

# 농업비점원오염모형을 위한 GIS 호환모형의 개발 및 적용(I)

- 모형의 구성 -

## Development and Application of a GIS Interface for the Agricultural Nonpoint Source Pollution (AGNPS) Model(I)

- Model Development -

김진택\* · 박승우\*\*  
Kim, Jin Taek · Park, Seung Woo

### Summary

A geographical resource analysis support system (GRASS) was incorporated to an input and output processor for the agricultural nonpoint source pollution (AGNPS) model. The resulting interface system, GIS-AGNPS was a user-friendly, menu-driven system. GIS-AGNPS was developed to automatically process the input and output data from GIS-based data using GRASS and Motif routines. GIS-AGNPS was consisted of GISAGIN which was an input processor for the AGNPS model, GISAGOUT a output processor for the AGNPS and management submodel.

The system defines an input data set for AGNPS from attributes of basic and thematic maps. It also provides with editing modes so that users can adjust and detail the values for selected input parameters, if needed. The post-processor at the system displays graphically the outputs from AGNPS, which may be used to identify areas significantly contributing nonpoint source pollution loads.

### I. 서론

농업유역에서의 지표유출과 유실토사 등과 함께 배출되는 비점원(Non Point Source,

NPS) 오염은 유사량과 농경지 등에서 사용되는 비료, 농약 등의 화학물질과 토양 중의 유기물, 유역에 산재된 부락 등으로부터의 생활오수, 그 밖에 축산시설 등의 폐기물에 의한

\* 농지개량조합연합회 시험연구소

\*\* 서울대학교 농업생명과학대학

키워드: 농업비점원오염, 유출, 토양유실, 영양물질, 지리정보시스템

것이 그 주요 원인이 되고 있다. 이와 같은 비점원 오염 물질은 홍수 등 유출이 발생할 때 유역의 도처에서 집중적으로 배출되는 특징을 가지며, 산업폐수와 생활오수가 일정한 출구로부터 상시 일정량이 배출되어 흘러나오는 점원(point sources)의 형태를 갖는 것과는 차이가 있다.<sup>2,5,15)</sup>

비점원오염은 점원오염보다 그 오염의 정도는 낮지만 그 절대량에 있어서는 커서 대규모의 수량을 갖는 강, 호수 등의 주요 오염원으로 간주되고 있다. 그러므로 비점원 오염의 억제에 위한 노력이 없이는 하천이나 강, 호수, 하구 등의 수질개선이 어려운 것으로 알려져 있다.

비점원 오염 관리는 오염원들이 특정지점으로 국한하지 않고 광범위한 지역에 걸쳐 존재하여 수문순환과정 등 복잡한 자연현상에 수반되기 때문에 사회적, 기술적으로 복잡하고 쉽지 않다. 또한, 점원오염에서와 같이 제한된 유출구로부터 하수처리장 등과 같은 오염부하량의 집중처리에 의한 조절방법의 적용이 곤란하다. 따라서, 유역내에서 토양 및 양분유실 잠재지역의 위치를 규명하고, 그 정량적 분석을 실시함으로써 잠재 오염문제 감소와 비점원 오염으로부터 수질보호를 효율적으로 실시할 수 있다.<sup>7)</sup>

농업비점원오염 해석을 위한 농업비점원오염 추정모형은 수문순환은 물론 토립자의 침식과 이동, 오염원의 유동 등 여러 과정을 포함하며 물의 흐름에 따라 오염물질의 지역적 이동을 나타내고 있어, 이를 위한 모형의 입력자료로서 각 지점 요소별 지형, 토양, 토지 이용상태, 포장경계, 하천, 비료 및 농약의 살포 정도, 기타 비점원 오염 부하량 등의 상세한 정보를 요구하고 있다. 이와 같은 정보는 지형자료, 토지이용자료, 토양도 및 기타 농업조사자료 등으로부터 구하여야 하는데, 이와 같은 공간적 특성의 자료의 효율적인 수집,

관리, 분석의 방법으로 지리정보시스템(Geographic Information System, GIS)의 응용이 보편화되고 있다.<sup>2,4,8,9)</sup>

공공용(public domain) 지리정보시스템의 하나인 지리자원해석지원시스템(Geographic Resources Analysis Support System, GRASS)은 프로그램의 원시코드가 공개되어 있어 다른 해석모형들과의 호환성이 좋은 등의 장점으로 현재 미국등의 많은 공공기관 및 대학에서 사용되고 있다. 미국 토양보전국(SCS)은 여러 가지 수문, 수질 및 토양보전에 관계되는 컴퓨터모형들을 GRASS에 연결하여 이 분야의 분석 및 계획에 사용하고 있다. 한편, 국내의 경우 김(1995)이 농업비점원오염 추정에 GRASS를 이용한 바 있으나 그 외에 GRASS의 이용은 미흡한 실정이다.<sup>6, 12,13,14)</sup>

본 연구의 목적은 농업유역에서의 비점원 오염 부하량을 효과적으로 해석하기 위하여 지리정보시스템(GRASS)과 농업 비점원 오염모형(AGNPS)을 결합한 지리정보시스템기반의 농업 비점원 오염추정모형 GIS-AGNPS를 개발하는 데 있다.

## II. 모형의 개발

### 1. 모형의 개념

지리정보시스템 기반의 농업비점원오염 해석시스템은 농업비점원오염모형, 지리정보시스템, 지리정보시스템-비점원오염모형 호환시스템으로 구성되었다.

농업 비점원 오염모형은 폭우사상에 대한 비점원 오염원의 공간적 변화를 추정할 수 있는 AGNPS모형을 채택하였다. AGNPS모형은 유출량, 침투유량, 유사량, 그리고 총질소 및 총인을 모의발생하는 기능을 가지고 있다. 모형의 각 성분에 대해 시험유역에서 모니터링한 측정자료들을 이용하여 적용성을 평가하

고, 필요한 경우 수정 보완하고 입출력 자료를 표준단위로 바꾸어 국내에 적용할 수 있게 하였다.

지리정보시스템은 1990년 미국공병단에의 해서 개발된 지리자원해석지원시스템(GRASS)를 선정하여, 국내 시험구역에서의 수치지형자료를 구축하고, 수문 수질분석에 사용할 수 있도록 GRASS 지형자료 구축을 실시하였다. 지리정보시스템과 AGNPS모형의 호환시스템은 적용대상구역의 AGNPS모형의 구동에 필요한 입력자료정보를 수치지도 및 GRASS를 통하여 획득할 수 있도록 입력호환시스템을 구축하였다. 또한, 모형의 출력결과를 GRASS에서 표시할 수 있게 하는 출력호환시스템을 구축하였다.

모형의 개념을 도식화하면 Fig. 1과 같으며 GIS, AGNPS모형, 구역 관리방법 등의 시스템상호관련성을 나타내고 있다.

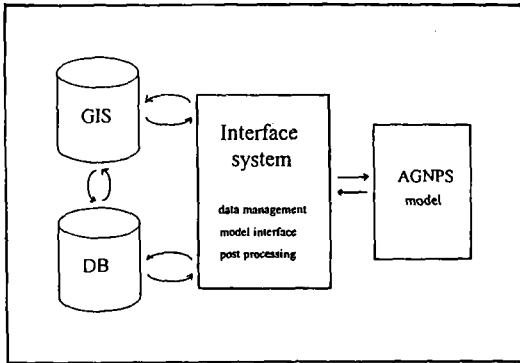


Fig. 1. Schematic of GIS-AGNPS system

## 2. GIS 지형자료의 구축

### 가. 구축 범위 및 절차

자료구축에 있어서 지형자료의 축척은 제공되는 자료원의 종류와 분석의 성격 및 결과의 정확도 등을 고려하여 결정하여야 한다. 본 연구에서의 국내의 자료원으로부터 수치지도를 작성한 순서는 먼저, 국립지리원의 1:25,

000 지형도와 농촌진흥청의 정밀토양도로부터 등고선, 토지이용, 하천 및 토양경계를 트레이싱하였다. 수치지도입력은 이들 트레이싱 도면을 래스터스캐닝한 후에 벡터자료로 변환하고 수정 편집하였으며 GRASS 형태로의 변환은 GRASS의 벡터화일 변환프로그램(v.in.dxf, v.in.arc)을 통하여 실시하였다. 이들 벡터화일의 자료수정 및 속성입력은 GRASS 프로그램(v.digit)을 이용하였다.

### 나. 기본도 구축

#### ① 등고선도

등고선도에서 등고선은 1:25,000 지형도의 10m 간격 등고선을 입력하였으며 등고선도와 하천 및 도로상황으로 부터 구역경계도를 생성하였다.

#### ② 토지이용도

토지이용도는 1:25,000 지형도 및 현지답사를 통해 작성하며 임야, 밭, 논, 저수지, 기타의 5가지 속성을 가진다. 토지이용도로부터 USLE C인자도, USLE P인자도, 포장관리도, 시비수준도의 4개 주제도를 생성하였다.<sup>3)</sup>

#### ③ 토양도

토양도는 농촌진흥청의 1:25,000 정밀토양도를 기준하였는데, 토양경계에 의해 각각의 토양을 구분하여 토양통명을 속성으로 입

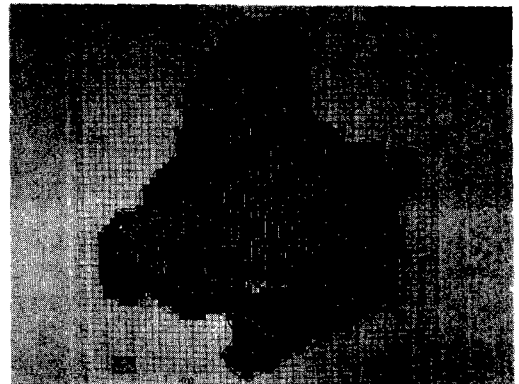


Fig. 2. Detailed soil map

력하며 반월시험유역에 대해 구축한 토양도는 Fig. 2와 같다. 토양도로부터 USLE K인자도, 수문학적 토양군도, 모래함량도, 점토함량도의 4개 주제도를 생성하였다.

④ 하천도

유역의 하천도의 속성은 하천구간별 평균 하천경사값을 가지고 있으며 GARSS 프로그램에 의해서 각 하천구간의 거리와 표고차로부터 구하였다.

⑤ 수치표고모형(DEM)

GRASS의 수치표고 산정방법은 한 점에서 인접한 2개의 등고선을 보간하는 방법과 인접점들의 값을 거리에 따라 가중해서 정하는 방법 및 가중평균법이 있다. 본 연구에서는 등고선보간법을 이용하여 1m 간격의 표고값을 가진 수치표고도를 작성하였다.

⑥ 사면경사도

유역의 한 셀에서의 사면경사도는 수치표고지도로부터 구하였는데, 특정 셀에 인접한 8개 셀의 표고값을 이용하여 식 (1)에 의해 산정하였다. AGNPS모형의 입력을 위하여 경사백분율로 작성하여 속성값으로 입력하였다.

$$S = \sqrt{S_{e-w}^2 + S_{n-s}^2} \dots\dots\dots (1)$$

여기서, S=셀의 경사도,  $S_{e-w}$ ,  $S_{n-s}$ =각각 동서, 북남방향의 경사도이다.

동서방향의 경사도는 식 (2)와 같이 계산되며, 이와 유사하게 북-남의 경우도 식 (3)과 같이 계산하였다.

$$S_{e-w} = \frac{(z_3 + 2z_4 + z_5) - (z_1 + 2z_8 + z_7)}{8d} \dots\dots\dots (2)$$

$$S_{n-s} = \frac{(z_1 + 2z_2 + z_3) - (z_7 + 2z_6 + z_5)}{8d} \dots\dots\dots (3)$$

여기서,  $z_i$ =i셀의 중심표고(左上의 셀표고 값이  $z_1$ 이며 시계방향으로 셀번호 증가), d=

격자 셀의 길이이다.

⑦ 경사방향도

GRASS에 의해 생성한 반월시험유역의 경사방향도는 Fig. 3과 같다. AGNPS모형에서 경사는 8개 방향으로 분류하므로 GRASS를 이용하여 각 셀의 경사를 구하여 이를 8가지로 재분류하여 사용하였다.

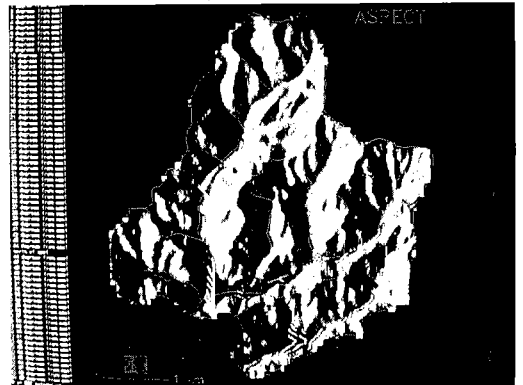


Fig. 3. Slop aspect map

3. GIS-AGNPS 호환시스템

가. GIS-CN 산정시스템

강우에 의한 유출량산정을 위한 유출곡선지수 CN은 토지이용상태, 피복처리상태, 토양의 수문학적 조건 및 수문학적 토양형에 따라 정해지는데, 각각의 상태에 따른 그 지역의 유출곡선지수를 사용한다.

GIS-CN 산정시스템은 유출곡선지수를 산정하기 위해서 토지이용도와 토양도를 기본도로 하여 피복처리상태도, 토양의 수문학적조건도 및 수문학적 토양군도의 3개 주제도를 자동생성하여 총 5개 지형자료로부터 GIS를 이용하여 그 지역에 해당하는 미국 토양보전국(SCS)의 유출곡선지수를 산정하도록 하였다. GIS-CN 산정시스템의 기본도 및 생성 주제도의 이름, 속성은 Table-1과 같다. 이렇게 구한 유출곡선지수는 선행함수조건이 AMCII 조건인 값이므로 분석 대상강우의 선행함수조

건이 AMC I 과 AMCⅢ일 경우에는 CNⅡ를 CN I 과 CNⅢ으로 변환하는 SCS의 식 (4)와 식 (5)를 이용하여 유출곡선지수를 산정하였다.

$$CN_I = \frac{CN_{II}}{2.281 - 0.01281 CN_{II}} \quad \dots\dots (4)$$

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.427 + 0.00573 CN_{II}} \quad \dots\dots (5)$$

한편, 국내 지형도(1 : 25,000) 상의 토지이용상태를 유출곡선지수의 각 조건으로 재분류하면, 임야는 forests로 밭의 경우는 small grains(straight row, poor 상태)로 그리고, 주거지의 경우는 farmsteads로 구분되며 논인 경우는 유출곡선지수의 자료가 없는 관계로 윤(1989), 박 등(1994)의 연구결과를 참고하여 논에 대한 유출곡선지수값을 78로 산정하였다.<sup>10,11)</sup>

Table-1. Maps for the GIS-CN system

Required map	Thematic map	No. of layers	Layers
Landuse map	-	5	forests, small grains, farmsteads, paddy, water
	treatment map	3	straight row, contoured, contoured and terraced
	hydrologic condition map	3	poor, fair, good
Soil map	hydrologic soil group map	4	soil group A, B, C, D

나. GIS-AGNPS 입력시스템

AGNPS모형의 입력 매개변수를 GRASS 지리정보시스템을 이용하여 자동생성하는 프로그램 GISAGIN을 구성하였다. GISAGIN에 필요한 입력자료로는 화면입력과 수치지도입력의 두 가지 형태로 구분된다.

화면입력은 모형사용자가 GISAGIN시스템의 입력화면을 통해 마련하는 값으로서 유역명, 강우량, 강우에너지, 선행함수조건이 이에 해당하며 분석 대상장우에 따른 값을 입력하는데 Fig. 4는 GISAGIN의 화면예를 보이고 있다.

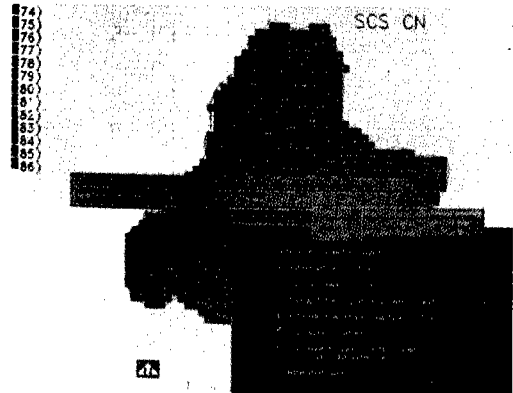


Fig. 4. Window of GISAGIN system

지도형식의 입력은 총 15개 지도를 필요로 하나, 기본도인 유역경계도, 토지이용도, 토양도, 등고선도 및 하천도의 5개 지도에서 그의 필요한 10개 지도를 생성하여 GISAGIN에 이용하였는데 기본도와 생성한 주제도명 및 이들의 속성은 Table-2와 같다.

작성된 15개 주제도로부터 GISAGIN을 이용하여 AGNPS 입력자료를 산정하는 방법은 다음과 같다.

① 셀번호는 화면입력된 격자크기 값으로부터 유역경계도내의 면적에 대해 유역의 좌상에서 우하로 증가하여 셀번호를 할당하고 셀번호도를 만든 후 셀번호도 속성을 지도입력하였다.

② 유출곡선지수는 화면입력된 AMC조건에 대하여 GIS-CN시스템으로 유출곡선지수도 작성하고 이로부터 속성값을 지도입력하였다.

③ 평균경사는 평균경사도의 속성값으로부터 지도입력하였다.

**Table-2. Required categories for the GISAGIN**

Map name	Generated map	Category (labels/values)	Layers
Watershed boundary	-	value	greater than 0
Landuse	-	label	forests, upland, paddy, farmsteads, water
	Management practice	label	straight row, contoured, contoured and terraced
	USLE C	label	USLE C factor
	USLE P	label	USLE P factor
	Nutrient	label	none, low, medium, high
Soils	-	-	-
	USLE K	label	USLE K factor
	Hydrological soil group	label	A, B, C, D
	Sand	label	percent of sand
	Clay	label	percent of clay
Contour	-	-	-
	Aspect	value	aspect(1-8)
	Slope	value	percent slope
Channel slope	-	label	percent of slope

④ 경사형태계수는 격자내의 경사형태를 등경사로 하여 이에 해당하는 1을 할당하였다.

⑤ 평균하천경사는 하천경사도의 속성값으로부터 지도입력하였다.

⑥ USLE의 C, P 및 K인자는 각각 해당지도의 속성값을 지도입력하였다.

⑦ 경사방향은 GRASS로 작성한 8방향 경사방향도의 속성값으로부터 지도입력하였다.

⑧ 토성은 모래함량도 및 점토함량도로부터 이들의 속성을 지도입력하고 USDA 토양분류표에 의해 sand, silt, clay, peat 및 water로 구분하였다.

⑨ 시비수준은 전무, 저, 중, 고로 구분하여 작성한 시비수준도의 속성값을 지도입력하였다.

한편, 평균경사장, 평균하천측면경사, Manning계수 및 시비사용가능인자(fertilizer avai-

lability factor)는 AGNPS 사용자 지침서에 따른 값을 사용하였다.

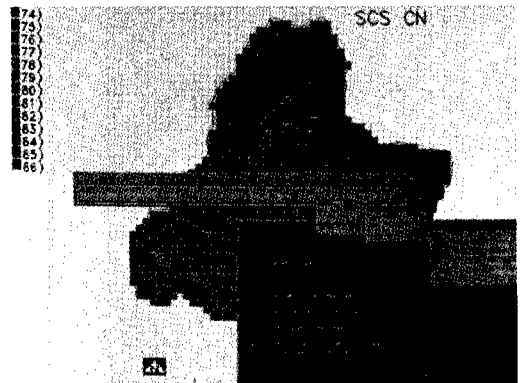
**라. GIS-AGNPS 출력시스템**

농업 비점원 오염의 특성상 각종 자료들이 지역적으로 변화하므로 이를 공간적으로 표시하는 것은 비점원 오염을 계획하고 관리 및 평가하는 데 도움을 줄 수 있으며, 특정 비점원 오염 문제지점을 파악하는 능력을 향상시킬 수 있다.

GISAGIN을 통한 입력자료의 생성과 AGNPS모형의 적용결과를 처리할 수 있도록 GISAGOUT을 구축하였는데 GISAGIN 및 AGNPS모형의 ASCII형태의 결과화일을 입력하여 작성하고 그 출력형태는 텍스트 및 지도형태로 하였다.

GISAGOUT시스템을 통한 AGNPS모형에 의한 결과의 출력은 유역 출구에서의 모형의 결과값 등은 텍스트형식으로 나타내고 각각의 셀에서의 유출, 유사 및 수질량등의 모형의 결과는 공간적인 분포 특성을 가지므로 수치 지도로 출력하도록 하였다.

GISAGOUT의 구동은 입력매개변수를 화면 입력하고 해당 강우사상의 GISAGIN시스템 및 AGNPS모형의 결과화일로부터 입력한 후, 메뉴입력에 따라 유역의 요약 출력, 유출 출



**Fig. 5. Window of GISAGOUT system**

력, 토양유실 출력, 영양물질 출력 및 지도저장의 기능을 각각 실행하며 Fig. 5에 그 화면 예를 보이고 있다.

### III. 결 론

본 연구에서는 농업유역에서의 비점원오염을 효과적으로 해석하기 위하여 지리정보시스템(GRASS)과 농업 비점원 오염모형(AGNPS)을 결합한 지리정보시스템기반의 농업 비점원 오염 추정모형 GIS-AGNPS를 개발하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 농업 비점원 오염 추정모형을 농업비점원오염모형(AGNPS), 지리정보시스템(GRASS), GRASS와 AGNPS호환시스템으로 구성하였다.
2. 공공용 GIS인 GRASS와 Motif를 이용하여 유출곡선지수를 산정하는 GIS-CN 산정시스템, AGNPS모형의 입출력 자료를 자동생성하는 GIS-AGNPS 입력시스템 및 GIS-AGNPS 출력시스템을 구축하였다.

이 논문은 1993년도 한국학술진흥재단의 자유공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

### 참 고 문 헌

1. 김진택, 1995. 농업 비점원 오염모형을 위한 지리자원정보시스템 호환모형의 개발 및 적용, 서울대학교 박사학위논문.
2. 농림수산부, 농업진흥공사, 1988-1990. 간척자원자료데이터베이스구축 (I)~(III), 서울대학교 농과대학부속 농업개발연구소.
3. 농림수산부, 농촌진흥청, 1989. 정밀토양통설명서.

4. 박병태, 1992. 농촌지역의 개발계획을 위한 기법 연구, 서울대학교 석사학위논문.
5. 박승우, 김진택, 김병진, 1988. 소유역의 토양침식 및 퇴적모형의 응용, 서울대 농학연구, 13(2), pp. 37-45.
6. 박승우, 유경학, 김진택, 1992. 수문분석을 위한 지리정보시스템의 적용기법 조사, 한국건설기술연구원.
7. 신동석, 권순국, 1990. 논에서의 질소 및 인의 농도와 유출입, 한국환경농학회지, 36(3), pp. 133-141.
8. 유근배, 1990. 지리정보론, 상조사.
9. 유복모, 1994. 지형공간정보론, 동명사.
10. 윤용남, 1989. 공업수문학, 청문각.
11. 임상준, 박승우, 1996. 논에 유출곡선번호 결정, 한국수자원학회 학술발표회논문집, pp. 297-302.
12. Johnson, L. E., 1989. MAPHYD-A digital mapbased hydrologic modeling system, Photogramm. Eng. and Remote Sensing, 55(6), pp. 911-917.
13. Park, S. W., J. T. Kim, and J. J. Lee, 1995. A GRASS interface system for AGNPS model applications, Presented at the 1995 ASAE Annual Meeting, Paper No. 953243, St. Joseph, MI.
14. Westervelt, J., 1991. Introduction to GRASS4.0. U.S. Army CERL, Campaign, IL.
15. Young, R. A., C. A. Onstad, D. D. Bosch, and W. P. Anderson, 1987. AGNPS, Agricultural Non-Point Source Pollution Model: A Watershed Analysis Tool, USDA Conservation Research Report 35.

(접수일자 : 1995년 3월 23일)