

동해 남서해역의 해류 및 열구조에 미치는 해상풍의 영향

나정열 · 팽동국

한양대학교 지구해양학과

Influences of the Sea Surface Wind on Current and Thermal Structures in the Southwestern Part of the East Sea of Korea

Jung-Yul NA and Dong-Guk PAENG

Department of Earth & Marine Sciences, Hanyang University

Ansan, Kyunggi-do 425-791, Korea

Temporal variations of the path of the East Korea Warm Current(EKWC) which flows northward along the east coast of Korea were analysed to investigate whether the EKWC directly influences the existence of the so-called Warm Core in the Ulreung basin. From the 13 years(1975~1987) data of the Fisheries Research and Development Agency (FRDA), the 10°C isotherm at the 100m depth and the depth of 2°C isotherm and the temperature field at the 200m depth were used for identification of the path and the central position of the Warm Core. Sea surface winds computed from the surface pressure charts gave the monthly-averaged wind stress curl over the East Sea which was used for determination of the Sverdrup transport. And the mass transport stream functions were computed by use of the Sverdrup balance. The variations of the path show that the EKWC does not always have a fixed path and fluctuates with time. And the existence of the Warm Core is independent upon the presence of the EKWC even when the EKWC doesn't flow northward along the east coast of Korea. In view of the mass transport stream functions, the influences of the sea surface winds on the branching of the Tsushima Warm Currents and the presence of the EKWC were investigated. The presence of the EKWC may be hindered by the southward flow driven by the sea surface winds when the Tsushima currents are rather weak. A very weak correlation exists between the north-south component of the Sverdrup transport and the position of the Warm Core. However, a small but significant part of the southward transport across the latitudinal line of 38°N indicates that cold water from the northern part of the East Sea may be driven and be forced to flow beneath the permanent thermocline in such a way that the thermal structure of the Warm Core and its position might be changed.

서론

동해 남서해역은 동한 난류와 북한 한류가 만나는 지역으로 복잡한 열적 구조를 보이기 때문에

동해 연구의 초점이 되어왔다(Seung & Kim, 1989; Kim & Chung, 1989; Kang, 1985). 지금까지는 동해로 유입하는 유일한 해류로는 동한 난류가 있고 이 동한 난류의 경로와 세기에 따라 전반적인 동

부산수산대학교 해양과학연구소 연구업적 제277호(Contribution No. 277 of Institute of Marine Sciences, National Fisheries University of Pusan)

해의 열적 구조가 변한다고 알고 있었다. 그러나 최근 동한 난류의 경로와 세기의 시·공간적 변화에 의한 동해 남서해역의 열적 구조의 변화보다는 동해상에서의 바람, 북한 한류수의 남하, 동해 저층수 등의 움직임으로 인한 해류 구조와 열적 구조의 변화 가능성에 대한 견해들도 있다. Lie 등(1989)은 중부 동해안 외해역의 수심 840m 되는 지점에서 620m와 790m에서 약 3cm/sec의 속도로 남동쪽으로 흐르는 심층류를 관측하여 저층수의 운동을 밝혔으며 Kim 등(1991)은 울릉분지 내의 동해 중층수와 동해 고유수가 시계방향의 순환을 하면서 북상하는 대마난류의 경로에 영향을 줄 수도 있다고 했다. 또한 Kim & Chung(1989)은 수치모델을 통해 동해 고유냉수의 생성과 북한 한류수의 남하 현상을 재현하였다. 그리고 Sekine(1986)은 바람응력(wind stress)의 계절 변화가 대마난류의 분지에 중요한 역할을 한다고 했으며 Na 등(1988, 1990)도 울릉도 부근에 주위의 해수보다 고온의 특성을 갖는 '난수괴(warm core)'가 존재함을 보이면서 바람에 의한 따뜻한 물의 수렴으로 난수괴가 형성될 수 있으며 이 난수괴가 동한 난류의 길잡이 역할을 할 수도 있다고 했다.

그러나 지금까지는 저층류와 북한 한류수, 해상풍 자료의 부족으로 이러한 요소들이 상층 해류계와 열구조에 미치는 영향에 대한 가능성만을 제시했을 뿐이다. 저층류 및 북한 한류수에 관한 자료의 부족을 감안하더라도 해상에서의 바람자료는 특히 관측 기술과 비용으로 인해 동시성과 연속성을 갖춘 자료를 구하기가 어려워 문제점이 되어왔다. 본 논문에서는 1일 2장의 일본 기상청에서 발행된 천기도와 일본 기상위성에서 관측한 수온자료로 Cardone model(Cardone, 1969)을 수행해서 시·공간적으로 연속성을 갖춘 해상풍을 구했다. 이 해상풍을 근거로 바람이 동해 남서해역의 열구조(난수괴의 위치변동)와 해류계에 미치는 영향을 조사해보았다.

먼저 수산진흥원에서 관측한 13년간 수온 분포를 표준 수심에 따라 도식화한 자료중 100m 수심에서의 10℃ 등온선의 분포로부터 동한 난류의 북상여부를 검토했다. 그리고 200m 수심에서의 수온의 수평 분포와 2℃ 등온 수심의 수평 분포를 근거로 난수괴 위치의 시·공간적 분포를 파악했다. 이렇게 얻은 자료를 가지고 동한난류와 난수괴의 관계를 조사했으며 동시에 동해 전해역에서의 해상풍자료를 근거로 해상풍이 동한난류에 미치는 영향 및 난수괴에 미치는 영향 등을 고찰하였다.

자료 및 분석 방법

(1) 동한 난류의 북상 여부 판단

1975년부터 1987년까지 13년간 수산진흥원에서 정선 관측한 수온의 수평 분포로부터 100m 수심에서의 10℃ 등온선을 기준으로 동한난류의 북상 여부를 판단하였다. 동한난류의 북상 여부는 북한한류의 남하 여부와도 관련이 있으나(Kim & Kim, 1983) 본 논문에서는 동한난류가 북상하지 않은 경우 해상풍에 의한 영향을 밝히기 위해서 수산진흥원 관측 기간중 동한난류가 존재하지 않았던 해당월을 파악했다. 동한난류의 북상이 없는 경우 100m 수심에서 10℃ 등온선과 극전선이 위도와 평행한 형태를 보이거나 수산진흥원 조사해역에 나타나지 않는 것이 특징임으로 이를 근거로 분석한 결과 77년 2월과 4월, 78년 4월, 81년 전해(12월 제외), 84년 2월과 4월, 86년 2월등 13년동안 총 11개월간 동한난류가 북상하지 못한 것으로 판단되었다(Fig. 1). 이 중 81년 2월, 4월, 6월은 Kim & Legekis(1987)에 의해 동한난류가 북상하지 못했음이 인공위성에서 찍은 사진을 통하여 이미 밝혀졌다.

동한난류가 북상하지 못한 경우 조사해역 전체에 걸쳐 표층에서 수심 약 100m까지의 수온의 값이 예년에 비해 2~3℃ 낮음을 보여주고 있다. 즉 표층의 수온을 보면 예년에는 2월에 약 10~12℃, 4월에 12~14℃인데 반해, 77년, 81년, 84년, 86년 2월의 경우에는 7~10℃이고, 77년, 78년, 81년, 84년 4월의 경우에는 8~12℃ 정도로 낮음을 알 수 있다(Fig. 2).

100m층도 역시 예년의 4월 경우 9~11℃인데 반해 77년, 81년, 84년 4월의 경우 대략 6~8℃ 정도로 약 2~3℃ 낮다. 78년 4월의 경우도 103line 위쪽 지역은 4~5℃의 찬 물이 존재한다(Fig. 3).

(2) 난수괴의 정의 및 위치 선정

1986년 국립 수산진흥원에서 발행된 23년간(1961~1983) 격월별 평균 수온 분포도에서 보면 200m 수심의 수온 수평도 중에서 울릉도 부근에 주위의 해수보다 더운 물이 년중 내내 분포함을 알 수 있으나 염분 분포도에서는 이러한 현상을 찾아볼 수가 없다. 따라서 염분의 수평 분포도에서는 구별이 되지 않지만 수온의 수평 분포에서는 명확히 구별이 되는, 주위의 해수보다 더운 물을 난수괴로 보고 다음과 같이 정의하였다. 해류 및 해양-대기 상호작용에 의한 표층으로부터의 열구조 변화를

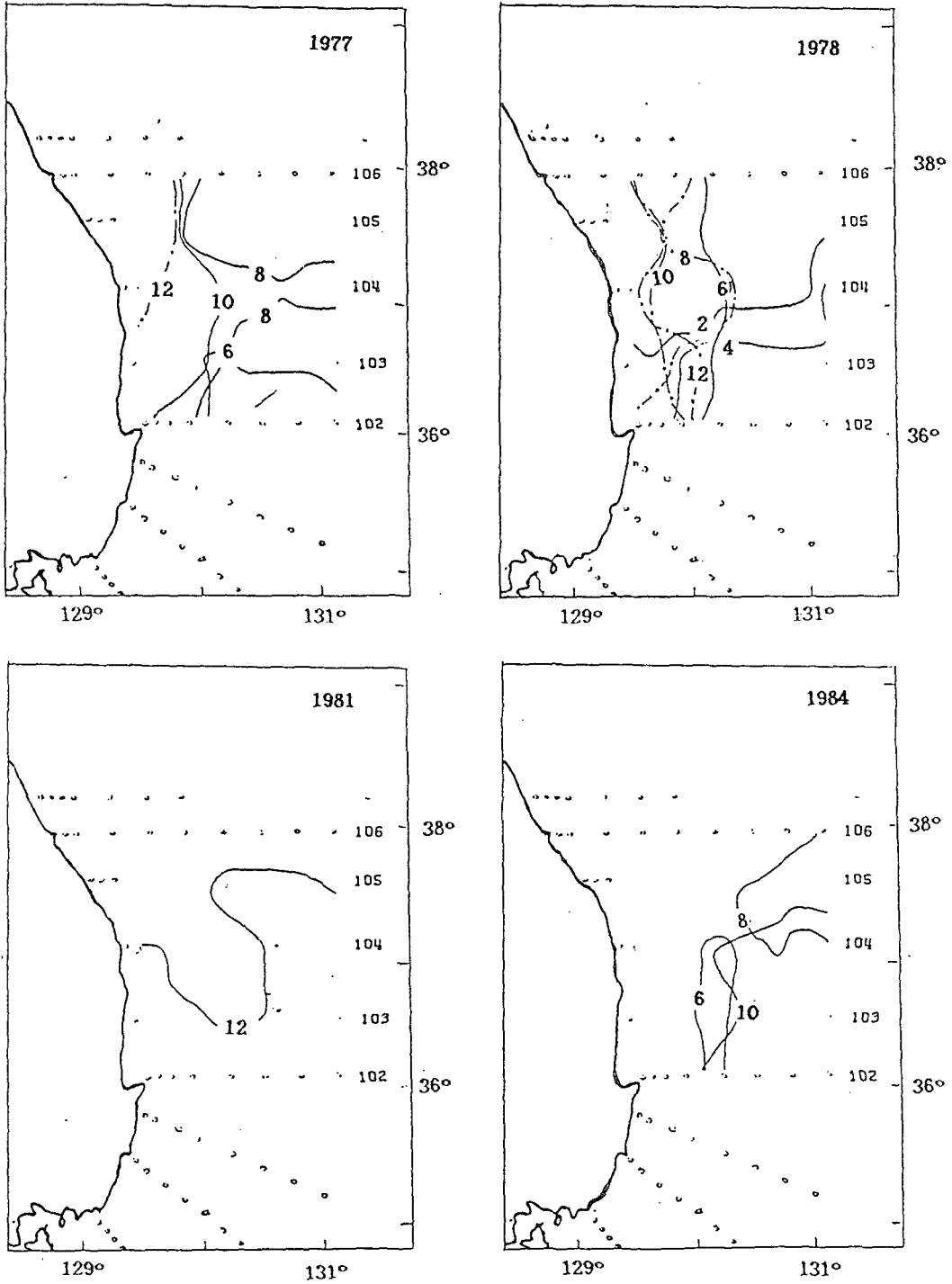


Fig. 1. Monthly distributions of 10°C isotherm at 100m depth in the East Sea of Korea(The numbers indicate months).

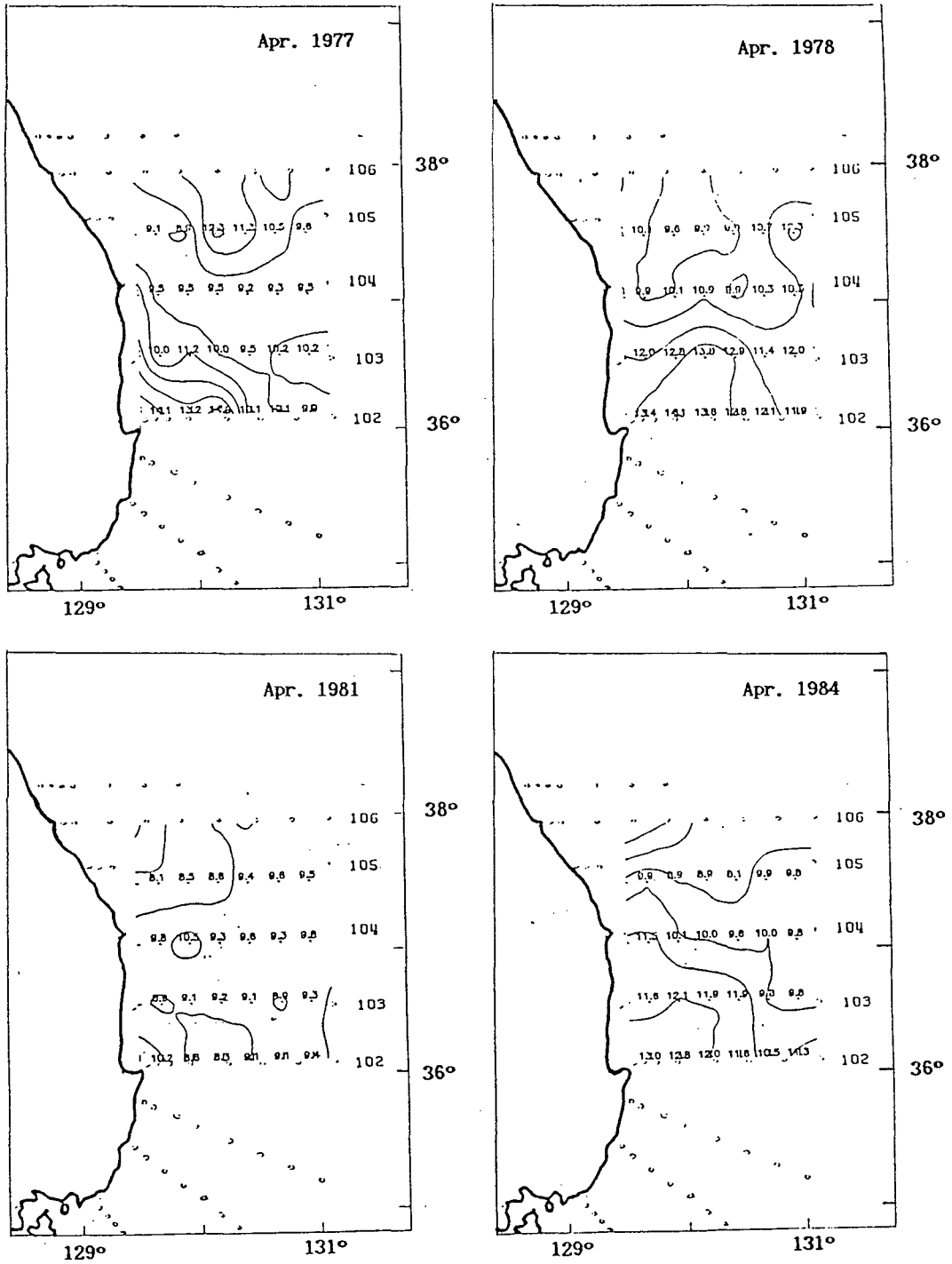


Fig. 2. Horizontal distributions of the sea surface(0m) temperature in the East Sea of Korea.

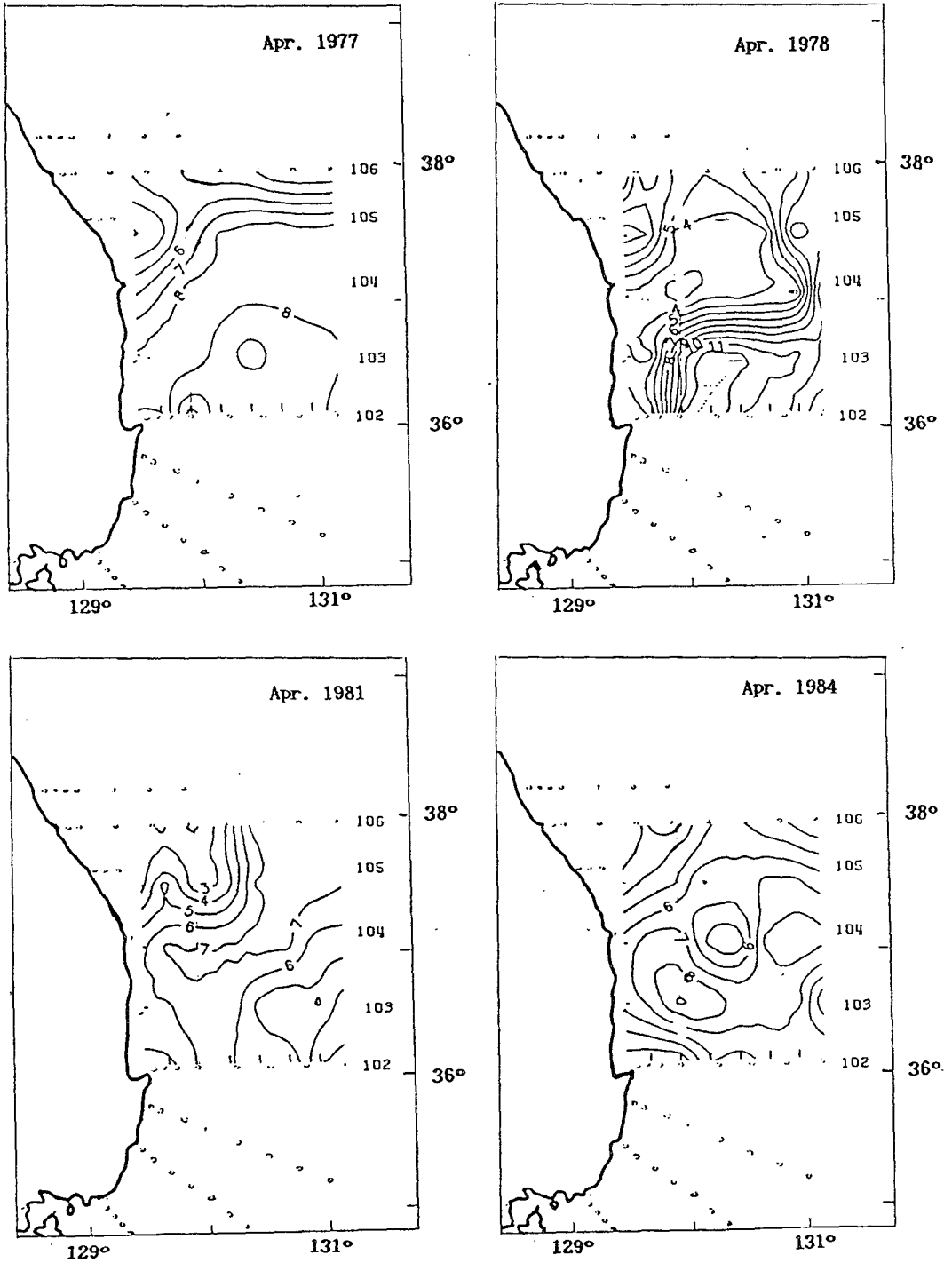


Fig. 3. Horizontal temperature distributions at 100m depth in the East Sea of Korea.

받지않는 수심을 200m로 잡을 경우(Kang, 1985) 이 수심에서 주위보다 고온의 해수가 고립적으로 나타나며 상당한 크기(수 km당 2~3℃의 수온변화)의 수온차를 보일 때 이를 난수괴라 정의하였다. 동시에 2℃ 등은 수심의 수평 분포에서 200m 수심의 수온 분포에서와 마찬가지로 수 km당 100~200m 수심의 차이가 있을때 이를 난수괴라고 정의하였고 이 때 200m 수심에서의 수온 분포도에서 정의된 난수괴의 분포형태와 그 위치는 거의 일치했다(Fig. 5와 Fig. 6).

난수괴의 위치를 정하는데 있어서 어려움은 조사 해역 전체 해수의 온도가 매월 변하기 때문에 상대적인 온도차로 그 존재를 확인해야 한다는 점과 난수괴가 위치한 수심이 매월 달라질 뿐 아니라 대략 난수괴의 직경이 100km 이상인 경우 수산진흥원 자료 조사 범위가 난수괴의 크기에 비해 충분히 크지 않기 때문에 난수괴의 위치와 크기를 쉽게 정할 수 없다는데 있다. 따라서 가장 근접한 수산진흥원의 정선을 난수괴의 중심위치로 잡고 남북방향의 위치 변화에 관심을 두었다. Fig. 4에 13년간 수산진흥원 정선에 따른 난수괴의 중심 위치를 격월별로 나타냈다.

(3) 해상풍 자료의 획득

지금까지 야기되어온 바람자료의 문제점은 기술과 비용으로 인해 동시관측과 연속관측이 어려워 동시성과 연속성을 갖춘 정확한 바람자료를 얻을 수 없다는데 있었다. 그래서 연안 측후소 바람과 선상관측 자료를 사용했으나 연안 측후소 바람자료는 지형적인 영향 때문에 해상에서의 바람과 차이가 있음으로 부정확할 수 밖에 없다. 또한 선상관측 자료는 연속성이 없으며 전 해역에 걸친 자료를 얻을 수 없다. 이러한 문제점을 보완하고 동시성과 연속성이 충분한 바람자료를 얻기 위해 일본 기상청에서 발행된 1일 2장(09시, 21시)의 천기도로부터 계산된 해면기압과 해면상의 대기온도, 일본기상 위성에서 관측하여 10일 평균한 수온(SST)의 초기 입력 자료를 사용하여 Cardone Model(1969)을 수행하여 동해상의 해상풍을 구했다. 이 때 55km 간격의 격자망을 사용했으며 각 격자점에서의 바람의 속도와 방향으로 바람 응력과 wind stress curl을 구했다. wind stress 계산에 사용되는 Drag Coefficient(Cd)는 Garratt formula(Garratt, 1977)인

$$C_d = (0.75 + 0.065)u \times 10^{-3},$$

u: wind speed in m/sec.

을 사용했다.

동한 난류의 복상과 난수괴 위치와의 관계

난수괴의 위치는 시·공간적으로 남북방향의 변화가 있긴 하지만 동한 난류가 연안으로부터 이루어하는 위치와 거의 일치하여 동한 난류의 와류로 인해 생성되었다고 알려져 왔다. 그러나 최근 Na(1988)는 150m 수심에서 수온의 수평 분포로부터 난수괴는 대마 난류와 무관하게 존재하며 난수괴가 동한 난류의 와류라기 보다는 오히려 난수괴가 동한 난류의 경로를 제어할 수도 있다고 제안한 바 있다.

13년간 수진원 자료를 분석한 결과를 보면 난수괴는 매월 위치가 다르긴 해도 거의 년중 내내 나타나고 있음을 알 수 있다. Fig. 4를 보면 76년, 80년, 83년, 85년의 경우 동한 난류가 연안을 따라 북상하는 시기에도 난수괴의 위치는 일정치 않고 수산진흥원 정선인 102에서 106사이에 분포하고 있음을 보여주고 있다. 또한 82년, 87년의 경우처럼 난수괴의 위치는 년중 내내 같은 정선상에 존재하기도 한다. 난수괴의 위치의 이러한 변화는 동한 난류가 연안으로부터 이루어하는 해역부근에 난수괴가 존재한다는 기존 설명에 부합되지 않으며 난수괴는 동한 난류의 이류와 무관함을 보여주는 증거이기도 하다. 한편 Fig. 5, 6은 77년, 78년, 81년, 84년 4월의 200m 수심에서의 수온의 수평 분포와 2℃ 등은 수심의 수평 분포를 보여주고 있는데 이 기간에는 동한 난류가 북상하지 않은 기간임에도 불구하고 각각 난수괴가 존재함을 보여준다. 이 중 81년 4월의 경우는 동해 남서 해역 전체의 수온이 이상 저온 현상을 일으킨 해임에도 불구하고 강도는 약할지라도 난수괴가 105~106 정선에 걸쳐 넓게 분포하고 있음을 알 수 있다. 따라서 난수괴는 그 위치와 분포형태는 다를지라도 동한 난류의 존재와 무관하게 년중 내내 존재함을 알 수 있다.

난수괴의 위치와 동한 난류의 존재와는 상관성이 없으나 동한 난류에 의한 난수괴의 열적 특성 즉 수온의 수평정도 특성은 변화할 수 있으며 더구나 동해 남서 해역의 주 열원인 동한 난류의 북상이 없을 경우의 저온 분포는 북한 한류의 남하영향도 있겠으나 난수괴의 존재로 볼 때 이러한 저온 분포의 주 원인은 해수의 물리적 특성 분석을 통해 밝혀져야 할 것이다. Kim 등(1991)이 밝힌

울릉분지내의 염분최소층이 동해 북부해역에서 형성된 해수가 수온약층 밑으로 퍼져서 나타나는 결과라는 점에서 보면 북한한류의 남하는 난수괴의 열적구조에 영향을 미칠 수 있을 가능성을 암시한다고 할 수 있다.

해상풍이 동한 난류의 복상에 미치는 영향

동한 난류가 북상하여 연안에서 이루어지는 해역에 난수괴가 가장 빈번히 출현함에 따른 난수괴의

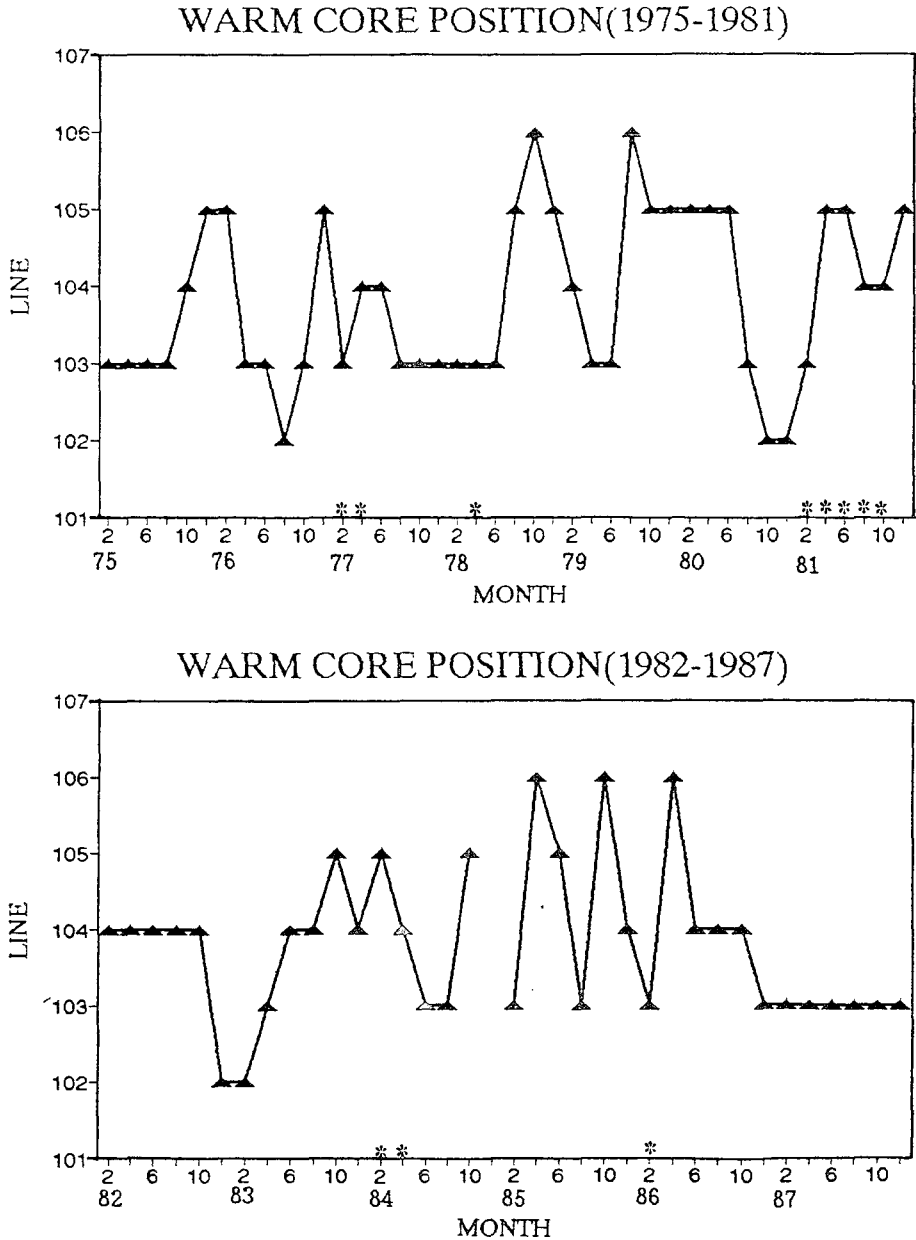


Fig. 4. Monthly variations of the Warm Core position presented by line of Fisheries Research & Development Agency(FRDA) for 13 years(1975~1978)(*indicates the month which EKW doesn't flow northward along the east coast of Korea).

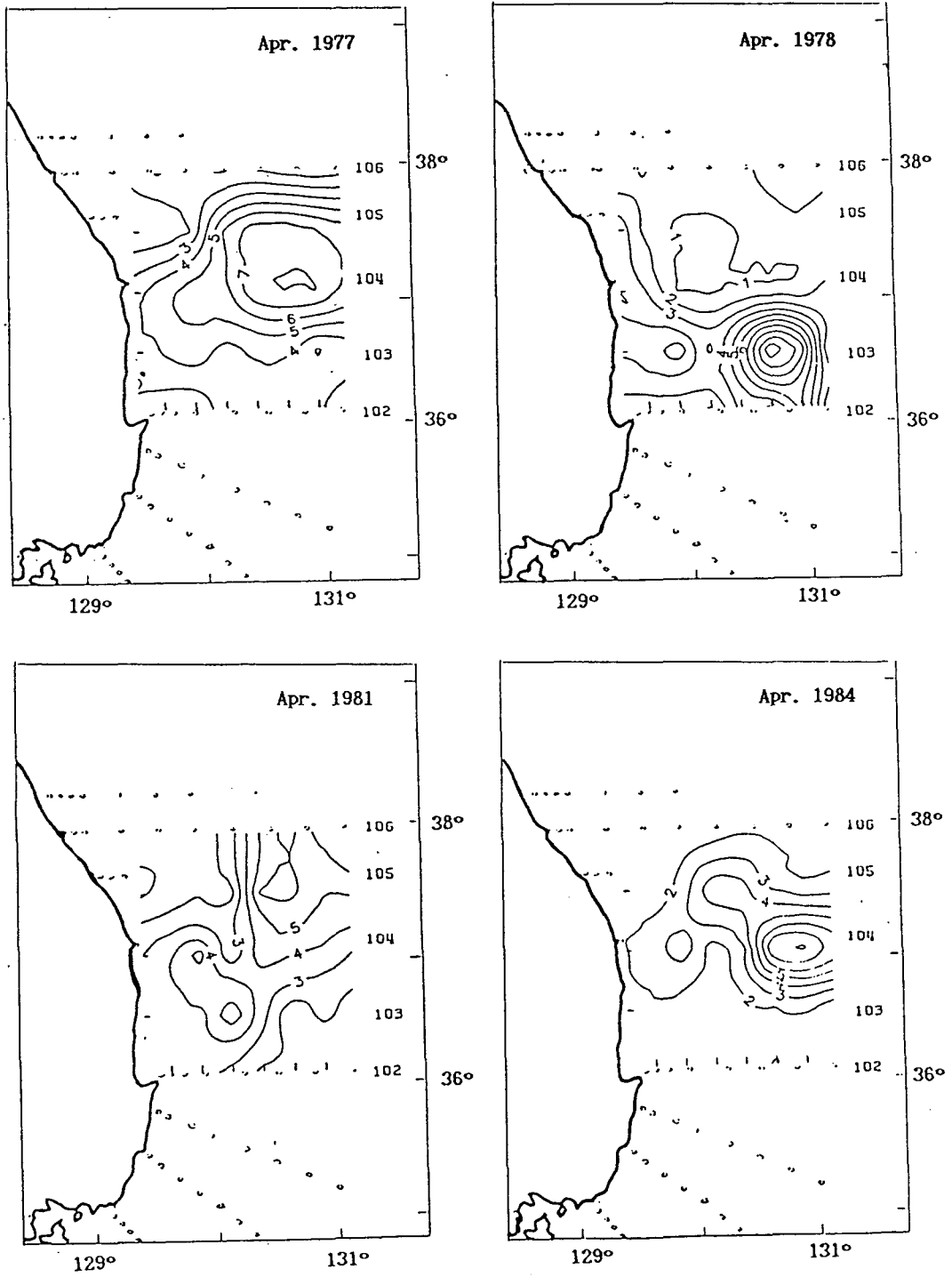


Fig. 5. Horizontal temperature distributions at 200m depth in the East Sea of Korea.

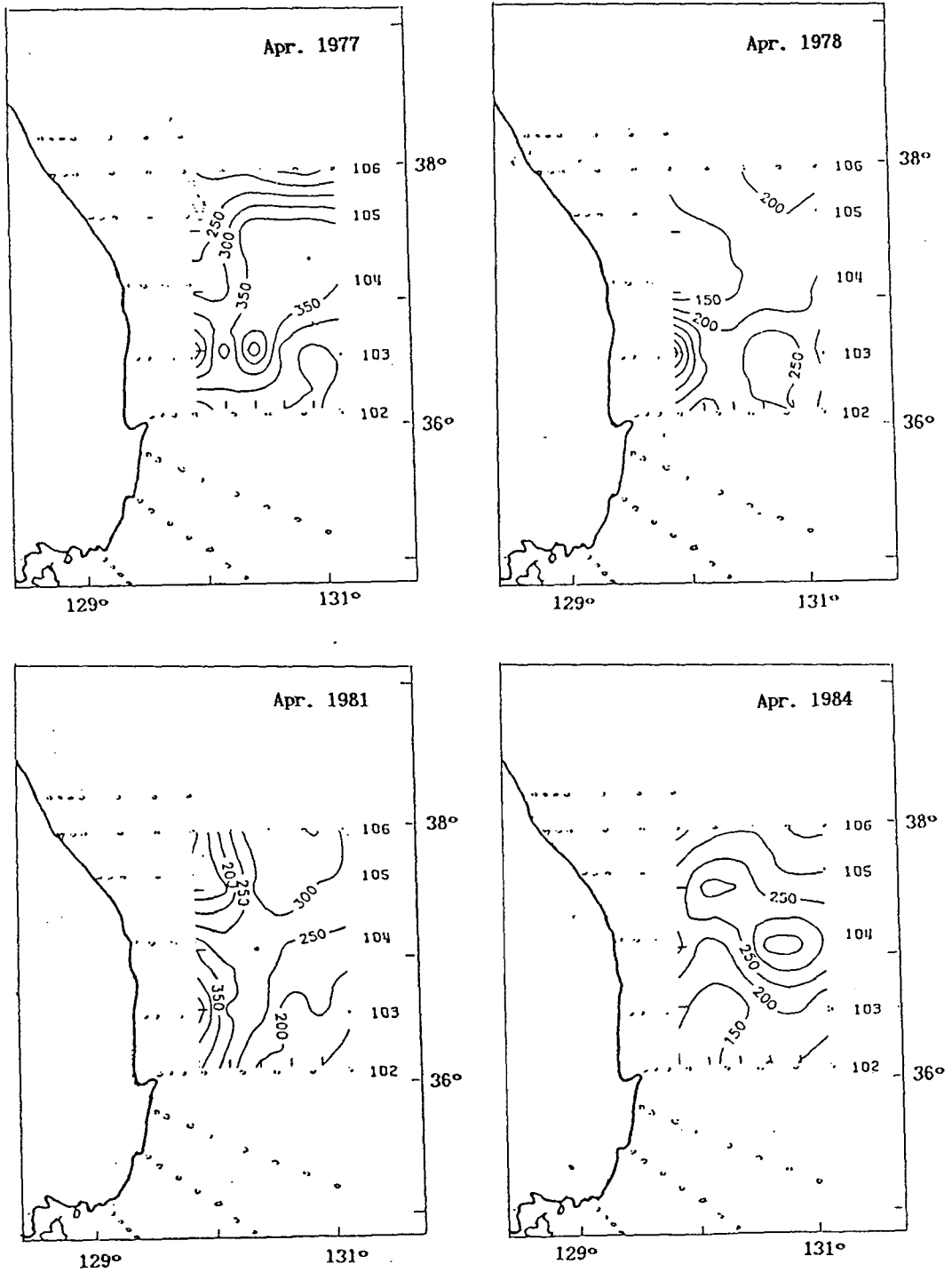


Fig. 6. Horizontal distributions of the depth of 2°C isotherm(in m) in the East Sea of Korea.

형성 및 위치에 관한 기존의 설명은 동한 난류의 북상여부에 관계없이 난수괴가 존재함으로 해서 완전한 설명이 될 수 없음이 밝혀졌다. 또한 대마 난류의 분지인 동한 난류가 존재할 경우에도 난수괴의 위치가 변함을 이미 언급한 바 있으나 동한 난류의 북상한계 혹은 연안에서의 이류지점과 난수괴 위치와의 상관관계의 규명은 현재의 자료로는 불충분하며 이는 북한 한류의 남하와도 관련이 있기 때문이다. 한편 Cardone model(1969)에서 계산된 동해상의 해상풍에 의한 wind stress 및 wind stress curl의 크기의 풍력은 동해 해수 순환에 어느 정도의 영향을 줄 수 있을 것인가 해상풍과 동한 난류의 북상여부 즉 해상풍이 대마난류의 분지현상에 어떠한 영향을 미칠 수 있는가를 규명할 필요성이 대두된다. 그래서 월평균 wind stress curl의 분포를 근거로 Sverdrup balance를 이용하여 유선함수를 구하고 해상풍에 의해 대마난류의 분지현상 혹은 동한 난류의 북상이 어떠한 영향을 받을 것인가를 유선함수 분포에 의한 해류의 방향 및 세기를 근거로 분석하였다. 이 때 Sverdrup balance를 이룰 수 있는 해상풍의 지속시간은 30일 이상(Willeband, 1980)이라는 사실과 동해에서의 wind stress curl의 spectrum 분석에서 30일 주기는 매우 의미있게 나타나고 있음으로 인해서(Fig. 7) 수산진흥원의 관측월보다 한달전의 해상풍의 월평균 값을 이용하였다.

우선 동한 난류가 존재했던 83년 4월과 대마 난류의 분지가 없었던 즉 동한 난류가 북상하지 못했던 81년 4월의 해상풍에 의한 해수순환 형태를 보기 위하여 각각 해당년도의 3월의 평균 해상풍을 근거로한 유선함수 분포를 Fig. 8에 나타내었다.

동한 난류가 존재시(1983년) 동해 남부해역에서는 시계방향의 순환과 그 이북에 반시계 방향의 순환이 존재하고 따라서 대마 난류의 한 분지가 시계방향의 순환을 따라 외해로 이루어지면서 사행하는 형태와 또 한 분지인 동한 난류가 반시계 방향의 순환을 따라 북상하는 해류구조를 잘 보여준다. 한편 동한 난류가 존재하지 않았던 81년 3월의 해상풍으로 인한 한 달 후의 해수운동은 동해 전해역에 반시계 방향의 흐름이 존재하며 대한해협 부근에 시계방향의 흐름이 나타나므로 이 때 대마 난류의 분지현상 즉 동한 난류의 북상은 해상풍에 의한 남향의 수송량(1~2 Sv)에 의해서 저지될 수도 있음을 말해준다.

특히 3~4월에는 대마 난류의 세기가 년중 가장 약한 시기(Hidaka & Suzuki, 1950; Yi, 1960; Yi,

1970)라면 반대로 이 때의 해상풍의 세기는 년중 강한 경우에 해당하기 때문에 해상풍의 영향도 따라서 강하게 나타날 수 있을 것이다. 78년, 84년의 3월 해상풍에 의한 유선함수 분포도 역시 동해 남서부해역에서 남향류에 의해 동한 난류의 북상이 저지될 가능성을 보여준다.

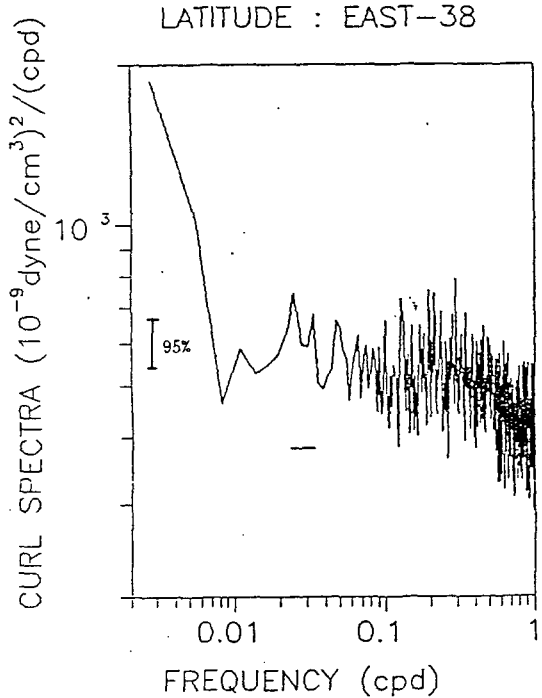


Fig. 7. Power spectra of zonally averaged wind stress curl at 38°N. The peak is shown by the small horizontal bar centered on a 30 day period.

해상풍이 난수괴 위치변화에 미치는 영향

동한 난류의 북상과 관계없이 난수괴는 존재하며 또한 해상풍의 영향으로 동한 난류가 북상하지 못할 수도 있음을 밝혔다. 난수괴의 위치 변동은 wind stress curl에 의한 상층수의 수렴과 관련지어 수산진흥원 정선 103~105 사이에서 변화됨을 이미 밝혔으나(Na, 1988) wind stress curl의 계산을 위한 해상풍 자료의 제약으로 인한 해상풍의 광역 분포를 고려치 못했다. 즉 난수괴 위치에 변화를 줄 수 있는 해상풍은 난수괴 위치 뿐 아니라 광역의 주변해역의 해상풍에 의한 체적수송을 염두에 두어야 할 것이다.

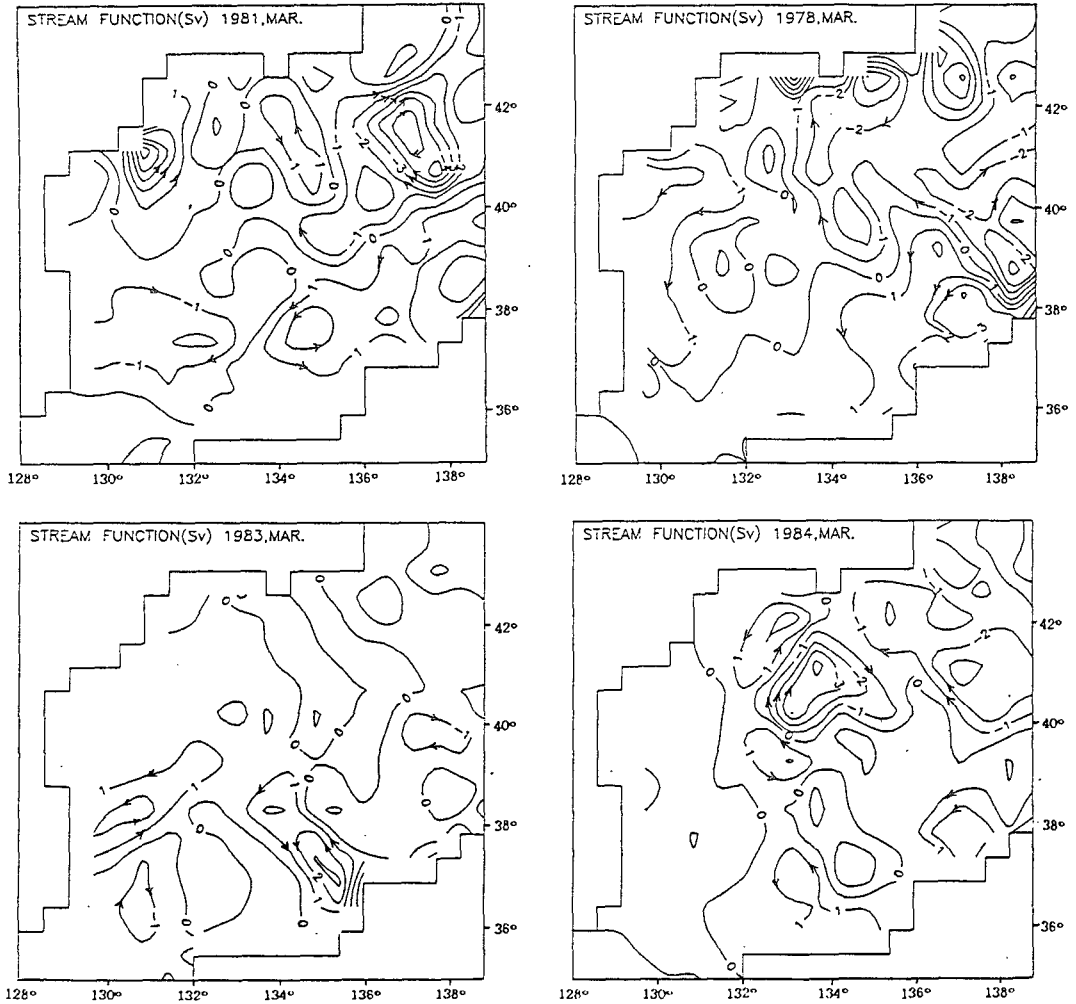


Fig. 8. Volume transport stream funtion over the East Sea of Korea.

따라서 이러한 광역 해상풍의 효과를 포함한 wind stress curl값으로부터 위도 38도(난수괴 위치의 북단)에서의 남북방향의 수송량을 월별로 계산하여 난수괴 위치변화와 비교하였다. 남향 혹은 북향류에 의해 난수괴가 이동할 수 있다는 가정은 난수괴 위치 이북에 존재하는 극전선을 무시한 것이나 동해 북부해역의 해수가 남하시 난수괴 밑 즉 영구수온약층 밑으로 내려갈 수도 있음을 감안한다면 이로 인한 난수괴 열구조의 변화로 인해 위치 변동도 가능할 것이다.

Fig. 9는 10년간 격월별 난수괴 위치 및 월별 수송량을 표시한 것이다. 여기서 난수괴 위치에 영향을 줄 수 있는 수송량은 전월값을 고려해야 할 것이며 위도 38°N에서 132°E 해역까지의 남북 수송

량을 표시한 것임을 밝혀 둔다.

우선 난수괴 위치와 전월의 수송량과 관계가 분명치 않다. 북향의 수송량이 겨울철에 매우 크게 나타나며 여름철에는 약하나 남향의 수송량이 나타나는 것이 특이하다. 그러나 일반적으로 난수괴 위치는 103~105 정선 사이에 주로 분포하며 해에 따라 위치의 변함을 보이나 남향수송이 있는 경우에는 대부분의 위치는 상대적으로 남쪽에 치우쳐 있음은 매우 흥미 있다(78년 4, 6월, 79년 8, 10월, 83년 2, 4월, 84년 6, 8월, 87년 3~10월). 이와는 반대로 북향수송시는 난수괴 위치는 거의 상관을 보이지 않고 있다. 앞서 언급한 바와 같이 남향수송은 동해 북부해역의 저온의 해수가 남하하는 것이며 만일 이러한 해수가 극전선을 중심으

로 남부해역 하층인 영구수온약층 밑으로 내려온 다면 이로 인한 수온변화는 난수괴의 열적구조를 변화시킬 수 있을 것이나 위치변화에 미치는 영향은 불분명하다. 그러나 Na(1988)가 난수괴 중심부의 수온이 수심 150m 이하에서는 여름철에 하강함을 지적했듯이 남향수송이 빈번한 여름철의 경우에 남향수송에 따른 난수괴의 위치 변화도 예측될 수도 있을 것이다.

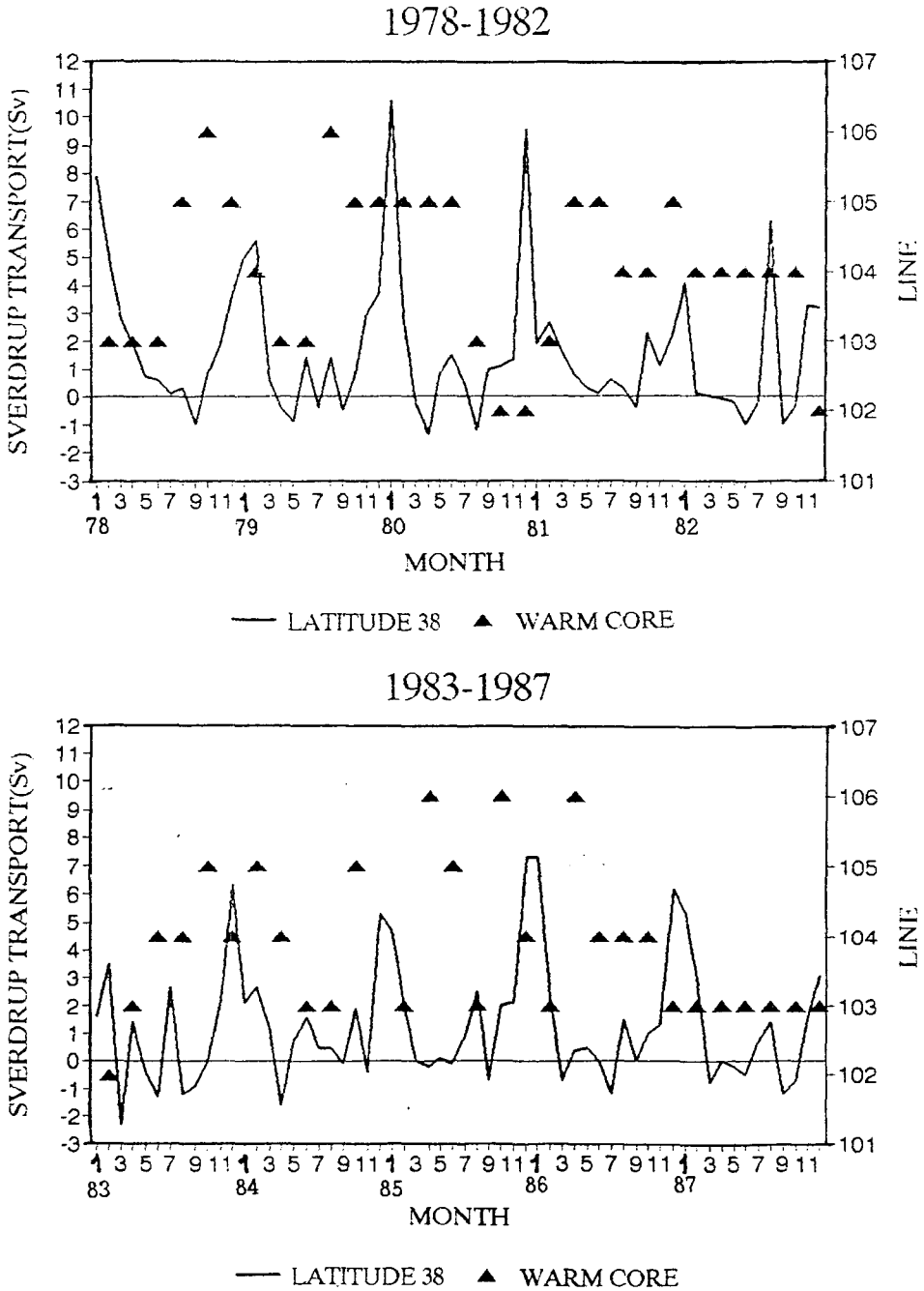


Fig. 9. Comparison between the central position of the Warm Core and the mass transport across 38°N for 10 year(1978~1987).

결론 및 토의

13년간의 수산진흥원 자료의 표준 수심별 온도 분포와 100m 수심에서의 10℃ 등온선의 수평 분포, 그리고 2℃ 등온선의 수심 분포도와 200m 수심의 수온 분포도에서 동한 난류의 북상여부와 난수괴의 위치를 파악하고 난수괴와 동한 난류의 북상과의 상관성을 알아보았다. 그 결과 77년 2월과 4월, 78년 4월, 81년 전체(12월 제외), 84년 2월과 4월, 86년 2월의 경우 동한 난류가 북상하지 못했음에도 난수괴가 존재하고 있었으며 76년, 80년, 83년, 85년의 경우와 82년, 87년의 경우에는 동한 난류가 북상했음에도 각각 난수괴가 정선 102에서 106 사이에서 위치가 변화하거나 년중 내내 일정하게 분포하고 있었다. 이러한 사실은 동한 난류가 연안으로부터 이류하는 해역부근에 난수괴가 존재한다는 기존의 설명에 부합되지 않으며 난수괴는 동한 난류와 무관하게 거의 년중 내내 존재함을 알 수 있었다.

1일 2장의 일본 기상청에서 발행된 천기도에서 Cardone Model(1969)을 사용해 계산한 해상풍으로 동해 전반에 걸친 유선함수를 구해서 유선함수 분포에 의한 해류의 방향 및 세기를 근거로 동한 난류의 북상에 미치는 해상풍의 영향을 알아보았다. 83년 4월 동한 난류가 북상한 달보다 한 달 전 즉 3월의 유선함수 분포를 보면 동해 남서 해역에는 시계 방향의 순환이 있고 그 북쪽에 반시계 방향의 순환이 존재하며 이 사실은 대마 난류의 한 분지가 시계 방향의 순환을 하며 대한해협을 떠나 외해로 이류하면서 사행하고, 또 다른 분지인 동한 난류가 반시계 방향의 순환을 하며 동해안을 따라 북상하는 대마 난류의 분지 형태를 잘 보여준다. 한편 81년 4월 동한 난류가 북상하지 못한 해는 동해 전 해역에 반시계 방향의 흐름이 존재하며 대한해협 부근에 시계 방향의 흐름이 나타나며 그 수송량은 약 1~2 Sv 정도 되는데 이것은 일 년중 대마 난류의 세기가 약한 4월에 해상풍으로 동한 난류의 북상이 저지될 수 있음을 잘 설명해 준다. 78년, 84년 3월의 유선함수에서도 역시 동해 남서 해역에서 해상풍에 의해 동한 난류의 북상이 저지될 수 있는 가능성을 보여준다.

난수괴가 존재하는 해역의 북단인 수산진흥원 조사해역의 38°N에서 wind stress curl을 사용해 남북 수송량을 구한 후 난수괴의 남북 방향의 위치와 비교해 본 결과, 겨울철에 강한 북향의 수송량과 난수괴의 상관성은 잘 보이지 않으나 여름철

의 약한 남향 수송량이 있을 때는 상대적으로 난수괴가 남쪽에 치우쳐 있음을 알 수 있었다. 이 사실은 동해 북부 해역의 찬 물이 남하하며 극 전선을 중심으로 남부해역의 하층인 영구수온약층 밑으로 내려오면서 난수괴의 열구조와 위치를 변화시킬 수 있음을 말해준다고 할 수 있을 것이다. 즉 난수괴의 위치와 열구조는 해상풍에 의해 직접적으로는 영향을 받지 않지만 해상풍으로 인한 북부해역의 찬 해수가 극 전선 남쪽의 영구 수온 약층 밑으로 남하하거나 혹은 북한 한류수가 동해 저층수의 운동으로 인해서 움직일 수도 있을 것이므로 앞으로 북한 한류수나 동해 저층수의 운동에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다.

요 약

한국 동해안을 따라 북상하는 동한 난류가 울릉 분지내의 난수괴(Warm Core)에 직접적인 영향을 미치는지를 알아보기 위해서 그 경로의 시간적 변화를 조사해 보았다. 수산진흥원에서 13년간(1975~1987) 관측된 100m 수심의 10℃ 등온선 분포와 2℃ 수심 분포도, 200m 수심의 수온 분포도를 사용해 난수괴의 중심위치와 동한 난류의 북상 여부를 결정했다. 동시에 천기도에서 계산된 해상풍으로 동해 전반에 걸친 월 평균 wind stress curl값을 구하고 Sverdrup balance를 이용해 유선함수값을 구했다. 그 결과 동한 난류의 경로는 항상 일정하지 않고 시간에 따라 변하며 동한 난류가 동해 연안을 따라 북상하지 않는 기간에도 난수괴는 동한 난류와 무관하게 존재함을 알 수 있었다. 유선함수 분포를 통해 대마 난류의 분지 및 동한 난류의 북상에 미치는 해상풍의 영향을 알아본 결과 대마 난류의 세기가 약한 4월에 한달 전의 해상풍에 의한 해수의 이동으로 동한 난류의 북상이 저지될 수 있음을 알 수 있었다. 그리고 Sverdrup transport와 난수괴의 위치는 상관성이 별로 없었으나 여름철 수산진흥원 조사 해역중 38°N를 통해 흐르는 남향류는 동해 북부 해역의 찬 해수가 극전선 남쪽의 영구수온약층 밑으로 내려오면서 난수괴의 열구조와 위치에 영향을 미칠 가능성을 말해준다.

참 고 문 헌

Cardone, V. J. 1969. Specification of the Wind Dist-

- tribution in the Marine Boundary Layer for Wave Forecasting, New York Univ. School of Engineering and Science, Report GSL-TR69-1, 181.
- Garratt, J. R. 1977. Review of Drag Coefficients over Oceans and Continents, *Mon. Wea. Rev.*, 105, 915~929.
- Hidaka, K. & T. Suzuki. 1950. Secular Variation of the Tsushima Current, *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 16, 28~31.
- Kang, Y. Q. 1985. Seasonal Variation of Heat Content in the Neighbouring Seas of Korea, *J. Oceanol. Soc. Korea*, 20(3), 1~5.
- Kim, C. H. & K. Kim. 1983. Characteristics and Origin of the Cold Water Mass along the East Coast of Korea, *J. Oceanol. Soc. Korea*, 18(1), 73~83.
- Kim, K., K. R. Kim, J. Y. Chung & H. S. Yoo. 1991. Characteristics of Physical Properties in the Ulleung Basin, *J. Oceanol. Soc. Korea*, 26(1), 83~100.
- Kim, K. & R. Legeckis. 1986. Branching of the Tsushima Current in 1981~83. *Prog. Oceanogr.* 17, 265~276.
- Kim, Y. E. & J. Y. Chung. 1989. Numerical Study of the Circulation in the Japan Sea, I. Case of Closed Basin, *J. Oceanol. Soc. Korea*, 24(2), 96~108.
- Lie, H. J., M. S. Suk & C. H. Kim. 1988. Observations of Southeastward Deep Currents off the East Coast of Korea, *J. Oceanol. Soc. Korea*, 24(2), 63~68.
- Na, J. Y. 1988. Wind Stress Distribution and It's Application to Upper-Layer Structure in the East Sea of Korea, *J. Oceanol. Soc. Korea*, 23(3), 97~109.
- Na, J. Y. & S. K. Han. 1988. Spatio-temporal Distributions of the Wind Stress and the Thermocline in the East Sea of Korea, *Bull. Korean Fish. Soc.*, 21(6), 307~316.
- Na, J. Y. & B. H. Kim. 1990. A Laboratory of Formation of "The Warm Core" in the East Sea of Korea, *Bull. Korean Fish. Soc.*, 22(6), 415~423.
- Na, J. Y., J. W. Seo & S. K. Han. 1991. Characteristics of the Sea Surface Wind over the Adjacent Seas of the Korea Peninsular, *J. Oceanol. Soc. Korea*(submitted)
- Sekine, Y. 1987. Wind-driven Circulation in the Japan Sea and its Influence on the Branching of the Tsushima Current, *Prog. Oceanogr.*, 17, 297~312.
- Seung, Y. H. & K. Kim. 1989. On the Possible Role of Local Thermal Forcing on the Japan Sea Circulation, *J. Oceanol. Soc. Korea*, 24(1), 29~38.
- Willebrand, J. S., G. H. Philander & R. C. Pacanowski. 1980. The Oceanic Responce to Large-Scale Atmospheric Disturbances, *American Meteorological Soc.*, 8, 411~429.
- Yi, S. U. 1966. Seasonal and Secular Variation of the Water Column Transport across the Korea Strait, *J. oceanol. Soc. Korea*, 1, 7~13.
- Yi, S. U. 1970. Variations of Oceanic Condition and Mean Sea Level in the Korea Strait. In: *The Kuroshio*(J. C. Marr, ed.), East-West Center Press, Honolulu, 125~141.

1991년 11월 12일 접수

1991년 1월 7일 수리