

영산강 수계의 비점오염원에 관한 연구 I

- 토지이용 및 강우를 중심으로 -

차진명 · 신성의* · 차규석**

목포대학교 환경공학과

*조선대학교 화학공학과

**광주대학교 환경공학과

Non-Point Source Pollutions of the Youngsan River Basins I

- The Method of Land-Use Types and Rainfall -

Cha, Jin Myeong · Shin, Sung Euy* · Cha, Gyu Suk**

Dept. of Environmental Engineering, Mokpo National University.

*Dept. of Chemical Engineering, Chosun University.

**Dept. of Environmental Engineering, Kwangju University.

Abstract

This study was carried out to estimate the runoff loading characteristics of the non-point source pollutions in the Youngsan river basins by the method of land-use types and rainfall. The lysimeter test, rainfall and stream flowmeter measurement were performed to develop the pollutant loading unit discharged from the non-point sources. As the non-point sources, the unit pollutant discharge rates were different from the land-use types such as paddy field, upland, forest, housing site and others.

The pollutant loading units classified by land-use types in the Youngsan river basins are as follows : The total BOD loading rate is 15.3 ton/day and the housing site is discharged 50.6%, the total T-N loading rate is 6.0 ton/day and the paddy field and upland is discharged 77.6%, and the total T-P loading rate is 0.39 ton/day and the paddy field and upland is discharged 81.2%. The pollutant loadings by rainfall in the Youngsan river basins are about 7,425 ton/year of BOD, 324 ton/year of T-N and 118 ton/year of T-P, respectively.

Key Words : runoff loading, non-point source pollutions, Youngsan river basins

* 본 연구는 1994년도 조선대학교 학술연구비 지원을 받아 연구되었음.

I. 서론

수질오염을 일으키는 발생원은 점오염원(Point Source Pollution)과 비점오염원(Non-Point Source Pollution)으로 구분할 수 있다. 수질오염원중 점오염원에 대해서는 법적 규제가 강화되고 배출업체 관계자들과 환경관리인들의 인식과 환경오염 저감에 대한 의식이 확대되면서 이에 따른 연구는 활발히 진행되고 있다. 그러나 도시나 농어촌 지역에서 광범위하게 발생하는 비점오염원에 대한 연구는 오염물질의 발생에 관계되는 여러 가지 시간적, 공간적인 제약으로 인하여 충분한 조사나 연구가 거의 이루어지지 않아서 비점오염원에 대한 연구가 시급히 진행되어야 한다¹⁾.

우리 나라는 전 국토 표층 70% 이상이 침투성이 적은 화강암 풍화토로 구성되어 있어 비점오염원이 하천 수질 오염에 주는 기여도는 클 수밖에 없는 자연적인 조건을 가지고 있고, 특히 영산강 유역은 농경지 면적 비율이 다른 유역에 비해 상대적으로 높고, 소, 돼지 등의 가축 사육수가 많으므로 비점오염원이 하천수질에 미치는 영향은 대단히 높을 수밖에 없다²⁾. 또한 영산강은 기후와 유역면적 조건상 유지 용수량이 적고 갈수가 길기 때문에 하천수질을 개선하기 위해서는 점오염원 못지 않게 비점오염원 차단 내지는 관리가 시급히 추진되어야 한다. 즉 토지 이용이 수질에 미치는 영향을 파악하고 오염물질의 수계로의 유입을 최소화하거나 차단시키는 연구가 필요하다. 미국에서의 비점오염원에 대한 국가적인 관리는 1970년대 말부터 시작되었다고 볼 수 있다. 공공 수역의 수질을 이수목적에 적합하도록 하기 위해서는 점오염원 뿐만 아니라 비점오염원 관리도 철저히 해야한다는 수질 관리 원칙을 전제로 하여 대책과 법안을 수립하게 되었다³⁾. 그리하여 농어촌 지역에서 발생하는 비점오염원의 통제와 규제를 위한 제도를 수질오염법에 포함시킴으로써 수질오염관리를 좀 더 구체적으로 할 수 있었으며, 이를 통하여 자연생태계 회복과 하천수질을 개선할 수 있었다. 한편 우리 나라에서는 중앙정부와 지방자치단체가 수질오염관리의 역사가 짧은 것도 원인이 되겠으나, 지금까지 점오염원의 관리에만 주력해온 탓으로 비점오염원에 대

한 관리는 대단히 소홀해왔으며, 학계와 산업계에서도 비점오염원에 대한 조사·연구를 등한시 해왔다⁴⁾.

따라서 본 연구에서는 영산강 수계 비점오염원 오염부하량을 조사하기 위하여 경제적 및 시·공간적 제약 때문에 토지이용에 따른 비점오염원의 조사방법이 비교적 간단한 단위모델 지역의 하천유량을 실측하여 토양결핍 실험인 Lysimeter를 이용하여 토지이용에 따른 비점오염원의 부하량을 조사하였고, 강우량에 따른 비점오염원의 조사는 비가 내리는 날 시료를 직접 채취·조사하여 기존 자료와 비교 검토하였다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구내용

본 연구에서 조사하고자 하는 영산강은 우리 나라 4대강의 하나로 담양군 용면 용추에서 발원하여 광주천, 황

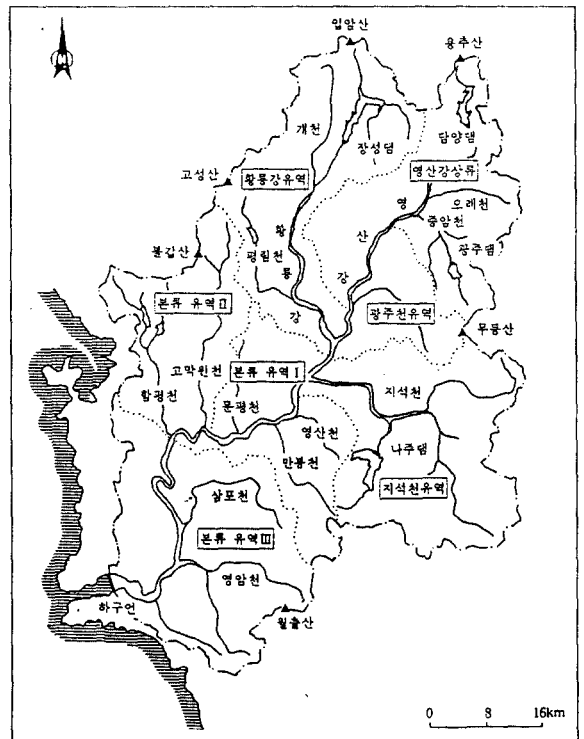


Fig. 1. Location map of survey sites in the Youngsan river basins.

룡강, 지석천, 고막원천, 함평천 등의 지류를 합하여 영산강 하구언으로 이어지는 유역면적 3,371.3km², 유로 연장 136km의 하천이다. 영산강 유역은 행정구역상으로 광주광역시, 전라남도 2시 7개군을 포함하며 유역면적은 광주·전남 전체 면적의 27.2%, 거주인구는 약 169만 명으로 전체 인구의 48%를 차지한다⁵⁾. 또한 영산강은 영산강 종합 개발 계획에 따라 4개 완성 댐과 하구언 및 2개의 호소 방조제와 경지정리 사업을 최종 마무리하고 있으며 영산강 주요 지천은 Fig. 1에 나타내었다.

따라서 광범위한 영산강 수계의 비점오염원에 대한 현황조사는 관련 통계자료 및 현지조사 자료를 활용하고, 오염물질 유출특성은 국내의 기존 연구자료, 문헌검토와 실측조사를 병행하였다⁶⁾. 오염물질 유출조사 및 부하량 산정방법은 관련자료를 검토하여 국내실정에 적용 가능한 방법으로 정립하여 제시하였다. 모델지역으로 부터 유출되는 오염부하량은 하천 유량의 실측 조사자료를 기준으로 산정하여 Lysimeter를 이용하여 조사하였고, BOD, T-N 및 T-P는 수질오염 공정시험법에 준하여 실험하고, 시료 채취 및 현장 조사는 1995년 갈수기, 홍수기 및 평수기(3, 6, 9, 12월)를 기준으로 하여 4회에 걸쳐 조사하였다.

2. 실험 방법

가. 유량측정

영산강유역의 유량측정 지점은 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 본류 6개 지점과 주요 지천의 6개 지점을 선정하여 4차에 걸쳐 현지 조사하였다. 영산강 수계 지역 하천의 유량은 평수기와 갈수기 하천의 유량이 아주 적으므로 유속이 느리고 안정하므로 유속계를 사용하여 연속적으로 유량을 측정하였다. 유속 측정은 하천의 흐름에 따라 회전날개의 회전수가 변하면서 기록되는 Tamaya 사의 UC-2 Digital 식 유속계를 사용하였다.

나. 토양 모델 실험

모델 지역의 토양시료 채취는 Fig. 2의 유량 측정 지점

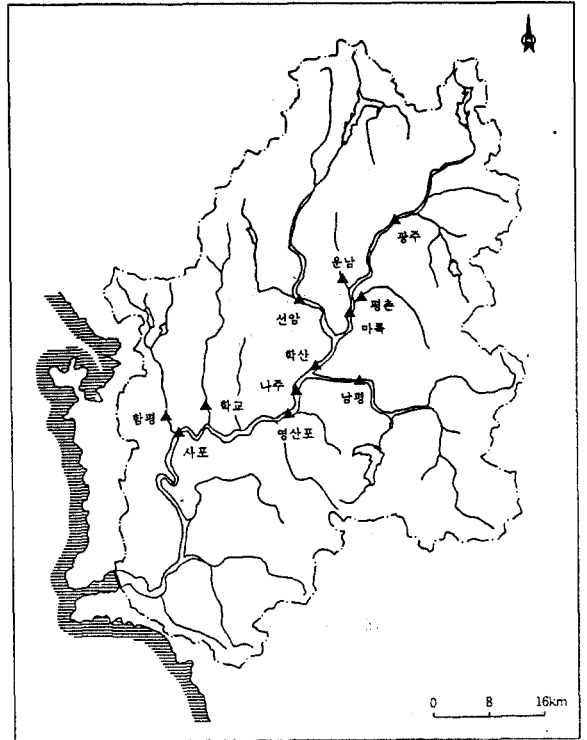


Fig. 2. Map of the Youngsan river basins and location of the water sampling sites.

중 분류 3개 지점과 주요 지천 3개 지점을 선정하여 각 지역의 논, 밭, 임야, 대지 및 기타 지역을 선정하여 토양 시료를 채취하여 Lysimeter를 이용하여 오염물질 유출 실험을 수행하여 토지이용에 따른 오염물질 배출원단위를 조사하였다⁷⁾. Lysimeter를 이용하면 토양 시료층을 통한 물질 이동에대한 농도 측정이 용이하며, 반응기의 크기에 따라 실험에 필요한 토양 중량만큼 반응기에 충전할 수 있고 반응기를 통한 유출량 조절이 간단하나, 측정 지점 토양 시료가 조사지역의 전체 토양에 대한 대표성이 부족한 단점이 있다.

본 연구에서 사용한 Lysimeter는 내경 100mm와 높이가 500mm인 원형 아크릴관을 사용하여 밀봉 하단부 중앙에 직경 30mm 구멍을 뚫고 중앙 하단부를 거쳐 침출수가 흘러나오도록 하면서 유출수를 받을 수 있도록 제작하였다. Lysimeter로 사용된 하단부 바닥은 높이가 50mm가 되게 자갈로 채우고 전체부피의 80%가 되도록

모델지역의 토양시료를 충전하였다. 또한 토양시료는 충전하기 전에 12~5mesh로 걸러진 것을 사용하였다. 먼저 실험 토양시료를 450mm 높이로 충전하고, 수량은 1990~1994년 영산강 수계의 평균 강우량인 1,043mm을 기준으로 하였고, 증발 등에 따른 손실량을 제외한 55%인 574mm가 하천으로 유출된다고 가정하여 매일 574mm씩 조사구역의 평균 유량 속도로 조절하여 주입하고, 유출수의 오염농도가 거의 일정한 주입 7일까지 관찰하면서 유출수의 오염농도를 평균값으로 정하여 모델지역내의 토양시료에 따른 유출수 오염 농도를 조사하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 토지 이용에 따른 비점오염원의 오염부하량

비점오염원은 오염물질의 발생 및 그 존재 형태에 따라 다양하면서도 명확한 구분이 어렵지만 비점오염원중 가장 대표적인 것은 토지이용에 따른 오염물질의 발생 및 유출부하이다. 비점오염원에서 오염물질 특성은 그 지역의 지형적 여건에 따라 발생량이 다르다. 즉 도시지역의 초기 강우 유출수는 SS 및 유해중금속의 함유도가 높은 것으로 알려져 있으며, 농경지에서는 상당량의 질소, 인과 같은 영양염류가 유출되므로 농경지의 위치, 토양 용수의 수질과 유량, 시비 등의 조건에 따라 수질특성이 크게 변한다. 현재까지 조사되어진 영산강 수계의 지목별 토지 이용 현황은 Table 1과 같다.

Table 1. The status of land-use in the Young San river basins

(unit : km²)

	Total	Paddy Field	Upland	Forest	Housing Site	Others
Young San River	3,371 (100%)	382.3 (11.3%)	670.8 (19.9%)	1,823.7 (54.1%)	87.6 (2.6%)	439.2 (12.1%)
Kwangju	501.3 (100%)	45.9 (9.2%)	119.8 (23.2%)	207.6 (40.1%)	34.1 (6.8%)	93.2 (18.6%)
Chonnam	2870.2 (100%)	336.4 (11.6%)	551 (19.2%)	1615.9 (56.3%)	53.5 (1.9%)	346 (12.0%)

1995년 말 현재 영산강 수계의 전체 면적은 3,371km²이며 이 가운데 임야가 1,823.7km²로 영산강 수계 면적의 54.1%를 차지하고 있으며, 농경지가 31.2%, 공장 및 학교용지를 포함하여 대지가 2.6%, 기타 도로, 하천 부지, 공원 등 공공용지가 12.1%를 차지하고 있다. 토지이용에 따른 오염물질 발생 및 유출과정은 그 대상이 광범위하고 특성도 다양하여 명확히 조사하고 해석하기는 매우 힘든 일이며 이 값을 원단위로 정량화 한다는 것은 더욱 곤란하다. 그러므로 토지이용에 따른 지목별 원단위 값들이 연구자들에 따라 큰 차이를 나

타내고 있는데 그 이유는 조사방법이나 조사시기 등의 상이성과 조사 지역의 제반 특성, 즉 강우량, 경작실태, 지질 및 지형 특성 등에 기인한 결과인 것으로 생각된다⁸⁾.

따라서 본 연구에서는 토지이용에 따른 대상지역의 지목별 토지 이용을 Lysimeter를 이용하여 실험하였고 배출부하 원단위를 적용하여 지목별 토지 이용에 따른 오염물질 배출 원단위를 조사하였다. 그러므로 영산강 수계의 수질 오염도를 결정하는 오염물질 발생 원단위는 해당수계의 일정한 구역에서 조사, 측정하는 것이 바람직하나 본 연구에서는 지금까지 국내·외에서 조사한 자료와 본

연구자들이 조사한 결과 및 이미 발표된 문헌들중 타당성이 있다고 판단된 자료를 선정하여 원단위 결정에 이용하였다. 지금까지 국내외에서 보고된 자료와 본 연구 결과를 Table 2에 나타내었다.

Table 2. The pollutant loading unit classified by land-use types

(unit : kg/km² · day)

Items	BOD	T-N	T-P	Remarks
Paddy Filed	5.12	-	0.17	Suh ⁹⁾
	6.45	-	0.78	Ku ¹⁰⁾
	4.93	7.10	0.23	Wanielista M.P. ¹¹⁾
	7.1	2.45	0.22	This study
Average	5.9	4.8	0.35	
Upland	5.12	-	0.01	Kim ¹²⁾
	7.1	6.2	0.17	Suh
	1.46	-	0.65	Ku
	5.13	2.3	0.27	This study
Average	4.7	4.3	0.28	
Forest	0.98	-	0.013	Suh
	0.68	0.64	0.02	Ku
	1.35	-	0.03	Wanielista M.P
	0.95	0.55	0.015	This study
Average	0.99	0.6	0.02	
Housing Site	87.6	-	0.55	Suh
	-	1.05	-	Wanielista M.P
	89.7	0.67	0.027	This study
Average	88.6	0.86	0.28	
Others	0.96	-	0.027	Suh
	-	0.12	-	Wanielista M.P
	0.67	0.75	0.03	This study
Average	0.82	0.44	0.029	

토지이용에 따라 발생하는 오염물질은 점오염원과는 달리 정화시설을 거치지 않고 직접 수계에 유입되므로 발생량 자체가 배출량에 비례한다고 볼 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 토지이용에 의한 오염물질 발생량은 Table 2의 평균 값을 적용하였고, 오염물질 부하량은 다음 식을 적용하여 조사하였다.

$$\text{오염 부하량} = \text{지목별 토지이용 면적} \times \text{원단위}$$

이들 토지 이용에 따른 오염물질 부하량을 원단위 값을 적용하여 산정해 보면 Table 3과 같다.

따라서 토지 이용에 따른 비점오염원의 원단위를 적용해 본 결과 영산강 수계에서 비점오염원에 의해 발생하는 총 BOD부하량 15.3톤/일 중 대지가 차지하는 비율이 50.6%, 총 질소부하량 6.0톤/일 중 논과 밭이 차지하는 비율이 77.6%이고, 총 인부하량 0.39톤/일 중 논과 밭

의 비율이 81.2%를 차지하였다. 다만, 여기에서 적용된 원단위 값들은 기존 조사자료와 본 연구조사의 평균값으로서 영산강 각 수계 지역의 특성이 고려되지 않는 값들이므로 지역에 따라서는 다소 상이한 결과를 나타낼 수도 있지만 개념적인 부하 양상은 큰 변화가 없을 것으로 판단된다. 그러나 여기에서 고려되어야 할 내용은 점오염원의 경우 BOD 물질은 1996년도부터 질소, 인 배출규제를 적용 받기 때문에 어느 정도 배출부하량의 삭감이 예상되는데 반하여 비점오염원의 경우에는 아직까지 별도의 대책이 마련되지 않고 있기 때문에 상대적으로 배출부하 점유율 증가가 예상되는 것이다. 또한 앞으로 인구증가 및 산업의 활성화에 따라 향후 토지이용의 변화 추세는 임야나 농경지가 감소하는 반면 택지, 공장 및 공공용지가 증가하여 그 만큼 단위 면적당 부하량이 증가할 것으로 생각된다.

Table 3. The pollutant loading unit classified by land-use types in the Youngsan riverbasin

(unit : kg/day)

		Total	Paddy Field	Upland	Forest	Housing Site	Others
Youngsan River	BOD	15,335.4	2255.6	3152.8	1805.5	7761.4	360.1
	T-N	6082.0	1835.0	2884.4	1094.2	74.5	193.2
	T-P	395.6	133.8	187.8	36.5	24.6	12.8
Kwangju	BOD	4137.1	270.8	563.1	205.5	3021.3	76.4
	T-N	930.3	220.3	515.1	124.6	29.3	41.0
	T-P	66.1	16.1	33.5	4.2	9.6	2.7
Chonnam	BOD	11,198.0	1984.8	2589.7	1599.7	4740.1	283.7
	T-N	5151.7	1614.7	2369.3	969.5	46.1	152.2
	T-P	329.5	117.7	154.3	32.3	15.1	10.1

2. 강우에 의한 비점오염원의 오염부하량

최근 1990~1994년까지 5년간 영산강 수계의 주요 지역별 강우량을 보면 Table 4와 같이 연평균 1,034mm로서 연간 강우량 중 약 60%가 7~9월중에 집중되고 있으므로 그 만큼 홍수에 의한 유실량이 많다¹³⁾. 영산강 수계에 내리는 평균 강우량은 1,034mm로 수량을 면적대비로 환산하면 연간 약 45억톤이 되며, 이 중 홍수에 의한 순간 유실량 약 26억톤을 제외하면 나머지 약 19억톤 중에 함유되어 있는 강우의 오염성분이 증발 시 지표면에 잔류하거나 지하수 및 하천수에 유입된다. 강우의 수질은 대기오염도와 밀접한 관계가 있기 때문에 지역에 따라 다양하게 나타날 수 있는데 우리나라의 경우 아직까지 활용할 만한 조사자료가 보고되고 있지 않은

실정이다.

따라서 본 연구에서는 강우량에 따른 비점오염원의 간접적인 실험결과로 영산강 유역의 하천유량을 현지 조사하여 하천의 유량과 수질오염 결과를 조사한 결과, 본 연구논문 결과에는 나타나지 않았지만 강우에 의한 유량이 증가된 2차 3차 조사시에 측정지역의 수질오염 농도가 약간 감소하는 경향을 보였다. 이의 결과는 하천의 수질오염 정도는 강우에 영향을 받으므로 오염물질 배출부하량은 강우 후 하천의 증가된 유량과 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다.

또한 1993년도 영산강 수계의 8개 도시의 연간 평균 강우량은 1,430.1mm 정도이며 연간 강우일 수는 약 120일간으로 약 90%는 10mm 이하였으며, 일 강우량 30mm 이상인 경우는 약 10%를 차지하고 있다.

Table 4. The monthly precipitation in the Youngsan river basins (1990~1994)

	Month (mm)												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Kwangju	15	25	67	68	111	49	233	232	184	26	30	58	1,055
Damyang	12	25	70	96	106	68	189	197	216	14	30	41	973
Jangsung	15	36	56	86	114	35	174	145	202	22	47	42	1,098
Naju	15	26	85	68	123	40	258	266	196	30	16	36	1,159
Whasun	30	28	65	68	120	57	224	203	167	25	29	59	1,075
Yougam	14	24	82	41	71	31	138	194	176	6.0	28	33	837
Muan	16	34	74	72	91	26	304	166	193	18	38	42	1,072
Whampyung	31	38	87	84	67	29	256	183	150	59	49	39	1,072
Average	18	29	73	73	100	48	222	198	185	25	33	44	1,034

따라서 강우에 의한 오염물질 부하량을 조사하기 위해서는 대상지역을 대표할 수 있는 장소를 선정하여야 하기 때문에 가까운 곳에 굴뚝, 교통량이 거의 없는 곳의 빌딩, 학교의 옥상 등 관리하기 쉬운 장소를 선정하여야 한다. 그러나 기상조건은 상당히 광역적으로 변화를 하고 있어 어느 한 지점에만 나타나는 독특한 상황은 적다고 생각된다.

그러므로 빌딩, 학교 등의 관리가 쉬운 지점을 선정하여 강우를 계속적으로 측정하는 것이 필요하다. 채취기구는 지면이나 옥상에 직접 놓으면 주변에서 먼지 등의 이물질이 튀어 들어와 섞일 가능성이 있으므로 잔디 등이 주변에 있는 곳에 10cm 정도 이상의 높이로 설치한다. 또 내대지나 콘크리트 위에 설치하는 경우에는 튀어 들어

오는 것을 방지하기 위하여 바닥면에서 50cm 이상의 높이가 되도록 설치하고 채수기구는 수평으로 고정한다. 강우중 성분은 강우 개시 후 5mm까지가 그 이후와 비교하여 매우 높은 경향을 보이며 강우 개시후의 농도는 급격히 감소하는 것이 일반적이다. 최근 강우조사 방법으로서 1mm 채취법도 이용되고 있으나 비점오염원 부하량 조사의 목적을 위해서는 강우의 평균농도와 강우량 조사결과가 필요하기 때문에 1회 강우량을 하나의 시료로 분석하면 충분하다. 반대로 초기강우만을 분석하면 높은 농도의 오염원 결과가 얻어진다. 이러한 기초적인 자료를 바탕으로 영산강 수계 4개 지점을 선택하여 5회에 걸친 강우에 의한 오염물질 부하량을 조사한 결과는 Table 5과 같다.

Table 5. The water quality of rainfall in the Youngsan river basins

(mg/L)

	BOD	SS	T-N	T-P
Kwangju Donggu	4.4	38	0.17	0.011
Kwangju Namgu	2.1	14	0.041	0.0024
Kwangju Kwangsangu	1.3	11	0.12	0.018
Chonam Hwasun	0.7	8	0.04	0.003
Average	2.13	17.8	0.093	0.034

일반적으로 강우에 의한 오염도는 강우초기에는 농도가 높고 말기에는 낮다. 그러므로 강우에 의한 오염부하는 장기적으로 비가 올 때마다 강우량과 농도를 측정하여 부하량을 구하는 것이 필요하다. 강우에 의한 오염물 부하량중 BOD 값이 이렇게 나타나는 원인으로는 에너지 사용의 증가와 자동차의 증가로 유류 사용량이 크게 증가하여 대기중에 휘발성 유기물의 함유량이 강우와 더불어 하강하는데 기인되며 SS, T-N, T-P는 대기중의 부유분진이 함유되어 나타나는 것이라고 판단된다.

일본 동경시의 경우 연간 강우량은 1,400mm 정도,

연간 강우일수는 약 120 일간으로서 연간 강우일수의 약 50%가 5mm 이하를 차지하고 있으나 연간 누적강우량을 보면 약 20% 정도인 것으로 조사된 바 있다. 따라서 일본의 경우를 보면 T-N이 0.58~1.85mg/L(평균 1.1mg/L), T-P는 0.02~0.12mg/L(평균 0.04mg/L), COD는 평균 1.0 mg/L로 조사보고 되고 있다¹⁴⁾.

따라서 본 연구에서는 영산강 수계의 1990~1994년 평균 강우량 1,034mm이므로 강우에 의한 총오염부하량을 조사한 결과는 Table 6과 같다.

Table 6. Total pollution loading by rainfall in the Youngsan river basins

Units \ Items	BOD	T-N	T-P
ton/year	7,425	324	118

BOD는 약 4,425 톤/년, T-N이 약 324 톤/년, T-P가 약 118 톤/년으로서 일부는 분해 또는 토양에 흡착 제거되고, 일부는 식물의 영양원으로 이용될 수 있으나 그 중 대부분은 수역에 직접 유입되어 영산강 수질오염이 주요 원인으로 작용하고 있다.

1990~1994년 평균 강우량을 1,034mm이므로 강우에 의한 총오염부하량을 계산해 보면 BOD는 약 7,425 톤/년, T-N이 약 324 톤/년, T-P가 약 118 톤/년으로 나타났다.

IV. 결론

영산강 수계 비점오염원으로 부터 오염물질 배출원 단위를 산정하기 위하여 본 연구에서는 하천 유량 및 강우량에 따른 오염원은 직접 조사하였고, 모델지역을 선정하여 토양시료를 직접 채취하여 Lysimeter를 이용하여 토지 이용에 따른 비점오염원 부하량을 조사하였다.

그 결과 영산강 수계 토지 이용에 따른 비점오염원의 원단위를 적용해보면 총 BOD부하량 15.3톤/일 중 대지가 차지하는 비율이 50.6%, 총 질소부하량 6.0톤/일 중 논과 밭이 차지하는 비율이 77.6%이고, 총 인부하량 0.39톤/일 중 논과 밭의 비율이 81.2%을 차지하였다. 강우의 수질은 대기오염도와 밀접한 관계가 있기 때문에 지역에 따라 다양하게 나타날 수 있으나, 영산강 수계의

참고문헌

- 이인선 등, 1993, 비점오염원으로 부터의 오염물질 유출특성 조사를 위한 방법론적 연구, 국립환경연구원.
- 영산강관리청, 1996, 환경백서.
- 이인호 등, 1990, 수질환경기준 최적화 방안에 관한 연구(Ⅱ), 국립환경연구원.
- 신동석 등, 1990, 논에서의 질소 및 인의 농도와 유출입, 한국환경농학회지, 9 (1):133-139.
- 환경부, 1996, 환경연감.
- 이인선, 신생철, 정동일, 1993, 토양킬림실험을 통한 비점오염원 오염물질 배출원 단위 산정, J. KSWQ, 9 (4): 240-245.
- 신상철 등, 1992, 한강유역을 중심으로 한 환경관리 기술개발(Ⅱ-1), 국립환경연구원보, 14:151-160.

8. 농어촌진흥공사, 1988, 담수호의 환경오염 및 부영양화 방지대책수립(Ⅱ).
9. 서운수 등, 1990, 수질환경 기준 달성 최적화 방안에 관한 연구, 국립환경연구원.
10. 구분경 등, 1987, 유역내 토지이용상태가 수질에 미치는 영향에 관한 연구, 국립환경연구원.
11. Wanielista, M.P. et al, 1977, Nonpoint source effects on water quality, JWPCF, 49 (6):441-448.
12. 김동근 등, 1991, 단위수역의 환경용량 산정에 관한 연구, 국립환경연구원.
13. 환경부, 1996, 환경백서.
14. 國松孝男, 吉良童夫, 1986, 山林からの 榮養鹽類の流出と對策, 水處理技術, 27(10):721-730.