북한한류계수의 남하 한계에 관하여

윤 종 휘

On the southern limit of the North Korean Cold Water

Jong-Hooi Yun

1. INTRODUCTION

동해는 한반도, 일본 열도 및 시베리아 동부 지역으로 둘러싸인 연해로서 대한해협, 쓰가루해협, 소야해협 및 타타르해협을 통하여 동중국해, 북태평양 및 오호츠크해와 연결되어 있다.

동해의 수괴는 수온 0.0~1.0℃, 염분 34.0~34.1‰인 동해고유수(East Sea Proper Water)가 약 90%를 차지하고 있고, 그 외에 8~16℃, 34.14~34.68‰의 쓰시마 난류수에 해당하는 중층수, 17~20℃, 33.24~33.96‰인 하계 표면수 및 춘계에 시베리아 연안을 따라 냉수역에 존재하는 4~10℃, 33.06~33.78‰인 해수로 구성되어 있다(Yasui et al,1967).

동해의 난류는 대한해협을 통해 유입되는 쓰시마 난류가 주된 해류로서, 그 유로에 대해서는 학자에 따라 3분지설, 2분지설 및 사행설 등이 있다. 이 해류의 지류로서 대한해협을 통과한 후 한국 동해안을 따라 북상하는 동한 난류(East Korea Warm Current)는 한반도 동해 연안역의 해황에 영향을 크게 미치는 해류이다. 그리고 한반도 동해 연안역의 북부 해역에서는 연해주로부터 흘러 내려오는 리만 해류 및 연해주 해류에 기원을 둔 북한한류(North Korea Cold Current)가 한국 동해안을 따라 남하하여, 울릉도 주변 해역의 표층에서 동한 난류와 만나서 극전선(Polar Front)이 형성되는 것으로 알려져 있다.

이와 같이 대마난류계수와 북한한류계수가 만나는 한반도 동해 연안역에는 종종 냉수역이 발달하며, 이러한 냉수역의 형성 및 발달 과정에 대한 연구로는 Gong and Park(1969), Lee(1978), An(1978), Byun et al(1982), Kim and kim(1983), Kim and Chung(1984), Yang et al(1991) 등이 있으나, 북쪽에서 남하하는 북한한류계수의 남하 한계에 관해서는 지금까지 연구된 바가 적다.

한편, 북한한류계수의 수괴 정의에 대해서는 연구자에 따라 다소 차이가 있지만, 이들을 종합하면 대략 수온 0.2~7℃, 염분 33.9~34.1‰, 용존산소 6.0~7.5ml/l로써 동해고유수와 대마난류수에 비해 저염하며, 산소량이 많은 것이 특징이다. 그러나 Park(1978)과 Yang et al(1991)의 용존산소 분포를 참고해 보면, 용

존산소가 풍부한 북한한류계수는 남하하면서 산소량이 저하되어 동해고유수와 비슷한 함유량을 가지기 때문에 용존산소로써 북한한류계수의 남하한계를 추적하는 데에는 다소 어렵다고 생각된다. 따라서 본 연구에서는 북한한류계수의 염분 특성치 한계를 조사하여 이것을 기준으로 하여 한반도 동해 연안역에서 북한한류계수의 남하 한계를 규명하고자 한다.

2. MATERIALS AND METHODS

본 연구에서는 국립수산진흥원(National Fisheries Research and Development Agency of Korea, FRDA)의 18개년(1973-1990)의 해양관측 자료와 일본 무학 해양기상대(Maizuru Marine Observatory)에서 발행한 일본해 해양 관측 20년보의 해양관측 자료를 사용하였다.

Fig.1에는 연구 해역인 부산-대마도 Section(207-Line)과 주문진 Section (106-Line) 사이 해역의 연구 정점 및 해저 지형이 표시되어 있다.

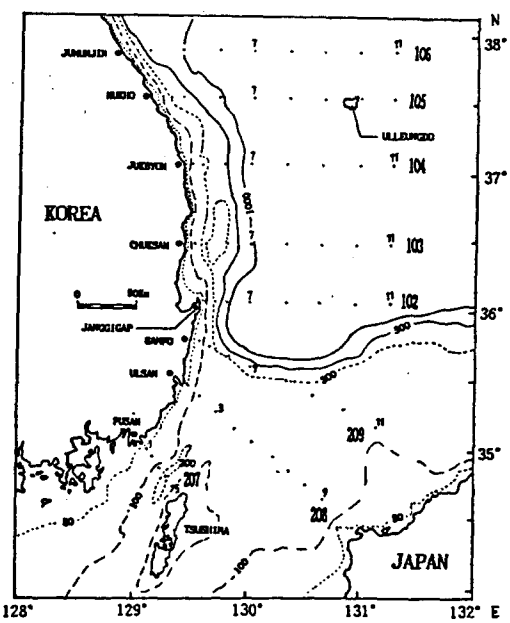

Fig.1 Location of the hydrographic stations and bottom topography in the study area.

먼저 북한한류계수가 연중 지속적으로 존재하는(Kim and Kim, 1983) 주문진 해역과 대마 난류수역인 대한해협 서수도(Line-207) 및 동해 중앙부에 위치한 일본기상청 관측 정선 PM-Line의 T-S Diagram과 하계 수온, 염분 및 용존산소 단면도를 작성하여 해역 간의 해수 특성을 비교하고 북한한류계수의 특성치 한계를 조사하였다.

그에 따라 0.5~7.0℃, 34.04‰ 이하의 수괴를 북한한류계수의 지표로 삼아 18개년(1973-1990)동안 격월별 T-S diagram을 작성하여 북한한류계수가 존재한 가장 남쪽 section을 남하 한계로 하여 북한한류계수의 남하 한계를 조사하였다. 그리고 등밀도면 상(sigma-t 27.0)의 수온, 염분 및 용존산소의 수평 분포도를 작성하여 북한한류계수가 남하하는 유로를 추정하였다.

3. RESULT AND DISCUSSION

(1) Characteristics of the North Korean Cold Water

Fig.2(a)는 Line-106의 16개년(1973-1988)의 평균 수온-염분치를 기입한 T-S Diagram이고, Fig.2(b)는 Line-207의 16개년(1973-1988)과 PM-Line의 12개년(1972-1983)의 평균 수온-염분치를 기입한 T-S Diagram이다. 그림에서 대략 σ_t 26.2보다 가벼운 해수는 상당히 분산되어 분포되어 있다. σ_t 26.2 이상인 영역에서 두드러진 특징은 Line-106에서는 대마난류 수역에 분포되어 있지 않는 0.5~7℃, 34.04‰ 이하의 저염수가 분포되어 있다.

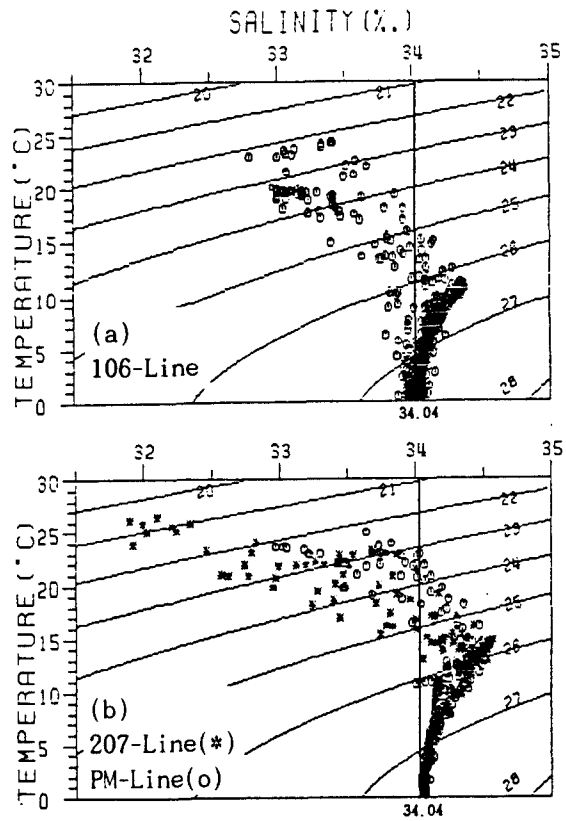

Fig.2 T-S diagrams for 106-Line(a), 207-Line and PM-Line(b). Data plotted in the diagrams are 16 years'(1973-1988) mean T-S for 106 and 207-Lines, 12 years'(1972-1983) mean T-S for PM-Line.

하계 한반도 동해 연안역의 외해쪽의 50-125m(8~13℃, 34.2‰ 이상, 5.6ml/l 이하)와 동해 중앙부의 난수역의 30-100m(10~17℃, 34.3~34.4‰, 5.4~5.8ml/l)에는 공통적으로 고온.고염수가 존재하고 있다.

이것은 Moriyasu(1972)가 분류한 수괴 중, 동해 중층수에 해당한다(Intemediate water). 그러나 한반도 동해 연안 부근의 수온 약층 아래의 50-150m에는 다른 section에서는 찾아 볼 수 없는 대략 2~6℃, 33.9~34.0‰, 6.0~6.2ml/l의 저염.고산소수가 존재하고 있다. T-S diagram과 하계 단면도를 종합해 보면, 북한한류계수는 0.5~7℃, 34.04‰ 이하, 6.0ml/l 이상의 특성을 가지고 있으며 이것은 Gong과 Park(1969), Park(1978), Kim과 Kim(1983), Kim et al(1991) Yang et al(1991) 및 Kim과 Kim(1983)이 정의한 북한한류계수와 비슷한 특성을 나타내고 있다.

(2) Fluctuation of southern limit of North Korea Cold Water

Fig.3은 18개년 (1973-1990) 동안 매년 격월별 T-S diagram을 작성하여 0.5~7℃, 34.04‰ 이하의 물이 존재하고 있는 가장 남쪽 section을 북한한류계수의 남하한계로 정하여 도시한 북한한류계수의 남하 한계에 대한 시계열이다.

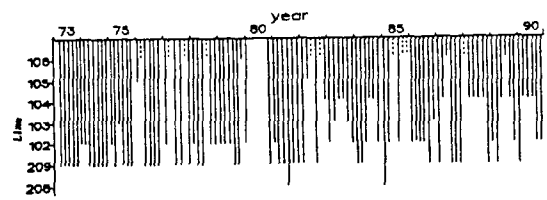

Fig.3 Time series of the southen limit of the North Korean Cold Water bimonthly during 18 years(1973-1990). Dotted lines denote non-existence of NKCW in the study area.

그리고 Fig.4는 Fig.3에서 표시된 남하 한계 해역(section)을 월별로 구분하여 작성한 빈도 분포도이다. 북한한류계수의 남하 한계의 변동은 연도에 따라 매우 크고 경월 변동의 패턴도 매년 일정하지 않다. 월별 빈도 분포도에 의하면, 북한한류계수가 주문진 해역까지 남하하지 않았던 경우도 있지만(약 10%), 주문진 및 묵호 부근까지 남하한 빈도가 약 90%로 거의 항상 북한한류계수는 이 해역까지 남하하는 것으로 생각된다. 그리고 북한한류계수가 우세하게 되면 감포 부근까지 남하할 것으로 사료된다.

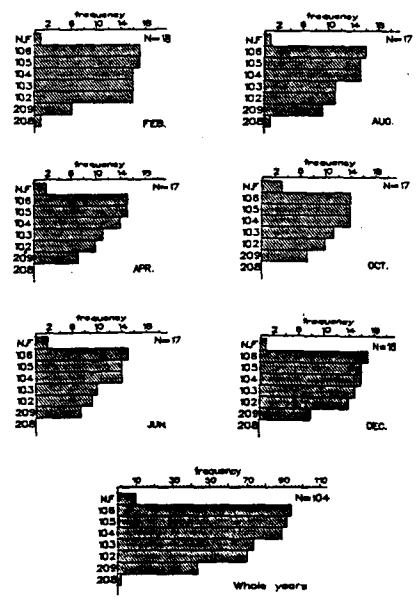

Fig.4 Frequency distributions of the southern limits of NKCW bimonthly during 18 years and over the whole years. NF denotes the frequency of non-existence of the NKCW in the study area.

(3) Water properties on the surface where σ_t equals 27.0

Fig.4와 5는 1986년 10월, 1989년 4월 σ_t 27.0 상의 수온, 염분 및 용존 산소 분포도와 300db에 대한 표면의 역학 고저도이다. 역학 계산은 300m 층을 무류면으로 하여 Sverdrup에 의한 $\Delta D = \int \delta dp$ 식으로 산출하였다. Fig.4에서 남쪽에서는 울산 부근에서 5~6℃, 34.1~34.3‰, 5.0ml/l 이하의 고염.저산소수가 외해로 향해

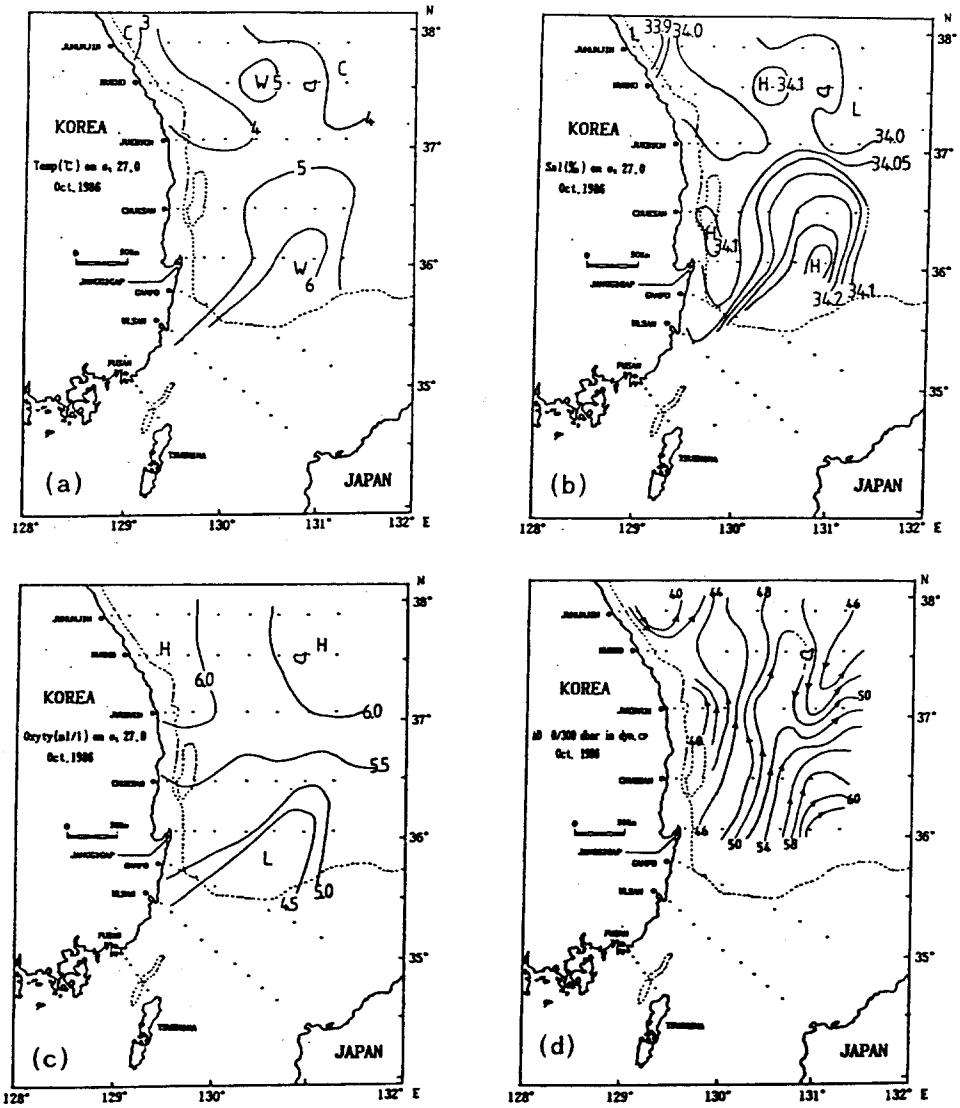

Fig.5 Temperature(a), salinity(b) and oxyty(c) where σ_t equals 27.0 and dynamic depth(d) in Oct., 1986.

북동쪽으로 확장하고 있고, 북쪽에서는 4℃ 이하, 34.0‰ 이하, 6.0ml/l 이상의 북한한류계수가 연안을 따라 남쪽으로 뻗어 있다. 그리고 102-Line의 외해에서 북-북동 방향의 강류대가 존재하고 있다. Fig.5에서 남쪽에서부터 5~6℃, 34.1~34.3‰, 5.5ml/l 이하의 고염.저산소수가 연안을 따라 죽변 부근까지 혀모양으로 뻗어 있고, 북쪽에서는 북한한류계수(4℃ 이하, 34.0‰ 이하, 6.0ml/l 이상)가 연안을 따라 죽변까지 뻗어 있고, 이와는 별도로 4~5℃, 34.0~34.05‰, 5.5~

6.0ml/l의 다소 저염한 물이 연안에서 약 100km 떨어진 울릉도 주변 해역에서 남쪽으로 확장하고 있다. 그리고 다소 강한 북류가 연안쪽에 존재하며, 102-Line에서는 다소 복잡한 유형을 보이고 있다. 상기의 등밀도 면 상의 특성 분포도와 역학 고저도를 종합해 보면, 북한한류계수의 분포 범위 및 유로 패턴은 일정하지 않지만, 동한난류의 세력과 유속에 따라 영향을 크게 받을 것으로 생각된다.

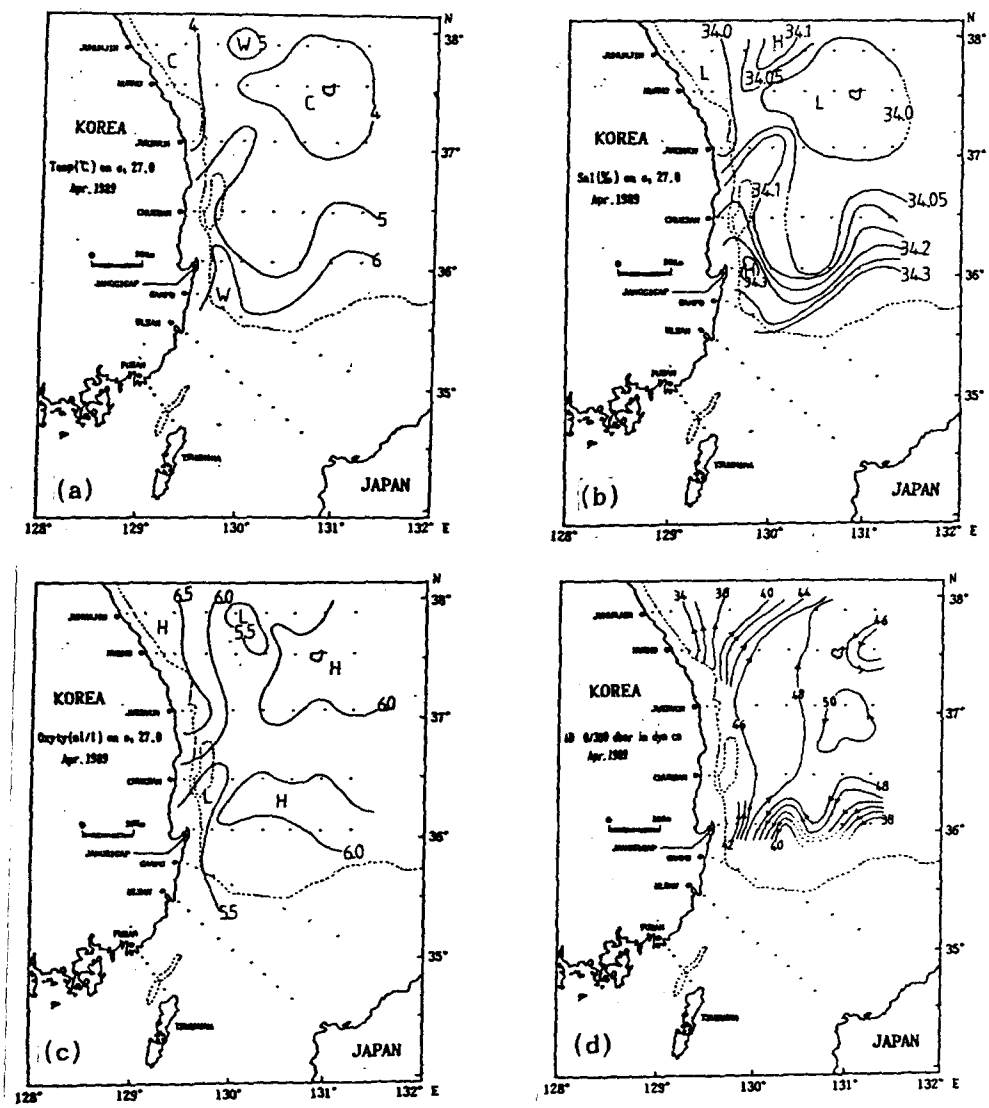

Fig.6 Temperature(a), salinity(b) and oxyty(c) where σ_t equals 27.0 and dynamic depth(d) in Apr., 1989.

(4) CONCLUSION

한반도 동해 연안역에서 18개년(1973-1990)의 국립수산진흥원의 해양 관측 자료를 이용하여 북한한류계수의 남하한계를 조사하였다. 북한한류계수의 남하 한계는 연도와 계절에 따라 변동하지만 묵호 해역까지는 연중 남하하며, 그 세력이 우세한 때에는 대략 감포 부근 해역까지 남하할 것으로 사료된다. 그리고 북한한류계수의 분포 범위 및 남하 유로도 연도와 계절에 따라 다르며, 이러한 변동은 북한한류계수의 세력, 동한 난류의 세력 및 유로, 한국 동해안에 나타나는 냉수역 및 해저 지형 등과의 상호 관련성에 의해 크게 좌우될 것으로 사료된다.

REFERENCE

BYUN.S.K,H.J.LIE,C.S.KIM and H.K.KIM, 1982. Water circulation of the East Sea and its applicability to industry. BSPE00042-62-1 of KORDI,1-145.

GONG.Y AND C.K.PARK, 1969. On the oceanographical character of the low temperature region in the Eastern Sea of Korea, Bull. of FRDA No.4,69-91.

KIM.C.H,H.J.LIE AND K.S.CHU, 1991. On the Intermediate Water in the Southwestern East Sea(Sea of Japan). Elsevier 54 by K.Takano,129-141.

KIM.C.H and K.KIM, 1983. Chracteristics and origin of the cold water mass along the east coast of Korea. J.Oceanol.Soc.Korea, 18(1),73-83.

KIM.K and J.Y.CHUNG, 1984. On the salinity minimum and dissolved oxygen-maximum layer in the East Sea(Sea of Japan). Elsevier 39 by T.Ichiye,55-65.

MORIYASU.M, 1972. The Tsushima Current. In Kuroshio, its physical aspects ed. by H.STOMMEL and K.YOSHIDA. Univ. of Tokyo Press,353-369.

STEPHEN.P and P.L.PICKARD, 1983. Introductory Dynamic Oceanography. 2nd ed.Pergamon Press,66-77.

YANG.H.S,S.S.KIM,C.G.KANG and K.D.CHO, 1991. A study on the Sea Water and Ocean Current in the Sea adjacent to Korean Peninsula. Bull.Kor.Fis.Soc.24(3),185-192.

YASUI.M,T.YASUOKA,K.TANIOKA and O.SHIOTA, 1967. Oceanographic Studies of the Japan Sea(1). Water Characteristics. Oceanog.Mag.19(2),177-192.