

K-WEAP과 Qual2K 연계시스템 개발

Development of K-WEAP linked Qual2K

최시중*, 이동률**, 문장원***, 서재승****, 강성규*****

Si Jung Choi, Dong Ryul Lee, Jang Won Moon, Jae Seung Seo, Seong Kyu Kang

요 지

K-WEAP(Korea-Water Evaluation And Planning System)은 한국건설기술연구원과 SEI-US(Stockholm Environment Institute-US Center)가 공동으로 개발하고 있는 통합수자원평가계획모형으로서, 대부분의 기능은 기존의 SEI-US가 개발한 WEAP(Water Evaluation And Planning System)에 기반을 두고 있지만, 국내 실정에 맞도록 수정 보완한 후, 단계적으로 그 기능을 개선해 나가고 있어 향후 수자원계획을 위한 종합적인 도구로서 활용이 기대된다.

현재까지 K-WEAP의 2단계 기능개선 작업을 수행하였다. 주요 개선기능으로는 물수지모형의 개선과 하천수질모형의 개선, 편익산정모형의 개발 등이 있으며, 최근 보다 정확하고 다양한 오염원에 대한 하천수질모의를 위해 Qual2K와의 연계시스템을 개발하여 수량과 수질을 동시에 모의할 수 있게 하였다. 현재까지 개선된 기능으로는 물수지모형의 개선으로써 수요처 최소수질기준 설정기능을 개발하여 수질이 낮은 수원에서는 물을 공급받을 수 없는 상황을 물수지 분석시 적용할 수 있게 하였다. 하천수질모형의 개선부분에서는 분할 오염부하량 산정기능을 개선하여 수요처 오염부하량 산정시 사회경제지표와 오염원단위를 곱하여 발생량을 계산하는 방법과 직접 수요처 회귀수의 각 오염성분 농도를 입력하는 방법을 추가하였으며 K-WEAP과 Qual2K와의 연계시스템을 개발하여 보다 정확하고 다양한 오염원에 대한 하천수질모의를 가능케 하였다. 또한 모의된 수질결과와 관측치를 비교하기 위해 수질모의결과 검증기능도 추가하였다. 수자원계획 및 평가에 있어서의 편익산정을 하기 위해 경제성분석 모형도 추가하였으며, 사용자 인터페이스 부분에서는 시나리오간 결과를 비교할 수 있는 기능과 지역관리 기능을 개선함으로써 사용자가 보다 편리한 환경에서 수자원계획과 평가를 수행할 수 있게 하였다. 개선된 기능을 통해 보다 정확한 수량-수질 연계 모의가 가능해졌으며 사용자들은 보다 쉽고 정확하게 모의결과를 평가 할 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : K-WEAPq, Qual2K, 물수지분석, 하천수질모의, K-WEAP 기능개선

1. 서 론

최근 수자원개발에는 한계가 있어 보다 양질의 물을 공급받기 위해 수질 개선에 많은 노력을 기울이고 있다. 따라서 수자원 계획 및 평가에 있어서 수량뿐만 아니라 수질이 종합적으로 고려되어야 한다. 수량과 수질을 종합적으로 고려하여 수자원계획 및 평가를 수립할 수 있도록 지원하는 도구로서 21세기 프론티어 연구개발 사업의 일환으로 개발된 K-WEAP은 지표수-지하수-대체수자원의 연계모의 뿐만 아니라 수량-수질을 동시에 모의할 수 있어 통합적인 수자원계획 및 평가를 지원하도록 개발되었다. 최근에는 기존에 개발된 K-WEAP을 보다 사용자가 편리하게 이용할 수 있고 우리나라 수자원 실정에 맞도록 지속적으로 기능을 개선하고 있으며, 특히 세계적으로 널리 이용되고 있는 수질모형인 Qual2K와의 연계시스템을 개발하여 보다

* 정회원-한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원E-mail : sjchoi@kict.re.kr
** 정회원-한국건설기술연구원 수자원연구부 수석연구원E-mail : dryl@kict.re.kr
*** 정회원-한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원E-mail : jwmoon@kict.re.kr
**** 정회원-한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원E-mail : jsseo@kict.re.kr
***** 정회원-한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원E-mail : skkang@kict.re.kr

정확하고 다양한 하천수질모의를 가능토록 한 K-WEAPq(Water Water Evaluation And Planning System linked Qual2K)를 개발하였다. 이에 본 연구에서는 K-WEAP의 개선된 기능을 소개하고 Qual2K와의 연계시스템에 대해 소개하고자 한다.

2. K-WEAP 기능개선

21세기 프론티어 연구개발 사업의 일환으로서 개발된 K-WEAP 모형은 1단계(2001 ~ 2004)에서 지표수-지하수-대체수자원에 대한 모의기능과 수량-수질 연계모의기능이 완성되었으며 사용자인터페이스를 한글화하였다. 이에 대한 자세한 내용은 21세기 프론티어 연구개발사업에서 발간한 통합수자원평가계획모형 사용자안내서(2006)에 수록되어 있다. 1단계에서 개발된 K-WEAP을 국내 수자원 계획 및 평가에 이용하기 위해서는 여러 가지 보완해야 할 점들이 발견되었으며, 이러한 점들을 고려하여 2단계에서는 그 세부적인 기능들을 개선하고자 하였으며, 2단계의 세부적인 개선내용은 표 1과 같다.

현재까지 2단계 기능개선이 모두 수행되었으며, 2단계 1차년도까지의 기능개선에 대한 내용은 이미 발표되었기 때문에 본 연구에서는 2차년도와 3차년도의 기능개선을 중심으로 소개하고자 한다.

표 1. K-WEAP의 2단계 기능개선

구 분	2단계 기능개선 내용
1차년도 (2004 ~ 2005)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수요처와 하수처리장 회귀수 재이용기능 개선평가 ○ 하천 수은모의 기능 개발평가 ○ 네트워크상 모형결과 예시기능 개발평가 ○ 사용자 정의보고서 작성기능 개발평가 ○ 신뢰성 평가 분석기능 개선평가 ○ 개선기능 한글화 및 매뉴얼 작성
2차년도 (2005 ~ 2006)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 편익산정 기능 개발평가 ○ 수질모의결과 검정기능 개선평가 ○ 수요처 최소수질기준 설정기능 개발평가 ○ 처리장의 분할 오염부하량 산정기능 개선평가 ○ 개선기능 한글화 및 매뉴얼 작성
3차년도 (2006 ~ 2007)	<ul style="list-style-type: none"> ○ K-WEAP과 Qual2K 연계시스템 개발평가 ○ 시나리오간 결과 비교기능 개선평가 ○ 개선기능 한글화 및 매뉴얼 작성

3. 2차년도 기능개선

3.1 편익산정 기능 개발평가

K-WEAP의 편익산정 모듈은 시나리오와 관련된 비용 및 수익을 계산하는 방법을 제공한다. 고정비용과 변동비용, 고정수익과 변동수익은 K-WEAP의 네트워크에 포함된 저수지, 취입수로, 하천, 도수, 회귀수로, 지하수 공급, 기타 공급원, 수력발전소, 하수처리장 및 수요처와 같은 각각의 항목과 연결된다. 또한 자본비용, 고정수익 및 운영비용은 전체 시스템에 입력할 수 있으며, 경제성 분석 결과는 순비용, 현재 순가치, 연평균 물값 세 가지 형태로 제공된다. 자본비용은 시설물 건설에 따른 투자를 나타내며, 대출상환함수를 통해 대출총액 및 기간, 기준년도 및 이자율을 고려하여 계산한다. 운영비용 중 고정운영비용은 연간 운영 및 관리에 소요되는 일정한 비용을 뜻하며, 변동운영비용은 각 항목별 생산, 운송 등 소요되는 단위유량 당 비용을 나타낸다. 고정수익은 항목별로 발생하는 총 연간 수익을 의미하며, 변동수익은 항목별 생산, 운송, 소비로 인해 발생할 수 있는 단위유량 당 수익을 뜻한다. 분석결과로서 순비용은 수익을 제외한 전체비용을 의미하며, 자본, 운영비용, 순수익에 대한 장래 지출에 대한 현재 순가치는 시나리오에서 모형화된 각각의 미래 연도별 순비용의 현재 순가치 계산의 합이다. 연평균 물값은 모든 수요처로 이송되는 단위유량 당 순비용을 나타냄으로써 경제성 분석 결과를 제시한다.

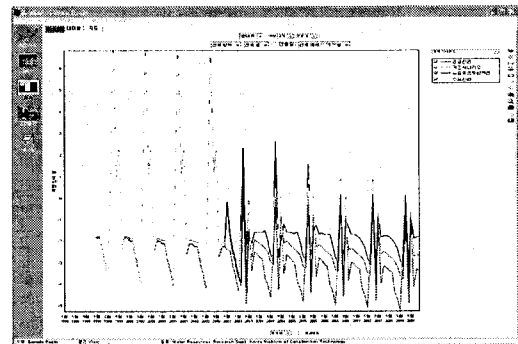


그림 1. K-WEAP을 통한 경제성분석결과

3.2 수질모의결과 검증기능 개선

수질 및 유량의 모의결과를 실제 관측된 유량 및 수질과 비교하기 위해 유량관측지점을 하천에 위치시킬 수 있는 기능을 추가하였다.

3.3 수요처 최소수질기준 설정기능 개발

수요처에 수요량을 공급할 때 최소수질기준을 설정하기 위해 각 성분의 최대허용농도를 입력한다. 수요처로 공급되는 모든 공급량은 입력된 최대농도를 넘지 않아야 하며, 만일 수요처의 공급원이 다수라면, 공급된 유량의 가중 평균치가 최대허용농도를 넘지 않아야 한다. 만약 수요처에 공급할 수원의 수질이 최소수질기준을 초과한다면 K-WEAP에서는 물을 취수하지 않는다.

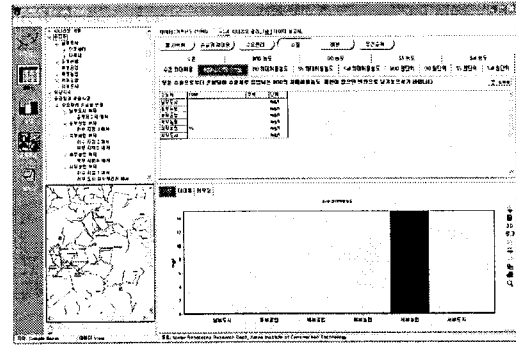


그림 2. 수요처 최소수질기준 설정기능

3.4 분할 오염부하량 산정기능 개선

K-WEAP에서는 수요처에서의 오염 발생량을 정의하기 위해 두 가지 방법을 이용한다. 첫 번째로 사회경제지표와 오염원단위를 이용하는 방법으로 이 둘을 곱하여 연 오염 발생량을 계산한다. 연 오염발생량은 물 사용량의 월별수요변동을 이용하여 월별 오염 발생량으로 바꿀 수 있다. 두 번째 방법은 수요처 회귀수의 각 오염성분 농도를 입력하는 것으로 K-WEAP은 하수 회귀수량에 이 농도를 곱하여 오염물의 발생량을 계산하게 된다.

3.5 지역관리 기능 개선

사용자의 편의를 위한 저장기능을 개선하고자 새이름으로 저장하는 기능과 함께 버전 설정 기능을 추가하였다. 기능 개선된 K-WEAP은 각각의 지역에 대해 여러 개의 버전을 저장할 수 있으며 이전 버전으로 돌아가고 싶을 때 버전 바꾸기 기능을 이용하면 된다. 또한 버전에 대한 메모를 할 수도 있으며 메모가 첨부된 버전은 삭제되지 않는다. 백업 버전은 지역을 저장할 때 항상 자동적으로 생성되며 하드 디스크의 여유 공간이 없을 시 가장 오래된 버전부터 자동적으로 삭제되며 최근 버전 위주로 보관한다.

4. 3차년도 기능개선

3차년도의 K-WEAP 기능 개선은 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 첫 번째 유량과 연계한 수질을 모의하기 위한 기능으로 기존의 K-WEAP에 미국 환경청(EPA,2006)의 대표적 수질모의 프로그램인 Qual2K를 연계할 수 있는 시스템 개발이며, 두 번째 기능 개선의 내용은 각 시나리오간 결과 비교를 쉽게 개선한 것이다.

4.1 K-WEAP과 Qual2K 연계시스템 개발

본 연구에서는 수량과 수질을 동시에 모의할 수 있는 모형을 개발하고자 하였으며 기존의 K-WEAP에서도 수량-수질을 동시에 모의할 수 있지만 K-WEAP에 내장되어 있는 수질관련 함수들은 BOD모형, DO모형,

1차감소함수, 수온모의, 보존성 물질에 대한 것뿐이었다. 보다 정확하고 다양한 수질 분석을 위해서는 여러 오염원(pH, 질소, 인, 수온, BOD, 병원균, 조류 등)을 고려해야 하기 때문에 최근 Qual2e 모형을 업그레이드시킨 Qual2K를 K-WEAP 모형과 연계시킨 K-WEAPq 모형을 개발하였다. 모형의 대략적인 모의 방법은 그림 3과 같다.

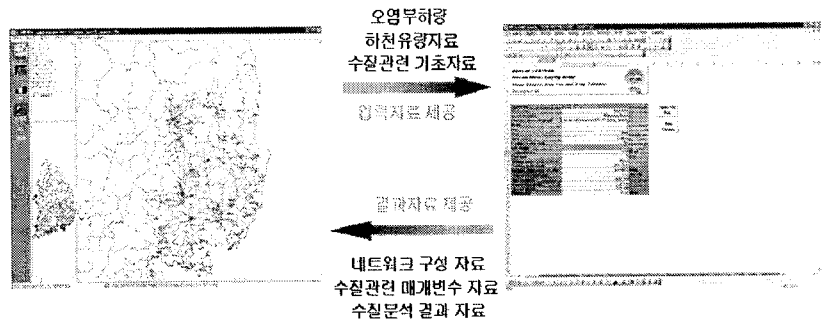


그림 3. K-WEAP과 Qual2K 연계시스템 개발(K-WEAPq)

K-WEAP이나 Qual2K에서 저수지나 호수의 수질 모의를 하지는 못한다. 이는 저수지나 호수의 공간적인 층별 변화에 대한 불확실성 등 여러 가지 요인에 기인한다. 또한, Qual2K에서는 저수지를 운영되지 않는 웨어와 같은 단순한 구조물로 인식하기 때문에 시간의 변화에 따라 변할 수 있는 저수량 운영 모의가 불가능하다. 따라서 저수지가 있는 하천에서 수질을 모의할 경우 저수지의 상류와 하류로 구분하여 모의하는 경우가 많다. K-WEAPq에서는 수질에 대한 저수량의 영향을 고려하지 않기 때문에, 방류농도는 단순 시간단위의 유입량에 대한 단순 가중평균으로 계산된다.

4.2 시나리오 간 비교 분석 기능

기존의 K-WEAP에서는 분석결과(하천유량, 수질, 경제성 분석, 물 부족 등)를 선택된 시나리오에 대해서만 도출 가능하였다. 따라서 시나리오별 결과를 비교, 분석하기 위해서는 각각의 시나리오에 대한 결과를 별도로 도출하여 비교해야 하는 번거로움이 있었다. 본 연구를 통해 이런 문제점을 해결하고자 각각의 시나리오별 결과를 직접 비교, 분석하기 위한 기능을 첨가하였다.

5. 결론

지금까지 K-WEAP의 활용성을 높이기 위해 지속적인 기능 보완 및 개선이 이루어지고 있다. 주요 개선 기능으로는 물수지모형의 개선과 하천수질모형의 개선, 편익산정모형의 개발 및 사용자 인터페이스 부분 등이 있으며, 보다 정확하고 다양한 오염원에 대한 하천수질모의를 위해 Qual2K와의 연계시스템을 개발하였다. 또한, 앞으로 저수지 수질모형을 개발하고, Multi-time Scale 강우-유출 모듈, 지표수-지하수연계 모듈, 목표 수력발전량 평가모듈 및 비점오염원 추정 모듈 등을 개발하여 K-WEAP에 탑재시킬 계획이다. 사용자 인터페이스 부분으로써는 자료입출력 개선, GIS와의 연계 등을 목표로 지속적으로 기능을 개선해 나갈 것이다. 개선된 기능을 통해 사용자는 보다 편리한 환경에서 수자원평가 및 계획에 있어서의 모형을 구축하고 평가할 수 있을 것이며 보다 편리하게 분석 결과를 도출해 낼 수 있을 것으로 기대된다.

기능 개선된 K-WEAP은 수자원장기종합계획(2006~2020)(건설교통부, 2006)에서 물 부족 전망에 활용되어 그 실용성을 입증 받았으며 최근 과학기술부에서 선정한 2003-2005 국가연구개발 우수성과 100선에 선정되어 그 우수성을 인정받았다. K-WEAP은 국가적 차원의 물 수급 전망 및 용수수급계획, 지역수자원계획 수립과 평가, 유역관리를 위한 환경정책 등 다양한 분야에 폭넓게 이용될 수 있는 강력한 모형이라고 할 수 있다. 또한 K-WEAPq 모형을 통해 수량 및 수질 분석을 동시에 수행함으로써 일반대중에게 물 수급 및 수질변화에 대한 이해력을 높일 수 있고, 누구나 쉽게 구축된 네트워크를 이용하여 수정, 보완을 수행할 수 있다는 장점을 제공할 수 있으며 이를 통해 투명성 확보 및 공감대 형성을 이끌어낼 수 있을 것이다. 이에 대한 자세한 내용은 K-WEAP 웹사이트(www.drought.re.kr)를 통해 얻을 수 있다.

감 사 의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 #1-5-2)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부(2006). 수자원장기종합계획(2006 ~ 2020).
2. 과학기술부(2004). 21세기 프론티어 연구개발사업 - 수자원의 지속적 확보기술개발사업, 통합수자원평가계획모형 사용자 안내서.
3. U.S. Environmental Protection Agency(2006). QUAL2K Documentation.
4. <http://www.drought.re.kr>