

事業区分	経常研究(応用)	研究期間	平成23年度～平成24年度	評価区分	事後評価
研究テーマ名 (副題)	無機廃棄物を活用した機能性材料の製品開発に関する研究 (溶融スラグから合成したゼオライトの水処理材や土壌改良材等の環境分野への活用検討)				
主管の機関・科(研究室)名	研究代表者名	窯業技術センター 研究開発科 永石雅基			

<県長期構想等での位置づけ>

長崎県長期総合計画	2.産業が輝く長崎県(5)「次代を担う産業と働く場を生み育てる」 地場企業の育成・支援、新産業の創出・育成 3.地域が輝く長崎県(9)「安全安心で快適な地域をつくる」 環境への負荷の削減と循環型社会づくり、人と自然が共生する地域づくり
新科学技術振興ビジョン	地域産業の高度化(3)地域資源活用プログラム(グリーン・イノベーション) (1)再生可能活用技術開発プログラム、(3)環境保全プログラム、 (4)環境負荷低減プログラム
長崎県産業振興ビジョン(仮称)	1本県の強みを活かした地場産業の育成 1.地域資源活用型産業振興プロジェクト 高度加工技術を活かした製造業の振興
長崎県環境基本計画	Ⅱ 環境への負荷の削減と循環型社会づくり 廃棄物対策の推進 廃棄物の再資源化の推進、水環境の保全 水の循環利用

1 研究の概要(100文字)

溶融スラグを出発原料として陽イオンの吸着能を有する種々のゼオライトを合成した(H21-22)。この成果を活用し、ジオポリマー技術による多孔質材の成形とアンモニア吸着性能に優れたゼオライトの合成条件の把握、および機能性の評価を行い、水処理材や土壌改良材としての実用化を図る。	
研究項目	ジオポリマーによる多孔質材の固化成形の技術開発 アンモニア吸着特性に優れたゼオライトの合成条件の検討 表面ゼオライト化多孔質材の機能性評価 表面ゼオライト化多孔質材の実用化試験(水処理・土壌改良)

2 研究の必要性

1) 社会的・経済的背景及びニーズ	長崎県内の事業所等から年間1万2千トンほど排出される溶融スラグは、一部が路盤材の骨材などに使用されているが大半は未利用で貯留されている。このような状況から、環境負荷が少なく、低温で合成が可能で、省エネ・低コストなプロセスによる溶融スラグの有効活用が求められている。
2) 国、他県、市町、民間での実施の状況または実施の可能性	現在、水熱技術を用いた溶融スラグからのゼオライト合成は、含有するカルシウムイオン等の影響によりゼオライト生成率が悪く、他の不純物が多く残存するため実用に供されるものはできていない。溶融スラグからゼオライトを低コストで効率よく合成できれば、活魚輸送に必要な水質浄化用アンモニア吸着材や、農業・土木工事で環境保全に使用される土壌改良材などに活用することができる。

3 効率性(研究項目と内容・方法)

研究項目	研究内容・方法	活動指標	H			単位
			23	24	25	
ジオポリマーによる多孔質材の固化成形の技術開発	多孔質材形状の検討	目標	2	/	/	種類
		実績	1	2	/	
アンモニア吸着特性に優れたゼオライトの合成条件の検討	配合・条件等の試験数	目標	3	3	/	回
		実績	3	3	/	
表面ゼオライト化多孔質材の機能性評価	性能評価件数	目標	24	24	/	件
		実績	24	24	/	
表面ゼオライト化多孔質材の実用化試験	実用化検討回数	目標	1	1	/	回
		実績	1	1	/	

1) 参加研究機関等の役割分担

窯業技術センター 役割: 溶融スラグを用いた多孔質化技術、アンモニア吸着特性に優れたゼオライト合成技術の確立と機能性評価、および試作検討

2) 予算

研究予算 (千円)	計 (千円)	人件費 (千円)	研究費 (千円)	財源			
				国庫	県債	その他	一財
全体予算	9,063	5,478	3,585				3,585
21年度							
22年度							
23年度	4,324	2,739	1,585				1,585
24年度	4,739	2,739	2,000				2,000
25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
人件費は職員人件費の見積額

(研究開発の途中で見直した事項)

4 有効性

研究 項目	成果指標	目標	実績	H	H	H	得られる成果の補足説明等
				23	24	25	
	多孔質材の作製	1件	3件	1	/	/	強度や表面積に優れたレンコン型などの連通型多孔質材を作製する
	有用配合条件の選定	2件	2件	1	1	/	アンモニア吸着特性に優れたゼオライトを合成できる配合および水熱条件を選定する
	ゼオライトで CEC 注1)が 100 注2)以上の試料	3試料	3試料	1	2	/	陽イオン交換容量(CEC)が 100 以上の試料を選定する
	ゼオライト材料の実用化 検討	2件	2件	/	2	/	水処理材や土壌改良材などの実用性を確認する
	注1:陽イオン交換容量 注2:単位は(meq/100g)						

1) 従来技術・先行技術と比較した新規性、優位性

現在、溶融スラグを原料として、水熱技術によるゼオライト合成は、カルシウムイオン等の影響でゼオライト生成率が悪く、高コストのため実用化されていない。本研究では、ジオポリマー技術を利用し、溶融スラグを任意の形状の多孔質体に成形後、水熱処理を行うことでアンモニア吸着特性に優れたゼオライトを表面に生成させることを特徴としており、先行技術にない新規性を有している。また、水処理システムに利用しやすい多孔質形状の付与により、排水との接触性が改善され、優れた吸着性能を引き出すことができ、従来と比べ優位性が高い。

研究成果の社会・経済への還元シナリオ

県内企業とともに、無機廃棄物からのアンモニア用ゼオライト吸着材の低コストな製造技術を確立し、生け簀や活魚運搬に用いる水処理材などへの利用・普及を図る。県内の水処理機器製造業や環境機器製造業等の企業へ技術移転し、社会・経済への還元を行う。

研究成果による社会・経済への波及効果の見込み

・経済効果 : 1.6 億円 / 年(水質浄化 1.2 億円 + 土壌改良材 0.4 億円)

- (1) 陸上養殖用装置の市場予測 50 億円程度で濾過材の割合が販売額の 8%程度として、シェアを 20%と想定すると 8,000 万円。
- (2) 長崎県の活魚運搬車約 1000 台のうち 10%が 40 万円の浄化槽を付けたとして 4,000 万円。
- (3) 土壌改良材の年間市場 130 億円の販売額の 15%がゼオライト原価として、シェアの 2%を本研究品が占めたと想定して約 4000 万円。

(研究開発の途中で見直した事項)

種類	自己評価	研究評価委員会
事前	<p>(22年度) 評価結果 (総合評価段階: S) ・必要性 S 県内の溶融スラグの有効活用が進まず、各事業所から活用策を検討してほしいとの要望がある。また、アンモニア吸着用材料は生け簀や活魚輸送などのろ過材等に使用でき、長崎県の重要な水産業などの普及・振興に寄与できるため必要性は高いと考える。 ・効率性 A ジオポリマー技術や水熱合成技術の研究成果(H21-22)を基に、具体的な商品に絞り込んだ実用化は、研究方法として効率が良いと考える。また、県内の水処理機器製造業や環境関連企業などとの情報交換も計画しており、研究実施後の技術移転も円滑に推進できるものとする。 ・有効性 S 溶融スラグを出発原料としたゼオライトの合成は実用化されておらず、新規性が高いと考える。さらに、県内水産業の普及促進を狙った活魚水槽用水処理材の開発や適切な農地保全を目指した土壌改良材の開発は長崎県としての独自性も活かすことができ、優位性があると考える。 ・総合評価 S 県内事業所からの要望も高く、行政的課題として必要である。また、長崎県の農林水産業を支援できる開発テーマでもあり、新規性や優位性も有しており、長崎県の重点施策とも合致していることから、長崎県として廃棄物活用と安全性の視点も確認しながら、積極的に取り組むべき研究であるとする。</p>	<p>(22年度) 評価結果 (総合評価段階: S) ・必要性 S 県内で毎年貯留される多量の溶融スラグの有効活用は、地域にとって必要性は大きく、公害対策としての廃棄物の利活用は重要な開発テーマである。 ・効率性 S 研究内容や目的も明確で、これまでの研究実績もあり効率性は高い。他の研究と組合わせてさらに効率的な開発手法の発案を望む。 ・有効性 A 吸着材については応用例、実用例もあり、アンモニア吸着以外に重金属やレアメタルの回収にも有効と思われるが、今までの経験を有効に活用し、焦点を絞って取り組むべきである。 ・総合評価 S 廃棄物の再利用や有効利用として重要かつ不可欠な開発テーマである。積極的に研究を進め早急な技術の応用・展開を期待する。</p>
	対応	<p>対応 今までに蓄積した技術経験の活用と他の研究との組み合わせ等によりさらに効率的な開発手法を検討していきます。また、製品ターゲットを絞り込むことで早急な技術展開を目指します。</p>
途中	<p>()年度 評価結果 (総合評価段階:) ・必要性 ・効率性 ・有効性 ・総合評価</p>	<p>()年度 評価結果 (総合評価段階:) ・必要性 ・効率性 ・有効性 ・総合評価</p>
事後	<p>(25年度) 評価結果 (総合評価段階: S) ・必要性 S 県内の溶融スラグやフライアッシュの有効活用が進まず、各事業所から活用策を検討してほしいとの要望が依然として強い。また、アンモニア吸着用材料は生け簀や活魚輸送などのろ過材等に使用でき、長崎県の重要な水産業などの普及・振興に寄与できるため</p>	<p>(25年度) 評価結果 (総合評価段階: S) ・必要性 S 産業廃棄物を原料にして、吸着材等の有用な材料を合成する技術の確立は、社会的ニーズに応えるものであり、必要性の高い研究であった。</p>

<p>必要性は高いと考える。</p> <p>・効率性 S 当初、主に溶融スラグを活用した多孔体の開発を目標としたが、活魚水槽への利用の観点から、比較的品質の安定しているフライアッシュを中心とした開発を行った。ジオポリマー技術を用いた多孔質の開発は、計画から遅れを生じたが、透水性にも着目した形態の開発にも取り組むことができた。ゼオライトの合成では東京大学の小倉准教授の指導をいただきながら、温度、時間、アルカリ濃度等を要因とした合成試験を効率的に行うことができた。また、東京大学の装置を使用し、合成した8種類のゼオライトの比表面積、アンモニアTPD、トルエン TPD 等の機能性評価を実施することができた。</p> <p>・有効性 A 3種の多孔体の試作を行ない、開気孔率が高く、水浄化に適した形態を作製することができた。フライアッシュの粉末またはジオポリマー固化体を水熱反応でフォージャサイト型ゼオライトに合成できる条件をそれぞれ確立できた。また、陽イオン交換容量が100以上の試料が3種類見出し、アンモニアの吸着やトルエンの分解特性を確認でき、水処理材や脱臭材への可能性を確認できた。</p> <p>・総合評価 S フライアッシュを原料にして粉末とジオポリマー固化体(多孔体も含む)から表面にフォージャサイト型ゼオライトが生成した紛体及び固化体を製造する技術が確立できた。また、合成した試料は300m²/g程の大きな比表面積を持ち、アンモニア吸着特性やトルエンの分解特性を有しており、水中のアンモニア吸着による水処理材や有機溶剤等の脱臭材などの応用展開が可能である。</p>	<p>・効率性 A 窯業技術センターが保有するノウハウを活用して効率的に研究が進められた。外部機関と連携して、水質浄化材や土壌改良剤の実用化に向けた取り組みを進めてほしい。</p> <p>・有効性 A 天然のものよりも優れたアンモニア吸着能力を有するゼオライトの合成および使用目的に合わせた多様な形状(レンコン型、透水型、タブレット型)の多孔体の成形に成功しており、当初期待した成果が得られているため、有効な取り組みであった。実用化を考えた際の、原料となる廃棄物の排出量に比べて処理可能な量が少なく処理コストも高いという課題を解決する取り組みを進めてほしい。</p> <p>・総合評価 S 限られた資源を有効活用できる技術開発であり、産業振興に寄与する研究であった。開発した技術で合成される機能性材料の用途の拡大、特に放射性セシウムに適用可能な吸着剤の実用化を期待する。</p>
<p>対応</p>	<p>対応</p> <p>・効率性 今後は、外部機関と連携して、水質浄化材や土壌改良剤の実用化を進めていく。</p> <p>・有効性 今後は、廃棄物処理量や処理コストなどの課題を解決するために「ジオポリマーコンクリート製造技術の開発」の研究で継続して取組を実施して行く。</p> <p>・総合評価 今後は、開発した材料の用途拡大に向けて企業などとの共同研究などで実用化を図って行く。</p>

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

(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。