

牛窓ノリ養殖場におけるノリの色素量変化と 水質環境について

藤澤邦康・小橋啓介・野坂元道

Relationship between the Pigment Quantity of Nori Leaves and the Water Quality in the Nori
Porphyra spp. Culture Ground in Ushimado

Kuniyasu FUJISAWA, Keisuke KOBASHI, and Motomichi NOZAKA

キーワード：ノリ，葉緑素計，色彩色差計，DIN，蛍光強度

ノリの色落ちは、海水中の栄養塩のうち、窒素 (DIN) の低下によって起こることが知られている。そのため、ノリ養殖場の栄養塩をノリ養殖期間に栄養塩のモニタリングを行い、その結果を漁業者に速報してきた。しかし、この調査では栄養塩の現状については把握できるがノリの色素量の測定がなく、色落ちの予報には結びつかない。このことから、ノリ養殖場のノリ色素量と水質をモニターすることにより、色落ちと栄養塩の関係、さらに栄養塩以外にノリの色落ちを予測する水質因子が存在するかどうか、この2点を明らかにするため、年明けに色落ちのみられることのある牛窓地先のノリ養殖場を対象に調査を行った。

方 法

牛窓地先の黒島ノリ養殖場 (図1) の養殖形態は、近年栄養塩が早期に低下することから一期作で養殖されており、本年度は11月27日に養殖が始まり3月20日に終漁

した。調査は、ノリ葉体が必要なことから、葉体の成長を待って開始した。すなわち、1998年12月21日から'99年3月11日の間、週に1~2回、図2の養殖場内のノリ養殖施設内の6定点において、ノリ葉体と水質の調査を実施した。調査項目別の定点及び採水層を表1に示した。

分析方法は、ノリ葉体のクロロフィル色素はDMF抽出後、分光光度計で測定した。さらに、葉体をスライドガラスにはさみ、葉緑素計 (MINOLTA SPAD-502)、色彩色差計 (MINOLTA SPAD-502) により測定した。また、水温、塩分はSTD (アレックAST1000S) により、透明度はセッキ板により、溶存態無機窒素 (DIN) はBRAN+LUEBBE TRAACS800で分析した。海水の蛍光強度はTURNER-DESIGNSの蛍光光度計 (MODEL 10-AU) により測定、さらに3-(3,4-dichlorophenyl)-1-dimethyl urea (DCMU) 添加後の蛍光強度はDCMU添加して暗所静置後、再度測定した。懸濁物量 (SS) の測定はMillipore Type SC 0.45 μ mによる濾過後、80°Cで6時間加熱、乾燥後、秤量した。

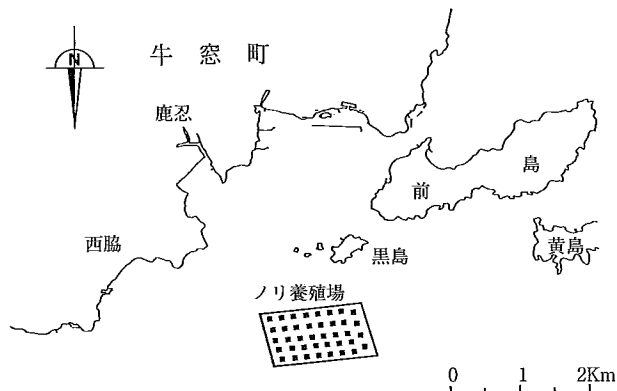


図1 牛窓町黒島地先のノリ養殖場位置図

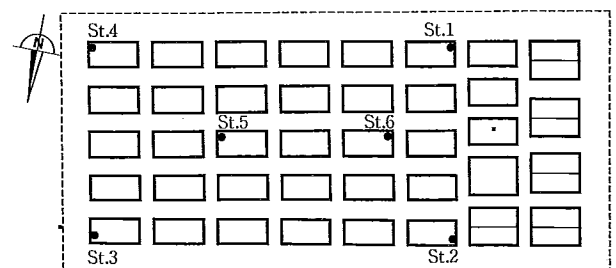


図2 ノリ養殖場内の調査点図

□：東西3枚×15列

▣：東西3枚×10列、東西3枚×10列

結果と考察

ノリの色素量指標 ノリ葉体の色彩色差計、葉緑素計及び抽出クロロフィル色素によるそれぞれの測定値を図3に示した。

色彩色差計による測定は、ノリの黒みの評価に色彩色差計のL*, a*, b*表色系が使用された事例¹⁾があるが、ここではノリの色素量変化に対応のみられたa*色座標の測定値を用いた。その推移は、1月13日までは横這いで18日から低下がみられはじめ、18日～28日にかけてほぼ

直線的に低下し、1月28日に最低値となった。その後、2月には1月上旬のレベルまでには達しなかったが上昇している。比較のために他海域で採集した完全に色落ちして肉眼で白色を呈したノリ（退色ノリ）を測定し、図中に示した。それによると、黒島のノリの測定値と比較すると、1月28日とほぼ同程度の値であった。

葉緑素計の測定値は葉緑素（クロロフィル）量と相関があることから読みとり値をそのまま用いた。図から明らかなように色彩色差計とよく似た推移を示しており、1月25日、28日が低い値であった。なお、退色ノリは、図中では横軸の0線にプロットしているが、測定不能であった。

クロロフィルaによる測定は、1月13日以降のデータしかないが、色彩色差計及び葉緑素計による測定値の推移とよく似た推移を示しており、1月25日、28日が低い値であった。また、退色ノリは1月25日の最低値よりやや低い値を示した。

3測定方法は、いずれも同様な推移を示すことよりノリの全色素量変化にほぼ対応しているものと考えられる。しかし、肉眼的に色落ちと認められた1月25日、28日の試料に注目すると色彩色差計、葉緑素計及びクロロフィルaいずれも測定が可能であったが、退色ノリの場合、葉緑素計では測定は不能であった。さらに色彩色差計、クロロフィルaについても1月25日、28日の測定値と退色ノリの測定値との差はきわめて小さい結果がみられた。これらの結果から、色彩色差計とクロロフィル色素は、1月25日、28日よりさらに色落ちの程度が大きくなると、測定は可能であるが明瞭な差が得られなくなるおそれがある。葉緑素計でもさらなる低下は測定不能となる点につきあたることになる。

ノリの色落ちは人の眼で明らかなことから、人の眼でははっきりしないレベルの色素量低下を検知することが重要と考える。色素量の低下の始まった1月13日～18日にかけての色素量の変化はクロロフィルaはデータがないが色彩色差計と葉緑素計いずれでも十分検知可能であ

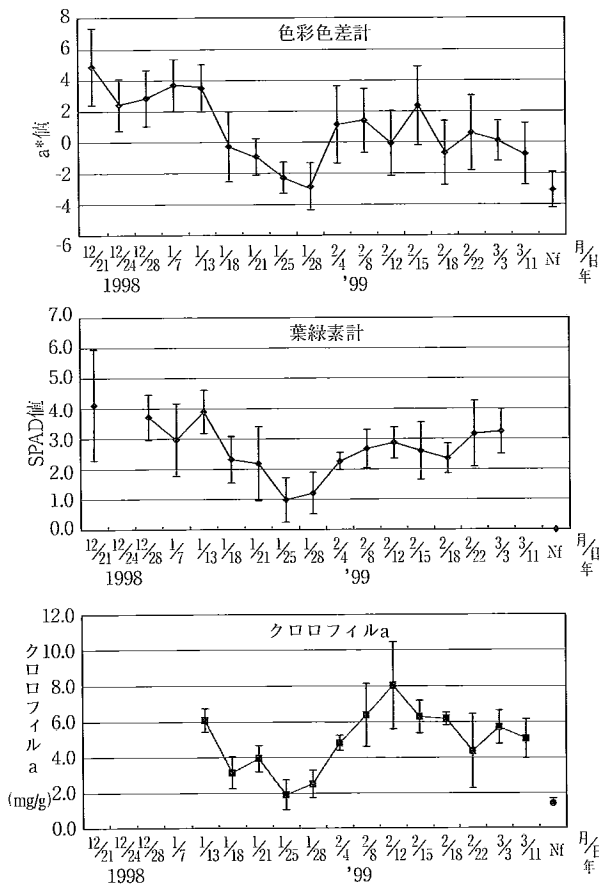


図3 ノリ葉体の色彩色差計 (a*) 値、葉緑素計による測定値及びクロロフィル a 量の推移 (St.1～St.6の平均値±標準偏差を表すNfは退色ノリ)

表1 牛窓町黒島地先のノリ養殖場における調査項目

調査項目		調査定点及び採水層
ノリ葉体	クロロフィル色素	St.1～6のノリ網縁辺部より採集
	葉緑素計によるノリ色素量	
	色彩色差計によるノリ色素量	
水質	水温・塩分	St.1～6の表層
	透明度	St.1～6
	懸濁物量	St.1の表層
	栄養塩	St.1～4の表層, St.5, 6の表層及び3m層
	蛍光強度	St.1～6表層

り、ノリの色落ちをモニターするのに有効といえ、色落ちのみられた1月25日から逆算して1週間前に色素量変化を捉えることが可能である。色彩色差計は高価であること、クロロフィルa測定は検知可能であっても煩雑で時間がかかることを考えると、葉緑素計は比較的安価であり、操作が非常に簡単なこと、軽量で持ち運びが安易なことから手軽に測定できる。

水質 水温は、12月28日～1月13日にかけて大きな低下がみられた。しかし、その後の低下は緩慢であり、1月下旬以降低下がみられず横這いで経過し、3月上旬には上昇に転じた。一方、塩分は、年末から年始には変動が大きかったが、1月13日以降は変動は小さく徐々に上昇がみられた(図4)。海況は1月13日以降、安定して水位している。

溶存態無機窒素(DIN)は、6定点の平均値とその標準偏差を図5に示した。12月21日に $6.1 \mu\text{g-at/l}$ と調査期間中では最高であり、その後12月21日～1月18日にかけてほぼ直線的に低下し、1月18日には $2 \mu\text{g-at/l}$ 前後に低下した。そして、1月18日～1月28日は、 $2.1 \sim 2.5 \mu\text{g-at/l}$ の低い値で推移した。しかし、2月からは、増加して $3.5 \sim 4.7 \mu\text{g-at/l}$ の値で推移した。一方、定点別、水深によるDINは、全調査期間のSt.1～St.6の平均値とその標準偏差を表2に示したが、養殖場北西のSt.1が他の定点よりやや高い傾向がみられたこと、中央定点のSt.6で表層より3m層の値がやや高い傾向が見られた点以外は、定点間の差は小さかった。また、養殖場内部は、外縁部のノリに栄養塩が消耗されて低くなって

いることが考えられたが、中央部定点(St.5, St.6)が縁部定点より低いという結果は得られなかった。

DINとノリの色素量指標値とを対比すると、色素量指標値の低下は、漁場のDINがほぼ $3 \mu\text{g-at/l}$ に低下した1月13日以降に起こっている。色落ちのみられた1月25日、28日は、この1月13日から起算すると12～15日後になる。ノリの色素量の変化にDINが先行することが認められたが、さらにDINの低下することが予測できれば、もっと早期に色落ちを予測できることになろう。

ノリの養殖時期に珪藻 *Coscinodiscus wailesii* の増殖によりDINは減少することが知られている。これらの植物プランクトン量に対応して変化すると考えられる透明度、懸濁物量及び蛍光強度の測定を行ない、これらの変化がDIN変化に先行して変化するかどうか検討した。

透明度は12月21日～1月13日にかけて上昇しており、懸濁物量はこの間、反対に低下しており、DINの低下と対応しているようである。しかし、その後の透明度、懸濁物量の変化とDINとは一定の関係はみられない(図5)。

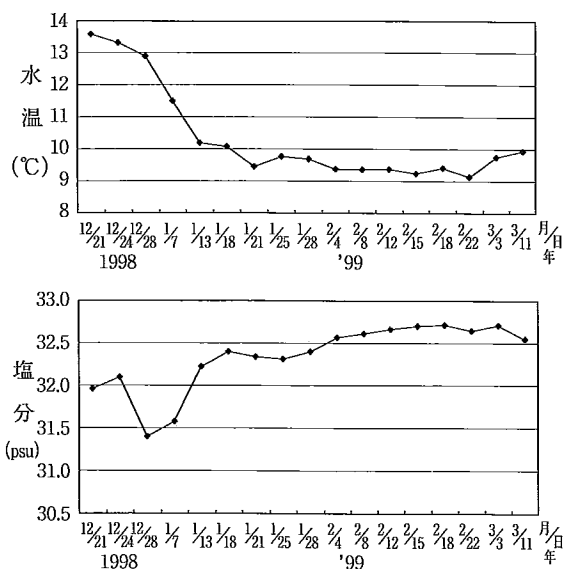


図4 ノリ養殖場内の水温、塩分の推移 (St.1～St.6の表層平均値による)

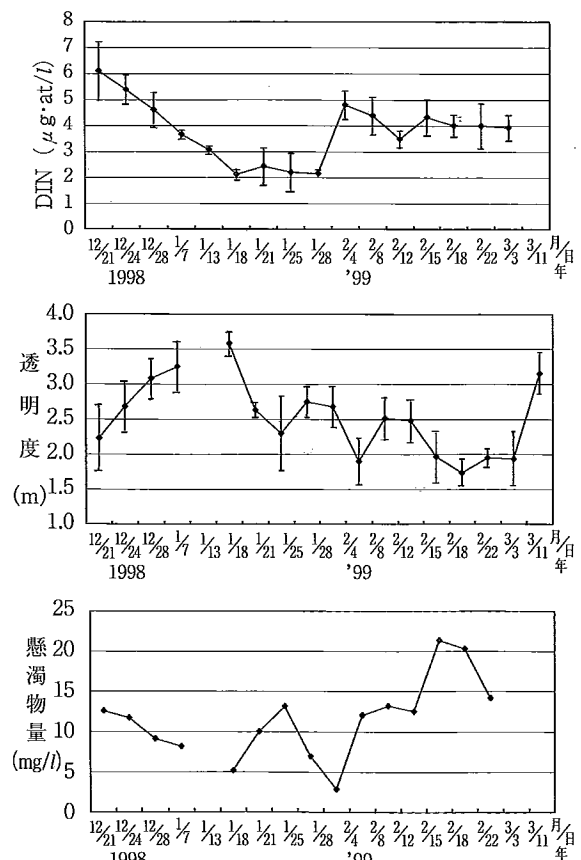


図5 ノリ養殖場内のDIN、透明度、懸濁物量の推移 (上図、中図は、St.1～St.6の表層平均値±標準偏差を表す、下図はSt.1の表層の測定値)

表2 定点におけるDIN (全平均値による)

定 点	採水層	平均値±標準偏差
St. 1	0 m	2.81±0.59
St. 2	0 m	2.09±0.35
St. 3	0 m	2.29±0.50
St. 4	0 m	1.97±0.26
St. 5	0 m	2.26±0.62
St. 6	3 m	2.24±0.41
	0 m	2.02±0.35
	3 m	2.73±1.11

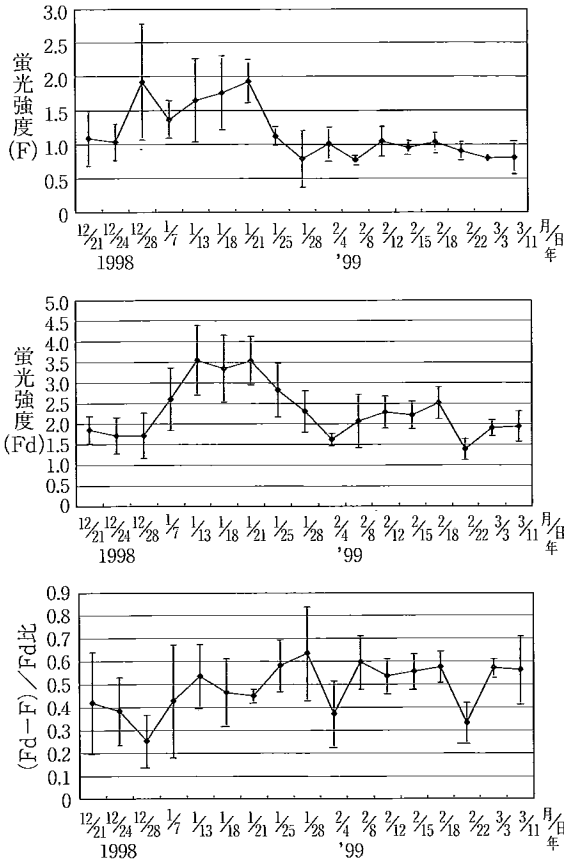


図6 ノリ養殖場内の蛍光強度 (F), DCMU添加後の蛍光強度 (Fd), (Fd-F) / Fd値の推移 (St.1~St.6の表層平均値±標準偏差を表す)

次に蛍光光度計による蛍光強度 (F), DCMU添加後の蛍光強度 (Fd) を測定し, さらに (Fd-F) / Fd 計算値を求めた。Fd値は, DCMUにより光合成活性を失活させた蛍光値を測定でありプランクトン全色素量を示しており, (Fd-F) / Fd 値は, 光合成の活力を表しているといわれる²⁾。F値, Fd値及び (Fd-F) / Fd 値を図6に示した。F値の変化は, 12月28日~1月21日の間に上昇がみられ, その他の期間はほぼ一定の低い値である。一方, Fd値は, F値よりやや遅れた1月13日~1月21日に上昇が認められた。(Fd-F) / Fd 値は, 12月28日~1月28日にかけて上昇傾向がみられ, さらにその後も高い値で推移している。これらの中でF値やFd値の増加, すなわち植物プランクトンの増加が12月21日から1月18日にかけてDINの減少を引き起こしたといえる。そして, F値やFd値変化がDIN変化に先行するものではないが, DINの変動を考えるうえで有用な指標となり得るものと考ええる。

文 献

- 1) 木村修・松岡貴浩, 1993: 色彩キメラを用いたアマノリ類新品種選抜技術の開発, 平成4年度新品種作出技術開発事業研究成果の概要, 水産庁研究部研究課, 356-363.
- 2) 日本海洋学会, 1986: 沿岸環境調査マニュアル, 恒星社厚生閣, pp266.