

## カルシ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 ○安田 光宏  
 ケイコン(株) 落合 良平  
 大同大学 正会員 堀内 将人

### 1. はじめに

リン鉱石の世界的な枯渇や中国国内における需要増により、リンの価格上昇傾向は避けられない状況にある。一方、下水高度処理の普及に伴い、下水汚泥焼却灰には高濃度にリンが濃縮されている。そのため、下水汚泥焼却灰は、数少ない国内供給可能なリン資源として注目を集めており、リン回収の実用化に向けての技術開発も進んでいる。

発表者らは昨年の年次講演会において、下水汚泥焼却灰からのリンの回収方法(以下、カルシウム法)に関する結果を報告し<sup>1)</sup>、リンの効率的な溶出が今後の課題であると述べた。本研究では、高橋等<sup>2)</sup>が提案したカルシウム法をN市の汚泥焼却灰に適用し、実験条件が焼却灰からのリンの溶出率に及ぼす影響について検討した。また、カルシウム法における下水汚泥中重金属等の挙動、リン酸カルシウムを主成分とした回収物(以下、回収物)の資源としての利用可能性についても検討した。

### 2. カルシウム法の効率化

#### 2-1 実験の目的

カルシウム法において、より効率良くリンを溶出させるため、反応温度、振とう時間、アルカリ濃度、液固比について実験的検討を試みた。本概要では、振とう時間がリンの溶出に及ぼす影響について検討した結果をまとめる。なお、S 汚泥処理場の焼却灰を S 焼却灰、Y 汚泥処理場の焼却灰を Y 焼却灰と略記する。

#### 2-2 実験方法

250mL ポリビンに S 焼却灰または Y 焼却灰 20g と精製水 100mL と水酸化ナトリウム 5g を加え、振とう器(アズワン社製, TR-2A, 168rpm)で 10 分, 30 分, 60 分, 180 分, 360 分攪拌する。振とう後吸引ろ過してろ液を採集し、ろ液中のリン濃度をモリブデン青吸光光度法により測定した。

#### 2-3 結果および考察

S 焼却灰の場合は 60 分の振とうで溶出率が最大値(55%)を示したが、180 分までの差は僅かである。Y 焼却灰の場合も 180 分までの溶出率はほぼ同じ(45%)であった。両者ともに振とう 360 分ではリンの溶出率が 15%付近まで低下した。以上の結果からリンの溶出は初めの 10 分間でほぼ完成しているといえる。6 時間後の溶出率の低下については、一度抽出されたリンが、同じく抽出された Ca, Al, Fe などと結合し再沈殿した可能性が考えられる。確証を得るために、今後実験的、理論的検討が必要である。

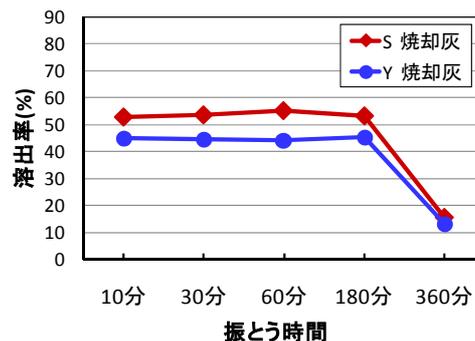


図-1 振とう時間の違いがリンの溶出率に及ぼす影響

### 3. カルシウム法における下水汚泥焼却灰中重金属等の分配

#### 3-1 実験の目的

本研究で検討したカルシウム法は、焼却灰中の重金属等も溶液中や回収物中へ移行させる可能性をもつ。本法の適用に伴って生じる重金属等諸元素の固・液相への分配を、液相中元素濃度の分析結果を基に評価する。

#### 3-2 実験方法

カルシウム法(3 回繰り返す、実験方法は前報<sup>1)</sup>に記載)において得られたアルカリ溶出液、ならびにアルミン酸

キーワード 下水汚泥焼却灰, カルシウム法, 重金属溶出, リン回収  
 連絡先 〒457-8532 愛知県名古屋市南区白水町 40 大同大学 TEL052-612-5571

ナトリウム溶液中の元素濃度を ICP 質量分析器(Agilnt7500ce)により定量した。溶液中元素濃度から各液相・固相中に含まれる元素量を算出する。焼却灰中全量元素濃度は、前報の結果<sup>1)</sup>を利用し、各相に移行した元素の割合を算出した。

3-3 結果および考察

カルシウム法は、焼却灰からのアルカリ抽出を基本原理としているため、アルカリ溶液に対して易溶性を示す As の混入量が肥料利用の可否を決めるポイントとなる場合が多い<sup>3)</sup>。As に関する実験結果を図-2 にまとめる。S 焼却灰の場合

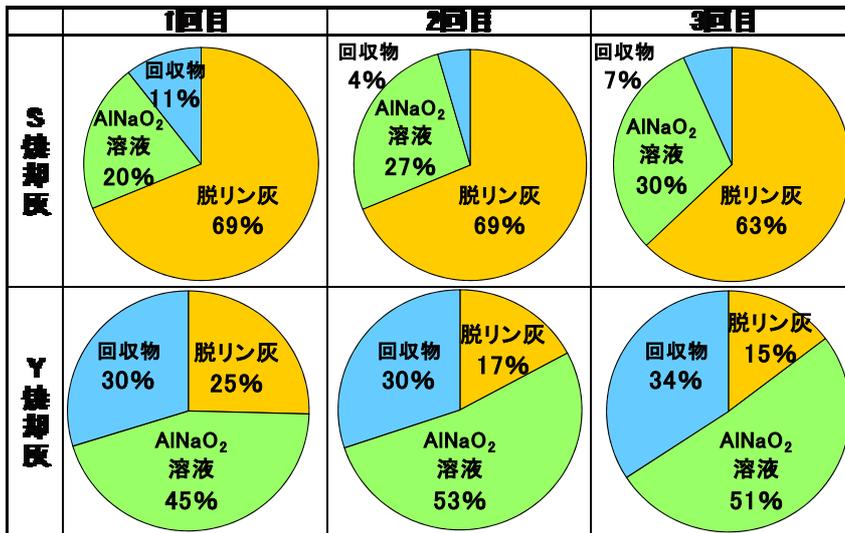


図-2 カルシウム法における下水污泥焼却中 As の分配

は半分以上が脱リン灰に固定できていたが、工程を繰り返すたびに焼却灰からの溶出率が上がっている。Y 焼却灰の場合、平均約 20%程度しか脱リン灰に固定できず、アルミン酸ナトリウム溶液中に約 50%、回収物中に約 30%移行している。両焼却灰の結果の相違は、処理工程の違いが原因ではないかと考えられる(各処理工程は前報<sup>1)</sup>に記載)。両焼却灰からの回収物には数%~30%程度の As が含まれることから、回収物を資源利用する場合には、As の可溶性が今後問題となろう。

表-1 精製水抽出法による污泥焼却灰と回収物からの溶出量

元素	S焼却灰			Y焼却灰		
	焼却灰	中和処理前の回収物	中和処理後の回収物	焼却灰	中和処理前の回収物	中和処理後の回収物
B	410	64.9	ND	643	124	ND
Al	46.2	2270000	4380	17.3	296000	15900
Cr	0.281	50.9	ND	0.371	56.9	26.8
Mn	2310	ND	ND	510	ND	ND
Fe	36.0	1450	210	8.19	7.15	198
Ni	367	1.69	24.5	99.4	ND	16.6
Cu	32.5	ND	ND	5.49	ND	ND
Zn	1830	80.5	396	144	12.5	391
As	139	589	17.1	109	229	ND
Se	20.4	34.5	ND	26.4	17.2	ND
Cd	2.13	0.876	ND	1.02	0.247	ND
Sn	2.48	40.7	ND	1.21	20.3	ND
Sb	2.08	65.1	ND	5.38	12.6	ND
Pb	0.686	ND	ND	0.399	ND	ND

4. 回収物からの重金属等の溶出挙動

4-1 実験の目的

回収物ならびに、塩酸で中和処理した回収物に精製水抽出法を実施して重金属等の溶出量を求め、資源としての利用可能性について検討する。

4-2 実験方法

回収物または中和処理した回収物 3g に精製水 30mL を加え、20℃の恒温振とう器で 6 時間振とうさせ、上澄み液を採取し、試料液とする。溶液中の元素濃度を ICP 質量分析器により定量した。

4-3 結果および考察

測定結果を焼却灰の抽出結果とともに表-1 に示す。中和処理前の回収物では、Cr, As, Se が土壌溶出量基準を超過した。一方、中和処理後には S 焼却灰の As を除きすべての元素で基準を下回った。S 焼却灰の As も中和処理前に比べて 1/30 以上溶出量が低下した。中和処理することで、精製水による元素の溶出を大幅に抑えられることが確認できた。回収物からの Al の溶出量が非常に多いことから、回収物を肥料として利用する際には、Al の毒性にも配慮する必要がある。

5. まとめ

本研究ではカルシウム法の効率化について検討したが、アルカリ溶液によるリンの溶出において、十分な改善法を提示することはできなかった。今後更に実験条件を見直す必要がある。重金属等の挙動については、As が重要な重金属であること、回収物は中和処理することによって重金属の溶出を大幅に改善できることを示した。

参考文献

- 1) 安田光宏他, 土木学会第 64 回年次学術講演会, 第VII部門, pp.331-332, 2009
- 2) 高橋泰弘他, 下水道協会誌, Vol.42, No.509, pp.91-99, 2005
- 3) 守屋由介, 下水污泥焼却灰からのリン回収技術, 資源環境対策, Vol.45, No.6, pp.35-39, 2009