

2010년 동해 영덕 연안의 저염수

최용규** · 권기영** · 양준용***

*, ** 동해수산연구소, *** 남동해수산연구소

Descriptive Analysis of Low Saline Water in Youngdeuk, the East Coast of Korea in 2010

Yong-Kyu Choi** · Kee-Young Kwon** · Joon-Yong Yang***

*, ** East Sea Fisheries Research Institute, Gangneung, 210-861, Korea

*** Southeast Sea Fisheries Research Institute, Tongyoung, 650-943, Korea

요 약 : 동해 영덕 연안의 저염수를 보기 위하여 지난 2010년 격월별(2월 23일, 4월 6일, 6월 8일, 8월 19일, 10월 6일, 12월 20일)로 20개의 정점에서 CTD 관측을 수행하였다. 혼합층은 여름에 약 10 m 깊이로 얕았으며, 겨울에 약 20 m 깊이에서부터 저층까지 혼합층을 나타내었다. 연중 5 °C 이하의 찬 물이 수온 약층 이십을 점하고 있었다. 염분 약층은 8월에는 깊이 20 m에, 10월에는 깊이 40 m에 분포하였으며 연중 가장 뚜렷하였다. 뚜렷한 저염수는 10월에 깊이 10 m에서 나타났는데, 10월에 강수량-증발량의 값이 음을 보였다, 이것은 10월에 영덕 연안에서 나타나는 저염수가 이루어져 온 것임을 시사하였다. 동해의 영덕 연안에서 나타나는 저염수는 동한 난류가 주요한 역할을 하는 것으로 보여진다.

핵심용어 : 해황, 혼합층, 저염수, 수온약층, 염분약층

Abstract : In order to see the oceanographic conditions, the observations of aquaculture farm of ascidian in Youngdeuk, the east coast of Korea were conducted through 6 times-23 February, 6 April, 8 June, 19 August, 6 October and 20 December-in 2010. Surveys were conducted in 20 stations bimonthly using SBE 19 CTD instrument. The mixed layer depth (MLD) was deep in winter and shallow in summer. The cold water below 5 °C in temperature was occupied below thermocline through all season. The temperature was high in the southeastern area. The salinity was increased from the coast to the open sea. The halocline was distinct at 20 m depth in August and at 40 m depth in October. The lowest value of salinity was appeared at the depth of 10 m in October. In addition the value of precipitation minus evaporation denoted negative in October. These low saline water seemed to inflow to the coast from the open sea. Therefore the low saline water moved to the east coast of Korea. The EKWC may play an important role to convey the low saline water. It may affect the aquaculture farm along the coast as the mass mortality of ascidian. It needs to clarify the role and pathway of EKWC to transfer the low saline water along the east coast of Korea.

Key Words : Oceanographic conditions, Mixed layer depth, Low saline water, Thermocline, Halocline

1. 서론

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 특징이

다. 그러나 한국 동해안은 동한 난류와 북한 한류의 상호 작용으로 복잡한 해황을 나타낸다(국립수산진흥원, 2001).

동해 남서부에 위치한 후포-축산 연안은 동한 난류가 연안을 따라서 북상하며, 또한 용승으로 인하여 냉수가 나타나는 해역이기도 하다.

한편, 동한 난류는 Tanioka(1968)가 처음으로 용어를 사용하였다. 동한 난류는 계절에 관계없이 대한 해협에서 유입한 이후에 한국 동해 연안을 따라서 북상한다(Kim, 2007).

† 교신저자 : 정희원, ykchoi@nfrdi.go.kr, 033-660-8536

동한 난류는 동중국해에서 형성된 저염수와 함께 대한해협을 거쳐(Senju et al., 2006; Senju et al., 2009; Mori et al., 2009) 한국 동해 연안으로 흐른다(Tanioka, 1962; 조와 최, 1988).

한국 동해안은 북상하는 동한 난류뿐만 아니라 남하하는 북한 한류와의 사이에서도 극전선을 형성(박 등, 1998)하여 좋은 어장이 만들어지며(국립수산진흥원, 2001), 이에 따라서 복잡한 해황을 나타낸다. 북한 한류의 남하 한계는 일반적으로 울진 이북으로 알려져 있으며(국립수산진흥원, 2001; 최와 조, 1997) 그 이남에서는 침강하여 동해의 중층수를 형성하기도 한다(박 등, 1991; 양 등, 1991). 또한 동한 난류도 한국 동해 연안을 따라서 울진 연안까지 북상하여 동쪽으로 흐르는 것으로 알려져 있다(국립수산진흥원, 2001).

따라서 본 연구는 동해 연안에서 발생하는 우렁챙이 양식장의 해양 환경에 대해서 알아보고자 하였다. 특히, 수온과 염분에 의해서 나타나는 수괴의 특성을 설명하여 동해 연안 양식장의 해양 환경에 대해서 보다 나은 이해가 이루어지고자 하는데 목적을 두었다. 그러므로 본 연구는 동해의 영덕 해안에 저염수의 출현과 원인을 밝히고자 하였다.

2. 자료 및 방법

본 연구는 동해 중부의 영덕 해안에서 2010년 격월별(2월 23일, 4월 6일, 6월 8일, 8월 19일, 10월 6일, 12월 20일)로 20개의 정점에서 CTD 관측을 수행하였다(Fig. 1). 북쪽의 후포 연안에서부터 시작하여 남쪽의 축산 연안까지 20개의 정점을 북쪽에서 남쪽으로 4개의 선(Line)에 대해서 각각의 단면으로 나누어, 수온과 염분의 단면도를 각각 작성하여 해황을 보았다. 8월의 경우, CTD 기기의 작동 불량으로 수온 약층 이십의 자료는 얻을 수 없었다.

그리고 저염수가 언제 뚜렷하게 나타나는가를 보기 위하여 T-S도를 사용하였다. 더욱이 국립수산과학원에서 수행하고 있는 정선 중 103-00 정점과 103-04 정점이 본 연구 해역과 가까이 있어, 정선 관측에서 수행한 수온과 염분의 자료와 본 연구에서 관측한 수온과 염분의 자료를 비교하여 T-S도를 작성하였다.

또한 저염수가 지역적인 호우 현상인지 혹은 이류에 의한 출현인지를 살펴보기 위하여 연구 해역과 가까이 있는 포항 지역의 기상 자료를 함께 사용하였다. 기상 자료는 기상청에서 발행한 기상월보(2010)를 사용하였다. 사용된 기상 자료는 기온, 바람, 태양복사열, 그리고 강수량과 증발량 등이다.

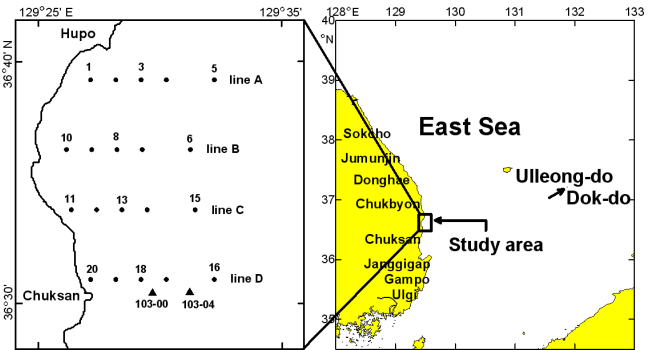


Fig. 1. Hydrographic stations in the studied area. Triangles denote the stations for the serial oceanographic observation of National Fisheries Research and Development Institute.

3. 결과

Fig. 2는 20개 정점에 대해서 격월별로 관측된 CTD 자료에서 수온의 연직 분포를 나타낸 것이다. 8월의 경우,

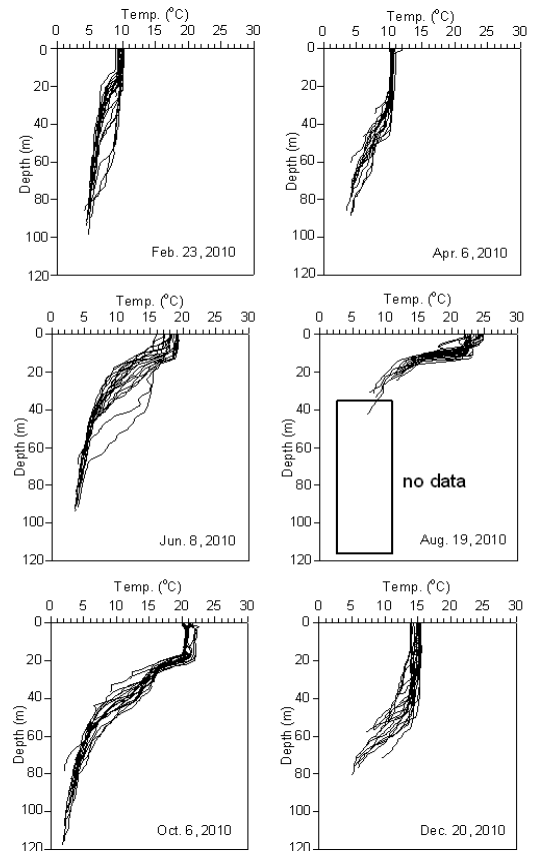


Fig. 2. Bimonthly variation of vertical profiles for temperature.

2010년 동해 영덕 연안의 저염수

기기의 작동 불능으로 수온 약층 이심의 자료는 얻을 수 없었다. 2월의 경우, 깊이 약 20 m층에 일수온 약층이 형성되었으며, 표층에서 저층까지 거의 혼합된 수온 형태를 보였다. 이러한 혼합층은 8월에 거의 깊이 10 m층으로 얇

아졌으며, 12월에는 깊이 50 m층으로 깊어졌다. 그리고 수온 약층하의 깊이 80 m층 이심에서는 5°C 이하의 냉수가 연중 존재하였다.

Fig. 3은 격월별 표층과 저층의 수온 평면도를 각각 나

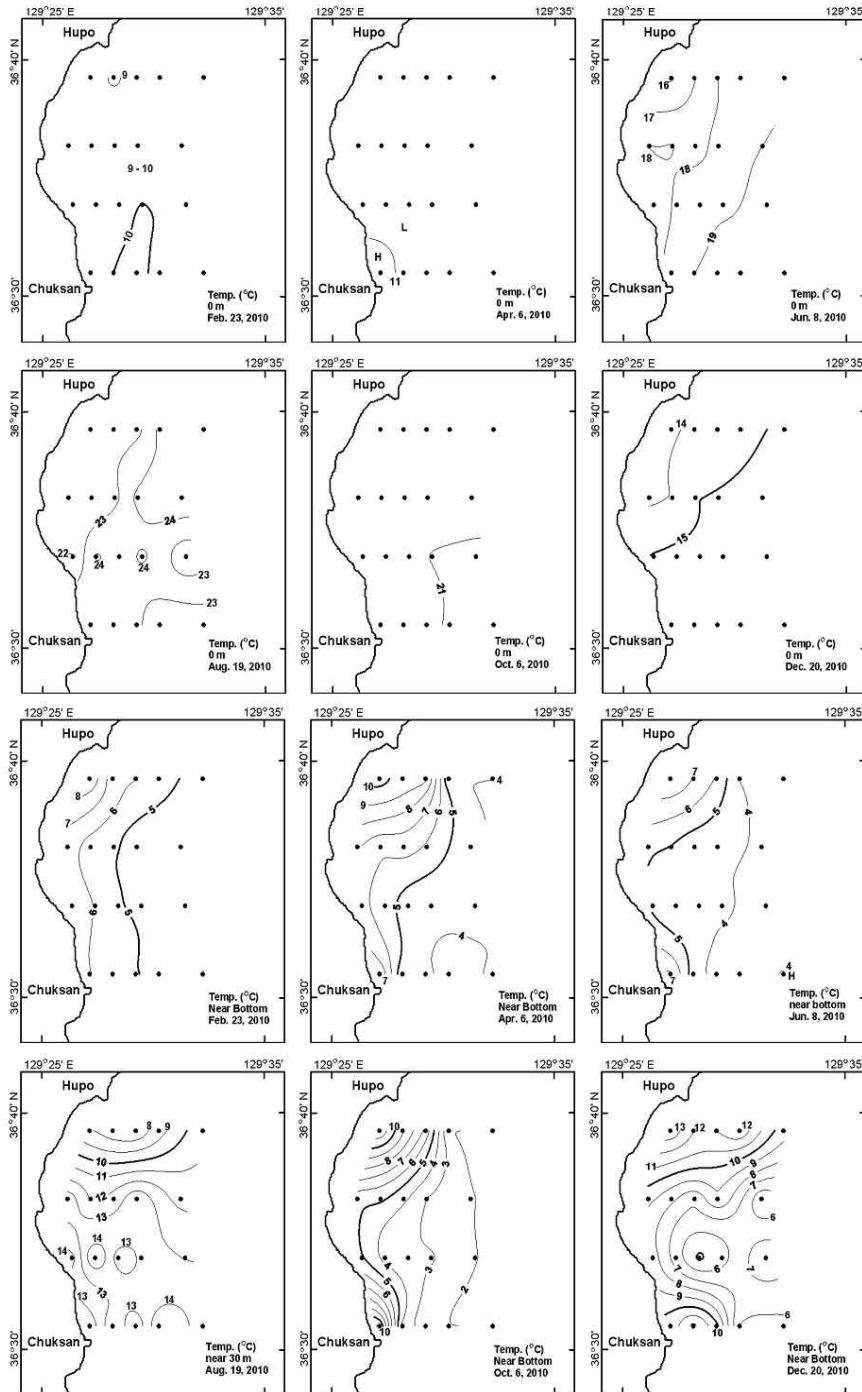


Fig. 3. Bimonthly variation of horizontal distribution for temperature in the sea surface(Upper most and upper) and near bottom(Lower most and lower).

타낸 것이다. 8월의 저층 수온은 깊이 30 m층 수온을 나타낸다. 2월에 10 °C의 수온이 남쪽에서 나타났고, 8월에 남동쪽에서 23 °C의 수온이 보였다. 대체적으로 표층 수온은 남동쪽에서 높은 경향이였다. 저층 수온은 8월을 제외하고 연안에서는 수온이 높고 외양쪽에서는 수온이 낮은 동서

대비를 보였다.

Fig. 4는 격월별 표층과 저층의 염분 평면도를 각각 나타낸 것이다. 표층 염분은 북쪽의 후포 연안에서 31.2(10월)에서 34.0(2월)의 범위를 보였으며, 남쪽의 외양역에서 34.4(2월)에서 31.6(10월)의 분포였다.

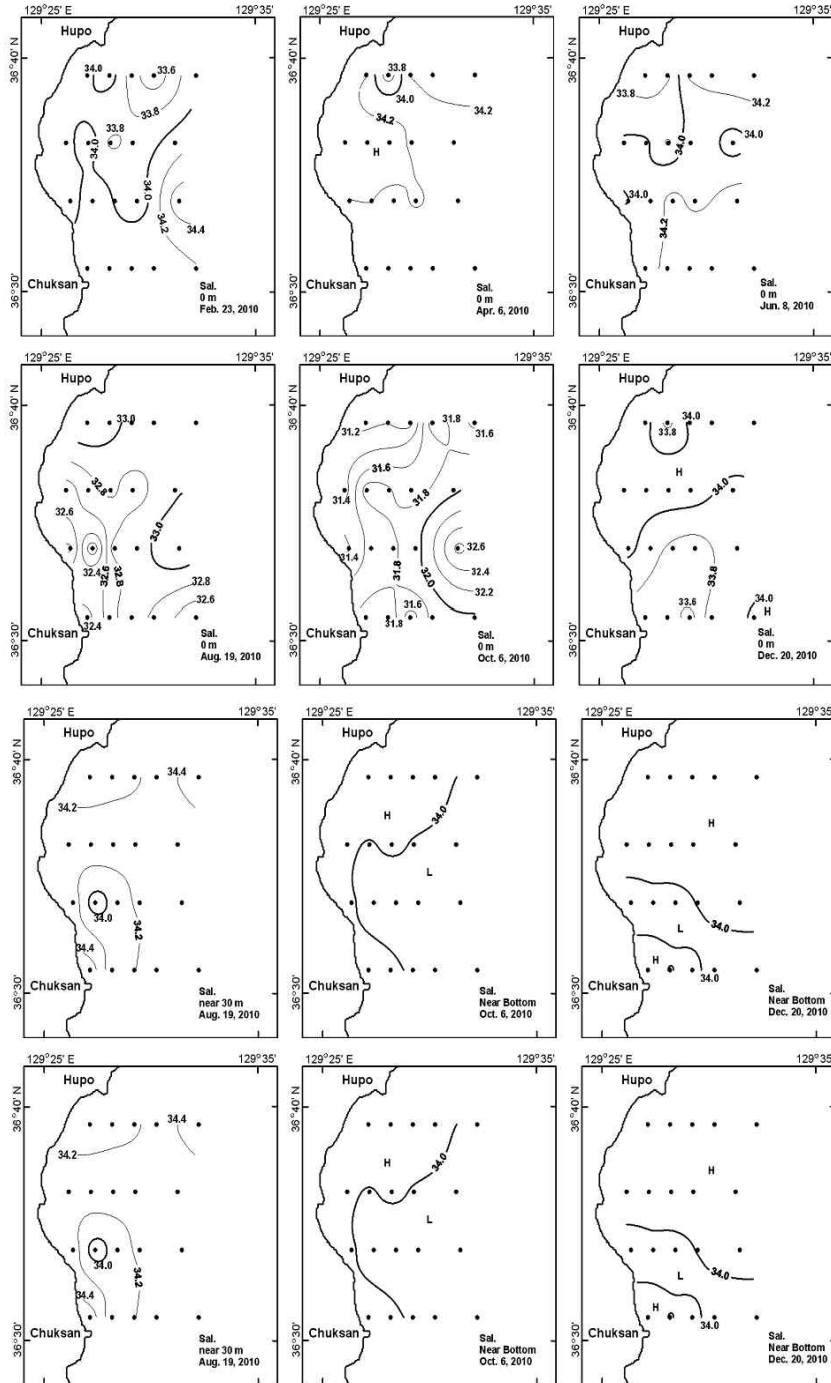


Fig. 4. Bimonthly variation of horizontal distribution for salinity in the sea surface (Upper most and upper) and near bottom(Lower most and lower).

2010년 동해 영덕 연안의 저염수

Fig. 5는 격월별 수온의 연직 단면도를 나타낸 것이다. 표층과 저층의 수온 차이는 2월에 약 4 °C였지만, 10월에는 약 20 °C였다. 그리고 수온 약층이 6월부터 강하게 형성되기 시작하였다. 8월에는 수온 약층이 깊이 10m층에 형성되었으나, 10월에는 수온 약층이 깊이 30m층에 형성되어 표층 혼합층이 깊어졌다.

성되기 시작하였다. 8월에는 수온 약층이 깊이 10m층에 형성되었으나, 10월에는 수온 약층이 깊이 30m층에 형성되어 표층 혼합층이 깊어졌다.

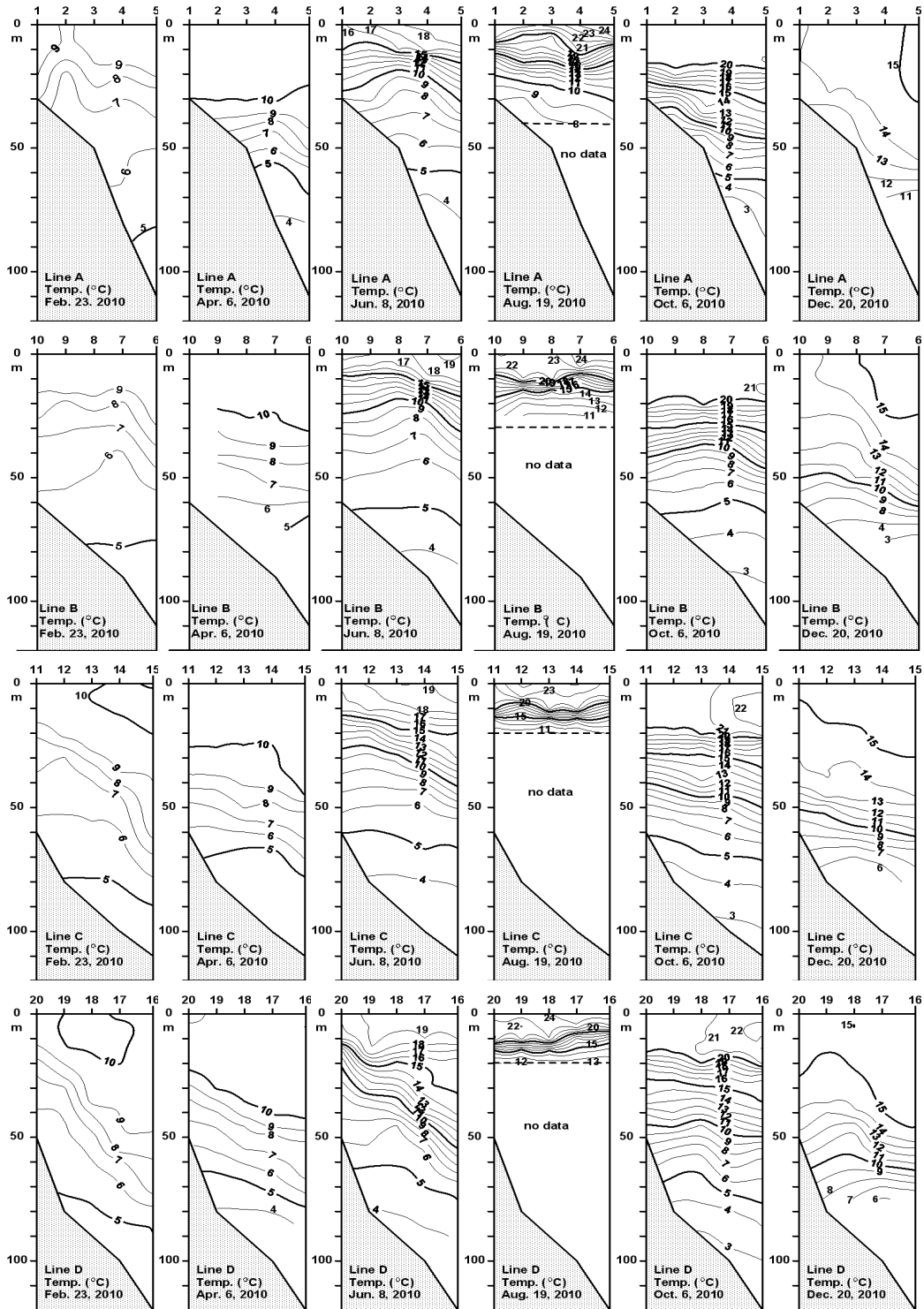


Fig. 5. Bimonthly variation of vertical distribution for temperature in line A(Upper most), B(Upper), C(Lower) and D(Lower most).

Fig. 6은 격월별 염분의 연직 단면도를 나타낸 것이다. 을 제외하고는 2월부터 6월까지 그리고 12월의 염분 연직 표층 일부분(2월의 정점 4, 4월의 정점 2, 10월의 정점 2) 분포는 34.0 내외로 거의 균일하였다. 그러나 8월에 깊이

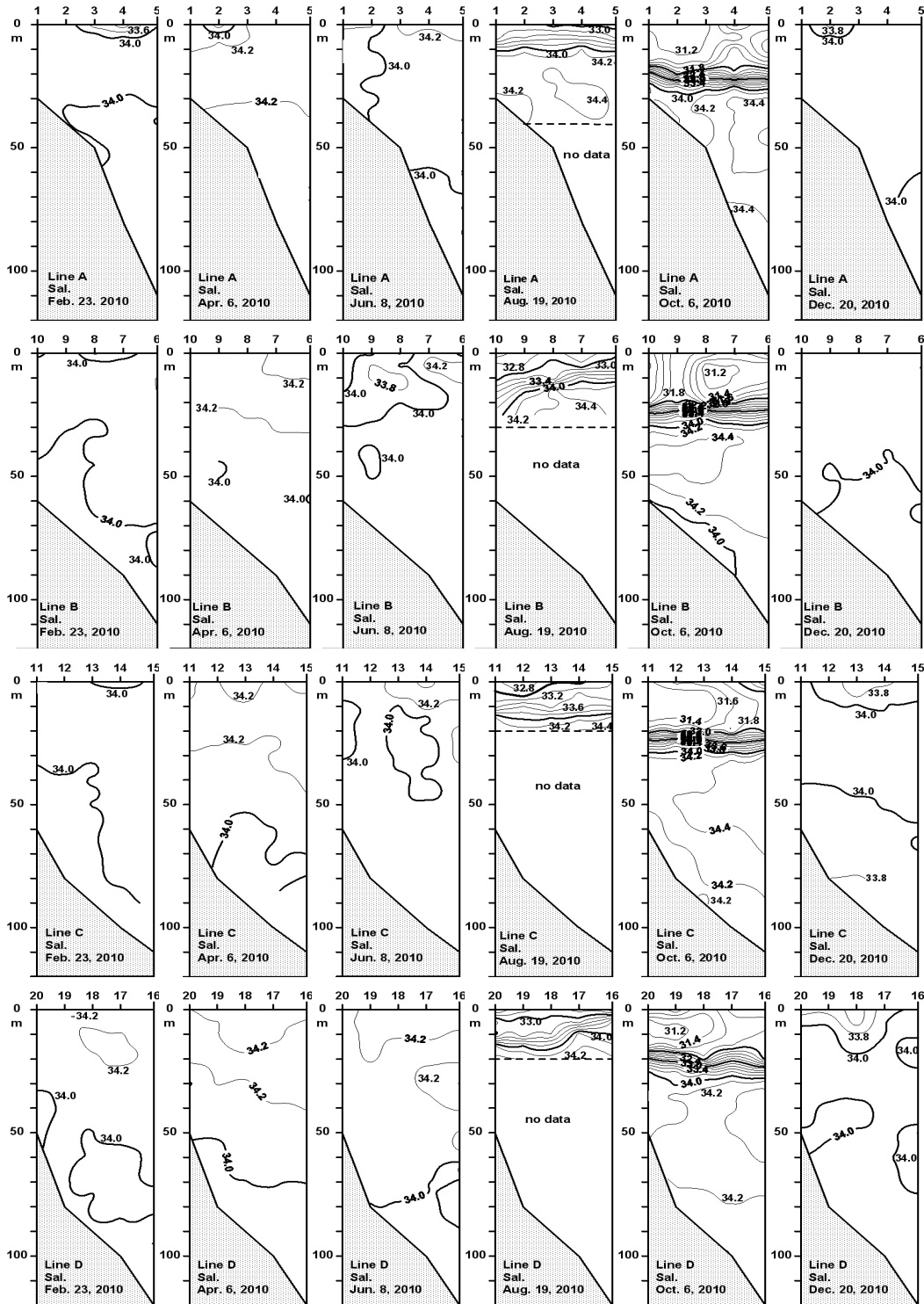


Fig. 6. Bimonthly variation of vertical distribution for salinity in line A(Upper most), B(Upper), C(Lower) and D(Lower most).

2010년 동해 영덕 연안의 저염수

10 m층에서 염분 약층이 강하게 형성되었으며, 10월에는 깊이 20 m층에 염분 약층이 형성되었다. 이 염분 약층은 표층 저염수와 저층 고염수로 뚜렷하게 구분되었다.

Fig. 7은 격월별 수온-염분도를 나타낸 것이다. 2월에 수온은 3~10 °C였고, 염분은 33.8~34.6이었다. 8월에 수온은 5~25 °C였고, 염분은 31.6~34.8이었다. 그러나 10월에는 수온이 낮아져 3~23 °C였고, 염분은 31.0~34.6이었다. 가장 저염한 수괴는 우기인 6월이나 8월이 아니라 10월에 염분이 31.0으로 연중 가장 낮은 저염수가 나타났다.

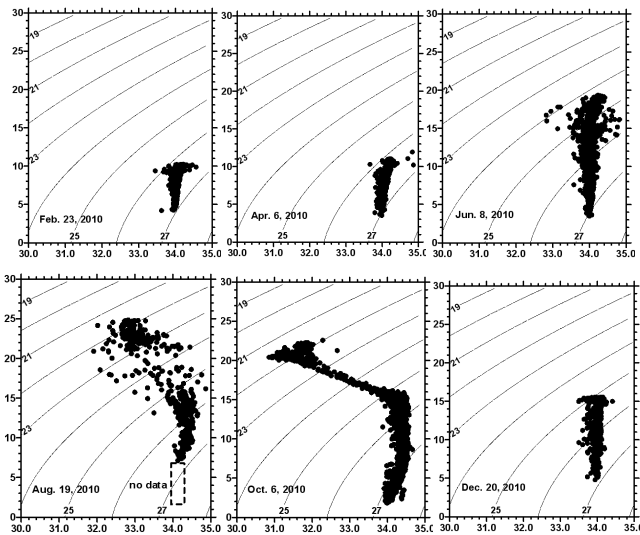


Fig. 7. Bimonthly variation diagrams for temperature versus salinity relations.

Fig. 8은 정선 관측에서 얻어진 정선 103-00 정점과 103-04 정점의 자료를 가지고 T-S도를 나타내었다. 수온과 염분의 관계는 관측 자료에서 T-S도를 나타낸 그림 7과 같이 비슷한 분포를 보였다. 또한 가장 낮은 염분은 10월에 약 31.6이었다. 이와 같이 영덕 연안에서 가장 낮은 값을 보이는 저염수는 10월에 나타났다.

Fig. 9는 연구 해역과 가까운 포항의 기상관측소에서 관측한 자료를 가지고 기온, 풍속, 일사량 그리고 강수량-증발량을 나타낸 것이다. 기온은 8월에 28 °C로 가장 높았고, 1월에 2 °C로 가장 낮았다. 풍속은 1월과 12월에 약 2.5 m/sec로 빨랐으며, 6월에 1.5 m/sec로 느렸다. 일사량은 6월에 약 680 MJ/m²로 가장 많았고, 2월과 12월에 약 300 MJ/m²로 가장 적었다. 특히 주목할 만한 사실은 8월에 강수량-증발량이 40 mm였지만, 10월에 강수량-증발량이 -60 mm였다.

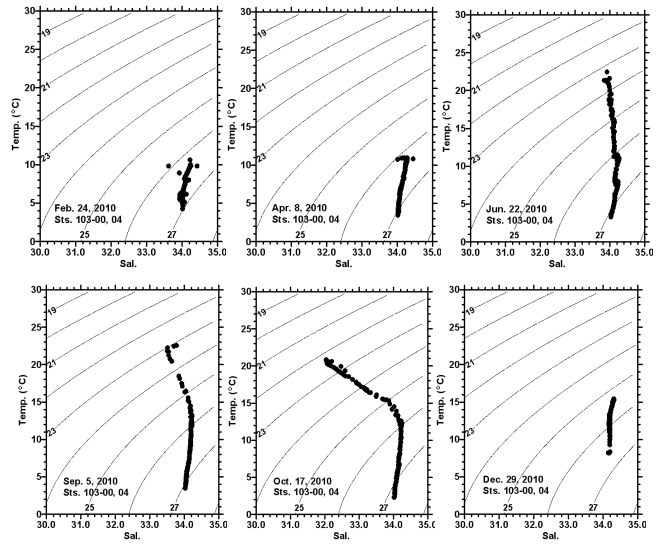


Fig. 8. Bimonthly variation diagrams for temperature versus salinity relations in the stations 103-0 and 103-4.

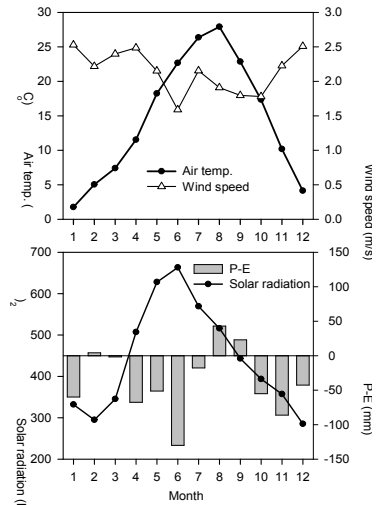


Fig. 9. Monthly variation of air temperature, wind speed(Upper) and solar radiation, precipitation minus evaporation(Lower) in Pohang district.

Fig. 10은 20개 정점에서 수온과 염분을 수심별로 평균한 값을 격월별로 나타낸 것이다. 수온은 0 m층에서 8월에 최고에 이르렀다가 2월에 최소를 나타내었지만, 10 m층과 20 m층에서는 10월에 최고를 보였다. 8월의 저층은 약 30 m층의 값을 나타내어 비교할 수 없었다. 염분은 모든 층에서 10월에 최소를 보였다. 그러나 평균 최소값은 0 m층이 아니라 10 m층에서 나타났다.

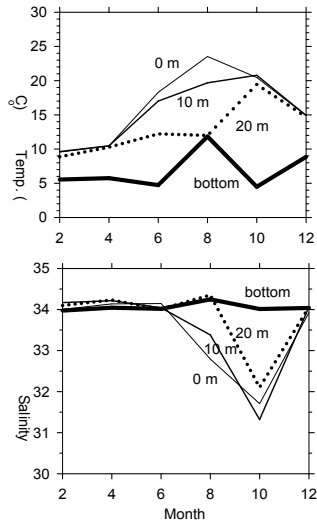


Fig. 10. Bimonthly variation of mean temperature (Upper) and salinity(Lower) on all stations by depth.

4. 고찰

한국 동해안은 계절에 관계없이 동한 난류가 연안을 따라서 북상한다(Kim, 2007). 동한 난류는 동중국해에서 유입된 저염수를 대한 해협을 통해서 한국 동해안으로 이류시키기도 한다(Tanioka, 1968; 조와 최, 1988; Senjyu et al., 2006; Senjyu et al., 2009). 한국 동해안의 영덕 연안에서는 남쪽에서 고온 고염한 수괴의 특성을 보였으며(Fig. 3, Fig. 4), 이것은 동한 난류가 영덕 연안을 따라서 북상하고 있음을 시사하고 있다. 이것은 죽변 연안에서 난류성 요각류인 *S. elegans*가 동한 난류의 강한 연안측 침투로 북한 한류는 하층으로 잠입되고 표층에서 주변 해역보다 높은 고온수가 분포한다는 결과와 일치한다(박 등, 1991). 양 등(1991)은 한국 동해 연안에서는 수직적으로 난류 표층수와 1~7 °C의 북한 한류수 및 1 °C 이하의 동해고유수가 존재한다고 하였다. 본 연구에서도 영덕 연안에서 연중 수온 약층 이심에서 5 °C 이하의 냉수가 존재 하였다. 이와 같이 영덕 연안은 고온 고염한 동한 난류가 유입되고 있음을 나타낸다.

영덕 연안에서 염분 약층은 8월과 10월에 가장 강하게 형성되었다(Fig. 6). 그리고 T-S도에서 가장 낮은 값을 갖는 염분은 우기인 6월이나 8월이 아니라 10월에 31.0의 저염분을 나타내었다(Fig. 7). 그리고 정선 해양 관측에서 얻어진 자료도 영덕 해안에서 그려진 T-S도와 유사한 수괴의 분포를 보였으며, 가장 낮은 염분은 10월에 나타났다

(Fig. 8). Lee and Shim(1990)은 동해 연안의 기초 생산력을 설명하면서 식물플랑크톤의 현존량 분포가 봄에는 수온 변화에 민감하였으나, 가을에는 염분 변화에 민감하여 현존량 해역이 계절적으로 순환하는 양상을 보인다고 하였다. 또한 우기인 8월에는 강수량과 증발량의 차이가 양의 값을 나타내었으며, 10월에는 강수량과 증발량의 차이가 음의 값을 나타내었다(Fig. 9). 이와 같은 사실은 T-S도에서 10월에 나타난 가장 저염한 수괴가 지역적인 것이라기 보다는 외부에서 유입된 것이라는 것을 말한다.

더욱이 가장 낮은 염분값을 갖는 저염수가 표층이 아니라 아표층에서 나타난다는 것을 보이고 있다(Fig. 10). 문 등(1996)은 수온, 염분 및 용존산소의 수직 분포로서 수괴의 특징을 설명하였는데, 깊이 40~50 m에 표면 혼합층이 있는 대마난류 표층수, 깊이 50~75 m층의 대마 난류 중층수, 깊이 200 m층의 동해 중층수 그리고 동해 고유수 등으로 구분하였다. 이와 같이 동중국해에서 유입된 저염수(Tanioka, 1968; 조와 최, 1988)가 대한 해협을 거쳐서(Senjyu et al., 2006) 한국 동해안을 따라서 북상(박 등, 1991; 양 등, 1991)하여 대마 난류 표층수로서 영덕 해안에 유입되고 있음을 시사하고 있다.

그리고 표층보다는 아표층에서 더 저염한 수괴가 분포하고 있다(Fig. 10). 이것은 이루어지면서 표층수와 혼합으로 아표층으로 잠입한 것이라고 여겨지지만, 이것에 대해서는 더 많은 연구가 필요하다. 나 등(1991)에 의하면, 남해안에서 용존산소와 관련하여 나타난 여름철 우렁챙이 대량 폐사는 고수온인 8월부터 증가하기 시작하여 9월에 최대에 달했다고 하였다. 한국 동해안에서도 우렁챙이 대량 폐사가 늦여름에 종종 발생한다는 것은 9~10월경에 동해안으로 유입되는 저염수의 출현과도 관련 있음을 유추할 수 있다. 그러나 이것에 대해서는 장기적인 기후 변화 자료와 함께 추후 더 깊은 연구가 필요하다고 생각된다.

5. 결론

한국 동해의 영덕 해안에서 20개 정점에 대하여 2010년에 격월별로 CTD 관측과 함께 기상 자료를 분석한 결과는 다음과 같다.

연구 해역의 수온 약층 이심에서는 5 °C 이하의 냉수가 계절에 상관없이 존재하고 있었다. 그리고 표층 수온과 표층 염분은 남동쪽 외양 해역에서 높았다. 가장 낮은 값을 보이는 저염수는 10월에 깊이 10 m층에서 나타났다. 또한 10월에 강수량과 증발량의 차이는 음의 값을 보였다. 이것은 영덕 해안에서 저염수의 출현이 지역적인 강수 현상이

아니라 외부로부터 유입된 것임을 시사하였다.

앞으로는 기후 변화와 관련하여 한국 동해안에서 저염수를 이루시키는 동한 난류의 경로와 강도 등에 대한 연구가 필요하리라 생각된다.

감사의 글

본 연구는 국립수산과학원 동해수산연구소 ‘연안 어업 및 해양생태 조사(FR12-FE-02-03)’연구 사업의 일환으로 부분 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] 국립수산진흥원(2001), 한국해양편람, 제4판, p. 436.
- [2] 기상월보(2010), 기상청, 편집부, 1권-12권, pp. 1-115.
- [3] 나기환, 이채성, 최우정(1991), 여름철 우렁쉥이 대량 폐사에 대한 용존산소의 영향, 한국수산학회지, 제24권, 제1호, pp. 52-58.
- [4] 문창호, 양한섭, 이광우(1996), 동해 극전선역의 영양염류 순환과정 I. 추계 수괴와 영양염 분포와의 관계, 한국수산학회지, 제29권, 제4호, pp. 503-526.
- [5] 박주석, 이삼석, 강영실, 허성희(1991), 한국 동해 중부해역의 지표성 요각류 및 모악류의 분포와 수괴 특성, 한국수산학회지, 제24권, 제3호, pp. 203-212.
- [6] 박철, 이창래, 김정창(1998), 동해 전선역 동물플랑크톤 군집: 2. 수온과 분포의 관계, 한국수산학회지, 제31권, 제5호, pp. 749-759.
- [7] 양한섭, 김성수, 강창근, 조규대(1991), 한반도 근해의 해류와 해수특성 III. 한국 동해 중부 극전선역에 출현하는 수괴의 화학적 특성, 한국수산학회지, 제24권, 제3호, pp. 185-192.
- [8] 조규대, 최용규(1988), 대마난류 수형의 계절변화, 한국수산학회지, 제21권, 제6호, pp. 297-306.
- [9] 최용규, 조규대(1997), 1994년 11월 동해 중층수의 분포, 한국수산학회지, 제30권, 제1호, pp. 119-127.
- [10] Kim, Y. J.(2007), A study on the Japan/East Sea oceanic circulation using an extra-fine resolution model, Ph.D. thesis, Interdisciplinary graduate school of engineering sciences, Kyushu University, p. 132.
- [11] Lee, W. H. and J. H. Shim(1990), Distribution of Phytoplankton Standing Crop and the Associated T-S Properties in the Southwestern East Sea (Sea of Japan), J. Oceanog. Soc. Korea, Vol. 25, No. 1, pp. 1-7.
- [12] Mori, K., T. Matsuno, T. Senjyu, N. Hirose, and I. S. Han(2009), Short-Term Temperature and Salinity Variations in the Tsushima Strait in 2004: Behavior of the Surface Low-Salinity Water in the Strait, J. Oceanogr., Vol. 65, pp. 301-310.
- [13] Senjyu T., H. Enomoto, T. Matsuno and S. Matsui(2006), Interannual Salinity Variations in the Tsushima Strait and Its relation to the Changjiang Discharge, J. Oceanogr., Vol. 62, pp. 681-692.
- [14] Senjyu, T., I. S. Han and S. Matsui(2009), Connectivity between the Interannual Salinity Variation in the Western Channel of the Tsushima Strait and Hydrographic Conditions in the Cheju Strait, J. Oceanogr., Vol. 65, pp. 511-524.
- [15] Tanioka, K.(1962), The oceanographic conditions of the Japan Sea, Umi to Sora, Vol. 38, No. 3, pp. 90-100.
- [16] Tanioka, K.(1968), On the Eastern Korean Warm Current, Oceanogr. Mag., Vol. 20, No. 1, pp. 31-38.

원고접수일 : 2012년 07월 24일

원고수정일 : 2012년 08월 21일

게재확정일 : 2012년 10월 26일