

국가 수자원 계획의 수립을 위한 K-WEAP의 적용

Application of K-WEAP in National Water Resources Plan

문장원*, 박희성**, 최시중***, 이동률****, 윤석영*****

Jangwon Moon, Chul-Sang Yoo, Joong-Hoon Kim, Dong-Ryul Lee

요 지

지금까지 우리나라에서는 60년대 이후 5차례의 수자원계획이 수립되었으나, 그동안 시민단체 등을 중심으로 장래 물 수요 추정과 물 부족량 등에 대해 꾸준한 문제제기가 있어왔다. 이러한 문제제기는 물 수요량 및 물 부족량 산출과정에 대한 불신으로부터 나타난 결과라고 볼 수 있다. 따라서 이러한 문제들은 수자원 계획 수립과정에서 대중과 이해관계자들의 참여를 보장함으로써 해결될 수 있으며, 이를 위해서는 이러한 과정을 지원할 수 있는 적절한 계획 수립 도구가 선택되어야 한다. K-WEAP은 장기적인 수자원 계획에 적합한 모형으로 수자원 수급 네트워크를 기반으로 선형계획법(Linear Programming)을 이용하여 하도 물 수지를 수행하며, 통합적이고 종합적인 계획 수립 구조와 뛰어난 시나리오 분석 기능을 제공한다. 또한 용수수요와 공급 관련 정보들을 관리할 수 있는 데이터베이스로서의 역할을 수행할 수 있어 계획 수립 과정에서 이용된 자료에 대한 공유가 가능하다는 장점이 있는 모형이다. 본 연구에서는 이와 같은 특성을 갖는 수자원 계획 수립 도구인 K-WEAP 모형이 국가 수자원 계획을 수립하는 과정에서 어떻게 적용되고 있는지를 알아보고, 우리나라 4대강 권역에 대한 물 수지 네트워크를 K-WEAP을 이용하여 구축하였으며, 과거 수자원 계획 수립에서 이용된 방법들과의 비교 검토를 수행하였다.

핵심용어 : 수자원장기종합계획, K-WEAP, 물 수지 분석

1. 서론

물은 인간생활에 있어 없어서는 안 될 매우 중요한 요소이다. 따라서 국가는 수자원에 대한 적절한 분석을 통해 가용 수자원의 양을 명확히 파악하여야 하며, 파악된 정보를 이용하여 효율적인 계획을 수립함으로써 국민들에게 안정적으로 물을 공급해야할 의무를 갖는다. 우리나라에서는 10년마다 한 번씩 수자원장기종합계획을 수립하고 있으며, 5년마다 이를 수정 보완하도록 99년 개정된 하천법에 명시되어 있다. 수자원 계획을 수립함에 있어 가장 중요한 사항은 현재와 미래의 경제, 사회, 환경적인 여건 변화를 적절히 반영하여 안정적인 물 공급을 도모함에 있으나, 최근 들어서는 계획 수립 과정과 결과에 대한 국민적인 공감대 형성이 중요한 요소로 대두되고 있다.

지금까지 우리나라에서는 60년대 이후 5차례의 수자원계획이 수립되었으나, 그동안 시민단체 등을 중심으로 장래 물 수요 추정과 물 부족량 등에 대해 꾸준한 문제제기가 있어왔다. 이러한 문제제기는 물 수요량 및 물 부족량 산출과정에 대한 불신으로부터 나타난 결과라고 볼 수 있다. 따라서 이러한 문제들은 수자원 계획 수립과정에서 대중과 이해관계자들의 참여를 보장함으로써 해결될 수 있으며, 이를 위해서는 이러한 과정을 지원할 수 있는 적절한 계획 수립 도구가 선택되어야 한다. 현재 수행되고 있는 수자원장기종합계획 보완에

* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원-E-mail : jwmoon@kict.re.kr

** 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원-E-mail : hspark90@kict.re.kr

*** 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원-E-mail : sjchoi@kict.re.kr

**** 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 수석연구원-E-mail : dryi@kict.re.kr

***** 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 부장-E-mail : syoon@kict.re.kr

서는 이러한 상황을 고려하여 최근 개발되어 국내에서 제시된 통합수자원평가계획 모형인 K-WEAP을 이용하여 계획 수립을 수행하고 있다. K-WEAP은 기존의 SEI-B(Stockholm Environment Institute - Boston Center)에서 개발된 WEAP(Water Evaluation And Planning System)모형을 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단에서 추진하고 있는 통합수자원평가계획 시스템 개발 과제의 일환으로 국내 실정에 맞도록 변경하고 한글화한 수자원평가계획 모형으로 현재에도 지속적인 보완작업이 이루어지고 있으며, 수자원 계획과 분석에 대한 모든 절차를 구현하고 있다. K-WEAP은 장기적인 수자원 계획에 적합한 모형으로 수자원 수급 네트워크를 기반으로 선형계획법(Linear Programming)을 이용하여 하도 물 수지를 수행하며, 통합적이고 종합적인 계획 수립 구조와 뛰어난 시나리오 분석 기능을 제공한다. 또한 용수수요와 공급 관련 정보들을 관리할 수 있는 데이터베이스로서의 역할을 수행할 수 있어 계획 수립 과정에서 이용된 자료에 대한 공유가 가능하다는 장점이 있는 모형이다.

본 연구에서는 이와 같은 특성을 갖는 수자원 계획 수립 도구인 K-WEAP 모형이 국가 수자원 계획을 수립하는 과정에서 어떻게 적용되고 있는지를 알아보고, 과거 수자원 계획 수립에서 이용된 방법들과의 비교 검토를 수행하여 차이점 등을 파악해보고자 하였다.

2. 과거 수자원장기종합계획 수립 현황

지금까지 우리나라에서는 1960년대 이후 5차례의 수자원계획이 수립 시행되었다. 1966년 수자원종합개발 10개년 계획이 수립된 이후 최근 2001년 수자원장기종합계획이 수립되었으며, 2001년에 수립된 계획은 과거 수자원계획과는 달리 공식적인 최초의 법정계획으로 수립되었다. 지금까지 수립된 각각의 계획은 해당 계획 수립 시기의 사회 경제적인 영향으로 다양한 계획 수립 목표를 가지고 있으며, 각 계획의 개략적인 현황을 표 1에 정리하였다.

표 1. 과거 수자원계획 수립 현황

구 분	계획기간	수립년도	계획기초	비고
수자원개발10개년계획	1970 ~ 1980	1965	다목적댐 개발	
수자원장기종합개발계획	1981 ~ 2001	1980	댐 개발 및 치수사업	
수자원장기종합계획	1991 ~ 2011	1990	수자원개발 및 관리	
수자원장기종합계획 수정보완	1997 ~ 2011	1996	환경친화적 수자원개발 및 관리	
수자원장기종합계획	2001 ~ 2020	2001	건전한 물활용과 안전하고 친근한 물환경 조성	법정계획

3. K-WEAP 모형의 개요

K-WEAP은 한국건설기술연구원과 SEI-B(Stockholm Environment Institute - Boston Center)와의 공동 연구로 기존의 WEAP(Water Evaluation And Planning System) 모형의 기능을 개선하여 우리나라의 여건에 적합하도록 수정하여 개발한 통합수자원평가계획모형이다. K-WEAP의 모태가 되는 WEAP은 초기 SEI(Stockholm Environment Institute)의 지원에 의해 개발이 시작되었으며, 현재에 이르기까지 10년 이상 지속적으로 연구 개발되고 있는 전문화된 수자원평가계획모형이다. WEAP은 그동안 USACE-HEC(US Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineering Center)의 지원으로 많은 부분이 보완되었고, 지금은 UN, World Bank, USAID와 Global Infrastructure Fund of Japan 등 많은 세계 기관으로부터 지원을 받고 있다. 현재 미국과 멕시코, 중국, 중앙아시아, 아프리카, 이집트, 이스라엘, 인도 등 세계 여러 지역에서 활용되고 있다.

K-WEAP은 이러한 WEAP을 기반으로 현재 한국건설기술연구원이 주도하여 개발하고 있는 한국형 통합수자원평가계획모형으로서 국내에서 사용이 적합하도록 WEAP의 모의형태 개선과 평가방법 개선, 한글화 등

4.2 2001년 수자원장기종합계획과의 비교

앞서 언급한 것과 같이 현재 수행되고 있는 수자원장기종합계획 보완에서는 물 수지 분석을 위해 K-WEAP 모형을 이용하고 있다. 과거 수자원 계획 수립 시 물 수지 분석은 관련 연구결과로부터 제시된 물 수지 분석 알고리즘을 이용하여 직접 프로그램을 작성한 후 적용하였으며, 따라서 K-WEAP을 적용하는 이번 보완 계획에서의 물 수지 분석 방법론과의 비교 검토가 선행될 필요가 있다. 다음 표 3은 2001년 수립된 수자원장기종합계획에서의 물 수지 방법론과 이번 보완 계획에서 적용되고 있는 K-WEAP을 이용한 물 수지 분석 방법론을 비교하여 정리한 내용이다.

표 3. 2001년 계획과의 물 수지 방법론 비교

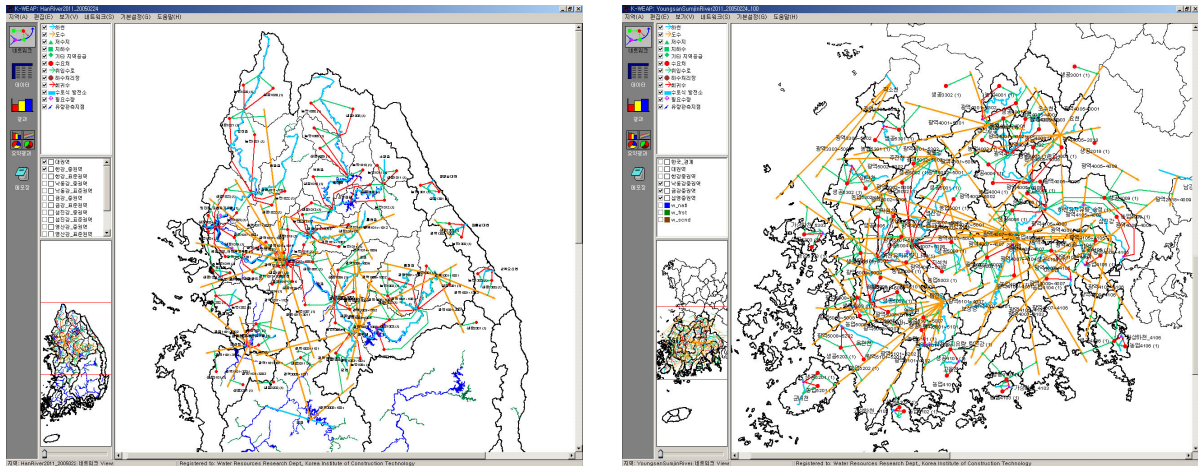
항 목	2001년 수자원장기종합계획	2005년 수자원장기종합계획 보완
자 연 유 량	<ul style="list-style-type: none"> '66.10~'98.09 기간 적용 탱크모형에 의한 자연유량 산정 반순(5일) 물수지 분석 	<ul style="list-style-type: none"> '66.10~'03.09 기간 적용 탱크모형에 의한 자연유량 산정 (댐 상류 유역의 경우에는 댐 유입량 자료를 면적비로 분할하여 자연유량으로 이용) 반순(5일) 물수지 분석
수 요 량	<ul style="list-style-type: none"> 수요처 수요량 생활/공업용수 우선 공급 후 농업용수 공급 농업용수 중 유효수량은 수요량에 포함하고 전량 공급된 것으로 간주 비관개전 고려 안함 	<ul style="list-style-type: none"> 수요처 수요량 재산정 후 적용 생활/공업용수 및 농업용수 동시 공급 농업용수 중 유효수량은 수요량에 포함하고 전량 공급된 것으로 간주 비관개전 고려 안함
댐 운 영	<ul style="list-style-type: none"> 댐별 운영기준 반영 분류 물부족 공급·추가 발전방류 초기저수위 : 상시만수위 광역공급 : 수요량공급 연계운영은 저수량 기준으로 적용 	<ul style="list-style-type: none"> 댐별 운영기준 반영은 2001년과 동일 분류 물부족 공급·추가 발전방류 초기저수위 : 상시만수위 광역공급 : '04 수도정비기본계획에서 제시된 각 소유역별 광역 물 이동량 반영 연계운영은 저수율 기준으로 적용
기 타	<ul style="list-style-type: none"> 취수가능량 85% 적용 	<ul style="list-style-type: none"> 취수가능량 100% 적용

표 3의 비교 내용에서 2001년과 차이가 나는 점은 하천에서의 취수가능량과 공급우선순위, 자연유량 산정 방법, 댐 연계운영 방식 등이다. 취수가능량에서 100%를 적용한다는 의미는 하천에 흐르는 물의 양 전체를 이용할 수 있다는 것이며, 자연유량 산정 방법에서 실제 댐 상류의 관측유입량을 이용함으로써 과거 하천에서의 실제 상황을 보다 잘 반영할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 댐 연계운영 방식에서 저수량이 아닌 저수율을 기준으로 적용하게 됨으로써 보다 효율적인 연계운영이 가능할 것으로 판단된다.

4.3 K-WEAP을 이용한 물 수지 분석 네트워크의 구성

K-WEAP은 하도를 기준으로 물 수지 분석 네트워크를 구성하도록 되어 있는 모형으로 이는 기존 방법과 차이를 보이게 되는 요소이며, 화면을 통해 실제와 유사한 물 수지 네트워크를 갖추도록 구성이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 이번 수자원장기종합계획 보완에서 K-WEAP을 적용하여 물 수지 분석을 수행하기 위해서는 분석을 위한 기초자료와 수요추정 결과 및 유출량 자료를 수집하는 과정과 함께 분석 대상 지역에 대한 물 수지 분석 네트워크를 구축하여야 한다. 우리나라 수자원 계획의 수립이 수자원단위지도의 중권역 단위로 이루어지고 있기 때문에 하도 기준 물 수지 분석 네트워크가 아닌 유역단위의 네트워크를 구성하여야 하며, K-WEAP을 통해서도 이러한 네트워크의 구축이 가능하다. 본 연구에서는 물 수지 분석 대상 지역

인 전국 4대 권역(한강, 낙동강, 금강, 섬진·영산강 권역)에 대해 K-WEAP을 이용하여 물 수지 네트워크를 구축하였으며, 그림 2는 이 중 한강과 섬진·영산강 권역에 대한 구축화면을 나타내고 있다. 그림에서와 같이 K-WEAP을 이용하여 네트워크를 구축함으로써 대상 지역 전반에 대한 물 수급 구조를 보다 쉽게 파악할 수 있으며, 사용자의 입장에서 쉽게 수정 및 보완이 이루어질 수 있다.



(a) 한강 권역

(b) 섬진·영산강 권역

그림 2. K-WEAP을 이용한 물 수지 네트워크의 구축

5. 결론

지금까지 우리나라 수자원 계획의 수립현황과 함께 한국형 통합수자원평가계획 모형인 K-WEAP 모형의 개요 및 현재 진행되고 있는 수자원장기종합계획 보완에서의 물 수지 분석 방법론에 대해 살펴보고 과거 계획에서의 방법과 비교 검토를 통해 차이점을 파악해 보았다. K-WEAP은 한국형 통합수자원평가계획 모형으로 수자원 계획과 평가의 모든 과정을 하나의 프로그램 내에서 수행할 수 있는 장점이 있다. 특히 K-WEAP을 이용하여 물 수지 분석 네트워크를 구축하게 되면 비전문가 입장에서든 쉽게 해당 지역의 물 수급 구조를 이해할 수 있으며, 전문가 입장에서는 구축된 네트워크에 대한 검토, 수정 및 보완을 보다 손쉽게 수행할 수 있다. 이러한 특성을 갖는 K-WEAP을 이용하여 현재 진행되고 있는 수자원장기종합계획 보완 등 각종 수자원 관련 계획을 수립하게 됨으로써 최근 들어 중요시 되고 있는 계획 수립의 투명성 확보 및 공감대 형성에 상당부분 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부(2001), 수자원장기종합계획.
2. 과학기술부(2004), 21세기 프론티어 연구개발사업 - 수자원의 지속적 확보기술개발사업 -, 유역통합물수지 분석 및 수자원계획기술 개발 최종보고서.
3. 과학기술부(2004), 21세기 프론티어 연구개발사업 - 수자원의 지속적 확보기술개발사업 -, K-WEAP 통합 수자원평가계획모형 사용자 안내서.