

지구 환경감시를 위한 인공위성탐사 기술

박 경 윤/시스템공학연구소
지구환경정보연구부, 책임연구원

□ 차 례 □

- | | |
|------------------------------|----------------------|
| I. 하늘에서의 감시자료 | IV. 환경 파괴 흔적의 위성탐사 |
| II. 위성 원격탐사 기술의 이용 | V. 한국의 위성탐사 기술 진척 현황 |
| III. 위성 탐사에 의한 지구 및 지역 환경 감시 | |

I. 하늘에서의 감시자료 : 우주정보

우리 하늘에는 벌써 6천이 넘는 인공위성이 1957년 구 소련의 스푸트닉 이래 우리 머리위를 오르락 내리락하며 지구의 구석 구석을 샅샅이 들여다 보고 있다. 이들 위성탐사 기술에 의한 감시망은 거미줄처럼 얽혀져 있어 우리도 모르는 사이에 우리집 앞뒷마당 안까지 살피고 있어 언제라도 적이 될 지 모르는 집단에게 우리의 모든 것이 노출되고 있는 셈이다(그림 1).

최근 세계정세가 급변하고 있으니 어느지역 한 구석엔들 평안한 마음으로 가만히 안주할 수 없는 것이 현실이다. 지역 정치는 물론이고 환경오염과 자연환경 파괴에 대한 우려의 소리도 한창이다. 쓰레기더미가 우리 주변에 쌓이는 것이 눈에 보이고 마시는 물이 더러워져서 덜떠름해지며 숨쉬는 공기마저도 때로는 오염으로 인해 숨막힐 지경에 이르렀음을 체험해보지 않은 사람이 없지 않은가. 더구나 지구상의 대기중에는 오존층이

두껍게 있어 태양으로 부터 오는 강력한 자외선을 차단해 왔었는데 이 또한 구멍이 났다고 야단이다. 이 자료가 미국 국립항공우주국(NASA)의 주관하에 띄우고 있는 지난 10여년 동안의 인공 위성 관측에 의한 것이라니 믿지않고 그냥 넘어갈 일이 아닐 것이다. 이와같은 불신과 불안의 시대에 우리의 전후좌우를 감시할 수 밖에 없는 사실이요 보면 하늘위의 감시망인들 누군가가 쳐 놓았다고 나무랄 수 만 없는 일이다.

하늘에서의 감시란 무엇인가. 선진 각국은 Rocket과 인공위성등 우주비행체를 쏘아 올리면서 원격지를 촬영하거나 감시할 수 있는 감지기(sensor)를 장착하여 지구위를 돌아다니는 동안 끊임없이 주변상황을 살피도록 하고 있다. 특히 최근의 위성으로 지구표면의 자원이나 환경피해 상황이라든가 기상 상태를 탐지하여 지상에 정기적으로 송신하므로써 사람들은 이를 이용하여 지구상에 일어나는 각종 상황과 변화에 관한 자료를 수집, 분석하여 그날 그날의 지구주변 상황은

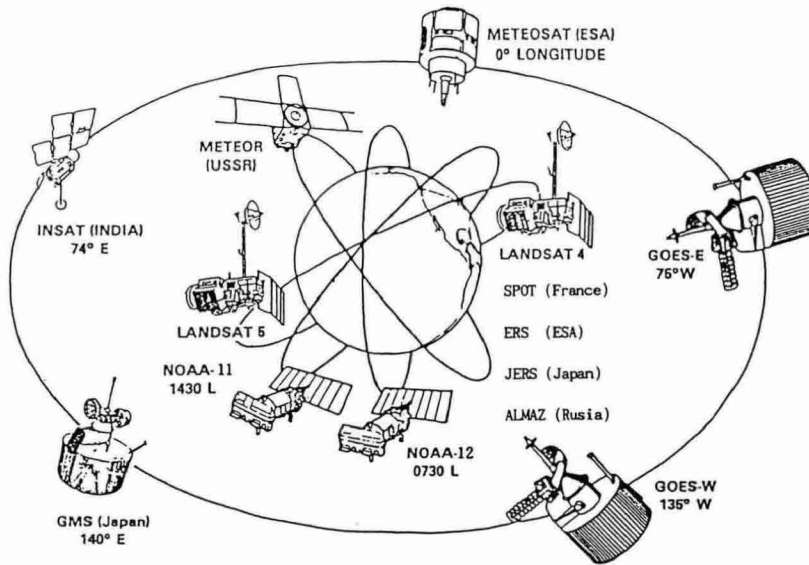


그림 1. 지구환경감시에 이용되고 있는 운행중인 지구관측위성들

물론 과거와 미래에 관한 지식의 폭을 넓혀가고 있다. 정보화 시대에 이러한 자료는 유용하고 값비싼 자료가 되어 생활환경의 개선과 상품의 국제경쟁력을 높이는데 크게 기여하고 있다. 하늘에서의 감시자료는 곧 우주정보의 원천 자료로서 인간이 필요로하는 각종 자원과 환경에 대한 정보의 원천이기도 하다. 이 자료로부터 인간이 좀더 이해하기 쉬운 형태로 가공된 것이 바로 우주정보라고 할 수 있다.

우주정보의 범주에 속하는 것에는 인공위성과 Rocket에 의한 탐사 자료로부터 지구와 천체에 대하여 얻어지는 각종 정보와 우주선에 의한 혹은 탐사정보등이 있다. 미국, 불란서, 일본 등의 선진국에서는 지구에 대한 인공위성 탐사 뿐만 아니라 인공위성궤도와 그밖의 우주 공간에서 여러 행성탐사까지 오래 전부터 실시하고 있는데 이들로부터 나오는 각종 정보는 인간의 끝없는 우주탐험 노력의 결과로 얻게되는 것이다.

II. 위성 원격탐사 기술의 이용

우주탐사 자료로부터 유익한 정보를 얻는데는 여러 단계의 절차를 거쳐야하는 체계적인 장치가 있어야 하는데 이들 장비를 운용하여 결정적인 정보를 얻는 과정을 원격탐사라고 한다. 즉 원격탐사란 멀리 떨어져 있는 사물을 빛과 같은 매개체를 이용하여 관측하고 그 특성을 알아내는 과정을 말한다. 원격탐사에 활용되는 매개체로는 빛을 포함하는 전자파가 가장 보편적인 것이고 그 외에도 지진파, 음파, 초음파, 중력파 등이 있다.

사람의 눈은 빛 즉 가시광선이 있는 곳에서 망막에 나타나는 영상을 감지하여 두뇌로 보낼때 두뇌에서는 앞에 무엇이 나타나고 있으며 어떠한 현상이 일어나고 있는지를 알게해 주는데 이와같은 기능은 원격탐사와 같다고 하겠다. 일반적으로 원격탐사에서는 사진기와 같은 sensor에서 포착된 영상을 컴퓨터에 입력시켜 표적물을 확인한 다던가 그 특성이나 움직임등을 분석하고 예측하는 일을 하게된다.

최근에 인공위성과 위성 탑재 센서의 제작기술이 급격히 발전하고 컴퓨터관련 첨단기술의 눈부

신 발전으로 원격탐사기술은 우리 주변은 물론 전 지구와 우주를 탐사하는 중요한 수단으로 각광 받게 되었다. 심지어 현대 전쟁에서 핵심 무기인 장거리 유도탄과 유도탄 요격무기등에서 원격탐사기술은 최첨단임을 잘 보여주고 있다.

Ⅲ. 위성 탐사에 의한 지구 및 지역 환경 감시

원격탐사기술이 가장 많이 활용될 분야로는 지구 환경 변화의 감시로서 주목을 받고있다. 불모의 대륙이나 광활한 대양위에서 쉴새없이 변화하는 광범위한 현상을 포착하고 정기적으로 자료를 취득할 수 있는 수단으로는 인공위성을 통한 원격탐사 아니고는 안될 것이다. 이미 선진국들은 국력 신장의 일환으로 추진했던 우주 기술 경쟁을 지구 환경 감시로 전환하고 있으며 '90년대 이후에는 앞다투어 우주 환경 감시 체계를 구축하는데 열을 올리고 있다. 그 대표적인 예로 미국의 NASA가 지구관측시스템(Earth Observing System)을 우주 정거장에 설치하여 항구적인 지구 환경감시와 지구시스템 과학 연구기지로 활용하려고 있으며 소요 예산으로는 2000년 까지 12조원(\$15 billion)이 계산되고 있다.

유럽우주기구(Europian Space Agency)와 일본은 초단파(Microwave)대역의 종합 개구레다(Synthetic Aperture Radar) 위성을 이미 발사하여 구름의 유무에 관계없이 대륙이나 대양의 표면에 대한 관찰자료를 수집하여 연구하는 단계에 도달했으며 Canada도 1-2년내에 RADARSAT을 위성 궤도에 올려 남북극에 두꺼운 구름아래 있는 빙설의 계절별 변환까지 정기적으로 조사하려는 계획을 구체화하고 있다.

광활한 땅에서 일어나는 다양한 지형학적 변화를 인위적으로 조사하는데 한계를 알고있는 10억이 넘는 인구의 중국도 환경탐사위성을 이용하는 것이 현실적으로 불가피하다고 하여 원격탐사용 인공위성 개발에 열을 올리고 있는 중이다. 중국

은 위성 원격탐사 응용 기술 연구에 만도 '90-'95년도 기간중 90억원(1억 Yuan)을 투자하고 있다.

위성정보를 통하여 손쉽게 만들어 내는 것으로는 맨 먼저 지도를 들 수 있다. 지도는 옛부터 측지기술의 발전에 따라 많은 변천을 해왔으며 근래에 와서는 항공사진의 대두로 지도 작성에 혁신적인 방법이 개발되고 최근에는 위성영상의 전산처리과정을 통하여 디지털 자동도화시스템으로 입체지도가 만들어지는등 지도 작성에 눈부신 발전이 이뤄지고 있다. 과거의 지도와 최신의 지도에 나타나는 변화 사항들을 밝혀냄으로써 지역 환경의 변화를 알 수 있으며 인류주거환경의 변천의 향배까지도 예측해 오고 있다.

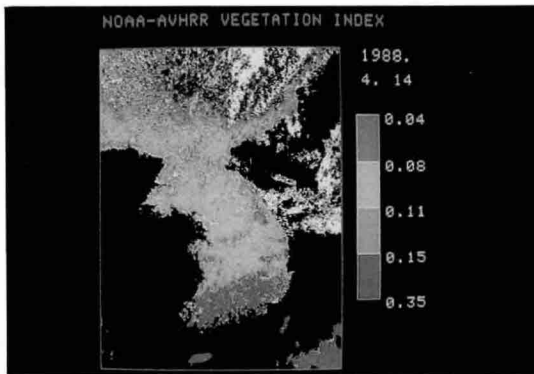
고대 문명의 발상지를 조사하여 최근의 위성사진에서 그 위치들을 확인할때 지금의 우리 인간에게 믿기어려운 여러가지 사실들이 나타나고 있다. 그들이 대부분 지금은 풀도 제대로 자라지 않은 폐허의 땅으로 되어있는 점에서 옛날 번영했던 문명들이 쇠퇴하게 된 이유에 대하여 인간이 환경파괴를 재촉했다는 점에서 많은 공통점을 발견하게되며 한번 황폐된 자연에서는 다시 원상회복이 안되거나 회복되더라도 장구한 세월이 소요됨을 알게된다. 인도의 인더스강 유역 인더스문명의 멸망이나 아랍지역의 유프라테스강과 티그리스강유역의 메소포타미아문명과 중앙 아메리카의 잉카문명 지역의 불모화등에서 자연환경과 인류문명의 성쇠가 불가분의 관계가 있음을 볼 수 있다.

근래에도 적도지방에 발생하고 있는 광대한 지역의 기근현상이 지구환경의 이상변화의 단면임을 증명해주는 위성관측자료들이 많이 발표되고 있다. 인류 거주에 적합정도는 지표면에 있는 biomass의 분포로 설명될 수가 있다. biomass가 많다는것은 식물이 성장이 왕성하고 그곳에는 동물분포가 다양하며 밀집하여 서식하게되고 사람에게 필요한 식생이 풍부함을 말해준다. 이러한 biomass의 전세계적 분포를 수시로 지도화 할 수 있는 우

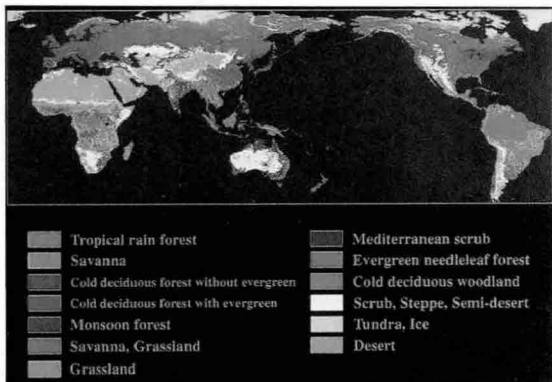
주정보자료가 최근에는 급속하게 많아지고 있다. 예를들면 미국의 극궤도 위성인 NOAA에서 받을 수 있는 AVHRR(Advanced Very High Resolution Radiometer) 센서의 자료를 처리하여 월별 또는 계절별로 전세계의 식물성장지수(VI) 분포도를 정기적으로 만들어 내고있으며 이들로부터 식물분포도까지 주기적으로 제작되고 있다(그림 2). 이 위성 식물 분포도에서 계절적으로 변화하는 과정을 분석함으로써 지구 생태계의 변화도 알아낼수 있을 뿐 아니라 적도 인근의 기아대(hunger belt)의 분포와 확장현상을 포착할수있다. 이러한 식생분포자료는 지구환경감시에 요기

한 부분이 될 뿐 아니라 인류문명의 성취를 지역적으로 가름하는 열쇠가 될 수 있을것이다.

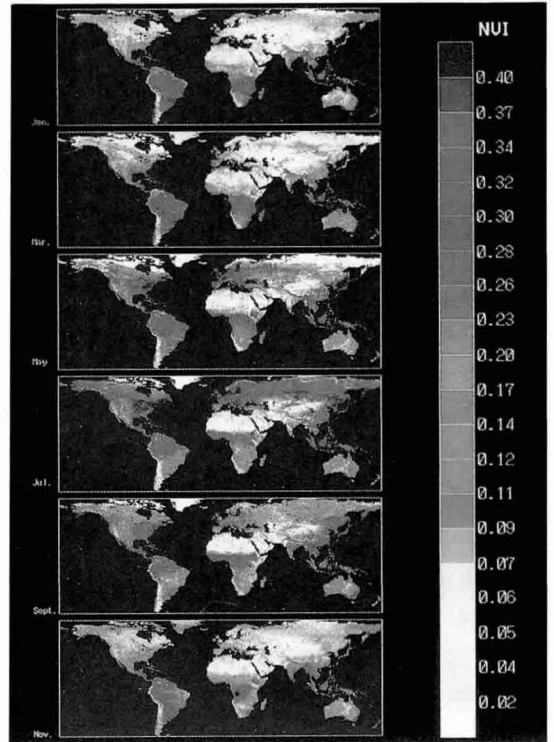
인공위성 탐사기술의 발전으로 세계의 기상을 이제 수시로 한눈에 살필수 있고, 구름의 이동하는 현상도 TV 수상기에서 아침 저녁으로 안방에서 보아오고 있다. 기상위성에 의한 지구대기현상의 감시자료는 일기예보와 기후연구에 중요한 역할을 하고있는데 최근 Supercomputer에 의한 수치예보의 simulation에서는 대양이나 대륙의 비근접 지역의 위성탐사 자료가 긴요하게 이용되고 있다. 자료 활용 software 부분에서도 인간의 지혜는 끊임없이 발전되고있어서 지구 곳곳의 장기



A. 구름이 제거되기전 NVI 분포도



C. 계절별 NVI로 분류작성된 식물유형별 분포 세계지도



B. 구름 제거후 합성하여 작성된 계절별 NVI 분포 세계지도

그림 2. NOAA 위성자료로 작성된 식물성장지수(NVI) 분포의 작성과 계절변화 및 식물유형별 분포도

적인 기후 예측의 정확성에서 날로 향상되고 있다.

위성탐사의 결과로 알려진 중요한 사실 하나는 지구대기 상층부에 많이 분포되어 있는 오존층의 파괴 문제이다. 지난 10여년간 NASA의 위성관측으로 남극의 오존층에 구멍(Hole)이 생겼음이 분명해졌고 이 오존층구멍은 점차 커지는 추세로 지구환경변화의 커다란 쟁점이 되어있다. 이 오존층 파괴에 의한 오존층구멍 발생 원인이 냉매로 쓰이고 있는 프레온가스(CFC 계열)가 대기중에 방출되면 성층권까지 올라가기 때문이라는 주장이다. 이 원인에 대해 다른 의견도 있으나 실질적인 규명은 상당한 기간동안 적절한 실증조사가 필요하리라 예상되고 있다.

기후 변화는 인류 서식 환경 변화의 큰 요인이다. 인간의 열악한 환경에서도 적응해온 역사적 증거를 많이 갖고있으나 급격한 기후나 환경의 변화에 적응하지 못했던 흔적도 세계의 도처에 산재하고 있다. 최근에 갑작스럽게 커지는 거대 도시 주변에는 각종 산업공해가 누적되고있어 멀지않아 도시 거류민이 교외로 탈출하는 현상까지 나타나고있는 실정이며 집중 호우나 천재지변에 대처할 수 있는 시설의 미비로 조만간 폐허의 조짐이 드러나고 있는 도시의 문제점이 위성관찰에서 분석되고 있다. 지난 7월에는 미대륙 중부의 호우로 인해 미시시피강이 범람하여 한반도 남쪽의 반에 해당하는 광대한 지역이 물에 잠겼으며 미시시피강 지류에서는 강물이 역류하여 여러 도시를 물에 잠기게하는 엄청난 재해를 입었다(그림 3). 이들의 대부분이 뚝을 쌓고 강폭을 좁혀 도시의 주거지역을 확장한 것이 강물의 흐름을 방해한 결과로 상류지역에서 물을 꺼꾸로 흐르게 만들었다는 이유라고 밝혀지고 있다. 자연의 조화를 개개인의 좁은 식견으로 변형하는게 얼마나 큰 과오를 초래하는지 극명하게 밝혀주는 사례라 할 수 있겠다. 위성탐사 자료는 사람의 보는 시야를 지상에서 우주로 격상시켜 줄 수 있게 한다.

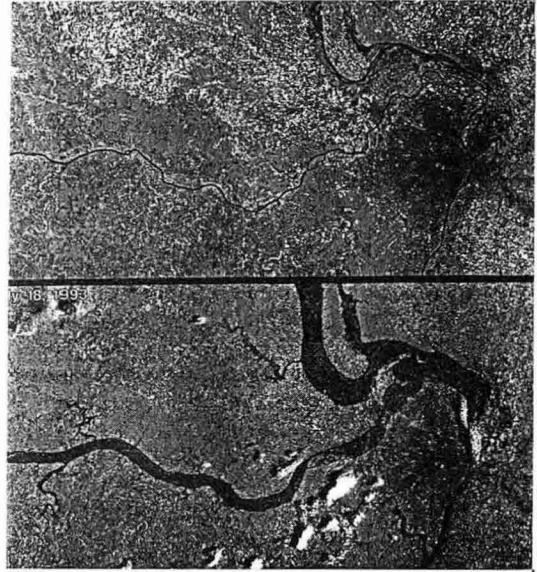


그림 3. 미국의 자원탐사위성 Landsat의 TM 자료에 의한 St.Louis시 주변 Mississippi강의 대 홍수 (1993. 7) 전후, 영상 비교
(홍수시 한반도의 1/4에 해당하는 강유역이 물에 잠겼음)

요즘 인구 팽창과 과도한 산업시설로 CO₂ 증가에 따른 지구온난화 문제가 한창 열띤 논의가 계속되고 있다. 지구대기 온도의 평균치가 1℃만 상승한다하더라도 해수의 평균수면이 수미터 증가할 수 있다는 계산이 나오고 이 경우 지구 곳곳에 있는 해안도시와 해변 습지가 물에 잠길때 일어나는 소동이 우리의 상식적인 상상을 초월하는 엄청난 재해가 온다는 점이 많은 사람의 관심이다. 실제 해수면의 상승은 지난 수백년 동안 서서히 상승해왔다고 관측되고있으나 앞으로 이 추세가 가속화 될지는 논란의 대상이다. 인공위성탐사기술은 지구대기나 해양의 온도 분포를 거시적으로 분석하게 해줄수 있는 유일한 수단이 되고 있다.

바다는 자원의 무한한 보고이면서도 개발이나 개척이 함부로 되지않은 곳이다. 근래에는 이 바다에도 인간의 버리는 폐기물로 더럽혀지고 있는

사실에 놀라고들 있다. 인공위성 탐사로 대양의 오염상태를 정기적으로 감시할 수 있는 방법은 상당히 알려져 있으나 그를 적절히 활용하려는 우리들의 투자가 따르지 못하고 있는 실정이 안타까운 일이다.

IV. 환경 파괴 흔적의 위성탐사

한번 더럽혀졌거나 파괴된 자연 상태를 복구하거나 새로운 자연의 균형을 찾기에는 장구한 시일이 소요되고 막대한 대가를 치르게 될 것이다. 어쩌다 한번쯤 우리 해안가에서 일어나는 조그마한 유조선 사고에도 기름찌꺼기를 바다와 해안가에서 제거하는데 수백억원씩의 피해가 산정되는 것을 보게되는데 지구 곳곳에서는 지금 실세없이 크고 작은 원유 유출 해안사고가 일어나고 있음도 간과할수 없는 일이다.

사람이 사는 곳에는 산지가 개척되고 산업화가 계속되어 자연은 때로는 균형을 잃고 기상 이변과 환경 재해가 증폭되게 마련인데 사람들이 이에 적절한 대응책을 만들어 놓지 못했던 역사적 증거를 많이 본다. 티그리스와 유프라테스강 유역에 이룩되었던 메소포타미아 문명도 과도한 산지 개발등으로 인해 건조한 땅으로 변하면서 사라졌고, 지금은 염해로 눈이 내린 것처럼 하얗게 된 토사위에 옛 문명의 흔적만 남겨져있는 위성 사진을 보게 된다. 인더스강 유역의 문명도 비슷한 환경 변화로 인해 황폐된 전철을 밝은것으로 밝혀지고 있다. 토사에 묻힌 여러 고대 문명의 발상지들의 인공위성탐사 사진들을 볼때마다 그 옛날의 자연환경 파괴가 얼마나 거대한 규모로 일어났었는지를 알게된다.

최근의 첨단과학 기술의 집합체로 발전되고 있는 인공위성탐사 기술은 과거와 현재의 환경 변화 추세를 조사하는 새로운 방법을 제시해 주고 있다. 이 기술은 앞으로의 환경 변화에 대한 감시 도구로도 역할이 더욱 커질 것이다.

V. 한국의 위성탐사 기술 진척 현황

요즈음 우리 신문에 실리는 환경 관련 기사를 읽노라면 마치 우리가 오염 가스와 먼지통속에서 숨이 막히고 금새 북통이라도 나게 할 더러운 물을 마셔야 하며 주변은 온통 쓰레기더미로 뒤덮일 듯 하다. 우리가 왜 이 지경까지 와서 이제야 호들갑을 떨며 너도 나도 환경 옹호론자인양 떠들석하게 되었을까. 여하튼 늦게나마 우리의 환경 문제를 직시하고 걱정하는 지각있는 사람들의 덕택에 희망의 날이 보이는데 천만 다행이다.

지구의 환경 감시도 우리 주변부터 살피는데서 출발해야 할 것이다. 그리고 사람의 눈이 닿지 않는 곳에는 원격감시 시스템을 설치하며 또 비행기나 우주비행체에 의한 탐사시스템으로 광범위한 지역과 지구 전반에 대한 환경 감시망을 갖추는데 노력해야 타당하겠다.

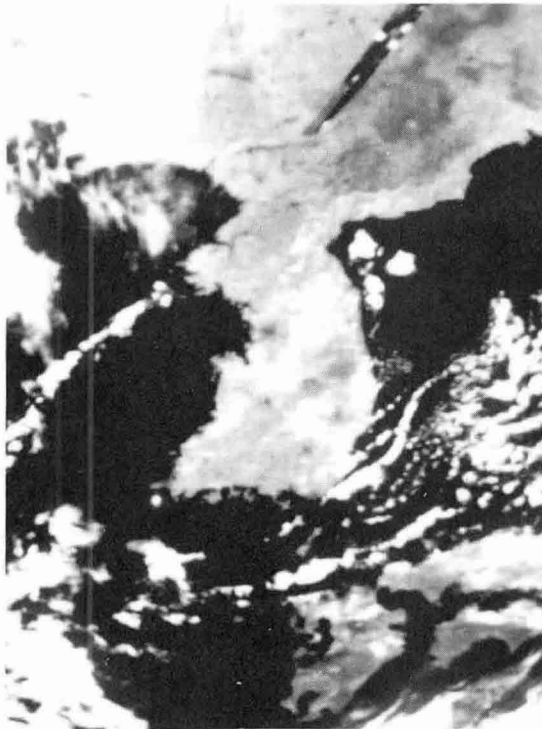
1972년 미국의 자원탐사 위성인 Landsat 영상 자료가 나오면서 부터 한국과학기술(연구)원과 동력자원연구소 등에서 위성탐사 자료의 응용연구 기반을 확충해 왔으나 그간의 미미한 연구투자로 여전히 열악한 연구시설과 연구인력의 부족을 겪고 있다. 최근에 와서 위성영상 처리 computer system들이 소형화와 가격의 저렴화로 여러 연구기관과 학교등에서 인공위성 탐사자료 이용 환경조사 기술의 보급과 정착에 다소 진전이 이루어지고 있다. 지난 1989-1981년에 걸쳐 중국에서 날라온 황사 구름을 기상위성인 NOAA의 AVHRR 센서 자료를 분석해서 황사에 의한 광학 깊이(Optical Depth) 분포 영상을 바다 지역에 한하여 도화하는 연구가 시스템공학연구소와 연세대 천문대기학과 팀에서 수행된 바 있다. 이로서 국내에서도 PC 영상처리 System을 사용한 대기 오염물질의 위성 감시 가능성이 제시되었다.

기상위성 자료의 실시간 수신 및 처리 장비도 Amateur 급이지만 시스템공학연구소 팀이 국내 기업과 공동으로 개발되어 시판 준비중이므로 위

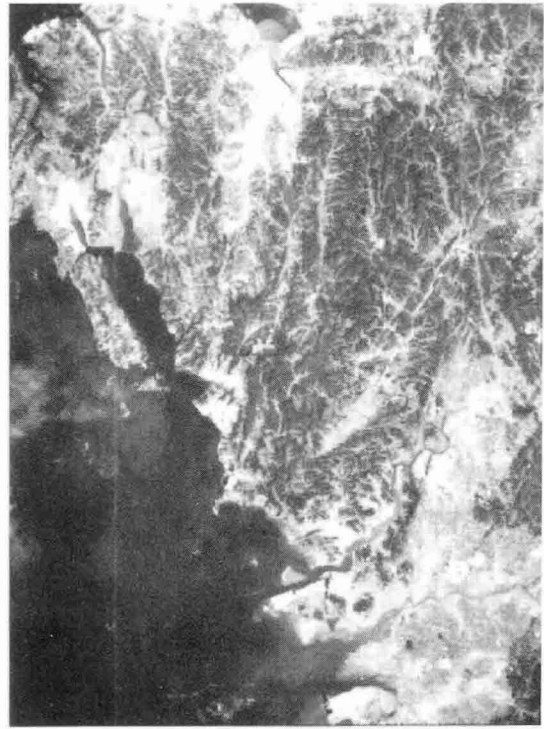
성 영상처리 기술의 획기적인 국내 보급도 곧 이루어질 전망이다. 더욱이 최근에는 첩보위성 사진급에 준하는 초정밀 탐사 위성 영상자료 지상 수신시설의 국내 설치가 1996년까지는 구체화될 예정이고 이로 인해 수천억 원대의 마켓을 형성할 디지털 국토지형정보 데이터 베이스 구축과 업데이트(up-date) 기반이 확립될 때 환경위성 탐사 자료의 국내 활용은 초급속으로 확산되리라 예상된다.

한국과학기술원 인공위성연구센터가 주축이 된 연구팀에 의해 만들어진 한국 최초의 인공위성 우리별 1호와 또한 2호가 성공적으로 1992년 8월과 1993년 9월에 발사되어 위성궤도에 진입되

고 탑재된 CCD camera들에 의해 촬영한 한반도 등의 영상(그림 4)을 계속적으로 보내오게 됨에 따라 국내의 위성탐사 기술도 비약적인 발전이 이루어지려는 용트림을하고 있다. 다목적 시험위성으로 "환경관측 위성"도 다음 단계로 구상되고 있어 '90년대 후반 경에는 우리 위성에 의한 환경탐사가 실시간으로 가능해 질 것 같다. 이와 더불어 반드시 고려되어야 할 사항은 이들 환경탐사 위성 자료가 효과적으로 분석되고 우리의 환경보전에 실질적으로 기여할 수 있게하는 원격탐사 기술의 국내 연구 기반을 하루속히 견고하게 확충해 놓는 일이다.



(A)



(B)

그림 4. 우리별 1호(A: 1992)와 2호(B: 1993. 10. 11)가 촬영한 한반도 및 태안반도 주변 영상

筆者紹介

▲박 경 윤

<학 력>

- 1963년 : 서울대학교 물리과대학 졸업(천문기상학, 학사)
- 1976년 : 미, 콜로라도주립대학교 졸업(토목공학 (유체역학), 석사)
- 1979년 : 미, 콜로라도주립대학교 졸업(토목공학 (원격탐사), 박사)

<경 력>

- 1963년 3월 ~ 1967년 8월 : 공군 중앙기상부 근무(기상장교)
- 1967년 9월 ~ 1971년 7월 : 원자력청, 원자력연구소 근무(연구원)
- 1979년 1월 ~ 1981년 1월 : 미, 국립우주항공국(NA-SA) 고다드우주비행센터(GSFC) 주재연구원
- 1981년 2월 ~ 1984년 3월 : 미, 시스템스 및 응용과학연구소 책임연구원
- 1984년 4월 ~ 1987년 3월 : 한국건설기술연구원 연구위원(기획조사부장)
- 1987년 4월 ~ 현재 : 한국과학기술연구원 시스템공학연구소 지구환경정보연구부 책임연구원

<기 타>

- 1989년 3월 ~ 현재 : 대한원격탐사학회 부회장
- 1986년 5월 ~ 1988년 5월 : 한국우주과학회 회장 역임
- ~~1981년 ~ 1984년 : 미, 워싱턴 한인천주교 신홍조합 감사, 부이사장 역임~~
- ~~1983년 ~ 1984년 : 미, 워싱턴 한인천주교 한글학교 이사장 역임~~
- ~~1982년 ~ 1983년 : 재미한국과학기술자협회 간사장, 역임~~