

研究事業評価調書（平成20年度）

作成年月日	平成20年12月15日
主管の機関・科名	窯業技術センター

研究区分	経常研究（基盤・応用・実用化）
研究テーマ名	低温反応プロセスを用いた無機系廃棄物からの機能性材料の開発

研究の県長期構想等での位置づけ	
構 想 等 名	構 想 の 中 の 番 号 ・ 該 当 項 目 等
ながさき夢・元気づくりプラン （長崎県長期総合計画 後期 5か年計画）	重点目標：2. 競争力のあるたくましい産業の育成、 3. 安心して快適な暮らしの育成 重点プロジェクト外：5. 明日を拓く産業育成プロジェクト外、 8. 環境優先の社会づくり推進プロジェクト外 主要事業：5-②今後成長が期待できる産業の集積・育成 8-③資源循環型の社会づくりの推進
長崎県新産業創造構想	地域特性を活かし世界を目指す『ナガサキ型新産業』の 創造と集積 集中プロジェクト外：①新エネルギー・環境産業の振興

研究の概要
<p>1 研究の目的</p> <p>(1) 本事業で誰（何）の【対象】 県内事業者（市、町、広域一部組合、及び石炭火力発電施設を有する電力事業者など）などが処理に苦慮している無機系廃棄物（溶融スラグ、石炭灰（フライアッシュ）など）を対象とする。</p> <p>(2) 何（どのような状態）を【現状】 県内の一般廃棄物処理場から出る溶融スラグのうち35%（4300t/y）は利用されず、埋め戻しとなっている。 また、県内の電力事業者から出るフライアッシュのうち39%は自社内敷地への自己最終処分（埋め立て）となっており、その内の13%（99000t/y）は県内施設での処分である。 このように、溶融スラグやフライアッシュの無機系廃棄物が年間約104000t程が埋められている状態であり、このまま埋め立てを続けていけば、埋め立て用地がなくなり、新たな埋め立て地を確保しなければならない問題が発生する。また、企業の環境への取り組みが劣るといった企業イメージの低下を及ぼす可能性がある。</p> <p>(3) どのようにしたい。【意図】 毎年大量に埋められている無機系廃棄物を埋め立て処分するのではなく、建材、魚礁、吸着材等の新素材として有効活用できる利用方法について研究開発し、県内企業等の新製品の製造販売としての環境分野進出を支援するとともに、資源循環型社会への一助としたい。また、無機系廃棄物の化学組成や物性等のデータ整備も併せて行うことによる安全性を担保できる情報提供へも寄与したい。</p> <p>2 事業実施期間 平成21年度から平成22年度まで2年間</p>

3 事業規模 総事業費（総人件費、総研究費）
総事業費 16,352千円（総人件費 8,352千円、総研究費8,000千円）

4 研究の目的を達成するために必要な研究項目

- ① 無機系廃棄物の組成、物性等の分析とデータ整備
- ② ジオポリマー技術を活用した機能性素材の検討(基礎的検討)
- ③ ジオポリマー技術を活用した機能性素材の検討(試作)
- ④ 水熱合成技術を活用した表面修飾技術と機能性の検討(基礎的検討)
- ⑤ 水熱合成技術を活用した表面修飾技術と機能性の検討(試作)

5 この研究成果による社会・経済への波及効果の見込み

溶融スラグやフライアッシュの有効活用は、ゴミ処理等における環境負荷の低減、企業における廃棄物処理費用の削減、原油高騰等で使用が増加している石炭利用の促進による経費削減など、多くの社会的・経済的波及効果が見込めると考える。

6 参加研究機関等

窯業技術センター 役割：溶融スラグ、フライアッシュの基礎試験とジオポリマー技術及び水熱合成技術を活用した機能性素材の検討
山口大学 役割：ジオポリマー技術の基礎的解明など
県内企業等 役割：無機系廃棄物の市場性や需要の情報収集、原料提供などを通じた製品提案、及びコスト指標の提示など

※用語の説明

溶融スラグ：一般廃棄物や産業廃棄物のごみを焼却した灰を 1,200℃以上の高温で溶融後、冷却・固化したガラス状のもの。主に、Si, Al, Fe, Ca, Na, Mg 等の元素から成る酸化物であるが、原料であるごみの種類により成分が異なる。

フライアッシュ：火力発電所などの燃焼機関で、微粉の石炭を燃やしたときにできる燃えかす(灰分)。主に、SiO₂, Al₂O₃が70～80%で、その他 Fe, Ca, Na, Mg 等の酸化物を含むもので、良質のものはコンクリート用混和材などに利用される。

ジオポリマー：無機珪酸質の重合体の総称で、主に珪酸アルカリ水溶液（水ガラスなど）とこの水溶液にいくぶん溶解するフィラー（活性フィラーと呼ぶ）を混合し、重縮合が進行して得られる高強度な硬化体のこと。

水熱合成：水と原料を入れた容器を密閉、過熱することで高温・高圧の状態を作り出し、その中で化学反応等が生じて鉱物等が合成できる技術のこと。トバモライトやゼオライト等の珪酸塩鉱物の合成では建設資材のケイカル板の製造が有名だが、同じ技術を利用した超臨界水による有機物の分解も注目されている。

① 研究の必要性

1 社会的・経済的背景

長崎県内の事業所等において、一般廃棄物の焼成・溶融処理により排出される溶融スラグの利活用が十分進んでいないため、年々未利用の溶融スラグが増加している。

しかも、各事業所から排出される溶融スラグの化学組成や物性等が異なるため、同じ条件による加工や利用も行い難いといった現状となっている。

また、石炭火力発電所から排出されるフライアッシュも利用の見込みがないものが相当量あり、現在は敷地内の埋め立てに使用しているが、その埋立用地にも限界がある。一方、原油高騰による石炭利用の増大からフライアッシュの排出量も増加する傾向であるといった状況である。このような状況から、環境への負荷が少ない低温、省エネ、低コスト等のプロセスを用い、これら無機系廃棄物の有効活用できる技術開発が求められている。

①無機系廃棄物の組成、物性等の分析とデータ整備

無機系廃棄物の利活用においては、その廃棄物に含まれる化学組成、有害成分(重金属等)の含有量や溶出可能性の有無、各種物性等のデータが必要である。

②③ジオポリマー技術を活用した機能性素材の検討

エネルギー消費、炭酸ガスの排出など環境的視点における技術は、今後ますます重要になってくる。この様な中で、廃棄物を用い、焼成等を行わない低温での製品開発は必要となってくる。

④⑤水熱合成技術を活用した表面修飾技術と機能性の検討

陶磁器製造等での高温焼成を伴う製造工程では、原油高騰や炭酸ガスの排出など環境負荷が著しいといった課題があり、今後は低エネルギーで環境負荷が少ない水熱合成(200℃、10気圧程度等の条件)等での廃棄物処理や製品開発の技術が推進されると考えている。

2 県民又は産業界等のニーズ

排出される溶融スラグ・フライアッシュ等無機系廃棄物の化学組成や物性の分析とデータの整備、およびそれら無機系廃棄物の安全で、低価格、低エネルギー、低環境負荷による有効活用の方法については、県内事業者から早急な対策を講じてほしいとの要望が寄せられている。

①無機系廃棄物の組成、物性等の分析とデータ整備

無機系廃棄物の化学組成、重金属等有害物質のデータと安全性について要望が高い。

②③ジオポリマー技術を活用した機能性素材の検討

常温で固化でき、建材、魚礁等の大型製品の製造が可能な技術が求められている。

④⑤水熱合成技術を活用した表面修飾技術と機能性の検討

低コストで簡単に吸着材等の高付加価値な機能性素材を製造できる技術が求められている。

3 国、他県、市町、民間での実施の状況または実施の可能性

無機系廃棄物の活用は、県や市町村等の自治体では、製品の優先的使用(グリーン購入法など)や購入に際しての助成制度を設けているところが多く、優れた製品開発ができれば利用される可能性は高い。また、産廃税収の大口納入先である電力事業者も、優れた技術であれば自社で生産したいといった意向もある。

①無機系廃棄物の組成、物性等の分析とデータ整備

無機系廃棄物の化学組成や物性等のデータを整備し、企業等へ情報を提供する。

②③ジオポリマー技術を活用した機能性素材の検討

ジオポリマー技術を取り入れた研究開発の事例として、山口県、佐賀県、鉄道総合技術研究所等で一部行われているが、固化対象物が溶融スラグではないため、本課題との差別化を図ることで新規性を得ることができ、企業等への展開も可能と考える。

④⑤水熱合成技術を活用した表面修飾技術と機能性の検討

産総研や九州大等多くの研究機関でフライアッシュやガラス等のゼオライト化等の検討がなされ、実際に佐賀県唐津市の日本建設技術(株)が発泡ガラスの表面にゼオライトを施した水処理材の製造販売を行っている。しかし、フライアッシュや溶融スラグ等の無機系廃棄物を複数利用したゼオライト以外の材料による有効活用は少ないため、本研究成果は技術的差別化ができ、無機系廃棄物の地域資源としての活用が見込まれる。

② 効率性							
1 研究目標 必要な研究項目と期間、年度ごとの活動目標値（定量的目標値）とその意義							
研究項目	活動指標	21年度		22年度		目標値の意義	
		目標値	実績値	目標値	実績値		
①無機系廃棄物の組成、物性等の分析とデータ整備	性質評価	7種類 (スラグ5、FA2)				無機系廃棄物の有効活用に必要な分析種類	
②ゾリマ-技術を活用した機能性素材の検討(基礎的検討)	硬化評価を行う溶融スラグの数	3種類		2種類		県内のスラグで特に有効利用されていないスラグの数	
③ゾリマ-技術を活用した機能性素材の検討(試作)	製品化イメージ			2種類		ブロック、機能性建材を想定。	
④水熱合成技術を活用した表面修飾技術と機能性の検討(基礎的検討)	水熱合成の試験数	10件		5件		試験配合数、生成鉱物組成の同定数	
⑤水熱合成技術を活用した表面修飾技術と機能性の検討(試作)	機能性素材の吸着特性試験			5件		有用配合での物性及び性状の試験件数	
2 活動指標を設定した理由 (他の活動指標と比較して、効率よく研究成果を得られると見込んだ理由)							
①を設定した理由：廃棄物を有効活用するにあたり、素材の性質を把握するため。							
②③を設定した理由：未利用資源となっている溶融スラグの活用の可否および、硬化最適条件を検討するため。							
④⑤を設定した理由：水熱合成による合成試験とその物性、性状の把握を行い、有用素材を選定するため。							
3 研究実施体制について ゾリマ-の研究については、窯業技術センターと山口大学で実施する。また、水熱合成による機能性材料の研究は、当面窯業技術センターで実施しながら、県内企業や大学との連携を図っていく。							
4 予算							
研究予算 (千円)	計	人件費	研究費	財源			
				国庫	県債	その他	一財

全体予算	16,352	8,352	8,000				8,000
21年度	6,876	4,176	2,700				2,700
22年度	9,476	4,176	5,300				5,300
年度							

※：過去の年度は実績、当該年度は現計予算、次年度以降は案

③ 有効性						
1 成果目標 研究項目ごとの期間、年度ごとの成果目標値（定量的目標値）とその意義						
研究項目	成果指標	21年度		22年度		目標値の意義
		目標値	実績値	目標値	実績値	
①無機系廃棄物の組成、物性等の分析とデータ整備	データの蓄積	1件				有効活用できる情報提供を行う
②ゾリマ-技術を活用した機能性素材の検討(基礎的検討)	溶融スラグ 固化条件及び性能評価			1件		溶融スラグ の使用可否の選定基準を明確にするため
③ゾリマ-技術を活用した機能性素材の検討(試作)	製品展開への提案			1件		製品化におけるゾオポリマ-技術の確立をするため
④水熱合成技術を活用した表面修飾技術と機能性の検討(基礎的検討)	水熱合成条件及び性能評価	2件		1件		有用な配合の探索件数
⑤水熱合成技術を活用した表面修飾技術と機能性の検討(試作)	製品展開への提案			1件		有用配合を利用した試作
2 各研究項目における解決すべき課題及び想定される解決方法						
研究項目①：同一事業所における溶融スラグの性質のばらつきが予想され、定期的なサンプリングを行い、ばらつきを確認することが求められる。						
研究項目②③：溶融スラグの固化条件を確立する必要がある、山口大学との共同研究により推進していく。						
研究項目④⑤：水熱合成条件の確立と吸脱着特性に優れた針状鉱物の選定については、実験計画法による試験計画を立て、効率的で有用な知見を早急に得られるよう推進していく。						
3 従来技術・先行技術と比較した新規性、優位性						
研究項目①：溶融スラグ等の無機系廃棄物のデータ整備が行われていない。						
研究項目②③：ジオポリマー技術による溶融スラグなどの処理は行われていない。 また、ジオポリマーは、珪酸アルカリ水溶液と活性フィラーを混ぜ合わせるだけで硬化するまったく新しい技術であり、従来のセメントの製造に比べ低エネルギーで低CO ₂ 排出など環境負荷が少ないというメリットがある。						
研究項目④⑤：フライアッシュのゼオライト化は、以前に九州電力等で検討されたが、製造物が粉体であったため、取り扱いが難しく、実際の製品では利用されず、事業化には至らなかった。本研究は成形・硬化した物を高温高圧で水熱処理し、成形体の表面にゼオライト等の鉱物を合成する技術であり、ガ						

ス及び溶液の浄化にそのまま利用できるため、実用性が高いといったメリットがある。また、その他の無機系廃棄物との複合配合での鉱物合成もあまり行われていない。

4 成果の社会・経済への還元シナリオ

※ 他の研究への応用の可能性、成果の移転方法、実用化の見通しを含む

県内企業の有する設備を用いた低コストで実現可能な無機系廃棄物リサイクル技術を確立し、建材、魚礁、吸着材等への利用を図る。技術移転先としては、県内建設業関係、中間処理業関係等の企業に成果普及を図りながら、社会・経済への還元を行っていく予定である。

【研究開発の途中で見直した内容】

研究評価の概要		
種類	自己評価	研究評価委員会
事前	<p>(20年度) 評価結果 (総合評価段階： S)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 必要性 県内での溶融スラグやフライアッシュの利活用が不十分であり、県内事業所から対策の要望があることから、無機系廃棄物の有効利用を目的とした機能性材料の開発の必要性は高い。 ・ 効率性 大学や企業との連携も図っており、効率的な研究の遂行が可能である。 ・ 有効性 無機系廃棄物のデータ整備が進むと利用促進が図れると考える。また、ジオポリマー技術による溶融スラグの処理は行われておらず、新規性が高いと考える。さらに、フライアッシュのゼオライト合成の実用化はまだであり、他の無機系廃棄物やプロセスを組み合わせた研究は少ないことから優位性があると考ええる。 ・ 総合評価 県内事業所からの要望も高いにもかかわらず、民間企業が取り組みにくい課題であり、公的機関が取り組むことに意義がある。他機関との連携も図り、新規性や優位性も認められていることから、長崎県として総合的にも取り組むべき研究であると考ええる。 	<p>(20年度) 評価結果 (総合評価段階： S)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 必要性 焼却灰や石炭灰等の廃棄物処理は埋め立て量の減少や廃棄物リサイクルを完成する為に急ぐべき課題である。公設試の研究テーマとして妥当である。 ・ 効率性 研究段階から実用化への課題も多々考えられるが、是非、解決して欲しい。研究目標は明確なので、開発期間の短縮を図るようにして欲しい。研究体制も妥当と思われる。 ・ 有効性 資源再利用の観点から重要である。各地方自治体との連携、情報交換を綿密に行い、実用化して欲しい。対象とする無機系廃棄物が多岐に亘るので、絞り込みも必要である。 ・ 総合評価 独自性、優位性など検討し、特徴を出して研究を進めると良い。実用化に向けて詳細な調査をお願いする。必要な開発であり、新規産業として期待できる。

	対応	対応 <ul style="list-style-type: none"> ・ 必要性については、妥当との評価を頂いたので、この目標に向かって着実に研究を実施する。 ・ 効率性で指摘された開発期間の短縮については、比較的短期に成果が上がるものは試作に留まらず、研究期間内に製品化までの検討を行う。また、複雑で技術的に難しいものは目標を解決しながら、早期に達成できるよう努力する。 ・ 有効性で指摘された各地方自治体との連携・情報交換については、現在、佐世保市環境部下水処理場や北松浦郡の環境事業者等と溶融スラグの活用について情報交換を実施しており、今後も密接に対応していく。また、対象とする無機廃棄物の絞込みについては、溶融スラグとフライアッシュに絞り込んで研究開発を行う。 ・ 総合評価で指摘された実用化への詳細調査については、研究進捗状況に応じ行う。
途中	(22年度) 評価結果 (総合評価段階：) <ul style="list-style-type: none"> ・ 必要性 ・ 効率性 ・ 有効性 ・ 総合評価 	(22年度) 評価結果 (総合評価段階：) <ul style="list-style-type: none"> ・ 必要性 ・ 効率性 ・ 有効性 ・ 総合評価
	対応	対応
事後	(23年度) 評価結果 (総合評価段階：) <ul style="list-style-type: none"> ・ 必要性 ・ 効率性 ・ 有効性 ・ 総合評価 	(23年度) 評価結果 (総合評価段階：) <ul style="list-style-type: none"> ・ 必要性 ・ 効率性 ・ 有効性 ・ 総合評価
	対応	対応

■総合評価の段階

平成20年度以降

(事前評価)

- S＝積極的に推進すべきである
- A＝概ね妥当である
- B＝計画の再検討が必要である
- C＝不相当であり採択すべきでない

(途中評価)

- S＝計画以上の成果をあげており、継続すべきである
- A＝計画どおり進捗しており、継続することは妥当である
- B＝研究費の減額も含め、研究計画等の大幅な見直しが必要である
- C＝研究を中止すべきである

(事後評価)

- S＝計画以上の成果をあげた
- A＝概ね計画を達成した
- B＝一部に成果があった
- C＝成果が認められなかった

平成19年度以降

(事前評価)

- S＝着実に実施すべき研究
- A＝問題点を解決し、効果的、効率的な実施が求められる研究
- B＝研究内容、計画、推進体制等の見直しが求められる研究
- C＝不相当であり採択すべきでない

(途中評価)

- S＝計画を上回る実績を上げており、今後も着実な推進が適当である
- A＝計画達成に向け積極的な推進が必要である
- B＝研究計画等の大幅な見直しが必要である
- C＝研究費の減額又は停止が適当である

(事後評価)

- S＝計画以上の研究の進展があった
- A＝計画どおり研究が進展した
- B＝計画どおりではなかったが一応の進展があった
- C＝十分な進展があったとは言い難い

平成18年度

(事前評価)

- 1：不相当であり採択すべきでない。
- 2：大幅な見直しが必要である。
- 3：一部見直しが必要である。
- 4：概ね適当であり採択してよい。
- 5：適当であり是非採択すべきである。

(途中評価)

- 1：全体的な進捗の遅れ、または今後の成果の可能性も無く、中止すべき。
- 2：一部を除き、進捗遅れや問題点が多く、大幅な見直しが必要である。
- 3：一部の進捗遅れ、または問題点があり、一部見直しが必要である。
- 4：概ね計画どおりであり、このまま推進。
- 5：計画以上の進捗状況であり、このまま推進。

(事後評価)

- 1：計画時の成果が達成できておらず、今後の発展性も見込めない。
- 2：計画時の成果が一部を除き達成できておらず、発展的な課題の検討にあたっては熟慮が必要である。
- 3：計画時の成果が一部達成できておらず、発展的な課題の検討については注意が必要である。
- 4：概ね計画時の成果が得られており、必要であれば発展的な課題の検討も可。
- 5：計画時以上の成果が得られており、必要により発展的な課題の推進も可。

○「低温反応プロセスを用いた無機系廃棄物からの機能性材料の開発」

概 要：溶融スラグや石炭灰などの無機系廃棄物を、容易に安定的に固化する技術を開発し、建材、魚礁、吸着材等の新素材として有効活用できる利用方法を見出す。

必 要 性：焼却灰や石炭灰等の廃棄物処理は埋め立て量の減少や廃棄物リサイクルを完成する為に急ぐべき課題である。公設試の研究テーマとして妥当である。

効 率 性：研究段階から実用化への課題も多々考えられるが、是非、解決して欲しい。研究目標は明確なので、開発期間の短縮を図るようにして欲しい。研究体制も妥当と思われる。

有 効 性：資源再利用の観点から重要である。各地方自治体との連携、情報交換を綿密に行い、実用化して欲しい。対象とする無機系廃棄物が多岐に亘るので、絞り込みも必要である。

総合評価：独自性、優位性など検討し、特徴を出して研究を進めると良い。実用化に向けて詳細な調査をお願いする。必要な開発であり、新規産業として期待できる。