

事業区分	経常研究(応用)	研究期間	平成19年度～平成20年度	評価区分	事後評価
研究テーマ名	新規なリン吸着材を活用した排水高度処理システムの構築				
(副題)	(リン吸脱着特性に優れた金属酸化物より構成した吸着材を活用したリン資源回収型排水高度処理システムの構築)				
主管の機関・科(研究室)名	研究代表者名	窯業技術センター 高松 宏行			

## &lt;県長期構想等での位置づけ&gt;

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: 競争力のあるたくましい産業の育成 重点プロジェクト: 明日を拓く産業育成プロジェクト 主要事業: 今後成長が期待できる産業の集積・育成
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: 安心して快適な暮らしの実現 重点プロジェクト: 環境優先の社会づくり推進プロジェクト 主要事業: 閉鎖性水域などの水環境の保全
長崎県科学技術振興ビジョン	(1) 科学技術振興の基本方向 地域ニーズ主導及び地域ポテンシャルを活かした推進 (ア) 地域ニーズ主導による推進
長崎県新産業創造構想	1. 新エネルギー・環境産業の振興

## 1 研究の概要(100文字)

富栄養化問題の改善とリン資源の回収を目的に、これまでに開発した新規リン吸着材 <sup>1</sup> の改良および改良材を活用した実験室レベルのリン回収型排水高度処理システムを構築し、リン除去率80%以上を目指す。	
研究項目	カラム試験によるリン回収材の定量的評価 リン回収材の改良 リン回収装置の検討 連続リン吸着処理条件の確立 リン回収装置の作製

## 2 研究の必要性

1) 社会的・経済的背景及びニーズ	大村湾や諫早湾干拓調整池など長崎県だけにとどまらず日本全国、世界各国において閉鎖性水域における富栄養化問題の改善は重要な位置付けとなっている。富栄養化問題を改善するにあたっては、その原因物質である窒素およびリンが水環境中に流出する前の段階で除去することが効果的であり、排水の高度処理施設が導入されつつある。特にリンの除去に関しては化学的手法が必要不可欠であり、革新的なリン除去技術が求められている状況である。また、排水の総量規制や各自治体の排出制限の緊縮が進められていることからリン除去をターゲットとした排水高度処理技術の整備が必要である。更に、近年、リン資源の減少とこれに伴うリン価格の高騰によりリン資源のリサイクルが強く望まれるようになった。アメリカにおいてはリンの輸出を禁止しており、中国においては関税を引き上げるなど国際的にリンが戦略物質となっている。このような背景から、排水の高度処理による水環境の浄化だけにとどまらず、リン資源の確保・リサイクルにもつながる。
2) 国、他県、市町、民間での実施の状況または実施の可能性	リン除去技術に関しては、大学や公的研究所、公設試験場、民間等で多くの研究がなされ、凝集沈殿法、晶析脱リン法、生物学的処理法などが提案され、実用化しているものもあるが、リン回収型のリン吸着法に関しては、研究している機関も少なく、技術として多くの課題を残している。リン回収型のリン吸着材の開発、さらにシステム化にあたっては、基礎的な研究の蓄積が必要であり、開発期間を要することから中小企業が取り組みにくい課題であるため、県の研究機関による実施が必要である。

## 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
			19	20	
リン回収材の特性を定量的に評価することで改善点を見出す	リン固定能評価	目標	10	/	件
		実績	10	/	件
	リン脱離能評価	目標	10	/	件
		実績	10	/	件

	リン吸着速度、吸着量、リンの選択的吸着能の向上	多孔質基材の検討・改良	目標	5	/	件
			実績	5		件
		マクロ形状の改良	目標	5	/	件
			実績	5		件
		リン酸イオン以外のイオンによる妨害要因の解決	目標	5	/	件
			実績	5		件
簡易リン回収装置についての検討・試作	改良したリン回収材に適した実験室レベルのリン回収装置について検討	目標	/	3	件	
		実績	/	3	件	

- 1) 参加研究機関等の役割分担  
研究項目、を窯業技術センターで実施する。
- 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	14,520	8,372	6,148				6,148
19年度	9,117	4,699	4,418				4,418
20年度	5,403	3,673	1,730				1,730

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)**

特になし。

**4 有効性**

研究項目	成果指標	目標	実績	H 19	H 20	得られる成果の補足説明等
	リン除去率	80%	80%	/	/	流速や吸着材充填量などの条件の適切な組み合わせにより、5mg-P/L 模擬排水を連続処理し、処理水リン濃度1mg-P/L 以下を実現する
	実験室レベルのリン回収装置の作製件数	1件	1件	/	/	実用化を想定した実験室レベル(10L スケール)のリン回収装置の設計、作製

1) 従来技術・先行技術と比較した新規性、優位性

従来のリン除去技術は余剰汚泥の処理や処理水のpH制御、使用後のリン除去材の処分および再充填など多くの課題があった。また、これら従来技術ではリンを資源として回収することが困難である。本技術は、繰り返しリンを吸脱着する吸着材を用いるため除去材の処分や再充填の問題を解決でき、汚泥を生まず、また当該吸着材はリン吸着効率および吸着速度が高いためシステムをコンパクトに設計することができ、更にリンを資源として回収可能という点で従来技術と比較して優位である<sup>2)</sup>。

2) 成果の普及

研究成果の社会・経済への還元シナリオ

成果の技術移転先として、リン吸着材については県内の陶磁器製造業、セメント・コンクリート製品製造業、リン回収型排水高度処理システムについては県内の一般機械・器具製造業所が考えられる。また、そのユーザーとして大手ゼネコンも考えられる。

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：

下水・し尿処理関連市場は2003年の段階で920億円であり、雇用規模は12,420人とされているが、2010年には市場規模12,120億円、雇用規模42,500人に成長することが見込まれている<sup>3)</sup>。本事業の成果が実用化された場合、当該市場におけるシェア率1%につき10億円以上の経済効果が見込まれる。

**(研究開発の途中で見直した事項)**

特になし。

種類	自己評価	研究評価委員会
事前	<p>(18年度) 評価結果 (総合評価段階:5)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・必要性 閉鎖性水域の富栄養化が県内外で進行し、漁業被害や観光、住民への影響が拡大しており、大村湾などを対象とする技術開発は、社会的課題であると共に、産業振興の視点においても取り組む必要があると考えられる。</li> <li>・効率性 既出願特許のリン除去速度に優れた素材を活用することで、新たな水処理システムを構築し提案できる。また、県内外の関係者から情報収集し、システムに反映させるため効率性は高い。</li> <li>・有効性 本研究の要素技術であるリン除去材は吸着速度に優れるため、装置の処理能力は大幅に改善される。担当者はプロセス工学を専門としており、システムの要件を的確に提示できるため有効性は高い。</li> <li>・総合評価 本研究は、H17～18年実施の経常研究において開発したリン除去材をベースにしているが、システム開発の要素が新たに加わっており、上記経常研究の成果をプロセス工学的に発展させ、実用化を目指すものである。</li> </ul>	<p>(18年度) 評価結果 (総合評価段階:4)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・必要性 必要性は認めるが、リン除去だけでよいのか。</li> <li>・効率性 製品ターゲットを絞り込んで、コストの比較をしてほしい。</li> <li>・有効性 市場性・有効性ともに期待できるが、連続処理を克服してほしい。</li> <li>・総合評価 対象を絞って検討を行い、それが成功してから他への展開を図るべき。また、今後は中国市場を睨んだ開発をしてほしい。</li> </ul>
対応	対応	<p>対応</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・必要性: 富栄養化対策には窒素除去も重要であるが、窒素除去は近年、生物学的処理が進展しており、本研究で開発する装置と既製の窒素除去装置を組み合わせることにより、リンと窒素の同時除去を検討します。</li> <li>・効率性: 市販吸着材と研究開発品のコスト及び性能を比較し、交換・再生型のカートリッジ方式の製品をターゲットに絞り込みを行います。</li> <li>・有効性: カートリッジ方式の連続処理法について検討します。</li> <li>・総合評価: カートリッジ方式の製品にターゲットに絞り込み、その成果を基に他への展開を図ります。海外市場の現状についても調査致します。</li> </ul>
途中	<p>(20年度) 評価結果 (総合評価段階:A)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・必要性 S 大村湾など、本県閉鎖性水域の富栄養化問題は未だ解決されていない。また、諫早干拓地においては営農が開始され、干拓調整池のアオコ対策としてのリン除去技術確立</li> </ul>	<p>(20年度) 評価結果 (総合評価段階:A)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・必要性 S リン資源回収は世界的な課題でもあり、閉鎖性水域の富栄養化対策としても必要性</li> </ul>

<p>の重要性がますます高まっている。さらに、資源としてのリンは、既にアメリカが戦略物質として輸出を制限しているが、アメリカに続き、中国においても輸出関税を引き上げる動きがあることから、排水等からのリン資源回収技術確立の重要性がますます高まっている。</p> <p>・効率性 A      吸着材の評価件数、改良件数ともに目標値を達成しており、順調に進捗している。リン回収型排水高度処理システムの構築では、県内外の関係者から情報収集し、システムに反映させており、効率性は高い。</p> <p>・有効性 A      排水の流速や吸着材の充填量を適正化することで、連続処理によるリン吸着率 80%の目標を達成しており、順調に進捗している。リン回収型排水高度処理装置の作製も、既に装置の骨子を作製している段階であり、最終目標を達成する見込みである。</p> <p>・総合評価 A      諫早干拓地の営農が開始され、県内閉鎖性水域の富栄養化対策技術の必要性・重要性がますます高まっている。更にリン資源の国際的注目度が高まっている中、排水や水環境中のリンを除去・回収する技術が求められている。今後は、更なる吸着材の改良と排水連続処理条件の適正化を行い、リン除去・回収効率を高め、実験室レベルのリン回収装置を作製する。</p>	<p>は高い。回収リンの工業的利用についても検討する必要がある。</p> <p>・効率性 A      リン回収のデータが不十分であり、スピード感到に欠けている。研究として順調といえるが、コスト面、実用性について検討を要する。</p> <p>・有効性 A      リン資源の回収は有効な研究分野ではあるが、他のリン除去・回収システムとの比較、コスト面での検討などを明らかにし、実用的なシステムにする必要がある。</p> <p>・総合評価 A      重要なテーマであり、資源・環境両面から有望なシステムであるが、研究から実証に向けて、コスト、回収リンの利用など課題が多く、スピードを上げて積極的に進めて欲しい。</p>
<p>対応</p>	<p>対応</p> <p>必要性の項目で指摘があった回収リンの工業的利用について、現段階ではリン酸、或いはリン酸ナトリウム結晶の状態として回収することを検討しており、これらの応用としては、洗剤、触媒、金属表面処理剤等を想定しているが、今後も検討を重ねていく。</p> <p>効率性の項目で指摘があったリン回収データの不足については、現在までにリン脱着液の通水条件及び吸着材へのリン吸着量が及ぼすリン脱着効率への影響についての知見を得るべく10通りの実験を実施している。更なるデータの充実を図るべく、今後、リン脱着液濃度やリン脱着液の通水条件を変化させて6通りの実験を実施する予定である。</p> <p>効率性及び総合評価の項目で指摘があった研究のスピード感の欠如については、科学技術振興課の客員研究員事業の活用による外部の研究者との交流によって研究のスピードアップ化を図るとともに、コストや実用面について十分に検討していく。</p> <p>効率性及び有効性の項目で指摘があった実用性の検討については、本研究で構築しているシステムの性能評価が終了した後にある程度見通しが得られる</p>

		<p>算段であるが、更なる発展として競争的外部資金導入による都市部の下水処理施設での実証試験及びスケールアップ化も検討している。</p> <p>有効性の項目で指摘があった他のリン除去・回収システムとの比較及びコスト面での検討について、従来技術との比較を現在までに実施し、良好な結果を得ている。また、同じタイプのリン回収型吸着材の情報を収集し、性能・コスト面での比較を行っているところである。</p>
<p>事後</p>	<p>(21年度) 評価結果 (総合評価段階:A) ・必要性 S</p> <p>大村湾、諫早湾干拓調整池など、本県閉鎖性水域の富栄養化問題は未だ解決されていない。また、リン資源の減少傾向が危惧されている状況も変わらず、今後ますますリン資源の輸入が困難になることが予測されることから、排水等からリン資源を回収する技術の確立は極めて重要性が高いと考える。</p> <p>・効率性 A</p> <p>活動指標の目標値をすべて達成した。リン回収型排水高度処理システムの構築では、県内外の関係者から情報収集し、システムに反映させており、効率性は高い。</p> <p>・有効性 A</p> <p>成果指標の目標値をすべて達成した。排水の流速や吸着材の充填量を適正化することで、連続処理によるリン吸着率 80%の目標を達成した。リン回収型排水高度処理装置についてもプログラマブルロジックコントローラおよび電磁弁によるシーケンス制御の導入により自動運転が可能となり、最終目標を達成した。</p> <p>・総合評価 A</p> <p>諫早干拓地の営農が開始され、県内閉鎖性水域の富栄養化対策技術の必要性・重要性がますます高まっている。更にリン資源の国際的注目度が高まっている中、排水や水環境中のリンを除去・回収する技術が求められている。今後の展望として、実用化に際し、リンを固形物として資源化するプロセスに課題を残しており、競争的外部資金の導入により解決すべく提案中である。</p>	<p>(21年度) 評価結果 (総合評価段階:A) ・必要性 S 同左</p> <p>・効率性 A 同左</p> <p>・有効性 A 同左</p> <p>・総合評価 A 同左</p>
	<p>対応</p> <p>平成 21 年度は、水中から回収したリンの資源化に関する研究を独立行政法人科学技術振興機構のシーズ発掘試験において実施している。また、平成 22 年度から開始する県の戦略プロジェクト研究事業において、本研究で得られた成果の実用化に向け、諫早干拓地内の農業排水からのリン除去および回収リンの資源化について実証試験を実施する。</p>	<p>対応 同左</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。