

## GIS의한 대기오염과 토지이용상태와의 상관성분석에 관한 연구 Study of Air Quality and Land Use Correlation using GIS

최병길<sup>1)</sup> · 라영우<sup>2)</sup>

Choi, Byoung Gil · Ra, Young Woo

<sup>1)</sup> 인천대학교 공과대학 토목공학환경시스템공학과 교수(E-mail: bgchoi@icnheon.ac.kr)

<sup>2)</sup> 인천대학교 대학원 토목환경시스템공학과 박사과정(E-mail: survey@incheon.ac.kr)

### Abstract

This study analyzes interrelationship with air pollution quality and land use patterns using GIS. The relationship can be obtained via three steps: (1) making out air pollution map from air pollution information of study area, (2) dividing land use patterns into residential area, commercial area, industrial area, traffic concentrated area, and non-polluted area, and (3) spatial overlaying analysis of GIS. Moreover, through analyzing air pollution quality by land use patterns, pollution sources can be identified. The results also coincide with the characteristics of conventional air pollution finding.

More detailed analyses using articulated on site air pollution quality measurement databases are needed to correctly identify the pollution sources through finding interrelationship with land use patterns and air pollution quality using GIS. The developed method can help trace the path of pollution sources and plan urban land use projects.

### 1. 서론

본 연구의 목적은 GIS를 활용하여 대기오염과 토지이용상태와의 상관성을 분석하는데 있다. 우리나라는 1970년대 이후 급격한 산업화에 따른 각종 화학물질의 사용 증가로 인한 대기오염이 심각성이 확대되고 있으며 그 피해가 동식물 뿐 아니라 인간에게도 심각한 영향을 미치고 있다. 이러한 대기오염에 대한 피해를 줄이기 위해 환경부와 지방자치단체에서는 환경자동감시정보시스템(Telemetry Monitoring System ; TMS)를 설치하여 대기오염도에 대한 측정을 활발히 하고 있으나 자료의 다양한 활용은 아직 미흡한 상태이다. 지역적으로 설치해놓은 고정측정지점과 일시적으로 조사나 연구를 목적으로 설치된 임시측정지점에서 측정되는 대기오염물질의 오염 농도값을 사용하여 분석하게 된다. 이러한 오염농도 측정값만을 가지고는 수치적 통계분석만이 가능하다. 즉, 대부분의 대기오염측정자료는 공간적으로 독립된 위치와 속성을 가지고 있기 때문에 이를 변수로 하여 전지역에 대한 대기오염현황 분석이나 기상인자와 같이 위치에 따라 속성이 연속적으로 변하는 자료를 추정하는 데에는 많은 어려움이 있다.

GIS는 위치정보와 속성정보를 동시에 가질 수 있으며 광범위하고 방대한 양의 공간자료를 신속하고 정확하게 분석할 수 있다. 또한 공간정보에 대한 수정과 갱신이 용이하고 다양한 시각화가 가능하다. 따라서 대기환경분야에서 주기적으로 생성되는 자료를 보다 효율적이고 합리적으로 관리하기 위해서는 GIS를 이용한 대기오염의 공간분석이 필요하다. 따라서 TMS로부터 수집된 정보를 가지고 토지피복도와 같은 토지이용을 나타내는 정보와의 상관성을 분석할 필요가 있다.

## 2. 대기오염현황 및 토지이용현황

### 2.1 GIS에 의한 대기오염현황 분석

대기오염현황의 분석 방법으로는 현재에는 Oracle, MSSQL등과 같은 데이터베이스 관리시스템이 활용되고 있으며 데이터베이스관리시스템을 구축하는 것 이외에 최근 컴퓨터 기술의 발달과 시민들의 환경의식 고취로 인해 지역의 지형적 특성과 같은 공간정보와 오염농도 등의 속성정보를 공간분석과 시각화가 가능한 지리정보시스템 (Geographic Information System ; GIS)의 활용성이 부각되고 있다.

GIS에 의한 대기오염현황 분석에는 대기오염현황도가 사용되는데 대기오염현황도 작성은 우선 대기오염측정소로부터 대기오염 자료와 기타 속성자료를 수집하고 공간추정기법을 활용하여 대기오염현황도를 작성한다. 본 연구에서는 TMS자료를 이용한 대기오염현황도의 작성으로 인천광역시 및 수도권지역의 62개 측정소에 대한 시간별 대기오염농도 측정값을 수집하고 이들 자료 중 대상지역과 오염물질을 선정하고 통계학적 처리과정을 거쳐 신뢰성을 확보하였다. 신뢰성이 확보된 자료는 공간데이터베이스로 구축하고 GIS기법을 활용하여 대기오염현황도를 작성하였다.

현재 서울과 경기지역에는 총 67개소의 대기오염자동차측정망이 설치 운영되고 있다. 본 연구는 서울지역의 26개소, 인천지역 10개소, 경기지역에 26개소등 전체 62개 측정소의 2001년도의 CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>에 대한 시간평균자료를 기본자료를 사용하여 분석하였다. 평택시 신평동 측정소를 포함한 5개소의 측정데이터는 주변 측정소와의 거리가 멀어 공간추정시 대상지역에서 제외하였다. 대기오염측정자료로는 시간평균값을 기초자료로 하는 수도권의 계절평균 대기오염농도값을 사용하여 대상지역의 대기오염현황을 분석하였다.

GIS는 정보시스템의 일종으로 자료로부터 정보를 이끌어내는 도구이다. 정보시스템을 이용하여 정보를 획득하기 위해서는 일반적으로 자료수집, 자료처리, 자료관리, 자료분석 및 정보출력 등 5가지의 기본과정을 거쳐야 한다. 광범위한 관점에서 이들 기능은 본래의 자료원에서 최종적으로 지도나 다른 형태의 결과로 자료의 흐름을 설명하는 논리적인 일련의 작업으로 보여질 수 있다. 데이터취득, 관리, 통합과 같은 처리과정상의 초기단계는 특히 시간적으로 소모가 크며 전형적으로 이들 자료구축에 전체 소요 시간의 70%이상 소모되며, 특정 어플리케이션을 위해 GIS의 개발과 구성에 요구되어지는 중요한 자료원이다. 그러나 일단 자료가 GIS내에 합쳐지면, 낮은 비용으로 광범위한 공간분석을 수행하는 것이 가능해진다. 수집된 대기오염 측정자료는 통계적 처리과정을 거친후에 공간데이터베이스로 입력하게 되는데 공간데이터베이스의 입력은 크게 공간자료의 입력과 속성자료의 입력으로 나뉜다.

공간정보에는 기본도와 측정소 위치정보가 있으며 기본도로는 국립지리원에서 발행하는 1/25,000 수치지도에서 구군경계도를 추출하였다. 측정소 위치정보는 환경부에서 제공하는 TM좌표값을 이용하여 데이터베이스구축과정을 거쳐 테이블형태로 저장하였다. 입력된 공간정보는 위치와 형상에 관한 관계구조를 부여한 후에 몇 가지 수정과정을 거쳐 분석을 위한 공간데이터베이스로 구축하였다.

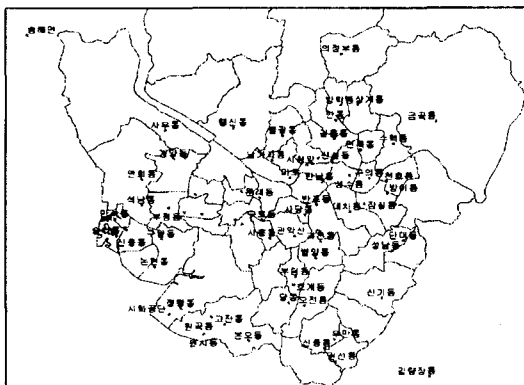


그림 1. 대상지역의 자동오염측정소 위치

그림 2. 측정소별 오염측정자료 입력

## 2.2 토지이용현황 분석

토지이용상태를 나타내는 공간자료로는 환경부에서 제작된 토지특성지도 (대분류 (1:50,000), 중분류 (1:25,000), 세분류 (1:5,000)), 건교부에서 제작된 토지이용현황도(1:25,000)와 토지특성도(1:1,000, 1:5000) 등이 있다.

토지피복지도(Land Cover Classification Map, LCCM)는 환경부에서 Landsat TM, IRS-1C영상을 이용하여 크게 3개의 대분류, 중분류, 세분류의 토지피복지도로 나뉜다. 대분류 체계로는 1:50,000 축척으로 80년대 말과 90년대 말의 남북한 전역에 대해 구축되어 있다. 중분류 체계로 제작한 1:25,000 축척으로 수도권(서울, 인천, 경기)지역에 대해 구축되어 있다. 세분류 체계로는 항공사진을 이용하여 1:5,000 축척의 지도로서 6개 시범지역에 대해 구축되어 있다. 다음 그림 3은 토지피복도의 일부를 나타내고 있다.



그림 3. 토지피복지도(중분류)

토지이용현황도는 1999년 정보화근로사업의 일환으로 건설교통부에서 제작한 지도이며, 토지이용관리법에 의하여 토지의 피복상태와 이용상태를 분류하여 1:25,000 축척으로 제작된 지도이다. 이러한 토지이용현황도는 중앙정부 및 지자체의 정책수립 및 환경, 수문해석, 오염해석의 연구자료로 활용이 가능하다. 토지이용현황도는 4개의 대분류, 14개의 중분류, 36개의 세분류로 구분되며 제작시 사용된 자료로는 1:5,000 수치지형도, 1:37,500의 항공사진과 1:25,000 임상도이다. 다음 그림 4는 토지이용현황도의 일부를 나타내고 있다.

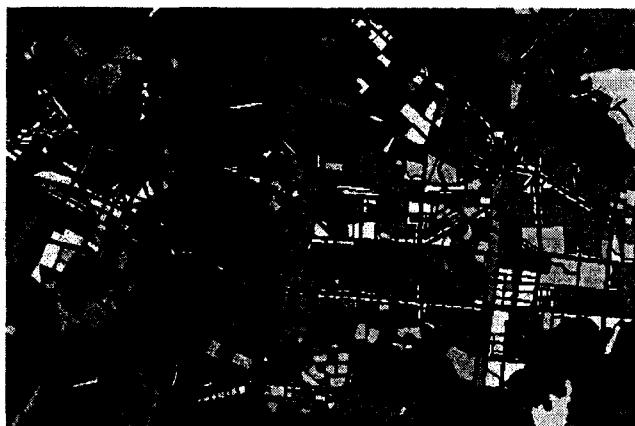


그림 4. 토지이용현황도

토지이용상태를 나타내는 지도로는 건교부의 토지이용현황도와 환경부의 토지피복지도가 있다. 기존

의 토지이용현황도는 지도의 문제점으로 인해 토지이용현황도 보다는 토지피복지도가 환경분야에서는 좀더 적합하다. 그러나 토지피복지도 또한 12개의 중분류 항목이 있어 대기오염과의 상관성분석에는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 토지피복지도를 기준으로 하여 분류체계를 대기환경에 미치는 영향에 따라 주거지역, 공업지역, 상업지역, 교통지역, 비오염지역으로 분류하였다. 다음 표 1은 토지이용상태의 분류를 나타내고 있다.

표 1. 토지이용상태 분류

토지피복분류(대분류)	토지피복분류(중분류)	재분류	면적( $km^2$ )
시가화/ 건조지역	주거지역	주거지역	59.4135
	공업지역	공업지역	38.1018
	상업지역	상업지역	10.6624
	교통지역	교통지역	12.8974
	위락시설지역	비오염지역	178.8416
	공공시설지역		
농업지역	농업지역		
산림지역	산림지역		
초지	초지		
습지	습지		
나지	나지		
수역	수역		

다음 그림 5는 토지이용상태에 따른 지역별 분류를 나타내고 있다.

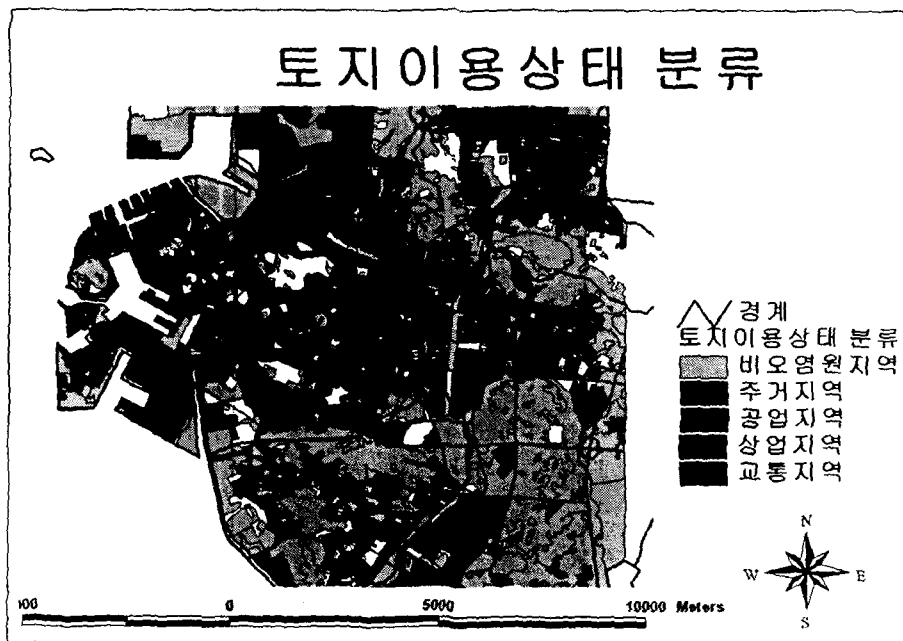


그림 5. 토지이용상태 분류

### 2.3 토지이용상태와의 상관성분석방법

수집된 공간정보를 대기환경과의 상관성에 따라 면오염원과 선오염원으로 재분류하고 각 분류 항목에 대해 GIS의 그리드 연산, 버퍼링 분석, 중첩 등의 다양한 기법을 통하여 대기오염과의 상관성을 분석한다.

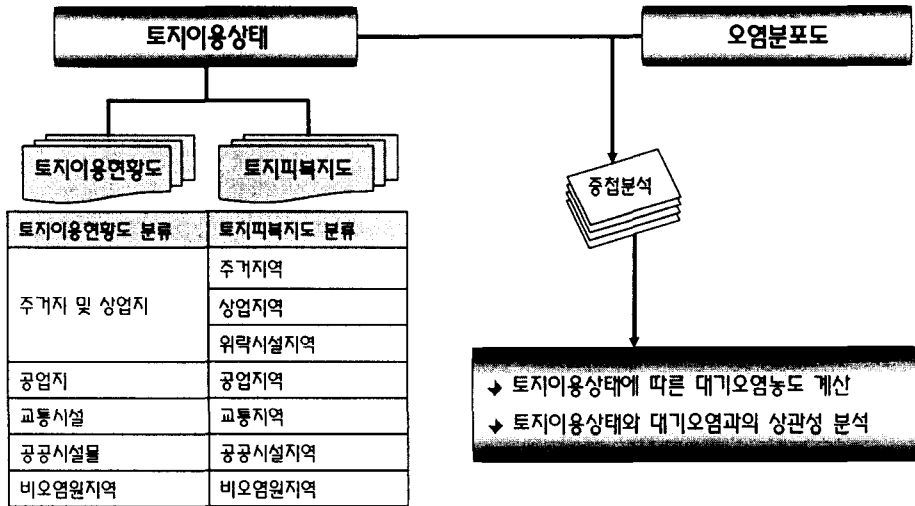


그림 6. 토지이용상태와의 상관성 분석 방법

다음 그림 7은 대기오염현황과 토지이용현황과의 상관 분석의 개념도를 나타내고 있다.

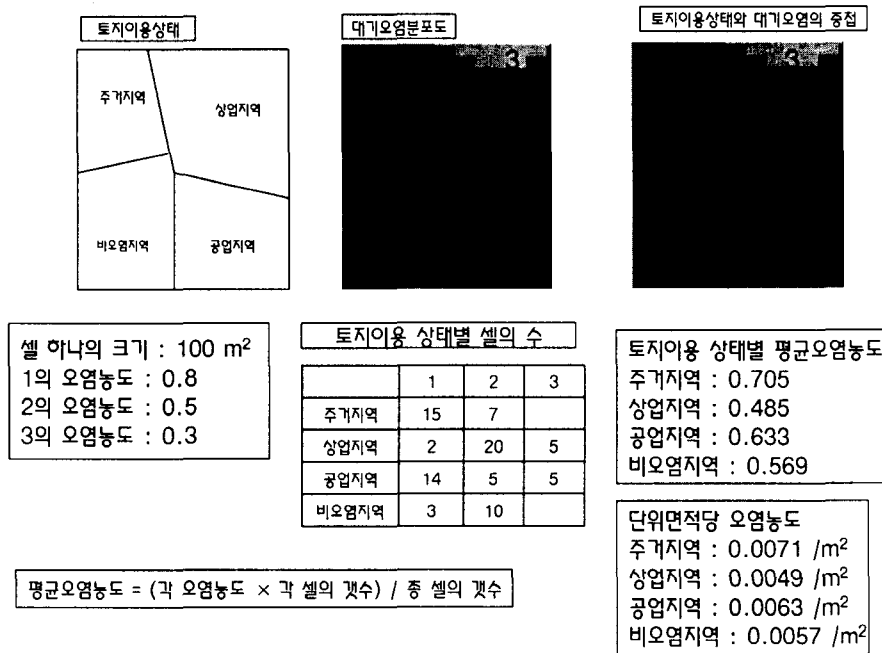


그림 7. 토지이용현황과의 상관분석 개념도

### 3. 대기오염현황과 토지이용현황과의 상관성 분석

#### 3.1 대기오염현황도 작성

점측정된 관측자료로부터 전 지역에 대한 오염분포현황을 그리드 형태로 표현하였다. 대기오염현황도 작성시에는 대상지역을 설정하고 공간추정기법 및 대상 셀 크기 설정에 따른 오염분포도를 작성하였다. 대기오염현황도는 대기오염 현황을 그리드 형태로 나타냄으로써 대상지역의 전 지역에 해당하는 오염 농도에 대한 연속된 값을 얻을 수 있다. 다음 그림 8에서 그림 11은 대상지역의 계절별 대기오염현황도(CO)를 나타내고 있다.



그림 8. 봄평균 오염분포도(CO)      그림 9. 여름평균 오염분포도(CO)      그림 10. 가을평균 오염분포도(CO)      그림 11. 겨울평균 오염분포도(CO)

### 3.2 대기오염현황과 토지이용현황과의 상관성

본 연구에서는 토지이용상태를 토지피복지도를 기본으로 하여 2.3절에서 설명한 바와 같이 대기질에 영향을 미치는 영향에 따라 주거지역, 상업지역, 공업지역, 교통지역과 비오염지역으로 분류하였다.

토지피복지도를 기준으로 하여 토지이용상태를 분류하였을 경우 부분적으로 소규모 균락을 이루는 지역이 많아 토지이용특성을 나타내는데 적합하지 않다. 따라서 인천지역의 토지이용상태에 따른 오염특성이 뚜렷하고 규모가 큰 주거지역, 상업지역, 공업지역을 면오염원으로 분류하고 교통량이 많고 도로의 선형이 뚜렷한 교통지역을 선오염원으로 분류하였다. 비오염원지역은 대기환경에 미치는 영향이 적으므로 대상지역에서 제외하였다.

다음 표 4는 토지이용상태에 따른 대상지역의 면적 및 길이를 나타내고 있다. 다음은 그림 12와 그림 13은 면오염원과 선오염원에 대한 토지이용상태의 분류를 나타내고 있다.

표 4. 토지이용상태 분류

구 분	면적 및 길이
주거지역	31.33 Km <sup>2</sup>
상업지역	61.18 Km <sup>2</sup>
공업지역	28.81 Km <sup>2</sup>
교통지역	35.86 Km

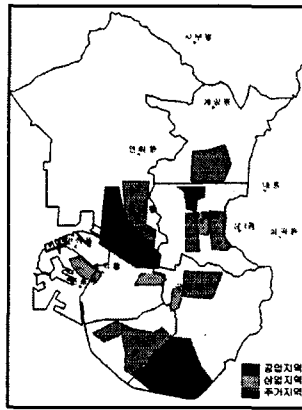


그림 12. 토지이용상태 분류(면오염원)

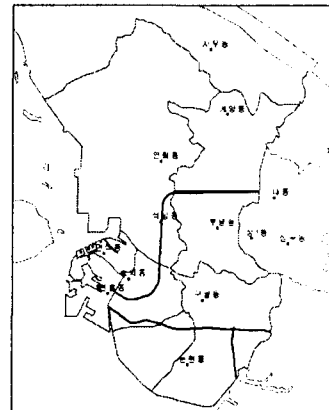


그림 13. 토지이용상태 분류(선오염원)

그림 14부터 그림 16은 토지이용상태에 따른 봄철의 CO의 대기오염현황을 나타내고 있다.

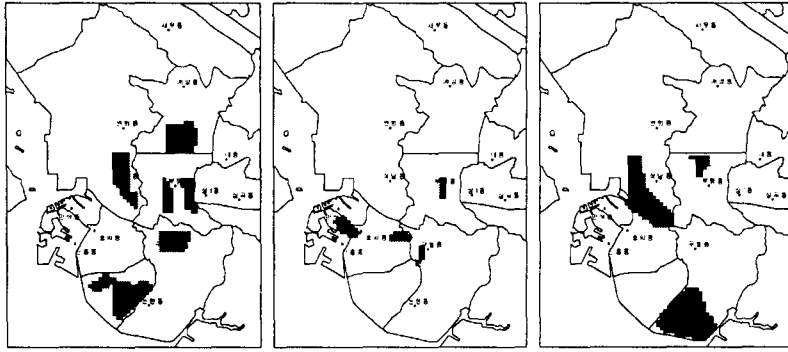


그림 14. 주거지역 대기오염현황도(CO)      그림 15. 상업지역 대기오염현황도(CO)      그림 16. 공업지역 대기오염현황도(CO)

다음 그림 17 부터 그림 21은 오염물질별 토지이용상태에 따른 계절평균오염도를 나타내고 있다.

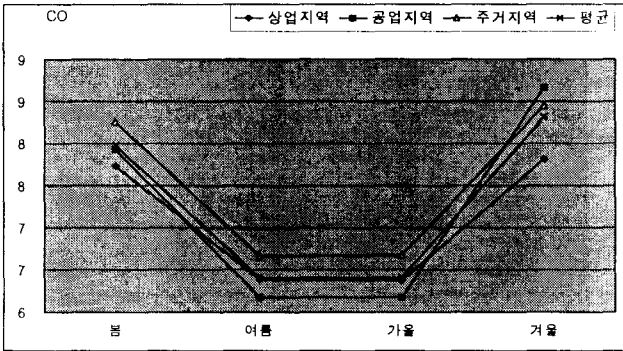


그림 17. 토지이용상태에 따른 계절평균오염도(CO)

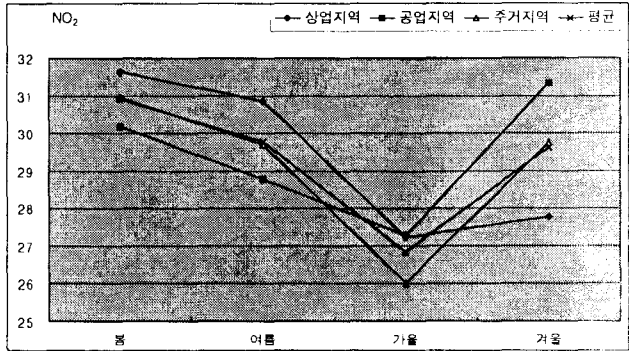


그림 18. 토지이용상태에 따른 계절평균오염도(NO2)

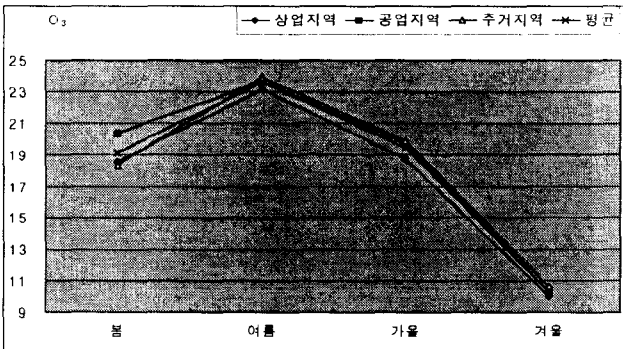


그림 19. 토지이용상태에 따른 계절평균오염도(O3)

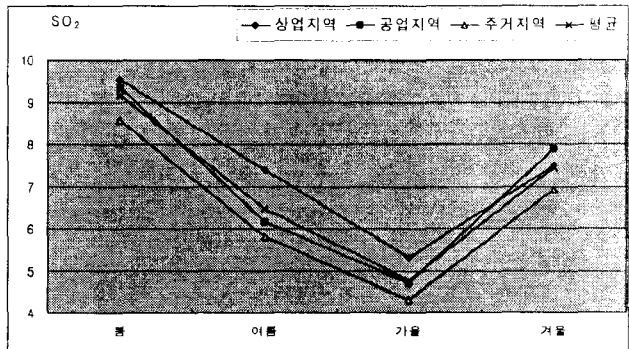


그림 20. 토지이용상태에 따른 계절평균오염도(SO2)

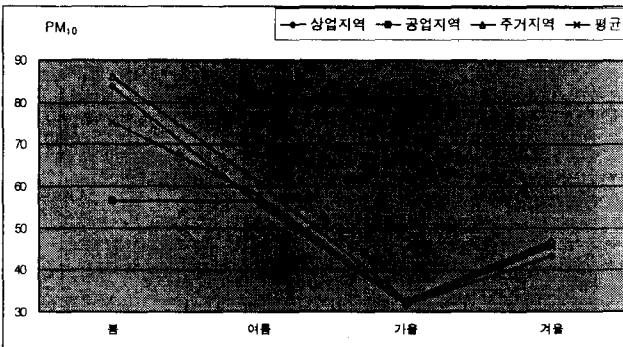


그림 21. 토지이용상태에 따른 계절평균오염도(PM10)

계절별 평균 오염농도와 토지이용상태별 평균오염농도를 비교하였을 때 O<sub>3</sub>와 PM<sub>10</sub>의 경우는 토지이용상태보다는 계절별 영향이 크며 CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>의 경우는 계절별 영향도 있지만 토지이용상태에 따른 변화가 큼을 알 수 있었다.

대기오염현황과 선오염원으로 분류된 교통지역의 상관분석에서는 실제로 도로 및 주변지역에 대한 실측 데이터를 사용하는 것이 정확하다. 또한 본 연구에서는 도로변 측정망에 대한 자료를 제외한 일반대기오염측정망의 측정자료를 사용하여 대기오염현황을 분석한 것으로 측정자료로부터 보간된 교통지역

의 대기오염도는 그 의미가 미미하다. 그러나 도로중심선을 기준으로 양쪽으로 버퍼를 주어 대기오염현황과의 중첩함으로써 선오염원에 대한 상관성분석이 가능할 것이다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 대상지역 TMS자료의 계절별 오염농도로부터 대기오염현황도를 작성하였으며 토지피복지도를 기본으로 하여 대기오염특성이 잘 나타나는 주거, 상업, 공업, 교통, 비오염 지역으로 구분하고 GIS의 중첩분석을 통하여 토지이용상태별 평균오염농도와의 순수한 상관관계를 분석하였다. 또한 토지이용상태에 따른 대기오염현황을 분석함으로써 주 오염원을 파악할 수 있었으며 이는 일반적인 대기오염의 특성과 일치하는 결과를 얻을 수 있었다. 교통지역의 경우 본 연구에서는 도로변 대기오염농도값을 제외한 일반대기오염측정망을 자료를 사용하여 대기오염현황을 분석한 것으로 공간추정된 교통지역의 대기오염도는 그 의미가 미미하다. 그러나 교통지역의 경우 도로변 측정망을 사용하여 대기오염현황을 분석할 경우 교통지역의 대기오염현황을 시간적 공간적으로 파악이 가능할 것으로 사료된다.

향후 좀더 실측된 대기오염자료를 활용 할 경우 토지이용상태와의 상관분석을 통해 오염원에 대한 명확히 파악하고 오염물질의 이동경로에 대한 추적함으로써 도시계획사업수립 등에 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

본 논문은 인천환경기술개발센터 연구개발사업(과제번호2003-2-4-42)의 지원으로 수행되었던 성과의 일부로 연구비를 지원해주신 인천환경기술개발센터에 감사 드립니다.

#### 참고문헌

- 김용국(2001), Air Quality Management Air Pollutin Modeling, 한국환경기술진흥원.
- 김용운(1999), GIS 환경에서 Kriging 보간법을 이용한 이동 오염원 배출량 산정에 관한 연구, 전북대학교 환경대학원 석사학위논문.
- 서울시정개발연구원(1994), 서울시 대기오염 특성연구, 서울시정개발연구원.
- 이규성(1996), 점 관측 기후인자의 공간자료 변환과 응용, The 6th 96 GIS Workshop 캐드랜드.
- 윤성원(1997), GIS와 Interpolation기법의 대기환경분야 적용에 관한 연구, 한양대학교 환경대학원 석사학위 논문.
- 최병길(1986), 수치지형의 보간방법에 관한 연구, 한양대학교 일반대학원, 석사학위논문.
- 최진무(1998), GIS를 이용한 대기오염 배출량 분포도의 정확도 향상에 관한 연구, 서울대학교 대학원 석사학위 논문
- Boubel, R. W. and Stern, A. C.(1994), Fundamentals of air pollution, San Diego Academic Press.
- Cressie, N. A. C.(1991), Statistics for Spatial Data. John Wiley & Sons, Inc., New York, p. 900.
- ESRI(2001), Using ArcMap.
- ESRI(2001), ArcGIS Geostatistical Analyst : Statistical Tools for Data Exploration, Modeling and Advanced Surface Generation.
- Isaaks, E. H. and Srivastava, R. M.(1989), An Introduction to Applies Geostatics. Cambridge University Press, Cambridge, p. 409.
- Liu, D. H., Liptak and Bela, G.(2000), Air Pollution, Lewis.
- Puliafito, E., Guevara, M. and Puliafito, C.(2002), Characterization of urban air quality using GIS as a management system, Elsevier Envpol.
- Stull, R. B.(1992), Meteorology for Scientists and Engineers, Brooks/Cole, pp. 205-218