

日本沿岸における Protogonyaulax の
分類と生態に関する研究

Taxonomical and ecological studies on Protogonyaulax
occurring in Japanese coastal waters

福 代 康 夫

目 次

第 1 章	緒論	1
第 2 章	日本沿岸に出現した <u>Protogonyaulax</u> 属プランクトンの分類とその 分布	6
第 1 節	<u>Protogonyaulax</u> 属の特徴および分 類に関する従来の知見	7
1 ,	<u>Protogonyaulax</u> 属の形態と分類用 語	7
2 ,	<u>Protogonyaulax</u> 属の分類研究の歴 史	13
3 ,	<u>Protogonyaulax</u> 属の構成種の特徴	30
i) ,	<u>Protogonyaulax tamarensis</u> (LEBOUR) TAYLOR	31
ii) ,	<u>Protogonyaulax catenella</u> (WHEDON & KOFOID) TAYLOR	32
iii) ,	<u>Protogonyaulax acatenella</u> (WHEDON & KOFOID) TAYLOR	34
iv) ,	<u>Protogonyaulax phoneus</u> (WOLOSZYNSKA & CONRAD) TAYLOR	35

v),	<u>Protogonyaulax globosa</u> (BRAARUD) TAYLOR	36
vi),	<u>Protogonyaulax dimorpha</u> (BIECHELER) TAYLOR	36
vii),	<u>Protogonyaulax fratercula</u> (BALECH) TAYLOR	37
viii),	<u>Protogonyaulax cohorticula</u> (BALECH) TAYLOR	38
ix),	<u>Protogonyaulax peruviana</u> (BALECH & MENDIOLA) TAYLOR	39
x),	<u>Gonyaulax kutnerae</u> BALECH	40
第2節	試料採集海域と調査方法	41
第3節	日本沿岸に発生した <u>Protogonyaulax</u> の分類	46
1,	<u>Protogonyaulax tamarensis</u> (LEBOUR) TAYLOR	46
a.	本種と同定された株とその分 布	46
b.	形態の特徴	48
2,	<u>Protogonyaulax catenella</u> (WHEDON & KOFOID)	51
a.	本種と同定された株とその分 布	51
b.	形態の特徴	53
3.	<u>Protogonyaulax fratercula</u> (BALECH) TAYLOR	57
a.	本種と同定された株とその分	

布	57
b. 形態の特徴	58
4. <u>Protogonyaulax</u> sp. (HIR)	59
a. 本種と同定された株との分 布	60
b. 形態の特徴	61
5. <u>Protogonyaulax</u> sp. (ISH)	63
a. 本種と同定された株との分 布	63
b. 形態の特徴	64
第3章 日本沿岸の <u>Protogonyaulax</u> 属のシ ストの分類	66
第1節 <u>Protogonyaulax</u> 属のシストの分類 に関する従来の知見	67
第2節 調査海域および方法	71
第3節 <u>Protogonyaulax</u> 属のシストの形態	73
1. <u>Protogonyaulax tamarensis</u>	73
2. <u>Protogonyaulax catenella</u>	75
3. <u>Protogonyaulax</u> sp. (HIR)	77
第4章 日本沿岸の <u>Protogonyaulax</u> 属のシ	

	ストの分布	79
第1節	調査海域および方法	79
第2節	日本各地の <u>Protogonyaulax</u> 属のシ ストの分布	81
1,	北海道サロマ湖	81
2,	北海道厚岸湾	83
3,	北海道噴火湾	84
4,	青森県陸奥湾	86
5,	岩手県久慈湾	87
6,	岩手県野田湾	88
7,	岩手県田老湾	89
8,	岩手県宮古湾	90
9,	岩手県山田湾	91
10,	岩手県船越湾	92
11,	岩手県大槌湾	93
12,	岩手県兩石湾	94
13,	岩手県釜石湾	94
14,	岩手県唐丹湾	96
15,	岩手県越喜来湾	96
16,	岩手県大船渡湾	98

17.	宮城県氣仙沼湾	99
18.	宮城県女川湾	101
19.	秋田県戸賀湾	102
20.	秋田県船川港	104
21.	新潟県加茂湖	105
22.	東京湾千葉県沿岸	105
23.	神奈川県油壺湾	106
24.	静岡県浜名湖	107
25.	愛知県渥美湾	108
26.	福井県坂尻湾	109
27.	京都府宮津湾	110
28.	播磨灘南部	111
29.	徳島県橋湾・椿泊湾	113
30.	山口県仙崎湾	114
31.	大分県猪串湾	115
32.	長崎県大村湾	116
第3節	<u>Protogonyaulax</u> 属のシストの分布	118
1.	<u>Protogonyaulax tamarensis</u> のシストの分布	118
2.	<u>Protogonyaulax catenella</u> のシストの分	

布	119
3, <u>Protogonyaulax</u> sp. (HIR) のシストの分	
布	120
第5章 大船渡湾における <u>Protogonyaulax</u>	
の生態	121
第1節 大船渡湾に発生した <u>Protogonyaulax</u>	
に関する従来の知見	122
第2節 調査方法	128
1, <u>Protogonyaulax</u> の分布	128
2, <u>Protogonyaulax</u> の出現の推移	129
3, <u>Protogonyaulax tamarensis</u> の昼夜移動	
の観察	130
第3節 <u>Protogonyaulax</u> の分布	131
1, <u>Protogonyaulax</u> の分布の推移	131
2, <u>P. tamarensis</u> と <u>P. catenella</u> の分布の	
特徴	142
3, <u>P. tamarensis</u> と <u>P. catenella</u> の垂直分	
布と環境要因	144
第4節 <u>Protogonyaulax</u> の出現の推移	148
1, <u>P. tamarensis</u> の出現の推移	148

1-1.	1980年2～6月における出現 の推移	148
1-2.	1981年2～5月における出現 の推移	153
2.	<i>P. catenella</i> の出現の推移	155
2-1.	1980年9～10月における出現 の推移	155
第5節	<u>Protogonyaulax tamarensis</u> の昼夜移動	159
1.	1980年5月23～24日の調査	159
2.	1980年6月13～14日の調査	165
第6章	大船渡湾における <u>Protogonyaulax</u> のシストの生態	173
第1節	<u>Protogonyaulax</u> 属のシストの生態 に関する従来の知見	173
第2節	材料および方法	175
1.	シストの形成	175
2.	シストの発芽	176
3.	シストの分布の推移	178
第3節	シストの形成	179
1.	シスト形成の過程	179

2.	游泳接合子の出現推移	182
3.	游泳接合子から休眠接合子への変化	184
第4節	シストの発芽	186
1.	シストの発芽率の季節変化	186
2.	発芽に及ぼす温度の影響	189
第5節	シストの分布の推移	191
1.	シストの分布の推移	191
2.	游泳細胞の出現とシスト量の推移	194
第7章	<u>Protogonyaulax</u> の生態からみた貝毒問題について	196
要 約		201
謝 辞		210
引 用 文 献		211

第1章 緒論

渦鞭毛藻類による食用魚貝類の毒化には、Protogonyaulax spp. による麻痺性貝毒、Dinophysis fortii による下痢性貝毒や Gambierdiscus toxicus によるシガテラ魚毒などが知られて いる。中でも麻痺性貝毒による食中毒事件は、北米大陸中～北部の太平洋・大西洋沿岸域で古くから知られており、多数の犠牲者が出て いる。また、毒化貝には採捕禁止措置がとられるため水産業の被る経済的損失も大きく、種々の対策や科学的研究が行なわれて きた。この点は橋本¹⁾に詳しく紹介されて いる。一方我が国においては、1970年以前にはわずか3件の中毒事件が発生して いただけであったため、長い間重要な問題としては考えられていなかつた。しかし、1975年1月に三重県尾鷲湾で Protogonyaulax catenella の赤潮が発生しイガイとアサリが毒化した²⁾のに続き、同年5月には岩手県大船渡湾で養殖ホタテ貝に強い毒化が認められ³⁾、更に1978年には北海道噴火湾で養殖ホタテ貝

等に高濃度の貝毒が検出された⁴⁾。これら毒化貝類には出荷規制措置がとられたため、その経済的被害が多大なものとなつて、水産養殖漁業における貝毒問題が急速に重要な課題として顕在化し始めた。この大船渡湾と噴火湾の貝類毒化は現在も鎮静しておらず^{5,6)}、それどころか周年にわたる毒化がみられ、長期化の様相を呈している。また、この2湾だけなく岩手県および宮城県の三陸沿岸諸湾⁷⁾、愛知県渥美湾⁸⁾、香川県津田湾⁹⁾、徳島県橘湾・椿泊湾¹⁰⁾、更には山口県仙崎湾¹¹⁾など今迄に貝類の毒化が知られていない海域でも Protogonyaulax 属プランクトンの出現と貝毒の発生が認められ、毒化域の広域化の傾向が強まつてきている。

貝類の毒化の長期化・広域化によつて水産業の受けた損害は大きく、単に毒化貝の出荷規制による経済的損失だけなく、重要養殖対象種であるホタテ貝・カキの生産意欲の減退、あるいは消費者の養殖貝類へのイメージ

ダウンと購買意欲の低下など多方面に現れている。また、1979年4月には噴火湾で養殖筏に着生していたムラサキイガイにより死者1名を含む数名の中毒事件が発生し、同年12月にも市販された仙崎湾カキによる中毒事件が起こるなど公衆衛生の面からも看過できない問題となつてゐる。

このような現状にとかかへらす、我が国においては麻痹性貝毒の発生機構に関する研究や貝毒原因プランクトンの生態に関する研究は極めて乏しく、各地の貝毒原因種の分類すらほとんど行なわれていない状態にある。この理由としては次のようない事が考えられる。

1. 貝毒原因種の属する Protogonyaulax 属は近年 TAYLOR¹²⁾ によって創設された新しい属で、従来は Gonyaulax 属の tamarensis コンプレックス¹³⁾、あるいは catenella グループ¹⁴⁾ という名称でまとめられていた種を含んでいる。Protogonyaulax 属の分類には歴史的に多くの混乱があり、種の分類形質など最も基本的な事項が不明

確・不統一な点が多くある。また、日本沿岸に出現する Protogonyaulax 属プランクトンの形態や特徴を明記した資料もほとんどない。そのため、貝毒原因種の属種の査定が極めて困難な状態にあった。

2. 貝類に毒が検出された場合でも、貝毒原因種は極めて薄い密度にしか発生していらないことが多く、その発生量の把握など生態面の観察には今迄各地で実施されてきた赤潮発生観測などと全く異なった調査技法が必要である。このため、貝毒発生時のプランクトン観測例が少なく、各種調査法など基本的事項が定まっていない。

3. 緑鞭毛藻類には生活史の一時期にシスト (hypnozygote, cyst) を作る種がある。Protogonyaulax tamarensis にもシストが知られている¹⁵⁾が、他の Protogonyaulax 属プランクトンについては不明である。このシストは、環境の不適な時期に生き残るために耐久胞子としての役割などいくつかの意味があると考えられて以

る。しかし、その形成・発芽過程や生態に
関しては明らかになっていない点が多く、
また、これらの問題点を解明する技法につ
いても全くと言ってよい程開発されていな
い。

本研究はこれらの諸問題を解決するため、
Protogonyaulax 属プランクトンについてその分類
を確立し、日本沿岸の貝毒原因株を含む出現
株を査定して分布を明らかにすること、およ
び Protogonyaulax 属のシストを見つけて、分布を明
らかにすることを目的として行なった。更には、
対象を岩手県大船渡湾に絞り、同湾の貝
毒の原因となつた Protogonyaulax 属プランクトン
の発生生態と、そのシストの形成・発芽、あ
るいは分布など生理生態について詳しく調査
研究を行なった。

第2章 日本沿岸に出現した Protogonyaulax 属フランクtonの分類とその分布

日本の沿岸海域では過去5回にわたり麻痹性貝毒による中毒事件が発生している（表2-0-1）。また、貝類の出荷規制措置により中毒事件には至らなかつたものの貝毒が認められた海域は、図2-0-1に示したように北日本を中心とした広い範囲にわたりつつある。

本章では、先ず Protogonyaulax 属内の分類を整理し、次に各山を基に毒化域を含む沿岸各地で採集した Protogonyaulax

属フランクton 40株の分類を行なつた結果をまとめた。

表2-0-1. 日本で発生した麻痹性貝中毒事件

発生年月	毒化貝	貝採捕海域	患者(死者)
1948.6	アサリ	渥美湾 豊橋市地先	12(1)
1961.5.	アカザラガイ	岩手県大船渡湾	20(1)
1962.2	カキ	京都府宮津湾	42(0)
1979.1	カキ	山口県仙崎湾	16(0)
1979.4	ムラサキガイ	北海道噴火湾	3(1)

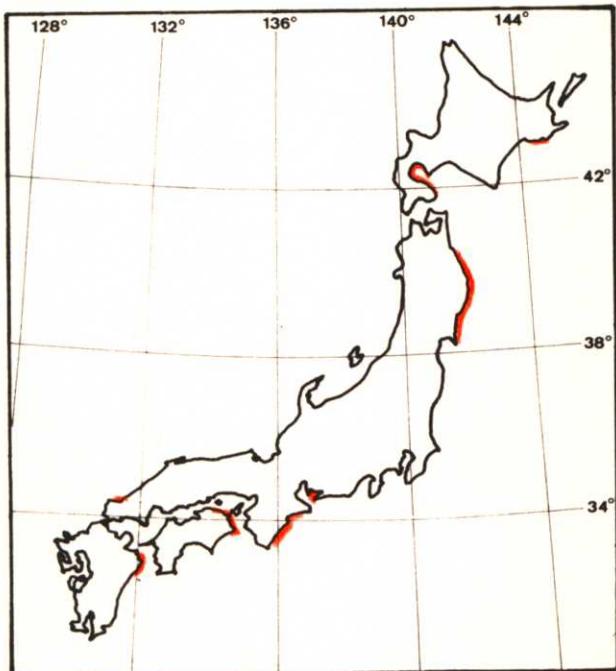


図2-0-1. 麻痹性貝毒の認められた海域
(赤線部分)

第1節 Protogonyaulax 属の特徴および分類に関する從來の知見

1. Protogonyaulax 属の形態と分類用語

Protogonyaulax 属は渦鞭毛藻綱ゴニオラックス目ゴニオラックス科に所属する一属である。^(注) 現在のところ、本属には10種が知られていて、全種とも長さや幅が25~40μmの小球形で外観は酷似している。

細胞のほぼ中央部を横溝(cingulum)が一周しており、溝の両端は溝の幅程度の段差がある。横溝より前方を上殻(epitheca)、後方を下殻(hypotheca)という。下殻には横溝と直交する縦溝(sulcus)があり、縦溝は後方にいくほど幅が広くなっている。横溝には片羽型の横鞭毛(transverse flagellum)がおさまっており、細胞に渦巻状の回転力を与え、縦溝にはむち型の縦鞭毛(longitudinal flagellum)があり、細胞に推進力を与え

(注). 以前はペリディニウム目にに入れられていたが、最近 TAYLOR¹⁶⁾ により改められた。

といふ。兩鞭毛共に横溝と縦溝の交点附近から生えている。縦溝のある面が腹面(ventral side)反対面が背面(dorsal side)とされており、細胞の游泳方向の端は頂端(apex)，反対端は底端(antapex)と名付けられてゐる。

細胞の原形質膜の外側には主にセルロース質から成る殻(theca)があり、殻は一定の配列をした大小様々な33枚の鎧板(plate)により形成されてゐる。Protogonyaulax 属では、この鎧板は薄く透明で多數の小孔(trichocyst pore)があり、鎧板の外側には殻外被膜(outer thecal membrane)という極めて薄い膜がある。33枚の鎧板は横溝と平行な幾つかの鎧板群(plate series)にまとめられることが出来る。鎧板あるいは鎧板群には次のa~nに示す名称と記号が付けられており、鎧板群の中では腹面の正中線上またはそのすぐ左側にある鎧板から左廻りに順に1から番号が付けられてゐる(図2-1-1)。なお、このような鎧板命名法は数名の研究者により異なった方法が工夫されてゐるが、ニ

図2-1-1 Protogonyaulax 属の鐘板配

列模式図 および 鐘板の名称と記号

A. 腹面, B. 背面, C. 上面, D. 下面

E. 頂孔板, F. 縦溝板

記号: Po. 頂孔板, Pc. 閉鎖小板

1'~4'. 第1頂板～第4頂板

1"~6". 第1前帶板～第6前帶板

1c~6c. 第1横溝板～第6横溝板

1"~6". 第1後帶板～第6後帶板

1p. 第1後挿間板,

1"". 第1底板, a.p. 頂孔

a.a.p. 前部接続孔,

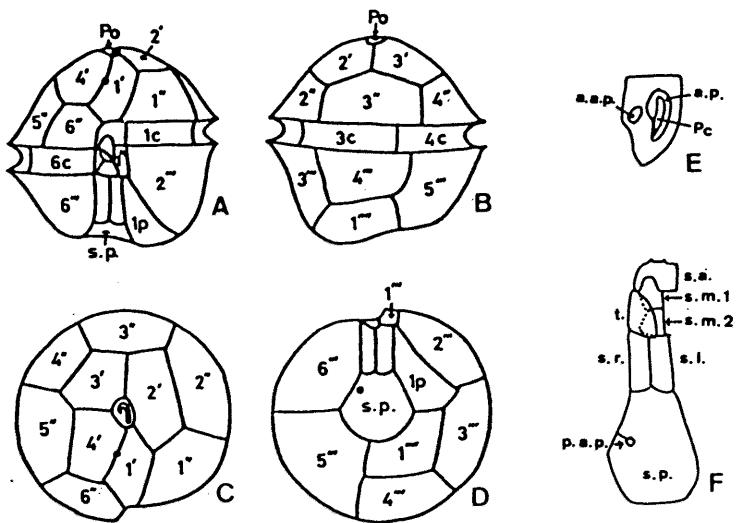
s.a. 前縦溝板, t. 移行板

s.m.1. 第1中縦溝板,

s.m.2 第2中縦溝板,

s.l. 左縦溝板, s.r. 右縦溝板

s.p. 後縦溝板, p.a.p. 後部接続孔



ニズミは現在最も広く利用されていいる KOFOID の方法^{17, 18)}の改良方式¹⁹⁾に従う。

a. 頂孔板 (apical pore plate): 細胞の頂端にあり、記号は Po である。中央に大きな頂孔 (apical pore 記号 a.p.) があるが、閉鎖小板 (apical closing platlet 記号 P.c.) が頂孔の大部分を塞いでいるため、単に釣針形の溝としか見えない。この頂孔の傍にもう1つの小さな孔が認められることがある。これらは頂溝 (apical cleft) または前部接続孔 (anterior attachment pore 記号 a.a.p.)

と呼ばれている。前部接続孔は細胞の生長過程で塞がってしまい、見えにくいことが多い^{19, 20)}。

b. 頂板 (apical plate) : 頂孔板を囲む 4 枚の鎧板で、少なくとも一辺は頂孔板に接している。鎧板の番号にダッシュを 1 つ付けて '1', '2', ... と表わし、第 1 頂板、第 2 頂板とする。第 1 頂板と第 4 頂板の間の縫合線に小さな孔が認められることがある、この孔は腹孔 (ventral pore) と呼ばれる。

c. 前帯板 (precingular plate) : 上殻にあって、横溝に接している 6 枚の鎧板。頂孔板と横溝の両方に接する鎧板は前帯板とせず " 頂板 " とする。鎧板の番号にダッシュを 2 つ付けて "1", "2", ... と表わし、第 1 前帯板、第 2 前帯板とする。

d. 横溝板 (cingular plate) : 横溝にある 6 枚の鎧板。鎧板の番号の後に C を付けて 1c, 2c, ... と表わし、第 1 横溝板、第 2 横溝板とする。

e. 縦溝板 (sulcal plate) : 縦溝にあって、鞭毛孔を囲む 2 枚の鎧板。最も前方にあり、第 1 横溝板に隣接する鎧板を前縦溝板 (sulcal anterior plate 記号 s.a.)、二のすぐ後方にある 2 枚の小鎧板は前方から第 1 中縦溝板 (first sulcal median plate 記号 s.m.1)、第 2 中縦溝板 (second sulcal median plate 記号 s.m.2) とよばれる。2 枚の中縦溝板の右側には鞭毛孔があるが、二の両者を横溝板の末端から伸びている移行板 (transitional plate 記号 t.) が覆つている。この後方には左右 2 枚の等大の縦長鎧板があり、左縦溝板 (sulcal left plate 記号 s.l.)、右縦溝板 (sulcal right plate 記号 s.r.) とよばれる。さらにその後方には後縦溝板 (sulcal posterior plate 記号 s.p.) という、細胞の底端近くにまで達する大きな鎧板がある。後縦溝板には後部接続孔 (posterior attachment pore 記号 p.a.p.) があり、後縦溝板の縁辺から後部接続孔につながる狭い切れ目である連結隙 (connecting gap 記号 c.g.) が認められる。後部接続孔と連結隙は細胞

の生長過程で塞がってしまい、見えにくい
ことが多い。

f. 後帶板 (postcingular plate) : 下殻にあって横溝に接している鎧板でも枚ある。鎧板の番号にダッシュを3つ付けて、1'', 2'', …と表わし、第1後帶板、第2後帶板、…とよんでいる。第1後帶板は縦溝の左壁にあるため、LOEBLICH, III & LOEBLICH²¹⁾は縦溝板に含め、後帶板を5枚としまる。

g. 後挿間板 (Posterior intercalary plate) : 後帶板と底板にはさまれた鎧板で、縦溝の左隣に一枚ある。記号は1pである。

h. 底板 (antapical plate) : 細胞の底端、縦溝の背方にある一枚の鎧板で、ダッシュを4つ付けて1''と表わす。

細胞内には棒状あるいは粒状の黄褐色色素体 (chromatophore) が多數含まれ、一般に無色透明な大きな核 (nucleus) が赤道面にある。核はU字形で、開口部は腹面にある。

Protogonyaulax 属とは、細胞分裂の後2個の娘細胞が離れずに、頂端と底端がつながったまま連鎖状群体を形成することが多い。この連鎖は前部接続孔と後部接続孔を介した原形質連絡によっている。連鎖群体を形成した場合、つながりうる細胞数は種によって異なり、最長4細胞程度の種と30細胞以上になる種がある。

2. Protogonyaulax 属の分類研究の歴史

Protogonyaulax 属は、1979年に TAYLOR¹²⁾によって創設された新しい属であり、それまではその構成種の大部分は Gonyaulax 属に入れられ tamarensis コンプレックス¹³⁾あるいは catenella グループ¹⁴⁾としてまとめられていた。しかし、構成種は形態が互いに酷似しているため分類査定が極めて難かしく、同一種でも記載された時代により用いられる学名が異なるなど歴史的に多くの混乱がある。その経緯の概要については一部 TAYLOR¹³⁾がより詳しくまとめられているが、

次項③に述べる種の分類方式を考える上で重要と思われるのを、ニニに分類研究の歴史をまとめに。

Protagonyaulax 属で最初に記載された種は Protagonyaulax tamarensis である。この種は 1925 年に LEBOUR²²⁾ が英タマール川の川口で採集したもので、10 行足らずの簡単な記述に 4 枚の図（図 2-1-2, A-D）を添えて Gonyaulax tamarensis の名で新種記載を行なっている。LEBOUR はこの G. tamarensis を少數しか観察できなかつたと考えられ、詳しい特徴を記していなければかりか、挿図中の上殻の鐘板配置を鏡像のように裏返しに描いている。図 2-1-2 の A~C は上殻が誤りで E~G はこれを訂

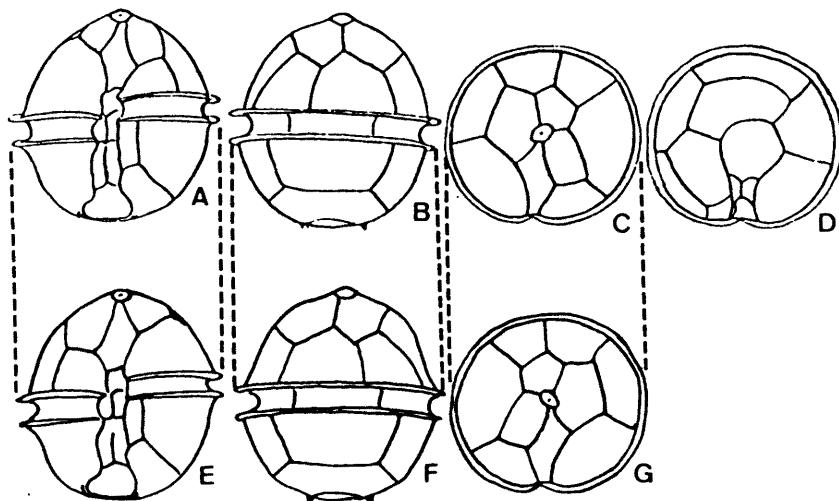


図 2-1-2

Lebour による Gonyaulax tamarensis の原記載図

- A. 腹面, B. 背面
- C. 上殻, D. 下殻
- E. A 図の上殻の鐘板配列を修正
- F. B 図の上殻の鐘板配列を修正
- G. C 図の鐘板配列を修正

正したものである。

1935年に GRAN & BRAARUD²³⁾は北米大西洋岸のファウンディー湾で G. tamarensis を多數見つけ、LEBOUR の簡単な記述を補うために詳しい観察記載を行なつてゐる。たゞ、

上殻の鱗板配列に

ついては鏡像的な
正しい配列(図

2-1-3)，即ち LEBOUR

の配列とは裏返し
の配列を図示しな

がら、記述には鱗

板配列が LEBOUR の記述と一致したと矛盾した記載をしてゐる。

この後、BRAARUD²⁴⁾はノルウェー沿岸で採集した G. tamarensis を 2 株培養し、その特徴を精査して、2 株とも LEBOUR の報告した G. tamarensis に酷似してゐるが相違点もあり、LEBOUR の基本種に対する変種とするのが適当であると判断した。即ち、G. tamarensis には基本種を含め次の 3 種

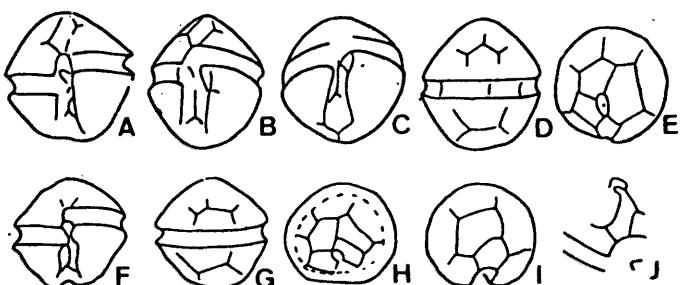


図 2-1-3 Gran & Braarud による

Gonyaulax tamarensis

A~C, F 腹面, D, G 背面

E, H 上殻, I 下殻, J 頂板

があるとした。

- var. typica (正しくは var. tamarensis)

LEBOUR の記載図示した鏡像の型 (図 2-1-2 の A ~ D)。上殻では頂板 2' が前帶板 3" に接していよい。前帶板 1" より 6" の方が大きい。下殻は左右対称で縦溝の窪みは小さい。

- var. excavata (図 2-1-4 の A, B)

Var. typica と比較すると、上殻では頂板 2' が前帶板 3" に接しており、前帶板 1" が 6" より大きい。下殻は左右不対称で縦溝の窪みは大きい。

- var. globosa (図 2-1-4 a C, D)

var. excavata と上殻の鎧板

配列は似ており、頂板 2' が前帶板 3" に接している。しかし、下殻では底板 1'" が背腹正中線より右側に出ていて、

var. typica に似ている。

細胞は丸味を帯び、縦

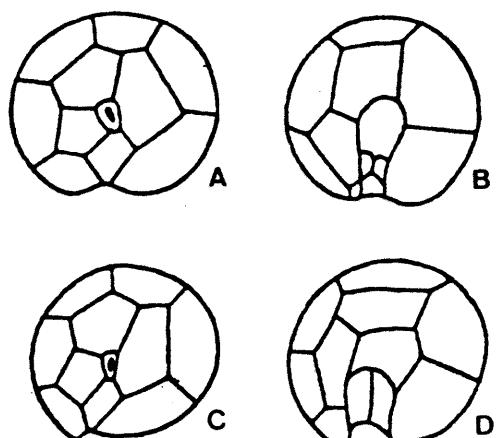


図 2-1-4 Braarud による
Gonyaulax tamarensis
A, B. var. excavata
A 上殻 B 下殻
C, D. var. globosa
C 上殻 D 下殻

溝は全く塞んでいない。

さらに、BRAARUD は同じ報文の中で、ノルウェー沿岸の株だけではなく北米大西洋岸で見られる *G. tamarensis* も var. excavata であると記している。

この BRAARUD の研究以降、カナダの大西洋岸^{25,26)}・欧洲^{27,28)}において貝毒問題や赤潮に関連して *G. tamarensis* が研究観察されたが、発見された細胞の鑑板配列と形態が全て var. excavata の特徴と一致したため、var. excavata は *G. tamarensis* の一変種ではなく、独立した一種と考える研究者が多くなった。

1971年にBALECH²⁹⁾はアルゼンチン沖の熱帯海域で採集した一種を *G. tamarensis* var. excavata と考え、形態を詳しく観察して、変種 var. excavata のタクサから種 *G. excavata* のタクサへ昇格させて報告した(図2-1-5)。しかし、BALECHの記載した *G. excavata* は BRAARUD の *G. tamarensis* var. excavata と比較すると、熱帯の高温高塩分の海域に分布する点、細胞が 24.5~28μm と小さい点、核が赤道部ではなく上部にある点など相違する特徴が多く

く見られる。二のうち、細胞の大きさについて、BALECH は分布海域の差によるとし、いる。また、BALECH は G. excavata には頂板上に腹孔が認められ、BRAARUD の G. tamarensis var.

excavata の図には腹孔が見えないが、二の違いを BALECH は、BRAARUD が記述したたり図に記入することを省いたためで、その証拠に写真 II の (k) には腹孔が見える、として決定的な差ではないと考えている。しかし、それともなお、二の BALECH の G. excavata は分布域や細胞の大きさと形態の差異により、BRAARUD の G. tamarensis var. excavata との同一性に疑問を禁じえない。

STEIDINGER & WILLIAMS³⁰⁾ はフロリダ沖の熱帯海域で BALECH の G. excavata に似た種を見つけ、G. tamarensis f. excavata としているが、LOEBLICH & LOEBLICH, III³¹⁾ の主張するように、BALECH の G. excavata は STEIDINGER &

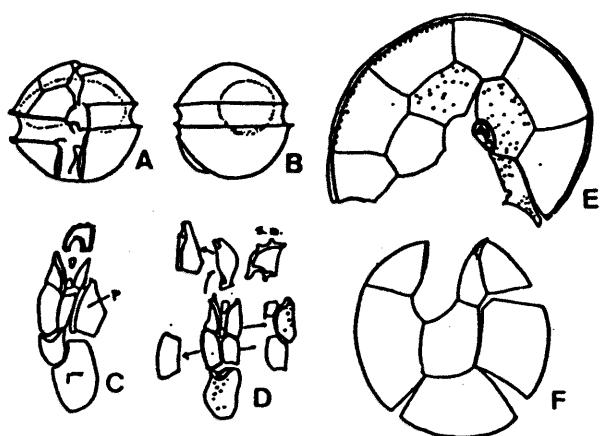


図 2-1-5 Balech による Gonyaulax excavata
A. 腹面, B. 側面, C,D. 縦溝板
E. 上殻の鐘板, F. 下殻の鐘板

WILLIAMS の G. tamarensis f. excavata と同一種で熱帯海域に分布する種、一方の BRAARUD の G. tamarensis var. excavata は温帯域に分布する種で、両種は別種と考える方が適當と思われる。

G. tamarensis var. excavata が広い海域で認められるようになるにつれ、G. tamarensis の基本型がどのような形態と特徴をもつのかという点が、改めて分類学者の関心の的となつた。そこで、

LOEBLICH & LOEBLICH, III³¹⁾ は、LEBOUR³²⁾ が初めて G. tamarensis を採集した原産地であるタマール川の川口で採集されプリマス研究所に保存されていた2株（株番号173と173a）の特徴を調べ、同時に北米大西洋岸のニューアイ・ングランドで発生した赤潮から分離して培養された2株（株番号426と429）、および太平洋岸ブリティッシュコロンビアで発生した赤潮の原因種 G. acatenella を形態と生理特性の両面から調査し、これらの結果をもとに次のようにな G. tamarensis を特徴づけた。

• LEBOUR の原記載にある描図（図2-1-2のA~D）

の上殻の鎧板配列は、今回調べた 5 株全てと比べて鏡像の配列になつてゐる。因此故、LEBOUR の原記載図は誤りと考えられる。

- 173 株は腹孔があり、螢光はなく、毒性も検出されない。一方、173a 株は腹孔がないが、螢光がある。毒性については未だ確かめられていない。この両株の鎧板配列は共に LEBOUR の原記載に一致するので *G. tamarensis* と考えられるが、原産地のタマール川では貝類の毒化が未だ一度も報告されていないので、無毒の 173 株が *G. tamarensis* var. *tamarensis* に相当すると考えられる。173a 株は未査定種として残しておく。
- 426 株と 429 株は同じ赤潮から採集された同じ特徴を持つ株である。この株は有毒で螢光があり、腹孔はなく BRAARUD の *G. tamarensis* var. *excavata* と同じ鎧板の特徴をもつため、*G. tamarensis* var. *excavata* と査定される。この変種は、BALECH²⁹⁾の述べるよう種のランクへ昇格させることが適当と考えられるので *G. excavata* と

する。ただし、BALECH²⁹⁾ が記載した G. excavata と BRAARUD²⁷⁾ の G. tamarensis var. excavata とは特徴が異なる別種であり、ニニに G. excavata とした 426 株と 429 株は BRAARUD の種と BALECH の種とは異なるものである。

・ G. acatenella は下殻に多くのしば状のうねがあり、培養中でも 4~6 細胞の連鎖群体を作ることと G. tamarensis と区別できる。

このように LOEBLICH & LOEBLICH, III は腹孔・毒性・螢光の有無を分類基準として、腹孔があり無毒で螢光のない種を G. tamarensis、腹孔がなく有毒で螢光のある種を G. excavata とした。

ところが、その後 SCHMIDT & LOEBLICH, III²⁰⁾ が北米各地で採集された数株を調べたところ、腹孔のある株でも有毒、あるいはない株でも無毒のものが認められ、LOEBLICH & LOEBLICH, III³¹⁾ の設けた基準が有用ではないことがわかった。そこで SCHMIDT & LOEBLICH, III は、G. excavata を再び変種のランクに戻して G. tamarensis var. excavata とし、その特徴は腹孔がないこととした。腹孔のある株は

G. tamarensis の基本型 var. *tamarensis* とした。

ニの SCHMIDT & LOEBLICH, III より先に, BALECH³²⁾ は LOEBLICH & LOEBLICH III³¹⁾ の用いたプリマス研究所の株番号 173 を観察し, *G. tamarensis* と判断して形態を詳しく記載した(図2-1-8, A~I)。ニの *G. tamarensis* を BALECH は, 彼が記載した *G. excavata*²⁹⁾ (図2-1-5) と形態からは区別し難いとしている。しかし, 同時に英の無毒種 *G. tamarensis* と北米の有毒種 *G. excavata* とは, 前縦溝板など縦溝の形態が異なるので別種の可能性が強いとやや矛盾した記述もある。

日本においては, 長い間 *G. tamarensis* の発生の記録はなく, 岩手県大船渡湾に1976年に発生した有毒プランクトンを FUKUYO³³⁾ (図2-1-8, J~M), TORIUMI & TAKANO³⁴⁾ が *G. excavata* と査定したのが最初の報告である。後に, ニの株は福代ら³⁴⁾ により *Protogonyaulax tamarensis* と改められており, またニホンヒゲと前後して同種は福代・橋高³⁶⁾, 福代^{37, 38)} により東日本各地で発見されている。ニホンヒゲ各地の *P. tamarensis* にはすべて腹孔が認め

られ、BALECH³²⁾の記載した G. tamarensis の特徴と一致していく。

G. tamarensis と同様に、古くから有毒種として有名であった G. catenella は、1936年には WHEDON & KOFOID³³⁾ により発見命名されたものである（図2-1-9 A～D）。彼らは同時に G. acatenella も新種として報告している（図2-1-10）が、両種の記載とも非常に詳しく、また類似種との形態の比較においては G. tamarensis との比較を行なっており、充分に区別しうる特徴をもつてゐると考えられる。ところが、その後 LEBOUR の G. tamarensis の描図が鏡像の鏡板配列になつてゐることかわかつたため、WHEDON & KOFOID の用いた G. catenella, G. acatenella と G. tamarensis を分ける形質が根柢のないものになつてしまつた。さらに、G. tamarensis や G. excavata などの他の種が報告されると、WHEDON & KOFOID の記述した特徴が G. catenella と G. acatenella に特有なものではなく、他の種にも共通するものであることがわかつた。即ち、両種を定義しうる特徴が判然としなくなつてしまつた

のである。

1967年に Hsu⁴⁰⁾は米ワシントン州に発生した貝毒の原因種を調べ、その形態を G. catenella の原記載および培養株と比較したところ、培養株とは合致するが原記載には一致しない特徴をいくつか認めた。例えば、下殻に棘はないこと、縦溝の両縁に翼があること、鐘板に小孔があること、頂孔板に頂孔だけではなく前部接続孔があること、などがあった（図2-1-9 E~H）。Hsuはこの特徴の違いを重視して、この種に G. washingtonensis（正しくは G. washingtonensis）の名を与える新種とした。

この G. washingtonensisを TAYLOR¹³⁾は G. catenellaと同一種であると見做し、Hsuと WHEDON & KOFOID の記述の差異を Hsuの観察が精確であったためであるとした。この TAYLORの判断は充分首肯しうるものであり、このことから、G. catenellaの特徴は Hsuによる G. washingtonensisの記載を基本に考えなければならないとする。

G. catenellaの観察としては、この他に POSTEK &

$\text{Cox}^{41)}$ によるとものが知られてゐる。POSTEK & COX は HSU の卒業した米ワシントン大の R. NORRIS 博士により G. catenella と査定された株を走査電顕で詳しく述べた。しかし、この株には腹孔があり、連鎖群体も形成しないなど HSU の G. washingtonensis (= G. catenella) とは異なる特徴があり、G. catenella とは別の種と考えられる。SCHMIDT & LOEBLICH, III も同様に、腹孔や群体の特徴からこの株を G. catenella ではなく G. tamarensis であると述べてゐる。

日本では G. catenella は 1975 年に三重県下で初めて報告され²⁾ (図 2-1-6)，続く 1976 年にも香川県沿岸⁴²⁾ や徳島県小松島湾^{43,44)} および三重県伊勢湾沿岸⁴³⁾ でも

少數発生した。これら各地の G. catenella については安達⁴⁵⁾により WHEDON & KOFOID,あるいは HSU の記載と比較が行なわれており、これをもとに安達⁴⁵⁾は G. catenella の基

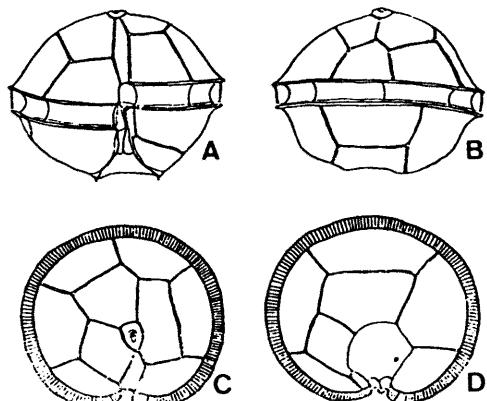


図 2-1-6 三重県尾鷲湾に発生した Gonyaulax catenella (Noguchi et al.²⁾ すなはち
A. 腹面, B. 背面, C. 上殻, D. 下殻

本型と異なるとして G. tamarensis var. ofunatoensis の名稱を与えている。

なお、1925年以前の報文には Gonyaulax という属名は見当らないが、1935年に尾田⁴⁶⁾が三重県五ヶ所湾に発生した Gymnodinium mikimotoi の赤潮に混在する種として Diplopsalis sp. の名前で G. acatenella と思われる種を記載している。この種は描図(図2-1-7)と記述から判断して、上述の三重県下で最近発生したものと同一種と考えられる。

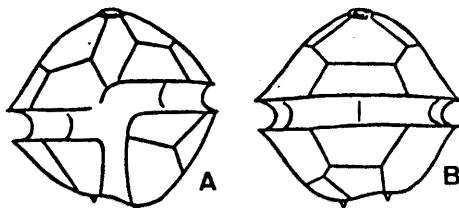


図2-1-7

尾田⁴⁵⁾による Diplopsalis sp.
A 腹面, B 左側面

G. acatenella は既に述べたよう ³⁹⁾に WHEDON & KOFOID により新種記載された種である(図2-1-10 A-C)。PRAKASH & TAYLOR⁴⁷⁾はカナダ太平洋岸で、本種の赤潮と共に伴なう貝の毒化を報告している。TAYLOR¹³⁾は、G. acatenella の外形は G. fratercula に似ているが、後帶板 2" と後挿間板 1p の間にうね状隆起があるとしている(図2-1-10 D, E)。LOEBLICH & LOEBLICH, III³¹⁾も走査顕微鏡による観察でこのうね

を認めており、他の特徴としては、腹孔はなく、核は WHEDON & KOFOID の原記載と異なり G. tamarensis や G. catenella と同じ H 字形であることを報告している。

WOLOSZYNKA & CONRAD⁴⁸⁾ はベルギー沿岸で発生した赤潮の原因種を Pyrodinium phoneus として新種報告している。しかし、この種は記載図(図2-1-11)から G. tamarensis に近縁と判断でき、LOEBLICH, & LOEBLICH, III³¹⁾ は Pyrodinium 属から Gonyaulax 属に移して G. phoneus としている。さらに LOEBLICH & LOEBLICH, III³¹⁾ と TAYLOR¹³⁾ は共にこの種を G. tamarensis と同一種と考えているが、断定できることだけの根拠がないため独立種として残している。

G. tamarensis, G. catenella, G. acatenella, G. phoneus の他に Gonyaulax 属 tamarensis コンプレックスには数種が報告されている。BIECHELER⁴⁹⁾ はフランス地中海沿岸で、腹孔があり頭板 1 が鎌状に湾曲している種を見つけ G. dimorpha と名付けている(図2-1-12)。BALECH は南大西洋のマルデルプラタ沿岸で G. fratercula⁵⁰⁾(図2-1-13)を、続いでカリブ

海から G. cohorticula⁵¹⁾ (図 2-1-14) を見つけている。また、ペルー沿岸で発生した赤潮の原因種として G. peruviana (図 2-1-15) を BALECH & MENDIOLA⁵²⁾ が報告している。さらに、最近 BALECH⁵³⁾ は南ブラジル沿岸で G. kutnerae (図 2-1-16) という一種を認めている。これららの種にはすべて腹孔があり、頂孔板 Po や前縦溝板 s.a. , 後縦溝板 s.p. の形に特徴があることから容易に他種と区別できる。

以上述べたように Gonyaulax 属の tamarensis コンプレックスに G. tamarensis や G. catenella だけではなく幾つもの種が知られるようになると、それらの種に共通する錨板配列や核の形態が Gonyaulax 属の基本種 G. spinifera の特徴、即ち属の基本特徴と異なっていることが明らかになってきた。例えば BALECH²⁹⁾ は G. spinifera と G. tamarensis , および G. triacantha と G. catenata の 4 種の錨板配列を詳しく調べ、その結果 4 種とも上壳が異なっていたとして Gonyaulax 属内の相同性・統一性に疑問を投げかけている。特に G. spinifera の上壳の錨

板配列は P_0 , 3', 2a, 6" であるが、 G. tamarensis は P_0 , 4', 6" と全く異なっていふとした。1979年にたつて TAYLOR¹²⁾ は、鐘板配列とシストの形態の違いを理由に Gonyaulax 属の tamarensis コンプレックスに入れられていた種をすべて新設の Protogonyaulax 属に移し、他の Gonyaulax 属種と区別をした^{注)}。これと同時に、LOEBLICH, III & LOEBLICH²¹⁾ は tamarensis コンプレックスを Gessnerium monilatum を基本種とする Gessnerium 属に移すことを提唱している。しかし、渦鞭毛藻の分類において最も基本となる鐘板配列で、Gessnerium 属は頂孔板 P_0 を取り囲む頂板が3枚であるのに對し、一方の tamarensis コンプレックスは頂板が4枚であるという大きな差があり、LOEBLICH, III & LOEBLICH のように同一属にまとめるには無理があると考えられる。されば、本論文では TAYLOR に従い Protogonyaulax

注) Protogonyaulax 属創設の折、「属の定義」一部タイプミスと思われる誤りがあり、TAYLOR は 1981 年にこれを訂正している¹⁶⁾。

という属名を使用する。

3. Protogonyaulax 属の構成種の特徴

Protogonyaulax 属に属する種は現在までに下記の10種と考えられ、このうちの9種は TAYLOR¹³⁾ により Protogonyaulax 属創設の際に原記載の属から改属されたものである。残りの1種は最近 BALECH⁵³⁾ により報告された Gonyaulax kutnerae である。Protogonyaulax の属名は用いていないがその形態から Protogonyaulax に属すると判断されるものである。

Protogonyaulax tamarensis (LEBOUR) TAYLOR

P. catenella (WHEDON & KOFOID) TAYLOR

P. acatenella (WHEDON & KOFOID) TAYLOR

P. phoneus (WOLOSZYNSKA & CONRAD) TAYLOR

P. globosa (BRAARUD) TAYLOR

P. dimorpha (BIECHELER) TAYLOR

P. fratercula (BALECH) TAYLOR

P. cohorticula (BALECH) TAYLOR

P. peruviana (BALECH & MENDIOLA) TAYLOR

Gonyaulax kutnerae BALECH

i) Protogonyaulax tamarensis (LEBOUR) TAYLOR

TAYLOR¹²⁾ 1979, 51.

FUKUYO¹⁹⁾ 1980, 50-51, figs. 1.8-2.a, 1.8-3.a,

FUKUYO⁵⁴⁾ 1980, 57, figs. A-K.

Syn.: Gonyaulax tamarensis

LEBOUR²²⁾ 1925, 95, figs. 14 (1a-1d).

GRAN & BRAARUD²³⁾ 1935, 375-376, figs. 52a-j.

SOUZA E SILVA²⁷⁾ 1962, 5-11, pl. 2 figs. 4-13, pl. 3-6,
pl. 7 fig. 1.

LOEBLICH & LOEBLICH, III³¹⁾ 1975, 219-220, figs. 12-14.

BALECH³²⁾ 1977, 119-125, figs. 15-35.

SCHMIDT & LOEBLICH, III²⁰⁾ 1979, 85-86, figs. 2,6-8,10.

Gonyaulax tamarensis var. excavata

BRAARUD²⁴⁾ 1945, 9-12, figs. 5.A.

Gonyaulax excavata

FUKUYO³³⁾ 1979, 61-64, figs. 1-5.

TORIUMI & TAKANO³⁴⁾ 1979, 58, fig. 3.

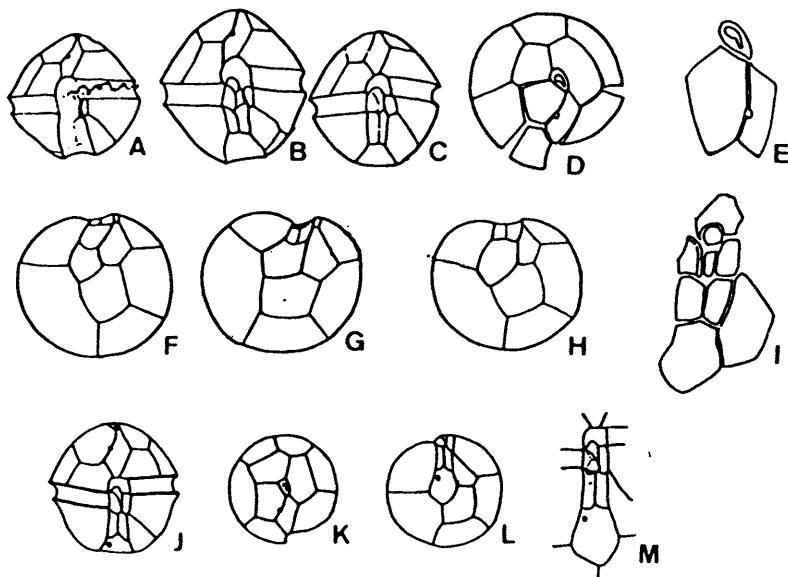


図 2-1-8

Protogonyaulax tamarensis

A-C 腹面, D. 上殼,

E. 頂板Poと頂孔板Pc

F-H. 下殼

I. 縦溝と後挿間板IP

J. 腹面, K. 上殼

L. 下殼, M. 縦溝

(A~I BALECH³²⁾ J~M FUKUYO³³⁾
51)

Gonyaulax catenellaPOSTEK & COX⁴¹⁾ 1976, 88-93, figs. 1-11.Gessnerium tamarensisLOEBLICH, III & LOEBLICH²¹⁾ 1979, 44.

本種の主な特徴は BALECH³²⁾, FUKUYO^{19, 54)}, POSTEK & COX⁴¹⁾ に示されといふが、最も重要なものは次の4点である。

- ・頂孔板 P. は水滴型あるいは長四角形。
- ・頂板 T' に腹孔がある。
- ・後縦溝板 S.P. には、右縁に接するかあるいは離して位置に後部接続孔がある。ただ、この孔は細胞の生長によって消失しちゃうといふことが多い。
- ・長い連鎖群体は形成しない。

ii) Protogonyaulax catenella (WHEDON & KOFOID) TAYLOR
TAYLOR¹²⁾ 1979, 51.

FUKUYO¹⁹⁾ 1980, 51, figs. 1.8-2.b, 1.8-3.b.

Syn.: Gonyaulax catenella

WHEDON & KOFOID³⁹⁾ 1936, 25-31, figs. 1-7, 14.

HASHIMOTO, NOGUCHI & ADACHI²²⁾ 1976, fig. 3.

TORIUMI⁵⁵⁾ 1979, 25, figs. A-D.

TORIUMI & TAKANO³⁴⁾ 1979, 58-60, fig. 1.

Gonyaulax washingtonensis

Hsu⁴⁰⁾ 1967, 73-76, fig. 45.

Gessnerium catenellum

LOEBLICH, III & LOEBLICH²¹⁾ 44.

本種の主な特徴は Hsu⁴⁰⁾ に示されているが、最も重要な点は次の4点である。

- ・頂孔板 Po は水滴形あるいはくさび型。頂孔の傍には前部接続孔 a.a.p. があることが多い。
- ・頂板 l' に腹孔はない。
- ・後縦溝板 s.p. には右縁近くに後部接続孔 p.a.p. がある。ただし、この孔は生長により消失しそう。
- ・8~16細胞の連鎖群体を作ることがある。

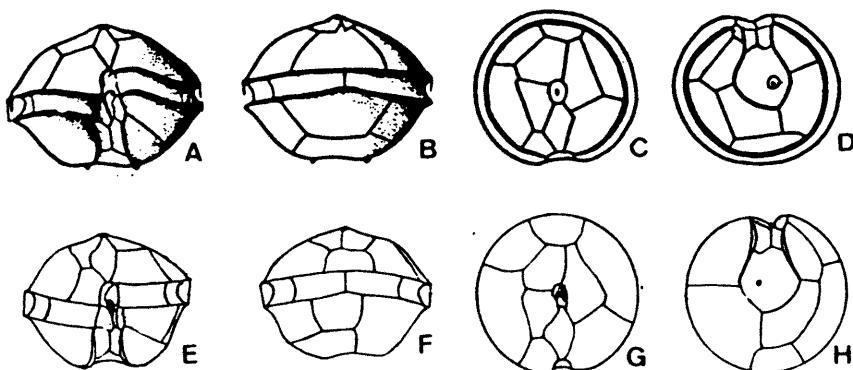


図2-1-9

Protogonyaulax catenella

A.E. 腹面, B.F. 背面

C.G. 上殻, D.H. 下殻

(A~D Whedon & Kofoid³⁹⁾

E~H Hsu⁴⁰⁾ ⁵¹⁾)

iii) Protogonyaulax acatenella (WHEDON & KOFOID) TAYLOR

TAYLOR¹²⁾ 1979, 51.

Syn.: Gonyaulax acatenella

WHEDON & KOFOID³⁹⁾ 1936, 31-34, figs. 8-13, 15.

PRAKASH & TAYLOR⁴⁷⁾ 1966, 1265-1270, fig. 2.

TAYLOR¹³⁾ 1975, 113-114, figs. 5a,b.

LOEBLICH & LOEBLICH, III³¹⁾ 1975, figs. 15-19.

Gessnerium acatenellum

LOEBLICH, III & LOEBLICH²¹⁾ 1979, 44.

本種の主な特徴は TAYLOR¹³⁾, LOEBLICH & LOEBLICH, III³¹⁾ に示されてゐるが、最も重要なものは次の5点である。

- 頂孔板は水滴形。
- 頂板 I' に腹孔は認められない。
- 後縦溝板 s.p. には右縁寄りに後部接続孔 p.a.p.

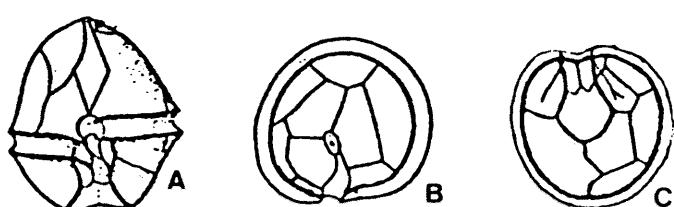


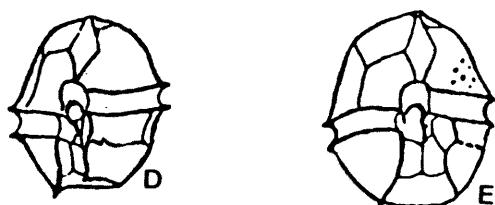
図 2-1-10

Protogonyaulax acatenella

A.D.E. 腹面, B. 上部,
C. 下部

(A-C Whedon & Kofoid³⁹⁾)

D.E Taylor¹³⁾ ()



がある

- ・下殻の後帶板と底板、後挿間板や縦溝板との間に発達した翼状のひれがある。
- ・長い連鎖群体を作ることがある。

IV) Protogonyaulax phoneus (WOŁOSZYNSKA & CONRAD) TAYLOR
TAYLOR¹²⁾ 1979, 51.

Syn.: Pyrodinium phoneus

WOŁOSZYNSKA & CONRAD⁴⁸⁾ 1939, 1-5, figs. 1-12.

Gonyaulax phoneus

LOEBLICH & LOEBLICH, III³¹⁾ 1975, 221.

本種の主な特徴は WOŁOSZYNSKA & CONRAD⁴⁸⁾ に示され
ているが、最も重要なものは次の1点である。

- ・頂板は鎌状に湾曲しており、腹孔は認められない。



図2-1-11

Protogonyaulax phoneus

A-C, F 上殻

D, E 下殻

(Wołoszynska & Conrad⁴⁸⁾ より)



v) Protogonyaulax globosa (BRAARUD) TAYLORTAYLOR¹²⁾ 1979, 51.Syn.: Gonyaulax tamarensis var. globosaBRAARUD²⁴⁾ 1945, 12-14, fig. 5.B.Gonyaulax trygveiPARKE & DIXON⁵⁶⁾ 1976, 546, 550.Gonyaulax globosaBALECH²⁹⁾ 1971, 29.

本種の主な特徴は BRAARUD²⁴⁾ に示されてゐるが、最も重要なものは次の3点である。

- ・細胞は丸味が強い。
- ・後帶板 I' が大きく、縦溝の窪みから外に出て
いる。
- ・底板 I''' の横に広い。

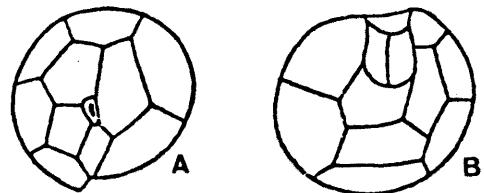


図2-1-12

Protogonyaulax globosaA 上殻, B 下殻
(Braarud²⁴⁾ より)vi) Protogonyaulax dimorpha (BIECHELER) TAYLORTAYLOR¹²⁾ 1979, 51.Syn.: Gonyaulax dimorphaBIECHELER⁴⁹⁾ 1953, 50-55, figs. 26-29.

本種の主な特徴は BIECHELER⁴⁹⁾ に示されてゐる

ヤ、最も重要なものは次の4点である。

- ・細胞は球形あるいは側扁している。
- ・頂板¹は鎌状に湾曲しており、腹孔が認められる。
- ・頂板¹が腹孔を通る線で上下にしほしほ二分される。
- ・縦溝は中央部では幅が狭いが、後部では大きい。

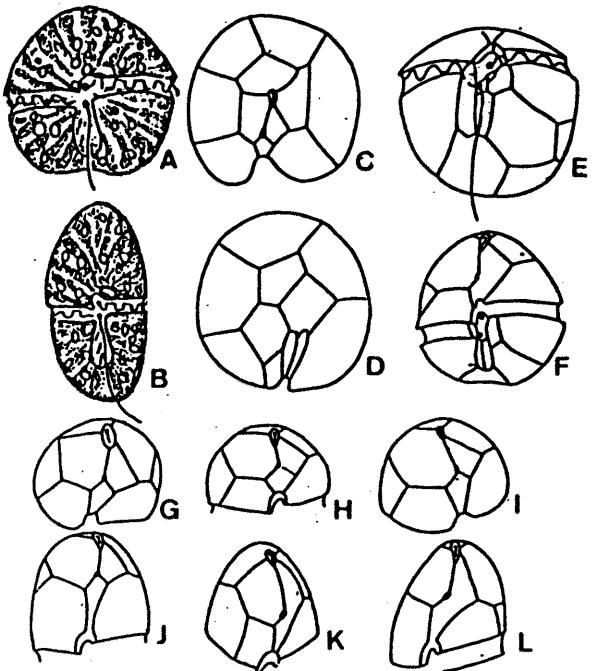


図2-1-12

• Protogonyaulax dimorpha

A.B. 生体の腹面, C. 上殻,
D. 下殻, E.F. 腹面,
G~L. 上殻の腹面

(Biecheler⁴⁹より)

vii) Protogonyaulax fratercula (BALECH) TAYLOR

TAYLOR¹² 1979, 51.

FUKUYO¹⁹ 1980, 50-51, figs. 1.8-2.c, 1.8-3.c

Syn.: Gonyaulax fratercula

BALECH⁵⁰ 1964, 31-38, pl.4, figs.47-58.

Gessnerium fraterculum

LOEBLICH, III & LOEBLICH²¹ 1979, 44.

本種の主な特徴は BALECH⁵⁰⁾ に詳しいが、最も重要なものは次の4点である。

- ・頂孔板 P. は紡錘形で右側に頂孔、左側に前部接続孔がある。
- ・頂板 I' に腹孔がある。
- ・後縦溝板の中央に後部接続孔がある。
- ・63細胞に達する長い連鎖群体を作る。

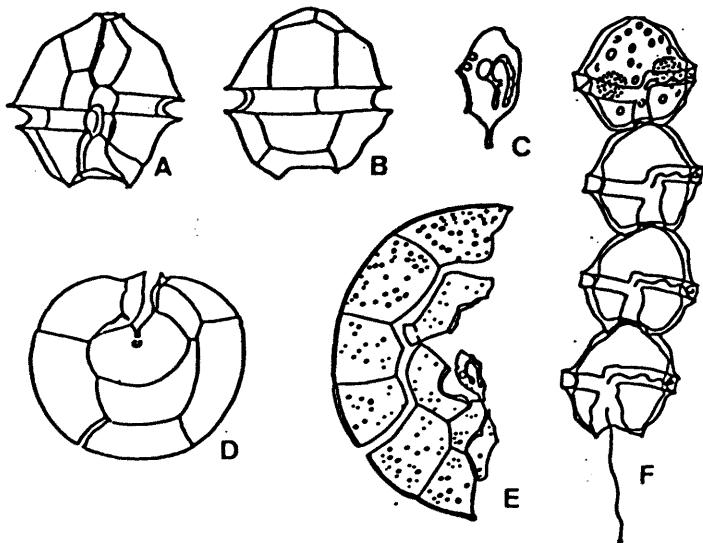


図2-1-13

Protogonyaulax fratercula

A 腹面, B. 背面, C. 頂孔板
D. 下殻, E. 上殻, F. 連鎖群体
(BALECH⁵⁰⁾ = 53)

viii) Protogonyaulax cohorticula (BALECH) TAYLOR

TAYLOR¹²⁾ 1979, 51.

Syn.: Gonyaulax cohorticula

BALECH⁵¹⁾ 1967, 111-114, pl. 6, figs. 117-119,
pl. 7, figs. 120-122.

Gessnerium cohorticulum

LOEBLICH, III & LOEBLICH²⁴⁾ 1979, 44.

本種の主な特徴は BALECH⁵¹⁾ に詳しいが、最も

重要なものは次の4点である。

- ・頂孔板Poは水滴形～長四角形で、右側に頂孔、左後に後部接続孔がある。
- ・頂板I'に腹孔がある。
- ・前縦溝板の右上端は尖っている。
- ・後縦溝板の中央には後部接続孔が認められる。

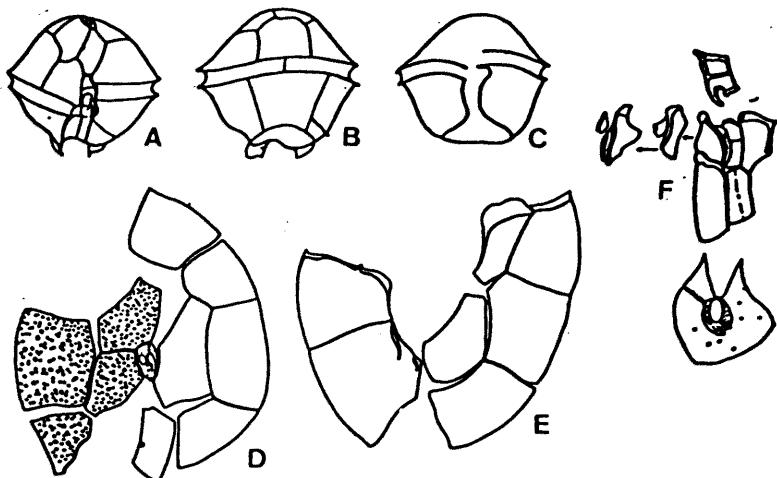


図2-1-14

Protogonyaulax cohorticula

A 腹面, B 背面, C 腹面下部
 D. 上殻, E. 下殻, F. 下縦溝部の鱗板
 ((Balech⁵¹⁾ &))

ix) Protogonyaulax peruviana (BALECH & MENDIOLA) TAYLOR

TAYLOR¹²⁾ 1979, 51.

Syn.: Gonyaulax peruviana

BALECH & MENDIOLA⁵²⁾ 1977, 49, figs. 1-12.

本種の主な特徴は BALECH & MENDIOLA⁵²⁾ に示されていいるが、最も重要なものは次の3点である。

- ・頂孔板は腹側の尖った水滴形である。
- ・頂板I'は鎌状に湾曲しており、右縁中央や

や後方に腹孔がある。

- 前縦溝板は左前端が二ふく状に大きく盛り上っている。

x) Gonyaulax kutnerae BALECH

BALECH⁵³⁾ 1979, 61-63, pl. 3, figs. 1-11.

本種の主な特徴は BALECH⁵³⁾ に詳しいが、最も重要なものは次の3点である。

- 頂板は腹端の尖った水滴形である。
- 頂板'には4'との縫合線の内側に腹孔が認められる。
- 前縦溝板は前端が丸味を帯びて大きく盛り上っている。

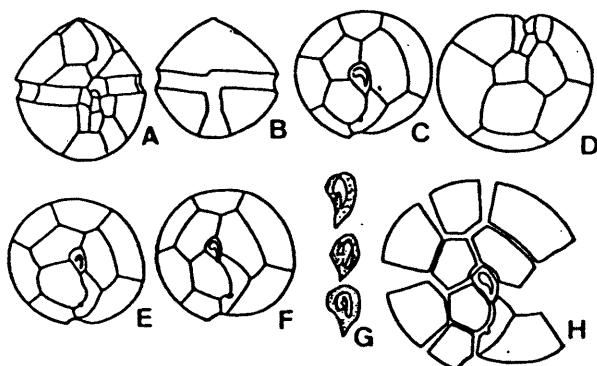


図 2-1-15

Protogonyaulax peruviana

A, B. 腹面, C, E, F, H. 上殻, D, 下殻
G. 頂孔板. (Balech & Mendiola⁵²⁾より)

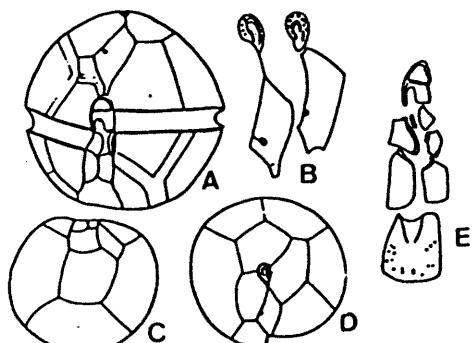


図 2-1-16

Gonyaulax kutnerae

A. 腹面, B. 頂孔板と頂板'
C. 下殻, D. 上殻, E. 縦溝板
(Balech⁵³⁾より)

第2節 試料採取海域と調査方法

本研究には、図2-2-1に示した日本各地の20湾において、著者の採取したプランクトン試料、および各地の水産試験場等の調査研究機関が採取し著者に恵与していただいたプランクトン試料を用いた。

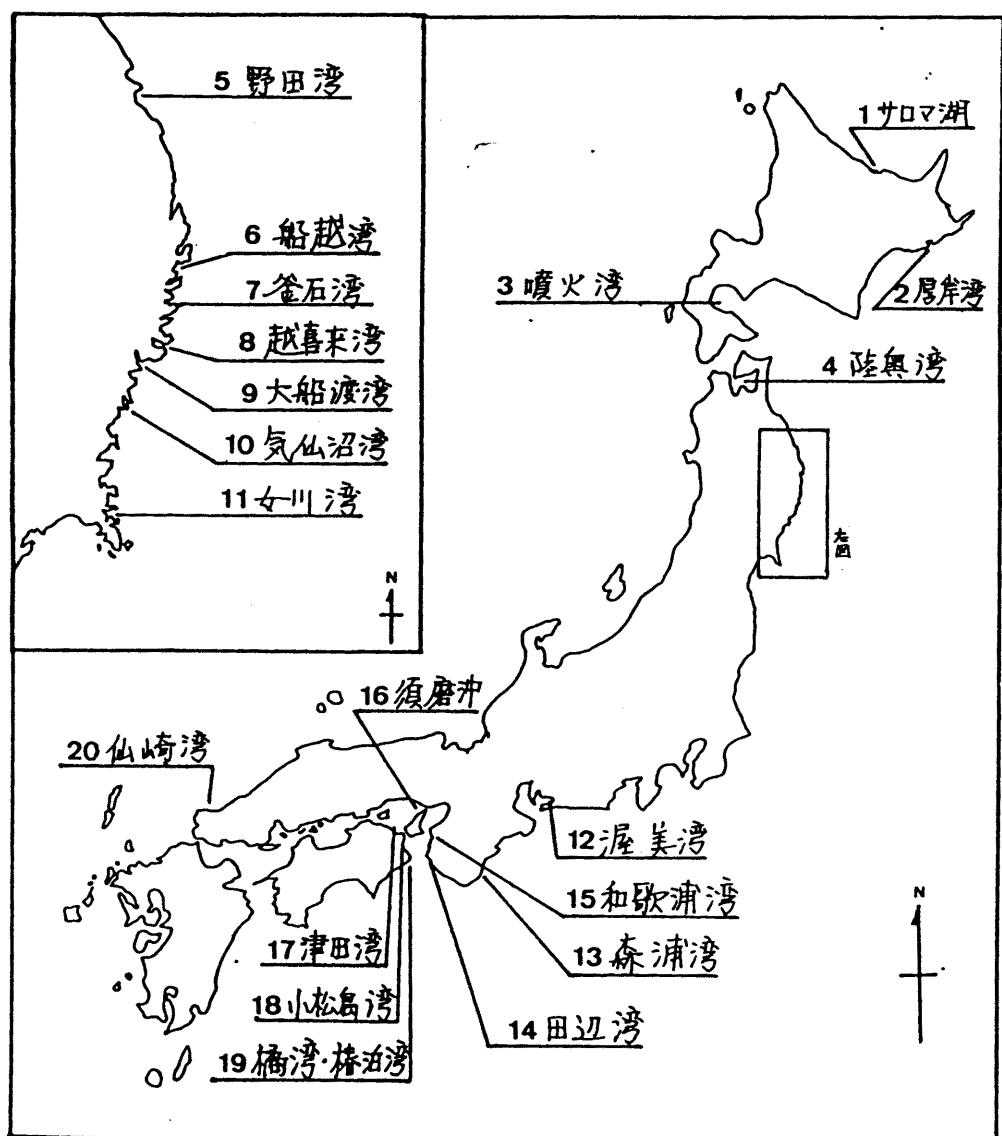


図2-2-1
プランクトン試料
採取地
(地名の前の番号は
表2-2-1の地名番
号と同じ)

プランクトン試料を観察して Protogonyaulax 属のプランクトンが含まれてゐることを認めた場合には、毛細管を用ひてその2~3細胞を顕微鏡下で試料から選別して拾い上げ、別のスライドグラスに移しカバーガラスをかけ、再び顕微鏡下で細胞の大きさ、鑑板の特徴を観察した。この作業を観察細胞の総数が20~50細胞になるまで行ない、その特徴がほぼ一定である場合には含まれてゐる Protogonyaulax 属プランクトンを全て同一種同一株と見なし、湾名と採集年月を記号化した略号で株番号を付けて。特徴を異にする二群が同一試料中に認められた場合には、株番号にさらに副番号を付けて区別をした(表2-2-1)。

種の査定においては、第1節にまとめた10種の Protogonyaulax が、細胞の形、頂孔板の形、腹孔の有無、および後部接続孔の位置の4点の形質を用ひれば区別がきることから、これらを分類形質と考え、特に詳細に検鏡をした。また、プランクトン試料中に見られる連

表2-2-1 Protogonyaulax の株一覧表

採集海域*	株番号	採集年月日	採集者(所属)
1 北海道サロマ湖	SR749	1975 SEP. 10	清洞 進(網走水試)
	SR759	1975 SEP. 5	同上
	SR779	1979 SEP. 7	同上
2 北海道厚岸湾	AK808	1980 AUG. 2	福代 康夫(北里大水)
3 北海道噴火湾	FK788	1988 AUG. 10	大島 泰克(東北大農)
4 青森県陸奥湾	AM798-1	1979 AUG. 27	尾坂 康(青森水増セイ)
	AM798-2	1979 AUG. 22	同上
5 岩手県野田湾	ND795	1979 MAY 10	関口 勝司(岩手水試)
6 岩手県船越湾	FN795	1979 MAY 17	同上
7 岩手県釜石湾	KM7711	1977 Nov. 3	同上
	KM788	1978 AUG. 15	福代 康夫(北里大水)
8 岩手県越喜来湾	OK794	1979 APR. 24	石山 伸夫(北里大水)
	OK796	1979 JUN. 8	同上
	OK7910-1	1979 OCT. 26	同上
	OK7910-2	1979 OCT. 22	同上
	OK806	1980 JUN. 14	福代 康夫(北里大水)
9 岩手県大船渡湾	OK809	1980 SEP. 10	吉田 勝美(北里大水)
	OK8010	1980 OCT. 10	同上
	OF776	1977 JUN. 22	福代 康夫(北里大水)
OF793	1979 MAR. 15	同上	
	OF796	1979 JUN. 25	石山 由夫(北里大水)
	OF799	1979 SEP. 5	同上
OF803	1980 MAR. 13	吉田 勝美(北里大水)	
	OF806	1980 JUN. 13	同上

(続 <)

採集海域*	株番号	採集年月日	採集者(所属)
岩手県大船渡湾	OF8010	1980 OCT. 10	吉田 勝美(北里大水)
	OF813	1981 MAR. 24	福代 康夫(北里大水)
10 宮城県気仙沼湾	KS795	1979 MAY 24	藤田 利秀(気仙沼水試)
	KS797	1979 JUL. 26	大島 泰克(東北大農)
11 宮城県女川湾	ON806	1980 JUL. 20	太田 半介(宮城水試)
12 愛知県渥美湾	AA804	1980 APR. 8	瀬古幸郎(愛知水試)
13 和歌山県森浦湾	WM803	1980 MAR. 22	竹内 照文(和歌山水試)
14 和歌山県田辺湾	WT806	1980 JUN. 10	同 上
15 和歌山県和歌浦湾	WW806	1980 JUN. 15	同 上
16 兵庫県須磨沖	HA808	1980 AUG. 11	真鍋 武彦(兵庫水試)
17 香川県津田湾	KT806	1980 JUN. 9	小野 知足(香川水試)
18 徳島県小松島湾	TK766	1976 JUN. 7	佐々木 正雄(徳島水試)
	TK795	1979 MAY 30	同 上
19 徳島県橋崎椿油湾	TT795	1979 MAY 20	同 上
	TT802	1980 FEB. 28	同 上
20 山口県仙崎湾	YS7912	1979 DEC. 7	池田 武彦(山口内海水試)

*) 採集海域名の前の番号は図2-2-1中の番号と一致する。

鎖群体のうち最長のものの細胞数についても注意を払って計数記録を行なった。

細胞の観察には微分干渉顕微鏡を使用したが、特に鏡板は次亜塩素酸ナトリウム50%溶液を用いて細胞表面から剥離させた後VON STOSCHの染色液⁵⁷⁾で染色して観察した。この染色液

は、ヨウ化水素酸3mlにヨウ素1gを溶かした液（A液とする）と、ヨウ化水素酸2mlに抱水クロラール3.5gを溶かした液（B液とする）をあらかじめ作っておき、使用時にA:Bを5:2の割合で混合して用いるもので、鏡板のセルロース質を褐色に染める性質がある。

Protogonyaulax を含むプランクトン試料が未固定のままで得られた場合には、滅菌した培養液で藻体を洗浄することにより Protogonyaulax を1細胞だけ選別して、単種培養株を作成した。培養液には IWASAKI⁵⁸⁾ の SWII 培地を用い、培養温度は P. tamarensis では 15~17°C, P. catenella では 20~22°C, 照明は約 3,000 lux の 24 時間連続照明とした。培養容器としては、倒立顕微鏡による増殖状態の観察を容易にするため、接種直後はマルチディッシュ、その後はねじ口平底試験管を用いた。この培養株は毒生産能と連鎖群体形成能の観察に用いたが、鏡板等の形態観察では培養による変形を考慮して天然サンプルの補助的利用にとどめた。

第3節 日本沿岸に発生した Protogonyaulax の分類

日本沿岸各地で採集した 40 株の Protogonyaulax を査定した結果、2 新種を含む下記の 5 種を認めることができた。本節では、これらの種分布と形態について記す。

Protogonyaulax tamarensis (LEBOUR) TAYLOR

P. catenella (WHEDON & KOFOID) TAYLOR

P. fratercula (BALECH) TAYLOR

P. sp. (HIR)

P. sp. (ISH)

1. Protogonyaulax tamarensis (LEBOUR) TAYLOR

a. 本種と同定された株とその分布

以下の 17 株が P. tamarensis と査定された。

北海道厚岸湾 AK808

北海道噴火湾 FK788

岩手県野田湾 ND795

岩手県船越湾 FN795

岩手県越喜来湾 OK794, OK796, OK806

岩手県大船渡湾 OF776, OF793, OF796, OF803, OF806,

OF813

宮城県 気仙沼湾 KS795, KS797

宮城県 女川湾 ON806

愛知県 湿美湾 AA804

これら各株の採集地を図2-3-1に示した。これらにも明らかのように、P. tamarensisは主に東北・北海道の太平洋沿岸に分布している。出現期は3~6月の低水温期で、発生量は比較的少なく、赤潮を形成した例はない。

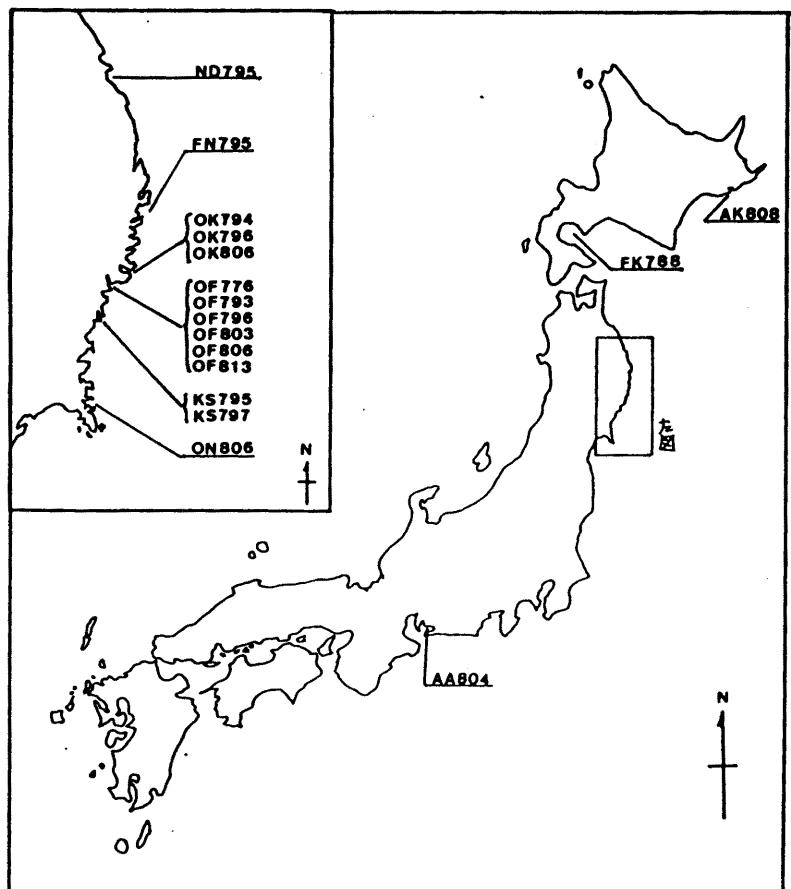
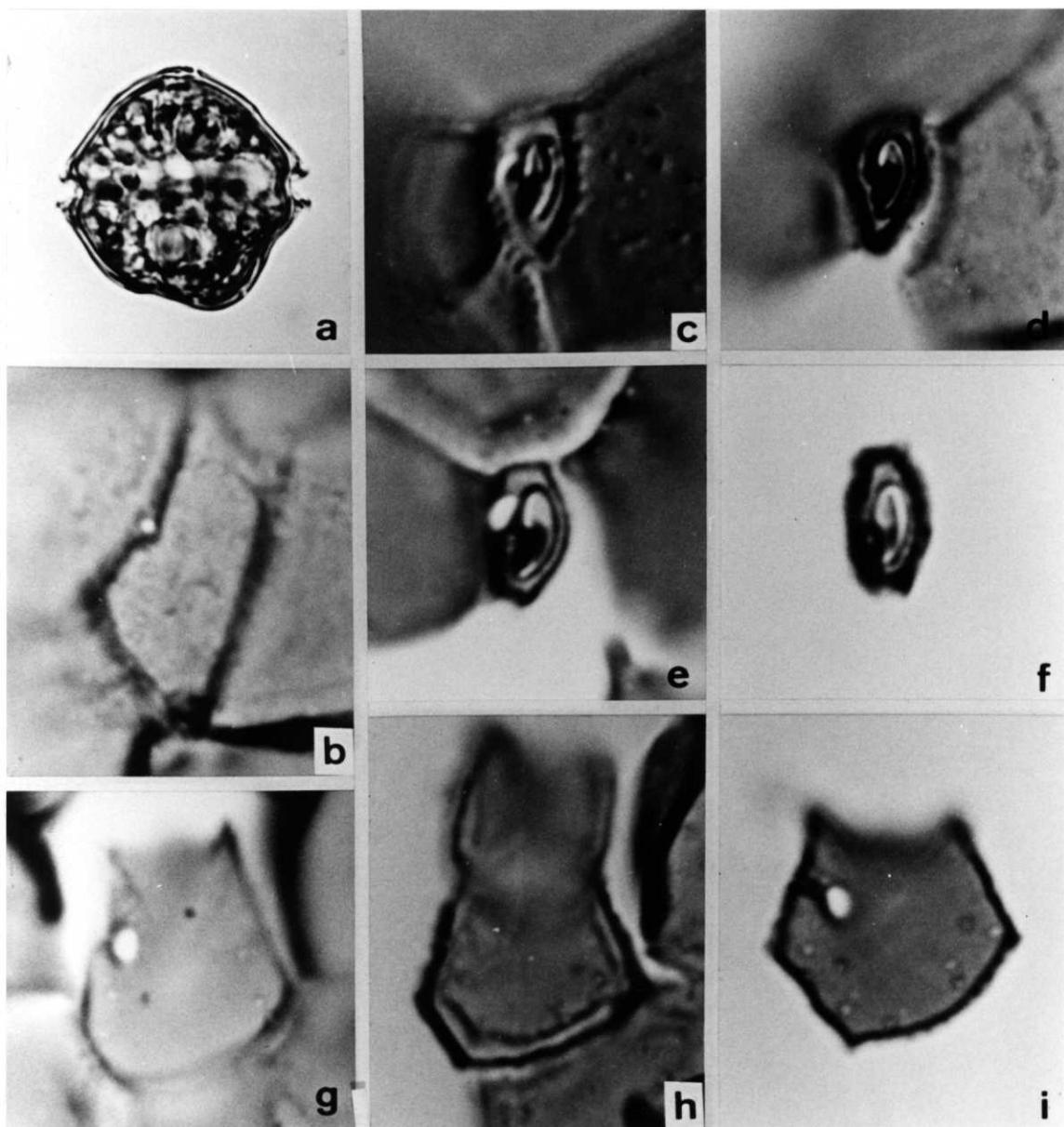


図2-3-1

Protogonyaulax tamarensis
の各株の採集地



図版I

Protogonyaulax tamarensis の形態

- a. 細胞の腹面観(OF796株), b. 頂板I' と 腹孔(AA804株)
- c. d. 頂孔板タイプI (c. AK808株, d. AA804株)
- e. f. 頂孔板タイプII (e. OF806株, f. OF806株)
- g. h. 後縦溝板と後部接続孔タイプI (g. OF806株, h. OF796株)
- i. 後縦溝板と後部接続孔タイプII (OF806株)

b. 形態の特徴

i). 細胞の外形(図版 I-a)

細胞は丸味を帯びており、体長は25~48μmで体幅もほぼ同様である。体長/体幅の値は0.83~1.15で、多くの場合体長が体幅より少くない。表2-3-1は17株の P. tamarensis のうち11株の体長、体幅とその比の値を示した。細胞の腹面観では、右後端が左後端よりわずかに浅く、そのため貫頂軸を対称軸として左右が非対称である。

表2-3-1. Protogonyaulax tamarensis の体長、体幅とその比の値、()内は平均値

株	計測細胞数	体長	体幅	体長/体幅の値
AK808	20	42-32(34.4)	40-32(34.3)	0.98-1.06(1.00)
ND795	17	30-38(33.0)	32-40(34.1)	0.92-1.03(0.98)
FN795	9	30-37(33.8)	32-38(35.3)	0.88-1.06(0.96)
OK796	17	28-38(33.2)	27-38(32.7)	0.97-1.07(1.02)
OF793	17	32-48(38.8)	34-40(37.9)	0.94-1.15(1.02)
OF796	17	26-35(30.8)	27-35(31.2)	0.93-1.06(0.99)
OF803	20	32-40(35.2)	30-40(35.2)	0.89-1.13(1.00)
OF806	20	25-40(33.0)	26-40(33.6)	0.83-1.13(0.98)
KS795	10	30-36(33.6)	32-40(36.4)	0.85-1.06(0.93)
ON806	20	28-43(33.9)	30-45(35.0)	0.88-1.08(0.97)
AA804	20	25-48(39.5)	25-48(40.2)	0.87-1.05(0.98)

ii). 群体形成能力

4細胞を越えるような長い連鎖群体は形成せず、4細胞連鎖もごくまれにしか見られない。増殖の初期あるいは盛期には2細胞の連鎖がしばしば認められるが、この連鎖は細胞の生長につれて離れやすくなり、増殖後期には単細胞の游泳体しか見られなくなる。

iii). 頂孔板（図版I-b～I-e）

頂孔板どうの中の頂孔の形、および前部接続孔の位置と形により2つのタイプが認められるが、1つの株が1つのタイプの頂孔板だけをもつのがなく、2つのタイプの頂孔板を混有することが普通である。

- ・タイプI：輪郭は水滴形で、腹端が頂板1'に向って尖り、中央からやや背方に寄った位置で幅広く、背縁は頂板3'の方へ丸くふくらんでいる。中央やや左寄りに比較的大きな頂孔があり、頂孔の右縁腹側から背方に向って開鎖小板が出ている。頂孔の右側には頂板4'と頂孔の両方に接するように短

橢円形の前部接続孔があるもの（図版 I-b）と、細胞の生長によりこの孔が閉塞したもの（図版 I-c）とが見られる。

・タイプ II：腹端は尖らず、背腹に伸長し、左縁が頂板2'側にゆるやかにふくらんでおり、輪郭は四角形に近い。中央付近で最も幅が広い。比較的大型の頂孔が中央やや左寄りにあり、頂孔の右縁腹側から背方に向って開鎖小板が出ている。頂孔の右側には頂板4'と頂孔の底方に接するようなく短橢円形の前部接続孔があるもの（図版 I-d）と、細胞の生長によりこの孔が閉塞したもの（図版 I-e）とが見られる。

iv). 腹孔（図版 I-f）

頂板1'の右上縁の頂板4'との縫合線上に腹孔がある。腹孔は右上縁中央あるいは中央からわずか下方にあることが多い。

v). 後部接続孔（図版 I-g ~ I-i）

後縦溝板にある後部接続孔の位置により 2つのタイプが認められるが、1つの株に1つ

- のタイプの後縦溝板しかないのがばく、2つのタイプが混在することが普通である。
- ・タイプI：後部接続孔が後縦溝板の右縁に接している（図版I-♀）。細胞の生長によりこの孔が閉塞してしまうこともある（図版I-♂）。
 - ・タイプII：後部接続孔が後縦溝板の右縁からわずかに離れてある（図版I-♂）。細胞の生長によりこの孔が閉塞しまうこともある。

2. Protogonyaulax catenella (WHEDON & KOFOID) TAYLOR

a. 本種と同定された株とその分布

以下の15株が P. catenella と査定された。

岩手県釜石湾 KM7711, KM788

岩手県越喜来湾 OK809

岩手県大船渡湾 OF799, OF8010

和歌山県森浦湾 WM803

和歌山県田辺湾 WT806

和歌山県和歌浦湾 WW806

兵庫県須磨沖 HA808

香川県津田湾 KT806

徳島県小松島湾 TK766, TK795

徳島県橋湾・椿泊湾 TT795, TT802

山口県仙崎湾 YS7912

P. catenella は主に西日本に分布するが、東北地方にも少數例発生している。発生時期は西日本では初夏、東北では秋が多く、*P. tamarensis* より高い 20°C 前後の高温期を好む。たゞ赤潮

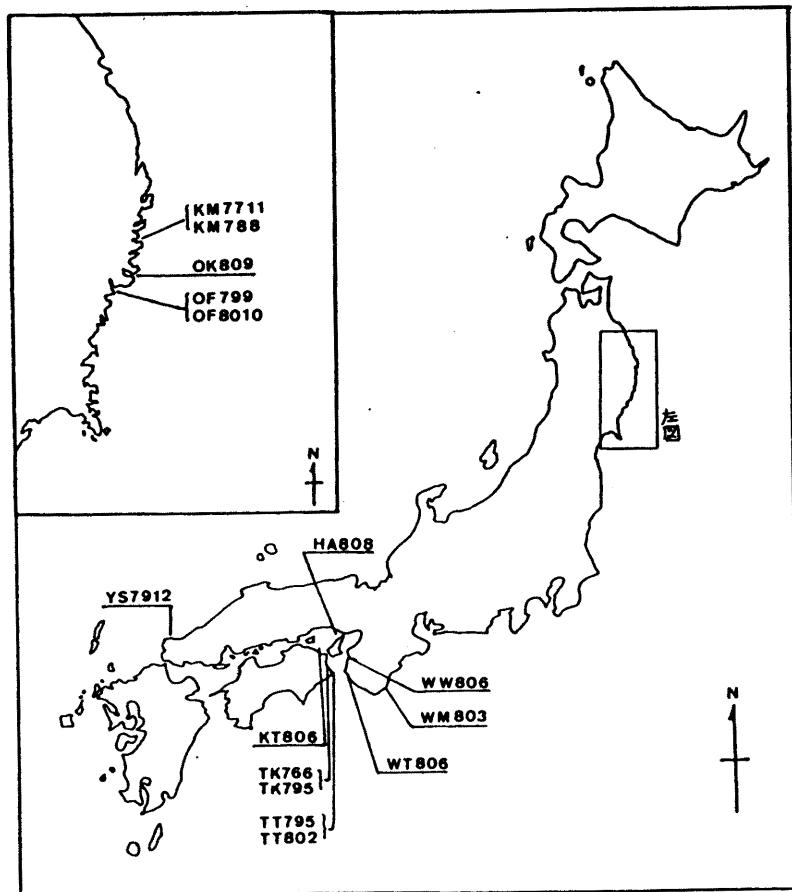
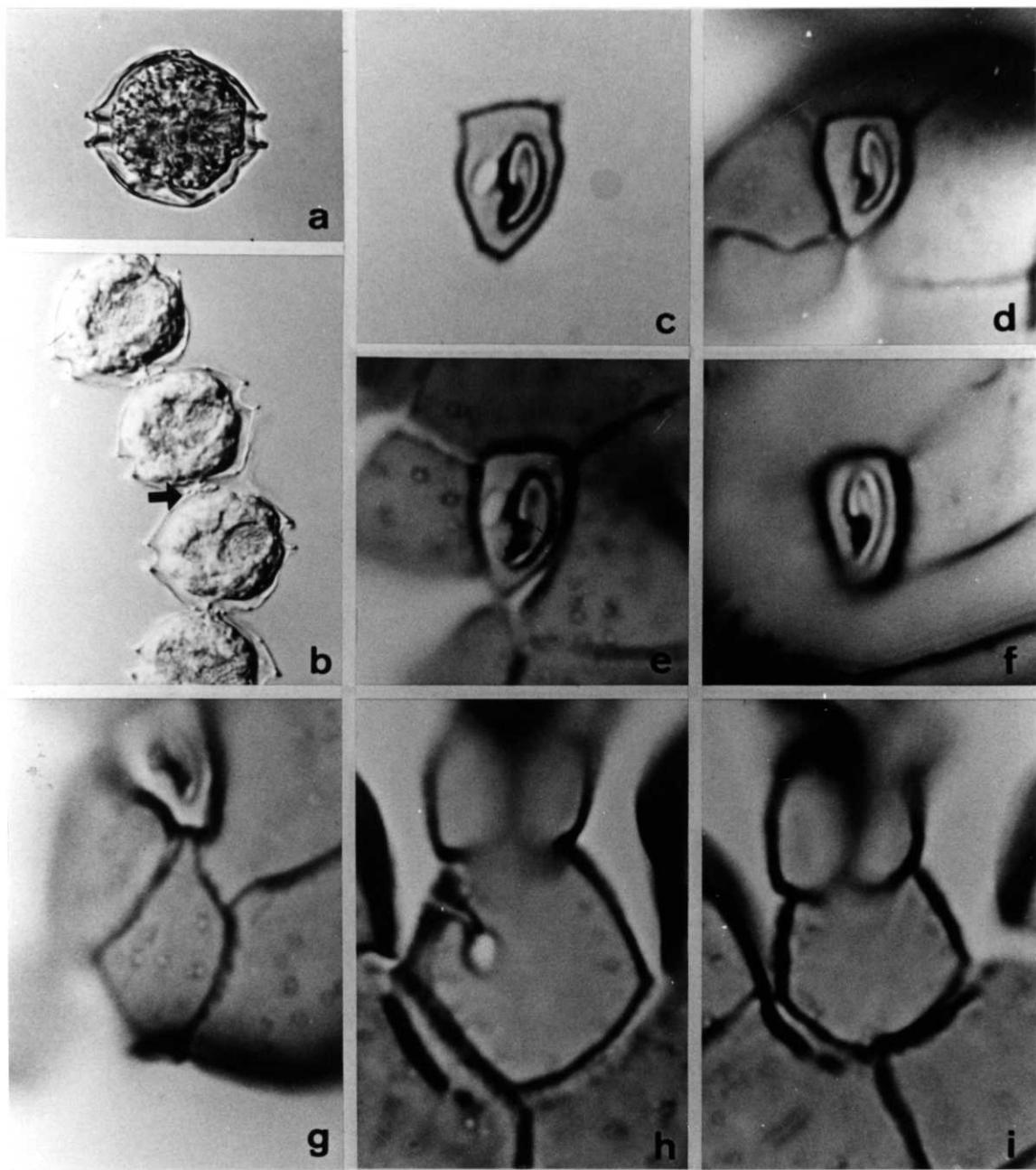


図 2-3-2
Protogonyaulax catenella
の各株の採集地



図版II

Protogonyaulax catenella の形態

- 細胞の腹面観 (HA809株)
- 連鎖群体, 矢印は連結点 (WM803株)
- e. 頂孔板タイプI (c. WW806株, d. KM7711株, e. KM7711株)
- 頂孔板タイプII (KM7711株)
- 頂板I' (腹孔はない, KM7711株)
- i. 後縦溝板と後部接続孔 (h. KM7711株, i. KM7711株)

は 12 °C 前後の低温期に形成されることが多い。

b. 形態の特徴

i). 細胞の外形 (図版 II-a)

細胞は体長 21 ~ 48 μm , 体幅 23 ~ 48 μm の球状をし、ほとんどの場合体長が体幅より明らかに短かく、上下に扁平された形をしている。表 2-3-2 は 15 株の P. catenella のうち 12 株の体長、体幅との比の値を示す。細胞の腹面觀は、

表 2-3-2 Protogonyaulax catenella の体長、体幅とその比の値、() 内は平均値

株	計測細胞数	体 長	体 幅	体長/体幅 の 値
KM7711	19	25-32(27.4)	27-38(31.6)	0.81-0.97(0.87)
Ok809	15	29-35(31.3)	33-37(34.6)	0.86-0.97(0.90)
OF799	17	23-31(27.4)	25-33(29.2)	0.89-1.03(0.94)
OF8010	20	24-33(27.1)	28-36(32.2)	0.76-1.00(0.84)
WM803	20	23-30(26.3)	26-34(30.5)	0.74-1.06(0.85)
WT806	20	21-33(25.0)	23-35(27.6)	0.82-1.00(0.91)
WW806	20	25-35(30.1)	26-40(34.1)	0.80-0.96(0.88)
HA808	3	33-40(36.0)	36-40(38.0)	0.88-1.05(0.95)
KT806	20	30-48(35.2)	30-48(34.9)	0.91-1.08(1.01)
TT795	20	25-40(30.3)	30-40(34.0)	0.65-1.14(0.89)
TK766	20	25-35(29.5)	25-40(31.0)	0.80-1.09(0.95)
YS7912	20	30-40(34.6)	30-38(33.7)	0.94-1.15(1.03)

右後端が左後端より浅く、そのため貫頂軸を対称軸として左右が非対称である。

ii). 群体形成能力

KMCKII 株では 16 細胞の連鎖まで認められたが、他の株では 8 細胞あるいは 4 細胞の連鎖群体までしか観察できなかつた。連鎖を形成しない細胞も多く、特に増殖の盛期にはほとんど連鎖群体が見られなかつた。培養した場合も、増殖の初期には多くは 8 細胞の連鎖群体が形成されるが、盛期には二の群体が二かれ、ほとんどが単独個体となつてゐる。

連鎖群体を形成しない場合、細胞の連結点は腹面から見て貫頂軸の左側に寄つてゐる。これは後部接続孔の位置が、後述のように後縦溝板の左縁寄りにあるためであり、このため連鎖群体は直ぐではなく多少湾曲してゐることが多い（図版 II-b）。

iii). 頂孔板（図版 II-c ~ II-f）

頂孔板の形、および前部接続孔の位置と形により 2 つのタイプが認められるが、一つの

株に 1 つのタイプの頂孔板だけがあるのではなく、2 つのタイプの頂孔板が混在するなど普通である。

・タイプ I : 輪郭は楔形で、中央から背方にかけて幅が広く、腹端が尖ってい。背縁は平坦、あるいはごくわずかにふくらんでいる。背縁の両端は共にほぼ直角をなしており、左右両側縁の背縁角近くはわずかに縮んでいることがある。中央の左縁寄りに P. tamarensis と比べてやや小さいための頂孔があり、頂孔の右縁腹側から背方に向って閉鎖小板が出でている。頂孔の右側中央に橢円形の前部接続孔がある（図版 II-c）が、細胞の生長に伴ないこの孔が閉塞した頂孔板（図版 II-d）も見られる。後者の場合、頂孔板と周囲の頂板との間の縫合線部が肥大するため頂孔板が小型化し、一方、中の頂孔は大きさが変わらないため、頂孔の周囲部分の幅が狭くなっていることが多い。このような周辺部の変化は頂孔板の両側縁部に著し

<、前部接続孔が明瞭な時にも起る（図版II-e）。

・タイプII：タイプIの頂孔板が細胞の生長により形が変化してできたタイプと考えられ、シクラメンに見られる。*P. tamarensis*の頂孔板のタイプIIに似ているが、それより中央から背方にかけて幅が広い。背腹に伸長した四角形で、腹端は尖らず、両側縁はゆるやかにふくらんでいる。中央に大きな頂孔があり、頂孔の右縁腹側から背方に向って開鎖小板が出でている（図版II-f）

iv). 腹孔（図版II-g）

頂板1' と頂板4' の間の縫合線上に腹孔は認められない。

v). 後部接続孔（図版II-h～II-i）

後縦溝板の背腹正中線と右縁のほぼ中間に後部接続孔があり、右縁から連結隙が付いている（図版II-h）。細胞の生長に伴ない、後部接続孔と連結隙が閉塞したもの（図版II-i）も見られる。

3 Protogonyaulax fratercula (BALECH) TAYLOR

a. 本種と同定された株とその分布

次の3株が P. fratercula と査定された。

青森県陸奥湾 AM798-1

岩手県越喜来湾 OK7910-1, OK8010

これら3株の採集地を図2-3-3に示した。両湾では本種は秋季の暖水系水の勢力の強い時期に現われており、津軽暖水によって運ばれえたものと考えられる。発生量は極めて少ない。

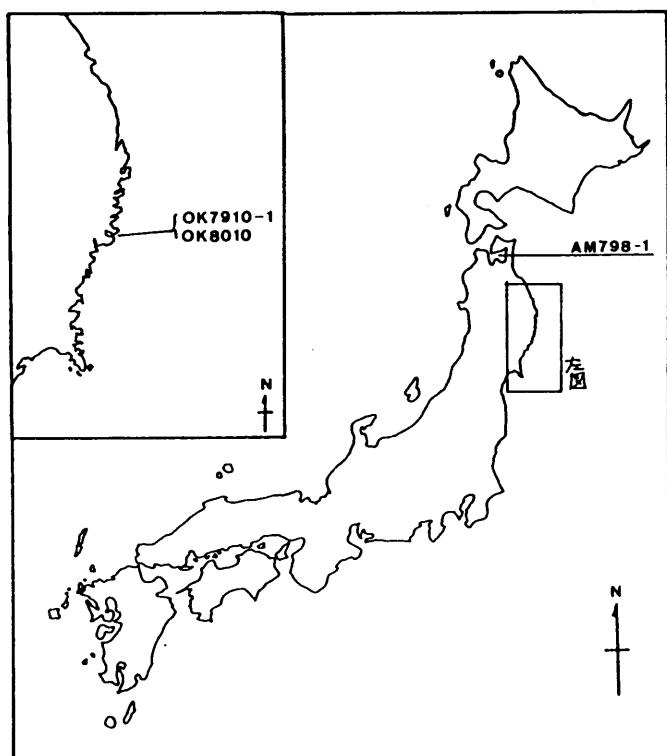
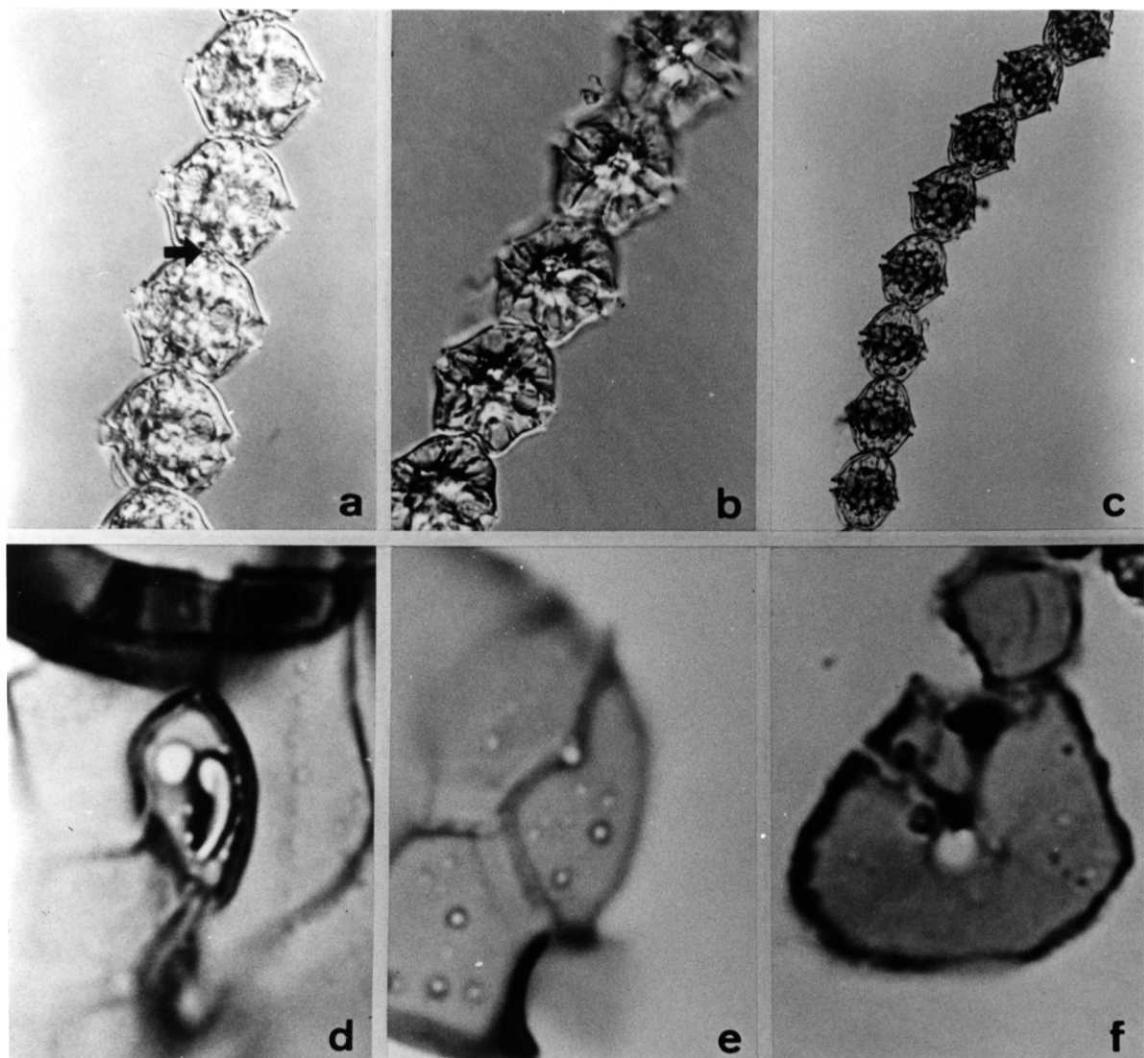


図 2-3-3

Protogonyaulax fratercula
の各株の採集地



図版III

Protogonyaulax fratercula の形態

a-c. 連鎖群体. 矢印は連結点 (a-c OK7910株)

d. 頂孔板 (OK7910株), e. 頂板と腹孔 (OK7910株)

f. 後縦溝板と後部接続孔 (OK7910株)

b. 形態の特徴

i). 細胞の外形（図版Ⅲ-a～Ⅲ-c）

細胞は体長32～39μm、体幅32～40μmで、体長と体幅の比の値は0.88～1.08である。表2-3-3に3株のP. fraterculaの体長、体幅との比の値を示した。細胞の腹面觀は貫頂軸を対称軸として左右が対称である。

ii). 群体形成能力（図版Ⅲ-a～Ⅲ-c）

非常に長い連鎖群体を形成し、AM798-1株では55細胞連鎖、OK7910-1株では30細胞連鎖を認めている。群体中では細胞が互いに密接につながっており、前方細胞の下殻の縦溝に上殻の頂端がしつかり入り込んでいる。これは後部接続孔の位置が後縦溝板の中央にあるためである。

表2-3-3 Protogonyaulax fratercula の体長、体幅との比の値、()内は平均値

株	計測細胞数	体 長	体 幅	体長/体幅の値
AM798-1	15	36-39(36.9)	34-38(35.6)	1.00-1.08(1.04)
OK7910-1	20	32-35(33.3)	32-36(33.6)	0.94-1.03(0.99)
OK8010	2	35 (35.0)	39-40(39.5)	0.88-0.90(0.89)

iii). 頂孔板(図版III-d)

腹端と背端がともに尖っている紡錘形で、中央やや背方で最も幅が広い。背腹正中線の左側に小形の細長い頂孔があり、頂孔の右縁中央からやや背方に寄った位置から、背方に向って小さな閉鎖小板が出ている。頂孔の右背側方に丸い前部接続孔があり、この他に微小な孔が頂孔の周囲に認められる。

iv). 腹孔(図版III-e)

頂板1' と 頂板4'との縫合線上に腹孔が見られる。その位置は縫合線の中央ないしわずかに頂孔寄りである。

v). 後部接続孔(図版III-f)

後縦溝板のほぼ中央に丸い後部接続孔があり、右縁から連絡隙が認められる。

4. Protogonyaulax sp. (HIR)

本種は瀬戸内海の広島県仙酔島付近⁵⁹⁾井上より初めて採集されたものであり、その特徴がすでに知られて いる10種の Protogonyaulax

のいずれとも異なるため新種と考えられる。本論文では新種としてこの記載を行なわないため、Protogonyaulax sp. (HIR)と表記する。この略号の HIR は最初の採集地の広島の名前から採ったものである。

a. 本種と同定された株とその分布

以下の 4 株が Protogonyaulax sp. (HIR) と査定された。

北海道サロマ湖 SR749, SR759, SR779

青森県陸奥湾 AM798-2

この 4 株の採集地を図 2-3-4 に示した。なお

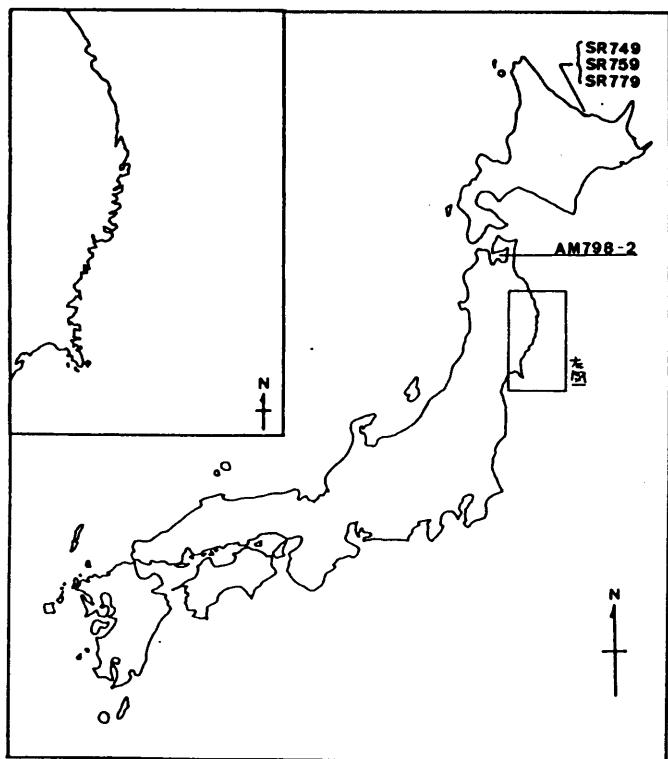
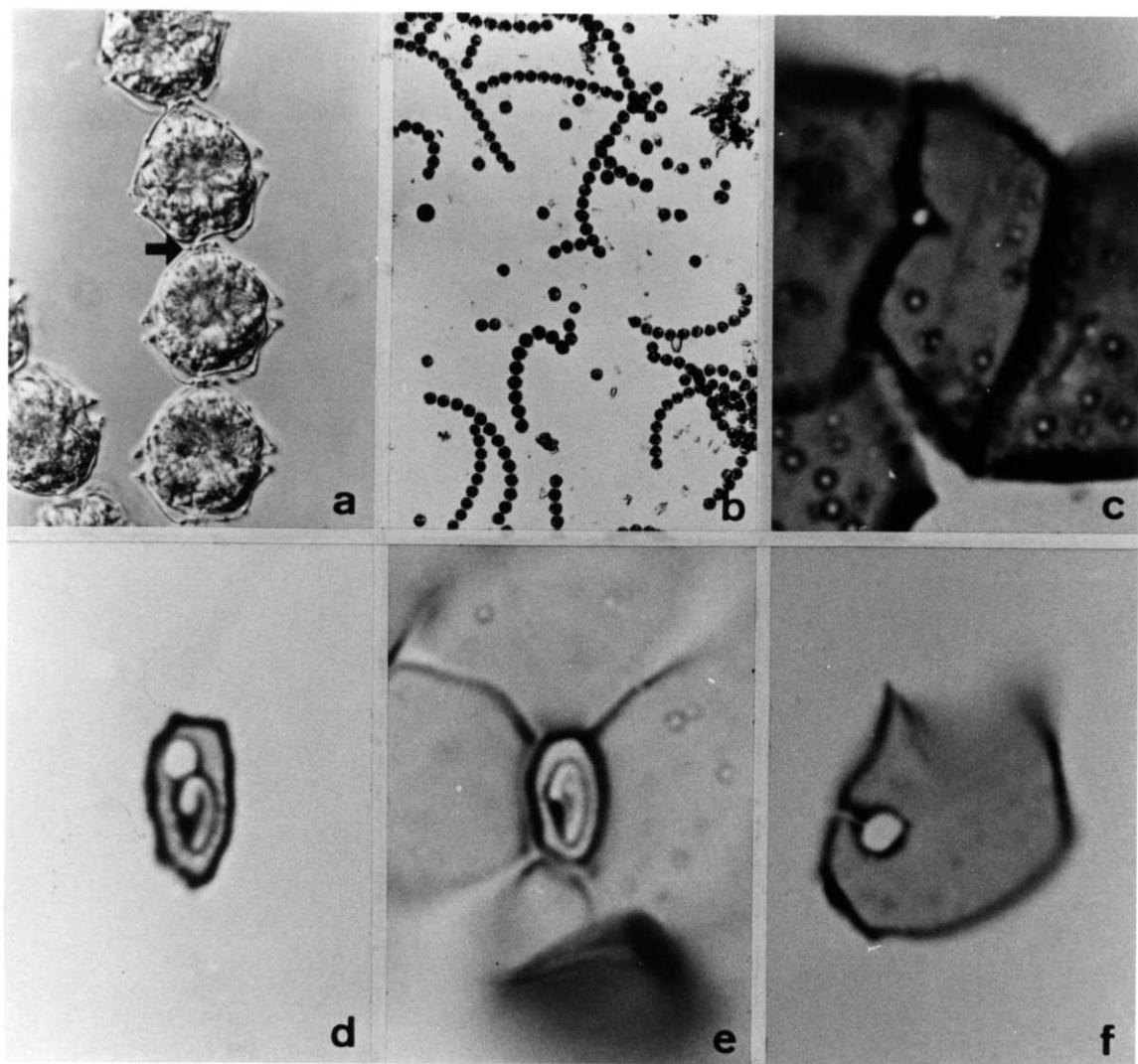


図 2-3-4
Protogonyaulax sp. (HIR)
の各株の採集地



図版 IV

Protogonyaulax sp. (HIR) の形態

- a. 連鎖群体, 矢印は連結点 (SR749株), b. 赤潮標本中の細胞 (SR749株), c. 頂板と腹孔 (SR779株),
- d.e. 頂孔板 (d. SR749株, e. SR749株),
- f. 後縦溝板と後部接続孔 (SR749株)

北海道サロマ湖で採集された3株はすべて、赤潮状態にまで増殖したものである。

b. 形態の特徴

i). 細胞の外形（図版IV-a）

細胞は体長28~40μm, 体幅24~38μmで、体長と体幅の比の値は0.93~1.14である。体長が体幅よりやや大きいことが多い。表2-3-4に4株の Protogonyaulax sp. (HIR) の体長、体幅との比の値を示した。細胞の腹面觀は、貫頂軸を対称軸として左右が対称で、下殻の左右の後端はほぼ同程度にふくらんでいる。

ii). 群体形成能力（図版IV-a~IV-b）

非常に長い連鎖群体を形成し、SR749株では最長32細胞連鎖まで認められた。

表2-3-4 Protogonyaulax sp. (HIR) の体長、体幅との比の値、()内は平均値

株	計測細胞数	体長	体幅	体長/体幅の値
SR749	20	30-38(33.5)	28-36(31.9)	0.94-1.13(1.05)
SR759	20	28-40(33.6)	28-38(32.3)	0.93-1.14(1.04)
SR779	20	28-40(34.8)	24-36(32.1)	0.94-1.14(1.08)
AM798-2	8	39-42(33.0)	32-40(34.1)	0.92-1.03(0.98)

iii). 頂孔板(図版IV-d ~ IV-e)

左右の側縁が外側にゆるやかにふくらんだ四辺形で、背縁は平坦、腹縁は傾むき、左端が腹側へ突出している。頂孔板の腹側寄りに小さな頂孔があり、頂孔の右縁腹側から背方に向って閉鎖小板が出ている。頂孔の右背方に大きく丸い前部接続孔がある(図版IV-d)。この前部接続孔は細胞の生長と共に閉塞され、同時に頂孔の周囲の幅も狭くなってくるが、このような形の頂孔板(図版IV-e)もじくまれに認められる。

iv). 腹孔(図版IV-c)

頂板1' と頂板4' の縫合線上に腹孔が見られる。その位置は縫合線の中央部ないしわずかに頂孔寄りである。

v). 後部接続孔(図版IV-f)

比較的大きめの後部接続孔が後縦溝板の右縁からやや離れてあり、右縁ほぼ中央から連絡隙が付いている。

5. Protogonyaulax sp. (ISH)

本種は岩手県越喜来湾で石山由夫氏により採集されたもので、その特徴が既知の11種の Protogonyaulax のいずれとも異なるため新種と考えられる。本論文では新種としてこの記載を行なわないので、Protogonyaulax sp. (ISH) と表記する。この略号の ISH は採集者石山氏の名前から採ったものである。

a. 本種と同定された株とその分布

本種には次の1株だけが認められている。

岩手県越喜来湾 OK7910-2

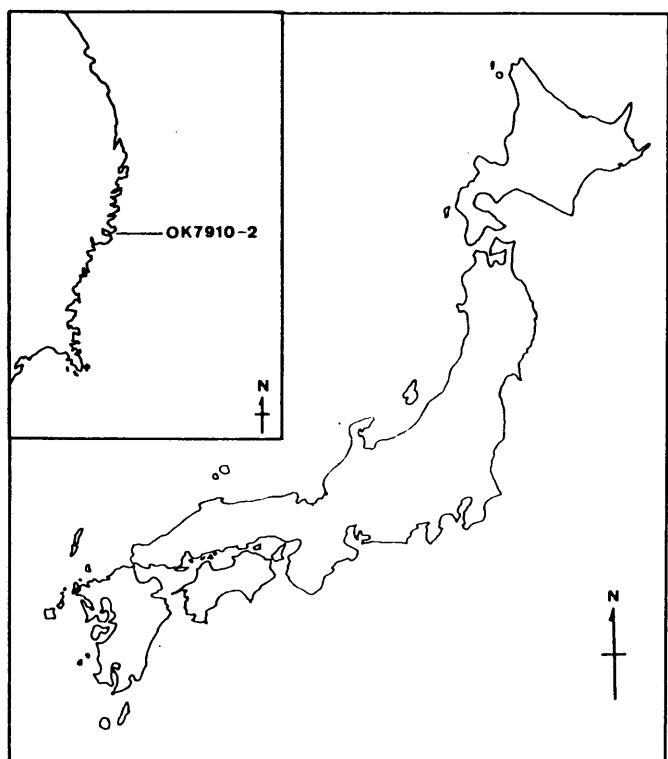
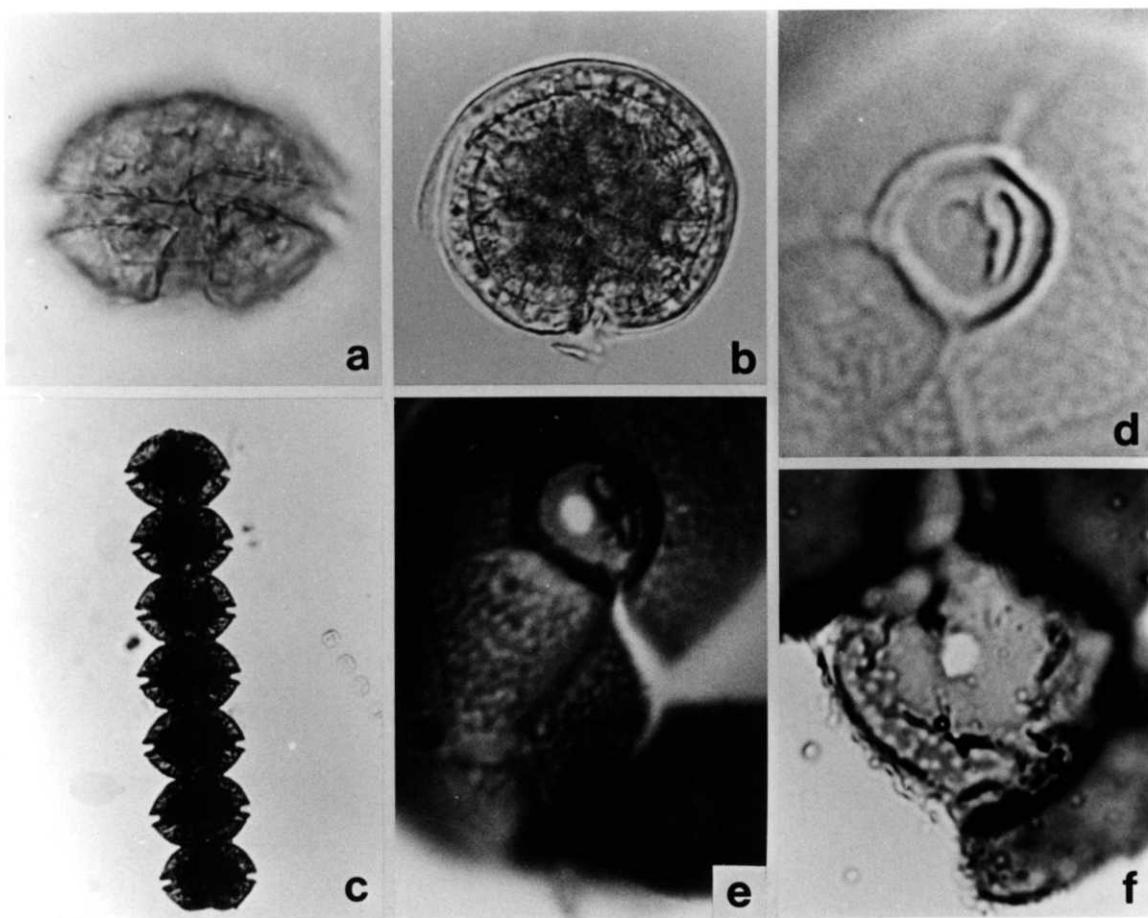


図2-3-5
Protogonyaulax sp. (ISH)
の採集地



図版V

Protogonyaulax sp. (ISH) の形態

- a. 細胞の腹面観 (OK7910-2株)
- b. 細胞の上面観 (OK7910-2株)
- c. 連鎖群体 (OK7910-2株)
- d. 頂孔板 (OK7910-2株)
- e. 頂板I' (頂孔はない, OK7910-2株)
- f. 後縦溝板と後部接続孔 (OK7910-2株)

図2-3-5にOK7910-2株の採集地を示した。このOK7910-2株が採集された当時は、湾内には塩分濃度が34.0%を越す暖流系水が流れ込んでおり、このため本種は暖海性種と考えることが出来る。

b. 形態の特徴

i) 細胞の外形(図版V-a)

細胞は比較的大きく、頂軸の方向に強く圧扁されており、体長36 μm 、体幅48 μm で、体長と体幅の比の値は0.75である。腹面から見ると橢円に近く、横溝の部分が深く窪んでおり、貫頂軸に関しては左右対称である。

ii) 群体形成能力(図版V-b)

7細胞が連鎖して形成された1群体だけが認められている。この群体の細胞は互いの頂端と底端がきめく密接に付いっている。

iv) 頂孔板(図版V-c)

背腹径が左右径よりわずかに長いが、ほとんど円形に近く、腹縁がやや角度を成している。背腹正中線の左側に幅狭い小さな頂孔が

あり、頂孔の右縁腹側から細い閉鎖小板が背方に向って出でている。頂孔の右側方に大きな卵形の前部接続孔がある。

iv). 腹孔(図版V-d)

頂板1' と頂板4' の縫合線上に腹孔は認められない。

v). 後部接続孔(図版V-e)

後縦溝板のほぼ中央に丸い後部接続孔があり、右縁から連絡隙がついている。

第3章 日本沿岸の Protogonyaulax 属のシストの分類

渦鞭毛藻類には、生活史の一時期に鞭毛を失ない、細胞の表面に抵抗性の強い膜を形成しシスト (resting cyst)となつて海底に沈降し、休眠生活を送る種類が知られており。これらはメロプランクトン (meroplankton) とよばれている。海底に沈降したシストは、一定期間後に再び発芽 (excystment) しプランクトンとして分裂増殖するため、赤潮や貝毒現象においては、赤潮種、毒生産種の発生源として、あるいは他の海域への伝播源として重視されている。

メロプランクトンには Protoperidinium, Gonyaulax や Scrippsiella など十数属が知られており、Protogonyaulax もその一つに数えられている。これらの属の種のレベルでのシストの分類はもっぱらシストの外部形態を基準としているが、シストは一般に球や橢円体といった単純な形をしていたため、分類形質を決定しにくく種の査定がきめ難かしい。また、シストの分類

は研究の歴史が短かいこともあって、種名の判明していないシストも少なくてない。反対に、一つの属内でも、シストのわかっている種とシストが不明あるいはシストを形成しない種があって、シストの分類査定を困難にさせるととなっている。ところが、正確な査定は一般に、問題となっているシストを1個体だけ分離して培養し、発芽した游泳体を査定する方法がとられていく。

本章ではこのようにして確認をした3種の Protogonyaulax の P. tamarensis, P. catenella, P. sp. (HIR) のシストの形態について記した。

第1節 Protogonyaulax 属のシストの分類に関する従来の知見

Protogonyaulax 属のシストを初めて見つけた研究者は BRAARUD²⁴⁾であり、彼は P. tamarensis (当時は Gonyaulax tamarensis var. excavata とされていた) と, P. globosa (当時は Gonyaulax globosa var. globosa とされていた) の2種を培養中に、培養容器の底に膜の

厚い、内容物の充実したシストができたことを報じて いる。このシストは、付図(Pl. II, fig. n, o, Pl. III, fig. f)に見る限りでは、游泳している細胞が一時的に鞭毛を失ない鐘板を脱いでできる一時シスト(temporary cyst)とは形を異にしており、配偶子細胞(gamete)が接合してできる休眠接合子(hypnozygote)即ち一般にシストとよばれているものに近いと思われる。シストの形は P. tamarensis では球形に近い楕円体、P. globosa では球形であった。

その後二十年以上もの間シストについては忘れられていたが、1967年には PRAKASH⁶¹⁾ が P. tamarensis を長期間同一容器で培養したり、培養中の細胞を 25°C 以上あるいは 5°C 以下の温度に移した場合、培養器底に表面が平滑あるいは小棘のあるシストができると記した。しかし、このシストは水温など環境条件の悪化によつて形成され、形成されたシストを 10°C の温度下に戻すと容易に游泳体が泳ぎ出すことから考えて、休眠接合子ではなく一時シストであ

る可能性が強い。

この PRAKASH の研究がきっかけとなって再び Protogonyaulax 属のシストが検索されるようになつた。多くの種類の現生シストを発見し、現在のシスト研究の基礎を築いた WALL は、P. tamarensis のシストとして橢円体の細胞本体の外圍を粘質物が取り巻いた図を示し、これを膠着性シスト (agglutinos cyst) と名付けた⁶²⁾。ただ、当時にこのシストを P. tamarensis のシストと決めた培養実験など根拠は示されていなかつた。

その後、DALE¹⁵⁾ は図 3-1-1 のような長橢円体のシストをノルウェー沿岸の海底泥から分離し、培養して Protogonyaulax 属の一種を発芽させた。この種は有毒で螢光があり、腹孔を欠いていたため、DALE

は LOEBLICH & LOEBLICH, III³¹⁾ に従い G. excavata と査定した。しかし、第二章でまとめたように G. excavata 即



図 3-1-1

Protogonyaulax のシスト (Dale¹⁵⁾ より)

ち P. tamarensis には腹孔があるため、この種は P. tamarensis と異なる種で P. catenella に近縁な種と考えられる。

DALE⁶³⁾ はその後、全く同じ形態のシストをノルウェー沿岸だけではなくアラスカ、カナダ、アメリカやヨーロッパ沿岸の海底泥から採集し、すべて G. excavata と査定しているが、培養実験による発芽游泳細胞の特徴には全く触れておらず、P. tamarensisか、あるいはそれと異なる種なのか不明である。

このようには Protogonyaulax 属にはシストの存在が知られているものの、その種名は游泳細胞の分類の混乱もあって明確になっていない。

なお、Protogonyaulax 属ではないが、ジク近縁の属である Gessnerium 属の一種 G. monilatum のシストが、最近 WALKER & STEIDINGER⁶⁴⁾ によって発見され、球形の細胞本体を粘質物が取り巻いた形をしていて Protogonyaulax 属のシストと共通の膠質性シストであると記されている。

第2節 調査海域および方法

Protogonyaulax 属のシストの形態を確認して、種を查定するための培養に用いたシストは、北海道サロマ湖、岩手県釜石湾、同大船渡湾、香川県津田湾など全国江海域から採集した（図3-2-1）。コアーサンプラーで採取したこれら各湾の海底泥を、表層から2cm下まで分け取り、超音波を照射して泥の微粒子を拡散させた後、沪過海水で洗浄しながらふるい分けする手法⁶⁵⁾に従い処理をしてシストを濃縮した。シストはこの濃縮液から顕微鏡下で1個体ずつ拾いあげて、培地SWIIの入った培養皿に移し、15°Cで約2週間培養した。培養皿はプラスチック製で24の穴があり、各穴に培地1~2mlとシスト1個体を入れてある。本実験の目的が、形態の知られていない Protogonyaulax 属のシストを捜すことであったため、培養はシストと思われる特徴のある小細胞体について出来るだけ多く行ない、その小細胞体から発芽し増殖した游泳細胞を查定して Protogonyaulax

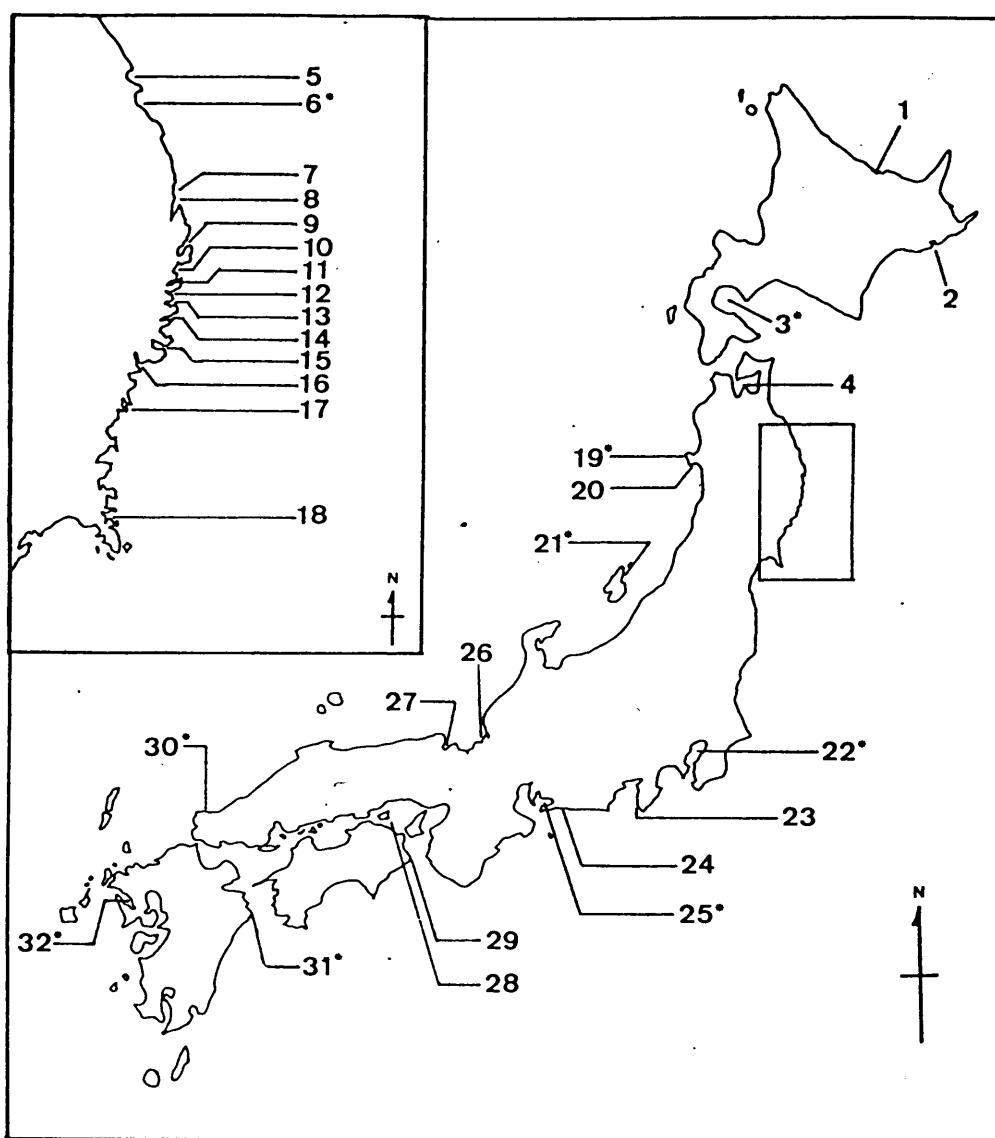


図3-2-1. シストの分類および分布調査のための底泥採集海域

- 1. サロマ湖, 2. 厚岸湾, 3. 噴火湾, 4. 薩摩湾
- 5. 久慈湾, 6. 野田湾, 7. 田老湾, 8. 宮古湾
- 9. 山田湾, 10. 船越湾, 11. 大槌湾, 12. 両石湾
- 13. 篠石湾, 14. 唐丹湾, 15. 越喜来湾, 16. 大船渡湾
- 17. 気仙沼湾, 18. 女川湾, 19. 戸賀浦, 20. 船川港
- 21. 加茂湖, 22. 東京湾, 23. 油壺湾, 24. 津名湖
- 25. 渥美湾, 26. 坂尻湾, 27. 宮津湾, 28. 摄磨灘南部
- 29. 橋湾・椿泊湾, 30. 仙崎湾, 31. 猪串湾, 32. 大村湾

(番号の肩に・印のある海域は水産試験場など調査研究機関が採集した)
底泥を惠与していただき分析に用いた海域である。

のシストか否かを判定した。Protogonyaulax の場合は、鑑板の特徴を調べて第2章にまとめた12種のProtogonyaulax の何れの種であるか査定した。その際の細胞観察法は第2章第2節の方法と同じである。

第3節 Protogonyaulax 属のシストの形態

各海域からは數十種にのぼる渦鞭毛藻のシストが発見されたが、そのうちProtogonyaulax 属に属する種はP. tamarensis, P. catenella, P. sp. (HIR) の3種である。

1. Protogonyaulax tamarensis

シストの細胞は、長径32~44μm, 短径16~24μmの長楕円体で、周囲に膠質部がある(図版IV-a~IV-b)。細胞の形の丸味の強いものや、両端がふくらみ中央がやや細い亜金形をしているものも見られ、膠質部も厚くて泥粒や生物遺骸片を多數付着させているものから、ほとんど認められないものまで様々である。

細胞膜は透明で、表面は平滑である。細胞内には透明な粒状物や赤色体があるが、核は小さく、染色体も不明瞭になつてゐる。

このシストから発芽した游泳体には i ~ v の特徴が認められ、48 ~ 50 ページに記した *P. tamarensis* の特徴とよく一致してゐる。

- i. 細胞は体長、体幅とも約 $30 \mu\text{m}$ の球形で、腹面觀は貫頂軸に関して左右非対称である。
- ii. 細胞は増殖の初期に 2 連鎖群体を形成するが、ほとんどは単独で游泳する（図版 VI - c）。
- iii. 頂孔板は水滴形か四角形で、頂孔の右側に前部接続孔が見えることがある（図版 VI - d ~ VI - g）。
- iv. 腹孔がある（図版 VI - h）。
- v. 後部接続孔は後縦溝板の右縁に接するか、右縁のやや内側にあり、右縁から連絡隙が付いてゐる（図版 VI - i ~ VI - j）。接続孔が閉塞しているものも見られた。

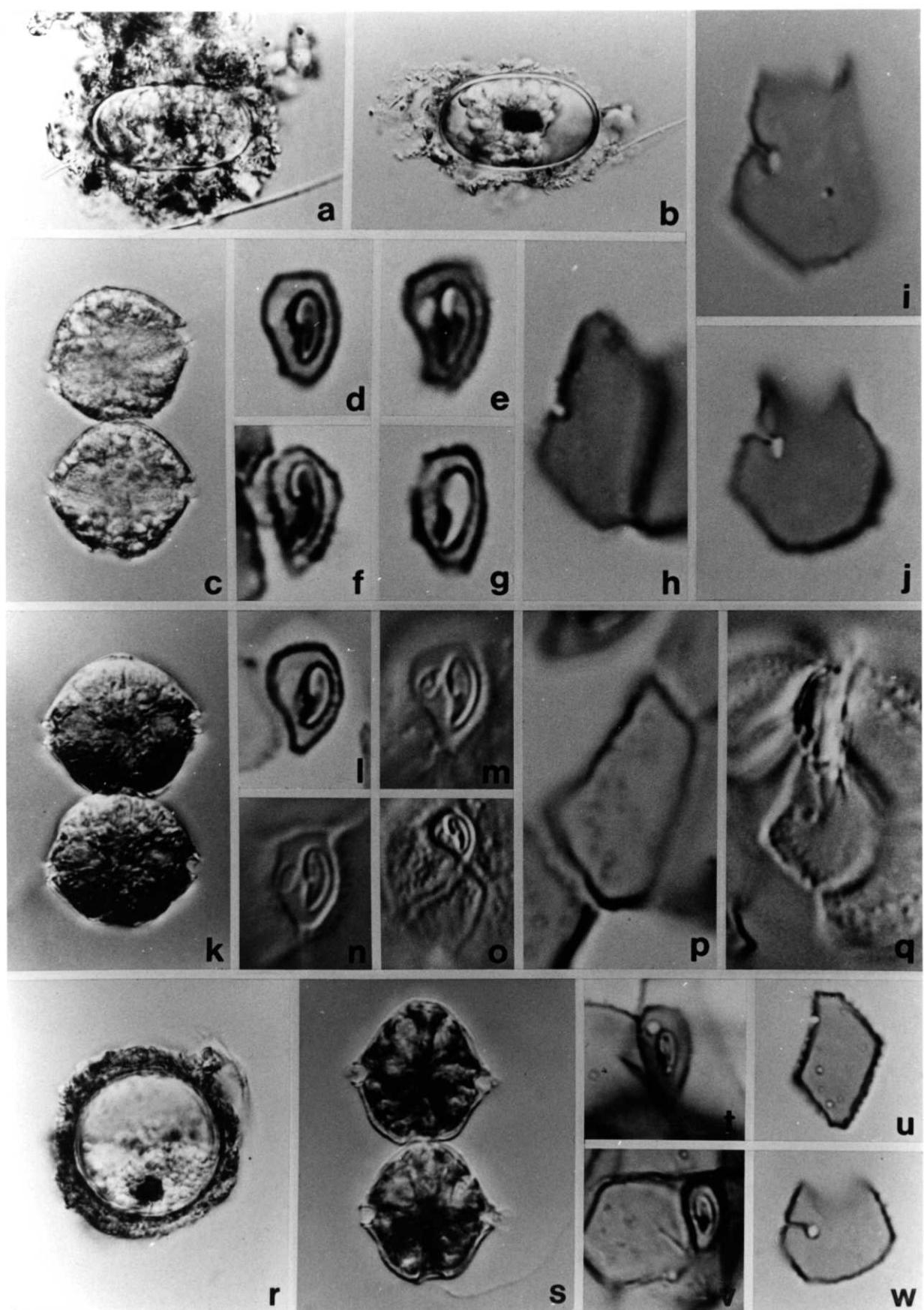
2. Protogonyaulax catenella

シストの細胞は長径 $36 \sim 40 \mu\text{m}$, 短径 $18 \sim 20 \mu\text{m}$ の長楕円体の細胞主部に、様々な程度に発達した膠質部が付いた形をして いる。膠質部には泥粒や生物遺骸の細片が付着して いることが多 い。細胞の表面は平滑で、透明なため澱粉粒や赤色体など細胞内容物が明瞭に認められる。核は小さく、染色体も認めにくい。

この P. catenella のシストの大きさ、形状は、P. tamarensis のシストのそれと全く同じであり、外観から両者を区別することは不可能である。

このシストから発芽した游泳体には、次にあげる i ~ v の特徴が認められ、 $53 \sim 56 \mu\text{m}$ - $57 \mu\text{m}$ 記して P. catenella の特徴とよく一致して いる。

- i 細胞は体長、体幅とも約 $30 \mu\text{m}$ の球形で、腹面觀は貫頂軸に関して左右非対称である。
- ii 増殖の初期には 8 細胞連鎖群体を形成するが、その後は単独游泳個体がほとんどにならへてしまう（図版 VI-k）



図版 VI

- iii. 頂孔板は背方が幅広い楔形で、頂孔の右側に前部接続孔が見える（図版VI-l～VI-o）。接続孔の閉塞した細胞も見られる。
- iv. 腹孔はない（図版VI-p）。
- v. 後部接続孔が後縦溝板の右縁のやや内側にあり、右縁から連絡隙が付いている（図版VI-q）。接続孔と連絡隙の閉塞している細胞もまれに見られる。

図版VI Protogonyaulax のシストと発芽した游泳体。

- a. P. tamarensis のシスト、膠質部が厚く、泥粒が付いている細胞。
- b. P. tamarensis のシスト、膠質部がうすい細胞。
- c. P. tamarensis のシストから発芽した游泳細胞。2細胞群体の腹面観。
- d-g. P. tamarensis、頂孔板
- h. P. tamarensis、腹孔のある頂板I'
- i-j. P. tamarensis、後縦溝板と後部接続孔。
- k. P. catenella のシストから発芽した游泳細胞。2細胞群体の腹面観。
- l-o. P. catenella、頂孔板
- p. P. catenella、腹孔のない頂板I'
- q. P. catenella、下殻の鐘板、中心に後縦溝板と後部接続孔が見える。
- r. P. sp. (HIR) のシスト
- s. P. sp. (HIR) のシストから発芽した游泳細胞。2細胞群体の腹面観
- t. P. sp. (HIR)、前部接続孔のある頂孔板。
- u. P. sp. (HIR)、前部接続孔のない頂孔板。
- v. P. sp. (HIR)、腹孔のある頂孔板I'
- w. P. sp. (HIR)、後縦溝板と後部接続孔

3. Protogonyaulax sp. (HIR)

シストの細胞は直径30~40 μm の球形ないし亜橢円体をしており、周囲に膠質部があつて、微細泥粒や生物遺骸片がしばしば付着している(図版IV-r)。細胞膜は透明で、細胞内に澱粉粒や赤色体が認められる。

ニのシストから発芽した游泳体には、次にあげるi~vの特徴が認められ、61~62ページに記したP. sp. (HIR) の特徴によく合致している。

- i. 細胞は体長30~35 μm で、わずかに体幅より大きく、腹面觀は貫頂軸に關して左右対称である(図版VI-s)。
- ii. 増殖の初期には20細胞を越える長い連鎖群体を形成する。しかし、その後はほとんどが単独游泳個体になってしまふ。
- iii. 頂孔板は四角形か水滴形で、頂孔の右背方には大きく丸い前部接続孔がある(図版VI-t)。接続孔が閉塞しているものも見られる(図版VI-u)

- iv. 腹孔がある（図版VI-v）
- v. 後縦溝板の右縁の内側やや離れて後部接続孔があり、右縁から連絡隙が付いている（図版VI-w）。

第4章 日本沿岸の Protogonyaulax 属のシストの分布

日本沿岸に分布する Protogonyaulax のうち、シストの知られている種は P. tamarensis, P. catenella, P. sp. (HIR) の3種だけである。本章ではこれらシストの分布を日本沿岸32海域で調査した結果をまとめた。なお、結果の一部はすでに、福代^{38, 66)}により公表されている。

第1節 調査海域および方法

調査海域は図3-2-1(72ページ)に示して32海域で、各海域とも数点ないし数十点で採泥を行なって試料を採取し、Protogonyaulax 属のシストを定量した。なお、図3-2-1の*印の付いている海域は、現地の水産試験場など調査研究機関が採取した底泥を惠与していただき、分析に用いたものである。

底泥試料はコアーサンプラーを用いて柱状に採取した。この柱状底泥(直径1.1cm)の表面から深さ2cmまでの部分をサンプル瓶に分

け取り、以下の手順でシストを定量した。

- 1). 底泥の入ったサンプル瓶に沪過海水を加え、超音波を照射して泥をよく懸濁させる。
- 2). ニの泥懸濁液を、 $125\mu\text{m}$ と $37\mu\text{m}$ のふろいを重ねたものに注ぎ、沪過海水をよく洗浄して泥微粒子を流す。
- 3). 試料に砂粒が多い時は、シャーレにふるい上の画分を移し、沪過海水を勢いよく注いで渦を作り、中央に沈む重い砂粒と浮遊するシストなど軽いものとを分ける。
- 4). 泥微粒子や砂粒を除いた後、 $37 \sim 125\mu\text{m}$ の画分をサンプル瓶に移し、沪過海水を加えて 10ml を定容する。
- 5). ニの 10ml から 0.5ml または 1.0ml を分取して顕微鏡下でシストを計数する。
- 6). シストが認められた場合には、種類を決めるため、1細胞ずつ別々にSWIIを培地として 15°C で2週間培養する。そして、発芽し増殖した細胞の特徴を観察する。

第2節 日本各地の Protogonyaulax 属のシストの分布

1. 北海道サロマ湖

1980年7月31日にサロマ湖内17点の採泥を行なったところ、St. 6 を除く16点で底泥が採取できた（図4-2-1）。

各点のシストを定量したところ、全点において大量の P. sp. (HIR) のシストを認めることができた。この結果は表4-2-1に示した。

P. sp. (HIR) は、St. 9 と St. 12 で採集したシストを約120細胞培養して、発芽して20細胞の金盤板配列を観察することにより確認した。この P. sp. (HIR) は、サロマ湖において1974年、1975

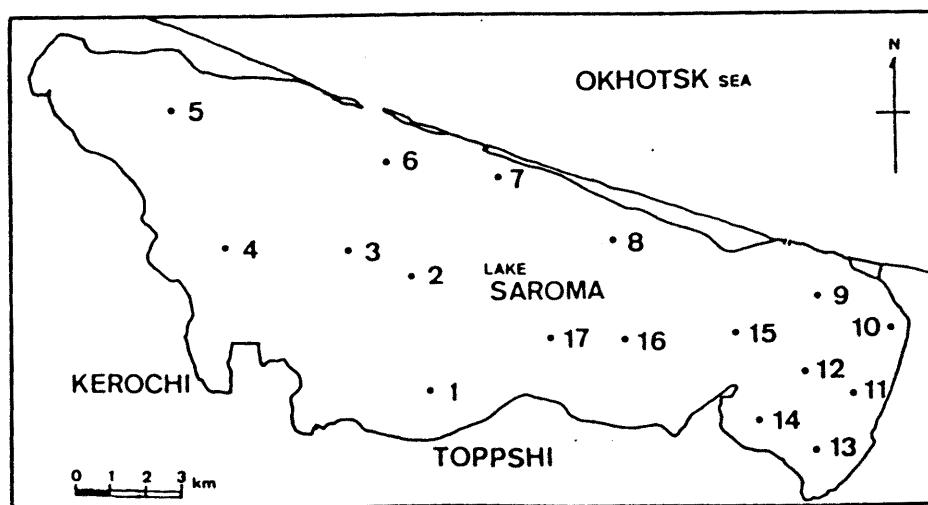


図4-2-1
サロマ湖における
シスト調査定点

年ぶり、1977年の3年
の9月に赤潮を形成し
ており、本種のシスト
が湖内全域に多量に分
布していることと密接
な関係があると思われ
る。なお、St.12で記録
した底泥 1cm^3 当たり ≈ 105
細胞というシスト量は、
全海域を通じての Proto-
gonyaulax のシストの最高
分布量であった。

St. 5, 8, 17の3点で
は P. tamarensis あるいは P.
catenella と思われるシス
トがごく少量認められたが、細胞を拾い上げ
て培養を試みても発芽せず、最終的な種の查
定はできなかった。そのため、表4-2-1には P.
tamarensis あるいは P. catenella であるとして T+C と
表わした。

表4-2-1 サロマ湖のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥 1cm^3)			
	T	C	T+C	S
1.	0	0		1389
2.	0	0		916
3.	0	0		842
4.	0	0		463
5.			21	210
6.	-	-		-
7.	0	0		989
8.			31	894
9.	0	0		1494
10.	0	0		189
11.	0	0		611
12.	0	0		3105
13.	0	0		389
14.	0	0		252
15.	0	0		473
16.	0	0		1863
17.			21	863

T: P. tamarensisC: P. catenellaS: P. sp. (HIR)

2. 北海道厚岸湾

1980年8月2日に厚岸湾内の4点で採泥を行なった(図4-2-2)。

St. 2とSt. 4で採取したシストを9細胞培養したところ、3細胞が芽生えた。このうち1細胞が分裂増殖してのび鏡板の特徴を観察した結果、P. tamarensisと査定された。また、採泥と同時に採集したプランクトン試料にP. tamarensisが認められた。これらの二点から、厚岸湾に分布するシストをP. tamarensisと判断した(表4-2-2)。St. 3で認められたシストはその

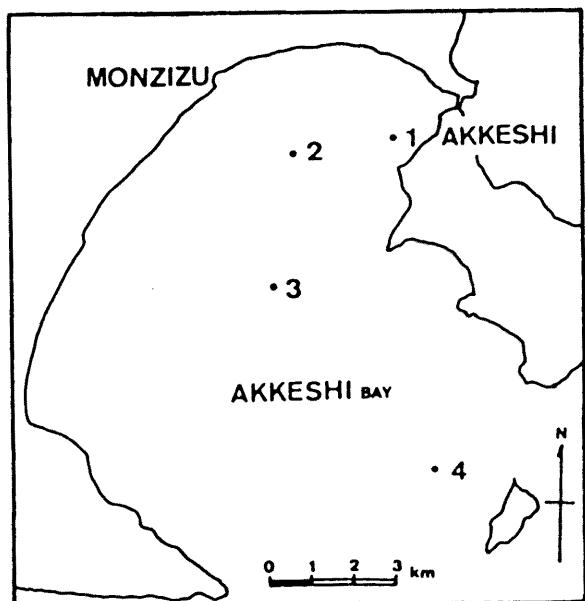


表4-2-2 厚岸湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥1cm ³)		
	T	C	S
1.	0	0	0
2.	21	0	0
3.	0	0	11
4.	32	0	0

T: P. tamarensis
C: P. catenella
S: P. sp. (HIR)

図4-2-2. 厚岸湾におけるシスト調査定点

形態から判断して P. sp. (HIR) と考えられ、培養は行なわなかった。

3. 北海道噴火湾

図4-2-3-1 は 1979

年7~8月に北海道栽培漁業総合センターなどが湾内50点で採集した底泥を試料として、その中の P. tamarensis のシスト量を定量した結果を示したものである⁶⁶⁾。シストは国縫地先の水深20mの1点を除き、他の49点全てで認められた。一般にシストは、沿岸部の水深20~30mの範囲では少なく、沖合の50m以深が多い傾向があった。特に、水深90m以深の最深部においても、珪藻類の遺骨などと共に多量のシストが認められ、湾内で

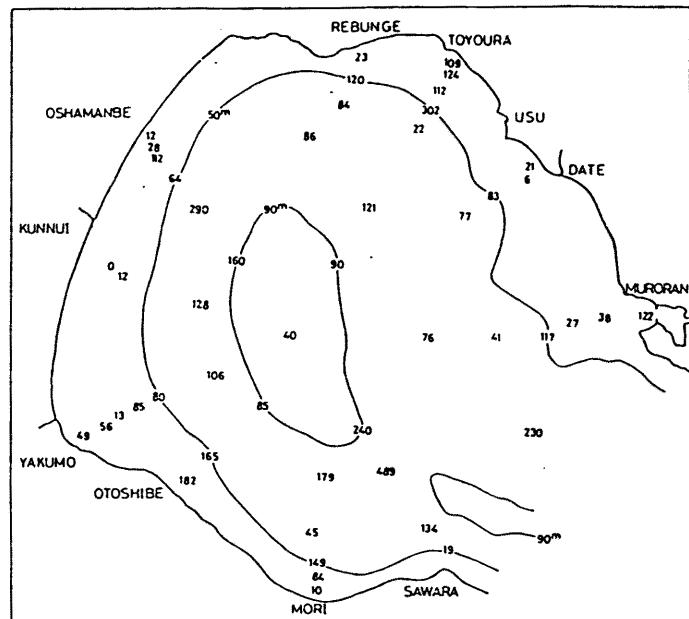


図4-2-3-1. 噴火湾における P. tamarensis のシスト分布図。(数字は底泥1cm³当りのシストの細胞数)

最高値 489 細胞/底泥 1cm^3 を記録した砂原沖定点も水深 80m であった。

なお、噴火湾に分布する長楕円体のシストの査定については、この調査に先立つ 1979 年 6 月に砂原地先で採集したシストを行なった培養実験で P. tamarensis のみが認められたことと、今迄噴火湾ではプランクトン中に P. tamarensis が発見されていないことを考え合わせて、全て P. tamarensis であると判断している。

噴火湾では、1980 年 7 月 28 日にも砂原沖で 3 点の採泥を行ない、Protogonyaulax のシスト量を調査している（図 4-2-3-2）。表 4-2-3 はその

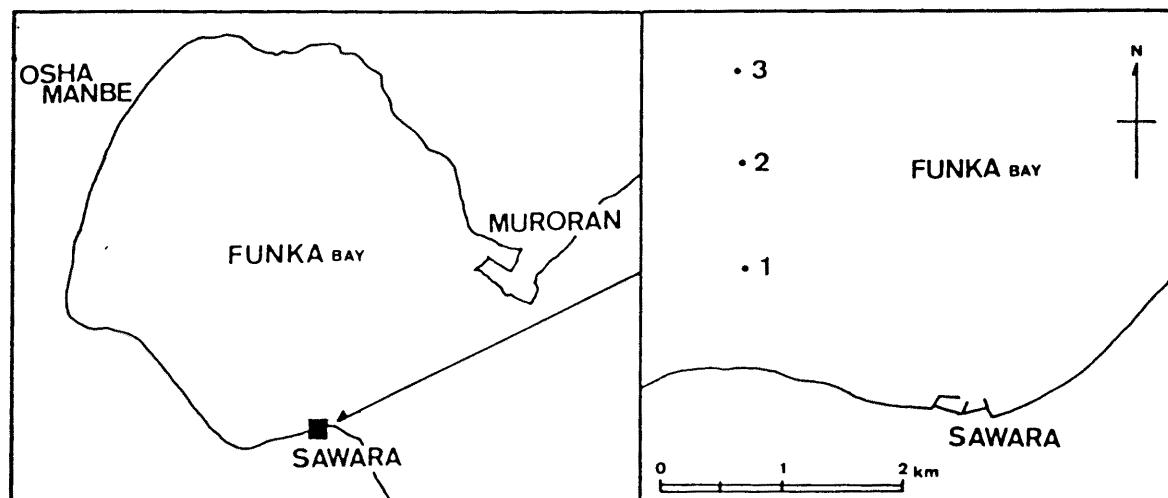


図 4-2-3-2 噴火湾におけるシストの調査地点

結果を示したが、P. ta-
marensis は最も岸に近い
 St. 1だけが採集されて
 おり、他の 2 点では、
P. sp. (HIR) がごく少量認められただけであった。

表4-2-3 境火湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥 1cm ³)		
	T	C	S
1.	368	0	0
2.	0	0	11
3.	0	0	32

T: P. tamarensisC: P. catenellaS: P. sp. (HIR)

4. 青森県陸奥湾

1980年7月26日に陸奥湾内の夏泊半島西岸茂浦付近において、3点の採泥を行なった(

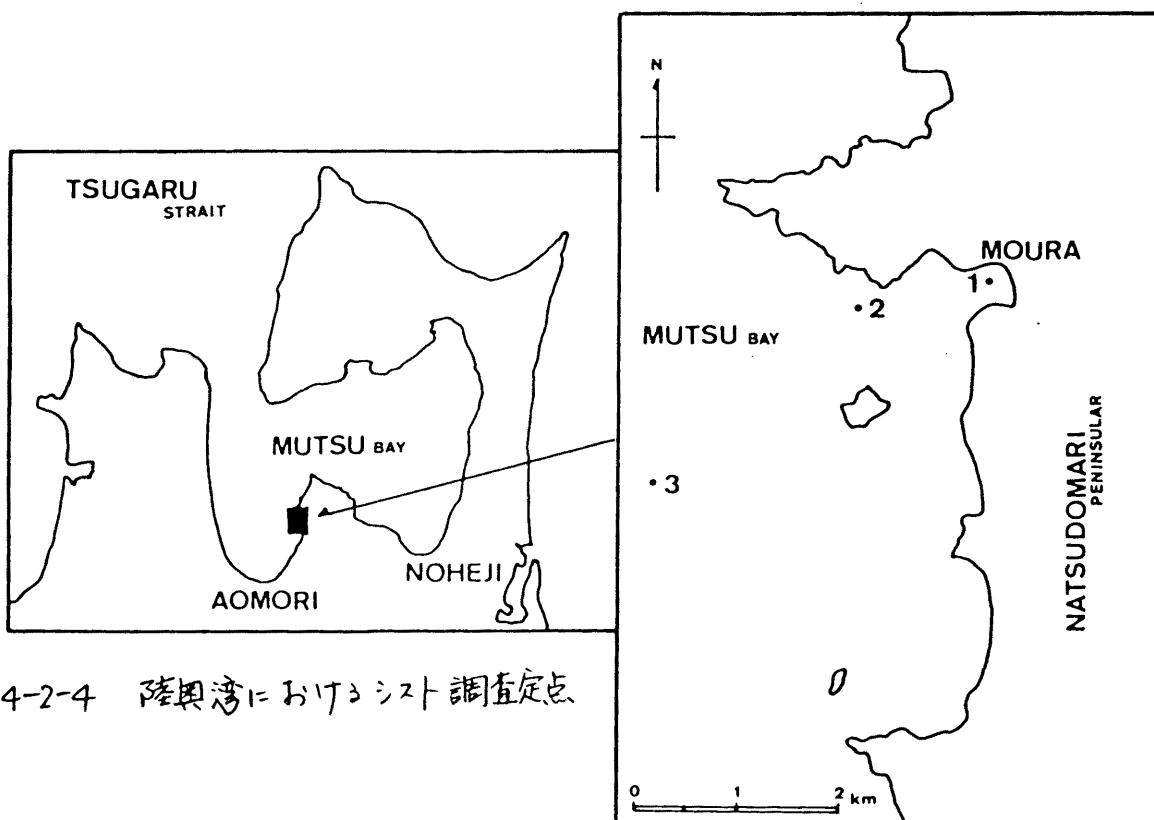


図4-2-4 陸奥湾におけるシスト調査点

図4-2-4)。

結果を表4-2-4に示し
たが、調査を行なった
3点では Protogonyaulax の
シストは全く認められ
なかつた。

表4-2-4 陸奥湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥 1cm ³)		
	T	C	S
1.	0	0	0
2.	0	0	0
3.	0	0	0

T: *P. tamarensis*

C: *P. catenella*

S: *P. sp. (HIR)*

5. 岩手県久慈湾

1980年9月2日には久慈湾内の4点で採泥を試みたが、St.1とSt.3の2点は海底が砂質で

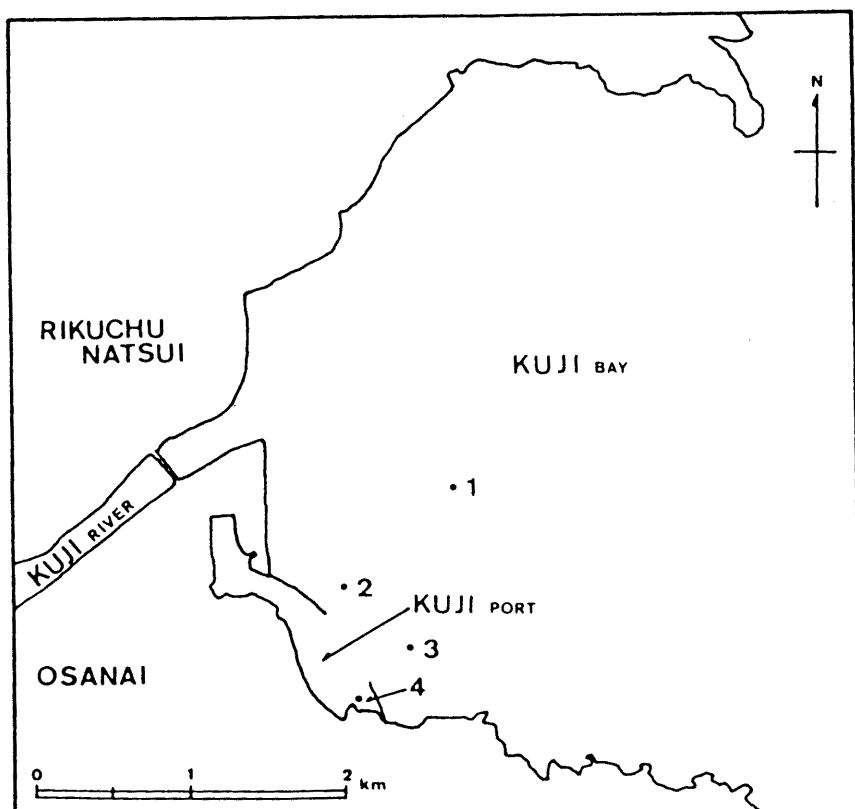


図4-2-5
久慈湾における
シスト調査定点

あつたため採泥できなかつた。

底泥を採取できた St. 2

と St. 4 では P. tamarensis と P. catenella のシストは認められなかつた。P. sp. (HIR) と思われるシストは両点とも少量見られたが、培養に成功せず、最終的な種類の決定はできなかつた。

表4-2-5 久慈湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/ 1cm^3)		
	T	C	S
1.	-	-	-
2.	0	0	53
3.	-	-	-
4.	0	0	21

T: P. tamarensis

C: P. catenella

S: P. sp. (HIR)

6. 岩手県野田湾

岩手県水産試験場が1980年5月22日に採集した1点の底泥を患としきりにでき、シスト量を分析した(図4-2-6)。

野田湾では1979年5月ヒラニシトシ甲に P. tamarensis が採集され

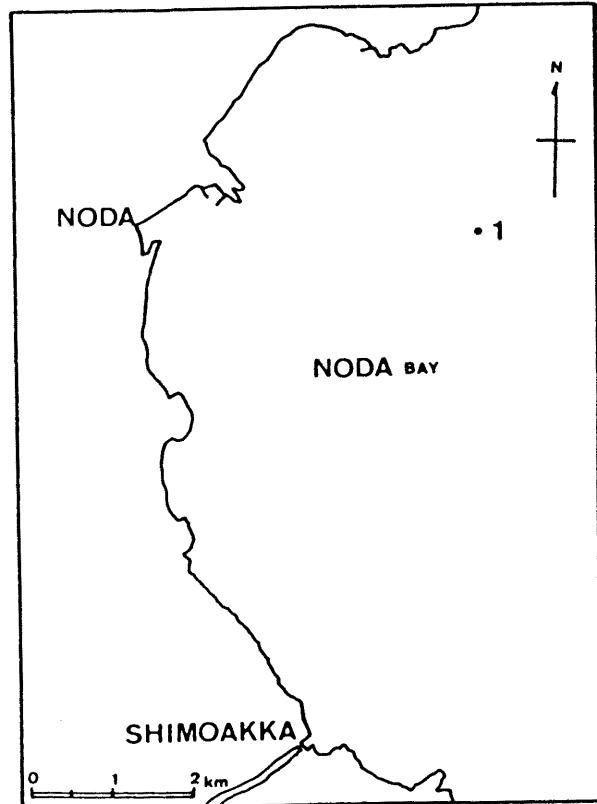


図4-2-6. 野田湾におけるシスト調査点

いるが、今回の調査では
*P. tamarensis*だけではなく他種
*Protogonyaulax*のシストも認められなかつた(表4-2-6)。

表4-2-6 野田湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥 1cm ³)		
	T	C	S
1.	0	0	0

T: *P. tamarensis*C: *P. catenella*S: *P. sp. (HIR)*

7. 岩手県田老湾

1980年9月16日に田老湾内3点で採泥を試みたが、St. 2とSt. 3は海底が砂質であつたため採泥できなかつた(図4-2-7)。

採泥でききたSt. 1では、*Protogonyaulax*のシストは全く認められなかつた。

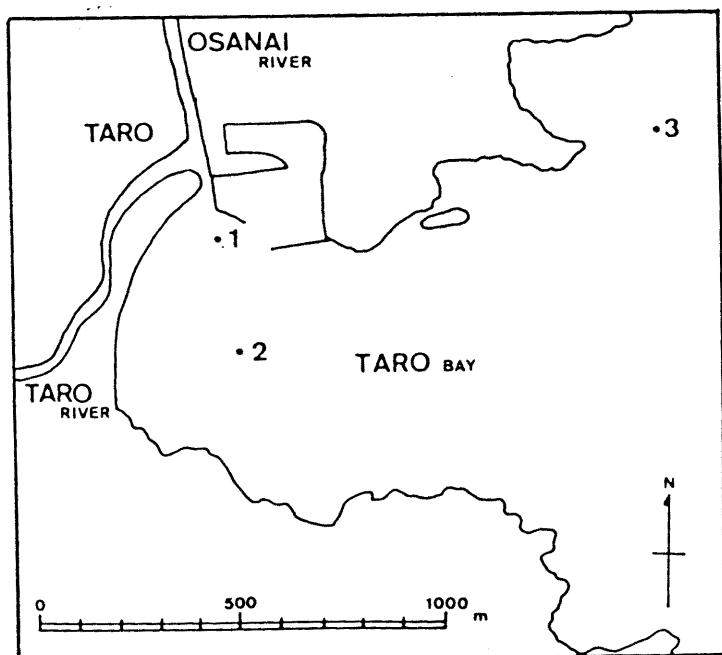


図4-2-7 田老湾におけるシスト調査定点

表4-2-7 田老湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥 1cm ³)		
	T	C	S
1.	0	0	0
2.	-	-	-
3.	-	-	-

T: *P. tamarensis*C: *P. catenella*S: *P. sp. (HIR)*

8. 岩手県宮古湾

1980年9月16日は宮古湾内の3点において底泥を採取した。(図4-2-8)

3点のうちSt.1とSt.2ではProtogonyaulaxのシストは全く発見されなかつた。St.3ではP.tamarensisあるいはP.catenellaと思われる長楕円体のシスト、およびP.sp.(HIR)のシストが認められたが、いずれも発芽増殖させることができず、種類を査定しえなかつた。そのため、長楕円体のシストはP.tamarensisあるいはP.catenellaとして、表4-2-8にT+Cと示した。

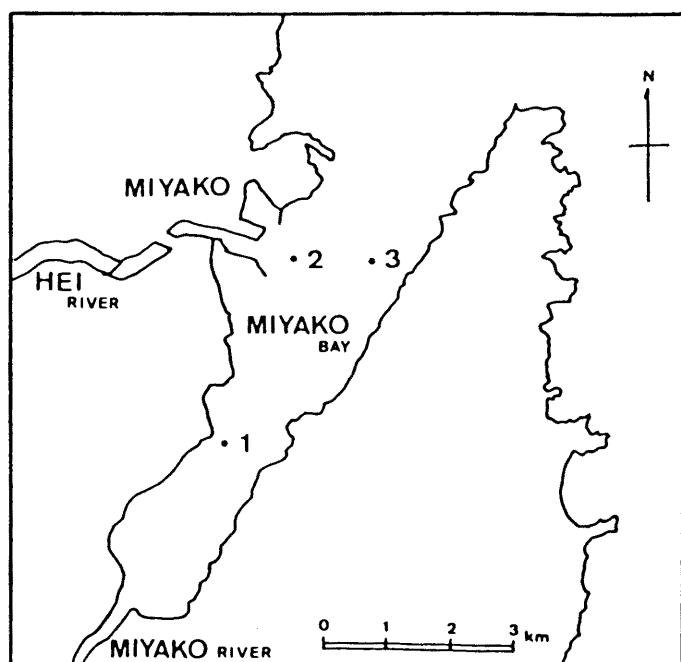


表4-2-8 宮古湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥 1cm ³)		
	T	C	T+C
1.	0	0	0
2.	0	0	0
3.			126 11

T: P.tamarensis
C: P.catenella
S: P.sp. (HIR)

図4-2-8 宮古湾におけるシスト調査点、

9. 岩手県山田湾

1980年9月9日に山田湾内の3点において採泥を行なった(図4-2-9)。

3点の底泥を分析した結果、St.1ではProtogonyaulaxのシストを全く見つけられなかつた。St.2ではP. sp (HIR)と思われるシスト、St.3ではP. tamarensisあるいはP. catenellaのいすゞいかと思われるシストを見つけ培養したが発芽させることができず、種類の最終的な決定はできなかつた。そのため、結果を示した表4-2-9にはSt.3のシストはT+Cとして表わした。

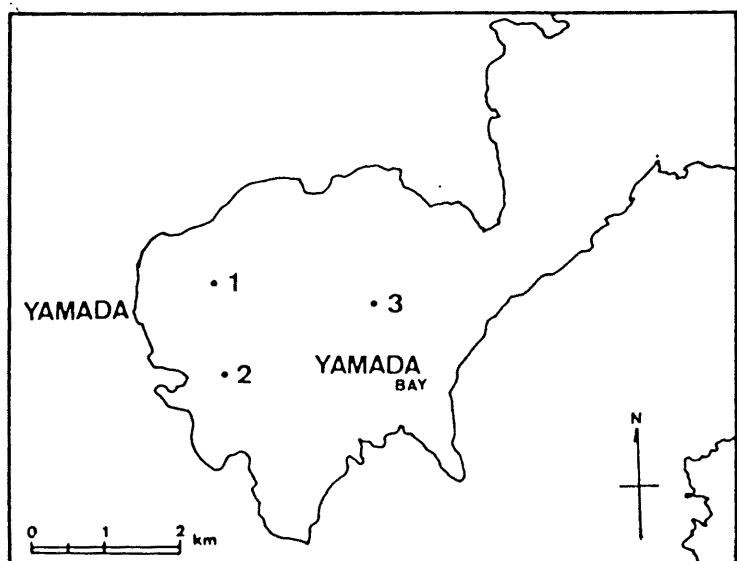


表4-2-9 山田湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥 1cm ³)			
	T	C	T+C	S
1.	0	0	0	0
2.	0	0	42	
3.			11	0

T: P. tamarensis

C: P. catenella

S: P. sp. (HIR)

図4-2-9 山田湾におけるシスト調査定点

10. 岩手県船越湾

1980年11月17日には船越湾内の5点で採泥を試みたが、St. 1~4では海底が砂質であったため採泥ができなかつた（図4-2-10）。

採泥のできたSt. 1では Protogonyaulax のシストは全く認められなかつた（表4-2-10）。

なお、同湾では1979年5月に P. tamarensis が採集されてゐるが、今回はそのシストは認められなかつた。

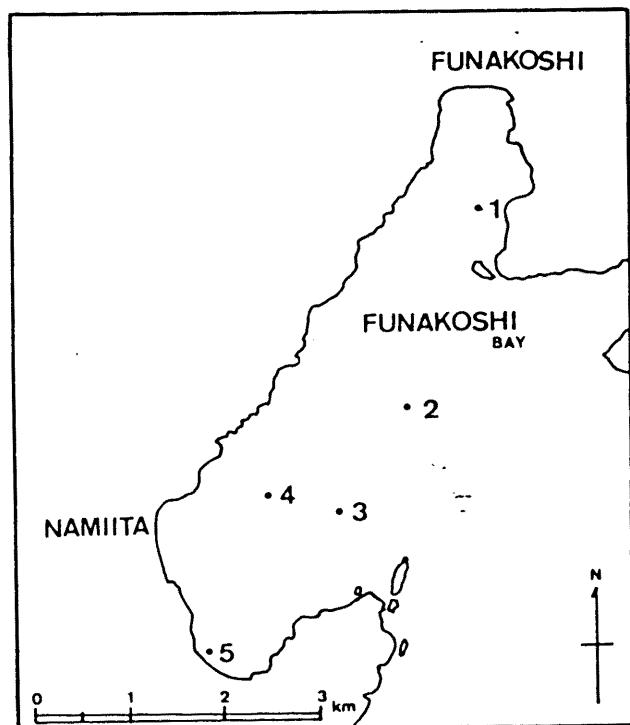


表4-2-10 船越湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥 1cm ³)		
	T	C	S
1.	-	-	-
2.	-	-	-
3.	-	-	-
4.	-	-	-
5.	0	0	0

T: P. tamarensis

C: P. catenella

S: P. sp. (HIR)

図4-2-10 船越湾におけるシスト採集点

11. 岩手県大槌湾

1980年9月17日に大槌湾内の3点で採泥を行なった。

St. 1とSt. 2では P. sp. (HIR) のシストを少數見つけた。このシストは、数細胞培養を試みたが発芽せぬことわざきず、游泳細胞の體板を観察して種類を確認することはできなかつたが、その外形から P. sp. (HIR) のシストと判断したものがである。

St. 3では長楕円体のシストを発見し、培養した結果、P. catenella が発芽したため、これらを P. catenella のシストと判断した。

なお、大槌湾では今迄プランクトン中に Protogonyaulax は発見されていない。

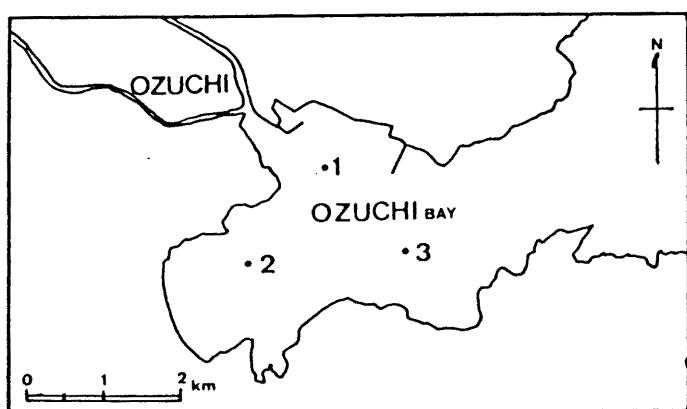


図4-2-11 大槌湾におけるシスト調査定点

表4-2-11 大槌湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥 1cm ³)		
	T	C	S
1.	0	0	74
2.	0	0	11
3.	0	21	0

T: P. tamarensis

C: P. catenella

S: P. sp. (HIR)

12. 岩手県両石湾

1980年11月12日に両石湾内の2点で採泥を試みたが、1点は海底が砂質であったため採泥できなかつた(図4-2-12)

底泥を採取できたSt. 1ではProtogonyaulaxのシストを発見できなかつた(表4-2-12)

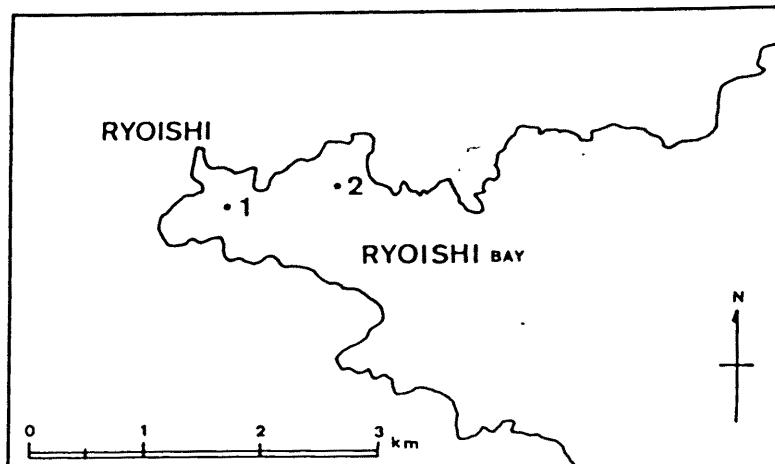


表4-2-12 両石湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥1cm ³)		
	T	C	S
1.	0	0	0
2.	-	-	-

T: *P. tamarensis*
C: *P. catenella*
S: *P. sp.* (HIR)

図4-2-12 両石湾における調査定点

13. 岩手県釜石湾

1980年7月15日に釜石湾内の9点にて採泥を試みたが、6点が海底が砂質であったため採泥できなかつた(図4-2-13)。

採泥できた3点のうち、St. 5とSt. 8ではProtogonyaulaxのシストは認められなかつた。St. 1

では、長楕円体のシストを見つけ、4細胞培養したところ4細胞とも芽生え、このうち増殖した2株の鑑板配列を調べた結果、P. catenellaと査定された。この釜石湾では、1977年11月上旬にP. catenellaの赤潮が発生しており、1978年8月にもプランクトン中にP. catenellaが発見されている。これらのことから、St. 1で採集したシストは全てP. catenellaと査定した。

この調査に先立ち、1980年5月20日にSt. 1でシスト分布量を調べたが、その時もP. catenellaのシストを63細胞/底泥1cm³発見している。

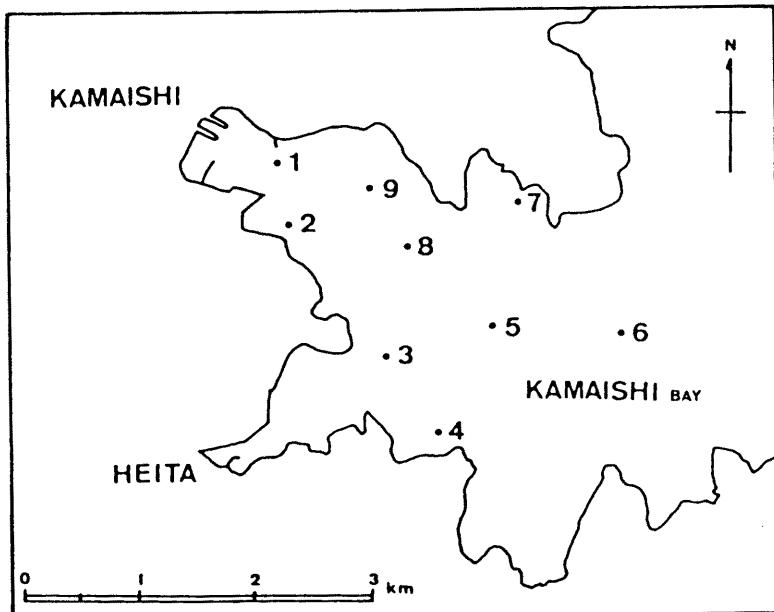


図4-2-13 釜石湾におけるシスト調査点。

表4-2-13 釜石湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥1cm ³)		
	T	C	S
1.	0	105	0
2.	-	-	-
3.	-	-	-
4.	-	-	-
5.	0	0	0
6.	-	-	-
7.	-	-	-
8.	0	0	0
9.	-	-	-

T: P. tamarensis

C: P. catenella

S: P. sp. (HIR)

14. 岩手県唐丹湾

1980年10月15日に唐丹湾内の3点で底泥を採取した(図4-2-14)。

採取した3点すべてからP. sp. (HIR)のシストを発見したが、培養に成功せず最終的な種の査定は行なってない(表4-2-14)。

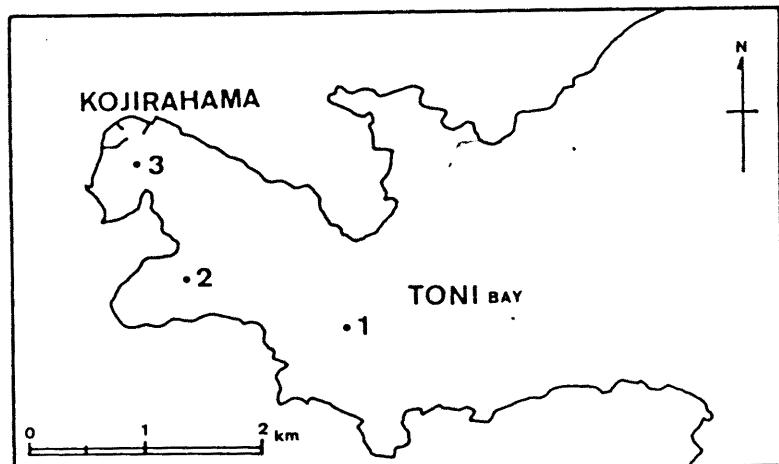


表4-2-14 唐丹湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥 1cm ³)		
	T	C	S
1.	0	0	21
2.	0	0	53
3.	0	0	11

T: *P. tamarensis*
C: *P. catenella*
S: P. sp. (HIR)

図4-2-14. 唐丹湾におけるシスト調査定点

15. 岩手県越喜来湾

1980年9月21日に越喜来湾内の4点におい
て採泥を行なったが、St. 1とSt. 4では海底が
砂質であったため底泥を採取できなかつた。

底泥を採取できた2点のうち、St. 2ではP.
sp. (HIR)のシスト、および*P. tamarensis*あるいは*P.*

catenella のいずれかと思われるシストを見つけ培養を試みたが、発芽させることできず、種類を明確に決定するには至らなかった。St. 3 でも P. tamarensis あるいは P. catenella のいずれかと思われるシストを見つけることができず、培養に成功せず種類を決められなかつた。そのため、結果を示した表 4-2-15 では T+C と表記した。

なお、越喜来湾では、1979年4~6月と1980年6月に P. tamarensis、1980年9月に P. catenella、1979年10月と1980年10月に P. fratercula、さらには1979年10月に P. sp. (ISH) と、4種の Protogonyaulax が採集されてゐる。

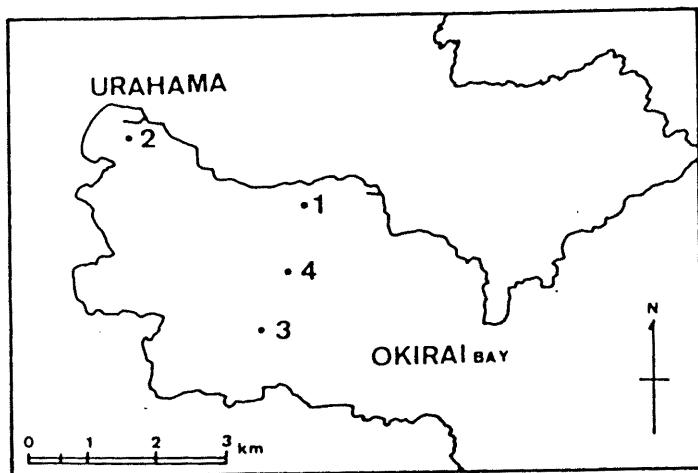


図 4-2-16. 越喜来湾におけるシスト調査点

表 4-2-16 越喜来湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥 1cm^3)			
	T	C	T+C	S
1.	-	-	-	-
2.			11	53
3.			21	0
4.	-	-	-	-

T: P. tamarensis

C: P. catenella

S: P. sp. (HIR)

16. 岩手県大船渡湾

1980年3月22日に大船渡湾内の25点において採泥を行ない、海底が砂質であったSt.25を除いた24点で底泥を採取した(図4-2-16)。

シストを定量した結果を表4-2-16に示す。St.1, St.5とSt.18の3点では Protogonyaulax

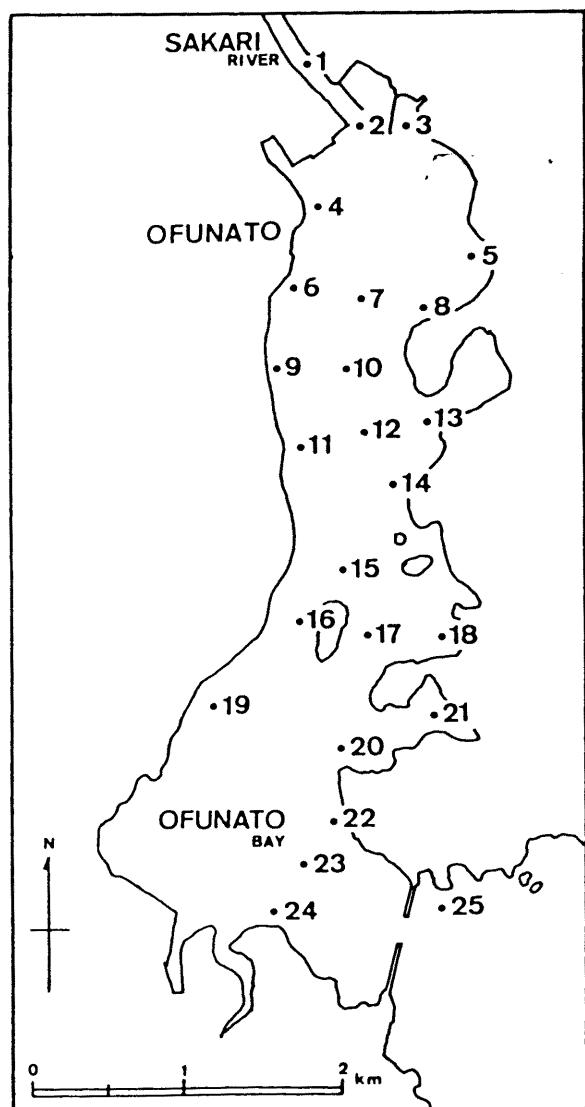


表4-2-16 大船渡湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥 1cm ³)		St.	Cyst (cells/底泥 1cm ³)	
	T+C	S		T+C	S
1.	0	0	14.	1326	0
2.	21	0	15.	228	0
3.	41	0	16.	62	0
4.	228	0	17.	290	0
5.	0	0	18.	0	0
6.	477	0	19.	124	0
7.	269	0	20.	83	0
8.	642	0	21.	62	0
9.	207	0	22.	62	0
10.	435	0	23.	21	0
11.	478	0	24.	21	0
12.	621	0	25.	-	-
13.	186	0			

T: *P.tamarensis*
C: *P.catenella*
S: *P.sp. (HIR)*

図4-2-16 大船渡湾におけるシスト調査定点

のシストは認められなかつた。St. 2~4 と 6~11 で発見した長楕円体のシストを約 150 細胞培養し、発芽させ、鑑板の特徴を調べたところ、*P. tamarensis* と *P. catenella* の両種が認められた。この大船渡湾では 1979~1981 年の 3 年とも、春から初夏にかけて *P. tamarensis*、晩夏から秋にかけて *P. catenella* が発生してゐる。これらから、St. 2~4 と 6~11 だけではなく St. 12~17 と 19~24 で発見された長楕円体のシストにも *P. tamarensis* と *P. catenella* が混在してゐると判断し、表 4-2-16 には T+C として表記した。

大船渡ではこの調査以外にも数回にわたって湾内全域のシスト分布調査を行なつており、St. 14 では経時的な推移も調べてゐる。これらについては、第 6 章で改めてとり上げる。

17. 宮城県気仙沼湾

1980 年 7 月 8 日に気仙沼湾内の 7 点で採泥を試み、海底が砂質で採取不可能であった St. 5 の 1 点を除き 6 点の底泥を採取した（図 4-

2-17).

6点のうち St. 2 では Protogonyaulax のシストを認めることはできなかつた。

St. 4 では、長楕円体のシストを見つけ、培養して発芽増殖させた。その游泳細胞の鑑板を調べた結果 P. tamarensis と査定された。気仙沼湾では 1979 年 5~6 月のプランクトン中に P. tamarensis が採集されており、今迄 P. catenella の採

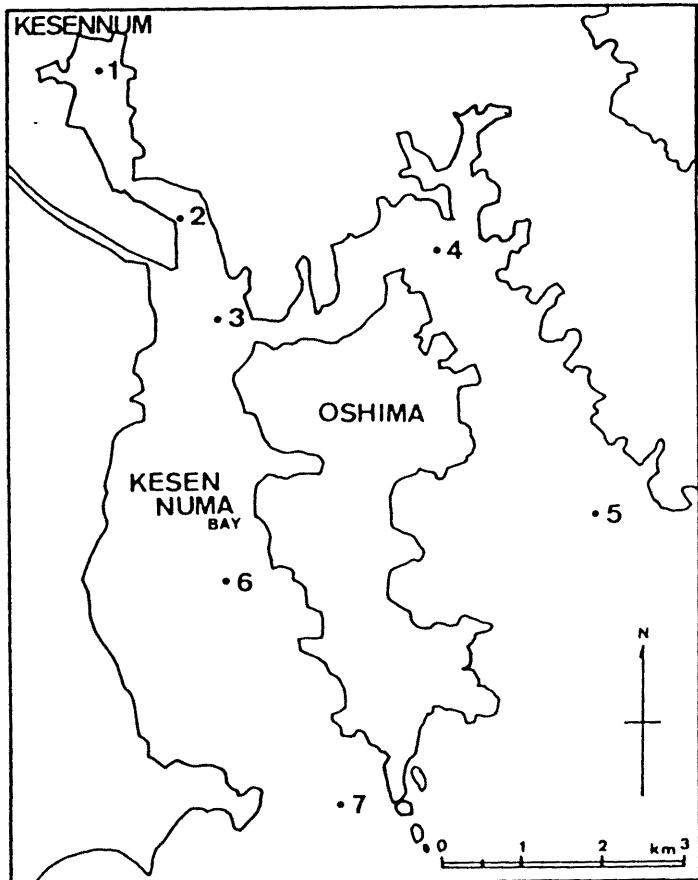


表4-2-17 気仙沼湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥 1cm ³)		
	T	C	S
1.	0	0	21
2.	0	0	0
3.	11	0	0
4.	21	0	0
5.	-	-	-
6.	0	0	21
7.	42	0	21

T: P. tamarensis
C: P. catenella
S: P. sp. (HIR)

図4-2-17 気仙沼湾におけるシスト調査点

集記録はない。これらのことから St. 4 のシスト，および St. 3 と St. 7 で見つけられた同形のシストは P. tamarensis と判断した。

P. sp. (HIR) のシストは St. 1, 6, 7 の 3 点で認められ，培養を試みたが発芽しなかったため，游泳細胞の種類を決めることはできなかった。

18. 宮城県女川湾

1980年6月24日には女川湾内7点で採泥を行なった（図4-2-18）。

Protogonyaulax のシストは調査を行なった7点すべてにおいて発見された。このうち，長楕円体のシストは St. 6 を除く 6 点で認められ，St. 1 と St. 3 では多かった。この St. 1 と St. 3 から分離した 39 細胞のシストを培養したところ 20 細胞が発芽し，18 細胞が増殖した。その游泳細胞の鑑板の特徴を調べた結果，すべて P. catenella と判定できた。一方，採泥と同時に採集したプランクトン中に P. tamarensis が認められた。これらのことから，女川湾では P. tamarensis

と *P. catenella* が共存する事が考えられた。St. 1 と St. 3 だけではなく、長楕円体のシストが認められた St. 2, 4, 5, 7 も、そのシストには兩種が混在していると考えられたので、結果を示す表 4-2-18 には T+C を表記した。

St. 1 と St. 4~7 では *P. sp. (HIR)* のシストを発見し培養したが、発芽させることができず、游泳細胞の種類を確認することはできなかつた。

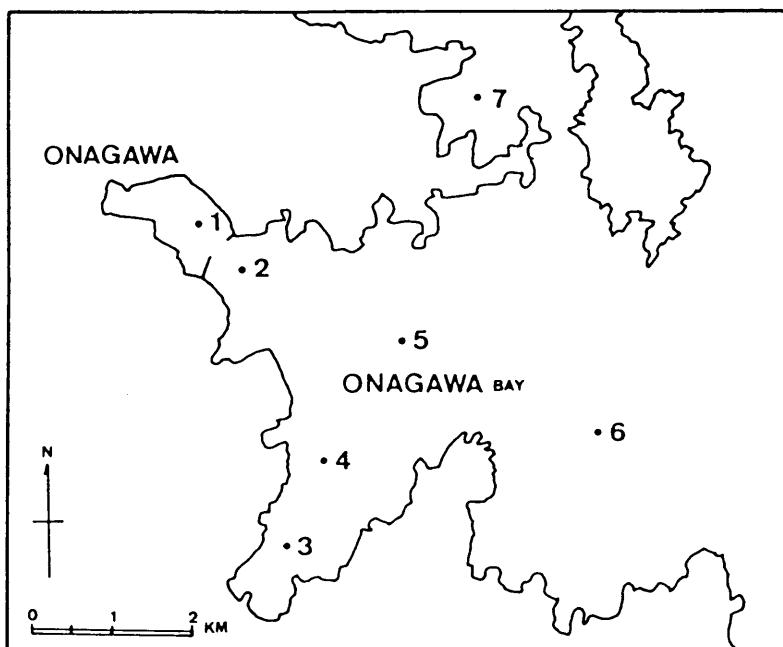


表4-2-18 妻川湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/腐泥 1cm ³)			
	T	C	T+C	S
1.			232	42
2.			35	0
3.			126	0
4.			11	63
5.			11	53
6.	0	0		11
7.			11	53

T: *P. tamarensis*
C: *P. catenella*
S: *P. sp. (HIR)*

図4-2-18 妻川湾におけるシスト調査定点

19. 秋田県戸賀湾

1980年6月26日 に秋田県水産試験場が採集

した底泥を應与していただき、シストを定量した。なお、潜水作業中に採泥を行なつたため、採集位置は明らかでなく、図4-2-19には位置を記入していいない。試料は2本あり、仮にSt. 1 と St. 2 とし下。

St. 1 では長楕円体のシストを発見し、培養を試みたが発芽させることができず、*P. tamarensis* あるいは *P. catenella* のいずれかを決定できなかつたため、表4-2-19には T+C と示した。

St. 2 では *Protogonyaulax* のシストは認められなかつた。

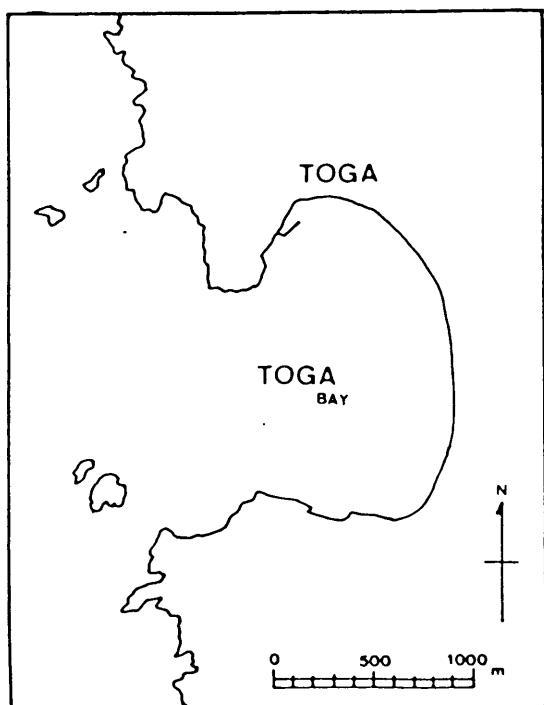


表4-2-19 戸賀湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥 1cm ³)			
	T	C	T+C	S
1.			11	0
2.	0	0		0

T: *P. tamarensis*

C: *P. catenella*

S: *P. sp. (HIR)*

図4-2-19 戸賀湾のシスト調査海域

20 秋田県船川港

1980年6月26日には船川港内5点で採泥を試み、海底が砂質で採泥不可能であったSt.4の1点を除き4点の底泥を採集した。

4点のうちSt.1, 2, 5には Protagonayulax のシストは認められなかつた。

St.3では P. sp. (HIR) のシストを採取し、培養を試みたが発芽せず、游泳細胞によつて種類を確認するに付さざきなかつた。

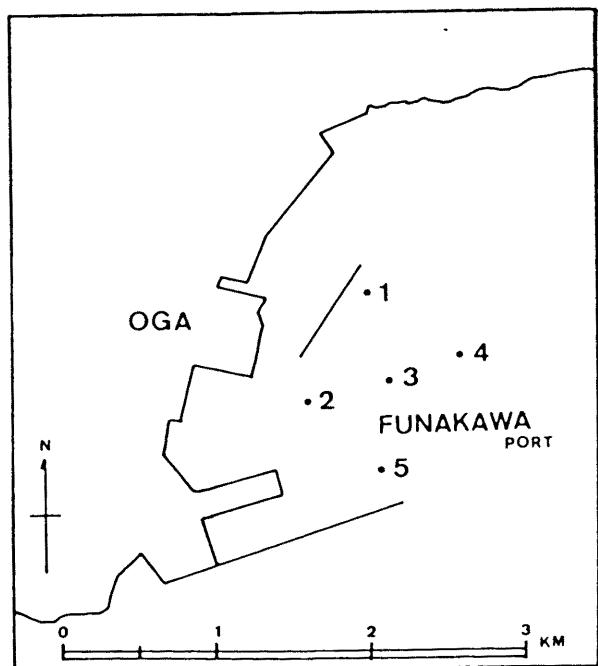


図4-2-20 船川港におけるシスト調査点

表4-2-20 船川港のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥 1cm ³)		
	T	C	S
1.	0	0	0
2.	0	0	0
3.	0	0	11
4.	-	-	-
5.	0	0	0

T: P. tamarensis

C: P. catenella

S: P. sp. (HIR)

21. 新潟県加茂湖

1980年6月27日に加茂湖内の4点で、新潟県栽培漁業センターが潜水して採取した底泥を患与してしまったとき、その中のシストを定量した(図4-2-21)。

結果を表4-2-21に示したが、4点ともProtogonyaulaxのシストは全く認められなかった。

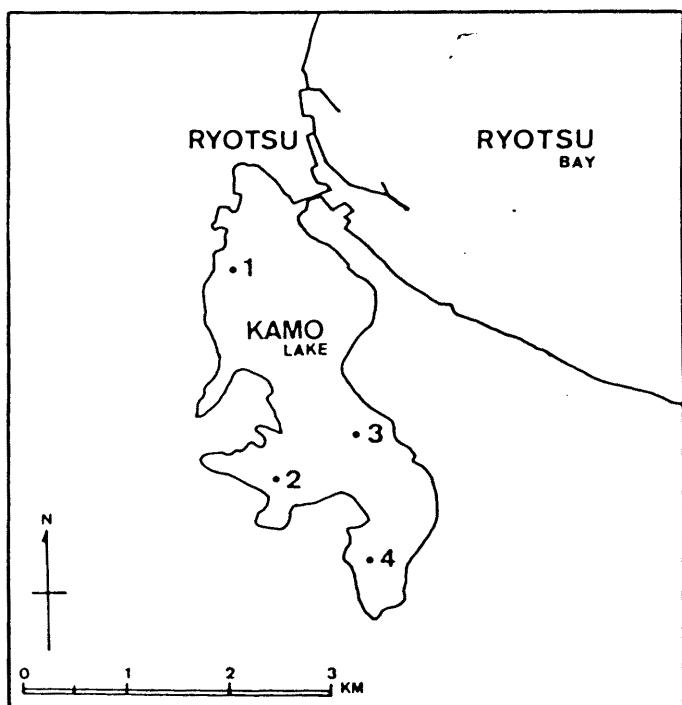


図4-2-21 加茂湖における調査定点

表4-2-21 加茂湖のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥 1cm ³)		
	T	C	S
1.	0	0	0
2.	0	0	0
3.	0	0	0
4.	0	0	0

T: *P. tamarensis*

C: *P. catenella*

S: *P. sp. (HIR)*

22. 東京湾千葉県沿岸

東京湾内の千葉県沿岸の船橋沖(St. 1)で

1980年5月28日には、君津沖(St. 2)と同年6月9日に千葉県水産試験場が採取した底泥を惠与していただき、分析に用いた(図4-2-22)。表4-2-22に結果を示したが、2点とも Protogonyaulax のシストは全く認められなかつた。

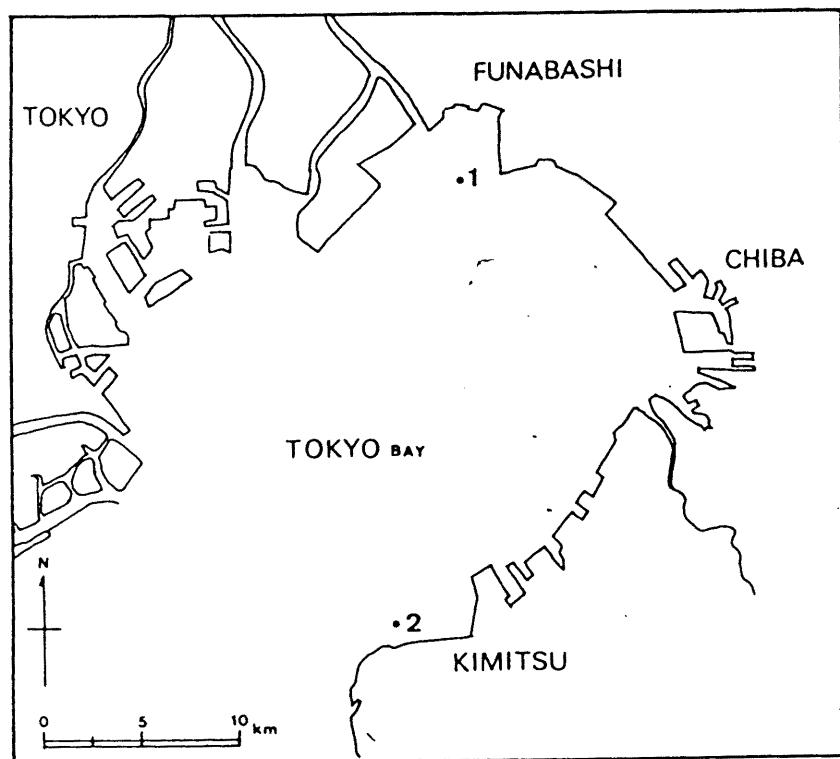


図4-2-22 東京湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥 1cm^3)		
	T	C	S
1.	0	0	0
2.	0	0	0

T: *P. tamarensis*
C: *P. catenella*
S: *P. sp. (HIR)*

図4-2-22 東京湾におけるシスト調査定点

23 神奈川県油壺湾

1980年5月8日に油壺湾内の3点で採泥を試みたが、海底が砂質であったSt. 2とSt. 3の2点では採泥ができず、底泥を採取できたSt.

1の1点のみ分析を行なった。

結果は表4-2-23に示したが、St. 1ではProtogonyaulaxのシストは全く認められなかつた。

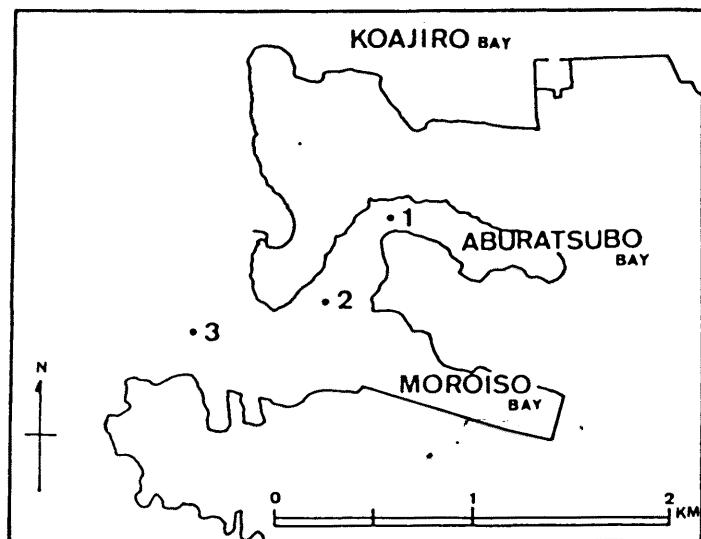


図4-2-23 油壺湾におけるシスト調査定点

表4-2-23 油壺湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥 1cm ³)		
	T	C	S
1.	0	0	0
2.	-	-	-
3.	-	-	-

T: *P. tamarensis*

C: *P. catenella*

S: *P. sp. (HIR)*

24. 静岡県浜名湖

1980年5月10日に浜名湖の4点で採泥を行なつた(図4-2-24)。4点のうちSt. 1とSt. 2は湖奥にあり、それそれ猪鼻湖と松見が浦とよばれている地点である。一方、St. 3

表4-2-24 浜名湖のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥 1cm ³)		
	T	C	S
1.	0	0	0
2.	0	0	0
3.	0	0	0
4.	0	0	0

T: *P. tamarensis*

C: *P. catenella*

S: *P. sp. (HIR)*

と St. 4 は 湖口 に
位置 して いる。

結果 を 表 4-2-
24 に 示 し た カ、
調査 を 行 な つ て
4 点 と も Protogony-
aulax の シスト は
見 つ か ら な か つ
た。

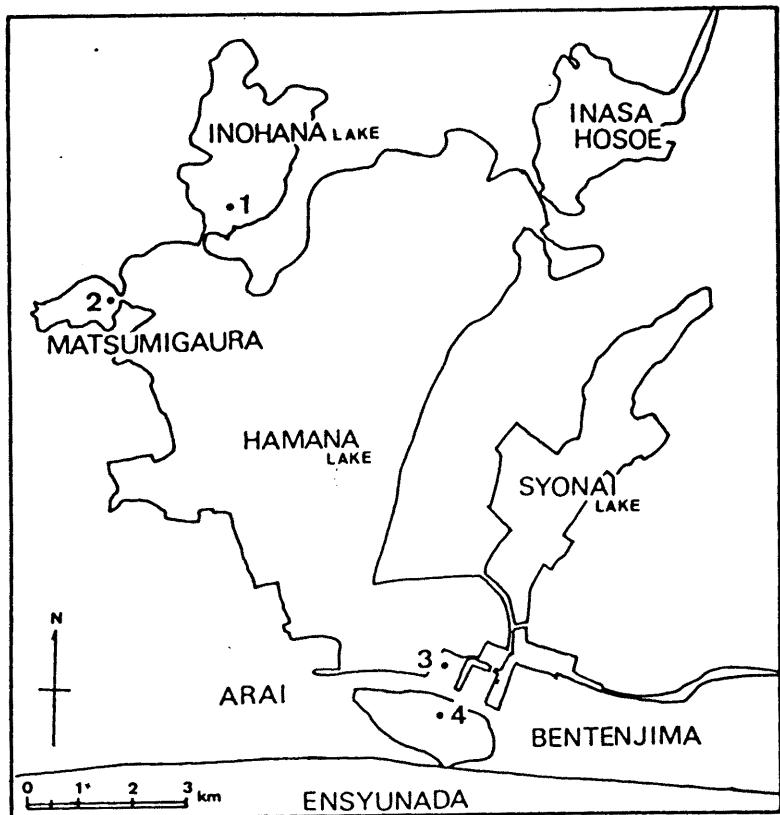


図4-2-24 浜名湖における調査定点

25. 愛知県渥美湾

1980年6月3~5日に愛知県水産試験場が、
渥美湾内4点(St. 1~4)と伊勢湾内1点(St.
5)で採取した底泥を用いていたとき分析
に使用した(図4-2-25)。

長楕円体のシストを St. 1~3 で発見した。 St.
1 で 24細胞のシストを分離して培養したところ、4細胞が芽生え、うち3細胞が分裂増殖した。この游泳細胞の鏡板の特徴を調べた結

果、P. tamarensisと査定された。また、この三河湾では1980年4月に採集したプランクトンにP. tamarensisが発見されているが、今迄P. catenellaは認められていない。これらのことから、St. 1~3で見られたシストはP. tamarensisと判断した。

St. 4とSt. 5ではProtogonyaulaxのシストは全く認められなかつた。

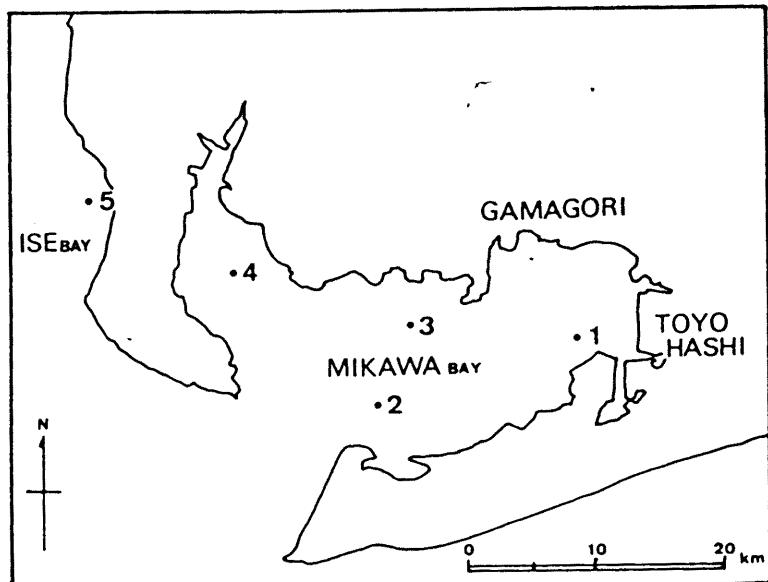


図4-2-25 渥美湾におけるシスト調査点

表4-2-25 三河湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底表 1cm^3)		
	T	C	S
1.	211	0	0
2.	88	0	0
3.	42	0	0
4.	0	0	0
5	0	0	0

T: P. tamarensis

C: P. catenella

S: P. sp. (HIR)

26 福井県坂尻湾

1980年10月25日に坂尻湾内の8点で採泥を試みた。しかし、全点とも海底が細砂質であったため採取が困難をきぬめ、St. 1では採泥

不可能、他の7点では柱状に採取することができなかつた。之ニズ、採取された少量化の表層泥を用いて分析を行なつた。

7点の結果を表4-2-26に示したが、全点でシストは認められなかつた。

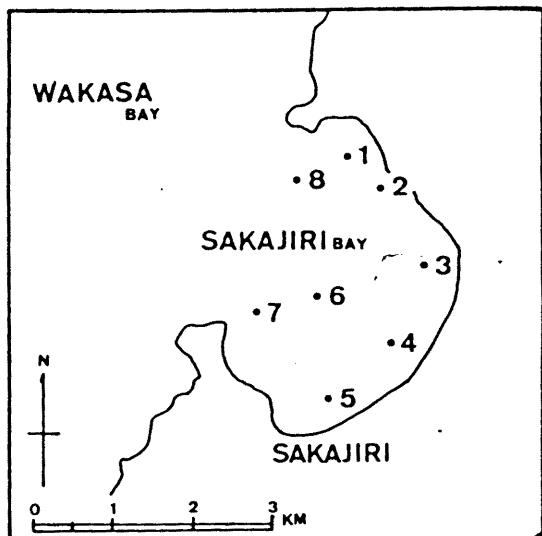


図4-2-26 坂尻湾におけるシスト調査点

表4-2-26. 坂尻湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥1cm ³)		
	T	C	S
1.	-	-	-
2.	0	0	0
3.	0	0	0
4.	0	0	0
5.	0	0	0
6.	0	0	0
7.	0	0	0
8.	0	0	0

T: *P. tamarensis*

C: *P. catenella*

S: *P. sp. (HIR)*

27. 京都府宮津湾

1980年10月24日に宮津湾内の11点において採泥を行なつた。

St. 1～11の全点において、*P. sp. (HIR)*と思われる球形のシストが認められた。各点から数細胞ずつ採取して培養したが、発芽した細胞

は見られず、游泳細胞から種類を確認する二
とはできなかつた。

St. 7では、長楕円体のシストを見つけては、
培養に成功せず、P. tamarensisとP. catenellaのいづ
れかを決める二とはできなかつた。そのため
表4-2-27ではT+Cと表記した。

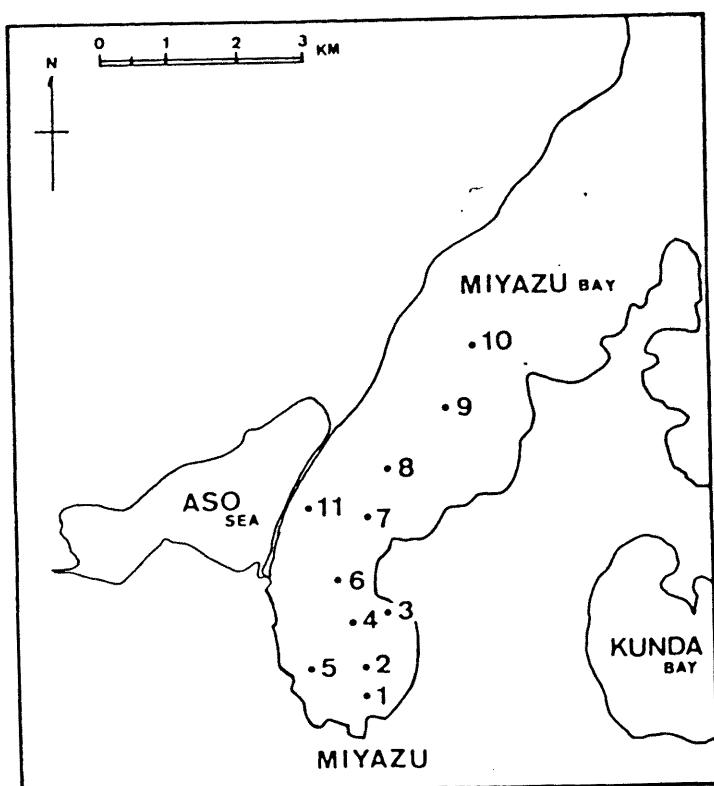


図4-2-27 宮津湾における調査点

表4-2-27. 宮津湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/ liter 1cm ³)			
	T	C	T+C	S
1.	0	0		95
2.	0	0		74
3.	0	0		42
4.	0	0		63
5.	0	0		42
6.	0	0		42
7.			11	53
8.	0	0		32
9.	0	0		116
10.	0	0		63
11.	0	0		32

T: *P. tamarensis*

C: *P. catenella*

S: *P. sp. (HIR)*

28. 播磨灘南部

1980年2月10日に環境庁公害研究所渡辺信
博士が採取した底泥(St. 1~3), および同年

5月16日に津田湾内で採取した底泥(St. 4)を用いてシストを定量した(図4-2-28)。

St. 1では Protogonyaulax のシストは全く認められなかつた。St. 2~4では長楕円体のシストを見つけ、培養を試みたところ、St. 4で採集したシストが発芽した。増殖した游泳細胞の錨板の特徴を調べた結果、P. catenellaと査定することができた。また、二つの海域では、1980年6月に P. catenella が赤潮を形成しており、一方 P. tamarensis が1981年3~4月に少量発生している。そのため、二つの海域のシストには P. tamarensis と P. catenella が混在していると考えられ、表4-2-28では T+C を表わしてある。

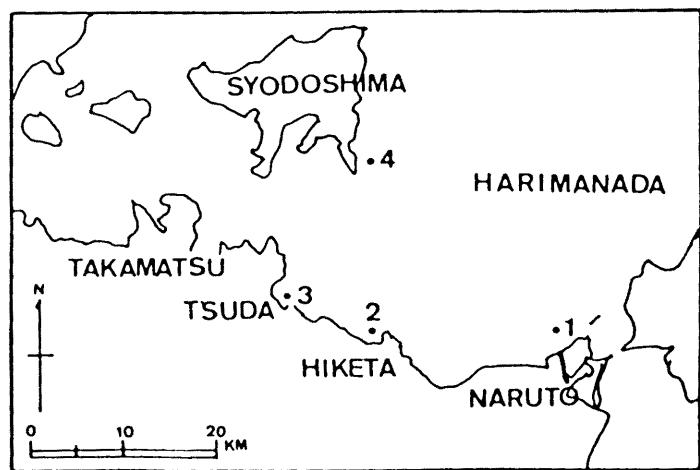


図4-2-28. 播磨灘南部におけるシスト調査点。

表4-2-28. 播磨灘南部のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥 1cm ³)			
	T	C	T+C	S
1.	0	0	0	0
2.			100	0
3.			50	0
4.			185	0

T: P. tamarensis

C: P. catenella

S: P. sp. (HIR)

29. 徳島県橘湾・椿泊湾

1980年5月13日に橘湾内2点、椿泊湾内3点の採泥を行なった（図4-2-29）。

各点とも長楕円体のシストが認められたが、椿泊湾のNo.3で見つけたシストを培養して種を査定したところ、P. catenella と査定された。両湾では1979年5月にP. catenella が発生しており、P. tamarensis は現在迄に発見されていない。

表4-2-29 橘湾・椿泊湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥1cm ³)		
	T	C	S
1.	0	53	0
2.	0	11	0
<u>椿泊湾</u>			
1.	0	21	0
2.	0	168	0
3.	0	358	0

T: P. tamarensis
C: P. catenella
S: P. sp. (HIR)

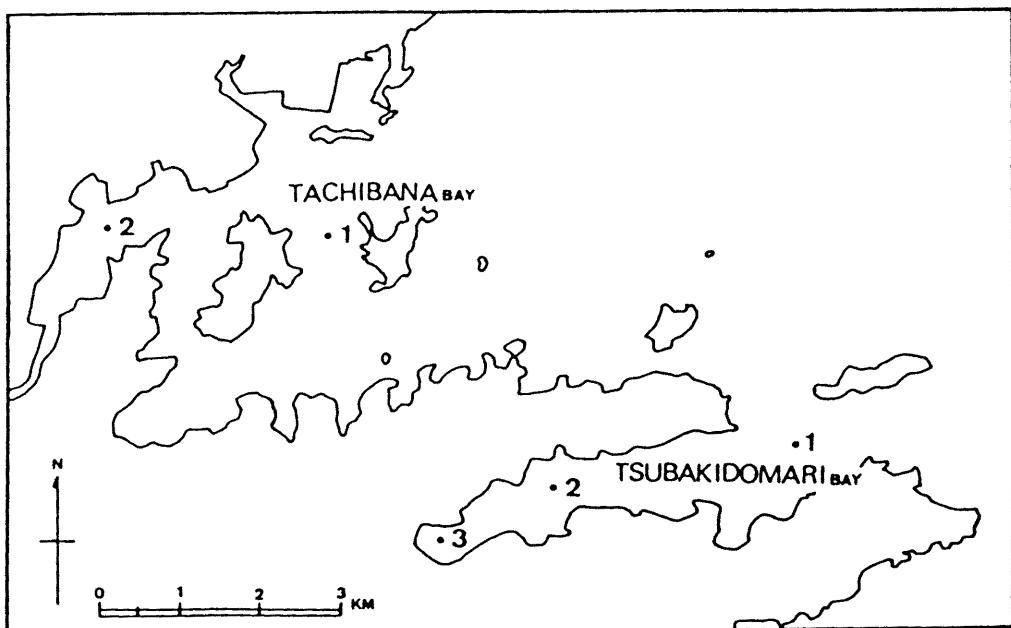


図4-2-29
橘湾・椿泊湾における
シスト調査点

これらのことから、各点に分布するシストは P. catenella と考えられた（表 4-2-29）。

30. 山口県仙崎湾

1980年10月22日に仙崎湾内の5点において底泥を採集した（図4-2-30）。

採泥した全点で長楕円体のシストが認められ、そのうちSt.1で採取されたシストを培養し発芽させたところ、P. catenellaと査定された。この調査に先立ち、1979年12月に山口県外海水産試験場が湾内で採取した底泥を惠与して

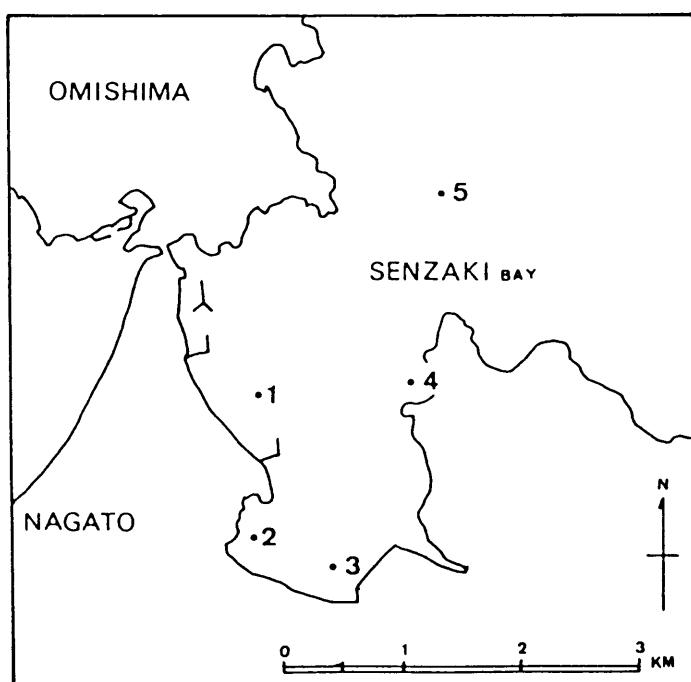


表4-2-30 仙崎湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥 1cm ³)		
	T	C	S
1.	0	21	84
2.	0	63	0
3.	0	116	0
4.	0	53	0
5.	0	42	0

T: P. tamarensis
C: P. catenella
S: P. sp. (HIR)

図4-2-30 仙崎湾におけるシスト調査点

いたとき、シストの査定を試みたところ、発芽増殖した株はすべて P. catenella と判定された。

この海域では1979年12月にプランクトン中に P. catenella が認められておりか、P. tamarensis は今迄採集されていない。

これらのことから、St. 1~5に分布するシストは全て P. catenella と査定した。

St. 1 では P. catenella の他に P. sp. (HIR) のシストも認められた。このシストを培養したが、発芽しなかつたため、游泳細胞の鐘板の特徴を確認するにはできなかつた（表 4-2-30）。

31. 大分県猪串湾

1980年6月7日に大分県水産試験場によつて採取された猪串湾内1点とその付近の1点の計2点の底泥を用い、シスト分布量の調査を行なつた（図 4-2-31）。

2点とも長楕円体のシストが少量認められ、St. 1 のシストを培養して種を査定したところ P. catenella と査定された。猪串湾では今迄に P.

tamarensis が発見されていないので、St. 2 のシストも St. 1 と同様に P. catenella と判断した（表 4-2-31）。

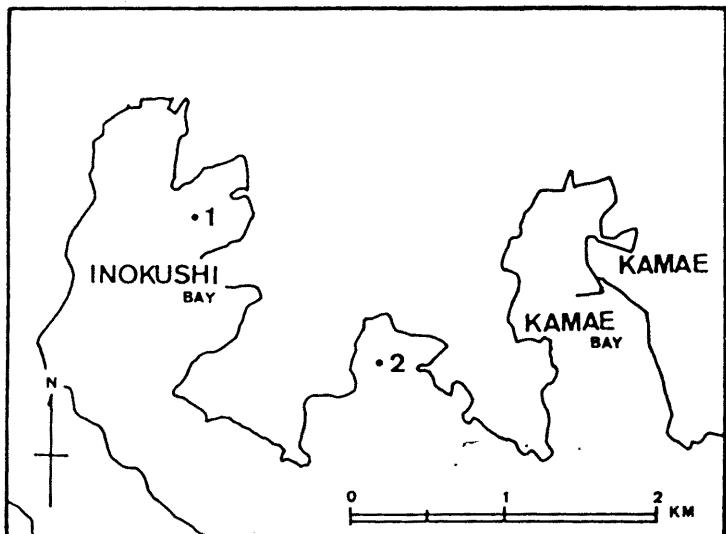


図4-2-31 猪串湾におけるシスト調査定点

表4-2-31 猪串湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥 1cm^3)		
	T	C	S
1.	0	21	0
2.	0	11	0

T: P. tamarensis
C: P. catenella
S: P. sp. (HIR)

32 長崎県大村湾

1980年2月19日は長崎大学教養部松岡数充博士の採取した大村湾内7点の底泥を分析いたいただき、シストの分布量を調査した（図4-2-32）。

この7点のうち St. 1 と St. 6 は P. tamarensis あるいは P. catenella のいずれかと思われる長楕円体のシスト、また、St. 3 は P. sp. (HIR) と思わ

れる球形のシストを少數見つけた。しかしながら、これらを培養しても発芽させることができず、游泳細胞の鐘板の特徴からシストの種類を明確にすることができなかつた。

その他の St. 2, 4, 5, 7 は Protogonyaulax のシストは認められなかつた。

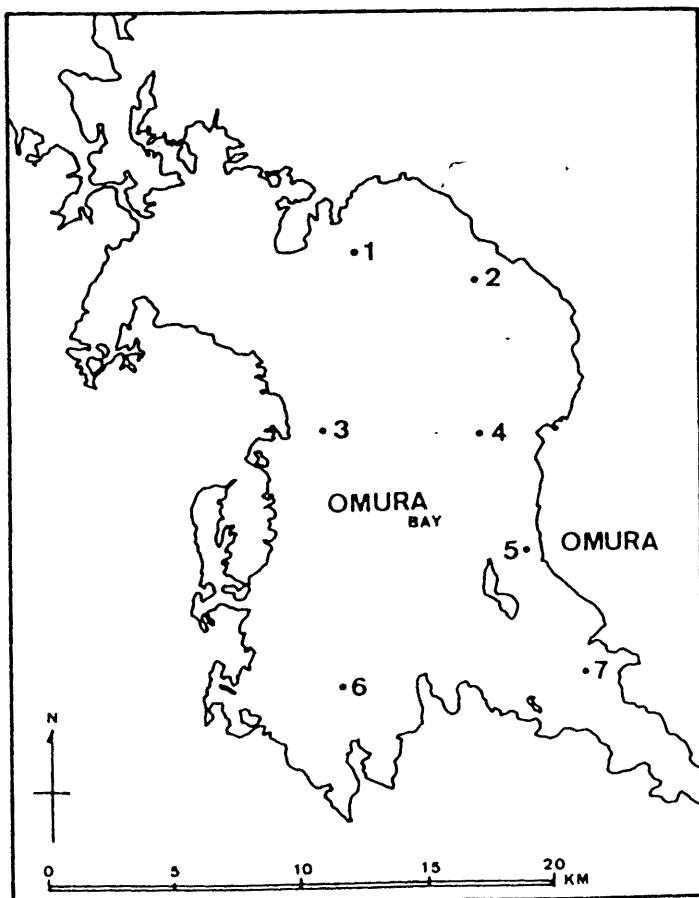


表4-2-32 大村湾のシスト分布量

St.	Cyst (cells/底泥 1cm^3)			
	T	C	T+C	S
1.			5	0
2.	0	0		0
3.	0	0		84
4.	0	0		0
5.	0	0		0
6.			11	0
7.	0	0		0

T: *P.tamarensis*

C: *P.catenella*

S: *P.sp. (HIR)*

図4-2-32 大村湾におけるシスト調査地点

第3節 Protogonyaulax 属のシストの分布

前節に述べた結果をもとに、3種類の Protogonyaulax のシストの分布をまとめた。

1. Protogonyaulax tamarensis のシストの分布

長楕円体のシストが発見され、培養実験により P. tamarensis と確認された海域は、次の5海域であった。

北海道厚岸湾(2)

北海道噴火湾(3)

岩手県大船渡湾(16)

宮城県気仙沼湾(17)

愛知県渥美湾(25)

(湾名の後の番号は

図3-2-1, 図4-3-1 およ

び第2節の項の番号

と一致する。)

シストの発見された

海域とは、プランクトン中に出現した P. tamarensis が発見されており、両者の分布はよく合致している。分布量は、長期間プランクト

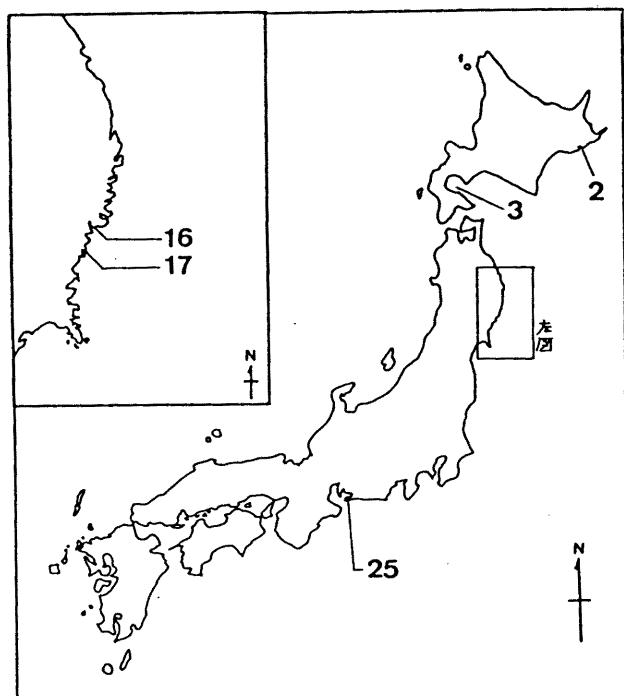


図4-3-1 P. tamarensis のシストの
発見された海域

ン中に出現する噴火湾と大船渡湾では多く、底泥 1cm^3 当り数百細胞を越えたが、厚岸湾と気仙沼湾では少く少なかった。

2. Protogonyaulax catenella のシストの分布

長楕円体のシストが発見され、培養実験により P. catenella と確認された海域は、次の8海域であった。

岩手県大槌湾(11)

岩手県釜石湾(13)

岩手県大船渡湾(16)

宮城県女川湾(18)

播磨灘南部(28)

徳島県橘湾椿泊湾(29)

山口県仙崎湾(30)

大分県猪串湾(31)

(湾名の後の番号は

図3-2-1, 図4-3-2およ

び第2節の項の番号と一致する。)

シストの発見された海域の多くでは、 γ ラ

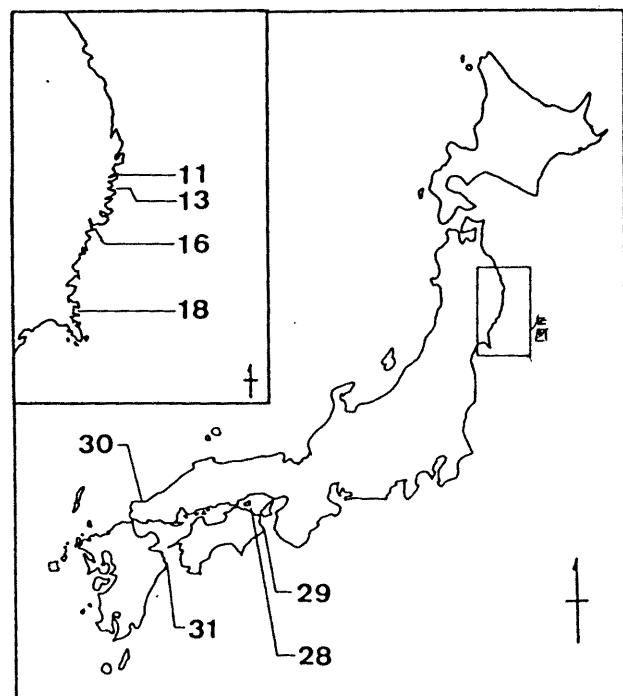


図4-3-2 P. catenella のシストの
発見された海域

ンクトン中に出現した P. catenella が発見されているが、大槌湾、女川湾と猪串湾ではまだ見つかってない。これはプランクトンの調査回数が少ないためで、頻度を高く調査を実施すれば発見されるものと思われる。

3. Protogonyaulax sp. (HIR) のシストの分布

球形のシストの発見された海域は 15 海域にのぼり、ほぼ全国に分布している。しかし、培養により P. sp. (HIR) と確認された海域は、北海道のサロマ湖だけであった。分布量はサロマ湖では極めて多く、底泥 1 cm³ 当り最少 189 細胞、最高 3,105 細胞を記録したが、他の海域では 1 点を除いてすべて 100 細胞以下となっていた。これは、サロマ湖では本種が赤潮を形成するほど多量に発生しているのにに対し、他の海域ではプランクトン中に全く発見されていないことと関係があると思われる。

第5章 大船渡湾における Protogonyaulax の生態
岩手県大船渡湾において、Protogonyaulax の游泳細胞の発生と増殖の推移を調査し、同時に測定した水温や塩分濃度などの環境要因との関連について、検討を加えた。

調査は、1979年から1981年までの3年間にわたり実施した。初年度の1979年は、湾内に17定点を設け、各点ごと水深別採水を行なうことにより、Protogonyaulax の水平および垂直方向の発生の広がりとその傾向を把握した。1980年には、春期に2定点ごと間隔をせばめに密な調査を行ない、Protogonyaulax の発生の経過と環境要因との関連を検討した。さらに、1981年には同様調査を続けると共に、湾内ごとのProtogonyaulax の生活環の解明に努力した。また、これらの調査と同時に、発生した Protogonyaulax の種の分類査定も行なったが、その結果についてはすぐ第2章第3節で述べた。

なお、Protogonyaulax の生活環に関する調査については、シストの生態と関連するため、本

章ではなく、次の第6章にまとめた。

第一節 大船渡湾に発生した Protogonyaulax に関する従来の知見

大船渡湾は奥行7km、幅1.5kmと細長く、湾奥には盛川と後入川が流れ込み、最大水深が40m弱の小さな湾である（図5-1-1）。湾奥西側に大船渡市の市街地が発達している。この市街地が、1960年のチリ地震津波で大被害を受けたため、湾口部に津波防波堤が建設され、1967年に竣工している。防波堤の開口部が水深16m、幅200mと狭いため、湾内水は滞留性が強く、海底は大部分が還元層の発達した泥質である³⁾。湾の東側一帯と西側の一部および湾口部で、かき、ほ

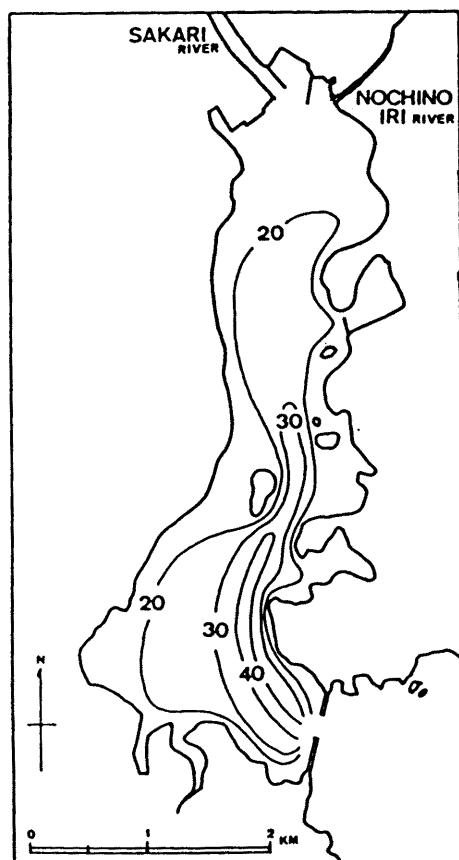


図5-1-1 大船渡湾水深図(m)

たて貝、あかざら貝、ほやの筏垂下養殖が行なわれており、盛川の川口および湾の東側の浅瀬にはアサリが生息している。

この大船渡湾において、チリ地震津波の翌年1961年にあかざら貝による死者1名を含む患者20名の麻痺性貝毒中毒事件が発生した⁶⁷⁾。それ以来、大船渡保健所が中心となって湾内のほたて貝とあかざら貝の毒量を測定しており、年によって強弱の変化はあるものの、毎年必ず貝毒化が認められている(図5-1-2)。また、同湾では貝の毒量が中腺腺1g当たり20マウスユニットを越えると養殖貝類に出荷自主規制措置がとられており、この規制期間が最

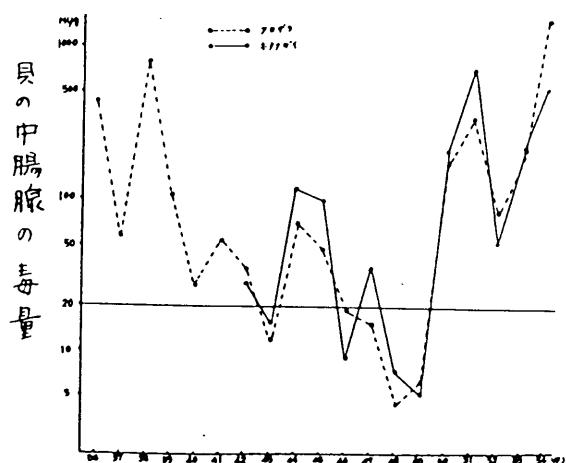


図5-1-2 大船渡湾における貝毒量最高値の推移(1961~1979年)
(岩手県の資料⁶⁷⁾より)

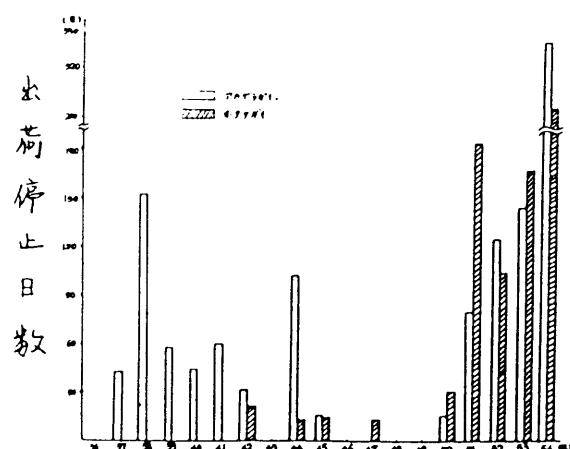


図5-1-3 大船渡湾における貝類の出荷規制の日数の推移(1961~1979年)
(岩手県の資料⁶⁷⁾より)

近数年では、1年の $\frac{1}{2}$ から $\frac{1}{3}$ を越える長期にわたって、漁民の貝類養殖業に対する意欲をそぐ原因となつてゐる。このように貝類の毒化は食品衛生の面だけではなく、水産養殖経済の面においても重要な問題であったが、原因究明のための調査研究は今迄にごくわずかしか行なわれていなかつた。

岩手県は1963～1966年の4年間にわたり大船渡湾貝毒総合調査³⁾を行ない、その中でプラントン調査を担当した岩手県水産試験場は、大小2種の Peridinium と 1種の Gonyaulax を貝毒と関係が深いとした。特に Peridinium の小型種の増減が貝の毒量の推移に密接にかかわつてゐると考えたが、Gonyaulax は関係がうすいと判断した。その描図や発生時期・水温から、小型 Peridinium は Scrippsiella trochoidea、Gonyaulax は Protogonyaulax catenella と見なすことができる。大船渡湾の貝毒原因種である Protogonyaulax tamarensis がこの調査では全く発見されていないが、その理由としては、出現種を検鏡するに当つて渦鞭毛藻の

中の優占種だけに注意を払っているのに対し、*P. tamarensis* の発生期間が比較的短かく、発生量も少なかったことが考えられる。

岩手県の調査と同じ1963年から約1年半の間、プランクトンの発生量と貝毒の関連を調査した村野⁶⁸⁾は、*Gonyaulax* の一種を有毒プランクトンとして最も嫌疑の濃い種と報じた。この*Gonyaulax* の一種の形態を詳細に検鏡観察した安達⁴⁵⁾は *Gonyaulax catenella* と査定し、WHEDON & KOFOID³⁹⁾ の記載した基本種とは異なる変種であるとして *G. catenella* var. *ofunatoensis* と命名した。安達はこの変種には頂板上に腹孔がなく、頂孔板は細三角形で背方に丸い頂孔があると記しているが、これらの特徴は第2章にあげた12種の *Protogonyaulax* のいずれにもないもので、特に現在大船渡湾に現われる *P. tamarensis*, *P. catenella* の両種とは頂孔板の形が明らかに異なっている。

1967年以降約10年間は貝の毒化の程度が軽微であったため、組織的な調査研究はほとんど行われなかつた。岩手県水産試験場では

1976年に湾内数点で定期的に Protogonyaulax の発生を観測し、かなり適確にその盛衰と貝毒量との関連を把握した⁶⁹⁾が、この結果はまだ正式には公表されておらず、その後の調査においても生かされていない。即ち、1976年9月から1977年3月にかけて岩手県はプランクトン、貝毒や環境調査を行なってはいるが、貝毒プランクトンの非発生期、貝毒の減少期にこれら調査を実施したため、全く新しい知見を得てない⁷⁰⁾。

1977年6月に、筆者³³⁾は大船渡湾奥で P. tamarensis (当時は Gonyaulax excavata とよんざいた) を採集して、培養に成功した。また、OSHIMA & YASUMOTO⁷¹⁾は同種の有毒性を確認し、その毒成分組成の分析を行なった。この両者の研究により、P. tamarensis が大船渡湾の貝毒原因プランクトンと断定された(次ページ注参照)が、この時点では生態面の調査までは未だに行なわれていなかつた。

さて、1979年より東北大学農学部安元健

教授を代表とする調査研究が計画され、筆者はプランクトンの分類・生態調査の担当として参加した。また、機会同じくして、1979年3月中旬に大船渡湾内の広い範囲でホタテ貝とカキが高濃度に毒化し水産上問題となり、さらに盛川川口のアサリも毒化し、市民に潮干狩自粛が呼びかけられるなど社会問題として貝毒問題が大きく顕在化したため、岩手県としても P. tamarensis など毒化原因種の生態調査を実施することになった。そこで、筆者は岩手県水産試験場環境保全部と協力して、1979年以降現在迄種々の調査を実施した。その内容は以下の章節に記すとおりである。なお、その結果の一部は日本水産学会等で口頭発表^{35, 72-75)}、岩手県報告書³⁾に印刷公表されてい。

注) OSHIMA et al.⁷⁶⁾ 付異なる時期に採集された4株 OF776, OF803, OF806, OF813 (43 ページ参照) の P. tamarensis の生産する毒の組成を比較することにより、大船渡湾に出現する P. tamarensis はすべて同一系群に属するものであるとした。

第2章 調査方法

Protogonyaulax 属プランクトンの生態調査に実施するにあたり、湾内に図5-2-1のよう^にST. 1~15, ST. S および ST. Y を定め、調査定点とした。特に ST. S と ST. Y を重複定点とし、詳細に Protogonyaulax の出現量の計測と、各種環境条件の観測を行なつて。

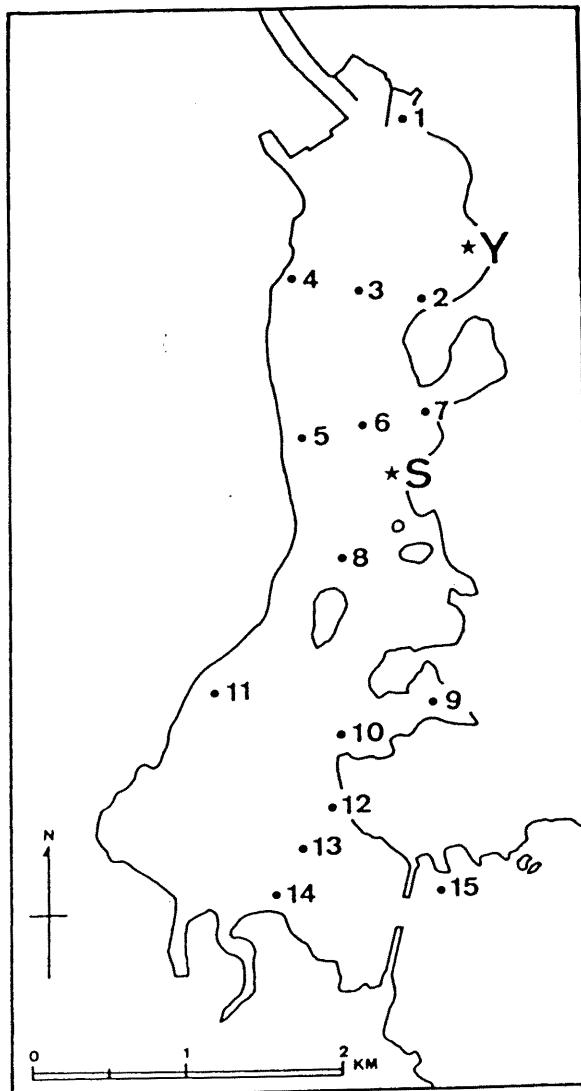


図5-2-1 大船渡湾におけるプランクトン調査定点

1. Protogonyaulax の分布

ST. 1~15 では 5 m 每に 0 m から水深 20 m まで 5 層、ST. S と ST. Y では 2 m 每に 0 m から最底層（それぞれ 22 m, 14 m）まで、定期的に採水を行ない、Protogonyaulax を定量してその分布を調査した。調査は

1979年4月から翌年3月まで26回実施した。

各点の各層の採水量は500ml²、採取後直ちに安達の固定液⁷⁷⁾を1ml加え固定して研究室に持ち返り、8μmのポアーサイズのミリホーフィルター(SCWPタイプ)を用いた重力濾過法と沈殿法を併用して最終的には10mlまで濃縮した。この濃縮液の1mlを分取して界線入り計数盤に移し、顕微鏡下で Protogonyaulax の細胞数を計数した。

採水と同時にSt.1~15では水温、塩分濃度・透明度、溶存酸素量を、St.YとSt.Sではさらに加えNO₃-N, NO₂-N, NH₄-Nとクロロフィルα量を測定した。

なお、この調査は岩手県水産試験場と協力して行なったものであり、筆者は Protogonyaulax の計数を、岩手水試は環境要因の測定を担当した。

2 Protogonyaulax の出現の推移

1980年2月から10月まで大船渡湾内のSt.S

と St. Y で、1981年2月から5月まで St. S で、1日ないし2日の間隔で調査を行なった。

プランクトンの採集・固定法、ならびに Protogonyaulax の計数法は前項「Protogonyaulax の分布」における実施した方法と同様であり、プランクトンの採集と同時に、水温・塩分濃度・透明度・水中照度などの環境要因の測定を行なった。

両年とも岩手水試と協力して調査を実施しており、Protogonyaulax の計数と水温・透明度・水中照度の測定を筆者が、塩分濃度の測定を岩手水試が担当した。

3. Protogonyaulax tamarensis の昼夜移動の観察

主採水点として St. S、潮の干満による誤差を少なくするために付近に2副採水点を設け（図5-2-2），P. tamarensis の昼夜移動を観察した。調査は岩手水試と協力して、1980年5月23日10時か

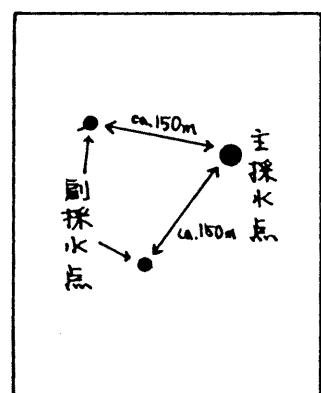


図5-2-2
主採水点と副採水点の位置

ら翌24日17時までの31時間、および同年6月15日5時から翌14日17時までの36時間の2回実施し、各点において1ないし2時間毎に表層から最底層まで2m毎に層別採水を行ない、同時に水温・塩分濃度・水中照度を主採水点だけ測定した。Protogonyaulax の定量には、三點の試水を合一し、次に改めてそこから500ml分取してその時刻の試水と考え、第一項に記した方法で計数を行なった。

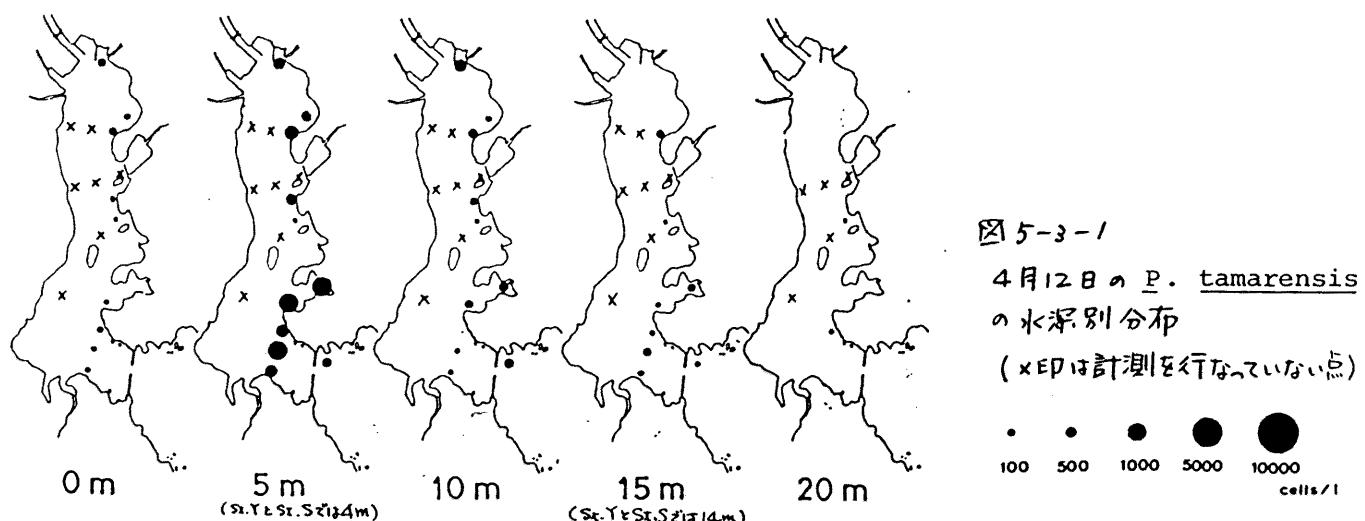
第3節 Protogonyaulax の分布

1. Protogonyaulax の分布の推移

岩手水試赤崎実験所と協力して本調査に先立ち1979年2~3月に行なった調査では、St.Yにおいて3月に入りP. tamarensis が現われ始め、3月23日には4m層に 105,600 cells/l という高密度の出現量が認められていた。

第1回の調査を実施した4月12日は、強風のためSt.3~8とSt.11では全く採水ができなかつたが、採水できた残りの10点では5m層を

中心に P. tamarensis が認められれた（図5-3-1）。中央も、St. 9, 10, 13 の 5 m 層には多く、それらの水温は 1.140, 1.020, 1.020 cells/l で認められた。



4月12日は P. tamarensis の多く認められた 5 m 層は水温 8.0~8.6 °C であったが、次の調査を行なうと 4月23日には 5 m 層が湾口付近を除いて 9.0~9.5 °C に上昇しており、8 °C 台から 10 m 以深へ移っていた。P. tamarensis もほとんど消滅しており、湾央の 5 m 層と、水温 8 °C 前後の湾口部 St. 12~14 の 0 m, 5 m 層には少數（最多 80 cells/l）現れただけであった（図5-3-2）。

5月7日には3と湾内の成層化が進み、表

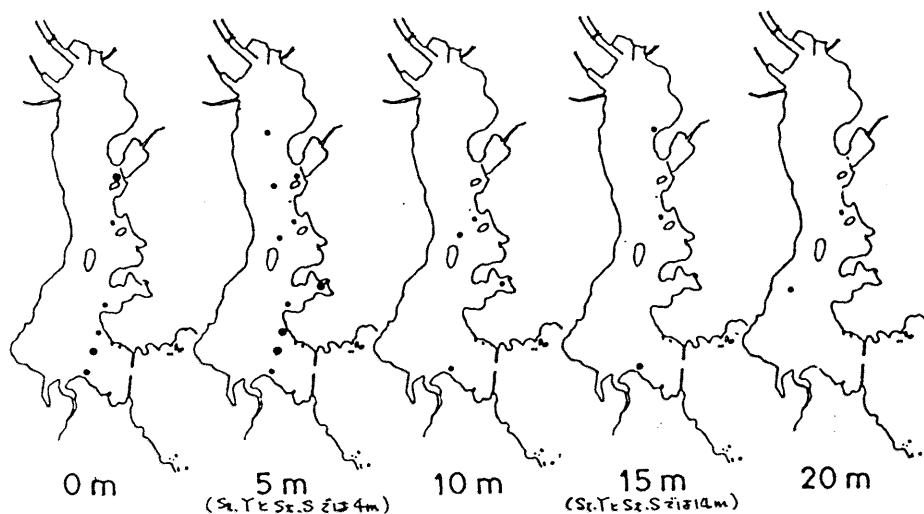


図 5-3-2
4月23日の P. tamarensis
の水深別分布

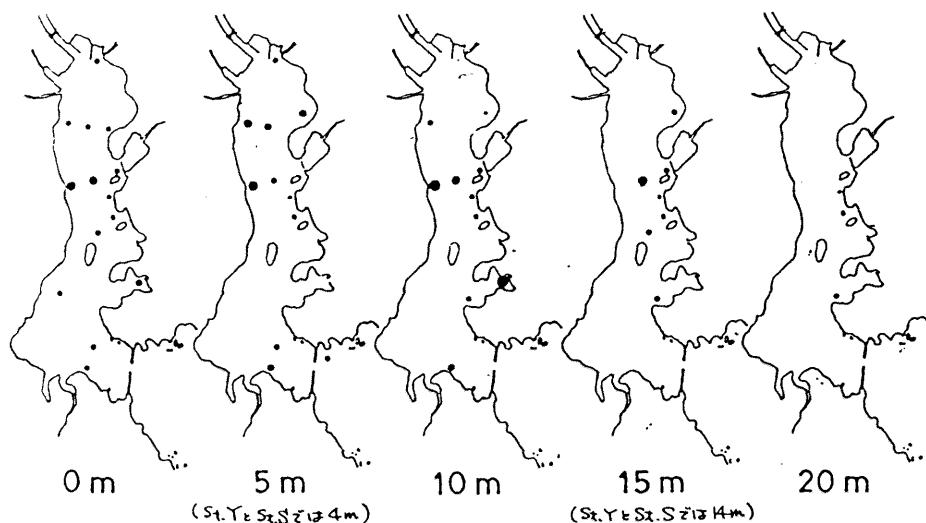
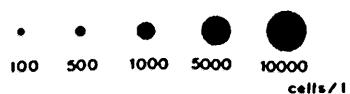
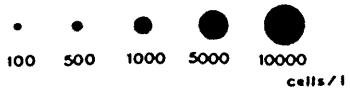


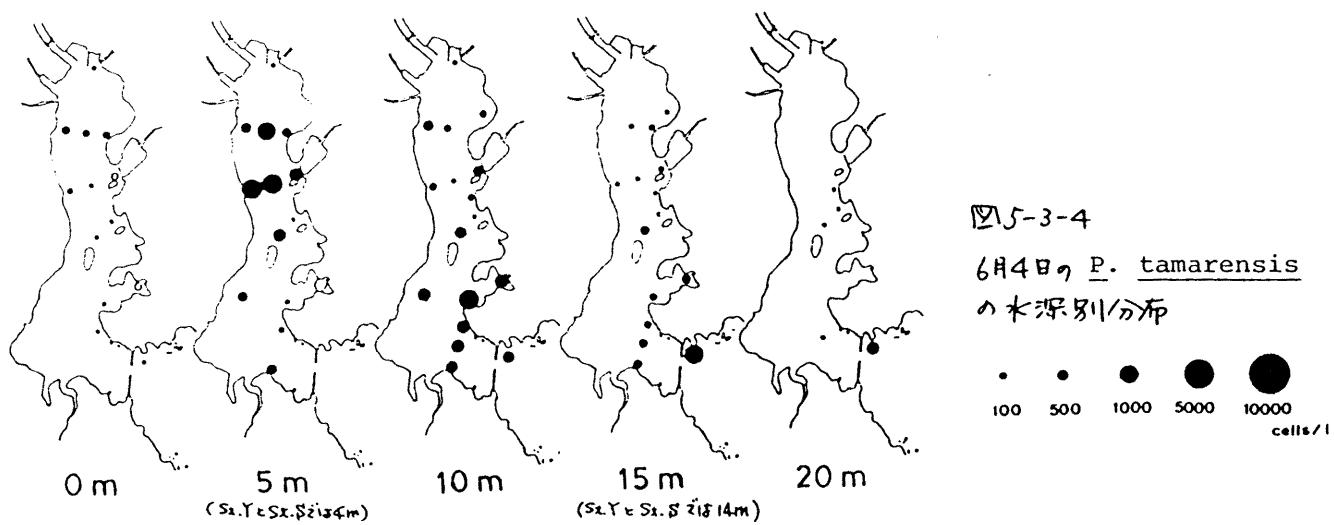
図 5-3-3
5月7日の P. tamarensis
の水深別分布



層では $12 \sim 14^{\circ}\text{C}$, 5m 以深では 10°C 以下となつたが, P. tamarensis はこれに逆らひ各層に分散して出現した(図 5-3-3)。特に, 湾央から湾奥にかけて多く認められたが, 量的には少く各点各層とも 200 cells/l 以下であった。

5月14日，21日，28日の3回の調査では，*P. tamarensis*は全くと言つてまゝ程度姿を消し，やむつかない5月14日St.Y 2m層20cells/l, St.6の20m層20cells/lと，5月28日St.15の0m層140cells/lのみ認められただけであつた。

6月に入ると急に湾内全域で*P. tamarensis*が発生した。その分布は表層から底層まで広がつた。5m及び10m層に多く見られ，水温10.5~12.0°C, 塩分32.50~34.00‰の範囲が中心である。6月中の4回の調査結果(図5-3-4~図5-3-7)を比較すると，4日と18日には深奥では5m層の浅所，湾口付近では10~15m層の



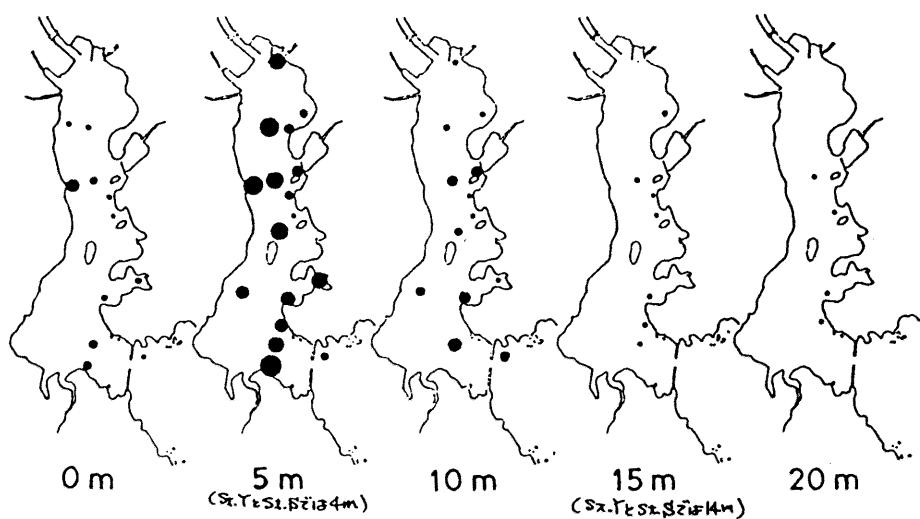


図5-3-5

6月11日の P. tamarensis
の水深別分布

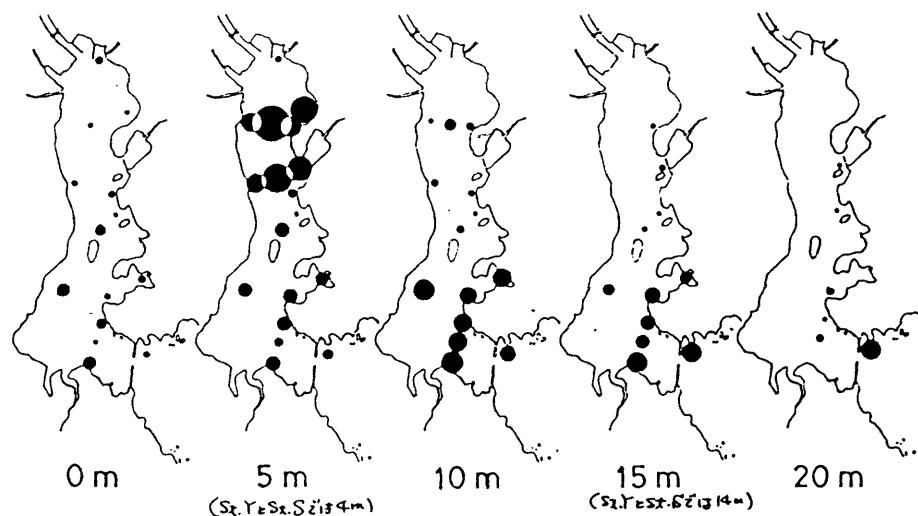
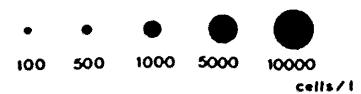


図5-3-6

6月18日の P. tamarensis
の水深別分布

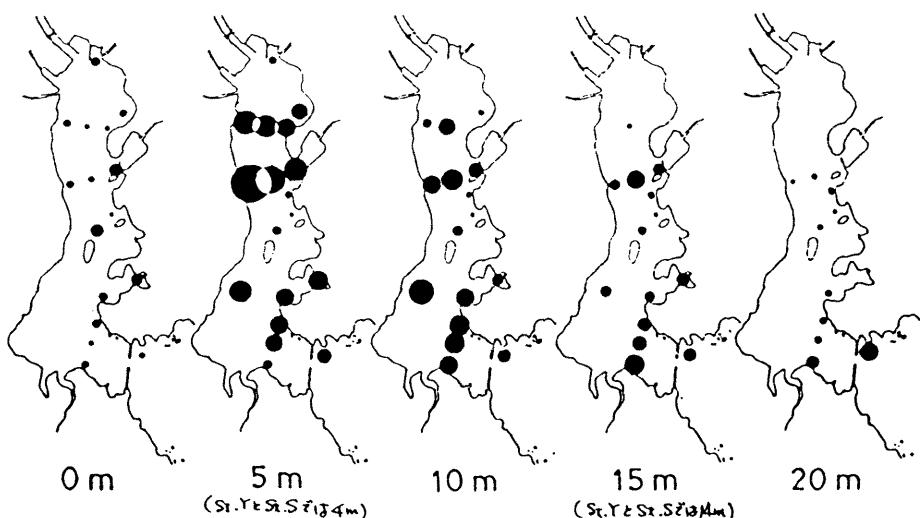
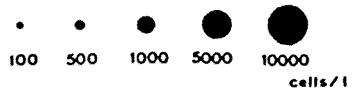
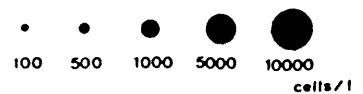


図5-3-7

6月25日の P. tamarensis
の水深別分布



深所といった分布層の違いを明らかに見せて
いるものに対し、11日と25日には湾奥も湾口
もほぼ同様に5m層あるいは5~15m層に分
布していった。出現量は、4日と11日では多い
層でも1,000 cells/l前後であったが、18日に急に
増加し、St.Y 4m層で3,860 cells/l, St.3.5m層
7,140 cells/l, St.6 5m層3,900 cells/lを示した。さ
らに25日には、St.5の5m層で9,700 cells/lとい
う高い値を記録した。

しかし、7月に入り、水温が全層で13.0℃
以上になるとP. tamarensisは急激に数を減じ、各
点各層で認められるにもかかわらず、100 cells/l

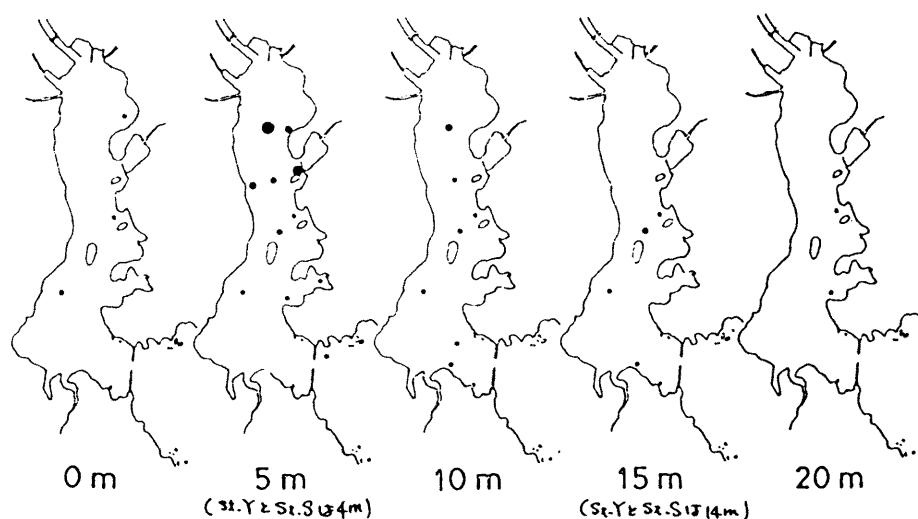
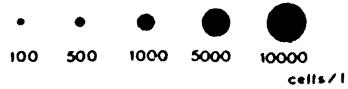


図5-3-8

7月2日のP. tamarensis
の水深別分布



以上が大部分といった状態となつた(図5-3-8)。

8月からは*P. tamarensis*にかわって*P. catenella*が現われ、先ず8月6日に6点の表層に限って最高300 cells/lまで認められた(図5-3-9)。この時の水温は22.0°C前後であった。

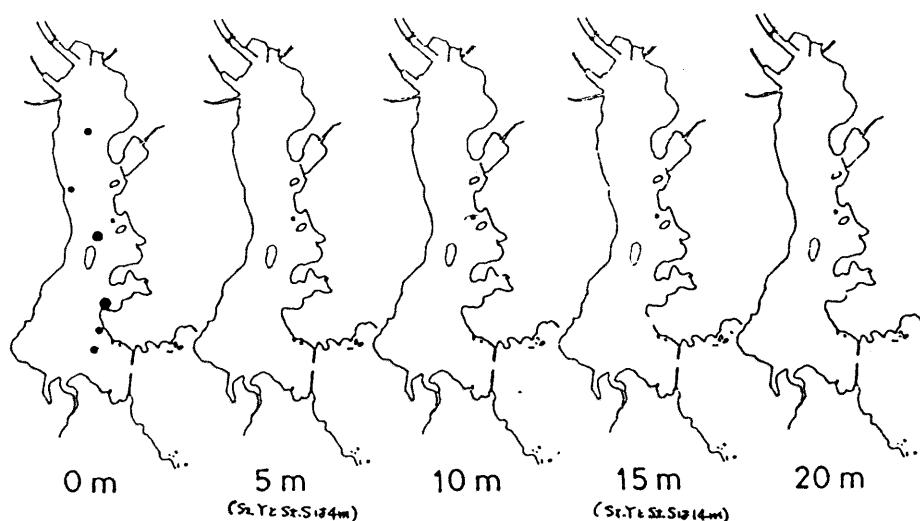


図5-3-9

8月6日の*P. catenella*
の水深別分布

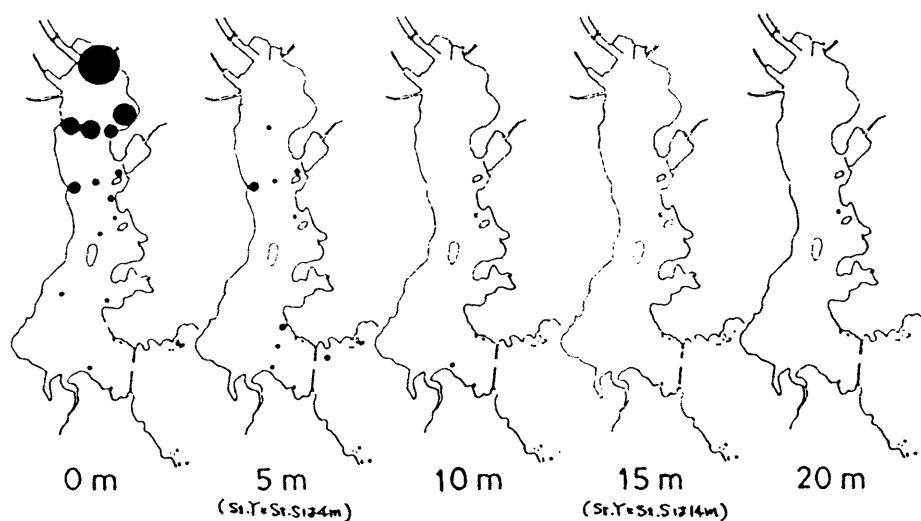
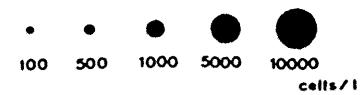
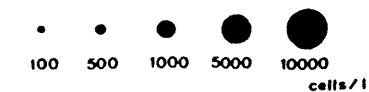


図5-3-10

8月25日の*P. catenella*
の水深別分布



P. catenella は 9月 5日を最高として、その前後の調査日の 8月 25日と 9月 17日の 3回にわたり多量に発生していふことが認められた。主な分布域は湾奥の St. 1 ~ St. 7 で、しかも水温が 24.0 °C 以上の表層に時に多く（図 5-3-10 ~

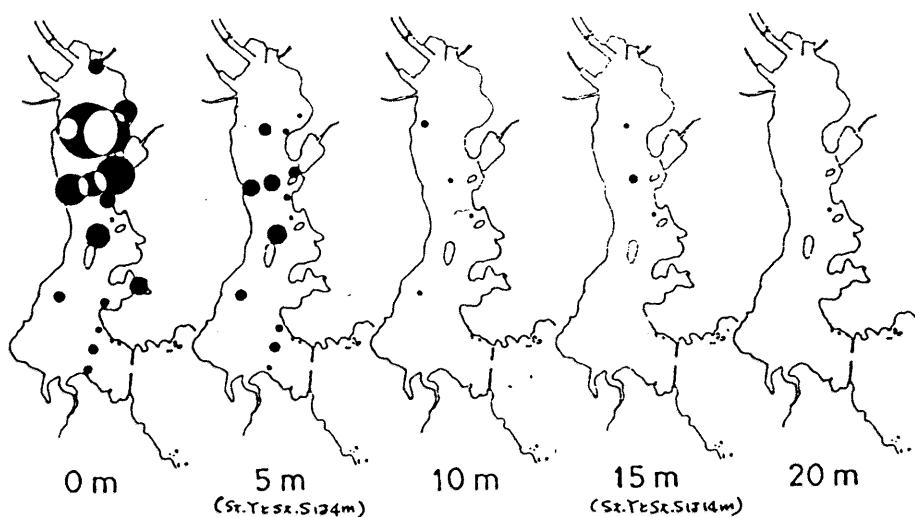


図 5-3-11
9月 5日の P. catenella
の水深別分布

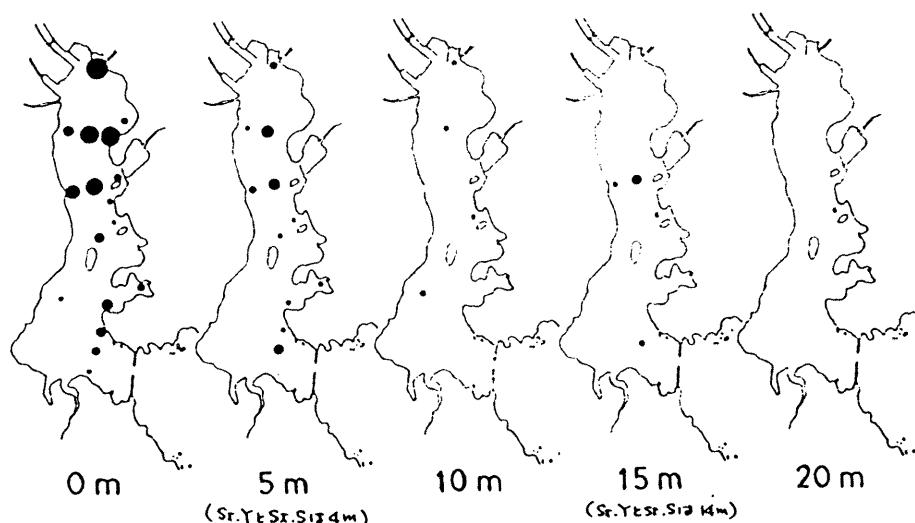
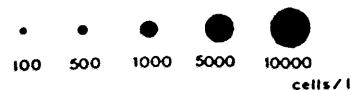


図 5-3-12
9月 17日の P. catenella
の水深別分布

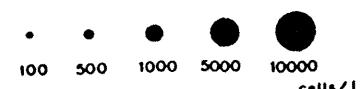
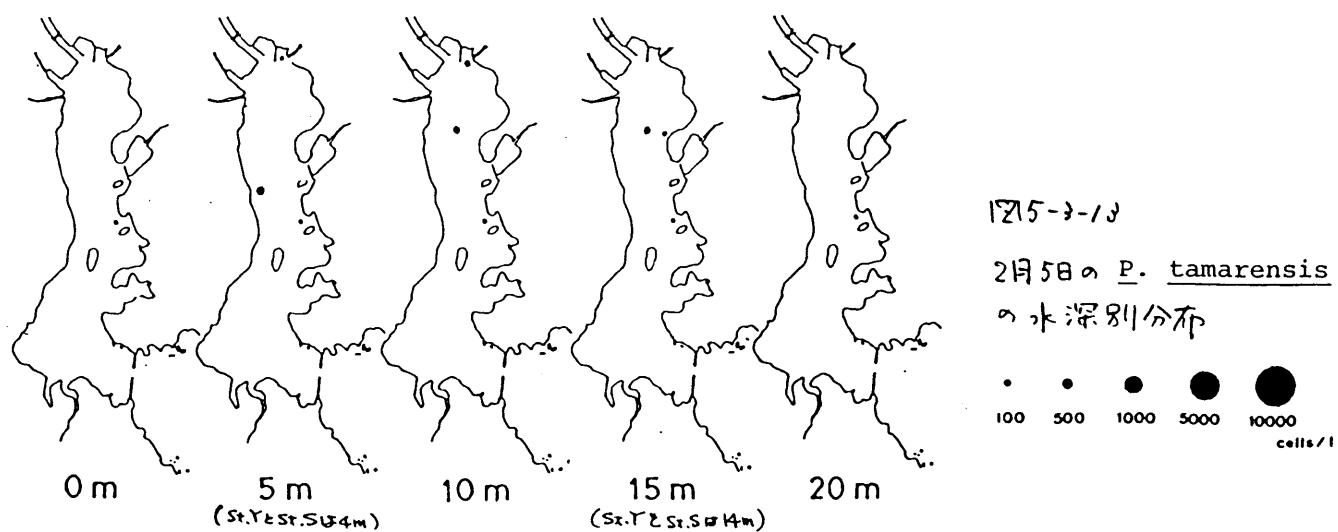


図 5-3-12), 例えば 8月 25日 の St. 1 の 0m 層は水温 24.1 °C で 12,400 cells/l, 9月 5日 の St. 2 の 0m 層は 24.3 °C で 13,200 cells/l, 同日 St. 3 の 0m 層は 24.7 °C で 26,800 cells/l を計測された。

之の P. catenella は 9月下旬にはかなり減少しており, 10月 11日の調査ではわずかに St. 9 の表層で 40 cells/l 認められるだけに止った。之以後 11月 12日, 12月 11日, 翌年 1月 8日の 3 回の調査でも 2例認め得ただけで, Protogonyaulax は全くと言つてよい程度姿を見せなくなつた。

続く 2月 5日の調査で再び P. tamarensis が St. 1 の 5m 及 10m 層, St. 2 の 15m 層, St. 3 の 10m



と 15 m 層 およそ St. 5 の 5 m 層 = 40-200 cells/l 現れ
れるようになつた (図 5-3-13)。この時の出現
層の水温は 9.8~10.4 °C であった。

P. tamarensis はニ山以降の 3 回の調査 (2 月 19
日, 3 月 4 日, 3 月 21 日) に認められ, しか
もその量は徐々に増加しきつて, 3 月 4 日
には最大 560 cells/l (St. 2, 10m 層), 3 月 21 日には
最大 2,400 cells/l (St. 6, 5 m 層) を数え上に至っ
た (図 5-3-14 ~ 図 5-3-16)。この間, 水温は
徐々に低下しきつて, 3 月 21 日が最低水温期
にあたつて, 各定點の全層とも 7.2~8.0 °C と
う低水温を記録した。

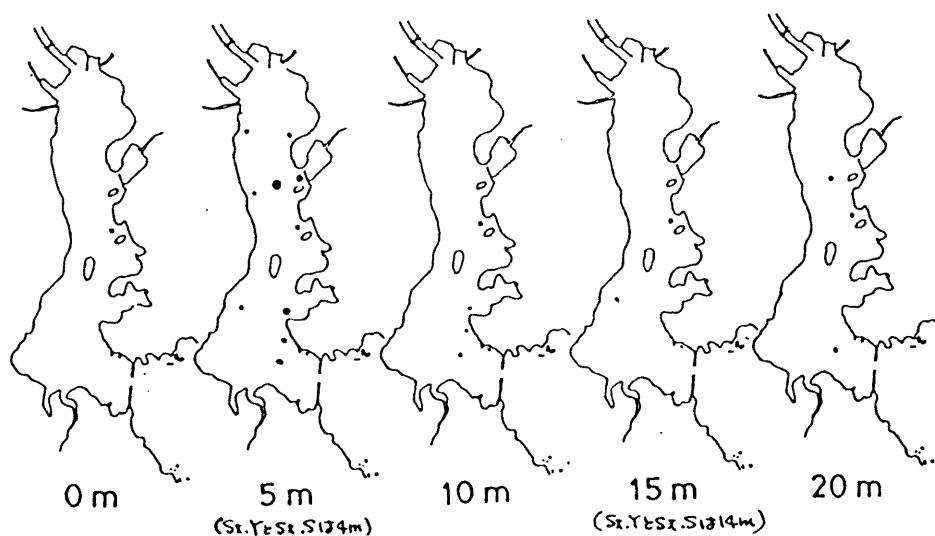
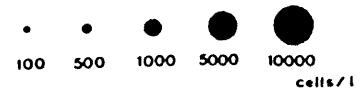


図 5-3-14

2月 19 日の P. tamarensis
の水深別分布



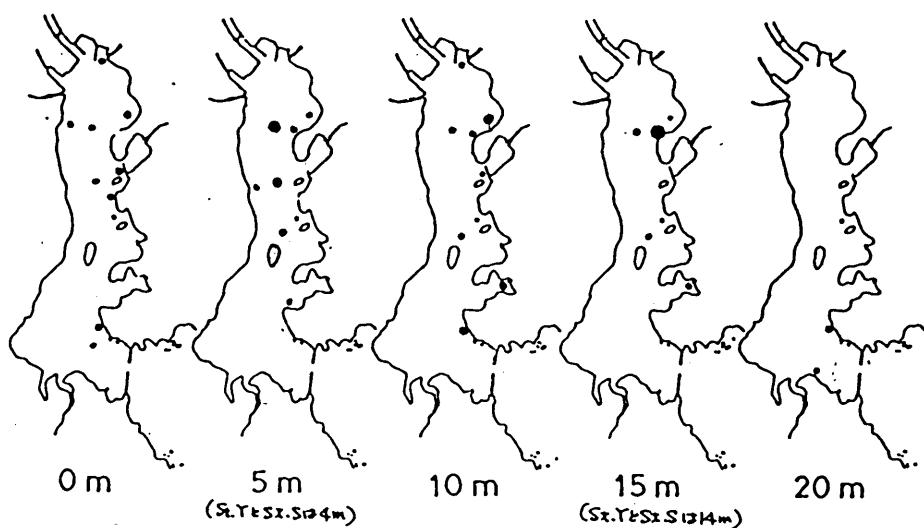


図5-3-15

3月4日の *P. tamarensis*
の水深別分布

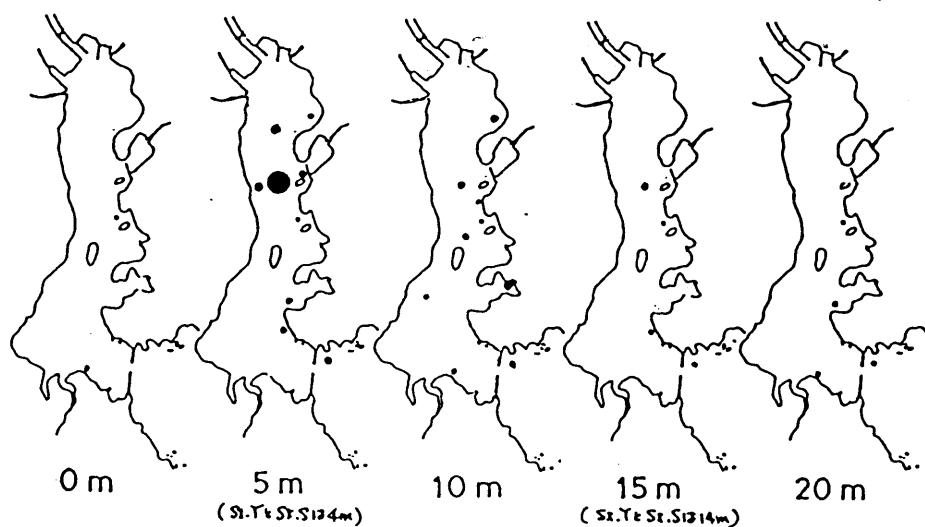
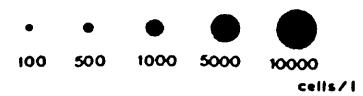
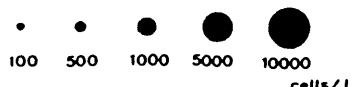


図5-3-16

3月21日の *P. tamarensis*
の水深別分布



2、 P. tamarensis と P. catenella の分布の特徴

1979年4月から1980年3月までの調査期間中に、P. tamarensis は、1979年の4月と6月、および1980年の3月の計3回、一方 P. catenella は1979年の8~9月の1回著しい増殖をみせた。これらの中から、游泳細胞の分布の推移がよくわかるといふ、1979年6月の P. tamarensis の発生と同年8~9月の P. catenella の発生をとりあげて検討した。

図5-3-17は P. tamarensis が発生していた6月4日、11日、18日、25日の4回の調査結果の平均を示したものであるが、湾央～湾奥では5m層に最も多く、湾口では5, 10, 15mの各層にほぼ似た量分布しているという特徴が認められる。また、表層に分布する量は比較的小ないと言える。

一方、P. catenella については8月25日、9月5日、17日の3回の調査結果の平均を図5-3-18に示した。これによると、湾央～湾奥にきわめて多く分布し、しかも表層での分布量の

大部分があることばかり、*P. tamarensis* の分布相と明らかなる対照を見せておる。

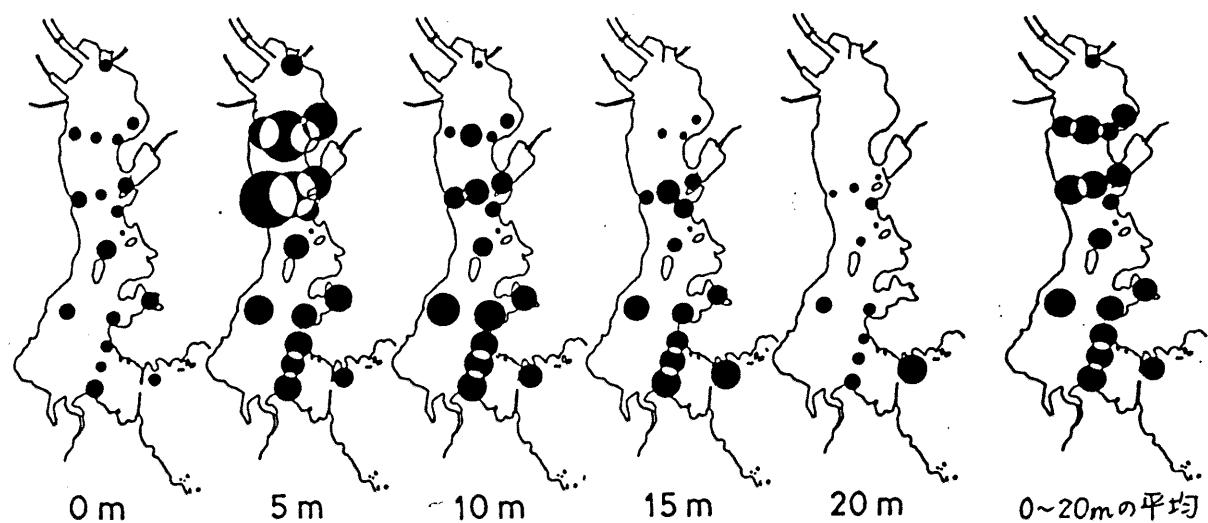


図5-3-17 *P. tamarensis* の水深別分布
(6月4日, 11日, 18日, 25日の結果の平均)

• • • •
25 100 250 1000
2500
cells/l

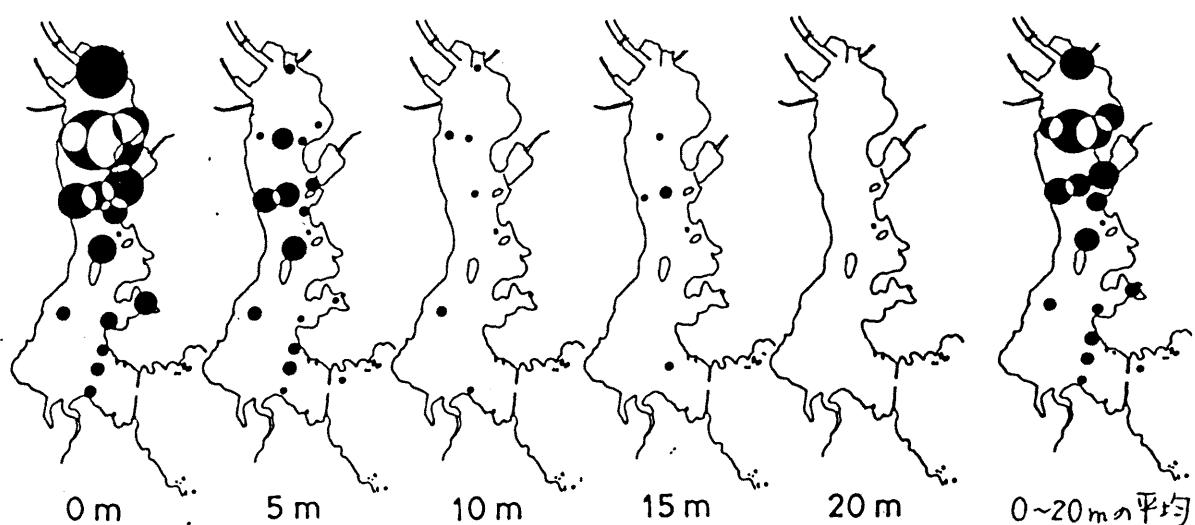


図5-3-18 *P. catenella* の水深別分布
(8月25日, 9月5日, 17日の結果の平均)

• • • •
25 100 250 1000
2500
cells/l

§ P. tamarensis と P. catenella の垂直分布と環境要因

游泳細胞が多量に発生した時のその垂直分布と水温、塩分濃度の垂直変化について、P. tamarensis の 4 例を 図 5-3-19 に、P. catenella の 4 例を 図 5-3-20 に示す。また、St. Y と St. S における

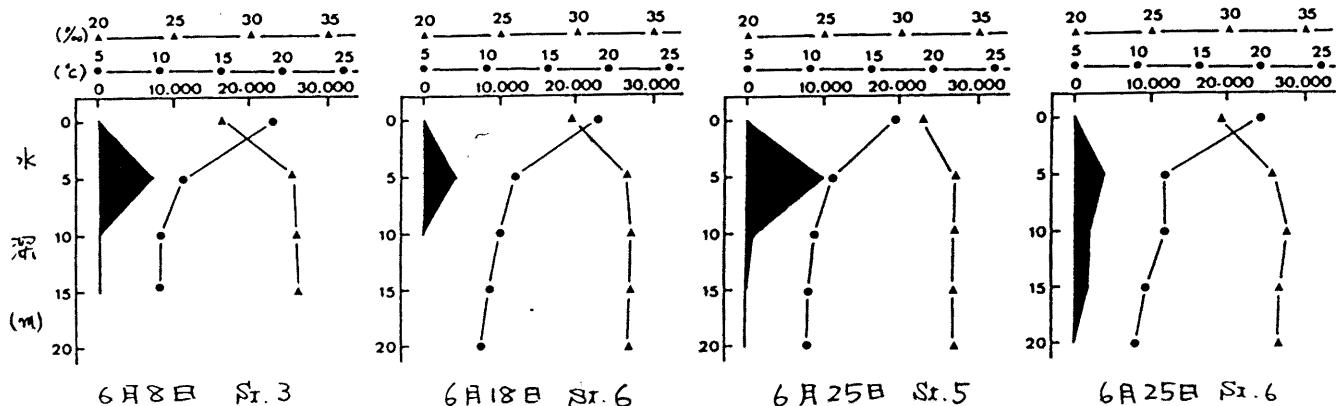


図 5-3-19 P. tamarensis 細胞数と水温(●—○), 塩分濃度(△—△)の垂直変化

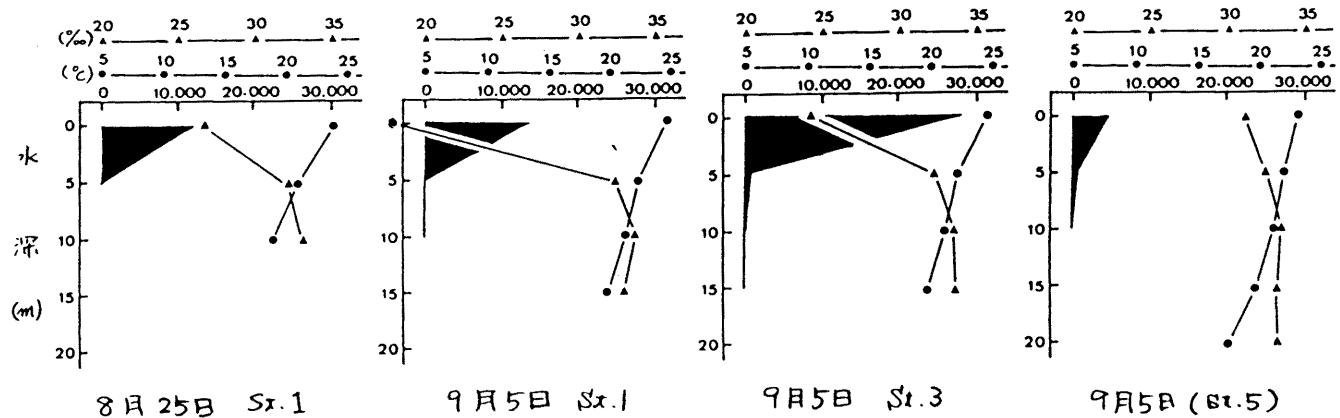
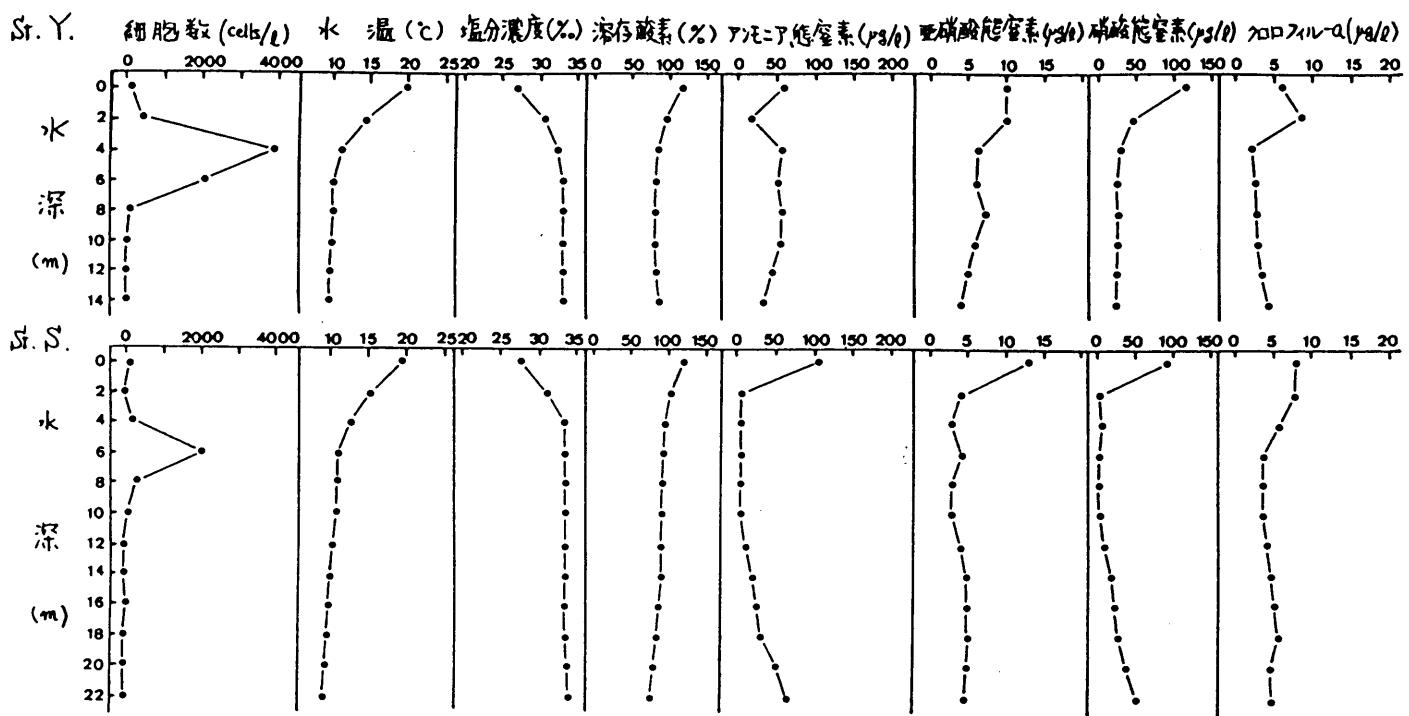
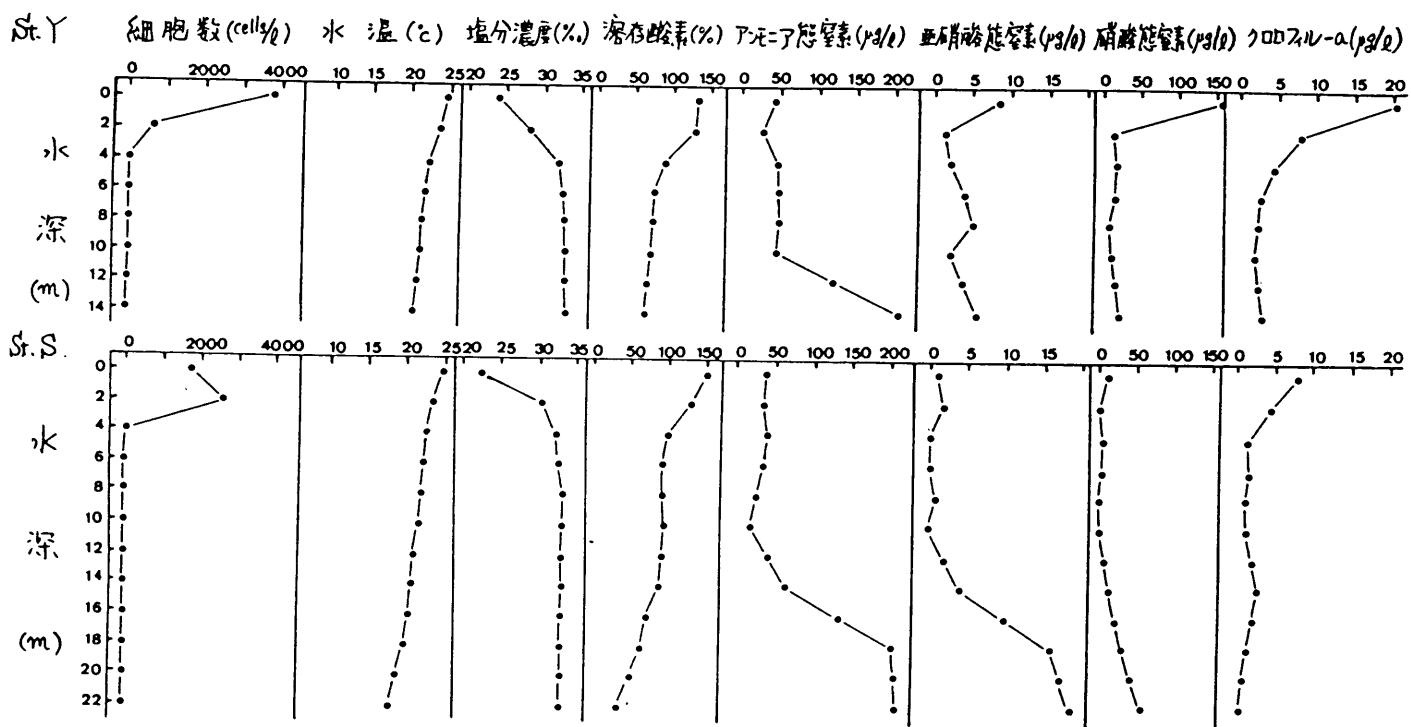


図 5-3-20 P. catenella 細胞数と水温(●—○), 塩分濃度(△—△)の垂直変化

図5-3-21 *P. tamarensis* の細胞数および諸環境要因の垂直変化 (1979年6月18日)図5-3-22 *P. catenella* の細胞数および諸環境要因の垂直変化 (1979年9月5日)

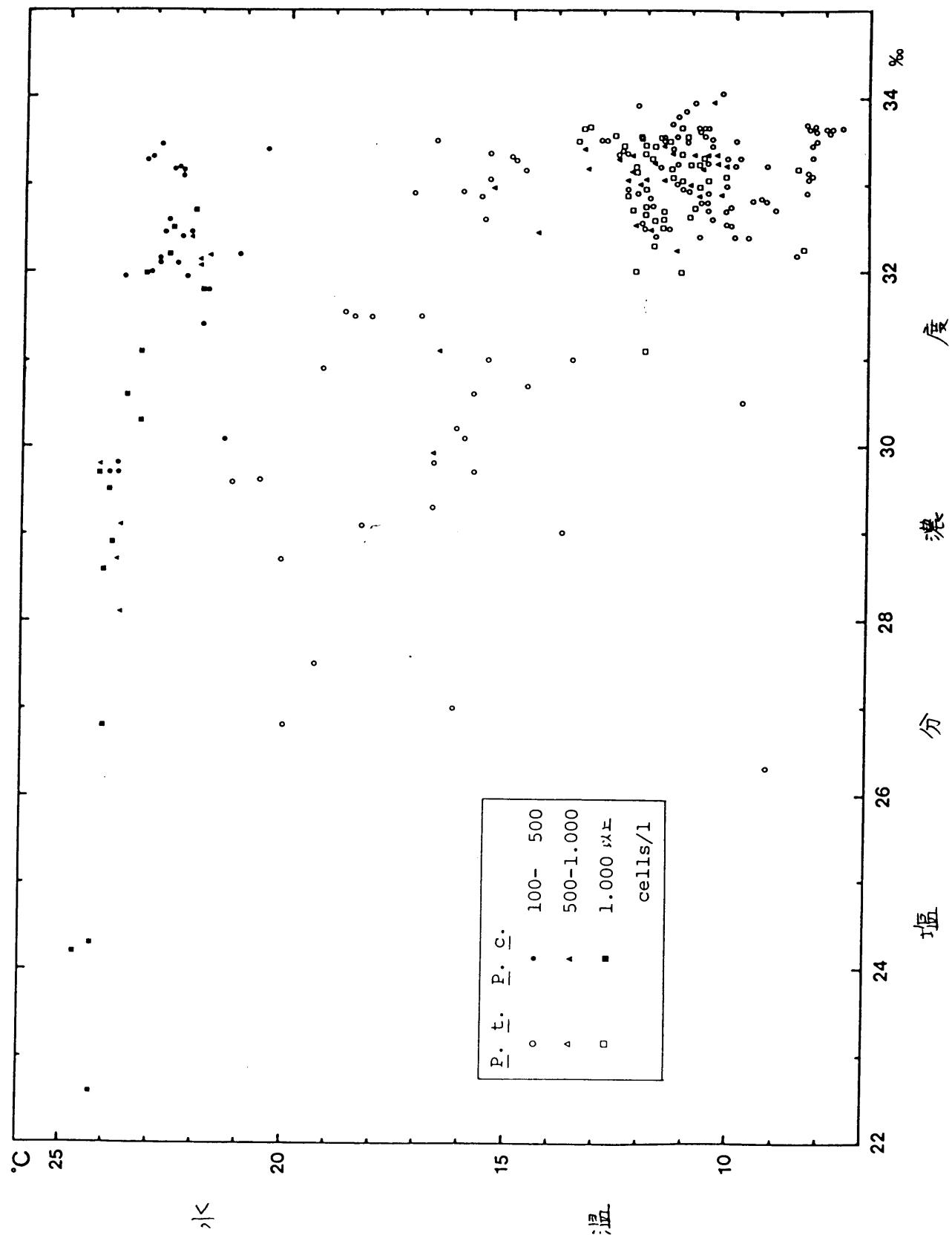


図 5-3-23 *P. tamarensis*, *P. catenella* の出現層の水温と塩分濃度

ける游泳細胞発生量の垂直分布と、水温・塩分濃度・溶存酸素量・アンモニア態窒素・亜硝酸態窒素・硝酸態窒素などの環境要因、およびクロロフィルα量の垂直変化について、*P. tamarensis* 発生時の 6 月 18 日の状況を図 5-3-21 に、*P. catenella* 発生時の 9 月 5 日の状況を図 5-3-22 に示した。

これらに見られるように、*P. tamarensis* の極大層のある水深 5 m は水温・塩分濃度躍層よりやや深所にあたり、反対に、*P. catenella* の極大層は 0 m 層で躍層より浅所にある。出現層の水温と塩分濃度をより一層明確にするため、図 5-3-23 にこれらとの相関を示したが、*P. tamarensis* は水温 10.0 ~ 13.5 °C、塩分濃度 32.0 ~ 33.5 ‰ に多量に出現し、一方の*P. catenella* は広い塩分濃度と水温 22.0 ~ 24.5 °C の層に多く出現していることがわかる。

両種の垂直分布と、溶存酸素・三態窒素・クロロフィル α 量の垂直変化との関連は認められなかった。これは、両種とも細胞の出現

量が少なく、植物プランクトン量全体の中で占める割合が小さかったことが最も大きな理由と考えられる。

第4節 Protogonyaulax の出現の推移

調査を行なった1980年2～10月と1981年2～5月に Protogonyaulax は3回出現した。このうち1980年2～6月と1981年3～5月の2回は P. tamarensis、1980年9～10月の1回は P. catenella であった。本節ではこれらの出現の推移を種類毎・時期毎にまとめた。なお、両種の出現推移と環境要因については第6節にも触れる。

1. P. tamarensis の出現の推移

1-1. 1980年2～6月における出現の推移

St. Sにおいては P. tamarensis は、2月下旬から水温8°C前後の4～6m層に最高 500 cells/l 出現し始めた。3月に入ると出現量はやや増加し、6～8m層に 1,000-3,700 cells/l 認められたが、この時期は大船渡湾の最低水温期にあたつており、

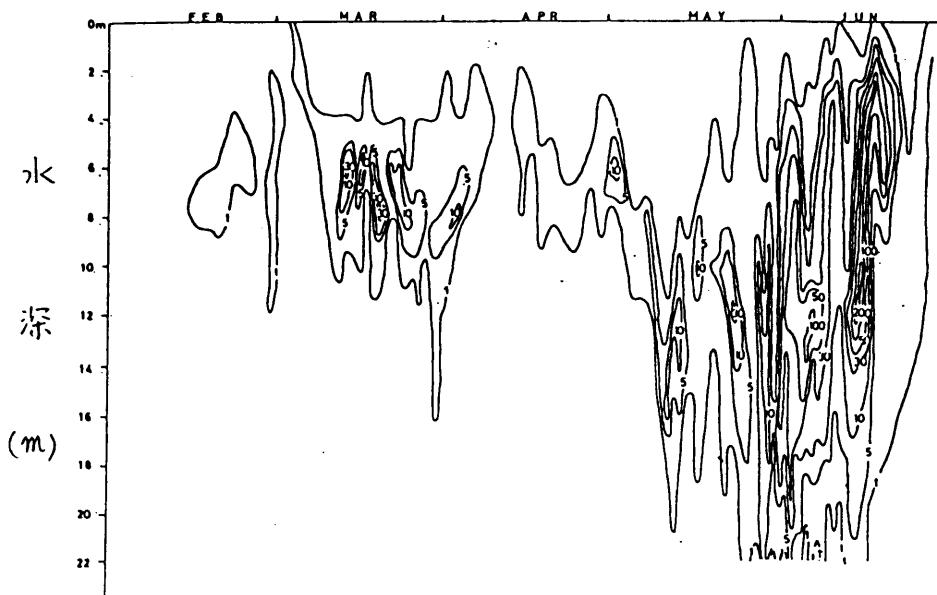


図5-4-1

大船渡湾 St.S における
P. tamarensis 細胞数
($\times 10^2 \text{ cells/l}$) の 1980年
2-6月の推移

図5-4-2

大船渡湾 St.S における
水温 (°C) の 1980年
2-6月の推移

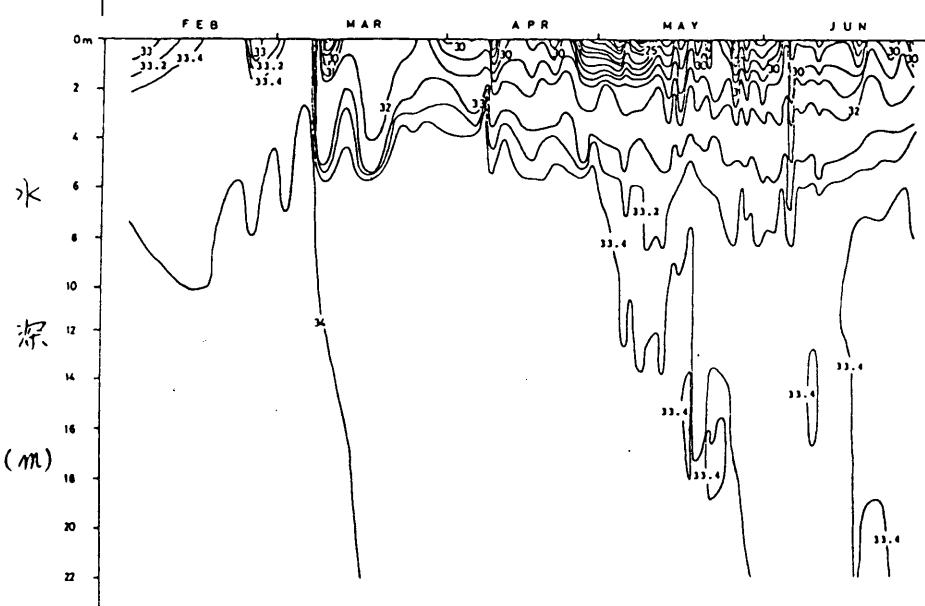
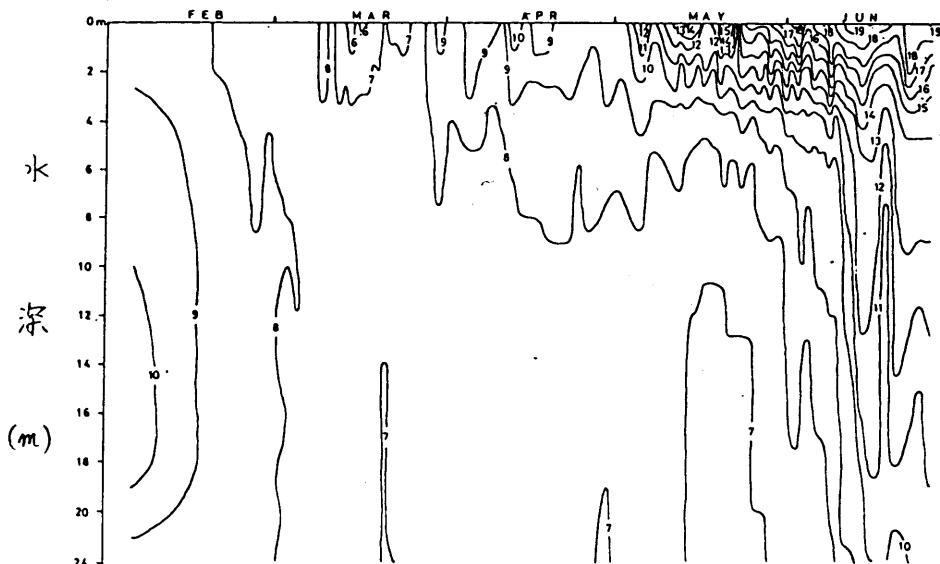


図5-4-3

大船渡湾 St.S における
塩分濃度(%) の 1980年
2-6月の推移

P. tamarensis の見られた層も $7.4 \sim 7.7^{\circ}\text{C}$ と低いものであった。また、P. tamarensis の出現していないう $0 \sim 2 \text{ m}$ 層と 12 m 層以深での水温は $6.9 \sim 7.1^{\circ}\text{C}$ を記録している。塩分濃度は $33.4 \sim 34.0\%$ を出現層の 6 m 層以深で観測しており、出現層とそれ以深とでは大きな差はなかった。

4月には再び P. tamarensis 細胞数は減少し、最高 400 cells/l で、その出現層も $4 \sim 12 \text{ m}$ 層と以前より広がった。

5月に入ると、水温、塩分躍層が 4 m 付近に現われ、それ以深で P. tamarensis が増殖傾向を見せた。5月中旬までは $8 \sim 14 \text{ m}$ 層に最高出現層があり $2,000 \text{ cells/l}$ を認めたが、下旬以降にはそれまで分布していなかった 2 m 層以浅あるいは 14 m 以深にも現われるようになつて分布層が広がると共に、出現量を急増して各層で数千 cells/l を越え、遂に6月16日の 10 m 層に $24,240 \text{ cells/l}$ もの調査期間中最高値を記録するに至った。このような多量出現層の $4 \sim 16 \text{ m}$ 層の水温は $8 \sim 13^{\circ}\text{C}$ で、特に $10 \sim 11^{\circ}\text{C}$ の層に多

く認められ、3月に一時期多く現われた頃より高水温であった。また塩分濃度32.5~33.5‰の層に多く現われ、この点も3月期より低く認められた。

6月中旬まで続いた多量の発生も下旬になると急激に減少し、6月28日0m層140cells/l, 4m層と6m層40cells/lなどほとんど消滅してしまった。

St. S よりも湾奥に位置する St. Yにおいても、*P. tamarensis*は St. S とほぼ同様の発生経過をたどった。即ち、2月下旬から水温8°C前後の層に現われ始め、3月に入ると最高1,400cells/lで大部分は1,000cells/l未満とSt. S より少ないが、6~10m層にピークを形成した。この多く発生した層の水温は7.8~7.6°Cであり、4月に入つて最低水温期が過ぎ表層水温が上昇するにつれて7.8~7.6°Cが深所に移り、同時に*P. tamarensis*発生層も8m以深に下降して発生層が減少し、4月下旬には一時消滅した。

5月に入ると2~4mに水温・塩分躍層が形

成り、*P. tamarensis* は躍層下で再び発生増加し始め、水温 $7.5 \sim 9.0^{\circ}\text{C}$ 、塩分 $33.0 \sim 33.3\%$ の $8 \sim 10\text{ m}$ 層が分布の中心となつて最高 $4,360 \text{ cells/l}$ と認められた。5月下旬から6月にかけて水温が全層で急激に上昇し始め、当所と共に

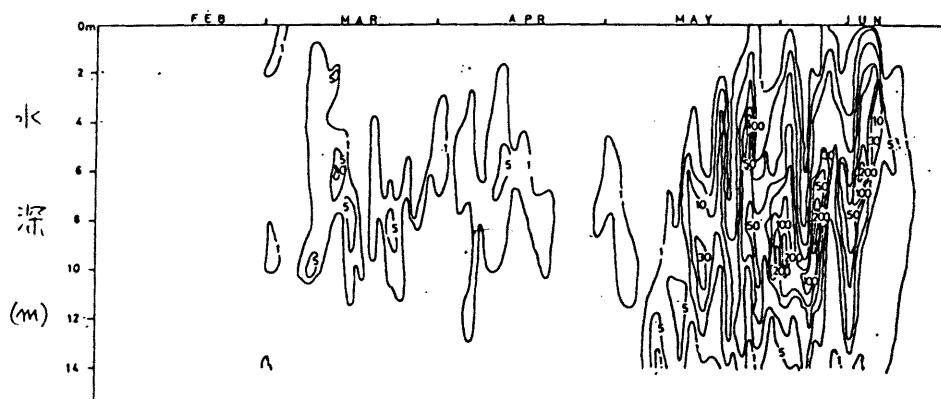


図 5-4-4
大船渡湾 St. Y1 における
P. tamarensis 細胞数
($\times 10^2 \text{ cells/l}$) の 1980 年
2~6 月の推移

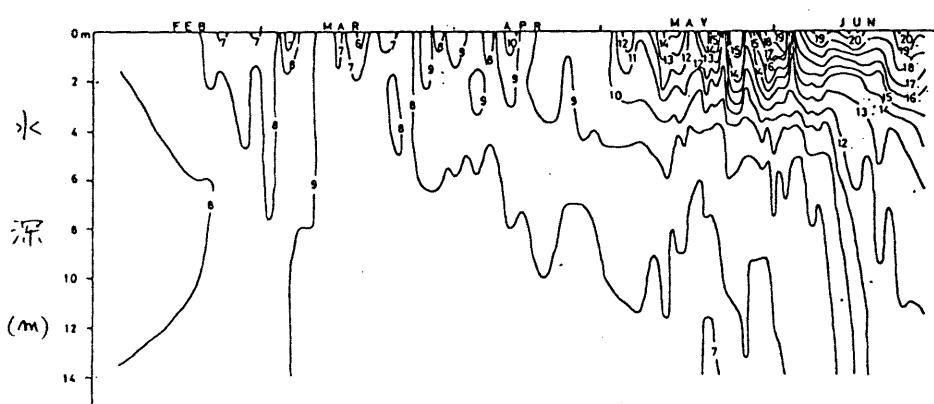


図 5-4-5
大船渡湾 St. Y1 における
水温 ($^{\circ}\text{C}$) の 1980 年
2~6 月の推移

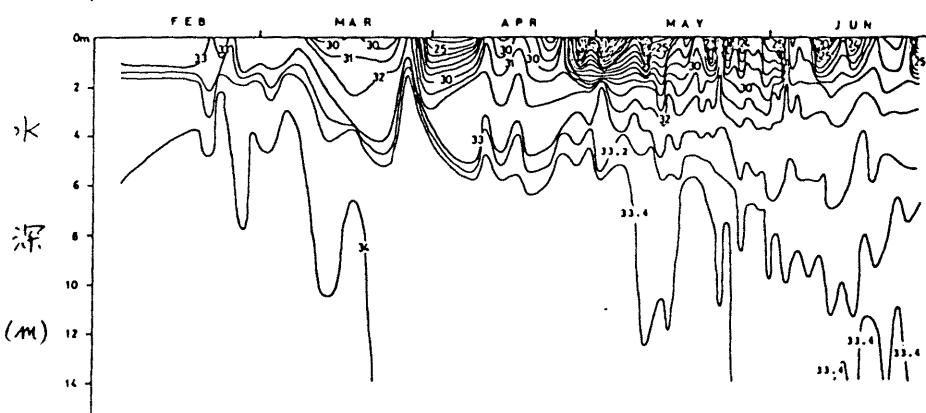


図 5-4-6
大船渡湾 St. Y1 における
塩分濃度 (%) の 1980 年
2~6 月の推移

P. tamarensis の発生域も広がり、発生量も一段と増加して 20,000 cells/l を越える値も記録した。

しかし、6月下旬に入り全層で水温が 10°C を越えると、P. tamarensis は急に消滅してしまった。

1-2. 1981 年 2 ～ 5 月における出現の推移

調査を行なった 1981 年の春季は寒い雨天の日が多く、特に 4 月中旬から 5 月下旬にかけて雨が降り続いたため 0 ～ 2 m 層の塩分濃度が低かった。また、3 月以降の低水温も著しく、中層以深では長期間 5 °C 台を記録した。

P. tamarensis は 2 月下旬に 8 ～ 12 m 層で少量出現し、3 月に入ると 4 ～ 8 m 層で急速に増加した。この時期の多量出現層の水温は 6.8 ～ 7.2 °C であったが、4 月になつて湾内水が低温化するに従い、5.3 ～ 7.0 °C と低く幅広い温度層に出現するようになった。分布の中心は 4 月下旬まで 8 ～ 12 m 層にあって、4 月 25 日に 5.9 °C の 10 m 層でこの調査期間中最高の 22,100 cells/l を

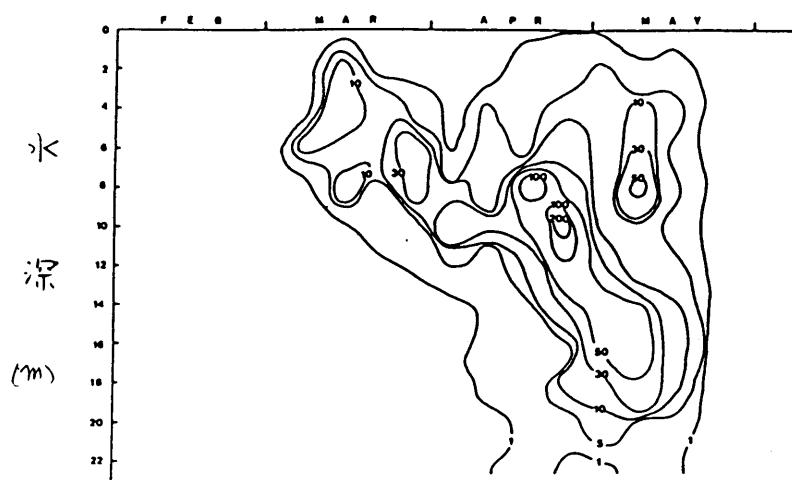


図 5-4-7

大船渡湾 St. S1 における
P. tamarensis 細胞数
($\times 10^2$ cells/l) の 1981年
2~5月の推移

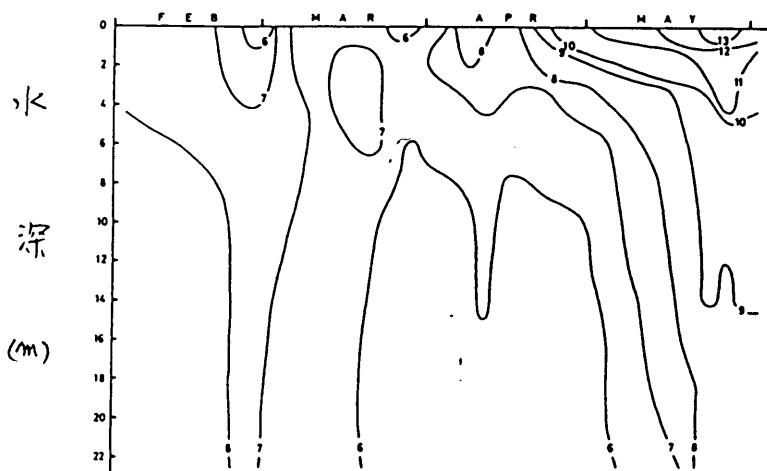


図 5-4-8

大船渡湾 St. S1 における
水温 (°C) の 1981年
2~5月の推移

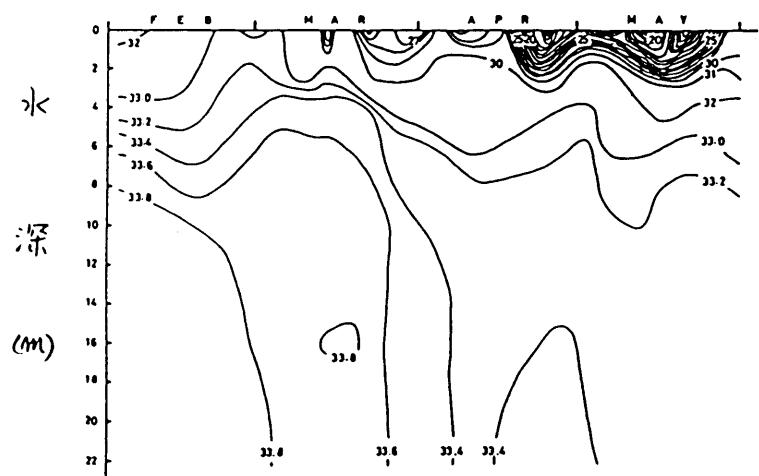


図 5-4-9

大船渡湾 St. S1 における
塩分濃度(%) の 1981年
2~5月の推移

観察したが、その後深所の 14~16 m 層に移っていった。

5月には水温が徐々に上昇するに従い、P. tamarensisも減少していき、9.0 °C を越えるとほとんど姿を見せなくなつた。図5-4-7には示していいないか、6月にはP. tamarensisは全く認められずおらず、1980年の調査に見られたような、二回に分かれて増殖は観測されなかつた。

2. P. catenella の出現の推移

2-1. 1980年 9~10月における出現の推移

St. Sにおいて P. catenella は、7・8月の2ヶ月間は全く認められず、9月10日に初めて表層に 160 cells/l と少く少量現われた。その後、また見られなくなつたが、10月になつて再び現われ、10月1ヶ月間に 0~2 m 層で増殖を示した。しかし、高密度に発生した期間は極めて短かく、14日には 1,360 cells/l、15日 3,440 cells/l 発生したものか、17日には 20,320 cells/l に増加した後、20日には 2,320 cells/l に減つてしまつた。

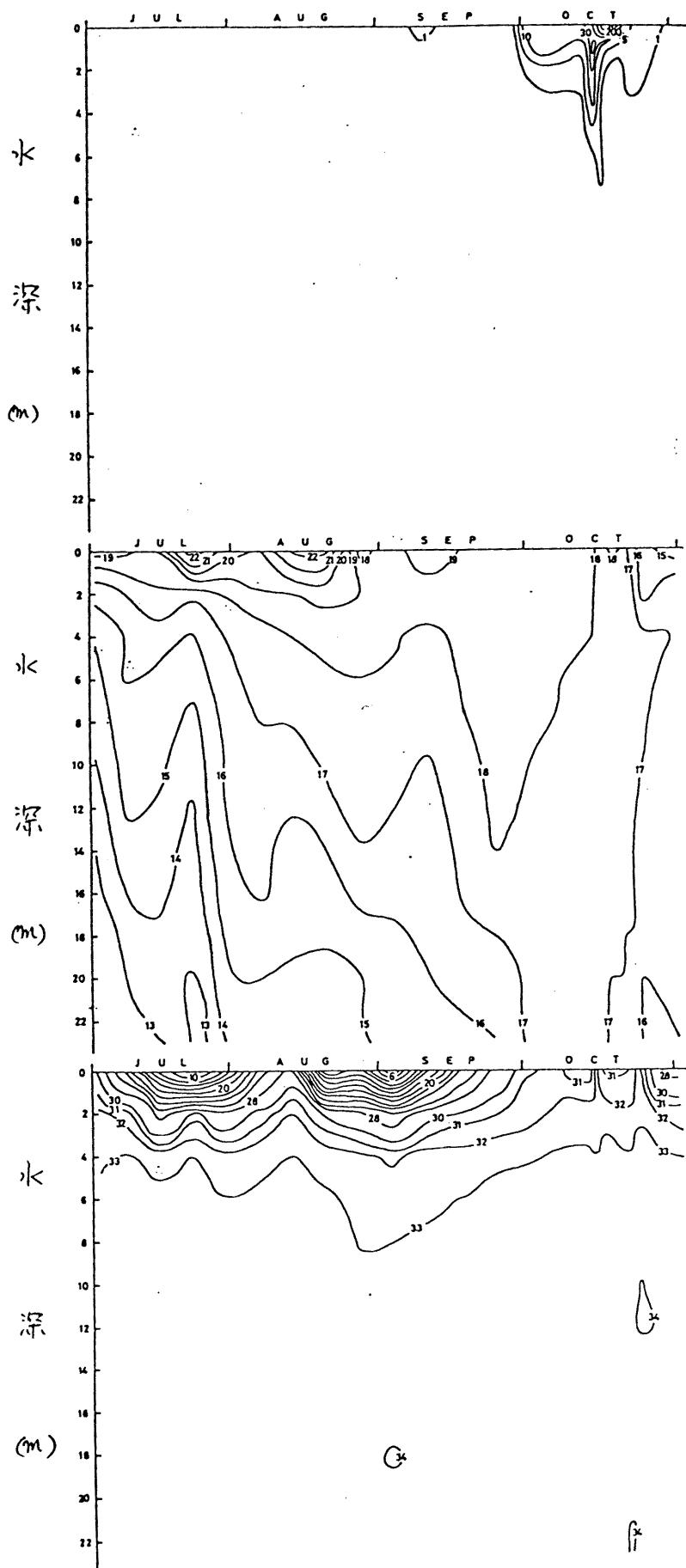


図 5-4-11
大船渡湾 St. S における
水温 ($^{\circ}\text{C}$) の 1980 年
7~10 月の推移

図 5-4-12
大船渡湾 St. S における
塩分濃度 (%) の 1980 年
7~10 月の推移

また、この最高出現量の20,320 cells/lを記録したのは17日の0m層であったが、すぐ下の2m層では160 cells/lと極端な違いを見せ、分布の局在性が顕著であった。

P. catenella が2,000 cells/l以上発生した時の水温は17.4~18.6°Cで1979年の発生時の24°C前後よりかなり低かった。塩分濃度は30.5~32.1‰でこちらは1979年の発生時の28.0~30.0‰より高かった。P. catenella が8~9月の高水温期に出現しなかったのは、当時雨が降り続き表層塩分濃度が3~28‰の間で大きく変動し、同時に日照量が少なかつたことによると思われる。

湾奥のSt.Yにおいても、St.Sとほぼ同様の経過を示した。7月中には全く見られず、8月20日には0m、2m層に160 cells/l現われたが、すぐに消滅して9月24日まで姿を見なかつた。自此以降は10月の1ヶ月間増殖し、最高出現量は17日0m層で3,760 cells/lを記録した。しかし、1,000 cells/l以上出現したのはこの17日とその前の調査日の15日の2回だけという程

かい増殖期間である。*P. catenella* 発生時の水温は $17.0 \sim 17.2^{\circ}\text{C}$ と、St. S と同様に昨年と比べてかなり低かつて。塩分濃度も $20.8 \sim 29.8\%$ と昨年の値と比べて低かつて。

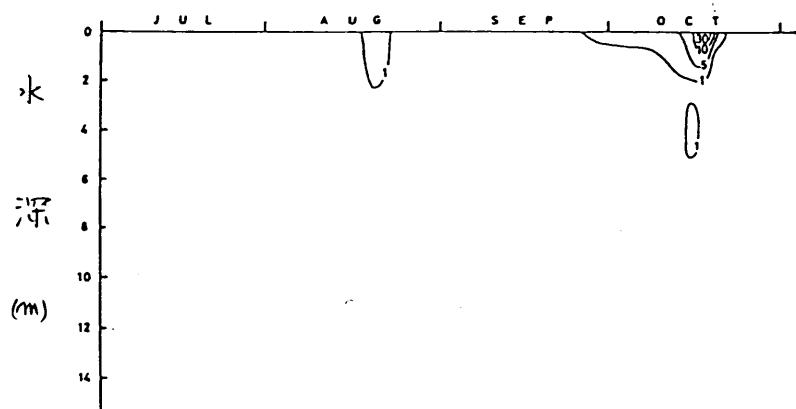


図 5-4-13
大船渡湾 St. Y における
P. catenella 細胞数
($\times 10^2 \text{cells/l}$) の 1980 年
7~10 月の推移

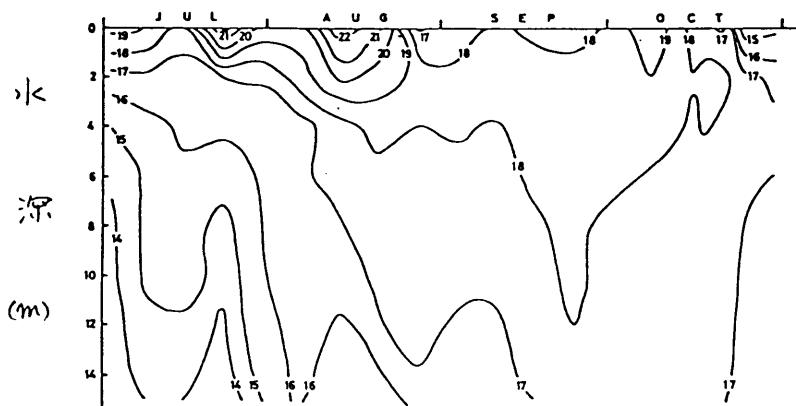


図 5-4-14
大船渡湾 St. Y における
水温 ($^{\circ}\text{C}$) の 1980 年
7~10 月の推移

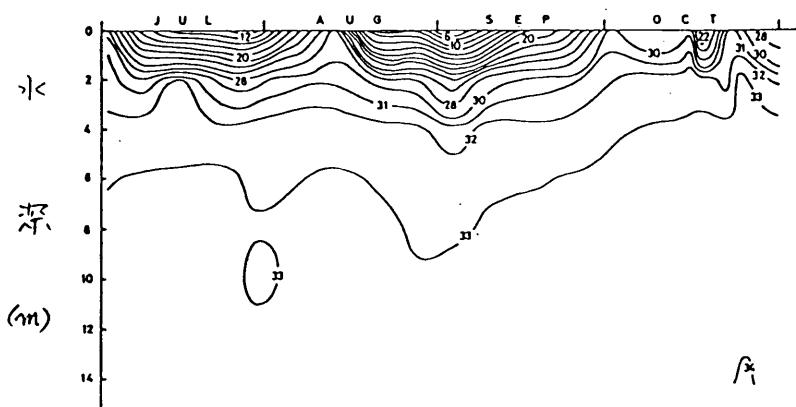


図 5-4-15
大船渡湾 St. Y における
塩分濃度 (%) の 1980 年
7~10 月の推移

第5節 Protogonyaulax tamarensis の昼夜移動

調査は、1980年5月23～24日と同年6月13～14日の2回行なったので、以下別々にその結果を述べる。

1. 1980年5月23～24日の調査

調査は23日午前10時から24日午後5時まで実施したが、二の両日の干満潮の時刻と潮位は次の通りであった。

	時刻	潮位		時刻	潮位
23日	04 55	79	24日	06 10	68
	09 16	94		11 30	91
	16 25	53		17 35	58
	23 40	109			

調査を開始した10時には0～4m, 18～22mではほとんどP. tamarensisは現れず、10m層を中心にして6～16m層で認められた。最多出現層は10m層で1,680 cells/lであった。

13時と15時は最多出現層が8m層に上昇し、0m層から22m層までの出現量の和も增加了、15時には7,800 cells/lを記録した。また、15時の最多出現量は3,120 cells/lと23日の9回の調

度では最高である。

この15時以降、*P. tamarensis*の分布は徐々に深層に移り、同時に出現量も減少し始め、夜間20時から翌24日の午前4時までは最多出現層でも1,000 cells/lを越えることはなかった。

24日の午前6時には再び*P. tamarensis*の増加が見らるが、分布の中心は16~18m層の深所にあり、その後9時までは同様の傾向が認められた。ただし、全体としてはこの間も徐々に

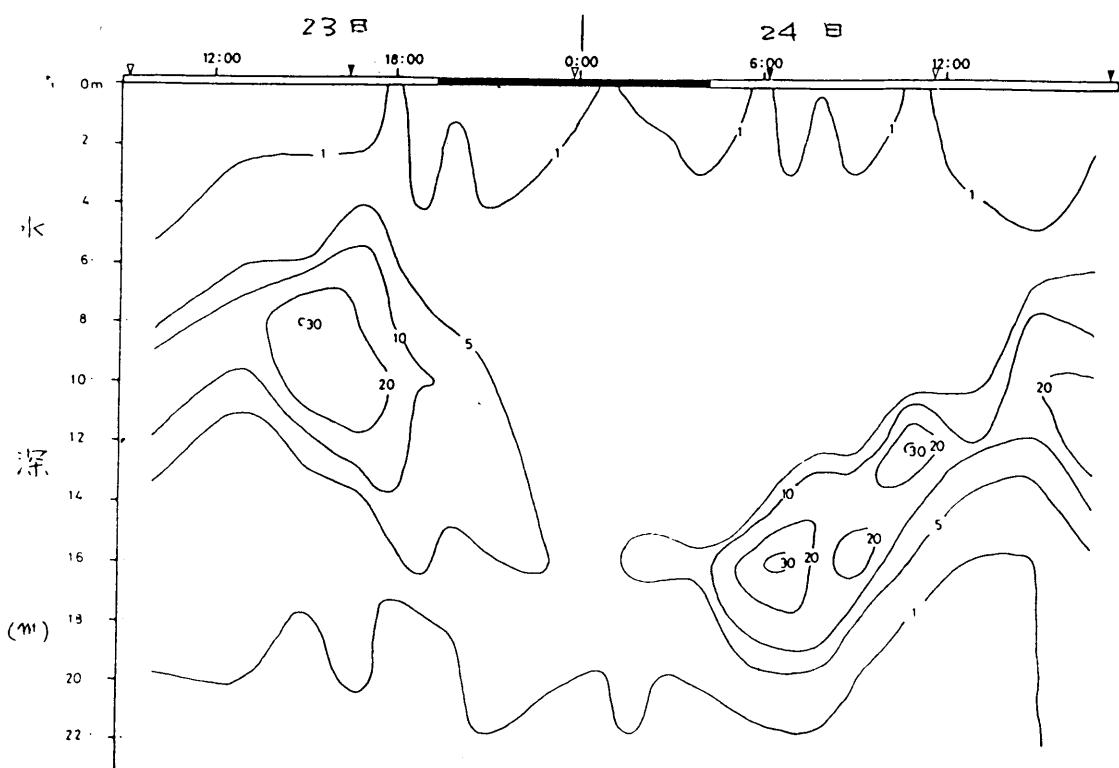


図5-5-1

P. tamarensis 細胞数 ($\times 10^2$ cells/l) の垂直分布の推移
(△満潮, □干潮, ○明, ▲暗)

分布層が上昇しきり、12時から17時には最多出現層も10~12m層と中層に移っていった。

P. tamarensis の垂直分布の経時変化を図5-5-1に示したが、昼間中層に、夜間深層に多く分布する上述の傾向が明らかに認められる。

各調査時に出現した *P. tamarensis* の層別出現量とその積算量を図5-5-2に、これらを百分率で図5-5-3に示した。調査時間により積算量が大きく変化しており、23日17時と24日8時に極大、24日3時と13時に極小になつてゐる。極

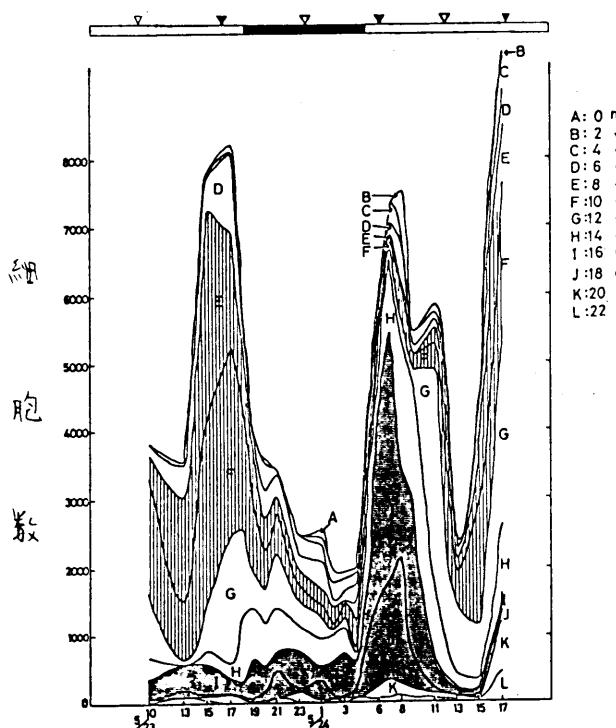


図5-5-2 *P. tamarensis* 細胞数の層別出現量とその積算量の推移
(△満潮, ▽干潮, □明, ■暗)

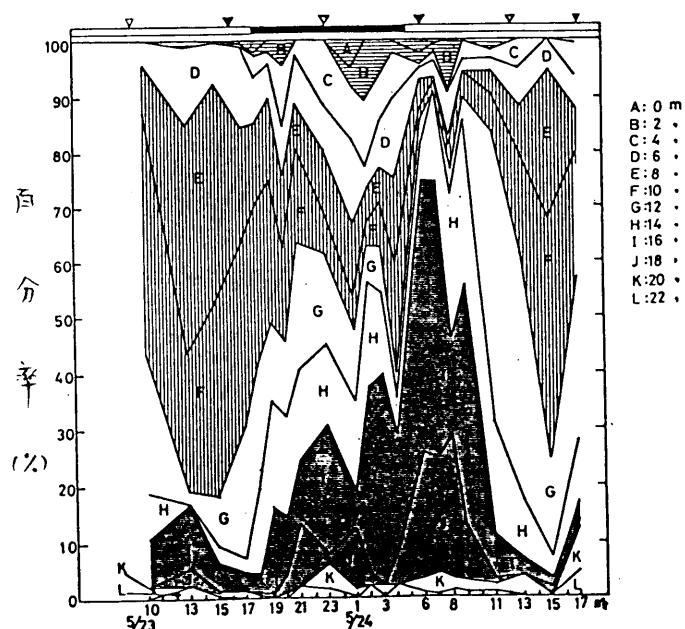


図5-5-3 *P. tamarensis* 細胞数の層別出現量の百分比の推移
(△満潮, ▽干潮, □明, ■暗)

大、極川の時刻が潮汐のそれより干潮、満潮の時刻に近いことから、積算量の変化は観察してみると水塊が移動していることによると考えらる。そのため、厳密な意味での垂直移動の観察にはならなかつたが、それでも二回の多量出現時で、1回目の23日17時は8~10m 2回目の24日8時には16~18mというようにも量出現層が全く異なつてゐることは垂直移動の存在を示唆しつゝと思ふれる。なお、夜間の23日23時から24日午時の観察で、游泳細胞が一時的に鞭毛を失ない海底に沈降してゐることを推定させるような一時シスト(temporary cyst)の出現は全く認められなかつた。

調査期間中の水温、塩分濃度、照度の経時変化と *P. tamarensis* の垂直分布の推移を図5-5-4、図5-5-5、図5-5-6に、また、調査時毎のこれら環境要因の垂直方向の変化と、*P. tamarensis* の垂直分布の関係を図5-5-7に示した。水温と塩分濃度の経時変化を見ると、成層が発達し、躍層が2~4m層に形成されてゐること

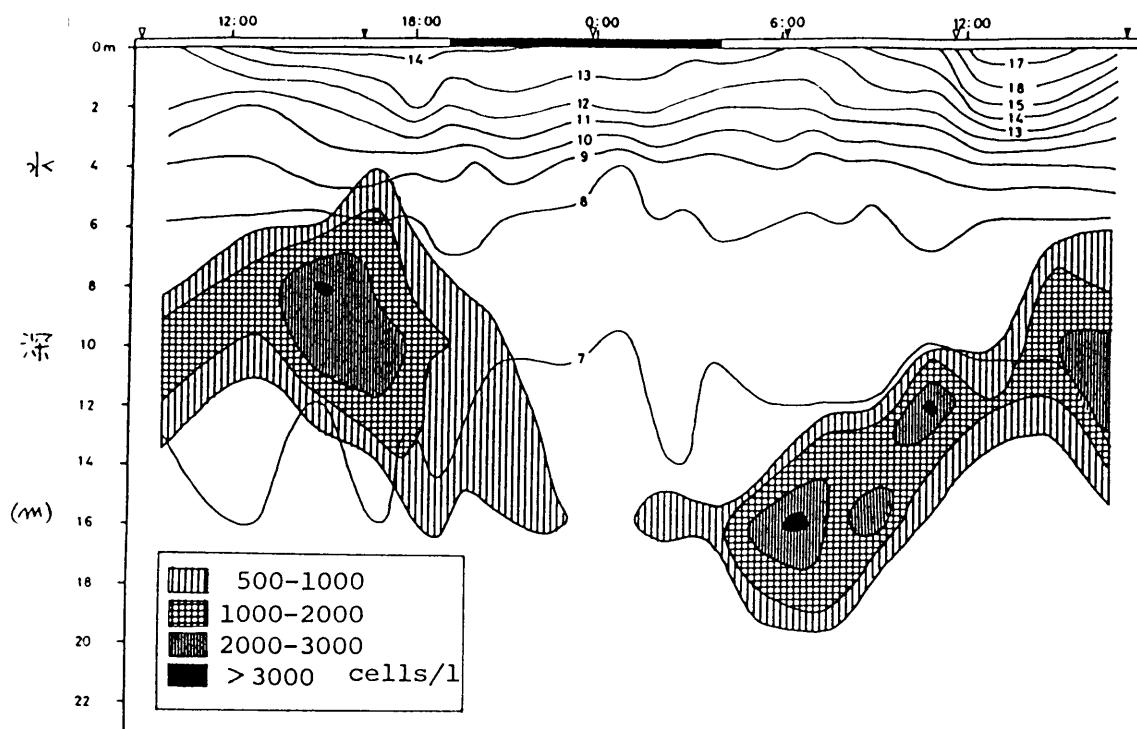


図5-5-4 水温(℃)と *P. tamarensis* 細胞数の垂直分布の推移
(▼満潮, ▲干潮, □明, ■暗)

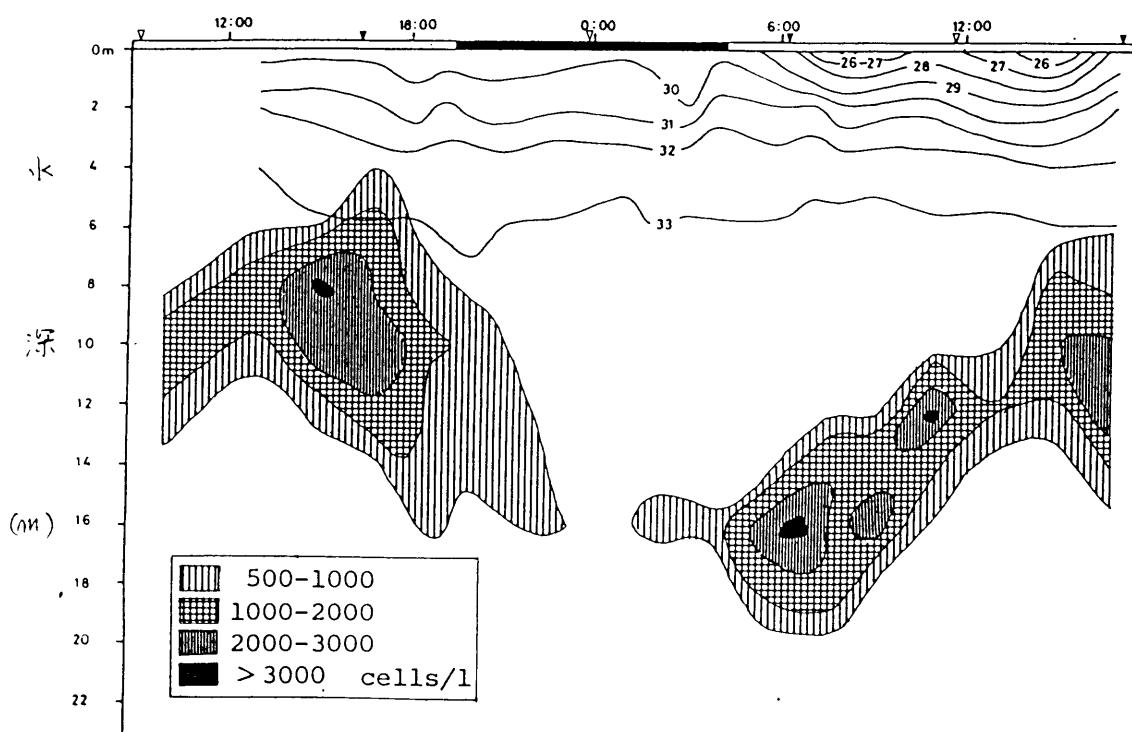


図5-5-5 塩分濃度(‰)と *P. tamarensis* 細胞数の垂直分布の推移
(▼満潮, ▲干潮, □明, ■暗)

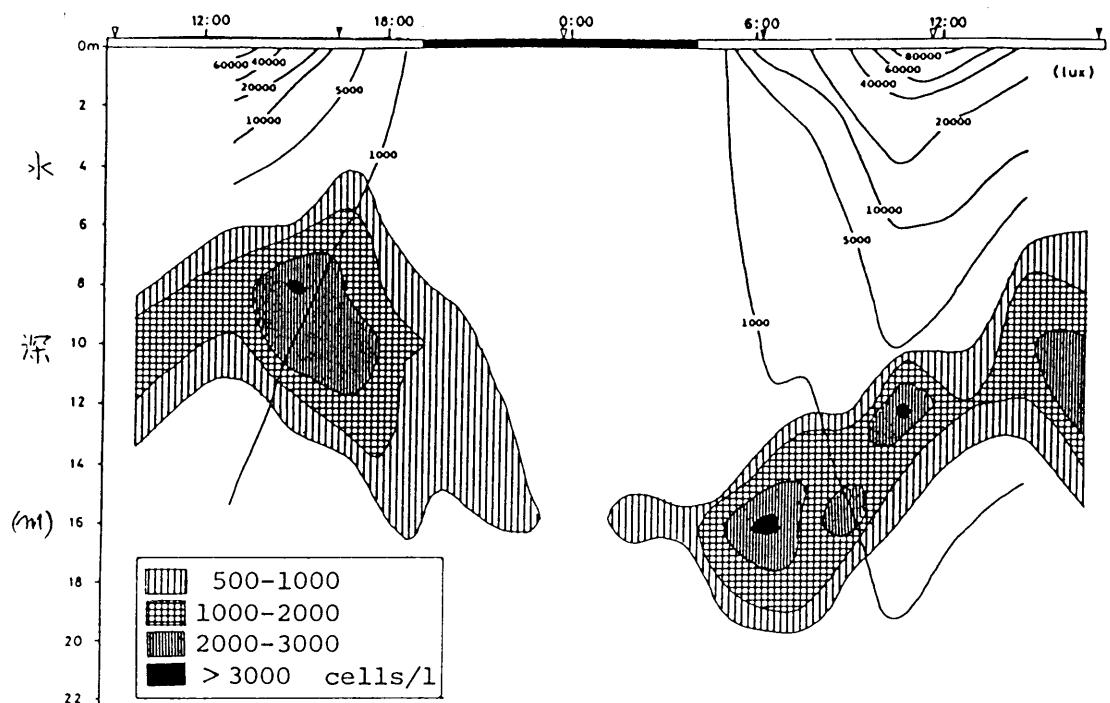


図5-5-6 照度(lux)と *P. tamarensis* 細胞数の垂直分布の推移
(△満潮, ▨干潮, ○明, ×暗)

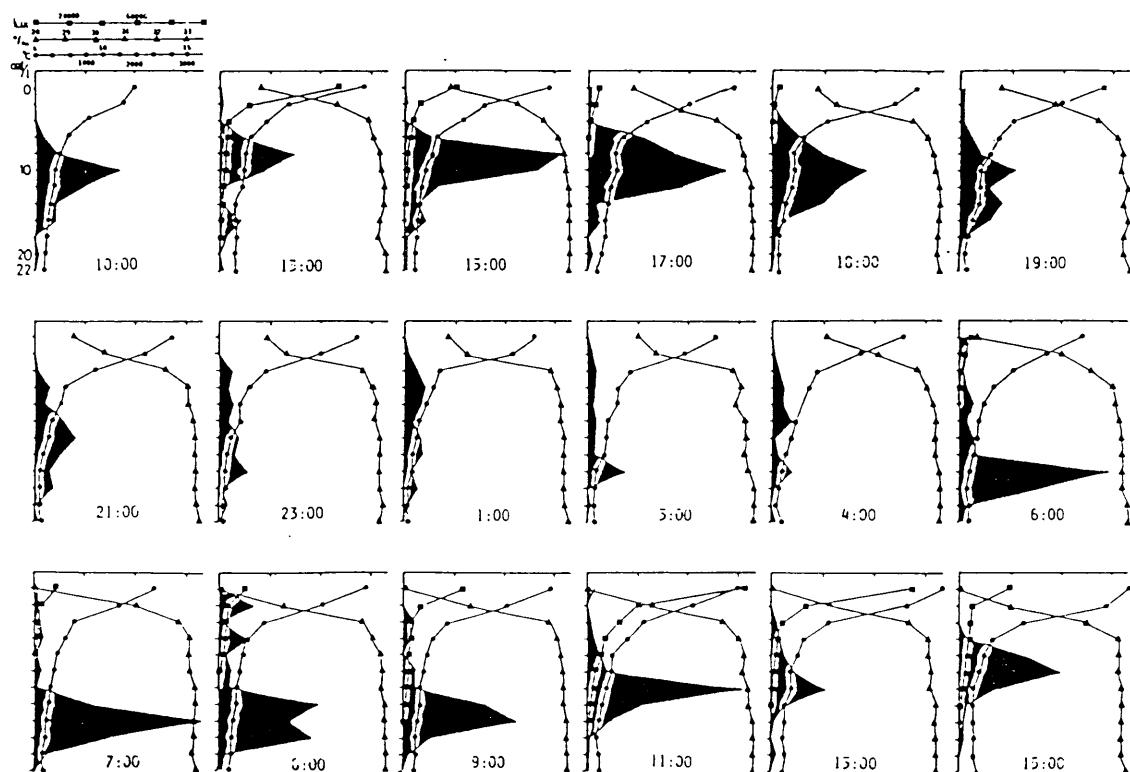


図5-5-7 *P. tamarensis* 細胞数、水温(→), 塩分濃度(←), 照度(●—)の
垂直変化の 5月23日10時から 5月24日15時までの変化

がわかる。出現した P. tamarensis の大部分は二の躍層の下にあり、特に2回の多量出現時では、1回目の23日15～17時は水温7.0～7.7°C・塩分濃度33.19～33.35‰、2回目の24日6～8時は水温6.4～6.9°C・塩分濃度33.35～33.42‰の範囲に多く認められた。

照度の経時変化と P. tamarensis の垂直分布の推移を見ると、P. tamarensisの出現する水深では照度2,000～4,000 luxのことが多い。この照度層に沿って P. tamarensis は10～18時の間徐々に上昇し、夜間は下降し、また翌日徐々に上昇するという状況が見られた。

以上のことから、P. tamarensis は水温・塩分・躍層より深所で、昼間浅所、夜間深所といふ垂直移動が見られ、これは主に照度に依存していふと判断された。

2. 1980年6月13～14日の調査

調査は13日午前5時から14日午後5時まで36時間にわたって実施したが、この両日の干

満潮の時刻と潮位は次の通りである。

	時刻	潮位		時刻	潮位
13日	02 31	142	14日	03 10	144
	09 47	-1		10 29	-2
	16 55	123		17 36	124
	21 42	86		22 23	87

この干満潮は前回の調査時と比較すると概ね反対の位相、即ち前回の干潮・満潮の時刻が今回の満潮・干潮の時刻にそれぞれ当つていた。また、前回は小潮で干満の潮位差が小さかったが、今回は大潮で差が大きかつた。

P. tamarensis の細胞出現量の面から見ると、今回は前回より数倍多い量が認められ、出現層も14日4時の0m層のたゞ1例を除いて、他の全ての時間・水深に *P. tamarensis* を見つけられたことの大さな特徴であった。その出現の推移は次の通りである。

調査を開始した5時には14m層に 5.100 cells/l という多量出現層があり、12~20m層で 1.000 cells/l を越えるなど、分布の中心は深所にあつたが、統く7時・9時の調査時には10m層に

中心が上昇し、1,000 cells/l 以上の出現量の層も
10～18m 層と、5 時の分布状態よりも上方に
P. tamarensis が移っていった。

11 時と 13 時には一時的に出現量は減少した
が、15 時に急増し、10m 層 = 8,160 cells/l, 12m
層 = 4,580 cells/l が認められた。17 時にも 10～16
m 層で 3,000—5,000 cells/l と多量の P. tamarensis が現れ
ていたが、この時刻頃から分布層が深所に移り
始め、同時に出現量も減少し始めた。即ち、

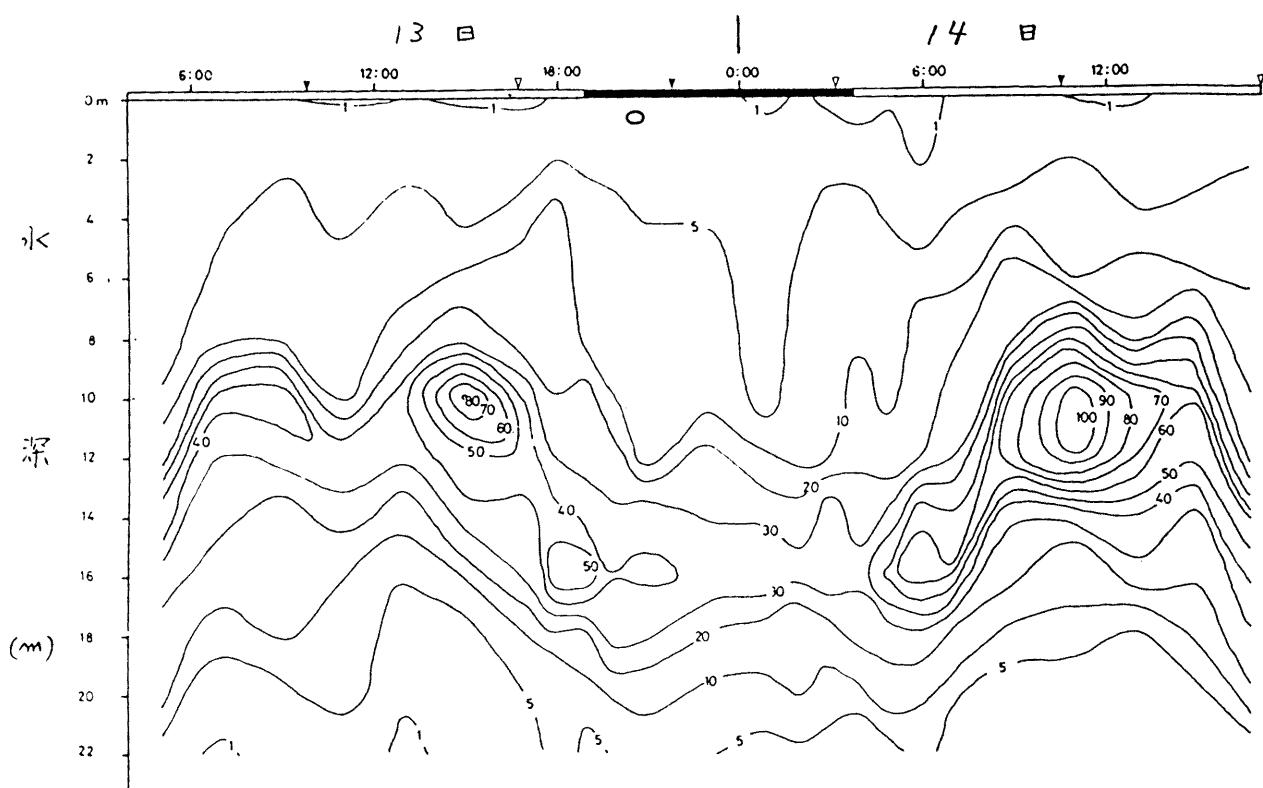


図 5-5-8

P. tamarensis 細胞数 ($\times 10^3$ cells/l) の垂直分布の推移
(・満潮, ○干潮, □明, ■暗)

18時には16m層に最多出現層が移り、以此以降翌14日の7時まで連続して16m層に分布の中心があった。各層の出現量を全て積算した値も14日の1～3時に11,660-13,360cells/lと最低値を記録した。

P. tamarensis の分布層の上昇は14日の9時から始まり、9時から15時までの間10~12m層にその中心があった。この間の出現量の積算値も24,300-34,500cells/lと極めて高かった。

その後、17時にはより分布層の下降が起なり、14m層が分布の中心となつた。

各調査時に出現した P. tamarensis の層別出現量とその積算量を図5-5-9に、層別出現量を百分率に換算した値を図5-5-10に示した。今回の調査も前回と同様、調査時刻により積算量が変化しており、13日15時と14日11時が極大、13日11時と14日1時が極小となつてゐる。このような変化は観察している水塊の移動に原因すると考えられ、そのため巣窟には同一群の垂直移動の追跡にはならなかつた。しかし、

それともなお、極大と極小の時刻を通じて昼間は8~10m、夜間は16~18mというように多量出現層が全く異なっており、*P. tamarensis*のもつ垂直移動能力にこれが起因するものと判断された。なお、*P. tamarensis*の減少時の14日1~4時に、游泳細胞が鞭毛を失ない一時シストに変化する現象は認められなかった。また14日の5~11時の増加時に、分裂中の細胞は

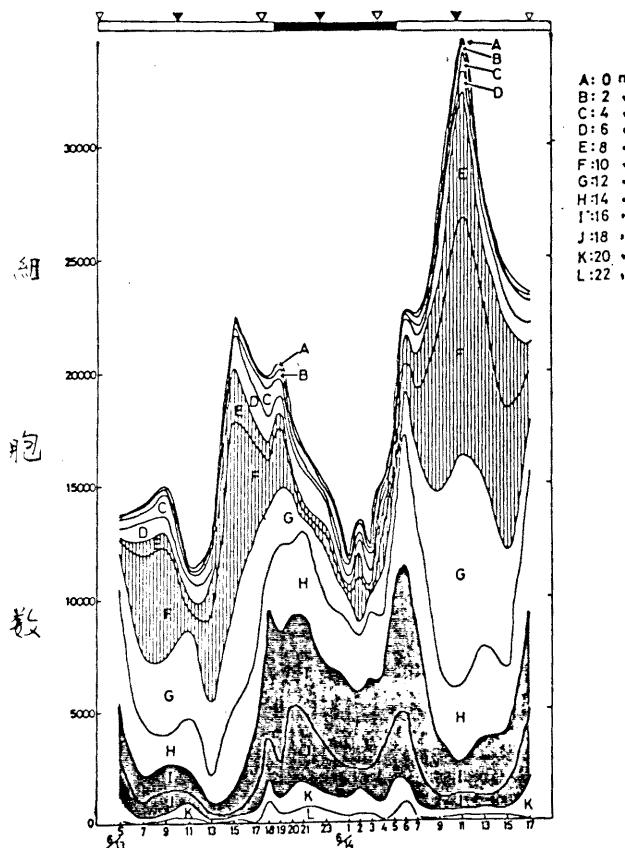


図5-5-9 *P. tamarensis* 細胞数の層別出現量と累積算量の推移
(▼満潮 ▲干潮 □明 ▨暗)

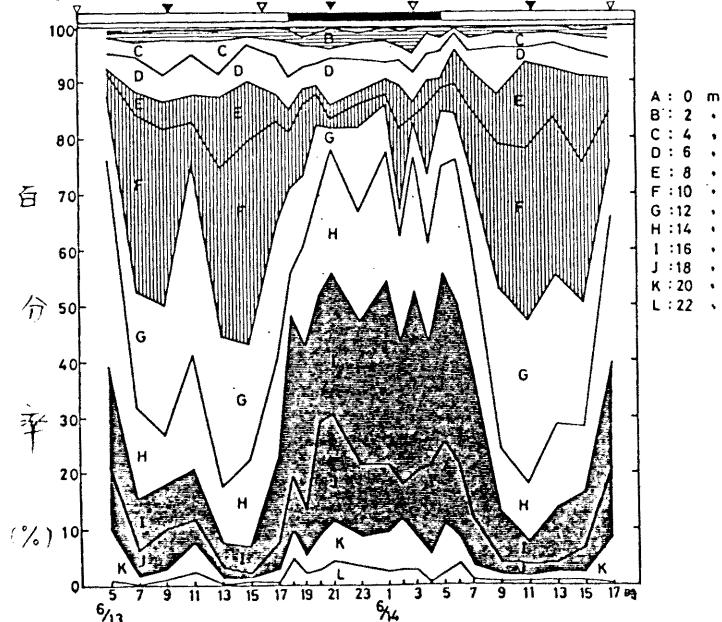


図5-5-10 *P. tamarensis* 細胞数の層別出現量の百分比の推移
(▼満潮 ▲干潮 □明 ▨暗)

見つからなかったものの、細胞の小型化が見られ、早朝に細胞分裂が多く行なわれたようであった。

P. tamarensis の垂直分布の推移と水温・塩分濃度・照度の経時変化の関係を、それぞれ図 5-5-11, 5-5-12, 5-5-13 に、調査時毎のこれら環境要因の垂直方向の変化と *P. tamarensis* の垂直分布との関係を図 5-5-14 に示した。水温と塩分濃度の経時変化から、調査時には成層が発達していって、2~4m 層に躍層があることかわかったが、*P. tamarensis* の大部分はこの躍層の下にあった。即ち、13 日は水温 9.8~11.2°C・塩分濃度 33.30~33.37‰, 14 日は水温 10.4~11.0°C・塩分濃度 33.34~33.43‰ の水塊に多く認められた。照度に注目すれば、13 日には 420~1800 lux, 14 日は 2000~7800 lux の層に多く現われ、特に 5000 lux 前後に多かった。

これらから、*P. tamarensis* の垂直移動と環境要因の変動は関係がうすいと考えられた。

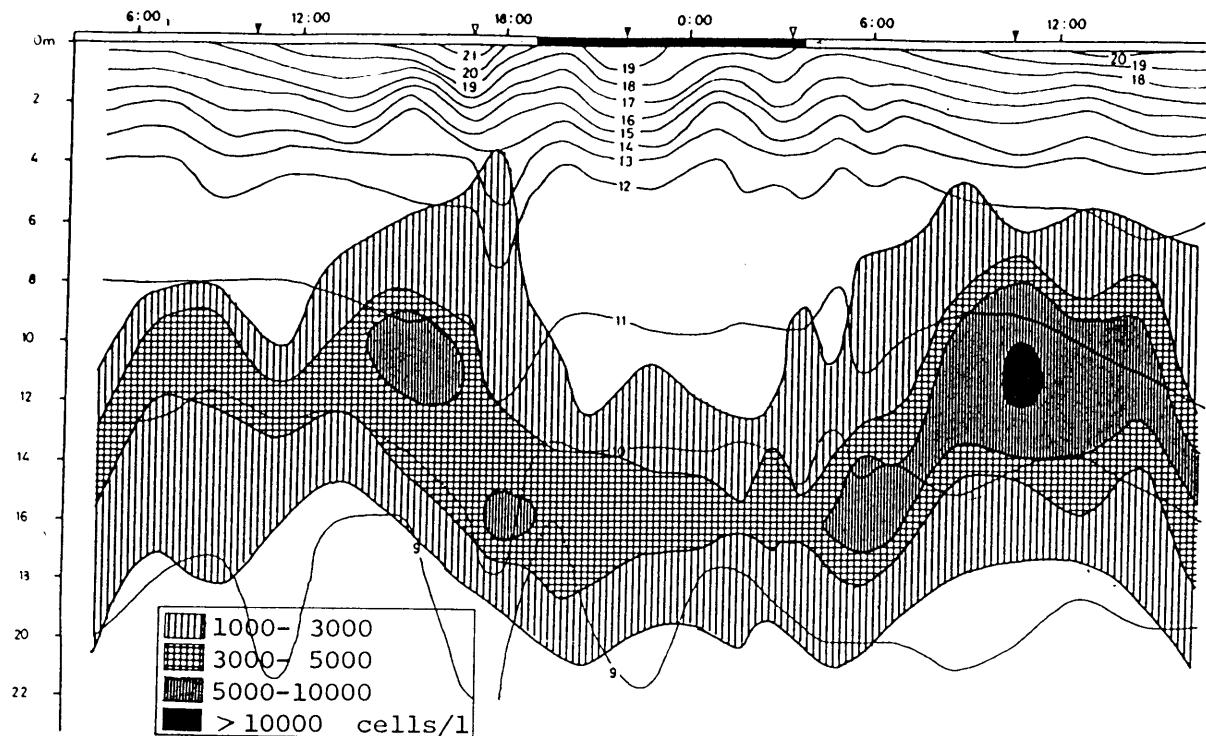


図5-5-11 水温(℃)と *P. tamarensis* 細胞数の垂直分布の推移
(▲満潮, ▽干潮, □明, ■暗)

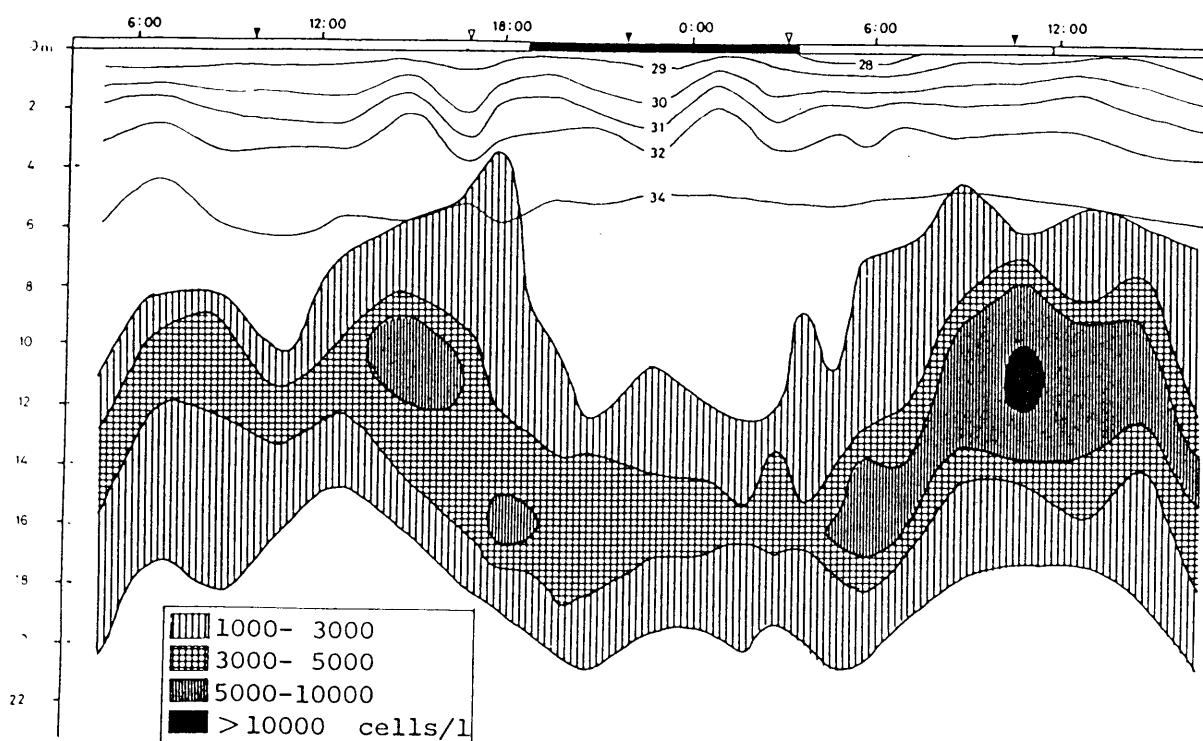


図5-5-12 塩分濃度(‰)と *P. tamarensis* 細胞数の垂直分布の推移
(▲満潮, ▽干潮, □明, ■暗)

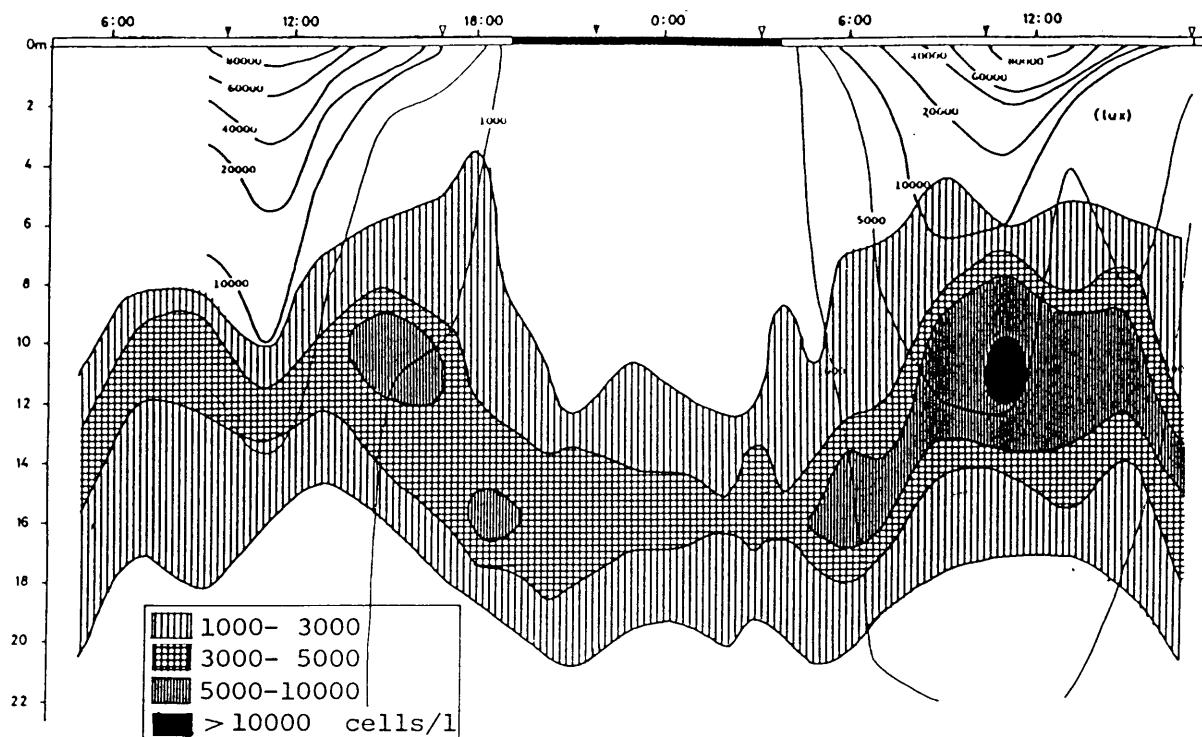


図5-5-13. 照度(lux)と *P. tamarensis* 細胞数の垂直分布の推移
(↑満潮, ↓干潮, □明, ■暗)

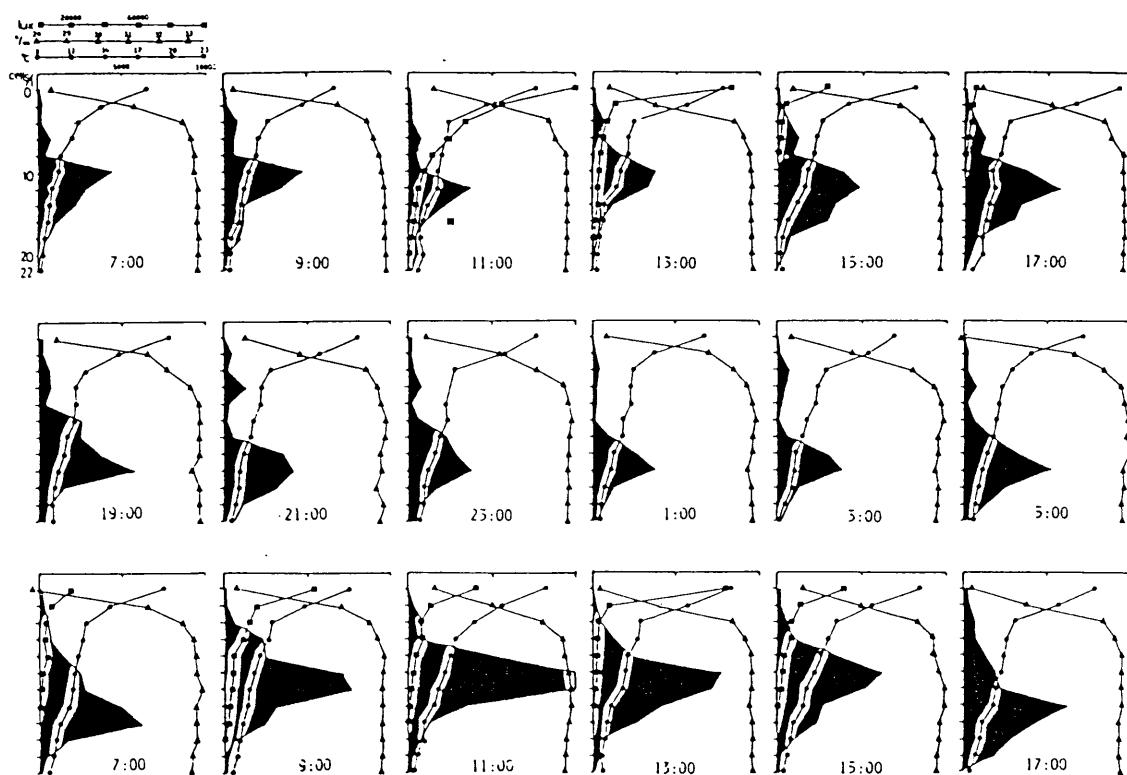


図5-5-14. *P. tamarensis* 細胞数, 水温(—), 塩分濃度(---), 照度(—)の
垂直変化の 6月13日7時から6月14日17時までの変化