, 일단위로 엑셀파일로 저장	없음

- MONITORING





  - ▫ 모니터링 시스템으로 Pronia INDONESIA POWER를 운영
  - ▫ INDONESIA POWER 산하 발전소 들의 전력 생산 등 관련 데이터를 모니터링
  - ▫ 내부 시스템으로 외부에는 제공되지 않음

(2) 기관별 데이터 연계·제공 방안 수립

(가) 데이터 관리현황 및 개선방향

1) 자료관리

a. 현황분석

- 과업지역의 수문자료 수집 및 관리 현황

기관	수문관측	자료저장	자료관리
BBWSC	수동/자동	문서/로거	파일/DBMS
PUSAIR	-	-	DBMS
BMKG	수동/자동	문서/로거	파일
INDONESIA POWER	수동	문서	파일
	PDAM	수동	문서

- 각 기관별로 관리하는 관측시설의 특성에 따라 각각 운영형태가 다름
- 대부분의 기관에서 관측 및 관리의 자동화가 이루어지고 있지 않고, 자동화된 관측소의 자료도 신뢰성을 기대하기 어려움
- 위치에 따라 전기인입이 불가한 지역이 많고, 인도네시아의 열악한 IT 인프라로 인하여 관측소의 자동화가 쉽지 않음

b. 개선방향

- 의사결정지원 시스템의 적용을 위해 기초자료 수집은 매우 중요한 요소임
- 가장 좋은 방안은 모든 관측소의 자동화를 구축하는 것이나, 현재 상황을 고려하여 자료 수집의 간편화 및 반자동화 등 대안을 마련해야 함
- 대안으로는 핸드폰을 이용한 관측자료 전송, 자료 수집/전송체계의 개선 등을 고려

2) 정보활용

a. 현황분석

- 각 기관별로 관할하는 시설 및 관측소가 다르고, 별도로 운영하고 있어 데이터 관리체계가 다름
- 기관간 정보의 공유도 어렵고, 기관별 운영하고 있는 시스템은 대부분 기관 내부용 시스템으로 외부접근이 어려워 그 활용도가 떨어짐

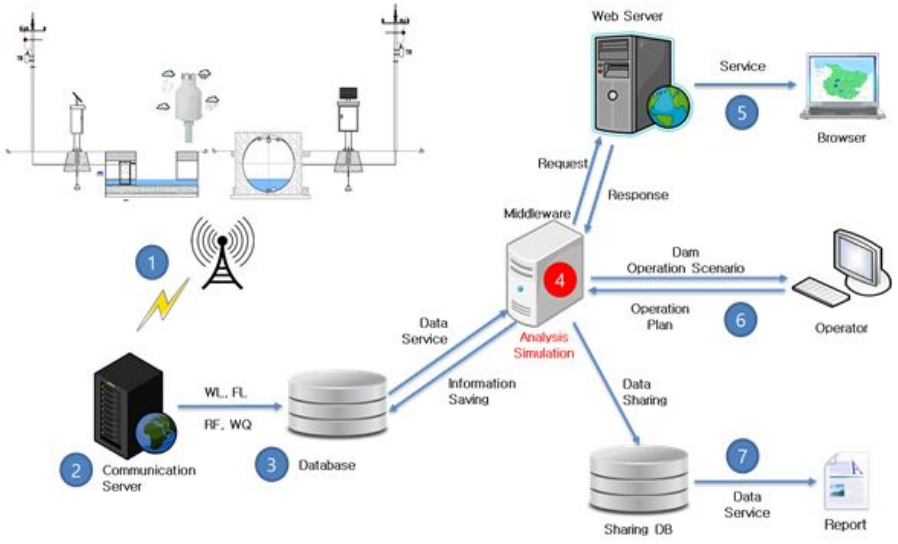
기관	수문관측	자료저장	자료관리
기관	관리대상	운영시스템	외부접근
BBWSC	수위/강우/수질	FFWS/HYDROCENTER	N
PUSAIR	수위/강우	FFWS	Y
BMKG	강우	내부시스템	N
INDONESIA POWER	발전량	내부시스템	N

b. 개선방향

- 기관별 별도로 관리하는 정보의 공유체계를 구축함으로써 데이터의 활용도를 높이고, 체계적인 관측망을 구축해야 함
- 기관간 정보의 공유를 위해 우선 데이터 체계의 표준화가 필요하며, 표준화 된 체계에 따라 관리할 수 있는 시스템의 도입이 필요함
- 현재 IT인프라를 고려하여 각 기관별 적용 가능한 방안을 마련해야 하며, 현재 상황을 고려하였을 때 각 기관의 데이터를 유역관리청(BBWSC)에서 일괄 수집하여 하나의 창구로 제공하는 것이 가장 좋을 것으로 판단됨

(나)데이터베이스 공동활용 방안

- PDAM 및 INDONESIA POWER에 Local로 구축되는 데이터베이스는 PUSAIR에서 구축한 의사결정지원 시스템 데이터베이스와 동일한 ERD(Entity Relation Diagram)를 가진 구조로 구축



- 각 유관기관의 고유의 계측 자료를 저장하기 위한 용도로 데이터 매니저를 이용하여 입력하고 관측자료의 모니터링과 시설물을 관리
- 유관기관 마다 데이터의 수집단계부터 데이터 형식이 상이해 추후 통합데이터베이스와의 연계과정에서의 어려움이 발생하므로, 데이터 취합 시에는 기 구축된 Citarum-DSS의 Data Manager를 활용하여 각 기관마다 상이한 수문 데이터의 형식을 표준 데이터로 변환

(3) 수문자료 공동활용 DB 구축(프로토타입)

(가) 유관기관 수문자료 수집 및 자료 입력

1) 기관별 수문자료 데이터 구조

□ 대부분의 관측소에서 수동으로 관측을 수행하고 있음

□ 관측결과는 관측소에서 1차적으로 일지에 기입하여 우편 또는 전화를 통해 사무소로 전달

□ 전달결과는 사무소에서 2차적으로 Excel 등의 전자 문서로 변경하여 관리

□ 각 기관별로 관리하는 데이터가 다름

① Indonesia Power

□ 각 발전소 별 전력생산량/발전사용유량

- 데이터 형태 : 엑셀파일
- 계측항목 : 시간별(3시간 단위) 발전사용유량, 생산량(전력)

TGL 1-JAN-2010

JAM	PLTA CIKALONG I MW	II MW	III MW	JML MW	PEMAKAIAN AIR M3/DET
01.00	ST	6.00	ST	6.00	5.4
02.00	ST	6.00	ST	6.00	5.4
03.00	ST	6.00	ST	6.00	5.4
04.00	ST	6.00	ST	6.00	5.4
05.00	ST	6.00	ST	6.00	5.4
06.00	ST	6.00	ST	6.00	5.4
SUB TTL	CIKALONG				
07.00	ST	6.00	ST	6.00	5.4
08.00	ST	6.00	ST	6.00	5.4
09.00	ST	4.00	ST	4.00	3.6
10.00	ST	4.00	ST	4.00	3.6
11.00	ST	4.00	ST	4.00	3.6
12.00	ST	4.00	ST	4.00	3.6
13.00	ST	4.00	ST	4.00	3.6
14.00	ST	4.00	ST	4.00	3.6
SUB TTL	CIKALONG				
15.00	ST	4.00	ST	4.00	3.6
16.00	ST	4.00	ST	4.00	3.6
17.00	ST	4.00	ST	4.00	3.6
18.00	ST	4.00	ST	4.00	3.6
19.00	ST	6.00	4.00	10.00	9
20.00	ST	6.00	4.00	10.00	9
21.00	ST	6.00	4.00	10.00	9
SUB TTL	CIKALONG				
22.00	ST	6.00	4.00	10.00	9
23.00	ST	6.00	4.00	10.00	9
24.00	ST	6.00	4.00	10.00	9
SUB TTL	CIKALONG				
TOTAL					133.2
RATA-2					5.55

Catatan : 1 MW = 0,9 m3/det

TGL 28-FEB-2010

JAM	PLTA CIKALONG I MW	II MW	III MW	JML MW	PEMAKAIAN AIR M3/DET
01.00	ST	AI	ST	0.00	0
02.00	ST	AI	ST	0.00	0
03.00	ST	AI	ST	0.00	0
04.00	ST	AI	ST	0.00	0
05.00	ST	AI	ST	0.00	0
06.00	ST	AI	ST	0.00	0
SUB TTL	CIKALONG				
07.00	ST	AI	ST	0.00	0
08.00	ST	AI	ST	0.00	0
09.00	ST	AI	ST	0.00	0
10.00	ST	AI	ST	0.00	0
11.00	ST	AI	ST	0.00	0
12.00	ST	AI	ST	0.00	0
13.00	ST	AI	ST	0.00	0
14.00	ST	AI	ST	0.00	0
SUB TTL	CIKALONG				
15.00	ST	AI	ST	0.00	0
16.00	ST	AI	ST	0.00	0
17.00	ST	AI	ST	0.00	0
18.00	ST	AI	ST	0.00	0
19.00	ST	AI	ST	0.00	0
20.00	ST	AI	ST	0.00	0
21.00	ST	AI	ST	0.00	0
SUB TTL	CIKALONG				
22.00	ST	AI	ST	0.00	0
23.00	ST	AI	ST	0.00	0
24.00	ST	AI	ST	0.00	0
SUB TTL	CIKALONG				
TOTAL					0
RATA-2					0

Catatan : AI = Pemeliharaan Tahunan 2 hari

TGL 20-DES-2011

JAM	PLTA CIKALONG I MW	II MW	III MW	JML MW	PEMAKAIAN AIR M3/DET
01.00	3.00	ST	ST	3.00	2.7
02.00	3.00	ST	ST	3.00	2.7
03.00	3.00	ST	ST	3.00	2.7
04.00	3.00	ST	ST	3.00	2.7
05.00	3.00	ST	ST	3.00	2.7
06.00	5.00	ST	ST	5.00	4.5
SUB TTL	CIKALONG				
07.00	5.00	ST	ST	5.00	4.5
08.00	5.00	ST	ST	5.00	4.5
09.00	5.00	ST	ST	5.00	4.5
10.00	5.00	ST	ST	5.00	4.5
11.00	5.00	ST	ST	5.00	4.5
12.00	3.00	ST	ST	3.00	2.7
13.00	3.00	ST	ST	3.00	2.7
14.00	3.00	ST	ST	3.00	2.7
SUB TTL	CIKALONG				
15.00	ST	ST	ST	0.00	0
16.00	ST	ST	ST	0.00	0
17.00	ST	ST	ST	0.00	0
18.00	ST	ST	ST	0.00	0
19.00	3.00	ST	ST	3.00	2.7
20.00	3.00	ST	ST	3.00	2.7
21.00	ST	ST	3.00	3.00	2.7
SUB TTL	CIKALONG				
22.00	ST	ST	3.00	3.00	2.7
23.00	ST	ST	3.00	3.00	2.7
24.00	ST	ST	3.00	3.00	2.7
SUB TTL	CIKALONG				
TOTAL					64.8
RATA-2					3.24

Catatan : ST = StandBy (tidak operasi)

< 발전소 데이터 저장형식 >

□ 발전소 별 (하천)관측유량

- 데이터 형태 : 엑셀파일
- 계측항목 : 일 저수량(저수지 저수량 및 방류량, 주요 보 방류량)

DATA PEMANTAUAN AIR PLTA PLENGAN

BULAN : JANUARI 2013

LAPORAN JAM : 06.00

TANGGAL	CILAKI	SOROPOT	CILAKI BE	CIPANUNJANG CILEUNCA	PULO	PALAYAN	CISANGKA	CISARUA	PEIL SITU CIPANUNJANG	PEIL SITU CILEUNCA	ISI SITU CIPANUNJANG	ISI SITU CILEUNCA	JUMLAH ISI SITU
1	3.40	4.00	0.8	2.5	-	1.8	1.6	2.3	1,437.95	1,417.97	9,938	10,540	20,478
2	3.40	4.00	0.8	2.5	-	1.8	1.6	2.3	1,438.09	1,418.06	10,090	10,713	20,803
3	3.40	4.00	0.8	2.5	-	1.8	1.6	2.3	1,438.20	1,418.25	10,200	11,050	21,250
4	3.40	4.00	0.8	2.5	-	2.0	1.8	3.5	1,438.39	1,418.45	10,390	11,417	21,807
5	3.40	4.00	0.8	2.5	-	2.0	1.8	3.5	1,438.60	1,418.65	10,629	11,783	22,412
6	3.40	4.00	0.8	2.0	-	3.0	1.8	3.5	1,438.71	1,418.63	10,786	11,750	22,536
7	3.40	4.00	0.8	2.0	-	3.0	1.8	3.5	1,438.91	1,418.70	11,071	11,900	22,971
8	3.40	4.00	0.8	2.0	-	3.5	2.5	3.5	1,439.15	1,418.70	11,363	11,900	23,263
9	3.40	4.00	0.8	1.0	-	4.0	2.5	3.5	1,439.45	1,418.70	11,730	11,900	23,630
10	3.40	4.00	-	1.0	-	5.0	2.5	3.5	1,439.70	1,418.64	12,050	11,767	23,817
11	3.50	4.50	-	0.5	-	5.0	2.5	3.5	1,440.95	1,418.55	12,344	11,617	23,961
12	3.50	4.50	-	0.5	-	5.0	2.5	3.5	1,440.10	1,418.50	12,538	11,517	24,055
13	3.50	4.50	-	0.5	-	5.0	2.5	3.5	1,440.30	1,418.46	12,800	11,450	24,250
14	3.50	4.50	-	0.5	-	5.0	2.5	3.5	1,440.64	1,418.39	13,258	11,283	24,541

< 발전소(Plengan) 관측 유량 기록양식 >

② BBWSC

□ 관측소 별 강우량

– 데이터 형태 : My-SQL DB 및 엑셀파일(PDF)

– 계측항목 : 실시간(13개소, 10분) 강우, 일 강우량(월 최대강우량, 월 평균강우)

Curah Hujan Harian (mm)

Nama Stasiun	Bojong Soang		
No Stasiun	-	Elevasi	-
No In Database	-	Tipe alat	Manual
Lintang Selatan	-	Pemilik	BBWS Citarum
Bujur Timur	-	Operator	Supriyatna

Tahun 2012

Tanggal	Bulan												Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
1	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	0.0	28.0	
3	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	23.5	
4	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	6.5	
5	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	16.0	
6	-	-	-	-	-	5.0	17.0	0.0	0.0	1.0	0.0	13.0	
7	-	-	-	-	-	1.0	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	0.0	
8	-	-	-	-	-	2.0	1.0	0.0	0.0	15.0	0.0	41.0	
9	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0	0.0	
10	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.0	3.0	
11	-	-	-	-	-	2.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	13.5	
12	-	-	-	-	-	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	
13	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	
14	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	1.0	5.0	11.5	
15	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0	0.0	6.0	
16	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.5	8.0	
17	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.5	11.0	
18	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	45.0	26.0	30.5	
19	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5	3.5	
20	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	3.5	
21	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	
22	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.0	38.0	
23	-	-	-	-	-	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	60.0	
24	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	2.0	
25	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	21.0	
26	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	39.0	3.0	28.0	
27	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	11.0	54.0	7.5	3.5	
28	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	
29	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	7.0	1.0	28.5	0.0	
30	-		-	-	-	0.0	0.0	0.0	5.0	4.0	66.0	0.0	
31	-		-		-		0.0	11.0		11.0		6.0	
Hujan Maximum	-	-	-	-	-	5.0	17.0	11.0	11.0	54.0	66.0	60.0	-
Jml Curah Hujan	-	-	-	-	-	11.0	19.0	12.0	23.0	234.0	343.5	405.0	-
Jml. Hari Hujan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	3.0	2.0	3.0	15.0	17.0	25.0	-
Jml. Hujan (1-15)	-	-	-	-	-	10.0	19.0	1.0	0.0	80.0	42.0	187.0	
Jml. data kosong	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Jml Hujan (16-31)	-	-	-	-	-	1.0	0.0	11.0	23.0	154.0	301.5	218.0	
Jml. data kosong	16.0	14.0	16.0	15.0	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

< 관측소 별 강우량 기록양식 >

□ 관측소 별 수위

– 데이터 형태 : My-SQL DB 및 엑셀파일(PDF)

– 계측항목 : 실시간(8개소, 10분) 수위 및 일 수위

DATA MUKA AIR SUNGAI

Ciburaleng-Sindangpakuon **No. 2- 16- 3- 2** **Tahun 2012**

Induk Sungai	CITARUM
Data Geografi	06 11 00 LS 107 18 00 BT
Lokasi	Prov. Jawa Barat, Kab.Sumedang, Kec.Cimanggung, Ds.Sd. Pakuon, Dari Bandung ke jurusan Sumedang
Luas Daerah Pengaliran	175.30 KM2 ; ELEVASI POS DUGA AIR :
Keterangan mengenai Pos Duga Air	
Didirikan	Tanggal 10-03-2011 oleh BBWSC
Periode Pencatatan	Tanggal 01-01-2012 sampai dengan 31-12-2012
Jenis Alat	Pos Duga Air Biasa
Ringkasan Data Aliran Ekstrim	
Aliran Terbesar	.90 M; TGL 29- 9-2012
Aliran Terkecil	.10 M; TGL 22- 8-2012
Pelaksana	Unit Hidrologi, Balai Besar Wilayah Sungai Citarum

Tabel Besarnya Muka Air Harian (m)

Tanggal	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	0.24	0.3	0.29	0.28	0.27	0.24	0.25	0.19	0.1	0.11	0.25	0.33
2	0.24	0.28	0.29	0.29	0.25	0.24	0.25	0.19	0.11	0.11	0.24	0.3
3	0.25	0.25	0.28	0.29	0.21	0.25	0.26	0.18	0.11	0.11	0.23	0.3
4	0.27	0.26	0.34	0.28	0.2	0.26	0.25	0.17	0.11	0.12	0.21	0.3
5	0.27	0.3	0.3	0.29	0.22	0.31	0.25	0.18	0.11	0.12	0.22	0.35
6	0.25	0.31	0.27	0.3	0.21	0.36	0.24	0.19	0.12	0.12	0.2	0.49
7	0.23	0.33	0.27	0.32	0.23	0.36	0.19	0.18	0.13	0.11	0.18	0.61
8	0.21	0.31	0.27	0.32	0.25	0.29	0.19	0.18	0.11	0.11	0.19	0.66
9	0.2	0.3	0.29	0.3	0.23	0.27	0.17	0.18	0.12	0.11	0.26	0.46
10	0.21	0.27	0.28	0.29	0.2	0.25	0.18	0.18	0.12	0.13	0.32	0.31
11	0.2	0.26	0.28	0.3	0.2	0.24	0.18	0.19	0.12	0.15	0.32	0.33
12	0.28	0.28	0.29	0.3	0.19	0.24	0.2	0.19	0.12	0.14	0.33	0.5
13	0.33	0.32	0.29	0.28	0.2	0.21	0.21	0.19	0.11	0.13	0.32	0.55
14	0.33	0.29	0.3	0.27	0.28	0.2	0.22	0.18	0.12	0.12	0.33	0.55
15	0.31	0.27	0.27	0.26	0.3	0.2	0.24	0.17	0.11	0.12	0.36	0.48

< 관측소 별 수위 기록양식 >

□ 관측소 별 유량

– 데이터 형태 : 엑셀파일(PDF)

– 계측항목 : 일 유량(수위유량 공식, 월 평균유량, 단위면적당 유량, 총 유출량)

DATA DEBIT SUNGAI

Ciwidey-Cukanggenteng **No. 2- 16- 3- 2** **Tahun 2012**

Induk Sungai : CITARUM
Data Geografi : 06 11 00 LS 107 18 00 BT
Lokasi : Prov. Jawa Barat, Kab.Bandung, Kec.Pasirjambu, Ds.Cukanggenteng, Kp.Ck. Genteng
Dari Bandung ke jurusan Ciwidey +/- 25 km sampai di Kp.Cukanggenteng, belok kanan +/- 500 m sampai di sungai Ciwidey, pos berada disebelah kanan aliran
Luas Daerah Pengaliran : 175.3 KM2 ; ELEVASI PDA :+ M

Keterangan mengenai Pos Duga Air
Didirikan : Tanggal 29-05-1996 oleh PHU
Periode Pencatatan : Tanggal 01-01-2012 sampai dengan 31-12-2012
Jenis Alat : Pos Duga Air Biasa

Ringkasan Data Aliran Ekstrim
Aliran Terbesar : M.A. = 1.00(+.00) M ; Q = 9.06 M3/DET ; TGL 28-11-2012
Aliran Terkecil : M.A. = .18(+.00) M ; Q = 2.83 M3/DET ; TGL 27- 8-2012

Aliran Ekstrim yang Pernah Terjadi sampai dengan Tahun Ini
Aliran Terbesar : M.A. = 3.80(+0.04) M ; Q = 323.97 M3/DET ; TGL 19- 11-2008
Aliran Terkecil : M.A. = .24(-.09) M ; Q = 3.90 M3/DET ; TGL 18- 7-2010
Penentuan Besarnya Aliran : BESARNYA ALIRAN DITENTUKAN BERDASARKAN RUMUS LENGKUNG Q = 3.465(H + 0.711)^1.789
HASIL ANALISA PAKET PROGRAM NEO PERDAS, MENGGUNAKAN DATA PENGUKURAN ALIRAN DARI TAHUN 2000 SAMPAI DENGAN TAHUN 2012.
Catatan : -

Pelaksana : Unit Hidrologi, Balai Besar Wilayah Sungai Citarum

Tabel Besarnva Aliran Harian (m^3/det)

Tanggal	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	6.61	7.07	7.49	7.97	7.15	4.05	3.59	3.03	3.58	3.88	7.29	8.21
2	7.49	5.96	8.51	8.21	6.26	3.57	4	3.23	3.78	3.59	8.11	7.42
3	7.18	5.15	7.59	8.51	5.19	3.7	3.56	3.15	4.04	3.85	5.99	7.45
4	6.4	5.31	8.44	7.39	5.12	3.87	3.44	2.99	3.71	4	5.66	8.13
5	5.8	5.13	6.4	6.89	6.34	3.55	3.8	3.06	3.99	3.95	5.59	7.74
6	7.02	5.72	7.04	7.03	5.67	3.54	3.63	3.12	4.08	4.3	5.34	6.83
7	6.05	5.09	5.08	7.19	4.46	3.48	3.59	3.1	4.1	4.42	6.25	7.98
8	7.49	5.71	4.75	7.02	5.58	3.43	3.69	3.19	4.1	4.13	5.27	8.03
9	8.14	6.33	5.38	6.93	6.2	3.38	3.41	3.3	3.91	3.66	5.69	7.38
10	6.2	7.32	5.71	6.24	6.37	3.34	3.37	3.13	3.86	4.14	6.84	8.22
11	6.42	7.76	5.43	5.55	6.14	3.5	3.56	3.21	4.18	3.71	8.25	7.7
12	6.51	8.27	5.45	5.05	5.49	3.5	3.41	3.35	4.22	4.21	8.63	7.66
13	7.17	7.82	6.02	5.84	5.56	3.38	3.67	3.23	3.88	4.4	7.98	7.94
14	6.93	6.55	5.46	6.77	4.49	3.43	3.65	3.26	3.63	4.35	7.49	7.05
15	7.11	6.71	5.39	6.61	5.05	3.47	3.49	3.36	3.86	4.77	7.93	7.62
16	6.35	7.05	4.87	6.39	5.78	3.43	3.41	3.26	3.71	4.8	7.79	8.14
17	6.85	6.91	6	6.11	6.33	3.48	3.56	3.37	3.53	4.66	7.37	7.84
18	6.73	7.19	6	6.54	6.8	3.41	3.46	3.44	3.58	3.83	6.65	8.1
19	7.85	7.76	5.97	5.89	8.07	3.33	3.35	3.35	3.57	3.96	7.71	8.31
20	7.41	8.23	4.65	7.22	8.47	3.4	3.44	3.19	3.51	4.07	8.43	7.45
21	6.58	6.9	4.21	6.65	7.82	3.28	3.49	3.19	3.49	4.04	8.25	7.89
22	7.5	6.85	5.18	7.04	8.45	3	3.48	3.22	3.56	4.22	8.08	7.9
23	8.15	7.35	5.29	6.96	8.53	3.09	3.41	3.27	3.65	4.14	8.53	8.14
24	6.47	7.06	5.52	6.28	8.84	3.15	3.5	3.35	3.66	4.19	8.27	8.48
25	6.9	7.16	5.22	6.07	8.79	3.08	3.29	3.17	3.59	4.09	7.42	8.11
26	7.25	6.27	5.23	6.04	8.15	3.13	3.33	3.11	3.48	4.13	8.09	7.31
27	7.5	5.78	5.37	6.42	7.15	3.13	3.4	2.98	3.55	3.82	7.69	7.95
28	7.07	6.13	5.14	6.48	6.8	2.92	3.4	3.23	3.49	4.04	8.37	7.48
29	7.6	5.66	5.51	5.9	6.42	2.95	3.45	3.23	3.58	4.15	8.54	7.47
30	6.99		6.49	6.22	6.17	3.13	3.37	3.4	3.74	3.79	8.19	6.95
31	6.56		5.68		5.95		3.33	3.34		4.38		7.13
Rata-rata	6.9768	6.6276	5.8216	6.647	6.5674	3.37	3.501	3.2197	3.7537	4.1184	7.3897	7.7423
Aliran/km²(l/det)	39.799	37.807	33.209	37.918	37.464	19.224	19.971	18.367	21.413	23.493	42.154	44.166
Tinggi Aliran(mm)	106.6	94.729	88.948	98.283	100.34	49.829	53.491	49.193	55.502	62.925	109.26	118.29
Meter Kubik(10^6)	18.687	16.606	15.593	17.229	17.59	8.735	9.377	8.6236	9.7295	11.031	19.154	20.737

Data Tahunan:
Rata-rata 5.4737 m^3/det: Aliran km^2 31.225
Tinggi aliran 987.4 mm; Total aliran 173.09 meter kubik (10^6).

Keterangan:
* = Tanggal Pengukuran
K = Debit Perkiraan Berdasarkan Hydrograph
E = Debit Ekstrapolasi

< 관측소 별 유량 기록양식 >

③ DPSDA

□ 관측소 별 유량

– 데이터 형태 : 엑셀파일(PDF)

– 계측항목 : 일 유량(수위유량 공식, 월 평균유량, 단위면적당 유량, 총 유출량)

S.CISANGKUY-PATARUMAN
NO. POS DUGA AIR : 02-016-03-03
TAHUN : 2008
INDUK SUNGAI : CITARUM

LETAK GEOGRAFI : - -
LUAS DAERAH PENGALIRAN : 406.0 KM2 ;ELEVASI :
LOKASI : Prop.Jawa Barat Kab.Bandung,Kc.Pangalengan dari Bandung menuju arah Pangalengan +/- 20 km sampai di Cikalong,belok kanan menuju Kp.Pataruman +/- 2 km sampai di jembatan S.Cisangkuy. Pos berada disebelah kanan aliran.
KETERANGAN POS DUGA AIR :
TAHUN DIDIRIKAN : 01/04/2000 OLEH PHU
PERIODE PENCATATAN : TANGGAL 01/04/2000 SAMPAI DENGAN 31/12/2008
JENIS ALAT :PAPAN DUGA AIR BIASA (PDAB)

ALIRAN EXTRIM :
ALIRAN TERBESAR : M.A. = 2.10(+0.00) M ; Q = 65.95 M3/DET ; TGL 17-03-2008
ALIRAN TERKECIL : M.A. = 0.30(+0.00) M ; Q = 1.969 M3/DET ; TGL 03-10-2008

ALIRAN EXTRIM YANG PERNAH TERJADI S/D TAHUN 2008 :
ALIRAN TERBESAR : M.A. = 2.10(+0.00) M ; Q = 65.95 M3/DET ; TGL 17-03-2008
ALIRAN TERKECIL : M.A. = 0.00(-0.02) M ; Q = 0.040 M3/DET ; TGL 14-09-2000

PENENTUAN BESARNYA ALIRAN :
BERDASARKAN PERSAMAAN LENGKUNG DEBIT : Q = 8.356 (H + 0.250)^2.418
YANG DIBUAT MENURUT DATA HASIL PENGUKURAN DEBIT DARI TAHUN 2000 S/D TAHUN 2007

TABEL BESARNYA ALIRAN HARIAN (M3/DET) :

Tanggal	JAN.	PEB	MAR.	APR.	MEI	JUN.	JUL.	AGU.	SEP.	OKT.	NOP.	DES.
1	13.2	5.48	3.29	11.7	4.44	2.63	2.84	2.43	3.78	2.84	5.17	4.04
2	11.7	4.04	3.9	10.5	3.17	2.95	2.63	2.43	3.41	2.33	5.64	7.76
3	10.5	3.78	3.29	7.2	3.9	2.73	2.43	2.84	3.65	1.97	5.33	5.48
4	15.2	3.53	4.44	7.76	4.87	2.84	2.84	2.43	3.53	2.53	5.33	4.17
5	10.3	3.53	3.53	14.1	3.06	2.63	2.63	2.63	4.04	2.24	5.02	5.33
6	8.36	3.41	3.53	13.2	2.84	2.84	2.53	2.84	3.41	2.06	4.04	4.87
7	7.2	4.04	4.73	10.5	2.73	2.63	2.63	2.43	3.78	1.97	4.3	6.48

< 관측소 별 유량 기록양식 >

□ 관측소 별 강우

– 데이터 형태 : 엑셀파일(PDF)

– 계측항목 : 일 강우량(월 최대강우량, 월 평균강우)

DATA CURAH HUJAN HARIAN (mm)

Nama Stasiun : PCH Ciherang
Kecamatan : Cangkuang Lintang Selatan : 07 02' 13"
Kabupaten : Bandung Bujur Timur : 107 34' 49"
Daerah Aliran : Citarum Tipe Alat : Manual
Propinsi : Jawa Barat Pemilik : Dinas PU Pengairan

TAHUN DATA 2012

Tanggal	BULAN												Tahunan
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	
1	8	0	0	24	0	5	0	0	0	0	0	30	
2	5	0	0	40	0	0	0	0	0	8	0	19	
3	0	0	1	15	2	0	0	0	0	0	0	3	
4	0	17	36	10	0	0	5	0	0	3	3	24	
5	0	12	0	35	8	2	0	0	0	0	0	1	
6	6	0	0	10	0	0	0	0	1	15	0	10	
7	0	0	37	3	1	6	0	0	0	1	0	17	
8	0	16	4	2	31	1	0	0	0	22	16	35	
9	10	0	5	4	0	0	0	0	1	22	0	0	
10	7	0	13	0	22	0	0	0	0	0	0	0	
11	0	30	0	14	0	48	0	0	0	0	0	0	
12	16	19	0	1	0	0	0	2	0	0	3	0	
13	8	3	0	2	7	0	0	0	0	0	3	15	
14	0	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	1	
15	0	2	0	0	1	0	0	0	4	0	0	32	
16	0	36	0	0	10	0	10	0	0	0	32	22	
17	4	12	0	18	17	0	0	0	0	0	19	0	
18	9	0	0	9	35	0	0	0	0	36	135	44	
19	12	0	0	3	0	0	0	0	0	0	9	18	
20	0	6	0	2	3	0	0	0	0	0	18	7	
21	18	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	
22	6	26	0	8	0	0	0	0	0	0	16	0	
23	5	6	0	0	0	4	0	0	0	0	5	0	
24	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	
25	18	36	4	0	0	0	0	0	0	0	3	40	
26	0	3	0	44	0	0	0	0	0	45	1	13	
27	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	10	10	
28	30	0	0	7	0	0	0	0	0	3	9	33	
29	19	0	0	0	45	0	0	0	3	0	13	10	
30	4		0	19	0	0	0	0	0	0	47	3	
31	0		0		0		0	0		0		0	
Hujan Maksimum	30	36	37	44	45	48	10	2	4	45	135	44	135
Jml Curah Hujan	195	225	100	289	206	66	15	2	9	165	349	387	2008
Jml. Hari Hujan	18	15	7	25	13	6	2	1	4	9	19	21	137
Rata-rata	6	8	3	10	7	2	0	0	0	5	12	12	
Hujan (1-15)	60	99	96	156	96	62	3	2	6	81	27	187	
Jml. Data Kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hujan (16-31)	135	126	4	133	110	4	10	0	3	84	322	200	
Jml. Data Kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Ket : - data kosong

< 관측소 별 강우 기록양식 >

2) 자료입력 시스템 설계

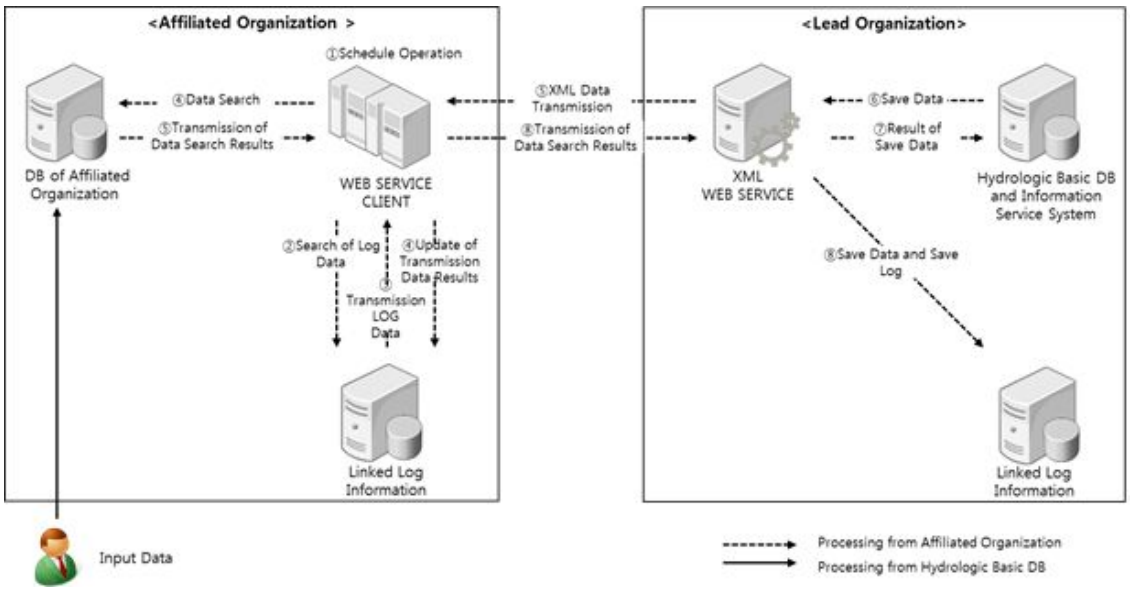
① 시스템 개요

– 현재 시스템 인프라를 고려하여, 유관기관의 데이터를 연계하기 위한 서비스를 구축

– 사용자 권한을 통해 기관의 데이터를 등록하거나 필요 데이터를 요청

– 향후 인프라 구축 시(유관기관의 DBMS 도입) 자료공유 시스템으로 활용

② 시스템 구조

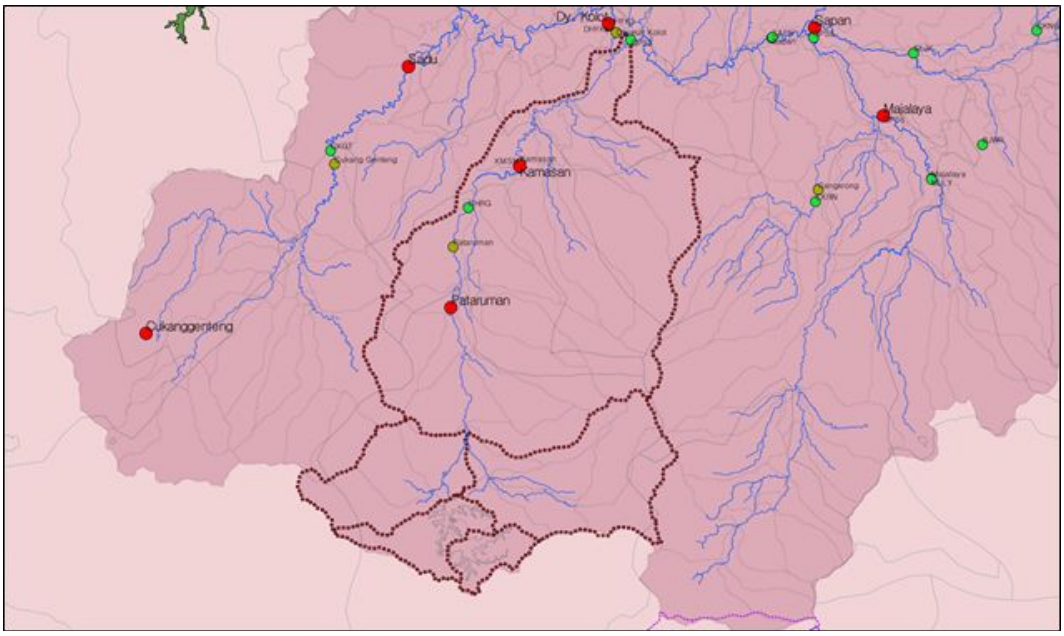


< 자료입력 시스템 구조>

(나) 수동 및 자동 계측 데이터 연계 체계 구축

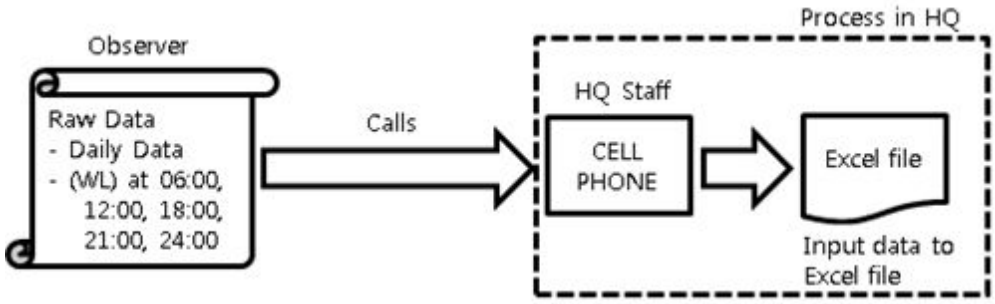
1) 수문자료 계측 현황

① 수위계측현황



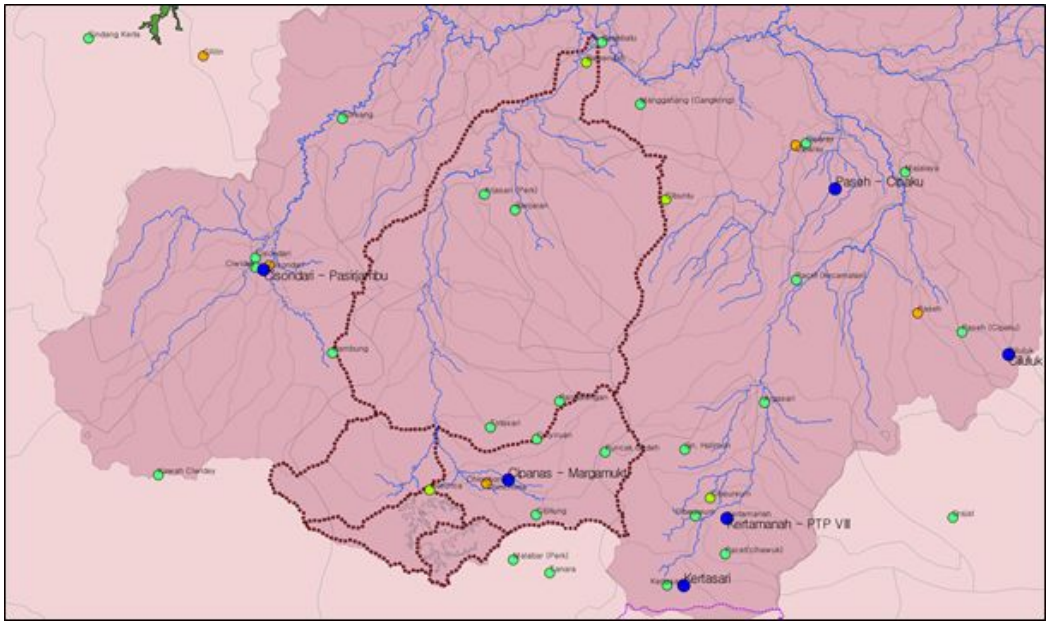
< 찌상쿠이 유역 수위 측정 현황 >

- 분석시스템에 필요한 수위 계측 지점은 댐 및 주요 보가 위치한 지점으로, 분석지역 내 수위 계측은 필요 개소보다 매우 적게 수행되고 있음
- 대부분의 계측지점에서 수동으로 계측 중



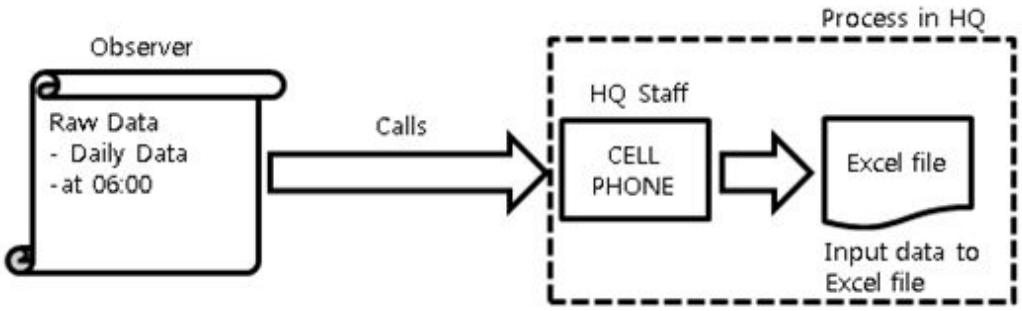
< 수위 측정 프로세스(수동) >

② 강우계측현황



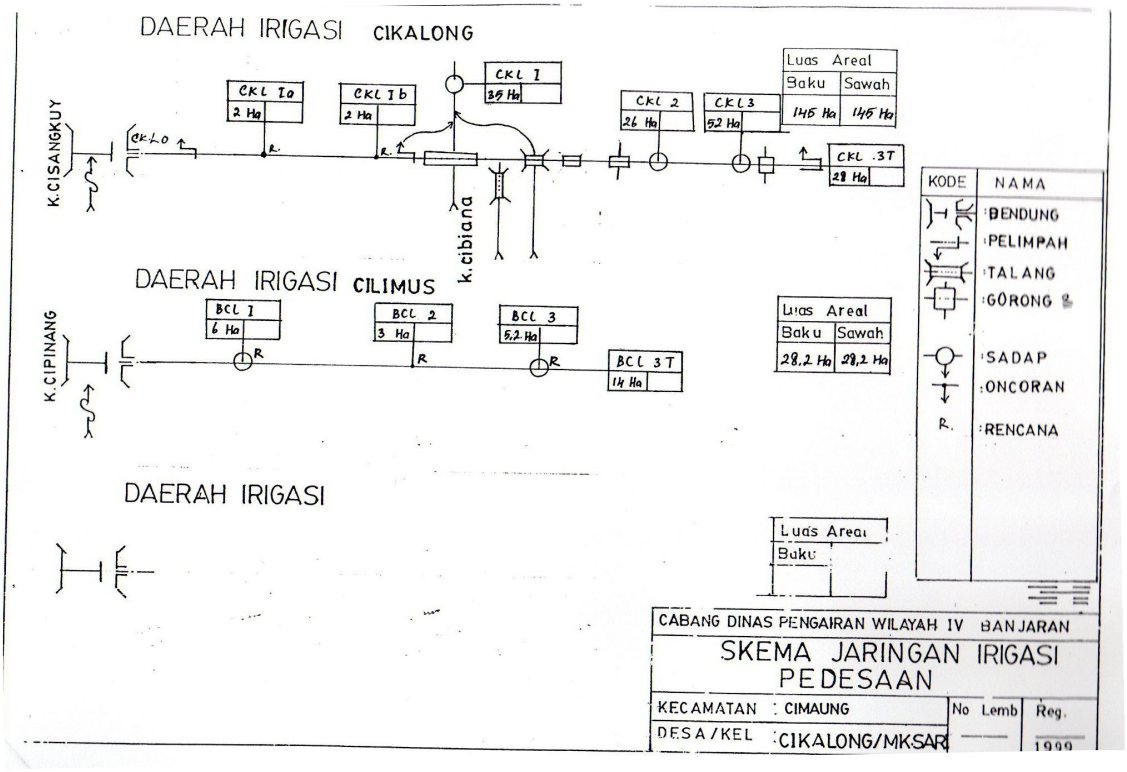
< 찌상쿠이 유역 강우 측정 현황 >

- 면적을 고려하였을 경우 분석에 필요한 강우계측은 1~2지점으로 만족
- 현재 대부분의 계측지점에서 수동으로 계측



< 강우 측정 프로세스(수동) >

③ 용수사용량 계측현황
- 대상 지역 내 농업용수 사용량을 정량적으로 계측하고 있지 않음
- 농업용수 사용량의 경우 경작물 및 월별 경작계획을 기준으로 산정

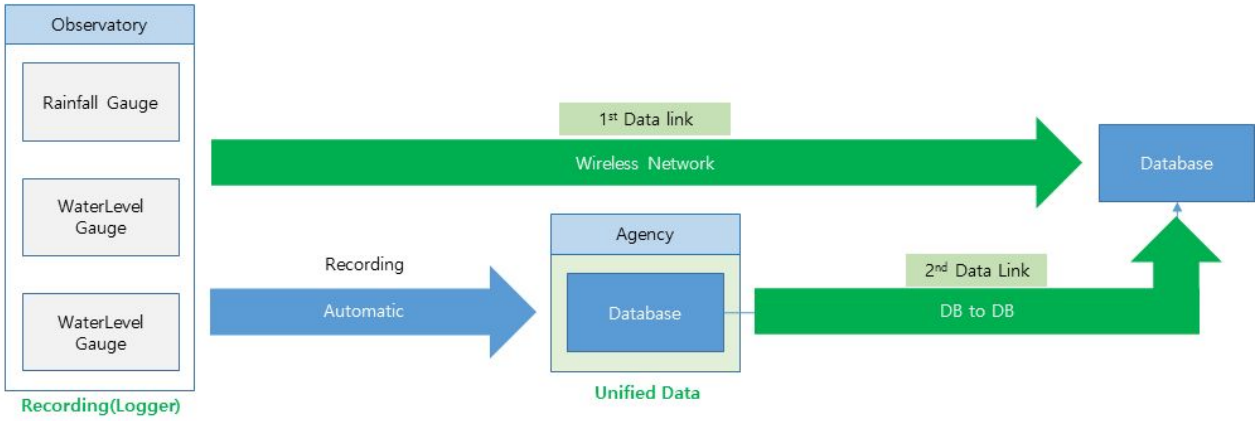


< 농업용수 관계도(Cihering) >

2) 계측데이터 연계 방안 및 설계

① 각 유관기관 별 계측 데이터 연계 방안(기관별 데이터 관리 인프라 구축 완료 시)

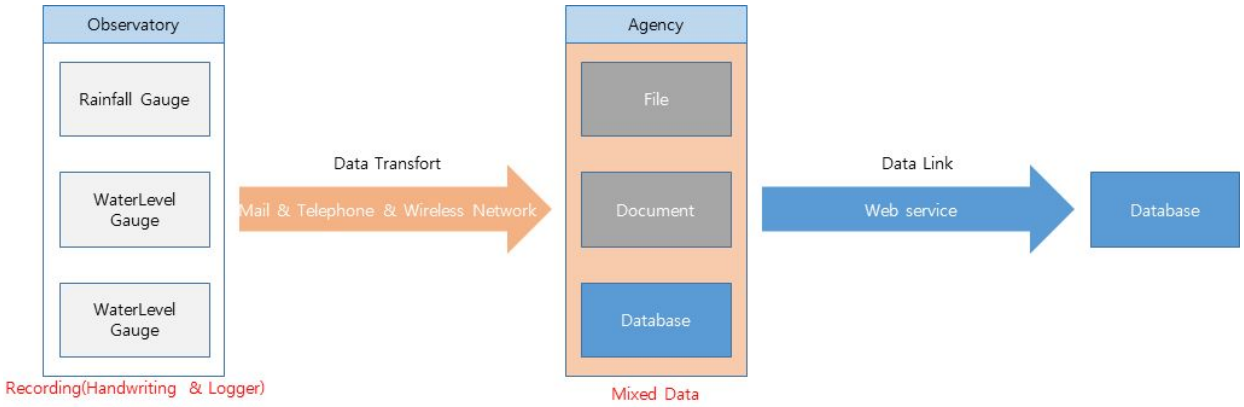
- 각 기관별 자동 계측 체계 완료 및 DBMS를 사용한 데이터 관리
- 실시간 계측기로부터 직접 데이터를 수집하여 데이터베이스에 적재
- 기관별 데이터베이스 연계를 통한 데이터 정합성 검증



< 계측데이터 연계방안 >

② 각 유관기관 별 계측 데이터 연계 방안(현재단계)

- 각 기관별 계측데이터 저장 및 전송 방식 상이
- 현지 상황을 고려하여 상이한 형식의 데이터를 수집할 수 있는 웹서비스를 제공
- 웹 서비스를 통해 각 기관별 수집 자료를 연계



< 계측데이터 연계방안(현재단계) >

나. 시스템 구축 방안 수립

(1) 사용자 요구분석

- 본 과제의 찌상쿠이 유역 지능형 물관리를 위한 의사결정지원시스템의 최종 사용자(End-user)는 현지 협의를 통해 찌따룸강 유역청(BBWSC)으로 상정하고, 요구사항을 분석
- 의사결정지원 시스템 개발의 목적은 찌상쿠이 유역의 수문현황을 실시간으로 모니터링하고, 하천시설물의 운영을 분석하여 최적의 연계운영방안을 분석
- 이를 위해 수문자료의 수집체계를 구축하고 기관간 정보공유체계를 수립함으로써 분석을 위한 기반 인프라를 구성
- 이를 기반으로 물수지 분석을 통해 시설물 운영 효과를 검토

요구사항 명칭	요구사항	유형	반영여부
데이터베이스구축 요구사항	기존 데이터베이스 현황 분석을 통한 DB 개선 방안 도출	비기능	적용
	인도네시아 현지의 수문자료 계측 현황 및 데이터 특성을 고려한 DB 구조 설계 및 명세서 작성	비기능	적용
	기관 간 데이터 연계 방안 제시	비기능	적용
	시스템 운영 및 관리 상에 필요한 표준화된 코드 체계 적용	비기능	적용
	수자원관리 업무를 고려한 표준화된 데이터 명명규칙 적용	비기능	적용
	DB 구조의 설계는 향후 변동에 따른 확장성을 충분히 고려	비기능	적용
	각 테이블 간 자료의 중복을 최소화하고 기밀성 및 무결성이 보장되어야 함	비기능	적용
	수원국 언어 표기 및 배열방식을 고려한 테이블 자료 설계	비기능	적용
실시간 모니터링 요구사항	자동 수문 관측소의 수문자료(강우, 수위)를 실시간으로 웹 상에서 표출할 수 있도록 구현	기능	적용
	실시간 자료와 더불어 과거 수문자료를 유역, 관측소, 기간 설정에 따라 조회/검색 할 수 있도록 개발	기능	적용
	수문자료의 그래프 및 표 등 다양한 그래픽 표출방법을 활용하여 사용자의 이해 및 활용이 쉽도록 표출	기능	적용
	Open Map API 또는 GIS 기반의 지도를 확대, 축소 기능 등을 이용하여 보 및 수문 관측국 등을 찾아 갈 수 있어야 하며, 해당 지점이 확대되었을 경우 상세 수문정보를 표출	기능	적용
	사용자가 직관적으로 이해하기 쉽도록 표 및 그래프 등 다양한 형태로 데이터를 제공	기능	적용
	향후 찌따룸강 유역 전체로의 확대 구축을 고려하여 확장성 있는 시스템 구조로 설계	비기능	적용
분석모형개발 요구사항	장단기 물수지 분석 체계 구축	기능	적용
	실시간 관측 자료(강우, 수위) 연계 체계 구축	기능	적용

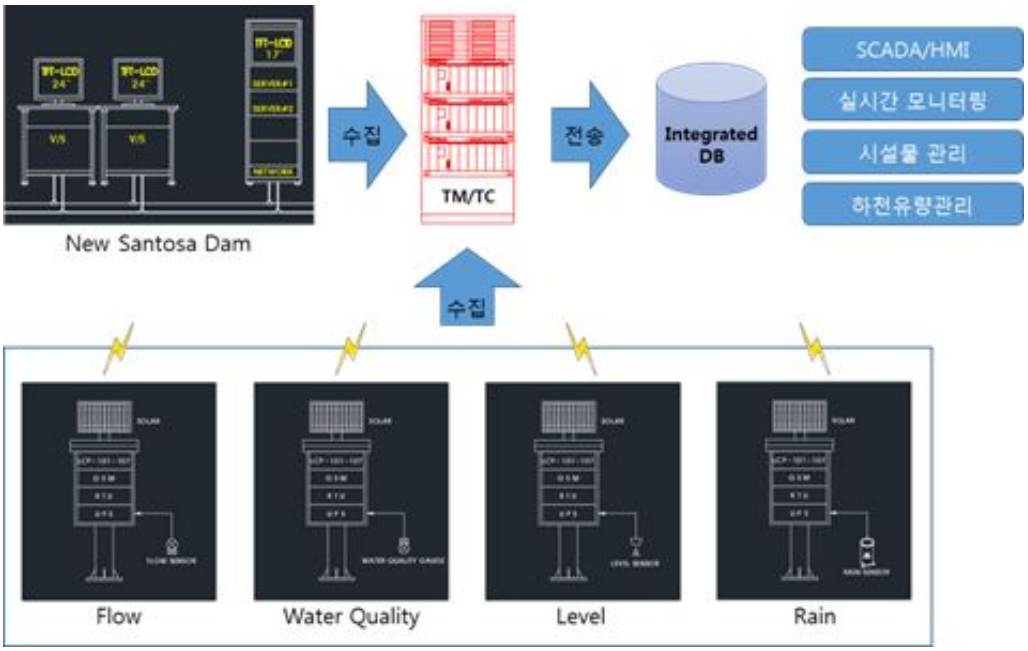
요구사항 명칭	요구사항	유형	반영여부
기타 요구사항	주요 업무화면에 대해서는 사용자의 편의성 고려한 화면 설계 및 구성방안 제시	기능	적용
	사용자의 수자원관리 업무에 대한 전문성을 고려하여 사용자 맞춤형 인터페이스를 제공하도록 화면 구성	기능	적용
	시스템 접속 시 인증을 수행하여 접근하도록 구축	기능	적용
	업무별, 데이터별 중요도에 따라 각 기능별로 접근 권한을 차등 부여할 수 있도록 구축	기능	적용
	관련된 기존 시스템의 현황을 분석하여 개선방안을 검토하고, 의사결정시스템 구축 방안 제시	비기능	적용
	인도네시아 실정에 적합한 의사결정시스템 적용 방안 제시	비기능	적용
	수자원운영을 위해 유관기관 현황을 파악하고, 데이터 연계가 필요한 대상 기관을 정의하며, 기관간 데이터 연계방안 제시	비기능	적용

(2) 시스템 기능 정의

- 의사결정지원 시스템에서는 수집된 수문자료에 대한 모니터링 및 자료조회 기능을 제공
- 유역의 수문자료의 수집체계를 구축으로써 유역의 현황에 대한 파악이 가능하고 이를 기반으로 모의분석 기능을 수행
- 모의분석 시스템은 기본적으로 물수지 분석을 통하여 유역 내 물의 이동을 분석함으로써 용수수급현황을 파악하고 이를 통하여 용수공급의 적절성을 판단하고 수리시설물의 운영방안을 검토

a. 시설 관리

- 유역의 수리 시설물에 대한 계측 및 모니터링, 운영 및 유지관리를 위한 활동을 지원하는 시스템으로, 주요 구조물의 상태 및 점검 이력과 하천유량관리를 위해 신설된 관측소의 유지관리 활동 및 기존 수동관측소의 자료관리 및 계측자료의 안정적인 확보를 위한 기능을 수행



b. 자료 관리

- 자료 관리를 위해서는 유역의 다수의 관측소로부터 수집된 자료와 타 기관에서 관리하는 시설물들의 운영자료를 수집하여 저장하는 데이터베이스 시스템을 구성
- 저장된 자료는 모의분석 시스템의 입력자료로 사용되어 하천의 운영계획 및 유지관리를 수행하기 위한 자료로 사용
- 데이터베이스는 자료 종류에 따라 두가지로 분류됨
- 수문데이터베이스(Hydrological DB) : 수문자료를 저장•관리하는 것으로 수문계측자료 및 시설운영자료, 모의분석결과 등을 대상
- 지리정보 데이터베이스(GIS DB) : 공간자료를 저장•관리하는 것으로 하천단면, 식생도, 토지피복도과 같은 DEM 자료 및 유역경계 및 시설 정보 등을 관리
- 데이터베이스는 PUSAIR에 구축되며, 유관기관과 연계하여 수량관리에 필요한 정보를 전송할 수 있는 체계를 구성



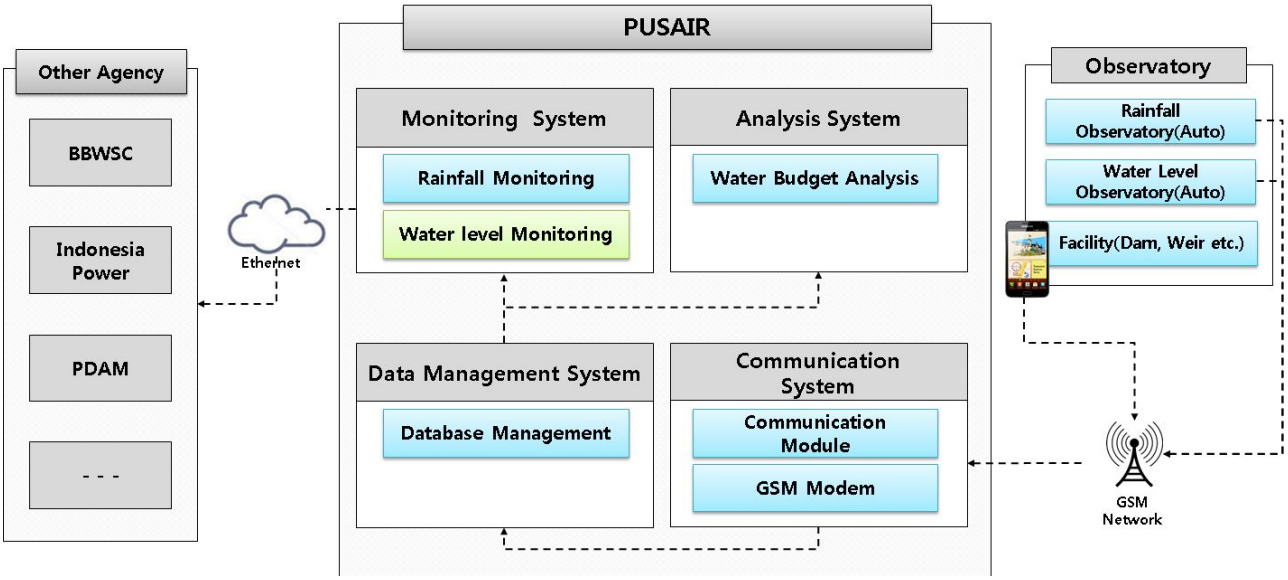
c. 모의 분석

- 의사결정지원 시스템의 모의분석용 솔루션은 유역의 수리시설물을 연계운영하고, 수량/수질을 통합관리하기 위하여 구축
- 기존 댐과 하천 구조물 및 계측 시설물 등의 입력자료를 이용하여 강우에 의한 유역유출 관계를 분석하고, 유역의 물수지 분석을 수행하여 물 공급을 위한 여유유량 확보와 필요수량 검토로 향후 댐 운영계획의 의사결정을 지원하기 위한 도구로 사용
- 계측된 수문자료의 품질관리와 모니터링 시스템을 도입하여 계측설비의 이상유무를 검증하고, 자료의 오결측 및 이상치를 보정하는 작업을 수행
- 검증된 입력자료를 이용하여 모의분석을 수행하기 위해 구성된 모의/분석 시스템은 크게 유출모형과 물수지모형, 댐운영모형, 수질모형으로 구분

(3) 시스템 프레임워크 설계

(가) 시스템 구성 체계

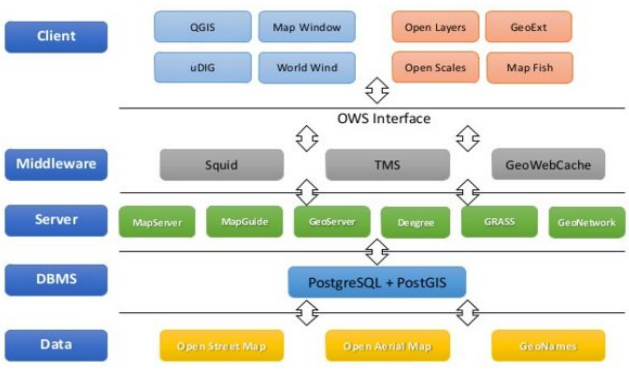
- 지능형 물관리 의사결정 시스템은 Open GIS 기반의 웹 시스템으로 유역의 기본정보 및 수문현황 제공과 함께 물수지 모의 수행의 결과를 제공함으로써 유역의 물순환 및 용수수급 체계를 파악이 가능
- 시스템은 크게 관측 및 통신시스템, 데이터베이스 시스템, 응용시스템으로 구분
- 응용 시스템의 경우 실시간 모니터링 시스템 및 자료관리 시스템, 분석 시스템으로 구성



구분	구성요소	기능 및 설명
관측 및 통신	관측시스템	수위, 강우 등 수문자료의 관측설비
	자료수집시스템	관측자료의 수집 및 송신을 위한 통신시스템
데이터베이스	데이터관리시스템	수집자료의 저장 및 관리를 위한 관리시스템
응용	모니터링 시스템	수문자료의 조회 및 모니터링을 위한 응용시스템
	자료관리 시스템	수문자료 품질관리를 위한 응용 시스템
	분석시스템	유역의 물수지 분석을 위한 응용시스템

(나) 시스템 구성

- 본 시스템은 Open GIS 서버로 'Geo Server'를 사용하였고, MySQL DBMS를 사용하여 시스템의 개발 환경을 구성하였다. 소프트웨어 구성 및 개발환경은 다음과 같다.

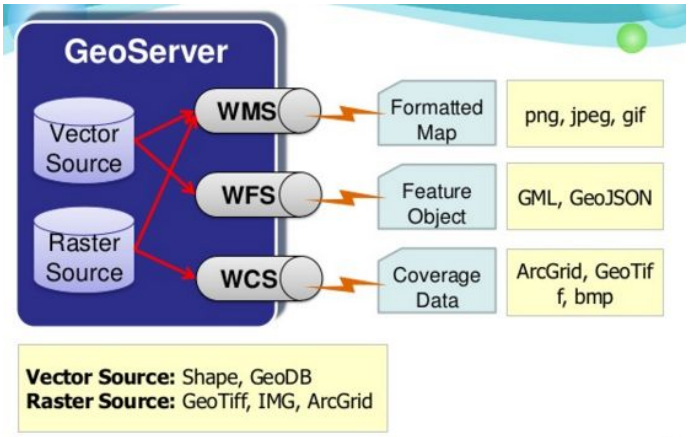


분류	세부내용
시스템 기본 구성	• 운영체제 : CentOS 6.4 • 웹서버 : Apache 2.2.15 • MAP서버 : GeoServer 2.3.5 • DBMS : MySQL 5.1.66 • ORDBMS : PostGIS 2.1.3 (PostgreSQL 9.3.1) • 개발 언어 : PHP 5.3.3 , javascript, Openlayers, jQuery 1.9.1

(다) GeoServer

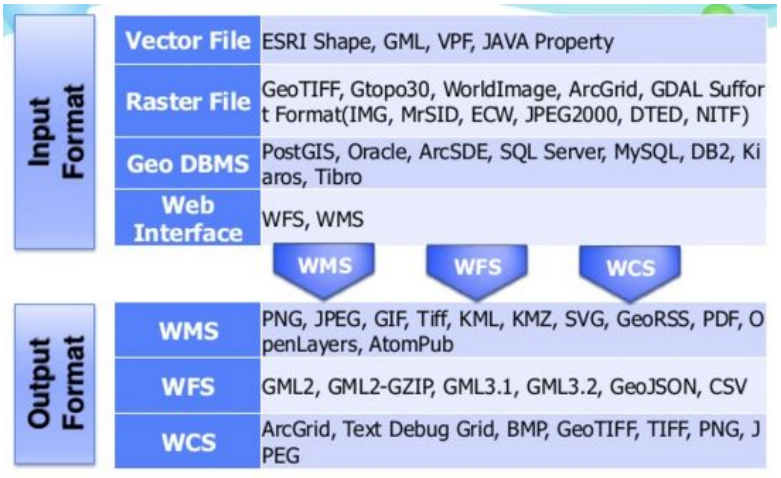
- 지능형 물관리 의사결정지원 시스템의 기반이 되는 GeoServer는 Java로 개발되어 지리공간(geospatial) 데이터를 공유·편집할 수 있는 오픈 소스 GIS소프트웨어 서버로써, 호환성(interoperability)을 전제로 설계되었기 때문에, 개방형 표준을 따르는 다양한 공간 데이터 소스 생산이 가능
- GeoServer는 커뮤니티 기반 프로젝트이기 때문에, 전세계의 개인과 단체 등 다양한 그룹에 의해 개발되고, 테스트 및 지원을 받고 있음
- 또한, 고성능 인증을 준수하는 Open Geospatial Consortium (OGC)의 Web Map Service (WMS)는 물론, Web Feature Service (WFS), Web Coverage Service (WCS)들의 표준 레퍼런스를 구현
- 나아가 GeoServer는 지리공간 웹(GeoSpatial Web)의 핵심 컴포넌트이며, 월드 와이드 웹(World Wide Web)과 유사한 지리 공간 웹(Geospatial Web)을 통해 누구나 웹에서 텍스트를 검색하고 다운로드할 수 있듯이 지리공간 웹을 통해 누구나 지리공간 데이터를 검색하고 다운로드 가능
- OS에 구애받지 않으며, 캐시지원 및 다양한 좌표계로 실시간 변환이 가능하고 Data Processing도 가능하며 거의 모든 GIS 자료 이용이 가능한 장점을 가지고 있음

<GeoServer의 역할>



- 본 연구에서는 GeoServer와 함께 오픈 소스 GIS Java 툴킷인 GeoTools를 통해 Shape파일, Oracle DB, ArcSDE 통합함으로써 그 밖에 많은 기능에 대한 지원이 가능하도록 함
- 또한, WFS(Web Feature Service) 표준을 통해 호환 가능한 데이터 포맷인 GML(Geographic Markup Language)을 이용하여 웹상의 공간 데이터를 직접 사용할 수 있도록 프로토콜을 정의
- 그리고 공간 데이터로부터 생성한 지도 이미지를 표현하기 위한 프로토콜인 Web Map Service 표준을 이요하여 공개형 공간 데이터베이스인 PostGIS 를 통해, GeoServer를 무료 데이터베이스에 연결

<GeoServer 지원 포맷>



a. Web Map Service

- OGC가 정의한 지도이미지 인터페이스 표준으로 요청방법과 응답형식을 정의하고 있으며, 지도요청, 카타로그조회, 속성조회 등이 가능
- Http로 요청하고 이미지로 받는 구조를 갖고 있으며, GetCapabilities/GetMap을 필수로 GetFeatureInfo /DescribeLayer/GetLengendGraphic을 옵션으로 제공

b. Web Feature Service

- OGC가 정의한 지리적 피처(Feature) 인터페이스 표준으로 요청방법과 응답형식을 정의하고 있으며, 피처요청, 카타로그조회, 속성조회 등이 가능
- Http로 요청하고 XML, GeoJSON 등으로 받는 구조를 갖고 있으며, GetCapabilities /DescribeFeatureType/GetFeature를 필수로 함(Feature = Geometry + attribute)

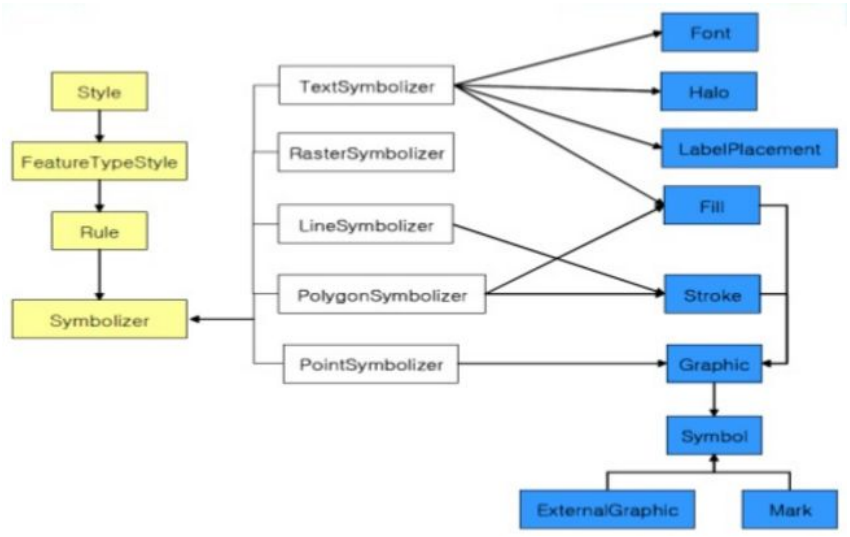
c. Web Coverage Service

- OGC가 정의한 커버리지 인터페이스 표준으로 요청방법과 응답형식을 정의하고 있으며, 커버리지요청, 카타로그조회 등이 가능
- Http로 요청하고 래스터 파일로 받는 구조를 갖고 있으며, GetCapabilities/ DescribeCoverage/ GetCoverage를 필수로 함(Coverage = 좌표가 있는 Raster Data)

c. Map Styling

- Styled Layer Descriptor(SLD)는 벡터 및 래스터 레이어 시각화를 위한 스타일 마크업 언어로 심볼, 필터, 라벨, 최대/최소축척 등을 정의하며 WMS의 핵심이 됨
- XML 기반의 OGC 표준스펙을 준수하며 점/도형/색/크기/아이콘 등의 설정, 선 색/두께/점선/연결방법 등의 설정, 면 색/패턴채움/이미지채움 등 설정/텍스트 참조컬럼/색/강조/위치/회전 등의 설정, 투명도 조절, 축척에 따른 자료보이기, 조건에 따른 자료표현(가시/크기/색/회전/아이콘 등)변경 의 기능을 수행

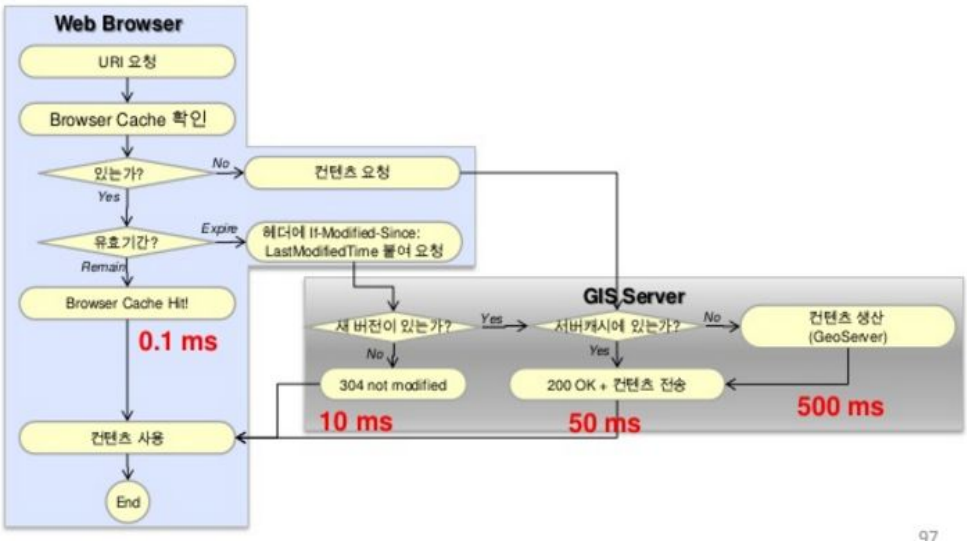
<SLD(Styled Layer Descriptor 개요>



d. Web Cache

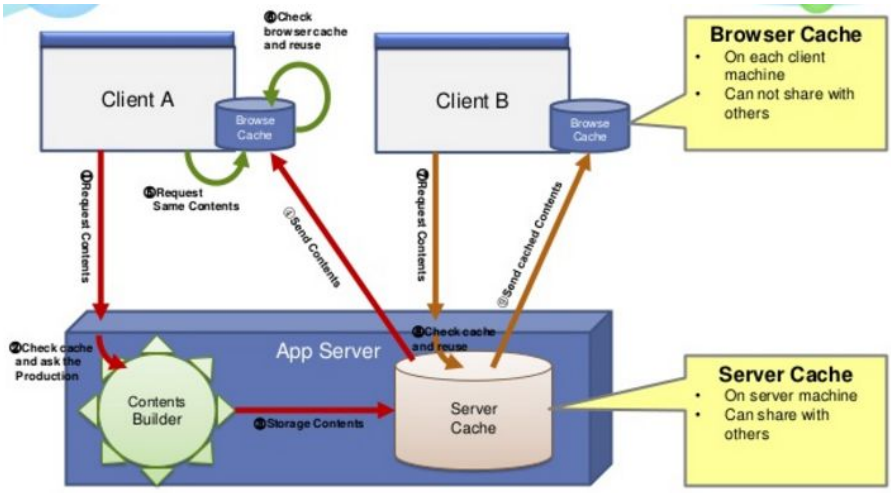
- 본 연구에서는 웹을 사용하면서 서버에 접속하는 클라이언트 수가 많을 경우 문제가 발생하는 네트워크 지연시간을 해결하기 위해 Web Cache 기술을 적용
- 이 문제를 해결하는 방법으로 고성능 서버를 사용함으로써 해결할 수 있지만, 인터넷 사용자수를 고성능 서버만으로 처리하는데 한계를 나타내고 있으므로, 이를 해결하기 위한 방안으로 프록시 캐시 서버 (Proxy Cache Server)를 사용

<Web Cache 개요>



- 클라이언트가 객체를 요구하게 되면 프록시 서버에서 요청한 객체를 감지
- 만일 캐시 서버에서 이상이 발생하게 되면 클라이언트를 대신해서 실제 원격 서버에 객체를 요청하고, 원격 서버에서는 요청 받은 객체를 프록시 서버로 서비스
- 이렇게 받은 객체를 프록시 서버 캐시에 저장을 한 후 클라이언트에게 서비스
- 이후에 같은 객체에 대한 다른 클라이언트의 요청이 감지되면, 자신의 캐시 서버에 저장되어 있는 객체를 서비스
- 따라서 최근에 사용되고, 접근 빈도수가 많은 객체인 경우 굳이 원격 서버에서 제공 받을 필요 없이 최초의 방문을 통해 객체를 가까운 캐시에서 제공 받음으로써 원격서버에서 발생할 과부하를 방지

<Browser Cache & Server Cache>



(라) OpenLayers

- 웹 브라우저에서도 지도데이터를 표현하고 조작할 수 있는 자바스크립트 라이브러리로써, Google Map, Bing Map, OSM 등 오픈 데이터 사용이 가능하도록 라이브러리를 제공
- 지도서버로의 접근을 OGC 표준에 의해 요청하므로 지도서버와 독립적으로 동작하며, FreeBSD라이센스를 제공
- 하나의 응용프로그램에 여러 지도를 중첩이 가능하고, WMS, 쓴, WMTS, Google, Bing, OpenStreetMap, ArcGIS와 연동이 가능
- WFS, KML, GeoJSON, GeoRSS 등 벡터 레이어를 지원하고 여러 자바 스크립트 툴킷(ExtJS, JQuery, DoJO 등)과 결합이 가능
- 클라이언트 사이드에서 ReProjection이 가능하고, 다양한 웹 브라우저(Explorer, Crome,

Firefoc, Safari 등)를 지원

- OpenLayers의 Class중 기본이 되거나 자주 사용하게 되는 Class는 다음과 같음

a. Map

- 웹 지도 서비스를 제공하기 위해 기본이 되는 클래스로써 지도를 생성하고 조작하기 위한 프로퍼티 및 함수로 구성
- Layer, 컨트롤, 팝업 등을 등록하기 위한 기본 컨테이너가 됨

b. Layer

- Layer를 생성하고 조작하는 프로퍼티 및 함수로 구성된 클래스로써 Map 컨테이너 위에 여러 개의 Layer를 등록하여 보여줄 수 있음
- OpenLayers의 WMS Layer는 Hub에서 등록한 여러 개의 Layer를 합쳐서 한 개의 WMS Layer로 나타내며, WMS, WFS, GML, Vector Layer 등을 지원을 지원

c. BaseTypes

- OpenLayers에서 사용하는 기본 타입들을 정의하며, 문자열, 숫자, 함수, 배열을 다루기 위한 함수를 포함

<지원 Layer>

구분	설명
Vector	Vector 기반의 Layer를 생성하고 조작하기 위한 프로퍼티 및 함수로 구성된 클래스
WMS	WMS Layer를 생성하고 조작하기 위한 프로퍼티 및 함수로 구성된 클래스
WFS	WFS Layer를 생성하고 조작하기 위한 프로퍼티 및 함수로 구성된 클래스
GML	WFS Layer를 생성하고 조작하기 위한 프로퍼티 및 함수로 구성된 클래스

<지원 BaseTypes>

구분	설명
Bounds	영역을 지정(지도 좌표 기준)
Class	Javascript를 객체지향 프로그래밍과 비슷하게 구성하기 위해 사용하는 클래스. 상속개념을 비슷하게 지원
LonLat	지도 좌표를 프로퍼티로 가지고 조작하기 위한 함수를 제공하는 클래스
Pixel	화면 좌표를 프로퍼티로 가지고 조작하기 위한 함수를 제공하는 클래스
Size	영역의 너비, 높이를 지정하는 포맷

d. Control

- 맵 객체를 컨트롤 하기 위한 클래스로써 확대, 축소, 거리, 면적 등의 컨트롤의 기본 클래스

e. Handler

- 컨트롤과 연결되어 발행하는 이벤트 클래스

<지원 Handler>

구분	설명
Drag	영역 그리기와 관련된 클래스
Point	점 그리기와 관련된 클래스
Path	선 그리기와 관련된 클래스
Polygon	다각형 그리기와 관련된 클래스
RegularPolygon	정형화된 도형과 관련된 클래스

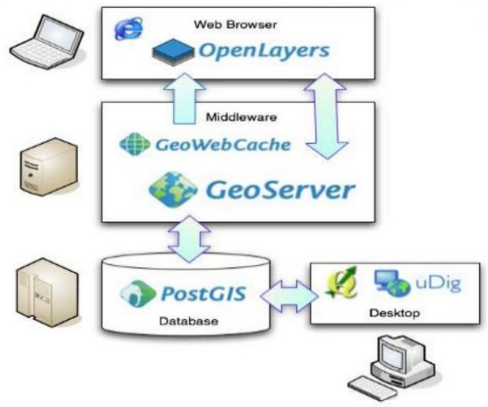
<OpenLayers지도 제공 서비스>

구분	설명
Map loading	지도를 생성할 패널(DIV)에 Map 객체를 생성하고Map 객체에 Layer를 등록
Map Control	마우스의 이벤트와 동작을 다루는OpenLayers.Control.MouseToolbar 클래스를 이용해 지도조작 컨트롤을 생성하고 위에서 생성한 지도객체(giMap)에 등록
이전, 다음 컨트롤	OpenLayers.Control.NavigationHistory 클래스는 지도를 이동, 확대, 축소할 때의 정보를 배열에 저장하고 이전, 다음 영역으로 이동하는 컨트롤을 생성하는 기능

(마) PostGIS

- PostgreSQL 기반 spatial types, indexes, function의 3가지 기능을 추가한 공간 데이터베이스로써, GeoServer 등과의 연계 및 제공 기능은 다음과 같음

<PostGIS 개요 및 제공 기능>



구분	설명
Spatial Databasees store/manipulate spatial objects	data types, indexes, and functions
Spatial data types	shapes- point, line, polygon
Spatial indexing	efficient processing of spatial operations
Spatial functions	querying of spatial properities relationships

(4) 시스템 인터페이스 구성

- 의사결정지원 시스템의 구축은 신설되는 시스템과 기존 시스템과의 유기적인 연계가 필수임
- 상호간의 인터페이스체계는 데이터베이스를 이용한 수문자료 및 운영자료의 송수신 방법으로 제시

구분	시설물	운영현황	연계 방안
댐	Cipanunjang	유선전화를 이용한 수문조작 발전용 댐으로 소수력발전소에서 관리	수위계 및 유량계, 수질계를 이용한 자동계측
	Dam Pulo of Cileunca		
	Dam Playangan of Cileunca		
터널	Saluran	위어를 이용한 수동 관측	유량계 설치를 통한 유량자동계측
	Cilaki Beet		
발전소	Plengan	유선전화를 이용한 수문조작 발전용 댐으로INDONESIA POWER에서 관리	UBP Saguling의 Database를 이용한 자료 연계
	Lamajan		
	Cikalong		
취수장	Cikalong	PDAM에서 관리하며 방류량의 측정은Bandung 정수장에서 측정	유입지점에 유량계 및 수질계를 설치하여 자동계측 방류량은 DAM의 Database를 통해 자료 연계

(가) 모니터링 시스템 구성



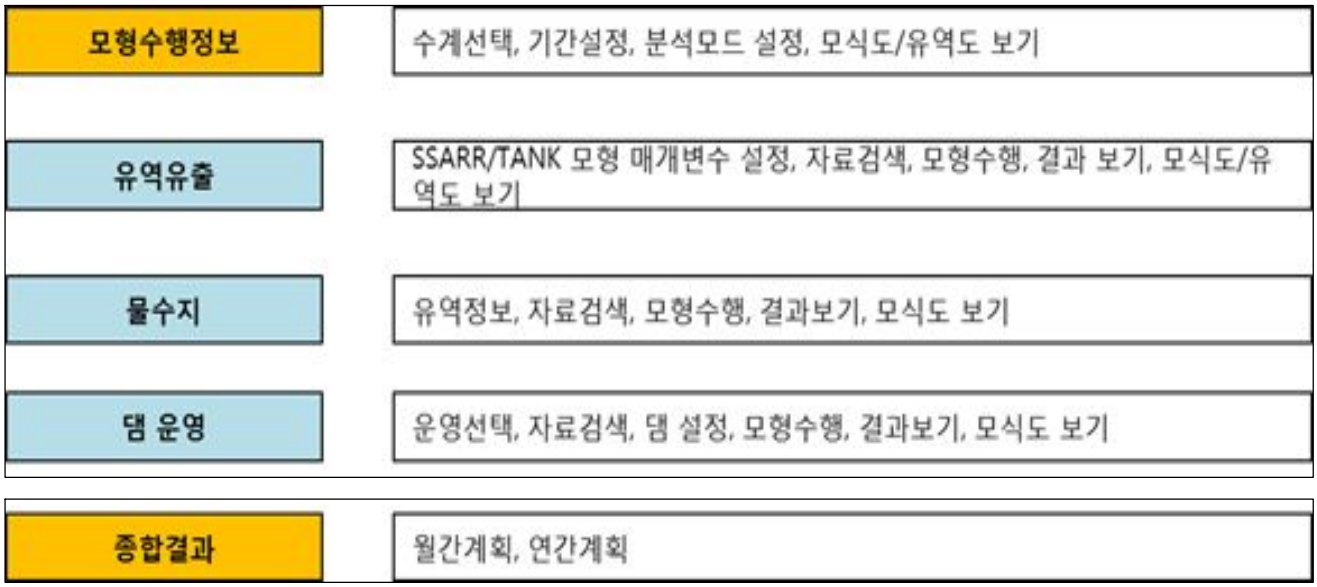
- 모니터링 시스템에서는 주요 지점 수위, 유량, 강우, 수질 정보와 같은 취득 수문 정보와 각각의 유관기관에서 보유하고 있는 정보를 연계하여 데이터를 취합, 분석하는 서비스 제공
- 모니터링 시스템은 유역 내 모든 수문 데이터 현황을 지속적으로 조회하기 위해 실시간 데이터의 감시와 더불어 기간별 데이터 트랜드 분석 및 강우현황 분석 등의 기능을 제공
- 모니터링 시스템에서는 통합 운영 시스템의 작동 현황을 감시/제어하여 작업 효율을 제공하며 위기 상황에 신속히 대처할 수 있도록 함은 물론 계측설비의 고장이나 운영자료 등을 Data화하여 계측장비 교체시기 및 비상시 저수지 운영 등에 적절히 대처할 수 있도록 구성

주요기능		세부기능
실시간 자료제공	수문모니터링	실시간 계측되는 수위, 유량, 강우등의 자료 제공
	수질모니터링	주요 지점의 수질모니터링 및 계측자료 제공
	시설물 운영 모니터링	Cisangkuy 유역 내 다양한 시설물(댐, 보, 취수장, 발전소 등) 운영현황 및 계측자료 제공
자료관리	수문자료검색	실시간 수집되는 수문자료 및 과거자료 검색 및 열람 제공
	수문자료 트랜드	수위, 강우량 등 단일 및 복합 항목에 대한 추세변화 제공
알람표출	알람표출	알람 발생 시 화면 팝업 및 GUI를 통해 알람 표출
관리자기능	사용자관리	사용자 등급 설정
	제원/알람설정	주요 지점의 제원 및 경계, 위험수위, 알람조건 등을 설정
	권한관리	사용자 등급관리를 통한 이용제한
데이터관리	데이터저장 및 관리	관리자 – DBS 서버를 사용한 데이터 저장, 수정, 삭제 기능지원 사용자 – 허가된 권한의 모든 정보 이용 및 편집기능 지원
보고서출력	보고서출력	월간/년간 수문보고서 및 수문 트랜드, 알람현황 등 보고서 출력

(나) 모의분석 시스템 구성

- 분석모의 시스템에서는 SSARR 모형을 활용한 유출모의 기능, KmodSim 모형을 활용한 물수지 모의, COWMOM 모형을 이용한 저수지 운영등의 기능을 제공
- 분석모의 시스템에서 제공하는 주요기능, 구성요소, 수행절차는 다음과 같음

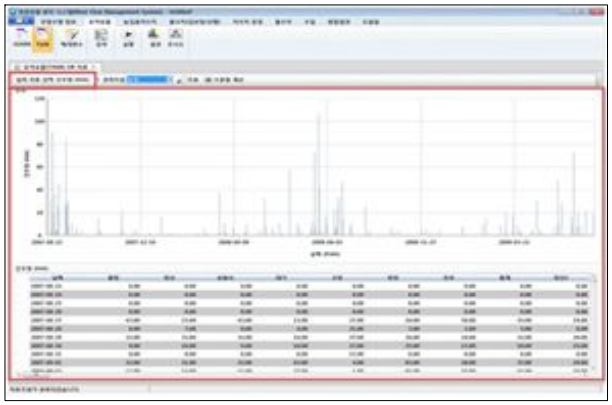
주요기능		세부기능
유출모의 (SSARR/TANK)	기간설정	선행기간 및 모의 수행 기간 설정
	강우설정	기상실측자료 및 예측강우 선택
	매개변수 설정	매개변수 항목에 대한 확인 및 수정
	모의수행	설정된 입력자료를 기반으로 모형 수행
	결과조회	유출모의 결과 조회 및 보고서 출력
물수지 모의 (KModSim)	유역 노드조회	모의 유역의 모식도를 조회
	노드정보 입력	각 노드의 시계열 자료를 입력
	모의수행	설정된 입력자료를 기반으로 물수지분석 수행
	결과조회	물수지 모의 결과 조회 및 보고서 출력
저수지 운영 모의 (COWMOM)	입력자료 설정	유출모의 결과 연계, 취수량 등 자료 입력
	운영설정	초기수위, 목표수위, 일별 목표방류량 등을 설정
	모의수행	설정된 입력자료를 기반으로 저수지 모의 수행
	결과조회	저수지 운영 모의결과 조회 및 보고서 출력



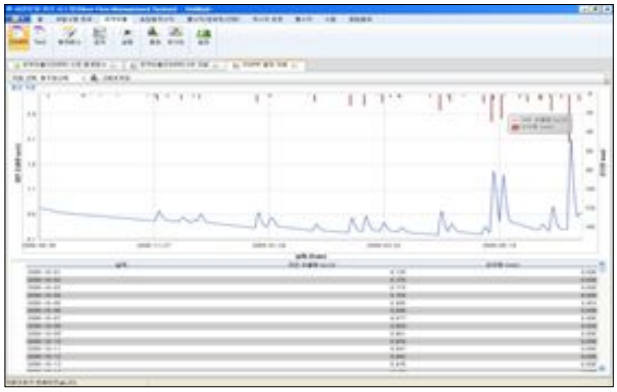
<강우-유출모의>

- SSARR모형의 시작은 모의기간동안의 관측지점에서 취득한 강우량 및 기온값을 조회해온 후 해당면적당 강우량을 계산하는 수문량 산출을 진행
- 수문량 산출은 관측지점의 지점자료를 유역단위 자료로 환산 하는 작업으로 (Thiessen 가중치를 적용)하여 수행
- 이후 각 유역별 매개변수를 적용(적용 매개변수는 SMI, BII, SSS등을 세팅하며 초기에 한번 설정하면 이후로 계속 적용)
- 매개변수 조회 및 강우, 기온자료 조회가 끝나면 모형을 실행

<강우-유출모의 화면계획>



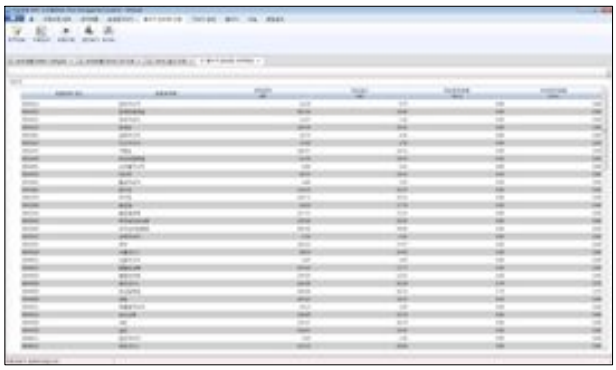


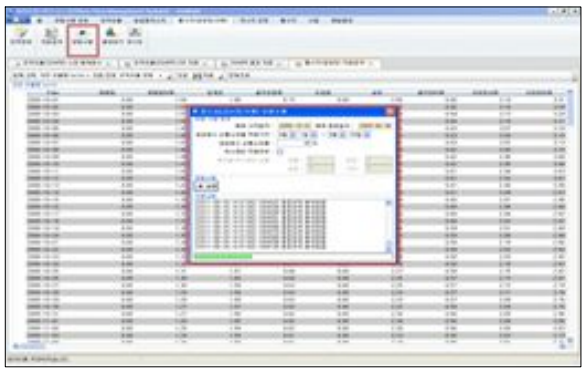


<물수지모의>

- 수계내의 물수지(물의 들고 나감)을 계산하는 모형으로 각 유역의 물의 유입(강우로 인한 자연유출량, 하폐수 처리장, 댐방류량과 유출(수요량, 취수량 등)을 하도추적을 기반으로 계산
- 계측자료와 모의자료의 비교를 통해 매개변수 수정을 지원
- 유역정보의 조회를 통하여 각 유역별 면적과 하도길이를 확인 및 하천유지에 필요한 유지유량 및 관련 정보를 확인
- 모형의 수행은 Basin단위의 유역정보와 유역으로 들어오는 값과 나가는 값들을 모두 조회하여 물수지 모형의 입력자료를 완성

<물수지 모의 화면계획>







<댐운영 모의>

- 댐 운영에 있어 중요한 목적은 용수공급 부족량의 최소화, 적정 수준 이상의 수질 유지, 여수로 방류나 댐 월류 등 무효방류의 최소화, 그리고 수력발전을 통한 수익 증대 및 장래 용수수요를 대비한 저수량의 확보 임
- 이들 목적들은 단일 목적함수가 아닌 주요 목적에 적당한 가중치(Weight) 또는 벌점(Penalty)을 부여하여 서로 상충되는 목적들 간의 타협을 이룰 수 있도록 설계
- 댐 운영모형에 적용할 모의 유출량과 수요량을 입력하기 위해 이전모형에서 산출된 결과를 조회하여 물수지분석의 모의유출량 및 유출모형을 통해 산출된 자연유출량을 조회
- 각 수요지점의 수요량을 조회하여 전체 네트워크의 수요량을 산정한 후 댐운영에 대한 룰을 선정
- 댐운영의 룰은 이전일의 초기 수위조건 및 모의 최종일의 목표저수위 일별 계획방류량, 일별 발전방류량, 일별 목표수위, 월별 기준수위상한, 월별 기준수위하한 값들을 입력하여 댐 운영을 어떻게 할지를 선정

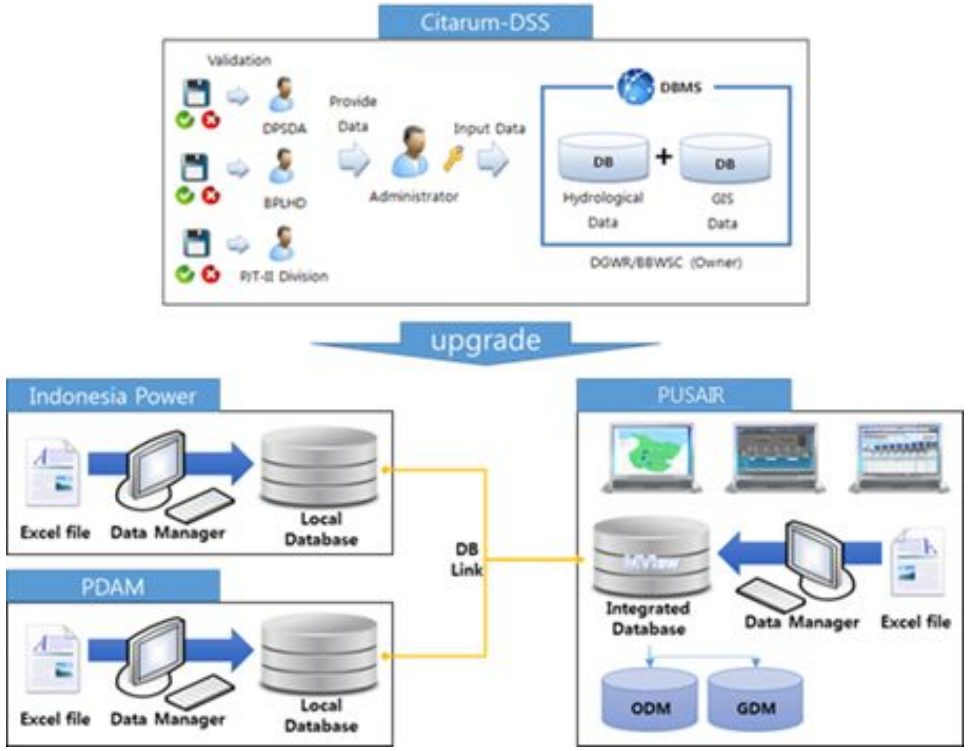
<댐운영 모의 화면계획>



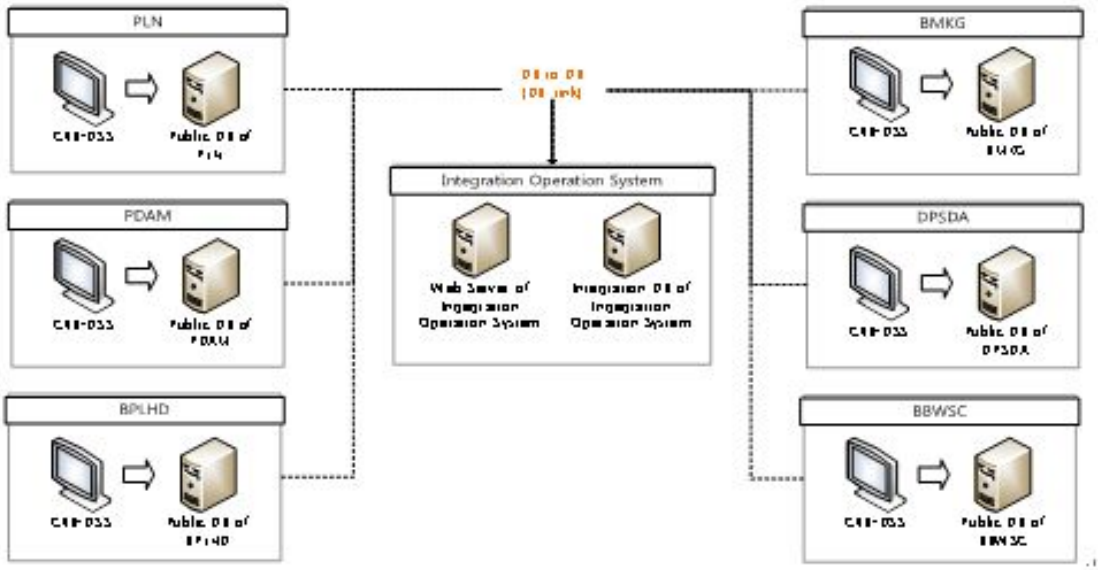
(4) DB 구조 설계

(가) DB 구축 기본 방향

- 의사결정지원 시스템의 데이터베이스는 크게 수문자료 관리를 위한 수문(Hydrological) DB와 지형공간정보 관리를 위한 GIS DB로 구성
- 수문 DB는 다시 실시간자료 DB와 수문자료 DB 및 해석모형 DB로 구성
- 실시간 자료 DB는 실시간 모니터링을 통해 현장의 계측장비로부터 중앙의 서버로 전송되는 원시자료(raw data)를 저장하는 데이터베이스
- 수문자료 DB는 이러한 원시자료를 개별 시스템 및 모형을 수행할 수 있는 형태의 입력자료로 변환된 값들을 저장한 데이터베이스
- 해석모형 DB는 개별 시스템 및 모형 수행 출력 값을 저장하는 데이터베이스
- 구축사례 조사를 통해 검토되었던 Citarum-DSS를 Cisangkuy유역의 시설 현황에 맞게 업그레이드하여 통합데이터베이스를 구축하고 타 기관의 운영자료를 연계하여 지리정보자료를 통합 구성할 수 있는 GIS를 위한 데이터베이스를 구축

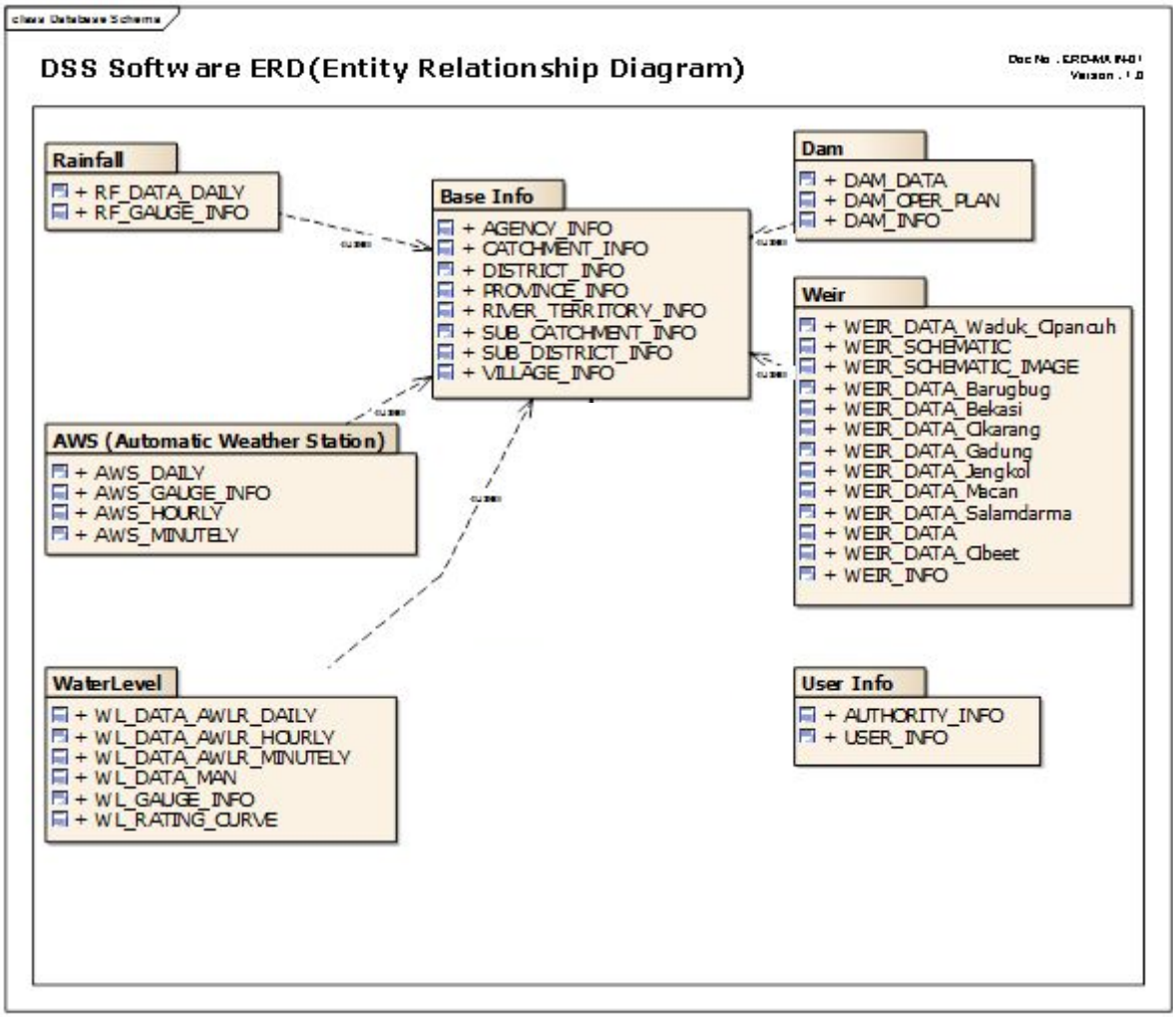


- 통합데이터베이스의 설계는 Citarum-DSS를 응용하여 구성하며 각 기관에서 입력된 데이터는 DB LINK를 통해 BBWSC의 통합데이터베이스에 저장하는 구조
- 데이터베이스 관리시스템은 Citarum-DSS의 고도화를 통한 시설물 연계운영에 적합한 형태의 시스템을 제공하기 위해 구성되며, 이는 통합데이터베이스와 유관기관과의 연계를 위한 네트워킹 방식으로 제공



(나) 데이터베이스 고도화 방안

- Citraum-DSS 데이터베이스는 유관기관 수문 데이터 연계, 수문 GIS DB 구축 및 활용 등의 기능을 포함하고 있으므로, 정보의 효과적인 공유와 서로 다른 출처로부터 정보의 분석을 위하여 표준 데이터베이스를 적용하여 의사결정지원 시스템의 목적에 맞게 고도화
- 통합 데이터베이스 구축을 위하여 CRB-DSS 데이터베이스를 고도화 하여 PDAM, INDONESIA POWER 지점과 데이터를 연계
- 데이터베이스 구축을 위해서는 관리 대상 유역에서 취득한 수문 데이터 취합과 유관기관의 데이터를 취합하여 통합 데이터 변환이 필요



(다) 통합데이터베이스 구축 방안

- 기존 CRB-DSS에 추가된 항목 및 제원정보 등을 추가할 수 있도록 아래와 같이 상세 ERD(Entity Relation Diagram)으로 개선
- 주요 개선 대상은 유역에 대한 기본 정보 테이블과 유역이 포함된 지역에 대한 정보를 대상으로 하고, 더불어 강우 및 수위, 수질, 위어의 정보를 고도화하여 수집된 수문자료 중 시계열 수문자료의 용이한 관리를 위하여 시계열 수문자료 제공을 위한 Database 구성을 먼저 수행
- Citarum-DSS에 구성된 테이블의 목록은 위의 그림과 같으며, 이들은 사용자 정보를 관리하는" User Info"와 기관 및 위치, 시설물의 정보를 관리하는 "Base Info"로 구분할 수 있으며, 수문정보를 담당하는 테이블들의 그룹은 다음과 같음

구분	그룹 구성
AWS	자동 기상 관측소의 측정자료를 저장하는 테이블 그룹
Dam	댐에서 관리하는 저수위, 방류량, 운영계획 등을 저장하는 테이블 그룹
Rainfall	강우관측소에서 측정되는 자료를 저장하는 테이블 그룹
WaterLevel	수위관측소에서 측정되는 자료를 저장하는 테이블 그룹
WaterQuality	수질관측소에서 측정되는 자료를 저장하는 테이블 그룹
Weir	소규모 보 또는 위어에서 발생하는 정보를 저장하는 테이블 그룹

- 현재 수문자료를 저장 및 활용하는 DB는 MySQL을 사용하고 있으며, 자료를 단순 모니터링 하는 기능의 웹기반 시스템과 연계되어 있음
- 관측지점별로 DB Table을 생성하여 사용하고 있으며, DB Table 및 Column명칭의 일관성 부재, 우량/수위 비구분, 구조의 비정형성 등에 대한 개선이 반드시 필요
- 따라서 신규 구축되는 통합 DB는 구조적으로 표준 및 일관성, 확장성, 안정성 등을 고려하여 설계 및 구축하고, BBWSC의 기존의 수문정보 데이터베이스를 안정적으로 이관 및 연계하여 자료의 일관성을 확보하고자 함
- 인도네시아 현지의 수문 계측 현황 및 데이터 특성을 고려한 DB 구조 설계

현지현황	신규 DB 설계시 고려사항	비고
· 관측소 제원정보 DB Table 부재	· 관측소 제원정보 DB Table 생성 – 관측소정보 Table 생성	ERD 테이블정의서
· 우량/수위 정보를 동일 DB Table에 혼용	· 우량, 수위 시계열정보를 별도의 Table로 구분 – 우량, 수위 시계열정보 Table 생성	
· 관측지점별로 DB Table 존재 – 지점이 추가될 때마다 DB Table을 추가 생성	· 우량, 수위 시계열정보를 저장하는 DB Table을 1개씩 생성하여 지점 추가의 경우 관측소정보에 등록하면 Table 추가 생성 없이 확장 운영 가능하도록 설계 – 관측소정보, 우량, 수위 Table	
· 계측현황 – 자동관측 : 5분 단위 관측, 1시간단위 수집(1시간에 지점별 12개의 관측값 일괄 수집/저장) – 수동관측 : 1일단위 관측, 월단위 수집	· 기존 통신 인프라, 물관리 업무의 효율성, 국내의 현황 등을 고려할 때 10분 단위 실시간 수집하고 저장할 수 있는 DB 구조로 설계 – 우량, 수위 시계열정보 Table	
· 데이터의 특성 – 언어 : 영문 – 관측, 수집, 저장되는 데이터 오류의 빈도 및 수량이 많은 편임	· DB구조 설계는 영문을 기본으로 하고, 결측 및 오측에 대한 품질관리를 고려하여 DB 설계 – 오결측 기준 정의 DB Table 생성 – 오결측 기준에 따른 실시간 품질등급(자료상태) 구분자 column 생성	
· DBMS : MySQL	· 현지 유지관리 용이성 등을 고려할 때 신규 시스템에 MySQL을 적용하는 것이 타당함	응용 시스템구조도

– 내·외부 기관 및 시스템과 연계를 고려하여 설계

현지현황	신규 DB 설계시 고려사항	비고
현지 기관간 온라인 시스템 연계체계 부재	· 웹기반의 시스템에서 다운로드 방식으로 정보를 제공하는 형태로 구성. 방화벽을 기준으로 내부/외부로 시스템을 구분하여 웹시스템을 외부DB와 연계하여 다운로드 기능이 구현되도록 DB 설계 및 생성 – 방화벽 내부 DB의 우량, 수위 관측 자료를 동일한 값으로 저장하는 DB Table을 방화벽 외부에 생성 – 응용시스템구조도에 반영 – 데이터인터페이스 정의서에 반영	테이블정의서 응용 시스템구조도 데이터인터페이스 정의서
본 과업의 단위 시스템과의 연계 고려 필요	· 본 과업의 단위시스템에서 DB를 공동으로 활용 및 연계되도록 DB설계 – Table간의 관계 ERD에서 확인 – 응용시스템구조도에 반영	

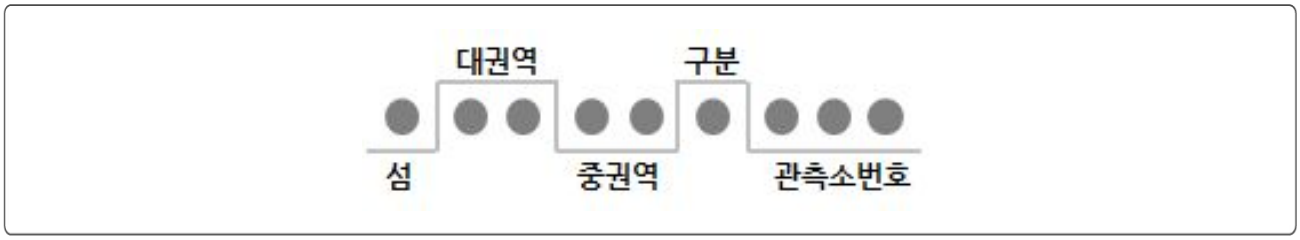
- 수문자료 검보정 등 품질관리를 고려한 DB 구조 설계

현지현황	신규 DB 설계시 고려사항	비고
관측, 수집, 저장되는 데이터 오류의 빈도 및 수량이 많은 편임	· DB구조 설계는 영문을 기본으로 하고, 결측 및 오측에 대한 품질관리를 고려하여 DB 설계 - 오결측 기준 정의 DB Table 생성 - 오결측 기준에 따른 실시간 품질등급(자료상태) 구분자 column 생성 - ERD, 테이블명세서에 반영	ERD 테이블정의서

(라) 표준 수문코드 체계 수립

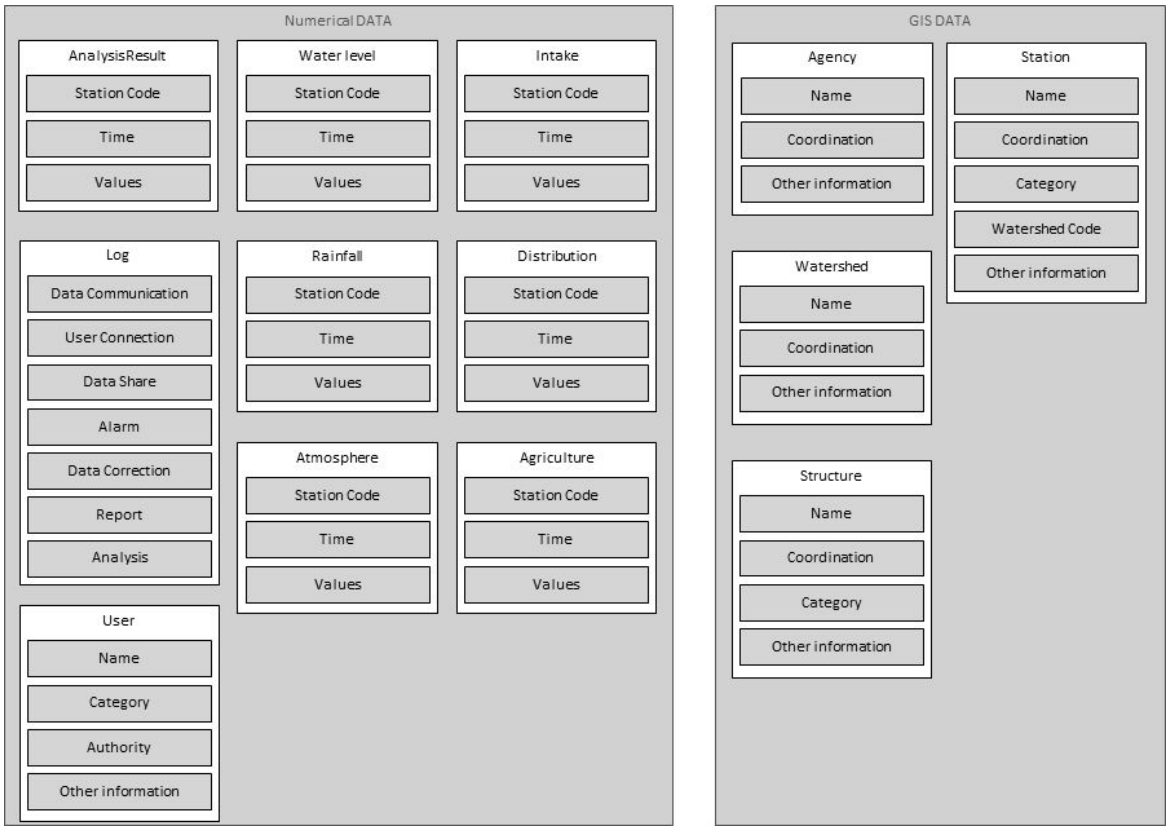
- 현재 운영중인 수문관측소는 정형화된 코드체계 없이 일련번호 형태로 부여되어 있어 기관간 수문자료 공유 및 자료의 일관성 확보에 어려움을 겪고 있음
- 관측지점에 대한 제원정보를 관리할 수 있는 DB Table을 별도로 생성하고 향후 확장성 및 일관성을 고려하여 인도네시아 현실에 부합하는 표준화된 수문코드체계를 수립 및 적용

<표준수문코드 체계>

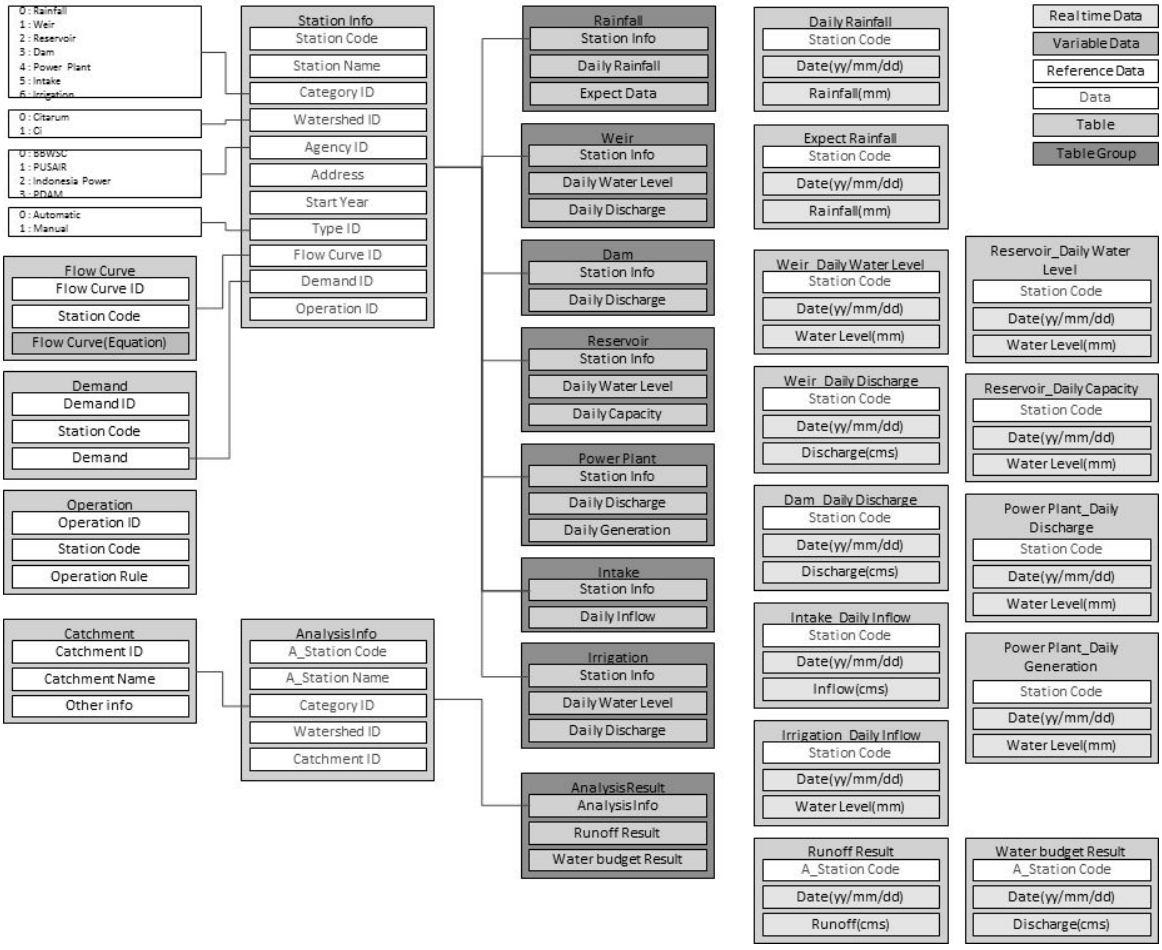


구분	코드명	코드체계	비고
유역 구분	섬 코드	① 일련번호(1)	지점코드에 활용
	대권역 코드	①②③ 섬(1)+일련번호(2)	
	중권역 코드	①②③④⑤ 섬(1)+대권역(2)+일련번호(2)	
	소유역 코드	①②③④⑤⑥⑦ 섬(1)+대권역(2)+중권역(2)+일련번호(2)	
지점 정보	수위 관측소 코드	①②③④⑤⑥⑦⑧⑨ 섬(1)+대권역(2)+중권역(2)+구분(1)+일련번호(3)	구분 : 수위(6), 중계소(5), 홍수정보시설(9) 일련번호: Downstream order
	강수량 관측소 코드	①②③④⑤⑥⑦⑧⑨ 섬(1)+대권역(2)+중권역(2)+구분(1)+일련번호(3)	구분 : 기상/유인(1), 기상/무인자동(2), 기상/레이더(3), 강수량(4) 일련번호 : 관측소 설치순
	경보국 코드	①②③④⑤⑥⑦⑧⑨ 섬(1)+대권역(2)+중권역(2)+구분(1)+일련번호(3)	구분 : 경보국(7) 일련번호 : 설치순
	CCTV 코드	①②③④⑤⑥⑦⑧⑨ 섬(1)+대권역(2)+중권역(2)+구분(1)+일련번호(3)	구분 : CCTV(8) 일련번호 : 설치순
하천 정보	하도 코드	①②③④⑤⑥⑦⑧ 섬(1)+대권역(2)+하도(2)+일련번호(3)	

(마) 데이터 구조 설계



< 데이터 구조 >



< 데이터 테이블 구조 >

(바) 데이터 테이블 설계

- 각 기관별 실제 수문데이터를 구축하기 위한 테이블 설계
- 실시간 수집 데이터를 기준으로 설계(BBWSC로부터 획득한 실시간 샘플 수문자료 활용)
- 설계된 테이블 항목 기준을 개발하고, 수집 데이터를 적재하고 테스트 완료
- 샘플 실시간 데이터 연계 및 수문자료 관리 시스템을 통한 데이터 검증

테이블정의	테이블 명	필드 데이터 정의	개발현황
관할기관_정보	AGCIF	4	OK
사용자_정보	USRIF	8	OK
수위_관측소_정보	WLOBSIF	23	OK
유량_자료	WLOBSIF	5	OK
수위_유량_곡선식	WLFWCRVEQT	8	OK
수위_관측소_과거_정보	WLOBSIFOLD	3	OK
우량_관측소_정보	RFOBSIF	18	OK
우량_자료	RFMST	16	OK
우량_관측소_과거_정보	RFOBSIFOLD	3	OK
섬 정보	ISLANDIF	2	OK
DB 완성도	10/10	90/90	100%

테이블 구조 정의						
테이블 ID	TD-FFS-01		테이블 영문명		AGCIF	
			테이블명		관할기관_정보	
Col#	Column Name	Data Type	Key	Not Null	Default	Comments
1	AGCCD	CHAR(3)	1	Not Null		관할기관_코드
2	SEQ	INT(3)				일련번호
3	AGCNM	VARCHAR(40)				관할기관_명
4	REGDT	CHAR(8)				등록_일자

테이블 구조 정의						
테이블 ID	TD-FFS-02		테이블 영문명		USRIF	
			테이블명		사용자_정보	
Col#	Column Name	Data Type	Key	Not Null	Default	Comments
1	USRID	VARCHAR(10)	1	Not Null		사용자_ID
2	NAME	VARCHAR(50)				사용자_명
3	EMAIL	VARCHAR(50)				EMAIL
4	PASSWD	VARCHAR(64)				비밀번호
5	AGCCD	VARCHAR(3)				기관_코드
6	DPMCD	VARCHAR(2)				부서_코드
7	REGDT	DATE				등록_일자
8	CANDT	DATE				말소_일자

테이블 구조 정의						
테이블 ID	TD-FFS-07		테이블 영문명	WLOBSIF		
			테이블명	수위_관측소_정보		
Col#	Column Name	Data Type	Key	Not Null	Default	Comments
1	WLOBSCD	CHAR(7)	1	Not Null		수위_관측소_코드
2	AGCCD	CHAR(3)				관리기관_코드
3	RELAYCD	CHAR(3)				중계소_코드
4	RFOBSCD	CHAR(7)				강수량_관측소_코드
5	OBSNM	VARCHAR(30)				관측소_명칭
6	OBSNMSHT	VARCHAR(30)				관측소_명칭_약어
7	ADDR	VARCHAR(100)				주소
8	ETCADDR	VARCHAR(150)				나머지_주소
9	LON	DOUBLE				경도(000-00-00, 세계측지계)
10	LAT	DOUBLE				위도(000-00-00, 세계측지계)
11	LON_MAP	DOUBLE				맵_경도(X)
12	LAT_MAP	DOUBLE				맵_위도(Y)
13	OBOPNDT	VARCHAR(8)				관측_개시_일자(YYYYMMDD)
14	OBCLSDT	VARCHAR(8)				관측_폐쇄_일자(YYYYMMDD)
15	GDT	DECIMAL(8,3)				영점표고
16	FBSCD	VARCHAR(2)				예보유역_코드
17	BNKHGTLBNK	DECIMAL(8,3)				제방_높이_좌안
18	BNKHGTRBNK	DECIMAL(8,3)				제방_높이_우안
19	GSMNM	CHAR(16)				GSM_명칭
20	FSTNYN	CHAR(1)			N	예보지점_여부
21	USEYN	CHAR(1)			Y	사용_여부
22	MAP_SEQ	CHAR(4)				맵_표출_순번
23	ALTITUDE	DOUBLE(8,2)			0	해발표고

테이블 구조 정의						
테이블 ID	TD-FFS-09		테이블 영문명	FWMST		
			테이블명	유량_자료		
Col#	Column Name	Data Type	Key	Not Null	Default	Comments
1	WLOBSCD	CHAR(7)	1	Not Null		수위_관측소_코드
2	YMDHM	CHAR(12)	2	Not Null		년월일시분
3	FW	DECIMAL(9,2)				유량
4	QCTLSTS	CHAR(1)				품질관리_상태 (1:자동,2:수동,3:최종)
5	QCTLGRD	CHAR(4)				품질관리_등급

테이블 구조 정의						
테이블 ID	TD-FFS-10		테이블 영문명	WLFWCRVEQT		
			테이블명	수위_유량_곡선식		
Col#	Column Name	Data Type	Key	Not Null	Default	Comments

1	WLOBSCD	CHAR(7)	1	Not Null		수위_관측소_코드
2	APPSDT	VARCHAR(12)	2	Not Null		적용_시작_일시 (YYYYMMDDHHMI)
3	SEQ	INT(1)	3			일련번호
4	APPEDT	VARCHAR(12)				적용_종료_일시 (YYYYMMDDHHMI)
5	EQT	VARCHAR(200)				관계식
6	WLLLM	DECIMAL(10,5)				수위_하한값
7	WLHLM	DECIMAL(10,5)				수위_상한값
8	WLUNT	DECIMAL(5,2)				수위_간격

테이블 구조 정의

테이블 ID	TD-FFS-13	테이블 영문명	WLOBSIFOLD
		테이블명	수위_관측소_과거_정보

Col#	Column Name	Data Type	Key	Not Null	Default	Comments
1	WLOBSCD	CHAR(8)	1	Not Null		수위_관측소_코드
2	WLOBSOLDCD	VARCHAR(10)	2	Not Null		과거_수위_관측소_코드
3	WLOBSOLDNM	VARCHAR(25)				과거_수위_관측소_명

테이블 구조 정의

테이블 ID	TD-FFS-14	테이블 영문명	RFOBSIF
		테이블명	우량_관측소_정보

Col#	Column Name	Data Type	Key	Not Null	Default	Comments
1	RFOBSCD	CHAR(7)	1	Not Null		우량_관측소_코드
2	AGCCD	CHAR(3)				관리기관_코드
3	RELAYCD	CHAR(3)				중계소_코드
4	OBSNM	VARCHAR(30)				관측소_명칭
5	OBSNMSHT	VARCHAR(30)				관측소_명칭_약어
6	ADDR	VARCHAR(100)				주소
7	ETCADDR	VARCHAR(150)				나머지_주소
8	LON	DOUBLE				경도(000-00-00, 세계측지계)
9	LAT	DOUBLE				위도(000-00-00, 세계측지계)
10	LON_MAP	DOUBLE				맵_경도(X)
11	LAT_MAP	DOUBLE				맵_위도(Y)
12	OBOPNDT	VARCHAR(8)				관측_개시_일자(YYYYMMDD)
13	OBCLSDT	VARCHAR(8)				관측_폐쇄_일자(YYYYMMDD)
14	FBSCD	VARCHAR(2)				예보유역_코드
15	GSMNM	CHAR(16)				GSM_명칭
16	USEYN	CHAR(1)			Y	사용_여부
17	MAP_SEQ	CHAR(4)				맵_표출_순번
18	ALTITUDE	DOUBLE(8,2)			0	해발표고

테이블 구조 정의						
테이블 ID	TD-FFS-15		테이블 영문명		RFMST	
			테이블명		우량_자료	
Col#	Column Name	Data Type	Key	Not Null	Default	Comments
1	RFOBSCD	CHAR(7)	1	Not Null		우량_관측소_코드
2	YMDHM	CHAR(12)	2	Not Null		년월일시분
3	TM	DECIMAL(8,1)				원시_측정값
4	ADJ	DECIMAL(8,1)				보정_측정값
5	RF	DECIMAL(8,1)				원시_우량값
6	MRF	DECIMAL(8,1)				보정_우량값
7	QCTLSTS	CHAR(1)				품질관리_상태 (1:자동,2:수동,3:최종)
8	QCTLGRD	CHAR(4)				품질관리_등급
9	RTUCOM	CHAR(1)				통신방법 (0:VHF, 1:GSM)
10	RTUPWR	DECIMAL(5,2)				장비_전압상태 (단위 V)
11	RTUTEMP	DECIMAL(5,1)				장비_온도상태 (단위 ℃)
12	RTUHUMI	DECIMAL(5,1)				장비_습도상태
13	RTUFAN	CHAR(1)				장비_FAN상태 (0:OFF, 1:ON)
14	RTUPWRVHF	CHAR(1)				VHF_전원상태 (0:OFF, 1:ON)
15	RTUPWRGSM	CHAR(1)				GSM_전원상태 (0:OFF, 1:ON)
16	RTUPWRDL	CHAR(1)				DATA_LOGGER _전원상태 (0:OFF, 1:ON)

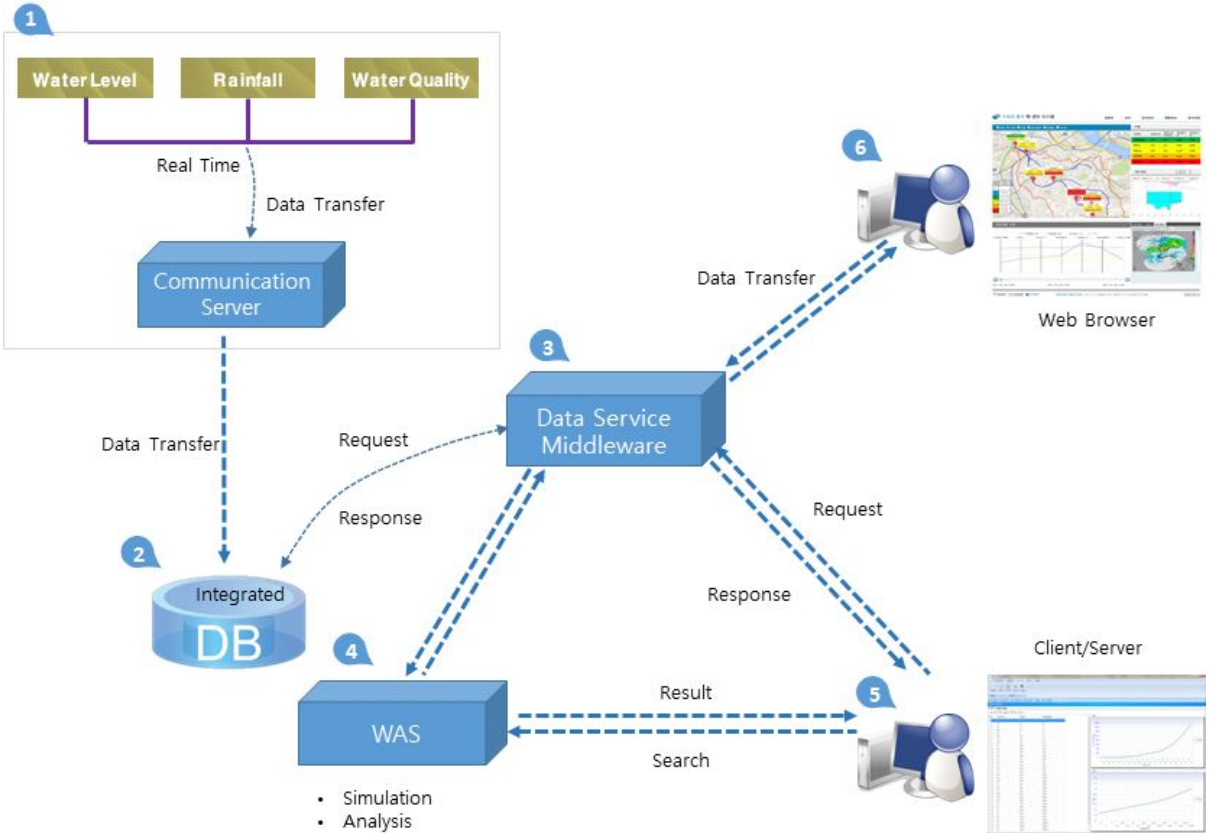
테이블 구조 정의						
테이블 ID	TD-FFS-18		테이블 영문명		RFOBSIFOLD	
			테이블명		우량_관측소_과거_정보	
Col#	Column Name	Data Type	Key	Not Null	Default	Comments
1	RFOBSCD	CHAR(9)	1	Not Null		우량_관측소_코드
2	RFOBSOLDCD	VARCHAR(10)	2	Not Null		과거_우량_관측소_코드
3	RFOBSOLDNM	VARCHAR(25)				과거_우량_관측소_명

테이블 구조 정의						
테이블 ID	TD-FFS-24		테이블 영문명		ISLANDIF	
			테이블명		섬 정보	
Col#	Column Name	Data Type	Key	Not Null	Default	Comments
1	ISLANDCD	char(1)	1			섬코드
2	ISLANDNM	varchar(20)				섬이름

(6) 실시간자료 기반 분석체계 구성

▫ 수문자료의 실시간 계측을 기준으로 분석체계를 구성

▫ 실시간 데이터의 연계 및 서비스 간 데이터 처리 프로세스 정의



< 실시간 분석체계 >

① 실시간 계측기를 통한 데이터 자동 수집

② 네트워크를 통해 전송된 데이터의 DB 적재

③ 데이터 서비스를 통한 데이터 접근

④ 분석서버에서 분석데이터 요청

⑤ 분석시스템에서 분석 서비스 제공

⑥ 유관기관 사용자의 데이터 활용 서비스 제공

다. 분석 기능 구현을 위한 모형 입출력 분석

④ 적용모델 입출력 분석(Tank 모델)

□ 입력파일 분석(*.dat)

파일 내용	내용 검토
jang watershed 01/01/1973 12/31/2011 6 0.700 2 18.96 10.86 4.11 2.23 1.76 5.00 S1I 5.00 S2I 141.00 S3I 333.00 S4I 0.3970000 A11 0.1211000 A12 0.0486000 A2 0.0050000 A3 0.0006000 A4 0.0812000 B1 0.1044000 B2 0.0211000 B3 73.0000000 H11 23.0000000 H12 6.0000000 H2 0.000 H3	<모의조건> 유역 명 모의 기간 증발산계수 토지이용면적 탱크계수
0.0 1.00 3.5 1.70 0.9 0.80 0.0 1.00 ⋮ ⋮ 0.4 1.30 0.0 1.00 0.0 0.80	<수문자료> 일강우

□ 출력파일 분석(*.out)

파일 내용	내용 검토
Name of basin : jang watershed Simulation period : 1/ 1/1973 - 12/31/2011 Annual Pan Eavoporation Coefficient : .70 Basin area (square km) : 18.96 삼림(%) : 10.86 ,논(%) : 4.11 ,밭(%) : 2.23 ,기타(%) : 1.70 Tank Parameters S1I : 5.0000000 S2I : 5.0000000 S3I : 141.0000000 S4I : 333.0000000 A11 : .3970000 A12 : .1211000 A2 : .0486000 A3 : .0050000 A4 : .0006000 B1 : .0812000 B2 : .1044000	<모의조건> 유역 명 모의 기간 증발산계수 토지이용면적 탱크계수

파일 내용	내용 검토
B3 : .0211000 H11 : 73.0000000 H12 : 23.0000000 H2 : 6.0000000 H3 : .000 ALP : .7000000	
<<<<< Simulation Results >>>>> Date R (mm) ET(mm) Q(mm) Qs(cms) Q1(cms) Q2(cms) Q3(cms) Q4(cms) --- 1/ 1/1973 .00 .00 .90 .20 .00 .00 .15 .04 1/ 2/1973 3.50 .15 .91 .20 .00 .00 .16 .04 1/ 3/1973 .90 .10 .90 .20 .00 .00 .15 .04 ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ 12/29/2011 .40 .10 1.37 .30 .00 .00 .05 .25 12/30/2011 .00 .04 1.36 .30 .00 .00 .04 .25 12/31/2011 .00 .04 1.36 .30 .00 .00 .04 .25 ---	<모의결과> 일별 모의결과값

⑤ 적용모델 입출력 분석(Modim 모델)

▫ 입력파일 분석(*.xy)

파일 내용	내용 검토
xyVersion 8.5.0 numhydtables 0 n_links 155 n_nodes 145 n_lags 5 ExtManualStorageRightActive False ExtStorageRightActive False ExtWaterRightsActive False ExtLastFillRentActive False NonstorageNodeSize 100 DemandNodeSize 100 ReservoirNodeSize 100 LinkSize 100 BackgroundImageLocation BackgroundImageSize 0 DefaultFlowUnits 1000 m³/day DefaultStorageUnits 1000 m³	<모형정보 요약>
hydroCtrl ExtHydropowerActive False effCurve effCurveName powerEff fakeht 1 1000 qt 1 1000 qt_units 1000 m³/second ht_units m efft 0 1 1 1 2 1 3 1	<발전소 조건> 발전소정보 발전효율
node name Cipanunjang desc num 1 ntype 1 in 75 in 74 in 105 out 77 priority 0 20 pos 0 1438.0000 1 2307.0000 labelpos 0 1438.0000	<노드 조건> 노드 정보 수문 정보 유입 정보 유출 정보

파일 내용	내용 검토
1 2315.5000 select 0 max_vol 2240000 min_vol 24000 start_vol 1275000 reservoir_units 1000 m³ effCurveName powerEff_2 justTheName True resnext 1 resprev 1 tstarget variesbyyear True units 1000 m³ 02/02/2002 00:00:00 1340000 02/03/2002 00:00:00 1391700 ⋮ 12/29/2012 00:00:00 907000 12/30/2012 00:00:00 960000 12/31/2012 00:00:00 975000 cpoints 1 300 2 600 ⋮ 25 21800 26 22400 epoints 0 1422 1 1423 ⋮ 25 1446 26 1446.6 area_units 1000 m² capacity_units 1000 m³ hcapacity_units cms resbali resbalpcts 0 100 resbalflag 1	
link lname CikalongIntake_BandungDemand ldescription lnum 155 fromnum 44 tonum 145 lcost -10 select 0 ially 1 # Explicit_Targets iplot 0 iprd Daily	<링크 조건> 링크 정보 수문 정보 유입 정보 유출 정보

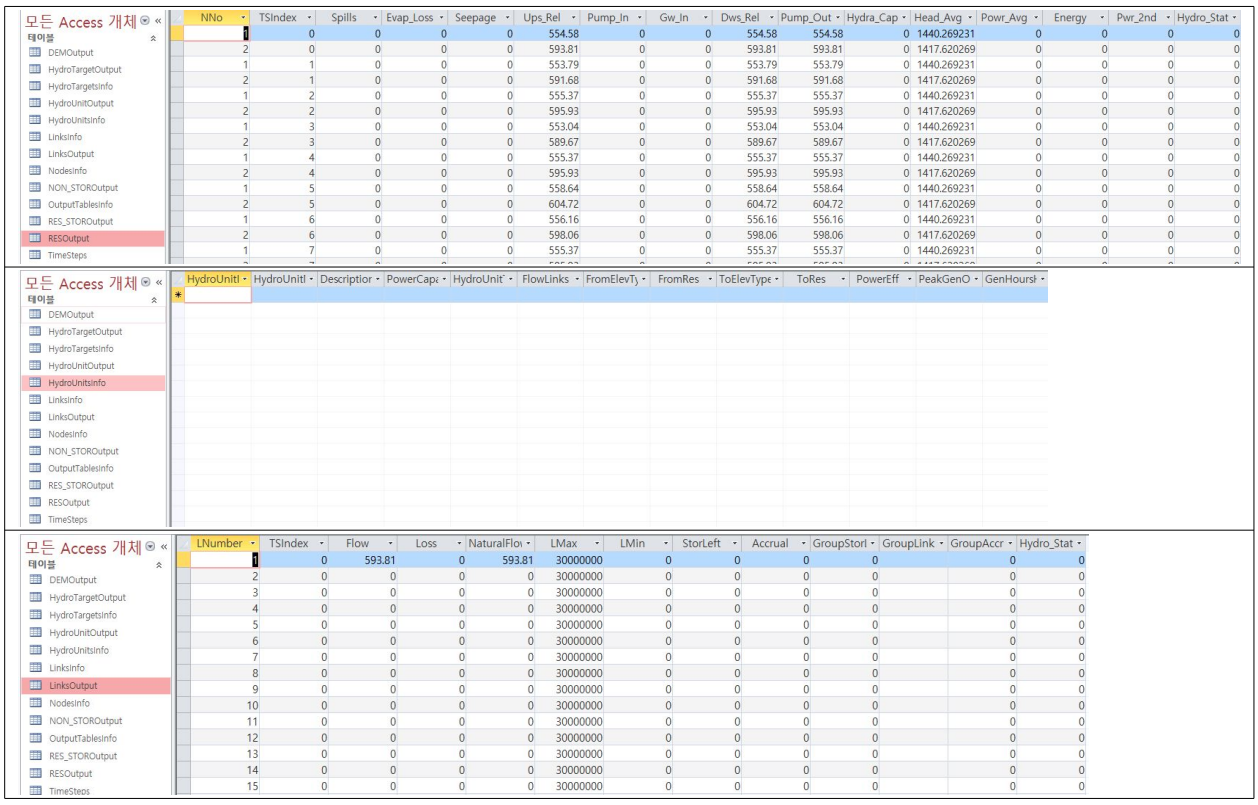
파일 내용	내용 검토
iut 1 n_years 1 rdim 0 0 1 0 2 20480 3 2700	
title Case0_Verification uselags 1 maxit 100 gw_cp 0 flowth_cp 0 evap_cp 0.01 infeasrestart 0 relxacrul 0 dataStartDate 01/01/2002 00:00:00 dataEndDate 01/01/2013 00:00:00 startingDate 01/01/2002 00:00:00 endingDate 01/01/2013 00:00:00 accrualDate 01/01/1980 00:00:00 seasCapDate 01/01/1980 00:00:00 accuracy 2 defaultMaxCap 2999999999 res_output 1 dws_rel 1 elev_end 1 evp_loss 1 evp_rate 1 gwater 1 head_avg 1 hydra_Cap 1 powr_avg 1 powr_pk 1 pump_in 1 pump_out 1 pwr_2nd 1 seepage 1 spills 1 stor_beg 1 stor_end 1 stor_trg 1 unreg_in 1 ups_rel 1 dem_output 1 dem_sht 1 demand 1 gw_in 1 surf_in 1 acc_flow 1 acc_output 1 acrl 1 stgl 1	<분석조건> 모의기간 모의간격 출력간격 기타기본조건

파일 내용	내용 검토
flo_flow 1 flo_output 1 loss 1 natflow 1 fromgwtono 1 gw_output 1 noTimeStepsInMemorygwinfiltra 1 spcl_rpts 0 part_flows 0 ver7OutputFiles 0 ver8MSDBOutputFiles 1 DeleteTempVer8OutputFiles 1 noTimeStepsInMemory 12 hydroStateOUT 1 nonStorage_output 1 l_MaxOUT 1 l_MinOUT 1 Flow_ThruOUT 1 Rout_RetOUT 1 InflowOUT 1 nomaxmesg 0 constsysst 0 IsBackRoutingActive 0 IsStorageAccountWithRouting 0	

□ 출력파일 분석

– 출력파일은 mdb 파일형식으로 저장됨

– 총 14개 테이블로 구성



모든 Access 개체

테이블

- DEMOutput
- HydroTargetOutput
- HydroTargetsInfo
- HydroUnitOutput
- HydroUnitsInfo
- LinksInfo
- LinksOutput
- NodesInfo
- NON_STOROutput
- OutputTablesInfo
- RES_STOROutput
- RESOutput
- TimeSteps

NodesInfo

NNumber	NName	NType
1	Cipanunjang	Reservoir
2	Cileunca	Reservoir
3	L04	NonStorage
4	Bd_Cisarua1	NonStorage
5	1	NonStorage
6	Bd_Cisangku	NonStorage
7	PlenganWeir	NonStorage
8	3	NonStorage
9	C02	NonStorage
10	L05	NonStorage
11	Bd_Cisankuy2	NonStorage
12	6	NonStorage
13	Bd_Cisarua2	NonStorage
14	R03	NonStorage
15	R02	NonStorage

모든 Access 개체

테이블

- DEMOutput
- HydroTargetOutput
- HydroTargetsInfo
- HydroUnitOutput
- HydroUnitsInfo
- LinksInfo
- LinksOutput
- NodesInfo
- NON_STOROutput
- OutputTablesInfo
- RES_STOROutput
- RESOutput
- TimeSteps

HydroUnitOutput

HydroUnitI	TSIndex	Discharge	Head	Efficiency	Power	Energy	Downtimel	Generatinc
*								

모든 Access 개체

테이블

- DEMOutput
- HydroTargetOutput
- HydroTargetsInfo
- HydroUnitOutput
- HydroUnitsInfo
- LinksInfo
- LinksOutput
- NodesInfo
- NON_STOROutput
- OutputTablesInfo
- RES_STOROutput
- RESOutput
- TimeSteps

NON_STOROutput

NNo	TSIndex	Inflow	Gw_In	Flow_Thru	Rout_Ret
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	428.3	0
13	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0

모든 Access 개체

테이블

- DEMOutput
- HydroTargetOutput
- HydroTargetsInfo
- HydroUnitOutput
- HydroUnitsInfo
- LinksInfo
- LinksOutput
- NodesInfo
- NON_STOROutput
- OutputTablesInfo
- RES_STOROutput
- RESOutput
- TimeSteps

OutputTablesInfo

Object	OutputNar	VariableTy	Name
LinksInfo	LName	Flow	LName
LinksInfo	FromNode	Flow	FromNode
LinksInfo	ToNode	Flow	ToNode
NodesInfo	NNumber	Flow	NNumber
NodesInfo	NName	Flow	NName
NodesInfo	NType	Flow	NType
LinksOutput	Flow	Flow	Flow
LinksOutput	Loss	Flow	Channel loss
LinksOutput	NaturalFlow	Flow	Last Natural I
LinksOutput	LMax	Flow	Capacity
LinksOutput	LMin	Flow	Minimum
LinksOutput	StorLeft	Volume	Storage Left
LinksOutput	Accrual	Volume	Storage Accr
LinksOutput	GroupStorLef	Volume	Group Storac
LinksOutput	GroupLink	Flow	GroupLink

모든 Access 개체

테이블

- DEMOutput
- HydroTargetOutput
- HydroTargetsInfo
- HydroUnitOutput
- HydroUnitsInfo
- LinksInfo
- LinksOutput
- NodesInfo
- NON_STOROutput
- OutputTablesInfo
- RES_STOROutput
- RESOutput
- TimeSteps

RES_STOROutput

NNo	TSIndex	Stor_Beg	Stor_End	Stor_Trg	Elev_End
1	0	12750	12750	12750	1440.269231
2	0	9982	9982	9982	1417.620269
1	1	12750	12750	12750	1440.269231
2	1	9982	9982	9982	1417.620269
1	2	12750	12750	12750	1440.269231
2	2	9982	9982	9982	1417.620269
1	3	12750	12750	12750	1440.269231
2	3	9982	9982	9982	1417.620269
1	4	12750	12750	12750	1440.269231
2	4	9982	9982	9982	1417.620269
1	5	12750	12750	12750	1440.269231
2	5	9982	9982	9982	1417.620269
1	6	12750	12750	12750	1440.269231
2	6	9982	9982	9982	1417.620269
1	7	12750	12750	12750	1440.269231

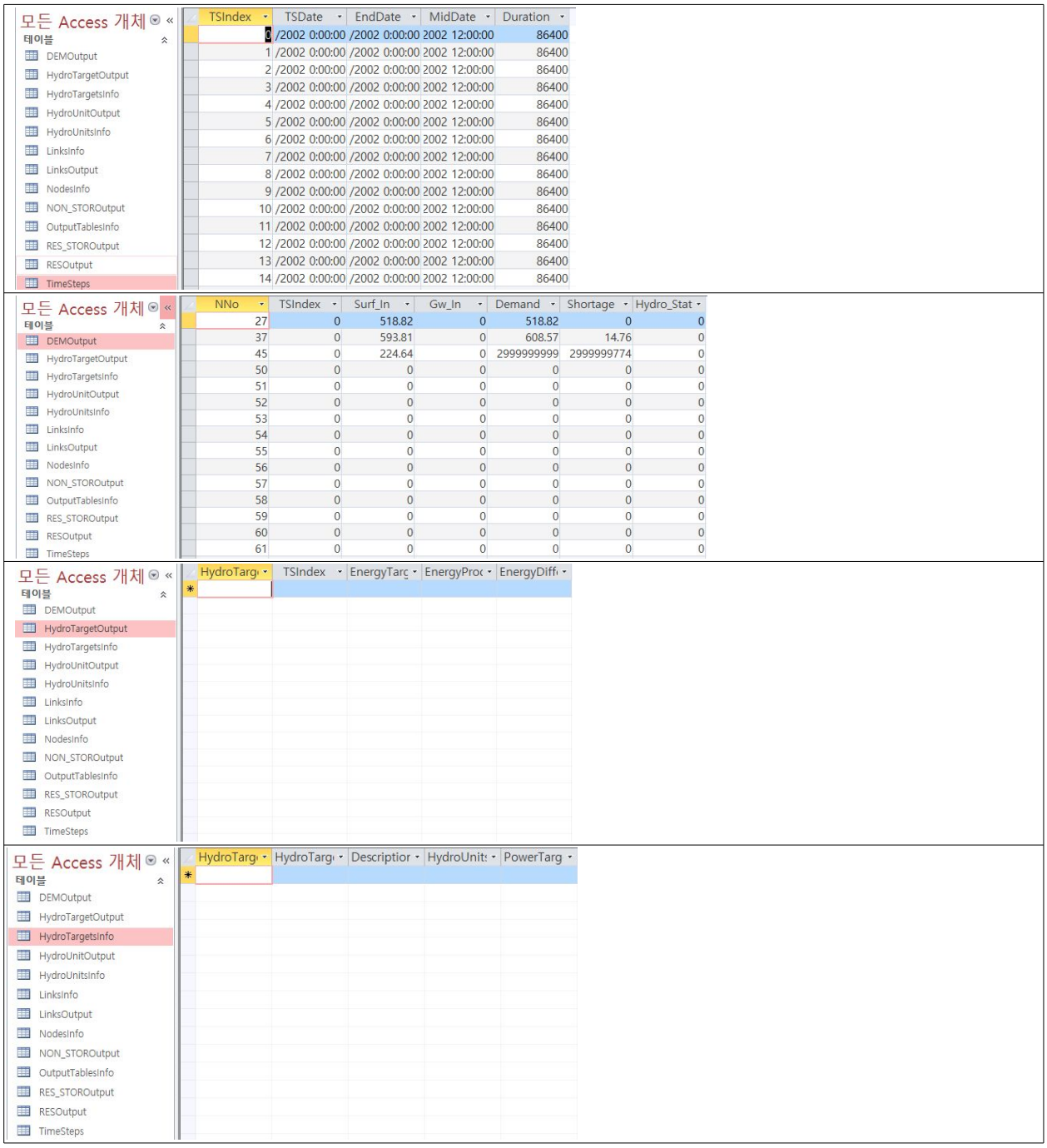
모든 Access 개체

테이블

- DEMOutput
- HydroTargetOutput
- HydroTargetsInfo
- HydroUnitOutput
- HydroUnitsInfo
- LinksInfo
- LinksOutput
- NodesInfo
- NON_STOROutput
- OutputTablesInfo
- RES_STOROutput
- RESOutput
- TimeSteps

LinksInfo

LName	LNumber	FromNode	ToNode
1_Bd_Cisangk	2	5	6
10_11	13	95	94
11_12	14	94	20
12_C03	15	20	21
13_14	17	93	92
14_15	18	92	24
15_16	19	24	91
16_17	23	91	90
17_18	24	90	89
18_19	25	89	88
19_20	26	88	87
2_Bd_Cisarua	1	100	4
20_21	27	87	86
21_C04	28	86	33
22_1_Dumy	152	143	144


모든 Access 개체
테이블
DEMOutput
HydroTargetOutput
HydroTargetsInfo
HydroUnitOutput
HydroUnitsInfo
LinksInfo
LinksOutput
NodesInfo
NON_STOROutput
OutputTablesInfo
RES_STOROutput
RESOutput
TimeSteps
TSIndex TSDate EndDate MidDate Duration
0 /2002 0:00:00 /2002 0:00:00 2002 12:00:00 86400
1 /2002 0:00:00 /2002 0:00:00 2002 12:00:00 86400
2 /2002 0:00:00 /2002 0:00:00 2002 12:00:00 86400
3 /2002 0:00:00 /2002 0:00:00 2002 12:00:00 86400
4 /2002 0:00:00 /2002 0:00:00 2002 12:00:00 86400
5 /2002 0:00:00 /2002 0:00:00 2002 12:00:00 86400
6 /2002 0:00:00 /2002 0:00:00 2002 12:00:00 86400
7 /2002 0:00:00 /2002 0:00:00 2002 12:00:00 86400
8 /2002 0:00:00 /2002 0:00:00 2002 12:00:00 86400
9 /2002 0:00:00 /2002 0:00:00 2002 12:00:00 86400
10 /2002 0:00:00 /2002 0:00:00 2002 12:00:00 86400
11 /2002 0:00:00 /2002 0:00:00 2002 12:00:00 86400
12 /2002 0:00:00 /2002 0:00:00 2002 12:00:00 86400
13 /2002 0:00:00 /2002 0:00:00 2002 12:00:00 86400
14 /2002 0:00:00 /2002 0:00:00 2002 12:00:00 86400
모든 Access 개체
테이블
DEMOutput
HydroTargetOutput
HydroTargetsInfo
HydroUnitOutput
HydroUnitsInfo
LinksInfo
LinksOutput
NodesInfo
NON_STOROutput
OutputTablesInfo
RES_STOROutput
RESOutput
TimeSteps
NNo TSIndex Surf_In Gw_In Demand Shortage Hydro_Stat
27 0 518.82 0 518.82 0 0
37 0 593.81 0 608.57 14.76 0
45 0 224.64 0 2999999999 2999999774 0
50 0 0 0 0 0 0
51 0 0 0 0 0 0
52 0 0 0 0 0 0
53 0 0 0 0 0 0
54 0 0 0 0 0 0
55 0 0 0 0 0 0
56 0 0 0 0 0 0
57 0 0 0 0 0 0
58 0 0 0 0 0 0
59 0 0 0 0 0 0
60 0 0 0 0 0 0
61 0 0 0 0 0 0
모든 Access 개체
테이블
DEMOutput
HydroTargetOutput
HydroTargetsInfo
HydroUnitOutput
HydroUnitsInfo
LinksInfo
LinksOutput
NodesInfo
NON_STOROutput
OutputTablesInfo
RES_STOROutput
RESOutput
TimeSteps
HydroTarg TSIndex EnergyTarg EnergyProd EnergyDiff
모든 Access 개체
테이블
DEMOutput
HydroTargetOutput
HydroTargetsInfo
HydroUnitOutput
HydroUnitsInfo
LinksInfo
LinksOutput
NodesInfo
NON_STOROutput
OutputTablesInfo
RES_STOROutput
RESOutput
TimeSteps
HydroTarg HydroTarg Description HydroUnit PowerTarg

라. 의사결정지원 시스템 개발

(1) 지능형 물관리 시스템 기본 개발 방향

(가) 지능형 물관리 시스템 개발 개요

- 기존 물관리의 경우 실시간으로 수요량을 관리하는 것이 불가능함에 따라 용수 수요와 공급에 있어 불균형을 초래
- 즉, 수요에 따른 용수공급이 적시에 이루어지지 않아 용수 부족 사태가 발생하거나 용수 수요에 비해 과다한 공급이 이루어져 용수를 낭비하는 경우가 발생하는 등 효율적인 용수관리에 어려움이 많음
- 이에 따라 댐, 보, 저수지 등 용수를 관리하기 위한 시설물의 운영에 있어서도 효율성을 확보하기 어려운 실정임
- 특히, 인도네시아 찌상쿠이 유역의 경우 상류에 위치한 2개 저수지의 경우 일차적으로 소수력 발전 위주의 용수공급 목적으로 사용되고 있으며, 하류의 농업용수 및 생활용수로 활용하기 위한 구체적인 운영방안 및 용수공급 우선순위 선정 기준 등은 부재한 상황임
- 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 정보통신기술(Information and Communication Technologies, ICT)을 활용한 지능형 물관리 체계를 도입
- 먼저, 지능형 물관리는 센서 및 사물 인터넷(Internet of Things, IoT), 네트워크 기술을 통한 시설물 및 운영자, 유관기관 간의 양방향 통신을 통해 유기적인 상호연계 체계를 제공 할 수 있음
- 이를 바탕으로 유역의 수문상황과 시설물의 운영현황, 용수공급 및 수요 현황을 실시간으로 확인함으로써 수요에 따른 즉각적인 용수공급량의 조절이 가능



<기존 물관리 시스템과 지능형 물관리 시스템 비교>

(나) 지능형 물관리 시스템의 특성

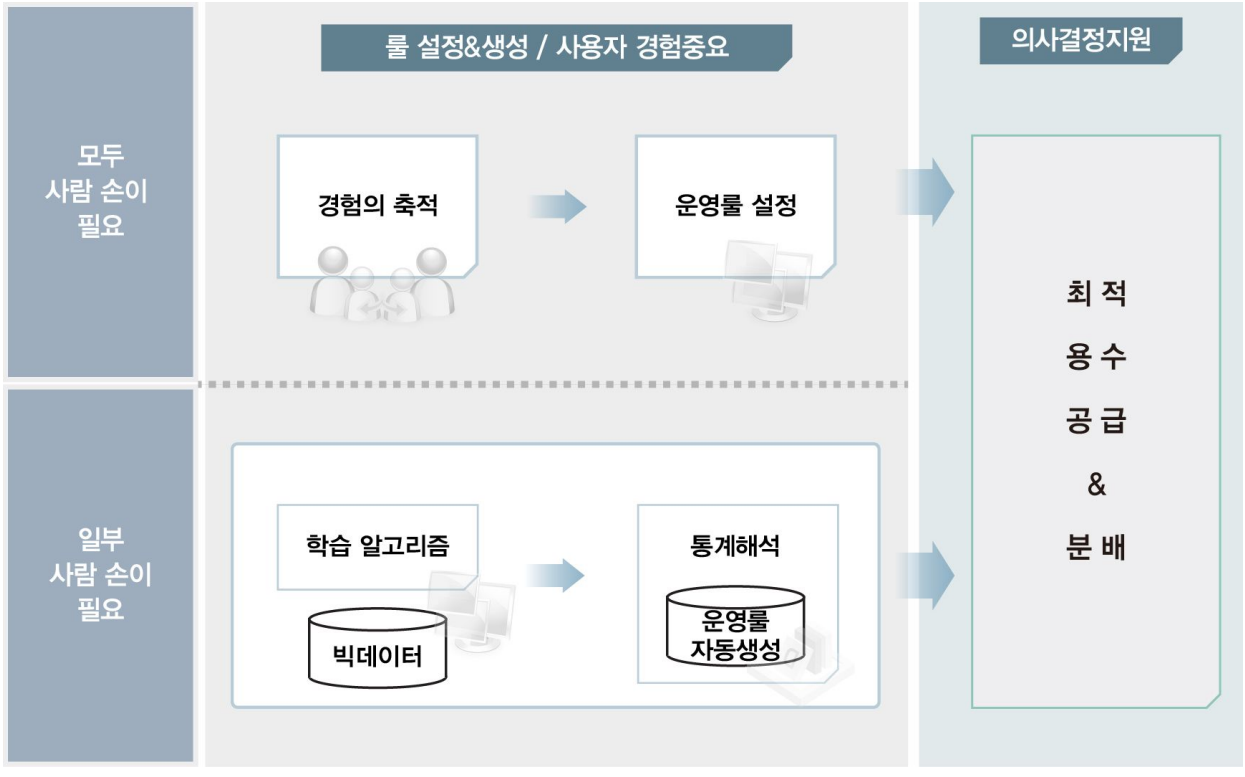
- 실시간 운영(Interactive operation) : 실시간 모니터링 및 모형 분석을 통해 유역의 수문상황 및 용수수요 현황에 즉각적으로 대처 가능
- 지식기반 DB (Knowledge based DB) : 데이터(data) 및 정보(information) 뿐만 아니라 사용자의 물관리 운영 노하우(knowledge)를 망라한 빅데이터를 기반으로 운영 계획 업데이트
- 연계운영(Coordinated operation) : 물관리 시설물 및 해당 시설물 관리자 간 양방향 통신을 통한 운영 정보 공유 및 상호 연계운영

– 운영 및 유지관리 비용과 시설물 운영을 위한 에너지 소비는 감소
– 물관리 시설물 운영 효율 및 이용 가능한 용수량 추가 확보 가능



(다) 빅데이터를 활용한 운영계획 수립

– 또한, 빅데이터 분석 및 기계학습(Machine Learning)을 통해 개별 물관리 시설물에 대한 최적 운영룰을 업데이트
– 유역의 수문상황과 용수 수요 현황을 고려하여 최적의 용수공급 우선순위를 선정 가능
– 기존 운영에 활용한 사용자 경험뿐만 아니라 실시간 수문자료 및 모형 분석 결과, 과거 운영자료에 대한 빅데이터 분석을 통해 최적의 의사결정지원 정보 제공
–

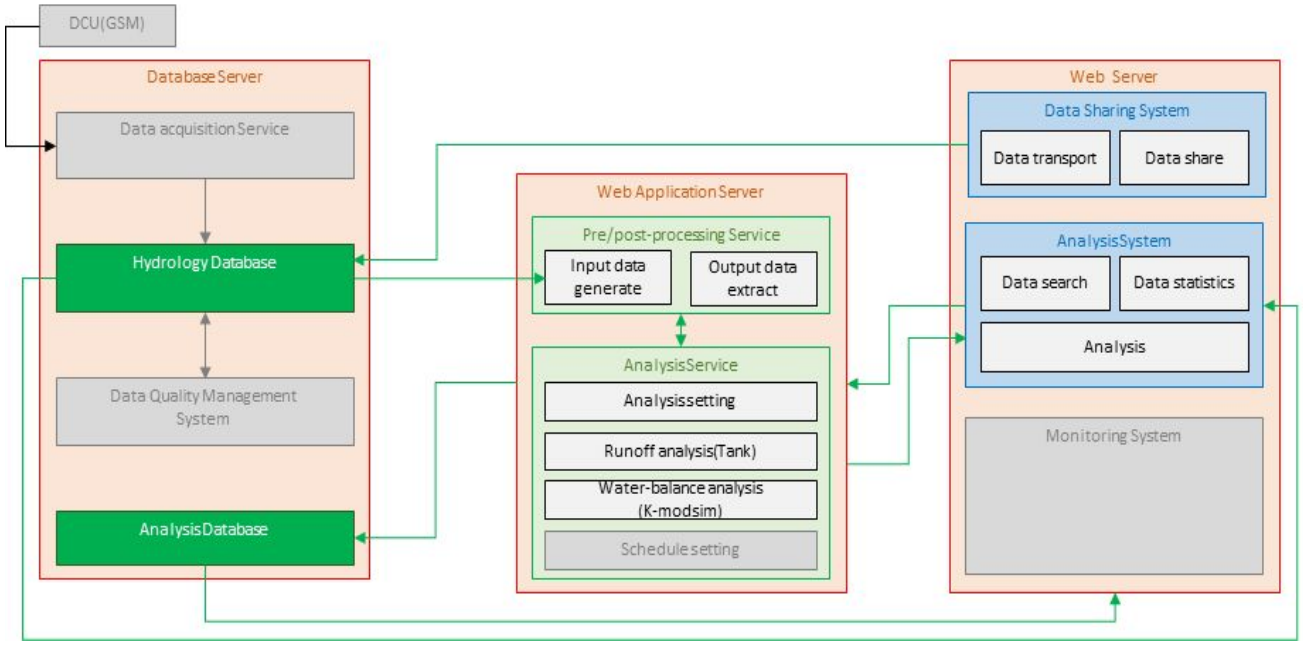


(2) 지능형 물관리 시스템 개발 방안 수립

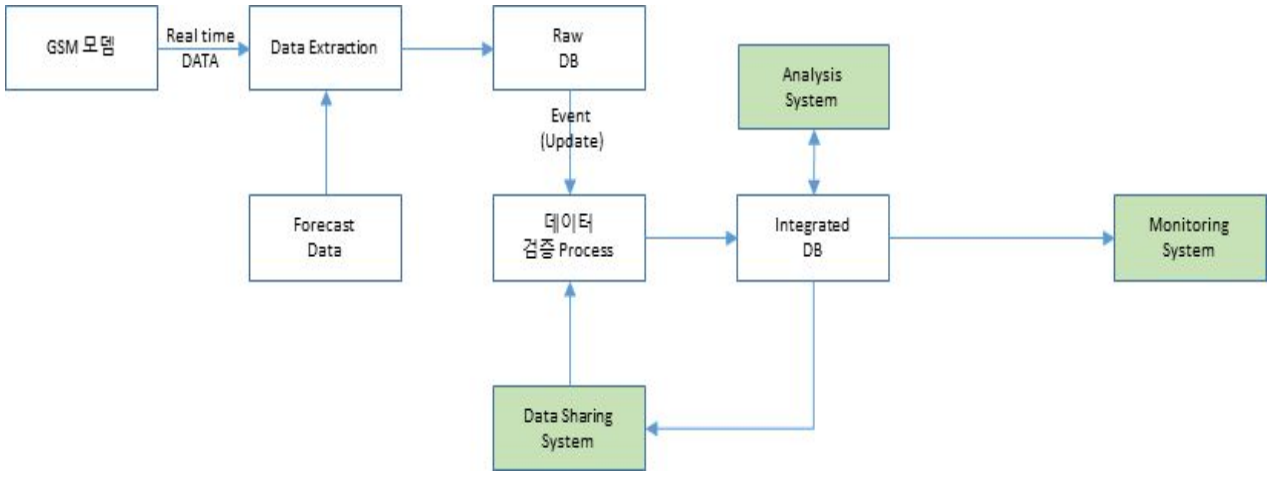
① 시스템 개요

- '찌상쿠이 유역 지능형 물관리 시스템'은 유역의 한정된 수자원을 효율적으로 운영하기 위한 정보를 제공
- 유역의 수문정보의 DB화 및 데이터 관리 체계를 구축
- 수문데이터의 조회 및 기관간 데이터 공유체계를 구축
- (실시간)데이터를 기반으로 유출 및 물수지 분석을 수행

② 시스템 설계



< 시스템 (논리)구성도 >

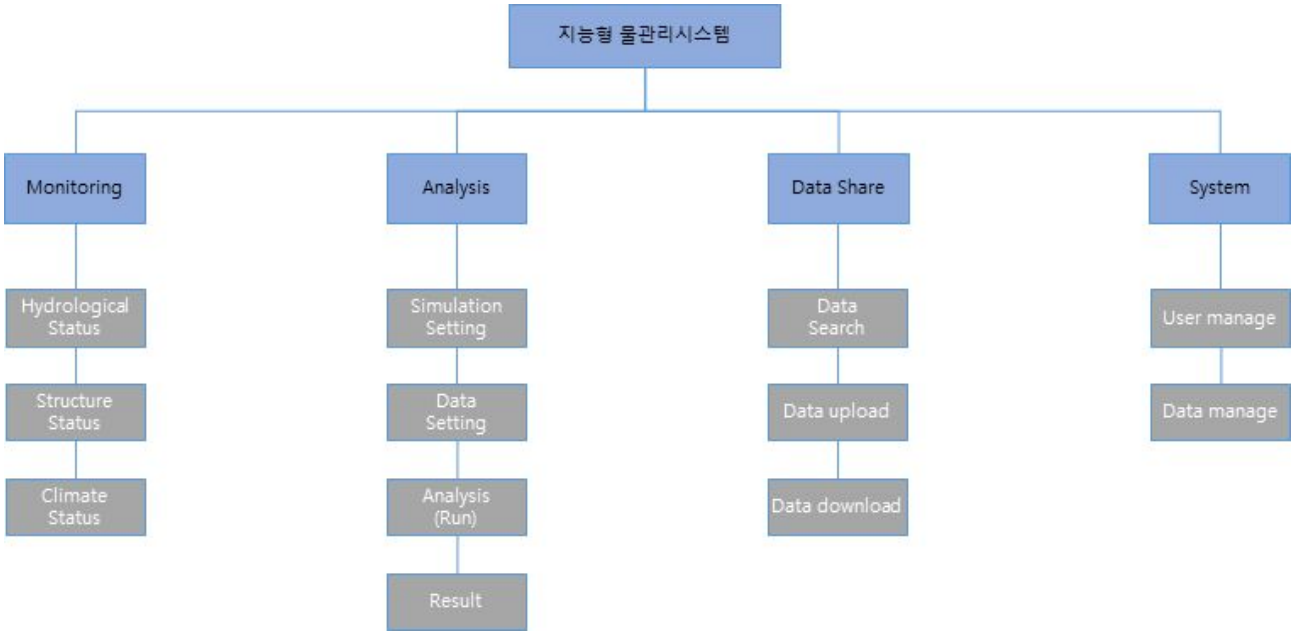


< 데이터 흐름도 >

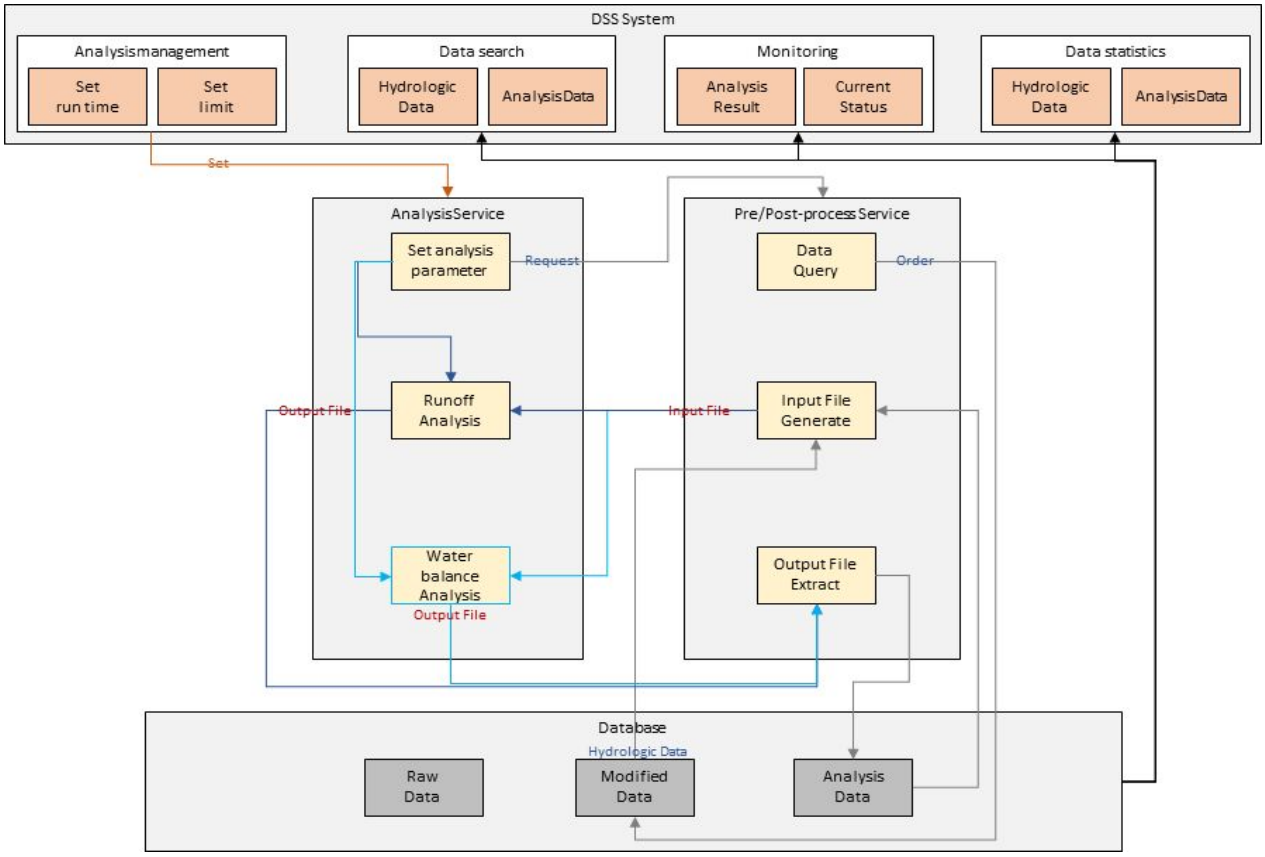
③ 주요기능

- 시스템은 크게 4가지 기능으로 구성
- 모니터링 / 분석 / 데이터공유 / 시스템 기능

1Depth	2Depth	3Depth	구현	비고
모니터링	자료 모니터링	수문모니터링	OK	
		시설물 운영 모니터링	OK	
		알람 표출	OK	
자료관리	자료조회	수문자료검색	OK	
	데이터관리	자료 검보정	OK	
		데이터 저장 및 다운로드	OK	
분석	분석설정	시나리오 설정	OK	
		모의기간 설정	OK	
	물수지 모의 (ModSim)	유역 노드조회	OK	
		노드정보 입력	OK	
		모의수행	OK	
		결과조회	OK	
시스템	관리자기능	사용자관리	OK	
		제원/알람설정	OK	
		권한관리	OK	
기능완성도		16/16	100%	



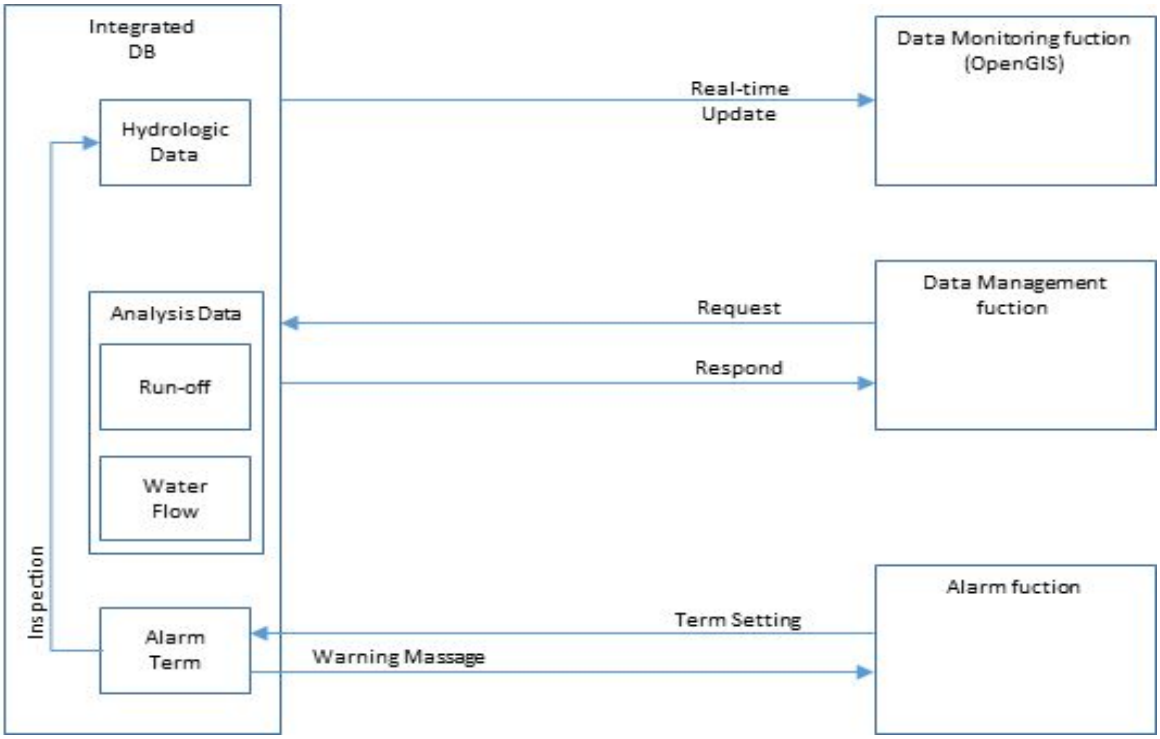
< Main menu >



< 시스템기능 설계 >

□ 모니터링 기능

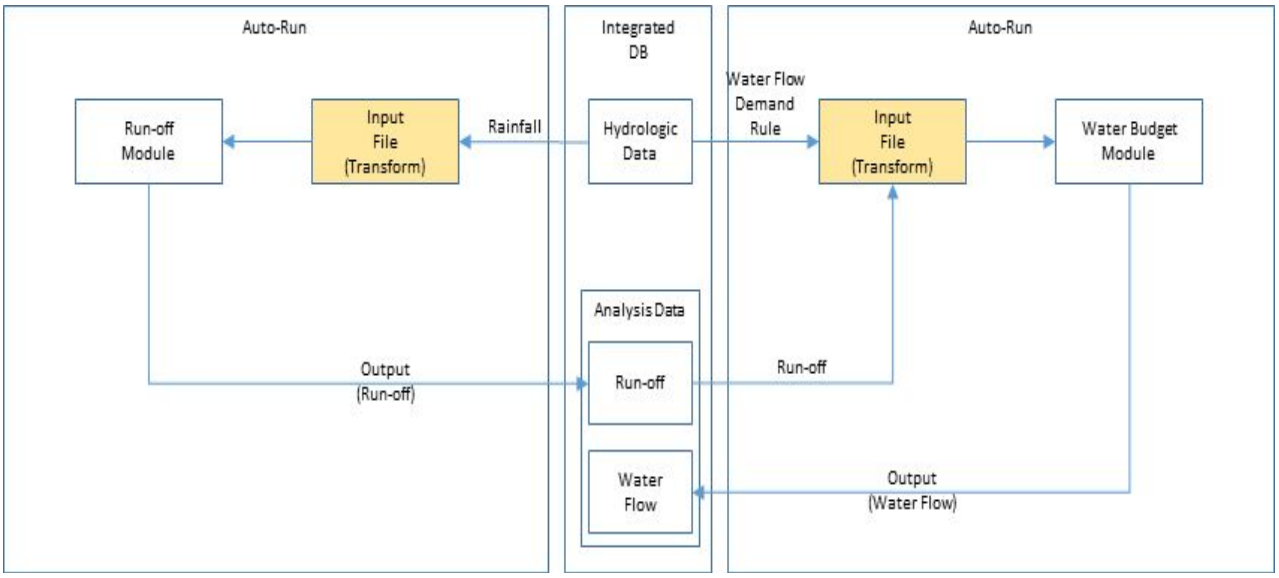
- 유역의 수문자료, 시설물자료, 공간정보를 표출
- Open GIS를 사용하여 구성
- 기본 GIS 기능 적용(줌 인/아웃, 이동, 일반/위성지도, 미니맵 등)
- 해외 지역에 적합한 Open Map(Google map) 적용
- 공간정보를 기반으로 해당 관측소의 데이터를 표출



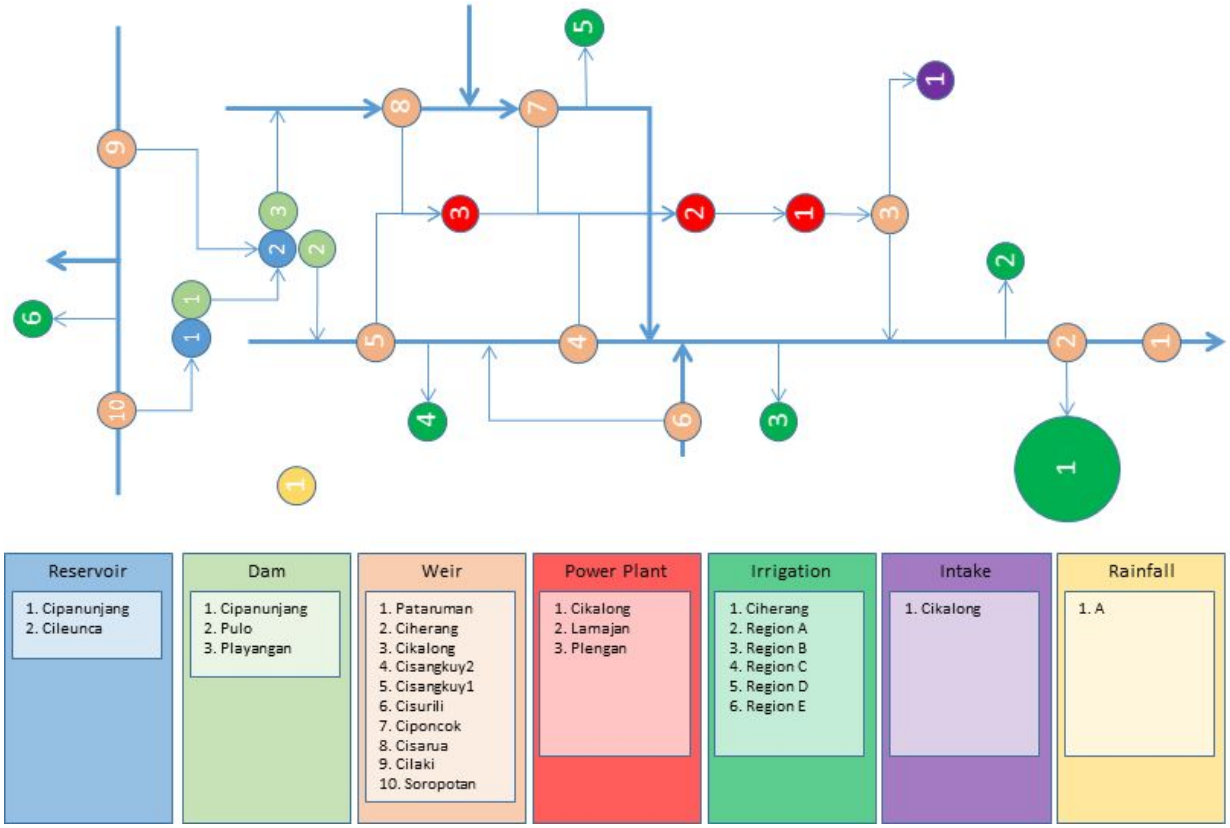
< 모니터링기능 설계 >

▫ 분석 기능

- 물수지 분석 모형(Modsim) 적용
- Application Server에서 모델수행
- 유출분석 - 물수지분석 결과 데이터의 제공을 통해 수자원 운영 의사결정 지원



< 분석기능 설계 >



< 유역(물수지) 모식도 >

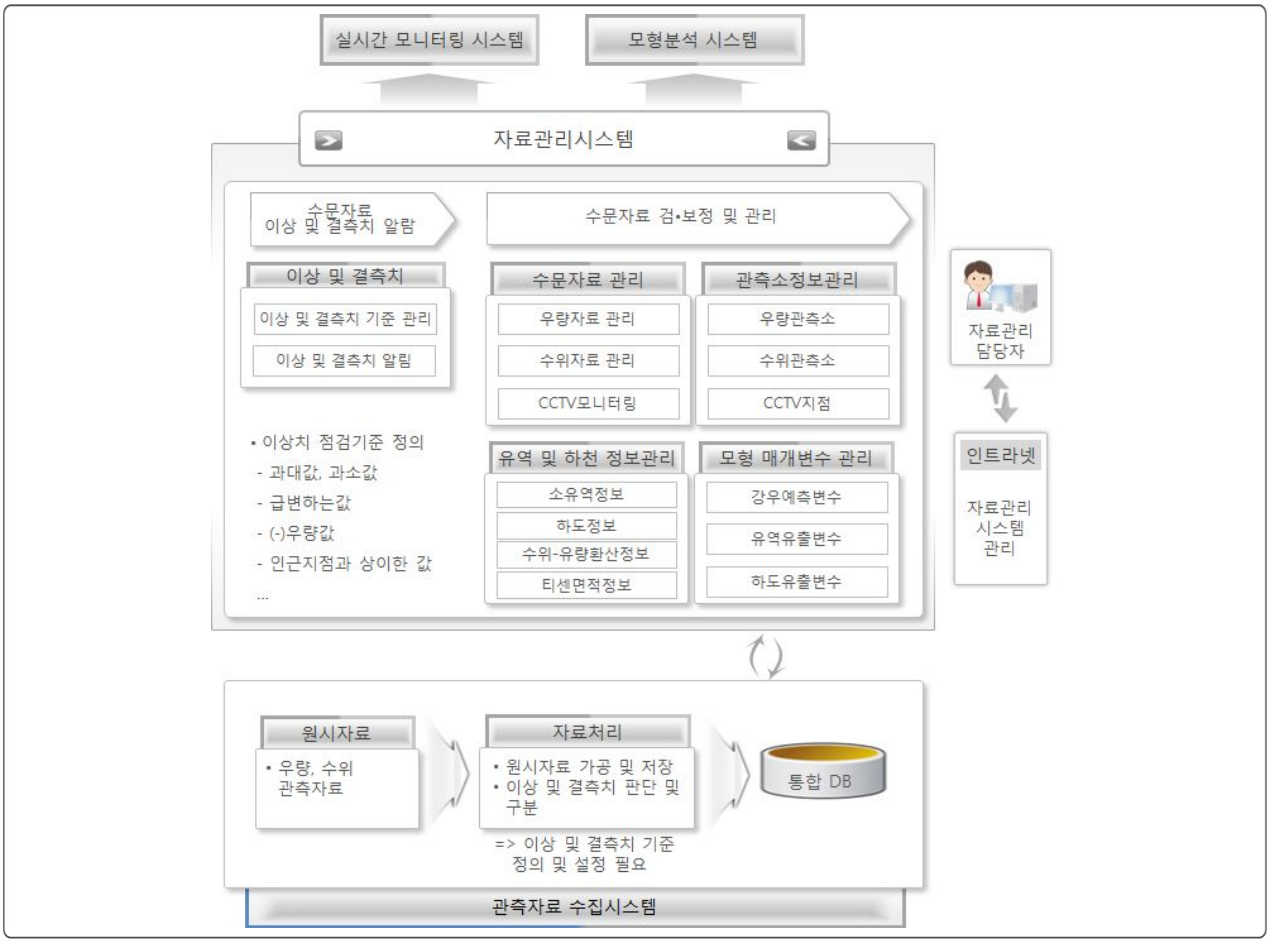
(3) 수문자료 품질관리 시스템 구축

(가) 목표시스템 구성

□ 안정적이고 품질 높은 기상 및 수위 관측 환경구축을 위해 품질관리 시스템을 구축

- 관측자료(우량, 수위)에 대한 체계적인 품질관리 기반 마련
- 13개 강우 관측소 및 8개 수위 관측소의 수문자료 품질관리를 위한 기능 구현
- 실시간 데이터(강우, 수위)의 경우 10분 단위로 측정한 값을 대상으로 품질관리 체계 구현
- 관측자료의 이상 및 결측치 기준 관리
  - 관측자료(우량, 수위)를 실시간 수집할 때 해당 자료의 이상 및 결측치를 자동점검 할 수 있도록 이상치 기준을 정의하여 시스템에서 관리할 수 있도록 구현
  - 강우의 경우 missing data 및 maximum data, RDS 기준 등을 적용하여 이상치 관리
  - 수위의 경우 missing data 및 maximum & minimum data, rapidly changing WL 기준 등을 적용하여 이상치 관리
- 신속·정확한 품질관리가 가능한 화면 및 기능 구성
  - 이상치 기준에 의하여 처리된 자료의 상태 정보를 DB에서 읽어 PC에서 팝업 알람
  - 화면에서 유역, 관측소, 자료종류, 기간 선택을 통한 수문자료 조회 및 검색
  - 검·보정이 용이하도록 시계열 자료의 표, 그래프 등 직관적이고 다양한 표출방식 활용
  - 결측율, 자료 검·보정 건수 등 각종 통계정보 제공
- 모형분석을 위한 기초자료 관리
  - 관측소 제원 정보, 유역 및 하천 기초정보, 모형 매개변수 관리 기능 구현

<자료관리 시스템 구성도>



(나) 기능 및 화면구성

<자료관리 시스템 기능구성>

1단계	2단계	내 용
사용자인증	사용자인증	·사용자 로그인
고정자료 관리	관측소 관리	·우량TM관측소 정보(조회, 등록, 수정, 삭제)
		·수위TM관측소 정보(조회, 등록, 수정, 삭제)
		·CCTV 지점정보(조회, 등록, 수정, 삭제)
	고정자료 관리	·소유역 정보(조회, 등록, 수정, 삭제)
		·하도 정보(조회, 등록, 수정, 삭제)
		·티센계수 등록(조회, 등록, 수정, 삭제)
관측자료 관리	우량/수위 자료관리	·수문자료 현황 조회 – 설정 기간내에 이상 및 결측치 존재 관측지점을 신속히 알 수 있도록 정렬
		·수문자료 조회 및 검색(유역, 관측소, 기간 설정) – 시계열연속 그래프, 표 조회
		·수문자료 관리(검/보정) – 사용자 편리성을 고려한 자료 수정기능 제공 – 자료 수정이력 정보 조회
		·각종 통계정보 표출 – 결측율, 검보정 건수 등(다양한 그래픽 표출방법 활용)
	CCTV영상 조회	·CCTV영상 모니터링
이상치 기준 관리	우량 이상치 기준관리	·과대값, 과소값, 급변값, 인근지점설정 등
	수위 이상치 기준관리	·과대값, 과소값, 급변값, 인근지점설정 등
화면 알림	이상치 정보알림	·이상치가 DB에 입력되면 화면에서 팝업알림

<수문자료 품질관리 화면 구성>



<관측소 위치정보 조회>



<관측자료관리-
수문자료현황조회>



<관측자료관리-
이상자료현황조회>



<관측자료관리-
관측자료 검·보정>



<고정자료관리-
제원정보관리>



<고장자료관리-
유역정보관리>

(3) 실시간 모니터링 시스템 구축

(가) 목표시스템 구성

- 웹 GIS기반의 시스템 구축
  - 인터넷 웹브라우저를 통하여 정보 모니터링 및 Open Map API 활용을 통한 GIS 기반 구성
- 유관기관 및 시스템의 수문자료 연계를 위한 방안 제시
  - '수문자료 공동활용 방안' 참조
  - 자료관리시스템 및 모형분석 시스템과 연계하여 이상치 알람 및 유역의 용수공급 및 배분 현황 알람 표출
- GIS기반의 지도에 지점, 유역, 하천 공간정보와 중첩하여 편리하고 효율적인 정보제공 기능 제공
- 향후 찌따룸강 유역 전체로의 확대 구축을 고려하여 확장성 있는 시스템 구조를 설계
  - 유역 확대 시 구글맵(GIS)의 사용으로 추가적인 공간정보에 대한 작업 최소화
  - 지점이 추가될 경우 해당 정보를 DB에 입력하면 화면에서는 이에 대한 추가 작업이 없거나 최소화하여 운영될 수 있도록 시스템 설계
- 관측소정보 Table에서 추가된 지점을 읽어 GIS화면에 표출
- 표출된 지점을 선택하면 해당 DB의 세부정보를 조회

<실시간 모니터링 시스템 구성도>



(나) 기능 및 화면 구성

• 실시간 모니터링 시스템 화면 디자인 및 표출 기법은 현지 인터넷망의 속도 등을 고려하여 구성
  – 화면에 포함되는 이미지 및 자료의 크기에 따라 웹화면 표출속도에 많은 영향을 주기 때문에 이를 충분히 고려하여 화면 및 기능을 구성
  – 유역의 전체적인 수문현황을 실시간 모니터링할 수 있는 종합상황판(맵 & 테이블)을 중심으로 주요 수문자료인 강우, 수위는 상세 모니터링 가능하도록 구성

<실시간 모니터링시스템 기능구성>

구 분	내 용
종합상황판	종합상황판(GIS기반 유역, 하천, 지점 정보 표출)
	예보지점 수위현황(유역도)
	CCTV 영상 모니터링
수위부문	관측소별 수위분포 현황(유역도)
	관측소별 수위변화 현황(그래프, 표)
우량부문	관측소별 우량분포 현황(유역도)
	관측소별 우량변화 현황(그래프, 표)
	소유역 평균강우량 현황(표, 그래프)

<실시간 모니터링 시스템 화면 구성>



<종합상황판>



<관측소별 수위분포 현황>



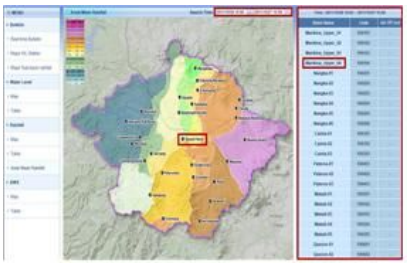
<관측소별 강우분포 현황>



<관측소별 수위변화 현황>



<CCTV 실시간 영상 표출>



<소유역 평균강우량 현황>

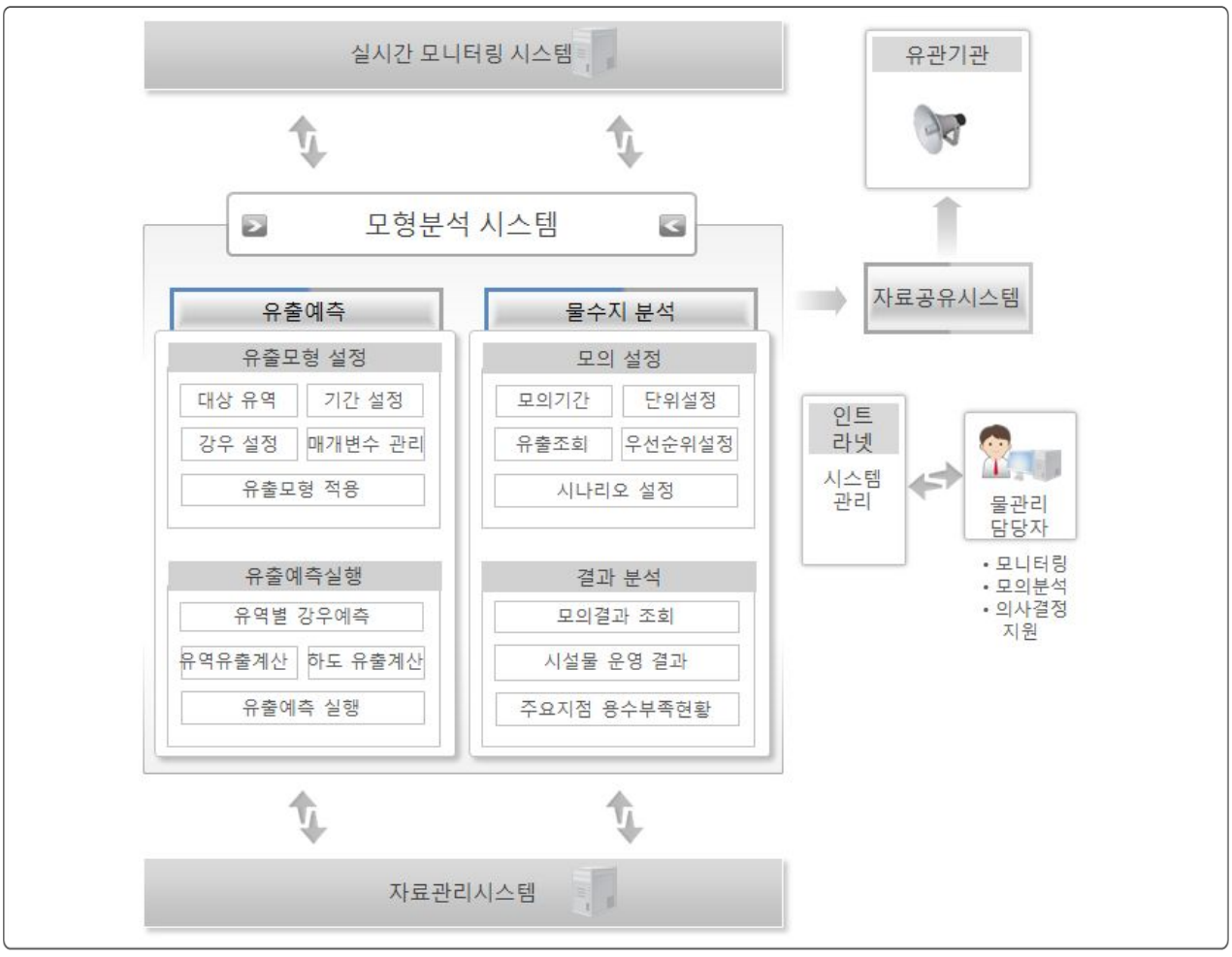
(4) 모형 분석 시스템

(가) 목표시스템 구성

□ 물관리 시설물 간 연계운영에 따른 이수안전도 평가와 용수공급 및 배분 우선순위 선정을 통한 물관리 의사결정지원을 위한 물수지 분석 시스템 구축

- 용수이용 효율 극대화 및 물관리 시설물 운영 최적화를 위한 의사결정지원 기반 마련
- 시나리오 기반 분석 시스템 구축을 통해 분석 효율성 확보
  - 시나리오 1 : 유역의 현재 상황(기존 운영룰 적용)
  - 시나리오 2 : 유역의 현재 상황(최적 운영룰 적용)
  - 시나리오 3 : Santosa 댐 신규 건설
  - 시나리오 4 : 저수지 퇴사량 고려
  - 시나리오 5 : Cikalong 댐 신규 건설
  - 시나리오 6 : 극한가뭄 발생
- 용수공급 가능량 평가
  - 이수 안전도(신뢰도) 평가 방식별 용수 공급 능력을 평가하고, 관측 또는 모의 유입량을 이용하여 저수지 운영결과를 토대로 산정
  - 신뢰도는 전체 분석 기간 중 물부족 기간의 비율(%)로 표시

<모형 분석 시스템 구성도>

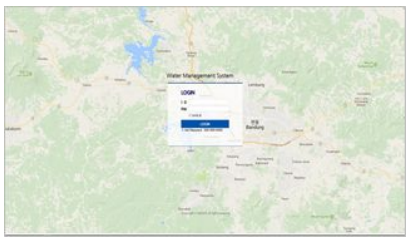


(나) 기능 및 화면구성

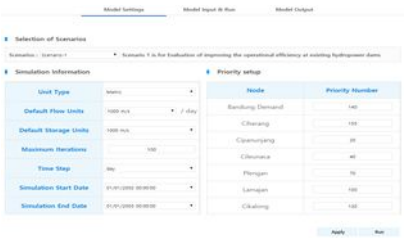
<모형분석 시스템 기능 구성>

구분	1단계	2단계	내 용
실시간 자료	**실시간 모니터링**	수문자료 모니터링	·종합상황판(강우, 수위)
			·강우, 수위 자료 조회
모의분석	**물수지 분석**	시나리오 설정	·모의분석 대상 시나리오 선택
		모의기간 설정	·분석 대상 기간 설정(시작, 종료)
			·모의간격 설정
		우선순위 설정	·용수공급 우선순위 설정
			·저수지, 수력발전, 취수, 농업용수
		입력 데이터	·유역별 유출량 자료
			·저수지 별 유입량, 저수위, 저수량, 방류량
			·소수력 발전량 자료
			·수요량(취수량, 농업용수) 자료
		분석결과	·그래프, 표 등 조회
			·저수지 운영 결과
			·용수 부족량
			·용수공급 가능량
			·유역 내 물수지 현황
	관리자 업무	관리자 업무	·사용자 관리(조회, 수정)

<모형 분석 시스템 화면 구성>



<사용자 로그인>



<모형 설정>



<자료입력>



<자료조회>



<분석결과-취수량>



<분석결과-저수지>

6. 국제 협력 및 공동연구

I 2015년 기관 방문

❑ 관계기관 회의 및 주요 시설 현황 조사

* 관계기관 회의 및 협조요청
* 찌상쿠이 유역 주요 관련기관 방문 및 시설물 현황 조사

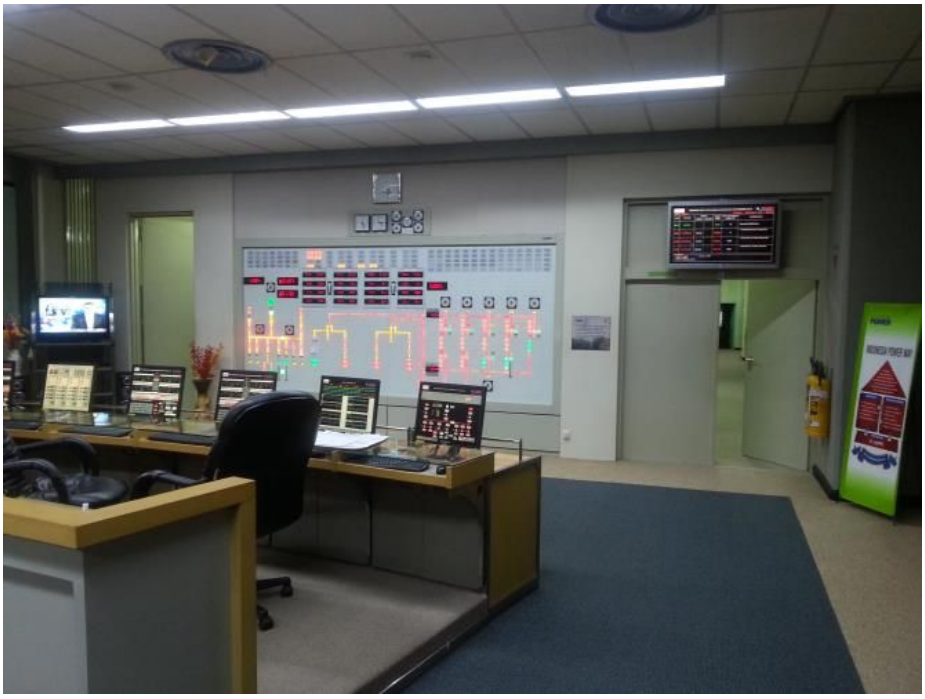
❑ 출장기간 : 2015. 8. 9(일) ~ 2015. 8. 15(토)

❑ 출장지역 : 인도네시아 자카르타, 반둥

❑ 현장조사 :

* DAM Cipanunjang, Cileunca, * PLTA Plengan, PLTA Lamajan, PLTA Cikalong
* Intake Cikalong, Saguling Dam, Ciherang Dam

구 분	내 용	비 고
방문 기관	■ PUSAIR (Balai Besar Wilayah Sungai Citarum : 찌따룸 하천유역관리청) ■ Indonesia Power(PLTA Saguling)	
주요 내용	■ 연구 착수회의 및 연구 진행협의 - 연구과제 착수발표 - 연구과제 수행 협의 및 요청사항 공유 - 연구과제 수행 목표 설정 및 수행계획 검토	
		유신, RNA, GTE, PUSAIR 착수미팅
		Indonesia Power 협조미팅

구 분	내 용	비 고
		PLTA Saguling 운영센터
		PLTA Saguling 운영센터 (내부)
		PLTA Cikalong 운영센터

II 2016년 콜로키움 세미나

❑ Purpose, Goals and Objectives

Purpose of this activity : to organize a scientific forum discussion of design study, development and implementation of Public Works and Housing in integrated

❑ Goals of this activity are :

- Obtain input for improving design research, development and application, that will be implemented.
- Obtain demands and needs of stakeholders and / or customers concering research, development and implementation will be carried out
- Joint co-operation with stakeholders and / or customers to the implementation and utilization of research, development and application

❑ Objective of this activity are:

- Obtain input for improving the design of the research, development and application that will be implemented
- Obtain design of research, development and application that respond to demands and needs of stakeholders and / or customers
- Ensure result of research, development, and application can be accepted in market and stakeholders and / or customers

❑ Banner of Development of Smart Water Management System In Cisangkuy River Basin





III 2016년 HATHI International Seminar

- ☐ 제5회 HATHI International Seminar 참가 및 논문발표
- ☐ 공동연구기관 (PusAir)과의 과제 진도 점검 회의
- ☐ 출장기간 : 2016.07.26 ~ 2016.08.01.(5박7일)
- ☐ 출장자 : ㈜유신 고익환 부사장
- ☐ 수행업무 :
  - ㅇ 논문 발표

    논문 명 : Smart Water Management through Coordinated Operation of Multi-water Facilities in the Cisangkuy River Basin, Indonesia
  - ㅇ 찌상쿠이 연구과제 2차년도 과업 진행 논의

SMART WATER MANAGEMENT THROUGH COORDINATED OPERATION OF MULTI-WATER FACILITIES IN THE CISANGKUY RIVER BASIN, INDONESIA

IH Ko[1]*, YJ Kim[2], TW Kim[3], W Putuhena[4], I Sudono[4], SS Lee[1] and SW Kim[1]

[1]Institution of first author Yooshin Engineering Corporation, Seoul, Korea
[2]Institution of second author RNAsolution, Seoul, Korea
[3]Institution of third author GTE, Seoul, Korea
[4] PusAir, Ministry of Public Works and Housing, Indonesia

* e-mail: ihko@yooshin.com

Abstract

The Cisangkuy river basin covers 283.7 km² lying to the south of Bandung Metropolitan in West Java Province, Indonesia. The Cisangkuy river has played a key role in supplying bulk water for Bandung region. However, the river basin has been suffering from serious water scarcity, river pollution, and flood damage due to rapid increase in population and deforestation in the upstream area. Furthermore, poor water facilities operation capacity with fragmented water management governance is deteriorating conflict among stakeholders in water resources management. In order to overcome these complex and complicated water management challenges in the region, innovative approaches for optimal and effective basin water management are urgently required. As part of these efforts, a cooperative research project between Indonesia and Korea has recently initiated to develop smart water management system in the Cisangkuy river basin. This paper introduces the main concept and approach of smart water management system development for coordinated and multiple water facilities (dams, weirs and power plants etc.) operation. The developing basin water management technology will contribute not only for securing additional water through the implementation of non-structural measures but also for promoting collaboration for integrated basin water management among relevant organizations and stakeholders.

Keywords: coordinated operation, IWRM, non-structural measures, smart water management, water budget analysis

- ☐ 2015년부터 인니 정부 산하 수자원연구기관 (PusAir)와 공동 수행 중인 '찌상쿠이 유역 스마트물관리 기술개발' 과제 1차년도 중간 성과 소개를 통한 현지 물관련 기관 및 수자원 전문가 그룹과의 네트워킹 을 추진하고 후속 프로젝트 연동 기반 마련

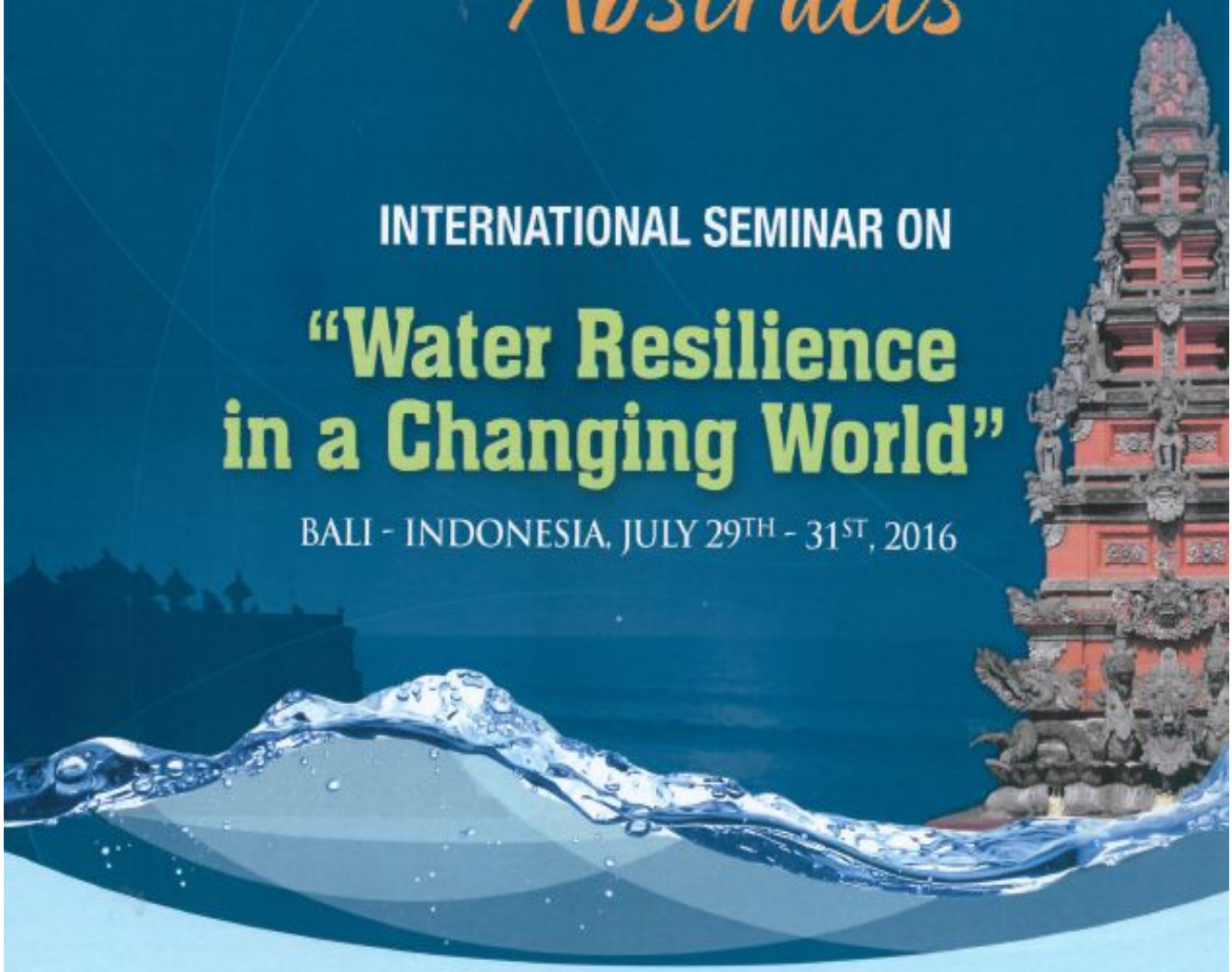
HATHI
THE 5TH INTERNATIONAL SEMINAR
Bali
JULY 29TH - 31ST, 2016

Abstracts

INTERNATIONAL SEMINAR ON

"Water Resilience in a Changing World"

BALI - INDONESIA, JULY 29TH - 31ST, 2016



INDONESIAN ASSOCIATION OF HYDRAULICS ENGINEERS
Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia

IV 2016년 PusAir 세미나

❑ 인니측 공동연구기관 2차년도 성과 점검회의 (PusAir)

❑ 찌상쿠이 모델 구축(ModSIM) 관련 세미나

❑ 출장기간 : 2016.12.15 ~ 2016.12.24.

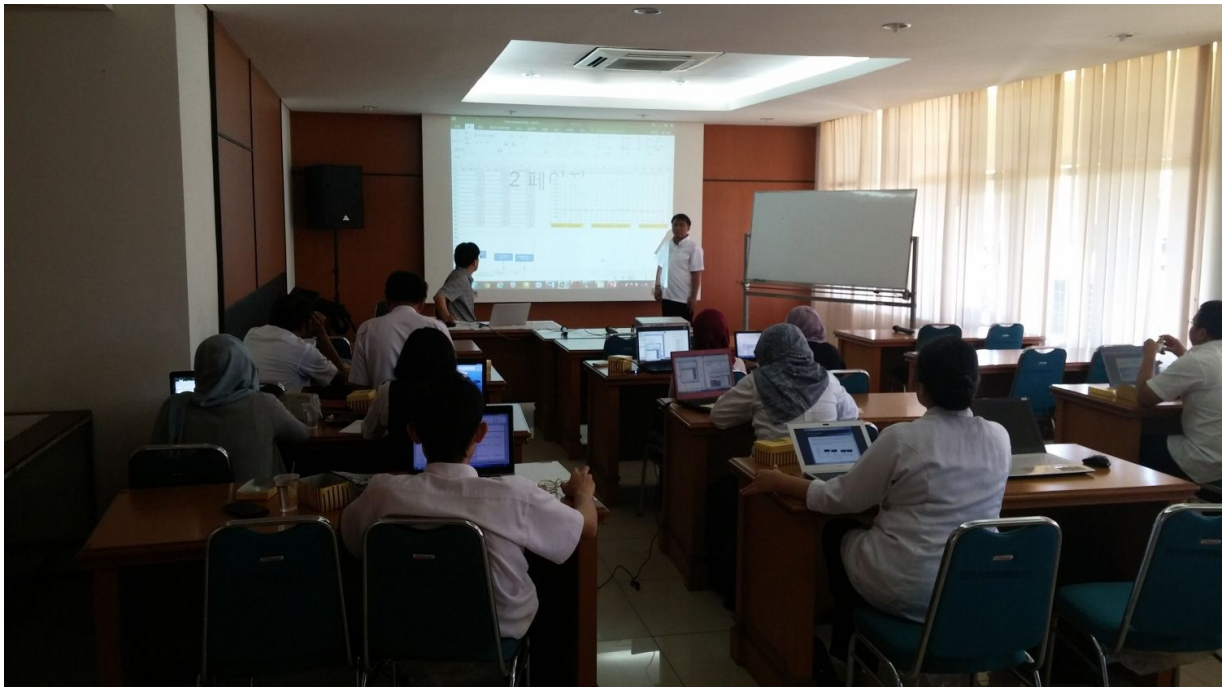
❑ 유역지능형 물관리 과제 수행을 위한 모델 구축(ModSim) 및 협의

❑ 2차년도 성과 점검 회의

- 해외 논문게제 관련 일정 협의
- 찌상쿠이 유역 물관리를 위한 최적연계운영 가이드라인 협의 및 요청
  - ☞ 개별 물관리 시설물에 대한 확정된 운영룰 및 지침 부재 실정
  - ☞ 통합유역관리 측면에서 용수공급원 및 용수 사용목적을 고려한 연계운영 가이드라인 제시
  - ☞ 시설물 간 연계운영에 따른 운영효과를 분석하여 가장 효율적으로 용수를 이용할 수 있는 연계 운영 방안 수립

❑ 찌상쿠이 모델 구축(ModSIM) 관련 세미나(PusAir, 16.12.20)

- Water Balance Analysis에 대한 발표
- 찌상쿠이 유역 모델 ModSIM 세미나 개최 및 성과 점검
- PusAir 연구원들에게 MOSIM 모델에 대한 시연 및 모형 구축, 운영에 대한 기술전수



Water Balance Analysis
(Development of Smart Water Management System in Cisangkuy Basin)

2016. 12. 20

PUSAIR
Pusat Litbang Sumber Daya Air

Contents

1. Introduction
2. Numerical Model
3. Cisangkuy Basin
4. Model Construction
5. Calibration of MODSIM model
6. Evaluation of improving the operation efficiency
7. Analysis considering new Cikalong dam
8. Conclusion and Recommendation

V 2017년 기관 방문

❑ 출장지: 인도네시아 반둥시, 찌따룸강 유역(사업대상 지역)

❑ 출장기간 : 2017.4.16 ~ 2017.4.22.

❑ 출장자: 고익환 부사장, 이성수 차장

❑ 찌상쿠이 유역 지능형 물관리 시스템 개발

- ㅇ 3차년도 연구계획 착수 및 성과점검: 계속과제 성과를 위한 업무 협의
- ㅇ 2차년도 정산자료관련 업무 협의

① 찌상쿠이 유역 주변 수위관측소 및 용수공급시설 현장조사

☞ 인도네시아 현지 물관리 현황 파악(현지 정보관리체계 미흡으로 인한 현장 방문 및 정보수집)

		
Cilaki	Cisarua	Cisarua 2
		
Cisangkuy 2	Cisurili	Cisangkuy 1

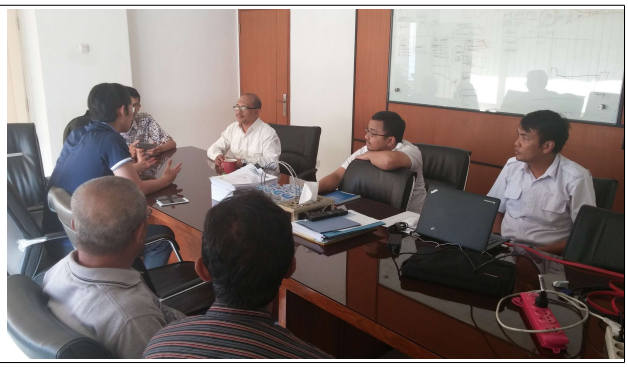
② 자료 수집 및 요청

☞ 강우, 유량, 기후, 하천시설물 및 발전시설, 저수지 운영데이터 등 시스템 구축을 위한 기초자료 추가 수집 및 요청(PusAir 담당)

☞ 상대국 협약기관인 PusAir의 담당업무 및 향후일정 협의

③ 상대국 공동연구기관인 PusAir와 3차년도 연구계획 착수 및 성과점검, 2차년도 정산 관련 실무자 협의





VI 2017년 Seminar Updating Guide Line For Integrated Cisangkuy Water Infra System Operation

❑ 출장지: 인도네시아 반둥시, PusAir

❑ 일자 : 2017.8.1

❑ 출장자: 고익환 부사장, 이성수 차장, 김태원 이사, 김유진 소장

❑ 찌상쿠이 유역 지능형 물관리 시스템 개발

* Topic: Set up scenarios for water budget analysis with the ModSim

* Contents: Detailed explanation for the calibration and scenarios of ModSim model for the Cisangkuy basin

* Scenarios

1) Assessment of operational efficiency for the existing hydropower reservoirs system
2) Water supply plan of new Santosa dam
3) Review on the reservoir storage volume considering sediment inflow
4) Water budget analysis considering Cikalong dam construction
5) Construction of operation rule for water supply plan considering the drought





KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR
Jl. Ir. H. Juanda 193, Bandung 40135. Telp. (022) 2501063, 2504053, 2501504, 2501507
Fax. (022) 2500163. PO Box 84. E-mail: pusair@pusair-pu.go.id. http://www.pusair-pu.go.id

DAFTAR HADIR

Agenda : Seminar *Updating Guide Line For Integrated Cisangkuy Water Infra System Operation*

Tempat : Ruang Sidang Lt.3 – Balai Hidrologi dan Tata Air, Puslitbang SDA

Tanggal : 1 Agustus 2017

NO	NAMA	UNIT KERJA	NO. TLP/EMAIL	TANDA TANGAN
1	2	3	4	5
1	Waluyo Hatmoko	HITA	081222103205	
2.	Joan	BLK	085864925[illegible]	
3.	Riki [illegible]	BLK	0857 1913 3695	
4	James Zikan	BHGK	jamesziKan@gmail.com	
5	Adi Prasetyo	BHGK	08112300043	
6	Pian Sopian A	HITA	ansori@gmail.com	
7	Irfan Sudrajat	BHITA	irfansudrajat@yahoo	
8	Ismail F.A	BPLITA	ismail_fajar@yahoo	
9	Heryoko	BL HITA	heryoko@gmail.com	
10	Mirwan Rosli G	BL. HITA	mirwanrosli@gmail.co	
11	Hikman EL Fachma	B HITA		
12.	Rendhy Dwiras	B HITA		
13	Santi Indrayani	BL HITA	indrayani.santi@yahoo.co.id	
14.	Septiani Retno Wahyuni	B.L Sungai	septianiretno@gmail.com	
15.	Tria Agustiani	B. HITA	agustiani.tria@gmail.com	
16	Kim. Tae Woo	GITE. Co,	hydrokim@naver.com	
17	Lee Sung Seo	Yoochin	sungseo@yoochin.com	
18	Eugene Kim	RNA	[illegible]	

VII 2017년 Joint Seminar with Stakeholoder

❑ 일자 : 2017.8.2

❑ 물운영관리 시스템 및 운영관리 기법을 위한 관련기관 협의





KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR
Jalan Ir. H. Juanda 193, Bandung 40135, Telp. (022) 2501083, 2504053, 2501554, 2500507
Faks. (022) 2500163, PO Box 841, E-mail: pusat@pusair-pu.go.id, Http://www.pusair-pu.go.id

DAFTAR HADIR

Agenda : Seminar *Updating Guide Line For Integrated Cisangkuy Water Infra System Operation*

Tempat : Ruang Sidang Lt.3 – Balai Hidrologi dan Tata Air, Puslitbang SDA

Tanggal : 2 Agustus 2017

NO	NAMA	UNIT KERJA	NO. TLP/EMAIL	TANDA TANGAN
1	2	3	4	5
1	Toto Wardoyo	Saguling	08122460 94451	
2	Harpendi	saguling IP	081310263723	
3	willy	BBWS Citarum	081394778887	
4	Irfan Sudrajat	BHCTA - PUSAIR	081320530837	
5	Ichwan KO	Yooshin Eng	010 7411 6567	
6	Lee Sung Soo	Yooshin	082218211798	
7	Kim Tae Won	GTE. Co.	082689970 11	
8	Eugene Kim	RNA	8124267448	
9	M [illegible]	[illegible]		
10	Dewinta Rahmawati	BBWS Citarum	081312442401	
11	Devi Kumaksari	BBWS Citarum	082210125778	
12	NANA NASUHA	DINAS SDA JABAR	081221 832 831	
13	Eko Priastomo	Dis SDA Jabar	08156060100	
14	H. FREDY DJUNAEDI	Dinas PU Kota Bdg	0817224605	
15	Yudi Caimelar	— " —	081222 40656	
16	Oben Yuliantoro	PJT II / Mng OP&D	0812 2376 8[illegible]	
17	Irpan	PJT II / Asst Chief	082120 25 1859	
18	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
19	Sumyi	SDA	0818 2426 1334	

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR
Jalan Ir. H. Juanda 193, Bandung 40135, Telp. (022) 2501383, 2504053, 2501554, 2500507
Faks. (022) 2500163, PO Box 841, E-mail: pusair@pusair-pu.go.id, Http://www.pusair-pu.go.id

DAFTAR HADIR

Agenda : *Seminar Updating Guide Line For Integrated Cisangkuy Water Infra System Operation*

Tempat : Ruang Sidang Lt.3 – Balai Hidrologi dan Tata Air, Puslitbang SDA

Tanggal : 2 Agustus 2017

NO	NAMA	UNIT KERJA	NO. TLP/EMAIL	TANDA TANGAN
1	2	3	4	5
1				
2				
3	Sapari Rani Wahyu	Balai Litbang Rungis		
4	Jamal Zhafar	BMKG		
5	Adi maryo	— —		
6	Waluyo Hatmoko	HITA	whatmaty@yahoo.com	
7	Ken PA	HITA		
8	Kiki Anggraini	HITA	ki3.anggraini@gmail.com	
9	Pian SA	HITA		
10	Januar	BLLK	januarbc@gmail.com	
11	Marwan Rosid G	HITA	081320601586	
12	Santi Indrayani	HITA	081561517669	
13	Eugene Kim	RNA	icepc@resolution.co.kr	
14	Kim, Tae Won	GTG. CO.	hydrokim@naver.com	
15	Lee Sung Lee	Yeoshin	sungleeE@yeoshin.com	
16	Rendhy Dimas	HITA	rendhy.dimas@gmail.com	
17	Hilwan El Farhana	HITA	08 246 3353 91	

Mason Pine Hotel, Kota Baru Parahyangan, West Bandung Local Government

Experimental Station for Research and Development of Hidrology an Water System - Research Centre for Water Resources Development. Ministry of Publics Work and Housing Indonesia

1. “Joint Workshop for Smart Water Management System in Cisangkuy River Basin” was held in coorporation between Puslitbang Sumber Daya Air (Research Centre for Water Resources Development, RCWRD) Ministry of Publics Work and Housing Indonesia and Yooshin Engineering Corporation Korea.

2. The "Joint Workshop for Smart Water Management System in Cisangkuy River Basin" activity was attended by various stakeholders in the Citarum Basin. Those are : BBWS (RBO) Citarum, PT Indonesia Power, PSDA West Java Service, Tirtawening PDAM (Drinking Water Company) Bandung City, PDAM Tirta Raharja Bandung Regency, Bandung PUPR Service Office, Food Crops and Horticulture Agency West Java, Functional Researcher of RCWRD , Program and Evaluation Division in RCWRD, Prof. Iwan Kridasantausa Hadihardaja, Phd (Institute Technology of Bandung) and Yooshin Engineering Corporation Korea.

3. Joint Workshop for SWM System in Cisangkuy River Basin was divided into 2 sessions. First session was explaining Smart Water Management System, Development and Operation in Cisangkuy Watershed held by Korean Team. Second Session was talking discussion for task and responsibility of all stakeholders in order to formulate developing of Smart Water Management Guidelines and its application.

4. Dr. Ick Hwan Ko from Yooshin Engineering Corporation begins with a short presentation In first session. Dr. Ko explained that the main problem in Bandung area is effect of increasing Bandung’s population to the management of clean water. It makes a huge deficit water (about 450 million m^3in2010).Toreducetheimpactofthismatter,SmartWaterManagement(SWM)isestablished.Inordertoformawell-builtSWMmodel,itisnecessarytoliststheuserswhoutilizeof water resources in Cisangkuy watershed. Then it is necessary to conduct meetings between user agencies as a means of sharing information on water requirements, water building data and operating patterns used so far. With the collaboration of each government stakeholder, it is expected that the use of water resources in Cisangkuy watershed be used optimally and minimaze conflict of interest between stakeholders’. After giving an explanation on the concept of Smart Water Management, Dr. Ko dan Yo Jin Kim demonstrated Early Warning System program in the Citarum Basin and Modsim DSS. The program is integrated with real time hydrological information, so the results could be known at the time. This model gives stakeholders much benefit because it can anticipate water shortages.

5. In second session, Mirwan Rofiq Ginanjar, ST, MPSDA from Water Resources Research and Development Team presented how necessary to know several things concerning water requirements, the way of operation during this time, the task and function of the manager, the inventory of water structures and irrigation networks, resource management constraints in each water user's management stakeholder in the watershed Cisangkuy and priority of water use. He also explained the need of making draft of Smart Water Management System Coordination Guideline in the Cisangkuy River Basin.

6. Irfan Sudono Head of Experimental Station for R&D Hydrology and water system in the last meeting coordinate a discussion to determine points that should be listed in order to support the draft guidelines for all stakeholders such as tasks and functions of each stakeholder that manages water in the Cisangkuy watershed, the utilization of water for each stakeholder, infrastructures that be owned and O&M by each stakeholder and the constraints in its management. The points are then made into a list activiteas to be sent to each stakeholder. For effective communication, the stakeholders were agreed to make a discussion group through the application Whatsapp.

Appendice 1: Meeting Invitation



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR
Jalan Ir. H. Juanda 193, Bandung 40135, Telp. (022) 2501083, 2504053, 2501554, 2500607
Faks. (022) 2500163, PO Box 841, E-mail: pusat@pusair-pu.go.id, Http://www.pusair-pu.go.id

Bandung, 27 April 2018

Nomor : UM 02.06 - Lt /231
Lampiran : 2 (dua) Lembar

Kepada Yth,
Terlampir

Perihal: *Joint Workshop for Smart Water Management System In Cisangkuy River Basin*

Sehubungan dengan pelaksanaan kegiatan Penelitian dan Pengembangan di DIPA Pusat Litbang Sumber Daya Air dengan judul *Smart Water Management System In Cisangkuy River Basin* dan kedatangan tim Yooshin Engineering Corporation Korea. Bersama ini kami berencana mengadakan *Joint Workshop* untuk mendapatkan masukkan dari stakeholder terkait kegiatan terebut, dengan acara terlampir. Adapun kegiatan ini akan dilaksanakan pada:

Hari/Tanggal : Rabu / 9 Mei 2018
Waktu : 09.00 s.d Selesai
Tempat : Mason Pine Hotel, Jalan Raya Parahyangan KM. 1.8 Kota Baru Parahyangan, Kabupaten Bandung Barat

Kami berharap Bapak/Ibu dapat menghadiri acara tersebut di atas. Bila ada sesuatu yang kurang jelas dan konfirmasi dipersilahkan untuk menghubungi Mirwan Rofiq Ginanjar, ST.,MPSDA (081320601566). Atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Kepala Pusat Litbang Sumber Daya Air

PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR

Dr. Ir. Winar Irianto, MT
NIP. 19660[illegible]021994021001

Tembusan: Kepada Yth.
1. Kepala Balai Litbang Hidrologi dan Tata Air
2. Arsip.

Pertajam Strategi Ciptakan Inovasi

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR
Jalan Ir. H. Juanda 193, Bandung 40135, Telp. (022) 2501083, 2504053, 2501554, 2500507
Faks. (022) 2500163, PO Box 841, E-mail: pusat@pusair-pu.go.id, Http://www.pusair-pu.go.id

Daftar Undangan *Joint Workshop for Smart Water Management System In Cisangkuy River Basin:*

Kepada Yth.

1. Kepala BBWS Citarum (2 orang)
2. General Manager PT. Indonesia Power (UP Saguling) (2 orang)
3. Kepala Dinas PSDA Jawa Barat (2 orang)
4. Kepala PDAM Titawening Kota Bandung (2 orang)
5. Kepala Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Jawa Barat (2 orang)
6. Kepala Dinas PUPR Kabupaten Bandung (2 orang)
7. Kepala PDAM Tirta Raharja Kabupaten Bandung (2 orang)
8. Kepala Bidang Program dan Evaluasi (2 orang)
9. Fungsional Peneliti Balai Litbang Hidrologi dan Tata Air (10 orang)
10. Kepala Balai Litbang Lingkungan Keairan (1 orang)
11. Kepala Balai Litbang Hidraulika dan Geoteknik Keairan (1 orang)
12. Prof. Ir. Iwan Kridasantausa Hadihardaja, Ph. D
13. Prof. Robertus Wahyudi Triweko, Ph.D
14. Yooshin Engineering Corporation Korea (6 orang)

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR
Jalan Ir. H. Juanda 193, Bandung 40135, Telp. (022) 2501083, 2504053, 2501554, 2500507
Faks. (022) 2500163, PO Box 841, E-mail: pusat@pusair-pu.go.id, Http://www.pusair-pu.go.id

Susunan Acara *Joint Workshop for Smart Water Management System In Cisangkuy River Basin*

Tanggal 9 Mei 2018

No	Hari/Tgl/Jam	Materi	Penanggung Jawab
	Rabu, 9 April 2018		
1	9:00 - 9:30	Registrasi	Panitia
2	9:30 - 9:35	Pembukaan	Panitia
3	9:35 - 9:40	Menyanyikan Lagu Indonesia Raya	Panitia
4	9:40 - 9:45	Pembacaan Do'a	Panitia
5	9:45 - 10:00	Rehat Kopi	Panitia
6	10:00 - 12:00	*Smart Water Management System*, pengembangan dan pengoperasian di DAS Cisangkuy - Demo *Smart Water Management System* - Praktek Model *Smart Water Management System* - Diskusi	Yoshin Engineering Corporation
7	12:00 - 13:00	Istirahat - Sholat - Makan	Panitia
8	13:00 - 15:30	Pedoman *Smart Water Management* dan aplikasinya - Penjaringan Bahan untuk Penyusunan Pedoman Operasi Koordinasi *Smart Water Management System* - Diskusi	PUSAIR
9	15:30 - 15:45	Rehat Kopi	Panitia
10	15:45 - 16:00	Penutupan	Panitia



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR
Jalan Ir. H. Juanda 193, Bandung 40135, Telp. (022) 2501083, 2504053, 2501554, 2500507
Faks. (022) 2500163, PO Box 841, E-mail: pusat@pusair-pu.go.id, Http://www.pusair-pu.go.id

DAFTAR HADIR

Agenda : *Joint Workshop for Smart Water Management System In Cisangkuy River Basin*

Tempat : Mason Pine Hotel, Jalan Raya Parahyangan KM. 1.8 Kota Baru Parahyangan, Kabupaten Bandung Barat

Tanggal : Rabu / 9 Mei 2018

NO	NAMA	INSTANSI/ UNIT KERJA	E-MAIL/ NO. HP	TANDA TANGAN
1	2	3	4	5
1	Edwin Firmantho	Dinas TPH Jabar	hindipertajabar@gmail.com 081322012349	
2	Irfan Sudono			
3	Heni Rengganis	PUSAIR		
4	Asep Ferdiansyal	Posair		
5	Iwan Ke	YonAsia		
6	Sung Soo Lee	"		
7	Yoo Jin Kim	RNA		
8	Deni	Pusair		
9	Anwar	Pusair		
10	Rusi Budiharto	BBWS Citarum	Ndibudiharto@gmail.com	
11	Harpendi	PT. Indonesia Power	harpendi@indonesiapower.co.id	
12	Darmanli	Dis SDA Prov Jbr		
13	Yessa	PDAM TR Kab Bdg	litbang.tr@gmail.com	
14	Oky. S	HITA - Pusair		
15	Dani Jamaludin	PT. Indonesia Power	dani.jamaludin@indonesiapower.co.id	
16	HERDIANA	BBWS CITARUM		

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR
Jalan Ir. H. Juanda 193, Bandung 40135, Telp. (022) 2501083, 2504053, 2501554, 2500507
Faks. (022) 2500163, PO Box 841, E-mail: pusat@pusair-pu.go.id, Http://www.pusair-pu.go.id

NO	NAMA	INSTANSI/ UNIT KERJA	E-MAIL/ NO. HP	TANDA TANGAN
1	2	3	4	5
17.	Dine D	PDAM Kota Bdg	dinedwina@gmail.com 082336988	
18	Maulana. R	PDAM kota Bdg	085794789881	
19	Tatang Suprijatna	Dinas TPH	081222136012	
20	E. Widyaningsih	Dinas PUPR	widya_cdape@yahoo.com	
21.	Haryono	PPMTR.	haryono.lasin@gmail.com	
22	Dina D...	PNS	081723332 93	
23	Eko Priatono	Dis SDA Cabar	081560601 00	
24	Irman Nf	PUPR Kab Bdg	irmannf30@gmail.com	
25	IWAN K	ITB	08112272927	
26	Hervydio	BL HITA PusLitbang SDA	hervydio@gmail.com	
27	Rikta Nugraha	Balai HITA	085720400051	
28	Santi Indrayani	BL. HITA	081561517 69	
29	Mirwan R	BL HITA Puslitbang SDA	081320601566	


Joint Workshop for
Smart Water Management System
In Cisangkuy River Basin


p for
Management System
River Basin


Maksud dan Tujuan

제 4 장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

구 분	목 표	성과 지표	달 성 도 (%)	내 용
1차년도	시스템 설계	데이터 표준화율	100% (목표치 90%)	표준화항목 124개 / 총 데이터항목 124개
		요구사항 반영율	100% (목표치 90%)	설계기능 (27개 기능요소) / 요구기능(27개 기능요소)
	물수지분석	시나리오 완성도	100% (목표치 5건)	시나리오 수립 5건
2차년도	시스템 프로토타입 개발	DB 구현율	100% (목표치 90%)	DB개발항목/DB 설계항목
		기능 구현율	100% (목표치 90%)	구현기능/설계기능
	연계운영 가이드라인 작성	가이드라인 완성도	100% (목표치 90%)	시나리오 분석 가이드라인 초안작성 검토 시설물 / 전체 시설물
3차년도	지능형 물관리 의사결정지원 시스템 개발	DB 정확도	100% (목표치 95%)	DB 프로파일링 (Raw data / DB변환 테이블 / DB 쿼리 값 비교)
		기능 정확도	95% (목표치 90%)	기능 테스트 (기능 작동 여부, 에러율 체크)
	연계운영 효과 검증	운영효과	3% (목표치 10%)	기술적용 전/후 비교 분석

2. 관련 분야 기여도

가. 연구개발 과제의 차별성

○ 기존의 연구개발 과제는 유역의 정보 통합 관리, 단일수원 최적화, 요소기술별 자체 효율화 중심의 연구로, 개별적으로 추진되어 왔으나, 본 과제에서는 다원화된 용수공급원을 가진 다중 물관리 시설물을 최적 연계운영 할 수 있는 기술을 개발

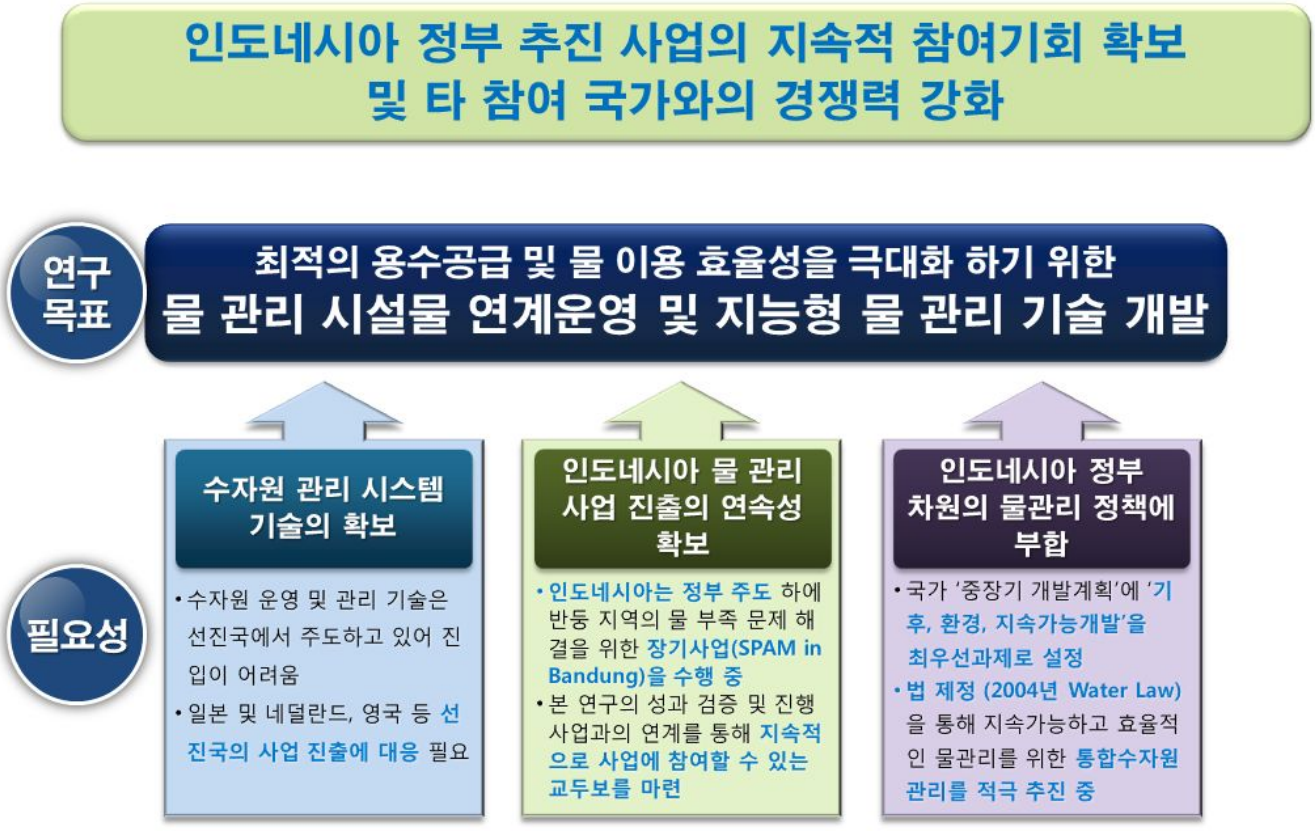
○ 개별적으로 단일 목적을 가진 수자원 시설물(댐 및 보, 소수력 발전, 취수장 등)을 보다 적극적으로 활용하기 위한 능동형 물관리 시설물 운영·관리 기술을 개발

○ 단순한 국내의 물부족 현상을 해소하는 것이 중심인 기존 연구와 달리 본 연구과제에서는 동남아 저개발 국가의 물부족 현상을 해결하는 새로운 수자원 비즈니스 솔루션을 개발하고, 이를 통해 적극적인 해외 시장 진출을 목표로 수행

○ ICT를 기반으로 한 다원화된 용수공급원-다중 물관리 시설물 연계운영 기술은 세계적으로도 개발 초기 단계로, 기술적 선점을 확보하여 글로벌 전략상품 수출이라는 목표를 설정하여 추진하는 점이 기존 사업의 목표와 차별성을 가짐

○ 세계 시장과 비교하여 취약한 국내 물산업 역량을 높이기 위해 국내의 우수한 IT역량을 활용하여 국가별 맞춤형 물관리 지능화 기술을 수출하여 국가 차원의 수주를 목표

○ 해당 지역의 전문가 그룹 네트워크 활용을 통해 현지 특성을 반영한 용수공급 우선순위 선정과 기관 간 자료 공유 및 업무 협조 체계 구축, 유역 내 물관련 기관의 이해관계 조율을 위한 의사결정지원시스템을 개발



나. 연구개발 성과의 기여도

(1) 기술적 기여도

○ 선진국의 전유물이었던 '통합 유역 수자원 계획 및 관리' 분야에서의 한국의 경험과 기술을 바탕으로 인도네시아 현지에 부합하는 맞춤형 기술 개발 및 이전과 역량 강화

○ 이를 통한 우리나라 물관리 기술의 국제적 브랜드화와 경험 축적, 해외 수자원사업에의 활용 가치가 매우 높음

○ 관리적 측면에서 정보의 수집은 가장 기본이 되는 사항이며, 특히 이질적인 정보를 통합하여 분석하기 위한 관리체계의 수립을 통해 관리의 효율화 기반 마련

○ 다양한 기준 및 조건들로 인하여 각 수리시설물을 통합 운영하는 것은 많은 어려움이 따르며, 유역관리 측면에서 각 조건들을 가장 합리적으로 만족시키는 근거를 제시함으로써 이해관계의 해결수단을 제공

○ 상하류 수리시설물에 대한 최적 연계운영을 통해 공급부족 상태 취수지점 또는 수요부족 상태 지점에 대한 용수공급 문제를 해결

○ 물수급 현황을 모니터링 할 수 있는 지속적인 관리 체계를 구축함으로써 통합유역관리 및 적응형 물관리를 위한 시공간적 용수공급 및 배분현황을 실시간으로 파악 가능

(2) 사회경제적 기여도

○ 인도네시아 수자원 관리 능력의 획기적인 향상이 기대됨에 따라 200만명 이상의 반둥지역 주민들에게 혜택을 주는 수자원 관리 서비스가 가능해질 것으로 판단됨

○ 중앙 및 지방, 유역 물관리 기관 기술자들의 역량 강화를 통한 제도 개선 효과와 인도네시아 중앙·정부·주민들의 물환경관리 인식 증대 등 가시적, 비가시적 경제적 효과가 기대 됨

○ 종합적인 분석을 통해 합리적인 시설물 및 수자원 운영 방안을 제시함으로써 저비용으로 기존의 물부족 문제를 해소하고, 산업 각계에 계획적이고 합리적인 공급을 통해 경제발전에 기여

○ 고효율화를 통한 물 생산 및 분배에 소요되는 비용을 절감하여 도시화 현상의 가속화로 인한 지속적인 물수요 증가량에 대비

○ 안정적인 용수공급 및 최적 운영을 통해 개인 및 국가의 물복지(Water Welfareness)가 증대되고 기존의 낙후된 수자원 관리 시설에서 발생하는 비효율을 타파함으로써 사회적인 물관리 비용 절감

○ 지능화된 물관리 기술을 통해 수질사고 등 비상상황이 발생할 경우 신속하게 대응할 수 있으며 추가적인 수자원 오염을 방지할 수 있게 되어 국민의 건강 비용을 낮출 수 있음

○ 현재 인도네시아 정부에서 반둥 물부족 문제를 해결하기 위한 추가 원수 개발 등 인프라 개발을 위해 지속적으로 예산을 투입하고 있음

- 주요 투자대상은 원수, 정수, 공급 분야에 집중되어 있으며, 주로 구조적인 대책으로 총 4단계로 구분된 장기계획임
- "MASTER PLAN DEVELOPMENT WATER SUPPLY SYSTEM METROPOLITAN REGIONAL BANDUNG(Penyusunan Rencana Induk Sistem Penyediaan Air Minum Regional Metropolitan Bandung, 2010. 12)" 프로젝트에 따르면 2026년 기준 상수도 투자계획의 순현재가치(NPV)는 약 2,250억에 이르는 것으로 분석됨
- 본 연구의 적용으로 상수도 인프라 효율을 5% 증가시키는 것으로 가정하였을 때, 2단계 사업 기준으로 약 230억원(2800억 Rp)의 효과 발생

단계	대상	사업비(Rp)	NPV	NPV 증가액 (기술적용시)
1 (2011)	South bandung	1,264,934,955,900	838,781,201,032	-
2 (2016)	South bandung Ease-West bandung	3,597,910,200,859	2,002,989,581,861	280,044,989,136
3 (2021)	South bandung Ease-West bandung	1,212,638,858,074	2,686,703,379,766	194,967,111,892
4 (2026)	South bandung Ease-West bandung	1,140,108,315,508	2,686,703,379,766	191,340,584,764

(3) 전략적 파급효과

○ 상대국(인도네시아)의 입장

- 수량과 수질을 고려한 IWRM 기술 혁신을 통한 물관리의 효율성과 지속가능성 극대화
- 관련 물관리 기관 기술 인력 양성 및 물관리 기관간의 협업 능력 배양
- 산출되는 물, 환경 정보의 지역 주민과의 공유를 통한 지역 주민들의 수자원, 환경개선 인식 증대 및 중앙·지자체들의 관련 수자원, 환경관리 정책 개선

○ 우리나라의 입장

- 개도국의 수자원 환경 관리 개선을 위한 녹색성장 지원국으로서 국제적 사회의 역할 증대
  -> 인니 경제발전 마스터플랜(MP3EI)의 주요 목표 달성을 위한 '물관리 기술 지원사업'으로 자카르타 광역 수도권 및 반둥 지역의 최대 수자원 권역인 '찌타룸강 유역의 통합적 물관리 개선 사업'을 '한강의 기적'을 창출한 한국의 물환경 관리 경험 전수 성공스토리 창출 가능
- 인도네시아 및 아시아, 아프리카 개도국 IWRM 기술 시장 진출 활성화를 통한 한국 물관리 기술의 해외 진출 확산 지원 가능
  -> 한국의 우수한 유역 수자원관리 기술 이전과 물관리 역량 강화를 통한 국내 기업들의 물관리 HW 및 SW 시장 진출 촉진
- 2015년 제7차 세계물포럼 (한국 대구)에서 국제사회와의 경험 공유를 통한 한국과 상대국의 물 분야의 세계적 리더십 홍보(World Water Challenge 수상)

제 5 장 연구개발성과의 활용계획

1. 현장적용 방안

○ 연구 대상 지역인 반둥 지역은 찌따룸 유역관리청인 BBWSC에서 관리하고 있으며, 반둥의 물부족을 해결하기 위해 많은 노력을 기울이고 있음

○ 또한, 연구에 참여하고 있는 PUSAIR는 인도네시아 정부 산하 연구기관으로 정부차원의 지원을 통해 반둥지역에 실제로 도입함으로써 시스템의 효과를 검증하고자 함

○ 본 연구과제를 수행하는 동안 향후 현장적용 및 현지 니즈(Needs) 파악을 위해 유역관리 업무 전반을 담당하고 있는 찌따룸강 유역관리청(BBWSC) 및 유역 내 주요 물관리 시설물 관리자인 Indonesia Power, 지방정부 물관리 담당 부서인 서자바주의 DSPDA, 현지 대학(ITB) 등과 수차례의 세미나 및 공동 워크샵 진행



활용 가능성 및 구체성

- 사업지역 관련기관의 강력한 협조체계 구축을 통한 현지 실용화 계획 추진
  - 인도네시아 정부산하 수자원연구소의 연구진 참여를 통한 향후 연구성과의 현지 적용 협의
  - **인도네시아 정부(공공사업주택부, MPW) 차원의 지원**을 통해 현지 기관의 협조 유도
  - BBWSC(유역관리청), Indonesia Power, PDAM(상수도사업소) 등 **국영기관의 정보 제공 및 연구협조 체계** 구축
- 기존 및 현재 진행중인 **관련 사업과의 연계**를 통한 실용화 추진
  - 공공사업주택부 및 국가개발계획청 등 현지기관과의 네트워크를 활용한 적극적 협조 유도
  - 인도네시아 정부 추진 기존 사업에 연구성과의 적용 및 지속적 참여 추진

2. 연구성과 활용 계획

가. 인도네시아 시장 진출 전략

○ 인도네시아의 경우 정부 주도 하에 본 과제 대상지역인 반둥 지역의 물문제를 해결하기 위한 장기사업(SPAM in Bandung)을 수행 중에 있음

○ SPAM은 그 1단계 계획으로 South Bandung(Bandung Selatan)에 대한 개발을 진행 중

○ South Bandung(Bandung Selatan)의 서비스 대상지역은 Kota Bandung(Kiara Condong, Bandung Kidul, Bojongloa Kidul) 및 Kab. Bandung(Katapang, Soreang, Margahayu, Margaasih)이며, 개발 기간은 2011 - 2030년 간 총 20개년으로 총 2단계로 진행 예정

○ 이에 따라 일본 및 네덜란드, 호주, 영국 등의 선진국은 활발하게 인도네시아 시장에 진출하고 있으며, 본 연구성과 활용을 통해 지속적으로 사업에 참여할 수 있는 교두보를 마련

<인도네시아 물관리 사업 진출 방안>



○ 또한, 인도네시아 공공사업부(MPWH)는 본 과제 대상지역을 포함하는 찌따룸강 유역에 대한 물 정보 관리 시스템(Water Information Management System, WIMS) 구축 사업을 추진 중에 있음

○ Citarum WIMS 구축 사업은 인도네시아 물정보 관리를 위한 표준 플랫폼을 구축하기 위한 사업으로써 본 연구과제를 수행하는 동안 사업 준비에 필요한 기술 지원 제공

<Citarum WIMS 구축 사업 개요>

- Title: Advanced water information management system and institutional capacity building of RBO in CRB
- Objectives:
  - Development, implementation and transfer of a comprehensive Water Information Management System (WIMS) as a standard platform
  - Improving a) monitoring and forecasting capabilities, b) software and hardware infrastructure for water resources management and c) institutional capacity building of RBO and related agencies
- Target area: Citarum river basin
- Duration: 24 months (2020-2022)
- Budget: 5 million USD
- Implementing/executing organization: MPWH / BBWSC

나. 개발도상국 시장 진출 방안

○ 다수의 물관련 기업과 IT기업들이 관심을 보이고 있어, 사업 참여 가능성이 높고 이들을 통해 향후 사업화가 추진될 것으로 전망

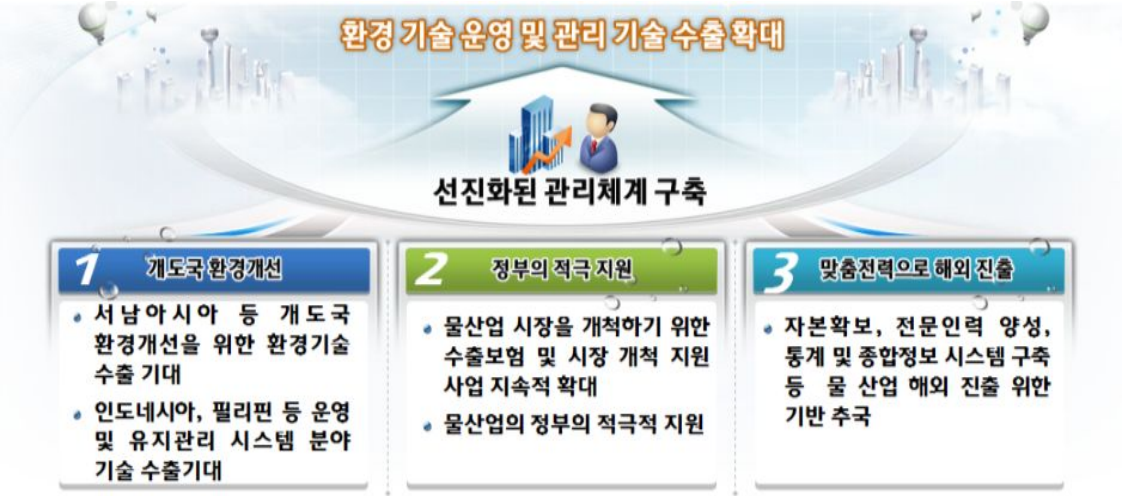
○ 연구과제의 수행과 함께 해외사업 진출을 위한 인적 네트워크의 구축, 본 연구기관의 타 사업분야인 개발도상국 또는 저개발국가의 통합유역 및 하천관리 사업과 연계하여 개발기술을 적극 활용을 통한 신시장 진출

○ 서남아시아 등 개도국 환경개선을 위한 환경기술 및 유지관리시스템 분야의 수출 기대



<사업화 추진 예상 지역>

- 중점 국가 : 인도네시아, 태국, 필리핀, 베트남, 캄보디아 (풍부한 수자원에 따른 관리의 중요성 대두, 빈번한 재해발생, 시범적용 가능성이 높으며 인접국가로의 접근성 및 파급효과가 큰 곳)
- 전략국가 : 라오스, 방글라데시, 인도, 파키스탄 (수자원관리에 대한 인식 제고, 중점국가에 인접하여 파급효과를 받는 국가)
- 관찰국가 : 미얀마, 르완다 (향후 지속적인 물관리 중요성을 인식할 수 있는 국가)



제 6 장 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

1. IBM Intelligent Water Solution

○ IBM provides Intelligent Water Solutions for governments, utilities, businesses and organizations to address water issues such as loss, leaks and aging infrastructure.

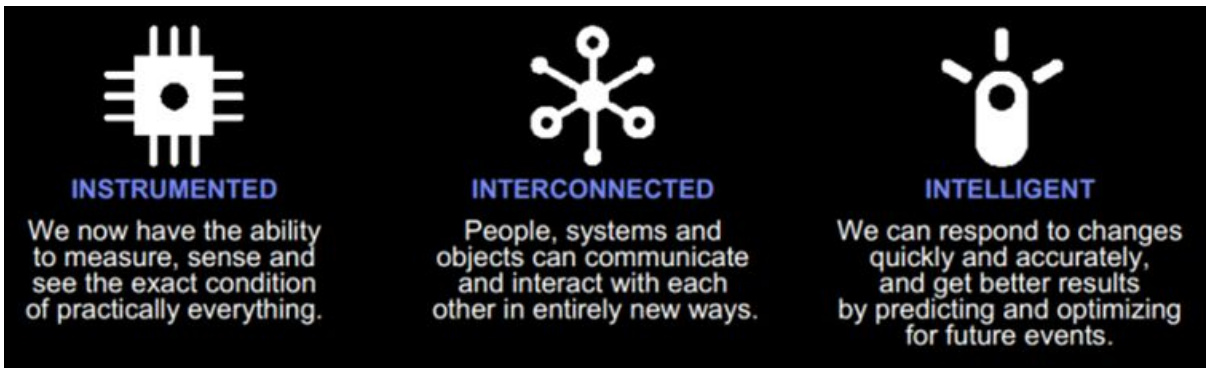
○ The Solutions are designed to enhance infrastructure visibility to deliver an advanced level of situational awareness, event and incident management, informed decision-making and stakeholder collaboration.

○ This software uses advanced data management, visualization, correlation and collaboration technologies to transform the vast amounts of disparate data received from various devices (including metering systems), assets, systems and stakeholder into actionable information that can guide executive and operational decision-making.

○ The concept of smart water management of IBM has three features as shown in the Figure.

○ The characteristics of Intelligent Water solutions include:

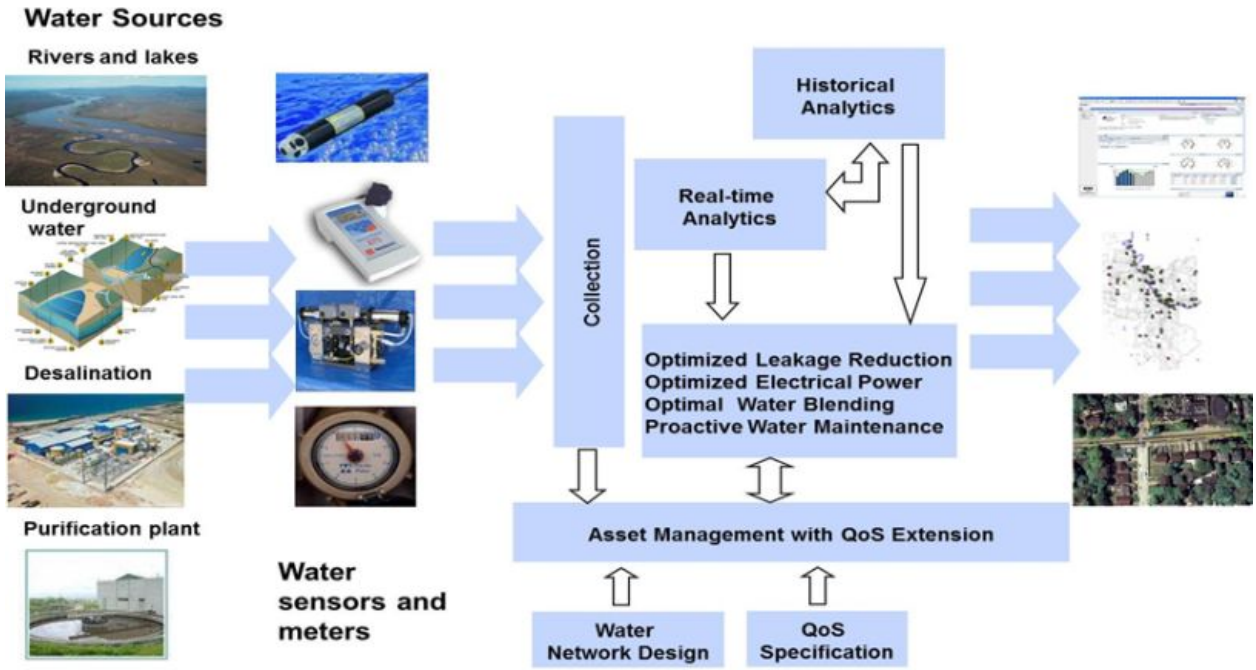
- Intelligent Operations for Water Component, which provides extensive visibility and situational awareness water operations. This helps improve decision-making, enhance efficiency and reduce risk.
- Water Efficiency Analytic Component, which helps mitigate non-revenue water through optimization and prediction.
- Turn data from smart meters into opportunities for decision making.
- Deliver insights from big data and smart devices to help operators improve irrigation, flood management and sewer overflows.
- Take advantage of flexible deployment options by offering multiple deployment models.



<Concept of smart water management of IBM>

○ Also they say that Information Technology (IT) enables Smarter Water Management as shown below Figure.

- Sensing and monitoring of physical infrastructure, integrated with proactive asset management
- Steaming data systems for critical operations, enabling rapid, real-time decision making
- IT infrastructure to manage information across multiple water organization & constituents, enabling system-level decisions
- Advanced analytics with predictive capability and modeled decision support
- All enabling more efficient operations and providing decision support capability



<Integrated View of Intelligent Water Management (http://www.ibm.com/smarterplanet)>

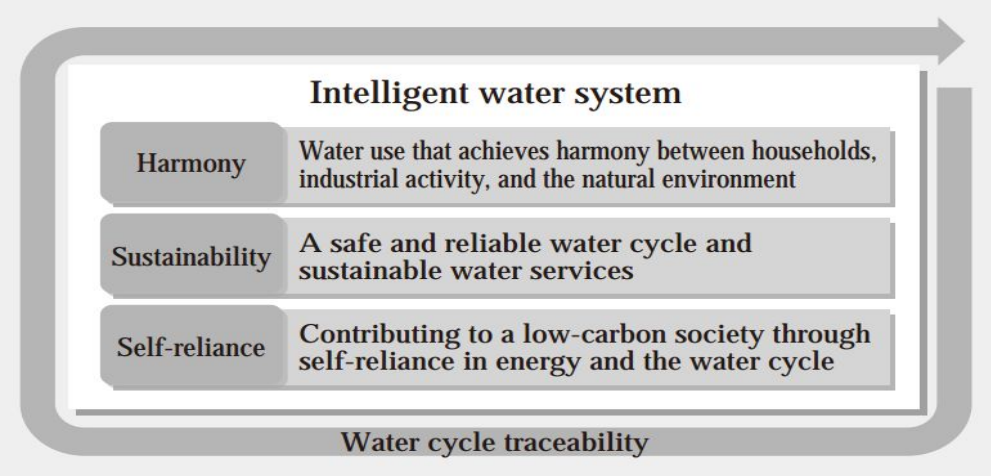
2. Intelligent Water System of Hitachi

○ Hitachi has been contributed to water and environmental management for services and mechanical, electrical equipment, IT (information technology), and monitoring and control.

○ To secure solutions for water management, Hitachi proposes the "intelligent water system" concept. The concept seeks to make smart use of water for people and the natural environment, both by making individual technologies smarter in fields such as water treatment, IT, and monitoring and control as well as by combining these into the systems to optimize the overall operation at a city or regional level.

○ To this end, Hitachi aims to implement system based on a platform of "water cycle traceability" that utilizes ICT (information and communication technology) to monitor the status of water quality, water quantity, and environmental factors and treats water resource management as a flow of both water and information.

○ The "intelligent water system" concept utilizes water cycle traceability to achieve healthy water resources and implement water use management systems that exhibit "harmony," "sustainability," and "self-reliance" as displayed in the below Figure.



<Intelligent water system concept of Hitachi>

제 7 장 연구개발성과의 보안등급

성과목표	최종 개발기술 목표	연구개발성과의 보안등급
인도네시아 찌다룸강 유역 지능형 물관리 시스템 개발	유역 내 물관리 시설물 최적 연계운영 가이드라인(지침)	하
	물관리 시설물 연계운영 및 지능형 물관리 의사결정지원시스템(시스템)	하

제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

해당사항 없음

제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

해당사항 없음

제 10 장 연구개발과제의 대표적 연구 실적

1. 논문 게재

게재연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
2017년	인도네시아 Cisangkuy 유역 용수공급 가능량 연구	김태원	김태원	양문용외 4명	한국방재학회 논문집	17권 2호	국내	비SCI
2017년	spatial & temporal water balance analysis considering structural & non-structural measures IN THE CISANGKUY RIVER BASIN	IH Ko		W Putuhena, YJ Kim, TW Kim, JS Roh and SWKim	인도네시아 수자원학회 논문집	Vol.10-3	해외	비SCI
2018년	수치모형을 이용한 순환수취수펌프장 내의 흐름에 대한 연구	김태원	김태원	김유진	한국산학기술학회 논문지	심의중	국내	비SCI
2018년	Decision Support System for Smart Water Management in Cisangkuy river basin, Indonesia	IckHwan Ko		William Putuhena, Eugene Kim, TaeWon Kim	인도네시아 수자원학회 논문집	심의중	해외	비SCI

2. 기술보고서

발행일	제 목	발행기관
2016.02	인도네시아 찌상쿠이 유역 수자원 관리 선진화를 위한 지능형 물관리 시스템 개발방안	㈜유신, ㈜알엔에이솔루션
2016.02	인도네시아 Cisangkuy 유역 수자원 운영 및 관리방안(Ⅰ)	㈜지티이, PUSAIR
2017.03	인도네시아 Cisangkuy 유역 수자원 운영 및 관리방안(Ⅱ)	㈜지티이, PUSAIR
2018.06	인도네시아 찌상쿠이 유역 통합 물관리 시스템 구축 방안	㈜유신, ㈜알엔에이솔루션

3. 프로그램 등록

소프트웨어 등록연도	소프트웨어명	등록인	등록국	등록번호
2017	찌상쿠이 유역 데이터 통합관리 모듈	㈜알엔에이솔루션	대한민국	C-2017-005162
2017	찌상쿠이 유역 지능형 물관리 모듈	㈜알엔에이솔루션	대한민국	C-2017-005163
2018	찌상쿠이 유역 지능형 물관리 시스템	㈜알엔에이솔루션	대한민국	C-2018-018115

4. 학술발표

발표일	발표명	저자	학술대회명	국내외 구분
2017. 07	Smart Water Management for Intelligent Water Facilities Operation in Cisangkuy Rriver Basin, Indonesia	Ick Hwan KO, Eugene KIM, Tae Won KIM, William PUTUHENA, JeongSooROH, and Sang Woo KIM	85차 국제 대댐회(ICOLD) 학술발표회	해외
2017. 09	Smart Water Management to overcome water crisis in Cisangkuy river and Bandung mega city, Indonesia	Ick Hwan KO, William PUTUHENA	2017 Korea International Water Week-World Water Challange	국내
2017. 05	인도네시아 찌상쿠이강 유역의 지능형 물관리 시스템 적용 연구	김유진, 고익환, 박찬호	2017 한국수자원학회 학술발표회	국내
2016.12	인도네시아 찌상쿠이 유역 수자원 관리 선진화 방안	김유진, 고익환,박찬호, 오정환	2016 산학기술학회 추계학술대회	국내
2016.05	인도네시아 Cisangkuy 유역 수자원 운영에 대한 연구	김태원 외 3명	2016 한국수자원학회 학술발표회	국내
2016.08	SMART WATER MANAGEMENT THROUGH COORDINATED OPERATION OF MULTI-WATER FACILITIES IN THE CISANGKUY RIVER BASIN, INDONESIA	W Putuhena, YJ Kim, TW Kim, JS Roh and SWKim	인도네시아 수자원학회 학술발표회	해외
2016.05	SMART WATER MANAGEMENT THROUGH COORDINATED OF MULTI-WATER FACILITIES IN THE CISANGKUY RIVER BASIN, INDONESIA	고익환, 김유진, 김태원, Williamh Putuhena, 노정수, 김상우	84차 국제 대댐회(ICOLD) 학술발표회	해외

제 11 장 기타 사항

해당사항 없음

제 12 장 참고 문헌

BBWSC (2011). Final Design Report for Santosa Dam. BBWSC, Bandung.

D. Subarna, M.J. Purwanto, K. Murtilaksono, Wiweka (2014). The relationship between monthly rainfall and elevation in the Cisangkuy watershed Bandung Regency. International Journal of Latest Research in Science and Technology, Vol. 3, pp. 55-60.

IBM (2013). IBM Intelligent Water. http://www-935.ibm.com/services/multimedia/Intelligent_Water.pdf [accessed on 18 January 2017]

ITU Tele-communication Standardization Bureau (2010). ICT as an enabler for smart water management. ITU-T technology watch report, ITU.

K-water (2008). KMODSIM: River Basin Management Decision Support System, User Manual and Documentation. K-water Institute, Korea.

OECD (2012). OECD Environmental Outlook to 2050. The Consequences of Inaction. Paris, OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/9789264122246-en

Smart Water Grid Research Group (2012). Background of SWG (in terms of water industry). http://www.swg.re.kr/english/sub/project/background.htm [accessed on 18 January 2017]

S.W. Lee, S. Sarp, D.J. Jeon, J.H. Kim (2015). Smart water grid: the future water management platform. Desalination and Water Treatment, Vol. 55, pp. 339-346.

WWAP (2012), The United Nations World Water Development Report 4: Managing water Under Uncertainty and Risk, UN World Water Assessment Programme.

Yooshin Engineering Corporation (2013). Feasibility Study and Basic Engineering Design for Water Conveyance and Integrated Dam Operating System for the Bandung Area. Final Report, KOICA, Korea.

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서입니다.

2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.