

韓國 東海岸 冷水塊의 海洋化學的 考察

朴 清 吉*

CHEMICAL OCEANOGRAPHIC ASPECT OF THE COLD WATER MASS IN OFFSHORE OF THE EAST COAST OF KOREA

Chung Kil PARK*

The cold water mass appeared in offshore of the east coast of Korea in summer season was studied in aspect of chemical oceanography.

Such a typical relationship between phosphate and dissolved oxygen as shown in the upwelling regions could not be found in the east coast except around the Kampo coast, southern part of the east coast.

It is possible to isolate the North Korean Cold Water from the proper water of the Japan Sea by using σ_t - O_2 diagram. The origin of the cold water mass in offshore of the east coast of Korea in summer is not mainly due to the development of upwelling of the proper water of the Japan Sea but the southward flowing of the North Korean Cold Water.

緒 論

韓國東海 沿岸海域의 冷水塊에 關한 研究는 孔과 朴(1969), 林과 張(1969), 安(1974), 承(1974) 等 多數의 研究가 이루어져 왔다. 이들은 夏季節에 東海 沿岸海域에서 冷水塊가 表層 부근까지 出現하는 것 을 인정했으며 이 冷水塊의 消長, 變動, 物理的인 特性 및 起源에 對해 報告했다. 그러나 이 冷水塊의 生成機構가 湧昇現象에 의한 것인지 혹은 다른 어떤 原因인지, 그리고 冷水塊의 精確한 起源에 關해서도 지금까지의 海洋物理學的인 側面에서의 考察로서는 부족한 點이 있다.

本 研究는 海洋化學的인 側面에서 이 冷水塊의 起源이 日本海 固有冷水의 湧昇현상인지 아니면 北韓寒流의 水平移動인지, 그리고 어느 一部海域에는 湧昇 현상이 있다면 그 湧昇機構는 어떤 것인지를 調査 分析하였다.

調査內容 및 方法

1977年 6月, 7月, 8月 3회에 걸쳐 그림 1에서 보는 바와 같이 울기에서 주문진 間의 沿岸 16個 地點에서 水層別로 磷酸鹽과 溶存酸素濃度를 測定했으며 此外 全海域에서 水溫, 鹽分 等 一般 海洋觀測을 實

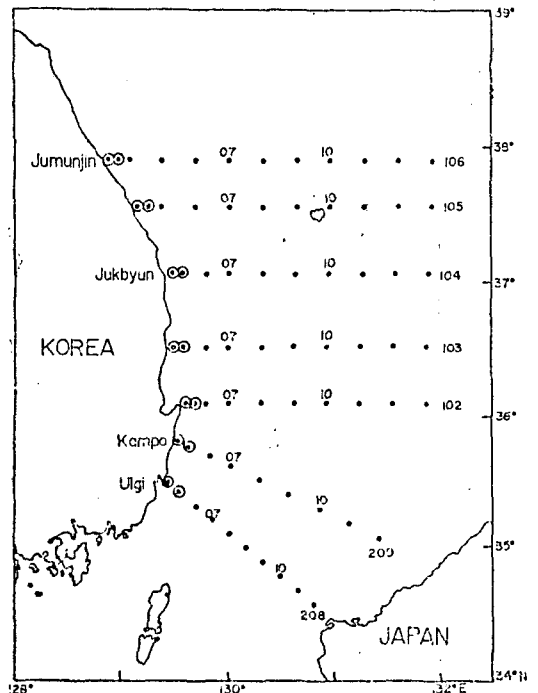


Fig. 1. Map showing the observation stations. The circled points indicate the sampling station for dissolved oxygen and phosphate.

* 釜山水産大學, National Fisheries University of Busan

시하였다.

磷酸鹽 分析用 試水는 現場에서 폴리에틸렌병에 넣어 즉시 冷凍庫에 넣고 凍結보관해서 實驗室에 옮겨 解凍後 Strickland and Parsons(1968)法에 따라 比色定量했다. 溶存酸素는 윈클라法으로, 鹽分은 Salinometer로 測定했다.

그의 보충자료로서 1966년부터 1970年間的 國立水産振興院 海洋調査年報의 資料를 利用했다.

結果 및 考察

1. 冷水塊出現

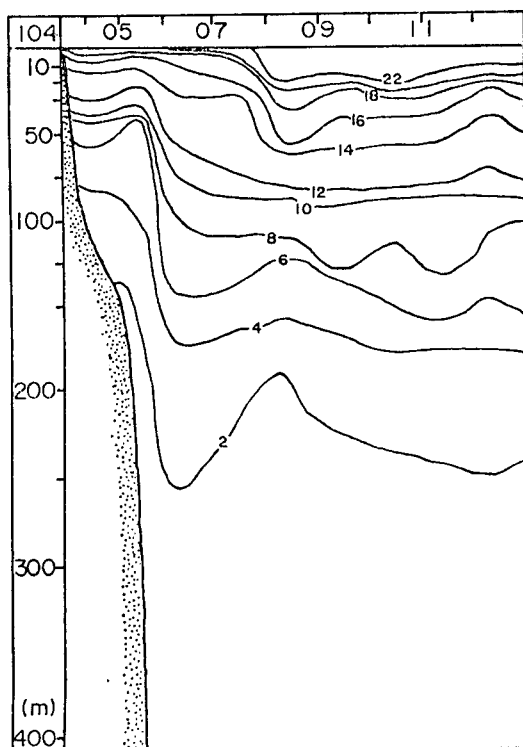
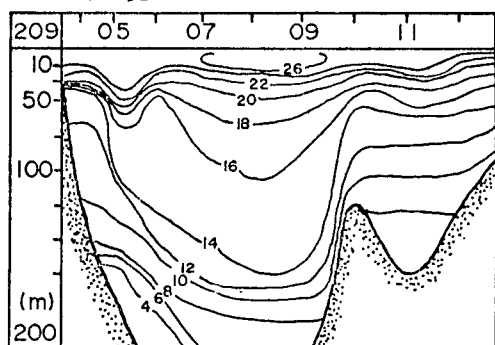


Fig. 2. Temperature distribution in vertical section of 209 and 104 line in August 1977.

그림 2는 1977年 8월에 觀測된 東海의 209線과 104線의 水溫의 垂直斷面圖이다.

東海中部 104線에서는 5°C 以下の 冷水가 50 m層까지 沿岸側으로 浸한 溫度傾斜를 이루면서 치솟아 오르는 것 같은 傾向을 볼 수 있다.

이 冷水塊는 年別로 그 程度의 差異는 있으나 夏季節에는 해마다 볼 수 있는 現象이다. 水平面으로 보면 죽산-죽변 沿岸이 그 세력이 가장 크고, 이를 中心으로 半圓形으로 南北으로 그 影響을 미친다.

또한 冷水塊의 年別 세력 消長은 大韓海峽을 거쳐 東海로 流入北上하는 對馬暖流세력의 크기와 이 海域부근의 南西風의 세기에 의해 좌우된다고 했다 (安, 1974; 承, 1974; 孔과 朴, 1969).

2. 湧昇水域의 磷酸鹽과 溶存酸素의 特異한 關係

湧昇流란 下層水가 어떤 物理的인 原因으로 因해 上層으로 垂直移動해서 올라오는 現象을 말한다. 下層水가 上部光合成層으로 上昇함에 따라 光合成이 酸化分解를 증가하게 되어 水中의 磷酸鹽濃도가 水塊上昇에 따라 低下하는 反面 溶存酸素의 濃도는 增加하게 된다. 그래서 어떤 水深 u 에서 採取한 磷酸鹽과 溶存酸素의 濃도를 P_u, O_u 라 하고 同一時刻에 水深 u 보다 얇은 任意의 水深 i 에서 採取한 磷酸鹽과 溶存酸素의 濃도를 P_i, O_i 라 하고 하면 $(P_u - P_i)$ 는 光合成으로 消費된 磷酸鹽의 量이고 $(O_i - O_u)$ 는 光合成으로 生成된 酸素의 量에 해당된다.

$(O_i - O_u)$ 에 對해 $(P_u - P_i)$ 관계를 垂直座標上에 그려 보면 同質의 水塊가 끊임없이 上昇하는 限 各點은 垂直座標上의 原點을 지나고 기울기가 $1(\mu g-at P/l) / 3(ml O_2/l)$ 인 直線上에 配列하게 된다. 만일 中間에 異質의 水塊가 水平으로 移動해 들어와 置換이 일어났다면 直線은 原點을 벗어나게 되고, 그 置換된 水塊가 다시 그곳에서부터 湧昇을 한다면 原點座標系에서 약간 벗어난 상태에서 기울기가 同一한 直線上에 다시 配列하게 된다. 그러나 水塊의 水平移動이 계속 일어나면 위의 生化學的 關係는 더 이상 成立하지 않을 것이다 (Sugiura, 1968).

東海沿岸의 表層부근까지 影響을 미치는 冷水塊가 底層에 있는 日本海固有冷水의 湧昇에 의한 것인지를 보기 위해 그림 1의 溶存酸素와 磷酸鹽을 測定한 沿岸 16個 地點에서 $(O_i - O_u)$ 에 對해 $(P_u - P_i)$ 의 關係를 그린 結果가 그림 3과 같다.

여기서 보면 209/04地點인 甘浦沿岸海域에서는 6

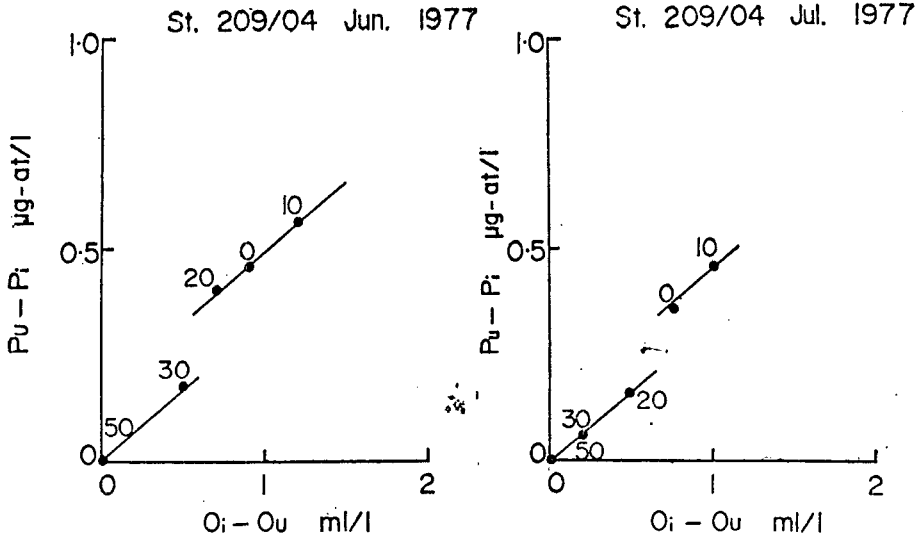


Fig. 3. Relationship between $(P_u - P_i)$ and $(O_i - O_u)$. P_u and O_u show phosphate and oxygen concentrations at the observational time at the particularly chosen subsurface depth, u . P_i and O_i show phosphate and oxygen concentrations at the observational time at the arbitrarily chosen depth, i .

月과 7월에 上述한 湧昇水域에서의 磷酸鹽과 溶存酸素의 特異한 直線關係를 찾아볼 수 있으나, 그 以北의 東海中部海域에서는 이런 關係를 거의 찾아볼 수 없었고, 여기서는 溶存酸素의 垂直分布가 低層이나 中層이 表層부근에 비해 溶存酸素量이 더 많은 酸素逆轉現象을 볼 수 있었다.

結局 1977年 夏季 本 調査期間內에서는 磷酸鹽과 溶存酸素와의 關係에서 볼 때 冷水塊가 出現하는 全 東海沿岸 海域中 甘浦부근의 東海南部 沿岸海域에서만 微약하나마 湧昇現象을 인정할 수 있었고, 冷水塊 出現이 가장 현저한 東海中部 沿岸海域에서는 湧昇現象은 인정할 수 없었으므로 여기서는 다른 어떤 機構에 의한 것으로 추정할 수 있겠다.

또한 甘浦부근의 東海南部 沿岸海域이 湧昇水域인 것이라는 또 다른 근거를 든다면 崔(1967)의 東海沿岸海域의 植物플랑크톤量 調査나 全과朴(1969)의 東海의 클로로필 分布調査結果를 보면 모두 夏季 및 秋季에 全 沿岸海域中 東海南部海域인 甘浦 울기 부근 海域이 가장 많은 分布量을 보였다는 것이다.

3. 冷水塊의 起源

夏季 東海沿岸海域의 構成 水塊를 보면 高溫($>20^{\circ}\text{C}$), 低鹽($<33.80\%$)의 對馬暖流表層水와 中溫($14\sim 17^{\circ}\text{C}$), 高鹽($34.30\sim 34.60\%$)의 對馬暖流中層水가 流入北上하고 있으며, 低溫(1°C 內外) 中鹽(33.96

$\sim 34.10\%$)의 日本海固有冷水가 대개 200 m 以深에 있고, 低溫($0.2\sim 4^{\circ}\text{C}$), 中溫($34.00\sim 34.05\%$)의 北韓寒流가 沿岸을 따라 南下하고 있다 (Suda and Hidaka 1932, Miyazaki and Abe 1960, Kajiura *et al.* 1968, 孔과朴 1969).

東海沿岸의 冷水塊의 起源을 찾기 위해 水溫이나 鹽分의 斷面圖를 보면 日本海固有冷水와 바로 連結이 되어 있어 日本海固有冷水가 마치 沿岸으로 湧昇하는 것 같이 보인다. 그러나 前述한 바와 같이 東海中部沿岸의 冷水塊는 低層水의 湧昇이 아니라고 한다면 北韓寒流가 沿岸을 따라 南下한 것으로 추정할 수 있는데 北韓寒流와 日本海固有冷水는 水溫鹽分이나 $T-S$ diagram 上의 分析으로는 거의 구별이 어려운 비슷한 性質을 가지고 있기 때문에 이것만으로는 冷水塊의 起源을 밝히기가 곤란하다.

그러나 溶存酸素를 보면 北韓寒流가 日本海固有冷水보다도 높고 對馬暖流中層水 보다 훨씬 높은 特性을 가지고 있기 때문에 σ_t-O_2 diagram으로 東海沿岸水의 水塊를 分析해 보았다.

그림 4는 國立水産振興院 海洋調査年報의 資料를 利用해서 1969年 2月과 8月に 102線에서 106線間의 表層에서 1000 m 層까지의 σ_t-O_2 diagram이다.

冬季에는 全海域 各層別의 값이 거의 한곳에 뭉쳐 있으나 夏季에는 A 라고 表示된 密度가 낮고 溶存酸素가 $5.0\sim 5.5\text{ ml/l}$ 정도인 對馬暖流表層水와 B 로

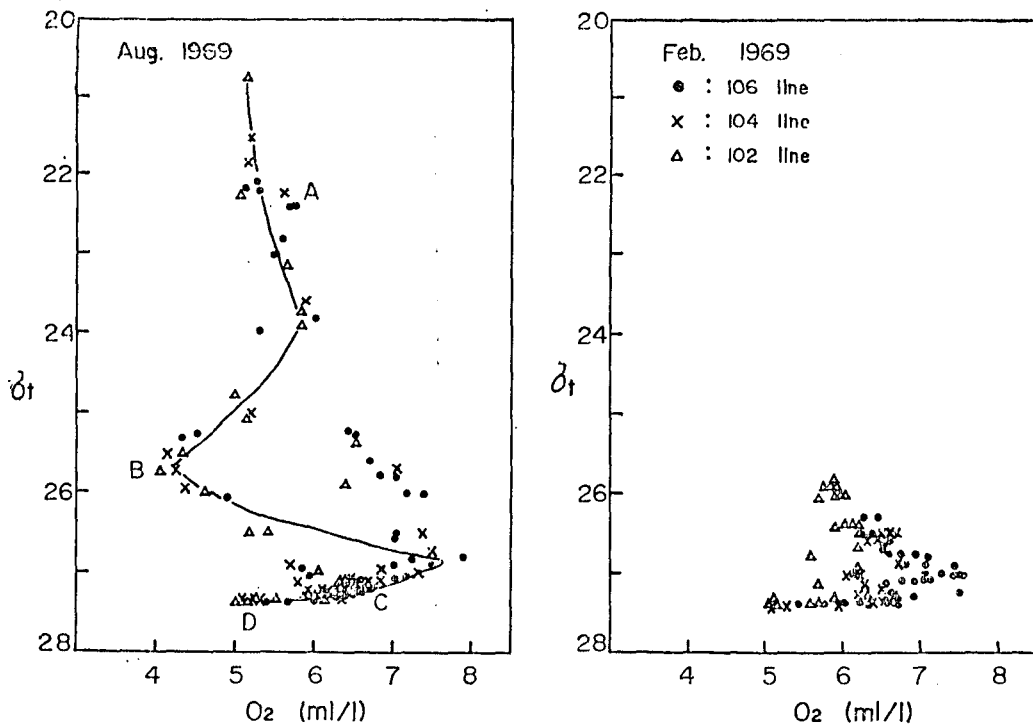


Fig. 4. σ_t - O_2 diagram for off the east coast of Korea in February and August 1969. "A" represents the surface water, "B" is the Tsushima Intermediate water, "C" is North Korean Cold water and "D" is the Proper water of Japan Sea.

表示된 σ_t 25.5 부근이고 용존酸素가 4.2~4.7 ml/l 로 낮은 對馬暖流中層水와 C로 表示된 σ_t 27.0 부근이고 용존酸素가 6.5~7.5 ml/l 로 가장 높은 北韓寒流系水와 D로 表示된 σ_t 27.2 부근이고 용존酸素가 5.2~6.0 ml/l 인 日本海固有冷水로 區別할 수 있다.

그림 5는 1969年 8月 東海의 용존酸素와 鹽分의 斷面圖중 104線과 106線의 것을 나타낸 것이다. 104線의 07點의 50 m 層 부근에 용존酸素가 4.5 ml/l 이하이고 鹽분이 34.5%인 對馬暖流 中層水에 해당되는 水塊가 있고, 그 下部에 용존酸素가 5.2~6.0 ml/l 이고 鹽분이 34.0% 인 日本海固有冷水가 있고, 한편 沿岸에 바짝 붙어서 30~50 m 층에 용존酸素가 7.5 ml/l 의 高酸素水塊가 보이는데 鹽分으로 보면 日本海固有冷水와 連結되어 있으나 용존酸素가 특이하게 높은 北韓寒流系水로 보인다.

沿岸側に 나타나는 高酸素水塊는 東海沿岸을 따라 북쪽으로 갈수록 그 세력이 크고 南으로 갈수록 작아져서 102線의 포항 부근 海域에서는 미약한 흔적을 나타낸다.

이로써 東海中部 沿岸海域에 나타나는 冷水塊의

起源은 日本海固有冷水의 湧昇이 아니고 北韓寒流系水가 沿岸을 따라 南下하는 것으로 보인다.

要 約

韓國 東海岸海域에서 夏季에 出現하는 冷水塊의 生成機構를 海洋化學의 側面에서 檢討한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 東海沿岸의 冷水塊 出現海域의 磷酸鹽과 溶存酸素의 특수한 關係를 調査한 結果 東海南部 沿岸海域인 甘浦부근 海域에서만 湧昇現象을 인정할 수 있었으나 그 以北 東海中部海域에서는 湧昇現象을 인정할 수 없었다.

2. σ_t - O_2 diagram에 의해 東海沿岸海域의 構成水塊를 分析하면 T-S diagram 으로는 區別하기 어려운 北韓寒流系水와 日本海固有冷水를 區別할 수 있었다.

3. 東海南部 沿岸海域을 除外한 東海中部 沿岸海域에 出現하는 冷水塊의 起源은 日本海固有冷水의 湧昇에 의한 것이 아니고, 北韓寒流가 沿岸을 따라 南下하는 現象 때문에 보인다.

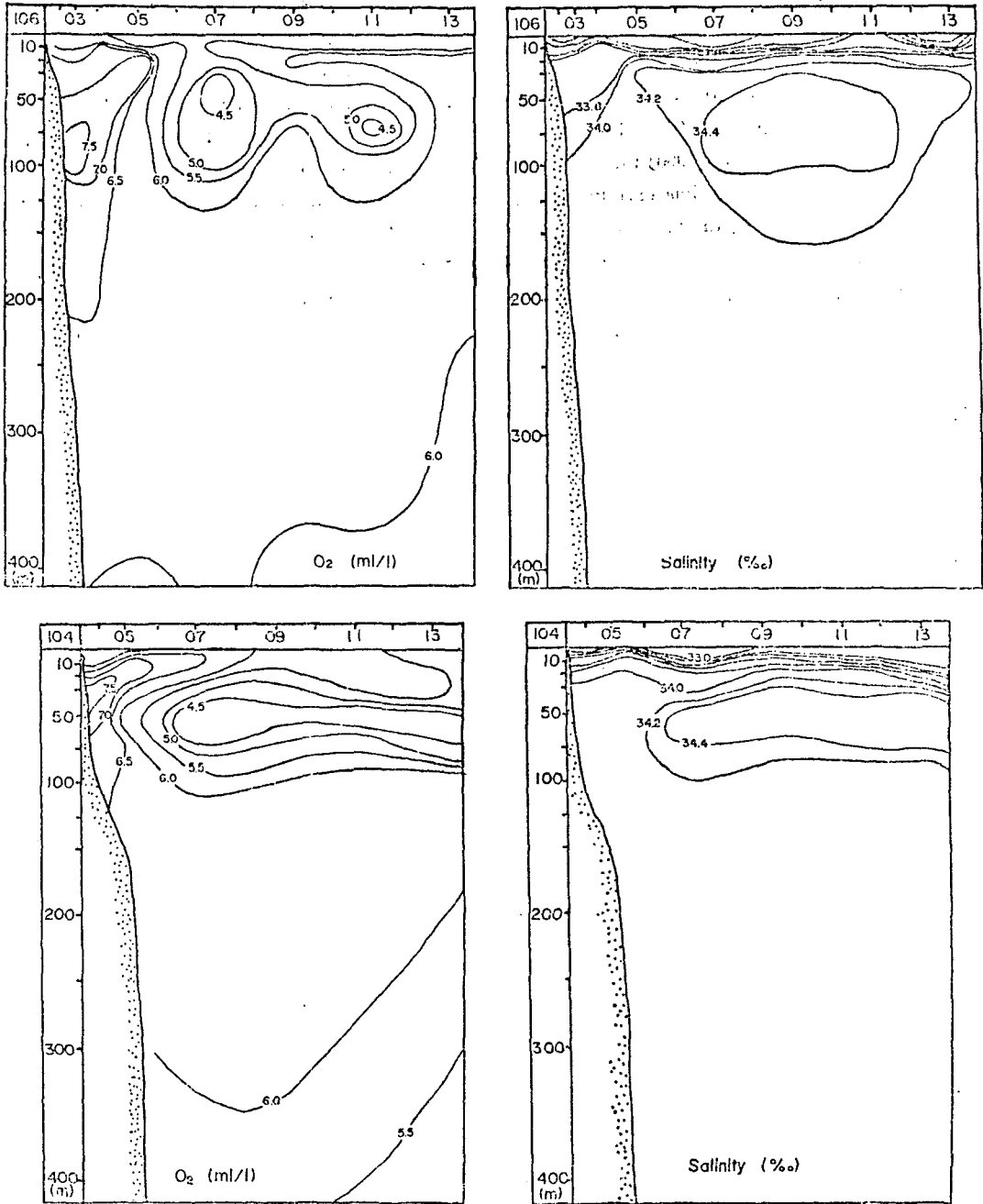


Fig. 5. Vertical distribution of dissolved oxygen and salinity for 104 and 106 line in August 1969

參 考 文 獻

安希洙(1974) : 韓國南東岸의 冷水塊에 對하여. 韓海誌 9(1,2), 10-18.

崔 相(1967) : 韓國海域의 植物플랑크톤에 關한 研究. 韓海誌 2(1,2), 1-12.

全基玉·朴濟吉(1969) : 韓國東海의 Chlorophyll分布에 關한 研究. 水産振興院 研究報告 4, 27-43.

孔泳·朴濟吉(1969) : 韓國東海 冷水塊의 海洋學的 特性. 水産振興院 研究報告 4, 69-91.

Kajiura, K., M. Tsuchiya and K. Hidaka(1958) :

- Report on the development of the Tsushima warm current. Fisheries agency Reports, 158—170.
- 林斗柄·張善德(1969) : On the cold water mass in the Korea Strait. 韓海誌 4, 71—82.
- Miyazaki, M. and S. Abe (1960) : On the water masses in the Tsushima current area. J. Oceanogr. Soc. Japan 16(2), 19—28.
- 承永鎬(1974) : 8月の韓國東岸에서의 水溫分布에 關한 力學的 考察. 韓海誌 9(1, 2), 52—58.
- Stricaland, J. D. H. and T. R. Parsons(1968) : A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Bd. Canada, Bull. 167, 49—55.
- Suda, K. and K. Hidaka(1932) : The results of the oceanographical observation on board R. M. S. Syumpumaru on the Japan Sea during the summer of 1929. Part 1. Jour. Oceanogr. 3(1, 2), 1—12
- Sugiura, Y. (1968) : Océanographie chimique au large de l'Oregon. La mer 6(2), 105—113.