

연구논문

영산강 수계의 토지이용과 수질항목 간의 상관관계 분석

박진환 · 문명진 · 김갑순

국립환경과학원 영산강물환경연구소
(2013년 10월 15일 접수, 2014년 1월 7일 승인)

Analysis of Relationship Between Water Quality Parameters with Land Use in Yeongsan River Basin

Jinhwan Park · Myungjin Moon · Kapsoon Kim

Yeongsan River Environment Research Center, National Institute of Environmental Research
(Manuscript received 15 October 2013; accepted 7 January 2014)

Abstract

The purpose of this study is to provide a base line data to improve the water quality in the Yeongsan River basin. As the major factor that affects the water quality of Yeongsan River is nonpoint pollution source, in order to find a resolve to improve the quality, a study was conducted to identify the correlation between the stream water quality and that of the land use. The study showed that the concentration of the contents in the water from the agricultural land environment was found to be higher as oppose to that found in the content of the water from the forest land. As a result, it can be deduced that agricultural land deteriorates water quality whereas that of the forest land is of much better quality. Therefore, it is highly recommended to take advanced improved care of agricultural land close to a water source to improve the quality of Yeongsan River basin.

Keywords : Correlation Analysis, Land Use, Water Quality, Yeongsan River Basin, Non-Point Source

I. 서론

우리나라 하구 담수호 유역은 대부분 주거지역을 포함하고 있으며, 전형적인 비도시유역의 형태를 보이기 때문에 유역내의 효과적인 토지이용과 오염원 관리는 건전한 하천생태를 유지하기 위해 반드시 필

요하다(정광욱 등, 2006). 또한, 토지이용에 따른 수질특성을 분석하여 해석하는 것은 하천수질을 관리하는데 있어 매우 중요한 역할을 할 수 있으며(Han *et al.*, 2009), 하천이나 호소를 관리함에 있어 신속하고 간단하게 유역을 평가하는데 유용하게 쓰일 것이다. 실제로 농경지와 수질과의 상관성에 관한 연구

가 많이 수행되고 있으며, 강우에 의해 농경지로부터 유출된 오염물질이 하천으로 유입되어 수질에 악영향을 미치게 된다. 이에 토지이용과 관련하여 영양염류 농도의 상관관계에 대한 연구가 많은 연구자들에 의해 수행되었으며(Galbraith and Burns, 2007; Jordan *et al.*, 1997; Rhodes *et al.*, 2001; Shah *et al.*, 2007), 최근 비점오염원의 관리의 중요성은 계속 증대되고 있다. 차진명 등(1999)에 의하면 영산강은 기후와 유역면적 조건상 유지 용수량이 적고 갈수기가 길기 때문에 하천수질을 개선하기 위해서는 점오염원과 더불어 비점오염원을 차단하고 관리하는 것이 시급할 것으로 판단하였으며, 농경지에서는 많은 질소와 인과 같은 영양염류가 유출되므로 농경지의 위치, 토양 용수의 수질과 유량, 시비 등의 조건에 따라 수질 특성이 크게 변하게 된다고 보고하였다. 이처럼 토지이용에 따른 수질 관리가 시급한 시점에서 다양한 연구가 진행 되어왔다. 정광욱 등(2007)과 정성민 등(2012)은 화성유역에서 BOD₅, SS, T-N, T-P 등과 각종 수질항목에 대해서 강우시와 비강우시로 나누어 토지이용에 따른 수질변화를 분석하고, 강우시 한강유역에서 EMC(Event Mean Concentration)와 토지이용도, 강우량과의 상관관계를 분석하였으며, 정재운 등(2012)은 영산강수계의 소하천을 대상으로 토지이용 특성과 수질농도와의 상관관계 분석을 수행하였다. 그러나, 현재까지 영산강수계의 본류구간에 대한 연구는 미흡한 실정이며, 이에 본 연구에서는 영산강수계의 본류 구간과 본류로 유입되는 지류 구간을 대상으로 실측된 자료를 활용하여 토지이용 특성에 대한 수질변화를 분석하고 건기와 우기로 나누어 수질항목간의 상관관계 분석 및 토지이용점유율에 따른 수질 항목간의 상관분석을 수행하였으며, 영산강수계의 수질개선을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상 지역

영산강의 유역면적은 3,455 km², 간선유로연장은

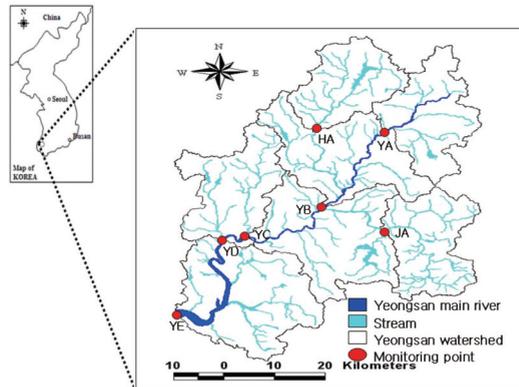


Fig. 1. Location of study sites and monitoring point.

129.50 km, 국가하천 5개로 하천분류를 중심으로 하천연장은 111.68 km이며, 영산강유역의 유로연장은 129.50 km로서 규모면에서 우리나라의 4대 하천이다. 영산강유역의 중류부인 광주천 합류점으로부터 나주시 다시면 구간은 하천 양안의 넓은 평야로 심한 자유사행이 발달하였으나 1930년대부터 하천정비가 이루어져 현재는 비교적 고른 유로가 형성되어 있다. 황룡강의 유역면적은 564.30 km²로서 국가하천과 지방하천으로 구분되며 각각 유로연장은 58.60 km와 34.40 km, 하천연장은 9.41 km, 34.40 km이며, 장성군 북하면 용흥리에 위치하며 장성읍에서 우안쪽으로 준용하천인 개천이 유입한다. 지석천의 유역면적은 657.20 km², 유로연장은 53.00 km, 하천연장은 34.00 km이며, 영산강의 좌측에 위치하는 유역 내 제일 큰 지류로 유역형태는 사각형태의 수지상이다(국립환경과학원, 2012).

본 연구의 모니터링 지점은 영산강수계 내의 본류지점과 본류로 유입되는 지류지점으로, 본류구간의 영본A(YA), 영본B(YB), 영본C(YC), 영본D(YD), 영본E(YE)지점과 황룡A(HA), 지석A(JA)의 지류구간으로서 총 7개 지점이다(Fig. 1.).

2. 수질 및 토지이용도 자료 수집

본 연구의 7개 모니터링 지점의 수질조사는 2012년 1월부터 12월까지 평균 8일 간격으로 대상유역 발달에서 조사하였으며, 수질분석항목은 BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical

Oxygen Demand), TOC (Total Organic Carbon), T-N (Total Nitro-gen), T-P (Total Phosphorus), SS (Suspended Solids)이며, 수질시료의 채취와 분석은 수질오염공정시험기준(환경부, 2008)에 준하여 실시하였다. 또한, 각 지점의 토지이용 현황을 분석하기 위해 환경부 1/25,000 토지이용도를 활용하였으며, 강우자료는 광주 지방 기상청의 자료를 활용하였다.

3. 상관분석

본 연구에서는 토지이용과 수질항목간의 상관분석을 위해 각 지점에 대한 토지이용별 면적을 산출하고 토지이용에 따른 상대 비율을 분석하여 토지이용 특성을 시가화, 논, 밭, 임야로 구분한 후 수질항목과의 상관분석을 실시하였다. 모니터링을 통해 수집된 BOD₅, COD, TOC, SS, T-N, T-P 등의 수질자료와 토지이용도와의 상관분석을 통계분석 프로그램인 SPSS(ver. 12.0)를 통해 분석하였다. 상관분석은 두 변수간의 선형적인 상관관계를 파악하는 것으로 한 변수가 다른 변수와의 관련성이 있는지 여부와 관련성이 있다면 어느 정도의 관련성이 있는지를 알고자 할 때 유용한 기법이다. 여기서, 두 변수간의 관련성을 나타내기 위한 척도로는 상관계수(Correlation Coefficient, r)가 많이 이용되며, 상관계수는 -1에서 1까지의 값을 갖는다. 또한, r-값이 유의수준 1% 내에 있으면 상관관계가 높다는 것을 의미하고, 5% 내에 있으면 보통의 상관관계를 의미하며, 5%보다 클 경우는 상관관계가 성립되지 않는 것으로 판단하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 강우특성

영산강수계의 2012년과 30년 평균(1981-2011) 강우량 자료에 대한 비교 결과는 Fig. 2.와 같다. 2012년 연간 총 강우량은 1626.8 mm로서 30년 평균 총 강우량의 1389.6 mm보다 약 237 mm정도 크게 관측되었으며, 2012년의 홍수기(6월-9월) 강우량 분포의 경우 각각 83.1 mm, 330.6 mm, 473.5 mm, 272.0 mm로서 30년 평균 강우량 176.2 mm, 306.7 mm, 302.2 mm, 145.5 mm와 비교해 볼 때 2012년의 6월 강우량이 약 93 mm정도 적게 관측되었으며, 반면 9월 강우량의 경우는 약 126 mm정도 크게 관측되었다. 우리나라의 기후적 특성으로 몬순 기후의 계절적 편중에 의해 강우가 집중되는 시기인 하계에 하천으로 비점오염원의 유출이 많고, 또한 연구지점의 특성상 소수의 지점은 상·하류구간에 보가 형성되어 건기에는 월류 되는 경우 외에 방류량이 적기 때문에 자료를 각각 건기(10-6월)와 우기(7-9월)로 나누어 분석하였다.

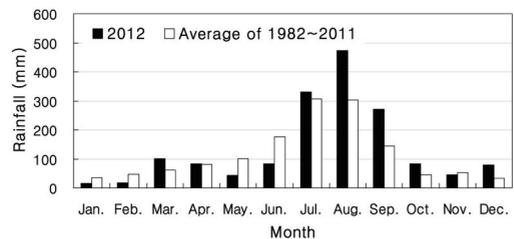


Fig.2. Characteristics of monthly rainfall in the Yeongsan river basin.

Table 1. Land uses classification in monitoring station for statistical analysis.

Sites	Residential		Paddy		Upland		Forest		Etc.		Total area (km ²)
	Area(km ²)	%									
YA	65.0	15.2	85.0	19.9	26.9	6.3	214.8	50.2	36.1	8.4	427.8
YB	141.0	20.8	155.8	23.0	66.9	9.9	112.3	16.5	202.9	29.9	678.9
YC	62.0	9.9	142.0	22.8	74.0	11.9	278.0	44.6	68.0	10.9	624.0
YD	39.0	9.0	102.0	23.4	50.0	11.5	205.0	47.1	40.0	9.2	435.0
YE	46.8	7.2	190.4	29.2	80.3	12.3	237.9	36.4	97.5	14.9	652.9
HA	19.3	5.3	41.7	11.4	20.4	5.6	258.1	70.7	25.6	7.0	365.1
JA	19.7	4.8	49.0	11.9	29.4	7.1	290.3	70.4	24.1	5.8	412.5

2. 조사지점의 토지이용현황

본 연구의 대상 지점에 대한 토지이용 특성은 Table 1과 같다. 토지이용에 따른 점유율을 살펴보면 시가지의 경우 영산강의 중류 구간에 위치한 YB 지점이 20.8%로 가장 높았으며, 지류인 JA 지점의 점유율은 4.8%로서 가장 낮았다. 논과 밭의 경우 하류 구간의 YE 지점에서 각각 29.2%와 12.3%로 가장 높은 점유율을 보였고, 반면 지류인 HA 지점은 각각

11.4%와 5.6%로 가장 낮은 점유율을 보였다. 임야에서는 영산강 본류로 유입되는 지류에 해당하는 HA와 JA지점의 점유율이 70.7%와 70.4%로 가장 높았으며, YB 지점에서 16.5%로 가장 낮게 조사되었다. 한편, 유역면적의 경우 YB 지점이 678.9 km²로 가장 넓은 면적을 차지하였으며, HA 지점은 365.1 km²로 가장 좁은 것으로 조사되었다.

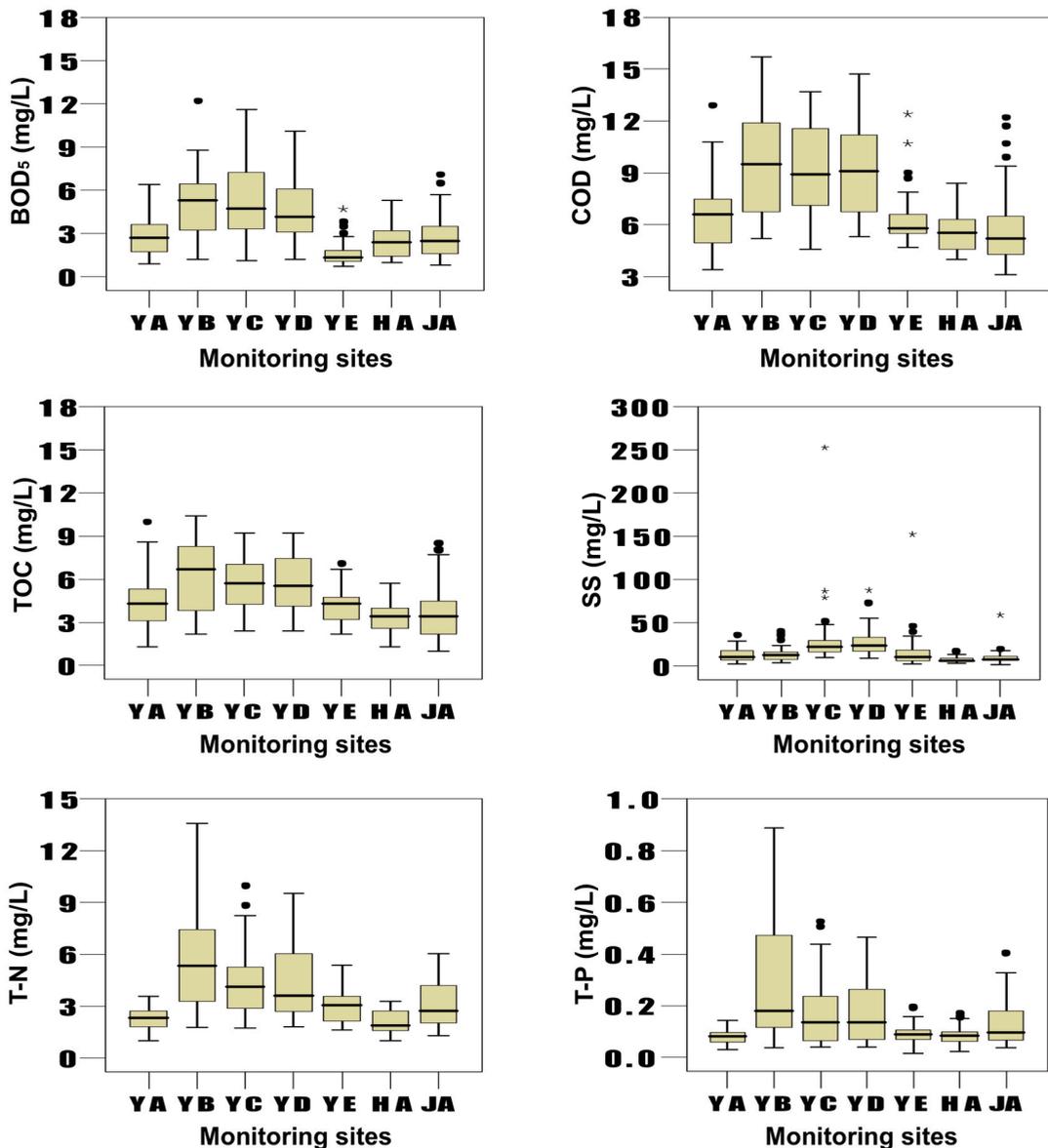


Fig. 3. Box plot of major water quality parameters in Yeongsan river watershed.

3. 토지이용에 따른 수질 특성

대상 유역에서 측정된 수질항목별 결과를 상자 그림(Box-Plot)으로 표현하였다(Fig. 3.). Box-plot은 최대값, 최소값, 중앙값, 사분편차를 사용하여 자료의 측정값들이 어떤 모양으로 분포되어 있으며, 극단값들은 어떠한지 등을 쉽게 알 수 있도록 하는 그림으로서 동일항목의 공간적 비교와 더불어 다양한 실험결과들을 비교할 때 쉽게 활용할 수 있는 방법이다. 본 연구에서는 최소값, 최대값, 1사분위수, 3사분위수, 중앙값을 상자 형태로 표시하여 그래프에 나타내었으며, 또한 각 측정지점에 대한 통계학적 특성치는 Table 2와 같다.

전 지점에서 관측된 수질항목별 전체 평균 농도를 살펴보면 BOD₅의 농도 범위는 0.7–12.2 mg/L, 평균 3.5 mg/L로 나타나 하천 생활환경기준 III등급(보통)에 해당한다. COD의 경우 3.1–15.7 mg/L, 평균 7.4 mg/L로서 생활환경기준 IV등급(약간 나쁨)으로 나타났으며, TOC는 1.0–10.4 mg/L, 평균 4.7 mg/L로 나타났다. 유기물을 나타내는 간접지표로서 각 항목에서의 크기는 COD>BOD₅>TOC 순으로 높게 나타났다. 또한, SS의 농도 범위는 1.7–253.0 mg/L, 평균 16.8 mg/L로 나타났으며, T-N의 경우 1.0–13.6 mg/L, 평균 3.6 mg/L이며, T-P의 경우 농도 범위는 0.016–0.888 mg/L, 평균 0.148 mg/L로서 하천 생활환경기준 III등급(보통)에 해당한다.

한편, 영산강수계 각 지점별 수질항목의 평균농도와 토지이용별 점유율과의 관계를 분석해보면 측정지점 중 본류 구간의 YB, YC, YD 지점에서 BOD₅, COD, TOC, SS, T-N, T-P의 모든 항목의 평균농도가 전반적으로 높게 나타났으며, 지류 구간 HA, JA 지점에서는 이와 반대로 모든 항목의 평균농도가 낮게 나타났다. 이는 본류 구간의 3개 지점과 지류 구간의 2개 지점과의 토지이용 특성이 다르기 때문이며, 해당 지점에 대한 점유율을 본류 구간(3개 지점)과 지류 구간(2개 지점)으로 나누어 평균 점유율을 비교해 보면 다음과 같다. 본류 구간의 논, 밭의 평균 점유율은 23.1%, 11.1%로서 전체 토지이용의 34.2%를 차지하고 있는 반면 지류 구간의 경우 11.7%,

6.4%로서 전체 토지이용의 18.1%로서 본류 구간보다 낮은 점유율을 차지하고 있었다. 그러나, 임야의 경우 지류 구간이 전체 토지이용의 70.1%로서 본류 구간의 36.1%보다 높은 것으로 나타났다.

본 연구결과는 특이하게도 토지이용 특성에서 농경지의 점유율이 클수록 모든 항목의 수질 농도가 높게 나타났다. 이는 BOD₅, COD, TOC의 경우 논과 밭에서 작물의 양분으로 유기질 비료, 퇴비 등을 많이 사용하여 강우시 토사와 함께 유기물이 다량으로 하천에 유입되는 특성 때문에 농도가 높은 것으로 볼 수 있다(정재운 등, 2012). 또한, 영양염류(T-N, T-P)의 경우 정재운 등(2012)에 의하면 논과 밭의 작물 생육에 필요한 유기질 비료를 포함하여, 질소질 비료와 인산질 비료의 사용 때문에 농도가 높게 나타난 것으로 판단할 수 있으며, 윤춘경 등(2007)은 논과 다르게 밭은 다양한 작물을 연중 재배하기 때문에 강우와 함께 상대적으로 많은 시비로 공급된 질소성분이 토사와 함께 유출 및 침투되므로 높은 농도를 보인다고 보고하였다. SS의 경우에도 논 보다는 밭에서 많은 양의 토사를 유출시키는 특징을 갖고 있기 때문에 영향을 받은 것으로 판단할 수 있다(정광욱 등, 2006).

한편, 임야의 점유율이 크고 농경지에서는 반대로 작은 지류구간의 HA, JA 지점에서는 수질 농도가 낮았다. 이는 산림의 경우 강우 유출에 의해서 발생하는 오염물질을 막아주는 역할을 하고 영양염류를 식물과 토양에서 흡수하여 수질을 정화시키는 역할을 하는 것으로 볼 수 있다(Ahn *et al.*, 2012; Baker, 2003; Ngoye and Machiwa, 2004). 이러한 결과는 토지이용특성이 수질에 큰 영향을 미친다고 해석할 수 있으며, 토지이용의 영향과 수질과의 관계에 대한 연구는 많은 연구자들에 의해 수행되었다(Hayakawa *et al.*, 2006; Salvia-Castellvi *et al.*, 2005; Mouri *et al.*, 2011; 원철희 등, 2011). 이와 다르게 YE 지점의 경우 논과 밭의 점유율이 29.2%, 12.3%로 연구 대상 지점 중에서 가장 높았으나 수질 농도는 점유율에 비해 크지 않았다. YE 지점은 영산강수계의 말단부로서 지점하류에 영산강 하구언이 위치해 있으며, 배수갑문의 영향을 받

Table 2. Descriptive statistics of water quality parameters at the monitoring sites.

Sites	Variable	BOD ₅	COD	TOC	SS	T-N	T-P
YA	Max.	6.5	12.9	10.0	35.8	3.6	0.144
	Min.	0.9	3.4	1.3	2.6	1.0	0.030
	Median	2.7	6.6	4.3	10.2	2.3	0.081
	Average	2.7	6.4	4.4	12.3	2.3	0.077
YB	Max.	12.2	15.7	10.4	39.9	13.6	0.888
	Min.	1.2	5.2	2.2	3.6	1.8	0.037
	Median	5.3	9.5	6.7	12.6	5.3	0.181
	Average	5.1	9.5	6.2	13.7	6.0	0.301
YC	Max.	11.6	13.7	9.2	253.0	10.0	0.526
	Min.	1.1	4.6	2.4	9.6	1.8	0.041
	Median	4.8	8.9	5.7	22.0	4.1	0.136
	Average	5.2	9.1	5.7	31.1	4.4	0.175
YD	Max.	10.1	14.7	9.2	87.9	9.5	0.465
	Min.	1.2	5.3	2.4	8.9	1.8	0.041
	Median	4.2	9.1	5.6	23.6	3.6	0.137
	Average	4.5	9.2	5.8	27.5	4.5	0.174
YE	Max.	4.7	12.4	7.1	152.5	5.4	0.195
	Min.	0.7	4.7	2.2	2.5	1.6	0.016
	Median	1.4	5.8	4.3	10.4	3.1	0.089
	Average	1.6	6.3	4.1	15.8	3.0	0.091
HA	Max.	5.3	8.4	5.7	17.2	3.3	0.170
	Min.	1.0	4.0	1.3	3.2	1.0	0.022
	Median	2.4	5.6	3.4	6.3	1.9	0.084
	Average	2.5	5.5	3.3	7.2	2.1	0.084
JA	Max.	7.1	12.2	8.5	59.1	6.0	0.404
	Min.	0.8	3.1	1.0	1.7	1.3	0.037
	Median	2.5	5.2	3.4	7.9	2.7	0.097
	Average	2.8	5.8	3.7	10.2	3.1	0.132

는 곳으로서 지점특성상 토지이용 특성과 수질의 상관성이 낮은 것으로 볼 수 있다. 이처럼 오염원의 유출을 감소시키기 위해서는 농경지의 중점적인 관리가 필요하겠으나, 본 연구 지점은 영산강 수계의 전체에서 나타나는 특성이라고 해석하기 보다는 해당 연구 지점에서 나타나는 특성임에 주의할 필요가 있다.

4. 수질항목별 상관분석

수질항목별 상관성 분석을 위해 각 수질 항목별로 337개의 수질 자료를 이용하여 분석한 결과를 Table 3에 나타내었다. 우선 건기와 우기로 나누어 분석하

였으며, 전반적으로 SS와 T-N을 제외하고 양의 상관성 ($p < 0.01$, $p < 0.05$)을 보이고 유기물의 간접지표인 BOD₅, COD, TOC의 경우 건기와 우기의 구별 없이 다른 항목에 비해 높은 상관성을 나타냈다. 하지만, 건기의 SS와 T-P의 상관계수가 0.145로 우기의 0.520에 비해 낮은 상관성을 보였는데 이는 유량 증가에 따라 SS가 증가되고 SS에 흡착된 T-P가 함께 유출되는 특성이 있기 때문인 것으로 판단된다(박진환 등, 2012). 한편, SS와 T-N의 경우 건기와 우기의 관계없이 상관성이 없는 것으로 나타났는데 이러한 이유는 SS의 경우 직접 유출에 의한 부하량이 높기 때문에 강우 유출에 대해 민감하게 반응하며, 반

Table 3. Pearson correlation coefficient between water quality parameters.

Parameter	The dry season						The wet season					
	BOD ₅	COD	TOC	SS	T-N	T-P	BOD ₅	COD	TOC	SS	T-N	T-P
BOD ₅	1	0.858**	0.802**	0.334**	0.562**	0.600**	1	0.802**	0.782**	0.273*	0.520**	0.668**
COD		1	0.913**	0.271**	0.602**	0.601**		1	0.915**	0.378**	0.423**	0.696**
TOC			1	0.226**	0.632**	0.639**			1	0.249*	0.517**	0.691**
SS				1	0.077	0.145*				1	0.130	0.520**
T-N					1	0.849**					1	0.552**
T-P						1						1

* *p*-value less than 0.05

** *p*-value less than 0.01

Table 4. Pearson correlation coefficient between water quality and land use.

Parameter	The dry season					The wet season				
	Residential	Paddy	Upland	Forest	Etc.	Residential	Paddy	Upland	Forest	Etc.
BOD ₅	0.489	0.077	0.307	-0.393	0.395	0.576	0.661	0.733	-0.746	0.542
COD	0.594	0.430	0.574	-0.657	0.559	0.437	0.855*	0.872*	-0.768*	0.492
TOC	0.685	0.486	0.565	-0.724	0.610	0.423	0.879**	0.849*	-0.744	0.437
SS	0.040	0.429	0.686	-0.237	-0.050	0.054	0.848*	0.930**	-0.514	0.163
T-N	0.599	0.438	0.598	-0.749	0.751	0.562	0.685	0.793*	-0.846*	0.739
T-P	0.647	0.207	0.349	-0.663	0.785	0.532	0.800*	0.867*	-0.867*	0.694

* *p*-value less than 0.05

** *p*-value less than 0.01

면에 T-N의 경우에는 기저 유출에 의한 영향을 받아 비강우시에도 높은 농도를 나타내어 상대적으로 강우 시에는 영향을 적게 받는 것으로 사료 된다(김형철 등, 2004).

5. 토지이용과 수질항목별 상관분석

수질항목별 연평균 농도와 토지이용 (시가화, 논, 밭, 임야) 점유율에 따른 상관분석 결과를 건기와 우기로 구분하여 Table 4에 나타내었다. 전반적으로 건기와 우기의 결과는 임야에서 음의 상관성을 보였으며, 시가화, 논, 밭에서의 상관성은 건기보다는 우기에 높은 상관성을 보였다. 또한, 우기의 논과 밭에서 대체로 양의 상관성 ($p < 0.01$, $p < 0.05$)을 보였으며, 이는 앞서 언급했듯이 농경지의 경우 작물생육에 필요한 유기질, 질소질, 인산질 비료의 시용과 더불어 밭의 경우 연중 재배하기 때문에 강우와 함께 많은 성분들이 토사와 함께 유출 되는 특징을 가지고 있어 큰 영향을 받는 것으로 사료된다. 박연희와 박

석순(2003)에 의하면 논과 밭의 경우 비료의 사용으로 인하여 배출되는 오염물질의 양이 산지에 비해 상대적으로 높게 나타나는 것으로 보고하였다. 한편, 임야에서는 음의 상관성을 보였으며 우기에 더 높은 음의 상관성을 보였다. 이러한 결과는 토지이용 특성에서 수질과의 관계만을 비교했을 때 양의 상관성을 가지는 것을 수질악화의 요인으로 볼 수 있으며, 반대로 음의 상관성을 가지는 것은 산림이 오염물질을 배출하는 주된 오염원은 아니며 수질개선의 요인으로 작용한다는 것으로 해석할 수 있다(윤춘경 등, 2007; 정광욱 등, 2007).

IV. 결론

본 연구에서는 토지이용 특성과 수질 농도와의 상관관계를 통하여 영산강 수계에 미치는 영향을 해석하고자 하였으며, 오염 총량관리 발전을 위한 기초 연구 자료를 제공하고자 하였다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 영산강 수계의 지점별 토지이용 점유율에 대한 수질특성에서는 BOD₅, COD, TOC, SS, T-N, T-P의 모든 항목이 농경지 점유율이 큰 YB, YC, YD의 지점에서 수질 농도가 높게 나타났으며, 반면 임야의 점유율의 비중이 큰 HA, JA 지점의 경우 수질 농도가 가장 낮게 조사 되었다. 한편, YE 지점의 경우 하구언의 배수갑문의 영향을 받는 지점으로 농경지 점유율이 가장 크지만 수질 농도는 낮게 조사되었다.
- 2) 수질항목 간의 상관관계 분석에서는 전반적으로 SS와 T-N을 제외하고 양의 상관성을 나타내었다. 이는 특정 수질이 높아지면 나머지 항목도 함께 상승될 것으로 판단할 수 있으며, SS는 직접 유출에 의한 영향을 받기 때문에 강우 유출에 민감하고, 반면에 T-N의 경우에는 기저 유출에 의한 영향을 받아 비강우시에도 높은 농도를 나타내어 상대적으로 강우 시에는 영향을 적게 받는 것으로 사료된다.
- 3) 토지이용 점유율에 따른 수질항목 간 상관분석 결과 논과 밭의 점유율이 클수록 양의 상관성을 보였으며, 건기보다는 우기에 높은 상관성을 나타냈다. 이는 농경지의 경우 작물 생육에 필요한 각종 비료의 사용과 더불어 밭의 경우 연중 재배로 강우의 영향을 받아 토사와 함께 유출되는 특징을 가지고 있는 것으로 나타났다. 한편, 임야에서는 음의 상관성을 나타내어 수질개선의 요인으로 작용하는 것으로 해석하였다.

향후, 영산강 수계의 수질개선방안을 위한 기초자료로 활용될 것으로 판단되며, 농경지에 대한 중점관리를 기본 방향으로 하여야겠다. 하지만, 본 연구 대상의 자료가 1년간의 수질자료를 활용하였고, 대상 지역의 특성은 영산강 수계를 모두 반영할 수는 없는 것으로서 각 지점별로 나타나는 특성임에 주의할 필요가 있다. 또한 연구 지역의 지형적 특성이 배제되었기에 추후에 이를 반영하여 연구를 수행한다면 좀 더 신뢰도 높은 결과를 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 국립환경화학원, 2012, 영산강·섬진강수계 유량 측정망 운영사업 최종보고서.
- 김형철, 윤춘경, 정광욱, 장재호, 2004, 하구담수호에 유입되는 하천에서 수질오염물질간의 상관관계 분석, 대한상하수도학회·한국물환경학회 2004년 공동 추계학술발표회 논문집, 62-71.
- 박연희, 박석순, 2003, 강우사상에 따른 토지이용별 비점오염원 부하량 산정 함수 연구, 대한상하수도학회·한국물환경학회 2003년 공동 추계학술발표회 논문집, 197-200.
- 박진환, 임병진, 정재운, 김대영, 오태윤, 이동진, 김갑순, 2012, 유량변동에 따른 탐진 A와 B 유역에서의 오염물질 유출 특성, 환경영향평가, 21(6), 917-925.
- 안영상, 이계한, 안기완, 2012, 연안지역의 물환경에 영향을 미치는 산림유역의 수문변동과 영양분 동태 연구 -화순 백야산 활엽 수림을 사례로-, 한국도서학회지, 24(2), 129-138.
- 윤춘경, 이새봄, 정광욱, 한정운, 2007, 농업용저수지 유역의 토지이용과 수질항목 간의 상관관계 분석, 한국하천호수학회지, 40(1), 31-39.
- 원철희, 최용훈, 신민환, 신동석, 강동구, 최중대, 2011, 강우시 밭의 비점오염원물질 유출특성, 한국물환경학회지, 27(5), 572-579.
- 정광욱, 윤춘경, 장재호, 김형철, 2006, 유역의 토지이용과 오염원 현황이 수질특성에 미치는 영향 분석, 한국하천호수학회지, 39(1), 41-51.
- 정광욱, 이승재, 이상우, 한정운, 2007, 유역에서 토지이용과 오염원자료의 공간적 변화가 하천수질에 미치는 영향 분석, 한국하천호수학회지, 40(1), 40-49.
- 정성민, 엄재성, 장창원, 최영순, 김범철, 2012, 강우시 한강유역에서의 비점오염원 유출 특성과 토지이용도와의 관계, 한국물환경학회지, 28(2), 255-268.
- 정재운, 임병진, 조소현, 최진희, 송광덕, 하돈우,

- 김해성, 박승호, 황태희, 정수정, 이동진, 김갑순, 2012, 영산강수계 소하천 유역의 토지이용이 하천수질에 미치는 영향 분석, 한국하천호수학회지, 45(4), 412-419.
- 한미덕, 박신정, 최승석, 김종찬, 이창희, 남궁은, 하천 수질의 계절적 변화에 미치는 유량과 토지이용의 영향, 한국물환경학회지, 25(4), 539-546.
- 환경부, 2008, 수질오염공정시험법.
- Baker, A., 2003, Land use and water quality, Hydrological process, 17: 2499-2501.
- Galbraith, L.M., and Burns, C.W., 2007, Linking Land-use, Water Body Type and Water Quality in Southern New Zealand, Land Scape Ecology, 22(2), 231-241.
- Hayakawa, A., Shimizu, M., Woli, K., Kuramochi, K., and Hatano, R., 2006, Evaluating Stream Water Quality through Land Use Analysis in Two Grassland Catchments : Impact of wetlands on Stream Nitrogen Concentration, Journal of Environmental Quality, 35(2), 617-627.
- Jordan, T. E., Correll, D. L., and Weller, D. E., 1997, Relating Nutrient Discharges from Watersheds to Land Use and Streamflow Variability, Water Resources Research, 33(11), 2579-2590.
- Mouri, G., Takizawa, S., and Oki, T., 2011, Spatial and Temporal Variation in Nutrient, Parameters in Stream water in a Rural-urban Catchment, Shikoku ,Japan: Effects of Land Cover and Human Impact, Journal of Environmental Management, 92(7), 1837-1848.
- Ngoye, E. and J.F. Machiwa, 2004, The influence of lan-duse patterns in the Ruvu river watershed on water quality in the river system, physics and Chemistry of the Earth 29: 1161-1166.
- Rhodes, A.L., Newton, R.M., and Pufall, A., 2001, Influences of Land Use on Water Quality of a Diverse New England Watershed, Environmental Science and Tech-nology, 35(18), 3640-3645.
- Salvia-Castellvi, M., Francois Iffly, J., Vander Borght, P., and Hoffmann, L., 2005, Dissolved and Particulate Nutrient Export from Rural Catchments: a Case Study from Lux-embourg , Science of the Total Environment, 344(1-3), 51-65.
- Shah, V.G., Dunstan, R.H., Geary, P.M., Coombes, P., Roberts, T.K., and Rothkirch, T., 2007, Comparisons ofwater Quality Parameters from Diverse Catchments during Dty Periods and Follwing Rain Events, Water Research, 41(16), 3655-3666.