

海洋研究紀要

2022

2017 年春

一人の生徒が海洋課題研究を始めた
アマモ場再生活動を干潟から評価する

研究は代々受け継がれた

5 年後、海洋に関する研究ゼミとして
コース所属生徒全員が課題を設定し
研究に取り組み始めた

先輩から後輩へ

研究のバトンは受け継がれていく

第 2 号

岡山学芸館高等学校

医進サイエンスコース 12 期生



目次

アマモのもやし化原因の研究 人工環境下におけるアマモ実生育成 ……………林志龍 松井心優 三坂小春 迫田虹海……………	2
ウミケムシロボットをつくろう！ 動画解析による毛と蛇行の分析 ……………小池里歩 奥山紗帆 山本心音……………	6
ウミホタル発光の謎に迫る ……………江田亜加理 大橋さくら……………	10
身近に迫るマイクロプラスチック問題について ……………砂田侑風……………	12
海洋酸性化で牡蠣殻は溶けるのか 牡蠣殻とpHの変化による実験 ……………春田隆聖 國岡俊介……………	13
海上ロボット掃除機の開発 ……………土井智喜 谷口穂高 杉原壮太 柴田大翔……………	15
川の浮遊ゴミ滞留の集積要因について ……………杉原壮太 柴田大翔……………	19
波力発電の実用化に向けて ……………湯原萌々香 澤蒼彩……………	22
海ゴミ活用の創造性 ……………長島柊依……………	25
岡山学芸館高等学校医進サイエンスコース 12 期生 海洋研究 ……………	27

海洋研究紀要 2022

アマモ実生のもやし化原因の研究 人工環境下でのアマモ実生育成

林志龍^{†1} 松井心優^{†1} 三坂小春^{†1} 迫田虹海^{†1}

アマモ (*Zostera marina* Linnaeus) は日本全国の沿岸部に生育する海産種子植物であり、その群生であるアマモ場は持続可能な海の保全に貢献する。岡山学芸館高等学校医進サイエンスコースでは海洋保全意識の喚起を図るために、アマモ実生ポットを一人1個ずつ作成し、人工干潟に定植する。しかし、2021年度作成した実生ポットは、もやし化した実生が半数を占めていた。もやし化した実生は定植に用いられない。私たちは、アマモ実生のもやし化（青葉が展開しない）原因を研究した。本研究は3つの条件に注目して実験を行った。殺藻細菌を滅菌した種子を用いた実生ポット作成、種子の着底姿勢を変えた実生ポット作成、海水中のリン酸塩量を変えた実生ポット作成である。その結果、滅菌種子を用いたポットでは藻類が増殖する前にもやし化した。種子の姿勢は水流の影響を受けやすいことが分かった。また、通常ポットのもやし化率は全て40%前後であったのに対して、リン酸塩量を減らしたポットでは75%であった。これらのことから、藻類の増殖はアマモ実生のもやし化に影響しないことが明らかになった。着底姿勢とリン酸塩量かもやし化に与える影響についてはさらなる検証が必要である。

キーワード：アマモ、本葉展開、殺藻細菌、着底姿勢、リン酸過剰

1. 研究背景

岡山学芸館高等学校医進サイエンスコースでは、2017年から海洋保全教育として、アマモ場再生活動に取り組んでいる。その一環として、海水や光環境を統一した条件下で、毎年一人一個のアマモ実生ポットを作成する。2020年度に作成した実生ポット (n=28) では、青葉を展開（以下本葉展開）した実生が育ったポットと、青葉を展開しなかった（以下もやし化）実生が育ったポットが半数ずつ出現した（図1、図2）。2021年度に作成した実生ポット (n=20) でも同様の現象が見られた。私たちはアマモのもやし化原因を解明し、実生ポット作成に参加した生徒全員の実生ポットを本葉展開させることで、海洋保全への確かな貢献を実感させることを目的とした。



図1 本葉展開した実生



図2 もやし化した実生

2. 研究目的

アマモ実生のもやし化原因を解明し、より本葉展開率の高いアマモ実生ポット作成方法を確立する。本研究では藻類の増殖、種子の着底姿勢、リン酸塩量に注目し、それぞれの環境要因がアマモ実生のもやし化に与える影響を調べる。

3. 材料と方法

3.1 材料

2022年5月17日、岡山県備前市日生町に面する瀬戸内海に群生しているアマモ場からアマモ流れ藻を回収し、人工環境下で種子を成熟させた¹⁾ (図3)。種子は海水の入ったシャーレに入れ、4°Cの冷蔵庫で保存した。シャーレ内の海水は1週間ごとに交換した。



図3 アマモ種子の成熟

^{†1} Okayama Gakugeikan High school

3.2 アマモ実生ポット作成方法

17.5%の食塩水に種子を入れ、沈んだ成熟種子を実生ポット作成に用いた¹⁾。ピートモス製のジフィーポットに海砂を入れ、海水中に沈めて空気を抜いた。各ポットに10粒ずつ種子を蒔き、1cm程度の海砂を被せた。広口瓶に滅菌海水を入れ、種子を蒔いたジフィーポットを入れた（以下通常ポット）。

4. 藻類の増殖

藻類の増殖がアマモ実生のもやし化に与える影響を調べる。

4.1 材料

マリンプロス 2216 培地を用いて、千軒湾で採取したアマモ流れ藻から単離したバクテリアを培養した。以下全ての手順において、培地をインキュベーター(sanyo mir-253) (20℃) で培養した。

4.2 方法

4.2.1 2022年10月11日、人工定植した千軒湾のアマモ場からアマモ流れ藻を採取し、付着するバクテリアを培養した。2022年10月20日、単離培養を行い、2日後にコロニーが観察された。2022年10月26日、国立大学法人岡山大学資源植物科学研究所にてバクテリアの同定を行った。

4.2.2 アマモ種子を0.6%の次亜塩素酸に2分間漬けて消毒した（以下消毒種子）。通常ポットと、消毒種子を用いた実生ポット（以下消毒ポット）を温度（10℃～15℃）、光条件（明10h 暗14h）、NaCl 2.5%の下で、それぞれ作成した（n=30）。消毒ポットと通常ポットで、藻類の増殖の有無を観察した。

4.3 結果

4.3.1 同定を行った6種類のコロニーのうち殺藻細菌の可能性のあるものが2種類確認された。それぞれ *Pseudomonas nitritireducens* (橙), *Pseudoalteromonas rubra* (赤) である。残りの4種類は、*Raoultella ornithinolytica* (白小), *Alteromonas abrolhosensis* (白大), *Strain6 Roseivirga spongicola* (紅), 解読不可能 (黄) であった (図4)。

4.3.2 通常ポットと消毒ポットの発芽率は共に60% (n=30) であった。そのうちもやし化したものには、藻類の繁殖が見られなかった (図5)。

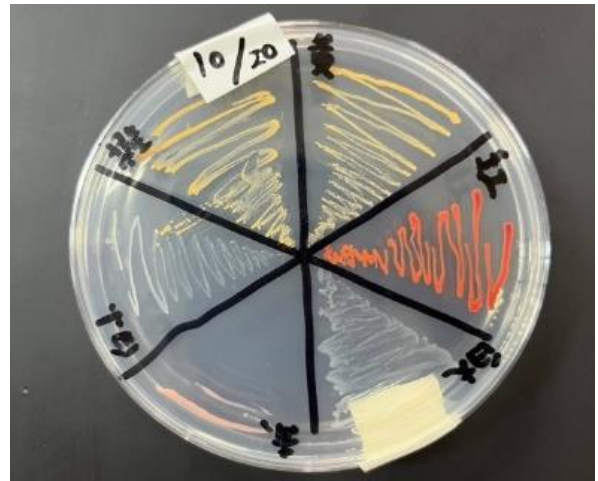


図4 単離同定したバクテリア

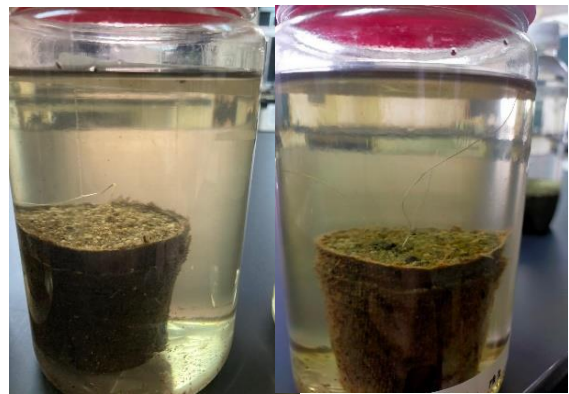


図5 もやし化した実生ポット

4.4 考察

4.4.1 バクテリア単離同定の結果、千軒湾のアマモ場に殺藻細菌が存在することが分かった。しかし、2021年度に作成した実生ポット中、もやし化したポットでは藻類が増殖していたことから、それらのポットには殺藻細菌が存在しないと推測した。すなわち、藻類が増殖した結果、アマモの本葉展開が妨げられたと考えた。

4.4.2 殺藻細菌を滅菌した種子を用いて実生ポットを作成すると、ポット内に藻類が増殖し、その結果アマモがもやし化すると考えた。しかし、通常ポットと消毒ポットのうち、もやし化したポットに藻類の増殖が見られなかったことから、藻類の増殖はもやし化に影響しないと考えられる。また、2020年度は未処理の海水、2021年度は滅菌海水を用いて実生ポットを作成したことにより、藻類の増殖の有無に違いが生じた可能性がある。

5. アマモ種子の着底姿勢

海底でのアマモ種子の向き（以下着底姿勢）がアマモ実生のもやし化率に与える影響を調べる。

5.1 方法

5.1.1 海水循環装置²⁾に成熟種子（n=80）を投入して、海底地形での着底姿勢を調べた。

5.1.2 種子の着底姿勢を胚軸上向き、縦向きに設定し、実生ポットを作成した。

5.2 結果

5.2.1 海底地形を模した水槽に種子を投入した結果、80%が胚軸上向きの姿勢で落下した（図6）。

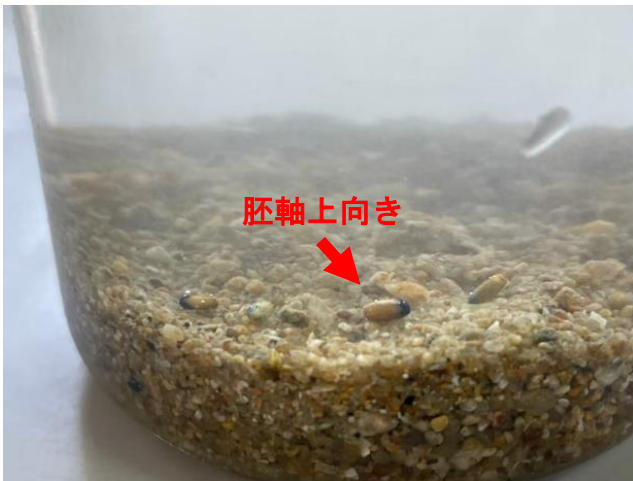


図6 アマモ種子の着底姿勢

5.2.2 海水が入った広口瓶内にジフィーポットを沈める際に、ジフィーポット周囲で作り出された水流の影響を受け、種子の着底姿勢は大きく変化した。そのため、着底姿勢をコントロールすることができなかった。

5.3 考察

約80%の種子が胚軸上向きの姿勢で着底したことから、着底姿勢はアマモの成長に影響を与えると考えた。また、水流の影響を受けてアマモ種子の着底姿勢が変化したことから、自然界においても種子の着底姿勢は水流の影響を受けて変化すると思った。

6. 海水中のリン酸塩量

リン酸塩量がアマモ実生のもやし化に与える影響を調べる。

6.1 方法

6.1.1 蒸留水が入った広口瓶にジフィーポットを1つ漬

けたものと2つ漬けたものをそれぞれ3つずつ用意した。1ヶ月後、ジフィーポットから溶け出したリン酸塩量を計測した。

6.1.2 水漬けしてリン酸塩量を減少させたジフィーポットを用いた実生ポット（水漬けポット）、ペットボトルを用いて最初からリン酸塩がない状態にした実生ポット（PETポット）を用意した。温度（10℃～15℃）、光条件（明10h 暗14h）、NaCl 2.5%の下で、通常（n=30）、水漬け（n=60）ペットボトル（n=60）で実生を栽培した。

6.2 結果

6.2.1 ジフィーポット1つから溶け出したリン酸塩量の平均値±標準偏差が 20.3±15.1ppb、ジフィーポット2つから溶け出したリン酸塩量の平均値±標準偏差が 75.3±26.9ppbであった（表1）。

表1 ジフィーポットから溶け出したリン酸塩量

1ヶ月後	ジフィー×1	ジフィー×2
リン酸塩濃度 (ppb)	39	113
	20	61
	2	52
平均値± 標準偏差	20.3±15.1	75.3±26.9

6.2.2 発芽率は通常ポット 57%、水漬けポット 0%、PETポット 40%であった。もやし化率は通常ポット 12%、PETポット 75%であった（表2）。

表2 リン酸塩量を変化させた実生ポットの発芽率ともやし化率

	発芽率		もやし化率	
	通常	水漬け	PET	通常
通常	17/30	57%	2/17	12%
水漬け	0/20	0%	—	—
PET	24/60	40%	18/24	75%

6.3 考察

ジフィーポットから溶け出したリン酸塩量が大きくばらついていたことから、ジフィーポットに含まれるリン酸塩量のばらつきによって、アマモの成長に違いが現れたと考えた。水漬けポットとPETポットは通常ポットと比べて発芽率が低く、もやし化率が高いことから、リン酸塩量が低いとアマモが成長しない可能性がある。水漬けポットで種子発芽率が0%であった原因は不明であるため、水漬け操作による影響を解明する必要がある。

7. 結論

藻類の増殖はアマモのもやし化に影響を及ぼさない。また、本研究では種子の着底姿勢がアマモ実生のもやし化に与える影響を解明することはできなかった。そして、リン酸塩量が少ないともやし化率が高くなる可能性が考えられる。

8. 展望

種子の着底姿勢がアマモ実生のもやし化に与える影響を明らかにする。また、アマモ実生の成長における最適リン酸塩量を決定する。そして、ジフィーポットの水漬け操作がアマモ実生のもやし化に影響を及ぼすメカニズムを解明する。さらに、推定本葉展開条件として光条件と海水溶存酸素濃度を調べる。それらの知見を用いて、アマモ実生ポット作成の手法を改良し、本葉展開率を高める。その結果本研究の目的である、アマモ実生ポット作成に参加した生徒たちに海洋保全への貢献を実感させることを目指す。

9. 謝辞

本研究の遂行にあたり、ご指導を賜った岡山学芸館高等学校柳雅之教諭、吉岡希裕教諭、東京大学大学院理学系研究科上村智稀様、誠にありがとうございました。また、研究資金を提供していただいた公益財団法人日本財団様、株式会社リバネス様、公益財団法人おかやま環境ネットワーク様に感謝申し上げます。さらに、バクテリア単離同定作業でご指導いただいた岡山大学資源植物科学研究所植木尚子准教授、アマモ実生ポット作成にあたってご指導いただいた日生町漁協の皆さまに御礼申し上げます。

10. 引用文献

- 1) 入澤佳苗ら 第66回 日本学生科学賞岡山県審査 出品論文 2022年9月 アマモ種子の成熟と発芽促進について
- 2) 劉美辰ら 岡山学芸館医進サイエンスコース海洋課題研究 2019年9月 人工干潟の生物多様性について

11. 受賞

本研究は2021年度株式会社リバネス主催マリンチャレンジプログラム採択研究であり、中四国ブロック大会で優秀賞を獲得した。また、北海道大学主催海の宝アカデミックコンテストサイエンス部門で全国大会優秀賞りゅうぐうのつかい賞を受賞した。さらに、第8回全国ユース環境活動発表大会中国大会、および公益財団法人国際エメックスセンター主催令和4年度高校生による海洋環境保全に関する公開研究発表会にて、優秀賞に選ばれた。



ウミケムシロボットを作ろう！ 動画解析による毛と蛇行の分析

小池里歩^{†1} 奥山紗帆^{†1} 山本心音^{†1}

ウミケムシ (*Chloeia flava*) は多毛綱ウミケムシ目ウミケムシ科に分類される。ウミケムシが持つキチン質の毛にはコンプラニンという毒がある。また、水陸どちらでも素早く歩行ができるという特徴を持つ。ウミケムシの歩行機構が解明できれば、人が立ち入れない場所での物資運搬や探索などに使用可能な水陸両用ロボット作成に活用できると考えた。本研究では歩行速度の制限要因の解明、歩行のメカニズムの研究を行った。歩行速度の制限要因の解明にあたって、毛と蛇行に着目した。毛の実験では、何も手を加えていない個体（以下通常時）と毛を全て抜いた個体（以下抜毛時）を用いて、水中と陸上での歩行速度を比較した。結果、水陸ともに抜毛時の速度が低下した。また、抜毛時の様子から、毛がないと歩行が困難になると考えた。蛇行の実験では、何も手を加えていない個体（以下通常時）と蛇行を制限した個体（以下蛇行制限時）を用いて、水中での歩行速度を比較した。結果、蛇行制限時の速度が低下した。歩行のメカニズムの研究では、動画解析ソフト ImageJ を用いて、前後に並ぶ毛の軌跡を解析した。解析結果から、前後の毛はほぼ等間隔で同じ軌跡を連続的に描くことが明らかとなった。また、同ソフトで尾部の軌跡を解析した。解析結果から、振り子のように体を曲げて蛇行することが分かった。本研究から、毛と蛇行は歩行速度の制限要因で、一定の軌跡を描いていると考えた。今後の課題は、ロボットの設計図と、毛と蛇行の軌跡の数式で表したものを、シミュレーションソフト Unity に取り込むことで、機能の検証を行うことと、試作・改良を繰り返すことである。

キーワード：ウミケムシ、水陸両用ロボット、毛、蛇行

1. 研究背景

私たちは、ウミケムシが水陸両方で素早く歩行ができることに興味を持ち、研究を始めた。さらに調べると、水陸両方で動くことができるロボットはあるが、素早い歩行が可能なロボットは少ないことが分かった¹⁾。ウミケムシの歩行機構が解明できれば、人が立ち入れない場所での物資運搬や探索、素早さを必要とする救助活動などに使用可能な水陸両用ロボットの作成に活用できると考えた。

2. 研究目的

ウミケムシの歩行機構を解明し、ウミケムシを模倣した歩行ロボットを作成する。本研究では、歩行速度の制限要因と歩行メカニズムに関して毛と蛇行に注目し、動画解析ソフトを用いて解明する。

3. 捕獲および飼育方法

3.1 捕獲方法

観察研究のため、ウミケムシを捕獲した（図 3-1）。

2022 年 6 月 11 日（1 回目）、2022 年 6 月 18 日（2 回目）に、20 時から 24 時頃の岡山県玉野市の宇野港で捕獲した。道具は釣り竿、ゴム手袋、ガムテープ、フィッシングプライヤーを用い、釣り餌はゴカイを使用した。1 回目は 5 匹、2 回目は 10 匹のウミケムシを捕獲した。



図 3-1 ウミケムシ釣り

3.2 飼育方法

1 回目は水温 24 度、塩分濃度 3% の人工海水に、カルキ抜きを行う薬品を加えたものを水槽 (45 cm × 35 cm × 30 cm) に溜め、最大吐出能力約 1.0L/min の、強さを調節できないエアレーションエアポンプ Ei-10 (図 3-2) を稼働させて飼育した。しかし、水槽に移した翌日に捕獲したウミケムシ 5 匹全てが死亡した。エアレーションにより生じた水流はウミケムシを吹き飛ばし、薬品の過剰投与による泡の発生が見られた。

2 回目は水槽用のクーラー (図 3-3) を稼働させ、水温 18 度に保った。宇野港の海水の塩分は、2.8% で私たちが作った人工海水よりも低いことが分かったため、宇野港の海水を用いた。カルキ抜きを行う薬品を加えずに、宇野港の海水を別の水槽 (60 cm × 30 cm × 35 cm) に溜めた。最大吐出能力約 6.7L/min の、強さを調節できるエアレーション Submersible PumpAC-707 (図 3-4) を最弱で稼働させ、生

^{†1} Okayama Gakugeikan High school

じる水流もウミケムシに直接当たらないようにした。すると、捕獲したウミケムシ 10 匹全てを 1 か月以上飼育することが分かった (図 3-5)。

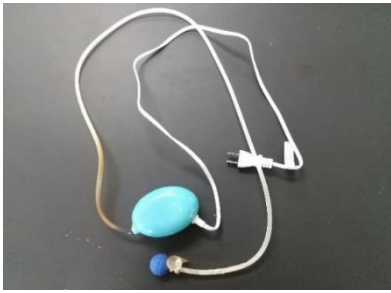


図 3-2 エアポンプ Ei-10



図 3-3 水槽用クーラー



図 3-4 Submersible PumpAC-707



図 3-5 飼育

4. 実験と方法

4.1 実験前処理

ピンセットを用いてウミケムシの毛を全て抜毛した (図 4-1)。50 cm×5cm の定規を 2 つ繋げて作成した 50cm×10cm の板をウミケムシの両サイドに設置し、蛇行を制限した (図 4-2)。

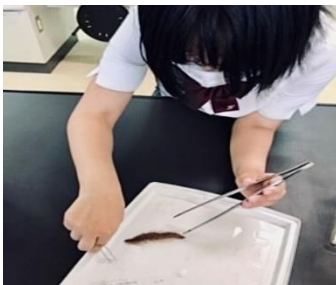


図 4-1 ウミケムシの抜毛



図 4-2 蛇行制限

4.2 実験

水中での実験は、実験に用いる個体を海水で満たした小水槽に移して行った。陸上での実験は、実験に用いる個体を砂浜の砂を敷いたバットに移して行った。それぞれ歩行の様子を定点カメラで撮影し (図 4-3)、動画解析ソフト ImageJ を用いて解析した。解析結果をもとにグラフを作成した。



図 4-3 撮影

5. 毛の有無による移動速度の違い

5.1 仮説

歩行速度の大きいウミケムシは毛が有り、ウミケムシの近似種であり歩行速度の低いゴカイには毛が無いことから、毛は歩行速度の制限要因の 1 つだと考えた。また毒を外敵に注入する際、毛は抜けるか折れるので、毛が無い状態でも問題なく歩行出来ると考えた。

5.2 解析手法

水中での通常時と抜毛時の歩行速度、陸上での通常時と抜毛時の歩行速度を、動画解析して得たデータを Excel でグラフを作成して比較した。

5.3 結果

以下図 5-1、図 5-2 に結果を示す。箱ひげ図の縦軸はウミケムシの 1 秒間の歩行速度 (cm/秒) を表している。

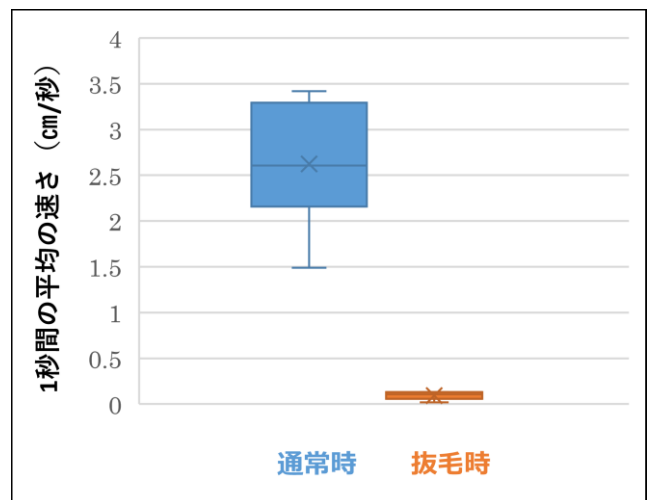


図 5-1 水中での通常時と抜毛時の移動速度

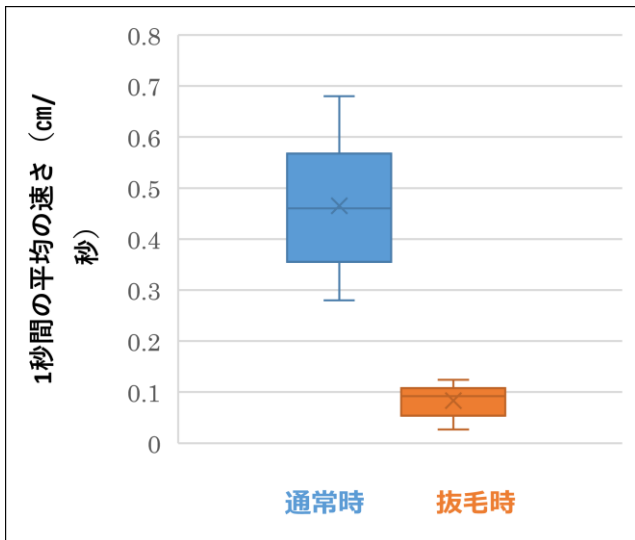


図 5-2 陸上での通常時と抜毛時の移動速度

図から、水中（図 5-1）では、通常時では最大 3.42 cm/秒、抜毛時では最大 0.13 cm/秒で歩行することが分かった。陸上（図 5-2）では、通常時では最大 0.68 cm/秒、抜毛時では最大 0.12 cm/秒で歩行することが分かった。これらの結果から、抜毛すると歩行速度が著しく低下することが分かった。よって、毛は歩行の推進力に大きな影響を与えていると考えられる。

6. 蛇行の有無による移動速度の違い

6.1 仮説

ウミケムシと同じ蛇行を行うムカデや蛇などの生物は素早く移動することから、蛇行は歩行速度の制限要因の 1 つだと考えた。

6.2 解析手法

水中での通常時と蛇行制限時の歩行速度を、動画解析して得たデータを Excel でグラフを作成して比較した。

6.3 結果

箱ひげ図の縦軸はウミケムシの 1 秒間の歩行速度 (cm/秒) を表している。

図 (図 6-1) から、通常時では最大 3.42 cm/秒、蛇行制限時では最大 0.25 cm/秒で歩行することが分かった。これらの結果から、蛇行制限すると歩行速度が著しく低下することが分かった。よって、蛇行は歩行の推進力に大きな影響を与えていると考えられる。

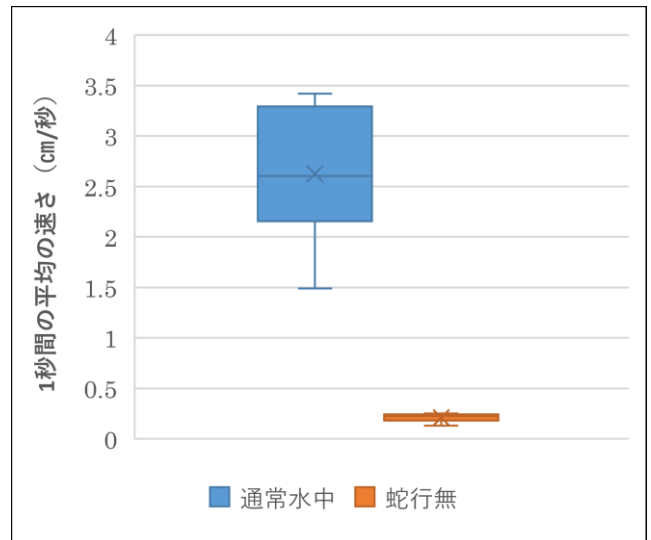


図 6-1 水中での通常時と蛇行制限時の移動速度

7. ImageJ を用いた隣接する毛の軌跡解析

7.1 方法

通常時のウミケムシが水中で歩行している様子を、定点カメラで撮影した。動画解析ソフト ImageJ を用いて、前後に隣接する特定の毛 (図 7-1) の軌跡を解析した。解析結果をもとにグラフを作成した。

7.2 結果

グラフ (図 7-2) の X 軸は撮影範囲の横方向 (mm)、Y 軸は縦方向 (mm) を表しており、青い線が隣接する毛の頭部側の軌跡、橙色の線が尾部側の軌跡である。グラフから、隣接する前後の毛は、等間隔で同じ軌跡を連続的に描くことが分かった。

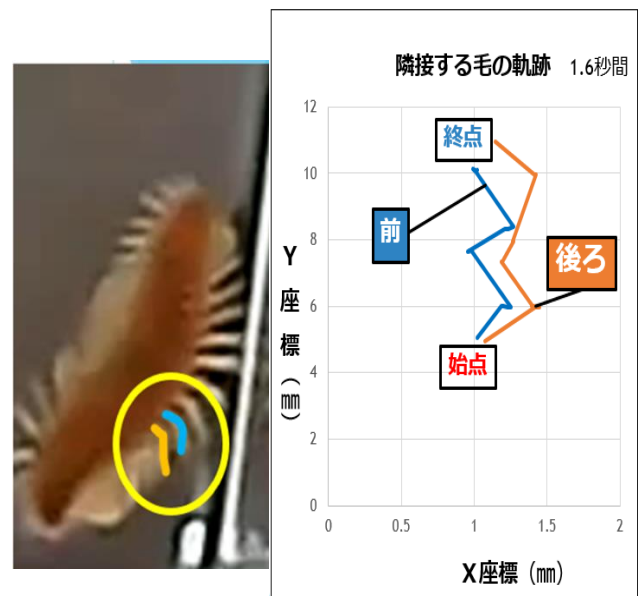


図 7-1 前後に隣接する毛

図 7-2 隣接する毛の軌跡

8. ImageJ を用いた蛇行の軌跡解析

8.1 方法

通常時のウミケムシが水中で歩行している様子を、定点カメラで撮影した。動画解析ソフトである ImageJ を用いて、特定の尾部（図 8-1）の軌跡を解析した。解析結果をもとにグラフを作成した。

8.2 結果

グラフ（図 8-2）の X 軸は撮影範囲の横方向（mm）、Y 軸は縦方向（mm）を表しており、下部が軌跡の始点、上部が終点である。屈曲部は尾が左右に方向転換する箇所、屈曲部間の直線は尾が半往復するまでの距離を表している。

またこの半往復の長さの平均から、往復 4cm、周期 0.8 秒、振動数 1.25Hz、振幅 0.02m と y-t 図（図 8-3）を求めた。



図 8-1 尾部の点

図 8-2 蛇行の軌跡

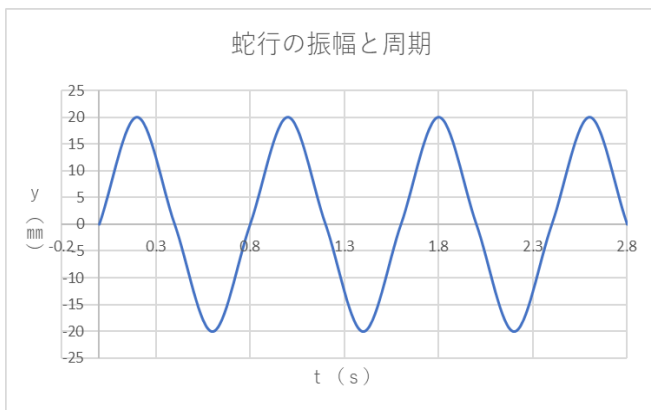


図 8-3 y-t 図

9. 考察

ウミケムシは水陸両方で歩行可能だが、毛と蛇行の実験を通して、陸上より水中の方がより素早いことが分かった。

図 5-1 と図 6-1 を比較すると、蛇行制限時より抜毛の方が移動速度の低下が著しいことから、蛇行より毛の存在がウミケムシの歩行の推進力に大きな影響を与えていると考えた。また、抜毛個体は蛇行してもほとんど前進しなかった様子から、毛が無いと歩行が困難になると考えた。

本研究では、毛の有る個体と無い個体のみを用いて実験を行ったが、毛の除去する量・部位など、細かく条件を変えて比較した個体を用いることで、歩行において必要な毛の量や、機能欠失による影響を調べることができる。

10. 展望

本研究によって得た毛と蛇行の軌跡を数式で表したものをもとに、ウミケムシロボットの設計図を作成する。シミュレーションソフト Unity に設計図を取り込み、作成した 3D モデルを用いて、正しく機能するか検証する。検証後、試作と改良を繰り返して、ウミケムシロボットの完成を目指す。

11. 謝辞

本研究の遂行にあたり終始多大なご指導を頂いた、岡山学芸館高等学校医進サイエンスコース柳雅之教諭、吉岡希裕教諭、研究発表に対して助言を頂いた、リバネスの石尾淳一郎様に深く感謝申し上げます。

12. 参考文献

- 1) 脇元修一, 鈴森康一, 神田岳文
生物を模倣した水陸両用柔軟索状ロボット 2006 年
https://www.jstage.jst.go.jp/article/kikaic1979/72/714/72_714_471/_pdf/-char/ja
日本機械学会論文集 C 編 72 巻 714 号
476 ページ 10～11 行目, 41 行目

13. 受賞

本研究は、北海道大学主催海の宝アカデミックコンテストマリンサイエンス部門近畿・中国ブロックで優秀賞、2022 年 10 月東京薬科大学生命科学部主催 TAMA サイエンスフェスティバル in TOYAKU2022 で敢闘賞、2022 年 12 月株式会社リバネス 主催サイエンスキャッスル 2022 中四国大会で岡山理科大学賞を受賞した。

ウミホタル発光の謎に迫る

江田亜加理^{†1} 大橋さくら^{†1}

ウミホタルは、顎脚綱貝虫亜綱ミオドコパ上目ミオドコダ目ウミホタル科ウミホタル属に属する甲殻類である。ウミホタルは外敵への威嚇、求愛目的などで体内にあるルシフェリンを体外に放出する。海水中でルシフェリンは酸化され発光する。先行研究より、ルシフェリンの最適温度と最適 pH は低温、中性の時に最も強く長時間発光することが報告されている。しかし、温度と pH を 2 つのパラメータとしたときの発光条件については知られていない。本研究では、温度 5℃、23℃、40℃と、pH 5.1、pH 7.1、pH 8.2 を組み合わせた 9 種類の溶液を準備し、それぞれの環境下において、乾燥ウミホタルが発光した時間と輝度を計測した。溶液はお酢、食塩水、重曹水を使用し、pH の計測にはハンディ型 pH 計測器、輝度の計測には QUAPIX Lite を使用した。結果、低温かつ pH 8.2 の溶液で最も強く発光した。低温で弱アルカリ性という環境は、冬の海の状況に近い。透明度が高く外敵に見つかりやすくなる冬の海で、自らの身を守るために、ウミホタルのルシフェリンは明るく長時間発光する可能性があると考えられる。

キーワード：ウミホタル、最適 pH、ルシフェリン、発光

1. 研究背景

世界には発光生物が数多く存在する。私たちは、発光生物の発光の仕組みに興味を持った。発光生物の中でウミホタルは入手しやすく保存可能である。日本では太平洋沿岸に幅広く生息している。先行研究¹⁾より、ウミホタル生体内での酵素ルシフェラーゼは常温常圧で化学反応を促進する。しかし、ウミホタルは酵素の作用で光っているにもかかわらず(図1)、低温と pH 7(中性)付近の時に最も強く長時間発光すると報告されている。なぜ低温かつ pH7 付近の水を加えた時に強く発光するのかという疑問をもった。

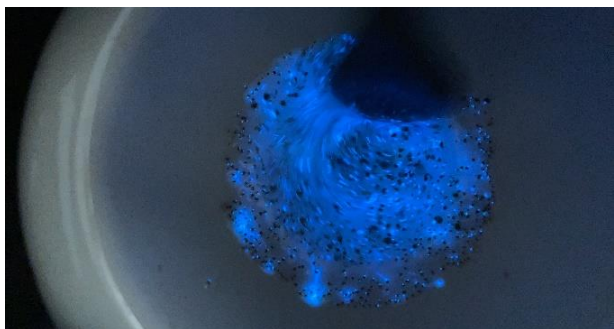


図1 ウミホタルの発光

ウミホタルの発光の特徴を調べるため、ウミホタルの酵素ルシフェラーゼの最適温度が低いために低温で強く発光するのではないかという仮説を立て、実験を行った。

2. 材料と方法

2.1 材料

本研究では乾燥ウミホタル、pH 5.1、pH 7.1、pH 8.2 のお酢、食塩水、重曹水の 3 種類の溶液、乳鉢、乳棒、スポイト、精製水を用いた。温度と pH の計測にはハンディ型 pH 計測器(図2)、輝度の計測には QUAPIX Lite というアプリを使用した(図3)。



図2 研究に使用した実験器具

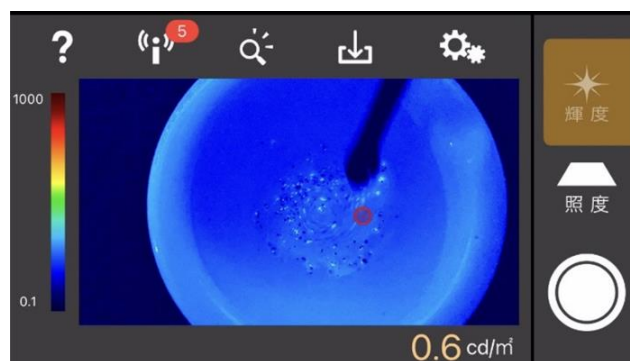


図3 QUAPIX Lite で輝度測定

2.2 方法

乾燥ウミホタルにそれぞれの溶液を加え、発光時間と輝度を計測する。お酢(pH 5.1)、精製水(pH 7.0)、重曹水(pH

^{†1} Okayama Gakugeikan High school

8.2)の3種類の溶液を5℃, 23℃, 40℃と温度を変え, すり潰した乾燥ウミホタル(0.2g)に加える。発光時間を計測し, 輝度を QUAPIX Lite(アプリ) で測り, 光の違いを確かめる。

3. 結果

発光時間の結果より(図4), 重曹水(pH 8.2)の溶液で5℃では, 5分17秒, 23℃で7分14秒, 40℃で6分58秒と発光した。特に, 重曹水(pH 8.2)の23℃で発光時間が1番長いことがわかる。

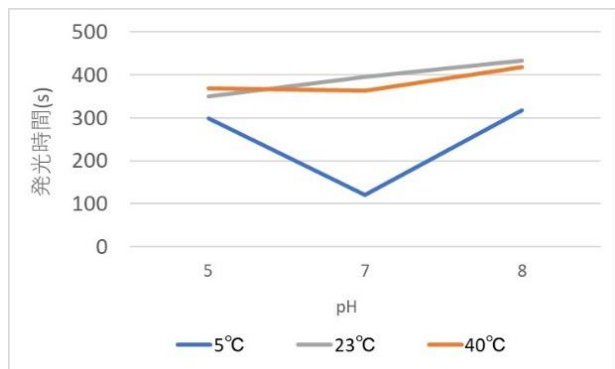


図4 ウミホタルの発光時間

輝度の結果より(図5), 5℃のグラフから重曹水(pH 8.3)のアルカリ性で輝度 1.37 と大幅に高くなっている。23℃のグラフは, 輝度の変化は見られない。40℃のグラフは, pH 5.1 で0.72 と輝度が高い。

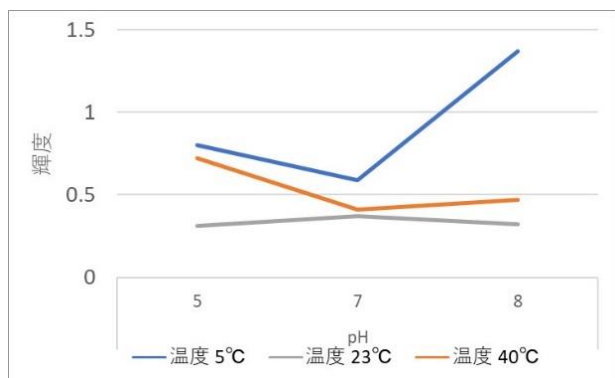


図5 ウミホタルの輝度測定

4. 考察

結果から, すべての温度でアルカリ性の時に長時間発光した。輝度は, 5℃の重曹水(pH 8.2)で最も高かった。ゆえに, 私たちの立てた仮説に反して, アルカリ性の時に最も長時間発光し, 輝度は低温の時に最も強かった。冬の海水は低温で弱アルカリ性のため, 透明度があがることで外敵から見つかりやすくなり身を守るために発光するのでは

ないかと考えた。

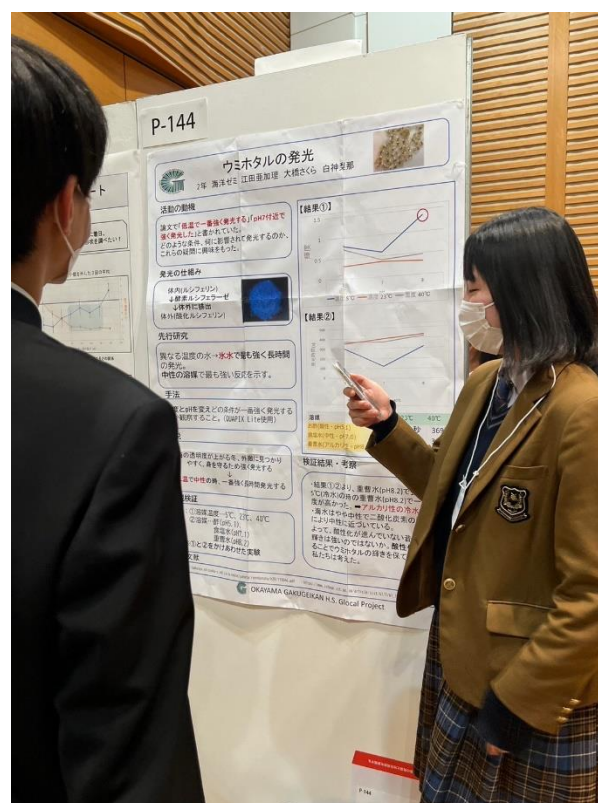
今後の課題として, 生きているウミホタルと乾燥ウミホタルの発光の比較, より正確な輝度の値を測定すること, 実際にウミホタルの生息する海水の pH と温度を計測することがあげられる。

5. 謝辞

本研究の遂行にあたり, 指導教官として終始多大なご指導を賜った岡山学芸館高等学校柳雅之先生, 吉岡希裕先生に深く感謝致します。

6. 参考文献

1) 加藤学園暁秀中学校・高等学校 科学部生物班 不思議生物ウミホタル 発光の謎に挑む
<https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronbunshu/h29/173046.pdf>



身近に迫るマイクロプラスチック問題について

砂田侑風^{†1}

1950年頃から、海ゴミが問題になっている。私は海ゴミ問題の中でもマイクロプラスチックに注目した。魚がマイクロプラスチックを餌と勘違いして誤飲しているというニュースが報道された。私は市販されている魚を捌くと胃の中からマイクロプラスチックが見つかるかと仮定した。スーパーに売られているアジを10匹捌いた結果、大きさ2mmのプラスチック断片が1つ見つかった。今後、魚のサイズが違っていると見つかるマイクロプラスチックの数に変化があるかどうかを調べるために、本研究で捌いた魚とは違うサイズの魚を捌いて、比較する必要がある。

キーワード:マイクロプラスチック, 食用魚, 解剖, 胃内容物

1. 研究材料と方法

スーパー（マルナカ）で売られているアジを10匹購入する。そして2022年8月26日に10匹すべて捌き、内臓を取り出す(図1)。胃を包丁で切り中身が見えるようにして、マイクロプラスチックがあるか肉眼で確認する¹⁾。



図1 捌いたアジ

2. 結果

アジを10匹捌いて、直径2mmほどのマイクロプラスチックが1つ見つかった(図2)。

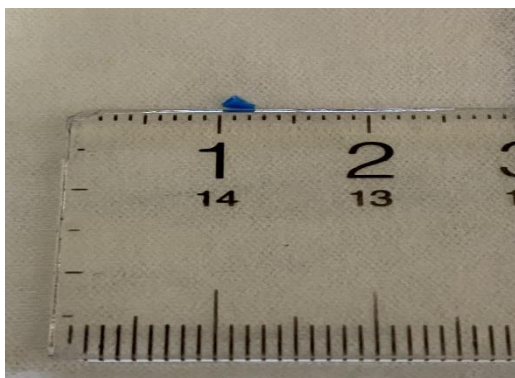


図2 マイクロプラスチック

3. 考察

アジを10匹捌いて、マイクロプラスチックが1つ見つかった。見つかったマイクロプラスチックはバケツやペットボトルのキャップが由来だと考えられる。今回捌いたアジよりも大きい魚を捌けば、アジよりも大きな魚は栄養段階も上位にある。ゆえにその魚が食べる餌の量も違うので、より多くのマイクロプラスチックが見つかるだろう。

4. 結論

スーパーに売られているアジを10匹捌いて、直径2mmほどのマイクロプラスチックが1つ見つかった。魚のサイズが違っていると、食べる餌の量も変化する。胃の中にも含まれるマイクロプラスチック量にも差があると考えられる。今後、本研究で捌いた魚とは違うサイズの魚を捌いて、比較する必要がある。

5. 謝辞

本研究の遂行にあたり、指導教官として終始多大なご指導を賜った岡山学芸館高等学校柳雅之先生、吉岡希裕先生に深く感謝致します。自分で捌き調理したアジを食べて、これからは魚の命に感謝して食べていこうと思う。



6. 引用文献

- 1) 瀬戸内海に迫る“マイクロプラスチック”問題 - YouTube

^{†1} Okayama Gakugeikan High school

海洋酸性化で牡蠣殻は溶けるのか 牡蠣殻と pH の変化を用いた実験

春田隆聖^{†1} 國岡俊介^{†1}

2023 年、海洋酸性化が引き起こす影響が問題となっている。海洋酸性化とは、人間活動によって排出される二酸化炭素が海水中に溶けることで pH が下がり、海水のアルカリ性が弱まる現象である。1900 年から海水中の pH は低下し続けており、2020 年の海は 1900 年から pH が 0.1 下がっているという研究結果がある。また、先行研究より、海水の pH の低下幅は 2000 年から急激に大きくなってきていることが分かった。海中に住む生物の中で、食生活にも関わっている牡蠣を用いて、牡蠣殻の pH 低下による影響について調べた。牡蠣殻に穴をあけ、pH 4.0 と pH 7.0 の溶液に浸し、それぞれの穴の大きさの変化を観測した。pH 4.0 と pH 7.0 に 3 週間保った状態で、牡蠣殻の穴の大きさが広がる速度について調べた。その結果、pH 7.0 のものよりも pH 4.0 の溶液中の牡蠣殻が溶けることが分かった。pH 4.0 では、牡蠣殻は日を重ねるごとに穴が大きくなった。また、その速度はほぼ一定であった。一方、pH 7.0 の牡蠣殻は実験開始から 3 日目までは溶けていたが、その後変化が見られなくなった。IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)によって 2013 年の海水は平均 pH 8.1 であることが知られている。また、地球環境研究センターから pH 8.1 の海水では炭酸カルシウムは溶けないことが発表されている。牡蠣殻の主成分は炭酸カルシウムであり、2023 年の pH では牡蠣殻に影響はないことがわかる。しかし、東邦大学では、2100 年には海水の pH が 7.8 になるという予測がされているので、海洋酸性化への対策が行われなければいずれ牡蠣が溶けてしまう。ゆえに海洋酸性化への対策が必要である。

キーワード：海洋酸性化、牡蠣殻、pH

1. 目的および研究材料と方法

海洋酸性化で牡蠣殻が溶けるのかを調べることを目的とした。岡山県瀬戸内市牛窓町から採取した牡蠣殻に 380 μm と 350 μm 穴をあけた。380 μm の穴をあけた牡蠣殻を pH 4.0 の溶液に浸し、350 μm の穴をあけた牡蠣殻を pH 7.0 の溶液に浸した。溶液につけている間の温度は 20℃ に保った。pH 4.0 の牡蠣殻と pH 7.0 の牡蠣殻の穴の大きさは顕微鏡を用いて 1 日 1 回、3 週間の間、測定した (図 1)。

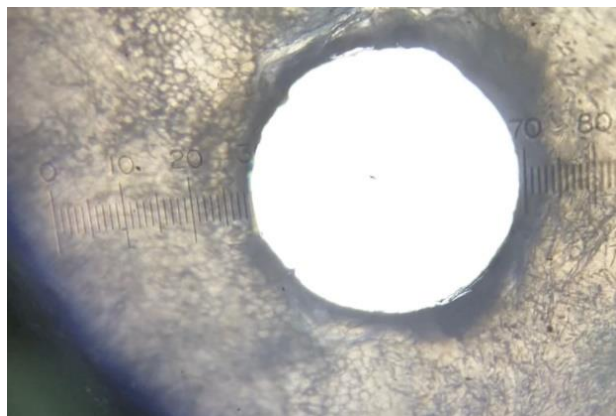


図 1 牡蠣殻の穴 (40 倍×15 倍)

2. 結果

pH 4.0 の牡蠣殻の 0 日目の穴の大きさは 380 μm で、24 日目の穴の大きさは 575 μm となっており、195 μm 穴が大きくなった。pH 7.0 の牡蠣殻の 1 日目の穴の大きさは 350 μm で、24 日目の穴の大きさは 370 μm となっており、20 μm 穴が大きくなった。観察を始めた日を 0 日目とし、牡蠣殻の穴の大きさの変化を表した (図 2)。pH 7.0 の牡蠣殻は 3 日目以降では穴の大きさに変化はほとんど見られなかった。

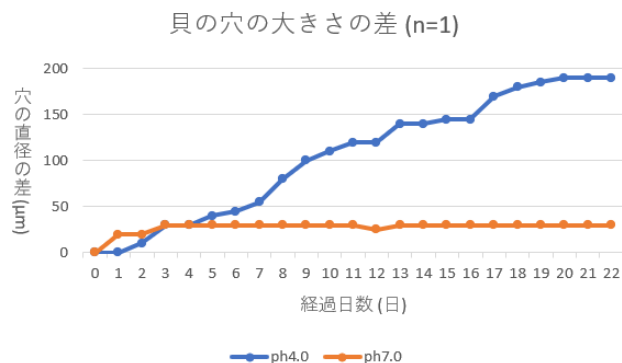


図 2 牡蠣殻の穴の大きさの変化

3. 考察

pH 7.0 の牡蠣殻よりも pH 4.0 の牡蠣殻の方が溶ける速度が速かったことから pH と牡蠣殻の溶ける速度には関係があり、pH が低いほど牡蠣殻は溶けやすいと考えられる。pH 4.0 の牡蠣殻は日数が経過するごとに牡蠣殻の穴の大きさが増加していったのに対し、pH 7.0 の牡蠣殻は実験開

^{†1} Okayama Gakugeikan High school

始から3日目に穴の拡大が止まってしまったので、牡蠣殻は酸性度が低い状態では(1)環境に適応できる能力を持っている、もしくはある程度まで牡蠣殻が溶けるとそれ以上(2)穴を拡大させないための機構が備わっていると考えられる。

(1) 環境に適応する能力が備わっている

先行研究¹⁾により、2012年に起きた地震により大槌湾の海中のマンガンが急激に増加した際、ムラサキウニが貝殻の元素濃度を調節することで環境の変化に対応したことがわかっている。牡蠣殻もそれと同じように環境の変化に対して牡蠣殻の元素濃度を調節する能力が備わっていればpHの変化に対応することが可能であると考えられる。

(2) 穴を広げないための機構がある

トタンを塗った鉄(図3)のように、牡蠣殻にも穴以外の部分から炭酸カルシウムを溶けださせることができる(図4)と考えられる²⁾。その機構の働きによって穴の拡大が見られなくなったと考えられる。また、この機構により、穴の拡大による牡蠣反対の攻撃がふせがれていると考えた。

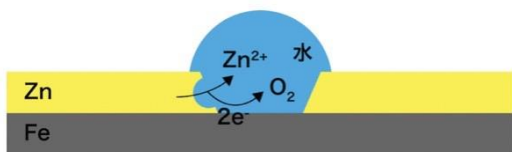


図3 トタンの仕組み

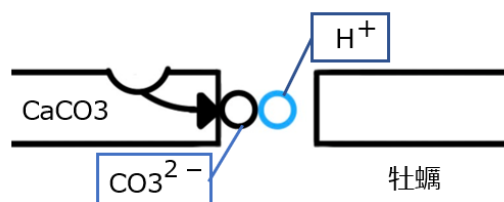


図4 牡蠣殻の機構の考察

4. 結論

pH と貝の溶ける速度には関係がある。pH 4.0の強酸になると牡蠣殻は約8.13μm/日で溶け続けるが、pH 7.0では実験開始から3日目を境に牡蠣殻は溶けなくなった。その理由として、牡蠣殻はpH 8.1であった海水が中性になる場合、pHの変化に対応することで牡蠣殻を防御する機能が備わっている。もしくは穴の部分以外の場所から炭酸カルシウムを溶けださせることで穴の拡大を防いでいると考えられる。しかし、実験結果より、pH 7.0の海水でも3日間で20μmは穴の大きさが拡大したことで、東邦大学では、2100年には海水のpHが7.8になるという見解から、海洋

酸性化への対策が行わなければ、いずれ牡蠣殻が溶けてしまうと考えられる。また、このことから早期に海洋酸性化への対策を行わねばならない。

5. 謝辞

本研究の遂行にあたり、指導教官として終始多大なご指導を賜った岡山学芸館高等学校柳雅之先生、吉岡希裕先生に深く感謝致します。

6. 参考文献

1) 杉江 恒二 芳村 毅 海洋酸性化が植物プランクトンの動態および物質循環に及ぼす影響
https://www.jstage.jst.go.jp/article/kaiyou/20/5/20_101/_pdf/-char/ja

2) 【鉄メッキ】ブリキとトタン
<https://kimika.net/m2tetsumekki.html>



海上ロボット掃除機の開発

土井智喜^{†1} 谷口穂高^{†1} 杉原壮太^{†1} 柴田大翔^{†1}

海洋ゴミ問題解決を目標とし、水上の海洋ゴミを無人回収できるロボットの制作を行った。海洋ゴミの中でも、回収方法が確立されていないマイクロプラスチックに焦点を当てた。装置本体の構造はシービンという海洋ゴミ回収機を参考にした。棧橋に取り付けるシービンと異なり、私たちが開発したロボットは岸から離れたところでも使用できる設計とした。ゴミ回収の方法は、水と共に水上に浮いているゴミを機内に取り込み、ネットでゴミを濾過して回収する。機内に取り込んだ海水は、本体内部に取り付けた水中ポンプによって機外に排出する。また、水上での安定性を保つために本体の横にアウトリガーを取り付けた。さらに、おもりを海底に沈め、機体が波に流されないようにした。本体の横にゴミと水を機内に流し入れるための入口がある。機内の水量が増えた際、その入口に取り付けたスライドシャッターが動いて閉まることで、回収したゴミの機外への再流出を防いだ。海よりも流れが穏やかな岡山県の吉井川下流で実用実験を行った。実験では強度の問題で機体が破損したが、ゴミの回収機構の実現、機体の安定性の確認ができた。

キーワード：マイクロプラスチック、ロボット、LMガイド、海ゴミ回収

1. 研究背景

海洋ゴミの一つにプラスチックゴミがある。プラスチックは分解されるのに4～500年かかると予測されている。2050年の海では、そのプラスチックゴミが魚よりも多くなるとの見方もある¹⁾。海洋ゴミには漂流ゴミ、漂着ゴミ、海底ゴミの三種類がある。実際に浜辺へ調査に行くと、海外からの漂着ゴミが視認できた(図1)。海洋ゴミの中で特に問題視されているマイクロプラスチックは、5mm以下のプラスチック片と定義されている。元々5mm以下のものは1次マイクロプラスチック、後天的に5mm以下になったものは2次マイクロプラスチックに分類される。プラスチック片を広大な海で回収することは困難だ。また、マイクロプラスチックの回収方法は確立されていない。



図1 鹿児島県熊毛郡南種子島町 千座の岩屋
2022年7月12日 研修旅行先

2. 開発目的

海洋ごみの回収を目的とする。海洋ゴミは浜辺や海岸から直接海に出たものではなく、河川から海に流れ出たものが多くを占めていることが知られている²⁾。さらに、海洋ゴミには、河川から海に流れ出る過程で2次マイクロプラスチックになったものも含まれている。ゆえに、河川で浮遊ゴミ回収をすれば、海洋の2次マイクロプラスチックを減少させられると考える。事前調査から、ロボットは海だけでなく川でも設置できるようにすることで、今後の海洋汚染問題の改善に貢献できると考えた。

3. お掃除ロボットの設計

3.1 ゴミ回収の流れ

本体の横に2つある入り口から水とゴミを機内に入れる(図2(a)①)。回収したゴミは網で濾過する(図2(a)②)。このとき水は機内に流入し続け、機内の水位が上がる。一定水位まで上昇すると、機内の発砲スチロールも浮き上がる(図2(b)③)。発砲スチロールとスライドシャッターは連結されており、発砲スチロールの動きに合わせてスライドシャッターも上昇する(図2(b)④)。スライドシャッターが上がりきると機体の入り口を閉じ、水の流入を防ぐ。流入が遮られている間に、機内底に設置されている水中ポンプによって、水を機外へ排出する(図2(b)⑤)。水中ポンプは機内の水位で浮き沈みするスイッチでオンオフを切り変える(図2(b)⑥)。その後、図1の(a)に戻り一連の流れを繰り返す。

^{†1} Okayama Gakugeikan High school

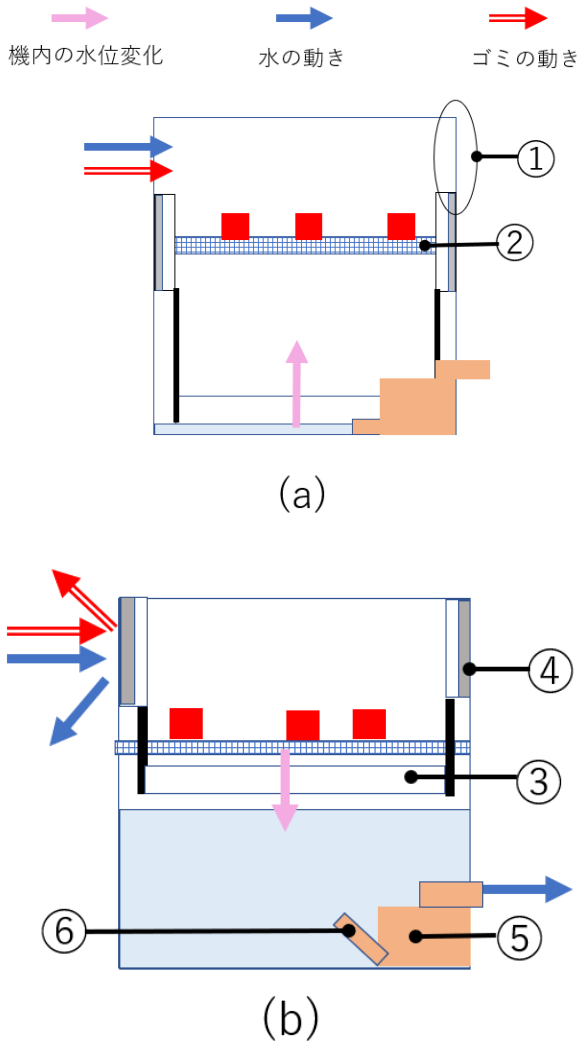


図2 ゴミ回収の流れ

3.2 ゴミ回収機メカニズム

本体は直方体のゴミ箱 (40 cm×60 cm×60 cm) を利用した (図3)。本体の横には、機内に浮遊ゴミと水を流し入れるための入り口 (20 cm×24 cm) を作る。その入り口に、機内の水量を調整するためのスライドシャッターを取り付ける (図4)。スライドシャッターで、回収したゴミが機外に溢れる事を防止する。機内では、ゴミ回収用ネット (図5) で取り込んだ水からゴミを濾過する。機内の底にはゴミを濾過した水を排出するための水中ポンプ (図6) を取り付ける。また、機内の水位に合わせて上下に動く発泡スチロール (図7) でスライドシャッターを動かす。

機体本体の横には、カヌーが水上で安定性を保つために使われるアウトリガー (図8) を取り付け、水上での安定性を確保した。また本体から川底におもりを沈め、河川の流れによって機体が流されることを防ぐ。機体上部に設置した蓄電池 (図9) から水中ポンプの電力を供給すること

で、回収機の無人自動化を実現する。



図3 本体全体像



図4 LMガイドを用いたスライドシャッター

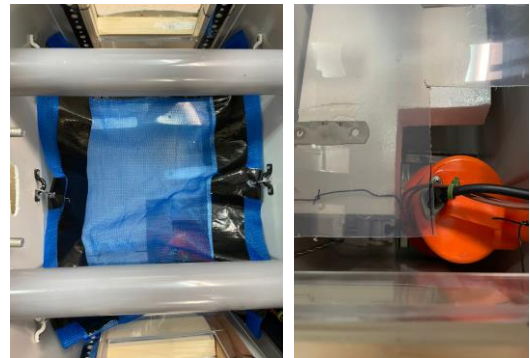


図5 ゴミ回収ネット

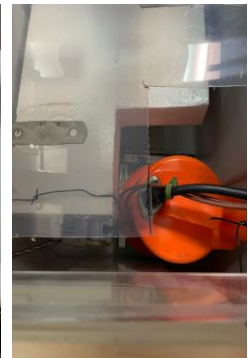


図6 排水用水中ポンプ



図7 発泡スチロールを用いたシャッター機構



図8 機体安定用アウトリガー 図9 蓄電池

4. 吉井川での実働実験

2022年9月10日、完成したゴミロボットの实働実験を吉井川で行った(図10)。吉井川は岡山県岡山市東区を流れる。実験は、波が緩やかで淡水である方がさびにくいと考え、吉井川の下流で実施した。

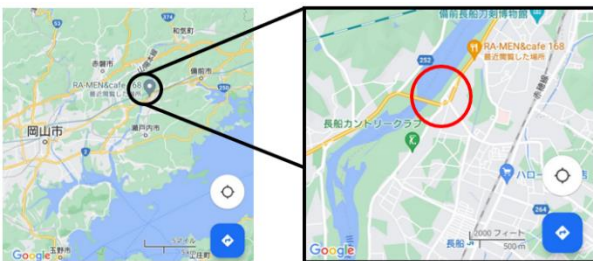


図10 実働実験を行った吉井川

実験では、水上で自立が可能か、水中ポンプが目的通り作動するか、単位時間あたりのゴミ回収量の測定の3つの項目を確認した。

5. 結果

機体が水上で自立することが確認できた(図11)。また、機内の水を水中ポンプで排出することも可能だった。



図11 吉井川水上で自立するお掃除ロボット

しかし、ゴミを回収できる位置まで機体を水中に沈めたときの機体にかかる浮力が大きすぎたため、機体本体とアウトリガーを接続している部分が破損した(図12)。破損後は実験の続行ができなかった。よって、単位時間あたりのゴミ回収量の計測はできなかった。

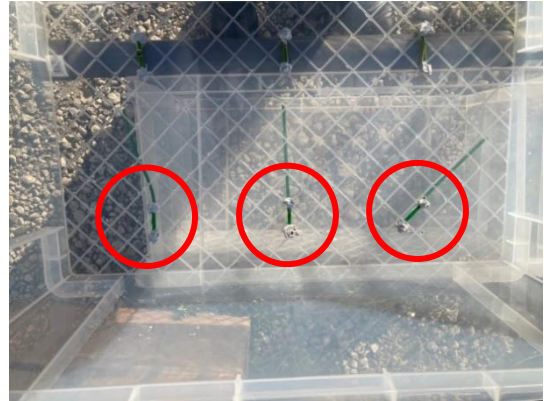


図12 破損箇所(赤丸内結合部分)

6. 2号機製作

1号機の実験で明らかとなった課題を修正した2号機の制作に取り掛かった。1号機は機体への浮力が大きすぎたことが原因で本体とアウトリガーの接続部分が折れ曲がり破損した。よって、機体本体とアウトリガーを接続している塩ビパイプの中に木の棒をいれることで、接続部分の強度増加を図った(図13)。



図13 塩ビパイプ内に木材を入れ補強

7. 謝辞

本論文の作成にあたり終始適切な助言を頂いた吉岡希裕教諭、稲村晃司教諭、柳雅之教諭、株式会社リバネスの井上麻衣様、株式会社THKの岡田典真様、心から感謝いたします。本当にありがとうございました。

8. 引用文献

1) ジェナ・R・ジャンベックら, 陸から海へのプラスチック廃棄物の投入 2015年

https://www.science.org/doi/10.1126/science.1260352?url_ver=Z39.88-2003&rft_id=ori:rid:crossref.org&rft_dat=cr_pub%20%20pubmed

2) 日本財団 日本コカ・コーラ株式会社 陸域から河川への廃棄物流出メカニズムの共同調査 2020年

https://www.nippon-foundation.or.jp/app/uploads/2020/02/new_pr_20200221_01.pdf

9. 受賞

本研究はサイエンスキャッスル 2022 関東大会で優秀ポスター賞, サイエンスキャッスル関東大会研究費 2022 THK ものづくり0, 賞において奨励賞を受賞した。また, 株式会社 THK 様より 15 万円の開発費及び LM ガイドを支給して頂いた。



河川浮遊ゴミ滞留の集積要因について

杉原壮太^{†1} 柴田大翔^{†1}

河川浮遊ゴミを効率的に回収するために、岡山県の吉井川支流で浮遊ゴミの集まりやすい場所を調査した。ホテイアオイが大量繁殖していた場所と川が合流してできた場所で浮遊ゴミの滞留を確認できた。香登川と用水が合流する場所では、流速の違いによって渦が生じていた。ホテイアオイの大量繁殖地では、多くのゴミがせき止められていた。ホテイアオイの季節変化について観察を行ったところ、9月中旬に枯れ、10月中旬には枯れたホテイアオイとゴミが流されていた。私たちは、台風の影響で流されたのではないかと考えた。渦の流れについてフロースクエアソフトを用いてシミュレーションすると、実際のゴミの滞留場所とシミュレーションを用いたデータが一致した。これらの研究結果から、川の水面に生育するホテイアオイなどの水草にゴミが溜まりやすいこと、川が交差する場所でゴミが溜まりやすいことが明らかとなった。ホテイアオイの生育条件のさらなる調査や渦ができるために必要な川の水速が必要である。

キーワード：ホテイアオイ、シミュレーション、浮遊ゴミ、渦

1. 研究背景

2050年の海は、魚よりもごみの方が多くなると予想される¹⁾ため、自分たちも何かゴミ問題解決のために貢献できることはないかと考えた。私たちは海ゴミの流出源である河川に着目し、河川浮遊ゴミの滞留条件と集積要因について調査した。

2. 研究目的

河川浮遊ゴミの滞留条件を一般化し、調査場所ではない河川でもゴミの滞留場所を見つけられるようにする。滞留場所が分かれば、海に流出する前に効率的にゴミを回収することができる。

3. 大量繁殖したホテイアオイの影響

3.1 方法

岡山県瀬戸内市長船を流れる吉井川の支流でホテイアオイが大量繁殖している場所を見つけた(図1: 調査場所は北緯34.694474, 東経134.097353)。ここは川の流れがほぼなく、日が十分に当たる場所であり、ホテイアオイの生育条件と一致した。さらに、ホテイアオイによって多くのゴミがせき止められていた。私たちは、2022年8月から10月末まで、月に一度、ホテイアオイの季節変化を観察した。

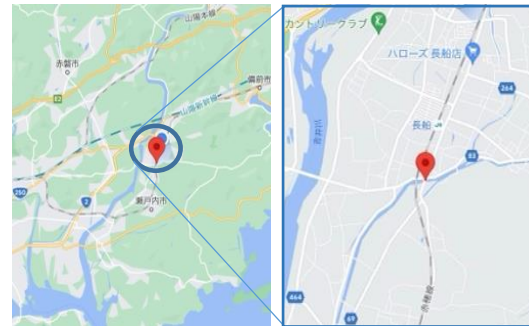


図1 吉井川支流
(北緯34.694474, 東経134.097353)

3.2 結果

ホテイアオイによって、川ゴミは流れずに滞留することがわかった(図2)。8月から9月中旬にかけてホテイアオイは枯れていたが、ゴミはホテイアオイに止められていた。10月になると、ゴミはホテイアオイと一緒に流されており、その場所は従来の川に戻っていた(図3)。



図2 ホテイアオイにより滞留した浮遊ゴミ

^{†1} Okayama Gakugeikan High school



図3 ホテアオイが流された後の川

3.3 考察

結果から、ホテアオイが繁殖する場所にゴミが溜まりやすいことがわかった。また、台風の影響により川の水量が増え、10月中旬にホテアオイが流されたと考えられる。ゴミ回収は、8月から9月中旬にホテアオイが繁殖している場所で行うと効率のだと考えられる。ホテアオイの生育条件や枯れたホテアオイが流された要因についてさらなる調査が必要である。

4. 用水と川が合流して出来た渦による影響

渦発生メカニズムを調べた(図4)。



図4 渦により滞留した浮遊ゴミ

4.1 方法

東用水が吉井川下流に合流した場所を、川の水を解析するフロースクエアソフトを用いて、シミュレーションを行った。図5は川を上から見た模式図である。シミュレーションにおける座標を、X軸を上流から下流に流れる支流とし、Y軸を図5の縦の水流と仮定する。X軸とY軸の水流の向きと大きさを調べた。

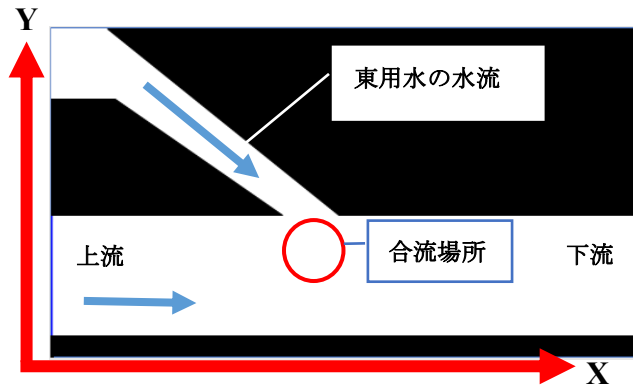


図5 川を上から見た図

4.2 結果

以下に示す図6では、速度が青色から赤色に近づくほど水流の速度が速いことを表している。東用水と川が合流する場所から離れるほど支流での速度が速くなった。

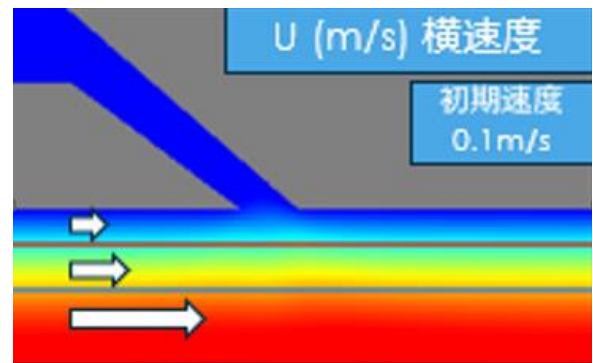


図6 X軸の流速

次に示す図7は黒色の放物線が上に凸ならば正、下に凸ならば負の向きを表している。川の合流地点で水流の向きが逆になった。

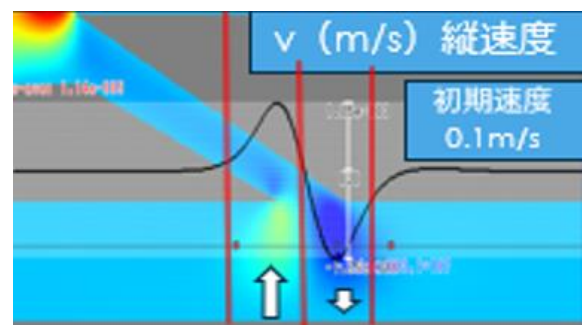


図7 Y軸の流速

X軸とY軸の水流の強さと向きを合成した結果、緑の部分で浮遊ゴミが滞留することが分かった(図8)。

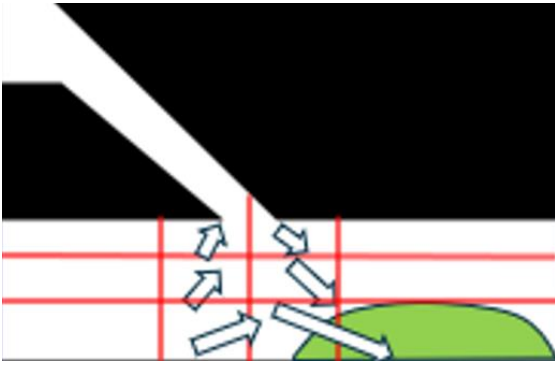


図8 力の大きさの合成

東用水はゴミの滞留に影響を与えていた。

4.3 考察

東用水と川が合流する場所で浮遊ゴミが溜まりやすいことが分かった。図8で示した結果と実際のゴミの滞留状態が一致した。今後は、流速や地形の条件を変えても渦が発生するかの調査が課題となる。

5. 結論

これらの研究結果から、川の水面に生息するホテイアオイなどの水草にゴミが溜まりやすいこと、東用水と川が合流する場所でゴミが溜まりやすいことが明らかとなった。

6. 謝辞

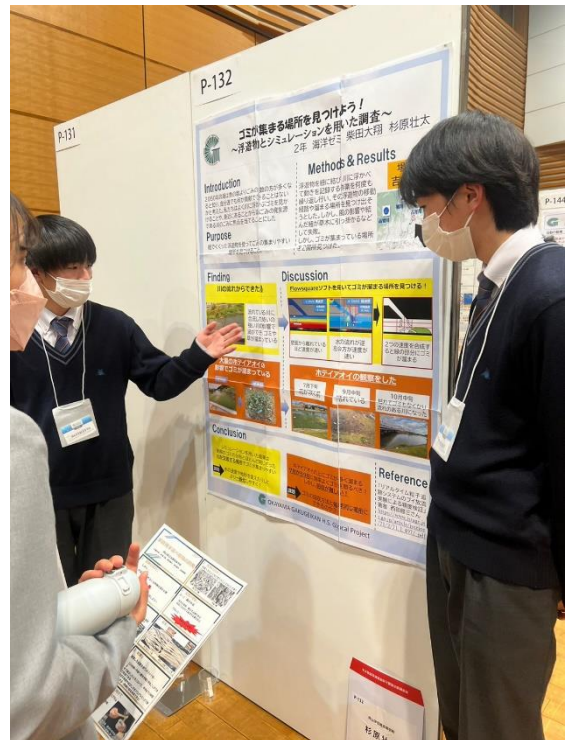
本論文の作成にあたり、終始適切な助言を賜り、また丁寧な指導して下さいました柳雅之教諭、シミュレーションソフトの使い方をご指導していただいた吉岡希裕先生、心から感謝します。本当にありがとうございました。

7. 参考文献

1) エレン・マッカーサー財団 THE NEW PLASTICS ECONOMY RETHINKING THE FUTURE OF PLASTICS 2016年

8. 受賞

本研究は、北海道大学主催海の宝アカデミックコンテストマリン・サイエンス部門近畿・中国ブロックで奨励賞、サイエンスキャッスル 2022 中四国大会において山陽新聞社賞を受賞した。



波力発電の実用化に向けて

湯原萌々香^{†1} 澤蒼彩^{†1}

波力発電は1973年の第一次石油危機以降、ヨーロッパを中心に研究が進められていた。しかし、多額の研究費用がかかることや石油価格の安定などの理由で、実用化に至らなかった。私たちは波力発電の実用化に向けた研究に取り組んだ。波力発電は、主に海における波のエネルギーを利用して発電する方法である。波力発電には、越波型、振動水柱型、可動物体型¹⁾、ジャイロ式²⁾などがある。今回、注目した波力発電方法は振動水柱型である。振動水柱型は、装置内にある空気室と呼ばれる場所に海水が流れ込み、海水の上下運動によって空気が押し出される。その空気が風となりタービンを回して発電する。ペットボトルを用いて検証実験を行い、波によって空気が押し出されることを確認した。次に、12Lのバケツを用い、バケツが上下する往復の平均の速さ（以下平均の速さ）と振幅をそれぞれ変えて風速を測定した。また、圧力損失を軽減させるために、空気室内部を円錐台に加工した。計測された風速を風力発電で用いられる $1/2 \rho S v^3$ という公式に代入し、発電量を求めた。その結果、振幅変化と比べて平均の速さの方が風速は大きな値が計測された。加工変化によって風速はほぼ変わらなかった。本研究から、モーターのプロペラの大きさに合わせた穴をあける事が効率的であることが明らかになった。今後の課題は、120Lのバケツを用い、実際に海で発電できるか検証することである。

キーワード：波力発電，波，再生可能エネルギー，振動水柱型

1. はじめに

地球温暖化にともなう二酸化炭素排出規制を受け、20世紀以降、再生可能エネルギーが注目され始めた。その中でも波力発電は波の状況が比較的予測でき、発電量の見通しがつく。そのため、大きな出力低下が起こらず安定した発電を行うことが期待出来る。

2. 研究材料および方法

先行研究³⁾から、室内レベルでの発現装置の再現が可能であること、ペットボトルのように空気が出る部分に向かってしぼんでいく形状（以下内部加工）が適していることが分かっている。

2.1 目的

バケツを用いて、バケツが上下する幅（以下振幅）とバケツが上下する往復の平均の速さ（以下平均の速さ）をそれぞれ変えて風速を測定する（図1）。その風速を元に風力発電で用いられる $1/2 \rho S v^3$ （空気の密度 $\rho=1.2$ 、受風面積 $S=0.002826$ 、風速 v ）に代入し電力を求めた。

実験は①内部加工なしで穴を6cmに開けたバケツでの実験（図2・A）、②内部加工ありで穴を6cmに開けたバケツでの実験（図2・B）、③内部加工なしで穴を3cmに開けたバケツでの実験（図2・C）に分けて行った。③の実験は圧力損失を無くすため、風速計の羽と同じ大きさである3cmの穴にしている。

2.2 研究材料

バケツ（12L）、プール（220cm×150cm×60cm）、風速計、モーター、電圧計、電流計、クリアファイル、マーカーコーン、ガムテープを用いた。



図1 測定環境

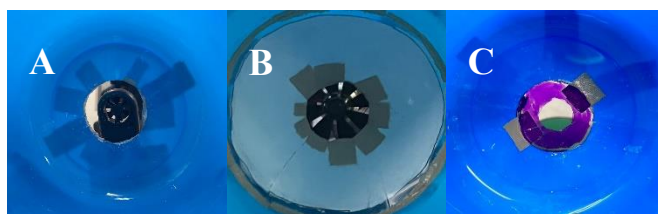


図2 内部加工

3. 結果

3.1 平均の速さ（10cm/s）固定、振幅（3, 4, 5cm）変化の実験

①の実験では振幅が増えるにつれて風速は1.23m/s, 1.36m/s, 1.52m/s, ②の実験では1.28m/s, 1.3m/s, 1.57m/sと、振幅が増えても風速はほぼ変わらなかった。しかし、③の実験では振幅が増えるにつれ風速も2.09m/s, 3.48m/s, 5.19m/sと増えていった（図3）。

^{†1} Okayama Gakugeikan High school

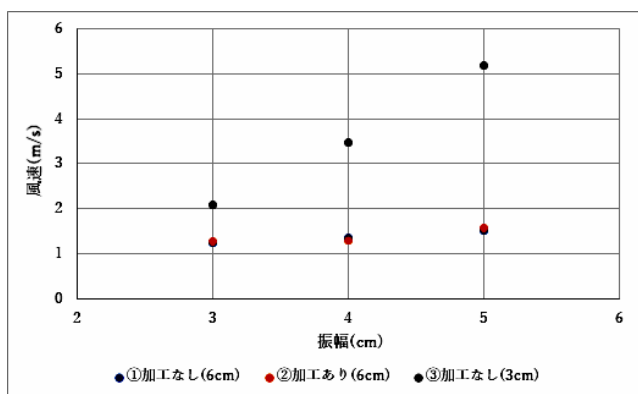


図3 平均の速さ固定、振幅変化による風速量

3.2 平均の速さ (6.7, 13.3, 20cm/s) 変化, 振幅 (4cm) 固定の実験

①の実験では平均の速さが増えるにつれて風速は 1.28m/s、1.84m/s、2.8m/s、②の実験では 1.14m/s、1.62m/s、2.42m/s、③の実験では 2.78m/s、3.52m/s、4.67m/s とすべての実験において平均の速さが増えるにつれて風速も大きくなった (図4)。

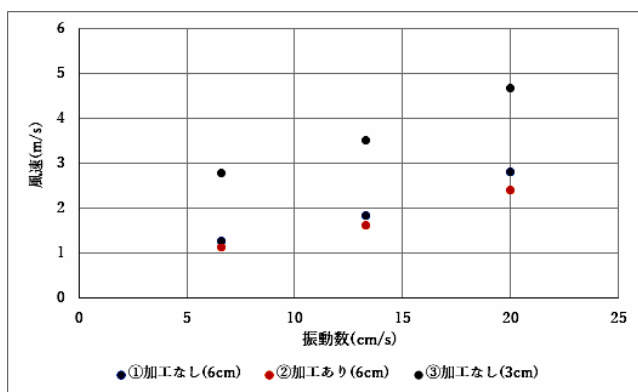


図4 平均の速さ変化、振幅固定による風速量

3.3 振幅変化の実験から得た風速をもとに求めた電力量

①の実験では振幅が増えるにつれて電力は 0.00316w、0.00427w、0.00595w、②の実験では 0.00356w、0.00373w、0.00656w と振幅が増えても電力はほぼ変化しなかった。しかし、③の実験では振幅が増えるにつれて電力も 0.00387w、0.01787w、0.05926w と増えていった (図5)。

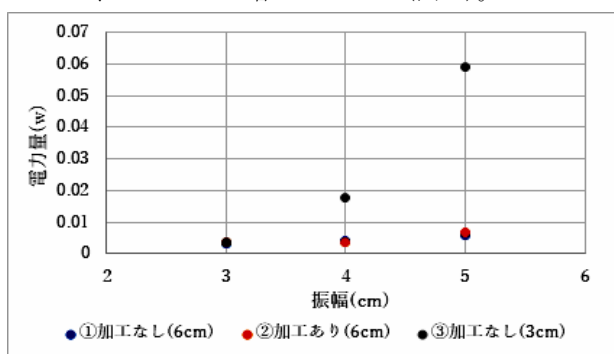


図5 振幅変化の実験から得た風速をもとに求めた電力量

3.4 平均の速さ変化の実験から得た風速をもとに求めた電力量

①の実験では平均の速さが増えるにつれて電力は 0.00356w、0.01056w、0.03722w、②の実験では 0.00251w、0.00721w、0.02403w、③の実験では 0.00911w、0.01849w、0.04317w とすべての実験において平均の速さが増えるにつれて電力も大きくなった (図6)。

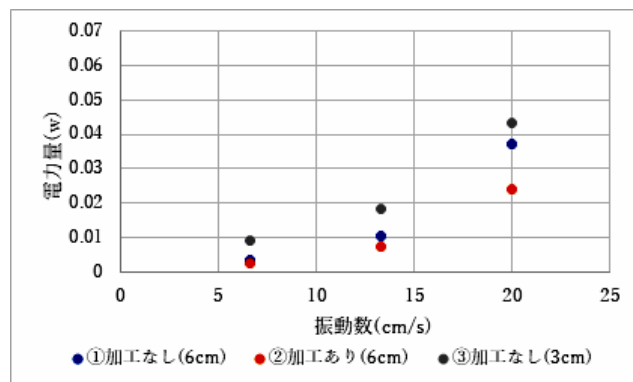


図6 平均の速さ変化の実験から得た風速をもとに求めた電力量

4. 考察

先行研究³⁾では、空気が出る部分に向かって一点に集中する形状 (内部加工) が適していることとされていた。しかし、実験①、②でほぼ風速に変化がなかったことから、内部加工は風速に影響を与えないことが分かった。以上から、内部加工は不用であると考えられる。次に、穴の大きさを風速計の羽の大きさに合わせて圧力損失を無くした実験は、実験①、②の最大風速より実験③の最大風速が約2倍大きくなったため、風速計の羽の大きさに合わせる方が良い事が分かった。以上から、実際にモーターを取り付ける際はモーターの羽の大きさに合わせて穴を開けるべきである。本研究では、自然の波の力ではなく、手動で全て実験を行った。実際に海において、波の力だけで風が起これば異なる結果が得られるかもしれない。

5. 今後の展望

本研究から、バケツが上下することによって一定の風速が得られることが分かった。今後は大型のバケツ (120L) を用いて実際に海に設置し、自然の波の力でも風速や電力が得られるか検証したい。そのために、バケツを港に設置しやすく、かつバケツが動かないように外側を木材などで加工することが必要である。

6. 謝辞

本開発にあたり、指導して下さった岡山学芸館高等学校 医進サイエンスコース吉岡希裕教諭、柳雅之教諭に深く感謝致します。また、研究資金を提供して下さった荏原製作所様に感謝申し上げます。さらに、サイエンスキャッスル研究費荏原製作所賞を開催して下さった株式会社荏原製作所様、株式会社リバネス様並びに、開発を進めていく中でメンターとしてアドバイスを下さった藤方淳平様、岩井康平様、藤本さくら様、藤原なお子様、森藤なつみ様、海浦航平様に感謝の意を表します。



7. 引用文献

1) 次世代を担うエネルギーは波！？波力発電の全容に迫る！ 2021年

<https://enechange.jp/articles/wave-energy-power-station>

2) 小林義行 2012年

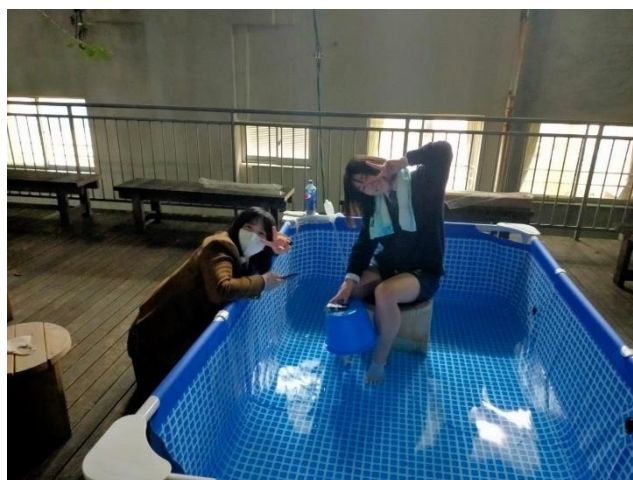
ジャイロ式波力発電模型

<http://www.kob-sc.uh-oh.jp/experiment/gyro/gyro.html>

3) 玉川学園高等部 坂下 万優架 2019年
振動水中型波力発電の高効率化に向けた研究

[https://www.iec.jp/pes/wp-](https://www.iec.jp/pes/wp-content/uploads/sites/3/2020/01/R1_1.pdf)

[content/uploads/sites/3/2020/01/R1_1.pdf](https://www.iec.jp/pes/wp-content/uploads/sites/3/2020/01/R1_1.pdf)



海ゴミ活用の創造性

長島柊依†¹

海ゴミの回収方法に関する研究、提言は数多く行われている。私は回収したゴミを創造的に活用する方法を提案した。2022年8月、兵庫県明石市と高砂市の2か所の海岸において、打ち上げられた海ゴミを回収した。回収した海ゴミを用い、空想上の生物を作成した。更に、この空想生物に関する設定を考え、一つの作品として仕上げた。針金を骨格に、海ゴミを肉体に例え、言語を組み合わせ『マレスクルータ目マレプラ科プラプラ属プラレムレース』と学名をつけた。マレは海、スクルータはゴミ、プラはプラスチック、レムレースは妖的なものという意味がある。これらの製作過程は教育コンテンツとして利用が出来るのではないかと考え、実践方法や問題点を考察した。実践方法としては、針金等で土台を作成し、海ゴミを用いた作品を美術の時間で作成する。問題点としては、作成に用いることの出来るゴミを十分に回収できるかなどが挙げられる。以上の点を考慮し、より海ゴミの問題を身近に感じさせる手段を模索した。

キーワード：海ゴミ，空想生物，教育コンテンツ

1. はじめに

私は海洋研究を行う際、問題をより身近に感じられるようにするため、分かりやすく簡潔な研究にすることを思いついた。掘り下げるテーマとして、海ゴミ問題を取り扱う。海ゴミを回収したり出さないようにしたりする研究は、数多く行われている¹⁾。しかし、私は疑問をひとつ覚えた。一体回収した海ゴミはどうするのだろうか。ただ燃やして処分するだけではなく何か利用出来ないかと考察した。



図 1-3 大蔵海岸で回収した海ゴミ

2. 海ゴミ回収

2022年8月、兵庫県明石市にある海水浴場の大蔵海岸(図 1-1)と兵庫県高砂市にある向島(図 1-2)で、約1時間半海ゴミの回収を行った。結果として、大蔵海岸では、海水浴客が捨てたであろうゴミを回収できた(図 1-3)。プラスチックゴミが最も多く69%(158個)となっていた。向島でもプラスチックのゴミが最も多く59%(72個)となっていた(図 1-4)。異なる環境でも見られるゴミの種類には大きな違いがないことが分かる。しかし、ゴミの数では圧倒的に大蔵海岸の方が多くなっていた。海水浴客の数が多いためであると考えられる。



図 1-4 向島で回収した海ゴミ



図 1-1 大蔵海岸

図 1-2 向島

3. 海ゴミ活用方法

回収した海ゴミを持ち帰り、キッチンハイターで消毒した(図 2-1)。使える海ゴミをどのように活用しようかと考えた時、海の中の動物をテーマにしようと思った。空想生物を作るにあたって、モチーフとする生き物を鮫とし、平面の設計図を書いた。海ゴミの数から立体で作成する余裕があると判断し、設計図を元に針金で土台を作成した(図 2-2)。針金にパーツとなるゴミを貼り付けていき、約1時間半で完成した(図 2-3)。完成した作品を見て新種の生き

†¹ Okayama Gakugeikan High school

物として設定を考えた。学名は『マレスクルータ目マレプラ科プラプラ属プラレムレース』とした。マレは海、スクルータはゴミ、プラはプラスチック、レムレースは妖的なものという意味がある。



図 2-1 消毒した海ゴミ

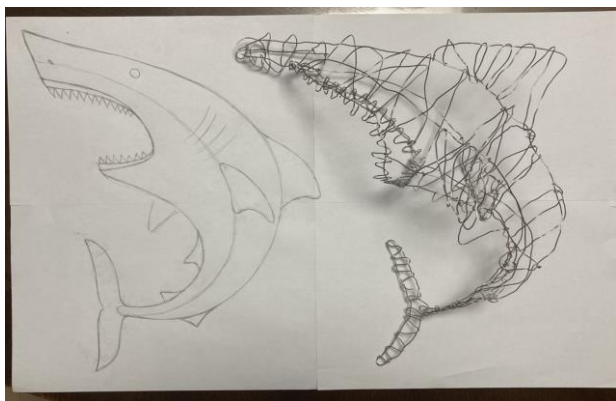


図 2-2 設計図と針金



図 2-3 プラレムレース

4. 考察

作成した物をどのように利用すればいいか考え、海ゴミを活用する創作活動を広めることを思いついた。具体的には教育コンテンツに取り入れるというものだ。調べたところ授業としてではなく、水族館で実施されている所も既にあるらしい¹⁾。期待できる効果として、海ゴミの問題をよ

り楽しく身近に感じられる事が挙げられる。対象年齢としては小学校5年生から中学校2年生までの年齢を想定した。理由として、無理のない設計を自分自身で考え、ある程度無邪気に楽しんで貰えるには丁度良いのではと考えたからである。

最初は、実際に海ゴミを回収してもらうところから始まる。時期としては8月後半の海水浴シーズン終了頃になると、多くの海ゴミを回収できる。2時間くらいあれば作成するために必要な海ゴミに足りる。海ゴミはしっかり消毒し、選別する必要がある。消毒は学校側で行い、生徒自身が作成に使うものを選別してもらう。次は限られた授業時間をあてがう。美術の時間に作成すると想定する。まずは、選別した海ゴミを元に何を作りたいかを考え設計する。その後、設計したものを参考に海ゴミを用いた作品を作成する。最後に鑑賞の時間を取る。設計図に2時間、作成に3時間、鑑賞に1時間の計6時間になると考えられる。しかし、海ゴミアートの作成にかかる時間のデータが足りないのであくまで参考になる。

5. 課題およびまとめ

課題点は2つ挙げられる。1つめは、私は海ゴミを回収した際、作成する分には充分だろうと考えていた。しかし選別すると、当初想定していた大きさを補う量には届かなかった。同じ事が起きる場合も想定される。2つめはデータの不足だ。実施するに当たっての指標はあるが、私以外に実践した時の課題点や時間についてのデータがなく、さらなる問題点が出てくる可能性がある。よって、いきなり授業に取り入れる事を検討するのではなく、小さなワークショップを開くことから始めるべきだろう。

自ら海ゴミの活動に触れる事によって、より身近に海洋問題に触れることができる。アートという自由性の高いものを取り入れることによって、楽しんでもらえるだろう。活動が新しい海洋問題や研究に取り組んで貰えるきっかけとなれば、1番の成功となる。今後は様々な場所でデータを取り、教育コンテンツとして実施出来るようにしていきたい。

6. 謝辞

本論文の作成にあたり指導、助言をしてくださった吉岡希裕教諭、柳雅之教諭に深く感謝致します。

7. 参考文献

- 1) 環境省 平成 29 年度漂着ごみ対策総合検討業務 海洋ごみ学習用教材 小中学生用 [studymaterials_elementary_juniorhighschool \(env.go.jp\)](http://studymaterials_elementary_juniorhighschool(env.go.jp))

2022年度 岡山学芸館高等学校 医進サイエンスコース 12期生 海洋研究



2022年4月19日 海洋課題研究計画発表会 3年生に向けて発表



2022年5月10日 海洋課題研究ガイダンス 1年生に向けて発表



2022年5月17日 岡山県備前市日生町鹿久居島米子湾でのベントス調査



2022年5月30日 日生町漁協において牡蠣種付け体験 日生中学校との協同事業



2022年7月17日 NHKスペシャル「海の異変 し の び による酸性化の脅威」
3年生入澤佳苗さんの海洋課題研究が取り上げられる



2022年8月19日 マリンチャレンジプログラム中四国ブロック大会優秀賞（愛媛県）



全国アマモサミット2022 in たてやま

2022年9月29日～30日 全国アマモサミットにて研究発表（千葉県館山市）



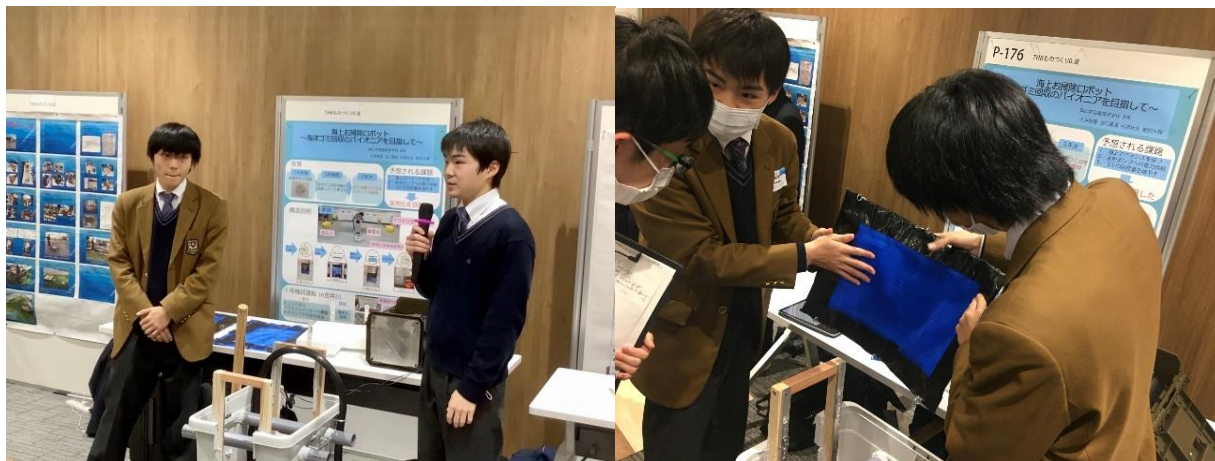
2022年11月5日 北海道大学主催海の宝アカデミックコンテスト全国大会
マリンサイエンス部門優秀賞（リュウグウノツカイ賞）
マリンイノベーション賞・道南伝統食品協働組合賞 受賞
（北海道函館市）



2022年11月15日 海洋課題研究中間発表会



2022年11月15日 北海道大学主催海の宝アカデミックコンテスト表彰伝達
近畿・中国ブロック大会6研究入賞



2022年12月3日 サイエンスキャッスル関東大会（東京都コンgresクエア羽田）
THK ものづくり 0.賞成果発表会 優秀ポスター賞



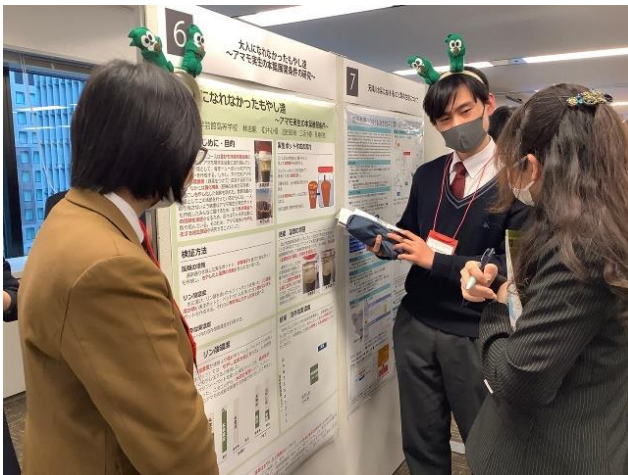
2022年12月10日 サイエンスキャッスル中四国大会（岡山）3研究入賞



2023年2月15日 日生町漁協において牡蠣出荷作業体験 日生中学校との協同事業



2023年3月1日 日仏海洋学会瀬戸内海ワークショップにて英語で研究発表（日生町）



2023年3月5日 マリンチャレンジプログラム全国大会（東京都大手町）

奥付

岡山学芸館高等学校 医進サイエンスコース
海洋研究紀要 2022

令和5年3月22日 発行

企画・編集 岡山学芸館高等学校

教諭 柳 雅之

教諭 吉岡 希裕

教諭 稲村 晃司

〒704-8502

岡山市東区西大寺上1丁目19-19

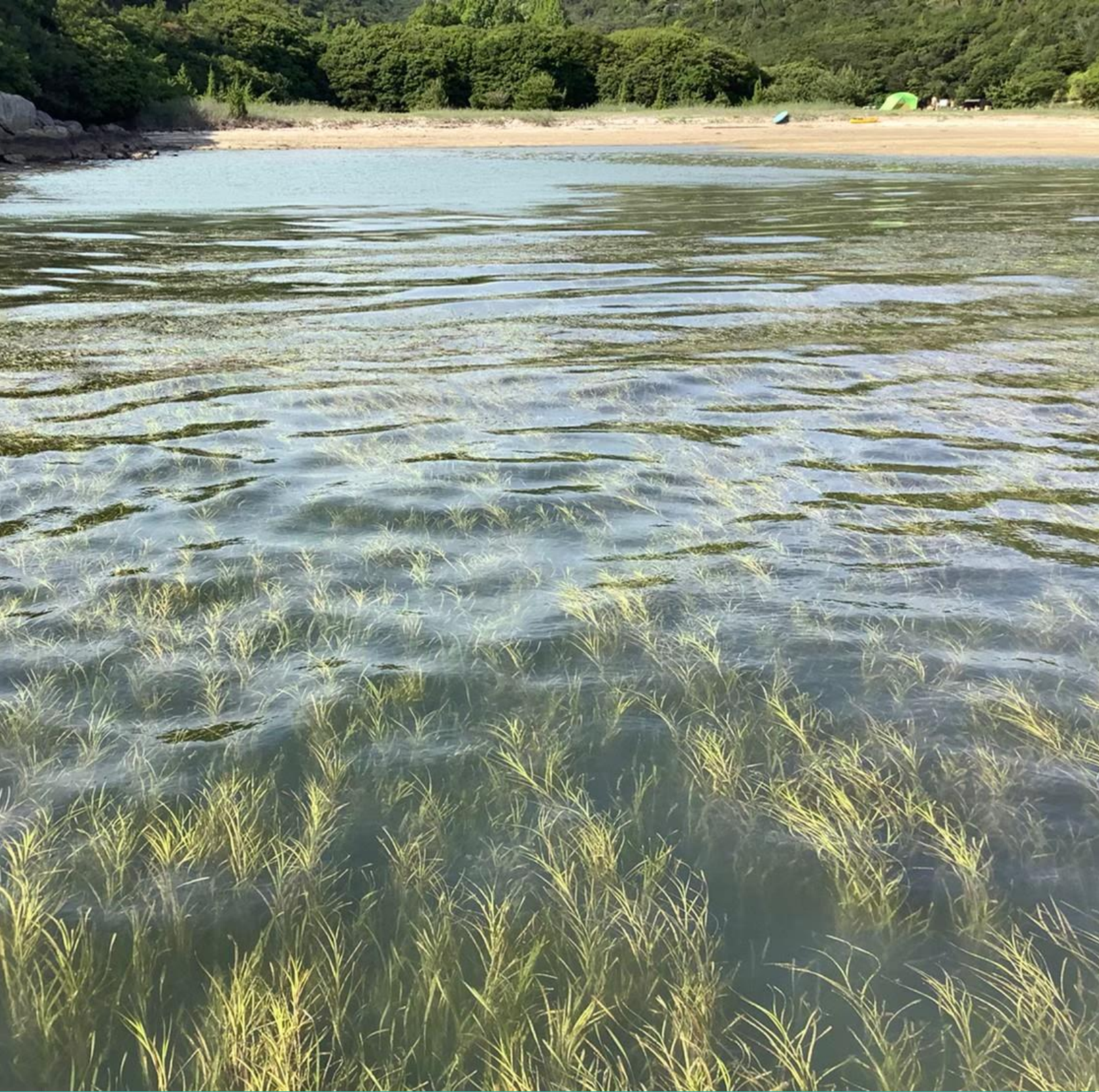
TEL(086)942-3864

FAX(086)943-8040

yanagi@gakugeikan.ed.jp

表表紙写真 NHK スペシャルの撮影に協力する入澤佳苗さん

裏表紙写真 アマモ場再生活動によりアマモ群落が形成された岡山県備前市鹿久居島千軒湾



公益財団法人 **おかやま環境ネットワーク**
Okayama Environment Network Foundation