Note

남해무인도서 백도와 서귀포 인근 썰섬에서 맹독성 저서와편모조류 *Gambierdiscus* spp.의 출현

백승호*

한국해양연구원 남해분원
(656-830) 경상남도 거제시 장목면 장목1길 41

Occurrence of the Toxic Benthic Dinoflagellate *Gambierdiscus* spp. in the Uninhabited Baekdo Islands off Southern Coast and Seopsom Island in the Vicinity of Seogwipo, Jeju Province, Korea

Seung Ho Baek*

South Sea Branch, KORDI
Geoje 656-830, Korea

Abstract : *Gambierdiscus toxicus*, Adachi et. Fukuyo, is a benthic ciguatoxin-producing armored dinoflagellate, often attached to macroalgae. This organism is the primary causative agent of ciguatera fish poisoning which occurs in tropical and subtropical regions. However, regardless of the fact that the population of *Gambierdiscus* spp. has expanded to such temperate areas from sub-trophic and trophic areas, monitoring of *G. toxicus* has been lacking in the Korean coastal waters of temperate areas. This study was performed at the uninhabited Baekdo Islands off the southern coast of Korea and at Seopsom Island in the vicinity of Seogwipo, Jeju Province during April and May, 2011. Cell densities of *Gambierdiscus* spp. on macroalgae at Baekdo and Jeju Island ranged from zero to 56.4 cells g⁻¹. Maximum density was recorded on the brown alga *Cladophora japonica* at St. 3 of Jeju Island. In particular, the cell densities of *Gambierdiscus* spp. were influenced by the substrate characteristics of macroalgae. In the future, the continuous monitoring of toxic benthic dinoflagellate is necessary to predict and prevent ciguatera poisoning in Korean coastal waters.

Key words : *Gambierdiscus toxicus*, toxic benthic dinoflagellate, macroalgae, South Sea, Jeju Island, ciguatera

1. 서 론

Gambierdiscus toxicus Adachi et Fukuyo는 시구아테라 어류독을 생성하는 저서와편모조류이다(Adachi and Fukuyo 1979). 이동반경이 좁고 해조류를 먹이원으로 하는 토착성 어류는 해조류에 부착한 저서와편모조류를 빈

번하게 섭식할 수 있다. 특히 시구아테라독이 축적된 어류를 인간이 먹을 경우 치명적일 수 있다. 시구아테라독에 의하여 사망하는 경우는 적지만, 그 증상으로 구토, 설사, 심장박동수저하, 두통, 근육통등의 신경계질환등이 있고, 심할 경우 지각장애를 일으키는 것으로 알려져 있다(野口 2007). 이와 같은 시구아테라독에 의한 식중독환자는 전세계적으로 연간 5-50만명이 넘는다는 보고가 있으나 (Ragelis 1984; Fleming et al. 1998), 정확하게 파악되지

*Corresponding author. E-mail : baeksh@kordi.re.kr

않고 있다. 그러나, 적어도 자연독에 의해서 발생하는 식중독증상이 전세계적 규모로 일어나고 있다는 것은 명확한 사실이다.

일반적으로 시구아테라독성에 의한 피해는 열대, 아열대지역에서 많이 발생하는 경향이 강하다. 오래전부터 어류를 낚것(회)으로 먹는 일본에서 시구아테라독에 의한 피해사례가 비교적 많았고(野口 2007), 일본지역에서도 아열대해역에 해당되는 오키나와지방에서 그 현상이 두드러졌다. 질환 발생 원인 생물로는 상업용으로 가치가 높은 자연산 돌돔(Japanese parrotfish: *Oplegnathus punctatus*)이 대부분을 차지하였다(野口 2007). 그러나 최근의 노구치(野口) 보고에 의하면, 일본 중부지역에 해당되는 관서(오사카인근) 지방이나, 관동지방(동경인근)에서도 시구아테라독에 의한 피해사례가 있었다(野口 2007). 이와 같이 온대해역에 해당되는 일본지역에서 시구아테라독의 원인 생물 *G. toxicus*가 출현하고 있다는 것은 남방기원의 쿠로시오의 영향이 크다고 하겠다. 한편 우리나라 남해역 또한 쿠로시오 지류수인 대마난류와 아열대 연안수의 영향을 현저하게 받고 있다(Gong et al. 1996; Hama et al. 1997; Zhang et al. 2007; Kim et al. 2008). 김 등 (2008)의 최근 보고에 의하면, 제주도 인근해역에서 해수면 온도가 상승 추세를 보이고 있고, 이와 더불어 열대해역 지표종인 와편모조류 *Ornithocercus* 속의 빈번한 출현이 관찰되었다. 결과적으로 우리나라 해역에서도 아열대 해역에 집중 분포하는 남방기원의 생물이 유입되었을 가능성이 높고, 그 중 시구아테라 어류독 생성원인생물인 맹독성 와편모조류가 정착되었을 가능성이 강하게 대두되고 있다. 하지만, 우리나라에서는 아직 맹독성 저서와편모조류에 대한 조사가 미흡한 실정이다(Kim et al. 2011). 결과적으로 우리나라 남해안 무인도서 주변에 정착되었을 것으로 사료되는 유독생물의 출현유무를 판단하는 것은 안전한 수산물을 확보하고, 지속가능한 건강한 해양생태계를 보존하기 위해서도 매우 중요한 의미를 부여할 수 있다.

본 연구에서는 남해역무인도서주변(백도해역)과 제주도(섬섬)부근에서 *Gambierdiscus* spp.의 출현여부와 더불어 그들 생물이 부착한 기질 특성을 파악하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

해조류에 부착한 저서와편모조류의 채집은 2011년 4월 28-29일 사이 남해무인도서(백도: 5개 정점) 주변해역과 5월 18일 제주도 섬섬(3개 정점)에서 스쿠버 다이빙으로 수행하였다(Fig. 1). 수온과 염분은 표층수를 채수하여 곧바로 수온계와 염분계로 측정하였다. 해조류를 채집할 때 부착 생물이 떨어지지 않게 하기 위해서 수중에서 진공지퍼백을 열고 해조류를 흔들리지 않게 조심스럽게 지퍼백

Fig. 1. Map of the sampling site at Baekdo and Jeju Island

속으로 넣고 난 후, 기질에 부착된 줄기부를 가위로 자른 후 지퍼백을 닫아 채집하였다. 각 정점에서 1-2회 잠수하여 4-8종류의 해조류를 수중채집하여 선상으로 옮겼다. 선상에서 채집한 해조류를 가위로 부분적으로 자른후 지퍼백에 들어 있는 해수와 함께 11 bottle에 옮겨 넣고 곧바로 최종 농도가 1-2%가 되도록 증성포르말린으로 고정한 후 실험실로 운반하였다(Fig. 2, Ishikawa and Kurashima 2010).

실험실에서 시료가 든 11 bottle을 250회 정도 강하게 흔들어서 부착와편모조류를 탈착시켰다. 그 후 해조류는 수동원심분리기(야채 물 짜는 용기: 시판용 2l)를 이용하여 탈수한 후 습중량을 측정하였고, 탈수된 해수를 200 μ m mesh로 해조류의 잔해와 부유물을 제거한 후 25-50 ml로 농축시켰다. 현미경으로 검경하기 전 농축된 시료를 균일하게 하여 sub-sample을 1.5 ml 튜브에 1 ml 분주하여 Calcofluor white 염색시약으로 최종농도가 10 μ g ml⁻¹로 염색하였다. 그 후 Sedgwick-Rafter chamber에 0.5-1.0 ml을 취하여 형광현미경으로 X20 또는 X40배율로 동정 및 계수하였다(Fig. 2). 각각의 해조류에 부착된 저서와편모조류는 최종적으로 해조류 1g의 습중량에 대한 부착밀도(cells g⁻¹ macroalga wet weight; 이 후 cell g⁻¹으로 표기함)를 산출하였다. 이와같은 일련의 실험 방법은 Ishikawa and Kurashima (2010)에 따라서 수행하였다. 또한 해조류의 동정은 한국해조류도감을 이용하였다(강 1968; 최 등 2007).

Fig. 2. An illustration of *Gambierdiscus toxicus* detection methodology

Fig. 3. *Gambierdiscus toxicus* cell morphology. a: Light microscope view. (b) and (c): Epifluorescent observation (Hypothecal and Epithelial view; Adachi and Fukuyo 1979). 1p plate is large and pentagonal. Po plate with characteristic fishhook shaped apical pore. Cell surface is composed of small scattered pores (d). Scale bars: 50 µm

3. 결과 및 토의

제주도와 백도에서 채집한 *Gambierdiscus toxicus*를 광학과 형광현미경으로 관찰한 사진을 Fig. 3에 나타내었다. 광학현미경으로는 Fig. 3a와 같이 다른 부유물이 혼재되어 있어 유독와편모조류를 발견하는 것은 쉽지 않았으나, 형광현미경으로는 유독와편모조류의 갑판배열을 확인할 수 있었다. *G. toxicus*의 세포는 원반형이며, 세포 길이는 40-45 μm 전후, 폭은 80-100 μm ($n=30$)으로 관찰되었다. *G. toxicus*의 갑판배열은 하단면에(Hypothecal view; Fig. 3b) 1p, 1", 2", 3", 4", 5", 1"', 2"' 등이 관찰되었고, 상단면에(Epithcal view; Fig. 3c) Po, 1', 2', 3', 2", 3", 4", 5", 6" 등이 관찰되었다. 또한 정공판(Po plate)은 낚시바늘

Table 1. List of macroalgae, wet weight, and cell density of *Gambierdiscus* spp. attached to macroalgae collected during April, 2008, at Backdo in South Sea, Korea

Site	Macro-algae species	Wet weight (g)	<i>Gambierdiscus</i> spp. (Cells g ⁻¹)
St.A	<i>Sargassum honeri</i>	108.6	1.33
	<i>Ecklonia cava</i>	169.3	0.64
	<i>Undaria pinnatifida</i>	94.7	0
	<i>Gracilaria textorii</i>	34.5	2.70
	<i>Grateloupia angusta</i>	75.4	0
St.B	<i>Sargassum honeri</i>	23.6	0
	<i>Ecklonia cava</i>	32.8	0
	<i>Undaria pinnatifida</i>	29.8	0
	<i>Gracilaria textorii</i>	14.1	0
St.C	<i>Sargassum honeri</i>	28.6	0
	<i>Ecklonia cava</i>	42.1	0
	<i>Undaria pinnatifida</i>	25.4	3.68
	<i>Gracilaria textorii</i>	15.2	6.07
St.D	<i>Ecklonia cava</i>	36.1	0
	<i>Undaria pinnatifida</i>	19.7	0
	<i>Gracilaria textorii</i>	10.8	0
	<i>Grateloupia angusta</i>	33.7	12.59
	<i>Plocamium telfairiae</i>	7.2	0
	<i>Amphiroa anceps</i>	37.0	19.93
	<i>Dictyota okamurae</i>	23.2	0
	<i>Acinetospora crinita</i>	5.3	0
	<i>Pachymeniopsis elliptica</i>	10.2	0
	<i>Sargassum honeri</i>	18.8	0
St.E	<i>Ecklonia cava</i>	28.9	0
	<i>Undaria pinnatifida</i>	10.9	9.81
	<i>Gracilaria textorii</i>	24.3	0

의 모양을 하고 있었고, 세포표면은 아주 작은 구멍들이 존재하였다. 이는 Adachi and Fukuyo (1979)와 Ishikawa and Kurashima (2010)에서 언급한 것과 동일하였다. Kim et al. (2011)는 제주도주변 해역에서 *Gambierdiscus* 속을 포함한 저서맹독부착와편모조류가 다수의 종이 출현하고 있다는 것을 우리나라 최초 보고하였고, 본 연구를 통해서도 제주도를 포함한 남해안 남단의 무인도서 백도에서 *Gambierdiscus* 속의 출현하고 있다는 것을 밝히게 되었다. 결과적으로 쿠로시오해류의 영향을 강하게 받는 남해안일대를 포함한 우리나라 전해역에도 이들 생물의 정착 가능성이 강하게 대두되었다.

백도와 제주도 섬섬의 각 정점에서 채집한 해조류 종 목록과 건중량을 Table 1과 2에 나타내었다. 남해역무인도서(백도)에서의 해조류 시료는 당 해역에서 출현빈도가 높은 미역(*Undaria pinnatifida*), 감태(*Ecklonia cava*), 잎꼬시래기(*Gracilaria textorii*), 모자반(*Sargassum honeri*)을 대상으로 채집하였고, 특히 최남단정점(St. D)에서는 미역, 감태, 잎꼬시래기를 포함한 붉은가막살(*Grateloupia angusta*), 참굴슬이(*Plocamium telfairiae*), 넓은게발(*Amphiroa anceps*), 개그물바탕말(*Dictyota okamurae*), 솜발(*Acinetospora crinita*), 도박(*Pachymeniopsis elliptica*) 등의 다양한 해조류를 채집하였으나, 넓은게발과 붉은가막살에서만 *Gambierdiscus* spp.의 출현이 관찰되었다. 제

Table 2. List of macroalgae, wet weight, and cell density of *Gambierdiscus* spp. attached to macroalgae collected in May, 2008, at Jeju Island, Korea

Site	Macro-algae species	Wet weight (g)	<i>Gambierdiscus</i> spp. (Cells g ⁻¹)
St.1	<i>Sargassum horneri</i>	237.2	0
	<i>Ecklonia cava</i>	291.5	0.54
	<i>Undaria pinnatifida</i>	156.3	0
	<i>Gelidium amansii</i>	39.6	10.27
St.2	<i>Sargassum horneri</i>	96.3	0.86
	<i>Ecklonia cava</i>	65.4	0
	<i>Undaria pinnatifida</i>	128.6	1.38
	<i>Padina arborescens</i>	22.2	8.19
	<i>Dictyopteris prolifera</i>	70.4	1.21
St.3	<i>Ulva pertusa</i>	39.2	8.15
	<i>Sargassum horneri</i>	87.5	0
	<i>Ecklonia cava</i>	66.2	0
	<i>Cladophora japonica</i>	15.0	56.37
	<i>Grateloupia angusta</i>	30.8	23.95
	<i>Dendronephthya castanea</i>	174.4	0
	<i>Dictyota dichotoma</i>	57.3	0

주도에서는 백도에서 조사한 해조류를 포함하여 우뚝가사리(*Gelidium amansii*), 부챗말(*Padina arborescens*), 가시뼈대그물말(*Dictyopteris prolifera*), 구멍갈파래(*Ulva pertusa*), 큰대마디말(*Cladophora japonica*), 밤수맨드라미(*Dendronephthya* sp.), 참그물바탕말(*Dictyota dichotoma*) 등을 조사하였고, 그 중 *Gambierdiscus* spp.가 가장 높은 밀도로 출현한 해조류는 큰대마디말로 나타났다. 조사한 모든 해조류중 감태와 미역, 모자반에서는 *Gambierdiscus* spp.가 거의 출현하지 않았거나 낮은 밀도를 보였으나, 큰대마디말을 포함한 넓은게발과 붉은까막살 등에서는 높은 밀도의 *Gambierdiscus* spp.가 출현하였다. 즉, *Gambierdiscus* spp.는 다양한 해조류에서 출현한 것으로 보아 어떤 특정 해조류를 선택적으로 선호하는 습성은 가지고 있지 않는 것으로 판단되었고, 부착기질이 미끈한 해조류(미역과 감

태)에서는 *Gambierdiscus* spp.의 낮은 개체수가 발견된 것으로 보아, 부착하여 성장하는 호(好)조건인 부착기질이 아니라는 것을 간접적으로 시사할 수 있었다(Figs. 4, 5).

Gambierdiscus spp.는 열대, 아열대해역에서 출현하는 저서부착와편모조류로서 연 평균 수온이 20°C에서 30°C의 높은 수온에서 증식한다. 세계적으로 해조류에 부착한 *Gambierdiscus* spp.를 연구한 사례를 살펴보면, 하와이에서 823 cells g⁻¹(Shimizu et al. 1982), Virgin에서 75,793 cells g⁻¹(Carlson and Tindall 1985), 프랑스령 보르네오섬(Polynesia)에서 10,880 cells g⁻¹(Chinain et al. 1999) 등으로 열대해역에 해당되는 지역에서 극히 높은 밀도를 나타내었다. 특히 Yasumoto et al. (1980)에 의하면, 프랑스령 보르네오의 간비에섬에서는 5,521,000 cells g⁻¹로 놀라운 수치를 기록하였다. 한편, 아열대해역에 해당되는 호주의 그레이트 베리어 리프(Great Barrier Reef)와, 인도양 남서쪽에 위치한 마다카스칼 부근의 리유니온(Reunion) 섬에서 각각 250 cells g⁻¹과, 455 cells g⁻¹(Heil et al. 1998; Turquet et al. 1998)로 열대해역보다 상대적으로 낮은 개체수를 보였다. Ishikawa and kurashima (2010)에 의하면, 쿠로시오의 영향을 강하게 받는 일본해역에서는 지역에 따라서 차이를 보였지만, 그다지 높게 관찰되지 않았다(0-50 cells g⁻¹). 본 조사에서도 쿠로시오의 영향을 강하게 받는 일본의 연구 결과와 유사한 양상을 보였다.

본 연구에서 수온은 백도 주변 대부분의 정점에서 13°C 전후로 나타났고, 제주도의 3개 정점에서는 18°C 전후로 관찰되었다. 염분은 백도권역에서 32.5 psu 전후로, 제주도권역에서는 34 psu로 나타났다. 연중 해수온도가 20°C 이상의 열대와 아열대 지역에서는 해조류에 부착하는 *Gambierdiscus* spp. 개체수의 계절적 변동특색이 뚜렷하지 않았지만, 우리나라와 같은 온대해역에서는 해수온에 따라서 *Gambierdiscus* spp.의 부착밀도가 다르게 나타날 것이다. Ishikawa and kurashima (2010)에 의하면, 온난해역의 동계에 해당되는 12월과 4월 사이의 낮은 수온(12-14°C)에서도 *Gambierdiscus* spp. 개체수가 극히 낮게 확인되었고, 수온이 높은 하계에 상대적으로 높은 밀도의 개체수를 유지하였다. 앞서 언급한 해역의 특성이 전혀 다른 열대나 아열대지역과 당 해역의 출현개체수를 단순히 비교하는 것은 조금의 무리(無理)가 있겠지만, 같은 쿠로시오의 영향을 받고 온난해역에 해당되는 Ishikawa and Kurashima (2010)의 연구결과에 따라 우리나라에서 *Gambierdiscus* spp.의 계절적 출현양상을 간접적으로 유추할 수 있을 것이다. 실제로 백도권역에서도 13°C 전후의 낮은 수온조건에서도 *Gambierdiscus* spp.의 개체수가 확인되었고, 수온이 백도권역보다 5°C 정도 높은 제주도에서는 해조류 부착기질 특성에 따라서 *Gambierdiscus* spp. 개체수의 차이를 보였지만, 백도권역보다 높은 밀도를 나

Fig. 4. Total cell abundance (cell g⁻¹) of *Gambierdiscus* spp. attached on the different macroalgal species collected from April 28-April 29, 2011 at Backdo in South Sea, Korea

Fig. 5. Total cell abundance (cell g⁻¹) of *Gambierdiscus* spp. attached on the different macroalgal species collected on May 18, 2011, at 3 stations at Jeju Island, Korea

타내었다. 열대와 아열대에 집중분포하는 *Gambierdiscus* spp.가 온난해역에 정착할 경우 겨울철 낮은 수온에 대한 내성을 지니지 않으면 생존할 수 없다. 본 연구와 Ishikawa and Kurashima (2010)의 결과에서도 낮은 수온 조건에서도 *Gambierdiscus* spp.가 출현한 것으로 보아, 일정한 낮은 수온에서도 개체수를 유지할 수 있는 능력을 충분히 가지고 있는 것으로 사료된다. 본 조사해역에서 염분은 일정하게 32-34 psu 범위가 유지되었고, *Gambierdiscus* spp. 개체수 밀도에 그다지 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다. 하지만, 이와 같은 것을 보다 명확하게 하기 위해서는 당 해역에서 *Gambierdiscus* spp.를 분리배양하여 각각의 환경조건에 반응하는 그들의 증식특성을 정확하게 파악할 필요성이 있다.

요약하면, 해조류에 부착하는 맹독성외편모조류 *Gambierdiscus* spp. 개체수는 제주도를 포함한 남해안 거문도 백도권역에서 출현하였고, 그들의 출현은 부착기질이 미끈한 미역과 감태 보다는 큰대마디말 같은 단단한 부착기질에 해조류가 더 많이 출현하였다. 남방기원의 쿠로시오의 영향을 강하게 받는 우리나라 남해역 일대에 *Gambierdiscus* spp.가 정착하였을 가능성이 대두되었기 때문에 추후 우리나라 전해역에서 보다 세밀한 연구가 진행되어야 할 것이다.

사 사

본 연구는 한국해양연구원 연구과제 무인도서 사업의 지원(PE98746)과 기후변화가 남해권역 해양생태계에 미치는 영향 및 기능평가기술개발(PM56600)으로 수행되었습니다. 본 연구의 모든 조사방법을 직접지도해 주신 일본 Mie Univ.의 Ishikawa Akira 교수님과, 물심양면으로 도와 주신 김영옥 박사님께 진심으로 감사의 마음을 전합니다. 또한 시료채집과 분석에 도움을 주신 황진익, 손문호님과 더불어 사진촬영에 도움을 주신 이준님께도 감사의 마음을 전합니다.

참고문헌

- 강제원 (1968) 한국동식물도감 제 8권 식물편(해조류). 문교부, 서울, 465 p
- 김형신, 정민민, 이준백 (2008) 열대 해역 지표종 *Ornithocercus* 속 외편모조의 출현 동향으로 본 한반도 온난화. 한국해양학회지 「바다」 **13**:303-307
- 최창근, 김영대, 공용근, 박규진 (2007) 한국 동해연안 해조류 생태도감. 국립수산물연구원 동해수산연구소, 165 p
- 野口玉雄 (2007) 水産振興—水産食品の安心, 安全について: 魚介毒による中毒予防など. 水産振興 **41**(11):1-68
- Adachi R, Fukuyo Y (1979) The thecal structure of a marine toxic dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* gen. et sp. nov. collected in a ciguatera-endemic area. Bull Japan Soc Sci Fish **45**:67-71
- Carlson RD, Tindall DR (1985) Distribution and periodicity of toxic dinoflagellates in the Virgin Islands. In: Anderson DM, White AW, Baden DG (eds) Toxic Dinoflagellates, Elsevier, New York, pp 171-176
- Chinain MM, Germain M, Deparis X, Pauillac S, Legrand AM (1999) Seasonal abundance and toxicity of the dinoflagellate *Gambierdiscus* spp. (Dinophyceae), the causative agent of ciguatera in Tahiti, French Polynesia. Mar Biol **135**:259-267
- Fleming LE, Baden DG, Bean JA, Weisman R, Blythe DG (1998) Marine seafood toxin diseases: issues in epidemiology and community outreach. In: Reguera B, Blanco J, Fernández ML, Wyatt T (eds) Harmful Algae, Xunta de Galicia and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Santiago de Compostela, pp 245-248
- Gong GC, Chen YLL, Liu KK (1996) Chemical hydrography and chlorophyll-*a* distribution in the east china sea in summer: implications in nutrient dynamics. Cont Shelf Res **16**:1561-1590
- Hama T, Shin KH, Handa N (1997) Spatial variability in the primary productivity in the East China Sea and its adjacent waters. J Oceanogr **53**:41-51
- Heil CA, Bird P, Dennison WC (1998) Macroalgal habitat preference of ciguatera dinoflagellate at Heron Island, a coral cay in the southeastern great barrier reef, Australia. In: Reguera B, Blanco J, Fernández ML, Wyatt T (eds) Harmful Algae, Xunta de Galicia and intergovernmental oceanographic commission of UNESCO, Santiago de Compostela, pp 52-53
- Ishikawa A, Kurashima A (2010) Occurrence of the toxic benthic dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* in Ago Bay, central part of Japan. Bull Japan Soc Fish Oceanogr **74**:13-19
- Kim K, Chang KI, Kang DJ, Kim YH, Lee JH (2008) Review of recent findings on the water masses and circulation in the East Sea (Sea of Japan). J Oceanogr **64**:721-735
- Ragelis EP (1984) Ciguatera seafood poisoning overview. In: Ragelis EP (eds) Seafood toxins, American Chemical Society, Washington, pp 25-36
- Shimizu Y, Shimizu H, Scheuer PJ, Hokama Y, Oyama M, Miyahara JT (1982) *Gambierdiscus toxicus*, a ciguatera-causing dinoflagellate from Hawa. Bull Japan Soc Fish **48**:811-813

-
- Turquet J, Quod JP, Couté A, Faust MA (1998) Assemblage of benthic dinoflagellates and monitoring of harmful species in Reunion Island, SW Indian Ocean, 1993-1996. In: Reguera B, Blanco J, Fernández ML, Wyatt T (eds) Harmful Algae, Xunta de Galicia and intergovernmental oceanographic commission of UNESCO, Santiago de Compostela, pp 44-47
- Yasumoto TA, Inoue A, Ochi T, Fujimoto K, Oshima Y, Fukuyo Y, Adachi R (1980) Environmental studies on a toxic dinoflagellate responsible for ciguatera. Bull Japan Soc Sci Fish **46**:1397-1404
- Zhang J, Liu SM, Ren JL, Wu Y, Zhang GL (2007) Nutrient gradients from the eutrophic Changjiang (Yangtze River) Estuary to the oligotrophic Kuroshio waters and re-evaluation of budgets for the East China Sea Shelf. Prog Oceanogr **74**:449-478
-
- Received Sep. 19, 2011*
Revised Nov. 10, 2011
Accepted Dec. 7, 2011