

台灣發現的赤潮

曾文陽 陳宗雄

Red Tide in Taiwan

Wen-Young Tseng Tzong-Shyong Cheng

On the environmental and planktonic surveys of estuary of Pei-Kung and Po-Tzu rivers from April 8th to May 20th 1975, the blooming of phytoplankton caused the sea water discolored right after each rainfall was proved.

Three types of discolored waters were identified as follows:

- ① Yellow water which caused by great amount of *Trichodesmium erythraeum*, was found in front of the estuary of Pei-Kung River.
- ② Dark green water which caused by great amount of *Microcystis aeruginosa*, was found in front of the estuary of Pei-Kung River.
- ③ Green Water Which caused by great amount of *Skeletonema costatum*, was found in front of the estuary of Po-Tzu-River.

All these types of phytoplankton were non toxin, no connection with the mass mortality of cultured shellfish in the southwest coast of Taiwan.

前言

赤潮 (red tide), 或紅水 (red water) 之名稱早在舊約聖經的摩西時代 (約在公元前 1500 年) 就有記載, 但其定義尚未明確。最早有科學記錄是在 1820 年, 然最重要的是 1839 年達爾文 (Charis Darwin) 乘獵犬號 (Beagle) 探險世界的航行中於智利近海發現有藍藻 (*Trichodesmium sp.*) 之大量繁殖以來一般人始對此赤潮現象開始注意。1884 年美國佛羅里達州沿海曾發生鞭毛藻 (*Gymnodinium breve*) 之大量繁殖而使海水變色導致魚類發生大量死亡 (Steidinger & Joyce, 1973) ①。1889 年日人西川藤吉在靜岡縣之江浦中發現夜光中 *Noctiluca* 之赤潮, 同年又在三重縣鳥羽港內發現 *Gonyaulax* 鞭毛藻之赤潮。自此以後, 赤潮現狀與組成才漸被世人所瞭解 (山路, 1966) ②。

一般赤潮是指海水浮游生活之微小生物突然大量異常繁殖而使海水發生變色的現象。赤潮之發生大都在島嶼沿岸及港灣較多。其顏色隨生物種類不同而有赤褐色、褐色、綠色、黃綠色等。通常這種海水為粘稠性並具有臭味; 但有時海水之變色是因物理原因或化學物質所形成的, 這都不算是赤潮。

由於赤潮是浮游生物大量繁殖, 並且有些種類之浮游生物是具有毒素, 有些種類雖然無毒素但其大量繁殖後死亡分解時消耗水中之含氧量, 這均能使水中其他生物大量斃死。自民國 58 年以來, 台灣西南沿海貝類養殖場年年都發生貝類大量斃死, 因此有些人認為是由於赤潮的危害。然而此僅係出於猜測而無事實的證據。直到去年貝類之大量斃死才被證明是由於河川水污染 (曾, 1975, ③ 洪等, 1975 ④; 鄭,

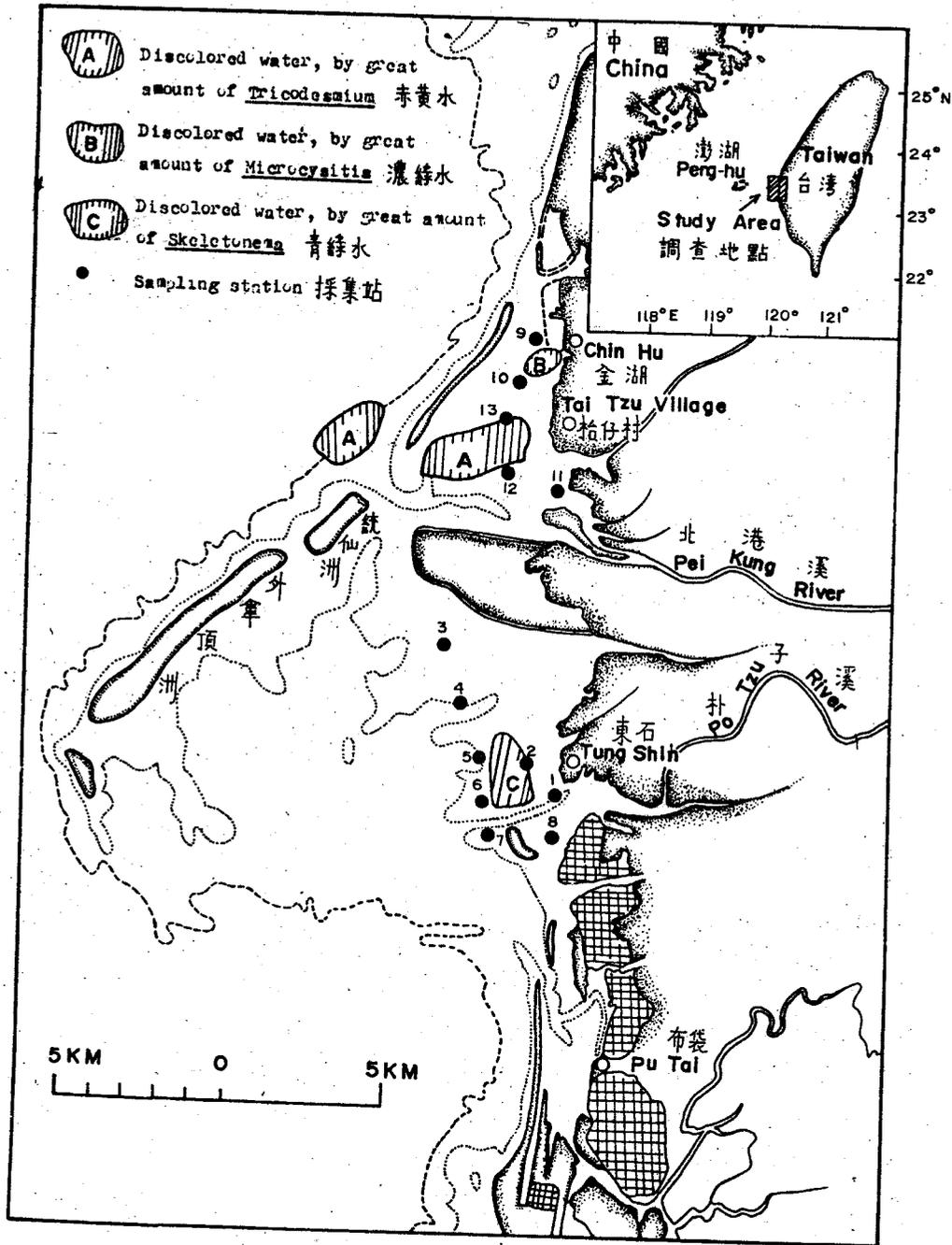


圖 1. 發生赤潮之位置與範圍。

Fig1. Known areas of red tide in waters along Chin Hu and Tung Shin coastal areas.

1975^⑥)。去年貝類大量斃死期間本所之貝類調查工作隊長期駐守金湖海邊，逐日調查北港溪、朴子溪口之水文環境及浮游生物，確實在貝類大量死亡期間曾發現有浮游生物異常繁殖之現象，初步證明貝類之大量斃死與赤潮發生尚無直接關係，但赤潮在本省之發生則是不能否認的事實。本篇介紹本省首次發現之赤潮，依本次發現時水色不同可分為兩種，一為黃色稱赤潮 (Yellow tide)，另一為濃綠色或青綠色稱為青潮 (green tide)；統稱赤潮。

方法與材料

自民國 64 年 4 月 8 日至 5 月 20 日於貝類大量斃死期間本所調查隊駐在金湖，每隔一日或兩日以小艇調查北港溪與朴子溪口之養殖場 (圖 1) 之水文環境及浮游生物。浮游生物採集是以 O 型植物性浮游生物採集網 (直徑 30 公分，長 75 公分， $\times \times 15$ 號網布) 在水平綫以下緩慢施行約 20 公尺。標本採集後即以 5% 之福馬林液固定。沉澱量 (Settling volume) 之測定是以沉澱管為之，先將標本之雜質除去然後置於沉澱管經 24 小時後觀測其沉澱量值 (cc/m^3)。逐日沉澱量變化之計算是將各站所採集到浮游生物沉澱量加以平均所得。植物性浮游生物種量之計算法是以 Hensen 氏個體測定瓶與 Stempel pipette 的抽樣法實施檢查，每站均計分析 5 次，每次吸出 1.0 cc，置於顛倒顯微鏡下鑑定其種與量的細胞數而後再求出單位水量之細胞數 (cell/cc)。

結果與討論

一、浮游生物沉澱量與降雨之關係

圖 2 所示為自 4 月 8 日起至 5 月 20 日止逐日或隔日調查現場時，以植物性浮游生物網所做水平採集之浮游生物沉澱量每日平均值的變化。圖中顯示，自 4 月 9 日起至 4 月 13 日止浮游生物之沉澱量由 $1 \text{ cc}/\text{m}^3$ 之沉澱量增加至 $4.5 \text{ cc}/\text{m}^3$ ，4 月 13 日以後就呈直線下降至 $0.8 \text{ cc}/\text{m}^3$ 左右之沉澱量，以後也都維持這個數目，一直到 4 月底。從 5 月 3 日至 5 月 8 日沉澱量又有一高峯，是從 5 月 3 日起由 $1.2 \text{ cc}/\text{m}^3$ 之沉澱量驟增至 $8 \text{ cc}/\text{m}^3$ 的沉澱量。5 月 18 日到 5 月 20 日又有一個高峯出現沉澱量由 $2 \text{ cc}/\text{m}^3$ 增至 $5 \text{ cc}/\text{m}^3$ 。若從氣象資料來看浮游生物量之變化，則很容易可看出浮游生物量之增加與降雨有密切的關係。圖中顯示每逢大雨過後植物性浮游生物均會逐漸或驟然增加；如 4 月 8 日之陣雨使 4 月 13 日之浮游生物量增加，4 月 29 日之陣雨使浮游生物在 5 月 5 日至 5 月 8 日量驟增，又 5 月 17 日之陣雨使 5 月 20 日浮游生物量增加。此種現象與美國佛羅里達州之必斯河 (Peace River) 所發生之情形略同 (Torpey and Ingle, 1966)^⑥，理由是由於大雨後將河床中之有機與無機物冲出，而造成植物性浮游生物之盛開繁殖。

二、赤潮與青潮之生物組成

自去年 (64) 4 月 8 日本省西南部首次大雨後一直到 4 月 28 日都未曾下過雨，天氣十分炎熱，海面波平浪靜直到 4 月 29 日上午才有一次傾盆大雨，從雨後海況及浮游生物調查 (圖 3)，發現浮游生物之平均沉澱量為 $1.3 \text{ cc}/\text{m}^3$ ，各站變異範圍為 $\pm 1.1 \text{ cc}/\text{m}^3$ ，每立方公尺海水植物性浮游生物總細胞數由數千個突然增至 10 萬個，而且還在繼續的增殖中，其種類以 *Oscillatoria*, *Chaetocers*, *Nitzschia*, *Thalassiosira*, *Tricodismium* 為主。4 月 30 日調查北港溪口附近養殖場時發現污水塊於河口附近漂浮，各站所採集到之植物性浮游生物沉澱量平均為 $2.1 \text{ cc}/\text{m}^3$ ，各站沉澱量大小之變異範圍在 $1 \text{ cc}/\text{m}^3$ 左右，分析植物性浮游生物，發現含有機物質甚多。此外平均每立方公尺海水含植物性浮游生物有 $7.5 \times$

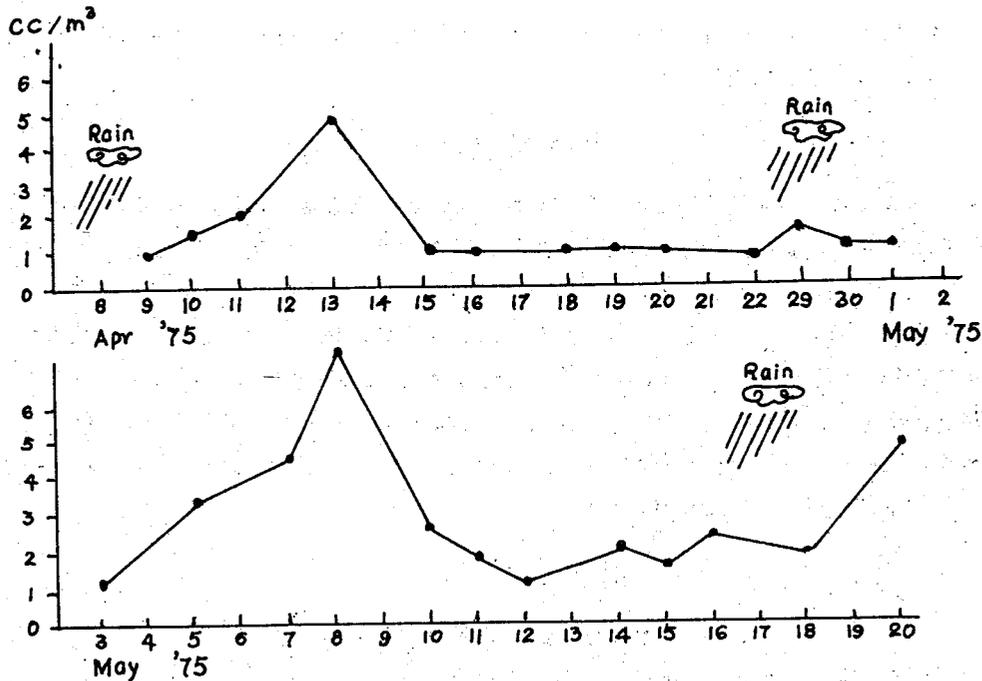


圖 2. 北港溪口浮游生物沉澱量日變化，1975 年 4 月 8 日至 4 月 20 日。

Fig.2. Daily fluctuation of settling volume(cc/m³) in the estuarial waters of Pei Kang River in 8-20 April, 1975.

10⁴個，以 *Oscillatoria* 和 *Chaetoceros* 兩屬較多。5 月 1 日調查養殖場時發現污水塊漂浮海水表面，觀測浮游生物沉澱量在 1 cc/m³ 左右。各站沉澱量之變化範圍 ± 0.5 cc/m³，平均每立方公尺海水含有植物性浮游生物細胞數量為 5 × 10⁴ 個，其主要種類為 *Tricodesmium erythraeum*, *Nitzshia* 和 *Oscillatoria* 等。5 月 3 日海面極為平靜，天氣炎熱海面乃有污水漂浮，浮游生物沉澱量約在 1 cc/m³，各站沉澱量之變異範圍不超過 ± 0.5 cc/m³。每立方公尺海水植物性浮游生物增至 4 × 10⁵ 個細胞數，其主要種類為 *Rhizosolenia*, *Tricodesmium erythraeum*, *Thalassioirema*；5 月 5 日北港溪口北面仍有污水塊滯留，浮游生物沉澱量平均為 2.1 cc/m³，各站沉澱量之變異範圍為 ± 1.1 cc/m³，植物性浮游生物總細胞數每立方公尺海水約為 4 × 10⁵ 個，主要種類為 *Tricodesmium erythraeum*, *Chaetoceros* 和 *Oscillatoria ornata*。5 月 7 日平均浮游生物沉澱量增至 4.3 cc/m³，各測站沉澱量之變異範圍 3.5 cc/m³，植物性浮游生物平均每立方公尺海水增至 1 × 10⁷ 個細胞數，以 *Tricodesmium erythraeum* 佔絕大多數，其次為 *Chaetoceros*。

以上發現海上之浮游生物量無論其沉澱量或個體細胞數皆在急速增加着，但尚未看出海上有什麼異樣

台灣發現的赤潮

• 但在5月8日上午10時在北港溪口枱仔村外海，發現有一片片赤黃色水塊漂浮水面，其範圍約4.5 km²，長3 km 寬1.5 km，由於適逢小潮水，故一直呈滯留狀態。此赤黃色水塊是細小之懸浮物所形成，其厚度約5~20公分，肉眼視之為細點之小移動物體，以植物性浮游生物網一撈，便得滿滿一網之黃色粘狀物，取回實驗室，在夜間發出淡藍色螢光，以水稀釋置於顯微鏡下觀察均屬於藍藻類之 *Tricodesmium erythraeum*，分析其細胞數估計每cc之赤黃色水塊超過6萬個以上之 *Tricodesmium erythraeum* 細胞。據丸茂(1975)

① 報告在太平洋的亞熱帶及熱帶若 *Tricodesmium* 大量繁殖有兩類型：一為 *Tricodesmium erythraeum* 只限於海水表面薄薄的一層，最深不超過1公尺，另外一種為 *Tricodesmium thiebautij* 是從表面至水下數公尺的深度，且後者大量繁殖是伴同 *Oscillatoria*，硅藻類及橈腳類等一起發生；因此本次所見之赤潮其情況與前述第一類型赤潮完全一樣。當天陽光普照，風平浪靜氣溫在25~29°C，水溫25°C。除此外又在統仙州西地方兩公里處亦發現另一赤黃色水塊，範圍約24 km²是朝北→東方向緩慢移動(圖1)。以上所發現皆稱為赤潮。

另外在金湖河口附近也發現一片濃綠色之漂浮物，範圍約900m²，厚度為10公分左右，緩慢向北移動，以植物性浮游生物網一撈也是滿滿一網，經鑑定發現是屬於藍藻類之 *Microcystis aerayinssa*，估計每cc濃綠色漂浮物含有此種類之植物性浮游生物超過6萬個以上的細胞數；此種不帶粘性，於夜間視之亦無任何之螢光發生。以上所述可稱為青潮現象。在該日其他各站所採集到之植物性浮游生物其沉澱量達12 cc/m³以上，各站之平均植物性浮游生物亦高達 4×10^7 cells/m³(圖3)。另外一次青潮現象是發生在東石養殖場，於64年6月23日上午8~10時調查東石養殖場於1,2,5與6觀測站之間約2.1 km²之範圍，海水亦呈青綠色之青潮水，時亦值漲潮，呈滯留狀態，其厚度20~30 cm，以浮游生物網採集後並做沉澱量及測定種量，經鑑定後計算其沉澱量高達75 cc/m³，主要種類為 *Skeletonema costatum*，估計其細胞數亦超過每cc 4萬個以上，此即為 *Skeletonema* 所造成之青潮水。此次所發現之青潮水與5月8日所發現的赤或青潮有所不同，因 *Skeletonema* 是懸浮在水中而非在表層，而 *Tricodesmium* 及 *Microcystis* 均是漂浮水面；發生的時間約在上午8~12時間，下午3點左右追查亦無踪蹟。就以此兩次所發現之赤潮其顏色為赤黃色，濃綠色，或青綠色而非赤紅色，因此以往也許會發生過這種赤潮而未曾為人所注意。而赤黃色海水可能為漁民誤認係紙廠排出之廢水，因目前北港溪與枱仔溪幾乎終年皆呈黃褐色，河口附近亦呈如是色澤很難分別。綜合上述目前台灣所發現之赤潮如下：

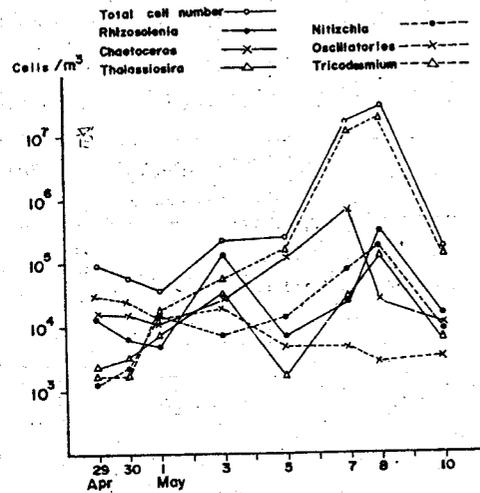


圖3 金湖沿海主要植物性浮游生物種類細胞數之日變化。

Fig. 3 Daily occurrence of major groups of phytoplankton (cells/m³) in water along Chin Hu Coastal areas.

發 現 地 點	主 要 生 物 組 成	色 澤	俗 稱	細 胞 數 cells/cc	備 註
北港溪口(枱仔村)	<i>Tricodesmium erythraeum</i>	赤黃色	赤潮	$6 \sim 8 \times 10^4$	漂浮海水表面
北港溪口(金湖)	<i>Microcystis aeruginosa</i>	濃綠色	青潮	6×10^4	漂浮海水表面
朴子溪口(車石)	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Cosnodiscus</i>	青綠色	青潮	4×10^4	懸浮海水中

以上三次發現之赤潮是在貝類大量死亡之(4 月 13 日 ~ 17 日) 後發生, 初步判定與貝類死亡無關。

三、赤潮生物繁殖和環境條件及氣象因素

一般而言赤潮發生在沿岸內灣較多, 受氣象因素影響較大。通常這種赤潮之發生是由於降雨使海水成層次狀態 (Ocean stratification), 緊接着由於大雨後由河川水帶出大量有機物質急速流入河口, 使上下水層發生垂直混合而使浮游生物迅速繁殖起來 (佐藤 1966)^⑧。此次所發生之赤潮亦近在港灣內, 因為發生赤潮之金湖、東石養殖場分別在北港溪及朴子溪之出海口, 而在此二溪之出海口外有一群南北走向之沙州——統仙州與外傘頂州等 (圖 1), 使此區構成一半封閉狀態之內灣, 尤其在落潮時更有許多之沙州露出水面, 使外海海水更無法流入此區; 灣內風平浪靜海流弱小。據洪等 (1975)^④ 稱此區內之水流以順時鐘方向, 向南流, 流速由小而大, 在北港溪及朴子溪處水流非常小幾為零, 越向南越大, 其流速約為 0.73 cm/sec, 一天內才流動 630m。由於此區風浪平靜極適合貝類繁殖是以全省最大貝類養殖場也設在此。在 4 月 8 日一場大雨後由於河川夾帶高量有機物質之排入使此區海水發生垂直混合, 加以艷陽高照, 風平浪靜 (曾 1975)^③, 在此高營養和強光照下, 使浮游生物在 4 月 13 日大量繁殖, 同樣地 4 月 29 日, 5 月 18 日之大雨也造成 5 月 8 日, 及 5 月 20 日浮游生物大量繁殖。這都是受氣象因素及環境因素所造成的赤潮。在台灣估計約在下大雨後 7~10 天才開始植物性浮游生物之盛開而產生赤潮。

四、赤潮之生態因素

赤潮均有其適當之生態要素如適當之水溫、鹽度、pH 值及營養鹽, 光照度等因素才會發生。如在日本大村灣之 *Gymnodinium sp.* 其繁殖之適當溫度為 26°C (入江 1966)^⑨; 佛羅里達州沿海所發生赤潮生物 *G. breve* 其最適溫度為 15 ~ 33°C (Roundsefell and Nelson, 1966^⑩; Steirolinger and Ingle, 1972)^⑪。通常赤潮之發生均在降雨後繼續日照後發生 (倉茂, 喜多材, 1934^⑫; 辻田 1949^⑬; 小林, 1950^⑭; Torpey & Ingle, 1966)^⑥。其原因為海水鹽度之下降而使浮游生物異常繁殖, 是由於物理性刺激所引起。浮游生物對 pH 值之適應通常隨種類而有不同, 如 *Phodomonas ovalis*, *Heterosigma inlandica*, *Polykrikos schwartzi* 等為好高 pH 值的浮游生物, 而 *peridinium hangoei*, *Eutreptilla sp.* 為好低 pH 值的浮游生物, 通常好高鹽度種類都是喜好低 pH 值, 而好低 pH 值鹽度種類喜好高 pH 值 (岩崎 1972)^⑮。營養鹽類如硝酸鹽、磷酸鹽等均為植物性浮游生物生長之要素, 但其濃度必須要適當才能大量繁殖; 據岩崎 (1972)^⑮ 瀨戶海五加所灣所發生之 9 種鞭毛藻, 以 NO₃-N 來培養發現一般在 NO₃-N 之濃度增加可以增加其繁殖量, 但濃度超過 100mg N/l 之高濃度則會阻礙其繁殖, 在一般合適條件之下赤潮發生時的最低濃度氮 0.1ppm, 磷 0.015ppm (日本環境水質

基準, 1972)¹⁶, 據 Ketchum, Redified (1949)¹⁷ 和 Ryther (1954)¹⁸, 在海洋中植物性浮游生物的繁殖, 氮和磷之比例是有一定值, 以 5:1 則會加速其生長。除此之外金屬之鐵錳亦是植物性浮游生物繁殖不可缺乏的要素 (Gran, 1931)¹⁹。若拿這次發生赤潮之金湖東石養殖場之生態來看, 4月8日大雨後, 朴子溪與北港溪流量大增, 至 10 日幾乎又恢復 8 日前的流量, 由於該區海水受沙州影響, 流出之河川水幾貯於養殖區, 使養殖區海水之溶氧量, 酸鹼度下降, 平均溶氧量下降為 53.6%, pH 值下降 2.58%, 塩度下降 40.5% 而營養塩如硝酸塩 67.5 ug-atom/l, 磷酸塩 2.53 ug-atom/l 等量則驟增 (曾, 1975)³, 洪等, 1975)⁴。大雨後之 4 月 9 日至 13 日大氣穩定天氣良好, 水溫變化不大, 介於 25 ~ 27°C (曾, 1975)³。這些現象都與上述赤潮生態因素頗為相似, 是以每逢大雨後東石金湖養殖場之植物性浮游生物就異常繁殖。

赤潮危害作用

赤潮水之生物主要有鞭毛藻, 纖毛蟲, 鞭毛蟲, 橈腳類, 介水蚤類, 藍藻類, 矽藻類, 紅色細菌等。鞭毛藻以 *Gymnotinium* 屬為主, 其次為 *Gonyaulax*, *Glenodinium*, *Ceratium*, *Peridinium*, *Porocentrum*, *Cochlodinium*, *Polikrikas*, *Amphidinium* 等屬, 藍藻類以 *Tricodesmium*; 矽藻類以 *Chaetoceros*, *Skeletonema*, *Rhizosolenia*, *Bacteriastrum*, *Cosinodiscus*, *Thalassiosira*, *Fragilaria* 等屬。由於這些生物急速增加到最高密度後會有減少之傾向, 而使環境之水質一同急速變化。生物受害情形是隨赤潮種類而異, 可歸納如下: (1) 赤潮生物死亡後消耗海水溶解氧而產生有害的硫化氫物質 (岡村, 1907²⁰; 1916²¹), (2) 受赤潮浮游生物之粘質物阻礙呼吸器官而死亡 (中沢, 1911²², 尾田, 1935²³; 三宅, 1934²⁴; 三宅和小南, 1934²⁵), (3) 赤潮生物死亡後而使大量細菌繁殖, 細菌本身所產生的毒素而將魚類毒死 (小南, 1911²⁶), (4) 鞭毛藻中能產生有毒的物質可使魚貝類死亡 (Ballantine & Abbot 1957²⁷)。

本次在金湖及東石外海所發現之赤潮生物種類為藍藻之 *Tricodesmium erythraeum*; *Microcystis aeruginosa* 以及矽藻類之 *Skeletonema costatum* 三種, 這三種類至目前為止尚未有會產生毒素的報告, 且 *Skeletonema costatum* 為魚貝類之良好餌料 (松江 1936²⁸), 是以只有在大量繁殖後死亡引起水質之各種變化才可能對魚貝類產生危害外, 在理論上是不會對貝類產生嚴重的危害, 因此本次所發生之赤潮尚難證實是否對魚貝類有不良之影響。

謝 辭

本研究得以完成承蒙本所鄧所長之鼓勵及本系同仁陳世欽、陳忠信、張亞宗先生等之協助採集標本以及林鐵雄先生及李雲華小姐之協助繪圖, 特此一併致謝。

摘 要

自民國 64 年 4 月 8 日至 5 月 20 日逐日調查北港溪、朴子溪口之水文環境及浮游生物, 發現每逢大雨後, 植物性浮游生物均發生大量繁殖而使海水變色形成赤潮; 在本次調查中發現, 赤潮有三種不同類型: 為 *Tricodesmium erythraeum*, 赤黃色, 漂浮水面; *Microcystis aeruginosa*, 濃綠色, 漂浮海水表面; *Skeletonema costatum*, 青綠色, 懸浮水中等。本身皆無毒性, 與本省西南沿海養殖貝類大量死亡無關。

参考文献

- ① Steidinger, K.A. ; E. A. Joyce, Jr. (1973). Florida Red Tides Marine Research Laboratory, Florida, Department of Natural Resources Educational Series No.17 pp. 1 ~ 25 .
- ② 山路勇 (1966) 日本海洋プランクトン圖鑑保育社 pp. 325 ~ 345 .
- ③ 曾文陽 (1975) 台灣西南沿海養殖貝類大量死亡原因研究, 台灣省水產試驗所水產資源系。
- ④ 洪楚璋、陳汝勤、林良平、梁乃匡 (1975) 台灣西南海貝類死亡原因之研究, 國立台大理學院海洋研究所專刊 No.6 P1 ~ 37 .
- ⑤ 鄭森雄 (1975) 台灣西南沿海貝類大量死亡之原因研究, 中國水產 271 期 pp. 3 ~ 7 .
- ⑥ Tospey, J. ; R. M. Ingle (1966) The Red Tides, Florida Board of Conservation Marine Laboratory Education Series No.1 pp. 1 ~ 27 .
- ⑦ 丸茂隆三 (1975) 海洋プランクトン 海洋學講座 No.10 pp. 41 ~ 60 .
- ⑧ 佐藤忠勇、武市善彦、安達大郎 (1966, 1964) 志摩半島出現したる赤潮について, 赤潮に関する研究協會資料, 日本水產資源保護協會。
- ⑨ 入江春彦 (1966, 1965) 大村灣の赤潮 水產海洋研究會報 No.9. pp. 107 ~ 111 .
- ⑩ Rounsefell, G. A. and W. R. Nelson (1966) Red Tide Research Summarized to 1964 U.S. Fish Wildlife Serv. Sci. Rep. 535.
- ⑪ Steidinger, K.A. and R. M. Ingle (1972) Observations on the 1971 Summer Red Tide in Tampa Bay, Florida, Environ. Lett. 3(4) pp. 271 ~ 297 .
- ⑫ 倉茂英次郎, 喜多村一男 (1934) 中海に於ける珪藻の赤潮, 氣象集誌 第2輯 12(6) pp. 287 ~ 300 , 引自丸茂隆三 (1975) 海洋プランクトン 海洋學講座 No.10 .
- ⑬ 辻田時美 (1966) *Silicoflagellata* による大村灣の赤潮 長崎海洋气象台報告 2 , pp. 17 ~ 29 , 引自丸茂隆三 (1975) 海洋プランクトン 海洋學講座 No.10 .
- ⑭ 小林新二郎 (1950) 赤潮と眞珠養殖眞珠の研究 1 - 1 .
- ⑮ 岩崎英雄 (1972) 赤潮鞭毛藻の生理的特性, 花岡資編, 内灣赤潮の發生機構, 日本水產資源保護協會。
- ⑯ 日本水產環境水質基準 (1972) 日本水產資源保護協會。
- ⑰ Ketchum, B.H. and Redfield, A.C. (1949) Some Physical and Chemical Characteristics of Algae Grown in Mass Culture, Com. Physiol 33 281 ~ 299.
- ⑱ Ryther, J. H. (1954) The ecology of phytoplankton blooms in Moriches Bay and Great South Bay, Long Island, New York, Biol Bull 106 pp. 198 - 209 . 引自丸茂隆三 (1975) 海洋プランクトン 海洋學講座 No.10 .
- ⑲ Gran, H.H. (1931) On the conditions for production of plankton in sea coaseil Perm. Interat P. l'explor ha Mer, Papp ot-verv. v. 75, pp. 37 ~ 46 .
- ⑳ 岡村金太郎 (1907) 木更津沖に現れたる赤潮に於て, 水產研究誌 2 , pp. 1 ~ 5 .
- ㉑ 岡村金太郎 (1916) 赤潮に就て水講試報告, 12, 5 冊 pp. 304 ~ 308 .

- ②中沢毅一(1911) 赤潮に就て 動物學雜誌, 23 pp.304~308。
- ②尾田方七(1935) *Gymnodinium mikimoti* Miyake et Kominami, n. sp. (M.S) の赤潮と硫酸銅の効果, 動物學誌, 47, pp.35~48。
- ②三宅駿一, (1934) 最近三重縣五力所灣に生じたる赤潮ついて, 水産學雜誌 3(1) p.52。
- ②三宅駿一, 小南 清(1934) 赤潮生物について, 植物學雜誌48講演要旨, p.8. 引自丸茂隆三(1975) 海洋プランクトン海洋學講座 No.10。
- ②小南清(1911) 赤潮の細菌學研究報1, 植物學雜誌25, pp.415~422, 引自丸茂隆三(1975) 海洋プランクトン海洋學講座 No.10。
- ②Ballantine, D. and Abbot, B.C.1957 Toxic marine flagellates, their occurrence and physiological effect on animal J. Gen. Microbiol, 16 274~281。
- ②松江吉行(1935) 品川灣淺海苔養殖の海洋化學的性状, 水産學會報, 7, 1。