

## 공간정보를 이용한 분포형 유역 수질 모의

### Analysis of Water Quality on Distributed Watershed using Topographic Data

유 병 로\* / 정 승 권\*\* / 전 계 원\*\*\*

Ryu, Byong-Ro / Jung, Seung-Kwon / Jun, Kye-Won

#### Abstract

There has been continuous efforts to manage the water resources for the required water quality criterion at river channel in Korea. However, we could not obtain the partial improvement only for the point source pollutant such as, wastewater from urban and industrial site through the water quality management.

Therefore, it is strongly needed that the Best Management Practice(BMP) throughout the river basin for water quality management including non-point source pollutant loads. This problem should be resolved by recognizing the non-point source pollutant loads from upstream river basin to the outlet depends on the land use and soil type characteristic of the river basin using the computer simulation by distributed parameter model based on the detailed investigation and the application of Geographic Information System(GIS).

Used in this study, Annualized Agricultural Non-Point Source Pollution (AnnAGNPS) model is a tool suitable for long term evaluation of the effects of BMPs and can be used for un gauged watershed simulation of runoff and sediment yield.

Now applications of model are in progress. So we just describe the limited result. However If well have done modeling and have investigated of propriety of model, well achieve our final goal of this study.

**Keywords** : Non-Point Source, AnnAGNPS Model, GIS, Topographic

#### 요 지

지금까지 국내에서는 도시하수, 공장폐수 등의 점오염원에 국한하여 수질관리를 시행하여 부분적으로 밖에 효과를 얻지 못하였다. 따라서 오염원에 대한 최적관리를 위해서는 유역의 토지특성 및 토양 형태에 따른 비점오염원에 대한 관리가 매우 중요하다. 본 연구에서는 유역의 특성별로 발생하는 오염원을 산정하기 위해 분포형 모형을 적용하였으며, 상세한 유역특성 자료를 구축하기 위해 GIS 기법을 응용하였다. 본 연구에서는 분포형 수질관리모형으로 연속 강우 사상에 대해 유역에서 발생하는 유출량 및 침투유량, 유사량, 비점오염 부하량 등을 산정할 수 있는

- \* 한밭대학교 환경공학과 교수  
Professor., Dept of Environmental Eng., Hanbat National University, San 16-1, Dukmyung-dong, Yuseong-gu, Daejeon, 305-719, Korea  
(E-mail: ryub@hanbat.ac.kr)
- \*\* (주)웹솔루스 수자원사업부 대리  
Assistant Manager., #419 Park of research, San 4-2 Bongcheon-dong Gwanak-gu, Seoul, 151-818, Korea
- \*\*\* 삼척대학교 방재기술전문대학원 전임강사  
Instructor., Dept of Graduated School of Disasters Prevention Technology., Samcheok National University San 253, Gyo-dong, Samcheok-si, Gangwon-do, 245-711, Korea  
(E-mail: kwjun@samcheok.ac.kr)

AnnAGNPS 모형을 적용하였고, 모형내의 부모들을 이용하여 입력자료를 생성 및 가공하여 적용하였다.

대상유역은 팔당호 유역권에 포함되는 북하천 유역을 선정하였으며, 1999년과 2000년 호우기의 각각 2개의 강우 사상을 적용하였다. 우선 강우시 유역에서 발생하는 유출량을 모의하고, 이를 북하교 지점의 실측유량자료와 비교, 보정하여 모형의 입력 매개변수를 조정하였으며, 이후 토사발생량과 오염부하량을 모의하였다. 토사발생량의 경우는 실측값이 미비하여 비교분석은 못하였으나, 오염부하량의 경우 환경부에서 측정한 수질농도 자료를 이용하여 비교, 분석값을 제시하였다.

**핵심용어 :** 비점오염원, 분포형 수질모형, 지리정보시스템, 지형정보

## 1. 서론

수도권의 식수원인 팔당호의 수질이 한강 특별법 시행 이후 다소 호전되는 경향을 보이고 있으나 식물성 플랑크톤의 성장에 따른 부영양화 현상 및 이로 인한 COD 문제는 여전히 남아 있다. 이는 단순한 유입 오염원에 의한 특성뿐 아니라 호소의 물리적 특성에도 영향이 있다. 또 정부의 각종 오염원 발생억제나 환경기초 시설 투자에도 불구하고 유역에 산재된 비점오염원에 의한 영향이 매우 크게 작용하고 있다고 할 수 있다.

지금까지 국내에서는 도시하수, 공장폐수 등의 점오염원에 국한하여 수질관리를 시행하여 부분적으로 밖에 효과를 얻지 못하였다. 따라서 오염원에 대한 최적관리를 위해서는 유역의 토지특성 및 토양 형태에 따른 비점오염원에 대한 관리가 매우 중요하다. 특히 우리나라는 강우분포가 편중되어 있고 하상계수가 매우 큰 하천의 특성을 가지고 있기 때문에 유역과 수역의 특성, 오염물질의 발생과 분해 특성 등 그 기작이 매우 복잡하고 어렵다. 그러나 최근 GIS 등 정보화 기술의 발달로 공간 정보의 획득이 용이해졌으며 정부의 각종자료 전산화 작업으로 오염원 및 수질 자료의 획득이 용이하여 유역의 통합데이터베이스 구축이 가능하게 되었다.

따라서 본 연구에서는 팔당호 소유역인 북하천 유역을 대상으로 공간 데이터베이스를 구축하고, 이를 분포형 비점오염모형의 입력자료로 활용함으로써 분포형 수질모의를 수행하였다. 이를 통해 강우시 유역내에서 발생하여 하천으로 유입되는 유출량을 모의하고, 이를 실측값과 비교함으로써 모형의 매개변수를 보정하고, 모형의 최적화 기틀을 마련하였다. 여기에 토양정보, 토지이용특성 등 관련 매개변수를 적용하여 유역 각 지점에서 발생하는 토사발생량 및 오염부하량을 모의하였다. 유출량의 경우 모의 결과값이 실측값과 상대오차 10% 내외의 매우 유사한 값을 나타내었으나 오염부하량의 경우는 어느 정도의 오차를 포함하였다, 그러나 수질측정자료가 월평균자료를 제시하고 있고 이를 해당월 특정일의 강우사상에 대한 결과와 비교하기 때문에 약간의 오차는 발생하게 된다. 따라서 효과적인 오염부하량

모의를 위해서는 동일시기 및 동일지점에 대한 실측자료 구축이 우선시 되어야 할 것이다.

## 2. 대상 유역

본 연구의 대상유역은 북하천 유역으로 유역면적은 330km<sup>2</sup>이고, 76.7%가 이천시에 속하며 여주군이 9.99%, 용인시가 8.28%, 광주군이 4.93%, 안성시가 0.07%를 차지하고 있다. 유역의 폭은 동서로 22km, 남북으로 25km로 용인군 내서면 청일리 독조봉에서 발원하여 동북방향으로 유하하다가 이천시를 관통하며 여주군 홍천면 상백리에서 남한강의 좌안으로 합류된다. 주요 지천으로는 상류로부터 해월천, 매곡천, 단천천, 동산천, 원두천, 장암천, 장록천, 울현천, 중리천, 신둔천, 죽당천, 송말천이 있다.

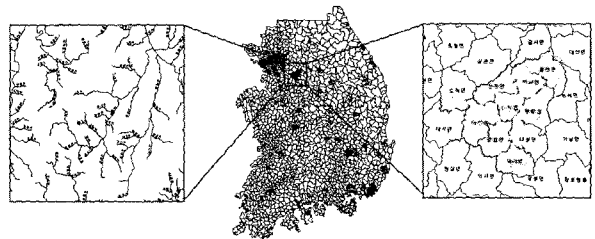


그림 1. 북하천 유역

북하천 유역내에는 1개의 수위관측지점과 3개의 수질관측지점이 있으며, 측정값은 모의 결과를 보정 및 분석하는데 이용한다.

북하천 유역에서 유량 및 수질관측 지점은 그림 2와 같으며, 표 1과 같은 현황을 보이고 있다.

그림 3에서 보는 바와 같이 북하천 유역에서 발생하는 유출 및 오염물질은 북하천을 따라 남한강으로 유입되는 지점으로 최종 유하하게 된다.

## 3. 분포형 유역수질관리모형

### 3.1 모형의 개요

AGNPS 모형은 미국 농무성(Agricultural Research

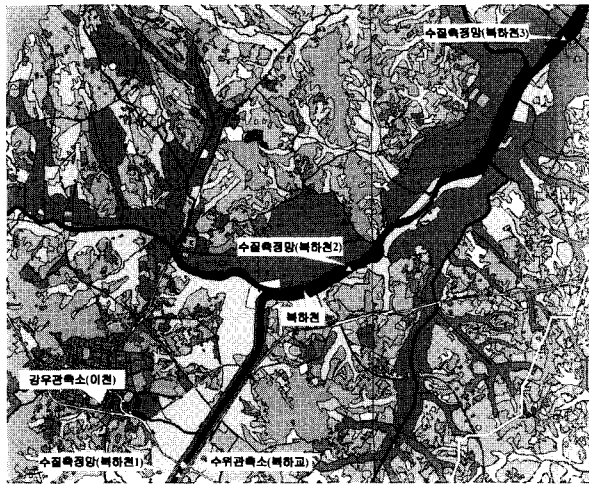


그림 2. 북하천 유역의 수위 및 수질 관측소 위치

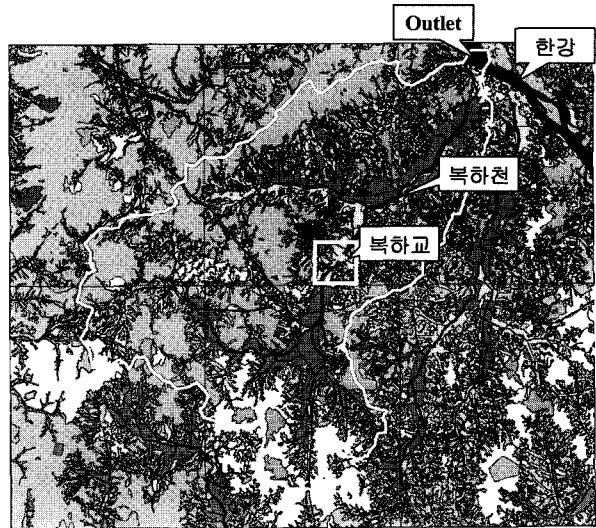


그림 3. 북하교와 출구점 위치

표 1. 북하천 유역 수위·수질 관측소 정보

관측소	관측소명	위 치(소재지)
수 위	북하교	경기도 이천시 이천읍 진리
수 질	북하천 1	경기도 이천군 대월면 고담리
	북하천 2	경기도 이천군 부발읍 무촌리
	북하천 3	경기도 여주군 홍천면 효지리(홍천교)

Service)과 토양보존국(Nature Resources Conservation Service) 그리고 미네소타 오염조절처(Minnesota Pollution Control Agency, MPCA)가 공동으로 개발한 단일 호우사상에 대한 분포형 매개변수 모형이다.

AGNPS 모형은 유역을 수문특성이 균일한 격자로 구분하여 이들 격자에 대해 각각의 호우사상에 따른 수문인자, 토양침식 및 유사이송, N, P, COD 수질인자등의 성분을 계산하고, 이를 유역의 출구까지 추적해 대상유역의 비점오염 부하량을 산정하도록 구성되어 있다.

그러나 AGNPS v5.0까지에서는 입력자료에 한계가 있었으며, 연속강우사상을 모의할 수 없다는 것이 큰 단점이었다. 본 연구에서 적용한 AnnAGNPS (Annualized AGricultural Non-Point Source pollution) 모형은 진보된 기능을 구사할 수 있는 유역관리모형으로써 일기후사상을 입력자료로 적용함으로써 연속강우사상에 대한 모의가 가능하게 되었으며, 토양 유실량 산정에 있어서도 기존의 USLE기법에서 수정 USLE기법인 RUSLE 기법을 적용하게 되었다.

기존 버전의 입력자료를 활용할 수 있도록 입력자료 변환 모듈을 보유하고 있으며, 입력자료 생성을 위해 DEM(Digital Elevation Model) 자료를 이용하여 흐름망 생성모듈이 포함되어 있다.

유역으로부터의 유출, 유사, 오염물질 등의 이송모의가 모형 모의의 주된 목적이며, 그림 4와 같은 과정을 통해 유출사상을 모의하게 된다.

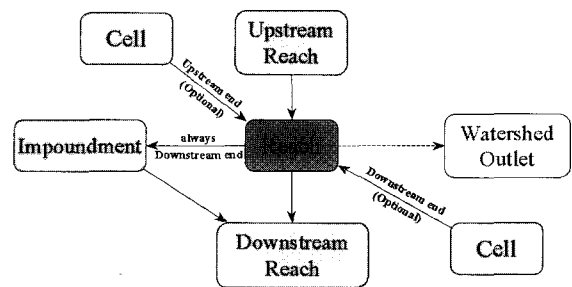


그림 4. AnnAGNPS 모형내의 유출흐름과정

### 3.2 모형의 부모들

AnnAGNPS 모형은 기존 버전과는 달리 여러 부모형의 연계를 통해 운영된다. 입력자료 생성부터 입력자료의 변환 및 저장, 생성된 입력자료를 이용한 모델링, 모델링 결과의 분석 등이 일련 과정을 통해 각 부모형에서 이루어진다.

먼저 TOPAZ(TOpographic PArameterization program)

모듈은 대상구역의 DEM 자료를 이용하여 격자 및 하천망 정보를 생성하는 부 모듈이다. 이를 AGNPS 모형과 결합하여 통상적으로 TOPAGNPS라 칭한다. TOPAGNPS 부 모듈을 이용하여 구역 각 지점에서 발생하여 하천으로 유입되어 하류로 이송되는 과정을 모의하게 된다.

AGFLOW(AGricultural watershed FLOW) 부 모듈은 AnnAGNPS 모형의 입력자료 중 지형정보와 관련된 자료를 결정하는 역할을 한다. 또한 TOPAGNPS 부 모듈에서 산정된 결과자료를 AnnAGNPS 모형의 입력자료 형태로 변환하는 곳이기도 하다.

GEM(The Generation of weather Element for Multiple applications) 부 모듈에서는 AnnAGNPS의 기후 정보를 생성하게 된다.

EDITOR 부 모듈은 다른 형태의 입력자료를 로딩하거나 새로이 입력하는 과정을 통해 AnnAGNPS 모형의 입력자료를 변환하거나 생성하는 작용을 한다.

CONVERT 부 모듈은 이전 버전의 AGNPS 모형의 입력자료를 AnnAGNPS 모형의 입력자료로 변환시켜 준다.

그림 5는 여러 부모듈의 연계를 통해 이루어지는 AnnAGNPS 모형의 모의 공정도를 나타낸 것이다.

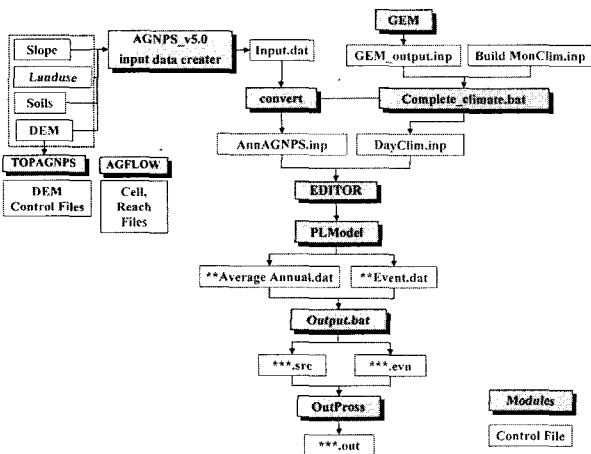


그림 5. AnnAGNPS 모형의 모의공정도

### 3.3 적용기법의 개요

AnnAGNPS 모형은 구역에서 발생하는 유출량 및 토양 침식량, 오염부하량을 산정하기 위한 기법으로 NRCS 방법과 RUSLE 기법을 응용한다. 강우시 발생하는 직접유출량을 산정하기 위해 NRCS Curve Number를 이용하며, 판상침식 및 세류침식을 산정하기 위하여 RUSLE 기법을 응용한다.

구역에서 발생하는 토양 침식량을 격자별로 산정하기 위해 구역의 토지특성 및 토양특성 등이 격자별로 따로 적용되며, 이를 통해 모형의 매개변수를 공간과 시간의 개념으로 구분하여 적용할 수 있게된다. 판상침식 및 세류침식량은 각 호우별로 사용자가 정의한 모의 기간동안의 값을 산정하게 되며, 동일 시기에 대한 값은 평균값을 이용한다.

#### 3.3.1 지표면 유출

AnnAGNPS 모형에서 유출량의 산정은 미국 토양보존국이 개발한 NRCS Curve Number식에 의하여 계산되는데, NRCS 방법은 유출량 자료가 없는 경우 구역의 토양특성과 식생피복상태 등의 자료만으로 총 우량으로부터 초과강우량을 산정할 수 있는 방법이다.

또한 토양의 종류, 토지이용 혹은 식생피복의 종류, 처리상태 및 토양의 수문학적 조건 등을 고려하여 이들 인자간에 미치는 복합적인 영향을 양적으로 표시하고, 강우가 있기 이전의 선행함수토양조건을 고려하여 유출량을 산정한다.

NRCS에서 정의한 총우량과 유효우량과의 관계식은 식 (1)과 같다.

$$Q_d = \frac{(P_t - I_a)^2}{(P_t - I_a) + S_{max}} \quad (1)$$

여기서,  $Q_d$  : 유효우량  $P_t$  : 호우별 총우량  $I_a$  : 강우 초기의 손실,  $S_{max}$  : 구역의 최대잠재보유수량

식 (1)에서의 초기손실,  $I_a$ 는 유출이 시작되기 전에 생기는 차단, 침투, 지면저류 등을 포함하며, S와는 식 (2)와 같은 관계를 갖는다고 가정한다.

$$I_a = 0.2S_{max} \quad (2)$$

식 (2)를 식 (1)에 대입하며 식 (3)과 같다.

$$Q_d = \frac{(P_t - 0.2S_{max})^2}{P_t + 0.8S_{max}} \quad (3)$$

식 (3)에서의 최대잠재보유수량 산정공식은 다음 식 (4)와 같다.

$$S_{max} = \frac{25,400}{CN} - 254 \quad (4)$$

여기서, CN: 유출곡선지수

#### 3.3.2 유사 이송

기존 버전인 AGNPS v5.0 모형은 USLE(Universal

Soil Loss Equation)을 이용하여 단일강우사상에 대한 토사 발생량을 예측하였다. 그러나 AnnAGNPS 모형에서는 RUSLE(Revised USLE) 기법을 이용하여 각 토지 이용특성에 따라 LS, C, P 인자를 산정하고, 토양특성에 따라 K 인자를 산정하여 유역에서 발생하는 토사 발생량을 모의한다.

$$A = R K LS C P \quad (5)$$

여기서, A = 토사발생량, R = 강우에너지인자, K = 토양 침식인자, LS = 지형특성인자, C = 식생피복인자, P = 토양 보존인자

### 3.3.3 영양염류 이송 모의

일반적으로 오염물질은 크게 물에 용해되어 이송되는 것과 토양내에 흡착되어 이송되는 것, 두 가지로 구분할 수 있다. AnnAGNPS에서는 질소(Nitrogen), 인(Phosphorous), 그리고 COD 3가지의 오염물질을 모의한다. 영양염류인 질소(N)와 인(P)은 용해된 것과 흡착된 것 두가지로 모의가 가능하지만 COD는 용해성이라는 가정하에 계산하게 된다.

#### (1) 영양물질(Nutrients)

유역으로 유입되는 질소(N), 인(P), 그리고 COD의 이송은 화학적 이송식에 의해 계산되어진다. 모형에서 사용되는 이송식은 토양구조에 따른 다양한 영향을 고려한 CREAMS 모형과 가축평가모형에서 사용된 식이 적용된다.

영양염류량은 물에 용해되는 것과 유사에 흡착되는 것 두 가지로 나누어 계산된다.

유사에 흡착되는 영양물질량은 각 cell로부터의 총 유사량을 이용하여 계산되는데 식 (6)과 같다.

$$Nut_{sed} = (Nut_f) Q_s(x) E_r \quad (6)$$

여기서,  $Nut_{sed}$  : 유사에 의해 이송되는 N 이나 P의 양  
 $Nut_f$  : 토양내의 N 이나 P의 양,  $E_r$  : 유사 전달률,  
 $Q_s$  : 유사량

여기서  $E_r$ 은 식 (7)과 같이 표현된다.

$$E_r = 7.4 Q_s(x)^{-0.2} T_f \quad (7)$$

여기서  $T_f$ 는 모래와 점토질 토양에서의 유사에 흡착된 영양물질 농도율의 수정계수이다.

용해성 영양물질의 산정은 강우와 시비정도, 토양여과 상태에 따라 영양물의 영향을 고려하여야 한다. 강우유출시 용해성 영양물질의 산정식은 식 (8)과 같다.

$$Nut_{sol} = C_{nut} = Nut_{ext} Q \quad (8)$$

여기서,  $Nut_{sol}$ : 유출시 용해성 N 이나 P의 농도,  $C_{nut}$ : 토양면 유출시 용해성 N 이나 P의 평균농도,  $Nut_{ext}$ : 유출시의 N 이나 P의 이동에 따른 계수,  $Q$ : 총유출량

#### (2) 화학적 산소요구량(COD)

AGNPS모형에서는 영양염류와는 달리 COD는 용해성이라는 가정하에 계산하게 된다. 유출에서 COD의 산정은 계산된 유출량과 그 유출에서의 평균 COD농도에 의해 계산되는데, 영양염류와 마찬가지로 COD는 일단 하천으로 유입되면 모형내에 설정된 지수감소함수(Exponential decay function)나 사용자가 설정한 감소율에 따라 시간이 지나면서 감소하게 된다.

## 4. 데이터베이스 구축

### 4.1 수문자료 구축

AnnAGNPS 모형에서 기후자료는 연속강우에 대한 오염부하량 산정을 위해 가장 중요한 작용을 한다. 그러나 AnnAGNPS 모형내의 기후자료생성 모듈은 미국내의 강우관측소 정보를 바탕으로 생성되도록 작성되어 있어 본 연구에서는 대상유역내의 강우관측소에서 기록한 기후자료 평균값을 이용하여 기후자료를 생성, 적용하였다. 그림 6은 대상유역내에 위치한 7개의 강우 관측소를 바탕으로 평균 강우량을 산정하기 위해 작성한 Thiessen망을 보여주고 있다. 작성된 Thiessen망 정보는 표 2와 같으며, 산정된 유역지배 면적을 바탕으로 표 3과 같이 평균강우량을 산정하였다. 본 연구에서는 모형의 보정을 위해 대상유역내 수위관측지점인 북한교에서 수위를 관측한 시기와 동일한 4개의 강우사상을 바탕으로 유출량 및 오염부하량을 모의하였다.

또한 AnnAGNPS 모형은 일 기후자료로 표 4와 같은 자료들이 입력되며, 이는 월별 평균값을 이용하여

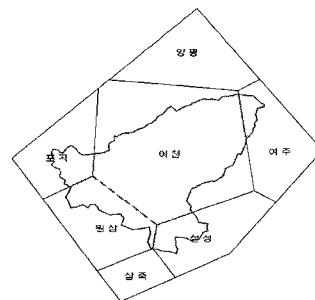


그림 6. 북한천유역 Thiessen망

표 2. 북한천 유역 Thiessen망 구축현황

강우관측소	적용면적(km <sup>2</sup> )	가중인자	위 치
원삼	39.42	0.119	경기도 용인시 원삼면 원삼중학교
이천	231.76	0.702	경기도 이천(읍) 중리 이천남초등학교
여주	11.64	0.035	경기도 여주(읍) 상수도 취수장
포곡	22.51	0.068	경기도 용인시 포곡면 전대리 포곡초등학교
양평	0	0.000	경기도 양평(읍) 양근리 양평교
설성	24.68	0.075	경기도 이천시 설성면 장천리 장천초등학교
삼죽	0.0003	0.000	경기도 안성시 삼죽면 덕산리 삼죽초등학교
총	330	1	

표 3. 북한천 유역 평균 강우량(mm)

	일시	원삼	이천	여주	포곡	설성	삼죽	평균강우량
Event I	99.06.02	40	50	58	45	47	37	48.52
Event II	99.09.05	43	45	43	34	45	48	43.94
Event III	00.06.10	15	28	22	7	23	42	24.43
Event IV	00.07.22	393	214	213	270	263	361	242.83
유역면적(km <sup>2</sup> )		39.42	231.76	11.64	22.51	24.68	0.0003	330.01

표 4. 북한천 유역 기후정보

	최고기온(°C)	최저기온(°C)	풍속(m/s)	이슬점(°C)	전운량	비 고
1월	1.7	-9.1	23.2	-9.64	3.8	전 운 량 0.0~2.4: 맑음 2.5~5.4: 구름조금 5.5~7.4: 구름많음 7.5이상: 흐림
2월	4.8	-6.5	25.1	-6.98	4.0	
3월	11.1	-1.1	49.6	-1.60	4.5	
4월	18.8	4.8	87.3	4.27	4.5	
5월	23.7	10.7	98.5	10.20	4.9	
6월	27.2	16.4	146.4	15.88	5.9	
7월	29.3	20.8	328.3	20.29	7.0	
8월	29.8	20.8	291.7	20.31	6.0	
9월	25.5	14.5	158.8	13.98	5.3	
10월	19.7	6.6	49.0	6.11	4.3	
11월	11.3	0.0	46.4	-0.53	4.5	
12월	4.2	-6.2	25.4	-6.74	3.9	

적용한 것이다. AnnAGNPS의 Input Editor 모듈에서는 그림 7과 같은 형태로 입력된다.

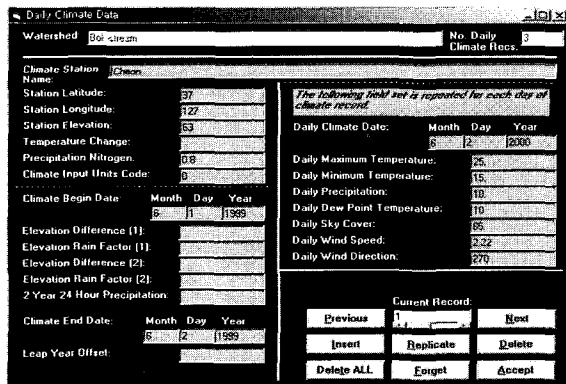


그림 7. AnnAGNPS 모형 일기후자료 입력창

## 4.2 지형공간정보 구축

### 4.2.1 DEM(Digital Elevation Model)

DEM 자료는 AnnAGNPS 모형과 같은 분포형 모형에서는 가장 중요한 매개변수 역할을 한다. 하천망 자료를 이용하여 하천정보를 입력하기도 하지만, 하천정보가 없는 경우 DEM 자료를 이용하여 유역의 경사각 및 경사방향을 산정하고, 이를 바탕으로 유역에서의 흐름을 모의하게 된다. 특히 본 연구에서 적용하는 AnnAGNPS 모형은 Flownet Generator라는 부모모듈을 통해 DEM 자료를 분석함으로써 유역의 경사를 산정하여 흐름방향을 결정하게 된다. 이를 통해 대상유역의 최종 출구점을 산정하고, 유역 각 지점으로부터 유역출구까지의 거리 및 배수면적을 산정하게 된다.

그림 8과 같이 본 연구에서 사용된 DEM 자료는 Resolution 30m의 정보를 갖고 있으며, 대상구역인 북하천 유역은 최저 17m에서 최고 591m의 Elevation값을 갖는다.

#### 4.2.2 토지이용도

토지이용도는 유역의 토지특성을 분류하고, 토지이용별 특성값을 설정하여 토지이용에 따라 AnnAGNPS 모형의 입력 매개변수인 NRCS-CN, Manning의 조도계수, RUSLE식의 식생피복인자(C)와 지표면 상태상수 그리고 COD 인자를 산정하는데 이용한다. 대상유역에 대한 토지이용도는 그림 9와 같이 구축하였으며, 국립지리원에서 작성한 1:25,000 토지이용도 6도엽을 이용하였다.

#### 4.2.3 토양도

토양도는 토양 특성에 따라 토양침식량 산정을 위한 RUSLE식의 토양침식인자(K)와 토양정보를 분류하여 적용하기 위한 Soil type을 산정할 수 있도록 그림 11과 같이 구축하였다. 구축된 토양도는 그림 10과 같으며 사용된 토양정보는 1:250,000 개략토양도를 이용하였다.

### 4.3 모형입력자료 구축

#### 4.3.1 유역 특성자료 구축

AnnAGNPS 모형은 DEM 자료를 이용하여 유역의

각 격자별 하천정보 및 구간정보 등의 지형공간자료를 생성한다. 우선 DEM의 고도자료를 이용하여 유출에 영향을 미치는 유역경계를 구분한다. 그림 12는 대상유역인 북하천에서 유출영향을 미치는 유역경계를 산정한 것이다. 또한 임의의 격자를 중심으로 8방향의 고도차이를 이용하여 그림 13와 같이 흐름방향을 산정하게 된다. 산정된 흐름방향을 바탕으로 유역내의 가상의 하천망을 생성하게 된다.

본 연구에서는 분포형 유역수질관리를 위해 대상유역을 100m×100m의 격자로 총 109480개의 격자망을 구성하였다. 그러나 AnnAGNPS 모형에서는 TOPAGNPS 모듈을 통해 구성된 격자망에서 특성이 같은 격자들을 하나의 격자로 재구성하게 된다. TOPAGNPS 모듈에서는 재구성된 격자망의 정보와 구간(Reach)정보, 소유역 정보등을 생성하게 되며 생성된 자료는 그림 14~그림 16과 같다.

그림 17은 재구성된 격자ID를 이용하여 생성한 GIS scene를 나타낸 것이다.

또한 AnnAGNPS 모형에서는 DEM 자료를 이용하여 각 격자에서 하류하천까지의 거리, 하천출구로부터 각 격자점까지의 거리 등을 그림 18, 그림 19와 같이 산정하고, 각 격자점에서 하천출구까지 유출되는 배수면적을 그림 20과 같이 산정한다.

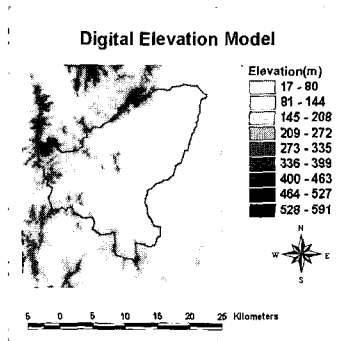


그림 8. 수치고도도

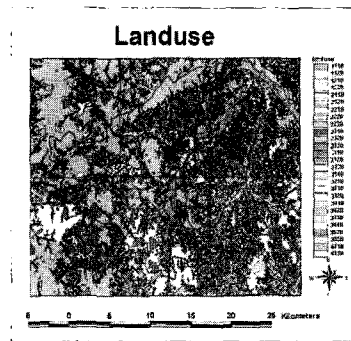


그림 9. 토지 피복도

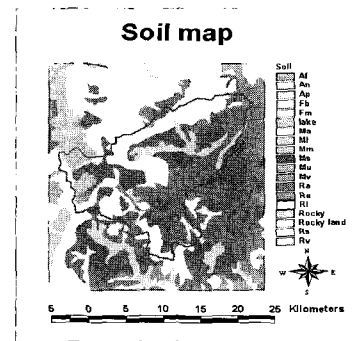


그림 10. 토양도

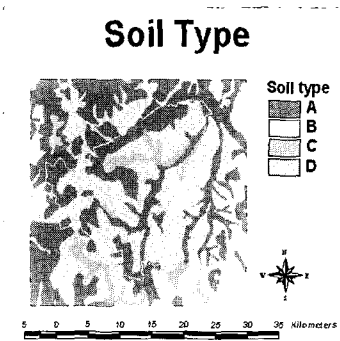


그림 11. 토양형태

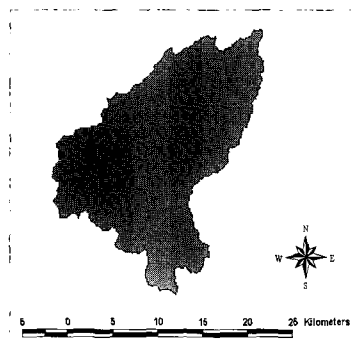


그림 12. 유역경계도

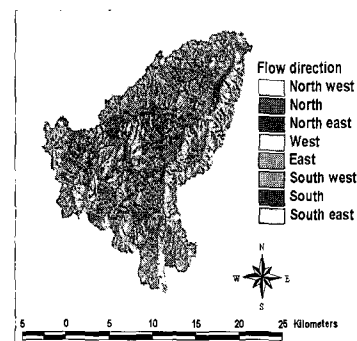


그림 13. 흐름방향도

AnnAGNPS 격자정보

```

Run Date: 12/21/2009 12:00:00
Subarea Report
Planquette Box-Stream Basin
Date: 04/11/09

Initial Rating
Cell: 10000
Area: 10000.00
Subarea: 10000.00
Number of Raster within Left Subarea Channel: 1
Slope: 0.00000
LS-Factor: 0.00000

```

Cell	Area	Subarea	Number of Raster within Left Subarea Channel	Slope	LS-Factor
10	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
11	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
12	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
13	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
14	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
15	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
16	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
17	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
18	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
19	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
20	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000

그림 14. AnnAGNPS 격자정보

AnnAGNPS 구간정보

```

Run Date: 12/21/2009 12:00:00
Subarea Report
Planquette Box-Stream Basin
Date: 04/11/09

Initial Rating
Cell: 10000
Area: 10000.00
Subarea: 10000.00
Number of Raster within Left Subarea Channel: 1
Slope: 0.00000
LS-Factor: 0.00000

```

Cell	Area	Subarea	Number of Raster within Left Subarea Channel	Slope	LS-Factor
10	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
11	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
12	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
13	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
14	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
15	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
16	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
17	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
18	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
19	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
20	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000

그림 15. AnnAGNPS 구간정보

소유역 정보

```

Run Date: 12/21/2009 12:00:00
Subarea Report
Planquette Box-Stream Basin
Date: 04/11/09

Initial Rating
Cell: 10000
Area: 10000.00
Subarea: 10000.00
Number of Raster within Left Subarea Channel: 1
Slope: 0.00000
LS-Factor: 0.00000

```

Cell	Area	Subarea	Number of Raster within Left Subarea Channel	Slope	LS-Factor
10	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
11	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
12	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
13	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
14	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
15	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
16	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
17	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
18	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
19	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000
20	10000.00	10000.00	1	0.00000	0.00000

그림 16. 소유역 정보

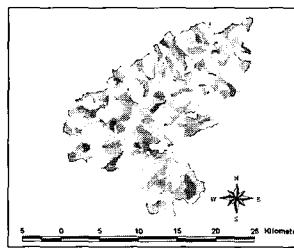


그림 17. 재산정된 Cell ID

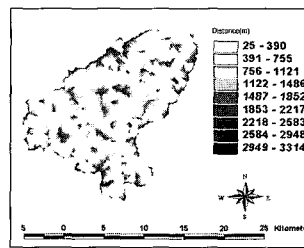


그림 18. 하류하천까지의 거리

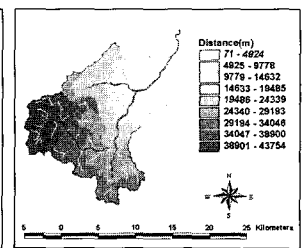


그림 19. 출구점까지의 거리

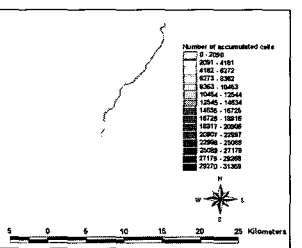


그림 20. 배수누가격자수

이러한 자료들은 AnnAGNPS 모형내에서 유출량 및 침투유량 산정에 있어 주요한 매개변수로써의 역할을 하게 된다.

4.3.2 유역 피복자료 구축

AnnAGNPS 모형에 주요 매개변수로 작용하는 여러 공간정보 중 토지이용도는 그 중요성이 매우 크다. 이는 유역내에서 발생하는 오염물질이 해당 유역의 토지이용특성에 따라 크게 좌우되는 사실만으로도 입증된다. 본 연구에서는 대상유역에 대한 토지이용특성을 세밀히 적용하기 위해 1:25,000 토지이용도를 이용하였으며, 총 26개의 특성으로 분류하였다.

토지이용특성으로부터 산정되는 모형의 입력매개변수는 표 5에서 보는 바와 같이 4가지로 구분된다. 우선 RUSLE의 C 인자, 즉 식생피복인자의 적용을 통해 유

역에서 발생하는 토사유출량을 산정하게 되며, 강우시 지표면 유출 유속을 산정하기 위해 토지이용별로 지표 조건상수(Surface Condition Constant)를 적용하게 된다. 모형에서 COD는 모두 용해성 인자로서 가정하게 되는데 유출량과 유출내의 평균 COD 농도값으로부터 계산되며, 모형에서 정해농은 토지이용에 따른 유출내의 평균 COD 농도값이 입력된다.

Manning의 조도계수는 원활한 유출흐름을 위해 적용되는 매개변수이다.

AnnAGNPS 모형에서는 토지이용도와 격자망도를 이용하여 각 격자별 토지이용특성을 분류한 Field data를 작성하고, 이를 AnnAGNPS Input Editor에서 로딩하여 각 격자별로 토지이용계수를 적용시킨다. 이후 그림 21의 [Field Data]와 [Field Management Data] 항



표 5. 토지이용별 입력매개변수

Value	Landuse	C	S.C.C	COD factor	Manning's coef.
1	밭- 보통, 특수작물	0.50	0.29	70	0.13
2	혼합수림	0.001	0.29	65	0.3
3	논- 미경지정리답	0.15	0.22	115	0.25
4	공업시설	0.015	0.01	80	0.3
5	일반주택지	0.01	0.01	80	0.03
6	침엽수림	0.001	0.22	65	0.3
7	도로	0.01	0.01	80	0.03
8	논- 경지정리답	0.15	0.05	80	0.25
9	인공초지	0.005	0.22	65	0.2
10	하천	0.00	0.00	0	0.05
11	상업지	0.01	0.01	80	0.3
12	가축사육시설	0.025	0.00	80	0.3
13	나대지 및 인공녹지	0.005	0.22	65	0.2
14	호수	0.00	0.00	0	0.05
15	공공용지	0.02	0.01	80	0.3
16	피수원	0.27	0.29	70	0.13
17	골프장	0.005	0.22	65	0.2
18	교육, 군사시설	0.015	0.01	80	0.3
19	자연초지	0.01	0.29	65	0.2
20	활엽수림	0.001	0.29	65	0.3
21	공원묘지	0.005	0.22	65	0.2
22	처리장	0.015	0.01	80	0.3
23	공업나지	0.015	0.01	80	0.3
24	고층주택지	0.01	0.01	80	0.03
25	유원지	0.01	0.01	80	0.3
26	발전시설	0.015	0.01	80	0.3

【참고】 C: RUSLE C 인자, S.C.C: 지표면 상수(Surface Condition Constant)

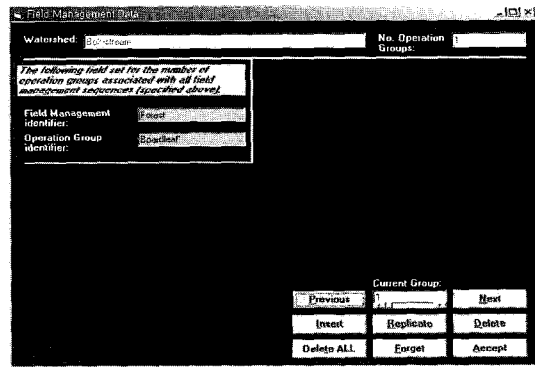
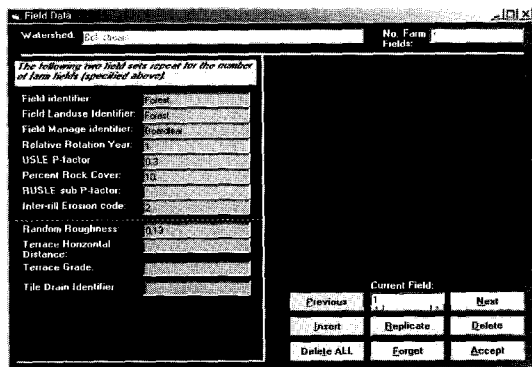


그림 21. 모형내의 토지이용정보 입력창

목에 토지이용특성별 매개변수를 입력하여 AnnAGNPS 모형의 최종 입력자료를 생성하게 된다.

#### 4.3.3 토양자료 구축

AnnAGNPS 모형에서의 토양정보는 토사유출량을 산정하기 위한 RUSLE의 매개변수 산정뿐만 아니라 영양염류를 산정하기 위한 입력매개변수 산정에 있어서도 중요한 역할을 한다.

표 6은 대상유역에 해당하는 토양 분류별 토양특성

과 RUSLE의 토양침식인자(K)와 토양형태를 산정하여 나타낸 것이다.

AnnAGNPS 모형에서 영양염류에 대한 모의는 토사에 흡착되어 이송되는 것과 물속에 용해되어 유출되는 것으로 구분하여 산정하게 된다. 영양염류량의 산정을 위해서는 토양내에 함유되어 있는 영양염류량과 토양면 유출시 용해된 영양염류의 농도를 알아야 하는데, 모형에서 요구되는 매개변수는 토양정보로서 토양형태에 따

표 6. 토양특성별 입력매개변수

Value	Soil	Charactor	K	Soil Type
1	Af	층적토, 배수 불량 내지 매우 양호	0.39	B
2	An	회색토 및 층적토, 배수 양호 내지 약간 불량	0.31	B
3	Ma	암쇄토 및 적황색토, 석회암, 배수 매우 양호	0.27	A
4	Mm	암쇄토, 번성퇴적암 및 편암, 배수 매우 양호	0.18	A
5	Ra	적황색토, 암쇄토, 회색토 및 퇴적토, 산성암 및 홍적, 배수 양호 내지 약간 불량	0.21	B
6	Re	암쇄토, 회색토 및 층적토, 배수 매우 양호 내지 불량	0.32	B
7	Ap	회색토, 층적토 및 적황색토, 배수 불량 내지 양호	0.32	B

라 토양에 대비한 인과 질소의 양, 토양의 공극 속에 함유된 인과 질소의 농도 등의 값을 요구하게 된다. 표 7은 본 연구에 적용한 토양정보를 나타낸 것으로 모형에서 제시하는 기본값을 적용하였다. 또한 각 격자별로 토양내의 비옥정도를 나타내 주게 되는데 모형에서 요구하는 매개변수로는 평균치를 적용하였고, 평균치에 대한 각각의 매개변수는 표 8과 같다.

AnnAGNPS 모형에서 토양정보는 그림 22와 같이 각 격자별 토양형 자료가 작성되어 입력되며, 입력된 정보는 AnnAGNPS Input Editor에서 토양형에 따른

각종 매개변수들이 적용된다.

## 5. 결과 및 고찰

### 5.1 유출량

AnnAGNPS 모형에서의 유출량 산정은 NRCS-CN를 이용한 방법으로 산정된다. 우선 북하천 유역의 토지이용도와 토양도로부터 토지이용계수 및 토양형태를 산정하고, 이를 표 9와 같이 NRCS Curve number를 적용하여 그림 23과 같은 입력자료들을 생성하게 된다.

이를 바탕으로 식 (4)의 NRCS 방법에 의해 그림 24

표 7. 토양특성별 토양정보

Soil texture	Water	Sand	Silt	Clay	Peat
N concentration (lb_N/lb_soil)	0	0.0002	0.0008	0.001	0.0012
P concentration (lb_N/lb_soil)	0	0.0001	0.0004	0.0005	0.0006
Pore water N (ppm)	0	1	4	5	6
Pore water P (ppm)	0	0.4	1.6	2	2.4
Extraction runoff N	0	0.05	0.05	0.05	0.05
Extraction runoff P	0	0.025	0.025	0.025	0.025
Extraction leaching N	0	0.025	0.025	0.025	0.025
Extraction leaching P	0	0.025	0.025	0.025	0.025

표 8. 토양내의 시비정보

Items	Contents
Nitrogen application rate	200
Phosphorus application rate	80
Availability factor N	60
Availability factor P	60

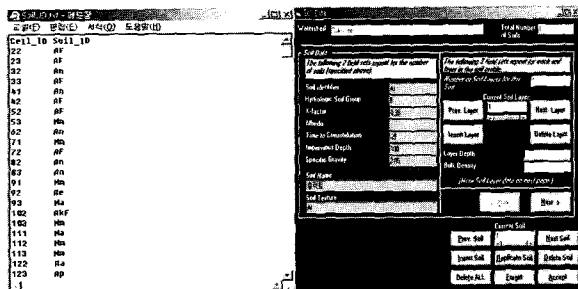


그림 22. 모형내의 토양정보 입력창

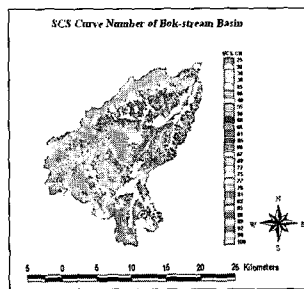


그림 23. NRCS CN

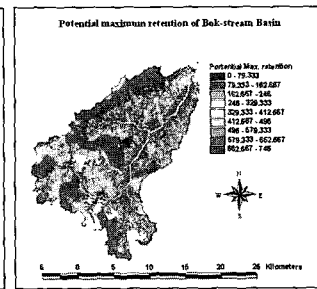


그림 24. 최대잠재보유수량

표 9. NRCS Curve Number of Bok-Stream Basin

토지이용상태		토양형태				토지이용상태		토양형태					
Value	토지이용	UCB	A	B	C	D	Value	토지이용	UCB	A	B	C	D
1	특수작물	1210	58	72	81	85	14	호소	4310	100	100	100	100
2	혼합수림	2230	36	60	73	79	15	공공용지	3440	83	89	92	93
3	미경지정리답	1120	65	75	82	86	16	과수원	1220	56	75	89	91
4	공업시설	3310	81	88	91	93	17	골프장	2310	39	61	74	80
5	일반주택지	3110	77	85	90	92	18	교육·군사시설	3430	89	92	94	95
6	침엽수림	2210	45	66	77	88	19	자연초지	2110	30	58	71	78
7	도로	3210	98	98	98	98	20	활엽수림	2220	25	55	70	77
8	경지정리답	1110	67	78	85	89	21	공원묘지	2320	49	69	79	84
9	인공초지	2120	30	58	71	78	22	처리장	3420	81	88	91	93
10	하천	4210	100	100	100	100	23	공업나지	3310	81	88	91	93
11	상업지	3130	89	92	94	95	24	고층주택지	3120	46	65	77	82
12	기축사육시설	3550	49	69	79	84	25	유원지	2330	49	69	79	84
13	인공녹지	3140	39	61	74	80	26	발전시설	3410	81	88	91	93

의 최대잠재보유수량을 산정한다.

본 연구에서는 NRCS 방법에 의해 산정되는 유효우량과 침투유량을 결과값으로 제시하였고, 실측값과의 비교를 위해 강우사상별 유출량값을 그래프로 표현하였으며, 각 격자에서 발생하는 값을 나타내기 위해 GIS 기법을 이용하여 결과값을 도시하였다.

그림 25와 그림 26은 각각 강우 사상별 발생하는 유효우량과 침투유량을 각 격자별 발생값으로 표현한 것이다.

북하교 수위관측소 자료는 건설교통부에서 작성한 「한국수문조사연보」 1999년과 2000년 자료를 이용하였으며, Event IV의 경우는 자료가 미비하여 건설교통부 한강홍수통제소에서 2000년에 작성한 「남한강 유역 유량 측정보고서」의 수위자료를 이용하였다.

측정된 수위자료를 바탕으로 산정한 유량은 표 10과 같으며 북하교 지점에 해당하는 격자점에서 모의된 유출량과 비교하였다[그림 27].

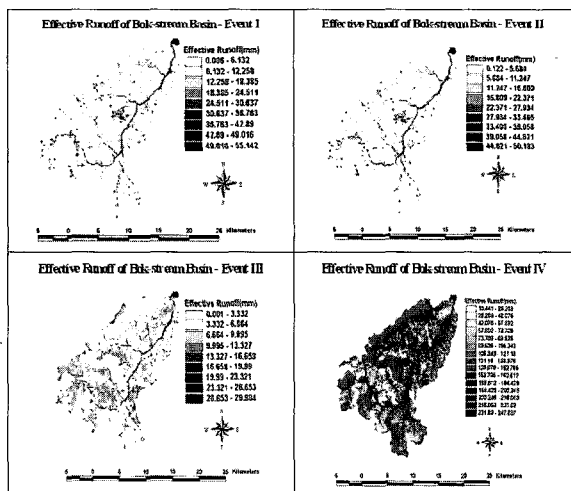


그림 25. 강우사상별 발생 유효우량

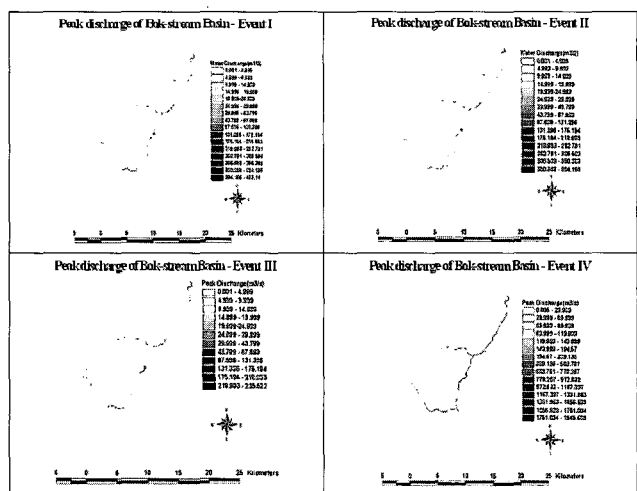


그림 26. 강우사상별 발생 침투유량

표 10. 관측유량 및 모의 유량자료

	수위(m)	관측유량(m)	모의유량(m)	Rating Curve식
Event I	1.45	258.40	266.43	$Q = 2.733(h + 1.602)^{4.077}$
Event II	1.33	219.42	242.47	$Q = 2.733(h + 1.602)^{4.077}$
Event III	1.47	244.02	144.87	$Q = 0.753(h + 1.990)^{4.417}$
Event IV	3.01	1233.29	1196.79	$Q = 0.753(h + 1.990)^{4.417}$

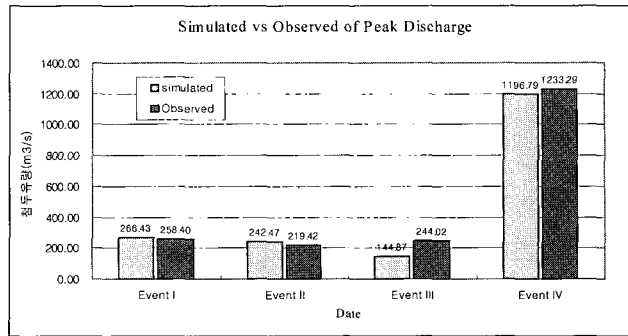


그림 27. 침두유량비교(모의결과vs실측자료)

### 5.2 토사 유출량

토사 유출량은 3장 3)절에서 기술한 바와 같이 RUSLE식을 이용하여 산정한다. 본 연구에서는 단순히 강우사상에 따른 총 토사유출량 뿐만 아니라 각 격자지점에서의 토사 퇴적량을 산정하고, 흐름추적을 통해 하

천으로 유입되어 하구로 유하하는 유사량에 대한 산정까지 적용하였다. 그림 28은 각 강우사상에 대한 토사 퇴적량을 분포형으로 나타낸 것이다.

그림 29는 유역 각 지점에서 발생하여 유출에 의해 하천 및 하구로 유하하는 토사 발생량을 모의한 값으로 표 11에서 주요 측정지점에서의 발생량을 표시하였다.

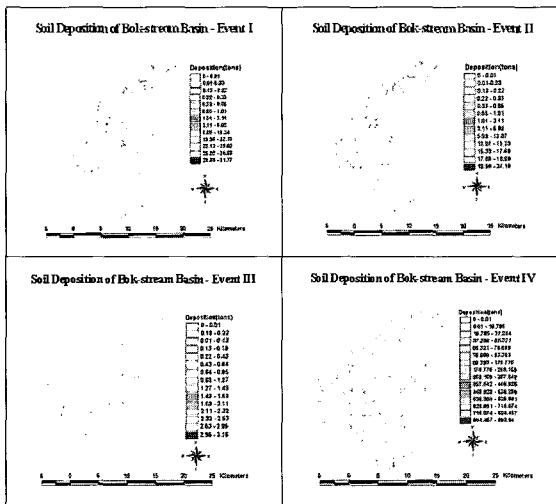


그림 28. 강우사상별 토사퇴적량(tons)

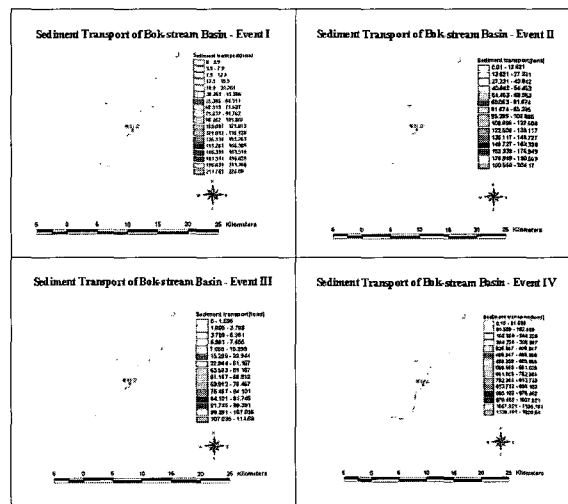


그림 29. 강우사상별 토사 이송량(tons)

표 11. Sediment Yield of Gauging stations

	복하천1	복하천2	복하천3	Outlet
Event I	172.83	201.46	215.58	226.89
Event II	155.52	181.28	193.99	204.17
Event III	87.15	101.82	108.96	114.68
Event IV	929.74	1083.74	1159.68	1220.54

### 5.3 오염부하량

3장 3)절에서 언급한 바와 같이 본 연구에서 적용한 AnnAGNPS 모형은 오염부하량 모의시 토사에 흡착되어 이송되는 것과 물에 용해되어 이송되는 것으로 구분하여 모의하게 된다.

본 연구에서는 이 두 가지 경우를 모두 적용하였으며, GIS scene을 이용하여 각 지점에서 발생하는 오염부하량을 분포형으로 표현하였고, 주요 측정지점인 복하천 1,2,3지점과 최종 출구(Outlet) 지점에서 발생한 오염부하량을 산정하는 방법을 사용하였다.

그러나 본 연구에서는 COD를 산정하기 위한 매개변

수가 미비하여 총질소, 총인에 대한 오염부하량 및 농도값만을 모의하였다.

질소는 강우 유출수내에 대부분 용해되어 나타나는 영양물질로서, 주로 축산폐수로부터 오염원이 발생한다. AnnAGNPS 모형에서는 토지이용계수 및 오염원 자료가 매개변수에 적용된다. 그림 30은 유사에 흡착되어 하류로 이송되는 질소의 양을 분포형으로 나타낸 것으로써 각 강우사상별로 정리하였다. 표 12는 주요 측정지점에서 모의된 질소의 양을 정리한 것으로 복하천을 따라 하류로 갈수록 질소의 양이 증가함을 알 수 있다.

그림 31은 유사에 흡착되어 하류로 이송되는 인의 양을 표현한 그림으로 질소의 경우와 마찬가지로 강우 사상별 각 지점에서 영양물질 인이 발생하는 현황을 파악할 수 있다.

표 13은 주요 측정지점에서의 모의된 결과값이다.

그림 32와 그림 33은 유역내의 흐름을 통해 하천으로 유입되는 총 질소와 총 인의 양을 표현한 그림이다.

표 14, 표 15와 같이 주요 측정지점에서 모의된 영양염류의 양은 하천을 따라 하류로 유하할수록 그 양이 점차적으로 증가함을 알 수 있다. 실측값과의 비교를 통해 영향을 평가하고자 하였으나 동일 지점에서의 유량측정이 이루어지지 않아 오염부하량에 대한 모의 결과의 검토는 이루어지지 못했으며, 향후 동일 시기에 동일 지점에서 유량과 수질의 측정이 이루어져 강우시 발생하는 비점오염부하량에 대한 영향 검토가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

그림 34와 그림 35는 기 제시된 오염부하량과 함께 강우시 하천에서 모의되는 오염물질의 농도분포를 그림으로 나타낸 것으로, 하천에서 하류를 따라 그 양이 점차적으로 증가한 영양염류의 양과는 달리 유역지점보다 하천에서 그 값이 작게 나타남은 물론 하천을 따라 하류로 이송할수록 농도값이 작아짐을 알 수 있다. 표 16과 표 17에서 주요 측정지점에서 모의된 수질농도값을 표현하였으며, 환경부에서 측정한 동일지점의 수질농도와 비교하기 위한 자료로 이용된다.

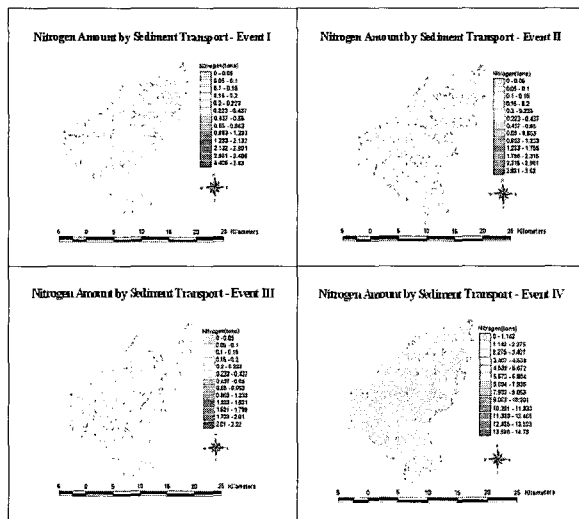


그림 30. 유사에 의해 이송되는 질소량(tons)

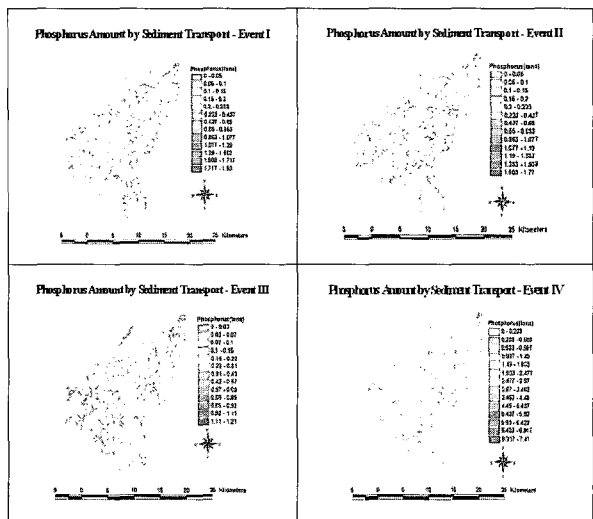


그림 31. 유사에 의해 이송되는 인의 양(tons)

표 12. 유사에 흡착되어 하류로 이송된 질소량

	복하천1	복하천2	복하천3	Outlet
Event I	3.08	3.49	3.68	3.83
Event II	2.83	3.20	3.38	3.52
Event III	1.79	2.02	2.13	2.22
Event IV	11.85	13.39	14.14	14.73

표 13. 유사에 흡착되어 하류로 이송된 인의 양

	복하천1	복하천2	복하천3	Outlet
Event I	1.55	1.75	1.85	1.93
Event II	1.43	1.61	1.70	1.77
Event III	0.90	1.02	1.07	1.21
Event IV	5.96	6.74	7.12	7.41

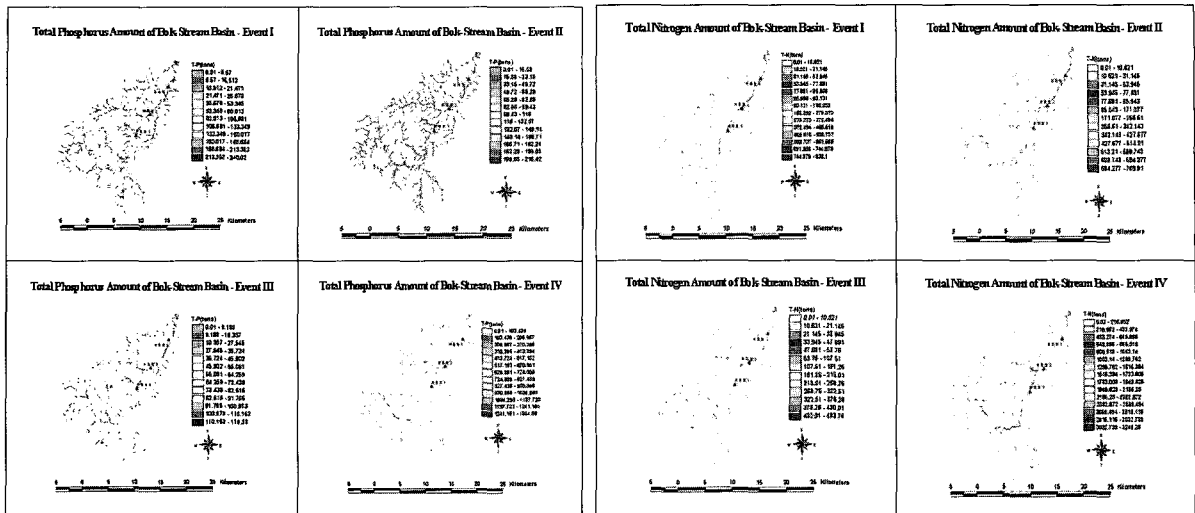


그림 32. 유역에 분포된 총 질소의 양(tons)

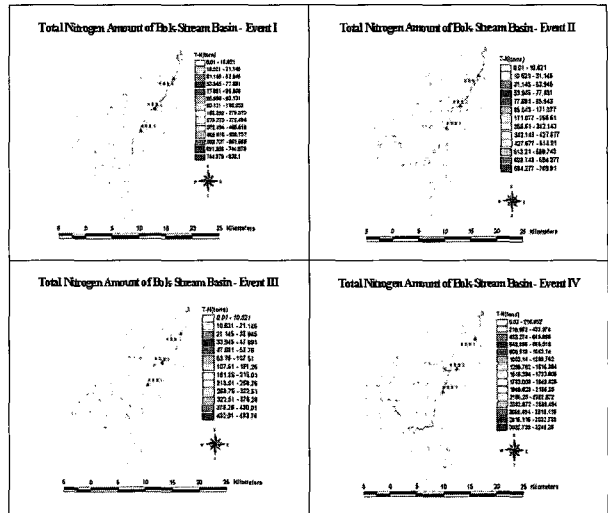


그림 33. 유역에 분포된 총 인의 양(tons)

표 14. 하류로 이송 모의된 총 질소량(tons)

	복하천1	복하천2	복하천3	Outlet
Event I	540.67	692.05	771.82	838.10
Event II	496.01	635.66	708.93	769.81
Event III	312.08	399.46	445.50	483.76
Event IV	2096.19	2683.12	2992.38	3249.36

표 15. 하류로 이송 모의된 총 인의 양(tons)

	복하천1	복하천2	복하천3	Outlet
Event I	137.46	188.15	216.14	240.02
Event II	123.37	168.87	194	215.42
Event III	68.34	93.54	107.46	119.33
Event IV	770.03	1054	1210.84	1344.58

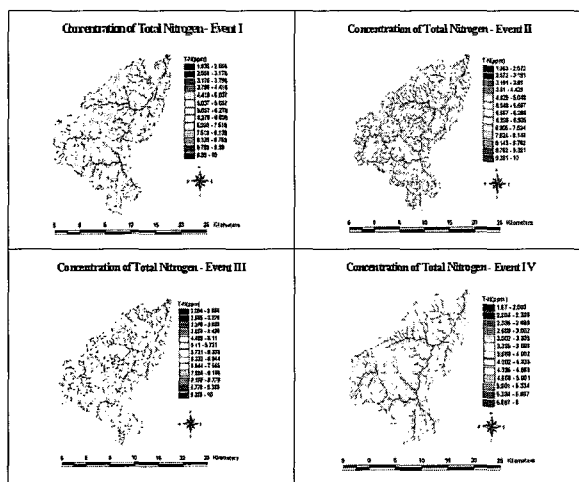


그림 34. 강우시상별 유역내 분포된 총 질소의 농도

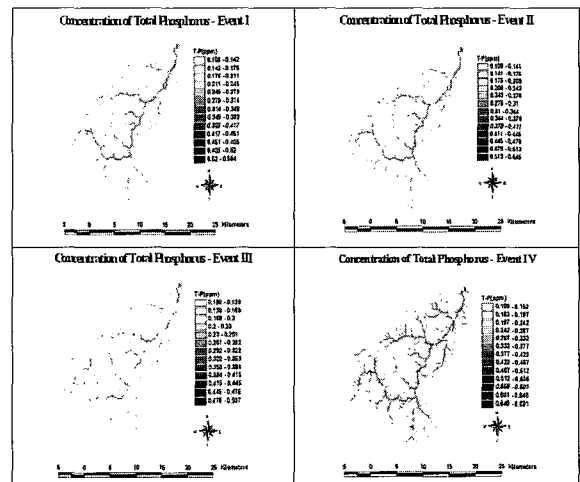


그림 35. 강우시상별 유역내 분포된 총 인의 농도

표 16. 관측지점에서 모의된 총질소의 농도(ppm)

T-N	복하천1	복하천2	복하천3	Outlet
Event I	2.029	1.975	1.952	1.935
Event II	2.048	1.994	1.97	1.953
Event III	2.154	2.097	2.072	2.054
Event IV	1.752	1.705	1.685	1.67

표 17. 관측지점에서 모의된 총인의 농도(ppm)

T-P	복하천1	복하천2	복하천3	Outlet
Event I	0.516	0.537	0.546	0.554
Event II	0.509	0.529	0.539	0.546
Event III	0.472	0.491	0.499	0.506
Event IV	0.643	0.669	0.682	0.691

본 연구에서는 적용된 AnnAGNPS 모형의 보정을 위해 복하천 유역에서 실측되는 유량 및 수질자료를 이용하였다. 유출량의 경우 표 10과 그림 27의 결과를 나타내었으며 수질자료의 경우 표 18~표 20과 같이 환경부에서 1999년과 2000년에 측정된 월별수질자료를 활용하였다. 그림 36은 영양염류에 대하여 모형을 통해 모의된 수질농도와 실측된 수질농도를 비교한 그래프이다.

### 6. 결 론

유역내의 비점오염원은 그 발생원과 운반과정이 다양하므로 관리방법도 다양하며 점오염원처럼 비교적 간단하게 처리할 수 있는 최적의 유일한 방법은 없다.

우리나라의 경우와 같이 토지가 한정되어 있는 국가에서 유역의 비점오염원에 대한 최적관리기술은 무엇보다도 비점오염원의 발생을 억제하고, 일단 발생한 비점

오염원은 현지에서 감소시켜 공공수역으로 유출되지 않도록 하는 것이다.

본 연구에서는 대상유역인 복하천 유역에 대한 GIS 데이터베이스를 구축하여 분포형 유역수질관리모형의 입력 매개변수를 산정하고, 대상 강우사상에 대한 유출 및 오염부하량을 모의한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였으며, 이를 바탕으로 복하천 유역에 대한 비점오염 부하량 발생현황을 파악하고, 주요 발생지점에 대한 저감대책을 제시할수 있는 기초자료로 활용하고자 한다.

1. 분포형 유역수질관리 모형인 AnnAGNPS 모형은 적용 매개변수가 매우 방대하며, 하천 및 유역에 대한 세밀한 입력정보를 요구한다. 그러나 복하천의 주변 유역 및 하천에 대한 정보가 많이 부족하여 모형구동에 많은 어려움이 있었으며, 실제로 많은 부분의 자료가 누락된 상태에서 모의가 되었다.

표 18. 복하천1 지점에서 측정된 월 평균농도(ppm)

	측정일	T-N	T-P	COD
Event I	1999.6	2.817	0.03	6.3
Event II	1999.9	3.574	0.028	3.4
Event III	2000.6	6.23	0.045	3.8
Event IV	2000.7	1.653	0.433	4.2

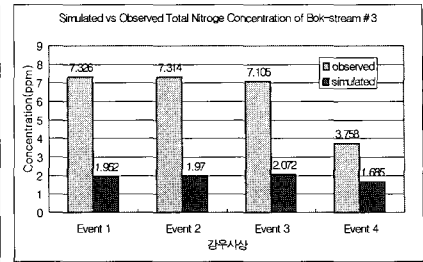
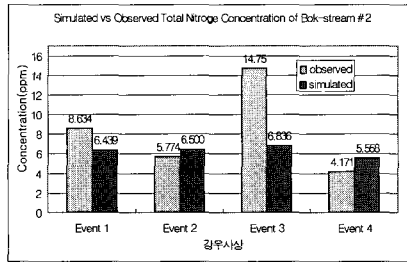
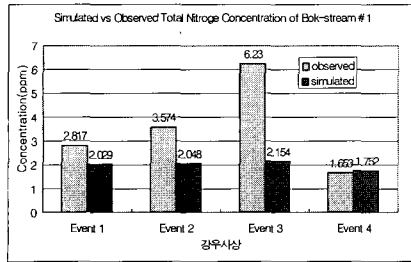
표 19. 복하천2 지점에서 측정된 월 평균농도(ppm)

	측정일	T-N	T-P	COD
Event I	1999.6	0.468	8.634	8.2
Event II	1999.9	0.248	5.774	5.8
Event III	2000.6	0.824	14.75	12.5
Event IV	2000.7	0.319	4.171	6.7

표 20. 복하천3 지점에서 측정된 월 평균농도(ppm)

	측정일	T-N	T-P	COD
Event I	1999.6	0.212	7.326	6.4
Event II	1999.9	0.187	7.314	4.7
Event III	2000.6	0.229	7.105	8.3
Event IV	2000.7	0.256	3.758	6.4

## Nitrogen



## Phosphorus

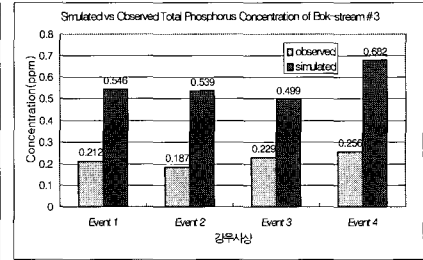
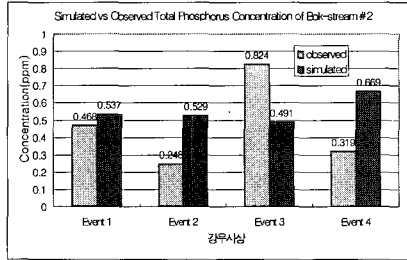
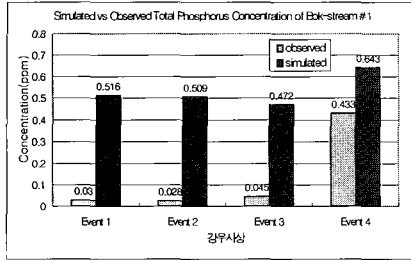


그림 36. Simulated vs Observed Total Nutrients Concentration of gauging stations

특히 유역내의 점오염원 자료가 세밀하게 적용되어야 하나 본 연구 진행시 구축한 자료는 적용에 있어 누락된 자료가 많아 실제 적용은 불가능한 상황이었다.

따라서 본 연구에서는 토양형 및 토지피복상태 등의 공간자료를 이용한 매개변수 적용을 시도하였으며, 큰 무리없이 필요 입력 매개변수에 대하여 적용하였다.

- AnnAGNPS 모형내의 부모들 중 Flownet Generator 모듈을 이용하여 대상유역의 DEM 자료를 분석한 결과 1:5,000 수치지도로 작성된 유역내의 하천망도와 거의 유사한 하천망을 구축할 수 있었다. 경사각을 이용한 흐름방향 산정으로 유역내 각 격자지점에서 하류하천 혹은 유역 출구까지의 도달거리, 배수면적 등을 산정하였다.
- 모텔링에 있어 무엇보다도 중요한 것은 모형의 보정이다. 그러나 북한천 유역에 대한 실측자료가 매우 미비한 상태에서 모형의 보정은 무리수가 있었다. 그러나 본 연구에서는 북한천 유역내의 수위관측지점인 북한교 지점의 수위자료를 바탕으로 유출량을 산정하고, 이를 모형의 결과값과 비교한 결과 큰 오차가 없는 것으로 판단되었다. 비록 수질 자료의 측정시기와 동일한 시기에 동일지점에서 측정된 유량 정보가 없어 발생 오염부하량에 대한 결과 비교에 있어서는 어려운 점이 있었지만, 해당 강우사상 발생일의 월수질자료를 이용하여 결과를

비교, 분석하였다.

- 본 연구에서 적용한 바와 같이 공간정보를 이용하여 분포형 유역수질모의모형의 입력매개변수를 생성하고, 기타 수문정보 및 유역정보를 포함하여 모형을 구축한다면 유역 각 지점별 유출량 및 오염부하량을 산정할 수 있고, 이에 주요 발생지점을 파악할 수 있기 때문에 유역내의 오염부하저감대책 방안 제시에 있어 기초자료로 활용가치가 높다고 할 수 있다. 그러나 이를 명확히 뒷받침해 주기 위해서는 본 연구 진행과정에서 도출된 문제점인 동일시기 및 동일지점에 대한 수위 및 수질자료를 충분히 구축하여 적용하여야 할 것이다.

## 참고 문헌

- 건설교통부 (1999). 한국수문조사연보.
- 건설교통부 (2000). 한국수문조사연보.
- 건설교통부 (2000). 남한강 유역 유량 측정 보고서.
- 기상청 (2002). 북한천유역 기후자료 - 기상청 홈페이지 ([www.kma.go.kr](http://www.kma.go.kr)).
- 정승권 (2000). "GIS를 이용한 유역의 토지이용별 비점 오염부하량 분석". 충북대학교 석사학위 논문.
- 환경부 (2002). 한강수계 수질관측자료 - 환경부 홈페이지 ([www.me.go.kr](http://www.me.go.kr)).
- Bingner, R. L., F.D. Theurer, R.G.Cronshey, R.W. Darden. (2001). "AGNPS 2001 Web Site.



- Internet at [www.sedlab.olemiss.edu/AGNPS.html](http://www.sedlab.olemiss.edu/AGNPS.html).
- Cronshey, R. G. and F. G. Theurer. (1998). "AnnAGNPS-Non Point Pollutant Loading Model. In *Proceedings First Federal Interagency Hydrologic Modeling Conference*". 19-23 April 1998, LasVegas, NV.
- Costa-Cabral, M. C., and S. J. Burges. (1994). "Digital Elevation Model Networks (DEMON): A Model of Flow Over Hillslopes for Computations of Contributing and Dispersal Areas". *Water Resources Research*, 30(6):1681-1692.
- He, C.; Riggs, J.F.; Kang, Y.T. (1994). "Integration of Geographic Information Systems and a Computer Model to Evaluate Impacts of Agricultural Runoff on Water Quality". *Water Resources Bulletin WARBAQ*; Vol. 29, No. 6, pp 891-900.
- Jurgen Garbrecht, Lawrence W. Martz, Ronald L. Binger (2000). "TOPAGNPS USER MANUAL".
- Wu, T.H; Hall, J.A.; Bonta, J.V. (1993). "Evaluation of Runoff and Erosion Models". *Journal of Irrigation and Drainage Engineering (ASCE) JIJDH* ; Vol. 119, No. 2, p 364-382.
- (논문번호:03-64/접수:2003.07.23/심사완료:2004.09.30)