

技術開発成果報告書

事業名 ・住宅等に係る省資源、廃棄物削減に資する技術開発	課題名 二酸化炭素を利用したコンクリートスラッジの再資源化に関する技術開発												
<p>1. 技術開発のあらまし</p> <p>(1) 概要</p> <p>生コン及びコンクリート製品製造時に発生するコンクリートスラッジと二酸化炭素を、炭酸カルシウムとリン除去剤に再資源化し、廃棄物の削減とリン回収事業化のための技術開発を行った。本技術によるスラッジ処理及び二酸化炭素固定は、常温常圧下での水によるスラッジからのカルシウム溶出、溶出したカルシウムによる二酸化炭素の炭酸カルシウム固定及びカルシウムを溶出した残渣からのリン除去剤製造からなる、省エネルギー型のプロセスである。この実証処理装置をコンクリート製品工場内に設置して試験運転を行い、スラッジ処理量及び二酸化炭素固定量、炭酸カルシウム及びリン除去剤の製造など、概ね設計通りの性能を有することを確認できた。この結果を踏まえ、処理能力 500t/年の装置を設計した。スラッジ処理装置で製造したリン除去剤「PAdeCS」を用いて、模擬廃水及び実下水の脱リン実験を行った。PAdeCS は、廃水に含まれるリンを速やかに除去することができ、その工程はバッチ式または通水式のいずれでも可能であることを確認した。また、PAdeCS で除去されたリンは、ハイドロキシアパタイト(HAP)として、廃水中または PAdeCS 表面に晶析するため、回収することが可能であると考えられる。</p> <p>(2) 実施期間 (平成 22 年度～平成 23 年度)</p> <p>(3) 技術開発に係った経費</p> <table border="0" data-bbox="236 1084 1326 1196"><tr><td>平成 22 年度 (技術開発に係った経費</td><td>86,001 千円</td><td>補助金の額</td><td>42,975 千円)</td></tr><tr><td>平成 23 年度 (技術開発に係った経費</td><td>31,599 千円</td><td>補助金の額</td><td>15,720 千円)</td></tr><tr><td>合計 (技術開発に係った経費</td><td>117,600 千円</td><td>補助金の額</td><td>58,695 千円)</td></tr></table> <p>(4) 技術開発の構成員</p> <p>日本コンクリート工業株式会社 (執行役員 早川康之) 柳沢幸雄 (東京大学 名誉教授 / 開成高等学校・中学校 校長) 山崎章弘 (成蹊大学 理工学部 物質生命理工学科 教授) 飯塚 淳 (東北大学多元物質科学研究所 サステナブル理工学研究センター 助教)</p> <p>(5) 取得した特許及び発表した論文等</p> <p>出願・取得した特許</p> <ol style="list-style-type: none">平成 23 年 8 月 19 日出願、特願 2011-179882 「水質浄化材の製造方法」平成 25 年 1 月 31 日出願、特願 2013-17455 「炭酸カルシウムの製造方法および炭酸カルシウム製造装置」 <p>発表した論文</p> <ol style="list-style-type: none">平成 24 年 3 月 化学工学会 (東北大学 飯塚淳、他) 「コンクリートスラッジを利用した二酸化炭素排出量削減プロセス構築のためのカルシウム抽出速度測定」、化学工学論文集平成 24 年 4 月 米国化学学会 (東北大学 飯塚淳、他) “Bench-Scale Operation of Concrete Sludge Recycling Plant Utilizing Carbon Dioxide”, Industrial & Engineering Chemistry Research平成 24 年 8 月 米国化学学会 (東北大学 飯塚淳、他) “Phosphorus Adsorbent Derived from Concrete Sludge (PAdeCS) and its Phosphorus Recovery Performance”, Industrial & Engineering Chemistry Research,		平成 22 年度 (技術開発に係った経費	86,001 千円	補助金の額	42,975 千円)	平成 23 年度 (技術開発に係った経費	31,599 千円	補助金の額	15,720 千円)	合計 (技術開発に係った経費	117,600 千円	補助金の額	58,695 千円)
平成 22 年度 (技術開発に係った経費	86,001 千円	補助金の額	42,975 千円)										
平成 23 年度 (技術開発に係った経費	31,599 千円	補助金の額	15,720 千円)										
合計 (技術開発に係った経費	117,600 千円	補助金の額	58,695 千円)										

2. 評価結果の概要

(1) 技術開発成果の先導性

本技術は、従来は産業廃棄物として、多額の費用をかけて処分を行っていたコンクリートスラッジと、コンクリート製品の養生のために化石燃料を燃焼し、大気中に放出されていた二酸化炭素を利用して、炭酸カルシウムとリン除去剤として再生するという、廃棄物量と二酸化炭素排出量の削減を行いつつ、有価物を生産するという点に先導性を有する。また、この処理は、常温常圧下で行われ、化学薬品の使用の無い、省エネルギー型のプロセスでもある。

我が国では、100%輸入に頼っているリン資源に対し、国内で流通使用され、廃棄されているリン資源のリサイクルについて、行政が各業界関係者に諸処の技術開発を促しているところである。本技術で製造されたリン除去剤(PAdeCS)は、この動きに対しても対応したものであり、下水浄化センターなどにおけるリン回収に貢献できると考える。また、下水浄化センターにおけるリン資源のリサイクル事業は、数件の先例があるものの、その処理費用は割高で行政からの補助が必須の段階であり、自立した事業化にはほど遠い。この最大の課題は、リン除去剤(吸着剤)が高価なことである。本技術によるリン除去剤(PAdeCS)は、産業廃棄物を由来原料とするために安価であり、リン資源リサイクル事業のコストを低く抑えることができる。

(2) 技術開発の効率性

本技術の核は、コンクリートスラッジ及びボイラー排ガス(二酸化炭素)から、炭酸カルシウム及びリン除去剤(PAdeCS)を製造する設備である。この設備は、常温常圧・化学物質の使用無しのため、簡易で安価な装置となり、導入が容易である。また、現状のリン除去剤は、150千円/t前後と高価であるのに対し、PAdeCSは、現状の1/5~1/10の価格と試算している。

当社を含むNCグループ全体でのコンクリートスラッジ発生量は、4万t/年(処理費用は地域によって異なるが400,000千円/年)に及ぶ。これがPAdeCSに再資源化されるため、工場の原価低減につながる。これは、MFCAの観点からも画期的なことであり、稼働中の工場の原価低減につながるとともに、資源保護と経済性の両立が成立する。さらに、製造された炭酸カルシウム及びPAdeCSは、高付加価値で低環境負荷物質である。再資源化した製品を流通させる場合、輸送コストが問題になることは多いが、日本全国にその対象工場があるため、地産地消という観点からもその効率性は大変良いと考える。

(3) 実用化・市場化の状況

本技術開発を元に、平成25年3月にPAdeCS製造プラント(能力2,000t/年)が当社コンクリート製品製造子会社に竣工し、平成25年4月から稼働を始めている。[写真1,2] また、PAdeCSによるリン資源リサイクルの実用化及び普及を図るため、PAdeCS研究会を平成24年4月に設立し、その会員8社によるPAdeCSの事業化展開の体制を構築した。現在は、PAdeCS研究会を中心に、その効用について幾つかのプロモーションをし、市場開発を行っているところである。

現在、福岡県豊前市の浄化センターにおいて、下水処理返流水を対象としたリン除去実証実験を行っている。ここでは、汚泥返流水中のリンが簡易な通水装置[写真3]で約1/2に低減できている。



写真1 炭カル晶析槽



写真2 PAdeCS 破碎・粒調装置



写真3 通水式脱リン装置

PAdeCS の他用途開発の一環として、全国に散在している廃鉱山の坑廃水及び酸性温泉廃水の中和剤があげられる。現状使用されている石灰石や消石灰の代替として、十分使用できるという予備的な結果を得ているところである。また、茨城県では霞ヶ浦において、流入する河川水の浄化により、湖のアオコ発生の抑制につながる実証実験を公募しており、鋭意これに応募し、その効果を実証しようとしている。

(4) 技術開発の完成度、目標達成度

本技術開発では、コンクリートスラッジ及びボイラー排ガスから、炭酸カルシウム及びリン除去剤(PAdeCS)を製造するパイロットプラントを設置し、試験運転を行った結果、スラッジ処理量、二酸化炭素による廃水中和、炭酸カルシウムの回収及び PAdeCS の製造など、概ね目標能力を達成した。そこで生産される PAdeCS は、リン含有廃水からの有効なリン除去性能を有し、除去されたリンはヒドロキシアパタイト(HAP)として晶析するため、回収も可能である。また、ボイラー排ガス中の二酸化炭素を固定した軽質炭酸カルシウムは、純度も高く付加価値も高いと考えられる。また、技術開発期間中に 1 件、期間終了後に 1 件の特許を出願している。

PAdeCS は、リン除去機能だけでなく、アオコ対策、脱臭・脱色、重金属除去及び中和剤などの機能が期待され、各機能の実証実験を経て、その評価を行っているところである。中和剤としての具体的な機能把握とその成果をもって、鉱害防止対策で使用されている天然資源中和剤に取って代わるべく活動しているところである。リンを吸着した材料(POdeCS)は、リン鉱石代替品として、輸入リン鉱石と同様の効果が期待できる。また、炭酸カルシウムは、事業化促進のため需要先にサンプル提供を行っている。

(5) 技術開発に関する結果

・成功点

本技術開発は、これまで産業廃棄物であったコンクリートスラッジを有価物に再資源化すること、硫酸で中和していた高アルカリ性の廃水をボイラー排ガス(二酸化炭素)で中和することで、産廃処分費及び中和処理費を削減するだけに留まらず、再資源化した有価物(PAdeCS、炭酸カルシウム)の販売による収益を得ることを可能にした。また、本技術は、常温常圧・化学物質の使用無しで行えるため、簡易で安価な装置とすることができ、結果として製造された PAdeCS は、現状のリン除去剤に対して安価な価格に抑えることを可能にした。

・残された課題

リン除去剤の市場評価は、「リン資源化技術」、「下水処理場の特性」及び「需用者のニーズ」のマッチングが重要である。既存の市場に対し、マーケットイノベーションとも言える行動は、中々思うような進展が見られない。PAdeCS は、循環型社会形成のお手本のような、「物質循環の確保」、「天然資源の消費抑制」及び「環境負荷の低減」の要素は十分に具備しているが、現状はリン資源リサイクル事業化への検討段階である。これは、関連する業界の行動に左右されるが、リン鉱石の価格など国際的な動向にも大きく影響を受けるものである。

3. 対応方針

(1) 今後の見通し

先に述べたように、工場に設置した製造プラントで PAdeCS の生産を行いつつ、PAdeCS のリン除去剤としての実証実験を随時行っていく。また、PAdeCS の他用途機能に着目していく場合、需用者別の要望にうまくマッチングする機能に注力し、実績を重ねていくことが肝要と考える。鉱害防止対策に用いられる天然資源中和剤の代替品としての活用展開、閉鎖水域のアオコ発生抑制剤としての利活用などに採用されるよう、実証実験を経て、実採用されるよう精力的に活動していく。このような実績を積みながら、ここ数年のうちに、本来のリン除去剤として評価される見通しである。実証事例を早期に実現し、市場構築を目指していきたい。