

통신해양기상위성 기상분야 개발현황 및 자료활용



서 애 숙 >>
기상청 예보국 기상위성과



손 승 희 >>
기상청 예보국 기상위성과



원 재 광 >>
기상청 예보국 기상위성과



이 혜 숙 >>
기상청 예보국 기상위성과

1. 서론

최근 지구 온난화로 지구상에 기상이변이 속출하고 있으며 우리나라도 예외는 아니다. 매년 폭우를 동반하는 집중호우와 태풍으로 우리나라는 큰 기상재해를 겪고 있으며 최근 들어 그 피해 규모가 더욱 증가되고 있다. 1998년 8월 우리나라는 연속적인 집중호우로 300여명의 인명피해와 1조 4천억 원의 재산손실을 보았으며, 2003년에는 태풍 '매미'로 4조 2,225억 원의 재산피해가 발생하였다.

악기상 현상을 실시간으로 감시하고 이를 바탕으로 향후 악기상 발달을 정확히 예측하는 것은 기상재해에 의한 피해를 최소화하는데 필수 불가결한 조건이다. 이를 위해 기상청은 각종 첨단 기술을 이용하여 육상, 해상, 우주로부터 대기를 입체적으로 관측하고 슈퍼컴퓨터를 이용하여 수치예보를 수행함으로써 악기상 예측의 정확도를 향상시키는데 최선을 다하고 있다.

특히, 광범위한 지역의 악기상을 연속적으로 감시하고 수치예보의 정확도 향상을 위한 초기자료를 제공하는 첨단 기술이 바로 기상위성에 의한 관측기술이다. 기상청은 2008년 발사를 목표로 과학기술부, 정보통신

부, 해양수신부와 공동으로 통신해양기상위성(COMS : Communication, Ocean and Meteorological Satellite) 개발사업을 추진하고 있다.

통신해양기상위성은 국내에서 독자적으로 개발한 통신탑재체를 우주에서 인증하고 정지궤도상에서 해양과 기상에 대한 관측을 수행하는 것을 그 임무로 한다. 이 위성은 한국항공우주연구원이 총괄 주관연구기관이 되어 개발사업을 추진하고 있으며, 해외협력개발 업체인 프랑스 Astrium사와 공동으로 2005년 4월 말 개발에 착수하였다. 이 위성은 오는 2008년 말 적도 상공 약 36,000km의 정지궤도에 발사될 예정이다.

기상청은 통신해양기상위성의 기상탑재체 개발을 담당하고 있으며 이 탑재체는 우리나라를 비롯한 아시아, 태평양 지역의 대기를 가시광선 영상은 1km x 1km 단위로, 적외선 영상은 4km x 4km 단위로 매 시간 1~2회 정규적으로 관측한다. 특히, 한반도 주변에 악기상이 발생될 때는 최대 8분마다 한반도 상공의 대기를 집중 관측하여 기상재해로 인한 피해를 줄이는데 기여하게 된다.

본고에서는 이와 같이 기상재해 피해 최소화를 통하여 국민의 생명과 재산을 보호하는 국가적으로 매우 중요한 통신해양기상위성 개발사업의 기상분야 추진현황과 관측자료의 활용계획에 대하여 소개하고자 한다.

2. 기상분야 개발현황

통신해양기상위성의 기상분야는 기상탑재체, 기상자료 송수신/전처리시스템, 기상자료처리시스템으로 3개 분야의 개발이 진행되고 있다. 다음에 각 분야의 개발현황에 대해 간략히 기술하고자 한다.

2.1 기상탑재체

기상탑재체는 영상관측을 목적으로 지구로부터 약

36,000km 떨어진 동경 116.2° 또는 128.2° 정지궤도상에서 운영될 수 있도록 설계된다. 기상현상의 특성상 지구를 365일 24시간 중단 없이 감시해야 하므로 그 성능과 함께 운영의 안전성이 확보되어야 한다. 본 위성에 탑재되는 기상탑재체는 미국 ITT사 제품인 Meteorological Imager (MI)로 미국의 GOES-I ~ GOES-N 위성시리즈와 일본의 MTSAT-2 위성에 탑재되어 그 성능과 안정성이 검증된 기기를 기반으로 프랑스 Astrium사와 미국 ITT사가 설계에 참여한다. 현재 기상탑재체 부품 구매준비 등 제작을 위한 준비가 완료되었으며 2008년 초 위성체와의 조립을 위하여 우리나라로 운송될 계획이다.

기상탑재체는 센서모듈, 전력모듈, 전자모듈의 3개 부분으로 구성된다. 센서모듈은 센서와 스캔미러, 망원경 등으로 구성되어 실제로 관측을 수행하는 부분이고, 전력모듈은 위성체로부터 전력을 기상탑재체에 안정하게 공급하는 장치이다. 전자모듈은 센서모듈의 제어와 위성체와의 전력 및 전기신호를 교환하는 역할을 한다. 또한 운영시 적외 센서의 성능을 확보하기 위한 흑체(Black Body) 검정기를 포함한다. 기상탑재체의 구성은 그림 1과 같다.

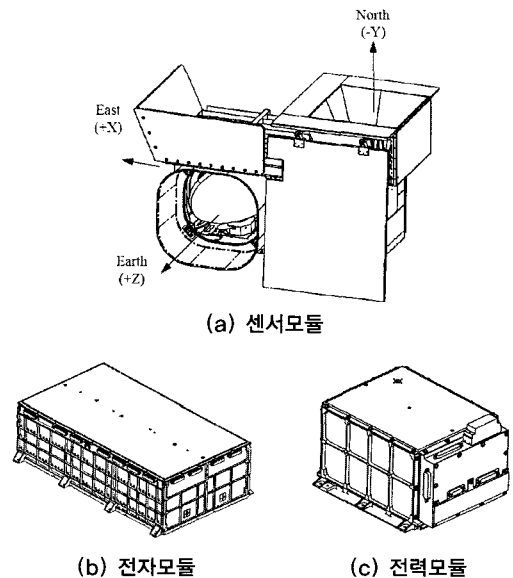


그림 1. 기상탑재체 구성

표 1. 기상탐재체 채널별 특징

번호	채널	중심파장(μm)	파장범위(μm)	SNR or NEDT	Dynamic Range	활용분야
1	VIS	0.675	0.55 - 0.8	≤10 at 5% albedo	0-115% albedo	구름
2	SWIR	3.75	3.5 - 4.0	≤5.7 ° K at 220 ° K ≤0.10 ° K at 300 ° K	4-350 ° K	야간구름
3	WV	6.75	6.5 - 7.0	≤0.86 ° K at 220 ° K ≤0.12 ° K at 300 ° K	4-330 ° K	수증기
4	IR1	10.8	10.3 - 11.3	≤0.4 ° K at 220 ° K ≤0.12 ° K at 300 ° K	4-330 ° K	구름/표면온도
5	IR2	12.0	11.5 - 12.5	≤0.48 ° K at 220 ° K ≤0.20 ° K at 300 ° K	4-330 ° K	구름/표면온도

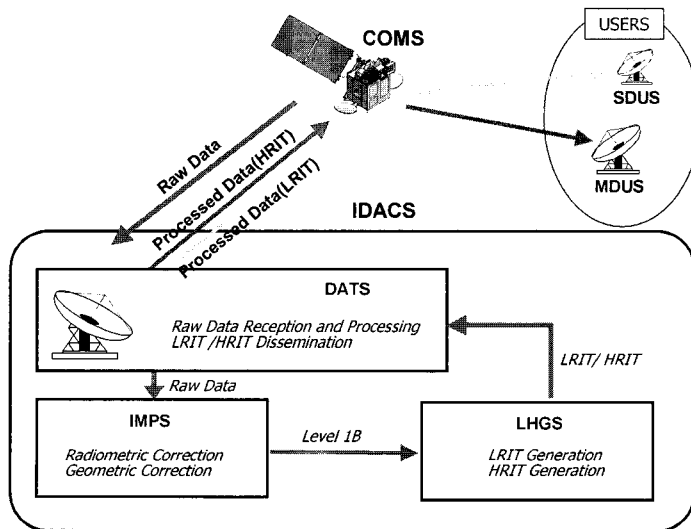
기상탐재체는 1개의 가시채널과 4개의 적외채널을 가지며 채널별 특징과 주 활용 분야는 표 1과 같다. 시야각은 최소 19° x 17.6° 범위로 지구 전체와 그 주위의 우주공간을 포함한다. 위성 직하점에서 가시채널과 적외채널의 해상도는 각각 1km와 4km로 5~20 km의 공간규모 이상을 갖는 기상 현상의 탐지가 가능하다.

기상탐재체는 궤도상에서 7년의 운영수명을 갖도록 설계되며 대기 운영모드를 제외하고 95%의 임무주기를 갖게 된다. 시스템 수준에서 관측영상의 정확도는 한 화면 내에서 임의 화소에 대하여 56μrad 이

하이코, 화소간 정확도는 42μrad 이하이다. 기상탐재체가 지구 전체영역을 관측하는데 소요되는 시간은 약 27분이며 임의로 특정영역을 선택하여 보다 집중적으로 관측하는 것도 가능하다.

2.2 기상자료 송수신/전처리 시스템

기상자료 송수신/전처리 시스템(IDACS : Image Data Acquisition and Control System)은 기상탐재체에서 관측한 위성자료의 송수신 서브시스템(DATS: Data Acquisition and Transmission



※ MDUS : Medium-scale Data Utilization Station
 ※ SDUS : Small-scale Data Utilization Station

그림 2. IDACS의 구성과 자료 흐름

Subsytem), 영상전처리 서브시스템(IMPS:Image Pre-processing Subsystem), 사용자 자료생성 서브시스템(LHGS: LRIT/HRIT Generation Subsystem)으로 구성된다. 2007년 초 상세설계가 완료될 예정되며 2008년 통합시험을 시작한다.

DATS는 위성으로부터 원시영상을 수신하고 LHGS에서 생성된 자료를 위성으로 송신하는 기능을 갖는다. IMPS는 기상탐재체 관측시 발생할 수 있는 복사 및 기하학적 왜곡 현상을 보정하는 전처리과정을 수행하여 Level 1B 영상자료를 생성한다. 이 자료는 LHGS에서 기상분야 위성자료 교환 표준포맷인 HRIT(High Rate Information Transmission) 또는 LRIT(Low Rate Information Transmission) 형태로 전환되고 DATS를 통해 지상에서 위성으로 송신되고 위성은 이를 국내외의 통신해양기상위성 기

상자료 사용자에게 배포한다. 이 시스템은 한국항공우주연구원 및 국내 기술진에 의해 개발이 진행되고 있다. 그림 2는 IDACS의 구성과 자료의 흐름을 간략히 보여준다.

2.3 기상자료처리시스템

기상자료처리시스템은 통신해양기상위성의 기상탐재체로부터 관측되어 위치보정과 복사보정이 완료된 Level 1B 영상자료를 이용하여 기상예보 및 기후연구, 방재활동에 이용할 수 있는 강우강도, 안개, 구름정보 등 총 16종의 다양한 기상요소를 산출하도록 설계된다. 이 시스템은 기상청에서 예보에 활용하기 위하여 24시간 가동되어야 하므로 산출요소의 정확도와 함께 시스템 운영의 효율성과 안정성이 설계에

표 2. 16종 기상요소 및 산출기법 요약

기상요소	분석특성	산출기법
구름탐지	관측화소 단위의 구름의 존재 유무 정보	위성검출 복사량을 이용한 경계값 검사 및 시공간 일관성 검사방법
청천복사휘도	장면분석 과정에서 유도된 청천복사휘도 값	청천화소 복사량 평균
대기운동벡터 (구름, 수증기*)	구름과 구름이 없는 지역의 수증기 등의 시간에 따른 이동패턴 추적	복사모델값을 이용한 고도할당 및 교차상관방법 (세 개의 다른 시간 프레임 이용)
해수면온도	해수면온도 산출로 장기간 기후변화 감시	IR밴드의 2중 채널 및 3중 채널 회귀방법
육상온도	지면과 대기 사이의 에너지 및 수분교환의 주요 변수	2~3 채널을 이용한 Split window 기법 및 복사전달방정식을 이용한 2중 조망
해빙/적설	해빙과 적설 지역에 대한 추정	가시채널을 이용한 지표면 알베도 값 및 VIS와 SWIR의 차이 및 적외장 다중채널 이용
표면도달일사량	지면복사수치를 결정하는 중요한 요소로 태양고도각 80도 이하 화소에서 산출	가시채널을 이용한 매개변수화
상층수증기량	대류권 상층에서의 상대습도	수증기채널과 적외채널의 휘도온도 조합으로 산출
가장수량	대류권의 수증기 총량	두 채널에 대한 휘도온도 차이 이용(Split window technique)
구름 분석	운형, 운량, 구름상 및 구름 광학적 두께 정보 제공	구름탐지결과와 복사전달모델의 예측복사휘도 값 이용
운정온도 및 고도	운정온도/기압에 의해 나타나는 운정의 기하학적 고도	구름탐지정보와 관측된 복사휘도값, 그리고 복사전달 모델의 결과 이용
안개	안개/하층운 구분, 운정기압, 구름의 광학적 두께	$\Delta T_b = T_{3.75} - T_{10.8}$ 값 이용, 복사전달모델 활용
강우강도	종관규모 구름의 운형에 따른 강수량 추정	Cloud indexing method (각 운형에 대한 회귀 알고리즘 또는 LUT 이용)
지구방출복사	대기상한에서의 상향 장파 복사량	Narrow band 관측치를 Broad band로 환산하는 모수화 (운형정보와 수치예보모델 결과 이용)
에어로솔 탐지	청천 지역 황사탐지 (주야간)	적외채널(10.8 μ m, 12.0 μ m)의 휘도온도차
에어로솔 광학두께	청천 지역에서의 에어로솔 정량적 분포 (주간)	가시채널을 이용한 LUT 기법

요구된다.

이 시스템의 기상요소 분석 알고리즘은 기상연구소와 학계가 공동으로 개발하고 있으며 알고리즘 개발이 완료되어 이들의 표준화된 통합시스템 구축이 진행되고 있다. 분석시스템에서 산출되는 16종의 기상요소 및 산출기법을 표 2에 요약하였다.

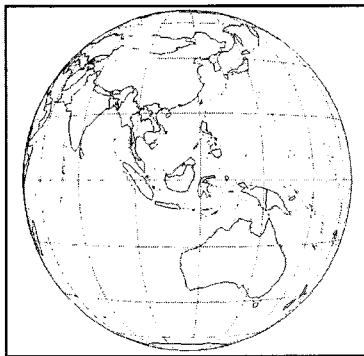
3. 관측임무 및 자료서비스

3.1 관측계획

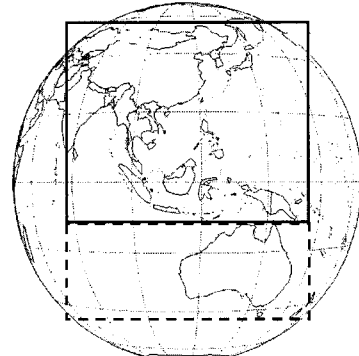
통신해양기상위성은 그림 3에서와 같이 전지구(지구반면), 지역(아시아태평양, 북반구확장, 남반구 제한지역) 및 국지 영역(한반도)에 대하여 연속적인 기

상관측을 수행한다. 기상관측임무는 정규관측임무와 특별관측임무로 구분된다. 정규관측임무는 위성의 임무기간 동안 변경을 최소화하고, 미리 정의된 스케줄에 의해 수행되는 관측을 의미한다. 정규관측임무는 2~3일까지의 단기예보에 필요한 기상위성 관측자료 요구사항(WMO, 2001)에 부합하는 위성관측 자료를 취득하는 것을 주 목적으로 한다. 특별관측임무는 태풍, 호우와 같은 악기상 발생이 예상되는 특수한 기상상황 하에서, 정규관측에 우선하여 수행하는 관측임무를 의미한다. 특별관측은 급변하는 악기상의 특성을 실시간으로 파악하기 위해 정규관측임무를 수행할 때보다 한반도 주변의 특정영역에 대한 관측빈도를 증가하여 시간적으로 고해상의 관측자료를 취득한다.

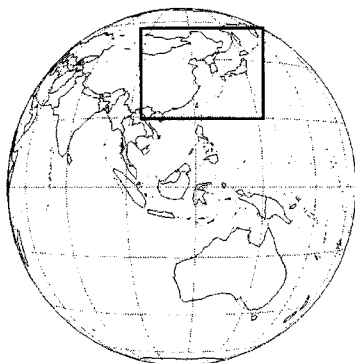
정규 관측에 의하면 전지구(FD) 영역에 대하여는 3시간에 1회, 북반구 확장(ENH)영역 및 남반구 제한



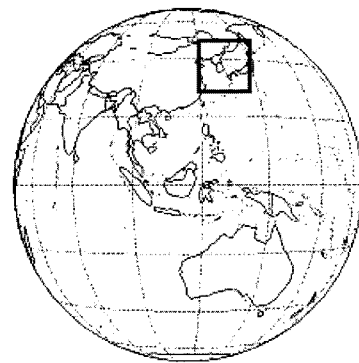
(a) 전지구 관측



(b) 지역관측 : 북반구확장(실선), 남반구제한 영역(점선)



(c) 지역관측 : 아시아태평양 영역



(d) 국지관측 : 한반도영역

그림 3. 통신해양기상위성의 기상관측영역

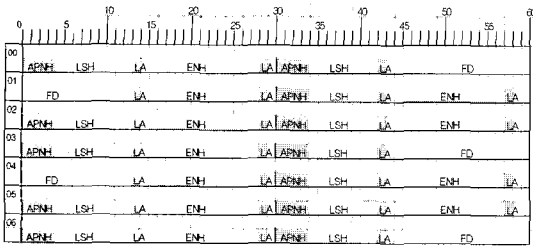
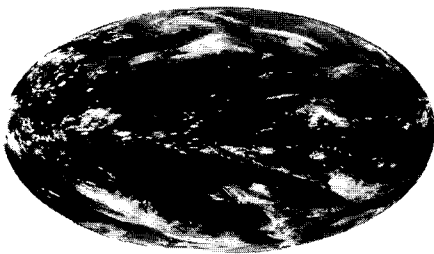


그림 4. 통신해양기상위성 기상임무 특별관측 스케줄

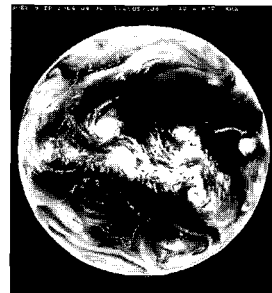
(LSH) 영역은 30분 간격, 아시아 태평양(APNH) 영역은 1시간에 15분 간격으로 관측영상을 취득하고 특별관측시에는 정규 관측 사이에 한반도(LA) 영역에 대한 관측을 추가하여 한반도를 8분 간격으로 관측할 수 있게 된다. 그림 4에 특별관측 스케줄 일부를 나타냈다. 이 관측스케줄은 위성발사 후 궤도상 시험운영 및 기상청 관측정책에 따라 구체적인 시간 및 계획이 변경 될 수 있다.

3.2 자료의 구분

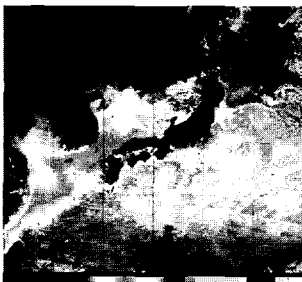
통신해양기상위성 기상관측 영상자료는 자료처리 단계에 따라 세 종류로 구분된다. 지상국에서 수신된



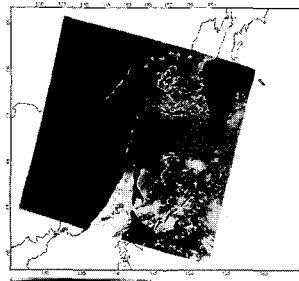
(a) Level 1.0 자료(GOES-9 2005. 5)



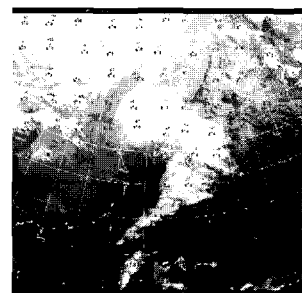
(b) Level 1B 자료(GOES-9, 2004. 4)



(c) Level 2.0 자료(해수면온도)



(d) Level 2.0 자료(해빙/적설역)



(e) Level 2.0 자료(구름상단 온도 및 고도)

그림 5. 통신해양기상위성의 생산자료 종류

기상탐재체의 센서관측 원시자료는 Level 1.0 자료로 위성체에 야기된 모든 섭동의 영향을 포함한다. 이 자료에는 위성 궤도와 고도의 불안정으로 인한 기하학적 불안정성과 동일한 채널의 센서 탐지기 간의 복사비선형성이 포함된다. Level 1B 영상자료는 위치보정 및 복사보정이 완료된 영상자료로서 대외적으로 서비스하는 기본자료가 된다. 이 자료는 기상위성 센터의 지상국 자료 서비스 시스템과 통신해양기상위성을 통한 HRIT/LRIT 분배 서비스를 통해 사용자들에게 제공된다. Level 2.0 기상분석자료는 Level 1B 영상자료를 이용하여 다른 기상관측자료 및 기상모델을 이용하여 기상학적 처리를 통하여 생산된 자료로서 기상자료처리시스템에서 생산되는 강우강도, 안개, 구름정보 등 16종의 기상요소가 이에 해당한다. 그림 5에 각각의 자료에 대한 예를 나타내었다.

3.3 자료 서비스

통신해양기상위성 사용자를 위하여 서비스되는 자료는 HRIT, LRIT, 기상분석자료로 구분된다. HRIT

및 LRIT 전송방식은 기상위성을 운영하는 회원국들로 구성된 기상위성조정그룹(CGMS : Coordination Group for Meteorological Satellites)에 의해 전세계 기상위성자료의 교환을 위하여 사용하기로 합의된 디지털 위성자료 포맷이다. 자료의 제공은 통신해양기상위성 위성체를 경유한 HRIT/LRIT 자료 분배, 전지구 기상통신망(Global Telecommunication Service)을 이용한 자료 분배, 전용망을 이용한 자료 분배, 사용자의 요청에 따른 On/Off-Line 자료 서비스로 구분할 수 있다.

기상청은 통신해양기상위성의 기상임무를 운영하기 위한 지상국으로, 기상위성센터 건립을 추진하고 있다. 기상위성센터는 임무기간 동안 정서관측과 특별관측을 수행하면서 기상탑재체의 센서관측 원시자료(Level 1.0)를 수신한 후, 전처리를 수행하여 영상자료(Level 1B)를 생산하고, 영상자료는 10bit의 HRIT 전송방식(CGMS, 1999) 및 8bit의 LRIT 전송방식(CGMS, 1999)으로 변환한다.

1670~1710MHz의 L-대역을 이용하여 HRIT 자료는 256kbps~10Mbps의 속도로, LRIT 자료는 10kbps~256kbps 속도로 위성을 통해 사용자에게 분배된다. HRIT 자료는 지상에서 3.6m 안테나로, LRIT 자료는 1.8m 안테나를 이용하여 수신이 가능하다.

LRIT 자료에는 기상탑재체 영상자료 일부와 구름 이동벡터, 해수면 온도 등의 기상분석자료, 통신해양기상위성의 해양탑재체에서 관측한 분석영상자료와

기상청에서 생산하는 전지구 수치예보자료의 일부도 포함하여 관련 사용자에게 배포할 계획이다. 표 3은 LRIT로 분배를 계획하고 있는 자료의 종류와 특징을 기술하고 있다.

영상자료는 관측 후 15분 이내에 이용할 수 있도록 신속히 분배할 계획이며 위성 고도각 10도 이상의 지역에서는 수신이 가능하도록 설계가 진행되고 있다. HRIT, LRIT 및 분석자료는 기상청의 통신시스템을 통해서도 지상네트워크로 국내외 방재관련기관과 전세계 국가기상기관 등의 사용자에게 분배할 계획이다.

4. 자료활용

기상예보를 생산하기 위한 가장 기본적인 자료는 다양한 기상관측이다. 이러한 관측기술은 과학기술의 발전에 따라 수동에서 자동으로, 현장관측에서 원격 탐사로 옮겨가고 있으며 위성관측은 그 핵심기술이다. 기상위성은 미국에서 1960년에 최초로 발사되었고 우주로부터 넓은 영역의 기상현상을 동시에 관측할 수 있다는 장점이 인식되어 일기예보에서 그 효과가 입증되고 있다. 2008년 말 우리나라 최초의 정지궤도 기상관측 위성인 통신해양기상위성이 발사되어 성공적으로 운영이 시작되면 다음과 같은 다양한 활용이 기대된다.

첫째로 기상예보분야에 있어서 예보관은 지상에 기반을 둔 관측 자료와 함께 위성으로부터 제공되는

표 3. LRIT 분배자료 종류 및 특징

자료종류	내 용	분배주기	자료형태
기상영상자료	적외, 수증기, 가시(주간, 단파적외(야간))	모든관측영상(특별관측영상 제외)	Image(3채널)
수치예보자료	기압, 온도, 바람, 노점편차, 대기안정도, 상당온위	2회/일(00/12 UTC, 4개층)	GRIB 또는 BURF
태풍정보	KMA 태풍진로	2회/일(태풍발생시)	Image
기상분석자료	해수면온도	1회/일(1일, 5일평균)	Image
	안개	1시간	
	구름이동벡터	8회/일	
해양분석자료	구름정보	4회/일	Image
	해양탑재체 분석영상	8회/일	

시간적으로 고해상의 자료를 분석함으로써 기상 현상의 입체적 분석이 가능하여 예보의 정확도를 높일 수 있게 된다. 악기상 발생시에는 특별관측을 통하여 기상 현상을 8분 간격으로 자세히 관측할 수 있어 더욱 상세한 관측과 분석이 가능하여 태풍, 호우와 같은 악기상 발생시에 국민의 안전을 위한 보다 실질적인 정보를 제공하게 된다.

둘째로 수치예보분야에 있어서 산악, 해양 등 기존 기상관측 공백지역에 대한 균질한 해상도의 자료 취득으로 수치예보 초기 입력 자료로 광범위하게 활용되어 수치예보의 예측성 향상에 기여하고, 기상청에서 시험 운영 중에 있는 디지털예보의 생산 및 검증에 활용함으로써 새로운 기상서비스 창출에 기여할 수 있다.

셋째로 위성정보 분석에 의한 황사, 안개, 대기오염 등 대기현상 분석정보를 생산하여 방재기관, 지방자치단체 등에 제공함으로써 각 기관의 방재활동을 지원하고, 각 기관이 위성수신시스템을 설치할 경우 보다 상세하고 짧은 시간 간격의 자료를 신속하게 취득할 수 있게 되어 우리나라 방재활동에 크게 기여할 수 있게 된다.

마지막으로 구름, 해수면 온도 등의 연속적인 위성 관측으로 우리나라에 대한 장기간의 기후정보가 축적되어 기후협약 등 정부간 협력과 대응을 위한 정책판단 자료로 활용이 가능하다.

5. 맺음말

2003년 과학기술부, 정보통신부, 해양수산부와 공동으로 개발을 시작한 통신해양기상위성은 2007년 상반기 중 상세설계가 완료되고, 이어서 시스템 조립 및 시험이 수행된다. 2008년 말 발사가 계획되어 있

으며 발사 후 6개월간의 궤도상 시험운영이 실시된다. 시험운영이 완료되면 기상청은 기상업무 분야 정책과 함께 통신해양기상위성으로부터 기상관측, 자료의 처리, 분석정보 생산, 자료 및 정보 서비스, 자료의 예보분야 활용 등 기상업무 운영기관으로서의 역할을 담당하게 된다.

기상위성 관측자료는 전 세계 국가들이 공유하는 중요한 자료이며 단순히 일기예보를 위한 기상현상의 감시뿐 아니라 홍수나 황사탐지 등에도 활용될 수 있고, 최근 전 세계적으로 이슈가 되는 기후변화 감시 등 그 활용성이 매우 폭 넓다. 또한 위성을 개발하고 운영하기 위한 기술의 발전은 국가가 필요로 하는 우주개발과 연관되어 시너지 효과를 낼 수 있다.

우리나라가 세계에서 7번째로 기상위성을 보유하게 됨에 따라 위성의 운영과 함께 국내의 사용자에게 우리 위성관측 정보를 제공함으로써 외국과의 위성자료 교환, 공동연구와 자연재해 대비를 위한 활발한 국제공동 활동이 예상되며 기상재해로부터 전 인류의 안전을 지키는데 중요한 역할을 할 수 있기를 기대한다.

참고문헌

- 기상청, 2004 : 통신해양기상위성-1호 기상관측업무 사용자요구사항, 기상청, 62 pp.
- 기상청, 2006 : 통신해양기상위성 기상영상기(특징과 운영원리), 기상청, 89 pp.
- 기상청, 2006 : 통신해양기상위성 지상국(개념과 기능), 기상청, 74 pp.
- 최성봉, 2002 : 통신해양기상위성 개발 계획, 대기, 12권 4호, 10~19
- CGMS, 1999 : LRIT/HRIT Global Specification, Issue 2.6, CGMS, 61 pp.