

## 1982-1983년·1997-1998년 엘니뇨현상 전후 한국동해역에서의 이상 저수온 현상

홍 철 훈

부경대학교 해양생산시스템관리학부

### Abnormal Cooling before and after the 1982-1983 and 1997-1998 ENSO Events in the Korean East Sea Water

Chul-Hoon HONG

Department of Marine Production Management, Pukyong National University,  
Busan 608-737, Korea

Abnormal cooling of the Korean East Sea Water (KESW) in the East Sea before and after the 1982-1983 and 1997-1998 ENSO events is examined using bimonthly routine observation data from the National Fisheries Research and Development Institute of Korea for the period 1965 to 2002. The KESW, which occupies roughly a region between the Korean Peninsula and west of approximately 131°E, showed extreme cold-state years (1981 and 1996) prior to the two strongest ENSO events of the last half-century. Inter-annual bimonthly mean anomalies at 100 m in the KESW region were  $-3.10^{\circ}\text{C}$  and  $-3.41^{\circ}\text{C}$  ( $\text{SD}=1.4^{\circ}\text{C}$ ) in 1981 and 1996, respectively. These results suggest that extreme cooling of the KESW may be a prelude to very strong ENSO events through large-scale teleconnections.

Key words: ENSO events, Abnormal cooling, East Sea, Korean East Sea Water

#### 서 론

적도태평양에서 오늘날 널리 알려진 ENSO 현상 (El Nino and Southern Oscillation)은 전 지구적인 기후상호작용에 의해서 발생한다. 이러한 대규모 원격상호 연계적 기후특성 (teleconnection climate feature)은 적도역에서 해양·대기 상호작용과 관련된 해양의 냉·온수화 현상과 직간접으로 연계되어 있다 (Kiladis and Diaz, 1989; Richards and O'Brien, 1996; Ropelewski and Halpert, 1996). 인도 몬순 풍계가 엘니뇨현상이 발생할 때 뚜렷이 변동한다는 보고 (Rasmusson and Carpenter, 1983; Kiladis and Shinha, 1991)나 이들 인도 몬순역에서의 홍수가 라니냐와 관계되고 있다는 연구결과 (Parthasarathy and Pant, 1985; Parthasarathy et al., 1988) 및 최근 보고된 양자강 홍수 및 한발이 ENSO 현상과 관련있다 (Tong et al., 2006)는 연구결과들은 중위도 지방도 ENSO 영향이 미치고 있음을 보여주었다. ENSO현상이 한반도 주변 기후변화와도 관계가 있는 것 같다. 예를 들면, ENSO현상이 북서태평양에서의 기후변화와 관계있다는 보고 (Aoki, 1985; Miyazaki, 1988; 1989; Kang et al., 1995)나 한반도 주변기후와의 관련성에 대한 연구 (Kang and Bak, 1993; An and Park, 1996, Oh, 1996) 등이다. 특히, Yasunari (1990)는 ENSO현상과 관련하여 아시아 몬순이 해양·대기 상호작용에 중요한 역할을 수행함을 보고하였다. 또 Kang et al. (2000)은 한국동해안에서 엘니뇨가 장기간 지속되는 해에는 나무성장률이 급속도로 증가했음

을 보였다. 한편, ENSO 현상과 동해에서 생물변동과의 관련성에 주목한 연구도 있다. Chiba and Saino (2003)는 동해에서 동물플랑크톤의 누년변동이 ENSO현상과 관련이 있음을 보였고, Yamada et al. (2004)은 ENSO 현상이 동해에서 표면 클로로필 *a* 의 농도에 영향을 주고 있음을 보고하였으며, Yoo and Kim (2004)은 동해 남부역에서 춘계대중식 (spring bloom)의 소장이 ENSO와 관계될 수 있음을 지적하였다. 이와 같이 ENSO현상과 한반도 주변기후변화 또는 해양 생물변동과 관련된 연구결과들은 대기현상이 해양변화에 직접 영향을 미치고, 또 바다 생물들이 해수변화에 직접적으로 영향을 받고 있음을 고려해 볼 때 ENSO 현상과 동해의 해수변동과의 관련성이 클 것임을 시사한다. Hong et al. (2001)은 동해의 Sea Surface Temperature (SST)의 장기변동이 ENSO현상과 관련성이 있음을 조사하여, 엘니뇨 발생시기에 하계에는 동해의 SST가 발생 전 해보다 낮아지고 겨울에는 반대로 증가하는 경향을 보인다고 보고하였고, Sugimoto et al. (2001)은 북서태평양에서 엘니뇨 기간 중 여름에는 기후가 냉각되고 겨울에는 온난한 것을 보였다. 이들 결과들은 엘니뇨 기간 중 적도 지방에서 수온 및 기온이 상승한다는 일반적인 경향과 반대현상이 동해와 북서태평양에서 각각 발생했다고 보고한 점에서 흥미롭다. 지난 세기 발생한 엘니뇨 규모 중 가장 큰 것은 1982-1983년 (1982년 4월-1983년 9월; 이후부터 '엘니뇨 1'이라 함) 및 1997-1998년 (1997년 4월-1998년 6월; 이후부터 '엘니뇨 2'라 함) 발생한 것이다 (Fig. 1). MEI (Multivariate ENSO Index) (Wolter and Timlin, 1993) 지표로 볼 때, +3을 넘거나

\*Corresponding author: hongch@pknu.ac.kr

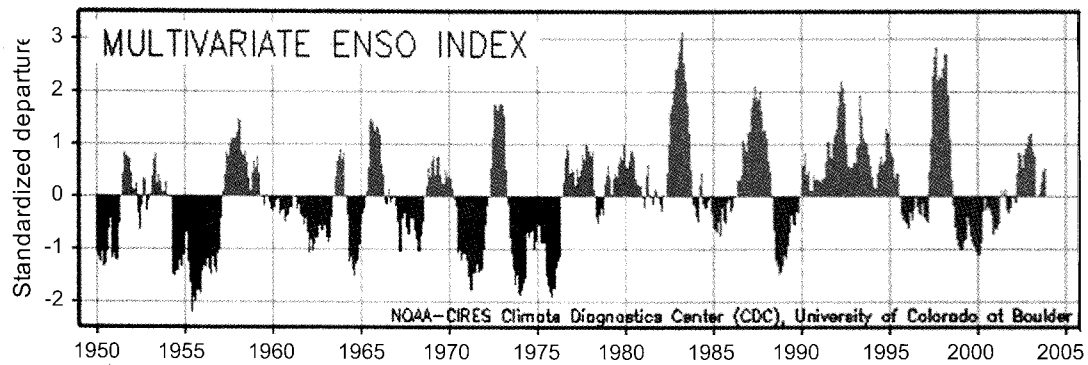


Fig. 1. Time variation of ENSO events since 1950s (reproduced from NOAA, 2005). Positive and negative anomalies represent El Niño and La Niña events, respectively. Multivariate ENSO Index (MEI) is used by ENSO Index (Wolter and Timlin, 1993).

혹은 3에 거의 육박한다(조사기간 동안 큰 규모였던 1986년, 1991년 엘니뇨라도 +2 정도 크기였던 점에 주목할 것). 한편, Hong et al. (1984)은 1981년 하계에 한국 동해역이 연구기간동안 (1961-1981년) 가장 추웠던 냉수 해를 기록한 것으로 보고 하였다. 그런데 지난 세기 최대의 엘니뇨로 기록된 엘니뇨 1이 바로 그 이듬해에 발생했다는 것은 매우 흥미롭다. 비록 이들 두 현상의 상호관련성 유무를 설명할 이론적 근거가 매우 박약하다 하더라도 앞서 보고된 한반도 주변해역이 ENSO현상과 관련있다는 최근의 연구결과들을 고려해 볼 때 이들의 결과는 한국동해역이 강한 ENSO현상과 어떤 상관성이 있을 수 있다는 가능성을 시사한다.

본 연구에서는 국립수산과학원 약 40년 (1965-2002년)간의 장기 해양관측자료를 이용하여 지난 세기 가장 강한 엘니뇨현상으로 기록되었던 엘니뇨 1과 엘니뇨 2의 발생 전후에 한국 동해역에서 발생한 수온변동을 조사하였다.

### 재료 및 방법

본 연구에서 한국동해역 (Korean Eastern Sea Water: KESW)은 동해에서 국립수산과학원의 정선해양관측해역이며, 남북으로 약 34°30'N-38°30'N, 동서로 128°30'E-131°30'E 범위에 해당된다 (Fig. 2). 누년 수온변동을 조사함에 사용된 자료는 국립수산과학원 정선해양관측자료 중 1965-2002년 기간의 각 층별 수온자료이다. 이들 자료는 고정된 위치에서 년 6회 격월별 정기적으로 관측하여 얻은 자료이므로 각 수층별, 정점별 누년 계절별 통계처리를 할 수 있다는 장점이 있다. 본 연구에서는 관측설비기기조건 등이 열악했던 1965년 이전 자료는 연속적 통계 자료처리에 어려움이 있어 제외했으며, 그 이후 자료에서 내삽 자료가 일부 없거나 자료에 특수 문자 등이 혼재된 부분은 보정 처리하여 사용하였다. ENSO현상의 지표에 관하여는 Hong et al. (2001)이 이미 개관한 것처럼, SST와 Southern Oscillation Index (SOI)로 구분할 수 있다. SOI는 적도해역 2개 지점 (다윈과 타이티)에서의 해면기압을, SST는 흔히 일본기상청에서 정의한 적도태평양 NINO3 해역

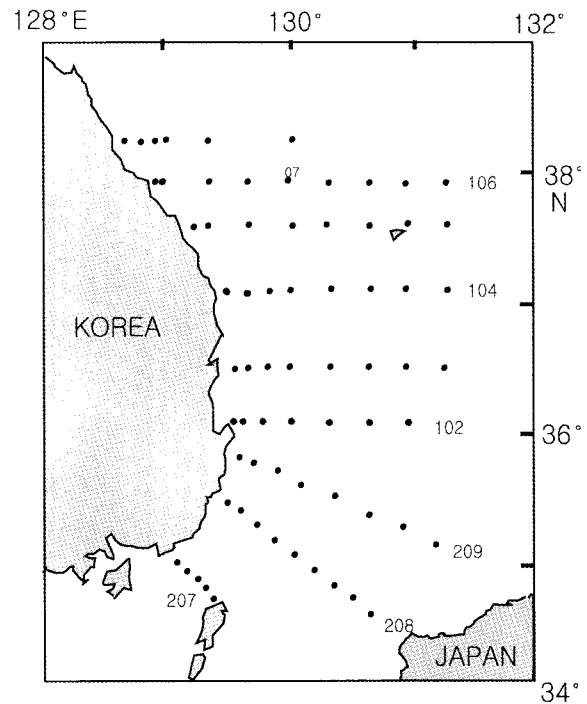


Fig. 2. The Korean East Sea Water region in the East Sea.

(4°N-4°S; 150°W-90°W)에서의 평균값을 사용하는데, SOI는 잡음 (noise)이 큰 것이 문제로 지적되고 있다 (Meyers and O'Brien, 1998). 반면, SST의 경우는 공간적으로 평균화작업을 수행하여 얻어졌으므로 상대적으로 잡음이 적은 것으로 알려져 있어, 여기서는 SST를 ENSO지표로 사용한다. 또 ENSO의 정의도 Trenberth (1997) 및 일본기상청 방법 등이 있으나 후자가 흔히 사용되므로 본 연구에서는 후자를 채택한다. 즉, 적도 태평양 NINO3 해역에서 SST 편차가 적어도 6개월 이상 연속적으로 0.5°C 이상의 양(陽)의 값을 보일 때를 엘니뇨 상태로 정의한다. 엘니뇨현상의 반대 경우인 라니냐의 정의는 논란이 커 (Bradley, 1987; Kiladis and Diaz, 1989; Meyers and O'Brien, 1995) 현재까지 일의적이지 못한 것 같다. 따라서 여기서는

일본 기상청에서 사용하는 엘니뇨와 반대적인 라니냐의 정의 즉, SST 편차가 적어도 6개월간 이상 연속적으로 0.5°C 이상의 부(negative)의 값을 보일 때를 라니냐 상태로 정의한다.

**결 과**

Fig. 3은 한국동해역 전역에 대해 1965-2002년간 수온평균값으로부터 표면(Fig. 3a)과 100 m 층(Fig. 3b)에서의 수온편차를 보여준다. 전반적으로 볼 때, 편차의 변동이 복잡하여 SST의 누년변화(Fig. 3a)와 과거 ENSO현상(E는 엘니뇨현상, L은 라니냐현상을 나타냄)과는 뚜렷한 상관성을 찾아보기 어렵다. 그러나 엘니뇨 1 및 엘니뇨 2(수직선으로 표시된 구간)가 발생한 한 해전 즉, 1981과 1996년에는 표준편차(1.06°C)의 2배(각각 최대 -2.8°C, -2.4°C)가 넘는 냉수년을 기록한 것이 주목된다. 이러한 현상은 표층보다 100 m 층(Fig. 3b)에서 보다 뚜렷이 나타난다. 즉 1981년에는 최대 -3.1°C, 1996년에는 -3.4°C로 표준편차(1.40°C)의 2배를 훨씬 넘어 그 이전의 어떤 해보다도 낮은 값을 보였다. 이처럼 표층보다 100 m 수층에서 냉수현상이 보다 뚜렷이 나타났다는 점은 표층수온변동이 단기적인 기온변화, 심층수온변동이 보다 장기적인 기온변화를 반영한다는 일반적인 관점에서 볼 때, 이들 해에 기온변각이 보다 장기적으로 지속되었을 가능성이 있음을 시사한다. 더구나 동해에서 100 m 층은 대마난류의 주축을 가장 잘 보여주는 수층이라는 점(Uda, 1934; Hong and Cho, 1983)에서, 이상냉수현상이 이 층에서 현저히 나타났다는 것은 대마난류의 유속변화와 관계있을 것으로 생각된다. 이 점에 대해서는 고찰에서 다시 논의할 것이다. 한편, 100 m 층 수온편차(Fig. 3b)에서 보다 잘 나타나지만, 이들 두 엘니뇨가 종료된 후 수년 동안 냉수년이 지속되고 있는 것도 주목된다. 즉, 엘니뇨 1의 경우는 1983년-1986년까지, 엘니뇨 2의 경우는 1999-2002년까지 냉수해가 계속되었다. 특히 2000년의 경우는 연구기간 중 가장 추운 해(최저 -6°C)를 기록하였다. 반면 이들 엘니뇨 발생기간 중에는 오히려 난수년을 보인 것도 특이하였다. 즉

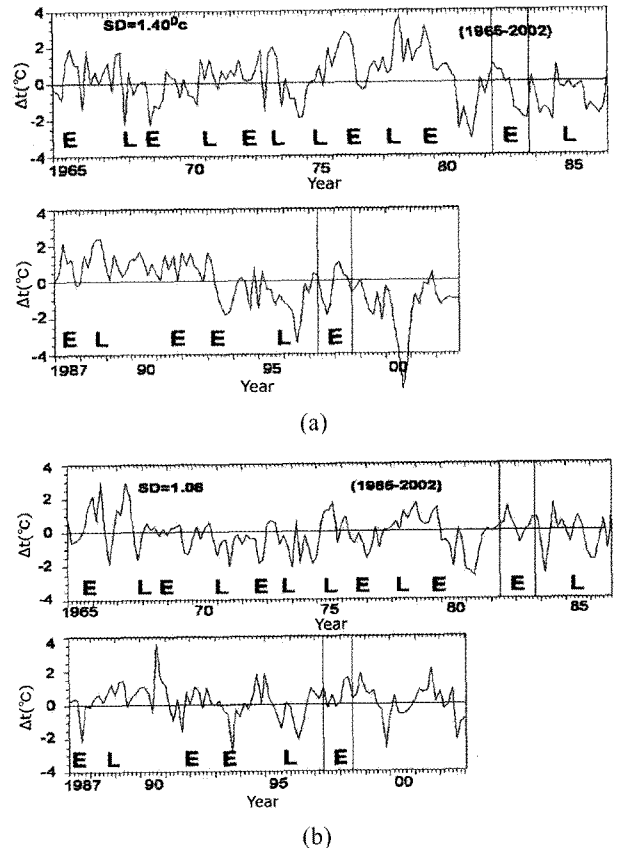


Fig. 3. Bimonthly interannual mean anomalies (°C) (a) at 0 m, and (b) at 100 m in the Korean East Sea Water (KESW).

엘니뇨 1의 경우는 1982년(최대 +1.5°C), 엘니뇨 2의 경우는 1998년(최대 +1.2°C)에 난수년을 보였는데, 이들 엘니뇨 발생기간 중 10월 이후 가을철에 일시적으로 평년보다 높은 수온편차(약 +0.5°C)를 보였기 때문이다. 여기서는 이들 두 엘니뇨, 즉 각각 1982/83년 및 1997/98년 전후의 수온변동, 특히 이상 냉수현상이 보다 다른 해에 비해 뚜렷이 나타난 100

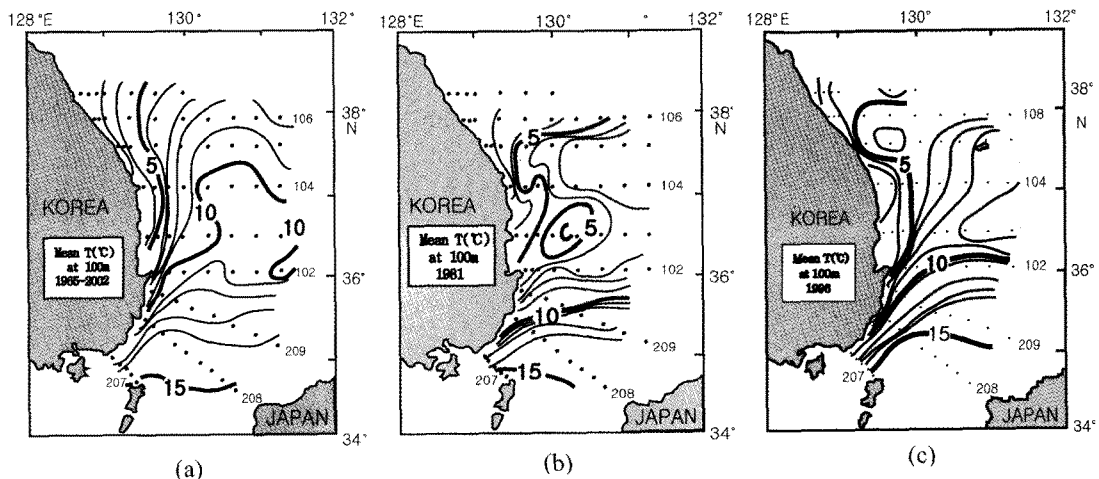


Fig. 4. Temperature (°C) distribution at 100 m (a) interannual mean during 1965-2002, (b) in 1981 (c) in 1996 in the KESW.

m 층 수온변동에 대해 주목하여 조사한 결과를 증점적으로 제시한다. 1981년과 1996년의 수온에 대한 수평분포변동 (Fig. 4)은 이들 해의 저수온의 공간적 변동을 이해하는 데 유용하다. 여기서 10°C 등온선을 주목해 볼 때, 평년 (Fig. 4a)의 경우는 전반적으로 37° 이북에 까지 북상해 있음을 알 수 있다. 그러나 1981년 (Fig. 4b)과 1996년 (Fig. 4c)은 이 등온선의 위치가 각각 1.5° (약 135 km), 1° (약 90 km) 정도 평년보다 남하했으며, 그 결과 한국동해역이 평년에 비해 냉수년을 기록하였다. 누년평균치에 대한 편차 (Fig. 5)를 보면, 대체로 구룡포 이북의 연안역 일부해역 (Fig. 5a)을 제외하고 두 해 모두 한국동해역 (36°N 이북) 전역에 부(負)의 값을 보이고, 특히 대략 북위 36°-37° 사이에 최소값 (-3 ~ -5°C)이 나타났다. 또 1981년 (Fig. 5a)이 1996년에 비해 수온편차 (최소 -5.5°C)나 부(負)값의 분포역, 10°C 등온선의 남하위도 (35°40'N; Fig. 4b, c) 등을 고려해 볼 때 보다 심한 냉수년을 보였다. 지금까지는 엘니뇨 1과 2의 발생 전 해에 대해 살펴보았으나 종료된 뒤의 수온분포도 흥미 있는 결과를 보여준다. 다만, Fig. 3b에서 알 수 있듯이, 엘니뇨 1, 2의 경우는 공히 각각 1982년 및 1998년에 난수년을 보였으므로, 여기서는 편의상 이들 난수년이 종료된 뒤 2년 동안 평균한 수온분포를 비교하였다 (Fig. 6). 엘니뇨 1의 경우 (Fig. 6a)는 10°C 등온선이 36°N 해역에 위치하고, 수온편차 (Fig. 6b)가 전역에 -1 ~ -2°C 부(負)의 값을 보여 엘니뇨 1이 발생한 이듬해 (1983년)부터 2년 동안 한국동해역이 냉수화 되었음을 알 수 있다. 그러나 엘니뇨 2의 경우 (Fig. 7)는 엘니뇨 1의 경우와 다른 패턴을 보였다. 즉 10°C 등온선이 36°N 이남에 위치하고 (Fig. 7a), 약 -1 ~ -2°C의 부(負)의 편차 값을 보여 (Fig. 7b) 냉수화 현상이 난류의 중심해역인 남부해역에서 뚜렷이 나타난 점은 엘니뇨 1의 경우와 유사하다고 할 수 있겠으나 36°N-38°N 사이에 10°C 이상의 난수괴가 존재하여 (Fig. 7a) 양(陽)의 편차 값을 보여 준 것 (Fig. 7b)은 엘니뇨 1의 경우와 크게 달랐다. 한편, 연직방향의 수온 변동을 살펴보기 위해 정선 106선 (Fig. 2) 상의 단면을 살펴보았다. 정선 106선과 107선은 각각 한국동해역 북쪽 (37°53.7'N; 38°12.6'N)에 위치해 난류의 북상역의

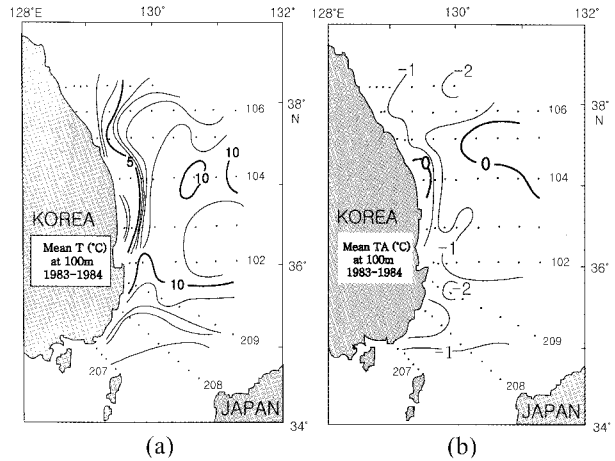


Fig. 6. Temperature (°C) at 100 m (a) two-year mean of 1983-1984 (b) its anomalies.

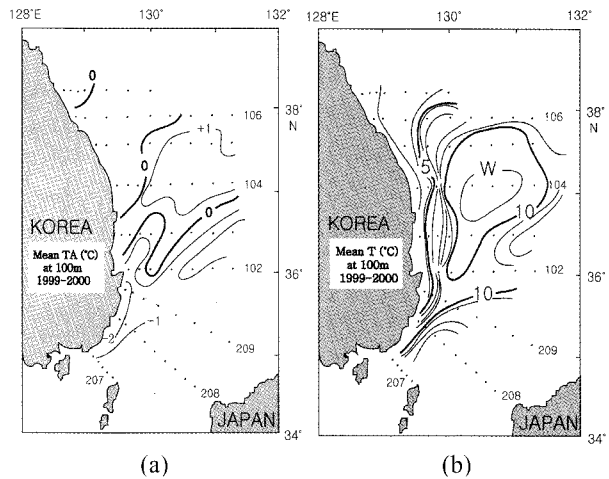


Fig. 7. Same as Fig. 6 except (a) 1999-2000 (b) its anomalies.

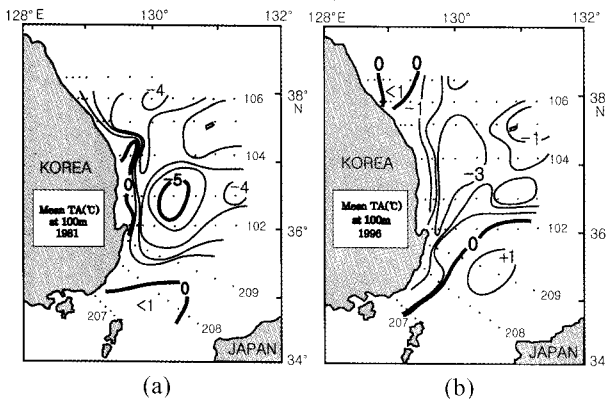


Fig. 5. Temperature anomalies (°C) at 100 m (a) in 1981 (b) in 1996 in the KESW.

변동을 잘 나타내고 있으나 정선 107은 130°00'E 이서 해역에 관측이 한정돼 여기서는 정선 106을 편의상 선정하였다. 평균 수온단면도를 볼 때 (Fig. 9), 누년 (1965-2002년) 평균한 경우 (Fig. 8a)는 10°C 등온선이 약 30 m-100 m에, 5°C 등온선은 약 75 m-200 m 수심에 위치하고 있으나 엘니뇨 1과 2가 발생하기 한 해 전인 각각 1981년, 1996의 경우는 10°C 등온선이 모두 약 40 m 이천해역에 한정되고 있고, 5°C 등온선도 대체로 100 m 이천해역에 위치하고 있어 이들 해가 예년에 비해 냉수년이었음을 보여주었다. 누년평균치에 대한 편차 (Fig. 9)를 볼 때, 이들 해의 경우 최소 -3°C (1996년)에서 -5°C (1981년)의 냉수를 보였고, 특히 1981년의 경우가 보다 그 편차가 컸다. 또 이들 그 최소값이 대략 130°-131°E에 위치하고 수심 약 150 m 이천해역에 나타났다. 엘니뇨 1, 2가 종료된 뒤의 각각 수온편차도 (Fig. 10)에서도 이들 엘니뇨 발생 전 해 (Fig. 9)와 유사한 양상을 보였다. 즉 대략 130°E를 중심으로 수온편차가 300 m 이천 해역에 -1에서 -3°C 범위의 냉수를 나타냈다. 이상의 결과들을 종합해 볼 때, 지난 세기 가장 강했던 엘니뇨

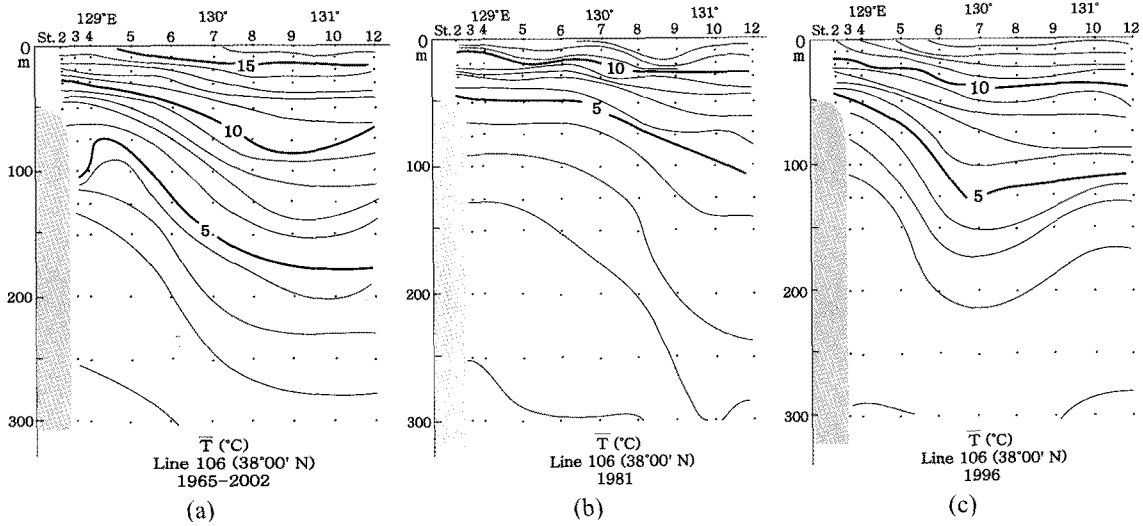


Fig. 8. Temperatures ( $^{\circ}\text{C}$ ) on line 106 (a) interannual mean during 1965-2002, (b) in 1981, and (c) in 1996.

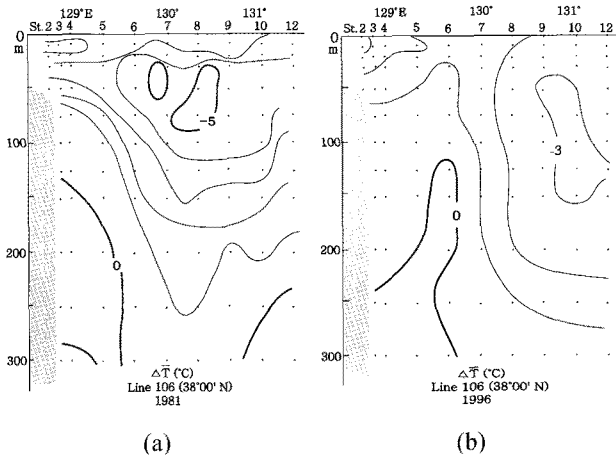


Fig. 9. Temperature anomalies ( $^{\circ}\text{C}$ ) on line 106 (a) in 1981, and (b) in 1996.

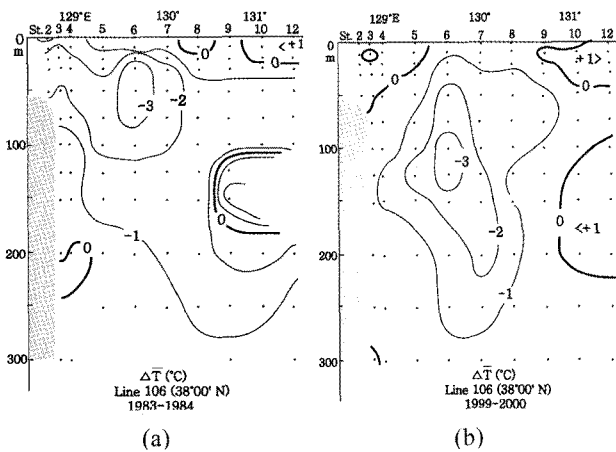


Fig. 10. Same as Fig. 8 except (a) in 1983-1984, and (b) in 1999-2000.

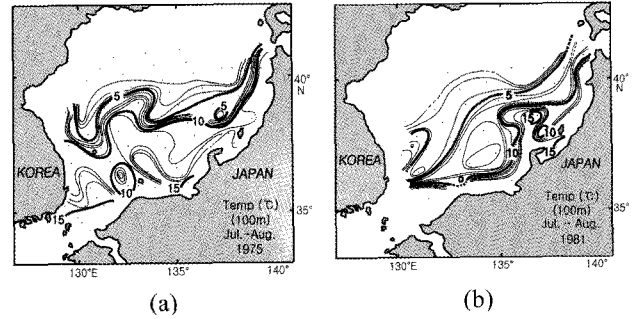


Fig. 11. Temperatures at 100 m (a) in 1976 and (b) in 1981 during summer (reproduced from Hong et al., 1984).

1과 2가 각각 발생했던 1981년과 1996은 한국동해역에 표준편차 2배 이상의 이상저수온 현상을 보였고, 이들 엘니뇨 발생 후에도 수년간 냉수현상을 지속하였다.

### 고 찰

한국동해역에서의 저수온 현상은 동해의 표층해황을 지배하고 있는 대마난류의 주축 변동과 직결된다고 할 수 있다. Hong and Cho (1983)은 해에 따라 대마난류의 주축이 한국동해역 또는 일본 연안쪽으로 북상한 경우를 제시하였고, Hong et al. (1984)은 1981년 하계에 한국 동해역이 연구기간동안 (1961-1981년) 가장 추웠던 냉수 해를 기록한 것으로 보고하였다. 한편, 일반적으로 동해에서의 대마난류의 주축을 100 m 수심에서 10 $^{\circ}\text{C}$  등온선으로 고려하는 경우가 많으므로 (Uda, 1934; Hong and Cho, 1983), 100 m 수온평면도 상에서 (Fig. 11) 볼 때 (Hong et al., 1984), 난수년이었던 1975년 (Fig. 11a)은 10 $^{\circ}\text{C}$  등온선이 울릉도 해역(약 38 $^{\circ}\text{N}$ ) 이북까지 북상해 있으나 1981년의 경우 (Fig. 11b)는 일본연안쪽에 치우쳐 있음을 알 수 있다. 한국동해역의 저수온 현상이 동해내에서의 대마난류의 거동과 직접적인 관련이 있음을 보여준다. 본 연구의 누년

(1965-2002년) 평균 수온분포도 (Fig. 4a)에서 대마난류의 주축을 살펴볼 때, 평년인 경우는 대략 130°E를 중심으로 약 5-10°C 등온선 사이에 위치하여 울릉도 북쪽 (38° 이북)까지 북상하고 있는 것으로 추정할 수 있다. 이에 비해 엘니뇨 1, 2가 각각 발생하기 전 해인 1981년 (Fig. 4b)과 1996년 (Fig. 4c)은 10°C 등온선이 36° 이남 해역 (평년보다 약 100 km 남하) 까지 남하해 있어 한국동해역에서 난류의 세기가 매우 약했음을 알 수 있다. 정선 106선상의 연직수온단면 (Fig. 8-10)구조에서도 평년의 경우 (Fig. 8a)는 대략 50-100 m 사이에 위치하던 10°C 등온선이 1981년 (Fig. 8b) 또는 1996년 (Fig. 8c)에는 표층에 위치하고 (30 m-50 m 이천해역), 엘니뇨 1, 2가 종료된 뒤 수 년 동안 냉수년을 유지하는 것도 (Fig. 10), 대마난류의 세기와 관련되었을 것으로 사료된다. 다만, 동해 전역에 대한 해양관측자료가 부족한 현 상황에서 이에 대한 더욱 상세한 연구가 수행되어야 보다 명확한 결론을 내릴 수 있을 것이다. 또 냉수현상이 표층보다 100 m 수층에서 보다 뚜렷이 나타난 것은 (Fig. 3) 표층수온변동이 단기적인 기온변화, 심층수온변동이 보다 장기적인 기온변화를 반영한다는 일반적인 관점에서 볼 때, 이들 해에 기온냉각이 보다 장기적으로 지속되었을 가능성이 있음을 시사한다. 이에 관한 상세한 연구도 필요할 것이다. 한편, ENSO가 전 세계적으로 해양·기상에 지대한 영향을 미치고 있으나 그 상호유관구조에 대해서는 이론적으로 충분히 밝혀지지 않고 있다. 다만, 원격상호연계 (teleconnection)라는 개념을 통해 그 관련의 개연성을 인정하는 정도인 것 같다. 한국동해역에서 엘니뇨 1, 2 전후에 발생한 저수온현상도 엘니뇨와의 직접적인 관련성을 인정할 만한 이론이 현재로서는 없는 것 같다. 다만, 중위도 지역의 해양·기상현상에 ENSO현상이 크게 미치고 있다는 많은 연구결과 (Rasmusson and Carpenter, 1983; Parthasarathy and Pant, 1985; Kiladis and Shinha, 1991; Bonsal et al., 2006; Tong et al., 2006) 들을 통해 같은 위도역에 위치한 한국동해역도 그 관련성이 있을 것으로 예상된다. 이에 대한 연구도 향후 필요할 것이다.

## 사 사

이 논문은 2005년도 부경대학교 기성회학술연구비에 의해서 연구되었다 (과제번호 : PK-2005-072).

## 참 고 문 헌

- An, J.B. and H.S. Park. 1996. An atmospheric response to SST anomaly in the tropical Pacific using GCM with OSU two-layer. *J. Kor. Meteor. Soc.*, 32-3, 389-399.
- Aoki, T. 1985. A climatological study of typhoon formation and typhoon visit to Japan. *Met. Geophys.*, 36, 61-118.
- Bradley, R.S. 1987. ENSO signals in continental temperature and precipitation records. *Nature*, 327, 497-501.
- Bonsal, B.R., T.D. Prowse, C.R. Duguay and M.P. Lacroix. 2006. Impacts of large-scale teleconnections on freshwater-ice break/freeze-up dates over Canada. *J. Hydrol.*, 330, 340-353.
- Chiba, S. and T. Saino. 2003. Variation in mesozooplankton community structure in the Japan/East Sea (1991-1999) with possible influence of the ENSO scale climatic variability. *Prog. Oceanogr.*, 57, 317-339.
- Hong, C.H. and K.D. Cho. 1983. The northern boundary of the Tsushima Current and its fluctuations. *J. Oceanol. Soc. Kor.*, 18, 1-9.
- Hong, C.H., K.D. Cho and S.K. Yang. 1984. On the abnormal cooling phenomenon in the coastal areas of East Sea of Korea in summer, 1981. *J. Oceanol. Soc. Kor.*, 19, 11-17.
- Hong, C.H., K.D. Cho and H.J. Kim. 2001. The relationship between ENSO events and sea surface temperature in the East (Japan) Sea. *Prog. Oceanogr.*, 49, 21-40.
- Kang, I.S. and H.J. Bak. 1993. A long-term prediction of monthly mean air temperature in Korea during winter. *J. Kor. Meteor. Soc.*, 29, 253-262.
- Kang, I.S., Y.M. Lee and S.I. An. 1995. El Nino and interannual variation of typhoon behavior in the Western Pacific. *J. Kor. Meteor. Soc.*, 31, 15-26.
- Kang, S.K., S. Kim and S.W. Bae. 2000. Changes in ecosystem components induced by climate variability off the eastern coast of the Korean Peninsula during 1960-1990. *Prog. Oceanogr.*, 47, 205-222.
- Kiladis, G.N. and H.F. Diaz. 1989. Global climatic anomalies associated with extremes in the Southern Oscillation. *J. Clim.*, 2, 1069-1090.
- Kiladis, G.N. and S.K. Sinha. 1991. ENSO, monsoon and drought in India. In: *ENSO Teleconnection Linking Worldwide Climatic Anomalies: Scientific Basis and Societal Impact*, edited by M.H. Glantz, R.W. Katz, and N. Nicholls. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 431-458.
- Meyers, S.D. and J.J. O'Brien. 1995. Pacific Ocean influences atmospheric carbon dioxide. *EOS*, 76, 533-537.
- Meyers, S.D. and J.J. O'Brien. 1998. Reconstruction of monthly SST in the tropical Pacific Ocean during 1868-1993 using adaptive climate basis functions. *Mon. Wea. Rev.*, 127, 1599-1612.
- Miyazaki, Y. 1988. Characteristics of the weather over Japan in El Nino years. *Tenki*, 36, 15-22.
- Miyazaki, Y. 1989. The relationship between tropical convection and winter weather over Japan. *J.*

- Meteorol. Soc. Jap., 67, 863-875.
- NOAA. 2005. Multivariate ENSO Index (MEI). <http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/#Lanina>.
- Oh, J.H. 1996. A study of Asian Monsoon in summer during El Niño in 1987 and La Niña in 1988 using METRI/YONU GCM. J. Kor. Meteorol. Soc., 32, 111-129.
- Parthasarathy, B. and G.B. Pant. 1985. Seasonal relationships between Indian summer monsoon rainfall and the Southern Oscillation. J. Clim., 5, 369-378.
- Parthasarathy, B., H.F. Diaz and J.K. Eischeid. 1988. Prediction of all-India summer monsoon rainfall with regional and large-scale parameters. J. Geophys. Res., 93, 5341-5350.
- Richards, T.S. and J.J. O'Brien. 1996. The effect of El Niño on U.S. land falling hurricanes. Bull. Am. Meteorol. Soc., 77, 773-774.
- Rasmusson, E.M. and T.H. Carpenter. 1983. The relationship between eastern equatorial Pacific sea surface temperatures and rainfall over India and Sri Lanka. Mon. Weath. Rev., 111, 517-528.
- Ropelewski, C.F. and M.S. Halpert. 1996. Quantifying Southern Oscillation-precipitation relationships. J. Clim., 9, 1043-1059.
- Sugimoto, T., S. Kimura and K. Tadokoro. 2001. Impact of El Niño events and climate regime shift on living resources in the western North Pacific. Prog. Oceanogr., 49, 113-127.
- Tong, J., Z. Qiang, Z. Deming and W. Yijin. 2006. Yangtze floods and droughts (China) and teleconnections with ENSO activities (1470-2003). Quater. Int., 144, 29-37.
- Trenberth, K.E. 1997. The definition of El Niño. Bull. Am. Meteorol. Soc., 78, 2771-2777.
- Uda, M. 1934. The results of simultaneous oceanographical investigations in the Japan Sea and its adjacent waters in May and June, 1932. J. Imp. Fish. Exp. St., 5, 57-190.
- Wolter, K. and M.S. Timlin. 1993. Monitoring ENSO in COADS with a seasonally adjusted principal component index. Proceeding of the 17th Climate Diagnostics Workshop, Norman, OK, USA, 52-57.
- Yamada, K., J. Ishizaka, S.J. You, H.C. Kim and S. Chiba. 2004. Seasonal and interannual variability of sea surface chlorophyll *a* concentration in the Japan/East Sea (JES). Prog. Oceanogr., 61, 193-211.
- Yasunari, T. 1990. Impact of Indian monsoon on the coupled atmosphere/ocean system in the tropical Pacific. Meteorol. Atmos. Phys., 44, 29-41.
- Yoo, S.J. and H.C. Kim. 2004. Suppression and enhancement of the spring bloom in the southwestern East Sea/Japan Sea. Deep-Sea Res., 51, 1093-1111.

---

2008년 6월 9일 접수  
2008년 8월 11일 수리