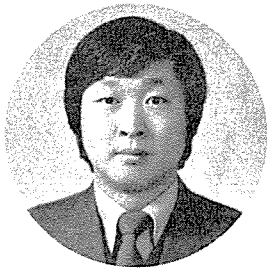


# “海洋研究의 새 時代를 열어준 主役”

—위성映像의 海洋分野 응용



劉 洪 龍

〈海洋研究所 선임연구원·理博〉

## ◇ 百聞이 不如一見의 원리

몇주 전, 세계가 금세기 두번째로 지구에 접근한 헬리혜성 선풍으로 온통 들떠있을때 이에 최대한 접근하여 촬영한 사진이 각 신문지상에 게재되었다. 전문용어로는 영상(image)이라고 하는 것이 옳을 이 사진은 지금까지 헬리혜성의 핵에 대해서 피상적으로만 알고있던 우리들에게 『자, 보십시오, 헬리혜성의 핵은 이런 모양으로 생겼읍니다.』라고나 하듯이 그 생김새를 그대로 보여주었다.

아무리 전문지식이 없는 일반인이라도 그 사진만 보면 별 설명이 필요 없이도 『아하, 그렇게 생겼구나』 하고 바로 인식할 정도였다.

『원격탐사란 멀리 떨어진 관측대상으로부터 물리적 접촉을 통하지 않고 다만 전자파의 특성을 이용하여 정보를 얻고, 또 이를 분석, 판독하기 위해 취해지는 일련의 기술을 통털어 말한다』라고 어느 학자는 정의하였고, 그리고 그 이점을 『넓은 범위의 동시관측이 가능하고, 현장관측이 어려운 정치·군사적 분쟁지역에서의 관측이 가능하고, 또한 궤도특성을 이용한

반복관측과 아울러 컴퓨터에 의한 판독이 용이하고, 그래서 비용이 적게 들고……』 등 한없이 열거하기도 한다.

그러나 앞서 예로 든 헬리혜성의 핵부분을 보여준 영상과 같이 「있는 것을 그대로 눈으로 볼 수 있게 해주는 것」, 그래서 「복잡한 설명이 필요없이 그 자체가 충분한 판독(interpretation) 결과로 될 수 있는 것」이 원격탐사의 가장 중요한 특성이요 이점이라고 생각된다.

이러한 점으로 인해 옛부터 무엇을 쉽게 설명하려면 흔히 그림을 사용하였고, 전쟁터에서 적의 상황을 빠르고 확실하게 알아보기 위해 풍선을 띄워 사진을 찍기도 했던 것이다.

다시 말해서 원격탐사란 바로 『백문이 불여 일견이란 말을 초현대적 수단에 의해 실현시켜 주는 것』이라고 하여도 우리가 아닐 것이다.

## ◇ 광활 변화무쌍한 寶庫

지구표면의 70%이상을 차지하고 있는 바다는 면적 그 자체로도 넓다고 할 수 있겠지만, 육상에서와 똑같은 너비의 해역을 탐사한다 하

더라도 육상교통수단에 비해 느린 배를 타고 높은 파도와 여러가지 악조건을 무릅쓰고 긴 기간을 통하여 이를 수행해야 한다는 점에 있어서 바다는 더욱 광활하다 하겠다.

한편, 변화가 빠르지 않은 육상환경과는 달리 해양환경은 매우 빠른 속도로 끊임없이 변화하고 있다. 조석간만의 영향이 큰 우리나라 서해바다같은 곳은 불과 1시간만 경과해도 아주 판판으로 변해버릴 때가 많기 때문에 배를 사용하는 기존탐사방법으로는 긴 세월을 통해 몇번이고 반복해서 조사를 한 후에야 비로소 어렵 곳이나마 그 윤곽을 파악하게 된다.

인구의 급속한 팽창으로 식량, 광물, 에너지 자원 등은 육상에서 고갈되어 갈 뿐만 아니라 육지 그 자체가 도시팽창, 공업지대 조성 등으로 인해 더욱 좁아지고 또 오염되어가고 있다. 따라서 「바다는 인류의 마지막 보고」라는 말은 이미 어느 누구도 부인할 수 없는 사실이 되었으며, 앞으로는 바다 그 자체가 지구상에서 인류가 얻을 수 있는 「마지막 거주지」로 될 지도 모른다.

그러하기 때문에 최근 세계 여러나라는 그동안 원자력, 우주개발 등에서 담은 과학 기술의 저력을 해양기술 개발로 돌려 장기적인 계획을 가지고 적극적인 해양탐사를 시작하였다.

그러나 앞서 말한바와 같이 광활하고 변화가 심한 바다를 탐사하기 위해서는 막대한 장비, 인력 및 경비가 소요될 뿐만 아니라 긴 세월이 요구되어 그 현상파악이 쉽지않다. 일본의 한 관계자는 자신의 고향 앞 바다가 30여년에 걸쳐서 철저히 조사되었는데도, 각 자료 측정당시의 제반조건이 서로 달라 그 현상파악에 있어서 아직도 많은 어려운점이 있다고 토로하였다.

이는 해상관측시 측정(measuring station)과 측정 사이를 선박이 이동하는 동안에 일어나는 변화는 일반적으로 무시할 수 밖에 없는 기존탐사방법이 가지고 있는 문제점을 단적으로 표현하는 것이며 넓은 해역을 단번에 커버할 수 있는 조사방법의 필요성을 은연중에 강조하는 것으로 느껴진다.

### ◇ 오랜 숙제 풀어주는 위성영상

1970년대 초 미국이 최초의 지구자원 탐사용 위성인 Landsat 1호의 발사에 성공한 후 처음으로 공개한 영상들은 세계의 여러 학자들의 가슴을 희망으로 부풀게 하였다. 그 영상중 대부분이 연안지역 등 바다를 포함하고 있는 것들이었다는 사실은 정치·군사적 목적에의 이용을 제외하고는 해양분야가 위성을 이용한 원격탐사 기술을 가장 쉽고도 적절하게 응용할 수 있는 분야에 속함을 시사하는 것으로 보인다.

실제로 그 이후 지금까지 세계 각 지역에서 수많은 위성영상이 해양연구를 위해 분석되었고 그 결과는 대단히 큰 성과로 나타났다.

위성영상자료는 그동안 최상적으로만 알려져 있던 연안에서의 해수유동상태 등을 한 눈으로 볼 수 있도록 해 주었으며, 우리나라 서해 경기만같은 곳의 해수탁도 분포형태 등은 당시까지 전혀 알려지지 않았던 것인데, 단 한장의 위성사진을 통해 그 모습을 드러냈다.

특히 수온변화 등의 해양물리적 현상으로만 그 존재가 인식돼 오던 내부파(internal wave) 등이 형태적으로 파악됨은 기존 조사 방법으로는 거의 불가능한 것이었으나 원격탐사 기술의 도입으로 얻은 큰 성과 중의 하나이다.

Landsat 위성 뿐 아니라 NOAA 위성도 해양학분야 발전의 중요한 일익을 담당하고 있다. 기상 및 해양탐사를 주요 목적으로 열적외선 감지기(Thermal Infrared Sensor)등을 싣고 발사된 이 위성은 NOAA 1호에서 부터 NOAA 9호에 이르기까지 8개(1번은 실패)의 위성이 교대되는 동안 전 세계해양의 수온분포도 및 해류분포도 작성이라는 위업을 달성했으며, 특히 일본 근해를 통과하는 구로시오(흑조) 난류의 진로변경형태와 우리나라 동해에서의 한-난류 교차상태 등이 이 위성의 영상자료에 의해 소상하게 파악됨은 또하나의 큰 성과라 아니할 수 없다.

따라서 이제는 원격탐사기술이 해양과학분야의 중요한 역할을 담당하게 되었고 차후 더욱

효과적인 운용을 위해 그 기술개발이 절실히 요구되게 되었다.

### ◇ 전천후 위성해양탐사 시대의 개막

1970년대 중반에 들어서자 그때까지 위성영상을 각자의 분야에 응용하여온 많은 전문가들은 당시 운행중이던 위성들의 응용한계를 느끼게 되었으며, 따라서 새로운 요구사항이 대두됐다. 그중 중요한 몇가지를 들면 다음과 같다.

(1) 구름으로 가린 부분도 위성으로 관찰할 수 있을까?

(2) 변화가 심한 해양현상 탐사를 주임무로 하는 위성이 필요하다.

(3) 기존 Landsat영상의 해상도(resolution)는 좀 더 향상되었으면 좋겠다.

(4) 동일한 지역을 위성이 다시 통과하는 시간적 간격(Landsat 1호, 2호, 3호의 경우 18일)이 너무 커서 단기적인 현상은 관측하기 어렵다.

(5) 해안지형 등을 항공사진과 마찬가지로 입체로 볼 수는 없을까?

이러한 학술적 욕구들은 1970년대 후반에 들어서면서 차츰 충족되기 시작하였다.

우선 1978년에 발사된 Seasat 1호 위성은 해양탐사를 주임무로 하고 있었으며, 그때까지 구름으로 덮인 곳은 탐사가 불가능한 가시광선과 적외선에만 의지해 오던 방법을 탈피 Radar파를 이용하는 여러가지 탐사장비를 구비하고 있었다.

SAR, ALT, SASS 등으로 불리우는 이러한 장비들은 구름이 덮여있거나 안개가 끼어있는 지역도 능히 관측할 수 있어 Seasat는 명실공히 전천후 탐사위성이라 일컬어질 수 있었다.

불행히도 Seasat 1호는 발사된지 수개월 후 그 기능이 정지되었지만 활동하는 동안 지구로 보내온 정보의 양은 어마어마하며 이들을 이용하여 당시 재래위성으로는 불가능 했던 해수면 변화, 지오이드(Geoid), 해류속도 및 해표면 가까이 풍속, 풍향 등 귀중한 정보를 얻어낼 수 있어 해양관측에 있어서의 새로운 장을 장식

했다.

또한 거의 같은 시기에 발사된 Nimbus7호 위성의 Coastal Zone Color Scanner (CZCS)는 매우 섬세한 분광해상력(Spectral resolution)을 가지고 있어 그야말로 바다의 색깔을 가지고 각종 해양현상을 분석해 내는데 크게 기여했으며, 특히 수산자원과 직접적으로 관련되는 해수중의 염록소분포를 쉽게 파악할 수 있게 한 것은 대표적 성과라 할 수 있다.

한편 1980년대에 들어오면서 미국의 NASA는 Landsat 4호 및 5호 위성에 기존 Multi-Spectral Scamer(MSS)보다 훨씬 해상도가 좋은 Thematic Mapper(TM)을 탑재하여 16일에 한번 동일 지역을 지나도록 궤도에 올렸다. 이 자료의 높은 해상도는 해안지형을 정밀하게 연구하는데 매우 유용하게 쓰이며 동일지역 통과 시간의 간격이 좁아져 단기적인 현상파악에 더욱 유리하게 되었다.

아직 본격적인 연구가 이루어지지지는 않고 있지만 불란서가 금년들어 쏘아올린 Spot1호 위성은 2쌍의 탐사장비를 적재하고 있어 해안지형 등을 입체적으로 파악할 수 있도록 하였으며 특히 그 해상도는 경우에 따라 10m정도까지 정밀해질 수 있어 해파스펙트럼(wave spectra) 분석등에 매우 유용하다.

비록 해상도가 약간 떨어지기는 하지만 지구적도상에 여러개가 배치되어 있는 정지위성(Geostationary Satellites)들의 해양분야에 대한 응용성은 매우 높다. 해양현상과 밀접한 관계를 가지고 있는 기상상태를 쉽게 파악한다는 점은 차치 하더라도, 다른 위성과는 달리 지구상의 어느 한지점 위에 고정되어 있는 이 위성은 연속적으로 지상을 감시할 수 있어, 비록 개괄적이거나 해상도도분포변화, 대규모 해류의 변동상태 등 동적(dynamical) 변화상을 용이하게 알 수 있는 장점을 지니고 있다.

그 이외에도 현재 공식적으로 개방되어 있지는 않지만, 소련 등 동구권 국가가 쏘아올린 위성의 자료도 그 나름대로 해양연구분야에 다소 기여할 것으로 믿어진다.

다음 표는 해양탐사 분야에 중점적으로 이용되는 위성의 감지기(sensor), 측정해양현상, 측정요소 등을 일괄하여 보여준다.

위성	감지기	측정현상	측정요소	이용전자파
LANDSAT 및 SPOT	MSS, TM 및 SPOT	해안지형	반사광량	가시광선 및 근적외선
		탁도, 적조, 염분 소, 해수, 유동등	수중 후향 산란율 (Back-scattered light) 또는 해수 색상	
		해저지형(수심)	수중 감쇄율 (Attenuation)	
NOAA	VHRR 및 AVHRR	해수표면 온도 및 해류	방출열에너지	열적외선
SEASAT	ALT	해수위, 파고	전자파의 왕복시간	Radar 파
		해표면 풍속	후향산란율(Back- scatter coefficient)	
	SASS	풍향 및 풍속	"	
	SMMR	해수표면온도, 풍 속 및 대기습수량	방출에너지	Microwave
	SAR	해파 스펙트럼	전자파 왕복시간 및 반사량	Radar파
NIMBUS-7	CZCS	해수표면온도, 염분소분포, 해수색상	반사광량 및 방출 열에너지	가시광선 근적외선 및 열적외선

◇ 미래의 신예위성과 해양분야 이용전망

지난번 온 세계를 전율케 하였던 우주왕복선 폭발은 귀중한 생명과 막대한 재산손실 이외에도 많은 원격탐사장비 및 실험장비들을 창공에 날려버렸다. 비록 아직 정식으로 공개되지는 않고 있지만, 지금까지 여러차례에 걸쳐 쏘아올려진 우주왕복선에는 Seasat등 기존위성에 탑재되었던 것들과 비슷하거나 더욱 개량된 고감도의 탐사장비들이 실려져 막대한 양의 자료를

수집함과 아울러 새로운 탐사장비의 시험운동도 많이 수행된 것으로 믿어진다. 가까운 미래에 이들의 배일이 벗겨지면서 실제로 운용될 때에는 원격탐사에 있어서 또 하나의 새로운 시대가 열릴 것으로 생각된다.

한편, 현재 취역하고 있는 위성들과 교대될 예정인 다소 개량된 위성들 이외에도 지구탐사 및 해양분야에 대한 자료를 더 정밀하게, 더 자주 얻기 위해 유럽, 일본등 여러나라에서 신예 위성을 개발, 궤도에 진입시킬 예정이다.

우선 일본의 Marine Observation Satellite (MOS)는 매우 우수한 탐사장비를 보유하는 한편 이름 그대로 해양탐사를 주임무로 하고 있어 더 빈번한 자료수집을 갈망하고 있는 해양전문가들에게 희망을 안겨주고 있다.

또 유럽제국의 Earth Resources Satellite (ERS), 캐나다의 Radarsat 등은 새롭고 정밀한 radar 자료등 높은 수준의 정보를 제공할 것으로 믿어져 해양분야뿐 아니라 많은 여타분야의 발전전망을 밝게 하여주고 있다.

이미 말한 바와같이 해양환경은 끊임없이 변화하기 때문에 이로 부터 자원획득, 재해방지, 그리고 효율적인 개발을 위해서는 항상 감시하고 분석하여야 한다.

특히 해저지진에 의한 해일, 기상악화 등으로 부터 받을지 모르는 피해를 최소로 줄이기 위해서는 위성을 이용한 real-time감시시스템 보다 효율적인 것은 거의 없을 것으로 믿어진다.

따라서 원격탐사의 해양분야이용은 일단 위성을 이용한 항시감시시스템을 구축해 나가는 추세로 발전해야 할 것으로 보여진다.

다만 그 과정에 있어서 원격탐사에 의해 획득된 자료를 과신한 나머지 다른 방법에 의해 얻어진 자료를 무시하는 일이 있다면 이는 오히려 원격탐사자료의 효율성을 떨어뜨리는 결과를 초래할 것이다.

원격탐사자료와 해양현장탐사자료, 그리고 사용가능한 모든 자료를 종합하여 분석할 때 비로소 원격탐사자료의 진가는 발휘될 것이며, 이때 얻어지는 상승효과는 실로 막대하다 하겠다.