

GIS와 위성영상을 이용한 수질 오염인자의 공간 변화 분석

조명희¹ · 권봉겸² · 부기동³

A Spatial Change Analysis of Water Quality Pollutant using GIS and Satellite Image

Myung-Hee Jo¹ · Bong-Kyum Kwon² · Ki-Dong Bu³

요 약

GIS와 두시기의 Landsat TM영상을 이용하여 금호강 상류의 수질 오염인자에 대한 소유역별 공간분포의 변화를 탐지하고 수질측정지점에서 관측한 자료와 비교 분석하였다. 이를 위하여 수질 오염원과 관련 있는 유역의 인자들을 ARC/INFO를 이용하여 데이터베이스를 구축하고, 1985년과 1997년의 위성영상을 이용하여 감독분류의 최우법으로 토지피복 분류도를 작성하였다. 아울러 두 시기의 토지이용변화 탐지 및 공간분석을 수행하여 소유역 분지별로 변화면적을 추출하였으며, 추출된 수질오염원의 변화량을 단계구분도로 작성하여 가중치를 부여하고 중첩분석을 실시하였다. 분석결과, 수질오염인자들 중에서 인구, 가축, 그리고 과수원·밭의 분포변화가 금호강 수질오염의 주요 요인임이 규명되었다. 금호강 상류에 있어서의 소유역별 오염원의 분포는 도시지역을 포함하고 있는 대창천, 오목천 유역분지가 가장 높게 나타나고 있음이 본 연구에서 밝혀졌다.

주요어: GIS, 위성영상, 토지피복분류도, 공간분석, 수질오염

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the spatial change of water quality pollutant in the upper-stream of Kumho River basin. For this purpose, it compared with ground survey data of water quality measurement, using GIS and Landsat TM image, and then constructed a database of water quality pollutants in the watershed by Arc/Info. Also the land cover classification maps of 1985 and 1997 were prepared using maximum likelihood classification. This study detected and analysed the classified images to produce the area of land cover change per sub-basin. In addition, choropleth maps were prepared with spatial change value of water quality pollutants, and overlay analysis was carried out with weight score for each layer. The results of this study revealed that population, animals and

1999년 11월 15일 접수 Received on November 15, 1999

¹ 경일대학교 측지공학과(mhjo@bear.kyungil.ac.kr) Dept. of Geodetic Engineering, Kyungil University

² 입명관대학교 이공학부(youlli@excite.co.jp)

Dept. of Civil and Environmental system Engineering, Ritsumeikan University, Japan

³ 경일대학교 컴퓨터공학과(kdbu@bear.kyungil.ac.kr) Dept. of Computer Engineering, Kyungil University

fruit orchards were main factors in the spatial change of water pollution of Kumho River basin. The Comparison of pollutions by sub-basins showed a high pollution value in Daechang-chun and Omok-chun stream which follows through the urban area.

KEYWORDS: *Geographic Information Systems, Remote Sensing, Land Cover Classification, Spatial Analysis, Water Quality Pollution*

서 론

산업의 발전은 도시의 거대화로 인한 환경문제를 유발하고 특히 인간생활에 지대한 영향을 끼치는 수질의 오염을 더욱 심각하게 하고 있다. 수질의 오염은 특정인자에 의한 것이 아니라 점원 및 비점원에 의한 종합적인 요소로 이루어져 있으므로 그 요인을 지역별로 추출하는 것은 기존의 연구방법으로는 정확하게 분석하기가 어려운 것이 현실이다.

지형특성은 유역에서 강우에 의한 유출응답특성을 결정짓는 주요한 인자로서 인식되어 왔으며, 이것은 유역 내에서 중력의 영향에 의해 물을 이동하게 하며, 그 영향에 의해 다양한 수문학적 현상이 발생하게 된다(Beven과 Kirkby, 1979; Beven과 Wood, 1983).

이러한 수리수문 분야에 대한 기존의 연구는 수문모델이나 환경용량산정에 의하여 분석되어 왔으나 오늘날에는 첨단 공간분석 도구인 GIS(Geographic Information System)를 이용하여 수질오염인자를 추출하는 연구가 다수 수행되고 있다.

아울러 수자원 분야에서의 원격탐사의 이용은 유역과 유출분석을 위한 응용연구를 시작으로 수행되어 왔고 이와 더불어 수질, 물분배 등과 같은 문제에까지 적용하게 되었으며, 또한 추출된 결과자료를 활용하여 유역의 공간분석이 이루어지기도 하였다(Eash, 1993).

따라서 원격탐사기법은 날로 발달해가고 있는 고해상도 지표탐사 위성영상의 보급으로 지표현상을 보다 신속하고 과학적으로 탐지할 수 있어 GIS기법과 함께 첨단 공간분석 도구로서

여러 분야에서 널리 활용되고 있으며, 특히 수질오염에 가장 큰 영향을 미치는 토지이용에 대한 공간변화 연구는 위성영상에 의한 분석이 가장 효율적인 방법으로 간주되고 있다.

본 연구에서는 금호강의 상류지역인 영천과 경산지역을 대상으로 하여 지형 및 인문사회적인 인자들을 GIS 수치주제도로써 각각 DB화하고, 다시기 Landsat TM 영상을 이용하여 시기별 토지이용변화를 개괄적으로 분석함으로써 토지이용 및 피복변화에 의한 수질변화요인을 파악하였으며, 그 결과를 수치주제도와 중첩분석하여 금호강의 소유역 분지별 수질 오염인자의 공간변화를 분석하였다. 또한, 현지관측자료와 비교·고찰하여 유역관리를 위한 수질오염원 공간분포의 기초 자료를 제공하는데도 그 목적이 있다.

본 연구에 이용된 자료와 방법으로는 연구유역의 1:25,000 지형도 15도엽에 대하여 UNIX ARC/INFO와 MAPINFO를 이용하여 DEM(Digital Elevation Model)구축을 비롯한 수계, 및 수리수문환경과 관련된 유역자료를 수치화하여 DB를 구축하였고, 위성영상 촬영시기인 1985년과 1997년의 영천, 경산 통계연보, 환경통계연감, 97주민등록인구통계를 이용하여 연구지역내의 수질오염원에 대한 속성 데이터베이스를 구축하였다.

위성영상의 처리는 1985년 10월 23일과 1997년 5월 17일의 Landsat TM영상으로 ERDAS Imagine 8.3 영상처리시스템을 이용하여 Supervised Classification에 의한 두 시기별 토지피복 분류도를 작성하였다. 통계자료를 이용한 단계구분도의 작성을 위해 MAPINFO

GIS Tool을 사용하였으며, 영상처리결과와 검증을 위하여 현지조사와 그 외 통계 및 문헌 자료 등을 활용하였다.

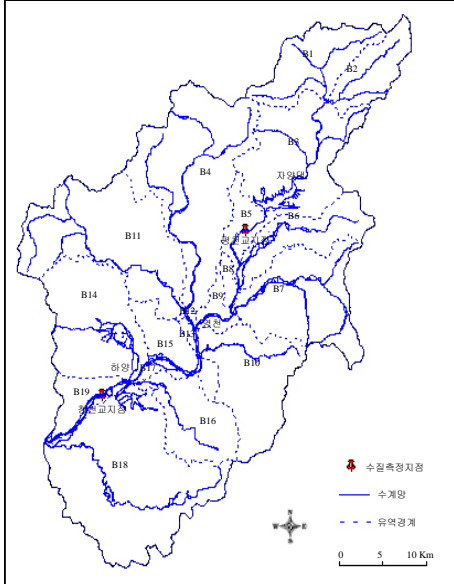


FIGURE 1. Sub-basin boundary map

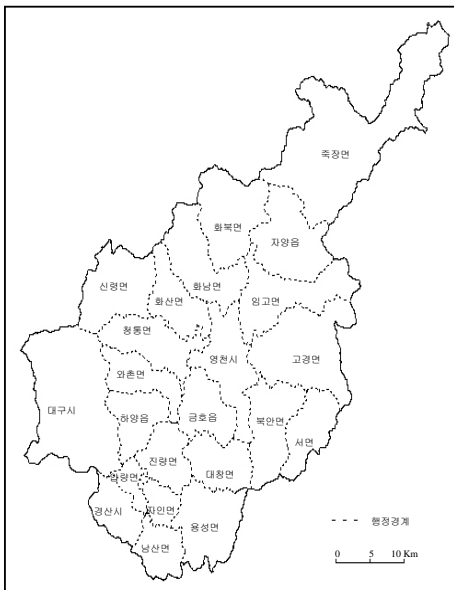


FIGURE 2. Administrative boundary map

유역 오염인자의 공간변화 분석

1. 금호강상류 유역의 수질현황 및 변화

1) 유역의 수질오염인자

오염원의 종류로서는 오염원이 쉽게 파악되어 자체 정화시설의 설치로 적정하게 정화할 수 있는 점오염원(point source)과 오염원의 확인이 어렵고 규제관리가 용이하지 않는 것이 비점 오염원(non-point source)이 있다. 이중에서도 비점 오염원이 수질을 심각하게 악화시키는 원인이라 할 수 있으며 수질을 오염시키는 요인으로는 생활하수, 산업폐수, 축산폐수 등이 있다.

본 연구에서는 수질에 영향을 미치는 다수의 오염인자 중에서 인구, 가축, 공장 그리고 토지이용을 대상으로 분석하고자 한다.

2) 관측지점별 수질현황

금호강유역의 6개 수질측정지점 중에서 연구지역내의 수질 측정지점인 평천교지점(금호강 제 1지점)과 청천교지점(금호강 제 2지점)의 수질 측정자료를 표 1에 나타내었다. 단, 청천교지점은 1992년부터 신설되어 수질을 측정하고 있다.

수질항목별 변화를 살펴보면 BOD, COD, SS가 평천교지점에서는 모두 감소하고 있으며, 청천교지점의 BOD수치는 1995년에 다소 높게 측정되었으며 1996년은 상당히 감소하였으나 1997년에는 다시 증가하고 있는 것으로 나타났다. 표 1을 통해 금호강 제 1지점과 금호강 제 2지점간에는 수질특성 항목별로 큰 차이가 있다.

3) 수질 오염인자의 변화

① 인구의 변화

금호강 상류지역의 주요 행정구역은 영천과 경산지역으로 구성되어 있으며, 1992년부터 1996년까지의 영천, 경산지역의 인구변화는 다음 표 2와 같다.

TABLE 1. Water quality of upstream area in Kumho River

(단위: m/l)

| 측 정 지 점 항목 년도 | 금호강 제 1지점 (평천교) | | | | | | 금호강 제 2지점(1992년 신설) (청천교) | | | | | |
|---------------------|--------------------|-----|------|-----|-----|-----|------------------------------|-----|------|-----|------|------|
| | 온도 | pH | DO | BOD | COD | SS | 온도 | pH | DO | BOD | COD | SS |
| 1984 | 16.5 | 7.7 | 9.7 | 1.9 | 2.9 | 8.2 | | | | | | |
| 1985 | 16.4 | 7.5 | 8.7 | 1.8 | 3.3 | 6.0 | | | | | | |
| 1986 | 13.0 | 7.5 | 9.7 | 1.2 | 3.4 | 3.4 | | | | | | |
| 1987 | 14.8 | 7.7 | 10.7 | 1.6 | 3.0 | 4.2 | | | | | | |
| 1988 | 12.7 | 7.3 | 9.6 | 1.4 | 1.9 | 2.9 | | | | | | |
| 1989 | 14.0 | 7.4 | 9.9 | 1.0 | 2.0 | 2.9 | | | | | | |
| 1990 | 14.0 | 7.4 | 11.0 | 1.1 | 2.0 | 1.6 | | | | | | |
| 1991 | 14.0 | 7.6 | 11.0 | 0.9 | 2.2 | 2.3 | | | | | | |
| 1992 | 13.0 | 7.4 | 10.4 | 0.9 | 1.6 | 1.5 | | | | 3.1 | | |
| 1993 | 16.0 | 7.5 | 10.5 | 0.8 | 1.7 | 2.1 | | | | 1.9 | | |
| 1994 | 16.0 | 7.4 | 10.0 | 0.6 | 1.7 | 0.6 | | | | 3.9 | | |
| 1995 | 15.7 | 7.6 | 10.0 | 0.7 | 1.7 | 0.9 | 17 | 8.1 | 13.3 | 7.3 | 12.3 | 12.0 |
| 1996 | 13.0 | 7.3 | 10.0 | 0.6 | 1.6 | 0.6 | 14 | 8 | 11.5 | 4.1 | 8.1 | 6.8 |
| 1997 | 13.0 | 7.3 | 9.6 | 0.5 | 1.9 | 0.8 | 14 | 8.3 | 10.5 | 4.2 | 8.9 | 6.8 |

(환경청, 1997)

TABLE 2. The change of population distribution

(단위: 명)

| 지 역 년 도 | 영천지역 | |
|------------|---------|---------|
| | 경산지역 | 영천지역 |
| 1992 | 143,122 | 125,082 |
| 1993 | 149,976 | 125,640 |
| 1994 | 157,429 | 124,161 |
| 1995 | 165,571 | 123,406 |
| 1996 | 186,310 | 122,027 |

② 가축의 변화

통계연감에 기록된 가축의 분류는 다양하지만 2005년의 오염부하량 산정을 위해 가축을 크게 3가지로 분류하였다. 단계구분도 작성에서는 이들 가축을 모두 합한 수치를 사용하였다.

TABLE 3. Classification of livestock

| 대분류 | 소 | 돼 지 | 닭 |
|-----|-----------|---------------|-------------------|
| 소분류 | 한우, 젖소, 말 | 산양, 돼지, 사슴, 개 | 토끼, 닭, 오리, 칠면조, 꿩 |

TABLE 4. The Change of livestock distribution

| 지 역 | 년 도 | 소 | 돼 지 | 닭 |
|------|------|--------|--------|-----------|
| 영 천 | 1992 | 21,086 | 64,878 | 826,405 |
| | 1993 | 23,646 | 70,758 | 753,602 |
| | 1994 | 26,671 | 79,554 | 782,547 |
| | 1995 | 31,031 | 79,781 | 782,951 |
| | 1996 | 32,322 | 92,349 | 1,120,093 |
| | 경 산 | 1992 | 25,300 | 47,746 |
| 1993 | | 24,626 | 45,529 | 253,423 |
| 1994 | | 24,816 | 44,458 | 214,044 |
| 1995 | | 29,451 | 48,519 | 315,907 |
| 1996 | | 29,824 | 57,430 | 281,558 |

③ 공장의 변화

통계연감에 기록되어 있는 영천과 경산의 업체등록 현황은 1985년에 영천 25개 업체, 경산이 103개 업체, 1997년 영천 94개 업체, 경산에 10,027개의 업체가 각각 등록되어 있다.

2. 도형 데이터베이스 구축

1) 수치주제도작성

금호강 상류 유역을 1:25,000지형도 15도엽을 ARC/INFO를 사용하여 DEM구축을 비롯한 수계 및 수리 수문 환경과 관련된 유역의 형태학적인자를 정량화 하였다. 수치주제도면의 목록과 각 주제도면의 자료원은 표 5와 같다.

TABLE 5. List of digital thematic maps

| NO | Thematic map | Data source | Coverage type |
|----|--------------|------------------|---------------|
| 1 | 소유역경계 | 지형도(1:25,000) | Polygon |
| 2 | 행정경계 | 지형도(1:25,000) | Polygon |
| 3 | 하계망 | 지형도(1:25,000) | Line |
| 4 | 도로망 | 지형도(1:25,000) | Line |
| 5 | 등고선 | 지형도(1:25,000) | Line |
| 6 | 수질측정지점 | 지형도(1:25,000) | Point |
| 7 | 토지피복분류도 | Landsat TM | Pixel |
| 8 | 인구분포도 | 통계연감(1985, 1997) | Polygon |
| 9 | 가축수분포도 | 통계연감(1985, 1997) | Polygon |
| 10 | 공장분포도 | 통계연감(1985, 1997) | Polygon |

2) 위성영상에 의한 시계열별 토지피복 분류

① 영상처리

연구지역내의 토지피복의 변화를 탐지하기

위하여 Landsat TM영상의 7개 Band 중에 인공지형지물을 잘 나타내는 Band 2,3,4,5 영상을 사용하였다. 이를 기초로 4/3/2, 5/4/3, 5/3/2, 5/4/2의 False Color Composite를 작성하여 육안 분석을 하였으며 위성영상자료와 수치주제도 중첩분석을 위하여 기하학적 보정(geometric correction)을 실시하였다.

기존의 전국 주요하천유역 기초조사와 각종 환경관리연구에서 토지이용분류를 크게 전, 답, 대지, 임야, 기타의 5가지로 분류하여 조사하고 있으므로 본 연구에서도 토지피복을 삼림, 과수원·밭, 논, 도시, 수면 등 5개의 class로 분류하였다.

종합적인 토지피복상태를 분류하기 위하여 최우법(maximum likelihood classification)에 의한 감독분류(supervised classification)를 실시하였다. false color composite image에서 5개의 class에 대하여 각각의 모식지역(training area)을 정하고 현지조사를 실시하여 확인된 모식지역을 영상처리 시스템에 입력하고 감독분류를 하였다.

② 결과 및 변화탐지

본 연구지역에서 영상처리에 의한 토지이용 변화는 그림 3에 보는 바와 같이 녹색으로

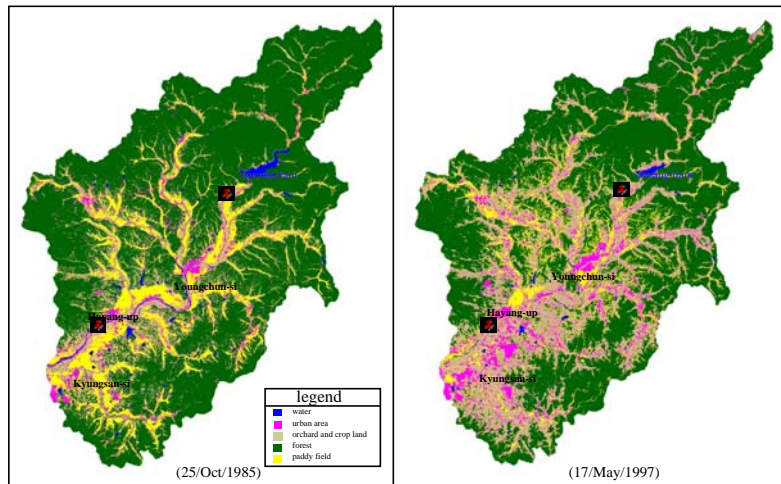


FIGURE 3. Land cover classification by supervised classification

TABLE 6. The change of land cover area in multi-temporal(1985, 1997) (단위: km²)

| 분류 구역 | 삼 립 | | | 과수원·밭 | | | 논 | | | 도 시 | | | 수 면 | | |
|----------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|
| | 1985 | 1997 | 증감 | 1985 | 1997 | 증감 | 1985 | 1997 | 증감 | 1985 | 1997 | 증감 | 1985 | 1997 | 증감 |
| B1 | 56.0034 | 51.6645 | -4.3389 | 2.5425 | 6.7950 | 4.2525 | 1.2951 | 0.8298 | -0.4653 | 0.4545 | 1.0062 | 0.5517 | 0.0054 | 0.0054 | 0 |
| B2 | 37.6506 | 34.155 | -3.4956 | 0.8262 | 4.0023 | 3.1761 | 0.5040 | 0.5355 | 0.0315 | 0.2772 | 0.5652 | 0.2880 | 0 | 0 | 0 |
| B3 | 94.7169 | 88.4709 | -6.2460 | 4.4721 | 12.5379 | 8.0658 | 2.8962 | 3.7251 | 0.8289 | 1.6596 | 1.6497 | -0.0099 | 4.8510 | 2.2122 | -2.6388 |
| B4 | 125.0406 | 104.9346 | -20.106 | 17.5302 | 37.1862 | 19.656 | 13.3731 | 13.6782 | 0.3051 | 4.2867 | 4.3623 | 0.0756 | 0.5517 | 0.6210 | 0.0693 |
| B5 | 14.5908 | 11.8260 | -2.7648 | 5.1174 | 8.8983 | 3.7809 | 3.5559 | 2.1600 | -1.3959 | 1.3860 | 1.7757 | 0.3897 | 0.0774 | 0.0675 | -0.0099 |
| B6 | 39.6432 | 35.8902 | -3.7530 | 4.8177 | 9.5391 | 4.7214 | 5.2155 | 3.9294 | -1.2861 | 0.9225 | 1.3185 | 0.3960 | 0.3114 | 0.2331 | -0.0783 |
| B7 | 72.2889 | 61.3665 | -10.9224 | 14.6421 | 25.0821 | 10.4400 | 10.2177 | 8.9010 | -1.3167 | 1.9710 | 3.9033 | 1.9323 | 0.4914 | 0.3582 | -0.1332 |
| B8 | 2.7378 | 1.4985 | -1.2393 | 1.1916 | 2.8980 | 1.7064 | 2.4399 | 1.6182 | -0.8217 | 0.6444 | 0.9891 | 0.3447 | 0.0144 | 0.0243 | 0.0099 |
| B9 | 4.6377 | 2.3400 | -2.2977 | 3.1347 | 3.9420 | 0.8073 | 2.7459 | 2.8692 | 0.1233 | 2.9025 | 4.2588 | 1.3563 | 0.1665 | 0.1773 | 0.0108 |
| B10 | 54.4635 | 40.4217 | -14.0418 | 13.1652 | 27.6912 | 14.526 | 13.7421 | 10.3869 | -3.3552 | 4.0995 | 6.9930 | 2.8935 | 0.6156 | 0.5931 | -0.0225 |
| B11 | 97.2918 | 76.1499 | -21.1419 | 20.2149 | 37.4202 | 17.2053 | 16.3746 | 20.2725 | 3.8979 | 5.7663 | 5.7870 | 0.0207 | 0.7110 | 0.7290 | 0.0180 |
| B12 | 0.6642 | 0.5121 | -0.1521 | 0.4446 | 0.5418 | 0.0972 | 0.3015 | 0.3087 | 0.0072 | 0.2925 | 0.3159 | 0.0234 | 0.1719 | 0.1962 | 0.0243 |
| B13 | 1.6830 | 1.3662 | -0.3168 | 1.0530 | 1.4049 | 0.3519 | 0.7299 | 0.7758 | 0.0459 | 0.5301 | 0.4770 | -0.0531 | 0.2124 | 0.1845 | -0.0279 |
| B14 | 62.5041 | 54.5922 | -7.9119 | 21.2751 | 29.2356 | 7.9605 | 14.5656 | 11.2707 | -3.2949 | 2.6721 | 6.0345 | 3.3624 | 0.5751 | 0.4590 | -0.1161 |
| B15 | 13.9482 | 10.6254 | -3.3228 | 8.2665 | 15.1686 | 6.9021 | 8.7174 | 5.1984 | -0.3519 | 2.0169 | 2.1699 | 0.1530 | 1.0215 | 0.8082 | -0.2133 |
| B16 | 34.1208 | 28.3302 | -5.7906 | 12.4344 | 22.0365 | 9.6021 | 9.1107 | 4.4325 | -4.6782 | 1.8603 | 2.6946 | 0.8343 | 0.5742 | 0.6066 | 0.0324 |
| B17 | 0.9765 | 0.3951 | -0.5814 | 3.2625 | 4.0824 | 0.8199 | 0.7380 | 0.8073 | 0.0693 | 0.8631 | 0.7119 | -0.1512 | 0.3834 | 0.2268 | -0.1566 |
| B18 | 100.3095 | 70.6914 | -29.6181 | 39.6405 | 79.8057 | 40.1652 | 41.2785 | 17.2368 | -24.0417 | 11.5128 | 25.1532 | 13.6404 | 2.6163 | 2.4705 | -0.1458 |
| B19 | 10.4508 | 7.8345 | -2.6163 | 9.0567 | 10.2672 | 1.2105 | 3.1257 | 4.4217 | 1.2960 | 3.3183 | 3.6477 | 0.3294 | 0.873 | 0.6534 | -0.2196 |

(1985년 토지피복면적 기준)

표현된 삼림이 전 구역에서 가장 많이 감소하였고 그 다음이 노란색으로 표현된 논이다. 논은 현지답사 결과 포도밭으로 전환된 곳이 많은 것으로 밝혀졌다.

도시지역(보라색)은 영천시와 경산시를 중심으로 많이 증가하였으며 대부분 구역에서도 조금씩 증가한 것으로 나타났다. 결과적으로 삼림은 논이나 밭·과수원(연분홍)으로, 논과 밭·과수원은 도시지역으로 바뀌어가고 있음을 알 수 있다. 구역별로 토지이용변화상을 살

펴보면 삼림이 가장 많이 감소한 구역은 B8(임고)지역이며 가장 적게 감소한 구역은 B3(자양)지역이다. 과수원·밭의 경우 가장 많이 증가한 구역은 B8(임고)이며 가장 적게 증가한 구역은 B12(영천)지역이다.

논은 B19(하양)구역이 가장 많이 증가했고 B15(금호)구역이 가장 적게 감소했다. 도시가 가장 많이 증가한 구역은 B9(영천)이며 B14(와촌)가 가장 적게 감소한 것으로 나타났다.

3. 관측지점의 소유역별 토지이용변화

1) 평천교지점

평천교지점의 수질과 관계를 가지는 유역은 B1, B2, B3, B5로서 토지이용의 변화를 살펴보면 삼림이 16.8453km², 논이 1.0008km²가 감소한 반면 과수원·밭이 19.2753km², 도시 지역이 1.2195km²가 증가하였음에도 불구하고 수질의 변화는 계속적으로 좋아지고 있는 것으로 나타났다.

즉, 이 지역은 도시지역과 과수원·밭의 증가에 의한 오염은 있지만, 조양댐에서 방류되는 물이 가장 많은 곳으로 적은 양의 오염물질이 풍부한 수량에 의해 희석되어 수질이 좋아지고 있는 것으로 판단된다.

2) 청천교지점

평천교를 지난 물은 구 영천시의 중심을 지나면서 서서히 생활하수와 축산폐수, 공장폐수가 유입되기 시작한다. 청천교지점과 관련이 있는 하천으로는 자양면과 임고면을 관류하는 임고천 그리고 고현천은 자호천, 신령천과 합류된다. 청도군과 경계인 용각산에서 내려오는 남천천과 압량면을 지나는 오목천은 넓은 평야 지대와 도심과 공단을 지나 금호강에 합류된다.

청천교지점의 수질과 관계를 가지는 유역(B1, B2, B3, B5 외의 유역)의 토지이용변화는 삼림 123.812km², 논 33.4017km²이 감소한 반면 과수원·밭 136.1718km², 도시 25.1577km²이 증가하였다. 이 유역에는 경산시에 진량공업단지(192개 업체)와 자인공업단지(85개 업체), 와촌가구공단(17개 업체), 영천의 언하공단(16개 업체)이 위치하고 있을 뿐 만 아니라 평천교지점보다 적은 수량과 많은 오염배출시설로 인하여 수질오염이 평천교 지점보다 훨씬 심각하다.

분석 및 고찰

1. 결과 분석

1) 인구

금호강 상류지역 중에서 도시화가 급속히

진행되고 있는 영천시(B9)와 경산시지역(B18)이 85년과 97년을 비교해 볼 때 인구가 증가하고 있는 것으로 나타나고 있으며, 특히 대부분의 유역분지가 농업지역으로 인구가 감소한데 비하여 경산시 지역은 급속하게 증가하고 있음을 알 수 있다.

경산시를 동서로 관통하는 오목천과 남천천지역이 산업화와 도시화가 계속 진행된다면 이것으로 인하여 금호강 중하류지역의 수질오염이 더욱 가중될 것으로 사료된다(표 2).

2) 가축

수질오염인자로서 가축 수의 분포는 인구 변화와는 그 분포 양상이 다르게 나타나고 있다. 유역분지 내에서 가축 수의 증가는 영천시의 외곽지에 속하는 북안면(B10), 고정면(B7)이 최대이며, 다음으로 대창면(B16), 금호(B15), 신령면과 화산면(B11)이다. 따라서 평천교 관측지점에 비하여 청천교 관측지점의 수질오염인자로서는 가축 수의 분포가 다른 요소에 비하여 크게 작용한다. 그러나 동일한 외곽지역이나 보현산 사면 아래 위치하는 화북면(B4)의 고현천 유역분지는 가축 수가 현저하게 감소되고 있으며, 경산시지역(B18)도 급격히 감소했음을 알 수 있다(표 4).

3) 공장

공장 수의 분포는 그 자체의 숫자보다도 종업원의 수 및 그 규모가 오염에 더 큰 영향을 끼칠 것으로 판단되나 본 연구에서는 자료의 관리상 공장 수에 근거하여 분석하였다.

최근 12년간 금호강 상류지역의 공장 수 변화분포를 살펴보면 영천시, 죽장면 및 자양읍(B1, B2, B3)은 공장이 전연 분포하지 않은 상태로 있어 영천댐(자양댐)은 식수원으로 최적의 식수 공급지로 간주된다. 오히려 임고천 지역은 감소를 나타내고 있다. 반면에 청천교 관측지점 주변의 오목천 즉 경산시 지역은 자인. 진량 공단 입지의 영향으로 인하여 2,882개의 공장이 증가하였다.

그리고 와촌면(B14)지역도 농공단지의 입지로 인하여 높은 증가치를 나타나고 있으나 대창천(B16) 유역과 금호읍 (B15)지역은 감소하는 경향을 나타내고 있다. 대구시 교외의 편리한 교통조건을 이용한 진량공단의 입지는 금호강의 수질오염을 가중시키는 하나의 요인으로 작용하고 있다.

4) 토지이용 변화

토지이용의 변화는 하천의 수질에 큰 영향을 미친다. 특히 도시지역의 증가와 과수원·밭의 증가는 산업발전을 초래하는 원인이 되므로 수질오염인자를 확장시킨다.

본 연구에서는 토지이용의 변화탐지를 위하여 위성영상을 이용하여 토지피복분류를 실시하고 GIS기법을 이용하여 각 소유역 분지별 토지이용 면적 및 그 변화를 산출하였다. 그 결과 삼림, 수면, 논, 도시, 과수원·밭의 5개 class 중에서 최근 12년간 증가된 것이 도시면적과 과수원·밭 면적으로 나타났으므로 이것을 class 중심으로 소유역별 변화 분포율을 분석해 보기로 한다.

① 과수원·밭

금호강상류 유역분지에 있어서 과수원·밭의 분포변화는 전체적으로 거의 균일하게 증가하는 경향을 나타내고 있다.

최근 영천시에서 과수원 및 원예작물에 대한 농경도입정책을 강화하고 있는 것을 반영하고 있듯이 임고면(B8)과 금호읍(B15)에서 과수원의 증가를 나타내고 있다. 이들 과수원·밭에서는 포도, 배, 복숭아, 사과 등의 과수를 재배하고 있는데 경작과정에서 농약 및 살충제의 사용으로 인하여 토양오염 및 수질오염을 가중시키는 것은 자명한 일이다. 아울러 경산시 주변(B18)지역도 과수원·밭의 면적이 크게 증가하였으며, 시설원에 및 과수재배를 이용한 소득증대를 목적으로 토지이용이 크게 변화된 것을 알 수 있다.

특히 이들 과수재배 지역들은 중심국도를

따라 분포하고 있어서 편리한 교통으로 인한 입지적 장점은 있으나 금호강의 본류에 인접해 있어 수질오염에 직접적인 오염원으로 작용하고 있음을 알 수 있다(그림 4).

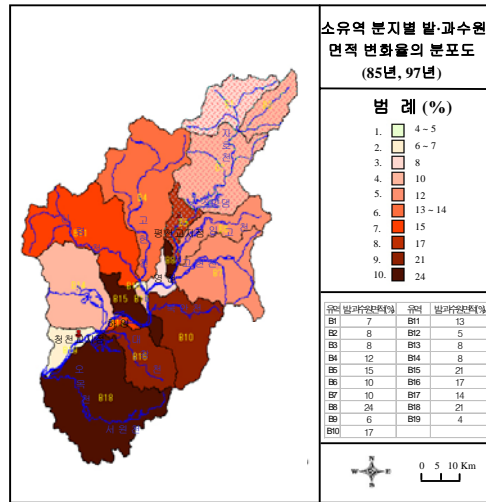


FIGURE 4. The change rate of orchard and crop land per sub-basin

② 도시면적

도시화에 따른 도시면적의 증가는 생활폐수 유입을 증가시켜 수질오염에 직접적인 영향을 끼친다. 토지이용 변화 중에서 도시 면적의 변화율은 과수원·밭의 변화율에 비하여 전반적으로 낮은 수치를 나타내지만, 소유역 분지간의 격차는 매우 심하다.

예를 들어 영천시 (B9)지역은 10%의 도시면적 증가율을 보이는 반면에 화북면(B4), 죽장면(B2), 자양읍(B3) 지역은 거의 도시면적 변화가 없다.

영천시 지역은 경산시 지역에 비하여 도시면적의 증가비율이 더욱 높게 나타나고 있어 최근 10여년 간 영천시의 도시화를 일목요연하게 보여주고 있다. 따라서 평천교 관측지점은 공장 수의 변화에서와 같이 도시면적의 증가가 거의 나타나지 않아 수질오염에 있어서 도시화의 영향은 거의 없는데 비하여 청천교

지점은 영천시를 비롯하여 하양, 경산시를 관통해 오는 본류의 영향으로 수질오염이 높아지고 있다.

2. 종합고찰

GIS 분석기법 중에서 가장 많이 이용되는 중첩분석(overlay analysis)은 공간분석에 있어서 가장 효율적인 방법으로 간주되고 있다. 수질오염인자에 대한 수치주제도 작성과 이들의 시기별 변화양상을 지도화하여 단계구분도(choropleth map) 및 분포도로 작성하고 분석한 결과를 주제도별로 가중치를 부여하였다. 본 연구에서의 가중치는 오염원 종류에 따라 경중을 두어 부여하지 않고 오염원들이 동일하게 수질오염에 영향을 미친다고 가정하여 같은 범위 내에서 가중치를 부여하였다. 이것을 소유역 분지별로 지도화하였으며, 그 결과 전체적인 분포비율로 보아 인구와 가축의 인자가 주요한 오염원으로 작용하고 있음을 알 수 있었다.

금호강의 지류 중 대창천과 오목천유역에 수질오염인자의 분포가 높게 나타났고 조양호상류의 자호천유역과 고현천유역이 오염인자 분포는 낮게 나타났다. 또한 관측지점별로 보면 평천교 관측지점에 영향을 미치는 죽장면과 자양읍(B1, B2, B3, B5)의 유역분지가 전 유역 중에서 오염인자의 분포가 가장 낮음을 알 수 있다. 그에 비하여 청천교 관측지점은 영천시, 하양읍, 경산시 등의 도시지역을 거쳐 오는 동안 대창천과 신령천, 의곡천의 오염정도가 높은 유수가 유입됨으로 인하여 수질오염이 훨씬 가중되어 높게 나타남을 알 수 있다.

그리고 토지이용별로 보면 금호강 본류 좌측의 팔공산, 보현산 사면을 흐르는 고현천, 신령천 등의 지류가 경산, 금호, 영천 등의 도시 및 농경지를 흐르는 우측의 하천들에 비하여 전반적으로 오염인자 분포가 낮게 나타나고 있다.

수질현황자료에서도 평천교 지점의 BOD

측정치는 청천교 지점의 측정치의 1/10(1997년)의 값을 나타내고 있음을 정확하게 검증해주고 있다(표 1).

이와 같은 수질오염인자의 최근 12년간의 공간적인 변화 분포와 관측지점의 수질측정자료와 비교해보면 평천교 지점에 있어서는 BOD의 측정치가 1985년에 비하여 1997년이 1/4로 줄어들었고 COD도 1/2로 감소하였다. 이는 금호강 상류지역의 인구, 가축, 공장등의 감소 내지는 정체로 인한 오염인자의 영향이 줄어든 때문인 것으로 사료된다. 또한 SS도 12년간 약 1/10로 감소하였는데 이는 도시화로 인한 하천 부유 퇴적물의 감소로 인하여 유수의 운반물질이 줄어들었기 때문인 것으로 판단된다.

청천교 지점의 경우는 1992년부터 실측자료가 작성되기 시작하였다. 청천교지점의 최근 몇 년간 자료를 참고하여 수질오염상태의 변화를 보면 1995년에는 수질항목들이 1996년 1997년보다 높게 나타나고 있는 것을 알 수 있으며, 1996년 측정자료는 조금의 감소를 보이고 있으나 1997년에는 다시 DO와 BOD가 증가 하고있다. 이는 인구증가와 도시화의 영향인 것으로 사료된다.

결 론

본 연구에서는 오늘날 첨단 공간분석도구로 활용되고 있는 GIS와 원격탐사 기법을 통합 이용하여 유역분지의 수질오염원에 대한 도형과 속성자료를 수치도화 하였다. 또한 두 시기(1985년과 1997년)에 대한 오염원의 변화율을 단계 구분도로 작성하여 소유역별로 공간분석을 실시하였으며, 그 결과를 중첩분석하여 수질오염에 영향을 끼치는 오염인자의 공간변화를 분석하였다.

아울러 위성영상을 분류, 처리하여 토지이용변화 탐지와 유역별 면적을 산출하였으며 수질오염과 관련 있는 도시 및 과수원·밭에

대한 분석도 병행하여 종합적으로 고찰하였다.

분석결과 수질오염원 가운데 인구나 가축의 분포변화가 금호강상류 수질에 큰 영향을 끼치는 주요한 요인임이 판명되었으며, 토지이용 변화 중에서 도시면적의 증가보다는 과수원·밭의 면적증가가 수질오염에 더욱 큰 영향을 주고 있음을 알 수 있었다.

그리고 평천교지점의 오염원이 소유역 분지에 있어서 전반적으로 작은 수치를 나타내어 청천교지점에 비하여 오염의 가능성이 낮게 나타나고 있으며 청천교 지점은 도시화 및 인구·공장의 분포의 증가로 향후 수질오염의 가중이 예상되고 있다. 금호강 상류에 있어서의 소유역별 오염원의 분포는 도시지역을 포함하고 있는 대창천과 오목천 유역분지 지역이 가장 높게 나타나고 있음이 본 연구에서 밝혀졌다(그림 5).

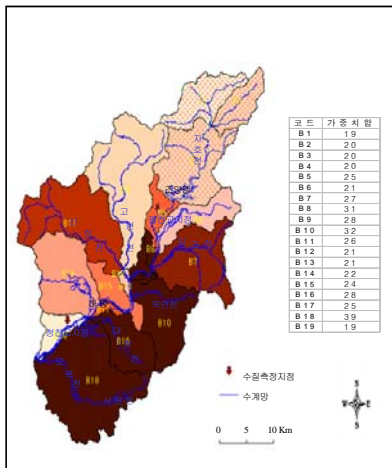


FIGURE 5. Spatial distribution of water pollutant by GIS overlay analysis per sub-basin area in Kumho River

또한 유역분지에 있어서의 수질오염인자의 정량화는 GIS를 이용한 수치주제도 작성으로 시각화가 가능하였으며, 이를 기초로 소유역 분지간의 공간변화분석과 행정구역과 소유역

분지간의 비교가 용이해짐에 따라 향후 유역 관리 및 지역개발계획의 기초자료로 제공되어 질 수 있음이 규명되었다.

감사의 글

본 연구는 경일대학교 교내 학술연구지원비에 의하여 수행되었으며 지원해 주신 대학당국에 감사를 드립니다. **KAGIS**

참고문헌

- 김영섭, 서애숙, 조명희. 1998. 원격탐사개론. 동화기술. 373쪽.
- 김창환. 1997. 하천오염원 종합관리 시스템 개발에 관한 연구. 지역정보화학회지 1:231-243.
- 김환기, 김태근. 1996. 원격탐사에 의한 대청호 수질관리방안. 대한환경공학회지 18(10):1383-1396.
- 경산시. 1997. 경산시통계연감.
- 영천시. 1997. 영천시통계연감.
- 유복모. 1993. 지형공간정보론. 동명사. 777쪽.
- 이재기, 이현직. 1995. 농업용수개발을 위한 수치지형정보의 활용. 대한토목학회 학술발표회 논문집. 101-104쪽.
- 조홍재. 1997. TIN을 이용한 SCS법에 의한 유효강우량 산정에 관한 연구. 한국수자원학회지 30(4):357-366.
- 조명희. 1989. Landsat TM 영상을 이용한 토지피복분류 - 낙동강 하구지역을 사례로. 경북대학교 대학원 박사학위논문. 154쪽.
- 한국수자원공사. 1993. GIS를 이용한 수자원관리 및 계획에 관한 연구.
- 함창학. 1996. GIS를 활용한 유역의 하천 형태학적 특성추출에 관한 연구. 한국지형공간정보학회지 4(1):115-119.
- 환경청. 1997. 환경통계연감

- 황하진 등. 1997. 지역기업의 환경관리계획수립을 위한 환경관리 전문가시스템구축 모형에 관한 연구. 대구경북개발연구 2:197-215.
- Beven, K. and M.J. Kirby. 1979. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrol. Sci. Bull.* 24:43-69.
- Beven, K. and E.F. Wood. 1983. Catchment geomorphology and the dynamics of runoff contributing areas. *J. Hydrol.* 65:139-158.
- Eash, D.A. 1993. A geographic information system procedure to quantify physical basin characteristics. *Proceedings of the Symposium on Geographic Information Systems and Water Resources*. J.M. Harlin, and J. Lanfear (ed.) American Water Resources Association Technical Publication Series TPS-93-1:173-183. **KAGIS**