

循環型社会形成推進科学研究費補助金 総合研究報告書概要版

・研究課題名=不純物評価・制御技術とユビキタス電子マニフェストシステムを融合した、廃石膏ボード・建設汚泥の安心・安全リサイクルシステムの構築

・研究番号 =K2003, K2165, K22055

・国庫補助金精算所要額(円)=34,608,000

・研究期間(西暦)=2008-2010

・代表研究者名=袋布昌幹(富山高等専門学校)

・共同研究者名=間中淳(富山高等専門学校), 宮重徹也(富山高等専門学校), 豊嶋剛司 (富山高等専門学校), 高松さおり(富山高等専門学校), 丁子哲治(富山高等専門学校), 藤田巧(チヨダウーテ(株)), 中野宏一(チヨダウーテ(株)), 森岡一郎(チヨダウーテ(株)), 日和佐雅哉(チヨダウーテ(株)), 野口真一(一般社団法人泥土リサイクル協会), 小森剛((株)ETS ジャパン), 島正憲((株)ETS ジャパン), 山本保((株)マイクロエミッション), 西野 博次(阪和興業(株)), 森崎雅久((株)エイト興産), 石坂静夫((株)森崎 (株)エイト興産), 井原忠雄((株)東邦エクノス), 上坂博亨(富山国際大学), 水木伸明(トナミ運輸(株))

・研究目的(400字程度)=近年廃石膏ボードから製造された固化材を用いて、建設汚泥を改良土としてリサイクルする事業が急速に拡大している。しかし、廃石膏ボードの一部にはフッ素化合物等の不純物が含まれており、そのまま再生土に用いると土壌をブラウンフィールド化する可能性が危惧される。このような石膏による環境ソリューションは諸外国でも渴望されている。本研究では、リサイクル率の向上が求められている廃石膏ボード、建設汚泥の安心・安全なリサイクルの構築、および石膏に起因する種々の環境負荷の低減をめざし、(1) 廃石膏ボード中に含まれる不純物のオンサイト分析装置の試作、(2) 分析結果および対策技術を組み込んだ建設リサイクルシナリオの構築、(3) 国内外での実証試験、(4) アウトリーチ活動による普及・啓蒙を通して、企業倫理に立脚した安心・安全な「富山発の石膏リサイクルワールド」の構築、国内外との共有を目指し、検討を行った。

・研究方法(400字程度)=

- 1) **不純物のオンサイト分析装置試作・実用可能性評価**: 難溶性の石膏中のフッ素化合物等の含有量を調べるため、イオン交換樹脂を用いた溶解促進プロセスを用いて石膏を水中の溶解させ、溶液中に溶出した不純物量を、市販されているオンサイト分析装置(パックテストなど)で測定した。得られた結果を全国で石膏ボードリサイクルに従事する事業者と共有し、有用性を評価した。また、石膏ボードに使われている原料である、各種化学産業から発生する石膏の特性について基礎的に調査した。
- 2) **廃石膏ボードリサイクルのシナリオ構築**: 全国で石膏ボードリサイクルに成功している事例を抽出し、そ

の成功因子、ビジネスモデルの抽出を、企業で従事する従業員への聞き取り調査、企業内の視察を通して行った。

- 3) **アウトリーチ活動**: 各種展示会において研究内容および成果を出展し、全国の事業者等との共有の機会とした。また、「廃石膏ボードのリサイクルの現状と課題」に関する一般向けの資料を制作した。年に一度、研究ワークショップとして、研究内容および研究成果を一般に公開・共有する機会を設けた。

・結果と考察(800字程度)=

- 1) **不純物のオンサイト分析装置試作・実用可能性評価**: 石膏は難溶性であるが、わずかに水に溶解してカルシウムイオンと硫酸イオンを生成する。この溶解平衡を図1に示すようなイオン交換樹脂を用いてシフトさせることにより、図2のように石膏を5分以内で溶解できること、陽イオンおよび陰イオン交換樹脂を選択することにより、石膏中のフッ化物イオンを溶液中に抽出できることを見いだした。また、用イオン交換樹脂のみを用いることで、石膏中のヒ酸イオンを溶液中に抽出することも可能であることが見いだされた。

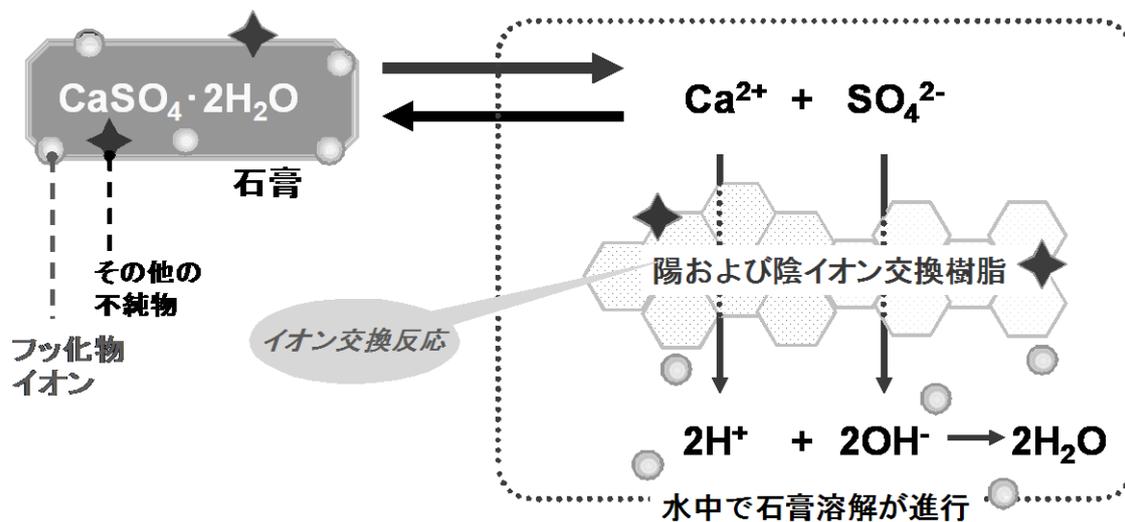


図1 イオン交換樹脂を用いた石膏の溶解プロセスの模式図

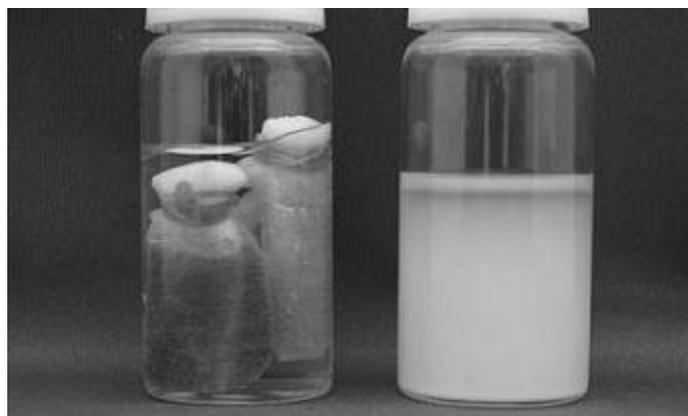


図2 イオン交換樹脂を用いた石膏の溶解挙動(左:イオン交換樹脂あり, 右:なし)

ここで見いだされた前処理プロセスを用いて得られた溶液中のフッ化物およびヒ酸イオン濃度を吸光度法を用いた簡易分析法(パックテスト)で評価することにより、図 3 および 4 に示すように、石膏のフッ素およびヒ素含有量を数十分で評価できることを示した。

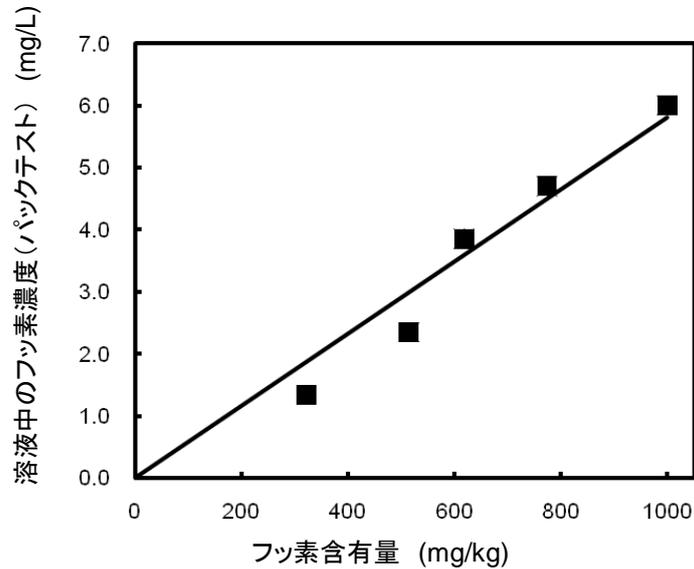


図 3 イオン交換樹脂溶解法を用いた石膏中フッ化物イオン含有量の評価結果

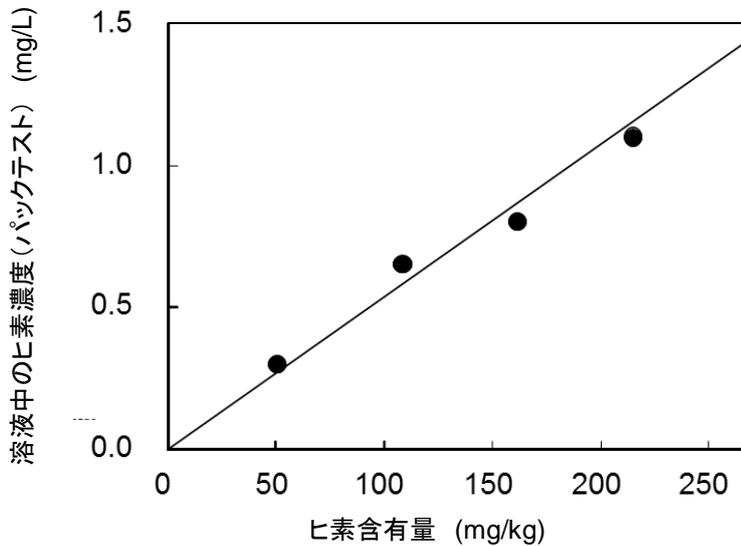


図 4 イオン交換樹脂溶解法を用いた石膏中ヒ酸イオン含有量の評価結果

得られた成果を全国で石膏ボードリサイクルに従事する事業体に示し、石膏ボードのリサイクルに本技術が適応できる可能性があることを共有した。今後、長期間のフィールドテスト等を通して実用化に向けた検討を進める予定である。

一方、石膏ボードの原料として使われている種々の化学石膏についてその溶解速度を検討した結果、図5に示すように、同じ石膏といえども溶解速度に大きな差が見られることが見いだされた。また、この差は石膏の粒子形状に依存している可能性も示唆され、このような石膏品質も考慮したリサイク

ル技術の構築を学術的に進めることが必要であると考えられる。

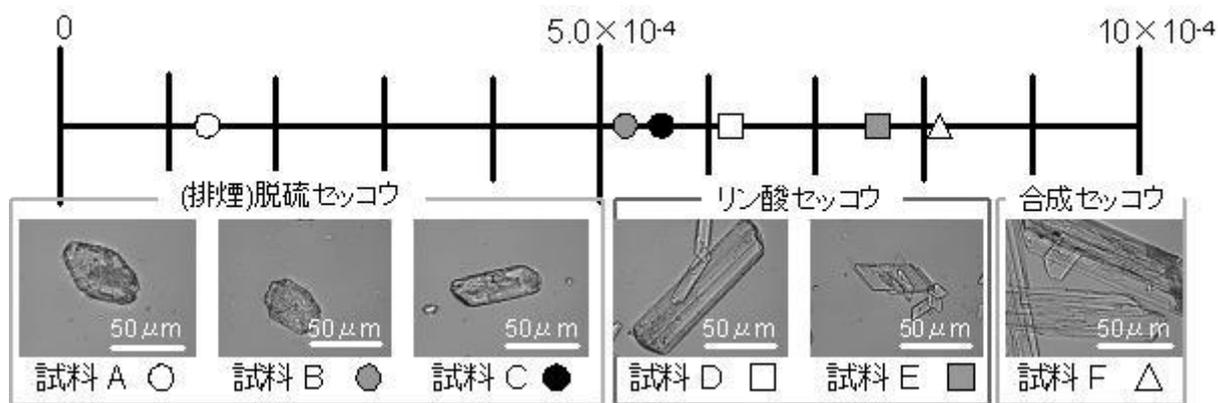


図 5 各種化学石膏の溶解速度の比較 (Kim らによるモデル式を利用)

- 2) **廃石膏ボードリサイクルのシナリオ構築**: 全国で石膏ボードリサイクルに取り組む企業は多く存在するが、ビジネスベースで健全な事業として運営できる事例は少ない。ビジネスとして成功するための因子について検討するため、全国の事業者の中でいくつかサンプルを選んで調査を行った。石膏ボードのリサイクルにおいて広く事業化が進められている建設汚泥・軟弱地盤固化材への利用においては、図 6 に示すようにいくつかの業種の企業間で原料・製品が取引されている。

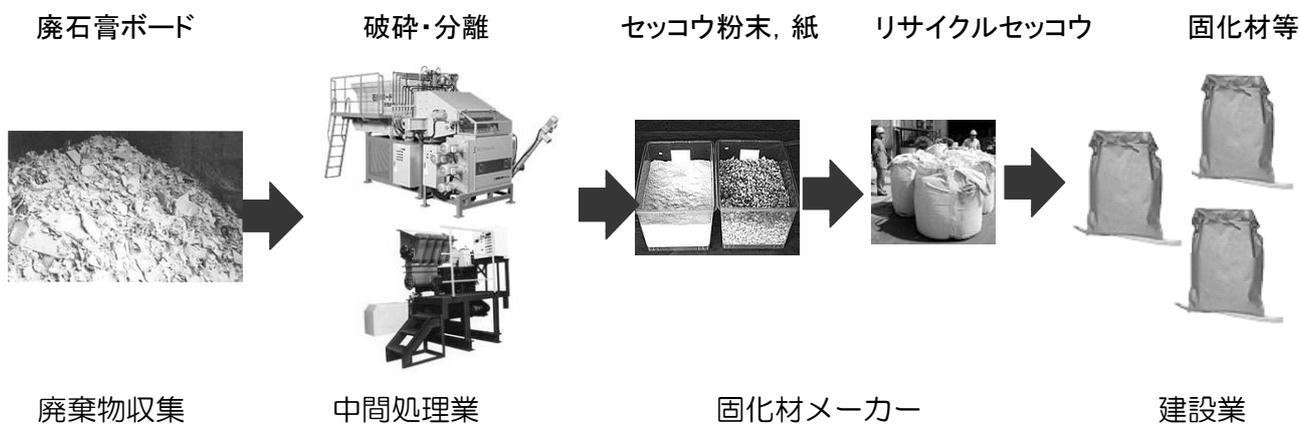


図 6 石膏ボードの固化材へのリサイクルのフロー

この間でフッ素化合物等の含有・溶出挙動およびその対策技術を共有させるためには、バーチャルな IT を用いたマニフェストだけでなく、異業種が連携して新しい事業体を構築することが重要であることが見いだされた。またこれらの連携を構築するためには、廃棄物業において企業倫理活動が全社員に浸透した「倫理的企業」がその倫理観を共有することが重要であることを見いだすことができた。

- 3) **アウトリーチ活動**: 本研究成果を社会と共有すべく、アジア最大の廃棄物・環境分野の展示会である、NEW 環境展でのブース出展、一般に対する講演会の開催を行った。そのなかで、石膏ボードリサイク

ルの現状と課題について、実際にリサイクルに取り組む企業ですらその認識に差違が見られることが明らかになったことから、この種の課題をわかりやすくまとめたパンフレット(図7)を制作、2000部印刷した。制作後半年で1600部が国内外に配布され、本課題の関心の高さが浮き彫りとなったのに加え、本研究課題の社会への認知を高めることができた。

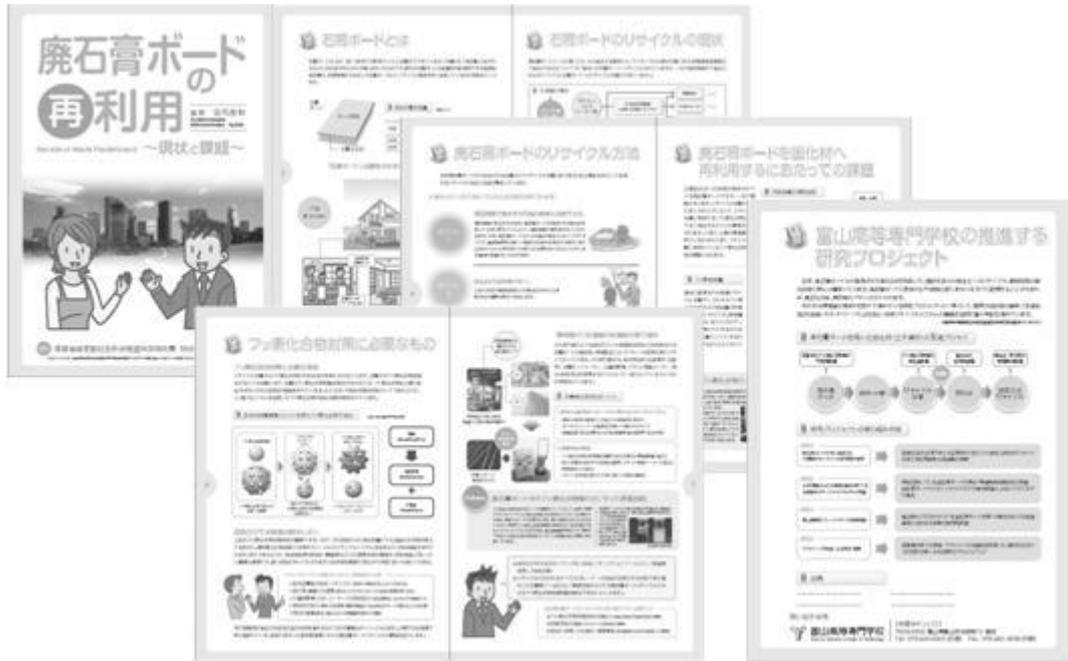


図7 制作したパンフレット

一方、海外における浚渫汚泥リサイクルや地盤強化に対する石膏の利活用についての課題を共有し、本成果の海外への展開を試みた。特に韓国においては、本成果を利用したリサイクル技術が韓国環境省のプロジェクトの一部として採択されている。

・結論(400字程度)=

- 1) セッコウ中フッ素およびヒ素化合物含有量評価技術について、オンサイトで評価が可能な前処理技術の構築を中心に進めた。結果、セッコウ中のヒ素化合物の含有量を数十分で評価できる技術を構築することができた。
- 2) 石膏リサイクルの事例調査を通して、この種のリサイクルは「地産地消」的に地域の複数の事業者がネットワークを組織し、本研究で示したオンサイト分析の結果を共有できる仕組みを構築すること可能であることを見いだした。また、石膏リサイクルの事例調査を通して、異業種連携によるリサイクル技術をビジネスとして成功させる因子として、企業倫理の浸透、その企業倫理を共有できる企業間連携が大きなものであることを見いだした。
- 3) 海外での成果発表、事例調査を通して、韓国における大規模な建設汚泥リサイクル事業や北アフリカ諸国における肥料製造で発生する化学石膏による環境インパクトの対策に対し、本研究成果が適応できる可能性を見いだした。
- 4) 国内外で進められている建設汚泥リサイクル、石膏による環境負荷低減技術に関する取り組みを進

める事業者や一般に対して本成果を紹介するメディアの作成, アウトリーチ活動を通して成果の PR, 社会との共有を進めた。

本成果などの取り組みに対して, 第3回モノづくり連携大賞特別賞等, 多くの表彰を受けた。

英語概要

・研究課題名=「Development of safety recycle system for waste gypsum board and construction sludge based on controlling impurities and inversed logistics」

・研究代表者名及び所属=M. Tafu (Toyama National College of Technology)

・共同研究者名= A. Manaka, T. Miyashige, T. Tushima, S. Takamatsu, T. Chohji (Toyama National College of Technology), T. Fujita, H. Nakano, I. Morioka (Chiyoda Ute Co., Ltd.), S. Noguchi (Mud Recycling Association), T. Komori (ETS Japan Ltd.), T. Yamamoto (Micro Emission Ltd.), H. Nishino (Hanwa Co., Ltd.)

・要旨(200語以内程度)=Gypsum board is widely used as building materials in many countries. In Japan, 1.2 million tons of waste gypsum board is generated from demolition work. Most of waste gypsum board has placed in the landfill. Recycle processes of waste gypsum boards are needed because of lack of landfill capacity. To improve recycle ratio, waste gypsum board is recycled not only to gypsum board but also to another product, such as roadbed materials. Waste gypsum board must be clean from contaminants for recycling. In this study, we focused fluoride and other impurities in waste gypsum board, and developed on-site determination device and inversed logistics that provide treatment method based on information of impurities in waste gypsum board.

The major results of the study were as follow.

- (1) We have developed on-site determination method of fluoride and arsenic compounds in gypsum by using pre-treatment with ion exchange resin and “pack test”. We have assessed the on-site determination method with consortium for recycling waste gypsum board in Japan.
- (2) By results from research on recycle companies, “open innovation” is very important “open innovation” by companies having business ethics on recycle of waste gypsum board.
- (3) We have researched the environmental problems of gypsum in North Africa (such as Tunisia, Morocco) and recycling of sediment in Korea.
- (4) We organized outreach with waste management engineers.

・キーワード(5語以内)= Waste gypsum board, Fluoride, On-site monitoring, Construction Sludge, CSR