

축산농가 오수가 충주호에 유입되는 지천의 수질에 미치는 영향

오인환 · 이종현 · 황현섭 · 장영수

건국대학교 자연과학대학 생물산업기계공학과

An Influence of Livestock Farm's Wastewater on the Water Quality of Near Streams flowing into the Chungju Lake

Oh, I. H., Lee, J. H., Hwang, H. S. and Jang, Y. S.

Department of Biosystems Engineering, Konkuk University, Danwoldong 322, Chungju, Chungbuk, 380-701 Republic of Korea

Summary

To investigate the influence of livestock farm's wastewater on the near stream, the water quality of 3 different streams are analysed after seasons.

In summer, the minimum T-N in the upper stream was 0.005 ppm and the maximum T-N in the down stream was 5.005 ppm. The phosphate was detected only in down stream of S2 point and was 0.5 ppm. COD was varied from 8 ppm in upper stream to 20 ppm in down stream. In fall, the T-N and the phosphate had shown similar results as that of in summer, however COD was varied from 3 ppm in upper stream to 6 ppm in down stream.

In winter, the minimum T-N in the upper stream was 0.053 ppm and the maximum T-N in the down stream was 0.51 ppm. The phosphate was detected only in down stream of S2 point and was 0.5 ppm. COD was varied from 3 ppm in upper stream to 6 ppm in down stream.

To be becoming fall and winter, the water quality of streams showed better than that of summer, and the wastewater from the livestock farms had little influence on the near streams.

(Key words : Animal farm's wastewater, Water quality of stream, T-N, PO₄-P, COD)

서 론

호소수의 수질은 산업체와 같은 점오염원(Point Source Pollution) 뿐만 아니라 상류 유역에 인접한 소규모의 취락지구와 경작지 등

과 같은 비점오염원(Nonpoint Source Pollution)에서 발생하는 오염물질에 의해서도 영향을 받는다. 산업폐수와 같은 점오염원은 비교적 규제가 용이하여 이들로부터의 오염물질 유입은 줄어들어 수질개선에 기여하고 있으나,

Corresponding Author : Oh, I. H., Department of Biosystems Engineering, Konkuk University, Danwoldong 322, Chungju, Chungbuk, 380-701 Republic of Korea.

비점오염원에 의한 수질오염은 점점 더 그 비중이 커가고 있으며 이의 원인규명 및 적정관리가 요구되고 있다.

농어촌 지역에서 지천의 수질은 토양, 강우, 지질구조, 영농방법, 재배작물, 농산물가격, 축산현황, 주거형태, 교육수준 등 수없이 많은 인자들에 의하여 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 박 등(1994)은 유역의 이용도가 수용하천 수질에 미치는 영향을 입야, 초지, 농경지 등으로 구분하여 조사하였다. 송과 이(1996)는 각 수체의 수질현황을 정확하게 조사하기 위하여 표준편차를 이용한 통계적인 방법을 통하여 주요한 수질오염항목이 무엇인지, 주요한 수질오염 발생지역은 어디인지를 조사하였다. 주요 항목으로는 대장균수, BOD, COD, T-N, T-P로 나타났으며, 전국적으로 영양염류에 의한 오염이 심각한 것으로 보고하였다. 최 등(1993)은 강원도의 대표적인 토지이용방법인 방목지, 목초생산용 밭, 그리고 논에 지표수와 지하수 수질 측정장치를 설치하여 이들 서로 다른 토지이용이 지표유출수와 지하수 수질에 주는 영향을 정량적으로 기술하고 자료를 축적하여 Data Base를 구축하고자 하였다.

나 등(2000)은 농경지역에서 배출되는 영양염류의 정량화 모델에 관한 연구를 수행하였다. 강우 시 지면으로부터 유출되는 비점오염원 부하가 공공수역의 수질에 미치는 영향이 높아지고 있다고 하였다. 특히, 축산에 의한 비점오염원이 일부 점오염원보다 고농도의 오염물을 유출시키기도 하고, 농지의 경우 비록 농도는 낮다 할지라도 발생면적이 넓어 총 부하량의 큰 비중을 차지한다고 하였다. 따라서, 공공수역의 효과적인 수질개선을 위해서는 농경지역으로부터 발생하는 비점오염원에 대한 관리가 필수적이며, 이를 위해서는 비점오염원 부하량의 정량화가 우선되어야 한다고 하였다.

본 연구에서는 축산농가에서 발생하는 오

수가 충주호에 유입되는 지천의 수질에 미치는 영향을 계절별로 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 조사대상 선정

충주호 주변의 축산농가 분포도를 참고로 하여 지천주변이 상대적으로 밀집되었다고 판단되는 지역 3곳을 선정하였다. 인근에 다른 축산농가들이 산재하여 있으나 지천에 가장 가깝게 위치한 농가를 소개하면 다음과 같다. 충주시 용전리(S1)의 경우는 양돈농가 앞의 하천에서 표본을 채취하였는데, 하천 옆은 벼를 재배하는 논이며, 양돈농가 쪽으로 향하는 큰 토관이 연결되어 정화처리된 축산폐수가 개천으로 유입되도록 되어 있다. 일부 해양배출도 병행하고 있다. 제천시 애련리(S2)의 경우는 양돈농장 밑 하천에서 측정한 것으로 이 양돈농장은 모돈 70두 규모로 비육돈 700두를 사육하고 있다. 모돈사에서 나오는 폐수는 정화조를 거치게 되어 있는데, D정화조 2조를 시설하여 처리하고 있다. 비육돈사에서 나오는 분뇨는 퇴비화를 시키고 있다. 단양의 덕문곡리(S3)의 경우 하천을 중심으로 우측에는 토종양돈 농가와 하천 근처에 시설하우스 여러 동이 있다. 양돈농가는 개천으로부터 500 m 정도 떨어져 있고 그 사육 규모는 800두이며, 하천 좌측에는 한우사가 있으나 현재는 사육하지 않고 있다.

2. 시료채취방법

지점을 기준으로 상류와 하류로 약 100 m 떨어진 곳을 시료채취 지점으로 하였다. 상류는 대조구의 의미가 있다. 지형상 그렇게 하기가 불가능했던 곳은 토관에서 유출되는 것을 하류, 옆의 흐르는 개천을 상류로 가정하였다. 2002년 7월부터 2003년 1월까지 여름철

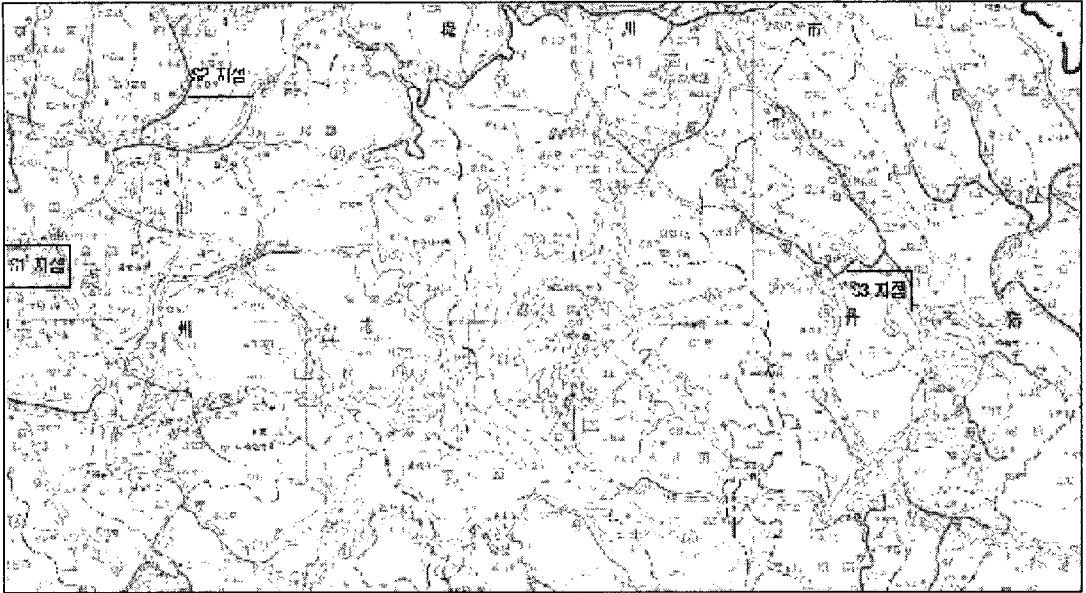


Fig. 1. Sampling area.

(7, 8월), 가을철(9, 10, 11월), 겨울철(12, 1월)로 구분하여, 격주 내지는 월 2회에 걸쳐 시료를 채취하였으며 평균을 내어 제시하였다.

3. 시료분석

이화학적 수질분석을 위하여는 깨끗이 세척한 1,000 ml 용기를 이용하여 시료를 채취하였고, 현장에서 즉시 ECOTest(테크로스, 서울)를 사용하여 암모니아질소($\text{NH}_4^+\text{-N}$), 질산성질소($\text{NO}_3^-\text{-N}$), 아질산성질소($\text{NO}_2^-\text{-N}$), 인산성인($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$), CODMn, pH 등을 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 지천의 여름철 수질측정

축산농가가 인근의 하천수질에 미치는 영향을 규명하기 위하여 충주호 주변 3곳을 선정하여 계절별로 조사하였다. 여름철 S1지점의 상류지점에서 질산성질소가 0.25 ppm 검출되었고, T-N이 0.258 ppm으로 조류성장한

계농도로 알려진 호소수 수질환경기준 1등급인 0.2 ppm 보다 높게 나타났다. 종합적인 유기물 오염도를 나타내는 지표인 COD는 8 ppm을 나타내었다. 하류지점에서는 아질산성 질소가 0.005 ppm 검출되었으며, COD는 20 ppm으로 높아졌다.

S2 지점의 수질은 상류수에서 질산성 질소가 3 ppm 검출되었고, 하류수에서 암모니아성 질소가 5 ppm이나 검출되어 호소수 수질환경기준 2등급인 0.4 ppm을 초과하였다. 또한 하류에서 인산성인이 0.5 ppm 검출되어 호소수 수질환경기준 5등급인 0.15 ppm을 훨씬 초과하였다. COD는 상·하류수 공히 20 ppm으로 나타나 공업용수로도 사용할 수 없는 5급수 이하의 수질을 나타내었다.

S3 지점에서는 상류수에서 아질산성 질소가 0.005 ppm 검출되었을 뿐, 그 외의 항목은 검출되지 않았다. 그러나, 상·하류수의 COD는 각각 10 ppm, 20 ppm으로 나타나서 하류로 갈수록 수질이 악화됨을 보여주고 있다. pH는 약산성을 나타내었다.

그림 2에는 알아보기 쉽게 결과를 막대그

Table 1. Water quality of streams in summer

Area		NH ₄ ⁺ -N	NO ₂ ⁻ -N	NO ₃ ⁻ -N	T-N	PO ₄ ³⁻ -P	COD	pH	Temp.
S1	Upper stream	0 ppm	0.008 ppm	0.25 ppm	0.258 ppm	0 ppm	8 ppm	5	26 °C
	Down stream	0 ppm	0.005 ppm	0 ppm	0.005 ppm	0 ppm	20 ppm	5.5	26 °C
S2	Upper stream	0 ppm	0.008 ppm	3 ppm	3.008 ppm	0 ppm	20 ppm	4	18 °C
	Down stream	5 ppm	0.005 ppm	0 ppm	5.005 ppm	0.5 ppm	20 ppm	6	18 °C
S3	Upper stream	0 ppm	0.005 ppm	0 ppm	0.005 ppm	0 ppm	10 ppm	6	18 °C
	Down stream	0 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	20 ppm	5.6	19 °C

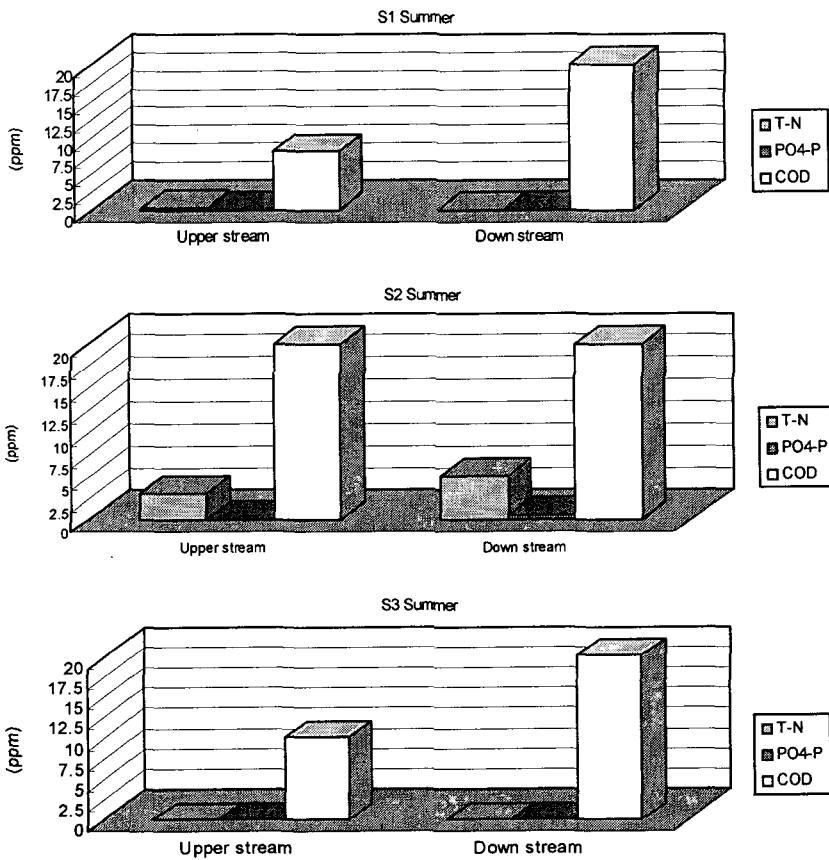


Fig. 2. Comparing the water quality of upper and down streams in summer.

래프로 나타내었다. S1 지점과 S3 지점은 유사한 경향을 보이며 질소, 인의 경우에도 거의 변동이 없으나, S2 지점에서는 질소의 함량이 높게 나타났다. 암모니아성질소, 질산성 질소 등의 검출은 가축분뇨의 유입을 시사한다고 할 수 있다. COD는 여름철 빗물 등의 유입으로 높게 나타났다.

축산오수와 지천수질과의 관계에 대한 논문은 일천하며 관련되는 분야의 논문을 살펴보면 최 등(1993)은 지표수 수질의 조사에서 방목지의 경우에 NO₃-N의 범위는 0.241~3.962 mg/L, T-P의 농도는 대부분 0.123~0.676 mg/L의 범위에 있었으나 작제는 0.038 mg/L, 크제는 5.726 mg/L까지 광범위한 변화를 나타

Table 2. Water quality of streams in fall

Area		NH ₄ ⁺ -N	NO ₂ ⁻ -N	NO ₃ ⁻ -N	T-N	PO ₄ ³⁻ -P	COD	pH	Temp.
S1	Upper stream	0 ppm	0.008 ppm	0.3 ppm	0.308 ppm	0 ppm	3 ppm	5	14℃
	Down stream	0 ppm	0.005 ppm	0.1 ppm	0.105 ppm	0 ppm	6 ppm	4	15℃
S2	Upper stream	0 ppm	0.008 ppm	1.5 ppm	1.508 ppm	0 ppm	6 ppm	4	13℃
	Down stream	5 ppm	0.005 ppm	0 ppm	5.005 ppm	0.5 ppm	6 ppm	5	14℃
S3	Upper stream	0 ppm	0.005 ppm	0 ppm	0.005 ppm	0 ppm	3 ppm	5	14℃
	Down stream	0 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	3 ppm	5.4	15℃

내었다고 하였다.

TKN 농도의 경우도 0.125~1.910 mg/L의 범위에 대부분 속했으나 최대치는 12.841 mg/L 이나 되었다. 밭의 유출수 수질은 NO₃-N, T-P 그리고 TKN의 농도는 각각 0.550~4.137 mg/L, 0.191~0.674 mg/L, 그리고 0.470~1.660 mg/L로 방목지의 수질과 비슷하였으나 농도의 변화범위는 방목지보다 작게 나타났다. 논인 경우에 NO₃-N, T-P 그리고 TKN 농도의 범위는 각각 0.018~1.298 mg/L, 0.135~1.353 mg/L, 그리고 0.094~0.689 mg/L이었다고 하였다.

손 등(1995)은 대청호 영양염류의 유입, 유출특성을 조사한 5년간의 평균수치의 검토에서 BOD의 경우 하절기에 해당하는 6월에서 9월까지 현저하게 증가하는 추세를 보여준다고 하였다. T-N, T-P의 경우는 하절기에 약간 증가하는 경향이 있다고 하였다. 본 시험의 여름철 COD 증가와도 유사한 결과라고 할 수 있다.

2. 지천의 가을철 수질 측정

가을철의 하천 수질은 S1지점의 경우, 상·하류수에서 질산성 질소가 각기 0.3 ppm, 0.1 ppm 검출되었으며 T-N은 0.308 ppm, 0.105 ppm으로 여름철 수치와 비슷하였다. 그러나, COD는 감소하여 상류수에서 3 ppm, 하류수에서 6 ppm으로 갈수기로 접어들면서 수질이 개선됨을 알 수 있다. S2 지점의 경우에는

상류에서 질산성 질소가 1.5 ppm, 그리고 하류에서 암모니아성 질소가 5 ppm이 검출되어, 축산오수가 유입되었을 가능성을 보여주고 있다. 하류에서는 인산성 인이 역시 여름철과 같이 0.5 ppm 검출되었다. COD는 상·하류수 공히 6 ppm으로 나타났고, pH는 산성을 나타내고 있다. S3 지점에서는 상류수에서 아질산성 질소가 0.005 ppm 검출되었을 뿐 기타 항목은 검출되지 않았고, COD는 상·하류수 공히 3 ppm으로 양호한 수질을 나타내고 있다. pH는 약산성을 나타내었다. COD 3 ppm 이하는 수질등급 2에 해당하며 수돗물을 만드는데 지장이 없는 수준이다. 갈수기로 접어들면서 수질이 양호하게 나타난 것은 팔당상수원 지역에서의 수질을 측정 한 안 등(2001)의 결과와 유사하다.

그림 3에서 보면 S1, S2, S3 지점 공히 COD는 여름철보다 현저하게 감소하였다. S1과 S3 지점은 상류, 하류에서 차이가 거의 없는 반면에 S2 지점에서는 총질소와 인산성 인이 약간 높게 검출되었으며 여름철의 결과와 유사함을 알 수 있다.

3. 지천의 겨울철 수질 측정

겨울철의 하천오염수질분석 내용을 보면 S1의 경우, 상류수에서 아질산성 질소가 0.053 ppm, 하류수에서 암모니아성 질소가 0.1 ppm 검출되었고, pH는 산성을 나타내었다.

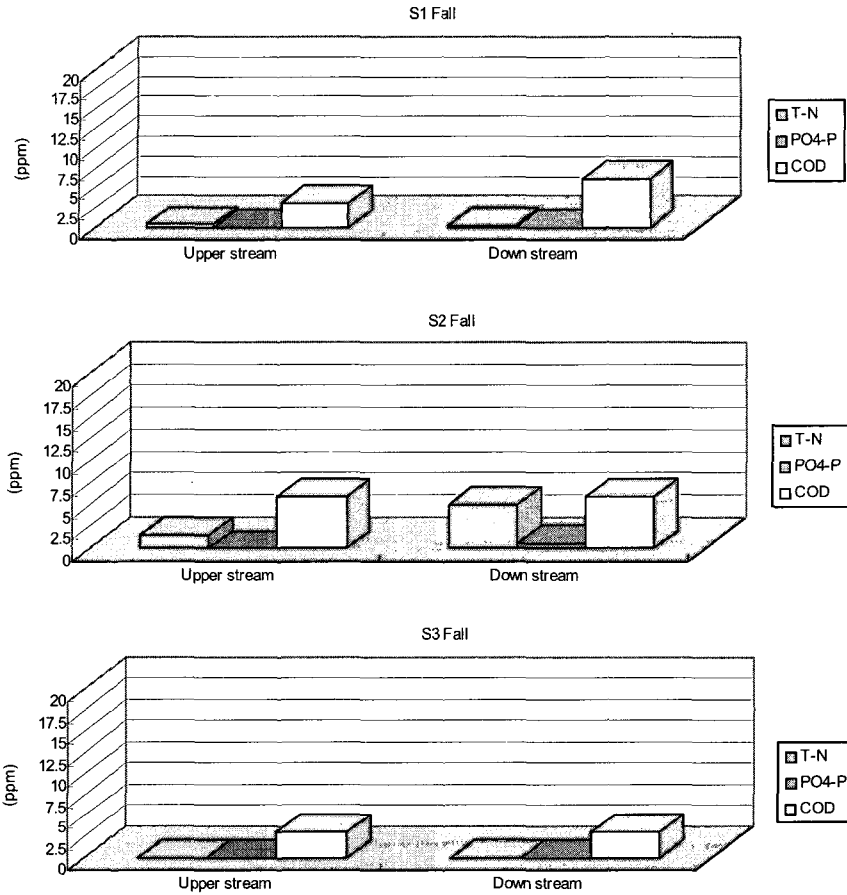


Fig. 3. Comparing the water quality of upper and down streams in fall.

COD는 4 ppm 정도로 호소수질환경기준 3등급을 보여주고 있다. S2 지점의 경우에는 상류수에서 암모니아성 질소가 0.5 ppm, 질산성 질소가 3.0 ppm이나 검출되어 호소수질환경기준 등급에 들지 못하였다. 하류수에서는 암모니아성 질소가 0.5 ppm 검출되었고, 인산성 인이 0.5 ppm 검출되었다. COD는 상류수에서 3 ppm, 하류수에서 6 ppm으로 나타났다. S3 지점의 경우에 상류수에서 암모니아성 질소가 0.1 ppm, 아질산성 질소가 0.005 ppm 검출되었을 뿐 다른 항목은 검출되지 않았다. COD는 상·하류 공히 3 ppm으로 양호한 수질을 나타내었다. 총 질소의 경우에 S2 지점에서 상류 3.51 ppm, 하류 0.51 ppm으로 하류보다 오히려 상류에서 높게 나타난 것은 상·

하류의 일반적인 개념이 아니고 옆의 지류에서 채취하였기 때문으로 사료된다.

상류하천의 유출량 변화가 호소수 수질에 미치는 영향에서 이와 박(2000)은 상류하천에 의존한 호소내 년 평균 총질소 농도범위인 1.5 mg/L 이하의 경우에 대하여 갈수기 동안의 하천 유출량에 대한 농도는 2.0~3.0 mg/L로 상류하천의 유출량의 감소에 의한 진양호 내 T-N 농도를 급격히 상승시킨다고 하였다. 상류하천인 경호강 및 덕천강의 유출량의 감소에 따라 호소내 총 인의 농도도 급격히 증가하는 것으로 보고하였다.

그림 4에서 보는 바와같이 겨울철로 접어들면서 COD는 가을철과 비슷하게 낮게 나타났다. 총 질소와 인산성 인의 경우에도 S1,

Table 3. Water quality of streams in winter

Area		NH ₄ ⁺ -N	NO ₂ ⁻ -N	NO ₃ ⁻ -N	T-N	PO ₄ ³⁻ -P	COD	pH	Temp.
S1	Upper stream	0 ppm	0.053 ppm	0 ppm	0.053 ppm	0 ppm	4 ppm	4	5°C
	Down stream	0.1 ppm	0.005 ppm	0 ppm	0.105 ppm	0 ppm	4.4 ppm	4	5°C
S2	Upper stream	0.5 ppm	0.01 ppm	3.0 ppm	3.51 ppm	0 ppm	3 ppm	4	4.5°C
	Down stream	0.5 ppm	0.01 ppm	0 ppm	0.51 ppm	0.5 ppm	6 ppm	5	4°C
S3	Upper stream	0.1 ppm	0.005 ppm	0 ppm	0.105 ppm	0 ppm	3 ppm	5	5°C
	Down stream	0 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	3 ppm	5.5	5°C

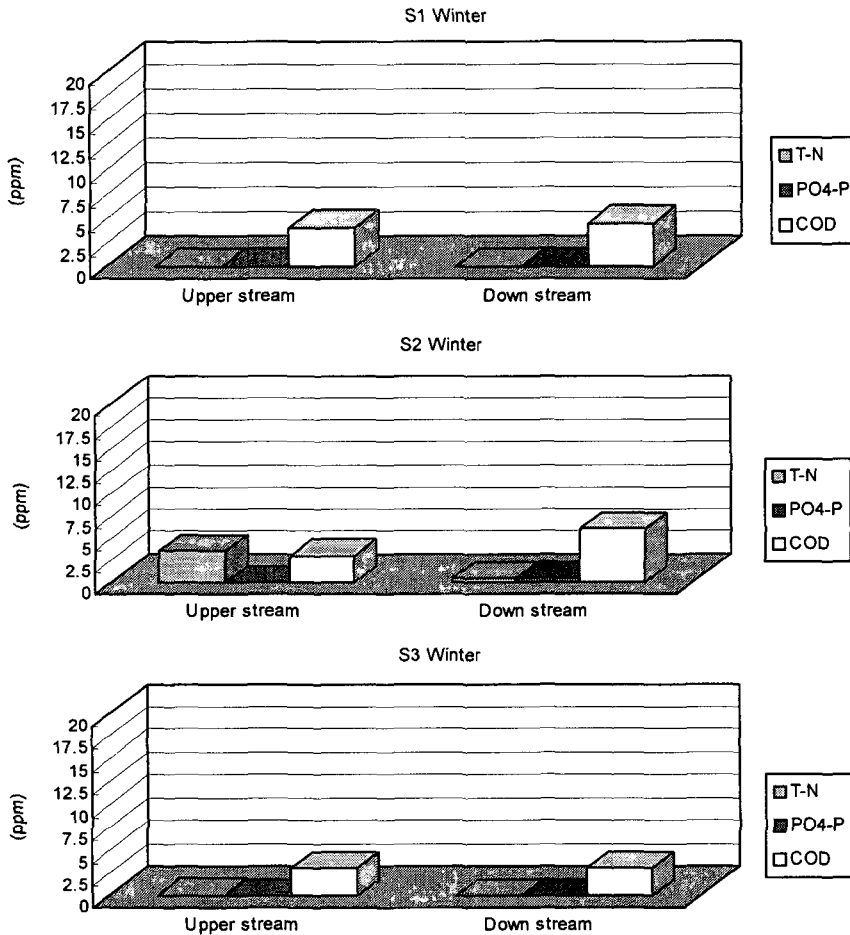


Fig. 4. Comparing the water quality of upper and down streams in winter.

S3지점은 거의 없으나, S2 지점에는 약간 나타났다.

지역에 따라서 지천에 미치는 영향이 다른 것을 알 수 있다. S1 지점과 S2 지점에서는 주변 축산농가가 인근 지천에 별다른 영향을 미치지 않으나, S2 지점의 경우에는 축산농

가에서 유출되는 오수가 지천의 수질에 어느 정도 영향을 미치는 것으로 판단된다, 이는 정화조의 용량 부족, 관리미흡 등에 기인한다고 볼 수 있다. 그러나, 그 농도는 최 등 (1993)이 조사한 방목지에서의 범위 내로 미미한 편이다. 따라서, 일률적으로 축산농가의

오수가 지천에 영향을 준다고 결론을 내릴 수는 없으며, 지천의 수질에는 다른 많은 영향인자가 있을 수 있기 때문에 이러한 부분과 아울러 종합적인 검토가 장기적인 측면에서 이루어진다면 보다 정확한 관계를 규명할 수 있을 것이라고 사료된다.

적 요

축산농가가 인근의 하천수질에 미치는 영향을 규명하기 위하여 충주호 주변 3곳을 선정하여 계절별로 지천의 수질을 조사하였다.

여름철에 T-N이 상류와 하류에서 각각 최소 0.005에서 최대 5.005 ppm이 조사되었고, 인산성 인이 S2 지점의 하류에서 0.5 ppm 검출되었다. COD는 8에서 20 ppm의 범위를 나타내었다. 가을철에 총 질소는 3측정지점을 통털어 상류지점에서 최저 0.005 ppm, 하류지점에서 최고 5.005 ppm을 나타내었으며, 역시 S2 지점의 하류에서 인산성 인이 0.5 ppm을 나타내었다. COD는 3 ppm에서 6 ppm의 범위를 나타내어 여름철보다 양호하였다. 겨울철에는 총 질소가 상류지점에서 최저치 0.053 ppm을 하류지점에서 최대치 0.51 ppm을 나타내었으며, 인산성 인은 S2 지점의 하류에서만 0.5 ppm을 나타내었고, COD는 가을철과 비슷하게 3 ppm에서 6 ppm을 나타내었다.

충주호 지천의 수질분석에서 여름철보다는 가을, 겨울철로 접어들면서 수질이 양호해지는 것으로 나타났으며, 전반적으로 축산농가에서 유출되는 오수가 지천에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

인 용 문 헌

1. 나은혜, 최경식, 박석순. 2000. 농경지역에서 배출되는 영양염류의 정량화 모델 연구. 한국물환경학회, 대한상하수도학회, 한국수도협회 공동총회 학술발표회 논문

집 319-322.
 2. 박석순, 박배경, 이상호. 1994. 한강유역의 토지이용에 따른 지천 수질 비교. J. KSWQ 10-16.
 3. 서인석, 이상일. 1997. 2단 간헐폭기 활성슬러지 시스템에서 양돈폐수의 영양염류 제거특성 및 예측모델의 검증. 대한환경공학회지 19(1).
 4. 손명기, 서동일, 류광현. 1995. 대청호 영양염류의 유입·유출 특성에 관한 연구. 대한환경공학회 추계학술연구발표회 논문초록집 229-232.
 5. 송동하, 이도원. 1996. 주요 수질오염물질 및 오염발생지역 선정방안. 한국수질보전학회 학술연구발표회 논문초록집 27-31.
 6. 안희권, 최홍림, 정우철, 김기연, 김진길, 박일훈, 정영채. 2001. 팔당상수원 지역에서 축산에 의한 수질오염실태조사. 한국동물자원과학회지 43(4) 569-586.
 7. 오인환. 1999. 범농가차원의 액비이용체계. 건국자연과학연구지 10(2) 211-216.
 8. 이춘식, 박헌진. 2000. 상류하천의 유출량 변화가 호소수 수질에 미치는 영향. J. of KTSWT Vol.8(1) 35-41.
 9. 임재명, 권재혁, 한동준, 1995. 돈사폐수 처리를 위한 AFBR/ANFBR 공정의 Package화. 대한환경공학회지 17(12).
 10. 최중대, 박성빈, 최용관, 이혁재. 1993. 土地利用이 水質에 미치는 影響을 把握하기 위한 基礎研究. 93추계환경종합학술대회 논문집 289-296.
 11. Oh, I. H., Lee, J. and Burns, R. T. 2004. Development and Evaluation of a Multi-Hose Slurry Applicator for Rice Paddy Fields. Applied Engineering in Agriculture Vol.20(1) 101-106.
 12. Zhu, J., Luo, A. and Ndegwa, P. M. 2001. Phosphorus Transformations in Swine Manure during Continuous and Intermittent Aeration Processes. Transactions of the ASAE Vol. 44.