

ナトリウム法による下水汚泥焼却灰からのリン回収に関する実験的検討

大同大学大学院 学生会員 ○ 葉 妹燦
 大垣ガス (株) 安田 光宏
 大同大学 正会員 堀内 将人

1. はじめに

現在、利用できるリン資源は、ほとんどがリン鉱石である。リン鉱石採掘可能埋蔵量は約 180 億トンが確認されており、年間約 1.5 億トンが産出、消費されていることから、今後 50 年～100 年で枯渇と言われてい

る。日本の下水汚泥のリン負荷量は年間約 40,000 トンで、リン鉱石として日本に輸入されるリンの約 4～5 割に相当し、年々増加傾向にある。しかし、下水汚泥に含まれるリンのうち、現在有効利用されている割合は約 1 割に過ぎない。本研究では、N 市内 2 ヶ所の下水汚泥処理場（S 下水汚泥処理場、Y 下水汚泥処理場）から排出された汚泥焼却灰（以下、焼却灰）に川崎市建設局の宇城等が提案した「ナトリウム法」¹⁾ を適用した。本稿では、焼却灰からのリンの溶出に最適な条件、ナトリウム法における焼却灰のリンおよび重金属の各相への分配に注目し実験的検討を行った結果を報告する。

2. ナトリウム法による下水汚泥焼却灰からのリン回収

2-1 ナトリウム法とは

ナトリウム法とは、焼却灰中のリンとアルミニウムをアルカリ溶液中で選択的に溶出させ、得られた溶出液に水酸化ナトリウムを添加し、放冷することでリンをリン酸ナトリウムとして結晶化させて回収する方法である。

2-2 水酸化ナトリウム添加率に関する検討

2-2-1 実験方法

焼却灰 10g に精製水 25mL と所定量(7%~10%)の水酸化ナトリウムを加え、振とう器を用いて 40℃で 1 時間攪拌し、焼却灰からリンを溶出させる。リン溶出液は精製水で希釈し、モリブデン青吸光光度法によりリンの定量を行った。

2-2-2 結果および考察

水酸化ナトリウム添加率の違いによるリン溶出率の変化を図-1 に示す。水酸化ナトリウム添加率が 9%で、溶出率は最大値（S 焼却灰 62%、Y 焼却灰 54%）を示した。一方、宇城らの研究では、水酸化ナトリウム添加率が 6%の時にリン溶出率が最大値を示した¹⁾。本研究の結果と異なるのは、下水汚泥中のリン濃度の違い（川崎市:61.0g/kg¹⁾、S 焼却灰:71.7 g/kg²⁾、Y 焼却灰:88.1 g/kg²⁾）が原因の 1 つであると考えられる。

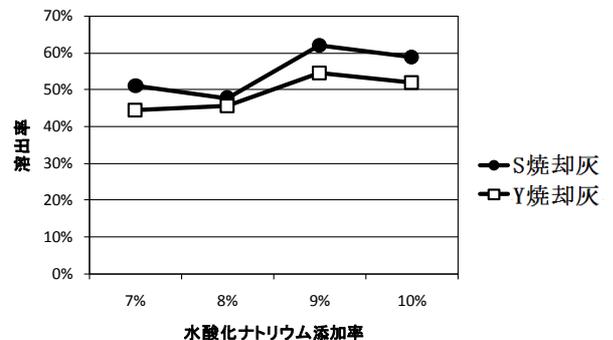


図-1 水酸化ナトリウム添加率の違いによる溶出率の変化

2-3 リン回収法の適用

2-3-1 実験方法

100mL のポリびんに焼却灰 10g、精製水 25mL と水酸化ナトリウム 2.25g を加え、40℃で 1 時間攪拌し、5C のろ紙で吸引ろ過を行い、ろ液を採取する。その際に焼却灰を 25mL の精製水で洗浄し、洗浄水もろ液に加える。ろ紙上の残渣物(脱リン灰)も回収しておく。ろ液に水酸化ナトリウム 2.25g を加え、手でよく振り、室温で放冷した後、5C のろ紙で吸引ろ過を行い、ろ液を採取する。この時、ろ紙上の残渣物（リン酸ナトリウムを主成分とする固形物）も回収しておく。ろ液（アルミン酸ナトリウム溶液）は、次のアルカリ溶出に使用する。回収した 2 種類の残渣物を乾燥器で 60℃で 24 時間乾燥し、脱リン灰とリン酸ナトリウムを主成分とする回収物を得る。

キーワード 下水汚泥焼却灰, ナトリウム法, リン回収, 重金属

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

以上の操作を3回繰り返し行った。回収したアルカリ溶出液、アルミン酸ナトリウム溶液を精製水で希釈し、モリブデン青吸光度法によりリン濃度を、ICP質量分析器 (Agilent7500ce) により重金属濃度を定量した。

2-3-2 結果および考察

表-1 ナトリウム法 焼却灰 10g 当たりの実験結果

処理場	回数	リン溶出量 (mg)	脱リン灰中のリンの総量 (mg)	アルミン酸ナトリウム溶液中のリン溶出量 (mg)	固形物中のリンの総量 (mg)	溶出率リン溶出量/全量濃度	回収率固形物中に固定されたリン/全量濃度	全量濃度 (mg/10g)
S	1回目	341	376	46.7	295	48%	41%	717
	2回目	321	396	38.1	330	45%	46%	
	3回目	254	463	65.0	227	35%	32%	
	平均値	306	412	49.9	284	43%	40%	
Y	1回目	379	503	37.6	341	43%	39%	881
	2回目	299	583	46.9	289	34%	33%	
	3回目	241	640	65.2	223	27%	25%	
	平均値	306	575	49.9	284	35%	32%	

焼却灰 10g 当たりの実験結果を表-1 にまとめる。リンの平均溶出量は、S 焼却灰 306mg、Y 焼却灰 306mg となった。リンの溶出率は工程を繰り返すたびに S 焼却灰、Y 焼却灰ともに減少した。リンの平均溶出率は S 焼却灰 43%、Y 焼却灰 35%であった。脱リン灰中のリンの平均残留量は、S 焼却灰 412mg、Y 焼却灰 575mg もあり、脱リン灰中に多くリンが残留してしまっ

た。リンには、セメントの硬化時間を長くし、強度を低下させる特徴があるため、セメント材への混入率を低下させなければ利用できない。より効率の良い脱リン条件を検討する必要がある。

リンの平均回収量は、S 焼却灰 284mg、Y 焼却灰 284mg であり、リンの平均回収率は S 焼却灰 40%、Y 焼却灰 32%であった。溶出したリンのうち、S 焼却灰では平均 93%、Y 焼却灰では平均 91%程度回収できていた。

今回ナトリウム法を3回繰り返し行ったところ、S 焼却灰、Y 焼却灰ともに工程を繰り返すたびにリン溶出率、回収率が 10%程度減少した。リン酸ナトリウムの結晶化により、アルミン酸ナトリウム溶液中のナトリウム濃度が減少したことが原因と考えられる。このため、2 回目以降は焼却灰からアルカリ溶出させる際、新たに水酸化ナトリウムを添加する必要があると考える。

3. 重金属の分配

Cr、Mn、Fe、Ni、Cd、Sn、Sb、Pb は、どの条件でも焼却灰からの溶出は低く無視できた。これらの重金属はアルカリ抽出時に、リン酸イオンと挙動が異なるためと考えられる。図-2 は、焼却灰からの溶出、回収物への移行が見られた As と Se の各相への分配を3回の繰り返し実験の平均値としてまとめている。図-2 および繰り返しによる分配の変化から次のことが言える。

As・・・S 焼却灰では平均 70%程度脱リン灰に固定されており、固形物中に 20%程度移行した。Y 焼却灰では、工程を繰り返すたびに脱リン灰への移行率が上がった。固形物中には約 22~73%移行した。

Se・・・S 焼却灰では平均 45%程度脱リン灰に固定されており、固形物中に 11%程度移行した。Y 焼却灰では、37%程度しか脱リン灰に固定できなかった。1 回目で固形物中に 2%移行したが、2 回目以降は固形物への移行はほとんどなく、ほぼ全てがアルミン酸ナトリウム溶液に移行した。

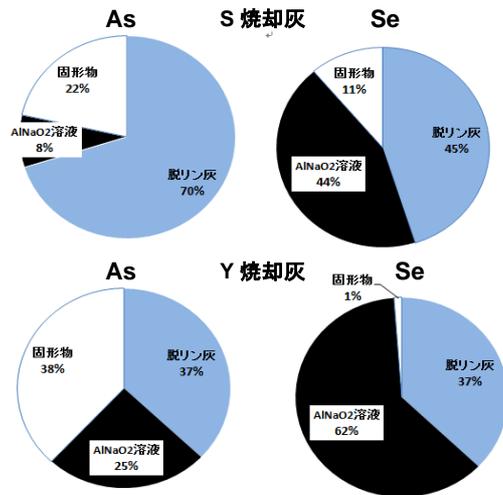


図-2 ナトリウム法における各相への As と Se の分配 (3 回繰り返しの平均値)

4. おわりに

今後に残された課題を以下に要約する。

- (1) S 下水汚泥処理場と Y 下水汚泥処理場における汚泥処理工程違いが、リン回収および重金属の分配に及ぼす影響をより詳細に検討する。
- (2) ナトリウム法において、溶出、回収条件や濾過方法を見直し、溶出率、回収率の改善を検討する。

参考文献

- 1) 宇城碩弥：再生と利用、Vol.26、No.98、pp. 52-57、2003 年
- 2) 安田光宏：大同大学大学院工学研究科修士論文、2011 年 2 月