

BASINS/HSPF 및 WASP5를 이용한 화옹유역과 담수호의 적용성 검토

The evaluation of BASINS/HSPF and WASP5 model in Hwaong watershed and reservoir

정광욱*·윤춘경·장재호·한정윤

Jung, Kwang Wook·Yoon, Chun Gyeong·Jang, Jae Ho, Han, Jung Yoon

Abstract

Large scale projects of sea-land reclamation have been practiced mainly to enlarge farmland in Korea. Most projects produced estuarine reservoir with dike construction, which might result in water quality problems due to block of natural flowing of stream water to the sea. Applicability of a widely accepted watershed-based water quality assessment tool (BASINS) and its associated watershed model was evaluated on the Hwaong watershed in Korea. BASINS was found to be a convenient and powerful tool for assessment of watershed characteristics, and provided various tools to delineate the watershed into land segments and river reaches, reclassify land use, and parameterize for HSPF simulation. WASP5 is a general purpose modeling system for assessing the fate and transport of conventional and toxic pollutants in surface water bodies. This study involved selection and linkage of available models to be used as a tool in evaluating the effects of BMPs for control on reservoir water quality. Overall, Linkage of BASINS/HSPF and WASP5 was applicable and found to be a powerful tool in pollutant loading estimation from the watershed and reservoir, and its use is recommended.

I. 서론

하구 담수호의 수질관리를 위한 유역모델링과 담수호내의 수질 모델링은 효과적인 담수호 수질 관리를 위해서 반드시 필요한 부분으로 많은 연구자들에 의해서 수행되어 왔다. 유역관리를 위해서는 하천으로 유입되는 오염원의 종류와 부하량을 정확히 파악하여 수질관리 목표에 따라 합리적으로 제어하는 것이 중요하며 오염총량제 적용에 있어서 그 중요성이 더욱 강조되고 있다. 최근 GIS(Geological information system)을 기반으로 하여 유역이라는 공간적인 특성과 여러 가지 정보들을 연결시켜주는 프로그램을 사용하는 것이 현재의 추세이다. 특히 오염총량제 적용에 있어서는 유역의 점오염원과 비점오염원을 통합하여 관리할 수 있는 것이 중요하다. 본 연구에서 이용한 BASINS는 오염원관리에 유용하게 사용하여 유역의 현황에 대해 평가할 수 있는 프로그램이며, HSPF모형은 농촌과 도시지역의 오염물질을 모의하는데 동시에 이용할 수 있는 모형으로 우리나라 오염총량 관리에 적극 추천한다. WASP5모형은 조류(Tidal effect)에 의한 영향을 모의할 수 있기 때문에 하구담수호에 널리 사용되고 있기 때문에, 본 연구에 적용성이 큰 모형이다.

본 연구에서는 유역모형인 HSPF모형의 적용성을 검토하여 WASP5의 경계조건으로 활용하여 담수호의 수질을 예측하였으며, 유역모형과 호소모형을 통합하여 담수호를 효과적으로 관리할 수 있는 방법에 대해 평가하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 연구대상지역

대상지역은 화옹간척지구의 상류유역으로 Figure 1은 소유역 구분과 토지이용상태를 나타내고 있다. 본 연구를 위해 측정된 지점의 토지이용도와 화옹유역 전체의 토지이용도는 환경부에서 제공

받은 1:25000도를 이용하여 분석하였으며 Table 1과 같다. 화옹유역 전체의 토지이용은 농경지와 산림이 전체의 85% 이상을 차지하는 전형적인 비도시 유역의 특성을 보였다. Station A, B, G의 유역은 도시화가 진행된 지역으로 좁은 도시지역에 대부분의 인구와 경제활동이 밀집된 특징을 갖고 있다. Station C의 경우는 97% 이상이 농경지와 산림으로 이루어진 지역으로 유역의 상류에 위치하고 있다. Station D, E, F의 유역은 10%내외의 도시의 토지이용을 보이지만 넓은 지역에 분포하였으며 산업체들이 주를 이루고 있는 지역이다. 대상지역의 총 유역면적은 16489.5 ha이며 조성될 화옹담수호의 면적은 약 1,730.8 ha이며 평균수심이 2.8 m이고 평균수리학적 체류시간은 250일이다.

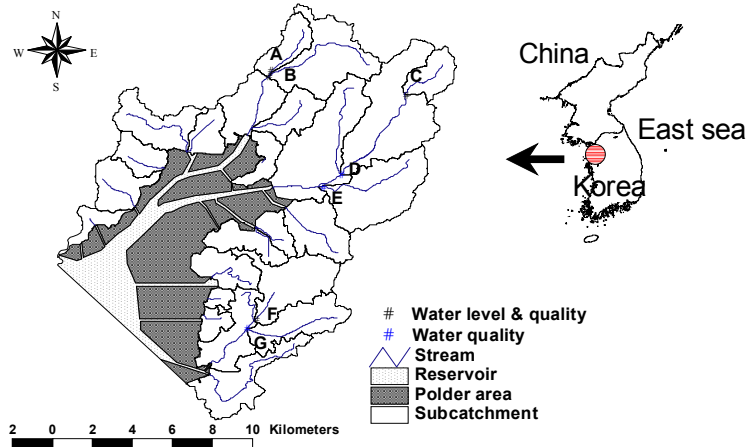


Figure 1. Water quality station, subbasins and polder area in Hwaong watershed

Table 1. Land use classification of Hwaong watershed

Subcatchments	Urban		Paddy		Upland		Forest		Etc.		Total Area (ha)
	Area (ha)	%	Area (ha)	%	Area (ha)	%	Area (ha)	%	Area (ha)	%	
Station A	40.7	9.3	112.7	25.8	90.1	20.7	191.5	43.9	1.3	0.3	436.2
Station B	124.6	10.1	181.7	14.8	257.0	20.9	631.2	51.4	34.1	2.8	1228.6
Station C	7.4	1.7	175.6	41.0	17.6	4.1	225.6	52.7	1.9	0.4	428.1
Station D	205.3	11.8	599.9	34.4	192.8	11.1	666.2	38.2	77.5	4.5	1741.7
Station E	85.9	6.4	535.3	40.1	253.8	19.0	344.4	25.8	116.7	8.7	1336.1
Station F	112.2	10.9	366.7	35.5	308.5	29.9	187.5	18.2	57.3	5.6	1032.2
Station G	146.1	19.1	281.2	36.7	112.5	14.7	226.3	29.5	0.1	0.0	766.1
Total	1529.2	9.3	6097.3	37.0	2954.0	17.9	4789.9	29.0	1119.1	6.8	16489.5

2. 수질채취 및 수질 분석 방법

시료채취지점은 화옹담수호로 유입되는 중요 3하천인 남양천, 자안천, 어은천에서 이루어졌다. 남양천은 Station A와 B, 자안천은 Station C, D, E, 어은천은 Station F, G 지점이며, 측정 기간은 2003년 11월부터 2005년 7월까지이다. 수질분석은 Standard method (APHA, 1998)을 이용하여 분석하였다.

3. 모형의 구축

3-1. BASINS/HSPF를 이용한 입력모형 구축 및 Utility

HSPF모형의 입력자료 구축을 위해서 화옹유역의 DEM, 토지피복분류, 하천도, 측정자료, 토양도를 이용하여 구축하였다. BASINS-Assessment tool을 이용하여 주요 관리지점을 파악 하였다. 모형의 기상자료 입력은 수원기상대 자료를 이용하여 구축하였고, 점오염원 입력을 위해서 환경부에서 제

공하는 오염원자료를 수계오염총량관리기술지침을 통해 연평균 점오염부하량을 산정하여 모형에 적용하였으며 Figure 2와 같다.

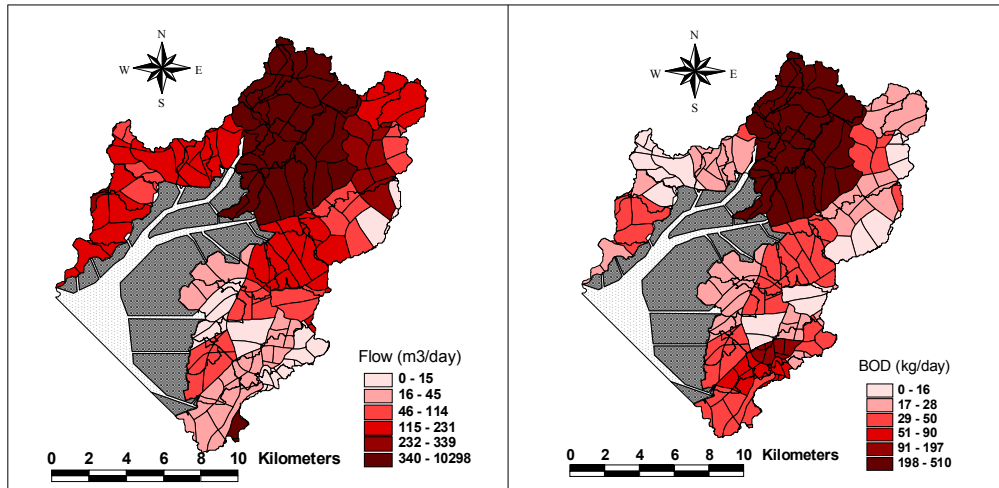


Figure 2. Point pollutant loading of Hwaong watershed in 2002

3-2. WASP5의 입력자료 구축

WASP5 모형을 구축하기 위해 농업기반공사에서 제공하는 화옹담수호 수심고도자료를 이용하여 segment를 구성하였다. 화옹담수호내의 내부개발이 완료되지 않은 현 시점은 20개의 segment로, 내부개발이 완료된 후는 29개의 segment로 구분하여 구축하였으며 그 결과는 Figure 3과 같다.

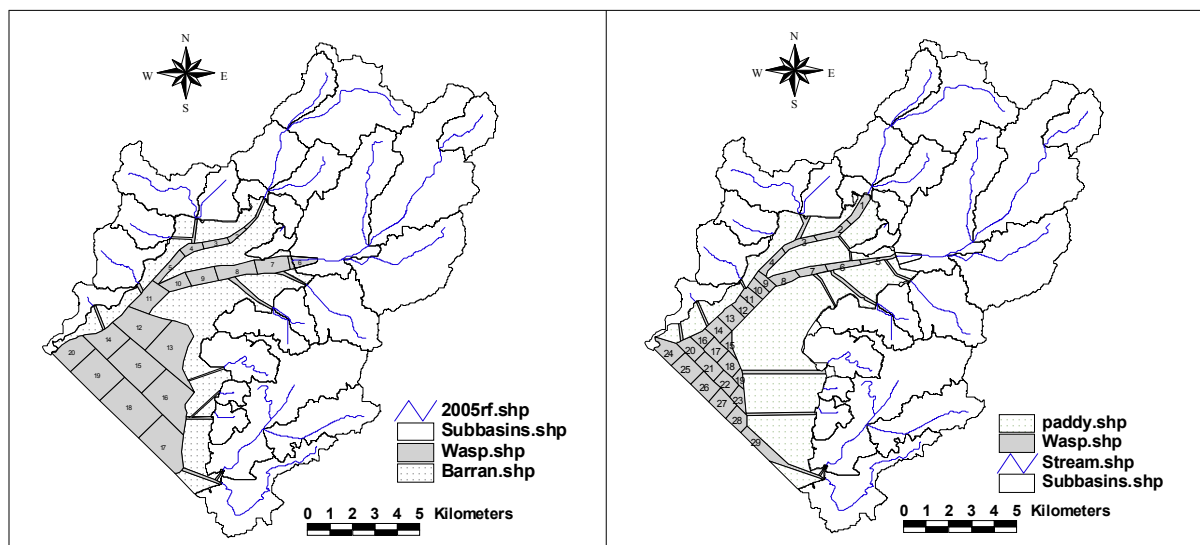


Figure 3. Segment of Hwaong reservoir for WASP5 model

현재 화옹호는 담수호의 수질보호를 위해서 1일 평균 2회 정도 배수갑문을 조절하고 있으며, 장마기간에는 홍수방지를 위해서 6-8회 정도 배수갑문을 조절하고 있다. 따라서 현재 상황을 모델링하기 위해 농업기반공사의 배수갑문 조작자료를 이용하여 WASP5모의에 반영하였다. 수심-용적곡선을 이용하여 유입과 유출유량을 산정하여 수문조작 단위를 모델링에 반영하였고, HSPF모형의 유출량과 부하량을 일단위로 입력하여 모델링하였다.

III. 결과 및 고찰

1. HSPF모형의 적용

HSPF모형은 모형 반응상수를 각각의 소유역에 동일하게 적용하는 group calibration과

individual calibration이 있으나, 본 연구의 적용지역은 지역별로 토지이용도와 오염원의 유입형상이 소유역별로 다르기 때문에 individual calibration 방법을 선택하여 보정하였으며, 구축한 모형과 실측한 유량 데이터를 이용하여 보정하였다 (Figure 4). 지점 B의 경우에는 1999년의 유량자료를 보정 자료로 이용하였고 2003년 11월부터 2005년 3월까지의 자료로 검정하였다. 지점 A는 2003년 11월부터 2005년 3월자료를 이용하여 보정하였다. 구축한 모형과 실측한 데이터를 이용하여 수질인자들을 보정하였으며 그 결과는 Figure 5와 같다. Station A는 주거지역이 밀집한 지역으로 처리되지 않은 남양동의 생활하수 유입으로 유량은 작으나 수질오염이 심각한 지역이며, Station B는 남양동을 가로지르는 하천으로 높은 생활하수의 유입과 함께, 축산에 의한 오염도 큰 하천이다.

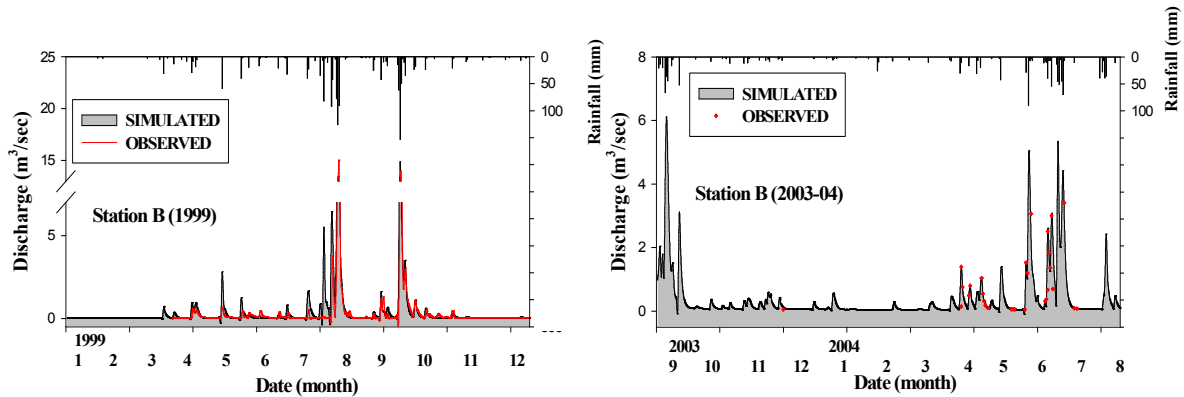


Figure 4. Discharge calibration results of Station B

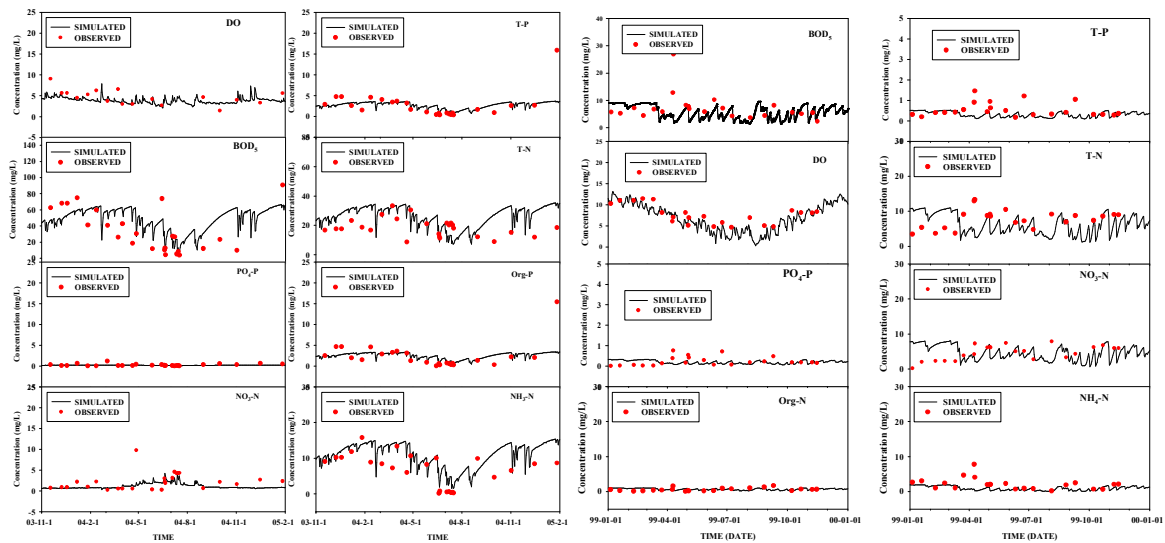


Figure 5. Water quality calibration results of Station A and B

2. WASP5 모형의 적용

HSPF모형의 유출량과 부하량 결과를 이용하여 화옹담수호의 2002년도에 대한 WASP5모형의 모정결과는 Figure 8과 같다. 2003년도는 담수호의 수질개선을 위해 배수갑문을 조작하여 해수를 유통시킨 시기로 HYDRO5의 group E를 이용하여 배수갑문 조작을 반영하여, 화옹지구 환경영양조사보고서의 분기별로 측정된 수질자료를 이용하여 보정하였다. Figure 6는 2002년도를 기준으로 보정한 자료를 이용하여 모의한 결과를 유량가중평균농도를 구하여 arcview 3.2a를 이용하여 나타내었다 (Figure 7). 본 연구에서는 비선형 효과 및 탈질소화 과정이 포함된 복잡도 5단계를 적용하였으며, WASP 매개변수는 국내 다른 호소에 사용한 자료 및 다른 문헌에 발표된

자료 등을 참고로 하여 결정하였고, WASP5모형 manual의 default값도 일부 사용하여 농업기반공사 환경영향평가 실측자료를 이용하여 보정하였다.

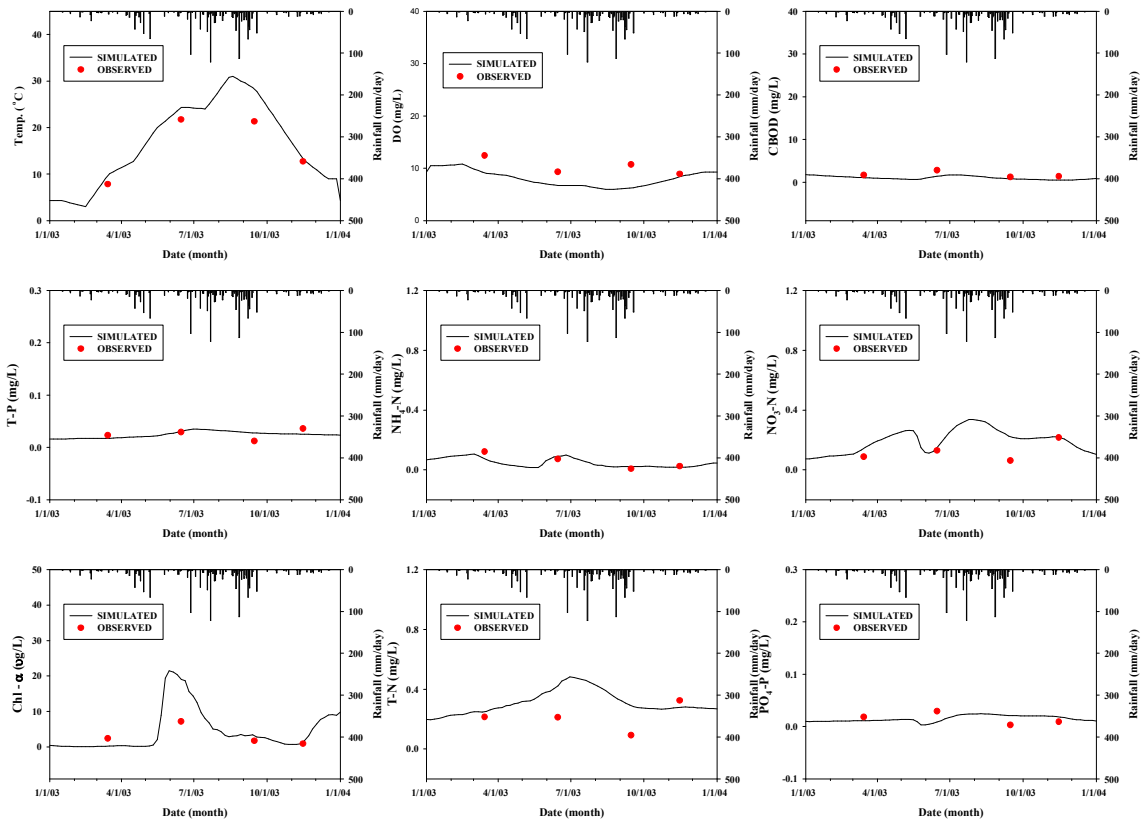


Figure 6. Calibration of WASP5 model using HSPF result

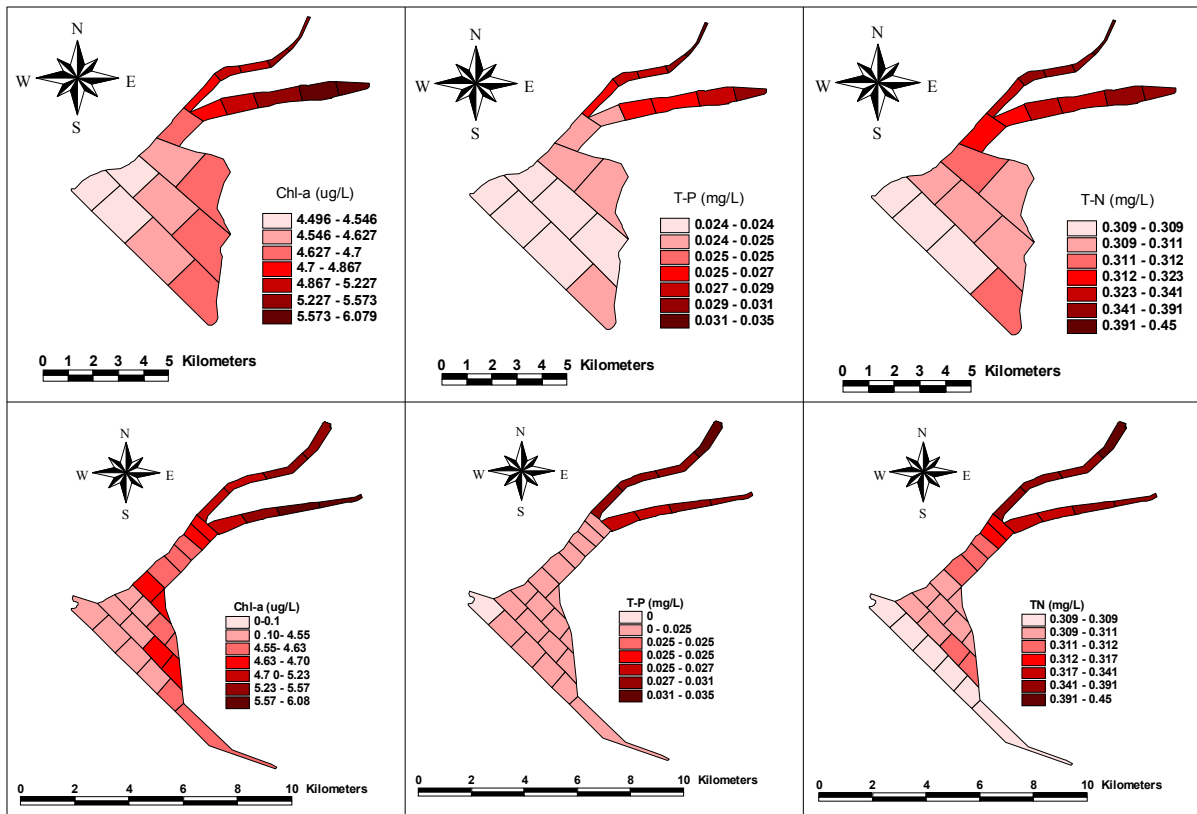


Figure 7. Calibration results of WASP5 model in Hwaong reservoir

IV. 요약 및 결론

1. BASINS의 다양한 Tool을 이용하여 모형을 구축하였으며, BASINS/HSPF모형은 2003-2005년 모니터링 자료를 이용하여 평상시와 강우시에 모형을 보정하여 모형을 적용성을 평가하였다.
2. WASP5 호소모형은 배수갑문 조작자료를 이용하여 해안 경계부의 물수지를 구축하였고, 내부 측정자료는 화옹지구 환경영향평가의 측정자료를 이용하여 보정하였고, 내부개발지가 완료되었을 경우에 대해서도 모형을 구축하여 평가하였다.
3. 하구담수호를 관리를 위해 유역의 합리적인 평가모형 적용이 필수적이며 다양한 조건으로 유역의 평가가 가능하고 도시와 농촌유역을 동시에 반영할 수 있는 BASINS/HSPF모형의 적용성이 큰 것으로 평가되었다.
4. BASINS/HSPF 모형과 WASP5모형을 연계 적용함으로써 담수호 수질 관리를 위한 유역의 BMPs에 대한 효과적인 평가가 가능한 것으로 나타났다.

본 연구는 많은 간척사업으로 생성된 하구 담수호 유역과 담수호내 수질을 통합적으로 관리할 수 있는 BASINS/HSPF유역모형과 WASP5호소모형을 연계하여 적용함으로써 유역의 여건변화나 담수호 수질관리를 위한 BMPs의 적용에 대한 평가가 가능하게 하였다. HSPF모형은 다양한 조건으로 유역으로부터 오염물질 부하량 산정에 있어 적용성이 높았으며 우리나라의 오염총량제 적용에도 활용가능성이 높다.

본 연구는 농림기술관리센터의 “BASINS 및 WASP을 이용한 화옹유역과 호소의 통합수질 예측 시스템 개발”의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- U.S.EPA (1995a). Watershed Protection: A Statewide Approach. EPA841-R-95-004. USEPA, Risk Assessment Forum, Washington, DC.
- U.S.EPA (1997). Compendium of Tools for Watershed Assessment and TMDL Development. EPA841-B-97-006. USEPA, Office of Water, National Academy Press, Washington, DC.
- Brown, L. and T. O. Barnwell (1987). The Enhanced Stream Water Quality Model QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: Documentation and User Manual. Report EPA/600/3-87/007. USEPA, Athens, GA.
- Chaudhury R, R., Jose A. H. Sobrinho, Raymond M. Wright, and Makam Sreenivas (1998). Dissolved oxygen modeling of the blackstone river (Northeastern United States). *Water Reaches* 32 (8), 2400-2412.
- Albek, M., Ogutveren, U. B., and Albek, E. (2004). Hydrological modeling of Seydi Suyu watershed (Turkey) with HSPF. *J. Hydrol.*, **285**. 260-271.