

# 정기여객선 자동관측 시스템과 원격탐사 자료를 이용한 서해 연안 해수 모니터링

유주형\*, 문정언, 민지은, 안유환

한국해양연구원 해양위성연구단  
경기도 안산시 상록구 사2동 1270 번지  
E-mail) [jhryu@kordi.re.kr](mailto:jhryu@kordi.re.kr)

## Monitoring of the Yellow Sea Coastal Waters Using Ferry Box and Remotely Sensed Data

Joo-Hyung Ryu, Jeong-Eon Moon, Jee-Eun Min, Yu-Hwan Ahn

### 요약

인천-제주 정기여객선에 수온, 클로로필 및 탁도계 등의 센서를 설치하여 해양환경 모니터링 시스템을 구축하였으며, 여객선 항로를 따라 2001년부터 2004년까지 18회에 걸쳐 자동관측과 함께 20-30분 간격으로 30여개의 정점에서 해수를 채수하여 분석하였다. 연구의 목적은 채수된 해수를 직접 분석하여 여객선에 설치된 자동측정 센서가 신뢰성 있는 자료를 생산하는지 비교·분석하는 것과 서해 한반도 연안의 해수특성을 전체적으로 이해함으로써 계절적인 변동을 파악하는 것이다. 2001-2003년 초까지 사용된 YSI 센서는 수온, 염분, 탁도와 클로로필 농도 등을 종합적으로 측정할 수 있는 멀티센서이나, 설치하여 운용해 본 결과 정밀도에서 많은 문제점이 발생하였다. 따라서 2004년 이후 클로로필과 탁도 자동 측정을 위한 단일 센서들로 교체되었으며 이들 센서는 멀티센서 보다 좋은 결과를 보였다. 비록 자동측정 장치에 문제는 있었으나, 18회에 걸친 서해 연안의 실시간 모니터링을 통하여 해수환경의 계절별 특성을 이해할 수 있었다. 부유퇴적물의 경우, 경기만과 목포 주변의 남쪽 해안은 농도가 모든 계절에서 높게 나타났으며 특히 가을·겨울철에 가장 높은 값을 나타냈다. 클로로필의 농도도 경기만 중심지역과 남쪽 해안에서 여름과 가을철에 걸쳐 0.4 - 6.0 mg/m<sup>3</sup> 정도의 분포를 보였으나 겨울철에는 2.6 mg/m<sup>3</sup> 미만으로 나타났다.

### 1.서론

1978년 발사된 Nimbus-7호에 탑재된 최초의 해색센서 CZCS 이후 SeaWiFS,

MODIS, OSMI와 MERIS 등 많은 해색 센서들이 개발되었으며, 이들 해색 위성자료들을 이용하여 동시 다발적으로 넓은 해

역을 아주 짧은 시간에 관측하게 됨으로써 해양환경 모니터링 기술이 급속히 발전되었다 (Gordon and Morel, 1983). 그러나 이러한 위성자료들은 현장에서의 정밀한 관측이 동시에 수행되지 않고서는 상대적으로 큰 오차를 갖게 된다. 따라서 위성자료의 활용에 앞서 반드시 현장관측 자료와 비교하고 검증 (Validation)하여야 하며, 다시 위성자료를 현장관측 값과 일치 시켜주는 보정 (Calibration)의 과정이 반드시 필요하다 (한국해양연구원, 2000; Morel and Prieur, 1977).

위성자료의 검보정을 위해서는 위성 - 현장 매칭 자료가 요구되는데, 현장 자료로는 부이, 고정점과 배를 이용하는 방법이 있다. SeaWiFS CAL/VAL 팀에서는 Marine Optical Buoy (MOBY) 시스템을 이용하고 있는데, 부이나 고정점의 경우 연속관측은 가능하나 점 관측에 국한되는 한계가 있다. 선박을 이용한 일시적 관측은 가장 많이 사용되는 방법이나 기상과 해양환경을 고려해야 하며 위성과의 매칭 자료를 얻기 어렵다는 단점이 있다. 따라서 이들 방법들의 단점을 보완하기 위하여 정기적으로 운행되는 여객선에 해양관측 시스템을 설치하여 위성자료의 검보정에 활용한 예가 유럽연합의 FerryBox 사업이다. 이는 유럽의 여객선 항로들 중에서 8개를 선택, 자동관측시스템 (FerryBox)을 정기여객선 내에 설치하여 해양환경적인 자료들을 지속적으로 획득, 해양환경 연구 및 위성자료의 검보정 등에 활용하였다 (Doerffer *et al.*, 2002).

본 연구에서는 인천에서 출발하여 제주로 운항하는 정기 여객선에 자동 해양관측 시스템을 설치하고 위성자료의 검보정에 앞서 자동관측 센서의 신뢰도 검

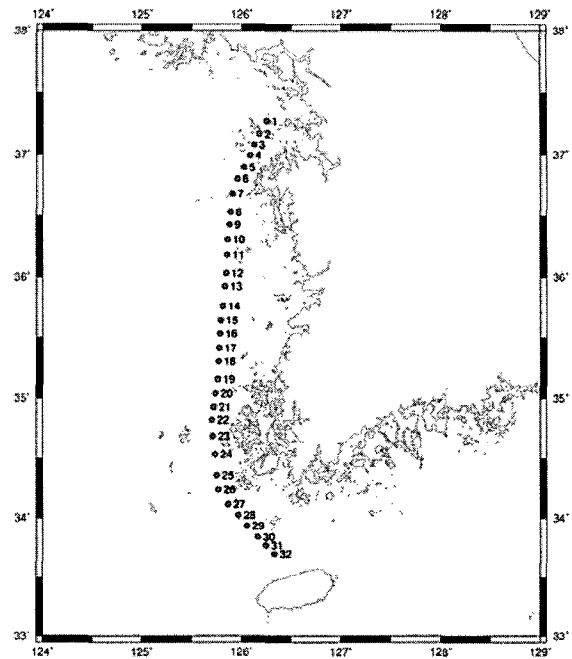


Fig. 1. 인천-제주 정기여객선 운항 경로 및 샘플 위치.

증을 위하여 채수하여 필터링을 거쳐 실내분석을 실시하였다. 이와 같이 얻어진 자료는 서해 연안에서의 계절별 해수환경 모니터링에도 활용이 가능하다.

## 2. 연구지역 및 방법

2001년 5월부터 2004년 11월까지 18차례에 걸쳐 인천-제주 정기여객선에 부유퇴적물과 클로로필의 농도 및 기타 해양물리학적 자료를 자동 관측할 수 있는 센서를 설치하였다. 이들 기기들의 신뢰도 검증을 위하여 센서에 공급되는 동일한 해수를 채수하여 선상에서 여과한 후 실험실에서 농도를 분석하였다. 선박의 운항 시간이 항상 밤 (청해진호 인 경우는 당일 19:00 - 익일 10:00, 오하마나호인 경우는 당일 19:00 - 익일 08:00)에만 이루어지고 빠르게 운항중인 선박이므로 해수색의 광학적 스펙트럼 측정은 수행할 수 없었다.

청해진호에 설치된 클로로필 센서는 2001년도에 사용된 3개의 장비, ChelSea, SeaPoint, YSI 중에서 2002년에는 ChelSea와 YSI 두 종류만을 사용하였고, 2003도에는 YSI 1회(5월)만 사용되었다. 탁도 측정을 위해서는 McVan과 YSI 센서를 이용하였다. YSI 센서는 하나의 기기 안에 클로로필 및 부유물 농도, 수온, 염분, 용존산소(DO) 등을 측정할 수 있는 멀티 센서이다. 일반적으로 클로로필 센서의 측정방법은 해수를 펌핑하여 센서까지 빨아드린 후 청색 단파장 (470 nm)의 LED 램프를 조사하면 해수의 식물성플랑크톤 세포에 들어있는 광합성색소인 클로로필에 의하여 650 - 700nm (685 nm) 근처에서 형광이 발생하는데 그 형광량으로 클로로필의 농도 값을 측정하는 것이다. 또한 탁도계의 원리는 830 - 890 nm 파장의 NIR 발광 다이오드를 사용하여 조사광의 측면(90도)이나 역 반사광(180도)의 세기를 감지하여 그 값을 NTU (Nephelometric Turbidity Unit)로 산출한다. 그러므로 이 값은 SS의 농도 단위 (g/m<sup>3</sup>)는 아니다.

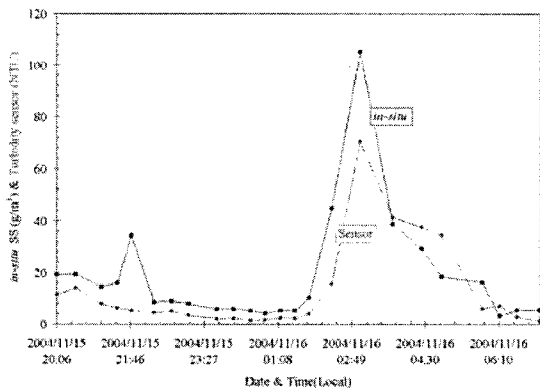


Fig. 2. 2004년 11월에 McVan 탁도계와 직접 채수에 의해 분석된 <SS>의 비교.

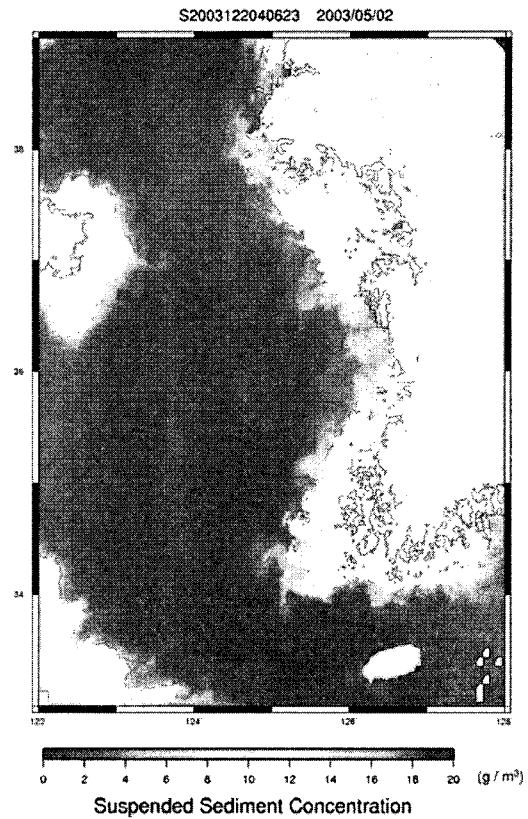


그림 3. 2003년 5월 2일 SeaWiFS <SS> 분포도

선박에 장착된 펌핑 모터에 의하여 흡입된 해수를 채수한 후, 선상에서 바로 다중 여과장치를 이용하여 여과하였다. 여과지는 Ahn *et al.* (2001)의 방법에 의해 실험실에서 분석되었다. 그림 2는 2004년 11월에 McVan 탁도계와 직접 채수에 의해 분석된 부유퇴적물 농도를 비교한 것으로 매우 유사한 경향을 보임을 알 수 있다.

### 3. 연구결과 및 토의

인천-제주 정기여객선에 수온, 클로로필 및 탁도계 등의 센서를 설치하여 여객선 항로를 따라 실시간으로 해수환경을 측정할 수 있도록 해양환경 모니터링 시스템을 구축하였다. 여기서

생산되는 현장관측 자료들은 연안 해양환경에 대한 실시간 모니터링이라는 점에서 시사하는 바가 크다.

해수를 직접 분석하여 여객선에 설치된 센서가 신뢰성 있는 자료를 생산하는지 비교·분석한 결과, 멀티 센서(YSI) 보다는 부유물과 클로로필 단일 센서들이 우수한 것으로 나타났다. 그러나 이와 같은 단일 센서들도 대부분 실험실 결과와 많은 차이를 보였으며 그림 2의 결과만이 유사한 경향을 보였다. 원인으로는 펌핑하여 센서로 들어오는 해수가 많은 버블을 포함하고 있고 입자 사이즈가 큰 부유물을 걸러내지 않음으로서 두 센서의 정밀도를 낮추는 것으로 추정된다. 따라서 이와 같은 영향을 고려할 수 있는 시스템을 재설계해야 될 것으로 생각된다.

비록 자동관측 장비의 정밀도에 문제가 있는 것으로 나타났지만, 4년간 18 차례에 걸쳐 직접 채수에 의해 분석된 클로로필과 부유퇴적물 농도 자료는 서해 연안 해수의 계절적 변동을 파악케 하였다. <SS>의 경우, 경기만과 목포 주변 해안은 부유퇴적물이 모든 계절에서 높게 나타났으며 특히 가을철에 가장 높은 값을 나타냈다. 클로로필의 농도는 경기만 중심지역과 남쪽 해안에서 여름과 가을철에 걸쳐 높은 분포를 보였으며 겨울철에는 낮은 값을 나타냈다. 이와 같은 결과는 그림 3의 SeaWiFS 영상에 의해 얻어진 <SS> 분포와 유사한 결과를

보였다. 위성자료와의 정량적 비교를 위해서는 연안의 특성상 시간과 지역에 따른 조위의 영향을 고려해야 될 것으로 생각된다.

#### 참고문헌

- 한국해양연구원, 2002. OSMI 해양활용 및 검보정에 관한 연구. BSPN 451-00-1449-3, 346pp.
- Ahn, Y.H., J.E. Moon, and S. Gallegos, "Development of suspended particulate matter algorithms for ocean color remote sensing", *Korean Soc. of Remote Sensing*, vol. 17, no. 4, pp. 285-295, 2001.
- Doerffer, R., Schiller, H., Krasemann, H., Heymann, K., Cordes, W., Schönfeld, W., Röttgers, R., Behner, I. and Kipp, P., 2002. MERIS Case 2 water validation: Early results North Sea / Helgoland / German bight. Proceeding of Envisat Validation Workshop, Frascati, Italy, 9-13 December 2002.
- Gordon, H. R. and A. Morel, 1983. Remote assessment of ocean color for interpretation of satellite visible imagery : a review. Lect. Notes on Coastal and Estuarine Studies. M. Bowman (ed.), Springer-Verlag. 114 pp.
- Morel, A. and L. Prieur, 1977. Analysis of variations in ocean color. *Limnol. Oceanogr.*, 22(4), 709-722.