

## 研究成果報告書

- ・機関及び学部、学科等名 富山高等専門学校 専攻科・エコデザイン工学専攻
- ・所属ゼミ エコテクノロジー研究室
- ・指導教員 袋布昌幹（物質化学工学科・教授）
- ・代表学生 雨宮佑馬
- ・参加学生 中村珠那，野口隼輔，石村創，鈴木彩純，砂原功武

【研究題目】 廃棄物のカスケード利用による脱炭素カルシウム資源獲得技術の創成と  
ゼロカーボンシティへの挑戦

### 1. 課題解決策の要約

【基礎的検討結果】 富山市内のみならず全国でリサイクルが渴望されている建設廃棄物である廃セッコウボードから回収されたセッコウ粉と、金属の脱脂やリターナブル瓶の洗浄に用いられるアルカリ溶液に起因する洗浄排水を用いて、高温での焼成と炭酸ガスの発生を伴う石灰石の焼成に依存せず、室温で消石灰（水酸化カルシウム）を合成できる条件の最適化を達成した。

【本技術を用いた課題解決策の提言】 この技術を用いることで、セッコウに任意の割合の消石灰を複合化させた資材を合成することができる。この用途として、研究室の学生、スタッフが県内外の企業と連携して取り組んでいる「雑草繁茂抑制とカバープランツの繁茂促進を両立させた土壌改良資材」への展開を提案する。

【提言の効果と評価】 沖縄県でおこなってきた検討において、カバープランツによる緑化は、富山市におけるメガソーラなどの雑草対策だけでなく沖縄県で大きな社会問題となっている赤土流出にともなう景観悪化、珊瑚礁へのダメージを解決させる可能性が見いだされている。

このように富山市の技術ニーズと取組を組み合わせ、沖縄などの地域に適した資源代替、技術革新による環境技術による経済活性化は、本校学生が中心となって提言した「エシカルプロセス」のコンセプトを具現化させたものであると考える。

### 2. 調査研究の目的

【対象技術】 対象とする富山市は令和3年3月にゼロカーボンシティを標榜し、脱炭素化に対する取り組みを進めている。申請者らは化石燃料由来のエネルギー以外に多量の炭酸ガスを発生する石灰石に依存したカルシウム資源からの脱炭素化に着目した。

【研究目的・調査手法】 富山県内で発生する各種未利用カルシウム資源と工業排水等の複数廃棄物から、炭酸ガスの発生量を極限まで抑制させた炭素型カルシウム資源を創成する技術の検討を行う。あわせて、この技術を富山市に実装することによる脱炭素効果や持続可能性（エシカル性）、異分野連携による新規産業創出の可能性を検討した。

### 3. 調査研究の内容

#### 3.1. 未利用カルシウム資源を用いた脱炭素型石灰の合成

各種産業で用いられている消石灰や炭酸カルシウムは、図 1(a)に示したとおり、化石資源である石灰石を採掘し、それを 1000℃の高温で焼成して製造された生石灰を基本物質としている。我が国では年間 1.3 億トンの石灰石が採掘されているが、高温焼成においてその重量の 44%に及ぶ二酸化炭素ガスが大気中に放出されており、石灰産業の脱炭素化は大きな技術課題である。その対策として、日本大学の小嶋らがかつて検討してきた水酸化カリウムやナトリウム溶液（アルカリ溶液）中にセッコウを混合することで、消石灰を合成する技術に着目した。

セッコウは建設物の内壁材として広く用いられ、解体時に多量に発生する廃棄物である廃セッコウボードから得ることができることから、石灰石に代わる資源としてセッコウを用いることは効果的であると考えられる。

しかしながら、アルカリ塩である水酸化ナトリウムは海水の電気分解によって製造されており、莫大な電気利用に起因するカーボンフットプリントが問題となっている。

そこで未利用アルカリ資源として、金属の表面脱脂やリターナブル瓶の洗びんで用いられているアルカリ溶液に着目した。洗浄排水中の未利用アルカリの資源化を実現するためには、低濃度のアルカリを含む溶液から石灰の製造が必要であり、その条件の最適化を本調査研究で取り組む内容とした。

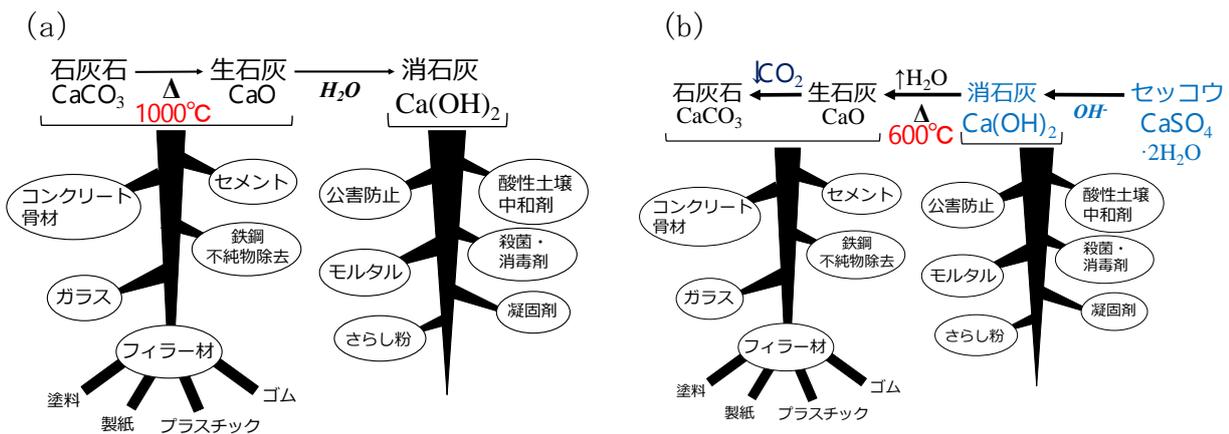


図 1 (a) 既往の石灰産業のマテリアルフローと (b) 本研究で狙うマテリアルフロー

本技術の適応として、雑草繁茂を抑制できる緑化技術を検討した。

セッコウは中性のカルシウム塩であり、土壌表面にカルシウムイオンを保持させることによる団粒化促進、植物繁茂の促進効果があり、農業資材などの利活用も検討されている。一方、メガソーラーの用地や種々の空き地において雑草繁茂が大きな問題となっている。その対策として、本研究室と富山県内の民間企業（トヤマ商事，八尾興業，北越アセチレン等）とが連携して、アルカリ土壌に耐久性のある多年草であるカバープランツ（イワダレソウ品種改良種，商品名クラピア，(株)グリーンプロデュース製）による緑化を雑草繁茂を抑制ながら解決する資材を、セッコウと図 2 に示すように雑草繁茂抑制効果のある消石灰の最適値混合で実現している。

この成果は令和 5 年 1 月 5 日の北日本新聞の 1 面トップ記事として紹介されているが、セッコウは廃セッコウボード由来のセッコウ粉が使えるものの、混和する消石灰は前項に示した石灰石由来である問題がある。そこで、前項にしめしたセッコウからの石灰製造技術を活用し、廃セッコウボード由来のセッコウ粉とアルカリ洗浄排水から直接土壌改良資材が得られるか検討した。

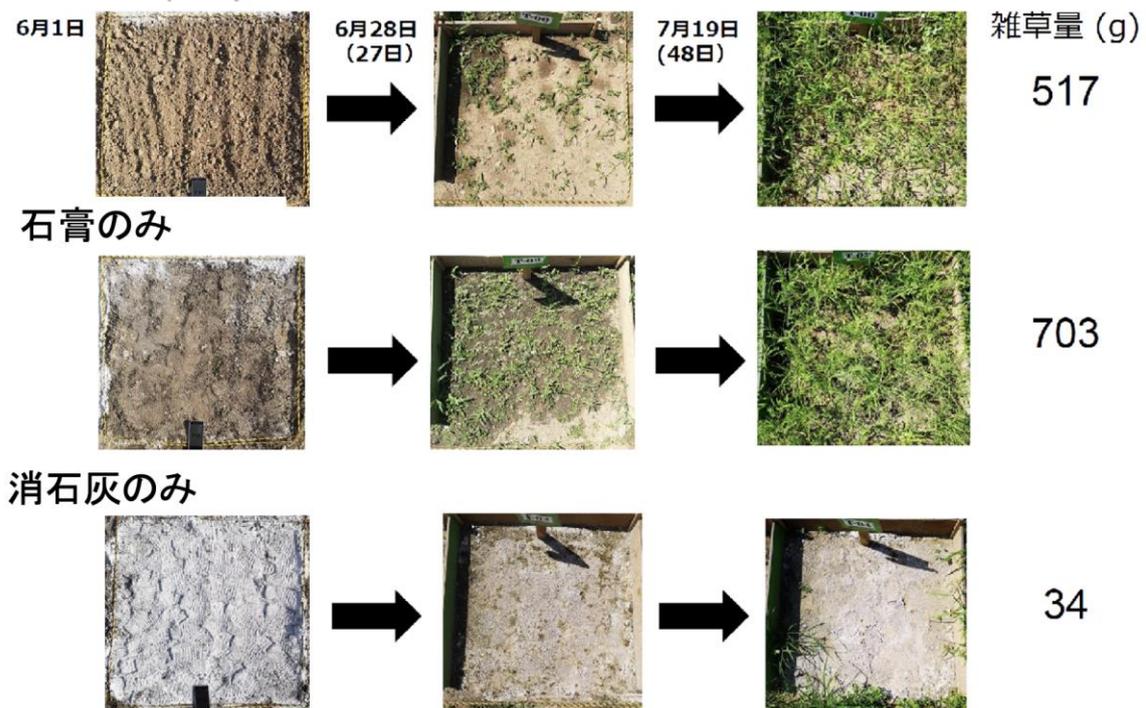


図2 セッコウおよび石灰の雑草繁茂抑制効果

### 3.3. 取組の社会との共有

本研究室が過去 10 年以上にわたり、基礎研究からその社会実装までの成果を紹介する機会として展示してきた、NEW 環境展（東京ビッグサイト）で本研究についても紹介した。また沖縄県でおこなわれた研究フォーラムにおいて研究成果を発表した。

## 4. 調査研究の成果

### 4.1. 未利用カルシウム資源を用いた脱炭素型石灰の合成

図3に示すように種々の濃度の水酸化ナトリウム溶液に試薬セッコウを混合し、種々の時間 25℃の室内で 200 回/分の速度で振盪させることで反応させた。反応後の固相をろ紙を用いて吸引ろ過で分離回収し、アセトンにより脱水後、24 時間乾燥させた。乾燥後の固相は種々の評価により石灰への転換効率を検討した。結果、低濃度の水酸化ナトリウムを含む水溶液中でセッコウの一部が消石灰に転化した資材が得られること、その結果を活用すればセッコウと消石灰の組成比を制御できる可能性を見いだした。

アルカリによる脱脂洗浄を行っているプラントにおける調査の結果、図3(a)のように洗浄後のアルカリ排水は硫酸による中和をへて放流されていることを確認した。中和に用いる硫酸量を減らすため、アルカリ排水はすすぎ排水や他の排水と混合して可能な限り希釈してから中和処理がおこなわれる。水酸化ナトリウムは1トンあたり 1.143 トンの CO<sub>2</sub> に相当するカーボンフットプリントを有している。そこで、このアルカリ排水を高濃度の状態でセッコウを用いて石灰製造に展開することで、図3(b)に示すように石灰製造時に伴う CO<sub>2</sub> 発生と洗浄において用いられる水酸化ナトリウムのカーボンフットプリントを相殺させることが可能となる。

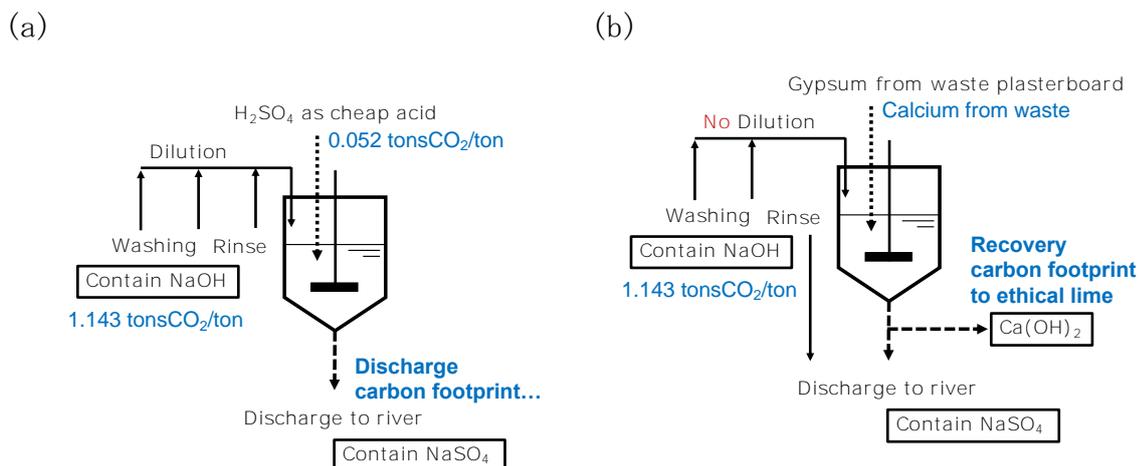


図3 (a)既往のアルカリ排水処理, (b)本研究で提言するアルカリ排水の再資源化

## 5. 調査研究に基づく提言

本研究での検討結果から、セッコウに任意の割合の消石灰を複合化させた資材をアルカリ排水を用いて合成することができることが明らかとなった。

得られた資材はセッコウと消石灰を任意の割合に複合化できることから、用途として、研究室の学生、スタッフが県内外の企業と連携して取り組んでいる「雑草繁茂抑制とカバープランツの繁茂促進を両立させた土壌改良資材」への展開を提案する。

これは図4に示すように従来独立して廃棄物を生み出していた種々の産業を連関させ、それぞれの資源循環とカーボンフットプリント相殺を実現させた新しい地域産業の創成につながることを期待される。

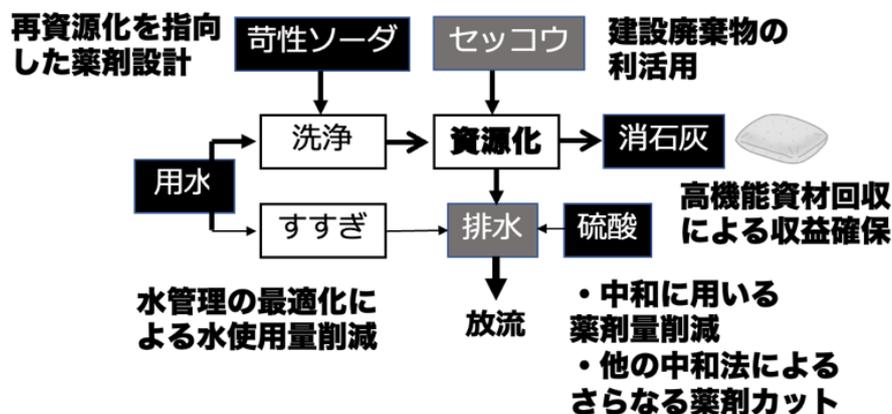


図4 本研究で構築できる産業連関による効果

## 6. 課題解決策の自己評価

本調査研究のベースとなるコンセプトとして、本校学生が高専におけるSDGsアイデアコンテストである高専GCONの応募で提言した「エシカルプロセス」がある。このコンセプトはエシカル (ethical) の単語を Economy (経済), Environment (環境), Technological Innovation (技術革新), Creation (創造), Alternatives (代替・代用), そして Localization (地域最適化) の合成後として定義しているが、それぞれの項目において本課題解決策のエシカル性を評価する。

- (1) **Technological Innovation**: 石灰石を用いず未利用資源である廃セッコウボード由来のセッコウ粉と洗浄排水中のアルカリ分から、常温で脱炭素型の消石灰の合成に成功した。
- (2) **Creation**: 前項の技術を用いて、建設廃棄物リサイクルと洗浄排水処理という全く

異なる業界の間を石灰の製造でつなぐ連携の創成につなげた。

- (3) **Alternatives** : 石灰石の代替資源として建設廃棄物である廃セッコウボードの利活用が可能であることを提示した。
- (4) **Localization** : 富山のみならず沖縄県などの地域課題に対して本提言が活かされることを示した。
- (5) **Environment** : 廃棄物問題のみならず、赤土流出に伴う景観悪化、雑草問題など、さまざまな環境問題の解決に繋がる知見を構築した。
- (6) **Economy** : 単なる技術開発のみならず、緑化や廃棄物リサイクルなどを通して新し産業を創出することによる経済発展につながる知見を確立した。

このように富山市の技術ニーズと取組を組み合わせ、沖縄などの地域に適した資源代替、技術革新による環境技術による経済活性化は、本校学生が中心となって提言した「エシカルプロセス」のコンセプトを具現化させたものであると考える。