황해난류수와 황해저층냉수***

방익찬*·김태희**

Yellow Sea Warm Current and Yellow Sea Bottom Cold Water***

*Pang Ic-chan,** *Kim Tae-hee***

Summary

In winter, warmer temperatures are extended up to the middle of the Yellow Sea while higher salinities stay only in the southern Yellow Sea. At a first glance, it looks like the effects of diffusions. in the absence of the northward Yellow Sea Warm Current. However. in order to explain the weak diffusions in summer, the advections are necessary : the northward Yellow Sea Warm Current in winter and the southward Yellow Sea Bottom Cold Water in summer.

The two flows are related. When the Yellow Sea Warm Current is strong in winter, the Yellow Sea Bottom Cold Water becomes weak in the following summer, and vice versa. This supports the opinion that the Yellow Sea Bottom Cold Waters are formed in the preceding winter. It also suggests that the heats in the Yellow Sea are supplied mainly by the Yellow Sea Warm Current.

서 론

황해와 동중국해에는 각기 독립된 요인에 의해서 발생하는 두 개의 해수순환이 있는 것으로 보고되었다(방과 김, 1990 : 방과 노, 1991). 그 중 하나는 쿠로시오의 흐름에 의해서 유도되는 1차적인 강한 해수순환인데 비해 다른 하나는 계절풍에 의해 발생하는 매우 완만한 2차적인 해수순환이다. 계절풍은 영향성 대륙붕(double shelf)의 해저지형에 의해 Ekman Transport의 영향이 효과적으로 나타나는 황해에서 역풍류를 발생시켜 그 결과 겨울철에는 황해난류수가 북상하고 여름철에는 황해저층냉수가 남하하는 것으로 해석되고 있다(Fig. 1). 그러나 아직은 이러한 해석을 뒷받침할 구체적인 자료분석 결과들이 좀 더 필요한 상태이다. 본 논문에서는 1984-1988년의 국립수산진흥원 관측 자료를 분석하여 황해난류수의 북상과 황해저층냉수 남하와의 관계를 살펴보았다.

* 해양과학대학 해양학과

** 해양과학대학 해양학과(대학원생)

*** 이 논문은 1991 문교부 학술진흥재단 연구비에 의하여 연구되었음.

황해난류수의 북상과 황해 저층 냉수의 남하

황해난류의 북상은 Uda(1934) 이래로 긍정적인 견해(Byun and Chang, 1988 등)와 부정적인 견해(Lie, 1985 : 김 등, 1991 : 이 등, 1991)들이 제시되어 논쟁 중이며 아직 확실하게 해결되지 않고 있다. 이에 비해, 황해저층냉수의 남하 현상은 꾸준히 보고되어 왔으며(Asaoka and Moriyasu, 1966; Nakao, 1977; Lie, 1984; Park, 1985, 1986), 김 등(1991)과 이 등(1991)의 보고에 의해 거의 확실해진 것 같다. 이들은 아주 미약하고 불규칙한 흐름으로서 직접적인 관측이나 특정자료 분석 만으로 확인하기는 어려운 현상들이다. 이 현상들을 밝히는데 따르는 다른 어려움은 국내에서 이루어지고 있는 대부분의 해양관측이 우리나라 해역에 국한되어 황해 전해역을 파악하기가 어려운 점이다. 방과 노(1991)는 역풍류의 축이 황해 중앙골 보다는 중국연안쪽의 40~50m 수심으로 이동되어 국내자료만으로는 이 현상들이 뚜렷하게 나타나지 않을 가능성이 있다고 하였다.

황해난류의 가능성은 여러 면에서 나타난다. 만일 황해난류가 없다면 황해로의 열과 염의 공급은 해수의 흐름에 의하지 않고 확산에 의해서 이루어질 수 밖에 없다(이와 김, 1989). 실제로 황해의 염분분포를 보면 등염분선이 동서 방향으로 분포하여, 해수가 북상한다기 보다는 염이 확산된다고 해석하는 쪽이 타당해 보인다(Lie, 1985). 그러나 이러한 해석은 황해를 유지하기 위해 필요한 막대한 양의 열과 염이 단지 확산에 의해서만 공급될 수 있는지의 의문을 제기한다. 황해난류에 대한 부정적인 견해에도 불구하고 고온고염인 황해난류수가 황해로 유입될 가능성은 제주도 주변해역과 동중국해의 연구에서 꾸준히 나타나고 있다(Byun and Chang, 1988; 방과 김, 1990; 방과 노, 1991). 이외에도 황해난류수의 황해유입은 해류관측(Hsueh and Romea, 1983)과 수치실험(방과 김, 1990)결과에도 나타나며, 그 가능한 역학도 제시되었다(Park, 1986 : Pang 1987; Hsueh and Pang, 1989). 그러므로 현재의 당면과제는 황해의 특성 관측자료들이 보여주는 부정적인 결과와 그외의 다른 긍정적인 결과를 어떻게 해결할 수 있느냐의 문제일 것이다.

Fig. 2은 국립수산진흥원 관측선 307-314정선의 정점 10들을 연결한 남북단면에서 50m층의 수온과 염분의 시간변화를 나타낸 것이다. 염분 분포는 예상한대로 황해 남부해역에 고염분이 분포하며 황해 중부까지는 북상하지 못하고 있다. 그러나 특이한 점은 10℃이상의 분포가 12월 경에 황해 중부해역까지 확장되는 것이다. 이러한 수온과 염분의 분포는 해수의 흐름이라기 보다는 열과 염의 확산을 보여주는 것으로 볼 수도 있다. 열의 확산은 염의 확산보다 훨씬 크기 때문에 염의 확산이 황해 남부해역에 머무르는데 반해 열의 확산은 황해 중부해역까지 미칠 수 있기 때문이다. 10℃이상의 분포가 12월 경에 나타나는데 비해 34‰ 이상의 분포는 2월 경에 나타나는 것 역시 확산의 차이에서 비롯될 수도 있다.

그러나 확산의 해석은 왜 여름철에는 확산이 발생하지 않는지의 설명이 필요하다. 황해 남부해역을 보면 여름철에는 저온저염의 해수가 분포하고 겨울철에는 고온고염의 해수가 분포하고 있는데 이 분포의 차이에 의해 황해 중부로의 확산이 달라지고 있음을 알 수 있다. 즉 여름철에 확산현상이 뚜렷이 나타나지 않는 이유는 저온저염수가 황해 남부해역까지 분포하기 때문이며 겨울철에 확산현상이 뚜렷이 나타나는 이유는 반대로 고온고염수가 황해 남부해역에 분포하기 때문이다. 이와 같은 해수분포의 계절변화는 확산으로는 설명될 수 없으며 해수의 흐름으로 만이 설명될 수 있다. 그런데 이러한 해수의 흐름이 동중국해의 요인에 의해서가 아니라 계절풍에 의한 황해의 역풍류에 의해 나타난다는 것을 감안한다면(방과 김, 1990; 방과 노, 1991), 근본적으로는 황해 중부해역의 특성분포를 결정 짓는 것은 확산이 아니라 황해의 해수순환임을 알 수 있다. 역풍류는 여름철에 남동계절풍에 의해 황해 중앙부를 따라 북류의 흐름을, 겨울철에 북서계절풍에 의해 남류의

흐름을 생성하기 때문에 여름철에는 저온저염수가 남하하고 겨울에는 고온고염수가 북상하게 된다.

황해 중부해역의 특성분포만을 보면 황해의 열과 염은 해수의 흐름에 의해서가 아니라 확산에 의해 공급되는 것으로 보인다. 그러나 확산의 계절변화와 황해의 해수순환이 발생하는 요인을 고려해 본다면 Fig. 2는 여름철에 저온저염수가 남하하고 겨울철에 고온고염수가 북상하는 것을 보여준다. 다만, 이러한 해수의 흐름들은 매우 약하기 때문에 황해 중부해역의 특성분포에는 확산의 효과가 크게 나타나고 있다.

두 현상들의 관계

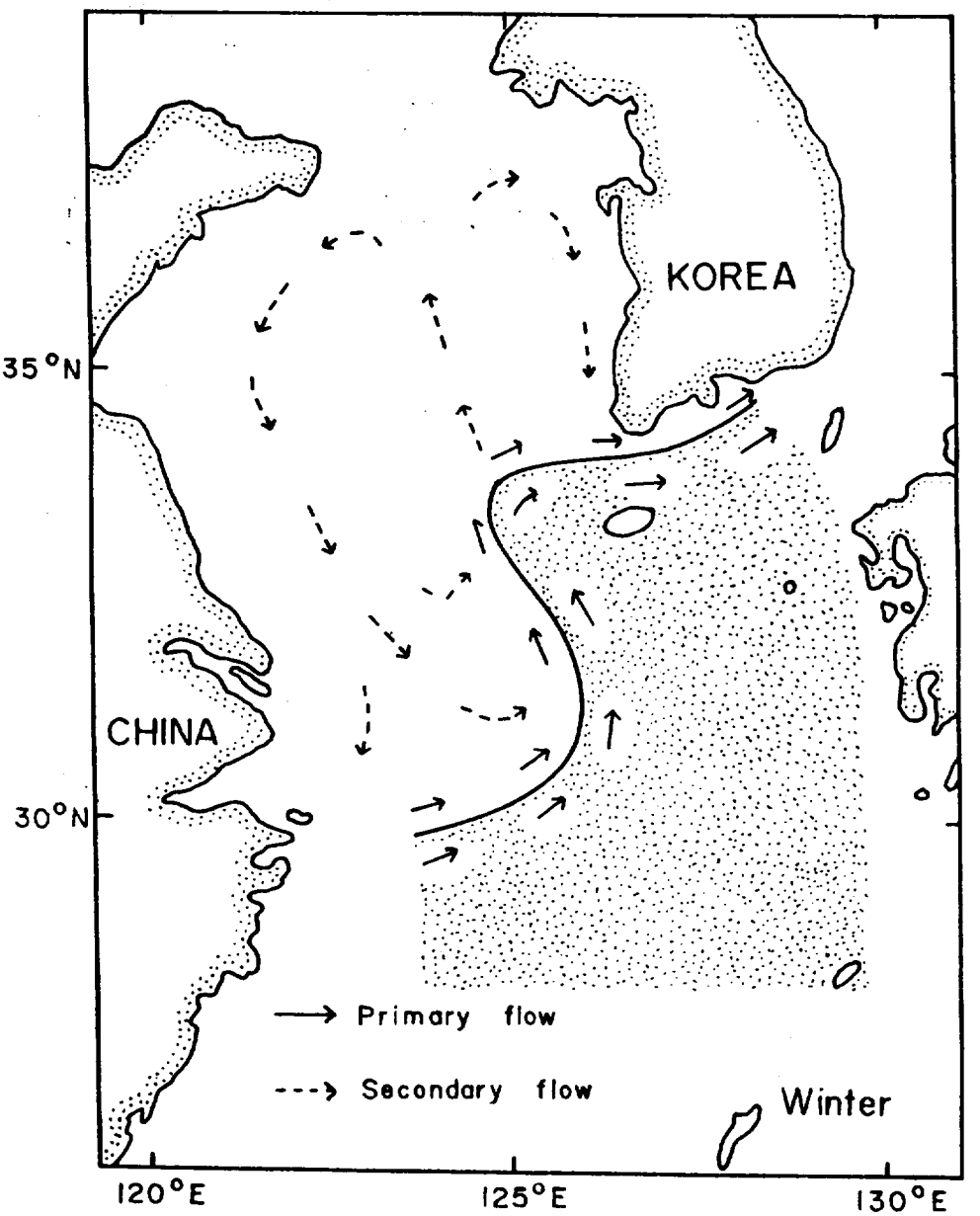
황해난류수의 북상과 황해저층냉수의 남하는 전혀 독립된 순환현상들이 아니라 어느 정도 관련이 있는 현상들로 나타난다. Fig. 3은 1984-1988년 사이의 50m층 특성분포 중 겨울철에 고염분수의 분포가 가장 많이 북상했던 1987년과 가장 적게 북상했던 1984년의 특성 분포를 비교한 것이다. 겨울철에 34.0‰이상의 고염수가 소흑산도 부근 해역까지 북상하는 1987년의 경우에는 10℃이하의 냉수세력이 35°N 이남으로 남하하지 못하고 있다. 반면에 10℃이하의 냉수가 황해남부에서 제주도 서방해역으로 설상의 분포를 보이는 1984년의 경우에 34.0‰이상의 고염수는 다른 해에 배해 다소 남쪽해역에 분포하고 있다. Fig. 4는 313정선 50m층의 수온과 염분의 시간적에 따른 변화를 보인 것이다. 34.0‰ 이상인 고염수가 넓고 오랜시간 지속되는 1985년과 1987년의 경우에는 10℃이하의 냉수괴가 나타나지 않거나 좁고 짧은 시간에 걸쳐 나타나는 반면에 34.0‰ 이상의 고염수가 좁고 짧은 시간에 분포하는 1984년과 1986년에는 10℃이하의 냉수는 비교적 오랜 시간에 걸쳐 나타나 있고 있음을 알 수가 있다. 312정선과 314정선에서도 유사한 양상이 나타나고 있다.

이 결과들은 황해난류수의 북상과 황해저층냉수의 남하의 연관성을 보여주는 것이다. 겨울철 황해난류의 북상 세력이 강하면 여름철 황해저층냉수의 남하 세력은 약화되고, 겨울철 황해난류의 북상 세력이 약하면 여름철 황해저층냉수의 남하 세력은 강화된다. 이것은 황해저층냉수가 바로 전의 겨울철에 형성된다는 보고를(양 등, 1984; 윤, 1986)뒷받침해 주며, 황해의 열 공급이 황해난류수에 의해 결정된다는 것을 아울러 보여준다.

적 요

첫째, 황해의 수온과 염분분포에는 겨울철에 큰 확산의 효과가 나타나는 반면 여름철에는 확산의 효과를 거의 볼 수 없다. 그 이유는 겨울에는 황해난류수가 북상하는 반면 여름에는 황해저층냉수가 남하하기 때문이다. 결국, 황해에는 확산의 효과가 크기는 하나 황해의 특성분포에 근본적인 영향을 주는 것은 해수의 흐름이기 때문에, 황해의 특성분포로 부터 겨울철 황해난류수의 북상과 여름철 황해저층냉수의 남하를 확인할 수 있다.

둘째, 황해난류수의 북상과 황해저층냉수의 남하는 연관을 가진다. 겨울철에 황해난류수의 북상이 강하면 여름철에 황해저층냉수의 남하세력이 약화되고 반대로 겨울철에 황해난류수의 북상이 약하면 여름철에 황해저층냉수의 남하세력이 강화된다. 이것은 황해저층냉수가 겨울철에 형성된다는 견해를 뒷받침해 주며 황해의 열 공급이 황해난류수에 의해 결정된다는 것을 아울러 보여준다.


KOREA
CHINA
35°N
30°N
120°E
125°E
130°E
Primary flow
Secondary flow
Winter

(a)

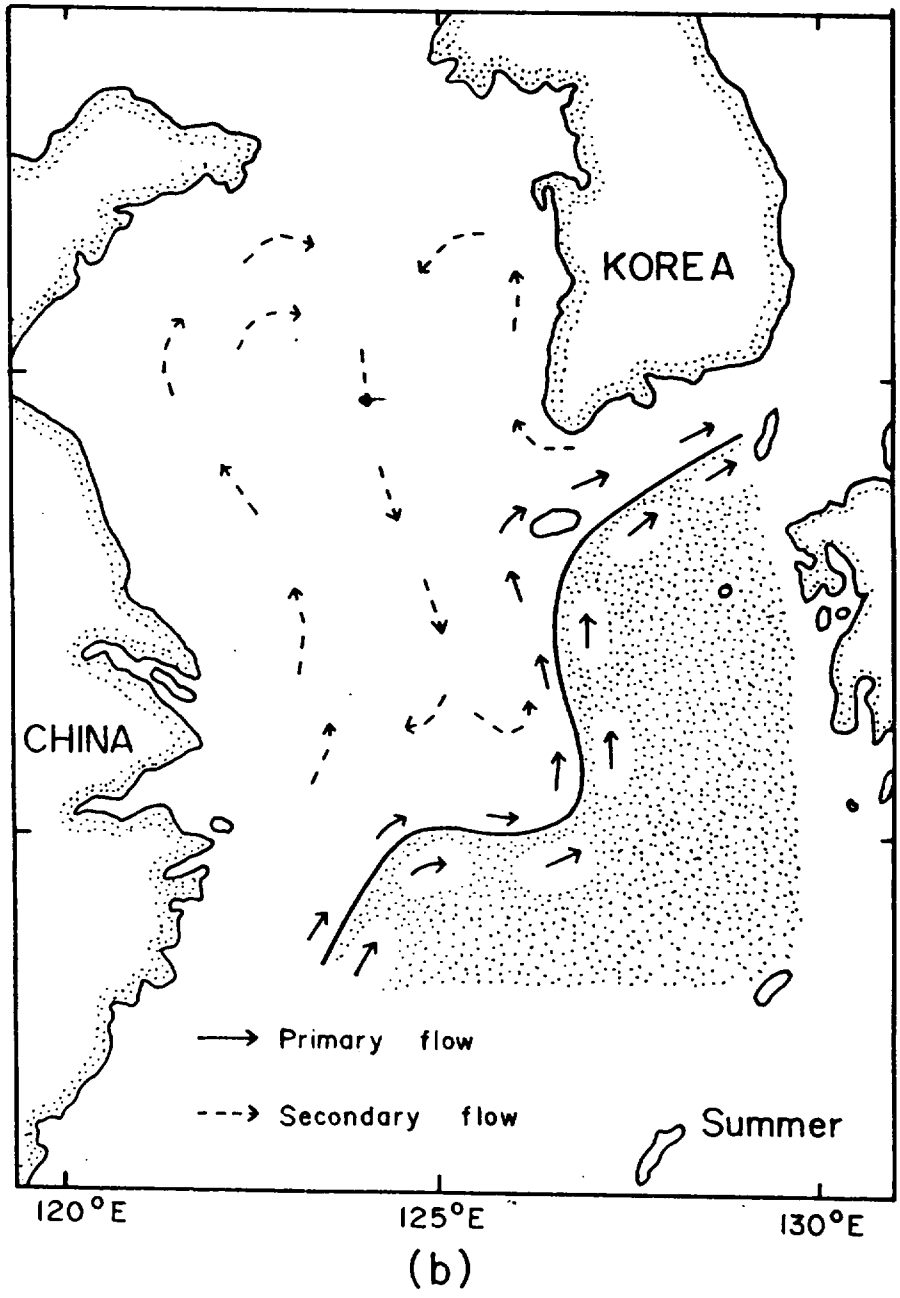
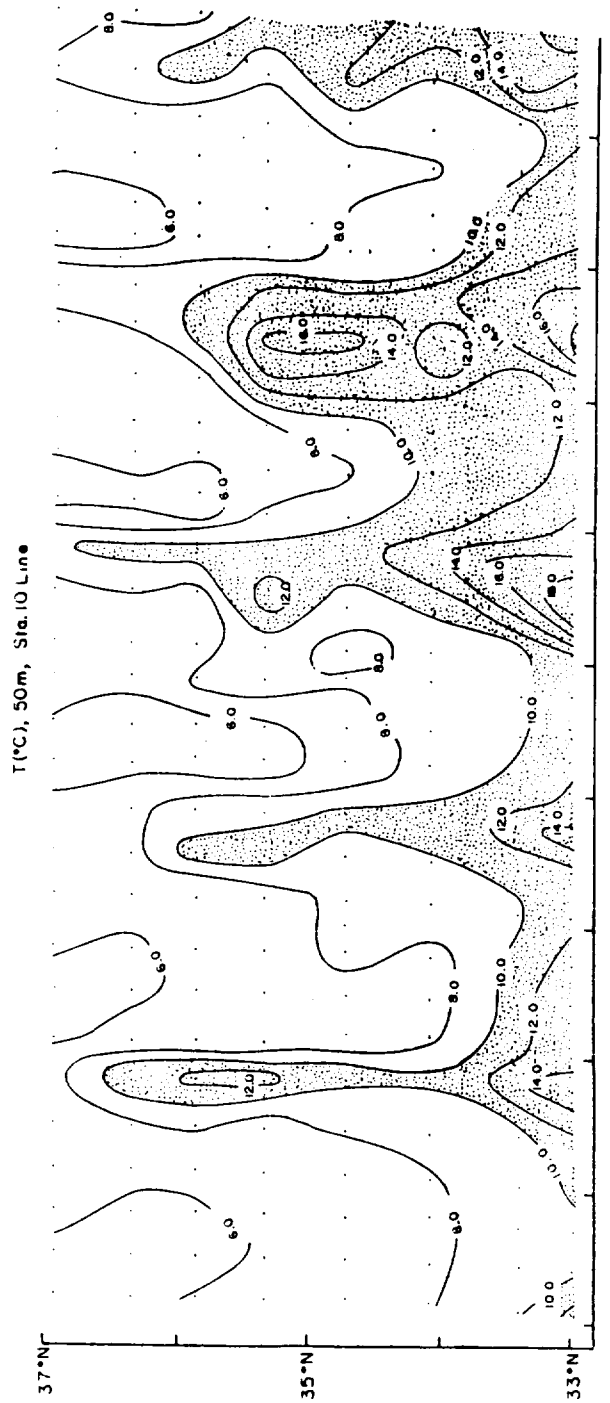


Fig.1. Schematic representation of the circulations in the Yellow and East China Seas (a) in winter and (b) in summer (after Pang and Kim, 1990).


T(°C), 50m, Sta.10 Line
37°N
35°N
33°N

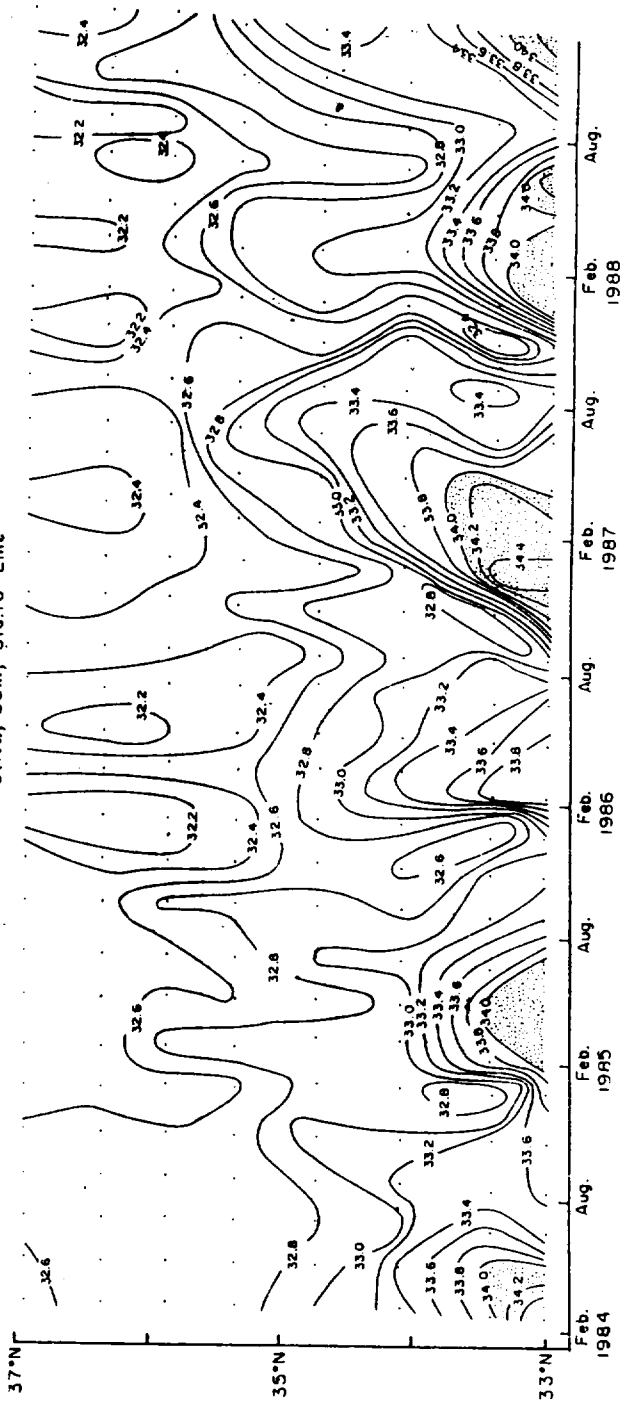
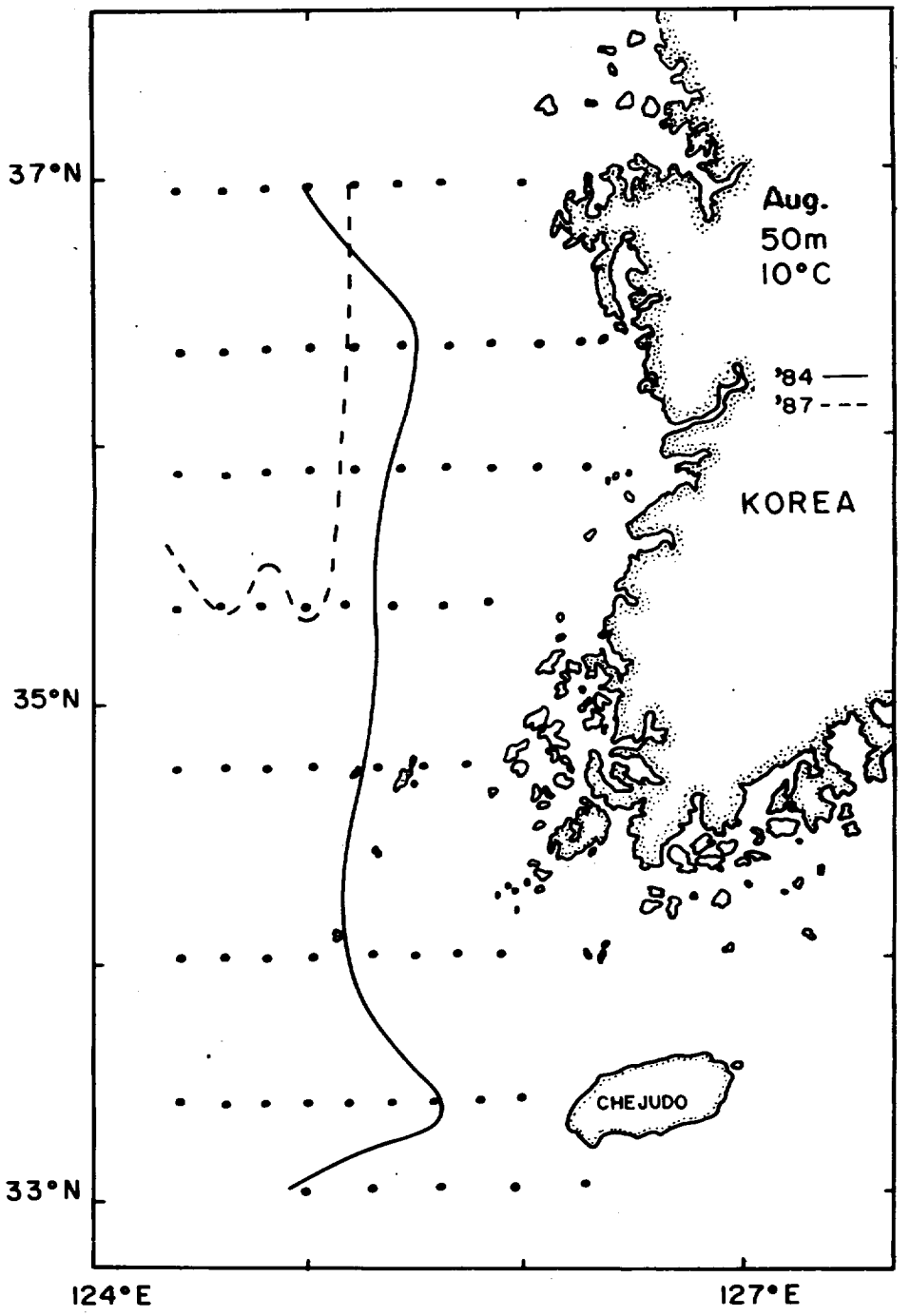


Fig.2. Time variations of temperature and salinity distributions on the layer of 50m depth along the section of the station 10s in 307-314 lines.


37°N
35°N
33°N
124°E
127°E
Aug.
50m
10°C
'84
'87
KOREA
CHEJUDO

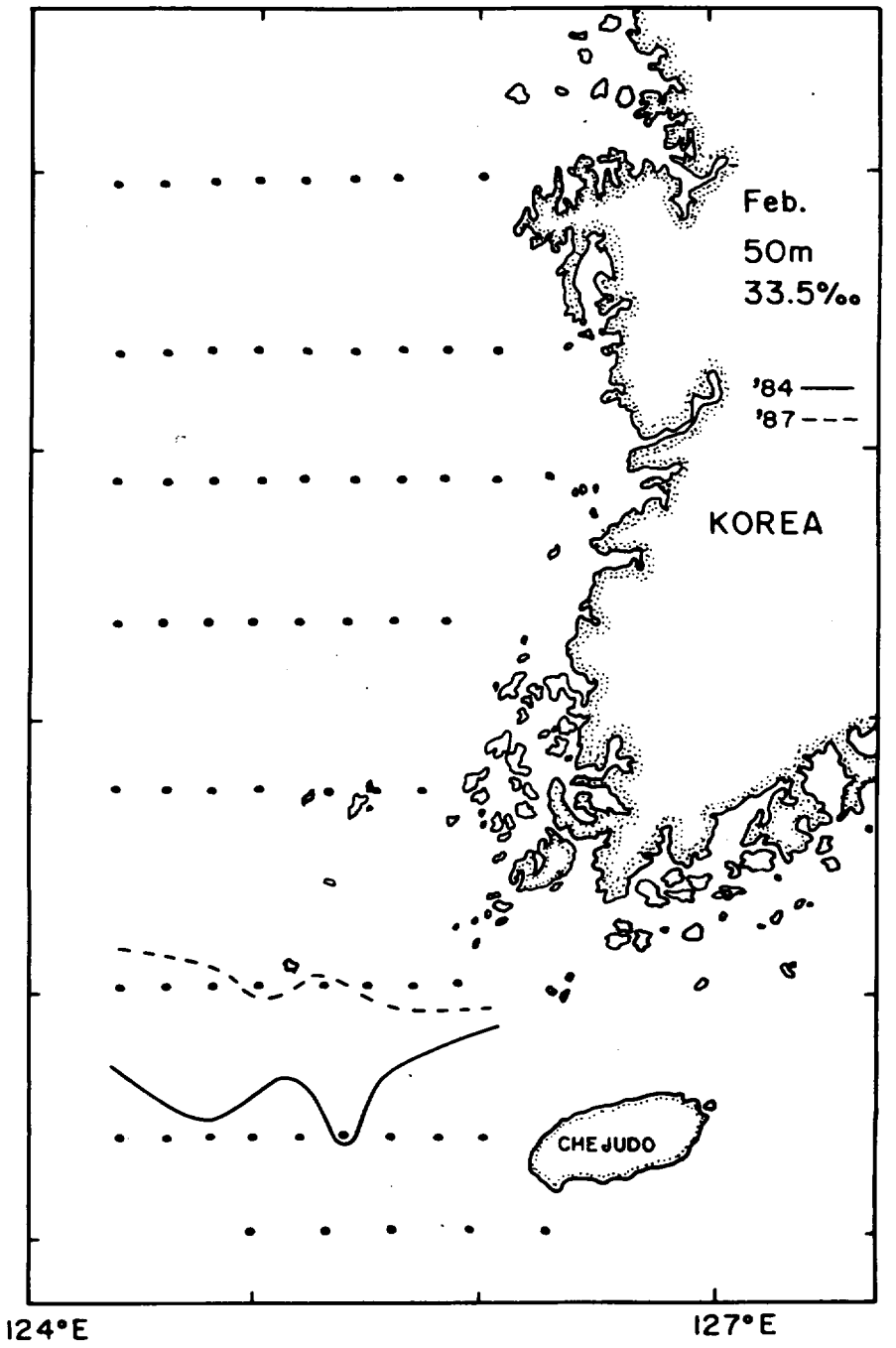


Fig.3. Horizontal distributions of 10℃ isothermis in summer nd 34.0‰ isohalines in winter at the layer of 50m depth in 1984, when the Yellow Sea Warm Current is weak, and 1987, when the Yellow Sea Warm Current is strong.

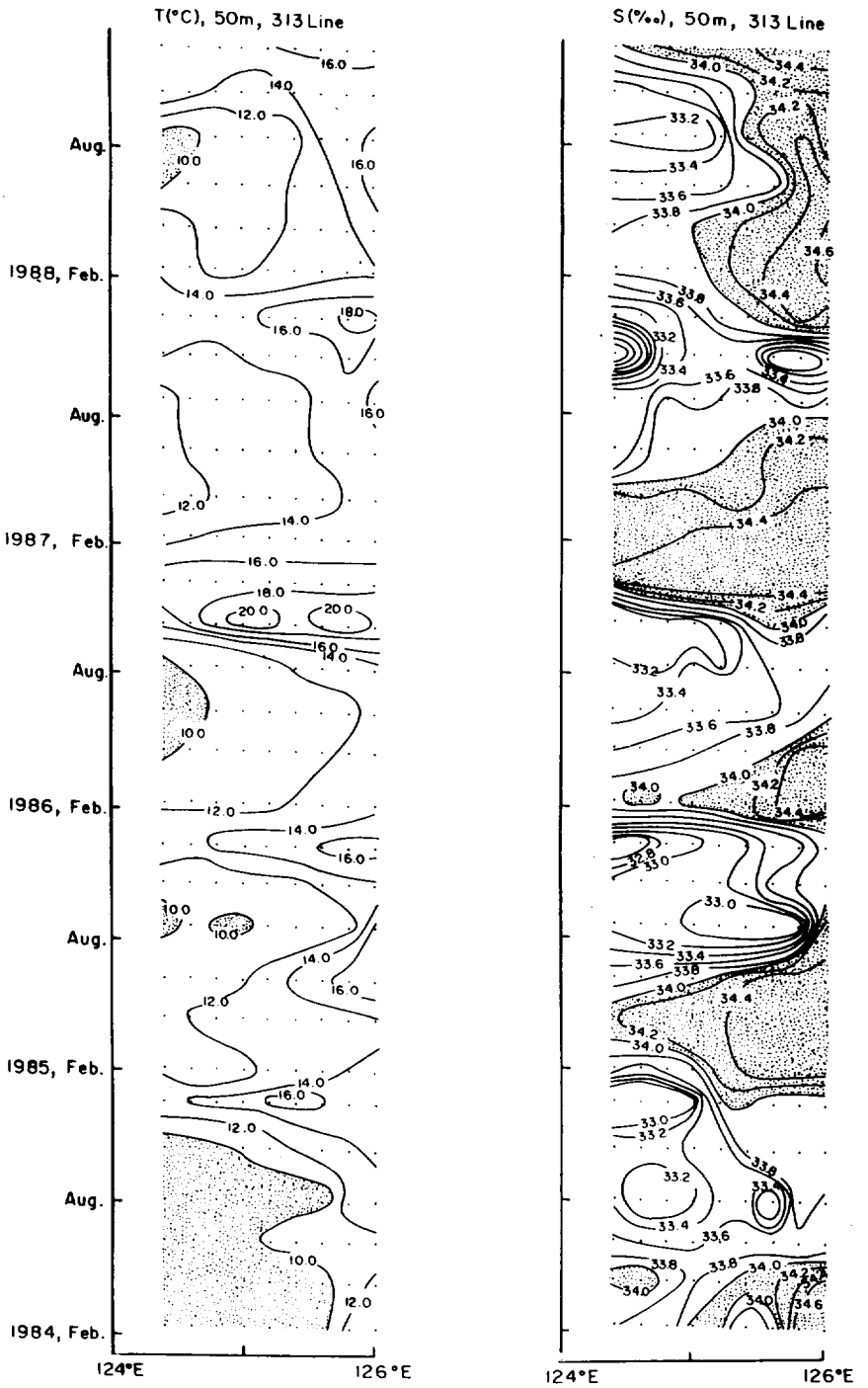


Fig.4. Time variations of temperature and salinty distributions on the layer of 50m depth along the section of 313 line.

참 고 문 헌

Asaoka, O. and S. Moriyasu, 1965. on the cirdulation in the East China sea and the Yellow Sea in winter(Preliminary Report). OM., 18(1-2), 73-81.

Byun, S.K. and K.I. Chang, 1988. Tsushima Current Water at entrance of the korea strait in Autumn. Prog. Oceanog., 21 295-306.

Hsueh, Y., and I.C. Pang, 1989. Coastally Trapped Long Waves in the Yellow Sea. J. Phys. Oceanog., 19(5), 612-625.

———, and R.D. Romea, 1983. Wintertime Winds and Coastal Sea-Level Fluctuations in the Northeast China Sea, Part I; Observations. J. Phys. Oceanog., 13(11), 2091-2106.

김 구, 이상호, 노홍길, 1991. 황해 동남 해역의 수계 및 해류구조 I. 1980년 6월. 한국해양학회지, 투고중.

Lie, H.J., 1984. A note on water masses and general circulation in the Yellow Sea(Hwanghae). J. Oceano. Soc. Korea, 19, 187-194.

———, 1985. Wintertime Temperature and Salinity characteristics in the south-western Hwanghae(Yellow Sea). J. Oceanog. Soc. Japan, 41, 281-291.

이경택, 김 구, 1989. 난류적 확산에 의한 황해 하층의 염분 변화, 인하대학교 황해연구, 2, 21-29.

이상호, 김 구, 노홍길, 1991. 황해 동남 해역의 수계 및 해류구조 II, 1980년 8월. 한국해양학회지, 투고중.

Nakao. T., 1977. Oceanic variabillity in relation to fisheries in the East China Sea and the Yellow Sea. J. Fac. Mar. Sci. Thecnol., Tokai Univ. Spec., No. Nov., 199-366.

Pang, I. C., 1987. Theory of Coastally Trapped Waves and its application th the Yellow Sea, Ph.D. Thesis, Florida state Uuiv., 128pp.

방익찬, 김태희, 1990. 황해와 동지나해 해수순환에 대한 바람의 영향. 제주대학교 논문집, 31, 49-61.

———, 노 홍길, 1991. 황해와 동중국해의 해수순환(I); 황해난류수의 북상과 황해저층냉수의 남하, 한국해양학회지 투고중.

Park, Y.H., 1985. Some inportant summer Oceanographic Phenomena in the East China Sea. J. Oceanog. Soc. Korea., 21, 12-21.

———, 1986. A Simple Theoretical Model for the Southern Yellow Sea. J. Oceanog. Soc. Korea, 21, 230-210.

Uda, M., 1934. The results and simultaneous oceanographical investigations in the Japan Sea and its adjecent waters in May and June, 1932. J. Imp. Fisher. Exp. st., 5, 57-190.

양성기, 조규대, 홍철훈, 1984. 1981년 하계 황해 저층냉수의 이상 저수온 현상. 한국해양학회지, 19(2), 125-132.

윤용훈, 1986. 황해저층냉수의 특성 규명과 남하 증거.
제주대학교 석사학위논문, 55pp.