

下水汚泥からの重金属等の溶出とリン回収に関する実験的検討

大同大学大学院 学生員 ○安田 光宏
テクノス(株) 小林 久人
大同大学 正会員 堀内 将人

1. はじめに

下水汚泥に含まれる重金属類の多くは、脱水・消化・焼却などの一般的な汚泥処理によって汚泥中に濃縮される。したがって、汚泥の再利用においては重金属の溶出特性を把握することが重要である。また近年、下水汚泥中に高濃度で含まれているリンの回収・有効利用が検討されている。

研究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重金属等の溶出に関する種々の抽出実験を報告した¹⁾。本研究ではN市の3つの汚泥処理場で処理された汚泥焼却灰と脱水汚泥に対して精製水抽出法を実施し、汚泥の焼却処理が、下水汚泥中の重金属の溶出特性に及ぼす影響を考察した。また、高橋等²⁾が提案した下水汚泥からのリンの回収方法(カルシウム法)をN市の汚泥焼却灰に適用し、汚泥処理方法の違いがリン回収に及ぼす影響等について考察した。

2. N市の下水汚泥処理

N市には15ヶ所の下水処理場があり、各下水処理場から排出された下水汚泥は輸送管によって3ヶ所の汚泥処理場(S・H・Y汚泥処理場と略記する)に送られて処理されている。処理場ごとの使用凝集剤、脱水方法および焼却方法を表-1に示す。

表-1 N市汚泥処理場の使用凝集剤、脱水方法および焼却方法

処理場	S・Y	H
使用凝集剤	高分子凝集剤	塩化第二鉄・消石灰
脱水方法	ベルトプレス脱水機(S・Y) スクリーンプレス脱水機(S)	加圧式脱水機
焼却方法	流動焼却炉	多段式焼却炉

3. 下水汚泥からの重金属等の溶出特性

3-1 精製水抽出法

表-2 精製水抽出法による脱水汚泥と焼却灰中元素濃度

元素	処理場	単位(mg/kg)			元素	処理場	単位(mg/kg)		
		脱水汚泥	焼却灰	濃度比			脱水汚泥	焼却灰	濃度比
B	S(スクリーンプレス)	1.42	4.10	2.9	Zn	S(スクリーンプレス)	49.9	18.3	0.4
	S(ベルトプレス)	1.86		2.2		S(ベルトプレス)	58.1		0.3
	H(加圧式)	0.506	0.375	0.7		H(加圧式)	ND	0.789	—
	Y(ベルトプレス)	0.667	6.43	9.6		Y(ベルトプレス)	9.35	1.44	0.2
Al	S(スクリーンプレス)	2.01		0.2	As	S(スクリーンプレス)	0.926	1.39	1.5
	S(ベルトプレス)	1.77	0.462	0.3		S(ベルトプレス)	0.963		1.4
	H(加圧式)	47.8	45.0	0.9		H(加圧式)	0.124	0.001	0.01
	Y(ベルトプレス)	4.40	0.173	0.04		Y(ベルトプレス)	0.794	1.09	1.4
Cr	S(スクリーンプレス)	1.11		0.003	Se	S(スクリーンプレス)	0.142	0.204	1.4
	S(ベルトプレス)	1.13	0.003	0.002		S(ベルトプレス)	0.178		1.1
	H(加圧式)	0.047	0.087	1.8		H(加圧式)	0.081	0.035	0.4
	Y(ベルトプレス)	0.608	0.004	0.01		Y(ベルトプレス)	0.206	0.264	1.3
Mn	S(スクリーンプレス)	4.82		4.8	Cd	S(スクリーンプレス)	0.006		3.4
	S(ベルトプレス)	13.0	23.1	1.8		S(ベルトプレス)	0.008	0.021	2.8
	H(加圧式)	0.223	0.030	0.1		H(加圧式)	0.0003	0.001	4.5
	Y(ベルトプレス)	0.686	5.10	7.4		Y(ベルトプレス)	0.002	0.010	5.5
Fe	S(スクリーンプレス)	30.0		0.01	Sn	S(スクリーンプレス)	0.021		1.2
	S(ベルトプレス)	22.1	0.360	0.02		S(ベルトプレス)	0.011	0.025	2.2
	H(加圧式)	2.02	0.484	0.2		H(加圧式)	ND	0.002	—
	Y(ベルトプレス)	38.2	0.082	0.002		Y(ベルトプレス)	0.064	0.012	0.2
Ni	S(スクリーンプレス)	18.4		0.2	Sb	S(スクリーンプレス)	0.055		0.4
	S(ベルトプレス)	16.8	3.67	0.2		S(ベルトプレス)	0.055	0.021	0.4
	H(加圧式)	6.84	0.008	0.001		H(加圧式)	0.023	0.006	0.3
	Y(ベルトプレス)	10.6	0.994	0.1		Y(ベルトプレス)	0.025	0.054	2.1
Cu	S(スクリーンプレス)	28.3		0.01	Pb	S(スクリーンプレス)	ND		—
	S(ベルトプレス)	30.7	0.325	0.01		S(ベルトプレス)	ND	0.007	—
	H(加圧式)	24.6	0.006	0.0002		H(加圧式)	ND	0.013	—
	Y(ベルトプレス)	1.64	0.055	0.03		Y(ベルトプレス)	ND	0.004	—

溶出が抑制されている。特にFe, Ni, Cu, Znは、全汚泥処理場で焼却灰の方が溶出が抑制されていた。脱水汚泥を焼却することで、精製水による重金属等の溶出を抑えることができると考えられる。B, Cr, Mn, As, Seは、H汚泥処理場とS・Y汚泥処理場で溶出傾向が大きく異なっていた。HとS・Yで使用している凝集剤が違うことが原因の一つと考えられる。Cdは、いずれの処理場でも焼却灰の方が溶出濃度が高く、焼却処理が溶出を促進していた。

表-3 焼却処理による元素の溶出特性の変化

汚泥処理場	S	H	Y
促進された元素	B, Mn, Cd	Cr, Cd	B, Mn, Cd, Sb
変化なし	As, Se	B, Al	As, Se
抑制された元素	Al, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Sb	Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sb	Al, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn

キーワード 下水汚泥, 焼却灰, 脱水汚泥, 重金属溶出, リン回収

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

4. カルシウム法による汚泥焼却灰からのリン回収

4-1 実験方法 カルシウム法によるリンの回収方法を図-1 に示す。本研究では、図-1 に示す回収操作を8回繰り返した。

4-2 結果および考察 水酸化ナトリウムを添加することによる焼却灰からのリンの平均溶出率と、焼却灰から溶出したリンに対する、水酸化ナトリウム処理によりリン酸カルシウムとして回収されたリンの比率(リン回収率)を、高橋が実施した川崎市の結果とともに表-4、図-2 に示す。表-4 より S, Y 焼却灰は川崎市と同程度のリン溶出率であることがわかる。リンの平均回収率は S で 66%, H で 0.003%, Y で 47%であった。一方、川崎市の平均回収率は 90%以上と非常に高い。すなわち川崎市に比べて本研究では、焼却灰から溶出したリンが、水酸化カルシウム処理によって十分にはリン酸カルシウムとして固定されていない。また、H 汚泥は溶出率、回収率ともに他の焼却灰と比べてはるかに低い。H 処理場では凝集助剤として消石灰を使用しているため、H 汚泥中のリンの多くはすでにリン酸カルシウムとして存在しており、アルカリ条件で溶出しなかったと考えられる。

表-4 水酸化ナトリウム処理による焼却灰からのリン溶出率(平均値)(%)

汚泥処理場	S	H	Y	川崎市
溶出率	45	0.9	37	44

焼却灰 1t あたりのリン酸カルシウム回収量およびリン回収量を、8 回の回収操作の平均値として表-5 に示す。S, Y 焼却灰からは川崎市と同程度のリンおよびリン酸が回収できたとと言える。したがって、S, Y 汚泥は川崎市の汚泥に比べて溶出液中のリンの 1 回当りの回収率は低いものの、回収操作を繰り返すことで効果的にリンを回収できることが分かった。

表-5 焼却灰 1t あたりのリンおよびリン酸の回収量

汚泥処理場	S			H			Y			川崎市		
	リン	リン酸	固形物	リン	リン酸	固形物	リン	リン酸	固形物	リン	リン酸	固形物
平均値	30.9	94.8	211	0.00005	0.0002	143	27.2	83.3	234	28.9	88.5	200

固形物：カルシウム法により回収した固形物の総量

5. おわりに

下水汚泥を焼却処理することにより、多くの元素で精製水による溶出が抑制されることを示した。ただし、Cd は溶出が促進した。また、B, Cr, Mn, As, Se は汚泥処理方法の違いにより、溶出特性の変化に違いが見られた。

カルシウム法により、S 焼却灰と Y 焼却灰中のリンを効果的に回収できることを示した。H 焼却灰は凝集助剤として消石灰を添加しているため、カルシウム法によるリンの回収は困難であった。

参考文献

- 1) 小林久人他, 土木学会第63回年次学術講演会, 第 部門, pp.113-114, 2008
- 2) 高橋泰弘他, 下水道協会誌, Vol.42, No.509, pp.91-99, 2005

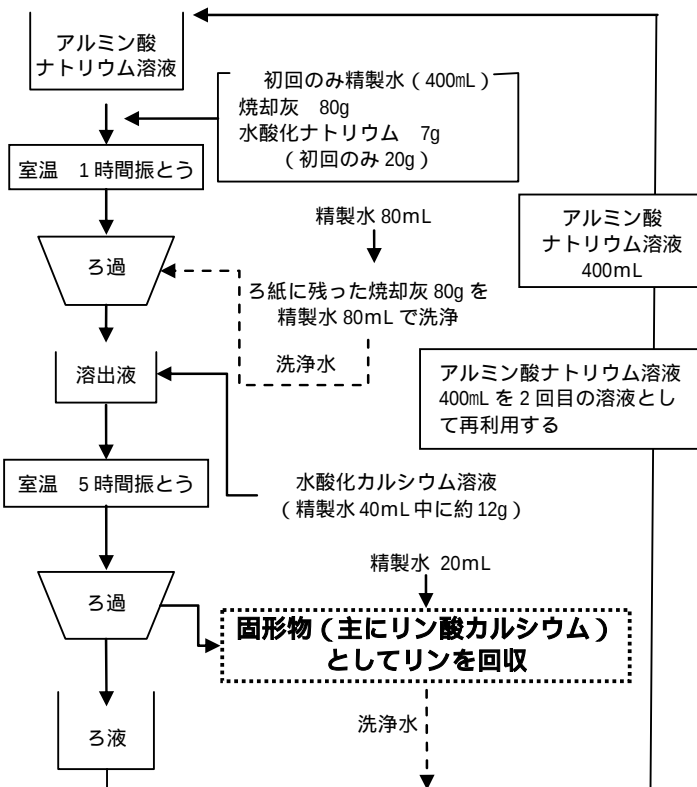


図-1 カルシウムによるリンの回収方法

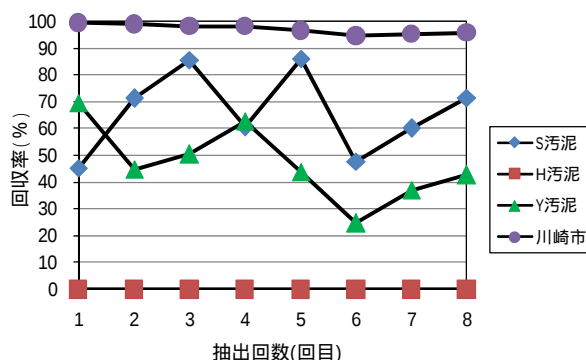


図-2 溶出したリンのうち固形物中に回収されたリンの比率