

増殖し始め、25日目には、Skeletonema の単一培養の観を呈した。

次に赤潮プランクトンをアセトンおよび石油エーテルで処理してその吸収曲線を求めれば、Skeletonema では、430, 580, 615, 660 m μ に極大があり、'66年3月に発生している赤潮(濃緑色を呈する)では、430, 450, 660 m μ に極大が得られた。

また、今までに全く赤潮発生のない場所(三田尻沖)で採集した Net Plankton では430と660 m μ に極大値が得られた。

4 東京湾の赤潮

菅原兼男, 佐藤正春 (千葉県内湾水産試験場)

1) 緒言

東京湾の赤潮については1907年、岡村金太郎博士が発表して以来、朝倉慶吉氏などにより1916年まで、殆んど毎年のように発生が報告されて来たが、以後20年間は報告がない。おそらく、この期間中も赤潮は起きていたであろうが、誰も報告していない。

1936年、松江吉行博士が⁽³⁾報告されて以来、再度報告がしばしば見られるようになり、当場では1950年以降、海洋観測、沿岸漁場観測をなし、その他最近では沖合定点観測の都度および各地漁業組合と連絡をとり、赤潮の発生に注意し、その主生物をつきとめ、被害の程度を調査する努力をして来た。この間、赤潮による猛被害の起きた事例も数字に亘っており、詳細に調査した場合もある。昭和27年度には赤潮被害調査費を計上し、3地点に赤潮観測を委託実施したが、全く皮肉なことに、この年度内は赤潮が起らずにしまった(オ1表参照)。本41年度も赤潮観測委託を3地点で実施することになっている。

2) 東京湾の赤潮発生事例

東京湾における赤潮の発生事例を、過去の文献や当場、東京都水産試験場の調査などから集録して表示すると、オ1表のようになる。このうち、当場で検鏡したものは、フォルマリン固定によるもののほか、生の Plankton についても査定した。

オ1表では、発生例が131例となったが、報告のないものや、見逃しなどがあるので、実際にはこの例数を遙かに上廻って出現しているものと考えらる。

いまオ1表から、東京湾に出現した赤潮の種類をオ2表に、さらに東京湾における月別の赤潮出現頻度をオ3表に示すと、次のようになる。

オ2表でみると、Gymnodinium, Exuviaella, Micro-Gymnodinium, Skeletonema などが出現数が多く、被害の数では Gymnodinium, Exuviaella, Skeletonema, Micro-Gymnodinium, Thalassiosira mala などである。

オ3表の月別の赤潮出現頻度表で見ると、4月頃から出現数が多くなり、9月頃まで続き、8月が最も多くピークをなして居り、被害例でも、8月が最も多く、7月、9月の順になっている。

第1表 東京湾の赤潮発生日

○大被害を及ぼした赤潮 △大被害を起した白潮

年次	期 間	発 生 場 所	赤 潮 の 主 生 物 名	被 害 状 況	報 告 者、その他	備 考
1	1907 8月	木更津から次第に船橋に及ぶ	<i>Gymnodinium</i> sp.	魚類多数へい死す	岡村金太郎	水産研究誌2(10)
2	" 9月下旬	鶴見川尻-本牧鼻	<i>Gymnodinium</i> sp.	被害なし	朝倉 慶吉	気象集誌
3	" 9月上旬	六郷川-剣崎、八幡	<i>Gymnodinium</i> sp.	鱧、鮎、コチ浮上す	"	"
4	1908 8.23~ 8.29	神奈川-伊豆初島 神奈川-大師河原	<i>Gymnodinium</i> sp.	被害なし	"	"
5	"		<i>Gymnodinium</i> sp.	被害あり	"	"
6	1909 6.9~ 6.16	横浜-三崎及び腰越	<i>Cochlodinium catenatum</i> Okam	横須賀に被害あり 横浜になし	"	"
7	"		<i>Gymnodinium</i> sp.	被害なし	"	"
8	1910 6.21~ 7.9	横浜-金沢-三崎-小田原 金沢-富津	<i>Cochlodinium catenatum</i> Okam	へい死魚多し	"	"
9	"		<i>Gymnodinium</i> sp.	被害あり	"	"
10	1911 6月		<i>Infusoria, Ceratium fusus, Ceratium phala chroma, Gonyaulax</i>	被害なし	岡村、朝倉	植維25(288)
11	" 8.11~ 9.2	横浜-野島沖-真鶴	<i>Gymnodinium</i> sp.	被害激甚	朝倉 慶吉	気象集誌
12	1912 5月	横浜港	<i>Flagellata & other</i>	被害なし	"	"
13	" 9月	鶴見-杉田-平塚	<i>Gymnodinium</i> sp.	被害多し	"	"
14	1918 8.20前後	神奈川県久良岐郡	<i>Cochlodinium catenatum, Ceratium furca Polykrikos, Gymnodinium(少) Peridinium(少)</i>	浮魚あり	"	神奈川県刺候所報告
15	1914 5.10前後	鎌倉、江島	<i>Noctiluca scintillans</i>	被害なし	"	"
16	" 7月	鶴見-羽田-大森-杉田	<i>Cochlodinium catenatum</i> Okam	浮魚あり	岡村金太郎	
17	1916		<i>Cochlodinium catenatum</i> Okam <i>Porykrikos schwarzi</i>		"	水産講習所試験報告12(5)
18	"	横浜附近	<i>Gymnodinium</i> sp. <i>Pouchettia rosea</i>		"	"
19	1936	隅田川河口	<i>Mesodinium</i> sp.	被害あり	松江 吉行	水産学会報7(1)
20	" 9.7~ 9.13	金沢湾	<i>Cryptomonadineae</i> 近縁	被害なし	百崎 一老	養殖会誌6(10)
21	1937 7月	本牧鼻	<i>Ceratium furca</i>		一柳 周三	水産学会報 7(3)
22	1939 初秋	隅田河口附近	<i>Stylonychia</i> sp.			

年次	期 間	発 生 場 所	赤 潮 の 主 生 物 名	被 害 状 況	報 告 者、その他	備 考
23	1950 5月末	羽田附近	Noctiluca scintillans		河野 昭(内水試)	
24	" 8.30	千葉市沖	不 明	底魚浮上	田村静夫(")	
25	" 9月末	千葉市出羽海岸	Gymnodinium sp.	不 明	河野 昭(")	
26	" 9.24~ 9.25	本牧沖、葛西沖	Gymnodinium sp.	"	加納	
27	" 10.1~ 10.2	浦安沖	Gymnodinium sp.	"	河野 昭(内水試)	
28	1951 5.19	千葉市都川河口	Protozoaの一種(濃緑)	被害なし	田村、菅原(")	
29	" 9.15~ 9.20	千葉市海岸(出洲一検見川)一帯	Thalassiosira mala Takano	ハマグリ、バカ、シオフキ大被害 底魚、カニ、エビなども浮上	菅原兼男(")	被害金額5600万円、県から20万円、千葉組合復旧費120万円 本赤潮生物は高野秀昭氏(1965)に新種とされた。
30	" 9.19~ 9.20	千葉港沖	Aurelia aurita(海水白変)	被害なし	"	
31	" 11.25	羽田沖所々に			新崎 盛敏	
32	" 12. 5	羽田沖赤変底見え			"	
33	" 12. 7	大森沖所々に			"	
34	" 12.17~ 12.27	富津より浦安にかけ千葉県側内湾一帯	Gymnodinium sprengence?	青帆、館崎沖の中小バカ貝被害なく	菅原兼男(内水試)	最大出水量10ccに34229を数り
35	1952 1. 7	羽田沖所々に		被害なし	新崎 盛敏	
36	" 1.14	千葉港沖の中層	Skeletonema costatum, Chactoceros devilla	"	菅原兼男(内水試)	
37	" 1.21~ 1.24	浦安沖合一帯の中層	Skeletonema costatum	"	河野 昭(")	
38	" 8.20	羽田一犬森沖	Gymnodinium sp.	アサリ、ハマグリに被害あり	古井貞雄(都水試)	都水試調査報告書
39	1954 7~8月	羽田沖	Skeletonema costatum, Copepoda, Polychaeta larvae	"	塩屋照雄(")	"
40	" 12月末	全 湾	Gymnodinium sprengence?	被害なし	菅原兼男(内水試)	
41	1955 7.30~ 8月初	羽田沖	Skeletonema costatum	アサリ、ハマグリ、シオフキに被害あり	塩屋照雄(都水試)	都水試調査報告書
42	" 8月上旬	千葉市地先(出洲一検見川)一帯	Thalassionema nitzechioides, Chactoceros decipiens を検出するも赤潮よりは底層無酸素水域の湧上によるものと考えらる。	アサリ、バカガイ、シオフキハマグリに被害	菅原兼男(内水試)	夏期には珍しい偏北風の連吹があり、陸岸から沖へ表層流が発達するにつれ、底層無酸素水域接岸湧上した(白潮、青潮とよぶ)
43	" 8月下~ 9月上	羽田一犬森沖	Skeletonema costatum	アサリ、ハマグリ、シオフキに被害	塩屋照雄(都水試)	都水試調査報告書
44	1956 5月下旬	千葉、船橋、浦安の河奥部	Mesodinium rubra	被害なし	菅原兼男(内水試)	Mesodinium を振餌した貝類は血液、黄変又は赤変するものよりである。
45	" 7.30~ 8上	大森、羽田、葛西三枚洲	Skeletonema costatum, Prorocentrum sp., Cryptomonadidae を検出するも底層無酸素水域の湧上かと考えらる。	アサリ、シオフキ、バカガイサルボウ被害	塩屋照雄(都水試)	都水試調査報告書

年次	期 間	発 生 場 所	赤 潮 の 主 生 物 名	被 害 状 況	報告者、その他	備 考
46	1956 8 17	品川沖	<i>Skeletonema costatum</i> , <i>Prorocentrum</i> sp. <i>Cryptomadidae</i> を検出するも底層無酸素水の湧上かと考えらる。	アサリ、サルボウに被害あり	塩田照雄(都水試)	都水試調査報告書
47	1957 2月	君津郡下	<i>Gymnodinium sprengence?</i>	被害なし	佐藤正春(内水試)	
48	" 5月上旬	全 湾	<i>Noctiluca scintillans</i>	"	石井俊雄(内水試)	
49	" 6 3 ~ 6 5	浦安附近	<i>Protodinium</i> , <i>Exuviaella</i>	魚類へい死	菅原兼男(内水試)	
50	" 6 10	五井~浦安	<i>Gymnodinium sprengence?</i>	被害なし、底層 O ₂ とかる	石井俊雄(内水試)	
51	〇 7月下旬	船橋・浦安	<i>Thalassiosira mala</i> Takano, <i>micro Gymnodinium?</i>	ハマグリ、アサリ、バカガイ被害	菅原兼男(内水試)	被害額 4 5 7 0 0 万円 県から 3 0 0 万円
52	" 10月	湾奥部一帯	<i>Peridinium</i> sp. (発光性)	被害なし	"	
53	1958 1月	千葉出洲海岸	<i>micro Gymnodinium?</i>	アサリ斃死	"	局部的被害、水質汚濁によるとも考えられる。
54	" 4 1 5 ~ 4 1 6	羽田~船橋間	<i>Gymnodinium sprengence?</i>	被害なし	佐藤正春(内水試)	17日の強風で解消
55	" 5月	千葉~船橋間	<i>Noctiluca scintillans</i>	"	"	
56	" 7 2 5	全 湾	<i>Coscinodiscus gigas</i>	被害なし、底層 O ₂ とかる	"	台風後急激に増殖
57	" 8月下旬	浜野~五井~金田	<i>Gymnodinium</i> sp.	アサリに被害あり	"	
58	" 8月下~ 9月上	千葉~木更津間	<i>Gymnodinium sprengence?</i>	被害なし	石井俊雄(内水試)	
59	" 10月上、中	金田~浦安間	<i>micro Gymnodinium</i>	"	"	
60	1959 7月末~ 8月上	市原郡下	<i>Exuviaella</i> sp?	ハマグリ、バカガイ大被害	菅原兼男(内水試)	6 3 6 0 0 万円の被害 県から 2 0 0 万円
61	1960 1~2	江戸川放水路	<i>Frenoclitella</i> sp.	被害なし	石井俊雄(内水試)	
62	1961 4月下~ 5月上	湾奥部	<i>Exuviaella</i> sp.	"	佐藤正春(内水試)	
63	" 7月上~ 7月中	全 湾	<i>Thalassiosira mala</i> Takano, <i>Ceratium</i> <i>Bergonii</i>	湾奥一部貝類に被害	"	
64	1962 3 7 ~ 3 8	全 湾	<i>Exuviaella</i> sp?	被害なし	"	
65	" 5 1 7 ~ 5 1 8	全 湾	<i>Skeletonema costatum</i>	"	"	
66	1968 4.20	姉ヶ崎	<i>Noctiluca scintillans</i>	"	"	
67	" 5.13	千葉港沖	<i>Exuviaella</i> sp. <i>Cochlodinium</i> sp. (少) <i>Noctiluca</i> (少)	"	菅原兼男(内水試)	
68	" 5.15	千葉港	<i>Skeletonema costatum</i> , <i>Exuviaella</i> sp. <i>Cochlodinium</i> sp., <i>Gymnodinium</i> sp.	"	"	
69	" 6.1-8	千葉港沖	<i>Skeletonema costatum</i> , <i>Exuviaella</i> sp.	"	"	
70	" 7 2 9 ~ 8 2	全 湾	<i>Chlorellina</i> sp? <i>Prorocentrum micans</i> , <i>Monas</i> sp.	"	菅原・佐藤(内水試)	
71	" 8.3	千葉港	<i>Exuviaella</i> sp. <i>Prorocentrum micans</i>	多少浮魚あり	佐藤正春(内水試)	

年次	期 間	発 生 場 所	赤 潮 の 主 生 物 名	被 害 状 況	報 告 者、その他	備 考
72	1963 1 2 2 4	千葉港沖一帯	<i>Skeletonema costatum</i> , <i>Asterionella japonica</i> , <i>Chaetoceros</i> spp.	被害なし	菅原兼男(内水試)	<i>Skeletonema</i> , <i>Asterionella</i> 群体増長著しい
73	1964 1 1 0	"	<i>Skeletonema costatum</i> , <i>Asterionella japonica</i> , <i>Fucosin zooidicus</i>	"	"	全 上
74	" 4 1 5	"	<i>Exuviaella</i> sp., <i>Thalassiosira mala</i> , <i>Skeletonema costatum</i> , <i>Nitzschia seriata</i>	"	"	
75	" 7 1 4	"	<i>Chaetoceros simplex</i> , <i>micro & macro Gymnodinium</i> , <i>Exuviaella</i> sp.	"	"	
76	" 7 2 5	"	<i>Chaetoceros simplex</i>	"	"	
77	" 8. 4	"	<i>Exuviaella</i> sp., <i>Chaetoceros</i> sp., <i>Peridinium</i> sp.	稲毛でアサリ、マテガイに被害	佐藤正春(内水試)	
78	8 2 4 ~ 8 5 1	"	<i>Coscinodiscus gigas</i> , <i>Rhizosolenia havanata</i> , <i>Oithona nana</i>	被害なし	菅原兼男(")	Marine snow の浮遊多し、有機物質の分離した粘塊で <i>micro ciliata</i> , <i>Peridinium</i> 等のもの類推す
79	" 1 1 5	蔵波沖	<i>Chromulina</i> sp?	"	佐藤正春(")	
80	1965 4 7 ~ 4 8	千葉～幕張間	<i>Exuviaella</i> sp?	"	"	
81	" 5 1 0 ~ 5 1 2	千葉港沖一帯	<i>Exuviaella</i> sp., <i>Nitzschia seriata</i>	稲毛でアサリに被害あり	"	
82	△ 7 2 1 ~ 7 2 2	千葉港及び馬井港附近	<i>Eucampia zoodia</i> → 水色乳白青色の所謂白潮、青潮現象	魚類浮死	菅原兼男(内水試)	偏北風の連吹により、表面吹送流の沖出しにつれて、底層無機水塊が岸に湧上したものと考える。鰻釣り具死す
83	△ 8 1 3 ~ 9 月下旬 (追加)	木更津、袖ヶ浦町地先	<i>Thalassiosira</i> sp., <i>Coscinodiscus</i> spp., <i>Oithona nana</i> 等検出するも赤潮によるか所謂白潮現象によるか不明	木更津市、袖ヶ浦町地先ハマグリに大被害あり	海移天生(")	ハマグリ被害総額6億円 県費200万円 市から174万6千円
84	1936 5 月	京田～葛西	<i>Cyrodinium</i> sp.		小 宅 (部水試)	
85	" 9 1 1	多摩川河口～荒川放水路口			" (")	
86	1961 7 月下	富津町、青雲地先	<i>Thalassiosira mala</i>	アサリ、ハマグリに被害あり	内田 晃(内水試)	被害額68万円
87	○ 1963 9 月 ~ 9 月中	久津間、牛込、奈良森、蔵波	<i>Thalassiosira mala</i> , <i>micro Gymnodinium</i>	ハマグリに大被害あり	菅原兼男(")	被害額1億2千万円 県費200万円
88	1964 8 月下 ~ 9 月上	木更津市地先	<i>Nitzschia</i> , <i>Navicula</i> , <i>micro Gymnodinium</i> (赤潮とは云えず)	"	"	被害額9千万円 市から30万4千円
89	1965 6 月中	木更津地先	不 明	キス、コチ斃死	地 元 民	
90	" 7 1 5 ~ 2 0	木更津市牛込	不 明	浮魚、ハマグリ一部斃死	"	
91	" 8 2 2 ~ 2 3	" 久津間	不 明	カレイ、ハゼ大量斃死	"	
92	" 8 1 4 ~ 1 5	" 板井	不 明	ヒラメ、アイナメ、ハゼ、ホトトギス貝、ハマグリ	"	
93	1964 8 月上 ~ 9 月上	稲 毛	<i>Exuviaella</i> sp.	アサリ、ハマグリに被害	菅原兼男(内水試)	
94	1955 9 月上	全 湾	<i>Coscinodiscus</i> , <i>Peridinium</i>	桜見川、専弘、浦安のバカ貝に多少	"	
95	" 1 0 月下	長浦沖	不 明	被害なし	石井俊雄(内水試)	
96	1956 9 1 8	船橋～妙見川間	<i>Peridinium</i>	"	"	

年次	期 間	発 生 場 所	赤 潮 の 主 生 物 名	被 害 状 況	報 告 者、その他	備 考
97	1957 2.18~2.20	全 湾	Listam	被害なし	石井俊雄(内水試)	
98	1958 12月下	"	Skeletonema costatum	"	"	
99	1959 2月中下	浦 安	micro Gymnodinium	魚類に若干の被害あり	菅原兼男(内水試)	
100	" 4月下	船 橋	Noctiluca scintillans	被害なし	"	
101	" 5月上	湾北奥部	Skeletonema costatum, Gymnodinium	"	佐藤正春(内水試)	
102	" 5月下~6月中	千葉-奈良輪	Prorocentrum micans	"	"	
103	1959 7月上	湾奥部一帯	micro Gymnodinium	シリヤケイカ、カタクナイワシ、キス、ハゼに多少被害あり	"	
104	" 7月中	堀川、エビ川河口	"	ハゼに被害あり	"	
105	" 7月下	全 湾	Skeletonema costatum, Tintinnopsis cf. Ciliata	魚類に多少被害あり	菅原兼男(内水試)	
106	" 12月中	湾奥部	Englemish protozoa (藻類)	被害なし	"	
107	1960 4月中	香根地先	不 明	カレイに多少被害あり	地 元 民	
108	" 5.4	千葉沖一帯	Noctiluca scintillans	被害なし	菅原兼男(内水試)	
109	" 5.7	湾奥一帯	Skeletonema costatum	"	"	
110	" 6.5	五井~千葉	micro Gymnodinium	"	"	
111	" 6.15~2.0	牛 込	不 明	ハマグリに多少被害あり	地 元 民	21日の強南風で解消
112	" 7月	湾奥部	Skeletonema costatum	しばしば赤潮を起したが被害なし	石井俊雄(内水試)	
113	" 9月中	湾奥部一帯	Exuviaella sp. micro Gymnodinium, peridinioides	局部的に魚貝類に被害	"	10、11、12月は外洋水の影響つよく plankton 少し
114	1961 5月下~6月上	全 湾	Noctiluca scintillans	湾奥一部に魚類被害	"	
115	" 6月中	湾奥部	Aurelia aurita (海水白濁)	打瀬網漁等に支障あり	菅原兼男(内水試)	
116	" 6月下	"	Thalassiosira mala, Ceratulina bergonii	被害なし	"	
117	" 7月上~7月中	全 湾	Thalassiosira mala	所々に魚貝類に多少被害	佐藤正春(内水試)	18日以降4日間N.E風の連吹により、白濁現象を起し、このための被害もあり
118	" 8月	局部的	不 明	被害なし	"	
119	1963 4月上, 4月下	全 湾	Noctiluca scintillans	"	"	
120	" 5月上, 中	局部的	Exuviaella sp. Noctiluca scintillans	"	"	
121	" 6月	所々に	種類種々	"	"	
122	" 7月上	千葉港附近	白濁(偏北風による底層無酸素層の接岸湧上)	ハゼ、カレイ、コチ類被害	菅原兼男(内水試)	

年次	期間	発生場所	赤潮の主生物名	被害状況	報告者、その他	備考
123	1963 7月中	五井附近	micro Gymnodinium	多少浮魚あり	菅原兼男(内水武)	
124	" 7月下~ 8月上	船橋・千葉	Exuviaella sp.	船橋のバカ貝、魚類、千葉の魚類	佐藤正春(")	
125	" 8月中	湾南部	micro Gymnodinium	一部ハマグリに被害あり	内田 晃(")	
126	" 12月中 下	湾奥部	Asterionella japonica, Skeletonema costatum	被害なし	佐藤正春(")	群体伸長著しい
127	1964 7月下~ 8月上	"	Exuviaella sp.	"	"	
128	1965 3月	"	"	"	"	
129	" 4 2 1	江戸川河口沖一帯	" (濃赤褐色)	"	菅原兼男(内水武)	
130	" 8.6	"	"	"	"	
131	1966 3.14~3.16	全湾	Skeletonema Costatum, Eucampia Zoodiacus, Gonyaulax sp.	"	佐藤正春(")	

オ2表 東京湾に出現した赤潮の種類

種	類	被害あり	被害なし	不明	計
<u>Gymnodinium</u> spp.		9	11	5	25
<u>Cochlodinium</u> <u>catenatum</u>		4	1	1	6
<u>Infusoria</u>		0	1	0	1
<u>Ceratium</u> <u>fuscus</u>		0	1	0	1
<u>Ceratium</u> <u>phalacroma</u>		0	1	0	1
<u>Gonyaulax</u> sp.		0	2	0	2
<u>Flagellata</u>		0	1	0	1
<u>Ceratium</u> <u>furca</u>		1	0	1	2
<u>Polykrikos</u> sp.		1	0	1	2
<u>Noctiluca</u> <u>sintilans</u>		3	6	1	10
<u>Pouchetia</u> sp.		0	0	1	1
<u>Mesodinium</u> <u>rubra</u>		1	1	0	2
<u>Cryptomonadineae</u>		2	1	0	3
<u>Stylonychia</u> sp.		0	0	1	1
<u>Euglenish</u> Protozoa		0	2	0	2
<u>Thalassiosira</u> <u>mala</u>		5	2	0	7
<u>Aurelia</u> <u>aurita</u>		1(漁業上 支障)	1	0	2
<u>Skeletonema</u> <u>costatum</u>		6	12	0	18
<u>Chaetoceros</u> <u>devilis</u>		0	1	0	1
<u>Prorocentrum</u> spp.		3	2	0	5
<u>Protodinium</u> sp.		1	0	0	1
<u>Exuviaella</u> sp.		9	14	0	23
<u>Peridinium</u> spp.		5	1	0	6
<u>Micro-Gymnodinium</u>		9	4	0	13
<u>Coscinodiscus</u> spp.		1	3	0	4
<u>Pronoctilca</u> sp.		0	1	0	1
<u>Cerataulina</u> sp.		1	1	0	2
<u>Chromulina</u> sp.		0	2	0	2
<u>Monas</u> sp.		0	1	0	1
<u>Asterionella</u> <u>japonica</u>		0	4	0	4
<u>Eucampia</u> <u>zoodiax</u>		0	2	0	2
<u>Chaetoceros</u> spp.		2	3	0	5
<u>Chaetoceros</u> <u>simplex</u>		0	2	0	2
<u>Nitzschia</u> <u>seriata</u>		1	1	0	2
<u>Rhizosolenia</u> spp.		0	2	0	2
Other Diatom		0	1	0	1
<u>Oithona</u> <u>nana</u>		0	2	0	2
<u>Ciliata</u>		1	0	0	1
<u>Tintinnopsis</u> sP.		1	0	0	1
種不明		7	3	5	15

オ3表 東京湾における月別の赤潮出現頻度表
()は白潮現象によるもの

月別	被害あり	被害なし	不明	計
1月	1	5	0	6
2	1	2	0	3
3	0	3	0	3
4	2	8	0	10
5	2	14	2	18
6	7	7	0	14
7	16(2)	7	1	24(2)
8	21(2)	6	0	27(2)
9	11(1)	6	5	22(1)
10	0	4	0	4
11	0	1	1	2
12	0	6	2	8
月不明	3	1	2	6
計	64(5)	70	13	147(5)

3) 最近における東京湾の赤潮被害事例

過去におけるものは別として、当场が調査した比較的近年の事例では、オ1表に示すとおりで、*Thalassiosira mala* TAKANO と *Exuviaella* sp とによるものが多く、時に *Micro Gymnodinium* によって引き起こされた事例はあるが、他の種類については殆んど大きな被害はない。東京都水産試験場の方では、都側に *Skeletonema costatum* による貝類被害事例をあげているが、千葉県側では *Skeletonema* では殆んど無害である。

Thalassiosira mala TAKANO については1951年(昭和26年)

9月13日から9月20日にかけて、千葉市の出洲海岸から検見川町地先海岸まで、約8kmに亘って来襲し、ハマグリ、バカガイなどに大被害を与えた種類であるが(ハマグリ12,285樽、バカガイ31,795樽、シオフキ136,246樽、アサリ3,263樽……1樽15kg入、被害金額5,800万円)、粘液塊よりなる本種を最初は *Phaeocystis* sp ならんかと発表したが、⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾ フォルマリン固定の同標本につき、東海区水産研究所の高野秀昭氏が電子顕微鏡により精査した結果1956年に *Thalassiosira decipience* Forma *Levanderi* (VANGOOR) TAKANO として発表⁽¹¹⁾、その後、精査の結果1965年にいたり、新種の *Thalassiosira maia* TAKANO と査定した⁽¹²⁾ものである

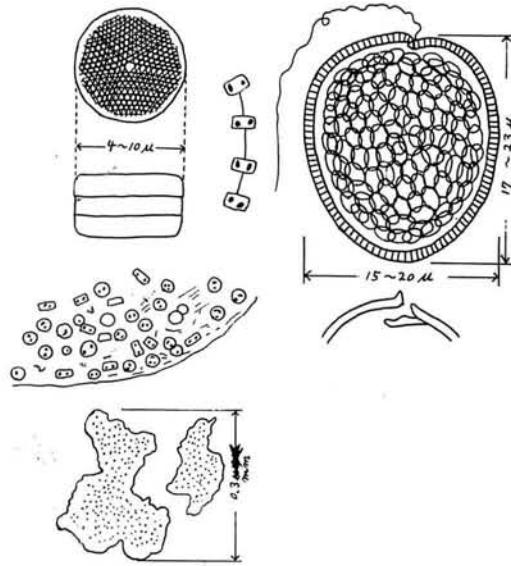
その後、本種は1957年7月下旬に浦安、船橋地先のハマグリ、バカガイなどに大被害(被害金額49,000万円)を与え、1963年9月上旬~中旬に久津間、牛込、奈良輪、蔵波の各漁業協同組合地先のハマグリに大きな被害(ハマグリ145,718樽、金額117,947,500円)を起している。

また、*Exuviaella* sp については、1959年(昭和34年)7月末から8月初旬にかけて当時の市原郡下(今は埋立てられて、工場地帯となっている。)のハマグリ、バカガイに大被害を起した(ハマグリ1,169,109樽、バカガイ93,800樽、被害金額635,797,665円)種類で、最初、その形状から *Tracheromonas* sp として発表したが、昨年、山路勇博士に査定を願ったところ、*Exuviaella* sp が適当であろうとなったもので、種の査定は目下のところ明瞭ではない。

その後、*Exuviaella* sp は1963年7月下旬から8月上旬にかけて、船橋のバカガイ、千葉市の魚類に被害を与え、1964年8月上旬から9月上旬にかけて、稲毛地先のアサリ、ハマ

グリに被害を起した。

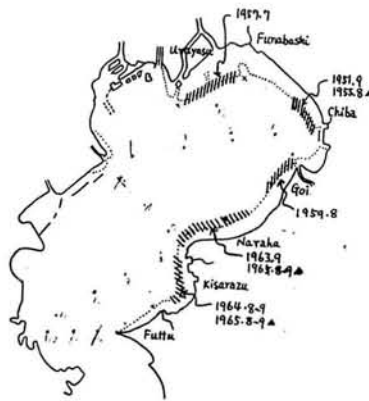
なお、夏季成層期には Plankton の大増殖後の死滅沈降腐敗、下層有機物の分解、或いは底泥による酸素吸収が行われて、底層に可なりの厚さで無酸素層が発達するのが常であるが、(ことに底層流の停滞しがちな湾奥部では、これが甚しい。)これが、たまたま陸岸から沖へ吹き出す風によって吹送流(Drift current)が起ると、表層水が沖合遙かに流れ去るにつれて、底層から無酸素水塊が陸岸に接して湧上(Upwelling)



オ1図 東京湾に出現する有害赤潮の種類。
Tharassiosira mala TAKANO, *Exuviaella* sp?
 (高野氏の報文(14)より左)。 (右)

して来て、海面が底層の腐敗物質や有機質細片のコロイド状のもので、乳白色を呈し、しばしば沿岸の生物に被害を与える事例も少なくない。(このコロイド様物質について、多賀信夫氏から硫酸環元バクテリアの存在することを指示された。そう云われれば、乳白色海面で時に硫化水素臭を伴うことがある。)

この乳白色の海域では夏季成層が乱れて、上中下層に亘り、水温やO₂量が一樣になり、O₂量が上中下層に極度に欠乏した状態を示す。地元民は白潮(シロッチオ)或いは青潮(アオッチオ)(青潮は Euglenish Protozoa による青緑色の赤潮の場合もこう呼ぶ)とよんでいる。これについては東京都水産試験場でも観測報告している。また、赤潮の起きているうちに、突然として風が変わって、白潮現象になり、被害が二重になったような場合もある。この白潮現象は、ことに湾奥部で夏季、季



オ2図 東京湾千葉県側における赤潮、白潮(△印)被害発生地域図。

節はづれの偏北風の連吹するような場合は広範囲に甚しく起る。

4) 代表的な赤潮来襲の状況

(1) 1951年9月13~20日の赤潮 (*Thalassiosira mala* TAKANO) 来襲時の状況 (6)(8)(9)(10)

来襲地先は千葉市の出洲海岸から検見川町にかけて約8kmの、干潟沖合干潮線下地帯で巾約1kmに亘っており、この間の養殖ハマグリ、バカガイは殆んど全滅に近い被害を受けた。

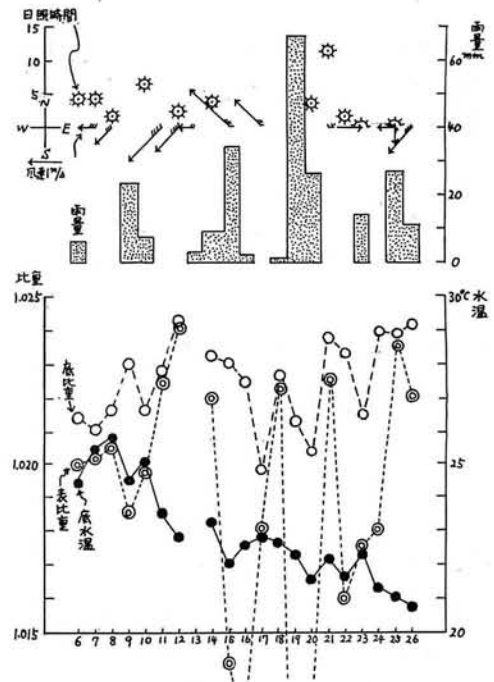
この *Thalassiosira mala* は沖合性の Plankton と考えられ、この地域に発生したものではないらしい。それは、同時に外洋性の *Noctiluca sintilans* の採集が見られたことからわかる。(才4表参照)

なお、この才4表で見ると *Coscinodiscus Janischii* と *Thalassionema nitzschioides* が大量に出現しているが、これらの種類は普段から採集されており、この時期に大繁殖するもので、今迄これらの種類による被害は全然なかつたので、*Thalassiosira mala* TAKANO を赤潮主生物と見なしたわけである。

本種は才1図にも示すとおり、4~10μの直径を有する円盤状硅藻で、単独か又は連鎖するかして群集して、一つの粘液塊をつくる。この粘液塊の形は不規則であるが、大体0.3mm、内外のもので、採集時に Plankton-net の目につまってしまう程である。採集して静置すると、他の Plankton 類を粘着して沈澱するので、沈降性の性質を持っているようである。これらの群集の起した赤潮の色調は濃茶褐色であつた。

この赤潮来襲時の気象・海況を示すと第8図のようになり、来襲前3日ほど前からNE又はE風が連吹して居り、千葉市海岸に沖へ向う吹送流を起し、沖合底層水が湧上するような条件を起こした。これによつて、比較的底生性の本種が、この地域の干潮線下に湧上して来たものと考えられ、続いて4日程可なりの降雨があり、上下層の比重が著しく差を生じたため、本種の表層浮上が一層さまたげられ、且つ干潟上には浸入出来ず、干潮線下附近に凝密に沈底停滞を余儀なくされたものと考えられる。

このため、干潮線下に生息するハマグリ、バカガイ等の鰓を粘液塊でふさいで、これらを窒息死させたものではあるまいかと推定する。



才8図 1951年9月千葉市地先 *Thalassiosira mala* 来襲(13~20日)時気象海況。

表4 1951年9月 Thalassiosira mala 採集時の Plankton 組成

種	類	A 点	B 点	C 点
<u>Noctiluca scintillans</u>		+	+	r
Polychaeta Larvae		+	-	+
Lamellibranchia Larvae		r	-	-
Gastropoda Larvae		r	-	-
<u>Lucicutia</u> sp.		c	c	c
<u>Microsetella norvegica</u>		c	+	c
Nauplii of Cillipedia		-	r	-
<u>Oikopleura</u> sp.		r	-	+
<u>Ceratium fusus</u>		r	cc	c
o <u>Thalassiosira mala</u>		cc	cc	cc
<u>Stephanopyxis Palmeriana</u>		-	+	+
<u>Skeletonema costatum</u>		c	+	+
<u>Coscinodiscus Janishii</u>		cc	cc	cc
<u>Chaetoceros decipiens</u>		c	+	r
<u>Chaetoceros</u> spp.		c	+	r
<u>Bacteriastrum varians</u>		+	r	r
<u>Bacteriastrum</u> sp.		r	r	r
<u>Corethron criophilum</u>		r	r	r
<u>Biddulphia granulata</u>		r	r	+
<u>Ditylium</u> sp.		+	r	+
<u>Rhizosolenia stolterfothii</u>		r	+	r
<u>Rhizosolenia</u> sp.		+	+	+
<u>Thalassiothrix Frauenferdii</u>		c	+	+
<u>Thalassionema nitzschioides</u>		cc	cc	cc
<u>Thalassionema</u> sp.		c	-	+
<u>Nitzschia seriata</u>		r	r	-
<u>Pleurosigma affine</u>		-	r	+
<u>Pleurosigma</u> sp.		-	rr	-
<u>Melosira Borreri</u>		+	+	-
<u>Climacodium Frauenferdinum</u>		-	r	-
<u>Gaunardia flaccida</u>		rr	r	-

快晴となり、8月8日まで降雨がない。風もこの間、殆んど和風程度で海上はおだやかであつた。比重は全般に低く、水温が30℃内外の高水温が続いた。

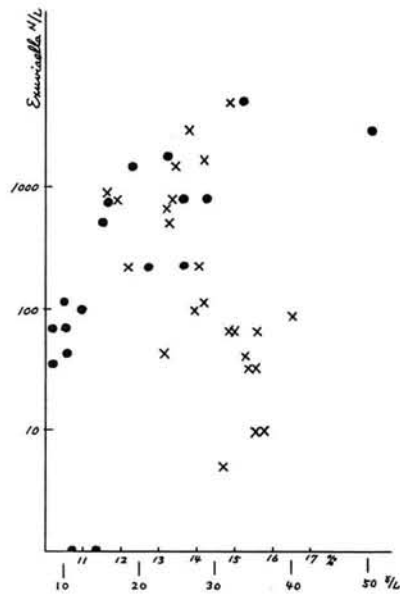
丁度、Exuviaella 発生初期頃(7月27~29日)に海洋観測及び沿岸観測をしたが、表層 Plankton 定量採集結果では、Exuviaella は殆んど全湾に発生しはじめていたことがわかり、ことに千葉市から市原郡下にかけて濃厚に発生している。

海洋観測、沿岸観測の結果から Cl と Phosphate P について Exuviaella 出現量との関係を求めて見ると、才6図のようになつて、Cl が全般に低鹹で、殆んど関係は見られないが Phosphate-P については P の多いほど Exuviaella sp が多くなつている。赤潮の被害発生地帯の分析結果でも Phosphate-P の値は、とくに可なり大きく出ている。

分析が Plankton を含めてなされているので、海水中の P と Exuviaella 中の P が共に測定されておるが、ともあれ本種と Phosphate-P との相関が見られたわけで、海中の P が赤潮発生に関与することは、既に多くの学者によつて指摘されており、最近では辻田博士⁽¹⁷⁾も強調している。当場の調査でも1964年11月5日前後に出現した Chromulina sp (無被害)の赤潮時には Plankton を濾別して水質分析した結果では11月3日に Phosphate-P が極度に消費された例がある。

市原郡下に現われた Exuviaella sp. は7月末から最盛期に達し、8月10日頃には解消に近くなつたように思われ、この間に同郡下の干潮線附近から以深のハマグリ、バカガイを殆んど全滅させた。本種は比較的大型種(才1図参照)に属し、鞭毛を有して活潑に運動するが直接貝の腮をふさぐようなことはない。昼間は同化作用を盛に行なうが夜間は異化作用のみを行なうこととなり、高水温と相まつて、夜間水中酸素を欠乏せしめ、貝類を窒息死せしめたかと考える。混在した他の Plankton では Ceratium fuscus, Coscinodiscus gigas 等が多く、ことに Coscinodiscus gigas は Exuviaella が解消に近くなるにつれて大繁殖をしている。

以上、代表的な赤潮、Thalassiosira mala TAKANO, Gymnodinium splendence?, Exuviaella sp? の3種の来襲時の状況を記述したが、残念ながら発生初期機構についてはわからない。考えられるところは Plankton 集団



才6図 1957年7月東京湾海洋観測における Exuviaella sp と Cl (×印)及び Phosphate-P (○印)との関係。

(Community)において、普通種の繁殖が抑制され、特定種(しかも普段は殆んど姿を見せない種)が特別に爆発的に発生出来るような空間(Space)が生ずることであろう。しかも、その爆発的発生を促がす刺戟条件は、今のところ明瞭ではない。たゞ云えることは、降雨による栄養塩の補給、荒天による海底土の攪拌後又は海洋埋立漏泥の周辺の栄養塩の拡散の後に、好天と静温な日が続いた場合は必ず赤潮が発生するようである。

なお、辻田博士⁽¹⁷⁾が云うように栄養分(Nutriments)の渦動流(AdvectionやConvection)だけでなく、Thalassiosira malaの来襲時のように風とか、Gymnodinium sprengence発生時の水分子運動による赤潮の集積(Accumulation)と云うことも考えられる。このような場合、栄養分(Nutriments)の不調和から、赤潮生物自体の急速な死滅崩壊が考えられ、二次的にその被害を生ずるであろう。前にも述べた「白潮現象」(無酸素底層水の湧上現象)もその一つかと考える。

今後、赤潮の観測では、余程よい機会にめぐり合つて、発生前から連続観測を行ない、発生初期、極盛期から解消期まで、あらゆる角度から追跡せねばなるまいが、実に容易なる調査ではない。

5) 硝石灰並びに硫酸銅溶液による Gymnodinium 赤潮の駆除試験⁽⁶⁾⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾

赤潮駆除の一方法として1951年12月に千葉市沖一帯に起きた Gymnodinium sprengence ? (前述)を材料として、室内及び現場試験を行ない相当の効果のあることが認められたので記述する。

其の1、室内実験(1951~12~23)

(1) 供試材料 12月22日16時、千葉市都川河口沖で20ℓの瓶に汲みとつた赤潮 Gymnodinium sprengence を実験に供す

(2) 方法 内面積20cm²の硝子円筒に上記赤潮海水5000cc(水深2.5cm)を盛る。23日18時の観察では、2mm表層に濃密に集合し、下方には雲状群をなして降下するが、全体に薄く、底層には殆んど分布せず。

硝石灰は1ℓ海水に5gr ($\frac{1}{200}$)を加え、使用前よく振とうする。

硫酸銅は1ℓ海水に1gr ($\frac{1}{1000}$)を加え、その5倍海水稀釈($\frac{1}{5000}$)、10倍稀釈($\frac{1}{10000}$)をつくり、使用前よく振とうする。

(3) 実験結果 Standard, $\frac{1}{200}$ 硝石灰4drops, 10drops, 20drops, 硫酸銅 $\frac{1}{10000}$ 10drops, $\frac{1}{5000}$ 10drops, $\frac{1}{1000}$ 10drops の7組の実験結果は次表のようになる。

右表で、硝石灰1cm²に1滴即ち約 $\frac{1}{10000}$ 濃度で効果があるし、硫酸銅の場合は尾田氏や宮崎氏の実験とは同じく、約 $\frac{1}{1000000}$ 濃度(即ち硫酸銅 $\frac{1}{5000}$ 海水を2cm²に1滴散布)で有効である。

なお、面白いことに上記円筒を放置して1ヶ月後の観察では、Standardと $\frac{1}{10000}$ 硫

酸銅 10 drops, $\frac{1}{200}$ 硝石灰 4 drops 滴下のものには Skeletonema Costatum が繁殖し、天然の状況(Gymnodinium 消滅後内湾一帯に Skeletonema costatum が大繁殖す)と一致した様相を示し、他の容器には Chlorella sp が繁殖した。即ち、両剤とも濃度如何では硅藻や緑藻に対しては余り有効ではないようである。今後このような実験をおし進めて行くと、Plankton の種々な制禦因子や助成因子がつかめるかも知れない。

其の2. 現場試験 (1951~12~22、千葉市都川河口沖 Gymnodinium 赤潮地帯にて)

試験船に 15ℓ 容の噴霧器を 1 台セットして、硝石灰 400~600 gr を投入、海水を充して振とうしつつ噴霧したが、噴霧状態は 10 m 前方に約 5 m² 万べんなく撒布した。撒布後 2~3 分後には目で見ても、この赤潮特有の赤褐色が薄れ、時間と共に次第に透明になつて行くのがわかつた。

表層水を採水フォルマリン固定したもので Gymnodinium 個体数を数えた結果では、撒布前は 1cc 中 4,560 個体あつたが、撒布 5 分後には 340 個体となり、10 分後には 22 個体となつた。

6) 要約と考察

東京湾における赤潮発生事例を過去から記録すると 131 例になり、1950 年以降は観測の機会が多かつたため発生例数が急増している。ただ 1952 年度 (昭和 27 年度) には予算を計上して、赤潮観測委託試験を行なつたにもかかわらず、千葉県側では赤潮が起らずにしまつた珍しい年 (いまにして思えば、翌昭和 28 年の東京湾内ヒトデ大発生とも関連があるようである。)

表 5 硝石灰並びに硫酸銅溶液の Gymnodinium 赤潮に対する効果実験表

濃度	時刻	滴下時	23th 14~37	23th 15~10	24th 13~0.5
Standard (赤潮海水)			表層に濃く浮く	硝子円筒のまより上に浮き、表層こい	上層 1mm に濃く、他は一帯に極く薄
$\frac{1}{200}$ 硝石灰海水 4 drops 滴加	23th	13~55	沈澱認めず	同上	少し沈澱、上層 1mm に濃 他は極く薄
同上 10 drops 滴加	"	13~56	沈澱僅少	一様に分布、沈澱僅	かなり沈澱し、他は一体 にうすく浮泛
同上 20 drops 滴加	"	13~57	沈澱やゝあり	同上	沈澱多量、一体に極くう すく浮泛
$\frac{1}{10000}$ CuSO ₄ 10 drops 滴加	"	14~10	沈澱多し	沈澱相当あるも、上 中層にも浮く	相当沈澱、1mm 層に濃く 他は一体に浮泛
$\frac{1}{5000}$ CuSO ₄ 10 drops 滴加	"	14~12	沈澱多し	ほとんど沈澱し、多 少上中層に浮く	ほとんど沈澱、他は一体 に薄く浮く
$\frac{1}{1000}$ CuSO ₄ 10 drops 滴加	"	14~13	沈澱多く、沈澱 中のものもあり	大部分沈澱し、僅か に上中層に浮く	殆ど沈澱透明となる

で、その他の年は殆んど毎季節赤潮が発生している。

最近の事例では、Thalassiosira mala TAKANO Exuviaella sp ? と Micro Gymnodinium による被害が見られ、とくに前 2 種は大きな被害を起している。ことに高水温時の夏季に被害が多い。又、この季節に季節はずれの偏北風が連吹するような場合、しばしば底層無酸素水塊を接岸湧上せしめて所謂「白潮現象」を起こして、その沿岸部生物に被害を与えることがある。赤潮の死滅沈降腐敗などに起因するから「白潮現象」も赤潮の二次的被害と見られぬこともない。

東京湾において赤潮の発生する初期機構は明瞭につかんでいないが、相当の降雨があつて陸水が栄養塩を沖へ拡散し、適度に塩分を薄めるか、或いは荒天が続いて、栄養塩を吸養貯蔵している海底土を浮泛拡散して海中に栄養塩を増加した場合とか、或いは最近干潟埋立の浚渫工事場の附近で漏泥により栄養塩が拡散されたような時とかに、静穏な晴天が続き、ことに潮汐流の弱い小潮期間に当たつた場合、必ず赤潮現象が起こるものと見てよい。たゞ 1951 年 9 月千葉市地先に来襲した Thalassiosira mala や偏南風の強い時 Noctiluca sintilans が外洋から湾奥部に流入して来る場合のように、吹送流によつて濃厚に集積したような場合もある。

貝類や魚類に対する加害機構は、粘液塊をもつ Thalassiosira mala のように直接をふさぐ物理的加害作用のほか、Exuviaella sp ? のように夜間水中酸素を消費して、窒息死せしめる化学的加害作用のほかに、赤潮自体「同種間生存競争」が激しくなつて、環境の少しの変化でも急に死滅の転機をとつて、多量の死体が腐敗して環境海水の水質を悪化させ、二次的に他生物に被害を与える場合も考えられ、直接的ではないにしろ「白潮現象」もその一つの事例となろう。なお赤潮自体の毒性によると思われる加害機構については今迄のところ観察されていない。

赤潮駆除について、硫酸銅、消石灰を用いて、ある程度の効果を認めたが、実際に活用していない。今後の問題として取上げて行き度い考えである。

以上、要するに今迄の東京湾の赤潮についての調査では、被害状況調査に力点がおかれ、赤潮自体の綿密な観察が欠けているように思われ、今後機会あるごとに赤潮の詳細な観測に従事して行き度いと考えている。

本文を草するに当り、貴重な文献を恵与下され且つ、本稿のご高閲を賜つた辻田時美博士、また貴重な文献を貸与せられた新崎盛敏博士に深く感謝の意をさしげるとともに、赤潮生物種の査定を賜つた山路勇博士、高野秀昭博士並びに種々御示教を下さった東京都水産試験場の塩屋照雄技師に厚く御礼を申上げるものである。

引 用 文 献

- (1) 岡 村 金太郎 : 一木更津に現われた赤潮について 水産研究誌 2 (10) ・ 1907
- (2) 朝 倉 慶 吉 : 一気象集誌 1907 ~ 1914
- (3) 松 江 吉 行 : 一品川湾海苔場の海洋化学的性状

水産学会報 7(1), 1936

- (4) 岡田 弥一郎 : -赤潮 植物及動物 2(4), 1934
- (5) 稲葉 伝三郎 : -赤潮 海洋の科学 1(2), 1941
- (6) 菅原 兼男・外 : -東京湾の赤潮 千葉県内湾水産試験場試験調査報告書(才8号)
1960
- (7) 東京都水産試験場 : 東京内湾における赤潮について 東水試出版通刊 №107, 1958
- (8) 菅原 兼男・外 : -千葉市地先養殖蛤、バカ貝被害調査 千葉支所月報 9月
1951
- (9) 菅原 兼男 : -Phaeocystis を主とする赤潮による千葉市地先貝類被害について 代騰写, 1952
- (10) 菅原 兼男 : -赤潮浮遊性植物の稀種 Phaeocystis sp 千葉市沖に出現す
千葉県植物誌 4(1), 1953
- (11) 高野 秀昭 : -Harmful Blooming of Minute Cells of
Thalassiosira decipiens in Coastal Water
in Tokyo Bay 日本海洋学会誌 12(2), 1956
- (12) 高野 秀昭 : -日本産海産珪藻の新種稀種-1 東海区水産研究所研究報告
(42), 1965
- (13) 菅原 兼男・外 : 市原郡下の蛤被害調査報告書 千葉県内湾水産試験場
試験調査報告書(才2号)、1960
- (14) 平野 礼次郎 : -赤潮に関する今後の問題 水産増殖(1), 1954
- (15) 北川吉美・菅原兼男外 : -1951年12月 千葉県内湾に発生した赤潮
千葉支所月報 11~12月, 1951
- (16) 北川吉美・菅原兼男外 : -1951年12月に起きた千葉県内湾の赤潮について代騰写
1952
- (17) 辻田 時美 : -Plankton の異常繁殖特に赤潮(苦潮)の研究 西海区水産
研究所研究報告(6), 1955