

나로도 주변해역의 어장학적 특성(2) - 수괴의 계절 변화 -

김동수[†] · 주찬순 · 박주삼

여수대학교

The Characteristics of Fishing Ground in the Adjacent Sea of Naro Island (2) - Seasonal Variation of Watermass -

Dong Soo KIM[†], Chan Soon JOO and Ju Sam PARK

Department of Fisheries Science and Technology, Yosu National University, Yosu, 550-749, Korea

Abstract

In order to investigate the seasonal variation of watermass in the adjacent sea of Naro Island, oceanographic observation on the fishing grounds were carried out by the training vessel of Yosu National University on winter, spring, summer, and autumn in 2000.

The results obtained are summarized as follows ; 1) the watermass in the fishing ground were divided into the coastal water (30.0~31.4psu), mixing water (31.5~32.9psu) and the offshore water (33.0~35.0psu) according to the distribution of salinity from T-S diagram plotted all salinity data observed on winter, spring, summer, and autumn in 2000. 2) the ranges of temperature and salinity were from 4.3°C to 10.1°C and from 33.1psu to 34.9psu in winter, from 8.1°C to 13.7°C and from 33.1psu to 34.3psu in spring, from 14.5°C to 24.2°C and from 30.5psu to 34.1psu in summer, and from 14.8°C to 18.6°C and from 30.1psu to 34.0psu in autumn, respectively. 3) the distribution of watermass in the fishing ground varied largely each seasons, but a general tendency on the distribution was obtained. That is, in winter and spring the offshore water was distributed most widely and in summer the coastal and mixing water occupied the fishing ground but in autumn the mixing water prevailed. 4) variation of temperature and salinity were appeared between the surface and 20m layer in the sea aduacent to Naro Island. Therefore, in the summer the thermocline were made between surface and 20m layer with vertical gradients of 4.0°C/7m.

Key words : Watermass(수괴), T-S diagram(T-S 다이어그램), Horizontal distribution(수평분포), Vertical distribution(연직분포), Seasonal variation(계절변동)

서론

나로도 연안은 여수반도와 고흥 사이의 여자만 남쪽에 위치하고 있다(Fig. 1). 이 해역은 남해안 연안

수와 여자만과 가막만으로부터 흘러나온 내만수가 접하여 조경역을 형성하거나 서로 혼합하고, 7월말~8월초 나로도 연안의 동쪽에 위치한 소리도~육지도, 서쪽에 위치한 거문도~소리도 해역에서 난수 유입이

[†] Corresponding author : dskim@yosu.ac.kr

일어나며, 표층수가 나로도 부근에서 유입되고 소리도 부근에서 유출되어, 어류의 분포와 회유 또는 산란장으로 크게 영향을 미치고 있다(Choo, 2002). 또한, 대조차가 심하고 유속이 빨라 해수의 자생력이 향상되어 유용의 해양생물이 서식하는데 최적의 해양 조건을 제공함으로써 어장학적으로 중요한 위치를 차지하고 있다. 따라서 나로도 연안에는 삼치, 갈치, 새우, 멸치 등과 같은 상업적으로 중요한 자원이 풍부하고 이에 따른 정치망, 연안연승, 연안자망, 새우조망 등의 어업 활동도 매우 활발하다.

이러한 수산 자원의 연간 생산량은 주로 그 해의 산란량과 자원가입량에 의해 결정되고(Ricker, 1954), 가입량은 해역의 수온, 염분, 해수유동, 수괴 등과 같은 해양 물리적 환경요인과 동식물성 플랑크톤, 클로로필량, 용존산소, 영양염류 등의 먹이관계로 인한 초기 발육단계의 생산물에 의해 결정된다(Nakata, 1991). 따라서, 각 해역에서 조업하고 있는 각종 어업에 대한 어장의 형성 기구를 규명하기 위해서는 해양 물리적 환경요인과 해양 생물의 분포 상태를 파악할 필요성이 있다. 나로도 연안 어장의 해양 물리적 환경요인에 대해서는 Lee(1994)가 연안의 수로부근 해역에서 해수 유동에 관하여 수치실험하였고, 저자들은 어장환경을 조사하기 위하여 수온, 염분, 클로로필의 환경요인을 계절별, 수층별로 정리 분석하였다.

지금까지 나로도 연안은 여자만과 가막만에 인접한 남해안로 간주되어 남해안의 어장환경으로 포함되었기 때문에 집중적인 연구가 미흡한 실정이다. 나로도 연안 어장에 영향을 미치는 남해안 수괴의 계절적 특징에 대해서는 Kang(1974), An *et al.*(1984) Shin(1994), Kim(2000) 등의 보고가 있으며, 남해안에는 대마 난류수 및 남해안 연안수가 출현하여 시기와 계절별로 서로 상접하여 전선을 형성하고 이러한 전선은 어류의 분포와 회유, 어장의 형성에 영향을 미친다는 연구가 Lim(1981), Cho *et al.*(1985) Kim *et al.*(1994), Park *et al.*(1995), Kim *et al.*(1996), Yang *et al.*(1998) 등에 의해서 보고되었다. 또한, 남해안의 수괴 특성과 플랑크톤과의 관계를 Park *et al.*(1990a, 1990b) 등이, 저서동물과의 관계를 Cho *et al.*(2000) 등이 보고하였다.

본 연구는 장차 나로도 연안 어장에서 조업하고 있는 각종 어업에 대한 어장형성기구를 규명할 수 있도록 해양 물리적 환경요인, 생물의 분포 상태 등을 체계적으로 제공하기 위하여, 먼저 어장의 환경요인인 수온과 염분을 계절별로 측정하고 이들을 분석하여 어장에서의 수괴의 이동 분포를 조사하였다.

자료 및 방법

본 연구에서의 조사 해역은 Fig. 1에 나타난 것과 같이 나로도 동측의 해역으로서, 북쪽으로는 여자만, 동쪽으로는 금오도와 소리도로 둘러싸여 있으며, 남쪽은 개방형의 만으로 외해와 접하고 있는 천연의 어장이다. 또한, 남해 연안수가 점유하고 있는 해역이기도 하지만, 쓰시마난류의 영향을 받는 한국 연안수가 유입되는 해역이기도 하다. 이 해역의 수괴의 계절적 변화를 파악하기 위하여 2000년 1월과 2월(동계), 3월과 4월(춘계), 6월과 7월(하계) 및 10월과 11월(추계)에 24개의 관측점을 설정하고, 여수대학교 실습선을 이용하여, 각 관측점마다 어장 형성의 지표가 되는 환경요소인 수온과 염분을 관측하였다. 관측한 자료의 수온과 염분 값으로부터 T-S diagram을 작성하고, T-S diagram의 염분 분포를 기준으로 수괴를 구분하였다. 즉, 나로도 주변해역을 연안수, 혼합수 및 외해수로 구분하여 그들의 분포 범위와 이동 상태 등을 조사하였다. 또한, 연직분포는 A-line을 정하여(Fig. 1) 이 단면에 대한 각 층의 수괴의 분포 이동을 분석하였다. 조사 기간 동안 해양 관측에 사용된 기구는 CTD (SBE-19, Sea Bird Co.)이었다.

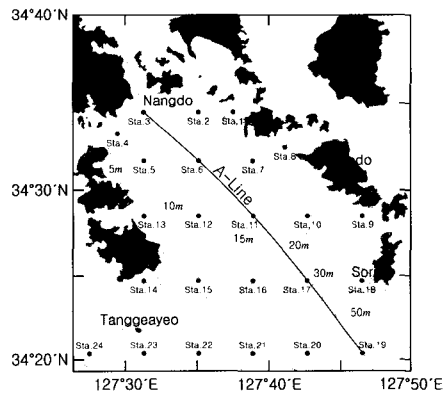


Fig. 1. The bottom bathymetry in the adjacent sea of Naro Island, and oceanographic stations depth in meter.

결과 및 고찰

1. 어장에서의 수괴 분포

나로도 주변 어장의 수괴를 구분하기 위하여 2000년

동계, 춘계, 하계 및 추계에 관측된 수온과 염분 자료를 모두 plot하여 작성한 T-S diagram은 Fig. 2와 같다. Fig. 2에서 염분의 분포 범위는 30.1~34.9 psu, 수온의 분포 범위는 4.8~24.0°C이다.

나로도 주변 해역이 연안 천해역이므로 같은 수괴라 할지라도 수온은 기온의 영향을 많이 받아 쉽게 달라질 수 있으므로, 비교적 해수의 특성을 잘 보존할 수 있는 염분만을 이용하여 수괴를 구분하였다. 따라서, 30.0~31.4psu를 연안수, 31.5~32.9psu를 혼합수, 33.0~35.0psu를 외해수로 구분하였다. 이 구분 기준을 기초로 해서 동계, 춘계, 하계 및 추계에 대한 표층, 10m층, 저층의 수괴 분포 범위를 표시한 결과는 Fig. 3과 같다.

1) 동계

Fig. 3에서, 동계의 표층과 10m층의 염분 범위는 33.6~34.3psu, 저층은 33.6~34.2psu로 외해수가 전 해역을 점유하고 있다. 따라서, 동계에 있어서 나로도 주변 어장은 전 해역에 걸쳐 상·하층이 외해수로 점유되어 있으나, 표층과 저층에서 염분 범위가 약간 다른 수괴가 분포하고 있음을 알 수 있다.

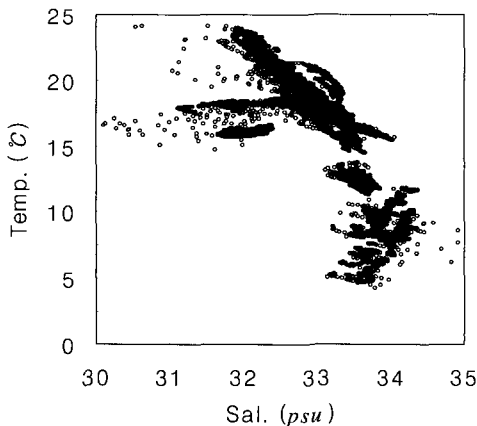


Fig. 2. T-S diagram plotted from the data observed at serial oceanographic station in the adjacent sea of Naro Island.

2) 춘계

표층의 염분 범위는 33.2~33.7psu, 10m층과 저층은 33.5~33.9psu로 외해수가 전 해역을 점유하고 있다. 표층, 10m층 및 저층에서 동계에 형성되었던 고염분의 외해수가 전 해역에 걸쳐 상·하층에 고르게 분포하였다. 동계의 외해수는 34.0psu 정도의 고

염분수가 출현하였으나, 춘계에 들어서면서 외해수는 염분농도가 점점 낮아지는 경향을 나타내었다. 이것은 연안수의 외해로의 확장이 시작되고, 외해수의 연안으로의 유입이 축소되기 때문인 것 같다.

3) 하계

표층은 염분 범위 31.9~32.6psu로 혼합수가 전 해역을 점유하고, 외해수는 소멸되었다. 강수와 육수의 유입으로 인하여 연안수가 형성되어 외해수의 확장이 축소되고 혼합수가 형성되어 전 해역에 분포하고 있다. 10m층은 염분 범위 32.2~33.1psu, 저층은 32.3~34.0psu로 혼합수와 외해수가 분포하고 있다. 10m층과 저층에는 연안수는 볼 수 없고 혼합수가 넓게 분포하고 있으나, 외해역에는 외해수가 분포하고 있다.

4) 추계

표층은 염분 범위 31.3~33.0psu로 연안수와 혼합수가 점유하고 있다. 하계에 확장되었던 혼합수는 축소되고 고히반도 남측 연안에 연안수가 형성되어 분포하고 있다. 10m층은 염분 범위 31.2~33.0psu로 연안수, 혼합수 및 외해수가 분포하고 있으나, 혼합수가 넓게 분포하고 있으며, 금오도 남측 연안에 외해수가 출현하기 시작하였다. 저층은 염분 범위 31.2~34.0psu로 연안수, 혼합수 및 외해수가 점유하고 있으나, 혼합수가 축소되고, 외해역에는 10m층에 출현하였던 외해수가 더욱 확장되어 분포하고 있다.

이상의 결과에서, 나로도 주변 어장에 출현하는 연안수, 혼합수 및 외해수의 분포 특성의 대략을 계절별로 파악할 수 있었다. 동계와 춘계에는 표층에서 저층까지의 전 해역에 외해수가 분포하고 있는데, 이것은 쓰시마난류계수인 외해수가 강하게 연안으로 진입하고, 상·하층 간에 연직혼합이 일어나고 있기 때문으로 생각된다. 하계에는 표층에서 저층까지의 거의 전 해역이 혼합수로 형성되는데, 이와 같은 현상은 많은 강우량의 영향을 받아 하천수가 연안으로 유입하여 형성된 연안수와 외해수가 혼합하기 때문에 전 해역에 혼합수가 분포하고 있는 것 같다. 추계의 표층에서는 연안수와 혼합수가 분포하고 있으나 연안수의 분포범위가 현저하게 축소되고, 10m층과 저층에서는 연안수, 혼합수 및 외해수가 분포하고 있다. 연안수의 분포범위는 연안역에 국한되고, 10m층에서는 외해수가 출현하기 시작하며, 저층에서는 외해수가 확장되어 분포하고 있다. 이것은 하계에 표층에서 강하게 외해로 확장되었던 연안수가 추계에 접어들면서 소멸되는 대신 외양으로부터 외해수가 진입되어 연안수와 외해수가 혼합하여 혼합수를 형성하기 때문이라 생각된다.

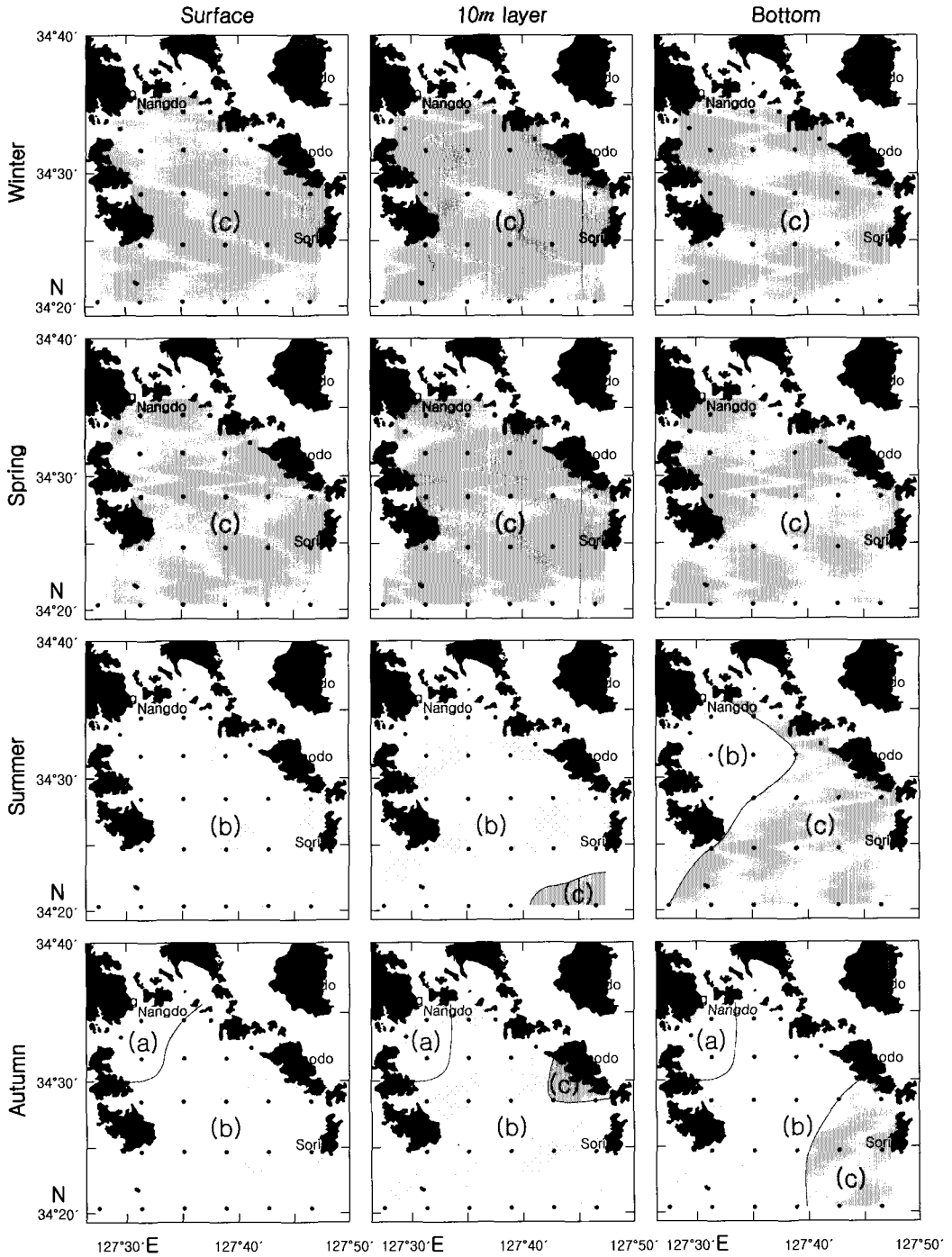


Fig. 3. Division of the watermass based on T-S diagram in 2000.

(a) the coastal water, (b) the mixing water, (c) the offshore water

2. 수괴의 수층별 구조

수괴의 거동을 수층별로 파악하기 위하여 Fig. 1. 에 표시한 A-line에서 동계, 춘계, 하계 및 추계의 수괴의 분포를 Fig. 4에 나타내었다.

동계와 춘계에는 염분 범위가 각각 33.6~34.3psu, 33.4~33.7psu의 외해수가 전 해역의 상·하층에 분포하였다. 하계에는 외해역인 관측점 19의 10m층까지 혼합수가 분포하고, 그 이심에는 외해수가 분포하고 있다. 연안수가 외해로 확장되면서 혼합수를 형성하여 표층은 전 해역이 혼합수로 점유되어 있다. 추계에는 연안역인 관측점 3에 연안수가 분포하고, 관측점 17의 15m층까지 혼합수가 분포하고 있으며, 외해수가 하계보다 더욱 발달하여 관측점 19의 표층까지 분포하였다.

이상의 결과에서, 동계와 춘계에는 상하층 간에 연직혼합이 잘 일어나 표층과 저층 간에 균일한 염분 분포를 나타내면서 외해수가 전역에 분포하고 있음을 알 수 있다. 하계에는 혼합수와 외해수가 분포하고 있는데, 이것은 강우와 하천수의 유입으로 연안수가 발달하여 외양으로 확장되면서 외해수와 혼합하여 혼합수를 형성하기 때문이라 생각된다. 추계에는 하계에 형성되었던 연안수와 혼합수가 축소되고, 외해수가 출현하여 연안으로 확장함으로써 동계의 해황으로 변해 가는 과정을 나타내고 있다.

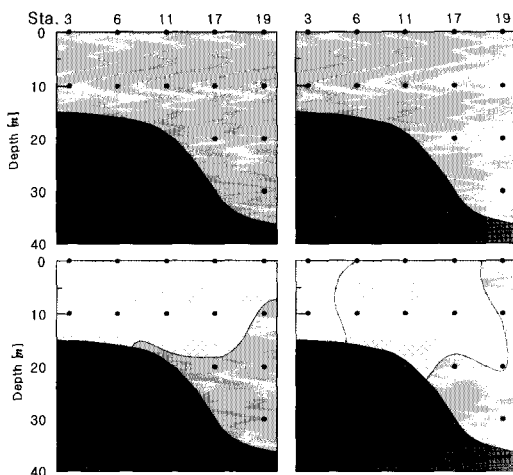


Fig. 4. Vertical sections of watermass along A-Line(see Fig. 1).

3. 수괴의 계절 변동

수괴의 계절적 이동 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 동계에는 수온 범위 4.3~10.1°C, 염분 범위 33.1~34.9 psu로 저온고염의 외해수인 수괴가 분포하고 있다. 춘계에는 수온이 다소 증가하여 8.1~13.7°C 범위, 염분이 33.1~34.3psu 범위의 고염분수가 분포하고 있다. 하계에는 수온 범위 14.5~24.2°C, 염분 범위 30.5~34.1psu로 고온·저염분수가 분포하고 있으며, 추계에는 수온이 하강하여 14.8~18.6°C 범위, 염분이 30.1~34.0psu 범위의 저온·저염분의 수괴가 분포하고 있다.

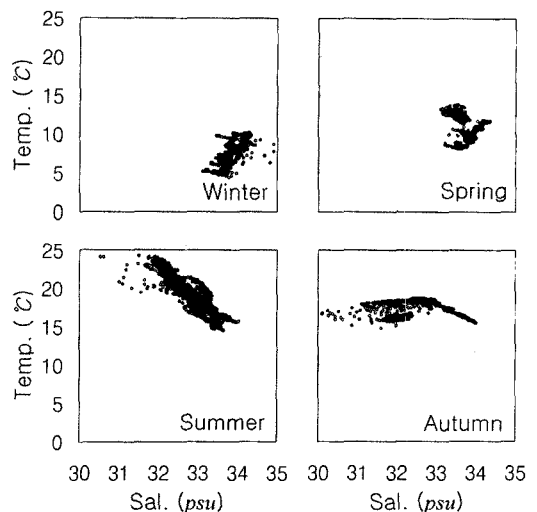


Fig. 5. Seasonal variation of watermass in the adjacent sea of Naro Island.

4. 각 관측점별 환경요인의 특성

연안역과 외해역의 수온과 염분의 특성을 파악하기 위하여, Fig. 1에 표시한 관측점 12(연안역)와 23(외해역)에서 동계, 춘계, 하계 및 추계의 수온과 염분의 연직분포를 Fig. 6에 나타내었다.

1) 동계

수온과 염분의 분포는 표층에서 저층까지 거의 일정하며, 연안역보다 외해역에서 수온과 염분이 높게 나타났다. 외해역과 연안역에서 수온은 평균 10.1°C, 5.3°C, 염분은 평균 34.3psu, 33.7psu를 나타내고 있다.

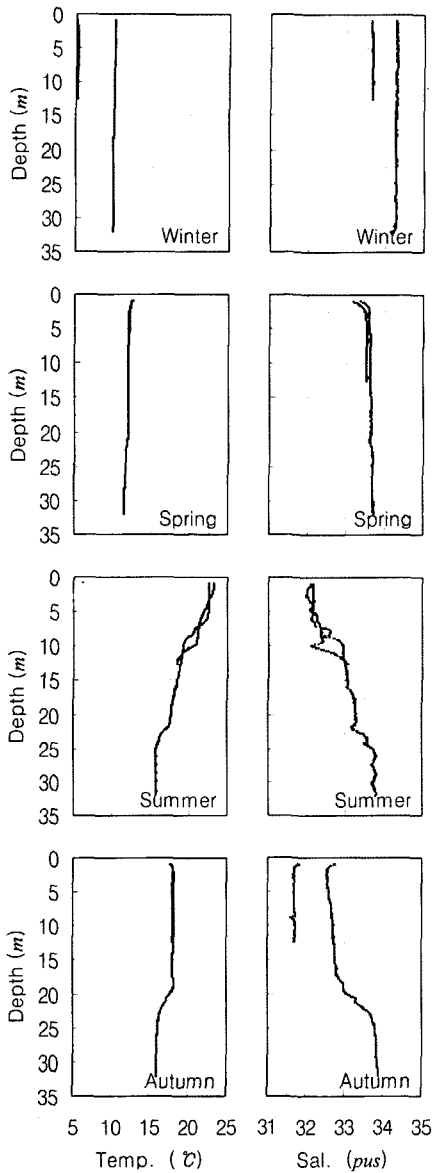


Fig. 6. Seasonal variation of temperature ($^{\circ}\text{C}$) and salinity (psu) in the coastal region (dark dotted lines) and open ocean stations (light dotted lines) of the sea adjacent to Naro Island.

2) 춘계

수온과 염분의 분포는 표층에서 저층까지 거의 일정하며, 외해역과 연안역에서의 차도 적었다. 외해역과 연안역에서 수온은 평균 11.9°C , 12.1°C , 염분은

평균 $33.7psu$, $33.5psu$ 를 나타내고 있다. 동계를 기준으로 연안역의 수온은 높아지고, 외해역의 염분은 낮아지는 것을 알 수 있었다.

3) 하계

수온의 분포는 수심이 깊어짐에 따라 낮아지고 있으며, 낮아지는 변화 양상은 외해역과 연안역에서 거의 유사하다. 연안역과 외해역의 $10m$ 부근에서 계절적 수온 약층($2.8^{\circ}\text{C}/5m$)을 형성하고 있다. 염분의 분포는 수심이 깊어짐에 따라 높아지고 있으며, 높아지는 변화 양상은 외해역과 연안역에서 거의 유사하다. 염분 차는 연안역과 외해역에서 거의 일정하며, 연안역과 외해역의 수심 $5m$ 에서 $10m$ 사이에 $0.8psu$ 정도의 염분 변화를 보이고 있다.

4) 추계

수온의 분포는 표층에서 저층까지 그 변화가 적으며, 외해역과 연안역의 수온 차도 적었다. 그러나 외해역의 $20m$ 이심에서 $2^{\circ}\text{C}/5m$ 의 수온의 수직경도를 나타내고 있다. 염분은 표층에서 저층까지 그 변화가 적었으나, 외해역이 연안역보다 $1.0psu$ 정도 높았다. 특히, 외해역의 $20m$ 이심에서 $0.8psu/5m$ 의 염분의 수직경도를 나타내었다.

이상과 같은 환경요소의 특성으로부터, 나로도 주변 해역의 연안역과 외해역의 수심에 따른 계절변화를 파악할 수 있었다. 나로도 주변 해역은 기상과 육지의 영향이 많아, 수온과 염분의 변화가 동계, 춘계, 추계에는 표층에서 저층까지 거의 일정하였다. 그러나 동계에는 연안역과 외해역에서 수온과 염분의 분포 범위가 서로 다르고, 추계에는 염분의 분포 범위가 다르게 나타나고 있다. 하계에는 연안역과 외해역의 표층에서 저층까지 수온과 염분의 변화 양상이 비슷하고, 표층과 $20m$ 층 사이에 수온의 수직경도는 $4.0^{\circ}\text{C}/7m$ 이었으며, 염분은 수심 $5m$ 에서 $10m$ 사이에 조밀한 분포를 보이고 있다.

요 약

한국 남해 연안 해역인 나로도 주변 어장에서 동계, 춘계, 하계 및 추계에 조사한 해양 관측 자료를 이용하여, 이 어장에서의 수괴 특성을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 나로도 주변 어장에서 수온과 염분의 측정값을 이용한 T-S diagram으로부터 염분을 기준으로 수괴를 구분하였다. 연안수는 $30.0\sim 31.4psu$,

혼합수는 31.5~32.9psu, 외해수 33.0~35.0 psu의 범위로 정하였다.

- 2) 나로도 주변 어장에 출현하는 동계의 염분 분포 범위는 33.1~34.9psu, 춘계는 33.1~34.3psu, 하계는 30.5~34.1psu, 추계는 30.1~34.0psu의 범위이었다.
- 3) 나로도 주변 어장에 출현한 연안수, 혼합수 및 외해수의 분포 특성을 계절별로 파악할 수 있었다. 동계와 춘계에는 표층에서 저층까지의 전 해역이 외해수로 점유되었다. 하계에는 표층의 전 해역이 혼합수로 점유되지만, 저층에는 혼합수와 외해수로 형성된다. 추계에는 표층에 연안수와 혼합수가 분포하고 있으며, 저층에는 혼합수가 주체를 이루고 있으나 연안역에 국한되어 연안수가 분포하고, 외양으로 외해수가 출현하기 시작한다.
- 4) 나로도 주변 어장의 수온·염분 특성은 계절적으로 변화하여, 동계에는 저온·고염의 외해수가 분포하고, 춘계에는 동계의 수괴의 특성을 유지하지만, 수온이 다소 증가한다. 하계에는 고온·저염의 혼합수와 외해수가 분포하고, 추계에는 저온의 연안수, 혼합수 및 외해수가 분포한다.
- 5) 수온과 염분의 변화가 주로 표층과 20m층 사이에서 이루어져 하계에는 수온이 4.0℃/7m의 수직경도를 보였으며, 춘계와 추계에는 수온과 염분의 변화는 적고, 동계에는 연직 혼합이 일어나 상·하층간에 균질한 해수가 분포하였다.

참고문헌

- An, H. S. and Oh, J. S. (1984) : A comparative analysis of the water masses in the East China Sea in summer and winter, *J. Korean Earth Sci. Soc.*, 5(1), 33-44 (in Korean).
- Cho, K. D. and Kim, H. Y. (2000) : Relationship between the distribution of water masses and that of demersal fish in the East China Sea in spring. *J. Fish. Sci. Tech.*, 3(1), 14-22.
- Cho, K. D. and Yang, Y. R. (1985) : Environment of the purse-seiner fishing ground in the Tsushima Current, *Bull. Korean Fish. Tech. Soc.*, 21(1), 41-61 (in Korean).
- Choo, H. S. (2002) : The variations of oceanic conditions and the distributions of eggs and larvae of anchovy in the southern sea of Korea in summer, *J. Korean Fish. Soc.*, 35(1), 77-85 (in Korean).
- Hwang, D. J., Shin, H. H., and Kim, D. S. (1999) : Distribution of fish by echo sounder and environment of oceanography in southern sea of Korea, *Bull. Korean Soc. Fish. Tech.*, 35(2), 170-176 (in Korean).
- Kang, C. J. (1974) : A study on the seasonal variation of the water masses in the southern sea of Korea, *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, 12, 107-121 (in Korean).
- Kim, D. S. (2000) : Seasonal variation of watermass in the central coast of the southern sea of Korea, *Bull. Korean Soc. Fish. Tech.*, 36(2), 105-116 (in Korean).
- Kim, D. S. and Rho, H. K. (1996) : Environmental factors and catch fluctuation of set net grounds in the coastal water of Yosue. 4. Water temperature and salinity and catch fluctuation, *Bull. Korean Soc. Fish. Tech.*, 32(2), 125-131 (in Korean).
- Kim, I. O. and Rho, H. K. (1994) : A study on China Coastal Water appeared in the neighbouring seas of Cheju Island, *Bull. Korean Fish. Soc.*, 27(5), 515-528 (in Korean).
- Lee, M. O. (1994) : Numerical model experiments on the tidal current variations due to the bridge piers construction near the straits of Narodo Islands, *Bull. Korean Fish. Soc.*, 27(1), 47-58 (in Korean).
- Lim, K. B. (1981) : Oceanographic conditions in the southern water of Korea and characteristics of fishing ground of pacific mackerel, *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, 27, 7-24 (in Korean).
- Nakata, H. (1991) : Coastal processes related to the transport, survival and recruitment of fish larvae, *Bull. on Coastal Oceanography*, 28(2), 195-220 (in Japanese).
- Park, J. H. and Choi, K. H. (1995) : A study on the formation of fishing ground and the prediction of fishing conditions mackerel, *Scomber Japonicus Houttuyn*, *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, 49, 25-35 (in Korean).

- Park, J. S. and Lee, S. G. (1990a) : Distribution and species composition of phytoplankton in the southern waters of Korea and their relation to the character of water masses, Bull. Korean Fish. Soc., 23(3), 208-214 (in Korean).
- Park, J. S., Lee, S. S., Kang, Y. S., Lee, B. D. and Huh, S. H. (1990b) : The distributions of copepods and chaetognaths in the southern waters of Korea and their relationship to the characteristics of water masses, Bull. Korean Fish. Soc., 23(3), 245-252 (in Korean).
- Ricker, W. E. (1954) : Stock and Recruitment. J. Fish. Res. Board Can., 11(5), 559-623.
- Shin, H. R. (1994) : Analysis of seasonal distribution of water mass in the Korea Strait and the East China Sea, J. Korean Earth Sci. Soc., 15(2), 81-90 (in Korean).
- Yang, J. Y., Kim, S. H. and Rho, H. K. (1998) : A study on the temperature fronts observed in the south-west sea of Korea and the northern area of the East China Sea, J. Korean Fish. Soc., 31(5), 695-706 (in Korean).

2002년 11월 11일 접수

2003년 1월 29일 수리