

제2호 정지궤도 해양탐색체(GOCI-II)의 임무 및 요구사항

안유환*[†] · 유주형* · 조성익* · 김석환**

*한국해양연구원 해양위성센터, **연세대학교 천문우주학과 우주광학연구실

Missions and User Requirements of the 2nd Geostationary Ocean Color Imager (GOCI-II)

Yu-Hwan Ahn*[†], Joo-Hyung Ryu*, Seongick Cho*, and Suk-Hwan Kim**

*Korea Ocean Satellite Center(KOSC), Korean Ocean Research & Development Institute (KORDI)

**Space Optics Laboratory, Yonsei University

Abstract : Geostationary Ocean Color Imager(GOCI-I), the world's first space-borne ocean color observation geostationary satellite, will be launched on June 2010. Development of GOCI-I took about 6 years, and its expected lifetime is about 7 years. The mission and user requirements of GOCI-II are required to be defined at this moment. Because baseline of the main mission of GOCI-II must be defined during the development time and early operational period of GOCI-I. The main difference between these missions is the global-monitoring capability of GOCI-II, which will meet the necessity of the monitoring and research on climate change in the long-term. The user requirements of GOCI-II will have higher spatial resolution, 250m×250m, and 12 spectral bands to fulfill GOCI-I's user request, which could not be implemented on GOCI-I for technical reasons. A dedicated panchromatic band will be added for the nighttime observation to obtain fishery information. GOCI-II will have a new capability, supporting user-definable observation requests such as clear sky area without clouds and special-event areas, etc. This will enable higher applicability of GOCI-II products. GOCI-II will perform observations 8 times daily, the same as GOCI-I's. Additionally, daily global observation once or twice daily is planned for GOCI-II. In this paper, we present an improved development and organization structure to solve the problems that have emerged so far. The hardware design of the GOCI-II will proceed in conjunction with domestic or foreign space agencies.

Key Words : Ocean color, GOCI-II Mission & Requirement, full disk observation, Geostationary Multipurpose Satellite.

요약 : 세계 최초로 개발된 정지궤도 해상탐색체(GOCI-I, Geostationary Ocean Color Imager-I)이 2010년 6월에 발사될 예정이다. GOCI-I의 수명은 약 7년 이므로 위성개발 소요기간 약 6년을 고려하면 제 2호 정지궤도 해상탐색체의 개발을 위한 임무 및 이용자 요구사항을 준비해야할 시점이 되었다. 제2호의 임무는 우선 1호의 임무를 승계하는 것이므로 제1호와 유사한 관측 임무를 갖지만 가장 큰 차이점은 장기 기후 변화에 대응한 지구규모적 관측에 있다. 그리고 기존의 Local 관측은 그 공간해상도의 성능을 더 향상시킨 250m x 250m로 하였고, 1호에 비하여 부족한 band 수를 보강하여 12 개로 하였다. 어장정보를 위한 야간

접수일(2010년 4월 10일), 수정일(1차 : 2010년 4월 20일, 2차 : 4월 23일), 게재확정일(2010년 4월 23일).

[†] 교신저자: 안유환(yhahn@kordi.re.kr)

관측을 위한 Panchromatic band를 추가하였다. 동시에 한반도 주변 고정된 영역 관측기능을 구름이 없는 해역 혹은 special event area로 신속적으로 변경 시킬 수 있는 기능을 갖게 함으로써 위성자료의 활용도를 크게 높였다. 위성 운용은 1호와 같은 일 8회 관측, 그리고 Global mode인 full disk 관측에서는 일 1-2회 정도 관측할 수 있도록 하였다. 그리고 본 연구에서는 지금까지 위성개발 추진방법의 문제점을 해소한 개선된 개발 추진 방안에 대하여서도 제시하였다. 그 외 제2호의 하드웨어적인 구조 및 디자인에 대하여서는 국내의 개발사와의 상호협약이 필요하다.

1. 연구배경

2010년 6월에 통신해양기상위성(COMS, Communication, Ocean, and Meteorological Satellite)이 남미 기아나의 쿠루 우주 기지에서 유럽우주항공국(ESA)의 아리안 5호 로켓에 의해 발사될 예정이다. COMS에는 통신, 해양 및 기상 3개 탑재체가 실려져 있다. 약 7년간의 임무를 수행하게 될 COMS 위성은 별칭으로는 “천리안”이라는 이름을 갖고 있다. 현재 COMS의 후속으로 중단 없는 임무 수행을 위하여 2018년경 발사가 예상되는 제2호 위성인 정지궤도 복합위성이 뒤를 이어야 할 것이다(국가우주개발계획, 2007).

따라서 교육과학기술부는 제2호 정지궤도 복합위성을 개발을 위한 사전 준비로 기획연구를 과학연구재단에 의뢰하여 올해 3월부터 연구를 추진하고 있다. 또한 이 기획연구는 2011년부터 개발 사업을 추진하기 위한 기획재정부의 예비타당성검토와 맞물려있다. 따라서 국가 대형 R&D 사업의 심사에 성공적으로 대응하기 위한 각 분야별 활동이 현재 추진되고 있다. 참고로 2009년도에 이미 정지궤도 복합위성 개발을 위한 예비타당성 조사가 기획재정부에서 수행되었으나 위성 개발에 따른 경제성 확보 논리가 미흡하다는 판정을 받았다. 그리고 2010년 COMS 위성이 성공적으로 발사되어 문제가 없는지를 확인 후 추진하여도 늦지 않다는 유보 평가를 받았다.

현재 복합위성의 탑재체 개발에 적극 나서는 부처는 국토해양부의 제2호 정지궤도 해상탐색체(GOCI-II), 환경부의 대기 온실가스 관측 탑재체 그리고 기상청의 기상탐색체이다. COMS에 실렸었던 통신탑재체는 이번에는 방송통신위원회의 독자위성 개발로 추진되고 있다.

2009년도 정지복합위성의 기획연구는 과학기술평가원(KISTEP)의 주도로 추진되었는데 주요 사항을 보면, 기상위성은 물리적 규모가 크고 현재 COMS와 같은 버

스체에 실을 경우 타 탑재체를 넣을 수 없기 때문에 기상위성(A)과 해양·환경위성(B) 2개를 별도로 개발하는 방안을 채택한다는 것이다. 그리고 B위성은 A보다 1년 늦게 개발 완료하는 것으로 2원화 하였다. 이러한 거꾸로 위성개발 체제, 즉, 주 버스(Main Bus)의 용량을 먼저 결정해두고 임무 탑재체의 크기를 맞추어야 하는 이상한 역방향 개발 방안은, 항공우주연구원의 주 버스의 기술자립과 독자개발이라는 목표에서 나오는 것이다. COMS의 주 버스체를 정지복합위성에 그대로 복사 개발하여 사용하겠다는 것이다. 이 부분의 문제는 우리의 우주 개발 정책이 “독자 기술개발”과 “실용화위성 개발”이라는 2가지 목표를 하나의 사업으로 추진하기 때문에 생긴 현상이다.

본 연구에서는 정지궤도 복합위성에 실릴 제2호 해상탐색체(GOCI-II)의 임무분석 및 이 임무를 수행하기 위하여 필요한 HW 요구 사양, COMS 위성개발에서 문제가 된 현 개발 체제의 개선, 그리고 지난해 기획연구에서 지적이 된 해양탐색체의 경제성분석에 대한 내용으로 연구하였다.

또 다른 이용자 요구 사양인 위성자료 중계기 DCS(Data Collection System)는 국토해양부의 별도 임무 수행을 위한 탑재체로 본 연구에서는 연구 대상에서 제외하였다.

2. 연구 방법

본 연구는 GOCI-I의 임무를 승계한다는 대전제를 갖고 있으므로, 우선 GOCI-I의 기본 틀을 유지하나 일부 보완한다는 측면으로 접근하였다. 임무/이용자 요구 사양은 이용자들 입장에서 필요한 과학적 요구사양이므로 국내 이용자, 전문가 및 관련 기관의 협의를 통하여 의견을 수렴하였고 이를 바탕으로 GOCI-II의 임무를

제 정립하였다. 그 외의 HW 적인 요구사항은 임무 수행을 위한 최소한의 광학 및 기타 기능적인 향상을 위한 사양으로 변경하였다. 그 외에도 기존 GOCI-I의 요구 사양(안유환 외, 2003) 및 해외 사례 NASA 및 ESA 정지해양위성 사전연구 보고(GEO-CAPE meeting 및 GEO-satellite meeting)를 중점적으로 활용하였으며 HW적인 검토는 연세대학 천문우주학과에 의뢰하여 기술적 타당성을 검토하였다(안유환 외, 2008).

3. 연구결과

1) 전문가 및 이용자 요구사항 의견 수렴

2008년 9월 10일 국내 위성관련 유관기관 담당자, 이용자 및 전문가들이 안산 해양연구원(KORDI)에서 GOCI-II에 관한 이용자 요구 사양 및 임무설정을 위한 회의에서 도출된 의견을 요약 정리하면 다음과 같다.

- ① Global 관측 기능이 필요하다.
- ② 공간 해상도 2km 정도인 적외선(IR) band의 탑재가 필요하다.
- ③ 야간 조업 어선에 대한 불빛 탐지 기능이 필요하다.
- ④ 정지궤도 위성의 취약점인 태양 반사(Sun-glint)에 대한 대응책이 필요하다.
- ⑤ 위성 개발 전에 위성자료 분석을 위한 기술개발이 선행되어야 한다.
- ⑥ GOCI-II 개발의 철저한 사회적, 경제적 편익 분석이 필요하다.
- ⑦ 위성의 임무 설정이 복잡하면 자칫 설계의 어려움이 있을 수 있다.
- ⑧ 국내 업체의 기술 능력을 냉철히 판단하여 가능한 국산화 전략이 필요하다.
- ⑨ 균 활용도 고려해볼 필요가 있다.
- ⑩ 보다 세밀한 대기보정을 위하여 추가 band가 필요하다.
- ⑪ 기존 위성사업의 추진 체계 및 추진방안을 재 검토할 필요있다
- ⑫ 250m 급 해상도라면 육상/국토 모니터링 활용도 충분하다. 육상을 고려한 파장대를 조정할 필요가 있다.

- ⑬ 임무 수행에 따른 활용의 한계 및 위성관측 정밀도가 사전 제시되는 것이 바람직하다.
- ⑭ 북한 및 인접국가 해양환경 관측을 임무를 삽입하는 것도 필요하다.
- ⑮ 타 분야의 탑재체와 기능 및 임무 중복이 생기지 않도록 특성이 고려되어야 한다.
- ⑯ 제시된 임무 수행을 위한 HW 개발에 필요한 소요 예산 분석이 필요하다.
- ⑰ GOCI-I의 임무 수행 연속성을 유지하는 범위 내에서 새로운 band의 추가가 필요하다.

2) GOCI-II의 임무 및 이용자 요구사항

앞서 논의된 전문가 그룹의 의견을 바탕으로 하여 정의된 GOCI-II의 주어진 주요 임무를 아래와 같이 채택하고 검토하였다. 우선 적외선 관측기능의 요구사항에 대한 검토결과, IR 기능은 기상탑재체에 이미 그 기능을 보유하고 있으며, 구현시 중복 투자 문제와 현재보다 개발비용이 크게 증가되는 것으로 나타났다. 경제적 편익 분석은 GOCI-II 개발에서 반드시 극복해야 할 문제이므로 별도로 심층 분석을 하기로 하였으며, 본 연구에서는 그 결과만 간략하게 제시할 것이다. 대기 보정을 위한 추가 band가 필요하다는 지적에 대하여서는 전문가의 의견을 고려하여 기존의 8개 band에서 12개의 band로 늘렸다. 더 이상 band를 확보하는 것은 자료의 크기 및 처리 시간에 심각한 영향을 주므로 바람직하지 않다는 결론을 얻었다. 그리고 야간관측 기능 탑재에 대하여서는 아래에 별도 내용으로 기술하였다. 따라서 주어진 GOCI-II의 임무를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

- ① GOCI-I의 임무를 승계
 - 한반도 주변 실시간 해양환경 감시
 - 해양의 클로로필 등 어장정보 생산 및 서비스
 - 장단기 연안 및 중규모 해양환경 변동의 감시
 - 위성자료를 활용한 해양예측 연구
 - 해양 위성자료의 생산 및 서비스
- ② 한반도 영토 감시 임무
 - 연안과 해양의 효율적 관리를 위한 환경 모니터링
 - 육상 담수/오염물의 이동 및 확산, 연안해양의 오염도 감시
 - 해양 생태계 변화 추적
 - 한반도 대기 에어로졸 및 황사 분석/예보

- 한반도 주변 실시간 갯벌감시, 산불감시, 폭설 및 육상 식생지수 분석을 통한 효율적 국토관리
- ③ 해양에 의한 재해 및 재난 사고에 의한 피해 저감
 - 해양 환경 모니터링을 통한 적조/녹조의 발생과 확산경로 예측을 통한 피해 저감
 - 유류사고 모니터링 체계 구축
 - 태풍/해일의 발생 모니터링 체계 구축
- ④ 어장 정보생산 및 양식장 감시 임무
 - 수산자원의 관리를 위한 정보 생산
 - 어로비용 절감을 위한 어장환경 정보 생산
 - 연안양식장의 과학적 관리를 위한 환경정보의 생산
- ⑤ 한반도 주변 및 글로벌 기후변화 감시 임무
 - 장기적인 기후변화에 대응한 full disk 해양관측 구축
 - Global 해양관측 모니터링 기술을 통하여 기후변화 대응한 정보의 생산
 - 전 지구관측시스템(GEOSS)의 한국의 기여

3) GOCI-II의 추가 임무

(1) 글로벌 전구(Full Disk) 관측 임무

GOCI-I의 경우 한반도 주변 해역 2,500km × 2,500km를 고정 관측하게 되어있다. 한반도 주변해역의 한정된 관측은 다음과 같은 문제점을 내포하고 있다. 첫째 지구관측 위성의 개발은 전 지구의 평화와 안보를 위한 목적으로 사용되어야 한다는 목시적 개발조건에서 너무 자국 해양에만 활용 가능한 위성이란 국제사회의 여론의 부담을 가질 수 있다. 물론 중국, 일본 및 러시아 일부에서 활용이 가능하나 우리 한반도 주변해역을 위한 전용 위성이라는 인상을 지울 수가 없다. 둘째, 정지 위성의 최대 장점은 지구의 full disk를 촬영할 수 있다는 것이다. 즉, 남반구 북반구 해양을 동시에 관측이 가능하다. 그럼에도 제1호에는 이러한 기능이 없었다. 현재까지 국외 극궤도 위성이 전 지구 해양을 관측하고 있지만 full disk 자료를 얻으려면 적어도 수개월이 소요된다. 비록 오래 동안의 촬영으로 자료가 모두 얻어진다고 하여도 그 자료는 관측의 동시성이 결여된 짜집기 자료일 뿐이다. 적어도 GOCI-II는 이 시간차를 수개월에서 수주로 줄일 수 있다.

(2) Local 촬영영역 변경 기능

GOCI-I의 촬영시간 해상도는 1시간 간격이다. 이 기능을 활용하면 하루 8회의 촬영으로 최종 종합된 영상에는 구름을 상당부분 제거한 자료를 얻을 수 있다. 그럼에도 하절기 장마철 등의 경우에는 한반도 주변이 상시 구름으로 덮여서 구름이 제거된 영상을 얻을 수 없는 경우가 발생한다. 이 경우 GOCI의 활용도는 상당히 떨어지게 된다. 이 문제를 해결하기 위한 방안이 촬영 영역의 변경 기능이다. 즉, 남반구나 북반구 어느 해역이든 지 최소의 구름이 있는 해역이나 관심 지역으로 target을 옮겨서 촬영 가능하게 한 것이다. 위성의 관측 기능에서 보면 아주 쉬운 기술이다. 이 기능으로 동남아 지역 국가는 물론, 태평양, 인도양의 일부, 인도네시아, 호주 대륙까지 관측 영역을 확대할 수 있으므로 국제사회 기여도 역시 증가할 수 있다(Fig. 1). 따라서 위성을 활용한 국제 협력사업도 추진할 수 있을 것이다.

(3) 야간 촬영 (Night Observation)

야간 촬영은 야간에 활동하는 조업 선박을 촬영하기 위한 것이다. 이 선박의 촬영 의미는 현재 활동하는 어선 수 현황을 파악할 수 있으며, 불빛의 집적도 등으로 현재 어장이 어디에 형성되어 있는지 알 수 있다. 이 정보와 수온 및 먹이 생물량 정보를 종합하면 확률이 높은 어장정보를 찾을 수 있다. 역으로 어획량 통제를 위한 어획활동 금지지역을 국가가 정하고자 한다면 상기 위성

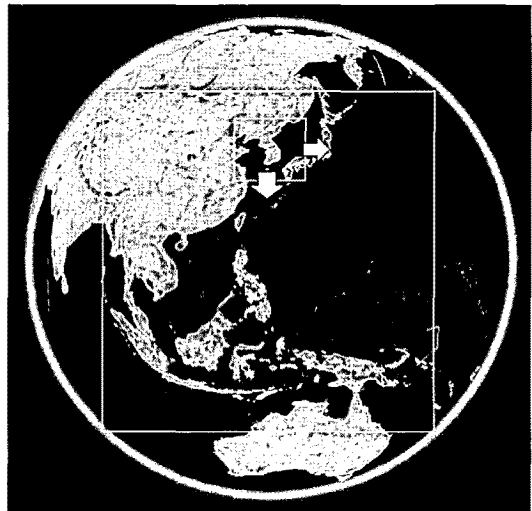


Fig. 1. GOCI-II의 Local 관측의 target area 변경 기능과 full disk 관측영역.

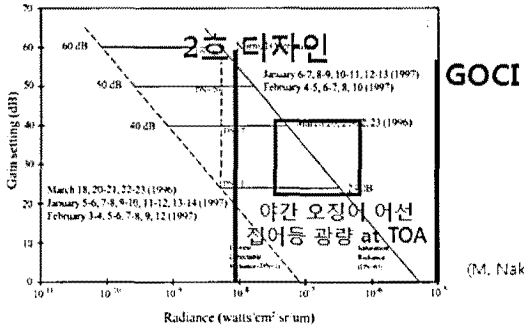


Fig. 2. GOCI-II의 광화적인 감도 디자인 영역과 GOCI-I과의 비교.

정보가 활용될 수 있을 것이다. 국가 간 어획 협정에도 사용될 수 있다. GOCI-I의 경우 야간 촬영기능을 Astrium사에서 시뮬레이션 해본 결과 현재로는 필요한 충분한 광 에너지를 얻을 수 없어 촬영이 거의 불가능하다는 결론이 유도되었다(GOCI CDR meeting, 2008). 적어도 현재보다는 약 100배 이상의 고감도 센서를 활용하든지 아니면 이에 상응하는 high level 광 에너지를 받을 수 있는 촬영 시스템이 필요하다. 동시에 태양 straylight 문제를 해결할 수 있는 광학구조의 원천적인 설계가 필요한 것으로 사료된다. 아니면 1년 중 위성이 (자정 무렵) 지구의 그림자에 들어갈 수 있는 춘/추분 경에 이 문제를 피할 수 있을 것이다.

GOCI-II는 야간촬영 기능을 임무에 넣고 있다. 기술적 구현 가능성 검토결과는 아래와 같이 GOCI-I 대비 약 1000배 정도의 감도를 갖게끔 디자인이 가능하다는 결론이 도출되었다. 센서 성능향상을 위한 개선 점은 센서의 광 노출시간의 확대, band 폭을 넓혀 에너지를 증대시킨 Panchromatic band 채택, 고감도의 CCD(or CMOS) 사용 등으로 가능하다는 결론을 얻었다(Fig. 2).

4) GOCI-II의 HW 요구사항

차세대 해색 센서인 GOCI-II의 HW 적인 기술적 요구사항은 다음 Table 1, 2 & 3과 같다. 이 밖의 광학계 기본 요구사항은 아래와 같다. 그리고 이것을 기본 설계로 하여 다른 요구사항을 만족하여야 한다는 의미를 내포하고 있다.

- 광학계 방식 : 3반사 광학계(TMA)
- 영상 획득 방식 : Scanning or Frame capture
- Sensor type : 2D Array CCD(or CMOS)

Table 1. 사용자 요구사항에 따른 해색센서의 요구조건

	GOCI-I	GOCI-II
궤도	정지궤도	정지궤도
밴드수	8	13
공간해상도	500m×500m	250m×250m 1km×1km
관측영역	Local : 한반도 주변 전구관측 : 없음	한반도 주변 (2000×2000km) 전구 관측
S/N값	~1000	~1500
관측주기	매시간	매시간 : local 1-2회/일(TBD)* : full disk

* full disk관측인 경우 환경탐체체와의 동시 운용에 따른 상호간 충돌을 어떻게 최소화 하느냐에 따라 관측 빈도가 변할 수 있음.

- 광학계 유효 구경 : 300mm 이상

5) GOCI-I과 비교하여 사양 변경 이유

(1) 4개 Band 추가 이유

- 520nm : 원래 520nm의 용도는, 고농도 클로로필의 경우 흡광 band인 440 - 490nm의 광 신호의 세기가 너무 미약하여 광합성색소(Chl-a, Chlorophyll) 흡광대를 조금 벗어나기 위하여 선택한 것이다. 즉, 고농도의 Chl을 detector하기 위한 band이다. GOCI의 경우 형광 band가 있고, 490nm를 사용해도 충분하다는 판단으로 삽입하지 않은 파장대이나, 추가 band를 고려하면 이 파장대를 다시 추가 하여야 한다.
- 625nm : 해수색 스펙트럼을 시뮬레이션해보면 625nm band가 SS 농도에 대하여 가장 직진성 높은 상관관계를 보여준다. 일반적으로 일반 open 해양에서 부유물(SS)를 측정하는데는 560nm가 무난한 파장대가 사용된다. 그러나 고농도까지 SS를 측정하려면 이 band가 더 유효하다(안유환 외, 1999).
- 765 & 905nm : 추가된 2개의 파장대는 순수 대기 보정을 위한 band로 GOCI-I에서는 한정된 band로 인하여 선택할 수 없었으나 자료의 질 개선을 위하여 추가로 선택되었다. 원래 이 band의 heritage는 SeaWiFS와 MODIS 위성에서 사용된 것이다. GOCI 자료의 질은 알고리즘에 의하여서도 결정되지만 해수 수출복사량(L_w)의 정확

Table 2. 해양탐체체의 주요 사양 및 요구조건

구 분	사 양 및 요 구 조 건	
임무수명	> 10 years	
신뢰도	> 0.85 @EOL	
관측범위(Field of regard)	지역관측 : 2,000 km×2,000 km 지역관측시 전구 범위를 대상으로 한 관측영역 선택 가능 전구관측 : Full Disk	
관측주기	1시간 이내주간 7회 이상(지역관측) 1회 이상(전구관측)	
관측소요시간	< 15분 (지역관측), < 30분 (전구관측)	
공간분해능(GSD)	< 250m (지역관측), < 1,000m (전구관측)	
분광범위(Spectral Range)	400 nm - 900 nm	
분광분해능	20 nm, 10nm, 40m 500nm (Panchromatic Band)	
신호대잡음비(SNR)	> 1,500 @ nominal radiance	
데이터분해능	≥ 14 bits (TBD).	
MTF (Spacecraft Level without Ground Processing)	> 0.3 (남북방향) @ Nyquist frequency > 0.3 (동서방향) @ Nyquist frequency	
복사보정 정밀도	Ground	< 2 %
	in-Orbit	< 4 %
Linearity	< 1% (over Saturation Radiance) < 5% (over Max. Cloud Radiance)	
Band Center Wavelength Accuracy	± 0.5 nm	
Out of Band Response	< 0.5 %	
Optical Ghost	< 0.3 %	
Straylight	< 0.3% @ nominal radiance (TBD)	
Polarization factor	< 2 %	
Pointing accuracy	8urad/8sec	
부 피	1,200 mm × 1,000 mm × 1,000 mm	
무 게	120 Kg	
소요전력	< 130 W	
데이터 전송속도	> 60 Mbps	

한 값을 얻지 못하면 알고리즘도 아무런 의미가 없어진다. 다시 말하여 대기보정(Atmospheric Correction)을 정확하게 하여야만 신뢰도 높은 Lw의 값을 얻을 수 있으며 추가 사유이다. 이들 band를 추가하므로써 얻어지는 total radiance 정확도는 약 10% 정도 증가하는 것으로 사료된다 (IOCCG, 2009).

(2) 해상도를 250m로 높인 이유

- GOCI-I의 local 관측 임무 공간해상도는 500×500m였다. 본 요구사항은 한반도의 주변 해양의 다양한 만의 크기 및 복잡한 리아스식 해안을 고려하였으나 충분한 공간 해상도는 아니었다. 만

의 크기가 직경 5 ~ 20km로 500m 공간 해상도로는 만의 섬세한 해양환경 pattern를 관측하는데는 한계가 있었다. 그럼에도 공간 해상도를 500m로 선택한 이유는 관측대상 영역을 넓혀야 한다는 이용자의 요구사항을 반영한 것이다. GOCI-II에서는 관측 영역이 full disk까지 가능하므로 local 영역에서는 GOCI-I과는 같게 할 이유가 없게 된 것이다. 250m 이상으로 해상도를 높이면 local 임무 수행을 위해 좋겠지만 문제는 자료의 크기, 광학계 및 주 버스의 한정된 공간 및 개발비용의 증가로 인하여 종합적인 trade-off한 결과이다.

Table 3. 사용자 요구사항에 따른 해상색선의 요구조건

Band	Heritage	Band Center (nm)	Band width (nm)	Nominal Radiance	Maximum Ocean Radiance	Saturation Radiance	Maximum Cloud Radiance	NEdL	SNR	Primary use		
1	GOCI-B1	412	20	100.0	150.0	152.0	601.6	0.100	1000	Yellow substance and turbidity		
2	GOCI-B2	443	20	92.5	145.8	148.0	679.1	0.085	1090	Chlorophyll absorption maximum		
3	GOCI-B3	490	20	72.2	115.5	116.0	682.1	0.067	1170	Chlorophyll and other pigments		
4	SeaWiFS	520	20	TBD							Red Tide	
5	GOCI-B4	560	20	55.3	85.2	87.0	649.7	0.056	1070	Turbidity, suspended sediment		
6	연구결과	625	20	TBD							SS&Red Tide	
7	GOCI-B5	660	10	32.0	58.3	61.0	589.0	0.032	1010	Baseline of fluorescence signal, Chlorophyll, suspended sediment		
8	GOCI-B6	682	10	27.1	46.2	47.0	549.3	0.031	870	Atmospheric correction and fluorescence signal		
9	GOCI-B7	745	20	17.7	33.0	33.0	429.8	0.020	860	Atmospheric correction and baseline of fluorescence signal		
10	MODIS	765	20	TBD							Aerosol properties, Atmospheric properties	
11	GOCI-B8	865	40	12.0	23.4	23.4	343.8	0.016	750	Aerosol optical thickness, vegetation, water vapor reference over the ocean		
12	MODIS	905	40	TBD							Atmospheric Properties, Cloud Properties	
13	연구	650	500	6.5E-6	TBD							Night Band (Night time fishing boat activities)

6) 개발 추진 전략

GOCI-I의 경우 개발 추진 체계는 국토해양부와 항공우주연구원(KARI)이 직접 계약을 체결하였으며 한국해양연구원은 개발기간 중 공식적인 의견을 제안할 수 없도록 구성이 되어있었다. 심지어 통행기 사업의 주요 사업 추진을 변경 추진하는 결정을 할 수 있는 추진위원회에서도 멤버가 될 수 없었다. 비공식적으로 KORDI의 의견이 제안할 수도 있었으나 정보의 종류에 따라 정보 사각지대에 있었으며, 중요한 issue의 경우 전달이 되지 않거나, 국토해양부로만 전달되어 추후 이의를 제기할 수 있는 시간이 지난 후 문제가 발견되기도 하였다. 이에 따른 개발업무 수행의 문제 발생은 심각하였으며, 선진 위성개발 시스템으로는 도저히 상상할 수 없는 체계를 갖고 있었다. 따라서 제2호 GOCI의 경우에는 이런 문제를 선진국형으로 제거하는 방향으로 개발 전략을 수행할 것을 관련 기관간 협의한 바 있다(2010 복합위성 기획위원 미팅 / 과학연구재단 주최). 그 방안은 아래 Fig. 3과 같다.

상기 모식도의 핵심 내용은 한국해양연구원이

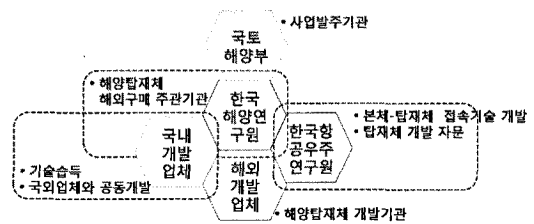


Fig. 3. GOCI-II의 개발 추진 방안 도식도.

GOCI-II 개발의 주체가 되고, 국토해양부와 계약을 맺는 방식을 택하고 있다. 항공우주연구원은 국내 개발업체와 같이 한국해양연구원과 국외개발 업체 사이의 인터페이스 역할을 하게 된다. KARI가 GOCI-II를 직접 개발하지 않고 KORDI에 기술적인 자문 역할만 수행하게 된다. 이러한 이용자가 개발의 주체가 되는 방식은 이미 선진국에서 오래전부터 수행하고 있는 방식으로 우리 국내 위성개발 시스템도 변경되어야 할 시점에 이르렀다고 볼 수 있다.

7) 지상국 운영방안

운영은 GOCI-I의 경우와 같이 자료의 수신, 처리,

Table 4. 사업 타당성 평가를 위한 GOCI-2 개발에 따른 경제적 편익 분석 결과 (단위 : 백만원)

편익대상	편익계산방법	편익발생효과	편익금액/년
어장정보수입대체	해외서비스를 이용하고 있는 국내 어선 수와 이용료를 계산	수입대체 효과	7,268/년
어장정보사업화	어장정보시스템을 통한 주변국 어선을 대상으로 서비스 제공을 통해 얻어지는 수익계산	수익창출	3,950/년
항만공사	항만공사의 현장관측 비용 절감비율을 전체 공사 비용 중 조사 및 설계비에 적용하여 계산	비용절감	511/년
수산업	적조 및 태풍으로 인한 피해 예방으로 양식어장의 생산성 향상에 대한 편익 계산	생산성 향상	13,898/년
합계			25,627/년

검보정 및 서비스는 해양위성센터에서 담당하고 “B 위성”(해양 및 환경)의 관제만 항공우주연구원에서 수행하게 될 예정이다. 다만 관계 Backup 시스템을 해양연구원에서 시스템을 갖추는 것으로 계획되어 있다.

8) 경제성 분석

GOCI-II의 편익분석은 접근하기 어려운 부분이 많았다. 산업적인 효과 보다는 장기적이고 편익을 산출하기 어려운 해수환경 모니터링으로 발생하는 항목이 대부분이다. 이런 부류의 항목은 객관적으로 실증하기 어려운 부분으로 경제적 편익을 인정받기란 사실 거의 불가능하다. 그럼에도 불구하고 전문가 그룹에 의뢰하여 아래와 같은 항목으로 최소의 편익을 산출하였다.

Table 4을 기준으로 할인율은 5.5%를 적용하였으며, 2017년부터 2027년까지 운영기간을 가정하여 비용편익을 도출하였다. 결과 전체 비용에 대한 현재 투입가치는 1,353억 원이고, 편익은 1,734억 원으로 한 결과 투자대비 편익(B/C) 분석결과는 약 1.6정도 나타났다.

4. 토의 및 결론

GOCI-I은 세계 처음으로 정지궤도 해양 관측 위성으로 개발되었으며, GOCI-II가 교육과학기술부 주관으로 기획연구가 추진 중에 있다. 2010년 현재 제2호 위성의 개발이 시작되어야 하는 시점에 이르렀다. 제2호 위성은 제1호의 중간적인 성격(원 해양과 연안 관측 기능)의 임무보다는 좀 더 연안 해양 관측의 기능도 강화시키고, 반대로 전 지구적인 관측 기능도 확대 되었다. 이 임무확대는 앞으로 장기기후변화와 더불어 발생하는 지구규모 변화에 대응하는 대양 관측 기능이 필요하다

는 이용자 요구에 따른 것이다. 그럼에도 연안 바다의 사회적 경제적 중요성이 증가하고 있으므로 이 감시의 기능을 강화해야하는 필요성도 대두되고 있다. 한편으로는 GOCI-I에 비해 국제적인 기여도가 크게 증가될 것으로 기대된다. 이런 양극적인 임무 수행을 하기위한 탑재체를 개발하기 위해서는 최소한 1km 공간해상도를 갖는 full disk 관측 기능과, 그리고 250m 급 관측 능력을 갖도록 설계가 필요하다. 한편으로는 위성개발의 경제성 또한 무시할 수 없는 현실 이므로 어장 정보획득을 위한 야간관측 기능이 필요하다. 그리고 이런 고해상도의 위성을 구현하기 위해서는 본체가 아주 고정밀도의 자세제어 안정성이 요구되는 것으로 알려졌다. GOCI-II의 이러한 고사양은 현재의 위성개발에서는 구현하기 어려운 기술이 아닌 것으로 사료되어진다. 다만 현재의 요구사항에서 발생할 수 있는 기술적 한계는 이미 주어진 탑재체 체적 범위 내에서 구현이 되어야하고, 야간관측을 위하여 태양광의 Starylight를 어떻게 최소화하여 디자인하여야 할 것인지가 관건이 될 것으로 사료된다. 경제적 편익부분에서는 투자대비 1.6 정도로 낮게 나타났다. 이 부분은 추후 고 편익을 위하여 좀 더 체계적인 조사와 연구가 필요한 것으로 보인다.

사 사

본 연구는 국토해양부 연구개발사업인 “정지궤도 해양위성 활용연구지원” 사업(PM55660), “해양위성센터 구축” 사업(PM55490) 및 한국해양연구원의 기본 연구사업인 “해양위성센터 운영 및 기능고도화” 사업(PE98492)으로 수행되었습니다.

참고문헌

- 안유환 외, 1999. 위성에 의한 적조 및 탁수원격탐사 기술개발, 한국해양연구원 보고서.
- 안유환 외, 2003. 정지궤도 해양위성 탑재체 선행연구, 한국해양연구원 보고서.
- 안유환 외, 2008. 차세대 정지궤도 해양위성 기획연구, 한국해양연구원 보고서.
- Campbell Janet, P. DiGiacomo, A. Bingham, C. Bruce, M.-E. Carr, 2008. Coastal Ocean CarbonObservations and Applications (COCOA) Mission, NASA GEO-CAPE 2008 Workshop, Chapel Hill, North Carolina, August 18-20.
- Marie-Helene Forget, Venetia Stuart and Trevor Platt. 2009. IOCCG Report Number 8.