

對馬暖流 水型の 季節 變化*

曹 圭 大 · 崔 鎔 奎

釜山水産大學 海洋學科

Seasonal Variation of the Water Type
in the Tsushima Current*

Kyu-Dae CHO and Yong-Kyu CHOE

National Fisheries University of Pusan, Pusan 608-737, Korea

Using the oceanographic data during 1965~1983, the seasonal variation of the water type in the Tsushima Current is discussed by analyzing the thermosteric anomaly (δ_T). By investigating with the index of 33.8‰ in salinity, it is shown that the low saline water inflowed through the Korea Strait affects the variations of water type in surface layer from summer to fall.

On the sea surface, the value of δ_T is affected mainly by the sea surface temperature (SST). However, in summer, δ_T is temporarily influenced by the transitional characteristic of the surface salinity. It has the minimum value in winter when the SST is the highest and the sea surface salinity is the lowest. In fall, it decreases as the SST decreases. Specifically, the value of δ_T is 779 cl/t in August in the region of Korea Strait and 667 cl/t in September in the East Coast of Korea. These values are larger than that of the Kuroshio where is 622 cl/t in August. This phenomenon is due to the inflow of low saline water into these area during summer.

In 100m depth, the seasonal variation of the δ_T is not so significant as the surface and is mainly dependent on the annual temperature variation. In general, δ_T decreases as the Tsushima Current flows to the north.

서 론

水型이란 T-S (temperature-salinity) diagrams에서 海水의 特性이 水温과 鹽分에 의해 한개의 點으로 나타나는 것으로, 즉 이것은 水温, 鹽分 및 壓力에 의해 決定되는 密度 (σ_t 혹은 δ_T)이다.

Thermosteric anomaly (δ_T)는 密度의 逆數인 比容 (specific volume)을 任意 海水 比容에서 標準海水의 比容을 뺀 것으로서 地衡流 計算에 있어서는 δ_T 가 더 편리하다 (Pickard et al., 1982). 이러한 水型으로 본 世界 海洋水의 약 90%를 차지하고 있는 물은 平均 水温과 鹽分이 $-2\sim 10\text{ }^\circ\text{C}$, 34.0~35.5‰ 로 그 δ_T 는 0~200 cl/t 이다. 나머지 10%는 δ_T 값이 200 cl/t

이상인 것으로 주로 表層에서 季節的인 變化에 의해서 일어난다 (Pickard et al., 1982; Montgomery, 1958).

東海 (the Japan Sea)의 水型은 水温 $0.0\sim 0.5\text{ }^\circ\text{C}$, 鹽分 34.0~34.1‰, δ_T 의 範圍가 71~81 cl/t인 東海 固有水 (the proper water)가 약 90%를 차지하고 있으며, 그 나머지는 $8\sim 16\text{ }^\circ\text{C}$, 34.14~34.68‰, δ_T 가 105~228 cl/t 인 中층수와 $17\sim 20\text{ }^\circ\text{C}$, 33.24~33.96‰, δ_T 가 324~447 cl/t 인 夏季 表層수로 構成되어 있다 (Yasui et al., 1967). 東海道 역시 世界 大洋의 水型과 비슷하게 表面에서 깊이 100 m까지의 水量 (water volume)은 적으나 水型の 季節 變化는 아주 크다 (손, 1984).

* 부산수산대학 해양과학연구소 연구업적 제205호 (Contribution No. 205 of Institute of Marine Sciences, National Fisheries University of Pusan). "본 연구는 1987년도 문교부 기초 과학 육성 연구비의 지원에 의한 것임"

東海에서 水型(σ_T 혹은 δ_T) 變化는 쿠로시오로 부터 分離된 對馬暖流가 大韓海峽으로 流入되므로 이 對馬暖流의 季節 變化가 주로 水型의 季節 變化에 影響을 미치게 된다. 對馬暖流域에서의 表面 水溫은 太陽 輻射의 季節 變化 뿐만 아니라 海流와 季節風에 의한 熱移流의 影響을 크게 받고 있다 (Kang, 1985). 또한 우리나라 南海 및 東海의 夏季 鹽分은 對馬暖流가 동지나해에서 北上하는 동안에 表層水는 양자강 (Yangtze river)수의 影響으로 32.2‰ 이하의 低鹽現象을 나타내고, 이 低鹽水는 제주도 東部 및 西部 海域을 거쳐서 北東쪽으로 北上하여 약 50 m 以淺의 깊이로 濟州海峽을 거쳐 大韓海峽의 東水道와 西水道를 통해 東海로 流入되지만 (김, 1986), 西水道가 더 低鹽이다 (이 등, 1984). 이렇게 東海로 流入된 對馬暖流의 表層水와 中層水는 北東쪽으로 移動하면서 東海의 39~40°N 以南의 暖流域에서 混合作用 등으로 인하여 水型의 變化가 일어난다 (Moriyasu, 1972). 또한 夏季에 鹽分 最大層에서도 對馬暖流가 北上하면서 水溫의 下降과 더불어 δ_T 의 값이 점차 減少하여 무거운 물이 된다 (Hong and Cho, 1982, 1983). 그러므로 東海에 流入된 동일한 對馬暖流水는 大韓海峽에서와 쓰가루 海峽에서는 상당히 달라질 것으로 예상된다.

이상에서 살펴본 것처럼 東海의 水型 變化에 관한 研究가 있었으나 이들 研究의 대부분은 短篇의 일 뿐만 아니라, 全 季節에 관한 水型 變化의 原因 糾明을 한 것은 적다. 따라서 本 研究에서는 東海에서 水型의 季節 變化와 그 原因을 밝히고자 한다.

資料 및 方法

이 研究에서는 19個年 (1965~1983)의 國立水産 振興院 (Fisheries Research and Development Agency of Korea), 日本 氣象廳 (Japan Meteorological Agency) 및 日本 水産廳 (Fisheries Agency of Japan)의 海洋 觀測 資料를 사용하였다.

Fig. 1에 標示한 研究 定點은 쿠로시오域의 1個 定點, 對馬暖流가 쿠로시오 본류로 부터 分離된 후 東海로 流入되는 大韓海峽域의 3個 定點, 東海의 對馬暖流域 4個 定點 즉, 韓國 沿岸域 및 東海 中央域 각 1個 定點, 日本 沿岸域 2個 定點이며, 그리고 對馬暖流가 東海에서 太平洋으로 流出하는 곳에 該當되는 쓰가루域의 1個 定點으로 모두 9個의 定點을 選擇하였다.

對馬暖流는 高溫高鹽의 特性을 지니지만, 夏季에 그 表層水는 동지나해에 起源을 둔 中國 大陸 沿岸水로 말미암아 현저한 低鹽 現象을 나타낸다. 夏季

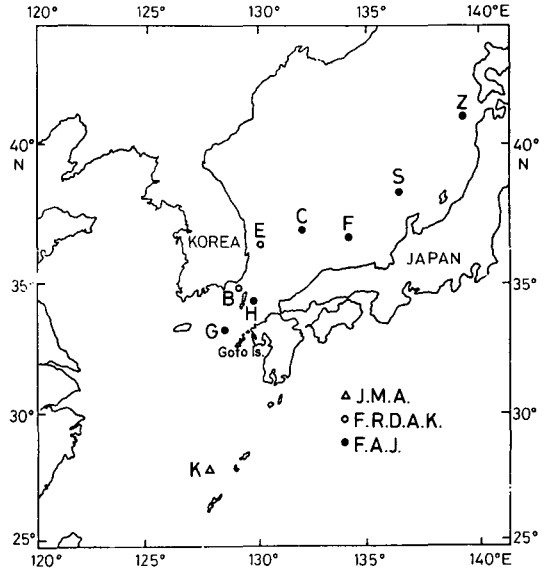


Fig. 1. Studied stations.

'J.M.A.', 'F.R.D.A.K.', 'F.A.J.', are the abbreviations of 'Japan Meteorological Agency', 'Fisheries Research and Development Agency of Korea', 'Fisheries Agency of Japan', respectively.

에 이 低鹽水가 東海의 對馬暖流域의 水型에 미치는 影響을 알기 위해 각 定點에 대한 水溫, 鹽分의 水深에 따른 季節變化를 조사하였다. 各定點에 대한 水溫, 鹽分은 1965年 부터 1983年 까지의 19個年間의 各月의 平均値로 나타내었다. 이때 夏季에 나타나는 表層 低鹽分의 指標은 모든 定點에서 나타낼 수 있도록 하기 위하여 쓰가루域 定點 Z에서 9月부터 表面에 나타나는 最低 鹽分値인 33.8‰ 이하의 鹽分을 基準으로 하였다.

그리고 쿠로시오에서 分離된 對馬暖流가 北上하면서 δ_T 가 어떻게 변하는가를 알아 보기 위해 쿠로시오域의 定點 K, 고오도 西方域 定點 G와 쓰가루域 定點 Z에서 δ_T 의 19個年間의 各月에 대한 平均値와 標準偏差를 구하여 δ_T 의 地域的인 變化도 살펴 보았다.

또한, 對馬暖流 水型의 季節 變化를 보기 위해 年中 混合이 일어나는 表面과 季節 水溫 躍層 下部인 水深 100 m에 대한 T-S-t (Temperature-Salinity-time) diagrams을 對馬暖流 流路에 따라 作成하여 해석하였다.

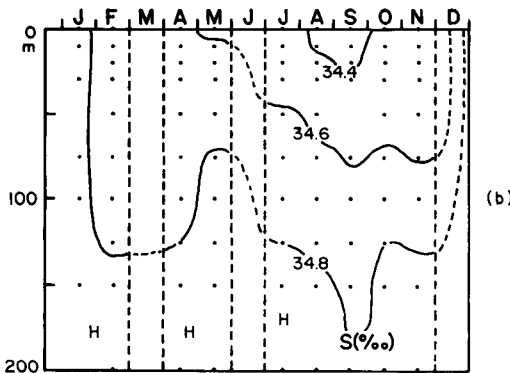
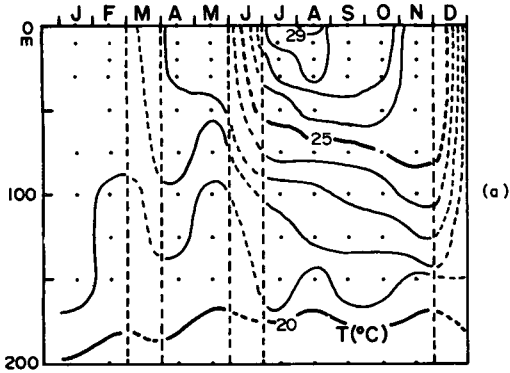


Fig. 2. Isoleths of temperature (upper) and salinity (lower) at station K displayed in a time-depth plane.

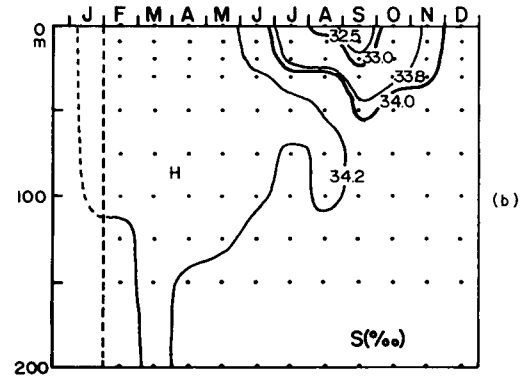
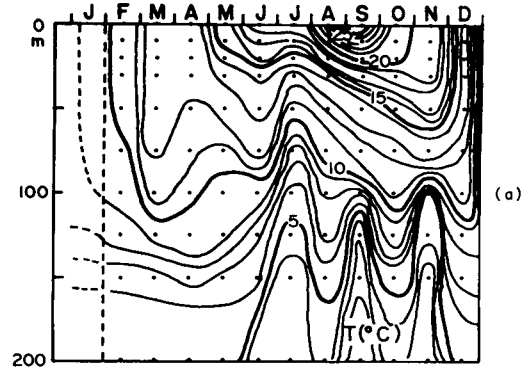


Fig. 4. Isoleths of temperature (upper) and salinity (lower) at station E displayed in a time-depth plane.

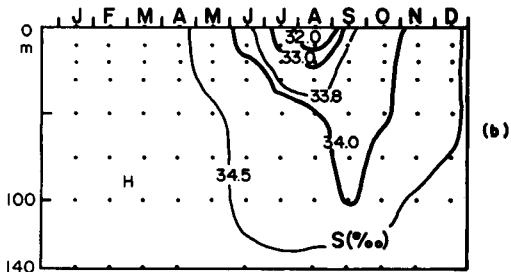
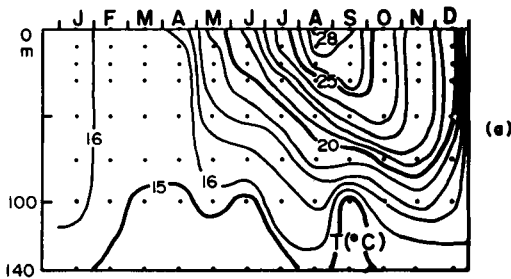


Fig. 3. Isoleths of temperature (upper) and salinity (lower) at station G displayed in a time-depth plane.

結 果

1. 水溫과 鹽分の 屢年平均의 月變化

Fig. 2에서 부터 Fig. 6까지는 定點 K, G, E, F와 Z에 대해 깊이에 따른 水溫과 鹽分の 季節 變化를 各各 나타낸 것이다. 그림중에 쿠로시오域 定點 K의 3月, 6月, 12月과 韓國 沿岸 定點 E의 1月은 資料의 不在로 點線으로 表示하였다.

全 定點에서 表面 水溫은 3~4月 부터 쓰가루域의 8℃와 쿠로시오域의 23℃에서 부터 上昇하기 시작하여, 8~9월에 最高 水溫인 쓰가루域의 23℃와 쿠로시오域의 29℃에 까지 이르며, 그 이후 차츰 感少하여 12月에는 쓰가루域의 9℃와 쿠로시오域의 21℃까지 下降하며 最低 水溫은 1~2월에 各各 나타난다. 봄부터 表面 水溫이 上昇함에 따라서 混合層의 깊이는 淺아지고, 水溫 躍層의 기울기는 현저하게 나타나며, 겨울에는 混合層의 깊이가 약 100 m까지 이르나 躍層의 기울기는 약하게 됨을 알 수

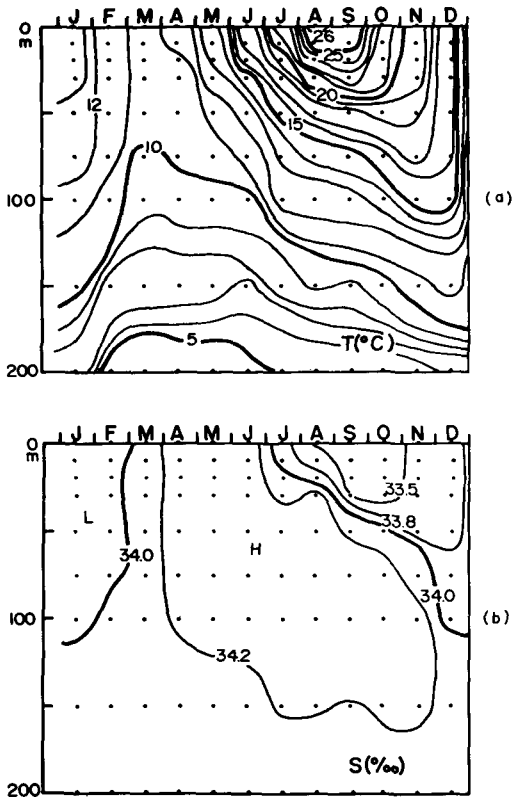


Fig. 5. Isoleths of temperature (upper) and salinity (lower) at station F displayed in a time-depth plane.

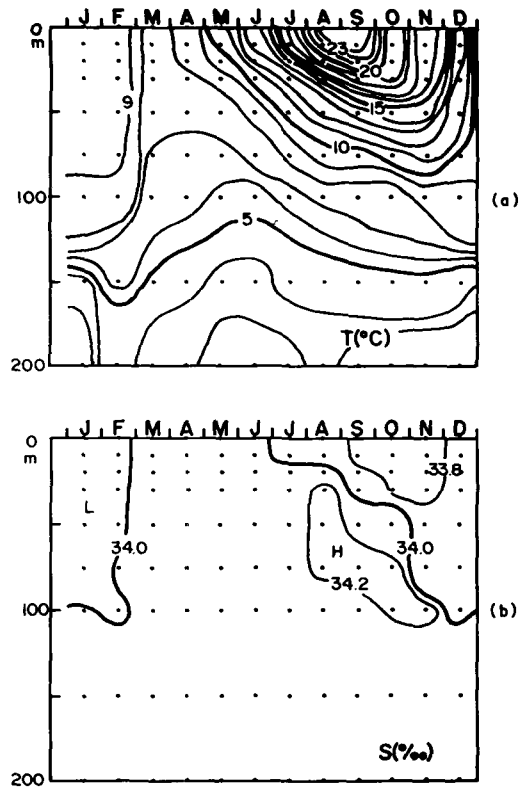


Fig. 6. Isoleths of temperature (upper) and salinity (lower) at Z displayed in a time-depth plane.

있다.

鹽分의 경우, 定點 K에서는 여름에 34.4‰의 表面 最低 鹽分이 나타나지만, 表層 指標 鹽分인 33.8‰은 고오도 西方域 定點 G를 비롯하여 定點 E 및 F에서는 7월에 나타나기 시작하고, 定點 Z에서는 9월에 나타난다. 다만 이 等鹽分이 表面에서 消滅하는 시기는 南쪽 定點 G에서는 9월에, 그리고 北쪽으로 올라갈수록 약 1個月씩 늦어지는 傾向이 있다. 그리고 이 指標 鹽分이 나타나는 時期와 最大 水深은 定點 G에서는 8월에, 定點 E에서는 1個月 늦은 9월, 各各 水深 40m에 까지 이르고, 日本 沿岸 定點 F와 定點 Z에서는 各各 11月 以後에 水深 50m와 30m에 까지 이르고 있다.

一般的으로 表層 指標 鹽分인 33.8‰의 等值線은 南쪽에는 이른 여름에 나타나고 北쪽으로 갈수록 늦어져 가을에 나타나며, 그 最大 水深은 南에서 北으로 갈수록 깊어지나 다만 쓰가루域 定點 Z에서는 다소 낮아지는 傾向을 나타내었다. 34.0‰ 이상

高鹽分의 出現期間은 南쪽 定點인 G에서는 11~5月, 韓國 沿岸 定點 E에서는 이보다 1個月 늦은 12~6월에 나타났다. 그리고 日本 沿岸의 北쪽역인 定點 F와 Z에서는 모두 3~6월에 나타났다. 또, 34.0‰ 이하의 低鹽分이 最大로 나타나는 時期는 定點 G와 定點 E에서 9월에 各各 水深 100m와 水深 50m에 나타났고, 定點 F와 Z에서는 모두 12월에 水深 100m 以深에서 出現하였다. 그리고 34.0‰ 等值線은 東海의 南쪽 定點들에서는 늦은 가을부터 늦은 봄에 表面에 出現하고 北쪽 定點 들에서는 이른 봄부터 초여름에 나타나는 傾向이었다. 그 水深은 고오도 西方域과 東海의 日本海側은 깊게 나타나고 우리나라 沿岸側은 얇게 나타나고 있다.

2. δT (Thermosteric anomaly)의 地域 및 季節 變化

Fig. 7은 쿠로시오에서 分離된 對馬暖流가 北上함에 따른 δT 의 月別 變化를 쿠로시오域 定點 K, 고오도 西方域 定點 G와 쓰가루域 定點 Z의 세 地點

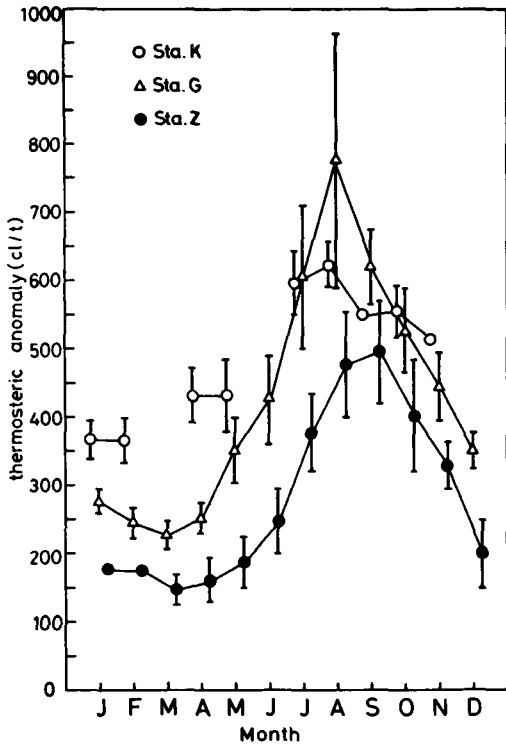


Fig. 7 (a). The mean and standard deviation of the thermosteric anomaly for the sea surface from 1965 to 1983 at stations K, G, Z.

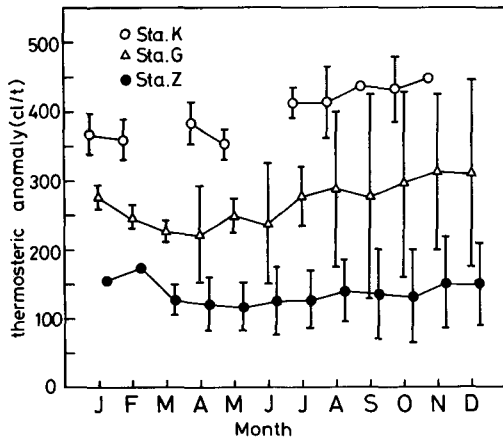


Fig. 7 (b). The mean and standard deviation of the thermosteric anomaly for the 100 m depth from 1965 to 1983 at stations K, G, Z.

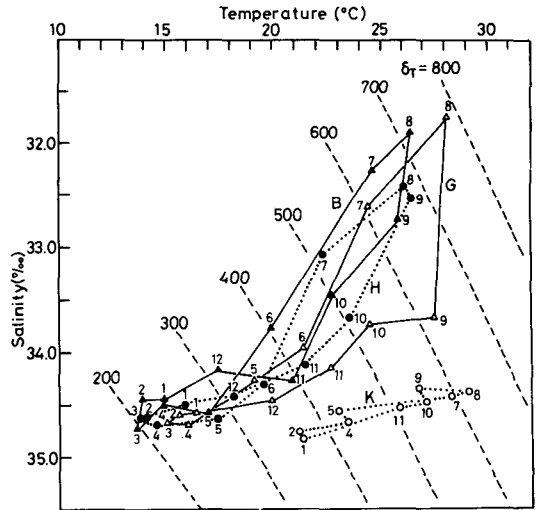


Fig. 8. T-S-t diagrams for the sea surface at stations K, G, B, H. The small number indicates months.

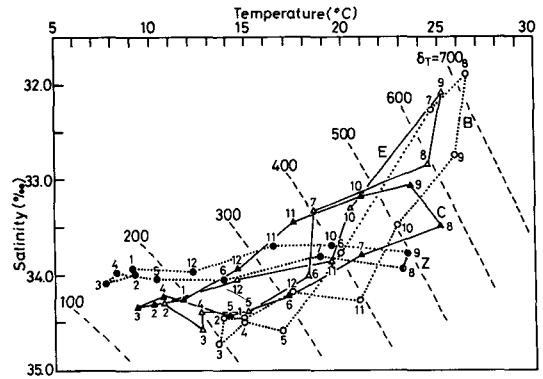


Fig. 9. T-S-t diagrams for the surface at stations B, E, C, F. The small number indicates months.

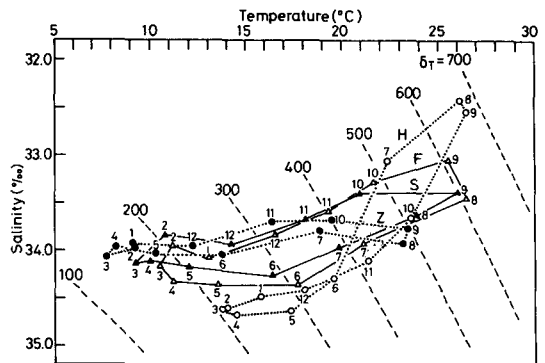


Fig. 10. T-S-t diagrams for the surface at stations H, F, S, Z. The small number indicates months.

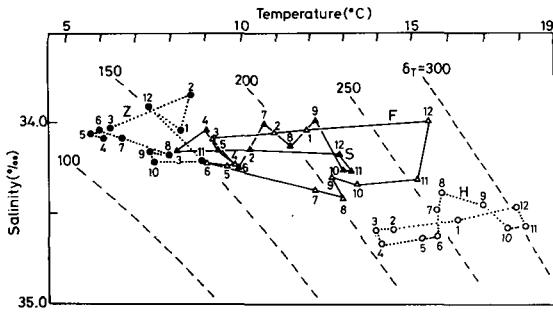


Fig. 11. T-S-t diagrams for the waters of 100 m depth at stations H, F, S, Z. The small number indicates months.

에서 表面은 Fig. 7 (a)에, 100 m 깊이는 Fig. 7 (b)에 각각 나타낸 것이다. 表面의 경우, δT 값은 2~3월에 150~370 cl/t으로 가장 작고 봄에는 점차 커지며, 여름에는 그 값이 가장 크게 되어 450~750 cl/t에 까지 이른다. 一般的으로 北쪽 定點으로 갈수록 δT 의 값이 작아지는 傾向이지만 定點 G에서의 δT 값은 定點 K보다 北쪽에 位置하나 여름에는 그 값이 13~158 cl/t이나 더 크게 나타났다.

깊이 100 m (Fig 7 (b))에서도 表面과 마찬가지로 δT 값은 南쪽 定點 K에서는 커서 약 400 cl/t이며 北쪽으로 갈수록 작아져 定點 Z에서는 100~150 cl/t을 나타내었다. 一般的으로 季節 變動은 적으나 δT 의 最低值는 南쪽 定點 K와 G에서는 봄에 나타나고 北쪽 定點인 Z에서는 3~10월에 나타났다.

3. 對馬暖流 流路에 따른 T-S-t diagrams

Fig. 8은 쿠로시오域에서 大韓海峽에 이르는 對馬暖流水의 表層水型變化를 보기 위해, 定點 K와 定點 G 및 大韓海峽 西水道와 東水道の 定點 B와 H에 대한 것이다. 定點 K의 경우는 鹽分 變化는 0.4‰에 불과하나 水温 變化는 8℃로 鹽分 보다는 水温의 變化에 따라 그 δT 의 變化가 큼을 알 수 있다. 그러나 大韓海峽域의 세 定點 G, B와 H에서는 水温 變化 幅이 약 16℃이고 鹽分 變化幅은 약 3‰로서 水温 變化뿐만 아니라 鹽分の 變化도 定點 K보다는 약 2.5‰ 이상 크게 나타난다. 여기서 200~220 cl/t의 最少 δT 가 나타나는 2~3월은 14~16℃의 最低 水温이 나타나는 달과 일치하며, 600~800 cl/t의 最大 δT 가 나타나는 8월은 26~28℃의 최고 水温 및 약 32.0‰의 最低 鹽分이 나타나는 달과 일치함을 알 수 있다.

Fig. 9는 大韓海峽 西水道에서 韓國 沿岸을 따라 쓰가루域에 이르는 定點 B, E, C 및 Z에 대해 表面의 T-S-t diagrams을 나타낸 것이다. 150~250 cl/t의

最少 δT 값이 나타나는 2~3월은 7~14℃의 最低 水温이 나타나는 달과 일치하지만, 北區域인 定點 Z로 옮겨 가면서 150 cl/t으로 δT 값이 작아진다. 韓國 沿岸 定點 E의 여름의 鹽分 變化는 32.0~34.5‰로 東海 중앙 定點 C의 33.0~34.5‰의 鹽分 變化보다 약 1‰ 더 크다.

Fig. 10은 大韓海峽 東水道에서 日本 沿岸을 따라 쓰가루域에 이르는 定點 H, F, S 및 Z에 대한 表面의 T-S-t diagrams을 나타낸 것이다. 여기서도 南쪽 定點에서 北쪽 定點으로 옮겨 가면서 겨울의 最少 δT 값이 약 200 cl/t에서 약 150 cl/t으로 작아지며 또한 最低 鹽分이 나타나는 여름에 北쪽 定點으로 가면서 δT 값이 약 680 cl/t에서 약 500 cl/t으로 작아지고 그 出現 時期도 약 1個月 늦어지는 傾向이 있다. 또한 大韓海峽 西水道 定點 B에서는 表面 低鹽分의 影響을 가장 많이 받아 6월의 약 450 cl/t에서 7월과 8월에는 무려 220 cl/t이나 增加하여 680 cl/t에 까지 이른다.

Fig. 11은 깊이 100 m에 대해 日本 沿岸에 따른 定點 H, F, S 및 Z의 T-S-t diagrams을 나타낸 것이다. 表面 만큼의 鹽分 變化는 없으며 最低 및 最高 水温, 最大 및 最低 鹽分이 나타나는 달은 불규칙하다. 그리고 定點 H의 鹽分 變化 範圍는 34.4~34.7‰ 水温은 14~18℃이지만, 北쪽의 定點 Z에서 鹽分 變化 範圍는 33.9~34.3‰, 水温 變化는 5~9℃이었다. 즉, 北쪽 定點으로 옮겨 가면서 鹽分과 水温이 모두 낮아짐에 따라 δT 값은 定點 H의 200~300 cl/t에서 定點 Z의 120~170 cl/t으로 점차 感少한다.

考 察

1. 夏季 表層 低鹽水의 影響

東海의 對馬暖流域에서 冬季에 表層水는 高鹽이지만, 夏季에는 表層에 低鹽水가 나타난다. 夏季 表層에서는 水温의 季節 變化와 低鹽水가 出現함에 따라 密度가 변하게 되어 水型의 季節 變化를 隨伴하게 된다. 夏季에 32.2‰ 이하의 低鹽分인 中國 大陸 沿岸水가 濟州海峽에서 약 50 m 以淺의 두께로 大韓海峽 西水道를 통해 東海로 流入(김, 1986), 對馬暖流水의 上層部의 水型에 影響을 미치게 되는 셈이다 (Fig. 8). 이는 Miyazaki and Abe (1960)와 Uda (1934)에 의해 說明된 大韓海峽 西水道를 통과하는 表層水는 外洋水의 性質을 잃어버리고 가장 低鹽한 中國沿岸水가 濟州海峽을 통과하여 東海로 流入된다는 것과 一致한다. 또, 이등 (1984)에 의하면 夏季에 洛東江水는 가장 低鹽하여 그 鹽分이 31.0‰ 이하이고 對馬暖流水는 이보다 高鹽인 32.0~33.0‰

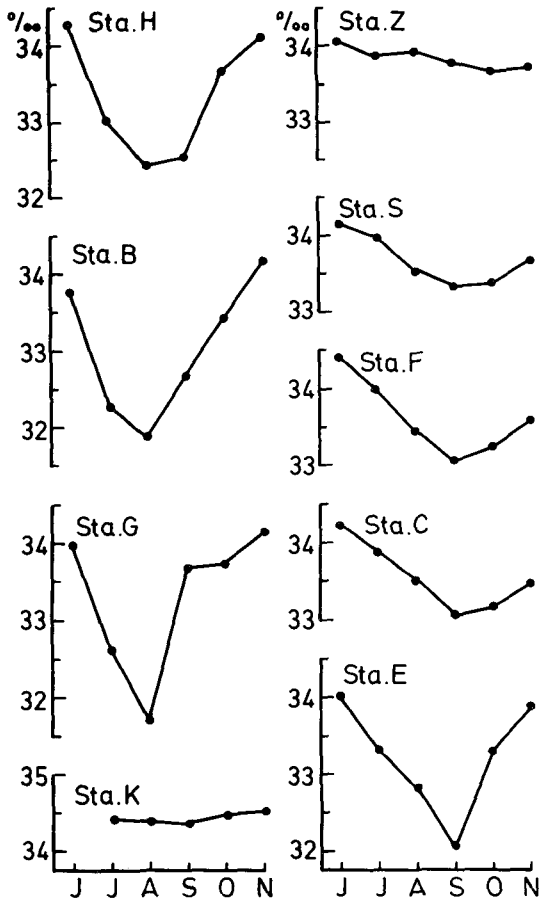


Fig. 12. Variations of salinity at the sea surface in studied stations from June to November.

이나 水温이 洛東江 流出水 보다 4~5℃ 높아 δT 값은 洛東江 流出水보다 커지므로 洛東江水和 對馬暖流水로 명확히 區分할 수 있다.

쓰가루域 定點 Z에서 9월부터 表面에 나타나는 33.8‰ 이하의 低鹽分을 指標로 살펴 본 바에 의 하면, 大韓海峽을 통해 流入된 夏季 表面 低鹽水는 東海의 全 定點에서 약 10~20m의 깊이로 나타나 기 시작하여, 10~11월에는 약 30~50m의 깊이에 까지 이른다. 그리고 北쪽 定點으로 가면서 그 깊이 가 차츰 淺아진다(Fig. 2~Fig. 6). 그 持續期間은 高오도 西方域과 쓰가루域에서는 약 3個月, 東海의 對馬暖流域에서는 약 4~5個月로 여름부터 가을 동안에 表面의 水型 變化에 影響을 주고 있다(Fig. 8~ Fig. 11). 그러므로 夏季 表面 低鹽水는 對馬暖流의 影響을 받는 東海의 全 地域에 高루 퍼져서 쓰가루 海峽쪽으로 進行하고 이 수위는 夏季에 50m 以淺

의 깊이에서 水型의 季節變化에 거의 影響을 미치지 않는다고 생각된다.

大韓海峽을 통해 流入된 夏季 表面 最低 鹽分의 時間 遲延을 보기 위해, 各 定點에서 6월부터 11월 까지의 表面 鹽分 變化를 Fig. 12에 나타내었다. 表面의 最低 鹽分은 大韓海峽域(St. G, B, H)에서는 8 월에, 對馬暖流域(St. S, F, C)에서는 9월에, 쓰가루 域(St. Z)에서는 10월에 나타나므로 약 2個月의 時間 遲延이 있다.

이것은 Tanioka (1962)의 結果와 一致하는 것으로 이는 양자강에 起原을 둔 表層 低鹽分이 大韓海峽 을 통해 東海에 流入하여 北東쪽을 흘러가므로 最低 鹽分의 出現 時期가 늦어지는 것임을 立證한다(Fig. 12).

또한 쿠로시오域에서는 34.0‰ 이하의 鹽分은 나타나지 않지만, 高오도 西方域 定點 G와 大韓海峽 西水道 定點 B에서는 8월에 32.0‰ 이하의 低鹽分 이 나타난다. 이것은 夏季 양자강수가 濟州海峽을 거쳐 大韓海峽 西水道를 흘러 간다는 김(1986), Miyazaki and Abe(1960)와 Uda(1934)의 研究와 一致하며, 韓國 沿岸 定點 E에서 9월에 약 32.0‰의 表面 鹽分이 나타나는 것으로 보아, 大韓海峽 西水道 를 통해 流入된 低鹽水는 韓國 沿岸 쪽으로 치우쳐 흐르는 것으로 생각된다. Lie(1984)와 Lie and Byun(1985)은 夏季의 강수가 매우 重要하며 低鹽分 인 南向 沿岸流가 存在함을 報告하여 本 論文의 解釋과 相反되고 있으나, 이는 韓半島의 近接한 沿岸 流에 대한 現象이고, 이 研究의 대상해역인 東海의 外洋쪽과 日本쪽에 치우쳐 있는 對馬暖流 主流側의 表層 低鹽分은 東쪽으로 移動하는 것으로 생각된다.

北쪽 定點으로 가면서 表面의 最低 鹽分이 차츰 增加하여 쓰가루域에서는 뚜렷하지 않다(Fig. 12). 이것은 이 研究에서도 나타나는 特徵으로 쿠로시오 域의 34.8‰에서 쓰가루域의 34.0‰로 最高 鹽分 값은 낮아지며, 高오도 西方域의 32.0‰에서 쓰가루 域의 33.8‰로 最低 鹽分값은 높아진다(Fig. 8~ Fig. 11). 그 理由は 여름을 除外하고, 大韓海峽을 통해 東海로 들어가면서 쿠로시오系의 對馬暖流인 高鹽水가 쓰가루 海峽으로 가면서 이보다 低鹽分인 東海水와의 混合이 일어난 結果로 인하여 鹽分 最大 值가 낮아지며, 반면에 여름에는 동지나해에서 起 原된 表層의 低鹽水가 쓰가루域으로 가면서 高鹽인 對馬暖流水와의 混合作用 등으로 鹽分 最低值가 저진다고 생각된다. 이것은 Moriyasu(1972)가 東海 固有水(the proper water)를 除外한 全 水塊가 季節 變動을 하며, 이중 특히 上層 200m 以淺에서는 混 合作用으로 인하여 季節 變動이 卓越하다고 說明

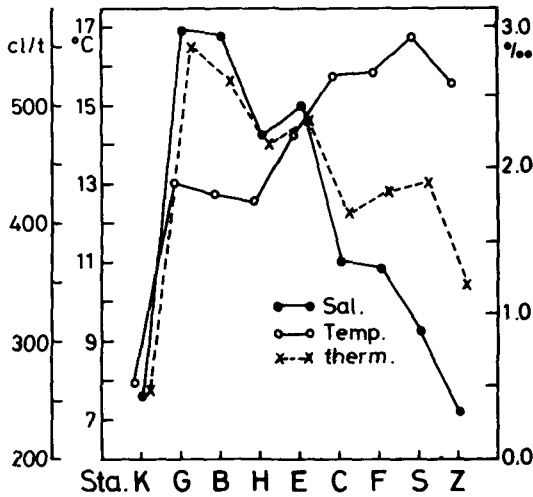


Fig. 13 (a). The annual range for temperature, salinity, thermosteric anomaly in the sea surface at studied stations.

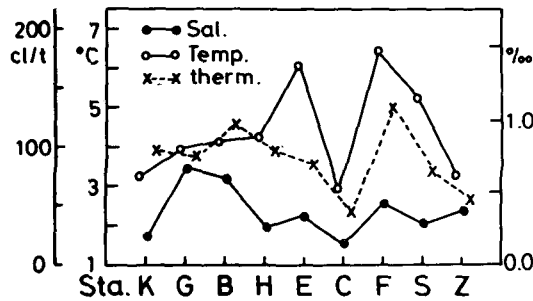


Fig. 13 (b). The annual range for temperature, salinity, thermosteric anomaly in the 100 m depth at studied stations.

한 것과 일치한다.

2. 水型の 季節 變化

夏季에 鹽分 最大層의 δ_T 값이 쿠로시오域에서는 水温이 높기 때문에 크지만, 對馬暖流가 北上함에 따라 水温이 낮아져 그 값이 작아진다 (Hong and Cho, 1982). 東海의 對馬暖流域의 表面에서 水温이 上昇하는 봄에 δ_T 의 값이 점점 커지며, 水温 最大值 및 鹽分 最低值가 나타나는 여름에 δ_T 의 값이 가장 크게 된다. 그리고 水温이 感少하는 가을에 δ_T 의 값이 차츰 작아지며, 水温 最低值가 나타나는 겨울에 δ_T 의 값이 가장 작아진다 (Fig. 7 (a)). 여기서 夏季에 고오도 西方域 定點 G는 쿠로시오域 定點 K보다 δ_T 의 값은 더 크게 나타난다. 이러한 現象은 東海의

對馬暖流域의 δ_T 變化에는 夏季 양자강 流出水에 影響을 받은 低鹽水의 出現이 水温보다 더 큰 影響을 미치고 있음을 나타낸다. 對馬暖流域에서 夏季 低鹽水 流入 起源은 주로 濟州海峽을 거쳐 大韓海峽쪽으로 流入되는 양자강수에 의한 32.2% 이하의 低鹽水 (김, 1986)이며, 이외에도 33.0% 이하의 韓國南岸沿岸水 (공, 1971)와 31.0% 이하의 洛東江 流出水 (이 등, 1984)가 있으나 洛東江 流出水는 그 流量이 약 $0.2 \times 10^3 m^3/s$ (유 등, 1983)로 양자강수의 流量 약 $34 \times 10^3 m^3/s$ (Dietrich et al., 1980)에 비하여 아주 작으므로 對馬暖流 전체에 대하여서는 크게 問題가 되지 않는다고 생각된다.

Fig. 13은 表面과 水深 100 m에 대한 δ_T 및 水温과 鹽分의 年較差를 各各 나타내었다. 表面에서 水温의 年較差는 季節 變化에 따른 太陽輻射 에너지 뿐만 아니라 海流와 季節風에 의한 熱移流의 影響을 크게 받게 되므로 (Kkang, 1985), 低緯度인 쿠로시오域에서 쓰가루域으로 가면서 水温 年較差가 크게 된다는 것은 Choi and Kang (1987)의 研究와 一致한다. 그러나 表面 鹽分의 年較差는 夏季 양자강의 低鹽水 流入을 많이 받는 大韓海峽域에서 가장 크게 되나, 쓰가루海峽에 가까와 질수록 表面下의 이보다 高鹽인 海水와의 混合 作用에 의해 低鹽水는 高鹽水로 변하므로 점차 작아진다. 이에 따른 δ_T 의 年較差는 鹽分의 年較差와 비슷한 傾向을 나타냄을 알 수 있다 (Fig 13(a)). 水深 100 m에서 δ_T 의 年較差를 보면, 특히 東海의 對馬暖流域에서 水温의 年較差와 비슷한 傾向을 나타내고 있다 (Fig. 13(b)). 즉, 이것은 夏季에 對馬暖流 表層水 水型の 年變化는 水温보다 오히려 低鹽水의 出現에 따르는 傾向을 가져 그 變化가 크게 되며 그리고 低鹽水의 影響을 받지 않는 水深 100 m에서는 水温의 年變化에 따라 水型이 變한다는 것을 잘 나타내고 있다.

水深 100 m에 있어서 季節 變化는 表層 만큼 뚜렷하게 나타나지 않았다 (Fig. 7(b)). 그 理由는 東海의 對馬暖流域에서 季節 水温 躍層은 水深 50 m 이 淺에 있으며, 깊이 100 m는 對馬暖流水의 特性을 나타내는 깊이 (Yasui et al., 1967)로, 表層水에 비해서 水温이나 鹽分이 季節 變化를 거의 받지 않는 對馬暖流水인 同質水가 年中 存在하고 있기 때문이라 생각된다. 그리고 鹽分 最大値와 鹽分 最低値는 쿠로시오域에서 쓰가루域으로 가면서 점차 낮아지지만, 水温의 感少에 따라 密度 最大値와 最低値도 크진다 (Fig. 11). 이것은 大韓海峽을 통해 들어온 對馬暖流水가 表層 및 中層水를 形成하면서 北東쪽으로 進行함에 따라 東海에서 100 m 이深에 있는 이보다 低溫 低鹽水와의 混合에 의해 冷却되고 混어지기

때문에 鹽分 最大値 혹은 最低値가 모두 낮아진다. 즉, 對馬暖流水가 北上함에 따라 δ_T 의 값이 작아지는 것은 그 密度값의 變化가 水温의 感少에 따른 影響임을 나타내는 것으로, 對馬暖流의 鹽分 最大層에서 δ_T 값이 北上함에 따라 水温의 感少 때문에 작아진다고 說明한 Hong and Cho (1982, 1983)의 結果와 일치한다.

要 約

對馬暖流 水型의 季節 變化를 19個年(1965~1983)의 海洋觀測 資料를 使用하여 δ_T (thermohaline anomaly)로서 檢討했다.

33.8‰의 鹽分값을 指標로 살펴본 바에 의하면, 大韓海峽을 통해 流入된 夏季 表層 低鹽水는 여름부터 가을동안에 表層의 水型變化에 影響을 주고 있다.

表面에서 δ_T 의 값은 水温에 의한 影響을 많이 받지만, 夏季에는 一時的으로 鹽分에 影響을 받는다. 그 값은 最低 水温이 나타나는 겨울에 가장 작고, 봄에 水温의 上昇에 따라 차츰 增加하며, 最高 水温 및 最低 鹽分이 나타나는 여름에 가장 크고, 가을에 水温의 下降에 따라 차츰 感少한다. 그리고 低鹽水의 流入 때문에 고오도 西方域은 8월에 779 cl/t , 韓國 沿岸域은 9월에 667 cl/t 으로 쿠로시오域의 8월의 값 622 cl/t 보다 더 크다.

깊이 100 m에서 δ_T 의 季節 變化는 表面만큼 탁월하지 않으며, 年中 水温 變化에 의존하고, 對馬暖流域의 北쪽 定點으로 갈수록 感少한다.

文 獻

- Choi, S. W. and Y. Q. Kang. 1987. Empirical Orthogonal Function Analysis of Coastal Water Temperature in the Tsushima Current Region. Bull. Kor. Fish. Soc. 20 (2), 89~94.
- Dietrich G., K. Kalle, W. Krauss and G. Siedler. 1980. General Oceanography, an Introduction, Second Edition. A Willey-Interscience Publication. pp.197.
- Hong, C.H. and K.D. Cho. 1982. The northern boundary of the Tsushima Current and its fluctuations. J. Oceanol. Soc. Korea. 18 (1), 1~9.
- Hong, C.H. and K.D. Cho. 1983. The relationship between the characteristics of dissolved oxygen and the Tsushima Current in the Japan Sea. Bull. Kor. Fish. Soc. 16 (3), 291~297 (in Korean).
- Kang, Y. Q. 1985. Influences of the Asian Monsoon and the Kuroshio on the Sea Surface Temperature in the Yellow, the Japan and the East China Seas. J. Oceanol. Soc. Korea. 20 (2), 1~9.
- Lie, H. J. 1984. Coastal current and its variation along the east coast of Korea. Ocean Hydrodynamics of the Japan and East China Seas. pp. 399~408.
- Lie, H. J. and S. K. Byun. 1985. Summer time Southward Current along the East Coast of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea. 20 (2), 22~27.
- Miyazaki, M. and S. Abe. 1960. On the Water Masses in the Tsushima Current Area. J. Oceanog. Soc. Japan. 16 (2), 19~28 (in Japanese).
- Montgomery, R. B. 1958. Water characteristics of Atlantic Ocean and of world ocean. Deep-Sea Res. 5, 134~148.
- Moriyasu, S. 1972. The Tsushima Current. In: H. Stommel and K. Yoshida (Editors), KUROSHIO, Its Physical Aspect. Univ. Tokyo Press, Tokyo. pp.353~369.
- Pickard L. George and William J. Emery. 1982. Descriptive Physical Oceanography, An Introduction, 4th (SI) Enlarged Edition. Pergamon Press. pp.17~18.
- Tanioka, K. 1962. The oceanographic conditions of the Japan Sea (I). Umi to Sora. 38 (3), 90~100.
- Uda, M. 1934. Records of Oceanographic Works in Japan. The committee on pacific oceanography of the national research council of Japan. Vol. VI. published by the national research council of Japan, Tokyo, 1936.
- Yasui, M., T. Yasuoka, K. Tanioka and O. Shiota. 1967. Oceanographical studies of the Japan Sea (I). Oceanogr. Mag. 19 (2), 177~192.
- 공 영. 1971. 韓國 남해 연안 전선에 관한 研究. J. Oceanol. Soc. Korea 6 (1), 25~36.
- 김인옥. 1986. 濟州道 周邊 海域에 出現하는 中國 大陸沿岸水에 관한 研究. 제주대학교 석사학위 논문.
- 손재경. 1984. 夏季 東海에서의 水型에 따른 T-S 체적 분포. 부산수산대학 학사학위 논문.
- 유홍선·민병언·신증상. 1983. 낙동강 하수의 혼합 및 순환과정에 관한 研究. 해사 기초 과학 研究所 논문집. pp.1~9.
- 이원재·조규대·추효상. 1984. 海洋화학적 特性으로

본 대한해협외 수계. 韓水誌 17 (3), 219~229.

1988년 6월 15일 접수

1988년 10월 11일 수리