

## 環境研究総合推進費 終了研究成果報告書

研 究 区 分 : 環境問題対応型研究（カーボンニュートラル枠）

研 究 実 施 期 間 : 2022（令和4）年度～2024（令和6）年度

課 題 番 号 : 1CN-2201

体 系 的 番 号 : JPMEERF20221C01

研 究 課 題 名 : バイオミネラリゼーションを模した海水からの炭酸カルシウム合成による大気中の二酸化炭素固定技術の研究開発

Project Title : Research and Development of the Carbon Fixation Technology by Synthesis of Calcium Carbonates from Seawater Mimicking the Biomineralization

研 究 代 表 者 : 鈴木 道生

研 究 代 表 機 関 : 東京大学

研 究 分 担 機 関 : 北里大学、出光興産株式会社、株式会社日本海水

キ ー ワ ー ド : 炭酸カルシウム、バイオミネラリゼーション、海水、二酸化炭素

注： 研究機関等は研究実施期間中のものです。また、各機関の名称は本報告書作成時点のものです。

令和7（2025）年11月



環境研究総合推進費  
Environment Research and Technology Development Fund



独立行政法人  
環境再生保全機構  
ERCA Environmental Restoration and Conservation Agency

## 目次

環境研究総合推進費 終了研究成果報告書 .....	1
研究課題情報 .....	3
<基本情報> .....	3
<研究経費> .....	4
<研究の全体概要図> .....	5
1. 研究成果 .....	6
1. 1. 研究背景 .....	6
1. 2. 研究目的 .....	6
1. 3. 研究目標 .....	6
1. 4. 研究内容・研究結果 .....	7
1. 4. 1. 研究内容 .....	7
1. 4. 2. 研究結果及び考察 .....	8
1. 5. 研究成果及び自己評価 .....	8
1. 5. 1. 研究成果の学術的意義と環境政策等への貢献 .....	8
1. 5. 2. 研究成果に基づく研究目標の達成状況及び自己評価 .....	9
1. 6. 研究成果発表状況の概要 .....	12
1. 6. 1. 研究成果発表の件数 .....	12
1. 6. 2. 主要な研究成果発表 .....	12
1. 6. 3. 主要な研究成果普及活動 .....	13
1. 7. 国際共同研究等の状況 .....	13
1. 8. 研究者略歴 .....	14
2. 研究成果発表の一覧 .....	14
(1) 産業財産権 .....	14
(2) 論文 .....	15
(4) 著書 .....	17
(5) 口頭発表・ポスター発表 .....	17
(6) 「国民との科学・技術対話」の実施 .....	26
(7) マスメディア等への公表・報道等 .....	27
(8) 研究成果による受賞 .....	27
(9) その他の成果発表 .....	28
権利表示・義務記載 .....	30

Abstract

## 研究課題情報

## &lt;基本情報&gt;

研究区分	環境問題対応型研究（カーボンニュートラル枠）
研究実施期間	2022（令和4）年度～2024（令和6）年度
研究領域	統合領域
重点課題	【重点課題4】環境問題の解決に資する新たな技術シーズの発掘・活用 【重点課題7】気候変動の緩和策に係る研究・技術開発
行政ニーズ	
課題番号	1CN-2201
体系的番号	JPMEERF20221C01
研究課題名	バイオミネラリゼーションを模した海水からの炭酸カルシウム合成による大気中の二酸化炭素固定技術の研究開発
研究代表者	鈴木 道生
研究代表機関	東京大学
研究分担機関	北里大学、出光興産株式会社、株式会社日本海水
研究協力機関	炭酸カルシウム、バイオミネラリゼーション、海水、二酸化炭素

注： 研究協力機関は公開の了承があった機関名のみ記載されます。

## &lt;研究体制&gt;

サブテーマ1「大気CO<sub>2</sub> と海水から合成したCaCO<sub>3</sub> の形態制御および回収法の検討」

<サブテーマリーダー（STL）、研究分担者、及び研究協力者>

役割	機関名	部署名	役職名	氏名	一時参画期間
リーダー	東京大学	大学院農学生命科学研究科	教授	鈴木道生	
分担者	北里大学	海洋生命科学部	講師	安元剛	

サブテーマ2「大気CO<sub>2</sub> をファインバブルとして海水に混合する際のポリアミン添加の条件の検討」

<サブテーマリーダー（STL）、研究分担者、及び研究協力者>

役割	機関名	部署名	役職名	氏名	一時参画期間
リーダー	北里大学	海洋生命科学部	講師	安元剛	

分担者	株式会社日本海水	技術企画・SDGs推進室製品開発グループ	主任	森安賢司	
-----	----------	----------------------	----	------	--

サブテーマ3「大気CO<sub>2</sub>と海水からCaCO<sub>3</sub>を合成する事業の実用化に向けた連続式プロセス開発研究」

<サブテーマリーダー（STL）、研究分担者、及び研究協力者>

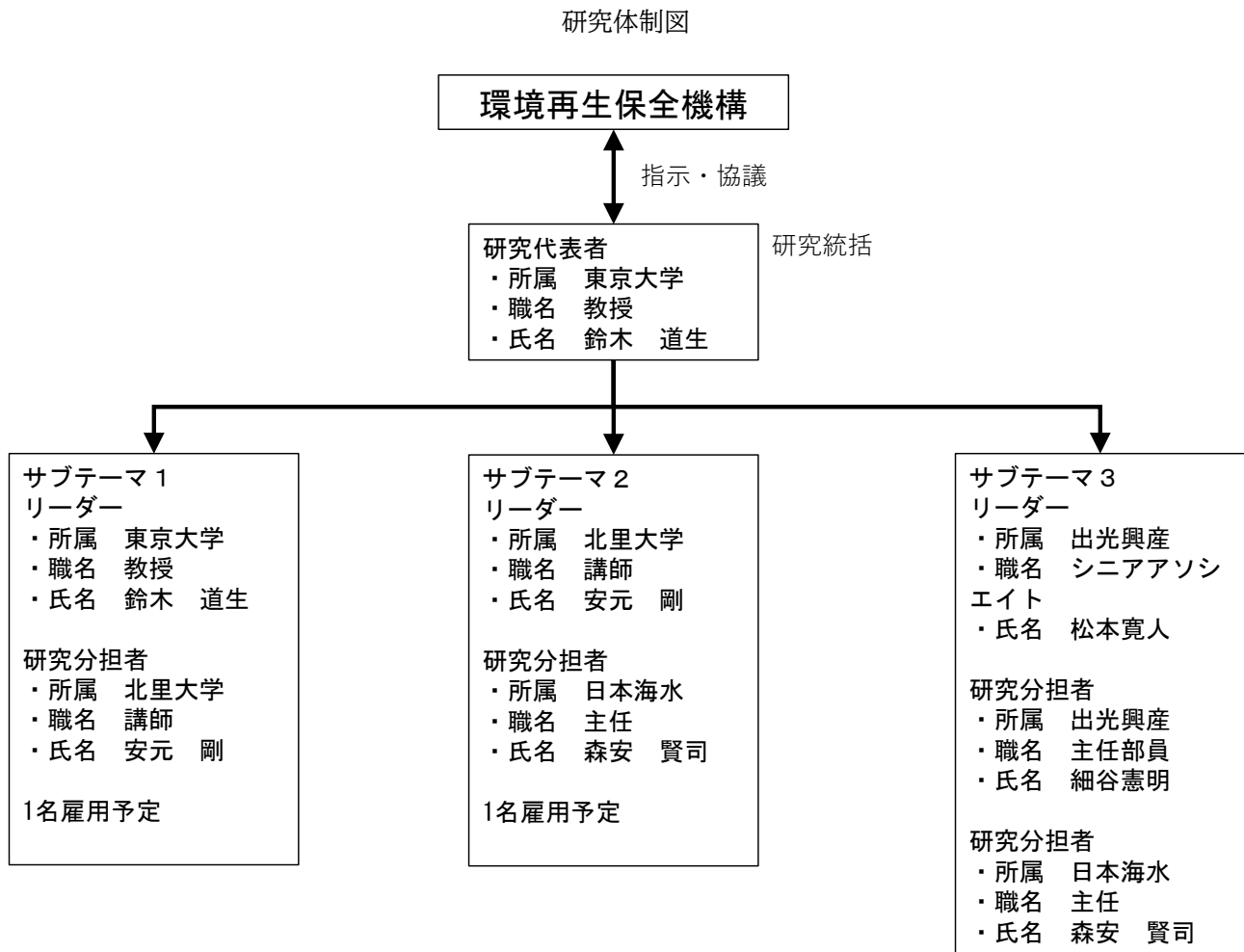
役割	機関名	部署名	役職名	氏名	一時参画期間
リーダー	出光興産株式会社	次世代技術研究所	シニアアソシエイト	松本寛人	2023年度～2024年度
分担者	出光興産株式会社	生産技術センター基盤技術室	主任部員	細谷憲明	2023年度～2024年度
分担者	株式会社日本海水	技術企画・SDGs推進室製品開発グループ	主任	森安賢司	
リーダー（前任）	出光興産株式会社	次世代技術研究所	上席主任部員	勝又聡	2022年度～2023年度

<研究経費>

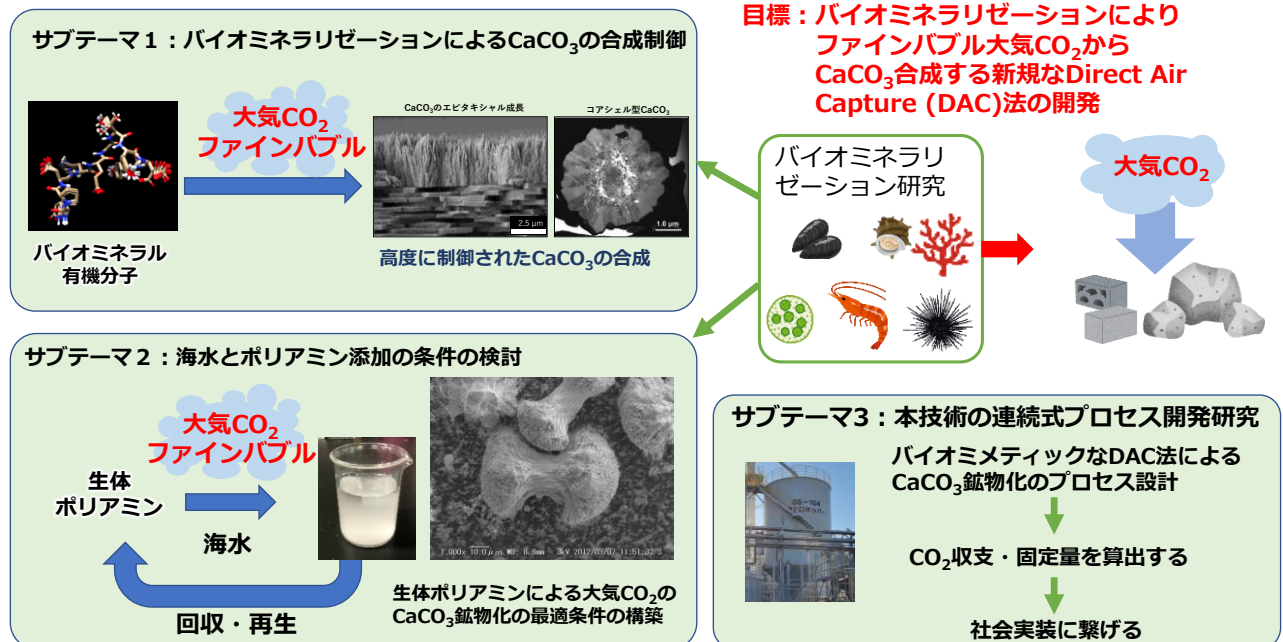
<研究課題全体の研究経費（円）>

年度	直接経費	間接経費	経費合計	契約上限額
2022	28,120,000	8,436,000	36,556,000	36,556,000
2023	27,842,308	8,352,692	36,195,000	36,195,000
2024	27,842,308	8,352,692	36,195,000	36,195,000
全期間	83,804,616	25,141,384	108,946,000	108,946,000

<研究の全体概要図>



研究概要図



## 1. 研究成果

### 1. 1. 研究背景

COP21 合意（パリ協定）で設定された気候変動に関する長期目標（気温上昇を2℃以内に抑える。その後、1.5℃以内）を達成するために、発生抑制に加えて、様々なCO<sub>2</sub>再利用・貯蔵（Carbon Capture Usage and Storage: CCUS）の技術開発が進んでいる。しかし、CO<sub>2</sub>は非常に安定な化合物ゆえにCO<sub>2</sub>を有機物に変換するには大きなエネルギーが必要となる。一方、第2族元素を利用してCO<sub>2</sub>を炭酸塩へと変換する反応は鉱物化（Mineralization）と呼ばれ、外部からのエネルギーが不要な反応プロセスである。しかし、鉱物化法は研究開発が始まったばかりで、コストやCO<sub>2</sub>収支の問題があるために実用化には程遠いのが現状である。他方、地球上に存在する全炭素の8割は有孔虫や円石藻といったバイオミネラリゼーション（生物鉱物化）を行う海洋生物の死骸が堆積した石灰岩などの炭酸塩堆積物であり、その長期的なCO<sub>2</sub>固定ポテンシャルは類を見ない。海洋生物のバイオミネラリゼーションは地球史で、全炭素の8割という膨大な量のCO<sub>2</sub>鉱物化を実現しているが、生物のバイオミネラリゼーションに着目したCO<sub>2</sub>鉱物化研究は皆無であった。

### 1. 2. 研究目的

申請者らはバイオミネラリゼーション反応において、ポリアミンによるpH上昇が石灰化前に起こること、特殊なバイオミネラルタンパク質が石灰化を阻害するMg<sup>2+</sup>存在下でも海水中でCa<sup>2+</sup>とCO<sub>3</sub><sup>2-</sup>を効率的に結合させ、炭酸カルシウムの沈着に速度論的に有利な状況を作り出していることを示してきた。このような成果を元に、社会実装に向けた基礎から応用に関するデータを積み重ね、環境への影響評価、プラントでのプロセス設計の構築を行い、大気中のCO<sub>2</sub>をCaCO<sub>3</sub>として固定化する技術の開発、実用化を行うことを目的としている。

### 1. 3. 研究目標

#### <全体の研究目標>

研究課題名	バイオミネラリゼーションを模した海水からの炭酸カルシウム合成による大気中の二酸化炭素固定技術の研究開発
全体目標	バイオミネラリゼーション反応を模倣して大気中のCO <sub>2</sub> をファインバブルにより海水に効率的に吸収させ、CaCO <sub>3</sub> に固定化する技術の実用化を目指す。 ① ラボスケールでの炭酸カルシウムの合成制御技術の開発、回収方法の決定 ② ラボスケールでの海水条件、ポリアミン種類や濃度の決定、CO <sub>2</sub> の供給方法の検討 ③ 実用化に向けた連続式プロセス開発研究

#### <サブテーマ1の研究目標>

サブテーマ1名	大気CO <sub>2</sub> と海水から合成したCaCO <sub>3</sub> の形態制御および回収法の検討
サブテーマ1実施機関	東京大学、北里大学
サブテーマ1目標	1.1 : ファインバブルで攪拌中の海水に結晶核となるようなバイオミネラル由来の材料を添加し、ファインバブル中でも回収の容易な10・・m以上の沈降し易いCaCO <sub>3</sub> を合成する。 1.2 : ファインバブルで攪拌中の海水にバイオミネラリゼーションを模した高分子を添加し、コアシェル粒子とすることで溶解性の低い安定なCaCO <sub>3</sub> を合成する。 1.3 : ファインバブル中で合成したCaCO <sub>3</sub> を低コストで大量に回収する最適な方法を検討し、回収率95%以上を目指す。

#### <サブテーマ2の研究目標>

サブテーマ2名	大気CO <sub>2</sub> をファインバブルとして海水に混合する際のポリアミン添加の条件の検討
サブテーマ2実施機関	北里大学、株式会社日本海水
サブテーマ2目標	<p>2.1：大気CO<sub>2</sub>を海水にファインバブルとして供給した時に液の粘性が問題となる可能性が考えられる。そのため、ファインバブル溶液中にて最適なポリアミンの種類（モノエタノールアミン、ジエチルアミン、プトレシン、スペルミジン、各重合度のポリエチレンジアミンなど）について条件の検討を行う。また、ファインバブルの大きさが粘性に影響を与える可能性も考えられるため、ファインバブル径（マイクロバブル、ウルトラファインバブル）とファインバブルの密度（1,000万～1億/cc）の検討を行うことで、CO<sub>2</sub>供給方法の検討を行う。</p> <p>2.2：ファインバブルにより空気中のCO<sub>2</sub>を供給した際の、海水の種類（通常海水、脱Mg海水、脱Na海水など）、温度変化によりCaCO<sub>3</sub>を合成し、各条件での合成効率を明らかにする。</p> <p>2.3：ファインバブル中で利用したポリアミンの回収方法（透析法など）の検討を行い、回収率95%以上を目指す。</p>

## &lt;サブテーマ3の研究目標&gt;

サブテーマ3名	大気CO <sub>2</sub> と海水からCaCO <sub>3</sub> を合成する事業の実用化に向けた連続式プロセス開発研究
サブテーマ3実施機関	出光興産株式会社、株式会社日本海水
サブテーマ3目標	<p>3.1：ファインバブルを用いて大気中CO<sub>2</sub>をCaCO<sub>3</sub>とする手法の実用化に向けた連続式ベンチプラント（100 ton/h-海水、44 kg/h-CO<sub>2</sub>）の設計を行う。基礎実験がなく、詳細なデータが不明なため、おおよその推定値より試算するとCO<sub>2</sub>吸収塔の高さ（5 m直径）は280 m程度となっている。本計画で行うファインバブルやバイオミネラリゼーションを模した有機分子の添加の検討の基礎実験データから、高さを1/5から1/10にすることを目指す。また、シックナータンクは直径5 m、高さ4 m程度に、透析膜の面積を100 m<sup>2</sup>程度とすることを目指す。</p> <p>3.2：ファインバブルを用いて大気中CO<sub>2</sub>をCaCO<sub>3</sub>とする手法の実プロセスによるCO<sub>2</sub>固定（炭酸塩製造）のコスト試算を行い、他事業（製塩事業など）で使用する生産設備コストを除いた実質CO<sub>2</sub>固定化コスト1,000円/トンのCO<sub>2</sub>オーダーを目指す。</p>

## 1. 4. 研究内容・研究結果

## 1. 4. 1. 研究内容

この研究課題では大気CO<sub>2</sub>を海水に吹き込みCaCO<sub>3</sub>を生成する炭素固定化技術を開発することを目的とし、3つのサブテーマにおいてそれぞれ、炭酸カルシウムの形成制御、回収法の検討、ファインバブルの検討、アミンの種類および回収方法の検討、実験データによるプロセス設計およびエネルギーコストの計算を行った。

サブテーマ1では炭酸カルシウム評価系を立ち上げて、合成した炭酸カルシウムについて迅速に解析できる準備を整えた。さらにバイオミネラリゼーションにおいて炭酸カルシウムを制御する高分子有機化合物の構造と機能に関する研究を進めた。このようなバイオミネラリゼーションにおける有機分子の機能を利用して沈降速度の速い大きなサイズのCaCO<sub>3</sub>を合成する手法の開発を進めた。このような手法は様々なバイオミネラリゼーションにおける石灰化産物に適用可能なことを示した。一方で合成有機高分子を用いてナノファイバーのCaCO<sub>3</sub>を合成する手法の開発も進めた。また、廃海水におけるカルシウムの不足を考慮し、廃セメントやコンクリートからカルシウムを溶出する方法の開発を行った。CaCO<sub>3</sub>の回収に関しては、ろ布の検討を行った。

サブテーマ2ではファインバブルとアミンによる海水からのCaCO<sub>3</sub>の合成方法の検討を行った。まずは用い

る海水について、通常海水と脱Mg海水を用いた $\text{CaCO}_3$ の合成を行い比較検討を行った。さらに $\text{CaCO}_3$ の合成後の液からアミンを回収する方法の検討を行った。500Lの大規模スケールでの製造の検討を行った。大規模製造時にアミンが $\text{CaCO}_3$ に吸着する問題を解決するための洗浄試験も進めた。

サブテーマ3ではサブテーマ1と2の実験結果から連続式ベンチプラントの設計およびエネルギー消費とコストについて計算を行った。まずはファインバブルを用いた設計を進めたが、ファインバブルでの脱気システムのエネルギー消費が大きいと、より適切な粒径のバブルで吹き込む方法でのプロセス設計を進めた。 $\text{CO}_2$ 吸収塔、シックナーなどのサイズの検討を進め、必要なコストについて計算を行った。

#### 1. 4. 2. 研究結果及び考察

サブテーマ1では始めにラボ内で定常に行える炭酸カルシウム評価系を立ち上げた。まず、二酸化炭素ガスを吹き込んだブトレンシン溶液と天然海水を反応させ、生成された炭酸カルシウム結晶のサイズや形態、結晶多形を評価した。ICP-MSを用いたカルシウム濃度測定により、炭酸カルシウムの生成率と回収率を算出した。また撮影した動画の解析による沈降速度の測定系も開発した。

炭酸カルシウムの形態やサイズを制御するためにはバイオミネラリゼーションを模倣し、有機高分子による作用メカニズムを明らかにする必要がある。軟体動物の貝殻は特に非常に緻密に制御された炭酸カルシウムを合成可能であるため、様々な基質タンパク質の構造と機能の解析を進めている。基質タンパク質の一つであり、多くの軟体動物でドメインが保存されているEGFLの解析を行ったところ、EGFLが炭酸カルシウムの生成に大きく寄与することが確認された。また、様々な機能を持つタンパク質と相互作用して複合体を形成している可能性が示され、タンパク質間相互作用が炭酸カルシウムの生成に重要な役割を持つことが示唆された（論文成果6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15）。

このような様々な機能性分子を含む貝殻を用いて炭酸カルシウムの析出を促進し、沈降速度と回収量の向上につながることを示した。これには貝殻に含まれる炭酸脱水酵素（CA）の活性が重要であることが示唆された。アコヤガイ以外の貝殻粉末でも同様に炭酸カルシウムの析出を促進することが確認され、産業廃棄物として捨てられている貝殻が炭酸カルシウム生産の向上に寄与することが示された（論文成果8, 11、特許成果1）。

さらに、有機高分子PVAを添加して炭酸カルシウムを合成することで、ナノファイバー状のアラゴナイト生成が促進され、PVAの濃度と分子量が形成に影響を与えることが示された。

加えて、乳酸菌を用いてセメントから効率的にカルシウムを溶出し、他の金属の溶出を抑制できることが確認された（特許成果2）。

サブテーマ2では、特にファインバブル技術とポリアミン類（低分子および高分子アミン）の併用により、 $\text{CO}_2$ の吸収効率と $\text{CaCO}_3$ の生成効率を向上させる方法を検討した（特許成果5）。

実験では、PEI（ポリエチレンジアミン）やブトレンシンを用いた溶液中に $\text{CO}_2$ を導入し、脱Mg海水と反応させることでアラゴナイト型 $\text{CaCO}_3$ の高効率合成に成功した。NF膜によるPEIの回収では、濾液中への漏洩を抑えつつ、回収率99.9%以上を実現した。500 Lスケールでの中規模試験でも同様の反応性が確認され、将来的な実用化に向けたスケールアップの可能性が示された。さらに合成した $\text{CaCO}_3$ を適切に洗浄することで、PEIの吸着を防げることを示した。

サブテーマ3では大気中 $\text{CO}_2$ を $\text{CaCO}_3$ とする手法の実用化に向けた連続式ベンチプラントの設計を行った。当初、 $\text{CO}_2$ 吸収工程にファインバブルを用いる検討を実施したが、ファインバブルの使用は困難なことが判明したため、サブテーマ2の検討結果を踏まえ通常バブルを用いることとした。

サブテーマ1、2の検討結果を踏まえプロセスフローおよび各工程の機器選定、サイジングを行うとともに、生産設備のコスト試算を実施した。

さらに本プロセスの $\text{CO}_2$ 削減効果と $\text{CO}_2$ 固定化コストの試算を行った。本研究の中で実現可能性のあるプロセスとして可能性が示された $\text{CO}_2$ 吸収液としてアミンを使用せずアミン再生工程を省略したケースでは、目標の1,000円/t- $\text{CO}_2$ オーダーを実現できる可能性が示された。

#### 1. 5. 研究成果及び自己評価

##### 1. 5. 1. 研究成果の学術的意義と環境政策等への貢献

##### <得られた研究成果の学術的意義>

サブテーマ1の学術的意義として、炭酸カルシウムの合成および回収に関する新たな知見を提供し、炭酸カルシウム生成のメカニズムについての理解を進めるとともに、大気中の二酸化炭素固定技術の発展に貢献する点にある。中でも、バイオミネラル由来の材料（天然有機物や高機能性有機高分子）を利用した炭酸カルシウム生成の制御する研究は、高機能な炭酸カルシウム生成や炭酸カルシウム生成の高効率化につながる。生成される炭酸カルシウムの形状や結晶形を調整することで、目的に応じた高機能な炭酸カルシウムを高効率に生成することが可能となる。また、バイオミネラリゼーションにおけるタンパク質の役割を明らかにしたことは、生体における炭酸カルシウム生成のメカニズムへの理解が深まり、新たな応用研究につながる。



サブテーマ2の研究では、大気中CO<sub>2</sub>を直接海水中で炭酸カルシウム（CaCO<sub>3</sub>）として固定化する新しい鉱物化プロセスの構築に向けて、ポリアミンとファインバブル技術を用いた反応制御の知見を蓄積するものである。特に、ポリアミンに事前にCO<sub>2</sub>を吸収させることでpHを制御しながらCaCO<sub>3</sub>の選択的沈殿を誘導できること、またPEIなど高分子アミンを利用することで膜分離による再利用が可能となることが示された点は、炭素固定技術の進展において学術的にも実用的にも意義が大きい。また、従来のCO<sub>2</sub>鉱物化技術では高純度なCO<sub>2</sub>供給が必要である一方、本研究では空気中CO<sub>2</sub>を直接利用可能とするアプローチを実証し、将来的なDAC（Direct Air Capture）型の低コスト炭素固定技術の開発へ貢献することが期待される。

サブテーマ3の検討の結果、大気中CO<sub>2</sub>と海水からCaCO<sub>3</sub>を合成する連続式プロセス（概容）を提案することができた。本プロセスを用いたコスト試算の結果、使用するアルカリや電力の価格や製造したCO<sub>2</sub>フリーのCaCO<sub>3</sub>の価値（販売価格）に依存するものの、一定の条件下では、実質CO<sub>2</sub>固定化コストがマイナスになる（収益が得られる）可能性があることがわかった。従来より大気中からのCO<sub>2</sub>固定化法が種々検討されているが、そのほとんどは大きなコストをかけないと実現しないことが課題となっているが、本結果より、CO<sub>2</sub>固定化を実現しつつ収益が得られるプロセスモデルが構築できる可能性が示されたことは、今後のCO<sub>2</sub>固定化による地球温暖化対策を進める上で学術的にも環境政策の観点でも大変有益なアウトプットと考える。

#### <環境政策等へ既に貢献した研究成果>

本研究を行うにあたり官公庁と共同で行う政策への貢献はないが、産業界への応用には貢献を行っている。多くの建設およびセメント関連の企業、ガラス会社、化粧品会社、炭酸カルシウム製品関連会社などとNDAを締結した。それらの共同研究先にて、本研究により合成した炭酸カルシウムの用途開発を進めているが、その成果については今後に検証を行う。

#### <環境政策等へ貢献することが見込まれる研究成果>

本技術が確立すれば、海洋国家である日本では日本全国の各地で、海水からいつでも炭酸カルシウムを合成し、CO<sub>2</sub>固定に貢献が可能となる。特に、海水を冷却水として汲み上げて利用しているような発電所など施設では、汲み上げた海水を利用し副産物的にCO<sub>2</sub>を固定した炭酸カルシウムを合成可能である。合成した炭酸カルシウムは、セメントやコンクリートなどの建築材料に利用されるだけでなく、農業においては土壌改良剤、可塑剤やフィラーなどにも用いられ、有害性もないため医薬品や食品にも用いられることが期待される。これらの産業における炭酸カルシウムの活用促進が進むと同時にCO<sub>2</sub>固定が可能となる。

環境政策等への貢献として、海水を用いた炭酸カルシウム生成が炭素固定技術として温室効果ガス削減につながる可能性を示したことがあげられる。特に、貝殻を利用することで炭酸カルシウム生成の効率を向上させることは、温室効果ガスの削減だけでなく、処分される廃棄物の有効活用につながる。セメントからのカルシウム供給に関する研究についても、廃セメントのアップサイクルにつながり、環境負荷の低減に寄与することが期待される。

また、コンクリートの廃材等を用いて炭酸塩としてCO<sub>2</sub>を固定化してCO<sub>2</sub>フリーの炭酸塩を製造し提供する技術が知られているが、原料としてのCa源の確保が容易ではなく安定供給が難しいという課題がある。本技術はCa源としてほぼ制約のない海水を利用可能なため安定なCO<sub>2</sub>フリー炭酸塩供給を実現できる可能性がある事は、環境面のみならず経済的な面の貢献も期待できる。

### 1. 5. 2. 研究成果に基づく研究目標の達成状況及び自己評価

#### <全体達成状況の自己評価> . . . . .

#### 1. 目標を大きく上回る成果をあげた

「バイオミネラリゼーションを模した海水からの炭酸カルシウム合成による大気中の二酸化炭素固定技術の研究開発」（東京大学、鈴木 道生）

全体目標	全体達成状況
バイオミネラリゼーション反応を模倣して大気中のCO <sub>2</sub> をファインバブルにより海水に効率的に吸収させ、CaCO <sub>3</sub> に固定化する技術の実用化を目指す。 ① ラボスケールでの炭酸カルシウムの合成制御技術の開発、回収方法の決定 ② ラボスケールでの海水条件、ポリアミン種類や濃度の決定、CO <sub>2</sub> の供給方法の検討 ③ 実用化に向けた連続式プロセス開発研究	本研究では大気CO <sub>2</sub> を海水を用いてCaCO <sub>3</sub> として固定化する技術を開発することを目的としている。①のラボスケールの合成技術では、まずは合成したCaCO <sub>3</sub> の評価系を立ち上げて、正確に評価する手法を確立した。また様々な回収方法を検討し、95%以上の効率で確実に回収できる技術の検討も完了した。②では、様々なポリアミンの種類、濃度を検討し、有力なポリアミンを決定することができた。

	CO <sub>2</sub> をファインバブルとして供給する方法はコストの問題から困難であったが、他の代替方法を考案し、プロセス開発に活かすことができた。③のプロセスの開発では、合成したCaCO <sub>3</sub> を有価物として販売可能であることから、CO <sub>2</sub> の回収コストとしてはマイナスの値であることの根拠を示し、1,000円/CO <sub>2</sub> トンの目標を達成できることを示した。
--	--

<サブテーマ1 達成状況の自己評価>…………… 2. 目標を上回る成果をあげた

「大気CO<sub>2</sub>と海水から合成したCaCO<sub>3</sub>の形態制御および回収法の検討」（東京大学、鈴木道生）

サブテーマ1 目標	サブテーマ1 達成状況
<p>1.1：ファインバブルで攪拌中の海水に結晶核となるようなバイオミネラル由来の材料を添加し、ファインバブル中でも回収の容易な10 μm以上の沈降し易いCaCO<sub>3</sub>を合成する。</p> <p>1.2：ファインバブルで攪拌中の海水にバイオミネラルリゼーションを模した高分子を添加し、コアシェル粒子とすることで溶解性の低い安定なCaCO<sub>3</sub>を合成する。</p> <p>1.3：ファインバブル中で合成したCaCO<sub>3</sub>を低コストで大量に回収する最適な方法を検討し、回収率95%以上を目指す。</p>	<p>サブテーマ1では様々なCaCO<sub>3</sub>を合成するため、まずはその評価系の立ち上げを行った。具体的には反応液中のカルシウム濃度の変化をICP-MSで、結晶の形態観察を実体顕微鏡とSEMを用いて、結晶の多形解析をXRDで、沈降速度を吸光度および動画解析で、結晶の回収率を算出する系を構築した。</p> <p>1.1では、貝殻などのバイオミネラル粉末を用いた方法によりサイズの大きな結晶を作製することに成功した。さらに、このメカニズムを追求する研究によりバイオミネラル内の有機分子の働きに関する論文をいくつも報告している。</p> <p>1.2では、PVAやバイオミネラル抽出液などの高分子を添加することで様々な形態のCaCO<sub>3</sub>を合成することを報告している。特にナノファイバーの形態を持つCaCO<sub>3</sub>を効率的に合成する手法の開発を行った。</p> <p>1.3では、様々なCaCO<sub>3</sub>の回収条件を検討し、洗浄方法まで含めて95%以上の回収率で回収できることを示した。</p>

<サブテーマ2 達成状況の自己評価>…………… 3. 目標どおりの成果をあげた

「大気CO<sub>2</sub>をファインバブルとして海水に混合する際のポリアミン添加の条件の検討」（北里大学、安元剛）

サブテーマ2 目標	サブテーマ2 達成状況
<p>2.1：大気CO<sub>2</sub>を海水にファインバブルとして供給した時に液の粘性が問題となる可能性が考えられる。そのため、ファインバブル溶液中にて最適なポリアミンの種類（モノエタノールアミン、ジエチルアミン、プトレシン、スペルミジン、各重合度のポリエチレンジアミンなど）について条件の検討を行う。また、ファインバブルの大きさが粘性に影響を与える可能性も考えられるため、ファインバブル径（マイクロバブル、ウルトラファインバブル）とファインバブルの密度（1,000万～1億/cc）の検討を行うことで、CO<sub>2</sub>供給方法の検討を行う。</p> <p>2.2：ファインバブルにより空気中のCO<sub>2</sub>を供給した際の、海水の種類（通常海水、脱Mg海水、脱Na海水など）、温度変化によりCaCO<sub>3</sub>を合成し、各条件での合成効率を明らかにする。</p> <p>2.3：ファインバブル中で利用したポリアミンの回</p>	<p>サブテーマ2ではファインバブルの検討を行ったが、ファインバブルが残存するという問題から、むしろCO<sub>2</sub>の吹込みにはネガティブであることを示した。そこで代替の手段を用いて大気CO<sub>2</sub>を吹き込む方法を考案した。</p> <p>2.1では、様々なポリアミンを検討し、SP018が汎用性が高く、CaCO<sub>3</sub>の合成効率の高いアミンであることを示した。</p> <p>2.2では、ファインバブルそのものが大気CO<sub>2</sub>の供給を阻害することが判明した。むしろ粒径を制御したバブルをコントロールして吹き込むことが最も効率が良いことを示した。</p> <p>2.3では、様々なUF膜、NF膜などを検討した。</p>

収方法（透析法など）の検討を行い、回収率95%以上を目指す。	
--------------------------------	--

＜サブテーマ3 達成状況の自己評価＞・・・・・・・・ 1. 目標を大きく上回る成果をあげた

「大気CO<sub>2</sub>と海水からCaCO<sub>3</sub>を合成する事業の実用化に向けた連続式プロセス開発研究」（出光興産株式会社、松本寛人）

サブテーマ3 目標	サブテーマ3 達成状況
<p>3.1：ファインバブルを用いて大気中CO<sub>2</sub>をCaCO<sub>3</sub>とする手法の実用化に向けた連続式ベンチプラント（100 ton/h-海水、44 kg/h-CO<sub>2</sub>）の設計を行う。基礎実験がなく、詳細なデータが不明なため、おおよその推定値より試算するとCO<sub>2</sub>吸収塔の高さ（5 m直径）は280 m程度となっている。本計画で行うファインバブルやバイオミネラリゼーションを模した有機分子の添加の検討の基礎実験データから、高さを1/5から1/10にすることを旨す。また、シックナータンクは直径5 m、高さ4 m程度に、透析膜の面積を100 m<sup>2</sup>程度とすることを旨す。</p> <p>3.2：ファインバブルを用いて大気中CO<sub>2</sub>をCaCO<sub>3</sub>とする手法の実プロセスによるCO<sub>2</sub>固定（炭酸塩製造）のコスト試算を行い、他事業（製塩事業など）で使用する生産設備コストを除いた実質CO<sub>2</sub>固定化コスト1,000円/トン-CO<sub>2</sub>オーダーを旨す。</p>	<p>サブテーマ3では、サブテーマ1および2の成果を元に連続式プロセスの設計を行った。プロセスフローおよび各工程の機器選定、サイジングを行うとともに、生産設備のコスト試算を実施した。</p> <p>3.1 吸収塔の高さ、シックナーのサイズ、透析膜の面積を計算した。アミンの回収については課題が残ったが、アミンを使わない方法の検討も進んでおり、将来的には透析膜は必要なくなる可能性が示された。</p> <p>3.2アミンを使わない場合は目標である1,000円/トン-CO<sub>2</sub>を下回る結果となった。</p>

## 1. 6. 研究成果発表状況の概要

## 1. 6. 1. 研究成果発表の件数

成果発表の種別	件数
産業財産権	5
査読付き論文	10
査読無し論文	9
著書	0
「国民との科学・技術対話」の実施	19
口頭発表・ポスター発表	95
マスコミ等への公表・報道等	0
成果による受賞	19
その他の成果発表	0

## 1. 6. 2. 主要な研究成果発表

成果 番号	主要な研究成果発表 (「研究成果発表の一覧」の査読付き論文又は著書から10件まで抜粋)
1	Keisuke Shimizu, Takeshi Takeuchi, Lumi Negishi, Hitoshi Kurumizaka, Isao Kuriyama, Kazuyoshi Endo, Michio Suzuki*. Evolution of epidermal growth factor (EGF)-like and zona pellucida domains containing shell matrix proteins in mollusks. Molecular Biology and Evolution, 39, msac148, (2022). IF: 8.8 DOI: 10.1093/molbev/msac148
2	Yuto Namikawa, Kenji Moriyasu, Ko Yasumoto, Satoshi Katsumata, Michio Suzuki*. Carbonic anhydrase activity identified in the powdered nacreous layer of Pinctada fucata. Process Biochemistry 128, 22-29 (2023). IF: 4.9 DOI: 10.1016/j.procbio.2023.02.007
3	Kei Futagawa, Taichi Morioka, Kazuo Furihata, Hiroyuki Watanabe, Yutaka Ito, Teppei Ikeya, Akiko Hokura, Koji Nagata, Michio Suzuki*. Structural and Functional Analyses of Acidic and Basic Amino Acids Repeat Sequence (DDRK) in Pif 80 from Pinctada fucata on Aragonite Crystal Surface using NMR. Crystal Growth & Design, 23, 7, 5264-5278 (2023). IF: 4.0 DOI: 10.1021/acs.cgd.3c00467
4	Yuto Namikawa, Michio Suzuki*. Atmospheric CO2 sequestration in seawater enhanced by molluscan shell powders. Environ. Sci. Technol. 58, 5, 2404-2412 (2024) DOI: 10.1021/acs.est.3c09273

8	Yugo Kato, Woosuk Ha, Zehua Zheng, Lumi Negishi, Jun Kawano, Yoshihisa Kurita, Hitoshi Kurumizaka, Michio Suzuki*. Magnesium-containing calcite synthesis by tropomyosin determined from sea urchin spines. Journal of Structural and Biology, 216, 2, 108074 (2024). DOI: 10.1016/j.jsb.2024.108074
9	Kei Futagawa, Haruka Ikeda, Lumi Negishi, Hitoshi Kurumizaka, Ayame Yamamoto, Kazuo Furihata, Yutaka Ito, Teppei Ikeya, Koji Nagata, Daisuke Funabara, Michio Suzuki* Structural and Functional Analysis of the Amorphous Calcium Carbonate-Binding Protein Paramyosin in the Shell of the Pearl Oyster, Pinctada fucata. Langmuir, 40, 16, 8293-8750 (2024). DOI: 10.1021/acs.langmuir.3c03820
10	鈴木道生（東京大学）、炭酸カルシウムで脱炭素?、弥生（東京大学大学院農学生命科学研究科広報誌）、74、4、（2022）
15	鈴木道生（東京大学）、バイオミネラリゼーション反応を利用した脱炭素への取り組み、東京大学環境報告書2022、23、（2022）
16	安元剛（北里大学）、バイオミネラリゼーションを利用した新たなCO2固定化法の開発、シンポジウム記録、水産学若手の会主催シンポジウム次世代へつなぐ水産研究の道程～企業・公設研究所・大学の最先端研究～日本水産学会誌、第88巻第6号542頁(2022)
148	安元剛（北里大学）廣瀬美奈（TTP）、海洋生物のバイオミネラリゼーションを模した新規CO2 鉱物化技術の開発、令和4年度水産学技術賞紹介、日本水産学会誌、第89巻第5号（2023）.

注：この欄の成果番号は「研究成果発表の一覧」と共通です。

### 1. 6. 3. 主要な研究成果普及活動

本研究課題での成果普及活動は、合計で19件行った。そのうち、特に重要なものとしては、東京大学総合研究博物館と共同で開催したスクール・モバイルミュージアムである。バイオミネラリゼーション展として、様々なバイオミネラル生物の展示と共に、最先端の取り組みとしてCaCO<sub>3</sub>の生成による脱炭素の取り組みを紹介した。パネルボードで一般の来場者にも分かるように展示を行い、その中でERCAの許可を得てERCAのロゴの表記も加えさせて頂いた。さらに2024年1月27日には講演会を実施し、一般の方向けにバイオミネラリゼーション展での取り組みの紹介を行った。その他にも、高校生向けのイベントや市民向け講座などを積極的に行い、アウトリーチ活動にも大きく取り組んできた。

### 1. 7. 国際共同研究等の状況

#### <国際共同研究の概要>

本プロジェクトとは直接の関係はないが、バイオミネラリゼーションの有機基質の構造と機能に関する研究では、UKのエジンバラ大学、USAのアラバマ大学、イスラエルのテクニオン大学など、様々な研究期間と連携して研究を推進している。有機基質の構造と機能に関する研究が根幹となり、様々なCaCO<sub>3</sub>の合成技術の開発への展開が可能となっている。

#### <相手機関・国・地域名>

機関名（正式名称）	（本部所在地等の）国・地域名
The University of Alabama	USA
The University of Edinburgh	UK
Technion - Israel Institute of Technology	イスラエル国

注：国・地域名は公的な表記に準じます。

## 1. 8. 研究者略歴

&lt;研究者（研究代表者及びサブテーマリーダー）略歴&gt;

研究者氏名	略歴（学歴、学位、経歴、現職、研究テーマ等）
鈴木道生	研究代表者及びサブテーマ1リーダー 東京大学大学院農学生命科学研究科博士課程修了 博士（農学） 日本学術振興会特別研究員、東京大学助教、東京大学講師、東京大学准教授を経て、現在、東京大学教授 専門は生物無機化学、研究テーマはバイオミネラルリゼーション
安元剛	サブテーマ2リーダー 徳島大学大学院博士課程修了 博士（薬学） 島根大学助教、北里大学講師を経て、現在、北里大学准教授 研究分野は生物資源保全学、専門は海洋生命化学
松本寛人	サブテーマ3リーダー（2023年度から2024年度まで。前任者の人事異動のため交代。） 出光興産中央研究所燃料電池PJリーダー、先進技術研究所副所長、次世代技術研究所主幹部員を経て、現在、次世代技術研究所シニアソシエイト 修士（工学） 研究分野は燃料電池、水素ステーション、専門は触媒化学、エネルギー工学
勝又聡	サブテーマ3旧リーダー（2022年度のみ） 出光興産先進技術研究所主任部員を経て、当時、次世代技術研究所上席主任研究員 博士（工学） 研究分野はエネルギー素材開発、専門は資源化学、技術経営

## 2. 研究成果発表の一覧

注：この項目の成果番号は通し番号です。

## (1) 産業財産権

成果番号	出願年月日	発明者	出願者	名称	出願以降の番号
1	2022年9月16日	鈴木道生、浪川勇人、安元剛、渡部終五、森安賢司、勝又聡、前山薫	国立大学法人東京大学、学校法人北里研究所、出光興産株式会社、株式会社日本海水	複合体の製造方法及び複合体	2022-148202
2	2023年1月27日	鈴木道生、リイテイ、勝又聡、植田直幸、安元剛、森安賢司、吉馴太一	国立大学法人東京大学、出光興産株式会社、学校法人北里大学、株式会社日本海水	カルシウムイオン溶出方法、二酸化炭素の固定化方法、及び炭酸カルシウムの製造方法	2023-011392
3	2023年1月13日	安元剛、広瀬奈美、勝又聡、植田直幸、森安賢司、鈴木道生	学校法人北里研究所、出光興産株式会社、株式会社日本海水、国立大学法人東京大学	二酸化炭素の固定化方法及び固定化システム並びに炭酸塩の製造方法	2023-004107
4	2023年1月19日	安元剛、広瀬奈美、勝又聡、植田直幸、森安賢司、鈴木道生	学校法人北里研究所、出光興産株式会社、株式会社日本海水、国立大学法人東京大学	二酸化炭素の固定化方法及び固定化システム並びに炭酸塩の製造方法	PCT/JP2023-001590

5	2023年3月10日	鈴木道生、勝又聡、植田直幸、森安賢司、吉馴太一、安元剛、大野良和	国立大学法人東京大学、出光興産株式会社、株式会社日本海水、学校法人北里研究所	二酸化炭素の固定化方法及び固定化システム並びに炭酸カルシウムの製造方法	2023-037836
---	------------	----------------------------------	--	-------------------------------------	-------------

## (2) 論文

## &lt;論文&gt;

成果番号	発表年度	成果情報	主たるサブテーマ	査読の有無
6	2022	Keisuke Shimizu, Takeshi Takeuchi, Lumi Negishi, Hitoshi Kurumizaka, Isao Kuriyama, Kazuyoshi Endo, Michio Suzuki*. Evolution of epidermal growth factor (EGF)-like and zona pellucida domains containing shell matrix proteins in mollusks. Molecular Biology and Evolution, 39, msac148, (2022). IF: 8.8 DOI: 10.1093/molbev/msac148	1	有
7	2022	Keisuke Shimizu, Lumi Negishi, Takumi Ito, Shogo Touma, Toshie Matsumoto, Masahiko Awaji, Hitoshi Kurumizaka, Kazutoshi Yoshitake, Shigeharu Kinoshita, Shuichi Asakawa, Michio Suzuki*. Evolution of nacre- and prisms-related shell matrix proteins in the pen shell, Atrina pectinata. Comparative Biochemistry and Physiology Part D: Genomics and Proteomics, 44, 101025 (2022). IF: 3.3 DOI: 10.1016/j.cbd.2022.101025	1	有
8	2023	Yuto Namikawa, Kenji Moriyasu, Ko Yasumoto, Satoshi Katsumata, Michio Suzuki*. Carbonic anhydrase activity identified in the powdered nacreous layer of Pinctada fucata. Process Biochemistry 128, 22-29 (2023). IF: 4.9 DOI: 10.1016/j.procbio.2023.02.007	1	有
9	2023	Lingxiao Zhu, Keisuke Shimizu, Hiroyuki Kintsu, Lumi Negishi, Zehua Zheng, Hitoshi Kurumizaka, Shohei Sakuda, Isao Kuriyama, Takashi Atsumi, Kaoru Maeyama, Kiyohito Nagai, Michiyo Kawabata, Hisanori Kohtsuka, Toru Miura, Yoshitaka Oka, Shinsuke Ifuku, Koji Nagata, Michio Suzuki*. Structural and functional analyses of chitinolytic enzymes in the nacreous layer of Pinctada fucata. Biochemical Engineering Journal, 191, 108780 (2023). IF: 4.4 DOI: 10.1016/j.bej.2022.108780	1	有
10	2023	Kei Futagawa, Taichi Morioka, Kazuo Furihata, Hiroyuki Watanabe, Yutaka Ito, Teppei Ikeya, Akiko Hokura, Koji Nagata, Michio Suzuki*. Structural and Functional Analyses of Acidic and Basic Amino Acids Repeat Sequence (DDRK) in Pif 80 from Pinctada fucata on Aragonite Crystal Surface using NMR. Crystal Growth & Design, 23, 7, 5264-5278 (2023). IF: 4.0 DOI: 10.1021/acs.cgd.3c00467	1	有



11	2024	Yuto Namikawa, Michio Suzuki*. Atmospheric CO <sub>2</sub> sequestration in seawater enhanced by molluscan shell powders. Environ. Sci. Technol.58, 5, 2404-2412 (2024) DOI: 10.1021/acs.est.3c09273	1	有
12	2024	Yugo Kato, Woosuk Ha, Zehua Zheng, Lumi Negishi, Jun Kawano, Yoshihisa Kurita, Hitoshi Kurumizaka, Michio Suzuki*. Magnesium-containing calcite synthesis by tropomyosin determined from sea urchin spines. Journal of Structural and Biology, 216, 2, 108074 (2024). DOI: 10.1016/j.jsb.2024.108074	1	有
13	2024	Kei Futagawa, Haruka Ikeda, Lumi Negishi, Hitoshi Kurumizaka, Ayame Yamamoto, Kazuo Furihata, Yutaka Ito, Teppei Ikeya, Koji Nagata, Daisuke Funabara, Michio Suzuki* Structural and Functional Analysis of the Amorphous Calcium Carbonate-Binding Protein Paramyosin in the Shell of the Pearl Oyster, Pinctada fucata. Langmuir, 40, 16, 8293-8750 (2024). DOI: 10.1021/acs.langmuir.3c03820	1	有
14	2024	Keisuke Shimizu, Lumi Negishi, Hitoshi Kurumizaka, Michio Suzuki*, Diversification of von Willebrand Factor A and Chitin-Binding Domains in Pif/BMSPs Among Mollusks, Journal of Molecular Evolution, 92, 415-431 (2024) DOI: 10.1007/s00239-024-10180-1	1	有
15	2025	Kei Futagawa, Yugo Kato, Michio Suzuki* Conformational analysis of biomineral proteins interacting with inorganic minerals using dispersive mineral particles for solution NMR. CrystEngComm, 27, 2043-2063 (2025) DOI: 10.1039/D4CE01253D	1	有
16	2022	鈴木道生（東京大学）、炭酸カルシウムで脱炭素?、弥生（東京大学大学院農学生命科学研究科広報誌）、74、4、（2022）	1	無
17	2022	鈴木道生（東京大学）、バイオミネラリゼーション反応を利用した脱炭素への取り組み、東京大学環境報告書2022、23、（2022）	1	無
18	2024	鈴木道生（東京大学）、佐野聡哉、淡路雅彦「琵琶湖パールー海水産と淡水産の真珠の比較」、琵琶湖集水域の環境メタロミクス、アグネ技術センター、原田英美子（編）、第4章、第1節、118-129（2024）	1	無
19	2024	二川慶、鈴木道生（東京大学）「アコヤガイ貝殻内の有機基質に着目した貝殻形成の分子メカニズム」真珠研究の今を伝える PARTⅡ、恒星社厚生閣、渡部終五（編）、永井清仁（編著）、前山薫（編著）、木下滋晴（編著）、Ⅲ 6章、73-93（2024）	1	無
20	2022	安元剛（北里大学）、バイオミネラリゼーションを利用した新たなCO <sub>2</sub> 固定化法の開発、シンポジウム記録、水産学若手の会主催シンポジウム次世代へつなぐ水産研究の道程～企業・公設研究所・大学の最先端研究～日本水産学会誌、第88巻第6号542頁（2022）	2	無
21	2023	安元剛（北里大学）廣瀬美奈（TTP）、海洋生物のバイオミネラリゼーションを模した新規CO <sub>2</sub> 鉱物化技術	2	無



		の開発、令和4年度水産学技術賞紹介、日本水産学会誌、第89巻第5号（2023）.		
22	2021	安元剛（北里大学）、廃海水と生体アミンを用いた新たなCO <sub>2</sub> 鉱物化法の開発、一般社団法人カーボンリサイクルファンドHP、研究者インタビューNo.2, <a href="https://carbon-recycling-fund.jp/grant_achievements/no-2">https://carbon-recycling-fund.jp/grant_achievements/no-2</a>	2	無
23	2023	安元剛（北里大学）、一般社団法人カーボンリサイクルファンドHP、広報活動 >カボ・リサ物語 >第6話 CRF研究助成活動編 研究助成で社会にイノベーションを！、 <a href="https://carbon-recycling-fund.jp/carbo_risa_story/06">https://carbon-recycling-fund.jp/carbo_risa_story/06</a>	2	無
24	2024	井口亮，井口亮，飯島真理子，水澤奈々美，大野良和，安元剛，鈴木淳，鈴木淳，菅駿一，田中健、財津佳、たった一つのサンゴポリプで代謝物解析が可能に-サンゴを調べる新たな評価手法の確立に成功-GSJ地質ニュース 13(8) 2024年	2	無

## (4) 著書

&lt;著書&gt;

成果番号	発表年度	成果情報	主たるサブテーマ
		特に記載する事項はない。	

## (5) 口頭発表・ポスター発表

&lt;口頭発表・ポスター発表&gt;

成果番号	発表年度	成果情報	主たるサブテーマ	査読の有無
25	2022	○鈴木道生（東京大学）、バイオミネラリゼーションの炭素循環、シンポジウム「生命×金属～金属を活用した生命の生存戦略～」立命館大学生物資源研究センター×立命館大学R-GIRO「気候変動に対応する生命圏科学の基盤創生」プロジェクト共催シンポジウム、オンライン開催、2022年3月（国内招待講演）	1	無
26	2022	○浪川勇人（東京大学）、森安賢司（日本海水）、勝又聡（出光興産）、前山薫（ミキモト化粧品）、渡部終五（北里大学）、安元剛（北里大学）、鈴木道生（東京大学）、二酸化炭素固定に貢献するバイオミネラル中の炭酸脱水酵素の活用、日本農芸化学会2022年度（令和4年度）大会、オンライン開催、2022年3月（口頭発表）	1	無
27	2022	○浪川勇人（東京大学）、俵屋壮太郎（東京大学）、Kowit Hengphasatporn（東京大学）、重田育照（東京大学）、鈴木道生（東京大学）、アコヤガイ貝殻の炭酸脱水酵素である nacrein のCa結合による構	1	無

		造変化、第17回バイオミネラルリゼーションワークショップ、オンライン開催、2022年11月（口頭発表、若手優秀発表賞受賞）		
28	2022	○ Michio Suzuki (Tokyo Univ.), “Organic Molecules in the Molluscan Shells Regulate the Fine Microstructures of Biominerals”, 2022 MRS Spring Meeting & Exhibit, Honolulu, Hawaii, (May, 2022). (国際学会招待講演)	1	無
29	2022	○ Michio Suzuki (Tokyo Univ.), “Organic molecules related to the biomineralization of mollusks and bacteria.”, The 8th International Symposium on Metallomics, Kanazawa, Japan, (Jul. 2022). (国際学会招待講演)	1	無
30	2022	○ Michio Suzuki (Tokyo Univ.), “The Organic Molecules in Biomineralization”, ASBIC10, Kobe, Japan, (Nov. 2022). (国際学会招待講演)	1	無
31	2022	○ 鈴木道生（東京大学）、バイオミネラルタンパク質の脱炭素技術への応用、プラズマ分光分析研究会第116回講演会、東京大学、2022年7月（国内招待講演）	1	無
32	2022	○ 鈴木道生（東京大学）、バイオミネラルリゼーションの科学～真珠から地球環境まで～『金沢大学環日セミナー』、金沢大学、2022年7月（国内招待講演）	1	無
33	2022	○ 鈴木道生（東京大学）、生命金属科学におけるバイオミネラルリゼーション研究の展望と未来、『生命金属科学 夏の合宿』、北海道ルスツ、2022年9月（国内招待講演）	1	無
34	2022	○ 鈴木道生（東京大学）、バイオミネラル中の微量有機分子による鉱物結晶の形成制御、『第33回日本微量元素学会学術集会』、淡路夢舞台、2022年9月（国内招待講演）	1	無
35	2022	○ 鈴木道生（東京大学）、バイオミネラルリゼーションによる脱炭素研究、エンジニアリング協会 循環型社会システム研究部会主催 ミニ講演会、オンライン開催、2022年10月（国内招待講演）	1	無
36	2022	○ 鈴木道生（東京大学）、バイオミネラルリゼーションを制御する奇妙なタンパク質の研究、富士フィルム Rゼミ、オンライン開催、2022年10月（国内招待講演）	1	無
37	2022	○ 鈴木道生（東京大学）、真珠貝の貝殻におけるキチン分解酵素の役割、第16回多糖の未来フォーラム、上智大学、講演年月日：2022年11月（国内招待講演）	1	無
38	2022	○ Michio Suzuki (Tokyo Univ.), “The Organic Molecules in Biomineralization” 10th Asian Biological Inorganic Chemistry Conference, Kobe, Japan, (Nov. 2022). (国際学会招待講演)	1	無
39	2023	○ 浪川 勇人、森安 賢司、安元 剛、勝又 聡、鈴木道生「炭素固定に貢献する貝殻内炭酸脱水酵素の利用」『日本農芸化学会2023年度大会』、オンライン開催、2023年3月（口頭発表）	1	無
40	2023	○ 鈴木道生（東京大学）、「水生生物におけるバイオミネラルリゼーション機構の解明に関する研究」『第23回マリンバイオテクノロジー学会大会』金沢市文化ホール、2023年5月（国内受賞講演）	1	無

41	2023	○鈴木道生（東京大学）、「細胞外の金属ホメオスタシスーバイオミネラリゼーションにおける有機-無機相互作用」『第23回日本蛋白質科学会年会』、名古屋国際会議場、2023年7月（国内招待講演）	1	無
42	2023	○Yuto Namikawa, Michio Suzuki, “Carbonic anhydrase activity identified in the powdered nacreous layer of Pinctada fucata” 7th International Symposium on Biomineralization (BIOMIN XVII), Saint Etienne, France, (Aug. 2023)（国際口頭発表）	1	無
43	2023	○鈴木道生（東京大学）、「バイオミネラリゼーションから導く脱炭素」『第一回エッセンスフォーラム2023 - Encounter of the Impacts -』、東京ミッドタウン八重洲、2023年9月（国内招待講演）	1	無
44	2023	○鈴木道生（東京大学）、「バイオミネラリゼーションの炭素循環～炭酸カルシウムは炭素固定に貢献するのか?～」『第65回農学部公開セミナー』東京大学、2023年10月（国内招待講演）	1	無
45	2023	○鈴木道生（東京大学）、「アコヤガイ貝殻内の有機基質に着目した貝殻形成の分子メカニズム」『真珠研究シンポジウム2023』ミキモト真珠島真珠博物館ミュージアムホール（三重県）、2023年11月（国内招待講演）	1	無
46	2023	○浪川勇人、鈴木道生「貝殻粉末を用いた海水からの炭酸カルシウム合成制御」『第18回バイオミネラリゼーションワークショップ』、東京大学大気海洋研究所、2023年11月（口頭発表）	1	無
47	2023	○鈴木道生（東京大学）、「バイオミネラリゼーションによる脱炭素」『第46回日本分子生物学会年会』神戸ポートアイランド（兵庫県）、2023年12月（国内招待講演）	1	無
48	2024	○Michio Suzuki (Tokyo Univ.) , “Matrix proteins in biomineralization of molluscan shells” The 48th International Conference & Exposition on Advanced Ceramics & Composites, Florida, USA, (Jan. 2024).（国際学会招待講演）	1	無
49	2024	○ Michio Suzuki. Matrix proteins in biomineralization of molluscan shells. The 48th International Conference & Exposition on Advanced Ceramics & Composites, Florida, USA, (Jan, 2024).（国際学会招待講演）	1	無
50	2024	○鈴木道生「バイオミネラリゼーションにおける有機基質の役割」『日本農芸化学会2024年度大会』、東京農業大学、2024年3月（国内招待講演）	1	無
51	2024	○鈴木道生「石灰化生物保全がCO2削減に貢献する？」『石西礁湖自然再生協議会 陸と海のつながりWG』環境省沖縄奄美自然環境事務所石垣自然保護官事務所（沖縄県）2024年9月5日（国内招待講演）	1	無
52	2024	○鈴木道生「バイオミネラリゼーションにおける鉱物生成を司る有機基質」『日本鉱物科学会2024年度年会・総会』名古屋大学（愛知県）、2024年9月13日（国内招待講演）	1	無
53	2024	○鈴木道生「真珠のバイオミネラリゼーションと炭素循環」『市民真珠、海洋科学談話会 -2024鳥羽-』ミキモト真珠島（三重県）、2024年10月26日（国内	1	有

		招待講演)		
54	2024	○浪川勇人、鈴木道生「CO <sub>2</sub> 固定技術の開発に貢献するバイオミネラル粉末の機能解析」『日本農芸化学会関東支部2024年度例会』お茶の水女子大学、2024年11月2日（国内招待講演）	1	無
55	2024	○浪川勇人、鈴木道生「CO <sub>2</sub> 固定技術の開発に貢献するバイオミネラル粉末の機能解析」『日本農芸化学会2024年度大会』、東京農業大学、2024年3月（口頭発表）	1	無
56	2024	○永野湧貴、安元剛、森安賢司、吉馴太一、鈴木道生「脱Mg海水を用いた炭酸カルシウム合成系への有機物の影響評価」『日本農芸化学会2024年度大会』、東京農業大学、2024年3月（口頭発表）	1	無
57	2024	○小川紗里奈、浪川勇人、川野潤、加藤由悟、鈴木道生「ウニの硬組織のMgの取り込み機構に関する解析」『日本農芸化学会2024年度大会』、東京農業大学、2024年3月（口頭発表）（口頭発表）	1	無
58	2024	○朱凌霄、鈴木道生「アコヤガイ貝殻真珠層におけるキチン分解酵素の役割の解明」『日本農芸化学会2024年度大会』、東京農業大学、2024年3月（口頭発表）	1	無
59	2024	○志田晶、二川慶、大嶋啓介、加藤由悟、鈴木道生「貝殻タンパク質BMSPのトリッチ領域と炭酸カルシウム結晶の関係についての研究」『日本農芸化学会2024年度大会』、東京農業大学、2024年3月（口頭発表）	1	無
60	2024	○大嶋啓介、鈴木道生「アコヤガイ貝殻真珠層から発見された新規バイオミネラルタンパク質の機能解析」『日本農芸化学会2024年度大会』、東京農業大学、2024年3月（口頭発表）	1	無
61	2024	○二川慶、森岡太一、池谷鉄兵、伊藤隆、片山秀和、永田宏次、鈴木道生「アコヤガイ靱帯の酸性ペプチド LICP の溶液 NMR 法を用いた構造・機能解析」『日本農芸化学会2024年度大会』、東京農業大学、2024年3月（口頭発表）	1	無
62	2024	○大嶋啓介、根岸瑠美、胡桃坂仁志、鈴木道生「DIA (data independent acquisition) 解析を用いた真珠層タンパク質の定量分析」『第24回マリンバイオテクノロジー学会大会』筑波大学、2024年5月（口頭発表）	1	無
63	2024	○白陽、浪川勇人、加藤由悟、鈴木道生「PifのLG domainに関する研究」『第3回 マリンバイオテクノロジー若手の会の討論会』昭和の森フォレストヴィレッジ（千葉県）2024年9月9日～10日（口頭発表）	1	無
64	2024	○二川慶、加藤由悟、永田宏次、鈴木道生「核磁気共鳴分光法を用いた金ナノ粒子結合能を持つタンパク質DP-1の構造解析」『日本分析化学会第73年会』名古屋工業大学（愛知県）、2024年9月11日（口頭発表）	1	無
65	2024	○大嶋啓介、根岸瑠美、胡桃坂仁志、鈴木道生「真珠層タンパク質の複合オミクス解析」『第19回バイオミネラルリゼーションワークショップ』、東京大学大気海洋研究所、2024年11月（口頭発表）	1	無
66	2022	○安元 剛（北里大学）、バイオミネラルリゼーション	2	無

		を利用した新たなCO2固定法開発、令和4年度日本水産学会春季大会シンポジウム、「次世代へつなぐ水産研究の道程～企業・公設研究所・大学の最先端研究～」、オンライン開催、2022年3月（国内招待講演）		
67	2023	○安元剛，安元純，高田遼吾，飯島真理子，井口亮，中村崇，酒井一彦，廣瀬美奈，渡部終五，「サンゴ礁海域における蓄積型リンによる陸域負荷の閾値設定」，2023年度日本水産学会春季大会，2023年03月28日，（口頭発表）	2	無
68	2023	○水澤奈々美，SHAHEED Reza Md.，久我聡美，及川千晴，柳沢早紀，大内大輔，飯島真理子，山田雄一郎，小檜山篤志，池田大介，安元剛，神保充，渡部終五，2023年度日本水産学会春季大会，2023年03月28日，（口頭発表）	2	無
69	2023	○丸山莉織，安元剛，水澤奈々美，渡部終五，飯島真理子，井口亮，SONG Ke-Han，廣瀬美奈，高田遼吾，安元純，新城竜一，HERMAWAN Oktanius Richard，細野高啓，「淡水レンズ構造を有する地下水中の酸化・還元環境における微生物叢変動」，2023年度日本水産学会春季大会，2023年03月28日，（口頭発表）	2	無
70	2023	○木下峻一，鈴木淳，井口亮，飯島真理子，大野良和，安元剛，川幡穂高，「炭酸塩の飽和度とサンゴポリプの石灰化影響について」，日本地球惑星科学連合大会，2023年5月，（口頭発表）	2	無
71	2023	○高科幸平，渡辺洋人，緒明佑哉，今井宏明，安元剛，「ポリアミン法により形成されるアラゴナイト配向膜のマクロおよびミクロ構造制御」，日本セラミックス協会秋季シンポジウム，2023年08月30日，（口頭発表）	2	無
72	2023	○讓原良介，坂田剛，安元剛，松山泰，鈴木拓也，樋川岳，古平栄一，神保充，天野春菜，石田厚，日本ポリアミン学会年会，2023年12月22日，（口頭発表）	2	無
73	2023	○鈴木淳，木下峻一，井口亮，井口亮，飯島真理子，大野良和，安元剛，保高徹生，酒井一彦，黒柳あずみ，川幡穂高，白亜紀海水の炭酸系と海洋の石灰化生物への影響，日本地球化学会年会，2023年，（口頭発表）	2	無
74	2023	○安元 剛（北里大学）、廣瀬美奈（トロピカルテクノプラス）、海洋生物のバイオミネラル化を模した新規CO2鉱物化技術の開発、令和4年度日本水産学会春季大会 水産学技術賞受賞者講演、東京海洋大学、2023年3月（国内招待講演）	2	無
75	2023	○安元 剛（北里大学）、バイオミネラル化から学ぶCO2鉱物化法の開発、『第23回マリンバイオテクノロジー学会大会』ミニシンポジウム1 水圏生物とその生存機構から学ぶ（若手の会企画）金沢市文化ホール、2023年5月（国内受賞講演）	2	無
76	2024	○安元剛 武田結仁 舘小路紗礼 井出涼太 大野良和 水澤奈々美 渡部終五 廣瀬美奈 新城竜一 飯島真理子 井口亮 中村崇 安元純、石西礁湖の底質の蓄積リンの年変化とサンゴ密度との関連性、2024年度日本水産学会春季大会，2024年03月22日，（口	2	無

		頭発表)		
77	2024	○菅駿一, 田中健, 鈴木留佳, 畑毅, 井口亮, 大野良和, 安元 剛, 財津桂、第3回環境化学物質合同大会 環境化学討論会 Springer Nature 賞、「PESI/MS/MSによるメタボローム解析を用いた日焼け止め暴露がサンゴポリプに与える毒性リスクの評価」, 日本環境化学会. 2024年5月.(口頭発表)	2	無
78	2024	○井出椋太 安元剛 水澤奈々美 丸山莉織 渡部終五 宋科翰 新城竜一 細野高啓 池原尚朋 飯島真理子 井口亮 安元純 金城尚 上原望笑 松岡走、2024年度日本水産学会春季大会、2024年03月22日、(口頭発表)	2	無
79	2024	丸山莉織 ○水澤奈々美 安元剛 渡部終五 廣瀬美奈 宋科翰 新城竜一 細野高啓 飯島真理子 井口亮 上原望笑 松岡走 安元純、2024年度日本水産学会春季大会、2024年03月22日、(口頭発表)	2	無
80	2024	儀武滉大, 水澤奈々美, 飯島真理子, 大野良和, 安元純, 安元剛, 井口亮, ポリアミンが造礁サンゴの初期生理に与える影響:飼育実験とRNA-Seq解析からのアプローチ, 2024年度日本水産学会春季大会、2024年03月22日、(口頭発表)	2	無
81	2024	高橋有南 大野良和 窪田梓 井口亮 飯島真理子 水澤奈々美 中村崇 鈴木淳 鈴木道生 安元純 渡部終五 安元剛, サンゴ稚ポリプの隔壁形成に関する微小結晶の可視化, 2024年度日本水産学会春季大会、2024年03月22日、(口頭発表)	2	無
82	2024	○Ko Yasumoto, Yuni Takeda, Sara Tateno, Ryota Ide, Yoshikazu Ono, Nanami Mizusawa, Shugo Watabe (Kitasato University Marine), Mina Hirose (Tropical Techno), Mariko Iijima, Akira Iguchi (AIST), Takashi Nakamura (University of the Ryukyus), Jun Yasumoto (University of the Ryukyus Agriculture), Phosphate Accumulation in Calcareous Sediments as an Indicator of Coral Reef Degradation Near Inhabited Islands: A Study in Sekisei Lagoon, Japan, Japan Geoscience Union Meeting 2024, May-26-31 2024, Oral	2	無
83	2024	窪田梓, 生方正章, 水澤奈々美, 飯島真理子, 大野良和, 鈴木謙一, 安元純, 安元剛, GC-TOFMSを用いたプラヌラ及びポリプ段階での稚サンゴのメタボローム解析, 日本生物工学会, 2024年08月26日, (口頭発表)	2	無
84	2024	永野湧貴, 安元剛, 森安賢司, 吉馴太一, 鈴木道生, 脱Mg海水を用いた炭酸カルシウム合成系への有機物の影響評価, 日本農芸化学会大会, 2024年03月05日 (口頭発表)	2	無
85	2024	○菅駿一, 田中健, 鈴木留佳, 畑毅, 井口亮, 大野良和, 安元 剛, 財津桂、第3回環境化学物質合同大会 環境化学討論会 Springer Nature 賞、「PESI/MS/MSによるメタボローム解析を用いた日焼け止め暴露がサンゴポリプに与える毒性リスクの評価」, 日本環境化学会. 2024年5月	2	無
86	2022	○浪川勇人 (東京大学)、安元 剛 (北里大学)、	1	無

		鈴木道生（東京大学）、アコヤガイ真珠層粉末の炭酸脱水酵素活性、第22回マリンバイオテクノロジー学会、オンライン開催、2022年5月（ポスター発表）		
87	2022	○浪川勇人（東京大学）、鈴木道生（東京大学）、アコヤガイ貝殻の金属酵素（nacrein）を用いた炭素固定化法、生命金属科学 夏の合宿』、北海道ルスツ、2022年9月（ポスター発表、若手優秀発表賞受賞）	1	無
88	2022	○Yuto Namikawa (Tokyo Univ.), Kenji Moriyasu (Nihon Kaisui Co.), Ko Yasumoto (Kitasato Univ.), Satoshi Katsumata (Idemitsu Co.), Michio Suzuki (Tokyo Univ.), Carbonic Anhydrase Activity Identified in the Powdered Nacreous Layer of Pinctada fucata, ASBIC10, Kobe, Japan, Nov., 2022. (ポスター発表)	1	無
89	2023	○ Yuto Namikawa (Tokyo Univ.), Sotaro Tawaraya, Kowit Hengphasatporn, Yasuteru Shigeta, Michio Suzuki (Tokyo Univ.), “Ca <sup>2+</sup> -induced conformational change in nacrein of Pinctada fucata ” 6th International Sclerochronology Conference 2023, The University of Tokyo, Japan, (May, 2023) (ポスター発表)	1	無
90	2023	○浪川勇人（東京大学）、鈴木道生（東京大学）「Enhancing carbon fixation using powdered shells 貝殻粉末を用いた炭素固定反応の促進」『第22回東京大学生命科学シンポジウム』、東京大学、2023年6月	1	無
91	2023	○永野湧貴（東京大学）、鈴木道生（東京大学）「脱Mg海水における炭酸カルシウムの形成制御機構」『プラズマ分光分析研究会若手会 第3回講演会』東京大学、2023年7月（ポスター発表）	1	無
92	2023	○浪川勇人（東京大学）、加藤由悟（東京大学）、武田志乃、鈴木道生（東京大学）「サザエ中腸線の鉄の局在解析と濃集分子の解析」『メタルバイオサイエンス研究会2023』、岐阜市民会館（岐阜県）、2023年10月（ポスター発表）	1	無
93	2023	○永野湧貴（東京大学）、安元剛、森安賢司、吉馴太一、鈴木道生（東京大学）「脱Mg海水と有機物を用いたCaCO <sub>3</sub> 合成制御」、『第18回バイオミネラライゼーションワークショップ』、東京大学大気海洋研究所、2023年11月（ポスター発表）	1	無
94	2024	○李思程、大嶋啓介、根岸瑠美、奥村大河、加藤由悟、Boaz Pokroy、胡桃坂仁志、鈴木道生「Study on the Organic Molecules Regulating the Density of {110} Twin Defects in Aragonite Crystals」『第24回マリンバイオテクノロジー学会大会』筑波大学（茨城県）、2024年5月（ポスター発表）	1	無
95	2024	○加藤由悟、ハウソク、鄭澤華、川野潤、根岸瑠美、胡桃坂仁志、鈴木道生「ムラサキウニトゲのカルサイト内のマグネシウム取り込み機構に関する研究」『日本分析化学会第73年会』名古屋工業大学（愛知県）、2024年9月13日（ポスター発表）	1	無
96	2024	○二川慶、片山秀和、永田宏次、鈴木道生「アコヤガイ靱帯のバイオミネラルタンパク質LICPの炭酸	1	無

		カルシウムナノ粒子を用いた溶液NMR法での立体構造解析」『第24回日本蛋白質科学会年会』札幌コンベンションセンター（北海道）、2024年6月11日～6月13日（ポスター発表）		
97	2024	○浪川勇人、清水伸隆、鈴木道生「アコヤガイの貝殻基質タンパク質nacreinの石灰化における役割の解析」『第24回日本蛋白質科学会年会』札幌コンベンションセンター（北海道）、2024年6月11日～6月13日（ポスター発表）	1	無
98	2024	○目黒温紀、二川慶、鈴木道生「アコヤガイ靱帯に含まれるメチオニンリッチタンパク質の機能、構造解析」『第24回若手NMR研究会』タカオネ（東京都）、2024年9月2日～4日（ポスター発表）	1	無
99	2024	○大嶋啓介、根岸瑠美、胡桃坂仁志、鈴木道生「バイガイ貝殻プロテオームから探る貝殻形成メカニズム」『第36回生物無機化学夏季セミナー 第4回生命金属科学夏合宿 合同大会』虹の松原ホテル（佐賀県）2024年9月10日～2024年9月12日（ポスター発表）	1	無
100	2024	○山根大樹、大嶋啓介、鈴木道生「アコヤガイ貝殻真珠層に含まれるメタロプロテアーゼの探索」『第36回生物無機化学夏季セミナー 第4回生命金属科学夏合宿 合同大会』虹の松原ホテル（佐賀県）2024年9月10日～2024年9月12日（ポスター発表）	1	無
101	2024	○小川紗里奈、浪川湧人、川野潤、加藤由悟、鈴木道生「酸性高分子による $\text{CaCO}_3$ への Mg 取り込みの向上」『第19回バイオミネラリゼーションワークショップ』東京大学大気海洋研究所、2024年11月（ポスター発表）	1	無
102	2024	○山根大樹、大嶋啓介、鈴木道生「Pif の構造を制御するプロテアーゼに関する研究」『第19回バイオミネラリゼーションワークショップ』東京大学大気海洋研究所、2024年11月（ポスター発表）	1	無
103	2024	○目黒温紀、二川慶、鈴木道生「アコヤガイ靱帯中のメチオニンリッチタンパク質の機構と構造解析」、『第19回バイオミネラリゼーションワークショップ』東京大学大気海洋研究所、2024年11月（ポスター発表）	1	無
104	2024	○白陽、浪川勇人、加藤由悟、鈴木道生「Pif の LG domain と D-rich loop の機能探索」『第19回バイオミネラリゼーションワークショップ』東京大学大気海洋研究所、2024年11月（ポスター発表）	1	無
105	2024	○李思程, Zehua Zheng, Keisuke Oshima, Xinlu Liu, Lingxiao Zhu, Lumi Negishi, Hitoshi Kurumizaka, Taiga Okumura, Yugo Kato, Boaz Pokroy, Michio Suzuki「The Gln-rich Protein, Twipl, Promotes High-Density {110} Twins Formation in the Shell of the Limpet Cellana rota」『第19回バイオミネラリゼーションワークショップ』東京大学大気海洋研究所、2024年11月（ポスター発表）	1	無
106	2025	○大嶋啓介、NUDELMAN Fabio、根岸瑠美、胡桃坂仁志、鈴木道生「炭酸固定に寄与する貝殻タンパク質の解析手法構築と深海性巻貝への応用」『日本農芸化学会2025年度大会』、札幌コンベンションセン	1	無



		ター、2025年3月5日（ポスター発表）		
107	2025	○二川慶、目黒温紀、池谷鉄兵、伊藤隆、片山秀和、永田宏次、鈴木 道生「炭素固定技術に応用可能なバイオミネラルタンパク質の有機－無機相互作用の分子メカニズムの解明手法の開発」『日本農芸化学会2025年度大会』、札幌コンベンションセンター、2025（ポスター発表）	1	無
108	2022	○安元剛（北里大学）、大野良和（北里大学）、鈴木道生（東京大学）、森安賢司（日本海水）、勝又聡（出光興産）、植田直幸（出光興産）、井口亮（産総研）、安元純（琉球大学）、廣瀬美奈（トロピカルテクノ）、バイオミネラリゼーションを模したCO2 鉱物化研究、第17回バイオミネラリゼーションワークショップ、オンライン開催、2022年11月（ポスター発表）	2	無
109	2022	○Ko Yasumoto (Kitasato Univ.), Jun Yasumoto (Ryukyu Univ.), Mariko Iijima (AIST), Akira Iguchi (AIST), Mina Hirose Yasumoto (TTP), Kanami Mori-Yasumoto (TUS), Michio Suzuki (Tokyo Univ.), Kenji Moriyasu (Nihon Kaisui Co.), Satoshi Katsumata (Idemitsu Co.), Shugo Watabe (Kitasato Univ.), Comparison in the calcification rate between in vivo skeletal formation in juvenile corals and in vitro aragonite formation in biogenic polyamine solution at various CO2 levels, AGU fall meeting Chicago, IL, 2-16, December 2022. (ポスター発表)	2	無
110	2024	○高橋有南 大野良和 水澤奈々美 渡部終五 安元剛 井口亮 飯島真理子 鈴木淳 鈴木道生 窪田梓 堤元左 根本知己 安元純 中村崇 酒井一彦、「サンゴ稚ポリプの隔壁形成部位における粒子の結晶成長」、マリンバイオテクノロジー学会大会、2024（ポスター発表）	2	無
111	2024	○阿部 竜万, 大野 良和, 水澤 奈々美, 渡部 終五, 安元 剛, 鈴木 道生, 森安 賢司, 吉馴 太一, 松本 寛人, 細谷 憲明, 井口 亮, 飯島 真理子, 安元 純, 「海水を用いた炭酸塩鉱物化法の開発とその最適条件の検討」, 2024年度 北里大学化学系研究集会, 第13 回 北里化学シンポジウム, 2024年12月21日. (ポスター発表)	2	無
112	2024	○井出 椋太, 水澤 奈々美, 渡部 修五, 新城 竜一, 宋 科翰, 細野 高啓, 池原 尚朋, 井口 亮, 飯島 真理子, 安元 純, 松岡 走, 安元 剛, サンゴ礁生態系に淡水レンズ構造を有する地下水の微生物活動が及ぼす影響, 2024年度 北里大学化学系研究集会, 第13 回 北里化学シンポジウム, 2024年12月21日. (ポスター発表)	2	無
113	2024	○高橋 有南, 大野 良和, 水澤 奈々美, 渡部 終五, 鈴木 淳, 井口 亮, 飯島 真理子, 鈴木 道生, 安元 純, 中村 崇, 酒井 一彦, 安元 剛, 高CO2海水の刺激によるサンゴ稚ポリプ細胞外石灰化母液 (ECM) のpH 変動とその維持機構, 2024年度 北里大学化学系研究集会, 第13 回 北里化学シンポジ	2	無

		ウム, 2024年12月21日. (ポスター発表)		
114	2024	○山崎 ありす, 安元 剛, 井出 椋太, 飯島 真理子, 安元 純, 中村 崇, 石西礁湖における交換可能リン酸塩 (EPS) とサンゴ生態系の関連性評価, 2024年度 北里大学化学系研究集会, 第13 回 北里化学シンポジウム, 2024年12月21日. (ポスター発表)	2	無
115	2025	○高橋有南・大野良和・水澤奈々美・渡部終五・安元 剛・鈴木 淳・井口 亮・飯島真理子・鈴木道生・安元 純 (琉球大農)・中村 崇・酒井一彦, 稚サンゴ骨格形成過程のpHイメージングによる可視化, 令和7年度日本水産学会春季大会, 2025年3月27日 (ポスター発表)	2	無
116	2025	○山崎ありす・谷上冬馬・井出椋太・大野良和・水澤奈々未・渡部終五・安元 剛・飯島真理子・安元純・中村 崇, 令和7年度日本水産学会春季大会, 2025年3月27日 (ポスター発表)	2	無
117	2025	○井出椋太・安元 剛・水澤奈々美・渡部終五・安元純・松岡 走・南 隆正・細野高啓・井口 亮・飯島真理子・新城竜一・宋 科翰, 黒島の淡水レンズ構造を有する地下水のリン動態解明に向けたメタゲノム解析, 令和7年度日本水産学会春季大会, 2025年3月27日 (ポスター発表)	2	無
118	2025	○阿部竜万・山岸孝太郎・大野良和・水澤奈々美・渡部終五・安元剛・鈴木道生・森安賢司・吉馴太一・松本寛人・細谷憲明・井口 亮・飯島真理子・安元純, 2025年3月27日 (ポスター発表)	2	無

## (6) 「国民との科学・技術対話」の実施

成果 番号	発表 年度	成果 情報	主たる サブテーマ
119	2022	○鈴木道生 (東京大学)、「バイオミネラリゼーションの科学～真珠の研究から環境科学への応用～」、かわさき市民アカデミー、川崎市生涯学習プラザ (オンライン併用) 2022年5月	1
120	2022	○鈴木道生 (東京大学)、炭素循環の鍵となるバイオミネラリゼーション研究、第21回東京大学生命科学シンポジウム、伊藤国際学術研究センター、2022年6月	1
121	2022	○鈴木道生 (東京大学)、フロムページ「夢ナビ」、「真珠のバイオミネラリゼーション研究」 (「夢ナビライブ2022 Web in Autumn」)	1
122	2023	○鈴木道生 (東京大学)、フロムページ「夢ナビ」、「真珠のバイオミネラリゼーション研究」 (「夢ナビライブ2023 Web in Summer」)	1
123	2023	○鈴木道生 (東京大学)、桐光学園高等学校、大学研究会「東大ツアー」、2023年6月5日	1
124	2023	○鈴木道生 (東京大学)、桐光学園高等学校、出張講義、2023年11月11日	1
125	2023	○鈴木道生 (東京大学)、「バイオミネラリゼーションの炭素循環～炭酸カルシウムは炭素固定に貢献するのか?～」『第65回農学部公開セミナー』東京大学、2023年10月	1
126	2023	○鈴木道生 (東京大学)、フロムページ「夢ナビ」、「真珠のバイオミネラリゼーション研究」 (「夢ナビライブ2023 Web in Autumn」)	1
127	2024	○鈴木道生 (東京大学)、スクール・モバイルミュージアム (大学	1

		連携事業室)「真珠はなぜ輝くのか？」文京区教育センター、2024年1月	
128	2023	○鈴木道生(東京大学)、桐光学園高等学校、大学研究会「東大ツアー」、2023年6月14日	1
129	2024	○鈴木道生(東京大学)、フロムページ「夢ナビ」、「真珠のバイオミネラリゼーション研究」(「夢ナビライブ2024 Web in Autumn」)	1
130	2022	○安元剛(北里大学)、バイオミネラリゼーションによるCO2固定の可能性、カーボンリサイクルファンド/オンライン講演会、2022年3月30日(国内招待講演)	2
131	2022	○安元剛(北里大学)、海洋生物のバイオミネラリゼーションを模倣した新たなCO2固定化技術の開発、北里大学Open Campus/模擬講義、2022年8月28日(国内招待講演)	2
132	2022	○安元剛(北里大学)、廃海水と生体アミンを用いた新たなCO2鉱物化法の開発、2021年度CRF研究助成活動 成果報告会、2022年10月7日(国内招待講演)	2
133	2023	○安元剛(北里大学)、サンゴ礁が減っているわけ：サンゴ礁を守るとCO2削減？、愛知県立三谷水産高校 出張講義、2023年5月22日(国内招待講演)	2
134	2023	○安元剛(北里大学)、海の生き物に学ぶ新しいCO2削減技術？、相模原市立市民・大学交流センター、ユニコムプラザさがみはら、オーサーズカフェ、2023年7月22日(国内招待講演)	2
135	2024	○安元 剛(北里大学)「稚サンゴの細胞外石灰化母液(ECM)のpH上昇と酸性小胞の経時観察」真珠層形成研究会 2024、2024年12月6日、ミキモト真珠島	2
136	2025	○安元 剛(北里大学)「石灰化生物の炭酸カルシウム生成とCO2隔離：地球規模の炭素循環への寄与」第9回GZR融合研究会(招待講演)、産総研ゼロエミッション国際共同研究センター、2025年1月21日	2
137	2025	○安元 剛(北里大学)「サンゴの石灰化メカニズムと炭素固定への貢献」第1回石灰化生物ブルーカーボン勉強会研究会(招待講演)、(一財)沖縄県環境科学センター、2025年3月13日	2

## (7) マスメディア等への公表・報道等

成果 番号	発表 年度	成果 情報	主たる サブテーマ
		特に記載する事項はない。	

## (8) 研究成果による受賞

成果 番号	発表 年度	成果 情報	主たる サブテーマ
138	2022	若手優秀発表賞受賞：○浪川勇人(東京大学)、鈴木道生(東京大学)、アコヤガイ貝殻の金属酵素(nacrein)を用いた炭素固定化法、生命金属科学 夏の合宿、北海道ルスツ、2022年9月(ポスター発表、若手優秀発表賞受賞)	1
139	2022	若手優秀発表賞受賞：○浪川勇人(東京大学)、俵屋壮太郎(筑波大学)、Kowit Hengphasatporn(筑波大学)、重田育照(筑波大学)、鈴木道生(東京大学)、アコヤガイ貝殻の炭酸脱水酵素であるnacrein のCa結合による構造変化、第17回バイオミネラリゼーションワークショップ、オンライン開催、2022年11月(口頭発表、若手)	1

		優秀発表賞受賞)	
140	2023	2023年度、第23回マリンバイオテクノロジー学会 学会賞、鈴木道生（東京大学）「水生生物におけるバイオミネラルリゼーション機構の解明に関する研究」	1
141	2023	2023年度、第22回東京大学生命科学シンポジウム 優秀ポスター賞、浪川勇人、鈴木道生（東京大学）「Enhancing carbon fixation using powdered shells 貝殻粉末を用いた炭素固定反応の促進」	1
142	2023	2023年度、東京大学大学院農学生命科学研究科研究科長賞（修士）、浪川勇人「貝殻内の炭酸脱水酵素nacreinの機能解析と脱炭素技術への応用」	1
143	2024	2024年度、鈴木道生「CO2固定技術の開発に貢献するバイオミネラル粉末の機能解析」日本農芸化学会2024年度大会、トピックス賞、浪川勇人	1
144	2024	2024年度、第24回マリンバイオテクノロジー学会大会優秀口頭発表賞、大嶋啓介、根岸瑠美、胡桃坂仁志、鈴木道生「DIA (data independent acquisition) 解析を用いた真珠層タンパク質の定量分析」	1
145	2024	2024年度、第24回マリンバイオテクノロジー学会大会優秀ポスター発表賞、李思程、大嶋啓介、根岸瑠美、奥村大河、加藤由悟、Boaz Pokroy、胡桃坂仁志、鈴木道生「Study on the Organic Molecules Regulating the Density of {110} Twin Defects in Aragonite Crystals」	1
146	2024	2024年度、第8回バイオインダストリー奨励賞、鈴木道生「炭酸カルシウムのバイオミネラルリゼーションの形成メカニズム研究と脱炭素技術の開発」	1
147	2024	2024年度、東京大学大学院農学生命科学研究科研究科長賞（博士）、李思程「Study of organic molecules involved in promoting aragonite {110} twin density in limpet shells」	1
148	2022	令和4年度日本水産学会水産学技術賞、安元剛（北里大学）、廣瀬美奈、「海洋生物のバイオミネラルリゼーションを模した新規CO2鉱物化技術の開発」	2
149	2024	第24回マリンバイオテクノロジー学会大会優秀ポスター賞、「サンゴ稚ポリプの隔壁形成部位における粒子の結晶成長」、○高橋有南、大野良和、水澤奈々美、渡部終五、安元 剛、井口亮、飯島 真理子、鈴木淳、鈴木道生、窪田梓、堤元左、根本知己、安元純、中村 崇、酒井一彦、マリンバイオテクノロジー学会、2024年5月	2

## (9) その他の成果発表

成果 番号	発表 年度	成果 情報	主たる サブテーマ
		特に記載する事項はない。	

この研究成果報告書の文責は、研究課題に参画した研究者にあります。  
この研究成果報告書の著作権は、引用部分及びERCAのロゴマークを除いて、原則的に著作者に属します。  
独立行政法人環境再生保全機構（ERCA）は、この文書の複製及び公衆送信について許諾されています。

権利表示・義務記載  
特に記載する事項は無い。

この研究成果報告書の文責は、研究課題に代表者又は分担者として参画した研究者にあります。  
この研究成果報告書の著作権は、引用部分及び独立行政法人環境再生保全機構（ERCA）のロゴマークを除いて、原則的に著作者に属します。  
ERCAは、この文書の複製及び公衆送信について許諾されています。

**Abstract****[Project Information]**

Project Title : Research and Development of the Carbon Fixation Technology by Synthesis of Calcium Carbonates from Seawater Mimicking the Biomineralization

Project Number : JPMEERF20221C01

Project Period (FY) : 2022-2024

Principal Investigator : Suzuki Michio

(PI ORCID) : ORCID 0000-0001-6150-8957

Principal Institution : The University of Tokyo  
Bunkyo-ku, Tokyo, JAPAN  
Tel: +81-3-5841-5153  
E-mail: amichio@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

Cooperated by : Kitazato University, Idemitsu Kosan Co., Ltd., Nihonkaisui Co., Ltd.

Keywords : biomineralization, calcium carbonate, carbon dioxide, seawater

**[Abstract]**

This study aimed to develop a technology for dissolving atmospheric CO<sub>2</sub> in seawater and synthesizing calcium carbonate (CaCO<sub>3</sub>) as a form of carbon sequestration. The research is divided into three sub-themes addressing (1) the characterization and recovery of CaCO<sub>3</sub>, (2) optimization of CO<sub>2</sub> absorption using fine bubbles and additives of amines, and (3) process scale-up and cost evaluation.

Characterization methods were established to evaluate the CaCO<sub>3</sub> produced from dissolved atmospheric CO<sub>2</sub> in Subtheme 1. These included calcium ion concentration in solutions during the CaCO<sub>3</sub> synthesis process using ICP-MS, identification of CaCO<sub>3</sub> polymorphs and observation of crystal morphology using X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM), CaCO<sub>3</sub> recovery rate from the reaction system, and measurements of sedimentation velocity of the precipitated CaCO<sub>3</sub> particles.

When biomineral powders such as seashells were used as seed crystals, extremely large CaCO<sub>3</sub> particles formed, and the CaCO<sub>3</sub> recovery rate improved to over 95%. To further increase efficiency, the role of organic molecules in the calcification (CaCO<sub>3</sub> biomineralization) process and the progression of organic-inorganic interactions were investigated. This investigation led to more effective utilization of biomineral seed powders for CaCO<sub>3</sub> formation. Additionally, the synthesis of CaCO<sub>3</sub> with unique morphologies, such as nanofiber structures, was also successful.

Subtheme 2 focused on enhancing CO<sub>2</sub> absorption from the atmosphere using fine bubbles and chemical additives of amines. Although the sustainable fine bubbles in the reactor can

inhibit the dissolution of atmospheric CO<sub>2</sub> into the solution, bubbles of an optimal diameter increased the efficiency of CO<sub>2</sub> transfer from air to liquid. Furthermore, various polyamine additives were evaluated to improve the CO<sub>2</sub> absorption and mineralization process. An optimal polyamine was identified, and the recovery rate of this amine exceeded 95%.

In Subtheme 3, a process design was developed for an industrial-scale system (100 tons-seawater/hour) using the data from subtheme 1 and 2. The design study demonstrated that CO<sub>2</sub> could be mineralized and fixed as CaCO<sub>3</sub> at an estimated cost of less than ¥1,000/ton- CO<sub>2</sub> sequestration. This result indicated that the proposed CO<sub>2</sub> capture process has the potential to be economically viable at scale, providing a feasible route for large-scale atmospheric CO<sub>2</sub> sequestration via CaCO<sub>3</sub> formation.

### [References]

Keisuke Shimizu, Takeshi Takeuchi, Lumi Negishi, Hitoshi Kurumizaka, Isao Kuriyama, Kazuyoshi Endo, Michio Suzuki\*. Evolution of epidermal growth factor (EGF)-like and zona pellucida domains containing shell matrix proteins in mollusks. *Molecular Biology and Evolution*, 39, msac148, (2022). IF: 8.8

DOI: 10.1093/molbev/msac148

Yuto Namikawa, Kenji Moriyasu, Ko Yasumoto, Satoshi Katsumata, Michio Suzuki\*. Carbonic anhydrase activity identified in the powdered nacreous layer of *Pinctada fucata*. *Process Biochemistry* 128, 22-29 (2023). IF: 4.9

DOI: 10.1016/j.procbio.2023.02.007

Kei Futagawa, Taichi Morioka, Kazuo Furihata, Hiroyuki Watanabe, Yutaka Ito, Teppei Ikeya, Akiko Hokura, Koji Nagata, Michio Suzuki\*. Structural and Functional Analyses of Acidic and Based Amino Acids Repeat Sequence (DDRK) in Pif 80 from *Pinctada fucata* on Aragonite Crystal Surface using NMR. *Crystal Growth & Design*, 23, 7, 5264-5278 (2023). IF: 4.0

DOI: 10.1021/acs.cgd.3c00467

Yuto Namikawa, Michio Suzuki\*. Atmospheric CO<sub>2</sub> sequestration in seawater enhanced by molluscan shell powders. *Environ. Sci. Technol.* 58, 5, 2404-2412 (2024)

DOI: 10.1021/acs.est.3c09273

Yugo Kato, Woosuk Ha, Zehua Zheng, Lumi Negishi, Jun Kawano, Yoshihisa Kurita, Hitoshi Kurumizaka, Michio Suzuki\*. Magnesium-containing calcite synthesis by tropomyosin determined from sea urchin spines. *Journal of Structural and Biology*, 216, 2, 108074 (2024).

DOI: 10.1016/j.jsb.2024.108074

Kei Futagawa, Haruka Ikeda, Lumi Negishi, Hitoshi Kurumizaka, Ayame Yamamoto, Kazuo Furihata, Yutaka Ito, Teppei Ikeya, Koji Nagata, Daisuke Funabara, Michio Suzuki\*. Structural and Functional Analysis of the Amorphous Calcium Carbonate-Binding Protein Paramyosin in the Shell of the Pearl Oyster, *Pinctada fucata*. *Langmuir*, 40, 16, 8293-8750 (2024).

DOI: 10.1021/acs.langmuir.3c03820

This study was supported by the Environment Research and Technology Development Fund of the ERCA (JPMEERF) funded by the Ministry of the Environment.