

## 안양천 유역의 강우시 비점오염원에 따른 유출부하특성에 관한 연구

황병기 · 유세진\* · 차영기\*

상명대학교 토목환경공학과, 단국대학교 토목공학과\*

## Study on Runoff Characteristics of Nonpoint Sources during Rainfall in Anyangchun Watershed

Hwang Byung-Gi · Yu Se-Jin\* · Cha Young-Ki\*

Div. of Civil and Environmental Engineering, Sangmyung University

Dept. of Civil Engineering, Dankuk University\*

### Abstract

In this study, we conducted a survey to examine the runoff characteristics of nonpoint sources, which wash off pollutants from the surface of basin during rainfall and affect water pollution of streams. An Anyangchun basin in the region Ewiwang City was selected as a study site. The basin divided into several subbasins such as Wanggokchun, Ojeonchun, and Anyangchun based on the tributaries, which confluence to the main stream of Anyangchun. Four times of field examination had been carried out between July and August of 2000, and water quality data collected from the surveys had been analysed. The survey includes in-situ flow, DO and PH measurements in the outlet of catchment. Laboratory analysis includes BOD, TN, TP. From the result, pollutant by runoff of nonpoint sources were washed out along with stormwater in the beginning of rainfall, and flowed into streams resulted in stream pollution. In case of BOD, the load from Ojeonchun catchment, most of which included urban areas, took up 50% of the total load from the entire watershed. Thus, by the results, it is clear that runoff load by urban nonpoint sources plays an important role in the control and management of nonpoint sources for the watershed.

Key word : Runoff, Nonpoint sources, Anyangchun basin, Field examination, Laboratory analysis

## I. 서론

도시의 지나친 개발은 토지이용에 급격한 변화를 초래하였으며 이로 인한 포장지역의 증가로 인한 불투수지역의 증가와 인구의 집중, 도시화, 산업화로 인한 공장지역의 증가, 교통량의 증가는 비점오염물의 증가와 유역의 유출특성의 변화를 유발시켜 유출문제와 비점원 오염물에 의한 하천수 수질에 대한 문제가 대두되고 있다.

본 연구대상지역인 의왕시 관내 안양천 유역의 주변으로 급격한 발전과 더불어 토지이용 변화에 따른 공동주택의 증가와 산업체의 증가가 두드러지고 있으며 이에 따른 다량의 점오염의 증가와 더불어 강우시 발생하는 비점오염원으로부터 유출 오염부하량 증가로 인하여 수량확보 및 수질 관리에 있어 문제가 되고 있다. 특히 강우시에는 지표면과 하상에 퇴적되어 있던 각종 오염물질의 갑작스런 하천유입으로 인하여 하천수의 수질악화의 원인이 되고 있다. 그러나, 비점오염에 의한 오염물질의 유출은 기후, 지형을 비롯하여 수문학적 조건에 따라 그 배출되는 양상이 다양하므로 비점오염이 정확하게 어떠한 형태로 하천의 수질오염에 영향을 미치는지를 정량적으로 분석, 파악하는데는 많은 어려움이 따르고 있다.

비점오염원을 중심으로 한 수질관리에 대한 연구는 1970년대 말 미국에서 시작하였으며 공공수역의 수질을 이수목적에 적합하도록 유지하기 위하여 점오염원에 대한 Zero Discharge와 더불어 비점오염원으로 부터의 오염물질부하 삭감이 필요하다는 판단 하에 이에 대한 조사 및 대책을 검토한 바 있으며, 일본의 경우 1978년에 환경청에서 비특정오염원 대책조사 검토회를 설치하여 비점오염원에 대한 조사를 본격적으로 실시하여 왔다.<sup>6)</sup> 국내에서는 1994년에 비점오염원에 대한 토지이용별 원단위 조사와 오염기여도를 조사하였으며, 1997년 정부차원에서 물관리 종합 대책의 일환으로 비점오염을 고려한 오염총량관리제 시

행방안 연구<sup>7)</sup>가 이루어져 한강과 낙동강을 비롯하여 장래 전국의 주요하천에 적용될 계획에 있다. 토지이용에 따른 오염물질 부하 및 강우시 유출부하특성에 관한 연구<sup>5)</sup>를 통해 팔당상수원 유역에서 토지이용 특성별, 도시지역의 특성을 갖는 세 종류의 하천유역을 선정하여 강우사상에 따른 비점오염원의 우수유출량과 오염물질의 부하특성을 규명하였고, USLE모형을 이용한 농촌지역의 비점오염원 규모와 특성에 관하여 연구가 이루어졌다. 또한 농업지역 비점오염원 관리방안에 관한 연구<sup>1)</sup>와 비점오염원의 제도적 관리방안의 연구<sup>2)</sup>를 토대로 비점오염관리를 포함하는 정부종합대책이 마련됨으로 비점오염원에 대한 특성을 연구하는데 많은 노력을 기울이고 있다.

본 연구 대상지역인 의왕시의 경우 안양천 등 관내 하천오염실태에 관한 연구<sup>3)</sup>와 안양천 수계 오염하천 정화사업 타당성 조사 및 기본계획 보고서<sup>4)</sup>에서도 언급되었듯이 꾸준한 오염하천 정화사업에도 불구하고 하천의 수질이 개선되지 않는 것은 비점오염원을 고려하지 않은 영향도 클 것으로 사료된다. 따라서 본 연구에서는 의왕시 관내 안양천 유역의 강우사상에 따른 비점오염원의 우수 유출량과 오염물질의 부하특성에 대해 연구하였다.

## II. 연구방법

### 1 조사지점

안양천 유역 의왕시 구간은 상류의 왕곡천 배수구역, 중류의 오전천 배수구역 그리고 이 배수구역을 제외한 안양천 본류 배수구역으로 구분할 수 있다. 강우시 유출부하 특성을 조사하기 위하여 각 배수구역에 대한 대표적인 특성을 나타낼 수 있는 3곳의 조사지점을 선정하였으며 각 지점은 Fig. 1에 나타나 있다. 배수구역별 특성을 살펴보면, 의왕시구간 안양천 전체의 유역면적이

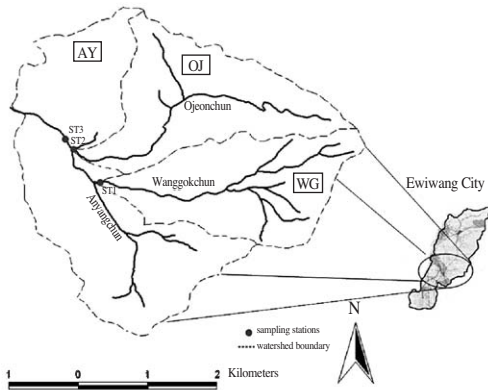


Fig. 1. Study area and sampling stations

6.82km이며 하천연장이 3.41km, 왕곡천의 경우는 유역면적이 4.0km<sup>2</sup>이며 하천연장은 2.03km, 오전천의 경우는 유역면적이 4.4km<sup>2</sup>이며 하천연장은 3.35km이다.

비점오염원 조사를 위한 대상 수계의 토지 이용현황을 보면 경지 4.7% 산림 67.7% 도시지역 27.6%로 조사되었다. 도시화지역과 비도시화지역으로 나누어 살펴보면, 도시화지역은 27.6%, 비도시화지역(산림과 농경지) 72.4%로 비도시화 지역이 도시화지역보다 약 3배가 더 넓은을 알 수 있다. 따라서 강우사상에 따른 비점오염원의 우수유출량과 오염물질의 부하특성을 보여줄 수 있을 것이다.

## 2 현장조사 및 분석방법

현장조사는 2000년 7월에서 2000년 8월까지 강우가 발생한 시기를 택하여 4차례에 걸쳐 실시하였다. 채수시 수리현황을 고려하여 강우직전(비강우시)까지는 2~3시간 간격으로, 강우시는 강우강도에 따라 30분, 1시간, 2시간 간격으로 실시하였다. 강우초기에는 30분 간격으로, 강우가 소강상태에 이르면 1시간 간격, 강우가 종료되면 하천이 정상상태, 즉 비강우시의 하천의 상태에 도달할 때까지 2시간 간격으로 채수하였다. 동시에 24

시간 동안 하천의 수리적 특성을 조사하였으며, 정확한 유량을 산정하기 위하여 하폭을 여러 개의 소분할구간으로 구분하였고 이 분할 구간마다 유속을 측정하여 소단면에 대하여 각각 분할유량을 산정한 뒤 단면 전체에 대하여 합산하여 단면 총유량을 구하였다<sup>10)</sup>.

수질항목으로 BOD, TN, TP를 포함한 일반적인 항목들에 관하여 분석하였다. 각 측정법과 항목별 분석방법은 수질오염공정시험법과 Standard Method(US APHA, 18th)<sup>14)</sup>에 의해 정량분석을 하였다.

## III. 연구결과 및 고찰

### 1 수리·수문조사

조사 기간 동안에 내린 강우에 의해 발생한 유량과 강우강도를 보면 Fig. 2와 같은 관계를 보였다. 1차 조사에서는 총강우량과 강우강도는 28.3mm와 3.2~1.03mm/hr, 2차 조사에서는 총강우량과 강우강도가 42mm와 0.45~0.18mm/hr, 3차 조사에서는 총강우량과 강우강도가 52.1mm와 8.50~3.47mm/hr, 4차 조사에서는 총강우량과 강우강도가 111.5mm와 2.70~2.86mm/hr로 발생하였다.

또한 그림에서 알 수 있듯이 각 지점의 유량을 보면 왕곡천의 경우 유량이 0.18~1.32m<sup>3</sup>/s, 오전천은 0.71~2.00m<sup>3</sup>/s, 안양천은 0.70~3.60m<sup>3</sup>/s로 조사되었다. 유량변화는 왕곡천과 오전천의 합류로 인해 안양천의 유량이 가장 크게 나타났으며 다음으로 오전천, 왕곡천 순으로 나타났다. 조사기간별로 보면 1, 2차 조사에서는 0.03~0.70m<sup>3</sup>/s로 낮은 유량의 변화가 있었으며 3, 4차에서는 1.32~3.60m<sup>3</sup>/s로 높은 유량의 변화가 발생하였다.

4차례에 걸쳐 발생한 강우사상에 대하여 왕곡천과 오전천 그리고 안양천으로부터 유출된 강우시 유출고와 유출계수가 Table 1과 같이 나타났다. 관측한 유역면적에 대한 유량과 강우량의 관

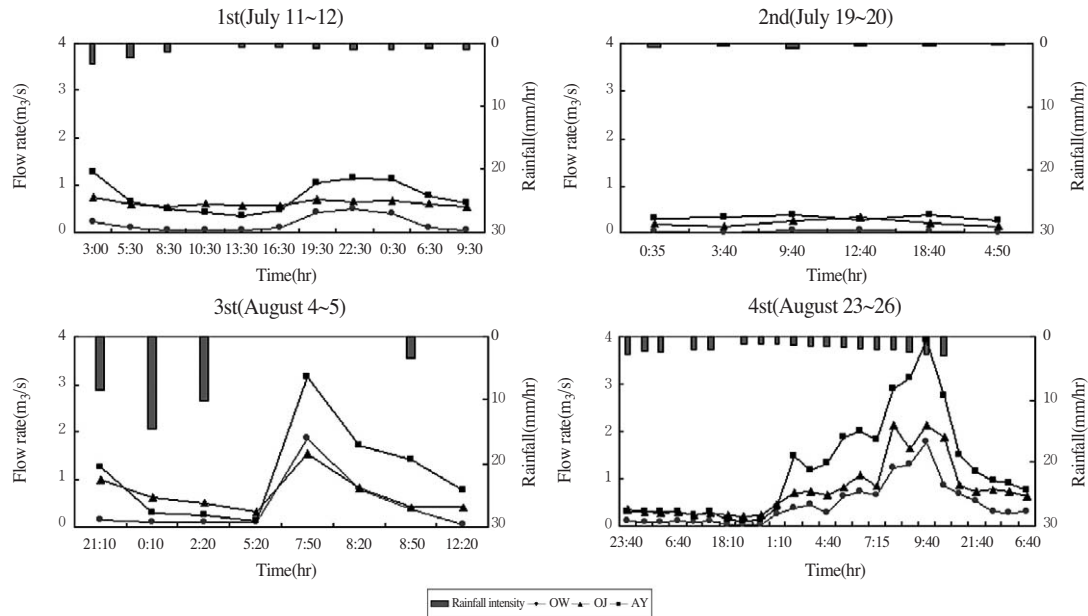


Fig. 2. Relationship between flow rate and rainfall intensity

계로 유출고와 유출계수를 산정하여 본 결과 오 전천과 안양천의 경우 유출계수가 1에 근접하게 산정 되었는데, 이는 안양천 유역의 토지이용 상태는 유역에 근접한 약 27.6%의 도시지역을 제외한 지역이 비도시화 지역이며 시 면적의 90% 이

상이 개발제한구역으로 보존되어 있고 전체 면적의 48.9%가 5%의 경사로 거의 평탄한 지형인 투수지역으로 강우초기에는 지하침투와 지표면에 저류 됨으로서 유출이 되지 않다가 지면이 포화 상태에 도달하면 강우의 전량이 유출하여 유출계수가 높게 나타나게 되는 것으로 사료된다.

Table 1. Runoff Depth and Runoff Coefficient for Rainfall Events (July and August, 2000)

Rainfall Event	Duration	Basins	Runoff Depth (mm)	Precipitation (mm)	Runoff Coefficient (C)
1st	July 11~12	WG	4.9544	28.3	0.17507
		OJ	15.1183	28.3	0.53422
		AY	11.1073	28.3	0.39248
2nd	July 19~20	WG	0.7051	4.2	0.16789
		OJ	1.7158	4.2	0.40853
		AY	1.8070	4.2	0.43024
3rd	August 04~05	WG	18.0001	52.1	0.34549
		OJ	26.4817	52.1	0.50829
		AY	27.2226	52.1	0.52251
4th	August 23~26	WG	65.5653	111.5	0.58803
		OJ	101.7813	111.5	0.91284
		AY	104.4887	111.5	0.93712

## 2 수질조사 결과2

본 조사에서는 강우시 수질오염도를 파악하기 위하여 4회에 걸쳐 3개 지점에서 채취한 하천수를 분석하였으며 하천의 수질항목 중 하천오염도를 나타내는 가장 중요한 지표인 생물학적 산소 요구량(BOD)과 총인(TP), 총질소(TN)를 중점적으로 분석하였다.

Fig. 3과 같이 BOD의 경우는 1차 수질조사에서는 2~240mg/l, 2차 수질조사에서는 5~290mg/l, 3차 수질조사에서는 3~48mg/l, 4차 수질조사에서는 6~103mg/l로 채수 지점별로 큰 차이를 나타

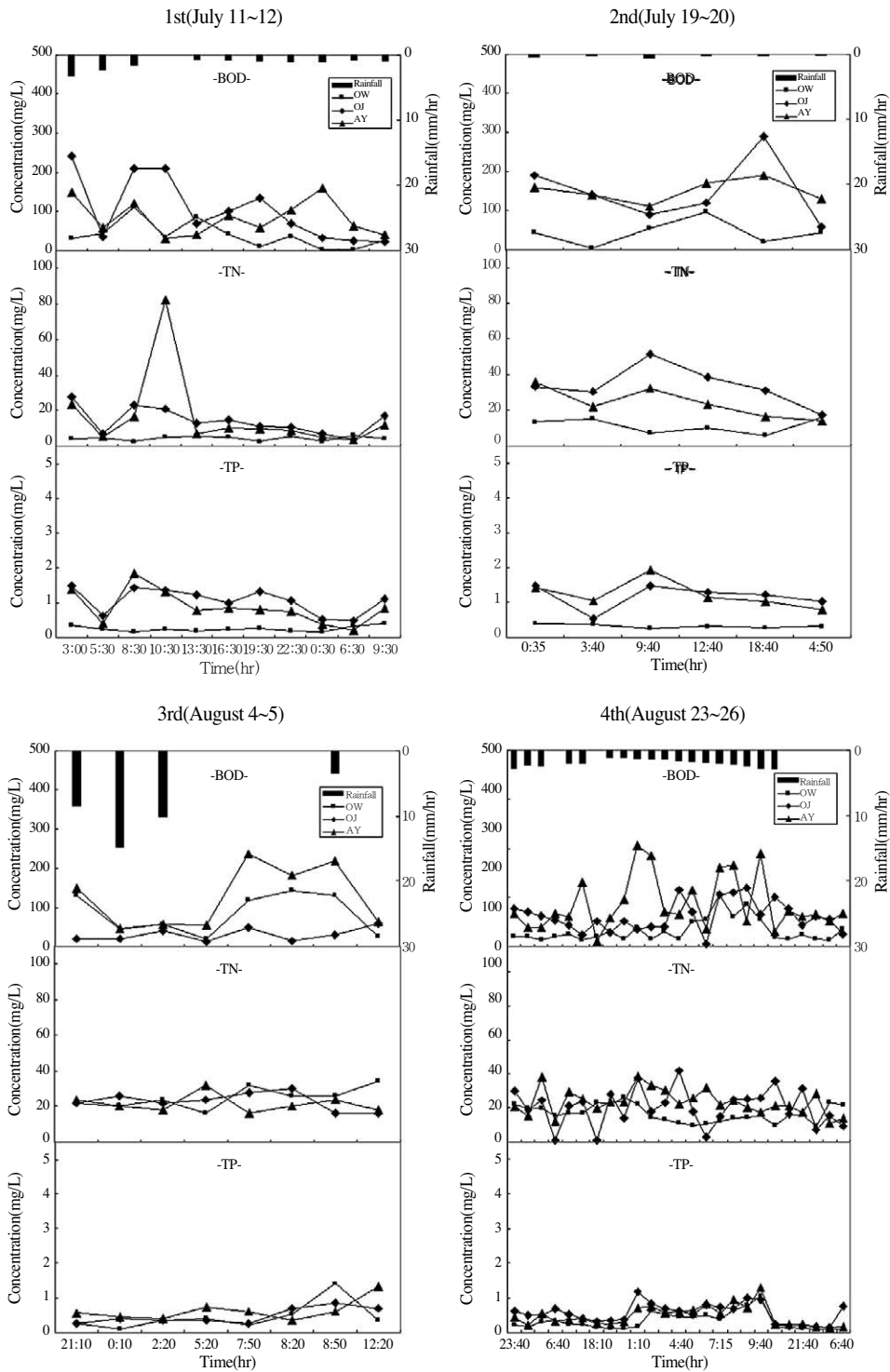


Fig. 3. Variation of BOD, TN, TP

냈고 3, 4차 수질조사에서 비교적 낮게 나타났다. 전체적으로 환경기준 5등급 기준치인 10mg/l를 훨씬 초과하는 것으로 조사되었으며, TN의 경우 역시 4차 수질조사에 걸친 수질조사에서 1~28mg/l로 나타났고 앞에서와 마찬가지로 1, 2차 수질조사보다 3, 4차 수질조사에서 낮게 나타났으며 전체적으로 질소량이 많은 것은 오전천 구간에서 생활하수가 직접 유입되고 있기 때문으로 판단된다. TP의 경우는 4차 수질조사에 걸쳐 0.1~1.92mg/l로 조사되었으며 환경기준 등급인 2~3등급의 기준치인 0.030~0.05mg/l와 비교해보면 기준치에 비해 크게 조사되었다. 다른 수질항목과 마찬가지로 TP 또한 1, 2차 수질조사에 비해 3, 4차 수질조사에서 농도가 비교적 낮게 나타남을 알 수 있었다.

### 3 강우시 유출 오염부하 산정

강우시 발생하는 오염부하의 특성을 파악하기 위한 부하량의 산정방법과 과정을 보면 오염원으로부터 흐름방향으로 나열하면 수질오염의 원인이 되는 오염물질을 최초로 생성하는 원인자 또는 원인행위를 '수질오염원'이라 하고 비점오염의 경우는 이 원인자 즉 토지이용으로부터 발생하는 오염물질의 양을 '발생오염부하량'이라 하며 오염발생원에다 그 양을 곱하여 산정한다. 여기서 수계로 배출되는 오염물질의 양을 '배출부하량'이라 한다. 하천의 특정지점에 실제 도달하는 오염물질의 양을 '유달부하량'이라 한다. 유달부하량의 경우는 배출부하량만 산정되면 유달률과의 관계에서 얻을 수 있다.

본 논문에서는 각 유역에 따른 비점오염원의 발생부하량을 산정 하였으며 강우시를 고려 발생부하량의 전량이 유출되는 것으로 보고 배출부하량을 산정하였다.

점오염원 중 축산폐수의 경우는 축산농가에서 배출된 상태에서 또는 야적된 상태에서 강우에

의해 비점오염원 형태로 부하되는 비중이 높기 때문에 미처리부하량은 사실상 비점오염원 형태로 부하된다고 보아야 할 것이다.

비점오염에 의한 배출부하량은 우리나라의 경우 강우현상이 불규칙적이어서 7, 8월에 연간 강우량의 반 이상이 집중되며 강우강도가 불규칙적이며 토양, 경사도, 유출거리, 토지 이용에 따라 많은 영향을 받으므로 인근지천에 유출되는 부하량을 산정하는 것은 쉽지 않다.

#### 1) 원단위에 의한 배출부하량의 산정

오염원조사는 유역의 하천수질에 영향을 미치는 오염원 종류 및 규모, 발생원단위, 배출원단위 등에 대한 조사이며, 본 연구에서는 유역내의 오염원을 생활계, 자연계, 산업계 및 축산계로 구분하여 조사하였다. 수질 오염원에 대한 조사는 특정 수체에 영향을 줄 수 있는 유역단위로 이루어져야 한다. 그런데, 인구분포 등과 같은 점오염원 자료나 토지이용 현황과 같은 비점오염원 자료는 행정구역별로 조사되어 있다. 따라서, 각 하천별로 영향을 주는 유역의 오염원을 파악하기 위해서는 행정구역 단위의 오염원 현황을 바탕으로 유역별 오염원을 산출해야 한다. 이들 각 소유역에 대한 점·비점오염원 현황은 1998년 행정구역별 자료로부터 추출하였다. 즉, 각 오염원이 행정구역에 골고루 분포하고 있다는 가정하에 소유역에 포함된 각 행정구역의 면적비 만큼씩 각 등로부터 오염원이 합해져서 각 소유역내 오염원 자료가 되도록 하였다.

소유역별 점오염원의 분포는 인구수와 소, 돼지, 그리고 산업체 배출량으로 구분하여 살펴보았다. Fig. 4는 점오염원의 분포를 비율로 나타낸 것이다. 전 유역에 걸쳐 BOD, TN, TP항목에서 인구에 의한 오염도가 전체 100%중에서 60% 이상을 차지하고 있음을 알 수 있다.

BOD의 경우 오전천에서 전체 오염부하량의 43.56% 즉 1077.195kg/day로 가장 많이 발생하고

있으며, 두 번째로 안양천에서 38.21%인 944,837kg/day를 발생하고 있다. 마지막으로 왕곡천에서 18.23%로 450,792kg/day를 발생하고 있다. 부분적 점유율을 보면 인구 56.20%, 토지이용 18.21%, 산업폐수가 13.98%, 축산 11.61%으로 비점오염원인 토지이용이 인구와 함께 큰 비중을 차지하였으며, TN의 경우를 살펴보면 안양천에서 전체 오염부하량의 39.35% 즉 238,473kg/day로 가장 많이 발생하고 있으며, 두 번째로 오전천에서 34.59%인 221,402kg/day를 발생하고 있다. 왕곡천은 21.13%로 135,248kg/day를 발생하고 있다.

부분적 점유율을 보면 인구 33.62%, 산업폐수가 27.00%, 축산 26.32%, 토지이용 13.05%을 점유하였다. TP의 경우 안양천에서 전체 오염부하량의 43.40% 즉 46,424kg/day로 가장 많이 발생하고 있으며, 오전천이 35.89%인 38,389kg/day로 그 다음으로 많이 발생하고 있다. 왕곡천의 경우는 20.71%로 22,149kg/day를 발생하고 있다. 부분적 점유율을 보면 인구 36.59%, 축산 24.79%, 산업폐수가 21.54%, 토지이용 17.08%을 점유하였다.

Fig. 5에서 토지이용 현황을 살펴보면 점오염원 중 인구 분포 현황이 높은 유역이 대지이용면적

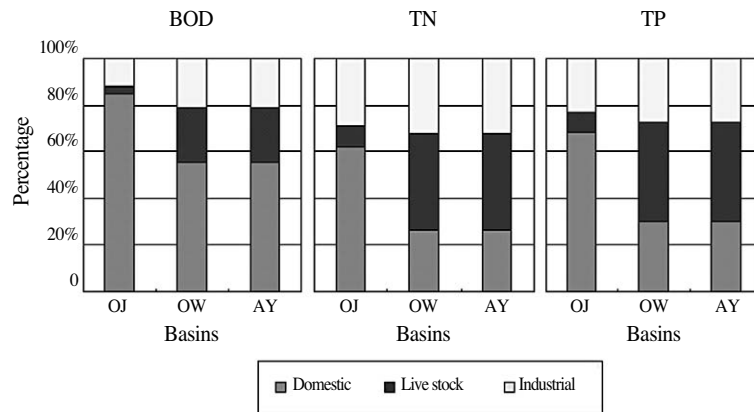


Fig. 4. Point sources conditions

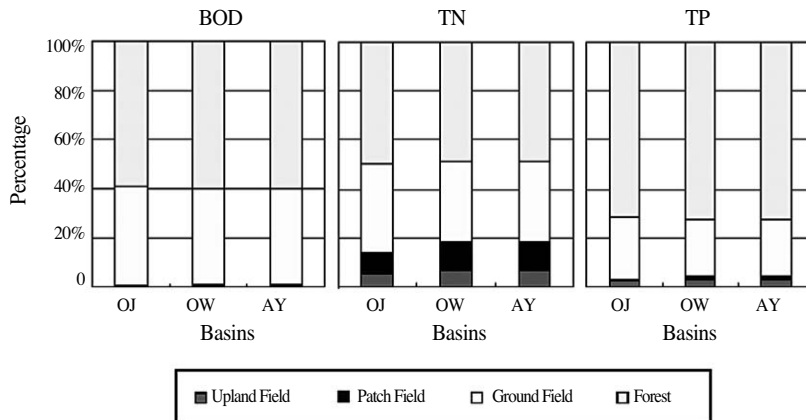


Fig. 5. Nonpoint sources conditions

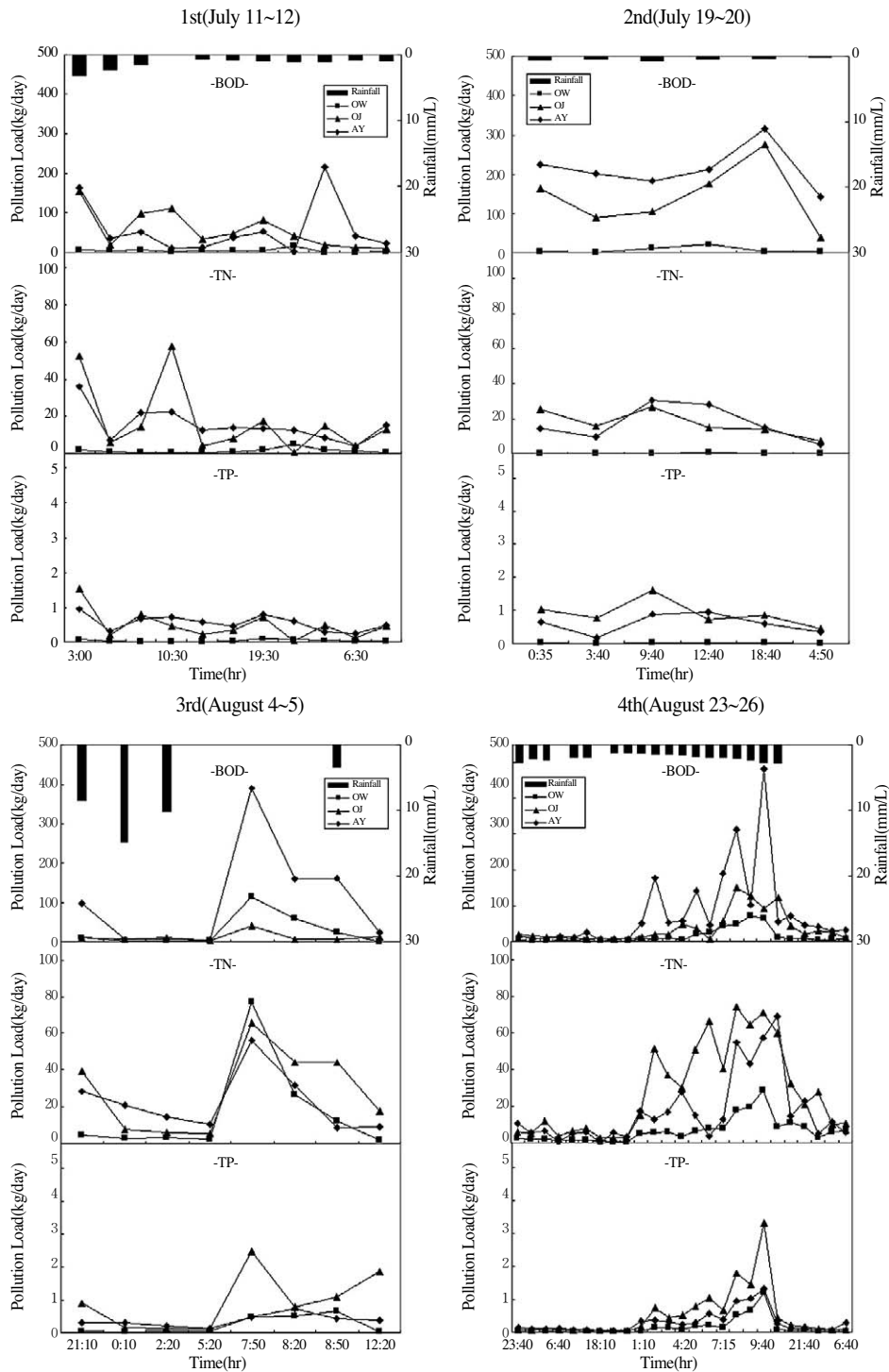


Fig. 6. Variation of pollutant loading



도 높음을 알 수 있다. 이는 대지이용면적이 넓을 수록 많은 인구가 거주하기 때문이며, 토지이용 중 산림의 차지비율이 67.7%임을 감안할 때 전 유역에 걸쳐 임야의 오염배출량이 60%를 상회하는 것을 알 수 있었다. 즉, 토지이용중 인간의 활동과 연관되는 토지이용 형태인 대지와 논과 밭이 수질오염과 연관성이 깊다고 할 수 있다.

## 2) 비점오염원부하 유출 특성

발생점오염부하량은 발생오염부하량 중 인구, 산업, 축산에 의한 부하량이고 발생비점오염부하량은 토지이용에서 발생하는 부하량으로 정의한다. 일반적으로 비점오염원의 유출부하는 토지이용에 따라 산림지역은 단기적으로는 집중호우에 의해서, 장기적으로는 산림훼손에 의한 토양침식물질과, 영양물질 등이 유역으로 유출되며 농경지의 경우는 토지이용비율이 적으나 오염물질의 대부분이 강우와 함께 유출되며, 시비 등에 따른 영양염류와 농약살포에 의한 유해물질이 유역으로 유출되어 비점오염부하를 발생한다. 도시지역의 경우를 보면 건물의 밀집, 도로의 포장률 및 주차장 등의 증가에 따른 침투성 지면이 감소하여 우수의 표면유출과 함께 노면 오염물질의 대부분을 차지하는 무기물질과 각종 유독성 물질이 유역으로 유출함으로 인해 비점오염부하 발생의 원인이 된다.

다음의 Fig. 6과 같이 각 강우사상별 관측지점에서의 오염부하량을 산정하여 본 결과 BOD에 의한 오염부하는 오전천이 207.19kg/day ~ 30083.01kg/day로 매우 높게 나타났으며, 왕곡천에서는 10kg/day ~ 175834kg/day가 발생하였다. 왕곡천도 4차 강우 시에는 매우 높은 부하량이 발생하였다. 안양천은 97.46kg/day ~ 350199.76kg/day의 변화를 나타내었다. 특히 주시할 것은 지류인 오전천이 본류인 안양천에서 발생한 부하량과 비교하여 볼 때 매우 높은 부하량이 발생함을 알 수 있었다.

TN의 경우를 살펴보면 안양천에서 오염부하량이 21.68kg/day ~ 3552.75kg/day로 가장 높은 부하량이 발생하였으며, 다음으로 오전천에서 10.90kg/day ~ 3450.37kg/day를 발생하였다. 왕곡천은 7.68kg/day ~ 1434.44kg/day를 발생하였다. TN도 역시 다른 오염원들에 의한 부하량과 마찬가지로 안양천, 오전천, 왕곡천 순으로 부하량이 높게 발생하였으며, TP의 경우 안양천에서 1.85kg/day ~ 1329.59kg/day로 가장 많이 발생하였으며, 오전천이 다음으로 5.80kg/day ~ 524.75kg/day로 많이 발생하였다. 왕곡천의 경우 0.52kg/day ~ 476.60kg/day를 발생하였다.

전체적으로 안양천이 가장 부하량이 크게 나타났고, 왕곡천이 가장 적게 나타나는 것을 알 수 있었다. 또한 지리적으로 의왕시 시내에 위치하며 복개되어 있는 지류인 오전천의 경우는 안양천의 부하량보다는 적게 발생한 것으로 나타났지만 부분적으로는 높게 나타나는 경우도 있었다. 즉 오전천의 영향으로 인하여 안양천의 오염정도가 매우 심각하게 나타나는 것을 알 수 있었다. 또한 부하량은 유량의 변화에 크게 좌우되기 때문에 강우강도와 강우량이 가장 컸던 4차에서 가장 높은 부하량의 변화를 알 수 있었다.

Table 2. Mean runoff loading in catchment

Unit : Load (kg/day)

Storm Event	catchment	BOD	TN	TP
1st	OW	412.83	68.19	3.60
	OJ	5680.83	763.97	55.96
	AY	5844.97	879.20	48.94
2nd	OW	198.53	17.32	1.12
	OJ	4248.50	515.83	35.72
	AY	6417.99	521.05	53.99
3rd	OW	2696.24	162.88	9.19
	OJ	1187.81	223.26	15.43
	AY	10647.16	286.75	51.79
4th	OW	2662.35	328.24	58.53
	OJ	7072.77	853.25	118.91
	AY	15672.61	1422.62	199.23

Table 3. Runoff rate in catchment

Storm Event	catchment	BOD	TN	TP
1st	OW	0.92	0.50	0.16
	OJ	5.27	3.45	1.46
	AY	6.19	3.10	1.05
2nd	OW	0.44	0.13	0.05
	OJ	3.94	2.33	0.93
	AY	6.79	1.84	1.16
3rd	OW	5.98	1.20	0.41
	OJ	1.10	1.01	0.40
	AY	11.27	1.01	1.12
4th	OW	5.91	2.43	2.64
	OJ	6.57	3.85	3.10
	AY	16.59	5.02	4.29

강우시 강우특성과 배수구역의 지형특성의 변화에 의해서 각 오염원의 유출특성이 다양하게 변화한다. 그렇기 때문에 배수구역에서 발생하는 오염부하량이 실제로 하천의 수질에 어떠한 영향을 미치는가를 알아보기 위하여 발생부하량과 배수구역별로 측정된 유량과 수질을 이용한 시간을 고려한 유출부하량을 평균하여 Table 2와 같이 산정한 후 비교해 본 결과 오염된 오전천이 안양천으로 유입하여 안양천 오염에 지대한 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

일반적으로 어느 유역에서 발생하는 오염물은 하천에 유입되는 과정에서 여러 요인에 의해 감소된다. 이러한 현상을 설명하기 위한 것이 유달률이며, 이는 각 오염물질에 대하여 다음과 같이 유역 내의 발생오염 부하량과 유역 말단에서의 유출 오염부하량의 비율로 표시할 수 있다.

본 연구에서의 유달률은 안양천의 각 지류 말단에서 유달률을 의미하며, 오염물질의 측정항목은 BOD, TN, TP에 대하여 조사하였다. 이러한 과정을 거쳐 계산된 유달부하량은 아래 Table 3.와 같다. 안양천과 오전천의 유달률이 매우 높게 나왔다. 이는 앞에서도 밝혔듯이 오전천에서 배출되는 오염원이 복개구간을 지나 안양천과 합류

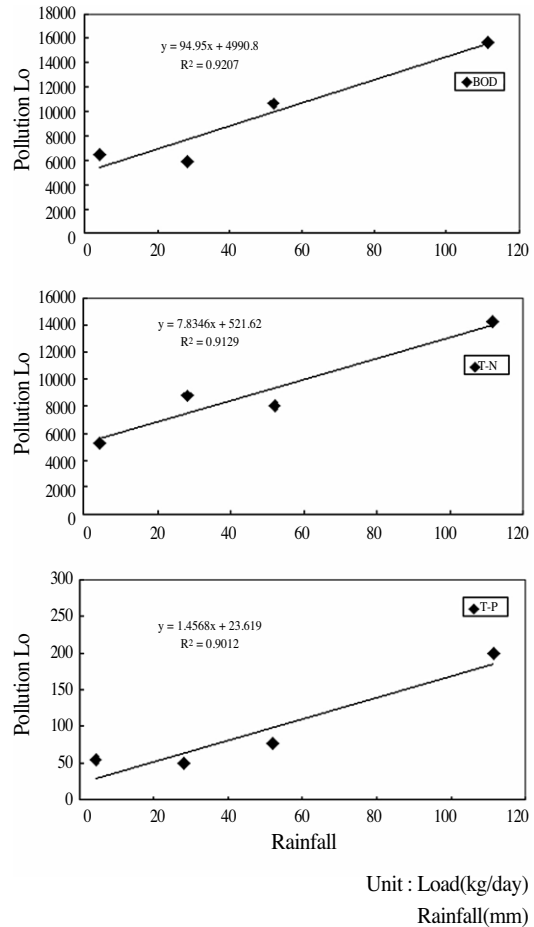


Fig. 7. Relationship between rainfall and pollution loads

Table 4. Relationship between rainfall and pollution load

Contituent (mg/L)	Relationship	R <sup>2</sup>
BOD	Load=94.95 × rainfall+4990.8	0.9207
TN	Load=7.8346 × rainfall+521.62	0.9129
TP	Load=1.4568 × rainfall+23.619	0.9012

unit : load(kg/day)  
rainfall(mm)

되기까지 미생물에 의한 자정작용이 미비하기 때문으로 보여진다.

### 3) 강우량과 오염부하량과의 관계 분석

강우초기 지표면 위에 퇴적되어 있는 대부분의 오염물질은 강우시 발생하는 우수유출수에 고농도로 포함되어 하천으로 유입하게 된다. 그로 인해 오염부하량이 증가 할 것이며, 증가하는 유량에 의한 영향도 클 것이다. 다음의 Fig. 7는 본류인 안양천의 4차례 조사된 강우량과 오염부하량과의 관계를 나타낸 것이다.

그래프에서 보여지듯이 강우량과 오염부하량은 일정한 상관관계를 보여주고 있었으며, Table 4에 나타낸 것과 같이 추세선으로부터 결정계수(R<sup>2</sup>)를 분석한 결과 SS는 0.94, BOD는 0.92, COD는 0.98, TN은 0.91, TP는 0.90로 관측 값들이 회귀선상에 근접하여 있음을 알 수 있었다.

## IV. 결 론

비점오염물질의 유출특성을 보면 영양염류와 유기물질은 유출의 간헐성, 강우특성, 오염원의 종류 및 유역의 지형적 특성으로 인해 점오염보다 관리나 특성 파악이 어렵다. 안양천 수계의 비점 오염원의 적정 관리를 위하여 강우시의 안양천 수계로부터 오염부하 유출특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 맑은내(안양천) 유역에서 강우시 비점오염원으로부터 우수유출에 따른 오염물질의 유입이 크게 증가하여 하천수질에 미치는 영향이 큰 것으로 보여진다. 즉 강우량과 강우강도가 비점오염원의 유출에 지대한 영향을 끼치고 있음을 보여주고 있다.
2. 본 조사의 결과를 토대로 보면 강우시의 BOD, TN, TP 등 오염물질의 농도는 강우초기에 급격히 증가하는 것은 강우시 하천 유량의 증가로 하상에 퇴적되어 있던 오염물질의 부상과 하천 주변의 비점오염물질이 일시에 하천으로 유출되었기 때문이라고 사료된다.

3. 관측지점별 조사기간에 따른 각각의 수질인자의 유출농도를 보면 강우초기에 높게 나타났으며 그 이후의 강우에는 비교적 낮게 나타나는 양상을 볼 수 있다. 즉 비점오염원은 강우초기에 대부분 강우유출과 함께 유출되는 것을 알 수 있었다. 따라서 이와 같은 특성인자를 측정하기 위해서는 강우초기부터 집중해서 조밀한 시간간격으로 조사할 필요가 있다.

4. 강우시 지천을 통해 하천에 유입되는 배출부하량이 큰 지역은 BOD의 경우는 오전천, 안양천, 왕곡천 순으로 오전천이 전체 부하의 50%정도를 차지하고 있다. 또한 TN, TP의 경우는 안양천, 오전천, 왕곡천 순으로 나타났다. 특히, 오전천과 안양천은 도시화된 지역으로서 강우의 유출계수가 높고 오염이 큰 것으로 보아 차후 비점오염원관리는 오전천과 안양천 중심으로 이루어져야 할 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 상명대학교 교내연구비 공모과제 “안양천 의왕시구간 오염하천정화사업에 의한 수질개선 효과 예측”의 지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. 최지용, 신은성, 1998, 농업지역 비점오염원 관리방안 연구
2. 최지용, 1998, 비점오염원의 제도적 관리방안
3. 신동석 외, 1995, 안양천 등 관내 하천오염실태에 관한 연구
4. 군포시, 1999, 12, 안양천 수계 오염하천 정화사업 타당성 조사 및 기본계획 보고서
5. 이현동 외, 2000, 3, 토지이용에 따른 오염물질 부하 및 강우시 유출부하특성 연구, 공동춘계 학술발표회 논문집
6. 이인선 외, 1993, 비점오염원으로 부터의 오염

- 물질 유출특성 조사를 위한 방법론적 연구,  
국립환경연구원보 제15권
7. 한국건설기술연구원, 2000. 7, 팔상상수원 비점  
오염원 유출특성과 최적관리방안
  8. 환경부, 2000, 한강수계 오염총량관리제 시행  
방안 연구 최종보고서
  9. 의왕시, 1995. 8, 안양천 수계 하천정비 기본계  
획 보고서
  10. U.S. EPA, 1988, Storm Water Management  
Model, version 4: user's manual
  11. 의왕시, 1998. 3, 의왕시 하천 및 저수지의 친  
수환경 조성방안 연구
  12. 하성룡, 1989, 도시비점오염원 오탁부하의 유  
출기구에 관한 연구
  13. 이운상, 1992, USLES모형을 이용한 농촌지역  
의 비점오염원 규모와 특성에 관한 연구
  14. APHA. 1995, Standard Methods for the  
Examination of Water and Wastewater