

# 부숙처리된 축산분뇨슬러리 살포지역의 강우에 의한 영양물질 유출에 관한 연구

## Study on Nutrient Loss in Surface Runoff by Rainfall from Slurrigated Area Using Digested Animal Manure

김 선 주\* · 김 형 중\*\* · 辻 修\*\*\*  
Kim, Sun Joo · Kim, Hyung Joong · Osamu Tsuji  
土谷富士夫\*\*\* · 여 운 식\*\*\*\*  
Fujio Tsuchiya · Yo, Woon Shik

### Summary

The nutrients runoff including nitrogen and phosphorous was investigated to find out the characteristics of nutrient discharge from the slurrigated area using digested animal manure.

The results obtained are summarized as follows:

1. The concentrations of T-N, NH<sub>4</sub>-N, EC, T-P and Cl<sup>-</sup> were high in flood runoff.
2. The concentration of nutrients by the surface runoff, except for NO<sub>3</sub>-N, showed a tendency of increasing when the period of dry days before the rain fall was long. And the concentration of NO<sub>3</sub>-N increased in the inflow section where subsurface drainage flowed in.
3. The quality of water was generally influenced by the discharge of water quantity from slurrigated area. However the runoff concentration influenced the water quality when it was high enough.
4. To reduce loss of the nutrients and improve the fertilization effect, it is not recommended to apply slurry in rainy season.

\* 건국대학교 농과대학

\*\* 건국대학교 대학원

\*\*\* 日本 帶廣畜産大學

\*\*\*\* 농어촌진흥공사 농어촌연구원

키워드 : 부영양화, 질소, 인, 농도, 부하량, 축산  
분뇨슬러리

## I. 서 론

우리나라 농어촌 지역의 수질오염은 날이 깊어지고 있으며, 특히 농업용 저수지나 호소와 같은 폐쇄성 수역의 부영양화에 의한 수질오염이 중요한 문제로 대두되고 있다. 부영양화란 자연조건하에서 영양염류가 적은 빈영양호가 점진적으로 영양염류가 많은 부영양호로 변화하는 현상을 나타내는 말이었으나, 인위적인 행위에 의해 질소·인 등의 영양물질의 배출량이 많아지면서 최근에는 인위적인 원인에 의해 수중에 영양염류가 증가해서 플랑크톤의 생산이 증가하여 녹조 또는 적조현상을 일으키는 현상을 지칭하고 있다.

인위적인 행위에 의해 배출되는 질소·인 등의 영양물질들은 여러가지 운송수단을 거쳐 수계로 유입된다. 공장폐수나 가정하수는 대도시와 산업지역에서 다량으로 배출되기 때문에 하수처리장 등을 건설하여 오염부하량을 줄인 후 수계로 방류되고 있으나, 축산지역이나 집약농업지역의 배수는 거의가 방치되고 있다.

축산분뇨는 호소의 부영양화를 일으키는 주요 물질인 질소·인의 함유량이 높기 때문에 유기비료로 재활용하도록 유도하고 있으나, 축산분뇨의 과다 사용은 토양 및 수질오염의 원인이 되기 때문에 적정사용기준을 마련하는 연구도 함께 진행되어야만 한다.<sup>10,11)</sup> 그러나 지금까지 생산량을 높이기 위한 적정사용량에 관한 연구는 진행되었으나, 수질오염을 방지하기 위한 축산분뇨의 적정사용기준에 관한 연구는 거의 없었다.<sup>4)</sup> 특히, 오염물질의 배출량이 많은 낙농·전작지대에서 오염물질의 유출특성에 대한 연구는 많지 않다.

수계에 질소와 인이 많이 유입하여 조류가 번성하면 사람이나 물고기 또는 다른 조류에 대하여 유독한 물질을 생산할 뿐만아니라 부영양화나 적조현상과 같은 심각한 수질문제를

일으키게 된다. 수계에 유입한 유기성 질소는 질산화균에 의해 암모니아성 질소( $\text{NH}_4\text{-N}$ )→아질산성 질소( $\text{NO}_2\text{-N}$ )→질산성 질소( $\text{NO}_3\text{-N}$ )의 순서로 질산화(nitrification)된다. 질산화로 이온화된 질소성분은 수생식물에 흡수되기도 하나, 식물성 플랑크톤의 먹이가 되어 부영양화현상을 일으키는 원인이 되며, 다시 혐기적 조건이 되면 혐기성균에 의해 탈질반응(denitrification)이 일어나 안정된 질소가스( $\text{N}_2$ )가 되어 자연계로 되돌아 간다.<sup>2,12)</sup>

황산이온( $\text{SO}_4^{2-}$ )은 하수관을 부식시키고 악취를 발생시키며, 공장폐수나 사람의 오줌성분이 많은 생활하수 등 염소이온( $\text{Cl}^-$ )이 많이 함유되어 있는 폐수는 지표수를 오염시켜 작물의 생육에 악영향을 주고 있다.<sup>1)</sup> 전기전도도(EC)는 오염성분은 아니지만 EC를 측정하면 오폐수중에 이온으로 해리되어 있는 염류의 대략적인 양을 알 수 있기 때문에 수질을 나타내는 하나의 지표로 이용되고 있다.

본 연구는 일본 북해도 十勝의 芽室지역중 축산분뇨 슬러리를 호기성 부숙처리하여 사용하고 있는 초지 및 전작지대 사이를 흐르는 소하천을 선정하여, 강우시와 비강우시의 질소, 인 등의 오염물질의 지표유출 특성을 조사하기 위하여 수행되었다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 연구대상지역

본 연구는 일본 북해도의 十勝에 위치하고 있는 芽室지역의 肥培灌溉지구에서 실시되었다. 이 지구는 표고 250~400m의 구릉지대로서 4개의 田作·酪農 농가가 분포하고 있다. 소하천의 수질조사는 이 구역내를 흐르는 폭 1~1.5m, 총길이 2,500m의 上美生 23號支川중 6개 지점을 선정하여 실시하였다. 上美生 23號支川의 주변에는 4개의 목장과 이들 농장이 경영하는 초지 및 밭이 분포하고 있다(Fig. 1).

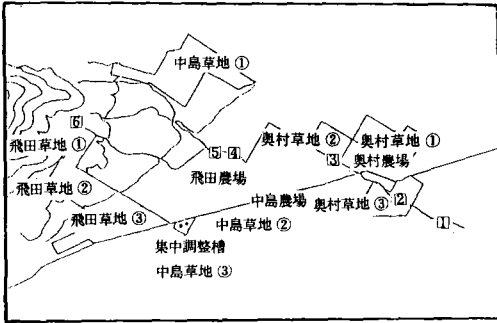


Fig. 1. A topographic sketch of the investigated area

본 조사지역은 3개의 농장에서 배출된 축산분뇨를 각 농장별로 고액분리하여 고형분은 퇴비장에 퇴적시킨 후 퇴비로 사용하고, 액상슬러리는 폭기 및 교반하면서 호기성 분해한 다음 집중조정조에 저류한 후, 집중조정조에서 각 포장까지 매설된 슬러리용 지하배관에 자주식 살포기를 연결하여 포장에 슬러리를 살포하고 있는 지역으로서, 초지에 살포한 슬러리가 하천의 수질에 미치는 영향 및 전작지대에서 배출되는 오염물질의 유출특성을 연구하는데 적합한 지역이다.

上美生 23號支川の 최상류지점인 No.6은 산림지역에 위치하고 있는 지점이며, No.6 지점을 유하한 하천은 슬러리를 살포하는 飛田農場이 경영하는 초지와 산림으로 둘러싸인 급경사지역을 통과하여 다른 支川과 합류하는데, 이 지천에 인접하여 中島農場 소유의 슬러리 살포 초지가 분포하고 있다. 그런데 이들 초지는 모두 급경사지에 위치하고 있어 강우시 이들 초지로 부터 질소·인 등의 오염물질의 지표유출 상황을 파악하기에 적당한 지역이다. 일단 이 지점에서 합류된 하천은 No.5 및 No.4 지점 사이에서 飛田농장에서 배출되는 牛舍排水가 유입된 다음, 하천의 중류부인 평탄한 전작지대 말단부분에 위치한 No.3 지점을 통과하여 흐르고 있다. 특히 No.3와 No.2 지점사이에는 하안단구를 유하하여 암거

Table-1. Catchment area of Bise No.23 drainage canal (unit : ha)

Total catchment area	133.5
Pasture	28.4
Dent corn	7.4
Upland	24.0
Forest	73.7

관 등으로부터 나오는 지하수가 유입하고 있으며, No.1 지점은 美生川 본류와의 합류점 직상류이다.

美生 23호 지선배수로의 유역 및 유역의 목초지와 일반 전작지 및 사료작물을 재배하는 전작지는 대부분 화산회 토양으로 이루어져 있으며, 그 이용형태별 분포 및 면적은 Fig. 1 및 Table-1에서 보는 바와 같다. 美生 23호 지선배수로의 유역면적은 133.5ha이고, 그 중 약 45%인 59.8ha가 농지이다. 농지중 슬러리 살포실적이 있는 것은 목초지만으로서 면적은 28.4ha이다.

## 2. 조사방법

강우에 따른 하천수질의 변화를 비강우시와 비교분석하기 위하여, 수질조사는 평상시 측정으로서 1995년에는 5월 25일, 6월 26일, 7월 27일, 8월 25일, 9월 29일, 10월 26일의 6회에 걸쳐 실시하였고, 강우시에는 7월 13, 14, 17, 20, 24일, 9월 6, 8, 11, 12, 14일, 10월 4, 6, 9, 13, 16일에 오전 9시에서 11시 사이에 1일 1회 측정하였으며, 1996년에는 5월 30일, 6월 28일, 7월 31일, 8월 29일, 9월 27일의 평상시측정과 9월 30일, 10월 2, 4, 7, 9일의 연속측정을 실시하였다.

수질조사는 소하천의 하류지점인 No.1 지점에서부터 상류방향으로 진행하면서 하천의 중앙에서 시료를 약 2.5ℓ 채취하여 영양물질인 총질소(T-N), 암모니아성 질소(NH<sub>4</sub>-N), 질산성 질소(NO<sub>3</sub>-N), 아질산성 질소(NO<sub>2</sub>-N), 총인(T-P)과 전기전도도(EC), 염소이온(Cl<sup>-</sup>)

그리고 황산이온( $SO_4^{2-}$ ) 등의 8가지 항목의 농도를 측정하였다. 총질소는 자외선 흡광광도법, 총인은 아스코르빈산 환원법, 암모니아성 질소는 인도페놀법, 그외 질산성 질소와 아질산성 질소, 염소이온, 황산이온 등의 농도는 이온크로마토그래피법으로 측정하였다. 그리고 시료를 채취할 때 수온과 기온을 측정하였다.

## II. 결과 및 고찰

### 1. 슬러리의 살포 및 이화학적 성질

연구대상 지구의 슬러리 살포(Fig. 1)는 奥村圃場 ①은 1995년 6월 17일, 9월 8일, 9월 11일~12일, 11월 1일과 11월 5일에, 奥村圃

場 ②는 11월 7일에, 奥村圃場 ③은 8월 30일~9월 2일에, 飛田圃場 ①은 7월 8~13일에, 飛田圃場 ②는 7월 14일과 10월 30일~11월 3일에, 飛田圃場 ③은 7월 8일~12일, 9월 24일~25일과 10월 25일~27일에, 中島圃場 ①은 7월 12일, 9월 25일~26일과 10월 23일~27일에, 中島圃場 ②는 10월 30일에, 中島圃場 ③은 7월 9일~11일, 9월 21일~22일과 11월 7일에 각각 실시하였다.

살포된 슬러리의 이화학적성질은 Table-2에서 보는 바와 같이 슬러리는 비료성분이 되는 질소, 인 등이 풍부하게 포함되어 있고, 질소성분중에서 질산성 질소는 적고 대부분이 암모니아성 질소였다.

Table-2. Physico-chemical analysis of the composted slurry

	pH	M.C. (%)	T-N (mg/l)	NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/l)	K <sub>2</sub> O (mg/l)	CaO (mg/l)	MgO (mg/l)	BOD (mg/l)	EC (mS/m)
1	7.2	98.1	1,650.0	1,020.0	3.9	600.0	2,910.0	570.0	330.0	5,020.0	11.7
2	7.4	97.2	2,020.0	1,110.0	2.4	970.0	1,980.0	510.0	880.0	4,650.0	12.2
3	7.7	95.6	3,490.0	1,970.0	1.3	1,470.0	2,170.0	890.0	1,240.0	7,870.0	17.4
4	7.7	99.0	2,250.0	1,370.0	2.1	1,220.0	5,830.0	1,600.0	2,620.0	3,380.0	13.5
5	7.8	98.5	1,580.0	1,030.0	2.4	610.0	1,990.0	440.0	160.0	1,710.0	13.6

### 2. 유량 및 부하량의 변화

부하량의 변화에 큰 영향을 미치는 유량을 각 측정시기별로 살펴볼 때 1995년 9월 29일이 전 측정지점의 평균유량이 3.9m<sup>3</sup>/min로 가장 높았고, 그 다음으로 8월 25일이 평균 2.0m<sup>3</sup>/min, 10월 26일이 평균 1.9m<sup>3</sup>/min로 높은 값을 나타냈으며, 이에 따라 부하량도 높은 값을 나타냈다. 그러나 Fig. 2와 같이 측정일 전에 많은 비가 내렸기 때문에 이들 평상시 측정값을 비강우시의 유출 특성으로 보기에 무리가 있다고 판단된다. 반면 6월은 강우량이 적고, 한달동안 51.5mm의 비가 분

산되어 내려 오염물질의 유출이 적었기 때문에 6월 26일의 값을 비강우기의 유출특성으로 취급하여 강우시의 값과 비교 분석하여도 무리가 없으리라고 생각된다.

강우시 연속측정시기인 7월 14일은 10일 15.0mm, 11일 10.0mm, 13일 20.0mm의 비가 내린후 측정개시 시간인 14일 오전 9시까지 15.0mm의 비가 내려 평균유량이 13일의 0.3m<sup>3</sup>/min에서 1.4m<sup>3</sup>/min으로 크게 증가하였다. 그리고 연속측정시기인 9월과 10월의 강우에도 유량이 크게 변화하였다.

하류로 가면서 유량이 증가되고 부하량도 점차 증가하였다. 특히 다른 지류와 만나는

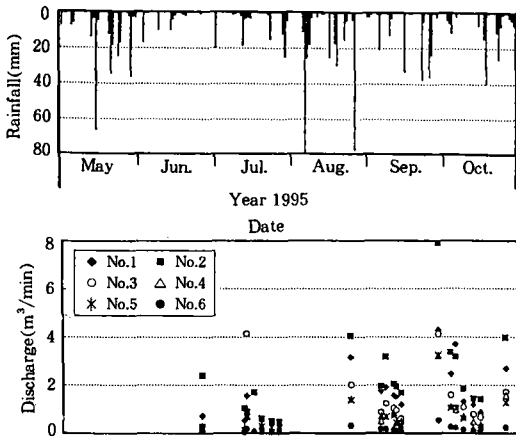


Fig. 2. Rainfall and canal discharge during the investigated period

지점의 하류인 No.5 지점의 평균유량은 No.6 지점에 비해 313%의 큰 비율로 증가한 후, No. 3 지점까지는 약간 증가하였으며, 암거배수수가 유입하는 No.3~No.2 지점사이에서는 평균유량이 101%의 비율로 증가한 후, No.1 지점으로 가면서 약간 감소하였다. 이와 같이 No.3~No.2 지점 사이에서 유량의 증가율이 둔화된 것은 이 구간이 콘크리트 라이닝 수로로 지표수가 직접 유입하지 못하고 유량이 비교적 적은 암거유출수가 유입하고 있기 때문으로 판단된다. 그러나 1995년 7월 14일의 경우 No.4~No.3 지점사이에서 유량이 무려 483%로 급격히 증가하여 No.3 지점에서 4.135m<sup>3</sup>/min로 최고치를 기록한 후, No.3~No.2 지점사이에서 급격히 감소함으로써 부하량도 이 구간에서 급격히 증가했다가 감소하였는데, 그 원인은 확실하지 않다.

### 3. 오염물질의 농도변화

#### 가. 총질소(T-N)

평상시의 총질소 농도는 시기별로 큰 변화가 없었으나, 1995년 7월 13일~17일, 9월 11일~14일사이의 강우시 연속측정값은 평상시보다 농도가 높은 것으로 나타났다(Fig. 3).

특히 7월 14일은 6월 26일에 비해 No.6 지점은 4.3mg/l로서 15배, No.5 지점은 16mg/l로서 27.6배, No.4 지점은 19mg/l로 25배, No.3 지점은 9.5mg/l로 11.7배나 증가하였으며, No.2와 No.1 지점도 각각 1.4배, 1.7배 증가하였으나, 9월 12일은 No.5, No.4, No.3 지점만이 비강우시인 6월 26일에 비해 각각 20.7배, 19.7배, 2.5배로 증가하였을 뿐, 그외의 3개 지점과 10월의 강우시 연속측정시에는 큰 변화가 없었다.

7월 강우시의 농도가 크게 증가한 것은 6월의 무강우일수가 9월, 10월의 강우보다 많았고, 13일부터 14일 측정개시까지 17.0mm의 비가 내렸을 뿐만 아니라, 飛田圃場 ① 7월 8~13일, 飛田圃場 ② 7월 14일, 飛田圃場 ③ 7월 8일~12일, 中島圃場 ① 7월 12일에 각각 슬러리를 살포했기 때문에 농도가 큰폭으로 증가하였고, 특히 飛田圃場 ②에는 강우중에 살포함으로써 많은 양의 슬러리가 직접 유출되었기 때문으로 사료된다.

또한 전강우시기에 걸쳐서 하류로 갈수록 T-N의 농도는 점점 높아지다가 No.3 및 No.2 지점 사이에서 비교적 큰 비율로 증가하였는데, 이는 6월 17일 奥村圃場 ①에 살포한 슬러리 성분과 주변 지역의 밭으로부터 암거배수 유출수가 유입했기 때문으로 생각된다. 여기서 특이한 것은 강우시인 7월 14일과 9

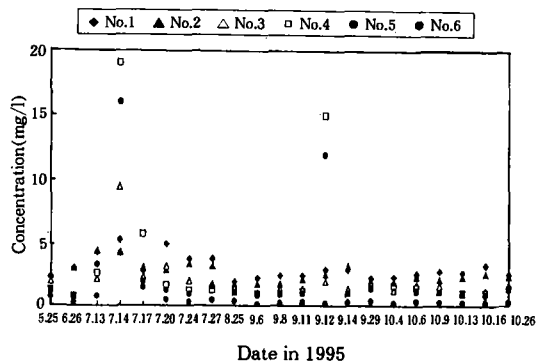


Fig. 3. Changes of T-N concentration

월 12일은 No.5 지점에서 갑자기 농도가 높아지기 시작하여 No.4 지점에서 각각 19mg/ℓ, 15mg/ℓ로 최고치를 기록한 다음 No.3 지점에서 농도가 크게 낮아졌는데, 이는 No.6 지점부터 No.4 지점사이에 비료의 사용량이 많은 밭과 경사지에 슬러리를 살포하는 초지가 많이 분포하고, No.5 및 No.4 지점사이에서 축산배수가 유입하였기 때문에 No.4 지점까지 급격히 농도가 상승하였으나, No.4와 No.3 지

점사이에서 유량이 각각 5.8배, 2.2배의 큰 비율로 증가했기 때문에 반대로 농도는 급격히 낮아진 것으로 생각된다.

이와 같이 강우발생시 경사지의 슬러리살포 초지와 밭에서 총질소의 배출률이 크게 상승하는 것을 확인할 수 있었으며, 이러한 경향은 Table-3에서 보는 바와 같이 1996년도의 조사에서도 확인되었다.

Table-3. Changes of outflow water quality measured in 1996

		5/30	6/28	7/31	8/29	9/27	9/30	10/2	10/4	10/7	10/9
T-N (mg/ℓ)	No.1	2.100	2.400	2.000	2.300	1.800	3.600	3.600	3.700	3.100	3.500
	No.2	2.000	2.400	1.400	2.100	1.900	3.700	3.200	3.600	3.500	3.400
	No.3	1.400	1.900	2.200	1.400	2.800	2.400	2.400	2.400	12.000	2.700
	No.4	1.400	2.100	2.000	1.400	3.100	2.400	2.000	3.300	5.000	2.600
	No.5	1.500	2.200	2.100	1.400	2.200	2.200	2.000	5.300	6.200	2.100
	No.6	0.290	0.500	0.400	0.500	0.400	0.400	0.210	1.000	1.300	0.250
T-P (mg/ℓ)	No.1	0.013	0.027	0.023	0.014	0.038	0.059	0.160	0.059	0.087	0.058
	No.2	0.020	0.023	0.039	0.018	0.027	0.053	0.074	0.057	0.110	0.055
	No.3	0.018	0.029	0.043	0.031	0.070	0.091	0.200	0.076	1.500	0.099
	No.4	0.013	0.020	0.026	0.026	0.110	0.074	0.150	0.075	1.700	0.280
	No.5	0.016	0.023	0.015	0.016	0.061	0.060	0.140	0.680	2.000	0.062
	No.6	0.015	0.022	0.020	0.041	0.014	0.010	0.220	0.043	0.077	0.021

나. 암모니아성 질소(NH<sub>4</sub>-N)

NH<sub>4</sub>-N의 농도 또한 강우시가 비강우시보다 높게 나타났다(Fig. 4). 특히 1995년 7월 14일은 6월 26일에 비하여 No.6 지점은 0mg/ℓ에서 1.39mg/ℓ로 No.5 지점은 0mg/ℓ에서 5.6mg/ℓ로 증가하고, No.4 지점은 0.07mg/ℓ에서 5.59mg/ℓ로 79.9배, No.3 지점은 0.25mg/ℓ에서 1.99mg/ℓ로 8배, No.2 지점은 0mg/ℓ에서 0.7mg/ℓ로 No.1 지점은 0mg/ℓ에서 0.81mg/ℓ로 크게 증가하였다. 9월 12일 도 6월 26일에 비해 No.5 지점은 0mg/ℓ에서 10.53mg/ℓ로 No.4지점은 0mg/ℓ에서 17.36mg/ℓ로 크게 증가하였으나, 그외의 슬러리 살포면적이 소규모인 4개 지점과 무강우일수가 짧은 10월 강우시는 약간씩 증가하였다. 따라서 NH<sub>4</sub>-N의 배출농도도 T-N과 마찬가지로

지로 오랜동안의 무강우 후의 강우시에 유출이 많은 것을 알 수 있다. NH<sub>4</sub>-N은 하류로 가면서 농도가 증가하는 경향을 보이지는 않았으나, T-N과 마찬가지로 7월 14일 No.5 지점에서 5.6mg/ℓ로 최고치를 기록하고 No.4 지점에서 5.59mg/ℓ로 거의 비슷한 값을 나타냈고, 9월 12일은 No.5 지점에서 10.53mg/ℓ로 갑자기 증가한 다음 No.4에서 17.36mg/ℓ로 최고치를 기록한 후 No.4와 No.3 지점사이에서 급격히 농도가 낮아졌는데, 이 경우도 T-N과 마찬가지로 유량이 증가하였기 때문으로 생각된다. 따라서 NH<sub>4</sub>-N도 T-N과 마찬가지로 강우시 경사지의 슬러리살포 초지와 밭으로 부터의 배출율이 높은 것을 알 수 있다. 그리고 No.3와 No.2 지점사이에서 약간 감소하는 경향을 보여 암거유출수의 암모니아

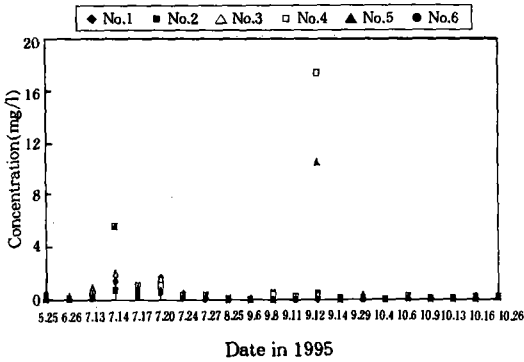


Fig. 4. Changes of  $\text{NH}_4\text{-N}$  concentration

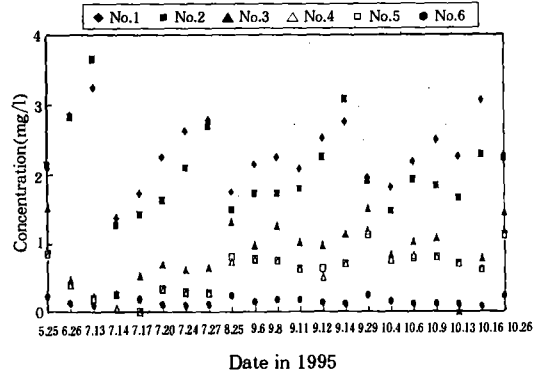


Fig. 5. Changes of  $\text{NO}_3\text{-N}$  concentration

성 질소 농도는 대단히 낮은 것으로 추정된다.

다. 질산성 질소( $\text{NO}_3\text{-N}$ )

질산성 질소의 농도는 강우직후 증가하는 경향을 보이지 않고, 측정일시에 따라 큰 폭으로 변하여 일정한 유출특성을 보이지는 않았다(Fig. 5). 그러나 강우시와 비강우시에 관계없이 하류로 갈수록 점차 농도가 높아지는 경향을 보였다. 특히 No.6~No.4 지점사이보다 No.3~No.2 지점사이에서 평균  $0.87\text{mg/l}$ 에서  $2.06\text{mg/l}$ 로 137%의 큰폭으로 증가하였는데, 이는 질산성 질소는 토양에 잘 흡착되지 않고 물과 함께 지하로 침투하는 성질이 있으므로 암거유출수의 질산성 질소의 농도가 높기 때문으로 생각된다.

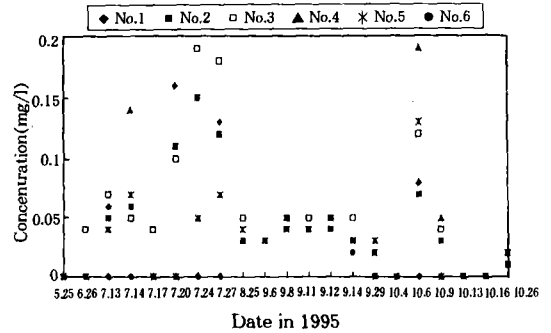


Fig. 6. Changes of  $\text{NO}_2\text{-N}$  concentration

라. 아질산성 질소( $\text{NO}_2\text{-N}$ )

아질산성 질소 농도의 경우는 1995년 7월 14일과 7월 24일 그리고 10월 6일에 비교적 높은 값을 보임으로서 강우시 배출농도가 증가하는 경향을 보이지는 않았다(Fig. 6). 그리고 하류로 가면서 No.4 지점까지는 농도가 증가하였으나 그 이후로는 일정한 경향을 보이지 않았다.

마. 전기전도도(EC)

전기전도도는 강우시에 높은 값을 나타냈다(Fig. 7). 특히 No.4 지점을 제외한 모든 지점

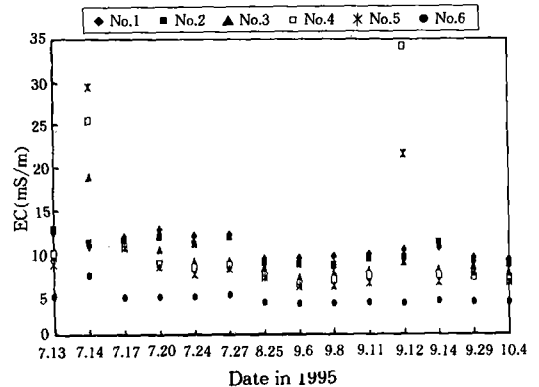


Fig. 7. Changes of EC

에서 9월 강우보다 7월 강우시 높은 값을 나타내 무강우일수 및 강우강도와 관계가 깊은 것으로 보인다. 또한 전 측정시기에 걸쳐 하류로 가면서 점점 높아졌으나, 7월 14일은

No.5 지점에서 급격히 상승하여 29.4mS/m로 최고치를 기록한 다음 하류로 가면서 No.2 지점까지 급격히 감소하였으며, 9월 12일의 측정치는 No.4 지점까지 급격히 상승하여 34.1mS/m로 최고치를 기록함으로써, EC는 강우 전의 무강우 일수가 길어질수록 지표에 쌓이는 먼지 등 오염물질의 양이 많아지고, 강우시 쌓였던 물질들이 유실되어 증가한 것으로 판단된다.

바. 총인(T-P)

총인의 경우도 강우시 농도가 높아지는 경향을 보였다(Fig. 8). 특히 강우전 무강우일수가 많았던 1995년 7월 14일은 전지점에 걸쳐서 최고치를 나타냈다. 7월 14일은 6월 26일에 비해 각각 No.6에서는 0.014mg/l에서 0.56mg/l로 40배, No.5 지점에서는 0.015mg/l에서 1.64mg/l로 109배, No.4 지점에서는 0.017mg/l에서 1.57mg/l로 92배, No.3 지점에서는 0.032mg/l에서 0.8mg/l로 25배, No.2 지점에서는 0.009mg/l에서 0.26mg/l로 28.9배, No.1 지점에서는 0.010mg/l에서 0.38mg/l로 38배로 크게 증가하여 강우강도가 높고, 강우전 무강우일수가 길수록 배출수의 농도가 증가하는 것으로 나타났다. 또한 전기간에 걸쳐 상·하류가 거의 같은 값을 보였으나, 7월 14일과 9월 12일은 No.5 및 No.4

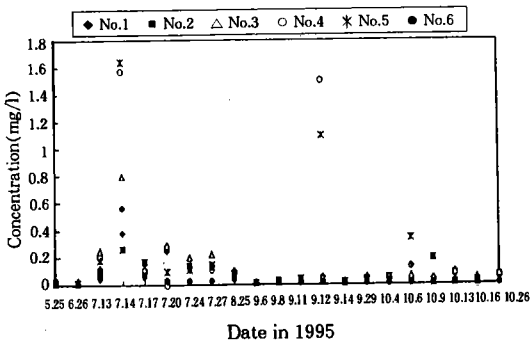


Fig. 8. Changes of T-P concentration

지점사이에서 각각 평균 1.6mg/l 과 1.3mg/l의 높은 값을 보임으로서 강우시 슬러리를 살포한 초지와 밭으로 부터 많은 양의 총인이 배출되는 것을 알 수 있다.

사. 염소이온(Cl<sup>-</sup>)

염소이온의 농도도 강우전 무강우기간이 길었던 7월 강우시가 가장 크게 증가하였으며, 그외 9월 강우시와 10월 강우시에도 평소보다 농도가 높아졌다(Fig. 9). 또한 전측정시기에 걸쳐 하류로 갈수록 농도가 증가하는 경향을 보였다. 이 경우도 7월과 9월 강우시 No.5 및 No.4 지점에서 농도가 갑자기 증가하는 특징을 보임으로서 강우시 슬러리 살포 초지 및 밭으로 부터의 배출율이 큰 것으로 나타났다.

아. 황산이온(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

황산이온의 경우 No.6 지점은 농도의 변화가 거의 없었으나, 그 외의 지점에서는 그 변화가 심하였다. 무강우시인 6월 26일은 황산이온 농도가 전체적으로 낮았고, 전지점에 걸쳐 강우시의 연속 측정값보다 5월 25일, 7월 17, 20일, 8월 25일, 9월 29일, 10월 26일에 농도가 높은 것으로 보아 비강우시보다는 강우시에, 강우시에는 강우직후 보다 강우후 며칠이 지나서야 많은 양이 유출하는 것으로 보인다.

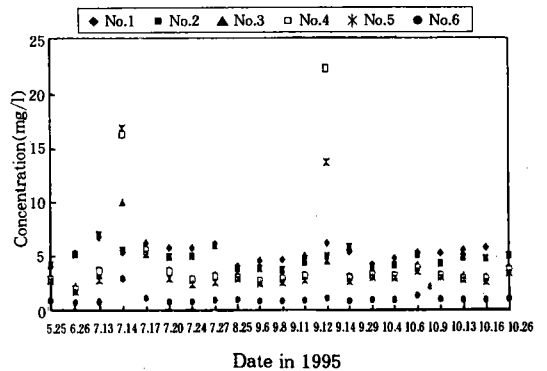


Fig. 9. Changes of Cl<sup>-</sup> concentration



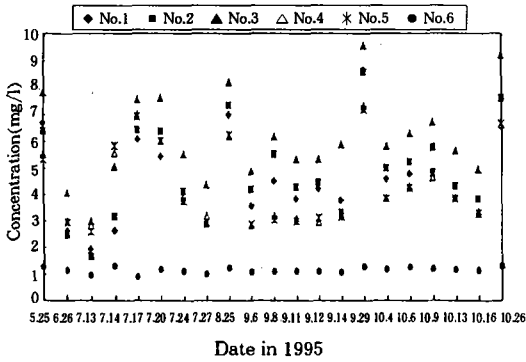


Fig. 10. Changes of  $SO_4^{2-}$  concentration

#### IV. 결 론

축산 및 발작물 재배지역, 특히 축산분뇨 슬러리를 살포하는 지역에 있어서의 질소, 인 등의 오염물질 배출특성을 파악하기 위하여 본 연구를 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 강우발생시 T-N,  $NH_4$ -N, EC, T-P, Cl<sup>-</sup>의 농도는 크게 증가하였으나,  $NO_3$ -N,  $NO_2$ -N,  $SO_4^{2-}$ 은 어떤 경향을 보이지 않았다.

2. 강우에 의한 오염물질 배출농도는 질산성 질소( $NO_3$ -N)를 제외한 전 항목이 강우전 무강우일수가 긴 경우에 큰 폭으로 증가하였으므로, 슬러리를 살포한 경사초지와 발작물 재배지역으로 부터의 오염물질 배출량이 많은 것을 알 수 있다. 또한  $NO_3$ -N의 경우는 암거 유출수가 유입하는 구간에서 농도가 증가하였다.

3. 부하량은 대부분 유량에 따라 증가하는 경향을 보였으나, 오랜동안의 무강우 후와 같이 오염물질의 배출농도가 대단히 큰 경우에는 농도의 영향을 받았다.

4. 강우직전 또는 강우시에 슬러리를 살포함으로써 오염물질의 배출농도가 높아진 점에 주목하여, 가능한한 우기를 피하여 슬러리를 적절하게 살포함으로써 시비효과를 높이는 동시에 수질오염을 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구는 1996년도 건국대학교 학술진흥연구비에 의하여 수행되었음.

#### 참 고 문 헌

1. 양상현, 1990, 수질공학, 동화기술, 153-197.
2. 윤춘경, 1996, 농촌환경오염과 농업부산물의 재활용 방법에 관한 고찰, 건국대학교 학술지, 제 40집(2), 309-323.
3. 帶廣開發建設部, 1995, 十勝地域 環境保全型 農業高度化 檢討委員會 資料.
4. 大村邦男, 1995, 北海道の畛作 酪農地帯における物質循環と水質保全, 北海道立農業試験 場報告 第 86號.
5. 鈴木誠治, 田淵俊雄, 1984, 農業地域の小河川における降雨時の水質と流出負荷に関する研究, 農土論集, 114, 21-31.
6. 小川吉雄, 1980, 畛地からの窒素の流出に関する水文學的考察, 土壤物理性, 41, 68-79.
7. 田淵俊雄, 高村義親, 1985, 集水域からの窒素・リンの流出, 東京大學出版會.
8. 中曾根英雄, 中村良太, 1984, 降雨時における鳥川の水質變動と汚濁負荷量の流出について, 農土論集, 111, 35-42.
9. 鈴木誠治, 田淵俊雄, 1984, 農業地域の小河川における流出負荷量の季節變化と年間總量について, 農土論集, 114, 33-36.
10. 西口猛, 1986, 農村集落排水のための汚水處理技術入門.
11. 田淵俊雄, 1987, 農業土木技術者のための水質入門.
12. 農村環境整備センター, 1994, 農村に適した水質改善手法 中間報告書.

(접수일자 : 1996년 11월 23일)