

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
- ・所属ゼミ エコテクノロジー研究室
- ・指導教員 袋布昌幹, 高松さおり
- ・代表学生 笹川奈津美
- ・参加学生 岩折葵, 二宮冬, 岡寫夏輝

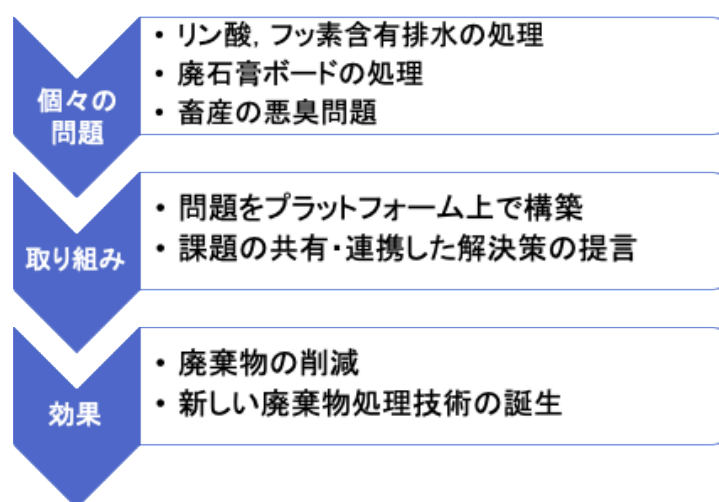
【研究題目】

地域内の未利用資源を用いた、射水地域の異業種産業循環ソリューションの創成を目指した調査研究

1. 課題解決策の要約

今回は、県内で発生する建設廃棄物を活用した地域資源循環を目的に、廃石膏ボードを用いた水処理資材の作成と重金属処理能力評価、生成物の利活用技術の提案を行った。

各業種が抱えている個々の問題を組み合わせることで弱点を克服するために、問題のプラットフォームを作る。そして新しい廃棄物処理技術が生まれ、射水市内の産業活動がさらに効率的に活発になると考える。この成果を地域環境の保全に役立てることにより、射水市の「第2次中小企業振興計画」や県の「とやま廃棄物プラン」の実現につながることを期待される。



2. 調査研究の目的

現状調査を通して明らかになったことは以下の3つである。1つ目に射水市は全国と比較すると製造業が盛んな有数の重化学工業集積地であり、そこではバーゲン資源を大量に浪費し、

汚泥などの大量の廃棄物を発生する産業排水処理を行っていること。2 つ目は全国的に建材として使用された石膏ボードが廃棄物として存在している。石膏ボードはその加工性の良さや難燃性により、建築内装材として広く利用されており、解体後の廃石膏ボードの取り扱いが全国的な課題となっていること。3 つ目は生活環境において、家畜の悪臭が問題となっている。またバイオマス発電において、悪臭の発生も課題となっており、その主原因はアンモニアであることである。

これらの知見を活用し、射水市の重化学工業のリン酸、フッ素含有排水と県内の廃石膏ボードからリン酸カルシウム的一种である第二リン酸カルシウム二水和物(DCPD)を合成し、これを用いてフッ素排水処理を行った後、生成するフッ素アパタイト(FAp)を用いて畜産から発生する悪臭の原因であるアンモニアを吸着させる技術の検討を目的とした。最終目標は、各業種の問題を同時に解決することができる仕組みを作ることである。

3. 調査研究の内容

2019 年

7 月 10 日：(一社)石膏ボード工業会に石膏ボードの問題を聞き取り調査

8～11 月：実験的検討

10 月 6 日：富山産業展示館 テクノホールで行われた「とやま環境フェア 2019」にて
調査内容をまとめたポスターを展示

11 月 27 日：MRS-J 年次大会にて、研究成果の発表

12 月 20 日：リサイクルファクトリー株式会社で取り組み内容に関する聞き取り、球状に成形
した石膏試料提供

2020 年

1 月：成果のとりまとめ、提言内容の整理

1 月 23 日：富山県環境化学センターに成果の説明・意見交換

4. 調査研究の成果

【廃石膏ボードとリン酸を用いた DCPD の合成】

石膏の主成分である硫酸カルシウムを水に加えた硫酸カルシウム懸濁液に各種 pH に調整したリン酸イオン水溶液をペリスターポンプで 5 mL/min の速度で添加し、スターラーを用いて攪拌混合させた。リン酸イオン水溶液は pH7～12 の 6 点に pH を調整した。リン酸イオン濃度は下水汚泥焼却灰を硝酸抽出した際の回収量として 2000 mg/L とした。液相は ICP-AES, 固相は粉末 X 線回折装置, ICP-AES を用いて検討した。各種 pH リン酸イオン溶液と硫酸カルシウムの反応後の溶液の pH を図 1, 各種 pH リン酸イオン溶液毎のリン酸回収率を図 2 に示した。pH_{before} が pH 調整したリン酸溶液の pH, pH_{after} が反応後の溶液の pH を表している。それぞれのグラフからリン酸イオン溶液の初期 pH が 7 であるときは反応後の溶液の pH が 5.5 付近, リン酸回収率が約 50%, 初期 pH が 8～11 であるときは反応後の溶液の pH が 6.0 付近, リン酸

回収率が約 80%, 初期 pH が 12 であるときは反応後の溶液の pH が 7.2 付近, リン酸回収率が約 100%となり, リン酸イオン溶液の初期 pH によって反応後の溶液の pH とリン酸回収率に変化が見られ, 反応性が異なることがわかった。

合成した固相の構成相を調べるため XRD 測定を行った。それぞれ固相を合成したリン酸イオン溶液の初期 pH を示す。図 3 からリン酸イオン溶液の初期 pH が 7~11 であるときは DCPD と石膏に帰属できる回折ピークが見られ, 初期 pH が 12 では HAp に帰属できる回折ピークが見られた。しかし, DCPD と石膏の XRD パターンは主要なピークがほぼ同一の角度に存在しどちらかに帰属することは困難である。そこで DCPD と石膏を加熱処理すると結晶水が脱離し第二リン酸カルシウム無水和物(DCPA, CaHPO_4)と半水石膏となり, 回折ピークが変化することを利用して同定を行った。その結果, 図 4 より pH7~pH11 の固相全てに DCPA と半水石膏に帰属できる回折ピークが確認できた。また, DCPA と半水石膏の回折ピーク強度が pH7~pH11 で異なることから固相中の DCPD と石膏の割合が異なることが考えられる。

【石膏から合成した DCPD を用いたフッ化物イオンの除去】

フッ化物イオンを含む溶液に石膏から合成した DCPD を加え, 24 時間振とうし, 液中のフッ化物イオン濃度を測定した。フッ化物イオン濃度の変化を図 5 に示す。pH11 まではリン酸溶液の pH が高くなるにつれてフッ化物イオン除去量が上昇傾向にあり, pH12 では pH8~11 に比べて除去量が減少していることがわかる。pH7~11 までのフッ化物イオンの除去量の違いは固相中の DCPD 生成量の違いの影響であると考えられ, pH12 については HAp のフッ化物イオン除去能が DCPD よりも低いためであると考ええる。XRD の測定結果は, pH7~12 のすべての固相において FAp に帰属できる回折ピークが見られた。

【アンモニア吸着能の評価】

窒素ガス発生装置と標準ガス発生装置をサンプリングバッグに繋げ, 10 ppm, 3 mL アンモニアガスを入れ, リン酸処理ボード原紙とリン酸処理廃石膏のサンプルと反応させた。それを検知管で濃度測定した。

図 6 よりアンモニアの吸着能は HAp より FAp の方が高いことがわかった。

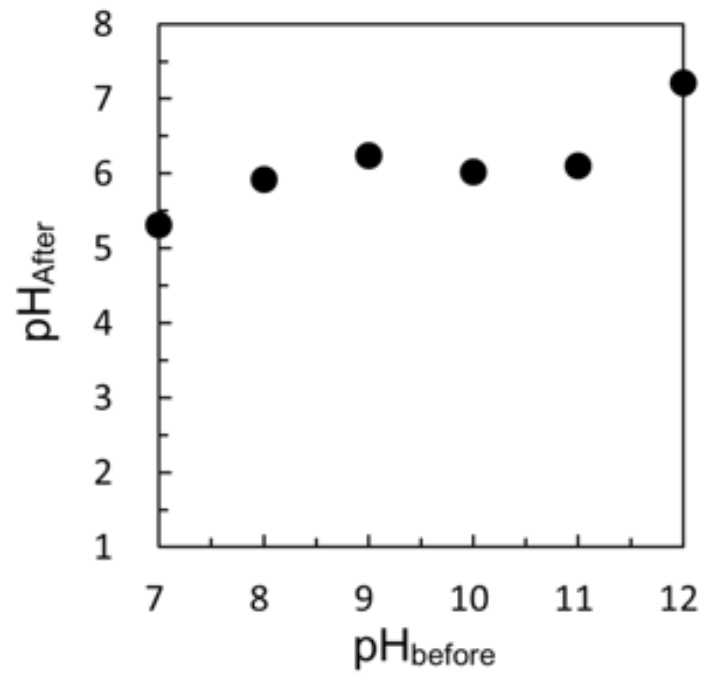


図 1. 各種 pH リン酸イオン溶液と硫酸カルシウムとの反応後の溶液の pH

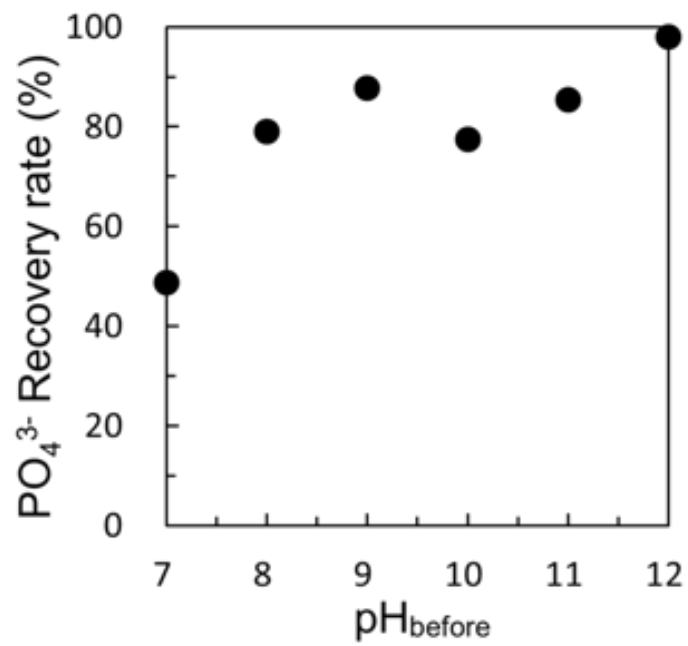


図 2. 各種 pH リン酸イオン溶液毎のリン酸回収率

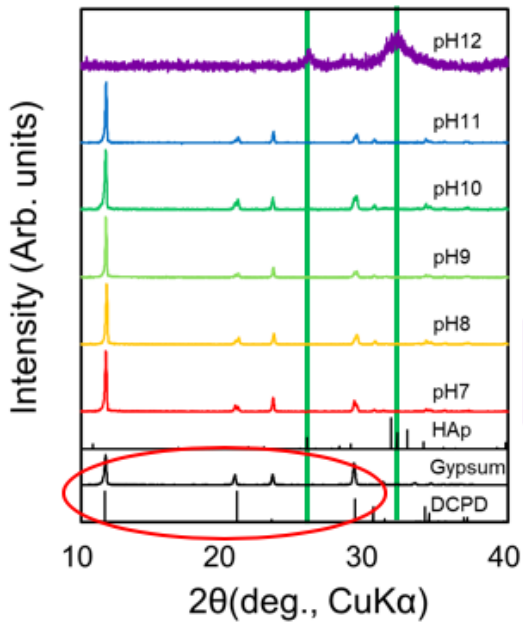


図 3. 合成した固相

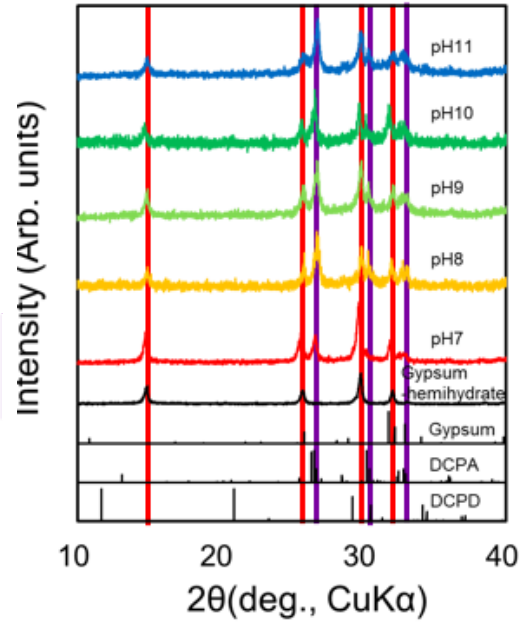


図 4. 加熱処理後の固相

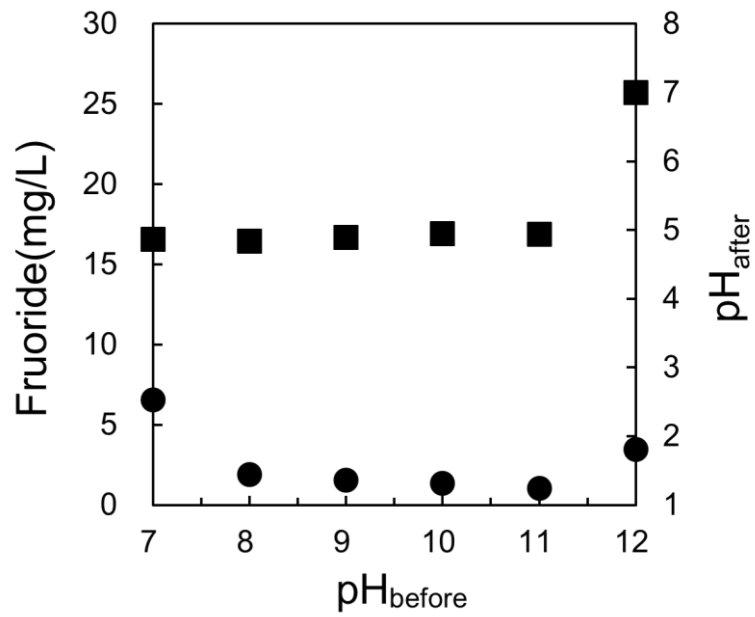


図 5. 反応前後の pH とフッ化物イオン濃度

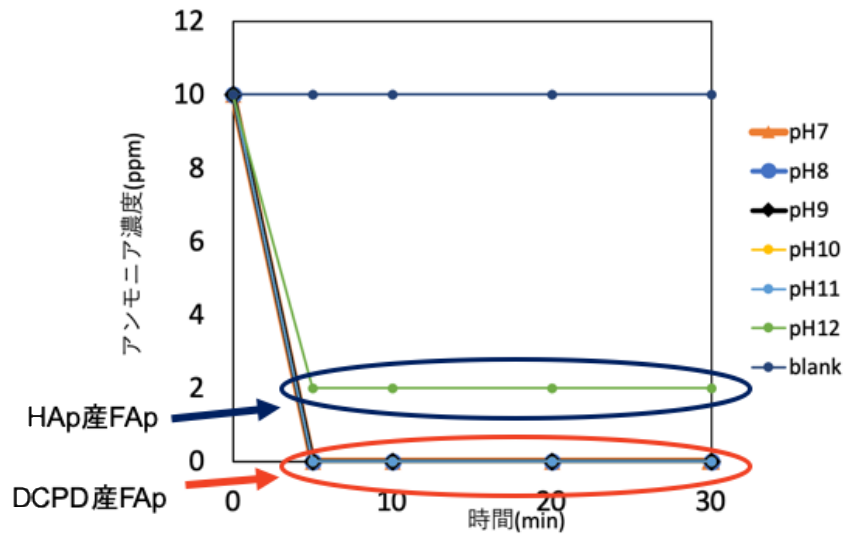


図 6.アンモニア吸着実験結果 (緑:HAp, 青:FAp)

5. 調査研究に基づく提言

射水市を対象として、廃石膏ボードリサイクルの新規技術導入による循環型社会形成に関する調査研究を行った。廃石膏ボードの粉で工場の排水に含まれるリンを処理し、それで得られた資材を悪臭物質であるアンモニアの吸着材として使う。これらは、排水処理で要する資材と汚泥処理のコストをデカップリングし、さらに悪臭問題に貢献しようという流れである。今後は、効率良く技術を展開するために、リサイクルファクトリーからいただいた球状石膏を筒に詰め、筒のままリンの処理、フッ素の処理、アンモニアの吸着、と次のプロセスへの移動を楽にできないか検討する。

各企業が問題を抱えており、問題解決のために様々な取り組みを行っている。今回の調査を通して、単体ではマイナスの効果を持つものが掛け合わさることで相乗効果を発揮することがわかった。そして、接点がないものがプラットフォーム上に集まって問題を解決することで弱点を克服しながら同じ方向へ進むことができると思う。その役割を射水市が担うことで、射水市の「第2次中小企業振興計画」や県の「とやま廃棄物プラン」の実現につながることを期待できる。

6. 課題解決策の自己評価

1月23日におこなった富山県環境科学センターおよび富山県環境政策課の方々との意見交換において、「これまで行ってきた排水処理と今回の調査で提言した方法の場合、コストがより多くかかるのはどちらであるか」というご指摘にくわえ、自治体の施策において「実際に資源循環によって廃棄物削減につながる事例の蓄積は極めて意義が大きい」との評価をいただいた。コストを含めた処理方法のメリットとデメリットを比較して、企業のメリットが大きくなければ実際に提言した仕組みを導入することが難しいと考えられ、本成果の社会実装においてはこの課題の解決が必須であると考えられる。