

해양온도차 발전소의 입지선정을 위한 해수 온도차의 공간적 분포특성 분석

서영상 · 장이현 · 조명희¹

국립수산진흥원 해양연구과 · 경일대학교 측지공학과

A Property Analysis on Spatial Distribution of Sea Water Temperature Difference for Site Selection of Ocean Thermal Energy Conversion Plant

Young-Sang Suh, Lee-Hyun Jang and Myung-Hee Jo¹

*Oceanography Division, National Fisheries Research and Development Institute,
Department of Geodetic Engineering, Kyoungil University¹*

요 약

한국동해 연근해역의 표층수온은 일반적으로 온대해역에서의 표층수온과 같이 계절 변화를 하지만, 심층에서는 연중 1°C 이하의 온도를 유지하는 동해고유수로 인하여 표층의 온수와 심층의 냉수간의 온도차를 이용한 해양온도차 발전의 충분한 잠재성이 있다. 해양온도차 발전의 제 1 조건인 표층수와 심층수간의 온도차에 관련된 한국 동해의 해양 환경적 특성을 정량화 하고자 온도차에 대한 연평균, 연진폭, 연위상을 구하고 연 중 15°C 이상의 온도차가 유지되는 기간을 일일 단위로 표현하였다. 한국 동해 연근해역 중 온도차 발전의 최적합 해역은 포항 동쪽 35 km 해역(36° 05'N, 129° 48'E)에서 55 km 해역(36° 05'N, 130° 00'E)까지로 조사 연구되었다. 이들 최적합 해역에서의 온도차는 8월의 경우 누년 평균 약 24°C로 나타났으며, 연 중 15°C 이상의 온도차가 유지되는 기간은 최대 215일(5/5-12/10)로 나타났다. 아울러 이 해역에서 온도차의 연진폭은 6°C이며, 연위상은 236°로 계획성 있는 전력 생산을 할 수 있을 것으로 사료된다. 한국 동해 연근해역에서 표층으로부터 수직으로 최단거리에 존재하는 동해고유수(수온 1°C 이하의 해수)의 수심에 대한 계절변화는 평균 300 m를 중심으로 하여 50 m 미만의 작은 변동폭을 나타내었다. 향후 이러한 안정된 위치를 나타내는 심층 냉수를 에너지로 전환하기 위한 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

Abstract— This study found a potential ability to generate electric power using difference in water temperature between sea surface water and deep water in the East Sea which includes the East Sea Proper Water with the temperature less than 1°C throughout a year without seasonal variation. To quantify the difference in water temperature between sea surface water and deep water in the East Sea, we computed the annual mean (°C), the annual amplitude (°C), the annual phase (degree) and the duration time which showed more than 15°C temperature difference from the water temperature data using Harmonic analysis during 1961~1997. The best place for generating electric power in the East Sea seems to be the eastward ocean areas (36° 05'N, 129° 48'E~36° 05'N, 130° 00'E) from Pohang city. The annual mean of the difference in water temperature between sea surface water and 500 m depth was 24°C at the place to generate electric power in August according to the data of 1961~1997. The maximum duration periods with more than 15°C temperature difference were 215 days (5/5-12/10) a year in the place mentioned above. Based on the annual amplitude (6°C) and annual phase (236°), it could be possible to generate electricity with a stable plan. In the East Sea coastal areas of the Korean peninsula, the average minimum depth to reach the East Sea Proper Water from surface water is 300 m and fluctuates between 250 m and 350 m throughout a year. Further studies could be needed for the utilization of cold water, such as the East Sea Proper Water for energy conversion.

1. 서 언

프랑스의 d'Arsonval(1881)이 해양의 표층과 심층의 수온차를 이용하여 전기를 일으킬 수 있다고 제시한 이래, 21세기를 여는 현시점의 인류과학은 그러한 이론을 충분히 현실화 할 수 있는 수준에 와 있다(Vega, 1995).

무궁한 바닷물을 이용하여 전력을 생산하는 해수 온도차 발전은 가장 이상적인 미래 에너지 자원으로 주목받고 있지만 기후적 특성상 온대해역에서는 불가능하다고 인식되어 왔다(박 등 1991) 그러나 서 등(1998)은 최근 한국의 동해가 온대해역 중 세계 어느 해역보다 온도차 발전을 위하여 최적의 조건을 구비하였다는 사실을 규명하여 대체 에너지의 새로운 가능성을 제시하였다. 국립수산진흥원의 정규 해양관측사업수행의 30년(1966~1995)간 2, 4, 6, 8, 10, 12월의 표면과 수심별(100 m, 200 m, 300 m, 400 m, 500 m) 수온측정자료를 이용하여 한국근해의 수온차를 구하고 서해, 남해 보다 동해가 온도차 발전에 적합한 지역이며, 그 중에서도 포항 연근해역이 최적합 지역임을 규명한 바 있다.

총 전력 100 MW 용량을 내는 폐쇄형 순환 해양에너지 전환시스템(closed-cycle OTEC system)이 열대해역 1,000 m 수심의 냉수를 파이프로 올려 표층의 온수와의 온도차를 이용함으로써 성공적으로 시험되었다(Ikegami and Uehara, 1994). 그러나 한국 동해의 경우 해수는 자료를 분석한 결과 수심 500 m 정도만 내려가도 연중 1°C 이하의 동해 고유냉수가 위치하고 있음이 밝혀졌다(서 등, 1998).

본 연구에서는 선행연구에서 규명된 포항 연근해 지역을 대상으로 하여 동해 고유수 상층을 흐르는 대마난류(Tsushima Warm Current)가 연중 통과하는 길목에 위치하는 포항 동쪽 약 35 km 해역을 중심으로 해양온도차 발전의 제 1 기본 요소인 온도차에 대한 계절변화, 연별 변동 등에 대하여 정량적 분석을 수행하여 온도차 발전소의 최적지를 보다 집중적으로 분석하고자 하는데 그 목적이 있다. 아울러 최근 미래 해양도시로 대두되고 있는 부산 및 제주도 그리고 독도 주변 해역에 대해서도 해양온도차 발전소의 입지 가능 여부를 각 해역의 온도차 조건을 중심으로 검증하고자 하였다.

2. 해수 온도차의 정량적 분석

국립수산진흥원에서 수행하는 국가기본 해양조사사업(국립수산진흥원, 1961~1997) 중 한국 동해 연근해역 68 점(Fig. 1)에 대하여 1961년부터 1997년까지 37년간의 격월별(2, 4, 6, 8, 10, 12월) 수온분포 중 0 m, 200 m,

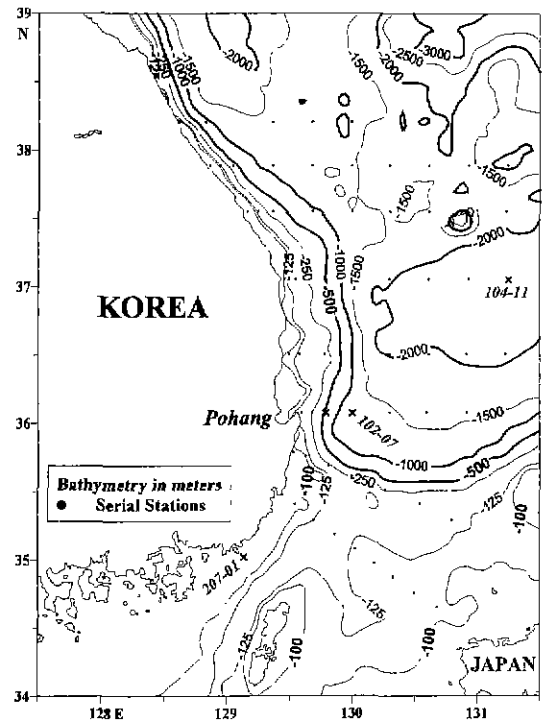


Fig. 1. Location of Serial Oceanographic Stations and Bathymetry in meters around the East Sea.

300 m, 400 m, 500 m 수층에 대한 자료를 이용하였다(서 등, 1998). 이들 자료를 기초로 하여 한국 동해 연근해역에서 발전소 운영이 가능한 표층과 특정 수층간의 온도차 분포를 파악하기 위하여 표면과 심층간 온도차(Δt)가 $15^{\circ}\text{C} \leq \Delta t < 20^{\circ}\text{C}$ 범위를 나타내는 해역과 $20^{\circ}\text{C} \leq \Delta t$ 인 해역에 대한 Δt 의 높낮이 입체도를 6월, 8월, 10월, 12월별로 나타내었다(Fig. 2).

아울러 한국 동해 연근해역에서의 표면과 200 m, 500 m 수심층간 Δt 에 대한 37년간의 연평균(annual average), 연진폭(annual amplitude), 연위상(annual phase) 그리고 Δt 가 15°C 이상인 기간이 1년 중 몇 일인가를 파악하기 위하여 조화분석(Harmonic analysis) 방법을 이용해 조사하였으며, 매년 표면과의 온도차 Δt 는 아래와 같은 조화함수로 표현될 수 있다

$$Y(t) = Y_0 + A_1 \cos(\omega_1 t - \psi_1) + A_2 \cos(\omega_2 t - \psi_2)$$

여기서 Y_0 는 연평균, A_1 , A_2 는 연진폭, 반년진폭, ψ_1 , ψ_2 는 연위상, 반년위상, ω_1 , ω_2 는 연주파수, 반년주파수, t 는 시간이며, 5개 조화상수(Y_0 , A_1 , A_2 , ψ_1 , ψ_2)는 실측치와 조화함수간 차의 제곱을 최소화함으로써 구하였으며(Kang and Jim, 1984), Δt 자료를 분석하여 도식화하

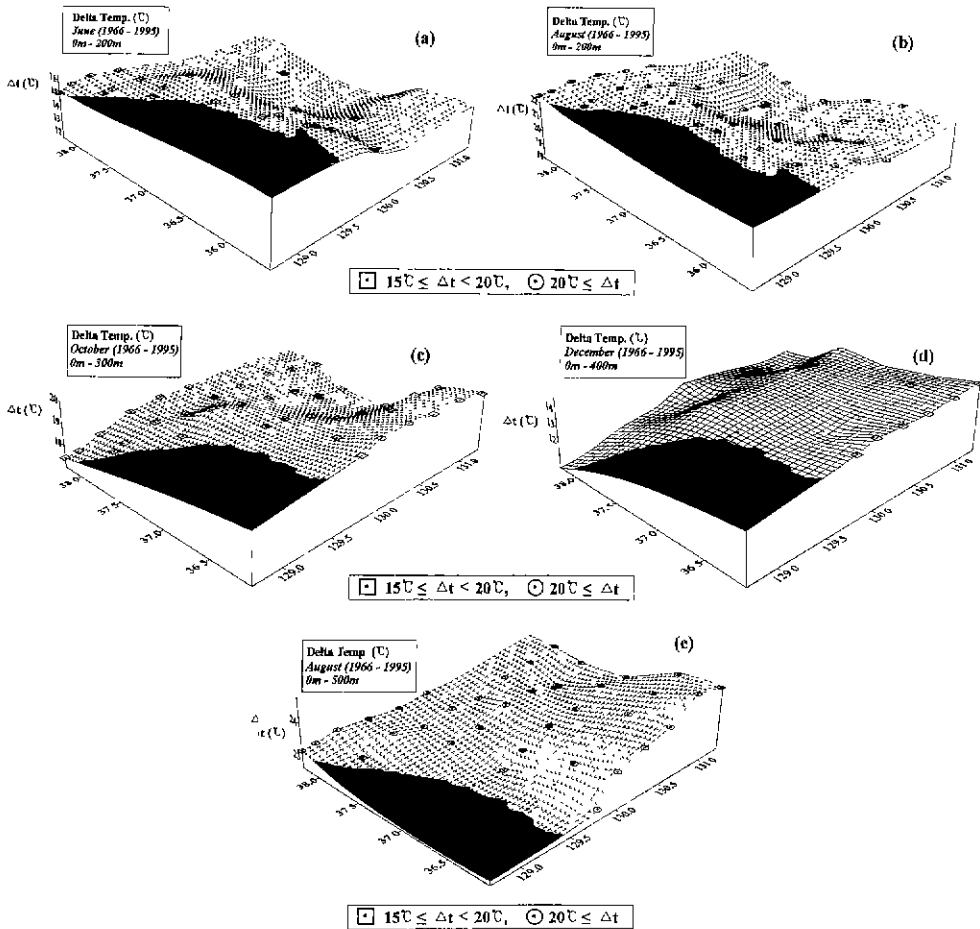


Fig. 2. Three dimensional distributions of the difference in water temperature between sea surface and each depth in June (0~200 m) (a), August (0~200 m) (b), October (0~300 m) (c), December (0~400 m) (d) and August (0~500 m) (e) during 1966~1995.

였다(Fig. 3). 한편 온대해역에서의 온도차 발전 가능환경을 조성하는데 가장 큰 기여를 하는 동해 고유수(수온 1°C 이하)가 분포하는 수심의 계절변동 및 연별 변동을 나타내었다(Fig 4-c, Fig. 5).

또한 서 등(1998)에 의해 밝혀진 한국 근해 온도차 발전소의 최적해역인 포항 연근해역의 해양 관측점 102-06점(북위 36도 05분, 동경 129도 48분)과 102-07점(북위 36도 05분, 동경 130도 00분)에서의 표면과 심층간의 온도차에 대한 보다 상세한 시간별 양상을 보기 위하여 표면과 각 층(300, 400, 500 m)간의 온도차의 6월, 8월, 10월 월별 평균에 대한 연별 변동(1961~1997)을 계산하였다(Fig. 6).

포항 연근해역(102-06점 및 102-07점)의 심층에 존재

하는 동해고유수(수온 1°C)가 표면에서 최단거리에 있는 수심의 변동양상을 보기 위해 수직 최단거리 수심에 대한 각 월별의 연별 변동(1961~1997)과 누년 평균 월별 자료를 이용한 계절 변동(1961~1997)을 나타내었다(Fig. 4a, 4b). 포항 연근해역(102-06, 102-07) 뿐만 아니라 최근 해양개발과 관련된 미래 해양도시 주변 해역에서의 발전소 입지 여부를 나타내고자 부산 영도 앞 바다 정선 정점 207-01(북위 35도 01분, 동경 129도 07분), 제주도의 우도 해역 주변의 정선 정점 204-06(북위 34도 36분, 동경 127도 03분), 독도 주변해역에 위치한 정선 정점 104-11(북위 37도 03분, 동경 131도 14분)에서의 표면과 심층 또는 저층의 수온차 값의 계절변화를 알아 보았다(Fig. 7).

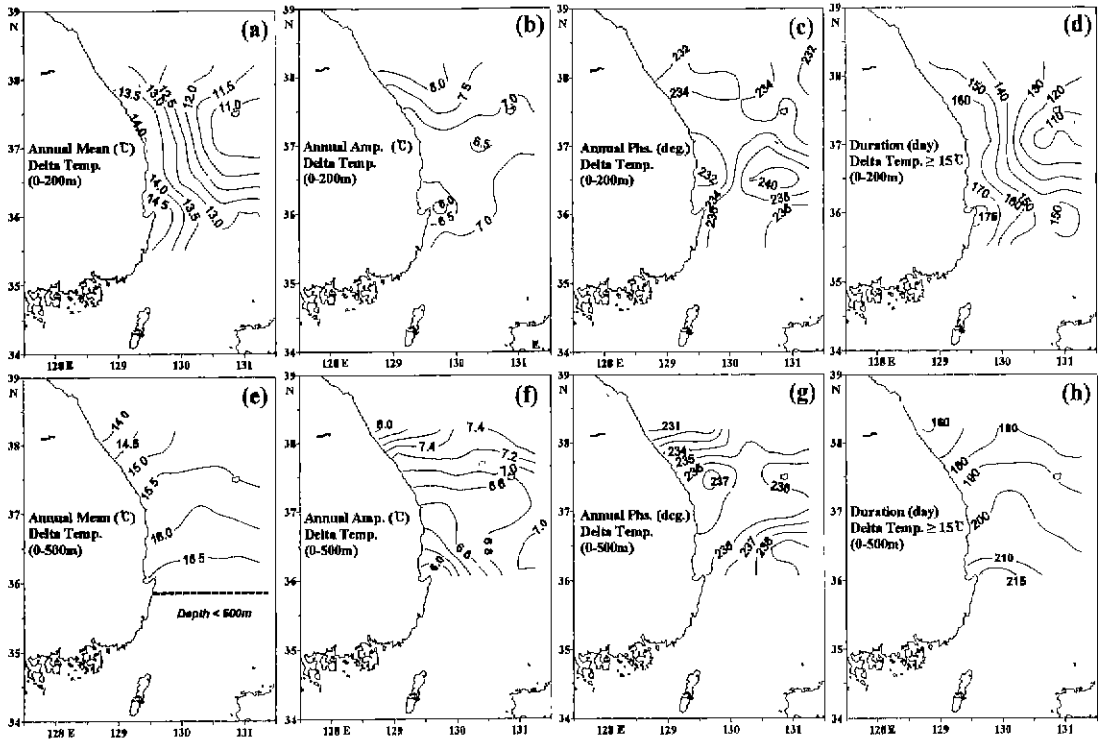


Fig. 3. Horizontal distribution of harmonic analysis constants of the difference in water temperature between sea surface and each depth (200 and 500 m) during 1961~1997.

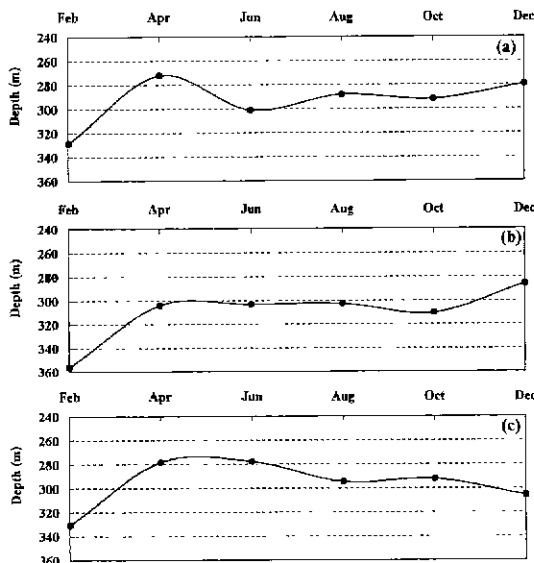


Fig. 4. Seasonal variation of the average minimum water depth of 1°C water temperature from the surface shown at 102-06 station (a), 102-07 station (b) and in the East Sea (c) during 1961~1997.

3. 한국 동해연안의 해수온도차의 공간적 분포 특성

3-1. 해수온도차의 높낮이 입체 분포

해양 온도차의 높낮이 입체도를 통해 볼 때 6월의 경우 표면과 수심 200 m간 수온차 $\Delta t(0-200\text{m})$ 가 15°C 이상인 곳이 동해연안을 따라 위치하고 있으나, 울릉도 남쪽 약 100 km 근해역에서의 온도차는 상대적으로 작게 나타났으며(Fig. 2-a), 8월의 경우에는 $\Delta t(0-200\text{m})$ 수온차가 20°C 이상인 곳이 나타나고, 북위 36도와 37도, 동경 130.5도 주변해역에서는 15°C 이상으로 상대적으로 다소 낮은 온도차 값 분포를 볼 수 있었다(Fig. 2-b). 10월의 경우에도 $\Delta t(0-300\text{m})$ 가 15°C와 20°C인 경우가 나타났으며, 울릉도로부터 남쪽 약 100 km 해역은 다소 낮은 온도 값을 보였다(Fig. 2-c).

12월의 경우 $\Delta t(0-300\text{m})$ 가 15°C 이상인 것이 포함 동쪽해역에 나타나며, 속초에서 동쪽으로 약 100 km 떨어진 주변해역과 울릉도 북부해역에서 온도차 값이 다소 낮게 나타났다(Fig. 2-d).

6월부터 12월 동안의 $\Delta t(0-500\text{m})$ 수온차가 15°C 이

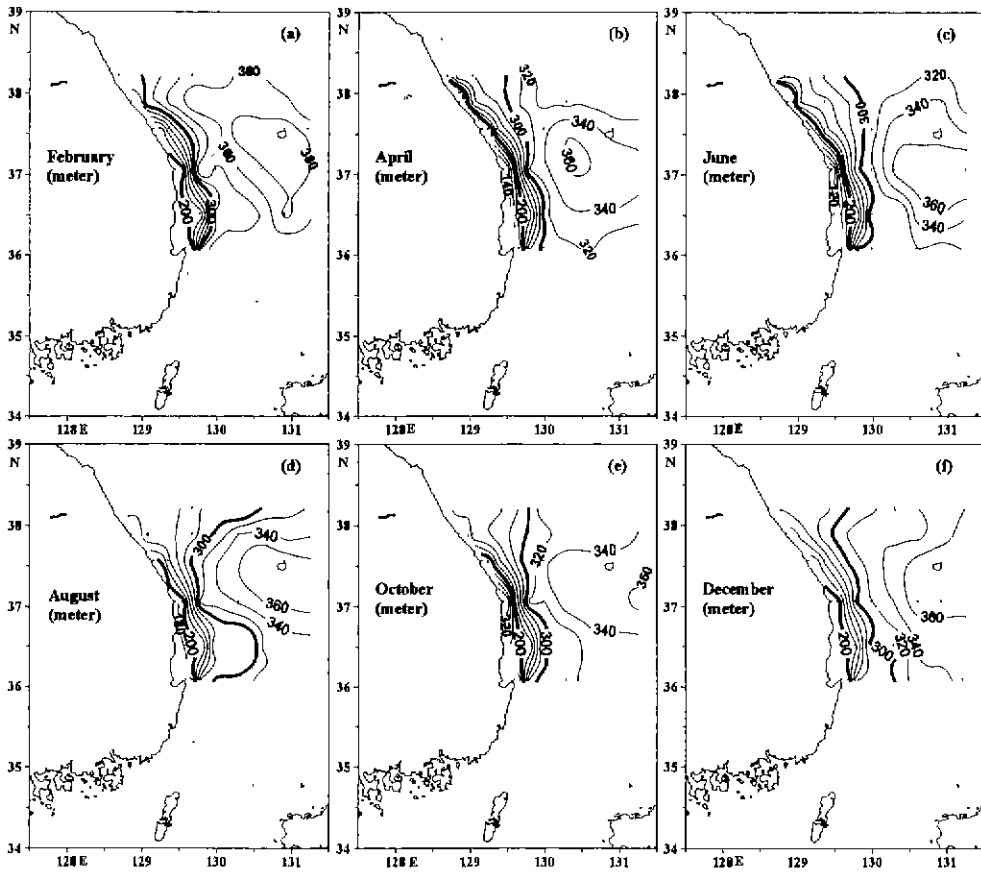


Fig. 5. The average minimum water depth of 1°C water temperature from the surface shown in February (a), April (b), June (c), August (d), October (e) and December (f) during 1961-1997.

상으로 나타나는 해역은 각 수심별 $\Delta t(200\text{ m}, 300\text{ m}, 400\text{ m})$ 값 분포량보다 광범위하며, 8월의 경우 $\Delta t(0-500\text{ m})$ 에는 대부분의 동해 연근해역에서 약 24°C 내외로 나타났다.

해수 온도차가 울릉도 남쪽 근해역에서 다른 해역에 비해 상대적으로 낮게 나타나는 것은 울릉도 남쪽, 울릉분지(Ullung Basin) 해역에 렌즈형 난수층(Ullung Warm Lens)이 심층까지 존재하기 때문이다. 이는 Kang 등(1990)에 의해 울릉도 렌즈형 난수층이 직경 약 100 km의 크기로 울릉도 남쪽 150 km×150 km 해역의 수심 약 100~300 m에 존재함이 밝혀졌고, Na와 Kim(1990)은 이러한 울릉도 난수형 와류(Ullung Warm Eddy)의 형성원인이 울릉분지의 지형과 관계가 있음을 규명한 바 있다.

3-2. 해수온도차의 조화분해 상수의 분포

표면과 200 m간 온도차 $\Delta t(0-200\text{ m})$ 및 표면과 500 m간 온도차 $\Delta t(0-500\text{ m})$ 에 대한 조화분석 결과 한국 동

해 연근해역에서 $\Delta t(0-200\text{ m})$ 의 연평균(annual mean)은 포항 연안역 14.5°C, 울진, 영덕 연안 14°C, 강릉연안 13.5°C, 울릉도 근해에서 11°C로 나타났다(Fig. 3-a).

또한 연진폭(annual amplitude)은 포항 연근해역 6°C, 울릉도 근해 및 동해남부 해역 7°C, 주문진 연근해역에서 8°C로 나타났으며(Fig. 3-b), 연중 온도차가 최대로 일어나는 시기를 나타내는 연위상(annual phase)은 한반도 대부분의 동해 연근해역에서 232°~240°(8월 22일~8월 30일)로 나타났다(Fig. 3-c). 아울러 $\Delta t(0-200\text{ m})$ 값이 15°C 이상을 나타낸 지속기간은 포항 연근해 175일(5/30-11/25), 동해 연안측에서 160일(6/4-11/14), 울릉도 근해에서 120일(6/27-10/14)로 나타났다(Fig. 3-d).

해수온도차 $\Delta t(0-500\text{ m})$ 에 대한 조화분해 결과 연평균은 포항 연근해 16.5°C 이상, 울릉도 근해 15.5°C, 주문진 연근해 14°C로 나타났으며(Fig. 3-e), 연진폭은 포항 연근해역 6°C, 울릉도 근해 7°C, 주문진 연근해 8°C로 나타났다(Fig. 3-f).

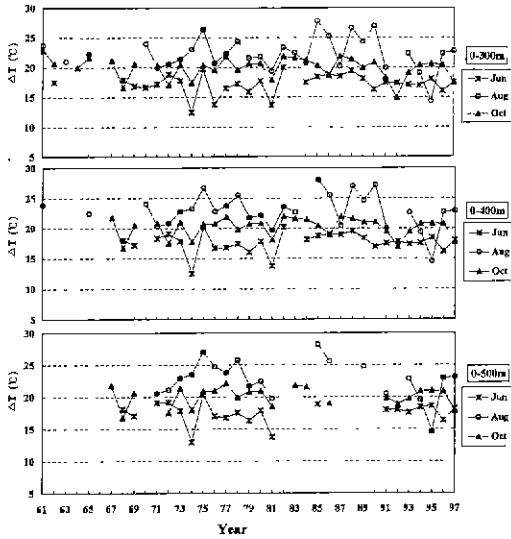


Fig. 6. Year to year variations of the difference in water temperature between sea surface and each depth (300, 400, 500 m) at 102-06 oceanographic observing station in June, August and October.

연위상의 경우에는 포항-울릉도간의 외해측은 236°~239° (8/26-8/29), 내해측 연안은 231~236°(8/21-8/26)로 나타났으며(Fig. 3-g), $\Delta t(0-500\text{ m})$ 값이 15°C 이상을 나타낸 지속기간은 포항 연근해 215일(5/5-12/10), 영덕 210일(5/10-12/10), 죽변 연근해 200일(5/17-12/7), 동해시 연근해 및 울릉도 190일(5/20-11/30), 강릉 연근해 180일(5/25-11/25), 주문진 연근해 160일(6/1-11/11)로 나타났다(Fig. 3-h).

온도차 지속기간이 최대로 나타나는 포항 연근해(정점 102-06)에서의 $\Delta t(0-200\text{ m})$, $\Delta t(0-300\text{ m})$, $\Delta t(0-400\text{ m})$, $\Delta t(0-500\text{ m})$ 에 대한 구체적 조화삼수 값을 Table 1에 나타내었으며, 이 중 $\Delta t(0-500\text{ m})$ 에 대한 1967년부터 1997년까지의 실측값과 조화분해상수의 변동값을 나타내었다(Fig. 8).

3-3. 해수표면 인접 동해고유수 수심변동

Table 1. Harmonic constants of the difference in water temperature between sea surface and each depths (200, 300, 400, 500 m) at 102-06 oceanographic observing station in the East Sea during 1961~1997.

Depth	AVG.	AVG SD	Annual Amp.	Annual Amp. SD	Annual Phs.	Annual Phs. SD	Semi-annual Amp	Semi-annual Amp SD	Semi-annual Phs.	Semi-annual Phs. SD
0-200 m	14.62	1.56	6.52	1.92	237.97	18.33	1.78	1.88	155.24	85.90
0-300 m	16.01	1.25	6.22	1.37	237.75	14.86	1.57	1.38	147.33	83.06
0-400 m	16.42	1.20	6.11	1.30	237.19	13.28	1.62	1.30	153.05	87.34
0-500 m	16.35	1.05	5.97	1.20	236.65	13.32	1.66	1.29	149.38	78.39

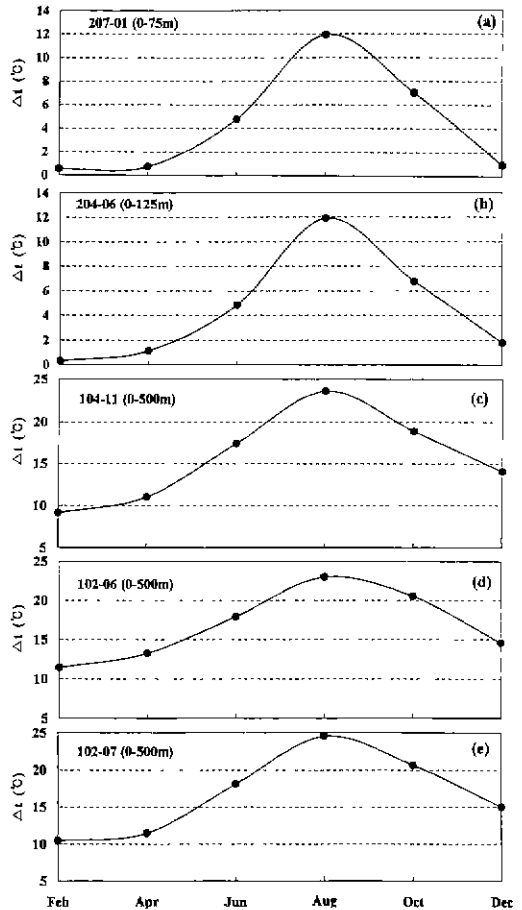


Fig. 7. Seasonal variation of the average difference in water temperature between sea surface and each depths (75,125,500 m) in Pusan (a), Cheju Island (b), Ullung Island (c) and Pohang (d, e) during 1961~1997.

한국 동해 연근해역의 해수표면에서 수직 방향 최단 거리에 있는 동해고유수(수온 1°C)의 수심에 대한 누년 평균(1961~1997년) 계절변동은 2월의 경우 330 m, 4월, 6월 280 m, 8월 295 m, 10월 290 m, 12월 305 m로 동

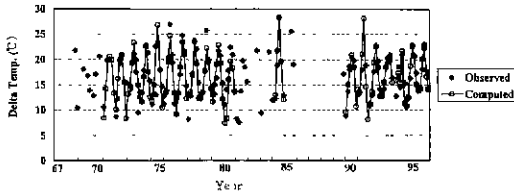


Fig. 8. The observed and simulated bimonthly time series of the difference in temperature between sea surface and 500 m water depth at 102-06 during 1967~1997.

계(2월)에 가장 깊은 수심에 냉수가 존재하였다(Fig. 4-c). 해수표면에서 최단거리에 있는 동해고유수(수온 1°C)의 수심에 대한 수평 공간분포도를 격월별로 구한 결과 한국 동해연안에 인접할수록 동해고유수(수온 1°C)의 존재 수층이 표면에 근접하였으며, 계절 평균적으로는 약 200 m 수심층에 나타났다. 한편 울릉도 근해역은 2월의 경우 380 m, 4월 340 m, 6월 350 m, 8월 360 m, 10월 340 m, 12월 360 m로 각각 동해 연안에 비해 비교적 깊은 층에 나타났다(Fig. 5-a, b, c, d, e, f).

3-4. 부산, 제주도, 독도, 포항 주변 해역 해수 온도차 분포

부산, 제주도, 독도 그리고 포항 주변해역에서 온도차 발전소의 입지가능 여부를 판단하는데 기본적인 고려 요소인 해수 온도차의 평균 계절변동을 조사하였다.

3-4-1 부산 해역 해수 온도차 분포

부산 영도 앞 바다(207-01)의 경우 수심이 깊지 않아 표층과 저층(75 m)의 해수 온도차를 구해본 결과, $\Delta t(0-75 \text{ m})$ 의 계절변화는 하계 8월의 경우 10°C 이상의 온도

차를 나타내었으나 그 외의 계절은 10°C 이하로 나타났다(Fig. 7-a).

3-4-2 제주도 해역 해수 온도차 분포

제주도 동쪽의 우도 주변 해역(204-06)의 해수 온도차 $\Delta t(0-125 \text{ m})$ 에 대한 계절변화 또한 하계 8월의 경우만 10°C 이상의 온도차를 나타내었다(Fig. 7-b).

3-4-3 독도 해역 해수 온도차 분포

독도 남서쪽 인접해역(104-11)의 해수 온도차 $\Delta t(0-500 \text{ m})$ 의 계절변화는 15°C 이상이 6월초부터 11월말까지 나타났고 20°C 이상이 7월초부터 9월말까지 나타났다(Fig. 7-c).

3-4-4 포항 연안역 해수 온도차 분포

포항에서 동쪽으로 약 35 km 떨어진 정점(102-06)에서의 $\Delta t(0-500 \text{ m})$ 의 계절변화는 15°C 이상이 봄(5월)부터 겨울(12월)까지 나타났으며, 20°C 이상이 7월부터 10월 초순까지 나타났다(Fig. 7-d).

또한 $\Delta t(0-300 \text{ m})$, $\Delta t(0-400 \text{ m})$ 그리고 $\Delta t(0-500 \text{ m})$ 의 6월, 8월, 10월에 대한 1961년부터 1997년까지의 연별 변동을 조사한 결과 대부분의 년도에서 15°C~27°C 범위를 보였으나, 1975년과 1982년 6월에 각 층별 수심간 온도차 값이 15°C 이하로 떨어진 경우가 나타났다(Fig. 6).

37년(1961~1997)간 $\Delta t(0-300 \text{ m})$, $\Delta t(0-400 \text{ m})$, $\Delta t(0-500 \text{ m})$ 의 6월, 8월, 10월의 평균값과 각 월의 Δt 값의 변동 기울기를 구한 결과, $\Delta t(0-500 \text{ m})$ 의 경우 6월에 평균 17.3°C, 8월 24.9°C, 10월 20°C를 보였다(Table 2-a).

포항에서 동쪽으로 약 55 km 떨어진 해양 관측점(102-07)에서 $\Delta t(0-500 \text{ m})$ 의 계절 변화 값 중 15°C 이상이 6월말부터 12월까지 나타났고, 20°C 이상이 6월말부터 10월 중순까지 나타났다(Fig. 7-e).

Table 2. The linear regressions of yearly series of the difference in water temperature between sea surface water and each depth (300, 400, 500 m) at 102-06 station (a) and 102-07 station (b) in June, August and October during 1961~1997.

		(a) 102-06 (1961~1997)		
Mon	ΔT	0-300 m	0-400 m	0-500 m
		June	$y=0.0212x+16.78$	$y=0.0169x+17.26$
	August	$y=-0.0217x+22.82$	$y=-0.0443x+23.86$	$y=-0.0904x+24.85$
	October	$y=-0.0314x+20.60$	$y=0.0021x+20.12$	$y=0.0011x+20.04$
		(b) 102-07 (1961~1997)		
Mon	ΔT	0-300 m	0-400 m	0-500 m
		June	$y=0.0359x+16.28$	$y=0.0303x+16.87$
	August	$y=0.0085x+22.84$	$y=-0.0056x+23.58$	$y=-0.0232x+23.80$
	October	$y=0.0117x+20.04$	$y=0.003x+20.63$	$y=0.0136x+20.20$

$\Delta t(0-300\text{ m})$, $\Delta t(0-400\text{ m})$ 그리고 $\Delta t(0-500\text{ m})$ 의 6월, 8월, 10월에 대한 연별 변동(1961~1997)을 조사한 결과 $15^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ 범위의 분포를 보였다. $\Delta t(0-300\text{ m})$ 의 경우 1977년과 1982년 6월에 15°C 이하의 값을 보였고, $\Delta t(0-400\text{ m})$ 와 $\Delta t(0-500\text{ m})$ 의 경우 1982년 6월에 15°C 이하로 예외적인 값을 나타내었다.

37년(1961~1997)간 $\Delta t(0-300\text{ m})$, $\Delta t(0-400\text{ m})$, $\Delta t(0-500\text{ m})$ 의 6월, 8월, 10월의 평균값과 각 월의 Δt 값의 변동 기울기를 구하였다. $\Delta t(0-500\text{ m})$ 의 경우 6월 평균 17.4°C , 8월 평균 23.8°C , 10월의 경우 20.2°C 로 나타났다(Table 2-b).

포항 연근해 102-06점과 102-07점의 해표면에서 가장 가까운 수층에 동해고유수(수온 1°C)가 존재하는 수심의 계절변화를 조사한 결과 2월의 경우 102-06점에서 약 330 m에, 102-07점에서 약 360 m에 나타났으나 다른 월에는 300 m 보다 얇은 층에서 나타났다(Fig. 4-a, 4-b).

4. 결 언

허(1989)는 해양온도차 발전의 제 1조건이 해표면 온도와 심층 또는 저층간의 온도차가 15°C 이상 되어야한다고 지적한 바 있다. 한국 동해 연근해역에서 표면과 심층 또는 저층간의 온도차가 15°C 이상으로 지속되는 기간은 Δt 가 0-200 m일 경우에는 수심이 200 m 보다 깊은 동해 전 연안을 따라 160일(6/4-11/14) 이상이었다. 특히 포항에서 동쪽으로 약 35 km 떨어진 곳에서는 175일(5/30-11/25) 정도이며, 울릉도 및 독도 주변해역에서도 110일(6/26-10/16) 정도 온도차 발전이 가능할 것으로 사료된다(Fig. 3-d).

$\Delta t(0-500\text{ m})$ 가 15°C 해수온도차일 경우 한국 동해 연근해역에서 1년 중 160일(6/4-11/14)~215일(5/5-12/10) 지속된다. 울릉도와 독도에서는 190일(5/20-11/30) 이상의 온도차 발전이 가능하다. 포항 연근해역에서는 15°C 이상의 온도차 값이 215일(5/5-12/10)까지 지속된다. 연평균 온도차가 16.5°C 이며, 1년 중 최대온도차가 발생하는 시기인 연위상이 236° , 즉 8월 26일에 24.7°C 로 나타남(Fig. 3-g) 등을 예측할 수 있어 계획적인 해양온도차 발전이 가능하다(Fig. 3-h).

본 연구의 조사 결과 부산, 제주도 주변해역에서는 해양 온도차 발전이 어려우며, 15°C 의 온도차로 발전 가능하다면, 1년 중 울릉도, 독도에서 적어도 180일(5/25-11/25) 이상, 포항 연안 35 km 떨어진 해역에서 215일(5/5-12/10)간 온도차 발전이 가능하다. 20°C 의 온도차를 이용한 해양온도차 발전의 예상 운영기간은 울릉도 및 독도에서 110일(6/26-10/16)까지, 포함 동쪽 약 35~55 km 떨어진 곳(정점 102-06~102-07)의 경우 125일(6/27-

10/19)까지로 예측된다.

적도해역에서는 1,000 m 수심 보다 깊은 곳에 내려가도 1°C 냉수를 찾기 힘든 상황이다. 그러나 한국 동해 연근해역에서는 혼합층 깊이가 연중 가장 깊어지는 2월에(Robinson, 1976) 동해고유수가 350 m에 있음을 제외하고, 다른 계절에는 약 300 m 수심만 내려가도 1°C 이하의 동해고유수가 연중 존재하고 있어, 온도차 발전을 위한 최적의 해양환경 조건을 가지고 있다고 사료된다. 나아가 심층에 존재하는 동해 고유수의 저수온 에너지 자원의 활용이 다각적으로 검토되어야 할 것이다.

사 사

국립수산진흥원 정성 해양관측 업무수행과 관련된 모든 분들께 감사드리며, 이 연구는 국가해양관측조사 자료 활용의 일환으로 수행되었음을 밝힙니다.

참고문헌

1. 국립수산진흥원: 해양조사연보. 국립수산진흥원, 제 10권-제 46권 (1964~1998).
2. 박원훈외 40명. 기타에너지 응용기술. 태양에너지 핸드북. 태림문화사, pp. 875-933 (1991).
3. 서영상, 장이현, 조명희. 한국근해 해양온도차 발전의 입지 선정에 관한 기초연구(I), 한국지리정보학회지, 1(2), 44-55 (1998).
4. 허영택: 해양에너지자원, 해양자원의 지식, EM문고. pp. 122-148 (1989).
5. d'Arsonval, A.: Utilization des forces naturelles. Avenir de l'electricite. Revue Scientifique; 17: 370-372. (1989).
6. Kang, H.E. and Kang, Y.Q.. Spatio-Temporal Characteristics of the Ullung Warm Lens. Bull. Kor. Fish. Soc., 23(5), 407-415 (1990).
7. Kang, Y.Q. and Jin, M.S.: Seasonal variation of surface temperatures in the neighbouring seas of Korea. J. Oceanol. Soc Korea 19, 31-35 (1984).
8. Ikegami, Y. and Uehara, H. Optimum design point for a closed-cycle OTEC system, International Society of offshore and polar engineers ISOPE, 383-389 (1994).
9. Na, J.Y. and Kim, B.H.. A laboratory study of formation of 'the Warm Core' in the East Sea of Korea. Bull. Kor. Fish. Soc., 22(6), 415-423 (1990).
10. Robinson, M.K.: Atals of North Pacific Ocean monthly mean temperatures and mean salinities of the surface layer. Naval Oceanographic Office. pp. 194 (1976).

11. Vega, L.A.: The 210 kW open cycle OTEC experimental apparatus: Status report, OCEAN'95. CHALLENGES OF OUR CHANGING GLOBAL ENVIRONMENT. Marine Technology Soc., Washington, DC USA. NEW YORK, NY USA MTS-IEEE 1995, 2, 1110-1115.