

Modified WASP5(EUTRO5)의 개발

Development of Modified WASP5(EUTRO5) for River Application

신 동 석*, 권 순 국

Shin, Dong Seok*, Kwun, Soon Kuk

Abstract

This study is to modify the EUTRO5(sub-model of WASP5) for applying river water quality simulation. Because previous version of EUTRO5 has unique kinetic constant for all segment on each constituent, EUTRO5 is not adequate for some river simulation. As this version have each kinetic constant for all segment on each constituent, it will be suitable for model application with rapid changing geometry and kinetic purification of upstream river.

I. WASP5(EUTRO5) 모형의 수정 배경

WASP모형은 1983년 Di Toro 등이 Great Lake의 부영양화와 PCB 오염을 예측하기 위하여 처음 개발하였다. Connolly 등(1984), Ambrose 등(1988)에 의해 수정·보완되어 Potomac Estuary 및 James River Estuary, Delaware Estuary, Deep River 등에 적용되었고, 1999년 3월 현재 미국 EPA에서는 WASP5를 최신 모델로 공개하고 있다.

WASP 모형의 구성은 수리모형인 DYNHYD5와 부영양화 모형인 EUTRO5, 특성물질 모형 TOXI5로 구성되어 있으며, 국내에 알려진 WASP 모형은 대개 환경영향평가서 등에 사용된 EUTRO5를 의한다.

그런데 현재의 버전은 반응계수가 각 구획별로 동일한 계수를 입력하도록 되어 있어 호수 및 하구에서는 적용에 무리가 없으나, 하천과 호수가 연계된 수체에 적용할 경우 반응계수가 수체별로 다르므로 작용결과의 신뢰도가 저감된다. 특히, 우리나라의 경우 하상조건이 상류부터 하류까지 상당히 변할 뿐만 아니라 하천에 취수용 보(淤)가 다수 존재하므로 이들 구획에서는 반응계수가 상이할 것이므로 EUTRO5를 하천에 적용시 무리가 따를 수 있다. 따라서 이에 대한 보완으로서 구획별로 각각의 반응계수를 갖도록 모델을 수정하였다.

또한 입력자료의 형태 중 CBOD값 대신에 BOD5를 입력하여 내부에서 초기 CBOD를 계산하도록 하였고, 점오염부하량은 발생부하량과 시간별 유달율로 입력할 수 있도록 수정하였다.

수정전 :

- 반응계수 - 각 1개
- 계산 구획 수 - 300
- 경계조건 수 - 30

수정후 :

$$\text{초기 CBOD} = [\text{BOD5} / (1 - e^{-k5})] * (1 - e^{-k30})$$

반응계수 - 각 반응계수당 구획별 값

계산 구획 수 - 1500

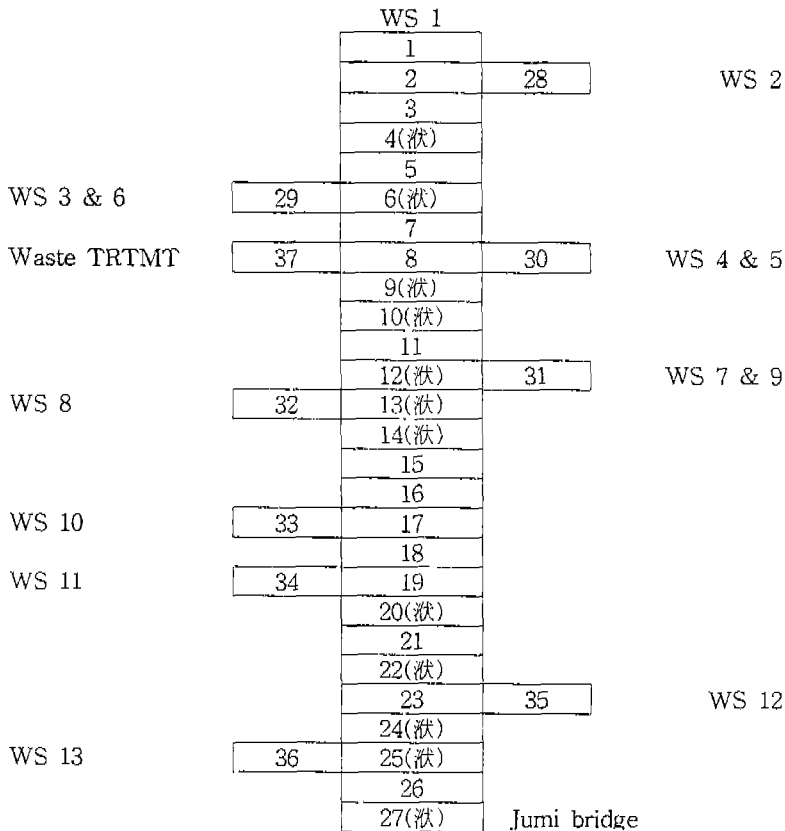
경계조건 수 - 500

부하량 = 오염발생량 * 시기별 유달을

II. Modified EUTRO5 모형(EUTRO6)의 적용

1. 대상유역 현황

모형의 적용 수계로서 수문 및 수질 자료를 비교적 체계적으로 관측하고 있는 경기도 이천군, 용인시, 광주군 일부를 포함하는 복하천을 선택하였다. 복하천은 발원지로부터 유로연장이 17km이고 유역면적이 80km²인 전형적인 농촌유역으로 임야가 64%, 농경지가 27%를 차지한다. <Figure 1>과 같이 13개 소유역을 기준으로 상류측 경계는 10개 주요 지류와 1개의 하수처리장이며, 하류측 경계는 복하천 하류부의 주미교이며, 분할구획의 구성은 평균 길이가 350m인 37개 구획으로 하였다.



<Figure 1> Schematic Diagram of Bokha stream

2. 모형의 보정

1) 모형 수행의 기본 가정

기상자료중 일사량은 수원축우소, 증숙동 기타 기상자료는 이천기상대 자료(기온, 풍속, 일조율등)를 사용하였다.

측정하지 않은 유기질소와 유기인은 TN, TP와 NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} 등과의 관계로부터 계산하였다.

2) 모형의 입력자료

WASP5의 주요 입력자료는 다음과 같다.

- ① 모형수행을 위한 기본자료 - 모형의 구성 및 입출력 제어
- ② 구획간의 연결특성 - 단면적, 특성길이, 확산계수, 부피, 수리계수
- ③ 운송장에 관련된 자료 - 유량 및 흐름방향
- ④ 경계조건 및 오염부하량 자료 - 경계구획의 수질농도/오염부하량
- ⑤ 환경매개변수 및 상수와 기상자료등
- ⑥ 수질항목의 초기농도 및 용존율

모형의 구성은 경기도(1984)의 북한천 하천정비 기본계획을 참고하여 <Figure 1>과 같이 하폭, 바닥경사, 사행정도 등 수리적으로 비슷한 특성을 지닐 것으로 예상되는 본류 구간을 27개 구획으로 하고, 단면적, 특성길이, 부피 등을 도출하였고, 경계조건 구획의 하천제원들은 인접 본류구획의 값을 산술평균한 것으로 하였다.

수리 및 수질자료는 1995년부터 수행 중인 “농촌하천유역의 종합적 수질관리 시스템 개발”의 자료를 이용하였고, 수리계수는 측정된 유량, 유속 및 수심자료에 기초하여 회귀분석을 통하여 결정하였다.

유량은 각 소유역 말단에서 측정된 자기수위 기록과 수위-유량관계식으로부터 환산한 유량 계산 값을 사용하였다.

3) 모형의 매개 변수 보정

모형의 계산시간간격은 모의발생 시간을 최대한 줄이고자 자동계산 옵션을 사용하였고, 화면출력을 단순화함으로써, 기존 60분에서 평균 5분으로 실행시간을 단축시켰다. 유기인, 인산, 유기질소, 암모늄, 질산, BOD, DO 관련 계수순으로 보정 하였으며, 상위 순위의 계수고정시 하위 순위의 농도를 보정할 수 없을 때 상위 계수부터 보정하여 실측농도와의 차이가 최소화 될 때까지 반복하였다. 보정된 계수는 <Table 1>에 나타내었다.

대부분 계수의 보정값이 WASP5 Manual이나 기존 적용(1988) 결과 값과 큰 차이를 보이는 데, 이는 대상유역이 하구가 아니라 유속과 물질의 순환이 빠르며, DO 농도가 높은 상류의 소하천이기 때문으로 판단되며, 각 구획별로 특성에 맞는 계수를 결정하는 과정에서 하천수리구조물들이 기존 적용에서는 반영되지 않았기 때문으로 판단된다.

<Table 1> Main Reaction Coefficients of WASP5

Const. Code	Manual	Previous(1998)	Modified(1999) Range(Mean)
질산화(11)	0.09-0.13	0.80	0.05~3.00(1.08)
탈질(21)	0.09	0.005	0.001~2.50(0.50)
탈산소(71)	0.16-0.21	0.15	0.01~0.10(0.05)
재포기(82)	-	0.25	0.20~0.30(0.27)
질소무기화(91)	0.075	0.05	0.001~2.25(0.36)
인무기화(100)	0.22	0.01	0.001~1.25(0.14)

4) 모형의 보정 결과 분석

가) 본류구간에서의 BOD, TN, TP

<Figure 2>와 <Figure 3>같이 예측치와 실측치의 BOD, TN, TP의 결정계수가 TP 이외에는 높지 않으나, <Figure 4>와 같이 시기별 경향은 보이고 있다.

한편 Org-P, PO4-P, Org-N, NH3-N, NO3-N 및 DO의 보정결과, 본류구간에서의 실측값과 계산값의 결정계수는 각각 0.875, 0.817, 0.725, 0.188, 0.306, 0.717이고, 주미교 지점에서는 각각 0.725, 0.917, 0.889, 0.835, 0.685, 0.829로 나타났다.

TN의 결정계수는 구성요소인 Org-N, NH3-N, NO3-N의 결정계수가 높음에도 불구하고 낮은 값을 보이는 것은 각 항목의 예러들이 누적되었기 때문으로 판단된다.

나) 기존모델의 적용결과와의 비교

기존 모델을 사용한 경우와 비교하기 위하여 사용한 계수는 EUTRO6에서 사용한 구획별 계수의 평균값이었으며, 그 결과는 <Figure 5>와 <Figure 6>과 같다.

그런데 BOD, TN, TP에서는 별다른 개선 정도가 보이지 않으나 세부 항목으로 비교하면 <Table 2>와 <Table 3>과 같이 약간 개선된 결과를 보이고 있다.

<Table 2> Comparison between previous and new version in main stream

	Previous	New	Remark
Org-P	0.850	0.875	
PO4-p	0.771	0.817	
Org-N	0.662	0.725	
NH3-N	0.043	0.188	
NO3-N	0.293	0.306	
DO	0.702	0.717	

<Table 3> Comparison between previous and new version at Jumi(Seg.27)

	Previous	New	Remark
Org-P	0.779	0.725	
PO4-p	0.754	0.917	
Org-N	0.810	0.889	
NH3-N	0.298	0.835	
NO3-N	0.682	0.685	
DO	0.772	0.829	

III. 결 론

수정된 EUTRO6 모형을 사용하여 복하천에 적용한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 수리구조물인 보(淤) 등을 고려하기 위해서는 기존의 EUTRO5 보다는 수정된 모형이 실측값과 계산값의 결정계수가 PO₄-P, NH₃-N은 각각 22%, 180% 개선되었다.
2. 하천과 호수가 연계된 수체에 적용하기 위해서는 QUAL2에서와 같이 각 구획별로 반응계수를 입력할 수 있어야 할 것이다.

IV. 참고문헌

- 1) 권순국의, 1994, 농어촌용수 환경관리에 관한 연구(Ⅲ), 농어촌진흥공사
- 2) KAIST, 1987, 수계별 수질예측 수치모델의 개발(4차)
- 3) 오경미, 조순행, 유희찬, 1995, 남한강 실측치와의 통계적 비교를 근거로 한 수질예측모형의 적용성 평가, 한국수질보전학회지 제1권 제4호, pp.311-321.
- 4) 신동석외, 1993, 도시하천 수질관리 방안 연구, 서울시정개발연구원
- 5) 김성홍, 1990, 감소하천에 대한 정상상태 수질모형의 적용, 서울대 석사논문
- 6) 성기준, 1993, 하천 수질모형의 비교분석에 관한 연구, 서울대 석사논문
- 7) 신동석외, 1995, 안양천등 관내 하천 오염실태에 관한 연구, 안양시
- 8) 박영진, 1996, 농촌유역 소하천에 대한 WASP4의 적용, 서울대 석사논문
- 9) U.S. EPA, 1994, WASP5 User's Manual, and Programmer's Guide.
- 10) 기상청, 1996~1998, 기상월보
- 11) 경기도, 1984, 복하천 하천정비 기본계획
- 12) US EPA, 1991, QUAL2E documentation and manual.
- 13) R.V. Thomann, J.A. Mueller, 1987, Principles of surface water quality modeling and control, Harper Collins Publishers Inc., pp.261-375.