

焼却灰造粒固化物の炭酸化が重金属等の長期溶出に及ぼす影響

鹿島建設（株） 正会員 ○篠原智志 河合達司 石神大輔

鹿島建設（株） 正会員 横関康祐 佐藤毅

鹿島建設（株） フェロー会員 川端淳一

東北大学 正会員 宮本慎太郎 皆川浩 久田真

1. 目的

廃棄物の積極的な利用は、マテリアルリサイクルの観点から循環型社会形成のための有効な手段の一つである。しかしながら、廃棄物には少なからず重金属等が含まれている場合があり、再利用時には周辺への環境リスクを把握しておく必要がある。特に長期的な環境リスク評価は土木資材を扱う上で重要となるが、評価事例が少ないことや評価方法が未確立であることなどに鑑みると、課題も多いといえる。そこで筆者らは①実用に供した不溶化物の長期溶出挙動の実例の積上げ、②長期的な環境リスクを短時間で評価する促進試験について検討を行っている。本報では焼却灰造粒固化物を用いた屋外雨水曝露試験による約3年間の観測結果を報告する。また、屋外雨水曝露試験にて試料の炭酸化が確認されたので、炭酸化が重金属等の溶出に与える影響を検討した基礎的な内容についても合わせて報告する。

2. 試験に用いた試料

試験に用いた試料は、キルン炉にて処理された原灰である（写真－1）。この原灰の乾燥質量に対し、硫酸鉄系の不溶化材を2.5%、高炉セメントB種を15%添加し造粒固化を行った。原灰と造粒固化物の溶出試験結果を表－1に示す。原灰のフッ素濃度が0.98 mg/Lと高いが、造粒固化物では全ての重金属等で地下水環境基準を満足している。



写真－1 造粒固化物の外観

表－1 試料の溶出試験結果

試料	Cr(VI)	F	B
	mg/L		
原灰	<0.005	0.98	<0.1
造粒固化	0.028	0.3	<0.1

3. 試験方法

(1) 屋外雨水曝露試験 粒径9.5 mm未満の造粒固化物2200 gを、開口部面積200 cm²のワグネルポットに充填して屋外に設置した。

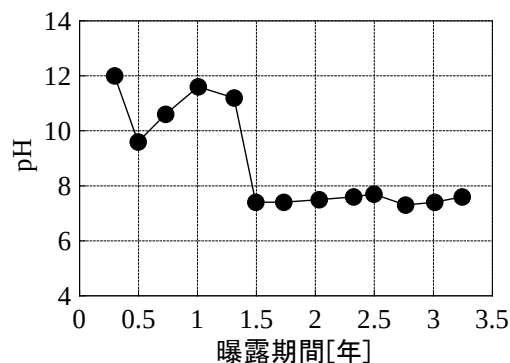
ポット底部と降雨浸透水を回収する貯留タンクとを接続し、3か月ごとに雨水を回収した。その後0.45 μmメンブレンフィルターでろ過し、重金属等の濃度とpHを測定した。

(2) 促進炭酸養生試験 粒径2 mm未満に調整した造粒固化物を、温度20℃、湿度60%、二酸化炭素濃度5%に調節した恒温槽に0, 3, 7, 14, 28日間静置養生した。養生後の試料に対し、pHの測定と環境庁告示第46号付表に記載の溶出試験を行った。

(3) 粉末X線回折 雨水曝露試験で試験開始後1年ごとに試料を採取し、粒径2 mm未満に調整したものと促進炭酸養生試験で用いた試料に対しX線回折を用い、鉱物組成の定性分析を行った。

4. 試験結果

(1) 屋外雨水曝露試験結果 2014年9月に試験を開始し、現時点約3年間のデータを取得している。図－1に浸出水のpH変化を示す。試験開始後1.5年程度までは全体的にpH10～12を推移していたが、その後pHは8前後に低下している。重金属等の濃度を、地下水環境基準に対する倍率に換算した（以下、基準値超過倍率）も



図－1 屋外曝露試験でのpH変化

キーワード 焼却灰, 重金属, 不溶化, 雨水曝露試験, 炭酸化

連絡先 〒182-0032 東京都調布市飛田給2-19-1 鹿島建設（株）技術研究所 TEL 042-489-6662

のと時間変化との関係を図-2に示す。試験期間約3年では、重金属等の濃度は地下水環境基準を満足している反面、六価クロムの濃度は時間経過に従い漸減する傾向が伺われ、ホウ素の濃度は2年を経過したあたりから徐々に上昇している。フッ素の濃度は初期に徐々に減少した後、約1.5年間はあまり溶出しないが、その後再び溶出濃度が上昇する傾向である。

図-3にはX線回折の結果((100)面に相当するエトリンサイトピーク強度及び、(104)面に相当するカルサイトピーク強度)を示す。試験経過に従い、エトリンサイトのピーク強度は減少し、一方でカルサイトのピーク強度は増加傾向にある。

以上から、屋外環境に曝露され続けることで、試料中のセメント水和物の炭酸化が徐々に進行している可能性がある。

(2) 促進炭酸養生試験結果 炭酸養生した試料のpHは、養生日数3日を経過した後は一貫してpH8程度を推移しており、中性化する傾向が伺われた。

図-4に炭酸養生試験時の重金属等の濃度の経時変化を示す。六価クロムは養生日数3日以降、溶出濃度が低下する結果となった。フッ素については炭酸養生を行うことで、初期より3~4倍程度濃度が低減する結果となった。ホウ素はpHが中性付近で一定であるにもかかわらず、養生日数が増加するに従い、溶出濃度が増加する傾向となった。

図-5にはX線回折の結果を示したが、エトリンサイトは養生日数3日目でピーク強度が大きく減少し、以降も漸減している。カルサイトについては、養生日数に伴いピーク強度が増加する傾向となった。以上より、炭酸養生することで試料の炭酸化の進行が確認された。

これらの結果から、フッ素は炭酸養生することで、pHが中性域付近に低下するため、溶出濃度が低下した可能性がある。また、ホウ素は養生期間が長くなるに従い、セメント水和物の消失量が増加するために、C-S-Hやエトリンサイト等に固定されていたものからの放出量が増加したと考えられる。六価クロムは、本検討では明確な溶出性を見出すことはできず、さらなる検討が必要である。

5. まとめ

屋外雨水曝露試験を継続し、約3年間の重金属等の観測データを得ると同時に、試料の炭酸化についても確認できた。また、炭酸化が重金属等の溶出に与える影響について基礎的検討をした結果、フッ素とホウ素の溶出挙動を評価することができた。今後は重金属等の溶出に寄与する要因を詳細に整理・評価する予定である。

参考文献

- 1) 橋本他：合成したセメント水和生成物による微量元素（六価クロム、ヒ素、セレン、ホウ素、フッ素およびアルミニウム）の固定化について、セメントコンクリート論文集，Vol. 66，No.1，2012

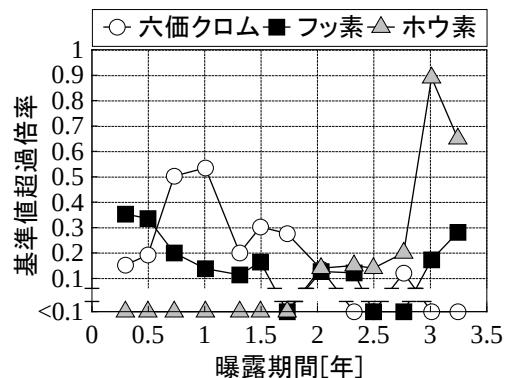


図-2 屋外曝露試験の重金属等の変化

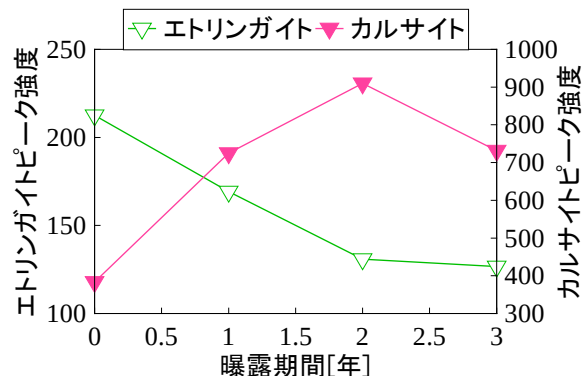


図-3 屋外曝露試験でのX線回折結果

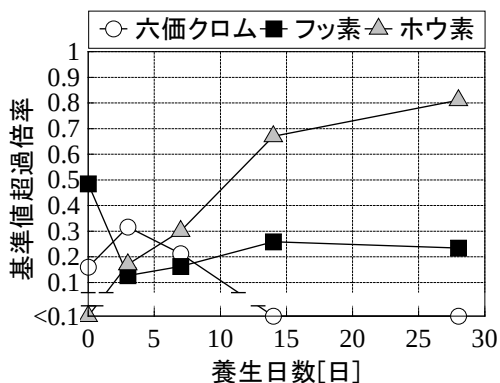


図-4 炭酸養生試験での重金属等の変

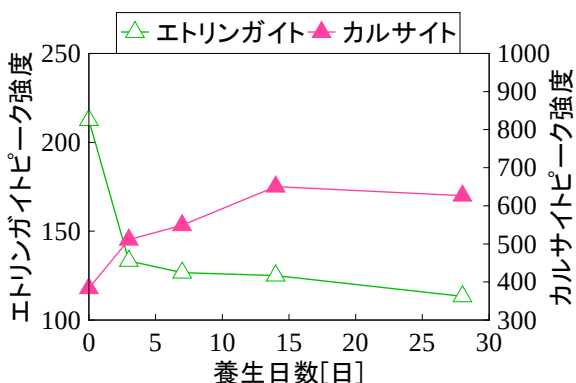


図-5 炭酸化養生試験でのX線回折結果