

INFORMATION

동해 남부해역의 심층류 관측

이진기* · 안희수 · 신흥렬¹ · 윤종환²

서울대학교 지구과학교육과, ¹공주대학교 대기과학과,
²일본 九州대학교 RIAM

동해 남부해역의 5개 정점에서 유속계 계류에 의한 장기 해류 관측이 한일 공동으로 행해졌다. 1000 m 이상의 유속장을 조사하기 위해 각 정점에는 유속계가 두 개씩 부착되어 1~3년간(1998~2001년) 계류되었다. 유속계 관측 자료는 심층류가 대체로 해저 지형을 따라 흐르고 있음을 보여주고 있다. 즉, 울릉분지 남동사면과 야마토해령 서북부해역에서는 주로 북향류가 우세하고, 야마토분지 중앙과 남서쪽 가장자리 해역에서는 남향류가 지배적이며, 야마토분지 남동해역에서는 동향류가 강한 순환 형태를 이루고 있는 것이다. 계절별로는 12~2월의 겨울철에 연중 최대 유속이 보여지며, 일주조의 조석성분과 관성운동의 흔적 외에 3~5일 주기의 불규칙한 변동은 연중 나타나고 있다.

관측 배경

동해는 그 공간적인 크기가 대양에 비해 작으나, 대양과 유사한 해양현상들이 일어나므로 축소판 해양(miniature ocean)으로 불린다(Ichiye, 1984). 특히, 대양에서 심층수가 전 대양을 순환하듯이, 동해에도 북부해역에서 겨울철 대류에 의해 심층수가 형성되어 동해내에서 순환, 변형된다(Seung and Yoon, 1995; Senju and Sudo, 1993, 1996). 또한, 심층순환은 대체로 분지의 가장자리를 따라 이루어질 것으로 추정되며(Kitani, 1989), 용존산소량의 변화를 통해 동해의 저층수 형성은 중단되었음이 지적되었다(Gamo *et al.*, 1986; Riser, 1997).

이러한 동해의 순환 구조를 직접 조사하려는 노력이 Takematsu *et al.*(1999)에 의해 동해 일본분지 해역에서 장기간 수행되었는데, 동해 심층의 운동은 수직적으로 거의 순압성에 가까우면서 상당히 활발하고, 주기는 시계방향 성분에서 약 18시간의 관성진동이 탁월하며, 유속이 겨울과 이른 봄철에 강해지고, 흐름 방향이 중규모 소용돌이(eddy)의 이동과 관련되는 등 계절 변동성도 크게 나타나는 특징이 있다.

동해 전체의 해수 순환 체계를 파악하기 위해서는 이러한 동해 북부해역에 대한 관측과 더불어 동해 남부해역에 대해서도 광범위하고 체계적인 유속장 관측이 요구되므로, 1995년부터 매년 6월에 약 2주간 한일 공동 관측인 CREAMS (Circulation Research of the East Asian Marginal Seas; Kakuyo-maru Cruise)가 실시되어 왔다.

따라서, 본 연구는 동해 남부해역에서 장기간에 걸쳐 직접 관측된 유속장을 통해 이 해역의 해수 순환 및 변동성을 규명하고 해저 지형과의 관계를 파악하고자 한다. 아울러, 2002년도 CREAMS

관측 계획도 간략히 소개하려 한다.

관측자료 및 처리방법

본 연구는 일본의 큐슈(九州)대학교 및 나가사키(長崎縣)대학교와 공동으로 나가사키대학교 소속의 관측선 Kakuyo-maru(鶴洋丸, 총 1044.38톤)를 이용하여 1995년부터 매년 6월에 약 2주일간 대한해협, 울릉분지, 야마토해령, 야마토분지 등 주로 동해 남부해역에서 실시된 해양관측 자료를 기반으로 수행되었다(Fig. 1).

주요 해양관측 장비인 CTD 관측은 거의 모든 관측점에서 실시되었으며, 1999년까지는 Mark III(BE & G)를 사용해오다가 2000년부터는 SBE9/11 plus 시스템으로 교체하였고, 염분과 용존 산소 보정을 위하여 Rossette multi-sampler를 이용한 채수도 행해졌다.

상층 해수의 유동 관측은 대한해협과 일본 연안에 인접한 관측선을 따라 일명 Flying Fish에 부착된 ADCP(Acoustic Doppler Current Profiler)를 사용하여 행해졌다. 배의 속도는 6 knot로 유지하면서 수심 300 m 이내에서 8 m 간격으로 bottom tracking과 ship tracking mode로 관측된 자료를 보정하여 분석에 이용되었다.

해류 관측은 RCM8(Aanderaa)을 사용하여 각 정점의 중층과 저층에 2개씩 1년간 계류하고 교체하여 꾸준히 1시간 간격으로 축적된 자료를 획득하였다(Table 1). 분해능이라 할 수 있는 최저 유속 1.1 cm/s 이하의 유속은 없는 것으로 간주하였다.

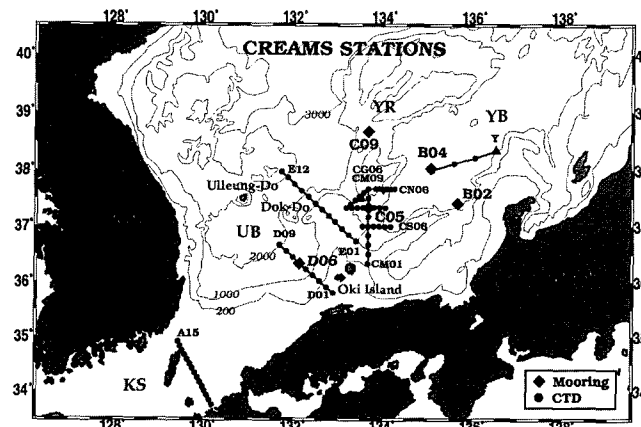


Fig. 1. The map of CREAMS oceanographic stations observed at the Korea Strait (KS), the Ulleung basin (UB), the Yamato Rise (YR) and the Yamato Basin (YB) in June 5-18, 2001, Depths are in meters.

*Corresponding author: chin@marine.snu.ac.kr

Table 1. Information on current meter moorings

Mooring Station	Location		Instrument Depth (m)	Bottom Depth (m)	Observation Date
	Latitude (°N)	Longitude (°E)			
D06	36°20.7'	132°08.0'	1000 1400	1500	19 Jun. 1999-7 Jun. 2000 15 Jun. 1998-7 Jun. 2001
C09	38°40.0'	133°40.0'	900/1000 1200/1300	1300	13 Jun. 1998-9 Jun. 2000
C05	37°20.0'	133°40.0'	1000 1400	1500	17 Jun. 1999-8 Jun. 2000
B04	38°02.2'	135°03.3'	1000 2000	3000	13 Jun. 1999-10 Jun. 2000
B02	37°24.3'	135°39.3'	1000 1700/2000	2500	13 Jun. 1999-11 Jun. 2000 7 Jun. 1998-11 Jun. 2000

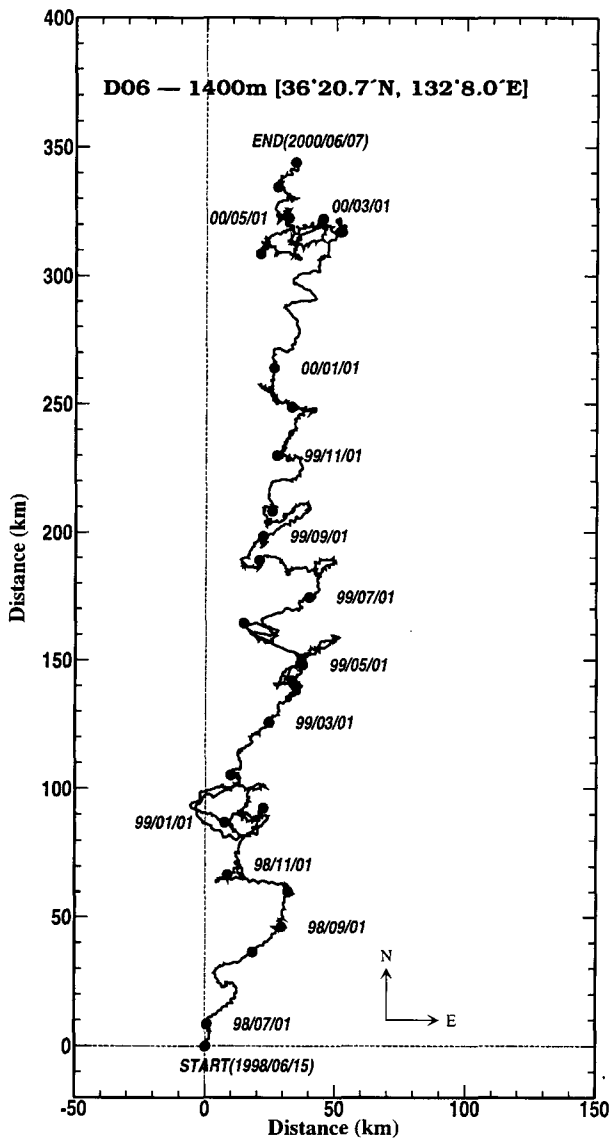


Fig. 2. Progressive vector diagram at 1400 m depth of D06 from June 1998 to June 2000.

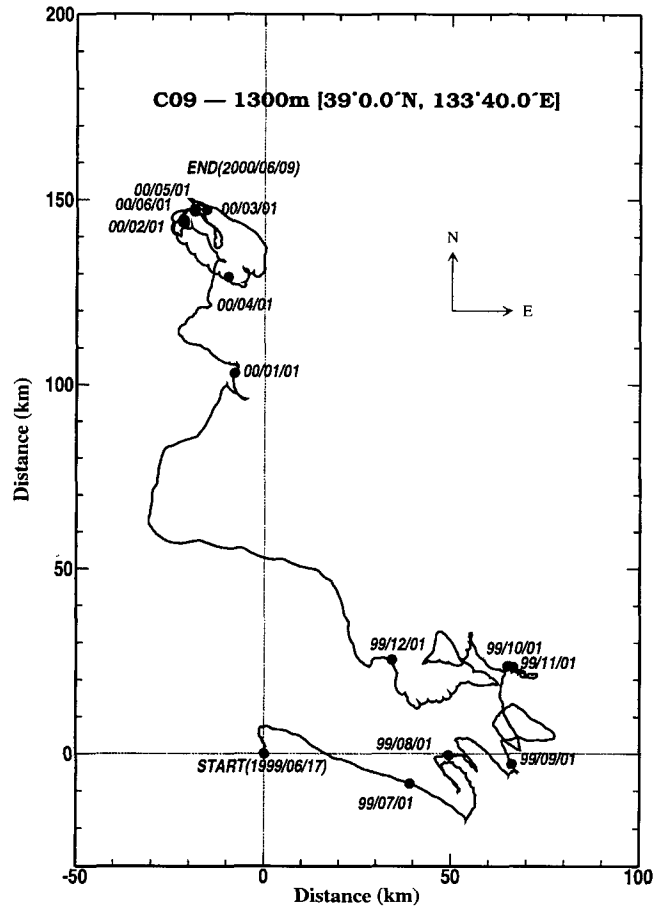


Fig. 3. Progressive vector diagram at 1300 m depth of C09 from June 1999 to June 2000.

동해 남부해역의 심층 유속분포

울릉분지 남동쪽 해역에 위치하는 정점 D06에서는 분지내의 해수 순환을 조사하기 위한 목적으로 1998년 6월부터 2001년 6월까지 3년간 1000 m와 1400 m(해저 위 100 m)에 유속계를 각각 계류하였다. 두 수심에서의 유속 분포는 대체로 비슷한 순압성의 흐름을 보여주지만, 그 방향과 유속이 상당히 달라지는 시기도 볼

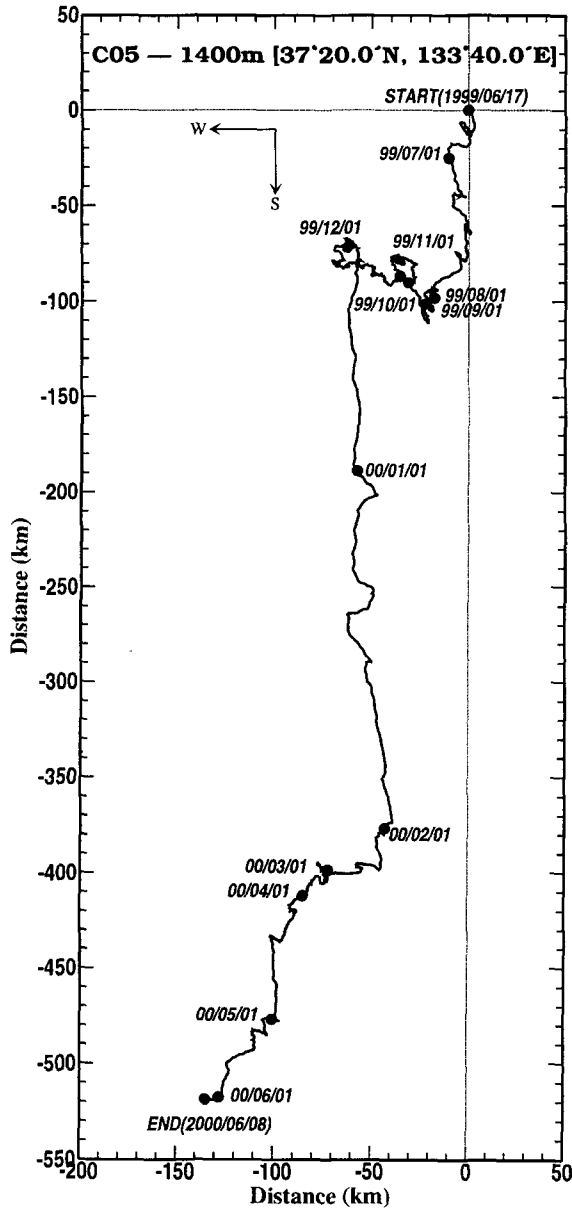


Fig. 4. Progressive vector diagram at 1400 m depth of C05 from June 1999 to June 2000.

수 있다. 전체적인 유속은 1~17 cm/s 범위를 가지며, 다른 정점들과 마찬가지로 1400 m의 유속이 1000 m 수심에서보다 약간 더 강하게 나타난다. 강한 유속은 1998년 11월~12월에 10 cm/s 이상, 특히, 2000년 2월~3월에 연중 최대 유속이 나타나고 있었다.

스펙트럼 분석에 의하면, 시계 방향으로는 다른 정점에서와 마찬가지로 약 19시간 주기의 관성운동이 지배적이지만, 반시계 방향으로 약 12시간과 24시간의 조류성분에서 에너지 밀도가 높게 나타나고 있는 것은 울릉분지 이외의 다른 정점에서는 볼 수 없는 특징이다(Takematsu *et al.*, 1999). Progressive vector diagram을 통한 전체적인 흐름 방향은 북향류 또는 북동향류가 우세하다(Fig. 2).

울릉분지와 야마토분지의 경계인 야마토해령 북부해역에 위치하는 정점 C09는 두 분지 사이의 해수 교환을 조사할 목적으로

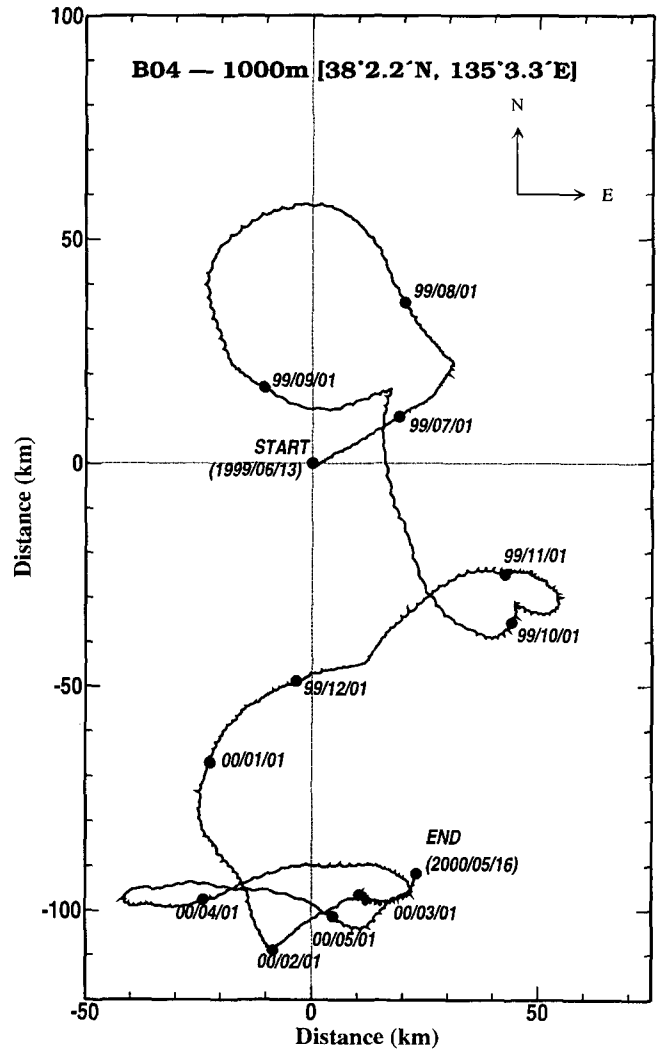


Fig. 5. Progressive vector diagram at 1000 m depth of B04 from June 1999 to June 2000.

계류하였다. 하지만, 동서방향의 흐름은 미약하고 전체적으로 북향류 또는 북서향류가 우세하며, 12월~2월에 특히 강하게 나타나고 있다(Fig. 3). 야마토분지 남서쪽 가장자리 부근에 위치하는 정점 C05에서도 12월~2월에 연중 강한 해류가 관측되며, 전체적으로 남향류가 우세하게 나타났었다(Fig. 4).

야마토분지 중앙 부근에 위치하는 정점 B04는 다른 정점들에 비해 유속변화가 적어 평이한 분포를 보이며, 해류의 방향도 대부분 남향류를 보이고 있다(Fig. 5). 야마토분지 남동사면에 위치하는 정점 B02에서는 12월~2월에 연중 최대유속을 보이며, 1000 m에서 동(동북 또는 동남)향류가 지배적이며, 2000 m에서는 동북방향과 남서방향이 교차하는 양상을 보이고 있다(Fig. 6).

CREAMS 2002 관측 계획

2002년 6월에 실시될 한일 공동 해양관측의 세부 일정을 요약하면 다음과 같다.

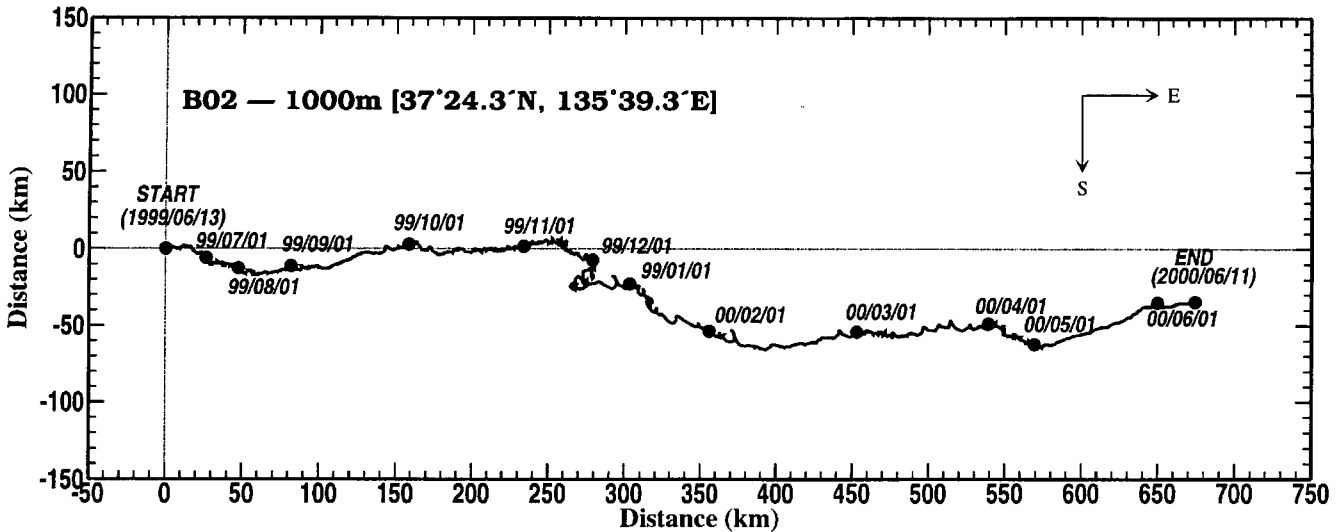


Fig. 6. Progressive vector diagram at 1000 m depth of B02 from June 1999 to June 2000.

1. 관측 시기: 2002년 6월 12일(수)~26일(수) 2주간
2. 관측 해역: 2001년도 관측 해역과 거의 같은 해역(Fig. 1)
3. 관측 내용: CTD(SBE9/11 plus), Current Meter mooring (Aanderaa RCM8) 등

맺음말

동해의 해수 및 물질 순환 양상을 파악하기 위하여 한일 공동으로 동해 남부해역에 대한 관측을 실시해 오고 있으며, 올해도 작년과 거의 같은 시기와 해역에서 관측이 실시될 예정이다.

최근 동해 남부해역의 5개 정점에서 1~3년간 계류한 유속계(RCM8) 관측 자료는 수심 1000 m 이상의 심층 해류가 분지의 지형을 따라 흐르고 있음을 잘 보여주고 있다. 즉, 울릉분지 남동사면과 야마토해령 서북부해역에서는 주로 북향류가 우세하고, 야마토분지 중앙과 남서쪽 가장자리 해역에서는 남향류가 지배적이며, 야마토분지 남동해역에서는 동향류가 강한 순환 형태를 이루고 있는 것이다. 계절별로는 12~2월의 겨울철에 연중 최대 유속을 보이며, 조석과 관성운동 성분외에 3~5일 주기의 불규칙한 변동은 연중 나타나고 있다.

동해 남부 해역에서 분지별 또는 일련의 해수 순환 구조를 가시적이고 체계적으로 규명하기 위해서는 여러 정점에 계류를 실시하는 광범위한 관측이 요구됨과 동시에, 각 해역별 유동구조에 대한 집중적인 분석이 필요할 것이다.

참고문헌

Ichiye, T., 1984. Some problem of circulation and hydrography of the Japan Sea and the Tsushima Current. In: Ocean Hydrography

- of the Japan Sea and East China Seas, edited by Ichiye, T., Elsevier Science Publishers, Amsterdam, pp. 15-54.
- Gamo, T. and Y. Horibe, 1983. Abyssal circulation in the Japan Sea. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **39**: 220-230.
- Kitani, K., 1989. Movement of the Japan Sea Proper Water. *Report on Int. Conf. On the seas of Japan and Okhotsk*(manuscript). Nakhodka, 5pp.
- Riser, S.C., 1997. Long-term variations in the deep ventilation of the Japan/East Sea. *Proc. CREAMS'97 Sympo.*, pp. 31-34.
- Takematsu, M., Z. Nagano, A.G. Ostrovskii, K. Kim and Y. Volkov, 1999. Direct measurements of deep currents in the northern Japan Sea. *J. Oceanogr.*, **55**: 207-216.
- Takematsu, M., A.G. Ostrovskii and Z. Nagano, 1999. Observations of eddies in the Japan Basin Interior. *J. Oceanogr.*, **55**: 237-246.
- Senjyu, T. and H. Sudo, 1993. Water characteristics and circulation of the upper portion of the Japan Sea Proper Water. *J. Mar. Sys.*, **4**: 349-362.
- Senjyu, T. and H. Sudo, 1996. Interannual variation of the Upper Portion of the Japan Sea Proper Water. *J. Oceanogr.*, **52**: 27-42.
- Seung, Y.H. and J.H. Yoon, 1995. Some features of winter convection in the Japan Sea. *J. Oceanogr.*, **15**: 61-73.
- Seung, Y.H. and J.H. Yoon, 1995. Robust diagnostic modeling of the Japan Sea circulation. *J. Oceanogr.*, **15**: 421-440.