「The Sea」 Journal of the Korean Society of Oceanography
Vol. 3, No. 4, pp. 183—192, November 1998

월성 원자력 발전소 주변 해역의 장기간 수온관측

정종률 · 강현우 · 신영재 · 김계영 · 전호경[1]
서울대학교 해양학과, [1]한국해양연구소 해양기기실

Long-Term Observation of Temperature in the Coastal Waters Adjacent to the Wolsung Nuclear Power Plant

JONG YUL CHUNG, HYOUN-WOO KANG, YOUNG JAE SHIN
KYE-YOUNG KIM AND HO KYUNG JUN[1]
Department of Oceanography, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea
[1]Oceanographic Instrumentation Department, Korea Ocean Research and Development Institute, Ansan P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea

월성 원자력 발전소 주변해역에 대한 장기간 수온관측을 실시하여, 수온의 장기간 변화양상, 수평 수온분포 및 연직 수온분포 특성을 분석하였다. 관측기간은 1996년 11월 10일부터 1997년 8월 22일까지 약 280 일간이며, 발전소 인근 10 개 정점에 표층 수온관측기를 설치하고 10 분 간격으로 표층수온의 연속관측을 실시하였다. 또한, 수온의 연직구조를 파악하기 위하여 배수구 인근 2 개 정점에 수심별 수온관측기를 계류하여 20 분 간격으로 표층으로부터 수심 10 m까지 1 m 간격으로 수온을 측정하였다. 관측정점들에 대한 월평균수온의 최저치는 2월의 12.8°C 였으며, 최고치는 8월의 19.6°C였다. 6월~8월에는 냉수가 관측해역에 수시로 출현하는 것으로 관측되었다. 표층수온의 일평균 분포에 따르면, 발전소 미가동 시기였던 1996년 11월과 대조적으로, 발전소 가동이 재개된 1996년 12월 이후에는 발전소 배수구를 중심으로 고수온 영역이 항상 존재했다. 매 시간별 수평 수온분포를 분석한 결과, 고온의 해수가 발전소 배수구를 중심으로 반일주기의 남북이동을 하는 것으로 관측되었으며, 매 시간별 연직 수온분포에서도 표층에 반일주기의 고온수가 나타나는 것으로 조사되었다. 스펙트럼 분석결과, 1997년 2~4월의 경우 발전소 배수구에 가까운 정점들에서 반일주기 성분이 우세하게 관측되었으며, 이는 반일주기 조류에 의해 온배수가 이동, 확산된 결과로 해석된다. 1997년 8월에는 발전소 배수구에 가장 가까운 정점 12를 제외한 모든 정점에서 일주기 성분이 우세하게 나타났는데, 이는 온배수에 비해 태양복사에너지가 훨씬 우세하게 작용한 때문으로 사료된다.

The long-term observation of temperature in the coastal waters adjacent to the Wolsung Nuclear Power Plant has been carried out from November 10, 1996 to August 22, 1997, for approximately 280 days using a real-time temperature measurement buoy system. The sea-surface temperature was measured at every 10 minute using 10 buoys. The vertical structure of temperature was investigated near the outlet of the plant with two thermistor chains equipped with 10 sensors at 1 m interval. The monthly averaged temperature was the lowest with spatial average of 12.8°C in February and was the highest in August with spatial average of 19.6°C. The extremely low temperature was frequently observed between June and August, which seems to be the consequence of the intrusion of cold water near the southeastern coast of Korea. Distributions of the daily and hourly averaged temperature show that the highest temperature always occurred near the outlet of the plant and the warm-water patch moved along the north-south direction with the semidiurnal period. The semidiurnal fluctuation of temperature was also observed near the surface of the vertical profiles. The spectral analysis of temperature between February and April 1997 shows that the semidiurnal components prevailed near the outlet. It is likely that the semidiurnal components were due to the prevailing semidiurnal tide in this region. In August 1997, the diurnal components were dominant at the surface water of all stations except Station 12, which suggests that the warm water from the outlet of the plant has less effects in summer on the surrounding waters than the strong solar radiation.

서 론

월성 원자력 발전소 주변해역의 수온분포를 결정하는 요인은 크게 태양복사에너지, 해 · 조류, 발전소 배수구에서 방출되는 온배수, 여름철 냉수대 등으로 생각할 수 있다. 본 해역은 태양복사에너지에 의한 일 · 월별 수온변화 이외에도, 여름철에는 대마난류의 북상과, 겨울철에는 차가운 연안수의 남하에 의한 수온변화를 겪는 것으로 알려져 있다(서울대학교 해양연구소, 1991). 또한, 여름철에 감포-울기 사이의 해역에서 주위보다 수온이 현저히 낮은 냉수가 나타나는 것으로 보고되었으며, 그 생성기작에 대한 연구가 지속적으로 수행되고 있다(승영호, 1974; Lee, 1978; Lee and Na, 1985; Byun, 1989).

본 해역의 해수운동은 크게 조석에 의한 조류와 대한해협을 통해 유입되는 대마난류, 그리고 북쪽에서 남하하는 북한한류의 영향을 받고 있지만, 항류 성분인 북한한류와 대마난류는 그 세기가 조류에 비해 미약한 것으로 알려져 있다(서울대학교 해양연구소, 1991). 본 해역의 조석은 M_2, S_2, K_1, O_1의 4 개 분조가 전체 조석의 약 75%를 차지한다. 조석형태수는 0.7~1.0으로서 반일주기가 우세한 혼합형이고, 대조차는 약 18 cm, 소조차는 약 5 cm이다. 또, 조류성분 중 M_2, S_2, K_1, O_1의 4 개 분조가 전체 조류의 90% 이상을 차지한다. 조류타원은 단축이 짧은 거의 왕복운동에 가까운 형태를 가지며, 창조류는 남쪽으로, 낙조류는 북쪽으로 흐른다(한국전력공사, 1992).

수온분포에 영향을 줄 수 있는 본 해역의 특징으로는 원자력 발전소로부터 배출되는 온배수의 확산을 들 수 있다. 일반적으로 발전소로부터 배출되는 온배수는 온수방출 자체에 의한 이류(advection), 주위해수와의 혼합에 의한 희석(dilution) 및 대기중으로의 방사(radiation) 등의 영향을 복합적으로 받으며, 확산형태는 주위 해수의 흐름특성과 해안의 지형, 바람 등에 의해 지배된다(한국전력기술주식회사, 1990). 배출된 온배수는 일차적으로 주변 해수의 수온상승효과를 가져오게 되는데, 배수구에서 가까운 곳은 초기방류속도에 의해 비교적 활발한 혼합작용이 일어나지만, 배수구에서 멀리 떨어진 곳은 방류속도가 감소함에 따라 수직적인 혼합작용이 약화되어 광범위한 온배수 영역을 형성하게 된다. 현재 월성 원자력 발전소에서는 1호기, 2호기를 가동중이며, 주변해역에 대한 연구가 지속적으로 수행되고 있다(한국전력공사, 1990, 1992; 서울대학교 해양연구소 1991, 1994, 1998).

본 연구에서는 장기간 수온관측자료를 이용하여 수온의 변화양상, 수평 및 연직수온분포 특성을 분석하고, 스펙트럼 분석을 실시하여 각 정점별, 시기별로 우세하게 나타나는 수온의 변동성분을 파악하여 월성 원자력 발전소 주변해역의 수온분포특성을 파악하고자 한다.

조사방법

조사위치 및 시기

조사해역은 경상북도 경주시 양남면 나아리에 위치한 월성 원자력 발전소 주변해역으로 등수심선이 해안선에 평행한 분포를 나타낸다(Fig. 1). 표층 수온관측기(temperature measurement buoy)를 발전소 주변 3 km 이내 해역에, 발전소 배수구 인근에는 수심별 수온관측기(TR-7: thermistor chain) 2 기를 설치하였다. 수온관측기가 설치된 수심은 11~20 m 이며, 관측시기는 1996년 11월 10일부터 1997년 8월 22일까지 약 280 일간이다. 그러나, 수온관측기의 유실 및 손상 등으로 각 정점별로는 약 1~6 개월간의 수온자료를 취득하였다(Fig. 2). 수온관측이 시작된 1996년 11월부터 12월 10일까지는 발전소로부터 온배수가 배출되지 않았으며, 1996년 12월 10일부터 관측종료시까지 발전소 1호기가 가동되어 온배수가 배출되었다. 또, 1997년 4월부터는 2호기 시험가동이 시작되었으며, 6월 30일부터 본격적인 상용가동으로 온배수가 배출되었다.

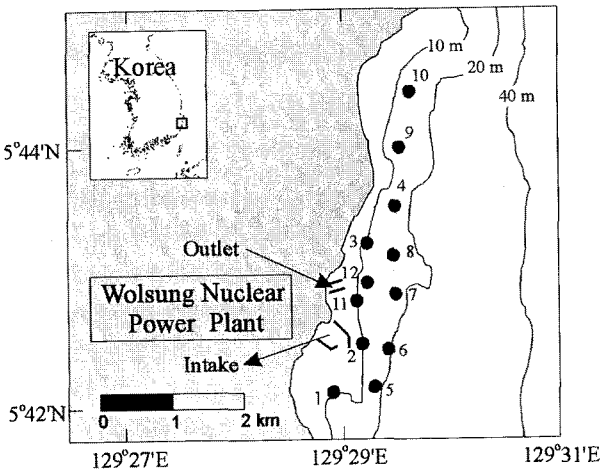

Fig. 1. Location map of sampling stations.

조사방법

본 연구에 사용된 무선수온관측기는 수심 1 m 내의 수온만을 관측하는 표층 수온관측기와 일정 수심간격의 연직수온구조를 파악할 수 있는 수심별 수온관측기로 구분되며, 한국해양연구소 해양기기실과 공동으로 설계, 제작한 것이다. 송신부는 센서 및 송신모뎀, 안테나 등으로 구성되어 있고, 개인용 컴퓨터에서 자료를 수신하는 방식으로 설계되었다. 표층 수온관측기는 관측부표의 하단에 백금 저항온도계를 설치한 형태로 햇빛이나 바람의 영향을 받지 않도록 설계되었으며, 수심 1 m에서의 수온을 10 분 간격으로 10 개 정점에서 측정하여 측정된 자료를 실시간으로 송신모뎀을 통해서 수신부에 전송한다. 수심별 수온관측기는 원래 자료기록계가 탑재되어 있는 기억형 수심별 수온관측기를 변형하여 표층에서 수심 10 m까지 1 m간격으로 센서를 설치하고, 20 분 간격으로 측정한 수온자료를 육상의 수신부로 송신하도록 개조한 것이다. 표층 수온관측기를 계류하기 전에 실시한 수온 비교 실험결과, 관측기기들의 rms 오차는 0.03°C로 나타났고, 계류한 지 5 개월 후의 rms 오차는 0.06°C로 나타났다. 수심별 수온관측기의 경우, 제작사가 제시하는 정확도는 0.1°C이다.

수평 · 연직 수온분포 분석

표층 수온관측기가 설치된 10 개 정점의 수온자료와 수심별

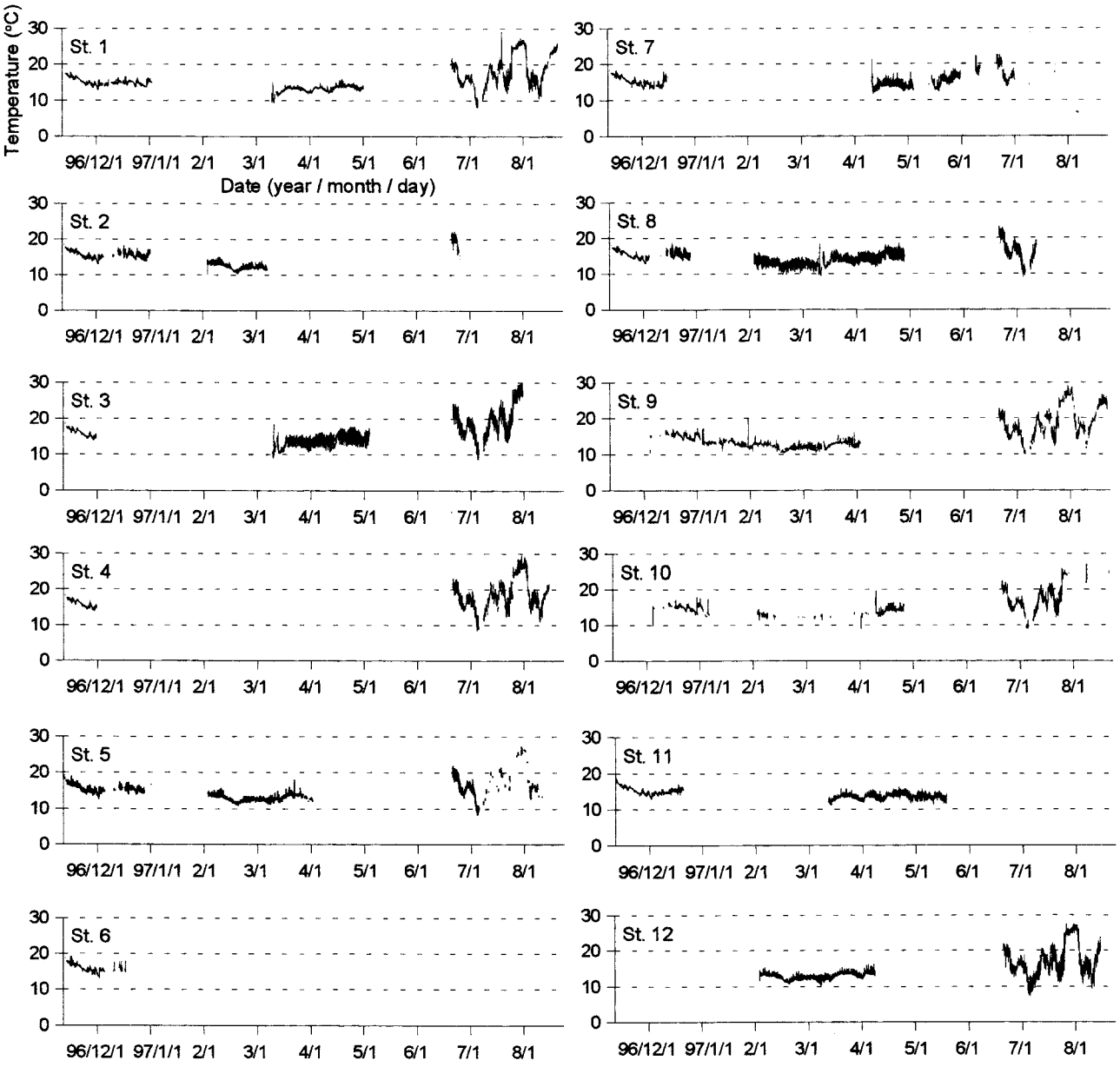

Fig. 2. Time variation in seawater temperature.

Table 1. Monthly averages and standard deviations of temperature (°C)

Station	1996/11	1996/12	1997/1	1997/2	1997/3	1997/4	1997/5	1997/6	1997/7	1997/8
1	15.6±1.0 (22)	14.7±0.7 (31)	15.4±0.3 (4)		12.9±0.9 (21)	13.6±0.7 (30)	13.6±0.3 (2)	16.8±2.3 (10)	18.5±4.9 (31)	19.1±4.3 (20)
2	15.9±1.0 (22)	15.4±1.0 (31)		12.5±1.0 (28)	12.3±0.4 (8)			19.9±1.4 (6)		
3	15.9±1.0 (22)				12.8±1.3 (21)	14.1±1.5 (30)	14.5±1.3 (4)	18.7±2.6 (10)	19.8±4.7 (31)	
4	15.8±1.0 (22)							17.9±2.5 (10)	18.9±4.8 (31)	18.4±3.9 (15)
5	15.9±1.0 (20)	15.4±0.7 (23)		12.7±0.8 (27)	12.9±0.8 (31)			17.1±2.3 (10)	17.2±4.9 (29)	17.1±4.2 (11)
6	16.2±1.0 (22)	15.4±0.7 (12)								
7	16.0±1.0 (20)	14.6±0.8 (16)				14.2±1.0 (20)	15.1±1.3 (22)	17.9±2.3 (14)		
8	15.7±1.0 (20)	15.3±1.1 (16)		13.0±1.0 (27)	13.3±1.3 (31)	14.7±1.3 (28)		17.9±2.5 (10)	14.6±2.6 (10)	
9		15.2±0.8 (23)	13.2±0.8 (30)	12.1±0.8 (28)	12.5±0.8 (31)			17.6±2.4 (10)	18.3±4.7 (29)	20.4±3.9 (21)
10		15.1±0.8 (16)	13.6±2.0 (5)	13.0±1.0 (13)	12.1±1.4 (11)	14.1±0.9 (22)		17.0±2.6 (11)	17.2±3.8 (27)	23.8±4.6 (6)
11	16.1±1.5 (20)	15.5±1.2 (20)			14.1±0.8 (20)	14.6±0.9 (30)	14.7±0.8 (19)			
12				13.7±1.0 (27)	13.9±1.2 (31)	14.7±0.9 (8)		18.6±2.6 (10)	18.1±5.0 (31)	18.9±4.0 (14)
Mean	15.9±0.2	15.2±0.3 (31)	14.0±1.0	12.8±0.5	13.0±0.7	14.3±0.4	14.4±0.6	17.9±0.9	17.9±0.9	19.6±2.3

Note: Numbers in parentheses are observation days.

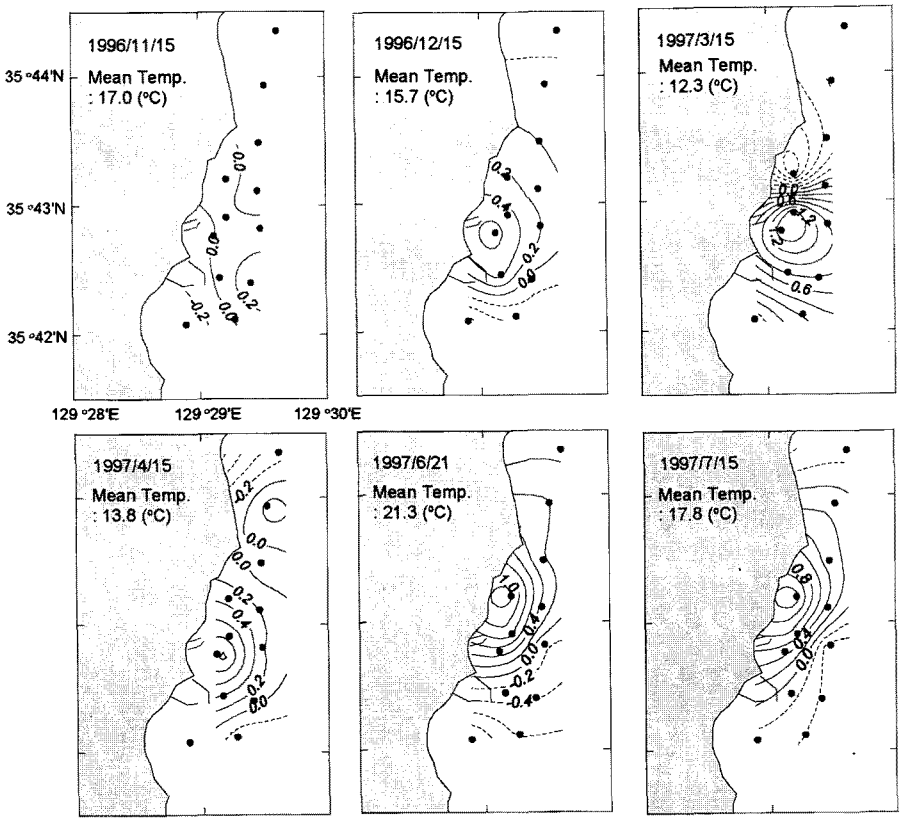

Fig. 3. Horizontal distribution of the anomaly of the daily averaged temperature.

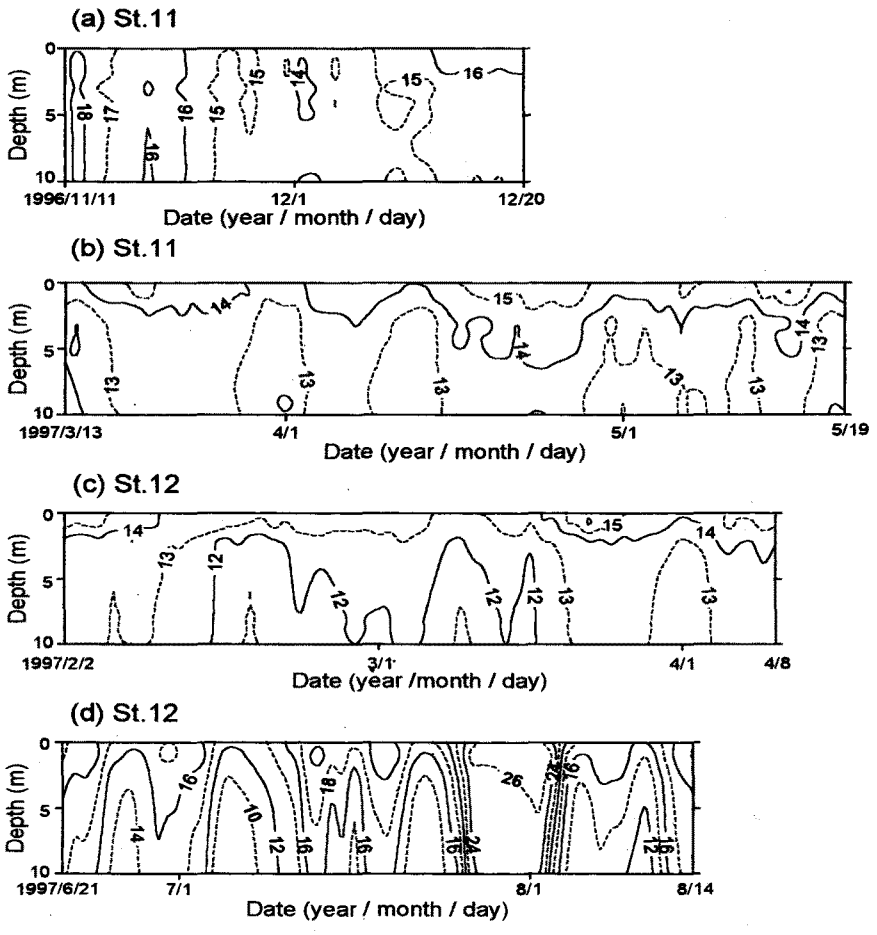

Fig. 4. Vertical distribution of the daily averaged temperature.

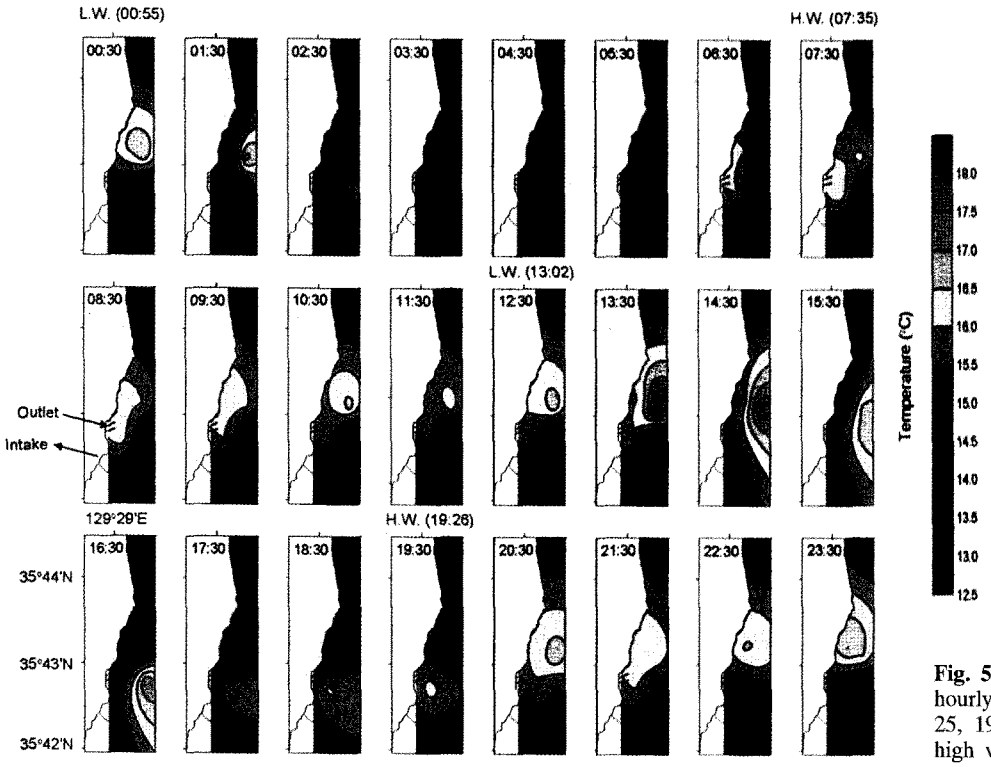

Fig. 5. Horizontal distribution of the hourly averaged temperature (April 25, 1997). L.W.=low water, H.W.= high water.

수온관측기가 설치된 2 개 정점의 표층 수온자료로부터 각 정점별로 1 시간 평균수온, 일평균수온을 산출하고, 수평 수온분포를 도시하여, 시간에 따른 조사해역의 수평적인 수온분포의 변화양상을 분석하였다. 연직 수온분포분석은 수심별 수온관측기가 설치된 정점 11과 정점 12의 관측자료를 이용하였다.

스펙트럼 분석

스펙트럼 분석을 위하여 전체 수온자료를 1 개월 단위로 구분하여 각 정점별로 수온의 주기별 성분을 조사하였다. 월별 수온자료에는 수온의 상승 또는 하강에 의한 장주기 수온변동이 매우 우세하게 나타나고, 연구해역의 특성상 수일~수주일 단위의 냉수대가 출현하기 때문에 다른 주기의 성분을 파악하기 어려운 점이 있다. 따라서, 월별 원시자료로부터 이동평균법에 의한 low pass filter를 사용하여 이틀간의 이동평균을 제거한 후, 이틀 이내의 주기별 성분을 분석하였다(柳哲雄, 1993). 관측이 비연속적으로 이루어진 달(12월, 1월, 5월, 6월)과 95% 신뢰구간으로 볼 때 뚜렷한 피크가 나타나지 않는 달(11월, 7월)은 스펙트럼 분석에서 제외하였다. 스펙트럼 분석에 사용한 자료의 시간간격은 관측자료의 시간간격과 동일하며, 표층 수온관측기의 경우에는 10 분 간격이며, 수심별 수온관측기의 경우 20 분 간격이다.

결과 및 토의

장기간 표층수온변화

표층수온 관측결과에서 나타나는 가장 큰 특징은 겨울철과 봄철의 월중 수온변화폭에 비해 여름철의 월중 수온변화폭이 매우 크게 나타난다는 점을 들 수 있다(Fig. 2). 1997년 6월 하순

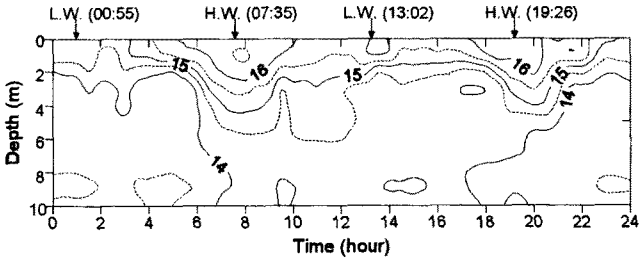

Fig. 6. Vertical distribution of the hourly averaged temperature at St. 11 (April 25, 1997). L.W.=low water, H.W.=high water.

부터 8월 초순까지 관측된 이와 같은 급격한 수온변동현상은 여름철 동해 동남부해역에서 자주 발생하는 냉수에 의한 것으로 사료되며, 동일 기간 중 인공위성으로부터 관측한 표층수온분포(국립수산진흥원, 1998)에서도 연구해역 인근에서의 냉수대 출현이 보고된 바 있다. 관측이 시작된 1996년 11월 중순 이후, 전체 정점의 수온은 전반적으로 감소하는 경향이 뚜렷하게 나타났으며, 12월 중순 이후 정점 2와 8에서 비교적 큰 폭의 단주기 수온변동이 관측되었다(Fig. 2). 이러한 단주기 수온변동은 2월에 더욱 뚜렷하게 나타났으며, 정점 8에서 단주기 변동폭이 가장 크게 나타났다. 3, 4월에도 정점 3과 8에서 큰 폭의 단주기 변동이 지속적으로 관측되었으며, 수온의 일변화가 클 것으로 예상되는 여름철보다 오히려 큰 변동을 나타냈다. 1997년 6월 이후에는 냉수대의 영향으로 수온이 10°C 이하로 내려갔다가 다시 증가하고, 또다시 감소하는 불규칙적인 수온변동양상이 8월까지 계속되었다.

관측정점의 월평균 수온은 2월에 12.8°C로 가장 낮게 나타났으며, 8월에 19.6°C로 가장 높게 나타났다(Table 1). 관측정점의

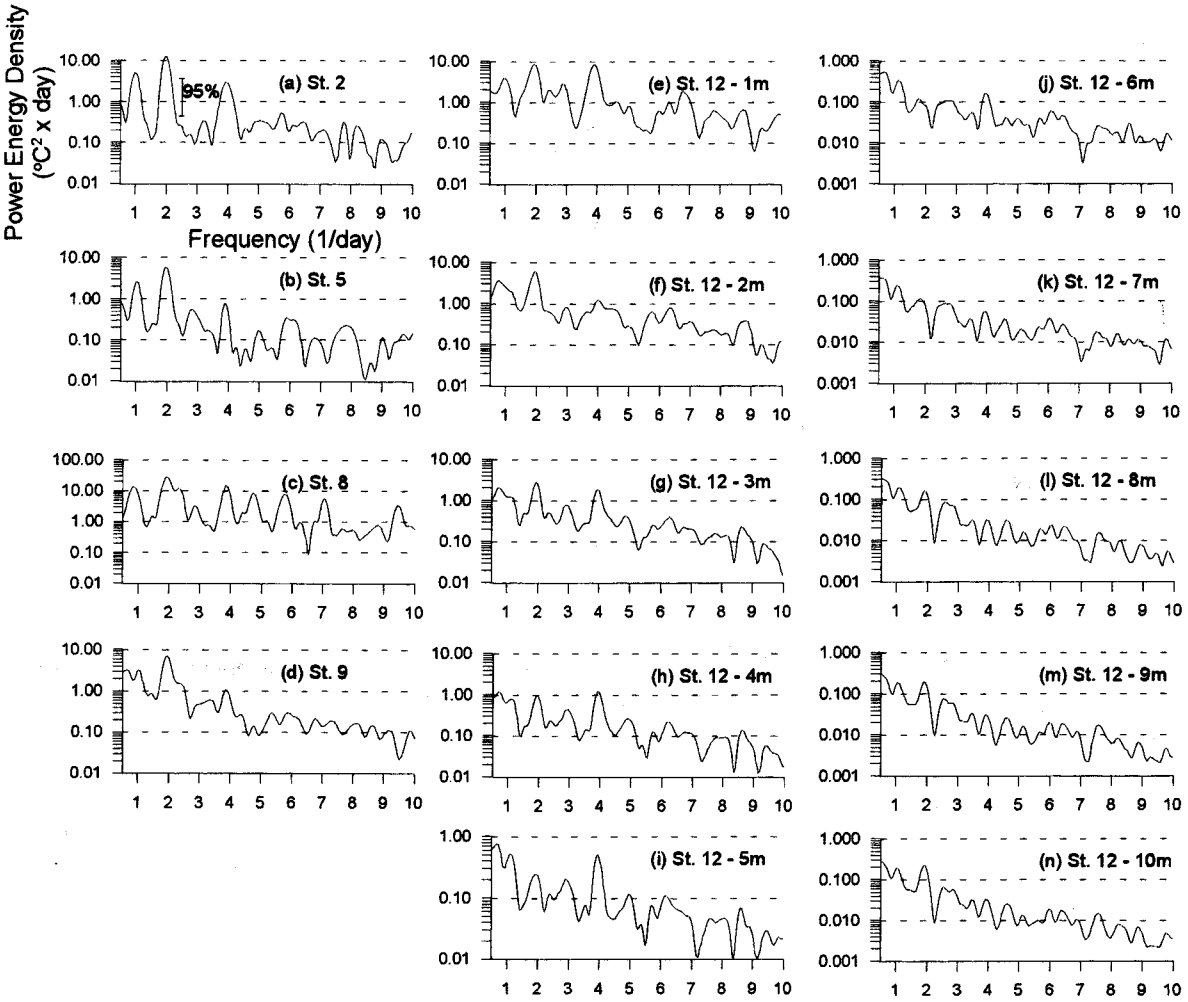

Fig. 7. Power density spectrum of the sea-surface temperature (February 1997).

월평균수온에 대한 표준편차는 11월에 0.2°C로 다른 시기에 비해 현저히 낮게 나타났으며, 시간적 · 공간적으로 비교적 균일한 수온분포를 나타냈는데, 이는 발전소 비가동 시기인 점과 관련있는 것으로 사료된다. 월별 평균수온의 최고, 최저 정점을 비교하면, 겨울철과 봄철에는 주로 발전소 배수구 주변에 위치한 정점 11과 12에서 최고수온이 나타났으며, 정점 1, 7, 9, 10에서 최저 월평균수온이 주로 관측되었다. 여름철에는 연구해역에 냉수대가 매우 불규칙하게 나타나고, 각 정점별로 관측시기가 일정치 않아 관측정점별로 월평균수온을 비교하기 어려웠다.

한편, 표층수온의 수평분포를 파악하기 위하여 각 정점에서의 일평균수온을 산출하여 연구해역의 평균수온을 구하고, 이에 대한 각 정점에서의 수온차를 나타내었다(Fig. 3). 12 개 정점 중에서 관측상태가 양호한 매달 중순의 자료를 선정하여 수평분포특성을 비교하였다. 1996년 11월 15일의 경우, 평균수온에 대한 관측정점별 수온차는 0.2°C 이내로 나타났으며, 육지에 가까운 정점에서 수온이 낮게 나타났다. 반면에 12월에는 발전소 배수구 인근을 중심으로 고수온영역이 관측되었으며, 이와 같은 수온분포는 12월 이후에도 계속 관측되었다.

장기간 연직수온변화

연구해역의 시간에 따른 연직 수온분포를 알아보기 위하여 정점 11과 12의 수심별 수온관측기의 자료를 이용하여 각 수심별로 일평균 수온을 구하였다(Fig. 4). 발전소 배수구 동남쪽에 위치한 정점 11에서는 관측이 시작된 1996년 11월 11일부터 12월 초순까지 대체로 수직적으로 균일한 수온분포를 보이며, 수온이 점차 낮아지는 경향을 나타냈다. 하지만, 12월 중순부터 전 수심의 수온이 다시 상승하기 시작하면서, 성층이 형성되었다(Fig. 4a). 이와 같은 현상은 1996년 12월 10일부터 방류가 시작된 발전소 온배수와 관련있는 것으로 추측된다. 3월에는 수온이 더욱 낮아져서 표층과 저층을 제외한 전체 수심에서 12~14°C였으며, 표층과 저층의 수온차는 2°C 이내였다. 이와 같은 수온분포는 관측 종료시까지 상당기간동안 지속되었다(Fig. 4b).

발전소 배수구 동쪽해역에 위치한 정점 12에서는, 2월초부터 전 수심의 수온이 감소하여, 2월 중순부터 3월 중순까지는 11~13°C의 수온이 유지되다가, 3월 중순 이후에 다시 수온이 증가하는 양상을 나타내었다(Fig. 4c). 여름철에는 표층과 저층간의 수온차가 약 3~4°C 정도로 크게 나타났으며, 평상시의 수온보다 현저히 낮은 냉수출현이 자주 관측되었다(Fig. 4d).

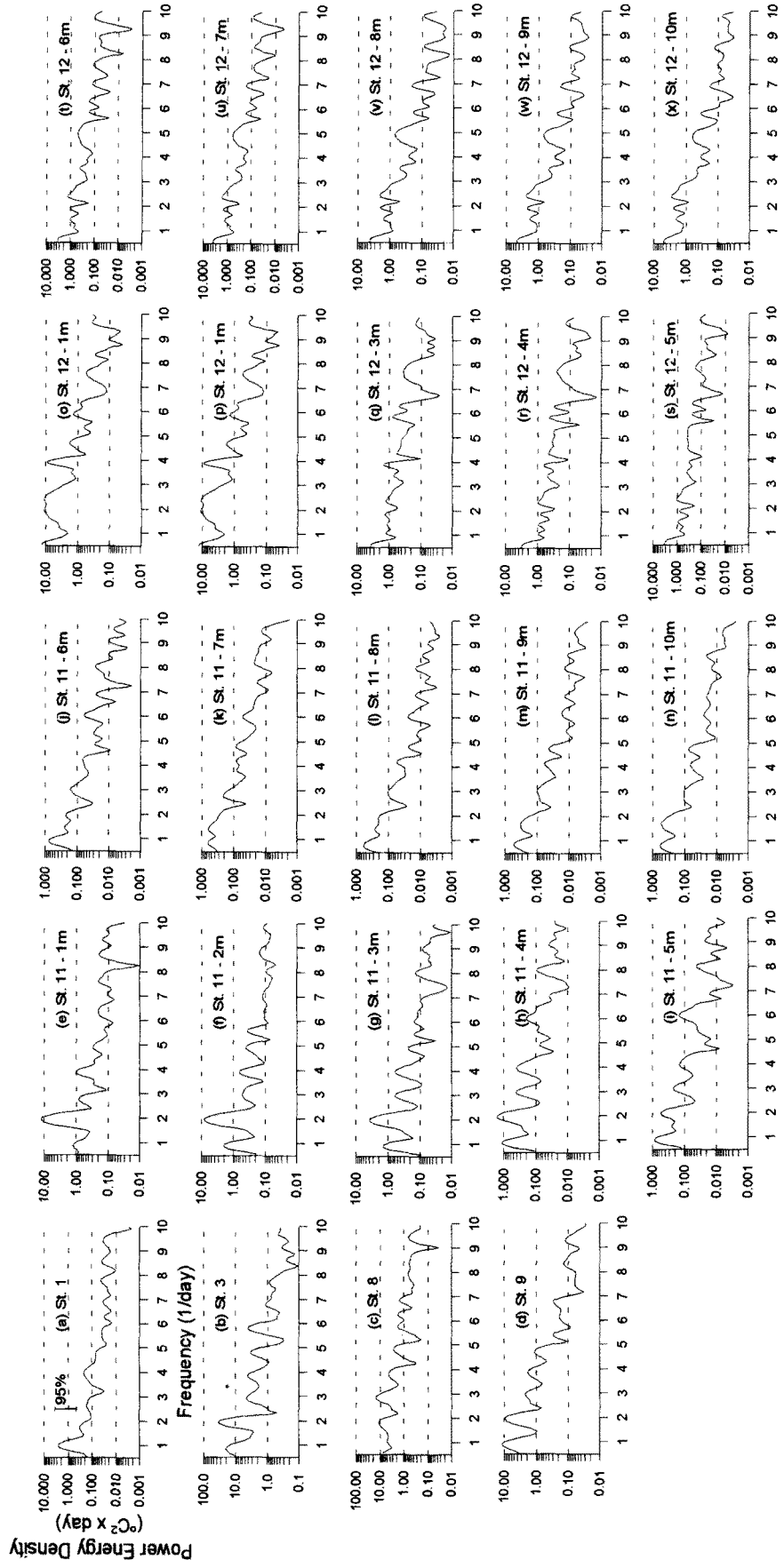

Fig. 8. Power density spectrum of the sea-surface temperature (March 1997).

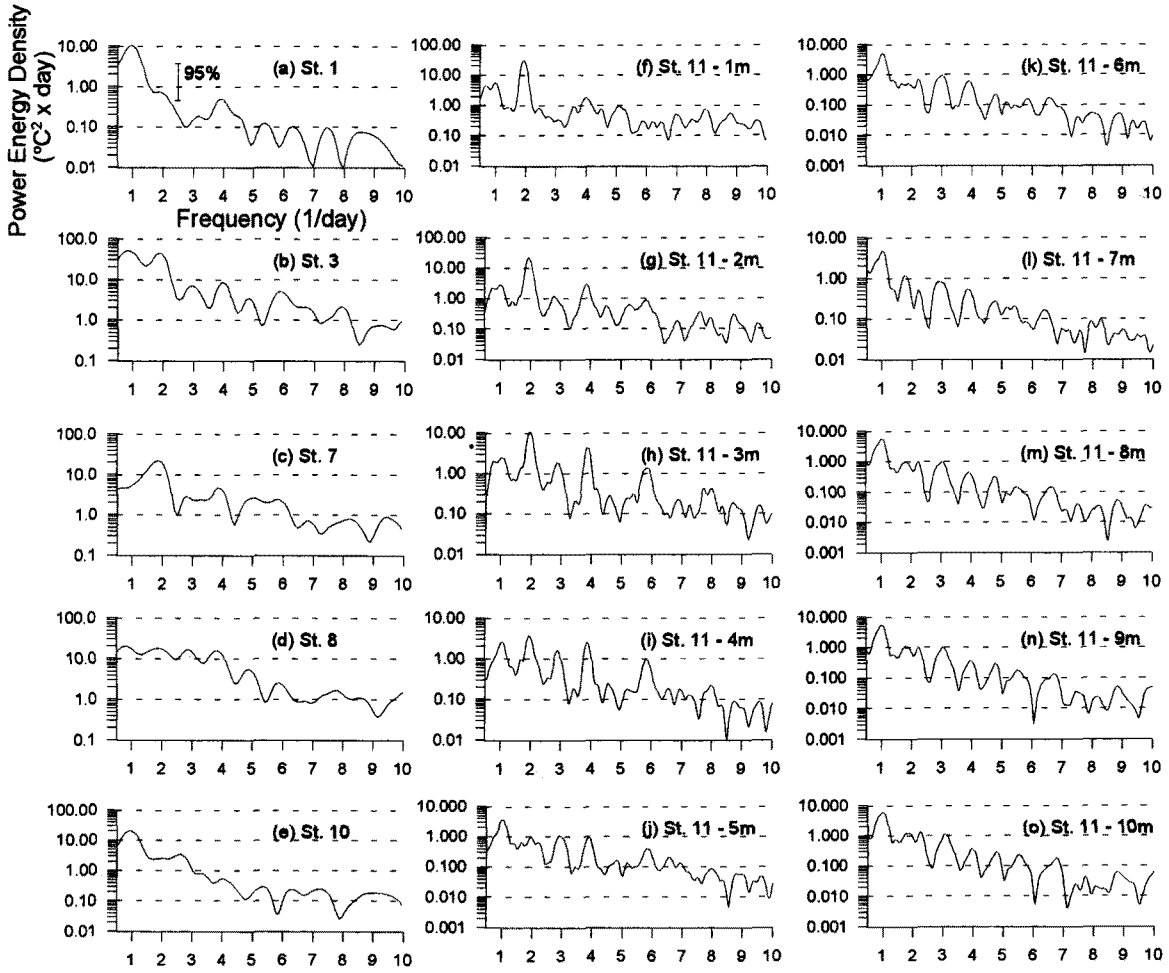

Fig. 9. Power density spectrum of the sea-surface temperature (April 1997).

시간별 표층 · 연직 수온변화

하루 중에 나타나는 단기간의 수온변화를 파악하기 위하여 각 정점별로 1 시간 평균 수온을 산출하고, 시간별 수온분포 특성을 분석하였다. 분석자료는 연구해역의 특성을 고려하여 발전소 온배수가 배출된 시기 중, 수온관측자료가 비교적 많은 날을 선정하였으며, 매 시간별로 0.5°C 간격의 등온선을 이용하여 수평 수온분포를 나타내었다(Fig. 5). 또한, 연구해역에 가장 가까운 울산항 조석자료를 토대로 평균고조간격으로부터 연구해역의 고 · 저조 시각을 추정하고, 이를 함께 도시하였다.

관측기간 중 가장 뚜렷하게 나타나는 수온변화는 일주기변동으로, 최저 평균수온이 오전 5시 30분에, 최고 평균수온은 오후 1시 30분에 각각 나타났다. 또한, 발전소 배수구를 중심으로 고수온 영역이 창 · 낙조류에 의해 하루 두차례 남북방향으로 이동하는 양상이 뚜렷하게 나타났다. 같은 날에 관측된 정점 11에서의 수심별 수온분포에 따르면, 전 수심에 걸쳐 태양복사에너지에 의한 일주기 변동이 우세하게 나타나지만, 표층에 가까울수록 고온의 해수가 반일주기형태로 출현하는 것을 알 수 있다(Fig. 6). 이와 같은 반일주기의 수온변동은 수평 수온분포와 마찬가지로 반일주기의 조류에 의한 발전소 온배수의 이동, 확산의 결과로 해석된다.

스펙트럼 분석

1997년 2월 자료의 스펙트럼 분석에 의하면, 95% 신뢰구간으로 볼 때 정점 2와 5에서 반일주기 성분이 비교적 우세한 것으로 나타났다(Fig. 7). 1997년 3월의 경우에는 정점 11의 1~3 m 수심과 정점 3에서 반일주기 성분이 크게 우세한 것으로 나타났으며(Fig. 8), 1997년 4월에는 정점 11의 1~2 m 수심에서 반일주기 성분이 우세한 것으로 나타났다(Fig. 9). 이와 같이 태양복사에너지에 의한 수온의 일주기변동 이외에 반일주기 성분이 크게 나타나는 이유는 발전소 온배수가 반일주기의 조류에 의해 인근해역의 표층으로 이동, 확산되어 나타난 결과로 해석된다.

1997년 8월에는 정점 12를 제외한 모든 정점에서 일주기 성분이 강하게 나타났으며(Fig. 10), 이는 강한 태양복사에너지로 인한 수온변동이 반일주기 성분보다 우세했기 때문이며, 정점 12의 경우에는 발전소 온배수의 직접적인 영향으로 수온 상승효과가 상쇄되었기 때문이라고 사료된다.

결 론

월성 원자력 발전소 인근해역의 12 개 정점에서 연속 수온관측결과, 월평균수온의 최저치는 2월의 12.8°C, 최고치는 8월의

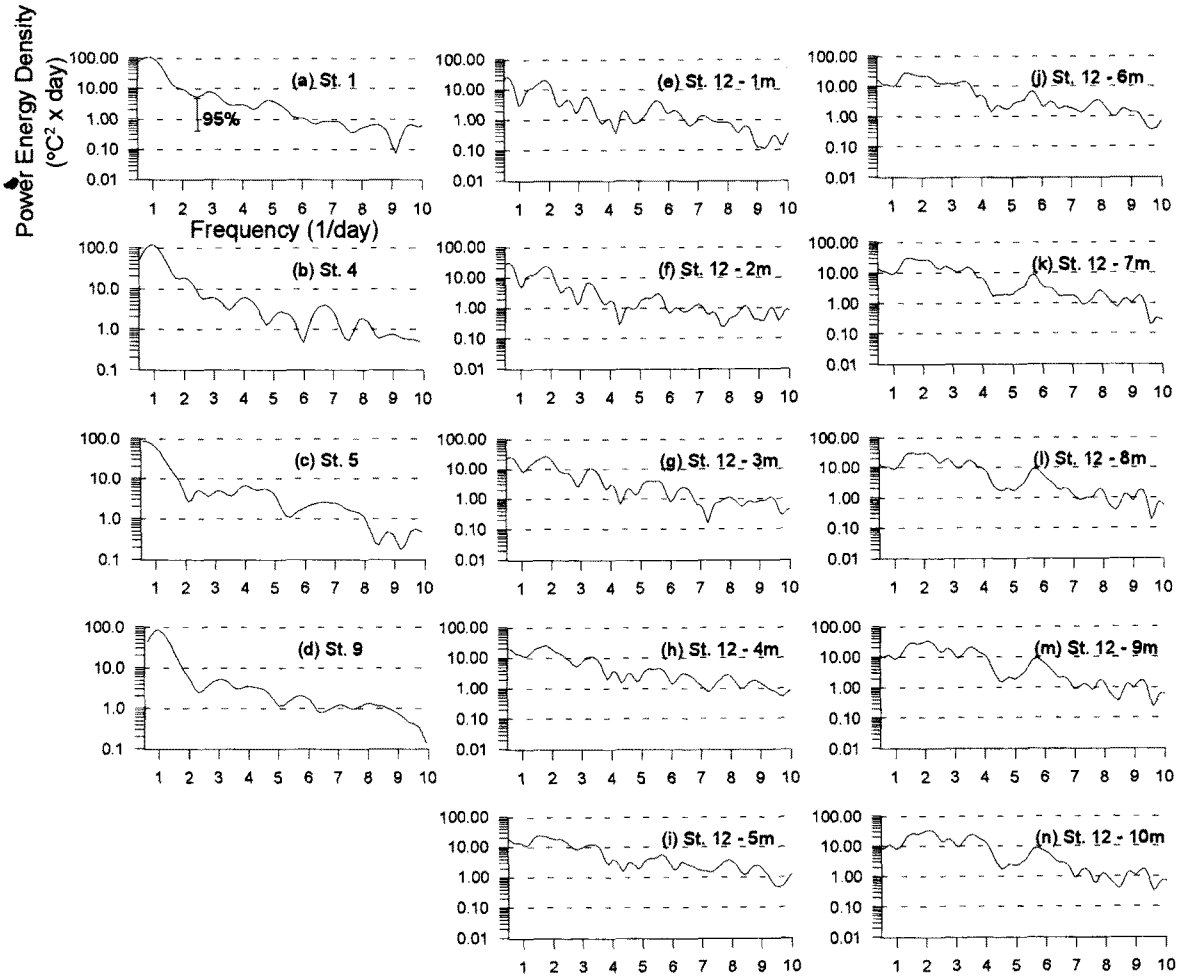

Fig. 10. Power density spectrum of the sea-surface temperature (August 1997).

19.6°C였다. 또, 여름철에는 태양복사에너지에 의한 수온변화 이외에도 냉수가 수시로 출현하여 월별 수온변화폭을 증가시키는 양상을 나타내었다. 표층 해수에서는 발전소 배수구를 중심으로 한 고수온 영역이 뚜렷하게 관측되었다. 수심별 수온을 일평균한 연직 수온분포에 따르면, 11월에는 비교적 수직적으로 균일한 분포를 보이다가 발전소로부터 온배수가 배출되기 시작한 1996년 12월 10일 이후 성층화가 뚜렷해지는 경향을 나타내며, 여름철로 갈수록 표층과 저층의 수온차가 급격하게 커지는 것으로 조사되었다. 각 정점별로 1 시간 평균 수온을 구하고, 시간별 수평 수온분포를 분석한 결과, 고온의 해수가 발전소 배수구를 중심으로 반일주기의 남북이동을 하는 것으로 관측되었으며, 연직구조에서도 표층에 반일주기의 고온수가 나타나는 것으로 조사되었다.

각 정점들에 대한 스펙트럼 분석결과, 1997년 2~4월의 경우 발전소 배수구에 가까운 일부 정점들에서 반일주기 성분이 우세하였으며, 이와 같은 현상은 반일주기 조류에 의한 온배수의 이동, 확산의 결과로 해석된다. 8월에는 발전소 배수구에 가장 가까운 정점 12를 제외한 모든 정점에서 일주기 성분이 크게 우세하게 나타났는데, 이는 온배수에 비해 태양복사에너지가 훨씬 우세하게 작용한 때문으로 사료된다.

이와 같이 본 연구해역에 대한 장기간 수온관측결과, 태양복사에너지에 의한 일주기변화와 조류에 의한 발전소 온배수의 이동 및 확산, 여름철 냉수대 출현 등이 복합적으로 연구해역의 수온분포 특성을 지배하는 것으로 나타났으며, 이와 같이 계절별 · 시간별로 복잡하게 나타나는 분포 양상을 향후 수치모델을 이용하여 규명할 예정이다. 또한, 본 관측에서 나타난 문제점에 대한 보완책으로 향후 수온관측시스템에서는 전원부의 수명을 길게 하여 장기간 운용이 가능하도록 하고, 자료 저장장치를 관측기 내에 별도로 설치하며, 수신부에서 직접 자료의 송수신을 제어할 수 있도록 개선하여 자료의 취득 및 유지, 보수가 용이하도록 할 예정이다.

감사의 글

논문의 심사를 맡아 좋은 의견을 주신 한국해양연구소 김창식 박사님과 정경태 박사님께 감사 드립니다.

참고문헌

국립수산진흥원, 1998. 1997년도 한국근해 수온분포도. 283 pp.

서울대학교 해양연구소, 1991. 월성 원자력 인근 해황현황 및 어업피해영향조사. 477 pp.

서울대학교 해양연구소, 1994. 월성원자력 부대시설 부지 조성 사업에 따른 어업권 손실보상 및 월성원전 인근해역 어업피해조사연구. 230 pp.

서울대학교 해양연구소, 1998. 월성 2, 3, 4호기 온배수가 주변 생태계 및 양식장에 미치는 영향평가. 524 pp.

승영호, 1974. 8월의 한국동안에서의 수온분포에 관한 역학적 고찰. 한국해양학회지, **9**: 52–58.

한국전력공사, 1990. 월성원자력 2호기 건설사업 환경영향평가서. 530 pp.

한국전력공사, 1992. 월성원자력 3, 4호기 건설사업 환경영향평가서: 2. 환경의 현황. 214 pp.

한국전력기술주식회사, 1990. 발전소 온배수확산에 관한 2차원 수치모델 연구(기술 개발 최종보고서). 200 pp.

柳哲雄, 1993. 海洋觀測テ"−タの 処 理法. 恒星社厚生閣, 東京, 113 pp.

Byun, S.K., 1989. Sea surface cold water near the southeastern coast of Korea: wind effect. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **24**: 121–131.

Lee, H.C. and J.Y. Na, 1985. Structure of upwelling off the southeast coast of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **20**: 6–19.

Lee, K.B., 1978. Study on the coastal cold water near Ulsan. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **13**: 5–10.

1998년 6월 5일 원고 접수
1998년 8월 27일 수정본 채택