Journal of the Korean Society of Remote Sensing, Vol.16, No.3, 2000, pp.261~279

총 론

인공위성 원격탐사 정보의 활용

가 민 호

국방과학연구소

Application of Spaceborne Earth Remote Sensing Information

Min-Ho Ka

ADD (Agency for Defense Development)

Abstract : Today, the development of spaceborne Earth remote sensing is characterised by the increasing number and various types of remote sensing satellites, which are being operated in the low altitude and geostationary orbits with the help of rapid development of modern space techonologies. It is believed that around 15 countries have programs to own their spaceborne Earth remote sensing systems, and the number of systems will be reached to some tens until the end of 2000 years. It is expected that Korean remote sensing satellites will be launched in sequence according to the national space program. The befinits will be magnificient because of the wide range of application area. Application of remote sensnig information to the social infra implies that the potential customers can access the information, mission and the characteristics of the operation, and it is necessary to be supplied more information about systems and mission areas to our domestic users for proper applications. In this review we will survey the applications of the information acquired by the systems of USA, Russia and other countries. In this review we will discussed within general application area, missions and systems.

Key Words : Remote Sensing, Space, Satellite, Information, Mission

요약 : 오늘날 저궤도 및 정지궤도 인공위성에 탑재하여 운용되고있는 원격탐사 장비는 관련기술의 급속한 발전에 힘입어 현재 그 수요가 계속 증가하고있는 추세이다. 2000년까지 약 15개 국가에서 위성탑재 원격탐사 시스템 보유계획을 갖고있으며 운용되는 인공위성이 수십개에 이를것으로 예상된다. 국내에서도 우주개발 계획에따라 탐사위성이 계속 발사될 예정이며 응용분야또한 광범위하여 파급효과 또한 클것이다. 원격탐사 정보를 사회 제반 분야에 효과적으로 응용한다는 것은 잠정적 수요자가 지구 원격탐사시스템의 정보, 임무 및 동작특성과 접한다는 것을 의미하나 현재 국내상황으로볼 때 이와관련된 내용들이 더 보충되어야할 필요성이 있는 것이 사실이다. 이를위하여 본 총설에서는 현재 운용되고있거나 계획되어있는 미국, 러시아 및 기타국가의 지구원격탐사 시스템의 정보

2000년 7월 1일 접수 ; 2000년 8월 15일 수리.

활용에 대하여 살펴보려하며 내용의 범위는 대중적 정보수요가 있는 응용분야, 임무 및 시스템으로 국한하였다. 아울러 본 총설의 많은 부분은 참고문헌을 편술한 내용을 참고로 하였음을 밝혀둔다.

1. 서 론

우주에서 지구표면 영상을 얻은 예는 대략 반세기를 넘고 있다. 최초의 지표영상은 1945년 미국의 White Sands에서 발사된 독일의 Fau-2 ballistic 로케트에 설치된 카메라 사용하여 얻었다. 당시 로케트는 고도 120km에 이르렀으며 촬영된 필름은 특수캡슐에 넣어져 지상으로 투하되었다. 체계적 지표관측의 시작은 1960년 4월 1일 발사된 미국의 기상위성 Tiros-1와 1966년 7월 25일 발사된 소련 위성 Cosmos-122이다 (Garbuk and Gershenzon, 1997). 이후 위성을 이용한 지구 원격탐사 데이터의 응용범위는 매우 다양해졌다. 즉, 자원 탐사, 자연현상의 동적변화 연구, 그 원인 및 결과 예측, 위기상황에 대한 경고 등에 필요한 가장 효과적인 정보를 인공위성 원격탐사를 통해 얻을 수 있다. 위성 원격탐사에서 얻는 정보는 현재와 같은 복잡한 산업사회 시스템을 관리하는데 가장 효율적인 GIS (Geoinformation System)에 기본적 요소가 되고 있다. 현재 원격탐사 데이터 획득은, 수요자가 차별없이 모든 데이터에 자유롭게 접근할 수 있도록 하는 "Open Sky Policy"라 불리는 정책에 따르고 있다. 원격탐사에 있어서 정보교환, 정책의 조율과 토의를 목적으로 1984년에 CEOS (Committee on Earth Observation Satellites)가 조직되었다. CEOS의 산하에는 다양한 기술 그룹들, 즉, 원격탐사 데이터에 관련된 WGD (Working Group on Data)와 데이터 전송망에 관련된 WGN (Working Group on Networks) 등이 있다. CEOS의 회원으로는 오스트레일리아, 브라질, 영국, 인도, 이탈리아, 카나다, 중국, 러시아, 우크라이나, 미국, 프랑스, 독일, 스웨덴, 일본, ESA (European Space Agency) 및 "Eumetsat" 컨소시엄이 있다. 이와같이 국제적으로 위성 원격탐사의 중요성이 증가함에따라 위성 수가 증가하고 더욱이 저가의 위성체, 탑재체 제작 및 저가·소형의 지상국 건설이 가능해져 획득가능한 원격탐사 정보가 사회 전 범위에 걸쳐 광범위하게 활용되고 있다. 지금까지 국내에 소개된 원격탐사 관련 정보는 주로 미국 시스템을 대상으로 하였으나 과반수 이상의 시스템이 러시아를 비롯한 타 국가에서 제작된 점을 고려하면 이들 시스템과 관련된 내용 -응용분야, 탐사장비 및 요구사항- 의 소개가 필요하며 이를 통하여 우리는 위성 원격탐사 분야에서 보다 많은 정보를 활용할 수 있다.

2. 원격탐사 장비의 종류 및 응용 분야

앞으로의 내용 설명을 위하여 Table 1 및 2에

Table 1. ERS systems and sensor categories.

구 분	원 격 탐 사 시 스 템
광학 센서	LANDSAT, SPOT, IRS, ADEOS, MECB, CBERS, RESURS-O
레이다 센서	ERS, ENVISAT, JERS, ALOS, RADARSAT, ALMAZ
기상 관찰 센서	극궤도: NOAA, METOP, FENGYUN, METEOR 정지궤도: GOES, METEOSAT, GMS, INSAT, ELEKTRO
EOS 프로그램	EOS-AERO, ALT, ALTR, AM, CHEM, COLOR, PM
해양 관찰	MOS, TOPEX/POSEIDON, SEASTAR, OKEAN
대기 관찰	UARS, TOMS, TRMM, ODIN

Table 2. ERS systems and countries

국가	원격탐사시스템
미 국	LANDSAT, NOAA, GOES, EOS, TOPEX/POSEIDON, SEASTAR, UARS, TOMS, TRMM (미-일)
러시아	RESURS-O, ALMAZ, METEOR, OKEAN, MIR (PRIRODA 모듈)
유 럽	SPOT (프), ERS, ENVISAT, METOP, METEOSAT
일 본	ADEOS, JERS, ALOS, GMS, MOS, TRMM (미-일)
기 타	IRS, INSAT (인도), RADARSAT (카나다), MECB-SSR, SCD (브라질), CBERS (중국-브라질), FENGYUN (중국), ODIN (스웨덴)

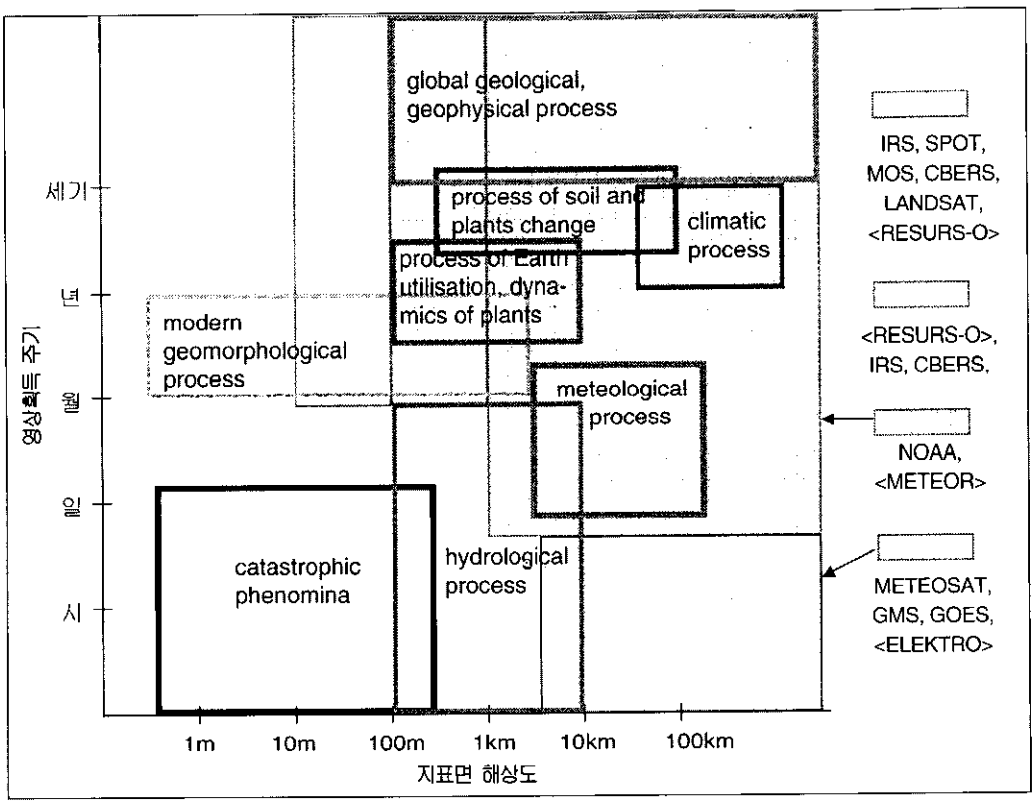

Fig. 1. Missions, ERS systems in the spatial · temporal diagram.

위성, 센서 및 운용 국가에 대한 자료, Table 3 에는 지구원격탐사 (이하 ERS: Earth Remote Sensing) 정보 표기에 사용된 기호, Fig. 1 에는 영상 해상도와 획득 주기간의 관계를 나타내는 시·공간 다이어그램 및 위성탑재 원격탐사 장비가 사용되는 응용분야가 나타나있다.

다음에는 각 응용분야에 대하여 보다 구체적으로 살펴 본다.

1) 농업 분야

농업분야 응용에 필요한 원격탐사 정보 요구사항이 Table 4에 나타나 있다. Table에 나타난 임무들은 국가 및 지역규모 단위로 수행되며 온대, 아열대 및 열대기후 지역에따라 분류되었다.

농지 등록에 필요한 경작지 분류 및 구분에 사용되는 스펙트럼 대역 및 지리정보자료의 축적비는 다음과 같다. 전정색(panchromatic) 대역, 0.56,

Table 3. Abbrevations used for the description of ERS information requirement.

임무 규모		기후 분류		정보획득주기		스펙트럼 대역	
G	지구 (global)	P	극 (polar)	H	시간 (hour)	UV	자외선 대역 (ultraviolet band) 0.01～0.4 m
C	대륙 (continental)	TE	온대 (temperate)	D	일 (day)	VIS	가시광선 대역 (visual spectrum band) 0.4～0.74 m
N	국가 (national)	S	아열대 (subtropical)	W	주 (week)	NIR	근적외선 대역 (near IR-band) 0.74～1.3 m
R	지역 (regional)	TR	열대 (tropical)	M	월 (month)	IR	적외선 대역 (infrared band) transparent window: 1.5～1.9, 2.2 ～2.6, 3.0～3.6, 4.2～5.0, 7.0～8.0 m
L	지방, 국부 지역 (local)	D	사막 (desert)	Q	4분기 (3 month)	TIR	열적외선 대역 (thermal IR-band) 8～12 m
		A	임의지역 (any)	Y	년 (year)	MW	초고주파 대역 (microwave band) 10～100 mm
				DE	10년 (10 year)		

Table 4. ERS information requirement for the solution of various agricultural tasks.

대상체의 특징	관찰주기	해상도[m]	스펙트럼대역
temprature, colour,	72H	15～20	VIS, TIR, MW
index of vegetation,	15D	20～30	VIS, NIR, IR
texture	Y		VIS
colour,	15D	20～30	VIS, NIR
reflection characteristics of	72H	30	MW
microwave radiation			
colour, texture	Q	10～20	VIS, NIR, TIR
colour	15D	30	VIS, NIR
			VIS, NIR, MW
temperature,	M	100	TIR, MW
malgrowth level of plants	M	30～50	VIS, NIR, TIR
temperature,	W	30～50	VIS, MS
albedo	M	10～20	VIS
colour,	2W	10～20	VIS, MW
temperature,	M	100	IR, NIR, TIR
texture	2W	10～20	VIS, MW, NIR

0.6, 0.64, 0.68, 0.1～1.1, 1.55～1.7, 10～12 um; 축적비: 1:100000～1:250000.

농작물 분류 및 구분에 필요한 영상획득 주기는 7～15 일이며 작물의 성장주기에따라 작물의 발아주기, 성장 및 수확량 평가, 연중 생장주기 분석 및 경작 계획을 위한 모델 작성이 이루어진다. 식물군생 분류목적에는 0.478～0.508, 0.492～0.536, 0.514～0.558, 0.566～0.638, 0.604～0.7, 0.725～0.920 um 대역이 사용된다(Kronenberg, 1988).

농업 토양학 분야에서는 필요한 농작물의 품질, 토양의 종류, 표층구조 및 농기술적 작업에따른 영향 해석에 이용되며 다음 대역이 사용된다 (Kronenberg, 1988). 0.56, 0.6, 0.64, 0.68, 0.4～1.1, 1.55～1.7, 10～12 um, 레이다 주파수. 부식토성 토양의 평가에 사용되는 스펙트럼 대역은 0.55～0.58, 0.62～0.66, 0.66～0.72, 0.8～1.0 um이다.

농업 기상학에서는 경작가능지역 조사 목적의 농업지역 기후특성이 연구되며 농업 수리학 분야

에서 토양의 특성을 연구하여 해당지역의 천연토양 및 관개(灌溉)토양의 수량 및 수분량을 알 수 있으며, 경작지의 토지개량 및 관개(灌溉) 문제 연구에 활용된다. 강수량 해석에 사용되는 시스템이 Table 5에 나타나 있다.

농업 재해는 자연재해(냉해, 가뭄, 병충, 풍식(風蝕))와 인간에의해 야기된 (오염, 살충) 재해로 분류할 수 있으며, 이때 영상정보는 농업지역의 재해사태 평가에 이용될 수 있다. 가을 파종 종자 냉해지역 사전파악은 강설지역의 강설량 두께 측정만으로는 불충분하므로 냉해에 의한 재해 평가는 눈(雪) 표면특성 (Table 6) 및 해당 지표면의 온도측정 (Table 6)을 통하여 가능하다. 이외에도 온도정보는 파종계획에 이용될 수 있으며 강설 두께를 측정함으로써 눈이 녹는 정도 및 강도를 예측할 수 있다.

Kronenberg(1988)에서와 같이 식물의 피해 (병충해) 상태 및 정도 파악에 적합한 스펙트럼 대역은 8월의 경우 0.44~0.46, 0.58~0.62, 1.0~1.4, 1.5~1.8μm, 9월의 경우 해수면에서 1000 m 높이까지는 0.55~0.58, 1.0~1.4, 1.5~1.8, 8.0~14.0μm 이며 2000 m 높이까지는 0.58~0.62, 0.66~0.72, 1.0~1.4, 1.5~1.8μm 대역이 이용된다. 일반적으로 해충의 군집 영역 및 위치를 알아내기 위해서는 식물 표면층 관찰시 획득한 원격탐사 정보가 이용되며 적절한 시기에 화학적 처리가 필요하다(Table 7). 또한 이 정보는 피해지역의 범위측정 및 손실정도 파악에도 이용된다.

작황예측 분야에서 수확물의 판매 소득 및 농작물 구매 가능량 예측에 활용되는 영상자료의 축적비는 1:100,000, 1:50,000 이고 관찰주기는 7~15일이다. 농작물 재해 지역을 포함한 작황예측, 관개(灌溉)시설 작업 수행 뿐 아니라 쉽게 침식되고

Table 5. ERS equipments for the observation of rainfall.

장 비 명	인공위성
RM-0.8	OKEAN 계열
BTVK	ELEKTRO
IKAR-N, P, R-400	PRIRODA 모듈
MIVZA	METEOR-3
MIVZA-M, Klimat-2	METEOR-3M
MIVZA	RESURS-02
VTIR	MOS-1B
Multispectral scanning radiometer (3 channel)	FY-2
VHRR	INSAT-2A, 2B
MVIRI	METEOSAT-3, 7
SEVIRI	MSG 계열
VISSR, VAS	GOES-7
Imager	GOES-8, 9, K, M
VISSR	GMS-4, 5
MSU, AVHRR/2	NOAA 9-12, 14
AVHRR/3, AMSU-3	NOAA K-N, N′
AMSU-A	NOAA K-M
MHS	NOAA N, N′
ATSR	ERS-1
ATSR-2	ERS-2
AATSR	ENVISAT-1
PR, TMI	TRMM
AMSR	ADEOS-2
MIMR, AMSU, MHS	EOS-PM 계열
VHRR	INSAT-2E
AMSU-A, AVHRR/3, MHS, MIMR	METOP-1, 2

Table 6. ERS equipments for the research of snow cover.

장 비 명	인공위성
RM-0.8	OKEAN 계열
MR-900, MR-2000	METEOR-2 계열
MR-900B, MR-2000M, Klimat	METEOR-3 계열
MSR, MZOAS	METEOR-3M 계열
MOS, Travers	PRIRODA 모듈
SLR-3, SAR	ALMAZ-1B
MSR	MOS-1B
AMI-SAR	ERS-1, 2
ASAR, MERIS	ENVISAT-1
AVHRR/2	NOAA 9-12, 14
AVHRR/3	NOAA-K-N, N′
SAR	JERS-1
WiFS	IRS-1C, 1D
SAR	RADARSAT
OCTS	ADEOS-1
AMSR, GLI	ADEOS-2
MODIS	EOS-AM 계열
AIRS, MODIS, MIMR	EOS-PM 계열
WiFS, MOS	IRS-P3
WiFS	IRS-P4, P5
AVHRR/3, MIMR	METOP-1, 2
VSAR	ALOS

Table 7. ERS equipments used for the measurement of soil humidity and the observation of vegetation cover.

장 비 명	인공위성
MOS, MOMS-2P	PRIRODA 모듈
MESSR	MOS-1B
OPS, SAR	JERS-1
MSS, TM	LANDSAT-4, 5
ETM	LANDSAT-7
LISS-1	IRS-1A, 1B
LISS-2	IRS-1A, 1B, P2
LISS-3, WiFS	IRS-1C, 1D
HRV	SPOT-1, 2, 3
HRVIR, Vegetation	SPOT-4
HRG, Vegetation	SPOT-5
AMI-SAR	ERS-1
ATSR-2, AMI-SAR	ERS-2
AATSR, ASAR, MERIS	ENVISAT-1
AVHRR/2	NOAA 9-12, 14
AVHRR/3	NOAA K-N, N'
SAR	RADARSAT
AVNIR, OCTS	ADEOS-1
GLI	ADEOS-2
IIS camera	MECB (SSR-1, 2)
ASTER	EOS-AM1
MISR	EOS-AM 계열

보습성이 약한 농사지역 파악에는 Table 7에 나타난 원격탐사장비를 이용한 토양의 수분측정 결과가 이용된다. 그밖에도 이 탐사장비들을 이용하면 작황규모, 품질 평가, 농작물 가공, 저장 및 운송수단 계획에 필요한 농작물의 생장지표 측정이 가능하다. 토양의 수분은 식물에 의한 수분의 증발, 표면 증발, 표층에서의 수분 누설 및 흡수와같은 요인들에 의해 결정되는데 토양의 수분측정은 가시광 및 근적외선 영역에서 이루어진다. 라디오메터(radiometer)를 사용할 경우 초고주파 대역에서의 고유 방사량이 미약하여 충분한 신호대 잡음비(S/N)를 얻기위해 해상도를 낮춰야하므로 협소한 지역에 대한 토양 수분량 해석이 불가능하다. 일반적으로 레이다를 이용하면 4~6 cm 이내 깊이의 토양층 표면 습도를 측정할 수 있다.

2) 기후학 (climatology), 지구 대기 관찰

기후학에서 가장 중요시하는 임무분야는 다음과

Table 8. ERS Information requirement for the solution of climatology tasks and the control of global atnmospheric changes.

관측 주기	해상도 [km]	대역	스테레오 스코프
W~M	10~100	NIR + MW	yes
W~M	1 (vertical), 1~10 (horizontal)	NIR	yes
D~M	1~10	VIS + IR, NIR	no
W~M	-	VIS + UV	no
D~M	5~30	NIR	no
W~M	1~10	NIR	no
0.5H	1~10	VIS	yes
0.5H	0.5~1	VIS + IR	yes
0.5H	1~10	TIR	no
0.5H	0.2~3	VIS + IR	yes
1H	0.5	IR + MW	yes
0.5H	0.3~1	VIS, MW	yes
M	1~10	-	no
1H	1~10	VIS	yes
0.5H	1~10	IR	no
0.5H	1~10	-	yes
0.5H	0.1	VIS, MW	yes
1H	1~5	IR, MW	yes
1H	1~5	IR, MW	yes
1H	1~10	IR	yes
W~M	1~10	NIR, TIR, MW	yes

같다(International Program for Earth Observations (IPEO), 1990) - 온실효과를 유발시키는 가스성분 N_2O, CH_4, CO_2 감지, 스모그 및 산소층 (NO_x) 형성, 대기중의 CFC11과 CFC12, 성층권의 오존층을 파괴하는 CFM 농도측정; 지구 복사균형 감시, 즉 태양의 열 및 자외선 방사에의하여 지구로부터 반사되는 총 열량 및 자외선 방출량 분석, 지구 표면온도 측정 (근적외선 스펙트럼 대역에서 주로 측정됨); 대류권 및 성층권에서의 오존성분 감시.

기후학에서의 응용 분야 및 기후변화 감시와 관련된 내용과 해결방법이 Table 8에 나타나있다. 나열된 내용은 열대 및 아열대 지역을 제외한 모든 기후지역을 대상으로 지구 전지역에대하여 수행된다.

오존은 대부분의 대기층에 존재하는데 성층권에서는 태양의 자외선 방사가 약화되어 오존구멍이라 불리는 위험한 상태가 발생될 수 있다. 이와는

Table 9. ERS Information requirement used for the control of ozon components in atmosphere.

장 비 명	인공위성
174-K, SFM-2, TOMS, 174-K, TOMS, BUFS-4, SAGE-III	METEOR-3 계열
Ozon-Mir	PRIRODA 모듈
visual and IR-band spectrometer, GLAES, HALOE, MLS	UARS
HIRS/2	NOAA 9-12,14
HIRS/3	NOAA K-N,N′
SBUV/2	NOAA 9,11,14,K,M,N,N′
GOME	ERS-2
GOMOS, MIPAS, ACIAMACHY	ENVISAT-1
TOMS	TOMS-EP
TOMS, ILAS, IMG, RIS	ADEOS-I
ILAS-2	ADEOS-2
IR-band imaging builder, radiometer, UV- and visual band spectrometer	ODIN
SAGE III	EOS-AERO 계열
SEVIRI	MSG 계열
AIRS	EOS-PM 계열
HiRDLS, MLS, TES	EOS-CHEM 계열
HIRS/3, IASI, OMI	METOP-1,2

반대로 대류권에서는 오존이 증가되면 온실효과가 증가되어 대기를 오염시킨다. 오존층 형성, 모델링 및 이의 예측 등의 연구분야에 사용될 목적으로 Table 9에 나타난 원격탐사 장비가 이용된다.

지구 복사균형 연구의 주 목적은 지구의 방사 및 반사 에너지량 측정에있는데 이의 순환에 따라 필요한 에너지 균형이 유지된다. 이 정보는 대기, 지표 및 해양 표면에 의한 에너지 형성과정 연구에 이용되며 연구결과는 궁극적으로 지구의 기후 모델링 및 예측에 활용된다. 방사균형 연구는 크게 대기 상층부에서의 단파 및 장파 방사 측정, 지표면에서의 단파 방사 측정, 전자기 방사전류의 변위측정의 3가지 방법에 의존한다. 복사균형 측정에 사용되는 원격탐사 장비가 Table 10에 나타나있다.

기후학 연구분야에 있어 지구 복사균형 측정과 함께 필수적인것이 알베도(albedo)이며 지구 입사 태양 에너지의 30%가 구름 및 지표면에 의하여

Table 10. ERS equipments for the control of radiational balance of the Earth.

장 비 명	인공위성
ISP, ScaRab	METEOR-3 계열
Istok-1	PRIRODA 모듈
ACRIM-2, SOLSTICE, SUSIM	UARS
AVHRR/2, HIRS/2	NOAA 9-12,14
AVHRR/3, HIRS/3	NOAA K-N,N′
SSU	NOAA 9,11,14
SBUV/2	NOAA 9,11,14,K,M,N,N′
ERBE	NOAA 9,10
POLDER	ADEOS-1, ADEOS-2
CERES, VIRS	TRMM
ScaRab	ENVISAT-1
CERES	EOS-AM 계열
EOSP	EOS-AM 2,3 계열
GERBI	MSG 계열
AIRS, CRES	EOS-PM 계열
AVHRR/3, HIRS/3, ScaRab	METOP-1,2

반사되는 효과와 관련된다. 알베도 측정에 사용되는 원격탐사 장비가 Table 20에 나타나있다.

Table 11에 대기 연무질 해석에 사용될 수 있는 장비가 나타나있다. 유황 가루, 입자와 같은 연무질의 농도 및 분산정도에 관한 데이터는 기후 연구에 이용된다. 연무질은 태양 방사의 흡수 및 전달에 직접적으로 영향을 미치며 지구의 복사 균형에도 상호작용을 일으키는데 입자는 농축의 핵으로 작용하여 지구의 구름형성에 영향을 미친다. 또한, 연무질은 화학적 반응을 촉발시키는 물질로 작용하여 대기권 상층에 존재하는 오존층을 포함하여 다른 종류의 대기층 형성에 상호작용을 일으킨다.

Barret와 Kurtis(1979)에 따르면 기체종류를 분류함으로써 환경오염 감시에 활용할 수 있는데 응용분야는 다음과같다. 고도에 따른 기체성분 및 분포 파악(지구전체의 오염정도, 지역단위의 오염물질 확산 및 순환, 산악, 농지 및 해양에서의 오염물질의 시공간적 변화 및 감소과정, 대기의 화학변환 특징분석, 대륙간에 이루어지는 오염물질의 이동특성), 지역단위 오염원의 위치파악 (셀룰

Table 11. ERS equipments used for the alalysis of atmospheric aerosols.

장 비 명	인공위성
ALISSA, MOS, Ozon-Mir	PRIRODA 모듈
AVHRR/2	NOAA 9-12, 14
AVHRR/3	NOAA K-N, N′
ATSR	ERS-1
ATSR-2, GOME	ERS-2
AATSR, GOMOS, MERIS,	ENVISAT-1
MIPAS, SCIAMACHY	
ILAS, POLDER, RIS	ADEOS-1
ILAS-2, POLDER	ADEOS-2
IR-band image builder, UV- and visual band spectrometer	ODIN
MISR, MODIS	EOS-AM 1
EOSP, MISR, MODIS	EOS-AM 2,3
SAGE III	EOS-AERO 계열
MODIS	EOS-PM 계열
HiRDLS	EOS-CHEM 계열
GLAS	EOS-ALT 계열
MOS	IRS-P3
AVHRR/3, IASI	METOP-1,2

로스, 주강, 석유화학, 화학, 선탄공장 등), 매장된 독극물의 파악 등. 대기중 오염물질 분포 예측에는 대기중 바람에 대한 정보가 폭넓게 사용된다 (Table 18).

구름이동 관찰은 보통 풍속과 풍향을 결정하기 위함인데 이때의 정보 요구사항은 다음과같다. 측정면적 단위 50/100 km (육지/해양), 풍향 측정 정밀도 ±5°, 풍속 측정 정밀도 ±5% 또는 ±1 m/s, 구름 고도측정 정밀도: ±150 m, 관찰주기: 12 시간.

해양표면 영상정보는 (Table 26) 지구의 기후연구에 이용되는데 영상을 이용하여 해류에 관한 정보를 획득할 수 있다.

구름이 대기의 에너지 순환에 미치는 영향은 기후학의 여러 문제에서 중요한 요인으로 작용한다. 저층 구름은 단파 태양 방사를 효과적으로 반사시키며 고층의 솜구름 (卷雲)은 지구로부터의 장파 반사를 억제시켜 온실효과를 유발한다. 구름에 대한 관찰을 통하여 솜구름, 뭉게구름, 층-뭉게구름, 뭉게-비 구름의 분류가 가능하고 (Avluevskii and Uspenskii, 1985). 중간규모 구름층, 즉 띠 모양, 그물모양, 나선형 구름층 및 대규모 구름층, 즉 전선 구름층, 나선형, 원통형, 제트기류등의 구름층에 대한 연구가 가능하다. 구름의 형태 분류, 층결합 및 구름 상층부의 온도 측정은 Table 12에 나타난 장비를 이용한다. 대부분의 경우 공간해상도는 1 km (지구전체), 150 m (특정지역) 이며 온도측정 정밀도 요구사항은 ±1 K (T 〉 230 K

Table 12. ERS equipments for observaing cloudness and defining the temperature of the apex of clouds.

장 비 명	인공위성
RM-0.8	OKEAN 계열
MR-900, MR-000	METEOR-2 계열
MR-900B, MP-2000M	METEOR-3 계열
ALISSA, TV-camera	PRIRODA 모듈
MSR, Klimat-2	METEOR-3M 계열
BTVK	ELEKTRO
MSR, VTIR	MOS-1B
VISSR	GMS-4,5
VHRR	INSAT-2A,2B
MVIRI	METEOSAT-3,7
SEVIRI	MSG 계열
VISSR, VAS	GOES-7
Imager	GOES-8,9,K,M
AVHRR/2, HIRS/2	NOAA 9-12,14
AVHRR/2, AMSU-A, HIRS/3	NOAA K-N,N′
AMSU-B	NOAA K-M
MHS	NOAA N-N′
ATSR	ERS-1
ATSR-2, GOME	ERS-2
AATSR, MERIS, ACIAMACHY	ENVISAT-1
POLDER	ADEOS-1, ADEOS-2
Multispectr m scanning radiometer(3 channels)	Fy-2
Multispectr m scanning radiometer(10 channels)	Fy-1C,1D
VIRS	TRMM
ASTER, MISR, MODIS	EOS-AM 1
EOSP, MISR, MODIS	EOS-AM 2,3
AIRS, AMSU, MHS, MIMR, MODIS	EOS-PM 계열
HiRDLS	EOS-CHEM 계열
GLAS	EOS-ALT 계열
VHRR	INSAT-2E
AMSU-A, AVHRR/3, HIRS/3, IASI, MHS, MIMR	METOP 계열

경우) 및 ±0.5 K (T 〉 273 K 경우)이다. 구름의 스테레오 영상은 특정지역의 일기예보 및 지구 방사균형에서 구름이 미치는 영향 분석에 이용되는데 이 경우 원격탐사 장비는 다음사항을 만족시켜야 한다. 공간해상도 150 m (지역 촬영) 및 3 km (지구전체), 고도측정 정확도 ±150 m, 영상 획득 주기 12 시간.

구름의 미시 물리적 구조에 관한 정보획득 및 구름의 입체 영상화에 사용되는 원격탐사 장비가 Table 13에 나타나있다. 구름 입자 특성 연구에는 구름 입자의 분산 스펙트럼 및 위상 상태 (액체 및 결정형태)가 이용된다. 획득된 정보는 기후학에 필요한 구름의 광학적 특성 및 알베도 결정에 매우 중요하다. 구름의 입체 영상을 이용한 상층부 온도 정보는 재난예방, 특히 단기간의 위급상황 예측에 이용된다.

대기 온도 수직분포 측정을 위한 온도장 (temperature field) 연구 장비 (Table 14)를 사용하여 획득한 정보는 일기 모델 연구에 이용되며, 장기간 지구 기온변화 측정용 장비를 사용하여 획득한 정보는 기후와 대기와의 상관관계 연구 및 대기모델의 수정에 사용된다. 이 외에도 이들 정보는 대기 상층에서 부는 지구편향력에 의한 바람 구조 연구에 이용되며 폭풍우에 의한 재난예방 및 지상에서 발생될수있는 위험한 바람의 예측에 사용된다.

Table 13. ERS equipments for defininig cloud particle characteristics and constructing cloud prophile.

장 비 명	인공위성
RM-0.8	OKEAN 계열
ALISSA	PRIRODA 모듈
POLDER	ADEOS-1
POLDER, AMSR	ADEOS-2
AMSU-A, AMSU-B	NOAA K-M
AMSU-A, MHS	NOAA N,N′
MODIS	EOS-AM 1
EOSP, MODIS	EOS-AM 2,3
MERIS	ENVISAT-1
AMSU/MHS, MIMR, MODIS	EOS-PM 계열
AMSU-A, MHS, MIMR	METOP 계열

이 외에도 원격탐사장비를 이용하여 대류 구름 관찰, 열대지역간의 에너지교환 특성분석, 뇌우(雷雨) 감시, 대류권 오존농도 분석, 대류권 바람의 수직분포 측정 및 강우량 관측을 수행할 수 있다.

강우형성은 지구에서의 태양 에너지 재분배와 관련된 역학관계를 규명하는데 매우 중요한 역할을 한다. 강우량 측정은 가뭄 및 홍수 예측, 지구 기후변화 예측등과 같은 지구 물리학 분야에 이용되는데(Table 5), 이때 지구 전체 강우 형성의 2/3를 차지하는 열대지역 폭우가 특히 중요하다. 이 외에도 강우 형성과정은 알베도에따라 결정되는데 이의 해석에 필요한 삼림층 및 지표의 습도 상태에 대한 연구에 필요하다 (Table 7).

대기 습도장(humidity field) 연구는 Table 15에 표시된 원격탐사장비를 이용하여 수행된다. 대기중의 습도 정보는 대기 온도의 수직분포 및 해당 지표면의 습도 정보와함께 다양한 기후예측 모델에 이용된다. 습도분포 측정 데이터는 교정계수 (correction coefficient) 계산에 사용되며 이를 이용하여 위성탑재 고도측정기(spaceborne altimeter)와 같은 장비의 수신신호에 영향을 미치는 수증기 성분을 계산할 수 있다.

수증기 형성과정 및 지구의 수권(水圈) 균형의

Table 14. ERS equipments for researching atmospheric temperature fields.

장 비 명	인공위성
174-K	METEOR-3 계열
174-K, MTZA, SAGE-III	METEOR-3M 계열
CLAES, HALOE, HRDI, WINDII, MLS, ISAMS	UARS
SSU	NOAA 9,11,14
HIRS/2, MSU	NOAA 9-12,14
AMSU-A, HIRS/3	NOAA K-N,N′
Sounder	GOES 8-9,K,M
IR-band image builder, radiometer	ODIN
GOMOS, SCIAMACHY	ENVISAT-1
SAGE III	EOS-AERO 계열
AMSU, AIRS, MIMR	EOS-PM 계열
MLS, HiRDLS	EOS-CHEM 계열
AMSU-A, HIRS/3, IASI, MIMR	EOS-METOP 계열

Table 15. ERS equipments for researching atmospheric humidity fields.

장 비 명	인공위성
RM-0.8	OKEAN 계열
174-K, MIVZA	METEOR-3 계열
174-K, MIVZA-M	METEOR-3M 계열
MIVZA-M	RESURS-O2
CLAES, HALOE, MLS	UARS
VISSR, VAS	GOES-7
Imager, Sounder	GOES-8,9,K,M
VISSR	GMS-5
MVIRI	METEOSAT 3-7
SEVIRI	MSG 계열
HRIS/2, MSU	NOAA 9-12,14
HIRS/3	NOAA K-N,N′
AMSU-B	NOAA K-M
MHS	NOAA N,N′
ATSR	ERS-1
ATSR-2, GOME	ERS-2
AATSR, GOMOS, MIPAS, ACIAMACHY, MWR	ENVISAT-1
ILAS	ADEOS-1
AMSR, ILAS-2	ADEOS-2
AMR	EOS-ALTR 계열
SAGEIII	EOS-AERO 계열
AIRS, MIMR, AMSU, MHS	EOS-PM 계열
HiRDLS, MLS, TES	EOS-PM 계열
HIRS/3, IASI, MHS, MIMR	EOS-METOP 계열

특성에 대한 연구는 일반적으로 지표면의 온도분포 측정(Table 19) 및 강수량 정보를 이용한다 (Table 5).

구름 상층에 대한 연구결과는 일기 해석 및 예보에 이용된다. 이에 필요한 구름 고도측정 정밀도는 ±150 m, 측정주기는 12 시간이다.

대기중에 포함된 소량의 기체 (오존 제외)의 농도에대한 연구는 Table 16에 표시된 장비를 이용하여 수행된다. 이 기체들은 일반적으로 온실효과 및 기후변화를 유발시키는 기체, 생물권(biosphere)을 포함하여 환경에 영향을 미치는 화학반응이 강한 기체, 대기중 오존 순환에 작용하여 기후 및 환경에 영향을 미치는 기체 및 기(化: 基, radical)의 3종류로 분류한다.

Table 16. ERS equipments for the analysis of small gas components (except ozon).

장 비 명	인공위성
TOMS	METEOR-3 계열
TOMS, SAGE-III	METEOR-3M 계열
MOS, Ozon-Mir	PRIRODA 모듈
CLAES, HALOE, HRDI, MLS, WIND II	UARS
SBUV/2	NOAA 9,11,14,K,M,N,N′
GOME	ERS-2
GOMOS, MIPAS, SCIAMACHY	ENVISAT-1
TOMS	TOMS-EP
TOMS, ILAS, IMG, RIS	ADEOS-1
ILAS-2	ADEOS-2
UV- and visual band spectrometer, radiometer	ODIN
MOPITT	EOS-AM 1
SAGE III	EOS-AERO 계열
HiRDLS, MLS, TES	EOS-CHEM 계열
MOS	IRS-P3
IASI	METOP-1, 2

3) 지하자원 및 에너지 자원 탐사

자연상에 존재하는 에너지원은 크게 지하자원 에너지와 자유(free) 에너지로 구분할 수 있다. Table 17에는 에너지 자원탐사와 관련된 문제 해결을 위한 원격탐사 정보의 요구사항이 나타나있다.

대기중의 바람 연구에 사용되는 위성탑재 원격탐사장비가 Table 18에 나타나있다. 정지궤도 기상위성에서 얻어진 열대 및 아열대 지역 대류권(troposphere)상에서의 구름 이동 영상을 이용하면 이 층에서부는 바람의 구조를 파악할 수 있다. 열대기후의 경계지역에서 지구자전의 편향력(geostrophic)에 의해 생성되는 바람에 대한 정보는 온도분포 데이터를 이용하여 구한다.

측정된 바람 데이터는 관련분야의 입력 자료로 사용되며 지구의 기후 변화 과정에 대한 연구목적으로도 이용된다. 대기중 바람의 구조 및 특징에 대한 실시간 정밀 정보는 항공기의 항해 및 대기중 오염물질의 분포 예측에 사용된다 (2.7 절).

수력발전소 건설 및 활용에 사용되는 원격탐사 장비는 강수량이 많은지역, 강의 범람 관찰 및 수

Table 17. ERS information requirement for search tasks of useful mineral ores.

중요도 순위	대상물의 특징	관측 규모	관측 주기	해상도 [m]	스펙트럼 대역	스테레오 스코프
1	texture	N - L	DE	25	VIS	yes
3		L	H	30	VIS	yes
4	radiation spectr m	L	H	30	IR	no
5	texture, radiation spectr m	L	DE	30	VIS + IR	no
6	texture	L	DE	30	VIS, MW	no
2	texture	N~L	DE	15	VIS + IR, MW	no

Table 18. ERS equipments for the research of atmospheric winds.

장 비 명	인공위성
BTVK	ELEKTRO
HRDI, WINDII	UARS
VISSR	GMS-4,5
VHRR	INSAT-2A,2B
MVIRI	METEOSAT-3,7
SEVIRI	MSG 계열
VISSR, VAS	GOES-7
Imager	GOES-8,9,K,M
Multispectr m scanning radiometer (3 channels)	FY-2
Radiometer	ODIN
HiRDLS	EOS-CHEM 계열
VHRR	INSAT-2E

Table 19. ERS equipments for measuring the temperature of the Earth surface.

장 비 명	인공위성
MSR	METEOR-3 계열
Istok-1, MSU-SK	PRIRODA 모듈
MSU-SK	OKEAN-O 계열
MSU-SK	RESURS-O1 계열
MSU-SK	RESURS-O2 계열
MSU-SK	ALMAZ-1B
VTIR	MOS-1B
ATSR	ERS-1
ATSR-2	ERS-2
AATSR	ENVISAT-1
MSS, TM	LANDSAT-4,5
ETM	LANDSAT-7
AVHRR/2, HIRS/2	NOAA 9-12,14
ATSRR/3, HIRS/3	NOAA K-N,N′
ASTER	EOS-AM 1
MODIS	EOS-AM 계열
AIRS, MODIS	EOS-PM 계열
AVHRR/3, HIRS/3, IASI	METOP-1,2

자원 탐사 목적에 이용된다. 지하자원 탐사에 적합한 스펙트럼 대역은 (Kronengerg, 1988) 전정색 대역, 0.64, 0.68, 0.4~1.1, 1.55~1.67, 2.1~2.3, 10~12 usec 및 초고주파 대역이다. Romashev (1986)의 영상자료 분류방법에 따르면 지하자원 탐사임무는 관찰하는 지질학적 대상의 규모에따라 대규모 (축적 1:1,000,000 이상, 지표면 해상도 100m 이상) 및 지역규모 지질탐색 임무(축적 1:1,000,000 이하, 지표면 해상도 100m 이하)로 분류된다. 대규모 임무는 대륙 경계면, 단절, 균열, 구조, 지각, 신 지각 분류, 균열 원인 규명, 구조·물질 성분 분석, 지질구조 영상화, 지각 및 신 지각 조사 및 석유·가스 지질의 구역화 등에 응용되며 지역규모는 지역경계면, 균열원인 규명, 신제 3~4기 지층계 연구, 구조적-암석학적 두께 영상화, 지각운동 활동 및 균열지역 구분, 균열, 지질활동 지역, 타원·원형 구조, 균열층 구성 요소 판독, 생성 지각층 분류 등에 응용된다. 지하자원 탐사에 이용되는 원격탐사 정보의 일반적 요구사항이 Table 17에 기술되어있다. 지층구조 연구 및 지질학적 활동지역 탐색 (예를들면, 선형단면 및 화산지역) 목적에는 지표면 온도를 측정하여 얻은 원격탐사 정보 (Table 19) 및 인공위성에서 얻은 알베도에 대한 정보 (Table 20)가 이용된다.

4) 육지 이용

지형의 형성과정을 규명하거나 자연적 또는 인공적 특징을 갖는 지표면 변화의 원인을 분류하여 해결함으로써 여러 문제를 해결할 수 있는데 이와 관련된 중요한 임무 및 요구사항이 다음의 표에

Table 20. ERS equipments for measuring albedo and reflectivity characteristics of the land surface.

장 비 명	인공위성
Istok-1	PRIRODA 모듈
MSU camera 계열	다수의 러시아 인공위성
TM	LANDSAT-4,5
ETM	LANDSAT-7
OPS	JERS-1
AVHRR/2	NOAA 9-12,14
AVHRR/3	NOAA K-N,N'
HRV	SPOT-1,2,3
HRVIR, Vegetation	SPOT-4
HRG, Vegetation	SPOT-5
ATSR	ERS-1
ATSR-2	ERS-2
AATSR, MERIS	ENVISAT-1
WiFS	IRS-1C,1D
OCTS, AVNIR, POLDER	ADEOS-1
GLI, POLDER	ADEOS-2
IR-band imaging builder, UV and visual band spectrometer	ODIN
MODIS	EOS-PM 계열
ASTER, MISR, MODIS	EOS-AM 1
EOSP, MISR, MODIS	EOS-AM 2,3
WiFS	IRS-P3,P4,P5
AVNIR-2	ALOS
AVHRR/3	METOP-1,2

나타나있다.

지형지도는 지형정보 및 지표면의 특징변화와 관련된 환경 변화 연구 및 이의 응용에 사용된다. 지도 작성시 지표면은 식물계, 눈 또는 얼음에 덮히거나 덮히지 않은 지표면, 건축물, 하부구조물, 농경지, 물에덮힌 지역 등으로 분류된다. Kronenberg (1988)에서와 같이 육지관련 문제해결에 가장 적합한 스펙트럼은 전정색 (panchromatic) 대역, 0.56, 0.6, 0.64, 0.68 m이고 최적 해상도는 30~100 m (1:250000 축척) 또는 20~30 m (1:50000 축척) 이며, 영상 획득주기는 일반적으로 생육기 (vegetation period)의 4배이다. 지형 영상은 SAR와 같은 레이다 시스템을 이용하여 수행할 수도 있다. 지형 영상획득에 필요한 해상도 요구사항들이 Table 22 (Kodratiev *et al.*, 1975)에 표기되어있다.

위성탑재 원격탐사장비(Table 23)를 이용함으로써 각 지역에 대한 대규모 영상획득이 가능하다. 이때 얻어진 영상을 이용하여 토지이용 계획, 원격탐사 데이터의 교정, 운하에 유입되는 수량 및 침수 가능지역 판정, 토양 침식과정 연구 등에 사용한다. 근해 지형 영상 정보는 해안 퇴적 경사면의 미세변화 및 홍수 예측에 사용된다.

고해상도 인터페로메트리(interferometry) 기술을 적용하여 지표면 지형 변화를 측정함으로써 화산 분화, 지진 및 함몰을 예측할 수 있다. 지형 영상정보는 지각의 굴곡, 대규모 자기, 중력 이상 등의 연구에 이용되는데 인공위성에서 얻은 영상은 특정 지역의 지층전위(地層轉位) 영상화 연구에 사용되며 지표 각 위치의 지층전위 변화를 정밀하게 측정하기 위해서는 인공위성 항법시스템 (GPS: Global Positioning System)을 이용하는데 mm 단위의 정밀 일일 지각 굴곡량을 기록할 수 있다 (Garbuk and Gershenzon, 1997). 이 외에도, 위성탑재 원격탐사장비를 이용함으로써 알베도

Table 21. ERS information requirement for the solution of principal tasks of land exploitation.

대상물 및 특징	관측 규모	관측 주기	해상도 [m]	스펙트럼 대역	스테레오 스코프
Open earth, plants, snow/ice, cultivation area, cities, water surfaces	G	M	1000	VIS, NIR, TIR	yes
Mapping	G	M	1000	MW	yes
vegetation index, surface humidity, soil humidity, cultivation type, visual photosynthetic lighting	G	W	1000	VIS, NIR, TIR	yes
spectr m characteristics of reflective radiation	G	W	1000	VIS, NIR, TIR, MW	no
surface texture	R	W	1	VIS	no

Table 22. Spatial resolution requirement for the remote research of several geomorphological phenomina.

연구 분야	해상도 [m]	
	정밀 영상	관찰 영상
풍성암(風成岩) 형태	30~60	60~150
함몰지(陷沒地)	10~20	50~80
홍적-퇴적 선상지 (鴻績-堆積 扇狀地)	15~60	60~80
점토지대	30	60~90
해안선의 변동	5~10	30~50
흐름	60~90	90~150
삼각지	15~30	30~90
빙하 형태	60~90	90~120
화산 형태	10~50	50~100
하천 계곡	30~70	100~300

변화 및 육지이용상의, 기타 인공적, 자연적 특징 요인과 연관된 지표면 반사특성에 대한 정보를 포함하는 장기(長期) 데이터 베이스 (data base)를 구성할 수 있다(Table 20).

위성탑재 원격탐사장비에서 얻은 정보의 또 다른 응용분야로는 도시 건설 계획 및 환경, 사회·경제적 재난방지가있다. 도시계획에는 0.4~1.1, 10~12 m 및 초고주파 대역이 사용되며 이때의 요구 해상도는 10 m 이하, 영상획득 주기는 12개월에 1번, 축척비는 1:25000이다. 특정 구역의 도시계획에도 위의 스펙트럼 대역이 사용되며 해상도는 10~30 m 이하, 영상획득 주기는 3~6 개월에 1회, 축척비는 1:50000이 적합하다. 도시의 지표면 평균 온도 변화에 대한 연구를 위하여 위성탑재 지표면 온도측정 장비를 이용한다 (Table 19).

야생동물의 방목, 분포 및 이동관찰에 대한 정보는 일반적으로 가시광선 영역에서 이루어지며 고해상도 영상이 요구된다. 현재 상용 시장에서 미국 및 러시아는 1 m 급 해상도 영상을 공급하고있다.

5) 근해 및 해양 관찰

근해 및 해양에 대한 연구방법은 다음과 같다. 사진(photographic) 및 전자광학(elektro-optical) 스캐닝 시스템을 이용한 가시광선 및 근적외선 대역

Table 23. ERS equipment used for Earth surface topography.

장 비 명	인공위성
SLR	OKEAN-O 계열
Travers	PRIRODA 모듈
SAR	ALMAZ-1B
SAR	JERS-1
HRV	SPOT-1,2,3
HRVIR	SPOT-4
HRG	SPOT-5
AMI-SAR, RA	ERS-1,2
ASAR, RA-2	ENVISAT-1
PAN	IRS-1C,1D
SAR	RADARSAT
AVNIR	ADEOS-1
ASTER	EOS-AM 1
GLAS	EOS-ALT 계열
HR PAN	IRS-P6
AVNIR-2, VSAR	ALOS

(0.4~1.3 m)에서의 영상획득; 적외선 대역(1~12 m)에서 수면의 온도에 대한 정보를 제공해줄 수 있는 적외선 radiometer를 이용한 열 영상획득; 초고주파 대역(1 mm~1 m) radiometer를 이용한 영상을 이용한 1년 또는 수년된 얼음의 분류 및 바다의 염분도 측정; 초고주파대역 능동 레이다 사용한 해양 표면의 상태, 파도, 풍속 등의 정보 획득. 근해 및 해양관찰과 관련된 응용분야는 다음과 같이 크게 3가지 - 해양이 탄소의 지구 순환 및 에너지 균형에 미치는 영향 연구, 해양자원 탐사, 해양 오염감시 - 로 분류할 수 있다(Table 24).

식물 플랑크톤은 에너지전달자의 연소과정에서 대기중으로 분리되는 이산화탄소를 흡수하는 생물학적 필터를 형성함으써 대기중 이산화탄소의 흡수과정에 중요한 기여를 한다. 식물 플랑크톤의 연구가 중요한 이유는 먹이사슬에서 최 하위 고리를 형성하기 때문이다. 식물 플랑크톤 연구는 해양표면 스펙트럼 영상 획득 및 표면의 색깔을 파악으로부터 시작된다(Table 25).

플랑크톤의 감소를 관찰하면 해층의 탄소량을 예측할 수 있다. 플랑크톤의 감소는 일반적으로 폭풍우, 소용돌이, 해저 파도, 해류등에 의하여 결정된다. 해양 역학에 필요한 정보를 얻기 위해서

Table 24. ERS information requirement for observing coastral areas and oceans.

연구대상	대상물의 특징	관측 주기	해상도 [m]	스펙트럼 대역	스테레오 스코프
해양이 탄소순환 및 열교환에 미치는 영향					
엽록소 함유량 관찰	colour, temperature, height of wave	W W D	1000 1000 0.1	MW, VIS IR, MW MW	no no no
해양 동력학 연구	wind velocity, wave direction	W D	50000 -	MW MW	no no
해양 표면 topography 연구	height of sea	W	1	MW	yes
표면의 에너지량 분석	temperature, wave, h midity	H/D H/D H/D	1000 0.1 -	IR, MW MW MW	no yes no
해양자원 연구					
엽록소 함유량 분석	temperature, colour	W	1000	MW, IR, VIS	no
해수면 높이측정	height of sea	W	1	MW	yes
해수 온도측정	deep temperature	W	1000	IR, MW	yes
해양지층 연구	model	W	1	MW	yes
염분도 측정	characteristics of reflectivity	D	100	MW	yes
해양 오염원 탐지					
엽록소 함유량 분석	temperature, colour	W	100	IR, MW, VIS	no
해수 온도측정	temperature	W	100	TIR	no
해양 강우량 측정	colour	D	-	VIS	-
해수면 topography 연구	wave height and direction	D/H	0.5	MW	yes

Table 25. ERS equipments for analyzing the colour of the ocean surface.

장 비 명	인공위성
MOS	PRIRODA 모듈
SeaWiFs	SEASTAR
OCTS, POLDER	ADEOS-1
GLI, POLDER	ADEOS-2
MERIS	ENVISAT-1
MODIS	EOS-AM 계열
Ocean-colour	EOS-colour
MODIS	EOS-PM 계열
MOS	IRS-P3
OCM	IRS-P5

는 해수면 높이, 해수 표면의 구조 및 온도를 측정이 필요하다.

해양은 대기로부터 열을 흡수함으로써 지구의 온난화 방지에 큰 역할을 한다. 해양과 대기의 열 상호관계 세부과정에 대한 연구를 위해서는 해양 표면 온도 측정, 폭풍우 및 강수량에대한 관찰이 선행되어야한다. 대기와 해양 경계면에서의 열 교환은 에너지 균형과정, 대기 및 해양 순환, 즉, 지구의 날씨와 기후 형성과정 및 경과의 특징을 결정짓는 중요한 요소이다. 해양 표면에서 온도편차가 발생하는 현상을 규명함으로써 전세계적 수면 상승 및 하강과 관련된 환경변화 발생의 원인을 밝혀낼 수 있다. 온도 데이터를 얻기위해서는 대부분의 경우 우주원격탐시장비를 이용해야만 가능하며(Table 26) 우주 장비가 아닌 기타의 탐사 장비로는 만족할만한 질과 양을 갖는 정보 획득을 기대할 수 없다.

인공위성 원격탐사 장비를 이용하여 얻은 파고(波高) 및 스펙트럼 데이터는 폭풍우 및 태풍의 형성조건을 결정하는 열 교환 과정 연구에 필수적이다 (Table 27).

해양자원 연구에는 어류, 기타 식용 자원 및 해양 지하자원 (석유, 가스 등)의 탐색이 포함된다. 어군(魚群)의 추적에는 해표면 색깔 측정 결과가 주로 이용된다. 이외에도, 공해상의 해양 어업 또

Table 26. ERS equipments for measuring the temperature of sea surface.

장 비 명	인공위성
Klimat	METEOR-3 계열
MZOAS	METEOR-3M 계열
Ikar-D, Ikar-N, Ikar-P, R-400	PRIRODA 모듈
VTIR	MOS-1B
VISSr	GMS-4,5
VHRR	INSAR-2A,2B
VISSR, VAS	GOES-7
Imager	GOES-8,9,K-M
MVIRI	METEOSAT 3-7
SEVIRI	MSG 계열
Multispectrum scanning radiometer Visual and IR-band (3 channels)	FY-2
Multispectrum scanning radiometer Visual and UV-band (10 channels)	FY-1C,1D
AVHRR/W, HIRS/W	NOAA-9-12,14
AVHRR/3, HIRS/3	NOAA K-N,N'
ATSR	ERS-1,2
AATSR	ENVISAT-1
ICTS	ADEOS-1
AMSR, GLI	ADEOS-2
MODIS	EOS-AM 계열
TM	LANDSAT-4,5
ETM	LANDSAT-7
MODIS, MIMR, AIRS	EOS-PM 계열
VHRR	INSAT-2E
AVHRR/3, HIRS/3, IASI, MIMR	METOP-1,2

Table 27. ERS equipments for measuring the height and the spectra of sea wave.

장 비 명	인공위성
Travers	PRIRODA 모듈
SLR	OKEAN-O 계열
SAR, SLR-3	ALMAZ-1B
SSALT	Topex/Poseidon
SAR	JERS-1
RA, AMI-SAR (imaging mode 및 파도특성 측정모드)	ERS-1,2
ASAR, RA-2	ENVISAT-1
SAR	RADARSAT
SSALT	EOS-ALTR 계열
GLAS	EOS-ALT 계열
VSAR	ALOS
SSALT-2	TOPEX/POSEIDON 차세대 인공위성

는 해저 도관 부설등 기타 다른 문제를 해결하는 경우 해양표면의 topography 가 주로 이용된다 (Table 28).

파고 및 파도 스펙트럼(Table 27), 해수면 온도 (Table 26) 및 풍속 (Table 29) 데이터를 동시에 이용함으로써 상당히 정확하게 바다 물결의 움직임을 예측할 수 있는데 이는 특히 해저 부설작업 최적경로 선정, 해양 굴착장비 설치, 근해 보호시설 설계에 있어 매우 중요한 자료로 사용된다.

해양 및 근해 오염의 근본적 원인으로는 동·식물에 의해 발생되어 물의 산소성분을 감소시키는 지역 하수 및 산업 쓰레기에 포함되어있는 유기물 쓰레기; 유해한 해초의 증식을 야기 시키는 식물성 식용성분; 합성, 유기 화학 제품; 침전; 방사능 물질의 폐기; 산업 생산물 냉각에 사용된 고온 水 등이 있다. 해표면 색깔 (Table 25)을 분석하여 해수의 질 및 해초지역의 오염 원인을 규명할 수 있다. 해양에서 오염물질이 어떻게 확산되는가에 대한 예측에는 해류 구조에 대한 원격탐사정보 (Table 28)를 기본자료로 이용된다. 이를 위하여 해류의 지구자전에 의한 편향력(geostrophic)에대한 해석을 가능하게 해주는 위성탑재 고도측정기(altimeter)가 주로 사용된다. 해수면에서 부는 바람에 대한 정보도 오염성분의 확산 감시에 많은

Table 28. ERS equipments for topography of ocean surface, research of ocean current.

장 비 명	인공위성
Travers	PRIRODA 모듈
SLR	OKEAN-O 계열
SAR	ALMAZ-1B
DORIS, ALT, GPSDR, LRA, SSALT, TMR	TOPEX/POSEIDON
SAR	JERS-1
RA, AMI-SAR	ERS-1,2
DORIS-NG, RA-2, ASAR	ENVISAT-1
SAR	RADARSAT
DORIS, SSALT	EOS-ALTR 계열
GLAS	EOS-ALT 계열
LRA, TMR, DORIS-NG, SSALT-2	TOPEX/POSEIDON 차세대 인공위성

Table 29. ERS equipments used for controlling near-surface ocean winds.

장 비 명	인공위성
RM-0.8	OKEAN-O 인공위성 계열
Ikar-N, Ikar-P, R-400	PRIRODA 모듈
SSALT	TOPEX/POSEIDON
AMI (scatterometer mode), RA	ERS-1,2
RA-2	ENVISAT-1
NSCAT	ADEOS-1
AMSR, Sea Widns	ADEOS-2
SSALT	EOS-ALTR 인공위성 계열
MIMR	EOS-PM 인공위성 계열
GLAS	EOS-ALT 인공위성 계열
ASCAT, MIMR	METOP-1,2
VSAR	ALOS
SSALT-2	TOPEX/POSEIDON 차세대 인공위성

Table 30. Surveying spectrum band requirement for the solution of tasks related to the coastral area observation.

대역 [μm]	연안지대 연구내용
0.4~0.5	바다속 (20~40 m 깊이) 대상물 관찰
0.5~0.6	바다속 (15~20 m 깊이) 대상물 관찰 및 해양으로의 강물 유출 확산 영상화
0.59~0.64	물에 떠 다니는 거품 탐지
0.6~0.7	모래톱 지대 (10~15 m 깊이) 관찰, 얕은 여울 탐지, 해안의 종류 인식, 수분 혼탁도 분석
0.7~0.8	해안선 구분, 모래톱 둑의 융기지대 윤곽작성 해수면아래의 물체 (3~5 m 깊이) 탐지
0.8~1.0	해양물체 형체 연구, 해수온도 측정
3.4~5.6	해수오염 감시, 流下 흐름, 해수면 오염 감시
10~12	해수 온도 측정

역할을 한다. 원격탐사 장치를 이용하여 측정한 해양풍의 특징은 (Table 29) 일기예보 모델의 입력자료, 기후 연구, 단기 일기예보, 태풍 예보 및 폭풍, 항해술 관련 문제 등에 이용된다. 연안지대은 해안선의 영향과 강물의 유입 등에 의한 고유한 특징을 갖는다. 연안지대 관찰과 관련된 주요 문제들 및 사용 스펙트럼 대역이 Table 30 (Knidznikov *et al.*, 1981: Kravtsova, 1993; Gontcharenko *et al.*, 1993)에 나타나 있다. 연안지역에서 해양 표면의 색깔을 분석 (Table 25)함으로써 해안 침식지역 및 해안선을 따라 이동하는 침전물 지역을 탐지할 수 있다.

6) 삼림자원 관찰

삼림자원 이용에 필요한 정보는 Table 31과 같이 숲의 황폐화 감시, 삼림자산 목록화, 대규모 산림 파손의 원인규명, 조림, 벌채에 의한 변화 규명 등에 이용된다.

위성 원격탐사를 이용한 삼림관찰은 삼림연구 및 감시에 있어 중요한 수단이다. 숲의 황폐화는 화재에의한 이산화탄소 생성으로 야기되는 탄소 순환 파괴 및 탄소 저장량 감소, 벌채에의한 삼림지역의 수자원 상황 파괴, 감시가 불가능한 산림지역 회손으로 인한 생물의 대량 감소 등과 같이 환경에 악영향을 미친다. 광범위한 지역에 걸쳐 벌목이 이루어지고 있는 열대우림 등이 경우에는 위성 원격탐사 정보가 특히 중요한 역할을 한다. 대부분의 시간이 구름층에 의해 덮혀있는 열대우림을 관찰할 경우에는 기후조건과 관찰시간에 제한받지 않고 동작을 할 수 있는 SAR가 가장 적합하다. 기타 원격탐사 정보는 조림 유형 및 우종

Table 31. ERS information requirement for the tasks of forest economy.

대상물의 특징	관측 규모	기후 지역	관측 주기	해상도 [m]	스펙트럼 대역	스테레오 스코프
colour, temperature, texture	G	TE, SUB, TR	Q	15	VIS, IR, MW	no
colour, temperature, texture	L	TE, SUB, TR	Q	1~10	VIS, NIR	yes
height and area of trees	L	TE, SUB, TR	Y/Q	10	VIS, NIR	yes
height and area of trees	N	TE, SUB, TR	Y/Q	10	VIS,MW	no
height and area of trees	N	TE, SUB, TR	Y/Q	30		
height and area of trees	L/R		A	10~100	VIS, NIR, IR, TIR	no
colour, temperature, texture	N	A	Q	100	VIS, IR, NIR, TIR	no
colour, temperature, texture	G	TE, SUB, TR	Q	15	VIS, IR, MW	no

의 결정, 삼림자원량 예측 및 산림 면적 측정, 생물량 평가 등에 활용되는데 삼림 자원량은 나무의 평균높이 및 이의 분포 밀도를 파악함으로서 가능하고 삼림층 총 면적 및 밀도측정은 식물량의 양적평가 및 이산화탄소의 농도측정을 통하여 가능하다. 삼림 재해 예측은 파괴를 일으키는 원인을 알아냄으로써 가능하며 숲의 화재, 곤충에 의한 파괴, 나무의 질병, 공기의 오염, 폭풍, 산성 비 등이 그 원인이 된다.

원격탐사 정보가 임학에 응용되는 분야는 다음과같다. 감시 불가능한 벌채의 원인 및 이에의한 변화 규명, 곤충 및 조류에 의한 나무의 이상장애 감시, 화재탐지 및 관찰, 노화에 의한 파괴 지역에의 식수(植樹) 관찰.

7) 수자원 관찰

수자원 관찰 내용에는 눈 및 얼음에 덮힌 표면 관찰, 지하수의 특징 (예를들면 수질) 정의, 위기상황이 될 수 있는 홍수감시 등이 있다. Kronenberg (1988)에 따르면 수문학(hydrology) 문제 해결에는 0.6, 0.3~0.9, 10~12 m 스펙트럼 대역, 30~60 m 해상도, 1:100000, 1:250000 축적비가 적합하다. 수자원 분야 응용 및 이에 필요한 사항들이 (Table 32) 에 나타나있다.

눈 및 얼음에 덮힌 표면을 관찰하는 목적에는 식수 저장량 파악, 지구 에너지균형 차원에서 얼음 표면과 대기와의 정확한 상호 영향 모델링, 해양 빙하이동 관찰, 눈에 덮힌 면적 및 두께예측, 눈이 녹음으로써 야기될 수 있는 홍수 경보 등이 있다. 극 지방의 얼음, 해양 빙하 및 눈 표면 관찰에 필요한 원격탐사 정보에 대한 요구사항이 서로 다르다. 극 지방에서의 얼음표면 topography는 기후변화 현상 파악 및 지구 온난화 예측에 이용된다. 위성 원격탐사 장비는(Table 33) 얼음의 기복형상 및 빙산의 형태 와 크기를 측정할 목적으로 사용된다.

이 외에도 빙하와 대기의 상호영향 분석, 빙하 온도 및 두께 측정 및 얼음 자체에대한 연구 분야가 있는데 빙산을 포함하여 각 얼음덩어리에 대한 관찰이 수행된다. 얼음 덩어리의 두께를 측정하고 형태변형(deformation) 및 얼음 경계면의 변화 여부가 파악된다. 위성 원격탐사 방법을 통하여 얼음 표면층과 깨진 해양 빙하면의 구조 및 기타 얼음의 두께등에 관한 정보를 획득할 수 있는데 이는 기술적으로나 경제적인 측면에서 보았을때 이외의 방법으로는 불가능한 것이다. 얼음 표면층에 대한 위성 원격탐사 데이터는(Table 34) 대부분 실시간으로 얻어지며 해양 굴착장비의 사용, 선박

Table 32. ERS information requirement for water resources.

대상물의 특징	관찰 규모	관측 주기	해상도 [m]	스펙트럼 대역	스테레오 스코프
colour, albedo	C	W	100	VIS, NIR, MW	no
brightness	C	W	10~100	TIR, MW	no
contour	C	W	10~100	VIS, NIR, MW	yes
contour, brightness, temperature	C, R	D	10~100	NIR, MW	yes
albedo	C, R	D	10	VIS	no
colour	C, R	D	10~100	VIS, NIR	no
brightness	C, R	D	10~100	VIS, NIR, TIR	yes
colour, brightness, contour	C, R	D	20~500	TIR, MW	no
characteristics of refelectivity	C, R	D	10~100	TIR	no
colour, brightness	R	M	1~10	TIR, MW	no
colour	N	M	1~10	TIR, MW	no
colour	R	M	10~100	VIS, NIR, TIR, MW	yes
contour	R	M	10~100	TIR, MW	no
colour, contour	R, L	W D	10~100	VIS, MW	yes
concentration of dirty components	R, M	D	1~10	VIS, NIR, TIR, MW	yes

Table 33. ERS equipments for the observation of the polar ice.

장 비 명	인공위성
Travers	PRIRODA 모듈
SLR	OKEAN-O 계열
SAR	ALMAZ-1B
SAR	JERS-1
HRV	SPOT-1,2,3
HRVIR	SPOT-4
HRG	SPOT-5
AMI-SAR, RA	ERS-1, 2
ASAR, RA-2	ENVISAT-1
SAR	RADARSAT
AVNIR	ADEOS-I
ASTER	EOS-AM I
GLAS	EOS-ALT 계열
HR PAN	IRS-P6
AVNIR-2, VSAR	ALOS

Table 34. ERS equipments for the observation of the sea ice.

장 비 명	인공위성
MP-900, MP-200	METEOR-2 계열
MP-900B, MP-2000M, Klimat	METEOR-3 계열
MCP, MZOAC	METEOR-3M 계열
MOS, Travers	PRIRODA 모듈
PM-0.8	OKEAN-O 계열
SAR, SLR-3	ALMAZ-1B
HRV	SPOT-1,2,3
HRVIR	SPOT-4
HRG	SPOT-5
RA, AMI-SAR	ERS-1,2
ASAR, MERIS,RA-2	ENVISAT-1
AVHRR/w	NOAA 9-12,14
AVHRR/3, AMSU-A	NOAA K-N,N′
AMSU-B	NOAA K-M
MHS	NOAA N, N′
TM	LANDSAT-4,5
ETM	LANDSAT-7
OPS, SAR	JERS-1
ATSR	ERS-1
ATSR-2	ERS-2
AATSR	ENVISAT-1
SAR	RADARSAT
AVNIR, NSCAT, OCTS	ADEOS-1
AMSR, GLI	ADEOS-2
ASTER	EOS-AM I
AMSU, MHS, MIMR	EOS-PM 계열
GLAS	EOS-ALT 계열
VSAR	ALOS
AMSU-A, ASCAT, AVHRR/3, MHS, MIMR	METOP-1,2

항로의 최적화, 해양 보험회사들의 작업 등에 활용된다.

눈에덮힌 표면층은 물의 순환에 중요한 역할을 하며 눈 덮힌 지역(Table 6)의 면적 및 깊이 정도에 관한 정보는 수문학(hydrology) 및 농업문제 해결에 필요하다.

눈 표면의 특징 변수에는 습도, 온도, 깊이, 반사율(albedo)등이 있다. 눈 표면 반사율 변화는 복사 균형 및 지구 기후 형성 연구에 이용된다. 이외에도, 눈에 덮힌 표면에 대한 데이터는 기상 예보용 모델의 경계조건(boundary condition)으로 이용된다. 지하수에 대한 원격탐사 연구결과는 지하수원 판명, 지하수의 특성 및 지표면상 수원과의 상관관계 연구 등에 이용된다. 지하수 층의 윤곽을 그리는 것은 지하수의 규모, 상태, 질 및 양에 대한 예측를 목적으로 이루어진다.

3. 결 론

지금까지 위성탑재 원격탐사의 응용분야에 따른 특징 및 요구사항을 검토하였고 미국, 유럽 및 러시아 등에서 운용되고있는 시스템을 살펴보았으며 해당 분야에 따라 유사 시스템들을 분류하였다. 응용분야는 민수 외에도 군사분야가 있을수 있으나 이에대한 내용은 본 총설에서 제외되었다. 민수 응용분야는 농업, 기후학, 대기, 지하자원, 에너지원, 육지, 해양, 삼림 및 수자원으로 구분하였고 각 분야마다의 세부 내용, 특징 및 원격탐사에 필요한 요구사항을 기술하였다. 보다 구체적인 내용은 표로 작성하여 비교 및 분류가 용이하도록 하였다. 특히 미국, 서유럽 및 일본의 원격탐사 시스템뿐 아니라 러시아, 인도, 중국 등의 시스템을 같이 다룸으로써 이 분야에 대한 보다 일반적이고 객관적인 내용이 될수있도록 기술하였다. 특히 1957년 10월 4일 인류최초의 인공위성 스푸트닉의 발사가 성공한 이후 90년대 초까지 발사된 전체 인공위성 및 우주선 등의 수에서 구 소련이 과반수 이상을 차지하며 현재도 미국과 더불어 우주

과학기술 분야를 이끌어가는 국가이므로 위성 원격탐사 분야에서 이 나라가 차지하고있는 비중을 간과할 수 없다. 또한 냉전시절에 군사 및 안보 목적으로 사용되었던 많은 수의 위성들이 근래에는 상용으로 전환되어 과거에는 구매가 불가능 하였던 고급 정보도 쉽게 활용할 수 있음에따라 원격탐사 정보의 활용분야가 보다 다양해지고 정보의 질도 매우 높아지게 되었다. 근래의 이러한 변화 및 추세를 반영하는 자료에 대한 요구가 계속 증가할것이 예상되며 이런 관점에서 본 총설이 하나의 자료로 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

Garbuk S. V. and Gershenzon V. E., 1997, Spaceborne earth remote sensing systems, A and B publisher. Moscow, Russia. (in Russian)

Kronenberg P., 1988, Earth remote research. Principles and methods of remote research in geology, Mir, Moscow, USSR. (in Russian)

International Program for Earth Observations (IPEO), 1990, The Intern. Space Univ., Toronto, Canada, Summer Session, Final Report, 560.

Barret E. and Kurtis L., 1979, Introduction to Earth science from space, Progress, Moscow, USSR. (in Russian)

Avluevskii B. S. and Uspenskii G. R., 1985, Spaceborne complexes of national economy and science, Mashnostroenie, Moscow, USSR. (in Russian)

Romashev A. A., 1986, Principle questions about complexfying aerospace image materials and geological-geophysical researches in petrol-gas search works, Remote researches in search of useful fossile resources, Novosibirsk. Nauka, Moscow, USSR. (in Russian)

Kodratiev K. Ya., Grigoriev A. A. and Pokrovski O. M., 1975. Informational contents of data from spaceborne remote indication parameters of surrounding environments and natural resources, Leningrad State Univ. Publisher, Leningrad, USSR. (in Russian)

Knidznikov Yu. F. *et al.*, 1981, Application of multiareal aerospace imaging in research of coastral area, Coastral area of sea, Collection of papers, Academy of Science USSR. Committee for the problems of Pacific ocean, Nauka, Moscow, USSR. (in Russian)

Kravtsova, V. I., 1993, Aerospace research of dynamics of Kaspie coastral area of Dagetan maritime district during its level rising, Earth research from space, (5): 96, Moscow, Naukf, Russian Academy of Science. (in Russian)

Gontcharenko I. A. *et al.*, 1993, Thematic data processing of AVHRR in the example of the study of coastral apevelling, Earth research from space, (2): 97, Moscow, Nauka, Russian Academy of Science. (in Russian)