

研究報告 下水汚泥焼却灰からのリン、金属回収技術()

浸漬式重力ろ過装置を用いた簡易処理の試行例

高橋正昭 佐来栄治 市岡高男 早川修二 加藤進

下水汚泥焼却灰中に多量に含まれているリン、金属を硫酸 各種アルカリを用いて回収する基礎技術開発を行っている。簡易な処理技術を行ううえで重要な、ろ過分離方法として支持枠に、ろ布を取り付け、これをろ過槽に浸漬し、従来の重力ろ過方法とは逆にろ液を吸い上げる方式のろ過法（浸漬式重力ろ過装置）を用いて処理試験を試みた。

5 kg の焼却灰に硫酸を加えて、これらリン、金属を溶出し、有効ろ過面積 0.28 m² のろ過装置を用いて、ろ過速度 0.15 m³/m².day ~ 0.5 m³/m².day で酸不溶性残渣の分離を行った。ろ液に炭酸カルシウム粉末を加えて、有効ろ過面積 0.055 m² のろ過装置により、ろ過速度 0.1 m³/m².day ~ 0.8 m³/m².day でリンの回収処理を行った。このろ液に水酸化カルシウム粉末を加えて、同様に重金属含有物を回収した。

排水の有効利用をはかるため処理により生じた排水を酸処理用水として再使用を試みたところ、再使用が可能であった。酸処理残渣、リン及び重金属含有物の回収量は、それぞれ 4.0 kg、2.5 kg ~ 2.7 kg、0.3 kg ~ 0.4 kg であった。

1. はじめに

下水汚泥焼却灰から酸、アルカリを用いたリン、金属等の資源回収技術の検討を行っている^{1,2)}。この実用化にあたっては、簡単かつ経済的な簡易処理方法が求められている。酸、アルカリによる方法では沈殿物の固液分離を頻りに繰り返す必要があり、固液分離において簡易、かつ経済的な処理技術が極めて重要となっている。

この一手法としての可能性を検討するため、浸漬式重力ろ過装置を用いて処理試験を行った結果について報告する。

浸漬式重力ろ過装置は支持枠にろ布や不織布などの、ろ材を取り付けた装置で、従来の簡易ろ過方法とは逆に、図1のように対象とする液中に浸漬し、ろ材の内側からポンプ又はサイフォンなどを利用して、ろ液を吸い上げる簡易ろ過方法である。

このろ過方式では、ろ過処理時に、ろ過残渣物が、ろ過槽底部に沈降し、ろ材上に堆積し難にくいことから、ろ材への負担が少なく、ろ材の交換も容易であると考えられる。また、図2のように、ろ過槽内

で移動させることにより、ろ過から脱水までの処理を一連の行程で行うことができることなどから、簡易な処理技術としての利用用途を検討している³⁾。

2. 実験方法および結果

汚泥焼却灰は県下の下水処理場において発生した汚泥焼却灰（粉末状、含水率 0.5%）を用いた。

処理のフローシートを図3に示す。

処理槽およびろ過槽は市販のプラスチック容器を使用した。ろ過装置は廃棄傘を支持枠とし、これにろ布（敷島カンバス(株)製 T81、有効ろ過面積 0.28 m²）を取り付けたものを酸処理残渣分離用として、また、ステンレス製支持枠（幅 80mm × 高さ 160mm）にろ布（敷島カンバス(株)製 T-81、有効ろ過面積（0.055 m²）を円筒状に取り付けたものをリン回収物の分離、あるいは重金属含有物分離用として用いた。

酸としては硫酸を使用し、リン回収に用いるアルカリとしては炭酸カルシウム（粉末）を、重金属含有物の回収に用いるアルカリとしては水酸化カ

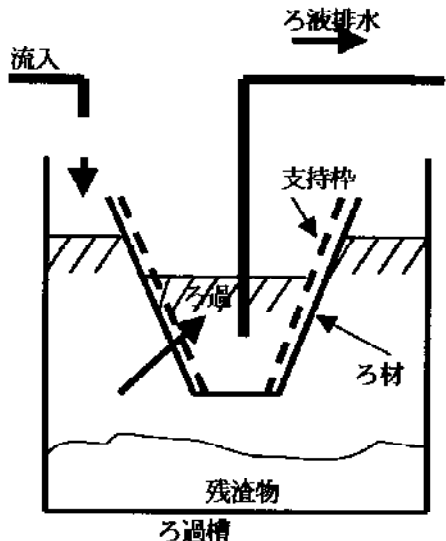


図1 浸漬式重力ろ過装置

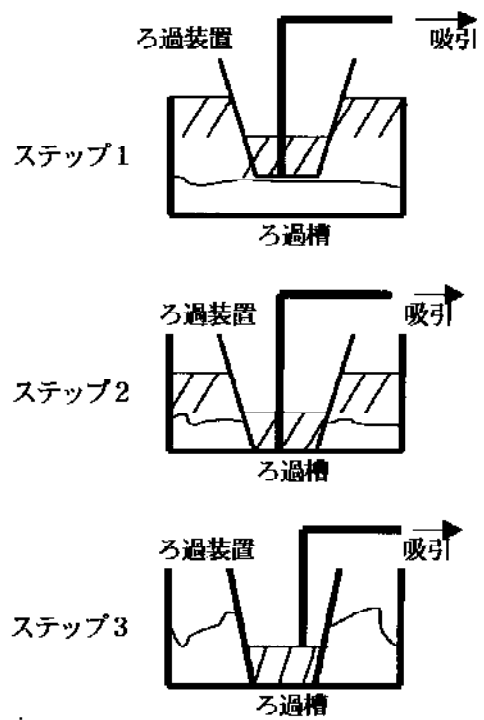
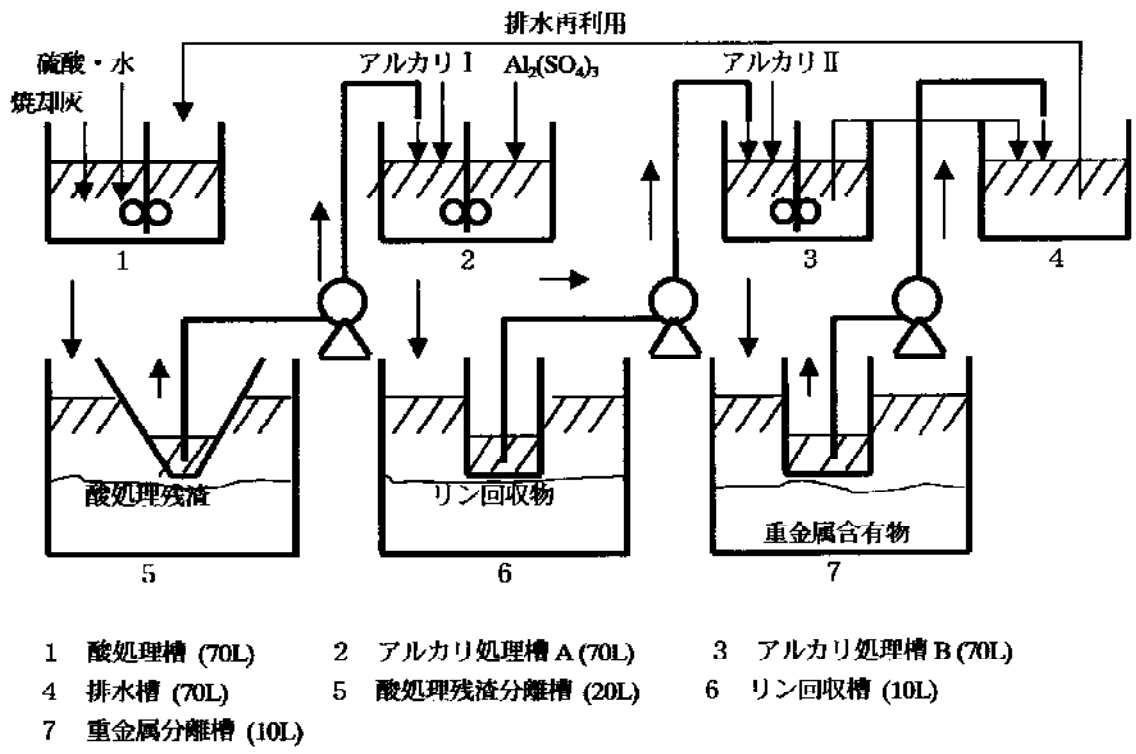


図2 ろ過の方法



- 1 酸処理槽 (70L)
- 2 アルカリ処理槽 A (70L)
- 3 アルカリ処理槽 B (70L)
- 4 排水槽 (70L)
- 5 酸処理残渣分離槽 (20L)
- 6 リン回収槽 (10L)
- 7 重金属分離槽 (10L)

図3 処理のフローシート

ルシウム（粉末）をそれぞれ用いた。

Run 1 は、酸処理槽（内容積 70 L）に前述の焼却灰 5 kg、硫酸（750 mL）および水を加えて 50 L にした後、攪拌を 1 時間行った。このときの pH は 2.0 であった。これを逐次、酸処理残渣分離槽（内容積 20 L）に移し、さらに前述のろ過装置を分離槽に浸漬し、ミニポンプを用いて差圧 20 ~ 50 mm 水柱で $0.5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ の速度で、ろ液を吸引し、酸処理残渣のろ過分離を行った。ろ過の進行に伴い、残渣分離槽の液面低下が生じるので逐次、分離槽へ酸処理液を補給し水位を保持した。ろ過液総量が 35 L に達すると、酸処理液の全量が供給された結果、分離槽の液面低下が生じ、ろ過速度の維持が困難となったので、速度を $0.15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ まで、逐次低下させた。ろ過速度の状況を図 4 に示す。さらにろ過を継続すると、酸処理液は固形化し、褐色のクリーム状の残渣だけとなった。脱水を促進させるため、この残渣を間欠的に攪拌し、更なるろ過を継続し、堅いクリーム状となった時点で終了した。ろ液をすべてアルカリ処理槽 A（内容積 70 L）に入れた。あらかじめ行った化学分析試験により当該溶出液中のリン、アルミニウム比から、リン酸アルミニウム形成に必要なアルミニウム量が不足することが予想された。この不足分を補うため^{4, 5)} 硫酸アルミニウム 14 - 18 水和物 500 g を添加した後、アルカリを加えて pH 4.0 に調節し、1 時間攪拌を行った。これを逐次リン回収槽（内容積 15 L）に移し、酸処理液の分離と同様のろ過処理によりリンを回収した。

ろ過速度の状況を図 5 に示す。ろ過液総量が 0 ~ 25 L までは差圧 30 ~ 100 mm 水柱、 $0.5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ の速度で、ろ液を吸引した。ろ過液総量が 25 L を越えた時点でリン回収槽への液の供給が終了し、液面が低下したため、吸引速度を $0.1 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ まで逐次、減少させていった。残渣物が白色の堅いクリーム状となった時点でろ過を終了した。ろ液をすべてアルカリ処理槽 B（内容積 70 L）に入れ、アルカリを加えて pH 10 とし、攪拌を行った。これを 24 時間放置し、上澄み液を分離し排水槽（内容積 70 L）に入れた。上澄み液を分離した残液を重金属分離槽（内容積 10 L）に入れ、リンの回収と同様のろ過により重金属含有物の除去回収を行った。このろ液も排水槽に入れた。排水中のリン濃度は 1 mg

/L 以下であった。

排水再利用の可能性を調べるため、Run 2 は、酸処理用水に排水槽に回収した Run 1 の排水（33 L）を用い、不足する分の水を補給し、全量を 50 L にして Run 1 と同様に処理を行った。使用した焼却灰、硫酸、アルカリの添加量及び酸処理残渣、リン回収物、重金属含有物などの含水率、回収量を表 1 に示す。蛍光 X 線分析装置（島津製作所株式会社製 XRF - 1700）により分析した酸処理残渣、リン回収物、重金属含有物の組成を表 2 および表 3 に示す。酸、アルカリ等の使用量、酸処理残渣、リン回収物、重金属含有物の回収量及び組成は Run 1、Run 2 とも大差は認められず、排水を再利用できることの可能性を示した。

3. まとめ

焼却灰からのリン、金属等資源回収の簡易処理技術の確立を図るため基礎的な検討として、浸漬式重力ろ過装置を用いて回収物のろ過分離処理の試行を行った。

今後は処理規模を大きくした場合、あるいは長期にわたる繰り返し使用における問題など、様々な点について更に検討を加えていきたい。

この内容の一部について第 10 回廃棄物学会で発表した。

謝 辞

この研究において酸処理残渣および回収物の分析を行っていただいた工業技術総合研究所主幹研究員の男成妥夫氏に厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 島 洋久、高橋正昭：焼却灰からの各種資源回収法、月刊「水」、39 - 7 (No552)、36-40 (1997)
- 2) 高橋正昭、山本和久、岩崎誠二、地主昭博、松岡行利：各種焼却灰からのりん、金属等資源回収技術開発研究、三重県環境科学センター研究報告、18、65-68 (1998)
- 3) 高橋正昭、宮尻英男：内湾汚泥の現状と有効利用の方向、第 2 回伊勢・志摩海洋国際会議分科会

表1 試薬及び回収物量

	焼却灰	硫酸	酸処理残渣	CaCO ₃	リン回収物	Ca(OH) ₂	重金属含有物	排水
Run 1	5kg	1.5 kg	4kg 含水率 52%	0.7kg	2.5kg 含水率 62%	0.12kg	0.4kg 含水率 87%	33L
Run 2	5kg	1.5kg	4kg 含水率 60%	0.7kg	2.7kg 含水率 72%	0.12kg	0.3kg 含水率 88%	32L

回収物量はいずれも乾燥物換算、含水率は乾燥処理前の数値を示す。

表2 回収物の組成 (Run 1)

	原灰	酸処理残渣	リン回収物	重金属含有物
SiO ₂	31.2	33.3	1.1	29.3
Al ₂ O ₃	18.1	12.3	19.6	0.54
CaO	9.5	11.0	22.1	22.9
SO ₃	1.6	14.7	27.1	18.5
P ₂ O ₅	18.1	5.6	27.3	2.0
Na ₂ O	1.8	1.0	0.31	1.2
K ₂ O	1.7	1.4	0.64	0.59
Fe ₂ O ₃	12.3	15.2	1.6	2.3
MgO	2.6	2.2	---	16.5
TiO ₂	0.91	0.91	0.06	---
MnO	0.74	0.48	0.10	5.2
BaO	0.83	0.90	---	---
CuO	0.12	0.14	0.06	0.30
ZnO	0.32	0.52	0.04	0.51

単位：g/100g dry

表3 回収物の組成 (Run 2)

	原灰	酸処理残渣	リン回収物	重金属含有物
SiO ₂	31.2	32.0	2.3	24.8
Al ₂ O ₃	18.1	12.8	20.0	0.67
CaO	9.5	10.9	19.4	23.6
SO ₃	1.6	14.8	23.7	22.2
P ₂ O ₅	18.1	6.6	28.5	2.0
Na ₂ O	1.8	0.94	1.2	1.2
K ₂ O	1.7	1.5	1.1	0.51
Fe ₂ O ₃	12.3	15.3	1.9	1.6
MgO	2.6	2.0	---	17.3
TiO ₂	0.91	0.95	0.06	---
MnO	0.74	0.44	0.10	5.4
BaO	0.83	0.90	---	---
CuO	0.12	0.14	0.08	0.20
ZnO	0.32	0.51	0.06	0.41

単位：g/100g dry

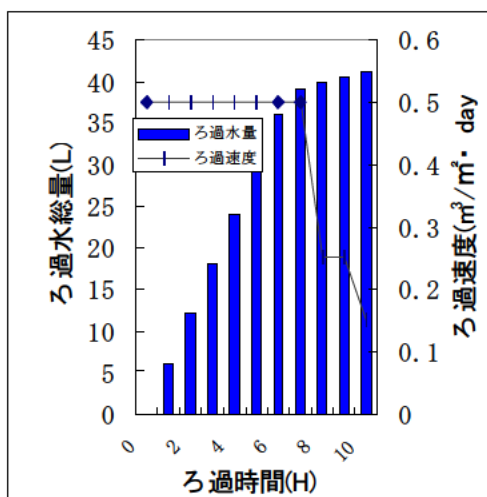


図4 酸処理残渣のろ過速度
(差圧 20-50mm 水柱)

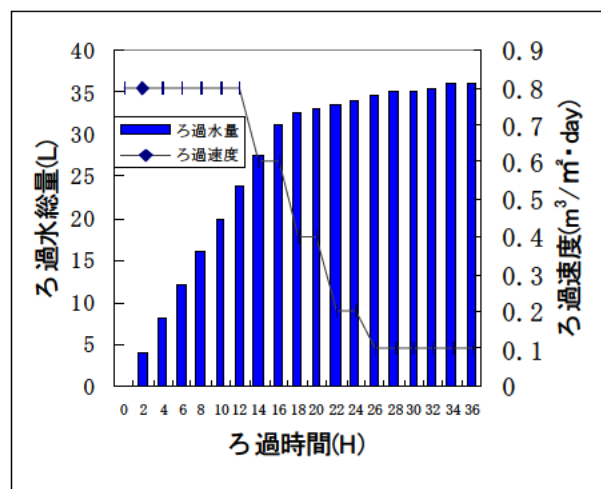


図5 リン回収のろ過速度
(差圧 30-100mm 水柱)

論文集 1-9 (1998)

- 4) 高橋正昭、岩崎誠二、地主昭博、佐来栄治、市岡高男、早川修二、加藤進：各種焼却灰からのリン、金属等資源回収技術開発研究(第2報) 下水汚泥焼却灰からのリン等回収物の挙動について、三重県環境科学センター研究報告 19、35-41(1999)
- 5) 高橋正昭、加藤 進、早川修二、市岡高男、佐来栄治、前田雅也、地主昭博、岩崎誠二、宮尻英男、島 洋久：下水汚泥等各種焼却灰からの燐、金属等資源回収について、第9回廃棄物学会研究発表会講演論文集、16-1, p455-457(1998)

Study on Technology to Recover Various Elements from Incineration Ashes ()

Trial for Simple Treating Method by Using Deposit Type Gravity Filtration Device Takahashi MASA AKI, Sarai EIJI, Ichioka TAKAO, Hayakawa SYUUII, Kato SUSUMU

Studies on recovering technology for phosphorus, aluminum and heavy metals from incinerated ashes were going under way. In this study, solid-liquid separating technology is very important matter. Especially, simple treating method for this technology is most needed. For this object, deposit type of gravity filtration device, which made of filter cloth attached with stem as like an umbrella was devised. This device is deposited in the water, and filtration is made in another way around usual filter paper method, by pumping up the filtrate, into the inside of the filter cloth. In this study, 5kg of incinerated ash of swage treatment sludge were treated with 750mL of sulfuric acid with 50L of water in acid treatment vessel. Using the deposit type of gravity filtration device with available filtration area 0.28m², acid insoluble residue was separated on filtration rate 0.15m³/ m².day-0.5 m³/ m².day. The filtrate was added 0.7kg of calcium carbonate powder, and phosphorus was recovered at pH 4.0 by using deposit type of gravity filtration device with available filtration area 0.055 m² on the filtration rate 0.1m³/ m².day -0.8 m³/ m².day. Filtrate was added 0.12kg of calcium hydroxide, and recovered heavy metal sediment at pH 10 by using same separating method. On run 2, availability of wastewater as an acid treating water was tested, result shows the possibility of recycle use of wastewater. Weights of recovered acid insoluble residue, phosphorus, heavy metal sediment were 4.0kg, 2.5 ~ 2.7kg, 0.3 ~ 0.4kg respectively.