

하천수량 확보 가이드라인 개발 방향



맹 승 진
충북대학교 지역건설공학과 부교수
maeng@cbnu.ac.kr



김 형 산
충북대학교 지역건설공학과 대학원
kamakim486@hanmail.net



정 지 혜
충북대학교 지역건설공학과 대학원
jeongjihye@cbnu.ac.kr

1. 머리말

우리나라는 최근의 기후변화로 인해 6~7년 주기로 발생하는 가뭄의 강도가 점차 증가하고 하천수의 과잉 취수 등으로 인해 하천의 건천화가 발생하고 있다. 이로 인해 지역의 물부족 위협이 증가하고 하천 고유의 기능 훼손이 심각한 상태이다. 따라서 하천의 기능을 복원하기 위한 하천수량의 확보와 탄력적 수량관리 기술이 적실히 필요하다.

기후변화는 미래의 극심한 홍수 및 가뭄을 야기할 뿐만 아니라 수환경에 큰 영향을 미칠 것으로 예상되고 있

으므로, 기후변화의 영향을 정량적으로 평가하고 이에 대한 대응 방안을 마련하기 위해 국가차원에서 일관된 수자원 부존량 산정 및 평가를 위한 가이드라인 개발이 필요하다.

개발될 가이드라인은 객관적인 물순환 정량화와 지표 를 통한 평가가 가능함으로써 갈수기에 효율적인 수자원 활용성을 증대시킬 수 있으며 장단기 수자원 정책 방향을 제시할 수 있다. 또한 본류에 비해 공간적 접근성이 상대적으로 높은 지류하천의 건천화 방지를 통해 사회문화적 친수공간의 확보가 가능할 것으로 기대된다.

2. 분석 프로그램 적용 방향 설정을 위한 사례 조사

2.1 지속가능한 유역통합관리 계획수립을 위한 가이드라인(수자원의 지속적 확보기술개발 사업단, 2008)

지속가능한 유역통합관리 계획수립을 위한 가이드라인은 지속가능성, 다기준 의사결정(MultiCriteria Decision Making, MCDM) 기법, 목표를 정량화하는 지표의 개발, 대안의 평가를 위한 지수의 개발, 편익 산정을 통한 경제성 분석 등을 모두 포함하여 하나의 유역통합관리 계획 절차를 수립하기 위한 가이드라인은 총 11단계로 작성되었다.

- Step 1: 유역의 물순환 관련 요소 파악
- Step 2: 문제점 도출 및 우선순위의 결정
- Step 3: 이해관계자의 관리 선호도 조사
- Step 4: 분명하고 구체적인 목표의 설정
- Step 5: 모든 대안의 검토
- Step 6: 가능한 대안의 선별
- Step 7: 선별된 대안의 효과분석
- Step 8: 대안의 평가지수 산정 및 우선순위 제시
- Step 9: 대안의 비용 및 편익 산정
- Step 10: 최종대안 결정
- Step 11: 협상을 통한 이해당사자 간의 의견일치 과정

이 중 Step 11은 지자체 공무원, 중앙부처 공무원, 유역주민, 시민단체 등이 함께 참여하여 수행되는 협상도구로 향후에 추진할 예정이다. 11단계에 의해 수립된 대

안은 유역주민 또는 이해관계자들의 의견이 적극 반영된 계획으로 도시유역에서 통합관리를 수행하기 위한 의사결정 지원시스템(Decision Support System, DSS)의 토대가 되는 이론이며, 이는 향후 유역협의체 의사결정기구에 제출되어 효과적인 대안을 선정하는데 기초 자료로 사용될 수 있을 뿐만 아니라 지자체 등에서 고려하고 있는 사업들이 이러한 시스템을 통해 분석되어 어느 정도 효과가 기대되는지 산정해 낼 수도 있다.

2.2 수문자료 품질관리 가이드라인(수자원의 지속적 확보기술개발 사업단, 2008)

수문자료 품질관리 지침은 수문자료의 신뢰성에 영향을 미칠 수 있는 현장 관측, 관측소 점검 및 유지관리, 관측자료의 확인, 처리, 수정 등 일련의 업무에 대하여 일관되고 효율적인 업무 수행 방법을 제시하는 것이며 궁극적으로 수문자료의 품질 향상에 기여하고 이와 관련하여 수문관측 관련 업무를 보다 현실성 있게 수행하고 실질적인 개선이 이루어질 수 있도록 지원하기 위해 제작되었다.

본 가이드라인에서는 우량이나 수위와 같이 현장에 관측소를 설치, 운영하면서 장기간에 걸쳐, 일정 시간 간격마다 측정하는 수문량에 대한 품질관리 방법과 절차를 다루고 있다. 또한 시계열 연속 수문자료인 우량과 수위 관측방법 및 자료에 따른 품질관리 절차에 대해 상세히 기술하고 있다.

2.3 하천유역관리 가이드라인(수자원의 지속적 확보기술개발 사업단, 2010)

하천 유역 수준의 통합수자원관리의 중점 목표는 재해에 대응으로 피해를 경감하면서 위험을 관리하는 것

뿐만 아니라 모든 목적에서 물의 안전성보장을 실현하기 위함이다. 이 가이드라인에서 사용하고 있는 '통합 유역 관리'는 물에 대한 서비스를 제공하기 위해서 통합수자원관리를 하천 유역 수준으로 실행한다는 의미이다. 통합수자원관리는 물리적인 환경의 관리를 광범위한 사회·경제 및 정치의 틀 안에서 통합하려고 하는 전체적인 접근방식이며, 하천 유역 접근방식은 신뢰할 수 있는 물관련 서비스를 공평한 방식으로 배분·공급하는 것에 주목하면서 보다 향상된 유역내의 수자원관리 주체간보다 협의의 조정에 기초해서 통합수자원관리의 원칙을 실행하는 것에 초점을 두려고 하는 접근방식이다.

본 가이드라인은 기존의 시스템을 보다 효율적으로 기능하도록 해서 이용 가능한 자원을 기반으로 한 하천 유역 수준에서의 통합수자원관리를 실행하는 것을 촉진하기 위함이며, 가이드라인은 통합수자원관리에 대한 국제적 인식을 향상시키는 데에도 기여하게 될 것이다.

2.2 기존 유량평가 시스템

- K-WEAP

한국건설기술연구원에서는 용수배분과 관련된 평가 부분에서 부분적으로 관련성이 있는 선행연구로는 한국수자원공사(2002)에서 수탁연구사업으로 수행한 '기존 댐 합리적 용수배분을 통한 수리권 조정 방안 연구', 김종원(2002)의 '합리적 수자원 배분모형 설정에 관한 연구' 등을 들 수 있다.

이러한 연구들은 댐 용수 배분 방안에 이론적인 측면에 주안점을 주고 연구가 수행되었거나 한정된 용수를 어떻게 배분하는 것이 사회적 이익을 극대화하는 것을 보여주는 것을 중심내용으로 하는 연구라 할 수 있고 이들 연구에서 제시된 연구결과는 현장에서 적용하는 데

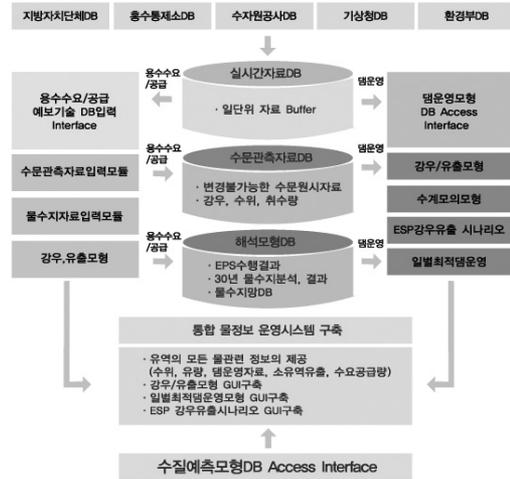


그림 1. 실시간 물관리 운영 시스템 구성체계

에 어려움이 있다.

물 수요와 공급 패턴이 수질에 미치는 영향을 평가할 수 있는 시스템은 K-WEAP이 최적이라고 제시하였다. K-WEAP을 통해 이를 구현하려면 수요공급과 수질의 연계 DB가 필수적이나 이에 대한 시스템이 구비가 되어 있지 않아, '통합수자원평가계획모형(K-WEAP)의 적용(한국건설기술연구원, 2008)'에서 생·공용수 사용량 관련자료 조사·분석 및 DB구축, 물 수요관리 현황 조사 및 사례분석, 시·도별 물 수요관리 종합계획 분석, 수자원 절감 가능량을 정량적으로 평가할 수 있는 수요관리 평가 시스템 기반 구축 및 우선순위 도출을 위한 의사결정 시스템 기반을 구축하였다.

- 실시간 물관리 운영 시스템

실시간 물관리 운영 시스템은 실시간 자료 DB 및 수문관측 자료 DB, 해석모형 DB로 구성된 통합 데이터베이스 시스템을 기반으로 실시간 또는 단기간(10일 이내)



그림 2. 시스템 주요 기능

의 용수수요와 공급을 예측하기 위한 유역유출모의 시스템과 수계 물수지 및 하천의 수질 유지 유량을 고려하여 저수지군을 최적으로 운영하고 모의하기 위한 댐 운영 시스템, 수량과 수질을 고려한 물관리 의사결정을 지원하기 위한 수질예측 시스템으로 구성되었다.

- 하천유량관리시스템

국내 대하천에 대한 국책사업 추진에 따른 사업 대상 유역내 다목적댐(농업용저수지 포함)과 다기능보 등 하천시설물을 연계하여 운영함으로써 하천의 유량을 최적으로 관리하기 위하여 국책사업에 의해 변화되는 사항을 명확하게 파악, 반영하여 하천의 유량을 최적으로 관리할 수 있는 하천유량관리시스템을 개발하였다.

통합 DB 시스템 구축을 위하여 대하천 개발사업으로 인한 신규 시설물 및 변경된 표준유역을 반영하였으며, 하천유량관리시스템의 강우-유출 모형, 물수지 분석 모형, 농업용 저수지 연계모듈, 저수지 연계운영 모형, 수질모형의 입출력 자료를 고려하여 표준화된 통합 DB 시스템을 구축하였다.

이를 위해서 기초자료는 수문자료(수위, 유량, 우량)는 한강홍수통제소의 내·외부 DB와 연계 하였으며, 댐, 농업용저수지, 수질 자료는 WINS를 통하여 연계하고, 기상자료의 연계는 신뢰성이 보다 높은 자료의 획득을 위하여 기상청의 홈페이지를 직접 연계하여 DB에 연계하도록 구축되었다.

하천유량관리시스템은 하나의 수계에 대해서 여러 가지 모형들의 통합 솔루션을 제공하고, 강우-유출모형(SSARR, TANK), 농업용 저수지연계모듈(AROM), 댐-보 연계 모형(CoWMOM), 물수지 분석모형, 수질 모형(QUAL2E)로 등으로 구성되어 있으며, 각각의 원시 Dos 모형에 대하여 사용자가 편하게 입출력 Data를 Control할 수 있도록 사용자 중심의 직관적인 GUI 화면을 제공하고, 각 모형은 개별 모듈의 형태로 아래와 같은 기능을 수행한다.

- 시사점

가이드라인 개발을 위한 타 가이드라인을 분석한 결과, ① 가이드라인 개발 시 목적, 정의, 국제적 배경 등

표 1. 시스템 비교에 따른 하천수량 확보 분석 프로그램 적용 방향

구분	기 개발된 시스템		하천수량 확보 분석 프로그램 적용 방향
	실시간물관리 운영시스템	하천유량 관리시스템	
적용 범위	· 대유역 유출분석	· 대권역, 중권역, 표준유역 유출분석	· 지천유역 단위로 유출 분석 가능하도록 수정
유역의 형태	· 농촌유역 중심으로 분석	· 유역단위의 도시 지역, 농촌 전유역 분석 가능	· 구조적/비구조적으로 확보된 유량 반영 분석 가능토록 수정
적용 방향	· 기상, 수질, 최적화와 연계하여 하나의 시스템으로 구축	· 기상, 수질, 최적화와 연계하여 하나의 시스템으로 구축	· 구조적 확보량과 비구조적 확보량을 조합하여 해당 조합에 의한 유출 분석 결과 반영하여 유출모형 개선
장·단점	· 적용 수계별로 별도 개발 필요 · 금강수계만 구축	· 5대강 8대하천에 적용 개발 · 유출모형과 물수지 분석 별도 모의	· 사례별 가이드라인 작성

을 언급하여야 하며, ② 사용자가 문제점이라고 생각하는 요소를 선택하면 손쉽게 찾아서 제시된 지침을 확인할 수 있는 흐름도 형태로 제작하여야 하고 ③ 가장 많이 발생 할 수 있는 사례를 도출하고 사례별로 세심하고 정밀한 지침을 작성하여야 한다.

가이드라인에 포함될 기반 유출모형은 지천의 유량, 즉 수자원 부족량을 파악하기 손쉬운 모형을 선정하고 적용하기 위해 기 개발된 유량분석 및 평가 시스템을 분석한 결과는 표 1과 같다.

3. 가이드라인 개발 방향

하천수량 확보 가이드라인 개발 방향 설정을 위해 사례조사를 하였다. 이를 통해 개발될 가이드라인의 구성 방향과 주안점을 파악하고, 하천수량 분석을 통해 적용해야 할 이론적 방법과 정립, 자료의 신뢰성 확보와 지속적인 생산 여부, 모형의 정립을 통한 분석 방법 및 절차 개발 부분을 중점으로 언급되어야 한다.

이상의 내용을 바탕으로 하천수량 확보 가이드라인의 구성요소와 서술 내용을 그림 3과 같이 제작하고자 한다.

그림 3에서 보는바와 같이 개발될 가이드라인은 ① 가이드라인 정의, ② 가정과 기준 설정, ③ 수자원 분석 모델링 공식화, ④ 연구개발, ⑤불확실성 판단과 평가, ⑥ 사례연구로 구분한다.

가이드라인 정의에서는 가이드라인 개발을 위한 목적, 정의, 가이드라인 흐름도, 수자원분야와 사회적 분야에 미치는 영향, 가이드라인 적용 시 결정적 요소와 가정 및 이들에 대한 평가와 대책에 대해 서술하고자 한다.

가정과 기준 설정에서는 지천의 수자원 부족과 과잉 문제가 발생할 수 있는 가정 그리고 가정의 설정 기준 등을 서술하고 최종적인 의사결정 판단 기준을 제시하고자 한다.

수자원 분석 모델링 공식화에서는 분석을 위한 이론적 정립과 외부 제약 조건의 상황을 분야별로 구분하여

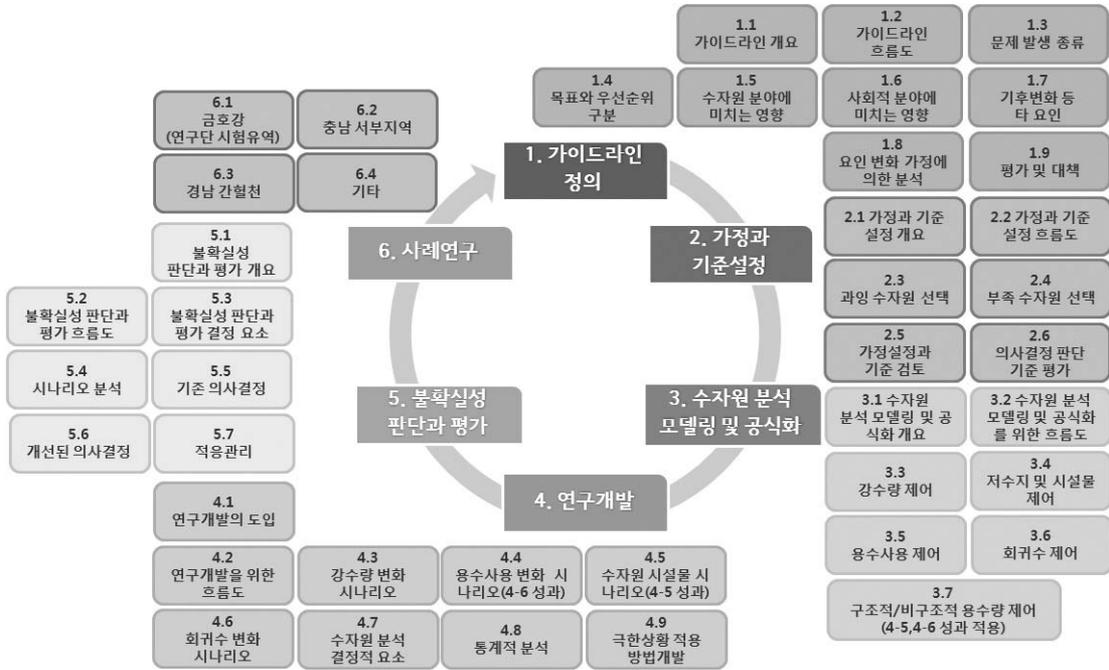


그림 3. 하천수량 확보 가이드라인 구성요소별 상세내용

발생 할 수 있는 문제를 정립한다.

연구개발에서는 가이드라인 정의, 가정과 기준 설정, 수자원분석 모델링 및 공식화를 기반으로 각종 조건을 반영하여 모의할 수 있는 분석 모델링을 구축한다.

불확실성 판단과 평가에서는 연구개발된 모델링 과정을 통해 분석된 결과를 사용하여 의사결정하는 과정에 대해 서술한다.

마지막으로 사례연구는 과거 우리나라 물문제가 사회적으로 대두된 사례를 대상으로 적용하고 판단하는 과정을 서술한다.

4. 맺음말

하천수량 확보 가이드라인은 부산대학교에서 수행하는 '유역특성을 고려한 구조적 하천수량 확보 기술' 과 충남대학교에서 수행하는 '용수수급 요소를 고려한 비구조적 하천수량 확보 기술'의 성과물을 연차별로 점차적으로 연계하여 개발하도록 계획되어 있다.

향후 2개 기관의 성과물이 안정화된 상태에서 제공될 예정이며, 이를 사용하여 2015년에는 가이드라인을 개발하고 2016년에 적용 후 개선하여 확정된 가이드라인을 제시하고자 한다. 또한 제작된 가이드라인은 우리나라

라와 같이 물문제로 고통 받고 있는 국가에 확대 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 김종원, 2002. 합리적 수자원 배분모형 설정에 관한 연구.
2. 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단, 2008b. 지속가능한 유역통합관리 계획수립을 위한 가이드라인.
3. 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단, 2010. 하천유역관리 가이드라인.
4. 한국건설기술연구원, 2008. 통합수자원평가계획모형(K-WEAP)의 적용.
5. DHI, 2012a. Marine Climate Change.
6. DHI, 2012b. Urban Climate Change.
7. DHI, 2012c. Water Resources Climate Change.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 건설기술혁신사업의 연구비지원(11기술혁신C06)에 의해 수행되었습니다.

기획: 맹승진 maeng@chungbuk.ac.kr