

1. 研究背景

2019 年以降, アコヤガイを生産する主要な場所で, 稚貝の大量へい死が確認された。真珠生産は, 人工交配によるアコヤガイ稚貝の生産から始まる。稚貝を生育して母貝とした後, 核を埋め込んで約 2 年かけて真珠を生産する。現在, 大量死の影響があらわれ, 真珠の生産量が激減している。日本は世界で初めて真珠養殖に成功した国である。真珠は日本人に親しみあるものだ。筆者は, 多くの方にこの状況を知って欲しいという思いから, アコヤガイをテーマとした貝教育の開発を行っている。そして, その教材を作製する中で, 今まで見えてこなかったことが浮かび上がった。**廃棄貝殻の問題である。**

真珠の生産量が激減したとはいえ, それでも毎年何トンという大きな数値で生産される。宝石としての真珠の質量は 1 g もない。アコヤガイの大部分は貝殻と貝肉ということになる。アコヤガイ 1 体の (未乾燥) 質量は, 個体によってばらつくが約 45.0 g, 肉質部は約 7.88 g であり (水産大学校の研究報告¹⁾), 食用とされる貝柱以外の大部分は廃棄されてしまう。仮に, 真珠の年間生産量が 1 トンであれば, 廃棄貝殻の質量は約 37 トンになる。そこで筆者は, 「真珠養殖の危機と廃棄問題」をテーマとし, 「廃棄貝殻の教材化」を検討した。さらに廃棄貝殻は、螺鈿細工など日本の伝統文化に利用され, 文化継承という視点でも学ぶ価値は高い。今回, 以下の 2 つの柱を検討した。

- ① アコヤガイの貝殻を使用した実験・貝細工の開発
- ② ①を活かした講座や「真珠養殖の存続を, みんなで考えるワークショップ」の開発

2. アコヤガイと真珠養殖のしくみについて

2-1 アコヤガイについて^{2~4)}

アコヤガイは熱帯・亜熱帯に生息し, 日本では日本海側では能登半島より南, 太平洋側では房総半島より南に生息している。水温が 7 °C を下回ると弱り死んでしまう。貝殻は写真 1 の形をとり, 外側が稜柱層, 内側が真珠層となっている。稜柱層は主にタンパク質からなり, 真珠層は炭酸カルシウムの薄い結晶が何層にも重なってできている。また, 図 1 に示す通りその境界にはコンキオリンと呼ばれるタンパク質があり, 光は結晶中を通過し, 屈折や干渉を起こしながら目に届く。



写真 1 アコヤガイの貝殻

黒色の縞が見えているのが稜柱層, 光沢が見えているのが真珠層

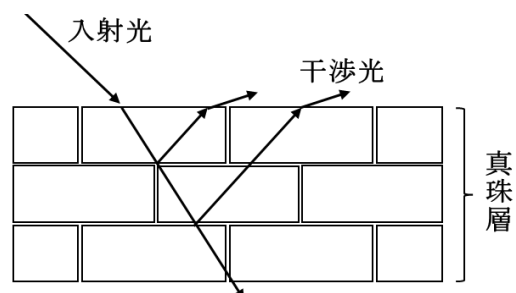


図 1 真珠層の構造

層と層の間にはコンキオリンがある。光は入射すると屈折, 干渉を起こす。

2-2 真珠養殖のしくみについて

真珠養殖のポイントは、図2の核入れにある。貝の体内にメスを入れ、核とピースを生殖巣に挿入する作業のことだ。核はカワボタンガイの貝殻を切断し、丸く削ったもの。ピースは別のアコヤガイから切り取った外とう膜を、小さく切ったものである。この作業を終えると、アコヤガイを海に戻す。

海の中では、図3にある4つの段階を経て、真珠が形成される。貝の管理は通年におよぶが、丁寧に管理しても、上手く成長しないことがある。アコヤガイに核入れをするが、その半数が死んでしまう現実がある。

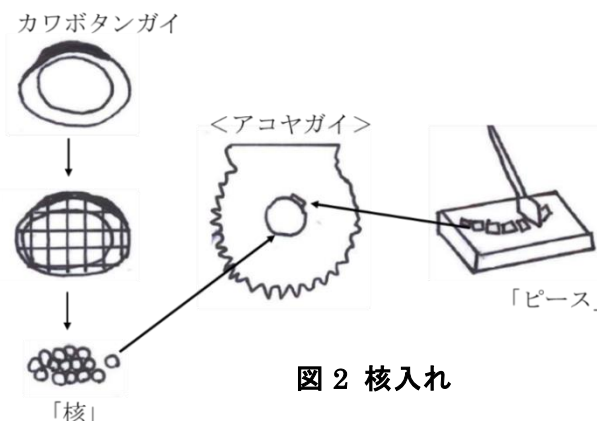


図2 核入れ

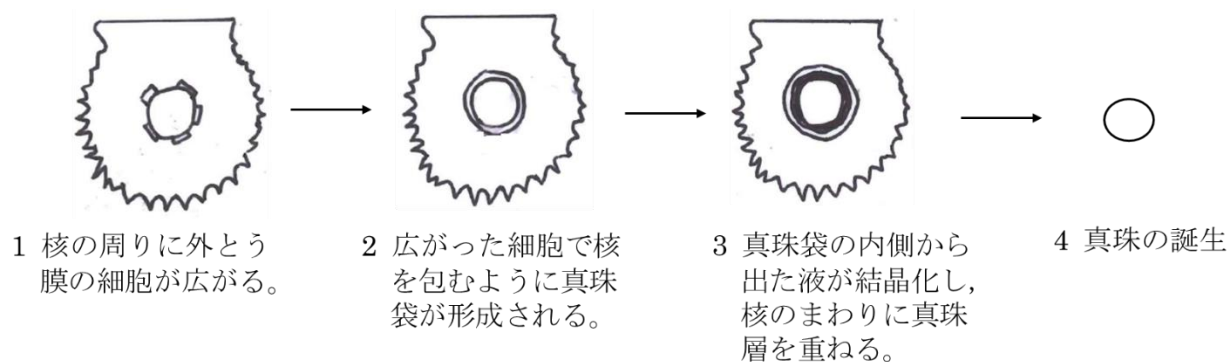


図3 真珠形成

3. アコヤガイの廃棄貝殻を使用した実験・貝細工の開発

準備として

これから紹介する実験には、廃棄貝殻を粉末にした「シェルパウダー」を利用する場面が複数回出てくる。まず、シェルパウダーの作製方法を示す。

<実験器具・試薬>

稜柱層を除いたアコヤガイの廃棄貝殻、ミニルーター、ミニスピードミル

<実験方法>

- ① 稜柱層を除いたアコヤガイの廃棄貝殻を、ミニルーターで短冊状に切断する。
- ② ①をミニスピードミルで2分間粉碎し、シェルパウダー（写真2）にする。



写真2 作製したシェルパウダー

3-1 貝殻に含まれるカルシウム成分を炎色反応で確認する⁵⁾

貝殻には成分としてカルシウムが含まれている。カルシウムは炎色反応で橙色を示すこと

が知られており、この性質を用いて、カルシウムの検出反応を行う。また、橙色の炎だけでは見にくい部分があるため、比較として他の試薬も用いるとよい。本実験では、塩化カリウム、塩化ストロンチウム六水和物、塩化バリウムを使用した。なお、塩化バリウムや試薬の1つであるメタノールは有毒であるため、取り扱いについて十分注意し、演示実験の形をとることを推奨する。

<実験器具・試薬>

シェルパウダー、塩化カリウム、塩化ストロンチウム六水和物、塩化バリウム、メタノール、アルミカップ、蒸発皿、薬さじ、2mL 駒込ピペット、チャッカマン

<実験方法>

- ① アルミカップを4つ並べ、それぞれのカップにシェルパウダー、塩化カリウム、塩化ストロンチウム六水和物、塩化バリウムを薬さじの小さじで少量入れる。
 - ② 試薬が入ったそれぞれのアルミカップに、試薬が浸る程度のメタノールを加える。
 - ③ 蒸発皿にアルミカップを移す。実験室をやや暗くして点火し、炎の色を確認する。
- 注) メタノールが少なくなってくると、結晶がはじけることがある。顔などを近づけないようにする。

<実験結果>

各金属の炎色反応の色を表1に表し、本実験で見られた炎色反応は写真3のようになった。塩化バリウムの黄緑色がやや薄い以外は、表1に示した炎色が見られ、貝殻粉末に成分としてカルシウムが含まれていたことが分かる。

表1 各金属の炎色反応の色

金属	色
カリウム	紫
ストロンチウム	紅
バリウム	黄緑
カルシウム	橙



写真3 実験で見られた炎色反応

左から塩化カリウム、塩化ストロンチウム六水和物、塩化バリウム、シェルパウダー

3-2 貝殻に含まれる炭酸カルシウムの純度を求める⁶⁻⁷⁾

アコヤガイの貝殻は写真1に示した通り、稜柱層と真珠層からなる。稜柱層を除去した真珠層のみの貝殻を用いて、その貝殻に含まれる炭酸カルシウムの純度を求める実験を示す。本実験では、物質量の概念を使わない中学理科の知識で純度を求める方法と、物質量の概念を使って純度を求める2つの方法を紹介する。

3-2-1 中学校理科の知識で貝殻に含まれる炭酸カルシウムの純度を求める方法

<実験器具・試薬>

炭酸カルシウム、2.0 mol/L 塩酸、薬包紙、薬さじ、200 mL コニカルビーカー、50 mL メ

スシリンダー，ストロー，電子天秤，シェルパウダー

<実験方法>

- ① 2.0 mol/L 塩酸をメスシリンダーで 25 mL はかりとり，5 つの 200 mL コニカルビーカーにそれぞれ加える。
- ② 炭酸カルシウムを電子天秤で 0.50 g，1.00 g，2.00 g，3.00 g，4.00 g それぞれはかりとる。
- ③ ①で用意した反応前の容器の 1 つを電子天秤にのせ，質量をはかる。
- ④ ②の 0.50 g の炭酸カルシウムをコニカルビーカーに加え，塩酸と反応させる。
- ⑤ 炭酸カルシウムを十分に反応させ，反応が終わったら発生したコニカルビーカー内の二酸化炭素を，ストローで吹いて追い出す。ストローで追い出す際，液面近くを吹く。
- ⑥ 反応後のコニカルビーカーの全体の質量を，電子天秤で測定する。反応前の質量と反応後の質量の差を，発生した二酸化炭素の質量とする。
- ⑦ ③～⑥の操作を，炭酸カルシウムが 1.00 g，2.00 g，3.00 g，4.00 g のものについても行い，加えた CaCO_3 の質量と発生した CO_2 の質量の関係をグラフにする。写真 4 に反応後のビーカーの様子を示す。
- ⑧ 新たな 200 mL コニカルビーカーを用意し，①と同じ操作で塩酸 25 mL をはかる。
- ⑨ シェルパウダーを電子天秤で 2.00 g はかりとる。
- ⑩ ③～⑥と同じ操作で CO_2 の質量を求める。ただし，シェルパウダーと塩酸を反応させるときは，シェルパウダーを静かに加える。シェルパウダーと塩酸の反応が激しいため，一度に加えると試薬がこぼれる可能性がある。写真 5 に反応後のビーカーの様子を示す。



写真 4 炭酸カルシウムを加えた反応後の様子
左から 0.50 g，1.00 g，2.00 g，3.00 g，4.00 g のもの



写真 5 シェルパウダーを加えた反応後の様子

<実験結果>

以下に，加えた炭酸カルシウムと発生した二酸化炭素の質量の関係を示した表とグラフの例（表 2・図 4）を載せる。今回グラフは PC で作成したが，グラフに関しては中学生の場合，きちんと書けるようになることが大事なため，敢えて方眼紙に書かせる場合もある。

表 2 加えた CaCO_3 の質量(g)と発生した CO_2 の質量(g)

① 加えた CaCO_3 の質量 (g)	② 塩酸+ビーカーの質量(g)	③ 反応前の質量 ①+② (g)	④ 反応後の質量 (g)	⑤ 発生した CO_2 の質量 ③-④ (g)	未反応の CaCO_3
0.50	127.71	128.21	128.01	0.20	なし
1.00	120.70	121.70	121.28	0.42	なし
2.00	121.17	123.17	122.29	0.88	なし
3.00	103.40	106.40	105.39	1.01	あり
4.00	123.01	127.01	125.99	1.02	あり

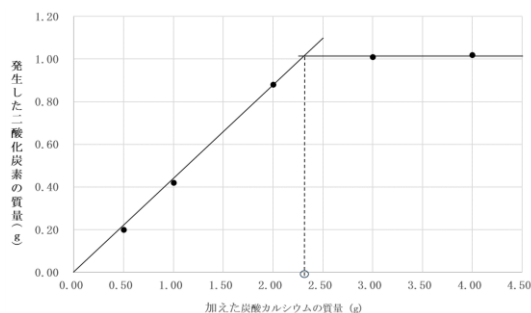


表 3 加えたシェルパウダー(g)と発生した CO₂の質量(g)

加えたシェルパウダーの質量 (g)	反応後の測定値 (g)	発生した CO ₂ の質量 (g)	未反応の CaCO ₃
2.00	1.21	0.79	なし

図 4 加えた CaCO₃の質量(g)と発生した CO₂の質量(g)の関係

実験から得られた図 4 と未反応の CaCO₃の有無から、およそ 2.30 g の CaCO₃を加えたとき、2.0 mol/L の塩酸 25 mL と過不足なく反応することが分かる。次にシェルパウダーと発生した二酸化炭素の質量の関係を表 3 に示す。表 3 で加えたシェルパウダーが 100 % CaCO₃であると仮定すれば、(2.00 g の CaCO₃から)発生する CO₂の質量は 0.88 g である(表 2)が、実際に発生した CO₂の質量は 0.79 g である。よって、求める純度は (0.79 g / 0.88 g) × 100 = 89.77 ≒ 89.8 %となる。

3-2-2 物質量の概念を使って貝殻に含まれる炭酸カルシウムの純度を求める方法

<実験器具・試薬>

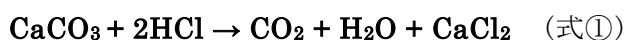
実験 3-2-1 で使用したのと同じもの

<実験方法>

実験 3-2-1 で示した実験方法⑧～⑩と同じ操作

<実験結果>

加えたシェルパウダーと発生した二酸化炭素の質量は表 3 である。また、炭酸カルシウムと塩酸を反応させたときの化学反応式は式①とし、物質量の計算における、各原子の原子量は H = 1.0 C = 12 O = 16 Ca = 40 を用いることとする。



二酸化炭素のモル質量が 44 g/mol であるため、発生した二酸化炭素の物質量は 0.790/44 = 0.01795 mol と求められる。また、式①より、二酸化炭素と炭酸カルシウムの物質量比が 1:1 であるので、廃棄貝殻に含まれていた炭酸カルシウムの物質量も同じ値である。これより、廃棄貝殻に含まれていた炭酸カルシウムの質量は 100 × 0.01795 = 1.795 g となる。以上より、求める炭酸カルシウムの純度は (1.795 / 2.00) × 100 = 89.75 ≒ 89.8 % となる。

<まとめ>

物質量の概念を使用しない中学理科の内容で求めた値が 89.77 %、物質量の概念を用いて求めた値が 89.75 %とほぼ同じ値となった。物質の質量を正確にはかれば、中学理科の分野でも貝殻の中に含まれる炭酸カルシウムの質量パーセントを求められ、中学の授業題材としても十分に扱えることがわかった。

3-3 貝殻標本の作製

廃棄貝殻をそのまま用いて、貝殻標本にすることは可能であるが、アコヤガイは他種の貝と異なり、稜柱層を持っている。この稜柱層はタンパク質由来であり、乾燥すると砕けやすい性質がある。そこで、安価で入手しやすいトップコートを使用し、壊れにくい標本作製を紹介する。

<実験器具・試薬>

稜柱層が残った保存の良い廃棄貝殻、ドライバー、ニスまたはトップコート

<実験方法>

- ① ドライバーで廃棄貝殻に付着したフジツボなどを除去し、水洗いをする。
- ② 廃棄貝殻を乾燥させる。
- ③ 稜柱層が壊れないように注意しながら、トップコートを内側・外側に塗布する。
- ④ 1日程度置いて、トップコートが乾いたら完成（写真6）。

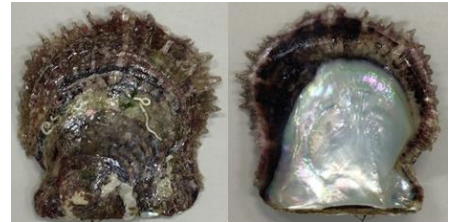


写真6 完成した標本

左が貝殻の外側、右が貝殻の内側

<まとめ>

完成した標本はつやがあり、強度が増している。海からあげられたときのままの姿を観察できる。貝殻の外側が藻や寄生虫などで汚れていることも確認でき、貝が生きている環境を学習することができる。

3-4 シェルパウダーで砂絵

<実験器具・試薬>

シェルパウダー、ステンシルシート、絵筆、木工ボンド、デンプンのり、電子天秤、マドラー、紙コップ、色画用紙、薬さじ（スプーンなどでも代用可）

<実験方法>

- ① 木工ボンドとデンプンのりを1:1の割合で混ぜ合わせ、砂絵用ののりを作製する。
- ④ 色画用紙の上にステンシルシートを置き、シートの型に①で作製したのりを塗る。
- ⑤ のりを塗った面に、薬さじを用いて④で作製したシェルパウダーを振りかける。
- ⑥ のりが乾いたあと、画用紙にあるシェルパウダーを除いて完させる（写真7）。



写真7 完成した砂絵

<まとめ>

砂絵を行うとき、色画用紙は黒や茶色などの暗色を使用すると、シェルパウダーの白色が引き立ってよい。また、のりが完全に乾いたあと、ラミネート加工を施せば長く保存することができる。4-1の章では、この方法を実際に用いて、小学生向けの体験講座の様子を報告している。そちらも参考にして頂きたい。

3-5 貝さじの製作

廃棄貝殻を用いて、日本の伝統文化を学ぶ教材の1つ目として、貝さじを考案した。実際、正倉院に伝来した宝物の中にアコヤガイで作られた貝さじがあり、宮内庁の研究紀要⁸⁾にもその調査の掲載がある。今回、紀要を参考に、家庭でも揃えられる材料で貝さじの製作を試みた。

<器具・試薬>

紙で作成したさじ型、アコヤガイの貝殻、割りばし、空砥ぎ用紙やすり、耐水ペーパー（番手は240～600番まで）、デザインナイフ、ボンド、ミニルーター、水さし、マスキングテープ

<方法>

- ① 紙で作製したさじ型をアコヤガイの貝殻（真珠層の面）にマスキングテープで貼る。
- ② ミニルーターを用いて、さじ型に貝殻を切断する（写真8）。貝殻を切断する場合、ダイヤモンドブレードを用いる。
- ③ さじ型に切断した貝殻を、耐水ペーパーで研磨していく。
最初に240番で貝殻の縁や全体を滑らかにしたあと、番手を上げ、さらに研磨する。
- ④ 半分にした割りばしを、空砥ぎ用紙やすりで研磨する。
- ⑤ ④の割りばしの端にデザインナイフで切り込みを入れる。
切り込みを入れる際、貝殻の厚さに合わせて調整を行う。
この時点で貝殻の方が厚い場合、貝殻をさらに研磨する。
- ⑥ 割りばしの切れ込みにボンドを塗り、そこに貝殻を接着させて完成させる（写真9）。



写真8 切断した貝殻

左がさじ型に切断したもの、右は切断前のもの



写真9 完成した貝さじ

<まとめ>

貝殻切断に関しては、安全面を考慮し、高校生以上が行うことを推奨する。中学生以下で貝さじを作製する場合、教員が人数分を切断し、実験方法③から行う。正倉院宝物は一般公開される時期も限られているので、目にすることが難しいが、歴史の授業と合わせて体験を行うことで、当時の世界観を感じることができると考えられる。

3-6 漆芸の材料作製と教材化⁹⁾

日本の伝統工芸の1つに漆芸がある。漆の木から出る樹液を、器の表面に塗り、模様を描いて作品をつくる技術のことだ。漆は固まると水をはじき、腐らない被膜を作るので、昔から生活の道具に用いられてきた。椀や箸、盆などが代表例と言えよう。

漆芸には複数の技法が存在している。その中に、螺鈿というものがある。アワビや夜光貝などの貝殻にある真珠層の部位を、薄くして使用する。

今回、廃棄貝殻から薄貝（砥石で研磨し、厚さ0.1mm以下にしたもの）を作製し、螺鈿を行うことができないかを検討した。結論から言うと、かなり難しく、教材化には適さないことが判明した。それは主に2つの理由がある。1つ目として、アコヤガイの貝殻の性質面。2つ目として、薄貝の作製はそれを専門に扱っている方でも、高度な技術を要するためだ。本来なら、できなかったことを論文に掲載するのもはばかれるが、薄貝を作製できる職人

の方が日本にはほとんどいないこと、そして漆芸品を含め、伝統工芸品が激減していることを鑑み、日本の伝統工芸を今後どのように存続させるかということ投げかけるため、執筆に至った。図 5,6 に伝統工芸品産業の現状と国産漆の生産量と自給率の推移^{10・11)}を示した。伝統工芸品の生産額は平成 10 年度からこの 20 年間のうちに、3 分の 1 にまで減少した。それに伴い、従事する人の数も減少し、後継者不足や産業存続の危機が浮き彫りになっている。また、国産漆の生産量も 1980 年から 40 年間の間に、約 70 %も減少している。国宝や重要文化財の修復には、国産漆を利用することが義務付けられているため、国産漆が高騰し、修復がままならない状況にもなりかねないことがうかがえる。

工芸品の現状を踏まえながら、螺鈿への教材化を検討するにあたり、漆芸作家である小西寧子氏、薄貝作製会社の中尾シェルを訪ねた。

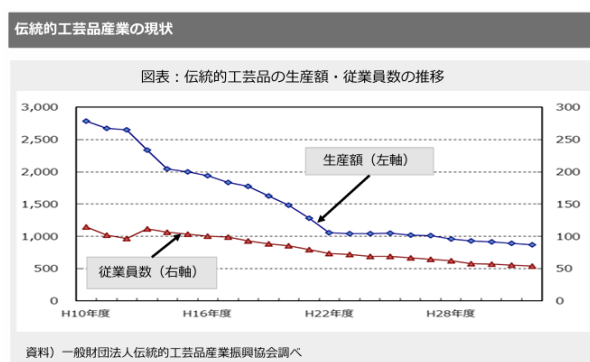


図 5 伝統工芸品産業の現状

(出典：経済産業省の伝統的工芸品産業の自立化に向けたガイドブックより)



図 6 国産漆の生産量と自給率の推移

(出典：農林水産省の広報誌「aff」2022年 11 月号より)

薄貝の作製における問題点

① アコヤガイの貝殻の性質

薄貝に使われる貝の条件として、殻が薄く、真珠層部分が平らでその面積が広いこと、層と層の間が目立たないことが挙げられる。中尾シェルで使用している貝殻は大きさ約 20 cm にもなるアワビの貝殻だ。一方、アコヤガイは身体が小さい、殻頂周辺のカーブがきつい、層と層の間が明瞭、かつ段差があるので割れやすい性質を持っている (写真 10, 11)。このため、薄貝の材料としては非常に選ばれにくい。



写真 10 アワビとアコヤガイの貝殻のカーブ

左がアワビで右がアコヤガイ。アコヤガイはアワビと比較してカーブがきついため、裏側に向けたときの傾きが大きい。

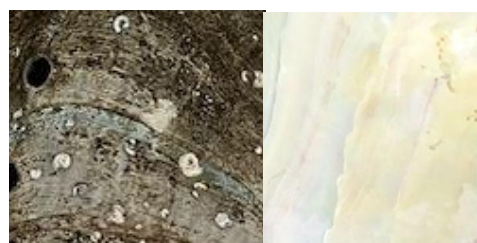


写真 11 アワビとアコヤガイの貝殻の層（殻の一部を拡大）

左がアワビで右がアコヤガイ。アワビと比較してアコヤガイは層と層の間が明瞭で、段差が見受けられる。

② 貝殻を厚さ 0.1 mm 以下にする技術

貝殻は、炭酸カルシウムからなる方解石あるいはあられ石と呼ばれる鉱物と、それらをつなぐ有機物からできており、石灰岩あるいは結晶質石灰岩（大理石）に似た岩石の一種とみなせる。貝殻を研磨するには通常の砥石では上手く削れず、ダイヤモンド *R* 砥石や逆 *R* 砥石を使用する。また、研磨する際に熱を発生するため、貝殻が焦げないように水を付けながら行わなければならない。研磨の準備段階から難易度が高く、さらに研磨する過程では、薄くするだけでなく、平らにしていことが不可欠となる。この技術を習得するにも中尾シェルの中尾氏から 5 年ほどかかると言われ、0.1mm の厚さまでにできる人は中々出てこないそうである。

筆者が作製した薄貝

教材開発のため、筆者も薄貝に挑戦したが、厚さ 0.2～0.5 mm が限界であり、平面には仕上がらなかった（薄貝とは呼べない）。参考までに、筆者が調達できるものを利用して作製したものを示す。

<実験器具・試薬>

稜柱層を取り除いたアコヤガイの貝殻、両頭グラインダー、耐水ペーパー（番手は 400～600）、500 mL ビーカー（水を入れる用）、水、防塵マスク、保護メガネ、テーブルソー

*両頭グラインダーの砥石、テーブルソーのブレードはすべてダイヤモンド入りのもの

<実験方法>

注意）貝殻の粉塵が肺や目を傷つけるため、必ず防塵マスク、保護メガネを着用すること。

可能であれば、外で行うことを推奨する。

- ① 用意したアコヤガイの貝殻を、テーブルソーを用いて 3～4 cm ほどの断片にする。
- ② ①の断片を水につけ、両頭グラインダーで平らになるように削る。
- ③ 適宜水を付けながら、貝殻が透けてくるまで注意深く削る。この際、貝殻が摩擦熱で熱くなるので、火傷に気を付ける。
- ④ 貝殻の下に新聞紙などを敷き、新聞紙の文字が透けて読める程度になったら、一度削るのをやめる。
- ⑤ 薄くした貝殻に穴が空いていないかを確認したのち、耐水ペーパーを用いて研磨する。
- ⑥ 歪みが取れ、真珠層の光沢が出たら完成。

<実験のまとめ>

筆者が作製した薄貝を写真 12, 13 に示す。写真 12 は方眼紙の上に薄貝を置いたもので全体的に透けているが、透け方にムラがある。また、写真 13 はノギスで薄さをはかったもの。一番薄い部分で 0.2mm であり、薄貝の断片が歪んでいるのが分かる。写真 14 は中尾シェルの中尾氏が作製したものだ。0.1mm 以下の均一な薄さ、大きさは 12 cm 以上



写真 12 筆者が作製した薄貝



写真 13 作製した薄貝の測定

ある。薄貝を作製しておわりというわけではなく、2.5 cm ほどの断片から付ける過程が続く。小・中学生でも容易にできるよう工夫を施すことを考えると、教材化は困難を極めた。

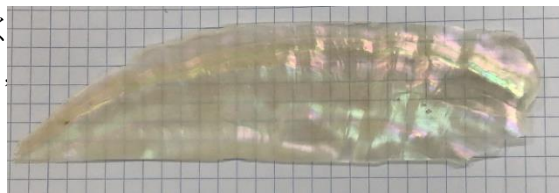


写真 14 中尾氏が作成したアワビの薄貝

作製した薄貝の転用

螺鈿の知見と教材化検討のため、漆芸家である小西寧子氏の工房を訪ねた。小西氏は人間国宝でいらした北村昭斎氏のご息女である。事前に小西氏には、アコヤガイの貝殻と作製した薄貝を渡しており、漆芸家の視点からアコヤガイの素材は螺鈿に適しているかを判断して頂いた。小西氏の見立てによると、やはりアコヤガイは適さないということであった。理由は2つある。1つ目に、アコヤガイの貝殻は糸鋸の刃が進まないこと。2つ目に、上でも示したが、アコヤガイの貝殻の層と層の部分がはっきりしているため、非常に割れやすいとのことであった。(中尾氏とほぼ同じ見解である)

もし可能であれば、実際にヤコウガイ、クロチョウガイ、アコヤガイの厚貝(1 mm 以上の厚さのもの)を糸鋸で切ってもらえば、その感覚が分かる。ヤコウガイはねっとりとした質感があり、刃が進んでいく。クロチョウガイはヤコウガイよりもやや刃が進まない。アコヤガイは糸鋸から独特な音が出て、刃が途中で止まることがある。かつアコヤガイの層と層の部分がはっきりしているため、その部分に至ると割れる可能性が高くなる。螺鈿は1000年以上の歴史があり、素材にヤコウガイやアワビが使用されてきた。同じ真珠層をもつアコヤガイが使われず、廃棄貝殻で教材化を計画したが、アコヤガイが使用されてこなかった理由が判明した。

しかし、作製した薄貝を一切利用しないのは、教材化を進めることに反するので、小西氏から2つの提案を受けた。

① 作製した薄貝を大きさが様々なフレーク状にし、漆器に貼り付ける方法。

② 作製した薄貝を粗い粉状にし、蒔絵風に使用する方法。

①については、小西氏が作製した杯(写真15)が原案となっている。フレーク状の薄貝を漆で辛抱強く貼りつける。②については、フレーク状にした薄貝をさらに碎いて細かい断片粉状に型をおいて断片を蒔いていくものだ。①・②をもとに、現時点で考案した実験方法を以下に示す。



写真 15 小西氏がアワビの貝殻断片を使い作製した杯

<考案した実験方法>

- ① 作製した薄貝を乳鉢・乳棒を使用して粗い粉状にする。
- ② 黒い水性漆を塗った皿の底面に、ステンシルシートを引く。
- ③ ステンシルシートの模様に合わせて、膠を塗る。
- ④ 膠を塗った部分に断片を蒔き、乾かす。(写真16)



写真 16 作製した薄貝のフレークを利用した蒔絵風作品

<今後の展望>

上に記した方法は、3・4の「シェルパウダーで砂絵」と似

通ってしまい、どこが違うかの判断がつきにくい。アコヤガイの光沢は、構造色であるため、微粒子にしてしまうと光沢を失い、白くなる。綺麗な光沢を残すには、やはり薄貝を断片状にする方がよい。また、漆や膠など漆芸で扱う材料を用いることで差別化をはかり、その講義を行うことで、日本の文化を学ぶ機会になるのではないかと考える。

4 表題3の内容を活かした講座や「真珠養殖の存続を、みんなで考えるワークショップ」の開発。

表題3の内容では、廃棄貝殻を利用した実験・貝細工を示したが、これらを利用しながら2つの講座を実践した。

- ① 「シェルパウダーで砂絵をしよう」という体験講座の開催
- ② 「真珠取り体験を通して、今後の真珠養殖の存続を考える」という講座の開催

4-1 「シェルパウダーで砂絵をしよう」という体験講座の開催

山脇学園では6月にオープンキャンパスがあり、校内見学やクラブ活動を体験することができる。多くの方が来場されるこの機会に、特別講座として「シェルパウダーで砂絵をしよう」という体験講座を実施した。内容は、筆者が5分程度でアコヤガイの生態と真珠養殖の現状を講義し、その後、作製したシェルパウダーで砂絵を体験してもらうものだ。1回につき20分、これを5回行った。児童が砂絵に挑戦するときは、SI部（科学部）の生徒がサポートに入り、砂絵のやり方を指導した。写真17～21はそのときの様子である。

どの回も定員に達し、児童はシェルパウダーで砂絵を楽しんでいた。また、児童の保護者は、真珠養殖の現状を初めて知った方も多く、真珠に目を向けるだけでなく、これからどうしたらよいかを話し合っていくことが大事だという感想がいくつかあがった。筆者はまず、真珠養殖について多くの方に知ってもらうことが重要と考えている。知ることによって「考える」という行為が生じるからである。さらに真珠について家族で話し合う、百貨店に出向いたときなど、真珠をみたら本講座のことを思い出してもらう。知ることをきっかけに、一人一人が自分ごととして捉え、他の人に伝えていくことが、問題解決の糸口になると考えられる。

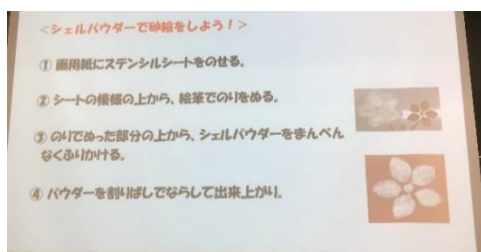


写真 17 筆者が講義で使ったパワーポイントの一部



写真 18 実験室に児童が入ってくるのを待つ生徒



写真 19 砂絵で使った器具



写真 20 児童に砂絵のやり方を教える生徒



写真 21 児童が砂絵に挑戦している様子

4-2 真珠取り体験を通して、今後の真珠養殖の存続を考えるという講座の開催

研究背景でも記した通り、筆者は「真珠養殖の危機と廃棄問題」をテーマとし、これまで様々な提案を行ってきた。4-1 では開発した教材を、一般の方に体験してもらうことができた。今度は生徒たちに、**社会問題を自分ごととして捉える**、「真珠養殖の存続を考え、今自分ができることを表現する」ということが目標となる。

そこで、特別講座を企画し、2024年7月の学期末考査が終了したあとに実施した。講座は1日6時間で次の3部構成として展開した。

- ① アコヤガイの解剖と真珠取り体験
- ② 日本の真珠養殖について
- ③ 真珠養殖の今後について、自分の考えを伝える

4-2-1 アコヤガイの解剖と真珠取り体験

第1部では、真珠養殖場から購入したアコヤガイを生徒たちに配布し、アコヤガイの解剖・真珠取り体験を行った。注意した点は、真珠取りで満足して終わりということにさせないことだ。あくまで、真珠を取り出すことは一部分に過ぎず、真珠養殖の今後について自分はどうか考えるかが主旨だからである。写真22はアコヤガイを開いたときの様子である。黒丸の部分が外とう膜で、貝殻の成分を分泌する部分である。赤丸の部分が生殖巣である。アコヤガイは生殖巣に真珠を生成し、写真では生殖巣が破れて、真珠が見えている。写真23は生徒のスケッチである。貝殻の外側と内側を丁寧に描いている。



写真22 アコヤガイの貝殻を開いたときの様子
黒丸の部分が外とう膜、赤丸の部分が生殖巣

4-2-2 日本の真珠養殖について

第2部では、日本の真珠養殖の現状について解説し、今自分ができることは何か、日本の真珠を守っていくにはどうしたらよいかを考える時間とした。図7, 8は授業で使った資料の一部である¹²⁻¹³⁾。真珠養殖業の生産状況と真珠養殖業・真珠母貝養殖業の経営体数を表している。国が発表している複数の資料などを参考にしながら、なぜ真珠養殖が危ういのか、生徒たちに意見を述べてもらった。例として、バブル以降真珠の値段が下がっていること、重労働で継ぐ人が見つからないなどがあった。その後、「今後の真珠養殖を考える」というワークシートを配布した。実習体験・身につけた知識を活用し、一般の方に真珠について関心をもってもらうポスター作製の準備を行った。(写真24)

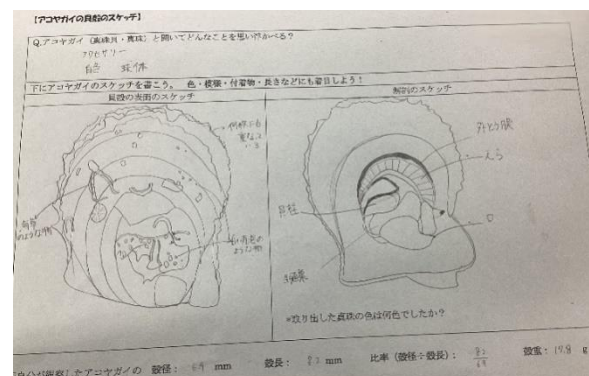


写真23 アコヤガイの解剖スケッチ
左が貝殻の外側、右が貝殻の内側

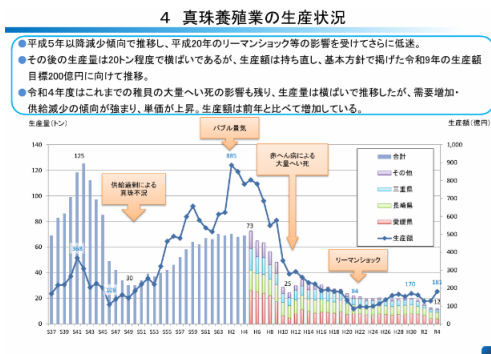


図 7 真珠養殖業の生産状況
出典「真珠養殖業の生産状況」（水産庁）
を編集した

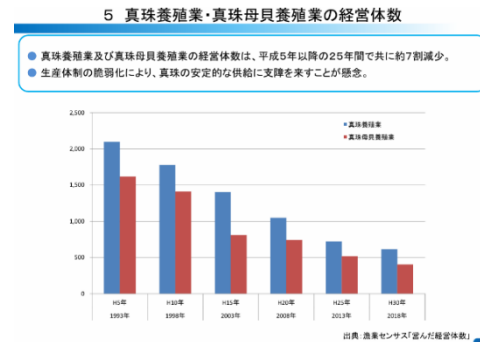


図 8 真珠養殖業・真珠母貝養殖業の経営体数
出典「真珠養殖業・真珠母貝養殖産業の経営体数」（水産庁）を編集した

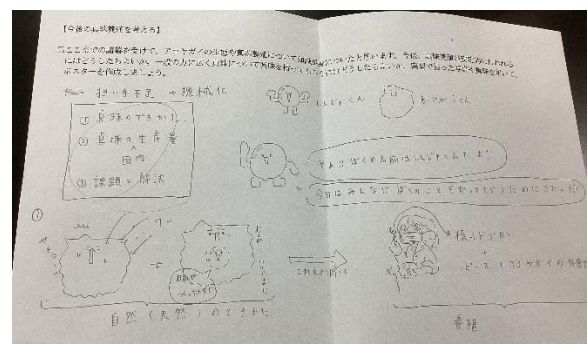
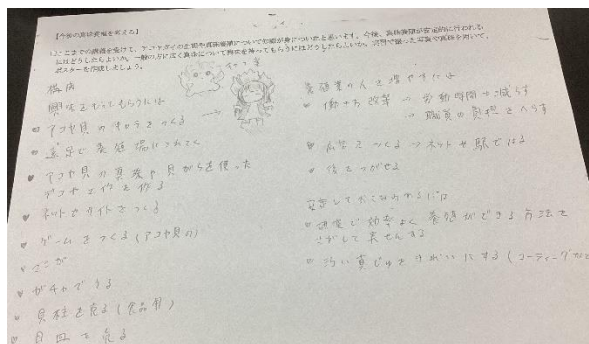


写真 24 ポスター作製の準備

ここでは、2人の生徒のポスター下絵を掲載している。自分で創作した真珠キャラなどを使い、どうしたら人に伝わるのかを考えている様子が見られる

4-2-3 真珠養殖の今後について、自分の考えを伝える

第3部では、第2部で下書きしたポスターをもとに、実際ポスター作製をし、グループを組んで発表を行った。生徒一人一人の個性が発揮される場面であった。その後、班の代表者を決め、全体に自分たちの考えを示した。今回作製されたポスター内容例と発表の様子を文章および写真 25 にまとめた。

<ポスター内容例>

- ・真珠養殖の現状をうったえ、漫画や劇にして人々に伝える。
- ・解剖で生じた貝殻から着想を得て、カスタネットを作り、それを見せながら真珠のことを知ってもらう。
- ・真珠の貝殻に似せた「アコヤガイサンド」を商品化し、真珠のことを知ってもらう。
- ・真珠みくじを考案する。
- ・夏休みの自由研究キットを開発し、真珠の現状を知ってもらう。



真珠を知ってもらうために

現在の真珠養殖の課題点→高齢化、後継者不足
→若者に知ってもらいたい！

1. 天然石みくじ→真珠みくじ
真珠の色で運勢を区別(ピンク色は恋愛運UPなど)。売り上げは真珠養殖業者に寄付する。
理由：
①神社は初詣などで定期的に訪れる。
②神社は外国人観光客に人気のスポットらしい。また、おみくじの文化はヨーロッパなどにはないため、興味を持って引いていく方が多いのでは？
2. 夏休みの自由研究キットにする。(解剖&真珠取り出し)
そのまま貝が腐ってしまうため、アコヤガイをフリーズドライ加工したものを販売。真珠を取り出すときは水で戻してから。
理由：
①私が小学生の時、キットを使って自由研究している人が多かった。
②真珠取り出し体験に行くより気軽にできる(書店で売っているので書きやすい)。
③レポートにまとめるときに、基本情報などを調べる。→真珠養殖について知ってもらえるのでは？

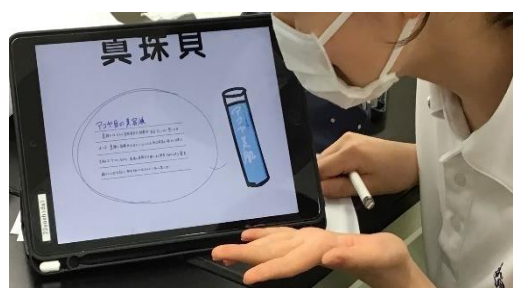
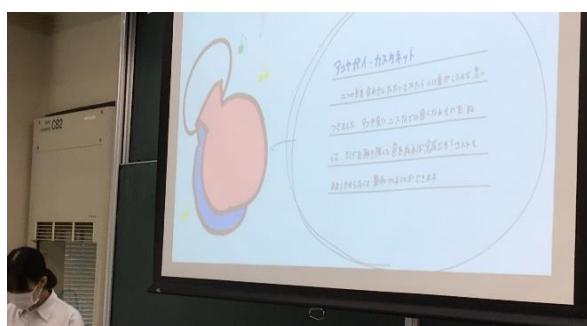


写真 25 ポスター内容例と発表の様子

上の段 2 枚がポスター一例。下の段 2 枚が発表の様子

今後の課題として、生徒が企画した内容が実際に可能かどうかの吟味や、筆者がその企画を実施できる時間を確保できるかなどの問題点がある。生徒の創造性を活かしながら、真珠養殖の未来をみんなで構築していくことが急務である。

4-2-4 講座の教育的効果

本講座では、授業前と授業後にそれぞれアンケート（自由記述も含む）を行った。アンケートの分析方法とその結果から見える教育的効果を以下に示す。

<アンケートの調査項目>

- 質問 1 アコヤガイについての知識はありますか。
- 質問 2 真珠養殖のことについて知識はありますか。
- 質問 3 解剖や実験器具の扱いについて慣れていますか。
- 質問 4 日本の真珠養殖について、様々な人に伝えたいですか。

<アンケートの分析方法>

それぞれの質問項目の各階級値を得点化し、それらの平均点を統計的に比較した。平均点については、「1」を 0 点とし、「1」を除く「2」～「9」の回答から順に 12.5 点間隔で得点化(表 4)して比較する。また、対応のある t 検定を行い、取り組みの前後における統計的優位差の有無を有意水準 5 % で検定した。

表 4 各階級値の得点

・「1」 0.0 点	・「2」 12.5 点
・「3」 25.0 点	・「4」 37.5 点
・「5」 50.0 点	・「6」 62.5 点
・「7」 75.0 点	・「8」 87.5 点
・「9」 100.0 点	

<アンケートの分析結果>

講座受講者のアンケートデータをクレンジングし、22名分を分析した。ここから、それぞれの質問に対する実施前後の平均点を、棒グラフ（図9）に示した。

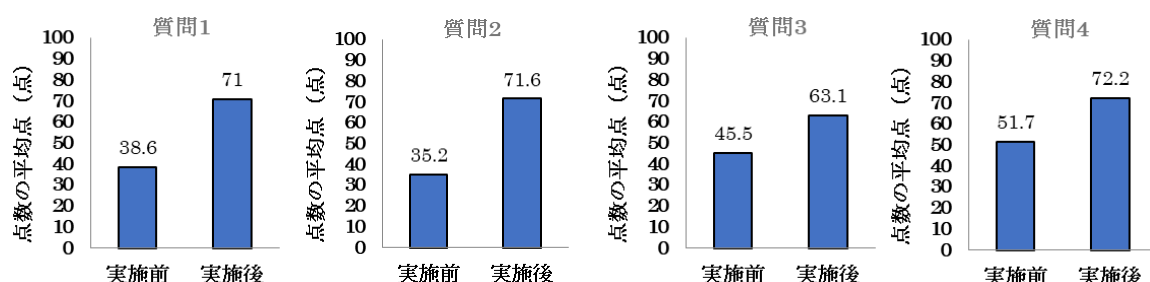


図9 各階級値の得点受講者アンケート分析によって得られた実施前後の平均点

また、質問1～4における t 検定の結果を表す。

質問1: $t(22) = 6.18, p < .001$ 質問2: $t(22) = 5.91, p < .001$ 質問3: $t(22) = 5.10, p < .001$ 質問4: $t(22) = 6.11, p < .001$ となり、平均値の差において統計的な有意差が見られたといえる。

さらに、講座を受講した生徒たちの自由記述を一部抜粋する。

<自由記述の内容（一部抜粋）>

- ☐ 真珠産業のことについての知識を得たり、深く考える貴重な経験になりました。一般の方々に真珠産業について知ってもらうため、自分のオリジナルの案を考えて発表を行えた。
- ☐ この講座を受講する前は何の知識もありませんでしたが、今はアコヤガイについての構造、真珠養殖の工程、減少してる理由などが明確にわかるようになりました。この知識を活かして真珠養殖などのボランティアがあれば活用していこうと思いました。
- ☐ この講座を受ける前は全く知らず、真珠を取り出してみたいという一心でしたが、講座を終えて、養殖の危機や仕組みを知り、多くの学びを手に入れることができました。

<分析から見えたこと>

これらの結果より見えてくることは、大きく2つある。

- ① アコヤガイへの関心が深まり、生徒たちが真珠養殖に対して自分の考えを持てたこと。
- ② 自分の考えを他者に発表できたことで、自分ができることから実践するという精神が芽生えたこと。

①に関しては、図9のグラフのそれぞれの数値に表れており、真珠養殖に対して関心を持てたことがうかがえる。さらに自由アンケートでは、自分たちで考える活動から、養殖産業の存続の大切さを認識し、自分ごととして物事を捉え、新しいことに挑戦しようとする面が見られる。

筆者は、本講座を組み立てる中で「自分が社会にできることは何か」を重視した。日本の真珠を切り口とし、身のまわりに起きている問題へ目を向ける。そして、自身で問題に対する糸口を発信し、社会に投げかける姿勢を構築していく。一つずつ段階を踏むことで、いずれ社会を動かす力となる。本講座ではその道しるべを立てられたのではないだろうか。

5 今後の展望

真珠養殖の危機と廃棄問題をテーマに、「廃棄貝殻の教材化」を検討してきた。中・高で実施できる理科実験，児童からでも体験できる貝細工など，なるべく幅広い年齢層を意識し，アコヤガイに親しめるものを企画したつもりだ。ぜひ面白そうと思うのがあれば，多くの場で実施して頂ければ幸いである。一方で，改善点も残っている。螺鈿細工の分野では，薄貝作製の代替案として，蒔絵風に使用するものを紹介したが，まだ授業化ができていない。伝統文化の保存も一緒に考え，簡易かつ一般の方が家庭でも再現できる工夫が必要である。

さらに真珠養殖の未来については生徒たちにも深い関心を残せたが，生徒たちの提案を実現するための方法が構築できていない。特別講座の在り方やその構成の仕方について改良を推し進めていきたい。

謝辞

本研究は下中記念財団の助成を得て行うことができました。薄貝作製においては，小西寧子氏，有限会社中尾シェルのご助言を頂きました。この場をお借りし，心より御礼申し上げます。

参考文献

- 1 山元憲一，安達智，河邊博，アコヤガイのろ水量直接測定法，水産大学校研究報告，1996，44(4)，p.191.
- 2 真珠博物館，真珠博物館 人と真珠ーそのかわり考える，御木本真珠島，1998，pp. 38-53.
- 3 小松博，真珠事典 真珠 その知られざる小宇宙，織研新聞社，2015，pp. 16-29.
- 4 和田克彦，真珠をつくる，成山堂書店，2011，pp. 37-57.
- 5 サイエンスビュー 化学総合資料，実教出版，2024，p.24.
- 6 大野公一，村田滋，ほか 17 名，化学基礎 academia，実教出版，2021，pp. 118-119.
- 7 小川桂一郎，松尾基之，ほか 54 名，化学基礎，東京書籍，2023，pp. 111-112.
- 8 木下尚子，正倉院伝来の貝製品と貝殻ーヤコウガイを中心にー，正倉院紀要，2009，31，pp. 37-59.
- 9 北村昭斎，正倉院宝物の螺鈿技法に関する知見について，正倉院紀要，2008，30，pp. 1-21.
- 10 伝統工芸品産業の現状（経済産業省ホームページ）
https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/nichiyodensan/hojokin/fullversion_guidebook_2401.pdf (2024 年 8 月現在)
- 11 国産漆の生産量と自給率の推移（農林水産省ホームページ）
<https://www.maff.go.jp/j/pr/aff/2211/index.html> (2024 年 8 月現在)
- 12 真珠養殖業の生産状況（水産庁ホームページ）
<https://www.jfa.maff.go.jp/j/saibai/attach/pdf/shinju-34.pdf> (2024 年 8 月現在)
- 13 真珠養殖業・真珠母貝養殖産業の経営体数（水産庁ホームページ）
<https://www.jfa.maff.go.jp/j/saibai/attach/pdf/shinju-35.pdf> (2024 年 8 月現在)



廣瀬 里佳
(ひろせ りか)

<略歴>

2010 年 奈良女子大学理学部化学科卒業
2012 年 奈良女子大学大学院人間文化研究科博士前期課程化学専攻修了
2012 年 愛知淑徳中学校・高等学校 勤務
2020 年 山脇学園中学校・高等学校 勤務
現在に至る

<研究歴>

令和 3 年度 国立歴史民俗博物館 博学連携研究員 「科学技術から見た歴博展示 ―放射性同位体に関する一般向けパンフレットを作成する―」
令和 6 年度 日本私学教育研究所 委託研究員 「教科融合を目指した新しい貝教育の研究」

<研究助成>

令和 5 年度 武田科学振興財団 中学校理科振興助成 「アコヤガイの危機を通した新しい貝教育の開発」
令和 5 年度 東レ理科教育賞・企画賞 「真珠養殖の危機を通した廃棄貝殻の活用」
令和 5 年度 下中記念財団 下中科学研究助成 「アコヤガイの廃棄貝殻を利用した新しい貝教育の研究」

<論文>

- ① 廣瀬 里佳 身近な素材の濃度勾配を利用して色のグラデーションを作る 化学と教育 71(11), 488-489, 2023, 日本化学会
- ② 廣瀬 里佳 極性・分子間力の実験 化学と教育 70 (12), 590-591, 2022, 日本化学会
- ③ 廣瀬 里佳 視野を広げる消化酵素の実験 化学と教育 化学と教育 69 (5), 194-195, 2021, 日本化学会
- ④ 廣瀬 里佳 使い捨てカイロを用いた色々な実験 化学と教育 67(10), 460-461, 2019, 日本化学会
- ⑤ 廣瀬 里佳 不思議なストームグラス 化学と教育 66 (9), 436-437, 2018, 日本化学会

<勤務校> 学校名 山脇学園中学校・高等学校
住所 東京都港区赤坂 4 丁目 10 番 36 号