

地域資源を利活用した機能性材料の開発

富山県立魚津工業高等学校 環境科学部

1. 背景（研究の動機）

魚津市は、6次産業化等に係る事業活動を推進しており、農林水産業者や商工業者及びこれらを支援する関係機関と連携を図り、魅力ある商品及びサービスの開発、販売等を進めている。また、農林水産物の付加価値を高め、農林水産業の魅力を発信し、担い手を確保する取組みが行われている。

しかし、付加価値を高めた商品開発は、工業材料に視点を置いたものがあまり多くない。魚津市の農林水産物を含めた地域資源を利活用して工業材料としての付加価値を高めたい。

2. 目的

本研究は、魚津市がブランド化を進めるガゴメコンブの廃棄部分などを利活用し、環境に優しい機能性シートを開発することを目的とする。私達の考える機能性とは、本来持つ機能をさらに高めたことを示します。本研究で明らかとなった研究成果を広く発表し、地域資源の利活用について関心を高めたい。さらに、地域と連携し、新しく開発した機能性材料をPRしたい。

3. 活動の内容

3.1 出前講義

- ① 日時：令和6年8月23日(金) 9時00分～16時00分
場所：富山県環境科学センター
講義題目：「環境調査の進め方」
講師：富山県環境科学センター 中易佑平
- ② 日時：令和6年11月9日(土) 10時00分～12時00分
場所：富山県立魚津工業高等学校
講義題目：「グローバル企業の環境経営とライフサイクル評価」
講師：早稲田大学 伊坪徳宏教授



3.2 見学

- ① 日時：令和6年8月23日(金) 9時00分～16時00分
場所：富山県環境科学センター
見学の目的：フィールドワークを通じた環境調査の手法を学び、水質調査を体験するため
- ② 日時：令和6年10月19日(土) 13時00分～16時00分
場所：第30回魚津環境フェスティバル
見学の目的：魚津市内の団体の環境保全活動について意見交換するため



3.3 その他の活動

① 環境イベントへの出展

アースデイにいかわ 2024 令和6年5月25日(土)、
第30回魚津環境フェスティバル 令和6年10月19日(土)
環境分析を楽しく体験して、アート作品に加工するものづくり教室を開催した。幼児から大人まで多くの方にペーパークロマトグラフィーを体験し



ていただき、しおりやうちわを作製した。

② 環境分析「農薬成分の分析」 令和6年8月21日（水）

ガスクロマトグラフ質量分析を用いて農薬成分の分析を行った。本校に導入されたGC/MSを活用して、サーモフィッシャーサイエンティフィック（株）にご協力いただいて研究を進めた。



③ 工業高校生によるデジタルものづくり教室 令和6年12月19日（木）

小学生へ「ものづくり」の楽しさを体験的に伝えることを目的に、シュレッダーごみを再利用して再生紙を作成し、ペーパークロマトグラフィーとレーザー加工機でデザインしたカレンダー制作を行った。



4. 研究の成果

4.1 研究計画

- （1）魚津市におけるガゴメコンブの養殖に関する調査
- （2）アルギン酸ナトリウムと塩化カルシウムの架橋（モデル実験）
- （3）架橋したアルギン酸カルシウムの物性
- （4）コンブから抽出したアルギン酸ナトリウムの抽出方法の確立

4.2 実験操作

4.2.1 アルギン酸ナトリウム水溶液の調製

アルギン酸ナトリウム（以下、Na-Alg.と略）15 gと精製水 500 mLを混合した。50℃に加温しながら攪拌し、3 % Na-Alg.水溶液を調製した。この溶液をさらに希釈して、1～2 % Na-Alg.水溶液をそれぞれ 500 mL 調製した。Na-Alg.（一級）は、関東化学（株）製を使用した。

4.2.2 塩化カルシウム水溶液の調製

塩化カルシウム 15 gと精製水 500 mLを混合し、3 % 塩化カルシウム水溶液を調製した。この溶液を希釈して、1～2 % 塩化カルシウム水溶液をそれぞれ 500 mL 調製した。塩化カルシウム（一級）は、関東化学（株）製を使用した。

4.2.3 アルギン酸カルシウムの調製

室温で 1% 塩化カルシウムに 1% Na-Alg.を添加した。添加する際は、パストゥールピペットを用いて Na-Alg.を 1 滴ずつ滴下した。同様にして、混合する溶液の濃度比（Na-Alg.:塩化カルシウム）は、1:1、1:2、1:3、2:1、2:3、3:1、3:2 に変化させながら各種濃度のアルギン酸カルシウム（以下、Ca-Alg.と略）を調製した。

4.2.4 Na-Alg.の抽出

① 試料

ガゴメコンブと真コンブの市販乾燥品を用いた。この海藻は板状のため、ハサミで約 2.0 cm×1.0 cm の大きさに細断した。

② Na-Alg.の抽出方法

各種乾燥コンブ 25 g を 30% 過酸化水素に 1 日浸漬した。洗浄したのち、5%炭酸ナトリウムに 1 日浸漬させた。ろ過した後、濃硫酸を添加し、ゲル化するまで加えた。ゲルを 3 回洗浄した後、2mol/L 水酸化ナトリウムを加え、さらにエタノールを添加して沈殿が出なくなるまで加えた。沈殿を吸引ろ過した

後、50℃で1時間乾燥させた。

過酸化水素、炭酸ナトリウム、濃硫酸、エタノール（一級）は、関東化学（株）製を使用した。また、水酸化ナトリウム（一級）はナカライテスク（株）を使用した。

4.3 結果・考察

4.3.1 魚津市におけるガゴメコンブの養殖に関する調査

近年沿岸の磯焼けが、漁業者にとって大きな問題となっている。これらの問題を解決し、豊かな海にするために魚津漁協はガゴメコンブ養殖に取り組んでいる。

また、寒海性のガゴメコンブは、真コンブよりもフコイダン等の機能性成分を多く含み、商品価値の高いコンブである。フコダインは、フコース及び硫酸基を含有する多糖の総称である。を富山県農林水産総合技術センター水産研究所では、水温が高くなる富山県において海洋深層水を利用して養殖することに成功した。そこで、魚津漁協は水産研究所と連携し、ガゴメコンブを新たなブランドにするために養殖事業に力を入れることが分かった。

実証試験開始：令和3年～令和5年

養殖事業開始：令和5年12月種苗の植え付け、令和6年3月100 kg収穫

場所：経田漁港の約1 kmに育成ロープを16本設置

4.3.2 Na-Alg.と塩化カルシウムの架橋（モデル実験）

試薬のNa-Alg.を用いてモデル実験を行った。Na-Alg.とCaによる架橋状態を確認するため濃度を変化させて検討した。図1に1～3 wt%まで濃度を変化させて架橋させた結果を示す。この結果から、Na-Alg.とCaがともに(d) 1.0 wt%であるときは、軟らかいゲルが調製できた。形状もゆがんだゲルとなった。ともに同じ濃度のNa-Alg.とCaを濃くしていくにつれて、潰れにくくなり、形状も変化した。(a) 3.0 wt%で混合させたとき、最も弾力があり、強固なゲルになることが明らかとなった。

このことから、濃度が濃くなるにしたがって、図2に示す架橋構造が密になるために、弾力性のあるゲルができたと考えた。IRで結合状態を確認する予定である。

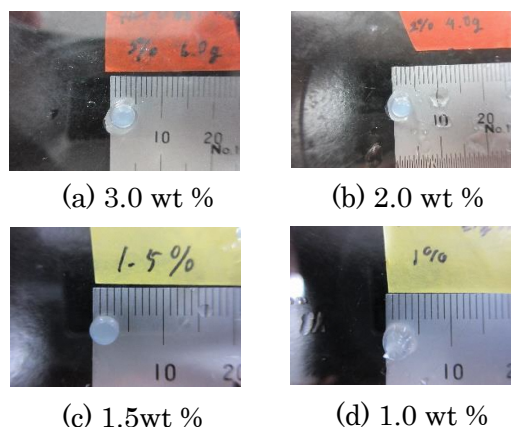


図1 同濃度のNa-AlgとCaを混合したゲル

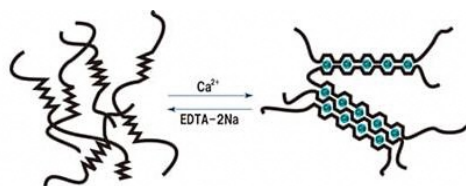


図2 架橋構造

4.3.3 Na-Alg.と塩化カルシウム濃度の検討（異濃度）

Na-Alg.とCaを混合するときの濃度の違いを検討するため、各種溶液の濃度を1.0～3.0 wt%まで変化させてゲル化した。その結果を図3に示す。Na-Alg.とCaが(a)3.0:2.0が最も弾力のあるゲルになった。(c)3.0:1.0までは、弾力があり、押すと潰れずに平らに形状を変える状態であった。(d)2.0:1.5、(e)2.0:1.0、(f)1.5:1.0は、ゲルは出来るが、押すとすぐに潰れる弱いゲルになった。Na-Alg.とCaの濃度を逆にした場合（Ca:Na-Alg.）も同じような傾向であることが分かった。

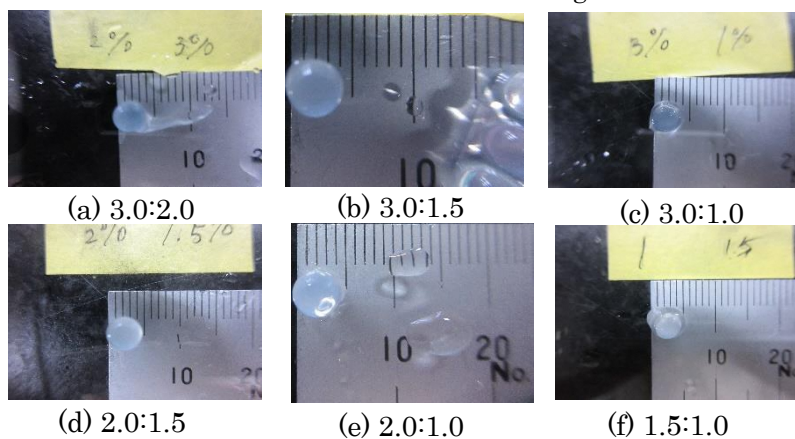


図3 Alg と Ca の濃度を変化させて調製したゲル

4.3.4 ゲルの調製方法の検討

ゲルの大きさ、形状をコントロールするためゲル化に使用する器具の検討を行った。その結果を図 4 に示す。次の 4 つの方法 (a) ビーカーから直接注ぐ、(b) 葉さじから滴下する、(c) カンロレードルから注ぐ、(d) パスツールピペットから滴下する) で検討した。(d) パスツールピペットが最も形状や大きさをコントロールできることが分かった。よって、今後球形でゲル化する際は、パスツールピペットを使った滴下法で調製することに決定した。

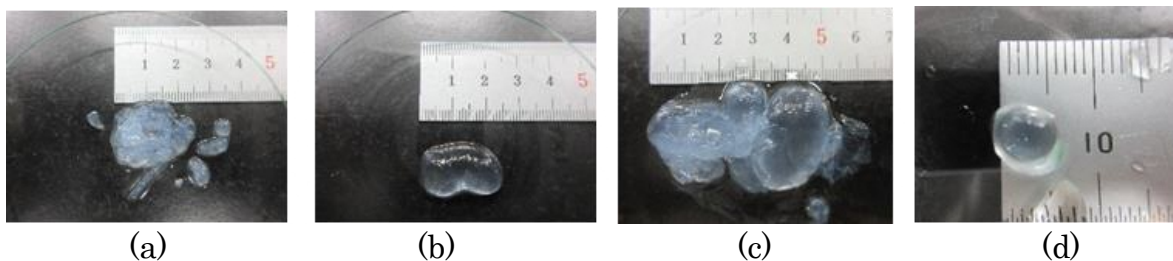


図4 Na-Alg と Ca の混合方法の検討

(a) ビーカーから滴下、(b) 葉さじから滴下、(c) カンロレードルから滴下、(d) パスツールピペットから滴下

4.3.5 コンプから抽出した Na-Alg. の抽出方法の確立

実験操作 4.2.4 で示したように、ガゴメコンプと真コンプから Na-Alg. の抽出を行った。図 5 はガゴメコンプの結果を示す。 H_2O_2 による酸処理で、激しく発砲した。(b) その後、 H_2SO_4 を添加して、不溶性の物質が析出した。これがアルギン酸 (H-Alg.) と考えられる。その後、水酸化ナトリウムを加えて Na-Alg. が析出した。(c) さらに、 50°C 、1 時間乾燥させたところ (d) のように白色または淡黄色のフィルム状になった。真コンプも析出物を確認している。従って、コンプより Na-Alg. を合成することができた。抽出した材料でゲルを調製できることを確認できたため今後は、このフィルムを IR などでも分析し、構造を確認する予定である。

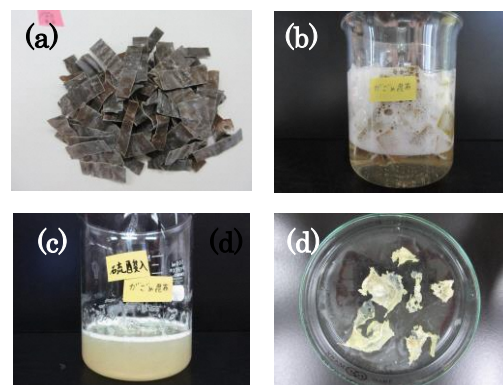


図5 ガゴメコンプから抽出した Na-Alg.

(a) 細断したガゴメコンプ、(b) H_2O_2 処理

(c) NaOH 添加、(d) 乾燥後の Na-Alg

5. 研究成果の発表

① 日時：令和 6 年 7 月 28 日 (日) 10 時 00 分～12 時 00 分

発表の場：第 69 回くろべフェア

発表題目：「地域資源を活用したものづくり」

発表形態：■口頭発表 □ポスター発表 ■その他 (ものづくり体験)

発表者名：中林 創志 (1 年) 水島 礼羅 (1 年)



② 日時：令和 6 年 10 月 19 日（土）10 時 00 分～16 時 00 分

発表の場：第 30 回魚津環境フェスティバル

発表題目：「地域資源を活用した研究」

発表形態：■口頭発表 ■ポスター発表 ■その他（ものづくり体験）

発表者名：中林 創志（1 年）水島 礼羅（1 年）



③ 日時：令和 6 年 11 月 9 日（土） 10 時 00 分～12 時 00 分

発表の場：環境講演会 2024

発表題目：「環境科学部の環境保全活動について」

発表形態：■口頭発表 ■ポスター発表 □その他

発表者名：中林 創志（1 年）水島 礼羅（1 年）



6. 「環境安全とリスク」に関する意見と感想

地域資源であるコンブに関する研究を進めてきた。魚津でコンブの養殖が始まること、養殖によって考えられる課題など普段意識していなかったことに気付かされた。

コンブから化学物質を取り出せることに驚くとともに、化学は様々なもののスタートであると感じた。日常生活を便利にするものの扱いを適切にしないと、環境を汚染していくことに繋がることも改めて分かった。今回学んだことを今後の研究活動に生かし、これまで以上に環境保全に関する活動も積極的に行いたいと思った。

7. 今後の課題

報告書提出までに、Na-Alg.の構造に関する評価を終えることができなかった。現在、物性評価を継続しており、以下のことについて検討していきたい。

- ① IR、粘度測定による結合状態の確認
- ② SEM による架橋状態の確認
- ③ 抽出した Na-Alg.を用いたゲル化の確認
- ④ 架橋に必要な Ca イオンを地元の特産品であるバイ貝から抽出して検討する。

8. まとめ

本研究によって以下のことが明らかとなった。

- 1 Na-Alg.と塩化カルシウムによる架橋反応によってゲル化することを確認した。
- 2 反応に必要な Na-Alg.と塩化カルシウムの最適条件を決定することができた。
- 3 ガゴメコンブや真コンブから Na-Alg.を抽出することができた。今後、物性を評価する予定である。

9. 謝辞

助成していただきました日本海学推進機構に御礼申し上げます。