

인공위성자료를 이용한 2004년 겨울철 황해 연안 해역 이상 수온 해석

문정언^{*,**} · 양찬수^{*†}

^{*}한국해양연구원 해양위성센터, ^{**}인하대학교 해양학과

Analysis of Abnormal Sea Surface Temperature in the Coastal Waters of the Yellow Sea Using Satellite Data for the Winter Season of 2004

Jeong-Eon Moon^{*,**} and Chan-Su Yang^{*†}

^{*}Korea Ocean Satellite Center, Korea Ocean Research & Development Institute, Ansan, 426-744, Korea

^{**}Department of Oceanography, Inha University, Incheon, 402-751, Korea

Abstract : We studied on the relationship between oceanic variation in the offshore and abnormal sea surface temperature rise in the coastal area of the Yellow Sea using a variety of satellite and *in-situ* data during winter 2004. In results of the satellite data, the average value of sea surface temperature in the Yellow Sea for 2003 was 10 °C, and the average value of sea surface temperature for 2004 was 13 °C. It was higher than those of the last year about 3 °C. In results of the *in-situ* data, the average value of surface layer temperature in the Yellow Sea for 2003 was 9.85 °C, and the average value of surface layer temperature for 2004 was 12.17 °C. In the same satellite data, it was higher than those of the last year about 3 °C. In results of the T-S diagram, we divided definitely into water mass of the Yellow Sea and the East China Sea in 2003. But we didn't divide definitely into water mass of the Yellow Sea and the East China Sea in 2004. The average values of air temperature and wind speed for 2003 were 5.23 °C and 4.81 m/s, respectively. And, the average values of air temperature and wind speed for 2004 were 5.61 °C and 4.52 m/s, respectively. So, These were similar. But the wind directions for 2003 were superior northwestern wind, and the wind directions for 2004 were various northern wind. The wind directions were different from each other. Therefore, the abnormal sea surface temperature rise in the coastal area of the Yellow Sea during winter 2004 were better related to oceanic variation in the offshore than influences of atmosphere. In the future, We will do in-depth study for these.

Key Words : Satellite data, SST, NGSST, Abnormal sea surface temperature rise, Oceanographic variability, Yellow Sea.

요약 : 각종 위성자료와 현장 관측자료를 이용하여 2004년 겨울철 황해 연안해역 이상수온 상승 현상과 외해의 해양 변동과의 연관성에 대하여 연구하였다. 위성자료에 의하면, 2003년 황해의 평균 해수면온도는 10 °C 정도였고, 2004년의 평균 해수면온도는 13 °C 정도로 약 3 °C 정도 높았다. 현장관측 자료에서는 2003년 황해의 평균 표층수온은 9.85 °C 정도였고, 2004년의 평균 표층수온은 12.17 °C 정도로 위성자료와 마찬가지로 약 3 °C 정도 높았다. T-S diagram 분석에 의하면, 2003년은 황해 수괴와 동중국해 수괴를

아주 명확하게 구분되었지만, 2004년에는 양 수괴의 구분이 명확하지 않았다. 2003년의 평균 기온과 풍속은 각각 5.23 °C, 4.81 m/s 이고, 2004년의 평균 기온과 풍속은 각각 5.61 °C, 4.52 m/s 로 유사하였다. 그러나 2003년에는 북서풍이 우세하였으나, 2004년에는 다양한 북풍 계열의 바람이 불어서 풍향이 달랐다. 2004년 겨울철 황해 연안해역의 이상수온 상승은 대기의 영향보다 외해 해양 변동과 깊은 연관성이 있는 것으로 판단되었고, 이에 대해서는 추후 연구가 이루어질 것이다.

1. 서론

황해는 한반도와 중국대륙으로 둘러싸인 반폐쇄적인 해역으로, 최대수심은 103m, 평균수심은 44m로 이루어져 있으며 대륙붕이 잘 발달되어 있다. 해역의 대부분이 육지로 둘러싸여 있어서 하천과 강을 통해 육상기원 세설물들의 유입이 매우 활발하며, 연안해역은 조수간만의 차가 심하고 조류와 파랑 등의 영향으로 퇴적물의 재부유가 활발하여 연중 탁한 해수를 보인다. 황해 남부해역은 동중국해와 접하고 있어서 외해 해수유입이 있는 곳이다.

동중국해는 중국대륙 동쪽과 제주도 남쪽 전해역을 포함하며 대륙붕과 대륙사면이 잘 발달되어 있다. 이 해역은 쿠로시오 지류인 대마난류수와 제주난류수, 황해난류수와 양자강 연안수, 중국대륙연안수 등이 혼재하

는, 해수유동이 매우 복잡한 해역이다. 특히 황해의 유일한 외해의 해수유입 관문인 황해 남부해역과 인접한 동중국해 북부해역은 제주난류수의 영향으로 겨울철에는 열염전선을 형성하고 그 열염전선이 약해지는 일부 해역에서 간헐적으로 황해난류가 발생, 난류수가 황해로 유입되고 있다(이흥재 등, 2005). 또한 여름철에는 양자강 연안수가 황해 남부해역과 동중국해 북부해역의 표층수를 저염분화시키며 제주해협을 지나 한반도 동해로 유입되기도 한다(김인옥과 노홍길, 1994). 이러한 저염분수는 제주도 연안해역에서 양식되는 어패류의 집단 폐사를 유발시키고, 남해 연안해역에서 발생하는 적조의 소멸과도 깊은 연관성이 있다(최현용, 2001).

해황 변동을 연구하는데 있어서 해양과 대기의 상호작용 규명은 매우 중요하다. 이러한 해양과 대기의 상호작용은 근본적으로 기후변화와 밀접히 관련되어 있다. 2004년은 그 전형적인 해로 기록되었는데, 봄철에는 폭설과 일시적인 고온현상, 여름철에는 10년만의 무더위, 겨울철에는 36년만의 가장 포근한 날씨가 지속되었다. 그리고 2004년 겨울철에는 황해 연안해역의 이상수온 상승 현상으로 연안 양식장 및 인근 연안해역에서 어패류의 집단 폐사가 빈번히 발생하였다. 이러한 황해의 이상수온 상승 현상은 해양과 대기의 상호작용 뿐만 아니라 황해 주변 해수의 변동, 특히 외해의 해황 변동이 연안 해역에 큰 영향을 미쳤기 때문으로 생각된다.

황해와 동중국해의 복잡한 해황변동을 조사하기 위하여 선박과 부이를 이용한 현장 모니터링이 이루어져 오고 있다(이흥재 등, 2000; 이흥재 등 2005). 그러나 이러한 선박과 부이를 이용한 관측은 시공간적인 제약으로 많은 어려움이 뒤따른다. 이러한 현장관측의 단점을 극복하고 보완하기 위해서는 위성관측을 이용하는 것이 매우 바람직하다.

본 연구에서는 NOAA AVHRR 자료를 비롯한 각종 위성자료와 현장관측자료 등을 이용하여 2004년의 이상수온상승의 메커니즘을 파악하고자 한다.

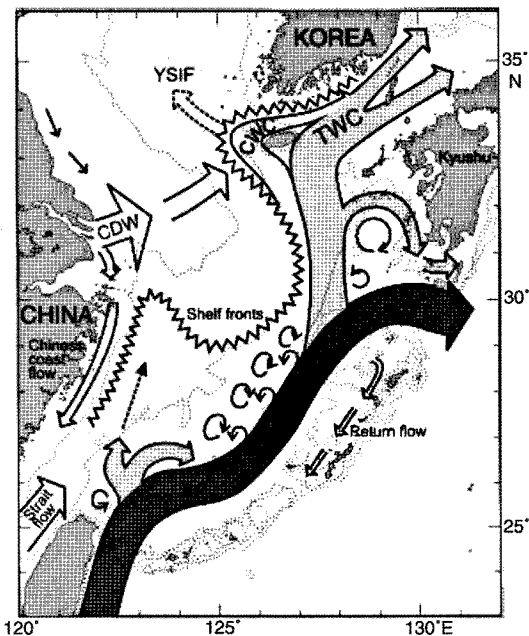


Fig. 1. A schematic circulation pattern of the East China Sea, based on observational results found in the 1990s (from Lie and Cho, 2002).

2. 자료 및 방법

1) NOAA AVHRR 해수면온도 자료

SST(Sea Surface Temperature, 해수면온도) 자료는 한국해양연구원(KORDI)에서 수신하고 있는 NOAA의 AVHRR 자료를 이용하였다. 2004년 겨울철의 이상 수온상승의 원인을 알아보기 위하여, 2004년 9월부터 12월까지의 자료와 비교를 위해 2003년 9월부터 12월까지의 자료를 이용하였다. 비교적 정확도 높은 SST 자료를 이용하기 위하여 황해와 동중국해 해역을 중심으로 구름이 거의 없는 위성영상 자료를 월별로 한 개씩 선정하여 각각의 월별 해수면온도 분포 변동을 비교·분석하였다. 이때 동일한 날짜의 위성 자료를 선정하였는데, 날짜 전후로 1일정도의 오차를 두고 선별하였다.

2) NGSST 일별 합성해수면온도 자료

일본 토호쿠 대학의 NGSST(New Generation Sea Surface Temperature, 합성해수면온도) 자료(<http://www.ocean.caos.tohoku.ac.jp/~merge/sst/binary/actvalbm.cgi>)는 다양한 위성(AMSR-E, AVHRR, MODIS, GOES)에서 수신되는 SST 자료와, 연안과 해역의 선박과 부이에서 관측되는 현장자료를 모두 합성하여 만든 일별 해수면온도 자료이다(Fig. 2). 본 연구에서는 2003년과 2004년 12월 초순, 중순, 하순에 해당하는 자료를 이용하여 황해와 동중국해 해수면온도의 분포 특성을 비교·분석하였다.

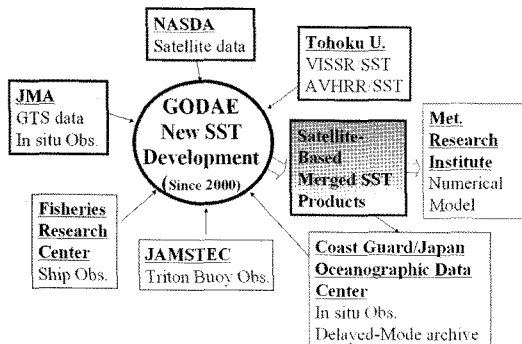


Fig. 2. New Generation Sea Surface Temperature (NGSST) Development Group (from NGSST homepage).

3) 수온, 염분 현장관측 자료

국립수산과학원(NFRDI)에서 조사선을 이용하여 매년 격월로 한반도 주변 해역에 대한 정기적인 해양관측을 수행하여 얻은 자료들 중에서 황해와 동중국해 북부 해역의 현장관측 자료(307 - 314 관측라인, Fig. 3의 표시부분)를 사용하였다. 관측 기간은 2003년 12월과

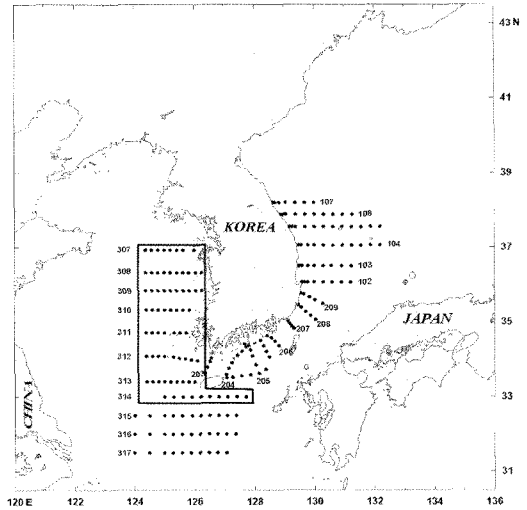


Fig. 3. The station map of *in-situ* oceanographic data obtained from NFRDI. Data in the box are used here.

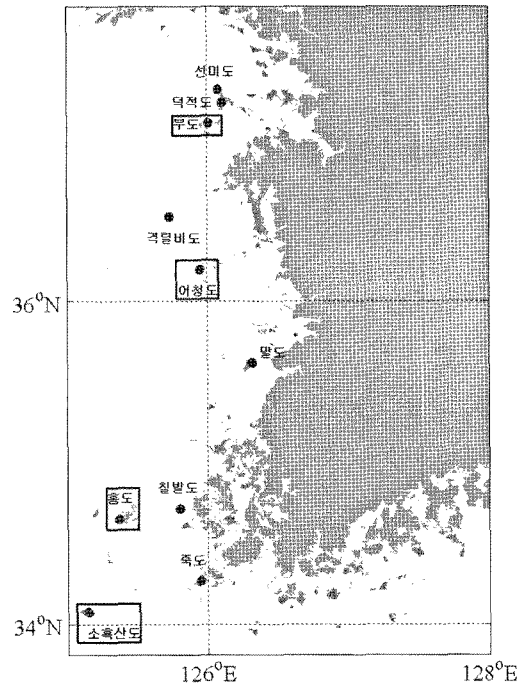


Fig. 4. The station map of coast meteorological data. Data in the boxes are used here.

2004년 12월이고, 표층과 수심 50m의 수온 및 염분 분포 특성을 비교·분석하였다.

4) 연안 기상자료

황해 연안해역의 해양변동과 기상변화와의 연관성을 알아보기 위하여 국립수산과학원에서 제공하는 연안정지관측 자료들 중에서 기온과 풍향, 풍속자료들을 이용하였다. 본 연구에 사용된 황해의 연안정지관측 지점들은 남쪽에서 북쪽으로 소흑산도, 흥도, 어청도, 부도 등 총 4곳이다(Fig. 4의 사각형표시). 2003년 12월과 2004년 12월에 대한 월평균 기온과 풍속-풍향을 지점별로 비교·분석하였다.

3. 결과

1) NOAA SST 자료에 의한 해수면온도 분포 특성

Fig. 5는 NOAA SST 자료에 의한 2003년 9월과 10

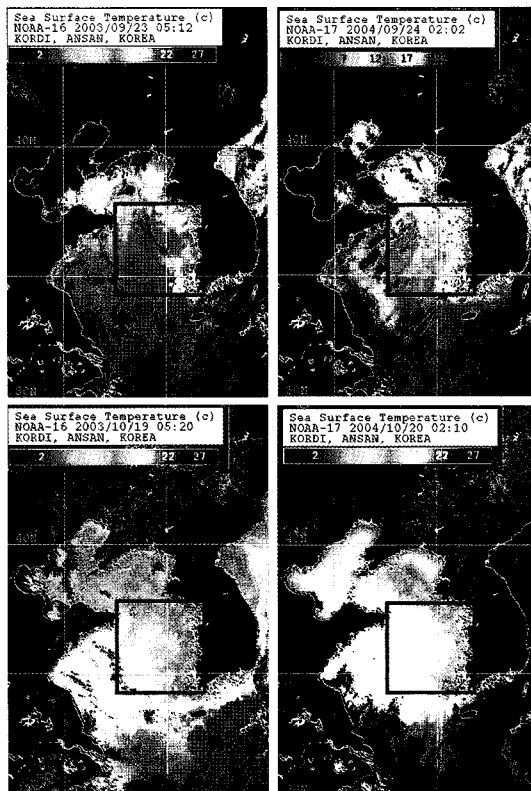


Fig. 5. (1) Comparison of NOAA SST images between Sep. 23 2003 and Sep. 24 2004 (upper). (2) Comparison of NOAA SST images between Oct. 19 2003 and Oct. 20 2004 (lower).

월, 2004년 9월과 10월의 황해 해수면온도 분포 특성이 다. 그림에서 사각형으로 표시된 부분은 황해 중앙 및 연안해역을 함께 표시한 것으로 9월에는 2003년과 2004년 모두 평균 약 18 °C 정도로 비슷한 해수면온도 분포 특성을 보였다(Fig. 5의 위). 10월에는 2003년이 평균 약 15 °C 정도, 2004년이 평균 약 16 °C 정도로 2004년의 해수면온도 분포가 전년도에 비해 약 1 °C 정도 높았다(Fig. 5의 아래).

Fig. 6은 NOAA SST 자료를 이용하여 분석된 2003년 11월과 12월, 2004년 11월과 12월의 황해 해수면온도 분포 특성을 월별로 비교한 것이다. 사각형으로 표시된 부분은 Fig. 5에서와 같은 해역이다. 11월에는 2003년이 평균 약 13 °C 정도, 2004년이 평균 약 15 °C 정도로 2004년의 해수면온도 분포가 전년도에 비해 약 2 °C 정도 높았다(Fig. 6의 위). 12월은 서로 일치하는 날짜가 없어서 부득이하게 11일 정도 차이가 나는 자료들을 이용하였다(Fig. 6의 아래).

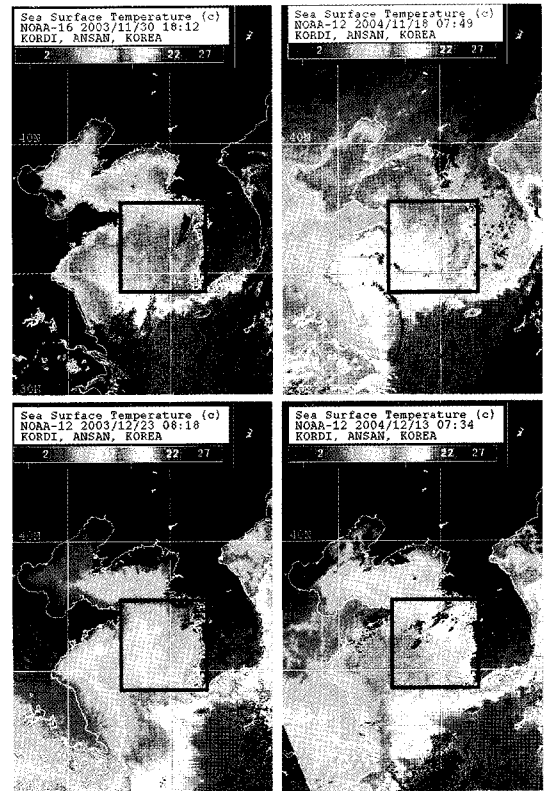


Fig. 6. (1) Comparison of NOAA SST images between Nov. 17 2003 and Nov. 18 2004 (upper). (2) Comparison of NOAA SST images between Dec. 23 2003 and Dec. 13 2004 (lower).

2) NGSST 자료에 의한 해수면온도 분포 특성

Fig. 7 - 9는 NGSST 자료를 이용하여 분석한 2003년과 2004년 각각의 12월 초순, 중순, 하순에 해당하는 날짜들에 대한 황해 해수면온도 분포 특성이다. Fig. 7은 12월 01일의 해수면온도 분포를 보여주고 있다. 2003년은 평균 약 11.5 °C 정도(Fig. 7의 좌), 2004년은 평균 약 13.5 °C의 해수면온도 분포를 보여(Fig. 7의 우), 2004년이 2003년보다 약 2 °C 정도 높게 나타났다.

Fig. 8은 12월 11일의 해수면온도 분포 자료들인데, 2003년은 평균 약 10 °C 정도의 해수면온도 분포 특성을 보였고(Fig. 8의 좌), 2004년은 평균 약 13 °C의 해

수면온도 분포 특성을 보였으며(Fig. 8의 우), 2004년이 2003년보다 약 3 °C 정도 높았다.

Fig. 9는 12월 25일의 해수면온도 분포 자료들인데, 2003년은 평균 약 8.5 °C 정도의 해수면온도 분포 특성을 보였고(Fig. 9의 좌), 2004년은 평균 약 12.5 °C 정도의 해수면온도 분포 특성을 보였으며(Fig. 9의 우), 2004년이 2003년보다 약 4 °C 정도 높았다.

Fig. 7 - 9의 비교에서 살펴보면, 2003년 12월의 황해 중앙 및 연안해역의 해수면온도 분포 특성은 초순에서 중순, 하순으로 갈수록 해수면온도가 급격히 떨어지고 있으며 그 변동폭이 약 3 °C 정도이다. 그러나

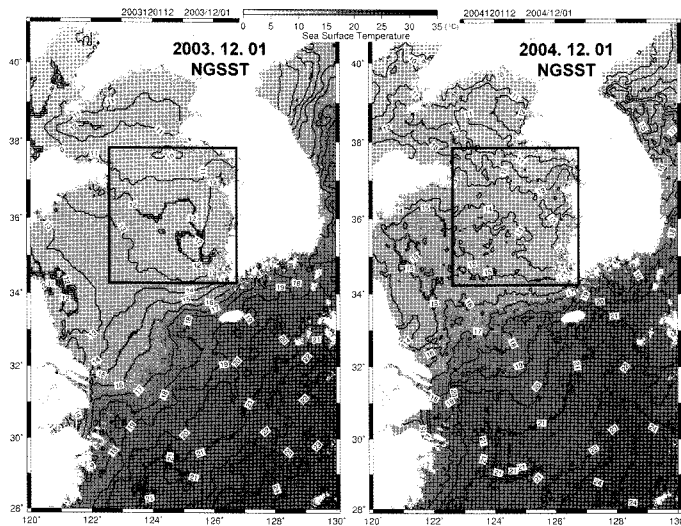


Fig. 7. Comparison of NGSST images between Dec. 01, 2003(left) and Dec. 01, 2004(right).

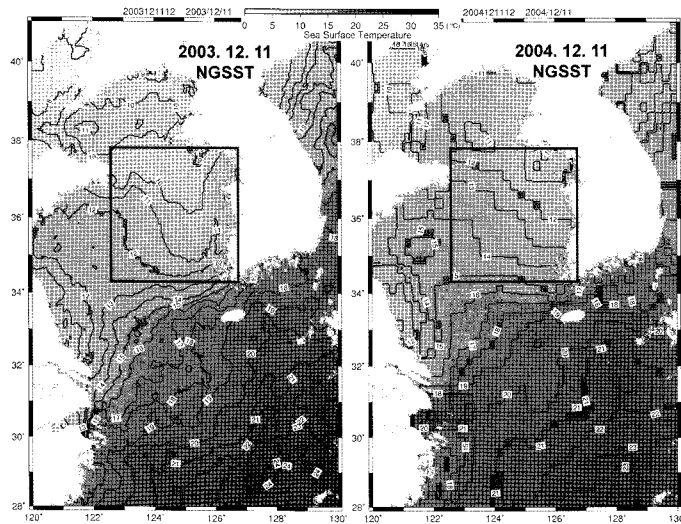


Fig. 8. Comparison of NGSST images between Dec. 11, 2003(left) and Dec. 11, 2004(right).

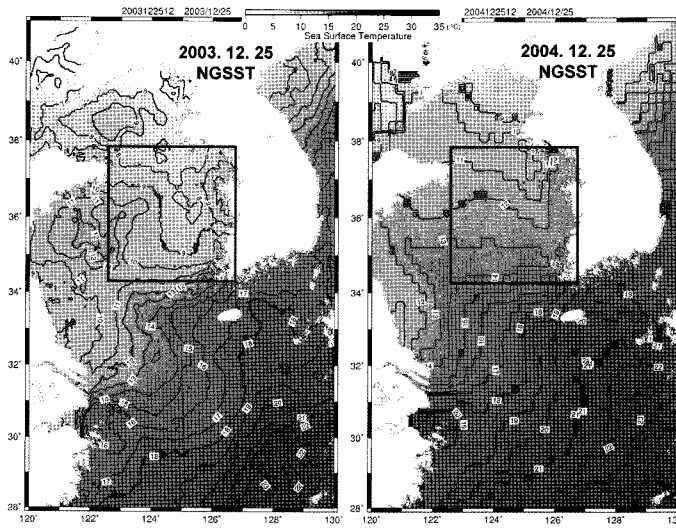


Fig. 9. Comparison of NGSST images between Dec. 25, 2003(left) and Dec. 25, 2004(right).

2004년 12월의 황해 중앙 및 연안해역의 해수면온도 분포 특성은 초순에서 중순, 하순으로 갈수록 해수면온도의 변화가 약 1 °C 정도로 변동폭이 작다. 또한 2003년 12월 황해의 평균 해수면온도는 약 10 °C 정도이지만, 2004년 12월 황해의 평균 해수면온도는 약 13 °C 정도로 2003년에 비해 3 °C 정도 차이를 보였고 고온을 형성하고 있었다. 이러한 원인은 2003년 12월과 2004년 12월 각각의 대기의 기온과 풍향 및 풍속의 변화, 외해 해황변동의 차이 등 다양한 현상에 의한 대기-해양 상호작용에 기인했을 것으로 생각된다.

3) 현장관측 자료에 의한 기상과 해황변동 특성

Fig. 10은 NFRDI에서 제공한 해양현장관측 자료들 중에서 황해의 관측라인 중 하나인 309 라인에 대한 1999년부터 2004년까지 매년 12월의 월평균 표층 수온을 시계열로 분석한 그림이다. 2003년의 평균 표층 수온 값은 9.64 °C로 1999년부터 2002년까지 4년 동안의 평균 표층 수온 값인 9.78 °C와 매우 유사하였다. 따라서 2003년 12월은 1999년부터 2002년까지 12월에 대한 4년 동안의 수온 분포를 대변할 수 있다.

Fig. 11 - 12는 NFRDI에서 제공한 해양현장관측 자료들을 이용하여 분석한 2003년과 2004년 각각의 12월 황해 표층의 수온-염분 수평 분포 특성과 수온-염분 도표(T-S diagram)를 비교한 그림들이다. Fig. 11에서 관측라인 307 - 311까지의 황해 표층수온은 2003년에는 평균 9.85 °C 정도였지만, 2004년에는 평균 12.17 °C 정

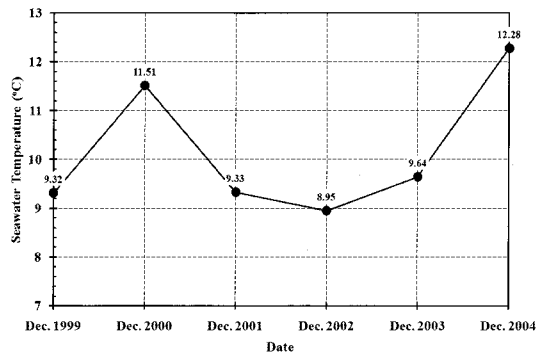


Fig. 10. Yearly variation of mean values of surface layer temperature at 309 observation line for December during 6 years (from 1999 to 2004).

도로 약 3 °C 상승하였다(Fig. 11의 위). 이와 같은 경향은 앞서 살펴보았던 위성자료 분석결과와 잘 일치한다. 동일한 해역에서의 황해 표층염분은 2003년에는 평균 32.12 PSU 정도였고, 2004년에는 평균 32.15 PSU 정도로 약 0.03 PSU의 아주 미약하게 상승하였다(Fig. 11의 아래). Fig. 12의 수온-염분 도표(T-S diagram)에서 2003년에는 황해 표층 수괴와 동중국해 표층 수괴가 아주 명확하게 분리되었지만(Fig. 12의 좌), 2004년에는 2003년도에 비해 황해 표층 수괴와 동중국해 표층 수괴가 명확하게 분리되지 않았다(Fig. 12의 우).

Fig. 13 - 14는 NFRDI에서 제공한 해양현장관측 자료들을 이용하여 분석한 2003년과 2004년 각각의 12월 황해 수심 50 m의 수온-염분 수평 분포 특성과 T-S diagram을 비교한 그림들이다. Fig. 13에서 관측라인

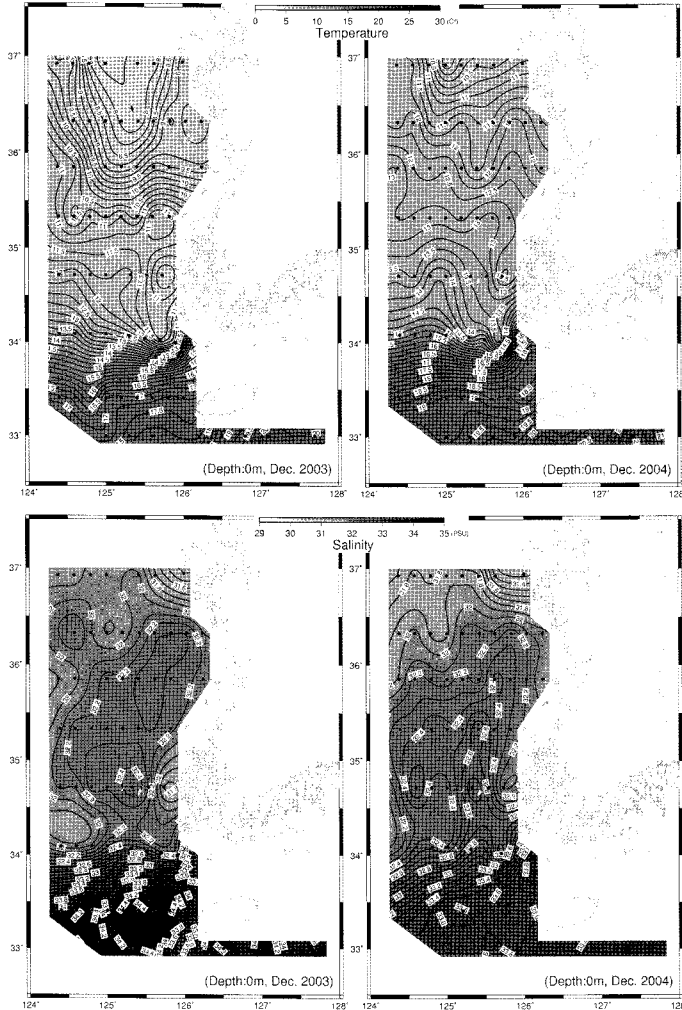


Fig. 11. Comparison of *in-situ* temperature (upper) and salinity (lower) distributions at surface layer in the Yellow Sea between Dec. 2003 (left) and Dec. 2004 (right).

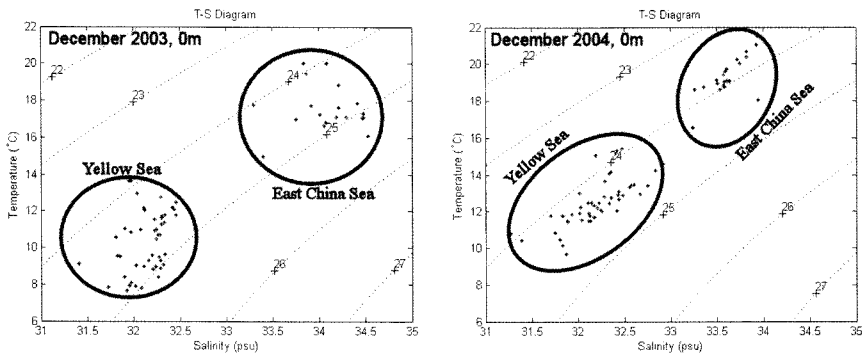


Fig. 12. Comparison of T-S diagrams at surface layer in the Yellow Sea between Dec. 2003 (left) and Dec. 2004 (right).

307 - 311까지의 황해 수심 50 m의 수온은 2003년에는 평균 9.42 °C 정도였지만, 2004년에는 평균 11.22 °C 정도로 약 3 °C 상승하였다(Fig. 13의 위). 이것은 Fig. 11의

표층 수온 비교 분석결과와 잘 일치하며 겨울철 일반적인 해수의 수직적 균질 분포를 잘 대변해주고 있다. 동일한 해역에서의 수심 50m의 염분은 2003년에는 평균 32.25

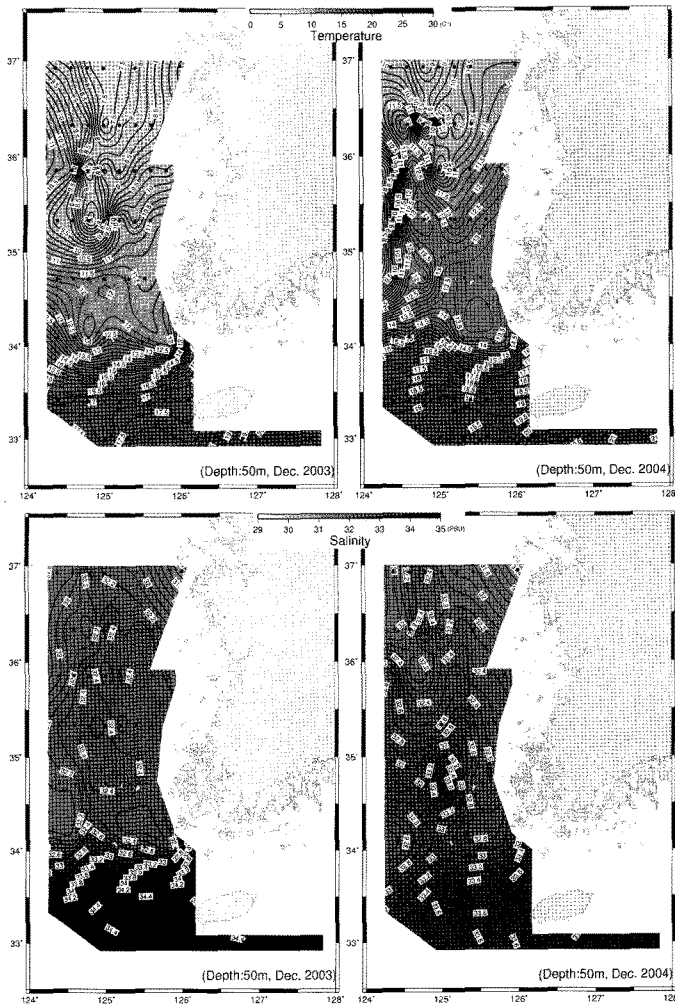


Fig. 13. Comparison of *in-situ* temperature (upper) and salinity (lower) distributions at 50 m layer in the Yellow Sea between Dec. 2003 (left) and Dec. 2004 (right).

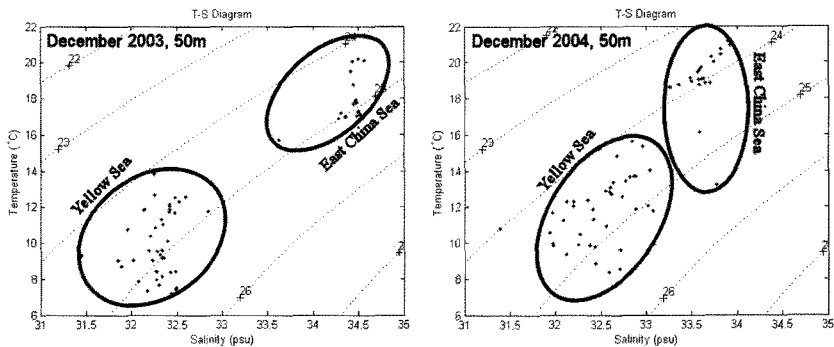


Fig. 14. Comparison of T-S diagrams at 50 m layer in the Yellow Sea between Dec. 2003 (left) and Dec. 2004 (right).

PSU 정도였고, 2004년에는 32.47 PSU 정도로 약 0.2 PSU가 증가하였다(Fig. 13의 아래). Fig 14의 T-S diagram에서도 Fig. 12와 동일한 결과를 얻었다.

Fig. 15는 NFRDI에서 제공한 대기현장관측 자료들을 이용하여 분석한 2003년과 2004년 각각의 12월 황해 연안해역의 주요 관측지점에서의 기온 분포를 비교

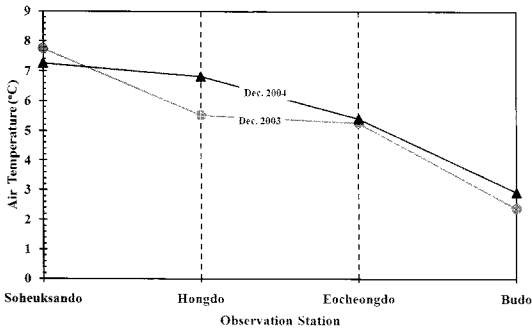


Fig. 15. Comparison of *in-situ* air temperature distribution in the principal observation stations of the Yellow Sea coastal area (Soheuksan-do, Hong-do, Eocheong-do, Bu-do) between Dec. 2003 and Dec. 2004.

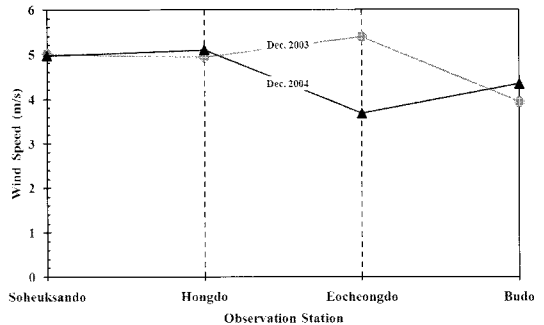


Fig. 16. Comparison of *in-situ* wind speed distribution in the principal observation stations of the Yellow Sea coastal area (Soheuksan-do, Hong-do, Eocheong-do, Bu-do) between Dec. 2003 and Dec. 2004.

한 그림이다. 주요 관측지점은 남에서 북으로 소흑산도, 홍도, 어청도, 부도 순이다. 2003년의 평균 기온은 5.23 °C 정도이고 2004년의 평균 기온은 5.61 °C 정도로 약 0.4 °C의 미약한 상승을 보였지만, 기온차가 크지 않으므로 2003년과 2004년의 황해 연안해역의 기온 분포는 유사하였다고 볼 수 있다.

Fig. 16과 17은 NFRDI에서 제공한 대기현장관측 자료들을 이용하여 분석한 2003년과 2004년 각각의 12월 황해 연안해역의 주요 관측지점에서의 풍속과 풍향을 비교한 그림이다. 주요 관측지점은 Fig. 15와 동일하다. Fig. 16에서 2003년의 평균 풍속은 4.81 m/s 정도이고 2004년의 평균 풍속은 4.52 m/s 정도로 약 0.3 m/s의 미약한 하강을 보였다. Fig. 17에서 2003년의 풍향은 모든 관측지점에서 북서풍이 우세하였고(Fig. 17의 좌), 2004년의 풍향은 소흑산도에서는 북서풍이, 홍도에서는 북동풍이, 어청도와 부도에서는 북풍이 우세하여 관측지점별로 상당한 차이를 보였다(Fig. 17의 우).

이와 같이 대기와 해양현장관측 자료들로부터 얻은 2003년 12월과 2004년 12월 각각의 수온-염분 분포 특성과 기온 및 풍향-풍속 분포 특성 비교에서 특히 수온 분포 특성의 차이가 돋보였다. 2004년의 평균 수온 값은 2003년의 평균 수온 값보다 약 3 °C 정도 높았다. 또한 T-S diagram에 의한 황해 수괴와 동중국해 수괴 구분에서 2003년은 아주 명확하게 구분되었지만 2004년은 전년도에 비해 명확하게 구분되지 못하였다. 2003년과 2004년의 기온과 풍속의 차는 거의 없었고, 풍향에 있어서 2003년은 북서풍이 우세한 반면 2004년은 북풍 계열의 다양한 바람이 나타났다.

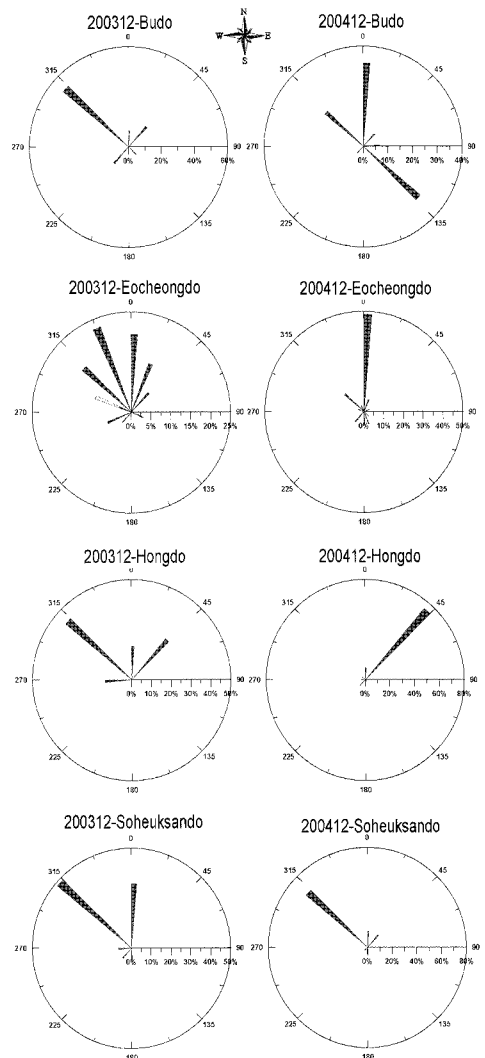


Fig. 17. Comparison of *in-situ* wind direction in the principal observation stations of the Yellow Sea coastal area (Soheuksan-do, Hong-do, Eocheong-do, Bu-do) between Dec. 2003 (left) and Dec. 2004 (right).

4. 결론 및 고찰

2004년 12월 황해 연안해역의 이상수온 상승 현상에 대한 외해 해양 변동과의 연관성에 관하여 NOAA SST와 NGSST 위성자료, 대기와 해양 현장관측 자료 등을 이용하여 조사하였다. 2003년 12월과 2004년 12월의 NOAA SST와 NGSST 위성자료를 분석한 결과에 의하면, 2003년의 황해 중앙 및 연안해역의 평균 해수면온도는 10 °C 정도였고 2004년의 평균 해수면온도는 13 °C 정도로 약 3 °C 높았다. 그에 따른 대기와 해양 현장관측 자료들을 분석한 결과에 의하면, 황해의 평균 표층 수온은 2003년에는 9.85 °C 정도였고 2004년에는 12.17 °C 정도로 약 3 °C 상승하였다. 이러한 경향은 위성자료 분석결과와 일치한다. T-S diagram에서 2003년에는 황해 수괴와 동중국해 수괴가 아주 명확하게 구분되지만, 2004년에는 명확하게 구분되지 않았다. 그리고 2003년 12월 309 관측라인의 평균 표층 수온 값은 9.64 °C로 1999년부터 2002년까지 12월에 대한 4년 동안의 평균 표층 수온 값인 9.78 °C와 매우 유사하였다. 따라서 2003년은 과거 4년 동안의 황해 표층 수온을 대변할 수 있었다. 또한 2003년의 평균 기온과 풍속은 각각 5.23 °C, 4.81 m/s 이고, 2004년의 평균 기온과 풍속은 각각 5.61 °C, 4.52 m/s 로 미약한 차이를 보였을 뿐이며 유사하다고 판단하였다. 그러나 2003년의 풍향은 북서풍이 우세하였지만, 2004년의 풍향은 북풍 계열의 다양한 바람이 발생하여 상당한 차이를 보였다.

이와 같은 경향들을 토대로 2004년도 겨울철 황해 연안해역의 이상수온 상승 현상의 발생원인은 대기의 영향보다는 외해 해양 변동과 연관성이 높다고 생각되며, 특히 외해역으로부터 황해 연안해역으로의 해수 유입 현상이 주된 요인으로 생각된다. 그러나 이러한 메커니즘을 정확히 파악하는데는 본 연구의 자료만으로는 부족한 점이 많은 것으로 판단되며, 추후 연구를 통하여 보완해 나갈 예정이다.

사 사

본 연구는 기초기술연구회사업 “해양 유출사고 대응을 위한 관측망 구축 및 친환경 복원체계 구축”의 일환

으로 수행되었습니다. 심사를 통해 귀중한 조언을 해주신 심사위원님들께 감사드립니다.

참고문헌

김인옥, 노홍길, 1994. 제주도 주변해역에 출현하는 중국대륙연안수에 관한 연구, 한국수산학회지, 27(5): 515-528.

손영태, 이상호, 이재철, 김정창, 2003. 동중국해 북부해역의 겨울철 수계와 전선구조, 한국해양학회지, 8(3): 327-339.

이홍재 등, 2000. 동중국해 중·서부해역의 해양순환 연구, 한국해양연구소.

이홍재 등, 2005. 황해의 해양변동 예보 기반기술 개발, 한국해양연구원.

최현용, 2001. 한국 남해 나로도와 소리도 사이 해역의 1998년 하계 해황 및 적조소멸과의 관계, 한국해양학회지, 6(2): 49-62.

한국해양자료센터 홈페이지 (<http://kocd.nfrdi.re.kr>).

Bernstein, R. L., 1982. Sea surface temperature estimation using the NOAA-6 satellite advanced very high-resolution radiometer, *Journal of Geophysical Research*, 87(C12): 9455-9465.

Lie, H. J. and C. H. Cho, 2002. Recent advances in understanding the circulation and hydrography of the East China Sea, *Fisheries Oceanography*, 11(6): 318-328.

Lie, H. J., C. H. Cho, J. H. Lee, S. Lee, Y. Tang, and E. Zou, 2001. Does the Yellow Sea Warm Current really exist as a persistent mean flow?, *Journal of Geophysical Research*, 106(C10): 22199-22210.

McClain, E. P., W. G. Pichel, and C. C. Walton, 1985. Comparative performance AVHRR based multi-channel sea surface temperature, *Journal of Geophysical Research*, 90(C6): 11587-11601.

NGSST homepage (<http://www.ocean.caos.tohoku.ac.jp/~merge/sstbinary/actvallbm.cgi>).