

# 가축분뇨수의 무단방류가 새강오염에 미치는 영향

최 홍 립 \* · 손 재 호 \* · 류 순 호 \*\*

\* 서울대학교 동물자원학과 · \*\* 서울대학교 농화학과

## Impact of Livestock-production Wastewater on Water Pollution

Choi, Hong-Lim \* · Sohn, Jae-Ho \* · Yoo, Sun-Ho \*\*

\* Department of Animal Sciences and Technology, Seoul Nat'l Univ.

\*\* Department of Agricultural Chemistry, Seoul Nat'l Univ.

### ABSTRACT

Environmental impact assessment survey reflecting farmers' opinion on the residence and production space in rural settlement area by ORD showed that more than 86% of respondents thought their reservoirs and waterways (small rivers) were getting seriously contaminated primarily by garbage and livestock manure. A typical rural settlement unit was taken to assess the impact of improper management of livestock manure in the farms on the water quality of small river flowing down along the villages where swine and dairy farms were situated in Daejook 2, 3-ri, Seolseong-myun, Icheon-gun. Nitrogen compounds such as  $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{NO}_2^-$ -N,  $\text{NH}_3$ -N, and phosphorus compound  $\text{H}_2\text{PO}_4$ , DO,  $\text{BOD}_5$ , COD, and microbial density were analyzed to evaluate water quality at five test sites designated along the water stream. Tests showed, for example,  $\text{BOD}_5$  at site 4 was average  $9.2\text{mg}/\ell$  which was about 3~8 times higher than that of observation site 2 and 3, at which most livestock houses were situated. This is a clear evidence that the nutrients of livestock manure illegally discharged to small river can lead to an eutrophication of the river at downstream. A soil absorption system with aeration could be one of alternatives to treat the contaminated wastewater by livestock manure. The place at downstream, inbetween observation site 1 and 2, could be the best construction site for the treatment facility from the standpoint of the overall treatment efficiency. An enclosed composting system can also be regarded as a good alternative for treatment of the sludge which is the by-product of the soil absorption system operation.

## I. 서 론

농촌에서의 주된 오염원으로는 생활오폐수 및 하수, 농

공단지의 공장폐수, 축산시설에서 무단방류되는 가축분뇨수 등이며, 일반적으로 생활오폐수, 공장폐수 등의  $\text{BOD}_5$ 는  $300\sim 500\text{mg}/\ell$ 인데 비해 가축분뇨수는 약  $10,000\text{mg}/\ell$ 에 이르러 다른 폐수보다 오염부하량이 훨씬 높다. 특히 우리 나

라 축산은 1996년 3월 1일 현재 전농가중 양돈의 경우 88%, 한육우 98%, 낙농 74%의 농가가 법적 규제규모(신고대상) 이하로 매우 영세하여, 가축분뇨의 적정처리비용(전체 생산비용의 약 10~30%)을 절약하기 위해 상당량의 가축분뇨수를 무단방류시키고 있는 실정이다. 이러한 가축분뇨수의 무단방류는 기초정주권역의 주거환경 악화 뿐만 아니라 농경지의 오염으로 인한 농토의 황폐화, 농작물의 생육저해로 인한 생산저하 등으로 이어져 비축산농가의 민원의 대상이 되기도 한다. 특히 영세 축산농가일수록 대도시 인근지역에 밀집되어 있으므로, 이들 농가의 부적절한 가축분뇨수 관리는 지표수 및 지하수오염을 유발하여 특히 대도시의 상수원 보호지역인 농촌의 새강을 오염시켜 심각한 사회적 현안으로 대두되었다. 농촌의 기초정주권역에 거주하는 농민(축산, 비축산)들 스스로도 이러한 부분을 인정하고 있다. 1994년 농촌진흥청에서 실시한 농촌지역 거주민들의 환경에 대한 의식구조를 파악하기 위한 설문조사에서 농민중 86.2%가 농촌환경이 오염되어가고 있다고 대답하였으며, 이 중 9.6%는 정도가 매우 심하다고 응답하였다. 특히 오염된 지역은 하천과 저수지라고 답하였으며, 주요오염원중 가축분뇨수의 비율은 17.8%로 생활쓰레기의 33.5% 다음으로 많았다(최, 1994). 이 설문조사는 기본적으로 전문지식이 없는 農民들의 感에 의존한 定性的 분석이며, 또 전국 농촌지역을 대상으로 조사하여, 축산이 집중되어 있는 경기도, 충남, 경북 등의 일부 도의 경우, 축산이 환경오염에 미치는 영향의 심각성이 다소 희석된 듯하다. 그럼에도 불구하고 이 설문조사를 통하여 농작물 및 축산물 생산의 기초단위인 농촌이 생활오폐수, 쓰레기 및 가축분뇨수에 의하여 오염의 정도가 심화되고 있음을 보여주는 하나의 좋은 예가 될 수 있다. 그러나 '가축분뇨수가 농촌새강의 오염'에 미치는 영향에 관한 인식이 널리 퍼져 있음에도 불구하고 이에 관련된 연구는 전무한 편이다. 따라서 본 연구에서는 경기도 이천군 설성면 대죽 1, 2, 3, 4리를 관통하는 새강에 대한 수질 오염 실태조사를 통한 오염지도를 작성하므로써 축산이 환경오염에 미치는 영향을 가시화하고 동시에 축종에 따른 오염부하량과 수질오염도와의 관계를 구명하여, 대죽리와 같은 耕畜 혼합지역에서 소규모 하천, 즉 새강의 수질을 개선할 수 있는 시스템을 제시하여, 기초정주권역인 농촌의 수질환경 개선을 도모하고자 하였다.

## II. 문헌연구

우리 나라 농촌지역에서 가축분뇨수의 수질환경에 대한 영향성 평가와 기작에 관한 체계적이며, 심도있는 연구는 문제의 심각성에도 불구하고 연구는 그리 흔치 않다. 1980년도 후반기부터 국립 환경연구원에서 먼저 가축분뇨의 원단위결정, 오염실태 조사 등 관련연구에 관심을 가지기 시작하였다. 류재근 등(1986 ab)은 경기도 양주군 주내면 유량2리에 위치한 천성농장 및 주변하천을 대상으로 자연환경조사, 수리수문조사, 이화학적 조사, 미생물학적 지표를 지점별, 월별로 조사하여 가축분뇨수가 수질오염에 미치는 영향을 구명하고자 하였다. 가축분뇨수 유입지점(C2)의 6개월간의 평균 BOD는 약 2,000mg/l에서 200m 하류지점(C4)에서는 오염물질의 분해, 침전, 희석 등으로 약 200mg/l로, 2000m 하류지점(C5)에서는 약 11mg/l로 감소되었으나, BOD만 두고 판단하면 생활용수 V등급에도 미치지 못하였으며, 오염의 정도는 월별 편차도 심하여 7~8월의 오염부하량(BOD)은 3~4월보다 2~3배나 높았다고 보고하였다. 이는 수온의 상승으로 인한 유기물의 생분해를 증가가 주된 원인인 듯하다. 또한 가축분뇨수의 하천오염기여원을 나타내는 미생물학적 지표로 FC/FS (Fecal Coliform/Fecal Streptococcus)를 제시하였으며, C4지점에서는 0.4~0.6, C5에서는 0.7~0.8의 범위로 경계값 4보다 적으며, *Streptococcus bovis*의 생존율이 10%내외로 가축분뇨의 기여가 인분뇨의 기여보다 훨씬 큰 것으로 보고하였으나 COD의 값이 BOD의 1/2밖에 되지 않아 실측값의 신뢰성의 문제를 내포하고 있다. 가축분뇨수의 부적절한 관리로 인하여 발생하는 수질 오염대책의 하나로 제시되는 가장 경제적인 처리시스템은 토양환원이지만, 가축분뇨의 토양환원 때 발생할 수 있는 저해요인들을 제거하기 위하여 전처리조건 및 환원농지의 용도(초지, 논, 밭, 과수원 등)에 따른 시용량의 차별화 등에 관한 연구가 선행되어야 한다. 이동원 등(1992)은 가축분뇨수의 부숙과정중 미생물상의 변화와 이의 토양환원 때 부숙정도와 시용량에 따른 지표수 및 토양내 세균의 오염정도를 구명하고자 하였다. 이 연구에서 가축분뇨와 깔짚을 섞어 6가지의 처리 형태별, 즉 자연방치(T1), 1주일간격 뒤집기(T2), 비닐피복(T3), 비닐피복+1주일간격 뒤집기(T4), 5%의 액비첨가(T5), 요소 및 수분첨가(T6), 5% 요소첨가(T7) 한 처리별 시료를 채취하여 경시별 세균수를 조사하였으며, 미완숙퇴비 및 완숙퇴비를 ha당 40톤, 60톤, 80톤을 살포, 경운한 후 옥수수 DK-729를 시험포에 점파하고 퇴비 살포 지점으로부터 10m 떨어진 곳에 집수장을 설치하여,

옥수수가 자라는 동안 강우시 지표 유출수의 세균조사를 하였다. 또한 옥수수 점파 50일 후, 옥수수를 수확하고 시험포 중앙지점의 표층, 지하 15cm, 지하 30cm 지점에서 토양을 채취하여 세균의 밀도를 조사하였다. 위의 세 가지항목에 관한 시험결과 우분, 돈분, 계분을 사용한 옥수수 재배지의 토양내 총세균수 및 대장균군수는 축사내 가축분의 수거방법, 가축분의 깔짚 혼합물의 부숙정도, 시용량의 영향을 받지 않았으며, 가축분을 사용하지 않은 토양과도 같은 수준을 유지하며, 우분, 돈분, 계분 혼합물 공히 총세균 및 Coliform균군은 검출되나, 살모넬라(Salmonella)균군은 거의 나타나지 않았다고 보고하였다. 요약하면, 처리방법, 시용량, 토심의 처리수분에 대한 미생물학적 유의성을 전혀 관찰하지 못하였으며, 이는 유출수에 변화를 유도할만큼 시용량이 한계수준에 미치지 못하였거나, 실험설계의 오류 또는 유달속도 등 다공성 매체내에서의 유동기작의 이해부족에 기인될 수도 있다. 이 연구에서는 완숙퇴비와 미숙퇴비에 대한 정의가 분명하지 않다. 완숙퇴비란 병원성 미생물(대장균, 살모넬라균 등), 잡초씨 등의 사멸이 전제됨에도 불구하고 畜糞種에 관계없이 혼합물 초기의 대장균수가  $O(10^6)$ 에 이르러 용어의 定議에도 배치될 뿐 아니라 유출수내 대장균군 및 살모넬라균군이 다량 검출되어 저자들의 결론과 달리 축분혼합물이 미숙상태인 것만 아니라 오염되어 있음을 알 수 있다. 이 연구에서, 無偏差에 관한한 前者의 경우처럼 시용량이 한계값에 미치지 못한 데서 비롯되었으면, 향후 시용량의 현격한 증가 등을 포함한 실험설계를 재구성하여, 농지 용도별 한계 시용량, 연용 등에 관한 연구를 수행하여야 할 것이며, 後者의 경우처럼 토양에서의 유동기작의 이해부족에서 비롯되었으면, 이의 올바른 해석을 위한 심도있는 이론연구가 전제되어야 할 것이다. 김한태 등(1993)은 농촌유역에서 수질오염 특성을 구명하기 위하여 경기도 북하천의 상류유역을 대표시험유역으로 선정하여 오염원 및 하천수질, 오염부하 기여율, 자정계수를 조사·분석함으로써 농촌지역의 수질환경관리에 필요한 기초자료를 제공하고자 하였다. 이 연구에서 하천 수질오염에 기여하는 오염원부하를 중심으로 가축분뇨수가 전체 BOD 배출부하량의 69%로 가장 높았고, 그 다음은 생활폐수로 12%, 토지이용 9%, 공장폐수 8%로 나타났으며 T-N, T-P도 같은 결과가 나타났다고 보고하였다. 또한 소유역별 오염원의 BOD와 T-P의 경우 가축분뇨수에 의한 기여가 가장 높았으며, 상류유역보다는 하류유역에서, T-N은 농경지와 가축

분뇨수의 기여가 서로 엇비슷한 수준으로, 이 두오염원을 합하면 전체 T-N의 90% 이상 기여하는 것으로 보고하였다. 그러나 이 연구에서 생활잡배수, 축산폐수, 경작관배수, 공장폐수, 위락시설폐수 등으로 오염발생원을 분류하였으나, 공장폐수, 축산폐수 외에는 오염부하량 정량화에 관한 구체적인 계산식이 제시되어 있지 않으며, 축산폐수, 공장폐수도 가동중인 정화시스템의 효율에 관한 자료 및 시스템의 가동여부에 대한 신뢰성 문제가 대두될 수 있으므로 정성적 판단에 앞서 전오염부하량 산정에 대한 기초이론 정립이 우선되어야 할 것으로 판단된다. 앞에서 논의한 연구들은 기본적으로 가축분뇨수의 수질오염에 미치는 영향에 관한 현상파악에 그쳤으며, 소규모 축산농가에서 셋강으로 이미 배출된 오염물질에 의한 영향평가와 그 대책에 관한 연구가 필요하다.

### Ⅲ. 연구 대상지역 선정을 위한 예비 현장조사

경기도내 축산에 의한 농촌 기초정주권역내의 셋강오염의 심각성을 구명하기 위해서, 도내에 산재해 있는 耕畜 혼합형 마을을 대상으로 1994년 10월 8일부터 11월 6일까지 약 1개월에 걸쳐서 네 차례의 정성적 수질현장조사를 실시하고 그 결과를 바탕으로 연구대상 지역을 선정하였다. 정성적 수질 조사기간중에는 육안을 이용한 관측법에 의한 정성적 수질조사와 면담법을 사용하여 정주권환경에 대한 설문조사를 실시하였다.

〈표 1〉은 조사대상지역 마을의 개괄적인 현황을 나타낸 것이며, 정성적 및 정량적 수질조사를 위한 참고사항으로 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다(최, 1994).

1) 조사대상 마을은 연중 1회의 소득원인 미작중심에서 자급회전율이 높은 축산으로 전업 또는 겸업하는 경향이 두드러짐.

2) 영세 겸업 또는 부업형 축산농가의 가축분뇨수 무단방류로 혼재되어 있는 마을의 생활 및 생산환경의 오염이 심화되고 있음.

3) 耕畜 혼합형 마을은 구성형태별로 거주지역내 混在型, 沿水系 또는 沿道路型, 單獨型, 團地型 등으로 분류할 수 있으며, 거주지역내 혼재형이 약 80%로, 연수계형이 20%로 구성되어 있음.

4) 축산물과 이의 가공물의 수입자유화로 축산을 포기하는 농가, 경쟁력 제고를 위하여 규모를 확대하는 적극적

인 농가, 현상유지를 하면서 입지가 좁아지면 포기하려는 한시적 축산농가가 혼재되어 있는 상황임.

5) 대부분의 혼재마을의 수계(샛강)가 정성적으로 오염되어 있으며, 이의 주된 기여자는 가축분뇨수로 추정됨.

6) 혼재마을의 축산농가들은 가축분뇨수 처리에 대한 인식정도가 매우 낮았으며, 시설의 필요성 자체도 회의적이며, 이런 경향은 축우농가가 심하였으며, 양돈농가는 상대적으로 처리시설에 적극적인 의사를 보임.

7) 혼재마을의 수계의 수질을 향상시키기 위해서는 우선 축산농가에서 배출되는 가축분뇨수를 1차적으로 재택처리하도록 유도하는 것이 가장 중요할 것으로 판단됨.

8) 1차 재택처리후 마을의 생활오폐수와 혼합된 오수는 기초 정주권역 또는 중역 정주권역의 수계가 만나는 지점에서 소규모 마을 오폐수 처리시설을 통하여 2차 처리하는 것이 바람직할 것으로 판단됨.

9) 대부분의 농가들이 지하수를 식수로 사용하고 있는데 식수원 채취지역에 따라서는 지하수층이 가축분뇨수 및 생활하수에 의해 오염되었을 가능성이 있으므로 식수 적합성 여부에 대한 조사가 필요할 것으로 판단됨

#### IV. 실험설계

현장 예비조사 결과 가축분뇨수는 농촌지역의 환경오염 土因의 하나로 인식됨에 따라, 가축분뇨수의 재순환을 위한 기초 연구자료를 얻기 위하여 분뇨에서 1차적으로 나타나는 질소형태인  $\text{NH}_3\text{-N}$ 과 산화되어 청색증을 일으키는

형태인  $\text{NO}_3\text{N}$ ,  $\text{NO}_2\text{N}$  등의 질소화합물과 DO, BOD<sub>5</sub>, COD 등의 오염원으로부터 유출되는 유기물함량 그리고 부영양화 현상의 제한인자인 인의 화합물형태인  $\text{H}_2\text{PO}_4$  및 수중 미생물상을 정량적 분석하였으며, 가축분뇨수의 무단 방류가 농촌의 샛강의 오염에 영향을 관한 상관관계를 구명하기 위하여 축종↔오염부하량↔수질오염의 정도를 구명하였다. 이 연구에 사용된 표본은 대죽리가 총 4개의 띠로 구성되어 되어있기 때문에 최초 샛강의 발원지를 기준으로 하여 각 촌락을 구성하는 단위인 띠가 끝나는 지역의 샛강 표본을 채취하여 총 5개의 표본을 사용하여 분석을 수행하였다. 환경처에서 제시한 측정방법에 따르면 수심에 따라서 표본채취 방법이 다르므로, 이에 따라서 대죽리의 경우는 수심이 2m미만이므로 하천의 단면에서 수심이 가장 깊은 수면의 지점과 그 지점을 중심으로 하여 좌우로 수면폭을 2등분한 각각의 지점의 수면으로부터 수심의 1/3에서 채수하였다. 표본채취용기는 무색경질의 유리병(2 l)을 이용하였고 채취 후 용기에 채수시간 및 위치, 수온 등의 분류표를 붙여서 정리하였다. 각각의 채수표본은 100ml 유리병에 물리화학적 검사방법에 준하는 표본보존제를 넣어서 보관하였고 미생물수의 측정을 위해서는 채취 후 즉시 밀봉하여 보관하였다.

#### V. 정량적 현장조사

##### 1. 대상 마을의 선정

정성적 수질조사의 결과로 정량적 수질현장조사를 위

〈표 1〉 경축복합형 혼재마을의 정성적 수질특성조사

	일 시	장 소	마을구성형태	정성적수질결과	비 고
1차	1994. 10. 8	화성군 (팔탄면, 봉담면)	혼재형+수계형	수계바다에 분간재물이 수 cm이상 퇴적되어 있으며 부유물질의 농도도 심한 것으로 판단됨	마을전체를 통하여 심한 악취가 발생하고 있었음
2차	1994. 10. 22	용인군 (외사면)	혼재형	전반적으로 샛강이 정정한 편이나 사육두수 증가시 오염의 가능성이 높음	축산단지를 조성하고 집단관리 실시
3차	1994. 10. 29	이천군 (설성면)	혼재형+수계형	대부분 정화조를 설치하여 처리하고 있으나 하류지역인 대죽리에서는 상류에서 유입되는 축분으로 인해 발생하는 상수원오염에 대한 민원이 발생	마을을 관통하여 흐르는 샛강이 식수원과 세탁용수로 사용 불가
4차	1994. 11. 6	안성군 (일죽면)	혼재형	전반적인 관리상황이 열악하며 河床에 심하게 오염물이 퇴적되어 있으며 물이끼가 많이 증식되고 있었음	축분처리를 위하여 지렁이 사육

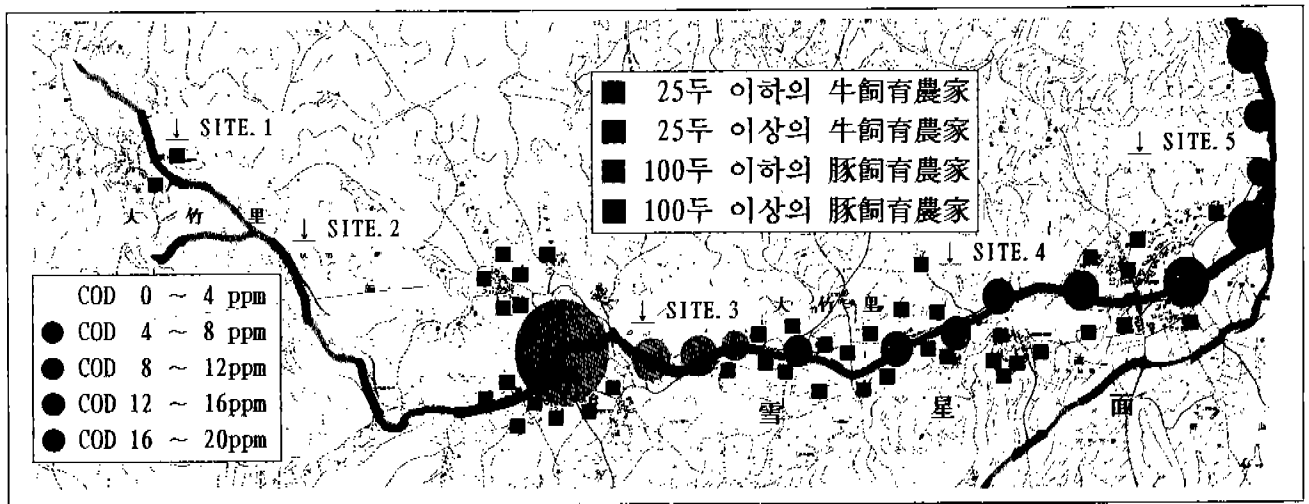
한 대상지역으로 경기도 이천군 설성면 대죽리를 선정하였고, 선정기준은 다음과 같다.

- ① 냇강을 연하여 농촌마을이 발달하여 상류지역에서 오염발생원이 하류지역의 수질에 영향을 미치는 지역.
  - ② 축산에 의한 오염원을 쉽게 판정할 수 있는, 농공단지 등 산업폐수의 유입 가능성이 없는 냇강을 끼고 있는 지역.
  - ③ 축종에 따른 방류수의 오염영향을 쉽게 구명할 수 있도록, 냇강을 연하여 사육축종이 다르게 형성되어 耕畜 혼합지역.
  - ④ 냇강의 흐름에 따른 발생오염원의 시간적, 공간적(temporal, spatial) 회석을 구명하기 위하여 중간 유입수계가 형성되어 있지 않는 지역.
- 정성적 수질조사에서 3차 조사 대상지의 하나였던 경기

도 이천군 설성면 대죽리는 마을을 관통하여 냇강이 형성되어 있으며, 지형적인 구성형태는 냇강을 따라서 상류로부터 대죽 4, 3, 2, 1리의 순으로 마을이 형성되어 있었다. 대죽 4리와 대죽 1리에는 축산농가가 거의 존재하지 않으며 대죽 3리에는 축우가, 대죽 2리에는 양돈이 집중적으로 행해지고 있었으며, 상류지역에서 발생된 오염이 하류지역에 심한 영향을 미치고 있어, 가축분뇨수의 방류가 수질오염에 미치는 영향 및 축종에 따른 오염정도를 구명할 수 있어 연구 대상마을로 선정하였다(〈그림 3〉참조).

### 2. 대죽리의 축산현황

대죽리의 수질현황을 파악하기 위하여 1994년 12월 12일에 제5차 현지조사를 실시하였고, 대죽리의 축산현황은 〈표



〈그림 3〉 대죽리 냇강오염지도

〈표 2〉 경기도 이천군 설성면 대죽리의 사육실태(1994년 11월 현재)

위 치	축산가구수	가 축 사 육 현 황			정 화 시 설 설 치 비 율	방 목 장 설 치 비 율	무 허 가 비 율
		축 종	사 육 두 수	축 사 면 적			
대죽1리	6	소	77두	66m <sup>2</sup>	-	17%	100%
	1	돼지	70	417	-	-	100
대죽2리	11	소	149	2,123	27%	36	36
	12	돼지	8,952	6,820	33	-	25
대죽3리	14	소	245	1,723	43	21	64
	3	돼지	611	1,254	67	-	67
대죽4리	2	소	47	616	-	-	50
	-	돼지	-	-	-	-	-

〈표 3〉 가축별 분뇨 오염부하량(성축 1두당)

가 축 (구 분)		배출량 (kg/일)	B O D		S S		C O D	
			농도	부하량	농도	부하량	농도	부하량
			(mg/l)	(g/일)	(mg/l)	(g/일)	(mg/l)	(g/일)
돈(豚)	분	3	61,000	183	223,000	669	27,000	80
	뇨	3	5,000	15	45,000	14	3,300	10
	혼합	6	33,000	(200)	117,000	(700)	15,000	(90)
우(牛)	분	30	24,000	720	120,000	3,600	12,000	370
	뇨	10	4,000	40	5,000	50	3,000	30
	혼합	40	20,000	(760)	90,000	(3,600)	10,000	(400)

〈표 4〉 대죽리에서 발생하는 오염물질 부하량(kg/일)

	축종	사육두수	두당 배출량 (분+뇨) kg/일	총배출량 (분+뇨) kg/일	B O D		S S		C O D	
					총부하량	부하량 (우+돈)	부하량	부하량 (우+돈)	총부하량	부하량 (우+돈)
					kg/일	kg/일	kg/일	kg/일	kg/일	kg/일
대죽1리	소	77	40	3,080	58.52	72.52	277.20	326.20	30.80	37.10
	돼지	70	6	420	14.00		49.00		6.30	
대죽2리	소	149	40	5,960	113.24	1,822.64	536.40	6,550.80	59.60	865.28
	돼지	8,592	6	51,552	1,709.40		6,014.40		805.68	
대죽3리	소	245	40	9,800	186.20	308.40	882.00	1,309.70	98.00	152.99
	돼지	611	6	3,666	122.20		427.70		54.99	
대죽4리	소	47	40	1,880	35.72	35.72	169.20	169.20	18.80	18.80
	돼지	-	6	-	-		-		-	

2)와 같다. 오염부하량 계산을 위한 축종별 기준 오염물질 부하량은 국가와 지역, 가축의 연령에 따라서 다르게 보고 되고 있으나(환경연구원, 1988 : Merkel, 1981 : 古川良平, 1994), 환경연구원에서 제시한 〈표 3〉을 가축별 분뇨 오염부하량 원단위로 이용하였다. 〈표 4〉는 대죽리의 축종과 사육두수에 따른 마을별 오염물질 부하량을 〈표 3〉의 오염부하량 원단위를 이용하여 계산한 값이나 이 원단위는 成畜을 기준으로 하였기 때문에 실질 오염부하량은 이보다 적은 것으로 판단된다.

### 3. 대죽리 샛강의 수질현황

본 연구에 사용된 표본은 대죽리가 총 4개의 뿔로 구성되어 있으므로, 실험설계에 따라 지형적 특성을 감안하여 최초 샛강의 발원지를 기준으로 각 촌락을 구성하는 단위인 뿔이 끝나는 지역의 샛강의 수질표본을 채취후 4℃에 냉장 보관하여 분석을 수행하였다. 분석항목과 시약 및 배

지조성을 〈표 5〉에 나타내었다. 대죽리의 수질시험 분석결과와는 〈표 6〉과 같이 나타났으며 그 결과를 COD를 기준으로 하여 〈그림 3〉에 나타내었다.

COD와 T-N은 일반적으로 도시지역보다는 농촌지역에서 높다고 보고되어 있으며, 그 이유는 토양에서 용탈되는 질소성분과 축산시설에서 방류되는 가축분뇨수의 영향인 듯하다고 보고하였다(심, 1994). 이 연구에서도 샛강이 대죽 2리를 지나면서 COD와 BOD<sub>5</sub>의 농도가 3배 이상 높아지면서, 샛강이 급격히 오염되어 河床에 scum형성과 악취발생을 관찰하였다. 이는 대죽 2리에 위치한 양돈농가에서 무단 방류되는 가축분뇨수 때문으로 판단되며 이들 양돈농가들은 대부분이 폐수 처리시설을 설치하지 않았으며(정화시설 설치비율 33% 〈표 2〉 참조), 설치하였다더라도 운영미숙이나 처리시스템의 낮은 처리효율로 오염물질이 과부하되므로써 적절한 처리가 이루어지지 못한 상태로 가축분뇨수가 방류되고 있기 때문이다.

Nitrogen의 농도가 높은 것은 생활하수에 의한 셋강수질의 오염기여보다 가축분뇨수에 의한 오염기여가 크기 때문이다. 셋강 발원지와 대죽 4리와 3리를 지날 때까지 검출되지 않았던 암모니아태 질소(NH<sub>3</sub>-N)가 양돈농가가 밀집해 있는 대죽 2리를 셋강이 지난 후의 지점인 표본 4에서부터 검출되는 것도 수질오염의 주원인이 양축농가에서 배출되는 가축분뇨수임을 보여주고 있다. 전반적으로 NO<sub>2</sub>-N의 농도는 그렇게 높지 않은 것으로 나타나고 있는데 이는 낮은 수온으로 인하여 미생물의 산화에 의한 질산염의 환원이 잘 일어나지 않은 것으로 생각되나 NO<sub>3</sub>-N은 농경지의 자연 발생원 또는 연소, 번개등에 의해 자연적으로 고정된 양이 표본 1, 2, 3, 4에서 나타나고 있고 표본 5에서부터 가축분뇨에 의해 공급된 NH<sub>3</sub>-N이 질산화되어 농도가 높아지고 있

는 것으로 판단된다. 대죽4리와 대죽3리 지역에 존재하는 한우 사육농가의 오염에 대한 기여도는 그다지 크지 않은 것으로 나타났으며, 그 이유는 절대 사육두수가 적은 것보다는 이 지역이 대부분 유우보다는 한우비육사업을 하기 때문에 양돈농가에 비해서 착유시에 주로 발생하는 축사세척수의 사용량이 적으므로 셋강으로 유출되어 방류되는 오염물질의 양이 적기 때문으로 생각된다. 그러므로 우사나 돈사를 청소할 때 세척수 사용량을 감소시키는 것 또한 수질개선을 위한 방법이 될 수 있을 것으로 생각된다.

표본 5를 분석한 결과 표본 4보다 전반적인 분석항목에서 오염물질 농도가 낮은 것으로 분석되었으며, 그 이유는 수계의 형성망의 형태로 판단하여 볼 때 대죽 1리의 중간부에서 유입수계가 형성되어 있으며 이 유입수계에는 주변에 양축농가와 같은 오염물질 방류지역이 존재하지 않았다. 따라서 대죽리 셋강내의 오염물질을 희석시키는 결과를 가져오는 것으로 생각된다. 이후의 연구에서 셋강 수질오염 관리 프로그램을 구성할 경우에는 셋강은 계절적으로 수량의 변동이 크기 때문에 하계 장마철과 동계 갈수기의 수량에 따라서 오염도의 상대평가가 필요하며, 기온에 따른 미생물상의 변동, 경종형태 등이 고려되어야 할 점으로 생각된다. 다음 <그림 1>과 <그림 2>에서는 수질분석 결과를 3차원 그래프화하여 가시화하였다.

<그림 1>과 <그림 2>에서 보는 바와 같이 대죽 2리를 지나면서 COD와 BOD<sub>5</sub>, 그리고 Nitrogen의 수준이 급격히 높아지는 것을 관찰할 수 있었으며, 이 지역은 대규모 양돈농가(평균 1,432두/가구)가 있는 지역으로 양돈농가에서 배출되는 가축분뇨수가 수질오염에 지배적인 역할을 한다는 것을 알 수 있었다. 셋강의 COD농도와 사육시설의 위치 및 부하량을 종합하여 <그림 3>과 같이 대죽리의 셋강 오염지도를 작성하였으며 우리 나라 小河水川, 즉 셋강의 특성상 유

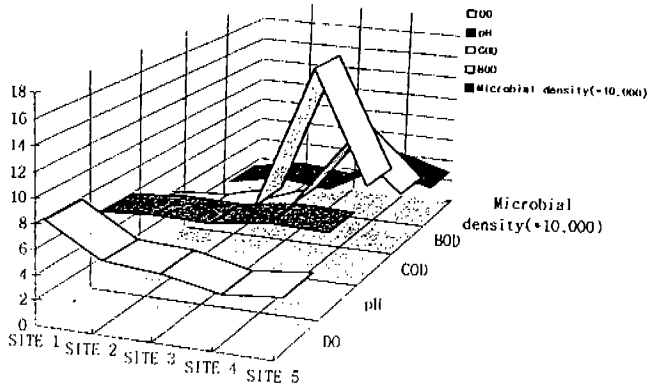
<표 5> 수질분석 항목과 분석에 이용된 시약, 배지

분 석 항 목	시 약 및 배 지	용 량
☐ Ammonia nitrogen	- Citrate buffer	2.0ml
	Salicylate reagent	0.3g
	Isocyanurate reagent	0.2g
☐ COD	- COD low level soln.	
☐ Nitrate-nitrogen	- Mixed acid reagent	5.0ml
	Nitrate reducing reagent	0.2g
☐ Nitrite-nitrogen	- Mixed acid reagent	5.0ml
	Color developing reagent	0.2g
☐ Dissolved Oxygen	- Manganese sulfate solution	0.4ml
	Alkaline potassium iodide azide	0.4ml
	Sulfuric acid 1:1	0.4ml
☐ Phosphate	- Phosphate acid reagent	1.0ml
	Phosphate reducing reagent	0.1g
☐ SPC Media	- Tryptone	5.0g
	Yeast extract	2.5g
	Dextrose	1.0g
	Agar	15g
	Distilled water	1 l

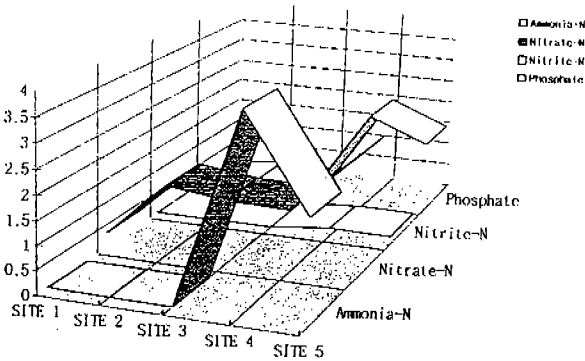
<표 6> 대죽리의 수질시험 성적표

	DO (mg/l)	NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	pH	COD (mg/l)	H <sub>x</sub> PO <sub>4</sub> (mg/l)	NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	Microbial density
sample 1	7.9	ND <sup>†)</sup>	5.98	3.8	0.04	0.33	0.01	0.8	1.6×10 <sup>5</sup>
sample 2	5.2	ND	6.34	4.0	0.19	1.52	0.01	1.2	2.5×10 <sup>5</sup>
sample 3	4.9	ND	6.21	5.2	0.08	1.35	0.02	3.0	2.0×10 <sup>5</sup>
sample 4	3.9	3.98	6.84	17.4	2.01	1.32	0.17	9.2	4.6×10 <sup>6</sup>
sample 5	4.4	2.11	6.65	8.1	1.52	2.53	0.16	5.0	3.2×10 <sup>6</sup>

(주) ND denotes Not Detected



〈그림 1〉 냇강의 DO, COD, Microbial density, BOD5, pH의 변화



〈그림 2〉 냇강의 HxPO4, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N의 변화

속이 빠르고, 유량이 적은 경우에 상류에서의 오염이 하류 지역에 직접적으로 영향을 미치고 있어, 축산이 수질오염에 크게 기여한다는 사실을 관찰하였다.

## Ⅵ. 대죽리 냇강 수질개선 계획

### 1. 계획의 기본구상

대죽리와 같은 농촌지역은 일반적으로 주거밀도가 낮으며, 분산되어 있고, 지형변화가 다양하므로, 이러한 여러 마을의 오폐수는 관로를 이용, 집수하여 공동처리하기에 비경제적이며, 관로시설의 유지·관리에도 문제가 많다. 따라서 마을단위를 중심으로 소규모 분산처리시스템을 운영하는 것이 경제적이라고 보고하였다(농어촌진흥공사, 1994). 한편 농촌지역에는 자연정화 기능을 갖는 농경지, 산림지, 수로 등이 있어 이와 같은 마을 주변의 정화기능을 오폐수 처리

시스템에 적극적으로 활용하여야 하며(정 등, 1991), 이러한 오폐수 처리시스템은 대죽리와 같은 경축혼합형 농촌지역에서는 일반적인 하수처리시스템보다 경제적이며, 처리효율이 높은 토양피복형 접촉산화시스템으로 가축분뇨수중 액상을 처리하고 고형물은 공동퇴비화시스템을 설치하도록 계획해야 한다. 이 경우에도 공터나 산림지, 하천부지 등의 공간을 활용하여 처리시설을 설치하며, 농도(農道) 및 용배수로 부지 등을 경유하는 관로매설을 병행하여 이용하는 것이 효율적이다. 이와 같은 점을 고려해 볼 때, 대죽리의 냇강의 수질개선에 적합한 시스템으로는 자연적인 토양을 이용하고, 유지관리가 용이하며, 초기 시설 투자비가 적게 드는 토양피복형 접촉산화방식과 가축분뇨수의 자원화를 위한 퇴비화 시스템설치를 병행하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

### 2. 계획제원의 결정

대죽리의 수질개선을 위한 소규모 농어촌 오폐수 처리시설의 설계를 수행할 경우 대상지역의 특성성과 설치대상 지역인 대죽리의 특성이 충분히 고려되어야 하며, 계획제원 검토사항 및 설계시 고려사항과 기본 설계값은 〈표 7〉, 〈표 8〉과 같다.

#### 가. 계획 유입수질

〈표 7〉 설계 기본사항

제원 검토사항	고려 사항
수량 및 유입수질	① 지하수 이용, 일반 가정오수 및 돈사폐수
수량	① 이천군 지역 평균 강우량, 일반 토양으로 가정
시설등의 유입인구	① 5인 기준, 돼지 10두
수질	① BOD 20ppm 이하
년도	① 10년의 내구성
발생특성	① 장기폭기방식에 준한다
처리방법	① 퇴비화(composting) 등에 이용

〈표 8〉 설계를 위한 기본값

기본 설계 항목	설계이용수치
▷ 1인 1일 최대 오수량	250 l/day
▷ 돼지 1두 최대 1일 오수 발생량	114 l/day
▷ 불명수량	187~250 l/day
▷ 계획 1일 최대 오수량	2640 l/day
▷ 계획 1일 평균 오수량	2162 l/day



〈표 9〉 항목별 계획 유입수질

항 목	표 준 지	비 고
BOD <sub>5</sub>	200mg/ℓ	(50g/c.d ÷ 250 ℓ/c.d) × 1,000
SS	200mg/ℓ	(50g/c.d ÷ 250 ℓ/c.d) × 1,000
T-N	50mg/ℓ	(12.5g/c.d ÷ 250 ℓ/c.d) × 1,000
T-P	20mg/ℓ	(5.0g/c.d ÷ 250 ℓ/c.d) × 1,000

오폐수 처리시설에 유입하는 오수의 오염부하는 주로 유기물에 의하기 때문에 계획유입수질은 주로 BOD와 SS에 대하여 설정하며, 대축리의 경우에는 돈분뇨를 동시에 처리할 필요가 있으므로 T-N, T-P 항목의 추가가 필요하다. 유입수의 수질은 생활오수, 산업오수, 가축분뇨수 등 발생원에 따라서 다르지만 대축리와 같은 지역에서는 유입오수중 산업오수는 해당이 없으므로 생활오수, 가축분뇨수를 중심 발생원으로 간주하고 계획유입수질을 설정한다.

나. 계획처리수질

계획처리수질은 농어촌 용수의 수질보전 및 농어촌 생활환경개선을 도모하고 아울러서 하류공공수역의 수질보전에 기여할 수 있도록 합리적으로 정하게 된다.

현행 관련법규에 따르면, 처리수질은 주로 BOD<sub>5</sub>, COD 및 SS에 대하여 정하며 방류 하천의 수질기준 및 배출기준 등의 필요에 따라 T-N, T-P등의 수질항목을 추가하도록 되어 있으며, 수질환경보전법과 오수·분뇨 및 축산폐수처리법에 규정된 배출기준은 〈표 10〉과 같다.

3. 토양피복형 접촉산화방식

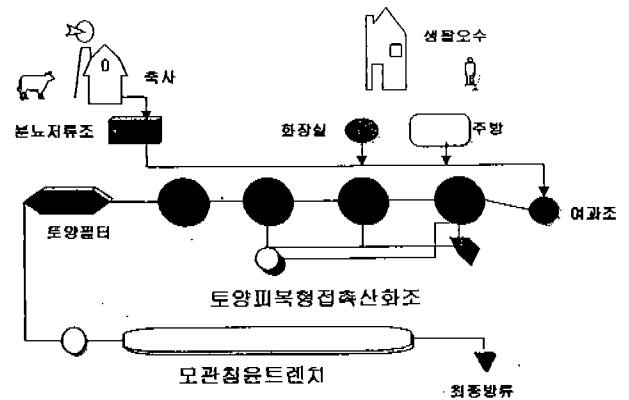
대축리에 이용할 수 있는 토양피복형 접촉산화방식을 이용한 수질개선 시스템의 공정도는 〈그림 4〉와 같으며, 예

로써 이용할 수 있는 수질개선 시스템의 설계도면을 〈그림 5〉에 나타내었다.

VII. 결 론

본 연구는 우리 나라 농촌의 특징인 경종지역과 축산이 혼재되어 있는 경축복합형 지역 수계의 오염상태를 파악하고 그 대책을 제시하기 위하여 수행되었으며, 예비 정성적 수질조사와 정량적 수질조사를 통해서 수질오염 상태를 파악하고 경축복합형 지역에 적합한 오폐수 처리시설을 고찰해 보았다.

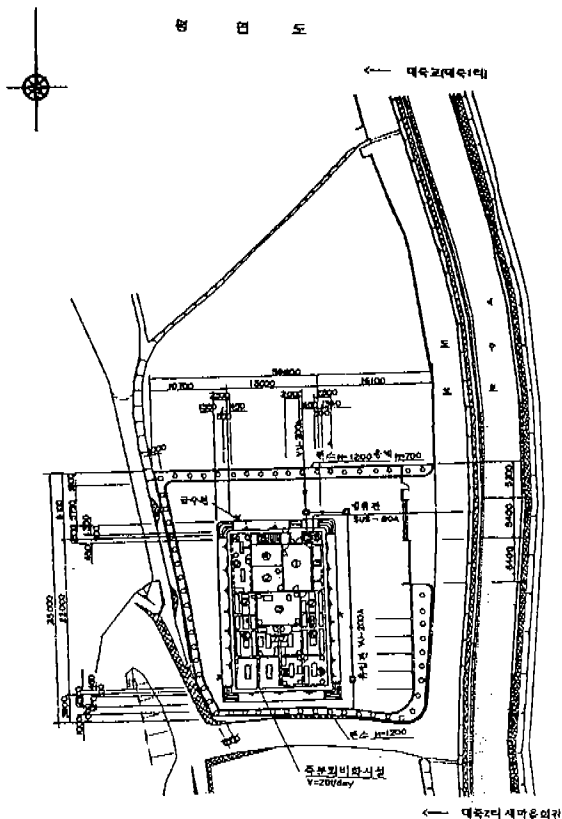
1) 정성적 수질조사를 통해서 경기도 일원의 농촌 기초 생활정주권역이 가축분뇨수로 인하여 심하게 오염되어 있음을 확인할 수 있었으며, 마을의 구성형태는 거주 지역내 혼재형, 수계 또는 도로형, 독립형, 단지형 등으로 분류된다.



〈그림 4〉 토양피복형 접촉산화방식을 이용한 수질개선 시스템의 공정도

〈표 10〉 규제법상 처리 방류수 수질 기준

수질환경보전법에 규정된 처리장 배출수 수질기준					
구 분	BOD <sub>5</sub> (mg/ℓ)	COD <sub>5</sub> (mg/ℓ)	SS(mg/ℓ)	기타(mg/ℓ)	
하수종말처리시설	20이하	40이하	20이하	T-N : 60이하 T-P : 8이하	
폐수종말처리시설	30이하	40이하	30이하		
오수·분뇨 및 축산폐수처리법에 규정된 배출기준					
		정 화 조	오 수 정 화 시 설		
			1일처리용량 100m <sup>3</sup> 미만	1일처리용량 100~200m <sup>3</sup>	1일처리용량 100~200m <sup>3</sup>
특정지역	BOD제거율(%)	65%이상	-	-	-
	BOD(mg/ℓ)	100%이상	30이하	30이하	30이하
기타지역	BOD제거율(%)	50%이상	-	-	-
	BOD(mg/ℓ)	-	100이하	80이하	60이하



<그림 5> 대죽리의 수질개선을 위한 이용가능 시스템 예시 평면도(1/5,000)

현재 거주지역내 혼재형이 약 80%, 수계형이 약 20% 정도로 파악되어 마을안에 거주지역과 가축사육시설 정도가 심하여 이에 대한 대책마련이 시급한 상황이었다.

2) 정성적 수질조사의 결과로 정량적 수질현장조사를 위한 대상 지역으로 경기도 이천군 설성면 대죽리를 선정하고, 수질을 분석한 결과 분석대상 전항목에 걸쳐서 가축분뇨수로 인한 악영향을 확인할 수 있었으며, 대죽 2리와 3리 지역에 위치한 양돈농가와 양우(養牛)농가로 인해 대죽 1리에서는 양축을 하지 않음에도 불구하고 심한 수질오염으로 인한 피해를 겪고 있음을 알 수 있었다.

3) 대죽리와 같은 지역의 수질개선을 위해서는 우리나라 농촌지역의 특성에 적합한 소규모 오폐수 처리 시설이 필요하다. 따라서 유지관리가 상대적으로 다른 시설보다 용이하고, 초기 시설투자비가 낮으며 자연환경을 이용할 수 있는 시설인 토양피복형 점축산화법에 대해서 고찰하였으며, 이 시설에는 발생되는 슬러지를 처리할 수 있는 자원화 시설이 포함되어야 할 것으로 판단되었다. 그러나 이와 같은 시설 또한 개선의 필요성이 많은 시설이므로 이에 대한 연구는 지속적으로 진행·발전되어야 할 것이다.

### 參 考 文 獻

1. 최홍림, 1994, 농어촌지역 소규모 축산폐수처리방안 보고, 농어촌진흥공사, p45.
2. 심재환, 1994, 한국농업용수의 오염 실태와 개선방향, 농어촌수질공사, p25.
3. 국립환경연구원, 1988, 축산폐기물의 적정관리, p139.
4. 환경처, 1984, "환경오염 공정시험법(수질편)".
5. James A. Merkel, 1981, Managing Livestock Wastes, avi. publishing ompany, p46.
6. 古川良平, 1994, 일본 축산의 큰 과제(축산분뇨처리), 축산배설물 처리이용에 관한 국제세미나, p17.
7. 농어촌진흥공사, 1994, 농어촌마을배수 처리시스템에 관한 연구보고서.
8. Metcalf and Eddy Inc., 1979, Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, Reuse, 2nd Ed., McGraw-Hill.
9. 정우선의 12명, 1991, 오염심화 소하천의 정화기술 실용화(Ⅱ)-토양트렌치법-, 국립환경연구원보 제 13권, 국립환경연구원.
10. 류재근의 4인, 1986, 축산폐수가 하천오염에 미치는 영향에 관한 연구(上)-세균학적 조사를 중심으로-, 대한수의사회지 제22권 제 3호, pp. 169-175
11. 류재근의 4인, 1986, 축산폐수가 하천오염에 미치는 영향에 관한 연구(下)-세균학적 조사를 중심으로-, 대한수의사회지 제22권 제 4호, pp. 238-244
12. 이동원의 5인, 1992, 부속된 가축분뇨가 지표수오염에 미치는 영향, 한국농촌경제연구원·국립축육원 가축배설물처리 및 이용에 관한 연구보고서 C92-14, pp. 299-324
13. 金瀚泰·權純國, 1993, 농촌유역에서의 수질오염 특성에 관한연구, 한국환경농학회지 제12권 제2호, pp. 129-143