

月島機械㈱ 環境装置技術部 ○長沢 英和
岡田 晃久

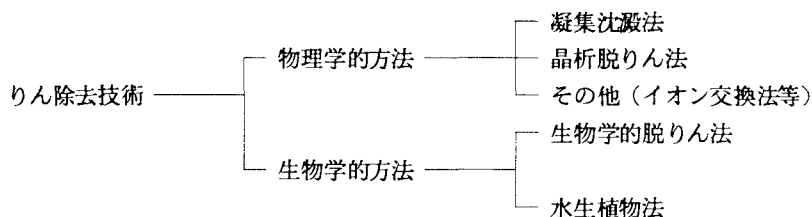
1. はじめに

近年、下水処理においては、りんの環境への影響を軽減するため凝集沈澱法や生物学的脱りん法など水処理における高度処理の採用が増加している。これにより汚泥中のりん濃度が高くなるが、汚泥からりんが返流水中に再溶出したり、脱水ケーキに取り込まれても焼却・溶融処理時に排ガス系のスケーリングや洗煙排水として再び水処理設備に戻され処理場内でりんが循環するなど挙動が問題となる。

筆者らは、高度処理における適切な汚泥処理システムを検討するため、最初にりん除去に凝集沈澱法と生物学的脱りん法を採用した場合の汚泥中の組成変化を検討した。続いてりん除去時に生成するりん含有量が高い汚泥の焼却灰について溶融処理時のりんの挙動を調査した。その結果、溶融条件の違いによるりんのスラグ側への固定化について知見を得たので以下に報告する。

2. 脱りん処理における焼却灰組成の検討

- (1) りん除去技術には、各種方法があるが、凝集沈澱法と生物学的脱りん法が主である。これらの脱りん処理により発生する汚泥の性状、即ち焼却灰（無機物）の組成が変化し溶融運転に影響を及ぼすと考えられる。



- (2) ここでは、凝集沈澱法と生物学的りん除去をした場合の汚泥の組成変化を検討した。

結果を表1に示す。

[検討条件]

- 1) 高分子凝集剤を使用した汚泥の組成を仮定
- 2) 凝集沈澱法としてPAC処理した場合
 - ① 流入水りん濃度8mg/L、放流水りん濃度0.5mg/Lと仮定
 - ② PACのアルミニウムが、全量汚泥中へ移行すると仮定
- 3) 生物学的脱りん法をした場合
 - ① 流入水りん濃度8mg/L、放流水りん濃度1.0mg/Lと仮定
 - ② 生物学的脱りん法では、汚泥から返流水へのりん溶出があるため、返流水を焼成ドロマイト(CaO・MgO)を用いて脱りんすると仮定

- (3) りんは、活性汚泥法でも流入水中の30～40%除去されるため脱りん処理しない場合も無機分中に10%程度含有している。脱りん処理した場合の試算では、生物学的脱りん法で23%、凝集沈澱法では25%になることが想定される。さらに流入水質の変動により無機分が少ない場合は、さらにりん濃度が高くなると考えられる。
- (4) 返流水からのりん除去技術として焼成ドロマイト($\text{CaO} \cdot \text{MgO}$)を使用して脱りんするとカルシウム濃度が高い汚泥が生成し熔融石材化(結晶化)の助剤として利用できると考えられる。

表 1 脱りん処理時の汚泥中の無機分組成の変化(試算例)

	活性汚泥法 (高分子汚泥)	凝集沈澱法 (PAC処理)	生物学的脱りん法			
			流入水処理 汚泥	返流水処理 汚泥	流入、返流水 汚泥混合時	
P_2O_5	10	25	23	14	22	dry%/無機分
SiO_2	32	26	27	9	25	dry%/無機分
CaO	6	5	5	42	10	dry%/無機分
Al_2O_3	15	31	13	4	12	dry%/無機分
Fe_2O_3	5	4	4	0	4	dry%/無機分
MgO	1	1	1	30	4	dry%/無機分
発生量	100	121	117	16	133	無機分重量比

3. 熔融操作におけるりんの挙動

3. 1 目 的

りん濃度が高い焼却灰のスラグ側へのりん移行率とカルシウム分と鉄分添加時のりんの挙動について調査する

3. 2 実験方法

焼却灰に酸化カルシウムを添加した。鉄分として塩化第二鉄と酸化鉄を添加した。ルツボに調整した焼却灰を入れ電気炉で熔融した。還元雰囲気にするために黒鉛を添加した。熔融温度は、1450℃であるが、鉄分を添加した条件では1550℃とした。

表 2 試料灰の組成

SiO_2	CaO	Al_2O_3	P_2O_5	Fe_2O_3	
26.6	9.1	26.1	22.9	4.9	dry%

表 3 実験条件

試料灰	酸化雰囲気				g
	100	100	100	100	
酸化カルシウム	0	32.2	37.7	0	g
酸化鉄	0	0	0	0	g
塩化第二鉄・六水和物	0	0	0	49.4	g
黒鉛	0	0	0	0	g

試料灰	還元雰囲気								g
	100	100	100	100	100	100	100	100	
酸化カルシウム	0	32.2	37.7	0	0	0	0	0	g
酸化鉄	0	0	0	4.0	8.0	13.1	0	0	g
塩化第二鉄・六水和物	0	0	0	0	0	0	13.5	27.0	g
黒鉛	13.3	13.3	13.3	26.0	27.0	28.3	28.4	31.8	g

3. 2 実験結果および考察

(1) りん移行率

- 1) 酸化雰囲気では、りんのスラグ側への移行率が高く酸化カルシウムを添加すると100%近く移行する。鉄分を加えても移行率が高くなった。
- 2) 酸化雰囲気では、X線回折によりリン酸カルシウム ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) の結晶が確認できた。
- 3) 還元雰囲気では、りんの移行率が低く48%程度であった。酸化カルシウム分加えると60%程度まで高くなった。鉄分を加えると77%まで移行率が高くなった。鉄分は、添加率を上げると移行率が高くなると考えられる。

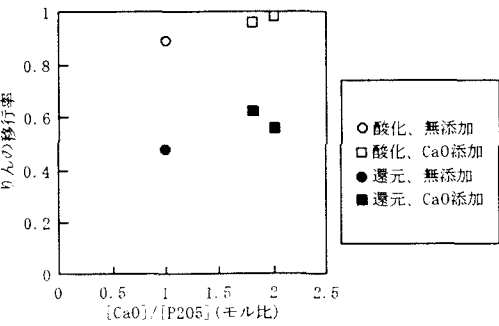


図1 カルシウム分添加時の P_2O_5 の固定率

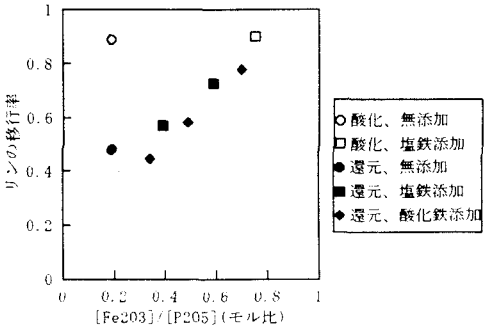


図2 鉄分添加時の P_2O_5 の固定率

(2) 還元雰囲気でのメタル分離

- 1) 還元雰囲気では、一部メタル分離が起こった。メタルの割合は、表4にあるように鉄分の添加量が多いほど増加する。塩化第二鉄添加より酸化鉄添加の方がメタル割合が多かった。これは、スラグへの鉄の移行率が酸化鉄では、ほぼ100%に対して塩化鉄では、75%程度であり、排ガス中に一部揮散したためと考えられる。
- 2) メタルをX線回折で調べるとりん鉄 (Fe_2P 、 FeP) が確認された。

表4 スラグ中のメタル（還元雰囲気）

	無添加				酸化鉄添加		塩化鉄添加		
$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{P}_2\text{O}_5$ モル比	0.19	0.34	0.49	0.70	0.39	0.59			
スラグ中のメタル割合	5.9	10.9	14.1	17.8	8.9	11.6	wt%		
メタル中のりん/スラグ中のりん	11.6	45.4	44.4	47.2	23.1	33.7	wt%		

4. まとめ

- (1) 還元雰囲気では、りんのスラグへの移行率は低いが、酸化カルシウムと鉄分を添加するとスラグ側への移行率が高くなった。酸化カルシウムの効果は僅かであったが、鉄分を添加した場合の効果が顕著であった。
- (2) 酸化雰囲気では、りんのスラグへの移行率は89%と高く、酸化カルシウムを添加するとさらにりんのスラグへの移行率が高くなり98%になった。
- (3) 高度処理でりん除去を行うと焼却灰の組成は、りん含有量だけでなく処理方式によりアルミニウムやカルシウム等の含有量が増加する。したがって、汚泥の有効利用について今後調査を継続していく予定である。