

冬季 鎮海 · 馬山海域의 重金屬

郭 熙 相 · 李 鍾 華
韓國海洋開發研究所

HEAVY METALS IN THE SEA OFF JINHAЕ AND MASAN DURING WINTER PERIOD

Hi-Sang Kwak and Jong Wha Lee

Korea Ocean Research and Development Institute

ABSTRACT

A survey was conducted to determine the concentrations of six heavy metals, namely Fe, Cu, Zn, Pb, Hg and Cd, in the sea water off Jinhae and Masan during January and February, 1974.

The contents of Fe, Cu and Zn were the highest in Masan Bay, and decreased in order of Haengam Bay, Ungcheon area and Ungdong area. The Fe concentrations showed significant differences particularly in Masan Bay by depth.

All of these characteristics would contribute to the assumption that the pollution might have originated from Masan.

Pb contents varied in the range of 1.0~7.0 $\mu\text{g/l}$, but Haengam water contained the lowest concentrations of all areas surveyed.

The contents of Hg and Cd showed 0.1 $\mu\text{g/l}$ through survey regions respectively.

序 論

鎮海灣에 對한 調査는 海洋物理, 海洋化學 및 海洋生物學的인 側面에서 1956年 부터 거의 每年 調査되다시피 했으며 그 中 海洋化學的인 側面에서 調査된 것을 보면 1956年(振興院; 1961), 1959年(振興院; 1963), 1960(振興院; 1964 a), 1961年(振興院; 1964 b), 1962年(振興院; 1964 c), 1963年(振興院; 1965), 1966年(振興院; 1967), 1967年(振興院; 1968), 1968年(振興院; 1969), 1969年(Won; 1970), 1971年(振興院; 1972), 1972年(振興院; 1972), 1973年(振興院;

1973) 및 1974年度(振興院; 1974, Lee *et al.*; 1974 a, 1974 b)에 各各 調査되었다. 그러나 1966年 까지는 水溫과 鹽分에 對해서만 調査를 해왔었고 그 以後는 溶存酸素, pH, 營養鹽類($\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ 은 除外) 등이 追加되어 調査되어 왔다. 그러나 重金屬類에 對한 調査는 전혀 된 바 없고 비록 鎮海灣 뿐만 아니라 우리나라 周邊의 어느 海域에서도 海水中的 重金屬類를 調査한 일이 없다. 다만 元과 朴(1670)이 莞島 金밭에서 水質을 調査할 때 Soluble iron을, 李 等(1969)이 仁川, 麗水, 群山, 閑山島, 江陵 등지의 水質을 調査할 때 구리의 含量을 그리고 元과 金(1974)이 水營灣

에서 구리, 수은, 카드뮴을 調査한 記錄 程度이다. 한편 本 調査는 1974年 1,2월에 걸쳐 馬山 鎭海 附近의 水質을 調査할 때 全鐵分, 구리, 亞鉛, 납, 수은 및 카드뮴의 含量을 調査하였으며 이 結果를 앞으로 다른 海域의 調査值과 比較檢討될 수 있게 하기 위하여 發表하는 바이다. 本

資料 整理에 수고를 아끼지 아니한 洪在上氏에게 感謝하는 바이다.

調査內容 및 方法

馬山內灣과 行岩灣 그리고 이 두개 灣의 潮汐 流가 흐르는 熊川海域(振興院; 1972 b, 1973, 姜;

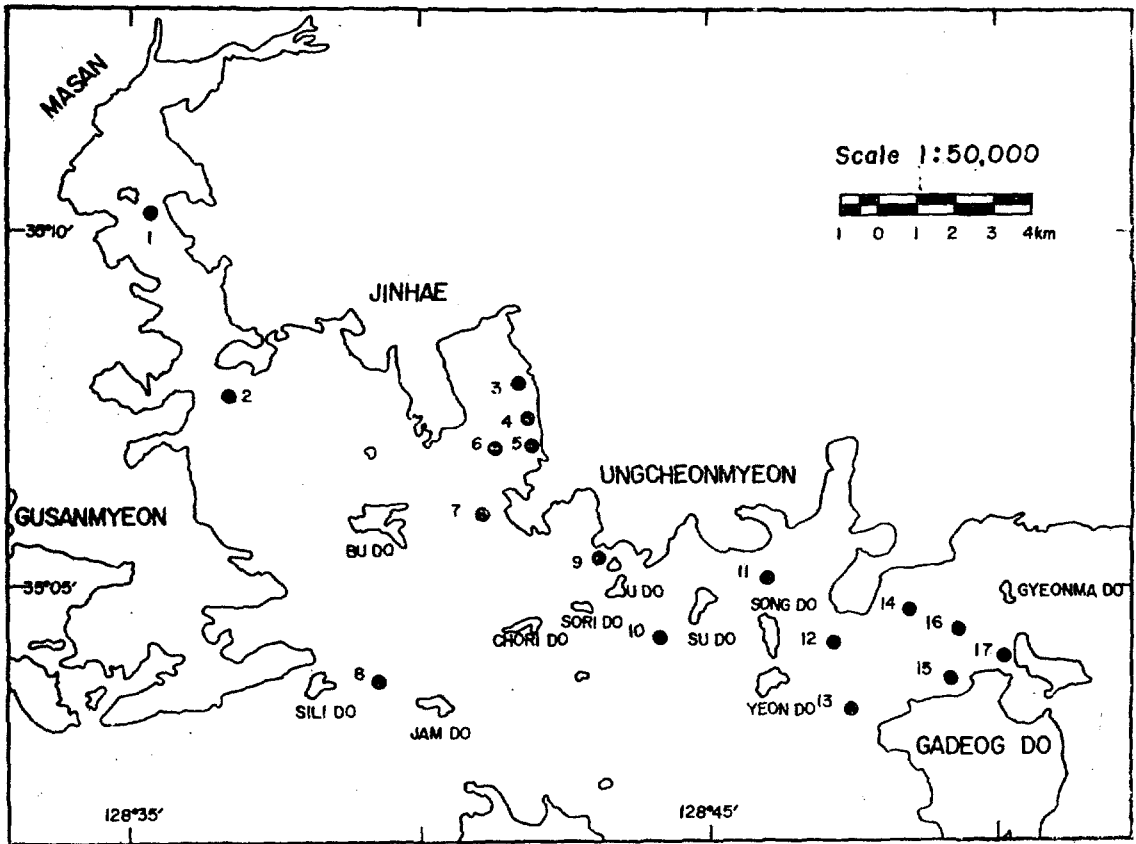


Fig. 1. Sampling stations in the sea off Jinhae and Masan.

1972, 李 外; 1974 a)의에 熊東海域까지를 包含하여 17個 調査定點을 設定하고(Fig. 1) 1974年 1月和 2월에 걸쳐 冬季에 있어서의 海水中的의 化學的 成分의 含量과 그 分布狀況을 調査할 때 (李 外; 1974 b) 海水中的의 重金屬의 含量과 分布狀況을 調査하기 위하여 全鐵分, 구리, 亞鉛, 납, 수은 및 카드뮴의 溶存量을 測定하였으며 그 方法은 다음과 같다. 이때 採水方法은 化學的 成分 測定 때(李 外; 1974 b)와 같았으며 重金屬 分析을 위한 試水는 各各 따로 前處理하여 얻어 있는 狀態에서 實驗室로 옮겨졌다.

鐵·구리·亞鉛·납

前處理된 試水를 pH 3.6에서 소더움 디에틸 디티오 카바이메트(Na D. D. C.) 및 메틸-이소-부틸 케톤(M. I. B. K)으로 抽出한 다음 波長 248.3 nm, 324.8 nm, 213.9 nm 및 217.0 nm에서 各各 吸光度를 測定하여 鐵, 구리, 亞鉛 및 납을 定量하였다(Varian Techtron; 1972, Duchart *et al*; 1973).

水銀

鹽化 주석으로 還元시킨 다음 Cold Yaporour Technique으로 波長 253.7 nm에서 吸光度를 測

定하여 定量 하였다(Olausson; 1973).

카드뮴

鹽基性溶液에서 디티오존-클로로포름 溶液으로 抽出한 다음 波長 253.7nm에서 吸光度를 測定하여 定量 하였다(Varian Techtron; 1972).

結 果

調査된 結果를 그림으로 나타내면 Fig. 2와 같으며 이를 海域別로 보면 table 1과 같다.

鐵 分

1, 2월을 통하여 馬山·行岩灣이 높았고(46~85 $\mu\text{g/l}$; 定點 6을 除外하고) 1월(5.0~93.0 $\mu\text{g/l}$)에는 實利島와 蠶島사이의 定點인 8이 소리島, 牛島 보다 높았던 것은 潮流의 影響인 듯 하다(振興院; 1972 b, 1973, 姜; 1972, 李 外; 1974 a). 그러나 草利島, 牛島, 松島 附近 海域인 熊川 앞에서는 상당히 낮은 값을 나타냈었다가 熊東海域으로 가면서 높아지는 傾向 이었으나 2월(8.0~88.0 $\mu\text{g/l}$)에는 그렇지만도 않았으며 全體的으로 規則的인 分布는 없었고 다만 行岩灣 入口의 中間地點인 定點 6에서 1, 2월을 통하여 20 $\mu\text{g/l}$ 以下の 낮은 값을 나타냈던 것이 주목된다(Table 1, Fig. 2).

이와같은 含量은 太平洋海水 內的 3.4 ppb(Lewis and Goldberg; 1954)나 太平洋沿岸水의 17.8 ppb(Laevestu and Thomson; 1958), 또 Southampton의 7.7~16.0 ppb(Head; 1971) 및 東쪽 太平洋의 3.7~9.8 ppb(Spencer et al; 1970) 보다는 상당히 높은 값이다. 그러나 日本沿岸에서는 156 ppb 까지도 報告되고 있지만(Hashitani and Yamamoto; 1956) 이러한 含量範圍는 陸上 灣內의 含量과 비슷한 높은 水準으로(Choe and Kwak; 1970) 周邊海域에서의 産業活動의 結果라고 볼 수 있겠다.

구 리

1월의 變動範圍는 4.0~57.0 $\mu\text{g/l}$ 이며 中·底層(7.0~57.0 $\mu\text{g/l}$)에 比하여 表層(4.0~20.0 $\mu\text{g/l}$)이 뚜렷하게 낮은 分布였다. 牛島, 소리島, 草利島, 蠶島, 實利島를 連結하는 內灣側의 含量이 높게 나타났으며 이 중에도 中·底層의 含量이 13~57 $\mu\text{g/l}$ 範圍로 大部分이 20 $\mu\text{g/l}$ 以上の 分布였던 反面 其他 海域은 水深에 따른 變動幅도 뚜

렷하지 못할 뿐만 아니라 含量面에서도 4~22 $\mu\text{g/l}$ 의 範圍로 낮아졌다. 2월에는 全體的으로 1월에 比하여 含量이 낮고(0.5~24.0 $\mu\text{g/l}$) 表層과 中·底層의 差異는 全 調査定點을 통하여 表層이 낮았다. 1월과는 反對로 內灣側이 含量은 적었으며 表層과 中·底層과의 差異는 灣外側이 더 컸고 含量 自體도 높았다. 牛島 以東은 1월과 2월의 含量이 뚜렷한 差異를 볼 수 없었으며 牛島 以西인 定點 8에서 1, 2월 모두 表層의 含量이 낮은 것은 밀물때 採水 했기때문인 것으로 解析할 수 있겠다.

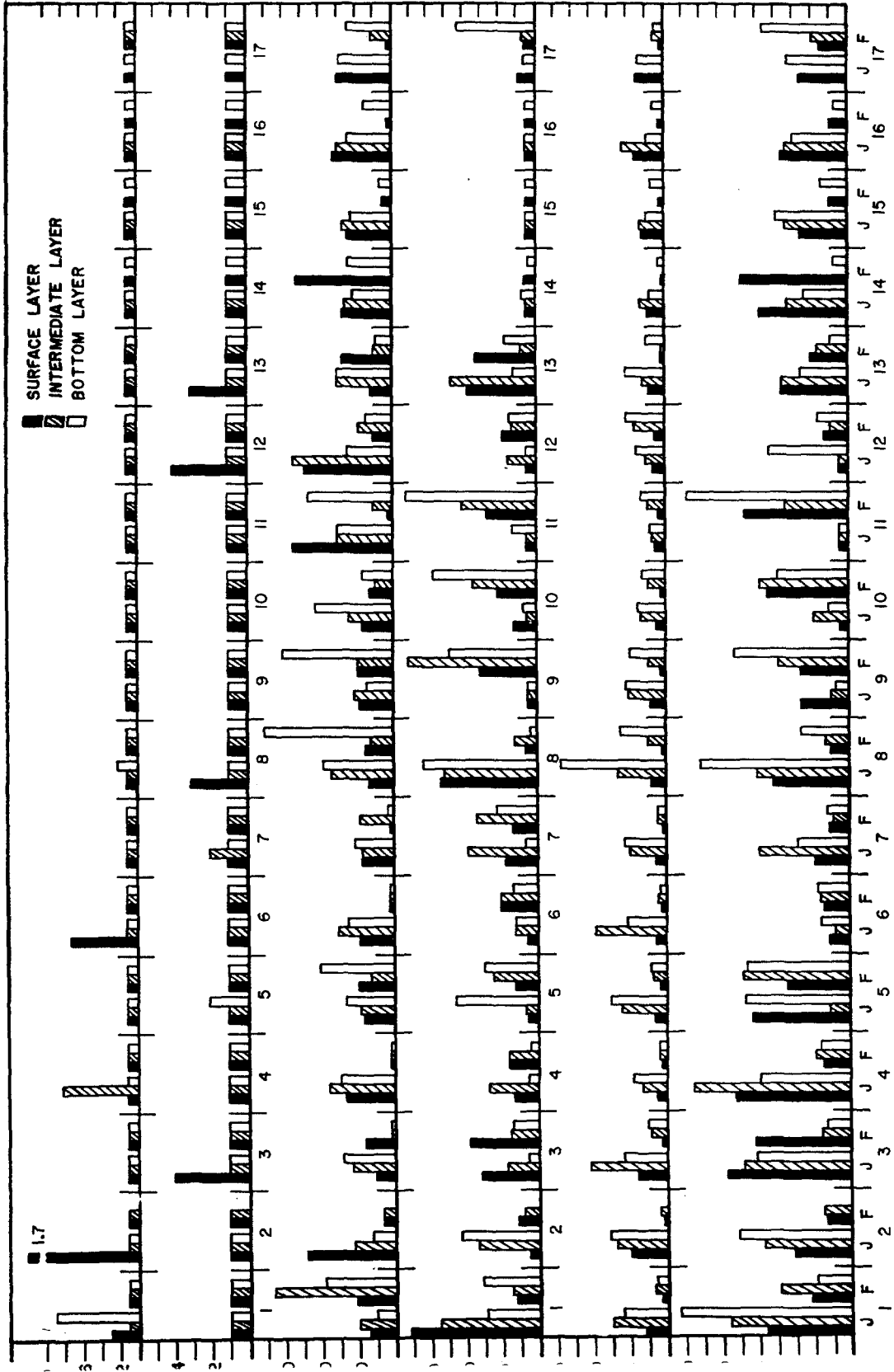
이와같은 濃度는 北太平洋의 1 ppb를 넘지않는 것(Spencer et al; 1970)에 比하면 상당히 높은 含量이며 北大西洋에서는 平均 0.26 ppb(Preston; 1973)였다. Eastern Irish Sea나 Severn estuary에서의 含量이 各各 3.6 및 4.6 ppb로 (Preston; 1973)이는 周邊海域의 産業廢水에 起因한다고 했다.

亞 鉛

1월에는 5.0~72.0 $\mu\text{g/l}$ (平均 17.86 $\mu\text{g/l}$)의 範圍內에서 變動하였으며 馬山에서의 含量(5.0~72.0 $\mu\text{g/l}$, 平均 39.50 $\mu\text{g/l}$)이 行岩灣의 그것(5.0~45.0 $\mu\text{g/l}$, 平均 15.40 $\mu\text{g/l}$) 보다 훨씬 높으며 定點 8에서 50 $\mu\text{g/l}$ 以上の 含量을 보인 것은 역시 馬山內灣의 影響인 듯 하다. 그 外의 定點에서는 상당히 낮은 값을 나타냈으나 加德島 東北端인 定點 13에서의 높은 量은 正確한 要因을 알기 힘들다. 2월에는 3.0~72.0 $\mu\text{g/l}$ (平均 21.04 $\mu\text{g/l}$) 範圍內에서 變動하여 變動範圍는 1월과 비슷하나 平均値에서 높은 값이 나왔다. 1월에 높았던 定點 8에서 顯著히 낮은 값을 보여 各各 51.0~6.30 $\mu\text{g/l}$ (1월)과 3.0~12.0 $\mu\text{g/l}$ (2월)을 나타냈다. 또한 1월에는 낮은 값을 보였던 熊川面 앞에서 馬山內灣이나 行岩灣보다 높은 21.0~72.0 $\mu\text{g/l}$ 로 2월에 나타났으며 熊東海域에서는 1월과 비슷한(4.0~43.0 $\mu\text{g/l}$, 平均 12.60 $\mu\text{g/l}$) 값이었다. 以上 1, 2월을 통하여 3.0~72.0 $\mu\text{g/l}$ 로 平均 20 $\mu\text{g/l}$ 에 가까운 含量이었으며 이를 他 海域과 比較해보면 地中海의 crete沿岸 表層海水의 24.7 ppb, Gulf of Aden의 26.7 ppb, Arabian Sea 北端의 33.6 ppb(Fonselius; 1968), Irish sea東端의 26.6 ppb(Preston; 1973), California Monterey

TABLE 1. Range and mean values of heavy metal in the sea off Jinhae and Masan during Winter period in 1974.

| Area | Parameter | | Water Temp. (°C) | Salinity (‰) | Fe (µg/l) | Cu (µg/l) | Zn (µg/l) | Pb (µg/l) | Hg (µg/l) | Cd (µg/l) |
|--------------|-----------|-----------|---------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Month | Partition | | | | | | | | |
| MASAN Bay | Jan. | Range | 5.6~8.6 | 32.75~34.23 | 31.0~93.0 | 12.0~31.0 | 5.0~72.0 | 1.2~4.8 | 0.1 | 0.1~1.7 |
| | | Mean | 6.22 | 32.96 | 57.33 | 24.00 | 39.50 | 2.18 | 0.10 | 0.53 |
| | Feb. | Range | 4.2~8.8 | 33.24~33.56 | 14.0~39.0 | 1.0~7.0 | 8.0~31.0 | 0.6~6.6 | 0.1 | 0.1 |
| | | Mean | 6.88 | 33.40 | 21.80 | 4.20 | 15.40 | 2.74 | 0.10 | 0.10 |
| | Whole | Range | 4.2~8.8 | 32.75~34.23 | 14.0~93.0 | 1.0~31.0 | 5.0~72.0 | 0.6~6.6 | 0.1 | 0.1~1.7 |
| | | Mean | 6.52 | 33.33 | 41.18 | 15.00 | 28.55 | 2.44 | 0.11 | 0.34 |
| HAENGAM Bay | Jan. | Range | 6.0~7.3 | 32.77~34.23 | 8.0~85.0 | 5.0~42.0 | 5.0~45.0 | 1.0~3.5 | 0.1~0.4 | 0.1~0.8 |
| | | Mean | 6.73 | 33.29 | 44.0 | 20.08 | 15.25 | 2.37 | 0.13 | 0.21 |
| | Feb. | Range | 5.0~6.5 | 33.68~33.96 | 13.0~53.0 | 2.0~10.0 | 12.0~38.0 | 0.1~4.0 | 0.1 | 0.1 |
| | | Mean | 5.88 | 33.79 | 27.17 | 4.83 | 19.25 | 0.79 | 0.10 | 0.10 |
| | Whole | Range | 5.0~7.3 | 32.77~34.23 | 8.0~85.0 | 2.0~42.0 | 5.0~45.0 | 0.1~4.0 | 0.1~0.4 | 0.1~0.8 |
| | | Mean | 6.30 | 33.58 | 35.58 | 12.46 | 17.25 | 1.58 | 0.12 | 0.15 |
| UNGCHON Area | Jan. | Range | 7.2~9.0 | 33.21~33.75 | 5.0~81.0 | 4.0~57.0 | 5.0~63.0 | 1.3~5.4 | 0.1~0.3 | 0.1~0.2 |
| | | Mean | 8.10 | 33.49 | 24.07 | 15.80 | 19.33 | 2.59 | 0.12 | 0.11 |
| | Feb. | Range | 6.0~8.5 | 33.75~34.29 | 9.0~88.0 | 0.5~24.0 | 3.0~72.0 | 0.1~7.0 | 0.1 | 0.1 |
| | | Mean | 7.07 | 33.97 | 34.33 | 8.03 | 32.80 | 2.07 | 0.10 | 0.10 |
| | Whole | Range | 6.0~9.0 | 33.21~34.29 | 5.0~88.0 | 0.5~57.0 | 3.0~72.0 | 0.1~7.0 | 0.1~0.3 | 0.1~0.2 |
| | | Mean | 7.58 | 33.75 | 29.20 | 11.92 | 26.07 | 2.33 | 0.11 | 0.10 |
| UNGDONG Area | Jan. | Range | 9.0~9.6 | 33.24~34.05 | 5.0~48.0 | 6.0~22.0 | 5.0~47.0 | 1.1~5.4 | 0.1~0.4 | 0.1 |
| | | Mean | 9.22 | 33.60 | 30.24 | 12.47 | 10.76 | 2.88 | 0.14 | 0.10 |
| | Feb. | Range | 5.5~8.5 | 33.98~34.31 | 8.0~58.0 | 1.0~21.0 | 4.0~43.0 | 0.1~5.2 | 0.1 | 0.1 |
| | | Mean | 6.47 | 34.15 | 18.40 | 5.93 | 12.60 | 1.51 | 0.10 | 0.10 |
| | Whole | Range | 5.5~9.6 | 33.24~34.31 | 5.0~58.0 | 1.0~22.0 | 4.0~47.0 | 0.1~5.4 | 0.1~0.4 | 0.1 |
| | | Mean | 7.93 | 33.87 | 24.69 | 9.41 | 11.63 | 2.23 | 0.10 | 0.09 |
| WHOLE Area | Jan. | Range | 5.6~9.6 | 32.75~34.23 | 5.0~93.0 | 4.0~57.0 | 5.0~72.0 | 1.0~5.4 | 0.1~0.4 | 0.1~0.7 |
| | | Mean | 7.93 | 33.41 | 34.94 | 16.68 | 17.86 | 2.59 | 0.13 | 0.19 |
| | Feb. | Range | 4.2~8.8 | 33.24~34.31 | 8.0~88.0 | 0.5~24.0 | 3.0~72.0 | 0.1~7.0 | 0.1 | 0.1 |
| | | Mean | 6.55 | 33.91 | 26.09 | 6.14 | 21.04 | 1.63 | 0.10 | 0.10 |
| | Whole | Range | 4.2~9.6 | 32.75~34.31 | 5.0~93.0 | 0.5~57.0 | 3.0~72.0 | 0.1~7.0 | 0.1~0.4 | 0.1~1.7 |
| | | Mean | 7.26 | 34.05 | 30.65 | 11.57 | 19.40 | 2.12 | 0.11 | 0.14 |



SAMPLING STATION

Fig. 2. Concentrations of heavy metals in the sea off Jinhae and Masan.

Bay의 1.0~7.0 ppb (Knauer and Martin; 1973)와 같은 沿岸海水에 比하여는 그리 높은 편이 못되나 紅海 中央部의 2.4 ppb (Fonselius; 1968)나 東北 太平洋 海水의 1.1~8.9 ppb (Spencer; 1970)보다는 상당히 높은 값으로 沿岸에서 멀리 떨어져 질수록 減少하는 것 같다.

납

1月中의 變動範圍는 1.0~5.4 $\mu\text{g}/\text{l}$ (平均 2.59 $\mu\text{g}/\text{l}$)이었으며 (Table 1) 全 調査定點을 통하여 獨特한 分布는 없었으나 다만 熊川과 熊東 接境部인 定點 11, 12에서 2.0 $\mu\text{g}/\text{l}$ 以上の 값을 나타냈고 行岩灣이나 定點 8 같은데서는 中·下層이 表層보다 含量이 높은 값이 나왔다. 熊東 海域에서는 다른 海域보다 다소 높은 값을 보였다. 2月 中에는 0.1~7.0 $\mu\text{g}/\text{l}$ (平均 1.63 $\mu\text{g}/\text{l}$)의 變動範圍를 보였고 1月에 比하여 上·中層은 대체로 낮은 傾向 이었으나 底層에서는 상당히 不規則한 樣狀을 보였다.

外洋水에서는 1 ppb以下(Knauer and Martin; 1973)이고 正常海水에서는 0.01~0.3 ppb(Andrén; 1973)라고 했으며 Preston (1973)은 大西洋內의 含量이 1.02 ppm인데 비하여 Eastern Irish Sea에서는 2.3 ppb인 것은 周邊에서의 産業活動의 結果라고 했다.

水銀

1月에는 몇몇 定點에서는 水層에 따라 0.1 $\mu\text{g}/\text{l}$ 以上이 나오는 境遇도 있었지만 大部分이 0.1 $\mu\text{g}/\text{l}$ 로서 平均値는 0.13 $\mu\text{g}/\text{l}$ 였고 最高値는 定點 3과 12의 表層에서 0.4 $\mu\text{g}/\text{l}$ 였다. 2月에는 全 調査定點의 全體水層에서 均一하게 0.1 $\mu\text{g}/\text{l}$ 로 測定되어 海域別로 이렇다할 特色이 없었다. 이러한 濃度는 一般的으로 外洋水에서 0.1 ppb 以下라는 報告(Andrén; 1973)와 比較하면 다른 重金屬類 처럼 높지는 않으며 大西洋 表層水의 28~98 $\mu\text{g}/\text{l}$ 나 地域적으로 特殊한 南極海의 20.8 $\mu\text{g}/\text{l}$ (Gardner and Riley; 1974)와는 상당한 距離가 있다.

카드뮴

1月에는 馬山內灣과 行岩灣內에서 各各 0.1~1.7 $\mu\text{g}/\text{l}$ (平均 0.53 $\mu\text{g}/\text{l}$), 0.1~0.8 $\mu\text{g}/\text{l}$ (平均 0.21 $\mu\text{g}/\text{l}$)로 變動했고 定點 8의 底層에서 나타난 0.2 $\mu\text{g}/\text{l}$ 를 除外하면 全海域에서 0.1 $\mu\text{g}/\text{l}$ 였고 2月에는 水銀의 含量과 같이 모두 0.1 $\mu\text{g}/\text{l}$ 였다.

카드뮴에 대해서는 Preston (1973)이 太平洋 海水에서 0.04 ppb로 檢出했으나 Eastern Irish Sea 및 Severn estuary에서는 各各 0.6 ppb 및 7.7ppb를 얻어 産業活動의 結果라고 했으며 Knauer and Martin (1973)은 外洋水에서 0.03 ppb임에 比하여 Monterey Bay에서는 0.30 ppb라고 報告했다.

考 察

현의상 全 調査定點을 4個海域 即 馬山內灣(定點 1~2), 行岩灣(定點 3~6), 熊川海域(定點 7~11) 그리고 熊東海域으로 나누어 各各 重金屬類의 特徵을 살펴보면 表 1 및 Fig. 3과 같으며 各海域마다의 特色은 다음과 같다.

全鐵分은 1月에는 馬山內灣에서 第一 높았고 行岩灣에서 좀 낮은 값을 보였으나 熊川海域에 와서는 顯著히 減少되었다가 熊東海域으로 가면서 약간 높아졌고(海域間의 差가 5% 有意水準) 2月에는 反對로 馬山內灣, 行岩灣 및 熊川海域 順으로 漸次 增加되었다가 熊東海域에서 顯著히 낮았다(그림 3). 그리하여 熊川海域에서 제일 높았고 熊東海域에서 제일 낮았다. 그러나 그 差가 有意水準에는 미치지 못하였다. 全體적으로 1月 보다는 2月에 全 調査定點의 含量이 낮았으며(5%의 有意水準) 1, 2月을 통털어보면 馬山內灣, 行岩灣, 熊川海域, 熊東海域 順으로 全鐵分 含量이 낮아지고 馬山·行岩 두灣은 全 調査 定點의 全體平均値(30.65 $\mu\text{g}/\text{l}$)보다 높았으며 熊川·熊東海域은 낮았다(有意水準 5%) 이런 現象은 一般 海水의 含量 20 ppb (Sverdrup et al; 1970) 보다 높은 것으로 馬山內灣으로 부터 흐르는 汚水의 影響으로 보이며 繼續해서 充分한 調査가 行해진 후에야 確實한 原因이 밝혀지겠다. 또 馬山內灣에서는 水層別 差異가 뚜렷하였다.

구리의 分布狀況을 그림 3에서 보면 1月에는 馬山內灣이 제일 높고 行岩灣, 熊川海域, 熊東海域 順으로 含量이 減少되지만 2月에는 1月과 比較하여 顯隔한 濃度의 差를 보였으며 全體적으로 平均値가 10 $\mu\text{g}/\text{l}$ 以下여서 一般海水의 10 ppb (Sverdrup et al; 1970)보다 오히려 낮은 편이

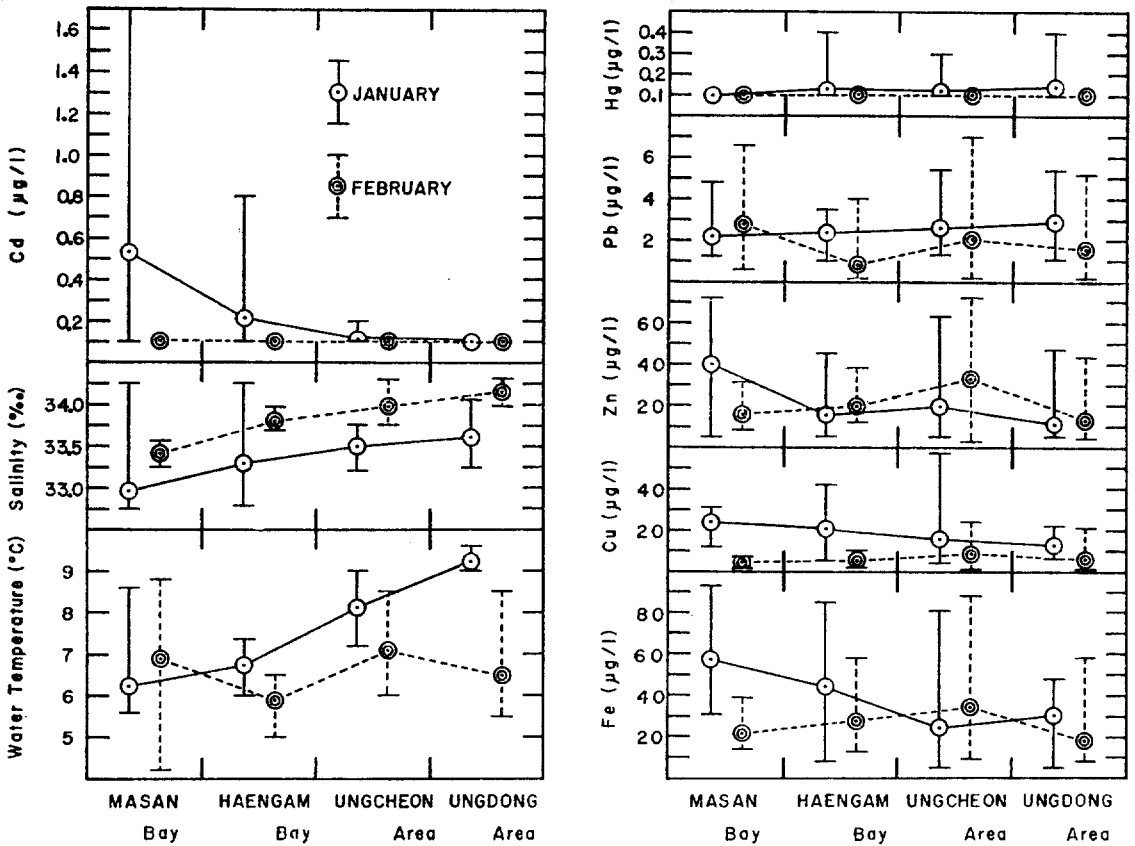


Fig. 3. Distributions of heavy metals in the study area off Jinhae and Masan during winter period.

지만 熊東海域에서 제일 높았다 (5%의 有意水準). 또 上層과 中層(有意水準 5%) 및 底層間(有意水準 1%)에는 濃度の 差異가 顯著했다. 1, 2月을 통해서 역시 全鐵分의 含量分布와 같은 樣相을 보였으나 熊東海域의 平均值만이 全體平均值 以下였다(有意水準 1%).

亞鉛의 分布는 平均值로 볼때 1月에 馬山內灣 (28.55 µg/l)에서 제일 높았고(有意水準 1%) 行岩灣에서는 그의 2/3以下로 떨어졌다가 熊川流域에서 다시 높아졌으며 熊東海域에서 다시 減少되어(有意水準 1%) 最低 값을 보였다. 그리고 水層間에는 5% 有意水準으로 그 差를 認定할 수 있었다. 그러나 2月에는 馬山內灣, 行岩灣, 熊川海域 順으로 增加 되다가 熊東海域에서 2月中 가장 낮은 分布를 보였다(有意水準 5%). 全體적으로 1, 2月을 통하여 1月에 馬山內灣의 分布相을 除外하고는 1月の 含量이 2月보다 그림 3에서는 약간 낮게 보이지만 有意的인 差는 認定

되지 않았다. 全體 平均값으로 보면 馬山內灣과 熊川海域이 비슷한 水準으로 높았고 行岩灣과 熊東海域이 全體 平均値보다 낮은 값으로 나타났으며 熊東海域(11.63 µg/l)이 제일 낮았다. 그러나 이 熊東海域도 一般海水의 5 ppb (Sverdrup et al; 1970) 보다 2倍 정도 높았고 特히 馬山內灣에서의 높은 含量은 産業活動의 結果라고 볼 수 있겠으나 熊川海域에서는 1月에 行岩灣의 濃度보다 약간 높은 것은 定點 8의 높은 含量 때문이고 이 定點 8은 馬山內灣의 潮流의 影響이라고 볼 수 있지만 2月에 牛島, 松島, 牛島 近處(定點 9, 10, 11)의 높은 分布는 이번과 같은 短期 調査로는 그 原因을 明確히 糾明하기가 어렵겠다.

납의 분포는 그림 3에서 보는 바와 같이 平均值로 보면 1月에 馬山內灣, 行岩內灣, 熊川海域 熊東海域 順으로 緩慢하게 增加되는 傾向이었으나 2月에는 亞鉛의 1月 分布相과 恰似하다. 그

러나 行岩灣에서 $1 \mu\text{g}/\text{l}$ 以下로 一般海水의 4 ppb (Sverdrup *et al*; 1970)보다 낮았던 것이 特記할만 하다(有意水準 5%). 이런 現象이 1,2월의 全體平均에도 影響을 미쳐서 全 調查海域이 平均 $2.12 \mu\text{g}/\text{l}$ 로 비슷한 分布를 보이나 行岩灣이 唯獨 $1.58 \mu\text{g}/\text{l}$ 로 낮았으며(有意水準 5%) 月別 差는 1월이 $2.59 \mu\text{g}/\text{l}$ 로 2월의 $1.63 \mu\text{g}/\text{l}$ 보다 顯著히 높았다. 이러한 現象으로 보면 調查海域의 어떤 特定 地域에서 汚染 現象이 일어난다고 보기는 힘들겠으며 本 調查海域 以外の 他海域으로 부터의 影響인듯 하다. 여하튼 長期的이고 定期的인 調查만이 原因을 完全히 파악할 수 있는 方法이라고 보겠다.

水銀의 含量은 1월에 平均値로 보면 海域에 따라 수치로는 變動이 있었다고 나타났으나 實際에서는 몇몇 調查定點에서의 不規則한 現象에 起因한 것이며 대체로 $0.1 \mu\text{g}/\text{l}$ 이어서 全體的인 1, 2월의 差異나 海域에 따른 變動은 없었다. 이는 一般的인 外洋水와 비슷한 含量이다. 카드뮴의 濃度分布도 水銀의 含量과 같으나 外洋水에서의 濃度보다는 높았다. 그러나 이는 아직 沿岸으로부터의 汚染으로만 보기는 힘들겠으며 地域的 特性인지 혹은 汚染의 結果인지는 長期的이고 規則的으로 他海域과 比較調查되어야 될 것이다.

또한 調查된 各 重金屬間의 相關성은 전혀 없는 것으로 分析 되었다.

要 約

全鐵分은 1월보다 2월에 全 調查海域에서 그 含量이 낮았으며 1, 2월을 통하여 馬山內灣 보다는 行岩灣, 熊川海域, 熊東海域으로 갈수록 漸次的으로 그 濃度가 낮아진다. 또 馬山內灣에서는 水層에 따라 濃度의 差가 크다. 이런 現象으로 보아 馬山內灣으로 부터의 汚染이라고 볼 수 있겠다.

구리의 含量分布는 全 調查海域을 통하여 $10 \mu\text{g}/\text{l}$ 以下이지만 表層에 比한 中層 및 底層에서의 含量 差가 나타났다. 1,2월을 통한 分布樣相은 全鐵分과 같다.

亞鉛의 分布는 馬山 行岩灣이 높고 熊川, 熊東海域이 낮으며 水層間의 分布差異도 認定된다.

납의 分布狀態는 1,2월을 통하여 비슷한 分布를 보이지만 行岩灣이 낮게 나타났다. 이러한 樣相으로 미루어 보아 本 調查海域內에서 汚染이 일어난다고 하기는 힘든 것으로 보인다.

水銀의 含量은 대체로 全 調查海域이 $0.1 \mu\text{g}/\text{l}$ 의 水準이었다.

카드뮴은 1,2월을 통하여 均一한 分布를 보였으나 外洋水 보다는 높은 편이었다.

以上에서 볼때 水銀을 除外한 全鐵分, 구리 및 亞鉛의 含量은 馬山內灣이 높았고 全 調查海域이 外洋水보다 높은 狀態였으며 납이나 카드뮴은 全 調查海域에서 대체로 均一하게 分布하지만 역시 外洋水와 比較하여 높은 狀態였고 단지 水銀의 分布만이 全 調查海域에서 外洋水와 비슷한 含量이었다.

그리고 調查對象이었던 重金屬間의 相互相關성은 없었다.

參 考 文 獻

- Alexander, J. E. and E. F. Corcoran. 1967. The distribution of copper in tropical sea-water. *Limnol. Oceanogr.*, 2: 236~242.
- Andrén, L. 1973. Marine Pollution and World Fisheries. FAO/SIDA, FIR/TPLR/73/2.
- Central Fisheries Experimental Station. 1961. Annual Report of Oceanographic Observations. Ministry of Agriculture and Forestry, 5~6: (1956).
- Central Fisheries Research Station. 1963. Annual Report of Oceanographic Observations. Ministry of Agriculture and Forestry, 8: (1969).
- Choe, S. and H. S. Kwak. 1970. The concentration and distribution of iron in the water of lake Eui-Am. *J. Oceanolo. Soc. Korea*, 5: 52~58.
- Duchart, P., S. E. Calvert and N. B. Price. 1973. Distribution of trace metals in the pore waters of shallow water marine sediments. *Limnol. Oceanogr.*, 18:605~610.
- Fisheries Research and Development Agency.

- 1964 a. Annual Report of Oceanographic Observations. Fish. Res. Dev. Agency, 9: (1960), Busan, Korea.
Fisheries Research and Development Agency.
- 1964 b. Annual Report of Oceanographic Observation. Fish. Res. Dev. Agency, 10: (1971), Busan, Korea.
Fisheries Research and Development Agency.
- 1964 c. Annual Report of Oceanographic Observation. Fish. Res., Dev. Agency, 11: (1962), Busan, Korea.
Fisheries Research and Development Agency.
1965. Annual Report of Oceanographic Observations. Fish. Res. Dev. Agency, 12: (1963), Busan, Korea.
Fisheries Research and Development Agency.
1967. Annual Report of Oceanographic Observations. Fish. Res. Dev. Agency, 15: (1966), Busan, Korea.
Fisheries Research and Development Agency.
1968. Annual Report of Oceanographic Observations. Fish. Res. Dev. Agency, 16: (1967), Busan, Korea.
Fisheries Research and Development Agency.
1969. Bulletin of Fisheries Research and Development Agency. Fish. Res. Dev. Agency, No. 4: Busan, Korea.
Fisheries Research and Development Agency.
- 1972 a. Report of Environmental Factors in the Coastal Growing Areas. Fish. Res. Dev. Agency, No. 12: Busan, Korea.
Fisheries Research and Development Agency.
- 1972 b. Report of Water Pollution Surveys in Korea. Fish. Res. Dev. Agency, No. 15: (1967~1971), Busan, Korea.
Fisheries Research and Development Agency.
1973. Report of Environmental Factors in the Coastal Growing Areas. Fish. Res. Dev. Agency, No. 17: Busan, Korea.
Fisheries Research and Development Agency.
1974. Technical Report of Environmental Factors in the Coastal Growing Areas. Fish. Res. Dev. Agency, No. 21: Busan, Korea.
- Fonselius, S. M. 1968. Some trace metal analyses in the mediteranean, the Red Sea and the Arabian Sea. Bull. Inst. Oceanogr. Monaco, 69: No. 1407.
- Gardner, D. and J. P. Riley. 1974. Mercury in the Atlantic around Iceland. J. Cons. int. Explor. Mer, 35: 202~204.
- Hashitani, H. and K. Yamamoto. 1959. Simultaneous determination of traces of iron and albumin in the sea-water. J. Chem. Soc. Japan (Pure Chemistry Section), 80: 727~731.
- Head, P. C. 1971. Observations on the concentration of iron in sea-water, with particular reference to Southampton water. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 18: 891~903.
- Kang, J. W. 1972. Diseases of the cultivated "porphyra" at culture beds with special reference to the effects of fertilizer plant effluents. Bull. Korean Fish. Soc., 5: 39~44.
- Knauer, G. A. and J. H. Martin. 1973. Seasonal variations of cadmium, copper, manganese, lead and zinc in water and phytoplankton in Monterey Bay, California. Limnol. Oceanogr., 18: 597~604.
- Laevestu, T. and T. G. Thomson. 1958. Soluble iron in coastal waters. J. Mar. Res., 16: 192~198.
- Lee, C., N. K. Chang and S. S. Choe. 1969. Studies on environmental factors in marine bivalve culture. Bull. Korean Fish. Soc., 2: 33~40.
- Lee, J. W., C. S. Kim, B. K. Park, H. S. Kwak, S. J. Han and O. K. Youn. 1974 a. Studies on the oceanographical phenomenon in Jinhae Bay and its adjacent sea during 1973~1974. KIST Report, BSHGI-536-5, Seoul, Korea.
- Lee, J. W., C. S. Kim and H. S. Kwak. 1974 b.

- Studies on the distribution of chemical contents in the sea off Jinhae during winter period. *J. Oceanolo. Soc. Korea*, 9:39~51.
- Lewis, G. E. and E. D. Goldberg. 1954. Iron in marine waters. *J. Mar. Res.*, 13:183~197.
- Olausson, I. 1973. Methods for chemical analysis of sediments. FAO/SIDA, FIR/TRLR/73/M4.
- Preston, A. 1973. Heavy metal in British waters. *Nature*, 12: 219~220.
- Spencer, D. W., D. E. Robertson, K. K. Turekian and T. R. Folsom. 1970. Trace element calibrations and profiles at the Geosecs Test Stations in the Northeast Pacific Ocean. *J. Geophys. Res.*, 75: 7688~7696.
- Sverdrup, H. U., M. W. Johnson and R. H. Fleming. 1970. *The Oceans*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs. N. J., U. S. A.
- Varian Techtron. 1972. Water Analysis by Atomic Absorption. Australia.
- Won, C. H. 1963. Distribution of chemical constituent of the estuary water in Gwang Yang Inlet. *Bull. Fish. College*, 5:1~10.
- Won, C. H. 1970. Investigation of water quality in the laver bed at Yongwon Ri, Changwon Gun during the spring and neap tide in March 1970. *J. Oceanolo. Soc. Korea*, 5: 30~36.
- Won, C. H. and K. S. Park. 1970. Tidal variations of the chemical constituent contents in the laver bed seawaters in Wan Do Gun from October 1968 to February 1969. *J. Oceanolo. Soc. Korea*, 5:14~29.
- Won, C. H. and C. Y. Kim. 1974. Concentrations of mercury, cadmium, lead and copper in the surrounding seawater and in seaweeds, *Undaria pinnatifida* and *Sargassum fulvellum*, from Suyeong Bay in Busan. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 169~178.