

이어도 해양과학기지 관측 자료와 SeaWiFS 수출광량의 비교

문정언^{1,2}, 유주형¹, 안유환¹, 양찬수¹, 최종기²

¹한국해양연구원 해양위성연구단
경기도 안산시 상록구 사2동 1270번지, E-mail: jemoon@kordi.re.kr

²인하대학교 해양학과

Comparison of the water leaving radiance of SeaWiFS with the IEODO ocean research station observation

Moon Jeong-Eon, Ryu Joo-Hyung, Ahn Yu-Hwan, Yang Chan-Su, Choi Joong-Ki

요약

이어도 종합해양과학기지의 스펙트로미터로 측정된 해색 스펙트럼 자료들과 SeaWiFS 해색센서로부터 측정된 스펙트럼 자료들을 계절별로 비교·분석하여 해색영상 자료를 처리하는데 사용된 대기보정 알고리즘이 제주도 남쪽 해역과 동중국해 해역에서 어느 정도의 오차를 가지고 있는지 연구하였다. 또한 분석된 자료들을 이용하여 SeaWiFS에서 측정된 스펙트럼 자료들을 보정하고자 하였으며, 이것은 인공위성에서 측정된 클로로필 농도값이 현장관측자료와 비교했을 때 갖는 오차의 범위를 줄여줄 수 있을 것으로 생각된다. 이와 같은 연구결과들은 차후 운용될 COMS 위성의 GOCI 해색센서에 사용될 대기보정 알고리즘과 해양환경 분석 알고리즘을 개발하는데 많은 도움이 될 것으로 생각한다.

1. 서론

2003년 6월 준공된 이어도 종합해양과학기지는 동중국해 중앙에 있는 수중 암초인 이어도에 세워진 종합적인 해양과학기지이다. 좌표는 동경 125도 10분 58.81초, 북위 32도 07분 22.63초이고, 제주도 남쪽 마라도에서 서남방으로 149 km, 일본 도리사마(鳥島)에서 서쪽으로 276 km, 중국의 통타오(童島)로부터 북동쪽으로 247 km 거리에 위치하고 있다. (그림1). 이어도 종합해양과학기지에는

최첨단의 다양한 기상, 해양, 환경 관측장비들이 설치되어 있으며, 관측자료들은 대부분 인공위성을 이용하여 경기도 안산에 있는 한국해양연구원에서 실시간으로 자료를 수신하고 있다. 그 중에서 광 스펙트럼을 측정할 수 있는 광학 관측장비는 총수출광량(total water leaving radiance, L_w), 대기 광량(sky radiance, L_{sky}), 해수에 입사되는 하향 광도(downwelling irradiance, $E_d(0^+)$) 등을 매시간 지속적으로 측정하고 있다.

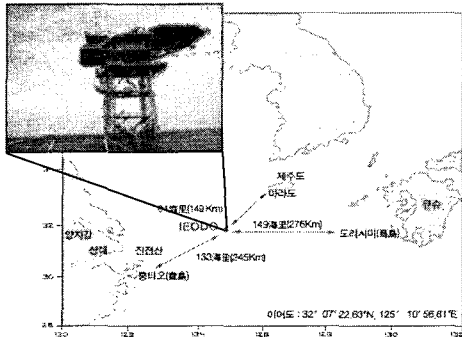


그림1. 이어도 종합해양과학기지 위치 개요도와 기지 전경

인공위성에서 측정되는 스펙트럼 자료들은 대기권 밖에서 해수의 스펙트럼을 측정하기 때문에 해수와 대기의 스펙트럼이 혼합되어 있다. 따라서 이 자료들에서 순수한 해수의 스펙트럼 자료를 얻기 위해서는 반드시 대기의 영향에 의한 스펙트럼 부분을 제거해주어야 한다. 현재 운용되고 있는 다양한 해색센서들(SeaWiFS, OSMI, MODIS, MERIS 등)은 각각의 센서에 적합한 대기보정 알고리즘들을 이용하여 최대한 대기의 영향을 제거해 주고 있다. 이러한 대기보정 알고리즘들은 전세계적인 표준 대기 특성에 맞게 만들어졌기 때문에 국지적인 이상 대기의 특성은 고려되지 못하고 있다. 우리나라도 황사 등의 영향에 의해 해색위성 영상자료를 처리하는 과정에서 많은 오차가 발생하고 있다. 따라서 본 연구에서는 이어도 종합해양과학기지에서도 현재 운용되고 있는 스펙트로미터로부터 측정된 광학 측정 자료를 이용하여 SeaWiFS, OSMI, MODIS 등의 해색센서로부터 측정된 동일한 해역에서의 스펙트럼 자료들과 비교함으로써, 사용된 대기보정 알고리즘들이 제주도 남쪽 해역과 동중국해 해역에서 어느 정도의 오차가 발생하는지 계절별로 분석하고자 한다. 또한 분석된 자료들을

활용하여 해색센서의 스펙트럼 자료를 보정하고, 보정된 스펙트럼 자료와 클로로필 알고리즘을 이용하여 얻은 농도값과 현장 관측된 클로로필 농도값을 비교·분석하고자 한다.

2. 재료 및 방법

본 연구에 사용된 이어도 종합해양과학기지의 스펙트로미터 측정자료들은 2003년 5월부터 2005년 1월까지 SATLANTIC사의 OCR-3000 KORDI HyperSAS 시스템을 이용하여 관측된 자료들이다(그림2). KORDI HyperSAS 시스템의 구성은 수피로부터 해수표면을 통과하여 나오는 광량인 수출광량과 대기로부터 나오는 광량인 대기광량을 각각 측정하는 MiniSpec-R 스펙트로미터 2개와 방향에 관계없이 해수로 입사되는 하향광량을 측정하는 MiniSpec-I 스펙트로미터 1개로 구성되어 있으며, 추가적으로 IR 센서, GPS 시스템, 콘트롤박스인 STOR-X가 포함되어 있다(그림3).

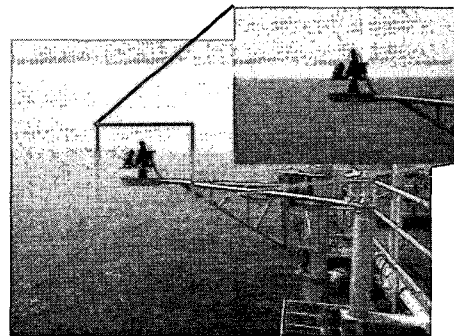


그림2. 이어도 종합해양과학기지에 설치된 SATLANTIC사의 OCR-3000 KORDI HyperSAS 스펙트로미터 시스템

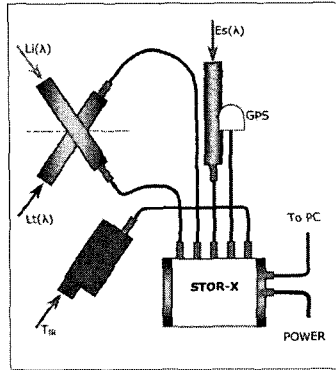


그림3. KORDI HyperSAS 시스템의 구성도

MiniSpec-R와 MiniSpec-I 스펙트로미터는 256개의 채널, 300-1200nm의 측정범위와 3.3nm의 분광해상도를 가지고 있으며, MiniSpec-R의 FOV(Field of View)는 11.5°이다. 이어도 종합해양과학기지의 스펙트로미터에서 측정되는 수출광량은 해수면으로부터 약 24m의 위치에서 관측하고 있으므로 대기의 광량도 일부 포함하고 있다. 따라서 대기의 영향을 제거하여 순수한 수출광량을 얻기 위해서 다음과 같은 식을 이용하였다.

$$L_w(\lambda) = L_{wT}(\lambda) - L_{sky}(\lambda) \times F_r(\lambda, \theta) \quad \text{①}$$

여기서, $L_{wT}(\lambda)$ 는 파장 λ 에 따른 스펙트로미터에서 해수면으로 향하여 측정된 수출광량과 대기광량의 총량, $L_{sky}(\lambda)$ 는 파장 λ 에 따른 스펙트로미터에서 대기상공을 향하여 측정된 대기광량, $F_r(\lambda, \theta)$ 는 파장 λ 와 입사각 θ 에 따른 Fresnel reflectance 값으로 본 연구에서는 입사각이 30°일 때 파장에 관계없이 0.025를 사용하였다.

그러므로 이어도 종합해양과학기지의 스펙트로미터로 측정된 원격반사도(R_{rs})는 수출광량(L_w)과 방향에 관계없이 해수에 입사되는 모든 하향광량($E_d(0^+)$)의 비 값

으로 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$R_{rs}(\lambda) = \frac{L_w(\lambda)}{E_d(0^+, \lambda)} \quad \text{②}$$

본 연구에 사용된 SeaWiFS 자료는 한국해양연구원에서 1998년부터 2006년 3월 현재까지 수신한 자료들 중에서 이어도 종합해양과학기지의 스펙트로미터 측정기간과 동일한 시기의 자료들을 선별하였다. SeaWiFS 자료처리과정은 그림4에서과 같이 수신한 L0 자료를 센서, 지형, radiance 보정 등으로 처리하여 L1A 자료를 생산하고, 생산된 L1A 자료를 대기 보정과 각종 분석 알고리즘들(해양환경 분석 알고리즘 등)로 처리하여 L2 자료를 생산하였다.



그림4. SeaWiFS 자료처리과정 모식도

이어도 종합해양과학기지의 스펙트로미터로 측정된 원격반사도와 비교하기 위하여 SeaWiFS L2 자료로부터 얻은 원격반사도는 다음과 같은 식에 의하여 계산되었다.

$$R_{rs_nnn} = \frac{L_{wN_nnn}}{F_{0_nnn}} \quad \text{③}$$

여기서, nnn 는 SeaWiFS의 8개 밴드를 나타내고, F_0 는 대기권 밖에서 측정된 태양복사량(solar irradiance)이고, L_{wN} 는 대기가 없고 태양의 광량이 지표면과 수직을 형성한다고 가정할 때, 해수표면을 통과해서 나오는 수출광량(normalized water leaving radiance)이다.

3. 연구결과

그림5는 동일한 시기에 관측된 이어도 종합해양과학기의 스펙트로미터에서 측정된 원격반사도와 SeaWiFS에서 측정된 원격반사도를 계절별로 비교한 그림들이다. 그림에서 보면, 각 계절별로 스펙트럼 형태는 매우 유사하게 나타나고 있으나, 파장에 따른 원격반사도 값들은 계절별로 상당한 차이를 나타내고 있었다. 특히 여름철에 관측된 이어도 종합해양과학기지의 스펙트로미터 자료들은 대부분 인공위성에서 관측한 원격반사도보다 상당히 높은 값들을 나타내고 있었으며, 대기보정에 사용되는 밴드인 765nm와 865nm에서 SeaWiFS 자료들은 대부분 0에 가까운 값들이지만 이어도 종합해양과학기지의 스펙트로미터 자료들은 약 0.0015정도의 값을 나타내고 있었다. 또한 봄철에 관측된 자료들은 인공위성과 기지에서 관측한 파장에 따른 원격반사도 값이 매우 유사한 것을 알 수 있었다.

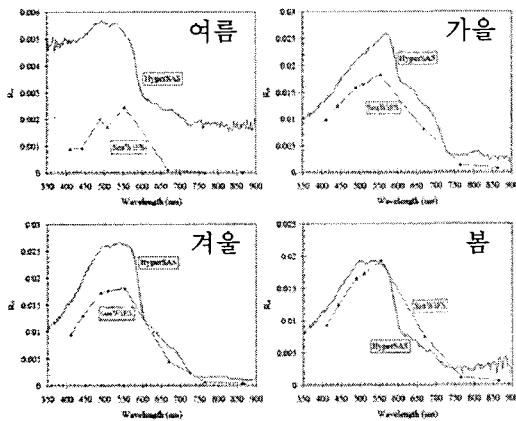


그림5. 동일한 시기에 이어도 종합해양과학기지의 HyperSAS와 SeaWiFS에서 측정된 원격반사도를 계절별로 비교

그림6은 2004년 3월 13일 이어도 종합해양과학기지의 스펙트로미터에서 측정

한 원격반사도와 SeaWiFS에서 측정된 원격반사도 스펙트럼을 비교한 그림이다. 2004년 3월 10일 - 11일에는 한반도 주변에 황사가 대규모로 발생하였던 시기인데, 그림6은 황사가 발생한 시기 2일후에 관측된 자료로서, 인공위성에서 관측한 자료가 기지에서 관측한 자료보다 상당히 높게 나타나고 있었다.

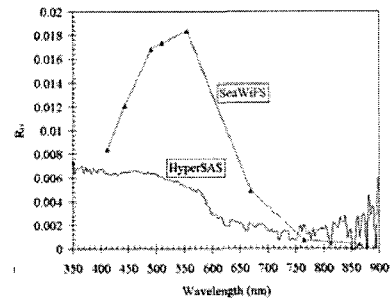


그림6. 2004년 3월 13일 이어도 종합해양과학기지의 HyperSAS와 SeaWiFS에서 측정된 원격반사도 비교

4. 결론 및 고찰

이어도 종합해양과학기지의 스펙트로미터에서 측정된 원격반사도와 SeaWiFS에서 측정된 원격반사도를 계절별로 비교한 결과, 계절에 상관없이 스펙트럼 모양은 매우 유사하게 나타나고 있었으나, 파장에 따른 원격반사도 값들은 매우 상이하였다. 이것은 계절이나 황사에 상관없이 동일한 대기보정 알고리즘을 사용하였기 때문이라고 생각되며, 계절이나 황사에 영향을 받지 않는 새로운 대기보정방식을 적용해야 할 것이라고 생각된다.

5. 참고문헌

한국해양연구원, 2002. OSMI 해양활용 및 검보정에 관한 연구. BSPN 451-00-1449-3, 346pp.