J. Korean Fish. Soc. 30(1), 119~127, 1997 한수지, 30(1), 119~127, 1997

1994년 11월 동해 중층수의 분포

최용규 · 조규대*
국립수산진흥원 서해수산연구소 군산분소 · *부경대학교 해양학과

Distribution of the East Sea Intermediate Water in November 1994

Yong-Kyu CHOI and Kyu-Dae CHO*
Kunsan laboratory, West Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Agency, Kunsan 573-030, Korea
**Department of Oceanography, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea*

In order to investigate the distribution of the East Sea Intermediate Water (ESIW), CTD measurement was performed in the East Sea of Korea during 8~11 November, 1994. ESIW was 2.0~2.3℃ in potential temperature, 34.04~34.06‰ in salinity and 5.6~6.1 ml/l in oxygen content on the isopycnic surface of 27.2 in potential density. The isopycnic surface of 27.2 which represented the layer of ESIW became shallower from about 200 m depth in the open sea to about 140 m depth near the coast. Off the coast of Jukbyun, the 27.2 isopycnic surface was located at the depth of about 120 m and had a little higher potential temperature and salinity, lower oxygen content than those in the open sea.

The ESIW on the continental shelf was higher about 0.8 ml/l in AOU, 0.02 in salinity than those of the ESIW in the open sea. These suggest that the ESIW on the continental shelf did not come from the North Korean Cold Water but originated from the open sea.

Key words : ESIW, isopycnic surface, AOU (Apparent Oxygen Utilization)

서 론

한국 동해안은 경상남도 울주군 울기 이북에서 함경북도 경흥군 두만강 하구에 이르는 약 960 km의 해안선과 약 18,573 km²의 대륙붕을 가지고 있어, 서해나 남해에 비해서 해안이 단조롭고, 대륙붕이 거의 없는 것이 특징이다. 그러나 한국 동해 연안은 한류수와 난류수의 상호작용에 의해서 복잡한 해황을 나타낸다. 동해안의 지형학적 특성 및 수계를 특징짓는 해류로써 한국 동해 연안에서 빈번히 발생하는 냉수괴의 특성을 보면, 장기갑과 축산 연안의 퇴(堆)를 잇는 지선에 의해 그 지형학적 특성이 분리될 수 있다. 장기갑 이북의 동해 연안 해저 지형은 깊이 100 m 이천의 대륙붕이 좁은띠 형태로 해안선과 평행하게 이루어져 있으며, 그 이남의 해저 지형은 깊이 100~200 m 이르는 완만한 대륙붕이 평탄하게 발달되어 있다. 이러한 지형학적 특성을 가진 한국 동해의 죽변-축산 연안의 냉수괴는 남하한 북한한류계수로 알려져 있다 (Kim and Kim, 1983; Yang et al., 1991; Yang et al., 1994). Kim and Kim (1983)은 침강한 북한한류계수의 염분은 낮고 용존산소량은 높아 동해고유수와 구별이 가능하다고 하였다. Yang et al. (1991)은 북한한류수괴는 대마난류 중층수보다도 용존산소 농도가 약 1~2 ml/l 높은데도, 이 두 수괴의 겉보기산소소비량 (Apparent Oxygen Utilization;AOU)은 비슷하지만, 깊이 약 100~200 m의 중층에서 비교적 낮은 AOU값을 보이는 북한한류계수가 나타난다고 하였다. 그리고 Yang et al. (1994)은 동해 남부 연안해역의 65~120 m 사이의 수층에서 수온이 2~6℃ 범위를 보이는 냉수괴는 북한한류수라고 하였다.

한편, Moriyasu (1972)는 동해의 대마 난류역에서 깊이 약 200 m 층에 수온이 1~4℃로, 저염 풍산소로 특징되는 수괴가 있다고 하였으며, 이것을 Kim and Chung (1984)은 동해중층수 (the East Sea Intermediate Water)라고 하였으며, 동해의 약 100~300 m 수심에서 염분이 34.05 ‰ 이하이고, 용존산소가 6.5 ml/l 이상인 특성을 갖는다고 하였다. 이러한 저염 풍산소의 특성을 갖는 동해 중층수는 시공간적으로 변화하는 것으로 알려져 있다 (Kim et al., 1991; Kim et al., 1991; Kim et al., 1991). 이와 같이 한국 동해 연안의 저염 풍산소수에 대해서는 남하한 북한한류수 혹은 동해 중층수라고 불리어지고 있으나, 모두 동해 극전선 이북의 북쪽 한류역에서 남하한 저염 풍산소수라는 일치된 견해를 보이고 있다. 본 연구에서는 동해 중층수라고 부르기로 한다.

그러나 저염 풍산소의 특성을 갖는 동해 중층수가 북쪽에서 남하하여 한국 연안에서 나타나지만, 이 수괴가 북쪽 한류역에서 직하하여 남하하는 수괴인지는 불분명

하다. 본 연구에서는 한국 동해 연안의 깊이 200 m 이천의 대륙붕에서 나타나는 동해 중층수의 특성을 구명하기 위해서, 동해 중층수의 특성을 나타내는 등밀도면 상에서의 수괴 분포상을 조사하고, 연안과 외양에서의 AOU를 계산하여 연안과 외양에서의 수괴 특성을 비교하였다. 본 연구에서는 한국 동해 연안의 대륙붕에서 나타나는 동해 중층수가 북쪽 한류역에서 직하한 수괴가 아니라 외양역에서 기원된 것임을 밝혔다.

자료 및 방법

동해 연안의 저염 풍산소수인 중층수의 공간적 분포 특성을 살펴 보기 위해 지난 1994년 11월 8일부터 11일까지 R/V 탐양호로 관측한 동해 연안의 연구 정점을 수심도와 함께 Fig. 1에 나타내었다. 동해 중층수가 침강하여 동해 연안을 따라서 남하한다고 생각되는 묵호와 울릉도를 잇는 5개의 정점과, 그 이남으로 깊이 약 100 m인 연안 정점에서 부터 깊이 약 2000 m에까지 이르는 울릉분지까지의 2개 정선에 있어서 각각의 3개 정점, 그리고 비교적 대륙붕이 잘 발달되어 있는 포항 연안의 2개 정점으로, 모두 13개 정점에 대해서 관측을 행하였다. 관측 방법은 R/V 탐양호에 장착된 CTD (model SBE 911 PLUS)로 해면에서 해저까지 수온, 염분 및 용존산소를 연속 관측하여, 수심 1 m 간격으로 평균한 수온, 염분, 밀도 및 용존산소 값을 사용하였다. 죽변과 포항 연안은 그 북쪽의 연안보다도 대륙붕이 다소 폭넓게 발달되어 있으며, 포항 연안에서는 1000 m의 등수심선이 위도와 거의 나란하게 동쪽으로 뻗어 있고, 정점 EA-3과 정점 EA-5 사이에는 약 1500 m 이상의 해저 협곡이 울릉 분지와 연결되어 있는 것이 특징이다.

동해 중층수의 공간적 특성을 살펴 보기 위하여 온위, 염분, 용존 산소등의 연직 분포를 밀도에 대한 연직 단면도로서 나타내었다. 이 방법은 연직적으로 수괴의 특성이 급격히 변하는 상층수에 대해서, 수심에 대한 연직 단면도보다 쉽게 수괴의 특성을 비교 파악할 수 있다. 이것에 의해서 동해 중층수의 밀도라고 생각되는 지표 밀도면을 정하여, 동해 중층수의 특성을 가장 잘 나타내는 등밀도면상에서의 온위, 염분, 용존산소의 분포상을 살펴 보았다. 그리고 동해 연안에서 해역별로 비교적 뚜렷한 수괴의 차이를 보이는 정점을 선택하여 T-S도를 사용, 그 정점에서의 수괴의 특성을 살펴 보았다.

또한, 동해 중층수가 관측된 각 정점에서 나타나는 수괴의 특성 차이를 보기 위하여 AOU를 계산하였다. AOU는 온위와 염분으로부터 계산된 산소포화량에서 현장의 용존산소량을 뺀 값이다. 대기와의 접촉 이후 해면하로 침강을 계속한 수괴는, 생물학적 과정에 의한 산소소모에 의해서 AOU값이 증가하는 경향을 가진다. 이러한 특성을 이용하여 저염수가 나타나는 연안과 외양 정점에서의 AOU값을 각각 비교해 보았다.

결과 및 고찰

1. 수괴의 연직 분포

동해 연안에서 연직적인 밀도 분포를 살펴보기 위해서

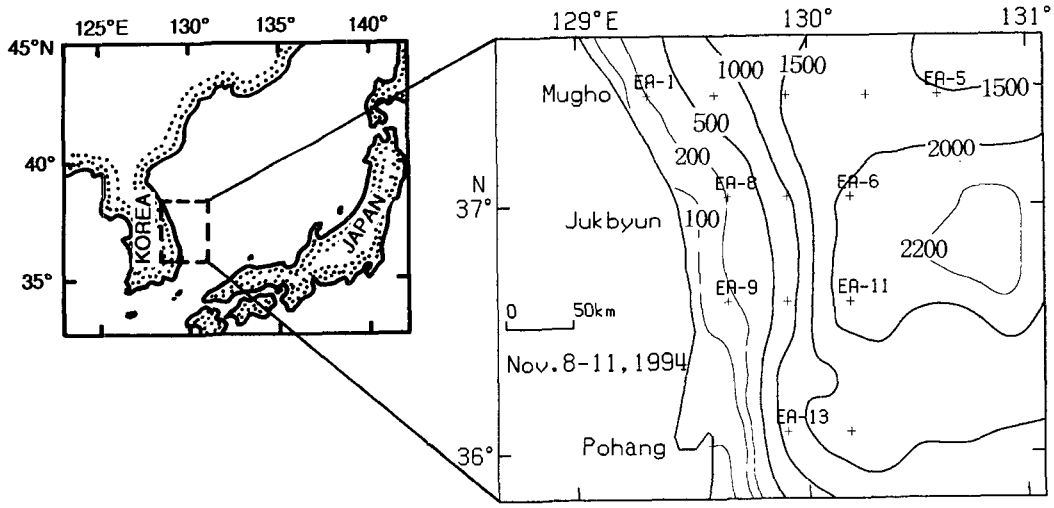

Fig. 1. Bathymetry and CTD stations (+) in the East Sea of Korea during 8~11 November, 1994. Numerals indicate the depth in meters.

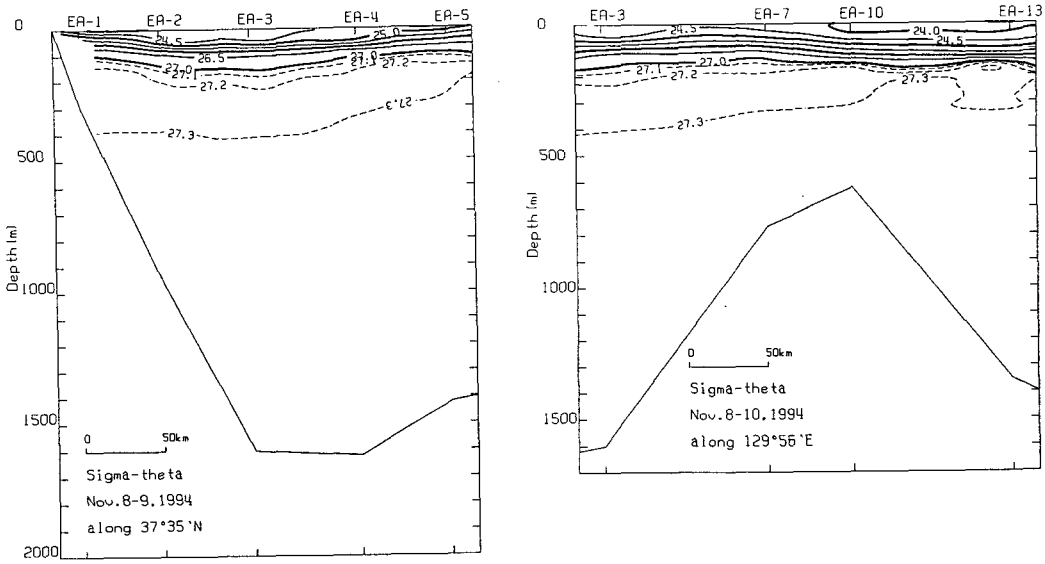

Fig. 2. Vertical distributions of potential density along 37°35′N (left) and 129°56′E (right), respectively.

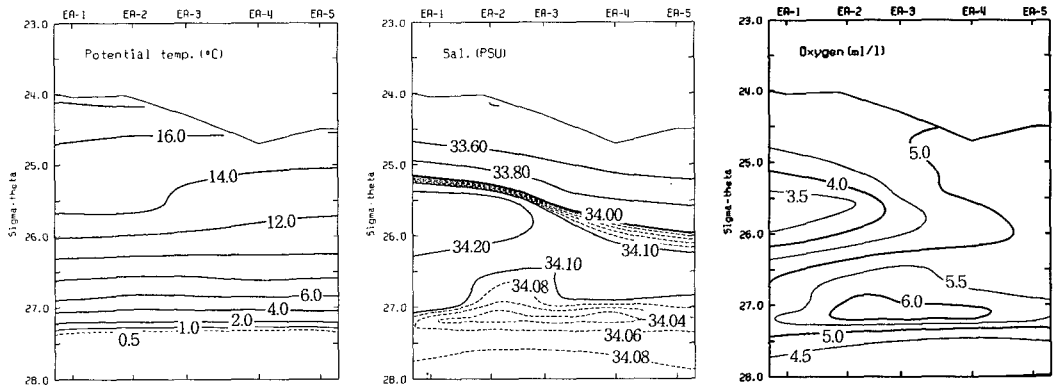

Fig. 3. Vertical distributions of potential temperature (left), salinity (middle) and oxygen (right) versus potential density along 37°35′N, respectively.

묵호와 울릉도를 잇는, 위도 37°35′N을 따른 동서 단면과 그리고 정점 EA-3를 시작으로 하여 정점 EA-13까지, 경도 129°56′E를 따른 남북 단면에 대한 밀도의 연직 분포도를 Fig. 2에 각각 나타내었다. 동서 단면에서는 연안쪽 정점 (EA-1, EA-2, EA-3)에서 σ_θ가 24.5 이하인 가벼운 물이 점하고 있으며, 남북 단면에서는 남쪽 정점 (EA-10, EA-13)에서 σ_θ가 24.0 이하인 가벼운 물이 보이고 있다. 그리고 동서 및 남북 단면 모두 수심에 따라서 σ_θ의 값이 연직적으로 높아지는 밀도 성층을 이루고 있으며, 밀도 약층은 σ_θ가 약 26.0의 값을 보이고 있는 깊이 100 m 층에서 나타나고 있다. 깊이 400 m 이심에서는 σ_θ가 27.3으로 밀도의 변화가 보이지 않으며, 계절 변화가 없는 동해고유수로 점하여져 있다 (Uda, 1934; Moriyasu, 1972). 이러한 밀도의 연직적인 분포에 대해서 수괴의 특성들의 분포는 어떠한지 살펴보도록 한다.

동해 연안 수괴의 연직적인 분포 특성을 보기 위해서 위도 37°35′N을 따른 동서 단면에 대한 온위, 염분, 용존산소의 연직 분포도를 밀도에 대해서 Fig. 3에 각각 나타내었다.

동해 중층수의 일반적인 특성으로 알려져 있는 저염 풍산소수 (Moriyasu, 1972; Kim and Chung, 1984)는 σ_θ가 27.2인 깊이를 중심으로 온위가 약 2~4℃이고, 염분이 약 34.04 이하이며, 용존산소가 6.0 ml/l 이상으로, 깊이 약 150~200 m 층에 분포하고 있다. 그리고 고염 빈산소수

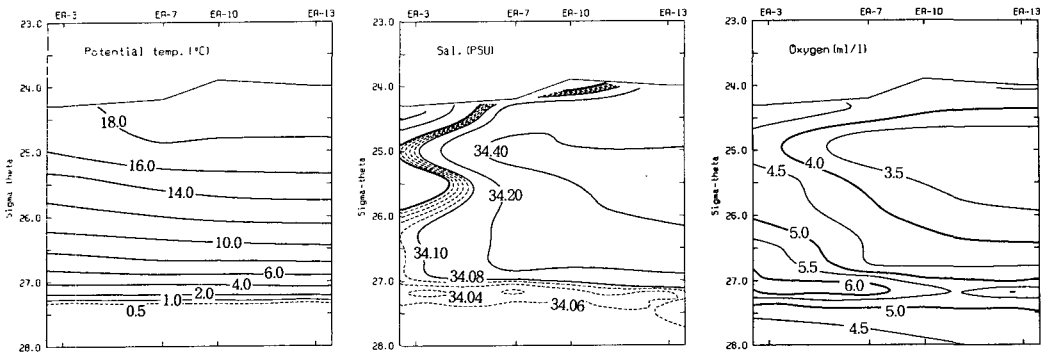

Fig. 4. Vertical distributions of potential temperature (left), salinity (middle) and oxygen (right) versus potential density along 129°56'E, respectively.

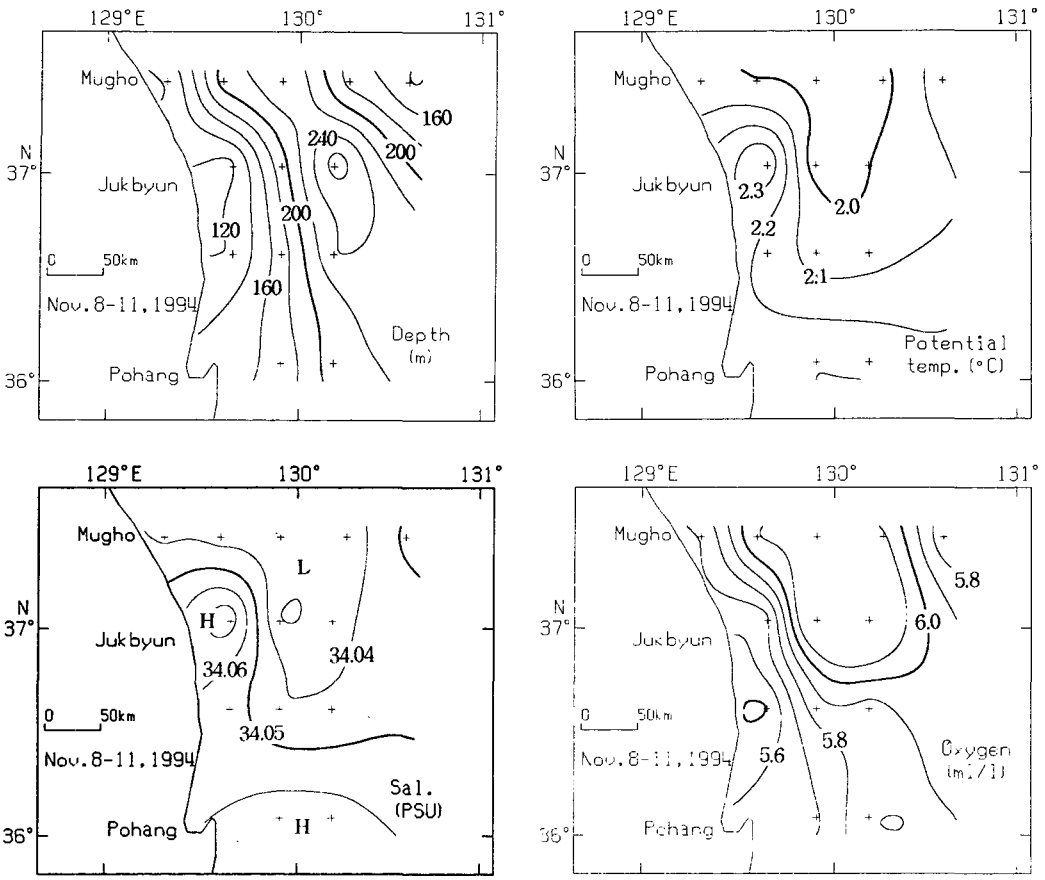

Fig. 5. Depth of isopycnic surface at σ_θ=27.2 (upper left), horizontal distributions of potential temperature (upper right), salinity (lower left) and oxygen (lower right) on the isopycnic surface at σ_θ=27.2, respectively.

인 대마난류는 σ_θ가 25.5~26.0인 깊이에서 온위가 12.0~16.0℃이고, 염분은 34.2 이상이며, 용존산소는 3.5 ml/l 이하로, 깊이 약 50~100 m 층에서 나타나고 있다. 대마난류는 묵호 연안 가까이 있는 정점 EA-1을 중심으로 외양쪽의 정점 EA-3까지 퍼져 있으며, 중층수는 대마 난류와는 달리, 연안 정점 EA-1에서부터 외양 정점 EA-4까지

동서 단면상에서 폭넓게 분포하고 있다.

Fig. 4는 정점 EA-3를 시작으로 하여 정점 EA-13까지 경도 129°56'E를 따른 남북 단면에 대해서 Fig. 3과 같은 방법으로 나타낸 것이다. 동해 중층수의 특징인 저염 풍산소수는 동서 단면에서처럼 뚜렷하지는 않지만, Fig. 3에서와 같이 σ_θ가 27.2인 깊이를 중심으로 온위가 약 2~4℃이고, 용존산소가 6.0 ml/l 이상인 중층수가 정점 EA-3에서부터 정점 EA-7까지 퍼져 있다. 이때의 염분은 34.06 이하로, 염분이 34.04 이하인 저염수가 정점 EA-3와 정점 EA-7에서 보이고 있다. 염분이 34.40 이상이고 용존산소가 3.5 ml/l 이하인 대마 난류는 σ_θ가 25.5를 중심으로 하여, 남쪽 정점인 EA-7에서부터 정점 EA-10까지 뚜렷하게 나타나고 있다. 이와 같이 밀도에 대한 각 특성치의 연직 분포도에서 각 수괴의 극대치 혹은 극소치가 뚜렷하게 대비를 보이고 있으며, 동해 중층수는 σ_θ가 27.2인 등밀도면을 중심으로 분포하고 있고, 대마 난류의 경우는 σ_θ가 약 25.5인 등밀도면을 따라서 나타나고 있다 (Fig. 3~Fig. 4). Kim et al. (1991)은 동해 중층수의 특징인 염분 최소층이 울릉 분지내에서 약 200 m 수심에서 나타나며, 수온은 1.1~2.7℃, 염분은 34.02~34.11‰의 범위로, 동해중층수는 수온약층 밑으로 퍼져간다고 하였다. 이렇게 극대치 혹은 극소치로써 뚜렷하게 나타나는 동해 연안에서의 중층수와 대마 난류수의 수평적인 분포는 어떠한지를 살펴 본다.

2. 등밀도면상에서의 수괴 특성

동해 중층수의 수평적인 분포 특성을 보기 위하여, σ_θ가 27.2인 등밀도면상의 깊이, 온위, 염분, 용존산소를 Fig. 5에 각각 나타 내었다.

σ_θ가 27.2인 등밀도면의 깊이는 죽변 연안에서 약 120 m로 얕아지며, 외양쪽으로 갈수록 점점 깊어져서 약 240 m에 이르다가, 울릉도 가까이에 있는 정점 EA-5 (Fig. 1)에서는 깊이가 약 160 m로 얕아지고 있다. 경도 약 130°E를 중심으로 하여 온위가 2.0℃ 이하이고, 염분이 34.04

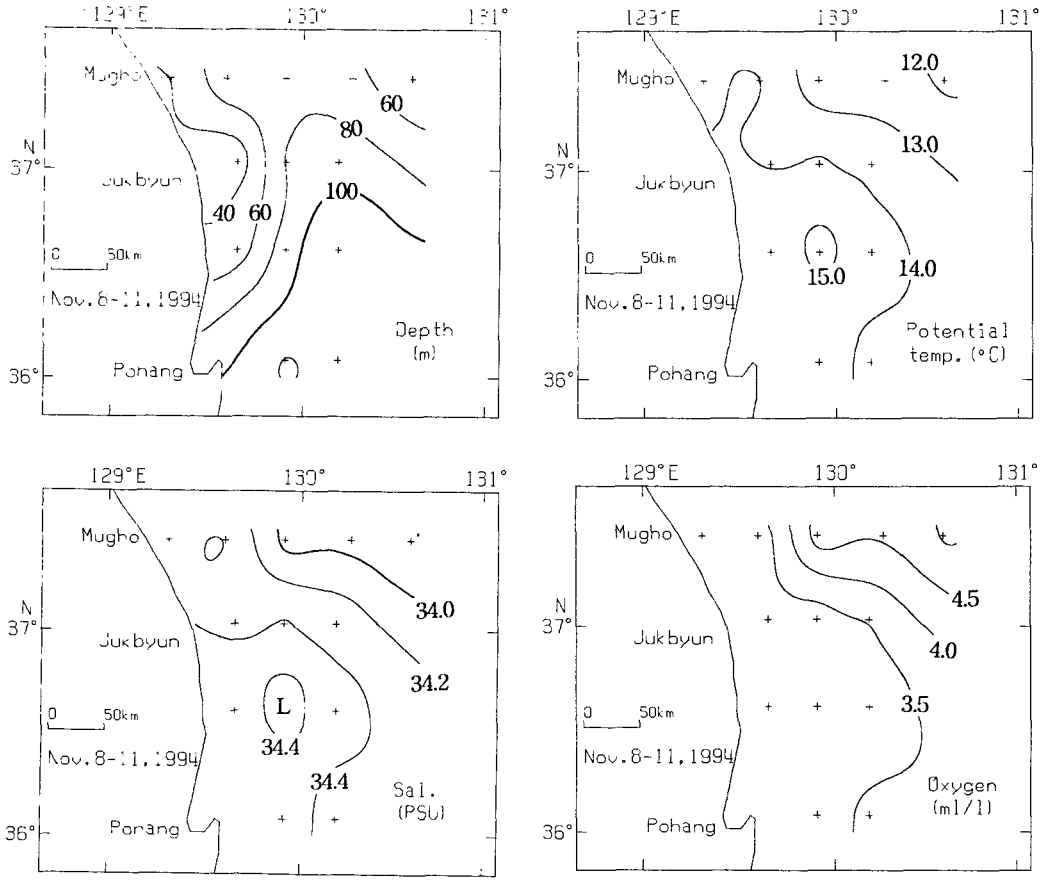

Fig. 6. Depth of isopycnic surface at σ_θ=25.5 (upper left), potential temperature (upper right), salinity (lower left) and oxygen (lower right) on the isopycnic surface at σ_θ=25.5, respectively.

이하이며, 용존산소가 6.0 ml/l 이상인 동해 중층수가 북쪽에서부터 남쪽으로 혀모양으로 뻗어 있다. 특히, 죽변 연안에서는 온위가 2.5℃ 이상이고, 염분이 34.08 이상이며, 용존산소가 5.7 ml/l 이하인 특성을 보이는 중층수가 깊이 약 120 m의 층에서 격리된 형태를 보이며 나타나고 있다. Kim et al. (1991)은 연안 관측점에서는 예외적으로 수온이 4.39℃이고, 염분이 33.992‰인 동해 중층수가 있다고 하였다. 이와 같이 죽변 연안에서는 동해 중층수가 외양과 다른 특성을 보인다. 이러한 예외적인 특성이 왜 일어나는 가에 대해서는 다음 장에서 논의를 계속한다.

대마 난류수의 수평적인 분포 특성을 보기 위하여, σ_θ가 25.5인 등밀도면상의 깊이, 온위, 염분, 용존산소를 Fig. 6에 각각 나타 내었다.

대마 난류수의 깊이 분포는 경도 약 130°E를 중심으로, 남쪽에서 깊이 약 100 m 층을 이루면서 북쪽으로 감에 따라서 점차 얕아져서, 죽변 연안이나 울릉도 연안에서는 깊이 약 60 m 층에서 나타난다. 수괴 특성의 수평적 분포를 보면, 온위가 14℃ 이상이고, 염분이 34.4 이상이며, 용존산소가 약 3.5 ml/l 이하인 대마 난류수는 경도 약 130°20′E 이서의 연안쪽에 분포하고 있다. 이들 두 수괴의 연직적인 깊이 차이를 Fig. 7에 나타내어 보았다.

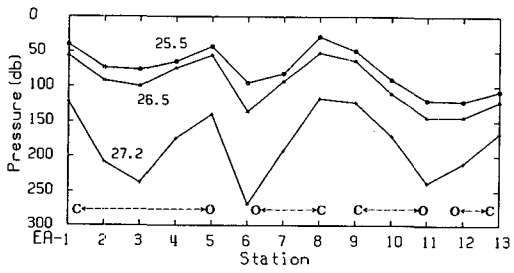

Fig. 7. Pressure of selected isopycnals at CTD stations. The ordinate is the station number. C and O denote coastal station and open sea station, respectively.

Fig. 7은 각 정점에 있어서, 쓰시마 난류수의 지표인 σ_θ=25.5와 북한한류수의 지표인 σ_θ=27.2 그리고 그 중간층이라고 생각되는 σ_θ=26.5의 깊이를 나타낸 것이다. σ_θ=27.2의 등밀도면의 깊이를 보면, 외양 정점 EA-6 (약 270 m)에서 연안 정점 EA-8 (약 120 m)로 갈수록, 또한 외양 정점 EA-11 (약 240 m)에서 연안 정점 EA-9 (약 120 m)로 갈수록 등밀도면의 깊이는 얕아지고 있으며, 또한 외양에서 연안으로 올수록 σ_θ=25.5와 σ_θ=27.2의 깊이 차이도 정점 EA-6과 정점 EA-11의 약 150~200 m에서 정점 EA-8과 정점 EA-9의 약 100 m로 얕아지고 있다. 이와 같이 대륙붕역 (정점 EA-8, EA-9)에서는 수심이 얕으므로 인하여 두 수괴의 깊이 차이가 외양역 (정점 EA-6, EA-11)에 비해서 얕아지고 있다. 그러나 밀도 약층의 하부 깊이를 나타내는 σ_θ=26.5의 깊이는 모든 정점에서 동해중층수 (σ_θ=27.2)보다는 쓰시마 난류수 (σ_θ=25.5)와 연직적으로 더 가깝게 분포하고 있으며, 쓰시마 난류수와 동해중층수는 밀도 약층 (Fig. 2)으로 인하여 혼합이 용이하지 않으리라 생각된다.

3. 연안 및 외양 중층수의 연직 분포 특성

동해 중층수와 대마 난류수는 수심이 얕은 대륙붕역에서는 두 수괴의 깊이 차이가 얕고, 울릉도 근해역 (정점 EA-5)을 제외하고 외양역에서는 두 수괴의 깊이 차이가

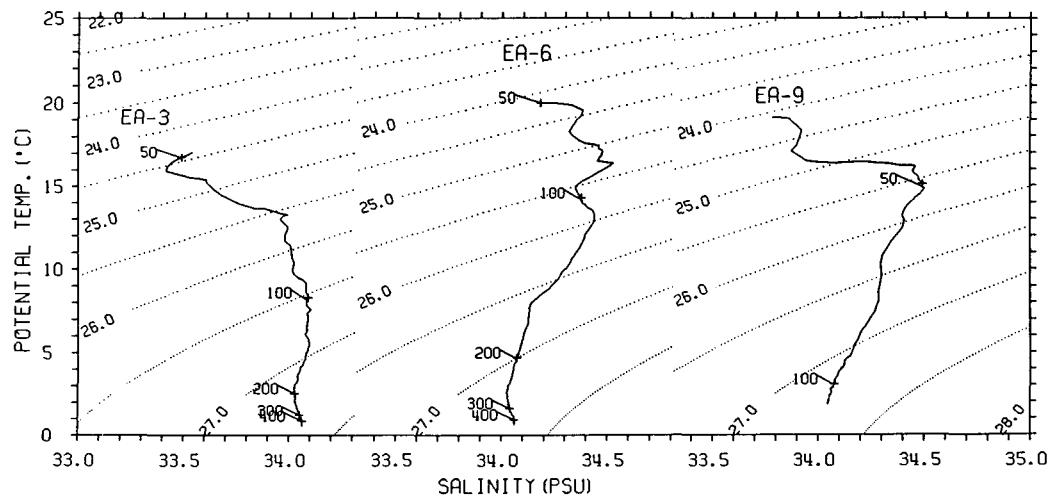

Fig. 8. T-S diagram from the sea surface to 500 m depth at stations of EA-3, EA-6 and EA-9.

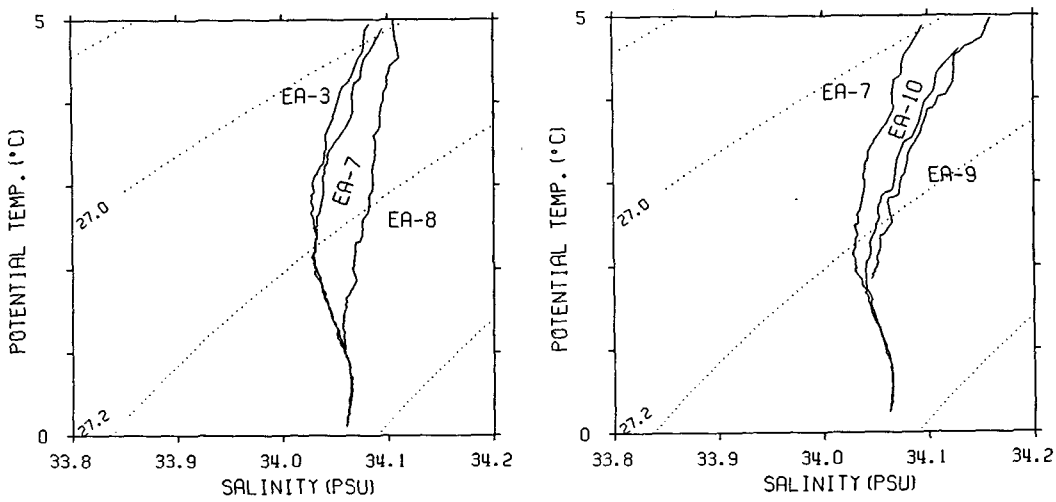

Fig. 9. T-S diagrams for the temperature below 5℃ at stations of EA-3, EA-7, EA-8 (left) and EA-7, EA-10, EA-9 (right), respectively.

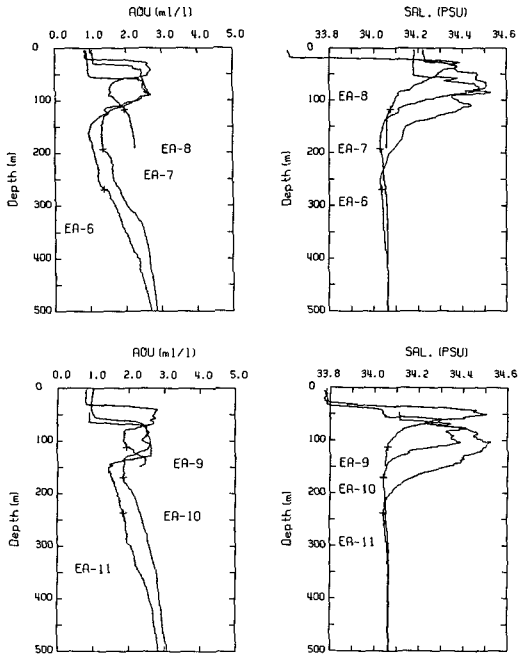

Fig. 10. Profiles of AOU (upper left), salinity (upper right) at stations of EA-6, EA-7, EA-8 and AOU (lower left), salinity (lower right) at stations of EA-9, EA-10, EA-11. Crosses (+) denote the depth of 27.2 in potential density, respectively.

크다. 이러한 두 수괴의 깊이 차이가 T-S도상에서 어떠한 특성을 보이는지 살펴 본다.

Fig. 8은 비교적 뚜렷한 수괴의 차이를 보이는 (Fig. 5~Fig. 6), 정점 EA-3과 정점 EA-6 그리고 정점 EA-9에 있어서의 T-S도를 나타낸 것이다. 정점 EA-3과 EA-6에서는 깊이 200~300 m 층에서 약 34.05인 염분 최소치가 보인다. Yang et al. (1991)은 북한한류수괴는 대마난류 중층수보다도 용존산소 농도가 약 1~2 ml/l 높은데도, 이 두 수괴의 AOU는 비슷하지만, 깊이 약 100~200 m의 중층에서 비교적 낮은 AOU값을 보이는 북한한류계수가 나타난다고 하였다. 또한 Yang et al. (1994)은 동해 남부 연안해역의 65~120 m 사이의 수층에서 수온이 2~6℃ 범위를 보이는 냉수괴는 북한한류수라고 하였다. 그러나 대륙붕역에 위치한 정점 EA-9에서는 깊이 100 m 이심층의 거의 해저면에서 약 34.05인 염분 최소치가 보인다. 연안역에서는 거의 해저면에서 동해 중층수가 존재하고 있음을 나타낸다. 그리고 정점 EA-3에서는 전 수층에서 염분이 34.1을 넘지 않으며, 염분이 34.5 이상인 대마 난류는 정점 EA-6에서는 깊이 50~100 m 사이에서 나타나며, 대륙붕역에 위치한 정점 EA-9에서는 깊이 50 m 층에서 나타나고 있다. 그리고 염분 최소치는 모두 수온이 2~4℃로 수온의 범위가 일정하다.

염분 최소치 즉, 동해 중층수가 나타나는 σ_θ가 27.2인 등밀도면을 중심으로 온위가 5℃ 이하인 수주에 대한 T-S도를 Fig. 9에 나타내었다. 여기서 나타낸 각 정점은 동해 중층수의 중심이 되는 경도 129°56'E를 따른 남북으로의 정점 2개와, 그리고 대륙붕역에 위치한 연안 정점 1개씩을 각각 나타낸 것이다. σ_θ가 27.2인 등밀도면을 중심으로 나타나는 동해 중층수를 보면, 북쪽에서 남쪽으로 갈수록 (정점 EA-3에서 정점 EA-7, 그리고 정점 EA-7에

서 정점 EA-10), 염분 최소치는 약 34.02에서 약 34.05로 높아지고 있으며, 또한 외양역에서 연안역으로 갈수록 (정점 EA-7에서 정점 EA-8, 그리고 정점 EA-10에서 정점 EA-9), 염분 최소치는 점차 높아져서 대륙붕역에 위치한 정점 EA-8과 EA-9에서는 염분 최소치가 명확하지 않고 거의 해저면에서 약 34.06의 염분 최소치를 보이고 있다. 이러한 현상을 파악하기 위해서 외양역에서 연안역으로의 정점에 따른 AOU를 계산해 보았다. Kim et al. (1991)은 AOU, 질산염, 인산염, 규산염등의 화학적 인자들이 염분 최소층에서 일관성 있게 작은 농도를 보인다고 하였으며, 또한 염분 감소에 따른 AOU 및 제영양염들의 감소 경향을 통해서 동해 중층수의 특징으로 규정할 수 있음을 입증하였다.

Fig. 10은 위도 37°07′N을 따른 정점 EA-6, EA-7, EA-8과 위도 36°37′N을 따른 정점 EA-9, EA-10, EA-11에 있어서 깊이에 따른 AOU와 염분을 각각 나타낸 것이다. 여기서 십자(+) 표시는 σ_θ가 27.2인 깊이를 나타낸다. 위도 37°07′N을 따른 정점 (EA-6, EA-7, EA-8)을 보면, 외양역에서 대륙붕에 위치한 연안역으로 올수록, σ_θ가 27.2인 깊이에서의 AOU값은 약 1.2 ml/l (정점 EA-6)에서 약 2.0 ml/l (정점 EA-8)로 증가하고 있으며, 염분 최소치도 약 34.02 (정점 EA-6)에서 34.04 (정점 EA-8)로 높아지고 있다. 위도 36°37′N을 따른 정점 (EA-9, EA-10, EA-11)에서도 마찬가지로 외양역에서 연안역으로 올수록 AOU값은 증가하고 있으며, 염분 최소치도 높아지고 있다. 동해 중층수가 외양이 아니고, 대륙붕을 따라서 곧바로 북쪽에서부터 남하해 온다면, 연안역에서의 AOU값은 외양보다 낮게 나타날 것이다. 그리고 동해중층수가 외양과 대륙붕에서 동시에 남하한다면, 외양과 연안에서의 AOU값은 차이를 보이지 않을 것이다. Lie et al. (1995)은 동해의 난수와 (warm eddy)를 설명하면서, 동해 연안의 냉수가 저층으로 부터의 용승일 수 있음을 간접적으로 시사하였다. 본 연구와 같은 시기에 관측된 자료는 연구해역에서의 난수와의 존재를 나타내었다 (KORDI, 1995). 그리고 Lee et al. (1981)은 Gulf Stream의 사행으로 인한 와동의 발생은 심층수의 용승을 일으킨다고 하였다. 이러한 사실들은 한국 동해 연안의 대륙붕역에서 나타나는 동해 중층수가 직접 남하하는 수괴라기 보다는, 난수와의 상호 작용에 의해서 외양역에서부터 기원된 것이라는 것을 시사하고 있다. 그러나 이러한 결과는 특히 1994년 11월의 해황에 대한 것이다. 따라서 동해 중층수의 남하 현상을 구체적으로 밝히기 위해서는 지속적인 CTD 관측 및 계절 변화에 대한 연구가 필요하리라 생각된다.

요 약

한국 동해 연안에서의 동해중층수의 공간적 분포 특성을 살펴보기 위하여, 1994년 11월 8일부터 11일까지 동해 연안의 13개 정점에 대해서 CTD 관측을 행하였다. 동해 중층수는 σ_θ가 27.2인 등밀도면상에서 온위가 약 2.0~2.3 ℃이고, 염분이 약 34.04~34.06이었으며, 용존산소가 5.6~6.1 ml/l로 분포하고 있었다. 동해 중층수의 특성을 나타내는 σ_θ가 27.2인 등밀도면은 외양에서 대륙붕으로 오면서 그 깊이는 약 200 m에서 약 140 m로 얕아진다. 특히 죽변 연안에서 σ_θ가 27.2인 등밀도면의 깊이는 약 120 m로 얕아지며, 온위가 약 2.3℃이고 염분이 약 34.07이며 용존산소가 5.5 ml/l로, 외양의 동해 중층수에 비해서 수온과 염분이 다소 높으며, 용존산소가 낮은 수괴 특성을 나타내었다.

대륙붕역에서의 동해 중층수는 외양역의 동해 중층수보다도 AOU가 약 0.8 ml/l, 염분최소치가 약 0.02 정도 높은 값을 보였다. 이것은 동해 연안 대륙붕역의 동해 중층수가 북쪽에서 직접 남하하는 중층수가 아니라 외양에 기원을 가진 중층수임을 시사하고 있다.

사 사

본 연구의 관측에 적극 협조하여 주신 R/V 탐양호 관계자 여러분께 감사 드립니다. 또한 부산수산대학교 해양학과 승선 실습생들에게도 감사를 표합니다. 이 연구는 부산수산대학교 해양산업개발연구소의 부분 지원에 의해 이루어졌습니다.

참 고 문 헌

Kim, C.H., H.J. Lee and K.S. Chu. 1991. On the intermediate water in the southwestern east sea (Sea of Japan). In Oceanography of Asian Marginal Seas, Elsevier Oceanography Series, 54, K. Takano, ed. Elsevier, Netherland, pp. 129~141.

Kim, C.H. and K. Kim. 1983. Characteristics and origin of the cold water mass along the east coast of Korea. J. Oceanol. Soc Korea, 18 (1), 71~83 (in Korean).

Kim, K., K.R. Kim, J.Y. Chung, H.S. Yoo and S.G. Park. 1991. Characteristics of Physical Properties in the Ulleung Basin. J. Oceanol. Soc. Korea, 26 (1), 83~100.

Kim, K. and J.Y. Chung. 1984. On the salinity-minimum and dissolved oxygen-maximum layer in the East Sea (Sea of Japan). In Ocean Hydrodynamics of the Japan and East China Seas, Elsevier Oceanography Series, 39, T.

Ichiye, ed. Elsevier, Netherland, pp. 55~65.

Kim, K.Y., T.S. Rhee, K. Kim and J.Y. Chung. 1991. Chemical Characteristics of the East Sea Intermediate Water in the Ulleung Basin. J. Oceanol. Soc. Korea, 26 (3), 278~290 (in Korean).

Korea Ocean Research and Development Institute. 1995. A Study on the Oceanographic Atlas in the Adjacent Seas to Korea-Southwest of the East Sea- (First Year). S.K. Byun, ed. Report BSPN 00262-806-1, 336 pp (in Korean).

Lee, T.N., L.P. Atkinson and R. Legeckis. 1981. Observation of a Gulf Stream frontal eddy on the Georgia continental shelf, April 1977. Deep-sea Res., 28 (4), 347~378.

Lie, H.J., S.K. Byun, I. Bang and C.H. Cho. 1995. Physical Structure of Eddies in the Southwestern East Sea. J. Korean Soc. Oceanogr., 30 (3), 170~183.

Moriyasu, M. 1972. The Tsushima Current. In Kuroshio, Univ. of Tokyo Press, Stommel H. and K. Yoshida, ed. Japan, 358 pp.

Uda, M. 1934. Hydrographical Studies Based on Simultaneous Oceanographical Surveys Made in the Japan Sea and its Adjacent Waters during May and June, 1932. Imper. Fish. Exper. Stat., Records of Oceanographic Works in Japan Ⅵ, 19~107 (in Japanese).

Yang, H.S., P.J. Kim, J.C. Lee and C.H. Moon. 1994. Origin of Cold Water below 10℃ Occurring in the Southern Coastal Region of the Korean East Sea in Summer by Ra Isotope Distribution. Bull. Korean Fish. Soc., 27 (4), 404~412 (in Korean).

Yang, H.S., S.S. Kim, C.G. Kang and K.D. Cho. 1991. A Study on Sea Water and Oceanic Current in the Sea Adjacent to Korean Peninsula Ⅲ. Chemical Characteristics of Water Masses in the Polar Front Area of the Central Korean East Sea. Bull. Korean Fish. Soc., 24 (3), 185~192 (in Korean).

1996년 5월 30일 접수
1997년 7월 4일 수리