

원격탐사 자료에 의한 수질평가 기법 연구

장 동 호*, 이 현 영*, 지 광 훈**

*건국대학교, **한국자원연구소

1. 서론

1) 연구배경 및 연구목적

오늘날 수질오염 문제는 산업화와 더불어 보다 심각해지고 있으며, 이를 해결하기 위한 여러 가지 수질관리 방안이 요구된다. 특히 수질오염은 과거의 국지적인 오염에서 벗어나 광범위한 지역에 나타나고 있어서 지속적인 수질모니터링을 위한 방법이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위한 하나의 대안으로서 위성영상에 의한 원격탐사 기법을 사용하여 수역의 수질 환경 인자를 추출하고자 한다. 원격탐사기법의 활용은 동시성, 주기성, 광역성으로 보다 신속하게 경제적인 분석을 기하는 데 큰 도움이 될 것으로 생각된다. 본 연구에서 수질 평가 항목으로는 클로로필-a, 부유물질(suspended sediments), 투명도(transparency)를 선정하였다.

2) 연구방법 및 연구지역

본 연구에서는 Landsat TM 자료를 이용하였으며 연구방법은 다음의 순으로 연구내용을 진행하였다. 첫째, 하천 유역에서의 수질을 원격탐사 기법으로 정량분석이 가능한 클로로필-a, 부유물질, 투명도를 평가항목으로 선정하고, 위성자료와 동시기의 현장수질 자료를 수집하였다. 둘째, 수중분광 특성을 분석하기 위하여 분광반사도 측정 및 현장자료와의 상관성을 검토하였다. 셋째, 수중분광 특성에서 얻어진 자료를 위성자료에 적용하여 수질인자 평가 기법을 분석하였다. 분석방법으로는 밴드(Band)비율 관계식을 이용한 비연산처리(Ratioing) 및 주성분 분석(PCA)을 수행하였다. 마지막으로 위성영상에서 분석된 수질평가 자료와 현장자료와의 상관성을 검토하여 회귀분석을 실시하고, 수질인자별 분포도를 작성하였다.

연구지역은 남한강의 양평과 북한강의 청평호에서부터 하류지역인 김포 지역까지(북위 37° 23' 32" ~ 37° 43' 32", 동경 126° 48' 52" ~ 127° 28' 58")를 대상지역으로 선정하였다. 현장수질 측정자료는 한강환경관리청, 인천지방환경청 및 한강수질검사소 수질측정 자료로 구축한 환경부 자료 가운데 위성자료와 동시기의 자료를 발췌하여 이용하였다. 실제 수질측정 지점의 수는 26개소이다.

2. 수질평가를 위한 원격탐사 자료의 처리

1) 사용자료의 표준화 및 위성영상처리

본 연구에서는 최근에 급격히 변화하고 있는 한강하류의 수질변화를 분석하기 위해 1988년부터 1996년까지 총 7개의 Landsat TM 자료를 이용하였다.

본 연구는 수질평가를 위해 현장조사와 위성자료 분석을 동시에 수행하였다. 현장조사에서는 수

중분광 측정을 실시하여 밴드별 반사치를 계산하였다. 또한 현장수질 자료는 위성의 통과 시간과 일치하는 시점의 환경부 수질자료를 이용하여 수질평가 항목을 선정하였다.

Landsat 자료로부터 하천수질을 평가하기 위해 먼저 전처리 과정으로 기하학적 보정 및 대기보정을 실시하였고, 한강 분류 및 지류를 마스크 처리하였다. 다음으로 각 Band의 분광특성을 파악하여 수질오염 분석에 적당한 파장대를 선정하였다. 사용된 데이터의 파장은 가시·근적외선 영역으로 Band 1, Band 2, Band 3, Band 4, Band 5, Band 7 등이다. 그리고 한강유역의 수질환경 변화를 분석하기 위하여 비연산처리 및 주성분 분석을 실시하였다. 비연산처리에 사용된 TM Band는 Band 2, Band 3, Band 4, Band 5이다. 이렇게 처리된 영상을 이용하여 다시 농도분할(Density Slicing)을 실시하고 현장 실측자료와 회귀분석을 통하여 한강 유역의 수질환경 평가 기법을 추출하였다. 위성영상과 현장실측 지점과의 상관성 검토시, 위성영상의 DN 값은 현장실측 지점을 중심으로 3×3 격자의 DN 값을 평균하여 사용하였다. 주성분 분석에 사용된 Band는 Landsat TM Band 1, Band 2, Band 3, Band 4, Band 5, Band 7 이다.

2) Spectroradiometer 측정에 따른 분광반사도 분석

연구 수역에서의 분광 반사도를 측정한 결과 수면에 도달하는 태양광의 스펙트럼은 $0.3\mu\text{m} \sim 2.0\mu\text{m}$ 이며, 이 중에서 $0.4\mu\text{m} \sim 0.7\mu\text{m}$ 의 가시광 영역이 전체 복사량의 약 50%를 차지하고 있다. 특히 가시광 영역의 녹색 파장인 $0.5\mu\text{m}$ 부근에서 스펙트럼 값이 제일 높게 나타났다. 수질인자별 분광반사도 분석결과 클로로필의 농도가 높은 수면에서는 주로 녹색파장대인 $0.52\mu\text{m}$ 부근에서 반사율이 높았으며, 부유물질의 반사도를 농도가 높은 수면과 낮은 수면을 비교하여 보면 $0.8\mu\text{m}$ 에서 상대적으로 반사율이 높았다. 주로 근적외선에 해당되는 밴드들이 여기에 해당된다. 투명도는 수중 부유물이나 클로로필 등과 같은 수질인자들의 농도에 따라 결정되어 지는데, $0.55\mu\text{m}$ 에서 높은 반사율을 보였다.

3. 수질인자별 원격탐사 기법 평가

1) 클로로필-a

클로로필-a 분포도를 작성하기 위하여 주성분분석을 한 결과 PC 1과 PC 2의 분산 값의 합이 95% 이상으로 대부분의 변화정보가 PC1과 PC2에 포함된다(표 1). 주성분 분석된 영상 중 PC 3 영상이 현장 실측치와 비교하였을 때 높은 상관관계를 나타냈다.

표 1. Landsat TM 자료를 이용한 주성분분석 결과

Principal Component Analysis(1996.9.1)				
Eigenchannel	Eigenvalue	Deviation	%Variance	Σ% Variance
1	1050.7238	32.4149	56.35%	56.35%
2	729.7971	27.0148	39.14%	95.49%
3	56.9388	7.5458	3.05%	98.54%
4	18.9726	4.3558	1.02%	99.56%
5	5.9616	2.4416	0.32%	99.88%
6	2.3176	1.5224	0.12%	100%

1994년 9월12일의 PC 3과 현장실측값 사이의 상관계수는 0.8461이며, 1996년 9월 1일 PC 3 영상

에서는 0.846 이었다. 그림 1에서 얻어진 1994년 및 1996의 회귀식의 결정계수(R²)는 각각 0.6615, 0.7662이고, 일차회귀식의 기울기가 0.889 및 0.1072로 나타났다.

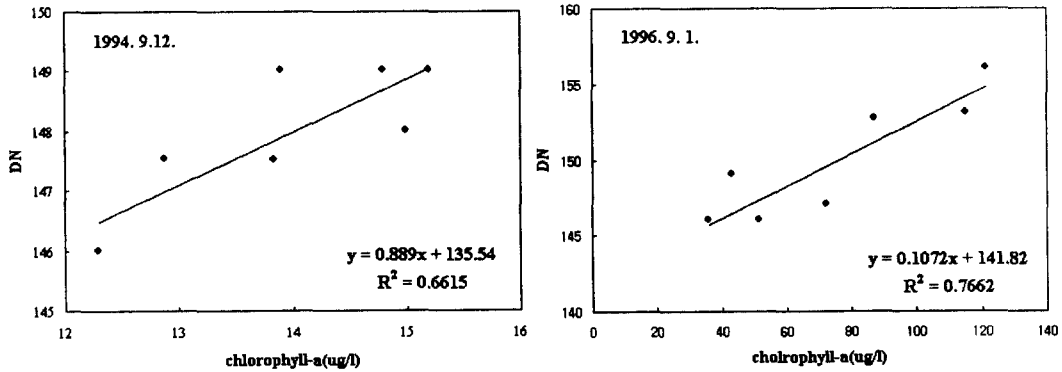


그림 1. 클로로필-a의 현장실측자료와 PC 3사이의 회귀분석도

2) 투명도

일반적으로 투명도는 수중 부유물질이나 클로로필 등과 같은 수질인자의 농도에 따라 달라지며, 특히 클로로필보다는 부유물질에 크게 의존한다. 본 연구에서는 클로로필-a 분석과 마찬가지로 주 성분분석을 통하여 얻어진 영상 중 PC 2를 이용하여 투명도와 상관을 분석하였다. 일반적으로 PC 2는 Band 4의 정보가 많이 포함되어 있으며, 가시광선대 정보도 다수 포함하고 있다.

1996년 9월1일과 1994년 9월12일 주 성분 분석된 PC 2에서 실측치와의 상관계수는 각각 0.8626 및 0.8311로서 높은 상관관계가 있음을 보여준다(그림 2). 1994년 및 1996의 회귀식의 결정계수(R²)는 각각 0.744, 0.691이다.

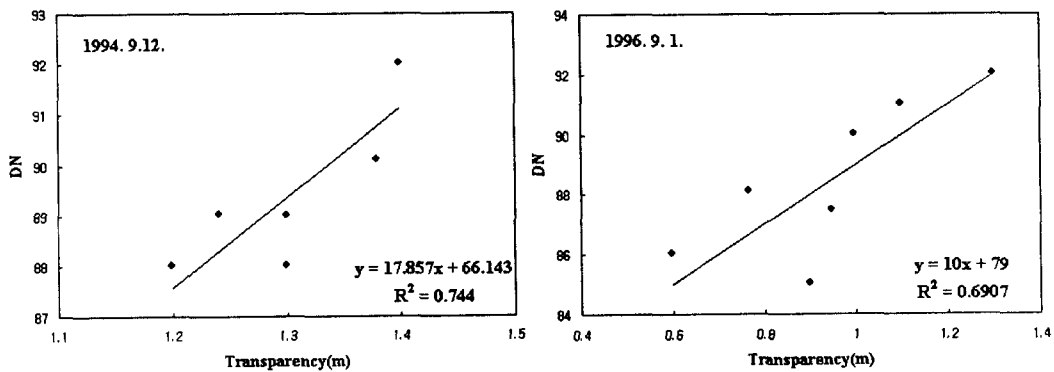


그림 2. 투명도의 현장실측자료와 PC 2사이의 회귀분석도

3) 부유물질

부유물질의 정량화를 위해 도출된 관계식은 수중 분광분석에서 부유물질의 농도가 상대적으로 높게 반응한 0.8 μ m 해당되는 Band 4와 단일밴드 분석에 사용된 Band 2의 연산을 통하여 도출하였다. 도출된 관계식은 다음과 같다.

$$SS = [(Band\ 2) - (Band\ 4)]$$

이상의 관계식으로 얻어진 영상의 DN 값은 현장 실측치와 비교하였는데, 1996년 9월1일 비연산 처리된 영상에서는 부유물질의 농도가 증가할수록 DN 값의 농도도 증가하며, 상관계수 0.8315로서 높은 상관관계를 나타내고 있다. 이밖에도 1994년 9월 12일의 비연산처리된 영상에서는 상관계수가 0.8215이다. 상관계수 및 회귀계수의 계산과정을 거쳐 얻어진 1994년 및 1996의 회귀식의 결정계수 (R²)는 각각 0.6749, 0.6915이고, 일차회귀식의 기울기가 0.4123 및 0.5272로 나타났다(그림 3).

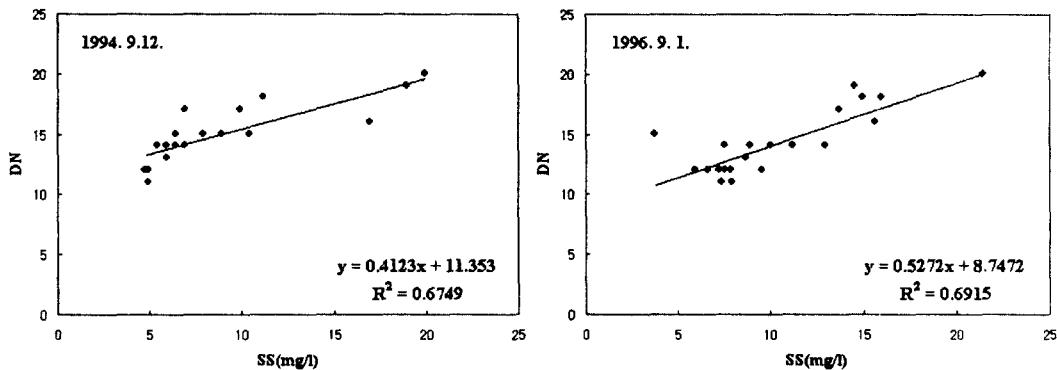


그림 3. 부유물질의 현장실측자료와 비연산처리된 영상 사이의 회귀분석도

4. 결 론

본 연구의 분석결과는 다음과 같다.

첫째, 수면에 도달하는 태양복사에너지는 주로 가시광 영역인 0.5 μ m 부근에서 스펙트럼 값이 제일 높게 나타났다. 수질인자 중 클로로필-a는 녹색파장대인 0.52 μ m 부근, 부유물질은 0.8 μ m, 투명도는 0.55 μ m에서 높은 반사율을 보였다.

둘째, 주성분분석은 클로로필-a 및 투명도 분석에 적합하다. 클로로필-a는 주성분 분석된 PC 3 영상과 실측자료와의 상관성이 높으며, 투명도는 PC 2 영상에서 상관계수가 0.8 이상 높게 나타나서 투명도 분포도를 작성할 수 있다.

셋째, 하천 및 호소유역에서의 부유물질 농도 산출은 비연산처리(Band 2 -Band 4)를 이용하여 구하였다.

실측자료와 비교한 결과 상관계수가 0.8 이상이므로, 수질에 관한 현장자료가 부족한 현시점에서 원격탐사 자료로 대체할 수 있을 것이다. 그러나 수질인자 평가기법과 수질환경 변화를 보다 정량적·정성적으로 분석하기 위해서는 상류지역의 강수량, 유량 및 유속의 변동 등의 자료를 수집하여 현장자료와 같이 사용하여야 할 것이다. 또한 많은 고해상도 인공위성 자료의 축적과 현장 실측자료의 적시 획득으로 보다 적절한 알고리즘의 개발이 요청된다.

참고문헌

중앙기상대, 1986~1996, 기상년보, 기상월보.

환경부, 1990~1996, 수질측정자료.

양인태·김홍규, 1994, "리모트센싱 기법을 이용한 호소수질 관리방안 -북한강 수계의 환경인자추출

- 을 중심으로-," 대한토목학회지, 제14권, 제11호, pp.161-170.
- 조기호, 장동호, 1996, "원격탐사기법을 이용한 수질환경변화에 관한 연구," 공주대학교, 지역개발연구소, 지역개발연구논총, 제5권 1호, pp.51-64.
- 安岡善文·宮崎忠國, 1982, "リモートセンシングによる湖水域の水質分布計測, -回帰分析を用いた大氣補正と水質推定-, "日本リモートセンシング學會誌, Vol. 2, No. 3, pp.51-63.
- Bagheri, S., and R. A. Dios, 1990, "Chlorophyll-a estimation in New Jersey's coastal waters using Thematic Mapper data," *Int. J. Remote Sensing*, Vol.11, No.2, pp.289-299.
- Braga, C. Z., W. Setzer, and L. D. Lacerda, 1993, "Water quality assessment with simultaneous Landsat-5 TM data a Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil, *Remote Sensing of Environment*, Vol.45, pp.95-106.
- George, D.C., D. P. Hewitt, 1990, "The remote sensing of Phytoplankton in oligotrophic lakes," *Proceedings of the NERC symposium on airborne remote sensing 1990, 18 December*, pp.193-201.
- Huh, O. K., C. C. Moeller, W. P. Menzel, L. J. Rouse, and H. H. Roberts, 1996, "Remote Sensing of turbid coastal and estuarine waters: A method of multispectral water-type analysis," *Int. J. Coastal Res.*, Vol.12, No.4, pp.984-995.
- Jang, D. H., and G. H. Jo, 1998, "The Development of Water Quality Monitoring System and its Application Using Satellite Image Data," *Int. Symposium on Remote Sensing & The Second KOMPSAT OSMI(LRC) Workshop*.
- Jang, D. H., G. H. Jo, and K. H. Chi, 1998, "The Analysis of Spectral Characteristics of Water Quality Factors Using Airborne MSS Data," *Journal of Korean Society of Remote Sensing*, Vol.14, No.3, 295~306.
- Khorram, S., H. Cheshire, A. L. Geraci, and G. L. Rosa, 1991, "Water Quality Mapping of Augusta Bay, Italy from Landsat TM data," *Int. J. Remote Sensing*, Vol.12, No.4, pp.803-808.
- Lillesand, T. M., and R. W. Kiefer, 1994, *Remote Sensing and Image Interpretation*, John Wiley & Sons, Inc., pp.572-577.
- Morel, A., 1980, "In Water and remote measurements of ocean color," *Boundary Layer Meteorology*, Vol. 18, pp. 117-201.
- Mulhearn, P. J., 1995, "Landsat reflectivities versus Secchi disc depths," *Int. J. Remote Sensing*, Vol.16, No.2, pp.257-268.
- Reddy, N. A., 1993, "Remote Sensing mapping of suspended sediments in Krishna Bay Estuary, Andhra, India," *Int. J. Remote Sensing*, Vol.14, No.11, pp.2215-2221.
- Verdin, J., 1985, "Monitoring water quality conditions in a large western reservoir with Landsat imagery," *Photogramm. Eng. Remote Sensing*, Vol.51, pp.343-353.