

## OE9) 수질예측을 위한 WASP7모형 매개변수의 추정

서명준\*, 안승섭<sup>1</sup>, 김석중<sup>2</sup>, 고병련<sup>3</sup>

경일대학교 대학원, <sup>1</sup>경일대학교 건설정보공학과,

<sup>2</sup>경일대학교 대학원/대구광역시 상수도 관리본부,

<sup>3</sup>제주산업정보대학 토목공학과

### 1. 서 론

생활수준의 향상으로 휴식공간을 창출하고자하는 인류의 욕망은 생·공·농업용수의 근간이 되는 저수지 상류지역의 개발과 토지이용의 변화를 가져오게 되었다. 저수지 상류의 토지이용형태의 변화와 식생의 성장은 이상기후의 발생과 함께 오염물질이 담수호로 유입되고, 호수 수질 악화의 원인을 제공하게 되었음에도 개발과 보전에 대한 충분한 대책을 수립하지 못함으로 인하여 개발과정에서 발생되고 있는 환경문제, 특히 수질오염으로 인한 환경악화는 국민적 관심사가 되었다. 또한 우리나라 호수 환경에 대한 연구는 생물학적 접근이 주류를 이루고 있는 실정이나 최근 들어 호수 환경공학적인 접근이 이루어지고 있다. 부영양화 모형은 수질 항목별로 관련 요소를 지정하여 상호작용을 모의토록 하기 때문에 많은 제약이 따른다. 따라서 정확하고 신뢰성 있는 예측모형을 구현하기는 어려우나 조건에 대한 호수의 반응과 물리적, 생물화학적 주요 요인들을 규명할 수 있는 장점으로 인해 수질예측의 도구로 사용되고 있다.

본 연구에서는 국내외에서 호소수질 모의결과의 우수성이 입증된 WASP7 모형을 이용하여 낙동강 유역 최상류에 위치한 안동댐의 수질예측에 이용할 수 있는 모형매개변수를 추정하고자 한다.

### 2. WASP7 모형의 개요

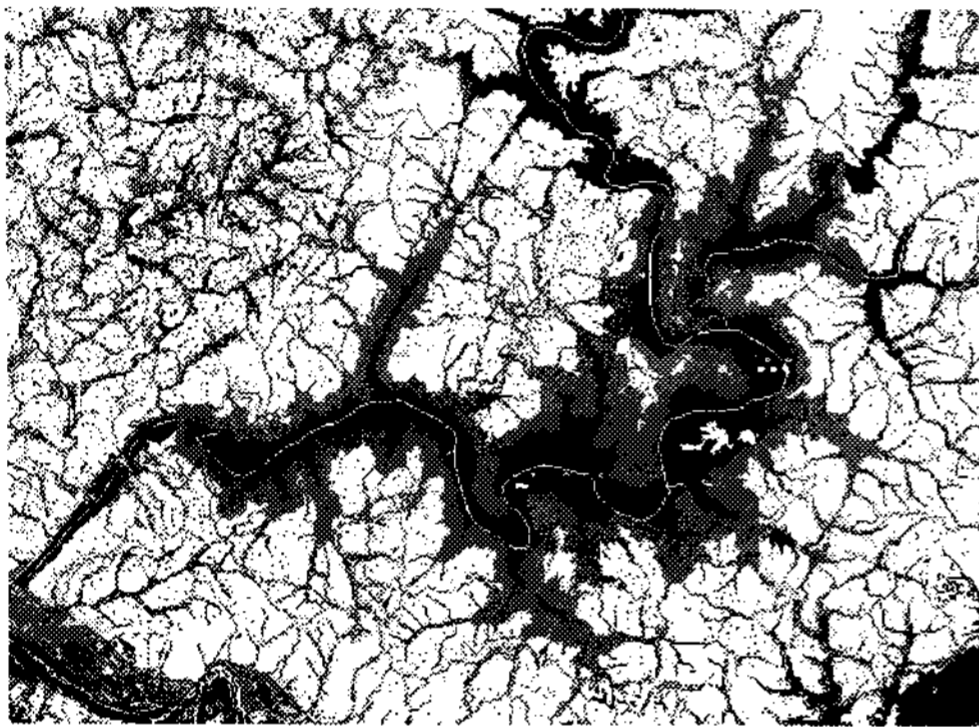
연구대상지역인 안동댐의 수질 모의를 위하여 WASP7(Water Quality Analysis Program)모형 내의 EUTRO5를 이용하였다. WASP7모형은 수질 및 수리학적 모의 모형으로서 미국 EPA의 Great Lake Program의 일부로 Di Toro 등에 의해 1981년 처음 개발된 후, 수차례의 적용을 통한 결과 분석을 바탕으로 수정과 보완을 거쳐 온 모형이다. 이 모형은 호수 및 하천의 수질모의에 널리 이용되고 있는 것으로 국내외에서 이미 적용한 사례가 많을 뿐만 아니라 그 계산 능력의 우수성이 입증된 모형이다.

EUTRO5모형에서 고려되는 수질인자는 모두 8개로  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$ , Chl-a, DO, CBOD, Organic-N, Organic-P등으로 구성되어 있다. 8개 항목은 6종류의 복잡도에 따라 수질을 모의할 수 있는데, 복잡도4 이상에서는 최대 8개 수질항목의 모의가 가능하고, 복잡도5에서는 비선형효과 및 탈질소화 과정이 포함된다. 그리고 복잡도6에서는 수질항목과 수저생물군의 상호작용까지 다룰 수 있으나 본 연구에서는 복잡도4를 설정하여 수질을 모의하였다.

### 3. 모형의 적용 및 매개변수 추정

#### 3.1. 대상지역 설정과 segment 의 구분

본 연구의 적용수역은 안동댐을 포함하고 있는 안동호의 일부이다. 이 수역은 정체수역이므로 유속실측자료가 없어 흐름특성에 따른 segment의 분할에 어려움이 따른다. 그러나 수질모의를 위한 사전작업으로 수리모형의 최적화는 필수적이므로 호수의 지형특성, 인근 오염원의 개체수, 호수내 댐의 위치 및 수질측정지점 등을 고려하여 <그림 2>와 같이 수평으로 10개의 표수층 segment 의 구획으로 나누었으며, 또한 연구의 정밀도를 기하기 위해 수직으로 심수층 10구획, 상위저질층 5구획, 하위저질층 5구획의 segment 로 구분하였다.



<그림 1> 연구대상지역 위치



<그림 2> Segmentation of Reservoir

#### 3.2. 모형의 적용 및 매개변수의 추정

본 연구에서는 WASP7모형의 매개변수의 최적화를 위하여 모형 적용기간을 2005년 1월부터 2006년 8월까지 수질관측자료를 이용하였다. 연구에 사용된 수리·수문학적 자료는 건설교통부, 한국수자원공사, 국립환경과학원 등에서 제공되는 자료를 이용하였다. 수질모의를 위해 필요한 수질항목으로는 질소, 인, BOD 및 DO 등을 선정하였으며, 복잡도4에서 수질을 모의하였다.

대상유역의 수온은 봄(3,4,5월), 여름(6,7,8월), 가을(9,10,11월), 겨울(12,1,2월)로 나누어 기상청의 자료를 참고하여 각 군별로 평균값을 적용하였으며, 용존산소(DO)의 초기조건은 4 mg/l, 생물학적 산소요구량(BOD), 총질소(T-N) 및 총인(T-P)의 농도는 각각 1mg/l, 1mg/l 및 0.010mg/l로 하였다.

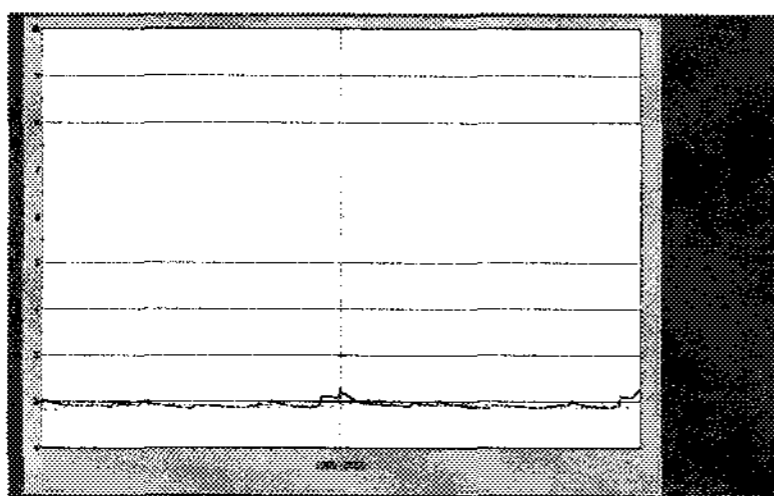
총질소(T-N)와 총인(T-P)농도의 수질모의 결과와 실측치의 오차는 각각 1.4%, 1.7%로서, 모의 결과 값은 재현성이 우수한 것으로 입증되었다. 총질소(T-N)와 총인(T-P)농도는 인부하량, 온도, 일사량 등의 영향을 받지만, 민감도 분석결과 총질소(T-N)는 K71C(용존 유기성 질소의 광화율), 총인(T-P)은 K83C(용존 유기성 인의 광화율)의 매개변수에서 어느 정도의 차를 보였으며 그 외의 매개변수에서는 거의 민감도를 나타내지 않았으므로 무시하였다. <그림 3>과 <그림 4>는 총질소(T-N)와 총인(T-P)농도의 수질모의 결과이며, K71C(용존 유기성 질소의 광화율), K83C(용존 유기성 인의 광화율)의 매개변수를 조정했

을 때의 결과를 포함하고 있다.

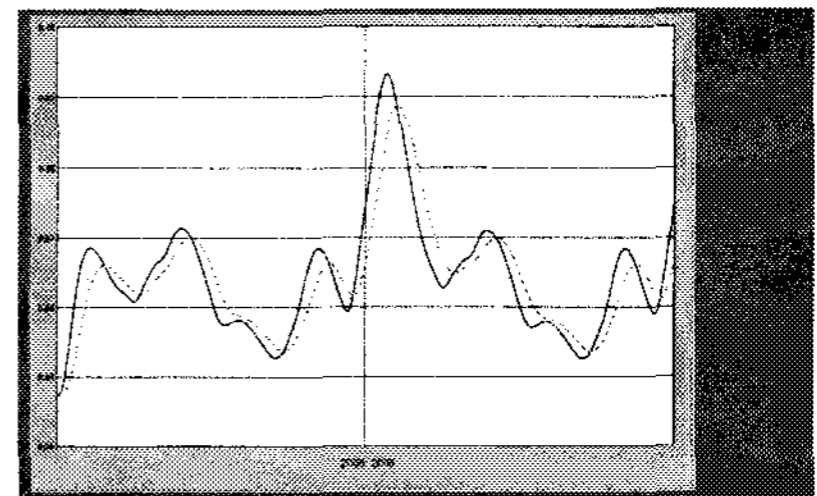
<표 1> 수질측정자료

월	관측 수질					비고
	BOD(mg/ℓ)	DO(mg/ℓ)	T-N(mg/ℓ)	T-P(mg/ℓ)	수온(°C)	
2005.01	1.2	9.4	1.201	0.014	7	
02	1.2	14.1	1.124	0.017	5	
03	1.2	16.2	1.200	0.017	4	
04	1.0	9.6	1.075	0.010	5	
05	1.6	12.0	0.981	0.012	9	
06	1.2	10.4	1.141	0.007	11	
07	1.5	11.2	1.288	0.019	11	
08	1.5	8.3	1.802	0.025	16	
09	1.3	6.9	1.661	0.012	17	
10	1.3	4.9	1.610	0.018	16	
11	1.2	6.6	1.054	0.010	12	
12	1.2	7.3	1.016	0.011	10	
2006.01	1.1	8.7	1.016	0.013	5	
02	1.1	10.5	0.987	0.010	4	
03	1.0	12.1	0.969	0.014	4	
04	1.1	12.5	1.187	0.010	5	
05	1.2	12.0	1.030	0.023	10	
06	1.2	10.6	1.039	0.011	11	
07	1.1	10.3	1.732	0.012	12	
08	1.5	10.4	1.219	0.047	16	

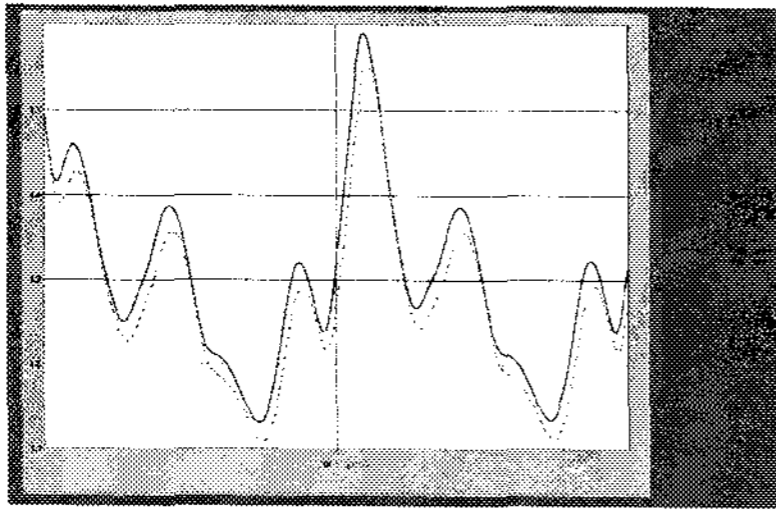
BOD와 DO 농도의 수질모의 결과와 실측치의 오차는 각각 1%, 1.4% 로서, 매우 정확하게 수질 모의가 구현되었다. BOD 는 탈산소율(KDC), 온도, 식물성 플랑크톤 성장의 내생 호흡률(KIRC), 식물성 플랑크톤의 포화된 성장률(K1C)등의 영향을 받지만, 분석결과 온도에 민감도를 보였으며 다음으로 탈산소율(KDC)에 의한 민감도를 보였다. 그 외의 매개변수에는 반응하지 않았다. DO 는 탈산소율(KDC)의 매개변수에 어느정도 민감도를 보일 것으로 예상하였으나 모의 결과 탈산소율(KDC)에 의한 민감도는 나타나지 않았으며, 온도에만 민감도를 보였다. 다음 <그림 5>와 <그림 6>은 BOD와 DO의 수질모의 결과이며, 온도계수를 조정했을 때의 결과를 포함하고 있다.



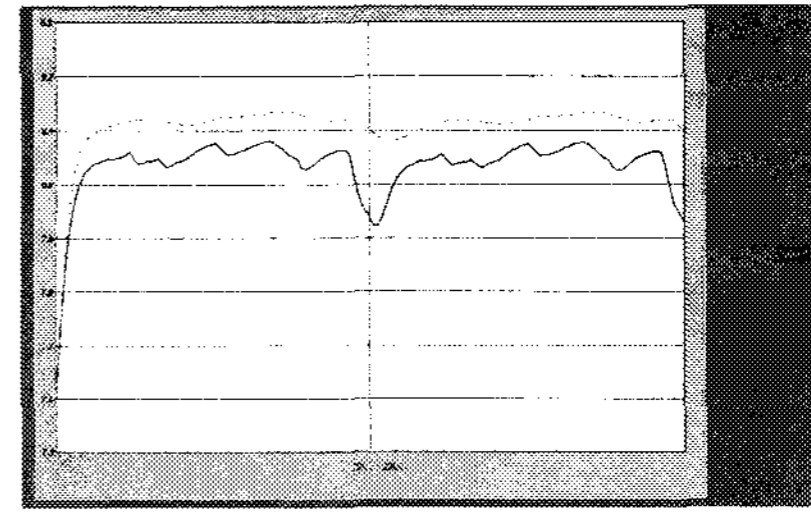
<그림 3> 총질소(T-N)의 수질모의 결과



<그림 4> 총인(T-P)의 수질모의 결과



<그림 5> BOD 의 수질모의 결과



<그림 6> DO의 수질모의 결과

<표 2> WASP7모형 매개변수 추정결과

모형 매개변수	범례(U.S.EPA제공)	최적 추정치	비고
K12C	0.09 - 0.13	0.09	20°C에서 질산화율
K12T	1.08	1	온도계수
KNIT	0.5	0.5	질산화에 대한 반포화 상수
K20C	0	0	20°C에서 탈질산화율
K20T	1.08	1	온도계수
KNO3	0.1	0.1	탈질산화에 대한 반포화 상수
K1C	2.0	2.0	식물성 플랑크톤의 포화 성장률
K1T	1.068	1.0	온도계수
KMPG1	1.0	1.0	플랑크톤 성장에 필요한 인의 반포화상수
K1RC	0.02 - 0.6	0.03	20°C에서 플랑크톤 성장의 내생호흡률
K1D	0.02	0.02	비육식성 플랑크톤의 사멸율
KPZDT	0	1.0	온도계수
KDC	0.16 - 0.21	0.17	20°C에서 1일 생물학적 탈산소율
KDT	1.047	1.0	탄소성 탈산소에 대한 온도계수
KDSC	0.0004	0.0004	침전물에서 1일 탄소성 BOD 분해율
K71C	0.075	0.062	용존 유기성 질소의 광화율
K71T	0	1.0	온도계수
K83C	0.075	0.081	용존 유기성 인의 광화율
K83T	0	1.0	온도계수

#### 4. 결 론

안동호의 일부분을 대상연구지역으로 설정한 본 연구에서의 수질모의 결과는 실측치와의 비교에서 적절하고 우수한 오차율을 보임으로서 수질모의의 정확도가 입증되었다. 총질소(T-N)와 총인(T-P)농도에 영향을 주는 매개변수는 인부하량, 온도, 일사량 등이 있으나 가장 큰 영향을 주는 매개변수는 K71C(용존 유기성 질소의 광화율), K83C(용존 유기성 인의 광화율)임을 알 수 있었다. BOD와 DO에 영향을 주는 매개변수는 탈산소율(KDC), 온도, 식물성 플랑크톤 성장의 내생호흡률(K1RC), 식물성 플랑크톤의 포화된 성장률(K1C) 등

이 있으나 BOD 는 온도에 가장 큰 영향이 있었으며 다음으로 탈산소율(KDC) 에 민감도를 분석할 수 있었고 그 외의 매개변수에서는 반응하지 않았다. DO는 온도가 가장 영향을 주는 매개변수임을 알 수 있었다. 이러한 매개변수의 추정으로 대상유역의 수질모의 분석에 적합한 매개변수를 적용할 수 있으리라 사료된다.

#### 참 고 문 헌

1. 조홍연, 이길성, 전경수, 한광석, 1993. "WASP4 모형의 매개변수 추정- 팔당호를 중심으로-", 대한토목학회 논문집 제13권 4호, pp177-188
2. Ambrose, R.B et al, 1998. WASP6 User's Manual, and Programmer's Guide. U.S.EPA -<http://www.epa.gov/>
3. RATES, CONSTANTS, AND KINETICS FORMULATIONS IN SURFACE WATER QUALITY MODELING. U.S.EPA -<http://www.epa.gov/>
4. 건설교통부 (국가 수자원 관리 종합정보 시스템-<http://www.wamis.go.kr/>), 한국수자원공사 (다목적 댐 수문자료-<http://www.kwater.or.kr/>), 국립환경과학원 (<http://www.nier.go.kr>)