

下水汚泥焼却灰等の肥料利用に向けた重金属類処理手法に関する調査

研究予算：運営費交付金

研究期間：令 6～令 7

担当チーム：材料資源研究グループ

研究担当者：阿部千雅、高橋啓太、宮本豊尚

【要旨】

本研究では、下水汚泥焼却灰中からの重金属類の処理手法に関する基礎的調査として、種々のキレート剤等を用いた処理手法を検討し、重金属類の挙動及びリン等の肥効性について検証を行った。処理手法としては重金属類を溶出しやすい形態に転換して除去する方法で試験を実施した。その結果、試験条件によって下水汚泥焼却灰中の As、Cd の含有量が減少することを確認した。一方で、P、K についても減少する結果となり、P は顕著に溶出してしまいう傾向であった。下水汚泥焼却灰中の P、K のク溶率も試験条件によって変化することを確認した。

キーワード：重金属類、キレート剤、下水汚泥焼却灰

1. はじめに

令和 4 年 12 月、「食料安全保障強化政策大綱」が策定され、2030 年までに下水汚泥資源・堆肥の肥料利用量を倍増し、肥料の使用量（リンベース）に占める国内資源の利用割合を 40%まで拡大する旨が示された¹⁾。その中でもリン鉱石は世界的な戦略物質であり、経済安全保障上の観点から肥料は特定重要物質に指定されている²⁾。一方で、我が国はリン鉱石の全量を輸入に依存しており、世界情勢の影響も受けやすいため、安定的なリン資源の確保が必要となっている。下水汚泥には我が国の年間リン需要量（約 30 万 t）の約 2 割相当の量（約 5 万 t）が含まれており、安定的なリン資源として期待されている³⁾。特に、下水汚泥焼却灰（以下、焼却灰という。）は比較的高濃度のリンを含むことが多く、貴重な資源として考えられる。しかし、時として重金属類の含有や溶出が利用の障害になることが課題となっている。例えば飛灰中の重金属安定化処理法としては、熔融、セメント固化、薬剤処理、酸等による溶媒抽出の手法が示されている⁴⁾。

これを参考に、本研究では、焼却灰中からの重金属類の処理手法に関する基礎的調査として、キレート剤等を用いた溶媒抽出による手法を検討し、重金属類の挙動及びリン等の肥効性維持について検証を行ったので報告する。なお、キレート剤は金属イオンと安定した錯体を形成するため、適切な条件下において、水溶性キレート剤は水に不溶性の金属化合物を強力に溶存態にする⁵⁾。

2. 実験方法

焼却灰中からの重金属類の処理手法として、重金属類を溶出しやすい形態に転換して除去する方法（以下、洗浄試験という。）について検討した。今回使用した焼却灰は、A 処理場の下水汚泥を 600℃で 3 時間燃焼した後、850℃で 30 分燃焼させて作成した模擬焼却灰を用いた。試験に供した焼却灰中の主な成分含有量を表-1 に示す。今回の洗浄試験は、洗浄液と焼却灰を重量体積比 10%（焼却灰：50g、洗浄液：500mL）で混合して一定の温度（25℃）に保ちながら 24 時間攪拌して実施した。洗浄試験後は吸引ろ過によって固液分離して、

表-1 試験に供した焼却灰中の主な成分含有量

(単位：%-dry)

肥料成分項目	P	K	Ca	Cl	F
試験に供した焼却灰の含有量（洗浄前）	10	0.52	3.3	0.07	0.0019
重金属成分項目	As	Cd	Ni	Cr	Pb
試験に供した焼却灰の含有量（洗浄前）	0.013	0.0013	0.014	0.0079	0.0054
菌体リン酸肥料で含有を許される重金属成分の最大量 ⁶⁾	0.005	0.0005	0.03	0.05	0.01

表-2 試験に供した焼却灰中の主な成分含有量

系	洗浄条件	濃度	備考
①	水	—	超純水
②	硫酸	1mol/L	溶解条件:超純水
③	酢酸	1mol/L	〃
④	NaOH	1mol/L	〃
⑤	EDTA	0.05mol/L	エチレンジアミン四酢酸 溶解条件:アルカリ水(1 mol/L NaOH)
⑥	HEDTA	0.05mol/L	ヒドロキシエチルエチレンジアミン三酢酸 溶解条件:超純水
⑦	DTPA	0.05mol/L	ジエチレントリアミン五酢酸 溶解条件:アルカリ水(1 mol/L NaOH)
⑧	DMSA	0.05mol/L	ジメルカプトコハク酸 溶解条件:超純水

成分分析を行った。洗浄試験の条件を表-2 に示す。

3. 実験結果

各条件における洗浄試験の開始・終了時の水質変化 (pH、ORP) を表-3 に示す。いずれの洗浄条件で pH、ORP の変動を確認でき、条件によっては ORP が大きく酸化・還元反応を示すものも見られた。

洗浄試験後における焼却灰中の As、Cd の含有量を図-1 に示す。元焼却灰中に含まれる As の含有量が 0.013%-dry、Cd の含有量が 0.0013%-dry であったのに対し、As については、①と⑥を除いて減少する結果となり、⑦では 0.005%-dry まで低くなった。Cd は、As に比べて全体的に減少は見られなかったもの、②では 0.0007%-dry まで低くなった。これら結果は、洗浄液の濃度や試験時間によっても左右されると考えられた。

洗浄試験後における焼却灰中の P、K の含有量を図-2 に示す。元焼却灰中に含まれる P の含有量が 10%-dry、K の含有量が 0.52%-dry であったのに対して、P については①の条件を除いて減少する結果となり、K についても③と⑧の条件を除いて減少する結果となった。P に関しては、洗浄条件によって洗浄液側に顕著に溶出してしまう傾向にあることを確認した。

洗浄試験後における焼却灰中の P、K のク溶率 (ク溶性試験によってクエン酸に溶出する割合) を図-3 に示す。元焼却灰中における P のク溶率が約 6%、K のク溶率が約 14% であったのに対して、P については③、⑦、⑧でク溶率が 30%~40% と高くなり、K については洗浄条件によって若干の違いは見られたものの、P に比べて顕著に高くなる傾向は見られなかった。

4. まとめ

本研究では、焼却灰からの重金属類の処理手法として、種々のキレート剤等を用いて洗浄試験を行った。その結果、各条件によって重金属類 (As、Cd) の減少傾向やリン等といった肥料成分の挙動特性を確認した。今後も文献調査等を行い、下水污泥焼却灰の肥料としての利用可能性について引き続き注視していく。

謝辞

本研究の実施にあたっては公共団体の皆様から試料提供をいただいた。ここに記して謝意を示す。

参考文献

- 1) 食料安定供給・農林水産業基盤強化本部：食料安全保障強化政策大綱 (改訂版)

表-3 洗浄試験の開始・終了時の水質変化

洗浄条件	洗浄試験 開始時		洗浄試験 終了時	
	pH	ORP (mV)	pH	ORP (mV)
①	5.33	251	5.77	313
②	0.19	605	0.21	527
③	2.54	508	2.67	375
④	13.87	133	13.57	-87
⑤	13.56	150	13.39	-73
⑥	2.25	531	2.55	276
⑦	13.46	127	13.15	-69
⑧	2.94	-15	3.34	-3

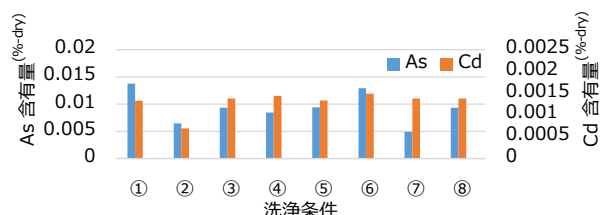


図-1 洗浄試験後における焼却灰中の As、Cd 含有量

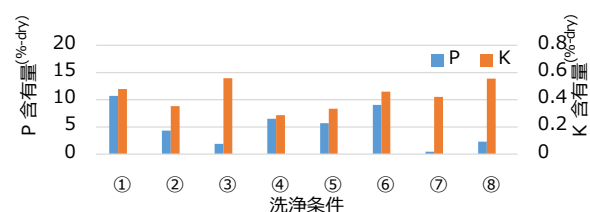


図-2 洗浄試験後における焼却灰中の P、K 含有量

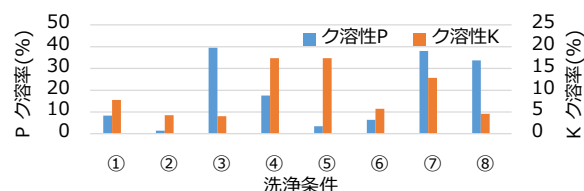


図-3 焼却灰中の P、K のク溶率

- 2) 内閣府：経済政策を一体的に講ずることによる安全保障の確保の推進に関する法律施行令
- 3) 国土交通省 HP：下水污泥資源の肥料利用
https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/mizukokudo_sewerage_tk_000555.html
- 4) 環境省：特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物の処分又は再生の方法として環境大臣が定める方法
- 5) 長谷川浩、水谷聡：溶融飛灰及び焼却飛灰の資源化と有用金属回収を可能とする化学的ゼロエミッション技術の開発、平成 23 年度 環境研究総合推進費補助金 研究事業 総合研究報告書
- 6) 農林水産省：肥料の品質の確保等に関する法律に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件