

# 한국근해 해양 온도차 발전소의 입지선정에 관한 기초연구 ( I )

서영상<sup>1</sup> · 장이현<sup>1</sup> · 조명희<sup>2</sup>

## A Basic Study on Site Selection of Ocean Thermal Energy Conversion Plant in Adjacent Seas of the Korean Peninsula ( I )

Young-Sang Suh<sup>1</sup> · Lee-Hyun Jang<sup>1</sup> · Myung-Hee Jo<sup>2</sup>

### 요 약

한반도 연근해는 지리적으로 온대해역에 속하나, 동해는 두개의 서로 다른 해류계와 연중 1°C 이하의 독특한 동해 고유수가 존재하고 있어, 최근 새로운 에너지 자원으로 주목받으며 적도해역에서 실용화되고 있는 해양온도차발전의 가능성을 본 연구를 통해 한국 연근해역에서 찾고자 하였다. 국립수산진흥원에서 정기 관측하고 있는 정선해양관측자료 중 1966~1995년간 평균 수온자료를 이용하여 계절별, 위도별로 표층과 50, 100, 150, 200, 250, 300, 400 그리고 500m 간 수온차가 15°C 및 20°C 이상으로 분포하는 해역을 파악하였다. 본 연구 결과에 의하면 20°C 이상의 수온차를 이용한 경제성있는 해양 온도차발전소의 최적지는 포항 연근해이며, 운용 유용기간은 8월~10월에 걸쳐 가능한 것으로 나타났다. 또한 15°C 이상 수온차 조건을 기준으로 볼 때 해양온도차발전 가능해역은 포항을 포함한 대부분 동해 연근해역에서 6월부터 12월까지가 적합한 것으로 나타났다. 따라서 이들 대상지역들에 대하여 최근 첨단공간분석도구로 각광받고 있는 GIS (Geographic Information Systems)을 도입하여 온도차발전소 입지를 위한 최적지를 선정하고자 GIS 탐색 1차 요건을 제시한다.

주요어: OTEC, 해양온도차, GIS, 다중공간분석, 동해

### ABSTRACT

This study was carried out to investigate the feasibility of OTEC(Ocean Thermal Energy Conversion) operation, in the East Sea of Korea. Accumulated cruise data of NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute) over the period 1966~1995 were used to locate appropriate spot by season as well as by latitude which would show the difference at least 15°C or more between the surface layer and each depth of 50, 100, 150, 200, 250, 300, 400 and 500m. Our

1998년 12월 23일 접수 Received on December 23, 1998

1 국립수산진흥원 원격탐사실 (yssuh@haema.nfrda.re.kr, lhjang@haema.nfrda.re.kr)

2 경일대학교 측지공학과 (mhjo@bear.kyungil.ac.kr)

results showed that the coastal areas of Pohang city met the requirement of more than 20°C difference for OTEC plant from August to October. In contrast, in case that 15°C would be possible thermal difference to operate OTEC plant, most coastal areas in the East Sea including Pohang from June to December are potential candidates for this future energy source. Therefore, we present in this paper the first option to locate the best place for OTEC plant operation using Geographical Information System (GIS), which is currently used for multi-dimensional space analysis.

**KEYWORD:** OTEC, GIS, The East Sea, Multi-dimensional Space Analysis, Difference Temperature.

## 서 론

지구표면적의 71%를 차지하는 해양은 수심 100m이내에 태양으로부터의 에너지를 저장함으로서 지구에 대한 에너지 창고 역할을 하고 있다. 프랑스의 d'Arsonval(1881)은 이러한 해양에 축적되어 있는 에너지를 이용하여 전기를 얻을 수 있음을 처음으로 시사한 바 있다. 해양온도차 발전(Ocean Thermal Energy Conversion: OTEC)의 원리는 해양 표면층의 더운물과 해양심층 냉수간의 온도차를 이용하여 비등점이 낮은 액체를 증발·냉각시켜 그 압력차를 이용하는 것인데, 표층과 저층간의 온도차가 20°C 정도가 되면 상업적 발전이 가능한 것으로 알려져 있다(Marchand, 1986). 비등점이 낮은 에너지 전달 매체로서는 주로 LH<sub>2</sub> (liquid hydrogen), MeOH(methanol), 또는 NH<sub>3</sub>(ammonia)가 사용되고 있다(Abde 등, 1990).

210kW 개방형 순환 해양열 에너지 전환 실험장치(Open Cycle Ocean Thermal Apparatus)에 관한 연구과제는 하와이 연근해에서 실험장치를 2,300시간 동안 완벽한 시험을 거치는데 성공하였으며, 1995년 6월에 이 운용단계는 해양온도차 발전의 중요한 이정표가 되었다(Vega, 1995).

총전력 100MW의 용량을 내는 폐쇄형 순환해양에너지 전환시스템(closed-cycle OTEC system)의 적합 설계 분석수행이 표층수온 21~29°C 범위와 1,000m 수심의 냉수를 파이프를 올려 사용하는 조건하에서 검토되었

다(Ikegami and Vehara, 1994).

해양온도차 발전방안이 제시된지 100년이 지난 지금 과학의 발달로 해양온도차 발전에 의한 전기에너지 생산은 제3의 세계에서 현실적 에너지원으로 그 가치가 대두되고 있다. 하나의 실례로서, 열전도 매체의 발달로 열 손실을 줄일 수 있으므로 해양에서 내구성을 유지할 수 있는 열전도매체에 대한 연구가 진행되고 있으며, 최근에는 copper-nikel, titanium, aluminum 합금이 시험되었다(Sullivan and Liebert 1985). 또한 지금까지 열전달 매체의 효율을 떨어뜨리던 해수중 박테리아를 제거시키는 자외선 실험방법이 고려되기도 하였다(Seki, A. 등, 1990).

OTEC 시스템은 자연에너지이므로 아주 깨끗하여 화력발전시스템에 비해 CO<sub>2</sub> 방출량이 15~25배 적게 설계·연구되었다(Green Grentner, 1990). 또한 해양온도차 발전 에너지는 주·야구별이 없는 안정적인 에너지원으로 특별한 저장 시설이 불필요하며, 계절적 변동이 충분히 예측됨으로 계획적인 발전이 기대되어 안정성과 확실성 등 질적으로 우수한 전력원이다. 이러한 에너지를 전력 등의 유효에너지로 변환시키는데는 고온원과 저온원을 동일기간에 같은 장소에서 취급하지 않으면 안된다.

본 연구에서는 동한난류계수와 북한한류계수가 상하 공간적으로 교차하는 한국 근해역에서의 온도차 분포를 파악하여 온도차 발전소의 입지 선정 여부를 타진하고자 한다.

아울러 온도차 발전소의 입지선정에 필요한 공간분석을 수행하기 위하여 GIS(Geographic



해당해역에서의 해수온의 공간분포를 도식화하기 위해서 NOAA 영상자료를 Terascan package(SeaSpace, 1995)로 처리하였다. 아울러 온도차 발전소의 입지 선정에 필요한 공간 분석을 수행하기 위하여 GIS (Geographic

Information Systems) 도구를 도입함으로써, 연안 해류, 염분, 용존산소분포 등 연안의 물리적 환경과 사회적, 경제적 조건들에 대한 주제별 도면 분석작업을 수행하고자 한다.

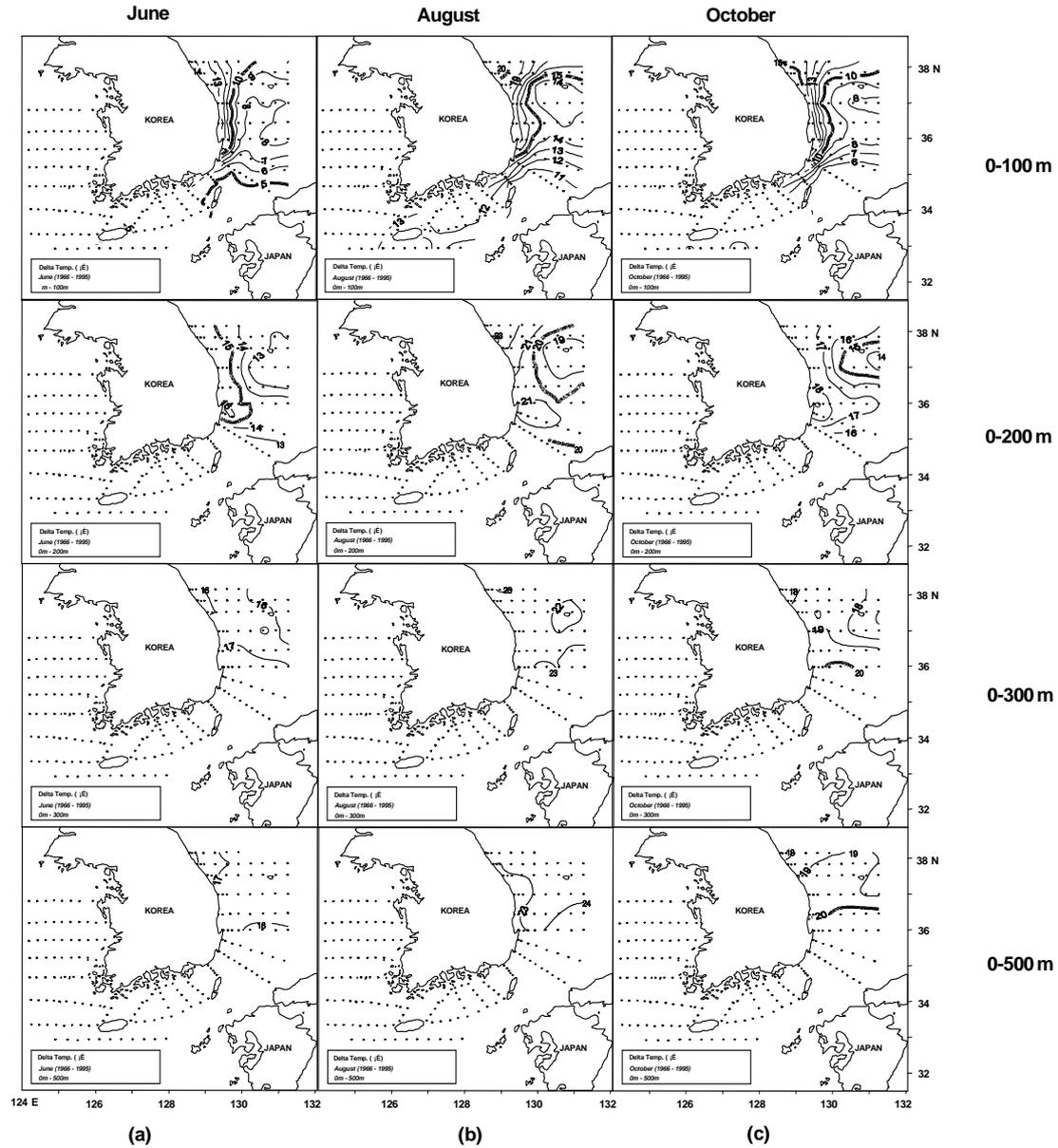


FIGURE 2. Horizontal distributions of the difference in water temperature between sea surface and each depths(100, 200, 300 and 500m) in June (a), August (b) and October (c) over 1966~1995.

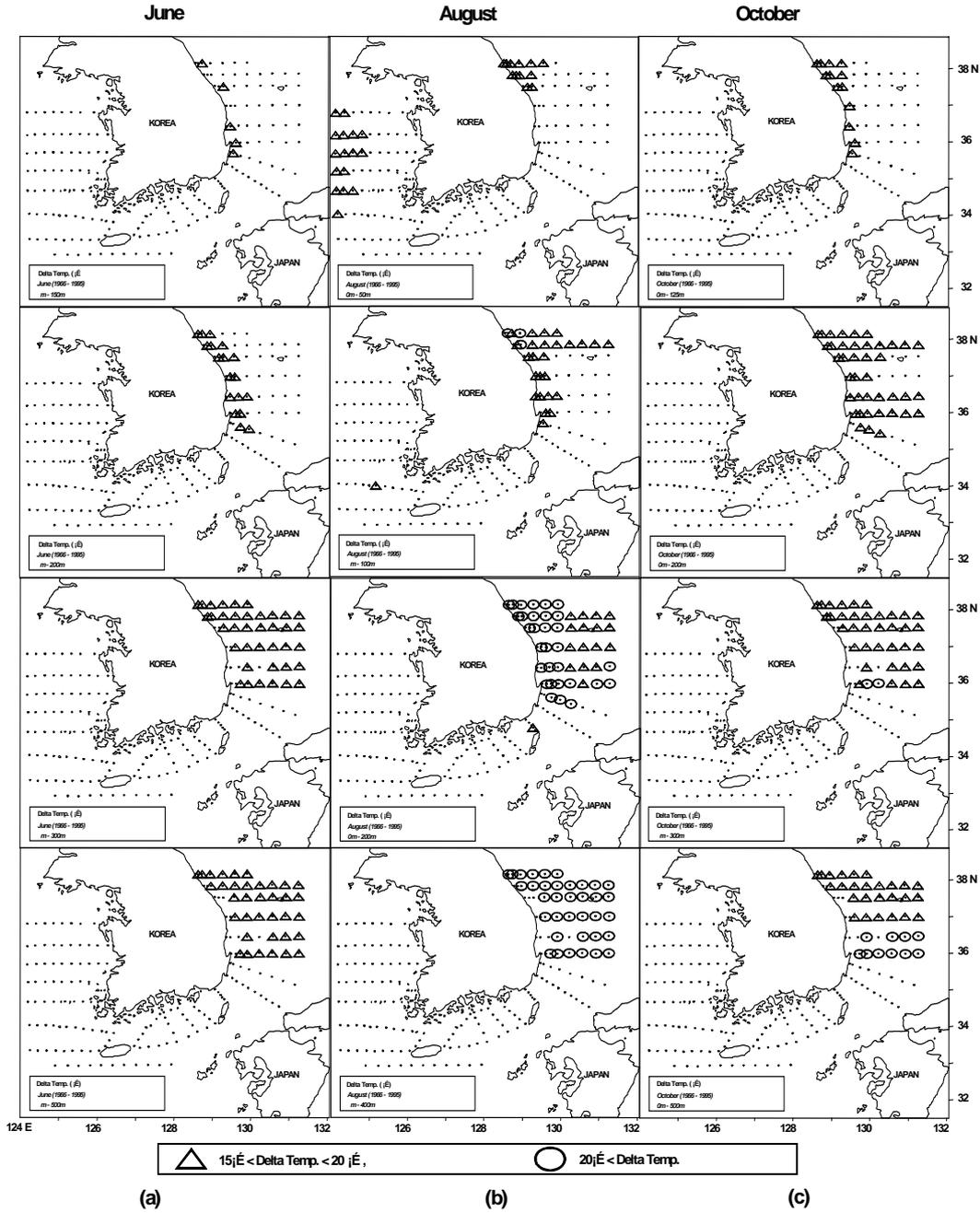


FIGURE 3. Horizontal distributions of the 15°C and 20°C difference in water temperature between sea surface and each depths(50, 100, 125, 200, 300, 400 and 500m) in June (a), August (b) and October (c) over 1966~1995

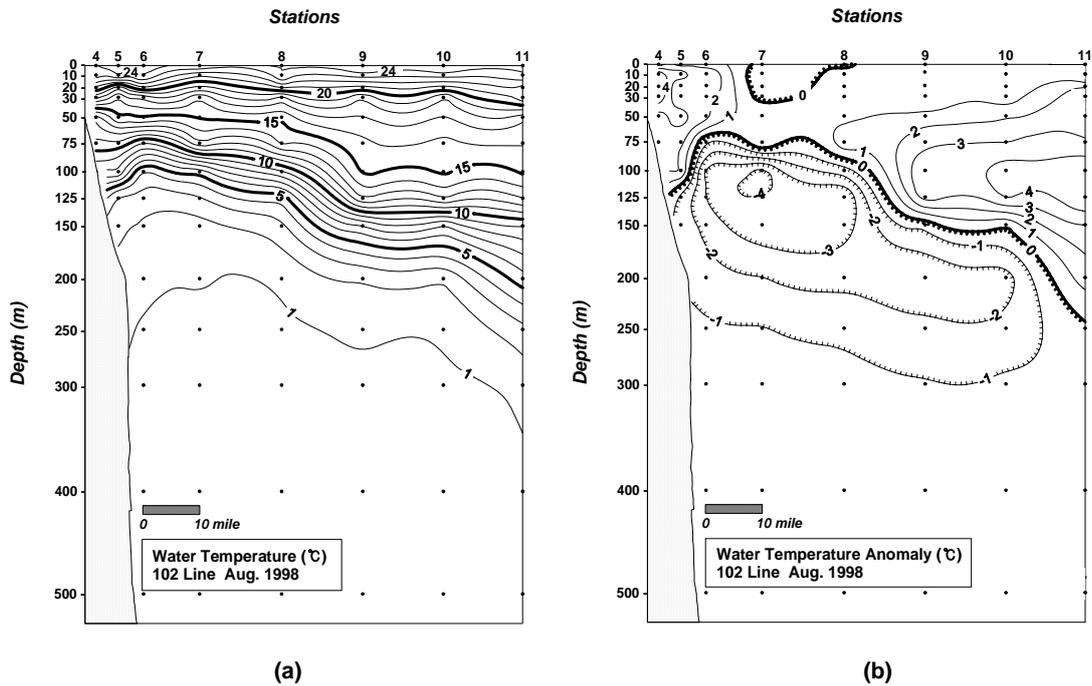


FIGURE 4. Vertical profile of water temperature (a) and water temperature anomaly (b) along oceanographic observing line 102 in August, 1998.

### 한국 근해역 해수온도차 분포

2월의 한국근해에서 표층과 심층에 대한 30년(1966~1995) 평균 수심별 온도차 분포는 0m와 50m간에는 0°C였고, 0m와 100m간 온도차는 동해의 장기갑-주문진 연안까지 3°C였다. 0m와 150m간 온도차 분포는 울산-주문진 연안에서 약 5°C였다. 0m와 200m간 온도차는 감포-주문진 연안에서 6°C였으며, 0m와 300m간 온도차는 동해 중부 연근해역 6~10°C였고, 0m와 500m간 온도차는 동해 중부 연근해역에서 7~11°C였다.

4월의 경우, 온도차 분포는 0m와 50m간은 서해 및 남해에서 1°C, 동해 감포연안-주문진 연안 3°C였다. 0m와 100m간 수온차는 감포연안-주문진 연안 5~7°C이며, 0m와 150m간은 감포연안-주문진 연안 8~10°C였다. 0m와 200m간 수온차는 감포연안-주문진 연안 9~

11°C였고 대부분 동해 연근해역에서 9~12°C (0m-300m), 10~12°C(0m-400m), 10~13°C (0m-500m)였으며, 국지적으로 장기갑-영덕 연안에서 수온차가 최고 값을 나타내었다.

6월의 경우, 0m와 50m 수심간의 온도차 분포는 서해 연안에서 8°C, 서해 중부 근해에서 10°C, 남해에서 4°C였다. 0m와 100m 수심간 온도차는 감포연안-주문진연안 10~14°C, 동해 중부 외해역은 8°C였다. 0m와 150m 수심간 온도차는 감포연안-주문진연안 14°C였고, 0m와 200m 수심간 온도차는 감포연안-주문진연안에서 15°C였다. 0m와 300m 수심간 온도차는 동해 연안 및 근해역에서 16°C였다. 0m와 400m, 0m와 500m 수심간 온도차는 동해 연안 및 근해에서 16~18°C였다.

8월의 경우, 0m와 50m 수심간 온도차 분포는 서해연안에서 10~13°C, 서해 중부 근해 15~16°C, 남해 연안역 9~10°C, 제주도-대마도

간 외해역 7~9°C, 포항-울릉도간 외해역 10°C, 감포연안-주문진연안 11~17°C 였다. 특히 동해시-주문진 연안역에서 15~17°C의 분포를 보였다. 0m와 100m 수심간 온도차 분포는 남해 연근해역 12~13°C, 울산-울릉도간 외해역 14~15°C, 울산-울릉도간 내해역 16~20°C였으며, 특히 강릉-주문진 연안역에서 20°C 분포를 보였다. 0m와 150m 수심간 온도차 분포는 울산이북 대부분 동해 연근해역에서 15°C 이상의 값을 보였고, 특히 감포-주문진 연근해역 일대에서 20°C 이상의 값을 나타내었다. 0m와 200m 수심간 온도차 분포는 울릉도 연안역(19°C)을 제외한 대부분 동해 연근해역에서 20°C 이상의 값을 보였으며, 동해시-주문진연안 일대는 22°C였다. 0m와 300m 수심간 온도차 분포는 포항이북 동해 대부분 해역에서 22~23°C였다. 0m와 400m 수심간 온도차 분포는 포항이북의 동해 대부분 해역에서 23°C였다. 0m와 500m 수심간 온도차 분포 또한 포항이북의 대부분 동해 근해역에서 23~24°C로 나타났다(Fig. 2b).

10월, 한국 연근해역에서 수심별 온도차 분포를 살펴보면, 0m와 50m 수심간에는 서해 중부 외해역 5~8°C, 서해 연안역 3~4°C, 남해 연근해역 1~3°C, 울산-울릉도간 외해역 1~3°C, 감포연안-주문진 연근해역 6~10°C로 나타났다. 0m와 100m 수심간에는 울산-울릉도간 외해역에서 6~9°C, 울산-울릉도간 내해역에서 10~15°C였으며, 특히 강릉-주문진연안에서 15°C를 보였다. 0m와 150m 수심간 온도차 분포는 울산연안에서 동경 130도선을 따라 15°C 등온선이 분포하며, 동경 130도선 연안역은 15~17°C 분포를, 외해역은 12~14°C 분포를 나타내었다. 0m와 200m 수심간 온도차 분포는 울릉도 연안해역(14°C)을 제외한 대부분 동해 근해역에서 15~17°C 분포를 보이며, 감포-영덕연안에서 18~19°C 분포를 나타내었다. 0m와 300m 수심간에는 포항 연근해역에서 20°C, 포항 이북연안에서 18~19°C, 울릉도연안에서 1

7°C로 나타났다. 0m와 400m 및 0m와 500m 수심간 온도차 분포는 포항 연근해역에서는 20°C, 영덕-동해시 연근해역에서 19°C, 주문진 연안역에서 18°C로 나타났다(Fig. 2c).

12월의 경우, 0m와 50m간 한국 연근해역에서의 온도차분포는 동·서·남해 연근해역에서 1°C 미만으로 나타났다. 0m와 100m 수심간 온도차는 제주도-대마도간 외해역에서 단지 1°C, 장기갑연안에서 동경 130도선을 따라 북쪽으로 5°C 등온도차선이 분포하며, 이를 중심으로 외해역에 4°C, 내해역에서 6°C 분포를 나타내었다. 0m와 150m 수심간에는 감포-영덕연안 및 죽변-강릉연안 일대에서 10°C로 나타나며, 외해역은 6~9°C 분포를 나타내었다. 0m와 200m 수심간에는 울산-강릉 연안역에서 11~12°C로 나타나며, 울릉도 부근해역은 8~9°C로 나타났다. 0m와 300m 수심간 온도차는 포항연근해역에서 14°C, 울릉도 부근해역에서 12°C였다. 0m와 400m 수심간 온도차는 포항 연근해역 14°C, 울릉도-주문진 11~13°C였다. 0m와 500m 수심간에는 영덕 연근해역에서 14°C, 울릉도 주변해역 13°C, 주문진 연근해역 11°C였다.

## GIS를 이용한 온도차 발전소의 입지선정

해양은 인간생활과 밀접한 관계가 있고, 각종 산업분야도 주요한 영향을 미침에도 불구하고 현재까지의 GIS연구가 주로 육지부분에 대하여 수행되어왔다. 특히 해양 수산업에 있어서의 공간정보의 중요성은 그 경제적인 부가가치 창출에 직접적인 관계를 지니며, 무엇보다도 어장 및 양식장의 개발과 관리에 있어서는 더욱 필수적인 부분으로 간주되고 있으나 첨단 공간분석도구인 GIS의 활용은 아직 미미한 실정에 놓여있다.

실시간의 정보가 제공되는 기상위성자료를 이용한 해양환경의 정보획득은 현재는 이미 일반화되어 있으나 이를 해양의 물리적 내지는 생물

적인 자료 및 지도와 결합하여 수치화하고, 현장 업무에 활용할 수 있도록 공간DB화 하는 것은 아직 국내에서는 실용화 단계에 와 있지 않다.

그러나 외국의 경우, 수온과 해저지형 그리고 염분등의 어장환경과 관련있는 요소들을 주제별로 DB화하여 어장 및 양식장의 개발 및 관리에 응용하는 연구가 활발히 수행되고 있다.

그 예를 보면, Kapetsky 등은 수산양식장 개발에 있어서의 위성원격탐사와 GIS의 활용 가능성을 타진하고(1987) 메기어장의 개발을 위하여 GIS를 적용한 바 있으며(1988), GIS를 이용한 양식장개발의 잠재력을 추정(1990)하기도 하였다. Ali 등(1991)은 파키스탄의 잉어양식업에 있어서 GIS의 활용에 관한 연구를 수행하였고, Simpson(1992)는 범지구적인 차원의 해양수산업에 있어서 원격탐사와 GIS응용의 전망에 관하여 연구하였으며, Ross 등(1993)은 연안양식에 있어서의 적지선정을 위하여

GIS를 응용한 연구를 수행한 바 있다. 그 외 Smith 등(1994)은 GIS를 이용하여 생물·물리 그리고 지리적인 자료를 통합하고 굴양식과 관련있는 자료들을 DB구축함과 동시에, 이를 기초로 굴양식관리시스템을 개발하였으며, 아울러 양식장관리를 위한 모니터링계획도 수립하였다.

이상과 같이 수산업분야에 있어서는 양식장의 개발과 관리를 위한 적지선정을 목적으로 GIS가 주로 응용되고 있으며, 아울러 연안자원 관리 및 어장관리를 위한 활용도 향후 활발하게 이루어질 전망이다. 이러한 맥락에서 근해의 온도차발전소의 입지는 에너지를 공급해 줄 뿐 만 아니라 해수의 상하층을 교란시켜주므로 새로운 어장을 형성하는 조건을 제공하기도 하여 이중의 효과를 얻을 수가 있다. 이의 효율적인 최적지 선정을 위하여 GIS를 이용한 입지선정 과정을 보면 그림 5와 같다.

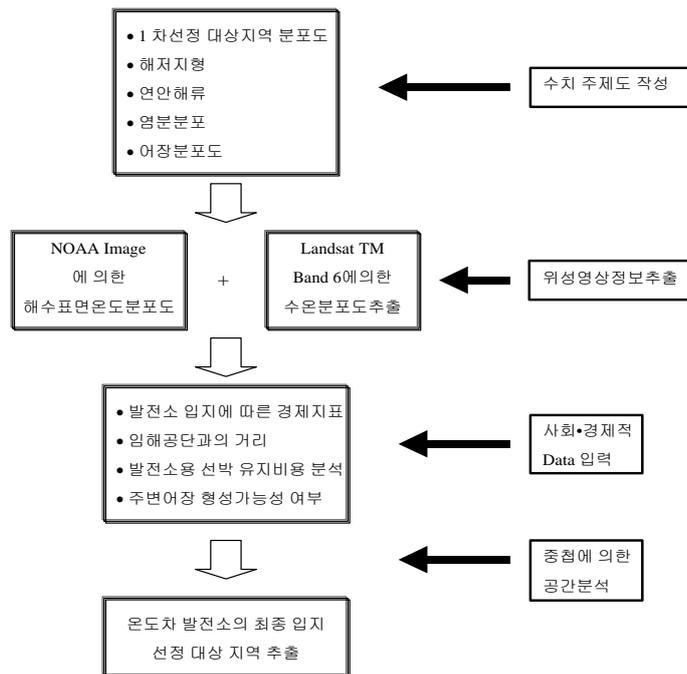


FIGURE 5. Spatial analysis procedure for site selection of OTEC using GIS

## 결과 및 고찰

세계에서 두 번째 규모인 Kuroshio 난류의 큰 지류인 Tsushima 난류는 대한해협을 거처 한 지류는 동해연안을 따라 북상하고, 다른 지류는 일본측으로 치우쳐 고위도까지 북상한다(그림 6). 이중 동해 연안해역을 따라 흐르는 난류를 동한난류(East Korea Warm Current)라한다. 지리적으로 동한난류의 주축에 해당하는 동경 130도선에 위치한 정선해양관측점을 따라 위도 증가에 따른 수심별, 격월별 온도차

의 경향을 알아보면, 동계 및 춘계에 해당하는 2월, 4월, 12월의 경우 표면과 각 수심별의 온도차는 위도 변화에 관계없으나, 정선해양관측점 102-07점(36°5'N)에서 2월, 4월, 12월의 각 수심 300m, 200m, 250m 온도차는 같은 경도상 다른 관측점에 비해 비교적 높은 값을 나타내었다(그림 7a).

6월의 경우 해양 표면과 수심 125m까지의 온도차 값은 저위도(208-05점, 35°5'N)에서 고위도(107-07, 38°13'N)로 갈수록 증가하나, 수심 150m와의 온도차 값은 위도변화에

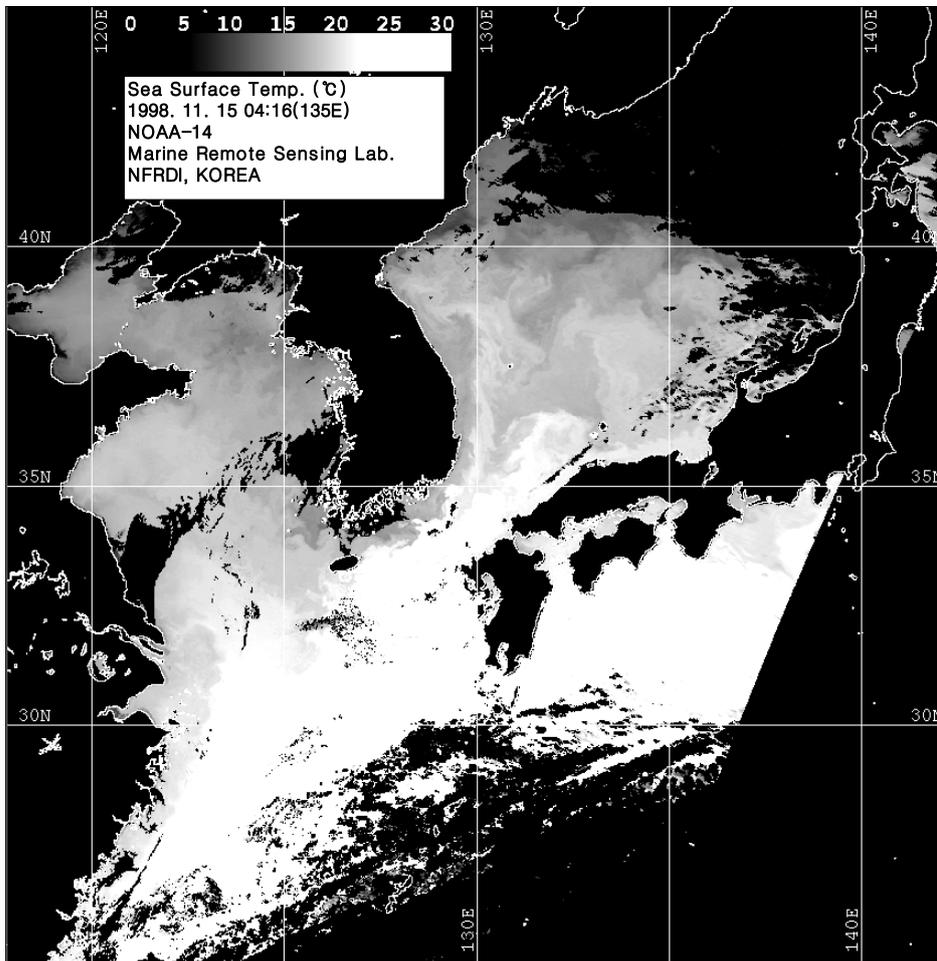


FIGURE 6. Sea surface temperature distribution around Korean waters from NOAA-14 satellite.

관계없는 동일한 온도차 값을 나타내었다. 표면과 200m 이심층간의 온도차는 위도변화에 관계없이 15~18°C 범위를 보였다(그림 7b).

8월의 경우도 6월의 경우와 유사하나, 표면과 수심 125m까지와의 온도차 값이 저위도에서 고위도로 갈수록 급증가 하였다. 표면과 150m 이심층간의 온도차 값은 위도변화에 관계없이 15~24°C 범위를 보였고 특히 200m 이심부서는 20°C 이상의 값을 나타내었다(그림 7c).

10월의 경우도 위도에 따른 온도차 변화가 저위도에서 고위도로 갈수록 다소 완만하게 증가하였으나, 표면과 150m 이심층간의 온도차 값은 위도 증가에 관계없이 15~21°C 범위를 보였다(그림 7d).

박 등(1991)에 의하면 한국 근해역에서는 해양온도차 발전에 필수적인 해수온도차가 20°C 정도인 곳이 없다고 언급한 바 있으나, 실제 관측자료를 이용하여 온도차 발전 가능해역에 관한 연구를 수행한 결과, 20°C 정도의 온도차 값이 8월과 10월에 동해 연근해역에서 나타났다.

8월의 경우, 동해연안에서는 표면과 불과 수심 100m간에서 나타났으며, 해수표면과 수심 200m간 20°C 수온차 값이 동해 대부분 해역에서 나타났다. 심지어 표면과 수심 400m간 수온차 분포는 동해 중부 대부분 해역에서 23°C~24°C의 높은 값을 보였다(그림 2b).

10월의 경우, 표면과 수심 300m 이심층간의 온도차 값이 20°C가 넘는 곳이 포함 연근

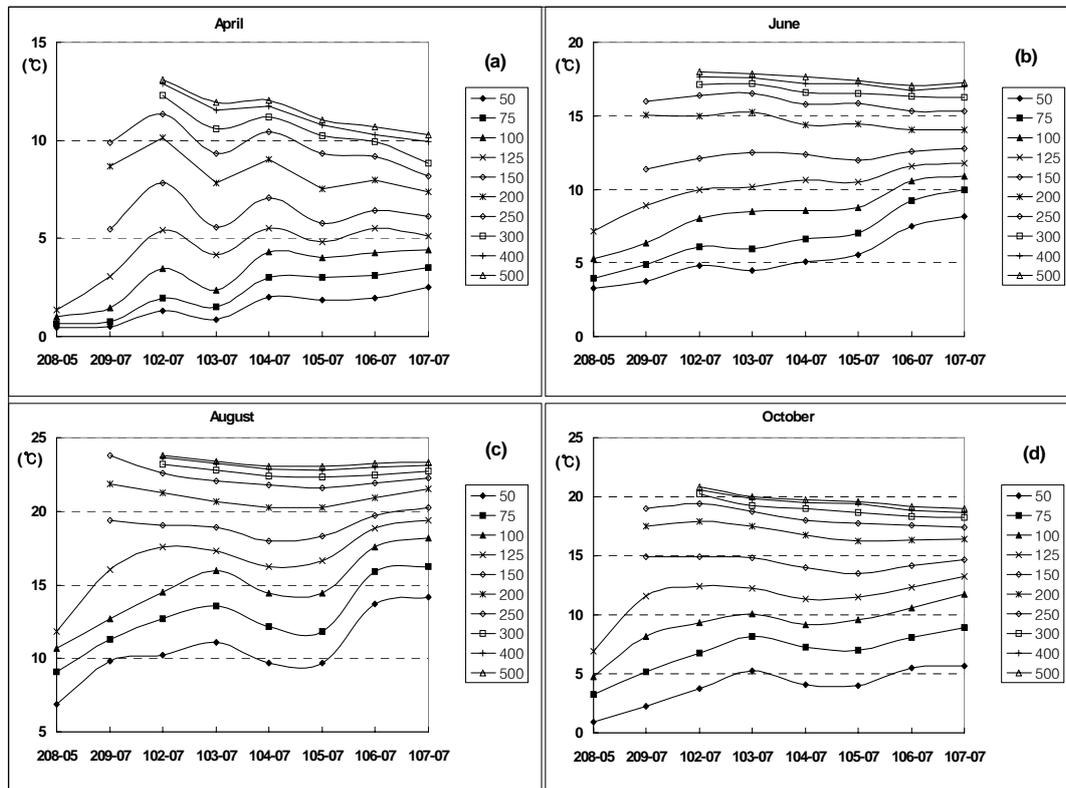


FIGURE 7. The variation of difference temperature between sea surface and each depths(50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400 and 500m) with the increasing latitude from 208-05 station(35°5'N) to 107-07 station(38°13'N) along 130°E longitude.

해역에 나타났다. 이런 결과를 통해 해수온도차 발전소의 운영여부를 해수온도차 20°C 이상으로 기준한다면, 우리나라 동해의 포항 연근해역에서 8월부터 10월까지 발전이 가능한 것으로 판단된다(그림 2c).

1998년 8월 동해남부 연근해역(정선 102)에 대한 연직수온단면도 작성 결과, 수심이 깊어짐에 따라 수온이 급증가하는 수심(수온약층)과 수심에 따른 수온분포 양상은 수심 30m에서 수온 21°C를 중심으로 계절수온약층이(Seasonal Thermocline) 형성되었으며, 수심 100~200m 사이에 수온 11°C를 중심으로 영구수온약층(Permanent Thermocline)이 형성되었다(그림 4a). 평년에 비해 영구수온약층을 경계로 상층부는 고온상을 나타내고 하층부는 저온상을 보였다(그림 4b). 북상하는 동한난류 세력이 강할 때 동시에 남하하는 북한한류 세력이 강해지는 경향을 잘 파악할 수 있으며, 온도차 발전의 관점에서 볼 때 이러한 해양환경이 호조건으로 작용된다.

허(1989)에 의하면 온도차 발전의 제 1조건은 수온차로서 표·저층간의 온도차가 15°C 이상되어야 한다고 지적한 바 있다. 한국 근해역에서 표·저층간의 해수온도차가 15°C 이상인 곳은 6월의 경우, 동해 연안으로 표면수온과 수심 150m 층간의 온도차가 동해남부 감포에서 주문진까지의 연안 인접해역이다. 표면수온과 수심 200m 이심간의 해수온도차가 15°C 이상인 곳은 수심이 깊어질수록 발전 가능해역이 외해역으로 확장됨으로서 동해 전해역이 온도차 발전 가능 해역 후보지가 된다(그림 3a).

8월의 경우, 해양표면과 불과 50m 수심간 15°C 이상의 해수온도차 값은 서해 중부해역과 동해의 강릉-주문진 연안에 나타났으며, 표면과 125m 이심간 15°C 해수온도차는 대부분의 동해 연근해역에서 나타나 동해 전해역이 해수온도차 발전 가능 적합지로 고려될 수 있겠다(그림 3b).

10월의 경우, 표층과 125m간 해수 온도차가 15°C 이상인 곳은 동해의 감포연안에서 주문진연안에 걸쳐 분포한다. 수심 125m 보다 깊은 곳과 표면온도차간 값이 15°C인 곳은 수심이 깊어질수록 외해역으로 확대되어 동해 중부 대부분 해역이 온도차 발전 적지로 고려된다(그림 3c).

12월의 경우에는 유일하게 관측점 102 Line(36°5'N) 표층과 400m 이심간 해수온도차는 15°C로 나타났다. 이는 GIS 기법을 이용한 해저지형과 해양표면수온의 중첩에 의한 분석결과, 포항 연근해역쪽으로 수심 500m 등심선이 깊이 인접하여 1°C 이하의 동해 고유수가 연안에 접안할 수 있는 물리적환경을 조성할 뿐만아니라 그 표층에서는 동한난류가 북상하는 주된 길목으로서 상·하층 수온차가 가장 크게 나타나는 것으로 분석되었다.

이상의 결과로 볼 때 15°C 이상의 온도차 조건에서 발전이 가능하다면, 해양온도차 발전 가능 해역은 수온조사자료를 분석한 결과, 일차적으로 한반도 주변해역 중 동해 연안 및 근해역 대부분이 해당되는 것으로 나타났으며(그림 3 참조), 일년 중 6월부터 12월에 걸쳐 온도차 발전소를 가동시킬 수 있음이 밝혀졌다. 이 경우에 있어서의 국외 연구사례에 의하면, 저층수를 상승시키는 파이프의 길이가 1,000m 이상이 요구되고 있으나, 한국 동해 연안에서는 그 절반인 500m 이하의 시설물만으로도 가능하므로 열효율면이나 시설 설치면에서 유리한 입지에 있다고 하겠다. 따라서 향후 GIS를 이용하여 해양온도차 발전소 설치 지점의 최적지선정에 관한 연구를 계속 수행해 나갈 예정이다.

## 감사의 글

국립수산진흥원 정선 해양관측 사업 수행에 관련된 모든 분께 감사드립니다. **KAGIS**

## 참고문헌

- 박원훈 외. 1991. 기타에너지 응용기술: 태양에너지 핸드북. 태림문화사, 875~933쪽.
- 허영택. 1989. 해양에너지자원: 해양자원의 지식. EM문고, 122-148쪽.
- Abdel, A., H. K., M. M. Khan, V. C. John and M. B. Amin. 1990. Sea thermal power: A survey study for the Arab coastal waters. *Energy-SOUR* 12(4):393-405.
- Ali, C. Q., L.G. Ross and M.C.M., 1991. Microcomputer spreadsheets for the implementation of geographic information systems in aquaculture: A case study on carp in Parkistan *AQUACULTURE* 92(2-3):199-205.
- d'Arsonval, A. 1881. Utilization des forces naturelles. *Avenir de l'electricite. Revue Scientifique* 17:370-372.
- Green, H. J. and P. R. Guenther. 1990. Carbon dioxide release from Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) cycles. *TECH. REP. SOLAR ENERGY RES. INST.* 22pp.
- Ikegami, Y. and H. Vehara. 1994. Optimum design point for a closed-cycle OTEC system. *International Society of offshore and polar engineers ISOPE*, 383-389.
- Kapetsky, J.M., L. McGregor, and E.H. Nanne. 1987. A Geographical information system and satellite remote sensing to plan for aquaculture development: AFAO-UNEP/GRID cooperative study in Costa Rica. *FAO Fisheries Technical Paper*, NO.287, 51pp.
- Kapetsky, J.M., J.M. Hill and L.D. Worthy. 1988. A Geographical information system for catfish farming development, *AQUACULTURE*. 68(4):311-320.
- Kapetsky, J.M., J.M. Hill, L.D. Worthy and D.L. Evans. 1990. Assessing potential for aquaculture development with a geographical information system. *J. World Aquaculture Society*. 21(4):241-249.
- Marchand, P. 1986. Thermal energy from the oceans BREST-FRANCE-IFREMER 211pp.(in French).
- Ross, L.G., Q.M. Mendoza, E.A. and M.C.M. Beveridge. 1993. The application of geographical information systems to site selection for coastal aquaculture: An example based on salmonid cage culture. *AQUACULTURE*. 112(2-3): 165-178.
- Sea Space. 1995. *Terascan Manual release 1.02*,(3), 250pp.
- Simpson, J.J. 1992. Remote sensing and geographical information systems: Their past, present and future use in global marine fisheries. *Fisheries Oceanography* 1(3): 238-280.
- Smith, G.F., S.J. Jordan and K.N. Greenhawk. 1994. An oyster management information system: Integrating biological, physical, and geographical dimensions. *J. Shellfish Research*. 13(1):284pp.
- Sullivan, P. K. and B. E. Liebert, 1985. Nondestructive monitoring of biofouling and corrosion of OTEC heat exchanges, *OCENS '85 proceedings : Ocean engineering and the environment. Marine Technology Soc., Washington, DC USA ; IEEE Ocean Eng. Soc., NY USA* 1985. (2): pp.1267-1272.
- Vega, L. A. 1995 The 210kW 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): pp.1110-1115. **KAGIS**