

オキナワモズクの芽出しと生長に及ぼす環境要因 I (もずく類養殖技術改良試験)

須藤裕介*, 山田真之

Studies of Environmental Conditions on the Macrothalli Germination and the Growth of *Cladosiphon okamuranus* I

Yusuke SUDO* and Saneyuki YAMADA

オキナワモズクの芽出しと生長に及ぼす硝酸態窒素と水温の影響について試験を行った。その結果、オキナワモズクの芽出し率に対する適正硝酸態窒素濃度は0~50 μM の範囲、また直立藻体生長試験では0~100 μM の範囲であった。一方、直立藻体は150 μM 以上の濃度で培養すると断片化した。また、芽出し率に対する適正水温は15~25°Cの範囲で、20°Cで最も良かった。同様に、直立藻体生長試験でも15~25°Cの範囲で生長し、20°Cで最も良いことが示された。今後は、芽出しに対する光強度、水温、そして栄養塩の複合的な要因についても調査し、育苗技術の改良を検討する。

目 的

オキナワモズクの養殖生産量は、2000~2007年の間に11,705~21,023tと大きく変動しており（モズク養殖業振興協議会調べ 2007）、それに伴う単価の乱高下が問題となっている。そのため、漁業関係者からは生産安定のための技術開発が強く求められている。

オキナワモズク生産の不安定要因の一つとしては、種付けから芽出しにかけての養殖初期の生育の良否に大きく起因すると考えられている。このことから、生産の安定化を目指す為には、養殖初期に盤状体から直立藻体を形成する（芽出し）機構を明らかにした上で、採苗や育苗技術を改良していく必要がある。当真（2001, 2004）、諸見里（2004）は養殖漁場における調査から、芽出しの要因は水温の変化、陸水からの栄養塩類、そして潮流による網の揺れに関係することを挙げている。しかし、もずく類の芽出しに及ぼす環境要因の影響についての実験的な検証はほとんどない。そこで、本研究では人工環境下におけるオキナワモズクの芽出しに及ぼす環境要因を明らかにすることを目的とし、今年度は栄養塩と水温の影響について試験を行った。

また、もずく類の養殖技術開発では、高水温や日照不足に強い優良種苗の育種技術の開発が要望されている。今後育種に向けた取り組みを行うためには、人工環境下で種苗の評価を行う必要がある。そこで、人工環境下における藻体の培養技術を確立するため、芽出し後の直立藻体の適正培養条件について検討を行った。

材料及び方法

1) 芽出しと生長に及ぼす栄養塩の影響

試験に供したオキナワモズク盤状体は、2006年3月に南城市玉城新原沖の天然藻体から採取したものをを用いた。培地には、Von Stosch's Enriched Seawater Medium (以下、VSE培地)を使用し、適宜添加する硝酸態窒素濃度を調整した。また、N:P比は30:1になるよう調整した。光量子量 (PPFD) の測定には球面光量子計 (LI-COR Spherical Sensor) を使用した。試験は人工気象器を使用し、以下の条件で芽出し試験と直立藻体の生長試験を行った。

予備培養 培養容器には角形ポリプロピレン容器 (380 x 300 x H150 mm) を使用し、硝酸態窒素を300 μM に調整したVSE培地5Lを注いだ。容器の底には、PET素材の採苗板 (76 x 26 mm) 15枚を配置し、採苗板1枚当たり遊走子200~300個を着生させた。着生後は盤状体を育成させるため、光量子量100 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、水温25°Cの条件で23日間通気培養した。23日目には採苗板上の盤状体を観察し、直径約300 μm に生長した盤状体15個体を選び、その他の盤状体はこすって除去した採苗板を試験に供した。

芽出し試験 試験には1L三角フラスコを使用した。試験区はVSE培地の硝酸態窒素濃度を調整し、0, 50, 100, 150, そして300 μM の計5区を設けた (各区n=3)。各試験区には前述の予備培養した採苗板を1枚ずつ収容した。試験区の水温は25°C、光量は500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ に設定した。通気はフラスコ底面から緩やかに行い、換水は週3回の頻度で行った。

測定は、試験開始後7日目に全ての盤状体を採苗板からこ

* Email: sudouysk@pref.okinawa.lg.jp

すり落とし, その内で5mm以上の直立藻体を計数し, 芽出し率を算出した.

芽出し率 (%) = 芽出した盤状体 (個) / 全盤状体 (個)

試験期間は, 2007年11月30日~2007年12月7日の7日間であった.

直立藻体の生長試験: 芽出した直立藻体から5個体を選び, 1Lフラスコに収容して培養試験を行った. 通気はフラスコ底面から緩やかに行い, 換水は週3回の頻度で行った. 測定は, 7~14日おきに藻体の主枝長を計測した. また, 8~11日目と15~18日目の換水前後には培地の硝酸態窒素量を調べた. 試験期間は, 2007年11月30日~2008年2月18日の81日間であった.

2) 直立藻体の初期生長に及ぼす水温の影響

予備培養: 供試種苗, 培養容器, そして遊走子の着生は前述の試験1)と同様に行った. 着生後は盤状体を育成するため, 光量子量 $100 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 水温 25°C の条件で16日間通気培養した. 16日目に採苗板上の盤状体を観察し, 直径約 $300 \mu \text{m}$ 生長した20個体を選び, その他の盤状体はこすって除去した採苗板を試験に供した.

芽出し試験: 試験には1L三角フラスコを使用した. 試験区は人工気象器の温度を調整し, 10, 15, 20, 25, そして 30°C の計5区 (n=3) を設けた. 各試験区には前述の前処理した採苗板を1枚ずつ収容した. 光量子量は $175 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ に設定した. 通気は容器の底から緩やかに行い, 換水は週3回の頻度とした. 試験開始後13日目には, 全ての盤状体を採苗板からこすり落とし, その中で5mm以上の直立藻体を計数し, 芽出し率を算出した.

芽出し率 (%) = 芽出した盤状体 (個) / 全盤状体 (個)

試験期間は2008年3月21日~4月3日の計13日間であった.

盤状体の発生と着生量の観察: 各区の盤状体の発生と着生

量を調べるため, 開始13日目の採苗板に着生していた盤状体の個数と大きさを測定した.

直立藻体の生長試験: 13日目に採苗板から芽出した直立藻体から5個体を選び, 1Lフラスコに収容して培養試験を行った. 通気はフラスコ底面から緩やかに行い, 換水は3回/週の頻度で行った. 生長は, 試験開始後23日目に藻体の主枝長を計測した. 試験期間は, 2008年3月21日~4月13日の23日間であった.

結果及び考察

1) 直立藻体の初期生長に及ぼす栄養塩の影響

芽出し試験: 開始7日目における芽出し率を図1に示した. 芽出し率は $50 \mu \text{M}$ で75.6%と最も高く, 次いで $100 \mu \text{M}$ で66.0%, $150 \mu \text{M}$ で64.4%, $0 \mu \text{M}$ で平均57.2%, $300 \mu \text{M}$ で51.1%の順で, 硝酸態窒素濃度が高くなるに従い漸減した. このことから $0 \sim 300 \mu \text{M}$ の範囲では $50 \mu \text{M}$ の芽出し率が最

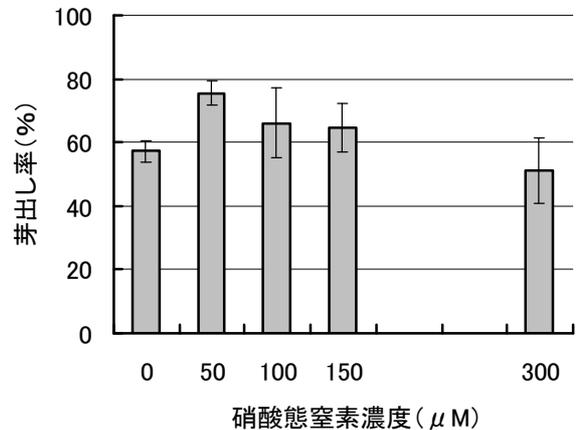


図1 硝酸態窒素濃度別の芽出し率 (n=3)

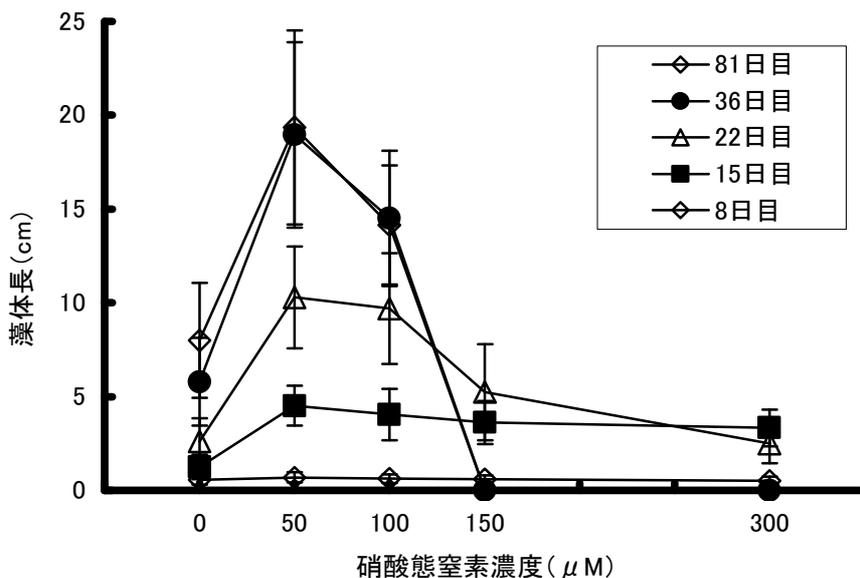


図2 硝酸態窒素濃度別培養試験の経過 (n=15)

表 1. 各試験区における窒素吸収量の変化

硝酸態窒素濃度 (μM)	窒素吸収量 (%)		
	8~11日目	15~18日目	23~26日目
0	88.4	97.5	98.8
50	96.8	99.8	99.5
100	59.0	99.9	99.9
150	17.2	100.0	99.9
300	-2.8	72.4	67.1

も良かった。しかし、各区の直立藻体の状態を観察すると、 $0\mu\text{M}$ の藻体は採苗板に強く固着しているのに対し、 $50\mu\text{M}$ では剥がれやすかった。また、 $100\mu\text{M}$ 以上の区では栄養塩濃度が増加するに従い、藻体の固着力が弱くなる傾向が認められた。

以上のことから、芽出しに及ぼす適正硝酸態窒素濃度は $0\sim 50\mu\text{M}$ の間であると推定した。また、勝俣ら(1987)が行ったオキナワモズク漁場の栄養塩濃度の調査では、硝酸態窒素濃度は $1.11\sim 17.80\mu\text{M}$ であったことから、本研究の推定値 $0\sim 50\mu\text{M}$ の間に適正硝酸態窒素濃度があると示唆された。一方、オキナワモズク盤状体の形成を促すため $300\sim 600\mu\text{M}$ が良いことが報告されている(諸見里2001)。このことから、芽出しの適正濃度は、盤状体の形成の最適濃度より低いと思われる。

直立藻体の生長試験：硝酸態窒素濃度別培養試験の経過を図2に示した。各区の藻体長は8日目では $0.6\sim 0.7\text{mm}$ と差がなかった。15日目には $0\mu\text{M}$ で $1.3\pm 0.7\text{cm}$ だったのに対し、 $50\mu\text{M}$ 区で $4.5\pm 1.1\text{cm}$ 、 $100\mu\text{M}$ では $4.0\pm 1.4\text{cm}$ 、 $150\mu\text{M}$ で $3.6\pm 1.2\text{cm}$ 、そして $300\mu\text{M}$ で $3.3\pm 1.0\text{cm}$ と $50\mu\text{M}$ 区で最も生長が良く、栄養塩濃度が高くなるに従い生長が悪くなる傾向が観られた。22日目には $150\mu\text{M}$ と $300\mu\text{M}$ で藻体の断片化が観察され、36日目までに藻体は完全に消失した。終了時の81日目には、 $0\mu\text{M}$ で $8.0\pm 3.0\text{cm}$ 、 $50\mu\text{M}$ で $19.3\pm 5.2\text{cm}$ 、そして $100\mu\text{M}$ で $14.1\pm 3.2\text{cm}$ となった。この時の藻体の外観を観察すると、 $0\mu\text{M}$ と $50\mu\text{M}$ では藻体が正常に生長していたのに対し、 $100\mu\text{M}$ では藻体の若干の断片化が観られた。また、各試験区における窒素吸収量の変化を表1に示した。8~11日目の硝酸態窒素吸収量に対し、15~18日目と23~26日目の吸収量は大幅に増加し、 $0\sim 150\mu\text{M}$ 区で97%以上が吸収されていた。

以上のことから、オキナワモズク直立藻体の培養に適した硝酸態窒素濃度は $0\sim 100\mu\text{M}$ の範囲であることがわかった。一方、 $0\mu\text{M}$ では生長が劣り、 $100\mu\text{M}$ では断片化が観られたことから、 $100\mu\text{M}$ 以下の条件で最適濃度を再検討する必要がある。また、 $150\mu\text{M}$ 以上では直立藻体が断片化し消失したことから、生育限界は $100\sim 150\mu\text{M}$ にあると推定できた。

一般的な藻類培養液であるPES培地の硝酸態窒素濃度は $824\mu\text{M}$ である(Provasoli 1968)。また、沖縄本島から採集したタネガシマアマノリ葉体の培養には、硝酸態窒素を $200\mu\text{M}$ と $1000\mu\text{M}$ に調整したSWMⅢ培地を使用している

(MFujiyoshi and Kikuchi, 2006)。しかし、オキナワモズク直立藻体は $100\mu\text{M}$ 以上の濃度で断片化が始まり、 $150\mu\text{M}$ 以上で完全に消失した。このことから、オキナワモズク直立藻体の培養における適正硝酸態窒素濃度は、一般的な海藻類より低いことが明らかとなった。

また、本研究の芽出し試験での適正範囲は $0\sim 50\mu\text{M}$ であったのに対し、直立藻体の生長試験では $0\sim 100\mu\text{M}$ の範囲を示した。各試験区の硝酸態窒素吸収量は、15日目以降大幅に増加していたことから、藻体の生長に伴い吸収量が大きくなり、適正範囲が変化したと考えられた。

以上のように、オキナワモズクの直立藻体培養における適正窒素濃度は $0\sim 100\mu\text{M}$ の範囲と判断した。しかし、今後人工環境下で種苗別の生長評価を行うためには $100\mu\text{M}$ 以下の詳細な適正条件を明らかにする必要がある。

2) 直立藻体の初期生長に及ぼす水温の影響

芽出し試験：開始13日目における芽出し率を図3に示した。芽出しは $15\sim 25^\circ\text{C}$ の範囲で確認した。芽出し率は、 20°C で71.7%と最も良く、次いで 15°C の45.0%、 25°C 区の36.7%の順であった。それに対し、 10°C では全く芽出しが見られなかった。一方、 30°C では盤状体から同化糸が伸び、芽出しの傾向を示しつつも、その後同化糸が黒ずみ断片化し、芽出しに至らなかった。

以上の結果、オキナワモズクは $15\sim 25^\circ\text{C}$ の範囲で芽出しすることが明らかとなり、中でも 20°C で最も良いことが示された。また、オキナワモズク芽出しは一般的に10月中旬から11月上旬(海水温 25°C 前後)の時期に観察され(当真2001)、本試験でも同様な傾向を確認した。さらに試験結果から、藻体は 15°C の低水温下でも芽出しすることが示された。

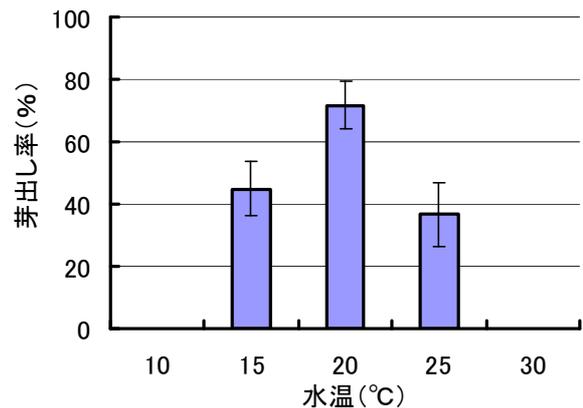


図3 水温 $10\sim 30^\circ\text{C}$ 範囲でのオキナワモズクの芽出し率 (n=3)

盤状体の発生と着生量の観察：新たに形成された盤状体数は、 10°C 区で $0.3\text{個}/\text{cm}^2$ とほとんどなかったのに対し、 15°C 区で $16.1\text{個}/\text{cm}^2$ 、 20°C 区で $35.8\text{個}/\text{cm}^2$ 、 25°C 区で $34.6\text{個}/\text{cm}^2$ 、そして 30°C 区で $76.1\text{個}/\text{cm}^2$ と水温が高いほど着生量が

多い傾向を示した (図4).

以上のことから, オキナワモズクの盤状体は15~30°Cの範囲で着生し, 10°Cではほとんど着生しなかった. 新村(1977)は盤状体の発生と生長について, 10~30°Cの範囲で試験を行い, 10°Cでは着生しなかったとしており, 本試験と一致した. しかし新村(1977)は同試験で, 25°Cで最も着生量が多いことを観察しているのに対し, 本試験では30°C区で最も着生が多かった.

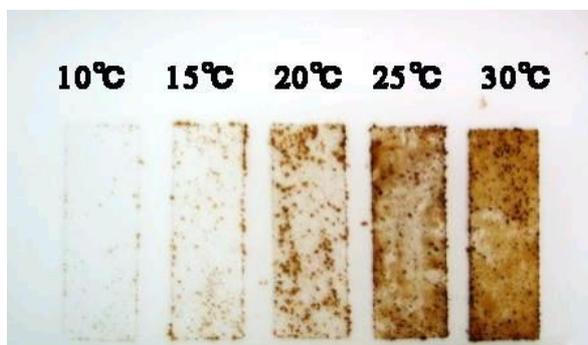


図4 盤状体が着生した採苗板の様子 (試験13日目)

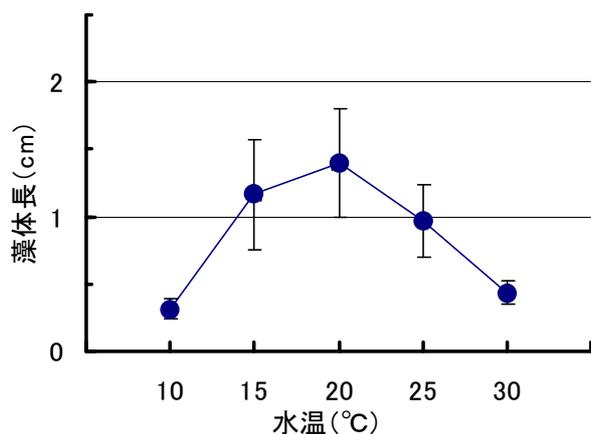


図5 23日目における藻体の生長 (n=15)

直立藻体の生長試験: 23日目における藻体の生長を図5に示した. 直立藻体の生長は, 20°Cで 1.4 ± 0.4 cmと最もよく, 次いで15°Cで 1.2 ± 0.4 cm, 25°Cで 1.0 ± 0.3 cmの順であった. 0°Cと30°Cでは, 藻体長が5mm以下と直立藻体までには至らなかった.

以上のことから, オキナワモズク直立藻体は15~25°Cの範囲で生長し, 20°Cで最も良いことがわかった. 当真(2001)はモズクの生長の適水温が19.2~20.2°Cと示唆し, 本試験と一致した. 今後は, 生長の上限と下限について, 詳細な条件で検討する必要がある.

今後の課題

水温, 光強度, そして栄養塩濃度について, 詳細な条件設定で試験を行う. また, 複合的な要因についても検討する.

文献

- 勝俣亜生, 瀬底正武, 1989: オキナワモズク養殖漁場環境調査, 昭和62年沖縄県水産試験場事業報告書, 187-190
- 当真 武. 褐藻オキナワモズクの生育環境と養殖. 沖縄県海洋深層水研究所特別報告第1集. 2001; 8-56.
- 当真 武. 沖縄のモズク類養殖の発展史—生態解明と養殖技術. 有用海藻誌 (大野正夫編著). 2004; 380-410.
- 諸見里 聡, 2001: オキナワモズク盤状体のフリー化及び施肥効果試験, 平成11年度沖縄県水産試験場事業報告書, 125-129.
- 諸見里 聡, 2002: モズク藻体の室内育成と糸状体培養, 平成12年度沖縄県水産試験場事業報告書, 133-136.
- 諸見里 聡, 2004: 養殖漁場を形成する環境要因に関する研究, 平成15年度航空写真解析によるモズク漁場調査報告書, 29-34.
- MFujiyoshi and Kikuchi, 2006: Growth of excised pieces containing elongated denticles from the lower marginal parts of *Porphyra tanegashimensis* and *P. hantaniensis* gametophytes, Bull. Fish. Res. Agen. No.16, 9-13.