

メタンガス排出量を減少させる効果のある 紅藻カギケノリによる地球温暖化対策の促進

お茶の水女子大学附属高等学校 生物科教諭 松林 篤志
保健体育科教諭 丸山 実花

1. 高校生科学教育大賞への応募の経緯

本校は 2019 年度よりスーパーサイエンスハイスクール (SSH) に指定され、自然科学に関する探究活動を指導している。課題研究 I と課題研究 II の「生命科学」領域では生物科教員と保健体育科教員が担当し、生物学から医学・公衆衛生学まで、多様な研究テーマの活動へ指導をおこなっている。

2021 年度に課題研究 I を履修した生徒 3 名が地球温暖化の抑制のため、カギケノリ *Asparagopsis taxiformis* という紅藻に注目した (図 1)。地球温暖化の原因である温室効果ガスのうち、二酸化炭素に次いで大きな割合を占めているのがメタンガスで、その発生源のひとつが牛のゲップだとされている。

アメリカとオーストラリアの研究 (Roque *et al.*, 2021) によると、ウシの飼料に 0.5%ほどのカギケノリを混ぜて与えると、ウシの体内に存在するメタン生成菌に作用し、ゲップによる排出量を最大 80%削減できることが明らかになっている。しかし、カギケノリを世界中のウシに与えるには量が不足しており、カギケノリを実験室内で人工培養する方法も確立されていない。そこで、本研究の目的は、カギケノリの効率的な室内培養条件を明らかにすることである。

2021 年度に始まった本研究は同一年度内には完結せず、2022 年度には課題研究 I の生徒 3 名と課題研究 II の生徒 2 名の計 5 名で継続研究をおこなうことになった。その過程で実験備品の充実が必要となったため、バイテク情報普及会主催高校生科学教育大賞 2022 に応募し、優秀賞をいただいた。優秀賞に伴う支援金 10 万円を活用し、培養に必要な LED ライトや人工海水などを購入することで、2022 年度の探究活動を発展させることができた。



図 1 カギケノリ *Asparagopsis taxiformis*

2021 年 7 月伊豆大島にて撮影。

北海道大学・秋田晋吾博士より提供。

2. 活動の様子

2-1. カギケノリの入手と研究計画の立案

本研究に用いたカギケノリは神戸大学・海藻類系統株コレクション KU-MACC を通して、KU-1883 (三重県長島)、KU-1884 (福岡県志賀島)、KU-1885 (福岡県津山崎) を分譲していただいた。海藻研究の手法についてはお茶の水女子大学基幹研究院自然科学系・畠田 智 教授の指導を仰ぎながら、実験器具の取り扱いや海藻類の培養方法を習得するとともに、研究計画を立案した (図 2 左)。高校では不足する実験器具を使わせていただくため、定期的に畠田研究室を訪問し、継続的に培養実験をおこなった。また、自然界において実際にカギケノリを採取するため、2022 年 7 月には千葉県館山市沖ノ島海水浴場

にてフィールドワーク指導を受けた（図2右）。当日はカギケノリの採取はできなかったが、海藻研究における手法を学ぶことができた。



図2 お茶の水女子大学基幹研究院自然科学系・畠田 智 教授による指導の様子

（左）お茶の水女子大学理学部にて、畠田智教授より継続的に海藻研究の指導を受けた。

（右）2022年7月28日、千葉県館山市沖ノ島海水浴場にてフィールドワークを実施した。

2-2. 高校での培養庫の製作とカギケノリ生育に最適な日長条件の検討

2021年度の研究ではカギケノリ生育に最適な光質と光量について明らかにしたため、2022年度の研究では水温と日長条件について検討した。日長条件を操作できる培養庫が必要となったため、冷温庫25L ホワイト VS-404 (VERSOS) と植物育成ライトバーSD757-SUN 太陽光タイプ (bms) を購入し、生徒たちは高校で培養庫を製作した（図3）。植物育成ライトバーは8万円以上したが、バイテク情報普及会からの支援金10万円によって購入することができた。また、日長条件を操作するためにはプログラムタイマーを活用した。本装置を用いて、カギケノリ生育に最適な日長条件を検討した。



図3 生徒たちが製作した培養庫

（左）培養庫の外観。高校の生物・保体科研究室に設置して利用した。

（右）培養庫の内観。庫内左側に植物育成ライトバーが取り付けられている。

3. 研究成果の発信

本研究の成果は様々な発表会や学会の高校生発表、コンテストにおいて発信し、他校の生徒や研究者と議論することができた（図4）。また、千葉大学主催第16回高校生理学研究発表会では奨励賞を、北海道大学主催海の宝アカデミックコンテスト2022全国大会－海と日本PROJECT－では関東・中部ブロック奨励賞を、それぞれ受賞した（図5）。また、本研究の1年間の成果として、2023年3月21日に本校で実施した、SSH成果発表会における生徒たちのポスターを示す（図6）。



図4 第45回日本分子生物学会年会・高校生発表
（左）口頭発表の様子。 （右）ポスター発表の様子。

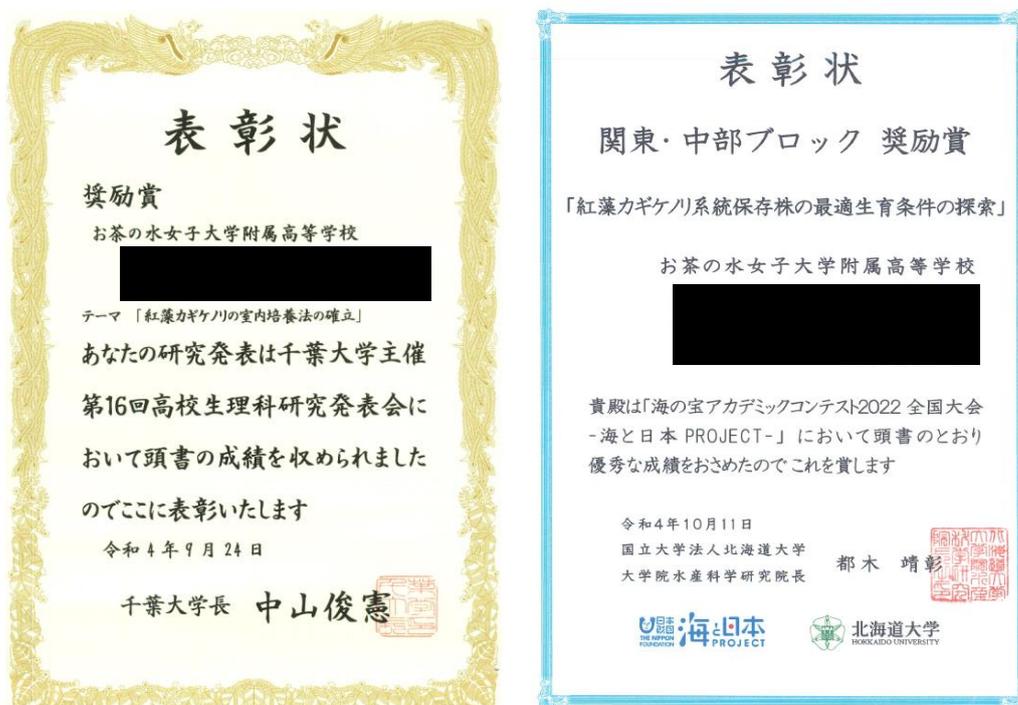


図5 本研究を通しての生徒たちの受賞（生徒名の部分は伏せてある）
（左）千葉大学主催第16回高校生理学研究発表会 奨励賞
（右）北海道大学主催海の宝アカデミックコンテスト2022全国大会－海と日本PROJECT－関東・中部ブロック 奨励賞

紅藻カゲケノリ系統保存株の最適生育条件

2022年度 課題研究 I 生命科学 お茶の水女子大学附属高等学校2年

1. 研究背景・目的

紅藻カゲケノリは海藻類の一種で、水深2-10 mの温暖な海域に生息している(吉田1998)。細胞内のプロモホルムが牛の排出するメタンガスを約80%も削減することから(Zanolla et al. 2017)、地球温暖化を抑制するための餌料としての必要性が高まっている。



写真：北海道大学 大学院水産科学研究院 秋田晋吾博士

しかし、本種の最適生育条件は未解明で効率的な栽培システムは確立されていない。

そこで本研究では、紅藻カゲケノリ系統保存株(四分孢子体)の最適生育条件を明らかにするため、光量、水温を変えた条件と日長条件と産地を変えた条件で系統保存株を栽培し、成長率を比較した。

2. 先行研究

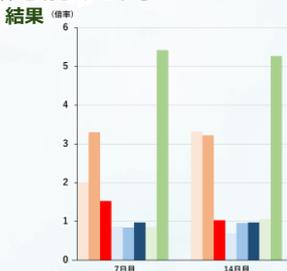
(2021年度課題研究 I 森谷・佐野・田沼による)

目的：光質・光量と成長率の関係を明らかにする

条件

日長条件(Light : Dark) : 16:8
光質 : 赤色, 青色, 緑色
光量 : 5, 15, 25 $\mu\text{mol photons/m}^2\text{s}$
海水温 : 17°C
PES濃度 : 20 mL/L
塩濃度 : 34‰

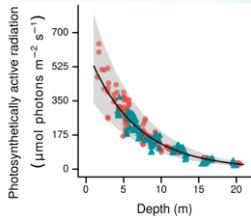
赤色光_光量 5,15,25
青色光_光量 5,15,25
緑色光_光量 5,15,25
($\mu\text{mol photons/m}^2\text{s}$)



3. 実験 1

目的：水温・光量と成長率の関係を明らかにする

仮説



光量は水深によって変化する

水深10m程度に生息するので弱光下で効率的に生育すると予想する。

図1：光量と水深の関係
出典：Terada et al. 2016

材料：神戸大学海藻類系統コレクション KU-1884 (福岡県志賀島)

条件

温度(°C)	光量($\mu\text{mol photons/m}^2\text{s}$)	日長条件(明:暗)	
20	30	14:10	光質：白色 (LED) PES濃度：20 mL/L
20	20	14:10	
15	30	9:15	夏・冬を想定して
15	20	9:15	温度と日長条件の
15	10	9:15	変化を設定した。

結果 (条件3と4は死滅したため省略)

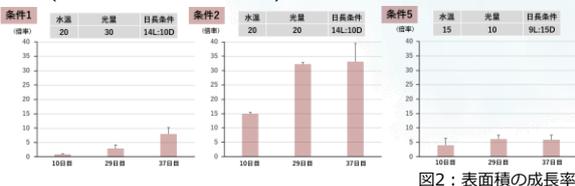


図2：表面積の成長率

考察

・長日・高温(夏)の条件下、光量20で最も成長
・光量20における条件下では短日・低温(冬)よりも長日・高温(夏)のほうが成長



図3：日本のカゲケノリの生息域

熱帯・亜熱帯地域に生息しているため、**明期が長い、気温が高い環境である夏の方が効率的に生育できると考える**

4. 実験2

目的：日長条件・株の産地と成長率の関係を明らかにする
仮説



図3：日本のカゲケノリの生息域

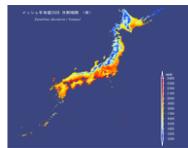


図4：全国各地の年日照時間

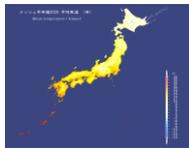


図5：全国各地の平均気温
出典：気象庁(2022)

日照時間の方が気温よりも地域差が明確

亜熱帯・熱帯地方は日照時間が長い

日長条件が成長にもたらす影響が大きいと予想する。

亜熱帯・熱帯地方に生息するので長日で効率的に生育すると予想する。

材料：神戸大学 海藻類系統コレクション(KU-MACC)

条件

日長条件(明:暗)	株	
1 9:15	KU-1883	KU-1883 (三重県 長島)
2 9:15	KU-1884	KU-1884 (福岡県 志賀島)
3 9:15	KU-1885	KU-1885 (福岡県 津屋崎)
4 14:10	KU-1883	PES濃度：20 mL/L
5 14:10	KU-1884	光質：白色 (LED)
6 14:10	KU-1885	温度：20°C
		光量：20 $\mu\text{mol photons/m}^2\text{s}$

結果 (条件4の24日目、条件5の16,24日目、条件6の24日目はいずれも死滅)



考察

①20°Cの同じ温度下では短日条件下の方が成長を促進すると考える
②条件1,2,3を比較すると、株はKU-1884>KU-1883>KU-1885の順に成長が促されることが示唆されるが、条件4,5,6は違いがない

①生息する地域に由来する日照時間の違いではなく、海藻は冬から春にかけて成長することから、**短日の日長条件が成長を促すと考える**
②株の産地によって成長率の違いがあると断言することはできない

5. 実験1,2の考察

・温度によって成長するかしないかが決まり、その後の成長は長日よりも短日の方が促すことが示唆される。
・実験1と2で、同じ条件下(20°C長日)において成長率に違いが出てしまったように持続的に成長させることは難しく、今後も研究の余地がある。

6. 今後の展望

・光質の混色による生育速度や生育度合いの変化の計測
・配偶体の切断による、四分孢子形成の試み

7. 参考文献

Brenna M. Roque et al.(2021),Red seaweed (*Asparagopsis taxiformis*) supplementation reduces enteric methane by over 80 percent in beef steers (plos.org) 他 22 件

8. 謝辞

本研究を遂行するに当たり、様々なご指導、ご鞭撻を賜りましたお茶の水女子大学理学部生物学科 馬田智教授に深く感謝申し上げます。また、本研究は2022年度バイテク情報普及会主催の第6回高校生生物学大賞優秀賞の助成金交付により研究が遂行されたものです。この場を借りて御礼申し上げます。

図6 1年間のお茶の水女子大学附属高等学校2年 生徒作成ポスター (生徒名の部分は伏せてある)

校内のSSH 成果発表会 (2023年3月21日) に向けて生徒たちはポスターを作成し、発表をおこなった。

4. 研究業績

- 2022年8月3,4日 令和4年度スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会
ポスター発表
- 2022年9月24日 千葉大学主催第16回高校生理科研究発表会 奨励賞
- 2022年10月11日 北海道大学主催海の宝アカデミックコンテスト2022全国大会
－海と日本PROJECT－ 関東・中部ブロック 奨励賞
- 2022年12月2日 第45回日本分子生物学会年会 高校生口頭発表・ポスター発表
- 2023年3月22日 日本藻類学会第47回大会（オンライン） 高校生ポスター発表

5. 謝辞

本賞に応募し優秀賞をいただいたことを通して、生徒たちは研究を進めていくうえでの大きな自信を得ることができました。また、優秀賞とともにいただいた支援金をもとに実験器具を購入し、装置を製作するという過程は、生徒たちの主体性や創造性の向上につながったと考えております。生徒たちに成長の機会を与えてくださったバイテク情報普及会の皆様に、この場を借りて御礼申し上げます。