Bull. Korean Fish. Soc., 8(3), 121—126, 1975 韓水誌 8(3), 121—126, 1975

# 鎭海灣 海水의 富營養化와 클로로필 分布

朴 淸 吉*

(1975年 8月 20日接受)

# EUTROPHICATION AND CHLOROPHYLL CONTENT IN THE SEAWATER OF JINHAE BAY AREA

Chung Kil PARK*

Chlorophyll *a* content in marine phytoplankton and nutrient in seawater were determined to study the influence of eutrophication of Jinhae Bay area on primary production. Sampels were taken in the surface layer and bottom of 21 stations in Jinhae Bay including Masan Bay and Hengam Bay, and adjacent waters such as Geoje Bay and the estuary of Naktong River for refrence during summer period in 1974.

Chlorophyll *a* content was ranged from 0.52 $mg/m^3$ to 25.16 $mg/m^3$ in whole area. Mean value of chlorophyll a was the highest in Masan Bay and the lowest in GeojeBay. It was noteworthy that chlorophyll a content of Hengam Bay was not much higher than that of neighboring area and rather lower than that of the estuary of Naktong River in spite of high phosphate content.

Linear relationship between increase of nutrients and chlorophyll *a* was found in Masan Bay and the estuary of Naktong River where N/P ratio of nutrients was over 12. This relationship however could not be found in most area of Jinhae Bay where N/P ratio of nutrients was lower than 2 which might due to the wastewater from the Chemical Fertilizer plant. Red tide and low dissolved oxygen waters due to eutrophication were observed during summer period in Masan Bay.

## 緖 言

鎭海灣 海域에 最近에 들어 燐酸鹽을 비롯한 營養鹽類가 肥料工場廢水나 馬山地域의 都市下水로 부터 多量 流入됨으로 海域의 富營養化가 촉진되고 있다는 것은 著者가 前報[1]한 바와 같다.

海域의 富營養化 傾向은 最近 日本을 비롯한 世界여러 沿岸海域에서 急速度로 進行되고 있으며[2] 특히 都市가 集中되어 있는 內灣海域에서 그 傾向이 더욱 심하다.

이러한 內灣海域의 富營養化는 藻類의 大量發生을 誘發시켜 그 結果 赤潮나 低酸素水塊 形成등으로 水産增養殖이나 環境保全에 심각한 惡影響을 미치고 있다.

그래서 鎭海灣海域의 富營養化 現象이 海域의 基礎生産 및 環境에 미치는 영향을 究明하기 위해 1974年 主로 夏季節에 基礎生産 및 植物플랭크톤의 現存量과 關聯이 있는 植物플랭크톤의 클로로필*a* 量과 營養鹽類 및 溶存酸素의 分布를 調査하여 相互關係를 檢討하였다.

## 調 査 方 法

### 1. 調査地点 및 時期

1974年 6, 8, 9月 3回에 걸쳐 Fig. 1에서와 같은 調査海域의 21個 試料採取地点의 表層 및 低層에서 각각 試料를 採取하였다.

### 2. 試料 分析方法

①클로로필*a* 測定

日本 UNESCO 國內委員會 海洋分科會에서 채택하고 있는 方法[3]에 따랐다.

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

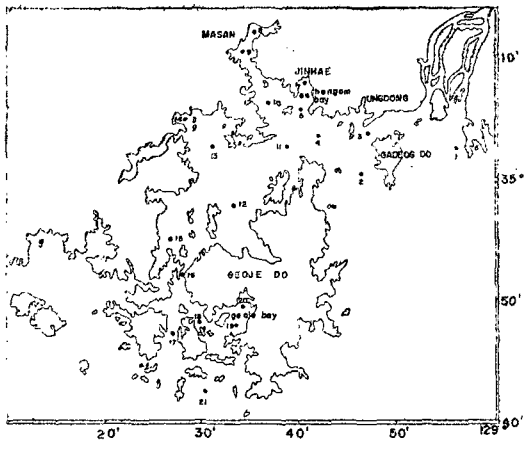


Fig. 1. Sampling stations in Jinhae Bay area.

즉 試水量은 透明度가 낮은 沿岸水이므로 0.5~1 *l*을 使用해서 直徑 47 *mm*의 밀리포어필터 HA型(孔徑 0.45$\mu$)에 吸引濾過해서 濾過가 끝날무렵 클로로필 變化를 防止하기 爲해 5% 탄산마그네슘 溶液 2 *ml*을 加해 濾過를 완료한 후 植物플랭크톤이 묻은 濾過紙를 一般定性用 濾紙에 싸서 메시케타에 넣고 冷暗所에 보관해서 實驗室로 운반했다. 植物플랭크톤이 묻은 濾過紙를 超音波發生裝置(Kubota KMS-100)에 넣고 92% 아세톤 5 *ml*을 加해 10分間 破壞 溶出시킨후 全量이 10 *ml* 정도 되게 92% 아세톤으로 씻어낸후 약 15分間 9,000 *rpm*으로 遠沈後 上層液을 分光光度計(UNICA MSP 600)에서 750, 663, 645, 630 *nm*의 吸光度를 測定했으며 다음式에 의해 클로로필 *a* 量을 算出했다.

$$f=\frac{\text{使用한 92\% 아세톤量}(ml)}{\text{試水量}(ml)}\times\frac{1}{\text{光路}(cm)}$$

$$\text{클로로필 } a\ (mg/m^3)=(11.64\ D_{663}-2.16\ D_{645}+0.10\ D_{630})\times f$$

이때 $D$값은 各波長의 吸光度값에서 750 *nm*의 吸光度값을 빼어준 값을 使用했다.

② 營養鹽類

試水는 採水時 폴리에칠렌병에 넣고 冷凍庫에서 凍結 보관해서 實驗室에 옮긴 후 解凍하여 燐酸鹽, 窒酸鹽, 亞窒酸鹽은 Strickland and Parsons法[4]에 따라 定量했으며 암모니아는 Phenolhypochlorite法[5] 으로 定量했다.

③ 溶存酸素

윈클러法으로 定量했다.

## 結果 및 考察

### 1. 클로로필 *a* 分布

鎭海灣 海域의 月別 表層의 클로로필 *a* 分布는 Fig. 2.와같다

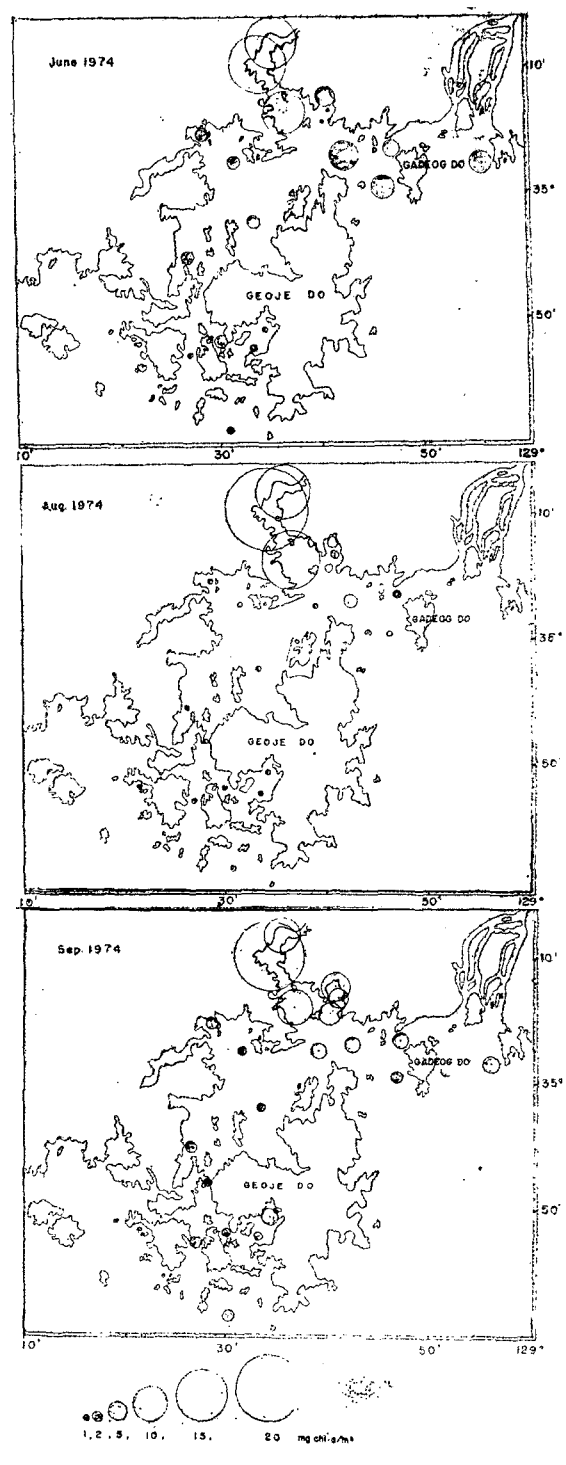


Fig. 2. Distribution of chlorophyll *a* in the surface layer in Jinhae Bay. Black circles indicate chlorophyll *a* in $mg/m^3$

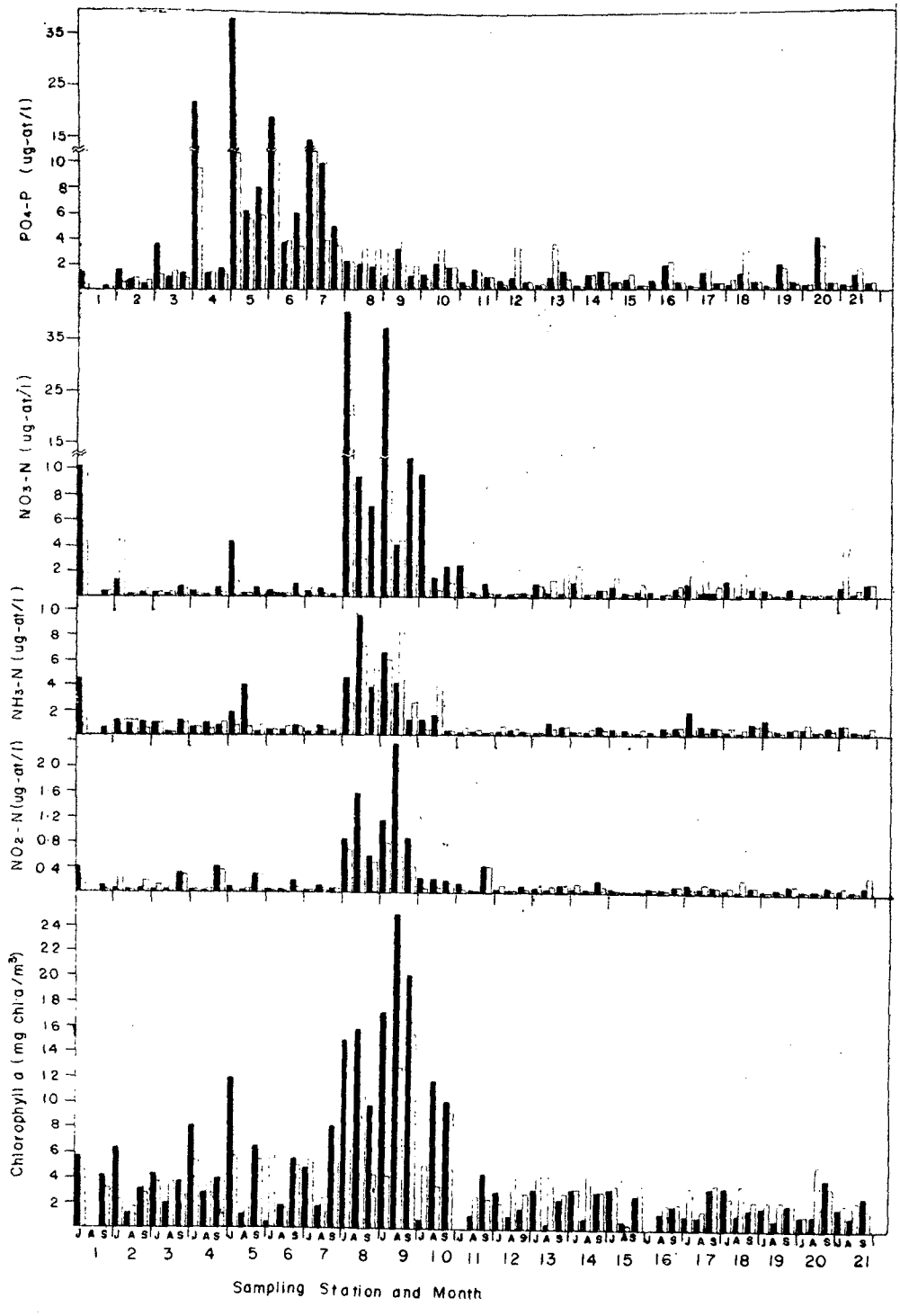


Fig. 3. Concentration of nutrients and chlorophyll *a* at the sampled stations. Black bars indicate value of surface layer and white bars bottom layer.

馬山灣 海域이 全 調査期間을 통해 인근 海域과 比較할 수 없을만큼 가장 높은 濃度分布를 보였으며 특히 8月의 경우 鎭海灣 바깥 海域인 巨濟灣부근 海域에 비해 最高 25倍以上의 高濃度 分布를 나타내었다.

洛東江 河口가 그 다음으로 다소 높은 分布를 보였으며 鎭海化學工場이 位置하고 있는 行岩灣은 9月을 제외하고는 인근 海域인 熊東面과 熊川面 앞바다 보다 오히려 낮은 分布를 보인 것은 매우 注目할만한 事實이다.

鎭海灣 中央海域은 灣外海域보다 平均的으로 다소 높은 分布를 보이고 있으며 鎭海灣全域으로 볼때 灣內外 海水의 交流가 主로 이루어 지고 있는 灣의 東쪽 入口 海域이 높고 西쪽 海域이 낮은 分布를 보였다. 한편 굴양식장이 많은 巨濟灣은 가장 낮은 分布를 보였다.

## 2. 클로로필 *a* 分布와 水質과의 關係

海域에 따른 클로로필*a*의 分布上의 특징과 그 海域의 水質과의 關係를 보기위해 Fig. 3에서 各 地点別 表層 및 底層의 營養鹽類量과 클로로필*a* 量을 나타내었으며, Table 1에서는 各 海域別 水溫, 溶存酸素, 燐酸鹽, 無機全窒素, 全窒素와 燐과의 比率, 透明度 및 클로로필*a*의 範圍 및 平均値를 表示하였다.

水溫은 이 調査期間인 6, 8, 9月의 夏季節을 통해 水深이 얕고 內灣인 馬山灣이 17.0—27.9℃ 범위에 平均 22.8℃로 가장 높았으며 洛東江 河口가 16.6—22.8℃ 범위에 平均 20.6℃로 가장 낮았으나 海域에 따른 큰 差異를 볼 수 없었다.

溶存酸素量은 馬山灣을 제외하고는 平均이 5.16—5.70 *ml/l*로 地点別로 大差가 없었으나 馬山灣은 表層과 底層의 差異가 심해 底層에서는 最低 1.71 *ml/l*로 貧酸素狀態를 나타내어 腐蝕性 水域의 특징을 보여 주고 있다.

燐酸鹽은 行岩灣이 鎭海化學工場 廢水의 영향으로 3.38—18.86 *μg-at/l* 범위에 平均 7.85 *μg-at/l*로 海域中 最高濃度를 보였으며, 馬山灣이 0.99—3.92 *μg-at/l*에 平均 2.40 *μg-at/l*로 다소 높은 濃度를 보였고 熊東海域이 0.90—3.62 *μg-at/l*에 平均 1.65 *μg-at/l*로 洛東江 河口나 鎭海灣 中央海域보다 높은 濃度를 보인 것은 鎭海化學 工場廢水의 영향이 이곳까지 많이 미치고 있음을 알 수 있다.

全窒素는 馬山灣이 8.57—56.46 *μg-at/l* 범위에 平均 22.78 *μg-at/l*로 가장 높은 濃度를 보였으며 洛東江 河口도 0.79—15.32 *μg-at/l*에 平均 7.09 *μg-at/l*로 비교적 높은 濃度를 나타내는 반면 燐酸鹽量이 가장 많은 行岩灣과 기타 海域은 아주 낮은 分布를 보였다. 이와같이 行岩灣과 馬山灣은 燐酸鹽과 全窒素의 分布에 있어서 극히 對照的인 分布狀態를 보여주고 있다.

全窒素와 燐과의 比率 즉N/P 값을 보면 馬山灣과 洛東江 河口에서 各各 12.19와 12.16으로 Friday Harbor[6]와 같은 一般 沿岸水에서 볼 수 있는 N/P값 10—12와 거의 비슷한 값을 보이고 있으나 行岩灣 N/P값이 平均 0.17로 全窒素量보다 오히려 燐의 量이 더 많은 異常現象을 보였는데 이것 역시 鎭海化學 工場廢水에 의한 燐酸鹽의 大量流入에 의한 結果이다. 그래서 鎭海化學 工場廢水의 영향을 받고 있는 鎭海灣 內海 全域에서는 馬山灣을 제외하고는 平均 N/P 값이 2以下의 값을 보이고 있는데 이것은 日本의 瀨戶內海에서의 夏季의 N/P값 2~10[2]보다 더 낮은 燐酸鹽 過多現象을 보여주고 있다.

클로로필*a*는馬山灣이 4.10—25.16 *mg/m*³에 平均 13.27 *mg/m*³로 가장 높은 分布를 보였으며 行岩灣은 0.52—8.27 *mg/m*³에 平均4.29 *mg/m*³였고 鎭海灣 中央海域은 0.19—8.88 *mg/m*³에 平均 3.24 *mg/m*³였으며 洛東江 河口에서는 3.12-5.73 *mg/m*³ 범위에 平均 4.46 *mg/m*³였고, 巨濟灣은 0.65—5.00 *mg/m*³에 平均 2.23 *mg/m*³로 海域中 가장 낮았다.

透明度는 클로로필*a* 量이 가장 많은 馬山灣이 平均 0.9*m*로 가장 낮았고 클로로필*a* 量이 적은 鎭海灣 中央海域과 巨濟灣이 各各 平均 4.4*m* 및 3.0*m*로 높은 값을 보여 透明度와 클로로필*a* 量과는 逆相關關係를 나타내고 있었다.

以上의 結果에서 鎭海化學 工場廢水에 依해 燐酸鹽의 含量이 높은 行岩灣 一帶에서 높은 基礎生産量을 期待했으나 이와는 반대로 특히 6月과 8月의 경우 表層의 클로로필*a* 量이 인근해역에 比해 더 낮은 分布를보였고, 1965年 6月 行岩灣에서 測定한 클로로필 a 量 5.94 *mg/m*³ [7] 보다 훨씬 낮은 分布를 보인 現象에 對해 考察해 보고저 한다. Fig. 3에서 보는바와 같이 클로로필*a* 量과 營養鹽類와의 關係에서 燐酸鹽量과는 별로 連關性이 없고 窒酸鹽, 암모니아, 亞窒酸鹽등 窒素成分量과는 밀접한 相關關係를 가지고 있는 것으로 나타났다. Sakamoto[8]는 水域에서의 營養鹽類의 N/P값이 10—25 범위內에 있을때는 窒素와 燐 各成分의 營養鹽量의 增加와 藻類의 現存量(現存量을 클로로필로 表示했음)의 增加는 서로 直線的 相關關係가 있다고 했는데 이 調査結果에서도 N/P값이 12以上이 되는 馬山灣 및 洛東江 河口에서는 營養鹽類量의

**Table 1. Range and mean values of chlorophyll *a*, nutrients, N/P ratio of nutrient, dissolved oxygen, water temperature and transparancy in Jinhae Bay during summer period in 1974**

| Area | Partition | Depth* | Water temp. (℃) | D O (*ml/l*) | $PO_4$-P (*μg-at/l*) | Total-N (*μg-at/l*) | N/P | Chl. *a* (*mg/m³*) | Transparancy (*m*) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Masan Bay (St. 8. 9) | Range | S | 21. 0—27. 9 | 2. 98—6. 82 | 0. 99—3. 15 | 11. 53—56. 46 | 6. 40—44. 51 | 9. 69—25. 16 | 0. 5—3. 0 |
| | | B | 17. 0—24. 6 | 1. 71—6. 22 | 1. 85—3. 92 | 8. 57—24. 99 | 3. 28—10. 67 | 4. 10—15. 48 | |
| | Mean | W | 2. 28 | 4. 29 | 2. 40 | 22. 78 | 12. 19 | 13. 27 | 0. 9 |
| Hengam Bay (St. 6, 7) | Range | S | 19. 5—25. 5 | 4. 52—6. 62 | 3. 64—18. 86 | 0. 65—1. 84 | 0. 04—0. 30 | 0. 52—8. 27 | 1. 3—4. 0 |
| | | B | 18. 2—23. 6 | 4. 22—64. 2 | 3. 38—11. 70 | 0. 53—1. 61 | 0. 05—0. 47 | 1. 49—7. 73 | |
| | Mean | W | 22. 2 | 5. 38 | 7. 85 | 0. 95 | 0. 17 | 4. 29 | 2. 4 |
| Ungdong area (St. 3) | Range | S | 21. 4—23. 6 | 4. 71—6. 52 | 1. 01—3. 62 | 0. 37—2. 18 | 0. 34—1. 61 | 2. 01—4. 30 | 1. 5—3. 0 |
| | | B | 18. 6—22. 9 | 4. 68—5. 42 | 0. 90—1. 33 | 0. 75—1. 80 | 0. 45—2. 00 | 3. 78—3. 84 | |
| | Mean | W | 21. 9 | 5. 33 | 1. 65 | 1. 30 | 1. 02 | 3. 58 | 2. 0 |
| Central area of Jinhae Bay (St. 12, 13) | Range | S | 19. 3—27. 6 | 5. 41—6. 26 | 0. 18—1. 40 | 0. 50—1. 15 | 0. 63—6. 38 | 0. 19—3. 13 | 2. 0—7. 0 |
| | | B | 15. 5—24. 0 | 3. 60—5. 30 | 0. 41—3. 51 | 0. 56—2. 61 | 0. 18—4. 55 | 1. 96—8. 88 | |
| | Mean | W | 21. 9 | 5. 16 | 1. 14 | 1. 13 | 1. 90 | 3. 24 | 4. 4 |
| Geoje Bay (St. 19, 20) | Range | S | 20. 7—26. 5 | 5. 30—6. 22 | 0. 14—4. 16 | 0. 37—1. 97 | 0. 20—14. 07 | 0. 65—4. 02 | 2. 0—5. 0 |
| | | B | 18. 5—23. 8 | 4. 70—6. 19 | 0. 18—3. 51 | 0. 30—1. 20 | 0. 09—4. 77 | 1. 05—5. 00 | |
| | Mean | W | 22. 5 | 5. 70 | 1. 20 | 0. 83 | 2. 86 | 2. 23 | 3. 0 |
| Estuary of Naktong River (St. 1) | Range | S | 20. 1—22. 8 | 5. 52—5. 72 | 0. 34—1. 44 | 0. 79—15. 32 | 2. 32—10. 64 | 4. 19—5. 73 | 0. 4—2. 5 |
| | | B | 16. 6—22. 8 | 5. 43—5. 62 | 0. 23—0. 36 | 1. 05—11. 21 | 4. 56—31. 13 | 3. 12—4. 78 | |
| | Mean | W | 20. 6 | 5. 57 | 0. 59 | 7. 09 | 12. 16 | 4. 46 | 1. 5 |

※ S:Surface. B: Bottom. W: Whole layer.

增加와 클로로필*a* 量의 增加는 거의 比例하고 있었으나 N/P값이 그 以下로 아주 낮은 行岩灣에서는 比例하고 있지 않았다. 그래서 鎭海灣과 같이 工場廢水에 의한 人爲的인 汚染으로 燐의 量이 많은 海域에서는 燐成分量보다 窒素成分量에 依해 一次生産이 결정되는 것으로 보인다. 그래서 燐酸鹽量이 너무 過度하게 많은 行岩灣에서는 도리어 植物플랭크톤의 번식을 저해하는 결과를 초래하고 있는 것같이 클로로필*a* 量이 아주 적었다.

馬山灣은 都市下水와 각종 工場廢水 등에 의해 富營養化가 典型的으로 촉진되고 있었으며 그 結果 클로로필*a* 分布에서도 推定할 수 있는 바와 같이 植物플랭크톤의 大量發生을 誘發시켜 이 調査期間을 통한 現場관찰에 의하면 海面이 거의 赤褐色으로 變해 있어 소위 赤潮 現象이 계속되고 있었으며, 이들 生物体의 死後 부패로 底層의 溶存酸素가 最低 1.71 *ml/l*로 貧酸素水塊를 形成하고 있었다. 한편 굴양식장이 많은 巨濟灣은 營養鹽量도 가장 적을뿐 아니라 클로로필*a* 量도 이 調査海域中 가장 낮은 低生産性 海域이었다.

## 要 約

1) 클로로필*a* 量은 馬山灣이 4.10—25.16 *mg/m*$^3$ 범위에 平均 13.27 *mg/m*$^3$로 가장 높은 分布를 보였으며 鎭海化學工場이 位置한 行岩灣은 0.52—8.27 *mg/m*$^3$에 平均 4.29 *mg/m*$^3$로 인근 洛東江 河口의 3.12—5.73 *mg/m*$^3$에 平均 4.46*mg/m*$^3$ 보다 낮았으며 굴양식장이 많은 巨濟灣이 0.65—5.00 *mg/m*$^3$에 平均 2.23 *mg/m*$^3$로 가장 낮은 分布를 보였다.

2) 營養鹽類의 N/P값이 12以上되는 馬山灣과 洛東江 河口에서는 營養鹽量의 增加와 클로로필*a* 量의 增加는 比例하고 있었으나 鎭海化學 工場廢水의 영향이로 N/P값이 2 以下로 낮은 行岩灣 및 鎭海灣 內海域에서는 營養鹽類量의 增加와 클로로필*a* 量과는 一定한 相關關係가 없었고 燐酸鹽量이 過度하게 많은 行岩灣에서는 오히려 클로로필*a* 量이 더 적은 結果를 보였다.

3) 馬山灣에서는 富營養化로 因해 赤潮가 發生하여 底層에는 貧酸素 水塊를 形成하고 있었다.

## 謝 辭

이 調査를 爲해 많은 指導와 校閱을 해 주신 元鍾勳 敎授님과 水産振興院 朴周錫 博士님 그리고 試料採集 및 分析을 도와주신 水産振興院 우휘웅씨와 海洋調査科 여러분께 感謝를 드립니다.

## 文 獻

1) 朴清吉(1975) : 鎭海灣 海域의 燐酸鹽分布의 特性에 關하여. 韓水誌, 8(2), 68～72.

2) 日本水産學會 (1973) : 水圈の富榮養化と水産增養殖, 恒星社厚生閣刊, 37～48.

3) 日本 UNESCO 國內委員會 海洋分科會 (1965) : プランクトン クロロフイル 基礎生産量 測定法. 16～20.

4) Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons (1968): A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Bd. Canada, Bull., 167, 49～80.

5) Solórzano, L. (1970): Determination of ammonia in natural water by the phenol-hypochlorite method. Notes and Comment, 799～801.

6) Sverdrup, H.U., M.W. Johnson and R.H. Fleming (1942): The Oceans. Prentice-Hall, 257.

7) 崔相·鄭兌和(1966) : 韓國沿岸水域의 基礎生産. 原子力研究彙報, 3(1), 42～57.

8) Sakamoto, M. (1966): Primary production by phytoplankton community in some Japanese lake and its dependence on lake depth. Arch. Hydrobiol., 62, 1～28.