

## 환경감시용 정지궤도위성 탑재센서 개발동향

이승훈\* 김성규\*\* 연정흠\*, 김성희\*, 고대호\*\*\*, 용상순\*\*

## Development Trend of Geostationary Environment Monitoring Payloads

Seunghoon Lee\*, Sung Kyu Kim\*\*, Jeoung-Heum Yeon\*, Seonghui Kim\*, Dai-Ho Ko\*\*\*, Sang-Soon Yong\*\*

### ABSTRACT

Environment and climate changes affect all aspects of our society. The enhanced remote sensing technology made the satellite to be widely used in the environment monitoring applications. Geostationary environmental monitoring is also actively researched due to the increased needs for the monitoring of diurnal environmental changes, tropospheric pollution and its origin. In this paper, recent development trends of geostationary environment monitoring payloads are introduced. GEO-CAPE and GIFTS missions are researched by the leading of the NASA and Sentinel-4 by the ESA. Those missions are in the state of detailed conceptual design and hardware development preparing with the launch plan in the late 2010s. By considering these development trends, domestic environment monitoring payloads shall be developed with careful analysis on the mission and data application.

### 초 록

환경 및 기후변화는 사회 전 분야에 걸쳐 폭넓게 영향을 미치고 있으며, 최근 들어 원격탐사기술의 발전으로 인공위성을 이용한 환경감시가 본격화되고 있다. 또한 환경의 일간 변화 관측 및 오염원의 발생, 이동 등에 대한 감시의 필요성에 따라 시간 해상도의 증가가 요구되고 있다. 이로 인하여 정지궤도에서 환경감시에 대한 수요가 증가하고 있으며, 미국과 유럽과 같은 우주개발 선진국에서는 이에 대한 임무분석 및 개념 연구가 수행되고 있는 추세이다. 본 논문에서는 정지궤도 환경감시 탑재센서의 개발동향을 살펴본다. 미국에서 연구되어지고 있는 GEO-CAPE 미션과 GIFTS 탑재체 및 유럽에서 연구되고 있는 Sentinel-4에 대하여 임무설계 및 분석, 개발 현황 등을 소개하였다. 향후 국내 환경탐체체의 개발도 이러한 개발동향을 고려하여 임무 및 활용성 분석과 함께 추진될 것이다.

**Key Words** : Environment Monitoring(환경감시), Geostationary Orbit(정지궤도), Payload(탑재체), Imaging Spectrometer(분광영상기)

\* 이승훈, 연정흠, 김성희 한국항공우주연구원 다목적실용위성3A호개발실 위성광학기술팀  
shlee@kari.re.kr

\*\* 김성규, 용상순 한국항공우주연구원 다목적실용위성3호사업단 3호탑재체팀

\*\*\* 고대호, 한국항공우주연구원 우주응용미래기술센터

## 1. 서론

최근 세계적 관심사가 되고 있는 기후변화는 환경학적 현상 규명 뿐 아니라, 사회, 경제, 외교, 산업, 보건, 농림수산업 등 사회 전 분야에 폭넓은 영향을 끼치고 있다. 지구온난화를 일으키는 주범인 이산화탄소의 배출량 감시 및 다른 오염기체들의 감시, 사막 확장으로 인한 황사의 발생 및 이동, 타국으로부터의 오염물질 이동 등은 환경변화의 측면뿐 아니라 국민건강과 국가경제에 직접적으로 영향을 미치는 국제간 이슈들이다.

현재 환경감시체계가 크게 의존하고 있는 지상관측망은 직접적 관측으로 정확도와 신뢰도가 높으나, 관측소의 분포가 대도시에 몰려있고 해양에서는 일부 선박 관측을 제외하고는 관측이 매우 제한적이어서 거의 이루어지고 있지 않다. 그러나 원격탐사기술의 급속한 발전과 더불어 인공위성을 이용한 환경 및 기후변화 감시가 미국이나 유럽 등의 우주개발선진국들을 중심으로 확대되고 있다. 이미 개발되어 우주궤도에서 임무를 수행중인 몇 개의 저궤도 관측위성을 이용하면 비교적 정확한 분석을 수행할 수 있으나 같은 지역을 계속해서 관측하여 시간에 따라 변화하는 대기화학물질의 농도변화를 알아낸다면 넓은 지역을 상시 관측하므로써 이동하는 황사 같은 에어로졸의 궤적과 양상변화를 관측할 수는 없었는데 최근 들어 전자광학기술의 발달에 따라 정지궤도 위성을 이용한 환경 및 기후변화 감시체계가 미국과 유럽을 중심으로 구축되려는 중요한 시점에 와있다. 우리나라도 2010년 6월에 발사 성공한 정지궤도 위성인 천리안의 후속으로 계획되고 있는 정지궤도 복합위성을 이용하여 환경의 지속적 관측 및 생성, 이동 등을 감시할 수 있는 정지궤도탑재 전자광학 분광센서인 환경탐재체의 개발을 준비하고 있다[1].

## 2. 정지궤도 환경위성의 필요성

대기의 품질 및 대류과정 특성과 같은 것들을 분석하고자 하여 대류권성분을 위성으로 좀 더 폭넓게 관측하고 응용하는데 있어서 현재 가장 큰 제약은 시간적해상도, 공간적해상도, 및 수직해상도 문제와 관

련이 있다. 측정해상도는 물리적 특성, 신호감도, 요구센서의 통합시간 및 궤도커버리지의 복합적 영향을 받는다. 대류권 미량가스와 에어로졸에 특유한 수직해상도문제는 저궤도든 정지궤도든 기기 개발자들로 하여금 유사한 어려움에 직면케 한다. 그러나 시간 또는 공간 해상도에 관련된 문제는 정지궤도보다 관측거리가 훨씬 먼 정지궤도에서 특히 큰 어려움이 되는 반면, 정지궤도로부터 응시하는 능력은 약한 분광신호를 위해 향상된 통합시간을 제공하며 표면파라미터 특성을 더 잘 분석하게 할 수 있다.

### 2.1 공간적 해상도 문제

현 저궤도위성의 관측 해상도는 도시단위 과정 분석 및 차세대 지역적 모델의 해상도를 완전히 만족시키지는 못하고 있다. 관측 해상도는 10 km 이하가 요구되며 관측 해상도가 좋을수록 당연히 의미 있는 관측이 수행될 수 있으나 고해상도로 관측할수록 한 번에 관측하는 관측폭이 좁아지게 된다. 관측 가능 영역은 지역적 오염사건을 포착하기 위하여 적어도 대륙적 규모(continental scale)여야 하며 높은 관측 해상도와 넓은 지역 도달범위의 복합적 요구조건은 중요한 기술적 도전이다.

### 2.2 시간적 해상도 문제

정지궤도의 한 시간 또는 한 시간 미만 시간주기 대류권 관측은 대기오염 및 선구물질(precursors)의 변화와 이동에 대한 복잡한 과정을 이해하는 기반을 제공하며 대기품질 및 기후정책에 중요한 판단 기준이 될 수 있다. 가장 중요한 대기배출 인자들은 본질적으로 하루 단위로 변하기 쉽고 그자체로 정확하게 관측하기 어렵다. 배출 풀름내 화학적 변화 및 에어로졸형성은 시간단위로 발생하며 이러한 과정의 이해는 대기품질 및 기후에 영향을 주는 요소에 관련하여 필수적이라 하겠다. 오존과 일산화탄소에 대해 상/하층 대류권 농도를 구별함은 멀고 가까운 데 있는 원인 인자들의 분리를 가능케 한다.

## 2.3 관측 데이터 활용

정지궤도에서 관측한 대기성분 데이터는 기후변화의 화학적 원인 특히, 인간 활동에 의해 영향을 받을 수 있는 자연과정을 포함하는 원천을 잘 정량화할 수 있고 기후변화에 대응하기 위한 고유한 정보를 제공할 수 있다. 하루 동안 정지궤도에서 에어로졸을 다각적으로 관측하면 기후모델을 개선하는데 이용될 수 있는 에어로졸 특성에 대한 중요하고 새로운 정보를 얻을 수 있다. 저궤도위성을 이용한 환경 측정은 하루 동안 원천물질들의 변화성, 부차적산물의 화학적 변화 및 이들 가스와 에어로졸의 차이 등을 추적할 수 없다. 이들 많은 원천물질들은 우연적(자발적)으로 매시간 단위 큰 변화를 보이므로 저궤도위성에서 관측을 어렵게 한다. 이들 원천물질들은 생물체량(biomass), 연소, 번개, 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compound), 먼지 같은 입자성 사건 및 표면탄소플럭스 등이다.

지속적 관측이 가능한 정지궤도 플랫폼을 이용하면 독특한 에어로졸들의 다각적 탐지가 가능하여 에어로졸의 광학적 성질과 모델내 복사 강제(radiative forcing)를 기술하는데 새로운 가이드라인을 제공할 수 있다. 이를 처리하기 위해 태양 및 열적외선 대역의 관측이 추가되고 이산화탄소와 메탄 탐지 채널들이 요구된다.

## 3. GEO-CAPE

### 3.1 배경

2004년 미국의 NASA, NOAA 및 USGS는 국가연구위원회(NRC; National Research Council)가 차기 10년 동안 발사, 운용하게 될 관측위성과 그 우선순위를 결정하기 위하여 패널을 구성하도록 하였는데, 과학연구의 역할이 우리의 지식을 확장할 뿐만 아니라 미국인의 삶을 증진시키는데 있다고 믿어왔던 정부과학관 및 정책입안자들에게 NRC는 지구 과학연구의 사회적 이익증대가 높은 우선순위에 있어야한다는 접근방향을 제시하였다. 그 결과로서 출범하게 된 지구과학 10년 조사로 알려진 연구는 세 단계에 걸쳐 발사될 17개 위성임무를 제시하였다.

이들 중 두번째 단계(2013~2016)에서 발사될 정지궤도위성으로 대류권 미량가스(tropospheric trace gases) 및 연안 해수 색채(coastal ocean color) 측정에 활용될 임무인 GEO-CAPE (Geostationary Coastal and Air Pollution Events)가 포함되었다. GEO-CAPE의 임무는 수천 km의 공간영역에서 짧은 시간단위와 비교적 작은 공간단위에서 작용하는 과정의 과학적 이해를 증진하는 한편 사회적 이익을 제공하려는 관점과 일치한다.

연안바다는 지구해양 탄소순환의 중요한 구성요소이며 이에 대한 정지궤도 위성으로부터의 관측은 공간 및 시간적 변화단위가 현재 관측에서보다 작은, 더 생산적이고 다이내믹한 지역에서 과학적 문제들을 해결하기 위해 필요하다. 정지궤도위성의 매시간 관측은 연안생태계의 생태학과 생물지구화학에 영향을 주는 과정을 이해하기위한 기초를 제공하고, 연안 지역이 매년 대기이산화탄소에 대한 종합적 최종 배출원인지 흡수원인지에 대한 불확실성을 해결하는데 도움을 주게 될 것이다. 또한 높은 시간샘플링, 높은 공간해상도는 저궤도위성으로 관측할 때 유용한 영상 획득을 크게 제한하는 구름의 영향을 줄이게 될 것이다. GEO-CAPE 측정지의 공간, 시간단위는 차세대 연안바다의 생물학적, 생물지구화학 모델을 설정하기에 적절할 것이다.

대기와 연안바다를 함께 관측할 능력을 가지면, 대기의 운송활동을 해안지역 현상과 관련시켜 그 상호작용을 이용하게 될 추가적 기회도 제공한다. 연안지역에서 미량가스와 에어로졸침전은 연안부근바다에 사는 생물체의 영양소 사이클에 영향을 주고, 바다에서 방출되는 가스와 에어로졸은 연안지역의 대기특성에 영향을 주는 것으로 알려져 있다[2].

### 3.2 측정개념 및 요구사항

대기 구성과 해수 색 측정을 위한 분광 분석 범위로 분류되는 여러 가지의 측정개념 및 요구사항은 다음과 같다.

#### 3.2.1 대류권 측정

최근 MOPITT, GOME, MODIS, MISR, SCIAMACHY, OMI, 및 TES와 같은 저궤도 센서에 의한 대류권 원격 탐사분야의 발전은 과학연구와 환경활용에 위성사용

의 가치를 증명하고 있다. 이러한 위성데이터는 에어로졸과 오존선구물질 원천, 이동 및 대륙적/지구적 규모 변화의 특성을 기술하는데 가장 잘 이용될 수 있다. 그 유효성이 입증된 공기품질(air quality) 측정은 대기권 오존, 일산화탄소, NO<sub>2</sub>, HCHO, SO<sub>2</sub> 및 에어로졸 등을 관측, 분석 대상으로 한다. 에어로졸 형성, 그 구성 및 크기 분포에 중요한 암모니아(NH<sub>3</sub>)와 가스상태인 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, PAN, HNO<sub>3</sub>, HNO<sub>4</sub>, 아세틸렌, HCN, 글리옥살 및 개미산(formic acid)에 대해서도 조사하고 있다. 다음은 현재의 측정능력을 분광범위 즉, 자외선, 가시광선 및 적외선에 따라 분류하여 여러 가지 분광영역에서 특유한 측정개념을 설명한 것이다.

### 3.2.2 대기성분을 위한 자외/가시광선(UV/VIS)

여러 가지 오존 선구물질과 오존은 UV/VIS 분광영역에서 관측될 수 있다. 이들 관측은 대기와 지표면의 태양후방 산란복사에 의한 것으로 낮동안에도 가능하다.

오존 추출을 위한 후방산란 자외선(backscatter ultraviolet) 측정은 거의 30년의 전통이 있다. 초기의 장비인 BUV, SBUV 및 TOMS는 오존, SO<sub>2</sub> 및 에어로졸정보를 추출하기 위해 유한분광밴드를 사용하였다. 1990년대 새로이 시작된 분광기는 UV와 VIS 분광부분에서 연속 스펙트럼을 제공하였으며 이들 데이터는 미세 흡수분광기법을 사용하며 오존, NO<sub>2</sub>, HCHO, SO<sub>2</sub> 및 글리옥살 양을 산출하는데 사용된다.

정지궤도위성에서 UV/VIS 대역 후방산란 복사의 측정은 에어로졸의 양과 유형에 대한 우리의 지식을 높이는 데 크게 기여할 것이다. 이 정보는 공기품질에 직접 응용하여 기후분석 뿐 아니라 미량가스 농도 추출 과정에서 존재하는 에어로졸 간섭 영향 판정과 바다색 추출에서 요구되는 대기보정 등의 설명을 위해 꼭 필요할 것이다.

### 3.2.3 대기성분을 위한 적외선(IR)

스펙트럼의 열적외선(TIR, thermal infrared) 영역은 오존과 일산화탄소에 대해 유용한 분광특성을 제공한다. 위성탑재 관측기기는 지구표면의 방출과 대기로부터 흡수와 방출에 민감한 복사를 활용하여

이들에 대한 주야간 추출을 수행한다. 후자의 과정은 목표가스 자체의 압력, 온도, 및 농도에 의존함으로써 천저관측으로부터 얼마간의 수직층면도 정보를 도출함이 가능하다.

제안된 GEO-CAPE 분광 커버리지는 전례없는 미세한 공간해상도와 시간해상도로 한 조의 센서로부터 최첨단 추출성능을 활용하여 에어로졸의 광학적 깊이, 크기분포 및 흡수특성을 동시에 측정할 수 있는 능력을 제공할 것이다. 자외선 채널을 사용함으로써, 자외선 영역에서 독특한 분광특성을 가지면서 가시광선 관측만으로 다른 에어로졸 유형과 구별하기 어려운 유기체 에어로졸의 확인과 특성 파악을 가능케 할 것이다. 에어로졸 주입과 운송의 다른 과정에 대한 낮동안 관측은 대기품질과 기후과학 문제 이해를 위한 새롭고 중요한 정보를 제공할 것이다. 저궤도위성 센서로부터 에어로졸 추출을 시도할 때와 마찬가지로 한 픽셀 이하에 대응되는 구름에 의한 영상 악화는 불확실성의 가장 큰 원천이므로 추출정보의 정확도는 관측의 픽셀크기와 밀접하게 연결되어 있다. 따라서 공간해상도는 정확한 결과를 위해 가장 중요한 사항이다. 1 km 혹은 그이하의 해상도가 바람직하지만 기술적 난관을 뚫고 그렇게 하므로써 얼마나 많은 정보를 얻을 수 있는지에 대한 교차분석 연구가 수행되어야 한다.

### 3.2.4 최저의 대류권측정을 위한 다중분광 방법

대기경계층(PBL; planetary boundary layer)내 미량가스 농도를 산출하는 능력은 오염물질원천의 특성조사를 위해 중요하다. 자유대류권 측면도 정보와 관련하여 대기경계층 농도 측정은 공간적 생성물과 운반되어온 오염물질을 분리되도록 한다. UV부터 NIR까지 분광특성은 구름, 에어로졸, 및 대기산란으로부터 표면반사 불확실성까지 간섭을 받기 쉽다. TIR(열적외선)에서 대기와 표면간의 온도대비가 낮게 관측되는 것은 대기경계층 산출 능력을 제한한다. 다중분광 관측은 일산화탄소 및 오존 등에 대해 평균 PBL 농도를 추정할 수 있는 정보를 제공할 수 있다.

UV, VIS 및 IR 분광 전 과정대역을 통합하는 새로운 장비 개념은 다중분광 추출을 위한 유용한 관측치를 제공할 수 있다. 또다른 분광정보 추출 방법은 각각 다른 분광대역에 초점이 맞추어진 수 개의 기기들

로부터 정보를 결합하여 얻을 수도 있다. 최저층 대류권내 미량가스 농도정보를 얻기 위한 기본측정 요구사항 정의 등은 GEO-CAPE 개발 초기에 수행해야 할 우선연구중 하나이다.

### 3.2.5 연안바다의 측정

연안바다 영상에 대한 측정요구사항은 현재 세 개의 해수 색 센서, 즉 미국 MODIS, SeaWiFS 및 유럽의 MERIS 기기에 기초한다. 극궤도위성탑재 해색센서와 비교시 정지궤도 임무의 장점에 초점을 맞추는 것이다. 연안바다 관측을 위한 기본적 문제는 극궤도위성은 기껏해야 하루 한번 데이터를 얻을 수 있는데 있다. 실제로 관측기회는 동일지점 관측을 위한 재방문 기간이 2~3일 쯤 걸리는 게 보통이고 구름 때문에 이보다도 훨씬 덜 빈번하다. 저궤도 위성 군일지라도 연안바다의 변화특성을 관측하는데 필요한 매시간 관측치를 제공할 수는 없다. 광활한 바다 관측에 적합한 면을 생각한다면, 매일 재방문 하면서 1 km 또는 더 큰 공간해상도를 갖는 저궤도위성탑재 해수 색 센서 보다, 매시간 지속적으로 관측하면서 몇 백 미터의 공간해상도를 갖는 정지궤도 탑재체가 더 우수한 시간적 변화특성 관측 능력이 있기 때문에 유리하다. 더구나 하루를 통하여 다수의 관측 기회를 가짐은 구름이 하루내내 움직일 수 있으므로 구름의 악영향을 완화할 수 있다. 이와 함께 광범위한 사전비행, 궤도내 보정 및 검증프로그램은 연구분석과 함께 임무성공을 위해 불가결하다.

현재 사용하고 있는 바다색 관측 영상과 비교할 때, 이보다 더 좋은 300 m 정도의 공간해상도가 연안바다의 조석전선(tidal front), 하천플룸(river plume) 및 식물플랑크톤(phytoplankton)을 분석하기 위해 필요하다.

## 3.3 임무설계연구

GEO-CAPE 임무설계 연구는 NASA 본부의 지원 하에 Goddard 장비종합 및 분석실험실과 종합임무설계센터에서 완성되었다. 연구지침은 연안해양과학 연구를 가능케 하고 대기과학연구를 보강하기 위해 대기구성과 해색 관측을 위한 기기들을 결합하는 것이다.

장비개념은 주로 대기구성을 위한 5km 급의 중간해상도 대륙 스캐닝 기기와, 연안해양과학 요구조건에 따라 수행된 300 m 급의 해상도 지역조망 분광계의 결합이다.

연구에 사용되는 기기들은  $O_3$ ,  $NO_2$ , HCHO,  $SO_2$  및 에어로졸 탐지를 위한 스캐닝 UV/VIS 분광계(300~480 nm), 지표면까지 대기의 일산화탄소 전체 컬럼을 감지하기 위해 반사되는 근적외선 및 열적외복사선, 그리고 자유대류권 경계층을 분리할 수 있도록 가중치를 입힌 중간 및 상층대류권 측정용 기체상관성 복사계, UV, VIS 및 근적외선 측정을 위하여 3개 초점면(focal plane)을 사용하며 관심 있는 생태계 영역을 측정하기 위한 스캐닝 고해상도 다중영상 분광계 등이다.

임무수행은 위의 기기들 복합체의 질량, 전력, 부피, 및 데이터전송 요구사항등에 적합한 단 하나의 정지궤도 위성으로 이루어진다.  $100^\circ W$  정지궤도가 지정되었고 2014년 발사될 것이다. 2년의 운영수명 설계와 매년간 변화를 탐지하기 위한 5년 목표수명을 위한 부수품들이 장착될 것이다. 과학연구에 데이터를 제공함에 덧붙여 대기품질 예보와 같은 운영활용을 위한 직접방송과 준실시간 데이터 제공 임무도 갖고 있다. 추진체는 위치유지 및 임무종료시 주차궤도까지 기동을 위해 결정될 것이다. Atlas V 401 또는 Delta IV 4040-12 발사체가 위성과 탑재체를 수용할 것이다. 임무수행을 위한 우주기기에 더하여 지상 및 궤도상 보정, 검증, 지원연구, 및 분석 등에 대한 적극적 계획이 성공을 위해 요구되며 국제 협력이 매우 바람직하다.

GEO-CAPE 탑재 장비 셋은 북미대륙을 가로질러 해안정보 활용과 공기청정도 관측을 개선할 것이다. 대략  $80^\circ W$  우주상공의 한 지점에 위치한 두 개의 분광계는 여러 개의 좁은 파장밴드들을 가지고 반사된 태양광을 감지할 것이다. 한 분광계는 대륙적 규모(continental scale)로 스캔하며 7 km 해상도로 매시간 데이터를 제공할 것이다. 그것은 오존이 일광에서 형성하도록 반응하는 물질을 포함하며 대기중 가스 및 에어로졸 뿐 아니라 강과 바다에서 자연적 및 인위적 물질을 측정할 것이다. 다른 분광계는 비료 같은 화학물질이 대규모로 흘러나오는 강, 산업사고 및 기타 환경재난과 같은 큰 영향이 있는 사건에 대

해 250 m 해상도로 데이터를 수집할 수 있는 영상 기기이다.

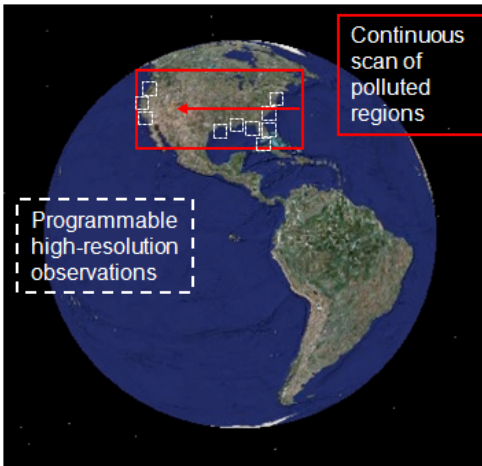


그림 1. GEO-CAPE 관측 개념도

적외선 상관복사계는 대륙적 규모 분광계와 함께 일산화탄소를 측정할 것이다. 동시에 그들은 오염물질의 장거리운송을 추적하는데 도움이 되는 수직방향 일산화탄소 측면도 관측을 가능케 할 것이다[3].

## 4. GIFTS

### 4.1 배경

NASA의 Langley Research Center(LaRC)에 의해 선도된 GIFTS는 정지궤도에서 지구표면 및 대기의 지속적인 관측을 위한 혁신적이고 경제적인 접근 방법이다. 현재 관측장비는 항공기플랫폼과 저궤도 위성에 탑재된다. 이들 위성은 지구에 근접하여 통과하며 한 번에 작은 지역만을 볼 수 있다. 그들은 일기 유형(weather patterns form)을 볼 수 있을 만큼 긴 지역을 감시할 수는 없다. 반면 GIFTS는 정지궤도위성에 장착될 것이므로 그것은 지구의 커다란 지역을 계속하여 관측할 수 있다[4].

GIFTS는 대기온도, 수증기량 및 그 분포와 주어진 고도에서 어떤 다른 대기가스 농도를 시간에 따라 관측하기 위하여 영상 푸리에 변환 분광계를 사용한다. 온도, 수증기 및 서로 다른 분광밴드 내 에너지를 결정하는 가스들의 변화를 주시함으로써 과학자들은

대기에 무엇이 일어나고 어떻게 날씨가 전개될 것인지에 대한 매우 정확한 영상을 얻게 될 것이다.

많은 각도에서 조사될 수 있는 공기의 영상을 얻는 것은 영상 푸리에 변환 분광계의 중요한 이득이다. 예를 들어 과학자가 주어진 지역에서 수증기의 양을 알기 원할 때 그 장비의 데이터는 모든 다른 변수를 제외하고 단지 수증기만을 분석하기위해 사용될 수 있다.

GIFTS는 공기 수증기 분포 및 그 운반에 대한 정확한 측정치를 공급할 것이다. 공기내 수증기 분포에 대한 정보의 부족은 공기의 미래 상태를 예측하기 위한 날씨 및 기후모델의 능력을 제한한다. 기후모델의 정확도와 신뢰도는 전구수증기 분포 및 변화특성 연구에 대한 현 문제들이 GIFTS의 기술적 임무 수행에 의해 크게 개선될 것이다.

### 4.2 임무설계 연구

전지구 강수량 측정(GPM; Global Precipitation Measurement)과 같이, GIFTS는 본질적으로 지구표면의 넓은 지역에 걸쳐 짧은 시간 간격으로 많은 데이터를 수집하는데 특징이 있다. 결국 우리는 지구의 모든 복잡함에 대한 완전한 지식이 없으면 지구 날씨 및 기후시스템을 완전히 이해할 수 없다. 그것은 가장 먼 산꼭대기부터 바다가운데까지 지구표면의 넓은 부분을 가로질러 빈번한 시간간격으로 촬영된 막대한 양의 데이터를 필요로 한다. 우주로 올라가 지구를 내려다보는 이러한 완전한 데이터를 얻는 유일하고 실제적 방법이다.

강우와 구름구조 측정과 함께 그 목적이 일기예보, 기후모델링, 및 수문학정보등의 개선을 목표로 하며 광범위한 복수위성 GPM 임무와 달리 단일위성 GIFTS 임무는 심한 폭풍우에 특별한 초점을 두며 일기예보 개선에 관한 것이다. 수집 데이터는 대기 온도, 수증기 및 바람에 대한 3차원 고해상도 정보 결정을 가능케 한다.

정지궤도위성은 36,000 km 상공에서 지구표면의 대부분 지역을 계속하여 감시할 수 있다. 이러한 연속성은 그것이 과학자들이 극심한 날씨 사건에 관련된 현상과 급격한 변화를 함께 연구하도록 해주기 때문에 중요하다.



이러한 연구를 통하여 관측 기체 및 관측 방법에 대한 교차분석, 사용자 요구사항에 관한 상호간의 이해, 그룹에 의한 관측 정확도의 영향, 적정 궤도 분석 등을 수행하였다.

분석결과 Sentinel-4에서는 오존, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, HCHO, 에어로졸을 관측하기위한 UVN 분광기와 CO, HNO<sub>3</sub> 등을 관측하기위한 IRS 사운더가 제시되었으며, Eumetsat의 MTG-S 플랫폼에 장착될 예정이다.

Sentinel-4는 정지궤도의 장점을 활용하여 1시간 또는 그이하의 시간 해상도를 목표로 하고 있으며 대류권내의 기체변화를 관측하려한다. 위성의 궤도는 0°가 될 예정이며, 공간해상도는 45°N 위치를 기준으로 8km 이하이며, 관심 관측 영역은 30°N부터 75°N 사이의 유틸지역이다. 동서방향으로 스캔하며 관측하는 방식을 채택하였으며, 지상타겟을 이용한 검보정을 위하여 사하라 사막을 측정할 수 있도록 운영할 예정이다. 또한 궤도상에서 정밀한 검보정을 위한 탑재체 내에 검보정 장치가 내재될 예정이며, 라디오메트릭 정확도 요구조건은 3% 이내이다. 환경기체 측정시 편광효과로 발생할 수 있는 오차를 줄이기 위하여 탑재체의 편광 민감도는 1% 이하로 설계를 수행하였다. 각 관측 밴드별 해상도는 다음 표와 같다.

표 1. Sentinel-4 UVN Spectral Bands

Band	Spectral	
	range [nm]	resolution [nm]
UV	305-400	0.5
VIS	400-500	0.5
NIR	750-775	0.12

Sentinel-4는 2018년경 발사될 예정이며, 이에 앞서 저궤도위성인 Sentinel-5P (precursor) 가 2014년 발사되어 OMI 탑재체의 임무를 연속하며 Sentinel 시리즈 위성의 활용성을 검증할 예정이며 Sentinel-5는 2018년 이후에 발사될 계획이다[6].

## 6. 결론

정지궤도위성에 탑재한 환경감시용 전자광학 분광영상 기기는 공간해상도 및 분광해상도에 제약이 심하지만 같은 곳을 계속하여 관측(조망)할 수 있고 광대한 영역을 관측할 수 있기 때문에 대기화학물질

과 에어로졸, 황사 등 환경감시와 분석에 중요한 기여를 할 수 있다. 과학기술의 발달과 함께 선진외국에서는 이러한 정지궤도탑재 환경감시 센서를 개발하고자 박차를 가하고 있으며 우리나라도 천리안 위성의 후속으로 계획되는 정지궤도 복합위성에 환경관측센서를 탑재키 위하여 개발을 준비하고 있다. 국내외 다수의 전문가들로 구성된 최종사용자 그룹이 만들어져 있으며 항우연은 이 그룹에서 요구하는 기술적 요구사항들을 가지고 기기의 하드웨어 개발을 위하여 현재 가용한 기술수준에 맞춘 사양규격을 도출하고 환경관측용 탑재기기의 개념설계를 진행중이다. 정지궤도로부터 지상해상도 5 km, 관측과장대역은 자외선부터 가시광선대역인 300~500 nm, 분광해상도는 0.6 nm, 질량 110 kg, 데이터전송률 10 Mbps 등의 사양으로 하루에 8 번 분광영상을 수집하는 능력을 기본으로 하고 있다. 앞으로 실용급 하드웨어에 대한 본격적인 개발이 수행되면 우리나라를 중심으로 아시아 지역의 에어로졸과 대기화학물질에 대한 지속적 관측을 가능케 하는 첨단 전자광학기기를 우리의 정지궤도 복합위성에 탑재하게 될 것이다. 이와 함께 국제적 기술교류와 공동개발도 활발히 수행하여 탑재기기의 신뢰도를 높이고 활용도를 극대화 할 방침이다.

## 참고문헌

1. 연세대학교 산학협력단, 지구환경위성 탑재체 개발기술 및 활용 연구 (1), 국립환경과학원, 2009.
2. <http://geo-cape.larc.nasa.gov/>
3. <http://cceo.gsfc.nasa.gov/>
4. <http://asd-www.larc.nasa.gov/GIFTS/>
5. D.K. Zhou et al., "Geosynchronous Imaging Fourier Transform Spectrometer (GIFTS): Imaging and Tracking Capability", Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2007.
6. Paul Ingmann et al. "The GMES Sentinel-4 Mission Atmospheric Composition", International GEMS Workshop, 2010.