

농업유역에서의 유출 오염부하량 조사

손재권 · 최진규

전북대학교 농과대학 (농업과학기술연구소)

Runoff Pollutant Load of Agricultural Watershed

Son, Jae-Gwon · Choi, Jin-Kyu

College of Agriculture (Institute of Agri. Science & Technology), Chonbuk National University

ABSTRACT : This study was carried out to provide the basic information for the water quality management of the Sumjin River Basin. The Chooryeongchon stream watershed was selected and the parameters representing water quality were investigated from May 1999 to September 2002, periodically. Yearly mean runoff ratio to the rainfall amount of the watershed was analysed as 26.6~58.8%. Temporal variation of water quality constituents such as water temperature, pH, EC, total nitrogen, total phosphorus were analysed. The result showed that pH ranged 5.7~7.7, EC 54~167 μ S/cm, COD 0.8~18.1 mg/L, respectively. Total-N and total-P concentration ranged from 0.89 to 5.19 mg/L and from 0.0004 to 0.030 mg/L, respectively. The relationships between runoff and mass load were derived and showed high linear relationships.

Key words : Agricultural watershed, Pollutant load, Runoff, Water quality management

1. 서론

농업유역에서의 농업비점원 오염물질은 강우-유출과 정중 지표수 유출, 농경지에서 관개 및 배수과정의 잉여수 배출, 또는 유출토사에 부착되어 하천과 지하수로 유입된다. 이들 물질은 농경지 유역 전체로부터 배출되는 주요 수질오염원으로 하천과 호소 및 지하수의 수질을 악화시킨다.

우리나라에서 호소와 하천에 대한 수질의 악화는 그동안 산업화와 도시화, 생활수준의 향상 등으로 인한 공장폐수, 생활하수, 축산폐수 등의 발생량 증가와 더불어 농업배수도 중요한 오염원으로 지적되고 있으며, 수질관리를 위한 유역내에서의 수문, 물질순환 기작의 변화 등을 고려한 수문, 수질 및 생태환경에 관한 모니터링, 모델링 기법이 요구된다(김계현, 1998, 이길성과 이범희, 1998, 한건연, 1999, 조흥연, 1999).

농업유역에서의 수문·수질환경에 관한 국내 연구로서 최지용 등(1996)은 하천 및 하소수 수질관리를

위한 자동측정망의 설계, 정하우 등(1996)은 농촌마을 하천의 수질관리 시스템 설계와 시험유역에 대한 적용성을 평가하였으며, 박승우 등(1996, 1997)은 농업유역의 생태환경 모니터링을 위하여 발안유역을 대상으로 수문, 수질 및 생태계 환경에 대한 현장 모니터링 기법 제시와 토지이용에 따른 비점원오염 부하량을 측정하였다. 또한 김상민 등(1999)은 발안유역의 유출특성과 SS, T-N, T-P 등에 대한 수질특성을 분석하였으며, 최종대 등(1999)은 하천수와 지하수의 수질 변화 모니터링을 통하여 토지이용이 농업소유역의 수질에 미치는 영향을 고찰하였다. 한편, 이종태(1998)는 도시유역으로서 홍제천유역에서의 유출 및 수질해석모형 SWMM, ILLUDAS, STORM, HEC-1 등을 이용하여 강우시에 수질변화를 분석하였다. 그러나, 농업유역에서의 수문과 물질순환과정을 정량적으로 분석하고, 이를 통하여 주요 오염원을 파악하며, 이를 효과적으로 조절하기 위해서는 유역수질관리 기술개발과 더불어 생태환경에 미치는 영향 등을 최소화할 수 있는 다양한 연구가 지속되어야 한다.

본 연구는 농경지와 관개용 저수지가 산재해 있는 유역으로서 섬진강 수계의 추령천 유역 하류부에 수

분관측 지점을 선정하고 유역특성인자, 토지이용상태 등 지형적 특성을 조사하였으며, 수문모니터링을 통한 수위와 유량측정 및 수질을 분석하였다. 이들 자료를 이용하여 유출특성을 파악하고, 하천의 수질 분석자료로부터 시기별 수온, pH, EC, 총질소 및 총인 등에 대한 수질변화를 검토하였다. 또한, 총질소 및 총인의 부하량과 유출량간의 상관성을 고찰함으로써 농업유역의 수질오염원 및 농업유역 하천관리를 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

II. 조사범위 및 방법

1. 조사 대상지구

본 연구의 대상지구는 섬진강 수계 추령천 유역이며, 조사기간은 1999년 5월부터 2002년 9월까지이다. 추령천 유역은 전라북도 순창군 쌍치면과 북흥면에 걸쳐 위치하고 있으며, 유역면적은 149.60 km² 이고, 본류의 유로연장은 28.32 km 이다<그림 1>. 본 유역의 토지이용을 보면 임야가 80.3%, 논과 밭이 17.3%, 기타가 2.4%를 차지하고 있다. 유역내 인구를 보면 전체 5,915명(2001년)이며, 행정구역별로는 북흥면이 3,137명으로 53.1%, 쌍치면이 2,776명으로 46.9%의 분포를 이루고 있다. 또한 가축수를 보면 한우가 2,236 마리, 돼지가 13,167 마리, 닭이 15,403 마리가 사육되고 있다.

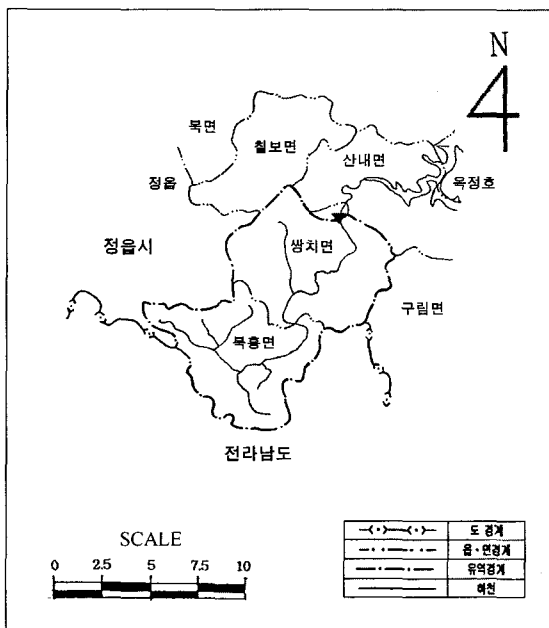


그림 1. 추령천 유역 위치도

표 1. 유역의 지형적 특성

위 치	유역면적 (ha)	총하천 길이 (km)	하천연장 (km)	최고점 (m)	최저점 (m)	기복량비 (m/km)	형상 계수
삼장교	14,960.7	284.7	28.32	763.0	205.0	19.7	0.187

표 2. 토지이용 현황

구 분	토 지 이 용					
	논	밭	임야	주거지	저수지	계
면적(ha)	1,815.8	773.73	12,015.03	222.50	133.64	14,960.70
(%)	(12.14)	(5.17)	(80.31)	(1.49)	(0.89)	(100)

표 3. 행정구역별 가축 현황 (2001년)

시 군	읍 면	가 축 (마리)				계
		한우	젖소	돼지	닭	
순창군	북흥면	1,441	0	117	678	2,236
	쌍치면	1,019	0	1,200	10,948	13,167
합 계		2,460	0	1,317	11,626	15,403

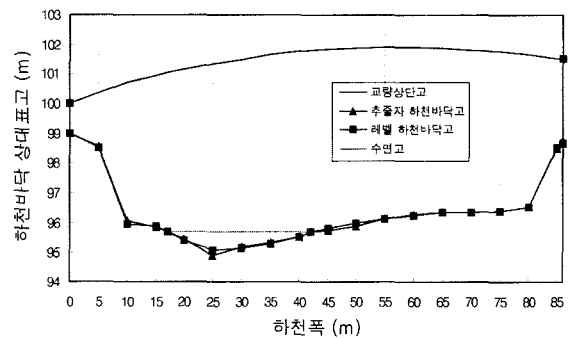


그림 2. 삼장교 지점 하천 횡단면도 (1999. 4. 18)

2. 수문조사

가. 기상자료

본 유역의 강수량은 섬진강 수계의 수자원공사에서 관리하는 쌍치 우량관측소와 순창군 쌍치면 및 북흥면의 강수량 자료를 수집하였다.

나. 하천 횡단면측량

유량 산정을 위한 하천 횡단면측량은 삼장교 상단 No.0 지점의 임시 표고를 EL.100m로 가정하고 년 1회씩 광파측량기를 이용하여 실시하였으며, 그림 2는 1999년의 측량 결과에 의한 횡단면도를 도시한 것이다.

다. 수위관측 및 유량측정

본 유역의 수문조사 지점은 순창군 쌍치면 오봉리 추령천 삼장교 지점으로 하천의 수위 및 유량 측정을

위하여 수위표와 WL-14 수위데이터로거(Global Water Co., USA)를 각 1조씩 설치하고 30분 간격으로 기록하였다. 유량측정은 프로펠라형 자기유속계(BMF002, Valeport, UK)로 측정하고 유량계산은 평균단면법을 이용하였다. 한편, 자기수위계로 기록된 수위값은 수위표 수위(H)로 변환하고, 유량측정에서 얻어진 자료를 이용하여 지수형 및 2차식의 수위-유량곡선식을 유도하였으며 이를 이용하여 시간별 수위를 유량으로 변환하였다.

3. 수질조사

수질분석은 1999년 5월부터 2002년 9월까지 매월 1~2회씩 삼장교 하천지점에서 물시료를 채수하여 분석하였다. 수질시료 채취는 각 지점당 3개소씩 수심 20 cm 되는 곳에서 폴리에틸렌용기(2ℓ)에 채수하여 Ice box에 보관하였다. 또한 수질시료중 암모니아태질소, 총질소(T-N), 화학적산소요구량(COD)을 측정하기 위하여 H₂SO₄로 pH를 2 이하로 조정한 다음 4℃ 이하에서 보관하였으며, 기타 시료보관 및 분석은 환경부의 수질오염공정시험법(환경처, 1993)에 기준하였다. 수질시료중 pH와 EC는 현장에서 기기(EC, pH- Meter : Mettler-Toledo Ltd)를 이용하여 직접 측정하였으며, COD는 과망간산칼륨법, 총질소와 암모니아태질소는 Kjeldahl법, 총인은 염화제일주석 환원법, Cu, Cd, Ni, Zn는 원자흡광분석법(Varian spectr AA 400), NO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻는 이온크로마토그래피(Dionex, MIC-2001)를 이용하여 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 유출량

조사기간중의 유출을 분석을 위한 강수량 자료는 쌍치면의 관측자료를 이용하였다. 연도별 강수량을 보면 1999년에 1,340.5 mm, 2000년에 1,407.6 mm, 2001년에 1,180.9 mm, 2002년에는 9월까지 1,063.1 mm를 기록하였고, 2001년도를 제외하고는 우리나라 연평균 강수량 1,274 mm 보다 많았으며 특히 2002년의 8월 하순에는 태풍 루사의 영향으로 큰 수해를 입기도 하였다.

한편, 쌍치면의 강수량에 대하여 수위 및 유량 측정을 통한 삼장교 지점에서의 유출량을 분석하였으며, 그림 3은 1999년에서 2002년 까지의 삼장교 지점의 일별 유량 수문곡선을 도시한 것이다. 조사기간인 1999년에서 2002년까지의 연간 유출율은 표 4에 정리된 바와 같이 26.6~58.8%로 나타났으며, 연간 총 유출량의 66.1~77.2%가 영농기간인 5월에서 9월까지 유출된 것으로 분석되었다.

표 4. 추령천 유역의 년평균 유출량

년도	쌍치면 강수량 (mm)	총 유출량 (1월~12월)		영농기간 (5월~9월)		비영농기간 (10월~4월)	
		유출량 (mm)	유출율 (%)	유출량 (mm)	유출율 (%)	유출량 (mm)	유출율 (%)
1999	1,340.5	585.0	43.6	448.4	48.0	136.5	33.7
2000	1,407.6	827.7	58.8	638.8	56.6	188.9	67.6
2001	1,180.9	314.6	26.6	192.3	24.8	122.3	30.0
2002	1,063.1	474.6	44.6	351.0	42.6	123.6	51.7

* 1999년은 5~12월, 2002년은 1~9월까지의 자료임.

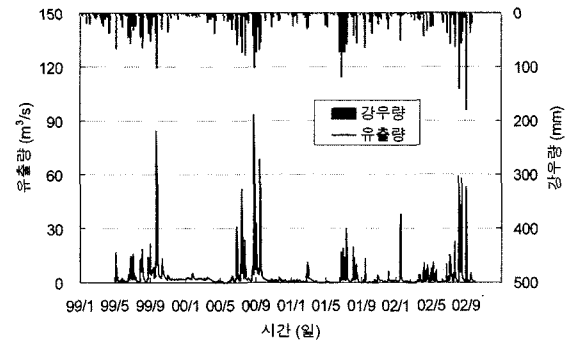


그림 3. 삼장교 지점의 일별 수문곡선 (1999~ 2002년)

2. 하천수질

추령천 유역의 시기별 수질변화를 조사하기 위하여 1999년 5월부터 2002년 9월까지 유량측정 지점인 삼장교 지점에서 하천수를 채수하여 수질을 분석하였으며 그 결과를 보면 다음과 같다.

가. 수온

수온은 수질의 변화에 영향을 미치는 중요한 항목중의 하나이며, 조사 지점의 시기별 수온의 변화는 그림 4와 같다. 1999년에 하천수의 수온은 2.0~28.0℃의 범위로 평균 20.1℃를 나타내었으며, 2000년에 하천수의 수온은 1.0~28.5℃의 범위였고, 평균은 18.3℃를 나타내었다. 또한 2001년에는 하천수의 수온이 0.0~25.0℃의 범위로 평균 13.0℃를 나타내었으며, 2002년에는 하천수의 수온이 3.0~28.0℃의 범위였고, 평균은 20.7℃를 나타내었다. 한편, 1999년 5월부터 2002년 9월까지 전체 조사기간의 수온은 0.0~28.5℃의 범위로 평균은 18.2℃를 나타내었고, 2001년 8월이 약간 낮은 것을 제외하고는 연도별로 약간의 차이는 있었지만 일반적으로 1월 중순부터 상승하기 시작하여 8월 중·하순경에 25~28℃의 최고 정점을 이룬 후 다시 내려가는 전형적인 년주기 변화를 보여주었다.

나. 수소이온농도(pH)

물에서 pH는 오염에 의한 수질변화를 예측할 수 있는 방법의 하나로서 하천수의 시기별 pH의 변화는 그림 5와 같다. 본 조사기간중 삼장교 지점의 하천수 수소이온농도(pH)는 1999년에 6.32 ~7.78의 범위로 평균 6.94로 나타났고, 2000년에는 6.39~7.56의 범위로 평균 6.98로 나타났으며, 2001년에는 5.76~7.62의 범위로 평균 7.01로 나타났으며, 2002년에는 6.33~7.32의 범위로 평균 6.92로 나타났다. 또한 1999년에서 2002년 조사기간 동안에는 5.76~7.78의 범위로 평균 6.96를 나타냈으며, 전반적으로 2001년 3월 하순에 6.0 이하로 낮아진 것을 제외하고는 시기별로 큰 차이를 나타내지 않았다.

다. 전기전도도(EC)

삼투압으로 인하여 작물의 수분흡수에 영향을 미칠 수 있는 전기전도도의 변화를 보면 그림 6과 같다. 조사기간인 1999년에 74~121 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 의 범위로 평균 99 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 를 나타내었고, 2000년에는 64~167 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 의 범위로 평균 103 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 를 나타내었으며, 2001년에는 80~115 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 의 범위로 평균 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 를 나타내었으며, 2002년에는 54~131 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 의 범위로 평균 84 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 를 나타내었다. 또한, 1999년에서 2002년까지 4개년 동안에는 54~167 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 의 범위로 평균 96 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 를 나타내었으며, 전반적으로 연도별 큰 차이는 보이지 않았다. 다만, 시기별로는 4월~6월에 높게 나타났는데 이는 수도 작 지대에 공급된 모내기 및 못자리용 용수의 공급을 위한 물관리 과정중 인위적인 배수와 농경지에 시비된 화학비료의 영향을 받았기 때문인 것으로 생각된다.

라. 화학적산소요구량(COD)

화학적산소요구량은 물에서 피산화성물질을 일정한 산화조건에서 반응시켜 그에 요구되는 산화제의 양을 산소량으로 계산한 것으로, COD가 높은 관개수는 토양 환원을 촉진하고 환원에 의한 수도 생육저해의 원인이 된다. 본 하천 지점의 화학적산소요구량을 조사한 결과 2002년에는 0.81~18.14 mg/L 의 범위로 평균 3.88 mg/L 를 나타내었다. 2002년 7월 하순과 8월 초순의 호우시 10.0 mg/L 을 초과한 경우를 제외하고는 5.0 mg/L 이내로 호소의 2~3 등급 수질기준을 유지하는 것으로 분석되었다.

마. 총질소

물에서 질소농도의 증가에 의한 생태학적인 영향으로 부영양화현상이 일어나는 것인데 이 현상은 질소를 비롯한 영양물질이 지나치게 풍부한 상태에서 수생식

물의 급속한 성장을 촉진시키게 된다. 관개수중 질소는 그 형태에 따라서 수도생육에 미치는 영향이 다르지만 어느 것이든 과잉으로 공급되면 질소과잉장애가 나타난다. 특히 과잉의 유기태질소는 토양에 축적되어 토양 질소 증가의 원인이 되며 이상토양환원과 질소과잉의 피해를 수도에 나타내게 된다. 본 하천유역 삼장교 지점에서의 총질소(T-N)의 함량은 1999년에 1.28~3.52 mg/L의 범위로 평균 2.75 mg/L을 나타내었고, 2000년에는 0.89~3.43 mg/L의 범위로 평균 2.12 mg/L을 나타내었으며, 2001년에는 1.26~4.51 mg/L의 범위로 평균 2.69 mg/L을 나타내었으며, 2002년에는 2.54~5.19 mg/L의 범위로 평균 4.01 mg/L을 나타내고 있었다. 그림 7은 시기별 총질소의 변화를 도시한 것이며, 전체 조사기간인 1999년에서 2002년 동안에는 0.89~5.19 mg/L의 범위로 평균 2.92 mg/L을 나타내고 있어 저수지 수질에 영향을 미칠 것으로 보여진다. 전반적으로 시기별로는 5월~7월에 총질소의 함량이 다른 시기에 비해 조금 높게 나타났다가 점차 줄어드는 경향을 나타내고 있는 데 이는 농경지에 시비된 화학비료가 잦은 강우-유출과정을 통하여 하천수질에 일부 영향을 미쳤기 때문인 것으로 추정된다. 또한 2001년 9월부터 2002년에 걸쳐 총질소의 함량이 약간 증가하는 추세를 보이고 있는데 이는 2001년 9월부터 시작하여 비영농기동안 지속된 하천정비와 이를 위한 준설 작업 등에서 야기되는 영향으로 추정된다.

바. 총인

인은 수질악화의 원인이 되며 부영양화를 일으키고 식물성 플랑크톤의 과다발생을 일으켜 이취미와 수색변동을 일으키는 영양염류중의 하나이며, 그림 8은 삼장교 지점의 총인 변화를 도시한 것이다. 총인의 함량 변화를 보면 1999년에 0.0012 ~0.0056 mg/L 의 범위로 평균 0.0029 mg/L를 나타내었으며, 2000년에는 0.0011 ~0.0093 mg/L 의 범위로 평균 0.0043 mg/L 를 나타내었으며, 2001년에는 0.0004~0.0204 mg/L의 범위로 평균 0.0082 mg/L를 나타내었다. 또한, 2002년에는 0.0004~0.0308 mg/L의 범위로 평균 0.0308 mg/L 를 나타내었다. 한편, 1999년에서 2002년 동안에는 0.0004~0.0308 mg/L의 범위로 평균 0.0078 mg/L를 나타내었다. 2001년 9월과 10월, 2002년 5월 이후에 총인의 함량이 다소 증가하는 경향을 보여주고 있으며, 전체 조사 기간동안에 0.05 mg/L 이하를 유지하고 있었다.

사. 음이온

식물체의 광합성 저해 및 환원상태에서 아연과 반응하여 난용성 ZnS를 만들어 아연결핍을 초래하는 음이

온중 염소이온의 농도는 1999년에서 2002년까지의 조사기간동안에 1.04~12.24 mg/L의 범위로 평균 5.04 mg/L, 황산이온의 농도는 0.46~12.72 mg/L의 범위로 평균 5.98 mg/L를 나타내었으며, 시기별로는 5월~6월에 약간 높게 나타난 것을 제외하고는 전반적으로 연도별 큰 차이는 보이지 않았다.

아. 중금속 오염물질

삼장교 지점의 하천수 수질분석에서 중금속의 함량

은 Zn이 0.001~0.018 mg/L의 범위로 평균 0.0076 mg/L, Cu는 불검출~0.008 mg/L의 범위로 평균 0.0012 mg/L로서 극미량을 나타내었다. 또한 Cd은 조사기간동안에 검출되지 않았다. 일본의 수도재배용 농업용수 제한기준인 아연 0.5 ppm, 구리 0.02 ppm, 카드뮴 0.01 ppm에 의하면 본 유역 하천수에서 검출된 중금속함량은 낮은 수치로 판단된다.

3. 유출 오염부하량

가. 하천수질 농도와 오염부하량

추령천 유역의 삼장교 하천지점에서 수질분석 자료 중 총질소와 총인에 대하여 수질 농도와 유량(Q)과의 관계를 살펴보면 그림 9와 같이 뚜렷한 상관관계를 보여주지 않았다. 한편, 오염부하량(L)과 유량(Q)의 관계를 지수형 L-Q 식으로 나타내면 그림 10과 같이 유량과 T-N 및 T-P 부하량 사이에 각각 결정계수(R²)가 0.9632 및 0.8173의 값으로 양(+)의 상관성을 나타내었으며, 특히 유량과 T-N의 관계가 높은 상관성을 보여주었다.

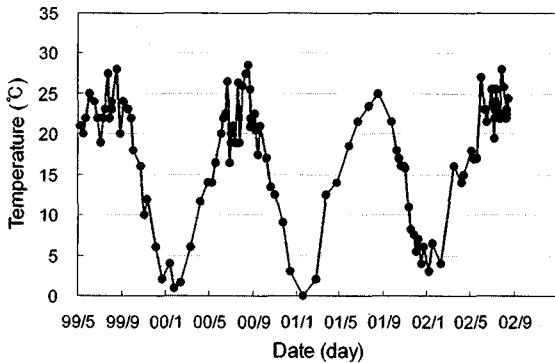


그림 4. 삼장교 지점의 수온 변화 (1999~2002)

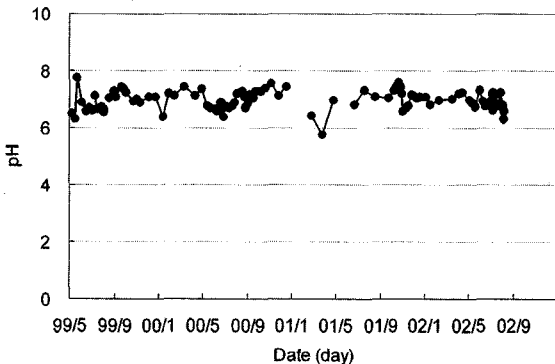


그림 5. 삼장교 지점의 pH 변화 (1999~2002)

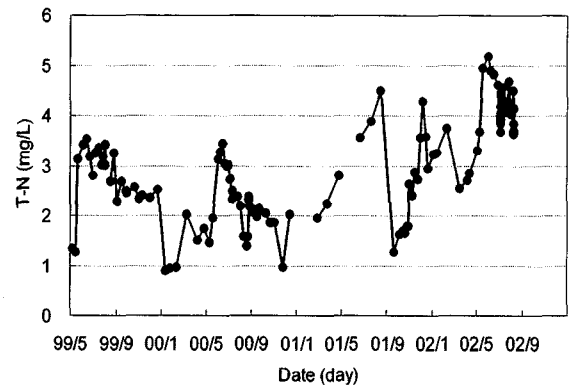


그림 7. 삼장교 지점의 T-N 변화 (1999~2002)

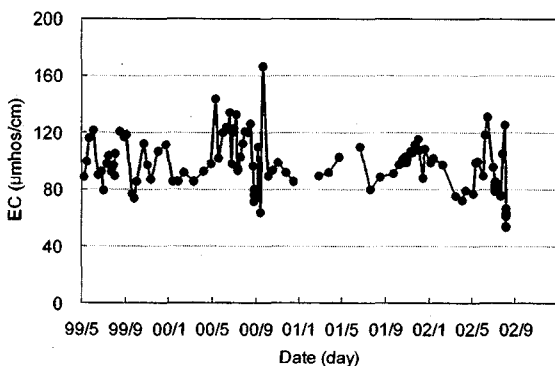


그림 6. 삼장교 지점의 EC 변화 (1999~2002)

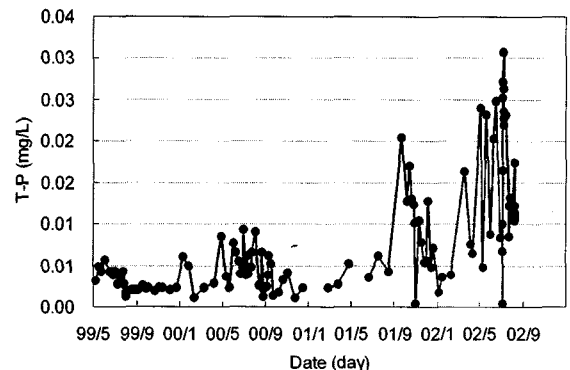


그림 8. 삼장교 지점의 T-P 변화 (1999~2002)

표 5. 총질소 및 총인의 월별 유출부하량 (1999~2002년)

(단위 : kg)

항목	년도	월 별												계
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
T-N	1999	-	-	-	-	11,010	19,420	30,931	44,597	80,629	26,485	12,562	10,708	236,343
	2000	10,245	5,074	9,068	2,988	1,794	26,413	48,275	67,993	68,519	6,423	5,625	2,908	255,324
	2001	4,644	7,047	7,457	636	1,614	16,654	37,870	42,195	9,683	4,031	6,622	12,635	151,089
	2002	28,434	3,484	6,726	17,684	21,321	13,732	54,663	99,068	30,687	-	-	-	275,799
	평균	14,441	5,202	7,750	7,103	8,935	19,055	42,935	63,463	47,380	12,313	8,270	8,750	245,597
T-P	1999	-	-	-	-	22	24	35	23	74	25	12	10	225
	2000	33	13	11	6	5	45	122	58	150	7	12	3	465
	2001	6	9	9	1	3	17	39	62	10	30	11	28	224
	2002	31	4	33	43	107	65	221	153	10	-	-	-	666
	평균	23	9	18	17	34	38	104	74	61	21	12	14	425

나. 하천 유출부하량

하천에서의 오염부하량을 산정하기 위하여 조사 지점인 삼장교 지점에서의 유량에 수질분석에서 얻어진 T-N, T-P 값을 곱하여 각 측정에서의 일별 하천 유출부하량을 계산하였으며, 표 5는 이 결과를 가지고 월별 유출부하량으로 정리한 것이다. 총질소와 총인의 연간 유출부하량에 대한 월별 유출부하량을 보면 강수량이 집중되어 있는 5월~9월 사이에 많은 양이 유출되었으며, 본 추령천 유역의 단위면적당 년평균 유출부하량은 총질소의 경우 16.4 kg/ha, 총인의 경우 0.028 kg/ha로 산정되었다.

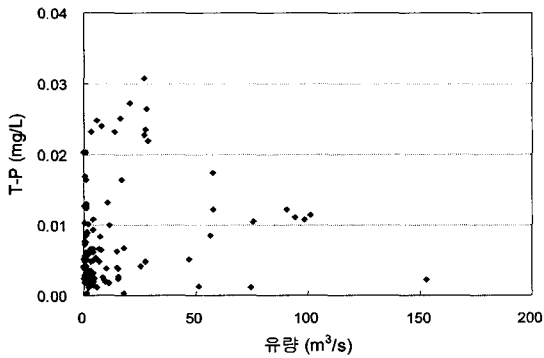
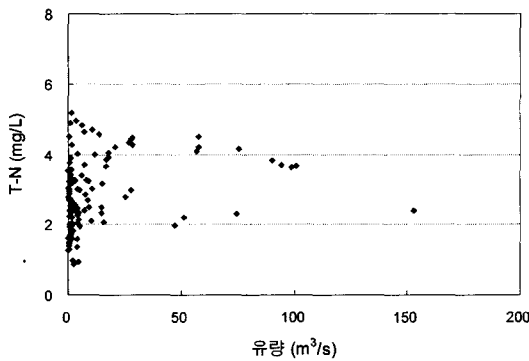


그림 9. 하천 유량과 T-N 및 T-P 농도의 관계

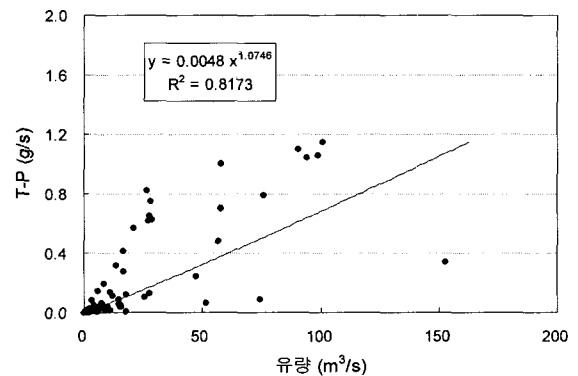
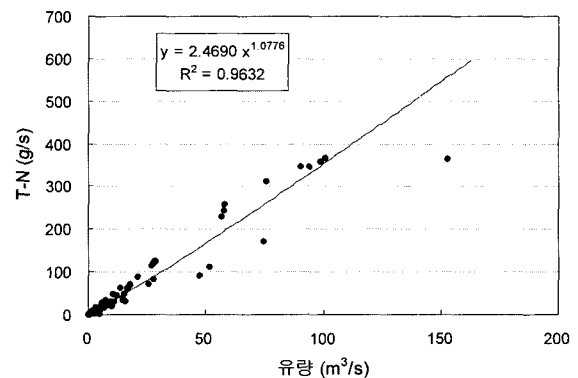


그림 10. 하천 유량과 T-N 및 T-P 부하량의 관계

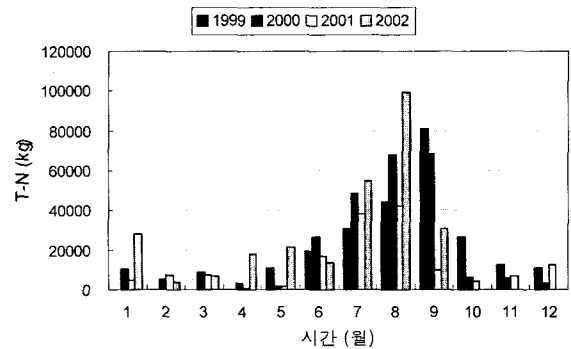


그림 11. 월별 T-N 유출부하량 (1999~2002)

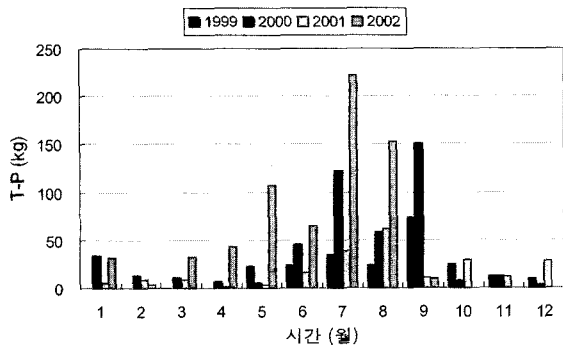


그림 12. 월별 T-P 유출부하량 (1999~2002)

범위로 평균 0.0078 mg/L를 나타내었다. 유출오염부하량을 분석한 결과 T-N 및 T-P의 수질 농도와 유량(Q)과는 뚜렷한 상관관계가 없었으나, 오염부하량(L)과 유량(Q)의 관계를 지수형 L-Q 식으로 분석한 결과 유량과 T-N 및 T-P 부하량 사이에는 높은 상관관계를 나타내었다.

본 연구는 전북대학교 2001년도 연구기반조성 연구비 지원에 의하여 수행되었음

표 6. 년도별 T-N 및 T-P 유출 오염부하량

년도	유출부하량 (kg/yr) (1월~12월)		영농기간 (kg/yr) (5월~9월)		비영농기간 (kg/yr) (10월~4월)	
	T-N	T-P	T-N	T-P	T-N	T-P
1999	236,343	225	186,587	179	49,756	47
2000	255,324	465	212,993	381	42,330	85
2001	151,089	224	108,016	130	43,073	93
2002	275,799	666	219,471	555	56,328	111

한편, T-N 및 T-P에 대한 유출 오염부하량을 5월에서 9월까지로 보는 영농기간과 비영농기간으로 구분하여 연도별로 정리하면 표 6과 같다. 연도별 총 유출부하량에 대한 영농기간 동안 유출부하량의 비율을 보면 T-N은 71.5~81.3%, T-P는 58.4~83.3%로 대부분의 부하량은 강우가 많고 영농기인 5월에서 9월 사이에 유출되는 것으로 나타났다.

IV. 결론

섬진강 수계 추령천 유역에 대하여 조사기간인 1999년 5월부터 2002년 9월까지 3년 4개월 동안 수문 모니터링과 유량측정 및 수질분석을 실시하였으며 그 결과는 다음과 같다. 추령천 유역의 삼장교 지점에서 강수량에 대한 년평균 유출율은 26.6~58.8%를 나타내었다. 수질분석에서 수온은 0.0~28.5℃의 범위로 평균은 18.2℃, pH는 5.76~7.78의 범위로 평균 6.96, 화학적 산소요구량은 0.81~18.14 mg/L의 범위로 평균 3.88 mg/L, 전기전도도는 13~167 μS/cm의 범위로 평균 94 μS/cm를 나타내었다. 또한, 총질소의 함량은 0.89~5.19 mg/L의 범위로 평균 2.92 mg/L, 총인산은 0.0004~0.0308 mg/L의

참고문헌

1. 김계현, 1998, GIS를 활용한 수질오염관리, 한국수자원학회지 31(1) : 49-57
2. 김상민, 박승우, 강문성, 1999, 농업유역의 수문/수질 특성 조사분석, '99 한국농촌계획학회 추계학술발표회
3. 박승우, 류순호, 강문성, 1997, 소유역의 토지이용에 따른 비점원오염 부하량, 한국농공학회지 39(3) : 115-127
4. 박승우, 윤광식, 임상준, 강문성, 1996, 농업유역의 생태환경 모니터링 기법 연구, 농촌계획 2(2) : 91-102
5. 이길성, 이범희, 1998, 환경관리를 위한 전문가시스템의 개발, 한국수자원학회지 31(5) : 73-86
6. 이종태, 1998, 도시유역에서의 유출 및 수질해석 모형, 한국수자원학회지 31(6) : 709-725
7. 정하우, 최진용, 김대식, 박기욱, 배승중, 1996, 농촌마을 하천의 수질관리 시스템, 농촌계획 2(2) : 109-117
8. 조홍연, 1999, 수질예측모형의 입력자료 산정방법, 한국수자원학회지 32(1) : 84-91
9. 최중대, 이찬만, 최예환, 1999, 토지이용이 농업소유역의 수질에 미치는 영향, 한국수자원학회지 32(4) : 501-510
10. 최지용, 박원규, 이상일, 1996, 하천 및 하소수 수질관리를 위한 자동측정망의 설계, 한국수자원학회지 29(2) : 167-178
11. 한건연, 1999, 하천수질 모델링의 이론과 적용, 한국수자원학회지 32(1) : 22-31