

京都府蒲入地先における養殖クロメの生長と形態

西垣友和, 八谷光介, 和田洋藏

Growth and Morphology of *Ecklonia kurome* Cultivated in Kamanyu, Kyoto Prefecture

Tomokazu Nishigaki, Kousuke Yatsuya and Yozo Wada

Edible kelp, *Ecklonia kurome*, was cultivated at depths of 1 to 5 m at the fishing port of Kamanyu, Kyoto Prefecture, in 2003 and 2004–2005. For the first year cultivation, the central lamina length of *E. kurome* should be larger than 30 cm, when the water temperature became higher than 20°C, in order to survive the period of higher water temperature. The number of individuals and total frond weight of *E. kurome* were highest at a depth of 3 m one year and five months after from the start of cultivation, so that the best culturing depth was thought to be 3 m for the cultivation of *E. kurome* at Kamanyu. The frond length, width and thickness of *E. kurome* cultivated at a depth of 3 m were superior or equal to those of wild individuals of *E. kurome* which were estimated to be over three years old, except for thickness of the central lamina.

キーワード：養殖クロメ, 生長, 養殖適水深, 養殖開始時期, 形態

クロメ *Ecklonia kurome* は、京都府沿岸では丹後半島の北岸から北東岸に多く分布している食用海藻であり、アワビ養殖の餌としても利用されている。これまでに、クロメの生長や成熟は天然群落や藻場造成域ではいくつか調べられているが（例えば、筒井, 大野, 1992; 石田, 由木, 1996; 村瀬, 大貝, 1996）、人工種苗の生長（西川, 吉田, 1978）や養殖についての報告は少ない。

著者らは、2002年よりクロメ養殖試験を開始し、屋内水槽での種苗生産と丹後半島北東岸の伊根町蒲入地

先の本庄漁港内で海面養殖試験に取り組み、沖出し時期や養殖水深などを検討してきた。海面養殖開始から17か月後の2004年6月には、これまで漁獲されてきた天然クロメに匹敵するサイズの養殖クロメが収穫されたので、養殖と天然のクロメの形態を測定し比較した。

材料および方法

2003年の試験には、2002年11月中旬に宮津市小田宿野の京都府立海洋センター（Fig. 1）の棧橋付近で採

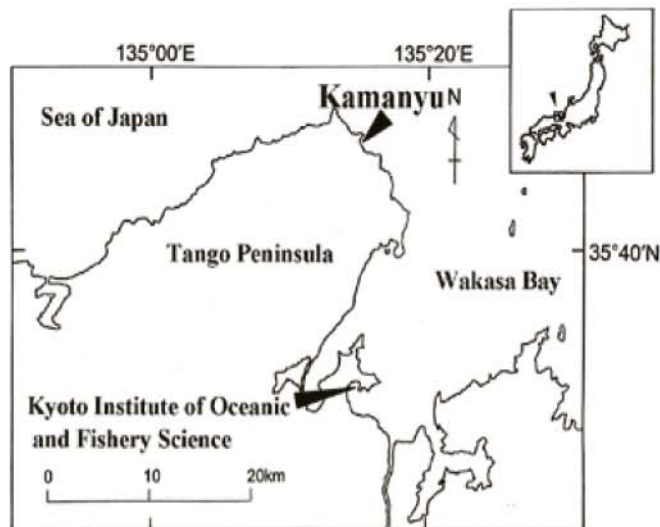


Fig. 1 Map showing site of *Ecklonia kurome* cultivation experiment at Kamanyu, Kyoto Prefecture. *E. kurome* was cultivated at Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science for one month (from November to December) in 2004.

集された母藻から種苗生産したクロメ種苗を用いた。クロメの種苗生産の方法は、西川、吉田 (1978) に従い、栄養塩添加海水を入れた 3 t 角形水槽で静置培養をした後に、京都府立海洋センターの棧橋で中間育成した。2003年2月下旬に、育成したクロメ種苗 (中央葉長 11.8 ± 6.5 mm; 平均±標準偏差, 以下同様) を本庄漁港内 (Fig. 1) の養殖施設に沖出しした。養成ロープ (クレモナ製: 直径 10 mm) 1 m あたりに種糸を 1.2~2.0 m 巻き付けて、水深 1, 3, 5 m に水平に設置した。その後、同年 5, 6, 8 月に各水深帯で長いものから順に 10 個体の中央葉長を測定した。

2004~2005年の試験には、2003年10月下旬に京丹後市竹野漁港内で採集された母藻から種苗生産した種苗を用いた。種苗生産の方法は、静置培養に 500 l タンクを用いた以外は、前年と同様であった。2004年1月7日にクロメ種苗 (中央葉長: 4.3 ± 1.9 mm) を前年と同じ本庄漁港内の施設に沖出しした。養殖に用いたロープや種糸の巻き付け量は前年と同様にした。クロメ種苗が水深 0.5~5.5 m に設置されるように養成ロープを垂下し、養成ロープの水深 1, 2, 3, 4, 5 m 地点から上下 50 cm の範囲を、それぞれ水深 1, 2, 3, 4, 5 m 帯と区別してその後の測定を行った。2004年3月から2005年1月までの間は 1~2 カ月に 1 回、その後は2005年4, 6月に各水深帯で長いものから順に 10 個体の中央葉長を測定した。なお、2004年10月下旬に当地に接近した台風により施設が破損したために、同年11月から12月まで京都府立海洋センターの棧橋に養成ロープを一時的に移動させた。この間も本庄漁港内での養殖水深と同じ水深になるように養成ロープを垂下した。2004年12月から再び本庄漁港内で養殖し、2005年6月に収穫した。

各調査時には養殖施設付近の水温と光量子量を測定した。水温をクロロテック (アレック電子社, ACL 215-DK) または STD (アレック電子社, AST-1000) で測定した。光合成有効波長域の光量子量の 1 分間積算値を海面直上と水深 1, 3, 5 m で同時に 3 回測定し (LI-COR 社, 水中用センサー; LI-192SA, 空中用センサー; LI-190SA, データロガー; LI-1000), 各水深における相対光量子量 (海面直上の光量子量に対する水中の光量子量の割合) を求めた。

収穫したクロメの着生個体数, 中央葉長, 葉状部湿重量 (以下, 重量はすべて湿重量で示す) を測定した。養殖クロメと天然クロメの形態を比較するために、水深 3 m 帯で養殖されたクロメと、養殖施設近くの防波堤の水深約 3 m から採集したクロメ藻体の各部位を測定した。天然クロメは漁獲の対象とされる側葉が良く発達した大型個体を選んで採集した。測定項目は筒井, 大野 (1992) を参照し, 体長, 個体重量 (付着器を除く), 葉状部重量, 中央葉長, 中央葉幅, 中央葉厚, 最大側葉の長さ, 幅, 厚さ, 莖長, 莖径の

合計 11 項目である。

クロメの根枝は 1 年に 1 段ずつ積み上がっていき、過小評価の可能性はあるが、根枝の段数から年齢を推定できることが知られている (石田, 由木, 1996)。そこで、採集した天然クロメの年齢を調べるために付着器の根枝の段数を数えた。

結 果

養殖施設付近の水深 1~5 m の水温差は多くの月で 0.2°C 以内であり、最大でも 2004年12月の 0.6°C であった。そこで、水深 3 m の水温を養殖施設付近の水温として Fig. 2a に示した。2003年2月の沖出し時には 10.8°C であったが、6月には 19.8°C , 8月には 26.3°C となった。2005年3月には最低値の 12.9°C となり、6月には 20.6°C , 8月に年間最高値の 26.2°C に達した。その後水温は低下し、9月には 24.5°C , 2005年1月には 13.5°C となった。

各水深帯の相対光量子量は明確な季節変動を示さなかったため、その平均と範囲を Fig. 3 に示した。水深 1, 3, 5 m の平均相対光量子量 (範囲) は 68 (57~77), 40 (33~46), 30 (26~38) % であった。

各水深帯で測定された養殖クロメの中央葉長の平均値を水深帯別に Fig. 2b に示した。2003年2月に沖出しされたクロメは5月まで伸長し、中央葉長は 10 cm (水深 3 m)~16 cm (水深 1 m) となった。6月には水深 3 m の藻体の大部分が枯死・流失していたため、それ以降の測定を中止した。5月以降、水深 1 m および 5 m の藻体の中央葉長は短くなり、8月には 4~5 cm となって、10月には藻体の大部分が枯死していたため測定を行わず、試験を打ち切った。

2004年1月に沖出ししたクロメは4月まで急激に伸長し、中央葉長は 31 cm (水深 5 m 帯)~40 cm (水深 2 m 帯) となった。4月から5月の間には、中央葉長は伸長しないか、わずかに伸長した。5月には水深 3 m 帯の 43 cm が最長で、水深 5 m 帯の 30 cm が最短となり、水深 2~4 m 帯では年間最大値を示した。5月には側葉の伸長した個体が初めて観察された。6月から9月までは、藻体の先端部の末枯れ量が生長量を上回り、中央葉はほぼ一定の速度で短くなった。9月の中央葉長は 13 cm (水深 1 m 帯)~21 cm (水深 3 m 帯) となり、各水深帯で最小値を記録した。9月以降は中央葉が再び伸長したが、12月には水深 1 m 帯の個体数が少なくなったため測定を中止した。一時的に養成ロープを移動させた 11~12月には中央葉が短くなったが、それ以降は中央葉が急激に伸長した。ただし、水深 2 m 帯は12月に中央葉長を測定できなかったため、11~12月の中央葉長の変化は不明であった。2005年4月には 40 cm (水深 4 m 帯)~49 cm (水深 3 m 帯) となり、養殖 1 年目の最大値を上回った。その後は緩やかに伸長し、6月には 40 cm (水深 2 m

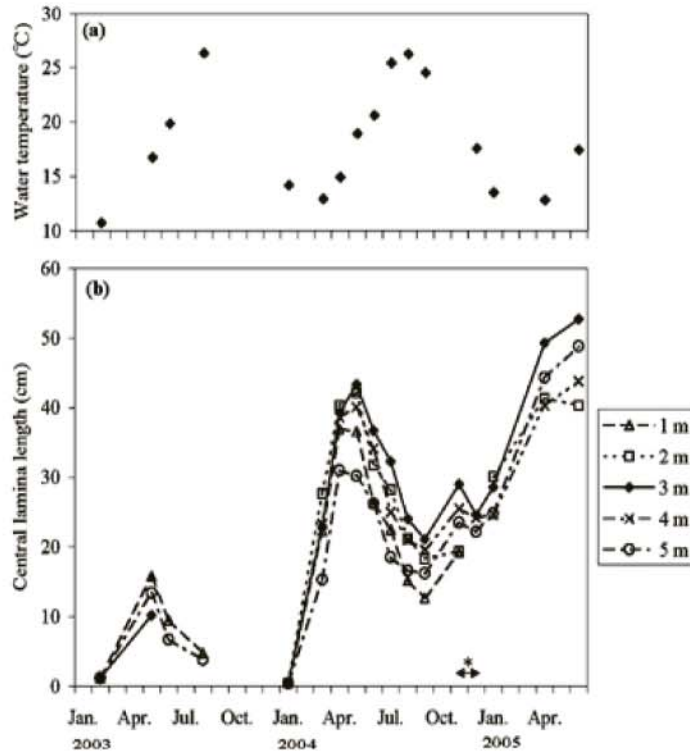


Fig. 2 Water temperature at a depth of 3 m (a) and mean central lamina length of *Ecklonia kurome* attached to the cultivation rope in each depth zone (b). Mean central lamina length was based on the longest ten individuals at each depth. Cultivation of *E. kurome* was started in late February 2003 and early January 2004. * *E. kurome* was cultivated at Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science for one month because of breakage of the cultivation facility of Kamanyu. Experiments at 3 m in 2003 and at 1 m in 2004 ended due to lower survival rates.

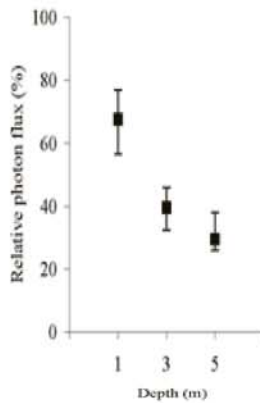


Fig. 3 Relative photon flux (%) at depths of 1, 3 and 5 m in Kamanyu Fishing Port. Relative photon flux = photon flux at each depth / photon flux just above sea surface.

帯) ~53 cm (水深 3 m 帯) に達した。

2005年6月の収穫時の生残個体数は、水深 3 m 帯の15本/mが最も多く、1, 2 m 帯では10本以下であった (Table 1)。平均中央葉長は水深 3 m 帯が最も長かったが、1個体の平均葉状部重量は水深 2 m 帯が最も大きかった (Table 1)。各水深帯の葉状部総重量は、生残個体数が最も多かった水深 3 m 帯が最大となった (Table 1)。

養殖2年目のクロメは天然クロメよりも有意に体長が短く、茎が短くかつ細かった (Table 2)。また、中央葉を比較すると、養殖クロメのほうが天然クロメよりも有意に長く、幅が広く、厚さは薄かった (Table 2)。それ以外の測定項目では、養殖と天然の間に有意な差はなかった (Table 2)。天然クロメの根枝の段数は3~5段であった。それゆえ過小評価の可能性を考慮しても、採集された天然クロメは少なくとも3年以上経過した個体であると推定された。

考 察

クロメ養殖の1年目の高水温期には、藻体先端部の末枯れが著しくなるが、この時期に生き残り、秋の再生期を迎えるには、末枯れによって中央葉が短くなる前にある程度の大きさにまで伸長している必要があると考えられる (西川, 吉田, 1978)。2003年2月下旬に沖出したクロメ種苗は、同年5月には中央葉長が最長で16 cm になったが、その後の高水温期に藻体が短くなり枯死した。2004年1月上旬に沖出した種苗は、5月には中央葉長が30~43 cm となり、5月以降水温が20°C以上になると末枯れによって藻体が短くなったものの、水温が低下しはじめた9月以降には再び中央葉が伸長し、翌年6月には中央葉長が最長

Table 1 Vertical changes in the number of individuals per 1 m cultivation rope, length of central lamina, weight of the frond part in each plant, and total weight of the frond part of the plant attached to 1 m cultivation rope in June 2005 (17 months from the start of cultivation)

Depth (m)	No.ind./m	Length of central lamina* Mean ± S.D. (m)	Weight of frond part in each plant* Mean ± S.D. (g)	Total weight of frond part/m (g)
1	6	35 ± 8	203 ± 65	1,198
2	8	40 ± 8	235 ± 89	1,860
3	15	50 ± 6	214 ± 98	3,130
4	12	42 ± 10	190 ± 46	2,220
5	13	45 ± 9	154 ± 87	1,959

* Length of central lamina and weight of frond part were measured for every plant collected.

Table 2 Morphological measurements (mean ± S.D.) of cultivated and wild *Ecklonia kurome*

		Cultivated (n=15)	Wild (n=8)	p
Whole plant	length (cm)	61 ± 7	71 ± 9	**
	weight (g)	214 ± 98	210 ± 57	NS
Frond	weight (g)	209 ± 97	188 ± 53	NS
Central lamina	length (cm)	50 ± 6	42 ± 10	*
	maximum width (cm)	9.9 ± 1.3	8.2 ± 1.3	**
	thickness (mm)	1.4 ± 0.2	1.7 ± 0.3	**
Maximum pinna	length (cm)	32 ± 9	31 ± 6	NS
	width (cm)	6.3 ± 1.4	6.7 ± 1.7	NS
	thickness (mm)	1.4 ± 0.3	1.5 ± 0.2	NS
Stem	length (cm)	11 ± 4	25 ± 8	**
	diameter (mm)	7.3 ± 0.9	10.3 ± 1.2	**

Difference of means were tested using Student's *t*-test (**: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$, NS: not significant at $p=0.05$).

で 53 cm (水深 3 m 帯) となった。以上のことから、本庄漁港内のクロメ養殖の場合、水温が 20°C 以上になるまでに中央葉長が 16 cm では不十分であり、30 cm 以上に生長していれば、水温の低下とともに秋以降に再び伸長することができるものと考えられた。

コンブ目のいくつかの種では、末枯れを起こす先端部の古い藻体の物質が葉状体下部の生長点まで運ばれ、それが藻体の再生長の初期に利用される (Lüning *et al.*, 1973)。2004年の場合、末枯れの前に十分な大きさに生長した養殖クロメは高水温期に光合成活性が低下しても古い藻体由来の物質を利用して生存できたが、2003年の場合、末枯れの前に十分に生長できず高水温期に生き残るための物質を蓄えることができなかったために枯死したと推察される。

2003年と2004年の養殖クロメの5月までの生長量の違いをもたらした要因の一つとして、沖出し時期の差が挙げられる。2004年は2003年よりも6週間早く沖出ししており、その分だけ早く生長できたと考えられる。沖出し可能な大きさのクロメ種苗をより早い時期に生産して沖出しすることで、1年目の末枯れが始まる前にできるだけ大きく生長させることが、クロメ養殖技術の確立にとって重要であるだろう。今後は、母

藻からの採苗時期を早めるとか、室内培養において光強度や栄養塩濃度を調節して、クロメ種苗の生長を促進させるなどの技術改良によってこの課題を克服する必要があるだろう。

水深別に生残個体数と葉状部総重量を比較すると、水深 3 m で最大となっており、養殖水深としては 3 m が適当であると考えられた。1個体の葉状部重量は水深 2 m 帯が最大であったが、この水深帯では着生個体数が少なくなって、残された個体に対する海水流動や光環境が改善されたために1個体の葉状部重量が最大になったと推察された。水深 3 m の平均相対光量子量は40%であり、他の地先でクロメを養殖する場合に相対光量子量から養殖に適した水深の目安を得ることができる。

クロメの茎の長さや太さは養殖クロメ(2年目)よりも天然クロメ(3年以上)のほうが大きく、両者の年齢の違いを反映していると推察された。可食部である葉状部については、養殖クロメは天然クロメに比べて、中央葉の長さが長く、幅が広く、厚さが薄い、最大側葉についての測定値では有意な差はなかった (Table 2)。したがって、17カ月間養殖されたクロメの可食部の形態は、中央葉が薄い点を除いて、これま

で漁獲対象とされてきた天然クロメよりも、大きいかほとんど変わらないため、十分に商品化できることが分かった。

長崎県におけるクロメ人工種苗の育成事例では、2年目の養成ロープ1m当たりの最大個体数と湿重量はそれぞれ34個体、6.8kgであり(西川, 吉田, 1978), 本事例の倍以上である。しかし、1個体当たりの重量は、両事例とも200g程度でほとんど変わらないので、長崎県の事例と同じ収量を得るには、1個体当たりの重量を維持しながら生残個体数を増やす必要がある。そのためには個体数が減耗する時期や要因を特定して改善することや、最大収量を得るための最適養殖密度を検討することが今後必要であろう。

引用文献

- 石田健次, 由木雄一. 1996. 島根県鹿島沿岸におけるクロメの季節変化. 水産増殖, **44**: 241-247.
- Lüning K., Schmitz K., Willenbrink J. 1973. CO₂ fixation and translocation in benthic marine algae III: Rate and ecological significance of translocation in *Laminaria hyperborea* and *L. saccharina*. *Mar. Biol.*, **23**: 275-281.
- 村瀬 昇, 大貝政治. 1996. 瀬戸内海の長島沿岸に生育するクロメの生長と成熟. 水産増殖, **44**: 59-65.
- 西川 博, 吉田範秋. 1978. 人工採苗クロメ・アラメの生長と養成について. 水産増殖, **26**: 6-15.
- 筒井 功, 大野正夫. 1992. 和歌山県白浜産クロメの成長・成熟と形態の季節変化. 藻類, **40**: 39-46.