

魚類養殖の生簀網に付着した緑藻 *Cladophora* sp. の駆除

羽生和弘

An effective treatment for killing a green alga (*Cladophora* sp.) attached to fish culture nets

KAZUHIRO HANYU

To examine effective methods for killing the green alga *Cladophora* sp. attached to fish culture nets, we observed changes in the weight of *Cladophora* sp. for 7 days after immersion in fresh water for 1 or 2 days or after drying for 1 or 2 days. The treatments and rearing were conducted in the laboratory at 15 °C. The amount of weight loss after the drying treatments was significantly greater than that both in the control and after immersion in fresh water. In addition, treatment days did not affect the change in weight caused by immersion in fresh water or by drying. Our results indicate that drying treatment for 1 day is an effective method for killing *Cladophora* sp.

キーワード：生簀網，乾燥，魚類養殖，シオグサ

三重県南部沿岸では、マダイ、ブリ、クロマグロなどの魚類が年間生産額 60 億円の規模で養殖されている（農林水産省，2011）。魚類養殖の経営体はクロマグロ養殖を除けば家族を中心とする小規模なものであり（三重県，2013），このため養殖用の生簀網は少人数で管理できる小型のもの（直径十 m 前後）が使用されている（筆者，未発表資料）。生簀網は通常 1～数ヶ月に 1 回の頻度で交換されるが、フジツボや海藻といった付着生物や寄生虫卵の大量付着が確認されれば、早急な交換が必要となる。この作業（網換え）はある程度機械化されているものの、小型の生簀網であっても重労働となっていることに加え、網換え自体が魚のストレ

スや外傷の原因となる可能性もあることから、網の交換頻度が高いことにも問題がある。

2012 年 1 月に、紀北町引本、白浦および尾鷲市須賀利の魚類養殖漁場（マダイ、ブリ）において、生簀網への緑藻の付着が問題となった（Fig. 1）。漁業者に聞き取りしたところ、緑藻による網の目詰まりにより生簀内部の海水交換率が低下している危険性があること、緑藻は網地から生簀の内側へ 1m 前後まで伸長し、魚は緑藻を避けるように異常遊泳して摂餌不良が続いていること、緑藻は髪の毛のように細く、網に複雑に絡まり、摘み取ることが困難であること、網換えにより陸揚げした網は 1～数日間淡水に浸漬して再利用して



Fig. 1. Photographs of *Cladophora* sp. Left: a fish culture net clogged with *Cladophora* sp.; right: entangled hair-thin growth of *Cladophora* sp. in seawater.

いるが、週1回の頻度で網換えしても駆除が困難であること、といった問題が確認された。

本研究では当該緑藻を効果的に駆除するため、淡水浸漬に加えて現場で比較的容易に実施できる乾燥について緑藻の細胞損傷に及ぼす影響を室内試験で調査した。

材料と方法

2012年1月6日に紀北町引本の養殖ブリの生簀網に付着していた緑藻を網地から採取した。採材時の表層水温は15℃であった。緑藻は、1列細胞の糸状体で、分枝する藻体の形態によってシオグサ目シオグサ科シオグサ属（吉田，1998）と同定した。光学顕微鏡下で観察した藻体の形態はタマリシオグサ *Cladophora rudolphiana* に酷似したが、タマリシオグサの藻体は1～5月に認められず、藻体長は15cm程度と報告されている（越坂，1978）。したがって、本研究の緑藻とタマリシオグサでは出現時期と最大藻体長が一致せず、タマリシオグサとは別種の可能性があるため、本研究の緑藻はシオグサ属の一種 *Cladophora* sp. とした。

室内試験には2012年1月6日に採取した *Cladophora* sp. を使用した。*Cladophora* sp. はヨコエビ類等の付着生物をピンセットで除去した後、砂ろ過海水（以下、本研究の海水には全て砂ろ過海水を使用）で軽く洗浄し、網袋に入れて5日間、水温15℃の海水流水下で予備培養した。その後、数gの *Cladophora* sp. をろ紙に包み、10G、60秒で海水を遠心除去した。次にポリプロピレン製50mL透明チューブ18本に *Cladophora* sp. を0.12 ± 0.02 g（平均と最大最小の範囲、以下同様）ずつ収容した。収容時の *Cladophora* sp. は綿毛状に自然に膨らみ、この時点での湿重量を培養前湿重量と定義した。

試験条件は、処理方法3条件（海水浸漬（対照）、淡水浸漬、乾燥）、処理日数2条件（1日、2日）の組み合わせで計6条件とし、各条件にはチューブ3本を無作為に割り当てた。海水浸漬のチューブには海水を、淡水浸漬のチューブには蒸留水を40 mLずつ注水した。乾燥のチューブには海水も淡水も入れず、*Cladophora* sp. のみ収容した。チューブには蓋をせず、直立させた状態でチューブ立てに18本のチューブを無作為に配置し、気温15℃、蛍光灯照明:暗=12時間:12時間に設定したインキュベーターに収容した。処理日数1日のチューブのうち海水浸漬と淡水浸漬のものには、処

理後、海水40mLに換水した。乾燥のものには、処理後、*Cladophora* sp. の重量（乾燥処理直後の重量）を測定した後、海水40mLを注水した。処理後に注水した海水は、*Cladophora* sp. を洗浄するため、すべてのチューブの海水を廃棄し、改めて新しい海水40mLを注水した。処理日数2日の条件のものも処理後2日目に1日目と同様に換水・注水したが、処理中の2日間は換水・注水せず静置した。これらの処理後は、毎日1回換水して7日間培養した。処理中と培養中のインキュベーター内部の湿度は60%、明時照度は426Luxであった。海水と蒸留水は、蓋付きのポリエチレン製タンクに入れて使用前日から気温15℃に設定したインキュベーターに収容し、一昼夜十分量通気したものを使用した。培養終了後は培養前湿重量の測定と同様に海水を遠心除去し、培養後湿重量を測定した。

培養期間中における各チューブで培養した *Cladophora* sp. の重量差は式1で求め、2元配置分散分析とTukey-Kramer多重比較検定により、重量差に対する処理方法と処理日数の影響を評価した。有意水準は5%とした。

$$\text{重量差} = \text{培養後湿重量} - \text{培養前湿重量} \quad \text{式1}$$

また、乾燥した *Cladophora* sp. については式2で水分蒸発量を求め、*t*検定により、水分蒸発量に対する処理日数の影響を評価した。有意水準は5%とした。

$$\text{水分蒸発量} = \text{培養前湿重量} - \text{乾燥処理直後の重量} \quad \text{式2}$$

培養1日目と7日目には各チューブの *Cladophora* sp. の藻体数本をピンセットでスライドガラスに取り、光学顕微鏡下で細胞の形態を観察し、一部のものについてはデジタルカメラで撮影した。

結果

重量差の平均値が正となった条件は海水浸漬1日、海水浸漬2日および淡水浸漬1日であった（Fig. 2）。一方、負となった条件は淡水浸漬2日、乾燥1日および乾燥2日であった（Fig. 2）。分散分析において重量差に対する有意な影響が認められた試験条件は処理方

法だけであり ($p < 0.001$), 処理方法と処理日数の交互作用および処理日数については有意な影響が認められなかった (それぞれ, $p = 0.480$, $p = 0.525$)。多重比較検定において処理方法の条件間で有意差が認められたのは, 乾燥と海水浸漬との間, および乾燥と淡水浸漬との間であった (Fig. 2)。乾燥1日と2日の水分蒸発量はそれぞれ $0.09 \pm 0.01\text{g}$ と $0.09 \pm 0.01\text{g}$ であり, 処理日数の影響は認められなかった ($p = 0.954$)。乾燥1日と2日の培養前湿重量に対する水分蒸発量の割合はそれぞれ平均73% (最小69%, 最大76%) と平均74% (最小72%, 最大76%) であった。

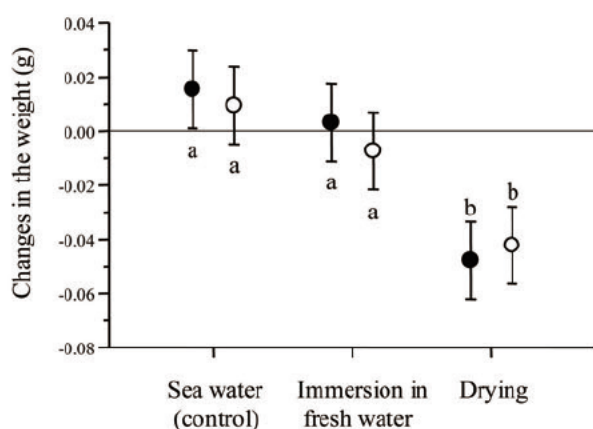


Fig. 2. Changes in the weight of *Cladophora* sp. during the period of rearing after the treatments. The amount of change represents the difference in weight between the start of the treatments and the end of rearing. Solid circles: treatment for 1 day; open circles: treatment for 2 days; vertical bars: 95% confidence interval. The sample size for each circle is 3. The mean values with different letters differ significantly from each other.

光学顕微鏡下で観察した *Cladophora* sp. は, 乾燥したものでは処理日数の条件に関わらず, 培養1日目と7日目のいずれにおいてもほとんどの細胞で細胞質が収縮し, 細胞全体は空き缶を横につぶしたような形態であった (Fig. 3, 4)。淡水浸漬したものでは処理日数の条件に関わらず, 培養1日目と7日目のいずれにおいても細胞質の収縮, 細胞全体の肥大が認められたが, 一部の細胞の形態は海水浸漬のものとの差がなかった (Fig. 3, 4)。また, 培養7日目にピンセットで海水から取り出した直後の *Cladophora* sp. の外観を目視で確認したところ, 乾燥したものは処理日数の条件に関わらず, 藻体に張りがなく垂れ下がっていたが, 海水浸漬と淡水浸漬のものは処理日数の条件に関わらず, 藻体に張りがあり, 海水から取り出してもほとんど垂れ下がることはなかった。

考察

本研究において *Cladophora* sp. は乾燥させることにより, 細胞が著しく損傷することが明らかとなった。細胞の損傷の程度は, 乾燥日数が1日と2日で違いがなく, 本研究で行った乾燥方法では1日の乾燥でも細胞は十分損傷することが明らかとなった。一方, 淡水浸漬でも光学顕微鏡下で一部の細胞に損傷が確認されたものの, 処理日数1日と2日のいずれにおいても培養前後で重量変化は見られなかった。この原因として, 淡水浸漬による細胞の損傷により減少した重量を, 損傷を受けなかった細胞からの増生による増重量が相殺したことが考えられる。

序文で述べたように, 生簀網の定期的な交換と淡水浸漬では *Cladophora* sp. の駆除は難しいとされている。原因としては, 養殖漁場では多数の生簀網が隣接しているため周囲から新たに流れ着く *Cladophora* sp. が多いことが考えられるが, 本研究の室内試験と同様に養殖現場でも淡水浸漬では *Cladophora* sp. の細胞が十分損傷せず, *Cladophora* sp. が残存した網を再利用していることも原因の一つと考えられる。後者については本研究の結果より, 生簀網を1日乾燥 (厳密には *Cladophora* sp. の水分蒸発量が73%以上となるよう生簀網を乾燥) させれば解決できる可能性が高いため, 今後は, 生簀網の干し方や乾燥日数などを検討し, 効果的な乾燥方法を現場で確認する必要がある。

また, *Cladophora* sp. と酷似する緑藻が2010年8月 (採材時の表層水温は29℃) にも同じ漁場で出現し問題となった (筆者, 未発表資料)。この緑藻が *Cladophora* sp. と同一種でない場合はもとより, 同一種である場合でも, 高水温下で培養したタマリシオグサは高温耐性があることが知られているように (Katayama et al., 1985), 季節により *Cladophora* sp. の乾燥耐性も異なる可能性があり, 本研究で検討した乾燥処理が駆除に有効かどうかは明らかでない。したがって夏季に出現した *Cladophora* sp. 様の緑藻に対しても, 乾燥によって駆除できるかどうか, 今後, 確認する必要があるであろう。

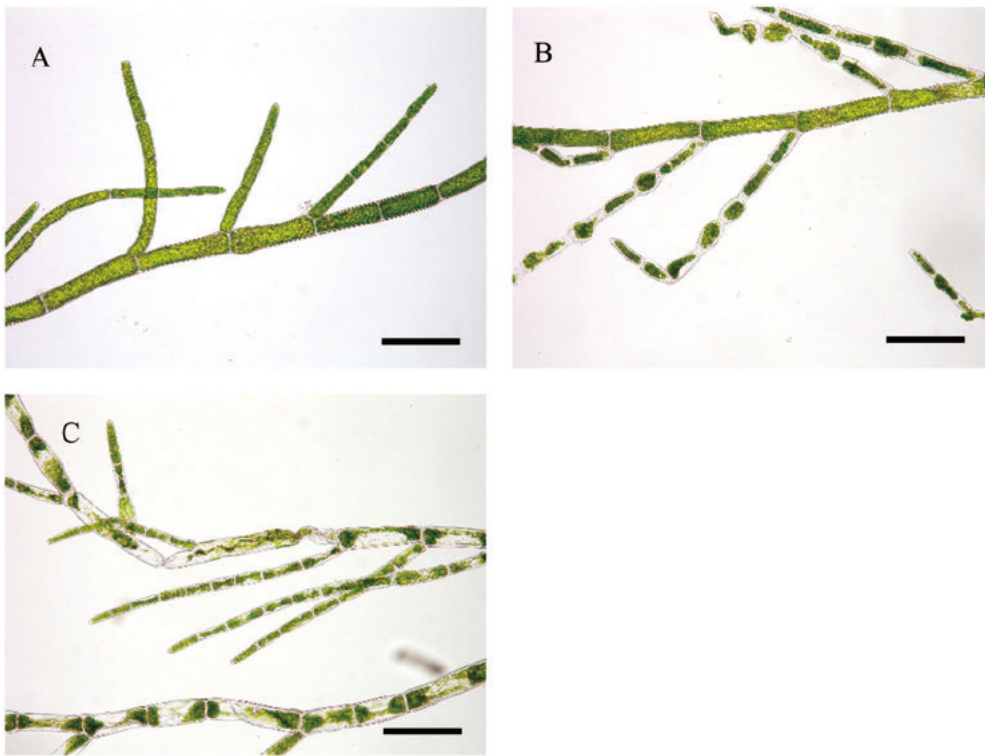


Fig. 3. Optical micrographs of *Cladophora* sp. at the start of rearing. A: control; B: immersion in fresh water for 1 day; C: drying for 1 day; scale bars: 200 μ m.

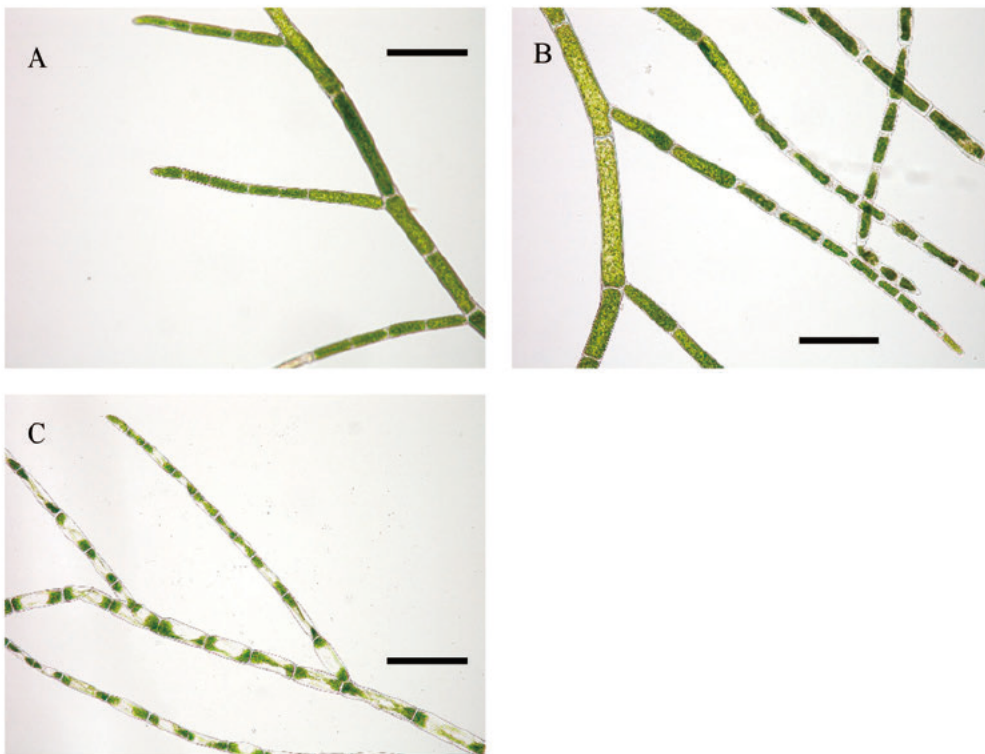


Fig. 4. Optical micrographs of *Cladophora* sp. at the end of rearing. A: control; B: immersion in fresh water for 1 day; C: drying for 1 day; scale bars: 200 μ m.

要約

魚類養殖の生簀網に付着した緑藻 *Cladophora* sp. を効率的に駆除する方法を明らかにするため、*Cladophora* sp. を1～2日間、淡水浸漬または乾燥し、その後7日間培養して重量変化を観察した。試験は15℃の室内で実施した。その結果、乾燥による減重量は海水浸漬（対照）及び淡水浸漬による減重量より大きかった。また、淡水浸漬と乾燥のいずれにおいても、処理日数の違いによる重量変化の差は確認されなかった。これらのことから、*Cladophora* sp. を効率的に駆除するには1日乾燥すればよいと考えられた。

文献

- Katayama, N., Tokunaga, Y. and Yokohama, Y.(1985)
Effect of growth temperature on photosynthesis-
temperature relationships of a tide pool alga
Cladophora rudolphiana (Chlorophyceae). 藻類 33:
312-316.
- 越坂雅樹 (1978) 緑藻シオグサ属8種の生活史について.
北海道大学水産学部研究彙 29: 325-337.
- 三重県 (2013) 水産業, 海面漁業経営体数. 平成 25 年刊
三重県統計書.
[http://www.pref.mie.lg.jp/DATABOX/tokeisho/
tokei13/057.xls](http://www.pref.mie.lg.jp/DATABOX/tokeisho/tokei13/057.xls)
- 農林水産省 (2011) 平成 21 年漁業生産額.
[http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid
=000001100521](http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001100521)
- 吉田忠生 (1998) 新日本海藻誌日本産海藻類総覧. 内田
老鶴園, 東京. pp. 1223.