

수자원·수재해 중형위성 개발 방안*

황의호^{1*}·채효석¹·유완식¹

Development Plan of Compact Satellite for Water Resources and Water-related Disaster Management*

Eui-Ho HWANG^{1*}·Hyo-Sok CHAE¹·Wan-Sik YU¹

요 약

전 세계적으로 홍수와 가뭄 발생 빈도는 가파르게 증가하고 있고, 태풍 및 가뭄 발생 빈도도 꾸준히 증가하고 있어 광범위한 관측과 정확한 예측, 즉각적 대처 능력 확보를 위한 수자원 관리 기술 확보가 필요하였다. 이를 위해, 본 연구에서는 독립적이고 주도적인 관측인프라 및 분석 기반 확보를 통해 수재해 관리 기반을 획기적으로 혁신하고, 기후변화에 대비한 물안보 및 재해로부터 안전성을 확보하기 위하여 저궤도 수재해 감시 중형급(500kg이하) 위성 개발 방안을 제시하고자 하였다. 수자원·수재해 위성은 주야 및 악천후에도 지표면의 변화탐지 및 수문인자 관측이 가능할 뿐만 아니라, 독자적인 기술 확보가 가능한 C밴드 영상레이더 탑재체 및 시스템을 선정하여 세부적인 개발 방안을 제시하였다. 이를 통해 국가가 추진하는 차세대중형위성 2단계 사업 계획에 반영하여 광역 물 관련 재해 감시 체계 구축을 위한 기반 확보가 가능하게 되었다.

주요어 : 수재해, 위성, C-band, 영상레이더, 탑재체

ABSTRACT

The purpose of this study is to propose a mid - range low - orbit water disaster monitoring satellite development plan to revolutionize water disaster management infrastructure through securing an independent and leading observation infrastructure and to secure safety against disaster prepared for climate change. Water and water disaster satellites should be able to detect changes in the surface of the ground and observe hydrological factors during daytime, nighttime, and bad weather. In addition, independent technology development should be possible. To do this, we selected C-band image radar payload considering domestic technology and water resources management, and

2018년 12월 10일 접수 Received on December 10, 2018 / 2018년 12월 21일 수정 Revised on December 21, 2018 / 2018년 12월 22일 심사완료 Accepted on December 22, 2018

* 본 연구는 환경부의 물관리연구사업(18AWMP-B079622-05)에서 지원받았습니다.
1 K-water연구원 K-water Institute

* Corresponding Author E-mail : ehhwang@kwater.or.kr

suggested detailed development plan. In this way, it is reflected in the national next-generation mid-satellite 2-phase project plan to secure the basis for building a disaster monitoring system related to wide-area water.

KEYWORDS : Water-related disaster, Satellite, C-band, Synthetic Aperture Radar, Payload

서 론

최근 발생하고 있는 홍수와 가뭄과 같은 물관련 재해는 기후변화에 따라 불확실성(Uncertainty), 상호작용성(Interaction), 복잡성(Complexity) 등으로 인한 지속적인 피해 규모가 증가하고 있는 추세에 있으며 이로 인한 각국의 지속가능 발전을 가늠 막고 있는 실정이다. 또한, 물관련 재해는 그 피해규모도 점차 대형화·광역화되고 있지만, 광범위한 재해 상황에 대한 신속한 대응을 할 수 있는 감시시스템 구축의 미흡으로 재해 상황을 신속하고 정확하게 파악하는데 어려움이 있는 실정이다. 전 세계적으로 홍수와 가뭄 발생 빈도는 가파르게 증가하고 있고, 태풍 및 가뭄 발생 빈도도 꾸준히 증가하고 있어 광범위한 관측과 정확한 예측, 즉각적 대처 능력 확보를 위한 수자원 관리 기술 확보가 필요하다. 우리나라의 경우 지형과 해안선이 복잡하고 북한의 기상 자료 부재로 정보가 섬처럼 고립되어 있어 원격탐사 자료를 활용한 수재해 대응 기술은 무엇 보다 중요하다고 할 수 있다(KAIA, 2013).

선진국에서는 글로벌 기후변화와 물의 위기에 대처하기 위하여 수자원과 물관련 재해에 대해 인공위성을 이용하여 지속적인 관측을 수행하고 있으며 자국의 물안보를 확보하고 기후변화에 대비하기 위하여 인공위성 활용을 위한 인프라를 구축하여 물산업 기술력경쟁력을 강화해 나가고 있다. 우리나라의 경우 해양 및 기상, 지형 관측을 위한 위성은 개발되어 운용 중이나, 주로 기후관측, 해양환경 모니터링, 통신 및 방송 서비스, 지형공간정보 확보 등의 목적을 위해 개발되어, 수자원관리를 위해 적용하고 이용하는데 있어서는 현실적으로 많은 어려움이 있

다. 또한 수자원 분야 활용에 있어서는 다양화 및 전문화되고 수요도 증가되고 있으나, 수자원·수재해 전용 위성을 활용한 수자원의 효율적 관리, 홍수 및 가뭄 모니터링 및 대응, 물산업 해외진출 지원 등을 위하여 관측인프라 확보 및 기술 개발은 매우 시급한 과제라고 할 수 있다. 나아가, 4차 산업혁명을 선도하고 수자원관리의 불확실성 증가에 대비하여 스마트 통합물관리 실현을 위해서는 홍수 및 가뭄 등 수자원·수재해 감시 목적의 위성 개발을 통한 광역 관측시스템 구축 및 활용 기술 개발은 안전한 국토관리를 위한 필수적인 요소로 대두되고 있다.

우리나라 정부에서는 관계부처 합동으로 국토·자원관리, 재해재난 대응을 위해 「우주개발 중장기 계획」에 따라 공공분야 관측수요 적시 대응 및 관측주기 단축을 위한 차세대중형위성 개발 사업을 추진 중에 있다(MSIT, 2016). 이에 따라, 본 연구에서는 차세대중형위성 개발 사업 일환으로 ‘365일 주야 및 기상조건에 상관없이 홍수 및 가뭄 등 수자원·수재해 감시에 필요한 광역적인 국토 및 수자원관련 인자를 관측하고 산출할 수 있는 수자원·수재해 위성 개발 및 운영’을 목표로 수자원·수재해 중형위성 개발 방안을 제시하였다.

물 관련 위성 기술개발 동향 및 기술수준조사

1. 물 관련 위성기술 개발 동향

미국, 러시아, 중국, 유럽, 일본 등 선진국은 저궤도 발사체 자력 발사 능력을 보유하고 있으며, 위성 시장에서 경쟁적 투자 확대를 확대해 나가고 있다. 지난 5년간('08~'12) 세계 우주경제 활동 규모가 37% 성장하여 3,043억 불을 달성하는 등 가파른 성장 추세를 나타내고

TABLE 1. Status of the water-related satellite

Part	Sensor	Nation	Launch	Application areas
Flood Drought	Sentinel-1A	EU	'14.04.25	Global disaster, ocean, topographic etc. change monitoring
	RADARSAT-1	Canada	'95.11.04	Global climate change monitoring, land surface change detection
	RISAT-1	India	'12.04.26	Natural disaster management, agriculture planning, flood forecasting · prevention monitoring
Rainfall	SMAP	USA, Canada	'15.01.29	Global soil moisture estimation
	Terra	USA, Canada, Japan	'99.12.18	Earth observation with USA, Canada, Japan
	GPM	USA, Japan	'14.02.28	Global climate change monitoring, water cycle change monitoring
Groud water	GRACE	USA, Germany	'02.03.17	High-precision gravity estimation for gravity field modeling
Soil moisture	AQUA	USA	'02.05.04	Earth environment change study of water cycle and air, ocean, land surface etc.
	SMOS	EU	'09.11.02	Soil moisture analysis, ocean salt distribution monitoring
Snow	Landsat-8	USA	'13.02.11	Global observation using multi spectral image and infrared image

있다(MSIT, 2014). 선진국에서는 위성을 토대로 수문현상에 대한 정보를 습득하고 위성영상 자료와 모델링을 직접 연계하여 수자원 관리에 활용하고 있으며, 위성기술을 토대로 전지구적 관측자료를 습득하고 수자원 환경 및 기상연구, 재난 대응 등을 위하여 고정밀 영상정보 등을 제공하고 있다. 또한, 정지궤도와 저궤도 기상위성을 동시에 상호 보완적으로 운영하여 예보 적중률 향상과 기후변화 감지능력 강화를 위해 수자원·수재해 위성을 개발하여 운영 중에 있다.

현재 51개국이 약 1,000기의 인공위성을 궤도 상에서 운영 중이며, 우리나라를 포함한 11개국이 우주발사 능력을 보유하고 있다(MSIT, 2013). 위성기반 관측·통신·항법은 현대사회를 유지하는 주요 인프라로서 기후변화 관측, 미래 에너지 및 자원 확보, 재해·재난 대응 등에 필수적인 요소로 이수, 치수, 생태환경 등 물관리 분야에 있어 광역적 범위의 실시간 정보를 주기적으로 제공 가능한 솔루션으로써 지속적인 연구 개발이 추진될 것으로 예상된다(KAIA, 2013).

2. 수자원/수재해 위성 활용 현황

국내의 위성 정보 기반 물관련 분야 활용 현황을 살펴보면, 기상청의 경우 천리안 위성에서 강수관측이 이루어지고 있으나 천리안 위성에 탑재된 적외선 센서의 관측 한계로 인해 관측정확도가 매우 낮아 위험기상감시 및 초단기 예측

자료로 활용하고, AWS는 남한 강수자료 축적과 레이더 강수 등의 편차보정 등에 활용 중에 있다(KMITI, 2013).

한국항공우주연구원은 다목적실용위성 2호와 3호를 이용하여 한반도 지역을 포함한 전세계 지역에 대한 위성정보를 촬영 중이며, 2013년 8월 발사한 다목적실용위성 5호의 경우 X밴드 SAR (Synthetic Aperture Radar) 영상을 이용하여 구름에 영향을 받지 않고 수자원 및 홍수지역에 대한 감시가 가능하지만 물관련 기관에서 활용하기 위한 시스템 구축이 미비한 실정이다(국토지리정보원, 2014). 해양위성센터에서 운용중인 GOCI 위성의 경우 한반도 지역에 대한 식생지수 산출을 통한 가뭄모니터링 분야에 활용이 가능하나 이를 위한 검보정 기술 개발이 개발 중에 있다(KMITI, 2013).

국외 위성 선진국의 경우, 위성자료를 활용한 수재해 대응 기술 개발은 자료동화기술을 적용하여 수문현상에 대한 지식과 모형 기술 및 관측자료의 최적연계를 가능하도록 진행 중에 있으며, 미국, 일본, EU를 비롯한 관련기술 선진국에서는 지상관측망과 원격관측망을 이용한 기상-수문현상의 이해가 개선되면서 수문관련 연구가 활발히 추진 중에 있다. 미국 항공우주국(NASA)은 토양수분 측정 위성(SMAP, Soil Moisture Active-Passive)을 2015년 발사하여 MSFC 알고리즘을 이용해 물의 표면 광도와 유량 모델에 대한 정확한 정보를 확보하고 토양

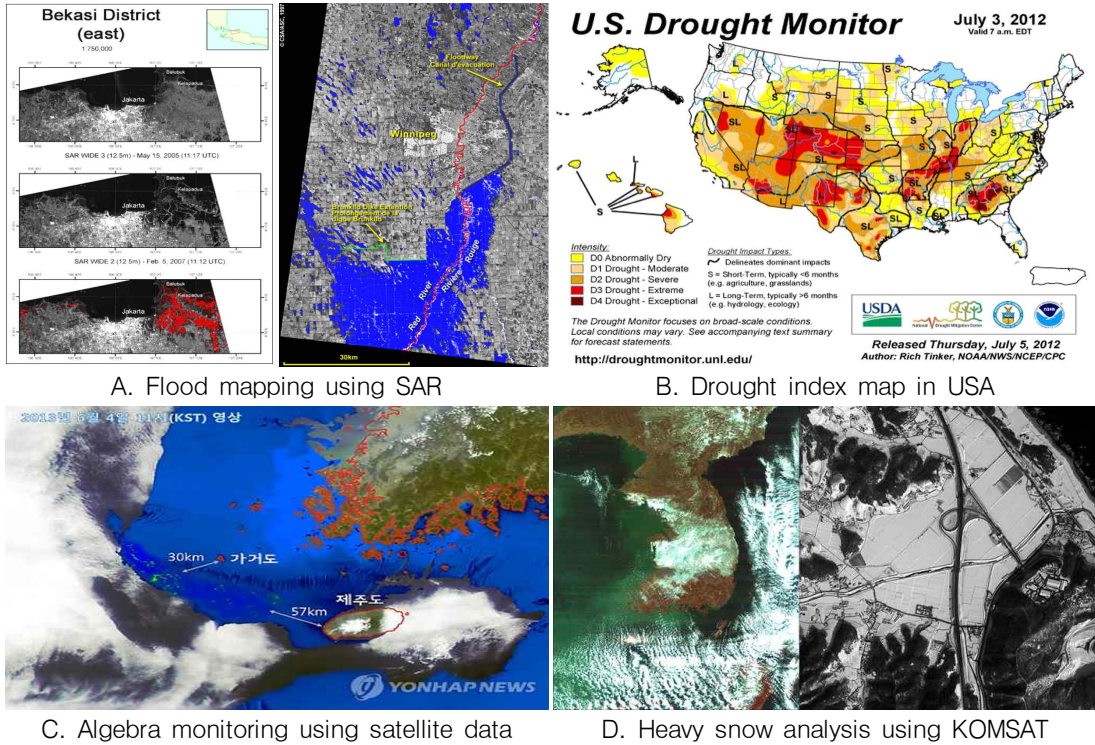


FIGURE 1. Water-related disaster monitoring case base on satellite

수분 흡수량을 통해 수량을 예측하는데 위성을 사용하고 있으며, 기상예측, 홍수와 가뭄예측 개선, 농업생산성 및 기후변화 예측에 활용하고 있다. 또한 홍수 관측의 경우, 보다 정확하게 측정하기 위해 위성 기술, 레이더 기술, 위성자료 처리 기술, 알고리즘 연구가 이루어지고 있으며, 다중위성(GPM, DMSP, AQUA, NOAA, 정지궤도위성)을 이용하여 강수량(TMPA)을 산출하여 보다 정확도를 높이기 위한 연구를 수행 중이다. 향후 NASA에서는 프랑스 우주기관과 함께 SWOT (Surface Water & Ocean Topography) 위성을 2020년 발사할 예정이며, 이 위성을 통해 강, 저수지, 호수, 습지의 수위 감시에 활용하도록 추진하고 있다(KAIA, 2016).

일본의 경우 TRMM, GPM 위성 등을 통해 관측한 강우관측 자료와 MODIS, AMSR-E 등을 통해 관측한 육상관측 자료를 통합해 분석하여 제공하고 있다. 일본 우주항공연구개발기구

(JAXA)는 우주기술을 활용한 재난관리시스템 구축을 제안하면서 설립된 Sentinel Asia (아시아-태평양 지역의 재난관리를 위해 설립된 국제기구)에서 웹사이트를 통해 모니터링 자료를 서비스하고 있다. 또한, JAXA는 NASA와 공동으로 TRMM 위성 개발과 운영에 참여하여 GPM 위성에 듀얼 강우레이더 개발 및 알고리즘 공동연구에 힘쓰고 있으며, 임무를 다한 AQUA 위성을 대체하기 위해 GCOM-W1 위성을 발사하였다(KAIA, 2016).

유럽에서는 홍수관리를 위하여 JRC (Joint Research Center)에서는 AMSR-E 위성영상을 이용하여 전 세계 홍수 모니터링 시스템을 구축하였으며, 이를 통해 홍수발생 여부를 알려 주고 있다. 농업에 특화된 독일의 RapidEye는 2주 만에 한반도 전역 촬영이 가능하며, 주사폭이 70km인 5대의 위성으로 구성되어 있으며, 대륙규모의 수자원 관리에도 적합한 위성영상을

제공하고 있다(공간해상도: 5m, 분광정보:Blud, Green, Red, Rededge, NIR) (KAIA, 2016).

3. 기술수요 및 수준 조사

수자원 및 위성활용 전문가를 중심으로 기술 Needs 조사 분석을 통하여 수자원/수재해 위성의 세부 활용 분야를 도출하였으며, 또한, 홍수/가뭄 등 수재해 관측 및 감시를 위한 영상레이다 탑재체 산출 인자 시뮬레이션 및 알고리즘 개발 방안을 도출하였다. 기술 수요조사는 기술 분류체계 검토 및 제시, 기술 수요 제안, 기술개발 목표 설정, 분야별 활용방안 등에 관한 사항으로 환경부, 항공우주연구원, 국립재난안전연구원, 해양연구원, K-water 등 관련 분야 전문가 등 30명을 대상으로 하였다.

전문자 의견 수렴 결과, 지상국 설립 및 운영 기술, 처리알고리즘 및 검증기술, 활용 및 서비스 기술 4개 분야 68건이 조사되었으며, 수자원·수재해 위성 개발 및 운영에 필요한 기술분야 분류 및 중점 추진과제 도출이 수행되었다. 수자원 위성 시스템의 주요 활용분야는 홍수, 가뭄, 수문순환, 기후변화, 유출분석, 지형, 환경/생태, 북한 수자원, 해외사업 등으로 분류되었으며, 각 분야별 기술수요 및 상세 활용에 관한 사항은 다음과 같다. 먼저 홍수관리 분야에서는 구름예측, 토양수분, 홍수범람, 침수현황, 침수면적, 피해규모에 대한 정보가 필요하며, 가뭄관리 분야에서는 가뭄의 시공간적 변화, 토양수분함량(발작물, 논 등), 하천/저수량/지하수 관측 등에 대한 정보가 요구된다. 또한, 기후변화 대응 분야에서는 강우/구름, GPM/TRMM, 공간분포, 기후변화, 변동특성, 강수관측, SNOWFALL, 온도/CO2 예측자료 등의 정보와 수문순환 분야에서는 실시간 침수현황, GPM/TRMM, 하천/저수량/지하수 관측, 공간분포, 변화/변동, 폭설, GRACE, 수문모델 등의 정보가 요구되고 있다. 북한 수자원 분야에서는 실시간 홍수현황, 하천/저수량/지하수 관측, 2차피해, 저수위 관측, 유역단위 유량변동, 침수, 저수위 관측, DEM, 수문모델 등의 정보가 필요하며, 해외사업 분야에

서는 공간분포, SNOWFALL, 고해상 정보, 저수위 관측, DEM 등의 정보가 필요한 것으로 나타났다. 또한 수자원 관리를 위한 위성의 기능적 필요사항을 공간해상도, 시간해상도, 정보신뢰도로 구분하여 요구사항을 제시하였다. 세부적으로는 공간해상도 최대 10m(홍수 10m, 가뭄 30m 목표로 지형적 특성 고려) 이하로 하고, 시간해상도는 2회/일(수재해 실시간 광역 모니터링 고려), 정보신뢰도는 자체개발 검보정을 통한 70%에서 90% 이상 향상 가능하도록 요구사항을 제시하였다.

이를 위한 탑재체 방식으로 광학(Optical), 영상레이더(SAR), 초분광기(HyperSpectral) 등을 고려할 수 있다. 광학 탑재체는 우수한 해상도 및 색상을 제공하며 디지털 자료획득 및 DB 구축이 용이하고, 장시간 보관/처리가 가능한데 비해 주간만 사용이 가능하고, 고난위도 기술이 필요하다는 단점이 있다. 영상레이더는 주야간 전천후 사용이 가능하고 장거리 광범위 지역 정찰, 이동 표적식별, 데이터처리가 용이하나 전파 방해에 취약하고, 고출력/고가이며 전문 판독 시스템이 필요하다는 단점이 있다. 초분광기는 수십~수백개의 가시광선/적외선 대역의 스펙트럼 활용이 가능하나 높은 개발비용이 소요되며, 고난이도 기술력이 필요하다는 단점이 있다.

탑재체별 구성 요소기술을 설정하고 요소기술별 주요 이슈 해결관점의 기술수요를 조사하였다. 핵심관측인자 관측을 위한 수자원 위성시스템 관련 도출된 기술수요 내용은 수자원 위성 탑재체 사양을 검토를 통해 핵심관측인자별 관측 가능한 탑재체를 분류하고, 탑재체별 요소기술 및 세부사양을 조사하였다. 세부사양 도달을 위한 핵심이슈를 확인하고 이를 해결하기 위한 기술수요를 도출하였으며, 위성탑재체라는 특성을 고려하여 수자원·수재해 위성 전문가로 한정하고, 핵심이슈에 대한 해결방향을 제시할 수 있는 방법론을 제시하였다.

탑재체별 요소기술을 대상으로 기술수준을 분석하였으며, 본 연구에서는 최고기술국, 국내 기술수준, 기술격차, TRL 단계, 인프라 성숙도, 중요도 등 조사항목을 설정하였고, 조사 결과는

TABLE 2. Status of core technology by payload type

Payload type	Core Tech.	TRL	Development Goal	Level of Difficulty
Optical	Reflector	6	Local manufacturing	Middle
	Optical structure	7	Local manufacturing	Low
	Detector	3	overseas purchase	Low
	Focal plane electronic unit	5	Local manufacturing	High
	Control unit	5	Local manufacturing	Middle
	Power device	5	Local manufacturing	High
	Image processing device	6	Local manufacturing	Middle
	X-band transmitter	3	overseas purchase	High
	X-band antenna	5	Local manufacturing	Middle
	Synthetic Aperture Radar (SAR)	Generator	3	Domestic leading
Amplifier		4	Domestic leading	Middle
Deployment mechanism		5	Domestic leading	Middle
Radiator		3	Local manufacturing	High
Receiver		3	Domestic leading	Middle
Processor		4	Domestic leading	Middle
Controller		4	Domestic leading	Middle
Image data storage		6	Local manufacturing	Middle
Data transmission transmitter		6	Local manufacturing	High
Data transmission antenna		3	Domestic leading	High
Hyperspectral	Telescope	6	Local manufacturing	Middle
	Spectrometer	4	Local manufacturing	Middle
	Detector	3	overseas purchase	Low
	Optical structure	8	Local manufacturing	Low
	Thermal control unit	8	Local manufacturing	Low
	Camera control	4	Local manufacturing	Middle
	Camera power	6	Local manufacturing	High
	Image data storage	6	Local manufacturing	Middle
	Data transmission transmitter	6	Local manufacturing	High
	Antenna	5	Local manufacturing	High

표 2와 같다(Lee *et al.*, 2015). 또한, 수재해 특성 및 활용 목적 달성에 필요한 수자원 관리 및 재난재해 관리 임무를 고려하고, 독자적인 기술 개발 가능성 등을 고려하여 영상레이더 탑재체를 채택하는 것으로 전문가 의견 제시 및 수렴하였다.

수자원·수재해 위성 탑재체 개발 방향

1. 수자원·수재해 위성 개발 타당성

위성 개발의 시급성 측면에서 살펴보면, 국민 생활 중심의 신뢰도 높은 물 관련 재해 예보 실현하고 물로부터 국민적 불안감 해소를 위한 공

간 홍수/가뭄예보 기술 확보는 국가적으로 시급한 실정이다. 홍수예보는 홍수주의보(홍수량 50%)·경보(홍수량 70%)의 2단계로 구분하여 제공하나, 연평균 홍수피해는 41.5회, 기상청 호우주의보·경보는 66.1회('02~'11)이지만, 홍수주의보·경보 발령은 연평균 4.5회에 불과하다(KAIA, 2013). 최근 홍수피해의 85%이상은 유역/도시에서 발생하며, 이에 대응하기 위한 공간 홍수예보 기술 확보 및 신뢰도 개선은 필수적으로 예보기술 핵심은 위성자료로 신뢰도의 80% 이상 기여하게 된다(NDMI, 2012). 또한, 긴급대응이 필요한 재해재난의 특성상 가용한 국내 위성의 부족으로 그간 초동대응 실패로 인해 피해와 혼란이 가중될 뿐만 아니라, 현재 국내 지

구관측위성인 아리랑위성 2호, 3호, 3A호, 5호 등은 국방, 재난, 국토 등 공공부문의 모든 부문을 충족하기에는 부족한 실정이다.

또한, 제도적인 타당성을 살펴보면, 수자원·수재해위성은 수자원 장기종합계획('16) 및 수자원/수재해 전용 위성 탑재체 개발 기획 연구('16) 등을 통해 중장기 운영계획 및 수요 제기로 근거가 마련되어 있으며, 위성의 지속적 개발 및 운영 관련 3기 위성에 대한 마스터플랜이 수립 및 제시(1기 C밴드 영상레이더, 2기 L밴드 영상레이더, 3기 영상고도계)되어 있다(KAIA, 2016). 재난·재해 분야의 경우 “풍수해 대응을 위한 방재위성 센서개발 기획연구(NDMI, 2015)” 등을 통해 중장기 운영계획을 수립하였으며, 제2차 해양수산발전 기본계획 및 해양과학기술로드맵 2020, 문재인 정부 국정과제 등 국가 해양 중점 정책에 해양영토관리 및 안전에 대한 수요 제기하여 사업추진의 타당성을 제시하였다(OPM, 2017).

마지막으로 기술적 타당성으로는 SAR는 전자광학카메라와는 달리, 비, 구름, 연기, 안개 등 기상조건이나 주야간, 역광 등 일조량에 관계없

이 광범위한 지역의 영상획득 가능하며, C 밴드 영상레이더 신호는 식물에 대한 투과력은 L 밴드 보다는 떨어지나, 우리나라 처럼 초목의 잎이 크지 않은 경우에, 토양수분관측 및 홍수 감시 등 분야에서 유용한 것으로 알려져 있다(그림 2). 영상레이더 탑재체로 적용 가능한 주파수 대역은 X, C, L 밴드가 있으며, 수자원/수재해 감시에 활용 가능성을 중심으로 기술 특성 및 주파수 대역의 장단점을 비교·분석하였다. 수자원/수재해 감시 위성에 적합한 탑재체 주파수 대역 결정은 차세대중형위성 프로그램에 맞게 적합한 구성 요소를 갖추어야 하며, 무엇보다 차세대중형 표준플랫폼인 CAS-500에 탑재가 가능하여야 한다(MSIT, 2016). 국내의 기술수준 및 개발 경험 등을 고려할 경우 수자원/수재해 감시 위성 탑재체로 적합한 주파수 대역은 X, C 밴드로 구분되며, 수자원분야 관측인자(주관측항목 : 토양수분)를 고려할 경우 C 밴드 적용이 가장 적합한 것으로 판단하였다.

C 밴드 영상레이더 위성의 해외 유사 운영 사례로는 Radarsat-2(캐나다, 5.3GHz), Sentinel-1(유럽, 5.4GHz), Risat-1(인도,

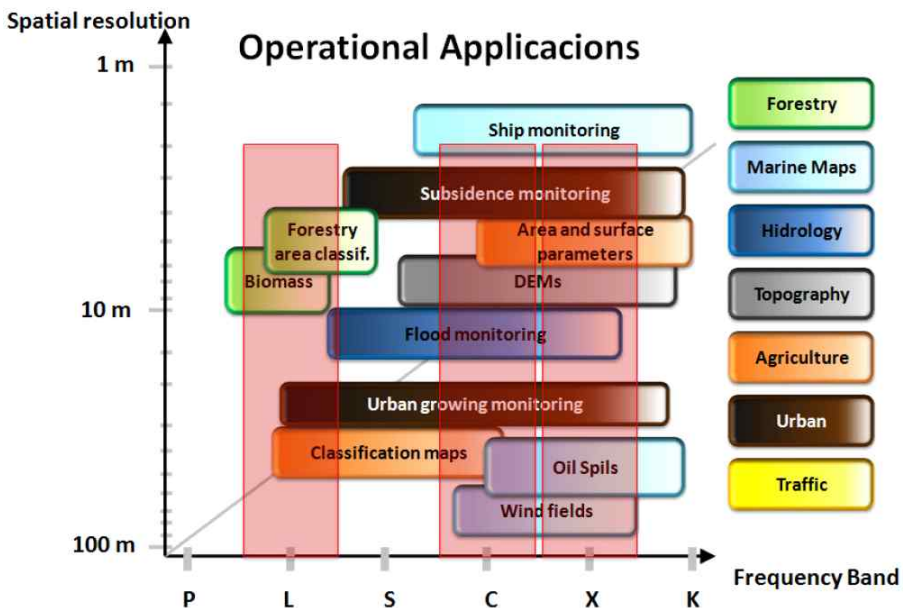


FIGURE 2. Radar application fields and relationship between resolution and frequency (Source: KARI, 2013)

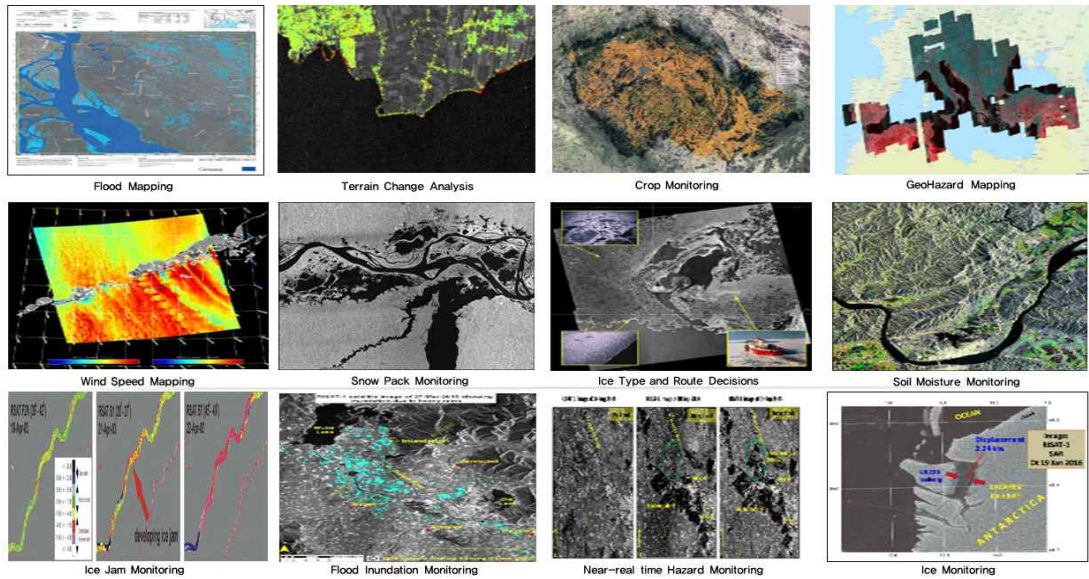


FIGURE 3. C band SAR's application sectors

5.35GHz) 등이 있으며, 홍수구역 추출, 작물재배현황 모니터링, 토양특성 평가, 빙산 모니터링 등 다양한 재해 모니터링 분야에 분석 및 활용 중에 있다. 그림 3에서 나타나는 바와 같이 C 밴드 영상레이더 자료는 지표면의 홍수구역, 지형변화, 토양수분, 농작물 모니터링, 재난재해 감시 등에 필요한 레이더 반사도를 이용한 정량적 평가 및 주제도 제작에 관한 사례연구가 다수 수행되었으며, 중형급 C 밴드 영상레이더는 개발시 광역의 물 관련 재해 모니터링에 효과적으로 활용 가능한 것으로 사료된다.

2. 수자원·수재해 위성 개발 추진 전략

수자원·수재해 전용 위성은 주야 및 기상조건에 상관없이 홍수 및 가뭄 등 수자원·수재해 감시에 필요한 광역적인 국토 및 수자원관련 인자를 관측하고 산출할 수 있는 센서가 탑재된 위성으로 정의할 수 있다. 수자원·수재해 위성은 수문인자별 관측 가능한 탑재체를 특화 개발 및 운영을 통하여 기후변화 관측, 홍수와 가뭄 감시 등 수자원과 수재해 대응에 활용이 가능하여야 한다.

수자원·수재해 감시를 위한 위성의 기능적 필요사항으로는 크게 공간해상도는 10m 이상(하천폭, 지형변화 등 고려), 시간해상도는 2회/일(수재해 실시간 광역 모니터링 고려), 분광해상도는 주야, 악천후 등 투과 가능 센서(홍수, 가뭄, 지표면 특성 등 관측) 등이 요구된다. 이러한 수재해 특성을 고려하고 물 관리 분야에 활용하기 위한 수자원·수재해 전용 위성 탑재체 선정은 관련부처 및 전문가 등의 의견을 수렴과정을 거쳐 영상레이더 위성 탑재체로 선정하였다. 이를 통해 선진국 수준의 관측인프라 및 원천기술을 확보하고 물산업 선도를 위한 수자원·수재해 전용 위성 탑재체 개발을 위한 국제협력 체계를 구축하고 성공적인 사업 추진을 위한 기획연구 방향을 설정하였다.

수자원·수재해 위성은 수재해, 재난, 해양, 농림, 물산업 해외진출 등 다양한 분야에 활용 가능한 탑재체를 기획하였으며, 영상레이더 탑재체 개발에 참여하는 부처는 환경부, 행안부, 해수부, 농진청 등 다양한 부처가 참여하는 협력사업으로 추진되며 이에 따른 위성의 주요 업무분야별 활용 및 개선 방안을 표 3과 같이 제시하였다.

TABLE 3. Utilization of water-related satellite and improvement plan

Sector	As-is	To-be
Flood	<ul style="list-style-type: none"> • Flood warning using the water level of the large river * Absence of watershed/tributary damage observation system (Approximately 80% of the total flood damage occurred, annual damage amount 130 billion) • Limit of flood damage investigation and compensation * Length: 3 months, Method: manpower (trail, interview) • No observations in bad weather and day and night * Use of optical satellites and damage to the Korean peninsula is not possible 	<ul style="list-style-type: none"> • Construction of local/regional flood monitoring and forecasting system – (Target) 20% reduction of damage ※ Economy can be secured for 3 years operation • Systematization of flood damage investigation system – (Target) Time: 2 days, method: automatic • Produced the entire damage area on the Korean Peninsula – (Target) 1/day production, 100% surveillance regardless of day/night weather
Drought	<ul style="list-style-type: none"> • Drought warning based on point observation data * No nationwide drought monitoring available (Annual average damage of 75 billion) • Limit of drought damage investigation and observation * Monitoring of large dam and small and medium reservoir * No damage assessment after end of drought • Missing unification of national drought index calculation * Production of drought map based on point interpolation (once / month) 	<ul style="list-style-type: none"> • Establishment of a drought forecasting system for each local government and watershed – (Target) 90% improvement of drought evaluation reliability, 20% reduction of damage • Establishment of national drought investigation system – (Target) Unit: grid unit estimation, duration: 3 days, method: automatic ※ Observations before, during, and after damages • Produced the entire damage area on the Korean Peninsula – (Target) 1/3 day production, joint use of government departments and local governments
Water security	<ul style="list-style-type: none"> • Variation observation of water resources in whole and bordering regions of North Korea * No monitoring upstream of Imjin River * Repeated occurrence of life, property, social loss • Inadequate water resource design and cooperation project for unification 	<ul style="list-style-type: none"> • Establishment of smart water security monitoring system – (Target) Securing national water security and protection of national property and life • Finding Future Projects by Building Facilities and Quantity Analysis System for Water Resources in North Korea – (Target) Ensure independence of national water information
Overseas business	<ul style="list-style-type: none"> • Difficulty in obtaining hydrological factors and information of the ungauged watershed * Difficulty in finding and designing own business • Decreased reliability of hydrograph analysis results * No objective business feasibility evaluation due to unrecognized data reliability evaluation and data source 	<ul style="list-style-type: none"> • Establishment of independent production and information hub of hydrological factors – (Target) Securing data independence of 95%, supporting private enterprise information (more than 150 cases per year) and improving technology competitiveness by 85% • Build a global hydrological data reliability assessment framework – (Target) Improve data reliability by 97%, standardize and build 100% of metadata
Disaster	<ul style="list-style-type: none"> • Inadequate global response system for ground displacement and landslide monitoring • Delayed detection of national disaster such as oil spill and spread, heavy snow damage 	<ul style="list-style-type: none"> • Establishment of evaluation and surveillance system for vulnerable areas – (Target) 80% improvement in analysis of vulnerable zones • Establish national smart disaster detection system and prevent damage spread – (Target) Increased damage response latency by 70%

3. 원천기술 확보 방안

수자원·수재해 위성 개발을 위해 구성요소별 환경 분석에서 도출된 위성임무와 운용개념에 따라 국내외 사례를 기반으로 원천기술 확보 방

안을 제시하였다. 이를 위해, 수자원 모니터링 및 관리에 최적화된 국내 수자원·수재해 위성 탑재체 개발을 위한 운용모드/해상도/관측범위 등이 고려된 원천기술 확보방안 제시하고, 구성

품별 국산화를 위한 국산화 개발 가능성 분석하였다. 세부적으로는 RF 송수신 장치, 제어장치, 지상시험장비, 조립 및 시험 항목 등을 중심으로 국산화 개발 가능성을 분석하고, 국산화 개발이 어려운 구성품 및 개발사항을 중심으로 해외 협력 방안을 제시하였다. 또한, 국산화 개발 부문 및 해외 협력 대상 부문 간 안정적 인터페이스 구축 방안을 제시하여 한국형 수자원·수재해 위성 개발 방안을 마련하였으며, 위성 개발을 위한 개발 주체별 역할 정의, 주관기관, 국내 개발 업체, 국내 대학 및 연구기관, 해외 업체 등을 대상으로 개발 주체별 역할 정의와 정의된 역할에 따른 주요 업무 및 요소기술별 기술 확보 전략을 마련하였다. 원천기술 확보를 위해 다목적실용위성 5호, 6호 개발 및 유사 선행 연구 등을 통해서 확보되는 기술, 시설 및 인력을 최대한 활용하여 수자원·수재해위성 1호기를 국내 독자 개발하고, 수자원·수재해위성 탑재체 비행모델(FM) 기술 개발과 병행하여 관측 자료 활용을 위한 영상처리, 궤도검증 등 원천기술 개발을 병행하기 위한 전략을 제시하였다.

수자원·수재해 위성 운용 성능 검증 및 연계 운영 가능성 분석을 위해 기존 운영 중인 위성

을 활용 목적별 강우(GPM, GCOM-W, COMS 등), 수위(SWOT, Sentinel 등), 식생(MODIS, SMAP 등), 지형(KOMSAT-5, RADARSAT 등) 등으로 구분하여 역할을 정의하고, 수자원·수재해위성은 지표 수분 중심 관측으로 홍수 및 가뭄 상황 감시하고 기존위성과 상호 연계 운영을 통한 부족인자 보완하여 연계 운영 방안으로 설정하였다. 이를 통해 공간, 분광, 시간해상도 등 한계를 극복하기 위한 미관측 시점 영상확보, 관측해상도 개선, 관측자료 시각화, 국제협력 등을 위한 타위성과 군집 운영 방안 설정하여 재해 대응에 필요한 한반도 1시간 내의 관측 자료 확보 방안 구축을 위한 기본 전략을 제시하였다(그림 4).

탑재체 규격 선정 및 검증 방안

1. 임무 정의 및 개발 규격

수자원·수재해 전용 위성 탑재체 개발 목표 달성을 위해 명확한 임무를 정의하고 목표 달성에 적합한 개발 규격을 결정하였다. 수자원·수재해 위성 탑재체의 운용 개념 정립은 관측 운용모드를 정의하기 위해 궤도 진행방향에 따른

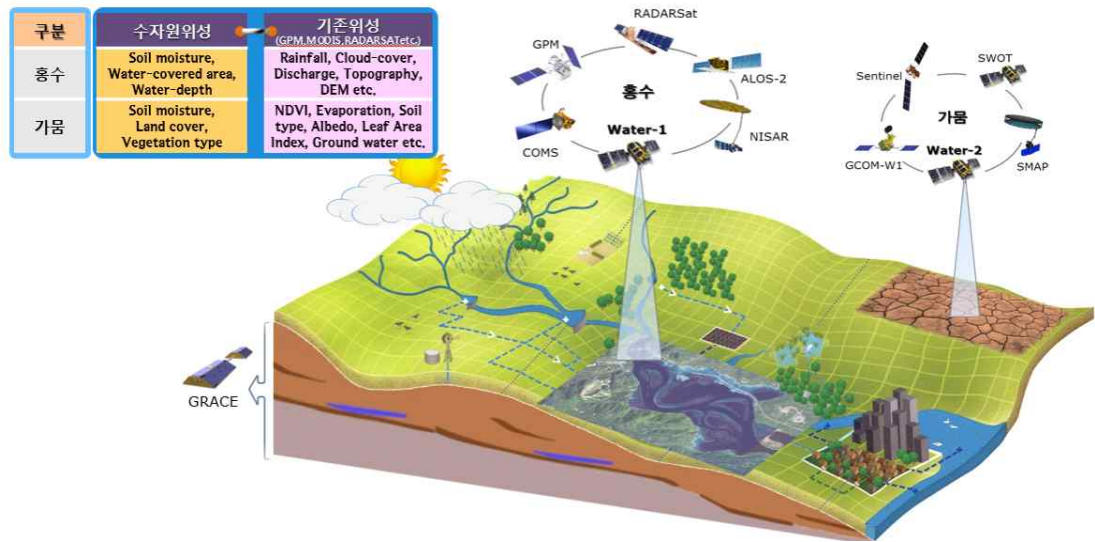


FIGURE 4. Linkage between water-related satellite and existing satellites

관측각과 관측폭을 이용하여 관측정확도에 따른 관측 운용모드를 분석하여 유사 활용위성의 궤도주기를 분석하고 관측각을 이용한 재촬영 주기를 제시하였다. 또한 획득된 영상을 저장하고 지상으로 전송하는 운용개념을 저장모드, 전송모드, 저장-전송모드, 실시간 저장-전송모드로 분류하였다.

수자원·수재해 위성의 주요 임무는 주야 및 기상조건에 상관없이 홍수 및 가뭄 등 수자원·수재해 감시를 정의하였으며, 위성 개발의 핵심 목표는 ① 시스템/본체 : 500kg급 중형위성 플랫폼을 활용하여 국내 독자개발 ② 해외 기술수출 및 산업화 육성 도모 ③ 중저가 위성 개발을 통한 우주산업 경쟁력 확보 ④ 다양한 공공 수요 충족 및 효율적 운영 기반 마련 등으로 기술 개발 방향을 설정하였다.

또한, 지상 분해능 10m급 전천후주야간 감시 가능한 위성용 영상레이더 핵심기술 개발과 500kg급 차세대중형위성에 플랫폼을 활용하여 토양수분 관측 등 국가 수자원 관리와 재난·재해의 전천후 감시 지원 체계 구축 방안을 제시하였다. 이를 위해, 영상레이더 C밴드 SAR 탑재체 기술 개발을 목표로 국산화 고유모델로 해상도 10m급(고도 505km 및 관측폭 120km 기준)으로 하여 개발규격(국산화율 $\geq 82\%$)을 표 4와 같이 제시 하였다.

2. 탑재체 개발 방안

수자원·수재해 탑재체 임무는 국가 수자원 관리 및 재난재해의 전천후 감시를 지원하는 것으로, 이를 위해 상세 구성요소에 대해 탑재체 개발 목표 규격을 결정하였다. 세부개발 목표로는 주파수 5.4GHz, 고도 505Km, 해상도 10m급, 관측폭 $\geq 120\text{km}$, 편파 Quad Pol., DC 소비전력 1Kw급, Pulse Duty 20%, NESZ $\leq -20\text{dB}$, PSLR $\leq -13\text{dB}$, ISLR $\leq -10\text{dB}$, 무게 $\leq 150\text{Kg}$ 등으로 제시하였다.

또한, 중형 위성 개발 목표 달성을 위해 탑재체 형상에 관해 2가지 안을 제시하였으며, 향후 상세 개발사업 착수시 기술개발 동향 및 가능성 등을 중점 검토하여 탑재체 형상에 관해 확정이 필요한 것으로 사료된다. 탑재체 형상은 크기 : $4.45 \times 4.70 \times 3.4\text{ (m)}$ (A), $4.45 \times 3.5 \times 3.0\text{ (m)}$ (B)으로 구분하여 그림 5와 같이 제시하였다.

C밴드 영상레이더 탑재체 개발을 위한 주요 접근법 방법으로는 영상레이더 안테나 형상 및 패턴 결정을 위해 안테나는 차세대중형위성에 장착성을 고려하여 설계를 확정하고, 위성 탑재체 운영개념을 표준영상모드, 광역영상모드, 고해상도 모드로 구분하여 수자원관리에 필요한 운영 방식을 결정 가능하도록 방향을 제시하였다.

그림 7은 C밴드 영상레이더 안테나 형상 및 패턴을 나타내고 있으며, 모사입력 파라미터 조

TABLE 4. Payload specification

Contents	Detail Specification
Payload Type	C-band SAR
Channel	5.4GHz
Swath width	$\approx 150\text{Km}$
Resolution	$\geq 10\text{m} \times 10\text{m}$
Communication	X-band transmit speed : $\geq 320\text{ Mbps}$ on-board data storage : $\geq 512\text{ Gbits}$
Payload Weight	$< 150\text{kg}$
Payload Volume	Ant. \varnothing : $\approx 3\text{m} \times 1.2\text{m}$
Power	$\approx 5.2\text{kWpk}$ (TBD, RF Power) $\approx 500\text{Wavg}$ (TBD, Op. Consumption Power)
Duty Cycle or ROI	$< 2.5\%$ (150 sec.) * transmission hour : $< 10\text{ min.}$
Height	562km
Life Cycle	$\geq 4\text{ year}$

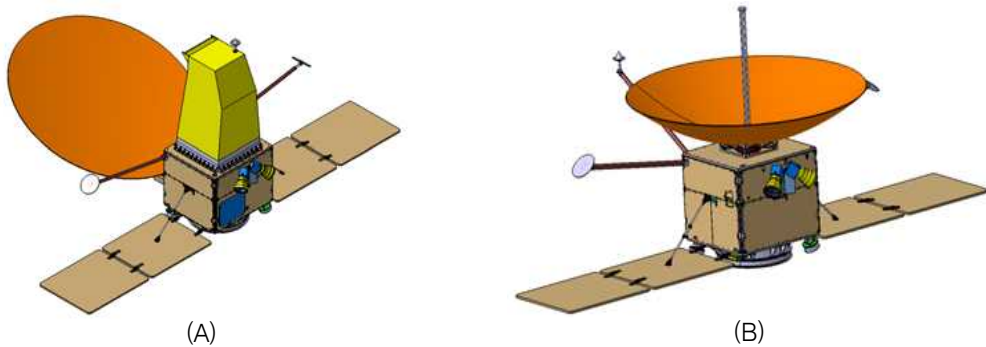


FIGURE 5. Configuration of water-related satellite

정에 따른 성능 검토 결과 그림 8과 같이 C밴드 SAR 성능 예측결과(Φ 3.0×1.2m) 수자원·수재해위성 요구 성능에 부합하는 것으로 사료된다.

C밴드 영상레이다 탑재체 주요 요소 기술인

RF 송수신기 모듈, 신호처리기 모듈, 데이터처리 모듈, 신호처리 S/W, 안테나 모듈 등에 대해 개발 방안을 제시하였다. RF 송수신기 모듈은 Chirp을 항상 일정하게 발생시키는 것이 중요한 요소이고 국내에서도 선행연구를 통해서

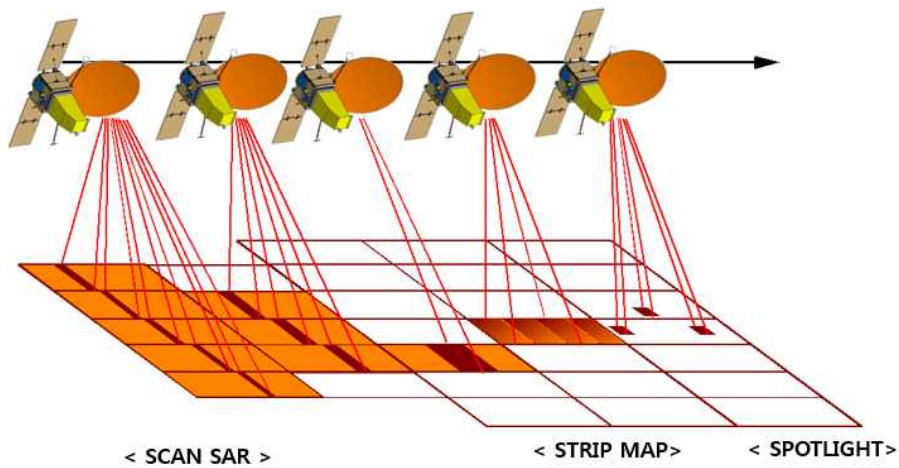


FIGURE 6. Operation scenario of water-related satellite

TABLE 5. Types of reflector-based SAR satellite operations (Source: KARI, 2013)

Mode	Concept	Remark
STRIP MAP Type - Standard Mode	Orbital movements of satellites or general scheme using antenna array structure	Observation operations according to requirements
SCAN SAR Type - Wide-area Mode	A method of changing the observation area in the range direction to widen the observation width	Operate purpose for constant water resources and water disaster observation
SPOT LIGHT Type - High-resolution Mode	Increase resolution by focusing radar pulses on specific areas	Decide the application to water-related satellite later

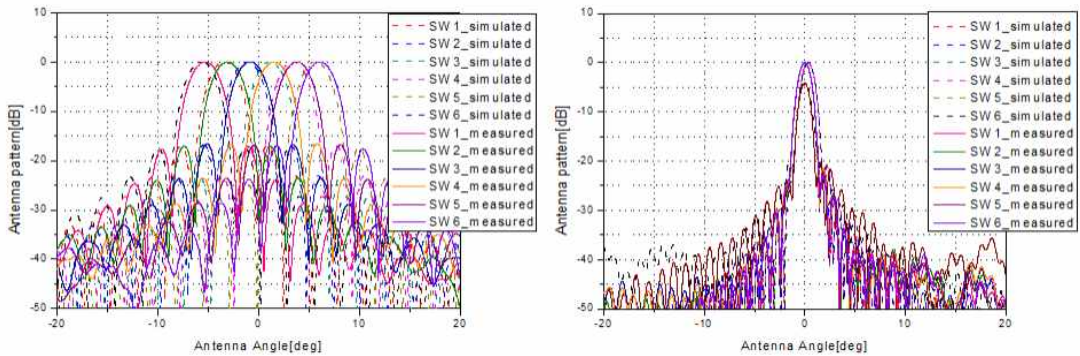


FIGURE 7. C-band antenna performance prediction and measurement result comparison (Φ 3.0 x 1.2m)

TABLE 6. Input parameters for performance prediction

Category	Parameter	Unit	Value
SAR Parameter	Satellite Mean Altitude	km	505
	Radius of Earth	km	6,378
	Gravitational Constant	m ³ /s ²	398,600
	Satellite Velocity	m/s	7,610
	Total Loss (atmospheric, rain, path)	dB	2.3
	Speed of Light	m/s	300,000,000
	System Noise Temperature	K	290
	Incidence Angle (Swath=150km)	deg	20~35
	RF Center Frequency (Transmit Bandwidth)	GHz (MHz)	5.4(15)
	Tx Output RF Peak Power	W	2,400
	Duty Cycle	%	10
	Receiver NF	dB	6

상당한 성과가 도출될 것으로 파악되고 있으며, 국내개발로 추진 가능할 것으로 사료되나 우주 환경급의 H/W 제작을 위해 일정과 비용 등의 교차분석을 통해 국내에서 제작 여부를 확정하는 것으로 하였다. 신호처리 모듈은 무선통신 산업의 발달로 인해 국내기술로 충분히 개발 가능한 것으로 판단되며, S/W는 일부 대학 등에서 SAR 관련한 설계개발기술이 축적되어 있으나 복잡도 높은 부분은 일부분 해외 자문 등을 통해 난제 해결이 가능한 것으로 사료된다. 데이터처리 모듈은 국내산업의 발전으로 인해 국내기술로 충분히 개발 가능한 것으로 판단되며, 신호처리 S/W는 정부출연연 주도로 기술 개발이 가능하나 복잡도가 높은 일부분은 국외 전문가 자문 등을 통해서 개발 가능한 것으로

판단된다. 안테나 모듈은 Phased array 안테나와 접이식확장형(우산형) 안테나, 2가지 형태로 나뉘며 phased array 안테나는 중량 및 소비 전력 증가 문제로 접이식확장형 안테나 형태 개발이 필요할 것으로 보이나 국내의 기술 수준은 미흡한 실정이며, 독일, 이스라엘 등 기술보유국으로부터 신뢰성 있는 제품의 구매 방안 검토를 통해 기술 확보가 가능할 것으로 사료된다.

위성탑재체 개발 마지막 단계인 탑재체 체계 종합을 통해 국내의 전자, 통신 산업 기반 및 그간의 위성 개발 사업 수행을 통한 체계종합 경험 등을 토대로 국내 독자 개발이 가능할 것으로 사료되며, 특히, C밴드 영상레이더 기술 검증모델(MSIT, 2016)이 2018년 완성되고 그 성과를 활용함으로써 기술개발 위험을 상당 수

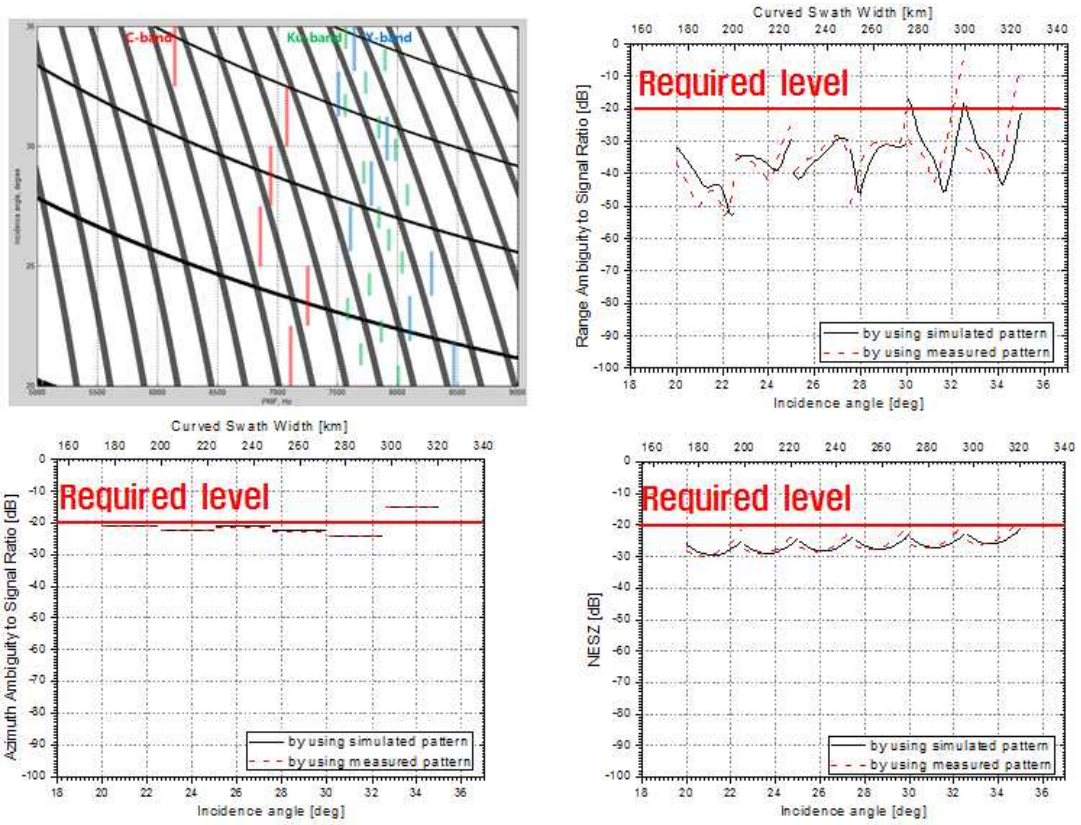


FIGURE 8. Performance prediction results (NESZ ≤20dB)

준 낮출 수 있을 것으로 사료된다.

또한, 수자원·수재해 위성에 의해 생산된 자료를 최대한 활용하기 위해 시스템이 작동하는 수명 동안 설계품질을 유지할 필요가 있다. 인공위성이 한번 발사되면, 인공위성에 접근할 수 없으므로 개별 구성요소 또는 하위 시스템을 테스트가 불가능함에 따라서 지상(on-ground) 및 비행(in-flight)에 해당하는 검보정 처리과정 및 절차를 수립하고, 수자원·수재해 위성 탑재체 목표 성능 달성 여부 및 신뢰도 등 확보를 위한 평가 및 검증 시스템 개발 방안 마련은 매우 중요한 과정이다. 이를 위해 검보정 방안을 정립하였으며 주요 보정 요소로 방사보정, 포인팅보정, 내부보정, 기하보정, 내부보정 등에 필요한 요소를 제시하고, 검정은 지상검정, 비행 중 검정, 검증 시스템 등을 통해 자체교정과 외부교

정 과정 등이 원활히 진행 될 수 있도록 검증 요소를 제시하였다. 그림 9는 모의 표적기를 이용한 검증 요소를 나타내고 있다.

3. 가용위성 궤도 분석

수자원·수재해 위성 시스템의 임무는, 지상 분해능 10m급 전천후 주야간 감시 가능한 위성용 영상레이더 핵심기술 개발로 제시된 위성시스템 임무에는 지구저궤도 운영이 적합하며, 제시된 임무 달성을 위한 가용궤도 중 하나로, 매일 동일지역 관측에 유리한 561km 고도의 태양동기궤도를 사용 가능하나, 수자원·수재해 위성의 1차 수요인, 주 관심지역에 대한 수재해 대응 및 물관리 뿐 아니라, 대북 및 해외사업의 2차 수요, 그리고 국제협력 및 위상강화라는 3차 수요를 충분히 만족시키기 위해서는 주 관심

TABLE 7. Technology development goals

Core Tech.	Level of TRL	Development Goal	Level of Difficulty
Generator	3	Domestic leading	Middle
Amplifier	4	Domestic leading	Middle
Deployment mechanism	5	Domestic leading	Middle
Radiator	3	Domestic originality	High
Receiver	3	Domestic leading	Middle
Processor	4	Domestic leading	Middle
Controller	4	Domestic leading	Middle
Image data storage	6	Domestic originality	Middle
Data transmission transmitter	6	Domestic originality	High
Data transmission antenna	3	Domestic leading	High

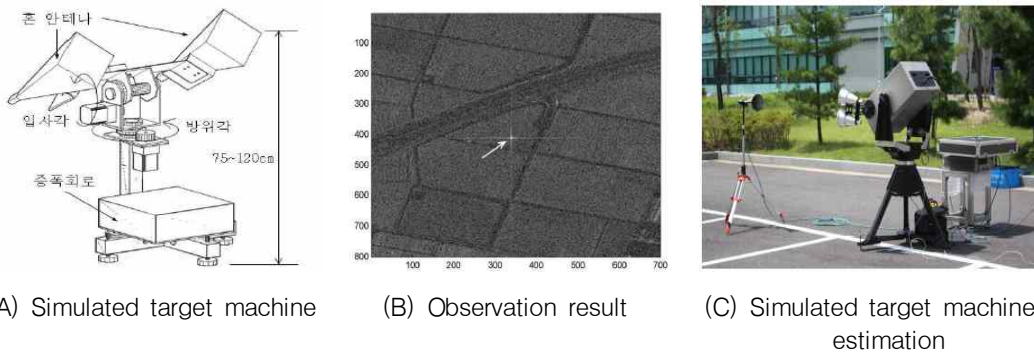


FIGURE 9. Verification method using simulated target machine

지역에 국한된 운용보다 서편현상을 이용하여 전세계를 관측할 수 있는 태양동기궤도 운용이 유리할 것으로 판단된다.

시스템 요구사항 달성을 위한 위성궤도 운영 시나리오인 타 탑재체보다 전력 소모가 많은 영상레이더 위성의 안정적인 전력수급을 위해서는 태양동기궤도중 상시 태양지향이 가능한 여명궤도가 유리하며, 태양동기궤도중 여명궤도는 위성이 적도를 통과하는 시점에서의 해당지역의 지방시가 오전 6시 또는 오후 6시로 유지되는 궤도로, 위성이 태양의 그림자 부분에 들어가는 구간이 없어 태양전지를 이용하는 위성의 전력수급에 이점이 있다. 그림 12는 상승궤적 적도 통과 시 해당지역 지방시가 11시인 궤도로써 위성이 태양의 그림자 부분에 들어가는 구간이 존재 하나 여명궤도는 항시 태양 지향이 가능하다.

위성체 기동능력 등을 이용하여 촬영가능 각

을 30도~55도 까지 확장시킬 수 있다고 가정할 때, 동일 궤도에서 1일 동안 촬영 가능한 지역에 대해 그림 12와 같이 도시하였으며, 이는 1일 2회 관심지역 촬영 요구조건을 만족하는 것으로 나타났다.

4. 지상시스템 개발 방안

수자원·수재해 전용 위성의 지상시스템은 기존 항공우주연구원 지상국 활용을 기반으로 하며, 새롭게 발사되는 수자원·수재해 전용 위성의 특성을 반영하여 기존 지상시스템을 일부 보완을 통해 재구성 및 재사용 방안을 제시하였다.

수자원·수재해 분야의 위성정보 활용 촉진을 위해 수신, 가공, 분석, 보관, 공급 시스템 등 필수 기반시설을 구축하고, 자료형식 및 처리과정의 표준체계 마련 수신시스템 구축 및 운영을

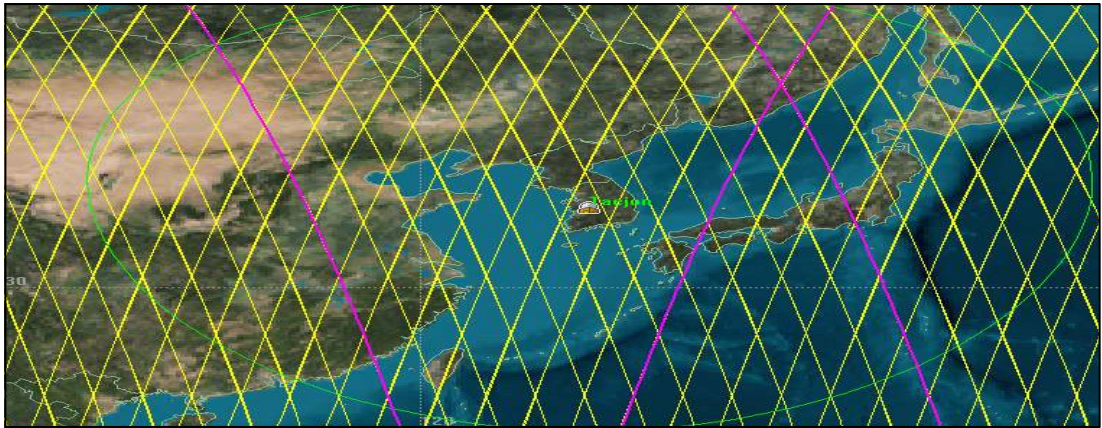


FIGURE 10. Sun synchronous orbits (SSO, 561km 505km), 11 days ground track

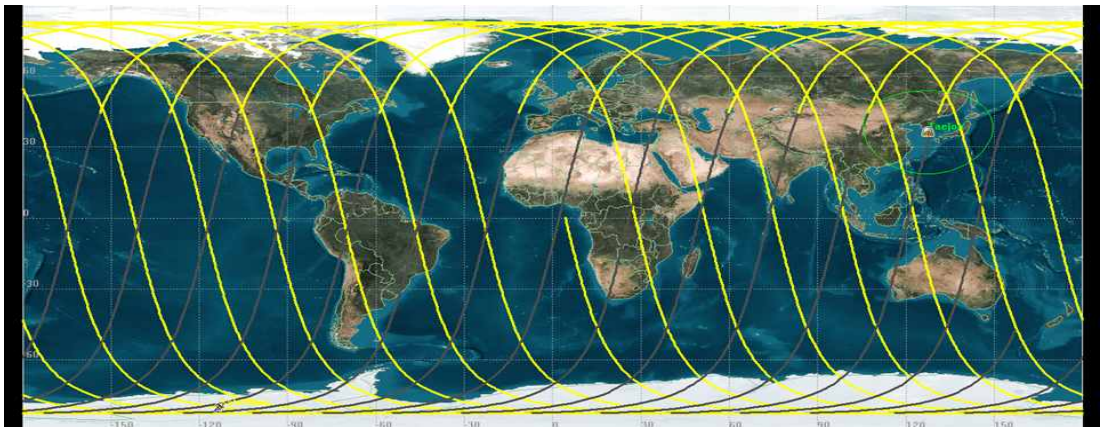


FIGURE 11. SSO ground track of elevation orbit local time 11 AM

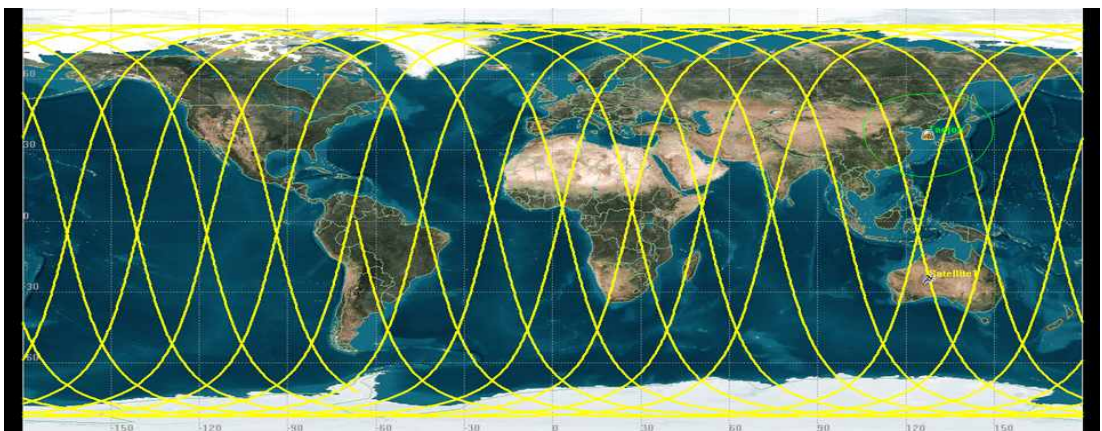


FIGURE 12. SSO ground track of elevation orbit local time 6 AM (dawn orbit)

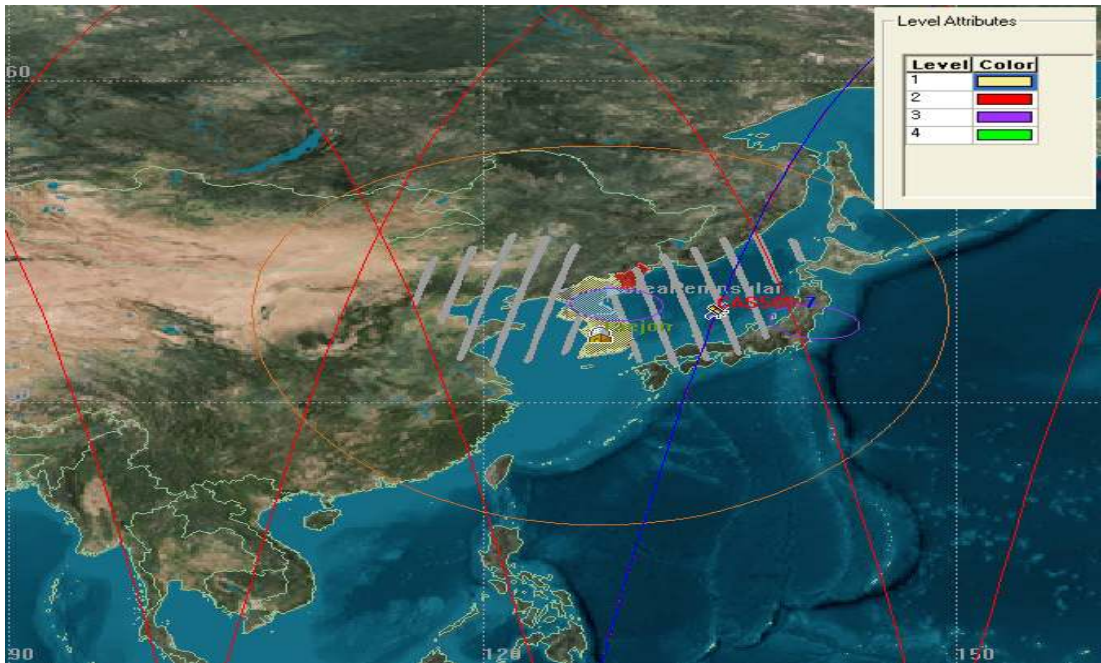


FIGURE 13. Area of image observation for 1 day (angle : $30^{\circ} \sim 55^{\circ}$)

목표로 추진하게 된다. 수자원·수재해 전용 위성을 추적하여 위성신호를 수신하고 표준 및 기본보정영상으로 변환하는 일련의 과정을 안정적으로 수행할 수 있는 시스템을 구축하여 물관련 재해 업무를 신속하게 지원하게 된다.

촬영계획 및 기본보정영상 생성 관련 기술은 기존 운영 기관인 항공우주연구원과 협력하여 개발하고 수신시스템을 자동화하여 상시적인 수자원/수재해 모니터링과 신속 현안 대응체계를 구축하게 된다. 또한 대용량 위성정보의 효율적 관리를 위한 저장 관리 방안 마련하고 수신 안테나는 수자원·수재해 위성으로 운영하고 촬영계획 장비, 직저장 장비, 저장관리 장비, 표준·보정영상생성 장비, 운용관리 장비를 미래의 위성정보량과 이용자수를 고려하여 구성하게 된다. 이를 위해 수신시스템의 각 모듈장비들을 이중화하여 위성수신 안정성을 제고하고, 신속한 표준보정영상의 생성을 위해 분산처리가 가능하도록 장비를 구성함과 동시에 관제소 및 타 수신소와의 통신용 단말기를 설치하고 보안 관

련 설비를 설치하여야 한다. 세부 지상국 시스템별 구축 방안은 표 8과 같다.

대용량의 위성정보를 효율적으로 처리, 보관, 서비스하고 궁극적으로 국토분야의 위성활용 촉진을 위한 기술적 환경이 조성되도록 수자원·수재해 위성 산출물의 생산공정, DB, 자료품질, 영상형식의 수자원 위성정보 표준화 체계 구축 방안 제시는 필수적이다(Ahn and Park, 2012).

수자원·수재해 전용 위성 기술 개발 로드맵

물관련 재해 피해를 최소화하기 위해서는 대응에 필요한 다양한 소스의 정보들이 요구되며, 태풍, 폭설, 홍수, 가뭄, 유류 유출 등과 같은 물관련 재해는 시·공간적인 특성의 차이가 매우 크게 나타난다. 이는 재해의 특성상 현장 접근이 용이하지 못하기 때문에 현장조사 보다는 위성, 무인기, 항공기 등을 이용하여 재난 대응을 위한 구체적인 정보를 수집하고 있다. 그 중에

TABLE 8. Establishment plan for ground station system of water-related satellite

Equipment		Detail development contents
Receiving system	Antenna	Receive water-related satellite signals and convert to digital signals
	Storage Device	The raw signal received by the antenna is processed and stored in the disk, and decryption and image extraction in real time
	Image generation Device	Generate standard images through radiation/geometry correction and generate catalog data and browse images for search
	Operation management equipment	Control and monitoring of antenna reception schedule, storage, standard image generation and storage management and equipment status
	Storage Management Equipment	Some data is moved to a tape storage device, and the necessary devices and operations are controlled and managed
Support system	Uninterruptible power supply	Devices for supplying uninterruptible power to equipment in a satellite center
	Thermo-hygrostat	Equipment to control temperature and humidity for stable operation of equipment in the satellite center
	Large screen system	Large screen is installed on front wall of operation room for effective monitoring

서 위성은 가장 효율적인 관측 시스템으로써 다양한 시·공간 관측 특성을 제공할 뿐만 아니라, 여러 분광 센서의 조합을 통해 재해 유형에 따

른 고부가가치의 재해정보를 획득할 수 있다. 따라서 수자원·수재해 전용 위성은 다양한 탑재체와 조합 및 연계 운영을 고려하여 중장기적인

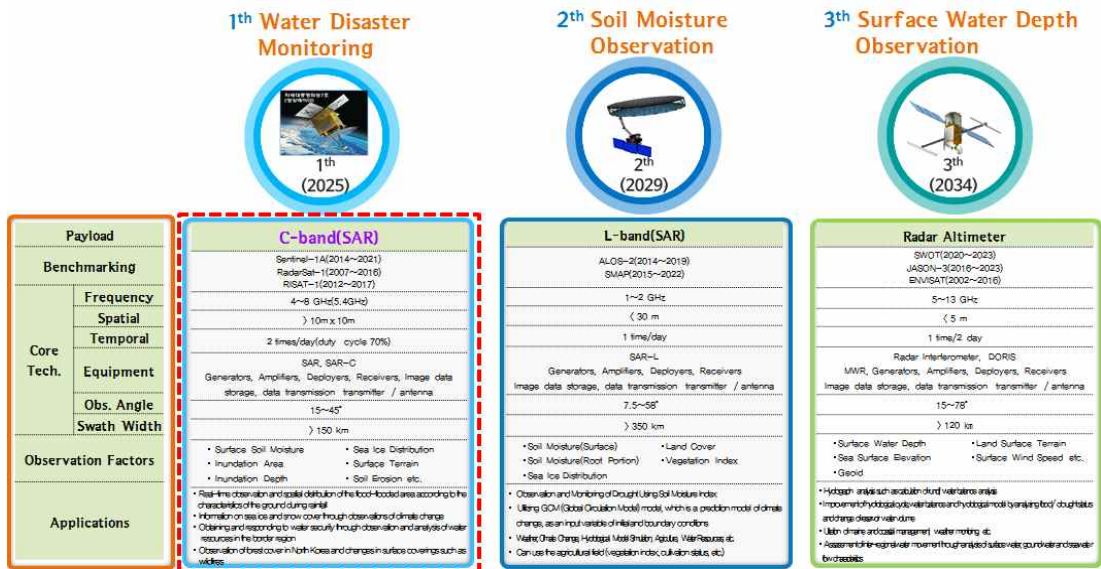


FIGURE 14. Long-term roadmap for development of the water resources satellite

로드맵 수립을 통해 지속적인 개발 및 운영이 필요하다.

수자원·수재해 위성의 임무는 공공안전 확보를 위해 ①아시아지역 재해 정보 파악 ②정확도 높은 홍수예보 ③재해 전조감시(홍수, 가뭄, 지진, 산사태, 해양재난 등) ④ 재해발생시 국민 안전보장 ⑤ 광역국토 정보의 축적 등을 목표로 한반도 전체를 2회/일 영상데이터 취득 및 수재해관련 주제도 생성·제공으로 한다.

이를 위해, 수자원·수재해 전용 위성 기반 융합형 수재해 정보플랫폼 개발 및 위성망과 지상관측망 연계 시스템 구축, 지역 맞춤형 물관리 및 수재해 통합 대응형 물관리 솔루션 확보 등을 목표로 중장기 수자원·수재해 전용 위성 탑재체 개발 계획을 다음과 같이 제시하였다. 우선적으로 물관리에 필요한 수문인자와 관련 정보 생산을 위해 1호기는 홍수, 가뭄 집중 감시 가능한 탑재체 개발 및 타 위성 과 연계 운영을 중심으로 개발을 추진하고, 2, 3호기는 고정밀 광역 가뭄 및 기후변화 모니터링, 지표수위 등 수자원변동관측이 가능한 탑재체 개발을 목표로 제시하였으며, 향후 기술개발 현황과 다양한 공공수요 등에 따라 위성탑재체 형태는 일부 수정이 가능할 것으로 사료된다.

결 론

현재 우리나라에서는 국내 수자원 및 물 재해관련 뿐만 아니라 물산업 해외진출에 필요한 글로벌 수문 정보의 요구가 기하급수로 증가하고 있으며, 이러한 수요를 충족할 수 있는 맞춤형 수문 정보 제공 체계 구축은 매우 시급한 실정이다. 또한 글로벌 및 지역적인 수재해 관리 체계 구축에 있어 상시적으로 생산하는 다양한 종류의 자료를 처리하여 수재해 대응 정보를 실시간으로 제공하기 위해서는 독자적인 위성 관측시스템 확보와 함께 글로벌 위성과 연계 운영 체계 구축은 수재해 대응체계 구축에 있어 매우 중요하다 할 수 있다.

본 연구에서는 한반도를 포함한 광역의 홍수

와 감무 등 수재해 특성을 고려한 악천후 및주야간 영향을 받지 않는 중형급 저궤도 수자원·수재해 위성탑재체 핵심 기술 개발을 위한 탑재체 개발 방안을 제시하였다. 이를 위해 수자원·수재해 위성의 임무, 기술적 요구사항, 위성 탑재체 구성요소, 시스템 등 세부 요소별 개발 방향 및 추진전략을 수립하였으며, 수자원위성 개발 방향 정리를 통해 국가 핵심 전략화 및 중장기 개발 전략을 수립하였다.

이를 통해, 수자원·수재해 위성은 이·치수·생태환경 등 물 관리 분야에서 광역적 범위의 실시간 정보를 주기적으로 제공하는데 활용 가능하며, 위성 운영을 통해 수자원 정보 획득 범위를 한반도 전역으로 확대할 수 있어 통일 대비 물 관리 기반 마련 지원도 가능할 것이다. 또한, 홍수, 가뭄 등 수재해 현상을 지속 모니터링하여 기후변화에 따른 리스크 관리에도 체계적으로 대비하는데 기여 가능할 뿐만 아니라, 통합물관리 사업 등 해외 물관련 사업 수주를 위한 전략 국가 수자원 정보 모니터링에 활용하는 등 물 산업 해외진출 지원에 핵심적인 솔루션이 될 것으로 사료된다.

이러한 수자원·수재해 위성의 다분야 활용 가능성 등을 고려할 때 위성 개발과 발사를 위한 논의가 필요한 시점이며, 막대한 개발 비용을 감안할 때 실용성, 개발·운영 가능성 등 검증 작업 선행을 통해 물관련 다양한 정보를 정부 및 민간에 제공하여 물산업 활성화 및 물안보 확보의 초석이 될 수 있는 기술 개발 추진이 필요할 것으로 사료된다. **KAGIS**

REFERENCES

- Ahn, S.I. and D.J. Park. 2012. Technology summary in satellite ground system at KARI. 2012 KSAS Spring Conference (안상일, 박덕중. 2012. 항우연 위성 지상국 기술 현황. 한국항공우주학회 추계학술대회 초록집).
- Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement (KAIA). 2013. Development

- of monitoring, evaluation & prediction system for global water resources using satellite information (국토교통과학기술진흥원. 2013. 위성정보를 활용한 글로벌 수자원 감시·평가·예측 시스템 개발 기획).
- Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement (KAIA). 2016. Pre-project planning for payload development of water resource specialized satellite (국토교통과학기술진흥원. 2016. 수자원전용 위성 탑재체 개발을 위한 사전 기획).
- Korea Aerospace Research Institute (KARI). 2013. Development of Radar Payload Technologies for Compact Satellite (한국항공우주연구원. 2013. 차세대 영상레이더 탑재체 핵심기술 개발 계획).
- Korea Meteorological Industry Promotion Agency (KMITI). 2013. Satellite R&D trends (한국기상산업진흥원. 2013. 위성분야 연구개발 동향).
- Lee S.G., S.B. Ryu and S.S. Yong. 2015. Core-technology R&D project of satellite microwave payload. The Magazine of the IEEE 42(4):16-23 (이상규, 유상범, 용상순. 2015. 위성 전파탑재체 핵심기술 연구. 전자공학회지 42(4):16-21).
- Ministry of Science, ICT and Future Planning (MSIT). 2013. National space development plan: 2nd replanning of mater plan for improvement of space development (미래창조과학부. 2013. 우주개발 중장기 계획 : 제2차 우주개발진흥 기본계획 수정).
- Ministry of Science, ICT and Future Planning (MSIT). 2014. Status and trends of satellites launched in 2013 (미래창조과학부. 2014. 2013년도 신규 발사위성 현황 및 동향).
- Ministry of Science, ICT and Future Planning (MSIT). 2016. A planning study for 2nd stage development of Compact Advanced Satellite (미래창조과학부. 2016. 차세대중형위성 2단계 개발을 위한 기획연구).
- National Disaster Management Research Institute (NDMI). 2012. Development of a three-dimensional disaster measurement software module using radar satellite (국립재난안전연구원. 2012. 위성레이더 영상을 활용한 3차원 재난관측모듈 개발).
- National Disaster Management Research Institute (NDMI). 2015. A research on the R&D planning of prevention-satellite sensor development for storm and flood damage response (국립재난안전연구원. 2015. 풍수해 대응을 위한 방재위성 센서개발 기획연구).
- National Geographical Information Institute (NGII). 2014. Sensor standardization and utilization for Synthetic Aperture Radar (국토지리정보원. 2014. 합성개구레이더(SAR) 센서 표준화 및 활용 방안 연구).
- The Office for Government Policy Coordination (OPM). 2017. Moon administration policy road-map (국무조정실. 2017. 문재인정부 국정과제). [KOGIS](http://www.kogis.go.kr)