

香川県におけるノリ養殖生産の現状と問題点

藤原宗弘・松岡聡*・山賀賢一・吉松定昭

States and issues of Nori (*Porphyra yezoensis*) production in Kagawa Prefecture

Munehiro FUJIWARA, Satoru MATSUOKA, Kenichi YAMAGA and Sadaaki YOSHIMATSU

キーワード：乾ノリ生産量，色落ち被害，低栄養状況，DIN，降水量，水温

香川県でのノリ養殖は，1891年に高松市詰田川河口域で初めて行われ，「玉藻海苔」として生産されたという記録が残っている。その後，県内各地区の河口域で海苔養殖が行われ，1965年頃までは，河口域を中心としたごく限られた場所で支柱式による生産が行われていた。その後，1970年代頃から浮流し式養殖が普及し，海苔養殖漁場は浅瀬から沖合へと移っていった¹⁾。

香川県のノリ養殖業は，漁業生産額の内，17.3～36.9% (2000～2006年度) を占める重要な基幹産業のひとつである。全国的にみても，現在乾ノリ養殖が行われている19府県の中では第5位 (1997～2006年度の平均生産量，7.6億枚) で，瀬戸内海では兵庫県に次ぐ生産量となっている。

しかし，瀬戸内海では1999年度以降，ノリ養殖漁期中 (10月～翌年3月頃) の早い時期から溶存態無機窒素 (以下，DINと記す) が減少し，ノリが本来有している色調 (赤紫色) が退色して，薄茶色から黄色に変色する「ノリ色落ち現象」が多発し，生産に大きな影響を与えるようになった²⁾。香川県では，2002年度以降，急激な色落ち現象等による被害 (以下，色落ち被害と記す) が毎年のように発生して，乾ノリ生産枚数は3.2億枚～6.8億枚程度にまで減少している。

このため，香川県におけるノリ養殖の状況を把握することを目的として，関係する資料の整理を行い，近年の不作の原因について乾ノリ生産量とDIN，降水量，および水温との関係について若干の知見が得られたので報告する。

本県のノリ養殖に関する資料提供，ノリ養殖の現状について詳しく解説してくださった香川県漁業協同組合連合会共販事業部の方々，共販資料・水温データの整理をしていただいた内海範子氏に感謝する。

材料と方法

図1にノリ養殖漁場概略位置図を示した。香川県では，播磨灘南部海域，備讃瀬戸海域の沿岸部，島嶼部で浮流し式によるノリ養殖が広く行われている。

香川県における乾ノリの販売は，香川県漁業協同組合連合会 (以下，県漁連と記す) により1964年度から県内一斉の共販制度で行われている。各養殖年度で10回程度の入札会が実施されており，県漁連からの報告による生産枚数，生産金額，および平均単価について集計・整理を行った。生産量の多寡は，生産が安定した1989年度以降で，その年の生産枚数を過去2ヵ年の生産枚数の平均値と比較して，1億枚以上生産枚数が減少した年度を「顕著な不作年度」と定義した。生産された乾ノリ製品の等級 (色調) については，入札会に使用される資料 (入札会ごとに県漁連が発行する入札手板) から出品された乾ノリ製品の等級を調査して，月単位で集計した。

1989年度から2007年度までの月別降水量は，高松地方気象台の観測値を使用した^{3～5)}。

1989年度から2007年度までの水温は，香川県高松市屋島湾 (図1) に設置してある水温自動測定装置により観測した，水深1.5mの毎日9時の水温を月単位で平均して使用した。ただし，1990年9月の水温は水温自動測定装置故障のためすべて欠測であった。

DINの分析は，1982年度から実施されており，県内全域のノリ養殖漁場での調査 (図1，ノリ養殖時期の10月から翌年3月の間で20回程度実施，約20定点) と香川県水産試験場が実施している浅海定線調査 (図1，周年毎月上旬，播磨灘7点，備讃瀬戸海域14点) で測定した表層DINの値 (1月の値のある1983年度から)

* 香川県水産課

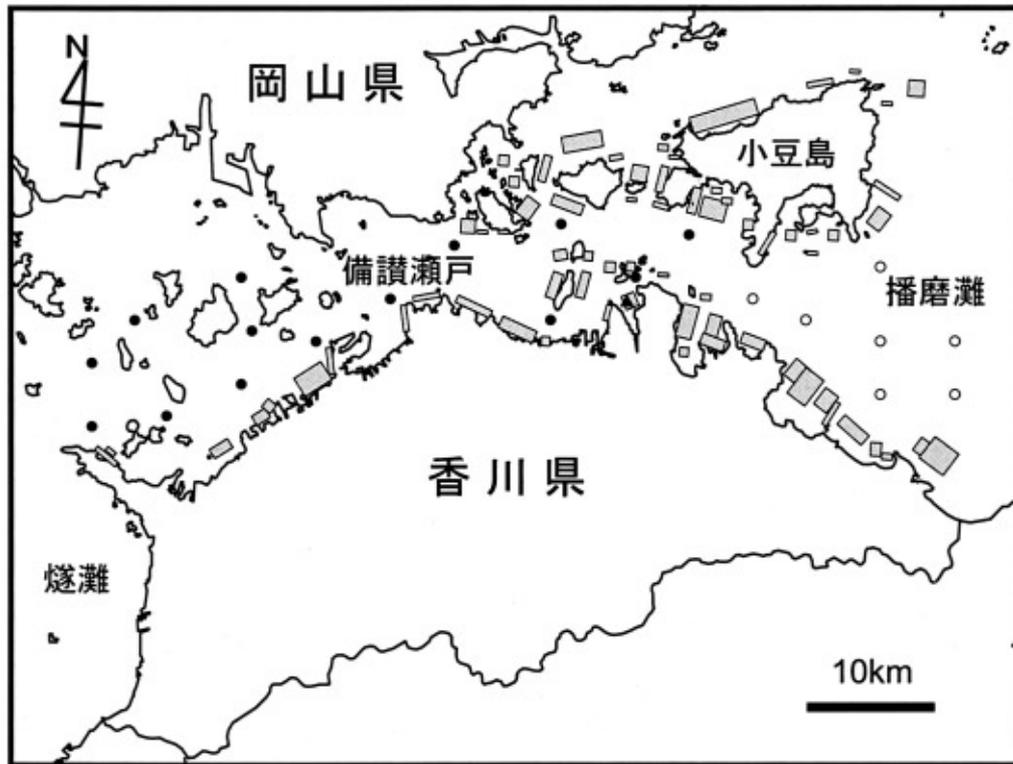


図1 ノリ養殖漁場概略位置図

■：ノリ漁場，○浅海定線調査（播磨灘7点），●浅海定線調査（備讃瀬戸14点）
▲屋島湾水温自動観測装置を示す。

を使用した。また、ノリ養殖漁場の栄養塩調査の測定結果は、年度により大きく値が変化するため、1987年度から5年単位で平均値を算出し、月の上・下旬で平均値を求めた。

結果

乾ノリ生産量、品質の推移

図2に香川県における1964年度からの乾ノリ生産量の推移を示した。1964-1988年度（昭和年代）は生産上昇期であり、1989-2001年度（平成年代前半）は、1994、1995年度に一時生産が低迷した時期もあったが、ほぼ高位で安定した生産安定期であった。2002年度以降から生産量は減少傾向となり、生産下降期となった。生産安定期以降で、最高だったのは有明海が不作であった2000年度で、生産枚数9.8億枚、生産金額111.5億円であった。最低だったのは2007年度で、生産枚数3.2億枚（直近10年平均の42%）、生産金額18.5億円（直近10年平均の27%）であった。平均単価は1979年度が17.74円で最高であり、生産上昇期では平均12.78円であったが、生産安定期以降は平均9.03円で推移した。また、平均単価が最低だったのは、2007年度で5.75円であった。生産量からみて条件を満たした顕著な不作

年度は1994、1995、1999、2002、2005、および2007年度の6ヵ年であった。

図3に1997-2001年度の平均値と2002年度以降の乾ノリ製品の品質等級（色調）の推移を示した。2002年度以降は、1997-2001年度の平均値と比較して、漁期前半の12月と1月に5-6等の低等級の製品が多く生産され、漁期後半の2月と3月に品質等級の低下とあわせて生産枚数の大幅な減少がみられた。特にその傾向は2002、2005、および2007年度で顕著であった。

DIN

DINの長期変動と季節変動を把握するため、図4にノリ養殖漁場における1987年度から5ヵ年単位で平均した値と2007年度のDINの推移を示した。ノリ漁期中のDINは11月頃をピークに減少する傾向がみられた。1987-1991年度では平年値よりも高く推移したが、1992-1996年度では2月上旬頃から平年値を下回るようになり、1997-2001年度では生産盛期中の栄養塩が平年値よりも低く推移した。2002-2006年度では11月以降平年値よりも低く推移し、浮流し式漁場で色落ちが始まるとされる $3\mu\text{g-at/L}^{\text{①}}$ を下回る時期がより早まる傾向がみられた。2007年度のDINは、漁期当初から平均値の半分程度で推移した。

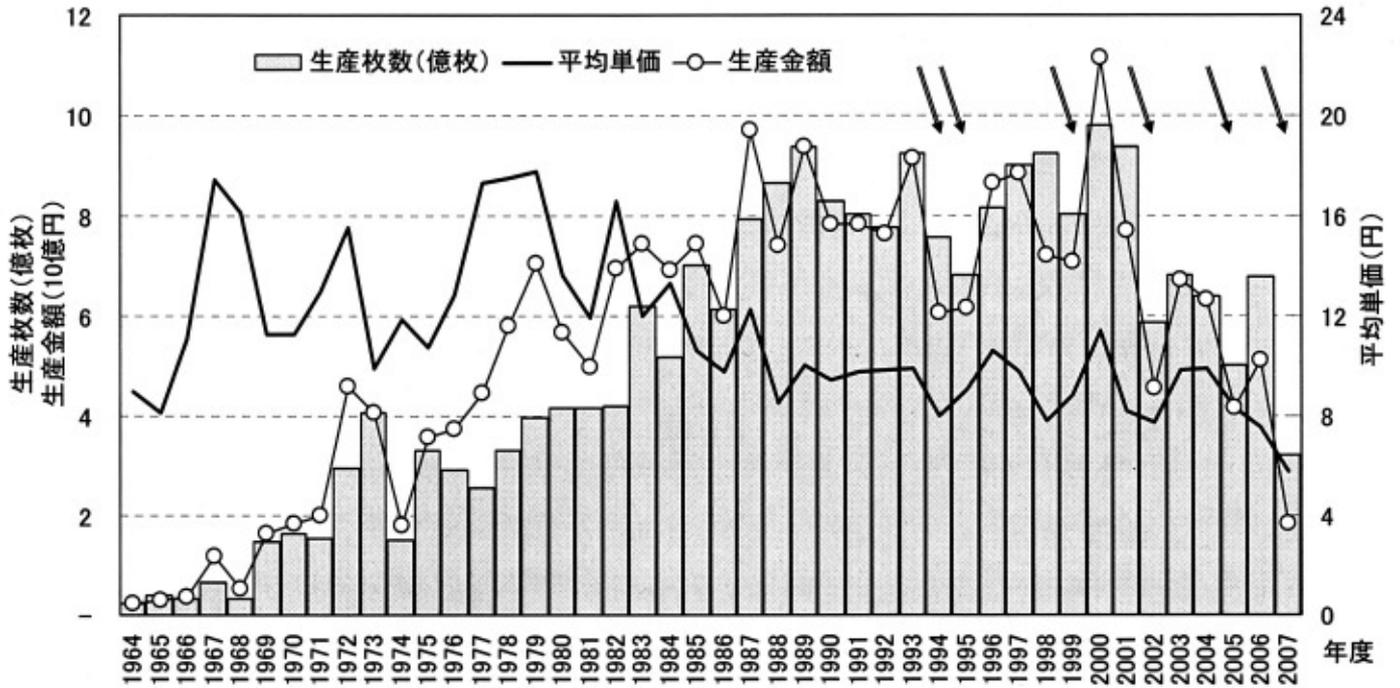


図2 乾ノリ生産量の推移（1964—2007年度，香川県）

↓：顕著な不作年度を示す。

図5にノリ養殖漁場における顕著な不作年度のDINの推移を示した。顕著な不作年度のDINの推移は、すべて平年値を下回る推移であり、特に2002，2005，および2007年度では11月から1月の早い時期に $3\mu\text{g-at/L}$ を下回っていた。

図6に浅海定線調査による播磨灘海域（7点平均），備讃瀬戸海域（14点平均）でのノリ生産盛期である1月の表層DINの経年変化を示した。両海域ともほぼ同様の経年変動がみられ，減少傾向を示した。1990年代は播磨灘の値の方が，備讃瀬戸の値よりも高めに推移していたが，2000年代頃からほとんど差はみられなくなった。

降水量の推移

生産安定期の1989年度以降，高松の降水量の平均値（1989—2007年度から算出，年度で集計）は1,131mm（最小785mm：1994年度，最大1,621mm：2004年度）であり，近年は年変動がかなり大きくなっているが，顕著な減少傾向は認められなかった。しかし，顕著な不作年度は，8月の降水量が平年値よりもかなり少ないという共通点がみられた（図7）。

図8に1989年度以降の柵あたり生産枚数と近年のノリ養殖漁期中（10月～翌年2月）の積算降水量との関係を示した。1989—2001年度の生産安定期においては，ノリ養殖漁期中の降水量は多くても少なくても，生産量が少なくなる傾向を示した（近似曲線）。また，顕

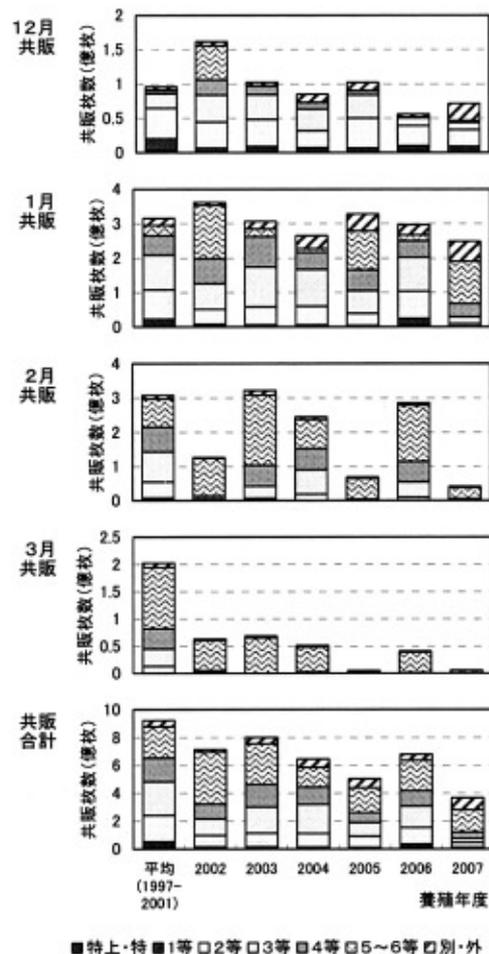


図3 乾ノリ製品の品質等級（色調）の推移（1997—2007年度，香川県）

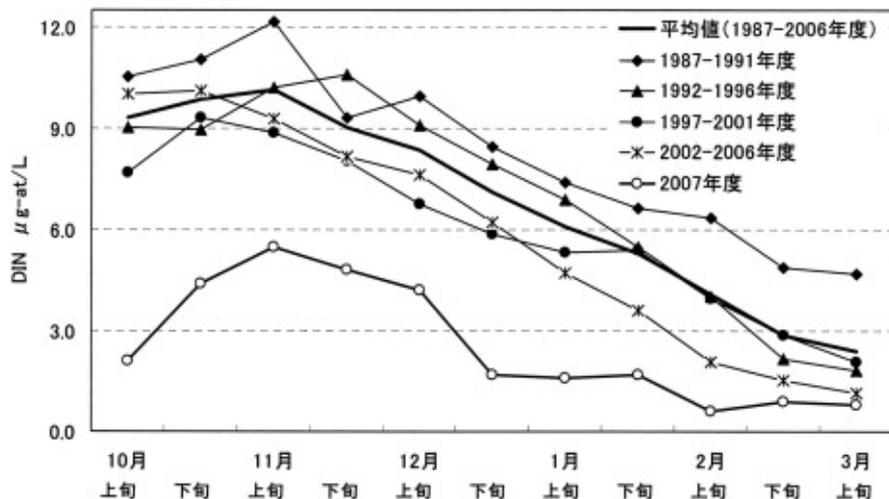


図4 ノリ養殖漁場におけるD I N (1987年度以降5ヵ年平均と2007年度) の推移 (1987-2007年度, 香川県内20点平均)

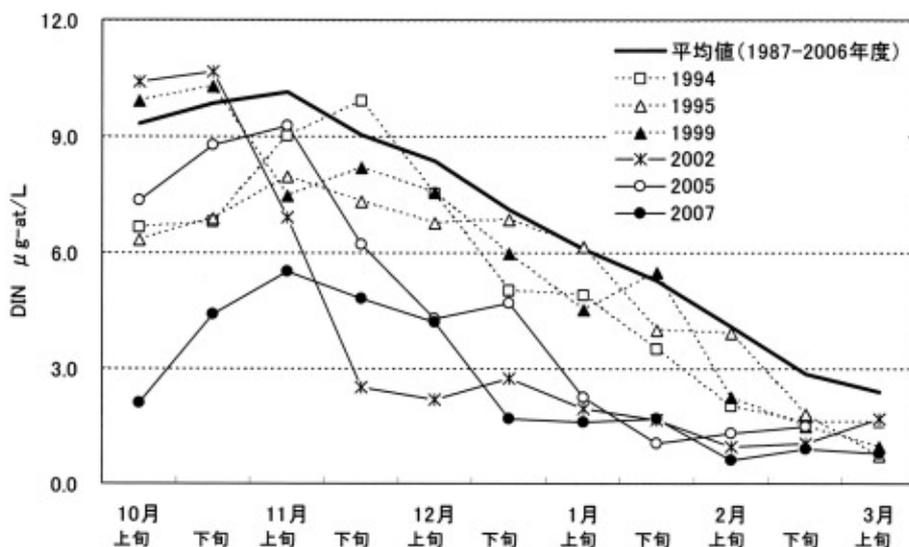


図5 ノリ養殖漁場における顕著な不作年度のD I Nの推移 (香川県内20点平均, 1994,1995,1999,2002,2005,および2007年度)

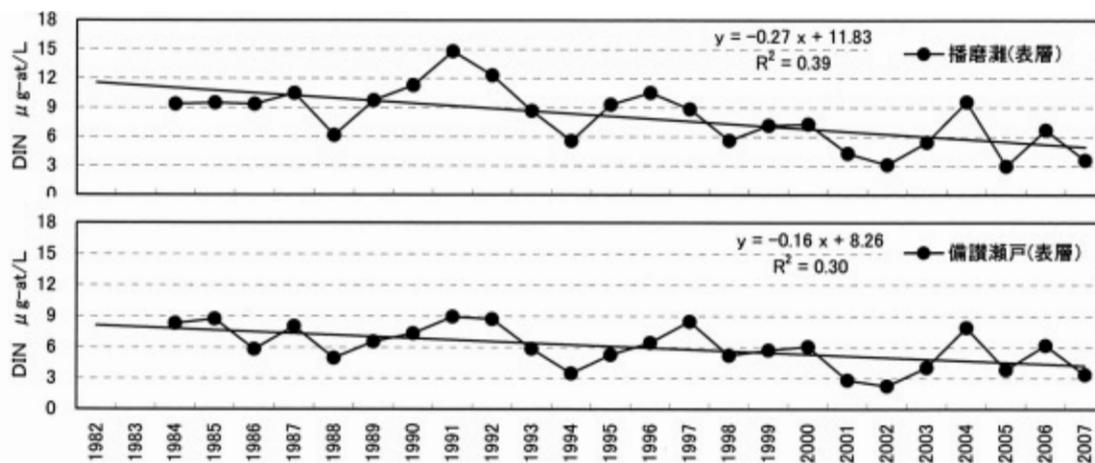


図6 ノリ生産盛期である1月の表層D I Nの経年変化 (上段: 播磨灘7点平均, 下段: 備讃瀬戸14点平均)

著な不作年度は、積算降水量の少ない周囲に位置した。不作が始まった2002年度以降の柵あたり生産枚数は、2004年度を除き、生産安定期の生産傾向を示した近似曲線よりも下方に位置した。特に2004年度は例外的に降水量が多かった年度で、度重なる台風の影響等でノリ養殖セットに直接被害があったり、広範囲でノリの芽落ちが発生したり、塩分が低く、DINが高いため生産盛期に赤グサレ病が蔓延したりしたことによって、柵あたり生産枚数は増加しなかった。

水温

図9に顕著な不作年度と養殖年度でみた月別平均水温（9月～翌年2月）との関係を示した。顕著な不作年度は、10月の平均水温が高い（25℃に近い）、1月の平均水温が低い（10℃を下回る）、そして10月の平均水温と12月の平均水温の差が11℃以上ある、といった共通点がみられた。

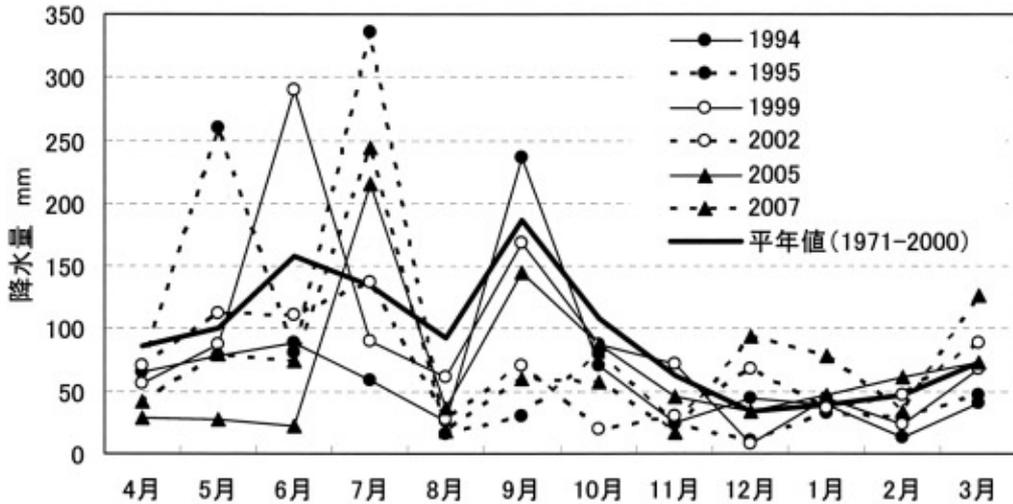


図7 顕著な不作年度の月別降水量
 (高松地方区气象台資料, 1994,1995,1999,2002,2005,および2007年度)

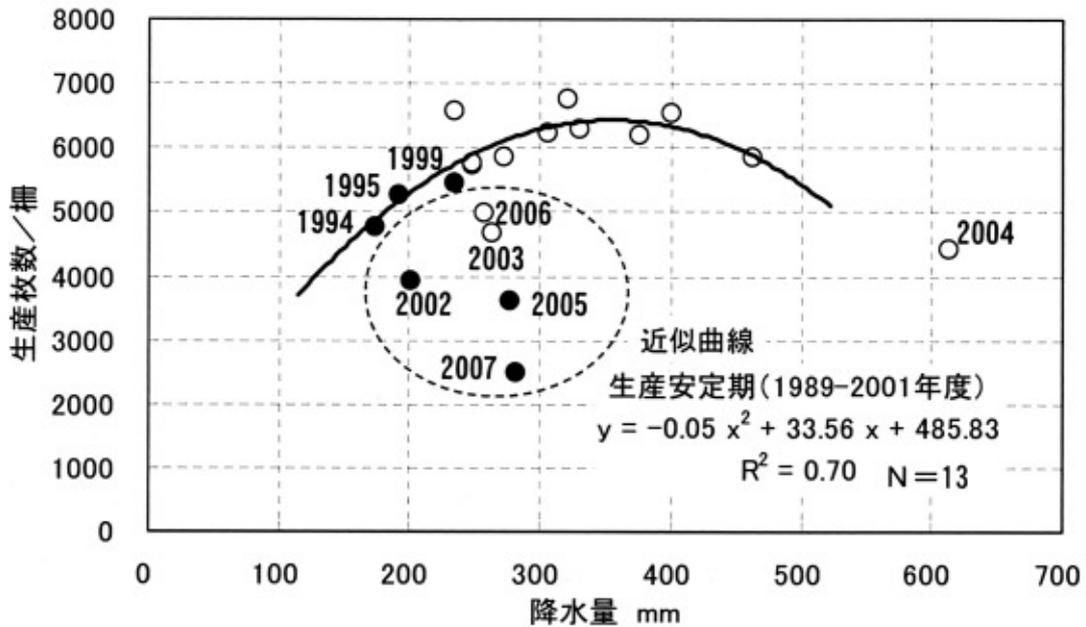


図8 柵あたり乾ノリ生産枚数とノリ養殖漁期中（10月～翌年2月）の積算降水量との関係
 (1989-2007年度, 近似曲線は生産安定期から算出, 香川県)

- : 顕著な不作年度 (1994, 1995, 1999, 2002, 2005, および2007年度)
- : 2002年度以降の不作年度 (2004年度は除く) を示す。

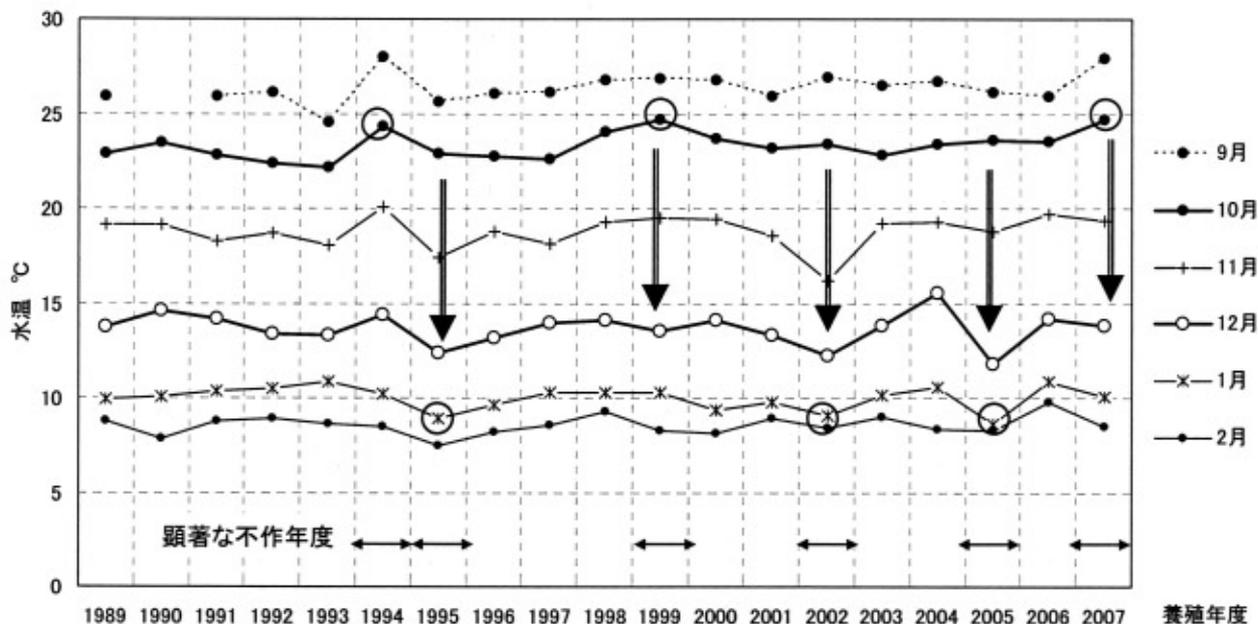


図9 顕著な不作年度と月別平均水温（9月～翌2月）との関係（屋島湾水温自動測定装置：9時測定，-1.5m，1989-2007年度）

○：10月平均水温が25℃付近と1月平均水温が10℃以下の年度， ↓：10月平均水温と12月平均水温の差が11℃以上の年度， ←→：顕著な不作年度を示す。

考 察

乾ノリ生産枚数の推移

香川県の乾ノリ生産状況は全国の生産状況^{7,8)}とほぼ同じ傾向を示した。

生産上昇期（1964-1988年度）は、生産技術の開発・普及が著しく、1970年代は多収性品種の導入、浮流し式養殖技術の普及、1970年代後半には全自動ノリ乾燥機の普及、1980年代には摘採船（潜り船）の普及や酸処理（活性処理）技術の普及と技術革新が目白押しであった。この期間は、1柵当たりの生産枚数の増加（1,000枚/柵→6,000枚程度/柵）に伴い生産量も飛躍的に増加した。上昇期の中での停滞は、1974年度に水島の油流出事故による影響、1970・71年度では小豆島西部・東讃海域を中心にスミノリ病が発生、1980・81年度は高松地区を中心に備讃瀬戸海域全域にスミノリ病が蔓延したこと⁹⁾によるものであった。

生産安定期（1989-2001年度）は、経営が安定し、乾ノリの生産技術も十分普及し、経営規模が拡大して、本張り枚数が1,000枚以上の大規模な経営体も出現するようになった。

生産下降期（2002年度以降）は、天候の不順、海況の変化等により、生産量が上下しながら減少している。近年の生産量の減少は、色落ち被害による連続した不作によって経営が悪化し、経営体数の減少とともに本

張り柵数の減少も影響を与えている。特に2007年度は過去に例のない不作となった。

顕著な不作年度（1994, 1995, 1999, 2002, 2005, および2007年度）の状況

顕著な不作年度のDINの動向については、生産盛期のDINがすべて平年値を下回っており、生産安定期の不作年度（1994, 1995, および1999年度）の推移に比べて、生産下降期の不作年度（2002, 2005, および2007年度）の方が値が低く、より早い時期に色落ち警戒濃度の $3\mu\text{g-at/L}$ を下回る状況であった（図5）。特に2002, 2005, および2007年度では、色落ち被害が生産盛期である1月上旬の早い時期から起こり、2月にはノリ網を撤去せざるを得ず、生産すらできない状況であった（図3）。

降水量については、ノリ養殖漁期中（10月～翌年2月）の積算降水量が少なく、特に8月の降水量が平年値を下回る年度で、生産枚数が少なくなる傾向がみられた（図7, 図8）。

水温の推移については、10月平均水温が25℃程度と高い場合は、育苗開始時の目安となる水温（23℃以下）より高い水温での育苗となり、生理障害が発生してノリ葉体自体が傷んでしまった可能性が考えられる。また生産盛期である1月の平均水温が10℃を下回るような場合は、ノリ自体の生長が抑制されて生産量が増加

しないことが考えられる。また、10月平均水温と12月平均水温の差が11℃以上あるような水温の急激な降下は、育苗期であれば、その後の水温横ばい傾向を誘引する原因となり、ノリ葉体自体に悪影響を与え、本張り時期以降であれば、冬型の気圧配置による西方からの強い季節風によって、ノリ葉体の大量流出が発生して生産量が増加しないことが考えられる(図9)。

このように顕著な不作年度の乾ノリ生産量は、気象・海況条件により大きく影響を受けていた。しかし、これらの要因は単独で作用しているわけではなく、複雑に絡み合って作用していると考えるのが当然であり、今後も詳しく検討して対策を講じる必要がある。

近年の不作の状況

ノリ養殖漁場と浅海定線調査の結果からみて、香川県海域におけるノリ養殖漁場のDINは、2002年度以降減少傾向にあり、兵庫県海域でも同様の状況⁹⁾がみられている。瀬戸内海のノリ養殖県における乾ノリ生産枚数の推移をみると、瀬戸内海中・西部に位置する山口県、広島県および愛媛県では1983年度がピークであり、それぞれ2007年度はピーク時の14%、26%、29%まで生産枚数は減少した。瀬戸内海東部に位置する県では、岡山県で1989年度、兵庫県で1998年度、香川県と徳島県で2000年度がピークであり、2007年度はピーク時の33%~63%であった(岡山県:47%、兵庫県:40%、香川県:33%、徳島県:63%)。このように乾ノリ生産枚数の減少傾向は、瀬戸内海西部から徐々に東部へ拡大傾向にある。また、近年では12月頃に鳥類・魚類による食害が多発しており、その影響も無視できないものになっている。

香川県海域では、1979年度に香川県西部にあたる燧灘東部海域で栄養塩の不足と赤潮の発生や特異な気象・海況条件によりノリ養殖の不作が報告されている¹⁰⁾。燧灘から備讃瀬戸西部の海域において、1991年度には仁尾漁場で、1995年度には高見島漁場で、1996年度には詫間漁場で、そして2000年度には観音寺漁場でノリ色落ち現象等により、生産性が低くなった漁場から生産が行われなくなった。2007年度には備讃瀬戸西部の箱浦漁場で育苗時期から極度の低栄養状況が続き、本張り直後から施肥試験等¹¹⁾を実施したが、生産した乾ノリの共販結果は、すべて無札となった。

生産下降期以前の不作は、降水量、水温、およびDINの低下といった要因が影響している不作であったが、生産下降期になった2002年度以降の不作では前述の要因に加えて、特にノリ養殖漁期中の早い時期からDINが低下している。瀬戸内海の栄養塩の挙動については、冬季季節風により瀬戸内海中央部の貧栄養水塊が、瀬戸内海東部全域に流入するという研究¹²⁾や、河

川水の影響が大きい小豆島北部・南西部海域でも降水量が少なかった2002年度は河川の流入量が少なく、それに伴ってDINも低く推移し、ノリ色落ち被害が発生した報告^{2,13)}がみられる。どうして、以前より早い時期からDINが低下するようになったのか、に対する答えを模索する上で、このような貧栄養水塊の発生条件、移送条件等の研究は、今後のノリ生産に役立つものと考えられる。

現状では、このようなノリ養殖漁期中のより早い時期からのDINの低下は、降水量不足による海域への栄養塩類の補給不足、大型珪藻類の増殖による栄養塩類の消費^{14,15)}、水質総量規制等の窒素、リンの排出規制による影響が大きいと考えられる。また、海砂採取等によって行われていた海底土からの栄養塩類供給機能の停止、田畑の減少による陸域での施肥量の減少や畜産業の衰退による放牧等の減少、舗装道路整備の充実・三面コンクリートによる河川の護岸改修等により雨水が十分に土壌にしみこまず、栄養塩類の少ない水が海域へ流入している可能性も考えられる。香川県には大きな河川がなく、ノリ養殖時期の塩分は30~33psuとほぼ安定している。したがって海域の栄養塩濃度に及ぼす降水量の影響は大きい。しかし、図8に示したように2002年度以降の柵あたり生産枚数の減少は、降水量が少ないということだけでなく、多少の降水量があっても以前と比べると生産量が増加していない。これは下物対策のため生産調整による生産量の減少もあるが、海域の生産力自体が落ちていることが考えられる。このような低栄養状況がどのような経過を経て、どのようにして起こり、継続しているのか、原因を究明して水産業の立場から対策を立てる必要がある。

ノリの色落ち被害対策には、海域の栄養塩濃度を上昇させることがもっとも有効な方法であるが、瀬戸内海では瀬戸内海環境保全特別措置法や水質汚濁防止法等の関係法令に基づき、水質総量規制による水質改善に取り組んでおり、海域全体の栄養塩の増加は望めない状況にある。近年では気象・海況等の年変動が大きい上に、DIN低下の原因が年により異なることから、抜本的な対策が取りにくい状況にある。試験レベルでは、施肥によるノリ養殖漁場での栄養塩増加の試みも行われているが、ノリ葉体・乾ノリ製品の色調改善は認められるものの、経済性の面での問題もあり、今後課題を残している。ノリ養殖振興の立場からすれば、海域全体の栄養塩濃度をノリ養殖にあった適正なレベルに維持・回復することが望まれるが、前述したように困難な状況である。今後も瀬戸内海では低栄養状況が継続する可能性が高いため、低栄養状況を前提とした生産構造への変換も視野に入れていく必要がある。

また、ノリ養殖漁期中の低栄養状況は、直接DINを必要とするノリ養殖でまず影響があらわれたが、栄養塩濃度は海域の生産力を決定づける重要な要因であることから、水産資源全般に影響をあたえること⁹⁾も考えられ、今後も継続して関係資料の整理を行い、ノリ養殖の振興とともに豊かな海について模索していく必要がある。

文 献

- 1) 香川県海苔養殖研究会：1992，香川県海苔養殖百年史。香川県海苔養殖研究会，香川，1-201.
- 2) 松岡聡・吉松定昭・小野哲・一見和彦・藤原宗弘・本田恵二・多田邦尚：2005，備讃瀬戸東部（香川県沿岸）におけるノリ色落ちと水質環境。沿岸海洋研究，43（1），77-84.
- 3) 高松地方気象台編集：1974-1994，香川県気象年報 昭和48～平成5年。日本気象協会高松支部，香川。
- 4) 高松地方気象台編集：1995-2001，香川県気象年報 平成6～12年。日本気象協会四国センター，香川。
- 5) 高松地方気象台：2002-2008，香川県の気象 平成13～19年。高松地方気象台，香川。
- 6) 日本水産資源保護協会：1992，環境が海藻類に及ぼす影響を判断するための「判断基準」と「事例」。日本水産資源保護協会，東京，1-17.
- 7) 全国海苔貝類漁業協同組合連合会：2007，ノリ業界の現況—平成19年度の動向—。全国海苔貝類漁業協同組合連合会，東京，1-18.
- 8) 大房剛：2001，図説海苔産業の現状と将来。成山堂書店，東京，1-223.
- 9) 独立行政法人水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所・独立行政法人水産総合研究センター屋島栽培漁業センター・瀬戸内海ブロック水産試験場長会：2008，第2回瀬戸内海水産フォーラム，食卓から海をのぞむ—海の栄養と漁業—成果集。独立行政法人水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所，広島，1-43.
- 10) 香川県：1979，燧灘東部海域におけるノリ養殖不作に伴う調査報告書。香川県，香川，1-34.
- 11) 藤原宗弘・山賀賢一・内海範子・山田達夫・藤沢節茂・松岡聡・大坪健二・棚野弘幹：2009，ノリ色落ち対策調査検討事業 2色落ち等防止技術開発 ②施肥試験。香水試事報，平成19年度，（印刷中）。
- 12) 井上由紀子・藤原建紀・堀豊・原島省：2003，東部瀬戸内海における冬季の栄養塩分布と季節風—2002年度のノリの色落ちに関して—。2003年度日本海洋学会秋季大会（於長崎）講演要旨集，213.
- 13) 星野高士・松岡聡・末永慶寛・山田佳裕・一見和彦・多田邦尚・吉松定昭・藤原宗弘・堀田健治・白木渡：2006，数値モデルを用いた備讃瀬戸東部海域のノリ色落ちに関する研究。Eco-Engineering，18（4），173-180.
- 14) 永田誠一・中筋昭夫・中谷明泰・井川直人・堀豊：1998，1995，1996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。兵庫水試研報，34，41-48.
- 15) 大山憲一・吉松定昭・本田恵二・安部享利・藤沢節茂：2008，2005年2月に播磨灘から備讃瀬戸に至る香川県沿岸域で発生した大型珪藻*Chaetoceros densus*のブルーム：発生期の環境特性とノリ養殖への影響。日本水誌，74（4），660-670.