

エージング灰造粒物の環境適合性評価

清水建設株式会社	正会員	○村田 博一
清水建設株式会社	正会員	浅田 素之
清水建設株式会社	正会員	川口 正人
清水建設株式会社	正会員	栃山 広幸
東北電力株式会社	正会員	板井 雅之

1. はじめに

防災対策等の防潮堤や防波堤の築造、道路の嵩上げ等の土木材料として、石炭灰のリサイクル材料を活用することは、地球環境への負荷低減に有効である。

ここでは、処分場に埋立てられている石炭灰（以後、エージング灰と示す）の地盤材料としての利用可能性を検討した。既往文献において、エージング灰を用いた供試体の微量成分の溶出特性に関する試験結果が示されている¹⁾ものの、長期安定性に関する記述は限られている。そこで、処分場から掘り起こしたエージング灰を用いて、粒状化（造粒）による再資源化に向け、微量成分抑制効果の長期安定性を評価した。

エージング灰の溶出特性を評価したところ、新生灰に比べ、微量成分溶出量の少ないことが確認されている²⁾。本論では、エージング灰にセメントを混合して作製した粒状化地盤材料（造粒物）を用いて、溶出特性に及ぼす不溶化材の影響と長期材令の試料を用いた養生条件による溶出特性を確認した。

2. 実験概要

造粒物の配合を表 1 に示す。A-1 は比較のため原料に新生灰を使用した試料である。B-1～B-3 は原料に含水率 25.8%のエージング灰を 80%程度使用し、添加セメント量を変化させた試料である。

また、C-1～C-6 は乾燥重量に対し、外割添加セメント量を 15%に固定し、不溶化材（硫酸第一鉄、酸化マグネシウム、ドロマイト）の組合せや量を変化させた。造粒には、ハイフレックスグラル造粒装置（アーステクニカ社製）を用いた。

表 1 造粒物の配合 (wt%)

試料名	エージング灰 (AA)	新生灰	不溶化材			セメント (BB)	加水量	セメント外割添加量 BB/(AA(dry)+新生灰)
			硫酸 第一鉄	酸化マグ ネシウム	ドロマイト			
A-1	0	69.0	0	0	0	6.9	24.1	10
B-1	80.1	9.7	0	0	0	6.9	3.2	10
B-2	77.4	9.4	0	0	0	10.0	3.1	15
B-3	74.6	9.1	0	0	0	12.9	3.5	20
C-1	76.3	9.3	1	0	0	10.0	3.8	15
C-2	76.7	9.3	0	1	0	10.0	3.3	15
C-3	77.1	9.4	0	0	1	10.1	2.8	15
C-4	76.7	9.3	0.5	0.5	0	10.0	3.3	15
C-5	76.1	9.3	0.5	0	0.5	10.0	4.1	15
C-6	76.5	9.3	0	0.5	0.5	10.0	3.6	15

環境庁告示 46 号法により、エージング灰造粒物の環境適合性を評価した。溶出試験の試料は風乾状態で室内養生した造粒物を 1 ヶ月後に採取し、六価クロム(Cr(VI))、ヒ素(As)、セレン(Se)、フッ素(F)、ホウ素(B)、カドミウム(Cd)、総水銀(T-Hg)、鉛(Pb)の 8 成分を分析対象とした。また、Se に着目し、保管時の造粒物の乾燥度（含水率）の違いによる溶出抑制効果を確認するため、含水率が約 10%の造粒物と造粒後密封保管していた含水率が約 23%の造粒物を用いて、溶出試験を行った。

3. 溶出抑制効果

造粒に使用した新生灰(A-0)の溶出量を 100 とし、各造粒物の溶出量を相対値として評価した。Cr(VI)、Se、As、F、B の溶出結果の相関をそれぞれ溶出量の比とし、図 1 に示す。ただし、Cd、T-Hg、Pb についてはすべて検出下限以下であったため、図示していない。

図1より、造粒から1ヶ月後の溶出試験結果では、すべての試料で溶出量の比が25%以下を示しており、高い溶出抑制効果が見られ、また、土壤環境基準も満たしていた。さらに、新生灰造粒物のA-1とエージング灰造粒物のB-1～B-3、C-1～C-6までを比較すると、おおむねエージング灰造粒物の方が、新生灰造粒物より溶出抑制効果が高いことが示された。また、B-1～B-3の結果から、セメント添加量が多いほど溶出抑制効果が高くなる傾向がみられた。

不溶化材による溶出抑制効果を把握するため、調整したC-1～C-6の造粒物の溶出量と、セメント添加量が同一のB-2の溶出量と比較をした。B-2の溶出量に比べ、添加により低くなれば◎、同等であれば○、高くなれば△として表2にまとめた。

Cr(VI)についてはC-1、C-4の結果から、硫酸第一鉄を含む試料が溶出抑制に効果を示した。As、Se、F、BについてはC-4、C-5、C-6の結果より、ドロマイトとともに硫酸第一鉄や酸化マグネシウムを含む試料に溶出抑制効果がみられた。

以上の結果より、利用する石炭灰の性状に対応した不溶化材を適切に配合することで、より安定した材料の提供が可能となることが示唆された。

4. 養生状態による影響

養生期間中の湿潤度合いの影響を見るため、乾燥養生と密閉状態で湿潤養生した造粒物の長期材令による溶出性の変化を検討した。含水率は乾燥養生で10%、湿潤養生では23%であった。

湿潤養生による溶出抑制効果を確認するため、新生灰造粒物A-1の乾燥養生での溶出量を100として、17ヶ月後の乾燥養生と湿潤養生のSeに対する溶出量の比を図2に示す。

B-1～B-3の比較より、乾燥養生と湿潤養生の両方の試料で、セメント添加量の増加による抑制効果がみられた。今回の結果より、Seに関して、湿潤養生による石炭灰造粒物の長期溶出抑制が確認され、乾燥養生に比べ、溶出量の比で38%～56%の抑制効果が確認でき、他成分についても湿潤養生の方が乾燥養生よりも溶出を抑えられることがわかった。

5. まとめ

- ・エージング灰を使用した造粒物は、新生灰のみを使用した造粒物に比べて、溶出抑制効果が高く、環境適合性が高い。
- ・外割でセメント量を15%添加した試料では、硫酸第一鉄やドロマイトにより、溶出抑制がさらに期待できる。
- ・湿潤状態で養生することでSeの溶出を抑えることができる。

参考文献

- 1) 井野場誠治・下垣 久：埋立処分された石炭灰の再資源化に関する研究—既成灰の性状と土木材料としての適応性、電力中央研究所報告、V08031、2009.4
- 2) 平成26年度石炭灰利用技術振興費補助事業：基礎調査報告書 石炭灰有効利用調査 都市基盤整備資材としての利用に関する基礎調査、2015.3

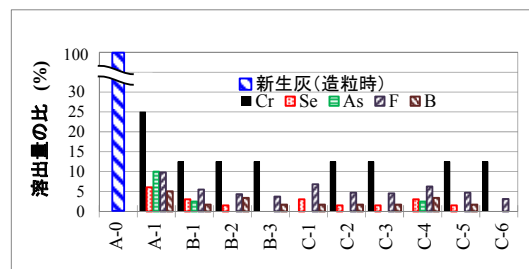


図1 造粒物の溶出量の比

表2 不溶化材の効果

	Cr(IV)	Se	As	F	B
C-1	◎	△	△	△	◎
C-2	○	○	◎	○	◎
C-3	○	○	◎	○	◎
C-4	◎	△	△	△	○
C-5	○	○	◎	○	◎
C-6	○	◎	◎	◎	◎

※B-2に対する溶出量 ◎：より低い、○：同等、△：より高い

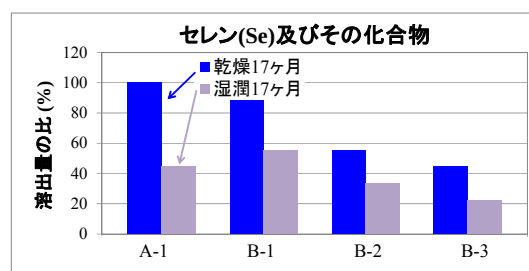


図2 湿潤養生と乾燥養生の影響 (Se)