

オキナワモズク採苗時における盤状体生育の下限水温の検討 (オキナワモズク選抜育種試験)

須藤裕介*, 山田真之

Lower critical temperature on the growth of the discoidal micro thalli in *Cladosiphon okamuranus* seeding

Yusuke SUDO* and Saneyuki YAMADA

オキナワモズクの採苗時における下限水温を明らかにするため、フリー盤状体および母藻を用い、採苗板への盤状体生育個体数に及ぼす水温、光量および培地による影響を室内培養下で調べた。その結果、水温15.0℃では、光量 $20 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、 $60 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ とも盤状体の生育が認められたものの、12.5℃以下では両光量下とも生育が認められなかった。その傾向は母藻採苗、フリー盤状体採苗とも同様であった。また、異なる3種類の培地を用いても12.5℃以下では盤状体の生育が認められなかった。以上のことから、オキナワモズクの採苗時における盤状体生育の下限水温は12.5～15.0℃の範囲にあることを明らかにした。

オキナワモズクの養殖では、11月から翌年2月頃にかけて、天然海域で採取した母藻や室内培養したフリー盤状体を養殖網と一緒に陸上タンクに収容し採苗を行う。採苗では、母藻や盤状体から放出される遊走子を養殖網に着生させ、網上に盤状体を育成する。一方、養殖現場での観察では、1～2月に採苗した養殖網は芽だしが悪く、その一因として水温の低下が採苗とその後の生育に悪影響を及ぼしたことが示唆されている(石川・與那嶺, 2008)。この時期の試験採苗タンクの水温を確認したところ、低い時には約10℃まで低下していた。一方、新村(1976)は、奄美大島から得た母藻を用いて室内採苗試験を行い、水温10℃と15℃では盤状体がほとんど生育しないことを観察している。しかし、沖縄県産の母藻とフリー盤状体の両者を用いた採苗時の詳細な下限水温はこれまで報告されていない。また、光量は盤状体の生長に、栄養塩組成は生殖や遊走子の放出量に影響を及ぼすことが示されていることから(Lobban and Harrison, 1994)、今後低水温時の採苗改善を図るためには、水温、光量および栄養塩の関係を明らかにする必要がある。そこで、本研究ではフリー盤状体および母藻を用い、室内培養下における盤状体生育の下限水温ならびに光量と培地の影響を調べた。

材料と方法

試験区は人工気象器(サンヨー Growth Cabinet)を使用し、水温5, 10, 12.5, 15, 20℃の4段階、光量20, 60 μmol

$\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の2段階(前者を低光量区、後者を高光量区とする)を組み合わせた計8条件を設け、次の3試験を実施した。

試験1 母藻を用いた採苗の下限水温の検討

採苗は伊是名島の漁場で養殖していた藻体(H-20株)を母藻として用いた。60% PESを満たした1Lフラスコに採苗板(PET製 25 x 75mm)をつり下げた後、母藻を3gを投入し、底面から穏やかに通気して培養を開始した。培養期間は14日間とした。培養後の採苗板を顕微鏡下で無作為に10カ所を観察し、一視野(0.3mm²)に発芽した直径10-50 μm の盤状体(10 μm は遊走子から4分割した盤状体に相当)と50 μm 以上の盤状体の生育個体数を計測し、単位mm²当りの個体数に変換した。また、試験終了時に採苗板に盤状体の生育が認められなかった5, 10, 12.5℃の試験区については、各々20℃に昇温してさらに2週間培養し、盤状体が再び着生・生育するかを観察した。

試験2 フリー盤状体を用いた採苗の下限水温の検討

採苗は水研センターの0.5Lフラスコで浮遊培養中のフリー盤状体(H-20株)を用いた。60% PESを満たした1Lフラスコに採苗板をつり下げた後、フリー盤状体を投入し、底面から穏やかに通気して培養を開始した。培養期間、培養後の観察と測定は試験1と同様とした。また試験終了時には、採苗板に盤状体の生育が認められなかった5, 10, 12.5℃の試験区を各々20℃に昇温してさらに2週間培養し、盤状体が再び着生・生育するかを観察するとともに、投入したフリー盤状体の中性複子嚢の形成状態、および遊走子の放出痕の有無を顕微鏡で観察した。

* E-mail: sudouysk@pref.okinawa.lg.jp 本所

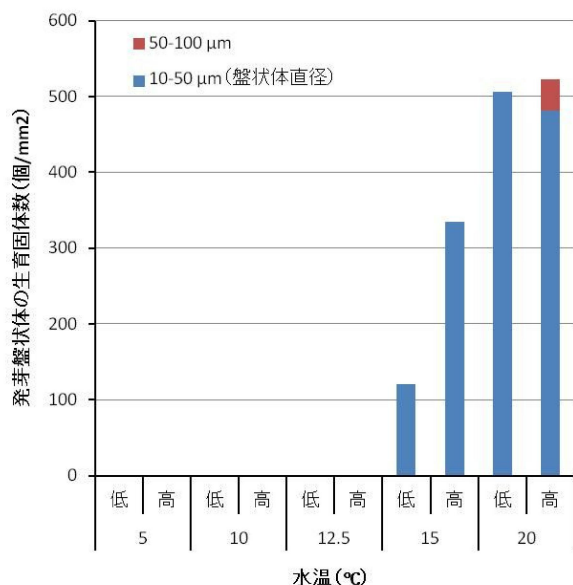


図1 母藻採苗における盤状体の生育個体数に及ぼす水温と光量の影響 グラフ横軸の低は低光量区 ($20 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)、高は低光量区 ($20 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) を示す。 $n=10$

表1 試験1終了後に5, 10, および15°C区を20°Cへ昇温してさらに2週間培養し、採苗板上の盤状体の生育量を観察した結果
-: 0~10 個/mm², +: 10~100 個/mm², ++: 100 個/mm²以上

試験 I		水温 (°C)		
		5 → 20	10 → 20	12.5 → 20
光量	20	-	+	++
($\mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	60	-	+	++

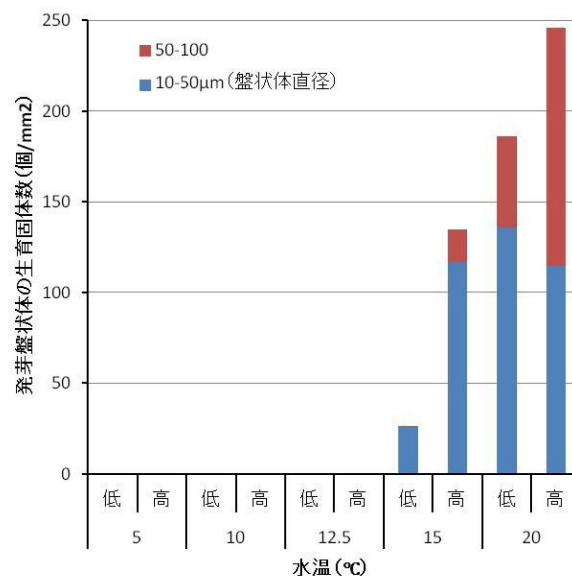


図2 フリー盤状体採苗における採苗板上での盤状体の生育個体数に及ぼす水温と光量の影響 グラフ横軸の低は低光量区 ($20 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)、高は低光量区 ($20 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) を示す。 $n=10$

表2 試験2終了後に5, 10, および15°C区を20°Cへ昇温してさらに2週間培養し、採苗板上の盤状体の生育量を観察した結果
-: 0~10 個/mm², +: 10~100 個/mm², ++: 100 個/mm²以上

試験 II		水温 (°C)		
		5 → 20	10 → 20	12.5 → 20
光量	20	-	+	+
($\mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	60	-	+	++

試験3 盤状発芽体生育の下限水温に及ぼす光量と培地の影響

培地には60% PES, VSE, 40%KW(第一製網)を用いた。採苗は水研センターの0.5Lフラスコで浮遊培養中のフリー盤状体 (H-20株) を用いた。各培地を満たした1Lフラスコに採苗板つり下げた後にフリー盤状体を投入し、底面から穏やかに通気して培養を開始した。培養期間、測定方法は、試験1、試験2と同様とした。

結果

試験1 母藻を用いた採苗の下限水温の検討

母藻採苗による盤状体の生育個体数は、いずれの光量下でも12.5°C以下の試験区では全く確認されず、また15°C区よりも20°C区で多かった (図1)。盤状体数は15°Cでは光量の影響を大きく受け、低光量区では120個/mm²、高光量区では335 個/mm²と約3倍の違いが認められた。一方、20°Cでは光量の違いの影響は少なく、盤状体数は低光量区で506(506 + 0) 個/mm²、高光量区で522 (480+42) 個/mm²とほぼ同量であった (カッコ内は各々、

直径10~50 μmと50~100 μmの盤状体数:以下同様に記述)。しかし、20°C区における50 μm以上の大型盤状体は低光量区 0 個/mm²、高低光量区 42 個/mm²と、高光量区で大型の盤状体が顕著に多く見られた。

また、試験終了後に盤状体の着生が認められなかった5°C、10°Cおよび12.5°Cの低水温区を、20°Cに昇温した結果、10°Cと12.5°Cで採苗板に再び盤状体の着生が認められ (表1)、12.5°C区から昇温した区の盤状体着生個

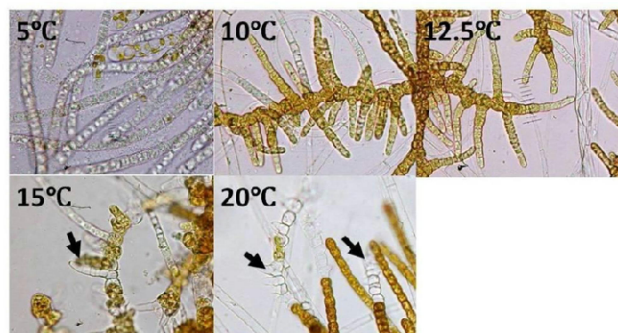


図3 投入したフリー盤状体に形成された中性複子嚢の様子 (培養開始2週間後) 矢印: 遊走子の放出痕

体は、10℃のそれより多い傾向が見られた。一方、5℃から昇温した区では、着生は認められなかった。

試験2 フリー盤状体を用いた採苗の下限水温の検討

フリー盤状体を用いた採苗でも盤状体の生育は、12.5℃以下の試験区で全く確認されず、また20℃区では15℃区より多い結果が得られた(図2)。盤状体数は15℃では光量の影響を大きく受け、低光量区で25(25+0) 個/mm²、高光量区で135(117+18) 個/mm²と約5倍の違いが認められた。一方、20℃では光量の違いの影響はやや小さく、盤状体数は低光量区で187(136+51) 個/mm²、高光量区で247(115+132)個/mm²と1.3倍の違いであった。一方、50 μm以上の大型盤状体数は、15℃の低光量区では0.3 個/mm²であったのに対し、高光量区では18.1 個/mm²と顕著に多く、また20℃下の低光量区では51個/mm²であったのに対し、高光量区では132個/mm²と、高光量区で大型の盤状体が顕著に多く見られた。

さらに試験終了後、試験 I と同様に盤状体の着生が認められなかった5℃、10℃および12.5℃の低水温区を、20℃に昇温した結果、10℃と12.5℃で採苗板に再び盤状体の着生が認められ、12.5℃区から昇温した区の盤状体着生個体は、10℃のそれと同じか、多い傾向が見られた(表2)。また、5℃から昇温した区では、着生は認められなかった。投入したフリー盤状体の観察からは、15、20℃では中性複子嚢の形成と遊走子の放出跡が認められた。しかし、10℃および12.5℃では中性複子嚢の形成が認められたものの、放出跡は認められず、5℃では細胞の一部が緑化し死滅していた(図3)。

試験3: 発芽盤状体生育の下限水温に及ぼす光量と培地の影響

盤状体の生育個体数は、60%PES、VSE、40%KWの3種類の培地とも12.5℃以下では全く認められず、15℃区よりも20℃区で多かった(図4) また、低光量区の水温15℃における盤状体の生育個体数は、60%PESで7(7+0) 個/mm²、VSEで6(6+0) 個/mm²とほぼ同水準であったのに対し、40%KWでは26(26+0)個と約4倍多く見られた。また、20℃区では、40%KWで98(98+0) 個/mm²と最も多く、次いでVSEで74(74+0) 個/mm²、PESで41(39+2) 個/mm²の順であった。一方、高光量区の水温15℃における生育個体数は、60%PESで11(11+0) 個/mm²、VSEで11(11+0) 個/mm²と同水準であったのに対し、40%KWでは18(18+0) 個と若干多く見られた。20℃区では、VSEで152(142+10) 個/mm²と最も多く、次いで40%KWで82(52+30) 個/mm²、PESで64(52+12) 個/mm²の順であった。この時、40%KWの盤状体個体数はVSEのそれより少なかったが、大型の盤状体が多く認められた。また、水温20℃における低光量区、高光量区の盤状体の生育個体数を比較すると、60%PES、VSEとも高光量区で多かった。一方、40%KWの生育個体数は両光量区ともほぼ同水準であったものの、個体のサイズを比較すると高光量区ほど大きい傾向が認められた。

考 察

本研究の結果、母藻とフリー盤状体のいずれを用いた場合でも水温15℃を境として、それ以上では採苗可能であるが、12.5℃以下では全く採苗できないことが示された。また15℃よりも20℃の方がより採苗できる結果となった。新村(1976)は、室内試験で奄美産の天然母藻を用いて中性遊走子の着生密度に及ぼす光量と水温の影響

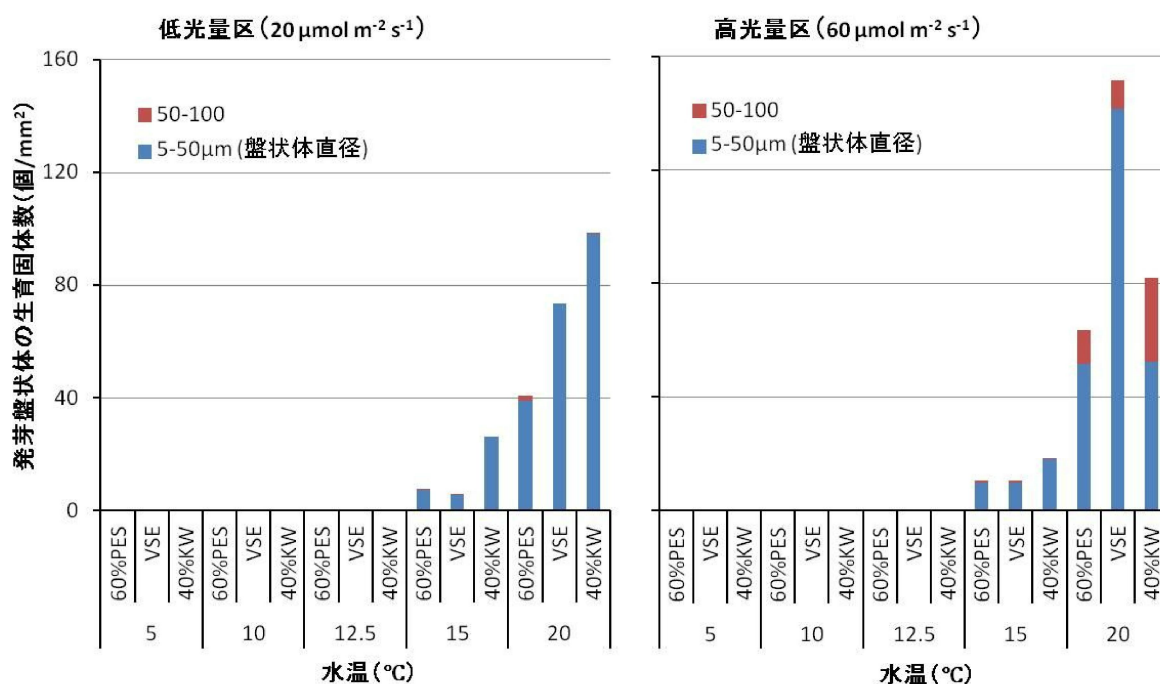


図4 盤状体の生育個体数に及ぼす光量、水温および培地の影響 n=10

を調べ、光量1,500lux (約 $20 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)、試験24時間後では20℃、25℃で遊走子着生が認められたのに対し、10、15、30℃では着生が認められず、15日後わずかに着生したことを観察している。沖縄産の天然母藻を用いた本試験でも、水温15℃での盤状体の生育個体数は、20℃のそれに比べ著しく低かったことから、新村の研究結果と概ね一致した。さらに本研究の結果、盤状体は12.5℃以下では着生しないことが新たに示された。このとき、10℃と12.5℃から20℃に昇温した母藻からは遊走子の再放出が認められ、5℃から20℃に昇温した場合は認められなかったことから、母藻の生殖機能は5℃では死活し、10～12.5℃下では維持されることが考えられた。また、養殖現場からの聞き取りでは、母藻とフリー盤状体には採苗の下限水温に差があることが観察されている。しかし、本試験の水温条件では、母藻とフリー盤状体とも下限水温に差異は認められなかったことから、両者の遊走子放出と盤状体生長の水温特性は概ね一致すると考えられた。

本試験では水温と共に光量や培地条件を変え、盤状体の着生個体数を比較したが、各条件とも12.5℃以下では盤状体が生育せず、光量や培地による下限水温の差異は認められなかった。緑藻の*Ulva lactuca*、褐藻の*Lesonia nigrescens*等の研究では、栄養塩組成は生殖や遊走子の放出量に影響することが示されている(Lobban and Harrison 1994)。しかし3種類の培地を用いた本研究の結果から、栄養塩組成がオキナワモズク盤状体生育の下限水温に及ぼす影響は小さいと考えられた。一方、VSE培地や40%KW培地の盤状体の生育個体数は60%PESよりも多かったことから、水御15℃以上では培地の種類を検討することにより多くの盤状体を採苗できる可能性が示された。また、水温20℃において低光量区($20 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)と高光量区($60 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)の盤状体の直径を比較すると、高光量区で多数かつ大型の個体が多く見られたことから、光量を調整することにより遊走子の放出と盤状体の生長が促進する可能性が示唆された。

一方、試験3の60%PES培地区の試験条件は試験2と同様に設定しているのに対し、試験3の盤状体の生育個体数は試験2のその半分以下となった。盤状体の生育個体数

は、投入する母藻やフリー盤状体に形成される中性複子嚢量とそこから放出される中性遊走子数に関係すると考えられ、試験3で投入したフリー盤状体の中性複子嚢の形成量は試験2のそれよりも少なかったと推察された。中性複子嚢の形成は、投入前のフリー盤状体の生育密度や栄養塩濃度により影響を受けると考えられ、それらの条件検討は今後の課題として残された。さらに、最近の研究ではオキナワモズクの株(品種)の種類によって藻体の形質が異なることが示されている(Sudo et al., 2011)。株の種類によっては遊走子放出の下限水温が異なることが予想され、今後の研究が必要である。

以上の結果、オキナワモズクの採苗時における盤状体は水温12.5℃で着生せず、その下限水温は12.5～15.0℃の範囲にあることを明らかにした。1～2月の沖縄の最低気温は10℃前後で(気象庁統計情報)、露天に置かれた採苗水槽の水温は気温と同じ温度まで低下する。本試験結果、母藻採苗あるいはフリー盤状体採苗とも、光量や培地の条件に関わらず、12.5℃以下では採苗できないことが明らかになったことから、採苗水槽の水温は15℃以上に保つ必要があると考えられた。

文 献

- 石川貴宣, 與那嶺盛次, 2008: オキナワモズク種付け密度試験及び養生環境調査, 水産業改良普及事業活動実績報告書, p51-59.
- 気 象 庁 ホ ー ム ペ ー ジ <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 新村巖, 1976: オキナワモズクの養殖に関する基礎的研究. 鹿児島県水産試験場紀要第11集, pp64.
- Lobban CS, Harrison PJ, 1994 Seaweed Ecology and Physiology, Cambridge University Press, Cambridge, London: 163-209.
- Sudo Y, Yamada S, Notoya M, 2011: Comparison of morphological Characteristics on three cultivars of *Cladosiphon okamuranus* Tokida(chordariaceae, Phaeophyceae) from Okinawa, Japan. The 6th Asian Pacific Phycological Forum Abstracts: 198.