

Article

동태평양 KODOS 탐사해역에서의 물리해양환경 및 저층해류 특성

신흥렬^{1*} · 황상철² · 전동철² · 김기현³ · 곽종흠¹ · 소선섭¹¹공주대학교 자연과학대학 대기과학과

(314-701) 충청남도 공주시 신관동 182

²한국해양연구원 해양기후 · 환경연구본부³한국해양연구원 해저환경 · 자원연구본부

(425-600) 경기도 안산시 안산우체국 사서함 29호

The Characteristics of Physical Oceanographic Environments and Bottom Currents in the KODOS Study Area of the Northeastern Tropical Pacific

Hong-Ryeol Shin^{1*}, Sang-Chul Hwang², Dongchull Jeon², Ki-Hyune Kim³,
Chong-Heum Kwak¹, and Seun-Seup So¹¹*Department of Atmospheric Science, Kongju National University
Gongju 314-701, Korea*²*Ocean Climate and Environment Research Division, KORDI*³*Marine Geoenvironment and Resources Research Division, KORDI
Ansan P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea*

Abstract : Hydography and deep currents were measured from 1997 to 1999 to investigate deep-sea environments in the KODOS (Korea Deep Ocean Study) area of the northeastern tropical Pacific. KODOS area is located meridionally from the North Equatorial Current to the boundary between the North Equatorial Current and the Equatorial Counter Current. Strong thermocline exists between 10 m and 120 m depths at the study area. Since that strong thermocline does hardly allow vertical mixing between surface and lower layer waters, vertical distributions of temperature, salinity, dissolved oxygen and nutrients drastically change near the thermocline. Salinity-minimum layer, which indicate the North Pacific Intermediate Water (NPIW) and the Antarctic Intermediate Water (AAIW), vertically occupies vertically at the depths from 500 m down to 1400 m. The NPIW and the AAIW horizontally occur to the north and to the south of 7°N, respectively. The near-bottom water shows the physical characteristics of 1.05°C and 34.70 psu at the depths of 10 m to 110 m above the bottom (approximately 4000-5000 m), which was originated from the Antarctic Circumpolar Water. It flows northeastwards for 2 to 4 months at the study area, and its mean velocity was 3.1-3.7 cm/s. Meanwhile, reverse (southwestward) currents appear for about 15 days with the average of 1.0-6.1 cm/s every 1 to 6 months. Dominant direction of the bottom currents obtained from the data for more than 6 months is northeastward with the average speeds of 1.7-2.1 cm/s. Therefore, it seems that deep waters from the Antarctica flow northwards passing through the KODOS area in the northeastern tropical Pacific.

Key words : 한국심해연구(KODOS), 북적도해류(the North Equatorial Current), 적도반류(the Equatorial Counter Current), 수온약층(thermocline), 심층수(deep waters), 남극순환수(the Antarctic Circumpolar Water)

*Corresponding author. E-mail : hrshin@kongju.ac.kr

1. 서 론

동태평양 적도 부근 해양에는 동쪽으로 향하는 해류인 적도반류(the Equatorial Counter Current)를 중심으로 북쪽과 남쪽에 서향의 북적도해류(the North Equatorial Current)와 남적도해류(the South Equatorial Current)가 대칭적으로 놓여 있다. 적도반류는 여름철에 대체로 5-10°N 부근에 위치하지만, 겨울에는 적도수렴대(Intertropical Convergence Zone)가 남하함에 따라 적도부근까지 남하하며, 동시에 북적도해류와 남적도해류의 위치도 남쪽으로 내려온다(Knauss 1996).

적도 부근 태평양의 대표적인 수괴로는, 상층에는 고온 고염분의 북태평양 열대해수(the North Pacific Tropical Water) 또는 남태평양 열대해수(the South Pacific Tropical Water), 중층에는 염분최소층인 북태평양중층수(the North Pacific Intermediate Water) 또는 남극중층수(the Antarctic Intermediate Water), 심층에는 저온 고염분이며 고용존산소인 보통수(the Common Water)가 분포하고 있다(Stommel and Yoshida 1972; Stowe 1996).

북태평양에서는 저층수가 형성되지 않는 관계로 연구해역의 저층수는 남극대륙 부근의 남극수렴대에서 형성된 남극순환수(the Antarctic Circumpolar Water)가 북상하는 것으로 알려지고 있다. 남극순환수는 북대서양에서 형성된 북대서양심층수가 남극대륙 주변까지 남하한 후 남극대륙 주변의 해수와 혼합하여 형성된 것으로, 이러한 혼합은 남극순환류에 의해 이루어진다. 그 혼합수가 북상하여 태평양 심층수의 대부분을 채우고 있으며, 보통수(the Common Water)로 불리우고 있다(Stowe 1996; Thurman 1994).

심해저 망간단괴 채광 및 제련에 있어서 인위적인 환경 변화 문제는 매우 중요한 사항중의 하나이다. 채광 및 제련에 수반되어 일어날 수 있는 환경변화는 상층과 저층 해양의 물리적, 화학적, 생물학적 환경요인에 광범위하게 영향을 미치게 된다. 이러한 인위적인 환경변화를 파악하기 위해서는 환경교란 이전의 해양환경을 명확히 이해하는 것이 매우 중요하다.

또한 심해에서의 해양물리 환경 연구에 가장 중요한 요소중의 하나인 저층류를 파악하기 위하여 유속계의 심해 계류 관측이 필수적이다. 국내 연구진으로서는 1995년에 처음으로 동태평양의 심해(수심 약 5000 m) 계류관측을 시도하였으나, 2년간의 시행착오를 거친 끝에 1997년 7월 -1999년 7월에 비로서 심해 저층류의 자료가 획득되었다.

한국심해환경 연구해역(9°50'-10°30'N, 131°10'-131°50'W)은 북적도해류와 적도반류의 경계 부근에 위치하고 있다. 따라서 연구해역 부근의 표층에는 동서방향의 해류가 우세하기 때문에 남북방향으로의 해양환경 변화가 크다고

사료된다.

본 연구는 남북방향으로 가장 좋은 관측이 이루어진 1999년의 CTD 자료 및 1997-1999년의 심해 저층류의 자료를 사용하여, 한국심해환경연구 해역의 상세한 해양물리 환경 특성을 파악하는 것이 목적이다.

2. 관측 및 자료

북동태평양의 한국심해연구(KODOS) 해역에서의 해수 특성과 해류구조를 파악하기 위하여 1997-1999년의 관측 자료를 사용하였다.

1999년 6월 15일-7월 11일에 해양환경부분에 관한 조사의 일환으로 한국심해환경연구해역(9°50'-10°30'N, 131°10'-131°50'W)과 남북 기본라인(5°-13°N, 131°30'W)에서 CTD 관측과 저층 해류관측이 실시되었다(Fig. 1). Fig. 1에서 심층관측 정점 옆의 숫자는 정점 번호이며, 정점 번호는 각 지점의 위도와도 일치한다.

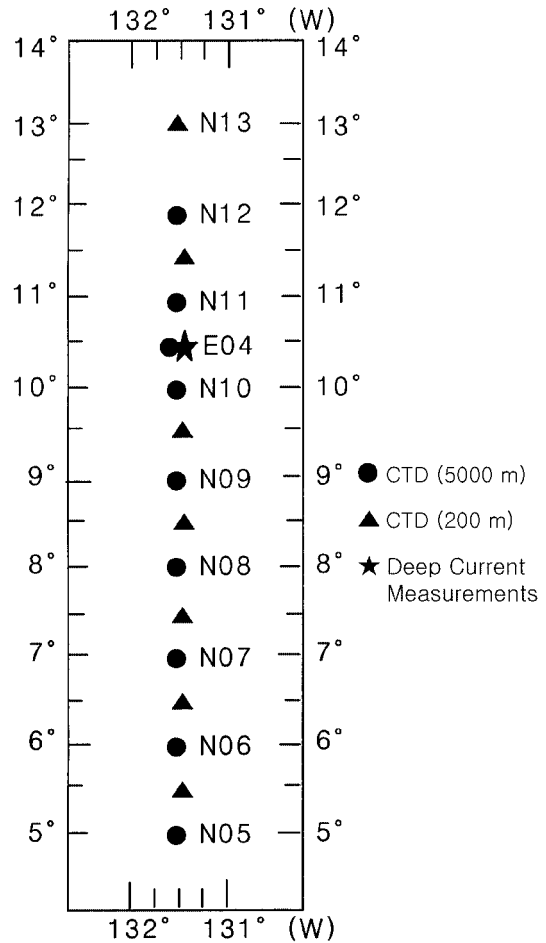


Fig. 1. Map of oceanographic stations observed during the KODOS-99.

CTD 관측은 수심 200 m까지 16개 정점에서 0.5° 간격으로 실시되었으며, 해저(수심 약 4000-5000 m) 부근까지의 관측은 1° 간격으로 9개 정점에서 실시되었다. 조사에 사용된 장비는 “SBE 911 Plus CTD System”으로, 수심에 따른 수온, 염분 및 용존산소를 측정하였다. 수온은 압력의 효과를 배제한 온위(potential temperature)를 사용하였다. 염분과 용존산소는 보정이 필요한 관계로 해수를 채수하여 실험실에서 salinometer 측정 및 화학적인 분석을 하였다. 여러 정점에서 채수한 해수로부터 측정된 염분과 용존산소의 자료를 CTD 자료와 비교하여 보정치를 산정한 후에 CTD의 염분과 용존산소 관측치를 보정하였다.

해저 부근 저층 해류의 관측은 심해저 환경탐사 해역내 E04 정점(10°30'N, 131°19'W, 해저 수심 4950 m)에서 1997년 7월 6일부터 1999년 7월 2일까지 약 2년 동안 실시되었다(Fig. 1). 1997년 7월 6일부터 1998년 7월 13일까지는 해저로부터 10 m와 20 m 위에 유속계를 부착하여

저층 해류를 관측하였다(Fig. 2). 다만 해저로부터 10 m 위(수심 4940 m)의 자료는 1997년 12월 27일 이후, 해저로부터 20 m 위(수심 4930 m)의 자료는 1997년 12월 25일 이후에 수일간씩 자료에 결측이 있었다.

1998년 7월 17일부터 1999년 7월 2일까지는 수심 4840 m(해저위 110 m)와 4935 m(해저위 15 m)에서의 해류를 관측하였다. 수심 4840 m에서는 약 1년동안 자료가 획득되었으나, 수심 4935 m(해저로부터 15 m 위)의 자료는 1998년 7월 17일-9월 6일의 자료만이 수집되었다. 관측 장비는 Aanderra 사의 유향 유속계(RCM-8)를 사용하였다.

3. 분석 결과

남북단면에서의 상층 지형류 분포 특성

Fig. 3은 남북단면에서 수심 1000 m 이내의 지형류 유속을 나타낸다. 지형류는 수심 2000 m를 무류면으로 가정하여 계산하였다. 9°30'N 이북은 10-20 cm/s의 서향류가 흐르고 있어서, 북적도해류(NEC)의 해역임을 나타내고 있었다. 10 cm/s 이상의 해류는 수심 약 600 m 이내에서 나타났으며, 최고 유속은 11°30'N에서 약 18 cm/s로 나타났다.

반면에 9°30'N 이남에는 동향류가 나타나 적도반류(ECC)가 흐르고 있음을 알 수 있다. 적도반류 해역에서 10 cm/s 이상의 해류는 수심 약 200 m 이내로 북적도해류의 해역에 비해 수심이 얕았다. 최고 유속은 약 70 cm/s로 6-7°N에서 나타나고 있었다. 또한 수심 약 200 m 아래의 하층에는 서쪽으로 향하는 국부적인 반류가 존재하여 적도부근 상층 해류의 특성을 잘 나타내고 있었다(Wyrtki and Kilonsky 1984).

따라서 9°30'N 부근을 북적도해류와 적도반류의 경계로 볼 수 있기 때문에 한국심해환경연구 해역(9°50'-10°30'N,

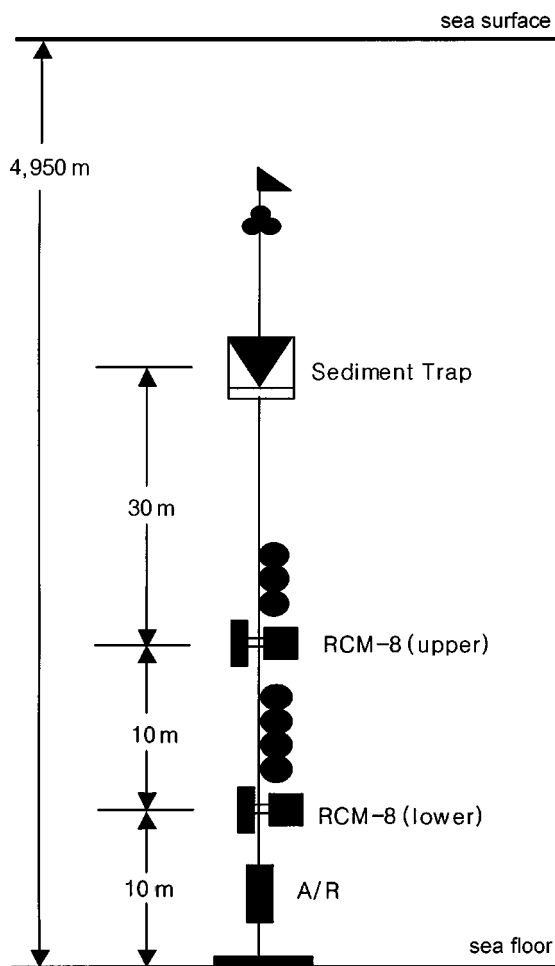


Fig. 2. Schematic diagram of the mooring line with two Aanderra current meters deployed at E04 from July 6, 1997 to July 13, 1998.

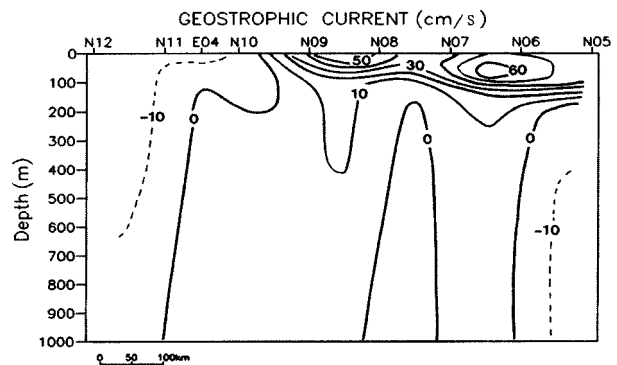


Fig. 3. Vertical distribution of calculated zonal geostrophic current velocity (cm/s) at upper layer (1000 m depth) along the north-south line(5°-12°N, 131° 30'W). Solid and dashed lines denote eastward and westward currents respectively.

131°10'-131°50'W)은 1999년 6-7월에는 북적도해류와 적도반류의 경계해역 부근의 약간 북쪽에 위치하였다.

남북단면에서의 해수 특성

Fig. 4는 수심 200 m 이내의 상층 해양에서의, Fig. 5는 수심 1000 m 이내의 상층과 중층 해양에서의, Fig. 6은 해저 부근(관측 최대수심 약 4700 m)까지의 수온, 염분, 용존산소의 분포를 나타낸다.

표층의 혼합층은 표층 수온으로부터 1°C 이내의 수심까지로 정의하였다(Hanawa and Hoshino 1988). 북적도해류와 적도반류의 경계인 9.5°N 부근에서 혼합층의 수심이 15 m로 가장 얇았으며, 그곳을 경계로 남쪽과 북쪽으로 갈수록 점차 깊어졌다(Fig. 4). 북적도해류의 해역인 13°N에서는 혼합층의 수심이 약 35 m로 비교적 얇은 반면에 적도반류 해역에서는 수심이 깊어서 6°30'N 부근에서는 87 m까지 형성되어 있었다.

혼합층 아래에서는 13-26°C의 강한 수온약층(성층구조)이 북적도해류의 해역에서는 약 140 m까지, 적도반류의

해역에서는 수심 200 m까지 존재하고 있었다. 이러한 표면 혼합층과 강한 성층구조는 적도해역의 특징을 잘 나타내고 있는 것으로 보인다(Knauss 1996).

또한 34.0 psu 이하의 저염분 해수가 8°-13°N의 넓은 해역에서 최대수심 35 m 이내의 상층에 분포하고 있었다. 이 저염분 해수의 기원을 찾기 위하여 1999년 6월의 강수량 자료인 TRMM(Tropical Rainfall Measuring Mission) 자료를 조사하였다. 조사해역인 9-10°N, 131°-132°W에서의 1개월 강수량이 약 11 mm로 표층의 저염분 해수를 형성하기에는 매우 부족한 양이었다. 특히 북적도해류 해역에서 표층 저염분 해수가 넓게 분포되어 있는 것으로 보아, 이 저염분 해수는 중남미 부근의 동태평양으로부터 운반된 것으로 사료된다(Tomczak and Godfrey 1994).

북적도해류와 적도반류의 경계 부근 해역에서의 34.0 psu 이하의 표층 저염분 해수는 1998년 7월에도 7°-10.5°N에서 수심 약 40 m의 두께로 관측되었으며(해양수산부 1998), 2003년 7월에도 관측되었다(Chang et al. 2004), 따라서 표층의 이와 같은 저염분 해수는 동태평양에서 북

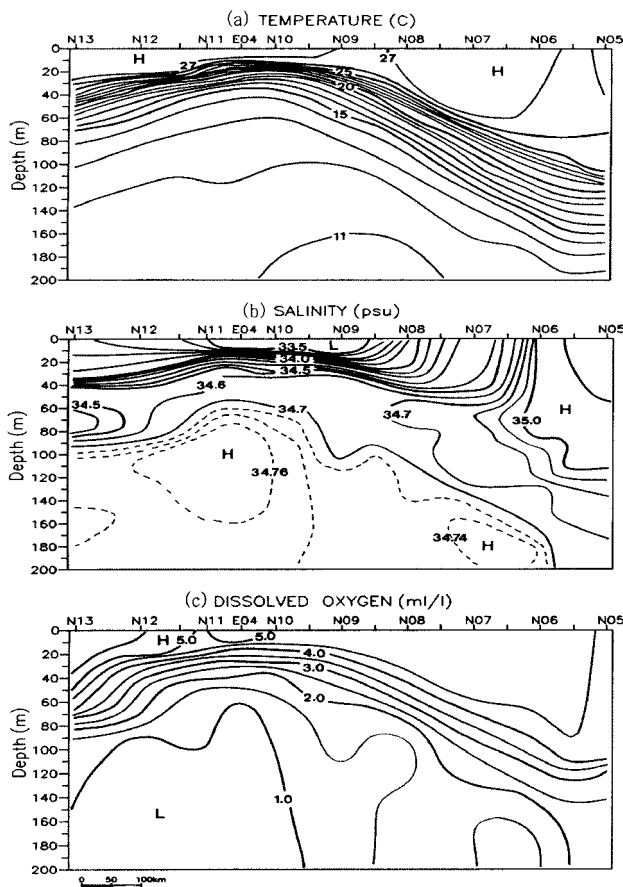


Fig. 4. Vertical distribution of (a) potential temperature, (b) salinity and (c) dissolved oxygen at upper layer (200 m depth) along the north-south line.

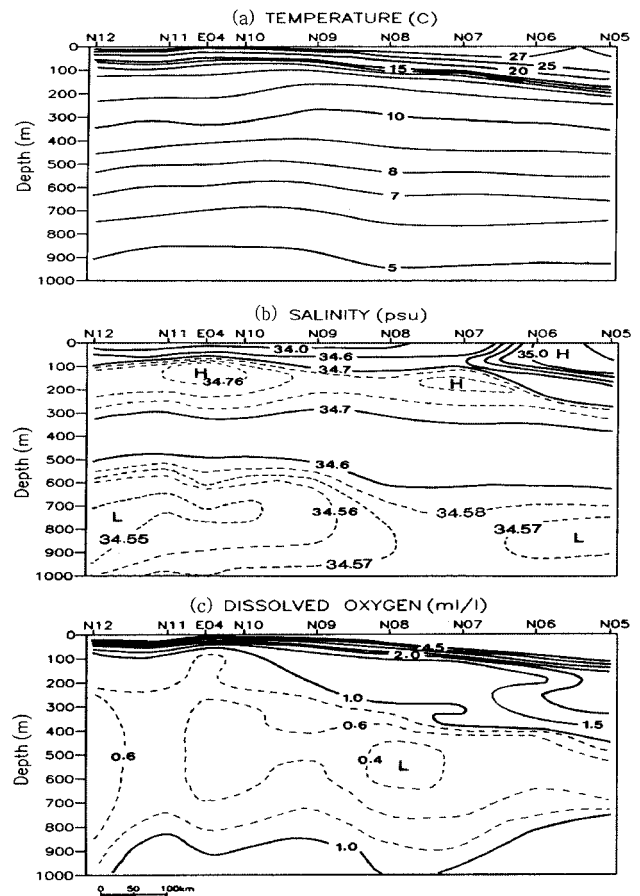


Fig. 5. Vertical distribution of (a) potential temperature, (b) salinity and (c) dissolved oxygen at middle layer (1,000 m depth) along the north-south line.

적도해류와 적도반류의 경계부근 해역에서 자주 나타나는 특징으로 보아도 좋을 것으로 판단된다.

수심 약 100-300 m 사이에는 북태평양 열대해수(the North Pacific Tropical Water)로 불리는 34.7 psu 이상의 고염분 해수가 존재하였다(Fig. 4와 Fig. 5). 가장 염분이 높은 해수는 6°N 이남에 분포한 35.0 psu 이상의 남태평양 열대해수(the South Pacific Tropical Water)였다. 이 고염분수는 남적도해류에 의해 운반된 것으로 사료된다(Stommel and Yoshida 1972).

또한 수심 500-1400 m 층에는 34.6 psu 이하의 염분 최소층이 두텁게 형성되어 있었다(Fig. 5). 이 염분 최소층은 34.57 psu의 등염분선을 기준으로 보면 7°N를 경계로 북쪽의 염분 최소층과 남쪽의 염분 최소층으로 구분된다. 7°N 이북에 위치한 34.57 psu 이하의 염분 최소층은 북태평양중층수(the North Pacific Intermediate Water)라고 하며, 중심에서의 염분은 34.541-34.548 psu, 수온은 5.7-6.2°C, 용존산소는 0.5-0.8 ml/l, 밀도는 27.13-27.20이었다. 이 북태평양중층수(the North Pacific Intermediate Water)는 일본 북동쪽의 쿠로시오 속류(Kuroshio Extension) 해역에

서 오야시오 해수와 쿠로시오 해수의 혼합에 의해 형성되어 태평양의 동쪽과 남쪽으로 이동된 것으로 알려지고 있다(Talley 1993; Yasuda 1997).

반면에 7°N 이남에 위치한 염분 최소층은 중심에서의 염분이 34.567 psu, 수온은 5.4-5.7°C, 용존산소는 약 1.1 ml/l, 밀도는 27.22-27.24로, 북쪽의 염분최소층에 비하면 저온, 고염분, 고밀도이며 용존산소는 높기 때문에 남극중층수(the Antarctic Intermediate Water) 기원의 해수로 판단된다.

용존산소의 분포에서는 수심 약 80-1000 m에서 1.0 ml/l 이하의 용존산소 최소층이 존재하고 있었다(Fig. 5). 특히 8°N 부근 적도반류 해역의 수심 500-600 m에서 0.4 ml/l 이하로 가장 낮은 분포를 나타내었다. 이것은 상층의 수온 약층을 경계로 수직혼합이 거의 없는 상태에서 상층의 죽은 유기물질이 바닥으로 가라앉으면서 산화되어 산소가 고갈된 것이다(Knauss 1996).

수심 1000 m 아래에서는 수온은 완만히 감소하고, 염분과 용존산소는 증가하여 해저 부근(수심 4000-5000 m)에서는 약 1.05°C, 34.70 psu, 3.7-3.8 ml/l로 남극순환수 기원의 저온 고염분 고용존산소의 해수가 존재하고 있었다(Fig. 6).

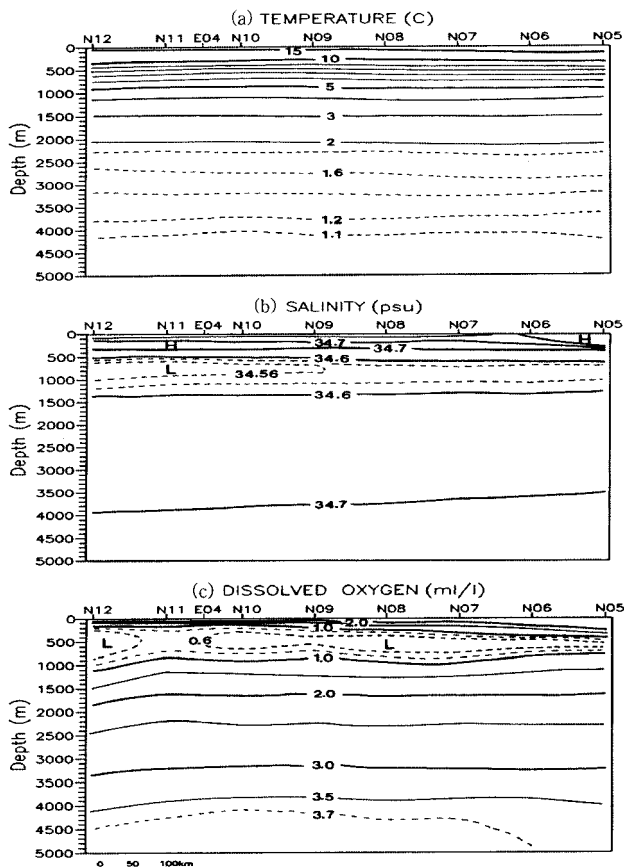


Fig. 6. Vertical distribution of (a) potential temperature, (b) salinity and (c) dissolved oxygen at deep layer (about 4,900 m depth) along the north-south line.

저층 해류(1997-1999)

Fig. 7은 1997년 7월 6일부터 1998년 7월 13일 사이에 E04 정점(10°30'N, 131°19'W, 해저 수심 4950 m)에서 관측한 해류의 유향과 유속을 벡터로 나타낸 것이다. 관측 수심은 4930 m(해저로부터 20 m 위), 4940 m(해저로부터 10 m 위)이며, 자료 획득은 1시간 간격이었다. Fig. 7은 24시간 간격으로 자료를 선택하여 표기한 것이다.

해저부근 상층(해저 위 20 m)과 하층(해저위 10 m)의 유속분포가 거의 같은 양상으로 나타났는데, 이것은 관측수심에 큰 차이가 없었기 때문으로 사료된다. 유향은 대체로 북동류가 우세했으나, 북동류와 남서류가 1-3개월 간격으로 교대로 반복되는 양상이었다. 순간 최대 유속은 상층에서 12.7 cm/s, 하층에서 12.4 cm/s로 거의 같았다.

자료 획득이 양호했던 1997년 7-12월의 상층에서는 7-8월과 10월-12월의 약 2개월 동안에 주로 북동방향의 해류가 우세하였으며, 평균유속은 3.1-3.5 cm/s이었다. 반면에 1997년 9-10월에는 남향류가 나타났는데 평균 유속 2.7 cm/s이었다. 하층에서는 7-8월과 10-12월의 2개월 동안 북동방향 해류의 평균유속은 3.3-3.7 cm/s, 9-10월의 남향류 평균 유속은 1.7 cm/s이었다.

Fig. 8은 해저위 10 m와 20 m 층에서의 유향과 유속 벡터를 연속적으로 연결한 누적벡터 유속도(progressive vector diagram)이다. 전반적인 저층해류의 방향이 북동방

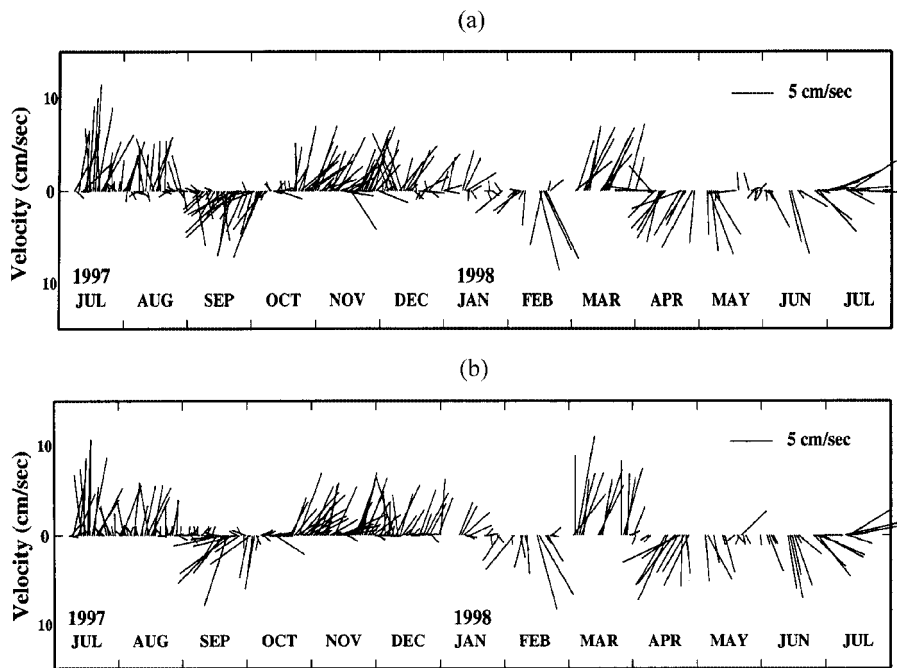


Fig. 7. Stick plots of deep current velocity at (a) 4,930 m and (b) 4,940 m depth from July 6, 1997 to July 13, 1998.

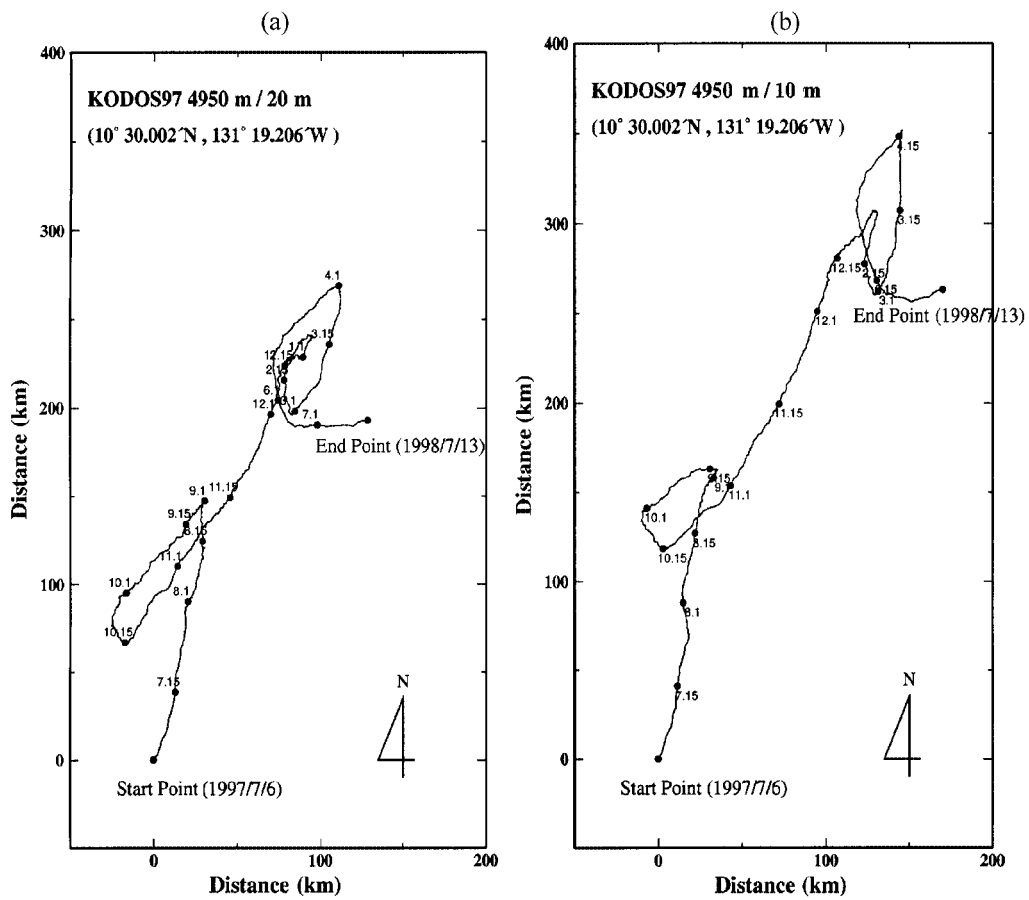


Fig. 8. Progressive vector diagrams of deep current velocity at (a) 4,930 m and (b) 4,940 m depth from July 6, 1997 to July 13, 1998.

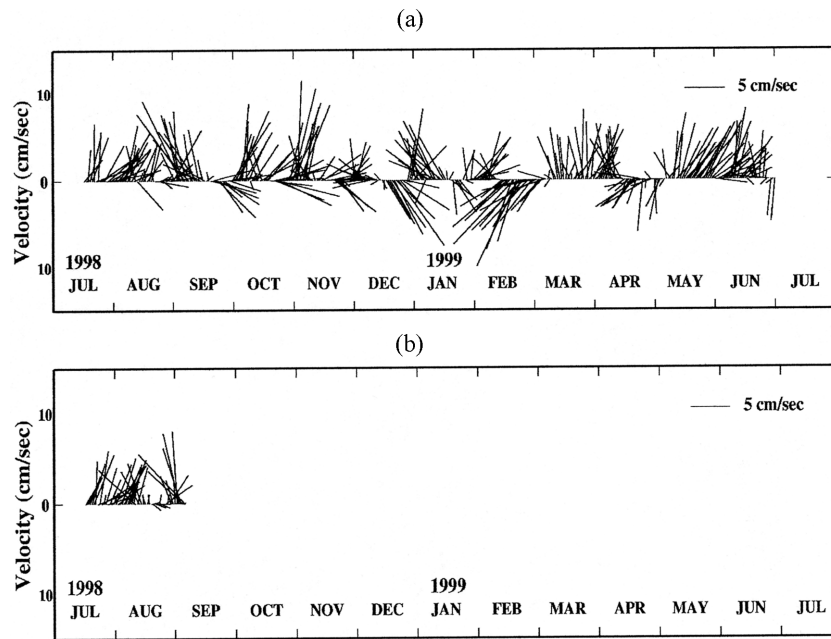


Fig. 9. Stick plots of deep current velocity at (a) 4840 m and (b) 4935 m depth from July 17, 1998 to July 2, 1999.

향임을 알 수 있다. 1997년 7월부터 12월까지 약 6개월 동안 상층(해저위 20 m)에서 북동방향의 평균 유속이 1.7 cm/s, 하층(해저위 10 m)에서 북동방향의 평균 유속은 2.1 cm/s로 하층의 평균 유속이 0.4 cm/s 더 컸다. 이것은 상층에 비해 하층에서는 북동류가 평균적으로 약 0.2 cm/s 컸던 반면에 9-10월의 남서류의 유속은 1.0 cm/s 작았기 때문이다.

일본의 금속광업사업단이 1993년 5월 5일부터 1994년 5월 5일까지 하와이 섬의 남쪽 해역(북위 9°8.5', 서경 146°15.5', 해저 수심 5349 m)의 해저 위 5.5 m와 15 m 층에서 저층해류를 관측하였다. 1년간 관측한 자료에서 순간 최대유속 8 cm/s, 평균 유속은 1.8-2.9 cm/s였다(금속 광업사업단 1995). 유형은 5-10월의 약 6개월동안에는 북서류가 우세하였으며, 11월 이후 약 6개월 동안에는 북서류와 남동류가 약 2개월 간격으로 반복하였다. 양쪽의 자료를 비교하면, KODOS 해역에서의 저층해류 유속은 평균적으로 0.8 cm/s 작았으나, 순간 최대 유속은 4.4 cm/s 크게 나타났다. 또한 방향은 북향류가 우세하거나, 북향류와 남향류가 1-3개월 이내 또는 약 2개월의 간격으로 반복하는 양상은 서로 비슷하였다.

1998년 7월 17일부터 1999년 7월 2일 사이에 E04 정점 (10°30'N, 131°19'W, 해저 수심 4950 m)에서 관측한 상층(해저위 110 m)은 결측이 없이 거의 1년 동안의 자료가 양호한 상태로 획득되었다(Fig. 9). 순간 최대 유속은 13.0 cm/s였으며, 유형은 북동류와 북서류가 우세하였다. 1998년 7월부터 11월까지 약 4개월 동안 북동류의 평균 유속

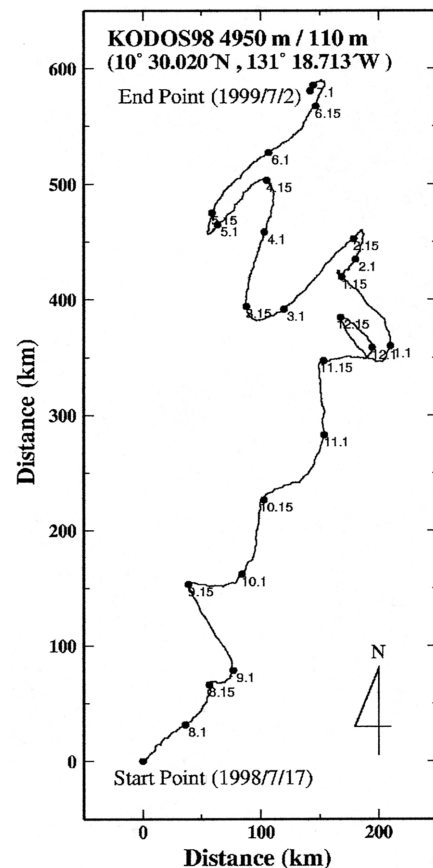


Fig. 10. Progressive vector diagram of deep current velocity at 4840 m depth from July 17, 1998 to July 2, 1999.

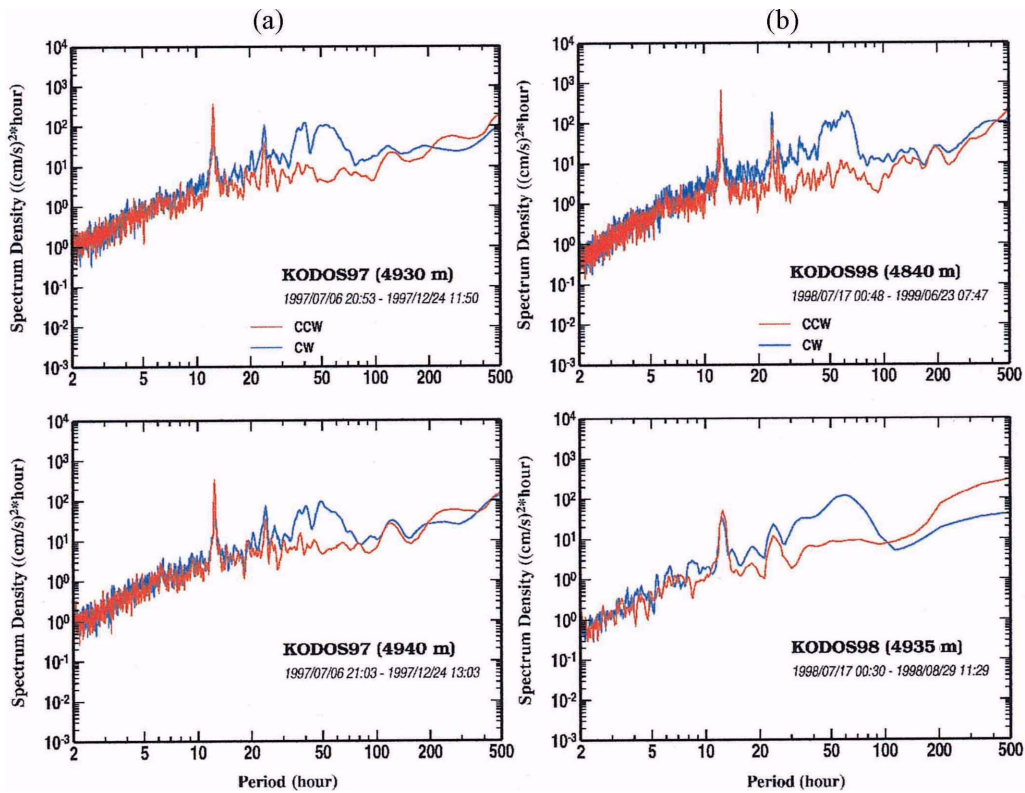


Fig. 11. Typical rotary spectra of current velocity in (a) 1997-1998 and (b) 1998-1999. The clockwise and anticlockwise rotary components are shown as blue line and red line respectively.

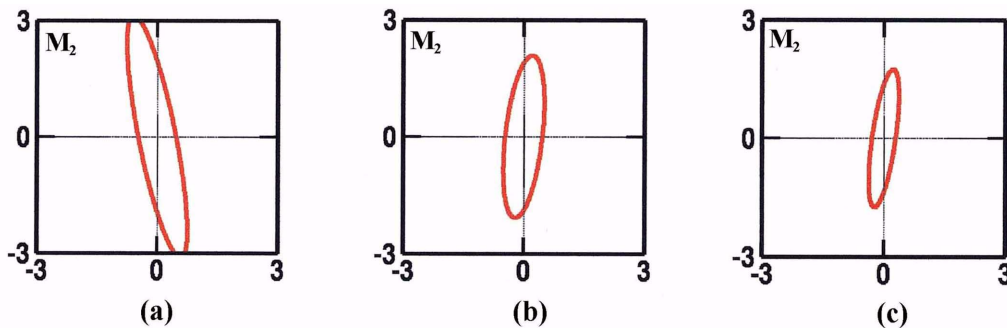


Fig. 12. The tidal ellipses of M_2 component at (a) 4,840 m, (b) 4,930 m and (c) 4,940 m depth.

은 3.7 cm/s이었다. 남향류는 1998년 12월과 1999년 2월, 4월에 약 15일동안 잠시 나타났을 뿐이었다. 하층(해저위 15 m)에서는 관측기간이 1998년 7월 17일부터 9월 6일까지 약 50일로 짧은 기간이지만, 최대유속은 11.3 cm/s로 북동류가 우세하였다.

상층의 연평균 유속은 약 2.0 cm/s로 북동 방향의 흐름이 우세하였다(Fig. 10). 특히 1998년 7월부터 1999년 2월까지는 북동류가 강했으며 평균 유속은 2.8 cm/s였다. 반면에 1999년 2월과 4월에는 약 15일의 짧은 기간이지만 평균 5.6-6.5 cm/s의 남서방향의 강한 흐름이 나타나기도 하였다.

Fig. 11은 저층해류의 층별 스펙트럼 분석을 나타낸다. 약 12시간과 24시간에서 현저한 에너지 피크가 나타난다. 이것은 저층해류에서 반일주조 및 일주조 성분의 조석주기 성분이 강함을 나타낸다. 특히 반일주조 성분의 에너지 피크가 가장 현저하며, 수심이 깊을수록 에너지 밀도는 작아진다.

Fig. 12은 각 층에서 저층해류의 M_2 분조(주태음반일주조) 성분의 진폭을 나타낸 것이다. 가장 상층에 해당하는 수심 4840 m 층에서는 3.3 cm/s로 가장 컸으며, 수심 4930 m 층에서는 2.1 cm/s, 가장 깊은 수심 4940 m에서는 1.8 cm/s로 가장 작았다.

4. 결론 및 토의

1999년 6-7월에 한국심해환경연구 해역(9°50'-10°30'N, 131°10'-131°50'W)은 북적도해류와 적도반류의 경계부근에 위치하였다. 북적도해류와 적도반류 해역의 경계는 고정되어 있는 것이 아니라 매년 약간씩은 위치가 변한다. 1998년 6-7월의 관측에서는 11°N 부근에 북적도해류와 적도반류의 경계가 위치하였다(해양수산부 1998). 따라서 1998년 여름에 한국심해환경연구 해역은 적도반류의 해역에 속했다. 또한 겨울에는 적도수렴대의 남하에 따라 북적도해류와 적도반류의 경계도 남하하기 때문에 한국심해환경연구 해역은 북적도해류의 해역에 위치하게 된다.

한국심해환경연구 해역 부근의 수심 35 m 이내의 표층에는 주로 중남미 부근의 동태평양으로부터 운반된 34.0 psu 이하의 저염분 해수가 분포하고 있었다. 수심 10-120 m에는 매우 강한 수온약층이 존재하여, 그것을 경계로 상층과 하층의 혼합이 거의 이루어지지 않는다. 이 때문에 물리화학적 특성들이 이 수온약층을 경계로 큰 차이를 나타낸다. 예를 들면, 수온약층을 경계로 산소의 급격한 감소, 염분의 급격한 증가와 감소, 영양염의 급격한 증가 등이 나타난다.

또한 수심 500-1400 m 층에는 염분최소층이 존재하였는데, 7°N를 경계로 북쪽에는 상대적으로 고온, 저염분, 저용존산소의 북태평양중층수, 남쪽에는 저온, 고염분, 고용존산소의 남극중층수가 분포하고 있었다.

연구해역의 해저부근에서 약 1.05°C, 34.70 psu의 저온, 고염분 해수는 남극순환수 기원의 해수로 남극대륙 부근으로부터 태평양으로 북상하여 Samoan Passage를 통과한 후 중앙태평양 동쪽으로 유입된 것으로 보여진다(Edmond *et al.* 1971). 이 저층수의 용존산소는 3.7-3.8 ml/l의 높은 값을 보이는데, 이 수치는 수심 약 100 m 이내 상층에서의 용존산소와 거의 같은 수치이다. 따라서 남극대륙 부근에서 만들어진 심층수의 용존산소는 오랜 시간동안 이동하면서도 그다지 감소하지 않은 것으로 생각된다.

한국심해환경연구 해역에서의 해저부근 저층류는 약 12시간과 약 24시간의 조석주기 성분이 탁월하였으며, 해저에 가까울수록 진폭이 작게 나타났다. 가장 탁월한 저층류는 북북동방향으로 2-4개월 동안 지속되었으며, 평균 유속은 3.1-3.7 cm/s이었다. 반면에 1-6개월 간격으로 남서류가 나타났는데, 비록 15일의 짧은 기간이지만 남서방향의 평균 유속은 해저 위 10-20 m 층에서는 1.0-2.7 cm/s, 해저 위 110 m 층에서는 5.5-6.5 cm/s이었다.

6개월 이상 1년간의 장기간 관측 자료에 의하면, 저층류는 평균 1.7-2.1 cm/s의 유속으로 북동방향으로 흐르고 있음을 알 수 있었다. 이것으로부터 한국심해환경연구 해

역의 저층에서는 남극대륙 부근에서 북상한 저층수가 북쪽으로 통과하고 있는 것으로 판단된다.

사 사

연구에 도움을 주신 한국해양연구원 심해저자원연구센터 연구원 여러분과 온누리호 승무원 여러분께 감사드립니다. 또한 세밀한 심사와 함께 좋은 의견을 주신 한국해양연구원의 이재학 박사님과 장경일 박사님께 감사드립니다. 이 연구는 1997년부터 1999년까지 '심해저광물자원 개발사업(해양수산부)'의 위탁과제 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

- 일본 금속광업사업단. 1995. 1994년도 망간단괴 채광 환경조사 보고서. 203 p.
- 해양수산부. 1998. 심해저 광물자원 탐사 보고서. 1권. 1209 p.
- 해양수산부. 1999. 심해저 광물자원 탐사 보고서. 1권. 780 p.
- Chang, K.-I., S.-C. Hwang, and C.-S. Hong. 2004. Hydrographic structure along 131.5°W in the eastern tropical Pacific in July 2003. *Ocean Polar Res.*, 26(2), 299-309.
- Edmond, J.M., Y.C. Chung, and J.G. Sclater. 1971. Pacific bottom water: Penetration East around Hawaii. *J. Geophys. Res.*, 76, 8089-8097.
- Hanawa, K. and I. Hoshino. 1988. Temperature structure and mixed layer in the Kuroshio region over the Izu Ridge. *J. Mar. Res.*, 46, 683-700.
- Knauss, J.A. 1996. Introduction to physical oceanography, 2nd edition. Prentice-Hall. p. 146-151.
- Stommel H. and K. Yoshida. 1972. Kuroshio. University of Tokyo Press. p. 95-127.
- Stowe, K. 1996. Exploring Ocean Science, 2nd edition. John Wiley & Sons. p. 172-196.
- Talley, L.D. 1993. Distribution and formation of North Pacific Intermediate Water. *J. Phys. Oceanogr.*, 23, 517-537.
- Thurman, H.V. 1994. Introductory Oceanography, 2nd edition. Macmillan Publishing Company. p. 195-215.
- Tomczak, M. and J.S. Godfrey. 1994. Regional oceanography : an introduction. Pergamon, London. 422 p.
- Wyrtki, K. and B. Kilonsky. 1984. Mean water and current structure during the Hawaii-to-Tagiti Shuttle Experiment. *J. Phys. Oceanogr.*, 14, 242-254.
- Yasuda, I. 1997. The origin of the North Pacific Intermediate Water. *J. Geophys. Res.*, 102(C1), 893-909.

Received Apr. 27, 2004

Accepted Jun. 9, 2004