

## カルシウム法による下水汚泥焼却灰からのリン回収繰り返し実験

大同大学大学院 学生会員 ○ 葉 妹燦  
 大同大学 正会員 堀内 将人

### 1. はじめに

リン鉱石の国際価格が上昇を続ける現代において、下水および下水汚泥からの効率的なリン回収技術の開発・実用化は、わが国の重要な研究課題の一つである。当研究室ではこれまでに、下水汚泥焼却灰からリンを効率的に回収する方法としてカルシウム法およびナトリウム法に注目し、効率的かつ実用的なリン溶出条件および回収条件に関して実験的検討を積み重ねている。本稿では、N市内のS下水汚泥処理場から排出された汚泥焼却灰（以下、焼却灰）に、高橋らが提案したカルシウム法<sup>1)</sup>を改良した上で適用し、8回の繰り返し実験による溶出率と回収率の変化について検討した結果を報告する。なお、カルシウム法における焼却灰からのリンの溶出操作はナトリウム法と同じであるため、昨年度ナトリウム法として報告した操作条件<sup>2)</sup>を援用しつつ、さらに簡略化を試みている。

### 2. カルシウム法とは

カルシウム法とは、焼却灰をアルカリ溶液中で攪拌させることにより、リンを溶出させ、溶出液に水酸化カルシウムを添加することで、リン酸カルシウムとして回収する方法である。カルシウム法によって得られる回収物はリン酸含有量が高く、農業利用として肥料などに適している。

### 3. 実験方法

実験操作のフローチャートを図-1に示す。本研究では、カルシウム法によるリン回収操作を8回繰り返した。

これまでの研究から、対象汚泥焼却灰に対しては、アルカリ濃度 2.25mol/L、液固比 5 : 1、回転攪拌および曝気時間 20 分、溶出温度 50℃ が、最も効率的な溶出条件であるとの実験結果を得ている。本研究ではこれらの条件を適用するとともに、溶出工程の簡略化、省エネルギー化を目的として、恒温振とう器を使わず水酸化ナトリウムの溶解熱だけで回転攪拌を行った。

### 4. 実験結果と考察

表-1は、リン溶出率を繰り返し回数ごとに示している。最も高い溶出率(補正後)を示したのは7回目の68%、逆に最も低いのは2回目の52%であった。ほとんどの回で溶出率 60%以

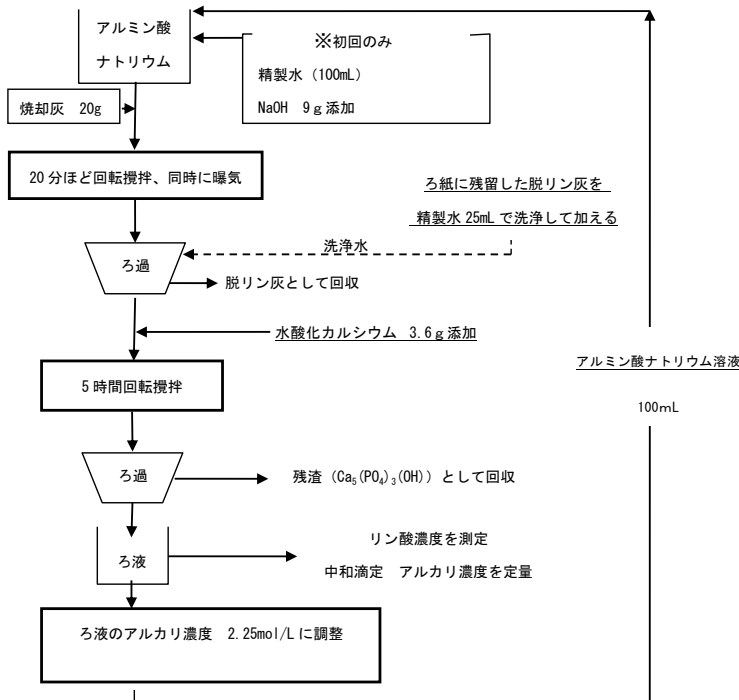


図-1 カルシウム法のリン回収フローチャート

表-1 リン溶出工程の実験結果

回数	リンの溶出量(mg)		全量濃度 (mg/20g)	溶出率	
	前回残留 補正前	前回残留 補正後		前回残留 補正前	前回残留 補正後
1回目	/	957	1434	/	67%
2回目	839	749	1434	58%	52%
3回目	/	/	1434	/	/
4回目	1092	900	1434	76%	63%
5回目	1044	865	1434	73%	60%
6回目	1034	920	1434	72%	64%
7回目	1086	973	1434	76%	68%
8回目	1052	869	1434	73%	61%
平均	/	891	/	/	62%

キーワード 下水汚泥焼却灰、リン回収、カルシウム法

連絡先 〒457-8532 愛知県名古屋市南区白水町 40 大同大学 TEL 052-612-5571

上を得たが、2回目だけが他と比べ約10%低い、その他の回では溶出率は60%以上で安定している。2回目以降は前回の回収工程で残留したリンが溶液中に含まれているため、溶出液中のリンの総量から残留分を差し引き、各回で新たに投入した焼却灰からの正味の溶出量を算出している。

補正前と補正後を比較すると、前回溶出したリンが約10%回収されずに残留していることが分かる。3回目は溶出工程時で試料を取り忘れたため溶出率を求めることができなかった。今回の実験では、溶出工程での恒温振とう器による温度調整はせず、水酸化ナトリウムの溶解熱だけを熱源として利用したが、それでも平均62%という比較的高い溶出率を得ることができた。

図-2は、本研究で得たカルシウム法による溶出率と昨年度報告したナトリウム法の溶出率<sup>2)</sup>とを比較している。ナトリウム法の平均溶出率66%よりも、今回のカルシウム法の平均溶出率の方が低いが、溶出操作を8回繰り返しても溶出率がほぼ安定している。

表-2はリン回収率を繰り返し回数ごとに示している。溶出液からの回収率は平均81%であり、8回目以外はほぼ安定して高い数値を得ている。

5. 回収物中のリン含有率

回収物を希硝酸またはクエン酸で溶解し、イオンクロマト分析器で溶液中のリン濃度を測定した。図-3に回収物中のリン酸とク溶性リン酸の含有率を示す。測定結果の $PO_4^{3-}$ 含有率(43%)を $P_2O_5$ 含有率に換算すると、33.2%になる。 $P_2O_5$ の含有率が30%を超えるリン鉱石は富鉱と呼ばれている。また、ク溶性リン酸の含有率は32%と高く、肥料に適している。

6. おわりに

溶出工程時、昨年度は恒温振とう器を使い50℃に温度調整していたが、今年度は水酸化ナトリウムの溶解熱のみを利用して別途温度調整はせず、実験手順の簡略化と低コスト化、省エネルギー化を試みた。8回の繰り返し実験を通して溶出率は平均60%を保っており、水酸化ナトリウムの溶解熱だけで十分効果があると判断できる。なお、カルシウム法に比べて、ナトリウム法でのアルカリ調整時の水酸化ナトリウムの添加量が少ないため、ナトリウム法の溶出工程では恒温振とう器で温度調整の必要がある。今後は溶出率をより高めるために、焼却灰の前処理等について実験的検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 高橋泰弘、宇城硯弥、原文俊、高橋茂彦：焼却灰中からの資源回収方法(カルシウム法)の実用化に向けた改良に関する研究、下水道協会誌、Vol.42、No.509、pp.91-99、2005
- 2) 葉妹燦他：ナトリウム法による下水汚泥焼却灰からのリン回収の効率化に関する実験的検討、土木学会第68回年次学術講演会、pp.213-214、2013

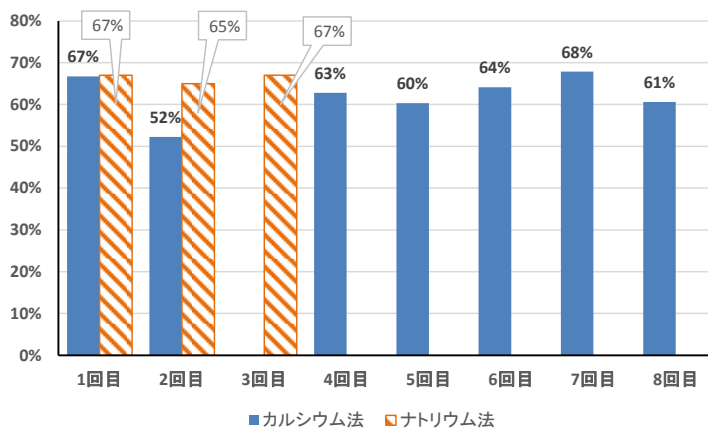


図-2 カルシウム法とナトリウム法の溶出率の比較

表-2 リン回収工程の実験結果

回数	ろ液中リンの残留量 (mg)	溶液中リン総量 (mg)	リンの回収量 (mg)	溶液からの回収率 (%)	焼却灰からの回収率 (%)
1回目	108	957	849	89%	59%
2回目	165	839	674	80%	47%
3回目	231	/	/	/	/
4回目	205	1092	887	81%	62%
5回目	137	1044	907	87%	63%
6回目	147	1034	887	86%	62%
7回目	229	1086	858	79%	60%
8回目	339	1052	714	68%	50%
平均	195	1015	825	81%	58%

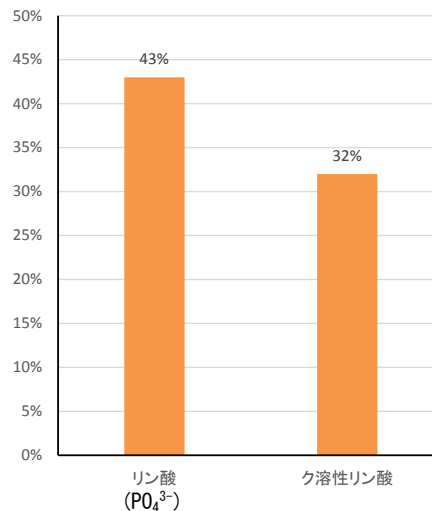


図-3 回収物中リン酸とク溶性リン酸の含有率