

K-WEAP을 이용한 통합수자원계획 시나리오 분석

○박희성*, 이동률**

1. 서 론

최근 수자원개발의 한계와 수질의 오염으로 인하여 제한된 수자원의 적절한 배분과 지속 가능한 수자원의 이용이라는 문제가 크게 대두되고 있다. 이것의 해결은 적절한 수급계획이 수립되지 않고서는 불가능한 일이다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 사용되고 있는 수자원계획 도구는 국·내외에 여러 가지가 있으나 수자원의 계획과 분석의 모든 절차를 종합적으로 가능하게 하여 주는 도구는 흔치 않다. 본 연구에서 사용된 K-WEAP은 기존의 SEI-B(Stockholm Environment Institute - Boston Center)에서 개발된 WEAP(Water Evaluation And Planning system)모형을 수자원의 지속적 확보기술개발사업단에서 추진하고 있는 유역통합 물수지 분석 및 수자원 계획 기술 개발 과제의 일환으로 국내 실정에 맞도록 임의 시간 단위로 모의가 가능하도록 변경하고 한글화한 수자원평가계획 모형으로서 수자원의 계획과 분석에 대한 모든 절차를 종합적으로 가능하게 하여 주는 도구이다. K-WEAP은 장기적인 수자원계획에 적합한 모형으로 수자원 수급 네트워크를 기반으로 선형계획법(Linear Programming)을 이용하여 하도물수지를 수행하며 통합적이고 종합적인 계획 수립 구조와 뛰어난 시나리오 분석 기능을 제공한다. 이러한 K-WEAP의 구조는 사회, 경제, 환경 등의 측면에서 지속 가능한 수자원계획의 수립을 지향하고 있다. 또한, 수요관리의 영향을 적절하게 반영할 수 있는 고유의 틀을 제공하여 수요관리의 효과를 손쉽게 시나리오에 반영할 수 있으며 직관적인 그래픽 사용자 인터페이스를 제공함으로써 유연하고 편리한 수자원 수급 시스템의 구축이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 이러한 K-WEAP 모형의 적용성을 평가하기 위하여 유역물수지 개념을 바탕으로 수립된 “수자원장기종합계획(2001~2020)”(2001, 건설교통부) 중 금강유역에 대한 물수지네트워크를 하도물수지 개념으로 전환하여 K-WEAP 상에서 구현하고 “수자원장기종합계획(2001~2020)”과 동일한 입력자료를 이용하여 물수지를 분석하고 이를 비교함으로써 수자원장기종합계획의 K-WEAP 모형으로의 전환 가능성을 알아보고 수요관리 등 몇 가지 대안을 선정하여 시나리오를 구축하고 이를 평가함으로써 K-WEAP의 국내 적용성을 시험해 보았다.

2. 연구방법

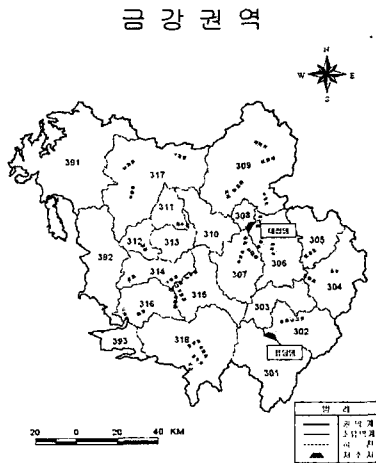
K-WEAP은 장기적인 수자원 계획을 위하여 개발된 도구이므로 K-WEAP의 물수지계산에 대한 적용성

* 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 연구원

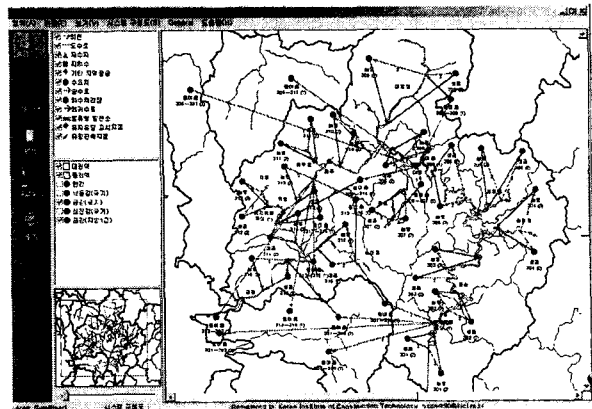
** 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 수석연구원

을 시험하기 위하여 “수자원장기종합계획(2001~2020)”의 물수지계산에 이용된 입력자료와 결과를 이용하였다. 그러나, 물수지방면 측면에서 수자원장기종합계획에서는 권역단위의 물수지계산 방식이 적용되었고, K-WEAP은 용수수급 네트워크를 이용한 하도물수지를 이용하고있으므로 <그림 1>에서 보여지는 수자원장기 종합계획의 권역을 <그림 2>와 같은 용수수급네트워크로 변환하였다.

또한, K-WEAP은 목표연도의 물공급 안전도를 고려하지 않기 때문에 목표연도에 대한 장기간의 반복 계산이 불가능하였으므로 수자원장기종합계획에서 최악의 물부족을 나타내고 있는 연도를 선택하여 해당 연도에 대해서만 계산을 수행하였다. 수자원장기종합계획에 의하면 1966년부터 1998년까지의 과거 유출량 자료를 대상으로 연속적으로 모의하였을 때, 1994년 10월부터 1995년 9월 사이에 가장 물부족이 크게 나타났으므로 1994년 10월의 댐 저수량을 초기값으로 하여 동일기간을 모의기간으로 선택하였으며 입력자료의 가용수준을 고려하여 2011년을 목표연도로 선택하여 모의하였고 모의결과 나타난 용담댐과 대청댐의 저수량 변화를 비교하여 이의 차이점을 분석하였다. 이상과 같은 전체적인 연구수행과정을 도식화하면 <그림 3>과 같다.



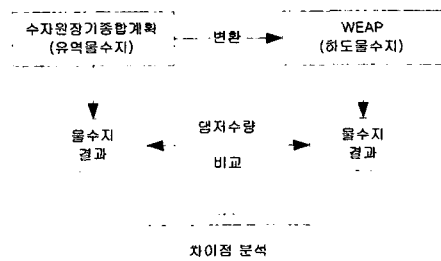
<그림 1> 수자원장기종합계획의 권역구분(금강유역)



<그림 2> K-WEAP 시스템 구성도(금강유역)

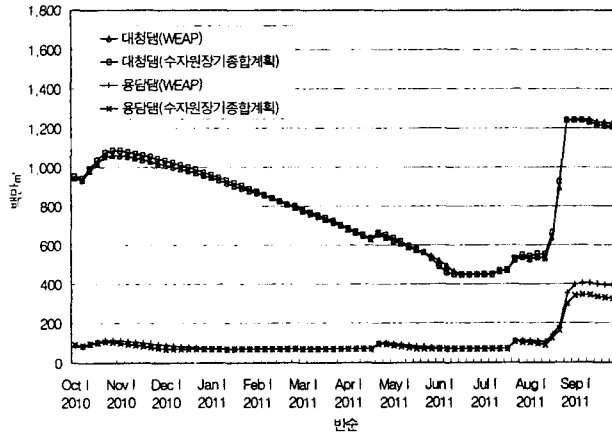
3. 결과비교

K-WEAP을 이용하여 수자원장기종합계획의 자료를 바탕으로 2011년을 목표연도로 하여 1994년 10월부터 1995년 9월까지의 자료를 이용하여 5일 단위로 물수지를 수행하였으며 수행결과로 나타난 용담댐과 대청댐에서의 저수량 모의 결과와 기존 수자원장기종합계획에서의 모의 결과를 <그림 4>에 도시하였으며 <그림 5>에서는 댐 유입량과 유출량 모의 결과를 1:1 그래프를 통해서 보여주고 있다. 결과를 살펴보면 상당히 근사한

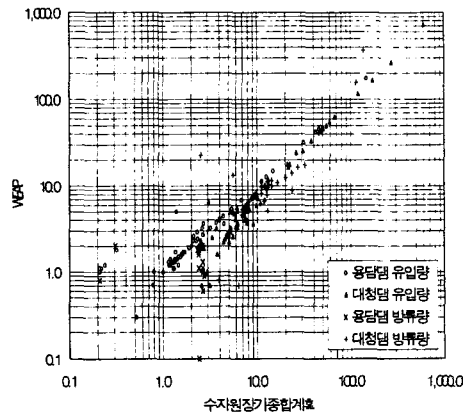


<그림 3> 연구 수행 절차

값들을 보이고 있으나 기간에 따라 약간의 차이를 보이고 있다. 이것은 근본적으로 수자원장기종합계획과 K-WEAP의 물수지 방법 차이에 기인하는 것이며 그로 인하여 수자원장기종합계획에서 제시하고 있는 취수량 제한 물수지 조건들을 K-WEAP에서 완벽하게 재현할 수 없었기 때문으로 보인다. 특히, 용담댐의 경우, 댐 저수위에 따라 발전 용량을 달리하는 2단 발전 방식을 채택하고 있으나 K-WEAP에서는 1단 발전방식의 입력만을 지원하므로 이것을 적절히 반영할 수 없었다. <그림 5>에서 용담댐의 방류량이 유입량이나 대청댐의 방류량과 달리 왜곡되어 나타나는 것은 이러한 이유 때문으로 사료된다.



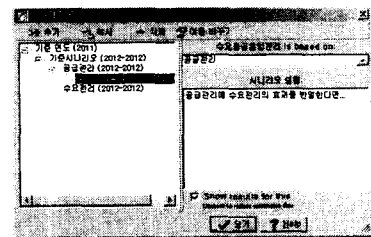
<그림 4> 댐 저수량 모의 결과 비교



<그림 5> 댐 유입/방류량 모의 결과 비교

4. 시나리오 분석

K-WEAP은 계획기간에 대한 변화를 기준으로 “만약 ~한다면”이라는 가정을 기반으로 여러 가지 시나리오를 구축하고 분석 할 수 있는 통합환경을 제공한다. <그림 6>은 K-WEAP에서 시나리오 관리를 위하여 준비된 화면을 캡처한 것이며 그림에서 보이는 것과 같이 각 시나리오는 수형도로 구조화된다. 수형도의 의미는 하위 시나리오가 상위 시나리오의 모든 속성, 즉, 입력 값을 상속한다는 것이며 따라서 손쉽게 다양한 시나리오를 구축할 수 있다.

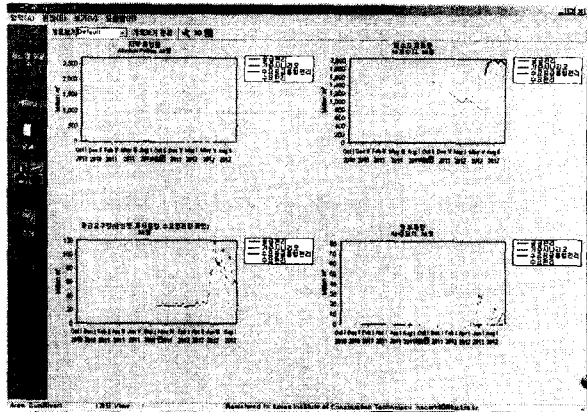


<그림 6> K-WEAP 시나리오 작성

본 연구에서는 <그림 6>에 나타난 것과 같이 가상적인 세 개의 시나리오를 준비하여 이를 분석하여 보았다. 먼저 공급관리 시나리오는 저수량 5억 m³ 규모의 신규 댐을 건설하는 방안이며 수요관리 시나리오는 적극적인 수요관리를 통하여 생공용수 10%, 농업용수 5%를 절감하는 방안이고 수요공급통합관리는 그림에서 보는 바와 같이 공급관리 시나리오를 바탕으로 수요관리 시나리오에 적용된 수요관리 정책을 추가한 방안이다. 분석된 결과는 K-WEAP에서 <그림 7>과 같은 화면으로 보여진다. 이 결과는 K-WEAP의 시나리오 구축 기능을 평가하기 위한 가상적인 자료로 이루어 졌다.

또한, 본 연구에서는 수자원장기종합계획의 K-WEAP 모형으로의 전환 가능성을 보여주기 위하여 수자원

장기종합계획에서 적용된 소유역별 물사용량을 직접 입력하였기 때문에 수요관리에 의한 효과를 일괄적으로 부여하였으나 수요량을 자체적으로 산정할 수 있도록 자료입력단계를 세분할 경우 시나리오 내에 관개방식의 변화라든지 물질 약 기기의 사용 등 세부적인 기술개발과 가격변동에 대한 수요량의 변화 등 단위 자료에 대한 정량적인 평가가 가능한 항목에 대하여 구체적인 기술이 가능하므로 짧은 시간 내에 여러 가지 대안들을 시나리오로 구축하여 그 영향을 평가하고 비교하는 것이 가능하다.



<그림 7> K-WEAP 시나리오 분석 결과

5. 결 론

이상에서 수자원장기종합계획과의 비교를 통하여 K-WEAP의 적용성과 수자원장기종합계획의 K-WEAP 모형으로 전환 가능성을 살펴보았다. 유역물수지 기법의 수자원장기종합계획을 하도물수지 기법의 K-WEAP 모형으로 전환하는데 약간의 문제점이 있으나 모형의 합리성을 훼손시키지 않는 범위 안에서 전환이 가능하다고 판단되며 하도구간을 중심으로 물수지가 이루어지므로 권역단위가 아니라 행정구역단위의 용수수급 네트워크가 가능하며 이에 따라 자료의 입력수준이 세분되어질 수 있을 것이다.

또한, K-WEAP모형의 시나리오 분석기능을 이용하여 가상의 시나리오에 대한 분석을 실시하여 보았다. 최적의 수자원 계획을 도출하기 위해서는 수많은 시나리오에 대한 가정과 평가가 이루어져야 하는데 이러한 시나리오의 구축과 평가과정이 기존의 계획수립절차에서보다 아주 단순하고 편리하며 효율적으로 이루어질 수 있었다. 이것은 좀 더 나은 수자원계획과 정책을 수립하는데 큰 도움이 될 것이다.

참고적으로 K-WEAP은 수자원의 지속적 확보기술개발사업단에서 추진하고 있는 유역통합 물수지 분석 및 수자원 계획 기술 개발 과제의 일환으로 기존의 WEAP 모형을 바탕으로 지속적인 개발이 진행중이고, 2003년 8월경에는 기존의 WEAP 모형이 지원하고 있지 않은 이수안전도의 평가 등의 내용이 K-WEAP에 추가될 예정이며, 이를 이용하여 2005년 수자원장기종합계획보완에 활용되어질 것이다. 또한, 2004년도에는 수질과 수량의 통합 분석을 위한 기능도 보장되어 질 것이므로 향후 다양한 활용과 평가가 기대된다.

6. 참고문헌

건설교통부 (2001). 수자원장기종합계획(2001~2020).

SEI-B(Stockholm Environment Institute - Boston Center) (2001). WEAP User Guide for WEAP21.

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호:1-5-1)에 의해 수행되었습니다.