

ノート

1995, 1996年度漁期後半に播磨灘のノリ漁場において観測された珪藻プランクトンについて

永田誠一^{*1}・中筋昭夫^{*1}・中谷明泰^{*1}・井川直人^{*1}・堀 豊^{*2}

(1997年12月1日受付)

Diatom Blooms in the Nori Culture Grounds of Harima-nada on Late Cultivated *Porphyra* from 1996 to 1997Seiichi NAGATA^{*1}, Akio NAKASUJI^{*1}, Akihiro NAKATANI^{*1}, Naoto IKAWA^{*1}, and Yutaka HORI^{*2}

キーワード：ノリ漁場，色落ち，珪藻プランクトン

本県におけるノリ養殖は内海漁業の中で重要な位置を占めており，毎年の生産状況が本県の水産業を左右するといっても過言ではない。現在のところ乾海苔の格付けは，もっぱら色調，光沢を主とした官能検査によりおこなわれており，とりわけ色調の濃淡が価格決定の上で重要な要因となっている。従って，ノリ養殖時における海水の栄養塩不足は，ノリ葉体の生理障害としての色調低下をまねき，製品としての乾海苔の品質評価が落ちた結果，生産額まで影響を及ぼしているのが現実である。平成7年度，平成8年度漁期においては，近年に例を見ない広範囲にわたるノリ葉体の色落ち被害がみられ，特に平成7年度は，のり流通業界を取り巻く状況の変化と相まって，本県のみで約2万箱(約7600万枚)にもおよぶ無札乾海苔が生じ，それ以降の乾海苔の生産意欲に少なからず影を落とす結果となった。

本報告では，播磨灘の主要なノリ漁場である東播地先漁場と北淡・一の宮地先漁場において，ノリ漁期後半の2月から3月にかけて，溶存無機態窒素(DIN)が $5 \mu\text{g au/l}^{(2)}$ を下回る栄養塩不足から，ノリ葉体の過度の色落ち現象が認められた，平成7年度，平成8年度漁期後半の栄養塩分析結果と，同時におこなっている珪藻プラン

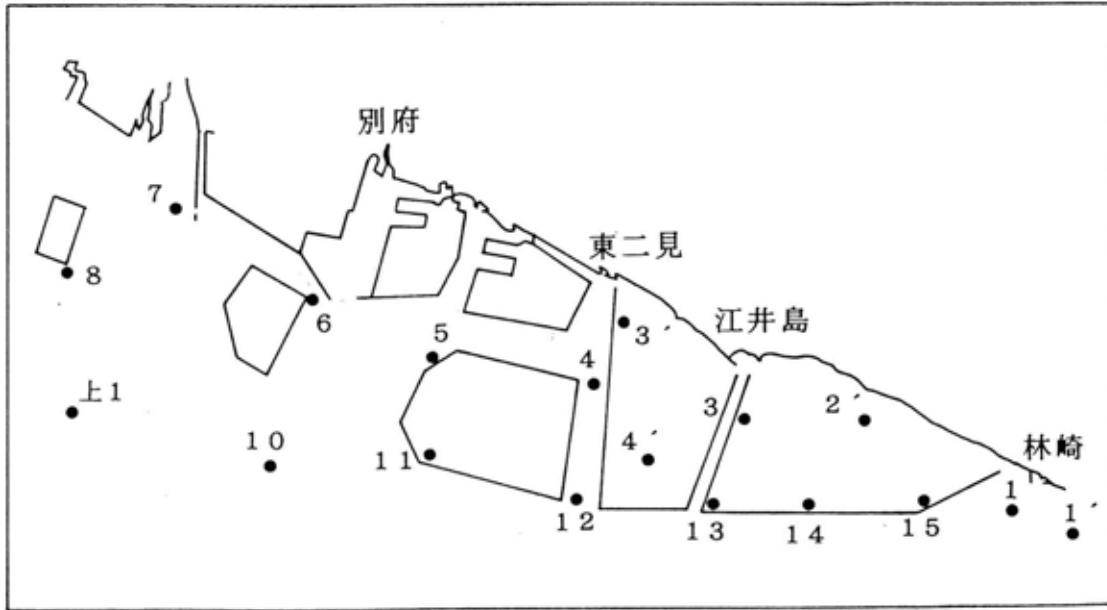
クトン分析の結果について述べる。また，珪藻のおおよその生物量を推計し，平成7年，平成8年，両年度に観測された栄養塩低下原因を優占珪藻種との関係において考察する。

方法

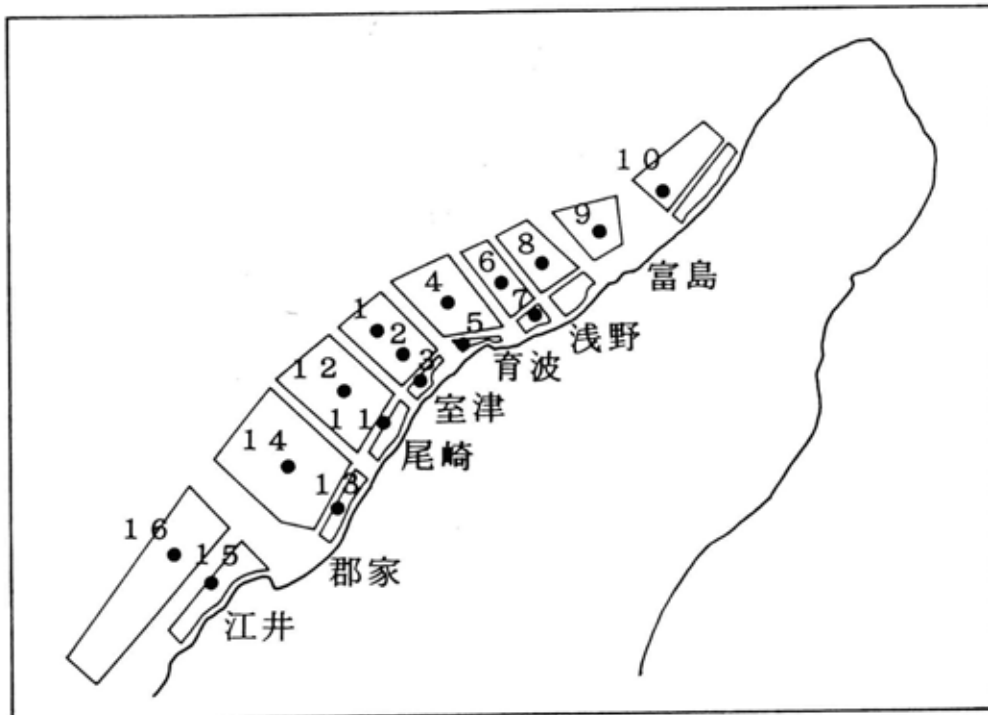
東播地先漁場(東播)と北淡・一の宮地先漁場(北淡)の調査点をそれぞれ第1図および第2図に示した。この調査点は昭和61年に兵庫のり研究所が設立された当初から現在に至るまで，ノリ漁期である10月から翌年4月までの間，月2回程度，兵庫県立水産試験場実施の浅海定点漁場環境定期調査を補足する形で，ノリ漁場の表層海水の栄養塩等の調査をおこない，結果を情報提供している漁場環境調査の定点である。栄養塩類の分析はブラン・ルーベ社のオートアナライザー(AAII-C)を使用し，分析項目の $\text{NH}_4\text{-N}$ はインドフェノール法， $\text{NO}_2\text{-N}$ はGR法， $\text{NO}_3\text{-N}$ はCdカラム還元法， $\text{PO}_4\text{-P}$ はアスコルビン酸還元法による。珪藻の同定は光学顕微鏡により，また，細胞数は採取した試水の中で比較的珪藻数が多く，海域を代表していると思われる定点を選び，よく攪拌し

*1 兵庫のり研究所 (Hyogo Nori Institute, Minami-Futami, Akashi 674-0093)

*2 兵庫県立水産試験場 (Hyogo Prefectural Fisheries Experimental Station, Minami-Futami, Akashi 674-0093)



第1図 東播地先漁場の調査定点



第2図 北淡・一の宮地先漁場の調査定点

た後、一定量を計数盤にとり顕微鏡下で計数した。同定された珪藻のおおよその生物量は、顕微鏡下で観察された個々の細胞の長径と短径から、形態に基づく簡易推計法³⁾により細胞容積を算出し、ついで、STRATHMANN式⁴⁾により細胞炭素量に換算し、細胞個体数を乗じ推計した。第1表には生物量算出の根拠とした、細胞個々の長径、短径、細胞容積量、細胞炭素量を示した。

結果と考察

平成7年度、平成8年度の漁期後半にあたる1月から4月にかけての、東播、北淡での栄養塩分析結果を第2表

および第3表に示した。平成7年度においては、DINは東播では2月上旬から、北淡では2月中旬から急速に減少に転じ、ノリ葉体の色落ち傾向が認められ始めるといわれるDIN値の $5 \mu \text{gat/l}^{(2)}$ を更に下回る $3 \mu \text{gat/l}$ 以下の状態で、東播では2月下旬から3月中旬の間、北淡では3月中旬から3月下旬の間経過した。また、平成8年度においては、東播では2月上旬からDINが半減し始め、2月下旬から3月下旬の約1か月間は $3 \mu \text{gat/l}$ 以下で、特に3月中旬は $1 \mu \text{gat/l}$ を下回り、4月上旬まで低濃度で推移した。北淡では2月下旬から急減し、3月上旬から4月上旬まで約1か月間 $3 \mu \text{gat/l}$ 以下で、3月中旬には東播と同じく $1 \mu \text{gat/l}$ を下回った状態にあった。

第1表 珪藻プランクトンの生物量算出の根拠とした珪藻個々の長径、短径、細胞容積、および細胞炭素量

	長径 (μm)	短径 (μm)	細胞容積 (μm^3)	細胞炭素量 ($\text{pgC} \cdot \text{cell}^{-1}$)
<i>Asterionella gracialis</i>	12	28	640	51
<i>Bacteriastrium varians</i>	12	18	1220	83
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	15	15	1059	74
<i>C. danicus</i>	10	10	471	40
<i>C. densus</i>	20	27	5087	240
<i>C. didymus</i>	15	15	1589	100
<i>C. sociale</i>	6	6	130	15
<i>Coscinodiscus wailesii</i>	50	40	47100	1318
<i>Ditylum brightwellii</i>	30	30	12717	487
<i>Euampia zodiacus</i>	14	28	3292	176
<i>Rhizosolenia delicatula</i>	9	25	953	69
<i>R. setigera</i>	10	50	2355	136
<i>Pseudonitzschia</i> spp.	3	70	99	12
<i>Skeletonema costatum</i>	6	15	250	25
<i>Thalassiosira rotula</i>	25	11	3238	173
<i>T. diporocyclus</i>	15	20	1413	92

第2表 平成7年度漁期後半(1996年)の主要ノリ漁場における栄養塩濃度(平均値)の推移

調査日	1月上旬 (1/5)	1月下旬 (1/23)	1月上旬 (2/5)	2月中旬 (2/15)	2月下旬 (2/27, 28)	3月上旬 (3/4)	3月中旬 (3/11)	3月中旬 (3/19)	3月下旬 (3/25)	4月上旬 (4/3)	4月上旬 (4/10)
窒素											
東播海域*	10.6	11.0	5.6	5.0	2.0	4.2	2.6	4.0	3.7	5.6	5.6
北淡・一の宮海域	10.6	12.2	8.3	4.5	5.5		2.0	2.6	2.8	4.7	5.7
リン											
東播海域*	0.80	0.67	0.40	0.31	0.18	0.24	0.10	0.23	0.20	0.29	0.27
北淡・一の宮海域	0.85	0.78	0.63	0.40	0.35		0.22	0.24	0.25	0.29	0.28

*St. 1, 1', 7, 10, 上1を除く13点平均値

第3表 平成8年度漁期後半(1997年)の主要ノリ漁場における栄養塩濃度(平均値)の推移

調査日	1月上旬 (1/8)	1月下旬 (1/21, 24)	2月上旬 (2/1, 5)	2月中旬 (2/13)	2月下旬 (2/24, 25)	3月上旬 (3/4)	3月中旬 (3/12)	3月下旬 (3/19, 20)	3月下旬 (3/26)	4月上旬 (4/4)
窒素										
東播海域*	14.2	13.2	5.3	3.8	2.6	1.8	0.6	3.7	2.8	4.6
北淡・一の宮海域	13.2	13.3	8.5	7.3	3.4	1.1	0.3	1.8	1.2	2.7
リン										
東播海域*	0.94	0.73	0.31	0.24	0.17	0.16	0.13	0.19	0.17	0.24
北淡・一の宮海域	0.98	0.79	0.55	0.47	0.36	0.27	0.11	0.13	0.10	0.20

*St. 1, 1', 7, 10, 上1を除く13点平均値

一方、溶存無機態リン (DIP)については、平成7年度の東播では、2月上旬から漸減し、2月下旬以降4月上旬まで、 $0.3 \mu \text{g/L}$ 以下の低い状態で推移した。北淡では、2月中旬から漸減し、3月中旬から4月上旬まで、 $0.3 \mu \text{g/L}$ 以下で推移した。平成8年度の東播では、2月上旬の時点で半減し、 $0.2 \mu \text{g/L}$ 以下の極めて低い状態で2月下旬から3月下旬まで推移し、4月上旬には若干上昇した。北淡では、3月中旬から3月下旬まで、 $0.2 \mu \text{g/L}$ を下回り、4月上旬には回復し始めた。以上の栄養塩分析結果から明らかなように、平成7年度と平成8年度の年度比較では、栄養塩濃度の低さにおいて、また DIN値で $5 \mu \text{g/L}$ を下回った期間の長さにおいても、平成7年度より平成8年度の方が卓越していた。事実、この現象を反映するかのように、ノリ葉体の色調低下の度合や、色調が低下していた期間の長さにおいて、平成7年度より平成8年度の方が著しく、乾海苔の品質評価も同様の傾向を示した。

珪藻プランクトンの分析結果を、平成7年度は第4表に、平成8年度は第5表に示した。平成7年度の東播で

は1月から2月上旬頃には *Asterionella gracialis*, *Coscinodiscus wailesii*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira rotula* がみられたが、低栄養塩期の2月下旬から3月中旬にかけては *Chaetoceros densus*, *C. sociale*, *Eucampia zodiacus*, *Pseudonitzschia* spp., *Rhizosolenia delicatula*, *S. costatum* によって占められていた。他方、北淡では初めは *C. wailesii* がみられたが、低栄養塩期には *Bacteriastrum varians*, *C. densus*, *C. sociale*, *E. zodiacus*, *R. delicatula*, *P. spp.*, *S. costatum* によって占められた。これら同定された珪藻のうちノリ葉体の色落ちに深く関与したと思われる珪藻種は、第3-1図および第3-2図に示した生物量の結果から、東播では *C. densus*, *E. zodiacus*, *S. costatum*, *R. delicatula*, 北淡では *C. densus*, *E. zodiacus*, *R. delicatula* であったと推定される。*C. sociale* については、かなりの個体数が低栄養塩期間中認められたものの、1個体当たりの細胞容積が小さいために寄与はそれほど多くなかったものと推察される。しかし、全国的にみても本種が冬季のノリ漁期に観測された例²⁾は少なく、そういう意味では本県でも今後注目していかなければならな

第4表 平成7年度漁期後半(1996年)の主要ノリ漁場における珪藻プランクトン分析結果

(東播海域)											
調査日	1月上旬 (1/5)	1月下旬 (1/23)	2月上旬 (2/5)	2月中旬 (2/15)	2月下旬 (2/28)	3月上旬 (3/4)	3月中旬 (3/11)	3月中旬 (3/19)	3月下旬 (3/25)	4月上旬 (4/3)	4月上旬 (4/10)
調査点	St. 6	St. 7	St. 6	St. 6	St. 3	St. 5	St. 3	St. 5	St. 3'	St. 6	St. 6
<i>Asterionella gracialis</i>	124	106	88								
<i>Bacteriastrum varians</i>						44					
<i>Chaetoceros curvisetus</i>		55									
<i>C. densus</i>						60	12	72	88	42	34
<i>C. sociale</i> *				22	19	10	24	42	15	18	
<i>Coscinodiscus wailesii</i> *	0.004	0.230	0.644	0.104	0.012						
<i>Eucampia zodiacus</i>			64	272	98	44	60		4	35	30
<i>Rhizosolenia delicatula</i>					160	22	16		38		
<i>R. setigera</i>			10								
<i>Pseudonitzschia</i> spp.						8	80				
<i>Skeletonema costatum</i>	82	218	660	328	674	120	178	54		58	
<i>Thalassiosira rotula</i>	36	51				14					
(北淡・一の宮海域)											
調査日	1月上旬 (1/5)	1月下旬 (1/23)	2月上旬 (2/5)	2月中旬 (2/15)	2月下旬 (2/27)		3月中旬 (3/11)	3月中旬 (3/19)	3月下旬 (3/25)	4月上旬 (4/3)	4月上旬 (4/10)
調査点	St. 9	St. 1	St. 1	St. 12	St. 12		St. 13	St. 13	St. 11	St. 6	
<i>Bacteriastrum varians</i>					50						
<i>Chaetoceros densus</i>					60		48	102			
<i>C. sociale</i> *				7	12		15	10	7		
<i>Coscinodiscus wailesii</i> *	0.224	0.014	0.016	0.008							
<i>Eucampia zodiacus</i>				94	50						
<i>Rhizosolenia delicatula</i>							138				
<i>Pseudonitzschia</i> spp.					10		30				
<i>Skeletonema costatum</i>			181	244			36			4	

* 1 L中の個体数、群数より換算した。

第5表 平成8年度漁期後半（1997年）の主要ノリ漁場における珪藻プランクトン分析結果

(東播海域)										
調査日	1月上旬 (1/8)	1月下旬 (1/21)	2月上旬 (2/1)	2月中旬 (2/13)	2月下旬 (2/24)	3月上旬 (3/4)	3月中旬 (3/12)	3月中旬 (3/20)	3月下旬 (3/26)	4月上旬 (4/4)
調査点	St. 15	St. 6	St. 6	St. 6	St. 6	St. 3	St. 6	St. 6	St. 6	St. 3
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	84						40			
<i>C. danicus</i>			82	86	150					
<i>C. densus</i>				40						
<i>C. didymus</i>				144	66				20	
<i>C. sociale</i> *				9						
<i>Coscinodiscus wailesii</i> *	0.005	0.365	0.590							
<i>Ditylum brightwellii</i>					2					
<i>Eucampia zodiacus</i>		92	130	362	622	282	488	232	8	
<i>Rhizosolenia delicatula</i>			78	102	1024	154	1028	1152	326	4
<i>R. setigera</i>				10	2					
<i>Skeletonema costatum</i>		44	30	56						
<i>Thalassiosira dipolocyclus</i>				84			132			1328

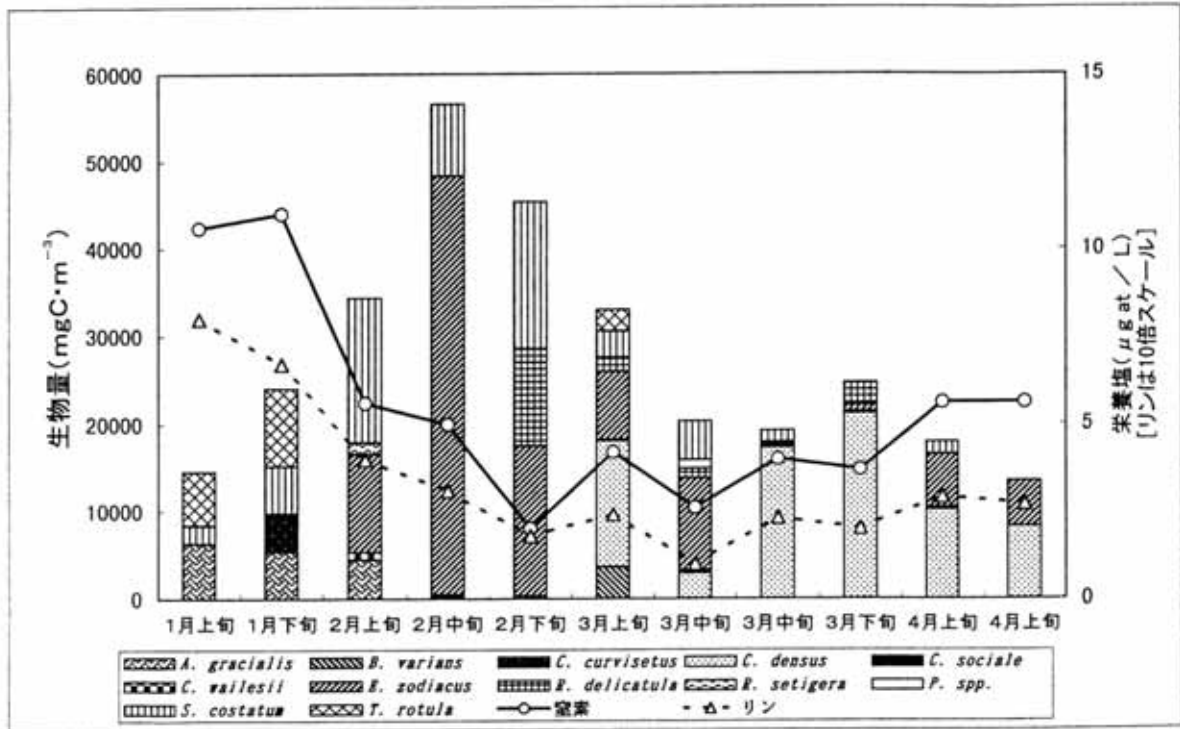
(北淡・一の宮海域)										
調査日	1月上旬 (1/8)	1月下旬 (1/24)	2月上旬 (2/5)	2月中旬 (2/13)	2月下旬 (2/25)	3月上旬 (3/4)	3月中旬 (3/12)	3月中旬 (3/19)	3月下旬 (3/26)	4月上旬 (4/4)
調査点	St. 9	St. 16	St. 10	St. 3	St. 14	St. 14	St. 12	St. 4	St. 2	St. 9
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	14									
<i>C. danicus</i>			22							
<i>C. didymus</i>			44	10	28					
<i>C. sociale</i> *			9							
<i>Coscinodiscus wailesii</i> *	0.020	0.030								
<i>Eucampia zodiacus</i>			50	16	170	174	210		6	
<i>Rhizosolenia delicatula</i>			98	20	388	564	1092	964	754	72
<i>R. setigera</i>				4						
<i>Skeletonema costatum</i>										1356

* 1L中の個体数、群体数より

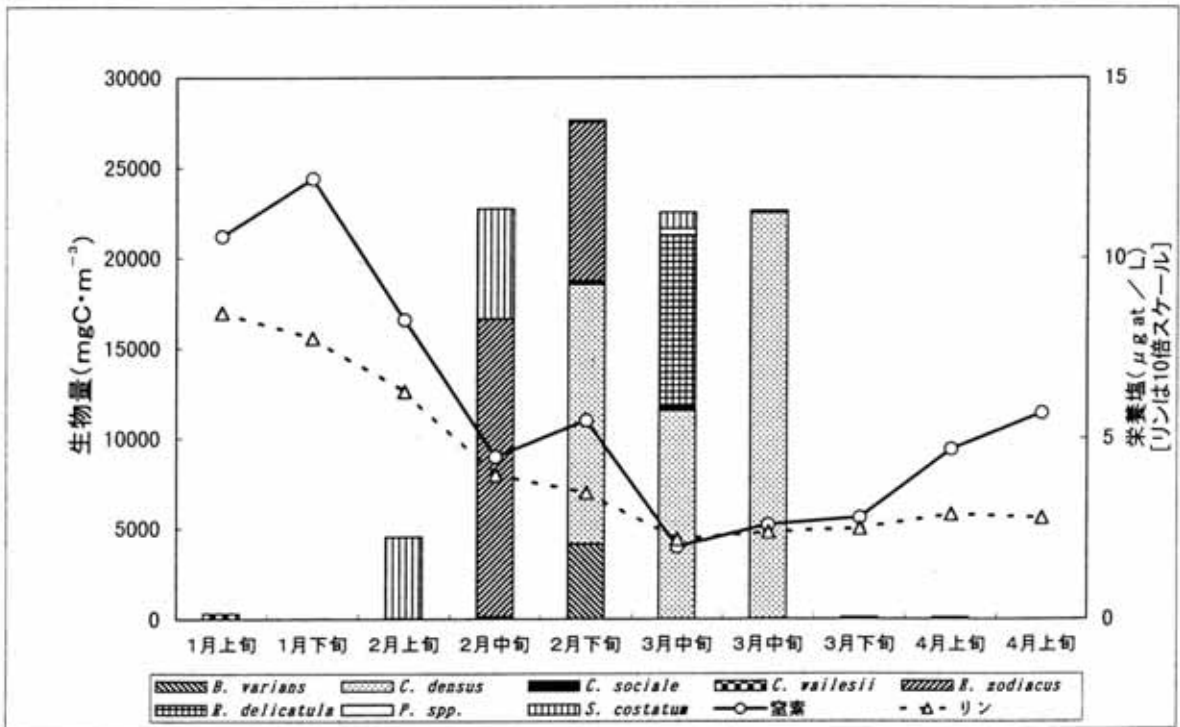
い種である。平成8年度の東播では2月上旬頃までは *C. wailesii* がみられたが、2月下旬以降の低栄養塩期には *C. danicus*, *C. didymus*, *E. zodiacus*, *R. delicatula*, *Thalassiosira dipolocyclus* などが認められた。他方、北淡では1月期には *C. wailesii* がみられたが、2月には *C. danicus*, *C. didymus*, *C. sociale*, *E. zodiacus*, *R. delicatula* となり、3月上旬以降の低栄養塩期には *E. zodiacus*, *R. delicatula*, *S. costatum* が優占種であった。平成8年度の珪藻の生物量（第4-1図および第4-2図）から、色落ちの原因となった珪藻種は、東播、北淡とも *E. zodiacus* および *R. delicatula* と推定される。

以上から、平成7年度、平成8年度のノリ漁期後半の2月から3月にかけて、栄養塩を大量に消費したことにより、ノリ葉体の過度の色調低下をもたらした原因と推定される優占珪藻種は、平成7年度は *C. densus*, *E. zodiacus*, *R. delicatula*, *S. costatum*, 平成8年度は *E. zodiacus*, *R. delicatula* である。これらの種で両年度にまたがって出現しているのは *E. zodiacus*, *R. delicatula* である。ところで、播磨灘⁶⁾で、過去において大規模に増殖し、栄養塩を減少させた結果、ノリ葉体の色落ち被害を引き起こした珪藻プランクトンとしては、*C. wailesii*, ^{7,9)}*T. dipolocyclus*,

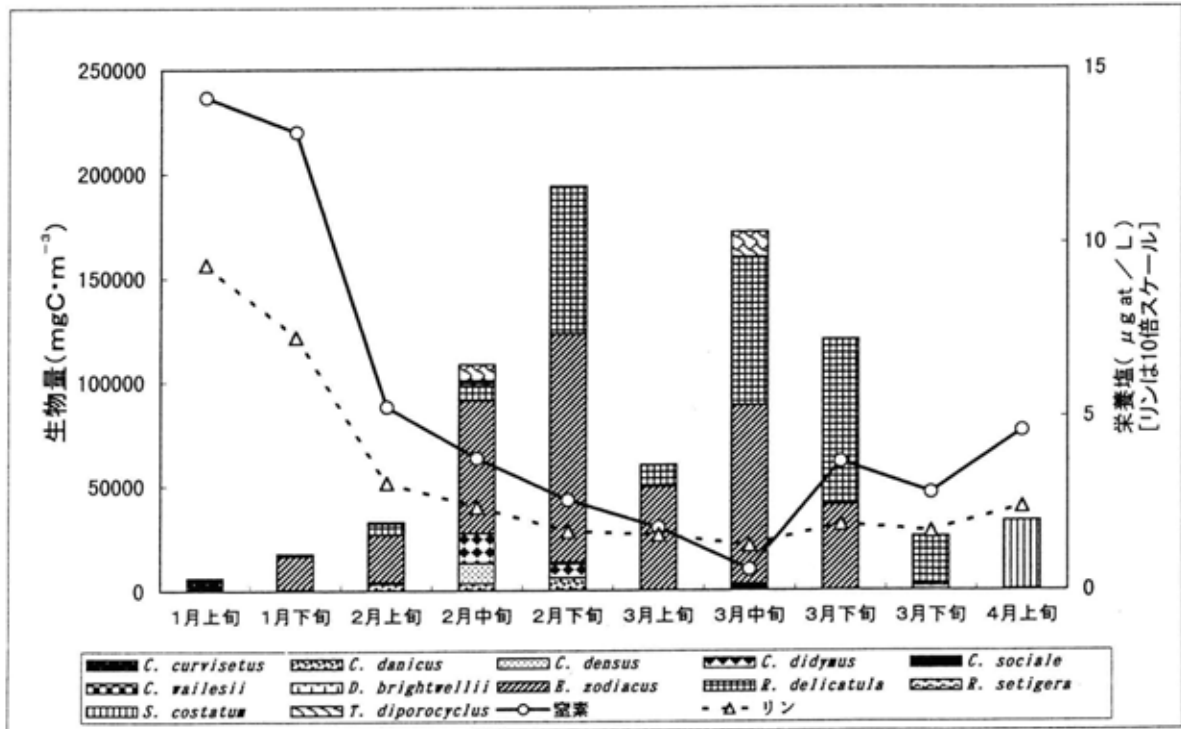
¹⁰⁻¹¹⁾などが報告されているが、上記2種についての報告は見あたらない。特に *E. zodiacus* については、これまでに他県漁場¹²⁾でも赤潮を形成しており、ノリ葉体の色落ちを引き起こす栄養塩低下原因の珪藻の一種であり、今後も本県で発生、増殖する可能性が十分考えられる。冬季播磨灘での珪藻プランクトンの代表的なものとして、*C. wailesii* が優占種の一つであることは現在においても変わりはない。かつて *C. wailesii* は、1980年代前半から1990年代初期にかけてしばしば大発生を繰り返し、その度に多量の栄養塩を吸収し、乾海苔の品質に悪影響を与えてきた。^{7,9)}ところが、平成6年(1994)冬季の *T. dipolocyclus* の出現、また、今回報告する平成7年度、平成8年度の優占珪藻種の例をみてもわかるとおり、ここ数年の間で優占種が毎年変化しており、1990年代初期の頃までと比べ、優占珪藻が多様化してきている様に思われる。今後もこの様な多様化の状況が続き、予想だにしない珪藻種が突如、優占種として出現、増殖し、栄養塩低下をもたらし、ひいては乾海苔の品質に影響を及ぼすのか、或いは特定の種が *C. wailesii* の場合の様に、数年にわたって優占種として出現するのか、さらには、*C. wailesii* が



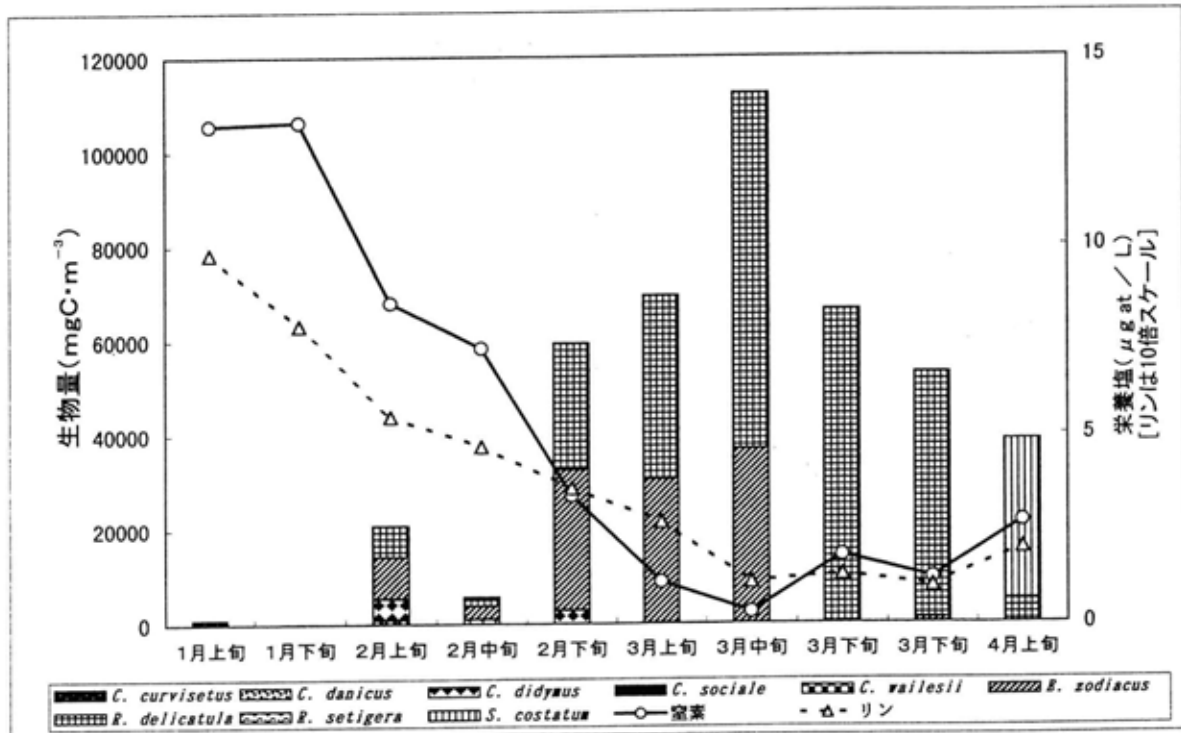
第3-1図 平成7年度漁期後半、東播地先漁場で観測された珪藻プランクトンの推定生物量および栄養塩濃度推移



第3-2図 平成7年度漁期後半、北淡・一の宮地先漁場で観測された珪藻プランクトンの推定生物量および栄養塩濃度推移



第4-1図 平成8年度漁期後半, 東播地先漁場で観測された珪藻プランクトンの推定生物量および栄養塩濃度推移



第4-2図 平成8年度漁期後半, 北淡・一の宮地先漁場で観測された珪藻プランクトンの推定生物量および栄養塩濃度推移

ノリ葉体の色落ち被害をもたらす珪藻種として再浮上してくるのか、現時点では予断を許さない状況にはあるが、いずれにしても、ノリ葉体の色落ち被害を最小限に止めるためには、調査頻度を多くして、定期的かつ綿密な漁場環境調査をおこない、注意深く観測を続けていくのは勿論のこと、一つ一つの珪藻種についての生態学的研究¹³⁾並びに、現在に至るまでの環境要因¹⁴⁾全般にわたっての多角的、詳細な解析が必要である。

謝辞

本文をまとめるにあたり有益な御助言を戴いた、兵庫県立水産試験場増殖部長、真鍋武彦博士に深謝いたします。

文献

- 1) 藤本敏昭: ノリの色と海水中の窒素量の関係について. 南西海区ブロック会議藻類研究会誌, **32**, (1981).
- 2) 山内幸児: ノリ浮き流し養殖におよぼす環境要因に関する研究-I ノリ葉体中の窒素, リン含量と漁場の DIN, PO4-P 濃度との関係について. 兵庫県立水産試験場研究報告, **21**, 71-76(1983).
- 3) 宮井 博・松崎加奈恵・小川数也・杉原拓郎: 植物プランクトンの形態に基づく種別生物量の簡易推定法. 日本プランクトン学会報, **35**, 121-126(1988).
- 4) R. R. Strathmann: Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. *Limnol. Oceanogr.*, **12**, 411-418(1967).
- 5) 白石日出人・半田亮司・本田一三・山本千裕: 有明湾奥における植物プランクトンの季節的消長. 平成5年度福岡県水産海洋技術センター事業報告, 247-251(1994).
- 6) 真鍋武彦・反田 実・堀 豊・長井 敏・中村行延: 播磨灘の漁場環境と植物プランクトンの変動-20年のモニタリングの成果. 沿岸海洋研究ノート, **31**, 169-181(1994).
- 7) 真鍋武彦・近藤敬三, (3) 珪藻赤潮と栄養塩環境に関する研究, 播磨灘における大型珪藻 *Coscinodiscus wailesii* と栄養塩環境に関する研究. 昭和62年度赤潮対策技術開発試験報告書. 4-珪藻赤潮被害防止技術開発試験. 1-36(1988).
- 8) 真鍋武彦・長井 敏・堀 豊: 厳しさを増す沿岸漁業. 「水産と環境」. 水産学会シリーズ **103** (清水誠編), 恒星社厚生閣, 東京, 9-18(1994).
- 9) T. Manabe and S. Ishio: Bloom of *Coscinodiscus wailesii* and DO deficit of bloom water in Seto Inland Sea. *Mar. Poll. Bull.*, **23**, 181-184(1991).
- 10) 長井 敏・宮原一隆・堀 豊: 1994-1995年冬季播磨灘に大量発生した *Thalassiosira sp.* について. 兵庫県立水産試験場研究報告, **32**, 9-17(1995).
- 11) K. Miyahara, S. Nagai, S. Itakura, K. Yamamoto, K. Fujisawa, T. Iwamoto, S. Yoshimatsu, S. Matsuoka, A. Yuasa, K. Makino, Y. Hori, S. Nagata, K. Nagasaki, M. Yamaguchi, and T. Honjo, First Record of a Bloom of *Thalassiosira diporocyclus* in the Eastern Seto Inland Sea. *Fisheries Science*, **62**, 878-882(1996).
- 12) 白石日出人・半田亮司・本田一三・山本千裕: 有明湾奥における植物プランクトンの季節的消長. 平成4年度福岡県水産海洋技術センター事業報告, 257-263(1993).
- 13) 長井 敏: 播磨灘産の大型珪藻 *Coscinodiscus wailesii* Gran の生活環と生態に関する研究. 博士論文, 京都大学, 京都, 1995.
- 14) 増田恵一・谷田圭亮・山内幸児: 明石海峡周辺のノリ養殖漁場における環境と生産の特性. 兵庫県立水産試験場研究報告, **30**, 37-47(1992).