

수질오염 감시에의 활용을 위한 항공원격탐사의 적용연구

김 광 은*·이 태 섭*

Study of Airborne Remote Sensing for Water Quality Monitoring

Kwang-Eun Kim · Tai-Sup Lee

요 약

최근 지구환경에 대한 관심이 고조됨에 따라 원격탐사자료의 보다 정밀한 정량적 해석을 위한 많은 시도가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 고분해능 항공원격탐사자료를 이용하여 각종 수질오염 분포도를 작성하고자 하였다. 그 연구대상 지역은 합천댐이었으며 항공원격탐사자료의 획득과 동시에 측정된 수질분석자료를 확보하여 이들간의 상관관계를 고찰하였다. 그 결과로서 나타난 최적의 상관관계를 근거로 하여 항공원격탐사자료를 이용한 클로로필-a, 수중 부유물 및 탁도 분포도가 작성되었다. 현장 수질분석자료가 10여개에 불과해 상관관계에 대한 단정적인 결론을 내리기는 매우 불충분하다고 판단되나 작성된 각종 분포도들이 수질분석결과와 비교적 비슷한 양상으로 나타나므로 일단 그 기본적인 처리기법 및 앞으로의 활용가능성은 보여주고 있다고 할 수 있다. 수질오염을 나타내는 각종 수질관련 지수와 원격탐사자료와의 관련성을 신뢰할 수 있을 정도로 규명하기 위해서는 매우 많은 자료의 축적이 필요하며 국내의 수자원의 오염상태에 따른 표준적 샘플에 대한 많은 분광특성연구가 선행되어야 할 것으로 생각된다.

ABSTRACT : Recently, as remote sensing is widely used for environmental monitoring, more precise quantitative analysis of remote sensing data is required. In this paper, thematic maps of water quality factors such as chlorophyll-a, transparency, and suspended sediments were presented from the

* 한국자원연구소 (Korea Institute of Geology, Mining and Materials, 30, Kajung Dong, Yusong Ku, Taejon, Korea, Tel. (042) 868-3151)

high resolution airborne remote sensing data of HapCheon Dam. Though it was difficult to explicitly correlate remote sensing data with water quality factors due to the insufficient number of ground truth data, the presented water quality maps showed very well the overall spatial distribution of water pollution in the Lake.

서 론

최근 지구환경에 대한 관심이 고조됨에 따라 원격탐사의 활용에 대한 요구가 커지고 있으며 이에 따라 원격탐사자료의 보다 정밀한 정량적 해석을 위한 많은 시도가 이루어지고 있다. 특히 센서기술의 발달에 힘입어 고분해능 원격탐사자료를 얻을 수 있게 됨에 따라 지구환경과 관련된 정량적 정보를 직접 추출하려는 연구가 널리 행하여지고 있다. (Verdin, J., 1985; George, D. G., 1990). 그간 국내에서도 인공위성 원격탐사자료를 이용한 지구환경의 관리나 환경변화에 대한 연구가 수행되어 왔다. (유재근 등, 1992; 오성남 등, 1993). 그러나 인공위성자료가 가지고 있는 여러가지 분해능(resolution)의 제약으로 인해 구조적이고 대규모적인 환경문제가 아닌 국부적인 환경오염에 대한 유용한 정보를 도출하기는 어려웠던 것이 사실이다.

현재, 상수원이든 아니든 내륙수계의 수질오염은 큰 사회적 문제로서 제기되고 있으며 이의 감시 및 효율적인 관리를 위한 대규모적이고 체계적인 방안마련이 시급한 실정이다. 이와 같은 수질오염중 부영양화(eutrophication) 문제에는 특히 그 예방 및 방지기술의 개발이 시급히 요구되고 있다. 이러한 부영양화 문제를 논함에 있어 주로 언급되는 수질항목으로서는 BOD, COD, 질소, 인, 클로로필-a 등이 있다. 이외에 부유물(suspended sediments)이나 탁도(tr-

ansparency) 등도 측정대상이 되며 온도도 부영양화와 관련된 간접인자로 이용될 수 있을 것이다.

한국자원연구소에서는 과학기술처 특정연구과제의 일환으로서 국내에서 최초로 항공기를 이용하는 고분해능 원격탐사자료의 성공적인 획득 및 기본적인 자료처리 기술을 개발하였던 바 있다. (이태섭 등, 1992, 1993). 본 논문에서는 이러한 연구내용중 수질오염의 감시를 위한 고분해능 항공원격탐사기술의 적용을 위한 연구결과의 한 예를 들고자 한다.

항공원격탐사자료의 획득

본 연구에서는 항공원격탐사를 이용하여 국내 상수원의 오염을 효과적으로 감시하고 오염원을 단속할 수 있는 응용기술의 확립을 위하여 합천댐을 대상으로 하여 탁도, 클로로필, 부유물, 수온 등의 오염과 관련된 각종 수질지수와 원격탐사자료와의 상관관계에 대하여 기초적인 자료를 구축하고자 하였다. 이와 같은 분석을 위해서는 지표측정자료(ground truth)가 필수적으로 요구되며, 이는 합천댐의 관리를 맡고 있는 한국수자원공사와의 협조를 통하여 이루어졌다. 즉, 한국자원연구소에서 항공원격탐사자료를 획득하며, 동시에 한국수자원공사에서 합천댐내의 선정된 10개 지점에 대하여 수질분석을 실시하였다.

본 연구에서 항공원격탐사자료의 획득을 위하여 이용된 장비는 미국 Daedalus Inc.

에서 제작된 AA3600 AMS system으로서 가시 광영역의 파장대부터 열적외영역의 파장대 까지 총 10개의 측정밴드를 가지고 있으며 실제 동시에 기록이 가능한 밴드의 수는 6개이다. 순간시야각(instantaneous field of view, IFOV)은 2.5mrad으로서 2,000meter의 비행고도에서 약 5meter 정도의 지상해상도를 갖는다. Table1에는 AA3600 AMS system의 제원을 정리하여 나타냈다. 본 시스템은 앞에서 언급하였듯이 총 10개 밴드 중 6개 밴드를 선택하여 자료를 기록하므로 그 응용목적에 따라 기록하고자 하는 밴드를 적절히 선택하여야만 한다. 이와 같이 응용목적에 따라 주로 사용되는 측정 파장범위에 대하여는 많은 문헌에 언급되어 있으며, Table2에는 본 시스템의 밴드별 측정 파장범위와 주 응용분야를 요약하여 나타냈다. 본 연구에서는 수질오염 상태를 분석하고자 하므로 측정 밴드를 1,3,5,7,9,10으로 설정하였다. 수질오염중 클로로필의 분포도 작성을 위하여 흔히 사용되어 왔던 밴드는 초록색에 해당하는 밴드와 파란색에 해당하는 밴드로서 본 시스템의 밴드별 측정 파장범위에 따르면 밴드3과 밴드1이 된다.

측정밴드의 설정이외에 자료의 획득을 위해서 필요한 다른 변수들로서는, 비행고도와 비행속도 및 주사속도 등 기하학적인 면과 관련된 변수들이 있으며 그외에 각 밴드별 입력이득(gain) 및 오프셋(offset) 등 기록되는 자료의 크기 및 분포와 관련된 변수들이 있다. 이중, 입력이득(gain) 및 오프셋(offset) 등의 변수들은 실제 조사지역에 대한 수차례의 비행을 통하여 입력되는 신호의 크기를 파악하여 관심있는 지역의 자료값이 적당한 크기와 분포로서 기록될 수 있도록 현장에서 결정하여야 한다. 한편 비행고도와 비행속도 및 주사속도의 결정은 사전에 조사지역의 규모 및 원하는 해상도에 따라 비행축선의 설정과 동시에 결정한다.

본 시스템의 경우, 총시야각(total field of view, TFOV)이 86° 이므로 획득되는 이미지의 가로방향의 크기는 비행고도의 1.86배가 된다. (=2×H×tan(TFOV/2)) 따라서 2,000meter의 고도로서 비행할 경우 약 3,700meter의 폭으로 자료가 얻어진다. 한편 비향방향으로의 크기는 측정시간에 따라 결정된다. 여기에서, 매 주사선(scan line)이 연속적으로 연결되어야만 하나의 완전한 이미지가 생성될 수 있으므로 비행고도와 속도 및 주사속도(scan rate)는 서로 의존적인 관계가 된다. 최소한 주사선이 서로 떨어지지 않아야 하므로 비행속도/비행고도(V/H) 값은 그 가능한 최대값을 갖게 되며 이는 스캐너의 순간시야각(instantaneous field of view, IFOV)과 주사속도(scan rate)에 의하여 다음과 같이 결정된다.

$$(V/H)_{\max} = IFOV \times \text{scan rate}$$

이때 순간시야각의 단위는 라디안(radian)이며 주사속도의 단위는 회전/초(scans/sec)

Table 1 Technical Specifications of AA3600 AMS system.

Total Optical Field of View	95°
Digitized Field of View(FOV)	86°
Optical Ports	Two with encoded detector identification, interchangeable dichroic beamsplitter.
Scan Rate	100, 50, 25, 12.5, 6.25scans per second, Operator selectable
Velocity to Height Ratio(V/H)	0.25radians per second @100 scans per second scan rate
Aircraft Roll Correction	Corrected up to ±15°
Reference Source	Two controllable field filling blackbody
Digitization Accuracy	8bit, 12bit
Data Recorder	8mm Cartridge, 2.20byte Capacity
Data Recording Limits	12bit : 2CH @100s/s 4CH @ 50s/s 6CH @ 25-6.25s/s 8bit : 3CH @100s/s 6CH @ 50-6.25s/s
Recording Time @100s/s	2.2hours
Sampling Rate	2.08mrad
Video Gain Levels	256, Operator selectable
Video Offset Levels	256, Operator selectable

Table 2 Wavelength range and application of each band of AA3600.

Band	Wavelength range (μm)	Application
1	0.42-0.45	Water Quality Studies
2	0.45-0.52	Geology/Forest & Crop Studies
3	0.52-0.60	Geology/Water Quality/Forest & Crop Studies
4	0.60-0.62	Forest Studies
5	0.63-0.69	Geology/Forest & Crop Studies
6	0.69-0.75	-
7	0.76-0.90	Geology/Water Quality/Forest & Crop Studies
8	0.91-1.05	Water Quality/Forest Studies
9	3.00-5.50	Geology/Fire Detection/Oil Spill
10	5.50-14.0	Geology/Water Quality/Forest & Crop/ Fire Detection/Oil Spill

이다. 주사속도는 비행고도 및 속도를 고려하여 사용자가 결정하여야 하며 본 시스템의 경우 6, 25, 12.5, 25, 50, 100(회전/초) 중 선택한다. V/H가 (V/H)max일 때 완전히 연속적인 이미지가 얻어지나 실제로는 대개 이보다 약간 작은 값으로 정하여 매 주사선이 약간 중첩될 수 있도록 하는 것이 안전하다. 이 때 가능한 최고 비행속도는 다음과 같다.

$$V_{\max} = \text{flight height} \times \text{IFOV} \times \text{scan rate}$$

본 시스템의 순간시야각은 2.5mrad이므로 25scans/sec의 주사속도로 동작시킨다고 하면 (V/H)max는 0.0625가 된다. 따라서 1,000 meter의 고도로 비행할 때 속도는 225km/h 이하가 되어야만 한다. 합천댐 전체를 하나의 영상(image)으로서 나타나게 자료를 획득하고자 할 때 요구되는 비행고도는 약

2,400meter 정도였으며 이 때 지상해상도는 약 6meter 정도가 된다. 이는 연구목적에 비추어 받아들일만한 조건이라 판단되었으며, 따라서 본 연구에서는 비행고도를 2,400 meter, 주사속도를 12.5scans/sec, 비행속도를 140knot로 하여 자료를 획득하였다.

자료는 1993년 4월 13일 획득되었으며 이와 동시에 한국수자원공사측에서 샘플링을 통한 수질분석을 행하였음은 이미 언급한 바 있다. 자료의 획득시기는 한국수자원공사측에 의하여 년중 클로로필의 발생이 가장 심하다고 판단되는 시기를 택하였다. 항공원격탐사자료의 기본적인 처리과정은 일반적인 인공위성 원격탐사자료의 처리과정과 같다. 단, 인공위성 원격탐사자료와 달리 시야각이 매우 커서 기본적으로 내재하는 기하왜곡이 심각하므로 GCP 보정등 기존의 기하보정기법만으로는 보정이 매우 어렵다(이태섭등, 1993). 따라서 사전보정으로

서의 시스템 기하보정이 요구되며 이를 위한 프로그램은 이태섭등(1993)에 의하여 작성된 바 있다.

한편 본 연구에서의 조사대상인 합천댐의 경우 자료를 획득할 당시의 수면 경계와 지형도상의 수면 경계간에는 매우 큰 불일치가 있으며 수면 경계이외에 GCP를 선정할 만한 지형지물이 거의 없어 GCP 보정을 수행할 수 없었으며, 본 연구에서 보이는 모든 영상들은 단지 시스템 기하보정만이 적용된 결과이다.

항공원격탐사자료의 처리 및 해석

본 연구에서는 합천댐을 대상으로 하여 수질오염과 관련된 각종 수질지수와 원격탐사자료와의 상관관계에 대하여 기초적인 자료를 구축하고자 하였다. 여러가지 수질오염 관련 항목중 특히부유물, 탁도, 클로로필-a에 대하여 항공원격탐사자료와의 관련성여부를 알아보하고자 하였다. 이러한 수질오염 관련 항목들이 대부분 물의 색(color)이나 순도(purity)에 영향을 미칠 것으로 판단되므로 원격탐사자료에서 어느정도 특징적으로 나타날 것으로 예상되었다.

Fig.1에는 합천댐 지역의 지형도와 합천댐에서 수질분석을 위하여 샘플이 채취된

지점을 나타냈으며 Table3에는 채취된 샘플의 수질분석결과를 나타냈다. 분석항목은 표에서 알 수 있듯이 온도, 탁도, 클로로필-a 및 부유물이었으며 본 연구에서 온도에 대한 적용은 이미 적용을 위한 기술개발이 완료된 상태(김광은, 1993; 이태섭등, 1993)이므로 탁도, 부유물 및 클로로필-a의 항목과 항공원격탐사자료와의 관련성을 찾기로 하였다. Fig.2는 합천댐지역의 자료를 False Color Composite 영상으로 나타낸 것으로서 시스템 기하보정만이 적용된 제거된 결과이다. 시스템 기하보정이 적용되었음에도 불구하고 Fig.1의 지형도와는 매우 다른 영상으로 나타나고 있음을 알 수 있다. 이러한 가장 큰 이유는 수면과 육지와와의 경계가 그 시기의 강우량에 따라 매우 변화가 심하기 때문이며 또 다른 이유는 지형의 고도변화가 심하여 이에 의한 기하왜곡이 존재하기 때문이다. Fig.2로부터 판단할 수 있듯이 이러한 자료의 경우 수면과 육지와와의 경계를 이용할 수 없으면 GCP로서 선정할 만한 지형지물이 거의 존재하지 않으므로 GCP 보정등의 기하보정은 적용이 불가능하다.

수중 부유물 분포도의 작성

수질오염인자와 원격탐사자료간의 관련성에 대한 면밀한 검토결과, 수중의 부유물질

Table 3 Water quality data of Hapcheon dam site.

Date : 1993. 4. 13.

SITE FACTOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temp. (°C)	10.5	10.0	10.5	11.3	11.2	10.3	9.8	9.5	9.7	11.2
Trans. (NTU)	1.3	1.4	1.2	2.7	1.6	1.3	1.7	2.0	2.2	1.6
Chl-a (mg/m ³)	3.56	2.98	7.02	6.73	9.85	4.97	4.15	14.6	8.75	2.68
SS (mg/l)	1.4	1.0	0.8	3.0	1.0	1.2	0.8	1.2	2.4	1.6

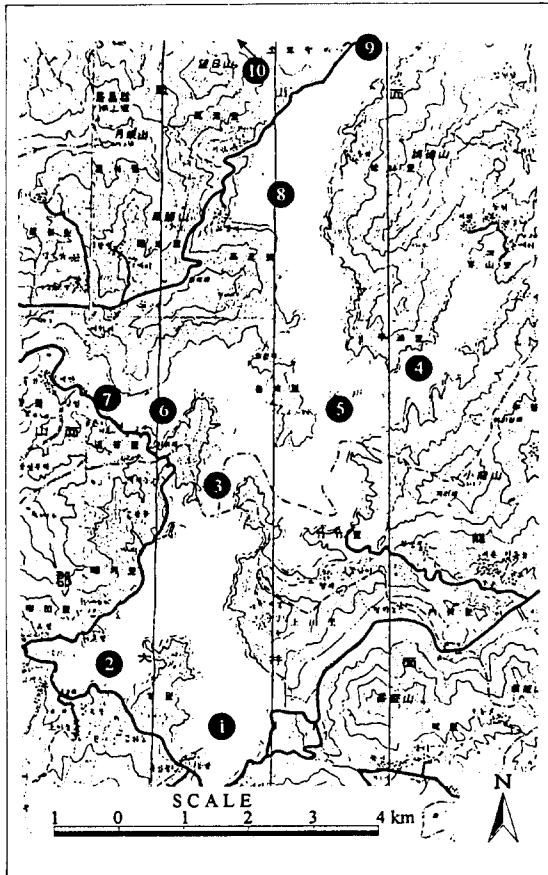


Fig. 1 HapCheon Dam site. Each number denotes the position where the ground truth data were acquired.

과는 밴드7의 자료가 매우 밀접한 관련성을 가지는 것으로 나타났다. 본 시스템의 밴드 7의 경우, 그 측정 파장범위가 $0.76\mu\text{m} - 0.90\mu\text{m}$ 로서 근적외선에 해당한다. 근적외선은 그 두드러진 반사특성으로 원격탐사에 있어 가장 많은 분야에서 이용되는 전자파이다. 이 파장대의 전자파는 식물에서의 강한 반사특성을 가지고 있어 군사분야에서 위장막의 탐지를 위해 최초로 이용된 이래 식물의 질병 등 산림이나 농업분야에서 유용하게 이용되어 왔다. 식물에서의 강한 반사특성은 식물의 잎의 구조에 기인하며 식물이 질병에 걸릴 경우 그 초록색을 잃어버리기 전에

잎의 구조부터 변화하므로 가시광 파장대를 이용하는 원격탐사자료로부터 감지되기 이전에 식물의 질병상태가 감지될 수 있다. 근적외선의 또 다른 반사특징은 물에서의 강력한 흡수이다. 따라서 원격탐사에서 물과 육지를 구분하는데 있어 주로 이 근적외선 파장대의 원격탐사자료를 이용한다.

본 연구에서는 원격탐사자료와 수중의 부유물과의 관련성을 찾기 위하여 밴드7을 포함한 각종 측정 밴드의 자료를 가지고 많은 처리과정을 수행하여 보았으나 밴드7이 나타냈던 만큼의 관련성을 찾지는 못하였다. Verdin(1985)도 Landsat MSS 자료를 이용한 수질오염 분포도 작성연구를 수행하면서 수중 부유물과 원격탐사자료와의 관련성에 대하여 직접적으로 연구하지는 않았으나 부유물이 많은 물은 부유물이 적은 물보다 근적외선의 반사가 상대적으로 높다고 하였다. 그러나 Verdin(1985) 자신은, 44개의 수질 분석 자료를 이용하여 클로로필과 원격탐사자료와의 상관관계를 연구하면서 클로로필의 농도는 근적외선에 해당하는 Landsat MSS의 밴드6($0.7\mu\text{m} - 0.8\mu\text{m}$)에 지수함수적으로 비례하는 것으로서 관계지었으며, 스스로 이러한 관계식을 가지고는 수중 부유물과의 구별에 어려움이 있음을 언급한 바 있다. 다행히 자신이 연구대상으로 삼았던 지역에서는 수중 부유물이 많은 지점과 클로로필이 많은 지점이 확연히 다르게 분포하고 있기 때문에 클로로필 분포도를 작성할 수 있었다고 하였다. 따라서 본 연구에서 수중 부유물 분포도를 작성하기 위하여 사용된 관계식이 Verdin(1985)이 클로로필 분포도를 작성하기 위하여 사용한 관계식과 유사하기는 하나 그 타당성을 잃는다고는 할 수 없다. 본 연구에서 사용된 항공원격탐사자료와 수중 부유물과의 관계식은 다음과 같이 표현될 수 있다.



Fig.2 False color composite image of HapCheon Dam site.

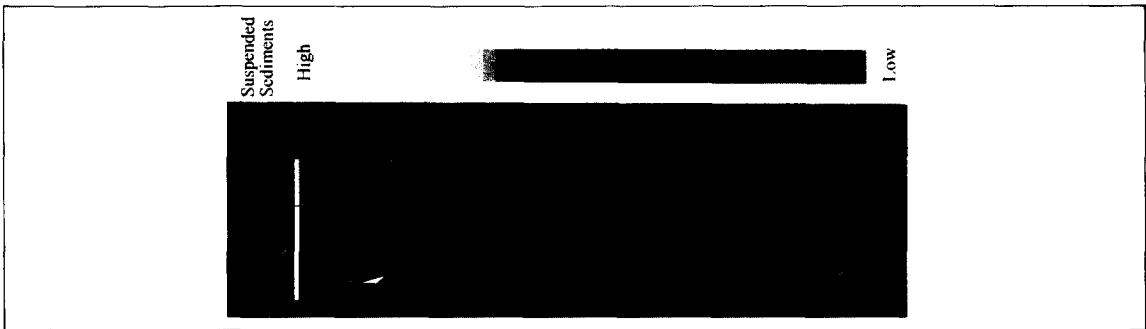


Fig.3 Pseudo color image of HapCheon Dam site(water area) using near infrared band data (band7).

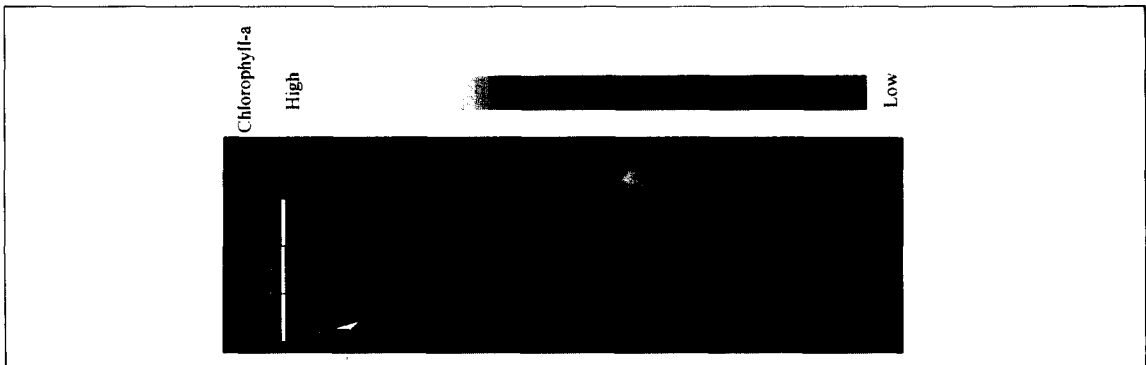


Fig.4 Pseudo color image of HapCheon Dam site(water area) using the ratio of band3 and band7.

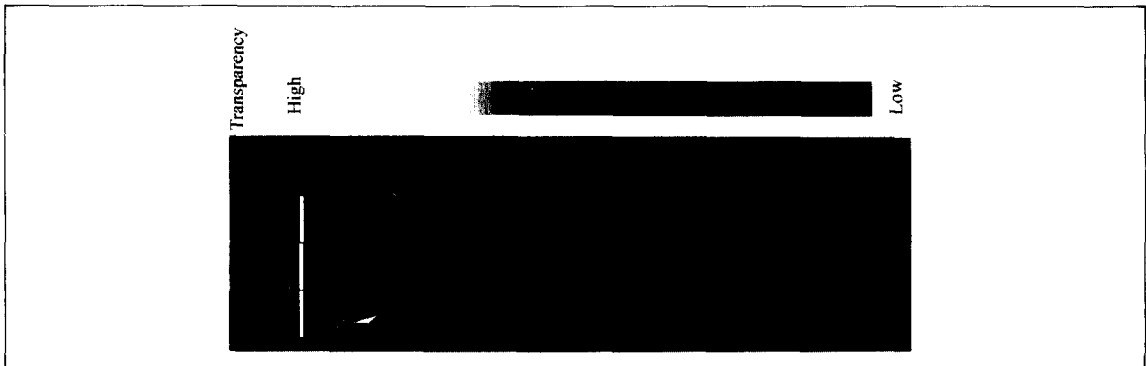


Fig.6 Pseudo color image of HapCheon Dam site(water area) using band7 and the ratio of band 3 and band7.

Suspended Sediments \propto Reflectance of Band7

Fig. 3에는 밴드7의 자료를 이용하여 물부분만을 의사색채(pseudo color)로서 나타냈다. 이 영상은 밴드7의 자료중 물부분만의 자료를 추출하고 히스토그램확장을 통하여 매우 작은 변화까지도 색으로서 구별될 수 있도록 처리한 결과이다. Table 3의 분석결과와 Fig. 1의 시료채취지점을 통하여 Fig. 3이 수중 부유물의 분포를 잘 나타내고 있음을 알 수 있다.

클로로필 분포도의 작성

클로로필 분포도 작성의 경우, 지금까지의 외국의 연구에서는 클로로필이 많은 물의 경우 초록색이 강하며 원래의 물은 파란색계통임에 착안하여 초록색에 해당하는 밴드와 파란색에 해당하는 밴드와의 비를 주로 이용하여 왔다. 본 연구에서도 우선적으로 이와 같은 방법을 따라 밴드3과 밴드1과의 비를 구하여 보았으나 수질분석을 통하여 파악된 클로로필의 분포와 일치하지 않았다. 파란색에 해당하는 밴드1의 경우 대기에서의 산란이 매우 심하여 자료의 질이 매우 떨어지며 이와같이 파란색에 해당하는 밴드 자료의 질이 좋지 않아 사용에 어려움이 있음은 George, D. G. (1990)도 항공원격탐사자료를 이용하여 호수의 수질오염도 작성을 하면서 언급했던 바 있다. George, D. G. (1990)도 본 시스템과 매우 비슷한 Daedalus Inc.의 항공원격탐사 시스템을 이용하여 수질분석을 행하면서 이러한 이유로 밴드1의 자료는 사용하지 않았으며 클로로필 분포도 작성을 위하여 밴드3과 밴드2의 비를 이용하였다. 또한 우리나라의 호수나 강 혹은 댐용수 등이 깨끗할 경우에 파란색을 띠는지도 의문이며 이는 사실 자료획득당시 및 그 시기의 강우나 기상상태에 따라 다를 것으로 판단되므로 일괄적으로 위에서 말한

방법을 적용하기에는 무리가 있다고 할 수 있다. 본 연구에서 검토한 결과, 초록색에 해당하는 밴드3(0.52 μ m-0.60 μ m)과 근적외선인 밴드7의 비가 비교적 실측된 클로로필의 분포와 비슷한 결과를 나타냈으며 이는 Fig. 4에 나타냈다. 이러한 결과는 사실 Verdin(1985)이 언급한 내용과 매우 일치한다. Verdin(1985)에 의하면, 앞에서 언급했듯이 수중 부유물이 많으면 근적외선의 반사강도가 강하며 또한 수중 부유물은 빛을 차단함으로써 클로로필의 광합성을 방해하므로 부유물이 많은 지역은 클로로필 농도가 작다고 한다. 따라서 본 연구에서 택한 클로로필 분포도 작성 방법은 이러한 측면에서 타당성을 가진다고 할 수 있으며 그 관계는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\text{Chlorophyll-a} \propto \text{Reflectance of Band3} / \text{Reflectance of Band7}$$

탁도 분포도의 작성

Verdin(1985)은 69개의 수질분석 자료와 Landsat MSS 자료를 이용하여 이들의 상관관계를 분석한 결과, Landsat MSS 밴드5(0.6 μ m-0.7 μ m)의 반사율이 클수록 탁도가 작다고 관계지었던 바 있다. 그러나 본 연구에서 Landsat MSS의 밴드5와 측정 파장범위가 비교적 유사한 AA3600 AMS system의 밴드5(0.63 μ m-0.69 μ m) 자료를 이용하여 작성된 영상과 Table 2의 수질분석 결과를 비교하여 본 결과, 그 상관성을 찾을 수 없었다. 따라서 본 연구에서는 항공원격탐사자료와 탁도와의 관계를 나타낼 수 있는 새로운 관계식을 찾아야 했다. 이러한 과정에서 탁도는 수중 부유물이나 클로로필 등과 같이 나뉠대로 고유하게 수질과 관련되는 지표라기 보다는 이들의 농도에 의하여 결정되는 2차적인 요소로서 판단되었고 Table 2의 수질

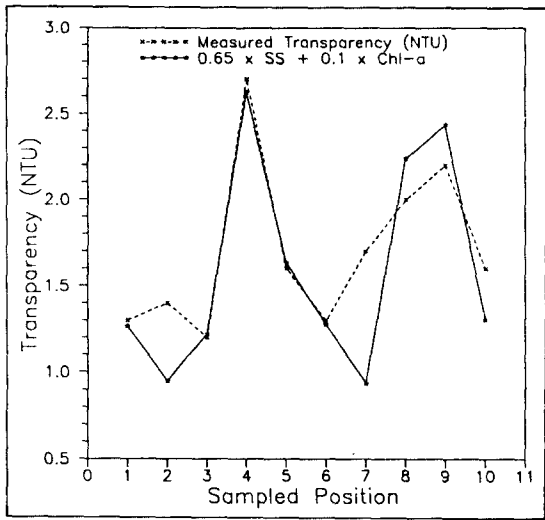


Fig.5 Measured transparency (NTU) and the weighted sum of suspended sediment (mg/l) and Chlorophyll-a (mg/m³).

분석 결과를 면밀히 고찰한 결과, 개략적이거나 탁도가 수중 부유물과 클로로필의 가중평균으로 나타내어질 수 있음을 알 수 있었다. 따라서 클로로필 분포도 및 부유물 분포도를 이용하여 합성함으로써 탁도 분포도의 표현이 가능할 것으로 생각되었다. 본 연구에서는 우선 Table 2의 탁도와 부유물 및 클로로필의 상관관계를 검토하였으며, 그 결과로서 나타난 최적의 상관관계를 Fig. 5에 나타냈다. 즉 Table 2의 수질분석 결과를 이용하여 고찰된 탁도와 수중 부유물 및 클로로필과의 가장 유사한 관계식은 다음과 같이 나타났다.

$$\text{Transparency} = 0.65 \times \text{Suspended Sediments} + 0.1 \times \text{Chlorophyll-a}$$

위의 관계식은 사용된 수질분석 자료의 갯수가 워낙 적어서 신뢰할 정도의 관계규명이라 하기는 어려우나, 일단 탁도는 클로로필보다는 수중 부유물에 크게 의존하는 것으로 보인다. 위의 식을 이용하여 Fig. 3

의 수중 부유물 분포도와 Fig. 4의 클로로필 분포도를 가지고 작성된 탁도 분포도를 Fig. 6에 나타냈다. Fig. 6의 탁도 분포도는 수질 분석 결과와 완전히 일치하지는 않으나 그 양상만은 비교적 비슷하다. 본 연구에서는 단지 10여개의 수질분석 자료를 이용하여 비전문가의 입장에서 탁도를 수중 부유물 및 클로로필과 관계된 지수로 판단하여 관계식을 설정하였으나 수질전문가의 도움과 많은 수질분석 자료가 축적된다면 보다 향상된 탁도 분포도 작성 방법이 도출될 수 있을 것으로 기대된다. 본 논문에서 영상으로 표현하지는 않았으나 열적외영역 파장대 자료를 이용한 수면온도 분포도는 한국수자원공사측에서 직접측정된 결과와 거의 일치하였다. 열적외영역 파장대의 자료를 이용한 수면온도 분포도 작성은 이미 실용화되어 있는 처리과정으로서 현재 해안의 온배수 확산범위 조사를 위하여 사용되고 있는 만큼 여기에서 재차 논의할 필요가 없다.

결 론

본 연구의 일차적인 목적은 우선 원격탐사자료로부터 수질오염관련 인자를 추출할 수 있는 가능성을 고찰하고 그 적용방법을 찾는 것이었다. 이를 위하여 합천댐에 대하여 항공원격탐사자료를 획득함과 동시에 10개 지점에서 수질분석을 수행하여 항공원격탐사자료와 수질분석결과의 상관관계를 우선 고찰하였다. 그리고, 그 결과로서 추출된 상관관계를 근거로 하여 항공원격탐사자료를 이용하여 합천댐에 대한 클로로필 분포도, 수중 부유물 분포도 및 탁도 분포도를 작성하여 보았다. 불과 10여개의 현장 수질 분석자료만 가지고 항공원격탐사자료와 비교하여 얻어진 결과만으로는 단정적인 결론을 내리기는 불충분하다고 판단되나 항공원격탐사자료를 이용하여 작성된 각종 수

질오염 분포도들이 실측된 수질분석결과와 비교적 비슷한 양상으로 나타나 일단 그 기본적인 처리기법 및 활용가능성은 충분히 보여주고 있다고 생각된다. 앞으로 수질오염을 나타내는 각종 지수와 원격탐사자료와의 관련성 내지는 관계를 신뢰할 수 있을 정도로 규명하기 위해서는 매우 많은 자료의 축적이 필요하며 국내의 수자원의 오염 상태에 따른 표준적 샘플에 대한 많은 분광특성연구가 선행되어야 할 것으로 생각된다. 이와 같은 사전연구를 위해서는 많은 샘플에 대한 수질분석과 동시에 분광특성자료를 확보해야 하며 이와 같은 자료의 축적을 위하여 가능한 많은 현장조사가 수행되어야 할 것이다.

사 사

본 연구는 1993년도 과학기술처 특정연구과제의 일환으로 수행되었음을 밝히며 합천댐의 수질분석자료를 제공하여 주신 한국수자원공사의 백경희씨에게 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 김광은, 1993, 서로 다른 주사각 자료의 공분산을 이용한 열적외영역 항공원격탐사자료의 대기보정, 공학박사 학위논문, 서울대학교.
- 오성남, 김경숙, 이종훈, 장병태, 박종현, 1993, 원격탐사 및 GIS를 이용한 하천유역의 환경변화 조사기법 연구, 시스템공학연구소.
- 유재근 외23인, 1992, 한강유역을 중심으로 한 환경관리 기술개발, 국립환경연구원.
- 이태섭, 구자학, 김광은, 최종호, 지광훈, 박인화, 1992, 항공다중분광주사법에 의한 환경감시기술 개발연구(I): 과학기술처.
- 이태섭, 김광은, 최종호, 구자학, 이상규, 1993, 항공다중분광주사법에 의한 환경감시기술 개발연구(II): 과학기술처.
- George, D. G., Hewitt, D. P., 1990, The remote sensing of Phytoplankton in oligotrophic lakes: Proceedings of the NERC symposium on airborne remote sensing 1990(18 December, held at BGS), pp. 193-201.
- Verdin, J., 1985, Monitoring water quality conditions in a large western reservoir with Landsat imagery: Photogramm. Eng. Remote Sens., Vol. 51, pp. 343-353.