

서해 아산만 당진화력발전소 인근해역 수온 변동 특성

최양호 · 노영재 · 전호경¹

충남대학교 해양학과, ¹신양기술(주)

Variability of Seawater Temperature in the Coastal Waters off the Dangjin Power Plant, Asan Bay, Korea

YANG HO CHOI, YOUNG JAE RO AND HO KYUNG JUN¹

Department of Oceanography, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

¹Shinyang Ocean Technology Co., Ansan P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea

당진화력발전소 인근해역에서 관측한 수온자료(1998년 4월~1999년 12월)를 이용하여 수온의 단주기 및 계절적인 변동 양상과 수평 수온분포 특성을 분석하였다. 연구해역에서의 공간평균 수온은 2월(3.3°C)에 최저, 8월(23.6°C)에 최고로 연교차 20.3°C를 보였다. 연구해역 내의 공간 수온분포는 계절에 따라 역전이 되는데, 4월에서 10월까지의 외해측에서 만내측으로 증가하고 나머지 기간에는 감소하는 양상을 보여주었다. 수온의 단주기 변동성은 강한 조류의 영향에 따라 일주기 및 반일주기의 성분이 탁월하며, 월별 수온과 조석의 M2 분조의 위상 비교에 의하면 겨울철에는 창조시에, 여름철에는 낙조시에 수온이 상승하며, 변동폭은 반일주기성분의 경우 최대 0.8°C, 반일주기와 일주기의 합은 약 1.3°C으로써 본 연구해역에서의 하루 수온 변동폭의 70~80%를 차지하고 있다. 수온의 비조석 주기성분(rms 약 0.25)과 바람과의 Coherency 분석에 의하면 여름철에는 북풍계열, 겨울철에는 남풍계열의 바람과 2.8일 및 2.4일의 주기에서 유의한 Coherency 값을 보이며, 각각 0.6일과 0.7일의 위상차를 가지고 있다.

This study focused on variability of the sea water temperatures observed off the Dangjin Power Plant in the central west coast of Korea for the period of 1998–1999. Spatial averaged temperature shows the annual range of 20.3°C, with minimum of 3.3°C in February and maximum of 23.6°C in August. Horizontal distribution patterns are seasonally reversing: The temperatures are increasing toward inshore for the period of April to October, while they are increasing toward offshore for the rest of year. Spectral analyses of temperature records show significant peaks at M2 and S2 tidal periods, since the water movement in the study area is influenced by strong tide. The responses of temperature variations to tidal phase show different seasonal characteristics: The temperatures are increasing at flood phases in winter and ebb phases in summer. Amplitudes of the components at M2 and S2 periods are 0.8°C and 0.5°C, accounting for 70–80% of daily variation. Coherency analyses between non-tidal components of temperature and wind speed show that in summer, northerly wind component is significantly coherent with temperature at 2.8 days period, while in winter, southerly wind component is coherent with 2.4 days period, with 0.6 and 0.7 day phase-lags, respectively.

Key words: Asan bay, Coastal water temperature, Water temperature variation, Water temperature spatial reversing

서 론

아산만 인근해역에서의 해수 유동은 조석에 의한 조류가 지배적이다. 아산만에서의 조석은 형태수(Form No.) 0.19로 일조부동이 작은 전형적인 반일주조형이며, M2 분조와 S2 분조의 반조차는 각각 265 cm와 104 cm이다. 아산만은 25 m 이하의 얇은 수심 분포를 보이며 만 중앙의 모래사퇴를 기준으로 북측과 남측에 수로가 발달되어 있다. 각각의 수로는 외해측으로 발달된 수로와 연결되어 있는데, 특히 남측 수로는 국화도와 당진화력발전소 사이

의 수로와 연결되어 있어서 당진화력발전소 주변 해황 변화에 중요한 역할을 하고 있다(Fig. 1). 아산만의 남측 입구에 위치한 당진화력발전소 해역에서의 대조차와 소조차는 각각 738 cm, 324 cm 등이며, 최강유속은 창조시 130 cm/s, 낙조시 101 cm/s로 창조시의 유속이 강하다(한국전력기술(주), 1993; 최, 1996).

당진화력발전소는 1999년 6월 1호기, 1999년 12월 2호기가 준공되었고 2001년 현재 4호기가 가동중이다. 발전소 온배수에 의한 해양환경 변화의 문제는 1980년대 이후로 국내의 주요 사회적 쟁점이 되어 왔다. 정 등(1998)에 의한 월성원자력발전소 인근해역의 약 280일간의 수온관측 결과가 보고된 바 있으나, 온배수와 관련한 기존의 많은 연구들이 단기간의 관측자료와 수치모형 실

*Corresponding author: yhchoi@cnu.ac.kr

험을 통한 온배수 영향 범위 파악 위주로 이루어졌다(한국해양연구소, 1984; Ro *et al.*, 1992; 한국전력기술(주), 1990; 한국전력공사기술연구원, 1993; Ro, 1998). 가변적인 환경 하에서 발생하는 온배수의 영향 범위 및 해양환경 변화를 파악하기 위해서는 먼저 인근해역에서의 온배수 배출 전 수온 변동 특성이 파악되어야 한다. 이를 위해 장기간 연속적으로 관측한 자료가 요구된다.

본 연구에서는 당진화력발전소 인근해역에서 이러한 시·공간적인 수온의 변동 특성을 파악하기 위하여 발전소 기동 1년 전부터 약 620일간 연속 수온 관측을 실시하였다. 관측된 수온 자료를 이용하여 계절적인 변동 특성을 파악하고, 해수유동, 수심분포 및 기상조건 등이 수온 변동에 미치는 영향에 대해 논하고자 한다.

자 료

관측 방법 및 자료

당진화력발전소 인근해역에 무선수온관측시스템을 개발 구축하였으며(충남대학교 해양연구소, 2000), 센서는 해표면하 1m의 수온을 관측할 수 있도록 설계되었다. 관측기기의 정확도는 0.1°C, RMS오차는 설치전 0.03°C이었으며, 설치 5개월 후에는 0.06°C로 나타났다.

분석에 사용한 자료는 Fig. 1에 도시된 10개 정점에 해상관측 부이를 설치하여 1998년 4월 18일부터 1999년 12월 31일까지 10분 간격으로 관측한 자료이다. 이 기간 동안 시스템 점검 및 센서 교정 등으로 인한 자료의 결측 기간은 1998년 9월과 1999년 7~8월이다. 관측기간 중 1999년 6월부터 발전소 1호기 가동에 따른 온배수의 배출이 시작되었으며, 온배수의 영향을 받은 정점 5b의 수온자료는 분석에서 제외하였다.

당진화력발전소 인근해역 수온자료와 더불어 연구해역에서 북서쪽으로 약 20 km 떨어진 부도(승봉도)에서의 1970년부터 1999년까지의 일별 수온 및 기온 자료(국립수산진흥원, 1971~2000)와 남쪽으로 약 30 km 떨어진 서산기상대에서 측정된 1999년도의 매시간 기온 자료를 분석에 활용하였다.

자료 분석

본 연구에서는 10개 정점의 10분 간격 자료로부터, 각 정점별로 1시간 평균수온을 취한 후 공간평균, 수평분포, 계절 및 단주기 수온 변동 특성을 파악하기 위하여 연주기 분석, 스펙트럼 분석, 조화분석, Coherency 분석을 실시하였다.

수온 변동의 연주기 분석을 위해 Schuster법에 의한 근사해를 이용하여 1년 및 반년 조화상수를 구하였다(한, 1970a, 1970b; 김, 1983).

단주기 변동 특성을 파악하기 위하여 1999년 관측 자료를 상반기(3월~6월)와 하반기(9월~12월)로 구분하여 각 시기별로 자료의 선형성(장주기 경향)을 제거한 다음 스펙트럼 분석(Bloomfield, 1976)을 실시하였다. 조화분석(Boon, 1978)을 통해 정점 10에서의 월별 수온에 대한 4대 분조(M2, S2, K1, O1) 주기에서의 조화상수를 구하였으며, 최(1996)에 의한 조석의 조화분석 결과와 비교하였다. 수온 변동과 바람의 관계를 알아보기 위해서 6월과 12월의 수온 자료를 이용하여 바람과의 Coherency 함수(C_{xy})를 구하였다.

$$C_{xy}(w) = \frac{|P_{xy}(w)|^2}{P_{xx}(w)P_{yy}(w)} \quad (1)$$

여기서 P_{xx} 와 P_{yy} 는 power spectral density 이며, P_{xy} 는 cross spectral density이다. x 는 풍속의 성분, y 는 수온 자료이며 w 는 주파수이다. 풍속은 해안선에 평행하게 일치시킨 동-서 성분과 이에 수직인 남-북 성분으로 분리하였으며, 수온 자료와 함께 24시간의 cut-off 주기로 low-pass filter를 실시한 후 분석하였다.

결 과

수온의 계절 변동 특성

10개 정점에서 관측된 수온 자료는 계절에 따른 수온 변동을 뚜렷하게 보이고 있으며, 단주기적인 변동 특성을 제외하고는 같은 기간동안 부도에서 관측된 자료와 전반적으로 비슷한 양상을 보이고 있다(Fig. 2). 온배수가 배출되기 시작한 1999년 6월부터의 수온 변동을 살펴보면, 1999년 9월부터 배수구 전방 500 m로 이

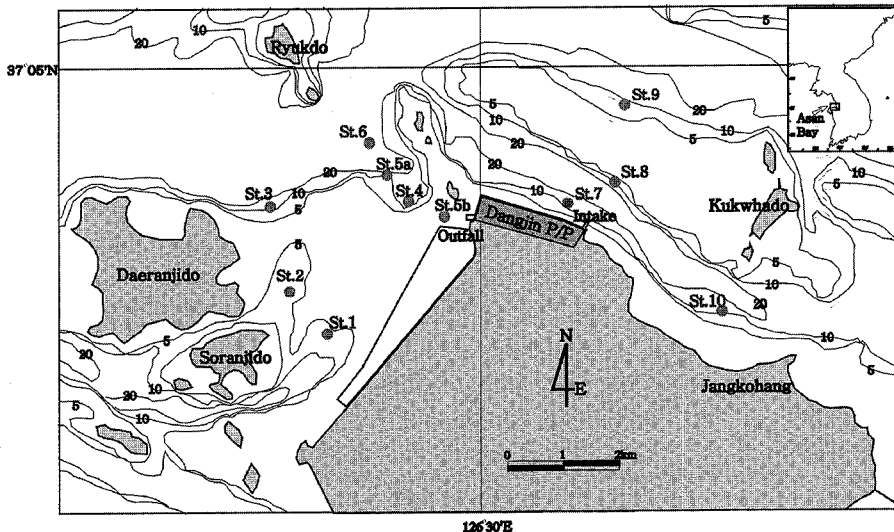


Fig. 1. Bathymetry of the study area and sampling stations (contours are water depth (m) relative to lower low water).

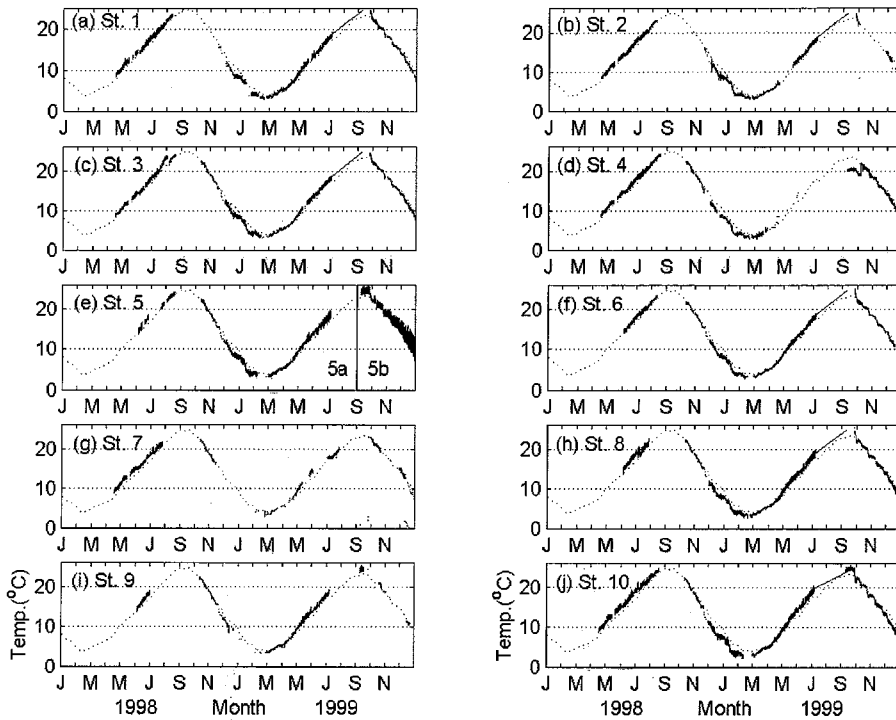


Fig. 2. Time series of sea water temperature (solid line) at each stations compare with Budo (dotted line) from Apr. 1998 to Dec. 1999.

동시진 정점 5b를 제외한 나머지 정점에서는 온배수의 영향으로 판단되는 수온 변동은 없는 것으로 나타났다.

상세한 수온 변동 특성을 파악하기 위하여 1999년 1월 1일부터 12월 31일까지의 공간평균 수온자료와 서산기상대의 기온자료를 비교 분석하였다. 수온과 기온의 연평균은 각각 13.2°C와 12.3°C로써 수온이 0.9°C 정도 높았다. 공간평균 수온은 최소 3.3°C(2월 14일경)에서 최고 23.6°C(9월 1일경)로 약 200일 동안 20.3°C의 변동폭을 보였으며, 서산기상대의 기온은 최소 -6.0°C(1월 10일경)에서 최고 28.2°C(8월 10일경)로 약 210일 동안 34.2°C의 변동폭으로 수온보다 약 14°C 정도 큰 변동폭을 보였다.

Fig. 3은 수온과 기온을 비교한 것으로써, 3월 10일경부터 기온이 수온보다 높은 값을 유지하고 6월 25일경에 최고의 온도차(약 5.0°C)를 보였다. 9월 8일경부터는 수온이 기온보다 높은 값을 유지하고 최고의 온도차는 12월 2일경(약 8.5°C)에 발생하였다.

연구해역과 인근해역의 수온 변동 특성을 비교하기 위해서 부도에서의 30년(1970년~1999년) 수온 및 기온 자료를 이용하여 매년 같은 날짜의 30년 평균을 구하였다(Fig. 4). 부도의 연평균 수온은 각각 12.7°C로써 연구해역에 비해 0.5°C 정도 높게 나타났다. 그러나 부도에서의 1999년 수온자료만을 보았을 때 연평균 수온은 13.3°C로써 같은 기간 연구해역의 관측 결과와 같았으며, 부도의 30년 평균에 비해 0.5°C 높은 값을 보였다. 최저 수온과 최고 수온은 각각 2.9°C(2월 15일경), 23.2°C(8월 24일경)로 약 190일 동안 20.3°C의 변화를 보여 연구해역과 같은 변동폭을 보였다. 부도의 연평균 기온은 11.8°C로써 서산기상대에 비해 0.5°C 정도 높게 나타났다. 최저 기온과 최고 기온은 -2.4°C(1월 30일경), 25.9°C(8월 12일경)로 28.3°C의 변동폭으로 서산기상대에 비해 5.9°C 작은 변동폭을 보였다.

연구해역의 수온과 서산기상대에서의 기온, 부도에서의 수온과

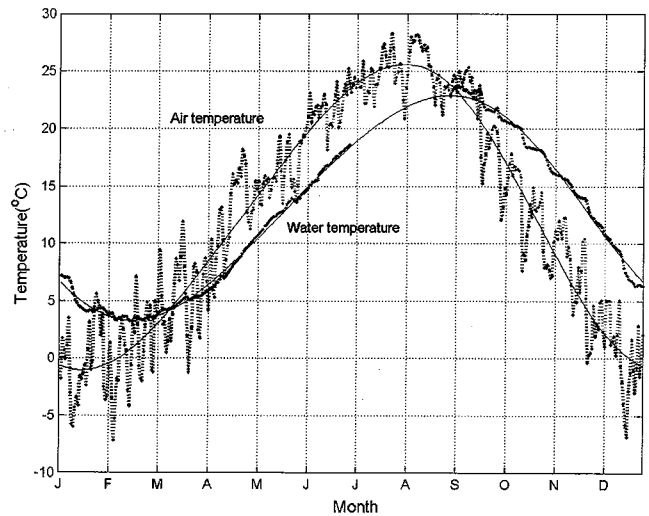


Fig. 3. Annual variation and its harmonic component of sea water temperature off the Dangjin Power Plant site and air temperature at the Seosan Meteorological Station in 1999 (Dotted line is observed. Solid line is computed with harmonic components for sea water and air temperature, respectively).

기온자료에 대한 연주기 및 반년주기 분석을 통해 각각의 조화상수를 구하였다(Table 1). 분석 결과에 의하면, 서산기상대 기온의 연주기 및 반년주기 성분의 진폭은 각각 13.1°C, 1.1°C인데 반해 당진화력발전소 해역의 수온은 9.7°C, 0.7°C로 변동이 작고, 최고치의 위상은 기온과 수온 각각 8월 3일과 8월 31일로써 기온의 위상이 약 28일 정도 빠름을 보였다. 부도에서의 기온의 연주기 및 반년주기 성분의 진폭은 각각 12.6°C, 1.2°C, 수온은 9.8°C, 0.6°C

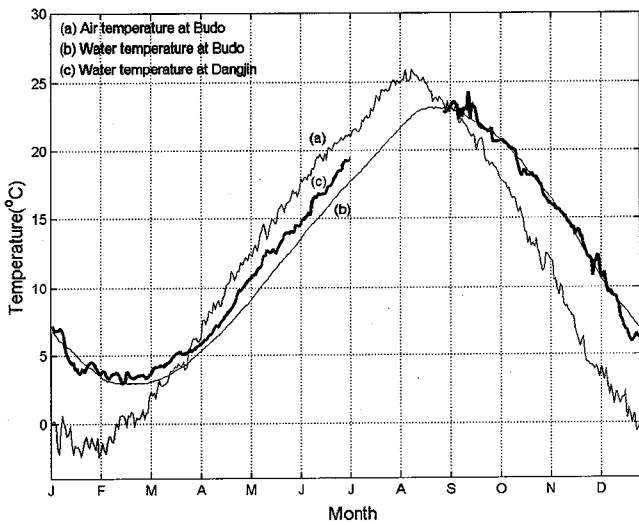


Fig. 4. Annual variation of (a) sea water and (b) air temperature which are averaged for 30 years, 1970–1999, at Budo and (c) sea water temperature off the Dangjin Power Plant site in 1999.

였으며, 기온과 수온의 최고치의 위상은 각각 8월 12일과 9월 3일으로써 기온의 위상이 22일 정도 빨랐다.

따라서 본 연구해역의 수온 변동은 부도, 즉 아산만 인근해역의 수온 변동과 비교해서 약간의 위상차는 있지만 전반적으로 비슷한 특성을 보여주고 있음을 알 수 있다. 또한 당진화력발전소 인근해역 평균수온의 상승은 온배수 등에 의한 현상이기보다는 아산만 인근해역의 전반적인 수온 상승의 결과로 해석되며, Fig. 2에 나타난 바와 같이 발전소 온배수의 영향은 배수구 전방 500 m의 정점 5b에서만 감지될 정도로 미약했다.

수온의 공간분포 특성

당진화력발전소 인근 해역에서의 수온분포는 아산만 입구에 위치하는 지형적인 조건으로 인하여 특징적인 양상을 보이고 있다. 2월과 9월의 월평균 수온분포도(Fig. 5)에 의하면, 2월에는 외해측에서 내만측으로 수온이 감소하고 9월에는 반대로 만내측에서 외해측으로 수온이 감소하고 있음을 보여주고 있다. 2월의 경우에는 공간적인 수온차가 0.6°C에 불과하지만, 9월의 경우에는 1.2°C의

Table 1. Harmonic constants of the annual and semi-annual of water and air temperature at Dangjin power plant, Seosan and Budo

Stations		Annual mean	Annual		Semi-annual	
			Amplitude(°C)	Phase(°)	Amplitude(°C)	Phase(°)
Dangjin & Seosan	Water temperature	13.2	9.7	235	0.7	287
	Air temperature	12.3	13.1	206	1.1	254
Budo	Water temperature	12.7	9.8	240	0.6	276
	Air temperature	11.8	12.6	214	1.2	266

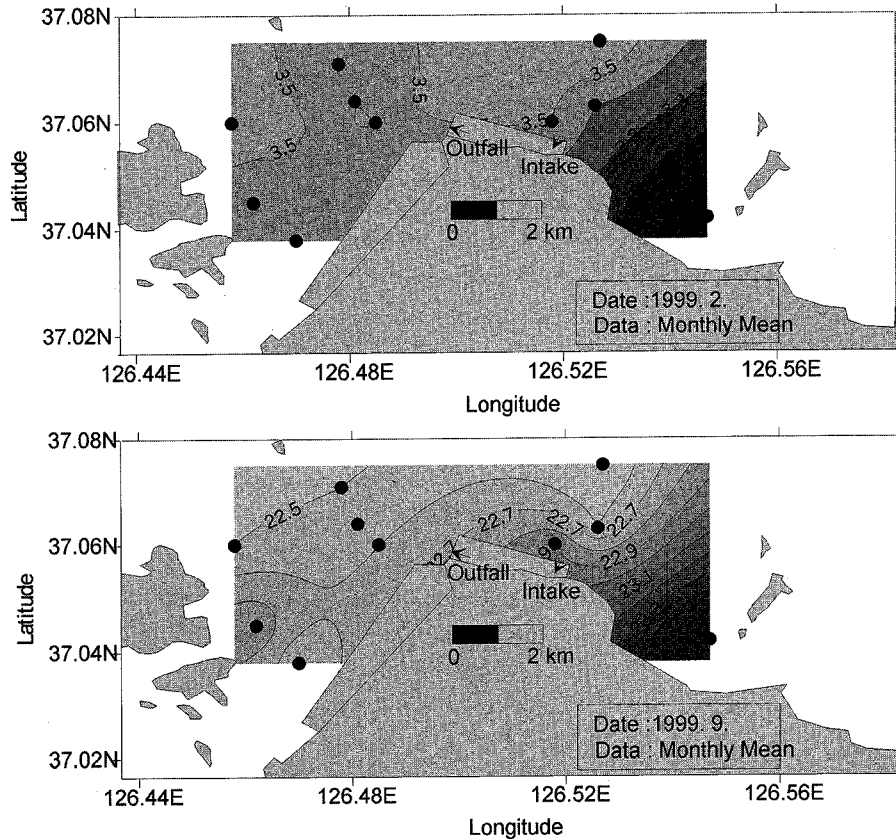


Fig. 5. Horizontal distribution of monthly mean sea water temperature in Feb. and Sep. 1999 (contour interval: 0.1°C).

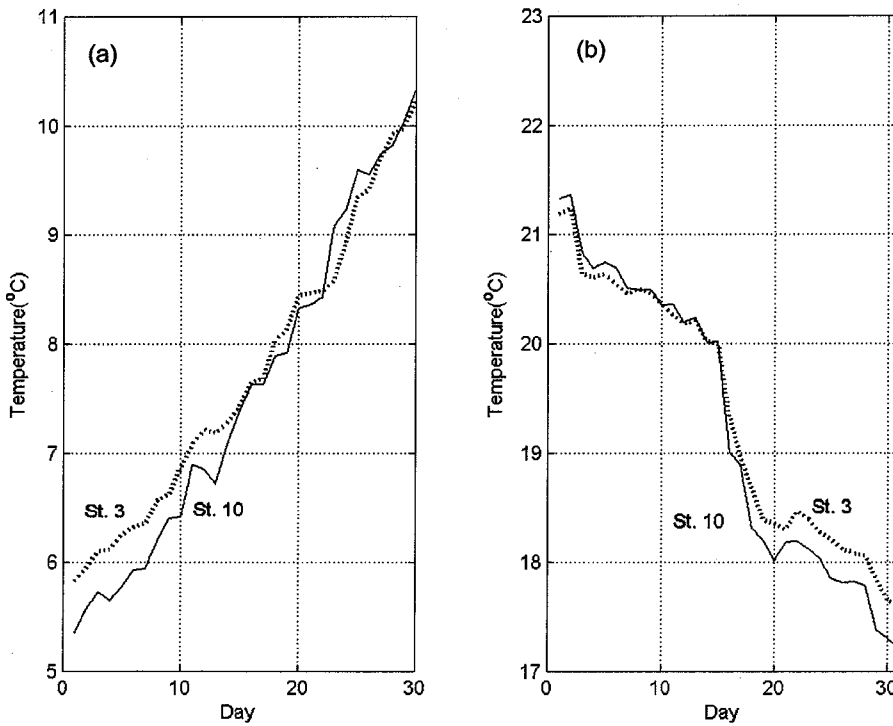


Fig. 6. Time variation of daily mean sea water temperature at st. 3 and st.10 (a) in Apr. 1999 and (b) in Oct. 1999, respectively.

공간적인 수온차를 보였다. 이는 연구해역에서의 수온 분포가 계절에 따라 공간적으로 역전되고 있으며, 만내측에서의 계절적 수온 변동폭이 외해측에 비해 크게 나타남을 보여주는 것이다.

Fig. 6은 정점 3(외해측)과 정점 10(만내측)에서의 4월과 10월의 수온을 비교한 것으로써, 4월 중순부터 외해측에 비해 만내측의 수온이 높고, 10월 중순부터 다시 외해측의 수온이 높아지고 있다. 이는 계절에 따른 수온분포의 공간적인 역전이 이 시기에 발생하고 있으며, 수온과 기온의 역전 시기(Fig. 3)와 약 1개월의 시차가 있음을 보여주는 것이다.

조류와 바람에 의한 수온 변동 특성

Fig. 7은 외해측에 위치한 정점 3과 만내측에 위치한 정점 10에 대해서 상·하반기로 각각 구분하여 스펙트럼 분석을 실시한 결과이다. 95% 신뢰구간으로 볼 때, 상·하반기 모두 정점 10에서

는 일주기와 반일주기 성분이 비슷한 반면 정점 3에서는 반일주기 성분이 크게 우세한 것으로 나타났다. 이와 같이 태양복사에너지에 의한 수온의 일주기 변동 이외에 반일주기 성분이 우세한 것은 이 해역의 탁월한 반일주기의 조류의 영향이다.

스펙트럼 peak의 특성을 좀 더 세밀히 규명하기 위하여 정점 10에서의 월별 자료에 대하여 조화분석을 실시하였다. Fig. 8은 조석의 M2와 수온의 M2 주기 성분의 계절별(겨울철, 여름철) 진폭과 위상을 보여준다. 수온의 위상 변화는 겨울철(1, 11, 12)과 여름철(5, 6, 9)로 뚜렷하게 구별된다. 겨울철 수온의 위상은 조석과 약 1시간, 여름철은 약 6시간 정도의 위상차를 보이고 있다. 이는 단주기적인 수온 변동 특성이 계절에 따라 변화함을 보여주는 결과로써, 겨울철에는 창조시에, 여름철에는 낙조시에 수온 상승이 발생하고 있다. 변동폭은 M2 주기에서의 수온성분의 경우 최대 0.8°C, S2 주기에서 0.5°C으로써 하루 수온 변동폭(최대 1.7°C)의 70~

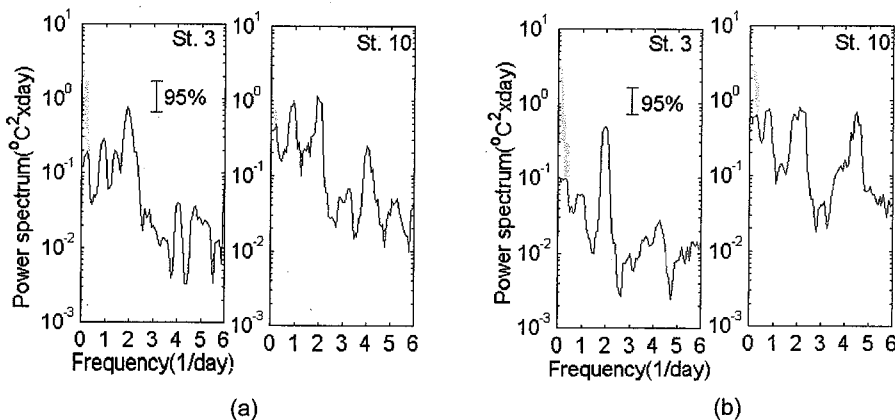


Fig. 7. Power spectrum of sea water temperature at st. 3 and st. 10 (a) from Mar. 1999 to Jun. 1999 and (b) from Sep. 1999 to Dec. 1999, respectively.

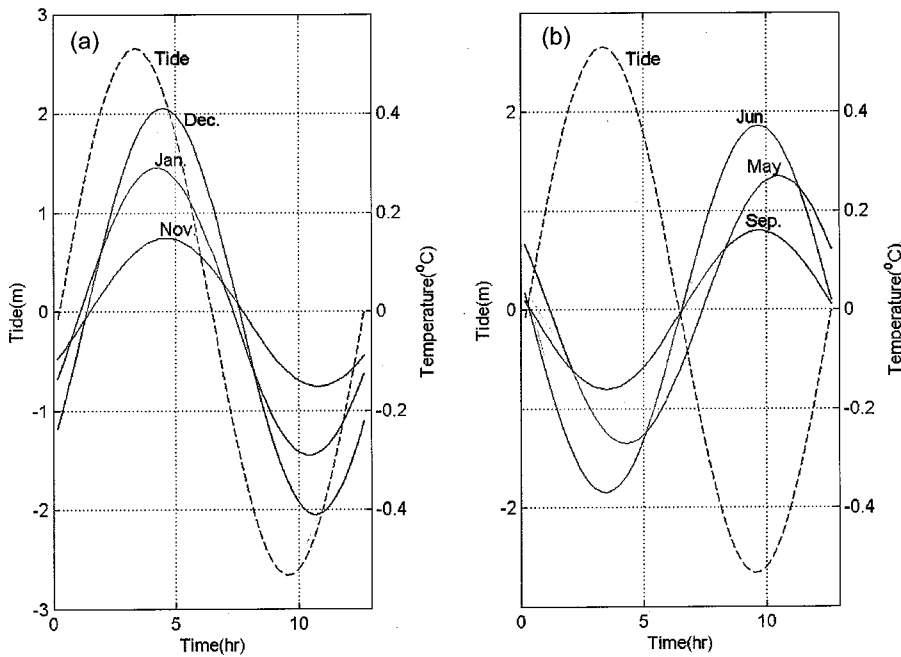


Fig. 8. Comparison of the M2 constituent of tide (dashed line) with sea water temperature (solid line) for (a) cold periods and (b) warm periods at st. 10, respectively.

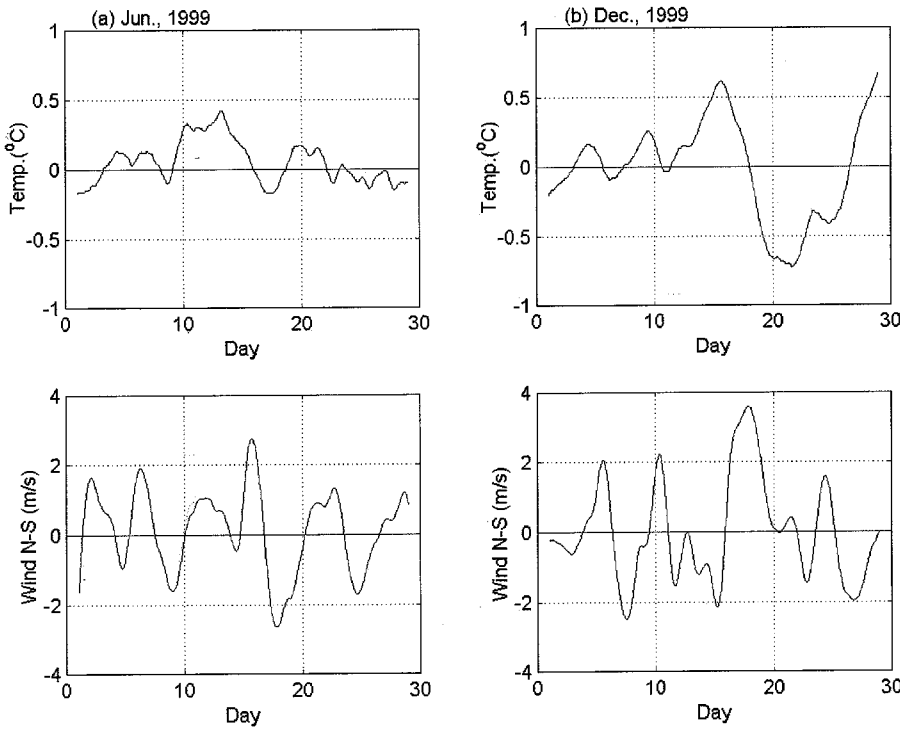


Fig. 9. The subtidal sea water temperature component off the Dangjin Power Plant site and wind component (N-S) at the Seosan Meteorological Station (a) in Jun., and (b) in Dec., 1999.

80%에 해당된다. 이러한 변동 특성은 계절에 따른 수온의 공간분포로 인해 조류의 영향을 강하게 받고 있기 때문인 것으로 해석된다.

바람에 의한 수온 변동 특성을 알아보기 위하여 Fig. 9의 6월과 12월의 비조석 주기성분의 수온과 바람 자료를 이용하여 Coherency를 구하였다(Fig. 10). 수온과 남-북 성분의 풍속간의 Coherency는 6월과 12월에 주기 약 2.8일 및 2.4일에서 유의한 peak를 보이고 있으며, 각각 0.6일과 0.7일의 위상차를 가지고 있

다. 특히 여름철(6월)은 북풍계열의 바람과 겨울철(12월)은 남풍계열 바람과 유의함을 보였다. 이를 이해하기 위하여 Fig. 11의 풍향 변화와 계절에 따른 수온의 공간적인 분포 모식도를 작성했다. 여름철(겨울철) 북풍(남풍)계열의 바람이 불면, 만내측(외해측) 고수온의 수괴를 외해측(만내측)으로 이동시킴으로써 연구해역의 수온상승에 기여함을 모식적으로 설명할 수 있으며, 이는 Coherency 분석 결과와 일치한다.

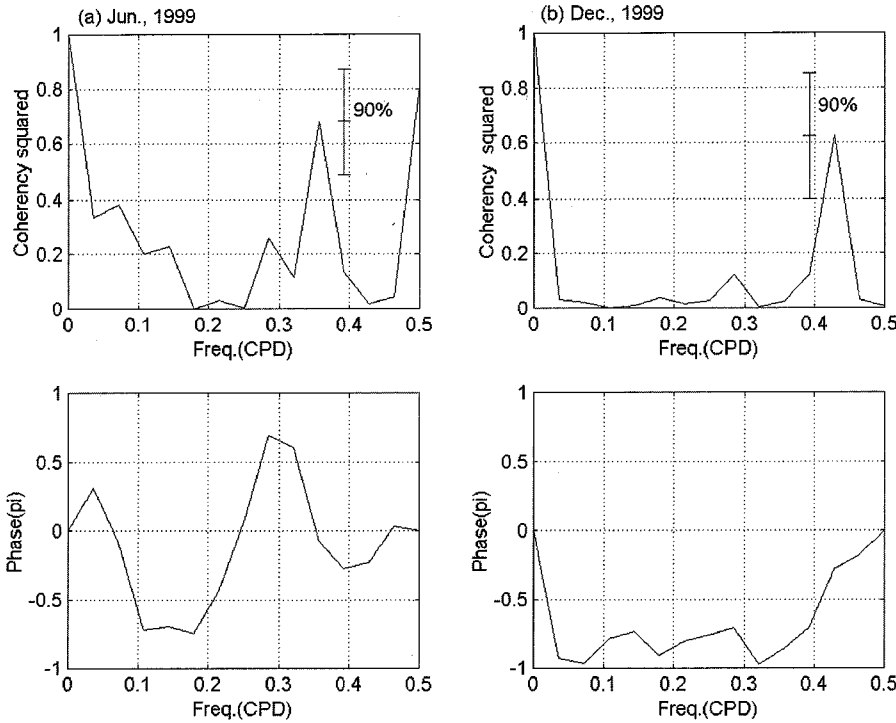


Fig. 10. Coherency between the subtidal sea water temperature component off the Dangjin Power Plant site and wind component (N-S) at the Seosan Meteorological Station (a) in Jun., and (b) in Dec., 1999.

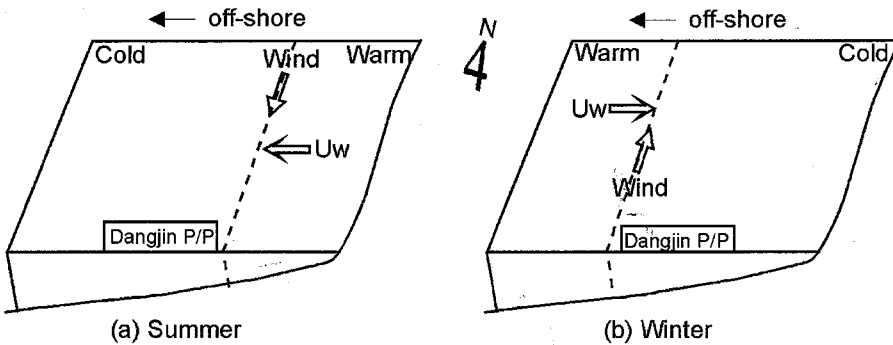


Fig. 11. Schematic seasonal wind-driven currents (U_w) associated with water mass transport (a) in summer (Jun.) and (b) in winter (Dec.).

토의 및 요약

당진화력발전소 인근해역 10개 정점에서 무선수온관측시스템을 이용한 연속 수온 관측 결과, 최저치는 3.3°C(2월 14일경), 최고치는 23.6°C(9월 1일경)로써 20.3°C의 변동폭을 보였으며 연평균은 13.2°C였다. 주기분석 결과 연주기 및 반년주기 성분의 진폭은 각각 9.7°C, 0.7°C로써 서산기상대 기온의 13.1°C, 1.1°C 보다 작음을 보였으며, 최고치의 위상은 기온에 비해 약 28일 정도 느린 것으로 나타났다. 또한 부도의 30년 평균 수온에 비해서는 약 0.5°C 높게 나타났으나, 같은 기간인 1999년 자료와는 같은 수준을 보였으며, 최고 수온의 위상은 약 4일 정도 빠른 것으로 나타났다. 이는 본 연구해역의 수온 변동이 인근 아산만 해역의 수온 변동과 크게 다르지 않음을 보여주는 것으로써, 장주기적인 측면에서 아산만 인근해역에서의 수온 변동성이 잘 반영된 것으로 해석된다.

공간평균 수온을 서산 기상대의 기온 자료와 비교해 본 결과, 3월 10일경부터 기온이 수온보다 높은 값을 유지하고 6월 25일경에 최고의 온도차(약 5.0°C)를 보이며, 9월 8일경부터는 역전되어

수온이 기온보다 높은 값을 유지하고 온도차는 12월 2일경(약 8.5°C)에 최고를 보였다. Na et al.(1999)은 동아시아 주변해역 열속의 연변동 연구에서 6월과 1월에 각각 가장 많은 열이득과 열손실이 있지만, 특히 황해에서의 열손실은 타 해역과 달리 12월에 가장 크게 나타남을 보고한 바 있다. 이와 같은 수온과 기온의 역전이 발생하고 약 1개월 후인 4월과 10월 중순에 외해측과 만내측의 수온이 공간적으로 역전되는 것으로 나타났다.

수온의 공간분포 분석 결과, 공간적인 수온차는 겨울철(약 0.6°C)보다는 여름철(약 1.2°C)에 2배 정도 강하게 나타났다. 이는 수심 분포에 따른 계절별 수온의 공간분포 및 변동폭의 특성을 잘 보여주는 것이다. 겨울철에는 강한 바람에 의한 해수 유동 및 파도 등으로 수직·수평 혼합이 여름철에 비해 강하게 이루어지면서 공간적인 온도차를 상쇄시키며, 여름철 강한 태양 복사에너지에 의한 만내측 넓은 조간대의 온도 상승이 외해측과의 온도차를 강화시키는 것으로 해석된다. 나 등(2000)은 갯벌 퇴적층에서의 열수지 연구를 통해서 간조시 갯벌이 받은(혹은 잃은) 열량이 해수와의 열교환을 통해서 수온 변화에 영향을 줄 수 있음을 지적한

바 있다. Harrison and Phizacklea(1985)는 여름철 낮동안 간조시 갯벌이 받는 열량은 $340\sim 540\text{ W/m}^2$ 정도임을 보고한 바 있다. 이는 Na *et al.*(1999) 등이 제시한 여름철 서해연안의 해수면 순복사열 130 W/m^2 보다 큰 값으로써 갯벌표면에서의 열흡수량이 해수면에 비해 매우 크다는 것을 알 수 있다.

정점 3과 10에 대한 스펙트럼 분석 결과, 상·하반기 모두 일주기 성분 이외에 반일주기 성분이 우세하게 나타났다. 이는 연구해역의 탁월한 반일주기 조류의 영향이며, 월별 수온의 조화분석 결과에서도 잘 나타난다. 겨울철(1, 11, 12) 수온의 위상은 조석과 약 1시간, 여름철(5, 6, 9)은 약 6시간 정도의 위상차를 보였다. 즉, 겨울철에는 창조시에, 여름철에는 낙조시에 수온이 상승하는 양상을 보여주고 있으며, 변동폭은 M2 주기 성분의 경우 최대 0.8° , M2와 S2 주기 성분을 고려할 경우 약 1.3° 로써 하루 수온 변동폭의 70~80%에 해당된다. 이러한 변동 특성은 계절에 따른 수온의 공간분포로 인해 조류의 영향을 강하게 받고 있기 때문인 것으로 해석된다.

비조석 주기성분의 수온과 바람간의 Coherency 분석 결과에 의하면, 여름철(6월)은 북풍계열의 바람과 겨울철(12월)은 남풍계열 바람과 주기 약 2.8일 및 2.4일에서 유의한 peak를 보이고 있으며, 각각 0.6일과 0.7일의 위상차를 보였다. 이는 여름철(겨울철) 북풍(남풍)계열의 바람이 불면, 만내측(외해측) 고수온의 수괴를 외해측(만내측)으로 이동시킴으로써 연구해역의 수온상승에 기여하고 있는 것으로 해석된다.

결론적으로 당진화력발전소 인근해역의 수온은 계절적인 변동이 뚜렷하게 나타나고 있으며, 지형적인 조건으로 인하여 외해측과 만내측의 경계적 특성을 보여주었다. 또한 계절에 따른 수온의 공간적인 분포 특성으로 인하여 조류와 바람에 의한 수괴의 이동이 단주기적인 수온 변동에 영향을 주고 있는 것으로 밝혀졌다.

사 사

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구과제(1999-2-13500-003-3)와 충남대학교 지방대학특성화사업의 지원으로 이루어졌습니다. 본 논문의 심사를 맡아주신 공주대학교 신흥렬 교수님과 익명의 심사위원님께 감사사를 드립니다. 아울러 기상자료 이용에 협조해주신 한국기상연구소에도 감사사를 드립니다.

참고문헌

국립수산진흥원, 1971~2000. 해양조사연보 제19권~제48권, 298 pp.
 김복기, 1983. 한국 연안 수온 및 기온의 주기분석과 상관분석. 한국해양학회지, 18: 55-63.
 나정열, 유승협, 서장원, 2000. 서해 제부도 해역의 간조시 갯벌

퇴적층내 지온 및 열수지의 계절변화. 한국해양학회지, 5: 1-9.
 정종률, 강현우, 신영재, 김계영, 전호경, 1998. 월성 원자력 발전소 주변 해역의 장기간 수온관측. 한국해양학회지, 3: 183-192.
 최양호, 1996. 아산만의 해수순환 수치모델링. 석사학위논문, 충남대학교, 대전, 61 pp.
 충남대학교 해양연구소, 2000. 당진화력발전소 온배수 영향조사. 154 pp.
 한국전력공사 기술연구원, 1993. 발전소 가동이 주변 해양환경에 미치는 영향 연구(삼천포, 보령화력발전소 온배수확산 예측). 336 pp.
 한국전력기술(주), 1990. 발전소 온배수 확산에 관한 2차원 수치 모델 연구. 200 pp.
 한국전력기술(주), 1993. 해양조사보고서: 당진화력 1, 2호기 설계 기술용역. 265 pp.
 한국해양연구소, 1984. 온배수 확산 모델 개발 및 적용 연구. BSPE: 00049-78-2.
 한상복, 1970a. 한국 근해 수온의 주기적 변화(I). 남해의 거문도 해역 표면수온의 년주변화 및 영년변화. 한국해양학회지, 5: 6-13.
 한상복, 1970b. 한국 근해 수온의 주기적 변화(II). 삼도와 중지도 해역 표면수온의 년주변화 및 장주기 변화. 한국해양학회지, 5: 41-51.
 Bloomfield, P., 1976. Fourier analysis of time series: an introduction. John Wiley & sons, 258 pp.
 Boon, J. D. and K. P. Kiley, 1978. Harmonic analysis and tidal prediction by the method of least squares. Special Report No. 186 in Applied Marine Science and Ocean Engineering of the Virginia Institute of Marine Science, 60 pp.
 Harrison, S. J. and A. P. Phizacklea, 1985. Seasonal changes in heat flux and heat storage in the intertidal mudflats of the Forth estuary. *J. climato. Scotland*, 5: 473-485.
 Na, J. Y., J. W. Seo and H. J. Lee, 1999. Annual and Seasonal Variations of the Sea Surface Heat Fluxes in the East Asian Marginal Seas. *J. Oceanography*, 55: 257-270.
 Ro, Y. J., T. I. Kim, H. K. Sung and S. W. Lee, 1992. 3-D Modeling of Heat Discharge from Ul-Jin Power Plant into Coastal Waters of Korea East Sea. in: Proceedings of the 2nd Int'l Conference on Estuarine and Coastal Modeling/WW Div. ASCE, Tampa, Florida, edited by Malcolm L. S., K. Bedford, A. Blumberg, R. Cheng and C. Swanson, pp. 501-512.
 Ro, Y. J., 1998. Realtime monitoring and modeling of the heated effluent from the Dangjin power plant in the west coast of Korea. in: Proceedings of the 3rd Int'l Conference on Hydrodynamics/Seoul, Korea, edited by Kim, H., S. H. Lee and S. J. Lee, pp. 593-600.

2001년 6월 29일 원고접수

2001년 12월 31일 수정본 채택

담당편집위원: 이재학