

1991年度西・南部ノリ養殖漁場で育苗期から発生した 色落ちと幼芽の異形化

千々波 行典・川村 嘉応・大隈 齊・白島 勲

Discoloration and Heteromorphism of Nori
from the Period of Nursing Culture
in the West and South of Nori Culture Farms in 1991

Yukinori CHIJIWA, Yoshio KAWAMURA,
Hitoshi OHKUMA and Isao HAKUSHIMA

まえがき

佐賀県有明海におけるノリ養殖は、例年、病害や色落ちの発生によって被害を受け、生産が安定しているとはいえない。このうち色落ちについては、植物プランクトンの増殖により海水中の栄養塩が不足し、そのためノリの窒素含有量が減少し¹⁻³⁾、ノリ葉体が褪色する現象とされている。当海域における色落ちの発生は、例年、秋芽網期には少なく、冷凍網期に多い。しかし、1991年度には、過去に数例しかみられていない⁴⁾ような早い時期に西・南部漁場で発生し、しかも長期間にわたった。また、同時に幼芽のねじれ、さらに生長後の葉体縁辺部のちぢれ等の異形化もみられたこ

とから、西・南部漁場におけるノリの生産は不調で、特に秋芽網期の生産額は1978年度以降では最低となった。

そこで、1991年度のノリの色落ちと異形化の発生経過及び海況の変動について取りまとめ、また、過去の秋芽網期におけるノリの色落ち発生と、溶存無機三態窒素（以下DINと略す）及びプランクトン沈澱量との関係を検討した。さらに、色落ち、異形化した状態で冷凍入庫されたノリ葉体を養殖した後の色調、形状及び成長を把握するために、ノリ葉体を中部漁場へ張り込み、観察したので報告する。

材料及び方法

1. ノリの観察及び海況、底質、降水量

図1に示すノリ漁場内で、1991年10月14日から1992年2月12日まで原則として週2回計27回の漁場調査を実施した。試料は、ノリ漁場調査時に採集したノリ葉体を、現場海水を満たしたポリビンに入れて実験室に持ち帰った。色落ちの程度は、肉眼観察によって軽微、中程度、重度の3段階にランク分けをし、形状は顕微鏡下で異形の状態を観察した。また、最大葉長も測定した。乾ノリの品質は、佐賀県有明海漁業協同組合連合会の共販

単価資料を用い評価した。1978年度以降のノリ資料は、当センターの各年度の養殖経過資料を用いた。

海況は、ノリ漁期間については赤潮精密調査の、またそれ以外の期間は月1～2回大潮の満潮時に実施している浅海定線調査及び海況調査の表層のDINとプランクトン沈澱量（XX13、表層2m曳き）の値を用いた。なお、各漁場の代表値として、東部漁場は図1に示す赤潮精密調査のSt.1と浅海定線調査のSt.2、中部漁場は同じくSt.3とSt.

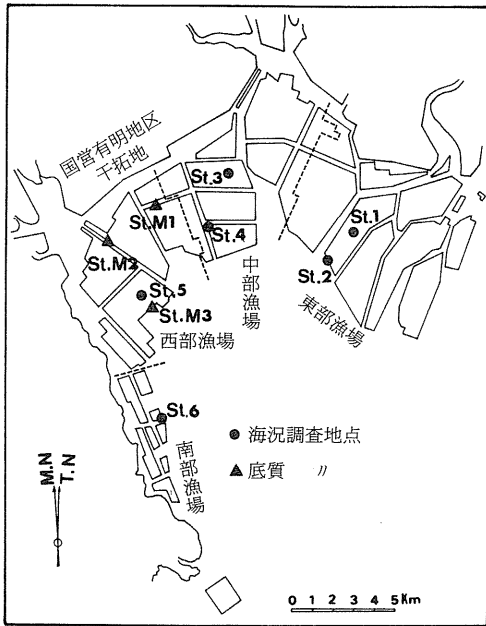


図1 ノリ養殖漁場と海況、底質調査地点

4, 西部漁場は St.5, 南部漁場は St.6 の値を用いた。底質は 2, 5, 8, 11月に I・L を測定し, St. M1~M3 の平均値を西部漁場の代表値として用いた。I・L の分析は, 550°C, 1 時間燃焼で行なった。

降水量は, (財)日本気象協会佐賀支部発行の佐賀県気象月報から佐賀市における資料を用いた。

2. 色落ち, 異形芽冷凍ノリの回復試験

南部漁場で色落ちし, 異形芽のまま冷凍入庫されたノリ葉体と当センターで健全な状態に冷凍入庫されたノリ葉体を, 1991年11月12日から25日まで, 図1に示した St.3 に高吊り区(水位2.5~2.7 m)と, 低吊り区(水位1.5~2.2m)の2区を設け実施した。両者の色調と形状の変化を観察し, 生長は無作為抽出の30本の葉長を測定し, その平均値を用いた。

結果及び考察

1. ノリ葉体の色落ち, 異形化の発生経過と DIN, プランクトン沈澱量の変動

1) 色落ち, 異形化の発生経過

色落ち発生経過を図2に, また, 東・中部及び西・南部漁場別のノリ葉長(最大値平均)の変化を図3に示す。

採苗は10月4日から一斉に行なわれた。色落ちは10月14, 17日の漁場調査では確認されなかったが, 21日に西・南部漁場の全域と中部漁場の一部で初認され, 特に国営有明地区干拓地地先と南部漁場では重度であった。24日には重度の色落ち漁場はさらに拡大し, 中部漁場の全域でも軽微な色落ちがみられた。31日には中部漁場で回復がみられ, 国営有明地区干拓地地先でも中程度となったものの, 南部漁場では図版1に示すように重度の色落ちが続いた。また, この頃から極度に色落ちした幼芽では, 図版2に示すように葉体のねじれが観察された。11月5日には色落ち西・南部漁場全域でみられたものの, 重度の色落ちはみられなかった。11月8日には西部漁場で再び重度と

なった。12日には南部漁場のみに重度の色落ちがみられた。また, この頃からノリ葉体縁辺部が波状にちぢれる異形化が観察された。15日には国営有明地区干拓地地先から南部漁場にかけて重度の色落ちがみられた。11月19日には色落ちは中程度以下と回復傾向を示した。

葉長は10月21日までは東・中部漁場と西・南部漁場とでは差はみられなかった。しかし, 24日にはその生長に差がみられはじめた。そのため, 冷凍入庫は東・中部漁場では10月27日頃であったのに対し, 西・南部漁場では11月1日頃であった。また, 初摘採は東・中部漁場が11月1日頃であったのに対し, 西・南部漁場では11月9日頃であった。

冷凍網の張り込みは12月4日から一斉に行なわれた。西・南部漁場では, 色落ちし, ねじれた状態のまま冷凍入庫されていたノリ網と東・中部漁場からの救援網が張り込まれた。しかし, 西・南部漁場の DIN は12月も依然低い値であったため, ほぼ全域で軽微もしくは中程度の色落ちがみられ,

西・南部漁場で冷凍入庫されたノリ網の葉体は細くねじれた状態で、生長後は秋芽網期と同様に葉体縁辺部のちぢれが認められた。1月以降はDINが回復し、色落ちはみられなくなったが、ノリ葉体の縁辺部は依然ちぢれた状態であった。

2) 乾ノリ平均単価

色落ちと異形化が製品にどのように影響したかをみるために、1991年度の漁場別入札回数別の乾ノリ1枚当りの平均単価を表1に示す。

初回の平均単価は、東・中部漁場が19.94～25.45円であったのに対し、西部漁場では7.97円、南部

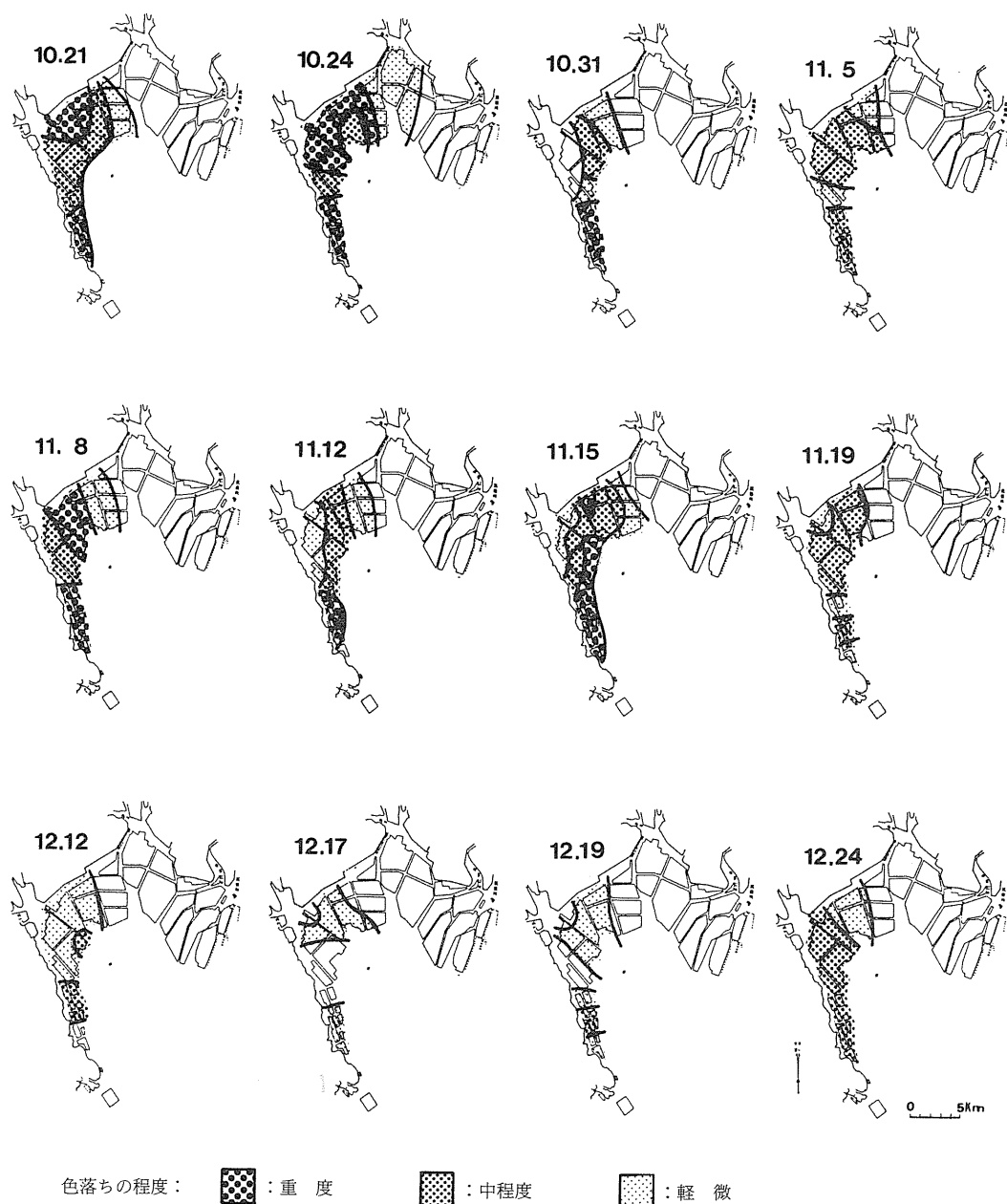


図2 1991年度の色落ち発生経過

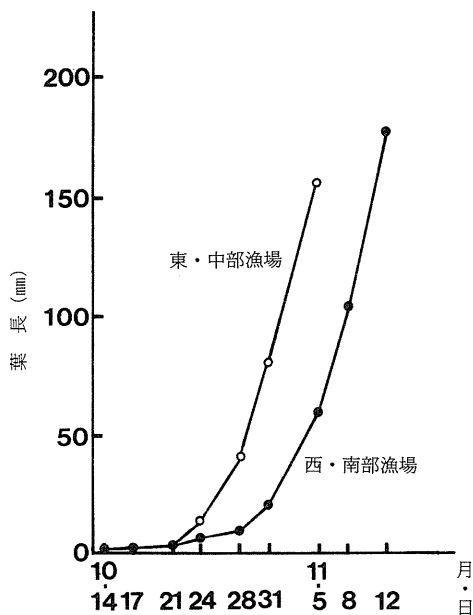


図3 漁場別ノリ葉体の生長

漁場では8.36円であった。2回目も東・中部漁場が10.02～10.35円であったのに対し、西部漁場では5.87円、南部漁場では3.46円であった。

3) プランクトン沈澱量, DIN の変動

漁場別のプランクトン沈澱量とDINの変動を図4に示す。

東・中部漁場のプランクトン沈澱量は、7月までは低く推移したが、8月から増加傾向を示し、9月下旬には $50\sim 60\text{ml}\cdot\text{m}^{-3}$ となった。10月上旬には減少したが、下旬には珪藻プランクトンによる赤潮の発生により $50\sim 95\text{ml}\cdot\text{m}^{-3}$ と再び急増した。11月以降は減少傾向を示した。DINは6月に増加した後、減少傾向を示し、9月下旬には約 $8\mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\ell^{-1}$ となった。10月上旬には増加した

が、下旬には再び減少した。11月以降は徐々に増加した。

一方、西・南部漁場のプランクトン沈澱量は、8月までは低く推移したが、9月には $21\sim 111\text{ml}\cdot\text{m}^{-3}$ となった。10月上旬には減少したが、下旬には珪藻プランクトンによる赤潮の発生により $119\sim 163\text{ml}\cdot\text{m}^{-3}$ と再び急増した。11月以降は減少傾向を示した。DINは6月に増加した後、減少傾向を示し、9月下旬には約 $5\mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\ell^{-1}$ となった。10月上旬には増加したが、下旬には $0.3\mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\ell^{-1}$ と激減した。11月以降は徐々に増加したものの、その値は東・中部漁場に比べ低かった。

2. 過去の秋芽網期における色落ち発生とDIN, プランクトン沈澱量との関係

1978年度以降の西・南部漁場における年度別の色落ち発生状況とDIN, プランクトン沈澱量の変動を図5に示す。

有明海においては、例年、冬季に珪藻プランクトンが異常増殖することが多い⁵⁾。このため、DINが減少し、ノリの色落ちが発生することが多かった。しかし、1991年度のように10月から11月にかけての育苗期及び秋芽網期に色落ちが発生した年は少なく、また幼芽の異形化がみられたことはなかった。1978年度以降、育苗期及び秋芽網期における色落ちは、1980年度(11月中下旬)、1983年度(11月)、1984年度(10月下旬～11月下旬)、1988年度(11月)の4ヶ年で発生し、特に1984年度は重度であった。色落ちとDINとの関係から、軽微が $1.5\sim 6.9\mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\ell^{-1}$ 、中程度が $0.5\sim 4.2\mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\ell^{-1}$ 、重度が $0.5\sim 2.6\mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\ell^{-1}$ の範囲で発生した。

表1 1991年度漁場別入札回数別の平均単価の推移

漁場	入札回数 日時	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		11/20	12/ 3	12/11	12/22	1/10	1/22	2/ 5	2/19	3/ 3
平均	東部地区	25.45	10.02	8.20	24.10	11.07	9.47	7.52	5.60	7.08
単価	中部地区	19.94	10.35	8.49	22.22	9.30	9.64	7.88	5.84	6.51
(円/枚)	西部地区	7.97	5.87	3.10	12.83	6.55	7.74	6.93	5.31	—
	南部地区	8.36	3.46	3.15	8.86	6.92	7.43	5.76	5.04	—

“—”は出荷なし

3. 色落ちの発生環境について

1) 色落ちの発生

ノリの色調はその窒素含有量により異なり、また、窒素含有量と海水中の DIN 濃度との間には高い相関があることも知られている¹⁻³⁾。このことはノリの色調が DIN 濃度に支配されていることを示している。佐賀県有明海で良質のノリが生産されるのに必要な海水中の DIN 濃度は、東・中部漁場が $150 \sim 200 \mu\text{g} \cdot \ell^{-1}$ ($10.7 \sim 14.3 \mu\text{g} \cdot \text{at} \cdot \ell^{-1}$)、西・南部漁場が $100 \sim 150 \mu\text{g} \cdot \ell^{-1}$ ($7.1 \sim 10.7 \mu\text{g} \cdot \text{at} \cdot \ell^{-1}$) とされている⁶⁾。また、前述したように1978年度以降の秋芽網期における色落ちは、 $6.9 \mu\text{g} \cdot \text{at} \cdot \ell^{-1}$ 以下で発生した。藤本⁷⁾は、窒素源として $\text{NO}_3\text{-N}$ のみを用いた室内実験で、ノリの色は、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度 $5 \mu\text{g} \cdot \text{at} \cdot \ell^{-1}$ 以下では $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度と正の相関関係にあり、 $7 \mu\text{g} \cdot \text{at} \cdot \ell^{-1}$ 以

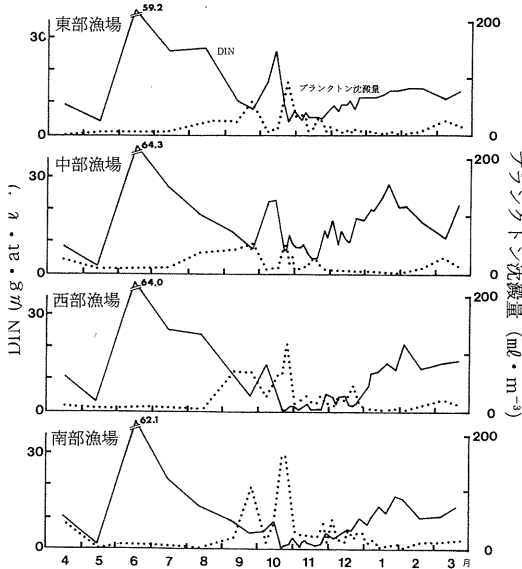


図4 1991年度漁場別のDIN, プランクトン沈澱量の変動

上では濃度に関係なく一定であったとしている。これらのことから、西・南部漁場におけるノリの色落ちは、窒素濃度が約 $7 \mu\text{g} \cdot \text{at} \cdot \ell^{-1}$ 以下になると発生すると考えられた。

また、1991年度の10月下旬に珪藻プランクトンによる赤潮が終息した後、DIN が $7 \mu\text{g} \cdot \text{at} \cdot \ell^{-1}$ 以上に回復したのは、東・中部漁場においては11月下旬であったが、西部漁場では1月上旬、南部漁場では12月下旬であった。このため、西・南部漁場におけるノリの色落ちは過去に例をみないほど長期化したものと考えられた。

2) DIN と降水量及びプランクトン沈澱量

海水中の DIN は主に河川からの流入と、底泥からの溶出により供給され、ノリや植物プランクトン等の藻類により消費されると考えられる。そこで、まず、DIN と降水量及びプランクトン沈澱量との関係について検討した。

1978年度以降の西・南部漁場における10、11月の調査日間のDINの変化量と調査日前10日間(調査日は含まない)の降水量との関係を図6に示す。この結果から、DINの増加は、降水量つまり流入河川水量に大きく左右されていることが推察された。1991年11月の降水量は、71.5mm(平年比104%)、12月は43.5mm(同98%)であったことを勘案すると、河川からのDINの補給量が平年に比べ少なかったとは考えられない。さらに、1978年度以降の西・南部漁場における10、11月のDINとプランクトン沈澱量との関係を図7に示す。DINが $7.0 \mu\text{g} \cdot \text{at} \cdot \ell^{-1}$ 以上の時には、プランクトン沈澱量は約 $20 \text{ml} \cdot \text{m}^{-3}$ 以下を示している。1991年度の東・中部漁場におけるプランクトン沈澱量が $20 \text{ml} \cdot \text{m}^{-3}$ 以下に安定したのは、一時的な減少を除くと11月下旬であり、DINが $7 \mu\text{g} \cdot \text{at} \cdot \ell^{-1}$ 以上に回復した時期と一致する。さらに、西部漁場におけるプランクトン沈澱量は12月下旬まで $8 \sim 44 \text{ml} \cdot \text{m}^{-3}$ 、南部漁場でも12月下旬まで $13 \sim 48 \text{ml} \cdot \text{m}^{-3}$ で推移し、東・中部漁場に比べ高かった。すなわち、西・南部漁場のプランクトン沈澱量が $20 \text{ml} \cdot \text{m}^{-3}$ 以下に安定したのは両漁場とも12月下旬で、これもDINが $7 \mu\text{g} \cdot \text{at} \cdot \ell^{-1}$ 以上に回復した時期とほぼ一致する。以上のことから、西・南部漁場においてDINの回復が遅れた一要因として、沈澱量 $8 \sim 48 \text{ml} \cdot \text{m}^{-3}$ を示していた珪藻プランクトンによるDINの消費があったと考えられた。

3) DIN と底泥中のI・L

底泥からのDIN溶出は、一般に夏に多く冬に少

ないとされている。有明海において1965年11月6日に調査された結果では、窒素収入の内訳は、沖

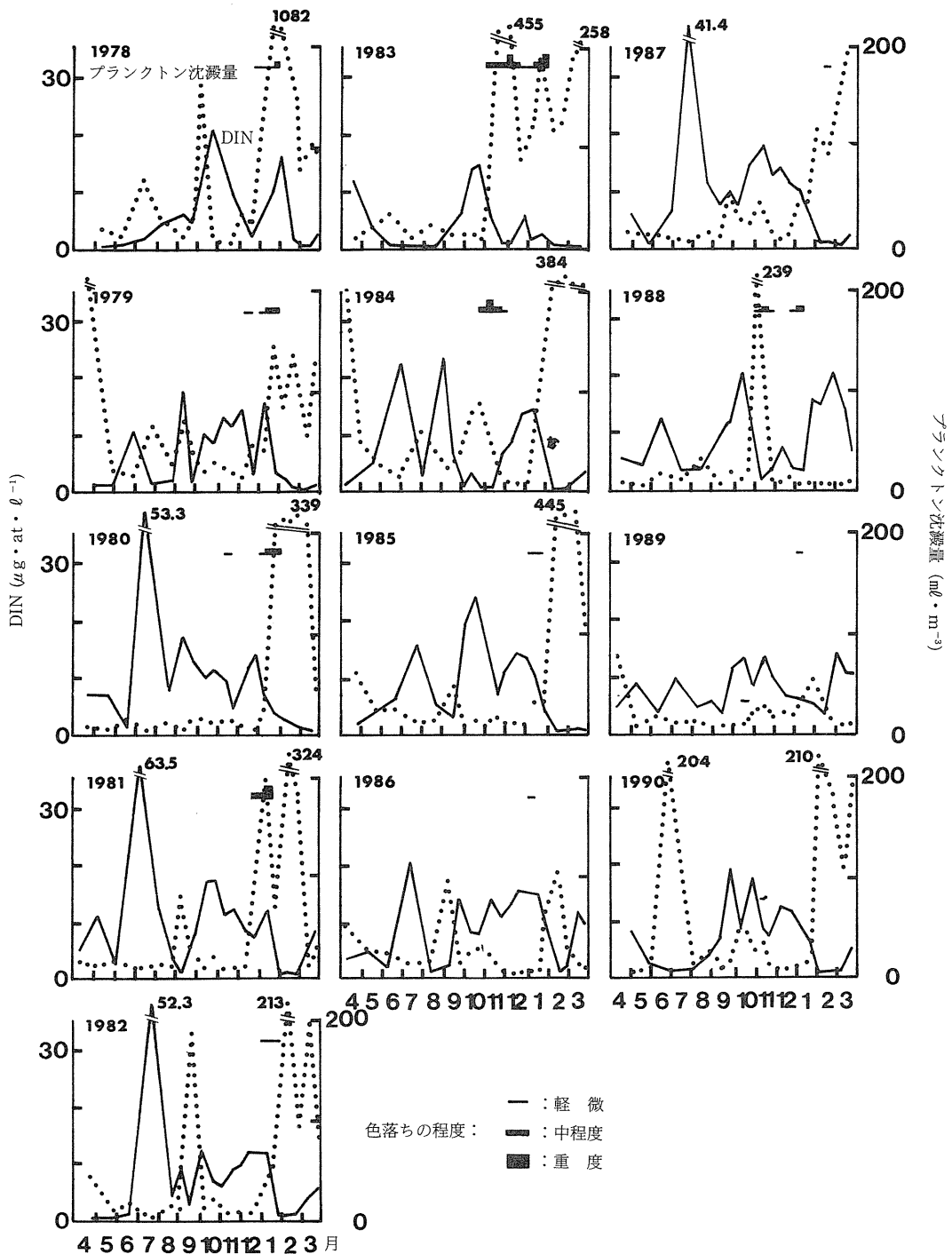


図5 年度別西・南部漁場のDIN, プランクトン沈澱量の変動と色落ち発生状況

合流出とほぼ同じ値を示す沖合流入を除くと、底泥及び浮泥からの溶出が $43\text{ton}\cdot\text{day}^{-1}$ 、河川からの流入が $4\text{ton}\cdot\text{day}^{-1}$ であった⁹⁾。つまり、底泥及び浮泥からの溶出量が、河川からの流入量に比べるかに大きい。そこで、海水中のDINと底泥との関係について検討するため、西部漁場におけるI・L (St.M1~M3の平均値)の変動を図8に示す。なお、調査地点を含む西・南部漁場の底質は同じような化学的性質を示す⁹⁾。

I・Lは1991年11月にはそれ以前の平均値に対し約48%と大きく低下している。さらに、過去の西・南部漁場で10月から11月にかけて行なわれた底泥の調査資料¹⁰⁻¹³⁾によると、I・LとT-Nとの間には図9に示すように強い直線関係($r=0.85$)があることから、1991年11月のI・Lの減少は、T-Nの減少を示唆している。従って、1991年度の秋芽網期から冷凍網期にかけての底泥中のT-Nは例年より少なかったと推察され、窒素の溶出は過去5年間と比べて少なかったものと考えられた。このことも西・南部漁場におけるDINの回復が遅れた一因であったと考えられた。

なお、I・Lの減少については9月に来襲した台風17号(瞬間最大風速 54.3m/s)、19号(瞬間最大風速 52.6m/s)による底泥の攪拌等が一因していると考えられた。

4. 葉体異形化の発生

当海域においては、1991年度のように育苗期から重度の色落ちが発生した例は少なく、さらに幼芽が異形化した年もない。また、幼芽期以外の時期に重度の色落ちが発生した時にも、ノリ葉体の異形化はみられていない。他の海域でも幼芽期における重度の色落ちとそれに伴う異形芽の発生の報告はみあたらない。尾形ら¹⁴⁾は、室内実験でアサクサノリの呼吸機能が、pHの上昇に伴い著しく低下し、細胞が障害を受けたとしている。また、吉川¹⁵⁾は、室内実験で赤潮生物の増殖に伴うpH、DOの上昇がノリ幼芽の光合成作用の抑制に関与し、細胞に障害を与えたとしながらも、さらに、栄養塩の低下もノリ幼芽の生長阻害や細胞に与える障害の度合いを助長させていると推察している。

ここで述べた幼芽の異形の発生が、低濃度のDINに起因するのか、珪藻プランクトンによるpH等の上昇による成長阻害や細胞障害に起因するのかは不明であり、今後、幼芽の異形化の発生環境について検討しなければならない。

5. 色落ち、異形化ノリの回復試験

南部漁場の色落ち、異形芽冷凍網と当センターの健全な冷凍網を11月12日にSt.3に張り込んだ後の葉長の変化を図10に示す。なお、試験期間中のDINは、図10に示すように $4.2\sim 13.8\mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\ell^{-1}$ の範囲で推移した。

健全なノリ葉体は、出庫時には平均葉長19mmで、出庫後13日目の11月25日には高吊り区が平均70mm、低吊り区が平均106mmとなった。一方、色落ち、異形化ノリの冷凍網については、出庫時の平均葉長

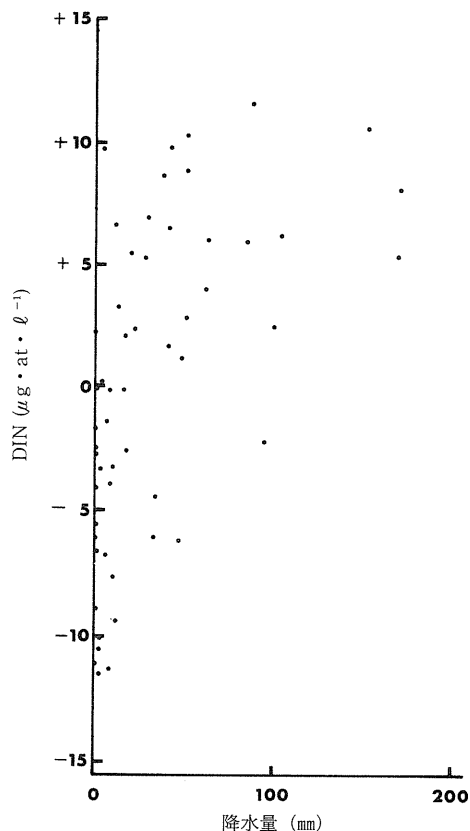


図6 西・南部漁場の10, 11月における調査日間のDIN変化量と調査日前10日間の佐賀市における降水量との関係

は16mmで、11月25日には高吊り区で平均64mm、低吊り区で平均75mmとなり、両区とも健全な冷凍網の高吊り区とほぼ同様な生長を示した。

一方、色調については、DIN が19日まで $7.0\mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\ell^{-1}$ 以下であったため、健全なノリ葉体も若干の色落ち状態を呈し、色落ち、異形化ノリは、出庫後6日目の11月18日には図版3に示すように、健全な冷凍網のノリ葉体と同じ程度の色調となった。したがって、色落ちしたノリの色調は、DIN

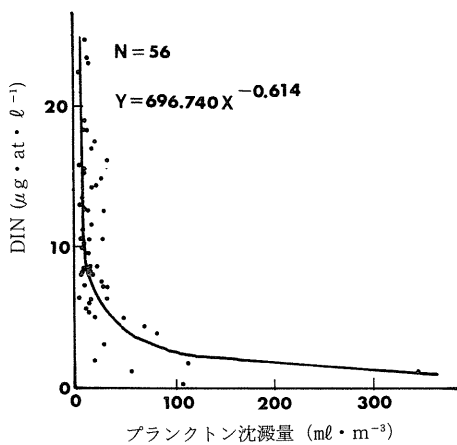


図7 西・南部漁場の10, 11月におけるプランクトン沈澱量とDINの関係

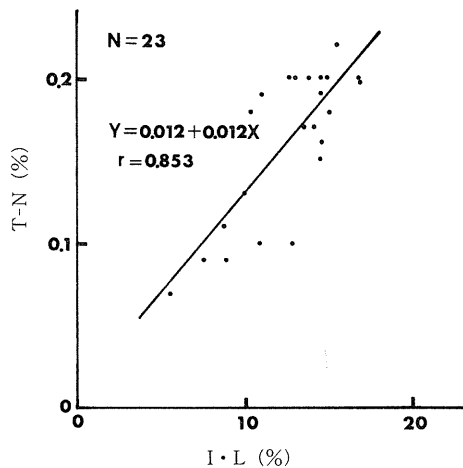


図9 西・南部漁場の10, 11月におけるI · LとT-Nの関係

濃度がある程度以上に増加すれば、比較的早く回復するものと考えられた。

しかし、西・南部漁場で発生したノリ葉体のちぢれが、DINの増加後も回復しなかったように、この回復試験においても回復しなかった。したがって、今後、幼芽期においてDINが減少した場合は、ねじれが観察される以前に緊急な冷凍入庫やDINが豊富な漁場への網の移動等の対策を講じることも考えられる。



図8 西部漁場におけるI · Lの変動

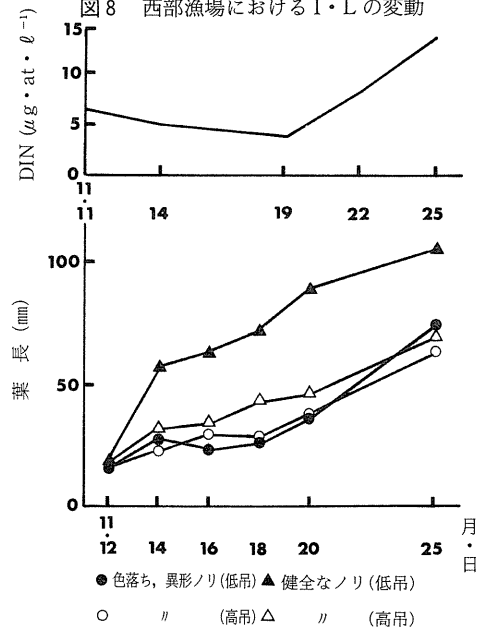


図10 回復試験時のノリの生長とDINの変動

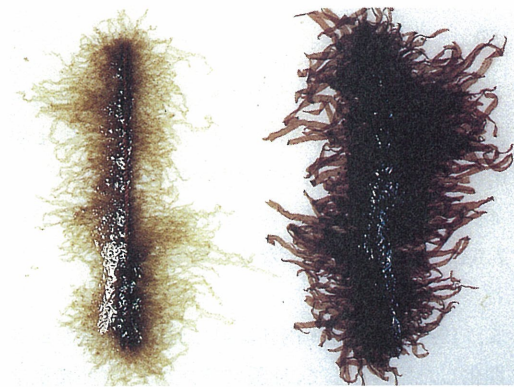
要 約

1. 1991年度に佐賀県有明海の西・南部漁場において、育苗期から秋芽網期にかけて発生したノリ葉体の色落ちと葉体幼芽の異形化の発生経過を調査し、過去の同期における色落ちと合わせ検討した。
2. 西・南部漁場における色落ちは、10月21日頃から12月末にかけて発生し、特に発生当初から11月15日頃までは重度であった。さらに、その幼芽は葉体がねじれ、生長後は葉体縁辺部がちぢれていた。また、乾ノリの単価は東・中部漁場で生産されたものに比べ低かった。
3. 西・南部漁場におけるプランクトン沈澱量は、10月下旬に119~163 $\text{ml}\cdot\text{m}^{-3}$ と増加し、11月から12月にかけては8~48 $\text{ml}\cdot\text{m}^{-3}$ で推移した。DINは10月下旬に0.3~0.4 $\mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\ell^{-1}$ にまで激減し、

- その後西部漁場では12月下旬まで0.4~5.8 $\mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\ell^{-1}$ の範囲で、南部漁場では12月中旬まで0.6~6.9 $\mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\ell^{-1}$ の範囲で推移した。
4. ノリの色落ちは、西・南部漁場ではDINが約7.0 $\mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\ell^{-1}$ 以下になると発生すると考えられた。
 5. 1991年度の西・南部漁場における色落ちが長期化した原因として、珪藻プランクトン(沈澱量:8~48 $\text{ml}\cdot\text{m}^{-3}$)によるDINの消費、及び底泥中のT-N量の減少によるDINの溶出低下が考えられた。
 6. 色落ち、異形芽ノリの回復試験では、その色調は6日目には健全な冷凍ノリと同じ程度にまで回復した。しかし、葉体縁辺部のちぢれの回復はみられなかった。

文 献

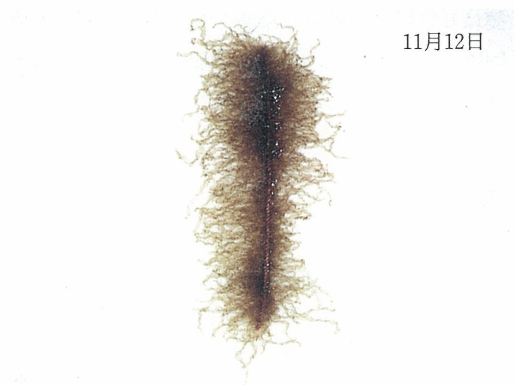
- 1) 岩崎英雄 1965:アサクサノリの生理・生態に関する研究。広島大学水畜産学部紀要, 6(1), 133-211.
- 2) 松原孝之・三井所正英・平野哲美・宮崎征男・中尾義房・中島浩 1966:ノリ漁場環境調査。佐養殖試験報(4), 1-7.
- 3) 山内幸児 1983:ノリ浮き流し養殖におよぼす環境要因に関する研究-I。ノリ葉体中の窒素、リン含量と漁場のDIN, $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度との関係について。兵庫水試研報, (21), 71-76.
- 4) 佐賀県水産試験場 1958:昭和33年度佐賀県水産試験場業務報告書, 153-155.
- 5) 山下輝昌 1976:有明海奥部におけるノリ生産とプランクトンの指標性。水産増殖, 24(1), 1-9.
- 6) 佐賀県有明水産試験場 1983:ノリ漁場行使の適正化と品質向上に関する研究。昭和56・57年度組織的調査研究活動推進事業報告書, 1-45.
- 7) 藤本敏昭 1981:ノリの色と海水中の窒素量の関係について(第1報)。昭和54年度福岡県豊前水試研究業務報告, 75-86.
- 8) 村上彰男 1968:有明海ノリ漁場における窒素収支。筑後川調査報告附属資料(3), 水産庁, 17-29.
- 9) 古賀秀昭 1991:有明海北西海域の底質及び底生生物。佐有水試研報, (13), 57-79.
- 10) 佐賀県有明水産試験場 1977:大規模増殖場開発事業調査資料集。昭和50・51年度総合版。
- 11) 佐賀県有明水産試験場 1982:昭和57年度九州海域赤潮予察調査報告書(西海ブロック)。水産庁, 89-120.
- 12) 佐賀県有明水産試験場 1983:昭和58年度九州海域赤潮予察調査報告書(西海ブロック)。水産庁, 61-96.
- 13) 佐賀県有明水産試験場 1984:昭和59年度九州海域赤潮予察調査報告書(西海ブロック)。水産庁, 59-79.
- 14) 尾形英二・松井敏夫 1963:アサクサノリの呼吸に関する研究-II。日水誌, 29(11), 991-995.
- 15) 吉川浩二 1974:赤潮生物 *Heterosigma inlandica* HADA, *Hemientreptia antiqua* HADA, *Eutrept-iella* sp.が³のり幼芽に与える影響について-I。南西水研研報, (45), 111-122.



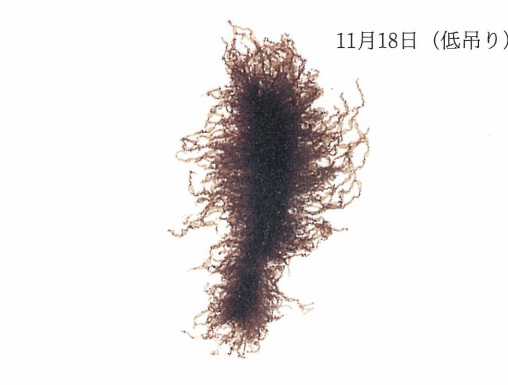
図版1 南部漁場の色落ちしたノリ（左）と中部漁場の健全なノリ ー：3 cm



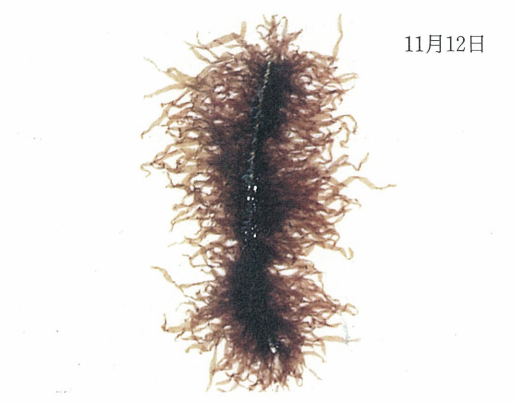
図版2 南部漁場の葉体がねじれた異形ノリ ー：1 mm



11月12日



11月18日（低吊り）



11月12日



11月18日（低吊り）

図版3 南部漁場の色落ち、異形化ノリ（上）と健全なノリ（下）を中部漁場に張り込んだ後の色調と形状の変化 ー：2 cm