

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 松澤 大起  
学位 博士 ( 農学 )  
学位記番号 新大院博 ( 農 ) 第 168 号  
学位授与の日付 平成 29 年 3 月 23 日  
学位授与の要件 学位規則第 4 条第 1 項該当  
博士論文名 非晶質様ケイ酸カルシウム水和物によるリン回収に関する研究

論文審査委員 主査 教授・末吉 邦  
副査 教授・大山 卓爾  
副査 教授・高橋 能彦  
副査 教授・小西 博己  
副査 准教授・大竹 憲邦

博士論文の要旨

過剰施用によって深刻な環境汚染を引き起こしているリンの効率的な使用やリンの再利用を進め、環境保全を図りつつ、リン鉱石の採掘量を減らして資源をできるだけ長く温存する取り組みを強化することは大切である。今日まで、河川、湖沼および海域の富栄養化を防止する目的で、下水道の終末処理場その他の排水からリンを除去・回収する様々な技術が開発され実用化されてきた。本論文は、 $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$  系原料より生成する非晶質様ケイ酸カルシウム水和物 (C-S-H : Calcium Silicate Hydrate) をリン回収材として用い、得られたリン回収物を副産リン酸肥料として活用するために行った研究の結果を述べている。

本論文で述べられた主要な結果は以下の 1)~3) のとおりである。

1) C-S-H の物性とリン回収率との関係

C-S-H は使用する原料や製法により比表面積、粒子径および JIS に規定する嵩密度などの物性が様々に変化し、リン回収率も異なる。しかしながら、C-S-H の各物性の違いが C-S-H のリン回収率にどのような影響を及ぼすのかについては不明である。そこで、C-S-H の各物性とリン回収率との関係を明らかにするため、異なる原料と方法により様々な C-S-H を合成し、それぞれの C-S-H の持つ各物性、すなわち粒子径、比表面積、嵩密度、結晶子サイズとリン回収率との関連を調査した。その結果、C-S-H によるリン回収は 30 分以内にはほぼ完結していたが、リン回収率は、C-S-H の粒径、比表面積および嵩密度とは相関がなく、結晶子サイズと高い負の相関がみられた。すなわち、結晶子サイズの小さい C-S-H ほどリン回収率が高いことが示された。また、結晶子サイズの小さい C-S-H は、合成温度を下げることで合成できることも明らかにした。

2) C-S-H を用いた消化汚泥脱離液からのリン回収実証試験

1) では消化汚泥脱離液を想定した模擬排水を使用した。ここでは函館湾流域下水道浄化センターで連続処理式の設備を設置し、汚泥を生物還元法により処理して得られた消化汚泥脱離液を対象として、C-S-H を用いたリン回収実証試験を実施し、回収物を副産リン

酸肥料として使用できるか検証した。季節ごとに調査した結果、消化汚泥脱離液のリン酸濃度の変動にもかかわらず、リン回収率は70%以上で安定しており、どのリン回収物も副産リン酸肥料の規格である可溶性リン酸15%を満たしていた。また、リン回収物は重金属をほとんど含まず、さらにコマツナの生育に対しても異常症状がみられなかった。以上のことから、C-S-Hを用いたリン回収物が副産リン酸肥料として登録が可能であることが示された。

### 3) C-S-Hによるリン回収物のコマツナに対する肥効

コマツナに対するリン回収物の肥効試験として、市販肥料の熔成リン肥（熔リン）や過リン酸石灰（過石）と比較した。リン回収物を施用した区のコマツナのリン酸吸収量は、熔リンおよび過石を用いた場合とほぼ等しく、収穫後土壌の可給態リン酸は、市販肥料を施肥した区よりも有意に高かった。収穫後土壌の可給態リン酸が熔リンよりも高かった原因は、肥効と相関性が高いと考えられている中性クエン酸アンモニウム溶解性リン酸濃度が高いためと考えられた。過石より高かった原因としては、過石が水溶性リン酸を多く含む一方で、C-S-Hによるリン回収物はそれをほとんど含まないために、土壌中でアルミニウムと結合して不溶化しなかったことが考えられた。

#### 審査結果の要旨

本論文において、松澤氏は、C-S-Hのリン回収能が結晶子サイズによって適切に評価することができ、また、C-S-Hの結晶子サイズが合成温度により制御できることを初めて示した。また、C-S-Hを用いた消化汚泥脱離液からのリン回収物が副産リン酸肥料として登録可能であることを明らかにするとともに、その消化汚泥脱離液リン回収物がコマツナに対し市販リン酸肥料と同等の肥効を示すことを述べている。以上、本論文で述べられている研究は、過剰施用によって深刻な環境汚染を引き起こしているリンの再利用を進める技術の進展に重要な貢献をした。また、研究成果の主要部分は、日本土壤肥料学雑誌に筆頭著者論文として掲載されることが決定している。

よって、本論文は博士（農学）の博士論文として十分であると認定した。