

冬季 西歸浦 沿岸의 海洋環境과 海水流動의 特性

楊 城 基
(海洋科學大學 海洋學科)

The Characteristics of Oceanic Environment and the Flow on the Coastal Waters of Seogwipo in Winter

Sung-kee YANG

(Dept. Oceanography, College of Ocean Sciences)

Characteristics of oceanic environment and the flow on the coastal waters of seogwipo in winter are studied by means of oceanographic observations, current measurements and drogue tracking.

The oceanic front is mainly formed at the coastal boundary area between Mundo and Samdo. The seawater of this area is mixed horizontal, vertical ways and it's almost homogeneous in physical and chemical characteristics, but the surface mixed layer is strongly formed from the surface to 10m depth.

Off sea water is flowed into the coastal area, forming the axis of flow from the southeast area which has about 19°C, 34.2‰ and 14m depth of transparency.

Tidal currents flow NNW-NW with 68.4cm/sec at spring tide and SSE-SE with 62.8cm/sec (1.2k't) at ebb tide. In front of Sammaebong, Hodo and Chungbang waterfall there is existed the topographical eddy current, and in particular near the Samdo coastal area there is a counter-clockwise.

To summarize, the exchange between coastal waters and off sea waters is largely made through Mundo and Jodo. The oceanic environment on the coastal area of Seogwipo change much according to the flow of coastal waters and it's seasonal variation. Especially, the effect of the tidal current is serious.

序 論

濟州島 周邊海域은 水深 100 m 內外의 얇은 바다로 海況의 季節的 變化가 심한것이 특징이며(Koizumi, 1957), 黃海와 東支那海 및 濟州海峽이 서로 접하므로 水溫, 鹽分 等의 성질이 水平的으로 급격히 變하는 海域이기도

하다. 또한, 이 海域에는 南方의 黑潮系水와 北西方의 黃海冷水 및 楊子江 等의 中國沿岸水가 分布하고 있다 (井上, 1975). 이들 外海水는 濟州島 沿岸까지 접근하여 沿岸海洋環境을 時空間的으로 매우 복잡하게 變化시킬 것으로 예상되며, 이들 이질 水塊들의 消長에 따라 海洋生物들의 分布域이 크게 달라질 수 있다.

濟州島 南方의 中央部에 위치한 西歸浦 沿岸海城은 地形的으로 虎島, 蚊島, 森島 및 地歸島등이 海岸과 平行하게 近접 위치하여 灣과 유사한 形상을 이루며, 水深은 外海로 向할수록 海岸線에 거의 平行하게 깊어지고 있으나 鳥島 남방해역의 等深線은 마치 岬(Cape)과 같은 형태로 分布하고 있다.

이 海城에서 盧·鄭(1980)은 沿岸水가 鳥島와 蚊島 지점에서 森島를 연결하는 線까지 확장한다고 하였고, 鄭등(1983)은 하계에 가장 발달하였던 沿岸水의 세력이 秋季에 들면서 거의 소멸하거나 약화된다고 하였으며, 海水의 化學的인 특성에 關하여 朴·盧(1980)와 朴(1982) 등이 調査한 바 있다.

한편, 最近 沿岸海城의 海水流動과 그 混合에 關한 문제는 埋海公업단지의 조성 및 공장폐수의 방출과 關連하여 重要한 과제로 등장하게 되었다. 濟州島 沿岸의 潮汐特性에 대하여 金(1965)과 金(1975)은 제주항과 세화항의 短期潮汐資料를 利用하여 潮汐改定數 및 潮型등을 조사하였고, 수로국(1964)은 濟州島 沿岸의 4개 地域에서 潮汐의 潮和常數를 산출한 바 있다. 또 金(1979)과 金(1982) 및 高等(1984)은 濟州港 부근의 해조류 개황을 관측한 바 있으나 西歸浦 沿岸의 海水流動과 關連된 冬季 海洋環境에 關한 연구는 거의 없는 실정이다.

이 研究는 西歸浦 沿岸海城에서 1983년 12월 부터 1984년 1월까지 실시한 海洋觀測資料를 使用하여 海底地形의 形상과 冬季 서귀포 沿岸水와 外洋水의 理化學的 特性 및 그 分布 양상을 조사하고 測流 및 海流板

追跡을 통하여 海水의 時空間的인 流動特性을 규명코 져 하였다.

資料 및 方法

이 研究의 資料는 1983년 12월 9일부터 1984년 1월 23일까지 5회에 걸쳐 부산수산대학 실습선 부산 403호(289 屯)와 돌핀호(24.9 屯) 등의 小型船을 利用하여 Fig.1의 各 定點에서 調査한 海洋觀測 結果를 使用하였으며, 그 項目은 다음과 같다(Table 1).

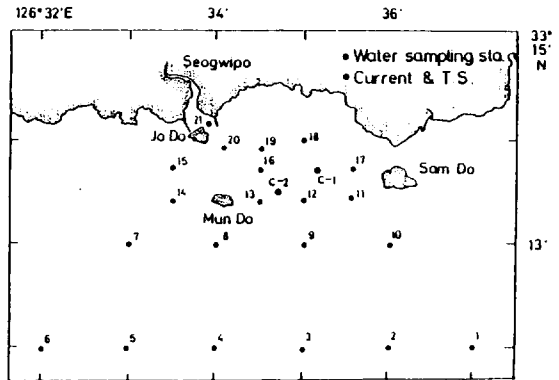


Fig. 1. Stations of current measurement and oceanographic observation on the coast of Seogwipo.

Table 1. Itinerary of oceanographic observation and Current measurement at the coast of Seogwipo in the winter, 1983 ~ 1984

Year	Date	Item of observations and experiments	Moon's age	High water		Low water		Tidal range	Air Temperature	Wind	
				Time	Height	Time	Height			Direction	Speed
1983	Dec. 9	Oceanographic observation	4.6 d	12:38	240 cm	06:00	40 cm	200cm	10.1 (°C)	SW	3-7m/sec
						19:11	110				
1984	Jan. 17	Oceanographic observation	13.9	08:59	270	02:21	10	260	2.6	SSW	2-5
				20:31	210	15:23	80				
	18	Oceanographic observation, Current measurement and drogue experiment	14.9	09:40	290	03:08	-10	300	1.5	NNE-NW	2.59-12
				21:15	230	16:06	60				
	22	Current measurement and drogue experiment	18.9	12:26	280	06:10	-10	290	2.1	NW-N	4-10
				18:55	50						
	23	Current measurement and drogue experiment	19.9	00:25	230	06:59	10	240	2.1	N	0.5-1.5
				13:10	250	19:42	50				

海底地形은 Fig. 1의 海域에서 부산 403호의 fishing finder와 돌핀호의 SR-658MK₂ (KODEN)의 Echo Sounder를 사용하여 調査하고, 海底地形圖 작성시 Na 244 및 F-No 235 海圖를 참고로 하였다.

각 觀測點의 正점에서 Kitahara式 採水器 및 Nansen cast와 SD-2F 電子式 流向·流速計를 사용하여 標準 觀測層에 대한 水溫을 측정하고, 水深이 낮은 沿岸域에서는 5m 간격으로 관측하였다. 鹽分은 試水를 실험실로 옮겨 E-202(T.S.)의 Salinometer를 사용하여 측정하였고, 현장에서 동결시켜 실험실로 운반된 試水の 珪酸鹽과 窒酸鹽의 分析은 각각 몰리브덴 錯體形成을 이용하는 發色法과 亞鉛분말로 환원하여 GR試藥에 의한 發色法으로 측정하였다. 海水의 透明度는 白色 Secchi disc(直徑; 30cm)를 사용하여 조사하고, 각 水層에 대한 溶存酸素量은 현장에서 TOA D.O-B로 측정하였다.

한편, 海水의 流動을 조사하기 위하여 SD-2F 電子式 流向·流速計를 사용하여 Fig. 1의 각 觀測點에서 5m와 10m層에 대한 測流를 실시하고, 1984년 1월 17~18일과 1월 22~23일에 각각 St. C-1과 St. C-2에서 25시간동안 30分 간격으로 5m層에서 연속관측을 하였다. 또 海流板 追跡은 漲潮時와 落潮時로 부터 轉流後 2~3時間동안 실시하고, 海流板의 위치는 매 15分 간격으로 Sextant에 의한 三物標 峽角法으로 구하였다. 海流板은 水面下 3m層에서 漂流되도록 調整하였으며, 海流板의 規格은 Table 2와 같다. 이러한 觀測資料는 MICOM에 의한 Fourier transform의 方法으로 調和分解하였다.

Table 2. Specifications of the current drogue

Item	Specifications
Resistance board	Two rectangular Veneer, 45cm × 40cm perpendicularly fixed
Buoy	A styroform buoy, 30cm in diameter
Main pole	Bamboo 3m
Pole	A 1.2m bamboo pole with a yellow flag.
Sinker	A steel 1.5 kg

結果 및 考察

1. 海底地形과 氣象學의 特性

濟州島 沿岸에서는 50m의 等深線이 海岸線으로 부터 3km 내외의 海域에 帶狀으로 濟州島 周邊을 둘러싸며 分布하고, 濟州島와 日本列島 사이는 대체로 100~150m의 水深이 전개되고 있으나 일본 五島列島 부근에서는 급격히 깊어져 200~400m의 水深을 이루고 있다.

연구대상 海역인 西歸浦 沿岸은 濟州島 南岸의 거의 중앙부에 위치한 北韓 33°12'~33°15'과 東經 126°31'~126°38' 사이의 海域이다. 이 海域은 蚊島, 森島 및 虎島 등을 비롯한 작은 섬들이 海岸線과 近接位置하여 형상이 灣과 유사한 地形의 特性을 가지고 있으며, 海岸線 부근에는 많은 干出濱(岩)이 발달하여 있다.

Fig. 2는 서귀포 沿岸域의 海底地形圖이다. 이것에서 등심선의 대부분이 東西方向으로 향하고 있으며, 海底

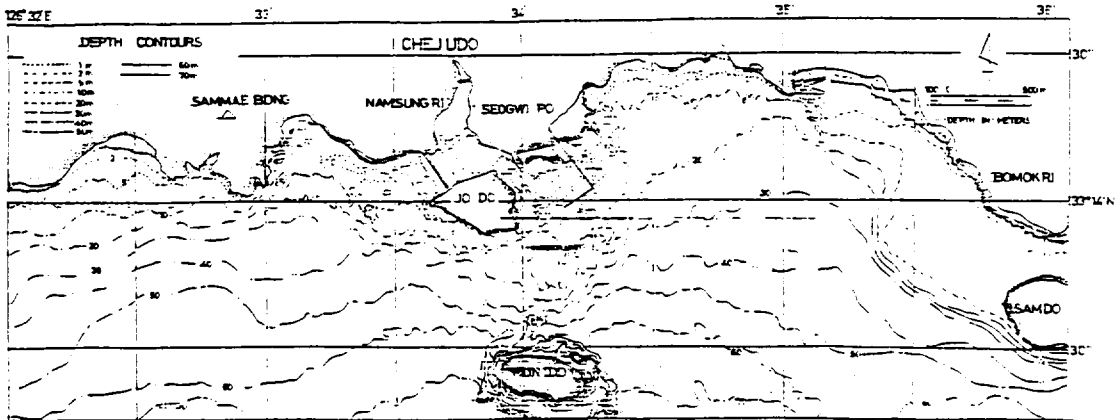


Fig. 2. Bottom topography in Seogwipo area.

地形은 蚊島와 森島 부근을 연결하는 50 m 등심선을 경계로 하여 두 부분으로 나눌 수 있다. 그 外海域인 南쪽의 해저면경사는 해안선으로 부터 멀어짐에 따라 급격히 증가되고, 沿岸域인 北쪽은 보다 복잡하여 해저기복이 매우 불규칙하고 水深의 變化가 심한 海底地形이 海底線에 거의 平行하게 分布하고 있다. 특히 森島와 보목리 사이의 거리는 약 370 m이고 수심이 매우 낮은 海域(약 3m 以淺)이다. 森島의 北側附近에는 多數의 露出岩과 干出岩이 散在해 있고 그 南側附近은 船舶의 航行路로 이용되고 있다.

蚊島로 부터 100m 이내 海域의 주변에는 이 섬을 중심으로 50 m 내외의 등심선이 급격한 경사로 이루어서 帶狀으로 分布하고 있다. 또한 蚊島와 鳥島사이의 海域은 같은 위도의 海域에 비해 水深이 얕고 경사도 급하며, 특히 蚊島 北方앞 해상 200 m 부근에서는 30 m 내외의 돌출된 곳이 있다.

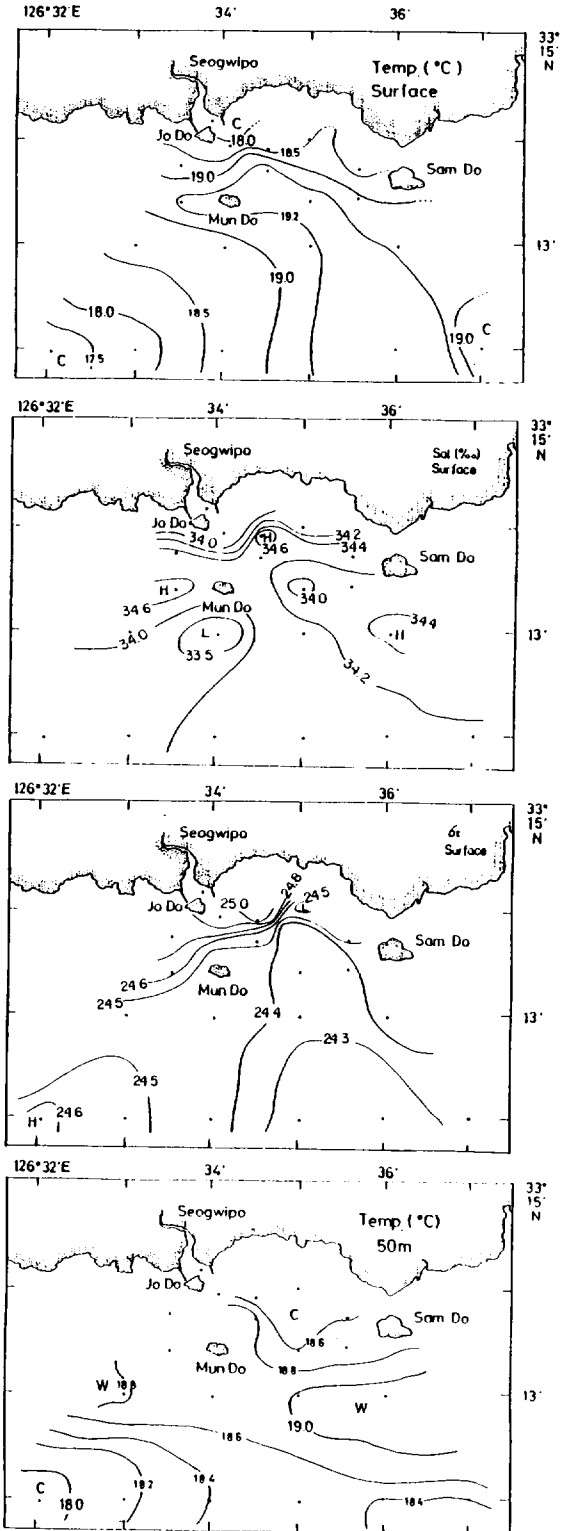
한편 濟州島 周邊의 氣象要素들은 季節에 따라 매우 다른 양상을 보인다. 겨울에는 시베리아에서 발달하는 한랭건조한 대륙성 고기압의 영향하에 놓이게 되어 강한 北西風이 우세하게 나타나며, 돌풍이 자주 일어난다. 봄이면 北西風은 점차 쇠퇴하고 때때로 南東風이 불어 濕潤해지며, 4월 하순부터 5월 하순까지의 사이는 煙霧가 발생하여 視程이 나빠지기도 한다. 7월은 장마기에 속하며 南東風이 불고 雲霧가 낮아지며 降雨量이 많다. 9월과 10월은 北西 季節風系에 속하며 雲霧가 없어져서 맑아지나 海上은 거칠어지고 11월 하순부터는 다시 겨울철의 상태로 된다. 일반적으로 年中 바람이 강하며, 기후가 좋지 못한 편이고, 겨울철에는 北쪽, 여름철에는 南쪽의 海岸이 險惡하다(수로국, 1981).

濟州島의 年平均 降雨量은 1200 ~ 1500 mm 정도로서 우리나라 東·西海에 비하여 많은 편이고 氣溫은 1월에 4.8℃로서 최저기온이 되며, 여름에는 25.8℃(8월)이고 연교차는 21℃이다. 안개는 5~6월에 가장 많고 지속시간이 10~11 시간이내이다.

2. 海水의 理化學的 特性

1) 水温, 鹽分 및 透明度의 分布

Fig. 3은 西歸浦 沿岸域의 冬季 水温, 鹽分 및 密度의 水平分布를 나타낸 것이다. 여기서 表面水温의 分布는 일반적으로 西歸港 부근의 沿岸域에서는 18.5℃ 내외의 海水가 Fig. 2의 20m 등深線과 거의 유사한 형태로 분포하고 있으나, 南西方의 外海水는 이보다 약



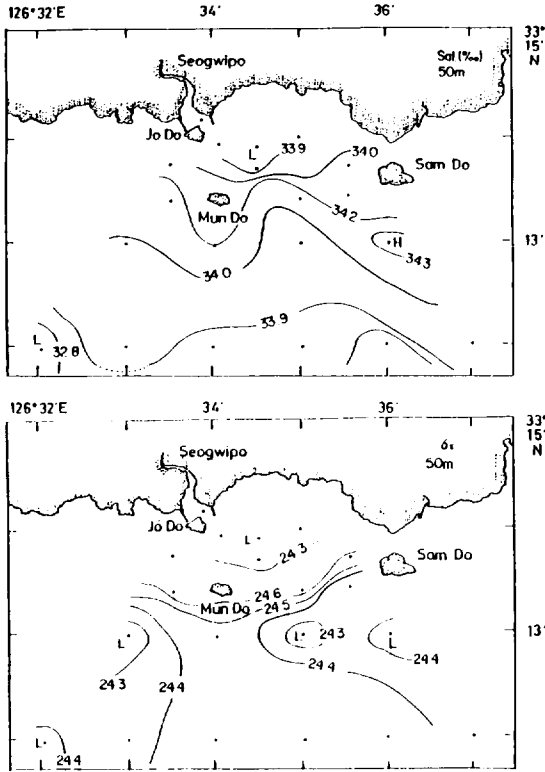


Fig. 3. Horizontal distributions of temperature(°C), salinity(‰) and density on the coast of Seogwipo in Dec. 1983.

1°C 정도 낮게 나타나고 있다. 특히 沿岸域으로 高溫을 나타내는 19°C 이상의 外洋水가 南東海域으로 부터 流軸을 형성하면서 蚊島를 流過하여 西쪽 沿岸域으로 流入되고 있다. 이같은 현상은 表層의 鹽分과 密度 分布圖에서도 거의 같은 형상을 보이고 있다(33.5‰, 24.4). 여기서 南西方의 外海에 있어서 低溫·低鹽水의 출현은 이 海域에서의 海水流動과 密接한 관계가 있을것으로 판단된다. 즉, 觀測期間 동안에는 漲潮流(西流)가 흐르고 있었던 점을 고려할 때 이 海域에는 큰 環流가 형성되며, 이로인하여 內·外海水가 서로 交換되는 일종의 補流的인 特性을 가지는 것으로 생각 된다.

底層(50m)에서는 19°C 및 34.3‰ 이상의 高溫·高鹽水가 南東方의 外海域에서 沿岸을 向해 流入하고 있으나 그 세력은 表層보다 미약하게 나타나며, 南西方의 低溫·低鹽(18°C, 33.8‰ 이하)인 外洋水는 東쪽으로 비교적 강하게 流入되고 있다. 또한 海洋前線域이 表層에서는 蚊島와 鳥島사이의 內海에서 形成되고 있으나, 底層에서는 이보다 外洋域인 蚊島와 森島부근의 海域에서 形成되며, 그 樣狀이 Fig. 2의 等深線分布와 거의 같은 형태를 보이고 있다. 이와같은 현상은 盧·鄭(1980)이 조사한 1979년도 夏季(8月)의 경우와 거의 유사하나 이보다 다소 外洋域에 편중되고 있다.

Fig. 4는 水溫, 鹽分 및 密度의 鉛直分布를 나타낸 것

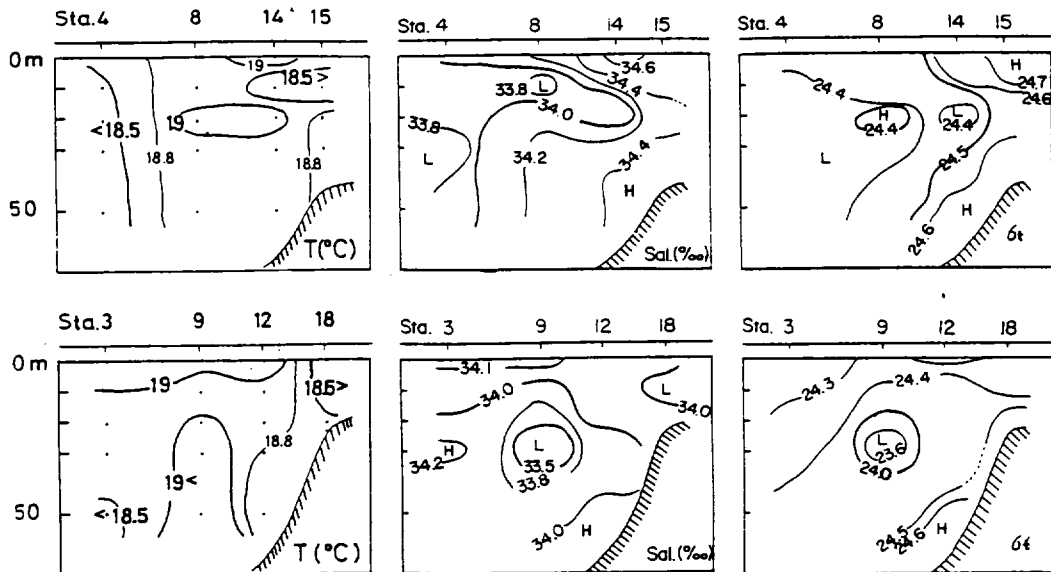


Fig. 4. Vertical sections of temperature(°C), salinity(‰) and density on the coast of Seogwipo in Dec. 1983.

이다. 대체로 수온은 18.1~19.2℃, 염분이 33.1~34.3‰이며 해수의 밀도는 23.5~24.6의 분포를 보이고 있다. 蚊島와 森島의 中央部에 위치한 St. 3, 9, 12, 18을 연결하는 定點의 10m以淺에서는 19℃이상의 高溫水가 東쪽의 外海로 부터 沿岸域으로 接近하고 있으며, 沿岸域의 St.18에서는 18.4℃ 이하의 低溫水가 鉛直의 으로 均질하게 分布하고 있다.

St. 9의 20m以深에서는 19.2℃의 高溫水가 分布하는데, 이것은 Fig. 3에서와 같이 南東海域의 外洋水가 海岸을 向해 流入하고 있기 때문이다. 따라서 潮流에 의한 外洋水의 강제 流入 및 강한 南西 季節風(Table 1)의 영향으로 상·하층수가 서로 혼합되고 있으며, 특히 St. 9의 20~40m層에서는 심한 密度逆轉現象이 일어나고 있음을 알 수 있다.

한편, St. 4, 8, 14, 15를 연결하는 斷面圖에서 表·底層間의 溫度差는 약 0.5℃로서 鉛直의 으로 거의 均質한 分布를 보이고 있으나, St. 8과 St. 14의 20m에서 19℃의 core가 나타나고 있다. 沿岸域인 St.15에서는 18.5℃以下 및 33.0‰以下의 低溫·低鹽水가 分布하나, 대체로 24.4 이하의 低溫度水가 St. 14와 St. 15 사이의 20m層으로 流入되고 있음을 알 수 있다.

이상에서 西歸浦 沿岸域의 表層水가 外洋水 보다 低溫으로 나타나는 것은 冬季 大氣와 地表面의 강한 冷却效果와 季節風에 의한 連吹效果 때문인 것으로 생각되며, 外海水는 同月の 平均水溫(水路局, 1982)과 鄭 등(1983)의 결과보다 약 2℃ 이상 높은 약 19℃를 나타내고 있다(Fig. 3). 또한, 이 海域에서의 熱損失은 表層으로 부터 약 10m 사이에서 주로 일어나 水溫 및 密度逆轉層이 형성됨을 알 수 있다. 따라서 이와같은 現象은 金·陸(1983)이 濟州島 부근의 海域에서 水溫逆轉現象을 調査한 바와 같이 冬季 大氣와 海洋表面間의 熱交換 즉 顯熱損失이나 輻熱損失 등에 의해서 水溫이 낮아진 表層水가 강한 北西季節風에 의한 Ekman 輸送이나 潮流 등에 의해 鉛直混合이 일어난 것으로 사료된다.

沿岸에 接近하는 外洋水와 沿岸水의 前線域은 Fig. 3과 Fig. 4에서 주로 鳥島와 蚊島사이의 海域과 森島 앞 海域에서 沿岸에 평형하게 형성되는 데, 이 現象은 Fig. 5의 透明度와 水溫 및 密度의 分布와 거의 일치하고 있다. 즉 14m 以上の 透明度를 가진 外洋水는 西歸港을 向해 蚊島부근까지 接近하고 있는 반면, 南西方 外海域에는 沿岸域과 거의 같은 海水가 分布하며, 또 水溫 및 密度의 水平分布와도 거의 같은 形狀을 보이고 있다.

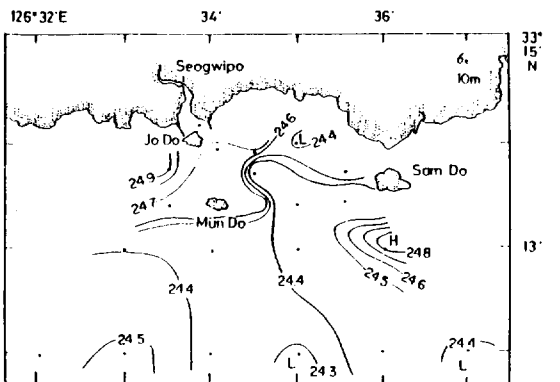
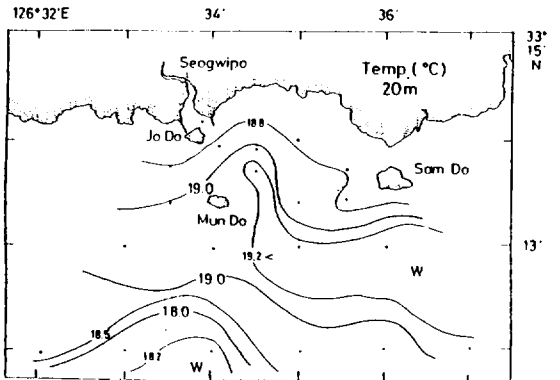
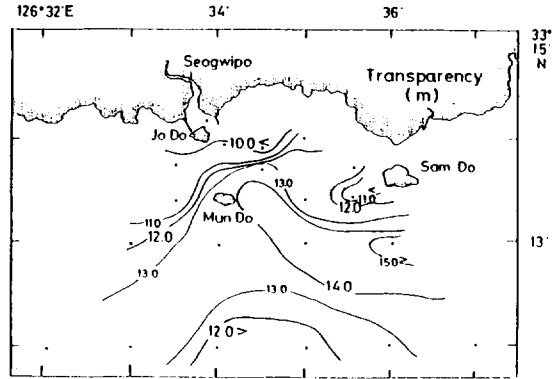


Fig. 5. Horizontal distributions of transparency (upper), temperature (medium) and density (lower) on the coast of Seogwipo in Dec. 1983.

2) 溶存酸素 및 榮養鹽의 分布

Fig. 6은 溶存酸素와 榮養鹽의 水平分布를 나타낸 것이다. 溶存酸素는 대체로 表層이 4.4~6.19ml/l, 底層(50m)에서는 4.34~5.92ml/l의 分布를 보였다. 外洋域은 沿岸域에 비해 4.6ml/l로서 비교적 높은 분포를 나타냈다. 특히 蚊島와 森島사이의 海域은 4.71ml/l 이상으로 溶存酸素量이 주위의 海역보다 많았다.

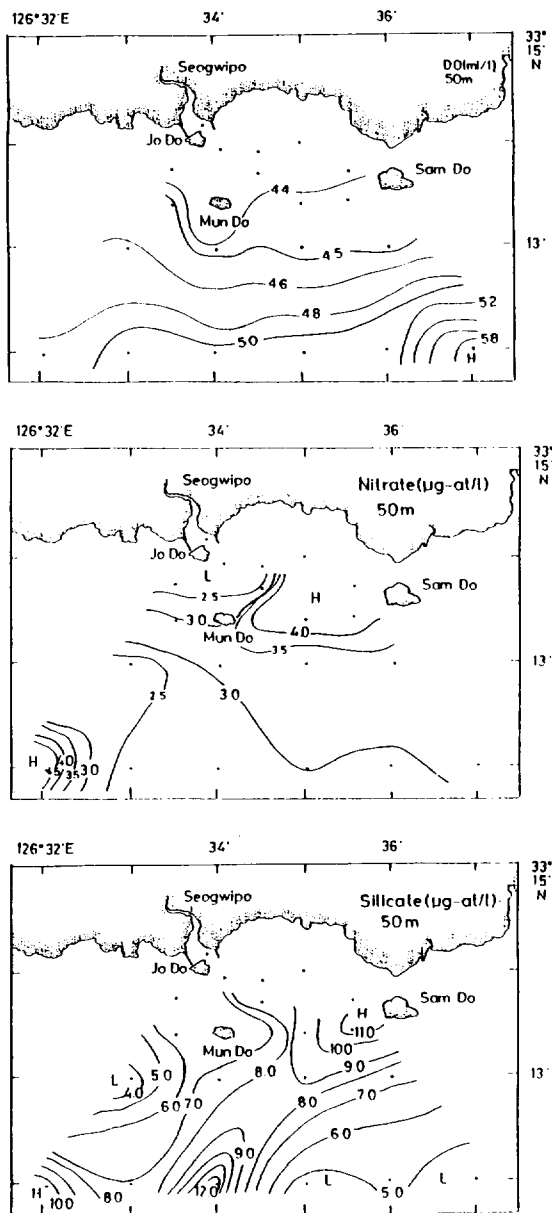
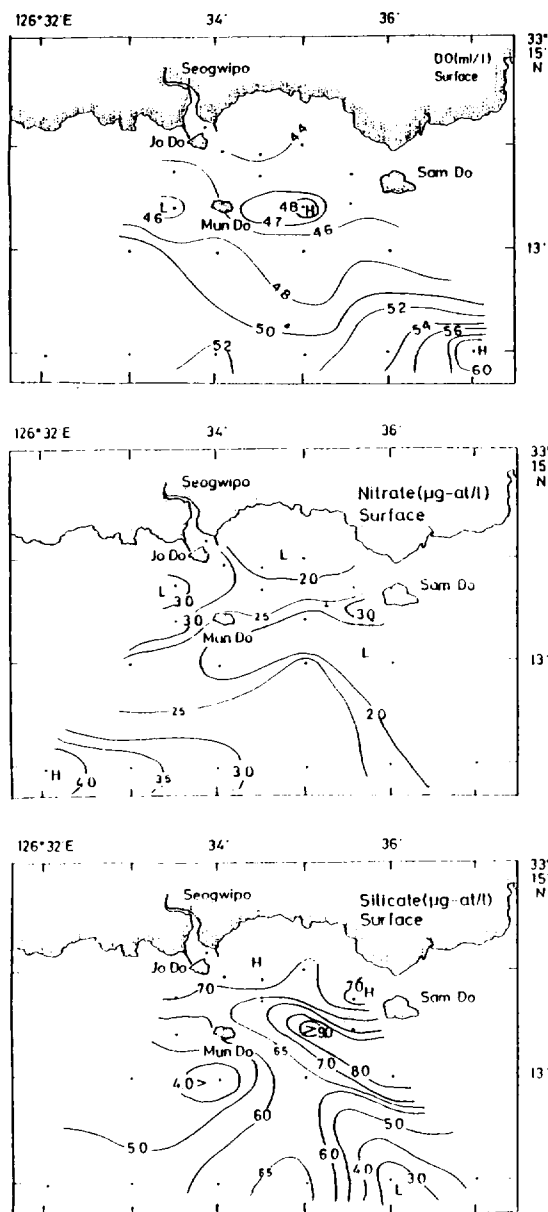


Fig. 6. Horizontal distributions of dissolved oxygen (ml/l), nitrate and silicate contents (µg-at/l) on the coast of Seogwipo in Dec. 1983.

이것은 Fig. 3과 Fig. 4의 결과와 마찬가지로 蚊島부근의 海역에서 형성되는 海洋前線域이나 水溫 및 密度 逆轉層의 현상을 잘 뒷받침하는 있는 것이다. 窒酸鹽은 南東海域으로 부터 2µg-at/l 이하의 低

濃度水가 舌狀으로 西向하면서 沿岸域에 接近하며, 南西의 外海域에는 $4\mu\text{g-at}/\ell$ 이상의 高濃度水가 東쪽으로 向하고 있는데, 이러한 分포는 鄭等(1983)이 조사한 結果보다 $3\mu\text{g-at}/\ell$ 낮게 나타나고 있다. 그러나 珪酸鹽은 沿岸域에서 $7\mu\text{g-at}/\ell$ 이며, 外海域에서는 이보다 대체로 낮으나 南東海域의 外洋水는 $8\mu\text{g-at}/\ell$ 이상으로 높게 나타나고 있다. 이들 榮養鹽類의 分布狀態는 Fig. 3과 거의 같은 樣狀을 보이고 있다. 底層에서는 表層보다 窒酸鹽이 $1\sim 2\mu\text{g-at}/\ell$ 높은 $3\sim 4\mu\text{g-at}/\ell$ 와 $4\sim 12\mu\text{g-at}/\ell$ 를 각각 나타내는데, 이것은 朴(1982)이 1981년 6월에 조사한 結果보다 약 $2\sim 4\mu\text{g-at}/\ell$ 정도 높은 것이다.

Fig. 7은 溶存酸素와 榮養鹽의 鉛直分布圖이다. 溶存酸素가 St. 3, St. 4에서는 表層과 底層에서 거의 동일한 $5.0\text{ml}/\ell$ 전후이고, St. 15, St. 18에서 $4.6\text{ml}/\ell$ 이나 蚊島부근인 St. 9, St. 12에서는 水深 약 10m까지 $4.8\text{ml}/\ell$ 로서 主위보다 약간 높게 分포하고 있다. 窒酸鹽은 沿岸域이 外海域에 비해 그 값이 크며, 全水深에서 대략 $1.7\sim 4.1\mu\text{g-at}/\ell$ 이상의 分포를 보이나, 일반적으로 底層의 값이 크다. 珪酸鹽은 $3.6\sim 12.5\mu\text{g-at}/\ell$ 의 分布를 보이나 St. 4의 底層을 제외하고는 沿岸域이 外海域에 비해 그 값이 아주 크며, 外海쪽으로 갈수록 급격하게 줄어들고 있다. 또한, 沿岸域의 高濃度水는 舌狀으로 外海를 向하고, 그 깊이는 30m 内外이다.

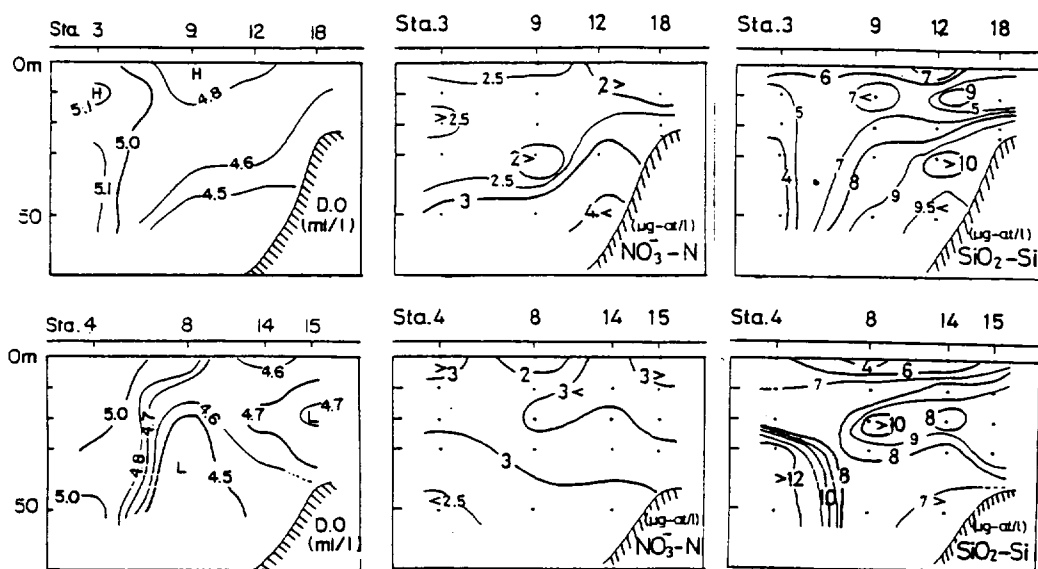


Fig. 7. Vertical sections of dissolved oxygen (ml/ℓ), nitrate and silicate contents ($\mu\text{g-at}/\ell$) on the coast of Seogwipo in Dec. 1983.

3. 海水流動

沿岸海域에서 개략적인 海水流動의 特性을 조사하기 위해서는 최소한 大·小潮期에 2潮汐周期이상 水層別로 觀측을 실시하여야만 하나 본 조사는 大·小潮期보다 약 1~2일 전에 실시하여 약간의 차이는 있을 것으로 생각되며, 또 冬季의 특수한 氣象要件에 따라 流動이 특이하게 나타날 수 있다. 조사기간중 St. c-1, c-2에서 실시한 測流, 西歸港의 潮汐(月令, 潮時, 潮差)과 現場의 氣象條件(氣溫, 風向, 風速)은 Table 1과 같다.

1) 潮汐의 特性

西歸港의 潮汐觀測資料를 사용하여 短期潮汐分解한 結果 10개 分潮의 調和常數를 濟州港과 比較하면 Table. 3과 같다. 西歸港의 潮汐型態數($\frac{K_1+O_1}{M_2+S_2}$)는 0.28로서 半日週潮가 매우 우세한 混合潮의 性質을 가지는데, 이것은 수로국(1964)의 0.38과 김(1975)이 세화항에서 조사한 結果보다 훨씬 작으며, 1日 2回潮를 나타낸다. 또한 年平均水面(M. S. L.)은 152cm이고 平均海面이 2월에 최저, 8월에 최대를 보이는데 그 차는 약 30cm이다.

Table 3. Harmonic constants of tides of Cheju and Seogwipo in Mar. 1982

Partial tide	Cheju		Seogwipo	
	Semi-range(H)	Lag(K)	Semi-range(H)	Lag(K)
M ₂	72.4 cm	313.6°	79.8 cm	280.5°
S ₂	37.6	354.1	42.9	325.0
K ₁	15.8	228.6	17.8	216.4
O ₁	15.9	192.1	16.7	177.8
J ₁	1.4	267.8	1.6	269.7
Q ₁	2.0	183.4	1.9	170.5
N ₂	13.9	292.7	14.6	260.8
M ₄	2.6	151.6	1.6	187.8
S ₄	0.7	331.9	0.5	264.9
MS ₄	2.3	221.8	1.4	218.1

한국 남해안에서의 潮時不等は 低潮時에 크고 高潮時에는 거의 "0" 이되며, 두 高潮間의 높이에는 약간의 불등이 있으나 高·低潮 모두 거의 같은 潮時와 潮高의 불등이 있다. 약 최고고조위는 304cm이며, 평균 고조조간격은 濟州市의 10시 31분 보다 약 1시간이 빠른 9시 27분이고 大潮升과 小潮升은 각각 261cm와 194cm이다.

2) 測 流

測流點 St. c-2의 5m 층에 대한 시간별 수평방향의 유속분포를 도시하면 Fig. 8 과 같다. 大潮期 2일전 (1월 17~18일) 漲潮流의 最高유속은 高潮前 1.5~2 시에 46.3cm/sec (0.9 kt)로 북서방향인 연안역으로 유입되며, 挾灣유향은 북서서~북서이다. 落潮流의 最高유속은 低潮前 1.5 시에 44.24cm/sec (0.86 kt)로 남동진하고 있으며, 挾灣유향은 남동동~남동이다.

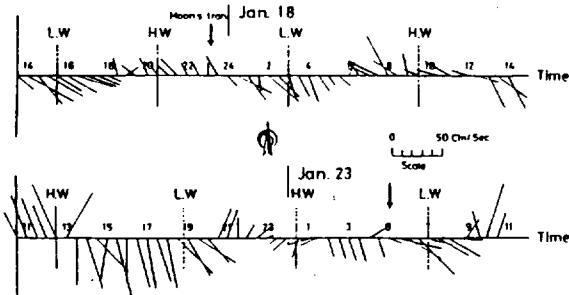


Fig. 8. The vector diagram of the observed currents at station C-1(upper) and station C-2(lower) of Seogwipo area in January, 1984.

小潮期 2일전 (1월 22~23일)의 漲潮流시 挾灣유향과 最高유속은 각각 북북서~북서와 고조시 약 2시간 전에 68.4cm/sec (1.2 kt)이며, 落潮流의 最高유속은 低潮 2~3時間前에 62.8cm/sec (1.2 kt)로 남남동~남동으로 흐른다. 그러나 수로국 발행의 No 235 海圖에 의하면 서귀포남방 외해에서의 해조류는 漲潮流(西流)가 0.8 kt, 落潮流(東流)가 0.5 kt인 것으로 나타나고 있다.

연안해역은 천해라는 지형적 특수성으로 인해 유동 형태가 외양과는 매우 다르며 복잡하게 된다. 즉, 수심이 얕은 연안의 표층류는 파랑, 너울 및 해안에 평행한 연안류나 이안류등의 직접적인 영향과 地形性渦流 및 潮汐殘差流 등의 간접적인 영향을 받아 매우 불규칙해진다. 따라서 이러한 현상은 풍속이 비교적 강할 때 吹送流가 상대적으로 큰 역할을 하여 더욱 불규칙해지며, 또 연안의 地衡流나 潮汐殘差流 등의 영향도 무시할 수 없기 때문이다. 漲·落潮流의 유향과 憩流(Slack tide) 시간은 1.5~2시간이 되며, 이것은 수로국 (1981)의 결과와 거의 일치하고 있다.

3) 潮流의 調和分解

定點에서 25시간 연속 관측한 測流資料를 東·北分으로 분리하여 Fig. 9에 나타내었으며, 조화분해한 결과를 도시한 潮流橢圓圖는 Fig. 10과 같다.

蚊島와 森島 중앙의 恒流는 모두 외해쪽인 남동동류가 되고, 그 평균유속은 12cm/sec (0.23 kt)이며, 이것은 김 (1982)이 제주해협에서 관측한 0.5kt 보다 작은

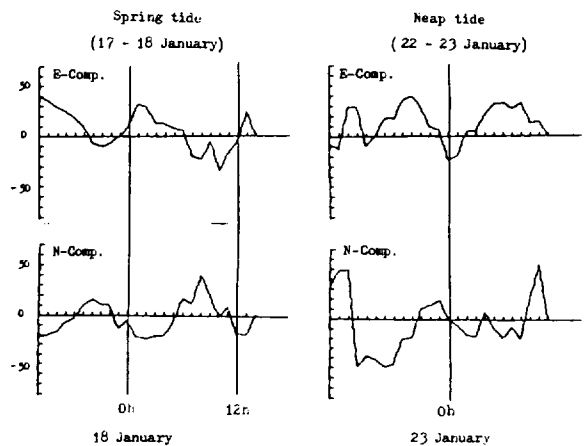


Fig. 9. The north and east components of current at spring tide(17-18 January) and neap tide(22-23 January) in 1984.

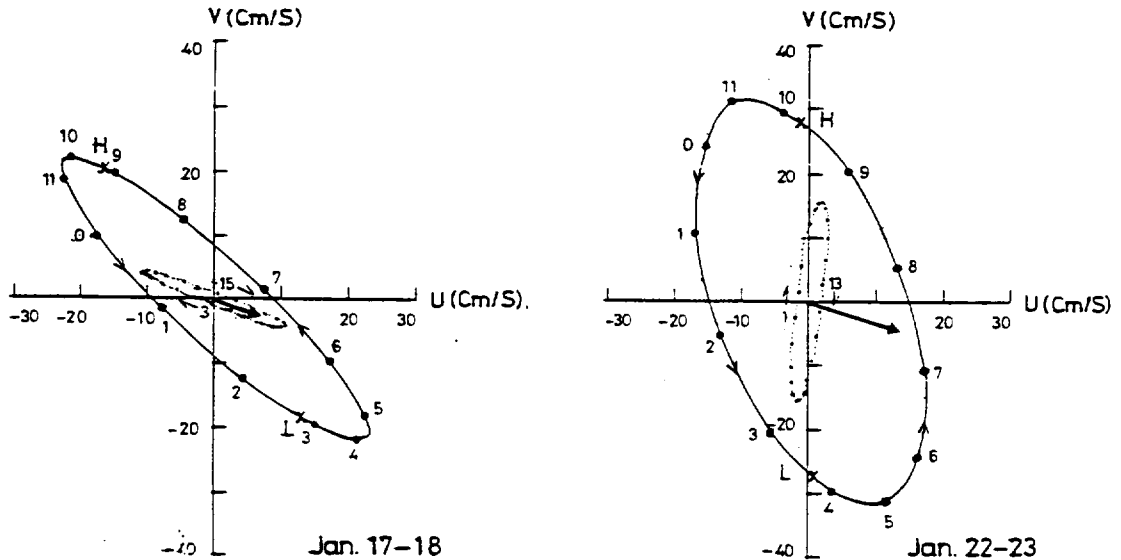


Fig. 10. Elliptical rotation of tidal current at station C-1 of spring tide (17-18 January) and at station C-2 of neap tide (22-23 January) in 1984. Solide line denot ellipses during semidiurnal period, while dotted lines those during diurnal period.

값을 나타내고 있다. 조류성분은 半日遇潮가 日遇潮보다 우세한 혼합조($\frac{M_1}{M_2}=0.29$)가 되며 1일 2회의 漲·落潮流가 발생하고 대조기와 소조기에 가까운 일주조의 유속은 약 90도의 위상차를 나타내고 있다.

大潮期 半日遇潮의 潮流橢圓은 延長橢圓形에 가깝고 장축이 단축보다 월등하게 긴 형태로서 왕복조의 성격을 띤다. Fig. 8, Fig. 9 및 Fig. 10에서 평균유속은 소조기임에도 불구하고 남동분 방향의 유속이 대조기보다 더 강하게 관측된 것은 일반적으로 내만의 경우 落潮流가 漲潮流보다 강한 사실 이외에도 천지연이나 정방폭포 등의 인접하천으로부터 다량의 담수유입으로 인한 해수의 밀도차와 탁월한 동계 북서 계절풍의 吹送流 효과가 주원인이라 생각된다. 즉, 증가된 담수로 인하여 해수의 염분은 낮아지고 흐름의 약한 총점침이 뚜렷해져서 2중구조를 보이며 (Fig. 3), 하구 밀도류의 특성을 나타내기 때문이다. 따라서 표층에서 냉각된 담수의 유입으로 외해수와 외손선이 일어나며 이것과 균형을 유지하기 위한 열과 염분의 보상으로 저층의 해수 유입량도 증가된 것으로 해석되고, 이와같은 현상은 金(1984)에 의한 진해만의 경우에도 일어나는 연안 특유의 현상이다. 또한 양 조사기간중의 潮差는 불과 15cm에 지나지 않고, 소조기에 가까운 1월 22~23일은 북서계절풍이 매우 강하였으므로 (4~10cm/sec) 이같은 현상의 원인을 더욱 잘 뒷받침 해주고 있다. 그

러나 이상의 결과가 서귀포 연안에서 항상 일어나는 것인지 또는 일시적인 현상인지는 앞으로 더욱 연구와 과제라고 생각된다.

恒流는 大·小潮期 모두 남동동방향의 외양으로 흐르고 있고, 그 값이 大潮期보다 小潮期에 더욱 강하게 나타난 것은 관측기간동안 서~북서풍이 4~10m/sec로 강하게 불었던 것과 담수의 유입이 큰 영향을 미친 것으로 사료된다.

4) 海流板 追跡

시공간적인 해수유동의 특성을 조사하기 위해 大·小潮期에 조사한 유향 및 유속의 동분과 북분 성분의 결과를 Table 4에 나타내고 그 漂跡을 Fig. 11에 도시하였다.

1월 18일의 경우 漲潮流는 서귀항의 高潮時 보다 약 2시간후까지 42.53cm/sec(0.83kt)로 북서류하다가 轉流하였으나 이때 관측시간은 불과 1시간정도 밖에 실시하지 못했다. 이것은 관측기간중 서귀포지방의 평균기온이 평년보다 3.5℃ 정도 낮은 1.5℃로 급강하한 반면, 해양표면수온은 약 14~15℃로서 강한 증발무를 발생시켜 시정이 극히 악화되고(시정 "0") 또 북서계절풍이 최대 12m/sec로 강하게 불었기 때문에 표류실험을 중도에서 포기하였다.

Table 4. Results of drogue experiments at the coast of Seogwipo in January, 1984

Date	Time	Direction (degree)	Mean Speed (cm/sec)	
			North-comp.	East-comp.
Jan. 18	09:23	298	17.89	-33.64
	09:30	288	9.67	-29.77
	10:00	236	-5.54	-8.21
	10:30	149	-17.66	10.61
Jan. 21	10:30	285	25.03	-93.41
	11:00	263	-8.81	-71.76
	11:30	256	-12.85	-51.52
	12:00	243	-33.91	-66.56
	12:30	242	-26.01	-48.92
	13:00	135	-6.86	6.86
	13:30	119	-7.27	13.12
	14:00	187	-9.93	-1.22
	14:30	141	-14.45	11.71
	15:00	148	-17.47	10.92
	15:30	139	-21.13	18.37
	16:00	158	-25.87	10.45
	16:30	103	-14.08	61.0
	17:00	105	-15.61	58.25
17:00	105	-14.42	53.8	
18:00	080	9.26	52.49	
Jan. 22	07:10	112	-18.43	45.62
	07:30	128	-34.97	44.76
	08:00	122	-10.02	16.03
	08:30	094	-1.47	21.05
	09:00	009	12.35	1.96
	09:30	287	10.58	-34.62
	10:00	272	1.49	-42.67
	10:50	307	22.15	-29.39
11:55	301	15.86	-26.40	

1월 21일의 漲潮流時에 실시한 관측결과를 보면, 蚊島와 鳥島사이에 투하한 해류관은 최강유속이 鳥島와 蚊島사이의 해역에서 97.8cm/sec(1.9 kt)로 관측되었으나, 평균 51.7cm/sec(1.01 kt)의 유속으로 蚊島와 鳥島사이를 통과하여 북서류하고, 삼매봉과 남성리 앞 해상에서 약 15 분간 정체하였다가 다시 虎島를 향해 서류하여 高潮時 약 2 시간 후에 轉流하였다. 轉流후 호도와 범환리 앞 해상에서 약 1시간 30 분정도 우선회하다가 다시 동류함을 알 수 있는데 이와같은 現象은 삼매봉 앞 해상과 마찬가지로 地形性渦流가 존재할 가능성이 있음을 시사해 주고 있다.

落潮流는 최강유속이 蚊島와 虎島사이의 海域에서 75cm/sec(1.46kt)로 南東流하고 평균유속은 53.5cm/sec(1.04 kt)이다. 또한 St. c-2에서 投下한 海流板은 최대 60.4cm/sec(1.08kt)로 南東流하여 森島앞 해상까지 漂流하다가 좌선회하여 다시 蚊島와 鳥島사이의 海域으로 이동하고 있는데, 이것은 盧·鄭(1980)이 수평면 분포도로부터 이 海域(森島앞 해역)에서 渦流가 형성됨을 시사한 바를 더욱 구체적으로 입증해 주고 있다. 轉流時는 低潮 약 2 시간 후에 일어나고 있는데, 이것은 Fig. 10의 결과와 거의 일치하고 있다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 平均恒流는 SEE 12cm/sec(0.23kt)가 되며, 平均流速은 盧·鄭(1980)의 추측과는 달리 落潮流(53.5cm/sec)가 漲潮流(51.7cm/sec)보다 약 0.03 kt 우세하게 나타났다.

要 約

1983年 12月부터 1984年 1月까지 西歸浦 沿岸域에서 실시한 海洋觀測資料와 測流 및 海流板追跡實驗을 통하여 冬季 海洋環境과 海水流動을 調査한 結果는 다음과 같다.

1. 西歸浦 沿岸水의 확장범위가 夏季와는 거의 反對로 表層에서는 鳥島와 蚊島 사이의 海域까지, 底層은 蚊島와 森島를 연결하는 海域까지이고, 이들 海域에서 海洋前線이 형성되고 있다.

2. 冬季 西歸浦 沿岸域은 大氣와 地表面의 강한 冷却効果, 北西季節風에 의한 連吹効果 및 潮流에 의한 上·下層水의 水平 및 鉛直混合으로 表·底層間의 理化學的 特性이 거의 均質하며, 南東海域으로 부터 水溫 19℃ 이상, 鹽分 34.3‰ 이상, 透明度 14 m 이상인 外洋水가 流軸을 形成하면서 沿岸域으로 流入되고 있다.

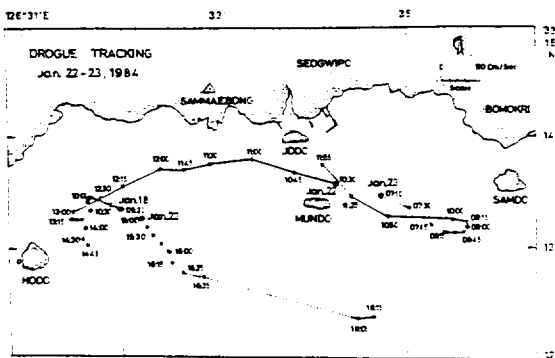


Fig. 11. Results of drogue experiments in the coastal sea of Seogwipo during the flood and ebb flow in January, 1984. Solid lines denote tracks during flood flow and dotted lines those during ebb flow.

3. 北西季節風에 의한 Ekman 수송이나 강한 조류 및 열손실에 의한 表面冷却效果로 10m層까지는 表層 混合層(Surface mixed layer)이 형성되고 있다.

4. 西歸浦 南東海域에서는 沿岸을 向해 流入하는 外洋水의 窒酸鹽은 沿岸보다 낮은 $2\mu g-at/l$ 内外이며, 溶存酸素는 $4.34\sim 6.19 ml/l$ 의 分布를 보였다.

5. 西歸浦 沿岸의 潮汐型態數는 0.29로서 半日週潮가 우세한 混合潮의 性格을 가지며, 平均 月潮間隔은 09時 27分이고 平均潮差는 약 30cm이다.

6. 測流結果 최대유속은 漲潮流時 NNW~NW $68.4 cm/sec$ (1.2kt)이며, 落潮流時는 SSE~SE $62.8 cm/sec$ (1.2kt)이나 平均流速은 落潮流가 약간 우세한 편이다.

7. 恒流는 大·小潮期 모두 西歸港쪽에서 南東方의 外海로 向하며, 外洋水와 沿岸水의 交流는 주로 蚊島와 森島사이를 통하여 이루어지고, 漲·落潮時 轉流는 高·低潮後 약 1.5~2時間에, 最强流는 潮時(高·低潮時)보다 약 2시간 前에 나타난다.

8. 삼매봉과 虎島 및 정방폭포 앞 海上에는 地形性 渦流가 존재할 가능성이 있으며, 특히 森島 앞 海上에서는 좌선회하는 流動의 特性을 보이고 있다.

9. 西歸浦 沿岸의 海洋環境은 海水流動의 형태와 이 유동의 계절적 변동에 따라 많은 변화가 일어나며, 특히 海潮流의 영향을 많이 받고 있다.

參 考 文 獻

- 井上尙文. 1975: 東支那海陸棚上의 海底流動. 海洋科學. 7, 12~19.
- 鄭相喆·盧洪吉·朴吉淳·全得山. 1983: 西歸浦 沿岸 海域의 基礎生産에 影響을 미치는 海洋環境. 韓水誌., 16(4), 305~315.
- 金福起. 1979: 濟州海峽의 海流와 潮流에 關하여. 國立水産振興院研究報告. 21, 7~21.
- 金 丘. 1982: 韓國 南西海의 海流分布와 그 影響에 關한 研究. 未發表
- 金鍾華. 1984: 鎮海灣의 海水交換. 釜山水産大學院碩士學位論文. 1~36.
- 김관용. 1975: 세화항 단기조석관측결과. 수로기술연보., 71~73.
- 김삼문. 1965: 濟州港의 潮汐. 수로기술연보. 115~121.
- 김희준·육상섭. 1983: 한국 남해의 수온역전 현상. 韓水誌., 16(2), 111~116.
- Koizumi, M., 1957: On the forecast of oceanographic condition in the seas west of Japan. The oceanographical magazine, Vol. 9, 43~49.
- 高有峰·朴吉淳·朴庸向·尹正守·楊城基·全得山. 1984: 濟州朝天地區海洋觀光團地 造成에 따른 海洋學의 基礎調査. 未發表. 1~113.
- 盧洪吉·鄭公析. 1980: 濟州島 沿岸의 環境特性에 關한 研究. 濟州大學海洋資源研究報告. 4, 1~5.
- 朴吉淳·盧洪吉. 1980: 西歸浦 앞바다 海水의 化學成分量 分布에 關하여. 濟大海資研報., 4, 33~45.
- 朴吉淳. 1982: 濟州島 沿岸海水의 營養鹽類에 關한 研究. 韓水誌., 15(4), 255~262.
- 수로국. 1964: 潮汐調常數. 수로기술연보. 117~121.
- _____. 1981: 韓國沿岸水路誌. 水路局. 1~178.