

GIS와 RS를 이용한 비점원오염 모형의 적용에 관한 연구*

김성준¹ · 이윤아¹ · 이남호² · 윤광식³ · 홍성구²

A Study on the Application of Agricultural Nonpoint Source Pollution(AGNPS) Model using GIS and RS*

Seong-Joon Kim¹ · Yun-Ah Lee¹ · Nam-Ho Lee² ·
Kwang-Sik Yoon³ · Seong-Gu Hong²

요 약

본 연구의 목적은 GIS와 RS(Landsat TM, KOMPSAT EOC) 데이터를 이용한 AGNPS(Agricultural Nonpoint Source Pollution) 모형의 적용성을 판단하기 위한 것이다. AGNPS 모형은 잘 알려진 분포형 강우사상 모형으로써 이 모형은 밭의 시비수준과 축산농가의 오염 부하 수준을 적용할 수 있어 이를 효율적으로 관리할 수 있는 방법을 평가 할 수 있다. 본 연구의 대상 유역은 경기도 안성군 고산면(정동리, 야동리, 쌍령리)에 위치하고, 20개의 소규모 축산 농가가 산재해 있는 면적 4.12 km² 내에 소유역이다. AGNPS 모형의 입력 데이터는 Arc/Info, GRASS, ER-Mapper, Idrisi를 사용하여 구축되었다. 모형의 보정 및 검증을 위해 사용된 강우 자료는 1시간 간격으로 관측된 1999년의 4개의 강우사상(5월 18일, 7월 29일, 9월 10일, 9월 20일)을 사용하였고, 수질 측정은 4개의 지점에서 측정된 실측자료를 사용하였다.

주요어: GIS, RS, AGNPS, SCS, 비점원 오염

ABSTRACT

The objective of this study was to identify the applicability of AGNPS(Agricultural Nonpoint Source Pollution) model using RS data; Landsat TM merged by KOMPSAT EOC and GIS data. AGNPS model which is well-known distributed nonpoint source pollution model was used as the assessment tool. This model has the capability to adjust the level of pollutant load from farmstead and the fertilization level of upland field. A small agricultural watershed(4.12km²) which has 20 livestock farmhouses located in Gosan-myun, Ansong-gun was selected. AGNPS data were prepared by

2000년 12월 15일 접수 Received on December 15, 2000

* 이 논문은 1998 학술진흥재단 학술연구비에 의하여 지원되었음

¹ 건국대학교 농공학과 (kimsj@kkucc.konkuk.ac.kr, yuna@kkucc.konkuk.ac.kr)

Dept. of Agricultural Engineering, Konkuk University

² 환경대학교 농촌계획학과 (namhol@hnu.hankyong.ac.kr) Dept. of Rural Engineering, Hankyong University

³ 전남대학교 농공학과 Dept. of Agricultural Engineering, Chonnam University

using Arc/Info, GRASS, ER-Mapper and Idrisi. Four storm events in 1999 were used for runoff calibration, and 2 storm events which were measured in hourly-base at 4 locations along the stream were used for water quality(TN, TP) calibration.

KEYWORDS: GIS, RS, AGNPS, SCS, Non-Point Source Pollution

서 론

농촌지역의 점원, 비점원 오염은 산림 및 농경지 등에서 배출되는 비료, 농약 등의 화학물질과 생활하수 및 축사 등에서 배출되는 가축분뇨, 그 밖의 폐기물들이 원인이 된다. 농촌지역의 오염원 배출은 점원, 비점원에 관계없이 특정지점으로 국한되지 않고 광범위하게 발생하므로 수질개선을 위해서는 이들 오염원의 평가 및 효율적인 관리가 필요하다. 이를 위한 방법으로서 ANSWERS(Beasley 등, 1980), CREAMS(Frere 등, 1980), AGNPS(Young 등, 1987) 등의 유역관리 모형들이 응용되고 있는데, 이 중에서 AGNPS (AGricultural Non-Point Source Pollution Management)모형은 분포형 강우사상 모형으로서 유출량, 유수량, 영양분(N, P)의 이송을 모의하며 격자분할(cell division)의 개념을 사용하고 있어서 소규모의 토지이용 형태를 띠고 있는 농촌 유역에 적합한 모형이다. 또한 우리나라 농촌지역의 축산농가에서 발생하는 폐수는 분뇨와 축산세정수가 혼합되어 있는 형태로서 오염부하량이 크고, 대부분이 강우기에 유출과 함께 축산농가로부터 그대로 유입되고 있어서, 미처리 방류시 심각한 수질오염을 일으키게 되는데, 본 모형은 점원오염의 형태로 발생하는 축산농가의 오염물질의 거동을 파악할 수 있어 이를 효율적으로 관리할 수 있는 방법을 평가할 수 있다. 그러나 본 모형은 분포형 모형으로 입력자료 구축 시 많은 시간과 노력이 필요하며, 결과 분석에 있어서도 많은 어려움이 따른다. RS(remote sensing)는 최근 들어 위성영상의 공간적, 분광적 해상도의 다양화에 의해 현지측량이나 항공측량, 그 밖의 방법 등

에 의한 것보다 넓은 지역을 빠른 시간에 효율적으로 처리할 수 있게 되었고 주기적 데이터 획득에 의한 정보갱신과 수치화, 시계열 분석이 용이하다는 장점을 이용해 GIS(geographical information system)와 함께 입력자료로서의 사용이 많아지고 있다. 그러므로 본 연구에서는 AGNPS 모형을 안성유역에 적용하여 GIS와 RS를 이용하여 입력 자료를 구축하고 유출 및 영양물질에 대한 모형의 구동을 통해 유역내 산재해 있는 소규모 축산 농가를 중심으로 한 유출과 오염물질의 거동을 분석하고자 한다. 국외의 경우 Tim과 Rolly(1994)는 AGNPS와 Arc/Info의 호환 모형을 개발하여 대상 유역에 적용한 결과, 항상 흐름이 있는 하천 옆의 식생밀도가 높은 초생대가 유수량을 30% 정도 감소시킨다고 발표하였다. 국내에서도 김진택(1995)은 농촌유역에서의 비점원오염을 효과적으로 해석하기 위해서 GRASS(CERL, 1993)와 AGNPS 모형을 연계한 GRASS-AGNPS 호환모형을 개발하여 농촌지역에 적용하여 공간적으로 분포하는 오염물질을 분석하고 산지개발시의 유출량과 토양유실량을 분석하였고, 조재필(1998)는 복합토지이용 특성을 고려하여 GRASS-AGNPS 모형의 보정 및 검증을 실시하여 모형의 적용성을 분석한 바 있다.

연구방법

1. AGNPS 모형

유출량 계산법은 미개척국에서 개발한 SCS 유출곡선지수법을 채택하고 있으며 AGNPS 모델에서 발생하는 유역의 침식은 USLE(universal soil loss equation)식을 사용하여 예측할 수 있다.

수질 성분으로 유역의 질소, 인, COD에 대해 추정하고 있는데 각각의 성분은 유출수 중 용존상태와 유사에 부착된 상태로 나누어 계산된다. 총질소량(TN) 및 총인량(TP)은 유출수 중의 용존상태의 질소(ROD) 및 인(ROP)과 유사에 부착된 상태의 질소(SEDN) 및 인(SEDP)의 합으로 다음 식 (1), (2)와 같으며 AGNPS 입력자료는 표 1과 같다.

$$TN = ROD + SEDN \quad (1)$$

$$TP = ROP + SEDP \quad (2)$$

TABLE 1. Parameters of AGNPS model

Items	Contents
Cell parameters	1. Cell number
	2. Number of the cell into which it drains
	3. SCS curve number
	4. Average land slope (%)
	5. Slope shape factor
	6. Average field slope length (feet)
	7. Average channel slope (%)
	8. Average channel side slope (%)
	9. Mannings roughness coefficient for the channel
	10. Soil erodibility factor (K) for USLE
	11. Cropping factor (C) for USLE
	12. Practice factor (P) for USLE
	13. Surface condition constant
	14. Aspect
	15. Soil texture (sand, silt, clay, peat)
	16. Fertilization level (zero, low, medium, high)
	17. Incorporation factor (%)
	18. Point source indicator
	19. Gully source level
	20. Chemical oxygen demand factor
	21. Impoundment factor
	22. Channel indicator

2. 시험유역 및 측정자료

본 연구의 대상 유역으로는 경기도 안성군 고산면(정동리, 야동리, 쌍령리)에 위치하고, 유역 면적 4.12km² 내에 20개의 소규모 축산 농

가가 산재해 있는 지역이다. 이 유역은 산림이 전체 면적의 73%, 논 10%, 밭 3%, 축산 8%, 기타 5%로 전형적인 농촌 유역의 토지 이용 형태를 띠고 있다. 본 대상 유역을 SPOT 위성 영상으로 본 이미지는 그림 1과 같다.

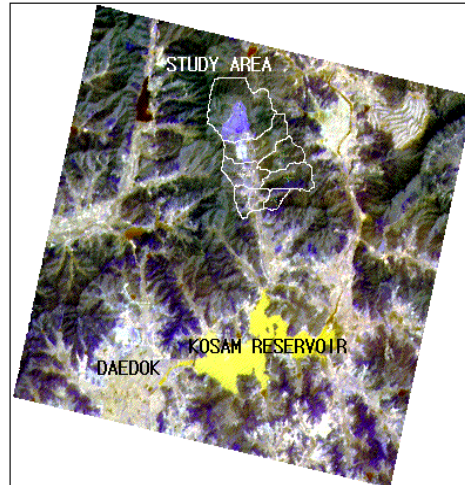


FIGURE 1. Study area

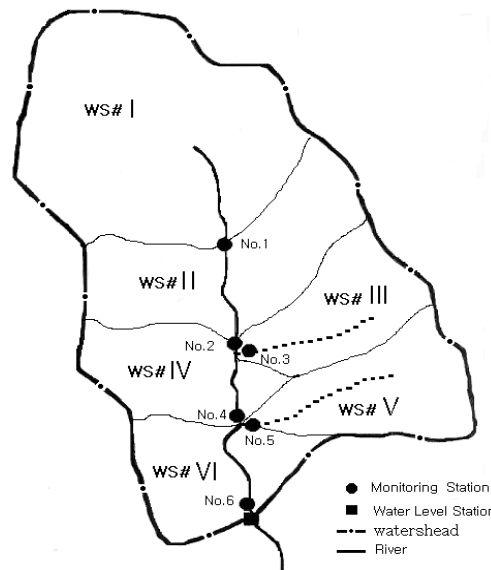


FIGURE 2. Monitoring station

강우 자료는 1999년 5월 18일, 7월 29일, 9

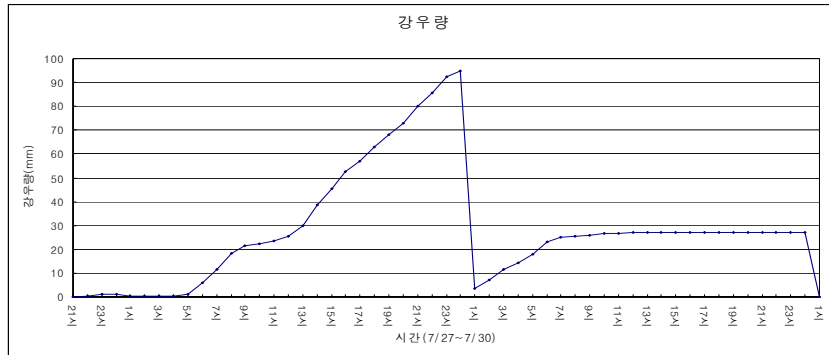


FIGURE 3. Rainfall curve

월 10일, 9월 20일에 1시간 간격으로 관측되었고, 보정에 사용된 7월 29일 시간별 강우량은 그림 3 과 같다. 강우와 관련된 입력 변수로는 강우량, 강우침식인자, 강우 형태 등이 있는데, 강우침식인자는 Lombardi(1979)에 의한 식을 이용하여 계산하였다.

AGNPS 모형의 유출량은 SCS 산정법에 의한 것이므로, 6번 지점에서 측정한 실측 유출량에서 수평 분리법으로 기저 유출량을 분리하여 직접 유출량을 구하여 사용하였다. 본 연구에서 모형의 보정과 검증에 위한 수질 측정(TN,TP)은 6지점(그림 2)에서 수행하였고, 이 중에서 3번과 5번 지점은 지류에서 측정하여 이를 제외한 나머지 4개의 지점에서 얻은 실측치를 사용하였다.

3. GIS, RS 자료 구축

AGNPS(Version 3.65)모형의 GIS 입력자료는 모두 22가지로 구성되어 있다. S/W는 IDRISI(Eastman, 1997), Arc/Info, GRASS를 사용하여 GIS 공간정보를 만들었으며, 이때 GRASS는 Unix-용을 사용하였으며 좌표체계는 UTM-52N을 기준으로 하였다.

토양도는 농촌진흥청 토양물리과에서 제작된 정밀토양도(1:25,000)로부터 구축하였으며, 이때 ARC/INFO 자료를 DLG 파일형태로 변환시킨 후, 이를 IDRISI로 불러들여 원래 토양

부호별로 입력된 자료를 토양종류별, 배수분포별로 재분류(RECLASS) 하였다.

토지이용도는 ER-Mapper를 사용하여 Landsat TM과 KOMPSAT 위성영상으로 토지피복 분류하여 사용하였다. 위성영상의 기하보정 시 Landsat TM의 경우는 기하보정이 된 상태이고 KOMPSAT EOC은 원본 데이터로 보유하고 있는 상태였으므로 두 영상을 중첩하기 위해서 Landsat TM(Path 115/Row 34)의 좌표에 KOMPSAT EOC의 좌표를 보정하는 이미지 대 이미지 보정방법을 택하였고 이런 이유로 GCP(ground control point) 획득수와 기하학적 보정의 정확도는 비례하지 않았다. Landsat TM과 KOMPSAT EOC 두 데이터에서 모두 정확한 좌표를 알 수 있는 점을 GCP로 선정하였는데 디지털 영상에 정확히 위치되어 질 수 있는 고속도로의 교차점과 식별이 잘되는 지상건물 등을 선정하여 15개의 GCP를 획득한 후 그 중 RMSE가 큰 것을 제외하고, 나머지 7개의 GCP를 선정하여 사용하였으며, 이때 RMSE(평균제곱근 오차)는 평균 0.072이다. 재배열은 nearest neighbor 방법을 적용하고, 이미지 향상을 위한 필터링 작업 수행시 훈련지역(training site) 획득과정에서 정확성을 확보하기 위해 주변 경계값을 강조시키는 high pass 필터링 기법인 Shapen 2 필터링 처리를 하였다. 전처리 과정을 다 거치 후

Landsat TM과 KOMPSAT EOC 해상도를 높여 보다 정확한 분석을 하기 위해 두 개의 영상을 알고리즘을 통해 중첩하여 사용하였다(그림 4). 그런 후 분류과정에 있어서는 본 연구대상 지역의 영상자료는 산림, 논, 밭의 비율이 높으므로 식생에 대한 정확한 정보를 얻기 위하여 열 밴드를 제외한 6개의 밴드를 사용하여 새로운 축을 가지는 Tasseled Cap 변환을 하여 최우도법으로 분류하였다. Tasseled Cap이라 불리는 전환기법은 Kauth와 Tomas가 Landsat MSS 데이터의 분광자료에서 4개의 새로운 축을 설립한 선형 전환기법을 개발한 것으로 이때 생성된 첫번째 밴드는 Brightness 밴드로 토양반사에 대한 주변화를 나타내며, 두번째 Greenness 밴드로 Brightness 밴드에 직교하며 녹색식물의 양과 강한 상관관계를 가지고, 세번째 밴드(moisture)는 피복 및 토양 함수량과 상관관계를 가진다.

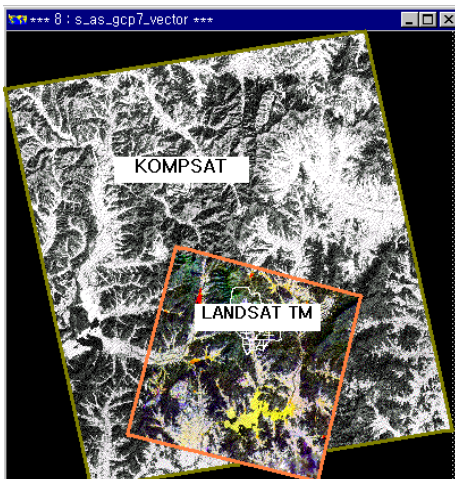


FIGURE 4. Overlay of satellite images

error matrix에 의한 검증 결과는 전체정확도가 92.24%로 나타났으며, KHAT에 의한 산정 결과를 보면 0.90로 전체 정확도 0.92 보다는 낮은 값이지만 비교적 높은 정확도를 나타내었다. KHAT는 에러 매트릭스의 비 대각선 요소

들을 행, 열의 테두리 값을 이용하여 계산함으로써, 참고자료와 분류된 결과 사이의 실질적 일치성과 참조자료와 분류된 결과 사이에서 일치가능성의 차이를 측정하여 놓은 것으로 특정 매트릭스의 통계적 의미 혹은 여러 매트릭스들 사이의 차이점을 결정하는 근거로 사용할 수 있다는 장점이 있다. Tasseled Cap 변환에 의해 재구성한 Brightness, Greenness, Wetness 밴드는 다음과 같으며, 위성영상을 이용한 토지피복 결과는 그림 5와 같다.

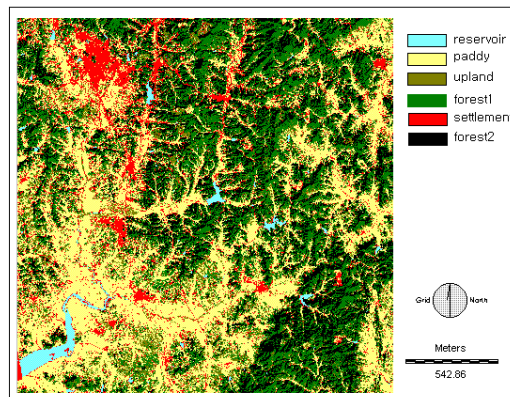


FIGURE 5. Result of land cover

SCS유출곡선번호는 토지이용(land use)과 토양의 투수성을 나타내는 수문학적 토양군, 그리고 토양의 함수량을 나타내는 선행함수조건(antecedent moisture condition: AMC)이 고려되어진다. 본 연구에서는 Chow 등(1964)에 의하여 농지와 도시 등에 대하여 선택적으로 요약되어진 유출곡선번호표를 주로 사용하였다. SCS 선행함수조건은 토양의 함수조건을 대변하는 지표로서 작물생육기(growing season)와 비생육기(dormant season)로 나누어 각 경우에 대하여 3가지의 조건(AMC I, II, III)으로 구분되어 지는데, 본 연구에 사용된 실측유량 자료 중 3개(5월 18일, 7월 29일, 9월 10일)는 AMC I에 해당하며, 나머지 9월 20일 자료는 AMC II에 해당하였다. 본 연구에서의 CN값 산정결과는 그림 6, 7과 같이 나타났다.

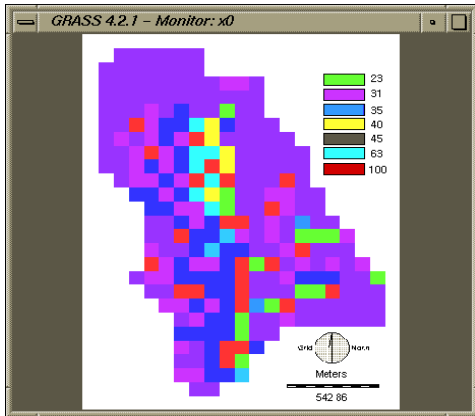


FIGURE 6. SCS curve number(AMC I)

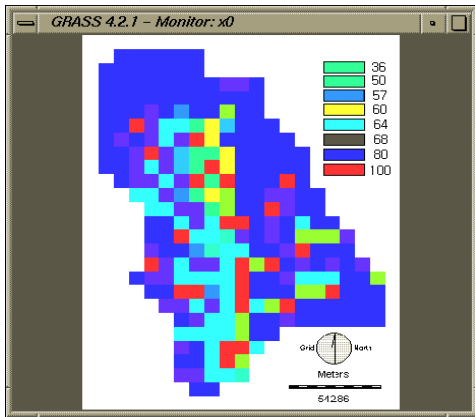


FIGURE 7. SCS curve number(AMC II)

수치고도모델(DEM)은 대상지역을 격자로 나누고, 각 격자의 평균 고도값과 각 격자간의 위상(topology) 관계를 포함하고 있어, 대상지역의 지형을 나타낼 수 있는 수치자료이다. 본 연구에서 수치고도모델은 1:50,000 축적의 등고 원판을 사용하여 스캐닝, 벡터라이징과 속성입력 과정을 통하여 수치지도를 작성한 후, Arc/Info를 이용하여 TIN과 LATTICE로 DEM을 구성한 것이다. 이 수치고도모델을 IDRISI에서 UTM-52N 좌표계로 변환하였다. 그림 8은 IDRISI에서 연구대상지역을 유역경계로 clipping한 DEM을 보여주고 있다. 격자

한개의 크기는 가로 120m, 세로 120m의 정방형이다. 유역내의 고도분포는 80~501m이며, 유역 평균경사는 17.74 이다.

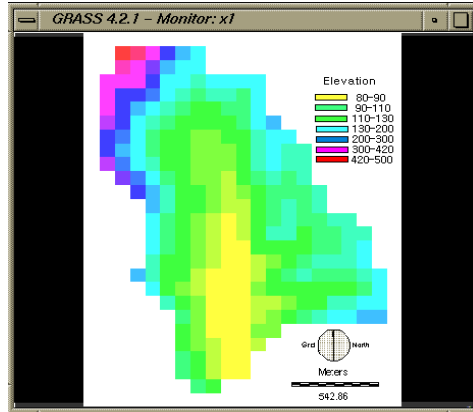


FIGURE 8 Digital elevation model(DEM)

흐름방향도는 aspect를 GRASS4.2에서 d.rast.arrow map=asp120 type=agnps 명령어를 이용하여 그림 9와 같은 방향도를 생성한다. 점원오염으로 입력되는 매개변수는 Nonfeedlot 및 Feedlot으로 구분되는데 본 연구에서는 Feedlot을 고려하여, 축사의 운동장을 고려한 경우와 시비수준의 변화 및 오염물질의 변화를 통해 오염원의 거동을 분석하였다.

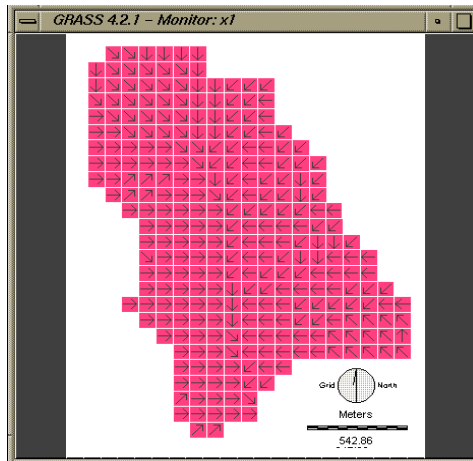


FIGURE 9. Receiving cell

결과 및 고찰

1. 모형의 보정 및 검증

본 연구에서는 모형의 매개변수를 변화시키면서 도식적 일치(eye fitting), 상관계수 및 결정계수 등의 값이 만족할 만한 결과를 얻을 때까지 모형을 반복 실행하여 최적의 매개변수를 결정하는 단순시행착오법을 이용하였다. 모형의 보정은 유출관련 매개변수, 오염물질 관련 매개변수의 순서로 하였다.

1) 총유출량

유출량 보정에서 가장 민감도가 큰 매개변수는 CN 값으로 나타났다. 보정에 사용된 강우자료는 1999년 7월 29일 자료로 5일 선행강우량이 14mm인 AMC I 조건의 강우사상이다. AMC I 조건으로 고려한 결과 본 지역의 특성상 산림이 78%로 대부분의 CN 값이 80으로 나타나 전체적으로 높은 값을 보였다. 이때의 실측 자료는 No. 6 지점에서만 측정되었으므로 이 지점과 일치하는 셀에서의 유출값과 비교하였고, 그 결과 출구 지점의 총유출량은 60.9mm로 실측값인 56.9mm와 비교적 잘 일치하는 경향을 보였다. 나머지 3개의 강우사상에 대하여 검증한 결과는 표 2와 같다. 실측치보다 모의 발생치가 더 큰 경향을 나타내었으며, 이는 유출에서 민감도가 크게 나타나는 CN 값에 대한 보다 자세한 연구가 필요하다고 판단되어 졌다.

2) 오염물질

오염물질에서 민감도가 가장 큰 변수는 축산농가에서의 점원오염이며, 그 다음으로 밭에서의 시비수준으로 나타났다(그림 10, 11). 시비수준은 Level 2(TN 100mg/L, TP 40mg/L)에서 Level(TN 50mg/L, TP 20mg/L), Level 0(TN 0mg/L, TP 0mg/L)을 적용하였다.

축산농가의 점원오염에서 영향을 받는 변수는 Feedlot의 축사 면적 및 축사에서 배출되는 TN 및 TP의 원단위 순으로 나타났다. 본 연구에서는 점원오염으로 나타나는 축사에서의 TN과 TP에 대한 보정을 실시하였고 이때 축산농가에서 나오는 가축 분뇨 등의 일 배출량의 경우는 하루에 걸쳐 일정하게 배출된다는 가정 하에서 점원오염으로 적용하였다. 모형의 보정 및 검증결과는 표 3과 같다. 표에서와 같이 유출이 적게 일어나는 99/05/18의 경우는 오염물질의 농도가 높고, 유출이 크게 발생한 99/07/29은 오염물질이 낮게 나타나는 것을 알 수 있는데, 이는 유출시 오염물질이 희석되기 때문으로 판단된다. 실측치와 모의 발생치를 비교해 보면, TN은 실측치보다 대부분 작게 모의되었다. TP의 경우는 유출이 적은 99/05/18 강우사상에 대하여 실측치보다 모의 발생치가 대부분 크게 나타나고, 유출이 많은 99/07/29 강우사상에 대해서는 모의 발생치가 실측치보다 대부분 작은 경향을 나타내었다. 이는 유출 해석 시 발생하는 오차와 더불어 강우시 각 축산농가별로 실제로 배출되는 오염물질의 불확실성에 기인하는 것으로 판단된다.

TABLE 2. Comparing simulated runoff results with observed data

Event (yy/mm/dd)	Rainfall (mm)	Duration (hr)	AMC	EI(L)	Discharge (mm)		Relative error (%)
					Obs.	Sim.	
99/05/18	23.5	20	I	6.94	1.8	3.0	40
99/07/29	122.9	39	I	86.54	56.9	60.9	6
99/09/05	35.0	13	I	13.01	3.1	6.8	55
99/09/20	251.9	80	II	255.75	185.3	204.7	10

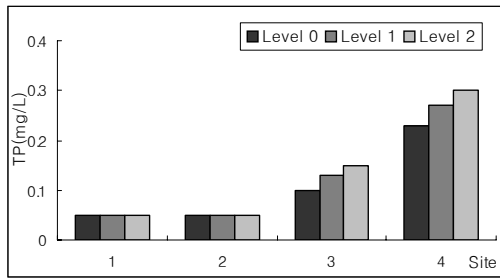
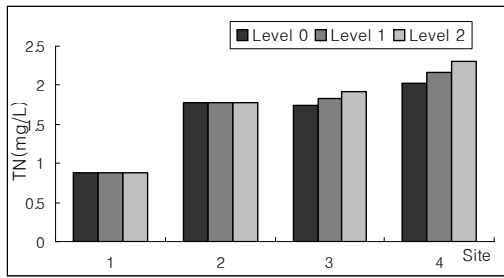


FIGURE 10. Sensitivity of TN by fertilization level

FIGURE 11. Sensitivity of TP by fertilization level

TABLE 3. Comparison of observed and simulated TN and TP

(Unit: mg/L)

	99/05/18				99/07/29			
	TN		TP		TN		TP	
	Obs.	Sim.	Obs.	Sim.	Obs.	Sim.	Obs.	Sim.
1	6.21	1.19	0.11	0.05	3.04	0.88	0.05	0.05
2	6.15	3.73	0.15	0.87	3.10	1.64	0.01	0.30
3	6.44	1.21	0.30	0.05	1.70	0.90	0.18	0.05
4	6.95	4.36	0.48	1.09	1.73	1.92	0.02	0.39
5	5.02	1.21	0.18	0.05	2.83	0.89	0.14	0.05
6	3.33	4.28	0.20	1.07	2.85	1.94	0.32	0.40

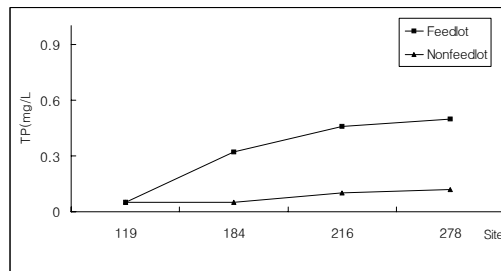
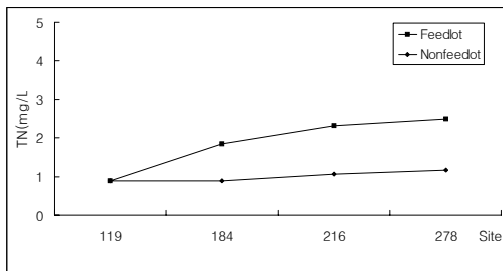


FIGURE 12. Sensitivity of TN and TP by the existent and the non-existent of Feedlot

3) 축산농가에서의 점원오염의 고찰

축산농가에서 배출되는 점원오염이 시험유역에 미치는 영향을 알아보기 위해 기존의 축산농가에서 배출되는 점원오염을 고려하지 않을 경우의 결과는 그림 12와 같다. 출구지점의 경우를 보면 TN이 2.49(100%)에서 1.16(46.6%)으로 감소하고, TP는 0.5(100%)에서 0.12(24.0%)로 감소하여 유역의 수질에 큰 영향을 주는 것을 알 수 있다. 따라서 축산농가에서의 여러 시

나리오에 따른 오염물질의 거동을 살펴보았다.

축산농가에 완충대(초지조성)를 조성하였을 때의 하천 유달률의 변화를 보면 오염물질의 경우 축산지역의 출구지점에 초지를 조성하여 완충대를 만들었을 경우 하천 출구지점의 TN은 2.13(100%)에서 1.94(91.1%)로 감소하고 TP의 경우는 0.46(100%)에서 0.40(87.0%)으로 감소하였다. 따라서 축산지역에 완충대를 만드는 것이 유역의 하천수질 개선에 비교적 많은

영향을 주는 것으로 판단된다. 또한 축사의 운동장에서 발생하는 오염물질을 감소시킬 경우에 하천 유달률의 변화를 보면 축사의 운동장 면적에 따른 질소와 인의 변화를 보면 TN은 운동장을 고려하지 않을 경우 출구 지점(WS #6)은 2.02mg/L(100%)에서 1.87mg/L(92%)로 감소하였고 TP는 0.43mg/L(100%)에서 0.37mg/L(86%)로 감소하여 TN, TP 모두 어느 정도 감소하는 경향을 보였다. 따라서 점원오염인 축산농가의 오염원 중 유역의 하천수질에 가장 영향을 주는 것으로 판단된다.

결론

본 연구는 분포형 비점원 오염 모델인 AGNPS를 이용한 농촌 소유역의 수질을 분석하는데 있어서 모형의 입력자료로 필요한 공간자료를 GIS와 RS 기법을 이용하여 구축함으로써 AGNPS 모형에의 적용성을 평가하기 위한 것이다. 20개의 축산농가가 산재해 있는 안성 소유역(4.12km²)에 대하여 GIS 입력자료를 구축하고, 유출은 4개 강우사상(1999년 5월 18일, 7월 29일, 9월 10일, 9월 20일), 수질(TN, TP)은 2개의 강우사상(1999년 5월 18일, 7월 29일)에 대해 모형을 적용하여 유출과 수질에 대한 결과를 분석하고 여러 시나리오별(축산농가의 배출 부하량의 변화, 축산농가에 완충대를 조성할 경우, 운동장의 유무, 소유역내 밭의 시비수준 변화)로 축산농가의 오염물질의 거동을 살펴봄으로써 GIS와 RS의 적용성을 평가하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 유역 유출량의 경우는 보정시 CN 값이 유출량에 가장 민감한 것으로 나타났고, TN과 TP의 경우는 유역내 점원오염원인 축산지역에 대해 가장 민감했으며, 비점원 오염에서는 시비수준의 변화에 가장 민감했다. 실측치는 총질소의 경우 5.67mg/L, 모의 발생치가 3.28mg/L로 전체적으로 작게 모의되었으며 총인인 경우에는 실측치가 0.24mg/L, 모의 발생량이 0.66mg/L로 더 크게 나타났다.
2. 축산농가에서 배출되는 점원오염이 시험유역에 미치는 영향을 알아보기 위해 기존의 축산농가에서 배출되는 점원오염을 고려하지 않을 경우의 결과를 보면 출구지점에서 TN과 TP가 각각 53.4%, 76%씩 감소하여 유역의 수질에 축산농가의 점원오염이 큰 영향을 주는 것을 알 수 있다. 따라서 축산농가에서의 오염물질의 관리가 유역에 수질개선에 중요한 영향을 미친다.
3. 점원오염의 경우는 축사에서 발생하는 오염물질을 TN 100, TP 10에서 50%씩 감소시킬 경우에 하천 유달률은 큰 변화를 나타내지 않았고, 현재의 축산지역의 출구지점에 초지를 조성하여 완충지를 만들 경우 인과 질소가 각각 13%, 9%씩 감소하였다. 축사에서 운동장 면적을 현재의 3,369m²에서 운동장이 없는 상태로 가정하여 줄일 경우 인과 질소가 각각 14%와 8%씩 감소하여 하천수질에 비교적 영향을 미치는 것은 축산농가의 형태와 운동장에서 발생하는 오염물질로 나타났다.
4. 전체 실험유역에 대한 비점원 오염의 경우는 밭에서의 시비수준을 현재 수준인 TN 100, TP 40에서 TN 50, TP 20과 시비수준을 고려하지 않을 때로 고려할 경우 인과 질소가 각각 27.2%, 38.5%로 감소하여 하천수질에 대해 크게 영향을 주었다. 그러므로 비점원 오염 관리를 위해서는 밭의 시비수준을 줄이기 위한 방안이 필요하다고 생각된다.
5. 모형의 입력자료는 GIS를 사용하여 공간자료를 구축하였으며, 위성영상 자료인 Landsat TM과 KOMPSAT EOC 영상

을 이용하여 RS 기법을 이용한 토지피복 분류를 하였다. 모형의 보정 및 검증 결과 모형의 입력자료로서의 적용이 가능하다고 판단되었으며, 또한 GIS 및 RS 기법은 다른 데이터와의 결합이 쉽고 자료갱신이 빠르므로 모형의 자료 구축 시 GIS와 RS 기법을 이용하는 것이 더욱 효율적이라고 판단된다. **KAGIS**

참고문헌

- 김진수. 1997. AGNPS 모형에 의한 농업비점원오염 해석에 관한 최근의 연구동향. 농업환경 과학연구의 최근동향-1997년도 NICEM 해외교육훈련 결과 심포지움. 127-135
- 김진택. 1995. 농업비점원 오염모형을 위한 지리정보시스템 호환모형의 개발 및 적용. 서울대학교 박사학위논문.
- 이윤아. 2001. GIS와 RS를 이용한 AGNPS 모형의 적용에 관한 연구. 건국대학교 석사학위논문.
- 조재필. 1998. 복합 토지이용 특성의 농촌유역에 대한 농업비점원오염 모형의 적용. 서울대학교 석사학위논문.
- Beasely, D. B., L. F. Huggins and E. J. Monke. 1980. ANSWERS - A Model for Watershed Planning, Trans. ASAE 23(4) : 938-944.
- CERL, U.S. Army. 1993. GRASS 4.1 Users Manual. Construction Engineering Research Laboratory, Champaign, IL.
- Eastman, J. R. 1997. IDRISI for Windows-User's Guide Ver 2.0. Clark University, Worcester, MA.
- ESRI. 1992. PC ARC/INFO Ver. 3.4.2. Redlands, CA.
- Frere, M. H., J. D. Ross and L. J. Lane. 1980. The nutrient submodel. In : CREAMS, A field scale model for chemicals, runoff, and erosion from agricultural management systems. USDA Cons. Res. Report 26(1) :65-85.
- Lombardi, F. 1979. Universal Soil Loss Equation(USLE), runoff erosivity factor, slope length exponent, and slope steepness exponent for individual storm. PhD Thesis, Purdue University, W. Lafayette, Ind.
- Mitchell, J. K. 1993. Validation of AGNPS for small watersheds using intergrated AGNPS/GIS system Water Resources Bulletin 29(5):833-850
- Tim, U. S. and R. Rolly. 1994. Evaluating agricultural nonpoint source pollution using integrated geographic information system and hydrologic/water quality model. J. Environ. Qual. 23(1):25-35.
- 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, U. S. Dept. of Agric., Agric. Res. Serv., Conserv. Res. Report 35, Washington D. C., pp. 77. **KAGIS**