

# 測流板 漂流實驗에 의한 夏季 鬱陵島·獨島 近海의 海水流動 特性

張善德·金鍾圭

釜山水產大學校 海洋工學科

## Drogue Tracking in the Coastal Waters of Ulreungdo-Tokto in Summer

Sun-duck CHANG and Jong-Kyu KIM

Department of Ocean Engineering, National Fisheries University of Pusan, Pusan 608-737, Korea

The East Korean Warm Current is known as an anticyclonic circulation in the Ulreung Basin in the southwestern East Sea of Korea. This circulation was approximately estimated by dynamic methods based on the oceanographic observation and remote sensing data.

In this study, the existence of circulation in the anticyclonic region of East Korean Warm Current(Tsushima current) in early summer was directly measured by drogue tracking using a global positioning system. At the same time, the velocity was calculated by dynamic method and compared using data collected by remote sensing. As results, these values are shown to be nearly the same, and an anticyclonic circulation was found around Ulreungdo-Tokto. The maximum northward and southward flow speed was deduced to be around 0.6 and one knot, respectively.

### 緒 論

世界的으로 自國의 海域確保, 海洋資源開發 및 環境保全 研究에 努力이 加重되고 있는 實情에 미루어볼 때 우리나라 東海의 鬱陵島·獨島 近海는 그 重要性이 날로 커지고 있다. 東海는 아시아대륙과 日本列島로 둘러쌓인 緣海로서 남쪽의 大韓海峽을 통하여 流入되고 북쪽의 쓰가루해협 및 쓰야해협을 통하여 流出되는 것으로 알려져 있다. 東海의 海況 및 循環係에 대한 Uda(1934)의 海流模式圖 發表 이후 研究는 첫째로 쓰시마난류의 經路에 관한 것으로 2分枝(Uda, 1934), 3分枝(Naganuma, 1972) 및 分枝에 대한 力學的 解析에 力點을 둔 東海의 數值循環모델(Yoon, 1982a, b, c; Kawabe, 1982b; Sekine, 1986)들의 分枝說과 蛇行說(Moriyasu, 1972)로 論難이 있으며, 物性資料分析과 人工

衛星資料分析(Kim and Chung, 1984; Kim and Legecks, 1986)을 통해 1981년에는 東韓暖流가 出現하지 않았음을 報告하여 東海 海況 및 循環係에 대한 年變化의 重要性和 中·深層運動의 重要性을 指摘하였다. 둘째 特徵은 分流인 쓰시마난류수가 시베리아 沿岸 및 韓國 東岸을 따라 리만해류 및 北韓寒流를 形成하는 再循環課程을 겪고 이 課程에서 日本盆地內에 2~3개의 反時計方向의 循環을 形成한다는 것이다. 東韓暖流는 鬱陵島 近海를 北上하다가 時計方向으로 旋回하는 것으로 알려져 있으며, 이런 現象은 주로 水溫·鹽分分布나 力學의 高低圖에 의해 推定되거나(Uda, 1934) 遠隔探查資料解析에 의해 推定된 結果들이다(Huh, 1982). 한편, 東海에는 冷水의 移動(金·金, 1983; 安, 1974), 季節에 關係없이 鬱陵盆地域에 存在하는 暖水塊(Na, 1988; Kim, 1990; Chang and Kim, 1991;

Chang and Kim, 1993) 및 人工衛星觀測資料(表層水溫)로서 밝혀진 청진 外海域에 2~4월에 發達되는 時計方向의 渦流 등의 局地的 現象이 나타난다.

東海南部海域은 研究가 가장 활발히 이루어지고 있는 海域中的 하나이다. 東海南部海域은 3가지의 水塊 즉, 쓰시마난류, 北韓寒流, 東海固有水가 서로 勢力을 擴張하면서 混合이 일어나는 데, 時空間 變動性이 크고(孔·李, 1984) 水溫前線의 生成, 移動 및 消滅이 漁場形成에 큰 影響을 미치기 때문에 海水循環의 體系的인 研究가 必要하다.

本 論文에서는 GPS(Global Positioning System)를 利用한 測流板 漂流實驗, 遠隔探查資料 및 海洋觀測을 통하여 鬱陵島·獨島 近海의 海水流動을 觀測하여 이 海域에 存在하는 渦流를 실제 確認하고, 이 渦流附近의 海況特性을 檢討하였다.

### 資料 및 方法

1991年 6月 6~7日 및 1992年 6月 25~27日에 걸쳐 各 定點(Fig. 1)에서 釜山水大 釜山 403호를 利用하여 GPS에 의한 測流板 漂流實驗(Drogue tracking) 및 海洋觀測(Oceanographic observations)을 實施하였다. Drogue는 NFU-O<sub>3</sub>형을 使用하였으며, 抵抗板의 크기는 2 m×2 m이고 漂流水深은 5 m層이다. 漂流時間은 各 定點에서 各 各 2時間 15分(1991年) 및 1時間(1992年)이며, GPS에 의해 15分

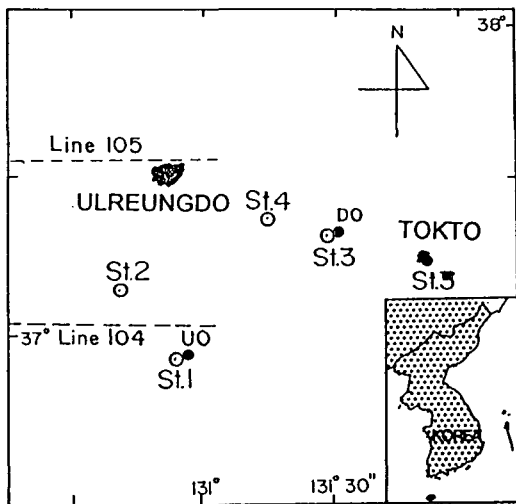


Fig. 1. The oceanographic observation stations around Tokto Island.

間隔으로 位置를 確認하여 海圖에 나타내었으며, 이 位置로부터 漂流流速을 計算하였다. 그리고 國立水產振興院(1991~92年)의 海洋調査年報 6月の 104와 105선의 水溫 및 鹽分 資料를 利用하여 海流의 力學計算을 하였고, 流速 計算 結果와 測流板 漂流實驗 結果를 원격탐사자료와 比較·檢討하였다.

力學計算에 의한 地形流 流速 計算式은 다음과 같다.

$$(V_1 - V_2) = \frac{10}{f \cdot L} \times [\Delta D_B - \Delta D_A] \quad (1)$$

여기서,  $V_1$ 는 上層流速(m/s),  $V_2$ 는 下層의 流速(m/s)이며,  $f$ 는 地球自轉의 偏向力( $=2\omega \sin \Phi$ ;  $\omega$ : 地球自轉角速度,  $\Phi$ : 緯度),  $L$ 는 地點間 距離(m),  $\Delta D_A$  및  $\Delta D_B$ 는 地點 A, B에서의 力學深度偏差를 나타낸다. 한편, 임의 지점에서의 力學深度의 계산은 다음식과 같다.

$$D = \int_{p_1}^{p_2} \alpha dp, \text{ 또는 } dD = \alpha dp \quad (2)$$

여기서,  $\alpha$ 는 海水比容( $cm^3/g$ )이고,  $p_1$  및  $p_2$ 는 等壓面(decibars)을 나타낸다.

### 結果 및 考察

#### 1. 測流板 漂流實驗

測流板 漂流實驗 結果는 Fig. 2~3 및 Table 1~2

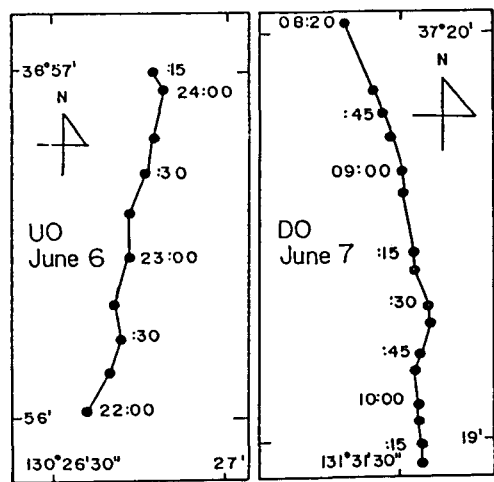


Fig. 2. Results of drogue tracking at the stations around Tokto of June 6~7, 1991.

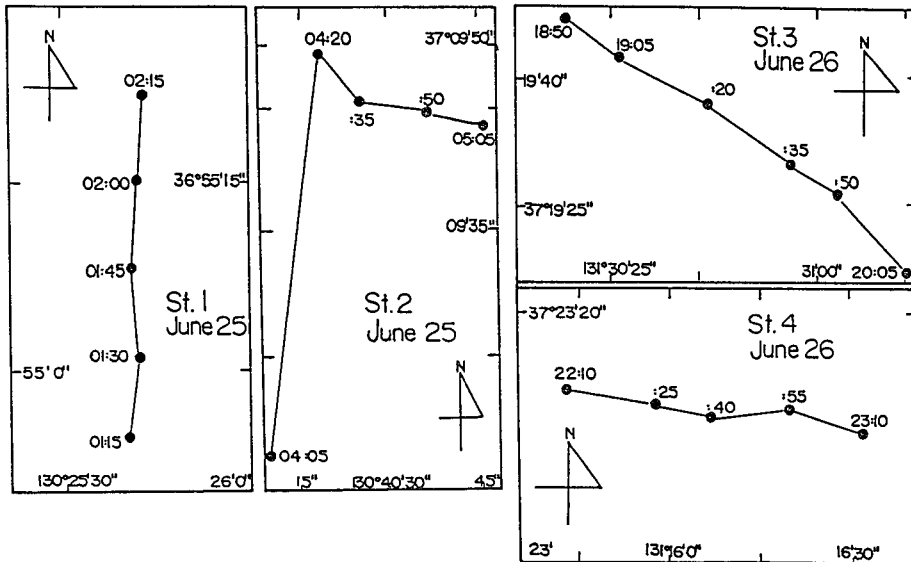


Fig. 3. Results of drogue tracking at the stations around Tokto of June 25~26, 1992.

Table 1. Results of drogue tracking around Tokto of June 6~7, 1991

Date	Time of departure	Time of arrival	St. No.	Dir of drift (°)	Drifted distance (m)	Drift time (min.)	Mean speed (cm/s)	Remark
June 6~7	22:00		UO					Drift North
		22:15		190	15			
		30		180	15			
		45		180	15			
		23:00		210	15			
		15		250	15			
		30		190	15			
		45		160	15			
		24:00		210	15			
		15		100	15			
	Total		012	1,620	135	20.0		
June 7	08:20		DO					Drift South
		08:35		180	15			
		50		380	15			
		09:05		260	15			
		20		340	15			
		35		220	15			
		50		250	15			
		10:05		200	15			
		20		200	15			
	Total		170	2,030	120	28.2		

Table 2. Results of drogue tracking around Tokto of June 25~26, 1992

Date	Time of departure	Time of arrival	St. No.	Dir of drift (°)	Drifted distance (m)	Drift time (min.)	Mean speed (cm/s)	Remark
June 25	01:15	01:30	1		214	15	23.2	Drift North
		45			214	15		
		02:00			207	15		
		15			199	15		
		Total		10	834	60		
25	04:05	04:20	2		1,002	15	41.6	East
		35			168	15		
		50			168	15		
		05:05			161	15		
		Total			65	1,499		
June 26	18:50	19:05	3		184	15	24.2	South-East
		20			245	15		
		35			253	15		
		50			153	15		
		20:05			253	15		
		Total			135	1,088		
26	22:10	22:25	4		230	15	21.6	East
		40			145	15		
		55			199	15		
		23:10			203	15		
		Total			95	777		

에 나타내었다. 1991年 6月 6日 22:00에 정점 UO에서 투입한 測流板은 2時間 15分 동안 북쪽으로 1,620m 漂流하였고, 平均流速은 20 cm/s였다. 最大 漂流速度는 23:00~23:15分 사이에 27.8 cm/s로 나타났다. 한편, 6月 7日 정점 DO에서 투입한 測流板은 2時間 동안 남쪽으로 2,030 m까지 漂流하였고 平均 漂流速度는 28.2 cm/s였다. 最大 漂流速度는 08:35~08:50分 사이에 42.2 cm/s로 나타났다. UO와 DO의 漂流方向이 正反對이고 平均 漂流速度는 UO에서 투입한 測流板보다 DO에서 투입한 測流板이 약 8 cm/s 빠르게 南流하였다. 이는 각각 夏季 東韓暖流의 北上 및 北韓寒流의 南下의 영향이라 생각된다.

한편, 1992年 6月 25~26日 St. 1(St. 2)에서 투입한 測流板은 1時間 동안 북(동)쪽으로 平均流速 23.2(41.6) cm/s로 834(1,499) m를 漂流하였고, 最大 漂流速度는 01:15~01:30(04:05~04:20)분 사이에 23.8(111.3) cm/s로 나타났다. 또, St. 3(St. 4)

에서 투입한 測流板은 1時間 동안 남동(동)쪽으로 1,088(777) m까지 漂流하였고 平均 漂流速度는 24.2(21.6) cm/s였으며, 最大 漂流速度는 19:20~19:35(22:10~22:25)분 사이에 28.1(25.6) cm/s로 나타났다.

그러므로, 각 정점에서 漂流方向이 北, 東, 南東 및 東方向의 時計方向으로 漂流하는 사실로부터 鬱陵島 · 獨島 近海의 時計方向의 渦流가 存在함을 알 수 있다.

## 2. 力學計算

地形流(Geostrophic current) 計算方法(식(1), (2))에 의해 絕對流速을 계산하기 위해서는 基準面(reference level) 또는 無流面(level of no motion)의 수심이 결정되어야하는 데, 본연구에서는 무류면을 300db면을 기준의 유속(경압류: baroclinic current)으로 고려하였다. 力學計算에 의한 流速推定 結果는 Fig. 4와 같다. 鬱陵島 · 獨島 近海에서

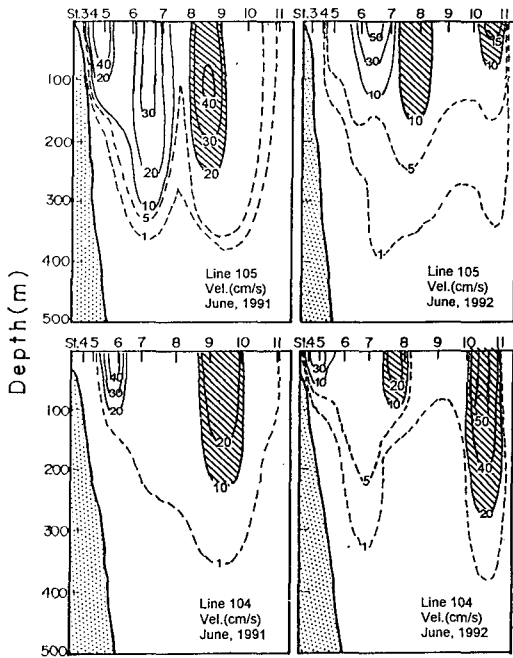


Fig. 4. Current velocity deduced by the dynamic calculation along the section of the Line 105 and 104. Hatched regions indicates southward flow.

10~50 cm/s의 南流의 큰 流軸이 水深 100 m層을 중심으로 形成되어 있고 東海沿岸에서 鬱陵島의 中間地點에서는 10~50 cm/s의 北流의 큰 流軸이 역시 水深 100 m층을 중심으로 形成되어 있으며, 東海沿岸 가까이에도 北流의 流軸이 나타났다. 또한, 鬱陵島·獨島 近海의 表層流速을 計算한 結果는 10~50 cm/s의 流速分布를 보였다. 이것은 測流板 漂流實驗에 의한 結果值 20~28 cm/s(1991년) 및 22~42 cm/s(1992년)와 유사한 경향을 보이고 있지만, 쓰시마暖流 輸送量의 季節變動 및 北韓寒流의 南下 등의 變動特性을 함께 考慮한 循環의 研究가 필요할 것이라 생각된다.

한편, Fig. 5는 獨島(St. 5)에서의 표층 및 25 m층의 25시간 連續測流資料의 流速에 관한 stick diagram이다. 북동방향의 유속은 30~90 cm/s 범위이고, 남동방향의 유속은 5~85 cm/s 범위였다. 순환의 변동양상은 力學計算 및 測流板 漂流實驗의 觀測과 類似한 경향을 보여줌을 알 수 있다.

### 3. 水溫 및 鹽分

#### 1) 水溫

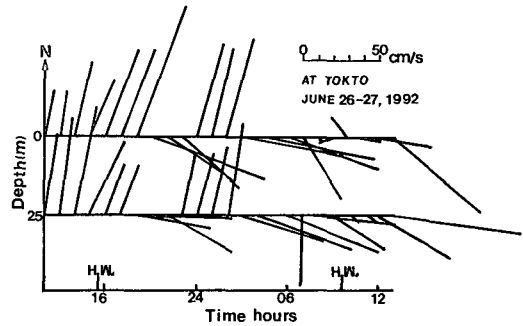


Fig. 5. Stick diagram of the observed current in Tokto (St. 5) of June 26~27, 1992.

韓國海洋資料센터의 水溫速報 資料에 의한 東海 沿近海海域 表面水溫分布 및 NOAA11의 東海南部 海域 衛星寫眞을 Fig. 6에 나타내었다. 鬱陵島 近海 域의 水溫은 17~18℃고 15℃ 이상의 暖水가 北緯 39°까지 北上함을 알 수 있다. 20℃ 이상의 東韓暖 流水가 東海沿岸을 따라 北上하고 있는 반면 16℃ 이하의 北韓寒流水가 원산 沿岸을 따라 南下하여 주문진 沿岸에 影響을 미치고 있음을 알 수 있다. 한편 人工衛星寫眞資料로부터 속초의해에서 時計 方向의 渦動流가 發生함을 알 수 있었는데, 1992년 5월 10일의 映像資料를 보면 直徑 200 km 정도 의 완성된 渦動流를 보였고, 북쪽에는 100 km의 小規模 渦動流가 形成되어 있음을 알 수 있다(Fig. 6). 6월 8일의 映像資料는 전반적으로 狀態가 良好하 지는 않으나 渦動流는 상당히 衰退한 段階에 접어 들고 있음을 보여주며, 그림으로는 나타나 있지 는 않으나 6월 말경에는 더이상 渦動流는 確認되지 않는다(Min, 1993). 한편, 太陽輻射에 의해 海水表面의 加熱이 增大되어 表層에서만 渦動流의 形態가 사라지고 中層에는 渦動流가 계속 存在할 可能性도 많다(Isoda et al., 1993). 그러나, 表層과 中層의 水溫樣相이 反對로 形成되기 때문에 表層의 熱 對比로 나타나는 人工衛星寫眞만으로는 韓國近海에서 發生하는 渦動流의 構造를 쉽게 把握하기는 어렵다(Min, 1993). 國立水產振興院 定線觀測資料에 의한 1991년 및 1992년 6월의 獨島近海의 水溫의 層別 水平分布圖를 Fig. 7(0, 50, 100 m) 및 Fig. 8(150, 200 m)에 나타내었다. 表層의 水平分布圖를 보면 17~19℃ 範圍로서 18℃의 等溫線은 平行한 分布를 보이고 있으며, 鬱陵島·獨島 近海의 水溫 分布는 18℃로서 分布範圍가 廣範圍하다. 表層은 18~19℃의 高溫水가 鬱陵島·獨島 南端에 分布하고 있는데, 이것은 東海 南部海域을 통해 北上하는

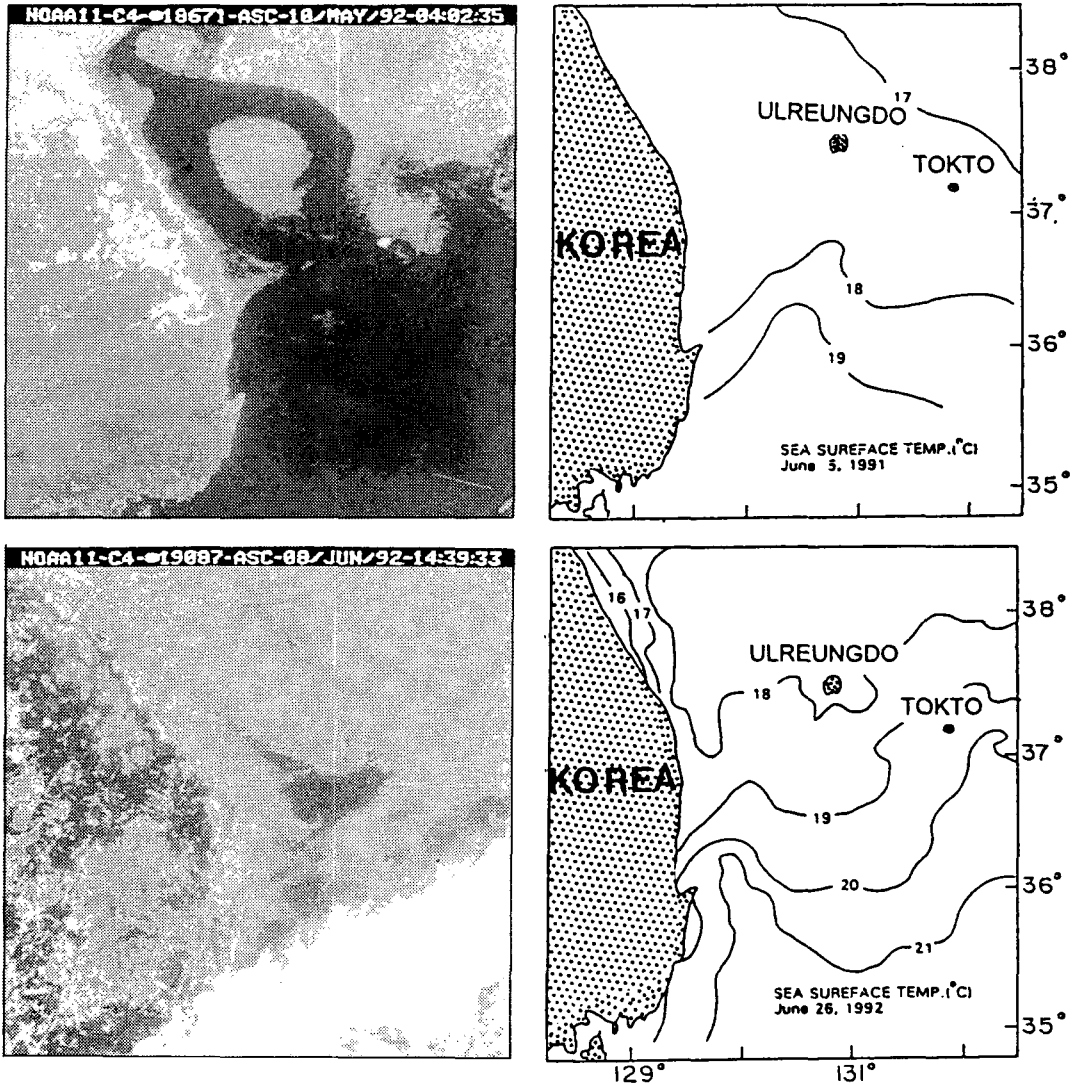


Fig. 6. The sea surface temperature( $^{\circ}\text{C}$ ) around Tokto. Reproduced from KODC(No. 69; No. 250) and Min (1993).

東韓暖流의 影響에 의한 것으로 생각된다. 50 m層의 水平分布圖를 보면 4~12 $^{\circ}\text{C}$  範圍로서 鬱陵島 南西岸쪽이 가장 높은 分布를 보이고 東海沿岸에 隣接할수록 낮은 分布를 보인다. 等溫線의 水平傾斜가 東海沿岸域에서 크게 나타남은 東韓暖流와 北韓寒流가 夏季에 강해짐을 보여준다. 100 m 층의 水溫分布는 4~12 $^{\circ}\text{C}$  範圍로서 그 傾向은 50 m 層과 類似하게 나타났으며, 特異한 것은 10 $^{\circ}\text{C}$ 의 等溫線

이 底層을 통해 깊숙히 東海 南部海域으로 侵入하고 있음을 알 수 있었는데, 이는 季節에 關係없이 鬱陵盆地域에 存在하는 暖水塊(Na, 1988; Chang and Kim, 1993)의 影響이라 생각된다. 150 m 층의 水溫分布는 獨島近海까지 水溫變化가 급하고 울릉분지 전반에 걸쳐 8 $^{\circ}\text{C}$  정도의 海수가 상당히 넓게 분포한다. 200 m 수심에서는 水溫이 渦動流의 내부로 갈수록 점진적으로 증가하여 울릉분지내에서

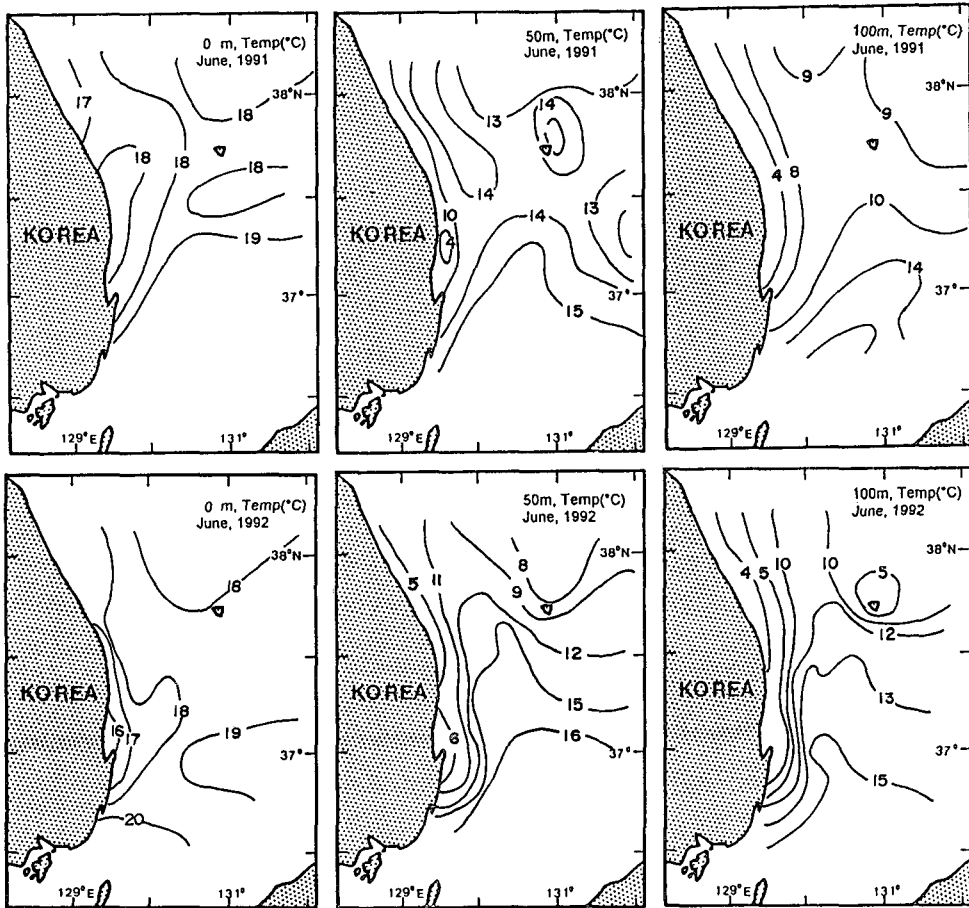


Fig. 7. The horizontal distribution of temperature(°C) at 0 m, 50 m and 100 m layer in June, by NFRDA(1991 and 1992).

warm eddy의 양상을 잘 보여준다.

한편, 國立水産振興院 定線觀測(Line 104 and 105)資料를 利用한 水溫의 縱斷面 分布를 보면 Fig. 9과 같다. 水溫은 0~19°C 範圍로서 底層에서 낮고 上層으로 갈수록 높게 나타났으며, 水溫躍層이 뚜렷하게 나타났는데, 1991년의 水溫分布가 1992년에 비해 높게 나타남은 쓰시마난류 輸送量의 季節的 變動에 따른 東韓暖流의 勢力 擴張이라 생각된다. Fig. 10은 獨島의 東島 및 西島 사이에서의 水溫의 鉛直 分布圖이다. 水溫의 分布는 表層의 19.5°C로부터 125 m의 3°C까지의 分布로서 東韓暖流의 勢力 擴張에 따라 表層에서 높은 分布를 보이고 있음을 알 수 있다. 한편, 鬱陵島 周邊 暖水塊의 特徵으로 言及된 中層에서 水溫均質層이 8~10°C 範圍에서 存在함을 알 수 있었다(Nishiyama et al.,

1990).

## 2) 鹽分

鹽分の 層別 水平分布圖는 Fig. 11(0, 50, 100 m) 및 Fig. 12(150, 200 m)과 같다. 表層의 鹽分은 34.0~34.4‰ 範圍로서 沿岸에서 外海로 갈수록 높으며, 水溫分布와 마찬가지로 34.0~34.2‰ 鹽分分布는 東海 海岸線과 平行한 分布를 보이고 있다. 그리고 東海 南部 海域에서는 34.4‰의 高鹽分水가 북쪽으로 移動함을 알 수 있다. 50 m層의 鹽分 水平分布圖는 低鹽의 北韓寒流水가 東海沿岸을 따라 南下하여 外해측으로 北上하는 高鹽의 東韓暖流水와 鹽分前線을 形成하여 表層의 分布와는 다른을 볼 수 있는데, 이는 夏季의 表層과 50 m층의 水溫分布와 잘 一致함을 알 수 있다. 等鹽分分布는 沿岸이 外해측보다 低鹽임을 볼 수 있다. 100 m層

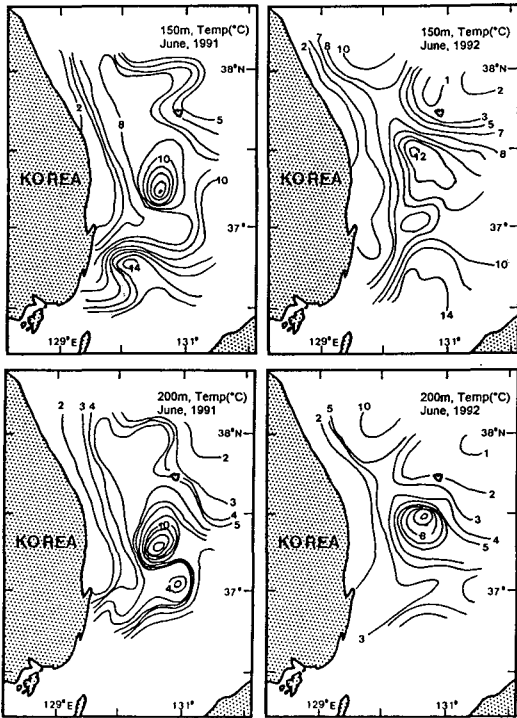


Fig. 8. The horizontal distribution of temperature( $^{\circ}\text{C}$ ) at 150 m, and 200 m layer in June, by NFRDA(1991 and 1992).

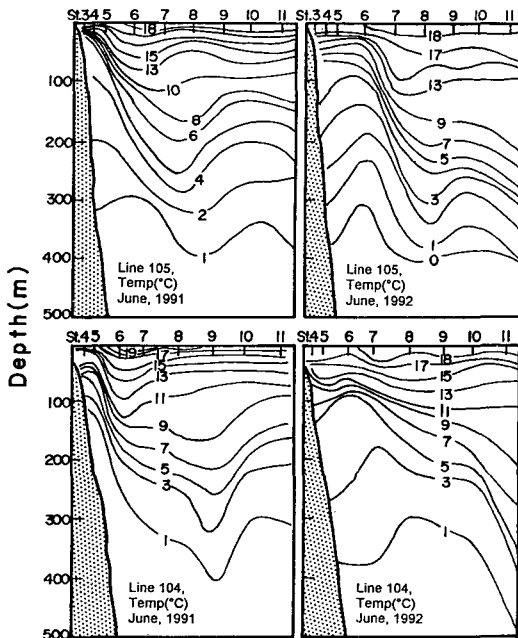


Fig. 9. The vertical distribution of temperature( $^{\circ}\text{C}$ ) at the section along the Line 105 and 104 in June by NFRDA(1991 and 1992).

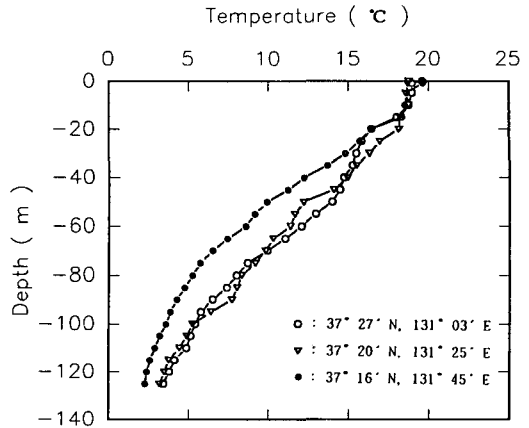


Fig. 10. The vertical distribution of temperature( $^{\circ}\text{C}$ ) between the Eastern and Western Tokto, at June 26~27, 1992.

의 분포는 高鹽分水가 南東쪽에서 東海 竹邊 沿岸 까지 侵入하고 있다. 이것은 水溫의 分布에서도 나타난 것과 같이 東韓暖流의 侵入에 의한 것으로 생각된다. 그리고 150 m 및 200 m 층의 水平鹽分 分布圖는 水溫分布와 잘 일치하며, 울릉분지내에서 warm eddy의 樣相을 잘 보여준다.

한편, 定線觀測資料(Line 104 and 105)에 의한 鹽分의 縱斷面 分布는 Fig. 13에 보였으며, 鹽分은 34.0~34.4‰ 範圍로서 沿岸에서 外海쪽으로 갈수록 높고 鬱陵島와 獨島 附近에서 높은 鹽分分布를 보이는 데, 이것은 高鹽分水의 東韓暖流에 의한 鬱陵島·獨島 近海의 渦流形成에 起因한 것으로 생각된다.

## 要約 및 結論

韓半島의 最東端에 位置한 獨島와 鬱陵島 周邊 海域에 관한 海水流動 調査를 實施하여 海洋資源 開發 및 環境保護 研究의 基礎 資料로서 提供하고자 한다. 測流板 漂流實驗과 觀測資料에 基礎한 海流力學 計算에 의하여 초여름 鬱陵島·獨島 近海의 海水流動을 밝혔다.

1) 測流板 漂流實驗에 의한 1991년 6월의 漂流 速度는 北流 20 cm/s(St. UO)이고, 南流 28.2 cm/s(St. DO)로 나타났다. 그리고 1992년 6월의 각 경점(St. 1, St. 2, St. 3 및 St. 4)에서의 測流板 漂流 實驗 結果로부터 時計方向의 渦流가 形成됨을 알 수 있다.



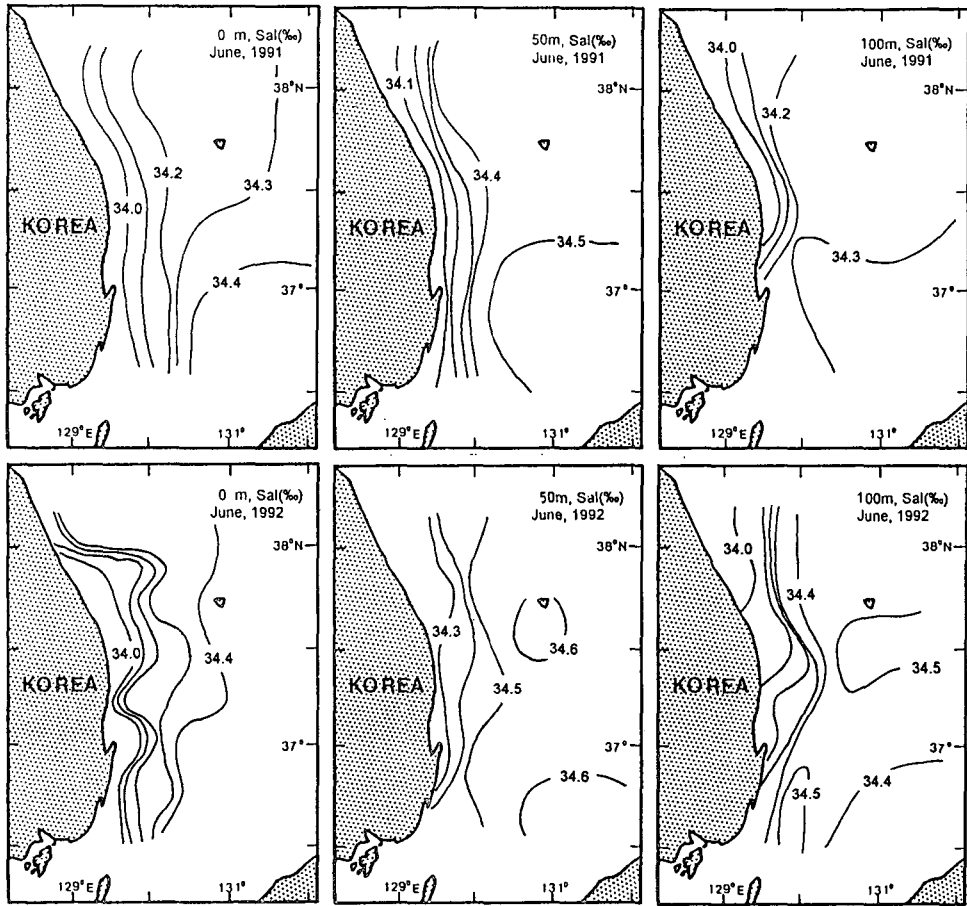


Fig. 11. The horizontal distribution of salinity(‰) at 0 m, 50 m, and 100 m layer in June, by NFRDA(1991).

2) 力學計算에 의한 鬱陵島·獨島 近海의 表層 流速은 10~50 cm/s로 나타났다. 이것은 測流板 漂流實驗에 의한 觀測值 10~28 cm/s(1991년), 22~42 cm/s(1992년)와 類似하게 나타났다.

3) 夏季 鬱陵島·獨島 近海에서의 水溫 및 鹽分의 水平分布圖와 鉛直分布圖로부터 東韓暖流水 및 北韓寒流水에 의해 渦流가 形成되어짐을 알 수 있었다.

4) 鬱陵島·獨島 近海의 海水流動 特性을 把握하기 위해서는 쓰시마난류, 北韓寒流 및 東海固有水 등을 考慮한 海水循環의 體系의인 研究가 지속적으로 必要할 것이라 생각된다.

본 논문은 섬연구회의 독도연구(1991~2년) 일환으로 수행되었으며, 이에 섬연구회 재위계 감사를 드리오고, 아울러 악조건하에서도 열심히 해양 관측을 도와주신 부산 403 실습선 직원들에게도 감사를 드립니다.

### 參 考 文 獻

Chang, S. D. and J. K. Kim. 1991. Effect of wind stress on the sea water circulation in the south-western Japan Sea. JECSS, 6th, 77.  
Chang, S. D. and J. K. Kim. 1993. The effect of wind stress in the southwestern coastal waters of the Japan Sea. Bull. Korean Fish. Soc., 26

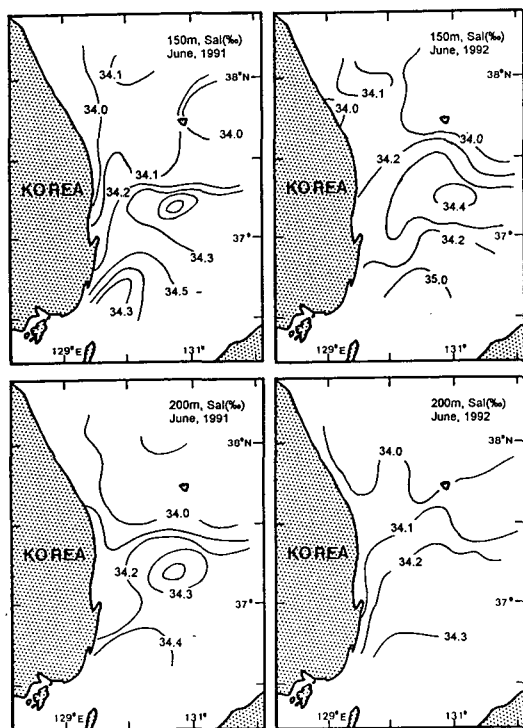


Fig. 12. The horizontal distribution of salinity(‰) at 150 m, and 200 m layer in June, by NFRDA (1992).

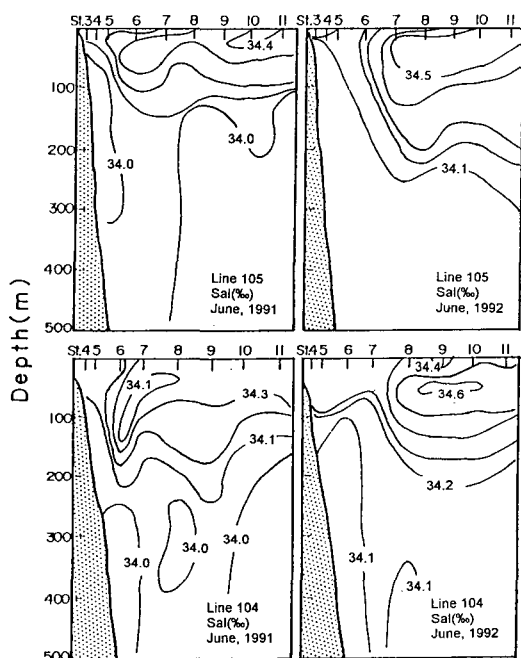


Fig. 13. The vertical distribution of salinity(‰) at the section along the Line 105 and 104 in June by NFRDA(1991 and 1992).

(6), 538~548.

- Huh, O. K. 1982. Spring season stagnation of the Tsushima Current and its separation from the Kuroshio: Satellite evidence. *J. Geophys. Res.*, 87, C12, 9687~9693.
- Isoda, Y., M. Naganobu, H. Watanabe, and K. Nukata. 1992. Horizontal and Vertical Structure of a warm eddy above the Yamato Rise. *Research of the Ocean*, 1, 141-151.
- Kawabe, M. 1982b. Branching of the Tsushima current in the Japan Sea, part II: Numerical analysis. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 38, 182~192.
- Kim, J. K. 1990. Effect of wind stress on the circulation in the East Sea of Korea. M.S. Thesis, National Fisheries Univ. of Pusan, 33pp.
- Kim, K. and J. Y. Chung. 1984. On the salinity-minimum and dissolved oxygen maximum layer in the East Sea(Sea of Japan). In: "Ocean Hydrodynamics of the East China Seas", T. Ichiye ed., Elsevier Sci. Pub., Amsterdam, 55~65.
- Kim, K. and R. Legecks. 1986. Branching of the Tsushima Current in 1981~83. *Progress in Oceanography*, 17, 265~276.
- Min, D. H. 1993. Distribution and structure of Eddies off the East Coast of Korea. M.S. Thesis, National Fisheries Univ. of Pusan, 55pp.
- Moriyasu, S. 1972. The Tsushima Current. In: "Kuroshio", H. Stommel and K. Yoshida ed., Univ. of Tokyo Press, Tokyo, 353~369.
- Na, J. Y. 1988. Wind stress distribution and its application to the upper layer structure in the east sea of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 23, 97~109.
- Naganuma, K. 1972. The Oceanographical conditions in the Japan Sea(in Japanese). *Gyokai-kyo Handobukku*, Zengyoren Gyokai-kyo Center, 32~38.
- Nishiyama, K., S. Kawae and H. Sasaki. 1990. The Japan Sea proper water and the Japan Sea Warm Eddy. *Bull. Kobe Mar. Observatory*, 209, 1~10.
- Sekine, Y. 1986. Wind driven circulation in the Japan Sea and its influence on the branching of the Tsushima Current. *Prog. Oceanogr.*, 17, 297~312.

- Yoon, J. H. 1981a, b, c. Numerical experiment on the circulation in the Japan Sea, Part I, II, III. J. Oceano. Soc. Japan, 38, 43~51, 81~94, 125~130.
- Uda, M. 1934. The results of simultaneous oceanographical investigation in the Japan Sea and its adjacent waters in May and June. J. Imp. Fish. Exp. Sta., 5, 57~190.
- 孔泳·李興宰. 1984. 東海 南部海域의 熱前線分布. 國立水產振興院·海洋研究所報告書 BSPE000 55-86-7B, 215pp.
- 金喆浩·金邱. 1983. 韓國 東海岸에 出現하는 冷水塊의 特性과 起源. 韓海誌, 18(1), 73~83.
- 安希洙. 1974. 韓國 南東岸의 冷水塊에 對하여. 韓海誌, 9(1, 2), 10~18.
- 
- 1994년 6월 18일 접수  
1994년 9월 10일 수리