

# 鎭海灣 貝類養殖場의 底質에 關한 研究

趙昌煥 · 梁漢燮 · 朴旻洋 · 廉末九

統營水産專門大學

Study on Bottom Mud of Shellfish Farms in Jinhae Bay

Chang-Hwan CHO, Han-Serb YANG, Kyung-Yang PARK  
and Mal-Ku YOUM

Tong-Yeong Fisheries Junior College, Chungmu, 603 Korea

Phaeophytin, COD, ignition loss and sulfide contents in the superficial bottom muds in Jinhae Bay, one of the most productive bays in the southern coastal waters of Korea, were measured in the summer season 1981 to investigate the eutrophication level and the origin of pollutants.

Phaeophytin contents were 7.6—48.2  $\mu\text{g/g}$ , COD 9.7—38.5  $\text{mg/g}$ , ignition loss 8.1—14.2 % and sulfide 0.05—1.07  $\text{mg/g}$ . Horizontal distributions in quantities of aforementioned four parameters were almost same patterns; that is, the further from the mouth of the bay, the more quantities were found. The worst area was the western part of Gajo-do, where density of shellfish farms was the highest in the whole bay. COD and sulfide contents in the western part of Gajo-do were much more than maximum level of the eutrophicated zone, say 30  $\text{mg/g}$  in COD and 0.2  $\text{mg/g}$  in sulfide.

Such great quantities of organic matters and sulfide in the innermost part of the bay would be mainly due to excrements from shellfishes and fouling organisms, but not owing to the influence of pollutants discharged from Masan, Jinhae harbour and its vicinity.

## 緒 論

鎭海灣은 대구의 産卵場으로 有名했지만 근래에는 赤潮의 多發區域으로 더 알려져 있다. 鎭海灣에서 貝類養殖이 本格化된 것은 1970年代初로서, 養殖이 시작된 이래, 海水의 化學成分,<sup>1-4)</sup> 流動,<sup>1,5,6)</sup> 플랑크톤,<sup>7,8)</sup> 赤潮,<sup>1,7)</sup> 水質汚染<sup>9)</sup> 등 다방면에 걸친 조사로 그 윤곽이 어느정도 드러났지만 養殖場歷史를 나타내는 底質에 관해선 1971年 粒度 및 有機炭素<sup>10)</sup> 그리고, 단편적이지만, 加助島부근에서의 硫化物, COD, 페오파이친 色素에 관한 조사<sup>11)</sup>가 전부이다.

養殖場 底泥중의 硫化物이나 有機物含量이 養殖貝

類의 異狀斃死와 밀접한 관계가 있다는 初期의 報告<sup>12,13)</sup> 以後, 養殖굴의 排泄物量 및 質,<sup>14,15)</sup> 生物源적 현상,<sup>16)</sup> 眞珠養殖漁場의 養殖海洋學的 研究<sup>17,18)</sup> 등으로 養殖場 底質에 관한 조사는 특히 日本에서는 集中的으로 실시되었다. 養殖의 大型化 및 企業化는 過密養殖을 초래하여 底質을 惡化시키고 養殖物의 生産을 감소시키기도 하여, 養殖場底質은 對象養殖貝의 適正養殖量을 조절하는 중요한 요소로 까지 등장하였다.<sup>19,20)</sup>

이처럼, 養殖場의 底質狀態는 養殖場의 價値를 판단하는 중요한 基準이 되므로, 鎭海灣 養殖場에서 10年정도 경과한 현재의 底質상태를 究明하고 나

\* 本 研究는 1981年度 文敎部 學術研究助成費로 이루어진 것임.

아가, 底泥汚染源을 追跡하고자 本 調査를 실시하였다.

### 材料 및 方法

1981年 6月중 예비조사를 행한후 調査地點 87個를 定하고 (Fig. 1), 7, 8, 9月 3個月間에 걸쳐 本 調査를 실시하였다.

現場에서 内經 30 mm, 길이 30 cm의 스테인레스 製 core 採泥器를 사용하여 各 調査地點에서 採泥한 후, 表層泥 (底表面에서 깊이 약 5 cm까지)를 試料

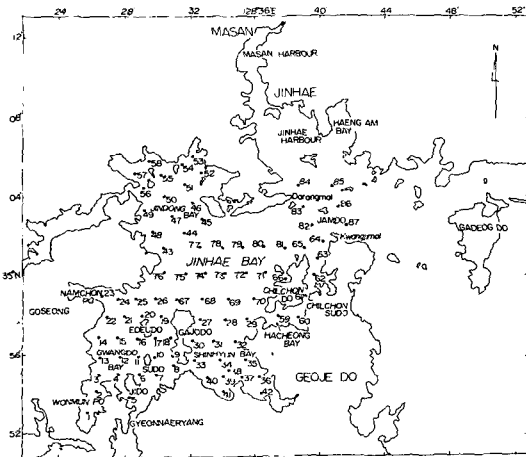


Fig. 1. Map showing Jinhae Bay and sampling stations where superficial bottom mud was sampled with a core sampler in summer 1981.

로 하였다. 각 試料는 ice box 에 넣어 實驗室로 운 반하여 分析, 測定하였다. 測定項目은 페오파이천色素, COD, 強熱減量, 硫化物量의 4 가지로서, 페오파이천 色素는 665 nm에서,<sup>21)</sup> COD는 과망간산칼륨 알카리性法으로,<sup>22)</sup> 強熱減量은 700 °C에서 1~2時間 強熱하였고,<sup>23)</sup> 硫化物은 요오드滴定法으로<sup>23)</sup> 測定하였다. 페오파이천色素量과 COD量에 의한 底泥汚染度 산출은 澤田 · 谷口의 방법<sup>19)</sup>에 準하였다.

### 結 果

#### 1. 養殖場分布

鎮海灣은 南海岸의 東쪽에 위치하며 加德水道와 昆乃梁海峽으로 外海와 연결되어 있는 内灣으로서

細分하면 鎮海灣中央部 (Sts. 65, 68, 69, 72, 73, 74, 78~87), 鎮東灣 (Sts. 43~58), 河清灣 및 漆川水島 (Sts. 59~64, 66, 71, 72), 光島灣 (Sts. 1~26, 67, 75, 76), 그리고 新縣灣 (Sts. 27~42)으로 되어있다(Fig. 1). 鎮海灣 入口의 폭은 多浪末과 廣池末間의 약 5 km, 灣의 표면적은 약 328.4 km<sup>2</sup>로서 南海東部에선 가장 큰 灣이지만 폐쇄성이 강한 内灣으로서 평균수심 10~20 m 정도 되는 淺海로서 가장 깊은 곳은 蠶島와 巨濟島北端 廣池末사이의 海역으로 수심이 50 m에 이른다.

潮流의 主流은 巨濟島北端의 中央水路에 있는 蠶島에서 加助島에 이르는 海域에 南西 또는 北東으로 往復하는데 漲潮時는 작은 支流가 馬山灣, 鎮東灣, 新縣灣으로 分散流入되고 落潮時에는 다시 流出되어 主流와 合流한다.<sup>1)</sup> 外海와의 海水交換은 주로 加德水道를 통해 이루어지며 昆乃梁을 통한 交換은 무시될 정도이다.<sup>2)</sup>

灣内 貝類養殖場의 分布는 Fig. 2에서 보듯이 글

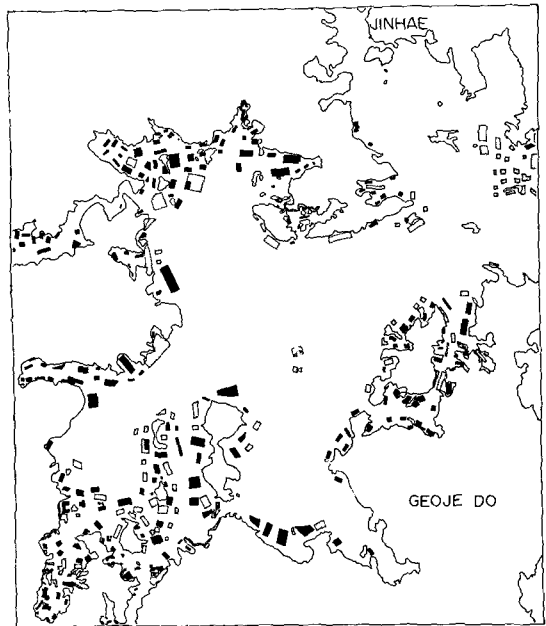


Fig. 2. Shellfish farms in Jinhae Bay in 1981. Black are off-bottom farms of oysters and/or mussels and the dotted are bottom farms of ark shells for the most part.

및 幢합의 垂下式養殖場과 피조개의 살포식 漁場이 光島灣과 轄門浦에 집중적으로 設置되어 있고, 鎮東灣, 河清灣과 漆川水道, 新縣灣에 약간씩 分布되어 있다.

2. 色素量, 有機物 및 硫化物量

페오파이친量: 灣全體로 볼 때 底泥중 페오파이친色素量은 7.6~48.2  $\mu\text{g/g}$  乾泥이었다. 灣入口部와 灣中央部, 河清灣과 漆川水道에서의 평균 含量은 11  $\mu\text{g/g}$  이었고, 鎭東灣에서 19  $\mu\text{g/g}$ , 南川浦 및 주변에서 27  $\mu\text{g/g}$ , 於義島 주변 30  $\mu\text{g/g}$ , 水島, 紙島 西편 37  $\mu\text{g/g}$ , 轆門浦에서 30  $\mu\text{g/g}$ , 新縣灣에서 30  $\mu\text{g/g}$  이었다. Fig. 3의 페오파이친等量線 分布에서 보듯이, 鎭海灣 入口部인 蠶島에서 見乃梁쪽으로 갈수록 그 含量은 많았다. 轆門浦를 포함한 光島灣에서 가장 많아 30~40  $\mu\text{g/g}$  이나 되었다. 특히, 南川浦 入口 南쪽에 위치한 St. 22, 水島서쪽의 St. 11, 轆門浦入口部인 St. 3 그리고 加助島西岸 남쪽의 St. 9에서 각각 40  $\mu\text{g/g}$  이상이 발견되었으며 最高値는 St. 3에서의 48.2  $\mu\text{g/g}$  이었다.

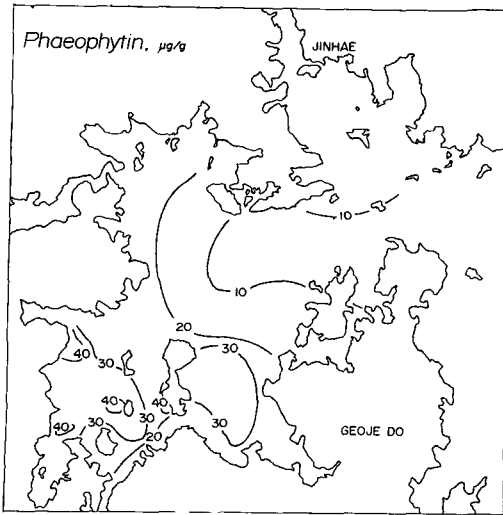


Fig. 3. Distribution pattern of pnaeophytin content ( $\mu\text{g/g}$  dry mud) in the superficial bottom mud in Jinhae Bay in summer 1981.

COD 量: 水島서쪽의 St. 12에서 最高含量 38.5  $\text{mg/g}$ , 最低는 灣中央部の St. 77에서 9.7  $\text{mg/g}$  이 발견되었다. 灣全體로 보아, 灣入口部와 灣中央部에서 14  $\text{mg/g}$  정도, 河清灣 및 漆川水島에서 16  $\text{mg/g}$ , 鎭東灣과 於義島 北쪽에서 21  $\text{mg/g}$ , 於義島 주변 23  $\text{mg/g}$ , 水島와 紙島 西편에서 32  $\text{mg/g}$ , 轆門浦 24  $\text{mg/g}$  그리고 新縣灣에서 23  $\text{mg/g}$  정도이었다. Fig. 4의 COD 等量線 分布에서 보듯이, 페오파이친量의 分布와 마찬가지로, 蠶島에서 見乃梁쪽으로 갈수록 含量은 많았고 가장 많이 발견된 곳은 역시 光島灣으로서, Sts. 3, 9, 11, 12, 22에서 각각 30  $\text{mg/g}$  이상이였다.

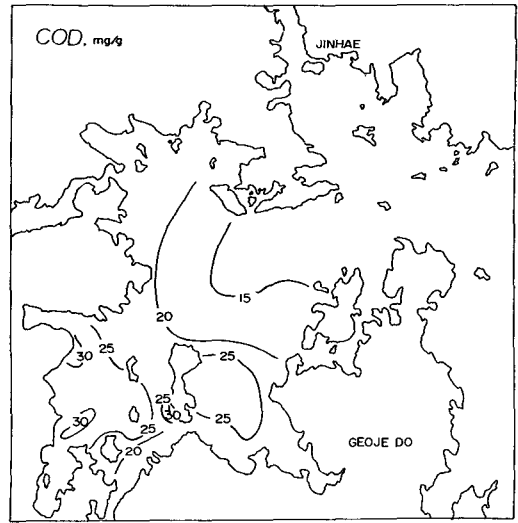


Fig. 4. Distribution pattern of COD content ( $\text{mg/g}$  dry mud) in the superficial bottom mud in Jinhae Bay in summer 1981.

強熱減量: 灣全體로 보아, 8.1~14.2% 범위이었다. 灣入口部와 灣中央部 및 河清灣과 漆川水島에서 다 함께 9~10%, 鎭東灣西部, 於義島 주변, 新縣灣이 각각 12%, 於義島서쪽과 轆門浦가 13%로서, 페오파이친이나 COD 量과 같이, 強熱減量이 가장 많이 발견된 곳은 水島서편의 Sts. 11과 12, 轆門浦入口部인 St. 3으로서 다 함께 13.5% 이상이였으며, 最高値는 St. 3에서의 14.2% 이었다. 強熱減量의 分布역시, 灣入口部에서 見乃梁쪽으로 갈수록 그 含量이 많이 발견되었다(Fig. 5).

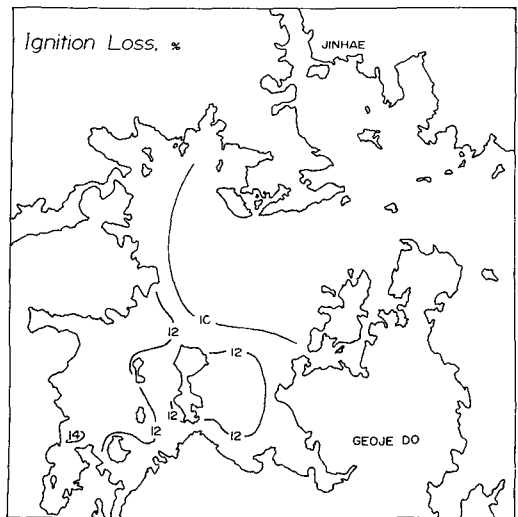


Fig. 5. Distribution pattern of ignition loss (%) in the superficial bottom mud in Jinhae Bay in summer 1981.

硫化物量 : 변화 폭이 심하여 0.1 mg/g 이하로부터 0.8 mg/g 이상까지로, 灣入口部와 灣中央部, 河清灣과 漆川水島에서 0.2 mg/g 정도이었으며, 鎭東灣, 南川浦에서 於義島북쪽을 이어 新縣灣一帶가 0.3~0.4 mg/g 정도이며, 於義島, 水島, 紙島서편에서 轆門浦까지의 海域에서 0.6~0.8 mg/g 그리고 加助島西岸 남쪽에 있는 St.9에서 0.8 mg/g 이상이 발견되었다. 硫化物量의 分布역시, Fig.6에서 보듯이, 灣入口部인 龜島부근에서 見乃梁쪽으로 갈수록 그 含量이 많이 발견되었지만 等量線分布는 페오파이친, COD, 強熱減量의 分布와 약간 차이가 있었다.

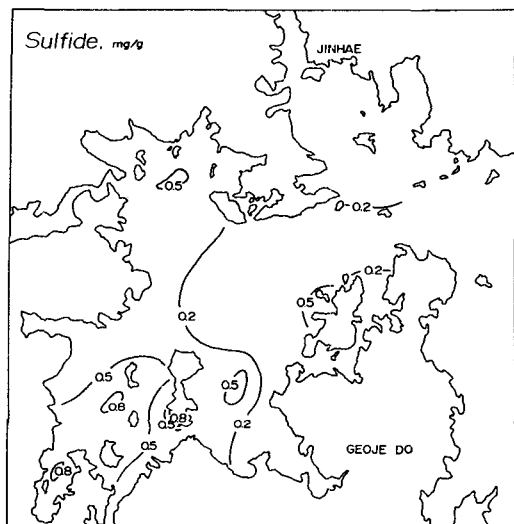


Fig. 6. Distribution pattern of sulfide content (mg/g dry mud) in the superficial bottom mud in Jinhae Bay in summer 1981.

### 3. 底泥汚染度

총 87 個 St. 각각의 表層泥중 페오파이친色素量과 COD 量의 관계는 Fig.7 과 같았다. 座標上的 原點으로부터 X 軸上에 5 cm 씩, Y 軸上에 5 cm 씩 等距離로 구획하여, X 軸上에는 COD 含量을 5 cm 마다 10 mg/g 씩으로, Y 軸에는 페오파이친色素量을 5 cm 마다 10 μg/g 으로 하여 각 St.에서의 COD와 페오파이친量을 x와 y 값으로 하여 最少自乘法에 의한 回歸直線을 求하였다. 다음, 直線이 X 軸과 만난 點을 0으로 하여 直線上에 1 cm 씩 等距離로 구획하여 1, 2, 3, ……으로 表示한 후, 이를 汚染度로 사용하였다. 각 點에서 直線의 左上部에 위치한 點은 X 軸에 垂直으로, 直線의 右下部에 위치한 點은 X 軸에 平行하게 直線으로 옮겨 그 만난 點에서 0까지의 距離를 그 St.의 底泥汚染度로 하였다.

上記와 같은 方法으로 Fig.7에서 求한 各 St.에서의 底泥汚染度로 부터 作成한 鎭海灣에서의 底泥汚染圖는 Fig.8과 같았다. Fig.8의 凡例에서 汚染度 5~10은 COD 7.5~15.5 mg/g이고 페오파이친 7.3~16.2 μg/g 임을 표시하며, 汚染度 11~15는 COD 15.6~22.4 mg/g, 페오파이친 16.3~23.9 μg/g, 汚染度 16~20은 COD 22.5~29.2 mg/g, 페오

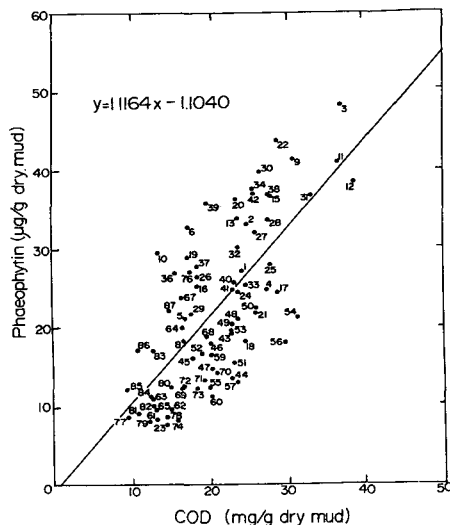


Fig. 7. Relationship between COD and pheophytin contents in the superficial bottom mud at stations 1~87 in Jinhae Bay in summer 1981.

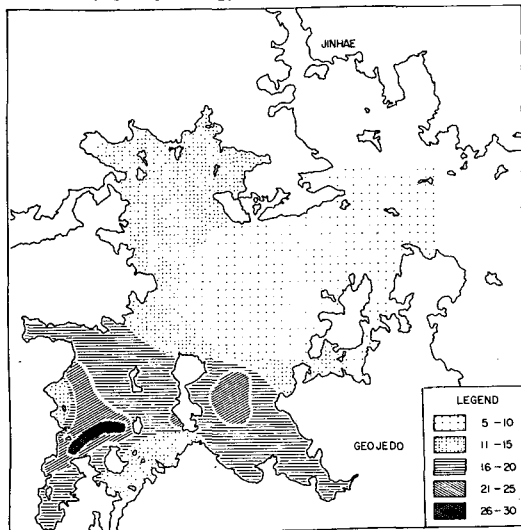


Fig. 8. Distribution of pollution grades in the superficial bottom mud in Jinhae Bay in summer 1981. Numbers of legend indicate pollution grade calculated by the method as shown in Fig. 7.

파이친 24.0~31.5  $\mu\text{g/g}$ , 汚染度 21~25는 COD 29.3~36.0  $\text{mg/g}$ , 페오파이친 31.6~39.1  $\mu\text{g/g}$ 을 나타내며 汚染度 26~30은 COD 36.1~42.4  $\text{mg/g}$ , 페오파이친 39.2~46.2  $\mu\text{g/g}$  임을 표시한다.

Fig. 8에서 보듯이, 底泥汚染度가 가장 높은 곳은 光島灣 海域인데 그 중에도 水島와 轆門浦입구 사이인 Sts. 3, 11, 12를 포함한 주변이 가장 심하며, 다음은 新縣灣, 鎭東灣, 灣中央部 順으로 灣中央部와 灣入口部가 가장 낮았다.

## 考 察

鎭海灣 底는 전반적으로 泥質로 덮혀있는 단조로운 상태이었으며 이는 1971년에 조사한 결과<sup>10)</sup>와 차이가 없었다.

底泥에 舍有된 페오파이친色素量, COD 量, 強熱減量 및 硫化物量의 分布 Pattern은 모두가 유사하였는데 (Figs. 4, 5, 6, 7), 底泥汚染度의 指標로 쓰이는 有機炭素, 強熱減量, COD, 페오파이친色素, 全硫化物, 全窒素의 分布는 서로가 유사성이 높다는 報告들<sup>19, 24, 25, 26)</sup>과 一致한다. 灣全體로 보아, 有機物이나 全硫化物量이 가장 많이 발견된 곳은 光島灣과 轆門浦이었고 灣中央部와 灣入口쪽으로 갈수록 그 舍量이 적게 나타났다. 따라서, 底泥汚染度 역시 같은 Pattern 이었다(Fig. 9).

光島灣과 轆門浦의 Sts. 1~26에는 鎭海灣중에서 貝類養殖을 가장 많이 하는 곳이므로(Fig. 3), 그 區域에서는 有機物이나 硫化物量이 많을것으로 調査前부터 推측할 수 있었고 또 結果도 그렇게 나왔지만 養殖을 적게 하는 新縣灣 底質이 光島灣과 轆門浦 다음으로 惡化되어 있는 점은 海水의 流動관계라 생각된다. 즉, 落潮時 紙島東岸의 東流가 加助島와 城浦사이의 狹水路를 거쳐 新縣灣으로 流入되는데<sup>6)</sup> 일단 灣內에 들어온 海水는 漲潮時 鎭海灣 中央部를 거쳐 新縣灣 入口의 東쪽으로 들어온 海水와 섞여 소용돌이를 이룬 후 灣 西편으로 北上하여 鎭海灣 中央部로 빠진다.<sup>1, 6)</sup> 따라서, 新縣灣은 加助島 西部 海域 특히 水島, 紙島 주변 漁場, 沙等面地先의 漁場 그리고 加助島 西岸 南쪽 漁場의 影響을 받게 되고, 古縣邑 下水와 주변 三星造船所의 廢水도 이 灣으로 流入되므로, 비록 養殖은 적게 하지만, 灣內 海水나 底質은 惡化되었으리라 생각한다.

패류養殖을 많이 하고 있는 加助島 西部 海域 26個 St.에서의 COD 量은 10.3~38.5  $\text{mg/g}$  (평균 24.1  $\text{mg/g}$ ), 硫化物量은 0.13~1.07  $\text{mg/g}$  (평균 0.53

$\text{mg/g}$ )으로, 대부분의 St.에서 富營養域의 基準值인 COD 30  $\text{mg/g}$ , 硫化物 0.2  $\text{mg/g}$ 을<sup>27)</sup> 上廻하고 있었다. 鎭海灣 灣內에 있는 閑山·巨濟灣 養殖場은 1978~1979年 조사시, COD 9.3~25.2  $\text{mg/g}$  (평균 16.8  $\text{mg/g}$ ), 페오파이친色素 13.9~30.7  $\mu\text{g/g}$  (평균 21.0  $\mu\text{g/g}$ )<sup>20)</sup>, 強熱減量 6.9~9.4 % (평균 8.2 %), 그리고 硫化物量은 0.10~0.26  $\text{mg/g}$  (평균 0.18  $\text{mg/g}$ )<sup>28)</sup> 이었다. 또 固城灣의 경우는 1976年 조사시 COD 8~10  $\text{mg/g}$ , 強熱減量 8~10 % 그리고 硫化物量은 0.41~0.47  $\text{mg/g}$  이었다.<sup>29)</sup> 인근 養殖場인 閑山·巨濟灣이나 固城灣과 비교할 때 鎭海灣 灣內에서 光島灣의 底泥汚染은 심각한 상태다. 특히 底泥중 硫化物量은 위험수준이다. 泥의 汚染으로 養殖貝 斃死를 초래한 日本의 松島灣이나 英虞灣 모두 底泥중 硫化物量은 평균 0.4~0.5 % 이었다.<sup>24, 30)</sup>

養殖貝의 배설물이 養殖場 底의 成分을 지배한다<sup>25, 31)</sup>는 사실은 현재 널리 알려져 있다. 養殖은 대체로 풍랑을 피해 內灣에서 하게 되고, 좁은 면적에 養殖施設은 密集하게 되므로 潮流소통은 더욱 나쁘게 된다. 따라서, 養殖貝나 부착 동물들의 배설물 등은 外海로의 확산, 희석이 방해받아 대부분이 그대로 침강, 퇴적하게 되어 각종 有機物은 축적된다. 鎭海灣중에서도 養殖施設物이 密集되어 있는 光島灣과 轆門浦는 港入口로 부터 가장 遠距離에 위치할 뿐 아니라 근처 尾乃梁을 통한 海水의 交換이 거의 무시될 정도이므로, <sup>1)</sup> 流速은 느리고 水深은 얕아서 底로의 각종 有機物의 축적은 필연적이라, 底質은 惡化될 수 밖에 없다고 사료된다.

鎭海灣 入口部인 蠶島 근처에서 1972年 海水중 磷酸鹽量은 行岩灣 근처에 第四肥料工場이 설립된 1967年에 역시 같은 調査地點에서 측정된 磷酸鹽量에 비해 약 10倍가 많았던<sup>3, 32)</sup> 점으로 보아, 第四肥料工場의 廢水가 그 原因이었음은 쉽게 추측할 수가 있다. 더구나, 行岩灣을 中心으로 高濃度의 磷酸鹽이 鎭海灣 全域으로 확산되고 있었다.<sup>3)</sup> 馬山灣이나 鎭海灣 等地에서 유출되는 汚染物質이 磷酸鹽의 확산 분포와 동일 Pattern으로 확산된다고 가정하면 底泥汚染 역시 그 分布 Pattern이 비슷해야 한다. 그러나, 1971年 泥중 有機炭素 舍有量은 灣全體에 거의 均一하게 分布하고 있었고,<sup>10)</sup> 금번 底泥汚染區 (Fig. 8)에서는 오히려 灣入口部나 中央部보다는 尾乃梁쪽에서 汚染이 심한 것으로 나타났다. 따라서, 저자들은, 馬山灣과 鎭海灣 等地에서 流出되는 汚染物質이 鎭海灣入口를 거쳐 灣中央部쪽으로 이동하는 量은 그다지 크지 않을 것이라는 報告<sup>1)</sup>와 그 意見

이 값을 뿐 아니라 나아가, 見乃梁근처의 海水流動이나 養殖場의 密集등으로 보아, 灣內 底泥汚染源은 養殖場이 主源이라고 생각한다.

끝으로, 底泥汚染度를 求하기 위해 COD와 페오파이친色素에 의한 回歸直線式 (Fig. 7의 直線)에서 X軸의 절편값은 0.99인데, 이는 COD에 色素를 含有치 않은 有機物과 還元性無機物이 포함되었기 때문이라고 할 수 있다.

## 要 約

鎮海灣 貝類養殖場의 漁場價値를 診斷하는 基礎資料를 준비코자 養殖場 底泥의 汚染程度를 究明하고 아울러 底泥汚染源의 起源을 파악코자 1981年 夏季 灣內 87個의 調查地點에서 底泥成分을 조사하였다.

1. 底는 灣 全體에 걸쳐 泥質로 덮혀 있었다.
2. 페오파이친色素量은 7.6~48.2  $\mu\text{g/g}$  乾泥, COD量은 9.7~38.5  $\text{mg/g}$  乾泥, 強熱減量은 8.1~14.2% 그리고 硫化物量은 0.1  $\text{mg/g}$  以下로부터 1.07  $\text{mg/g}$  까지이었다.
3. 上記 4個 項目의 量的分布는 多함께, 鎮海灣 入口部인 蠶島근처에서 見乃梁쪽으로 갈수록 많았으며, 底泥汚染度는 貝類養殖場이 많은 加助島 西部海域이 가장 높았다.
4. 加助島 西部海域의 대부분이 COD와 硫化物量에 있어 富營養域의 上限値를 上廻하고 있었다.
5. 泥汚染의 主源은 養殖貝와 부착동물 排泄物인 有機物의 축적이라 추측되었다.

## 文 獻

- 1) 海洋開發研究所. 1980. 鎮海灣의 赤潮 및 汚染모니터링 시스템開發을 爲한 基初研究. BSPE: 00022-43-7. 459 p.
- 2) 林琦珠. 1978. 夏季 鎮海灣과 그隣接海域의 海水化學成分의 月別變化. 水振研報 20, 7-19.
- 3) 朴清吉. 1975 a. 鎮海灣 海域의 磷酸鹽分布의 特性에 關하여. 韓水誌 8(2), 68-72.
- 4) 朴清吉. 1975 b. 鎮海灣 海水의 富營養化와 클로로필分布. 同誌 8(3), 121-126.
- 5) 林斗柄·河晶植·金光弘·鄭淵秀. 1979. 여름철 鎮海灣의 海水循環. 統營水專 論文集 14, 1-7.
- 6) 國立水産振興院. 1978. 沿岸漁場 및 臨海工業園地 周邊海域의 海水流動. 206 p.
- 7) 朴周錫. 1980. 韓國 南海岸의 植物性 plankton의 出現量 및 組成과 이들의 먹이와 赤潮로서 養殖生物에 미치는 영향. 水振研報 23, 7-157.
- 8) 朴炅洋. 1976. 굴養殖場에 있어서 植物性浮游生物의 季節的 變化. 釜山水産大學 碩士學位論文. 44 p.
- 9) 國立水産振興院. 1979. 韓國沿岸 水質汚染調査. 事業報告 第 47 號.
- 10) 國立水産振興院. 1972. 沿岸漁場 環境調査. 事業報告 第 12 號.
- 11) 조창환·김용술. 1978. 굴養殖場의 環境에 關한 研究, 忠武附近 養殖場의 底質에 關하여. 韓水誌 11(4), 243-247.
- 12) 清石禮造·富山哲夫·1942. 濱名湖に於ける牡蠣と底土中の硫化物含量との關係. 日海誌 1(1, 2), 75-84.
- 13) 澤田保夫·丹下孚·關政夫. 1958. 眞珠養殖漁場의 養殖海洋學的研究 I. 1958年 7月 英虞灣立神浦における眞珠貝異常斃死漁場의 觀測結果について. 國立眞珠研報 4, 347-355.
- 14) 楠木豊. 1977 a. カキ養殖場における漁場老化に關する基礎的研究 I. マガキ의 排せつ物量. 日本會誌. 43(2), 163-166.
- 15) 楠木豊. 1977 b. 上同 II. カキ排せつ物の有機物含量. 同誌 43(2), 167-171.
- 16) 荒川好滿·楠木豊·神垣正昭. 1971. カキ養殖場における生物源堆積現象의 研究 I. 養殖適正密度について. 貝類學雜誌 30(3), 113-128.
- 17) 澤田保夫·谷口宮三郎. 1968. 眞珠養殖漁場의 養殖海洋學的研究 V. 老化漁場における底泥의 有機物量およびフェオフィチン量의 季節變化について. 國立眞珠研報 13, 1689-1702.
- 18) 澤田保夫·谷口宮三郎. 1965. 上同 III. 老化漁場における海水ならびに底質의 性狀의 季節變化について. 同誌 10, 1213-1227.
- 19) 澤田保夫·谷口宮三郎. 1969. 上同 VI. 漁場底泥からみた眞珠漁場의 汚染度と漁場收容密度의 算定について. 同誌 14, 1719-1734.
- 20) 趙昌煥. 1980. 閑山·巨濟灣 굴養殖場의 養殖密度에 關한 研究. 韓水誌 13(2), 45-56.
- 21) Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons. 1968. A practical handbook of seawater analysis. 3rd ed. Fish. Res. Board Can., Bull. 167. 311 p.

鎖海灣 貝類養殖場の 底質에 關한 研究

- 22) 松江吉行. 1965. 水質汚濁 調査指針. 恒星社厚生閣, 東京. 384 p.
- 23) 小山忠四郎・半田陽彦・杉村行勇. 1976. 湖水, 海水の分析. 講談社, 東京. 294 p.
- 24) 奥田泰造・佐藤省吾. 1955. 松島灣の水産資源に關する基礎研究, 第1報 松島灣の底質について. 東北水研報 4, 187-207.
- 25) 森井秀昭・金津良一・福原忠信. 1965. 眞珠漁場の底質に關する研究 I. 早岐瀬戸周邊の佐世保灣および大村灣の底質について. 長崎大水研報 19, 74-80.
- 26) 本城凡夫・花岡資. 1972. 博多灣における赤潮發生機構に關する研究 I. 灣底泥の有機物分布について. 九大農學藝誌 26(1-4), 191-196.
- 27) 吉田陽一. 1973. 低次生産段階における生物生産の變化. 水産學シリーズ 1. 水圏の富栄養化と水産増養殖. p. 92-103. 恒星社厚生閣, 東京.
- 28) 유성규・박주석・진평・장동석・임기봉・박청길  
홍성운・조창환・허중수・이삼석・강필애・박경양・이명숙・김윤. 1980. 굴 養殖場 綜合調査. 水振研報 24, 7-46.
- 29) 國立水産振興院. 1977. 沿岸漁場 環境調査. 事業報告 第36號.
- 30) 澤田保夫・谷口宮三郎. 1967. 眞珠養殖漁場の養殖海洋學的研究 IV. 老化漁場における底質の性状とその改良方法の一例について. 國立眞珠研報 12, 1379-1408.
- 31) Uyeno, F., K. Kawaguchi, N. Terada, and T. Okada. 1970. Decomposition, effluent and deposition of phytoplankton in an estuarine pearl oyster area. Rep. Fac. Fish., Pref. Univ. Mie 7(1), 7-41.
- 32) 박상운・오윤근・박청길・조상영. 1969. 鎖海灣 부근 海역의 海水化學成分의 季節的 變化. 水振研報 4, 59-68.