

004298
1993
100

農委會漁業特刊第四十三號
COA Fisheries Series No. 43

有害微細藻類與貝毒檢驗法

Harmful Microalgae and Detection Methods for Shellfish Poisoning

蘇惠美

臺灣省水產試驗所東港分所

周宏農

臺灣大學漁業科學研究所



行政院農業委員會編印
中華民國八十二年六月

004298

序 言

十九世紀，歐、美已有藻毒導致野生動物死亡之記載；多年來台灣西南沿岸河口與養殖魚塢亦有藻類大量繁生所致「水華」現象之報導。事實上，由於世界經濟之發展，商船與貨輪穿梭於世界大小港口與各個海域，造成各種有害藻類得藉壓艙水而散布，更增加世界各地發生“紅潮”問題。

民國七十五年元月，高屏地區發生消費者因食用東港魚塢養殖西施貝，導致數十人中毒緊急送醫治療，二人不治死亡的事件。為此農委會委託台灣省水產試驗所東港分所與高雄醫學院藥理學系進行相關調查與研究，並由日本東京大學橋本周久教授與黃登福先生（現海洋大學水產食品系副教授）提供純化貝毒標準品與協助毒力鑑定，發現存留於養殖池的同批西施貝中，單粒貝體含毒量高達二萬老鼠單位以上，雖未於池中或貝體檢出毒藻，惟嗣後的研究證實，應係含有麻痺性貝毒的塔瑪藻所致。此次不幸事件的發生，除嚴重威脅民眾的生命安全外，更導致消費者懼食養殖貝類，造成方興未艾的西施貝養殖業因而一蹶不振，迄今產業規模與文蛤比較，仍極懸殊。此外，影響所及其他種類養殖貝類亦均嚴重滯銷，養殖業者損失不貲。民國八十年元月嘉義縣東石鄉繼七十五年東港事件，再傳貝毒中毒事件，所幸毒力較弱，消費者中毒症狀為顏面麻痺。

此二事件為國內養殖貝類食用安全問題亮起警訊。因此為積極有效保護國民生命安全，保障養殖業者權益，農委會自八十一年度起委託台灣省水產試驗所東港分所進行毒藻與貝毒之監視檢驗計畫，由蘇惠美博士負責執行，八十二年度更擴大邀請台灣大學漁業科學研究所周宏農所長參與，由蘇博士負責毒藻之檢視鑑定，周所長則進行毒性與毒力之分析。二年來在所有計畫參與人員共同努力調查研究下，已蒐集甚多資料，加上二位專家長期鑽研之成就與經驗，乃商請合撰本書，詳述有害藻類的形態、毒害、發生地區及貝毒檢驗方法等，希望藉本書之刊行，能增進產、官、學、研各界對藻毒的認知與重視，共同防範不幸事情的重演，在確保國民健康與生命安全的前提下，維持貝類養殖業的持續發展。

行政院農業委員會

漁業處處長



目 錄

| | |
|------------|----|
| 壹、前言 | 1 |
| 一、藻華 | 2 |
| 二、貝毒問題 | 4 |
| 三、魚害問題 | 6 |
| 四、微藻之取樣及觀察 | 8 |
| 五、貝毒之檢驗 | 9 |
| 貳、有害藻種特性 | 10 |
| 一、渦鞭毛藻類 | 10 |
| 1、塔瑪藻 | 10 |
| 2、微小亞歷山大藻 | 14 |
| 3、聯營亞歷山大藻 | 14 |
| 4、巴哈馬盾甲藻 | 17 |
| 5、聯營裸甲藻 | 18 |
| 6、利瑪原甲藻 | 20 |
| 7、甘畢爾藻 | 22 |
| 8、短裸甲藻 | 24 |
| 9、米奇磨多裸甲藻 | 25 |
| 二、矽藻類 | 27 |
| 10、尖刺多列菱形藻 | 27 |
| 11、扭角毛藻 | 29 |
| 三、定鞭藻類 | 31 |
| 12、小普林藻 | 31 |
| 13、百害克里斯藻 | 31 |

| | |
|------------------------|----|
| 四、綠鞭藻類 | 34 |
| 14、古伽多藻 | 34 |
| 15、紅潮異斜藻 | 35 |
| 參、麻痺性貝毒與下痢性貝毒的檢驗方法 | 36 |
| 一、麻痺性貝毒的檢驗法 | 36 |
| 1、ICR系小老鼠之應用於麻痺性貝毒生物檢定 | 36 |
| 2、貝毒組成之高效能色層分析 | 41 |
| 二、下痢性貝毒的檢驗法 | 44 |
| 1、ICR系小白鼠之應用於下痢性貝毒生物檢定 | 44 |
| 2、貝毒組成之高效能色層分析 | 45 |
| 肆、結論 | 47 |
| 伍、參考文獻 | 48 |

壹、前言

民國 75 年元月，本省屏東縣發生了因食用西施舌貝而中毒的事件，有近 50 人就醫治療，其中 2 人不治死亡（Chang and Hong, 1986）。事後經過化學與藥理學分析的結果顯示，西施舌貝中含有致死劑量的麻痺性貝毒（Chang and Hong, 1986；Hwang *et al.*, 1987）。台灣省水產試驗所東港分所於同年 11 月，由生產該批毒貝之養殖池的附近水域中，分離到含有毒性的塔瑪藻 *Alexandrium tamarense*，經進一步的分離、培養與毒性分析，証實其含有麻痺性貝毒，第一次確認臺灣養殖池環境中有毒藻的存在（Chou and Su, 1989；Su *et al.* 1989；蘇, 1989）。關於本省毒藻或毒貝的問題，最早見之於郭 (1964) 之報告，該文曾敘述嘉義縣東石鄉的朴子溪口一帶水域，於每年 11 月經常會出現紅褐色之水團，並因而使該處的西施舌貝變為有毒，曾於民國 44 年造成 6 人送醫，1 人死亡的中毒事件，且被判斷為一種麻痺性毒，文獻中雖未言及該水色是否來自藻類，然根據其所描述的現象，很可能就是渦鞭毛藻引起的水華。

目前已知之藻類有數千種，但其中僅二、三十種有害，且大多數在數量很多時才造成危害。養殖池做水常造成藻華

* 本文內引用的圖片，已獲作者許可，謹此致謝。

現象（藻細胞濃度為每公升百萬個以上），若不幸為毒藻時，則能經由食物鏈而危害人體（如一個毒西施貝含有之毒量足夠毒死三個人），或直接毒死養殖魚蝦（銀紋笛鯛、虱目魚、草蝦），造成業者的損失。美、日、加等較先進國家，除嚴密監測貝類產區之藻相與環境外，對水產食品的毒性檢驗也不遺餘力。本手冊乃就目前已知的有害藻形態及危害性作一簡要的描述，並提出麻痺性及下痢性貝毒的檢驗方法，供作養殖業者及有關人員之參考，以期減少或避免有害藻造成之危害及損失。

一、藻華 (Algal Blooms)

所謂藻華是指水中滋生大量的浮游植物（微細藻）而使水變色的現象。藻華之顏色源於藻類的類別而呈現為綠、藍、黃、褐等不同的水色。沿岸港灣或養殖池，由於水域的封閉性及承接陸上沖下之營養鹽或養殖物之排泄及殘餌等，易於形成紅潮（Red tide，海域發生的藻華）或藻華。

微細藻進行光合作用會產生氧，且又是貝類及仔魚、蝦、介的食物，因此在大多數養殖水域中，藻類是有利於水產養殖物的。但，若不幸滋生了毒藻，則經由食物鏈可導致人體罹患麻痺性貝毒，下痢性貝毒，健忘性貝毒或熱帶海魚毒等中毒現象，其臨床症狀如表一所示。麻痺性貝毒是由於攝食雙枚貝或草食性魚，下痢性貝毒及健忘性貝毒則由於攝食

表一、食用魚貝中毒之臨床症狀 (仿自 Hallegraeff 1991)

| 麻痺性貝毒 (PSP) | 下痢性貝毒 (DSP) | 健忘性貝毒 (ASP) | 熱帶海魚毒 (Ciguatera) |
|--|--|--|--|
| <p>肇事生物</p> <p><i>Alexandrium catenella</i> <i>Alexandrium minutum</i> <i>Alexandrium tamarense</i> <i>Gymnodinium catenatum</i> <i>Pyrodinium bahamense</i></p> | <p>肇事生物</p> <p><i>Dinophysis acuminata</i> <i>Dinophysis fortii</i> <i>Prorocentrum lima</i></p> | <p>肇事生物</p> <p><i>Nitzschia pungens f. multiseriata</i> <i>Nitzschia pseudodelicatissima</i></p> | <p>肇事生物</p> <p><i>Gambierdiscus toxicus</i></p> |
| <p>症狀</p> <p>輕症 在30分內：最先在嘴唇四周有麻痺無力感，而後逐漸蔓延到顏面及頸；手指腳趾如針刺般刺痛；頭痛、頭昏眼花，反胃、嘔吐、下痢。</p> <p>重症 肌肉麻痺；呼吸困難；有空息感；在攝食後2-24小時內可能因呼吸麻痺而死亡。</p> <p>處理 對病人洗胃並施以人工呼吸。無後遺症。</p> | <p>症狀</p> <p>輕症 在30分至數小時 (很少超過12小時)後：下痢，反胃，嘔吐，腹痛。</p> <p>重症 急性毒可能促進消化系統中腫瘤之形成。</p> <p>處理 三天後康復，不需藥物治療。</p> | <p>症狀</p> <p>輕症 在3-5小時後：反胃、嘔吐、下痢、腹部絞痛。</p> <p>重症 對劇痛的反應遲鈍，頭昏眼花，有幻覺，困惑慌亂；暫時失去記憶；疾病發作。</p> | <p>症狀</p> <p>輕症 在吃魚後12-24小時內症狀發作。胃腸症狀為下痢、腹痛、反胃、嘔吐。</p> <p>重症 神經症狀為手脚麻痺；碰觸冷物體有灼熱感；平衡困難；心跳及血壓低；出疹。更重時，因呼吸困難致死。</p> <p>處理 無可用的抗毒或特殊處理。神經症狀可能會延長數月或數年。鈣及mannitol可幫助減輕症狀。</p> |

貝類，至於熱帶海魚毒則起因於食用生長於熱帶地區海魚。這些毒素造成人體腸胃的不舒服或神經系統的不協調，但很少引起魚貝神經系統的異常。另一方面，某些毒藻會分泌醣脂質等溶血性物質，或物理性傷害魚鰓，而使魚窒息而死。又，某些藻華雖然完全無害，卻因藻量過多，造成缺氧環境，導致魚類及無脊椎類的死亡。缺氧現象則是由於藻類行呼吸作用及細菌分解腐敗的藻體所致。

全球每年由於攝食魚、貝而導致的中毒案例約近二千件，若不加以管制，則因而導致地區性消費或外銷魚貨之減少，進而造成的經濟損失，將是相當可觀的。

二、貝毒問題

最有名的貝毒問題就是麻痺性貝毒(PSP)。第一次中毒記錄發生於1793年，溫哥華船長號的船員由於食用取自加拿大哥倫比亞地區的受污染貝類而中毒。臺灣發生的西施貝中毒事件，就是因該貝含有PSP。目前世界各地仍有麻痺性貝毒中毒案例發生，且自極地至熱帶遍佈全球。這些渦鞭毛藻毒毒性極強，僅1000萬個藻細胞所產生的毒素，累積於貝體中如頭針般大小的毒量(約500微克)就足以致人於死亡。麻痺性貝毒的檢定方法有老鼠生物檢定法，HPLC 螢光檢測法及加拿大N.C.T公司出品的免疫抗體測試劑。後者僅適用於檢測亞歷山大屬(*Alexandrium*)渦鞭毛藻產生的毒素，而不能用於聯營

裸甲藻 (*Gymnodinium catenatum*) 之毒素。國際許可的安全劑量為100公克貝肉中含有相當於80微克以下Saxitoxin的毒量。

第二種貝毒為下痢性貝毒(DSP)。第一次可追蹤的案例發生於1976年的日本。DSP不像PSP，不會使人死亡且病人可於三天內康復，但是某些渦鞭毛藻毒素卻會促使形成胃瘤，進而使中毒者有罹患慢性病之虞。此外，DSP的臨床症狀易誤診為細菌性的胃腸感染。因此由DSP所引發的問題應更嚴重，散佈的也更廣。1976至1982年間日本發生的案例約1,300件，1981年西班牙發生的次數超過5,000件，而1983年在法國發生的記錄則為3,300件 (Hallegraeff, 1991)。1992年臺灣養殖貝類貝毒監測結果顯示口湖、東港採到的牡蠣、文蛤及西施貝含有低毒性的下痢性貝毒。貝毒可以老鼠生物檢定法測定，一般以HPLC螢光檢測法偵測，也可用免疫抗體試劑來測定。食品之安全劑量為每公克中腸腺含有2微克以下之Okadaic acid及1.8微克以下之dinophysin toxin-1。

第三種貝毒為健忘性貝毒(ASP)，第一次記錄於1987年發生於加拿大愛德華王子島。出乎意料地這種藻毒(domoic acid)是由一種矽藻類(多列尖刺菱形藻 *Nitzschia pungens* f. *multiseries*)產生的 (Bates *et al.*, 1989)。該事件造成3人死亡，105人急性中毒。毒素之檢定為利用HPLC分離後以螢光測定。

許多有毒渦鞭毛藻能產生耐性強的底棲囊胞(Cyst)，以渡過不適生存的環境。因此某一地域受到這些渦鞭毛藻的感染

後，幾乎不可能將它們根絕滅盡，例如阿拉斯加沿岸就深受毒藻之害而經年禁止採貝。所以移植貝類時，要特別留意，以免污染乾淨水域。又，細小休眠囊胞也易於經由壓艙水四處散佈，例如澳洲現有許多外來種毒藻 (Hallegraeff *et al.* , 1988)。因此必需管制船舶壓艙水勿使排放於養殖區水域。

發現海鮮食品感染貝毒時，處理的方法包括去除扇貝類的中腸及腺體(累積毒素之處)，但這種方法並不適用於牡蠣或貽貝類；或避免食用毒素累積性較強的貝類，如貽貝較牡蠣毒性強。在實驗室進行的去毒試驗中了解，有些貝類由於累積毒素時間可能長達6~10週，毒量高，所以去毒成功率非常有限；有些則會破壞食品外觀、失去商品價值而不能採用。因此在很多情況下，除了暫時關閉養貝場外，別無選擇。不過有效的毒藻與藻毒監視計畫確能發揮預警效用，因而減少對大眾健康之威脅及降低農民之經濟損失與負擔。目前正在研究既靈敏又準確的免疫抗體測定劑，以便在魚塢甚或餐桌旁進行檢定。

三、魚害問題

由於過魚導致沿岸漁業的衰敗，使許多國家積極發展海水養殖以彌補損失。而沿岸水域之優養化，氮磷肥之增加及P/N，Si/P比之改變亦改變沿岸水域之優勢藻相，因此有許多有害藻華之發生。例如酸雨加速土壤中腐植質及重金屬的可

利用性，而有利於某些藻種之滋生(如微小原甲藻)；農用廢水中的磷促進藍藻的繁盛。北海地區氮磷之增加及 P/N 比之降低，使某些無毒的藻如小普林藻、克里斯藻等在缺磷下成爲有毒(Graneli *et al.*，1993)。這許多有害藻華的發生使魚蝦死亡。例如1989年台南張姓之養殖草蝦大量死亡(Su *et al.*，1993)，以及1992年屏東水利李姓魚塭之銀紋笛鯛死亡均是塔瑪藻造成。又如，扭角毛藻(*Chaetoceros convolutus*及*C. conca-icornis*)造成英屬哥倫比亞箱網養殖鮭魚死亡。1989年異斜藻造成紐西蘭箱網鮭魚死亡，損失一千二百萬紐幣(Chang *et al.*，1990)。

藻華會降低溶氧，造成機械性的魚鰓傷害(扭角毛藻之角毛倒刺)，產生脂肪酸或醣脂類的溶血物質(如克里斯藻*Chrysochromulina*、小普林藻*Prymnesium parvum*、米奇磨多裸甲藻*Gymnodinium mikimotoi*、古伽多藻*Chattonella antiqua*及紅潮異斜藻*Heterosigma akashiwo*)，破壞鰓的紅血球。魚排泄物中的氮是主要營養鹽之一，殘餌中磷又是另一種主要營養鹽，因此養殖池的自家污染易於誘發藻華的形成。是故池底或箱網沉積物之減少或清除，對魚體的健康及養殖的成功深具影響。利用透明板、色素量等監視藻的生物量，可對藻華引起的問題提出預警。若發現存有有害的藻類，則必需立即採取必要的措施。例如1988年在挪威沿岸發生的藻華，迫使1,800個箱網中，26,000噸以上的魚被遷移至沒有藻華的水域。此外，

也可以減少投餌量，誘使魚游至水表，免受水面下藻華的侵襲。另方面也有立即收獲可上市魚以降低魚受害所引起的損失。東港分所於 1992 年曾指導在高屏溪沿岸魚塢之部份業者，以不含毒藻之塢水取代已發生塔瑪藻藻華之塢水以降低毒藻數量，進而使虱目魚復原。加拿大西部 25,000 公里沿岸水域，由於受到多種有害藻華之影響，未經檢驗的非商業性採貝行爲已永遠被禁止。因此參考多年的藻相監視資訊，以選擇適當養殖地點，可減少危害的發生。

四、微藻之取樣及觀察

取樣的方法有三種：

1. 定性取樣：以檢定有那些種類存在。一般以 20 微米浮游生物網採集，可從水域底層垂直網撈到表層。
2. 定量取樣：對於脆弱或微小的藻如百害克里斯藻及紅潮異斜藻，不能以網撈之，又若想瞭解藻群之消長，也必需取定量的水樣。取樣以取水瓶或利用馬達抽取，並採不同深度之定量水樣，以判定毒藻之分佈、危害程度及必要採取的對應措施。
3. 若有會產生孢子或囊胞的藻種，則必須檢查底泥標本。

一般監視取樣，每月或兩星期一次。若藻華迅速發展時，則快速生長者每 3~4 天取樣，生長緩慢者每 7~10 天取樣。

取得之水樣，部份以碘液 (2.5ml/l) 及福馬林 (2.5ml/l) 固定，部分作活標本之觀察，並於必要時加以分離培養。觀察時以光學顯微鏡為主，但某些種的鑑定則必須再藉助於電子顯微鏡。

五、貝毒之檢驗：

美、日、加等較先進國家，除嚴密監測貝類產區之藻相與環境外，對水產食品的毒性檢驗也不遺餘力。針對麻痺性貝毒的標準檢驗，也早於五十年前建立 (Sommer and Meyer, 1937)，利用小白鼠之腹腔注射測定死亡時間，以確定毒性之大小；隨後，其主要的毒素 "saxitoxin (STX)" 從阿拉斯加之奶油蚌 (*Saxidomus toxicus*) 中純化後 (Schantz *et al.*, 1957)，以不同劑量的純毒注射老鼠，而使此小白鼠生物檢定法標準化，並定義一個老鼠單位為：使一隻二十克的小白鼠在腹腔注射麻痺性貝毒後的十五分鐘時死亡，所須之毒劑量 (Schantz, 1960)。為使各實驗室的檢驗結果更正確，並可互相比較，Association of Official Analytical Chemists (AOAC)，更定義此一老鼠單位為相當於 $0.15\mu\text{g}$ 之標準 STX，並建議當試驗用小白鼠的品系不同時，應先以純毒建立其一個老鼠單位 (MU) 之相對標準毒劑量。同時規定受檢貝類樣品，其每一百克貝肉中含毒素量超過相當於 $80\mu\text{g}$ STX 時，即日本所訂每克可食貝肉中超出 4MU 時，即應銷毀不得販售或食用。在下痢性貝毒方面，

在稍早以前，均認定其症候產生之原因多為因食用腐敗或細菌感染之貝類而來，但自 1982 年，安元教授(日本東北大學)鑑定出貝毒的化學構造，及其含毒的原因後，日本政府也訂下了貝肉內可容許的含量標準，為每克可食部份 0.05MU，因其為弱性且非急性致死毒素，故其老鼠單位定義為：使一隻二十克的小白鼠在腹腔注射下痢性貝毒後的二十四小時死亡之毒劑量。上述之標準即為注射入約 20 克貝肉所萃得一毫升萃出液，而使小白鼠於一天內即死亡之貝肉，就應禁止販售與食用。

在以老鼠為材料之生物毒性檢驗上，有其方便性及在人體健康安全上具直接之關聯性，同時由其致死時間可判斷其屬麻痺性或下痢性貝毒；但在低含量時，則往往無法加以區別毒素的種類，故在詳細與較肯定之毒素種類之鑑定上，或較靈敏的偵測之需求上，應佐以化學性的高效層析偵檢法檢驗以確認之。

貳、有害藻種特性

一、渦鞭毛藻類

1. 塔瑪藻 *Alexandrium tamarense* Balech 圖 1, 2. (= *Gonyaulax* (*Protogonyaulax*) *tamarensis* = *Gonyaulax excavata*)

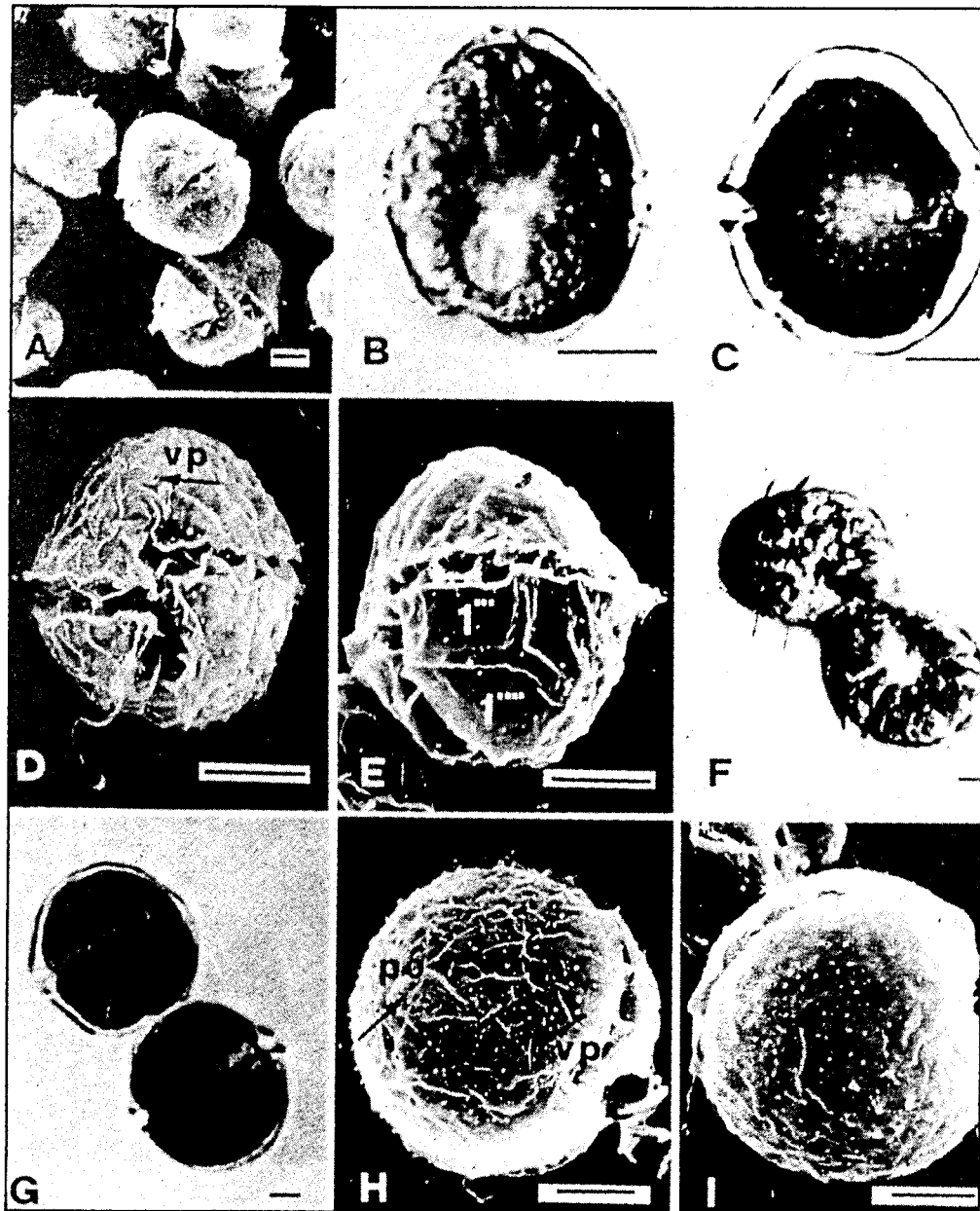


圖1、塔瑪藻

A細胞形狀，B活細胞腹面，C碘液固定標本，D活細胞腹面(SEM)，E活細胞側面(SEM)，F二個細胞鏈體(分裂中)，G二個細胞鏈體(分裂後)，H細胞上殼(SEM)，I細胞下殼(SEM) (取自蘇，1990)

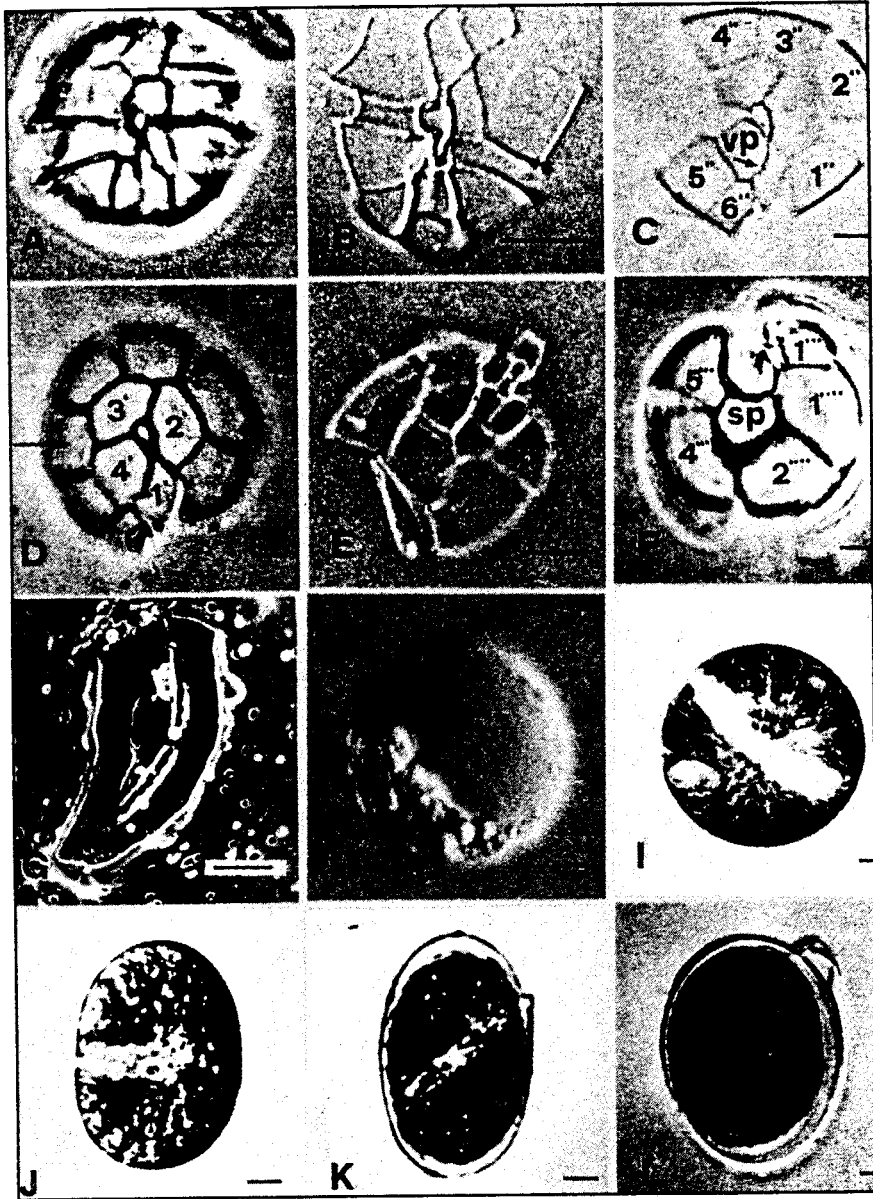


圖2、塔瑪藻

A、B腹面殼式，C上殼殼式Po 4'6"(正常)，D不正常者溝前板為7" (箭頭所指為增加之甲板，E、F下殼殼式5''2''' 11S，G頂孔板(Po)及其上魚鉤型裂縫，H老化不正常之細胞，I暫時囊胞，J、K、L休眠囊胞前、中、後期。(取自蘇，1990)

細胞單一或於分裂後為二個細胞，球形，長稍大於寬，長15~34微米，寬14~31微米。頂端圓形，底端也呈圓形但在縱溝處凹入。橫溝二端相差一個橫溝寬度，板式為Po 4' 6" 11S 5" 2"。有腹孔。頂孔板呈長三角形，板上有魚鉤形裂隙。殼片薄而平滑，密佈刺絲胞孔，外覆薄膜。有時會失去鞭毛成為圓形的暫時休眠胞。生活史中會產生一橢圓球體的休眠囊胞。形態上塔瑪藻與微小亞歷山大藻 (*A. minutum*) 及聯營亞歷山大藻 (*A. acatenella*) 極相似，鑑定上必需注意甲殼殼板大小、形狀、配列及腹孔的形態(Fukuyo, 1985)。

本藻分佈廣泛，自北極至熱帶均有分佈，在美、加、歐、日、澳、中國大陸及台灣均有發生記錄。尤其在美、加造成PSP事件，引起注意，首揭PSP與渦鞭毛藻之相關性。

台灣於1986年發生之西施貝中毒事件即由此藻引起，產生麻痹性貝毒，主要成分為gonyautoxins。自1986年以來，在嘉義至屏東之臺灣南部魚塢均可發現其蹤跡，尤其在高屏溪、東港溪、林邊溪沿岸之魚塢及排水溝，幾乎全年都可觀察到本藻。除經由食物鏈使攝食毒貝的人類發生中毒外，本藻並於1989年6月造成曾文溪畔養殖草蝦之大量死亡，1992年6月、12月在屏東養殖魚塢造成銀紋笛鯛、虱目魚等的死亡。國外報導亦指出本藻之藻毒對人類、其他哺乳類、鳥類及魚類均有毒害作用。1984年在加拿大Faroe島發生之本藻紅潮，除使貝類含毒外，並造成27噸養殖虹鱒的死亡(Mortensen, 1985)

。檢查魚鰓，發現受到組織病理的急性傷害。組織病理切片亦顯示鰓及消化系統之表皮組織壞死及長瘡痂。

2. 微小亞歷山大藻 *Alexandrium minutum* Halim 圖 3

細胞小、不顯眼、球體直徑 16~25 微米，大部分為單細胞，很少為二細胞。種類的確定，唯賴仔細地觀察甲殼殼板配列。細胞生活史中會產生一種無色半球體的膠質休眠胞。頂殼面看為球體 (24~29 微米)，側面看為豆形 (15~19 微米長) (Balech, 1989)。分佈於澳洲、埃及、法國、意大利、挪威、葡萄牙及土耳其。產生麻痺性貝毒 (主要成分為 gonyautoxins, Oshima *et al.*, 1989)，危害人類及其他哺乳類 (如鳥和魚類)。此藻會長得很濃密，以致使水變成紅色或紅褐，成為紅潮。

3. 聯營亞歷山大藻 *Alexandrium catenella* Balech 圖 4 (= *Gonyaulax (Protogonyaulax) catenella*)

細胞單一或常成為 2、4 或 8 個細胞的鏈體，細胞上下扁，長 20~22 微米，分類鑑定賴仔細觀察甲殼殼板配列，細胞生活史中會產生一個無色、橢圓體的膠質休眠囊胞 (長 35~40 微米)。

廣泛分佈於北半球，自阿拉斯加西南至加洲間的北美沿岸及日本。南半球，則在南非及智利南岸均曾觀察到。產生

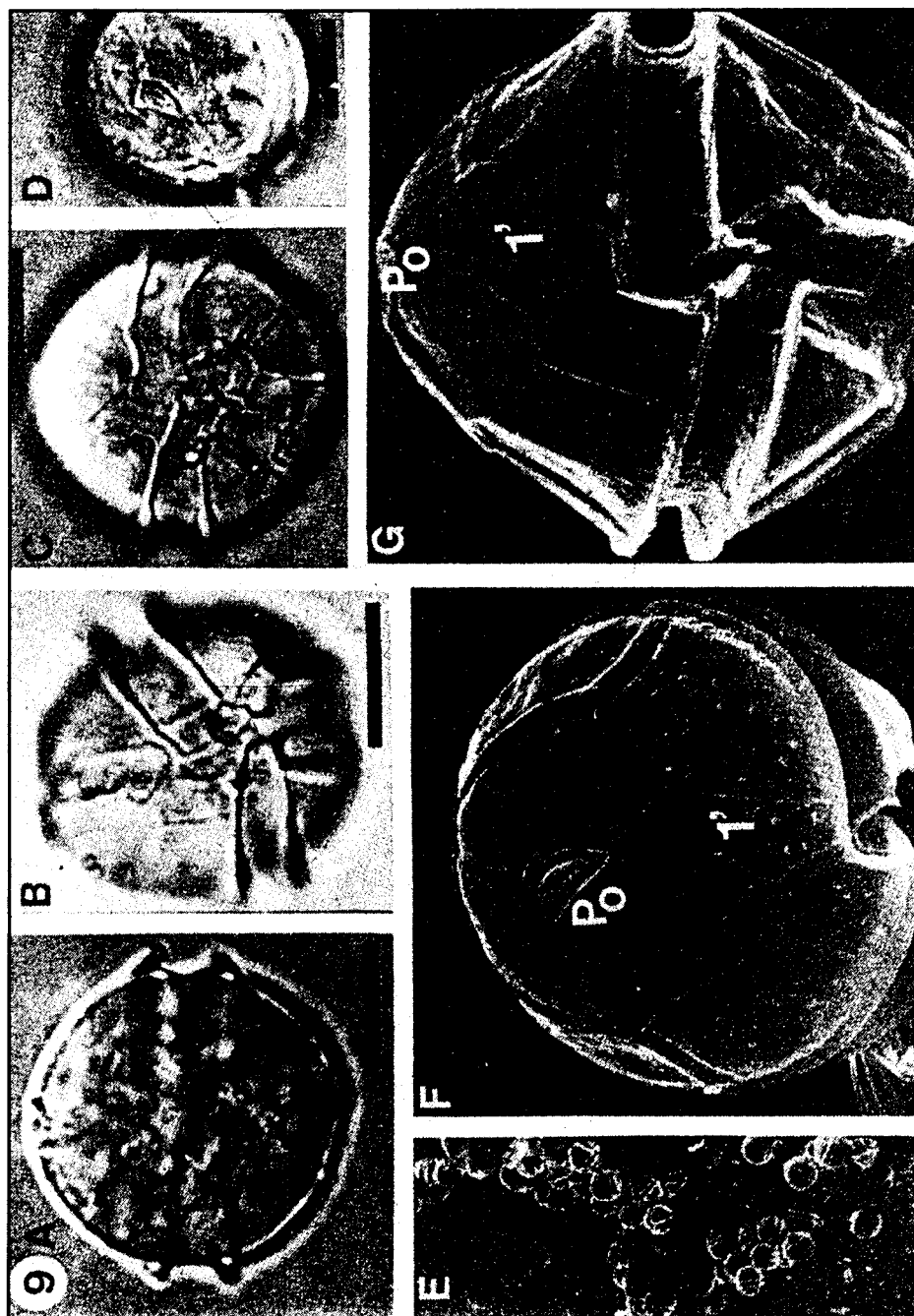


圖3、微小亞歷山大藻

A~D小而圓之球體及殼板配列，E細胞形狀(SEM)，F頂殼及，G側面觀之殼板配裂以及頂孔板Po和1'板上之腹孔形狀(取自Hallegraeff, 1991)

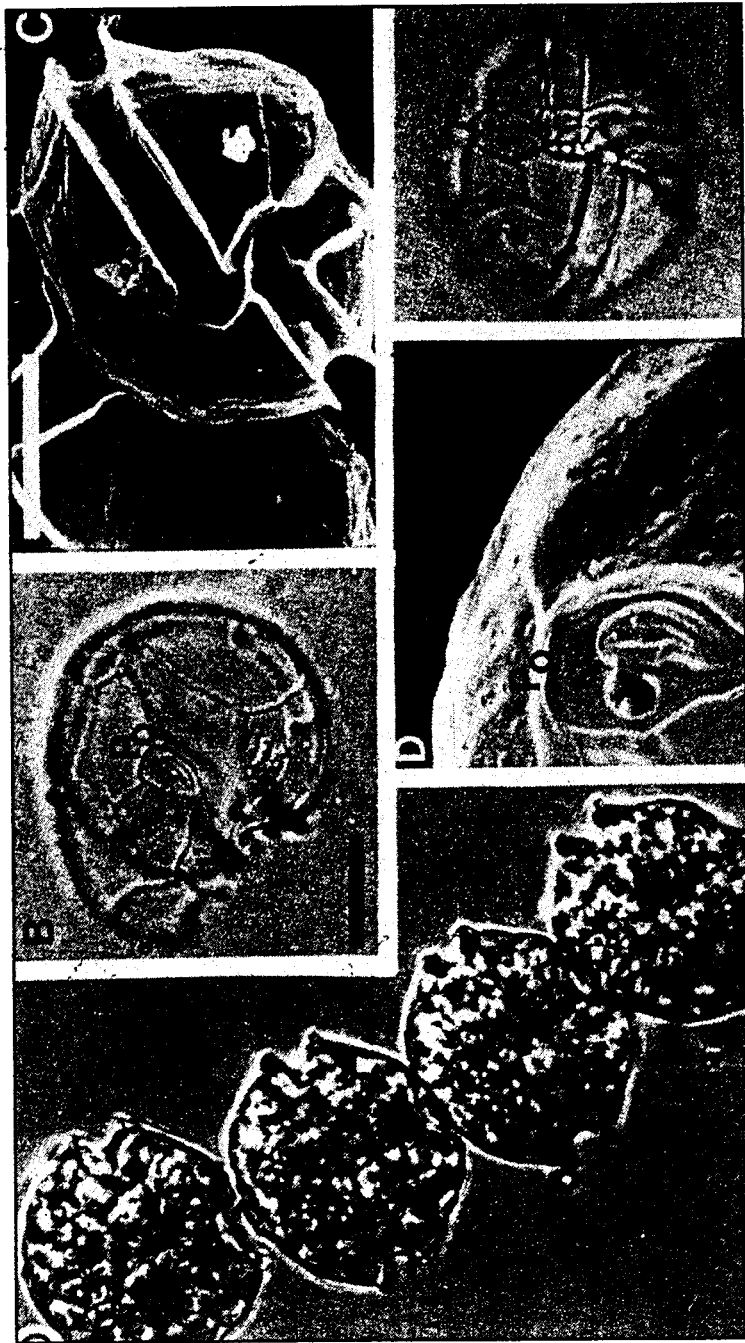


圖4、聯營亞歷山大藻

A 4個細胞鏈體，B 上殼殼板，C 側腹面觀 (SEM)，D 頂孔板及連接孔 (SEM)，E 腹面觀及1'殼板形狀。(取自Hallegraeff, 1991)

麻痺性貝毒，傷害人類、鳥類及魚類。

4. 巴哈馬盾甲藻 *Pyrodinium bahamense* 圖5

熱帶性、殼板含多量纖維素，厚如盾，為單細胞(直徑37~51微米)或由2、4、8、16或32個細胞(很少)構成鏈狀，鏈中細胞扁平，以亞種 *compressa* (Stedinger *et al.*, 1980) 稱之，以別於另一亞種 (*bahamense*)。前者發生於印度太平洋地區，後者發生於加勒比海水域。有時會與 *Goniodoma polyedricum* 混淆，不過 *G. polyedricum* 之形態較多稜角，不呈鏈體，無明

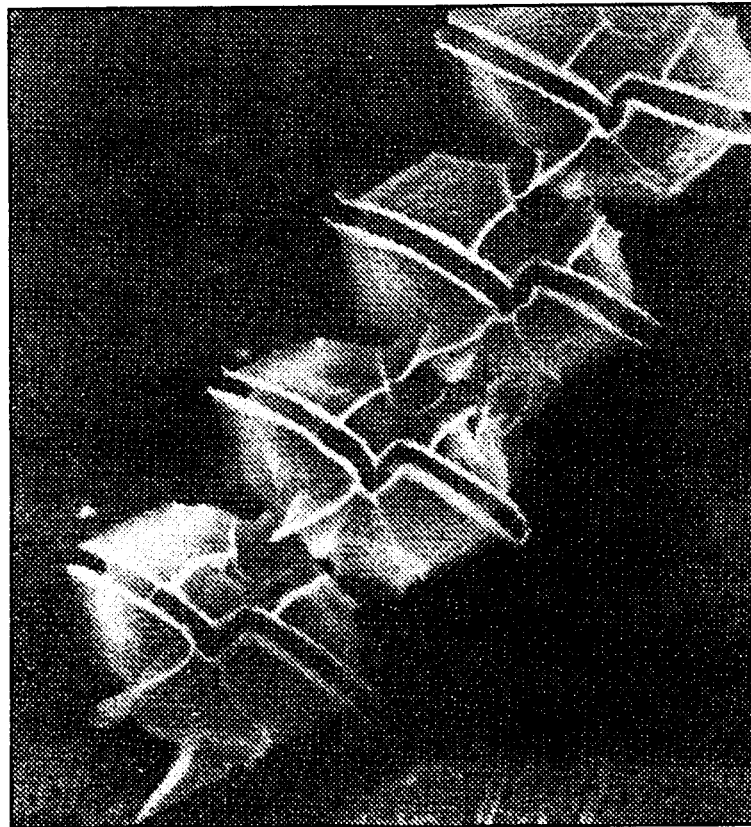


圖5、巴哈馬盾甲藻 (取自Hallegraeff, 1991)

顯突起。 另一方面， 某些膝溝藻 *Gonyaulax (Lingulodinium) polyedra* 也易與本種分不清， 不過它們多為單細胞， 無裙緣狀物， 且橫溝兩端位移大， 可用以區別之。

分佈於熱帶印度西太平洋水域， 在汶萊、 印尼、 帛琉、 新幾內亞、 菲律賓、 沙巴及所羅門島嶼等紅樹林區赫赫有名 (Maclean, 1989)。 此外， 亦在美洲的瓜地馬拉、 委內瑞拉、 墨西哥、 波多尼各、 牙買加等水域發生。

本藻產生麻痺性貝毒 (主要成分為 saxitoxin, decarbamoyl saxitoxin 及 gonyautoxin 5)， 經由食物鏈使貽貝、 牡蠣、 扇貝等貝類， 小魚如沙丁魚、 鯡魚之胃及鰓， 以及蝦頭、 蟹脂等成為有毒。 至今已造成 60 人以上死亡及 1000 人以上生病的中毒案例。 本藻第一次有害紅潮記錄發生於 1972 年之新幾內亞， 隨後蔓延至汶萊及沙巴 (1976)， 菲律賓中部 (1983) 及北部 (1987)。 以前總認為拉丁美洲之盾甲藻是無毒的， 不料 1987 年在瓜地馬拉之太平洋沿岸， 由於食用受盾甲藻污染之毒貝有 187 人送醫， 26 人死亡 (Rosales-Loessener *et al.*, 1989)。

5. 聯營裸甲藻 *Gymnodinium catenatum* Graham 圖 6

細胞 4 個、 8 個或 16 個 (最多達 64 個) 相連成蛇狀般之長鏈， 綠褐色， 每一個細胞長 23~33 微米， 寬 27~36 微米， 環境不適時， 鏈狀會斷裂成單細胞， 形似其他裸甲藻而不易區別 (Blackburn *et al.*, 1989)。 另一方面也會與聯營亞歷山大藻 (圖 4

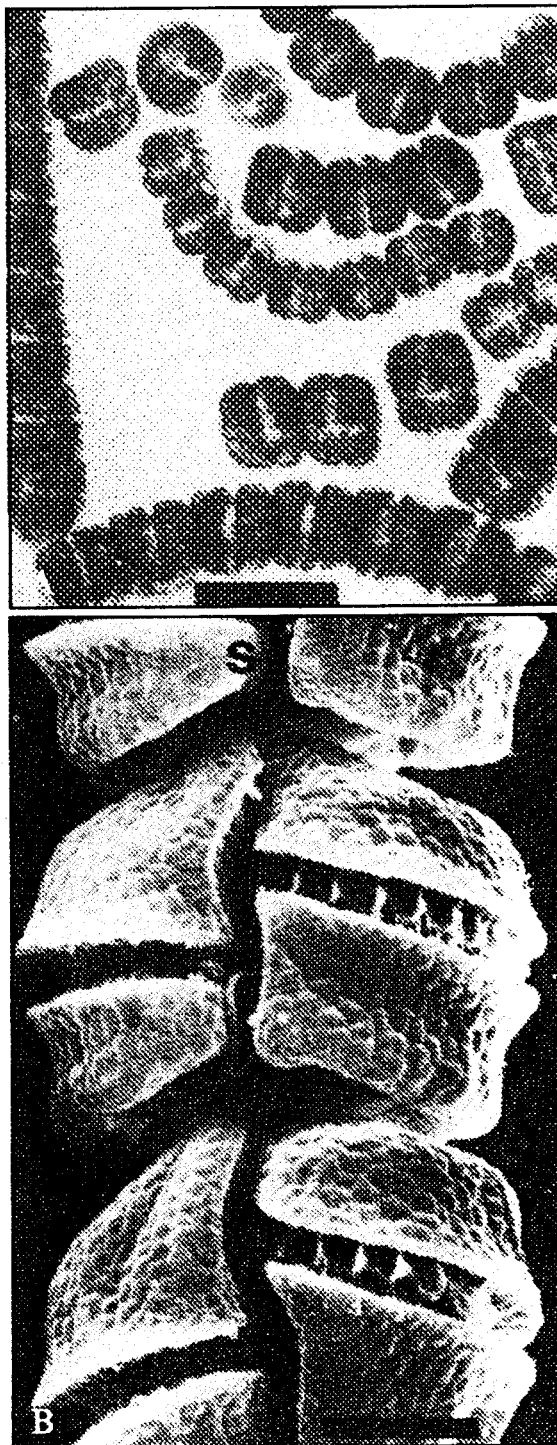


圖6、聯管裸甲藻
A蛇狀細胞鏈體，B細胞形態(SEM) (取自 Hallegraeff, 1991)

) 混淆，不過後者鏈短(4或8個細胞)且直，並外覆纖維素甲板可用以區別。

本種第一次於 1976 年在葡西半島沿岸發現，而第一次出現於地中海之記錄為 1989 年。此外，亦在澳洲、菲律賓、帛琉、日本、阿根廷、墨西哥及美國水域發生 (Oshima *et al.* , 1987; Hallegraff , 1991; Fukuyo *et al.* , 1993)。在歐洲北海水域並未發現，不過化石記錄則顯示本藻曾大量發生過 (Dale *et al.* , 1993)。

本藻產生麻痺性貝毒，經由貝類造成食用者神經及胃腸的不適。雖然聯營裸甲藻產生的毒素較微小亞歷山大藻產生者毒性低，但因為在海鮮食品的處理烹調過程中，會轉換為毒性較高的成分，反而提高危害性。在墨西哥曾造成 3 個小孩死亡。

6.利瑪原甲藻 *Prorocentrum lima* Dodge 圖 7

細胞卵形，長 35~50 微米，寬 20~28 微米，最寬處在細胞中間以下部位，前端有一小凹入。細胞主由二片甲板組成，甲板厚，且在四周散佈刺絲胞孔，但在中央處未見。細胞頂端由許多小甲板圍成，二根鞭毛由該處伸出。

本藻分佈於溫帶及熱帶海洋，是底棲或附生性渦鞭毛藻群之一主要成員。營光合作用，很少形成紅潮，常為底棲性，通常附生於海藻，珊瑚礁及泥沼地上，有時呈浮游。可於

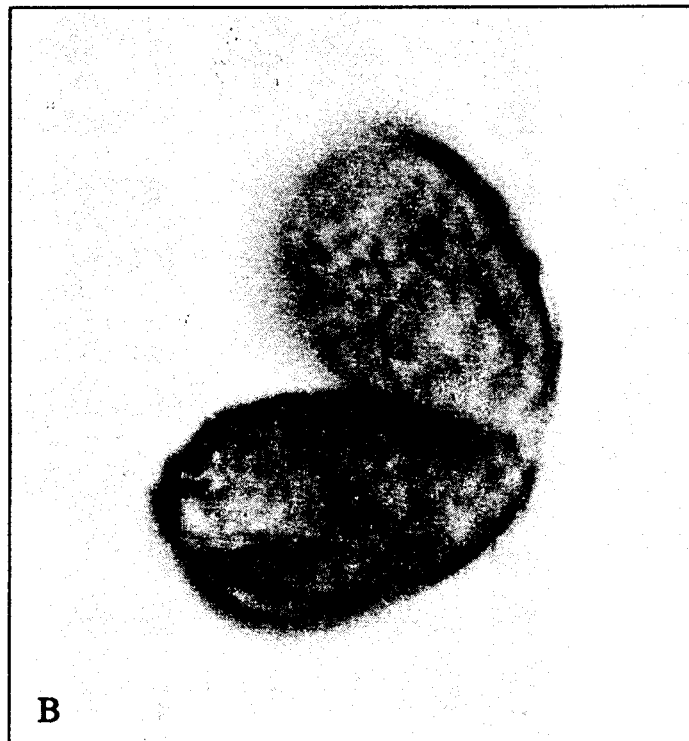
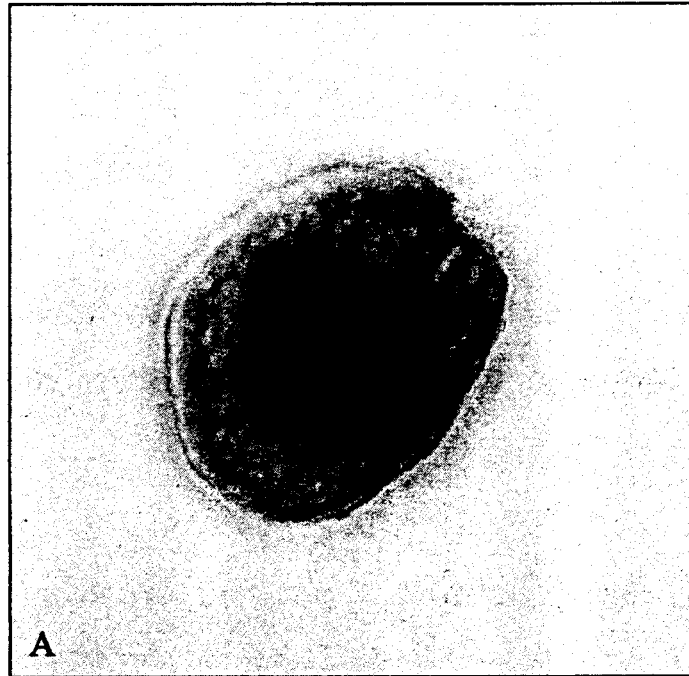


圖7、利瑪原甲藻

A細胞形狀，B分裂中細胞(取自蘇，未發表)

16~33°C 溫度, 20~40 ppt 鹽度生長 (Morton and Norris, 1990)。分佈於澳洲、美國、加拿大、西班牙、法國、葡萄牙。在本省嘉義、台南、屏東等養殖魚塭中曾有發現, 不過量均很少。

本藻會產生 okadaic acid 及 dinophysis-toxin-I (Marr *et al.*, 1992), 經由食物鏈導致人體罹患下痢性貝毒 (DSP), 也可能與熱帶水域發生之熱帶海魚毒有關。

7. 甘畢爾藻 *Gambierdiscus toxicus* Adachi and Fukuyo 圖 8

細胞透鏡形, 底棲, 長 24~60 微米, 直徑 42~140 微米, 殼板厚且多孔, 頂孔板有一魚鉤型裂縫。本藻附生於叢株狀的綠、紅及褐藻藻體上 (100g 重藻體約有 200,000 個以上細胞), 有時自由棲息於底棲生物及珊瑚碎石堆中 (Adachi and Fukuyo, 1979)。活細胞含有濃黃褐色內含物, 在珊瑚碎石及海藻叢中難以辨認出來。

主要滋生於南太平洋及加勒比海等熱帶水域, 法屬波里尼西亞在 1960~1984 年間有 24,000 人以上受害, 數量為其它太平洋地區之 6 倍多 (Hallegraeff, 1991)。

本藻產生之熱帶海魚毒屬神經毒 (ciguatoxin 及 maitotoxin, Holmes *et al.*, 1990), 經由食物鏈累積於攝食珊瑚礁海藻的小魚及攝食該小魚的大魚。人類食用含該藻毒之魚, 會有腸胃及神經不適應症, 嚴重時會因呼吸困難而死。這些症狀會

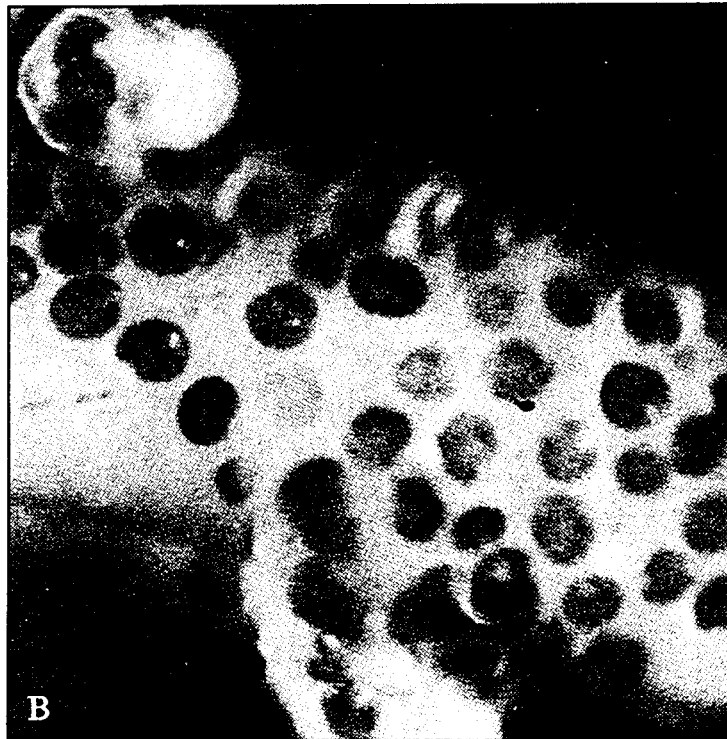
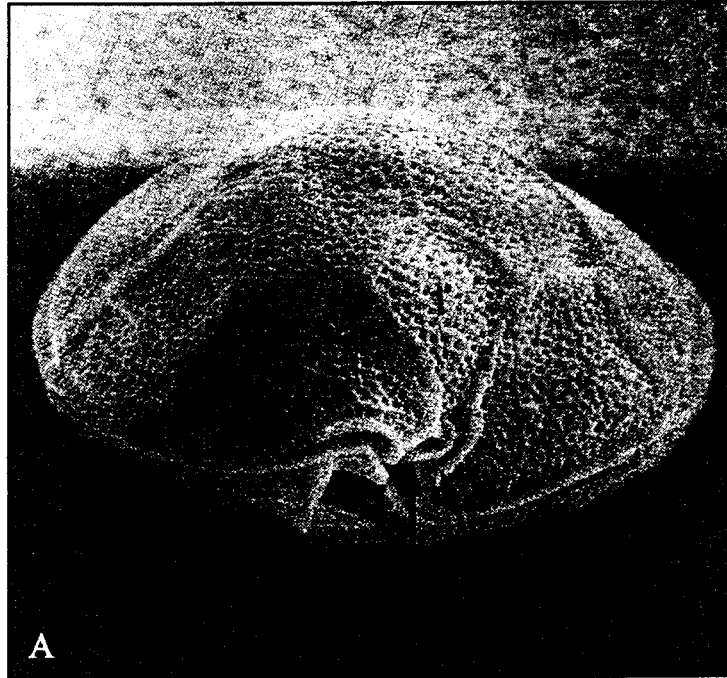


圖8、甘畢爾藻

A細胞形狀，B附生於海藻上之甘畢爾藻(取自Fukuyo *et al.*, 1990)

持續數個月，甚至於數年後復發。

8. 短裸甲藻 *Gymnodinium breve* Davis 圖 9 (= *Ptychodiscus brevis* comb. nov. Steidinger, 1979)

單細胞，螺旋狀巡游，具微尖狀頂部，寬20~40微米，厚10~15微米，體長微短於體寬而呈橢圓狀，背部微拱腹部凹入，橫溝繞細胞一周，接點稍移位，縱溝延伸向頂端形成一隙縫。體錐下半形成兩隆起分據縱溝兩側。核約6~9微米，位於左下體錐，細胞質內分散有10~20個不規則狀之葉綠

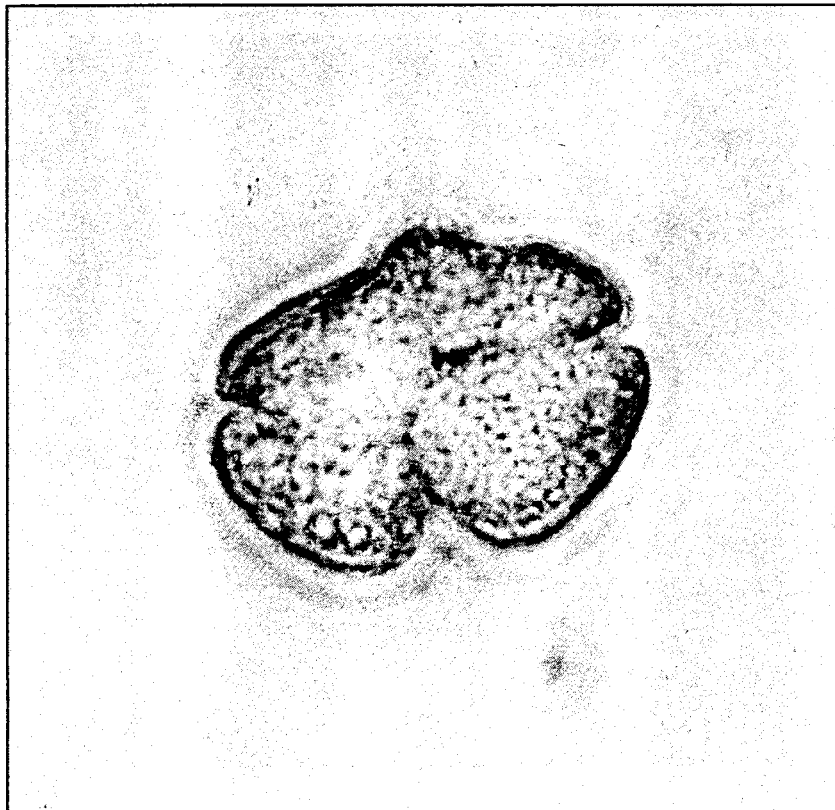


圖9、短裸甲藻（取自Chou，1986）

體，色淡黃綠，及疑似脂肪球之小顆粒。細胞無纖維素之硬殼，亦缺藻黃素與多角藻素等色素 (Steidinger *et al.*, 1978)。本種主要分布於美南的墨西哥灣中，近年來在美東沿岸、日本、韓國及西歐沿岸亦均有發現。當其紅潮出現時往往伴隨著大量魚群及其他水生生物的死亡，造成極大的漁業損失。本藻含有一系列屬多環醚類的油溶性毒素，屬神經性毒，並會藉濾食性貝類的蓄積而造成所謂神經性貝毒(NSP)的中毒現象 (Chou, 1986)。

9. 米奇磨多裸甲藻 (長崎裸甲藻) *Gymnodinium mikimotoi*
Miyake et Kominami ex Oda 圖 10 (= *Gymnodinium nagasakiense*) (Fukuyo *et al.*, 1990; Takayama and Adachi, 1984)

細胞綠褐色，圓至橢圓，長18~37微米，寬14~35微米，背腹扁平，有時會形成大小明顯不同的亞族群。細胞核常位於細胞下錐部的左半部，色素體多個，桿狀或圓形。本種甲殼纖細，以碘液或戊二醛固定時形狀會變，而活體在顯微鏡下觀察時也易於破裂，因此鑑定困難。色素成分中含有種別特異性的 19'-hexanoyloxy fucozanthin，可作為種鑑定的參考 (Tangen and Bjørnland, 1981)。本種非常形似發生於北海的 *Gyrodinium aureolum*，也很像發生於墨西哥灣的 *Gymnodinium breve*。後者會殺死魚，產生神經貝毒及造成人類因吸入含毒藻空氣而引起的過敏。

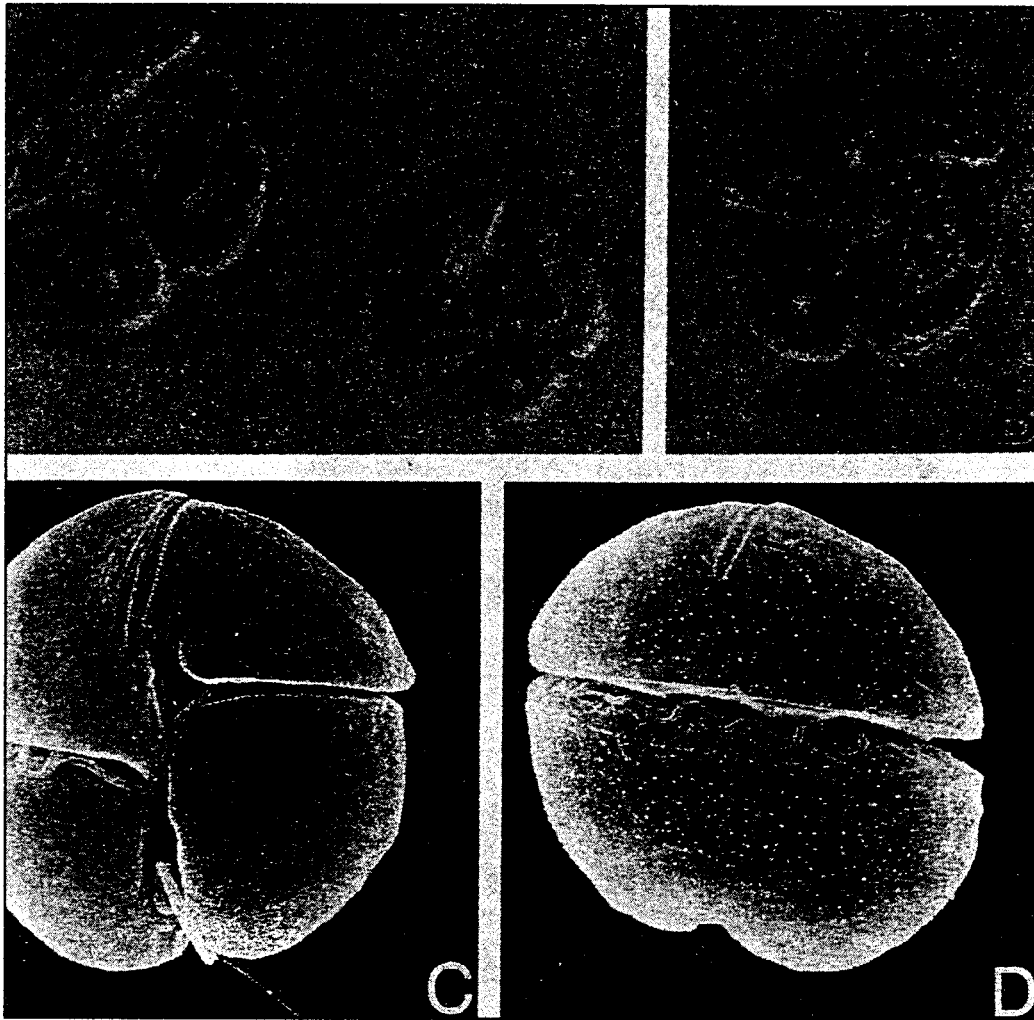


圖10、米奇摩多裸甲藻

A腹面表面構造，B腹面細胞內構造(箭頭所指為核)，C腹面顯示縱溝伸入上殼(箭頭處)，D背面及頂溝(箭頭)(取自 Fukuyo *et al*., 1990)

常出現於挪威、愛爾蘭、蘇格蘭(稱爲 *G. aureolum*)、日本及韓國水域。

本種會造成底棲無脊椎動物(如海膽)及養殖或野生魚類的大量死亡(Roberts *et al.*, 1983)。

二、矽藻類

10. 尖刺多列菱形藻 *Nitzschia pungens* forma *multiseries*

圖 11

細胞長紡錘形，長70~140微米，寬3~6微米，二端尖，每個細胞有二粒色素體、細胞尖端相連成鏈狀，最多可達38個細胞。種的鑑定需要小心的分析中央偽結節的有無，橫肋紋的數目及肋紋間之孔列數。含1~2列橫肋紋爲 forma *pungen*，3~5列爲 forma *multiseries*(Macphee *et al.*, 1992)。前者不產生 domoic acid，後者則會而成爲毒藻(Subba *et al.*, 1988)。不過最近 Lewis *et al.* (1993) 之試驗指出溫度會影響孔列，因此溫度，形態及產毒之關係仍待進一步探討。

Nitzschia pungens 主要分佈於南緯 41° 至北緯 62° 之沿岸，與分佈於印度、太平洋地區之熱帶、外洋性的 *N. pungiformis* 極相似，惟後者有偽結節而可以與 *N. pungens* 區別之。普遍出現於日本、中國大陸等富營養化沿岸水域，曾於加拿大沿岸造成紅潮及貝毒事件。

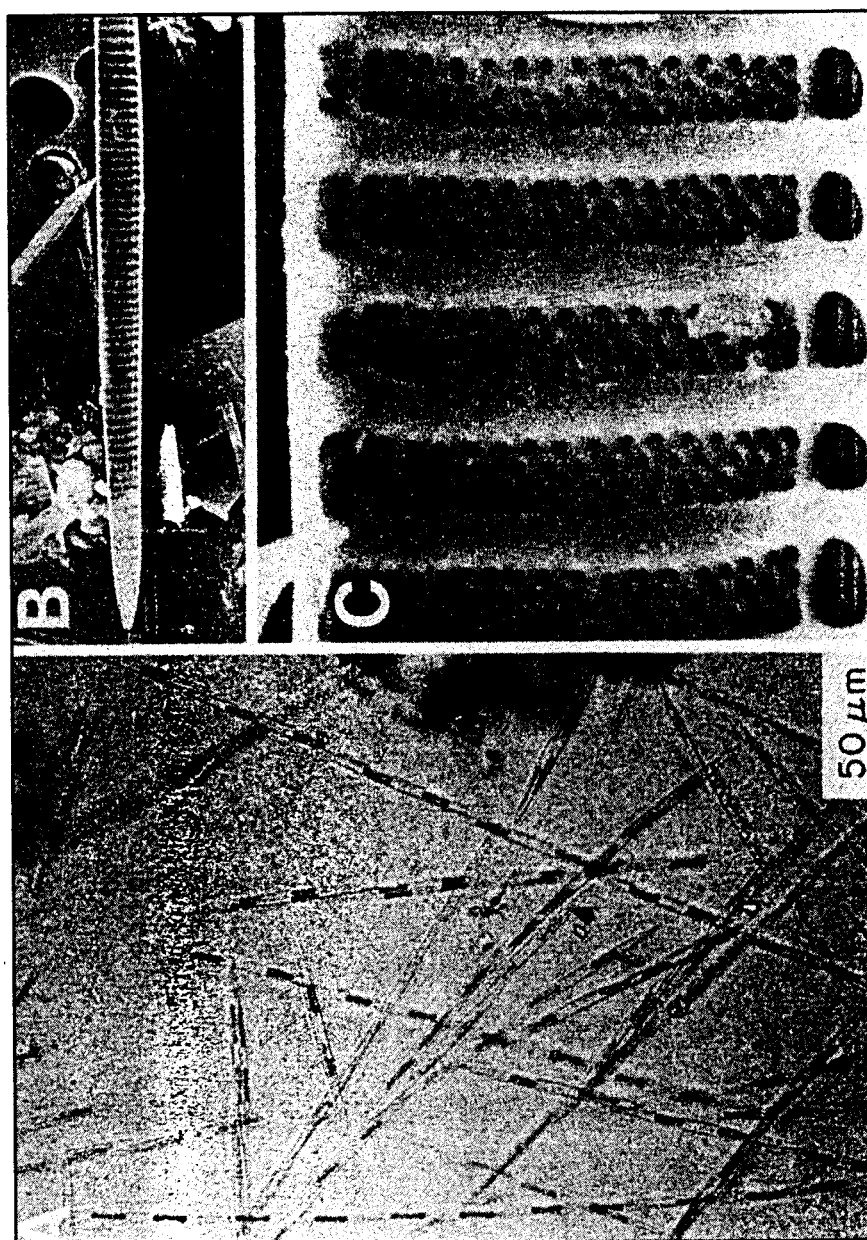


圖11、多列尖刺菱形藻
A鏈體形狀，B橫肋紋形狀，C肋紋間孔列形狀(取自
Bates *et al.*, 1989)

在1987年11/12月於加拿大愛德華王子島形成紅潮，致使食用藍貝含毒而造成3人死亡，105人急性中毒。紅潮發生時水溫低(10°C)，日照亦低，其發生機制仍不明白。生長於本藻紅潮發生區域之貝類，必需以 HPLC 或老鼠檢定來確認其安全性，若 domoic acid 含量在20ppm以上則不能供人類食用。

11. 扭角毛藻 *Chaetoceros convolutum* Castracane 圖 12

細胞子彈型，寬15~23微米。自細胞四角伸出長而中空之刺毛，細胞在刺毛處相交成爲鏈體。刺毛上沿長軸有許多小的倒鉤。角毛藻屬中有刺毛無倒鉤且呈鏈狀的約50種以上，均對魚類無害，但本種及另一種 *Chaetoceros concaicorne* (圖12) 因有倒鉤而對魚有害 (Rensel, 1993)。

本種爲冷水性，在美國加州及加拿大英屬哥倫比亞沿岸水域形成紅潮，並曾發生於智利 (Clement and Lembeye, 1993)、紐西蘭及南極水域。

本種無毒，但其帶鉤的刺毛會刺入並破壞魚鰓膜。在哥倫比亞水域細胞數爲每公升5,000個時，曾造成箱網養殖魚類如鱈魚、鮭魚等之死亡 (1988年損失4百萬美元)。魚的死亡可能由於微血管出血，黏液大量增生，致呼吸困難或由於受傷組織的二次感染。

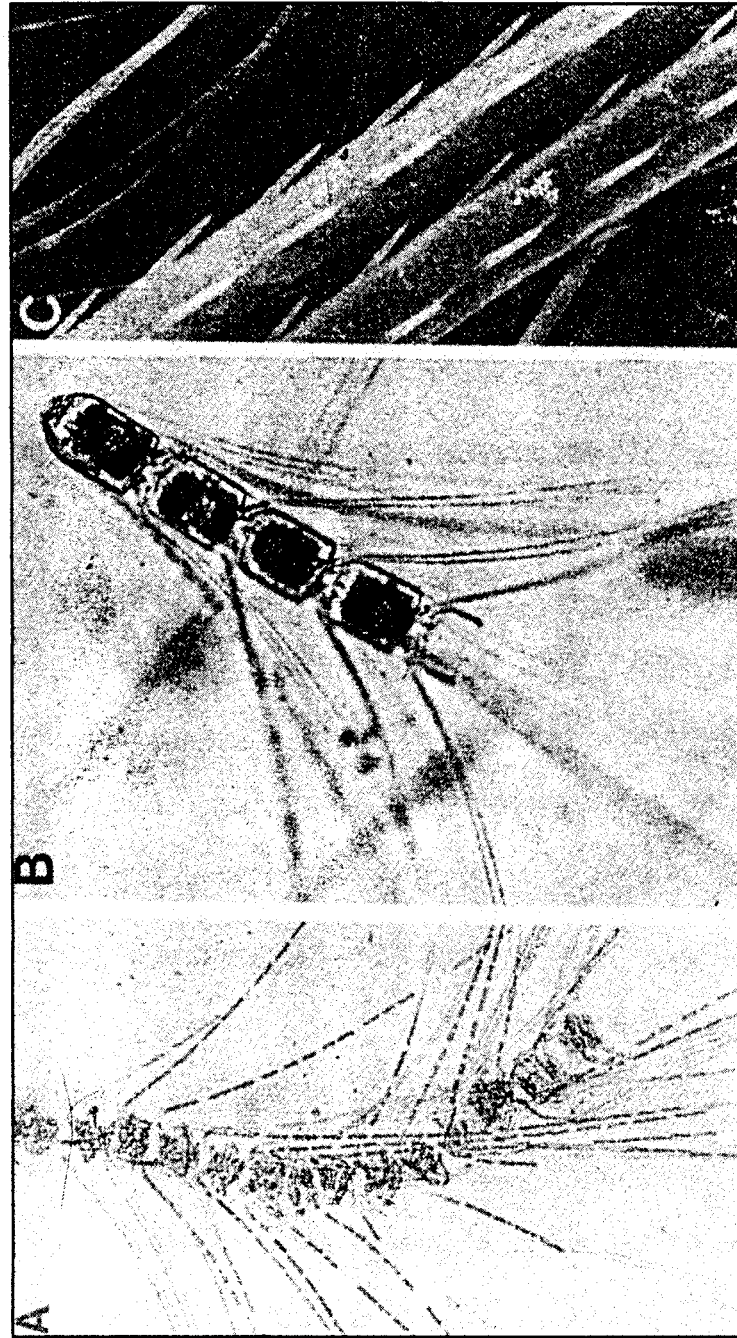


圖12、扭角毛藻與凹角角毛藻
A 扭角毛藻， B 凹角角毛藻及其， C 角毛上的倒鉤 (取自 Hallegraeff, 1991)

三、定鞭藻類

12.小普林藻 *Prymnesium parvum* Carter 圖 13

細胞小，金褐色，卵圓體，似米粒，長8~15微米，寬6~8微米；有二根頂生鞭毛（10~14微米）及一根定鞭（2~4微米）。細胞體後半部有振動顆粒。種名之鑑定必需就細胞外圍鱗片之微細構造進行調查才能確認。本種鱗片紋路有二種，一為同心圓型，另一為輻射纖維狀（Green *et al.*, 1982）。本種在丹麥、德國、英國、西班牙、保加利亞、紐西蘭及澳洲均有發生之記載。

本藻產生細胞解離性、溶血性及神經性之藻毒，並釋於鄰近海域中。這些毒素會影響細胞之滲透而破壞細胞內離子平衡均勢。曾造成以色列半鹹水魚塢養殖吳郭魚之大量死亡，挪威箱網養殖鮭、鱒、鱈魚之死亡（1989~1992年已損失1250噸）。磷鹽不足時，藻毒毒量較高。

13.百害克里斯藻 *Chrysochromulina polylepis* 圖 14

細胞卵圓至珍珠型，金褐色，長6~12微米，寬5~9微米，具二根長鞭毛（18~26微米為細胞長度之2~3倍長）及一根定鞭（10~14微米）。鞭毛從細胞較寬一端的偏頂端處伸出。細胞游動快速且常突然改變方向。快速游動時定鞭常捲曲。細胞表面覆蓋小鱗片，為分類特徵，僅能以電鏡觀察。

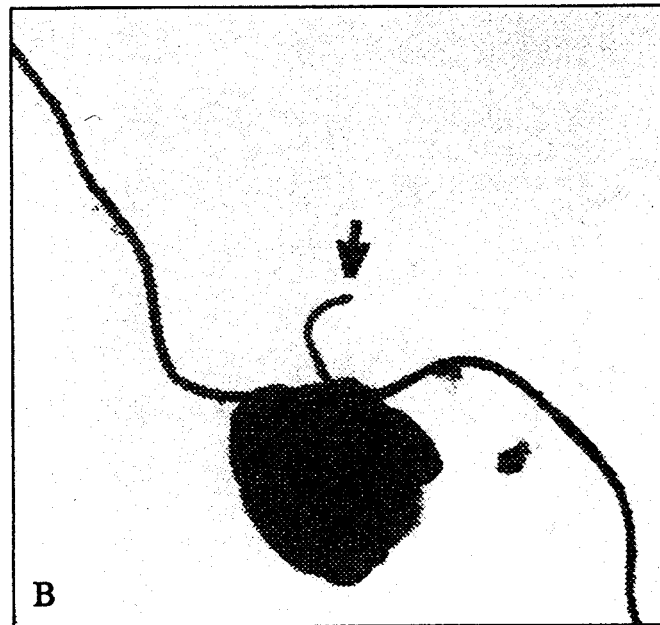
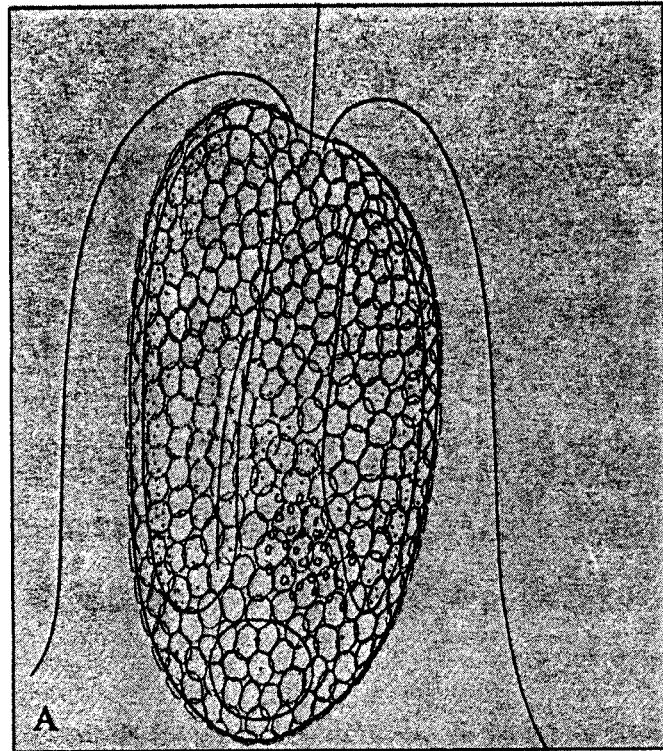


圖13、小普林藻

A形態，B形態(SEM) (取自 Eikrem and Thronaen, 1993; Hallegraeff, 1991)

克里斯屬 (*Chrysochromulina*) 中有 50 種非常類似的種類，其中僅 *C. polylepis* 及 *C. leradbeateri* 為有毒 (Edwardsen, 1993)。

。種鑑定的特徵為細胞大小、鱗片形態和鞭毛和定鞭長度 (Eikrem and Throndsen, 1993)。大多數種類營光合作用，但也有多種行胞飲捕食。

本種主要發生於北海，加拿大沿岸也有記錄。本種產生魚毒及溶血性物質，特別在磷肥不足時毒量較大，會毒害魚類及無脊椎動物。1988 年 5~6 月發生於丹麥、挪威及瑞典間海域的大片紅潮 (60,000 平方公里)，使無脊椎動物 (包括斧足類、海星、多毛類、海綿)、野生及養殖魚類 (約 600 噸虹鱒)，甚至紅海藻均大量死亡。

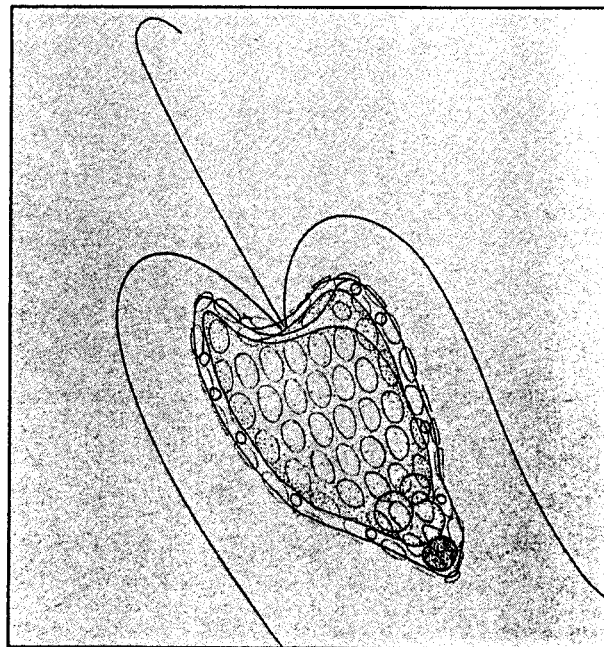


圖 14、百害克里斯藻 (取自 Eikrem and Throndsen, 1993)

四、綠鞭藻類 (Raphidophyceae)

14. 古伽多藻 *Chattonella antiqua* 圖 15

細胞黃褐，微扁，自表面觀為披針形，後端有一纖細尾巴，大小為 $50\sim 130\times 30\sim 50$ 微米。鞭毛二根，不等長，運動方向不一樣，自細胞前端之胞咽底端伸出。無眼點、無伸縮胞、無細胞壁，但有桿狀黏液胞。休眠細胞呈半球形，頭部有一單純孔，孔之底緣有一圈翼形物。

分佈於日本，是日本瀨戶內海中，魚毒性最強之有害藻 (Fukuyo *et al.*, 1990)。

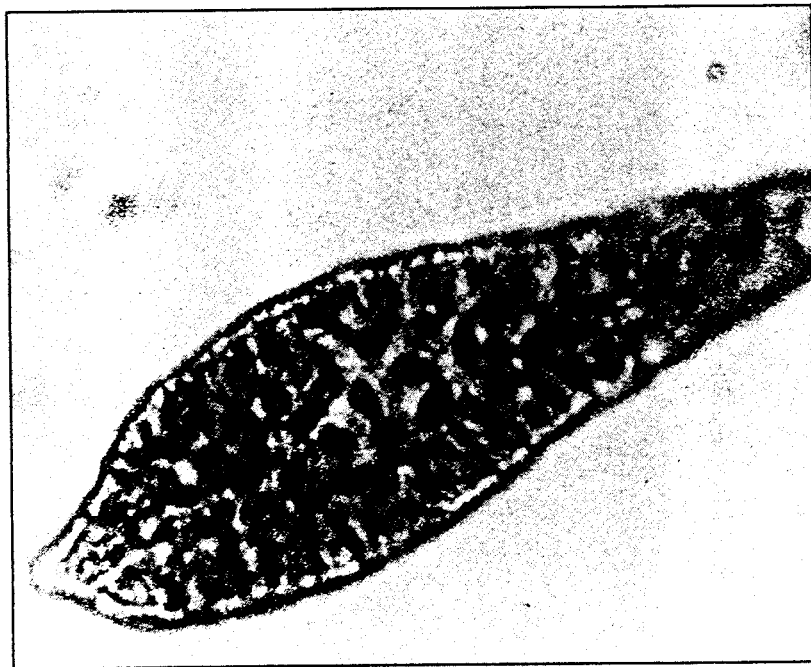


圖15、古伽多藻 (取自Fukuyo *et al.*, 1990)

15. 紅潮異斜藻 *Heterosigma akashiwo* 圖 16 (= *Olisthodiscus luteus*)

細胞形態像馬鈴薯，黃褐色，長8~25微米，寬6~15微米，厚8~11微米。鞭毛二根，一根向前，一根向後。向前的鞭毛有二排細毛(僅能用電子顯微鏡觀察到)，向後的鞭毛平滑，且較靠近細胞表面。游動時，細胞會轉動。細胞無細胞壁、易碎，鑑定時需要觀察活體。生活史中含有底棲的休

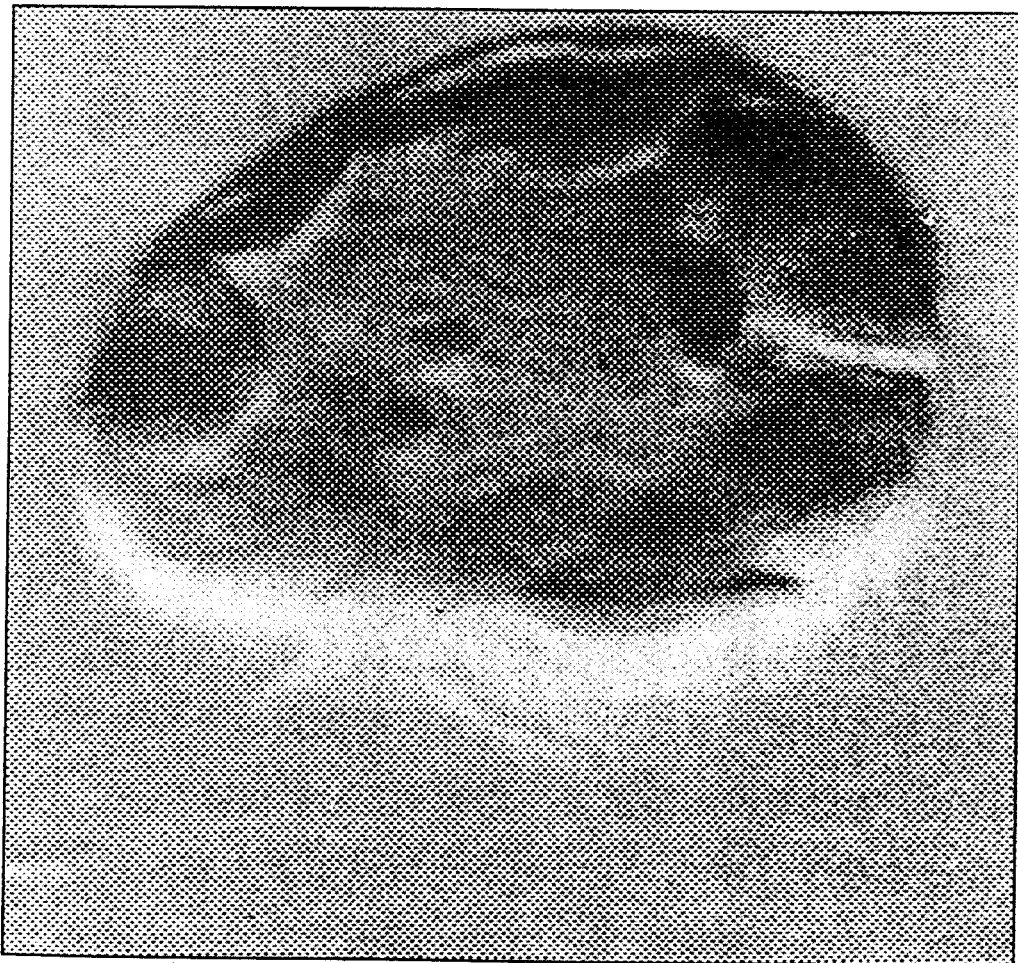


圖16、紅潮異斜藻 (取自Fukuyo *et al.*, 1990)

眠細胞，其大小及形態均會變。

本種主要發生於溫帶水域，廣鹽性且分佈廣。在日本 (Honjo, 1993)、歐洲、加拿大、智利、紐西蘭及澳洲水域 (Chang *et al.*, 1993) 均有記錄，並造成蘇格蘭、愛爾蘭及加拿大等近海養殖魚類的死亡，以及葡萄牙和西班牙陸上養殖魚蝦的死亡。當藻濃度超過每公升一萬個時使魚死亡，濃度低時則造成魚群的緊迫及食慾降低。

參· 麻痺性貝毒與下痢性貝毒的檢驗方法

一、麻痺性貝毒檢驗法

1. ICR系小白鼠之應用於麻痺性貝毒生物檢定

a. ICR系小白鼠毒性單位之標準化

老鼠毒性生物檢定法，為國際間通用的麻痺性貝毒毒量測定法，但因所使用老鼠品系可能不同，所以須先建立所使用老鼠品系的每一老鼠單位所代表的毒劑量值。ICR系小白鼠的每一老鼠單位相當於多少量的STX，係根據AOAC (1984) 的標準法予以建立。ICR系小白鼠為由臺大醫院動物中心所供應，雄性，體重在19~21克，若大於21克或小於19克，須使用重量因子修正表 (AOAC, 1984)，以獲得小白鼠標準

的死亡時間。重量大於23克的小白鼠則廢棄不使用；注射過的老鼠也不再使用（AOAC, 1984）。麻痺性毒之標準液係 saxitoxin (STX)純質，來自美國食品、藥品管理局（USFDA），溶存於20%之酒精溶液，且以醋酸液調整pH=3，濃度為100 μ g/ml。

根據AOAC (1984)的標準，分別以10ml 1 μ g/ml之STX標準毒液，配合7ml、8ml、9ml、...、15ml、16ml去離子水作出十組不同劑量的稀釋組，劑量分別為10/17、10/18、10/19、...、10/25、10/26 μ g/ml STX。每組再同樣地取適重的10隻小白鼠分別注射1ml稀釋液，並記錄小白鼠的死亡時間。小白鼠死亡時間的判斷，乃是測量從注射完畢後到小白鼠吐出最後一口氣的時間。計算各組之小白鼠中間死亡時間（median death time），棄置使小白鼠中間死亡時間多於7分鐘或少於5分鐘的稀釋組的所有數據，將各組所獲得之中間死亡時間依Sommer's table (AOAC, 1984)換算成老鼠單位數(MU)，以各稀釋組的STX濃度除以該組中間死亡時間所換得之MU值，而獲得各稀釋組之轉換係數（C.F.），再將所有有效稀釋組的C.F.進行平均，而獲得ICR系小白鼠一個老鼠單位所代表的STX純毒劑量為0.259 μ g（周, 1991）。

b. ICR系小白鼠死亡時間與毒劑量間之關係

依不同劑量之標準毒稀釋液，共17組劑量（1、0.9、0.8、0.7、0.59、0.56、0.53、0.50、0.48、0.46、0.44、0.42、0.40、

0.39、0.33、0.29、0.25 μ g STX/ml)，來建立小白鼠死亡時間與毒劑量間之關係。每組取適重的 10 隻小白鼠分別注射 1ml 稀釋液，並記錄小白鼠的死亡時間。將小白鼠死亡時間的倒數和毒劑量的對數值作線性迴歸分析，尋求 ICR 系小白鼠死亡時間與 STX 注射劑量間之定量關係，並依此建立 ICR 系小白鼠死亡時間與毒劑量對應換算表（表二）。

c. 麻痺性貝毒之生物檢定操作（A.O.A.C., 1984）

貝類檢體洗淨外部，割開閉殼肌，以清水去除細砂泥土，挖出貝肉後在紗布上瀝盡多餘水份並稱重（200 克以上）；貝肉經細切剪碎混合均勻後，稱取含汁試料 100 克於燒杯內，加入 0.1N 鹽酸溶液 100 毫升，調整 pH 至 4.0 以下，最好 pH=3 後，以均質機均質磨碎；並於 100°C 水浴內煮沸 5 分鐘，待冷以酸水稀釋至 200 毫升，維持溶液 pH=3。再以 3000rpm，離心 5 分鐘，取其上澄液 1ml 做老鼠腹腔注射，記錄注射後到死亡所經過的時間。初始使用一或二到三隻老鼠，若老鼠死亡時間低於 5 分鐘，則樣品再經適量稀釋後再行注射，使老鼠死亡時間落於較適當的 5-7 分鐘內，由死亡時間查對 Sommer's table (表三) 內所相對應的老鼠單位，並換算未稀釋前每毫升萃取液含有的毒性強度 (MU/ml)。若以未稀釋之萃取液注射，而死亡時間大於 7 分鐘時，應重覆試驗三隻以上之老鼠，並求取平均值以肯定確實之毒性。

表二、ICR 系老鼠死亡時間對 S T X 毒劑量及其對應之老鼠單位之換算表

| 注射後至 死亡時間 min sec | STX 劑量 μg/ml | 老鼠單位 M.U. | 注射後至 死亡時間 min sec | STX 劑量 μg/ml | 老鼠單位 M.U. |
|-------------------------|-----------------|--------------|-------------------------|-----------------|--------------|
| 1' 00" | 11.377 | 44.131 | 5' 00" | 0.448 | 1.739 |
| 1' 05" | 8.336 | 32.337 | 5' 05" | 0.442 | 1.716 |
| 1' 10" | 6.386 | 24.771 | 5' 10" | 0.437 | 1.694 |
| 1' 15" | 5.069 | 19.662 | 5' 15" | 0.431 | 1.673 |
| 1' 20" | 4.141 | 16.063 | 5' 20" | 0.426 | 1.653 |
| 1' 25" | 3.465 | 13.440 | 5' 25" | 0.421 | 1.634 |
| 1' 30" | 2.957 | 11.469 | 5' 30" | 0.416 | 1.616 |
| 1' 35" | 2.566 | 9.953 | 5' 35" | 0.412 | 1.598 |
| 1' 40" | 2.258 | 8.760 | 5' 40" | 0.408 | 1.581 |
| 1' 45" | 2.012 | 7.804 | 5' 45" | 0.403 | 1.565 |
| 1' 50" | 1.811 | 7.026 | 5' 50" | 0.399 | 1.549 |
| 1' 55" | 1.646 | 6.384 | 5' 55" | 0.395 | 1.534 |
| 2' 00" | 1.507 | 5.847 | 6' 00" | 0.392 | 1.520 |
| 2' 05" | 1.390 | 5.393 | 6' 10" | 0.385 | 1.492 |
| 2' 10" | 1.290 | 5.005 | 6' 20" | 0.378 | 1.467 |
| 2' 15" | 1.204 | 4.671 | 6' 30" | 0.372 | 1.443 |
| 2' 20" | 1.129 | 4.381 | 6' 40" | 0.366 | 1.421 |
| 2' 25" | 1.064 | 4.127 | 6' 50" | 0.361 | 1.400 |
| 2' 30" | 1.006 | 3.903 | 7' 00" | 0.356 | 1.380 |
| 2' 35" | 0.955 | 3.704 | 7' 15" | 0.349 | 1.353 |
| 2' 40" | 0.909 | 3.528 | 7' 30" | 0.342 | 1.328 |
| 2' 45" | 0.869 | 3.369 | 7' 45" | 0.336 | 1.305 |
| 2' 50" | 0.832 | 3.227 | 8' 00" | 0.331 | 1.284 |
| 2' 55" | 0.799 | 3.098 | 8' 15" | 0.326 | 1.265 |
| 3' 00" | 0.768 | 2.981 | 8' 30" | 0.321 | 1.246 |
| 3' 05" | 0.741 | 2.874 | 8' 45" | 0.317 | 1.230 |
| 3' 10" | 0.716 | 2.777 | 9' 00" | 0.313 | 1.214 |
| 3' 15" | 0.693 | 2.687 | 9' 15" | 0.309 | 1.199 |
| 3' 20" | 0.672 | 2.605 | 9' 30" | 0.306 | 1.186 |
| 3' 25" | 0.652 | 2.529 | 9' 45" | 0.302 | 1.173 |
| 3' 30" | 0.634 | 2.459 | 10' 00" | 0.299 | 1.161 |
| 3' 35" | 0.617 | 2.394 | 10' 30" | 0.293 | 1.138 |
| 3' 40" | 0.601 | 2.333 | 11' 00" | 0.288 | 1.119 |
| 3' 45" | 0.587 | 2.277 | 11' 30" | 0.284 | 1.101 |
| 3' 50" | 0.573 | 2.224 | 12' 00" | 0.280 | 1.085 |
| 3' 55" | 0.561 | 2.175 | 13' 00" | 0.273 | 1.057 |
| 4' 00" | 0.549 | 2.128 | 14' 00" | 0.267 | 1.034 |
| 4' 05" | 0.537 | 2.085 | 15' 00" | 0.261 | 1.014 |
| 4' 10" | 0.527 | 2.044 | 16' 00" | 0.257 | 0.997 |
| 4' 15" | 0.517 | 2.005 | 17' 00" | 0.253 | 0.983 |
| 4' 20" | 0.508 | 1.969 | 18' 00" | 0.250 | 0.970 |
| 4' 25" | 0.499 | 1.935 | 19' 00" | 0.247 | 0.958 |
| 4' 30" | 0.490 | 1.902 | 20' 00" | 0.244 | 0.948 |
| 4' 35" | 0.482 | 1.871 | 22' 00" | 0.240 | 0.931 |
| 4' 40" | 0.475 | 1.842 | 25' 00" | 0.235 | 0.911 |
| 4' 45" | 0.468 | 1.814 | 30' 00" | 0.229 | 0.886 |
| 4' 50" | 0.461 | 1.788 | 40' 00" | 0.221 | 0.857 |
| 4' 55" | 0.454 | 1.763 | 60' 00" | 0.214 | 0.829 |



2、貝毒組成之高效能色層分析

由於在台灣所發現的毒貝與毒藻，其含有的麻痺性毒以 GTX-I、-II、-III、-IV 爲主；而各成份間由於結構上的相似性，不易獲得各自純化的毒素，又從市面或研究單位中亦無法獲得純質的各標準毒素以爲應用，故在制定麻痺性貝毒的高效能液體層析定量分析系統上，遭遇很大的困難，無法精確的訂出各毒素濃度和螢光偵檢反應之間的關係。早期的分析研究中，即利用各成份毒素在螢光反應強度上的差異：GTX-I，-IV 的最小偵檢限制爲 $0.1\mu\text{M}$ ；GTX-II，-III 的最小偵檢限制爲 $0.006\mu\text{M}$ (Sullivan *et al.*, 1985)，可知在可辨認之訊號—雜訊比下 GTX-II，GTX-III 的螢光反應強度較 GTX-I 或 GTX-IV 高出 16.67 倍，而對應出這四種毒素之相對濃度，再根據 GTX-I，GTX-II，GTX-III，GTX-IV 之毒性比爲 1638：793：2234：673 (Genenah and Shimizu, 1981)，及樣品之毒性總量而歸納出螢光反應量所對應之毒素強度，故在其他微量毒素可以忽略的前題之下，藉以求出此四種毒素組成份在層析後的螢光反應量上（層析峰之面積積分值）所對應之各成份毒素的絕對含量。在應用上，藉此可以定量水產食品中貝類等的微毒含量及其毒性大小，做爲藥檢單位檢驗麻痺性貝毒的參考；也可以應用於塔瑪藻在不同生態環境下所產毒素量和毒素組成份改變的調查和比較及其他需應用到毒素組成定量的生理、代謝研究。藉此設計規劃出之公式爲：

毒性强度(MU) = GTX-I毒性 + GTX-II毒性 + GTX-III毒性 + GTX-IV毒性 = $1638A_1K_1 + 673A_4K_4 + 793A_2K_2 + 2234A_3K_3 = (1638A_1 + 47.6A_2 + 134A_3 + 673A_4)K$

其中 A_1, A_2, A_3, A_4 ，分別為高效層析儀所解析出注射樣品所含相對於GTX-I, GTX-II, GTX-III, GTX-IV毒素之尖峰積分面積。 K_1, K_2, K_3, K_4 為各毒素尖峰的單位面積所對應之各毒素含量上 (μ mole/area unit)之關係。經十次重複注射已知毒性强度(0.29MU /10 μ l)之毒貝萃出液，在高效層析解析後，所得各毒素尖峰之積分面積經計算代入公式，求出係數K的平均值為 $1.205 \times 10^{-10} \mu$ mole /area unit。

a. 高效液相層析樣品之製備

稱取單枚之貝肉 10g (單枚貝肉不足 10g時，取 2~3隻)，加 15ml 0.1N HCl，以均質機將貝肉絞碎。以 3000rpm 離心 10分鐘，取上清液 5ml，加氯仿 5ml 震盪一分鐘，再以 3000rpm 離心 10分鐘，取上層加氯仿重複再萃取一次。而後，取上清液 2ml 置於分子量阻隔為 10000 的離心透析管中，以 3000rpm 離心 20~30分鐘，取其中濾液 10 μ l 作高效液相層析分析。求得的各毒素圖峰之面積積分值後，代入上述已知 $K = 1.205 \times 10^{-10}$ 之公式，即可求得毒貝萃出液之毒性，此定量分析之步驟與稀釋度，可分析單枚貝毒之毒性含量至 0.2 MU。若單枚貝之毒性超出 120MU 以上時，可藉分析注射前之多重稀釋，達到機器之測量範圍內。

b. 麻痺性貝毒的高效液相層析

分析貝毒、藻毒之高效能層析系統，為根據 Nagashima *et al.* (1987)的方法加以改善修飾而來。採用L-6000定量幫浦 (HITACHI)，及 F-1000 螢光測定儀 (HITACHI)，配合訊華 Chem-Lab 之積分軟體在個人電腦輔助下，分離並定量各峰之面積，層析管柱為 Inertsil ODS2 250 × 4.6mm, 5 μ。層析管柱之流動相使用 0.05mM 的 K₂HPO₄ 與 0.05M 的 KH₂PO₄，混合而成 pH = 7.0 的磷酸鹽緩衝液，此溶液針對不同毒素的分離，再與甲醇依 99 : 1(v/v) 或 80 : 20(v/v) 兩種比例混合，並另含 2mM 的庚基硫酸 (heptanesulfonic acid, HSA) 以為陽離子配對反應劑，含 1% 甲醇之沖提系統供 GTXs (gonyautoxins) 分析用，而含 20% 甲醇之沖提系統則供 STXs (saxitoxins) 分析用。流速皆定為 0.8ml/min。毒素之螢光檢知所設置之管柱後反應系統，包括兩種反應劑：一為 0.05 M 過碘酸 (periodic acid) 水溶液，作為氧化劑 (反應劑 A)，另一為鹼劑 0.2N 氫氧化鉀和 1M HCOONH₄ 溶於 50% 之 HCONH₂ 溶液中 (反應劑 B)，經由定量幫浦 (0.2 ml/min) 分別輸入反應器中，反應劑器由 10m × 0.3mm I.D. 之鐵氟龍線圈，埋藏於 60°C 之水浴中所構成，依此則反應滯留時間為 98sec，層析分離後之毒素，經由反應產生具有螢光的物質，而為螢光測定儀檢知，螢光測定儀設定激發光波長為 336nm；發射波長為 390nm，藉積分儀繪出層析圖並定量之。

二、下痢性貝毒的檢驗法

1、ICR系小白鼠之應用於下痢性貝毒生物檢定

新鮮貝類檢體洗淨外部，割開閉殼肌，以清水去除細砂泥土，挖出貝肉後在紗布上瀝盡多餘水份並稱重（200克以上），注意勿損及中腸腺；裝入PE塑膠袋內速凍後冷凍儲藏或運送至檢驗室，抑或貝體冷凍送往檢驗室後，半解凍情況下解剖取出貝肉。貝肉經細切剪碎混合均勻後，加入三倍量之丙酮液於均質機下均質至少兩分鐘，萃出之丙酮溶液經減壓濃縮；剩下之貝體殘渣再以兩倍量之丙酮，同法萃取兩次，合併所有丙酮萃出液減壓濃縮得油狀物。以100~200 ml之乙醚與少量水將濃縮物洗入分液漏斗，以半量乙醚體積之蒸餾水萃洗乙醚液，重複兩次，去除下層之水層。將乙醚液取出後減壓濃縮，轉換至小三角瓶（100 ml）後，將乙醚吹淨。以含1% Tween 60之生理食鹽水加入萃出之濃縮物中，製成均勻之懸浮液，體積依20克貝體重加一毫升之比例配成高濃度之注射液。必要時亦調製稀釋成四倍或十六倍之低濃度注射液。取原液或四倍、十六倍之注射液1ml及0.5ml，依下腹腔注射法注入ICR系小白鼠體內，每組處理三隻，觀察24小時，視每組三隻而死亡兩隻以上之組別，依（表四）之劑量與毒力關係表，得其毒力指數。

表四：注射劑量與下痢性貝毒毒力間的關係

| 試 驗 液 | 注射量(ml) | 相當貝體重 (g) | 毒力指數(MU/g) |
|---------|---------|-----------|------------|
| 原 液 | 1.0 | 20 | 0.05 |
| 原 液 | 0.5 | 10 | 0.1 |
| 4 倍稀釋液 | 1.0 | 5 | 0.2 |
| 4 倍稀釋液 | 0.5 | 2.5 | 0.4 |
| 16 倍稀釋液 | 1.0 | 1.25 | 0.8 |
| 16 倍稀釋液 | 0.5 | 0.625 | 1.6 |

2、貝毒組成之高效能色層分析

a. 標準品之定量檢測

目前可購得之下痢性貝毒僅 okadaic acid 一項。將 okadaic acid 25 μg 溶於 250 μl 之氯仿，各取 50 μl okadaic acid 之氯仿溶液，分置 5 瓶棕色反應瓶 (5 μg /每瓶) 中，吹乾超低溫凍存。另稱取 ADAM 反應劑 (9-anthryldiazomethane)，每次稱取 5mg，溶於 1ml 丙酮內，分盛於 5 瓶棕色反應瓶 (每瓶 1mg/200 μl)，以氮氣吹乾。取其中一瓶，加入 1ml 甲醇，製成 1ml 之 0.1% ADAM 甲醇溶液。

於含 5 μg okadaic acid 之反應瓶中，加入 1ml 之 0.1% ADAM 甲醇溶液，加蓋，於室溫 (28°C) 放置 60 分鐘。以氮氣吹乾，再溶於 0.5ml 正己烷 / 二氯甲烷 1 : 1 之溶液中，取出置先以同組成溶液 5ml 預洗過之 SPE (Solid Phase Extraction) 管 (內充填有 500mg 之 Silica gel 60, 40 μm)，依序以下列溶液沖洗：A. 5ml 正

己烷／二氯甲烷 1：1，B. 5ml 二氯甲烷，C. 5ml 二氯甲烷／甲醇 9：1，最後收集二氯甲烷／甲醇 9：1 之沖提液於小試管中，以氮氣吹乾，再溶於 100 μ l 甲醇，取 5 μ l 作高效能液相層析分析，所得圖峰積分面積值即相對應於 0.25 μ g 之 okadaic acid。

b. 下痢性貝毒之萃取

選取殼寬約三公分左右的文蛤數隻，稱重（貝肉及體液，約 5 克左右），於燒杯內加入 80% 甲醇液 40ml，在均質機下萃取 5 分鐘，以 3000 rpm 離心 10 分鐘，量取上清液 25ml 加入等量石油醚，於 50ml 離心管中加蓋震盪，續以 3000rpm 離心 5 分鐘，去除上層石油醚，下層甲醇液同法再加入等量石油醚震盪萃取後，離心取下層甲醇液；再加入去離子水 10ml 及氯仿 40ml 置於 100ml 分液漏斗中震盪萃取，收集下層氯仿層，上層甲醇液再加氯仿 40ml 重複萃取，合併兩次之下層氯仿萃取液，經減壓濃縮後移出至試管中，再以氮氣吹乾，記錄樣品重量、編號，放至 -20°C 中冷藏。待收集足夠樣品作高效能液相層析時，以 5ml 氯仿溶解樣品，各取 0.5ml 於暗色反應管中，設重覆組，各瓶加入 0.1ml 0.1% ADAM 甲醇溶液，加蓋於黑暗中室溫反應 1 小時，以氮氣吹乾。各瓶再溶於 0.5ml 正己烷／二氯甲烷 1:1 取出至 SPE 管。再以 0.5ml 正己烷／二氯甲烷 1:1 洗淨瓶內樣品至 SPE 管中，依次以 A. 5ml 之正己烷／二氯甲烷 1：1，B. 5ml 二氯甲烷，C. 5ml 二氯甲烷／甲醇 9：1 沖提，並分別收集於小試管中，以氮氣吹乾。各管於加入 100 μ l 甲醇後

，以微量注射針筒取 $5\mu\text{l}$ 樣品，作高效能液相層析。

c. 下痢性貝毒之高效液相層析

下痢性貝毒之高效液相層析方法，參考自Lee *et al.* (1987)的系統。逆相層析管柱使用 Econosil C18, $5\mu\text{m}$ ($4.6 \times 250\text{mm}$, ALLTECH Co.)，偵檢儀使用 F-1000 螢光檢知器 (HITACHI)，激發波長 365nm ，放射波長為 412nm 。積分與繪圖軟體為訊華 Chem-Lab 配合個人電腦使用。流動相為 氘甲烷 / 甲醇 / 水 $8:1:1$ ，流速設為 1.2 ml/min 。測得 okadaic acid 圖峰於滯留時間為 11.7 分鐘處，依其積分面積對應於 $1\mu\text{g}$ 為 2.302×10^7 ，計算樣品 $0.5\mu\text{l}$ 中所含 okadaic acid 量，再乘以 64 之稀釋率，即可得每克貝肉中之 okadaic acid 的含量 (μg)。

肆. 結 論

目前已知對水產養殖有害或使水產品有毒的藻種比前面所述的 15 種還更多，在台灣養殖魚塢發生的僅發現 2 種。但由於沿海環境的優養化以及海運交通之頻繁，台灣沿岸水域中是否尚存有某些未被查知的有害種或會再增加某些種均無法預期。日後為防止或減少有害藻引起之損害，唯賴對養殖水域或魚塢藻相之監視及魚獲物藻毒之監測。雖然本手冊已就毒藻與藻毒之檢定作概括介紹，精確的藻種鑑定及藻毒檢定

仍需專精的學術及適當儀器的配合，因此，若有疑問請直接與筆者們聯絡。

伍、參考文獻

- 安元健 1982 · 顯在化した下痢性貝中毒 · 化學と生物 20, 7-8 ·
- 周宏農 1991 · 麻痹性貝毒中毒事件 · 疫訊 2, 4-7 ·
- 郭河 1964 · 臺灣經濟貝類調查 · 中國農復會特刊 38 號 62 頁 ·
- 蘇惠美 1990 · 台灣株塔瑪藻的生物特性 · 國立台灣大學海洋研究所博士論文 ·
- Adachi, R. and Y. Fukuyo. 1979. The thecal structure of a marine toxic dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* gen. et. sp. nov. collected in a ciguatera-endemic area. Bull. Jap. Soc. Sc. Fish. 45, 67-71.
- Association of Official Agricultural Chemists (A.O.A.C.). 1984. Official methods of analysis, 13th ed. Washington, D.C.
- Balech, E. 1989. Redescription of *Alexandrium minutum* Halim (Dinophyceae), type species of the genus *Alexandrium*. Phycologia 28, 206-211.
- Bates, S.S., C.J. Bird, A.S.W. de Freitas, R. Foxall, M. Gilgan, L.A. Hanic, G.R. Johnson, A.W. McCulloch, P. Odense, R. Pocklington, M.A. Quilliam, P.G. Sim, J.C. Smith, D.V. Subba Rao, E.C.D. Todd, J.A. Walter, and J.L.C. Wright. 1989. Pennate diatom *Nitzschia pungens* as the primary source of domoic acid, a toxin in shellfish from Eastern Prince Edward Island, Canada. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46, 1203-1215.
- Blackburn, S.I., G.M. Hallegraeff and C.J. Bolch. 1989. Vegetative reproduction and sexual life cycle of the toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum* from Tasmania. Australia J. Phycol. 25, 577-590.
- Chang, C.C. and S.J. Hong. 1986. Pharmacological identification of saxitoxin-like toxins in the cultured purple clam, *Hiatula diphos*. Toxicon 24, 861-864.

- Chang, F.H., C. Anderson and N.C. Boustead. 1990. First record of a *Heterosigma* (Raphidophyceae) bloom with associated mortality of cage-reared salmon in Big Glory Bay, New Zealand. *N. Z. J. Mar. Freshw. Res.* 24, 461-469.
- Chang, F.H., R. Pridmore and N. Boustead. 1993. Occurrence and distribution of *Heterosigma* cf. *akashiwo* (Raphidophyceae) in a 1989 bloom in Big Glory Bay, New Zealand. In: T.J. Smayda and Y. Shimizu (Eds.), *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*, pp.675-680. Elsevier, N.Y.
- Chou, H.N., 1986. Isolation and Characterization of toxins in the "Red Tide " dinoflagellate *Gymnodinium breve* Davis (*Ptychodiscus brevis*), PhD Dissertation, Univ. of Rhode Island, USA. 188p.
- Chou, H.H. and H.M. Su. 1989. Allelochemicals in marine ecosystems. In: C.H. Chou, and G.R. Waller (Eds.) *Phytochemical Ecology: Allelochemicals, Mycotoxins and Insect Pheromones and Allomones*, pp.119-128. Institute of Botany, Academia Sinica Monograph Series No. 9, Taipei, R.O.C.
- Clement, A. and G. Lembeye. 1993. Phytoplankton monitoring program in the fish farming region of south Chile. In: T.J. Smayda and Y. Shimizu (Eds.) *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*, pp.223-228. Elsevier, N.Y.
- Dale, B., A. Madsen, K. Nordberg and T.A. Thorsen. 1993. Evidence for pre-historic and historic "blooms" of the toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum* in the Kattegat-Skagerrak region of Scandinavia. In: T.J. Smayda and Y. Shimizu (Eds.) *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*, pp.47-52. Elsevier, N.Y.
- Edvardsen, B. 1993. Toxicity of *Chrysochromulina* species (Prymnesiophyceae) to the brine shrimp, *Artemia salina*. In: T.J. Smayda, and Y. Shimizu (Eds.) *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*, pp.681-686. Elsevier, N.Y.
- Eikrem, W. and I. Thronsen. 1993. Toxic Prymnesiophytes identified from Norwegian coastal waters. In: T.J. Smayda, and Y. Shimizu (Eds.) *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*, pp.687-692. Elsevier, N.Y.
- Fukuyo, Y. 1985. Morphology of *Protogonyaulax tamarensis* Lebour Taylor and *Protogonyaulax catenella* (Whedon and Kofoid) Taylor from Japanese waters. *Bull. Mar. Sci.* 37,529-537.

- Fukuyo, Y., H. Takano, M. Chihara and K. Matsuoka (Eds.) 1990. Red Tide Organisms in Japan-An Illustrated Taxonomic Guide-, 430p. Uchida Rokakuho, Tokyo, Japan.
- Fukuyo, Y., M. Kodama, T. Ogata, T. Ishimaru, K. Matsuoka, T. Okaichi, A.M . Maala and J.A. Ordonez. 1993. Occurrence of *Gymnodinium catenatum* in Manila Bay, The Philippines. In : T.J. Smayda, and Y. Shimizu (Eds.) Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea, pp.877-880. Elsevier, N.Y.
- Genenah, A.A. and Y. Shimizu. 1981. Specific toxicity of paralytic shellfish poisons. J. Agr. Food Chem. 29, 1289-1291.
- Graneli, E., E. Paasche and S.Y. Maestrini. 1993. Three years after the *Chrysochromulina polylepis* bloom in Scandinavian waters in 1988:some conclusions of recent research and monitoring. In: T.J. Smayda, and Y. Shimizu (Eds.) Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea, pp.23-32. Elsevier, N.Y.
- Green, J.C., D.J. Hibberd and R.N. Pienaar. 1982. The taxonomy of *Prymnesium* (Prymnesiophyceae) including a description of a new cosmopolitan species, *P. patellifera* sp. nov. and further observations on *P. parvum* N. Carter. Br. Phycol. J. 17, 363-382.
- Hallegraeff, G.M. 1991. Aquaculturists' Guide to Harmful Australian Microalgae, 11p. Fishing Industry Training Board of Tasmania Australia.
- Hallegraeff, G.M., D.A. Steffensen, And R. Wetherbee. 1988. Three estuarine Australian dinoflagellates that can produce paralytic shellfish toxins. J. Plankton Res. 10, 533-541.
- Holmes, M.J., R.J. Lewis and N.C. Gillespie. 1990. Toxicity of Australian and French Polynesian strains of *Gambierdiscus toxicus* (Dinophyceae) grown in culture: Characterisation of a new type of maitotoxin. Toxicon 28, 1159-1172.
- Honjo, T. 1993. Overview on bloom dynamics and physiological ecology of *Heterosigma akashiwo* . In: T.J. Smayda and Y. Shimizu (Eds.) Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea, pp.33-41. Elsevier, N.Y.
- Hwang, D. F., T. Noguchi, Y. Nagashima, I.C. Liao and K. Hashimoto. 1987. Occurrence of paralytic shellfish poison in the purple clam *Soletellina*

- diphos* (bivalve). Nippon Suisan Gakkaishi 53,623-626.
- Lee, J. S., T. Yanagi, R. Kenma and T. Yasumoto. 1987. Fluorometric determination of diarrhetic shellfish toxins by high-performance liquid chromatography. Agric. Biol. Chem., 51,877-881.
- Lewis, N.I., S.S. Bates, J.C. Mclachlan and J.C. Smith. 1993. Temperature effects on growth, domoic acid production, and morphology of the diatom *Nitzschia pungens* f. *multiseries*. In: T.J. Smayda, and Y. Shimizu (Eds.) Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea, pp.601-606. Elsevier, N.Y.
- Maclean, J.L. 1989. Indo-Pacific red tide occurrences, 1985-1988. Mar. Poll. Bull. 20,304-310.
- Macphee, D.J., L.A. Hanic, D.L. Friesen and D.E. Sims. 1992. Morphology of the toxin-producing diatom *Nitzschia pungens* Grunow forma *multiseries* Hasle. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49, 303-311.
- Marr, J.C., A.E. Jackson and J.L. Mclachlan. 1992. Occurrence of *Prorocentrum lima* a DSP toxin-producing species from the Atlantic coast of Canada. J. App. Phyco. 4, 17-24.
- Mortensen, A.M. 1985. Massive fish mortalities in the Faroe Islands caused by a *Gonyaulax excavata* red tide. In: D.M., Anderson, A.W., White and D. G., Baden (Eds.) Toxic Dinoflagellates, pp.165-170. Elsevier, N.Y.
- Morton, S.L. and D.R. Norris. 1990. Role of temperature, salinity, and light on the seasonality of *Prorocentrum lima* (Ehrenberg) Dodge. In: E. Graneli B. Sundstrom, L. Edler and D. M. Anderson (Eds.) Toxic Marine Phytoplankton, pp.201-205. Elsevier, N. Y.
- Nagashima, Y., J. Maruyama, T. Noguchi and K. Hashimoto. 1987. Analysis of paralytic shellfish poison and tetrodotoxin by ion-pairing high performance liquid chromatography. Nippon Suisan Gakkaishi 53, 819-823.
- Oshima, Y., K. Hasegawa, T. Yasumoto, G.M. Hallegraeff and S.I. Blackburn. 1987. Dinoflagellate *Gymnodinium catenatum* as the source of paralytic shellfish toxins in Tasmanian shellfish. Toxicon 25, 1105-1111.
- Oshima, Y., M. Hirota, T. Yasumoto, G.M. Hallegraeff, S.I. Blackburn and D. A. Steffensen. 1989. Production of paralytic shellfish toxins by the dinoflagellate *Alexandrium minutum* Halim from Australia. Bull. Jap. Soc.

- Sci. Fish. 55, 925.
- Rensel, J.E. 1993. Severe blood hypoxia of Atlantic Salmon(*Salmo salar*) exposed to the marine diatom *Chaetoceros concavicornis* . In: T.J. Smayda and Y. Shimizu (Eds.) Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea, pp.625-630. Elsevier, N.Y.
- Roberts, R.J., A.M. Bullock, M. Turner, K. Jones and P. Tett. 1983. Mortalities of *Salmo gairdneri* exposed to cultures of *Gyrodinium aureolum* . J. Mar. Biol. Ass. U.K. 63, 741-743.
- Rosales-Loessener, F., E. De Porras and M.W. Dix. 1989. Toxic shellfish poisoning in Guatemala. In: T. Okaichi, D.M. Anderson and T. Nemoto (Eds.), Red Tides: Biology, Enviromental Science and Toxicology, pp.113-116, Elsevier, N.Y.
- Schantz, E.J. 1960. Biochemical studies on paralytic shellfish poisons. Ann. N. Y. Acad. Sci. 90, 843-855.
- Schantz, E.J., J.D. Mold, D.W. Stanger, J. Shavel, F.J. Riel, J.P. Bowden, J.M. Lynch, R.S. Wyler, B.R. Riegel and H. Sommer. 1957. Paralytic shellfish poison VI. A procedure for the isolation and purification of the poison from toxic clams and mussel tissues. J. Am. Chem. Soc. 79, 5230-5238.
- Sommer, H. and K.F. Meyer. 1937. Paralytic shellfish poisoning. Arch. Pathol. 24, 560-598.
- Steidinger, K.A., L.S. Tester and F.J.R. Taylor. 1980. A redescription of *Pyrodinium bahamense* var. *compressa* (Bohm) stat. nov. from Pacific red tides. Phycologia 19, 329-334.
- Steidinger, K.A., E.W. Truby and C.J. Dawes. 1978. Ultrastructure of the red tide dinoflagellate *Gymnodinium breve* . I. General description. J. Phycol. 14, 72-79.
- Su, H. M., I. C. Liao and Y. M. Chiang. 1989. A toxic dinoflagellate first recorded in Taiwan. In: T. Okaichi, D. M. Anderson and T. Nemoto (Eds.) Red Tides: Biology, Enviromental Science and Toxicology, pp.85-88, Elsevier, N. Y.
- Su, H.M., I.C. Liao and Y.M. Chiang. 1993. Mass mortality of prawn caused by *Alexandrium tamarense* blooming in a culture pond in southern Tai-

- wan. In: T.J. Smayda and Y. Shimizu (Eds.) Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea, pp.329-334. Elsevier, N.Y.
- Subba Rao, D.V., M.A. Quilliam and R. Pocklington. 1988. Domoic acid-a neurotoxic amino acid produced by the marine diatom *Nitzschia pungens* in culture. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45, 2076-2079.
- Sullivan, J.J., M.M. Wekell and L.L. Kentala. 1985. Application of HPLC for the determination of PSP toxins in shellfish. J. Food Sci. 50, 26-29.
- Takayama, H. and R. Adachi. 1984. *Gymnodinium nagasakiense* sp. nov., a red-tide forming Dinophyte in the adjacent waters of Japan. Bull. Plank. Soc. Jap. 31, 7-14.
- Tangen, K. and T. Bjørnland. 1981. Observations on pigments and morphology of *Gyrodinium aureolum* Hulbert, a marine dinoflagellate containing 19'-hexanoyfucoxanthin as the main carotenoid. J. Plankton Res. 3, 389-401.

著 者：蘇惠美、周宏農

發行人：孫明賢

發行所：行政院農業委員會

地 址：臺北市南海路三十七號

電 話：（02）381-2991

展示處：中華民國政府出版品展售中心

地 址：臺北市衡陽路二十號三樓

電 話：（02）382-1394

印刷者：高點設計攝影事業有限公司

地 址：臺北市八德路四段六六六號九樓之四

電 話：（02）765-6635

中華民國八十二年六月初版

非賣品

ISBN 957-00-3365-7（平裝）