

## 하천에 있어서 자연성의 보전, 정비, 창출에 관한 연구(I)<sup>1)</sup>

- 농촌지역에서의 토지이용과 하천수질과의 상관성 -

이진희<sup>2)</sup> · 이행렬<sup>2)</sup> · 이재근<sup>2)</sup> · 이동근<sup>2)</sup> · 김훈희<sup>3)</sup>

<sup>2)</sup> 상명대학교 환경조경학과 · <sup>3)</sup> 상명대학교 환경조경학과 박사과정

## A Study on the Conservation, Rehabilitation and Creation of Naturality of Rivers(I)<sup>1)</sup>

- The Correlation of the degree of Pollution on a River and the Land Use in Rural Area -

Lee, Jin-Hee<sup>2)</sup>, Lee, Haeng-Youl<sup>2)</sup>, Lee, Jae-Kun<sup>2)</sup>,  
Lee, Dong-Kun<sup>2)</sup> and Kim, Hoon-Hee<sup>3)</sup>

<sup>2)</sup> Dept. of Environmental Design and Planning, Sangmyung University,

<sup>3)</sup> Graduate School, Dept. of Environmental Design and Planning, Sangmyung University

### ABSTRACT

The sources of the pollution on a river are divided into two classes, one the point source and the other non-point source. In raining, especially, the non-point source discharged from paddy, residential area, road ... etc have correlations with the land use. This study was carried out to find out the model to estimate the quality of water in a river according to the land use. Land use data (Pungse-Myeoun and Kwangduk-Myeoun in Chonan) were produced from Landsat TM (Thematic Mapper) and topographic map. Total nitrogen(TN) and total phosphorus(TP) general indices for the degree of pollution in river were measured during 11 months. Correlations between two variables(Land use and Pollutants(TN, TP)) were explained by the regression coefficient.

As a result of this study, we found that among the five types of land use, the residential area, store area and paddy have significant effects upon the quality of water in a river.

The results of this study will be applied to pre-estimate the degree of pollution in river broadly and to offer basic data in establishing the land use plan and the concept on the conservation of the river in rural area.

Key words : river, land use, landsat TM data, conservation, rural area

1) 본 연구는 한국학술진흥재단의 1997년 지역개발연구과제 지원에 의해 수행되었음.

## I. 연구의 목적

1960년대 이후 국내의 하천은 홍수와 같은 비상시 범람과 식수의 공급원 등의 가치기준으로서 단순히 치수와 이수에 중점을 두어 관리되어 오고 있다. 그러나 도시화, 공업화 등으로 인한 토지이용변화와 이에 따른 인공적이고 획일적인 하천정비는 하천의 오염을 진전시켜 하천변 공간이 황폐해졌을 뿐만 아니라 생물다양성보전에도 악영향을 미치게 되었다. 이에 1980년대 환경보전의 중요성이 강조되면서 하천의 수질은 중요한 하천환경관리 대상이 되었다(한국건설기술연구원, 1997).

하천의 오염원은 점오염원과 비점오염원으로 구분된다. 점오염원은 한 지점, 혹은 좁은 구역내에서 오염물질을 배출하는 오염원으로 도시하수, 공장폐수, 축산폐수 등이 이에 속하며 규제나 처리의 대상이 된다.

그러나 비점오염원은 강우시 유출수에 의해 오염물질을 배출하는 오염원으로서 강우 특성과 지형, 지질 및 토지이용 형태에 따라 그 배출의 정도가 달라지므로 일괄적인 관리가 어렵다(Hall, 1984)

최근에는 수질관리에 있어서 비점오염원의 중요성이 강조되고 있는데, 특히 공장폐수와 도시하수의 2차 처리가 강화된다고 가정할 경우 점오염원 보다 비점오염원에 의한 오염부하에 대한 비중이 더욱 커질 것으로 예상된다. 그러나 우리나라에는 현재 비점오염원에 대한 규제와 이에 대한 관리시설도 없는 실정이다. 점오염원에 의해서 발생하는 오염부하에 대하여 각종 정화시설 등을 통하여 일정량이 삭감되는 것을 고려하여 실제로 오염원으로부터 배출되는 것을 배출 오염부하량으로 구분하고 있으나, 비점오염원에 의한 오염부하는 삭감량이 없으므로 발생부하량과 배출부하량이 따로 존재하지 않고 발생하는 부하의 전량이 배출된다.

도시지역의 비점오염 부하는 주로 가로쓰레기, 자동차로부터 배출되는 오염물질 및 낙하분진 등에 의해 영향을 받는다. 대부분의 도시

지역은 불투수성인 까닭에 수문학적 활성이 커서, 불투수성 지역에 퇴적된 오염물질의 거의 전부가 지표유출수에 의해 수체로 유입된다(Ojo, 1990). 한편 합류식 하수관거에 남아있던 도시하수의 찌꺼기가 다량의 유출수에 의해 씻겨 내려가는 별도의 오염부하를 고려해야 한다(Gregory, 1987).

산림지역의 비점오염원으로는 낙엽, 유기물층 정도가 있으나 산림은 비교적 큰 흡수능을 가지고 있을 뿐만 아니라 토양유실 및 지표유출량도 적기 때문에 부하되는 오염물질의 양이 다른 지역에 비하면 적다(Chester, 1996).

특히, 농촌지역에서 유출수의 비점오염원에는 침전되었던 생활하수나 퇴비침출수 및 기타 농약폐기물, 축산분뇨, 비료등이 있는데 대부분의 경우 비가 와서 지표유출이 생길 때 크게 하천으로 유입되고 강우가 없을 때는 지하로 침투된 오염원이 기저유출수와 함께 하천으로 부하된다(이수길, 1991).

이와 같이 일정구역내의 수질관리에 있어서 비점오염원의 영향은 매우 크며 그 배출 특성은 구역의 토지이용 형태에 따라 달라진다고 할 수 있다.

현재 도시근교 농촌지역 특히 도농통합지역으로 도시화를 겪고 있는 농촌지역은 토지이용형태가 복합적으로 일어나고 있는 지역으로서 환경보전적 차원에서 바람직한 토지이용계획 및 수질관리의 대안이 필요한 실정이다. 일반적으로 소규모 지방자치단체의 경우 관할 구역내 토지이용 정책수립과정이나 이에 따른 수질관리의 문제에 있어서 부족한 자원과 경험으로 인해 기술적, 재정적 문제로 극히 제한된 활동에 국한되어 효율적인 관리가 어렵다(구본경, 1988). 그러나 구역 내 토지이용과 수질간의 관계가 예측될 수 있다면 수질보호 및 관리를 위한 토지이용계획 수립과정의 참고자료로서 활용할 수 있게 될 것이다(Osborne, 1988).

그러므로 본 연구는 토지이용과 수질과의 상관관계를 밝혀 이를 활용하여 첫 번째, 일정 구역내의 토지이용현황으로 소규모의 자원과 단시간에 간편하게 대략적인 구역내 수질을

예측해 볼 수 있게 하며, 두 번째, 이를 바탕으로 수질보호 및 관리를 위한 토지이용계획 수립의 참고자료로 활용할 수 있도록 하고, 세 번째, 농촌지역의 하천수질관리를 위한 경제적·광역적인 활용가능성을 위한 하나의 방법론을 제시하는데 있다.

## II. 연구의 내용 및 범위

본 연구에서는 토지이용형태에 따른 하천의 수질에 대한 상관을 알아보기 위해 하천의 오염정도(총 질소, 총 인)와 토지이용항목의 면적비와의 다중회귀모델을 구하는데 중점을 둔다. 이 다중회귀모델은  $Y(\text{오염의 정도}) = \alpha + AX_1 + BX_2 + CX_3 \dots$ 의 형태로서 여기서  $X_1, X_2, X_3$  등의 독립변수들은 토지이용항목간의 면적비로 설명된다. 이 모델은 본 연구 사례지와 유사한 다른 지역에 적용될 때 토지이용 현황을 파악하면 총 질소, 총 인에 대한 오염의 정도를 설명해 줄 수 있는 예측모델이 된다.

본 연구의 사례지는 1995년 도농통합지역이 되어 급격한 토지이용 형태의 변화를 보이는 천안시의 광덕면과 풍세면을 대상으로 그 지역을 통과하는 풍세천유역으로 선정하였다. 천안시 광덕면과 풍세면은 산림지역, 축산지역, 공장지역, 고밀도 도시지역, 저밀도 도시지역, 농경지등의 도시, 농촌, 산림의 토지이용 형태가 복합적으로 일어나 비점오염원의 오염부하 형태가 다양하여 토지이용특성과 수질의 상관을 연구하기에 적합할 뿐만 아니라 고속전철이 통과하는 지역으로서 향후 도시화로의 토지이용 변화가 예측되는 곳으로 하천환경보존을 위한 토지이용계획에 대한 제안이 필요한 곳이므로 본 연구의 대상지로 적합하다고 할 수 있다.

## III. 연구의 진행 및 방법

본 연구는 다음의 그림 1과 같이 수치지형도, Landsat TM 데이터를 이용한 토지피복분류, 오염측정, 토지이용 형태와 수질과의 상관 모델 제시의 순으로 진행되며 세부적인 진행

및 방법은 다음과 같다.

### 1. 토지이용분류

토지이용분류를 위하여 1996년 인공위성 자료를 사용하여 가장 최근의 토지이용현황을 분석하였다. 1996년 9월 1일 촬영한 Landsat TM 영상의 전체이미지(Full Scene) 7개 밴드 모두를 이용하였으며, 공간해상도는 Landsat TM 자료의 30m×30m를 이용하여 분석하였다. 기하학적인 왜곡을 바로잡기 위하여 7개의 지상기준점(GCP : Ground Control Point)을 균등하게 선정하여 영상을 보정하였으며, RMS는 평균 0.43으로서 지상 약 13m 정도의 오차를 가지고 있다. 데이터 보정 후 영상자료값 재배열 방법은 Cubic Convolution 내삽법을 사용하여 보강하였다.

전체 scene에서 sampling된 지역들의 분류는 ER Mapper의 ISOCCLASS 모듈을 이용하여 각각 분광특성이 서로 다른 255가지 그룹으로 무감독분류를 한 후, 255가지 그룹으로 분류된 영상을 1/25,000 지형도와 각 영상의 True Color Image를 참고로 하여 7가지 항목으로 재분류하는 혼성분류법을 이용하였다.

도로는 Raster자료로 변환하여 TM 자료와 Overlay했으며, 토지피복분류 항목은 물, 농경지, 산림, 저밀도 도시지역, 고밀도 도시지역, 도로, 나대지의 7가지 항목으로 분류하였으며, 토지피복분류 검증을 위해 1995년 국립지리원에서 제작된 1/20,000의 항공사진을 이용하여 토지분류정확도를 검증한 결과 81%의 분류정확도를 얻었다.

또한 국립지리원에서 제작된 1992년과 1991년 1/25,000 수치지도를 이용하여 논, 밭, 초지, 산림, 도지지역, 수역의 경계를 Autocad 프로그램을 이용하여 추출한 후 이를 ARCVIEW GIS 3.0A에서 TM 영상과 같은 경계 및 해상도로 라스터화하여 최종적으로 TM영상과 수치지도의 자료를 idrisi에서 Overlay하여 토지이용을 분류하였다. TM 자료와 수치지도의 Overlay를 통해서 시간적 차이를 극복하고 각 자료들간의 부족한 부분을 보완하고자 하였으며 최종

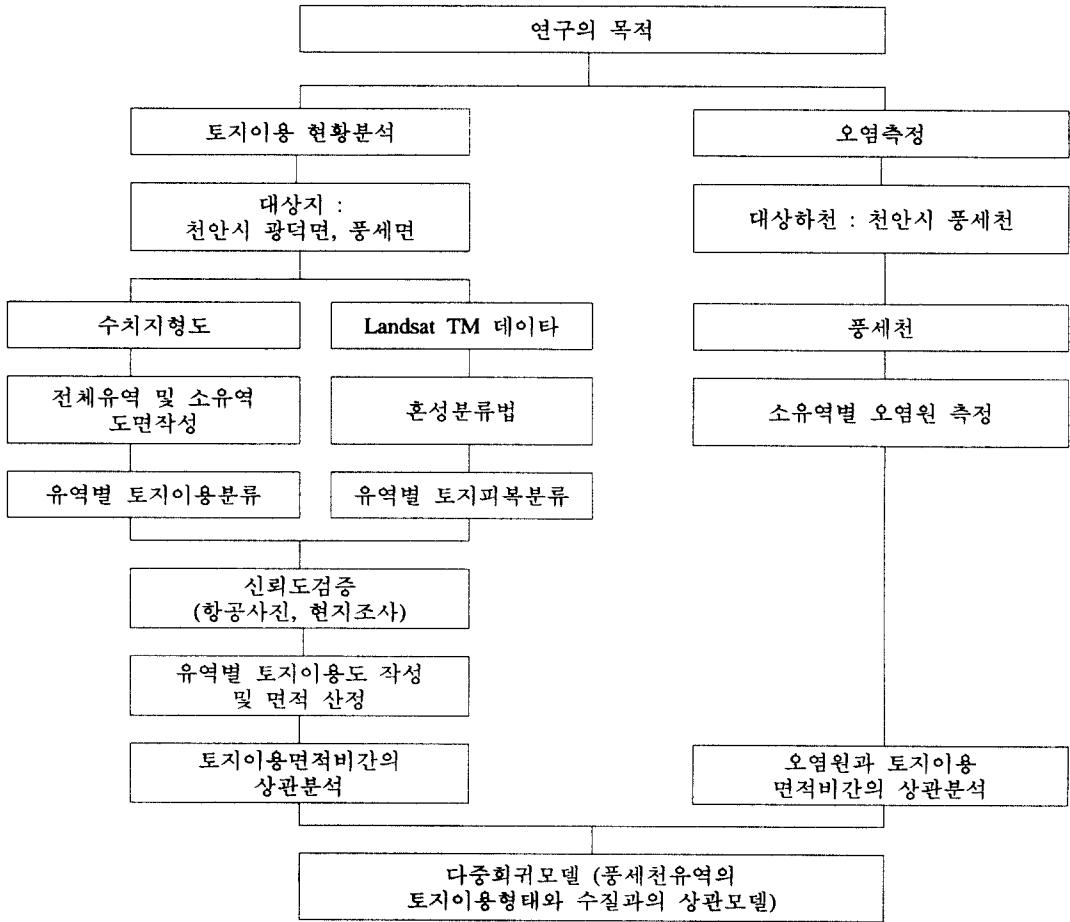


그림 1. 연구의 과정

적으로 수역, 논, 밭, 초지, 산림, 저밀도 도시 지역, 고밀도 도시지역으로 나누어 토지이용을 분류하였다.

**2. 하천의 유역과 소유역 결정**

주로 지류들이 합쳐지는 곳, 능선을 따라서 하천으로 유수가 유입되는 곳, 지형의 고저차가 생기는 곳 등을 고려하여 지형도를 바탕으로 17개의 소유역을 선정하였다. 위치는 다음 그림 2와 같다.

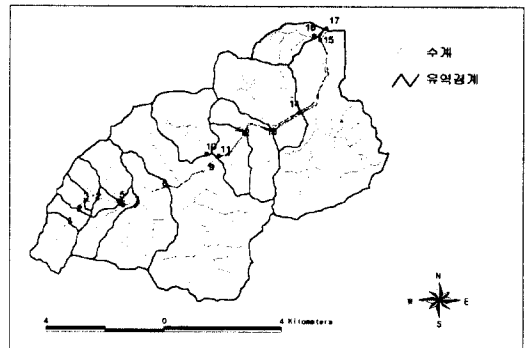


그림 2. 풍세천의 소유역 및 수질 측정지점

**3. 수질측정**

1997년 9월부터 1998년 7월까지 주로 강설, 강우 후에 17개의 소유역 지점에서 수질을 측

정하였다. 측정 항목으로는 수온, pH, DO, 전기전도도, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>, TN, PO<sub>4</sub>, TP의 10개

항목을 측정, 분석하였다.

#### 4. 회귀분석

최종적으로 토지이용 형태가 분류된 도면 및 데이터를 회귀분석에 적합하도록 변형하였다. 분석에 사용된 독립변수는 전체 면적에 대한 각 토지이용항목별 면적의 비율(농경지/전체면적, 산림/전체면적, 초지/산림면적, 주거지 및 상업지역/전체면적)로 4개의 변수를 사용하였으며, 종속변수는 오염측정(총질소, 총인)결과를 이용하여 SAS 프로그램을 이용하여 다중 회귀분석을 실시하였다.

### IV. 연구의 결과 및 고찰

#### 1. 토지이용분석 결과

1) Landsat TM를 이용한 풍세천의 토지이용  
다음의 그림 3은 1996년 TM 영상을 물, 농경지, 산림, 저밀도 도시지역, 고밀도 도시지역, 도로, 나대지의 항목으로 토지 피복을 분류한 결과이다.

그림 3. 토지피복분류 결과(1996)

표 1에서 분석된 결과를 보면 풍세천 유역은 산림이 전체 72.4%로 많은 비중을 차지하고 있으며, 농경지가 13.3%, 저밀도 도시지역이 8.3%로 나타남을 알 수 있었다.

표 1. 토지피복비(토지이용면적/유역면적)

분류항목	년도	
	96년	
수역		0.47%
농경지		13.34%
산림		72.48%
주거 및 상업지역	저밀도	8.31%
	고밀도	1.34%
도로		2.18%
나대지		1.88%
계		100.00%

#### 2) Landsat TM과 수치지도를 이용한 풍세천의 토지이용

다음의 그림 4는 TM영상과 수치지도를 Overlay하여 수역, 논, 밭, 초지, 산림, 저밀도 도시지역, 고밀도 도시지역으로 나누어 토지이용을 분류한 결과이다.

그림 5. TM영상과 수치지도를 Overlay하여 토지이용분류한 결과

사진 1. 풍세천 유역의 숙박 및 요식업소 현황

사진 2. 풍세천유역의 비닐하우스

사진 3. 풍세천 유역의 농경지

사진 4. 풍세천 유역의 유원지 이용안내판

풍세천 유역의 전체 면적은 6617.8 ha이며 전체 면적 중 산림과 초지 면적의 합이 70%를 차지하고 있어 전체적으로는 오염원에 대한 완충지대로서의 역할을 기대할 수 있지만, 실

사진 5. 풍세천 유역의 하천변식생대가 밭으로 개간되는 현상

제 산림에서 하천에 유입되는 오염원이 극히 적기 때문에 그 보다는 하천변을 중심으로 토지이용 현황을 분석해 보는 것이 현실적이다. 본 대상지역은 하천 수계를 따라 논과 밭, 고밀도 도시지역이 급격히 늘어나고 있어서 하천에 질소나 인 등의 영양염류의 유입 현상이 예상되며, 하천변을 따라 도로가 분포하고 있어 도로에서 오염물질이 직강하는 경우 하천변을 따라 filter zone이 필요함을 알 수 있다. 또한 상류지역에서 저밀도 도시지역으로 분류된 곳은 유원지 및 숙박 음식점들이 밀집되어 오염물질의 유입이 있음을 예상할 수 있었으며 하천수질보호를 위해 이에 대한 법적 규제와 관리가 필요할 것으로 판단된다(사진 1). 밭은 상류지역에서는 산림지역에 인접하여 산발적으로 나타나고 있으나 하류로 내려갈수록 논과 인접하여 상류지역에서는 산림이 어느 정도 filter 역할을 하고 있지만 하류지역에서는 논과 밭이 중요한 비점오염원의 역할을 하고 있음을 알 수 있었다.

## 2. 수질 측정 결과

농촌지역에서 하천으로 유입되는 오염물은 총질소(TN), 총인(TP)이 대표적이라 할 수 있는데 이는 경작지의 비료사용 및 축사에 의한 토양 침출수에 기인한다(사진 2). 본 연구에서도 TN, TP의 측정을 통하여 풍세천의 오염상태를 알아보았으며 그 결과는 표 3과 같다.



표 3. 각 소유역별 수질 측정결과 평균값

(단위 : ppm)

소유역	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub> -P	TN	TP
1	0.0049	0.4283	0.00013	0.0037	1.041	0.07076
2	0.0080	0.5966	0.00027	0.0185	1.5815	0.08123
3	0.033	0.7637	0.0056	0.0279	1.041	0.0937
4	0.020	0.6926	0.00012	0.0185	1.041	0.04069
5	0.023	0.2800	0.0038	0.0130	1.5815	0.1408
6	0.0025	0.4185	0.00013	0.0093	1.5815	0.02136
7	0.017	1.8700	0.00023	0.0130	1.041	0.2516
8	0.288	2.0100	0.00367	0.0203	1.041	0.3387
9	0.211	2.1360	0.01525	0.00101	1.041	0.3769
10	1.135	2.2460	0.0634	0.0222	2.6025	1.3621
11	0.202	2.1120	0.02524	0.00740	1.5615	0.7598
12	0.159	1.2390	0.003384	0.00185	1.5615	0.09819
13	0.211	2.1685	0.00789	0.00053	0.5205	0.1287
14	0.515	3.0255	0.0845	0.0131	1.041	0.2387
15	2.221	6.0260	0.0725	0.0556	2.082	0.4406
16	4.867	8.3100	0.2606	0.4441	2.5615	3.8769
17	3.204	5.6720	0.1335	0.1480	1.5615	0.8396

TN은 3가지 형태의 질소(NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>)와 유기질소를 모두 포함한 값이다. 먼저 NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>의 값을 해석하여 보면 하천의 오염물 유입과 정화정도의 개략적인 정보를 얻을 수 있다. 즉 NH<sub>3</sub>은 일반적으로 오염물의 유입과 동시에 증가하게 되는데 풍세천에서는 소유역 16과 17을 제외한 다른 지역에서는 미세한 양으로 분석되었다. 이는 소유역 16과 17의 도시근접지역에서는 오염물 유입이 있었지만 그 밖의 지역에서는 직접적인 생활하수나 축사, 농경지의 비료 성분의 유입이 일어나지 않고 있음을 시사한다.

NH<sub>3</sub>은 하천의 흐름에 따라 그 성질이 NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>의 형태로 변하는데 이를 질화작용(Nitrification)이라 한다. 이러한 질화작용은 자정작용의 일종으로서 하천에 유입된 암모니아성 질소는 질화작용에 의해 점차 그 양이 감소된다. 그러므로 더 이상 하천오염원의 유입이 없다면 NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>의 양과 NH<sub>3</sub>의 양이 반비례 형태로 나타나며 그 하천은 자정작용이 일어나고

있다고 해석할 수 있다.

NO<sub>2</sub>의 경우는 오염물의 유입에 민감하지 않지만 질화작용의 중간단계로서의 의미를 갖는다. 그러나 일반적인 하천의 경우 NO<sub>2</sub>의 양으로는 오염의 정도를 파악하기 어렵다. 풍세천의 경우 소유역 10, 14, 15, 16, 17에서 비교적 높은 값을 보이고 있는데 이는 하천에 유입된 NH<sub>3</sub>의 값과 상관관계가 있으며 자정작용의 중간단계로 해석할 수 있다.

즉 하천에 유입된 암모니아성 질소는 하천을 따라 흐르면서 점차적으로 질산성 질소로 변화한다. 예를 들어 어느 하천의 상류에서 암모니아성 질소가 100만큼 유입되었다고 가정하고 하천의 다른 지점에서 암모니아성 질소의 유입이 전혀 없다면 하류에서의 암모니아성 질소의 농도는 매우 낮을 것이다. 반면에 질화작용으로 암모니아성 질소가 감소된 만큼 질산성 질소의 농도는 증가될 것이다.

자연상태의 하천에서는 하천의 흐름에 따라 비점오염원은 비정규적으로 하천에 유입되며



로 암모니아성 질소와 질산성질소의 양만을 비교하여 단순해석을 내릴 수는 없겠지만 NO<sub>3</sub>의 분석결과는 하천의 자정작용의 효율로 해석할 수 있다. 풍세천의 경우 NO<sub>3</sub>의 값은 소유역 6~17까지 비교적 높은 값을 보이고 있는데 이는 자정작용이 많이 일어나고 있음을 의미한다. 자정작용의 원인은 수중미생물, 정화식물, 유숙, 유량 등의 복합요인으로 한가지 현상을 지적하여 단언할 수는 없다. 그러므로 질소의 오염정도를 총체적으로 나타내줄 수 있는 값으로 오염값을 해석해야 되며, 총질소(TN)는 3가지 질소의 형태와 유기질 질소의 양을 모두 분석한 결과로서 질소에 대한 오염의 상태를 해석하는데 가장 적절한 지표이다. 총질소 값으로 풍세천의 수질을 재해석하면, 소유역 2는 상류임에도 불구하고 주변보다 TN 값이 높는데 이는 주변의 양어장과 유원지, 숙박 요식업체에서 직접 유입되는 오염물에 기인하는 것으로 판단된다. 또 소유역 10은 주변에 논이 많이 분포되어 있으며 주거지가 가까이 위치하고 있어서 유역내에서 하수의 유입과 경작용 비료의 침전, 침출수에 영향을 받는 것으로 보이며, 소유역 15~17은 도시근접 지역으로서 주거지, 상가가 분포되어 TN의 값이 높게 나타나는 것으로 판단할 수 있다.

TP(총인)은 인산염을 포함한 모든 인의 형태(유기인을 포함)를 총괄적으로 나타낸다. 일반적으로 가정하수나 공장폐수가 유입되는 하천의 경우, TP는 PO<sub>4</sub>의 8~10배의 값을 나타낸다. 풍세천의 경우 PO<sub>4</sub>의 값은 아주 낮게 나타났으며, TP의 농도도 소유역 10, 11, 16, 17의 경우만을 제외하고는 비교적 낮은 값을 보이고 있는데 이런 유역별 차이는 TN과 마찬가지로 주변의 고밀도 도시지역, 논, 등의 토지이용현황과 관계가 있다고 보아야 할 것이다.

이상으로 풍세천의 하천수질에 영향을 미치는 오염물질에 대한 결과를 종합하면 전체적으로 적극적인 오염 유입은 적으며, 자정작용이 활발한 건강한 하천임을 알 수 있었고, 소유역별 오염량(TN, TP)의 차이는 주변 토지이용에 기인함을 확인할 수 있다.

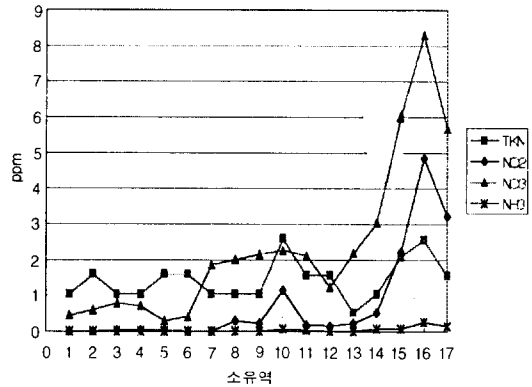


그림 6. TN, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>의 농도변화

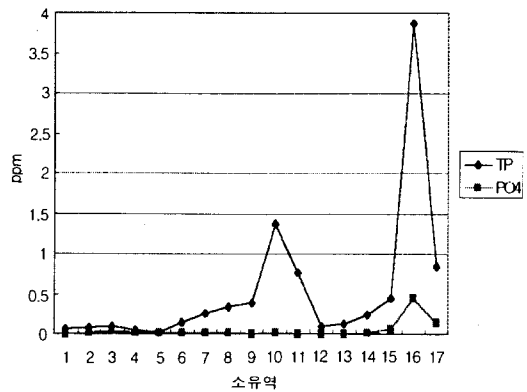


그림 7. PO<sub>4</sub>, TP의 농도변화

### 3. 토지이용과 수질의 다중회귀분석 결과

수질(TN, TP)측정 값을 종속변수로, 토지이용분류 항목들간의 면적비율을 독립변수로 다중회귀모형을 구하여 수질에 가장 영향을 많이 줄 수 있는 토지이용 형태를 분석하였다. 독립변수 선택에 있어서는 Backward법을 이용하여 유의성이 있는 변수를 선택하였으며 SAS 프로그램을 이용하여 다중회귀분석을 한 최종 모델은 다음과 같다.

$$TN = 3.09 + 3.31A + 2.74B - 2.78D$$

$$(R^2 = 0.45, F = 3.164, P < 0.0429)$$

$$TP = 3.92 + 9.02A + 2.90B - 7.59C - 4.81D$$

$$(R^2 = 0.89, F = 23.72, P < 0.001)$$

(TN : 총질소, TP : 총인, A : 농경지/전체면적, B : 주거 및 상업지역/전체면적, C : 초지/

전체면적, D : 산림/전체면적)

TP의 경우는  $R^2$ (회귀모델의 설명력)가 0.89로 매우 높으며 모델의 유의확률도 0.0001로 유의한 것으로 나타났고, TN은  $R^2$ (회귀모델의 설명력)가 0.45이며 모델의 유의확률이 0.042로 이들 모델들은 상당한 의미가 있다고 할 수 있겠다.

본 사례지의 경우 주거 및 상업지역의 면적 비율이 다른 토지이용들의 면적비보다 작은 값을 차지하고 있지만 총인과 총질소의 오염 정도에는 상당한 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. 이는 농촌지역에서는 주거 및 상업지역의 하수처리 시설이 불충분하기 때문일 것이며, 특히 유원지로 개발된 음식점 및 숙박시설에 대해서는 엄격한 규제가 필요할 것으로 사료된다. 그러므로 앞으로 토지이용개발계획에 있어서 주요 비점오염원인 주거 및 상업지역은 하천변에서 가급적 멀리 위치하거나 하천변에 filtering할 수 있는 초지나 산림대가 형성되도록 유도해야 함이 바람직하다고 사료된다.

또한 농경지의 비료에 의한 지속적인 영양염류의 하수유입에 대한 억제조치는 장기적인 계획으로 진행시켜야 하며, 특히 농촌형 토지이용형태에서는 하천유역의 농경지의 비율이 높음을 감안할 때, 하천수질보호를 위한 자연적이고 광범위한 하천변 식생대를 통하여 filtering할 수 있는 토지이용관리에 대한 계획이 필요하다.

본 연구의 모델에서 산림과 초지는 총질소와 총인의 오염의 정도를 완화시키는 부(-)의 요소로 작용하고 있는데 이는 총질소와 총인에 대한 자연식생대의 흡착 및 정화력에 기인한다고 볼 수 있다. 특히 초지의 흡착정도는 매우 큰 값으로 나타났는데 이는 향후 토지이용 및 관리에서 중요한 요인이 될 것으로 사료된다. 미국의 경우 하천변 식생대는 최소 6m로 규정하고 있으며 이는 매우 효율적인 1차 정화효과를 나타낸다고 보고 되고 있다. 우리나라의 경우 농촌지역의 하천변은 일부 받

으로 개간되면서 오염의 유입을 가속화시키고 있는데 이는 향후 개선되어야 될 점이다.

산림지역은 주변의 오염물질에 대하여 높은 흡착력을 지니고 있지만 하천변으로 직강하는 오염물질의 정화에는 실질적인 영향을 미치지 못하고 있다. 그러므로 하천을 중심으로 토지이용의 형태를 하천유역을 500m로 제한할 경우 산림보다는 하천 주변의 식생대가 보다 효율적인 정화효과를 나타낼 것이라고 사료된다. 그러나 본 회귀모델은 행정단위별로 간편하고 광의적인 오염의 정도를 해석하는데 있어서 수단으로서 의미가 있다고 할 수 있다.

## V. 고 찰

본 연구를 통해 비점오염원은 강우시 유출수에 의해 오염물질을 배출하는 오염원으로서 토지이용형태에 영향을 받는다는 것이 확인되었다. 특히 도농통합지역인 경우 도시지역으로 확대됨에 따라 농촌의 토지이용형태는 급격하게 변화되고 있으며, 전통적인 농촌형 하천의 수질과 하천의 자정능력에 변화를 주고 있었다. 이에 본 연구에서는 농촌형 하천에서 토지이용형태에 따른 수질변화를 예측할 수 있는 모델을 제시하여 일반적으로 소규모 지방자치단체의 관할 구역 내 토지이용정책수립과정이나 이에 따른 수질관리 문제에 있어서 쉽고 빠르게 경제적으로 이용될 수 있는 참고자료로 활용함을 목적으로 하였다.

본 연구의 결과를 종합해보면 수질오염원(총질소, 총 인)은 토지이용형태 중 주거 및 상업지역과 농경지가 오염원으로 작용하며 급격한 도시화 현상은 주변 하천 수질에 막대한 영향을 미치게 될 것임을 알 수 있었다. 현재 풍세천의 경우 수역주변에 경작지인 논이 분포되어 있고(사진 3) 도시근접지역인 하류로 내려갈수록 고밀도 도시지역의 토지이용형태를 보이고 있어 도시화 과정의 중간단계를 이미 넘어서고 있는 실정이다. 이는 차후의 도시화 과정으로의 점진적인 진행이 예상되는 토지이용형태로서 수질보호 및 관리 차원에서의 적극적인

인 토지이용계획이 수립되어야 함을 시사한다.

현재 풍세천변의 토지이용 실태를 보면 상류에서는 음식점, 숙박업소, 양어장들이 하천변 경관상태가 양호한 곳에 산재하고(사진 1), 중류에서는 하천변 일부가 유원지화되어 관할 부처에서는 일정요금을 징수하고 있는 실정이며(사진 4), 하천변 식생대는 오염물질이 하천으로 직강할 때 1차 filtering 할 수 있는 중요한 기능을 지녔음에도 불구하고 밭으로 개간되고 있다(사진 5). 그러나 이에 대한 행정당국의 법적 조치나 규제가 전혀 이루어지지 않고 있으며 실제 법적용에 있어서도 사례와 경우에 따라 느슨하게 운영되어 오고 있음도 묵과해서는 안된다.

일반적으로 농촌지역의 자연형 하천인 경우 하천 오염이 두드러지지는 않지만 그만큼 대처능력이 낮기 때문에 농촌지역의 무계획적 토지이용이나 단순한 토지이용변화는 결국 시간이 경과함에 따라 하천의 오염에 지대한 영향을 미칠 것이다.

최종적으로 본 연구에서 제안한 토지이용형태와 수질과의 회귀모델의 적용 및 활용가치를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 도시근교의 농촌지역의 하천주변역에 대한 토지이용 형태를 분석하면 그 하천의 오염상태(총 질소, 총 인)에 대한 대략적인 정보를 쉽게 얻을 수 있을 것이다.

둘째, 과거의 오염데이터를 구하지 못하는 지역에 있어서 지형도나 항공사진, 위성데이터 등을 분석하여 토지이용 비율을 알게 되면 과거 오염데이터를 유추할 수 있을 것이다.

그러나 본 연구의 수질 예측 모델은 비점오염원에 대한 여러 요인 중 토지이용형태라는 1차적인 요인만을 대상으로 하였기 때문에 사례지역에 적용하여 그 결과를 단순 비교한다는 것은 한계가 있다고 사료된다. 그러므로 향후 연구에서는 토지이용형태 뿐만 아니라 원단위 배출법에 의해 거리별 점오염원에 대한

영향력 등을 고려하여 광역적인 지역에 적용할 수 있는 보다 정확하고 경제적인 수질예측 모델을 구축하여야 할 것이다.

## VI. 인 용 문 헌

- 구본경. 1988. 유역내 토지이용형태가 수질에 미치는 영향에 관한 연구; 의암호유역을 대상으로. 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
- 이수길. 1991. 농촌지역에서의 비점원 오염물질이 하천수질에 미치는 영향에 관한 연구; 수영강을 대상으로. 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
- 한국건설기술연구원. 1997. 국내 여건에 맞는 자연형 하천공법의 개발. 선도기술개발사업 제2단계 1차년도 보고서.
- Chester, L. A. Jr. and C. J. Gibbons. 1996. Impervious surface coverage; The Emergence of a key environmental indicator. *Journal of the American Planning Association* 62 (2) : 244.
- Gregory, K. J. and D. E. Walling. 1987. *Human activity and environmental process*. John Wiley & Sons : 58.
- Hall, M. J. 1984. *Urban hydrology*. USA. Elsevier Applied Science Publisher : 28.
- Osborne, L. L. 1988. Empirical relationships between land use/cover and stream water quality in an agricultural watershed. *Journal of Environmental Management* 26 : 9-27.
- Ojo, O. 1990. Recent trends in precipitation and the water balance of tropical cities : the Example of Lagos, Nigeria in hydrological process and water management in urban areas. edited by Herbert Massing & John Packman, U.K. IAHS : 33-41.