

石炭灰の有効利用に関する安全性向上技術の開発

- 酸洗浄によるほう素除去実験 -

(株)大林組 正会員 ○田島 孝敏 正会員 久保 博

(株)大林組 甚野 智子 正会員 熊谷 祐一

1. はじめに

平成 13 年 3 月，ほう素は新たな規制物質として「土壤環境基準」に追加され，同年 7 月には「排水基準」に追加された。ほう素の基準値は，土壤環境基準で 1mg/L 以下，排水基準で陸域 10mg/L 以下，海域 230mg/L 以下である。ほう素は，石炭に数～数百 mg/kg 含まれるため，石炭灰にも微量に含まれ，水と接する条件下では長期にわたってアルカリ成分とともにわずかつ溶出する^{1) 2)}。そのため，石炭灰埋立処分場では，浸出水が排水基準を満足するまで水処理を行う必要がある。本研究では，石炭灰に含まれるほう素や高 pH 成分等をできるだけ洗浄除去し，浸出水処理の負荷軽減や土工材等への有効利用を図るための実験を行った。

2. 石炭灰の基本性状

実験に用いた石炭灰の化学性状とほう素溶出量を表-1 に示す。pH は，B 灰が 3.8 で酸性，N 灰が 12.2，W 灰が 12.3 と高アルカリ性を示した。化学組成のうち，CaO は B 灰 0.35%，N 灰 4.0%，W 灰 11.9%であり，pH が高い灰ほど CaO が多く含まれていた。ほう素溶出量は，B 灰が 1.0mg/L，N 灰が 9.1mg/L，W 灰が 2.2mg/L で，ほう素含有量は，B 灰が 100mg/kg，N 灰が 540mg/kg，W 灰が 580mg/kg であった。N 灰は，ほう素含有量・溶出量ともに多く，W 灰は含有量が多い割に溶出量は少ない。一方，B 灰は含有量・溶出量ともに少ない。灰種によって，ほう素の含有量と溶出量の関係が異なるが，これは，ほう素の存在形態や pH 等に関連している。本報では，ほう素溶出量の多い「N 灰」を中心に述べる。

表-1 石炭灰の基本性状とほう素溶出量

項目	石炭灰	B 灰	N 灰	W 灰
pH（灰：水＝1：2，24時間後測定）		3.8	12.2	12.3
電気伝導度 EC(mS/cm) （灰：水＝1：2，24時間後測定）		1.30	7.16	10.44
化学組成 （%） 蛍光X線分析	SiO ₂	61.3	56.1	55.1
	Al ₂ O ₃	32.4	31.6	23.2
	Fe ₂ O ₃	2.74	3.66	3.12
	Na ₂ O	0.13	0.45	0.65
	K ₂ O	0.27	0.60	0.61
	CaO	0.35	3.99	11.9
	MgO	0.24	0.95	2.55
	SO ₃	0.21	0.44	0.95
	合計	97.6	97.8	98.1
ほう素溶出量（環告13号，mg/L）		1.0	9.1	2.2
ほう素含有量（mg/kg）		100	540	580

3. 試験方法

石炭灰 50g と各種の洗浄液（水道水，海水，硫酸マグネシウム（以下，MgSO₄），塩酸）を液/固比 2～10 倍で 1L ポリ容器に入れ，30 秒～24 時間，往復振とう攪拌した。懸濁液を吸引ろ過し，液相の pH，ほう素濃度を測定し，固相を水ですすぎ洗いした。固相のほう素溶出量を埋立基準の溶出試験である環告 13 号（ただし，液/固比は乾燥重量換算の 10 倍とした）によって測定した。

4. 試験結果と考察

4.1 洗浄液種によるほう素除去特性

N 灰について各種洗浄液（液/固比 8 倍）で，それぞれ 2 回洗浄を行った結果を図-1 に示す。ほう素除去量は，固液分離後の液相中のほう素濃度に基づいて算出した。この図から，0.1mol 塩酸の洗浄効果が特に高く，1 回目の洗浄で，初期含有量 540mg/kg の内，400mg/kg のほう素が溶出した。ほう素の含有量に対する除去量の割合は 74%であった（以下，この割合を除去率と称する）。次に，洗浄回数の影響を調べるた

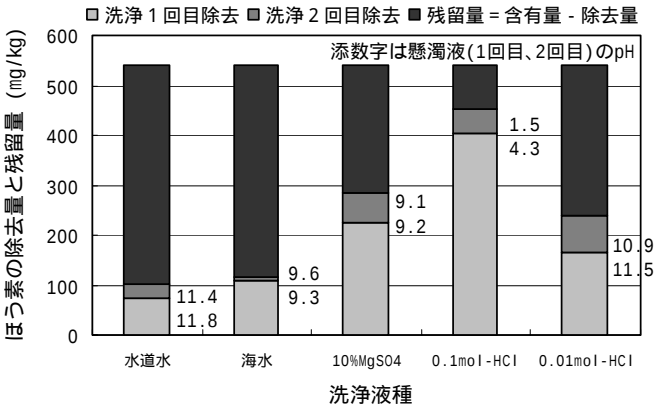


図-1 洗浄によるほう素除去特性の比較（N灰，液/固比8倍）

キーワード 石炭灰，洗浄，ほう素

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 土壌・水域環境研究室 TEL 0424-95-1060

め、洗浄を2回繰り返し、洗浄処理灰について溶出試験を行った。0.1mol 塩酸の場合、1回目の洗浄でほう素の大部分が除去され（除去率74%）、2回目の洗浄による除去率は9%と1回目比べて少なかった。1回目の洗浄で大部分のほう素が除去されるという特性は、他の洗浄液についても同様であった。

4.2 洗浄時 pH のほう素除去への影響

3種類の灰について、各種洗浄液（水道水、海水、10%MgSO₄、塩酸）を用いて洗浄したときの懸濁液 pH とほう素除去率の関係を図-2 に示す。この図から、懸濁液 pH が低いほど、除去率が高くなる傾向が認められる。アルカリ性の灰（N 灰、W 灰）については、懸濁液 pH を1付近まで下げると、ほう素をほぼ100%除去できること、懸濁液 pH を4程度に下げることによって、石炭灰に含まれるほう素の大部分を1回の洗浄で除去できることが示唆される。

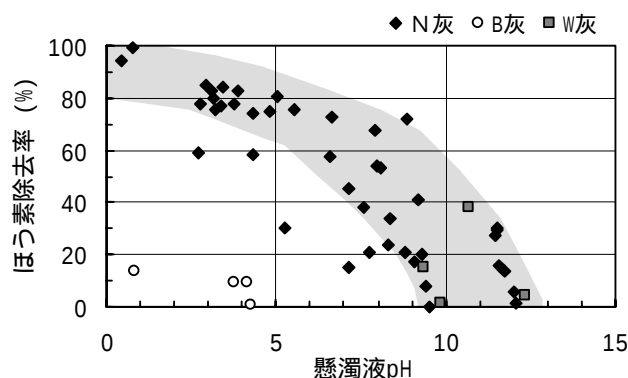


図-2 懸濁液pHとほう素除去率の関係

4.3 洗浄処理灰の pH とほう素溶出特性

N 灰を各種洗浄液で2回洗浄した後の洗浄処理灰について溶出試験を行った。ほう素溶出量を図-3 に示す。無処理灰のほう素溶出量値が9.1mg/Lであったのに対し、いずれの洗浄液の場合も、洗浄処理灰のほう素溶出量は減少していた。特に0.1mol 塩酸の場合、ほう素溶出量値は0.2mg/Lまで低下し、土壤環境基準（1mg/L）を十分下回った。また、0.1mol 塩酸洗浄により、洗浄灰の pH は洗浄前の12.2から8.5に低下した。0.1mol 塩酸による洗浄は、石炭灰からほう素を効率良く除去できると同時に、石炭灰を中和する効果が高く、浸出水 pH の低減にも有効であると考えられる。ほう素除去率と溶出量値の関係を図-4 に示す。この図から、除去率70%程度まで洗浄すると、洗浄灰のほう素溶出量値は1mg/Lを下回ることがわかる。

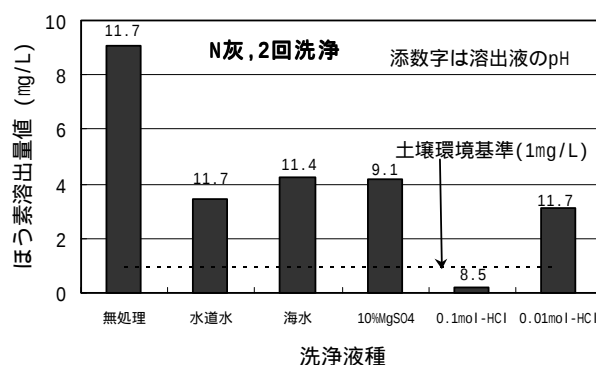


図-3 洗浄灰のほう素溶出量（N灰、環告13号）

4.4 洗浄温度、攪拌時間の影響

洗浄の促進を目的として、洗浄液の温度を室温（20℃）と高温（70～80℃）に変えた実験を行った。両者の洗浄効果には明瞭な差は認められず、洗浄液の温度は常温で十分対処できることが明らかになった。さらに、0.1mol 塩酸について、攪拌時間（30秒、2分、10分、24時間）とほう素除去率の関係を調べた。攪拌時間がほう素除去量に及ぼす影響は小さく、短時間（30秒）でも除去効果は高かった。

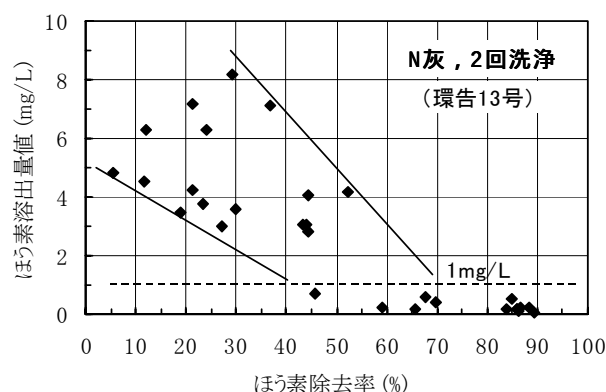


図-4 ほう素除去率と溶出量との関係（N灰）

5. まとめ

石炭灰の洗浄試験を行い、洗浄液に希塩酸を用いることによって、ほう素溶出量値が土壤環境基準を満足するレベルまで、ほう素を除去できる見通しが得られた。さらに、希塩酸で洗浄した灰からは、ほう素と同時に Na, Ca 等の高アルカリ成分も除去され、埋立処分場の浸出水処理の負荷低減にも有効であることが判明した。

参考文献

- 1) 片岡ら：洗浄による石炭灰およびゴミ固形燃料焼却灰の環境負荷低減技術に関する実験的検討 - 六価クロム、セレン、砒素およびほう素の洗浄効果 - , 電力中央研究所報告 U01014 (2001)
- 2) 甚野ら：石炭灰ほう素の不溶化処理に関する実験的研究, 第37回地盤工学研究発表会, pp.2361-2362 (2002)