

人工海水を用いた超音波洗浄による石炭灰の六価クロム・ホウ素除去に関する可能性調査

茨城大学 学生会員 ○伊藤徹, 正会員 小峯秀雄

フェロー会員 安原一哉, 正会員 村上哲

岡三リビック(株) 正会員 小浪岳治, 工藤章光

1. はじめに

石炭灰中の有害物質の除去技術の確立を目指して、著者らのグループは、超音波による石炭灰の洗浄技術に関する研究を進めている¹⁾。実際の石炭灰洗浄プラントの構築を想定した場合、石炭灰の超音波洗浄に海水を使用することが有効である。石炭火力発電所が海岸沿いに建設されているため、海水を容易に供給でき、また洗浄液に蒸留水を使用する場合と比較して、洗浄コストの削減になる。そのため海水による超音波洗浄効果の調査が必要である。本研究では、実験室レベルで人工海水を用いた超音波洗浄実験を行い、六価クロムおよびホウ素の除去効果について実験的に調査した。さらに、海水および蒸留水環境下での超音波洗浄の効果を比較し、海水を用いた洗浄の可能性について調査した。

2. 実験概要

本実験では、超音波洗浄槽に石炭灰と人工海水（八洲薬品(株)製・アクアマリン）を1:1（質量比）の割合で投入し、5分間超音波を作用させた。洗浄後の石炭灰と洗浄液の分離には、設定した洗浄時間より1分間長く超音波を与え、フィルタープレスによる脱水を模擬し、キッチンペーパーを用いて洗浄液だけを取り除いた。その後、石炭灰を110°Cで4時間以上炉乾燥させる一方、洗浄液に対してはpHの測定を行った。溶出濃度測定は、環境庁告示46号溶出試験に準拠し行い、多項目迅速水質分析計DR2010（HACH社製）を用いて、検液中の六価クロム濃度をジフェニルカルバジド吸光光度法により、ホウ素濃度については、カルミン法に基づき測定した。洗浄の状況は、洗浄槽底部に石炭灰試料が堆積した状態で超音波を作用させるというものである。洗浄温度は、洗浄液の温度が低いと音波が吸収減衰してしまうため、温度制御可能な超音波洗浄器（(株)エヌエスディ製・超音波洗浄器・発振周波数38kHz）を使用し、洗浄温度を30°Cに設定した。また、繰り返し超音波洗浄回数は5回とした。

3. 使用した試料

本研究で使用した試料は、石炭灰3種類である。各試料の溶出特性について表1に示す。環境省から告示されている「土壤の汚染に係わる環境基準」（以下、土壤環境基準と記述する）において、六価クロムは0.05mg/L以下、ホウ素は1mg/L以下と定められている。環境庁告示46号溶出試験の結果、3種類とも六価クロムお

表1 環境庁告示46号溶出試験による溶出特性

石炭灰の種類	環境庁告示46号溶出試験結果(mg/L)	
	六価クロム	ホウ素
石炭灰B	0.092~0.102	7.2~12.8
石炭灰C	0.388~0.428	16~29.5
石炭灰E	0.112	5.0

よびホウ素の土壤環境基準値を超えて溶出した。特に石炭灰Cは、溶出濃度が高い試料である。六価クロム溶出濃度は土壤環境基準値の約8倍であり、ホウ素溶出濃度は約30倍である。また、蒸留水を用いた繰り返し超音波洗浄の結果¹⁾より、石炭灰Bは、洗浄回数の増加に伴い六価クロムおよびホウ素溶出濃度が低減した試料である。特に、六価クロム溶出濃度は土壤環境基準値以下にすることができた。石炭灰Eは、洗浄回数の増加に伴って、溶出濃度が増加する傾向を示した試料である。

4. 実験結果と考察

(1)六価クロム溶出濃度の変化 人工海水を用いた超音波洗浄を繰り返し行うことにより、3種とも六価クロムの洗浄効果が得られた。また、人工海水を用いた場合と蒸留水を用いた場合の洗浄効果を比較すると、3種とも洗浄5回目で蒸留水よりも高い洗浄効果が確認できた（図1参照）。石炭灰Bは洗浄回数の増加に伴い溶出濃度は低減し、洗浄2回目で土壤環境基準である0.05mg/L以下を満足した。人工海水と蒸留水を比較すると、人工海水を用いた場合のほう

キーワード 石炭灰, 超音波, 洗浄, 人工海水, 有害物質

連絡先：〒316-8511 茨城県日立市中成沢4-12-1, TEL：0294-38-5177, FAX：0294-38-5268

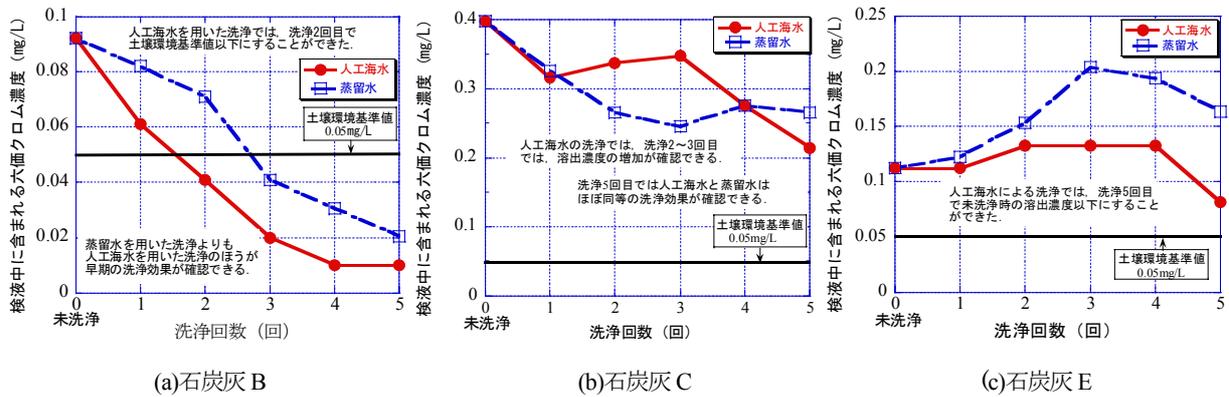


図1 六価クロム溶出濃度と洗浄回数との関係

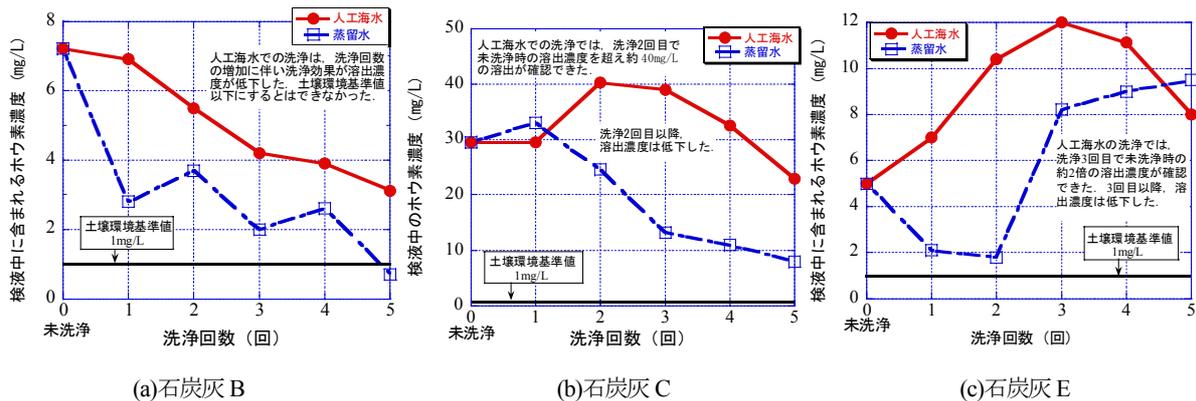


図2 ホウ素溶出濃度と洗浄回数との関係

が早期の洗浄効果が期待できる。石炭灰 C は洗浄 2~3 回目で溶出濃度は増加する傾向を示した。しかし、洗浄 4 回目以降、溶出濃度は低下し、洗浄 5 回目では蒸留水を用いた洗浄とほぼ同等の効果が確認できた。石炭灰 E は、洗浄 4 回目までは未洗浄時の溶出濃度を超えて溶出する傾向を示したが、洗浄 5 回目で未洗浄時の溶出濃度を下回る結果を得た。

(2) ホウ素溶出濃度の変化 人工海水を用いた超音波洗浄によりホウ素の洗浄効果が認められたのは、石炭灰 B, C である。しかし、人工海水を用いたホウ素の洗浄効果は、蒸留水を用いた洗浄と比較して効果が低いことが確認できる(図 2 参照)。これは人工海水中にホウ酸が含まれているために、石炭灰と人工海水を分離した時、十分な脱水ができずに石炭灰中にホウ素として残ってしまったと推察できる。したがって、石炭灰のホウ素除去を目的とする人工海水を用いた超音波洗浄では、石炭灰と海水を脱水させる方法について今後検討する必要がある。石炭灰 B は六価クロム同様、洗浄回数の増加に伴い溶出濃度が低減した。石炭灰 C は、洗浄 2 回目まで溶出濃度が増加し、3 回目以降減少する傾向を示した。洗浄 5 回目で、未洗浄時の溶出濃度を下回る結果を得た。一方、石炭灰 E は洗浄効果が認められず、5 回の洗浄では未洗浄時の溶出濃度を下回る結果を得ることができなかった。洗浄 3 回目まで溶出濃度は増加し、4 回目の洗浄以降溶出濃度が減少する傾向を示した。

5. まとめ

本研究では、3 種類の石炭灰に対して、人工海水を用いた超音波洗浄実験を試みた。そして、海水および蒸留水環境下での洗浄効果を比較し、海水を用いた超音波洗浄の可能性について検討し、以下の結果を得た。

(1)人工海水を用いた超音波洗浄（固液比 1:1）において洗浄回数の増加に伴い、石炭灰からの六価クロムの溶出濃度を低減させることができた。特に石炭灰 B は、土壤環境基準である 0.05mg/L 以下を満足することができた。(2) 人工海水を用いたホウ素の洗浄効果は、蒸留水を用いた洗浄と比較すると洗浄効果は低い。しかし、脱水方法を検討することで十分な洗浄効果が得られると推察できる。

参考文献 1)伊藤徹・小峯秀雄・安原一哉・村上哲・小浪岳治・工藤章光：超音波による石炭灰の六価クロム・ホウ素の洗浄技術に関する基礎的研究，第 39 回地盤工学研究発表会，pp.2221-2222，2004。