

GK-2B GOCI-II

Algorithm Theoretical Basis Document

괘생이모자반

(Floating Sargassum Horneri Ratio)

Version 1.5

해양수산부
국립해양조사원

Korea Hydrographic and Oceanographic Agency
Ministry of Oceans and Fisheries
Republic of Korea

목 차

1. 개요	1
1.1. 목적	1
1.2. 대상자	1
1.3. 내용요약	2
1.4. 문서 개정내역	2
1.5. 약어목록	3
2. 알고리즘 소개	4
2.1. 개요	4
2.2. 이론적 배경	4
2.3. 알고리즘 흐름도	5
2.4. 입력자료	9
2.5. 산출물	10
3. 산출물 비교 및 검증	3
3.1. 비교 및 검증자료	3
3.2. 검증방법	3
3.2.1 검증 프로세스	3
3.2.2 검증 세부방안	4
3.2.3 검증결과	5
4. 특이사항	9
4.1. 수치계산 고려사항	9
4.2. 예외사항 처리	9
4.3. 검증 알고리즘	9
4.4. 성능	19
5. 참고문헌	20
6. 부록	21

표 목 차

<표 1-1>	ATBD 문서 개정내역	2
<표 1-2>	사용 약어목록	3
<표 2-1>	구름 분류에 따른 마스킹 색상	7
<표 2-2>	팽생이모자반 합성장 최종 산출물 정보(NetCDF 파일구조)	10
<표 2-3>	팽생이모자반 탐지 결과 메타 정보	11
<표 3-1>	팽생이모자반 현장관측정보 및 GOCI-II 영상 정보	31
<표 3-2>	고해상도 위성 정보 및 GOCI-II 영상 정보	31
<표 3-3>	이진분류모델 적용 분류 정보	41
<표 3-4>	Landsat-8 이용 정량적 검증 결과	8

그림 목 차

[그림 2-1]	부유조류 포함 화소 판정을 위한 비교 픽셀 위치	6
[그림 2-2]	슬롯(6, 7, 9, 10) 영역 모자이크	7
[그림 2-3]	AMI/CLD 자료 사용 구름 마스크 결과	8
[그림 2-4]	연안과 내수면 탐지자료를 제거한 육상 마스크 결과	8
[그림 2-5]	팽생이모자반 탐지자료 산출 모식도	9
[그림 2-6]	2022년 4월 9일 11시 15분 팽생이모자반 탐지 결과	10
[그림 2-7]	2022년 4월 9일 08시 ~ 17시 팽생이모자반 탐지 결과	11
[그림 3-1]	FAI, NDVI, EVI의 민감도 분석 통계자료(Chuanmin Hu., 2009)	51
[그림 3-2]	팽생이모자반 현장관측 사진 및 GOCI-II 비교 결과(2022.04.07.)	61
[그림 3-3]	대규모 팽생이모자반 현장관측 지점 및 현장관측 사진(2022.05.16.)	61
[그림 3-4]	GOCI-II FAR와 Landsat-8 FAI의 정성적 비교 결과	71
[그림 3-5]	GOCI-II 탐지 결과와 Landsat-8 FAI 이진분류모델 적용 결과	81
[그림 4-1]	팽생이모자반 육안 판독(shp) 결과	91

1. 개요

- 본 알고리즘 설명서(Algorithm Theoretical Base Document, ATBD)에서는 GeoKOMPSAT-2B(GK-2B) 위성의 2nd Geostationary Ocean Color Imager (GOCI-II) 센서 자료로부터 괘쟁이모자반을 산출하기까지의 전 과정을 간략하게 설명한다.
- 1장에서는 ATBD의 목적, 대상자, 요약내용, 관련문서 정보에 대한 간략한 설명을 포함한다.
- 2장에서는 괘쟁이모자반 산출 알고리즘 흐름도와 알고리즘 수행에 필요한 입력자료를 제시하고, 이론적 배경 및 사용 방법론을 설명한다. 또한, 산출물에 대한 현황을 소개한다.
- 3장에서는 산출물에 대한 비교 및 검증 방법과 그 결과를 서술한다.
- 4장에서는 개발된 알고리즘의 한계점을 정량적 성능과 함께 제시하고, 향후 개선 방향을 설명한다.

1.1. 목적

- 대표적인 알고리즘으로 근적외선과 가시광선 영역의 반사도 차이를 이용하여 정규 식생 지수(Normal Difference Vegetation Index, NDVI)와 부유조류 지수(Floating Algae Index, FAI)들이 있다.
- NDVI와 FAI는 대기 상태, 해수의 탁도, 태양과 위성 관측 각의 변화에 따라 이들 지수의 값이 변화하므로 일정한 기준(문턱값)으로 넓은 지역에 적용하는데 한계가 있다.
- 우리나라 주변 및 동아시아 일부 해역을 대상으로 해상색센서를 이용한 괘쟁이모자반 추정 알고리즘을 개발하고, GOCI-II 자료를 적용하여 괘쟁이모자반 산출물을 생산하고자 한다.

1.2. 대상자

- 본 기술문서는 괘쟁이모자반을 산출하는 알고리즘의 이론적 배경 및 사용법에 대한 정보 수요가 있는 사람들을 대상으로 하며, 구체적인 내용은 참고문헌 학습이 필요하다.

1.3. 내용요약

- 알고리즘 소개 : 본 산출물 생산에 적용된 알고리즘에 대한 생성순서, 입력자료 종류, 이론적 배경 및 사용 방법론을 소개한다.
- 산출물 비교 및 검증 : 본 산출물과 동일한 항목의 기존 자료 비교 결과를 제시하고, 현장관측 등과의 검증 결과를 제시한다.
- 현업 적용 결과 : 국립해양조사원 누리집을 통한 서비스 현황과 품질관리체계를 소개한다.
- 향후 개발 계획 : 개발된 기술 성능의 정량적 수치를 제공하고 향후 계획을 제시한다.

1.4. 문서 개정내역

<표 1-1> ATBD 문서 개정내역

문서버전	수정내용	수정일	작성자
1.0	초안 작성	2021.07.13.	국가해양위성센터
1.1	알고리즘 관련 수식 및 모식도 보완 산출물 비교자료 보완 산출물 현업 적용사례 향후 개발 계획 참고문헌 추가	2021.08.31.	국가해양위성센터
1.2	목차 및 그림/표 캡션 수정 알고리즘 관련 내용 및 수식 보완 이론적 배경 추가 분기별 검증보고서 추가	2021.10.15.	국가해양위성센터
1.3	현업 운영 시 고려사항 추가 가정 및 제한 추가	2021.10.19	국가해양위성센터
1.4	산출물 관련 메타정보 추가	2021.11.19	국가해양위성센터
1.5	목차 및 서식 수정	2022.10.18	국가해양위성센터

1.5. 약어목록

<표 1-2> 사용 약어목록

약어	설명
FAI	Floating Algae Index
FAR	Floating Algae Ratio
GK-2B	GeoKOMPSAT-2B
GOCI-II	2 nd Geostationary Ocean Color Imager
NDVI	Normal Difference Vegetation Index
TOA	Top-of-Atmosphere

2. 알고리즘 소개

2.1. 개요

- 팽생이모자반이란 모자반과에 속한 해조식물로 모자반속은 바다 숲을 구성하고 생태학적으로 중요한 기능을 담당하고 있으며, 종종 염체가 기질에서 떨어져 나와 대량의 부유성 모자반 띠를 형성한다.
- 저우산군도에서 증식하던 팽생이모자반이 쿠로시오 난류를 따라 북상하다가 대마난류에 편승하여 우리나라 제주 해역과 남해안에 팽생이모자반이 대량 유입되어 연안의 자연경관, 선박의 조업 방해, 양식 어업에 피해를 주는 사례가 증가하였다(해양수산개발원 동향분석 보고서, 2017).
- 한국해양과학기술원에서 광학위성 영상을 사용하여 해수 표면에 부유하는 녹조와 갈조(팽생이모자반)의 분포를 도출하는 ‘광학위성 영상을 이용한 해수표면 해조류 검출 방법 및 시스템’을 개발하여 2017년에 특허 출원을 하였다.
- ‘광학위성 영상을 이용한 해수 표면 해조류 검출 방법 및 시스템’ 기술은 광학위성에서 촬영된 근적외선과 적색 밴드를 가지는 복사휘도 영상 자료를 이용하여 근적외선 신호와 적색 밴드 신호의 차이와 공간적으로 변화하는 해수 배경값을 이용하여 계산한 공간 이상값(Red Edge Spatial Anomaly, RESA)으로 부유조류의 점유면적비를 나타내는 영상을 제공하는 기술이다.
- 국립해양조사원에서 2021년 3월부터 현재까지 현업활용을 극대화하기 위해 본 알고리즘을 현업에 시범 적용하여 문제점을 개선하여 현업활용에 맞게 수정 보완 중이다.

2.2. 이론적 배경

- 부유조류 탐지 알고리즘
 - 해양원격탐사 분야에서 부유조류 탐지는 해수의 근적외선 반사도가 0에 가까운 낮은 반사도를 갖는 특성과 그에 반해 부유 조류는 상대적으로 높은 반사도를 가지는 특성을 기반으로 하는 연구가 진행되어왔다.
 - Gower et al.(2006)에서 최초로 Medium Resolution Imaging Spectroradiometer(MERIS)의 full-resolution(FR)을 이용하여 멕시코만 지역에서 팽생이모자반으로 의심되는 패치를 발견하였다.
 - Maximum Chlorophyll Index(MCI)은 바다, 연안, 호수의 부유식물(팽생이모자반, 녹조 등) 뿐만 아니라 플랑크톤, 해저식물 등의 물체에 포함되어있는 엽록소에 민감하게 반응하는 705 nm의 반사도 강도를 나타내는 것으로(Gitelson et al. 1992, Yacobi et al. 1995, Gower et al. 1999, 2005) 705 nm을 가지고 있는 MERIS 기반의 독특한 지수로 연안 및 대양의 해양 환경을 관찰하는 데 사용되었다(Gower et al., 2008).
 - NDVI는 1973년 Rouse et al.에서 Landsat-1의 MSS 센서 기반으로 개발된 지수이며, 근적외선과 적색 반사도 차이를 식생의 밀도와 관계지수화 하였다(Rouse et al., 1973). 식생에 포함된 엽록소 농도가 높을수록 NDVI 지수 또한 높아지기 때문에

육상 분야에서 식생기반 일차 생산력 지도 등과 같은 토지 피복/토지 이용 지도 제작에 사용되었다.

- NDVI는 해양 및 내수면의 조류 번성에 관한 연구에 사용되었으며(Prangmsma & Roozkrans, 1989; Kahru et al., 1993), 2008년 올림픽 요트경기에서 불거진 황해의 녹조의 양과 기원을 추정하는 연구에서 사용되었다(Hu & He, 2008).
- FAI는 MODIS 센서를 통해 다양한 수상 생태계 환경에서 부유조류를 탐지하는 지수로 해수에서는 적색, 근적외선, 중적외선에서 0에 가까운 낮은 반사도를 가지고 있고, 이와 반대로 부유조류는 근적외선에서 높은 반사도를 가지고 있어서 그 차이를 지수화 하였다(Hu, 2009).
- FAI는 환경 및 관찰 조건(에어로졸 형태와 두께, 태양각, 태양광 반사점)의 변화에 덜 민감하고 얇은 구름 사이를 볼 수 있어서 기존의 NDVI 또는 EVI보다 부유 조류 탐지에 더 적합하며, 다양한 해역에서 부유 조류를 쉽게 식별할 수 있는 간단하면서도 효과적인 지표이다(Hu, 2009).
- 부유조류는 적색에서 해수와 유사한 반사도를 가지지만 근적외선에서는 해수에 비해 높은 반사도를 가지게 되기 때문에 GOCI-II 기반 부유조류 면적비(팽생이모자반) 탐지 기술 또한 GOCI-II에 포함된 적색과 근적외선의 차이로 부유 조류를 식별하고 그 차이의 강도에 따라 부유조류 면적비를 계산하였다.

2.3. 알고리즘 흐름도

■ 부유조류 면적비(팽생이모자반) 탐지 기술

- 팽생이모자반 탐지 기술의 자료 처리 과정은 GOCI-II 복사휘도 영상 자료를 입력하여 1)반사도 변환, 2)분자산란보정, 3)육상, 구름, 매우 탁한 화소 제외, 4)배경 해수 반사도 계산, 5)공간이상 반사도 계산, 6)부유조류 화소 판정, 7)부유조류 점유면적비 산정 순으로 수행한다.

- 1) 반사도 변환 : 천리안 해양관측 위성 2호 LIB에서 제공하는 대기상층(top-of-atmosphere : TOA)의 복사량(radiance) 값을 아래 식으로 TOA에 대한 반사도 값으로 변환한다.

$$\rho_{TOA}(\lambda) = \frac{\pi L_{TOA}(\lambda)}{F_0(\lambda)\cos(\theta_s)} \quad [\text{식 2-1}]$$

$$F_0(\lambda) = f_0(\lambda) \times c_{s-e}(d_y) \quad [\text{식 2-2}]$$

$\rho_{TOA}(\lambda)$ 는 TOA의 반사도, $L_{TOA}(\lambda)$ 는 TOA의 복사량, $F_0(\lambda)$ 는 지구로 입사하는 태양 복사량, θ_s 는 태양 천정각을 나타내고, $F_0(\lambda)$ 는 [식 2-2]으로 계산된 값을 사용하며 f_0 는 태양-지구 거리를 고려하지 않은 우주에서의 태양 복사량, c_{s-e} 와 d_y 는 태양-지구 거리 계수와 일 년 중의 날짜를 나타낸다.

- 2) 분자산란보정 : 변환된 TOA의 반사도는 대기의 영향을 포함하고 있기 때문에 해수면 반사도로 변환하기 위해서 대기 효과를 제거해야 하며, 해수 표면에 부유하는 해조류를

탐지하기 위해서는 대기분자산란에 의한 반사도(Rayleigh reflectance)를 제거해야 한다. 대기분자산란에 의한 반사도는 6S(Vermote et al., 1997)로 추정한다.

$$\rho_{rc}(\lambda) = \rho_{TOA}(\lambda) - \rho_r(\lambda) \quad [\text{식 2-3}]$$

$\rho_{rc}(\lambda)$ 는 대기분자산란 보정 반사도, $\rho_r(\lambda)$ 는 대기분자산란에 의한 반사도

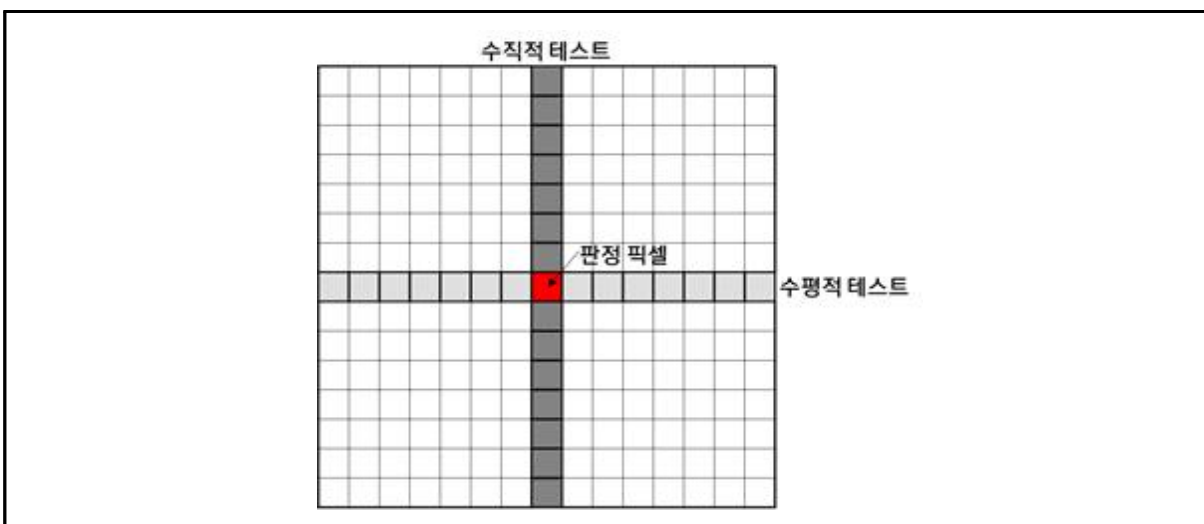
- 3) 육상, 구름, 매우 탁한 해수 제외 : 각 화소의 파장별 반사도 값을 이용하여 팽생이모자반 탐지에 불필요한 육상, 구름 및 매우 탁한 해수 영역을 산출하여 해당 영역을 제외한다.
- 4) 배경 해수 반사도 계산 : 조류(팽생이모자반 등)의 영향이 없는 순수 화소에 대하여 공간적인 평균을 취해 해수의 배경값 계산한다.
- 5) 공간이상 반사도 계산 : 근적외선 반사도와 적색 반사도의 차이를 계산한 레드 엣지(Red Edge Difference : RE_Diff)의 값에서 해수의 배경값을 제거한다.

$$RE_Diff = R_{rc,NIR} - R_{rc,RED} \quad [\text{식 2-4}]$$

$R_{rc,NIR}$: Rayleigh 보정한 근적외선 반사도, $R_{rc,RED}$: Rayleigh 보정한 적색 반사도

6) 부유조류 화소 판정

- 1차 분류 : 근적외선 밴드와 적색 밴드를 이용하여 각 화소에 인접한 좌우 최대 7개 화소(수평적 테스트)와 상하 최대 7개 화소(수직적 테스트)의 밴드별 반사도 값 차이 및 레드 엣지 값 차이를 비교하여 배경해수가 아닌 화소를 분류한다.
- 2차 분류 : 1차 분류된 각 화소의 반사도 값에서 배경 해수 평균 반사도 값을 뺀 이상값(Anomaly)을 밴드별로 분석하여 부유조류 특성을 가진 화소를 부유조류 화소로 판정한다.



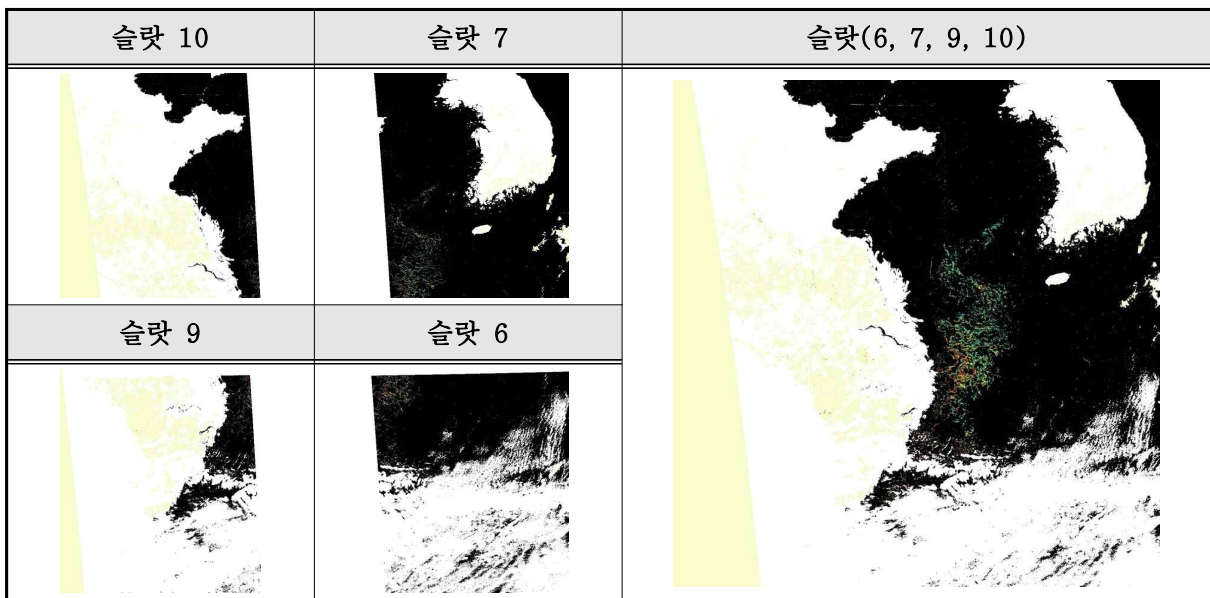
[그림 2-1] 부유조류 포함 화소 판정을 위한 비교 픽셀 위치

- 7) 부유조류 점유면적비 산정 : 레드 엣지 값과 평균 반사도 값의 차이를 이용하여 부유조류 점유면적비를 산정하며, 이 값은 공간 이상 반사도 값에 비례한다.

■ 부유조류 면적비(팽생이모자반) 산출 오탐지 최소화 방안

- 부유조류 면적비(팽생이모자반) 탐지 기술로부터 처리된 부유조류 탐지 값에서 육안 판독 및 재처리 과정을 통하여 녹조, 연안의 양식장 및 내수면의 부유조류, 구름 및 구름 경계, 선박 등에서 발생하는 다양한 오탐지 결과를 제거하여 정확도를 높인다.
- 재처리 : 재처리 과정은 부유조류 탐지 후보군 자료를 입력하여 1)영역확대, 2)AMI/CLD 자료로 구름 마스크, 3)육상 마스크 적용 순으로 수행한다.

1) 영역 확대 : 해역에서 발생한 팽생이모자반의 분포 양상을 확인하고 우리나라 연안으로 유입되는 팽생이모자반의 이동예측 및 분석을 위하여 모자이크된 영상이 필요하며, 슬롯별로 나누어진 자료를 한반도와 중국해역이 포함된 영역인 슬롯 6, 슬롯 7, 슬롯 9, 슬롯 10을 합쳐서 영역을 확대한다.


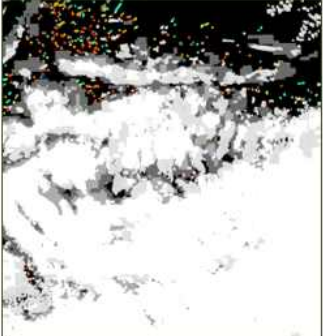
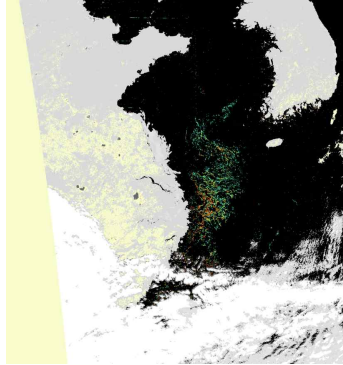


[그림 2-2] 슬롯(6, 7, 9, 10) 영역 모자이크

2) AMI/CLD 자료로 구름 마스크 : GK2B/GOCI-II의 L1B 자료로 생성된 구름 영역과 GK2A/AMI의 L2 산출자료인 구름탐지 자료로 구름, 구름 확률 높음, 청천 지역을 기준으로 총 6가지로 분류했으며, 구름 지역 및 구름 경계 부분을 마스크하여 구름으로 인해 발생하는 탐지자료 제거한다.



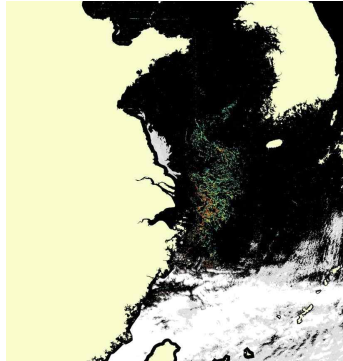
<표 2-1> 구름 분류에 따른 마스크 색상

No.	구름 마스크 분류	GOCI-II/부유조류 탐지 알고리즘	AMI/CLD
1	Black	Sea	Sea
2	Dimgrey	Sea	Probably Cloud
3	Darkgrey	Sea	Cloud
4	Lightgrey	Cloud	Sea
5	Gainsboro	Cloud	Probably Cloud
6	White	Cloud	Cloud

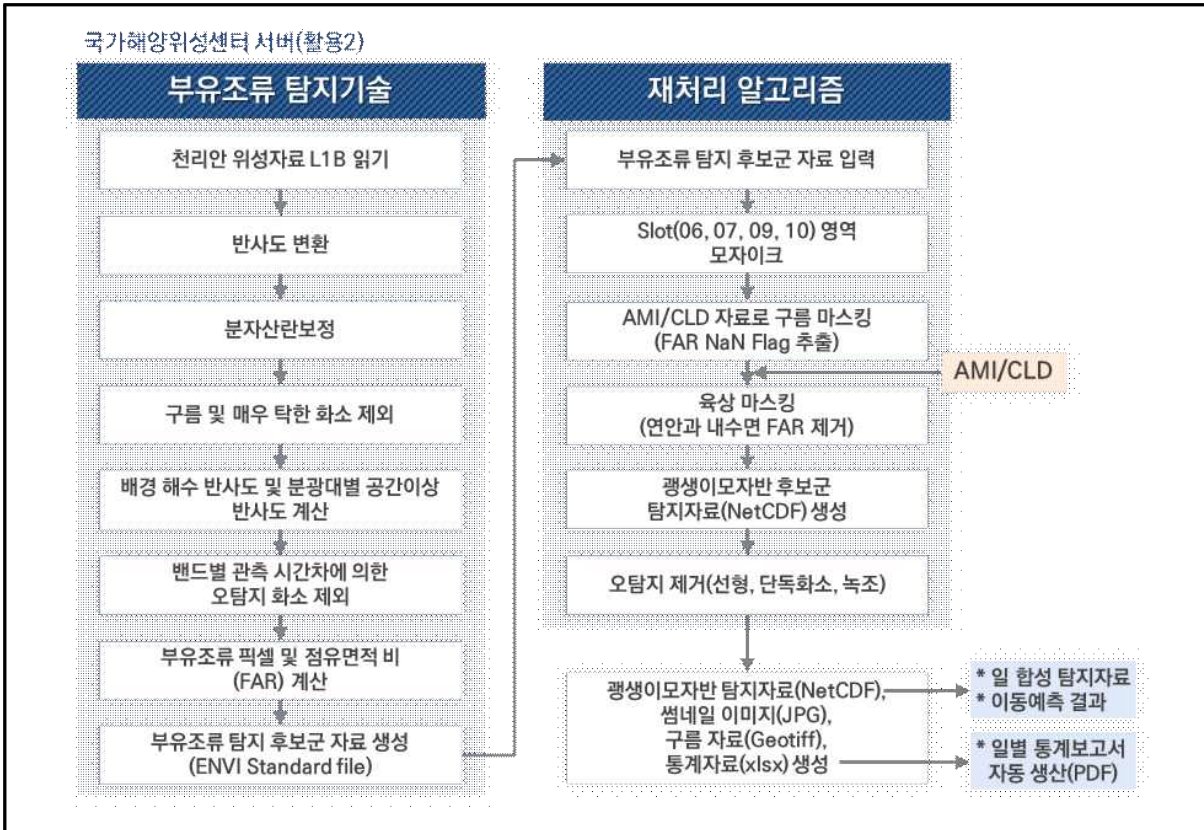
구름 마스크킹 전	구름 마스크킹 후	AMI/CLD 자료로 구름 마스크킹
		

[그림 2-3] AMI/CLD 자료 사용 구름 마스크킹 결과

3) 육상 마스크킹 : 연안의 양식장 및 내수면의 부유조류로 인한 오염지 제거를 위해 제주도, 울릉도, 독도를 제외한 해안선으로부터 12해리(약 20 km) 이내의 연안 해역에서 발견된 탐지자료를 제거한다.

연안 탐지자료 제거 전	연안 탐지자료 제거 후	육상 마스크킹
		

[그림 2-4] 연안과 내수면 탐지자료를 제거한 육상 마스크킹 결과



[그림 2-5] 플랑크톤이모자반 탐지자료 산출 모식도

2.4. 입력자료

■ GK2B/GOCI(Geostationary Ocean Color Imager)-II L1B

- 위성 센서의 전기적 특성에 의한 잡음을 제거하고 센서의 픽셀별 광학적 감도를 균일하게 나타내도록 조정해주는 복사보정을 거쳐 해양 원격탐사에 이용 가능할 수 있는 물리 양인 복사휘도로 변환하고, 지리적 정보의 왜곡을 지구 좌표계가 가지는 실제 위치(위/경도)와 동일하게 맞추는 기하보정을 거친 자료이다.

■ GK2A/AMI의 L2/CLD 자료

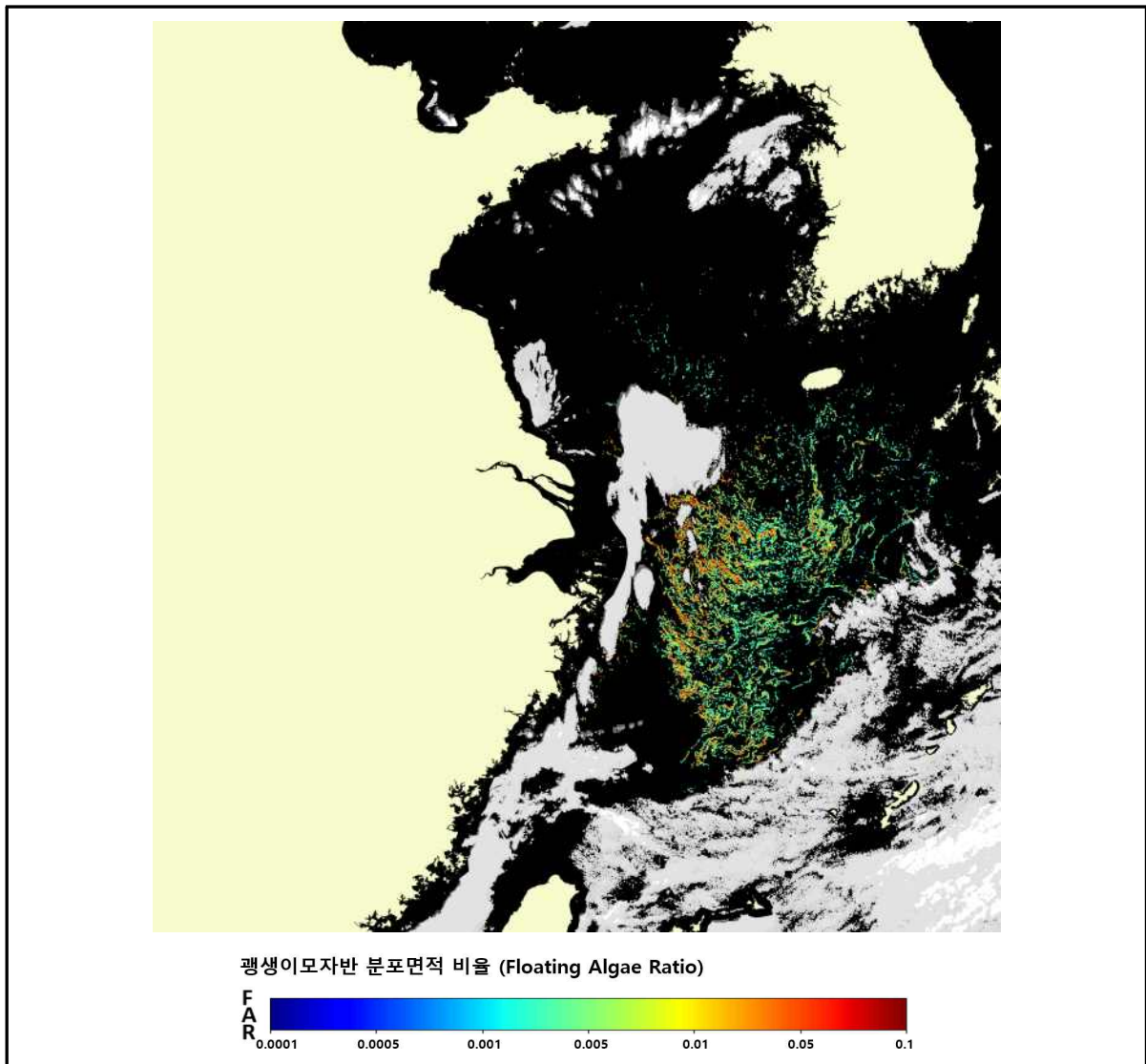
- GK-2A AMI 구름탐지 알고리즘에서 산출되는 자료는 각 화소별 구름의 존재 유무 및 탐지된 구름의 품질정보(Quality flag)로 구름 탐지 결과는 화소별로 구름(cloud), 구름 확률 높음(probably cloud), 그리고 청천(clear)으로 정의된다.
- 동아시아 지역의 자료는 10분 간격으로 생성되며, 대상 지역의 GOCI-II 촬영시간을 고려하여 매시 30분 자료를 사용한다.

2.5. 산출물

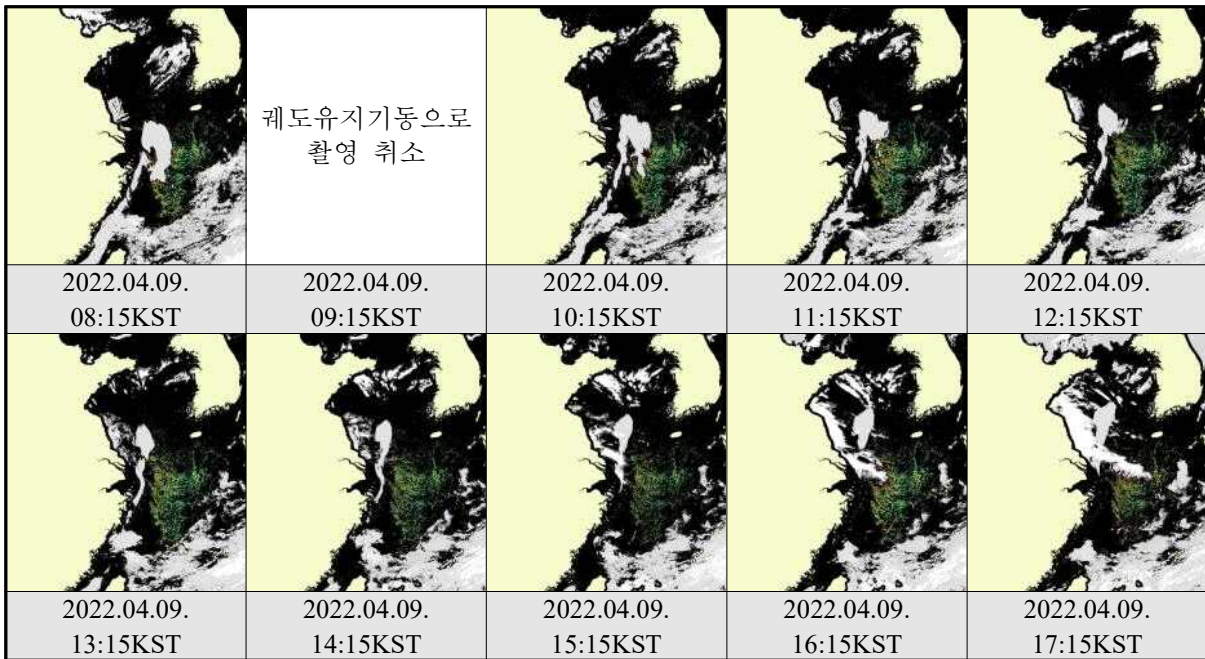
- 최종산출물은 NetCDF 형식으로 동아시아 영역(위도 : 약 24 ~ 40 °N, 경도 : 약 114 ~ 130 °E)의 250 m 공간 해상도를 가지며 1일 10회 생산한다. 산출물 기반 이미지는 불필요한 영역 일부를 제외한 영역(위도 : 24 ~ 39 °N, 경도 : 114 ~ 129.9 °E)에 대해서 생산한다.

<표 2-2> 괭생이모자반 합성장 최종 산출물 정보(NetCDF 파일구조)

레이어명	레이어 설명	내용	값 정보
lat	Latitude	WGS84(EPSSG:4326) 기준 위도	약 24 ~ 40 °N
lon	Longitude	WGS84(EPSSG:4326) 기준 경도	약 114 ~ 130 °E
cloud	Cloud	구름 분포 정보(인덱스)	0 ~ 6
far	Floating Algae Ratio	픽셀별 괭생이모자반 분포 면적비	0.0001 ~ 0.1



[그림 2-6] 2022년 4월 9일 11시 15분 괭생이모자반 탐지 결과



[그림 2-7] 2022년 4월 9일 08시~17시 팽생이모자반 탐지 결과

<표 2-3> 팽생이모자반 탐지 결과 메타 정보

메타 정보	영문명	입력 변수의 예
위성명	platform	GK2B
센서명(sensor)	instrument	GOCI2
타원체(Ellipsoid) 정보	geographic_Element	WGS84
좌표참조시스템	geographic_crs_name	WGS84, EPSG:4326
좌표계 수평기준 정보	horizontal_datum_name	WGS84
표준시간	Time_Standard	KST
이미지좌상단 Y	image_upperleft_latitude	39.000000
이미지우하단 Y	image_lowerright_latitude	24.000000
이미지좌상단 X	image_upperleft_longitude	114.000000
이미지우하단 X	image_lowerright_longitude	129.900000
Y 좌표 단위	geospatial_lat_units	degree
X 좌표 단위	geospatial_lon_units	degree
사용된 슬롯번호	input_slots	6, 7, 9, 10
사용슬롯수	number_of_total_slots	4
생산영역	dataset_area	Z002
입력자료	source	GK2B_GOCI2 L1B, GK2A_AMI CLD

<표 2-3(계속)> 괭생이모자반 탐지 결과 메타 정보

메타 정보	영문명	입력 변수의 예
알고리즘명	algorithm	KHOA SRG
처리 알고리즘 버전	algorithm_version	2.0
공간해상도	spatial_resolution	250
X 공간해상도	geospatial_lat_resolution	250
Y 공간해상도	geospatial_lon_resolution	250
시간해상도	temporal_resolution	1
공간해상도 단위	spatial_resolution_unit	Meter
시간해상도 단위	temporal_resolution_unit	hour
픽셀 수(X*Y)	Number_of_Pixel	5164*5099
커버리지 시작시간	time_coverage_start	202204091115
커버리지 종료시간	time_coverage_end	202204091115
산출물 이름	product_name	괭생이모자반, SRG
산출물 설명	title	괭생이모자반 분포정보
산출물 파일명	product_file_name	KHOA_SRG_L3_Z002_H01_WGS250M_K20220409_1115.nc
산출물 버전	product_version	1.0
산출물 레벨	processing_level	L3
프로젝트명	Project_Name	해양위성정보 종합분석 및 활용지원
배포처 홈페이지	publisher_url	http://www.nosc.go.kr
배포처	publisher_name	KHOA
배포기관 이메일	publisher_email	nosc@korea.kr
생산기관명	creator_name	KHOA
생산기관 홈페이지	creator_url	http://www.khoa.go.kr
생산기관 E-mail주소	creator_email	nosc@korea.kr
파일 포맷 버전	file_format_version	NetCDF 4.0
안내문	comment	-

3. 산출물 비교 및 검증

3.1. 비교 및 검증자료

- 현장관측 자료 이용 신뢰성 검증
 - 현장관측 일자 및 비교 GOCI-II 영상 정보

<표 3-1> 팽생이모자반 현장관측정보 및 GOCI-II 영상 정보

구분	관측 일자	GOCI-II 영상	관측 위치	비교
조사선 관측정보	2022.04.07. 06:20 ~ 12:00	2022.04.07. 11:15	제주도 서남부 해역	대규모 패치 (150 ~ 200 m)
	2022.05.16. 08:05 ~ 17:29	2022.05.16. 08:15, 11:15, 16:15	제주도 서부 해역	소량 ~ 대규모 패치

- 고해상도 위성영상 이용 정확도 검증
 - 사용위성 : Landsat-8(30 m 공간해상도, 16일 재방문주기)
 - 정성적 검증 : RGB 합성영상을 이용하여 팽생이모자반 분포 위치를 비교
 - 정량적 검증 : FAI 탐지 결과 이용 이진분류모델 기반 통계값 산출

<표 3-2> 고해상도 위성 정보 및 GOCI-II 영상 정보

구분	Landsat-8 영상 일자	Landsat-8 영역	GOCI-II 영상
정성적 검증	2022.03.24.	117/38	2022.03.24. 11:15
	2022.04.09.	117/40	2022.04.09. 11:15
정량적 검증	2022.04.09.	117/36	2022.04.09. 11:15
	2022.04.09.	117/38	2022.04.09. 11:15

3.2. 검증방법

3.2.1. 검증 프로세스

- 정성적 비교
 - 선박 목측 결과와 해당 지역의 팽생이모자반 탐지 결과를 비교한다.
 - 팽생이모자반 탐지 결과와 고해상도 위성영상 분석 결과를 비교한다.
- 정량적 비교
 - GK2B/GOCI-II 기반 팽생이모자반 탐지자료(FAR)의 정확도를 분석하기 위하여 이진분류모델 성능 평가 지표를 통해 GK2B/GOCI-II 기반 팽생이모자반 탐지자료(FAR) 정확도를 분석한다.

- GK2B/GOCI-II 기반 괘생이모자반 탐지자료(FAR)의 정확도 비교 대상은 Floating Algae Index(FAI) 알고리즘으로 처리한 Landsat-8/OLI 결과이다.
- 이진분류모델 성능 평가 지표란 모델링 성과를 평가하는 지표 중 하나로 예측과 실제 값의 양과 음의 값을 나누어 여러 가지 지표로 분석하는 것으로 대표적인 지표에는 정확도, 정밀도, 재현율이 있으며, 전체 예측한 자료의 개수에 대해 옳게 예측한 자료 개수의 비율로 나타내며 0에서 1 사이의 값을 가진다.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN} \quad [식 3-1]$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad [식 3-2]$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad [식 3-3]$$

<표 3-3> 이진분류모델 적용 분류 정보

GOCI-II \ Landsat-8/OLI	양성(괘생이모자반)	음성(해수)
양성(괘생이모자반)	참 양성 True Positive(TP)	허위 양성 False Positive(FP)
음성(해수)	허위음성 False Negative(FN)	참음성 True Negative(TN)

3.2.2. 검증 세부방안

■ Landsat-8/OLI FAI 알고리즘

- GOCI-II 탐지 결과 비교 및 검증을 위하여 고해상도 위성영상인 Landsat-8/OLI 탐지 결과를 활용하는데 매번 육안으로 판독하는데 있어서 시간이 다소 소요되므로 Floating Algae Index(FAI) 알고리즘을 이용하여 부유조류 탐지 결과를 생성한다.
- FAI 알고리즘은 적색 밴드(655 nm)와 중적외선 밴드(1609 nm) 사이의 선형 보간에서 파생된 기준선 반사도과 근적외선 밴드(865 nm)의 반사도 간의 차이로 정의한다. 여기에서 반사도는 Rayleigh 보정한 반사도(Rrc)이다.

$$FAI = R_{rc,NIR} - R'_{rc,NIR} \quad [식 3-4]$$

$$R'_{rc,NIR} = R_{rc,RED} + (R_{rc,SWIR} - R_{rc,RED}) \times (\lambda_{NIR} - \lambda_{RED}) / (\lambda_{SWIR} - \lambda_{RED}) \quad [식 3-5]$$

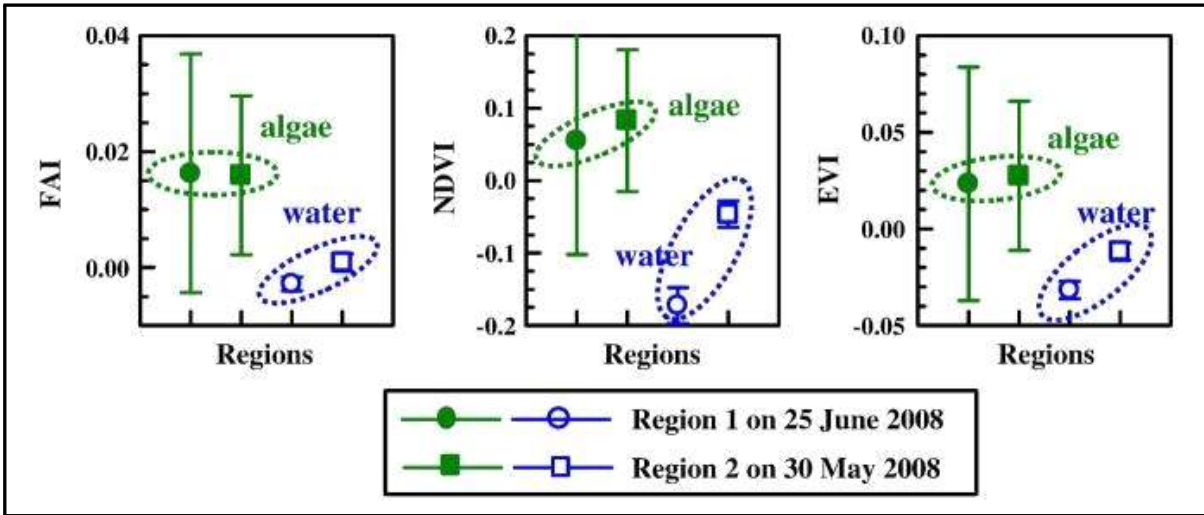
$R'_{rc,NIR}$: Rayleigh 보정한 근적외선 반사도, $R_{rc,RED}$: Rayleigh 보정한 적색 반사도,

$R_{rc,SWIR}$: Rayleigh 보정한 중적외선 반사도,

λ_{NIR} : 864.6 nm, λ_{RED} : 654.6 nm, λ_{SWIR} : 1690 nm

- 부유조류를 탐지하고 정량화하기 위해서 부유조류와 물 픽셀에 적용된 지수가 변화하는 환경 및 관측 조건에 대하여 상대적으로 안정적이어야 한다.

- Chuanmin Hu(2009)의 연구에서 진행한 서로 다른 대기 조건에서의 민감도 분석을 통해 FAI 값이 부유조류 픽셀 및 물 픽셀 모두에서 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index), EVI(Enhanced Vegetation Index) 보다 더 안정적임을 알 수 있었으며, 환경 및 관찰 조건(에어로졸 형태와 두께, 태양각, 태양광 반사점)의 변화에 덜 민감하여서 부유조류 탐지에 효과적인 지표라고 할 수 있다.



[그림 3-1] FAI, NDVI, EVI의 민감도 분석 통계자료(Chuanmin Hu., 2009)

- FAI 알고리즘을 이용하여 부유조류를 검출하기 위하여 Landsat-8 데이터 처리가 가능한 ‘ACOLITE’ 소프트웨어를 통해 Rayleigh corrected reflectance(Rrc)를 계산하여 각 픽셀별 FAI를 계산하고, 해수와 부유조류를 구분하기 위해 Deyong Sun(2021)이 제안한 임계값 0.02를 임계값(다양한 임계값을 적용하였으나 보편적은 0.02가 적당하였음)으로 사용한다.

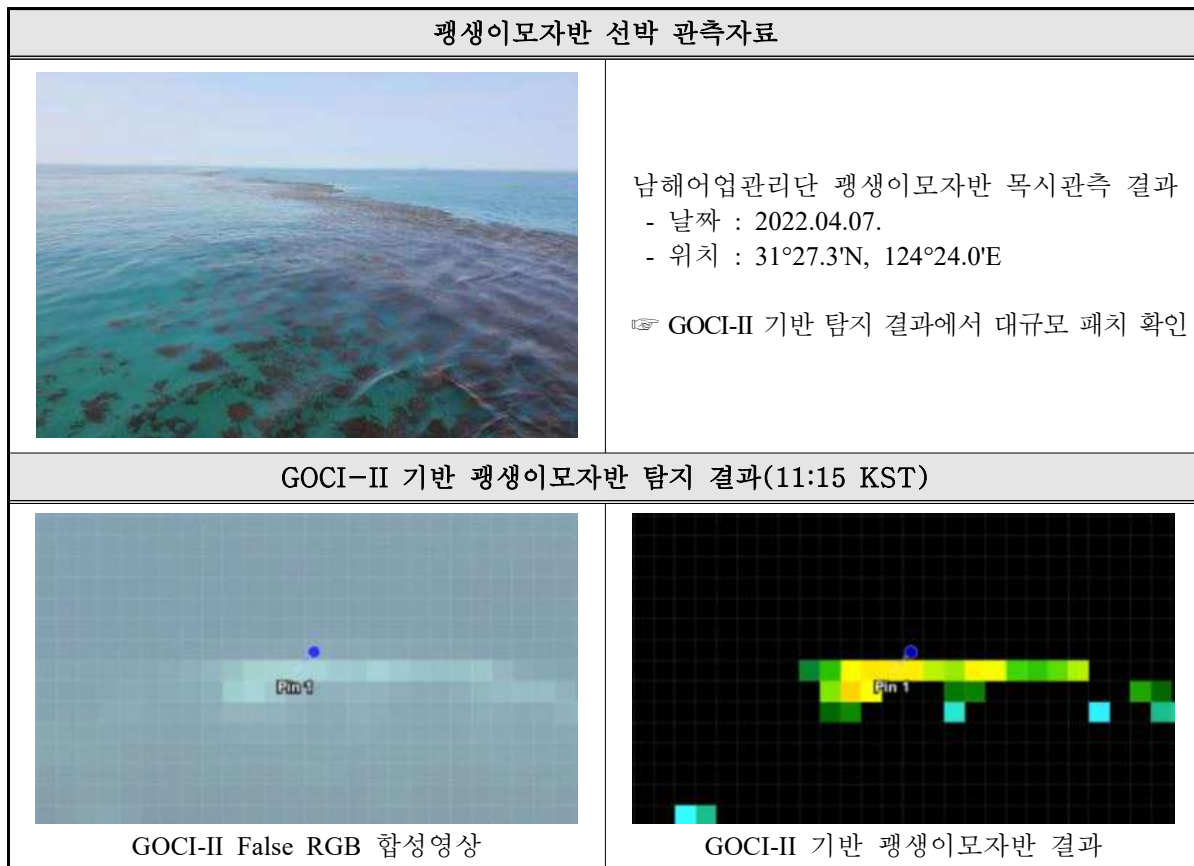
■ 고해상도 위성 기반 팽생이모자반 육안 판독

- 구름, 선박 등에 의하여 FAI 탐지 결과로 산출된 오탐지 결과를 제거하기 위하여 NIR 밴드를 사용한 고해상도 위성 RGB 합성영상을 이용하여 육안 판독을 적용한다. Landsat-8 RGB 합성영상에는 865 nm, 563 nm, 483 nm를 사용하며, 합성영상에서 팽생이모자반은 붉은 색으로 패치가 확인된다. 팽생이모자반 분포 영역에 대한 벡터파일을 생성하여 오탐지를 제거한다.

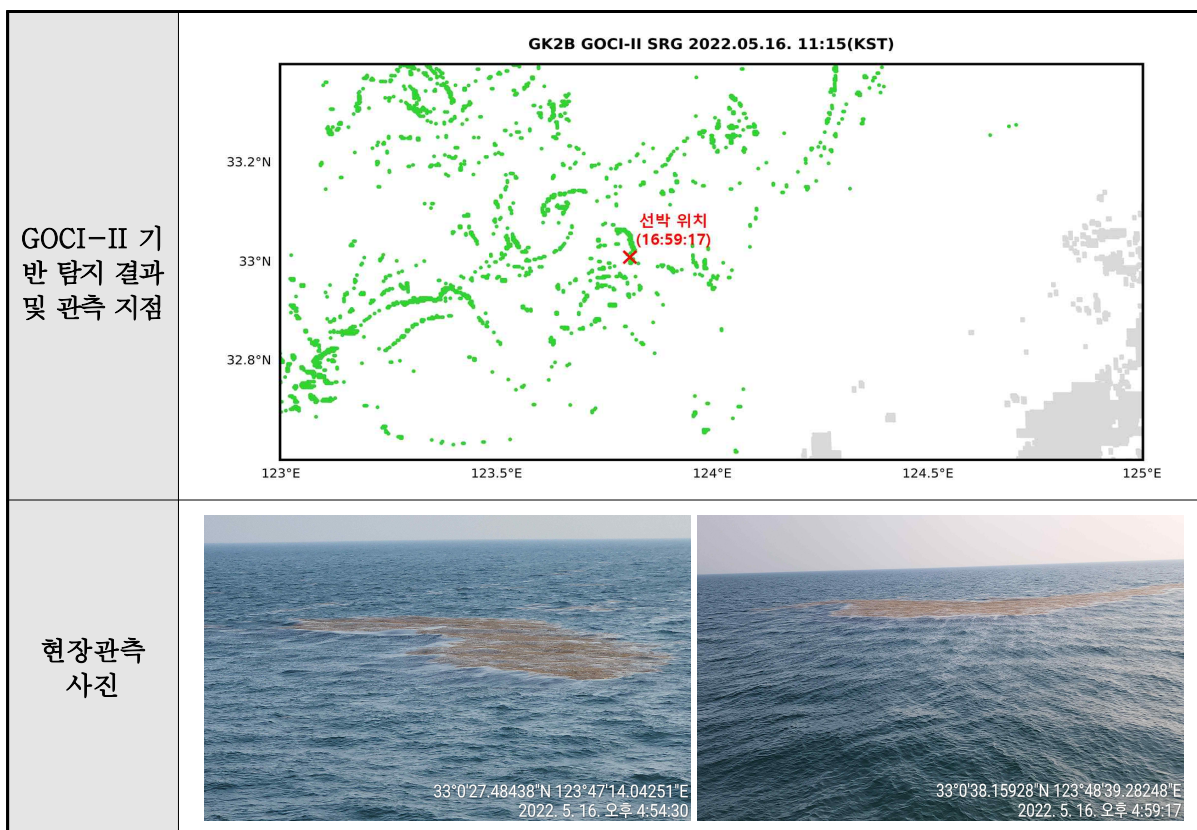
3.2.3. 검증결과

■ 정성적 비교

- 선박 현장관측정보 중 해양수산부 남해어업관리단 선박 운항 시 팽생이모자반 대규모 패치가 확인된 4월 7일 정보를 이용하여 위치를 비교한 결과, 동일 위치에서 유사한 형태의 대규모 탐지 결과가 존재하였다.
- 5월 16일 국립해양조사원 바다로 2호 이용 현장관측 시 당일 GOCI-II 기반 팽생이모자반 탐지 결과를 확인하며 대규모 패치가 있는 위치로 이동하였고, 긴 띠 형태나 대규모 패치는 유사 위치에서 탐지 결과를 확인하였다. 특히 대규모 패치가 탐지된 위치에서 분포 모양이 유사한 실제 1 ~ 2 km 규모의 대형 패치를 관측하였다.

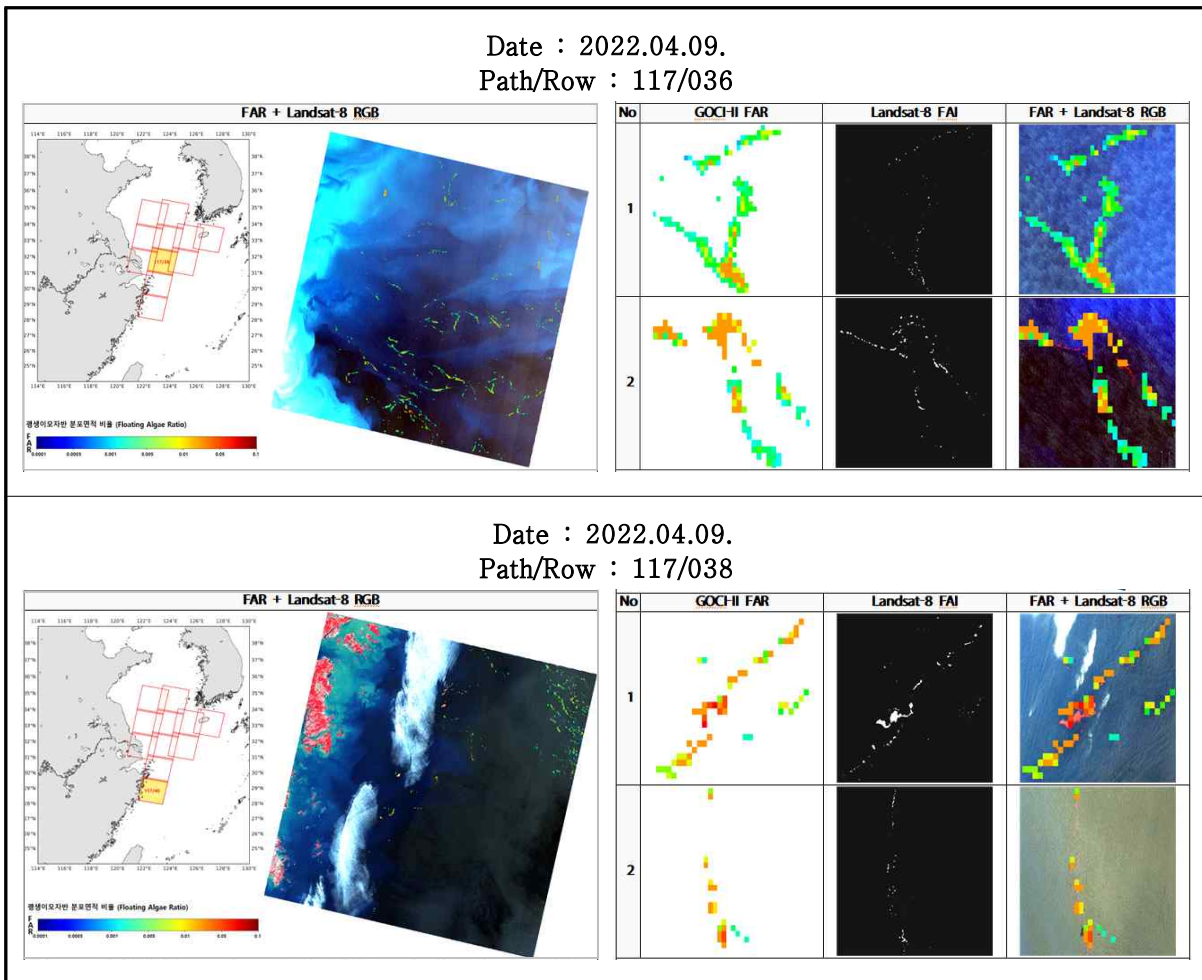


[그림 3-2] 팽생이모자반 현장관측 사진 및 GOCI-II 비교 결과(2022.04.07.)



[그림 3-3] 대규모 팽생이모자반 현장관측 지점 및 현장관측 사진(2022.05.16.)

- 고해상도 위성영상인 Landsat-8/OLI을 이용하여 근적외선 밴드가 포함된 False RGB(R : 865 nm, G : 563 nm, B : 483 nm) 합성영상 분석으로 붉은 색으로 표현되는 팽생이모자반을 육안으로 확인할 수 있다. GOCI-II 기반 팽생이모자반 탐지 결과와 비교한 결과 대부분 공간적으로 유사한 곳에 팽생이모자반 탐지 결과가 있음을 확인하였다. Landsat-8에서 확인되는 일부 소규모 패치는 공간해상도의 차이로 인해 GOCI-II에서 탐지되지 않았고, 두 위성 간 촬영시간 차이로 인해 팽생이모자반이 이동하면서 약간의 위치오차가 발생할 수 있다.



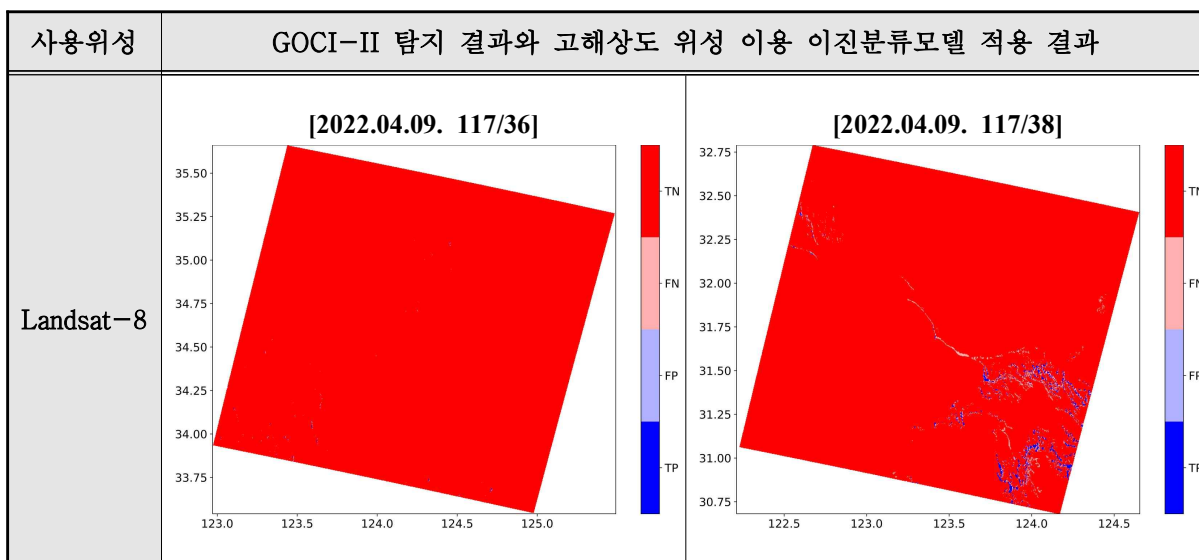
[그림 3-4] GOCI-II FAR와 Landsat-8 FAI의 정성적 비교 결과

■ 정량적 비교

- 이진분류모델 성능 평가 지표를 이용하여 통계값을 산출한 결과, 2개 영상에 대한 Landsat-8의 정확도, 정밀도, 재현율은 각각 평균 99.43%, 75.17%, 44.00%였다. 정확도와 정밀도는 높게 산출되었으며 재현율은 비교적 낮게 산출되었는데, 이는 고해상도 위성의 높은 공간해상도(30 m)에서 탐지된 팽생이모자반이 GOCI-II의 공간해상도(250 m)에서는 탐지되지 않았기 때문이다.

<표 3-4> Landsat-8 이용 정량적 검증 결과

공간적 범위	촬영 일자	정확도	정밀도	재현율
117/36	2022.04.09	99.97	52.85	49.24
117/38	2022.04.09	98.88	97.49	38.74
평균		99.43	75.17	44.00



[그림 3-5] GOCI-II 탐지 결과와 Landsat-8 FAI 이진분류모델 적용 결과

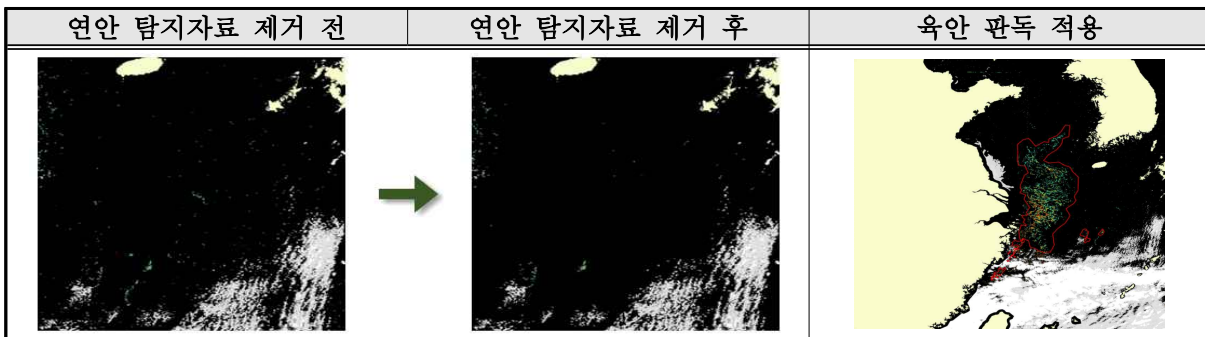
4. 특이사항

4.1. 수치계산 고려사항

- 팽생이모자반 탐지자료는 해안선에서 12해리(약 20 km)를 제외한 해역의 팽생이모자반을 탐지하므로 현업적용 시 고려해야 한다.
- AMI/CLD 자료가 미수신 될 시 GOCI-II의 구름 영역만 반영되므로 구름 비율, 팽생이모자반 분포율 등 통계 수치가 달라질 수 있음을 고려해야 한다.

4.2. 예외사항 처리

- 오탐지 발생 시 육안 판독으로 오탐지를 제거한다.
- 육안 판독 입력자료 : 동아시아 해역에서 발생하는 부유 조류에서는 팽생이모자반 뿐만 아니라 녹조, 적조 등이 있으며, 알고리즘에서는 분류되지 않은 결과가 발생할 수 있다. 이 중 팽생이모자반 결과만 산출하기 위하여 밴드별 촬영시간 차이에 의한 산발적 오탐지를 제거하고, 분광특성 분석을 통해 녹조 결과를 제거하여 팽생이모자반 탐지 결과를 생산하였다. 그럼에도 분류되지 못한 오탐지 결과가 발생할 수 있어서 현업 적용 시 유의해야 한다. 정확한 탐지 결과가 필요할 시 GOCI-II L2 대기보정자료(AC)를 이용하여 각 조류의 분광 특성을 기초한 육안 판독을 수행하고 팽생이모자반 분포 영역을 벡터자료(.shp)로 생산하여 오탐지를 제거한다.



[그림 4-1] 팽생이모자반 육안 판독(shp) 결과

4.3. 검증 알고리즘

- 팽생이모자반의 탐지 유무와 부유조류 면적비의 정확도를 검증하기 위해서는 대기 상황이 좋은 고해상도 위성영상을 다량으로 확보하는 것이 필요하다.
- 현재, 고해상도 위성영상의 팽생이모자반 탐지자료를 얻기 위해서는 육안 판독과 FAI 알고리즘을 병행하고 있으나, 육안 판독 없이 고해상도 위성영상으로 팽생이모자반 탐지가 가능하도록 알고리즘 개선이 필요하다.

4.4. 성능

- GOCI-II LIB 공간해상도(250 m)보다 작은 규모의 팽생이모자반 탐지는 어려우며, GOCI-II에서 탐지되지 않은 열은 구름과 에어로졸에 의해 팽생이모자반 탐지에 오류가 발생할 수 있다.

5. 참고 문헌

박영제. 광학위성 영상을 이용한 해수표면 해조류 검출 방법 및 시스템, 특허 출원번호 10-2016-0044016, 출원일 2016. 4. 11, 등록일 2017. 5.12.

해양수산개발원 KMI 동향분석 제 44호(2017. 9.). 바다의 불청객 괭생이모자반 다각적인 대응 방안 수립 시급

전북중앙신문 보도자료 (2021. 4. 29) . 바다 불청객 괭생이모자반을 막아라

Deyong Sun, Ying Chen, Shengqiang Wang a, Hailong Zhang, Zhongfeng Qiu,Zhihua Mao ,Yijun He(2021) Using Landsat 8 OLI data to differentiate Sargassum and Ulva prolifera blooms in the South Yellow Sea, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Volume 98.

GITELSON, A., 1992, The peak near 700 nm on radiance spectra of algae and water: relationships of its magnitude and position with chlorophyll concentration. International Journal of Remote Sensing, 13, pp. 3367-3373.

GOWER, J.F.R., DOERFFER, R. and BORSTAD, G.A., 1999, Interpretation of the 685 nm peak in water-leaving radiance spectra in terms of fluorescence, absorption and scattering, and its observation by MERIS. International Journal of Remote Sensing, 9, pp. 1771-1786.

GOWER, J.F.R., KING, S., BORSTAD, G.A. and BROWN, L., 2005, Detection of intense plankton blooms using the 709 nm band of the MERIS imaging spectrometer. International Journal of Remote Sensing, 26, pp. 2005-2012.

Gower, J., King, S., & Goncalves, P. (2008). Global monitoring of plankton blooms using MERIS MCI. International Journal of Remote Sensing, 29, 6,209-6,216.

Hu, C., & He, M. -X. (2008). Origin and offshore extent of floating algae in Olympic sailing area. Eos, American Geophysical Union Transactions, 89(33), 302-303.

Hu, C.(2009). A novel ocean color index to detect floating algae in the global oceans. Remote Sensing of Environment, 113 (2009), 2118-2129.

Kahru, M., Leppänen, J. M., & Rud, O. (1993). Cyanobacterial blooms cause heating of the sea surface. Marine Ecology. Progress Series, 101, 1-7.

Prangma, G. J., & Roozkrans, J. N. (1989). Using NOAA AVHRR imagery in assessing water quality parameters. International Journal of Remote Sensing, 10, 811-818.

Vermote, E. F., Tanre, D., Deuze, J. L., Herman, M., & Morcette, J. -J. (1997). Second simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6S: An overview. IEEETransactions on Geoscience and Remote Sensing, 35.

YACOBI, Y.Z., GITELSON, A. and MAYO, M., 1995, Remote sensing of chlorophyll in Lake Kinneret using high spectra resolution radiometer and Landsat TM: spectral features of reflectance and algorithm development. Journal of Plankton Research, 17, pp. 2155-2173.

6. 부록

해당 사항 없음

