

비점원 오염부하량 산정에 관한 연구 A Study on The Non-Point Source Pollutant Load Routing Method

김영섭*, 이관영**

Young-Seob Kim*, Gwan-Young Lee**

<Abstract>

After execute quantitative analysis that choose station and compose floodgate quality of water net and use floodgate data and quality of water data analysis target Sign of the cock as 1 dimension access for Non-point pollution source pollution and estimate of Gaeuncheon's at Kyongsangbukdo report to the Throne in this research, presented parameter conclusion notation model (AGNPS) in real condition of our agricultural area through comparison with spot value and result is as following in reply. With result observation and analysis result of the AGNPS model the comparison which it will pay from the hazard which it analyzes 2005, the rainfall thought which is used in the analysis to select 8 heavy rain thoughts 2005 July - is data until of September. Actual amount of rainfall 6.0 ~195.0 mm one time the antecedent precipitation showed API5 case 0.0~507.0mm and were observed peak flows (Qpeak) each from the P-1 0.026 m³/sec~9.265 m³/sec, from the P-2 0.010 m³/sec - 2.747 m³/sec and from the P-3c 0.064 m³/sec - 13.482m³/sec to show. Also amendment AMC condition it will be cool and it uses and the AGNPS model conference the result which it occurs, analysis and regression analysis of actual flow for as 0.992 very the possibility of getting the result which is good there was a decisive coefficient which is cool. But the gun is (T-P) with the total nitrogen (T-N) decisive coefficient each as 0.794 and 0.849 the presumption which is reliability generally will pay and with the fact that it will be the possibility of getting it is judged.

Keywords : Non-point pollution source, AGNPS model, Regression analysis

1. 서론

저수지 및 하천에서의 부영양화는 경제적, 환경적 측면에서 막대한 피해를 유발하고 있다. 점원오염과 달리 처리에 많은 어려움이 있는 비점원오염은 장기적인 관측과 적절한 수치해

석(모델)을 통하여 오염 추정과 그 대책을 지속적으로 행하여야 한다.

비점원오염은 점원오염과 달리 하수처리장을 이용한 처리가 매우 어려울 뿐만 아니라 비경제적이므로 오염원 또는 인접지역에서의 오염발생을 억제하거나 효율적인 관리를 하는 것

* 정회원, 대구대학교 토목공학과

** 교신저자, 정회원, 대구대학교 토목공학과 교수, 工博
E-mail : kylee@daegu.ac.kr

* Dept. of Civil Engineering Daegu University

** Corresponding Author, Prof. Dept. of Civil Engineering
Daegu University, Ph. D.

이 경제적이다.

농경지 또는 농업 유역에서의 경우에 의한 유출, 토양유식, 영양물질, 혹은 농약 등의 비점 오염물질의 손실을 추정할 수 있는 소위 비점 오염 모형에는 CREAMS, EPIC, WEPP 및 AGNPS 등이 있으며, 비점오염 모형은 분석유역의 면적 등 지형 및 지질조건과 시계열자료의 종류에 따라 분석방법이 구분되어 사용되고 있다.

비점원오염에 관한 국외의 연구로써 Hession (1988)¹⁾은 Virginia주에서 농업 비점원오염을 위해 GIS를 이용하였고 He(1993)²⁾는 미시간주 Saginaw유역에서 농업 비점원오염 억제를 위하여 12개 BMP에 대하여 AGNPS³⁾모형을 통한 모의발생을 실시하여 등고선재배 및 보전농법 등에 관한 연구를 하였으며, Luzio (1989)⁴⁾는 GIS를 이용한 AGNPS모형의 적용성에 있어 적정 강우량의 중요성에 관한 연구를 실시하였다.

그리고 국내에 대한 연구로서 서승덕(1983)⁵⁾은 농업용수의 수질환경 및 오염원에 관한 조사 분석에 관한 연구를 하였으며 임봉수는(1984)⁶⁾는 도시와 농촌에서의 비점원오염물 배출양상에 관한 연구를 하였고 이명우(1990)⁷⁾은 토지이용을 고려한 소유역의 수질예측 모델에 관한 연구를 실시하였다.

또한, 장정렬(1994)⁸⁾은 농업유역 수질관리 모델의 개발에 관한 연구를 하였고 김진택(1995)⁹⁾은 농업 비점원 오염모형을 위한 지리정보시스템 호환모델의 개발 및 적용에 관한 연구를 하였으나 유역으로 유입되는 비점원오염물을 선행 강우사상에 따른 토양의 함수능과 연계한 연구 자료는 미미한 실정이다.

따라서, 안정적인 수자원 확보뿐만 아니라 수량과 수질을 보전하는 효율적 관리를 위해서 농촌지역에 적합한 모델을 선정하고 실측치와 수치해석 결과치의 비교 검토를 통하여 다양한 조건하에서 비점원오염원을 예측 방지할 수 있는 체계적 개발이 반드시 필요하다.

본 연구에서는 농업유역의 비점오염 부하량 산정 및 예측을 위한 1차적 접근방법으로서 분석대상유역을 선정하고 수문·수질관측망을 구성하여 수문자료 및 수질자료를 이용한 정량적 분석을 실시한 후, 현장 측정치와의 비교를 통하여 우리 농업지역의 실정에 적합한 모형

(AGNPS)의 매개변수 추정기법을 제시함으로써 향후 하천오염의 주요 발생원인인 비점오염량에 대한 예측과 더불어 하천수의 관리 및 이용을 극대화할 수 있을 것이다.

2. 연구방법

2.1 AGNPS 모형의 기본이론

AGNPS모형은 농업소유역으로부터의 비점원 오염과정을 규명하기 위하여 미국 농무성과 미네소타주 오염조절처(Minnesota Pollution Control Agency, MPCA)가 공동으로 개발한 단일 호우 사상에 대한 분포형 매개변수 모형이다.¹⁰⁾

AGNPS모형은 유역을 수문특성이 균일한 직각 격자로 구분하여 이들 격자에 대해 각각의 호우사상에 따른 수문인자, 토양유실 및 운송, N, P, COD 수질인자 등의 성분을 계산하고, 이를 유역의 출구까지 추적해 대상유역의 비점원 오염 부하량을 구하도록 하고 있다. 모형의 주요성분으로는 수문부분, 유사운송 및 수질부분이 있다. 모형은 5개의 주요 부프로그램으로 이루어져 있으며 계산과정은 Fig. 1과 같이 유역자료와 셀(cell)별 입력자료를 처리하고 각 셀에 대해 각각의 수문, 유사, 수질 등의 성분량을 계산하며, 그 다음으로 셀에서 유거하는 유출 성분량들을 계산하고, 유사는 입자크기에 따라 5개로 구분한다. 마지막으로 이들을 유역의 출구까지 추적한 후 집중흐름, 하천 운송능, 유사 및 영양물질을 계산하고, 이들 계산 결과를 출력한다.

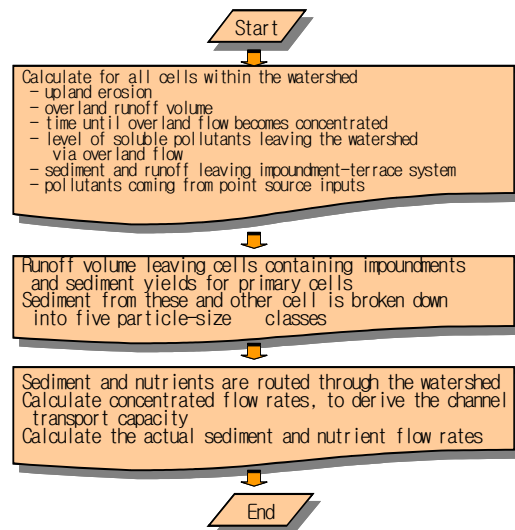


Fig. 1. AGNPS analysis flowchart of model.

2.2 실험격자(cell)망 구성

본 분석을 위한 유역분할의 격자(cell) 갯수는 총 60개이며, 셀의 크기는 300m×300m이다. 다음의 Fig. 2는 분석유역의 현황이며, Fig. 3은 분석유역의 셀 배치번호를 도시한 것이다. 그리고 Fig. 4는 최적 분석을 위하여 유역의 토양특성 고려, 유역의 하도방향 최대한 반영 및 셀안의 비배수구역 반영을 위해 4개의 소 셀로 분할한 출력결과를 나타내었다.

또한 토지이용 현황과 각 셀인자 특성은 Table 1 및 2에 나타내었으며, 각 소유역 면적비를 살펴보면 P-1이 68.7%, P-2이 20.4%, P-3가 10.9%이고 각 토지이용도는 P-1지점의 논면적이 72.8%, 밭면적이 85.8%, 과수원면적이 95.4%, 임야가 58.7%로서 전체유역의 대부분을 차지하고 있다. 그리고 본 유역에 있어 총 가구수는 235세대이며 P-1이 199, P-2가 22 및 P-3가 14세대로서 전체 가구수의 약 85%가 P-1지역에 집중되어 있다.

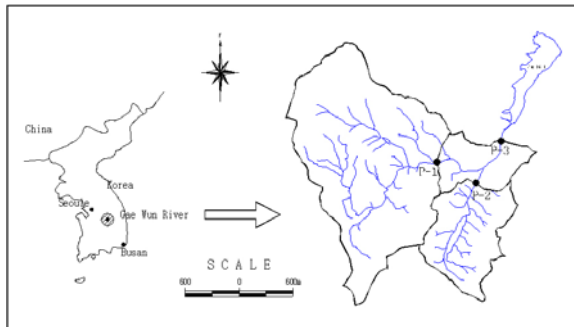


Fig. 2. Analysis basin present condition.

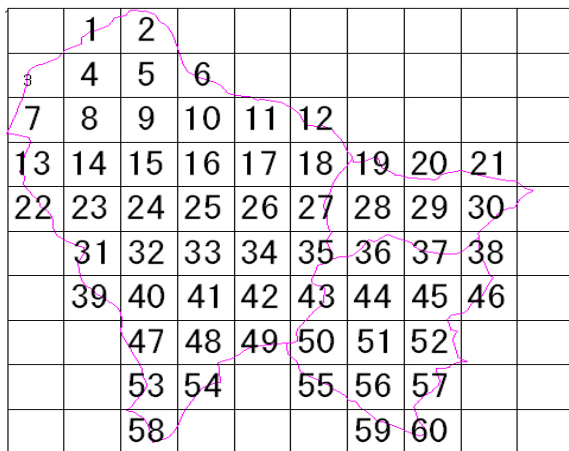


Fig. 3. Analysis lattice.

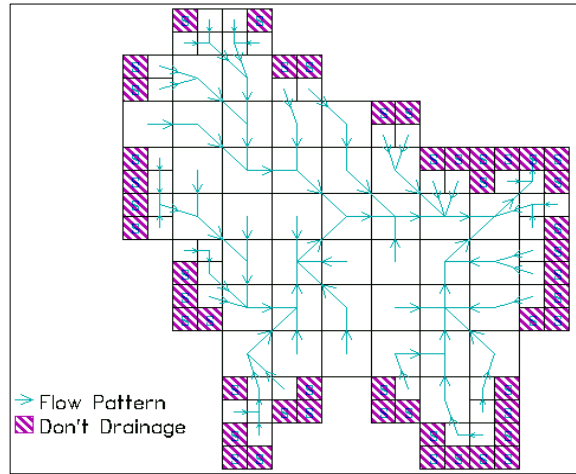


Fig. 4. Model lattice block diagram.

Table 1. Land use present condition

토지이용 지점	논면적 (K㎡)	밭면적 (K㎡)	과수원면적 (K㎡)	임야 (K㎡)	유역면적 (K㎡)	비고
P-1	0.300	0.280	0.704	1.610	2.900	
P-2	0.057	0.015	0.009	0.785	0.860	
P-3	0.055	0.031	0.025	0.349	0.460	
합계	0.412	0.326	0.738	2.744	4.220	

Table 2. The terrain factor against the sell

구분 Cell번호	유로연장 (m)	고저차 (m)	구분 Cell번호	유로연장 (m)	고저차 (m)
1	205.16	77.72	31	372.94	48.27
2	56.64	5.12	32	405.90	43.42
3	186.62	63.90	33	458.28	56.48
4	242.08	85.14	34	304.66	52.11
5	322.00	100.80	35	228.54	55.84
6	212.63	45.28	36	336.07	39.59
7	208.20	85.09	37	342.97	27.24
8	370.28	93.12	38	158.36	54.96
9	321.58	85.76	39	218.56	22.49
10	242.85	58.95	40	144.64	30.18
11	193.45	30.95	41	183.68	36.73
12	198.01	20.75	42	137.58	28.57
13	224.17	81.25	43	139.94	48.42
14	214.81	70.32	44	166.67	35.31
15	266.25	40.42	45	291.47	67.84
16	466.27	28.34	46	207.48	34.50
17	445.17	20.14	47	372.34	17.41
18	424.08	23.22	48	267.51	24.38
19	216.20	48.52	49	205.32	57.23
20	263.57	58.12	50	306.85	51.73
21	223.75	23.49	51	248.54	59.54
22	360.11	80.07	52	227.13	61.19
23	355.45	43.84	53	343.76	75.44
24	269.07	49.73	54	153.58	48.54
25	342.95	51.98	55	228.85	37.52
26	149.23	38.11	56	380.39	63.47
27	158.70	50.69	57	189.72	57.12
28	173.70	46.51	58	227.51	38.46
29	167.47	23.27	59	177.33	35.92
30	208.12	83.44	60	135.82	48.06

3 결과 및 검토

0.041~3.019 m³/sec 및 P-3에서 0.189~13.424 m³/sec를 나타내었다.

3.1 침투유출량

본 분석대상인 개운저수지유역에 대한 관측치와 AGNPS모델의 분석 결과치를 비교 분석하기 위해서 2005년 8개의 호우사상을 선정하였다. 본 분석에 이용된 강우사상은 2005년 7월~9월까지의 자료이며 강우량, 선행강우지수(API₅), AMC 및 BOD, T-P, T-N, 유량 등을 다음의 Table 3와 4에 나타내었다. 여기서 실제 강우량이 6.0~195.0mm일때 선행강우지수는 API₅일 경우 0.0~507.0mm이며 이때 관측된 침투유량(Q_{peak})은 각각 P-1에서 0.026 m³/sec~9.265m³/sec, P-2에서 0.010m³/sec~2.747m³/sec 및 P-3에서 0.064m³/sec~13.482 m³/sec를 나타내었다.

AGNPS모형의 모의발생을 위하여 분석에서는 동질성을 고려한 60개의 조격자를 구성하였으며 실제호우에 대한 관측치와 계산치를 비교 분석하였다. 그리고 하천 수로방향, 경사형태 및 유역 형상의 불규칙성을 고려하고 유출 및 수질에 이용되지 않는 격자를 반영하기 위하여 22개 조격자를 88개의 세격자로 분할하였다. 본 분석에서는 AGNPS를 이용한 모의발생의 결과치 및 관측치와 식(1)의 측정 유출곡선지수 CN_n¹¹⁾을 비교한 결과 차이를 보이고 있어 이를 보완하기 위한 수정 유출곡선지수 CN_{m I} 과 CN_{m III}를 식(2)로 구성하였다.^{12,13)} 따라서, 식(1)의 수정 유출곡선지수식의 계수 a의 결정은 a를 0.1~0.9까지 시행착오법을 거쳐, CN_m이 측정 유출곡선지수에 가장 근사한 0.65를 적용하였으며 이를 토대로 산정된 결과치와 관측치는 다음의 Table 4에 나타난 바와 같이 거의 일치되는 경향을 나타내었다.

$$CN_n = \frac{25400}{254 + 5P + 10Q - 10(Q^2 + 1.25QP)^{0.5}} \quad \text{식(1)}$$

$$CN_{m I} = a(CN_{scs I}) + (1 - a)(CN_{scs II})$$

$$CN_{m III} = a(CN_{scs III}) + (1 - a)(CN_{scs II}) \quad \text{식(2)}$$

한편, 다음의 Table 5와 AGNPS모형을 이용하여 CN을 보정한 식(1) 및 (2)를 분석유역에 적용한 모의발생 결과치를 보면 침투유량(Q_{peak})은 각각 P-1에서 0.109~9.425m³/sec, P-2에서

Table 3. Analysis basin floodgate data

분석일자 분석지점	강우량 (mm/day)	API ₅ (mm)	AMC	유량 (m ³ /s)		
				P-1	P-2	P-3
2005.7.3	6.0	0.0	I	0.073	0.027	0.082
2005.7.9	13.0	7.0	I	0.162	0.089	0.185
2005.7.11	28.0	13.0	I	0.830	0.321	1.283
2005.7.28	195.0	0.0	I	8.862	2.628	12.895
2005.8.3	104.0	507.0	III	6.284	1.863	9.144
2005.8.10	171.0	0.0	I	9.265	2.747	13.482
2005.8.25	12.0	36.0	II	0.112	0.062	0.164
2005.9.4	7.0	0.0	I	0.026	0.010	0.064

Table 4. Comparison (flow) observation and calculation

분석일자 분석지점	강우량 (mm/day)	유량 (m ³ /s)					
		P-1		P-2		P-3	
		관측치	계산치	관측치	계산치	관측치	계산치
2005.7.3	6.0	0.073	0.109	0.027	0.041	0.082	0.189
2005.7.9	13.0	0.162	0.146	0.089	0.074	0.185	0.221
2005.7.11	28.0	0.830	1.022	0.321	0.513	1.283	1.721
2005.7.28	195.0	8.862	9.425	2.628	3.019	12.895	13.424
2005.8.3	104.0	6.284	6.888	1.863	2.031	9.144	9.667
2005.8.10	171.0	9.265	8.425	2.747	2.862	13.482	12.263
2005.8.25	12.0	0.112	0.138	0.062	0.069	0.164	0.215
2005.9.4	7.0	0.026	0.118	0.010	0.044	0.064	0.195

Table 5. Analysis basin observation data

분석일자 분석지점	강우 (mm/d ay)	수온 (°C)	BOD (mg/ℓ)	COD (mg/ℓ)	T-N (mg/ℓ)	T-P (mg/ℓ)	유량 (m ³ /s)	
2005.7.3	P-1	6.0	22.00	0.70	3.00	9.70	1.84	0.073
	P-2	21.60	1.00	3.80	7.50	1.35	0.027	
	P-3	22.60	1.20	2.80	7.70	1.21	0.082	
2005.7.9	P-1	13.0	22.10	7.50	3.50	10.70	1.80	0.162
	P-2	22.40	4.00	4.10	8.10	1.91	0.089	
	P-3	22.40	4.60	3.60	9.70	1.42	0.185	
2005.7.11	P-1	28.0	21.10	-	1.80	7.10	1.28	0.830
	P-2	20.00	2.60	2.10	5.40	1.33	0.321	
	P-3	20.30	2.30	1.50	9.10	1.26	1.283	
2005.7.28	P-1	195.0	23.20	-	6.20	4.30	1.02	8.862
	P-2	22.20	-	6.10	3.90	1.00	2.628	
	P-3	22.90	-	5.80	3.90	1.01	12.895	
2005.8.3	P-1	104.0	25.80	-	4.60	2.80	0.25	6.284
	P-2	24.10	-	4.30	2.70	0.27	1.863	
	P-3	25.50	-	3.90	2.80	0.25	9.144	
2005.8.10	P-1	171.0	19.60	-	6.40	3.90	1.25	9.265
	P-2	19.20	-	6.20	3.60	1.09	2.747	
	P-3	19.60	-	5.60	3.80	1.18	13.482	
2005.8.25	P-1	12.0	24.60	0.30	3.10	7.60	1.43	0.112
	P-2	23.90	0.70	3.20	5.50	1.56	0.062	
	P-3	24.60	0.30	2.80	6.20	1.79	0.164	
2005.9.4	P-1	7.0	22.20	-	2.30	7.90	1.67	0.026
	P-2	22.00	-	2.20	8.90	1.32	0.010	
	P-3	22.10	-	2.00	9.20	1.14	0.064	

3.2 T-P 및 T-N

시험유역의 유출 영양물질의 측정은 수문계 측망 지점에서 수질 시료를 채취하여, 부영양화

현상의 주요원인물질인 총질소 (T-N) 및 총인 (T-P)에 대해 실내실험을 통해 그 양을 분석하였다. 현장에서 채취한 시료는 실험시까지 냉장 보관하여 수질변화를 방지하였다. T-N 및 T-P의 양은 환경처 수질오염공정시험법¹⁴⁾에 의해서 비속계 및 흡광광도법을 이용하여 분석하였다.

유역에 선정된 8개 호우사상을 바탕으로 Table 6에 T-P 및 T-N의 관측치 및 계산치를 나타내었다. 분석대상유역의 수질측정은 P-1, P-2 및 P-3지점에서 시료를 채취하여 그 양을 분석하였으며 관측치에 대한 수질측정의 결과에서 총인(T-P)의 경우 P-1, P-2 및 P-3지점에서 각각 0.25~1.84 ppm, 0.27~1.91ppm 및 0.25~1.79ppm을 나타내었고, 총질소(T-N)은 각각 2.80~10.70ppm, 2.70~8.90ppm 및 2.80~9.70ppm을 나타내었다.

AGNPS모형에 의한 분석 결과치를 살펴보면 총인(T-P)의 경우 P-1, P-2 및 P-3지점에서 각각 0.32~2.62ppm, 0.29~2.41ppm 및 0.31~2.45ppm을 나타내었고, 총질소(T-N)은 각각 2.70~8.80ppm, 2.60~7.40ppm 및 2.60~7.70ppm으로 나타났다.

국내외의 농업지역에서의 측정된 T-N, T-P 자료는 T-N의 경우 0.12 ~16.0ppm의 범위이며 T-P의 경우 0.01~ 3.3ppm의 변화를 보였는데 본 연구의 측정결과도 이 범위에 속하였다.

Table 6. Comparison (T-P and T-N) observation and calculation

구 분 관측년월	T-N (mg/l)						T-P (mg/l)					
	관측치			계산치			관측치			계산치		
	P-1	P-2	P-3	P-1	P-2	P-3	P-1	P-2	P-3	P-1	P-2	P-3
2005.7.1	9.70	7.50	7.70	7.90	6.20	7.70	1.84	1.35	1.21	2.62	2.41	2.45
2005.7.6	10.78	10.97	8.80	8.80	7.40	7.60	1.80	1.91	1.42	1.51	1.34	1.42
2005.7.10	7.10	5.40	9.10	6.60	4.90	5.80	1.28	1.33	1.26	1.89	1.65	1.77
2005.7.19	4.30	3.90	3.90	5.10	4.20	4.40	1.02	1.00	1.01	1.42	1.28	1.32
2005.7.21	2.80	2.70	2.80	2.70	2.60	2.60	0.25	0.27	0.25	0.32	0.29	0.31
2005.8.31	3.90	3.60	3.80	4.20	3.90	4.10	1.25	1.09	1.18	1.33	1.16	1.26
2005.9.6	7.60	5.50	6.20	8.60	7.20	7.20	1.43	1.56	1.79	1.53	1.34	1.41
2005.9.15	7.90	8.90	9.20	7.90	6.10	7.60	1.67	1.32	1.14	2.55	2.31	2.44

3.3 AGNPS Model의 검증

Table 6과 같이 분석유역의 8개 호우사상을 바탕으로 유량의 전체적인 관측치와 계산치의 비교를 나타내었으며, Fig. 5는 이러한 자료를 바탕으로 실제 관측치와 AGNPS모형의 분석치에 대한 회귀분석 결과를 도시한 것이다. AGNPS모형을 이용한 분석 및 실제유량간의 회

귀분석식은 식(3)과 같으며, 결정계수는 0.992로서 매우 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

$$Q_c = 0.9828Q_o + 0.1406 \quad \text{식(3)}$$

여기서, Q_c 는 계산유량이며 Q_o 는 실측유량이다.

침투유량의 비교는 다음의 Fig. 5와 같으며, 모델에 의한 모의결과치는 강우에 따라 다소 차이가 있거나 관측치와 분석치에 의한 상대오차가 오차범위내에 존재하고 있어 관측치와 거의 일치하였는데 이것은 유역의 동질성을 위해 격자망을 비교적 세분화한 것에 기인된 것으로 판단된다.

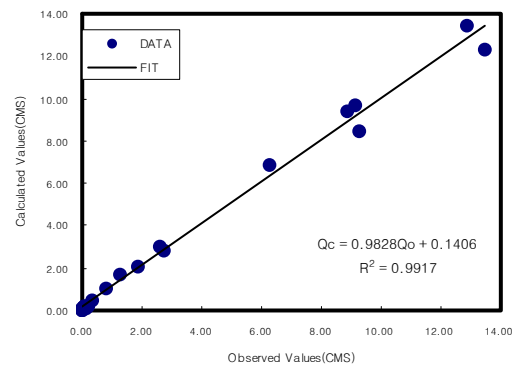


Fig. 5. Interrelation (flow) observation and analysis.

다음의 Fig. 6~7은 T-P 및 T-N의 관측치 및 계산치를 회귀분석한 결과를 나타내고 있다. 분석대상유역에서 측정된 관측치와 분석 결과치에 대한 상관식을 보면 총인(T-P)은 식 (4)와 같으며, 총질소(T-N)는 식 (5)와 같다. R^2 는 각각 0.794 및 0.849를 나타냈다.

$$TP_c = 1.2399 TP_o^{0.9459} \quad \text{식(4)}$$

$$TN_c = 1.3885 TN_o^{0.7864} \quad \text{식(5)}$$

여기서, 여기서 TP_c 는 계산된 총인이고 TP_o 는 실측한 총인이며, TN_c 는 계산된 총질소, TN_o 는 실측한 총질소이다.

다음 Fig. 8~9와 같이 수질분석에 있어 T-P와 T-N의 농도변화는 최하류부에서 미소하나 낮아지는 것으로 분석되었다. 이것은 P-1에 비해 P-2와 P-3지점에서는 경작지가 빈약하여

상대적으로 오염물질이 줄어든 반면 유량은 증가한 때문인 것으로 판단된다. 또한 농도의 차이는 토지이용에 따른 시비투여 및 생활오수 등의 차이에 의해 기인된 것으로 판단된다.

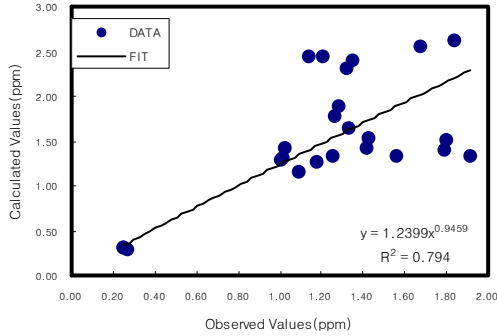


Fig. 6. Interrelation(T-P) observation and analysis.

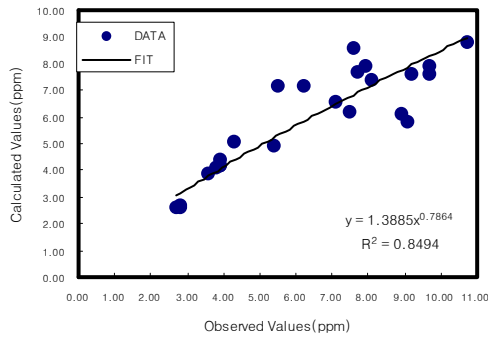


Fig. 7. Interrelation(T-N) observation and analysis.

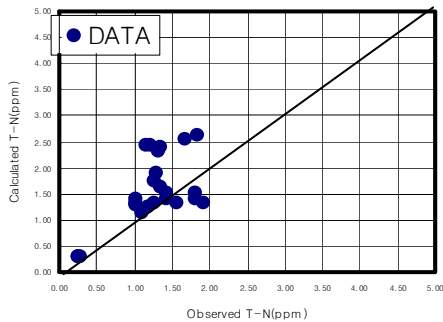


Fig. 8. Comparison distribution chart (T-P) observation and analysis.

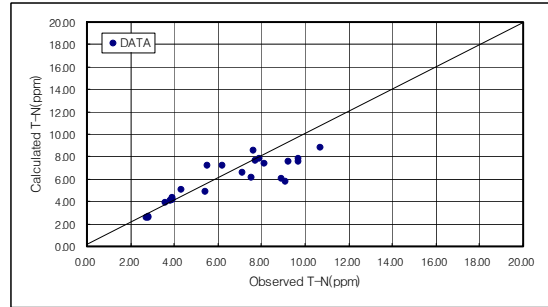


Fig. 9. Comparison distribution chart(T-N) observation and analysis.

모형으로 예측된 값의 정확도를 평가하기 위해 다음의 식을 이용하여 모형효율(Nash, 1970)을 구하였다. 여기서, x_i 는 분석 결과치, x_i' 는 관측치, \bar{x} 는 분석결과치의 평균값이다. 효율 E의 값이 1에 가까울수록 관측치와 분석결과치가 잘 일치하는 것을 의미하며 유량의 경우에 0.99로 효율이 매우 높은 것으로 분석되었다. 그리고 T-P와 T-N의 경우에는 0.20 및 0.53으로 효율이 매우 낮게 분석되었으나 7월 19일, 7월 21일 및 8월 31일의 홍수시에 대한 효율을 분석할 경우에는 0.81 및 0.80으로 높은 효율성을 나타내었다.

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 - \sum_{i=1}^n (x_i' - x_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$i = 1, 2, \dots, n$ 식(6)

이러한 이유는 모델의 기본구조상 1차적인 접근방법이 경우에 기인된 영양물질 추적에 있음으로 해서 경우가 빈약할 경우보다 풍부할 때 그 정도가 훨씬 높은 것으로 판단된다. 따라서, 본 분석에서 제안한 수정 AMC조건을 이용하여 농업지역의 유량 및 영양물질에 대한 분석을 실시할 경우 보다 신뢰성 있는 추정치를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

분석유역의 확률강우량에 따른 T-P 및 T-N의 변동을 Table 7와 같이 AMC I,II,III의 조건별로 시비투여량을 하지 않을 경우(0), 소량투여할 경우(1), 평균 투여할 경우(2) 및 다량으로 투여할 경우(3)로 초기조건을 분류하여 분석한 결과이다. 여기서 분석유역의 재현기간 10~200년에 대한 수질예측의 결과에서 T-P의 경

우 AMC I 조건일 경우 약 0.05~0.10ppm을 나타내었으며, AMC II 조건에서는 약 0.05~1.20 ppm, AMC III 조건에서는 약 0.05~3.10ppm을 나타내었다. 그리고 T-N의 경우에 AMC I 조건일 경우 약 0.80~1.20ppm을 나타내었고 AMC II 조건에서는 약 0.80~5.00ppm 그리고 AMC III 조건에서는 약 0.80~12.00ppm을 나타내었다. 따라서, 선행토양함수조건이 유출수의 영양염 농도에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있으며, T-P의 경우에 AMC I 조건에서 AMC II, AMC III 조건 변동에 따라 약 3% 및 8.0%로 증가하는 경향을 보였고, T-N의 경우 AMC I 조건에서 AMC II, AMC III 조건 변동에 의해 약 4% 및 12.0%의 증가를 나타내었다. 따라서, 시비투여 시기는 선행강우에 의한 함수비가 낮은 시기를 택하여야 하며 AMC III 조건하에서의 평균을 상회하는 과다한 시비투여시에는 영양염에 의한 부영양화의 현상이 발생할 우려가 있는 것으로 판단된다.

Table 7. Fertilizer quantity which it follows in condition (kg/km²)

Return Period	T-P (ppm)			T-N (ppm)								
	AMC I	AMC II	AMC III	AMC I	AMC II	AMC III						
10	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
20	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
30	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
50	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
100	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
200	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3

* 0 ; No Fertilization, 1 ; N : 5,500, P : 2,200
2 ; N : 11,000, P : 4,400, 3 ; N : 22,000, P : 8,800

4. 결 론

본 연구에서는 경북 상주시 개운천의 농업유역의 비점오염 부하량 산정 및 예측을 위한 1차적 접근방법으로서 분석대상유역을 선정하고 수문·수질관측망을 구성하여 수문자료 및 수질자료를 이용한 정량적 분석을 실시한 후, 현장 측정치와의 비교를 통하여 우리 농업지역의 실정에 적합한 모형(AGNPS)의 매개변수 추정기법을 제시하였으며 이에 대한 결과는 다음과 같다.

1. 본 연구에서는 3차원 수치해석(GIS)을 통하여 분석유역에 대한 유로연장 및 하도경사

를 산정하였으며, 이러한 산정결과를 통하여 경험공식에 적용한 바 개운저수지 유역의 평균 도달시간은 약 20여분 내외인 것으로 나타났다.

2. 본 분석에서는 AGNPS를 이용한 모의발생의 결과치 및 관측치와 측정 유출곡선지수 CN_n 을 비교한 결과 차이를 보이고 있어 이를 보완하기 위한 수정 유출곡선지수 CN_m I 과 CN_m III 식으로 구성하였다.

$$CN_m I = a(CN_{scs} I) + (1 - a)(CN_{scs} II)$$

$$CN_m III = a(CN_{scs} III) + (1 - a)(CN_{scs} II)$$

3. 분석에서 유량에 대한 실제 관측치와 AGNPS모형에 대하여 회귀분석한 결과 $Qc = 0.9828Qo + 0.1406$ 식과 결정계수는 0.992의 매우 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

4. 수정된 AMC조건식을 이용하여 AGNPS모형을 모의발생 시킨 결과, 분석 및 실제유량간의 회귀분석식은 결정계수가 0.992로서 매우 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 하지만 총인(T-P)과 총질소(T-N)는 결정계수가 각각 0.794 및 0.849로서 유량에 비해 관측치와 계산치에 의한 상대오차는 비교적 크게 나고 있는데 이러한 농도의 차이는 토지이용에 따른 시비투여 및 생활오수 등의 차이에 의해 기인된 것으로 판단된다.

따라서, 본 분석에서 제안한 수정 AMC조건을 이용하여 농업지역의 유량 및 영양물질에 대한 분석을 실시할 경우 보다 신뢰성 있는 추정치를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 1) Hession, W. C. and V. O. Shanholtz, *J. of Soil and Water Conservation*, **43**, 3, (1988)
- 2) He, C., J. F. Riggs, and Y. T. Kang, ; *Integration of Geographic Information System and a Computer Model to Evaluate the Impacts of Agricultural Runoff on Water Quality*, AWRA Proceedings. (1993)
- 3) Young, R. A., C. A. Onstad, D. D. Bosch, and W. P. Anderson, ; *AGNPS, Agricultural Non-Point Source Pollution Model* :

- A Watershed Analysis Tool, USDA Conservation Research Report 35, (1987).
- 4) Luzio, M.D., Lenzi, M.A. ; The Importance of Proper Rainfall Inputs for the Applicability of the AGNPS Model Integrated with Geographic Information System at Watershed Scale, In the Proceedings of the International Symposium on Water Quality Modeling. Orlando, FL, April 2-5. (1995)
 - 5) 서승덕, 김태한, 윤경덕, ; 농업용수의 수질 환경 조사분석, 경북대 농학지, 제1권. (1983)
 - 6) 임봉수, 대한토목학회논문집, 4, 2, (1984)
 - 7) 이명우, 토지이용을 고려한 소유역의 수질예측 모형에 관한 연구, 서울대학교 대학원 박사학위논문. (1990)
 - 8) 장정열, ; 농촌유역 수질관리모형의 개발에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문.(1994)
 - 9) 김진택, 농업 비점원 오염모형을 위한 지리 자원정보시스템 호환모형의 개발 및 적용, 서울대학교 박사학위논문. (1995)
 - 10) Young, R. A., C. A. Onstad, D. D. Bosch, and W. P. Anderson, ; AGNPS, Agricultural Non-Point Source Pollution Model : A Watershed Analysis Tool, USDA Conservation Research Report 35, (1987)
 - 11) 김종덕, SCS법에 의한 소유역의 홍수유출 추정, 서울대학교 석사학위논문. (1990)
 - 12) 김진택, 박승우, 한국농공학회지 39, 2, (1997)
 - 13) 최정우 외 3인, 한국수처리학회, 7, 3, (1999)
 - 14) 환경호,, 수질환경보전법 제7조의 규정에 의하여 수질오염공정시험방법. 환경부고시 제 170, (2001)

(2007년 11월 22일 접수, 2008년 2월 22일 채택)