

炭酸化養生した石炭灰造粒固化物の淡水域覆砂材利用の検討
その2 重金属等不溶化効果

鹿島建設(株) 正会員 ○河合達司 石神大輔 篠原智志 上島 裕
越川義功 林 文慶 中村華子 濱田那津子

1. はじめに

東日本大震災後の原子力発電所の稼働停止に伴い、相対的に石炭火力発電への依存度が増したことから、土木分野での石炭灰の再生利用を推進する動きが生じた。石炭灰の再生利用の用途の一つとして、石炭灰を造粒固化し、比重が砂よりも軽い特性を利用し、底質環境改善のための覆砂材利用がある。これまで、海域において多数の適用事例があるが、淡水域での適用事例はない。この原因として、材料の pH が強アルカリ性を示し、重金属等の溶出に関する基準に適合しないことから、利用先の水質環境への影響が懸念されるためと考えられる。そこで、石炭造粒固化物の pH を中性化するための炭酸化養生処理と、重金属等の溶出抑制のための不溶化処理を行い、屋外水槽での長期溶出実験により水環境への長期的な影響を評価し、淡水域での利用可能性を検討した。本報告では「その1 富栄養化防止効果」に続き、重金属等の不溶化効果を評価した結果を示す。

2. 材料および方法

覆砂対象の汚泥として修景池の堆積底泥を用いた。覆砂材として火力発電所の石炭灰を造粒した固化物を炭酸化養生し、不溶化処理の有無により不溶化未処理造粒固化物と不溶化処理造粒固化物を作成した。事前の室内試験により、基準超過するひ素、セレン、ほう素に対して不溶化効果のある薬剤を各々選定し、これらを混合して不溶化処理に用いた。不溶化処理の有無の違いによる重金属等の溶出量及び溶出操作後の検液の pH の結果を表-1 に示す。溶出量は、平成3年環境庁告示第46号に従い作成した検液を用い、平成15年環境省告示第18号に示された分析方法より測定した。また、実験に供した造粒固化物の地盤材料としての工学的分類を表-2 に示す。

屋外水槽実験では、造粒固化物を覆砂しない対照区、不溶化しない造粒固化物を覆砂した不溶化未処理造粒固化区、不溶化した造粒固化物を覆砂した不溶化処理造粒固化区を設けた。FRP 製角水槽 (900 mm×600 mm

表-1 実験に供した石炭灰造粒固化物の重金属等溶出量

	不溶化未処理 造粒固化物	不溶化処理 造粒固化物	土壌溶出量 基準	単位	分析方法
カドミウム	<0.001	<0.001	0.01	mg/L	ICP 質量分析法
六価クロム	0.016	0.008	0.05	mg/L	ジフェニルカルバジド吸光光度法
鉛	0.002	<0.001	0.01	mg/L	ICP 質量分析法
ひ素	0.025	0.004	0.01	mg/L	ICP 質量分析法
セレン	0.034	0.006	0.01	mg/L	ICP 質量分析法
総水銀	<0.0005	<0.0005	0.0005	mg/L	還元気化原子吸光法
ふっ素	0.50	0.34	0.8	mg/L	流れ分析法
ほう素	5.2	0.5	1	mg/L	ICP 質量分析法
pH	8.9	7.9	—	—	ガラス電極法

表-2 実験に供した石炭灰造粒固化物の地盤材料としての工学的分類

	工学的分類	最大粒径 mm	礫分% 2~75mm	砂分% 0.075~2 mm	細粒分% 0.075mm 未満
不溶化未処理造粒固化物	分級された砂質礫	26.5	81.8	17.6	0.6
不溶化処理造粒固化物	細粒分まじり砂質礫	9.5	63.4	24.5	12.1

キーワード：石炭灰再生利用、ひ素、セレン、ほう素、長期屋外溶出試験
連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 1-8-19 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-489-6651

×500mm) に底泥を厚み 40mm で敷き、その上に造粒固化物を厚み 50mm で覆砂し、水道水を覆砂から深さ 350mm になるように注入して試験を行った。2019 年 6 月～12 月の 180 日間で定期的に水槽内の水試料を採取し、pH 及び重金属等濃度を測定した。水試料の pH はガラス電極法により、重金属等濃度のうち、鉛、ひ素、カドミウム、セレン、ほう素は ICP 質量分析法、ふっ素はイオンクロマトグラフ法、六価クロムは吸光光度法により測定した。

3. 結果および考察

pH の経時変化を図-1 に、重金属等の濃度の経時変化を図-2 に示す。

汚泥のみを供した対照区では、試験開始後 80 日以降、継続的にヒ素が基準超過した。好気環境下での砒素は、pH が 8～8.5 を超えるアルカリ性で溶出しやすい傾向を示す¹⁾。水槽内の pH が、浮遊微細藻類の光合成による炭酸イオンの消費により上昇し、8.5 を超えたことで、汚泥に含まれていた自然由来のヒ素が溶出した可能性が考えられる。

不溶化未処理造粒固化区では、試験開始直後から砒素、セレン、ほう素が基準超過し、ひ素、ほう素は 180 日間継続して超過した。セレンは、通常の水環境中ではセレン酸イオンもしくは亜セレン酸イオンとして安定して存在する。セレン酸イオンや亜セレン酸イオンは、微生物の働きによりゼロ価のセレンに還元されて沈殿が生じることが知られており²⁾、水槽内でこれらの微生物によりセレン濃度が低下した可能性が考えられる。

不溶化処理造粒固化区では、試験開始直後から 180 日間、すべての重金属等に関して基準適合を維持し、環境中で不溶化効果が維持されることを確認した。

4. まとめ

屋外での水槽実験の結果、pH を中性化するため炭酸化養生した石炭灰造粒化物からは、ひ素、セレン、ほう素の重金属等が溶出し、水質環境基準を超過したが、不溶化処理した造粒固化物は、基準適合の状態を 120 日間維持でき、淡水域での適用の可能性を確認した。

参考文献

- 1) 北岡幸, 自然由来の重金属等に係る調査及び対策について, 地球環境, Vol.15, No.1, p23-30, 2010
- 2) 池道彦ら, セレン代謝微生物を利用したセレン含有排水処理技術の開発, 環境バイオテクノロジー学会誌, Vol.15, No.2, p71-75, 2016

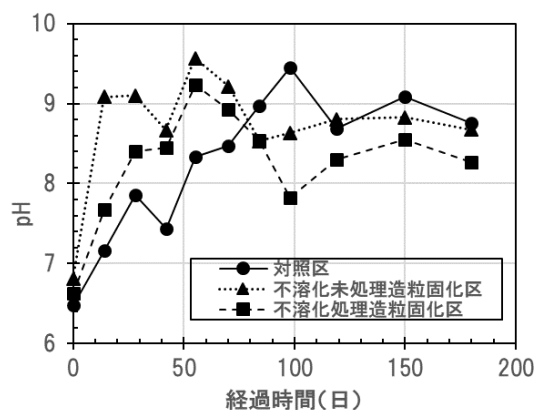


図-1 pH の経時変化

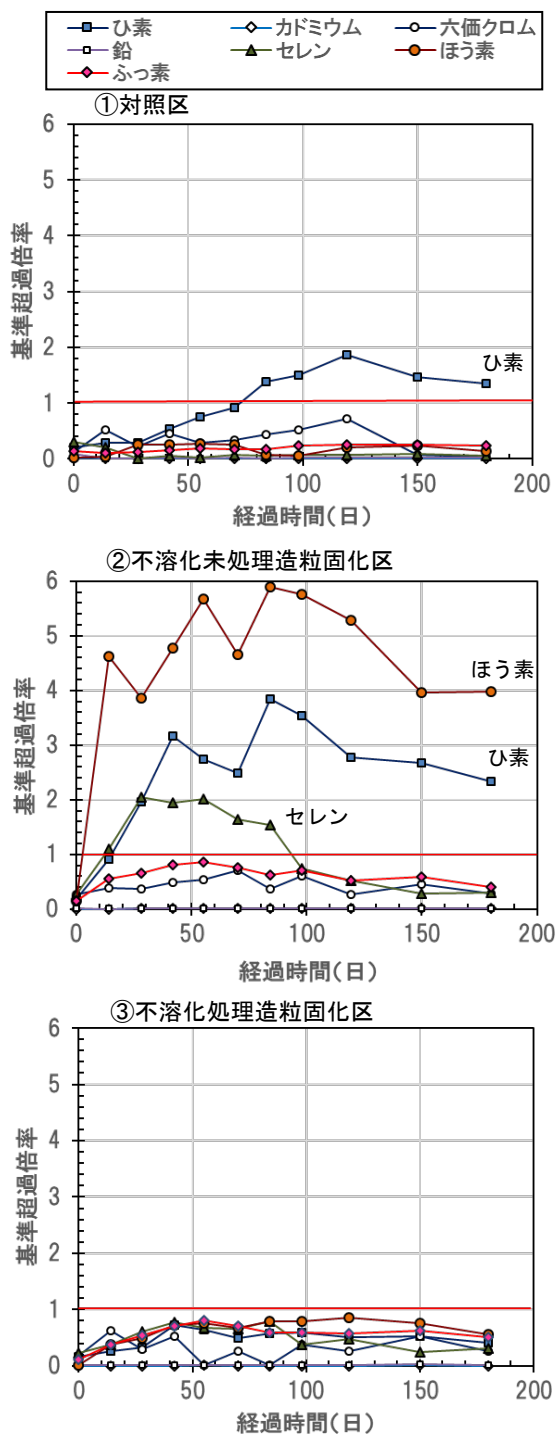


図-2 重金属等濃度の経時変化