

緑藻フサイワズタの陸上養殖における成長と直立茎の収量（短報）

山本圭吾，西垣友和，遠藤 光，竹野功璽

京都府農林水産技術センター海洋センター

2011年3月

緑藻フサイワズタの陸上養殖における成長と直立茎の収量 (短報)

山本圭吾, 西垣友和, 遠藤 光, 竹野功璽

The growth and upright shoot crop of green alga *Caulerpa okamurae* on land cultivation

Keigo Yamamoto*¹, Tomokazu Nishigaki, Hikaru Endo*² and Koji Takeno*³

キーワード: フサイワズタ, 陸上養殖, 通気, 直立茎

イワズタ目イワズタ科イワズタ属緑藻のフサイワズタ *Caulerpa okamurae* は、本邦においては太平洋岸中南部以南九州南部まで、九州西岸より青森県弁天島にいたる日本海沿岸、および瀬戸内海各地の低潮線下の水深 0 ~ 5 m に生育している (榎本, 石原, 1994)。京都府において、本種は新たな食用海藻として注目されており、一部地域では既に利用されている。しかし、フサイワズタの資源量は豊凶の差が激しく、安定した漁獲が困難であることから、その増養殖技術の開発が望まれている。イワズタ属緑藻は、雌雄配偶子が接合して新たな藻体が形成される有性生殖 (榎本, 石原, 1994) のほかに、伸長した藻体の断片が無性的に成長して新たな個体となる栄養繁殖を行う。“海ぶどう” や“グリーンキャビア” と呼ばれるクビレズタ *C. lentillifera* では、この栄養繁殖を利用して陸上養殖が行われている (当真, 2001)。フサイワズタにおいても、クビレズタと同様の方法による陸上養殖の可能性が考えられるが、陸上水槽における本種の成長や、可食部である直立茎の収量については明らかにされていない。そこで本研究は、採取された天然藻体を用いて水槽で養殖試験を実施し、陸上養殖における成長や、直立茎の収量を把握することにより、本種の陸上養殖の可能性について検討した。

養殖試験は、2009 年 9 月 3 日から同月 25 日までと、同年 10 月 8 日から 11 月 11 日までの 2 回実施した。試験に用いた FRP 製角形水槽 (縦 1 m, 横 5 m, 深さ 0.5 m) は、光条件が南中時における直射日光下での光量子量の 75.4% の場所に設置した。試験期間中の光と水温条件を把握するため、当センターの屋上に設置した光量子計 (センサー: LI-192SA, データロガー: LI-1000, LICOR 社) によって平均日積算光量子量を、揚水した海水の水温データ (未発表) を用いて日平均水温を求めた。1 回目と 2 回目の試験期間中における平均日積算光量子量はそれぞれ $32.3 \pm 11.2 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ($5.2 \sim 45.1 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$) と $22.6 \pm 8.8 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ($2.6 \sim 36.5 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$)、日平均水温はそれぞれ $24.8 \pm 0.6^\circ\text{C}$ ($24.1 \sim 25.9^\circ\text{C}$) と

$21.5 \pm 1.0^\circ\text{C}$ ($19.8 \sim 23.1^\circ\text{C}$) であった。

1 回目の試験では、藻体は 2009 年 9 月 2 日に宮津市田井地先の水深 4 ~ 7 m で採取され、当センターの屋外水槽で海水をかけ流して翌日まで藻体の保存のために予備培養されたものを用いた。試験方法はクビレズタの須藤らの方法 (須藤, 新城, 2004; 須藤ら, 2005a, 2005b) に準じた。約 70×70 cm に切ったトリカルネット (N-24, タキロン株式会社) の中央に、金属製の 60 cm 方形枠を結束バンドで固定したものを用意し、方形枠の内側に藻体を 446 g 敷き詰め、さらに藻体が出ないように方形枠の上部を目合い 3.03cm の網で覆って固定した (Fig. 1A, 以下、この装置を養殖網とする)。前述の水槽に 3 つの養殖網を設置し (Fig. 1C)、栗田湾の水深 12 m から揚水して砂濾過した海水を水槽の 40 cm の高さまで注水した。換水率は 14 回転 / 日とした。また、水槽

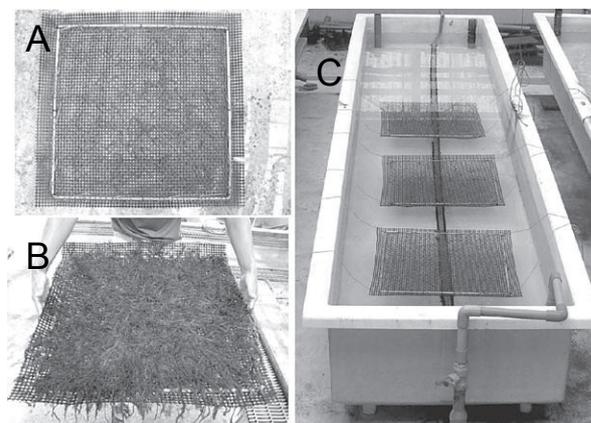


Fig. 1 The culture net of *Caulerpa okamurae*. A: Initiation of the experimental cultivation. Thalli of *C. okamurae* were placed on the plastic mesh sheet and covered by the net. B: End of the experimental cultivation. Upright shoots and rhizomes had elongated outside the covered net. C: Three culture nets were placed in a tank with an air pipe during the experimental period.

*¹ 京都府水産事務所 (Kyoto Prefectural Fisheries Office, Kyoto, 626-0041, Japan)

*² 東北大学大学院農学研究科 (Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University, Miyagi 981-8555, Japan).

*³ 京都府農林水産部水産課 (Fisheries Division, Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Kyoto Prefectural Government, Kyoto, 602-8570, Japan)

Table 1 The results (\pm SD) of experimental cultivation in the period from 3 Sep. to 25 Sep., 2009.

Net number	Weight (g)			Upright shoot per thallus (%)	Growth rate	Weight of upright shoot (mg/cm)	Length of upright shoot (mm)
	Initial	Final					
		Thallus	Upright shoot				
1*		1,850	792	42.8	6.47	69.8 \pm 13.6	66.2 \pm 26.8
2	446	1,770	533	30.1	6.27	59.6 \pm 10.4	49.2 \pm 22.7
3		1,550	552	35.6	5.66	54.7 \pm 0.90	50.8 \pm 19.6

The mean water temperature and mean total daily photosynthetic photon flux density of this period were 24.8 °C and 32.3 mol-m⁻²-d⁻¹, respectively. No steric upright shoot formed in this experiment.

*Exposed to vigorous aeration from 1 week to the end of this experiment.

底の中央に直径 3 mm の穴を 10 cm 間隔で開けた塩化ビニール製パイプ (内径 20 mm) を設置して養殖開始 1 週間後から通気を行った。送気量を調節してパイプの一部分でのみ通気されるようにし、網の一つにはその通気の気泡が直接当たるようにした。1 回目の試験の結果を Table 1 に示した。試験終了時には、藻体は養殖網全体を覆い尽くした (Fig. 1B)。なお、終了時の養殖網には珪藻類が多く付着していたが、海水をホースでかけることで容易に除去できた。藻体を含めた養殖網の重量からトリカルネット、方形枠、結束バンドおよび網の重量を除いて、終了時の藻体重量を求めた。成長速度は山口 (2000) の方法に従い、次式によって計算した。

$$\mu = 100 \times \text{Ln} (W_1/W_0) \times (1/N)$$

ここで、 μ は成長速度、 W_0 は試験開始時の藻体重量、 W_1 は試験終了時の藻体重量、 N は養殖日数である。藻体重量は 1,550 ~ 1,850 g、成長速度は 5.66 ~ 6.47 であった。およそ 1 cm 以上の全長を有する直立茎の総重量は 533 ~ 792 g であり、直立茎の重量比は 30.1 ~ 42.8% であった。直立茎を収穫後、海水かけ流し水槽で 4 ~ 5 日間養生させて傷口を完全にふさぎ、一網につきランダムに 25 個の直立茎を選んで全長と重量を測定したとこ

ろ、全長は 49.2 \pm 22.7 ~ 66.2 \pm 26.8 mm であり、1 cm あたりの重量は 54.7 \pm 0.90 ~ 69.8 \pm 13.6 mg であった。通気の気泡が直接当たるようにした養殖網では、直接気泡が当たらなかった網よりも直立茎の重量比は高く、全長は長かった (Table 1)。また、直立茎 1 cm あたりの重量も気泡が直接当たるようにした養殖網で重くなる傾向がみられた (Table 1)。

2 回目の試験には、2009 年 10 月 5 日に宮津市田井地先の水深 4 ~ 7 m で採集した藻体を用いた。養殖網に設置した藻体は 85 g であった。水槽を 2 基用意し、それぞれに養殖網を 3 個ずつ設置して、一方の水槽を試験開始から通気を行う通気区、もう一方の水槽を通気しない対照区とした。通気の気泡は、3 網全てに直接当たるように行った。換水率は 6 回転/日とした。通気区と対照区の結果は、Mann-Whitney の U 検定により比較した。検定ソフトには、エクセル統計 2008 for Windows を用いた (SSRI)。2 回目の試験の結果を Table 2 に示した。試験終了時の藻体重量と成長速度は、通気区では 373.3 \pm 25.3 g と 4.35 \pm 0.20、対照区では 397.7 \pm 28.9 g と 4.53 \pm 0.21 であり、両区間で有意差は認められなかった ($P = 0.27$)。陸上水槽における無施肥条件でのクビレ

Table 2 The results (\pm SD) of experimental cultivation in the period from 8 Oct. to 11 Nov., 2009.

Culture tank	Net number	Weight (g)			Upright shoot per thallus (%)	Growth rate	Weight of upright shoot (mg/cm)	Length of upright shoot (mm)	Rate of steric upright shoot (%)
		Initial	Final						
			Thallus	Upright shoot					
A	1*		370	95	25.7	4.33	123.2 \pm 27.4	46.2 \pm 15.0	68.0
	2*	85	350	119	34.0	4.16	127.2 \pm 32.4	46.0 \pm 19.0	48.0
	3*		400	141	35.3	4.56	136.5 \pm 21.0	47.2 \pm 17.4	56.0
	Average		373.3 \pm 25.3	118.3 \pm 23.0	31.6 \pm 5.2	4.35 \pm 0.20	129.0 \pm 27.5	47.2 \pm 17.4	57.3 \pm 10.1
B	1		380	18	4.7	4.40	62.3 \pm 12.4	27.0 \pm 11.3	24.0
	2	85	380	31	8.2	4.40	54.5 \pm 0.91	27.4 \pm 12.8	20.0
	3		430	41	9.5	4.77	59.3 \pm 10.5	40.0 \pm 19.0	0.0
	Average		397.7 \pm 28.9	30.0 \pm 11.5	7.5 \pm 2.5	4.53 \pm 0.21	58.7 \pm 11.1	31.5 \pm 15.8	14.7 \pm 12.9

The mean water temperature and mean total daily photosynthetic photon flux density of this period were 21.5 °C and 22.6 mol-m⁻²-d⁻¹, respectively. The final weight of upright shoots, upright shoots per thallus, weight and length of upright shoots, and rate of steric upright shoots were significantly different between culture tank ($P < 0.05, 0.05, 0.001, 0.001, 0.05$, respectively).

*Exposed to vigorous aeration from the start to end of this experiment.

ズタの成長速度は、3.13～4.66 (当真, 2001), 6.88 (吉見ら, 2003), 6.57 (須藤ら, 2005a), 5.54 (須藤ら, 2005b) で、これに対し本種の成長速度は1回目の試験における成長速度 5.66～6.47 (Table 1) と合わせて近似した値を示したことから、本種の陸上養殖の可能性が示唆された。直立茎の重量および藻体全体に占める直立茎の重量比は、通気区では 118.3 ± 23.0 g と $31.6 \pm 5.2\%$ 、対照区では 30.0 ± 11.5 g と $7.5 \pm 2.5\%$ であり、通気区の方が有意に大きかった ($P < 0.05$)。直立茎の全長および1 cm あたりの重量は、通気区では 47.2 ± 17.4 mm と 129.0 ± 27.5 g、対照区では 31.5 ± 15.8 mm と 58.7 ± 11.1 g であり、通気区の方が有意に大きかった ($P < 0.001$)。これらのことから、本種の直立茎の成長は、通気によって促進されることが示され、通気によって可食部である直立茎の収量の増加が可能であると考えられた。

本種は小枝が各方向にでる直立茎 (Fig. 2A,C, 以下、立体分枝) か、両側に2列に対生してでる直立茎 (Fig. 2B,D, 平面分枝) を形成するため、立体分枝を有する直立茎の割合を調べたところ、2回目の試験における通気区では $57.3 \pm 10.1\%$ 、対照区では $14.7 \pm 12.9\%$ であり、通気区の方が有意に高かった ($P < 0.05$)。このことから、通気は本種の直立茎の形態に対しても影響を与えることが推察された。しかし、1回目の試験ではどの養殖網においても小枝は平面分枝であったことや、イワズタ属緑藻の他種では、光や水温環境によって直立茎の形態

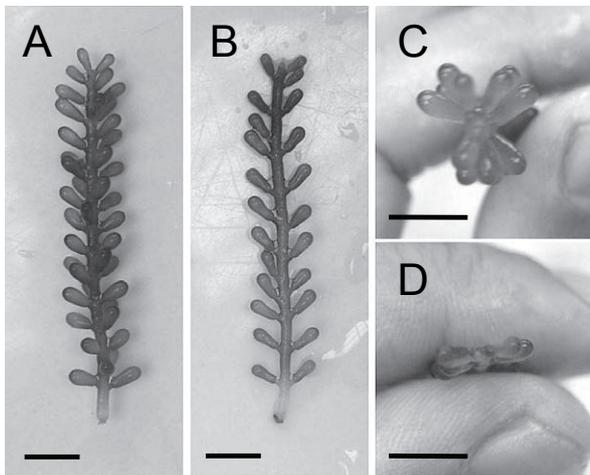


Fig. 2 Morphology of upright shoots. A: Steric ramuli on an upright shoot. B: Single-plane ramuli on an upright shoot. C: Top view of A. D: Top view of B. Scale bars indicate 1 cm.

が変化することが知られていることから (Calvert, 1976; Enomoto and Ohba 1987; Ohba and Enomoto 1987; 当真 2001; 須藤ら 2005a), 本種の直立茎の形態は、通気の有無だけでなく水温や日照といった環境条件によっても影響を受ける可能性が考えられ、今後これらの条件についても検討する必要がある。

文 献

- Calvert H. E. 1976. Culture studies on some florida species of *Caulerpa*: Morphological responses to reduced illumination. *Brit. Phycol. J.*, **11**: 203-214.
- 榎本幸人, 石原純子. 1994. *Caulerpa okamurae* Weber-van Bosse (in K. Okamura 1897) (フサイワズタ). 「藻類の生活史集成 第1巻 緑色藻類」(堀輝三編). 270-271. 内田老鶴圃, 東京.
- Enomoto S., Ohba H. 1987. Culture studies on *Caulerpa* (Caulerpales, Chlorophyceae) I. Reproduction and development of *C. racemosa* var. *laetevirens*. *Jpn. J. Phycol.*, **35**: 167-177.
- Ohba. H., Enomoto S. 1987. Culture studies on *Caulerpa* (Caulerpales, Chlorophyceae) II. Morphological variation of *C. racemosa* var. *laetevirens* under various culture conditions. *Jpn. J. Phycol.*, **35**: 178-188.
- 須藤祐介, 新城綾子. 2004. 海洋深層水を利用したクビレズタの陸上養殖研究-I ー海洋深層水による栽培効果の検討ー. 沖縄深層研報, **3**: 76-81.
- 須藤祐介, 新城綾子, 依田欣文. 2005a. 海洋深層水を利用したクビレズタの陸上養殖研究-II ー適正水温と水温管理方法の検討ー. 沖縄深層研報, **4**: 83-87.
- 須藤祐介, 新城綾子, 依田欣文. 2005b. 海洋深層水を利用したクビレズタの陸上養殖研究-III ー母藻の低温処理効果ー. 沖縄深層研報, **4**: 88-91.
- 当真武. 2001. 緑藻クビレズタの生育環境と養殖. 沖縄深層水研特別報告書, **1**: 57-86.
- 山口征矢. 2000. 藻類の成長速度の測定 (2) 大型藻類の成長. 「藻類学 実験・実習」(有賀祐勝, 井上勲, 田中次郎, 横濱康繼, 吉田忠生編). 116. 講談社, 東京.
- 吉見圭一郎, 新井章吾, 山本浩二, 廣沢晃, 團昭紀. 2003. 徳島県南部沿岸でのクビレズタ養殖の検討. 徳島水産研報, **2**: 35-39.

