

## 紅藻カギケノリの世代交代を利用した配偶体種苗の生産技術

紅藻カギケノリは、反すう家畜由来のメタンガス削減に資する海藻として注目されているが、その養殖生産の実用化に向けては安定的な種苗供給技術の確立が課題となっている。本研究では、カギケノリの世代交代に着目し、水温(25°C)および明暗周期（明期 8 h: 暗期 16 h）による孢子体の成熟および孢子放出の誘導効果、発芽により得られた配偶体の通気培養による成長促進効果を明らかにする。配偶体は低コストな海面養殖に適した世代であることから、本研究成果はカギケノリ養殖の生産性向上に寄与する。

キーワード：海藻、養殖、プロモホルム、メタンガス

### 背景・ねらい

反すう動物の呼吸などから排出されるメタンは、農業由来の温室効果ガス排出の主要因の一つであり、その削減は国際的に重要な課題である。紅藻カギケノリは、メタン生成を阻害するプロモホルムを多量に含有するため、ウシなどの家畜へ給与することによりメタンガスを削減する海藻として注目されている。

カギケノリは 2n 世代の孢子体と n 世代の配偶体からなる生活環を有し、両世代で形態や増殖特性が大きく異なる（図 1）。孢子体は微小形態のため海面養殖には不向きだが、実験室での培養や陸上養殖に適している。しかし、陸上養殖は施設の維持管理に多大なコストを要し、生産量も制約を受ける。一方、配偶体は直立茎が十数 cm に伸長するため、陸上養殖に比べ安価で大規模展開可能な海面養殖に適した世代と位置付けられるが、その種苗を人工的に安定生産するための基盤技術は十分に確立されていない。本研究では、カギケノリの世代交代に着目し、配偶体の種となる四分孢子を効率的かつ再現性高く放出させる条件ならびに、発芽後の幼配偶体を効率的に育成する培養条件を明らかにする。本研究により、陸上養殖に依存しない低コストな海面養殖を可能とする種苗供給技術の確立を目指す。

### 成果の内容・特徴

1. 本種の孢子体は水温 20°C、昼夜等長の明暗周期（明期 12 h: 暗期 12 h）で安定的に維持されるが、これを水温 25°C または短日の明暗周期（明期 8 h: 暗期 16 h）下で維持することで、成熟および四分孢子の放出を誘導できる。一方、これら以外の条件では、孢子体の成熟および孢子の放出は認められない（表 1）。最初の孢子放出までに要する日数の平均は、水温 25°C 条件では  $12.3 \pm 1.07$  日、短日条件（明期 8 h: 暗期 16 h）では  $15.7 \pm 1.31$  日である（図 2 左）。また、これら 2 条件は独立して孢子放出誘導に機能するが、同時に付与することで相乗効果となり、水温を 25°C とした場合、最初の孢子放出までに要す

る日数の平均は昼夜等長条件（明期 12 h: 暗期 12 h）では  $12.9 \pm 0.79$  日に対し短日条件（明期 8 h: 暗期 16 h）では  $11.0 \pm 0.74$  日となり約 2 日短縮される（図 2 右）。

2. 孢子より発芽した配偶体を、通気条件で培養することにより、成長が有意に促進される（図 3 上）。4 週間の日間成長率は、静置条件では  $4.72 \pm 0.51\%$ 、通気条件では  $6.86 \pm 0.36\%$  である。通気条件下では、配偶体に特徴的な直立茎および側枝の発達が顕著であり、根部の分枝も増加する（図 3 写真）。また、乾重量当たりのプロモホルム含量は静置条件で  $15.3 \pm 6.03 \text{ mg g}^{-1}$ 、通気条件で  $33.5 \pm 7.26 \text{ mg g}^{-1}$  であり、通気によりプロモホルム含量も向上する（図 3 下）。

### 成果の活用面・留意点

1. 本成果をもとにすることで、海面養殖用の種苗となるカギケノリ配偶体を安定的かつ大量に生産することが可能となり、カギケノリ養殖の生産性向上への寄与が期待される。
2. 本成果は、温帯域由来（国産）のカギケノリ株を対象として最適条件を検討したものであるため、熱帯域等由来の異なる株については、改めて水温条件や日長条件の最適化研究が必要である。
3. カギケノリを家畜に与えた場合の効果および安全性については、海外ではその検証例があるものの、日本国内においては検証事例が存在しない。そのため、国内での実用化に向けては、給餌試験を通じた安全性の評価およびメタン削減効果検証の実施が必要である。

### その他

予算区分：交付金プロ [B4 熱帯水産養殖（第 5 期）、令和 6 年度理事長インセンティブ経費]、外部資金 [科研費 25K09257]

研究実施期間：2024～2025 年度

研究担当者：松田竜也（水産領域）、桑野和可（長崎大学）

発表論文等：Matsuda and Kuwano (2025) *Marine Biotechnology* 27: 115. <https://doi.org/10.1007/s10126-025-10493-2>

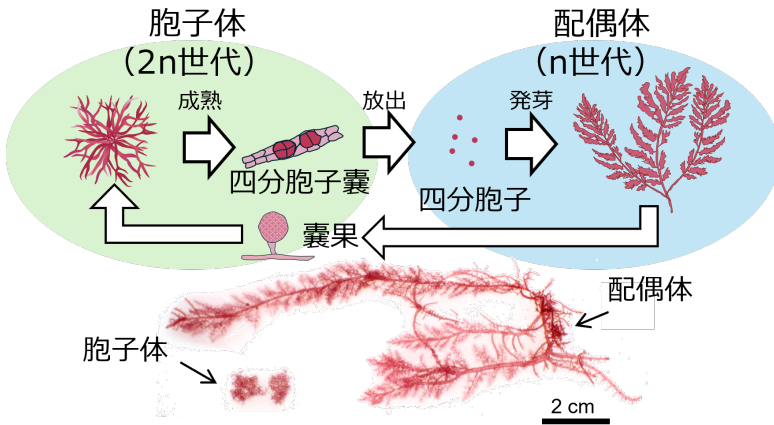


図1 カギケノリ的生活環（世代交代）

紅藻カギケノリは、2n 世代である胞子体と n 世代である配偶体が世代交代する生活環をもつ。胞子体は成熟すると四分胞子嚢を形成し、四分胞子を放出、発芽後配偶体となる。配偶体は有性生殖し、受精により嚢果を形成し、胞子体に発達する。胞子体は微小世代であるため、実験室での培養や陸上養殖には適性があるが、野外での養殖は困難である。一方、配偶体は直立茎を発達させ十数 cm まで成長するため、海面養殖にも適性がある。

表1 カギケノリ胞子体の胞子放出条件

温度	明暗周期	胞子放出
20 °C	12:12 h L:D	×
25 °C	12:12 h L:D	○
30 °C	12:12 h L:D	×
20 °C	14:10 h L:D	×
20 °C	12:12 h L:D	×
20 °C	10:14 h L:D	×
20 °C	8:16 h L:D	○

異なる温度および明暗周期下でカギケノリ胞子体を 21 日間培養した場合の胞子放出の有無(○×)を示す。L:D は明期(L)と暗期(D)を示し、12:12 h L:D は明期 12 h: 暗期 12 h を示す。

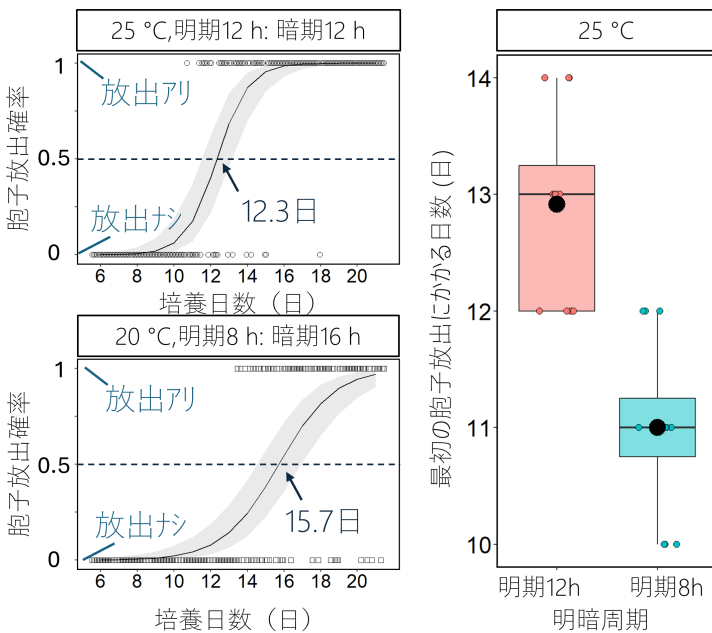


図2 胞子放出における温度と明暗周期の影響

水温(25°C)または明暗周期（明期 8 h: 暗期 16 h）の条件下で胞子体を培養した場合に胞子放出の発生した日を 1、発生しなかった日を 0 としたときの胞子放出確率を示す（左図）。矢印で示した日数は二項ロジスティック回帰で推定された 50%胞子放出日数を表す。灰色の領域は 95%信頼区間を表す。また、25°C かつ異なる明暗周期下で培養した場合に最初に胞子放出が確認されるまでに要した日数を箱ひげ図で示す（右図）。●は平均を示す。(n = 12)

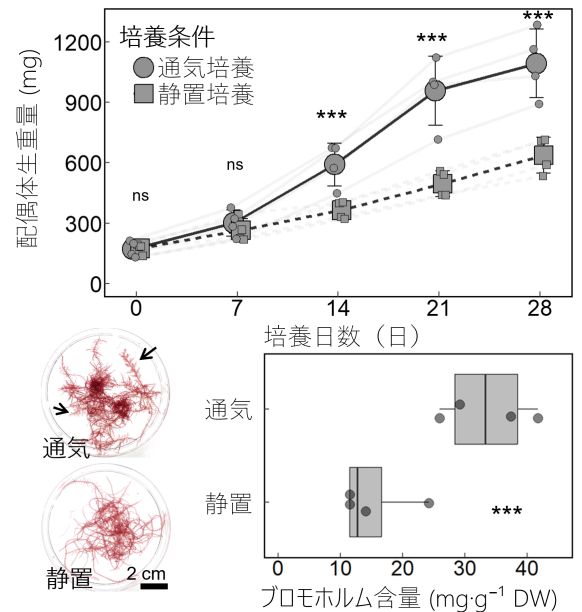


図3 配偶体の効率的な育成方法

配偶体を通気または静置条件下で培養した時の成長曲線（上グラフ）、28 日後の形態（下写真）および乾重量当たりのプロモホルム含量（下グラフ）を示す。成長曲線は 7 日ごとの生重量を平均で表した。写真は代表的な藻体を表し、矢印は側枝を含む直立茎の発達を示す。それぞれの生重量およびプロモホルム含量は一般化線形化モデルと比較した。ns は  $p > 0.05$  で有意差のないことを、\*\*\*は  $p < 0.001$  で有意であることを表す (n = 4)。

図は Matsuda and Kuwano (2025) より CC BY 4.0 に従い転載/改変して作成  
© Author(s) 2025 <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>