

# 동해 심층수 개발해역의 오염부하량 해석과 해황변동

이인철 · 김경희 · 윤한삼  
부경대학교 해양공학과

## Analysis of Pollutant Loads and Physical Oceanographic Status at the Developing Region of Deep Sea Water in East Sea, Korea

IN-CHEOL LEE, KYUNG-HOI KIM AND HAN-SAM YOON  
Dept. of Ocean Engineering, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

**KEY-WORD:** East Sea 동해, Deep Sea Water 심층수, Pollutant Loads 오염부하, Physical Oceanographic Status 해황변동

**ABSTRACT:** This study, as a basic study for establishing a influence forecasting/estimating model when drain the deep sea water to the ocean after using it, carried out studies as follows ; 1) estimating the amount of river discharge and pollutant loads inflowing into the developing region of deep sea water in East Sea, Korea, 2) a field observation of tidal current, vertical distribution of water temperature and salinity, and 3-D numerical experiment of tidal current to analysis physical oceanographic status. The amount of river discharge flowing into this study area was estimated about  $462.7 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{day}$  of daily mean in 2002 year . Annual mean pollutant load of COD, TN and TP were estimated 7.02 ton-COD/day, 4.06 ton-TN/day and 0.39 ton/day, respectively. Field observation of tidal current results usually show about 20~40cm/sec of current velocity at the surface layer, it indicated a tendency that the current velocity decreases under 20cm/sec as the water depth increases. We could find a stratification within approximately the depth of 30m in field observation area, and the differences of water temperature and salinity between the surface layer and bottom layer were about 18°C and 0.8 psu, respectively. On the other hand, we found that there was a definite as the water mass of deep sea water about 34 psu of salinity.

### 1. 서 론

해양심층수는 저온성, 청정성, 부영양성 및 미네랄성 등의 특성을 가진 유용한 해양자원으로 널리 알려져 있어 다양한 산업분야에서 이용하기 위한 기술들이 개발되고 있으며, 이에 따른 연안해역으로의 해양심층수의 해양방류/배수가 필요할 것이다.

심층수가 가진 청정성과 부영양성을 적극적으로 재활용하여 방류시설의 인근 해역의 비옥화를 통한 기초생산력 증대와 수산자원의 증강을 위해 재활용될 수 있는 방안에 대하여 연구가 필요하다. 특히, 해양심층수의 산업자원화가 급속히 진행되고 있는 일본에서는 최근들어 해양심층수의 대량배수가 연안해역의 유해성 식물성플랑크톤의 군집과 증식에 미치는 영향에 관한 연구(深見, 2002)가 수행되고 있어, 심층수 방류가 해역비옥화라는 순기능이외에 생태계에 미치는 역기능에 대해서도 정량적인 평가가 이루어져야 할 것이다.

이를 위해서는 현재 동해 해양심층수 개발이 진행되고 있는 강원도 고성인근 주변해역의 육역으로부터의 담수유입량 및 오염부하량의 해석과 심층수 방류가 해역환경에 미치는 물리환경적 변화(해수유동의 변화, 연직확산·혼합과정 등) 및 수질·생태계환경 변화에 대한 예측·평가시스템의 개발이 절실히 요구된다.

해양심층수의 다목적 이용을 위한 연구대상 해역인 강원도 고성군 죽왕면 오호리 전방해역은 해양심층수 취수에 최적지로 거론되고 있으나 (해양수산부, 2003a), 해안선으로부터 약 1km 떨어진 해역부터는 수심이 급격히 변화하는 복잡한 해저지형을 이루고 있다(Fig. 1). 이에 따라 낮은 수온에 영양염이 풍부한 심층수를 표층, 또는 중층에 방류할 경우 수온·염분의 연직변화로 인한 해수유동구조 및 영양염 농도의 연직변화와 이에 따른 기초생산력의 변화가 예상되어진다.

따라서, 본 연구에서는 해양심층수를 취수 이용한 후 다시 해양으로 방류할 경우 예상되어지는 인근해역의 영양염 순환구조 및 저차생태계의 변화를 예측/평가하기 위한 생태계 수치모델 개발의 기초적 연구로서 1) 육역으로부터의 유입 오염부하량의 산정, 2) 해수유동의 현장관측 및 3D-해수유동 수치실험 등의 연구를 수행하였다.

### 2. 자료 및 방법

#### 2.1 담수유입량 산정

연구대상해역내로 유하하는 하천(Fig. 1의 ①~⑤지점)으로부터의 담수유입량을 산정하기 위해 지형도(육도)를 통해 수계별 유역면적을 산정한 후, 식(1)을 기초식으로 하는

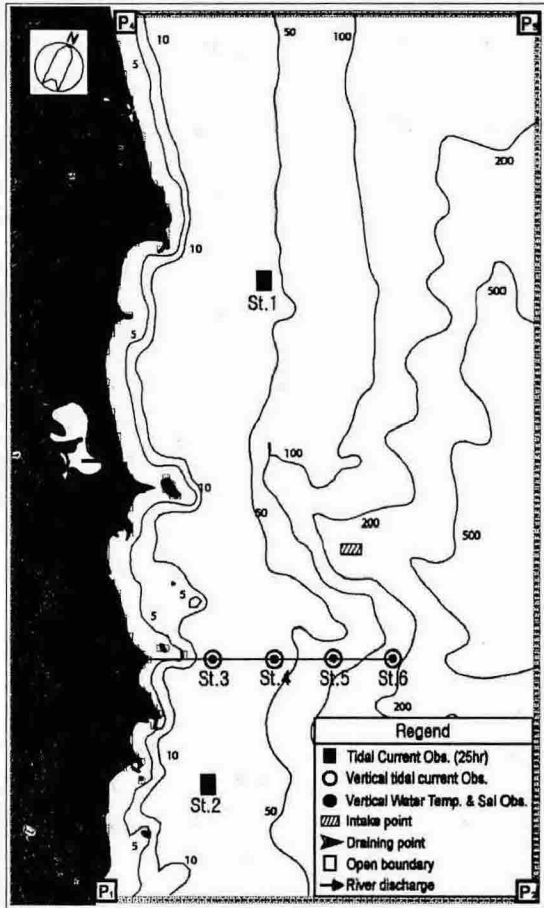


Fig. 1 The map shows bottom topography, the oceanographic observation Station, river discharging point, and etc. in Kosong sea basin.

Tank model (이인철, 2003)을 이용하여 일별 하천유출량을 구하였다. 또한 식 (2)에 의해 대상해역내로의 각 유입점별 최종 담수유입량을 산정하였다.

$$Q \text{ (} m^3/\text{sec)} = (Q_0 + \sum_{i=1}^n Q_i) \times \text{유역면적 (} km^2) / 86.4 \quad (1)$$

$$Q_d \text{ (} m^3/\text{day)} = Q \times f \quad (2)$$

여기서  $Q$  : 하천유출량,  $Q_0, Q_i$  : 표층 및  $i$ 단 (1단 : 표층유출, 2단 : 중간유출, 3단 : 준기저유출, 4단 : 기저유출)의 유출량,  $Q_d$  : 담수유입량,  $f$  : 유달율(=0.8)을 나타낸다.

Tank 모델을 적용하여 일별 하천유출량을 산정할 대상 수계는 Fig. 1에서 나타난 바와 같이 유역면적이 상대적으로 큰 남천(①)과 문암천(⑤)과 유역면적이 적은 인정천(③)과 황포천(④)으로 구분할 수 있으며, 송지호(②)는 석호로서 분류할 수 있다. 한편, Tank 모델의 입력자료는 일별강우량(속초기상대, 2002년)과 일별 증발산량(강릉기상대, 2002년)자료를 사용하였다.

## 2.2 유입오염부하량 산정

육상수역 및 하천으로부터 유입되는 오염부하량의 산정

지점은 담수유입량의 산정지점과 동일한 5개 지점이며 유입지점 및 하천 말단부로부터 유입되는 COD, SS, 총질소(TN), 총인(TP) 등 4개 항목에 대하여 식(3)에 의해 유입오염부하량을 산정하였다.

$$L_i \text{ (ton/day)} = Q_d \times C_i \times 10^{-6} \quad (3)$$

여기서  $L_i$  및  $Q_d$  : 각 유입점의 일별 오염부하량 ( $i$  = COD, SS, TN, TP) 및 일별 담수유입량 ( $m^3/\text{day}$ ),  $C_i$  ( $mg/l$ ) : 일별 수질농도로서 강원도 간성 북천측정소에서 관측된 월평균 COD, SS, TN, TP의 농도(환경부, 2002년)를 선형보간법에 의해 추정된 농도이다.

## 2.3 해양물리환경조사

해양 심층수 방류예정 인근해역의 해수유동의 변동특성을 파악하고자 Fig. 1에 나타난 현장조사정점에서 대조기시(2003년 7월 1일 ~ 2일)에 정점·연직조류 및 수온·염분의 연직변화에 대한 현장조사를 실시하였다. 현장조사항목별 조사내용은 다음과 같다.

현장조사시간중의 해수유동에 관한 오일러적인 정점연속조류 (25시간)는 정점 St. 1에서 수면하 5.5 m에 ADCP의 관측기기를 계류하여 연직으로 4m별의 매시 유향 및 유속을 측정하였다. 그리고 정점 St. 2에서는 수심 15 m에 ACM-16M을 계류하여 25시간 유향 및 유속을 연속관측하였다. 조사대상 해역에서의 수심변화에 따른 유속 및 수온·염분의 연직적 공간분포를 파악하기 위하여 St. 3~St. 6정점에서 최강창·낙조류시의 연직 층별조류관측과 연직 수온·염분을 관측하였다.

## 2.4 3차원 해수유동 수치실험

해수유동 수치실험시 계산 영역은 주요 대상 해역인 강원도 고성군 오호리를 중심으로 동서방향 9.0 km, 남북방향 15.0 km로, 해양 심층수 취/배수로 인해 해양환경에 영향을 미칠 것으로 예상되는 해역을 포함하여 결정하였다. 또한 조류의 현황재현은 4대 분조( $M_2, S_2, K_1, O_1$ )를 대상으로 실험을 수행하였으며, 사용되어진 수치모형은 연직다층의 Level model로서 밀도류와 취송류를 고려한 해수유동의 시공간적 변동을 계산할 수 있는 모형을 이용하였다 (이인철, 2001). 수치모형 실험시의 등수심도 및 계산결과 검증점은 Fig. 1과 같다.

계산 격자는 계산시간 및 계산의 안정도를 고려하여 100m 정방격자 등간격으로 분할하였으며, 연직 층분할은 대상 해역의 수심과 심층수 취/배수구 설치 장소의 수심을 고려하여 15개층으로 분할하였다. 조석경계조건은 거진항과 속초항의 두 검조소 조위관측자료와 해수유동모델의 계산대상내의 임의 정점과의 조위비교를 통해서 획득하였으며, 기상조건에 대한 계산상 입력치는 대상해역의 인근 속초기상대에서의 30년동안(1971년~2001년)의 일별평년값을 산정하여 사용하였다(한국기후표(기상청), 2001).

외해 수온 및 염분 경계조건은 국립수산과학원의 한국

해양환경조사자료로서 계산대상해역과 가장 인접한 해양 관측정점인 거진해역(38°24'33"N, 128°31' 13"E)과 속초해역(38°12'58"N, 128°36'18"E)의 표·저층 수온 및 염분 관측자료를 바탕으로 정현합수로 산정하였다.

### 3. 결 과

#### 3.1 담수유입량과 유입오염부하량

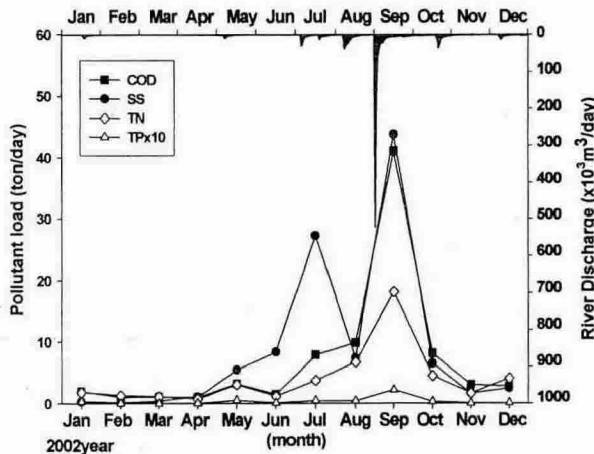
연구대상 해역으로 유입하는 5개 유입점의 연평균 총 담수유입량은  $462.7 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{day}$ 이었으며, 유입점별로는 남천(①)이  $176.8 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{day}$ 로 가장 많고, 다음으로 문암

**Table 1** Estimated result of annual mean river discharge at each river discharge point in Fig 1 (2002yr).

Division	River	Area ( $\text{km}^2$ )	River discharge ( $\times 10^3 \text{ m}^3/\text{day}$ )
①	Nam-chun	47.2	176.8
②	Songjiho	6.6	22.6
③	Injung-chun	11.2	41.4
④	Hwangpo-chun	14.9	52.6
⑤	Munam-chun	45.1	169.3

**Table 2** Estimated result of annual mean inflowing pollutant loads (2002yr).

Division	River	Pollutant loads (ton/day)			
		COD	TN	TP $\times 10$	SS
①	Nam-chun	2.68	1.55	0.15	3.35
②	Songjiho	0.34	0.20	0.02	0.43
③	Injung-chun	0.63	0.36	0.03	0.29
④	Hwangpo-chun	0.80	0.46	0.05	1.00
⑤	Munam-chun	2.57	1.49	0.14	3.21



**Fig. 2** Monthly change of pollutant loads.

천(⑤), 황포천(④)의 순이었다. 특히, 심층수 방류예정 해역과 인접한 인정천(③)과 송지호(②)는 각각  $41.4 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{day}$ 와  $22.6 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{day}$ 로 산정되어 연간에 걸쳐 담수유입량이 상대적으로 적은 것으로 나타났다(Table. 1).

또한 대상해역 수계별 COD, TN, TP, SS의 연평균 유입 오염부하량을 산정한 결과는 Table.2와 같다. 대상해역으로 유입되는 COD의 연평균 유입오염부하량은 7.02 ton/day이었으며, TN과 TP의 유입오염부하량은 각각 4.06 ton-TN/day와 0.39 ton-TP/day로 산정되었다. 또한 수계별 유입오염부하의 특징을 살펴보면, COD의 경우 남천과 문암천에서 각각 2.68 ton/day, 2.57 ton/day로 큰 값을, 송지호에서는 0.34 ton/day로 가장 적은 값을 나타내었다.

대상수계로부터 산정된 담수유입량과 유입오염부하량의 월별 변동특성을 살펴보면, 강우가 많은 7월~9월의 경우 하천유량 증가로 인해 모든 수질항목의 오염부하량도 증가하는 경향을 보였으며, 특히 9월에 최대치를 나타내었다. 그러나 특이하게도 SS의 경우 8월에 다른 유입오염부하량보다 작게 산정되었는데, 이는 상대적으로 6월과 7월의 SS 농도가 높은 것에 기인한 것으로 생각된다(Fig. 2).

이상과 같이 연구대상해역으로 유입되는 하천별 유입오염부하량의 연간 총발생량을 산정한 결과, 해양심층수 방류예정 인근해역으로의 유입오염부하량은 대체적으로 작아, 인근 주변 해역에 비해 해양환경의 청정성이 높을 것으로 예상되었다.

#### 3.2 해양물리환경조사

##### 정점연속조류관측

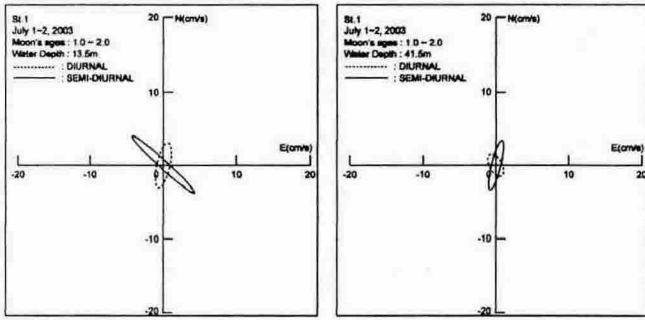
Fig. 3은 정점연속조류에 의한 정점별, 수심별 조류타원도를 나타낸다. 정점 St. 1(가진리 인근해역)의 상층(13.5 m)에서의 조류타원도(Fig.3(a))를 살펴보면 일주조 성분은  $\pm 3.2 \text{ cm/sec}$ 의 북북동-남남서향, 반일주조 성분은  $\pm 5.9 \text{ cm/sec}$ 의 북서-남동향의 왕복류 흐름을 나타내었다. 이에 반해 저층(41.5m)에서는 상층의 조류성분과 비교해 볼 때 유속의 크기는 약 60% 작고 특히, 일주조와 반일주조의 흐름방향이 반대방향인 것으로 관측되었다 (Fig.3.(b)).

또한 St. 2(아야진항 인근해역)의 수심 15 m에서 25시간 연속관측한 조류자료를 바탕으로 조화분해를 수행한 결과는 대체로 유속의 성분 및 크기는 St. 1과 유사한 경향을 나타내었으며, 흐름의 주 방향은 남북의 왕복류 형태를 가지는 것으로 나타났다(Fig. 3(c)).

##### 연직 조류관측

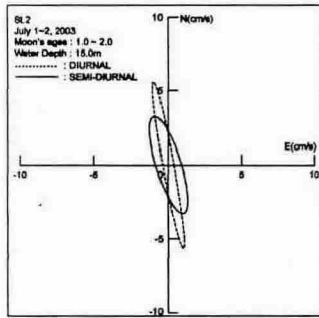
St. 3~St. 6정점에서 창·낙조류시의 수심변화에 따른 연직유속, 유향의 연직 조류관측결과는 Fig. 4와 같다. 창조류시는 저조후 약 4시간이 경과한 시점이고, 낙조류시는 고조후 2시간이 경과한 시점에서 관측한 결과이다.

창조류시 연직조류는 전반적으로 연직적인 유향·유속의 변화가 크고 연안측에서 외해측으로 갈수록 대체로 유속이 강한 것으로 나타났다. 유속의 연직변화를 살펴보면



(a) upper layer of St.1

(b) bottom layer of St.1



(c) upper layer of St.2 (Depth : 15m)

Fig. 3 The observed tidal current ellipses at St.1 and St.2.

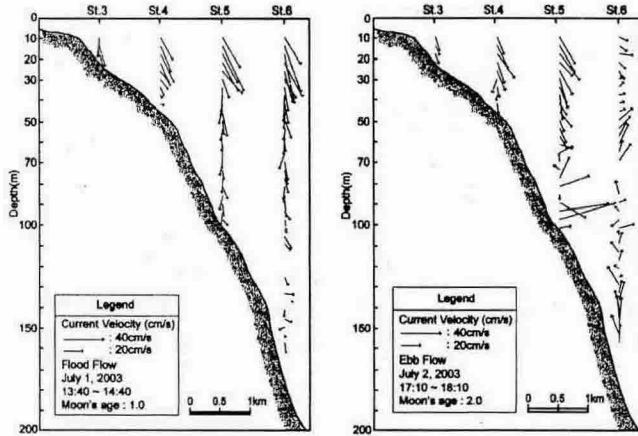


Fig. 4 Vertical profile of tidal current velocity.

수심 약 35m미만의 표층에서는 대체로 20~40 cm/sec의 범위를 나타내는 반면, 수심이 깊이질수록 유속은 약 20 cm/sec미만으로 감소하는 경향을 보였다. 또한 층별 조류의 유향변화를 살펴보면 층별유속분포와 유사하게 수심 약 35m미만에서는 남서향류의 유향을 보이다가 수심이 깊어질수록 대체로 남향류의 특성을 보이고 있다.

또한 낙조류시 층별조류관측결과에서 조류의 연직변화는 전반적으로 연직적인 유향·유속의 변화가 크고 연안측에서 외해측으로 갈수록 대체로 유속이 강한 것으로 보이며, 창조류시와 유사한 경향을 나타낸다.

특히, 수심 약 30 m미만의 표층은 낙조류시에도 창조류시와 동일한 방향의 유향을 보였으나, 가장 외해쪽에 가까

운 정점인 St. 6지점에서의 유속크기는 연안측과는 다소 다르게 나타났다. 유속의 연직변화는 수심 약 35m미만의 표층에서는 대체로 20~33 cm/sec의 유속크기를 나타낸 반면, 수심이 깊이질수록 유속은 창조류시의 층별조류분포와는 달리 수심 약 30~70 m의 층에서 외해로 빠져나가는 흐름과 북향하는 흐름에 의해 조류의 회전성분이 나타나고 있음을 알 수 있다. 그리고 층별 조류의 유향변화를 살펴보면 창조류시와 유사하게 수심 약 35 m미만에서는 남서향류를 보이다가 수심이 깊어질수록 북향류로 흐르고, 외해측(St.6)에서 북서향류의 흐름이 뚜렷하게 나타났다.

이상의 결과를 통해 대상해역의 연직조류 변화를 살펴보면 표층에서는 오후조류로부터 남향하는 한류가 표층을 중심으로 남하하는 것으로 예상되며, 수심 약 5m이하에서 남북방향의 왕복성 조류형태를 나타내며, 표층해수의 외해측으로의 유출로 인해서 심해 용승현상이 발생할 가능성이 있을 것으로 사료된다 (김철호 등, 1983).

수온·염분의 연직분포

Fig. 5과 Fig. 6은 대조기 최강창조류시와 낙조류시의 수

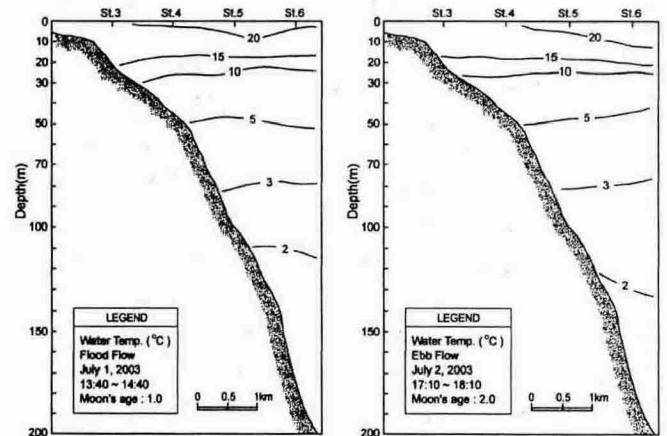


Fig. 5 Vertical distribution of water temperature in Kosong sea basin.

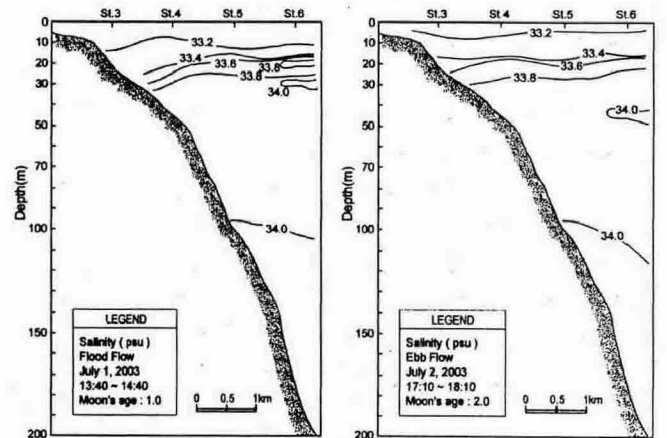


Fig. 6 Vertical distribution of salinity (psu) in Kosong sea basin.

온 및 염분의 연직분포를 나타낸다. Fig. 5에서 창조류시의 수온의 연직분포를 살펴보면 표층과 저층수온은 각각 약 20℃와 2℃범위로서 표저층간의 수온차가 약 18℃정도로 크게 나타났으며, 수심 약 30 m이내 수온의 성층현상이 두드러짐을 알 수 있었다. 그러나 50~80m수심에서는 수온차가 약 2℃의 차이를 보이며, 수심 80 m이하로 갈수록 대체로 수온 2~3℃의 범위로 나타났다. 또한 St. 4~St. 6의 수심 10 m이내의 표층에 걸쳐서 20℃이상의 다소 높은 수온대가 나타나는 것은 관측시간이 일조량이 많은 오후 시간이었음에 따라 대기로부터의 열유입량이 많았기 때문인 것으로 생각된다. 그리고 낙조류시 수온의 연직분포는 창조류시와 유사한 경향을 보였으나, 표층에서의 20℃범위의 수괴가 외해측으로 약간 이동한 것으로 보아 조류의 흐름에 의한 표층 수괴의 외해수송으로 추측된다 (Fig. 5).

또한 대조기 최강창·낙조류시의 염분의 연직분포(Fig. 6)는 표층과 저층에서 각각 33.2 psu와 34.0 psu인 것으로 관측되었다. 창조류시의 표층과 저층에서의 염분차는 약 0.8 psu범위이며, 수심 약 30 m이하 심해로 갈수록 염분은 34 psu로 거의 일정한 수괴를 나타내었다. 그러나 수심 30 m이내의 표층수는 창조류시와 낙조류시의 염분차가 두드러지게 나타나며 표층수온의 연직변화와 같이 염분성층이 뚜렷하게 나타나는 것을 알 수 있다. 특히, 낙조류시에는 33.2 psu의 등염분농도선이 표층 수면으로 상승하는 경향을 나타내어, 현장조사 기간중 대상해역내로 육상 수계로부터의 대규모 담수유입이 없는 시기임을 감안할 때 조시변화에 따른 태양의 복사열로 인한 영향이거나 북측 호호츠크해류로부터 남향하는 한류의 영향으로 생각된다.

### 3차원 해수유동 수치실험

동해 심층수 해양방류 주변해역에서의 3차원 해수유동 수치모형실험은 기초자료 수집 및 해석단계로서 심층수 해양방류 전의 대, 중, 소조기의 해수유동장을 예측하였으며, 각 조시별에 따른 최강창조류 및 최강낙조류시의 표층(제1층; 0~3m), 중층(제10층; 27~30m), 저층(제15층; 56m이상)의 유속벡터도를 나타내었다.

Fig. 7 ~ Fig. 10은 대상해역의 해수유동특성이 가장 두드러진 대조기 최강창·낙조류시의 표층과 저층의 유속벡터도 및 소조기 최강창·낙조류시의 표층과 저층에서의 유속벡터도를 각각 나타낸다.

대상해역의 대조기 최강창조류시의 흐름은 전반적으로 북쪽에서 남쪽방향으로 흐르며, 낙조류시는 이와 반대로 남쪽에서 북쪽방향으로 흐르는 왕복성 조류의 형태를 보였다. 또한 위치별로는 대상해역의 북측해역에서는 북동향류의 흐름을 나타내고, 남측해역에서는 남동향류의 흐름을 나타내었다. 유속의 크기는 창조류시와 낙조류시에 각각 약 17~24 cm/sec와 약 17~19 cm/sec의 범위를 나타내고 최대유속은 약 24 cm/sec로 나타났다. 또한 소조기의 유동변화는 대조기와 유사한 유향변화를 나타내었으나, 유속의 크기는 창조류시가 약 17 cm/sec미만이며, 낙조류시

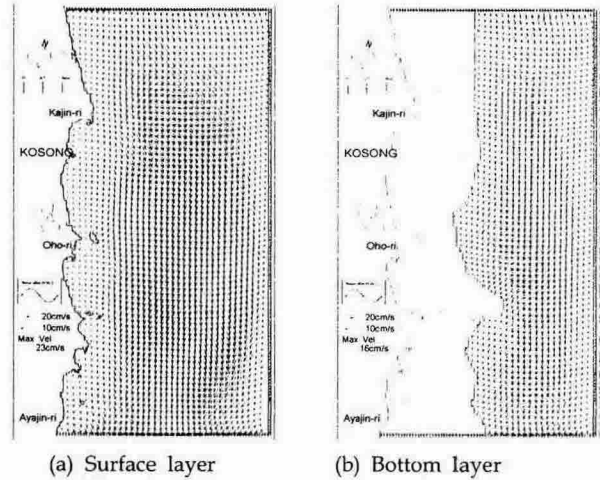


Fig. 7 Tidal current vector diagram on maximum flood flow in Spring tide.

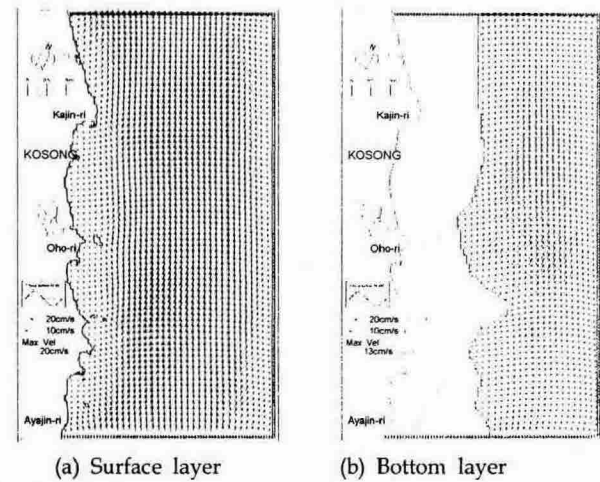


Fig. 8 Tidal current vector diagram on maximum ebb flow in Spring tide.

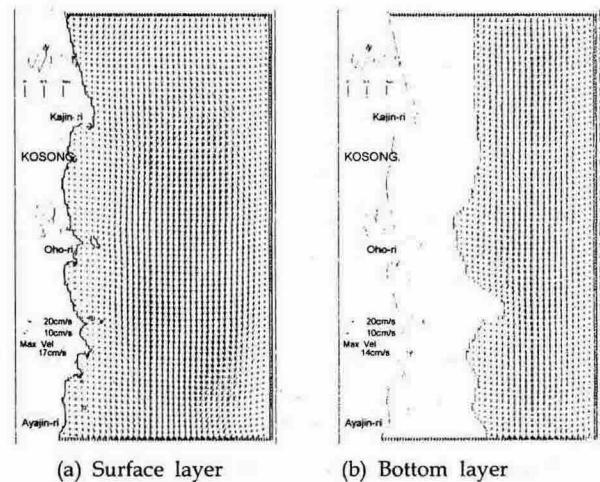
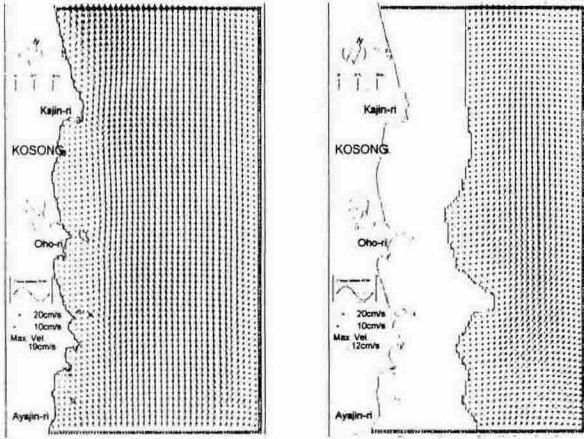


Fig. 9 Tidal current vector diagram on maximum flood flow in Neap tide.



(a) Surface layer

(b) Bottom layer

Fig. 10 Tidal current vector diagram on maximum ebb flow in Neap tide.

에는 약 19 cm/sec미만의 범위를 나타내었으며 표층과 저층의 최대유속은 각각 19cm/sec 와 12cm/sec로 나타났다.

또한 층별의 유속변화는 표층에서 유속이 빠르고 저층으로 갈수록 느려지는 양상을 띠었으며, 수심이 깊은 제 15층(56m)에서는 창조류시와 낙조류시의 흐름방향이 연안으로부터 외해로 유출되는 경향을 보였다.

#### 4. 요약 및 결론

본 연구에서는 해양심층수를 취수 이용한 후 다시 해양으로 방류할 경우 예상되어지는 인근해역의 영양염 순환구조 및 저차생태계의 변화를 예측/평가하기 위한 생태계 수치모델 개발의 기초적 연구로서 1) 육역으로부터의 유입 오염부하량의 산정, 2) 해수유동의 현장관측 및 3D-해수유동 수치실험 등의 연구를 수행하였다. 본 연구에서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 연구대상 해역으로 유입되는 COD의 연평균 유입오염부하량은 7.02 ton/day이었으며, TN과 TP의 유입오염부하량은 각각 4.06 ton-TN/day와 0.39 ton-TP/day로 산정되었다. 또한 해양심층수 방류예정 인근해역으로 유입하는 오염부하량은 대체적으로 작아, 주변해역에 비해 해양환경의 청정성이 높을 것으로 예상되었다.

2) 현장관측을 통한 대상해역의 조류의 일주조 성분은  $\pm 3.2$  cm/sec의 북북동-남남서향, 반일주조 성분은  $\pm 5.9$  cm/sec의 남북방향의 왕복류 흐름을 나타내었으며, 표층 유속은 대체로 20~40 cm/sec의 범위였으나, 저층유속은 약 20 cm/sec정도로 나타났다.

3) 대조기 최강창·낙조류시의 수온의 연직분포로부터 표층과 저층수온은 각각 약 20℃와 2℃정도로서 표층과 저층의 수온차는 약 18℃, 염분차는 약 0.8 psu범위로 나타났으며, 수심 약 30 m이내에서 수온 및 염분의 성층현상이 두드러짐을 알 수 있었다.

4) 3차원 해수유동 수치실험으로부터 대상해역의 대조기 및 소조기 최강창조류시의 흐름은 전반적으로 남북방향의 왕복성 조류의 형태를 보였다. 유속의 크기는 창조류시와 낙조류시에 각각 약 17~24 cm/sec와 약 17~19 cm/sec의 범위로 저층으로 갈수록 유속이 감소하며, 특히, 저층(56m)부근에서는 창조류와 낙조류시의 흐름방향이 연안으로부터 외해로 유출되는 경향을 보였다.

이상의 결과들은 차후, 심층수의 해양방류가 인근해역의 해양물리환경을 비롯한 수질 및 생태계의 환경변화에 미치는 영향을 정량적으로 평가하기 위한 해양생태계 수치예측실험의 기초적인 자료를 제공할 것으로 생각된다.

#### 참 고 문 헌

- 국립수산과학원 (1996~2002), 한국해양환경조사연보.  
 국립해양조사원 (2002, 2003), 조석표  
 기상청 (2001), 한국기후표(1971~2000).  
 기상청 (2002), 기상월보(1월~12월).  
 김철호, 김구 (1983), 韓國 東海岸에 出現하는 冷水塊의 特性과 起源, *J. Oceanol. Soc. Korea*, 18(1): 73~83.  
 김현주 등(2003), 고성 해양심층수 개발시설의 기본설계 연구. 한국해양공학회 2003년도 춘계학술대회 논문집. p83~88  
 이인철 (2003), Tank모델에 의한 영일만 유입오염부하량의 계절변동 예측, 한국해양환경공학회지, 제6권 제3호, 63~71.  
 이인철 (2001), 廣島灣에서의 잔차류와 물질수송의 수치모형실험, 한국해양공학회지, 제 15권 제1호, 45~51.  
 해양수산부 (2000), 동해심층수의 다목적 개발 기획연구. p.77  
 해양수산부 (2001), 해양심층수의 다목적 개발(1), p.243  
 해양수산부 (2001), 해양심층수의 다목적 개발(2), p.454  
 환경부, <http://www.me.go.kr/>  
 深見 公雄 (2002), 海洋深層水の大量排水が岸海域の植物プランクトン群集に与える影響 (私信)