

馬山, 鎭海 沿岸海域 海底堆積物中の 重金屬類 含量에 關한 研究

李 鍾 華 · 韓 相 準 · 尹 雄 求

韓國海洋開發研究所

CONCENTRATIONS OF HEAVY METALS IN SEDIMENTS FROM THE SEA OFF JINHAЕ AND MASAN, KOREA

Jong Wha Lee, Sang Joon Han & Oong Koo Youn

Korea Ocean Research & Development Institute

ABSTRACT

Concentration of heavy metals in the sediments from the sea off Jinhae and Masan have been studied. Concentration of the elements varied among the stations as the following: 0.32~0.76% Fe, 0.01~0.06% Mn, 29~120ppm Zn, 1~16ppm Co, 2~38ppm Ni, 2.5~12.4ppm Pb and 0.2~0.7ppm Cd.

General tendency of the concentration of elements except Mn showed considerably high values at stations in the inner bay.

This tendency seemed to be caused by waste water from industrial activities in the adjacent land.

It can be thought that the pollution status of the studied area is still limited in the inner part of the bay.

序 論

海底堆積物の物理化學的인 性質은 底棲生物의 環境要因의 하나로 알려져 있다. 아울러 底棲魚種의 漁場形成과도 密接한 關係가 있다. 韓國 近海 堆積物의 物理的인 特性은 Zenkevitch (1963), 朴과 宋 (1972)이 東海岸의 一部에서 調查研究하였고 朴과 宋(1971), 권과 박(1973)이 南海岸에서의 海底堆積物 粒度分析을 發表한바 있다. 韓國 沿岸海域 海底堆積物의 地化學的인 特性은 Nino *et al* (1969)이 東海 底質中の 有機態 炭素의 含量 Ishibashi and Ueda (1955, 1993)의 化學的 特性, 그리고 崔 (1971)에 의한 東海 海底堆積物의 地化學的 性分의 含量과 分布에 關한 發表가 主를 이루고 있다.

行岩灣과 加德島 一圓에 걸쳐 調查한 結果에

依하면 行岩灣內의 潮汐現象등에 依한 海水의 流動은 灣의 東端으로 向하는 것으로 나타났다(강, 1972, 수산 진흥원, 1972).

따라서 本 研究의 目的은 陸上 土砂와 이에 따른 各種 重金屬類의 沿岸流入 및 各種 産業活動에 起因하는 여러가지 重金屬類의 海水內 流入 如何에 따른 沈澱狀況과 移動範圍를 調查 研究하는데 있었다.

材料 및 實驗方法

馬山 및 鎭海 沿岸海域에 19個의 定點을 設定하고 定點 1에서 17까지는 1974年 1月 7日에서 13日 사이에 試料를 採取하였으며 定點 18과 19에서는 1974年 2月 14日에 採取하였다.(Fig. 1)

試料採取에는 Ekman-Merz Dredge를 使用하였으며 試料採取 即時 上部에서 10cm깊이의 底

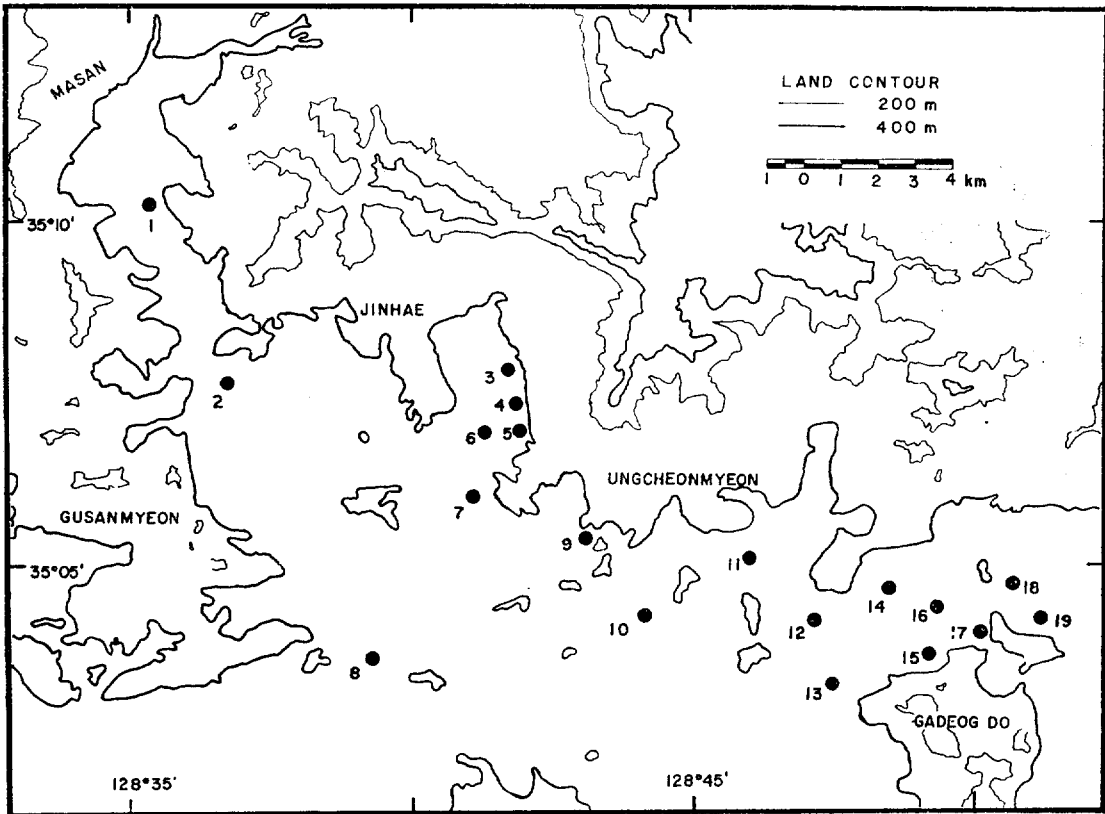


Fig. 1. Sampling Stations in the sea off Jinhae & Masan.

質을 프라스틱 스푼으로 試驗管에 넣고 船上에서는 이를 아이스박스에 넣어 保管하였다. 그後陸上에 上陸하는 즉시 急速 冷凍시켰다.

모든 試料는 實驗室에서 Freeze drier를 使用하여 乾燥시킨 後 Mortar에 넣어 微粉末化하였다. 微粉末로된 試料는 80 mesh의 非金屬性Sieve로 치고 Low temperature asher에 넣어 모든 無機物을 除去한 後 性分別로 다음과 같은 方法에 依하여 定量하였다.

1. 有機態 窒素(Organic Nitrogen)

黃酸으로 有機物을 破壞시킨 다음 Sodium phenolate로 發色시켜 波長 625nm에서 定量하였다(Olausson, 1973).

2. 有機態 炭素(Organic Carbon)

Walkley-Black 方法으로 試料를 前處理한 後 Chaomic acid로 處理하여 標準鐵溶液으로 逆滴定하였다(Olausson, 1973).

3. 總磷(Total phosphorous)

試料中 有機磷이 遊離되도록 Perchloric acid와

65% 窒酸으로 處理하고 Ascorbic acid, Sulphuric acid 및 Ammonium molybdate를 加하여 發色시키고 880nm에서 測定했다(Osausson, 1973).

4. 鐵, 망간, 亞鉛, 코발트, 니켈 및 납
pH 3.6에서 S.D.D.C. 및 M.I.B.K.로 抽出하여 波長 248.3nm, 279.5nm, 213.9nm, 240.7nm, 232.0nm, 및 217.0nm에서 各各 吸光度를 測定 分析하였다(Varian Techtron, 1972. Ducart *et. al.*, 1973).

5. 카드뮴(Cadmium)

알카리 溶液에서 Dithizone-Chloroform 溶液으로 抽出한 다음 波長 253.7nm에서 定量하였다(Sandell E. B. 1965).

結果 및 考察

1. 有機態 窒素

有機態 窒素의 含量은 百分率로 나타냈으며 各 定點別 含量은 Fig. 2와 같다. 全定點을 통해 0.31%에서 0.02% 사이에서 그 含量이 變하였다.

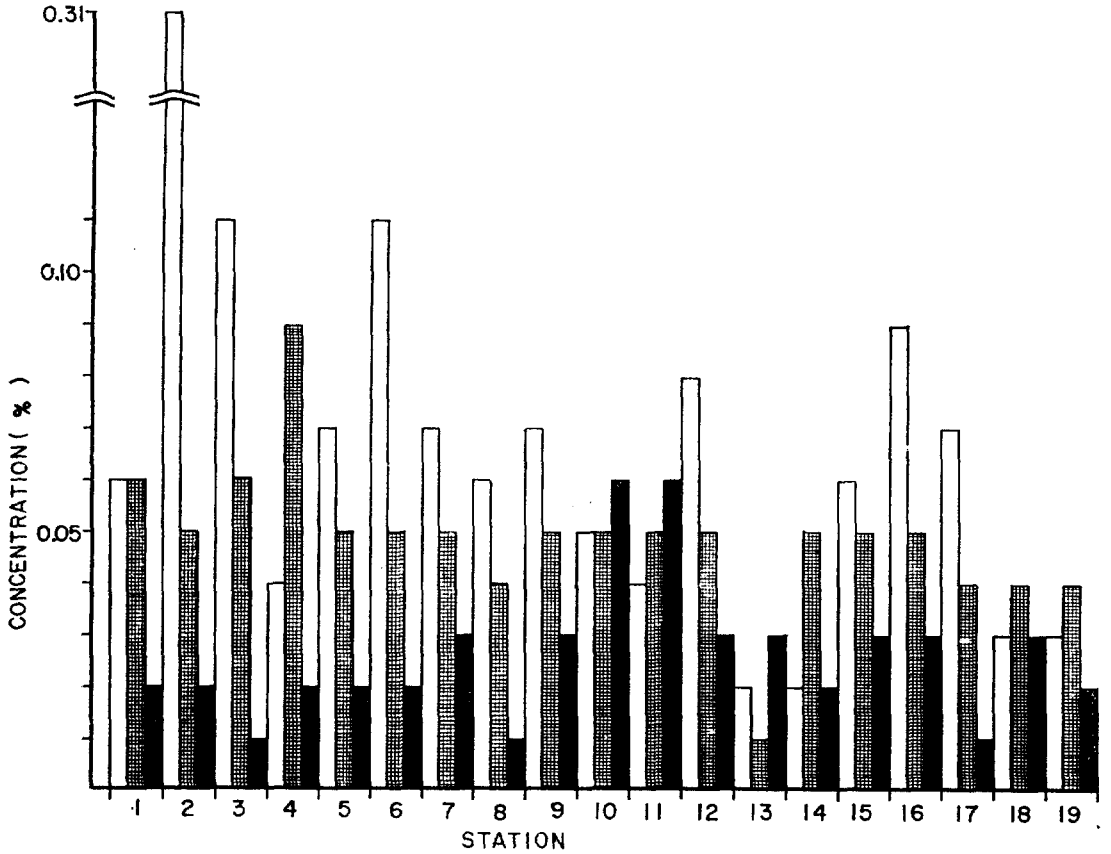


Fig. 2. Concentration of the elements; white bar- organic nitrogen, hatched bar- total phosphorus and black bar-Mn.

馬山灣의 定點 2와 行岩灣의 定點 3 및 6에서 各 0.31% 및 0.11%로 全定點을 通해 最高값을 나타냈다. 馬山灣 및 行岩灣을 除外한 定點에서는 上記의 높은 含量과 聯關하여 距離에 따라 減少되는 뚜렷한 傾向은 없었으나 定點 13 및 14에서는 顯著하게 적어 0.02%이다. 熊東灣 海域內의 定點에서는 다시 增加되어 0.06~0.09% 사이에서 變했으며 이를 洛東江 河口의 影響을 받은 농차리 東端 2個 定點 18과 19에서의 含量과 比較하면 높은 값이었다. 권과 박(1973)의 南海岸

一圓에 걸쳐 調查한 바에 依하면 有機態 窒素의 含量 變化 範圍는 0.02~0.29%였고 이를 Thailand灣의 底質中 窒素含量 0~0.16%와 比較하였다. 또한 권과 박(1970)은 東海岸의 主문진에서 죽산에 이르는 沿岸 底質中에서 그 含量 變化 範圍가 0.01~0.2%임을 調查하였다.

本 調查 定點中의 含量은 定點 2를 除外하고

는 全部가 0.2%以下였으나 定點 2의 0.31%는 汚染物의 堆積에 起因한 것으로 解釋되며 Olausson (1970)은 汚染된 Skagerrak海의 底質에서 約 0.4%의 含量을 檢出하였다.

2. 有機態 炭素(Organic-C)

有機態 炭素의 含量도 百分率로 나타냈으며 定點別 含量은 Fig. 3과 같다. 馬山灣內의 定點 1과 2에서는 最高值인 3.99% 및 3.80%를 나타냈으며 行岩灣內의 定點에서는 多少적은 1.44~2.4% 사이에서 變動하였다.

上記 높은 含量이 內灣에서 距離가 멀어질 수록 그 減少傾向이 顯著하였으며, 定點 8에서는 全定點을 通하여 最下值인 0.77%를 나타내었다. 그러나 熊東灣內 定點 14와 17에서는 다시 上昇되어 2.15%와 2.22%로 特記할 만하다.

이 海域에는 잘피 (*Zostera* sp.)가 密生하고 있는 地域으로 이들이 腐敗되어 有機態炭素의 量이

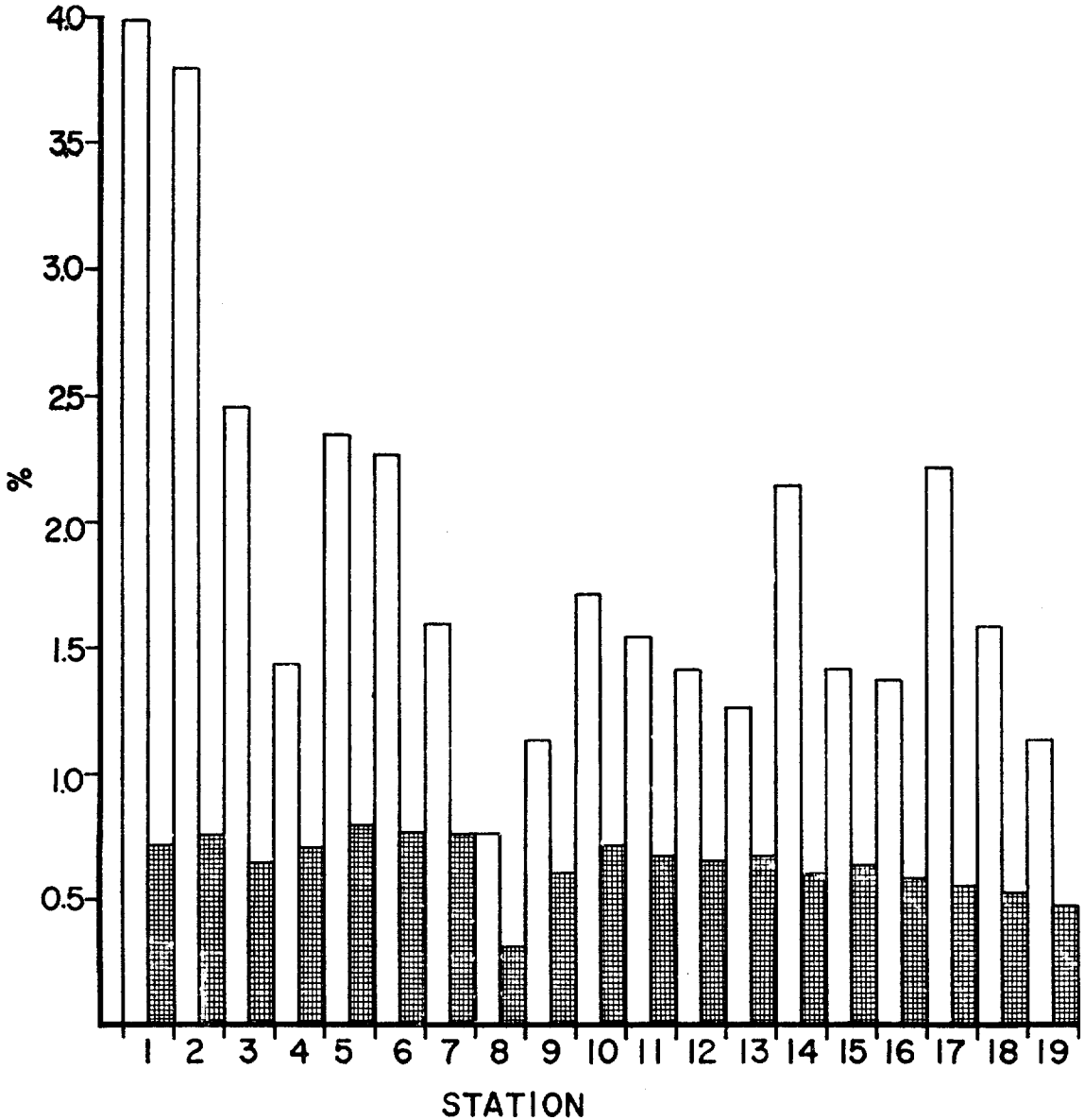


Fig. 3 Concentration of organic carbon and Fe; white bar-organic carbon and hatched bar-Fe.

增加된 것으로 解釋할 수 있겠다.

주문진에서 죽산에 이르는 沿岸에서의 含量 變動 範圍는 0.3~3%였으며(권과 박, 1970) 反面 南海岸沿岸에서 권과 박(1973)은 沿岸側은 1% 以上으로 가장 높고 漸次 外海로 갈수록 낮아져 0.2% 未滿의 含量에 達한다고 하였다. 또한 Nino et al(1969)은 東海 全域에 걸친 調查에서, 東海 中央部의 底質에서는 1% 未滿이었으며 沿岸에 가까와질수록 1~2%로 增加함을 報告하였다.

本調查中 馬山灣內의 高濃度는 底質採取時의 色相 自體가 검었으며 이는 石炭荷役に 依한 原因과 一部 陸上 有機物質의 流入沈澱에 그 原因이 있다고 생각된다.

3. 總 磷(Total-Phosphorus)

總 磷의 含量도 %로 나타냈으며 定點別 含量은 Fig. 2와 같다. 馬山灣內의 定點 1과 行岩灣內의 定點 4에서 各各 높은 含量인 0.06% 및 0.09%를 나타냈으며 나머지 定點에서는 0.05%

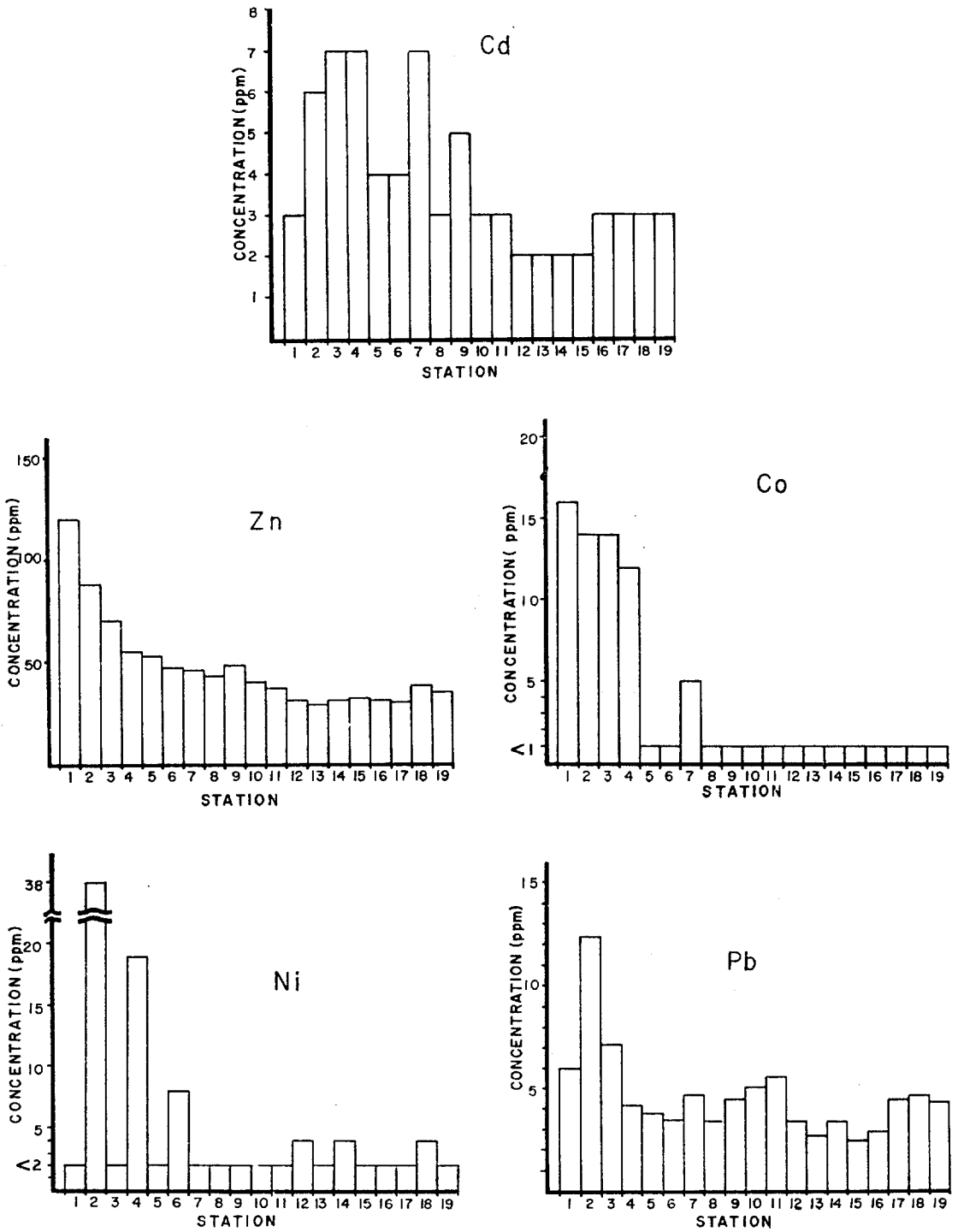


Fig. 4 Concentration of Zn, Co, Ni, Pb and Cd.

以下를 記錄하였다. 定點 4에서의 높은 含量은 海水中的 PO_4-P 의 높은 含量 $72.32\mu g-atoms/l$ 와도 一致하였다. (李 外, 1974) 馬山灣內的 높은 含量 0.06%는 周邊 産業施設 및 陸水の 流入에 그 原因이 있다고 할 수 있는 反面, 行岩灣內的 定點 3과 4에서의 높은 含量은 周邊 化學工場에 荷役되는 磷鑛石가루에 그 原因이 있는 것으로 解釋된다. 特히 定點 5, 6, 7에서의 含量은 顯著하게 低下되었다.

洛東江의 影響地域인 늘차리 東端 2個 定點 18, 19에서의 含量이 모두 0.04%로 熊東灣內海域의 含量과 類似하였다.

Olausson(1970)은 汚染된 Skagerrak海의 底質에서 0.1%의 값을 얻었다. 이를 行岩灣內的 定點 4에서의 含量과 比較할 때 汚染源에 起因하였다 할 수 있으며, 定點 1과 3도 汚染되어가고 있는 狀態라 할 수 있다.

4. 鐵, 망간, 亞鉛, 코발트, 니켈, 및 납

1) 鐵(Fe)

各 定點別 Fe 含量은 Fig. 3과 같다. 馬山灣 및 行岩灣內的 底質中 Fe 含量이 比較的 他 定點에서 보다 높아 0.65~0.80%의 값에서 變動하였다.

定點 8에서의 값이 最下로 0.32%이었다. 定點 11에서 17까지는 0.68%이하의 값이었고 洛東江의 影響을 받은 늘차리 東端 2個 定點 18, 19에서는 0.53% 이하의 값으로 熊東地域에 比해 多少 높은 값이 었다. Watson(1969)은 Gulf of Mexico의 底質에서 調査한 바 底質의 層에 따라 甚한差異를 보이며 最高가 6%로서 大體的으로 이 地域이 鐵분이 豐富하다고 하였다.

2) 망간(Mn)

含量을 %로 나타냈으며各 定點別 含量은 Fig 2와 같다. 本地域의 含量은 0.01%~0.06%사이에서 變動하였다. 馬山灣 및 行岩灣의 內灣에서 含量이 0.03% 이하를 나타냈음에 比하여 定點 10 과 11에서는 0.06%로 가장 높은 값을 보였으며 熊東灣 및 이에 이르는 定點에서는 大體로 0.03%를 보였다.

Calvert와 Price(1972)는 Loch Fyne의 底質에서 0.6~5.17% 사이의 값을 報告하였다. 또한

Watson(1969)은 Gulf of Mexico에서 底質의 두께에 따라 다르나 Mn 含量이 上層에서 0.2% 이하임을 얻었다. 上記 調査 結果와 比較할 때 本 調査 海域의 Mn含量은 적은 것으로 볼 수 있다.

3) 亞鉛(Zn)

各 定點別 Zn 含量은 Fig.4와 같다. 定點 13에서 29ppm으로 最下值였으며 定點 1에서 最高值인 120ppm 이었다. 馬山灣, 行岩灣內的 높은 含量은 이와 距離가 멀어짐에 따라 顯著하게 減少되었다. Zn含量에 따라 本 調本 海域은 50ppm 以上 地域, 40ppm 以上 및 以下地域으로 大別된다.

馬山灣內的 定點 1과 2가 各各 120ppm 및 88 ppm으로 最高 含量地域이며 이는 이 地域 海水內的 높은 Zn含量과도 一致된다(李 外, 1974). 行岩灣內 定點에서는 43~55ppm사이의 값이었다. 熊東海域에 이르러서는 29~37ppm으로 낮았으며 이 값은 洛東江 影響地域인 定點 18, 19에서의 含量보다도 낮은 값이었다.

Buzzard Bay의 底質에서는 47ppm이 檢出되었으며(Moore, 1963), 汚染海域으로 알려진 Cardigan Bay에서는 그 含量이 36~159ppm이었다(Jones, 1973). 또한 Skagerrak海의 50ppm (Olausson, 1970) 등과 比較할 때 馬山灣 및 行岩灣內的 높은 Zn含量은 産業活動에 依한 汚染으로 解釋된다.

4) 코발트(Co)

코발트의 定點別 含量은 Fig. 4와 같다. Co 含量은 定點別로 1ppm이하에서 16ppm 사이의 變動을 나타내었다. 馬山灣과 行岩灣內的 定點을 除外하고는 모두가 1ppm이하의 含量을 나타내었다.

馬山灣內的 定點 1에서 16ppm으로 最高 값이었으며 定點 2 및 3에서 14ppm의 값을 나타냈다. 定點 5, 6에서는 1ppm이하의 작은 값을 나타냈으나 定點 7에서의 含量은 5ppm 이었다.

Olausson *et al* (1972)은 스웨덴 西部沿岸의 工業都市 Göteborg를 中心으로 한 沿岸一帶에서 底質中の Co含量을 分析하였는데 13ppm의 Co含量을 檢出하였고 外洋으로 向할 수록 減少하는 現象을 觀察하였다.

上記 結果와 馬山灣 및 行岩灣內的 Co含量을 比較할 때 上記 地域에서 보다 훨씬 높은 값을 나타낸 것은 馬山灣 行岩灣이 産業活動에 依하

여 汚染되었다고 할 수 있다.

5) 니켈(Ni)

定點別 Ni의 含量은 Fig. 4와 같다. 定點 2에서 最高值인 38ppm을 나타냈고 定點 4와 6에서도 各各 19ppm과 8ppm의 높은 含量을 나타내었다. 其他의 定點에서는 全般的으로 2ppm 以下の 含量이었으나 定點 12와 14에서는 4ppm으로 약간 높은 값이었다.

Olausson(1970)은 Skagerrak海의 底質에서 6 ppm의 含量을 分析했고 스웨덴의 西端 工業都市인 Göteborg內灣의 底質에서는 15ppm을 얻었다. 本 調査結果를 上記 海域과 比較해 볼 때 馬山灣 및 行岩灣의 底質은 顯著하게 汚染되었다고 할 수 있다.

6) 납(Pb)

各 定點別 Pb 含量은 Fig. 4와 같다. 全 定點을 通한 含量 變動은 2.5~12.4ppm이었다. 馬山灣內의 定點 1과 2에서 各各 6ppm 및 12.4ppm으로 높은 含量이었으며, 行岩灣內의 定點 3에서는 7.2ppm 이었다. 其他 定點에서는 顯著하게 減少된 傾向을 보였다. 定點 10 과 11에서 多少 많아 5.1ppm 및 5.6ppm이었으며 熊東灣內의 定點 17에서 4.5ppm을 除外하고는 모두 3.4ppm 以下の 값을 나타냈다. 洛東江 河口인 늘차리 東端 2個 定點 18, 19의 含量이 熊東灣內 底質보다 약간 높았다.

Buzzard Bay內의 底質中 Pb含量이 27ppm이었으며(Jones, 1973), Skagerrak海에서의 含量 10 ppm (Olausson, 1970)과 比較해 볼 때, 定點 2에서의 含量은 높은 값이라 할 수 있다.

5. 카드뮴(Cd)

各 定點別 Cd 含量은 Fig. 4와 같다. 各 定點別 含量은 0.2~0.7ppm 이었으며 大體로 含量에 따라 3個 地域으로 區分할 수 있다. 馬山灣內의 定點2와 行岩灣內의 定點 3, 4 및 7에서 0.6~0.7ppm으로 가장 높은 地域이었고, 定點 5, 6, 9가 0.4~0.5ppm 으로 中間地域이며 그의 0.3 ppm 以下の 나머지 地域으로 區分 된다.

底質中の Cd 含量은 馬山灣보다 行岩灣에서 더 높았으며 熊東灣에 이르는 各 定點에서 漸次 減少되어 熊東灣內의 定點에서는 0.2ppm 以下까지 減少 되었다. 洛東江 河口인 늘차리 東端

의 2個 定點18, 19에서는 0.3ppm이 含有되어 行岩灣 入口에서 熊東灣에 이르는 地域內의 定點과 類似한 含量 이었다.

汚染海域으로 알려진 Cardigan Bay內의 底質中에는 定點別로 1.0~11.0ppm의 Cd 이 含有되었으며 (Jones, 1973) 本 調査結果를 이와 比較할 때 甚한 汚染狀態는 아니라고 할 수 있다.

結 論

1. 底質中の 有機態 窒素의 含量은 馬山灣 및 行岩灣內의 定點에서 各各 0.31% 및 0.11%로 全定點을 通하여 最高값을 나타냈다. 東海岸 底質中の 含量變化幅 0.01~0.2%와 比較할 때 定點 2의 含量 0.31%는 汚染物의 堆積에 基因한 것으로 解釋된다. 有機態 炭素의 含量도 馬山灣과 行岩灣內의 定點에서 높은 含量을 記錄하였으며 특히 馬山灣內의 最高含量은 周邊의 産業活動 및 下水의 流入에 起源한 것으로 생각된다.

2. 總 磷의 含量은 馬山灣 및 行岩灣內의 含量이 0.65~0.80%로 他 定點보다 높았다. 行岩灣內의 定點 3과 4에서의 높은 含量은 周邊化學 工場에 荷役되는 磷鑛石의 粉塵에 그 起源이 있는 것으로 解釋된다.

3. 底質中の Fe 含量은, 馬山灣 및 行岩灣內의 含量이 0.65~0.80%로 他 定點보다 높았다. 그러나 Mn 含量은 全 定點을 通하여 0.01~0.06 %사이의 값으로 含量에 따른 區劃이 不可能하였다.

4. Zn 含量은 馬山灣內 定點에서 最高值인 120 ppm 이었으며 行岩灣內에서는 多少 적어 43~55 ppm 사이에서 變하였다. 行岩灣 入口에서 熊東에 이르는 定點에서는 減少되었으며 熊東海域에서 最下值인 29~37ppm이었다. 馬山灣 및 行岩灣內의 높은 Zn의 含量은 産業活動에 依한 汚染으로 解釋된다.

Co의 含量은 馬山灣內의 定點에서 最高值인 16ppm였으며 行岩灣內의 14ppm을 除外하고는 모두가 1ppm 以下였다.

5. Ni의 含量도 亦是 馬山灣 및 行岩灣에서 높은 含量을 나타냈으며 其他의 定點에서는 大略 2ppm 以下の 값이었다. Pb의 含量도 馬山灣과 行岩灣에서 가장 높았으며 其他 定點에서는

顯著하게 減少되었다.

6. Cd의 含量은 馬山灣 및 行岩灣內의 定點에서 0.6~0.7ppm으로 가장 높았고 其他 定點에서는 0.5ppm 以下였다.

參 考 文 獻

- Calvert, S. E. and N. B. Price. 1972. Diffusion and reaction profiles of dissolved manganese in the pore waters of marine sediments. *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 16, 245~249.
- 최 상. 1971. 한국근해의 해저토에 관한 연구 I. 동해 해저토의 지화학적 성분의 함량과 분포, *한국 해양학회지*, Vol. 6, 1~15.
- 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.*, Vol. 18, 605~610.
- 국립수산진흥원. 1972. 수질오염조사 사업보고 1967~1971. 제15호.
- Ishibashi, M. and S. Ueda. 1955. Chemical studies of the shallow-water deposits (3). On the chemical constituents of the shallow-water deposits along the sea-coast of Korea. *Bull. Inst. chem. Res., Kyoto Univ.*, Vol. 33, 165~169.
- Jones, A. S. G. 1973. The concentration of copper, lead, zinc and cadmium in shallow marine sediments, Cardigan Bay(Wales), *Mar. Geol.*, Vol. 14, M 1~M 9.
- 강재원. 1972. 낙동강하구 부근(용원리) 김어장의 병갯 특히 공장폐수의 영향에 관하여. *한국수산학회지*, Vol. 5, 39~44.
- 권낙연, 박상정. 1970. 동해중부해역의 해저지형 및 저질의 성상에 대하여. *수진연구보고*, 5, 107~125.
- 권낙연, 박상정. 1973. 한국남해안의 저질에 대하여. *수산연구보고*, 10, 39~52.
- 이종화 외. 1974. 1973-1974년 동계 진해만일대에서의 해양학적인 특성조사연구. 한국과학기술연구소 부설 해양개발연구소, BS HGI-536~5.
- Moore, J. R. 1963. Bottom sediments studies Buzzards Bay, Massachusetts. *J. Sed. Petrol.*, Vol. 33, 511~558.
- Nino, H., K. O. Emery and C. M. Kim. 1969. Organic carbon in sediments of Japan Sea. *J. Sed. Petrol.*, Vol. 39, 1390~1398.
- Olausson, E. 1970. Water sediment exchange and recycling of pollutants through biochemical processes. FAO, FIR: MP/70/R-31.
- Olausson, E., E. Backmen, O. Gustafsson, L. G. Karlsson, B. Sundström and R. Svensson. 1972. *Sedimentunder sökninger På vastkusten: fördringar ochkonstans. Medd fran. Maringeologiska Laboratoriet, Göteborg. Nr. 4.*
- Olausson, E. 1973. Methods for chemical analysis of sediments. FAO/SIDA, FIR/TRLR/73/M4.
- 박병권 · 송무영. 1972. 한국영일만 해저퇴적물의 입도분석. *한국해양학회지*, Vol. 7, 74~85.
- Park, Y. A. and M. Y. Song. 1971. Sediments of the continental shelf off the southern coasts of Korea, *J. Oceanolo. Soc. Korea*, Vol. 6, 16~24.
- Sandell, E. B. 1965. Colorimetric determination of traces of metals. Interscience Publishers, Inc., New York, U. S. A.
- Varian Techtron. 1972. Water analysis by atomic absorption, Australia.
- Watson, J. A. 1969. Iron-rich layers in sediments from the Gulf of Mexico. *J. Sed. Petrol.*, Vol. 39, 1412~1419.
- Zenkevitch, L. 1963. The sea of Japan. *Biology of the Seas of the U. S. S. R.*, Inter science Publisher, New York, U. S. A. 750~782.