

연구논문

자운천 유역 내 환경특성과 탁류발생의 관계성에 대한 기초연구

함광준 · 배선학* · 김준현** · 박성빈 · 김성석

강원도보건환경연구원, 강원대학교 지리교육과*, 강원대학교 지구환경공학부**

(2006년 4월 14일 접수, 2006년 8월 16일 승인)

A Basic Study on the Relationship between the Environmental Characteristics and Turbidity Generation in Jaun Watershed

Kwang-Jun Ham · Sun-Hak Bae* · Joon Hyun Kim** · Sung-Bin Park · Sung-Seok Kim

Gangwon Institute of Health & Environment,

Department of Geographic Education Kangwon National University*,

Division of Geosystem and Environmental Eng. Kangwon National University**

(Manuscript received 14 April 2006; accepted 16 August 2006)

Abstract

The purpose of this study is to understand the relation between the land use status in watersheds and stream turbidity. Major water quality components (flow rate, turbidity, SS, BOD, TN, TP, etc.) of two streams (Jaun and Naerin) and the land use status for each correspondent watershed have been analyzed through the field sampling and the geographical overlaying of land use and watershed map. The detailed results of this study showed that; turbidity has been increased rapidly from 1.9 to 13.0 NTU for Jaun Stream, 0.4 to 0.7 NTU for Naerin Stream, due to the increased flow rate during the period of June. The agricultural area of the Jaun watershed was 13.5km² (10.1% of the overall watershed), comparing to 2.0km²(1.4%) of upper watershed of Naerin stream. The forest was widely distributed along the 30m buffering zone from the center of Naerin stream, which comprised 64.14% of the whole watershed area. But in case of the Jaun, the ratio of forest was 17.84%, while the ratio of farming field was 30.33%.

Key words : Turbidity, Land Use, Buffering Zone

1. 서론

유역의 수질관리에 있어서 오염원 관리는 매우 중요한 부분이라고 할 수 있다. 하수관거의 정비와 환경기술의 발달로 인해 점오염원 관리에 대한 성공 사례들은 일부 찾아볼 수 있지만, 아직도 비점오염원의 관리에 있어서는 뚜렷한 대안이 제시되지 않고 있다.

한편, 기상이변으로 인한 집중호우 시 발생하는 탁류문제는 수자원의 가치하락은 물론이고 수질의 악화와 수생태계의 파괴를 동반하고 있다. 이와같은 탁류의 원인은 대부분 토양의 침식과 상류 유역 내 경작지로부터 발생하는 비점오염원 형태가 대부분이다.

특히, 청정하천의 상류에 경사경작지가 위치하고 있는 경우 토양 유실에 따른 탁류발생과 토양 내 존재하는 영양염류(인, 질소)에 따른 수질오염으로 인해 수자원의 질적 저하와 관광자원으로서의 가치 하락 현상이 발생하고 있다.

강우에 의해 유출되는 비점오염원의 관리는 유역관리적인 접근방법을 선택하는 것이 바람직할 것이다. 이와 같은 유역관리적인 접근방법은 유역 내 지형특성(경사도 등), 토지이용형태, 지표피복의 형태 등을 체계적으로 관리함으로써 큰 성과를 얻을 수

있으며, 체계적이고 과학적인 관리를 위해서는 지리정보시스템(GIS)을 활용하는 것이 바람직하다고 판단된다.

따라서, 본 연구에서는 유역 내 탁류의 주요인이 되는 오염원을 정확히 파악하여 효과적으로 관리할 수 있는 유역관리기법을 제시하고자 하였으며, 이 기법의 구현을 위해 대상유역(강우에 의한 탁류발생이 극심한 유역과 영향이 적은 유역)에 대한 지리정보시스템을 구축하고 공간분석을 실시하여 토지이용형태 및 지형특성을 분석하였다. 이와 같은 분석을 통해 유역 내 토지이용특성과 탁류발생과의 관계를 규명함과 더불어 하천오염의 완충지역이라고 할 수 있는 수변구역의 토지이용에 따른 하천별 오염도를 비교분석하였다.

II. 연구 내용 및 방법

본 연구는 탁류발생의 주요 오염원을 평가하기 위한 지리정보시스템(GIS)을 이용한 유역 환경특성 분석과 강우에 의한 수질 변화를 파악하기 위한 하천수질조사로 구성되어 있다. 유역 환경특성 분석은 유역별 토지이용도를 이용하였으며, 하천수질조사는 2005년 3월부터 11월까지 매월 정기조사를 실시하여 분석평가 하였다. 세부적인 연구내용 및 방법

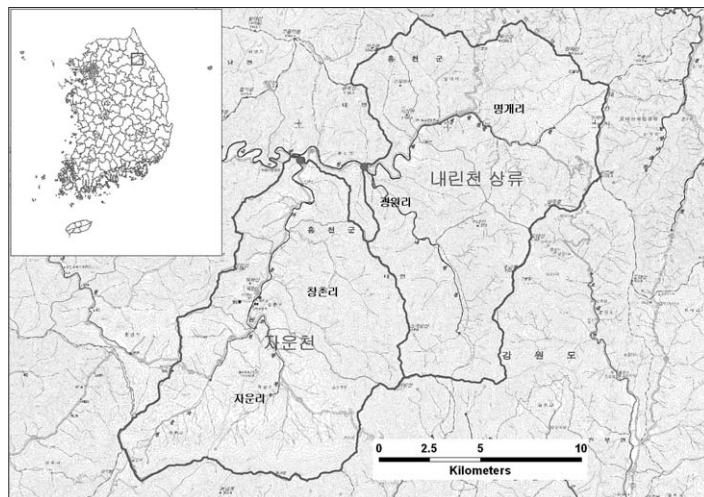


그림 1. 연구대상유역 및 수질조사지점

표 1. 주제도별 공간 자료

주제도	수치지도	제작	제작년도
DEM, TIN	1/5,000 지형도	국립지리원	1999
토지이용도	지적도	홍천군	2005
수계도	1/5,000 지형도	국립지리원	1999
유역도(조사유역)	유역도, 1/5,000 지형도	수자원공사, 국립지리원	2002

은 아래와 같다.

1. 대상 유역 선정

본 연구에서는 경사경작지의 토양 유출로 인한 인근하천의 수질 변화를 파악하기 위하여 고랭지 채소단지가 밀집되어있는 홍천군 내면의 자운천 유역을 선정하여 조사하였으며, 대조유역으로는 자운천이 합류하기 전인 내린천 상류유역을 선정하였다.

대상 유역의 공간적 범위는 유량 및 수질측정 지점을 기준으로 하여 설정하였다. 자운천의 측정지점은 내린천 합류전 지점이므로 자운천 수계의 전유역이 대상유역이 되며 유역면적은 134km²로 조사되었다. 내린천 상류의 측정지점은 내린천과 계방천의 합류점에서 하류 방향으로 350m 지점이므로 측정지점을 기준점으로 하여 축척 1/5,000 수치지형도로부터 분수계를 추출한 후 대상유역을 설정하였으며, 유역면적은 143km²로 조사되었다(그림 1).

2. 유역 환경특성 분석

연구 대상 유역의 지형분석과 토지이용 분석을 위하여 총 4개의 주제도를 제작하였으며, 각 주제도를 이용한 GIS 공간분석을 실시하였다. 주제도 제작에 사용된 공간데이터는 표 1과 같으며, 공간분석은 상용 프로그램인 미국 ESRI사의 ArcGIS 9를 이용하였다.

1) DEM과 경사도

본 연구에서는 대상유역별 지형분석 비교 방법으로 상대고도와 경사도를 이용하였다. 상대고도와 경사도의 계산을 위하여 수치지형도로부터 DEM(Digital Elevation Model)을 생성하였다. DEM 제작은 축척 1/5,000 수치지형도에서 표고값을 추출한 후 이를 음영기복도(TIN: Triangulated Irregular Network)로 변환한 후 TIN으로부터 DEM을 생성하였다(그림 2). DEM의 공간해상도를 나타내는 셀(cell) 크기는 사용된 수치지도의 축척과 대상유역의

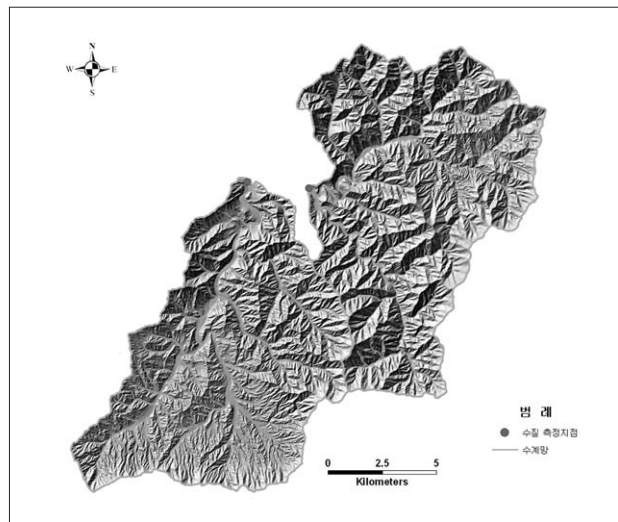


그림 2. 음영기복도(TIN)

범위 등을 고려하여 5m×5m로 하였다. 이렇게 구축된 DEM으로부터 연구지역의 표고와 경사도에 대한 주제도를 제작하여 연구에 적용하였다.

2) 토지이용도 분석

본 연구에서는 유역별 토지이용자료를 필요로 하기 때문에 토지이용도와 유역도를 이용하여 유역별 토지이용현황을 평가하였다. 토지이용도는 연구지역인 홍천군 내면 일대의 지적도를 이용하였으며, 지적도의 '지목' 값을 이용하여 개발지역, 경지, 산림, 하천 등으로 각각 분류하여 연구방향과 부합되도록 제작하였다. 토지이용현황을 유역별로 평가하기 위해서는 우선 본 연구를 위해 제작된 토지이용도와 유역도를 중첩하여서 각 유역별로 토지이용현황을 추출해야 한다. 이를 위해서 본 연구에서는 지리정보시스템(GIS)의 한 기능인 레이어 중첩기능을 활용하여 두개의 공간데이터를 중첩하여 새로운 공간데이터인 '유역별 토지이용도'를 생성한 후 각 유역의 토지이용형태별 면적을 산출하였다.

3. 하천 유량 및 수질 조사

대상하천에 대한 유량과 수질 조사는 2005년 3월부터 11월까지 매월 1회씩 총 9회 실시하였다. 유량 조사는 현장에서 유속을 측정하여 유량을 산정하는 유속-면적법을 이용하였으며, 수질 조사는 현장측정항목(기온, 수온, pH, DO, 전기전도도 등)과 유기물질(BOD, COD, TOC), 부유물질(SS, 탁도), 영양염류(총인, 총질소), 그 외 이온성 물질(질산성질소, 염소이온, 황산이온) 등 총 15항목을 대상으로 분석 평가하였다.

1) 하천 유량조사

하천 유량조사를 위하여 우선 하천의 통수단면을 여러 개의 소구간으로 나누어 각 소구간 마다 수심과 평균유속을 측정하여 각 구간별 평균유속과 단면적을 계산하였다. 계산된 평균유속과 단면적의 곱으로 소구간별 유량을 산정한 후 소구간별 유량의 합으로 전체 유량을 산정하였다. 유속은 자력식 유속계(Flomat-2000)를 이용하여 측정하였다. 조사 시

표 2. 유량 및 수질 조사 지점

지점명	조사 위치	비 고
내린천1	홍천군 내면 광원리 광원교 밑	유량 조사
자운천	홍천군 내면 자운리 자운교 밑	지점 동일
내린천2	자운천 합류후 1.5km 하류	-

기는 매월 1회 측정하는 것을 원칙으로 하였으며, 평수기, 갈수기, 강우에 의해 직접적으로 영향을 받는 시점 등 다양한 유량을 고루 측정할 수 있도록 고려하였다.

2) 하천 수질조사

수질조사는 유량조사와 병행하여 실시하였으며, 조사지점은 표 2와 같으며 탁류 하천이 하류 하천에 미치는 영향도 함께 평가하기 위해 유량측정지점 외에 내린천 2 지점을 추가로 조사하였다. 현장측정이 요구되는 수질측정항목인 기온, 수온, pH, DO, 전기전도도 등은 현장에서 측정하였으며, 기온과 수온은 ASTM 규격에 부합하는 표준 온도계를 이용하였고, pH는 SCHOTT Handylab1, DO와 전기전도도는 YSI 85를 이용하여 각각 측정하였다. 그리고 유기물질(BOD, COD), 부유물질(SS, 탁도), 영양염류(총인, 총질소), 이온성 물질(질산성질소, 염소이온, 황산이온) 등은 수질오염공정시험방법에 준하여 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 유역환경특성 분석

1) 경사도와 고도

대상유역의 지형특성 중 비점오염원 유출과 밀접한 관계가 있는 경사도를 지리정보시스템(GIS)을 이용하여 비교 분석하였다. 경사도 분석결과는 그림 3과 같으며 자운천 유역의 경사도는 0~88도(평균 경사도: 26도), 내린천 상류 유역의 경사도는 0~86도(평균 경사도: 30도)로 조사되었다.

하천의 수질에 영향을 미칠 것으로 예측되는 경작지의 지형특성을 평가하기 위하여 각 유역별 토지이용에 따른 경사도와 고도를 평가하였으며 그 결과

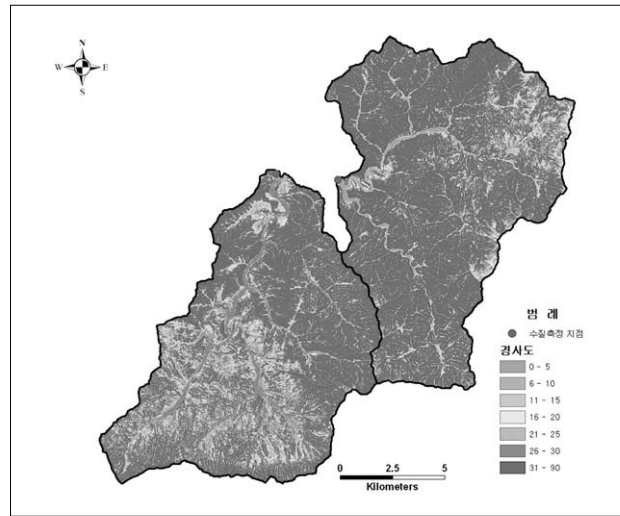


그림 3. 경사도 분석

를 그림 4와 그림 5에 제시하였다. 밭의 평균 고도를 살펴보면 자운천 유역은 683m, 내린천 상류 유역은 670m로 모두 고랭지 경작이 가능한 높은 곳에 위치하고 있다. 밭의 평균 경사도는 자운천 유역이 12도(21%), 내린천 유역이 14도(25%)로 농어촌정비법의 한계농지(경사도 15% 이상) 수준이며, 경사도 20%에서는 경사도 10%에 비해 1.5배의 토양이 유실된다고 알려지고 있어 높은 경사도의 경작지가 넓게 분포하고 있는 경우 강우시 토양 유실에 의한 탁류 발생 가능성이 높을 것으로 판단된다.

2) 토지이용도 분석

내린천 상류과 자운천의 비점오염원 구성을 파악하기 위하여 각 유역의 토지이용현황을 분석하였다. 분석은 앞의 연구내용 및 방법에서 기술한 대로 지리정보시스템을 이용하였고 분석결과는 그림 6과 같다. 그림 6에서 보여주는 바와 같이 두 유역 모두 임야 면적이 주를 이루고 있으며 경작지는 자운천 유역이 내린천 상류유역에 비해 넓게 분포하는 것을 쉽게 알 수 있다. 또한, 자운천 유역의 경작지는 주로 하천변에 위치하고 있어 경작지 오염원이 하천에

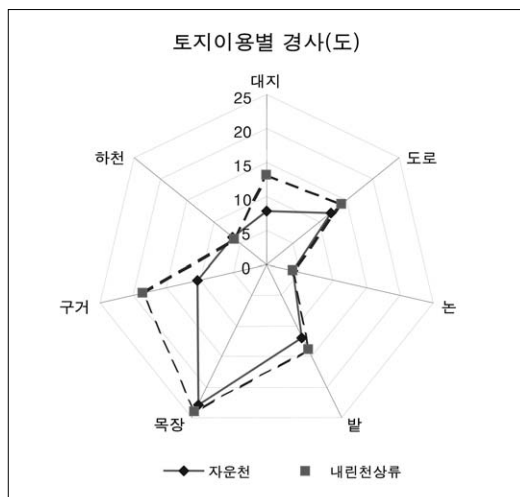


그림 4. 토지이용별 평균 고도

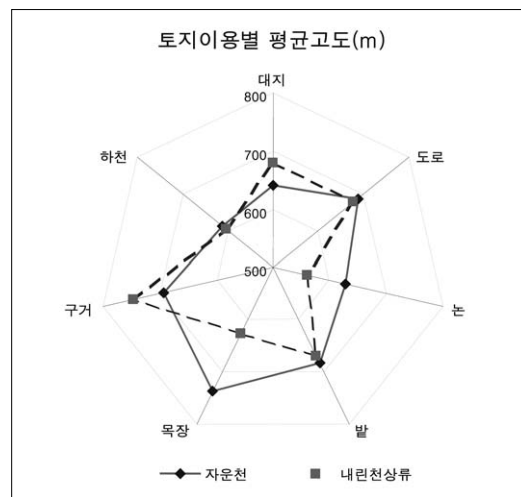


그림 5. 토지이용별 평균 경사도

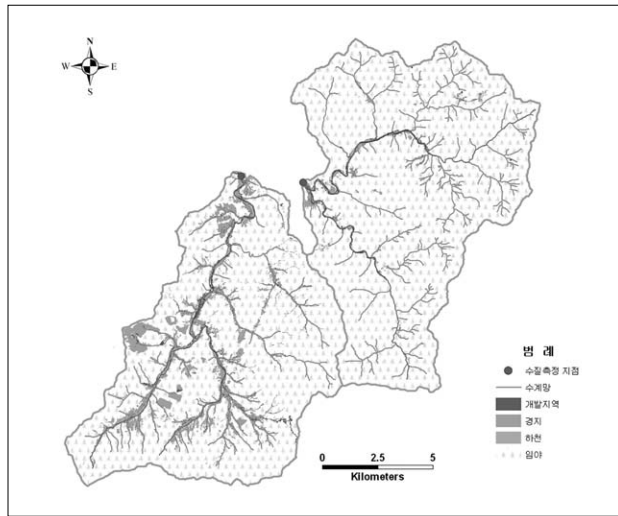


그림 6. 토지이용도 분석

직접적인 영향을 미칠 것으로 예상되며 하천수질과의 관계는 아래 “3. 토지이용과 수질”에 기술하였다.

2. 유량과 탁도

1) 유량과 수질

각 하천에 대한 유량조사 결과는 그림 7과 같으며, 유역면적이 큰 내린천 상류유역의 유량이 자운천유역의 유량보다 다소 많은 것으로 조사되었다. 그리고 조사결과 6월 29일의 유량이 최고유량(내린천 상류: 17.2m³/sec, 자운천: 13.5m³/sec)으로, 11월 24일의 유량이 최소유량(내린천 상류: 1.4m³/sec, 자운천:

0.9m³/sec)으로 각각 조사되었다. 한편 본 유량조사 결과는 월별 유량을 대표하는 것이 아니라 조사시점의 유량이므로 6월의 유량이 7, 8월의 유량보다 월등히 많다는 것을 의미하는 것은 아니다. 6월 29일의 유량이 최고유량이 된 것은 조사 이틀 전인 6월 27일에 조사대상유역에 126mm의 집중강우가 발생하여 나타난 결과라고 볼 수 있다.

각 하천에 대한 수질조사 결과는 표 3과 같으며 BOD를 기준으로 평가할 경우 모두 1.0mg/L이하의 1등급 수질을 유지하고 있는 것으로 조사되었으나 부유물질(SS)로 평가할 경우 경사경작지가 밀집되

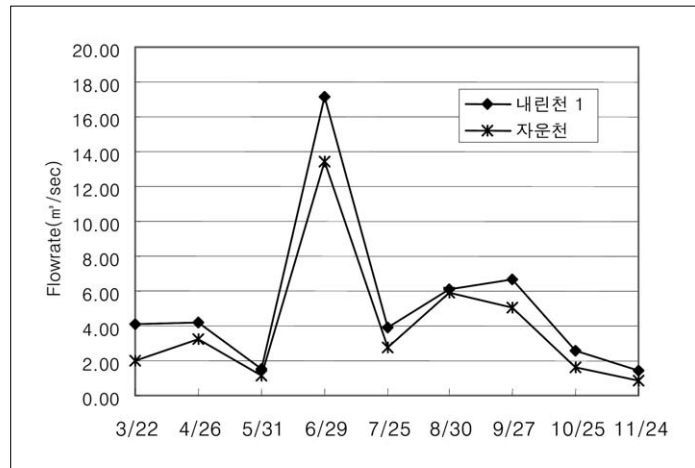


그림 7. 내린천과 자운천의 유량

표 3. 유량과 수질조사 결과

구 분	조사지점	유량 (m ³ /sec)	수온 (°C)	DO (mg/L)	Cond. (μS/cm)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	Turbidity (NTU)
평 균	내린천1	5.30	12.29	10.91	45.50	0.60	0.67	1.07	0.006	0.38
	자운천	3.99	14.01	10.43	99.01	0.69	12.93	4.57	0.034	6.21
	내린천2	-	13.46	10.77	71.12	0.63	6.36	2.50	0.019	2.47
최 대	내린천1	17.15	22.30	13.60	49.00	0.90	1.80	1.64	0.010	0.75
	자운천	13.47	23.70	13.20	109.90	0.90	46.40	5.86	0.062	28.56
	내린천2	-	23.10	13.60	79.60	1.00	22.00	3.66	0.033	12.44
최 소	내린천1	1.39	0.60	9.10	41.40	0.50	0.20	0.83	0.002	0.13
	자운천	0.86	2.50	8.50	85.50	0.50	0.80	3.84	0.008	0.12
	내린천2	-	2.00	9.00	63.70	0.50	0.40	1.98	0.003	0.15

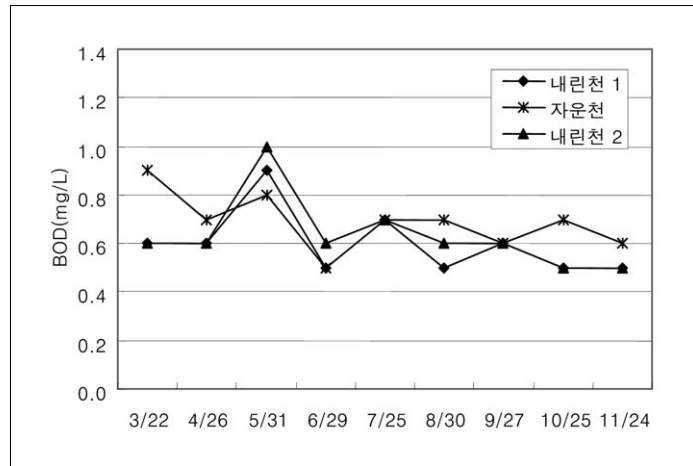


그림 8. 하천별 유기물질(BOD) 변화

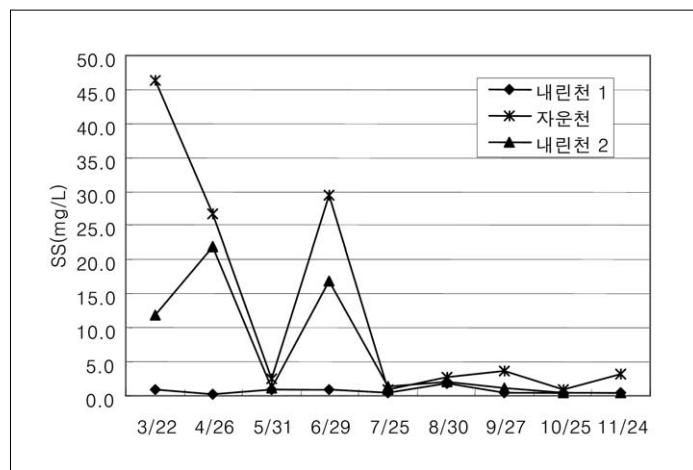


그림 9. 하천별 부유물질(SS) 변화

어있는 자운천의 경우 최고 46.40mg/L로 4등급 (25mg/L~100mg/L) 하천의 수질을 보여주시기도 하

며 평균 12.93mg/L로 내린천1의 평균 수질 0.67mg/L보다 19배나 높은 SS 농도를 나타내고 있

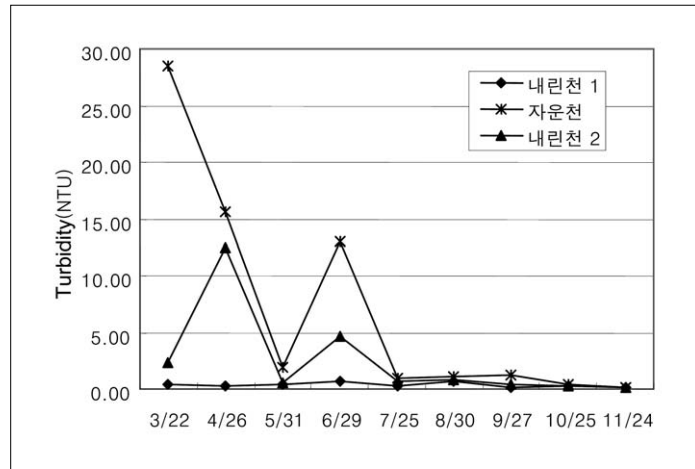


그림 10. 하천별 탁도(Turbidity) 변화

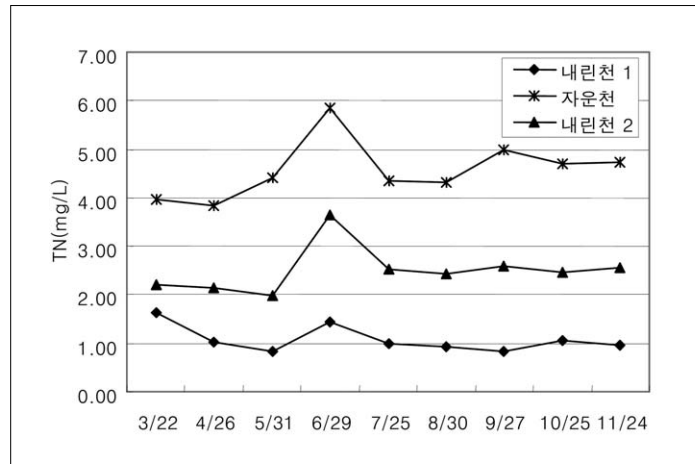


그림 11. 하천별 총질소(TN) 변화

다. 자운천 합류 후 1.5km 하류 지점인 내린천2의 SS 평균농도도 자운천의 영향으로 상류수질보다 약 10배 증가한 6.36mg/L로 조사되었다. 월별 수질 변화를 살펴보면 BOD는 농변기이고 갈수기인 5월에 가장 높은 농도로 조사되었고 SS, 탁도, TN의 경우에는 유량이 가장 풍부했던 6월에 높게 나타났으며 3월과 4월에 SS와 탁도의 농도가 높게 나타난 것은 하천유량이 적은 시기에 용설로 인한 영향인 것으로 판단된다(그림 8~11). 그리고 BOD는 상류와 하류의 농도차가 잘 나타나지 않지만 SS, 탁도, TN의 경우에는 오염도가 내린천1, 내린천2, 자운천의 순으로 조사되어 상·하류와 경사경작지 밀집지

역의 영향이 잘 나타나고 있다.

2) 유량과 탁도

비점오염원 유출의 주요 매개체는 강우에 의한 토사유실이라고 볼 수 있으며, 특히 강우 시 경작지로부터 유출되는 토사는 하천으로 유입되어 탁수를 발생하게 된다(한강수계관리위원회, 2003). 따라서 본 연구에서는 각 하천별 유량과 탁도의 변화를 비교하여 유역별 강우에 의한 비점오염원 유출 정도를 조사하였다. 그림 12에 제시한 바와 같이 자운천은 강우에 의해 유량이 급격히 증가한 6월에 탁도가 13NTU로 5월과 7월의 평균 탁도에 비해 약 10배 정도 증가한 것으로 조사되어 자운천 유역은 강우에

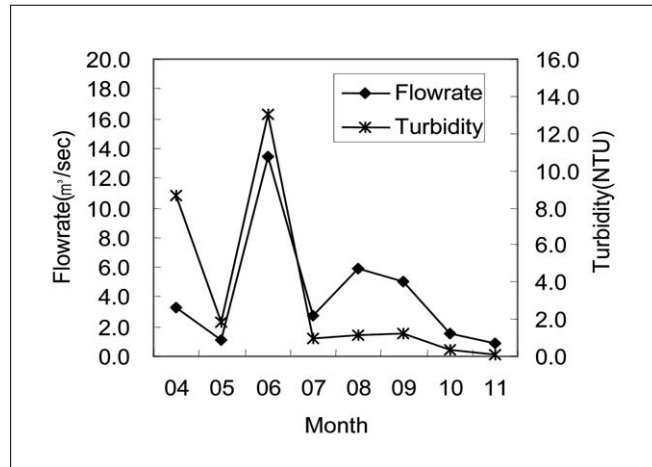


그림 12. 자운천의 유량과 탁도 변화

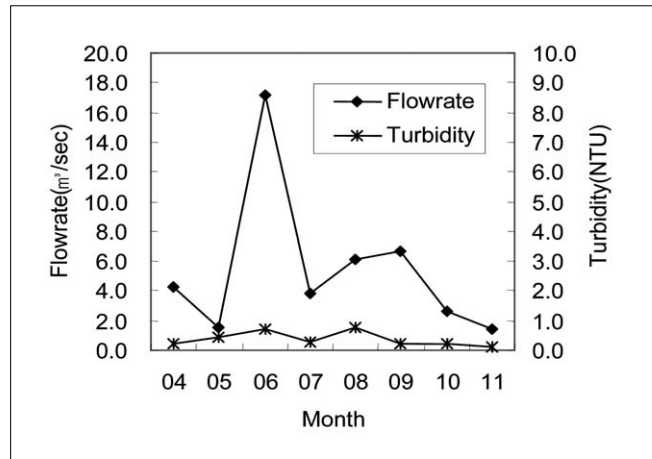


그림 13. 내린천 상류의 유량과 탁도 변화

의한 토사 유실이 매우 심각한 것으로 나타났다. 한편, 내린천 상류 유역의 내린천1 지점도 같은 시기인 6월에 하천 유량이 급격히 증가하였으나 탁도는 0.7NTU로 강우에 의한 토사 유실의 영향이 적은 것으로 조사되었다(그림 13).

그리고 유역별 하천유량 변동에 따른 수질의 변동폭을 파악하기 위하여 9회 조사한 결과를 이용하여 내린천 상류(내린천1)와 자운천의 유량과 수질에 대하여 항목별 표준편차를 비교하였다(표 4). 그 결과 내린천 상류의 유량은 4.80m³/sec, 탁도는 0.22 NTU의 표준편차를 보였으며, 자운천의 유량 표준편차는 3.98m³/sec, 탁도 표준편차는 9.48NTU로 두 하천의 유량에 대한 표준편차는 크게 차이가 없

으나 탁도의 경우에는 무려 40배 이상의 큰 차이를 보이는 것으로 조사되었다. SS와 총인, 총질소의 경우에도 자운천의 수질 변동폭이 내린천 상류에 비해 큰 것으로 나타났으나 수온, DO, BOD의 경우 두 하천의 변동폭이 유사한 것으로 조사되어 자운천의 수질변화는 산업시설이나 인구밀집지역에서 흔히 볼 수 있는 특정한 점오염원에 의한 수질 변화가 아니라 강우에 의한 경작지 토사유실과 같은 비점오염원에 의한 영향이라고 판단된다.

3. 토지이용과 수질

1) 유역 토지이용과 수질

앞의 연구에서 내린천 상류와 자운천의 유량 변

표 4. 수질항목별 표준편차

하 천	유량 (m ³ /sec)	수온(°C)	DO (mg/L)	Cond. (S/cm)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	Turbidity (NTU)
내린천1	4.80	7.13	1.48	2.52	0.13	0.48	0.27	0.003	0.22
자운천	3.95	7.32	1.54	7.01	0.12	16.84	0.61	0.017	9.48

표 5. 유역별 토지이용현황

구 분	내린천 상류 유역		자운천 유역	
	유역면적(m ²)	면적비(%)	유역면적(m ²)	면적비(%)
개 발	364,747	0.26	1,380,302	1.03
경 작	1,996,619	1.40	13,520,643	10.10
산 립	139,281,514	97.54	115,638,770	86.42
하 천	1,151,226	0.81	3,266,270	2.44
전체 면적	142,794,106	100.00	133,805,985	100.00

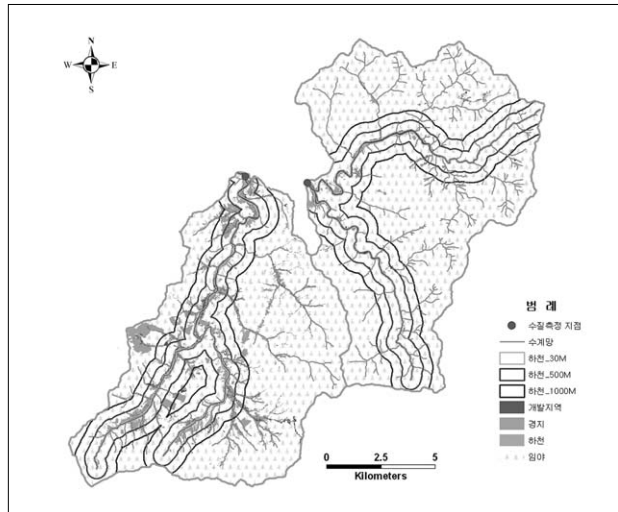


그림 14. 수변구역(30m, 500m, 1km)의 토지이용도

동에 의한 수질 변화 형태가 다른 것과 수질변화에 영향을 주는 요인이 비점오염원인 것을 파악하였다. 따라서 인접한 두 유역의 오염물질 유출 형태가 다른 이유와 자운천의 탁도 증가에 영향을 미치는 주요 오염원을 파악하기 위하여 각 유역의 토지이용현황을 분석하였다. 분석은 앞의 연구내용 및 방법에서 기술한 데로 지리정보시스템을 이용하였으며 분석결과는 표 5에 제시한 바와 같이 내린천 상류와 자운천 유역 모두 임야의 비율이 가장 높게 나타났으나, 경지의 면적비를 살펴보면 내린천 상류 유역의 경우 1.4%에 불과한 반면 자운천 유역은 10.1%

에 달하는 것으로 분석되었고 경작지 면적도 13.5km²로 내린천 상류 유역(2.0km²)에 비해 약 7 배 정도 넓게 분포하는 것으로 조사되었다.

2) 수변구역 토지이용과 수질

수변구역에 위치한 산림 완충지는 침전물과 영양염류의 제거에 탁월할 뿐만 아니라 생태학적인 측면에서도 매우 중요한 구간으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 하천을 중심으로 30m, 500m, 1000m 간격으로 범위를 설정하여 각 범위별 토지이용현황을 분석함으로써 유역별 수변구역의 완충능력에 대한 평가를 실시하였다.(그림 14). 각 설정

표 6. 수변구역(하천으로부터 30m, 500m, 1km 범위 내)의 토지이용현황 (단위 : km²)

구 분	30m		500m		1000m	
	내린천상류	자운천	내린천상류	자운천	내린천상류	자운천
개 발	0.08	0.08	0.29	0.82	0.11	3.83
경 작	0.22	0.64	1.52	6.78	1.58	19.59
산 립	1.89	0.37	26.86	20.61	50.80	43.92
하 천	0.76	1.01	0.96	1.75	1.03	1.77
전체면적	2.95	2.10	29.63	29.96	53.52	69.11

표 7. 하천으로부터 30m 범위 내의 토지이용현황

구 분	내린천상류		자운천	
	면적(km ²)	면적비(%)	면적(km ²)	면적비(%)
개 발	0.08	2.80	0.08	3.91
경 작	0.22	7.42	0.64	30.33
산 립	1.89	64.14	0.37	17.84
하 천	0.76	25.64	1.01	47.92
전체면적	2.95	100.0	2.10	100.0

범위별 토지이용현황을 살펴보면 표 7과 같으며, 경지면적의 경우 내린천 상류유역이 0.22~1.58 km²로 전체 면적의 3~7% 수준인데 반해 자운천 유역은 0.64~19.59km²로 전체 면적의 22~30% 수준으로 30m, 500m, 1000m 범위 모두에서 경작지 비율이 매우 높게 나타났다. 한편, 토사유실량을 저감시킬 수 있는 산림면적을 비교해 보면 내린천 상류유역은 하천으로부터 500m 이내 지역에서 전체 면적의 90% 이상이 산림으로 이루어져 있는 것으로 조사되었고 자운천 유역은 1000m 이내 지역에서도 64%에 불과한 43.92km²의 산림지역을 보유하고 있는 것으로 나타났다.

미국의 경우 토사 및 각종 오염물질의 하천유입을 방지하기 위하여 하천별 완충지의 최소 폭을 하천으로부터 100ft(30.48m)이상 유지할 것을 권장하고 있다(환경부, 2003). 따라서 본 연구에서도 조사대상 하천으로부터 30m 범위 내의 토지이용실태를 면밀히 분석하여 각 유역별 최소범위 완충지역의 관리 실태를 비교 평가 하였다(표 7). 그 결과 청정수질을 유지하면서 유량변동에 따른 수질 변화도 적은 내린천 상류의 하천으로부터 30m 이내 범위에서 오염물질 완충효과가 기대되는 임야면적이 전체 면적의 64.14%를 유지하고 있으며 주요 비점오염원인 경지

면적은 7.42%에 불과한 것으로 조사되었다. 한편 자운천 유역의 같은 범위(30m 이내)에서 임야면적은 17.84%에 불과한 반면 토사유실의 주요인으로 평가 받고 있는 경사경작지의 면적비가 30.33%에 달하는 것으로 나타나 자운천의 수변구역에서는 완충지로서의 역할을 기대할 수 없을 것으로 판단되었다.

IV. 결 론

본 연구에서는 탁류의 주요인이 되는 오염원을 정확히 파악하고자 연구유역을 대상으로 지리정보 시스템을 구축하여 유역별 토지이용현황을 분석하고 탁류발생과의 관계를 규명함과 더불어 수변구역의 토지이용에 따른 하천별 오염도를 비교분석하였다. 본 연구의 세부적인 결과는 다음과 같다.

1. 하천별 유량 및 수질조사 결과 강우에 의해 유량이 급격히 증가한 6월에 자운천의 탁도는 13NTU로 5월과 7월의 평균 탁도에 비해 약 10배 정도 증가하여 강우에 의한 토사 유실이 매우 심각한 것으로 나타났으나, 내린천 상류 유역은 0.7NTU로 강우에 따른 영향이 적은 것으로 조사되었다.

2. 하천 유량에 따른 수질변동을 파악하기 위하여 유량과 탁도에 대한 항목별 표준편차를 비교한 결과

내린천 상류의 유량과 탁도의 표준편차는 각각 $4.80\text{m}^3/\text{sec}$, 0.22NTU 로 나타났으며, 자운천은 각각 $3.98\text{m}^3/\text{sec}$, 9.48NTU 로 조사되어 두 하천의 유량에 대한 표준편차는 크게 차이가 없으나 탁도의 경우에는 무려 40배 이상의 큰 차이를 보이는 것으로 조사되었다.

3. 탁류발생의 주요 오염원을 파악하기 위하여 지리정보시스템을 이용하여 각 구역의 토지이용현황을 분석한 결과 내린천 상류 구역의 경작지 면적비율은 1.4%에 불과한 반면 자운천 구역은 10.1%에 달하고 면적도 13.5km^2 로 내린천 상류 구역 (2.0km^2)보다 약 7배 정도 넓게 분포하고 있으며, 자운천 구역 밭의 평균경사도가 12도로 농어촌정비법의 한계농지 수준이어서 강우시 토양 유실 가능성이 높은 것으로 판단되었다.

4. 수변구역의 오염물질 완충능력을 평가하기 위하여 하천으로부터 30m 범위 내의 토지이용실태를 면밀히 분석한 결과 청정수질을 유지하면서 유량변동에 따른 수질 변화도 적은 내린천 상류의 경우 오염물질 완충효과가 기대되는 임야면적이 전체 면적의 64.14%를 유지하고 있는 반면 자운천 구역의 임야면적은 17.84%에 불과하고 토사유실의 주요인인 경사경작지는 30.33%에 달하는 것으로 나타나 자운천의 수변구역은 완충지가 아닌 탁류발생의 직접적인 발생원이라고 할 수 있다.

5. 하천 탁류발생의 주요원인인 비점오염원의 관리의 한 개의 배출구만을 관리함으로써 해결되는 점 오염원과 달리 구역 전체에 해당하는 광범위한 지역의 관리가 요구됨으로 본 연구에서 제시한 바와 같이 수변구역 및 전구역의 토지이용을 정확하게 분석

할 수 있는 GIS기법을 이용하는 것이 보다 효율적이고 과학적인 구역관리방법이라고 할 수 있을 것이다.

6. 본 연구에서는 하천의 탁류발생이 구역의 경사 경작지에 의한 영향임을 입증하였지만 구역 특성과 수질과의 상관관계에 대한 과학적이고 통계학적인 분석단계까지는 미치지 못하였다. 따라서 향후 수리·수문학적, 통계학적 기법을 이용하여 구역의 환경특성과 비점오염원 유출, 구역특성과 하천수질의 상관관계를 보다 과학적이고 산술적으로 규명할 수 있는 지속적인 연구가 필요하다고 판단된다.

참고문헌

- 최중대, 2005, 토양유실의 저감대책, 춘천물포럼 2005 논문집, 337~362.
- 한강수계관리위원회, 2003, 탁수로 인한 수중생태계 영향조사 및 저감대책 제시, 한강수계관리위원회, 5.
- 함광준, 김준현, 심재민, 2005, GIS를 이용한 구역별 오염부하량 산정시스템의 개발, 한국환경영향평가학회지, 14(3), 97~107.
- 환경부, 2003, 구역관리기법, 환경부, 315~327.
- Heraty, M., 1993, A Guide to Developing and implementing a riparian buffer program as an urban stormwater best management practice, Metro. Wash. Council Gov. U.S. EPA office of Oceans, Wetlands and Watersheds, 152.