

# 소규모 축산 농가가 산재한 유역 수질 모니터링

## Water Quality Monitoring from a Watershed with Small-Scale Livestock Production Farms

이 남 호\*(한경대) · 윤 광 식(전남대) · 김 성 준(전국대) · 홍 성 구(한경대)  
Lee, Nam Ho · Yoon, Kwang Sik · Kim, Seong Joon · Hong, Seong Gu

### Abstract

Water quality was monitored from a watershed with small-scale livestock production farms. To evaluate pollution potential, land use, population, the size of livestock production of each farm, and livestock management were surveyed. Climate and stream flow data were gathered. Water samples were taken periodically for base flow conditions and some storm events. Pollutant loading was estimated by flow volume and concentrations of constituents.

### I. 서론

농촌에서 주된 오염원으로는 생활오폐수 및 하수, 농공단지의 공장폐수, 축산시설에서 무단 방류 되는 가축분뇨수 등이며, 이중 가축분뇨수는 다른 폐수보다 오염부하량이 훨씬 높다. 특히 규제미만인 소규모 축산폐수의 배출특징을 살펴보면 대부분이 강우기에 빗물과 함께 축산농가로부터 하천까지 짧은 도달거리를 가지고 그대로 유입되고 있다. 문제의 심각성에도 불구하고 우리나라 농촌지역에서의 가축분뇨수의 수질환경에 대한 영향과 기작에 관한 체계적인 연구는 그리 흔치않다. 현장 모니터링을 통해서 축산활동이 유역의 수질에 미치는 영향 평가가 선행되어야하며, 기존의 수질농도 분석의 정성적인 접근 방법에서 오염부하량 총량을 추정할 수 있는 정량적인 분석기법이 도입되어야 한다.

따라서 본 연구의 목적은 대표적인 축산유역을 선정한 후, 유역내 축산시설의 조사, 축산분뇨 관리 현황 및 해당 유역의 수문 특성 조사를 실시하고, 수문/수질 계측망을 구성하고 대상 하천의 유량측정, 수질조사 및 분석을 통하여 축산활동이 유역의 수질에 미치는 영향을 정량적으로 분석하고 오염부하량을 산정하는 것이다.

## II. 시험유역 현황 및 조사방법

### 2.1 시험유역 및 조사내용

본 연구의 대상유역으로는 경기도 안성군 고산면(정동리, 야동리, 쌍령리)에 위치하고, 유역면적이 403.9ha 내에 20개의 소규모 축산농가가 산재해 있는 지역이다. 그림 1은 시험유역의 모습을 나타내며 총 6개의 소유역으로 구분하였다. 유역의 오염부하량 산정을 위해 수문 및 수질 조사를 실시하였다. 수문조사는 일별 강우량 자료, 시간별 일별 하천 수위자료, 수위-유량 관계 등을 수집 분석하였다. 수질조사는 주기적 (2주 간격) 또는 강우시 시간별로 수질 표본을 샘플링하고, 수질 분석을 실시하였으며 오염부하 특성을 고찰하였다. 유역 지상인자의 조사는 1/5,000 지형도, 토양도, 토지 이용도 등의 자료를 이용하며, 위성사진 자료와 현지답사를 통해 보완하였다.

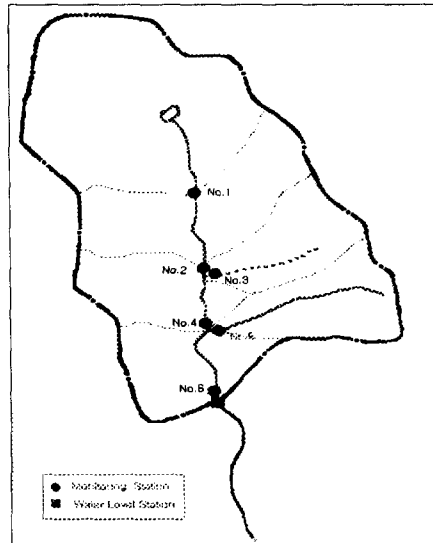
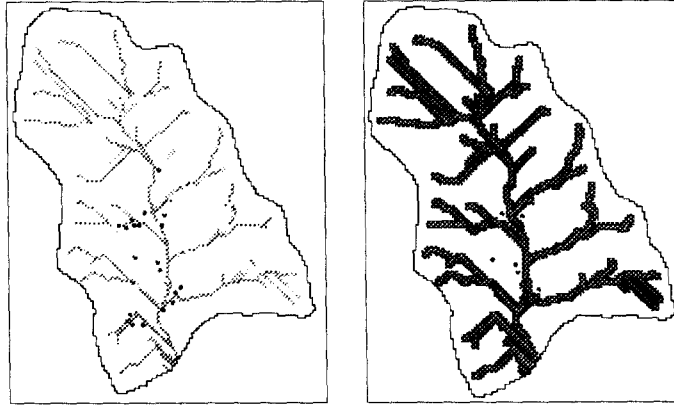


그림 1. 시험유역 구분 과 측정망

### 2.2 소규모 축산농가 현황

유역내의 축산농가 위치를 파악하기 위하여 현장답사와 GPS(Global Positioning System)를 이용하여 축산농가의 위치를 파악하였다. 대상 유역의 축산농가의 축종 및 사육두수, 축사 및 분뇨처리시설, 지붕의 유무등을 조사하였다. 유역내에 총 1,416가축이 사육되고 있으며 이중 한우가 62두, 젖소 284두, 돼지가 1070두였다.

한편 GIS Buffer 기능을 사용하여 축산농가가 하천에서 몇 m이내에 위치하는지를 파악하였는데, 그 내용을 정리하면 그림 2 및 표 1 와 같다. 분석결과 유역내 20개의 축산농가 중 19개 농가가 하천에서 100m 이내에 위치하고 있었으며, 10m~30m 거리에 분포한 축산농가의 비율이 가장 높게 나타났다.



(a) 하천에서 10m 이내

(b) 하천에서 30m 이내

그림 2. 축산 농가와 하천과의 거리

표 1. 축산농가와 하천과의 거리별 분포

축산농가와 하천간의 거리	10m이내	10m~30m	30m~50m	50m~100m	100m이상
축산농가수	3	11	2	3	1

### III. 결과 및 고찰

#### 3.1 원단위 오염부하량

그림 3과 4는 원단위를 이용하여 유역내 오염원별 발생부하량과 배출부하량에 대한 기여율을 살펴본 것이다. 발생부하량을 살펴보면 BOD, T-N, T-P 모두 축산이 가장 큰 오염원임을 알 수 있다. 배출 부하량을 살펴보면 토지이용과 축산이 비슷한 정도로 기여함을 알 수 있다.

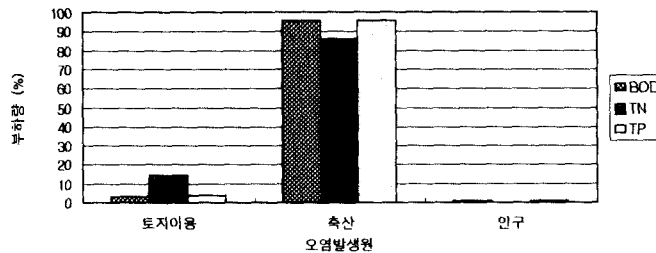


그림 3. 오염원 종류에 따른 오염발생부하량 기여율

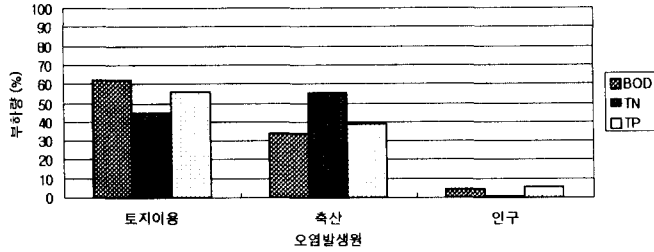


그림 4. 오염원 종류에 따른 오염 배출 부하량 기여율

### 3.2 강우-유출

그림 5는 조사기간중 강우-유출을 보여주고 있다. 7월 29일 과 9월 20일에 상대적으로 큰 강우-유출이 발생하였다.

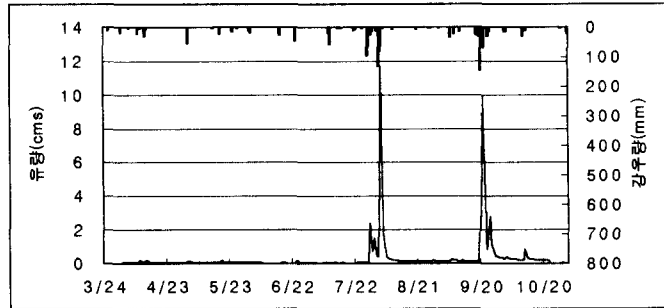


그림 5. 조사 기간중 강우-유출

### 3.3. 수질 항목별 분석 결과

측정별 수질 항목별 분석결과는 표 2와 같다. 시험구역의 각 수질 측정에 대한 수질 분석결과 DO는 4.93~9.79mg/l 범위를 나타냈으며 No 3에서 최대값을 나타냈고, No 5에서 최소값을 보였다. pH는 5.66~7.88의 범위를 나타냈으며, No 6에서 최대값, No 5에서 최소값을 나타내고 있다. SS는 0.12~599 mg/l로 최소가 0mg/l를 나타내는 지점은 시료의 부족으로 측정을 못하였고 No 1에서 최대값을 No 2에서 최소값을 나타내고 있다. COD는 1.5~259.5 mg/l 범위를 나타내고 있으며 No 5에서 최대값을 No 4에서 최소값을 나타내며, T-P는 0.58~0.01 mg/l 범위를 나타내며, No 5에서 최대값을 No 2에서 최소값을 나타내고 있다. T-N은 0.69~19.42 mg/l 범위를 나타내며, No 5에서 최대값을 No 2에서 최소값을 나타내고 있다. 출구지점인 No 6의 DO의 평균치는 5.55mg/l, pH는 7.10, SS는 20.30mg/l, COD는 51.64 mg/l, T-P는 0.30mg/l, T-N은 4.69mg/l를 나타내고 있다.

표 2. 시험구역의 수질분석결과

지점	구분	수질측정 항목								
		DO	PH	Temp	SS	COD	T-P	T-N		
								NO3	TKN	T-N
1	최대	9.00	7.45	21.90	599.00	54.25	0.38	3.58	3.92	6.22
	최소	6.29	6.25	12.80	-	10.00	0.06	1.31	0.36	1.67
	평균	7.45	7.10	17.39	140.24	29.39	0.18	2.42	1.24	3.66
2	최대	8.93	7.79	25.00	474.70	133.75	0.50	5.10	6.27	10.97
	최소	5.75	6.51	14.50	0.12	16.75	0.01	0.48	0.21	0.69
	평균	7.31	7.24	19.29	122.25	47.93	0.24	2.70	1.97	4.67
3	최대	9.79	7.72	24.00	521.40	175.00	0.30	6.07	4.43	7.55
	최소	6.45	6.21	12.80	0.00	11.75	0.02	0.36	0.00	0.85
	평균	7.73	7.13	18.51	153.56	55.14	0.19	2.06	1.91	3.97
4	최대	8.82	7.49	25.80	513.50	68.25	0.52	7.18	5.57	8.50
	최소	5.94	6.08	14.50	-	1.50	0.02	1.39	0.22	1.73
	평균	7.32	7.05	19.73	126.62	41.92	0.24	3.14	1.91	5.05
5	최대	8.22	7.62	23.80	487.00	259.50	0.54	3.20	16.22	19.42
	최소	4.93	5.66	13.80	0.28	13.50	0.12	0.98	0.42	1.63
	평균	6.52	6.93	18.56	120.04	65.93	0.28	1.85	3.33	5.18
6	최대	8.58	7.88	26.80	555.90	160.25	0.58	4.64	7.39	12.03
	최소	5.55	6.09	14.50	0.18	8.00	0.14	0.22	0.81	2.11
	평균	6.82	7.10	20.30	124.47	51.64	0.30	2.32	2.37	4.69

\* 99년 3/31부터9/3일까지의 자료임

### 3.4 실측된 구역의 오염부하량

부하량결과는 실측된 유량과 수질자료로부터 실하천유입 부하량을 산정하였다. 표 3과 같다. 비강우기의 하루 오염부하량은 SS가 0.4~195.6 kg/day범위였다. T-P는 0.5~3.7 kg/day범위를, T-N은 10.1~22.3 kg/day범위의 값을 보였다. 강우기의 수질분석 결과 하루 오염부하량은 SS가 43.4~114,763.0 kg/day범위를 보였으며, T-P는 0.5~269.0 kg/day범위를, T-N은 11.5~3,629.0 kg/day범위로 9/20일이 최대값을 7/27일이 최소값을 나타내고 있다.

비강우기 단위면적당 하루 오염부하량은 SS는 0.001~0.483 kg/ha/day, T-P는 0.001~0.009 kg/ha/day, T-N은 0.025~0.055 kg/ha/day범위를. 강우기 단위면적당 하루 오염부하량은 SS가 0.107~284.123 kg/ha/day, T-P는 0.0009~0.6660 kg/ha/day, T-N은 0.028~8.984 kg/ha/day범위를 보였다. 상기의 결과로부터 시험구역은 오염부하량은 강우기에 큰값을 보임을 알 수 있고, 토지이용에 따른 비점원오염원과 축산분뇨유출수가 오염부하량에 크게 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 표 4. 는 배출부하량과 유달부하량의 비율을 보여주는 유달율을 정리한것이다. 또한 배출부하량과 실측된 결과와 비교하면 시기별로 큰차이가 있음을 알 수 있다.

표 3. 실측된 유역 오염부하량

구분	날짜	SS		T-P		T-N	
		kg/day	kg/ha/day	kg/day	kg/ha/day	kg/day	kg/ha/day
비강우기	3/31	0.4	0.001	0.7	0.002	10.1	0.025
	4/29	0.7	0.002	2.1	0.005	18.1	0.045
	6/25	41.9	0.104	0.5	0.001	11.1	0.027
	9/3	195.2	0.483	3.7	0.009	22.3	0.055
강우기	5/18	785.0	1.943	3.5	0.009	286.0	0.708
	5/19	217.3	0.538	4.2	0.010	38.9	0.096
	7/27	43.4	0.107	0.5	0.001	11.5	0.028
	7/28	23,596.0	58.418	19.2	0.048	250.0	0.619
	7/29	114,763.0	284.123	66.3	0.164	59.0	0.146
	7/30	3,609.0	8.935	2.9	0.007	38.3	0.095
	9/5	2,023.0	5.008	9.5	0.023	63.4	0.157
	9/6	361.0	0.894	6.6	0.016	40.0	0.099
	9/19	985.0	2.439	18.5	0.046	112.4	0.278
	9/20	76,873.0	190.317	269.0	0.666	3,629.0	8.984
	9/21	2,741.0	6.786	17.4	0.043	130.9	0.324
	9/22	985.0	2.439	18.5	0.046	112.4	0.278
	10/1	478.0	1.183	11.7	0.029	61.7	0.153
	10/2	533.0	1.320	9.9	0.024	124.6	0.308

표 4. 조사기간중 오염부하 유달율

구분	날짜	유달율	
		T - P	T - N
비강우기	3/31	0.484	0.215
	4/29	1.566	0.384
	6/25	0.365	0.235
	9/3	2.726	0.473
강우기	5/18	2.631	6.075
	5/19	3.085	0.826
	7/27	0.379	0.244
	7/28	14.271	5.310
	7/29	49.279	1.253
	7/30	2.185	0.813
	9/5	7.024	1.347
	9/6	4.921	0.850
	9/19	13.751	2.388
	9/20	199.942	77.078
	9/21	12.933	2.780
	9/22	13.751	2.388
	10/1	8.689	1.311
	10/2	7.336	2.646

#### IV. 요약 및 결론

본연구에서는 축산유역 모니터링 기술 개발을 위하여 기상, 수문인자, 토지이용, 축산농가 현황과 축산 분뇨 관리 형태, 하천 수질 등을 종합적이고 체계적으로 파악하고, 그결과를 고찰하도록 하였다.

본 연구의 결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 도상 및 현지 답사 작업을 통해 경기도 안성지역의 전형적인 축산 유역을 선정하고, 수문계측 지점 1 지점, 수질 계측 지점 6 지점을 선정하였다.
- (2) 유역내 축산 농가의 위치를 파악하였으며, 축종 및 사육두수, 축사 및 분뇨처리시설등을 조사하였다.
- (3) 유역의 수문계측망을 구성하였으며 수위표와 자기수위계를 설치 하였다. 유역 강우량, 수위변화를 조사하고, 하천의 수위-유량관계를 조사 분석하였다.
- (4) 유역의 수문특성, 지상인자, 토지이용조사, 수문학적 토양군의 분류 등 수문과 수질에 영향을 미치는 제 인자를 조사하였다.
- (5) 축산유역의 하천 수질자료 수집을 위해 주기적(주 2회)으로 수질 샘플링을 실시하였으며, 강우기 연속 수질 샘플링도 병행하였다. 수집된 수질 샘플을 대상으로 수질 분석을 실시하였으며, 측정별 시기별 변화를 분석하였다.
- (6) 원단위를 이용 생활계, 축산, 토지이용에 따른 발생 및 배출 부하량을 산정하였으며, 유역의 총 오염발생 및 배출 부하량을 산정하였다.
- (7) 측정된 유량과 수질자료로부터 유역의 실하천 유입 부하량을 산정하였다.

#### V. 참고문헌

1. 김한태, 권순국. 1993. 농촌유역에서의 수질오염 특성에 관한 연구. 한국환경농학회지. 12(2):129-143.
2. 국립환경연구원. 1988. 축산폐기물의 적정관리.
3. 류재근외. 1986. 축산폐수가 하천오염에 미치는 영향에 관한연구 : 세균학적 조사를 중심으로. 대한수의사회지 제22권 제 3호 pp169-175.
4. 송봉호. 1993. 축산폐수에 의한 하천의 수질오염과 개선 방안에 관한 연구 - 밀양강 유역을 중심으로. 인제대학교 보건대학원
5. 이길후. 1997. 비규제 대상 축산폐수가 경안천 수질에 미치는 영향. 보건학 석사학위 논문 서울대 보건대학원
6. 최홍림.손재호.류순호. 1996. 가축분뇨수의 무단방류가 셋강오염에 미치는 영향. 한국농촌계획지. 2(1): 69-78
7. 최홍림, 한수연. 1997, 구릉지에 밀집한 소규모 낙농가의 축산폐수가 지천의 수질 환경에 미치는 영향. 한국 축산 학회지 39(4) : 457~466