

石炭灰混合材料の重金属溶出抑制に及ぼす混和材の効果

安藤ハザマ 正会員 ○坂本 守

安藤ハザマ 正会員 小野里みどり

東京電力ホールディングス 正会員 松浦 忠孝

東京電力ホールディングス 正会員 鬼束 俊一

1. 目的

発生量の増加が予測される石炭灰はその有効利用方法が求められているが、その利用技術には同時に重金属の溶出を抑制可能であることも不可欠である。本研究では、主要な混和材の添加が石炭灰混合材料の溶出を含む諸性状に及ぼす影響を調査した。

2. 試験概要

使用材料を表-1に示す。石炭灰は分級等の前処理を行っていないフライアッシュ原粉（JISⅡ種相当品）を、また抑制材として高炉スラグ微粉末、石膏（石炭火力発電所から産出される脱硫石膏）、消石灰および市販されているドロマイト系の不溶化材を取り上げた。配合条件は、盛土材料などの土木材料を対象として配合強度を5N/mm²程度と想定した表-2に示す基本配合に対し、混和材の添加率を石炭灰に対する内割で5、10、15%置換する3水準とした。ここで、不溶化材は、添加によって締固めが困難になったことから、別途基本配合を設定した。

硬化体は、ホバート型モルタルミキサで3分練り混ぜた後、φ5×10cmの型枠内に入れた状態で約60秒の加振により締固めて製造した。

28日の標準水中養生後に、圧縮強度試験、溶出試験を実施した。対象重金属は六価クロム、砒素、セレン、ふっ素、ほう素の5種類とした。表-3に使用した石炭灰単体の重金属溶出量を示す。

3. 試験結果

図-1に各混和材の添加率と材齢28日の圧縮強度の関係を示す。高炉スラグ微粉末と消石灰は添加率と圧縮強度が線形関係にあり、高炉スラグの方が強度寄与率が高いことがわかる。石膏は5%添加時の強度寄与率が高いが、それ以上添加しても強度の増加は少なく、不溶化材は他の混和材に比べると強度増量は小さいことがわかる。

図-2～6に、各重金属に対する混和材添加の効果を示す。

表-1 使用材料

使用材料	特性
水	茨城県つくば市水道水
セメント	普通ポルトランドセメント密度, 3.16g/cm ³
石炭灰	比表面積 3,840cm ² /g, 密度 2.15g/cm ³
高炉スラグ微粉末	比表面積 4,180cm ² /g, 密度 2.88g/cm ³
石膏（二水石膏）	脱硫石膏, 密度 2.15g/cm ³
消石灰	密度 2.47g/cm ³
不溶化材	ドロマイト系, 密度 2.37g/cm ³

表-2 基本配合

	水粉体比 (%)	単位量(kg/m ³)		
		水	セメント	石炭灰
基本配合	30.9	392	85	1184
不溶化材用基本配合	33.0	408	93	1144

表-3 石炭灰単体の溶出量

項目	Cr ⁶⁺	As	Se	F	B
溶出量 (mg/L)	0.033	0.047	0.061	2.2	3.5

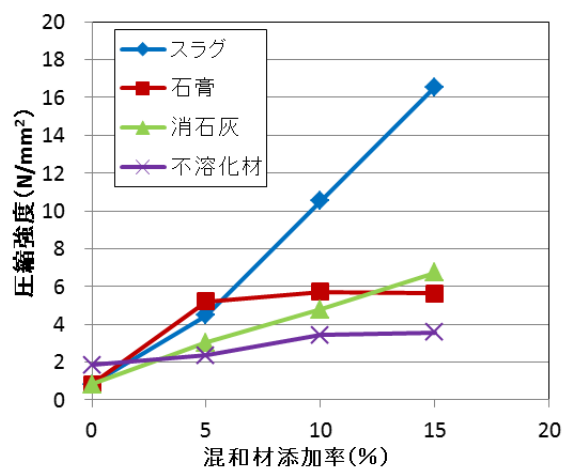


図-1 混和材添加率と圧縮強度の関係

キーワード：石炭灰、混和材、重金属、溶出

連絡先：〒305-0822 茨城県つくば市荏荏 515-1 安藤ハザマ技術本部技術企画部 TEL 029-858-8800

ここで、添加率 0% は基本配合の溶出量を示している。

六価クロムは、主にセメント由来の六価クロムの影響によって、石炭灰単体の溶出量よりも基本配合での溶出量が約 2 倍高くなっているが、他の重金属はセメント固化による基本配合の時点で石炭灰単体の溶出量が大きく低減しており、砒素で約 1/15、セレンでは 1/20 以下、ふっ素で約 1/4 以下、ほう素で約 1/9 となっている。

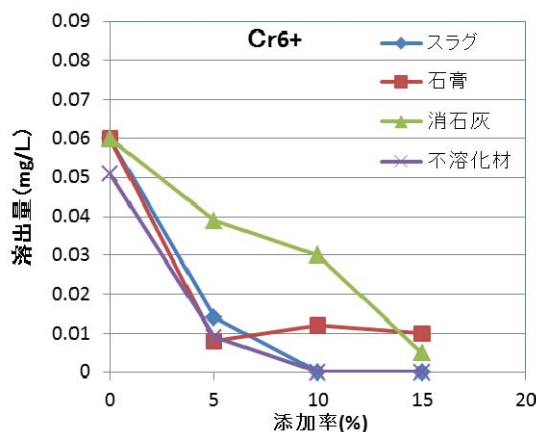


図-2 六価クロムへの効果

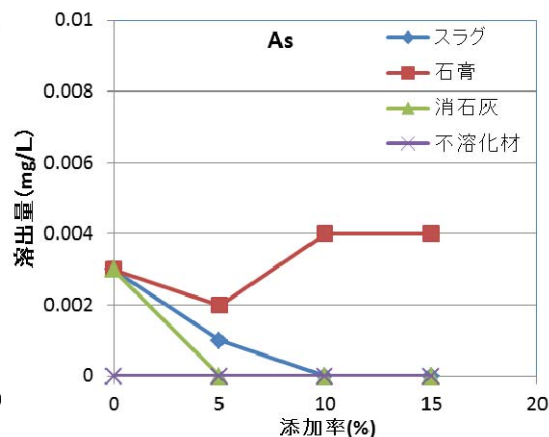


図-3 砒素への効果

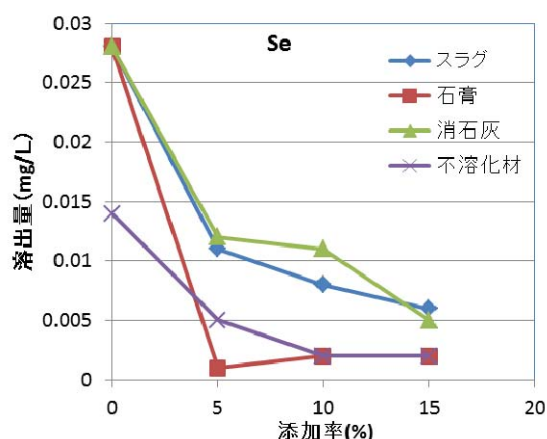


図-4 セレンへの効果

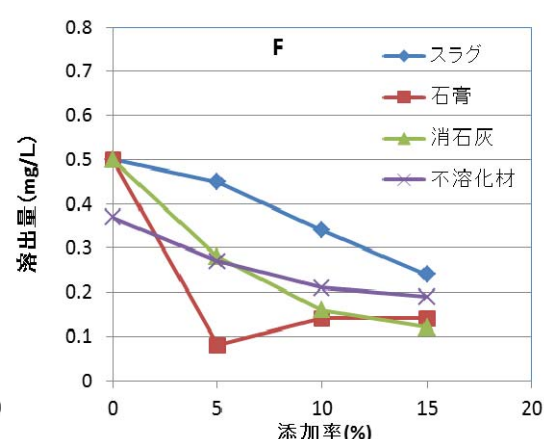


図-5 ふっ素への効果

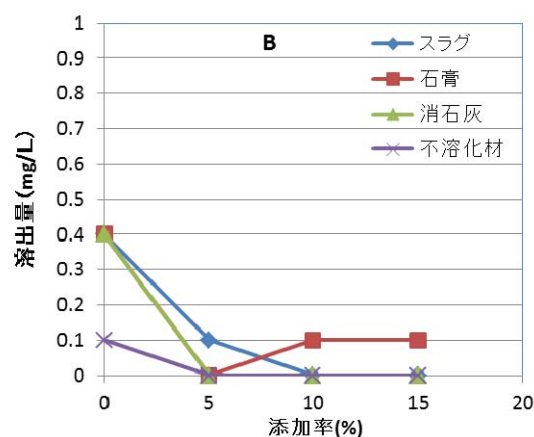


図-6 ほう素への効果

混和材の添加によって、六価クロムでは消石灰以外の混和材がほぼ同等の抑制効果があるが、石膏は 5%以上の添加による抑制効果の向上が認められない。砒素では 5%添加までは抑制効果があることが伺えるが、石膏は 5%以上添加した場合に逆に溶出量が増加する結果となった。一方、セレンに対しては、すべての混和材で抑制効果が認められ、特に石膏は 5%添加までは他の混和材よりも顕著な抑制効果があることが確認できた。ただし、セレンに対しても 5%以上の添加ではその抑制効果が高くないことが確認できた。ふっ素でも石膏の 5%添加までの溶出抑制効果は高い傾向にあり、消石灰と高炉スラグは添加率の増加とともに溶出量が低下する傾向にあった。ほう素でもふっ素と同様な傾向にあり、ここでも石膏を 5%以上添加した場合の抑制効果の低下が認められた。

4. まとめ

本研究によって、主要な混和材が石炭灰混合材料の性状に及ぼす効果について、下記のことを確認した。

- ①高炉スラグ微粉末と消石灰は添加率と圧縮強度が線形関係にあり、高炉スラグの方が強度寄与率は高い。また石膏は 5%までの強度寄与率は高いが、それ以上添加しても強度の増加は少ない。
- ②使用した混和材は、いずれも重金属抑制効果が認められたが、重金属の種類や混和材添加率によってその抑制効果は異なる。高炉スラグや消石灰は添加率に応じた抑制効果が認められるが、石膏は 5%添加時の抑制高が高く、それ以上添加した場合溶出量の増加に繋がる場合もある。

溶出特性を含め多種の石炭灰が使用されてきている現状を踏まえ、石炭灰の有効利用促進のために、今後は混和材の最適な添加率の選定とその溶出抑制メカニズムについて検討していく必要がある。