

강우시 축산 농가로부터의 질소·인 유출에 관한 연구

Study on the Outflow of Nitrogen and Phosphorus from Dairy Farm by Flood Runoff

김 선 주* , 김 형 중**
Kim, Sun-joo Kim, Hyung-joong

Abstract

The outflow amount of the contaminants, especially nitrogen and phosphorus was investigated to find out the characteristics of the contaminants discharged from the dairy farm equipped with the livestock waste treatment facility by flood runoff.

1. The concentration of contaminants from dairy farm was high in flood runoff than in dry weather.
2. The concentration of Cl^- from dairy farms was highest and then SO_4^{2-} , T-N, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, T-P, $\text{NO}_2\text{-N}$ in decreasing order.
3. The concentration of T-N, $\text{NH}_4\text{-N}$, EC, T-P, Cl^- increased greatly in case of flood runoff.
4. The loads were influenced more by the discharge than by the concentration.
5. Though in case of livestock excreta equipment completed decrease the effluent of contaminant in planning livestock excreta equipment or a rural discharge because high concentration is effluented from the ground of a compost or a cattle shed.

Although the livestock waste treatment facility reduced the pollutant discharge, runoff from composting field or feedlot still pollutes the receiving water. Therefore, integrated approach including treatment facility and drainage system are necessary to protect water quality.

I. 서 론

농어촌지역의 생활환경이 날로 악화되는 것을 막기 위하여 농어촌 정비사업의 일환으로 농어촌 환경정비사업이 진행되고 있다. 농어촌지역의 생활환경, 특히 수질을 악화시키는 요인은

여러가지가 있으나, 그 중 무단방류되고 있는 생활하수와 가축폐수는 악취를 발생시키고, 파리나 모기 등의 발생원이 되어 위생 및 외관상으로도 좋지 않을 뿐만 아니라 농어촌지역의 수질을 오염시키는 중요한 요인이 되고 있다. 생활수준의 향상, 합성세제의 사용량 증가, 재래식

* 건국대학교 농과대학 농공학과
** 건국대학교 대학원

키워드: 질소, 인, 부영양화, 부하량, 농도

축사의 정비부재, 축산영농의 대규모화등으로 오염부하는 증가일로에 있다. 이와 같이 날로 악화되고 있는 농어촌 지역의 생활하수를 정화하기 위한 노력이 정부차원에서 진행되고 있으나, 대부분 많은 비용을 투자한 처리시설 위주로 정비사업이 진행되고 있다.

그러나 농촌에는 산림, 농지, 하천, 용배수로, 호소라고 하는 자연정화 능력을 갖춘 환경이 풍부하게 존재하기 때문에 이들의 정화기능을 처리체계에 삽입하여 농촌지역의 자연환경을 이용하는 자연처리 방식을 도입하는 것이 바람직하다.⁵⁾ 특히 아직도 우리나라는 농가단위로 가족으로서 소나 돼지를 기르는 농가가 많아 생활배수와 축산폐수가 아무런 처리없이 방류되어 농어촌 지역의 수질을 오염시키는 요인으로 작용하고 있다. 그러나 농촌지역은 자연환경에 둘러 쌓여 있어 자연에 의한 자연정화 능력을 가지고 있으므로 이를 농촌지역의 마을 배수를 정화시키기 위한 처리시설로서 도입하는 것이 바람직하다.

자연의 물질 순환계(리사이클 시스템)는 본질적으로는 태양에너지의 흡수·소비과정의 연속으로서 공기, 물, 토양, 생물등이 관여하여 구성되는데, 특히 오수처리에 관계하는 자연의 리사이클 시스템으로서의 수역 및 토양중의 자정작용을 들수 있다.⁵⁾

이렇게 농촌지역은 넓은 농지나 산림에 둘러쌓여 있고 또한 많은 저수지나 수로등 자연의 정화기능을 풍부히 보존시키고 있다는 지역특성이 있으므로 이들 기능, 특성을 유효하게 활용하기 위한 오수처리 방식의 연구가 서구에서 먼저 시작되어 우리나라에서도 이 분야의 연구가 시작되었다.⁵⁾

본 연구는 축산분뇨 처리시설이 완료된 축산농가의 야적퇴비장이나 축사에서 배출되는 질소, 인 등의 오염물질이 생활하수와 같이 배출되는 오·폐수를 자연흡수수로 유하시켰을 때의 처리효율과 강우시와 비강우시의 오염물질의 유출상황을 연구하기 위해 실시되었다.

II. 조사방법

축산농가에서 배출되는 오·폐수의 자연처리 효율을 연구하고, 강우시와 비강우시의 오염물질의 유출상황을 연구하기 위하여, 정기측정으로 1995년 5월 25일, 6월 26일, 7월 27일, 8월 25일, 9월 29일, 10월 26일의 6회에 걸쳐 조사를 실시하였고, 강우시 연속측정으로 7월 13, 14, 17, 20, 24일의 7월강우, 9월 6, 8, 11, 12, 14일의 9월강우, 10월 4, 6, 9, 13, 16일의 10월 강우의 3회에 걸쳐서 실시하였다.

수질조사는 축산농가에서 나온 배수가 소하천에 방류되는 지점에서 시료를 플라스틱 용기에 담아 밀봉하여 가지고 돌아와 영양물질인 총질소(T-N), 암모니아성질소(NH₄-N), 질산성질소(NO₃-N), 아질산성질소(NO₂-N), 총인(T-P)과 전기전도도(EC), 염화물이온(Cl⁻) 그리고 황산이온(SO₄²⁻) 등의 8가지 항목의 농도를 측정하였다. 총질소는 자외선 흡광광도법, 총인은 흡광광도법(아스코르빈산환원법), 암모니아성질소는 인도페놀법, 그 외 질산성질소와 아질산성질소, 염화물이온, 황산이온 등의 농도는 이온크로마토그래피법으로 각각 측정하였다. 그리고 소하천에 방류되는 유량은 10초 동안 용기에 받아 메스실린더로 측정하는 방법을 3회 반복 실시하였으며, 시료를 채취한 다음 수온, 기온을 각각 측정하였다.

III. 조사결과 및 고찰

1. 시험지구의 개요

본 농가는 일본 북해도 十勝의 芽室에 소재하고 있는 낙농 전업농가로서 소 180두를 사육하고 있는데, 우사에 목초를 깔아주고 있었다. 우사의 분뇨를 트랙터로 분뇨구에 유하시킨 다음 고액분리기에 보내서 고액분리하여 고형분은 야적퇴비장에 퇴적부숙시키고, 목초등의 고형물을 제거한 미발효 슬러리는 폭기·교반하면서 호기성 발효

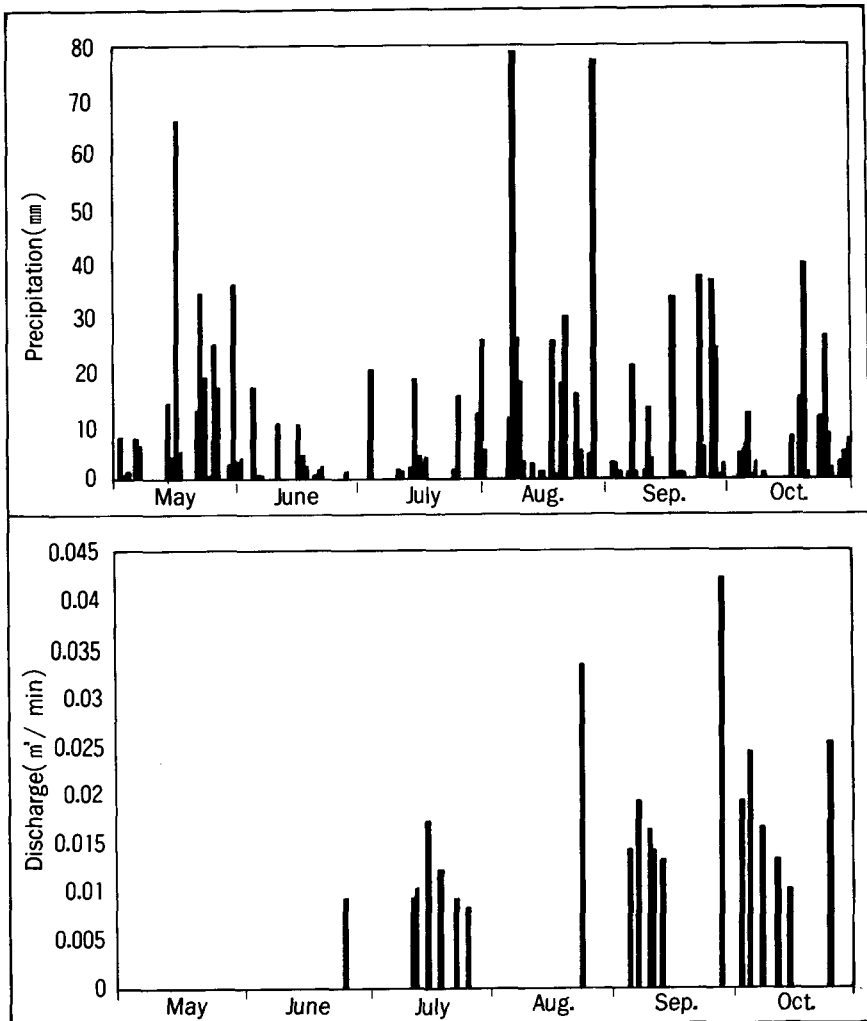
시켜 슬러리로 초지에 살포하고 있는 이상적인 축산분뇨 처리시설을 갖추고 있는 축산농가였으나, 분리된 고형분을 퇴적부속시키는 퇴비장은 특별한 시설을 갖추지 않은 재래식 야적퇴비장이었다. 따라서 축산분뇨가 직접 유출되지는 않으나 재래식 야적퇴비장이나 우사에서 오염물질이 생활하수와 함께 자연홍수로를 통하여 인근의 소하천에 방류되었다.

수로는 농경지사이를 흐르는 홍수로로서, 본 시험을 위하여 인위적으로 조성한 수로가 아니고 농촌에서 흔히 볼 수 있는 길옆에 있는 배수로인

데, 폭은 약 40cm, 깊이 약 30cm의 단면을 가진 수로이다. 수로의 식생은 특별한 식물을 식재한 것이 아니고 자연적으로 자란 잡초가 무성하게 자라고 있었다. 또한 이 수로는 농가에서 약 300m를 유하한 후 약 57m의 관로를 통해 소하천에 배수를 방류하는 수로이다.

2. 강우량 및 유량

〈Fig. 1〉과 같이 유량은 9월 29일이 0.042m³/min로 가장 높았다. 이와 같이 9월 29일의 유



〈Fig.1〉 Precipitation and discharge of the site

량이 특히 많았던 것은 9월 24일부터 5일간에 걸쳐 103.5mm의 많은 비가 내렸기 때문이다. 그 다음으로는 8월 25일이 0.033 m³/min이었는데, 이 경우도 8월 18일부터 7일간에 걸쳐 89.0mm의 많은 비가 내렸기 때문이며, 10월 26일도 10월 24, 25일의 양일간 38.0mm의 비가 내렸기 때문에 0.025 m³/min로 다른 측정시기보다 높은 값을 나타냈다. 반면 6월은 강우량이 적어 한달동안 51.5mm의 비가 분산되어 내렸기 때문에 오염물질의 유출이 적었다. 강우시 연속 측정시기인 7월 14일은 10일 15.0mm, 11일 10.0mm, 13일 20.0mm가 내린 후 측정개시 시간인 14일 오전 9시까지 15.0mm의 비가 내려 유량이 13일의 0.009 m³/min에서 0.01 m³/min으로 11% 증가하였을 뿐만 아니라, 6월 한달 동안 비가 적었기 때문에 유출수의 오염물질배출농도도 증가하여 강우시 오염물질의 유출상황을 파악하는데 도움이 될 것으로 생각된다. 2번째 강우시 연속 측정시기인 9월 강우시는 8월 28일 77.5mm의 비가 내리기 시작하여 계속해서 내림으로써 유량은 큰 변화가 없었다.

3. 농도 및 부하량의 변화

가. 농도의 변화

수로시점 즉 농가에서 나온 오·폐수의 농도는 무강우시에는 총질소가 15~22.5mg/l로 보통 생활하수와 비슷하였으나, 강우시에는 20.5~52.7mg/l로 크게 증가하였으며, 총인도 무강우시에는 2.1~4.7mg/l이었으나, 강우시에는 5.1~11.1mg/l로 증가하였다.

그리고 방류지점에서의 농도는 염소이온의 농도가 평균 17.20mg/l로 가장 높았고, 그 다음으로 황산이온 7.52mg/l, 총질소 7.06mg/l, 암모니아성질소 3.80mg/l, 질산성질소 1.10mg/l, 총인 0.33mg/l, 아질산성질소 0.12mg/l의 순으로 나타났다. 방류지점에서의 각 항목별의 자세한 농도변화 상황은 다음과 같다.

1) 총질소

T-N의 농도는 <Fig. 2>와 같이 평균 7.06mg/l의 값을 나타냈으며, 전년도 평균값인

8.47mg/l보다 낮아졌으나, 이 값은 호소의 부영양화를 나타내는 질소농도인 0.2~0.3mg/l의 23.5~35.3배 이상의 높은 값을 알 수 있다. 특히 강우시인 7월 14일은 16mg/l로서 무강우시인 6월 26일의 4.1mg/l에 대해 3.9배나 상승함으로써 강우시 배출율이 큰 것으로 나타났다. 그 외의 강우시인 9월 12일과 10월 6일도 각각 4mg/l와 10mg/l로 평균치를 상회하는 높은 농도를 보였다. 전날 26.5mm의 많은 비가 내렸던 10월 26일도 16mg/l로 농도가 높아졌다.

2) 암모니아성 질소

NH₄-N의 농도는 <Fig. 2>와 같이 강우시인 7월 14일은 6월 26일의 2.87mg/l에 비해 3.7배 증가한 10.58mg/l로 높은 값을 나타냈다. 평균농도인 3.8mg/l보다도 상당히 높은 값인 점으로 보아 NH₄-N도 역시 강우시 유출률이 큰 것을 알 수 있다. 또 다른 강우시인 9월 12일, 10월 6일도 각각 2.91mg/l, 3.11mg/l로 무강우시인 6월 26일에 비해 높은 농도를 보였다. 그리고 유량이 많았던 10월 26일도 5.09mg/l로 농도가 높게 나타났다.

3) 질산성질소

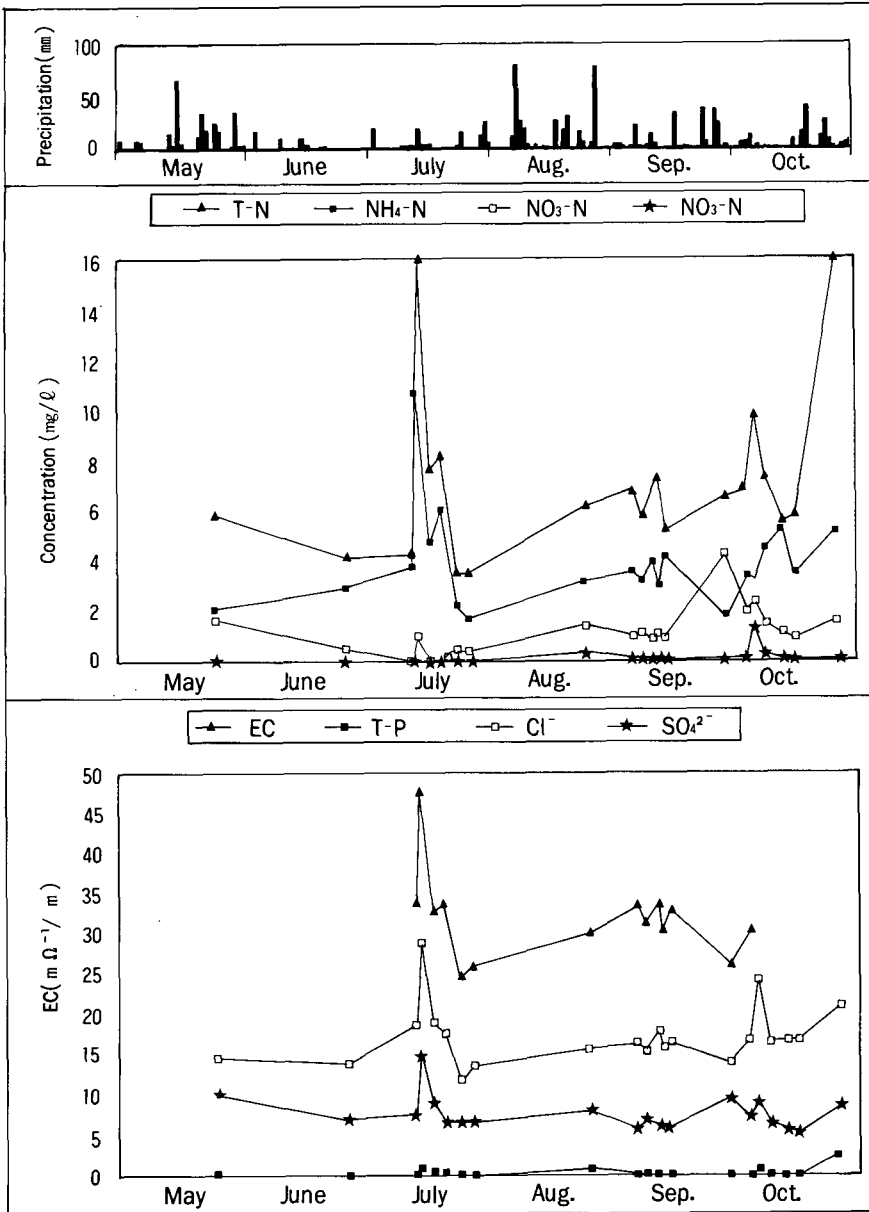
NO₃-N의 농도는 <Fig. 2>와 같이 강우시인 7월 14일의 농도는 0.99mg/l로서 무강우시인 6월 26일의 0.49mg/l에 비해 2배 이상 증가하였으나, 평균치인 1.10mg/l보다 낮은 값을 보임으로서 강우시의 T-N, NH₄-N만큼 큰 비율로 유출농도가 증가하는 경향을 보이지는 않았다. 그러나 유량이 많았던 10월 26일은 1.56mg/l로 농도가 증가하였다.

4) 아질산성질소

NO₂-N 농도는 <Fig. 2>에서 보는 바와 같이 7월 14일은 농도가 0.00로서 6월 26일의 0.04mg/l보다 낮았을 뿐만 아니라, 평균농도 0.12mg/l보다 낮은 값을 보임으로서 강우시에 증가하는 경향을 보이지는 않았다. 그러나 아질산성질소는 유량이 많았던 10월 26일은 0.08mg/l로 농도가 높아졌다.

5) 전기전도도

EC는 <Fig. 2>와 같이 7월 14일이 47.7mΩ⁻¹



〈Fig. 2〉 The changes of precipitation and concentration

/m으로서 최고치를 기록한 것을 제외하고는 일정한 경향을 보이지는 않았다.

6) 총인

T-P의 농도는 〈Fig. 2〉와 같이 강우시인 7월 14일 0.83mg/l를 기록함으로써 무강우시인 6월 26일의 0.04mg/l보다 무려 20.8배나 증가하

였을 뿐만아니라, 9월 12일, 10월 6일도 각각 0.067mg/l, 0.64mg/l로서 무강우시보다 증가하는 경향을 보였다. 평균농도는 0.33mg/l로서 전년도의 평균농도 0.54mg/l보다 낮아졌으나, 호소의 부영양화를 나타내는 농도인 0.01~0.02mg/l의 16.5~33배에 이르는 값이다. 그리

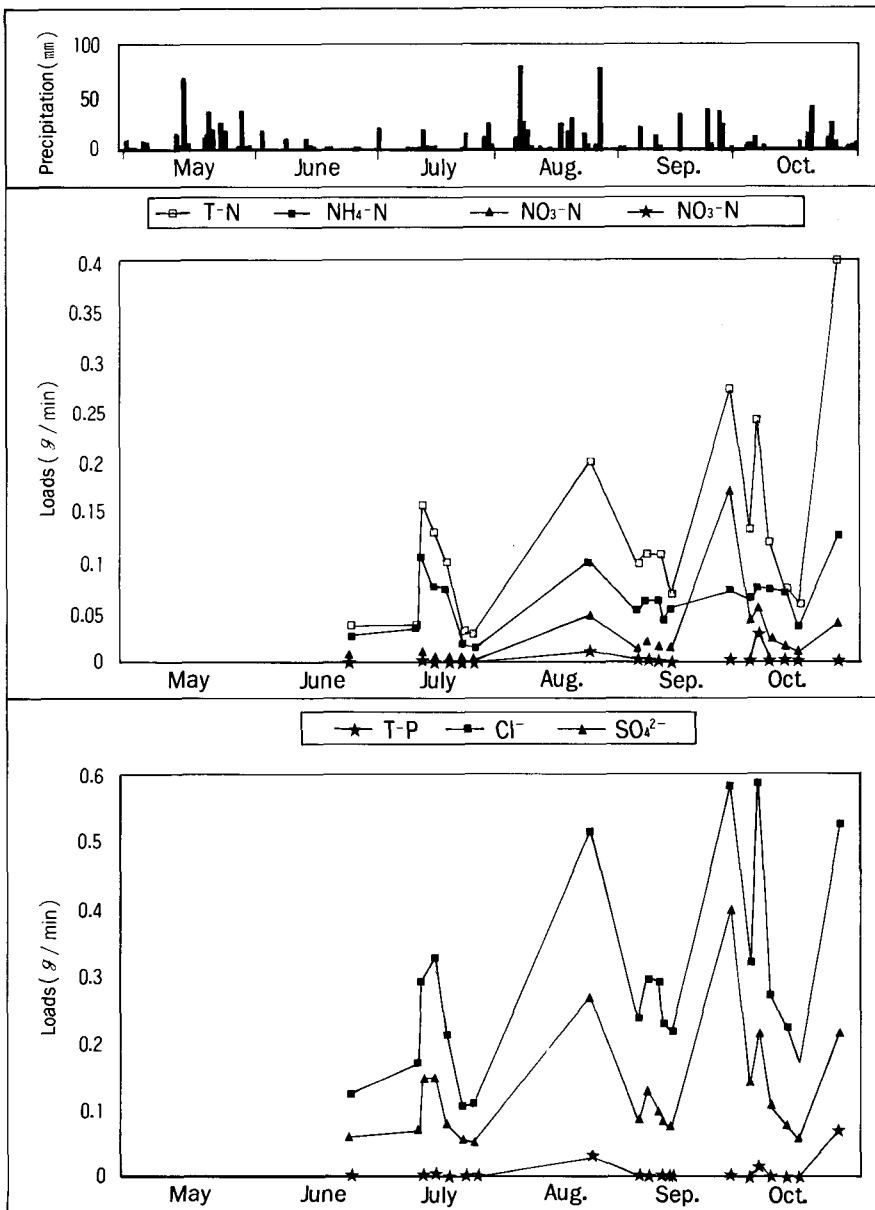
고 전날 26.5mm의 비가내려 유량이 많았던 10월 26일은 2.8mg/ℓ로 최고치의 농도를 나타냈다.

7) 암소이온

Cl⁻농도도 그림 2와 같이 강우시인 7월 14일, 9월 12일, 10월 6일에 각각 29.09mg/ℓ, 16.1

mg/ℓ, 24.41mg/ℓ로서 비강우시인 6월 26일의 13.74mg/ℓ보다 높은 값을 나타냈다. 따라서 암소이온도 강우시 유출농도가 높은 것을 알 수 있다. 그리고 유량이 많았던 10월 26일도 20.84mg/ℓ로 상당히 높은 농도를 나타냈다.

8) 황산이온



<Fig. 3> The changes of precipitation and loads

SO₄²⁻ 농도는 <Fig. 2>와 같이 7월 14일, 10월 6일에는 각각 14.9mg/l, 8.82mg/l로 특히 높은 농도를 나타냈으나, 9월 12일은 6.01mg/l, 6월 26일은 6.78mg/l의 낮은 값을 나타냄으로써 강우시에 반드시 증가하지는 않았다. 그러나 유량이 많았던 10월 26일은 8.58mg/l로 농도가 높게 나타났다.

나. 부하량의 변화

부하량은 전 측정항목 모두 강우시 연속측정값보다 유량이 많았던 8월 25일, 9월 29일, 10월 26일에 높은 값을 나타냈으며, 강우시 연속측정 시 기중 유량이 많았던 10월 6일에도 부하량이 증가함으로써 부하량은 유량의 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. <Fig. 3>과 같이 농도가 높은 염소이온의 부하량이 평균 0.287g/min으로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 황산이온 0.127g/min, 총질소 0.124g/min, 암모니아성 질소 0.061g/min, 질산성질소 0.024g/min, 총인 0.007g/min, 아질산성질소 0.003g/min의 순으로 나타났다.

IV. 결 론

축산농가에서 나온 배수가 자연홍수로 유하하는 동안의 정화효율 및 강우시와 비강우시의 오염물질의 배출상황을 파악하기 위하여 질소·인 등의 영양물질을 중심으로 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 방류지점에서의 오염물질의 농도는 염소이온의 농도가 평균 17.20mg/l로 가장 높게 나타났다. 그 다음으로 황산이온 7.52mg/l, 총질소 7.06mg/l, 암모니아성질소 3.80mg/l, 질산성질소 1.10mg/l, 총인 0.33mg/l, 아질산성질소 0.12mg/l의 순으로 나타났다.

2. 수로 시점에서 총질소, 총인농도가 각각 15~52.7mg/l, 2.1~11.1mg/l 이던 오·폐수가 300m의 수로를 유하하는 동안 정화되어 방류지점에서 각각 평균 7.06mg/l, 0.33mg/l로

감소하여 자연수로에서 식생에 의한 생물학적인 처리 효율이 있는 것으로 나타났다.

3. 총질소 및 총인 농도는 호소의 부영양화를 나타내는 질소농도인 0.2~0.3mg/l의 23.5~35.3배 이상, 호소의 부영양화를 나타내는 인농도인 0.01~0.02mg/l의 16.5~33배에 이르는 값을 나타냈다.

4. 총질소, 암모니아성질소, 전기전도도, 총인, 염화물이온은 강우시에 농도가 큰 비율로 증가하였다.

5. 무강우 기간이 길었던 7월 강우시인 7월 14일 암모니아성질소, 전기전도도, 염소이온, 황산이온은 최고치를 기록하였고, 그 외 총인, 질산성질소, 총질소의 농도도 큰 값을 나타냄으로써 오랜 무강우 이후의 강우시 오염물질의 배출농도가 증가하는 것을 알 수 있다.

6. 부하량은 농도보다는 유량의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

7. 농촌에서 나오는 생활하수를 잡초가 아닌 오염물질의 처리효율이 높은 갈대나 옥잠등의 수생식물을 식재한 수로를 통해 유하시키는 등 자연정화기능을 최대한 이용하여 보다 처리효율을 높이기 위한 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 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.
2. 大村邦男, 1995. 北海道の畑作・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.
3. 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.
4. 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.
5. 西口猛, 1986. 農村集落排水のための汚水處理技術入門.
6. 田淵俊雄, 1987. 農業土木技術者のための水質入門.

약 력

김 선 주



- 1980. 건국대학교 농과대학 농공학과 졸업
- 1982. 건국대학교 대학원 농학석사
- 1982. 이스라엘 Volcani Institute 연구원
- 1988. 건국대학교 대학원 농학박사
- 1989. 일본 농업공학연구소 Post Doc.
- 현재 건국대학교 농공학과 부교수
KCID 기계화관개분과위원장 /
편집 및 학술분과위원
ICID 기계화관개분과위원

김 형 중



- 1990. 건국대학교 농과대학 농공학과 졸업
- 1992. 건국대학교 대학원 농학석사
- 1995. 일본 오비히로축산대학 연구생
- 1995. 건국대학교 대학원 박사과정 수료
- 현재 건국대학교 농공학과 강사