

통합수자원모니터링을 통한 수자원관리시스템 개선



강 경 석 ●●●●
(주)평화엔지니어링 전문/ hydrokks@pec.kr



김 병 식 ●●●●
강원대학교 소방방재학부 부교수
hydrokbs@kangwon.ac.kr



이 동 섭 ●●●●
People & Global 대표이사
dslee@psglobal.co.kr

이 요청된다. 통합수자원관리는 수자원의 효율적인 관리를 통하여 사회·경제적 이익의 극대화와 지속 가능한 생태계의 보전을 위하여 우리나라에서는 다각적인 연구가 필요한 실정이다. 하지만 통합수자원관리를 위해서는 통합수자원모니터링기법과 물수지 평가 및 수요공급량 예측을 활용한 물수지 예보모형이 중요한 요소이므로 물수지의 변동성을 과학적으로 예측하는 것이 매우 중요하다. 물 사용 패턴은 지역별, 계절별, 섹터(생·공·농·하천유지), 시간별로 변동성이 크므로, 유연하게 대처할 수 있으며 과학적으로 유추할 수 있는 도구가 마련되어야 한다. 본 연구에서는 물수지 평가기법을 조사·분석함으로써 우리나라 현실에 적합한 지역별, 계절별, 섹터(생·공·농·하천유지), 시간별 물수지 평가를 위한 통합수자원모니터링기법을 제시하고, 통합수자원모니터링을 활용한 수자원관리의 개선방안을 제시하는데 목표를 두고 있다. 최종적으로는 물수지 검토 및 보안을 통한 물수지 예보모형으로 수자원관리에 유연하게 대처할 수 있는 의사결정지원시스템 구축방안을 마련하고자 한다.

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 필요성

지속적인 물수요 증가에 따른 효율적이고 안정적인 물 공급의 필요성이 증가하고 있으며, 지구 온난화에 따른 기후변화 등의 외부 환경변화 및 기후, 수문, 지리, 사회, 경제의 변동성과 불확실성에 효과적으로 대응하기 위하여 수자원관리시스템의 개선

1.2 3개년 연구내용

본 연구는 3개년으로 구성되어 있으며 통합수자원관리 개념 설정, 물수지 평가를 위한 통합 수자원모니터링 방안 제시, 물수지 예보 모형 개발과 통합

수자원 의사결정지원시스템 구축방안 제안 등 크게 4가지로 구분되어 있으며, 각 부분별 내용은 다음과 같으며, 연구 흐름도는 그림 1.1과 같다.

(1) 통합수자원관리(Integrated Water Resources Management, IWRM) 개념 설정

통합수자원관리에 대한 국내외 사례들을 조사하고 분석하여 통합수자원관리 구성요소에 대한 검토를 통하여 국내에 적용 가능한 구성요소를 선정하고, 이를 바탕으로 국내 수자원 현실에 적합한 통합수자원관리 개념의 설정과 구축방안을 제시한다.

(2) 물수지 평가를 위한 통합수자원모니터링 방안 제시
 통합수자원관리 개념에 적합한 구성요소를 도출하고, 그 구성요소별 모니터링 방법을 조사 분석하고, 이를 토대로 각 구성요소별 모니터링 방안을 제시하여, 지역별, 계절별, 섹터(생·공·농·하천유지)별 물수지 평가에 활용 가능하도록 방안을 제시한다.

(3) 물수지 예보모형 개발

물수지 검토 및 보안을 통한 물수지 예보모형 수립은 물수지 인자 선정 및 검토, 인자별 산정방법 검토를 통한 최적 산정방법을 제시하고 이를 토대로 물수지 예보모형을 수립한다.

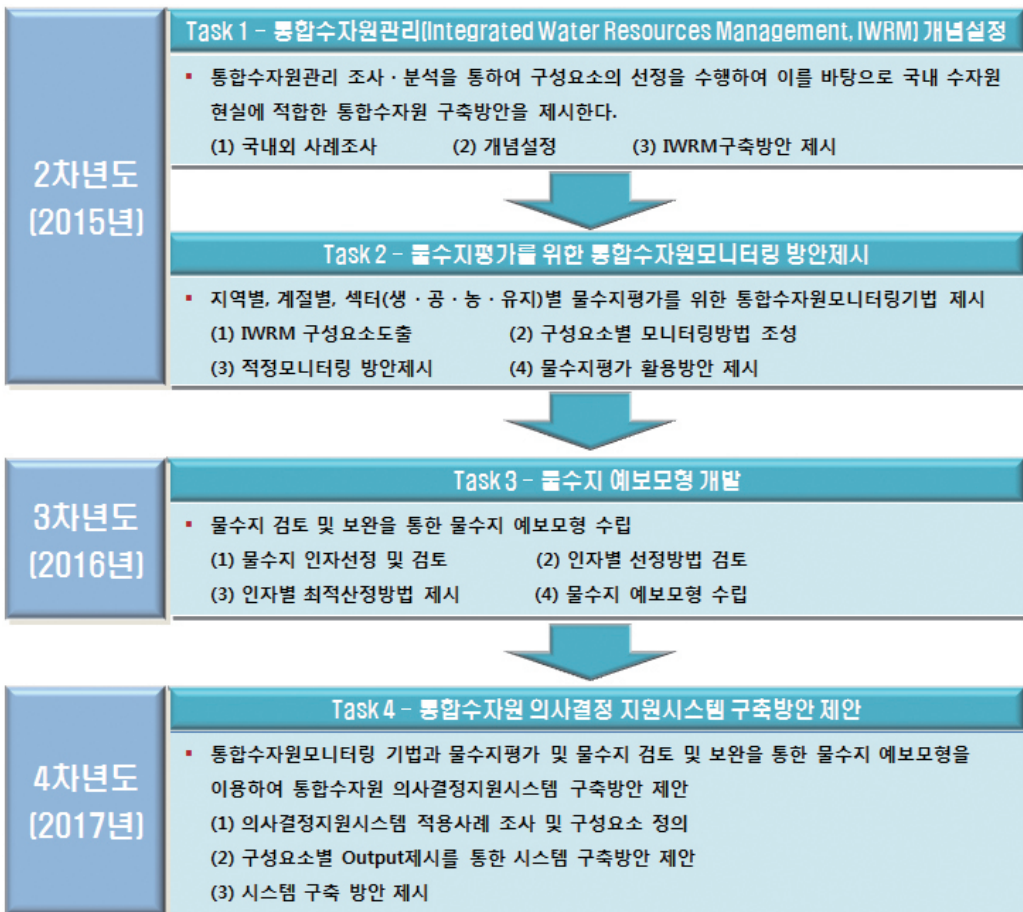


그림 1.1 연구흐름도

(4) 통합수자원 의사결정지원시스템 구축방안 제안

통합수자원 모니터링 기법과 물수지 평가 및 물수지 검토 및 보안을 통한 물수지 예보모형에 대한 연구결과를 이용하여 통합수자원 의사결정지원시스템 구축 방안을 제시한다. 세부 연구내용으로는 의사결정지원시스템 적용사례 조사 및 구성요소 정의, 구성요소별 Output 설정을 통한 효율적인 통합수자원 의사결정지원시스템 구축 방안을 제시한다.

2. 2차년도(2015년) 연구내용

2.1 통합수자원관리의 효과적인 국내 적용 방안

최근 수자원과 관련하여 지역들 사이, 이해당사자들 사이, 중앙정부와 지역정부들 사이에 분쟁과 사회적 갈등 사례가 증가하고 있다. 이는 수요자들이 보다 많은 수량과 보다 양호한 수질의 수자원을 원하기 때문이며, 수자원에서부터 많은 편익을 얻길 원하기 때문이다. 통합수자원관리는 수자원 분야의 지속가능성을 확보하기 위한 방법론 중의 하나로서, 생태계의 지속가능성을 저해하지 않고 공정한 방법으로 사회 및 경제적 복리를 최대화하기 위하여 수자원, 토지, 관련 자원들을 조화롭게 개발하고 관리하는 것으로 정의하였다. 이는 공평하고 효율적으로 수자원을 사용하기 위하여 자연시스템과 사회-경제 시스템을 통합하고 물과 토지 및 기타 자원들을 통합하여 관리하는 것을 의미한다. 통합수자원관리의 목표는 수계의 수자원 통합 관리, 수요와 공급 문제의 통합, 의사결정 과정에 대한 다분야적 접근, 정책과 규제 및 제도 체계의 통합과 개선, 참여 및 투명성 있는 거버넌스를 통한 수자원에 대한 공정한 접근으로 설정 하였다.

통합수자원관리 상태의 평가는 수량, 수질 등과 같은 단일 지표만으로는 평가하기 어렵기 때문에 수자원시스템을 구성하는 요소들을 종합적으로 평가할 수 있는 통합지수와 다양한 지표가 필요하다.

본 연구에서는 국제기구에서 사용되고 있는 WPI (Water Poverty Index), SWSI (Social Water Stress/ Scarcity Index), ESI (Environmental Sustainability Index) 등과 국내에서 개발된 수자원 지속가능성 지수(Water Resources Sustainability Index, WRSI)와, 홍수피해잠재능 (Potential Flood Damage, PFD), 수질오염잠재능 (Potential Water Quality Deterioration, PWQD), 건천잠재능(Potential Streamflow Depletion, PSD) 등을 사용하여 개발된 유역평가지수, 유역관리 평가지수(Index for Evaluating Watershed Management, IEWM) 등을 검토한 결과, 통합수자원관리 평가를 위한 지표로 유역관리평가지수 (IEWM)를 선정하였다. 또한 한강수계의 통합수자원관리 상태를 평가하기 위해 IEWM을 적용하여 고찰하였다. IEWM 세부지수의 세부지표와 변수를 선정하기 위하여 요인분석 통계기법을 적용하였으며, 변수들의 요인 부하량을 분석하여 요인분석 결과의 적절성을 검토하였다.

통합수자원관리 프로세스는 통합수자원관리 상태의 문제점과 영향요인을 분석하고 진단하여 문제를 해결하기 위한 가능대안들을 비교하고 최적 관리 방안을 선택하여 효과적으로 실행하기 위한 과정을 의미하며, 각 세부목표를 달성하기 위해 구성된 프로세스에 대한 사회적인 합의가 필요하다. 본 연구에서는 국내에서 효과적으로 통합수자원관리를 수행하기 위해서 세부목표를 이수관리, 홍수관리, 환경 및 생태관리로 구분하여 각각의 목표를 달성하기 위한 프로세스를 제시하였다.

통합수자원관리의 효과적 국내 적용을 위한 연구결과는 물수지 평가를 위한 통합수자원모니터링 방안 연구에 활용될 것이다.

2.2 물수지 평가를 위한 통합수자원모니터링 방안제시

기존의 물 수급 평가의 문제점은 공급 추정과 소

비부분으로 구분하여 생각 할 수 있다. 먼저 공급 부분의 경우 자연유량산정 시 저수지 공급량 및 인위적인 영향을 고려 할 수 있는 방법이 부족하고 특히 저수지 공급량을 산정할 수 있는 자료가 전무하기 때문에 준 분포형 이상의 장기유출모형을 통해 자연 유출량을 산정 할 필요가 있다. 또한, 실시간 측정할 수 있는 관측유량 관측정보를 연계할 필요가 있으며 유역 물 수지와 하도 물 수지를 연계 할 수 있도록 연계할 필요가 있다. 그러나 실질적으로 물수지 분석에서 가장 어려운 점은, 각 용수구분별로 수요량 추정에 많은 가정이 이용된다는 점이다.

현재 하천수 사용량의 정보 수집은 사용자가 일별 사용량을 월 별로 취합하여 보고하는 형태이다. 이에 지자체와 같이 자체적인 모니터링시스템이 있는 경우는 외부망으로 실시간 자료를 수집하고자 하며, 유량계가 설치되어 있으나 사용자가 일별로 사용량을 확인하는 경우(농업용수)에는 영상처리기술을 이용한 자료수집 방법을 이용하고자 한다. 또한 농업

용 개수로의 유량측정 정확도를 제고하기 위하여 수위-유량관계, 전력량 및 펌프가동시간과 사용량의 관계를 분석함으로써 농업용수 사용량 자료를 이용할 계획이다.

그간 공급량에 대한 다양한 계측 및 연구가 진행되어서 실시간으로 관련 자료를 활용하거나, 시기별로 구축된 자료를 활용하여 분석이 가능한 반면, 수요량에서는 시스템으로 공급되지 않는 지역에 대한 추정을 통해 분석이 이루어지고 있다. 따라서 국내의 ICT 기술과 센서기술을 활용하여 효과적인 수요량 분석 방법을 제안할 필요가 있었고, 타 부처에서 시범적으로 운용되는 USN기반 실시간 계측 및 관리시스템을 참조하여 생활용수 및 농업용수의 시스템 미공급지역에 대한 수요량 모니터링 방안을 제시하였다. 향후 통합수자원모니터링 방안을 위한 구체적인 실행 방안 등의 연구가 필요할 것으로 판단된다. 그림 2.1은 실시간 용수별 모니터링 구성방안을 나타낸 것이다.

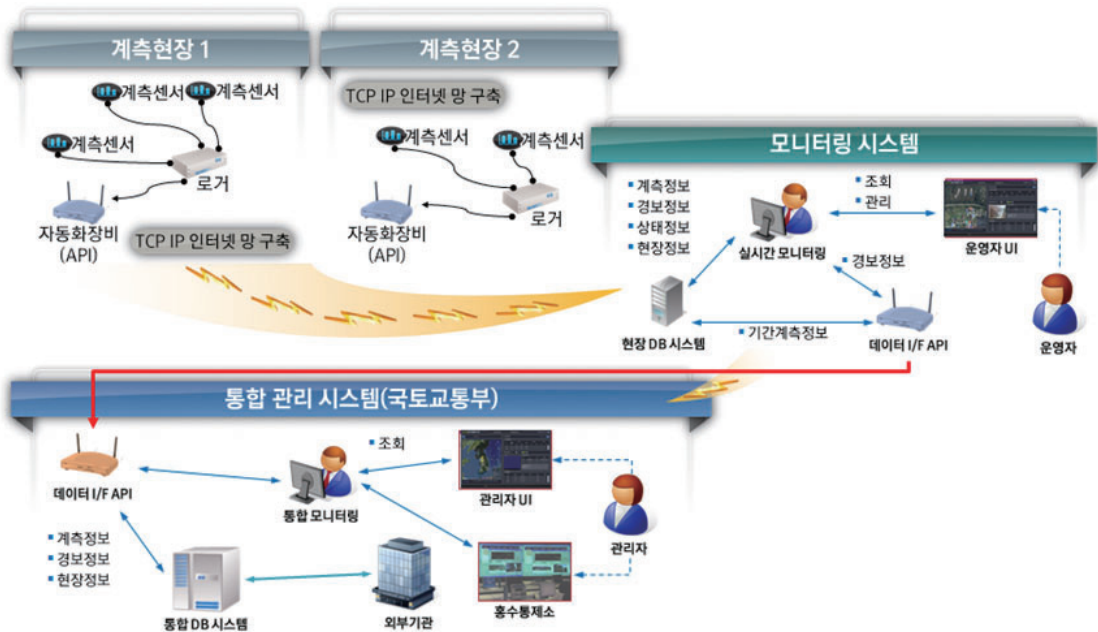


그림 2.1 수요량 실시간 모니터링 시스템 구성도

3. 3, 4차년도 세부연구계획

3.1 3차년도(2016년) 세부연구 계획

본 연구의 3차년도에서는 통합수자원관리의 가장 기본이 될 수 있는 통합수자원모니터링기법과 물수지 평가 및 수요공급량 예측을 활용한 물수지 예보모형을 수립하는데 그 목표를 두고 있다. 특히, 물수지의 변동성을 과학적으로 예측하는 것이 매우 중요하기 때문에 물 사용 패턴 과학적으로 유추할 수 있는 도구가 마련되어야 한다. 이에 본 연구에서는 물수지 평가기법을 조사·분석함으로써 우리나라 현실에 적합한 지역별, 계절별, 섹터(생·공·농·하

천유지), 시간별 물수지 평가를 위한 통합수자원모니터링기법을 제시하고, 물 수지예보모형을 수립하고자 한다.

(1) 물수지 인자 선정 및 검토

– 소유역, 자연유량, 수요량, 회귀량, 순물소요량(생활, 공업, 농업, 하천유지용수), 이수안전도, 댐운영방법, 물수지의 한계점, 물 부족 특성 등의 인자 검토

(2) 인자별 산정방법 검토

– 수요량·공급량 산정 시 기존 산정방법 조사 및 정량적 인자 산정을 위한 자료 수집방안 도출

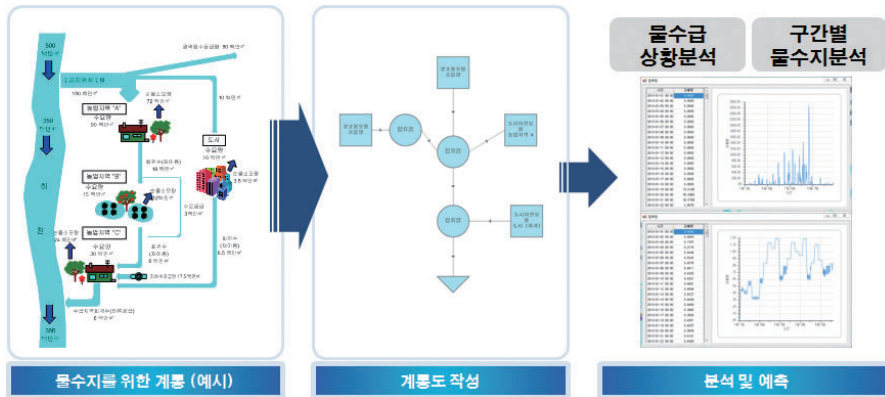


그림 3.1 통합수자원 관리를 위한 물수지 예보모형 개발(안)

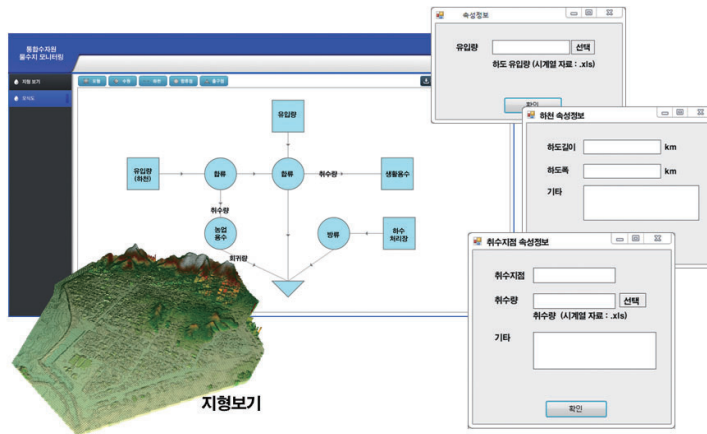


그림 3.2 물수지 예보모형 GUI (안)

(3) 인자별 최적 산정방법 제시

- 소유역, 자연유량, 수요량, 회귀량, 순물소요량 (생활, 공업, 농업, 하천유지용수), 이수안전도, 댐운영방법, 물수지의 한계점, 물 부족 특성 등 대표인자 변수 산정방법 제시

(4) 물수지 예보모형 수립

- 하도 물수지를 위한 유량, 취수량, 회귀량에 대한 계통도 표출
- 계통상의 댐, 보, 저수지의 특성에 대한 하천 구간의 물 수급 상황을 분석/예측

3.2 4차년도(2017년) 세부연구 계획

본 연구의 4차년도에는 통합수자원 모니터링 기법과 물수지 평가 및 물수지 검토 및 보안을 통한 물수지 예보모형에 대한 연구결과를 이용하여 통합수자원 의사결정지원시스템 구축 방안을 제시한다.

- (1) 국내의 의사결정지원시스템 사례조사를 통한 개념 설정
- (2) 선진화된 국외 의사결정지원시스템의 개념 정리
- (3) 통합수자원관리를 위한 의사결정지원시스템 구조 제안
- (4) 모니터링 결과를 활용한 시스템 구축 방안 제시

4. 기대효과

통합수자원모니터링기법과 물수지 평가와 수요공급량 예측을 활용한 물수지 예보모형은 본 연구를 통하여 수자원개발계획의 우선순위 결정을 위하여 활용 가능할 것이다. 또한 본 연구에서 제시될 지역별, 계절별, 섹터(생·공·농·하천유지)별 물수지 평가의 지표는 향후, 정량화와 같은 방법론 개선에 활용되어 현재 상태를 모니터링 하는 수단으로 활용될 것이다. 수자원계획 및 상수도 계획 수립 시 수요예측을 보다 정확히 하여 계획의 현실성을 높일 수 있도록 활용할 것이며, 장단기 수요를 효율적으로 전망하고 안정적인 용수공급을 위한 자료로 활용한다.

수자원계획 및 관리 분야에서는 여러 상반된 기준들을 고려하여 의사결정을 내려야 하는 상황이 매우 빈번하게 발생된다. 따라서 이러한 상충되는 기준들에서 최적의 대안을 찾고 이를 결정하기 위해 본 연구에서의 제안될 의사결정지원시스템 구축방안은 향후, 국내 수자원분야에서 발생할 수 있는 여러 상반된 기준을 고려 시 최적의 대안을 찾아내는데 중요한 정보를 제공할 것으로 판단된다.



참고문헌

- 강민구, 김우구 (2006). “유역의 수자원 및 환경 평가를 위한 Index와 Indicator의 활용.” 한국수자원학회지, 제39권 제3호, pp. 37-48.
- 강민구, 박두호 (2010). “통합지표를 이용한 국가 수자원 평가 기법 제안.” 대한토목학회지, 제58권 제9호, pp. 110-118.
- 고익환 (2014). “TWRM, 개발도상국의 추진 사례.” 한국수자원학회지, 제47권, 제8호, pp. 18-22.
- ADB, 한국수자원공사 (2012). “찌따름 강 유역 통합수자원관리를 위한 의사결정지원시스템 구축”, 최종보고서.
- ADB, 한국수자원공사 (2008). “인도네시아 서부자바 찌따름 강 유역 West Tarum 수질관리 시스템 구축”, 최종보고서.
- American Water Resources Association Policy Committee (2012). “Case studies in Integrated Water Resources Management: from local stewardship to national vision,” Virginia, USA.