

濟州島 沿岸海域에 出現하고 있는 赤潮生物

尹良湖* · 盧洪吉** · 金暎起**

* 麗水水産大學 海洋學科 ** 濟州大學校 海洋研究所

Red Tide Organisms in the Coastal Waters of Cheju Island, Southern Korea

Yang Ho YOON*, Hong Kil RHO** and Young Gi KIM**

* Department of Oceanography Yosu National Fisheries University
** Marine Research Insititute, Cheju National University

The red tide organisms were collected twice a month during the period from June to October 1989 at 14 stations in the coastal waters of Cheju Island, southern Korea.

Cell density of mainly species were usually less than 10^6 cells/ ℓ with maximum cell density of 1.2×10^7 cell/ ℓ by the blooming of diatoms, *Chaetoceros pseudocurvisetum* in Hallim harbour, western part of Island.

Occurred red tide organisms in Cheju Island were more than 17 species, that is, 1 species of blue-green algae, *Trichodesmium erythraeum* 9 species of dinoflagellates, *Ceratium kofoidii*, *Gymnodinium* sp., *Gyrodinium dominans*, *Noctiluca scintillans*, *Prorocentrum dentatum*, *P. micans*, *P. sigmoides*, *P. triestinum*, *Scrippsiella trochoidea*, 1 species of silicoflagellate, *Dictyocha fibula*, 3 species of diatoms, *Chaetoceros pseudocurvisetum*, *Ch. debile*, *Skeletonema costatum*, 1 species of chloromonad, *Heterosigma akashiwo*, 1 species of euglenoid, *Eutreptilla* sp. and 1 species of photosynthetic ciliate, *Mesodinium rubrum*.

緒 論

近年 産業社會의 發達과 더불어, 그의 副産物로서 沿岸海域은 극도의 富營養化 추세에 있고, 이와 關聯하여 世界 各處의 沿岸海域에서는 赤潮라고 하는 海洋微小生物의 異常發生 現象이 多發하고 있다(Okaichi et al., 1989). 또한 이 같은 赤潮의 發生은 沿岸海域에 棲息하는 水産動植物 斃死시키는 被害를 續出시켜 (Anderson

et al., 1985; Okaichi et al., 1989) 크나큰 社會問題로 까지 發展하고 있다. 濟州島는 對馬暖流의 影響을 強하게 받고 있을 뿐만 아니라, 陸水의 流入源이 되는 큰 河川 등이 없는데다, 地理·地形的으로는 外海 쪽과의 海水交換의 매우 圓滑하여, 現在까지 매우 맑은 沿岸海域을 維持하고 있다고 할 수 있다. 그러나, 最近 沿岸生態系를 고려하지 않은 開發爲主의 沿岸開發과 沿岸海域을 根幹으로 하는 海洋産業이 繁盛 等

으로 인하여 極小的이기는 하나 1990년에는 일부 海域에서 濟州島 有史以來 最初의 赤潮現象을 發生시키는 등 (1990년 8월 8日, 濟民新聞 1面), 沿岸漁場의 荒廢 등 沿岸海域에 있어서의 環境問題들이 야기되고 있다.

그러기에, 本 研究에서는 高水温期에 濟州沿岸海域에 出現하고 있는 赤潮生物의 動態를 把握하여, 앞으로 이들 海域에서 當面할 수 있는 赤潮發生 問題에 대한 基本資料의 提供을 目的으로 實施하였던 사항에 대하여 그 一部를 報告한다.

그리고, 이같은 赤潮現象에 對해서는 諸外國에서 오래전 부터 여러가지 方面에서 研究가 活潑히 이루어 지고 있으며 (Tsujiata, 1956; Okaichi et al., 1989), 國內에서도 南海岸을 中心으로 近年 많은 研究가 이루어 지고 있으나 (李 等, 1980; 朴, 1980), 最近에는 그 發生海域이 全國적으로 擴散되고 있는 실정이며 (Park et al., 1989), 이에 대한 研究는 매우 未洽한 실정이라 할 수 있다. 또한 本 研究에 對象이 되고 있는 濟州沿岸海域에 있어서의 赤潮生物과 關聯하여 實施한 研究調査·報告는 全無한 狀態이다.

아울러 本 研究는 많은 분들이 도움에 의하여 實行할 수가 있었으며, 특히 여러가지 分析器機의 利用에 便利를 提供하여 주셨던 前任 濟州大學校 海洋研究所 所長님이셨던 高 有峰教授님과 研究所 職員들에 대하여 眞心으로 感謝의 뜻을 表한다.

材料 및 方法

調査는 1989년 6월부터 同年 10월까지 濟州島 周邊沿岸의 14개 定點 (Fig. 1)에 대하여, 月 2회의 間隔으로 바깥스를 利用하여 表面海水를 採水하였다.

赤潮生物의 同定과 計數는 採水한 海水를 實驗室에서 500ml를 取하여, Pore size가 5.0 μ m이고 직경의 47mm인 Membrane Filter가 裝着된 濾過器에서 自然落下 濾過시켜 最終濃도가 10ml가 되게 濃縮 (飯塚, 1986)시킨 다음 檢鏡試料로서 提供하였다. 種의 同定과 計數에는 檢鏡試料 0.1ml를 正確히 pipet man으로 計數板에 取하여 1回~2回 光學顯微鏡下에서 實施하였다. 出現細

胞數는 2回 檢鏡한 값을 平均하여 表示하였다. 그리고 赤潮生物의 判斷은 日本 赤潮研究會 分類班의 赤潮生物시트를 中心으로 지금까지 海域에서 赤潮를 發生시킨 記錄을 가지고 있는 種 (Fukuyo et al., 1990)으로 限定시켰다. 또한, 이들 赤潮生物 中の 相當種類는 無殼鞭毛藻類로서, 이들 種은 環境變化에 매우 敏感히 反應하고, 이들을 原形대로 固定시킬 適切한 固定液도 아직 開發되어 있지 않은 실정이기에, 모든 試料는 採水 後 살아있는 生物標本을 가지고 12時間 以內에 檢鏡을 完了하였다.

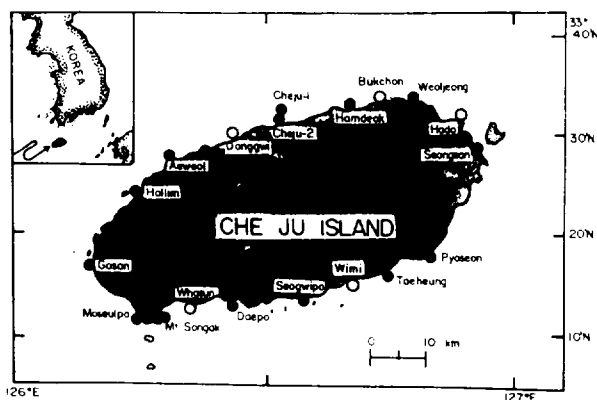


Fig. 1. Map showing sampling stations. (closed circles)

結果 및 考察

藍藻類와 硅酸質鞭毛藻類

調査期間 中에 濟州沿岸海域에 出現하였던 赤潮生物을 Table 1에 整理하여 나타내었다. 이는 總 17種으로 藍藻類가 1種, 渦鞭毛藻類가 9種, 硅酸質鞭毛藻類가 1種, 珪藻類가 3種, 라피도藻類가 1種, 유글레나藻類가 1種 그리고, 原生動物이 1種 이었다. 이 중 藍藻類인 *Trichodesmium erythraeum*은 東支那海 等の 外海域에서 赤潮를 發生시키고 있고 (Bowmann and Lancaster, 1965; Nagasawa and Marumo, 1967; Ramamurthy, 1970), 赤潮發生으로 因하여 人間の 呼吸器 疾患을 誘發시키는 種 (Sato et al., 1964)으로도 잘 알려져 있으며, 科學적으로 赤潮의 發生을 記錄·報告된 이래 最初의 赤潮原

濟州島 沿岸海域에 出現하고 있는 赤潮生物

因生物로서 記錄되어진 種(高野, 1979)이라고도 할 수 있다. 濟州沿岸에서는 出現密度는 그다지 높지 않으나 濟州北方海域에서 6月과 10月에 10^3 cells/l 以上の 密度로서 出現을 보이고 있다.

또한, 硅酸質鞭毛藻類인 *Dictyocha fibula*는 日本 等에서는 閉鎖된 内灣에서 赤潮發生 記錄을 가지고 있으며(Tsuji, 1949), 기타 世界各地에

시도 類似種에 의한 赤潮現狀이 報告되어 지고 있다(Taguchi and Laws, 1989). 本 種의 濟州 沿岸海域에서의 出現樣相은 한림, 성산, 모슬포, 제주항내 등의 觀測點에서 9月에서 10月에 걸쳐 매우 낮은 密度이기는 하나 10^3 cells/l의 單位로 출현을 하고 있다.

Table 1. Occurred red tide organisms in the coastal waters of Cheju Island from June to October, 1989.

Order	Species	Name
CYANOPHYCEAE	<i>Trichodesmium</i>	<i>erythraeum</i> Ehrenberg
DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	<i>kofoidii</i> Jorgensen
	<i>Gymnodinium</i>	sp. (small size)
	<i>Gyrodinium</i>	<i>dominans</i> Hulburt
	<i>Noctiluca</i>	<i>scintillans</i> (Macartney) Ehrenberg
	<i>Prorocentrum</i>	<i>dentatum</i> Stein
	P.	<i>micans</i> Ehrenberg
	P.	<i>sigmoides</i> Bohm
DINOPHYCEAE	P.	<i>triestinum</i> Schiller
	<i>Scripsiella</i>	<i>trochoidea</i> (Stein) Loeblich III
CHRYSOPHYCEAE	<i>Dictyocha</i>	<i>fibula</i> Ehrenberg
BACILLARIOPHYCEAE	<i>Chaetoceros</i>	<i>pseudocurvisetum</i> Mangin
	<i>Chaetoceros</i>	<i>debile</i> Cleve
	<i>Skeletonema</i>	<i>costatum</i> (Greville) Cleve
RAPHIDOPHYCEAE	<i>Heterosigma</i>	<i>akashimo</i> (Hada) Hada
EUGLEOPHYCEAE	<i>Eutreptiella</i> sp. cf.	<i>gymnaslica</i> Throndsen
PROTOZOA	<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i> (Lohmann) Hamburger et Buddenbrock

渦鞭毛藻類

赤潮原因生物 中 가장 많은 數의 種類를 包含하고 있는 分類群으로서, 濟州沿岸海域에서도 매우 多樣한 種의 出現을 보이고 있으며(尹 等, 未發表), 이 중 赤潮原因生物로서 잘 알려진 種

들은 *Prorocentrum dentatum*, *P. micans*, *P. sigmoides*, *P. triestinum* 等의 *Prorocentrum*屬과 *Gymnodinium* sp., *Gyrodinium dominans*, *Noctiluca scintillans*, *Scripsiella trochoidea*, *Ceratium kofoidii* 等 이었다.

그 중 *Prorocentrum triestinum*의 出現狀況을

Fig. 2에 나타내었다. 本 種의 分布는 全世界의 沿岸域에 걸쳐 매우 廣範圍하게 分布하고 있고, 特히 温帶域의 沿岸海域에 폭넓게 分布하면서 봄과 가을의 暖水温期에 赤潮를 頻發시킨다

(Fukuyo et al., 1990). 濟州沿岸海域에서는 6, 7월에 北方海域에서 보다 높은 密度로 出現을 보이고 있고, 最大 出現細胞數는 威德 觀測點에서 9.9×10^4 cells/l이었다.

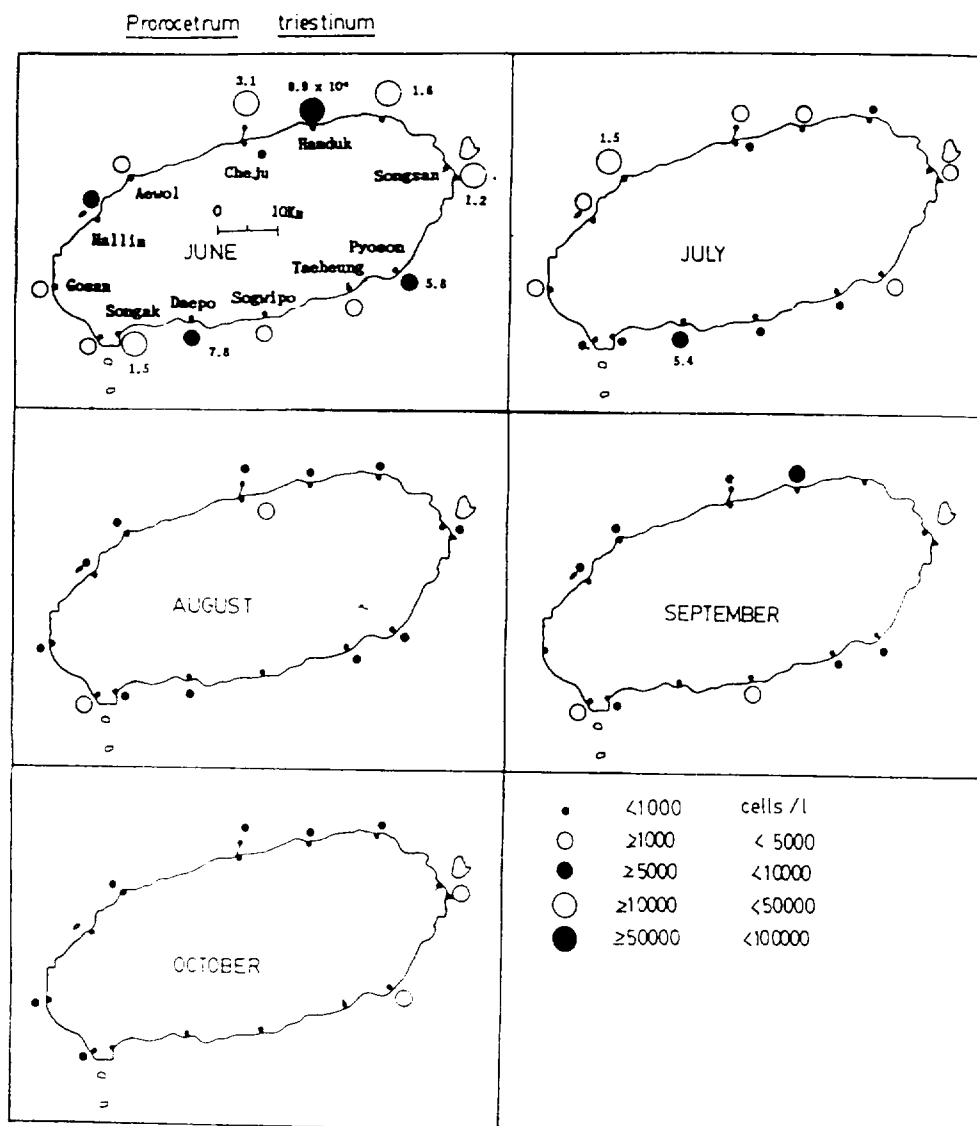


Fig. 2. Distribution of *Prorocentrum triestinum* in the coastal waters of Cheju.

濟州島 沿岸海域에 出現하고 있는 赤潮生物

그리고 Fig. 3과 Fig. 4에는 無殼渦鞭毛藻인 *Gymnodinium* spp. 와 *Gyrodinium* spp. 의 出現樣相을 나타내었다. *Gyrodinium*屬의 大部分은 *Gyrodinium dominans*에 의하여 占有되고 있으

며, 이들 種의 出現密度는 10^4 cells/l 以下로서 그다지 높은 出現密度는 아니나, 比較的 海水의 停滯가 있는 곳에서 보다 높은 出現密度로서 出現하는 樣相을 보이고 있다. 이들 種과 同屬에

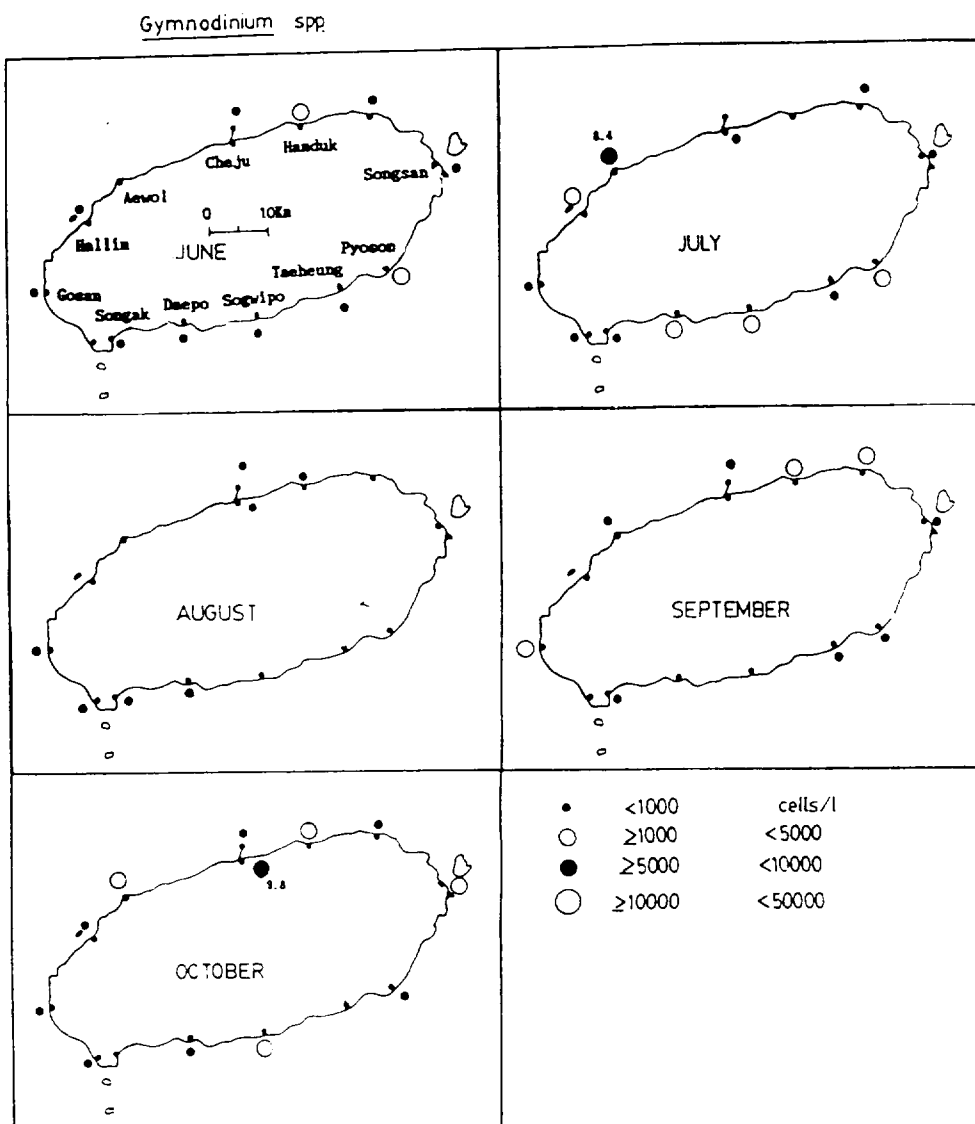


Fig. 3. Distribution of *Gymnodinium* in the coastal waters of Cheju.

包含되고 있는 *Gymnodinium mikimotoi*, *G. breve*, *Gyrodinium aureolum* 등은 世界 各處에서 外海에 接한 海域에서도 赤潮를 發生시켜, 그곳에 棲息하고 있는 水産動植物을 多量으로 斃

死시키고 있는 主要原因種으로 잘 알려져 있다 (Matsuoka et al., 1989; Murphy et al., 1975; Helm et al., 1974).

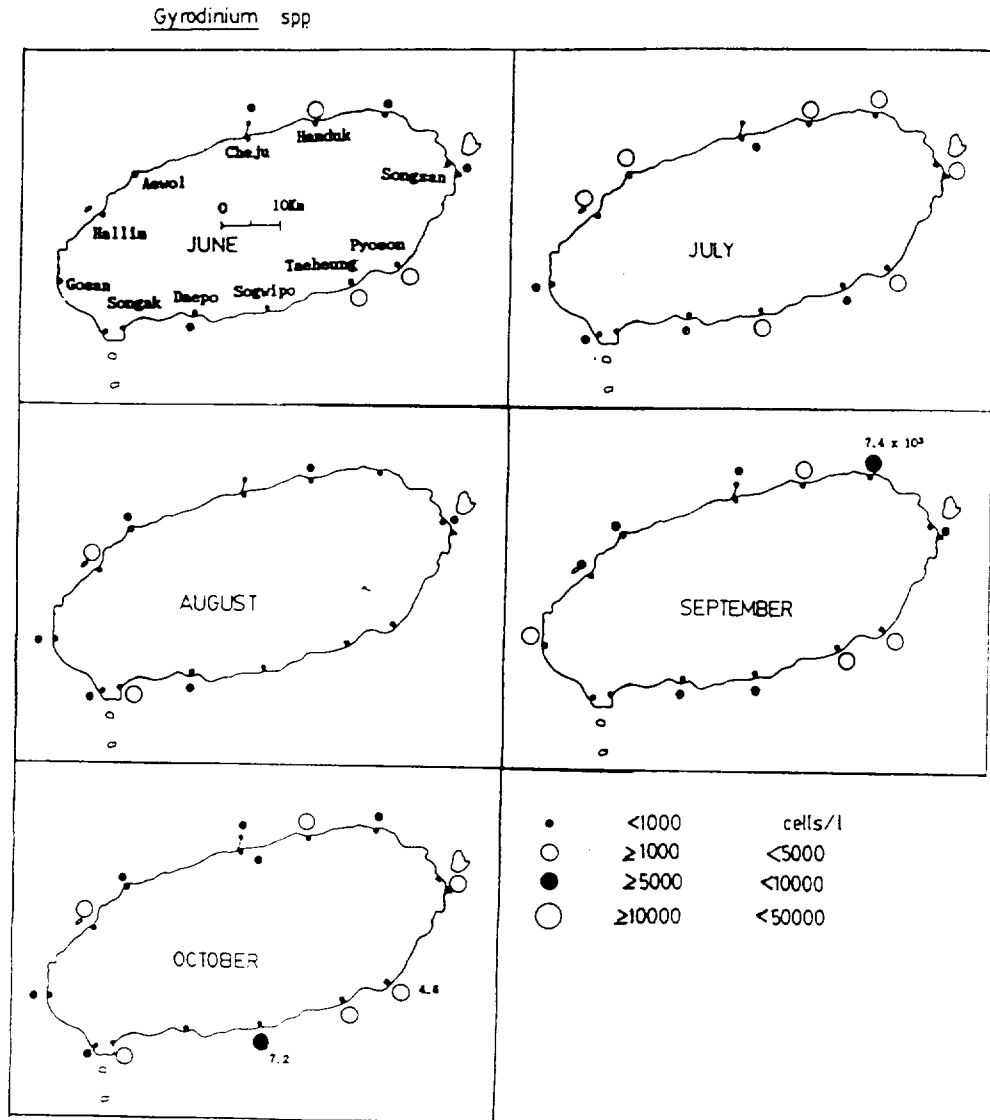


Fig. 4. Distribution of *Gyrodinium* spp. (cf. *dominans*) in the coastal waters of Cheju.

珪藻類

珪藻에 의한 赤潮의 形成은 比較的 單一種에 의한 것 보다 여러種의 混合에 의하여 形成되어 지는 경우가 많으며, 이 分類群에 속하는 種들은 特히 降雨形 赤潮를 誘發시키는 것으로 알려져 있다. 調査期間에 濟州沿岸에 出現한 珪藻類 中の 赤潮原因種으로 分類된(Fukuyo et al., 1990) 種類는 十數種에 미치고 있지만, 그 中에서도 比較的 沿岸海域에서 大量으로, 그리고 單一生物에 의하여 赤潮를 發生시킨 적이 있는 生物에 限定하여 考察하면, *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros pseudocurvisetum*, *Ch. debile*로 限定시킬 수 있다.

Fig. 5에는 調査期間 中에 濟州沿岸海域에 出現하고 있는 *Skeletonema costatum*의 出現細胞數를 表示한 것이다. 이 種은 富營養화된 海域에서 그 어느 種보다도 優占種으로 出現하며, 最大 出現細胞數는 7월에 濟州港內에서 1.2×10^6 cells/l로 出現하고 있고, 濟州島 北方海域에서 南方海域보다 높은 값으로 出現하는 特徵을 나타내고 있다.

Fig. 6에는 *Cheatoceros* spp.의 出現樣相을 表示하였다. 이 分類群은 珪藻類 中에서도 매우 多樣한 種들로 構成되고 있고, 本 調査期間에도 매우 多樣한 種들이 全調査點에서 高루게 出現하는 樣相을 보이고 있으나, 그 中 量的으로 높게 出現하고 있는 種으로서 *Cheatoceros pseudocurvisetum*와 *Ch. debile*로서 *Ch. pseudocurvisetum*은 7월 翰林內港에서 1.3×10^7 cells/l의 高密度로 出現을 보여, 當時 港內 赤潮原因生物의 第1 優占種으로 出現하였다. 또한 *Ch. debile*는 春季 威德沿岸海域에서 10^6 cells/l의 單位로서 出現하는 樣相을 보였다.

라피도藻類(Raphidophyceae)

Fig. 7에는 라피도藻 中 *Heterosigma akashiwo*의 出現分布를 나타내었다. 本 種은 봄에서 부터 가을에 걸쳐, 珪藻의 *Skeletonema costatum*과 함께 沿岸性 赤潮의 最優占種으로 出現하며, 分布海域은 매우 廣範圍하여 亞寒帶에서 亞熱帶海域의 沿岸과 外海域에 걸쳐 폭넓게 出現하는 것으로 알려지고 있고(Fukuyo et al., 1990), 또

한 顯著한 一周鉛直移動을 規則바르게 하는 種으로서도 알려져 있다(Yamochi, 1989). 本 種이 濟州沿岸海域에서의 出現樣相은 6, 7월에 海水의 停滯가 있다고 判斷되어지는 濟州港, 大浦港, 表善港 等の 안쪽에서 높은 密度로 出現하고 있고, 最大 出現細胞數는 7월의 表善港에서 4.3×10^5 cells/l이었다.

유글레나 藻類

Fig. 8에는 유글레나藻의 *Eutreptiella* sp. (cf. *gymnastica*)의 出現分布를 나타내었다. 本 種은 小體로서 沿岸의 低鹽分 濃度에서 잘 繁殖하며, 봄에서 가을까지는 다른 種과 混合하여 赤潮를 發生시키는 경우가 많으나, 겨울에는 單一種에 의하여 赤潮를 發生시키는 경우도 있다(Fukuyo et al., 1990). 濟州沿岸海域에서의 出現은 年間に 걸쳐 出現을 보이고 있고(尹等, 未發表), 特히 7월에 出現密度가 높다. 最大 出現細胞數는 7월에 西歸浦에서 出現을 보인 6.0×10^4 cells/l였다.

原生動物

一般的으로 赤潮現象을 論 할때, 原因生物은 植物플랑크톤에 限定하고 있으나, 原生動物이면서도 食物을 攝取하지 않고, 體內에 共生하고 있다고 보아지는 많은 色素體 藻類(Hart, 1934; 羽田, 1940)의 光合成만으로 生活을 營爲하고 있는 *Mesodinium rubrum*을(Lindholm et al., 1988; Lindholm, 1989; Konovalova, 1989) 赤潮原因生物에 添加하여 取扱하고도 있다. 本 種은 남조류의 *Trichodesmium erythraeum*에 의한 赤潮와 함께 19世紀 前半 英國人 C. Darwin이 비글호 船海途中 칠레 附近에서 記錄하였던 正體不明의 赤潮原因生物의 對象生物이었던 것으로도 알려지고 있으며(Hart, 1943), 島嶼地方의 沿岸海域에서는 가을·겨울철 發生하는 赤潮生物의 主要原因種의 되기도 한다(長崎水試, 1985 등).

本 種의 濟州沿岸海域에서의 出現狀況을 Fig. 9에 나타내었다. 年間に 걸쳐 出現하는 樣相을 보이고 있지만, 特히 10월에 濟州島의 南·東部海域에서 높은 값을 나타내고 있으며, 最大 出現細胞數는 3.1×10^4 inds/l이었다.

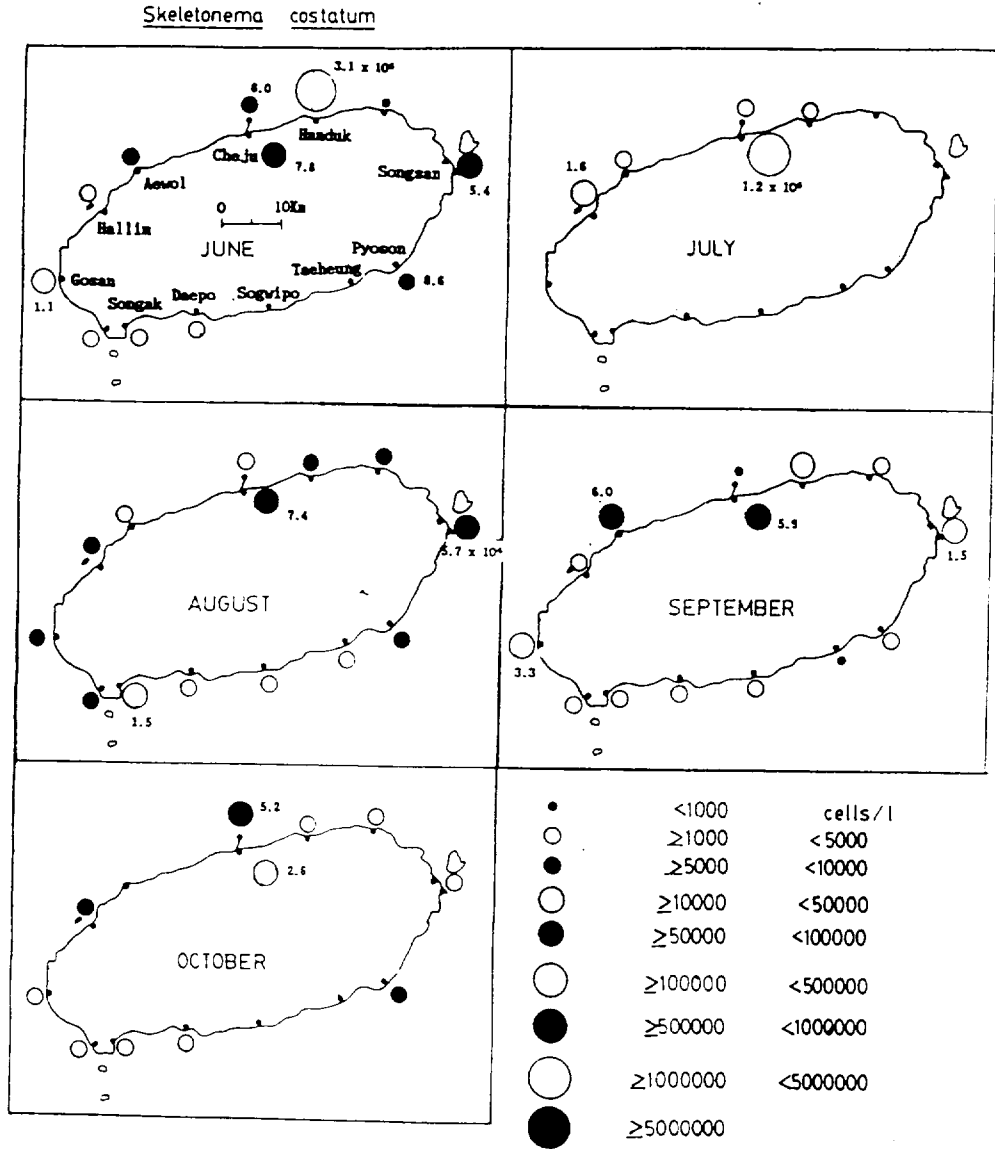


Fig. 5. Distribution of *Skeletonema costatum* in the coastal waters of Cheju.

濟州島 沿岸海域에 出現하고 있는 赤潮生物

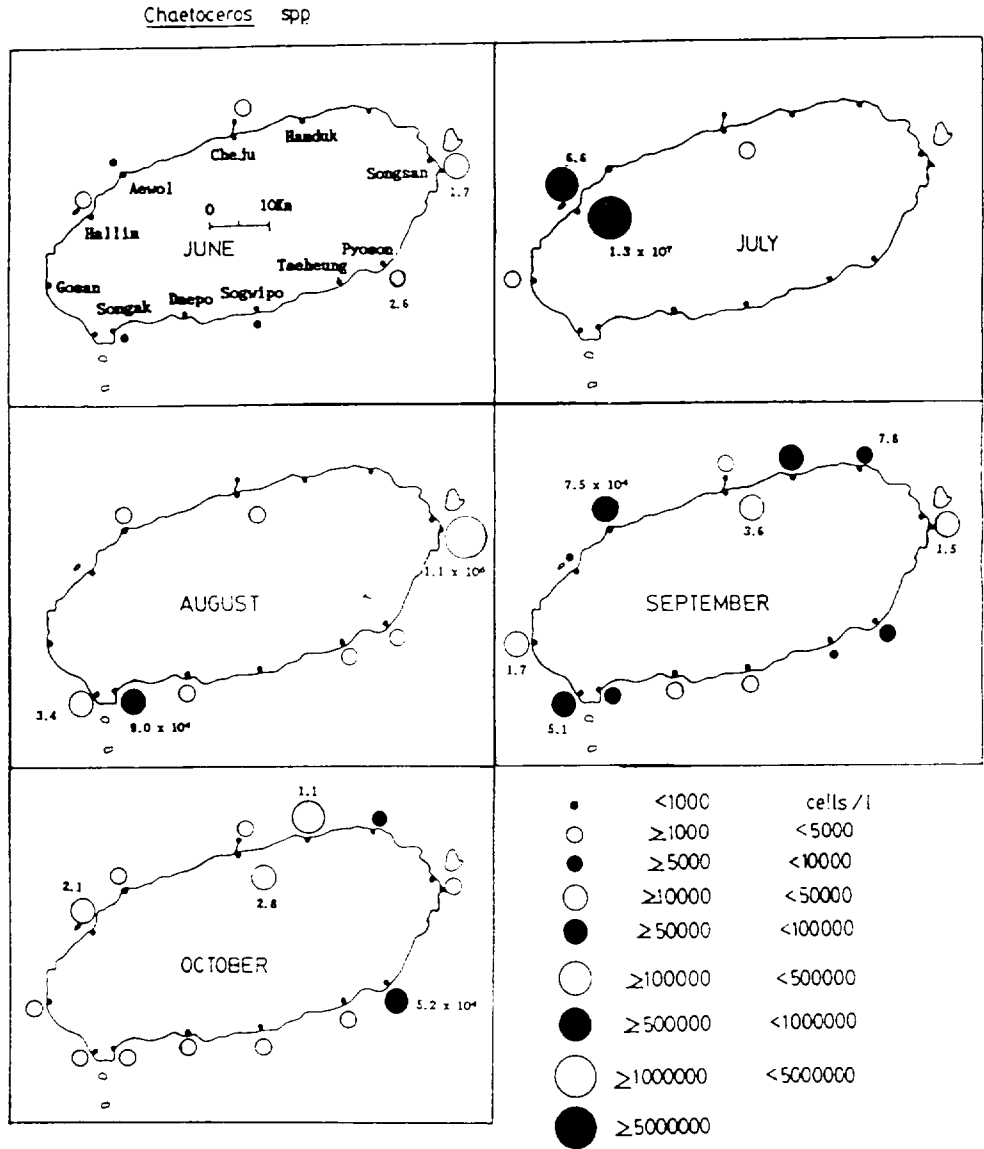


Fig. 6. Distribution of *Chaetoceros* spp. in the coastal waters of Cheju.

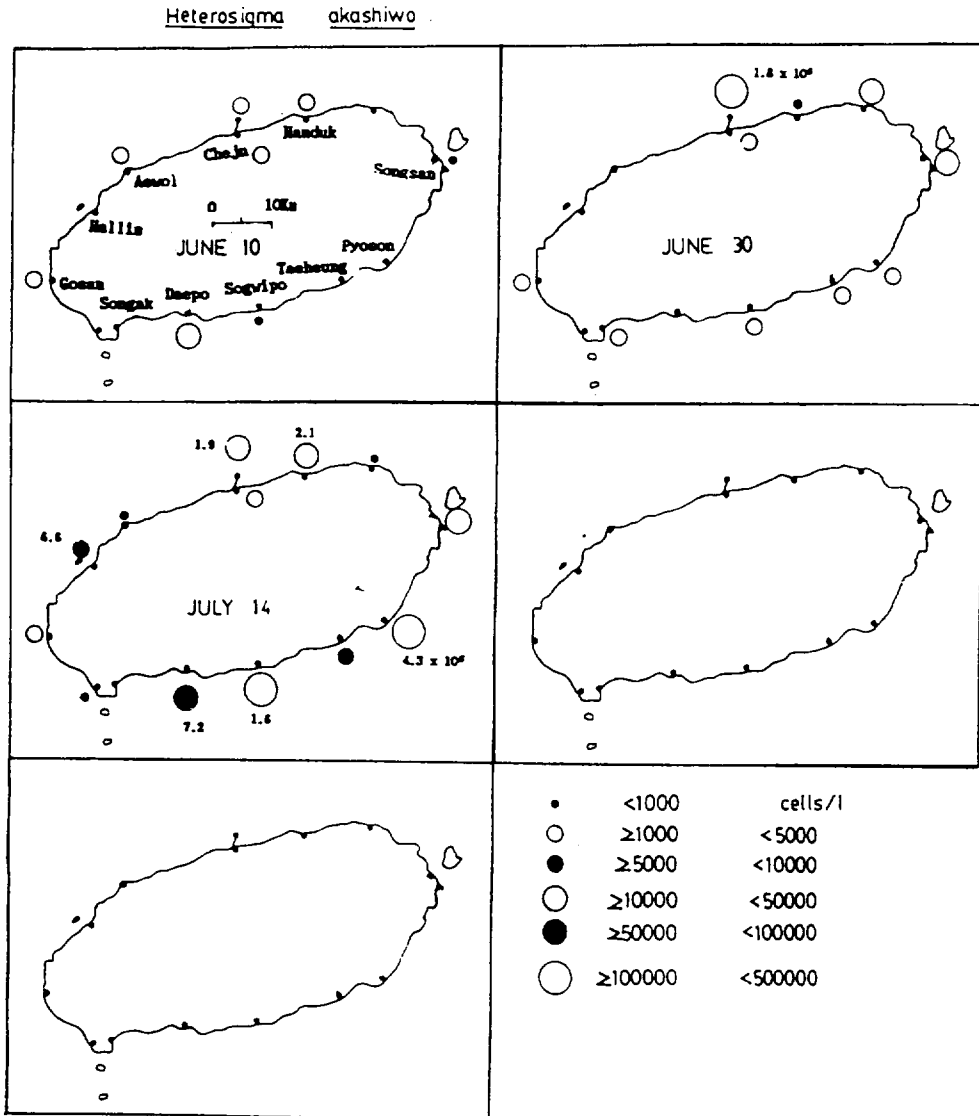


Fig. 7. Distribution of *Heterosigma akashiwo* in the coastal waters of Cheju.

濟州島 沿岸海域에 出現하고 있는 赤潮生物

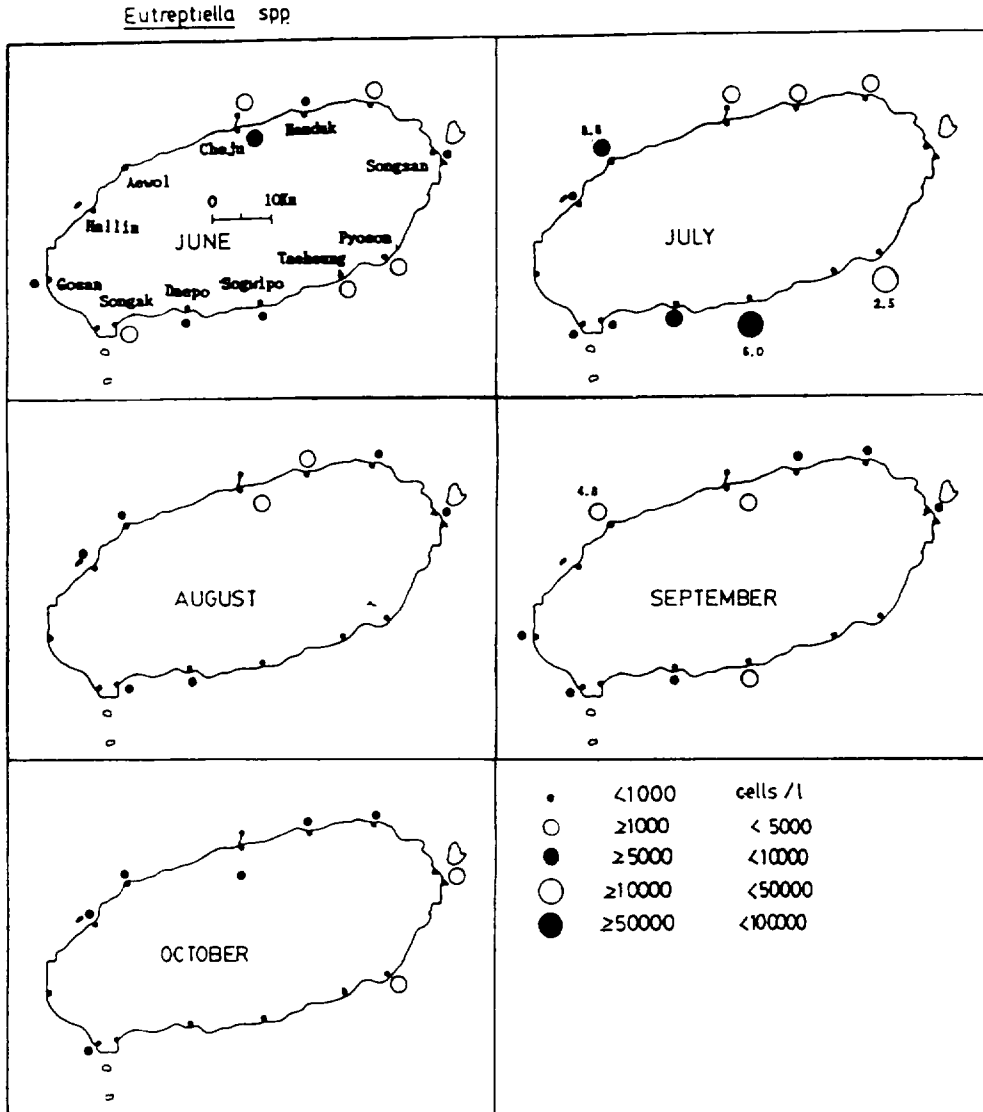


Fig. 8. Distribution of *Eutreptiella* sp. (cf. *gymnastica*) in the coastal waters of Cheju.

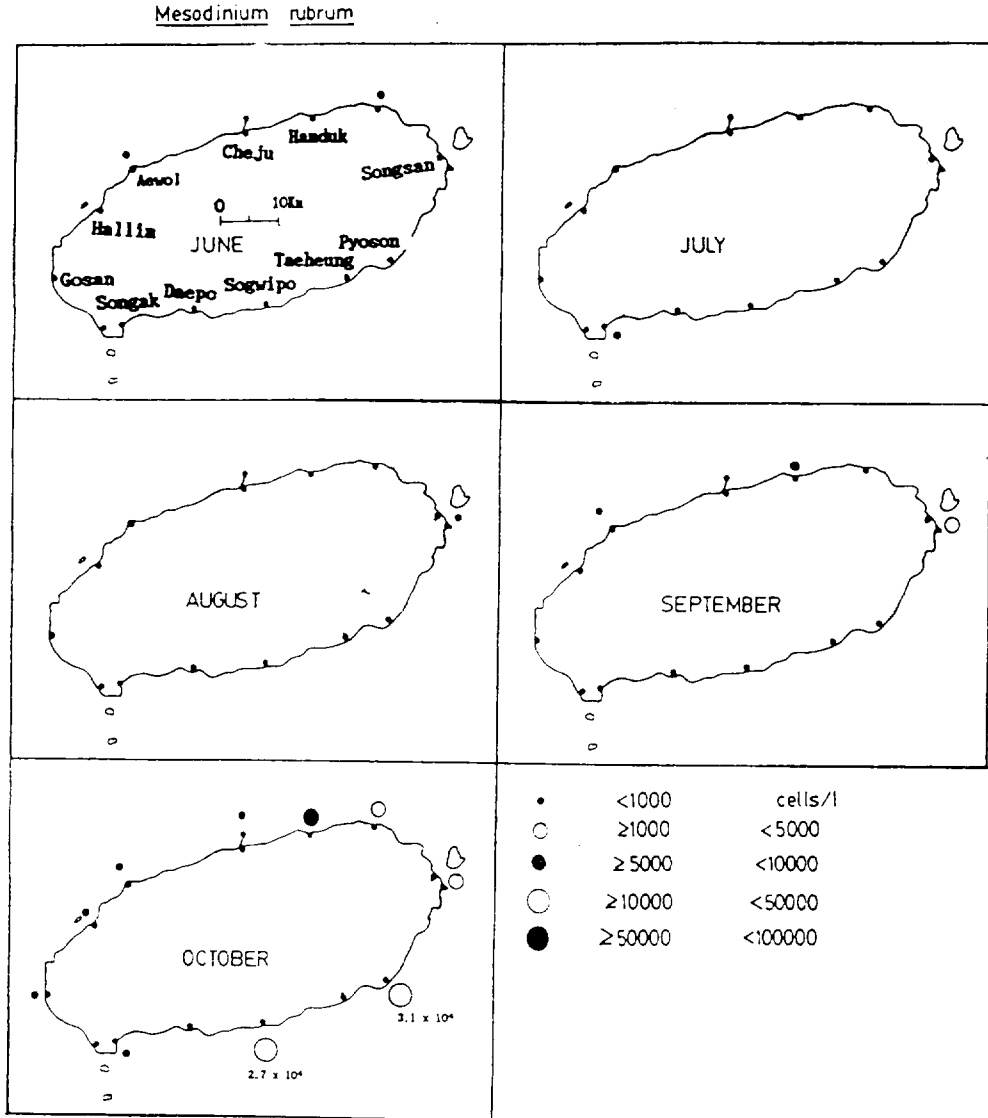


Fig.9. Distribution of *Mesodinium rubrum* in the coastal waters of Cheju.

結 論

이 같은 結果로 부터, 一般的으로 赤潮原因生物은 海水의 交換의 圓滑하지 못하여 一定期間 水柱가 安定하게 成層이 形成되면, 매우 빠른 速度로 繁殖을 하여 海表面을 着色시키는 特徵을 가지고 있기에, 濟州沿岸海域에 있어서도 生態系를 考慮하지 않은 開發爲主의 開發이 先行되어 港内를 筆頭로하여 海水를 停滯시키는 環境을 誘發시킨다면, 언제라도 赤潮가 發生할 수 있는 環境이 具備되고 있음을 提示하고 있다고 할 수 있다.

또한 本 調査期間 中에 濟州沿岸海域에서는 毒性플랑크톤으로 區別되어지는 植物플랑크톤의 出現은 없었다.

參 考 文 獻

- Anderson, D. M., A. W. White and D. G. Baden (eds). 1985. Toxic Dinoflagellates. Elsevier, New York. 561 pp.
- Bowman, T. E. and L. J. Lancaster. 1965. A bloom of the planktonic bluegreen alga, *Trichodesmium erythraeum*, in the Tonga Islands. *Limnol. Oceanogr.* 10: 291-293.
- Fukuyo, Y., H. Takano, M. Chihara and K. Matsuoka. 1990. Red tide organisms in Japan: An illustrated Taxonomic guide. Uchida Rokakuho, Tokyo: 407 pp.
- 羽田良禾. 1940. 纖毛蟲による赤潮の發生. *科學* 10: 6-7.
- Hart, J. J. 1934. Red "water-bloom" in South African Sea. *Nature* 134: 459-460.
- Hart, J. J. 1943. Darwin and "water-bloom". *Nature* 152: 661-662.
- Helm, M. M., B. T. Hepper, B. E. Spencer and P. R. Walne. 1974. Logworm mortalities and a bloom of *Gyrodinium aureolum* Halbut in the eastern Irish Sea, autumn 1971. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, 54: 857-869
- 飯塚昭二. 1986. 植物プランクトン調査. In "沿岸環境調査マニュアル(底質・生物編) 日本海洋學會編, 恒星社 厚生閣, 東京": 133-176.
- Konovalova, G. V. 1989. Phytoplankton blooms and red tides in the far east coastal waters of the USSR. In "Okaichi, T., D. M. Anderson and T. Nemoto (eds). Red Tides-Biology, Environmental Science and Toxicology. Elsevier, New York." : 97-100.
- Lindholm, T. 1989. *Mesodinium rubrum* (Lohmann) Hanburger et Buddenbrock-Not only a Taxonomic Problem. *ibid.* : 297-298.
- Lindholm, T., P. Lindroos and A. C. Mark. 1988. Ultrastructure of the photosynthetic ciliate *Mesodinium rubrum*. *Bio Systems* 21: 141-149.
- 李光雨 等. 1980. 鎮海灣의 赤潮 및 汚染모니터링 시스템 開發을 爲한 基礎研究. 韓國科學技術研究所 附設 海洋開發研究所. 459 pp.
- Matsuoka, K., S. Ilzuka, H. Takayama, T. Honjo, Y. Fukuyo and T. Ishimaru. 1989. Geographic distribution of *Gymnodinium nagasakiense* Takayama et Adachi around West Japan. In "Okaichi, T., D. M. Anderson and T. Nemoto (eds). Red Tides-Biology, Environmental Science and Toxicology. Elsevier, New York." : 101-104.
- Murphy, E. B., K. A. Steidinger, B. S. Roberts, J. Williams and J. W. Jolley, Jr. 1975. An explanation for the Florida east coast *Gymnodinium breve* red tide of November 1972. *Limnol. Oceanogr.*, 20: 481-486.
- 長崎縣水産試驗場. 1985. 赤潮防止對策事業報告 I-赤潮情報交換-(長崎縣における赤潮の發生狀況), 14 pp.
- Nagasawa, S. and R. Marumo. 1967. Taxonomy and distribution of *Trichodesmium* (Cyanophyceae) in the Kuroshio Water. Information Bulletin on planktology in Japan commemoration Number of Dr. Y. Matsue: 139-144.
- Okaichi, T., D. M. Anderson and T. Nemoto (eds). 1989. Red Tides-Biology, Environmental Science and Toxicology. Elsevier, New York. 489 pp.
- 朴周錫. 1980. 韓國 南海岸의 植物Plankton의

- 出現量 및 組成과 이들이 먹이와 赤潮로서 養殖生物에 미치는 影響. 國立水産振興院 研究報告 23: 7-157.
- Park, J. S., H. G. Kim and S. G. Lee. 1989. Studies on red tide phenomena in Korean coastal waters. In "Okaichi, T., D. M. Anderson and T. Nemoto (eds), Red Tides-Biology, Environmental Science and Toxicology. Elsevier, New York." : 37-40.
- Ramamurthy, V. D. 1970. Experimental study relating to red tide. Marine Biology 5: 203-204.
- Sato, S., M. N. Paranagua and E. Escinazi. 1964. On the mechanism of red tide of *Trichodesmium* in Recife northeastern Brazil, with some considerations of the relation to the human disease, "Tamandare Fever". Trabs. Inst. Oceanogr. Univ. Recife 5/6: 7-49.
- Taguchi, S. and E. A. Laws. 1989. Periodic blooms of the silicoflagellate, *Dictyocha perlaevis* in the subtropical inlet, Kaneohe Bay, Hawaii, USA. In 69-72.
- 高野秀昭. 1979. ダウインが見た赤潮. 東海區水産研究所業績 C集さかな 第12號: 70.
- Tsujita, T. 1949. Silicoflagellataによる大村灣の赤潮. 長崎海洋氣象臺報告 第2號: 17-29.
- Tsujita, T. 1956. Studies on the explosive multiplication of plankton and its subsequent phenomena. (in Japanese) Bull. SEIKAI Regional Fish. Res. Lab. 10: 1-62.
- Yamochi, S. 1989. Mechanisms for outbreak of *Heterosigma akashiwo* red tide on Osaka Bay, Japan (in Japanese). Bull. Osaka Pre. Fish. Exper. Stn. no. 8: 1-110.