

●はしがき●

本報告書は、平成 20 から 22 年度に環境省循環型社会形成推進科学研究費補助金の補助によって行った、「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(K2003, 2165, 22055)」に関する研究成果をまとめたものである。本研究は、平成 16 から 18 年度に本補助金の助成を受けた「廃石膏ボードの安全・安心リサイクル推進を可能とする石膏中フッ素の簡易分析・除去技術の開発(K1611, 1727, 1846)」により得られた、廃石膏ボードリサイクルに関する技術課題に関する成果を踏まえ、建設廃棄物の安心・安全リサイクルに資する技術および社会システムの構築を目指し、平成 20 年度から進めてきたものである。

平成 16 年に廃石膏ボードに関する研究課題が初めて採択された頃と比較し、現在の廃石膏ボードを巡る状況は大きく変化した。建設リサイクル法の制定により種々の建設廃棄物のリサイクル率は大きく向上したが、廃石膏ボードはそのリサイクル先が確立していないことなどから、そのリサイクル率は一向に向上していない現状にある。その一方、平成 18 年に廃石膏ボードを原則管理型処分場へ処分することが義務づけられたことにより、多くの企業が種々のリサイクルビジネスを立ち上げる動きが見られるようになった。また、国内の大学等や民間企業を中心とした廃石膏ボードリサイクルの団体設立に向けた動きもいくつか見られる。

廃石膏ボードのリサイクル先としては、石膏ボードの原料としての再利用が最も好ましいとされるが、現在、行われているリサイクル事業の多くは地盤固化材などの土木資材への利用である。そのなかでも建設汚泥の固化材への利用は、リサイクル率が向上していない建設汚泥と廃石膏ボードの両者をリサイクルすることができることから、高い関心を集めている。

しかしながら平成 20 年に島根県のビジネスホテルで発生した、不法投棄された廃石膏ボードから発生した硫化水素による悪臭騒ぎなどにより、廃石膏ボードに対する社会の関心が高まり、その対策技術がより求められている。

また、我々が進めてきた廃石膏ボード中のフッ素化合物の対策についても、我が国では広く関

心がもたれるようになってきた。平成 20 および 21 年度に環境省でとりまとめられた調査報告でも、廃石膏ボードの土木資材への転用においては、セッコウ中に含まれるフッ素、ヒ素、カドミウムなどの対策技術が重要であることが取り上げられているところである。

本研究では、廃棄物を回収する現場で廃石膏ボード中の不純物量の情報を取得できるオンサイト分析技術の開発、そのデータを踏まえた対策技術を活用した静脈物流システムに関する検討を行うことを目的に研究をスタートした。当初から、廃石膏ボードを扱う現場に直結したシステム開発を指向し、通常過塩素酸等による分解処理が必要となるセッコウの溶解プロセスにかわる、イオン交換樹脂を用いたセッコウの溶解技術を構築し、これを用いてセッコウ中のフッ素化合物、ヒ素化合物の簡易分析技術の開発に成功した。また、市販の簡易分析装置を用いて簡便なオンサイト分析装置を構築し、実際に廃石膏ボードを扱う現場でのヒアリングを行った。

現場での調査を進める中で、廃石膏ボードのリサイクルは産業廃棄物を扱う企業のみで成立するのではなく、異業種が連携した新しい組織がいわゆる「オープンイノベーション型」の連携体を構築することが重要であることが見いだされた。当初は、廃石膏ボードを梱包する容器に IC タグを取り付け、それによって原料品質のトレーサビリティを確保する技術の開発を目論んでいたが、遠距離輸送に適さないリサイクル事例においては、このような IT を活用するより、地域に密着した連携体で情報を正しく流通させる、いわば Face to Face のネットワーク構築が重要であることを抽出した。また、そのような連携を推進するためのキーワードとして、「企業の倫理的活動」が重要であるとの仮説に基づき、これら連携体の企業活動の事例調査を行った。

一方基礎研究においては、各種プロセスから副生するセッコウ試料について、その溶解挙動の調査を行った。結果、製造プロセスによってセッコウの粒子形状は大きく異なり、それによってセッコウの溶解挙動が大きく変化することを見いだした。

本研究の成果は原著論文、学会発表に加え、展示会やアウトリーチ活動で社会への PR を推進した。学会発表においては、多くの優秀発表賞をいただくことができた。また、本研究をはじめとした産学連携の取り組みに対して、平成 20 年に第 3 回モノづくり連携大賞特別賞をいただいた。これ以外にも多くのメディアに本事例を紹介していただくことができた。

本報告書をまとめている平成 23 年 3 月に、渡航先のスリランカで関東・東北地域で発生した未曾有の震災の報に接した。このニュースのみが取り扱われる海外のニュースを見ながら、時間を追うごとに明らかとなる被害の深刻さに言葉を失った。帰国後も、年度末の業務のいろいろなところで震災の影響が発生しており、私たちがいつ通常の社会・経済活動に戻れるのか、皆目想像がつかない状態である。壊滅的な被害を受けた地域で避難生活を送る住民の方々が一日も早く平和な生活が取り戻せるよう、産学官一体となった取り組みが必要である。

被害を受けた多くの地域の復興において、液状化した地盤の強化などに廃石膏ボード等を用いた固化材が大量に使われていくこととなると推測されるが、本研究で得られた成果が新しい日本の国土を再生する一助となればと考えている。

本研究事業をすすめるにあたり、本校の教職員、事務職員、および学生の方々の多大な助力を得ながら研究を進めていくことができた。記して謝意を表すものである。

最後に、本研究に関わっていただいた全ての方々に、心より御礼を申し上げます。

平成 23 年 3 月

代表研究者

富山高等専門学校・准教授

袋布 昌幹

●目次●

研究の概要	1
研究成果	3
1. 研究背景および研究目的	3
2. 研究方法	9
2.1. セッコウ中不純物の評価・分析技術の開発	9
2.2. 各種化学セッコウの溶解挙動の評価	10
2.3. 海外における海外における石膏ボード, 建設汚泥に関する 環境問題の調査	11
2.4. 廃石膏ボードリサイクルの事例調査	12
3. 研究結果と考察	12
3.1. セッコウ中不純物の存在状態の評価, 分析技術の開発	12
3.2. 各種化学セッコウの溶解挙動と不純物	19
3.3. 海外の石膏ボードリサイクル等に関する調査	21
3.4. 石膏ボードリサイクルの事例調査	27
4. アウトリーチ活動・その他	
4.1. 研究ワークショップ	33
4.2. 展示会出展など	37
4.3. パンフレット等のマテリアル作成	38
4.4. 表彰など	39

5. 結論	39
6. 参考文献	41
7. 謝辞	42
8. 発表および受賞実績	43
8.1 受賞実績	43
8.2 原著論文	43
8.3 著書	43
8.4 国際会議プロシーディング	43
8.5. 解説記事等	43
8.6 学会発表・招待講演	44
8.7 開催フォーラム	46
8.8 展示会出展	46
9. 資料	47
9.1 原著論文・総説	47
9.2 中間評価ヒアリング	58
9.3 研究ワークショップ	61

●研究の概要●

補助事業名 平成 20～22 年度循環型社会形成推進科学研究事業

所 管 環境省

国庫補助金 ￥ 34,608,000 (うち間接経費 7,985,000 円)

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
(課題番号 K2003, 2165, 22055)

研究期間 平成 22 年 4 月 1 日～平成 23 年 3 月 31 日

代表研究者 袋布 昌幹 (富山高等専門学校専攻科・准教授)

共同研究者および分担内容 (平成 22 年度)

石膏粒子の微細構造評価による不純物存在状態の検討
豊嶋 剛司 (富山高等専門学校専攻科・助教)

石膏リサイクル技術の実用可能性評価
藤田 巧 (チヨダウーテ(株)環境事業本部・副本部長)
中野 宏一 (チヨダウーテ(株)環境事業本部・副本部長)
野口 真一 (一般社団法人泥土リサイクル協会・事務局長)

廃石膏回収・再資源化等に関する富山県内での実証試験
小森 剛 ((株)ETS ジャパン・取締役)
高松 さおり (富山高等専門学校・地域イノベーションセンター・助教)

オンサイト型石膏用重金属等分析装置の試作・評価
間中 淳 (富山高等専門学校専攻科・助教)
森岡 一郎(チヨダウーテ(株)環境事業本部・顧問)
山本 保 ((株)マイクロエミッション・代表取締役社長)

CSRに立脚した、健全な石膏・建設汚泥リサイクル事業の
ビジネスモデルに関する検討

宮重 徹也（富山高等専門学校専攻科・准教授）
西野 博次（阪和興業(株)大阪本社 固化剤担当課長）
丁子 哲治（富山高等専門学校・副校長，物質化学工学科教授）

研究協力者

呉 鍾敏（韓国 慶熙大学・教授）
松永 英之（独立行政法人産業技術総合研究所産学官
連携推進部門・産学官連携コーディネータ）
小嶋 芳行（日本大学理工学部・教授）
笹井 亮（島根大学総合理工学部・准教授）
林 宏治（(社)石膏ボード工業会・専務理事）
西川 宝三（株式会社ETSジャパン・代表取締役）
太田 敏則（中央環境開発株式会社・代表取締役）
大嶋 武（北清企業株式会社・専務取締役）
瀬長 司（株式会社オキセイ産業・取締役）

澤井 光（富山高専専攻科・機能材料工学専攻学生）
灰谷 美寿紀（富山高専専攻科・国際ビジネス専攻学生）
南 佳苗（富山高専専攻科・国際ビジネス専攻学生）
川上和樹（富山高専・環境材料工学科学生）
岡本香奈（富山高専・物質工学科学生）