

## 화순화력발전소 주변해역의 온배수 환경용량 산정

김광수<sup>(1)</sup>, 최영찬<sup>(2)</sup>, 이문진<sup>(3)</sup>

### The Estimation of Marine Environmental Capacity for the Reception of Cooling Water from HTPP in Southern Waters of Cheju Island using a 3-D Hydrodynamic Model

by

Gwang-Su Kim<sup>(1)</sup>, Young-Chan Choi<sup>(2)</sup> and Moon-Jin Lee<sup>(3)</sup>

#### 요 약

제주도 남부해역을 대상으로 1997년부터 1999년까지 매달 현장 조사시 수온을 측정하였으며, 3차원 유체역학 수치모델을 이용한 시뮬레이션을 통하여 수온 분포를 재현하였다. 대상해역 내에서 화순화력발전소로부터 배출되는 온배수의 열부하를 수용하기 위한 해양환경용량을 산정하기 위하여, 3차원 유체역학 수치모델을 이용하여 화력발전소 온배수의 열부하를 정량적으로 조절함으로써 해양생물에게 부적합한 수온 변화가 나타나는 환경 악화 현상을 예측하는 시뮬레이션을 실행하였다. 화순화력발전소가 하계에 35.9℃의 온배수를 112,800m<sup>3</sup>/day의 배출량으로 바다에 방류하고 있는 현재의 상태를 기준으로 하여 예측한 시뮬레이션 결과, 발전소 온배수의 열부하가 증가할수록 발전소 주변해역의 수온은 더욱 상승하는 것으로 나타났다. 발전소 온배수의 열부하가 현재 부하의 약 5배로 증가하는 경우, 발전소 주변 연안해역에서의 수온은 하계의 현재 수온보다 0.5℃만큼 상승하는 것으로 계산되었다. 화순화력발전소로부터 배출되는 온배수의 열부하를 수용하기 위한 제주도 남부연안해역의 해양환경용량은 현재 열부하의 약 5배에 해당하는 약 530×10<sup>6</sup>kcal/day로 산정되었다. 이러한 해양환경용량은 발전소 온배수의 배출량이 112,800m<sup>3</sup>/day로 일정하게 유지되면서 온배수의 온도가 현재의 35.9℃로부터 그의 2배가 되는 71.8℃로 증가하는 경우에 해당하거나 또는 발전소 온배수의 온도가 35.9℃로 일정하게 유지되면서 온배수의 배출량이 현재의 112,800m<sup>3</sup>/day로부터 그의 4.6배가 되는 521,800m<sup>3</sup>/day로 증가하는 경우에 해당한다. 530×10<sup>6</sup>kcal/day의 동일한 열부하를 기준으로 하여, 단지 온배수 배출량만 증가하는 경우와 단지 온배수 온도만 증가하는 경우를 비교하면, 온배수 배출량만 증가하는 경우가 온배수 온도만 증가하는 경우보다 방류해역의 수온을 좀더 상승시키고, 열부하의 영향을 받는 해역 범위를 좀더 확장시키는 것으로 예측되었다.

#### Abstract

The field surveys and the measurements of seawater temperatures were conducted every month from 1997 to 1999, and the distributions of seawater temperature were simulated and reproduced by a three dimensional hydrodynamic numerical model over the southern

(1) 정회원, 목포해양대학교 해상운송시스템학부, gwngskim@mail.mmu.ac.kr  
(2) 정회원, 제주대학교 해양과학대학 해양과학부, ycchoi@cheju.cheju.ac.kr  
(3) 정회원, 한국해양연구소 선박해양공학분소, mjlee@kriso.re.kr

waters of Cheju island. In order to estimate the marine environmental capacity for the reception of the heat loads of cooling water discharged from Hwasoon Thermal Power Plant(HTPP) in the study area, the simulations for predicting the situation of unfavorable environment in which marine organisms might not be satisfied with change in seawater temperature were performed using a three dimensional hydrodynamic numerical model by controlling quantitatively the heat loads of cooling water from HTPP. Currently, HTPP discharges cooling water of 35.9°C into the sea as much as 112,800m<sup>3</sup>/day in summer. As the results of simulations, the more the heat loads from the power plant increase, the more increase the seawater temperatures around the water areas adjacent to the power plant. In case the heat loads of cooling water from HTPP become about 5 times as high as the present loads, seawater temperatures at near-shore waters adjacent to HTPP appear to be increased to the extent of 0.5°C above the existing seawater temperature in summer. The marine environmental capacity for the reception of thermal discharge from HTPP is estimated to be about 530×10<sup>6</sup>kcal/day which is equivalent to the increase of a factor of 2 in the temperature of cooling water without any change in the discharge rate of cooling water or which is equivalent to the increase of a factor of 4.6 in the discharge rate of cooling water without any change in the temperature of cooling water. Comparing the case of the increase in the discharge rate of cooling water with the case of the increase in the temperature of cooling water on the basis of the same heat loads of 530×10<sup>6</sup>kcal/day, the former case is expected to increase seawater temperature a little higher and to extend the area affected by heat loads a little broader.

Keywords: Three dimensional hydrodynamic numerical model, Marine environmental capacity Heat loads, Hwasoon Thermal Power Plant(HTPP), Cooling water

## 1. 서 론

제주도는 한반도의 남쪽에 위치한 섬으로서 그 주변이 황해, 동중국해 및 동해와 연계되는 해류와 수괴가 상존하는 해역이기 때문에 다양한 종류의 해양생물이 서식하는 천혜의 어장을 가지고 있다. 특히 제주도 남부해역은 고온·고염의 대마난류가 연중 영향을 미치는 해역으로서 아열대와 온대의 해양생물이 공존하는 독특한 연안생태계를 유지하고 있어서 보전 가치가 높은 지역이다. 그래서 제주도 남부연안해역을 연안어장으로 목장화하고 또 해양국립공원화하는 계획이 추진되고 있다. 그러나 서귀포의 관광중심 도시화, 중문관광단지의 조성과 같은 활발한 개발 활동 등으로 인하여 제주도 남부연안해역에서 연안어염이 가속화되고 있을 뿐만 아니라 화순화력발전소의 가동에 따른 온배수 배출은 연안 해역의 수질 환경에 직·간접적으로 영향을 미치고 있다.

해양생물의 분포, 성장 및 대사를 조절하는 환경요인들 중에서 수온은 가장 중요한 요인으로 (Gunther[1957]; Dickson[1975]), 온배수에 의한

수온 변화는 해양생태계에 다양한 영향을 미친다. 해상에 방류된 온배수는 주변 해역으로 점차 확장하면서 주변 해수와 혼합 및 대기와의 열교환에 의하여 희석되어, 결국 주위 해수와 열적 평형 상태에 도달하게 된다. 일반적으로 해수의 수온이 상승하면, 해양생물의 성장 및 대사의 변화뿐만 아니라 해양생태계의 군집구조 및 종조성의 변화가 나타날 수 있다. 어류는 운동성이 높고, 0.03~0.1°C의 미세한 온도변화도 감지할 수 있는 능력이 있어(Houston[1982]), 각각의 어류는 선호하는 온도에 따라 공간적으로 재분포가 일어난다. 또한, 수온 상승은 해수 밀도의 감소를 가져와서 해수중의 부유물질 침강율을 증가시키고, 용존산소의 용해도를 감소시키는 등 해수의 물리적, 화학적 특성을 변화시킬 수 있다. 특히, 수온은 온대해역보다는 열대해역에서, 그리고 다른 계절보다는 하계에 수많은 생물의 열치사온도(Thermal death point)에 더욱 근접하기 때문에, 하계의 수온 상승은 상당한 생물 손실의 원인이 될 수 있다(Clark[1986]). 이렇게 해수 온도의 변화는 수중생물의 활동, 유기물의 분해 속도 등 수질환경과

관련된 여러 인자들에 영향을 미치기 때문에, 대상 해역의 수온 변화를 예측하고 합리적으로 수질을 관리하기 위해서는 우선 계절에 따른 수온을 포함한 수질 현황을 조사하여야 한다. 그리고 대상 해역으로 유입하는 온배수가 해역의 수온과 수질 변화에 미치는 영향 범위와 정도를 파악한 후, 대상 해역의 이용에 필요한 수온과 수질을 유지하기 위하여 영향 인자를 제어하는 등 실현 가능한 대안을 수립하여야 한다.

대상 해역이 악영향을 받지 않고 수용할 수 있는 최대의 오염부하량을 환경용량이라 하고(西村 [1977]), 해역의 수질을 보전하기 위해서는 오염부하의 총량을 대상 해역의 환경용량의 범위내로 규제할 필요가 있다. 자정능력의 한계를 나타내는 환경용량은 수질 시뮬레이션을 통하여 산정이 가능하며(藏本과 中田[1991]), 오염물의 수용 한계를 나타내는 환경용량을 설정하는 것은 오염물질의 배출에 대한 총량규제나 환경정책의 근거를 확실히 하기 위해서는 필요하지만, 설정된 환경용량까지는 환경을 악화시키는 것을 공인할 우려가 있기 때문에, 미약한 오염에 대해서도 생태계가 어떻게 변화하는지를 구명하여야 함은 물론, 과학적인 근거에 의하여 환경용량을 파악할 필요가 있다(西村 [1977]). 또한 대상해역이 악영향을 받지 않고 수용할 수 있는 최대의 온배수 열부하량을 온배수 환경용량이라 하고, 온배수에 의한 열부하량의 총량을 방류 해역이 온배수를 수용할 수 있는 환경용량 범위 내로 규제할 필요가 있으며, 온배수 환경용량은 수치 모델을 이용한 수온 시뮬레이션을 통하여 산정할 수 있다.

현재의 수온 및 수질 특성을 파악하기 위해서는 현장 조사가 필요하며, 장래의 수온변화를 예측하고 수질을 관리하기 위해서는 수치 모델이 유용한 도구이다. 수치 모델을 이용하여 대상 해역의 저층에서의 수온 및 수질 시뮬레이션을 위해서는 3차원 수치모델이 필요하다. 이러한 조건을 만족하는 유체역학모델을 이용하여 대상 해역의 표·중·저층에서의 수온 분포를 시뮬레이션함으로써 온배수의 확산 범위와 온배수 환경용량을 산정할 수 있다.

국내의 발전소에서 해양으로 방류된 온배수의 확산 범위와 수온 상승으로 인한 해양환경영향에 관한 조사와 평가는 많이 이루어졌으며(김[1983]; 부산수산대학교[1989]; 서울대학교부설해양연구소 [1991]; 이와 진[1987]; 이[1983]; 조[1988]), 특히 온배수로 인한 영향범위를 설정함에 있어서 수온 상승범위를 0.5℃, 1℃ 및 2℃로 분류하여, 발전소

주변 해역의 온배수 확산범위를 예측하였다(한국 전력공사[1992a; 1992b]). 그러나, 제주도 연안해역을 대상으로 온배수 수용능력, 즉 열부하를 수용할 수 있는 환경용량을 산정한 연구는 지금까지 보고되지 않았다. 이러한 배경에서 화순화력발전소 온배수의 확산 범위와 대상 해역이 악영향을 받지 않고 온배수를 수용할 수 있는 능력, 즉 온배수 환경용량을 정량적으로 산정하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 화순화력발전소의 온배수가 제주도 남부 해역으로 배출됨으로써 나타나는 해역에서의 온배수 확산 범위와 수온 상승 정도를 3차원 유체역학 수치모델을 이용하여 정량적으로 산정하고자 하였다. 즉, 화순화력발전소의 온배수를 어느 정도의 배수량(혹은 어느 정도의 온배수 온도)으로 제주도 남부해역에 방류하면 대상 해역에서 급격한 수온 상승과 같은 환경 악화 현상이 어느 정도의 범위에서 나타나는지를 3차원 유체역학 수치모델(通商産業省[1986])을 이용하여 계산하였다. 이러한 연구 결과는 자정능력에 근거한 합리적 해양수질관리에 중요한 자료가 될 것이다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 현황 조사

#### 2.1.1 수온 및 조류

1997년 7월에서 1999년 10월까지 매월 Fig. 1에 표시된 6개의 정점(A~F)과 화순화력발전소 인근 해역에서 수온과 염분을 수온염분계(SM-2000)를 이용하여 현장에서 측정하였다. 그리고 1999년 8월 21일 14시부터 22일 15시까지 25시간 동안 전자유속계(ACM-200PD 및 ACM210-D)를 이용하여 화순화력발전소 주변해역에 위치한 정점 CM의 수심 5m와 수심 20m에서 조류의 유향과 유속을 연속 측정하였다.

#### 2.1.2 유량 및 열부하량

제주도 남부 해역으로 유입되는 5개의 지점, 즉 화순소하천(S1), 화순화력발전소(S2), 황개천(S3), 하수종말처리장(S4) 및 중문천(S5)의 유량과 수온을 1997년 7월에서 1999년 10월까지 매월 측정하였다. 그리고 각 유입 지점의 유량과 수온 자료를 이용하여 열부하량을 산정하였다.

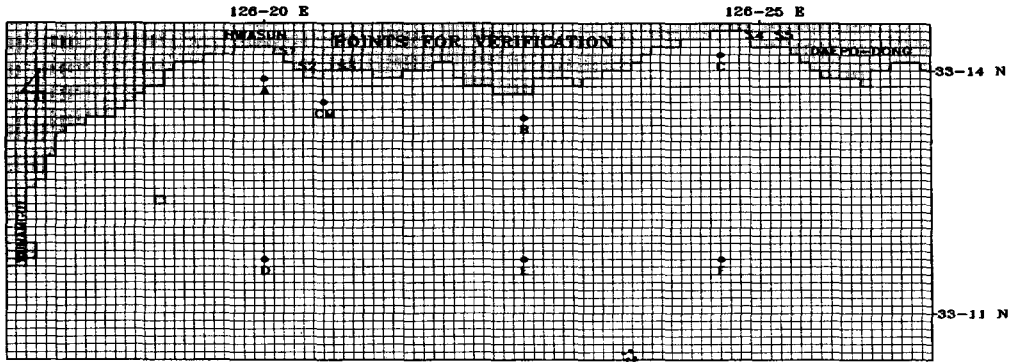


Fig. 1 Location of stations for seawater temperature and current meter, and finite-difference grid of a 3-dimensional hydrodynamic model in the southern coastal area of Cheju Island.

2.2 유체역학모델(Hydrodynamic Model)

본 연구에 이용된 해수유동모델(COSMOS)은 내만에서 밀도류계의 3차원 해석을 위한 유체역학 수치모델이며, 생태계 모델을 위한 유동장의 모델로서도 이용될 수 있는 Multi-level model이다(中田 등[1985]). 그리고 다양한 기능이 설정되어 있어서 광범위한 응용이 가능한 이 모델은 7개의 기본방정식을 유한차분근사에 의하여 수치 계산하며, 차분 Scheme은 옆스트림(Up-stream) 공간차분을 이용한 양해법(Explicit scheme)을 사용하고 있다.

제주도 남부해역의 모델 영역은 Fig. 1과 같이 93×43×3의 격자로 구성되었다. 한 격자의 크기는 동서방향과 남북방향은 동일하게 185.2m이며, 수층은 유동 특성, 유광층 및 수온약층의 깊이를 고려하여 3개의 층, 즉 표층(Level 1: 해면~수심

20m), 중층(Level 2: 수심 20m~50m), 저층(Level 3: 수심 50m~해저)으로 구분하였다. 모델 영역 내에서 해수 유동을 재현하기 위해서 M<sub>2</sub>분조의 조위와 위상을 이용하였고, 지형 및 수심은 해도(No. 218과 No. 254)의 자료를 이용하였으며, 하천을 포함한 육상 유입원으로부터 모델 해역으로 유입하는 유량은 하계의 유량을 적용하였다. 그리고 유동이 정상상태에 도달한 마지막 한 주기의 조석류를 수온 예측을 위한 수온 분포 시뮬레이션에 이용하였다. 그리고 해면과 접수대기간의 열교환량을 계산하기 위하여 일사량, 태양고도, 운량, 접수기온, 상대습도, 유효역방사량에 의한 운량계수 및 바람에 관한 하계의 기상자료를 이용하였으며, 실측 자료를 근거로 적용한 초기·경계 조건, 열부하 등 유체역학모델의 입력 자료는 Table 1과 같다.

Table 1 Input data for a three-dimensional hydrodynamic model

Parameter	Input vlaue	Parameter	Input vlaue
Mesh size	$\Delta x = \Delta y = 185.2m$	Coriolis coefficient	$f = 2\omega \sin \Phi$ ,
Water depth	Chart datum+MSL	Surface friction coef.	0.0012
Time interval	6.0 sec	Interlayer friction coef.	0.0013
Level	1 : 0m~20m 2 : 20m~50m 3 : 50m~bottom	Bottom friction coef.	0.0025
Water temp. & Salinity at open boundary	1 : 23.65°C, 32.08‰ 2 : 18.15°C, 33.27‰ 3 : 15.37°C, 33.93‰	Horizontal viscosity coef.	2.5E5 (cm <sup>2</sup> /s)
Calculation time	30 tidal cycle	Horizontal diffusion coef.	2.5E5 (cm <sup>2</sup> /s)
		Source of Discharge	Flowrate & Temp.(°C)
		Hwasun Stream (S1)	1.642E4 (m <sup>3</sup> /day), 18.0
		Thermal electric station (S2)	1.128E5 (m <sup>3</sup> /day), 35.9
		Hwangkae Stream (S3)	9.504E3 (m <sup>3</sup> /day), 28.0
		Sewage treatment plant (S4)	5.184E3 (m <sup>3</sup> /day), 29.5
		Joongmoon Stream (S5)	1.987E4 (m <sup>3</sup> /day), 24.0

### 2.3 온배수 환경용량 산정

3차원 유체역학 모델에 의한 시물레이션을 통하여 재현한 해수유통의 계산 결과를 현장에서 25시간 연속 관측 결과와 비교하여 검증한 후, 시물레이션에서 얻은 수온의 계산값이 현장 조사에서 얻은 하계의 실측값과 최대한 잘 일치할 때까지 각종 계수값을 보정하였다. 이렇게 보정된 계수값을 이용하여 재현한 제주도 남부 해역의 하계 수온에 대한 분포를 검증하기 위해서 6개 수질 조사 정점에 대하여 수온의 계산값과 실측값을 비교하였다. 검증된 하계의 수온 분포를 기준으로 화순화력발전소 유입원의 열부하량을 단계별로 증가시키면서 수온 시물레이션을 실행함으로써 제주도 남부해역에서 하계 수온 변화의 확산 범위와 수온 상승을 정량적으로 예측하였다. 이러한 방법으로 해역의 수온 변화가 환경에 악영향을 미치지 않는 0.5℃의 수온상승 범위를 기준으로(한국전력공사 [1992a; 1992b]), 발전소 주변 해역이 수용할 수 있는 최대의 열부하량을 온배수 환경용량으로 산정하였다. 제주도 남부해역은 국내의 다른 해역에 비하여 아열대적 요소가 많은 해역이고, 또한 다른 계절에 비하여 하계에는 수온상승으로 인한 해

양생태계의 영향이 크기 때문에(Clark[1986]) 하계를 대상으로 하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 수온 시물레이션

Table 1의 계산 조건과 5개 유입 지점의 유량과 수온(열부하량)을 모델에 입력한 후, 하계의 수온을 시물레이션하여 얻은 고조시와 저조시의 수온 분포를 표층, 중층 및 저층에 대하여 각각 Fig. 2, Fig. 3 및 Fig. 4에 제시하였다.

#### 3.1.1 표층 수온 분포의 재현

Fig. 2에 제시한 표층(0~20m)의 수온은 고조시와 저조시에는 전체 해역에서 20.2~23.6℃의 분포를 보였으며, 육지쪽의 연안수역보다 외해쪽의 수온이 높은 분포를 나타냈다. 화순소하천(S1)와 황개천(S3)의 하천수 및 화순화력발전소(S2)의 온배수가 유입하는 화순 연안 수역에서는 고조시에 21.0~21.8℃, 저조시에 21.7~22.0℃의 분포가 나타나고, 하수종말처리장(S4)의 유출수와 중문천(S5)의 하천수가 유입하는 중문관광단지 연안 수역에서는

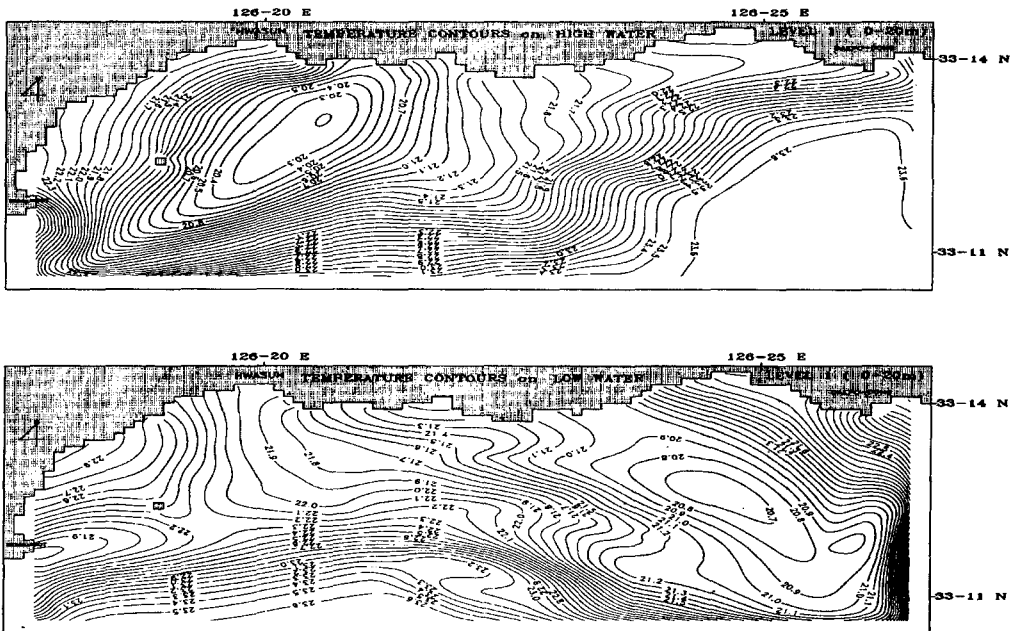


Fig. 2 The distributions of seawater temperature(°C) on surface level at high water(upper) and low water(lower) simulated under the present condition of heat loads from 5 sources of discharge.

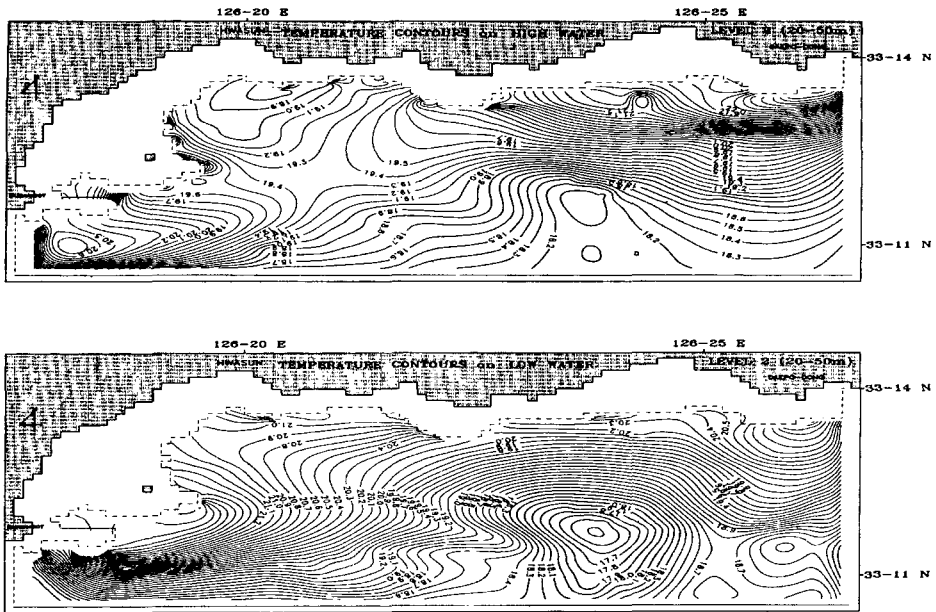


Fig. 3 The distributions of seawater temperature( $^{\circ}$ C) on middle level at high water(upper) and low water(lower) simulated under the present condition of heat loads from 5 sources of discharge.

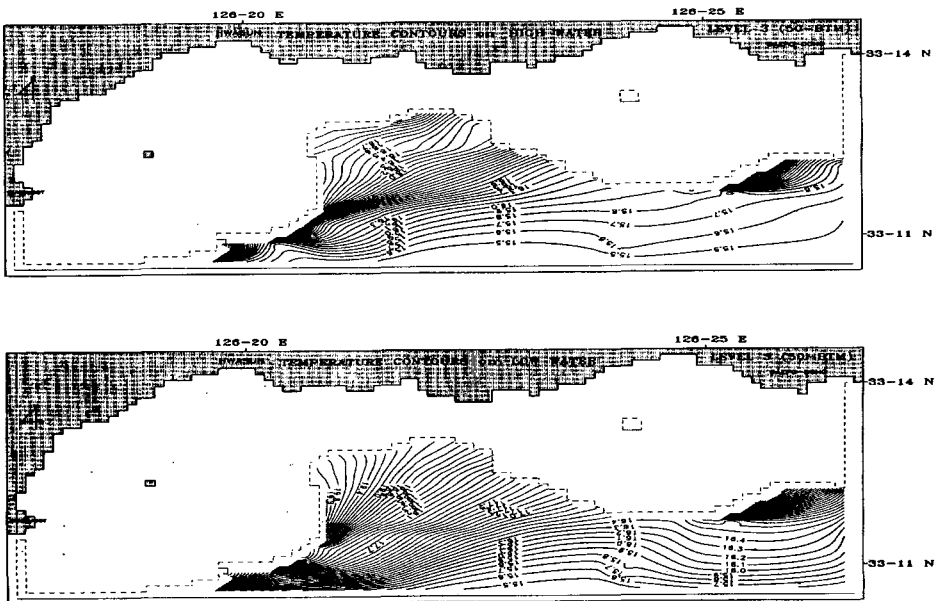


Fig. 4 The distributions of seawater temperature( $^{\circ}$ C) on bottom level at high water(upper) and low water(lower) simulated under the present condition of heat loads from 5 sources of discharge.

고조시와 저조시에 22.0~22.2℃의 분포가 나타났다.

### 3.1.2 중층 수온 분포의 재현

Fig. 3에 제시한 중층(20~50m)의 수온 분포를 살펴보면, 전체 해역에서 고조시에는 18.5~22.5℃, 저조시에는 17.5~22.0℃의 분포를 보임으로써, 표층의 분포와는 반대로 육지쪽의 연안수역이 외해쪽보다 높은 수온을 나타냈다. 화순소하천(S1)와 황개천(S3)의 하천수 및 화순화력발전소(S2)의 온배수가 유입하는 화순 연안 수역에서는 고조시에 19.0~19.5℃, 저조시에 21.0~21.5℃의 분포가 나타나고, 하수종말처리장(S4)의 유출수와 중문천(S5)의 하천수가 유입하는 중문관광단지 연안 수역에서는 고조시와 저조시에 20.5~21.5℃의 분포가 나타났다.

### 3.1.3 저층 수온 분포의 재현

Fig. 4에 제시한 저층(50m~해저)의 수온 분포는 전체 해역에서 고조시에 15.5~19.0℃, 저조시에 15.5~20.0℃의 분포를 보임으로써, 표층의 분포와는 반대로 육지쪽의 연안수역이 외해쪽보다 높은 수온을 나타냈다.

## 3.2 수온 시뮬레이션의 검증

수온 시뮬레이션의 재현성을 검증하기 위해서 6개 조사 정점에서 수온의 수층별 실측값과 계산값을 비교하여 Table 2에 제시하였다. 본 연구에서 실측값은 3년 간의 7월과 8월 관측 수온을 평균하여 정점별 수층별로 각각 제시하였다. 그리고 표준편차는 실측값의 경우에는 1.0 이내이며, 계산값의

경우에는 1.3 이내였다.

수온의 실측값에 대한 계산값의 상대오차가 육지쪽에 위치한 A, B, C정점의 표층(0~20m)에서는 -1.6~+8.6%로서 재현이 양호하였다. 또한 외양쪽에 위치한 D, E, F정점에서는 표층(0~20m)에서 -2.5~+3.5%, 중층(20~50m)에서 -0.3~+6.3%, E정점의 저층(50m이심)에서는 -1.7%를 나타내어 재현이 양호하였다.

## 3.3 열부하량의 증가에 따른 수온 예측

4개 육상 유입원(S1, S3, S4, S5)의 열부하량은 일정하게 두고, 화순화력발전소(S2)의 현재 열부하량(약  $114 \times 10^6 \text{kcal/day}$ )을 약 5배로 증가시켜서 모델 해역으로 유입시켰을 경우를 계산하여, 하계의 해역 수온 분포를 예측하였다. 그러나 중·저층에서의 수온 예측 분포가 현재의 수온 분포와 차이가 없었기 때문에 중·저층에서의 수온 예측 분포는 제시하지 않았다. 화순화력발전소(S2)로부터 현재 열부하량의 약 5배가 되는 열부하량( $530 \times 10^6 \text{kcal/day}$ )을 모델해역으로 배출하는 경우를 두 가지 경우로 분류하여 예측 시뮬레이션을 수행하였다. 즉, 발전소의 온배수 유량을  $112,800 \text{m}^3/\text{day}$ 로 유지하고 온배수 온도를 35.9℃에서 71.8℃로 2배 상승시키는 경우와 온배수 온도를 35.9℃로 일정하게 유지하고 온배수 유량을 현재의  $112,800 \text{m}^3/\text{day}$ 에서  $521,800 \text{m}^3/\text{day}$ 로 4.6배 증가시키는 경우로 분류하여 예측 시뮬레이션을 실행하였다.

### 3.3.1 발전소의 온배수 온도가 2배로 상승하는 경우

발전소의 온배수 유량을  $112,800 \text{m}^3/\text{day}$ 로 유지하고 온배수 온도를 35.9℃에서 71.8℃로 2배 상승시

Table 2 Comparison of the computed with the observed water temperature in model area of Cheju Island

St	Level	Temperature (℃)				
		Computed			Observed (B)	R.E(%)* (B-A)/B
		High Water	Low Water	Mean (A)		
A	1 (Surface)	21.43	21.90	21.67	23.72	+ 8.6
B	1 (Surface)	21.50	21.27	21.39	23.06	+ 7.2
C	1 (Surface)	22.07	21.90	21.99	21.64	- 1.6
D	1 (Surface)	21.16	22.82	21.99	21.46	- 2.5
	2 (Middle)	19.74	20.86	20.30	19.93	- 1.9
E	1 (Surface)	21.89	22.57	22.23	23.03	+ 3.5
	2 (Middle)	18.83	18.87	18.85	18.79	- 0.3
	3 (Bottom)	16.10	16.73	16.42	16.15	- 1.7
F	1 (Surface)	23.64	21.04	22.34	22.56	+ 1.0
	2 (Middle)	18.46	18.18	18.32	19.55	+ 6.3

키는 경우는 현재 열부하량(=약  $114 \times 10^6 \text{kcal/day}$ )의 4.6배가 되는 약  $530 \times 10^6 \text{kcal/day}$ 의 열부하량이 모델해역으로 배출된다. 이러한 경우, 하계의 표층 수온 분포는 Fig. 5에 제시한 바와 같이, 고조시와 저조시에 전체 해역에서  $20.2 \sim 23.6^\circ\text{C}$ 로서 육지쪽의 연안수역보다 외해쪽의 수온이 높은 경향을 나타냄으로써 Fig. 2에 나타난 현재 분포와 별 차이가 없었다. 그러나 화순화력발전소(S2)의 온배수가 유입하는 발전소 주변해역에서는 고조시에 약  $0.2^\circ\text{C}$ , 저조시에 약  $0.5^\circ\text{C}$ 의 수온 상승이 예측되었다. 그리고  $0.1^\circ\text{C}$ 의 수온 상승이 예측되는 해역 범위는 고조시에는 발전소의 동쪽으로는 약 1km, 서쪽으로는 약 1.5km까지, 남쪽으로는 약 0.5km까지로 예측되었고, 저조시에는 발전소의 동쪽으로는 약 1km, 서쪽으로는 약 2km까지, 남쪽으로는 약 0.7km까지로 예측되었다.

이러한 예측 결과를 Fig. 2에 제시된 현재의 수온 분포와 비교하면, 제주도 남부해역의 해양환경에 악영향을 미치지 않는 수온을 유지하기 위하여  $0.5^\circ\text{C}$ 의 수온 상승 범위를 기준으로 산정한 화순화력발전소 주변 해역의 온배수 환경용량은 현재의 온배수 열부하량의 약 5배에 해당하는 약  $530 \times 10^6 \text{kcal/day}$ 이다.

### 3.3.2 발전소의 온배수 유량이 약 5배로 증가하는 경우

발전소의 온배수 수온을  $35.9^\circ\text{C}$ 로 유지하고 온배수 유량을 현재의  $112,800 \text{m}^3/\text{day}$ 에서  $521,800 \text{m}^3/\text{day}$ 로 4.6배 증가시키는 경우는 현재 열부하량(약  $114 \times 10^6 \text{kcal/day}$ )의 4.6배가 되는 약  $530 \times 10^6 \text{kcal/day}$ 의 열부하량이 모델해역으로 배출된다. 이러한 경우, 하계의 표층 수온 분포는 Fig. 6에 제시한 바와 같이, 고조시와 저조시에 전반적으로  $20.2 \sim 23.6^\circ\text{C}$ 로서 육지쪽의 연안수역보다 외해쪽의 수온이 높은 경향을 나타냄으로써 Fig. 2에 나타난 현재 분포와 큰 차이가 없었다. 그러나 화순화력발전소(S2)의 온배수가 유입하는 발전소 주변해역에서는 고조시에 약  $0.3^\circ\text{C}$ , 저조시에 약  $0.5^\circ\text{C}$ 의 수온 상승이 예측되었다. 그리고  $0.1^\circ\text{C}$ 의 수온 상승이 예측되는 해역 범위는 고조시에는 발전소의 동쪽으로는 약 1.2km, 서쪽으로는 약 1.7km까지, 남쪽으로는 약 0.6km까지로 예측되었고, 저조시에는 발전소의 동쪽으로는 약 1.2km, 서쪽으로는 약 2.2km까지, 남쪽으로는 약 0.8km까지로 예측되었다.

이러한 예측 결과를 Fig. 2에 제시된 현재의 수온 분포와 비교하면, 제주도 남부 해역의 해양환경

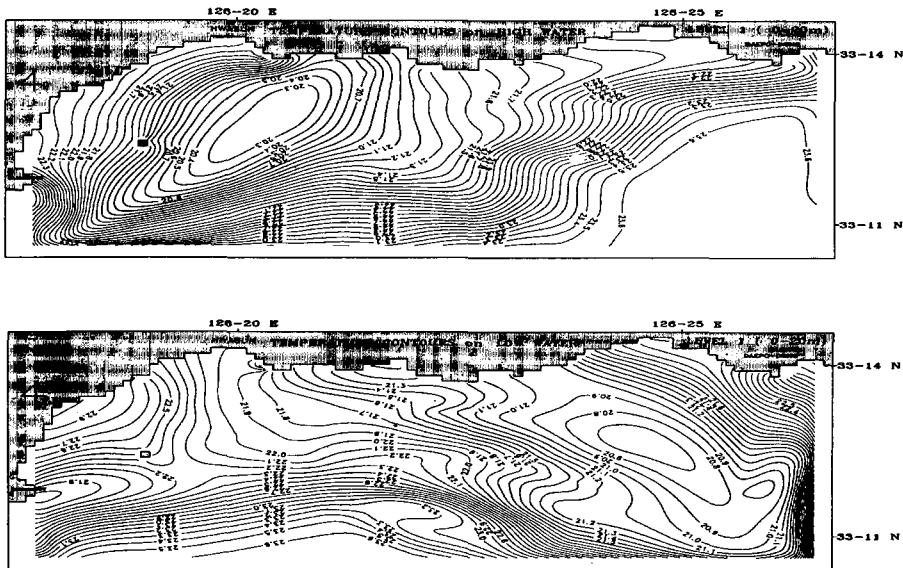


Fig. 5 The distributions of seawater temperature( $^\circ\text{C}$ ) on surface level at high water (upper) and low water(lower) simulated under the condition of loads about five times as high as the present heat loads from Hwasoon thermal power plant by increasing only the temperature of cooling water from  $35.9^\circ\text{C}$  to  $71.8^\circ\text{C}$ .



화순화력발전소 주변해역의 온배수 환경용량 산정

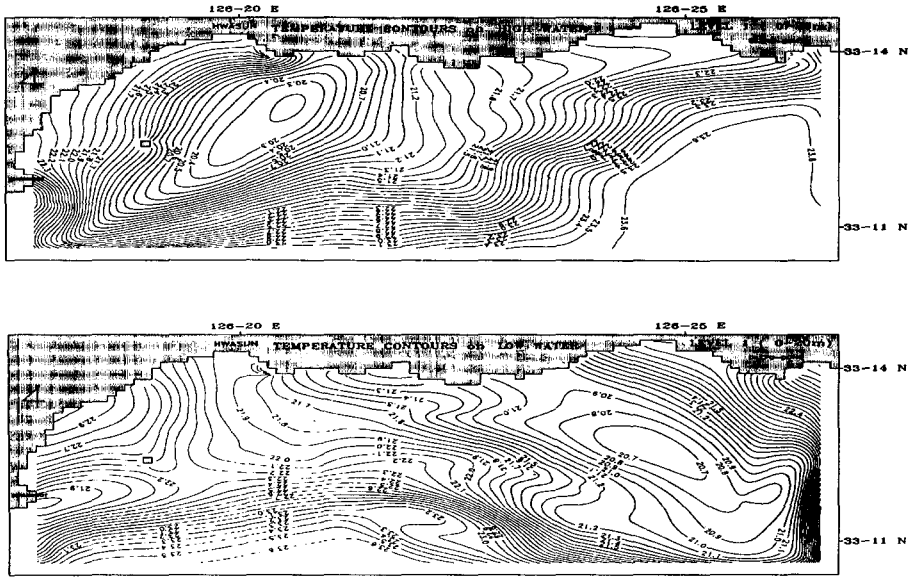


Fig. 6 The distributions of seawater temperature(°C) on surface level at high water (upper) and low water(lower) simulated under the condition of loads about five times as high as the present heat loads from Hwasoon thermal power plant by increasing only discharge rate from 112,800m<sup>3</sup>/day to 521,800m<sup>3</sup>/day.

경에 악영향을 미치지 않는 수온을 유지하기 위하여 0.5°C의 수온 상승 범위를 기준으로 산정한 화순화력발전소 주변 해역의 온배수 환경용량은 현재의 온배수 열부하량의 약 5배에 해당하는 약  $530 \times 10^6 \text{kcal/day}$ 이다.

동일한 온배수 열부하량(약  $530 \times 10^6 \text{kcal/day}$ )이 동일한 방류해역에 배출되어도, 온배수 온도가 2배로 상승한 경우(Fig. 5)보다 온배수 유량이 약 5배로 증가한 경우(Fig. 6)가 주변해역의 수온을 좀더 높게 상승시키는 것으로 예측되었으며, 수온 변화 범위도 좀더 넓게 확장하는 것으로 예측되었다. 이러한 현상은 온배수 유량이 증가할수록 해수유동이 활발하여 주변해역으로 열전달이 빠르게 이루어지기 때문으로 해석된다.

#### 4. 결론

하천을 포함한 4개의 주요 육상 유입원으로부터 열부하량을 일정하게 유지하고 화순화력발전소의 열부하량을 단계적으로 증가시키면서 해역에 유입시킬 경우, 제주도 남부해역에 위치한 화순화력발전소의 주변해역이 해양 환경에 악영향을 받지 않

는 수온을 유지하면서 수용할 수 있는 열부하량, 즉 온배수 환경용량은 어느 정도인가를 유체역학 모델을 이용하여 산정한 결과는 다음과 같다.

1. 온배수를 수용하는 해역의 수온이 0.5°C 이상 상승하지 않는 범위를 기준으로, 화순화력발전소 주변해역의 온배수 환경용량은 현재의 온배수 열부하량(약  $114 \times 10^6 \text{kcal/day}$ )의 4.6배가 되는 약  $530 \times 10^6 \text{kcal/day}$ 의 열부하량으로 산정되었다. 이 온배수 환경용량(약  $530 \times 10^6 \text{kcal/day}$ )은 현재 112,800m<sup>3</sup>/day의 온배수를 배출하는 화순화력발전소의 하계 온배수 온도가 현재의 35.9°C로부터 그의 2배에 해당하는 71.8°C로 상승하는 경우이거나 또는 하계의 수온이 35.9°C인 온배수를 배출하는 화순화력발전소의 온배수 유량이 현재의 112,800m<sup>3</sup>/day로부터 그의 약 5배에 해당하는 521,800m<sup>3</sup>/day로 증가하는 경우이다.

2. 동일한 온배수 열부하량(약  $530 \times 10^6 \text{kcal/day}$ )이 동일한 방류해역에 유입되는 두 가지의 경우를 서로 비교하면, 온배수 온도가 2배로 상승한 경우보다 온배수 유량이 약 5배로 증가한 경우가 주변해역의 수온을 좀더 높게 상승시키고, 수온 변화가 나타나는 해역 범위를 좀더 넓게 확장시키는

것으로 예측되었다.

## 후 기

본 연구는 한국학술진흥재단 (과제번호 : KRF-1997-022-H00020)의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사의 뜻을 표합니다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김은아, 1983, *고리원자력발전소 주변 미역양식장 피해원인조사*, 서울대 자연과학종합연구소, 459p.
- [2] 부산수산대학교, 1989, *온배수 및 취배수구조물에 의한 영향*
- [3] 서울대학교 자연과학대학부설 해양연구소, 1991, *월성원자력 인근 해황현황 및 어업피해영향조사*
- [4] 이순길·진 평, 1987, "화력발전소 냉각계통이 해양생물에 미치는 영향 I. 기초생산력에 미치는 영향", 한국수산학회지, 제20권 제5호, 38-390.
- [5] 이정호, 1983, *원자력시설주변의 환경영향평가 연구(II)*, 한국에너지연구소, 289p.
- [6] 조기창, 1988, *원자력발전소 온배수가 식물플랑크톤의 생태에 미치는 영향*, 인하대학교석사학위논문, 79p.
- [7] 한국전력공사, 1992a, *월성원자력 3, 4호기 건설사업 환경영향평가서*
- [8] 한국전력공사, 1992b, *영광원자력발전소 주변 해양환경조사보고서*
- [9] Clark, R. B., 1986, *Marine Pollution*, Clarendon Press · Oxford, Oxford University Press, NY, 2-3.
- [10] Dickson, D. R., 1975, *Waste heat in aquatic environment*, NRC. Pub., NRCC 14108, 40p.
- [11] Gunther, G., 1957, *Temperature*, J.W. Hedgpeth ed., *Treatise on marine ecology and paleoecology*, I. Geol. Soc. Amer. Mem., 67 : 157-184.
- [12] 西村肇, 1997, "環境容量の概念について", *海洋科學*, 通卷87號, Vol. 9, No. 1, 42-45.
- [13] 藏本武明·中田喜三郎, 1991, "東京灣における流動と底層DO濃度シミュレーション", *沿岸海洋研究ノート*, 第28卷, 第2號, 140-151.
- [14] 通商産業省, 1986, "富營養化水質汚染豫測手法開發事業", 資源環境技術總合研究所.
- [15] 中田喜三郎·石川公敏·松川康夫, 1985, "內灣の流動場の數値實驗", *沿岸海洋研究ノート*, 第22卷, 第2號, 96-108.