

# 岡山県の浮き流し養殖漁場における養殖ノリの高水温適応育種素材の特性 (2019年度)

清水 泰子・草加 耕司

Characteristics of a Nori *Pyropia yezoensis* Breeding Line with High Water Temperature Tolerance in the Floating Culture Ground of Okayama Prefecture (during Fiscal Year 2019)

Yasuko SHIMIZU and Koji KUSAKA

近年、秋季の高水温によるノリ *Pyropia yezoensis* 養殖への悪影響が全国的な課題となっており、高水温に適応した養殖品種の作出および改良が進められている。これらの取組の一つとして、農林水産技術会議による委託プロジェクト研究により、国立研究開発法人（以下、国研）水産研究・教育機構が高水温に適応した育種素材を開発した<sup>1)</sup>。また、岡山県水産研究所においても2017年度に選抜育種により高水温に適応した育種素材を開発した。これらのノリ育種素材について、将来的な養殖品種としての活用を念頭に、2018年度に続き、本県海域の浮き流し養殖漁場において特性評価試験を行った。

## 材料と方法

**採苗** 供試株は、（国研）水産研究・教育機構が開発した高水温適応育種素材6C、6Cの元品種であるアオクビ、岡山県水産研究所が開発したOY-D、そして対照品種としてU-51を用いた。2019年5月11日にそれぞれの株のフリー糸状体をカキ殻に散布し、屋内水槽で常法により垂下培養して育成、成熟させた。10月7日から18日の間に、屋外水槽で水車式採苗法により5枚重ねにしたノリ網（㈱日東製網製1.6×21.3m）に殻胞子を採苗し、屋内水槽で約6時間静置培養した後、水分を除きポ

リエチレン袋に入れて-20℃で試験開始まで冷凍保存した。採苗時の殻胞子付着数は、網糸2.2mmの長さに対し50~60個を目安とした。

養殖試験は、本県瀬戸内市地先で浮き流し式養殖が行われている漁場において実施した（図1）。特性の評価については、現在行われている養殖の実態に沿った育成管理を行うことが望ましいことから、養殖施設の設置、ノリ網の育成管理等の養殖作業は、区画漁業権を管理する牛窓町漁業協同組合に依頼した。

**水質環境** 育苗期および養成期を通じ、試験期間中の水温は養殖漁場から約2kmの瀬戸内市地先に設置してある自動観測装置により測定した（図1）。葉体の採取時にはCTD（JFEアドバンテック社製ASTD687）を用いて試験場所の塩分を測定し、表層水を採取してオートアナライザー（BL-Tech社製QuAAtro2HR）により栄養塩濃度（溶存態無機窒素：DIN）を、蛍光光度計（ターナーデザイン社製10-AU型）によりクロロフィル *a* をそれぞれ測定した。

**育苗期** 10月26日に供試株ごとにノリ網を10枚重ねて漁場へ張り込み、育苗を開始した。育苗は開始日を第1日目として、OY-DとU-51は11月18日までの24日間、6Cとアオクビについては11月23日までの29日間行っ



図1 試験位置

た。育苗期間中は、原則として毎日、午前6時頃からノリ網をポンプで洗浄した後に2時間程度人工干出した。

育苗期間中は3、4日間隔で各供試株のノリ網から8cmの網糸をそれぞれ4本ずつ採取し、網糸2本に着生した葉体のうち30個体を選択して、形質を測定した。測定方法は、ノリ品種登録時の特性評価方法とされている、あさくさのり、すさびのりの栽培試験方法を改変して2013年に公表された野外養殖試験実施要領<sup>2)</sup>に準じた(表1)。また、ノリの幼芽を高水温下で培養した場合、波状隆起、肥厚、くびれ等の形態異常が生じることが知られている<sup>3,4)</sup>ことから、高水温に対する適応性の指標として葉体にくびれの生じた個体数の割合を測定した。

育苗終了後は、OY-DとU-51は脱水機にかけてノリ網から水分を除いた後に風乾し、ポリエチレン袋に入れて-20℃で5日間冷凍保存した後に、また、6Cとアオクビについては冷凍せずにそれぞれ養成漁場に張り込んだ。

**養成期** 11月23日に網を養殖区画に張り込み、養成を開始した。養成期間中は3～7日間隔で各供試株のノリ

網から8cmの網糸をそれぞれ4本ずつ採取し、育苗期と同様に葉長等を測定した(表2)。

測定値については、(株)社会情報サービスのエクセル統計を用いて統計解析を行い、有意水準0.05未満を統計的に有意として評価した。

養成期間中は、概ね10日間ごとに摘採船により葉体を摘採し、原則として摘採後に酸処理を行った。

## 結果と考察

**水質環境** 育苗開始時の水温塩分自動観測装置による水温は22.4℃で、平年値(1981～2010年、2m層)と比較すると0.8℃高かった。その後は停滞することなく低下したが、試験期間を通して高めに推移し、育苗期間中は1.2℃、養成期間中は1.3℃高かった(図2)。

試験期間中の養殖漁場の塩分は、30.6から32.0で推移した。同期間における水温塩分自動観測装置による過去10年の平均塩分(2008～2017年、0.5m層)は30.4から31.9で推移しており、試験期間中は平年並みであった(図3)。

表1 育苗期におけるノリ葉体の測定項目

形質	項目	時期	計測方法	統計検定方法
生長性	葉長	3、4日ごと	8cmの網糸2本に付着した葉体のうち、葉長10mm未満は無作為、10mm以上は長い側から30個体の葉長	Tukeyの方法による多重比較検定
	葉幅	育苗終了時	〃 葉幅	
葉形	葉長葉幅比(葉長/葉幅)	〃	〃 葉長葉幅比	-
	外形	〃	あまのり外形模式図を標準とした外形	
栄養繁殖性	単孢子発芽体量(二次芽/親芽)	〃	網糸2.2mmの長さに付着した親芽と単孢子発芽体数	χ <sup>2</sup> 二乗検定
健全性	形態異常個体率	3、4日ごと	8cmの網糸2本に付着した個体のうち30個体の形態異常発生個体率	

表2 養成期におけるノリ葉体の測定項目

形質	項目	時期	計測方法	統計検定方法
生長性	葉長	第1回摘採前	8cmの網糸2本に付着した葉体のうち長い側から30個体の葉長	Tukeyの方法による多重比較検定
	葉幅	〃	〃 葉幅	
葉形	葉長葉幅比(葉長/葉幅)	〃	〃 葉長葉幅比	-
	外形	〃	あまのり外形模式図を標準とした外形	
葉厚	葉厚	〃	無作為10個体の葉体の中央部の厚さ	Tukeyの方法による多重比較検定
葉色	色見本票	〃	無作為10個体をアマノリ葉状体の色調評価用の色見本票との照合	-
	L*a*b*表色系	第1、6回摘採前	無作為10個体を色彩色差計で各個体3か所測定	
収量性	重量	〃	8cmの網糸7本に付着した葉体の30分後湿重量から換算	Tukeyの方法による多重比較検定

DINは試験開始時に $3.7\mu\text{M}$ で11月12日に $15.4\mu\text{M}$ に上昇し、その後も12月5日まで $7.7\mu\text{M}$ と高めに推移したが、以降は減少し1月22日に色落ちが生じる目安である $3\mu\text{M}$ 以下となった(図4)。

クロロフィル $a$ は試験開始時に $4.8\mu\text{g/L}$ 、12月23日に $4.5\mu\text{g/L}$ と一時的に高かったが、概ね $2.0\mu\text{g/L}$ 以下で推移した(図5)。

## ノリ生育状況調査

**1. 採苗** 各供試株の採苗を行った結果、網糸 $2.2\text{mm}$ 当たりの殻胞子付着数は、6Cが50.2個、アオクビが50.1個、OY-Dが27.7個、U-51が42.1個であった。

**2. 育苗** 本試験では、11月18日(日齢24)時点が育苗終了として評価を行った。育苗終了時の特性調査結果を表3に示した。

理由は不明であるが育苗中にすべての株の芽数が減少し、育苗終了時の網糸 $2.2\text{mm}$ 当たりの芽数は6C、アオクビ、OY-D、U-51がそれぞれ15、10、22、43であった。栄養繁殖性は、それぞれ114、36、5、10%であったが、部分により値のばらつきが大きく株間の値に有意差はなかった。また、昨年度試験<sup>6)</sup>でほとんど二次芽放出のなかったアオクビで二次芽が見られた。

育苗終了時の6C、アオクビ、OY-D、U-51の平均葉長はそれぞれ14.2、21.0、64.5、32.8mmで、OY-D、U-51、

アオクビ、6Cの順に葉長が大きかった(図6)。

葉幅は6C、アオクビ、OY-D、U-51がそれぞれ1.2、1.5、1.7、1.7mmで6Cは他3株より小さかった。葉長葉幅比はそれぞれ12.6、14.2、38.8、19.2で、OY-D、U-51の順に6Cおよびアオクビより大きかった。葉形はすべて線状倒披針形であった。

育苗終了時の形態異常個体率は、6Cとアオクビがともに23%、OY-Dが40%、U-51が43%であり、6Cとアオクビで低い傾向にあるものの、各株間で有意な差は見られなかった(図7)。

育苗期間はノリ養殖において最も水温の高い期間であり、また、昨年度に続き今年度も試験期間中の水温は平年値と比較して高めに推移した<sup>6)</sup>。今回の試験では形態異常発生個体率に株間の差はなかったものの、OY-Dは育苗終了時に葉長が大きかったことから、他の3株と比較して高水温期の生長性が高いことが示唆された。

**3. 養成期** 12月5日の第1回摘採時(日齢41)の特性調査結果を表4に示した。第1回摘採時の平均葉長は6C、アオクビ、OY-D、U-51がそれぞれ92.1、92.0、211.6、154.7mmで、OY-D、U-51の順に6Cおよびアオクビよりも大きかった。葉幅は6C、アオクビ、OY-D、U-51がそれぞれ15.0、23.4、9.2、8.1mm、また、葉長葉幅比がそれぞれ6.8、4.4、25.3、20.2であった。葉幅はアオクビ、6Cの順にOY-DおよびU-51より大きく、葉長

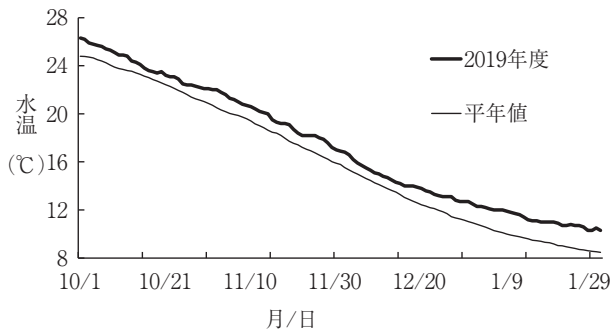


図2 試験海域近辺における水温の推移  
(水温・塩分自動観測装置 2m層)

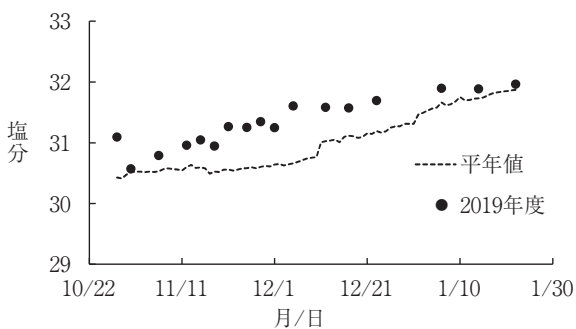


図3 試験期間中の養殖漁場における塩分の推移  
(平年値：水温・塩分自動観測装置 0.5m層)

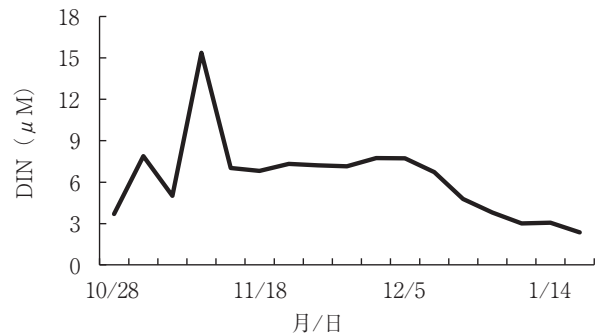


図4 試験期間中の養殖漁場におけるDINの推移

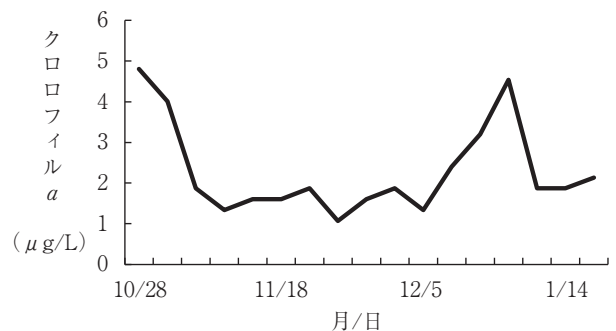


図5 試験期間中の養殖漁場におけるクロロフィル $a$ の推移

表3 育苗終了時におけるノリ葉体の特性調査結果

形質	項目	日齢	品種または育種素材の名称				備考
			6C	アオクビ	OY-D	U-51	
生長性	葉長 (平均値±標準偏差, mm)	24	14.2±3.7 <sup>d</sup>	21.0±7.8 <sup>c</sup>	64.5±14.0 <sup>a</sup>	32.8±5.1 <sup>b</sup>	
	葉幅 (平均値±標準偏差, mm)	〃	1.2±0.3 <sup>b</sup>	1.5±0.4 <sup>a</sup>	1.7±0.3 <sup>a</sup>	1.7±0.3 <sup>a</sup>	
葉形	葉長葉幅比 (平均値±標準偏差)	〃	12.6±3.3 <sup>c</sup>	14.2±4.9 <sup>c</sup>	38.8±9.9 <sup>a</sup>	19.2±3.3 <sup>b</sup>	
	外形	〃	線状倒披針形	線状倒披針形	線状倒披針形	線状倒披針形	-
栄養繁殖性	単孢子発芽体量 (二次芽/親芽, %)	〃	114	36	5	10	有意差なし
健全性	形態異常個体率 (%)	〃	23	23	40	43	有意差なし

異なるアルファベット間で有意差あり (p<0.05)

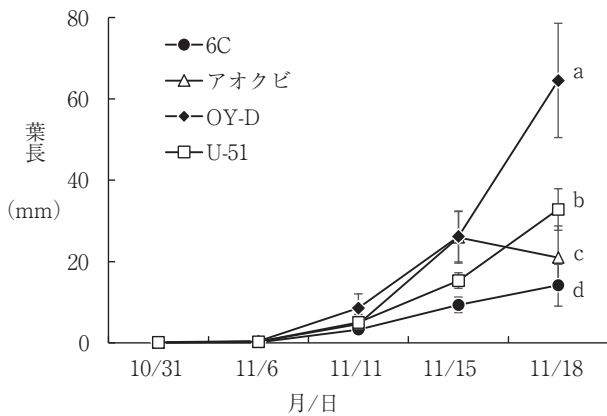


図6 育苗期間中のノリ葉長の推移  
異なるアルファベット間で有意差あり  
バーは標準偏差

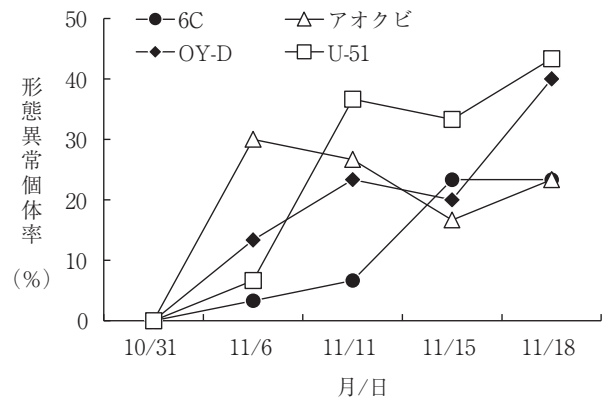


図7 育苗期間中のノリ葉体の形態異常個体率の推移

表4 養成期間中におけるノリ葉体の特性調査結果

形質	項目	日齢	品種または育種素材の名称				備考
			6C	アオクビ	OY-D	U-51	
生長性	葉長 (平均値±標準偏差, mm)	41	92.1±24.0 <sup>c</sup>	92.0±15.8 <sup>c</sup>	211.6±74.5 <sup>a</sup>	154.7±35.1 <sup>b</sup>	
	葉幅 (平均値±標準偏差, mm)	〃	15.0±4.5 <sup>b</sup>	23.4±7.8 <sup>a</sup>	9.2±3.2 <sup>c</sup>	8.1±2.3 <sup>c</sup>	
葉形	葉長葉幅比 (平均値±標準偏差)	〃	6.8±2.9 <sup>c</sup>	4.4±1.8 <sup>c</sup>	25.3±11.0 <sup>a</sup>	20.2±6.3 <sup>b</sup>	
	外形	〃	線状倒披針形	線状倒披針形	線状倒披針形	線状倒披針形	-
葉厚	葉厚 (平均値±標準偏差, μm)	〃	17.9±1.5 <sup>b</sup>	18.3±2.4 <sup>ab</sup>	18.2±1.7 <sup>ab</sup>	20.2±1.2 <sup>a</sup>	
葉色	色見本票	41	F09	F10	F10	F10	-
		89	D12	D11	D12	C11	-
	L*a*b*表色系 (L*, a*, b*)	41	44.8 <sup>ab</sup> , 15.7, 14.6 <sup>a</sup>	44.7 <sup>ab</sup> , 14.9, 14.0 <sup>a</sup>	45.9 <sup>a</sup> , 14.3, 13.8 <sup>ab</sup>	43.6 <sup>b</sup> , 14.5, 12.7 <sup>b</sup>	
	89	49.0 <sup>b</sup> , 6.3 <sup>a</sup> , 19.1 <sup>a</sup>	52.6 <sup>a</sup> , 5.3 <sup>ab</sup> , 17.5 <sup>ab</sup>	54.7 <sup>a</sup> , 5.2 <sup>ab</sup> , 17.5 <sup>ab</sup>	52.6 <sup>a</sup> , 5.0 <sup>b</sup> , 14.8 <sup>b</sup>		
収量性	湿重量 (平均値±標準偏差, kg)	41	10.9±5.5 <sup>c</sup>	14.1±7.4 <sup>bc</sup>	24.6±9.1 <sup>ab</sup>	32.6±9.1 <sup>a</sup>	
		89	66.4±34.1	68.3±35.1	62.6±12.3	73.5±13.5	有意差なし

各項目及び収量性の各日齢の異なるアルファベットは有意差あり (p<0.05)

葉幅比はOY-D, U-51の順に6Cおよびアオクビよりも大きく、アオクビが最も幅広く、OY-Dが最も細葉傾向であった。

葉厚は6Cが17.9μm, アオクビが18.3μm, OY-Dが18.2μm, U-51が20.2μmで、U-51が6Cよりも厚かった。

色見本票による葉色照合結果は、アオクビ, OY-DおよびU-51がF10, 6CがF09でほぼ同系色であった。養

殖漁場のDINが色落ちの目安である3μMを下回った第6回摘採前の1月22日(日齢89)には、6CおよびOY-DがD12, アオクビがD11, U-51がC11となり、やや色落ちした状態であった。色彩色差計(日本電色株式会社製NF-333)で測定したL\*a\*b\*表色系による色調のうちa\*値は、第1回摘採時に6Cが15.7, アオクビが14.9, OY-Dが14.3, U-51が14.5で6Cがやや赤芽傾向であっ

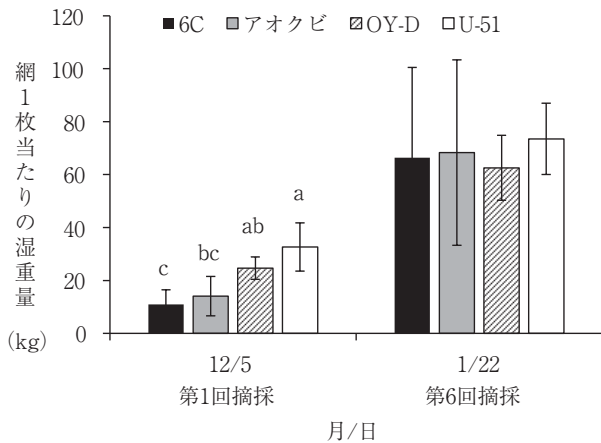


図8 第1回および第6回摘採時のノリ網1枚当たりの収穫量異なるアルファベット間で有意差ありバーは標準偏差

たが、株間に有意な差はなかった。第6回摘採時の $a^*$ 値は6Cが6.3、アオクビが5.3、OY-Dが5.2、U-51が5.0と第1回摘採時よりも低下し、6CがU-51より有意に高かった。また $L^*$ 値は6Cが49.0、アオクビが52.6、OY-Dが54.7、U-51が52.6で、6Cが最も低く、色調低下の程度が低い可能性が示唆された。

第1回摘採および第6回摘採前に、採取した網糸に着生したノリ葉体重量からノリ網1枚分の収穫量を換算した(図8)。第1回摘採時は6C、アオクビ、OY-D、U-51がそれぞれ10.9、14.1、24.6、32.6kg、第6回摘採時がそれぞれ66.4、68.3、62.6、73.5kgであった。第1回摘採時は6C、アオクビの収穫量が少なく株間に有意な差があったが、第6回摘採時は株間の差がなかった。6C、アオクビは育苗終了時に芽数が少なかったため第1回摘採時に収穫量も少なかったが、栄養繁殖個体により芽数が増加したことで第6回摘採時には差がなくなったものと考えられた。また、第1回摘採時までの生長性に差があることから、養殖当初の収穫量はOY-Dが6Cよりも多くなるが、養殖工程が進むにつれて同等となると考えられた。

病害については、1月に軽微なあかぐされ病と壺状菌病が散見されたが、養殖に影響はなかった。

以上、育苗期、養成期を通じて、育種素材6C、OY-D、6Cの元品種アオクビ、対照品種のU-51を比較

した結果、育苗期の形態異常発生個体率に差は見られず、高水温期への適応には2018年度に実施した育種素材4Cに及ばないと考えられた。生長性についてはOY-Dの葉長が大きく、高水温期の生長性が高い可能性が示唆された。

養成期の収量性は当初6Cが低いものの、養殖開始時の芽数を調整することで他品種との差を小さくすることができると考えられた。また、6CはDINが色落ちの目安を下回った時点での $L^*$ 値が低く、色調低下の進行が緩やかな可能性も示唆された。

今回、試験に対照として用いたアオクビとU-51は現在、養殖品種として主流ではない。今後、硬さや呈味など、乾海苔への加工も含めた現場への普及可能性という評価を求めるには、一般的な養殖ノリ品種との比較や、葉体の軟らかさ等の新たな特徴についても検討していく必要がある。

## 文 献

- 1) 藤吉栄次, 2019: プロトプラスト選抜株への共生細菌添加等による高水温耐性ノリ育種素材の開発, 平成29年度委託プロジェクト研究「農林水産分野における気候変動のための研究開発」最終年度報告書, <http://www.affrc.maff.go.jp/docs/project/seika/2016/attach/pdf/seika2016-50.pdf>.
- 2) 藤吉栄次・玉城泉也・小林正裕・有瀧真人, 2014: アマノリ養殖品種の特性. 独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所, 長崎, 125-128.
- 3) 山内幸児, 1974: ノリ幼芽の生長におよぼす温度の影響-I 温度条件とノリ芽の初期生長および形態について, 日水誌, **40**, 439-446.
- 4) 山内幸児, 1976: ノリ幼芽の生長におよぼす温度の影響II 温度変化とノリ芽の初期生長および形態について, 日水誌, **42**, 387-394.
- 5) 藤澤邦康・小橋啓介・野坂元道, 1999: 牛窓ノリ養殖場におけるノリ色素量変化と水質環境について, 岡山水試報, **14**, 4-7.
- 6) 清水泰子・草加耕司, 2019: 岡山県の浮き流し養殖漁場における養殖ノリの高水温適応育種素材の特性, 岡山水研報, **34**, 12-17.