

審査の結果の要旨

氏名 エドウィン マウリシオ コルドバ ウダエタ

日本は必要なリン鉱石の全量を海外からの輸入に依存しているため、安定的な資源確保に対する不安が顕在化している。そのため、下水汚泥灰 (SSA) からリンを有用な形で取り出すために、熱化学的方法と浸出工程の研究が行われている。しかしながら、これらリン回収技術は大量のエネルギーを必要とし、環境負荷も大きい。そこで本研究では、SSA からリンを回収し、希少かつ様々な用途で利用可能なリン酸塩を得るための方法論を新たに3つ提案した。初めの2つの手法では、肥料としての利用に適したリン酸化合物を回収することを目的としている。この方法では物理的処理技術が採用されており、伝統的な手法と比較して環境負荷が小さいという長所がある。一方で3つ目の手法は、リン酸塩化合物であるヒドロキシアパタイト (HAP) を得ることを目的としている。HAP を工業的に利用することで、生体を模倣した人工の歯や骨などの生体材料を造成することができる。

第1章では、リンの重要性および SSA からリン酸塩を回収するリサイクルの必要性について紹介している。また、本論文で検討する手法の背景について詳しく論じた上で、本研究の位置づけとアプローチの新規性を整理している。

第2章では、炭素熱反応に続いて高勾配磁気分離 (HGMS) と浮遊選別を行うことにより、SSA からリンを回収する方法について議論している。ここで炭素熱反応は SSA の磁化を増加させることを明らかにし、さらに、HGMS に続けて浮遊選別を行う手法に関するテストから、HGMS 後の鉄は非磁性の破片から分離され、リンが浮選フロスに蓄積するという事実が示された。したがって、これらの処理を順次行えば、リンを比較的高密度に濃縮することができる。

第3章では、熱処理と液相分離を用いた SSA 中のリンの回収方法を提案している。SSA の熱処理によって、リン酸カルシウムのシリコン置換相であるシリコカアノタイトが得られるということが示された。また液相分離の捜査段階では、ドデシル硫酸ナトリウム (SDS) を界面活性剤として用いることで、シリコカアノタイトを水と灯油の混合溶液の有機溶媒部分に濃縮できることを明らかにしている。

第4章では、SSA 中から回収したリン酸塩を HAP 合成の前駆体として利用するという、HAP の新たな合成手法を提案している。この合成手法は、高アルカリ条件下で行われ、水酸化カルシウムスラリーにリン酸水溶液を添加する。この場合、HAP の化学量論組成比 (Ca/P 比 = 1.67) となるような割合で水酸化カルシウムスラリーにリン酸水溶液を添加する。合成開始後には、SSA から回収されたリンが前駆体とし

て利用される様子も観察された。この一連の新たな手法は、高価格の反応物質や高温の反応条件、オートクレーブのような加圧機器を必要としない。すなわち、伝統的な HAP 合成手法と異なり、実装拡大へのハードルの少ない代替手法として意義深い成果といえる。

第5章では、本研究の主要成果を要約するとともに、下水汚泥灰中のリンの回収と、リン酸塩化合物合成の新たな手法を提示している。また、本論文の寄与とさらなる課題などが整理されている。

以上を要するに、本論文は下水汚泥灰中のリンの回収と、リン酸塩化合物合成を低コスト高効率で実施する新たな手法を提案した。合成して得られた HAP 粉体とセラミックスの生体親和性は、自然に生成された物と同等であることが生体試験で示されているため、このような HAP は非常に有用であり、工学的寄与の非常に高いものであると言える。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。