

# GIS와 WASP5를 이용한 홍보유역의 수질모델링

## Water Quality modeling in the Hongbo watershed with WASP5 and GIS

김 선 주 · 김 해 도\* · 허 배 영 (건국대)  
Kim, Sun Joo · Kim, Hae Do · Heo, Bae Young

### Abstract

The goal of this research is the establishment of a connection of an existing water quality model to GIS. The water quality model investigated was the Water Quality Analysis Simulation Program (WASP5), while the actual linkage was performed using object-oriented programming. The runoff and the non-point source loadings into the Channel were determined using a grid-based model developed in GIS. Afterwards, scripts were written in the ArcView programming language, Avenue, in order for ArcView to perform the following tasks : 1) write the input file information, 2) format the input information into the proper WASP5 file, 3) execute the WASP5 subprogram for modeling.

### I. 서론

최근의 환경공학 분야에서는 주로 컴퓨터 모델을 이용하여 호소, 하천 등의 화학적 또는 생물학적과정을 모의하여 유역에서 유출되는 오염부하량을 산정하는 과정을 개발하는 과정이 주를 이루고 있다. 하지만 공간적으로 분포된 오염물질이 하천 또는 호소로 유입되는 것과 같은 오염부하량의 추적은 상대적으로 빈약하다. 대부분의 수질 모델은 한번의 오염물질이 수채로 도달되는 것에만 관심을 가지고 양적인 부분에만 대해서 주로 개발되었고, 분포된 오염물질이 어떠한 경로를 통하여 얼마만큼의 영향을 미치는지 추적하지 않기 때문이다. 이러한 연속성을 표시하기 위하여 오염 물질의 특성에 대해 공간적으로 오염원을 표시 할 수 있는 GIS기법과 수질 모델링의 연결에 관심을 가지게 되었다. 이러한 연결은 수질 모델에서 사용되는 계수를 지형의 특성에 맞게 분포시켜서 오염원 추적을 용이하게 한다. 그 예로 유역, 지표의 공간적 모델링기법에 의해 비점원 오염 부하량 같은 모델에 사용되는 값을 유역특성에 맞게 분포시켜 정할 수 있다.

본 연구에서는 대상유역으로부터 하천으로 유입되는 오염부하량의 정도 및 상태를 모의하기 위하여, WSAP5 모델을 사용하였고, GIS 소프트웨어인 Arcview와 Arc/Info를 이용하여 모델에 필요한 입력자료를 추출하는 방법을 고안하여 Avenue 프로그램을 통하여 모델의 입력자료 및 모델운용과 출력을 GIS 프로그램인 ArcView 내에서 실행하고자 한다.

## II. 개요 및 방법

### 2.1 대상유역 특성

본 지구는 우리나라 중서부 북위 36° 21' ~ 36° 24', 동경 126° 28' ~ 126° 42' 사이에 있으며 행정구역상 충남 홍성군 보령시에 위치해 있다. 본 지구는 홍성과 보령에 각각 방조제를 건설하여 따로 담수로 조성하여 1999년에 방조제를 완공하였고, 현재 담수화가 진행중인 상태이다. 본 연구의 대상유역의 많은 축산농가로 혹은 광천읍로부터 유출되는 염양염류로 인하여 담수호가 부영양화 되기 쉬운 지역이다.

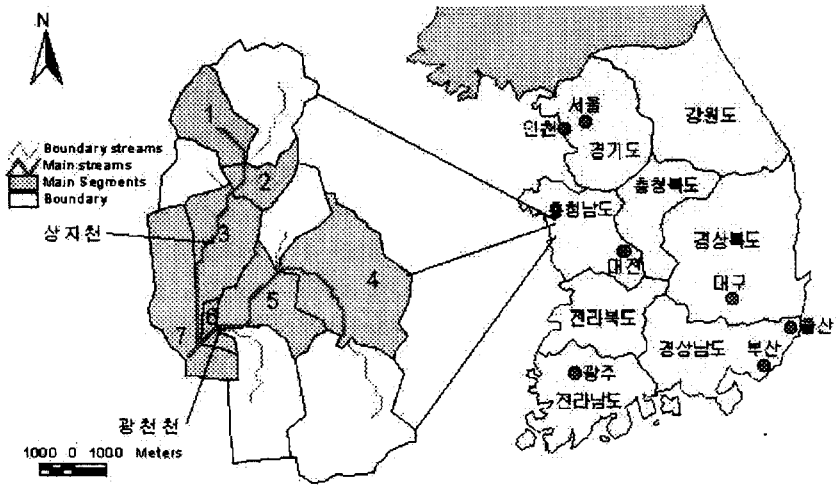


Fig. 1 Main channel and boundary channel in study area

### 2.2 GIS 추출자료

WASP5 모델에 필요한 GIS 자료는 DEM, 토지이용도, 강우도, 하천배수도(flowdirection), 흐름누적도(flowaccumulation), 하천도, 유역도 등이다. DEM(digital elevation models)은 미국 DMA에서 제공한 3초 DEM을 획득하여 Arc/info 소프트웨어를 이용하여 획득하였다. 토지이용도(land use)는 원격탐사자료(SPOT Panchromatic: 1997년 11월 15일 Path: 304/ Row: 277)와 원격탐사자료 분석도구인 ER Mapper 소프트웨어를 이용하여 최대우도법(maximum likelihood)으로 토지이용도를 분류하였으며, 그 결과를 통계자료와 비교하여 검증하였다. 강우도(precipitation)는 본 연구지역이 포함되어 있는 보령측후소 일 강우자료를 이용하여 Arc/view 소프트웨어를 이용하여 만들었다. 나머지는 DEM을 이용하여 추출하였다.

#### 가. 하천 및 유역추출

유역 및 하천을 추출하기 위해 DEM을 이용하여 GIS 프로그램인 Arc/Info의 GRID 부프로그램을 이용하여 배수도(flowdirection)와 흐름누적도(flowaccumulation)를 유도한 뒤 하천도를 추출하여 하천 grid를 만들었고, 하천 coverage를 생성해 냈다. 이 개념은 유역 표면을 통하여

유출되는 경로를 결정하는 것을 의미한다. 이 원리는 'eight direction pour point model' 개념을 이용한다. 이 것은 주어진 cell에서 물방울의 유출을 8개의 방향으로 결정하는 것으로서, 그 방향의 결정은 가장 기울어진 곳으로 된다. 그림 2는 이러한 방법을 이용하여 WASP5에서 사용할 유역과 하천 구획(segment)을 자동추출하기 위한 자료들이고, 그림 1은 그 결과로 생성된 하천과 소유역이다. 본 연구에서는 7개로 주 구획(main segments)을 구성하였다. 그 결과 7개의 아크(arcs)로 되어 있고, 각각의 아크는 각 구획마다의 속성을 입력하였다. 또한 경계조건으로 5개의 보조구획(boundary segments)아크로 구성하여 각각 주하천 구획으로 유출량과 부하량이 입력되는 것으로 구성하였다. 일단 GIS에서 구획을 인식하게 되면 각 계수는 속성 테이블(attribute table)에 의해 구성되는데 이것은 모델이 운용되는데 필요한 input 자료로 사용된다.

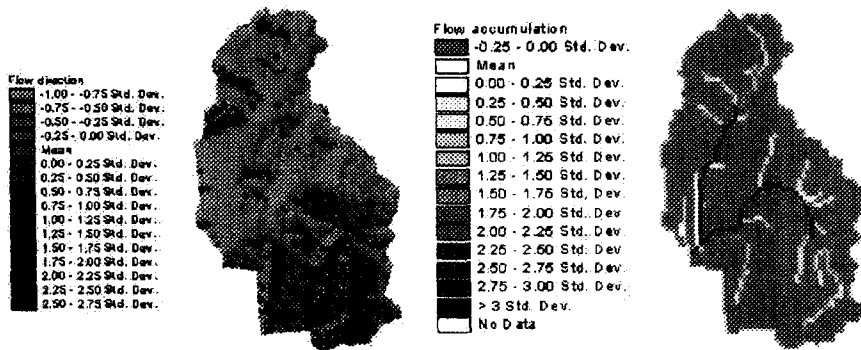


Fig.2 GIS data sets for modeling(flow direction, flow accumulation)

#### 나. 유출량 산정

유역자료가 완성된 이후에는 각 셀(cell)로부터 산출되는 평균 유출량을 구해야한다. 연평균 유출량을 구하기 위해서 장기 유출모델인 수정 Tank 모형을 사용하였다. 매개변수의 보정을 위하여 30년간의 강우자료를 이용하였고 본 연구지역의 실측유량자료(1997, 6월-7월)와 비교 검증하여 년 평균유출 계수(유출량/강우)를 결정하였다. 그리고 수정 Tank 모형에 입력자료로 사용되는 면적 및 토지 이용비율(논, 밭, 임야)는 landuse grid를 이용하여 ArcView의 map query를 이용하여 자료를 획득하였다. 직접유출과 기저유출의 분리는 최소 경사법 개념을 이용하여 갈수시 최저 수위점에서 강우발생후 시간단계(time step)별로 직선을 그어 최저 경사를 선택하는 방법을 사용하였다.

#### 다. 오염부하량 산정

점원오염(point source)부하량은 유역상류의 공장, 세차장 등에서 직접 강으로 유출되는 양을 의미한다. 이러한 point source는 모두 기저유출로 가정한다. 비점원 오염부하량(Non-Point Source loading)는 수로로 유입될 부하량을 즉, 지표면으로부터 유출에 의해 이동되는 부하량을 말한다. 이러한 흐름이 하수관을 통하여 흐른다고 할지라도, 근본적으로 지표면에서 발생을 하였다면 이것은 비점원으로 간주된다. 이러한 비점원오염으로 생기는 부하량을 정확히 판단하

기 위한 방법은 다양한 report로부터 설명되고 있다. 본 연구에서는 이러한 비점원 오염부하량을 구하기 위해 다음 과 같은 기본 방정식을 이용하여 GIS에 적용하였다.

$$\text{Concentration (mass/volume)} * \text{Volume of water (volume)} = \text{Load(mass)}$$

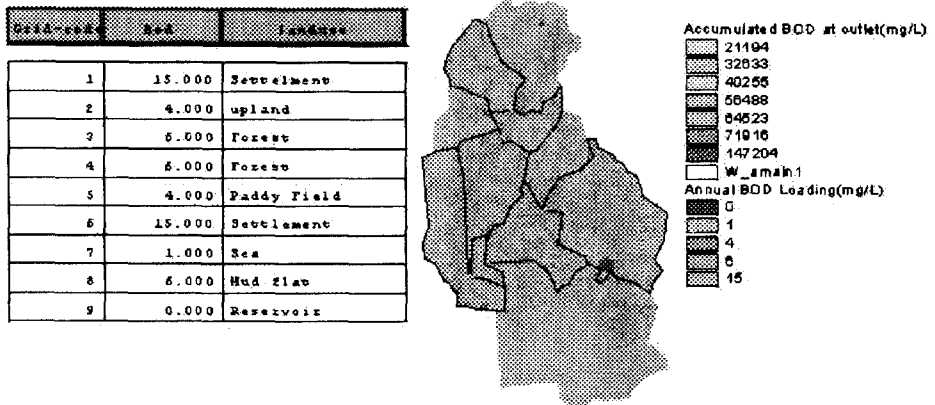


Fig. 3 EMC and Annual BOD loading and attribute table each outlets

grid를 기초로한 모델에서 이러한 방법이 만들어졌는데, 본 연구에서는 한 cell의 크기를 155 × 155m를 기초로 하여 유역의 비점원오염 부하량을 계산하였다. 이 과정에서 사용된 값은 Estimated Mean concentrations(EMC)라고 하며, 이것은 landuse grid로부터 만들 수 있다. 분포된 runoff와 EMC를 기초로한 landuse의 조합으로 수로의 NPS loading을 구한다. 그림 3은 이러한 과정을 거친후 산정된 연간 BOD 농도를 이다.

### 2.3 GIS와 WASP5의 연결

GIS/WASP의 연결은 다음 그림 4와 같이 모델에서 필요한 자료를 GIS에서 만들어주는 과정이다. 또한 모델프로그램도 GIS software에서 직접 실행 시켜주고 모델의 출력자료를 GIS에서 받아서 출력시키는 일련의 과정이다.

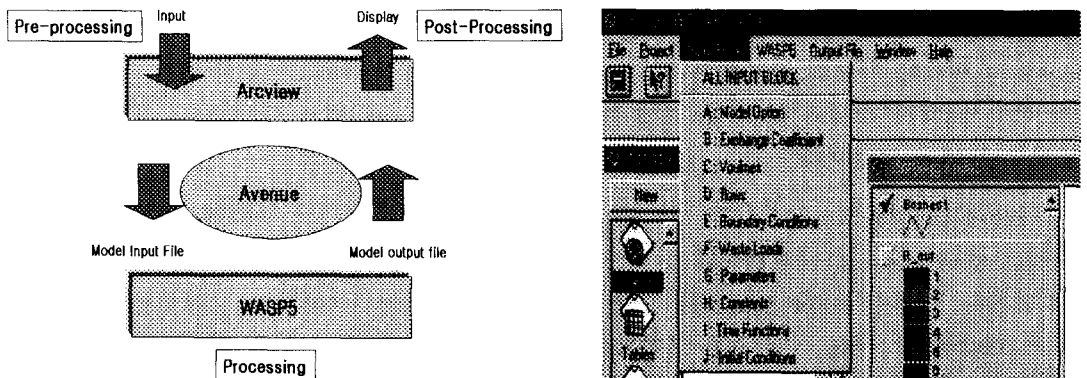


Fig.4 Concept behind GIS/WASP5 model connection and customized menus

여기서 사용되는 입력자료는 ArcView에서 만들어지는 Table과 Coverage등으로 구성하였고, 프로그래밍 언어는 ArcView-Avenue로서 script로 컴파일하고, ArcView에서 메뉴를 추가하여 사용자 인터페이스를 만들어 실행하였다. Input block을 실행하면 각각의 블록별 필요한 자료를 앞에서 언급한 Table과 Coverage 그리고 DB file에서 자료를 읽고 file로 만들어 낸다. 모든 블록이 실행되면, 이렇게 만들어진 file을 포트란 프로그램을 사용하여 모두 조합시켜 WASP5 입력자료를 완성하여 모델 프로그램을 실행하여 출력자료를 획득하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 3.1 입력자료 속성

본 연구에서는 ArcView내에서 Avenue에 의해 만들어진 메뉴로부터 선택할 수 있는 Input Block을 실행하여 모델에 필요한 입력자료를 만들었고, 모델까지 실행하여 그 결과를 출력하였다. Input A ~ J 까지 각 블록의 자세한 설명과 각 블록별 입력특징 등은 다음 Table 3과 같다.

Table 1 Detailed Description of Input blocks and option

Input Block	Description
A	모의에 대한 정보와 그 외 필요한 모델 구성에서 필요한 자료를 지정해 주기 위한 블록
B	교환계수(exchange coefficient)와 각 구획별 길이와 연결상태를 지정해 준다.
C	각 구획의 체적을 만들어 내기 위한 블록이다. 여기에서는 3가지 선택사항을 지정해서 선택할 수 있도록 구성하였다 1) Water column volume option 2) benthic volume option 3) bentic time step.
D	확산 이동 흐름에 대한 것으로 각 구획에 대한 각각의 흐름을 모델에 의해 합쳐진다. 또한 DYNHYD5 또는 수리동력학 모델에 의해 만들어진 파일을 읽어 들일 수도 있다. flow.dbf는 본 블록이 실행된 후에 만들어지고 직접유출과 기저유출을 분리한다.
E	경계 구획과 이것의 농도를 입력하는 부분이다. 모델 경계조건은 교환계수와 주 하천으로의 입력되는 위치를 결정한다.
F	각 주 하천구획에 대한 BOD 와 DO 부하율을 읽는다. 여기에서는 강우가 발생한 날과 강우가 오지 않은 날로 분리하여 오지 않은 날에 대해서는 점원오염 부하량만을 이용하여 모의한다.
G	EUTRO5에 필요한 계수를 읽어 들인다. 필요한 계수는 1) 온도(℃), 2. Sediment oxygen demand (SOD), 3) SOD theta correction, 4) Salinity 등이다.
H	는 Simple Streeter-phelps에서 필요한 상수 2개(CBOD탄산소상수, 재폭기상수)를 사용자에게 질의하여 그 값을 읽어 들이도록 구성하였다.
I	부정류 흐름에 대해서 시간변수를 주기 위한 블록으로 본 연구에서는 정류상태의 흐름만을 고려하였기 때문에 값을 "0"으로 설정하였다.
J	모델의 각 시스템에 대한 초기값을 읽어들이는 블록으로서, ArcView를 통해서 만들어 놓은 주 하천 속성 테이블과 경계 하천 속성 테이블로부터 필요한 정보를 읽어 들이도록 하였다.

### 3.2 출력자료 속성

모든 입력자료가 완성되고, 두 번째 메뉴항에 포함되어 있는 WASP5를 실행하면 모델이 실행되고 출력자료는 ArcView를 통해서 여러 가지 형태(Table, Chart, Coverage)로 화면에 표시된다.

## IV. 결론

본 연구에서는 GIS 소프트웨어를 이용하여 수질모델인 WASP5의 입력자료를 공간분포형으로 산정 하는 방법에 대해 연구하였다. 본 연구를 통하여 얻은 결론을 간단히 서술하면 다음과 같다.

1. 유역으로부터 유출되는 유출량을 산정하기위해 유출계수를 산정하여 이것을 유역상에 공간적으로 분포시켜 유출량을 구하는 것이 GIS를 통해 가능하였다.
2. 유역으로부터 유출되는 비점원 오염부하량은 GIS자료인 landuse data를 이용하여 각 토지피복 상태별 EMC를 산정하여 이것을 유출량산정과 마찬가지로 공간적으로 분포시켜 부하량을 산정하는 방법이 가능하였다.
3. ArcView-Avenue를 이용하여 입력자료를 ArcView 프로그램 상에서 입력부터 모델링, 그리고 출력까지 모든 일련의 작업을 할 수가 있었다.

## V. 참고문헌

1. Jennifer B., Neal E. Armstrong, David R. Maidment, 1996, Modeling of Dissolved Oxygen in the Houston Ship Channel using WASP5 and Geographic Information Systems, Center for research water resources, University of Texas at Austin, USA.
2. Francisco Olivera, David R. Maidment and Randall J. Charbeneau, 1996, Spatially Distributed Modeling of Storm Runoff and Non-Point Source Pollution Using Geographic Information Systems (GIS), CRWR Online Report 96-4
3. Vijay P. Singh, Computer Models of Watershed Hydrology, Water resources publications, USA
4. ArcView GIS, 1996, Environmental Systems Research Institute, Inc.
5. Avenue, 1996, Environmental Systems Research Institute, Inc.
6. 박명환, WASP5를 이용한 동북호 수질분석, 1998, 광주대학교 경상대학원 토목공학과.
7. 김성철, WASP5 모델을 이용한 한강 하류부의 수질모델링, 1998, 광운대학교 대학원 환경공학과.
8. 박영진, 농촌유역 소하천에 대한 WASP모형의 적용, 1995, 서울대학교 대학원 농공학과.