

[短報]

有毒플랑크톤(渦鞭毛藻類를 중심으로)에 관한 고찰

韓 明 洙

海洋研究所 生物應用研究室

On the Some Toxic Dinoflagellates

Myung-Soo HAN

*Marine Biotechnology Laboratory, Korea Ocean Research and Development Institute,
Ansan P. O. Box 29, Seoul 426-600, Korea*

Some species of dinoflagellates were considered as one of the causative organisms of PSP(Paralytic Shellfish Poison) or DSP(Diarrhetic Shellfish Poison). Fish and shellfish are intoxicated by feeding of toxic plankton, sometimes human is intoxicated by feeding on these intoxicated fish and shellfish. In past ten years, the physiological and ecological studies of the toxic plankton has been investigated for development of monitoring system and prevention and control measures of PSP. However, in our country still little is known on a research for the toxic dinoflagellates. This paper reviews the general biology, taxonomic problem, physioecology and culture method of the toxic planktons such as *Protogonyaulax* and *Dinophysis*.

序 論

Dinoflagellates(渦鞭毛藻類)¹⁾는 수계의 주요 1차 생산자로서 동물성플랑크톤 및 어패류의 먹이로서 중요하다. 이들 중 *Protogonyaulax*와 *Dinophysis*같은 종은 有毒種으로 널리 알려져 있다. 이러한 有毒플랑크톤의 섭취에 의한 패류의 독화현상은 어패류 양식에 막대한 지장을 초래하고 있으며, 경우에 따라서는 인간에게도 그 해를 미치고 있다. 특히, 이들 有毒플랑크톤은 극히 저밀도에서도 패류를 毒化시키기 때문에, 현재 미국, 캐나다, 일본을 비롯한 各國으로부터의 적극적인 研究에 의해 有毒플랑크톤의 생물학 및 독성에 대한 化學的 研究가 비약적으로 발전하였다.

또한 國際的 研究結果의 評價와 今後의 研究方向을 設定하기 위하여, 최근에 有毒플랑크톤 및 赤潮에 관한 국제 심포지움만해도 1985년 Canada (New Brunswick), 1987년 일본(Takamatsu)에서

개최된바 있으며, 1989년 7월에는 Sweden(lund)에서 제4차 toxic marine phytoplankton에 대한 국제적 심포지움이 개최되었다. 제4차 회의에서는 현재까지 알려지지 않았던 有毒鞭毛藻類 *Chrysochromulina polylepis*에 의한 어패류의 폐사현상(Granmo 等, 1988)에 대하여 큰 관심이 모아졌다. 이와

¹⁾이 生物群은 오래전부터 動物界에 속하였으며, 纖毛를 갖는 單細胞生物群과 같이 Cilioflagellata라고 불려왔으나, 후에 運動樣式이 纖毛蟲類와는 다르게, 소용돌이 모양으로 회전하는 점으로부터 渦鞭毛藻類(Dinoflagellata)로 독립시킨 것이 시초였다. Dinoflagellata의 “dino”는 “회전하다”, “소용돌이치다”라는 의미의 그리스어를 語源으로 하는 것이다. 國內에서는 때때로 雙鞭毛藻類를 표기하기도 하였으나, 이러한 語源으로부터 고찰하면 渦鞭毛藻類라고 표현하는 것이 보다 적절하다.

같이 有毒플랑크톤에 관한 研究는 실로 세계적인 研究課題로서 확대되어 가고 있다.

한편, 우리나라의 有毒플랑크톤에 관한 研究는 海洋研究所의 “생리활성물질 개발 응용 연구”라는 研究課題가 개설됨에 따라 비로소 시작되었으며 같은 시기 부산수산대학 및 수산진흥원 등에서 간헐적으로 研究되기 시작하였으나 이러한 研究는 주로 패독의 동정 및 양적 정량에 관한 研究目的으로 행하여졌다. 그러나 毒化의 原因生物인 toxic plankton에 관한 研究는(毒化의 原因生物은 미생물이라고 하는 발표도 있으나 확실한 근거가 미흡함) 原因生物의 發生機構와 毒化메카니즘의 규명을 위해 상당히 중요함에도 불구하고 toxic plankton이 分類學的으로 복잡하고 까다롭기 때문에 研究성고가 미흡한 실정이다. 본 논문은 국내에서의 有毒플랑크톤 研究分野의 발전과 활성화를 도모하기 위하여 미흡하나마 渦鞭毛藻類를 중심으로한 有毒플랑크톤의 生物學의 特性, 研究의 重要性, 分類學의 問題點 및 培養法에 관하여 간략히 고찰하고자 한다.

Toxic plankton 研究의 重要性

패류의 毒化現象은 주로 북아메리카의 寒冷域에서 발생하였으나 최근에 들어 일본(Fukuyo, et al., 1985), 동남아시아(安樂, 1984), 유럽(Okaichi et al., 1989), 오스트레일리아(Hallegraeff, 1988) 등에서 다발하고 있다. 1978년 WHO(세계보건기구) 전문가 회의에서는 toxic plankton에 의한 어패류의 毒化에 관하여 보건 위생상의 문제뿐만 아니라, 패류의 식량화 및 무역상의 관점으로 부터의 문제점을 제기하였다. 그 결과, 痲痺性貝毒의 원인플랑크톤의 生理, 生態學의 研究 및 痲痺性貝毒의 化學과 毒性에 관한 研究의 필요성을 강조함과 동시에 기초생물학적 연구, 毒化의 감시체계, 예방 및 규제 조치, 국제간의 조정과 협력이 필요함이 역설되어져, 각국에서 근년까지 활발한 研究가 진행되어 왔으며 그 업적 또한 괄목할만하였다.

Toxic plankton으로 부터 생산되는 有毒物質의 이동경로는 1) 플랑크톤에 의해 생산된 有毒物質이 어패류에 섭취되고, 어패류를 섭취한 사람이 毒化되는 경우 (이 경우 어패류는 異常이 없음), 2) 플랑크톤에 의해 생산된 有毒 또는 유해물질이 중요 양식어류를 폐사시키는 경우, 3) 淡水湖에서 有毒플랑크톤이 농밀하게 發生되었을 때 식수로서의

이용이 불가능해 지는 경우에 문제가 야기된다. 이러한 有毒플랑크톤의 발생장소와 毒性의 유형 등에 대하여 Table 1에(보고된 내용은 재검토를 요하는 경우도 있으며, 種(species) 혹은 屬(genus)의 수정이 행하여진 種도 있음) 소개하였다.

이러한 貝毒化現象은 아직도 밝혀지지 않은점이 많기는 하지만 수계에서의 dinoflagellate의 군집과 밀접한 관계가 있다는 발표(*Protogonyaulax*의 blooming시 sand crab이 毒化되었음; Sommer, 1932) 이후, toxic plankton의 섭취경로에 따른 毒化 mechanism을 규명하기 위해 dinoflagellate의 分類, 生理, 生態學의 特性 및 毒性化學에 대한 研究가 성행해지고 있다.

Toxic Plankton의 生物學

진주담치 및 가리비등의 이매패류를 毒化시키는 플랑크톤의 대부분은 dinoflagellate로서, 痲痺性貝毒(PSP: paralytic shellfish poison)의 原因種으로는 *Protogonyaulax catenella*, *P. tamarensis*, *P. acatenella* 및 *Gonyaulax polyedra* 등이 밝혀졌으며, 下痢性敗毒(DSP: diarrhetic shellfish poison)의 原因生物로서는 *Dinophysis fortii*가 널리 알려져 있고, *D. acuminata*와 *D. tripos*에서도 *D. fortii*에 버금가는 下痢性敗毒이 보고된 바도 있다. 그 중에서도 *P. tamarensis*와 *P. catenella*는 범세계적으로 分布하는 種으로서 일본의 경우에 Fukuyo에 의하여 일본 연안의 有毒플랑크톤의 分類 및 生態가 정렬적으로 研究되어졌다.

1. *Protogonyaulax*

가. 分布

*Protogonyaulax*屬 중 우리나라에 分布하는 (分類學的 研究에 의해 확인됨) 種으로서는 *Protogonyaulax fratercula* (韓·劉, 1983b, 朴等, 1987)가 보고된 바 있으며, Balech(1985)에 의해 우리나라 鎭海灣에 分布하는 *Protogonyaulax leii*가 밝혀진 바가 있다. 그리고 저자가 1988년 마산만과 부산 감천만에서 채집된 시료중에서 *Protogonyaulax tamarensis*을 분리 동정하였으며(海洋研究所, 1989), 국내에서는 처음 이 種의 單一種 배양에 성공하여 현재 毒性검사 및 毒組成的 동정을 행하고 있는 중이다. 기존의 조사에 의하면 상기의 3種 중 *P. tamarensis*는 천연플랑크톤 및 培養株로부터 毒性이 확인되었고, *P. fratercula*는 無毒種으로 판명되었으며,

*P. leii*의 毒性은 아직 조사되지 않았다. 범세계적인 種으로 알려진 *Protogonyaulax tamarensis*와 *P. catenella* 중에는 극히 예외적이기는 하지만 毒性을 갖지 않는 種이 있다(Schmidt와 Loeblich, 1979). 현재까지 조사된 생물개체량을 토대로 하였을 때 이들 有毒種의 발생량은 적어서, 10,000 cells/l을 넘는 경우는 드물지만 때에 따라서는 100 cells/l 이하의 경우에도 貝類는 毒化되는 경우가 있다. 국내에서는 1986년 감천만에서 毒化된 貝類의 섭식으로 2명이 사망하는 인명 피해가 있었으며 이때의 毒性은 490 MU/g d.g. 였다(張 等, 1987; 錢 등, 1987). 이때의 原因生物과 개체수는 밝혀지지 않았다. 그 이후 1989년 감천만에서 수행된 toxic plankton의 生態調査(海洋研究所, 1989)에서 진주담치의 毒性은 690MU/g d.g.으로서 현재 국내에서 조사 보고된

것중 최고치를 기록하였으며 원인생물인 *P. tamarensis*의 개체수는 5.0×10^5 cells/l에 달하였다. 本種의 培養株로 부터의 毒性은 2.36 MU/ 10^5 cells로 확인되었으며, 현재 毒의 성분은 동정 중에 있다.

나. 生態

天然海域에 있어서의 有毒플랑크톤에 대한 出現機構의 해석時, *Protogonyaulax*의 生活史를 고려한 研究는 적었으며, 1980년대에 접어들어 Anderson (1979, 1983, 1985)과 福代(1985)에 의하여 활발히 研究가 行하여졌다. 일본의 大船渡灣에서 조사된 *Protogonyaulax*의 生態調査 結果를 토대로 요약해보면 2~6月の 저수온기에는 *P. tamarensis*가, 그리고 9~10月の 고수온기에는 *P. catenella*가 발생하고 있다(Fig. 1).

Table 1. Dinoflagellates reported to be toxic. (from Shimidu, 1987)

Organism	Major distribution	Type of toxicity	Reference
<i>Gonyaulax</i> (= <i>Protogonyaulax</i>) <i>catenella</i>	North Pacific-California, British Columbia, Japan	Paralytic shellfish poison	Sommer & Meyer 1937
<i>Gonyaulax tamarensis</i> including <i>G. tamarensis</i> var. <i>excavata</i> or <i>G. excavata</i>	North Atlantic-New England, Canada, U. K., North Sea coasts, Japan, Argentina, etc.	Paralytic shellfish poison	Needler 1949; Prakash 1963; Ingham <i>et al.</i> 1968
<i>Gonyaulax acatenella</i>	British Columbia	Paralytic shellfish poison	Prakash & Taylor 1966
<i>Gonyaulax polyedra</i>	Southern California	Paralytic shellfish poison?	Schradie & Bliss 1962
<i>Gonyaulax monilata</i>	Florida coasts	Ichthyotoxic	Sievers 1969
<i>Pyrodinium bahamense</i> (var. <i>compressa</i>)	South Pacific	Paralytic shellfish poison	Maclean 1975
<i>Pyrodinium phoneus</i>	North Sea coast	Paralytic shellfish poison	Koch 1939
<i>Gymnodinium veneficum</i>	English Channel	Water-soluble neurotoxin	Abbot & Ballantine 1957
<i>Gymnodinium</i> (= <i>Ptychodiscus</i>) <i>breve</i>	Gulf of Mexico	Lipid-soluble neurotoxin Ichthyotoxic	Sievers 1969; Martin & Chatterjee 1970
<i>Prorocentrum minimum</i> var. <i>mariaelebouriae</i> (= <i>Exuviaella mariaelebouriae</i>)	Lake Hamana, Japan	Hepatotoxic	Nakajima 1968; Okaichi & Imatomi 1979
<i>Prorocentrum lima</i>	Tropical waters	Mouse toxicity, cytotoxic	Nakajima <i>et al.</i> 1981
<i>Prorocentrum micans</i> and/or <i>Prorocentrum minimum</i>	North Sea-Netherlands	Diarrhetic shellfish toxin	Kat 1979
<i>Prorocentrum concavum</i>	Tropical waters	Haemolytic, ichthyotoxic	Nakajima <i>et al.</i> 1981
<i>Dinophysis fortii</i>	Northern Japan	Diarrhetic shellfish poison	Yasumoto <i>et al.</i> 1980
<i>Gambierdiscus toxicus</i>	Tropical waters	Ciguatera toxin	Yasumoto <i>et al.</i> 1981
<i>Ostreopsis siamensis</i>	Tropical waters	Water-soluble toxin, haemolytic	Nakajima <i>et al.</i> 1981
<i>Ostreopsis ovata</i>	Tropical waters	Haemolytic lipid-soluble toxin	Nakajima <i>et al.</i> 1981
<i>Amphidinium carterae</i>	Tropical waters	Haemolytic, ichthyotoxic	Ikawa & Sasner 1975 Nakajima <i>et al.</i> 1981
<i>Amphidinium klebsii</i>	Tropical waters	Haemolytic, ichthyotoxic	Nakajima <i>et al.</i> 1981
<i>Noctiluca scintillans</i>	South China Sea, etc.	Shellfish poison? Ichthyotoxic?	Grindley & Haydorn 1970
<i>Peridinium polomicum</i>	Lake Sagami (freshwater), Japan	Ichthyotoxic	Hashimoto <i>et al.</i> 1968

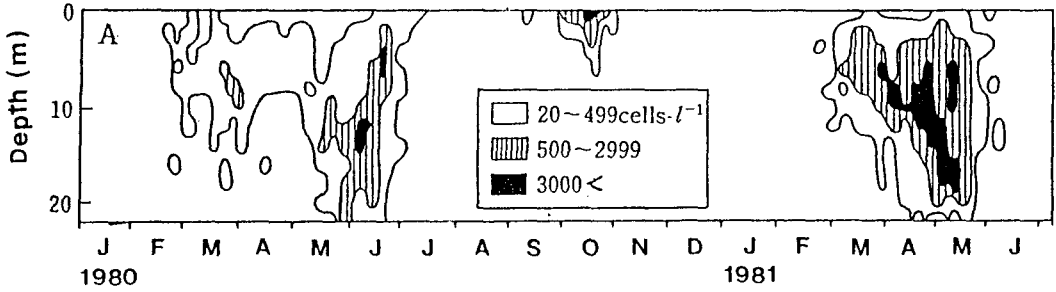


Fig. 1. Vertical distribution pattern of *Protogonyaulax* during January 1980 to June 1981 in Ofunato Bay, Japan. (from Okaichi, 1987)

구체적으로 설명하면 *P. tamarensis*는 1980년 2月下旬, 수온 8℃ 전후의 4~6m 층에서 약 100 cells/l 농도로 발생하여 3월에 2,000 cells/l를 넘었다. 그후 일시적으로 감소하였지만 5~6월에 다시 수온 10~20℃의 10m 이하의 층에서 최고 출현량 24,000 cells/l 까지 증식하였다. 그 다음해에도 역시 저수온기의 3월에 출현하기 시작하여 4월에 22,000 cells/l의 최고 출현량이 수온 7℃의 中層에서 출현하고 있음이 밝혀졌다.

다. 生活史

Dinoflagellates는 일반적으로 증식이 늦고 분리 배양이 곤란하기때문에 배양조건이 확립되지 않은 종이 많다. 그러나, *P. catenella*와 *P. tamarensis*의 生活史는 비교적 명백히 밝혀져 있으며, cyst의 발아 및 발아조건도 검토되어 저질로부터의 cyst가 분리 확인되었다(Anderson, 1980; 1984). 여기서는 *Protogonyaulax*의 生活史에 관하여 左子·石田(1986)의 研究를 중심으로 소개한다. *Protogonyaulax*의 生活史는 Fig. 2와 같다. *P. catenella*는 다소의 색소 과립과 엽록체를 갖고 있으며 clone化한 培養株에서는 영양증식만을 반복하여 有性生殖에 의한 接合現象은 일어나지 않는다. 그렇지만 clone間的 교배 실험을 행하면 有性生殖에 의한 接合現象 및 cyst가 형성되는 heterothallism을 나타내고 있다. 接合 직전에는 세포가 모여서 dancing을 행하며 그로부터 수분 후 接合을 시작한다. 이때 세포는 편모에 의해 상대를 인식해가면서 몇회에 걸쳐 충돌 반복한 후 接合이 개시된다. 接合중의 세포는 계속 유영을 하지만 분열중의 세포가 직선적으로 유영하는 것에 비해 接合중의 세포는 회전을 하며 일반적으로 속도도 늦은 것으로 알려져 있다. 接合에 의한 두 세포는 빠르면 10分, 늦으면 수십분에 接合을 완료하고, 유영세포보다 다소 큰 planozygote을 형성한다. 이윽고 planozygote는 편모를 잃고 침

강하여 비운동성의 cyst를 형성한다. 시스트는 타원형으로서 澱粉과 red point를 갖고 있으며 투명한 점액질에 의해 둘러싸여 있다. 이 점액질은 박테리아의 감염등으로 부터 cyst를 보호하는 역할을 하고 있다고 생각된다.

Cyst 형성 후 일정기간 동안 maturation시킨 후 發芽시키면 發芽細胞는 cyst벽을 뚫고 아메바운동에 의해 發芽를 완료한다. 發芽된 세포는 24시간 이내에 2개의 영양세포로 분열하고 영양염등의 조건이 양호할 경우 영양증식을 반복한다. Anderson等(1984)은 영양염의 고갈과 온도가 cyst 형성조건에 중요한 영향을 미치고 있다고 보고한 바 있으며, 左子·石田(1986)은 배양한 clone化 培養株에 대하여 교배실험을 행하면 전술한 바와 같이 cyst를 형성하는 종과 형성 안하는 종이 존재한다고 보고하였다. 또한 對數増殖期の 後期에서 clone化된 배양 세포를 혼합하였을 경우 cyst 형성률은 20%에 달하였지만 대수증식초기 및 안정기(stationary phase)에서는 cyst 형성률은 낮은 값에 머물렀다. 이러한 cyst는 휴면과 강한 내성에 의해 환경이 약화되었을때도 생존할 수 있어 종의 보존과 分布에 중요한 역할을 하고 있다.

2. *Dinophysis*

*Dinophysis*屬의 일부가 有毒플랑크톤으로서 그 重要性이 인식되기 시작한 것은 1980년 Yasumoto 등에 의해 *D. fortii*가 양식 가리비등에 축적된 DSP의 원인생물로 확인되었을때 부터이다. DSP는 서북태평양 沿岸에서 제일 처음 확인되었으며(Yasumoto, 1978), DSP에 중독된 환자는 심한 구토와 설사를 하게 된다. 毒化된 패류와 *D. fortii*로부터 추출된 DSP는 sponge(Tachibana 等, 1981)와 *Procentrum lima*(Murakami 等, 1982)에서 추출된 okadaic acid와 유사하다. Yasumoto에 의하면 한국

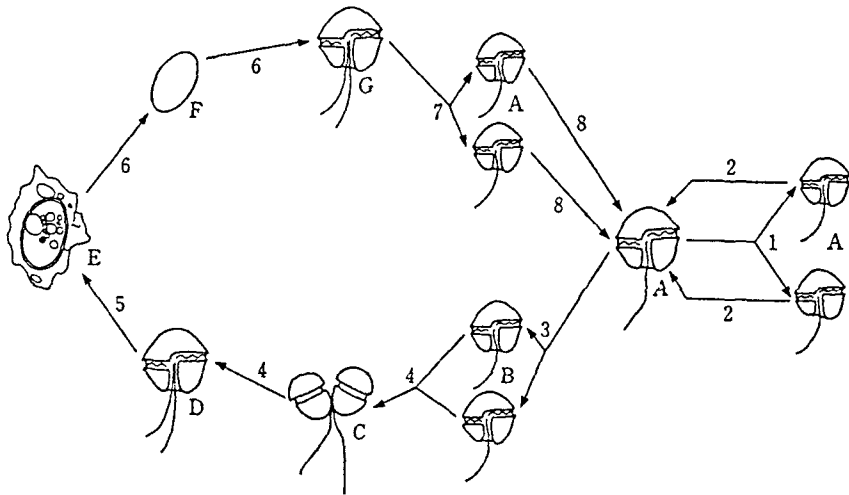


Fig. 2. Schematic figure to life cycle of *Protogonyaulax tamarensis* (from Okaichi, 1987) A. vegetative cell, B. gamete, C. process of fusion of gamete, D. planozygote, E. hypnozygote(cyst), F. protoplast emerging from hypnozygote(excystment), G. posteriorly biflagellate germling after excystment.

산 패류에서도 DSP는 발견된다고 밝히고 있으나 구체적인 研究報告는 아직 없다. 프랑스와 네덜란드(Clement 等, 1988; Kat, 1985) 등의 구미 여러 곳과 남미 등에서 폭넓게 발견되고 있어 국내에서도 DSP의 발견 가능성은 훨씬 높을 것으로 생각된다. DSP가 검출되고 있는 패류로서는 진주담치, 가리비, 바지락 등이 알려져 있다.

가. 分 布

지금까지 *Dinophysis*에 관한 研究는 대부분이 分類學的 차원에 의해 研究되어왔으나(Balech, 1967; Abe, 1967a; b), *D. acuminata*(Yasumoto, 1985)와 *D. fortii* 이외에 *D. tripos*(五十嵐, 1985) 등에서 DSP가 검출됨에 따라 *Dinophysis*屬의 分布 및 生態學的 動態가 패류 양식업상 중요한 의미를 가지게 되었다.

이외에도 *Dinophysis*屬안의 대부분의 種(*D. mitra*, *D. rotundata*, *D. acuta*, *D. norvegica* 等)에서 DSP가 확인되었다. 이들 種의 대부분은 출현시 개체수가 비교적 적으며, 플랑크톤 群集 안에서도 優占하는 일은 아주 드물다. 다만, *D. caudata*에 의한 赤潮가 岡市(1967)에 의해서 보고된 바가 있다. 대부분이 沿岸 및 外洋性인 이들 種의 분포는 주로 太平洋 및 大西洋沿岸에서 報告되고 있으며, 印度洋을 포함한 동남아시아의 沿岸域에서는 아직 조사가 미흡한 실정이다. 우리나라 沿岸에서는 상기 有毒種중 *Dinophysis acuminata*에 대한 分類學的 研究(韓·劉, 1983a)가 報告된 바가 있다.

나. 生 態

최근에는 패류의 種苗를 안정적으로 보존, 확보할 수 있는 기술이 급진적으로 발달하여 우리나라를 비롯하여 많은 나라에서 패류의 증양식업이 성행하게 되었다. 그러나 전술한 바와 같이 *D. fortii*의 不痢性貝類에 의한 毒化는 各種 패류양식에 많은 장애를 초래하고 있다. 따라서 毒化방지책 개발을 위한 *Dinophysis*屬의 生態 및 生理現象을 파악하기 위해 기 조사된 결과를 간략히 소개하고자 한다.

일본의 경우, *D. fortii*는 4월부터 일본 열도의 서해안에 출현하여 대마난류 및 쓰기루(律輕) 난류를 따라 북해도와 일본 열도의 태평양 沿岸까지 발달하여 8월이후 점진적으로 쇠퇴하는 現象이 매년 반복된다고 報告되어 있다(坂尾, 1985; 五十嵐, 1985). *D. fortii*는 灣의 입구 혹은 外洋側의 中層에 주로 分布하는 生態의 특성이 있기 때문에 貝類毒化의 効果적 방지를 위해 저층에 수하하는 방법을 제시하기도 하였다. 한편, Clement(1988)에 의하면 *D. acuminata*(?)는 해물 무렵과 해질 무렵에 수괴의 상층부로 이동하며 야간에는 중층에 집중적으로 分布한다고 報告한 바 있다. 이와같이 *D. fortii*의 patch가 沿岸域의 중, 저층에 分布하는 것은 沿岸湧昇과 内部波 등에 의한 物理現象과 깊은 관계가(岩崎·草野, 1985) 있는 것으로 報告하고 있다.

다. 초미세구조(Ultra structure)

*Dinophysis*屬의 chlorophyll 유무를 형광현미경으

로 관찰해본 결과 chlorophyll을 갖고 광합성을 행하는 獨立榮養種(autotrophs)과 chlorophyll을 갖고 있지 않는 從屬榮養種(heterotrophs)이 있는 것으로 밝혀졌다(Lessard and Swift, 1986). 또한, 獨立榮養을 행하는 *Dinophysis*屬 중에도 시기에 따라 색소가 세포전체에 퍼져있는 種과 극히 일부에 엷은 색소가 있는 種도 있다.

Clement(1988)에 의해 밝혀진 초미세구조를 보면 hypotheca(下殼)의 기부 근처에 chloroplast가 존재하며, chloroplast의 끝에는 pyrenoid라고 생각되는 것이 결합되어 있다. 또한, chloroplast의 stroma안에는 lipid라고 생각되는 dark stained globules가 존재하고 있다. 또한 dinoflagellate와 섬모충류 중에는 식식한 藻類의 엽록체를 세포내에서 機能化시켜 光合成을 행하는 種이 보편적으로 존재한다(Stoecker 等, 1987; Wilcox and Wedemayer, 1985). *D. acuminata*도 dinoflagellate의 고유색소가 아닌 phycoerythrin형광을 발하는 것으로 부터 세포내에 共生藻類를 갖고 있는 것으로 추측되고 있다(Lessard and Swift, 1986). 그리고 Wilcox and Wedemayer(1985)는 전자현미경적 초미세구조의 관찰에 의해 dinoflagellate(*Amphidinium wigrense*)는 cryptophyceae와 공생관계를 갖기도하며, 어떤 種은 이미 cryptophyceae가 세포내의 小器官으로 分化된 색소체를 갖고 있다고 報告하였다. 이와같이 dinoflagellate에 대한 초미세구조의 연구결과들은 이들 種에 대한 고전적인 光合成機能의 특수성을 밝혀냈다.

分類學的 問題點

1. *Protogonyaulax*

가. 觀察法

*Protogonyaulax*는 크고 작은 36枚의 엷은 plate(銳板)에 의해 구성되어 있으며 分類는 주로 이러한 plate의 排列方式에 의하여 행하여지고 있다. 더우기 *Protogonyaulax*屬의 各 種들간의 외형은 아주 유사한 형태를 갖고 있어서 細胞의 외형만으로는 同定이 사실상 불가능하다. 따라서 *Protogonyaulax*屬 뿐만 아니라 渦鞭毛藻類의 armoured species(有殼類)의 同定을 위하여서는 plate 排列方式을 보다 정확히 파악할 필요성이 있다. 그러나 plate는 엷고 투명하며, 더우기 細胞는 원형질을 갖고 있기 때문에 관찰이 대단히 까다롭다. 따라서 plate의 排列方式과 형태를 관찰하기 위한 방법을 간단히 소개하

고자 한다. 同定하고자하는 細胞를 pipett를 이용하여 분리한 다음, 1~2방울의 증류수를 적하해 놓은 slide 위에 細胞를 옮긴다. 그 위에 cover slide를 덮은 후 관찰하고자하는 細胞를 잃어 버리지 않도록 하면서 slide상의 물기를 제거한다. 다음에 2% 정도의 sodium hypochlorite 용액을 한방울정도 cover glass의 가장자리에 적하시켜 스며들도록 하여 細胞의 殼(theca)을 분리해 낸다. 때로는 細胞의 작은 plate를 쪼개기 위하여 cover glass의 윗면에 해부침을 사용하여 압박을 가할 필요도 있다. 분리된 plate를 보다 선명하게 관찰하기 위하여서는 염색을 하면 더욱 좋다(赤潮 manual 5권 참조).

나. 種의 分類

細胞는 약 25~40 μm 의 小型種으로서 2細胞 혹은 4細胞, 種에 따라서는 수십 細胞가 체인을 형성하는 種도 있다. *Protogonyaulax*의 同定에서 가장 중요한 分類형질은 1) 頂孔板(apc: apical pore complex)의 형태 및 前部接續孔(anterior attachment pore, a.a.p.)의 위치와 형태, 2) 頂板(plate 1')의 형태와 腹孔(ventral pore)의 有無, 3) 縱溝板(sulcus plate)의 後部接續孔(posterior attachment pore p.a.p.)의 有無, 위치 및 형태가 중요시 된다(Fig. 3). 현재 사용되고 있는 *Protogonyaulax*의 種名에 대해서는 *Protogonyaulax*, *Gessnerium*, *Alexandrium* 및 *Gonyaulax*의 4개의 學名이 혼동되어 사용되고 있다. Taylor와 Fukuyo은 apc와 first apical plate(1')가 연결되어 있는 種과 연결되어 있지 않는 種을 屬間的 分類의 特질로 인정하여 *Protogonyaulax*와 *Alexandrium*의 구별을 하고자 하였고, Balech와 Tangen은 이를 屬間的 特징으로 인정치않고 통합하여 *Alexandrium*이라고 사용할 것을 주장하였다(Taylor, 1987). 국내의 *Protogonyaulax*屬의 分類 및 分布는 현재 저자에 의해 고찰중이며, 그 중 현재까지 分類 同定된 種은 *protogonyaulax tamarensis*와 *protogonyaulax fratercula*로서 이들 種의 모식도는 Fig. 4와 같다.

2. *Dinophysis*

*Dinophysis*는 좌우로 편압되어 있으며 細胞의 전단부 가까이 橫溝가 있고 그 밑에 날개모양의 翼片(list)이 발달되어 있다. 그리고 從溝의 좌우에도 list가 잘 발달되어 있다. *Dinophysis*屬 중에서 *D. acuminata*는 分類學的인 면에서 아직 혼동되고 있어, 유럽 沿岸에 출현하는 種과 일본근해를 포함한 서북태평양 沿岸에 출현하는 *D. acuminata*는 서로 다른 種으로 여겨지고 있다(Fukuyo, 私信).

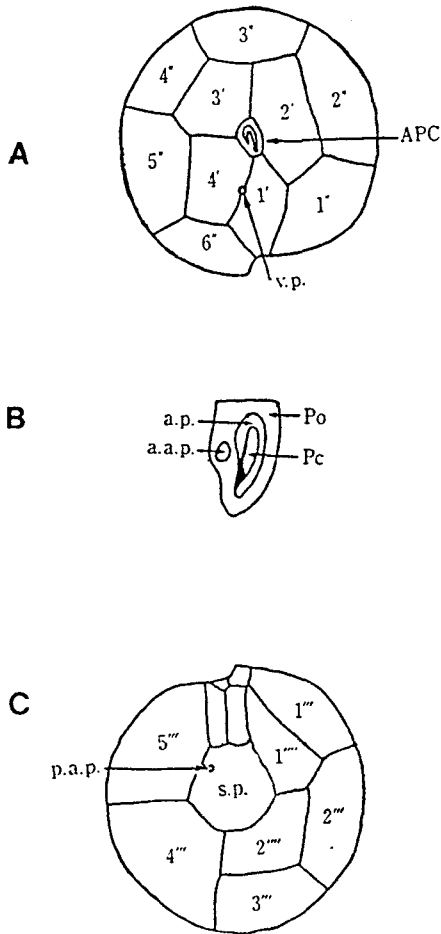


Fig. 3. Schematic thecal plate arrangements of *Protogonyaulax* (from Fukuyo, 1985). A. epitheca: 1'~4'; apical Plate, 1''~6''; precingular plates, v.p.; ventral pore, B. apical plate complex: a.p.; apical pore, a.a.p.; anterior attachment pore, Po; apical pore plate, Pc; apical closing platelet, C. hypotheca: 1''~5''; postcingular plate, s.p.; sulcus plate, p.a.p.; posterior attachment pore.

Toxic Plankton의 培養

Toxic plankton의 生活史, 生態, 毒性 및 毒化 mechanism 등의 研究를 위하여서는 培養을 통한 실험이 극히 유용한 研究수단이 된다. 現狀으로 부터 채집된 플랑크톤을 培養液에 옮겨놓거나 혹은 그 상태로 실험실에 보존할 경우 수일 후에는 優占種 혹은 種組成이 크게 변화는 遷移現象을 관찰할 수 있다. 따라서 목적하는 생물의 培養을 위하여서는 되도록 빨리 분리하여 培養하는 것이 효과

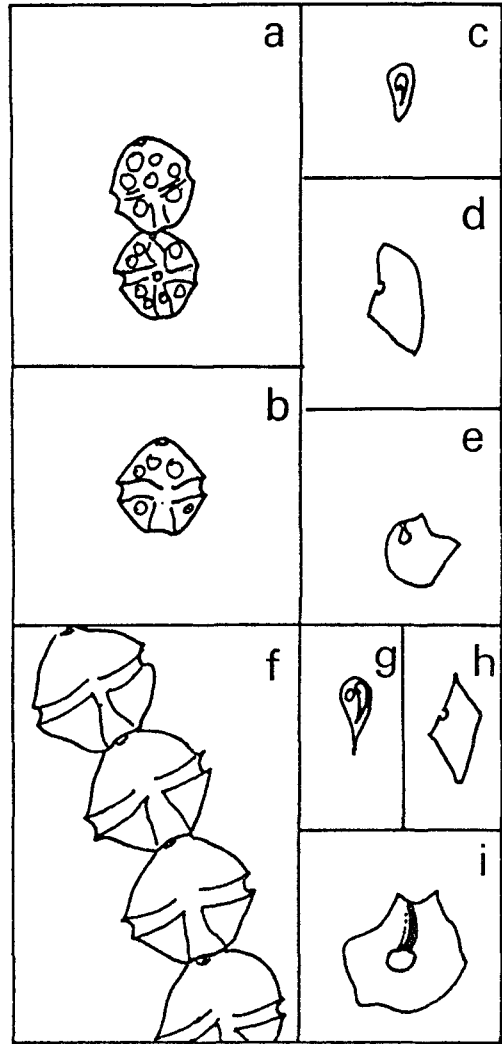


Fig. 4. Morphological characters of *Protogonyaulax* species in Chinhae Bay, Korea (schematic figures). a~e. *Protogonyaulax tamarensis*: a and b; ventral view ($\times 500$), c; apical pore complex ($\times 1250$), d; ventral pore ($\times 1250$), e; sulcal posterior plate with sealed posterior attachment pore. f~i. *Protogonyaulax fratercula*: f; ventral view ($\times 500$), g; apical pore complex ($\times 1250$), h; ventral pore ($\times 1250$), i; sulcal posterior plate with posterior attachment pore ($\times 1250$).

적이다.

培養液은 최초 天然海水를 기본으로 하여 발달되었으며, 培養液으로서는 天然海水에 부족한 營養鹽類 및 성장촉진물질을 첨가한 營養添加海水(enriched sea water)와 증류수에 各種염류를 넣어 만

든 人工海水(artificial sea water)가 기본이 된다. 따라서, 목적하는 생물에 따라서 培養에 적절한 榮養液을 첨가하여(예를 들어 soil extract, 微量金屬, chelating 金屬, vitamin類 등) 다양한 type 培養液이 발달되어 왔다(赤潮 manual 2권 參照). 培養을 하기 위한 기본적인 기술에 관하여서는 各種 서적(Stein, 1973)에 충분히 설명되어 있으므로 그것을 참조하기 바라며, 본문에서는 보다 기술적인 문제로서, 저자가 경험적으로 습득한 培養法에 대하여 간단히 보충설명을 하고자 한다.

1. 우선 현장해수로 부터 목적하는 생물을 분리하고자 할때는 되도록 pipette의 끝을 둥글게 만들어서 사용하면 분리시의 생물에 대한 shock를 방지할 수 있다.

2. 培養液에 사용하는 海水는 되도록이면 목적하는 생물을 채집한 장소의 海水를 사용하는 것이 바람직하다.

3. 때에 따라서는 aged sea waters를 사용하기도 한다. aged sea waters를 사용할 경우는 반드시 鹽分과 pH를 맞추어 주는 것이 중요하다.

4. 培養液이 완성된 후에는 pH의 안정을 위하여 培養하고자 하는 생물의 최적 溫度하에서 하루 정도 놓아 둔다.

5. 그리고 clone culture(크론 培養)을 할 경우를 제외하고는 培養 생물의 초기 밀도를 되도록 높게하여 inoculation하는 것이 培養의 성공률을 높여줄 것이다.

Toxic plankton의 대부분을 차지하는 dinoflagellate를 培養할 경우에는 규산염과 같은 榮養鹽類는 첨가하지 않아도 무방하다. 그렇지만 dinoflagellate 중 많은 種에 대해서는 아직 培養方法이 확립되어 있지 않으며, 특히 *Dinophysis*屬의 大量培養이 성공하지 못하고 있는 이유는 전술한 바와 같이 이들 種의 특수한 영양섭취법(Gaines and Taylor, 1984; Jacobson와 Anderson, 1986) 때문이라고 생각된다. 따라서 dinoflagellate 培養株를 이용한 生理生態學的 研究는 아직 미흡하며, 금후의 중요한 研究課題가 될 것이다.

文 獻

- Abe, T. H. 1967a. The armoured dinoflagellata. I. Prorocentridae and Dinophysidae(A). Publ. Seto. Mar. Biol. Lab., 14(5), 369~389.
- Abe, T. H. 1967b. The armoured dinoflagellata. II. Prorocentridae and Dinophysidae(B). *Dinophysis* and its allied genera. Publ. Seto. Mar. Biol. Lab., 15(1), 37~78.
- Anderson, D. M. and F. M. Morel. 1979. The seeding of two red tide blooms by the germination of benthic *Gonyaulax tamarensis* hypno-cysts. Est. Coast. Mar. Sci., 8, 279~293.
- Anderson, D. M. 1980. Effects of temperature conditioning on development and germination of *Gonyaulax tamarensis*(Dinophyceae) hypnozygotes. J. Phycol., 16, 166~172.
- Anderson, D. M., S. W. Chisholm and C. J. Watras. 1983. Importance of life cycle events in the population dynamics of *Gonyaulax tamarensis*. Mar. Biol., 76, 179~189.
- Anderson, D. M., D. M. Kulis and B. J. Binder. 1984. Sexuality and cyst formation in the dinoflagellate *Gonyaulax tamarensis*: cyst yield in batch cultures. J. phycol., 20, 418~425.
- Anderson, D. M., D. W. Coats and M. A. Tyler. 1985. Encystment of the dinoflagellate *Gyrodinium uncatenum*: Temperature and nutrient effects. J. Phycol., 21, 200~206.
- Balech, E. 1967. *Palaeophalacroma* Schiller, otro miembro de la familia cladopyxidae(dinoflagellata). Neotropica, 13(42), 105~112.
- Clement, M. D., J.-C. Clement, A. Moreau, N. Jeanne and S. Puiseux-Dao. 1988. New ecological and ultrastructure data on the dinoflagellate *Dinophysis* sp. from the French coast. Mar. Biol., 97, 37~44.
- Fukuyo, Y., K. Yoshida, and H. Inoue. 1985a. *Protogonyaulax* in Japanese coastal waters. 27~32. in Toxic dinoflagellates. eds. D. M. Anderson, A. W. White, D. G. Baden. Elsevier, New York, U. S. A.
- Gaines, G. and F. J. R. Taylor. 1984. Extracellular digestion in marine dinoflagellates. J. Plankton Res., 6, 1057~1061.
- Granmo, A., J. Havenhand, K. Magnusson and I. Svane. 1988. Effects of the planktonic flagellate *Chrysochromulina polylepis* Manton et Park on fertilization and early development of the ascidian *Ciona intestinalis*(L.) and the blue mussel *Mytilus edulis*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 1988, 124, 65~71.

- Hallegraeff, G. M., D. A. Steffensen and R. Wetherbee. 1988. Three estuarine Australian dinoflagellates that can produce paralytic shellfish toxins. *J. Plankton Res.*, 10(3), 533~541.
- Jacobson, D. M. and A. M. Anderson. 1986. Thecate heterotrophic dinoflagellates: feeding behavior and mechanisms. *J. Phycol.*, 22, 249~258.
- Kat, M. 1985. *Dinophysis acuminata* blooms, the distinct cause of Dutch mussel poisoning. in Toxic dinoflagellates. eds. D. M. Anderson, A. W. White, D. G. Baden. Elsevier, New York, U. S. A.
- Lessard, E. J. and E. Swift. 1986. Dinoflagellates North Atlantic classified as phototrophic or heterotrophic by epifluorescence microscopy. *J. Plankton Res.*, 8(6), 1209~1215.
- Murakami, Y., Y. Oshima and T. Yasumoto. 1982. Identification of okadaic acid as a Toxic component of a Marine dinoflagellate *Prorocentrum lima*. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 48(1), 69~72.
- Okachi, T., D. M. Anderson and T. Nemoto. 1989. Red tides: Biology, Environmental Science, and Toxicology, Elsevier, New York, p. 489.
- Schmidt, R. J. and A. R. Loeblich III. 1979. Distribution of paralytic shellfish poison among pyrrhophyta. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 59, 479~487.
- Shimizu, Y. 1987. Dinoflagellates Toxins, 282~315. in The biology of dinoflagellates. Botanical monographs volume 21, ed. F. J. R. Taylor. 1987. blackwell, Oxford.
- Sommer, H. 1932. The occurrence of the paralytic shellfish poison in the common sand crab. *Science*, 76, 574~575.
- Stein, J. R. 1973. *Handbook of phycological methods: culture methods and growth measurements*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 448.
- Stoecker, D. K., A. E. Michaels and L. H. Davis. 1987. Large proportion of marine planktonic ciliates found to contain functional chloroplasts. *Nature*, 326, 790~792.
- Tachibana, K., Y. Tsukitani, H. Kikuchi, D. V. Engen, J. Clardy, Y. Gopichand and F. J. Schmitz. 1981. Okadaic acid, a cytotoxic polyether from two marine sponges of the genus *Halicondria*. *J. Am. Chem. Soc.*, 103, 2469~2471.
- Taylor, F. J. R. 1987. The biology of dinoflagellates. Botanical monographs volume 21, Blackwell, Oxford, p. 785.
- Wilcox, L. W. and G. J. Wedemayer. 1984. Dinoflagellate with blue-green chloroplasts derived from an endosymbiotic eukaryote. *Science*, 227, 192~194.
- Yasumoto, T., Y. Oshima, and M. Yamaguchi. 1978. Occurrence of a new type of shellfish poisoning in the Tohoku District. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, 44(11), 1249~1255.
- Yasumoto, T., Y. Oshima, W. Sugawara, Y. Fukuyo, H. Oguri, T. Igarashi and N. Fujita. 1980. Identification of *Dinophysis fortii* as the causative organism of diarrhetic shellfish poison. *Bull. Japan Soc. Sci., Fish.*, 46, 1410~1411.
- Yasumoto, T., M. Murata, Y. Oshima, M. Sano, G. K. Matsumoto and J. Clardy. 1985. Diarrhetic shellfish toxin. *Tetrahedron*, 41, 1019~1025.
- 福代 康夫. 1985. 貝毒プランクトン: 生物學と生態學, 水産學シリーズ 56, 恒星社厚生閣刊, 東京, 日本, p. 125.
- 岡市 友利. 1967. 1965年に瀬戸内海および周邊海域に發生した赤潮について. 春川大學農學報告, 18, 181~185.
- 岡市 友利. 1987. 赤潮の科學, 恒星社厚生閣, 東京, 日本, p. 294.
- 安樂 正照. 1984. プランクトン研究ノート. 海洋と生物, 6(6), 452~456.
- 岩崎 順・草野 和之. 1985. 鹿島灘. 82~97. ed. 福代 康夫. 貝毒プラクトン: 生物學と生態學, 水産學シリーズ 56, 恒星社厚生閣刊, 東京, 日本.
- 五十嵐 輝夫. 1985. 三陸沿岸. 71~81. ed. 福代 康夫. 貝毒プランクトン: 生物學と生態學, 水産學シリーズ 56, 恒星社厚生閣刊, 東京, 日本.
- 佐子 芳彦・石田 祐三朗. 1986. 微生物の生態14. 學會出版センター, 99~113.
- 張東錫・申逸湜・卞在亨・朴榮浩. 1987. 진주담치의 마비성독에 관한 연구(1986年釜山 감천만中毒事故를 중심으로). 韓水誌, 20(4), 293~299.
- 赤潮研究會分類班. 1981. 赤潮マニュアル II. 渦鞭毛藻類. 日本水産廳. 東京, 日本.

- 赤潮研究會分類班. 1984. 赤潮マニュアル V. 赤潮生物の研究手法. 日本水産廳. 東京, 日本.
- 錢 重鈞·野口 玉雄·黃 登腹·荒川 修·長島 裕二·橋本 周久·許 亨澤. 1987. 담치류의 유독성분에 관한 연구. 한국해양학회지, 22(4), 271~278.
- 坂尾 康. 1985. 陸奧灣. 59~70. ed. 福代 康夫. 1985. 貝毒フランクトン: 生物學と生態學, 水産學シリーズ 56, 恒星社厚生閣刊, 東京, 日本.
- 韓 明洙·劉 光日. 1983a. 鎮海灣의 雙鞭毛藻類에 관한 分類學的 研究. 제1보. 有殼類와 無殼類. 海洋研究所 所報, 5(2), 37~48.
- 韓 明洙·劉 光日. 1983b. 鎮海灣의 雙鞭毛藻類에 관한 分類學的 研究. 제2보. 페리디니움目. 海洋研究所 所報, 5(2), 49~68.
- 海洋研究所. 1989. 생리활성물질 개발응용연구(II). BSPG 00078-239-3. p. 91.

1989년 8월 21일 접수

1990년 1월 12일 수리