

# 원격탐사를 이용한 한반도 주변해역의 해면변화 및 표층순환

윤홍주\* · 김승철\* · 변혜경\* · 황화정\*

\*국립 부경대학교 위성정보과학과

Sea level observations in the Korean seas by remote sensing

Hong-Joo Yoon\* · Seung-Cheol Kim\* · Hye-Kyong Byon\* · Hwa-Jung Hwang\*

\*Department of Satellite Information Sciences, Pukyong National University

e-mail: yoonhj@pknu.ac.kr

## 요약

1993년에서 1997년까지의 위성고도계 자료(Topex/Poseidon)를 이용하여 한반도 주변해역의 해면 변화와 표층흐름을 조사하였다. 해면변화를 보면, 동해에 비해서 서해와 남해는 항상 상대적으로 높았다. 전 조사 기간에 걸쳐서 서해는 북부와 남부 해역에서 각각 20~30cm와 18~24cm의 변화범위를 보였으며, 남해는 제주도 북서부 해역에서는 15~20cm 그리고 쓰시마섬 남서부 해역에서는 10~15cm의 변화범위를 각각 나타내었다. 서해의 경우에 황해난류의 표층 유입류와 해저 지형류의 영향을 받아 높은 변화를 보였다. 남해의 경우는 변화가 일어나는 두 곳 모두가 근원적으로는 쿠로시오 해류의 흐름에서 분기된 지류들의 흐름(제주난류와 동한난류) 때문에 해면변화를 보였다. 표층 순환은 동해에서 북한한류, 동한난류와 쓰시마 난류와 관련한 세가지 와류운동이 두드러지게 나타났다. 와류운동은 기본적으로 표층 순환에서 해류의 영향을 받았다; 원산만 앞바다의 반시계방향(0.03 cm/sec)의 흐름은 북한한류, 울릉도 남서쪽 해역의 시계방향(0.06 cm/sec)의 흐름은 동한난류, 그리고 쓰시마섬 북서쪽 해역은 쓰시마 난류와 각각 관계되어있는 것으로 보인다.

## Abstract

Sea level variations and sea surface circulations in the Korean seas were observed by Topex/Poseidon altimeter data from 1993 through 1997. In sea level variations, the West and South Sea showed relatively high variations with comparison to the East Sea. Then, the northern and southern area in the West Sea showed the range of 20~30cm and 18~24cm, and the northern west of Jeju island and the southern west of Tsushima island in the South Sea showed the range of 15~20cm and 10~15cm, respectively. High variations in the West Sea was results of the inflow in sea surface of Yellow Sea Warm Current (YSWC) and bottom topography. Sea level variations in the South Sea was due to two branch currents (Jeju Warm Current and East Korea Warm Current) originated from Kuroshio Current (KC). In sea surface circulations, there existed remarkably three eddies circulations in the East Sea that are mainly connected with North Korea Cold Current (NKCC), East Korea Warm Current (EKWC) and Tsushima Warm Current (TWC). Their eddies are caused basically to the influence of currents in sea surface circulations; Cyclone (0.03 cm/sec) in the Wonsan bay off shore with NKCC, and anticyclone (0.06 cm/sec) in the southwestern area of Ulleung island with EKWC, and cyclone (0.01 cm/sec) in the northeastern area of Tsushima island with TWC, respectively.

## 키워드

해면 변화, 표층 순환, 고도계

## Key words

Sea level variations, Sea surface circulations, Altimeter

## 1. 서론

해양의 변화는 불규칙한 기후에 의한 해면 변화와 해수면 온도의 증가에 기인하고, 해면 고도는 해양학과 기후학에 있어서 기본 지표이다. 해양의 변화를 예측하기 위해서는 원격탐사를 이용한 장기간 해양 예측과 감시가 필요하다. 역사적인 배경으로, 세계 해양을 감지하는 우주에서 위성을 통한 많은 관측이 있다. 특히, 위성의 고도계 자료는 동적인 현상(해면 변화, 표층 순환, 파랑 등)의 연구에는 매우 효율적인 정보를 제공한다. 몇 년간의 매우 우수한 자료를 이용하여 과학의 이 분야에서 많은 훌륭한 결과들을 성취시켰다.[1-5]

고도계 측량은 레이더 전파(마이크로웨이브)를 이용해 모든 대기층을 통과해서 전파되어야 하기 때문에 정확한 거리를 얻기 위해서는 환경보정요소를 수집해야만 하고 해수 표면을 수정해야 했다. 다양한 환경 보정 요소에는 기상요소와 해양요소 두가지 분야가 있다. 본 연구의 목적은 한반도 주변 해역의 해면 변화와 표층 순환의 본질적인 특징을 파악하는 것이다.

## II. 자료 및 방법

SLA의 지도(MSLA)의 고도계 자료는 Topex/Poseidon (T/P)의 GDR-M products 해양의 위성 5년간의 데이터[6]를 보관, 검증, 해석을 이용해서 산출해 놓은 것이다. 본 연구의 연구 지역은 한반도 주변 해역(115°~155°E, 20°~50°N)의 전반에 걸쳐 설정되었고 1993년 1월부터 1997년 12월 기간, T/P의 12 cycle에서 195 cycle에 해당되고 (Fig. 1), 이 지역은 동해, 남해와 서해(황해)의 세 기본 해역으로 구성되어있다. 특별히 서해는 매우 높은 조석과 복잡한 조석 체계를 보이고 전체 세계 조석 에너지의 7%가 이 지역에서 소모된다.[7]

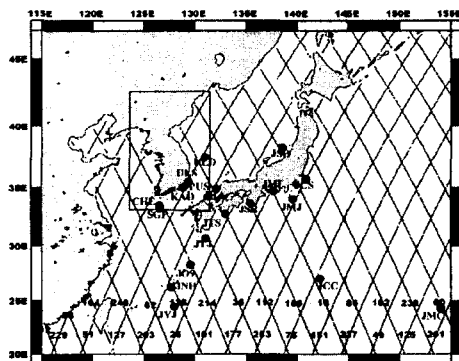


Fig. 1. Topex/Poseidon ground tracks in the East Asian Marginal Seas. The float-operated type tide gauge location is indicated by circles. □ shows study area as the Korean seas.

MSLA는 지구 물리화적인 보정과 추천되어지는 보정 표준을 기준으로 하여 기계 에러, 환경 변수, 해양 파동 영향, 조석 영향을 보정하였다. CSR3.0 조석 모델과 ECMWF에 의해 건조한 대류권과 역 기압계 보정이 이루어졌다. MSLA는 장파의 에러를 측정하는 space/time 목적분석법을 개선한 방법을 포함하였다. 맵의 해상도는 0.25° x 0.25° 이다.

## III. 결과 및 고찰

5년간의 T/P 고도계 방법으로 수집된 자료로 Fig. 2는 해면 고도 변화의 RMS를 보여주고, Fig. 3은 한반도 주변 해역의 표층의 시계방향/반시계방향의 와류 운동과 지형류를 SLA와 함께 보여준다. 해면 변화는 연안류와 쿠로시오 해류와 같은 강한 일반적인 지형류가 잘 알려져있다. 본 연구에서 정의된 것 처럼 해면 변화는 주 해류 체계에서의 일시적인 변화를 통계학적 방법에 의한 추정을 할 수 있다. 한반도 주변 해역에서의 해면 변화는 동해의 경우 남쪽 해역에서 중심에서의 흐름(36.2° N & 131.3° E)이 10~15cm를 나타내고 서해의 경우 북쪽 해역 중심에서의 흐름(39° N & 124° E)이 20~30cm, 남쪽 해역 중심에서의 흐름(35.8° N & 125.8° E)이 18~24cm, 그리고 남해의 경우 서쪽 해역 중심에서의 흐름(34° N & 125.8° E)과 동쪽 해역 중심에서의 흐름(33.9° N & 128.7° E)이 15~20cm로 동해의 경우를 제외하고는 서해와 남해에서 전체적으로 강한 변화를 보인다. 서해의 남쪽 해역의 높은 해면 변화는 해수면 표층의 황해난류의 북쪽으로 향하는 흐름과 해서 지형의 영향에 기인한다. 또한 남해의 제주해협(대한해협의 동쪽해역)의 서쪽 해역의 해면 변화는 제주도 주변의 시계방향의 흐름, 제주난류와 쓰시마섬을 따라 북쪽으로 향하는 흐름인 동한난류와 해서 지형에 영향을 받았다. 즉, 서해와 남해의 해면 변화는 기본적으로 쿠로시오 해류에서 분기된 세 지류(황해난류, 제주난류, 동한난류)의 표층 흐름에 일반적으로 영향을 받는다. 북쪽 해역의 해면 변화는 서해의 해면 대기압 효과(Inverted Barometric Effect)의 다양한 형식을 보여준다. 왜냐하면 해면 대기압 효과(Inverted Barometric Effect)의 경사도가 작고 다른 기후적 효과(몬순, 대륙성 기후)가 해면 변화에 영향을 줄 것이기 때문이다.

동해의 해면 변화는 Fig. 3에서 보여주듯이 주로 와류운동과 연계되어져 있고 서해와 남해에 비교하여 상대적으로 낮은 변화를 보여준다. 그리고 해면 변화는 오직 해서 지형의 영향 없이 와류운동의 영향만을 받는다. 동해에서 북쪽으로 향하는 쓰시마해류는 각각 일본의 서쪽 연안으로 흘러가며 북동쪽으로 확장해가는 흐름과 한국의 북동쪽 연안으로 흘러가며 북쪽으로 확장해가는 두 흐름으로 나누어진다. 낮은 해면 변화를 보이는 동해의 세 와류운동은 북쪽 해역(중심 : 39.5° N & 129° E의 원산만 앞바다), 남쪽 해역(중심 : 37° N & 130.5° E

의 울릉도의 남서쪽 해역) 그리고 동쪽 해역(중심: 36°N & 131°E의 쓰시마섬의 북동쪽 해역)이다. 이 세 와류운동은 기본적으로 표층순환의 흐름에 영향을 받는다. 원산만 지역의 반시계 방향 (0.03 cm/sec)은 북한난류와 연결되어 있었고, 울릉도 지역의 시계방향(0.06 cm/sec)은 동한난류와 쓰시마섬의 반시계방향

(0.01 cm/sec)은 쓰시마난류와 각각 연결되어 있었다. 동해의 SLA는 원산만의 동쪽 해역(1~5cm)은 울릉도의 남서쪽해역(-5~-1cm)과 쓰시마섬의 북동쪽 해역(0.5~1.5cm)보다 높다. 서해의 SLA는 중심 (35.5°~36.5°N & 124°~126.5°E)에서 1~2cm의 변화를 보여줬다.

#### IV. 결론

서해와 남해의 해면 변화는 일반적으로 연안류의 표층 흐름(황해난류, 제주난류, 동한난류)과 해저 지형의 얕은 흐름(서해의 연안지역, 제주해협과 대한해협)의 영향을 받는다. 비록 동해가 서해와 남해와 비교하여 동적인 와류운동과 함께 표층 순환이 두드러지게 나타났었지만, 동해는 해저 지형의 영향 없이 약한 해면 변화를 보여주었다.

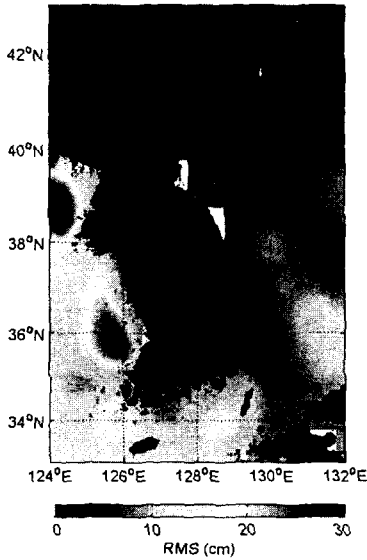


Fig. 2. Sea level variations (cm) in the Korean seas

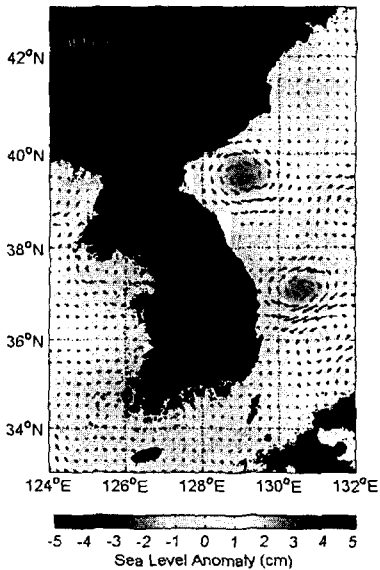


Fig. 3. Sea level anomaly (cm) and geostrophic current (cm/sec) in the Korean seas.

#### 사 사

본 연구는 한국 과학 재단 특정 기초 연구(R01-2002-000-00369-0) 지원으로 수행되었습니다.

#### 참고 문헌

- [1] Cess, R. D., and S. D. Glazman, 1981. The effect of the ocean heat capacity upon global warming due to increasing atmospheric dioxide, *J. Geophys. Res.*, 86C, 498-502.
- [2] Carnes, M. R., J. L. Mitchell, and P. W. de Witt, 1990: Synthetic temperature profiles derived from Geosat altimetry: Comparison with air-dropped expendable bathythermograph profiles. *J. Geophys. Res.*, 95, 17979-17992.
- [3] Nerem, R. S., and B. J. Haines, J. Hendricks, J. F. Minster, G. T. Mitchum, and W. B. White, 1997: Improved determination of global mean sea level variations from TOPEX/Poseidon altimeter data. *Geophys. Res. Lett.*, 24, 1331-1334.
- [4] Eric W. Leuliette and John M. Wahr, 1999: Coupled Pattern Analysis of Sea Temperature and TOPEX/Poseidon Sea Surface Height, *J. Physic Ocean*, 29:599-611.
- [5] Le Traon, P. Y., F. Nadal and N. Ducet, 1998: An improved mapping method of multi-satellite altimeter data. *J. Atm. Ocean. Techn.*, 25: 522-534.
- [6] AVISO, AVISO User Handbook, 1992, Merged TOPEX/POSEIDON Products, Publ.

AVI-NT-02-101-CN, 2.1, Cent. Natl. d'Etudes Spatiales, Toulouse, France.

- [7] Choi, B. H., 1980, "A tidal model of the Yellow Sea and the East China Sea", Korea Ocean Research and Development Institute (KORDI) Report, 80-02, pp. 72..