

鉄鋼スラグを使用した汚染土壌中の六価クロム溶出抑制に関する研究

日本大学大学院理工学研究科 学生会員 ○山本隆志
日本大学理工学部 正会員 梅村靖弘

1. はじめに

近年、重金属による土壌汚染問題が顕在化しつつある中、最終処分場の残余容量はわずかとなっており、重金属の中でも六価クロム(Cr(VI))について原位置で固化不溶化、溶出抑制させる工法が求められている。Cr(VI)は、セメントの水和物であるエトリンガイト及びモノサルフェートと反応し、固定化されることが報告されている。Cr(VI)の固定化量を増加させる方法には、高炉水砕スラグ微粉末とセッコウを添加した固化材が有効であることが報告されている¹⁾²⁾。さらに、エトリンガイト及びモノサルフェートの生成量を増加させる方法として、エトリンガイト系膨張材の添加が考えられる。本研究では、高炉スラグとセッコウ添加による Cr(VI)溶出抑制及び適正添加量の確認と、脱リンスラグを利用して合成したアーウィンの添加による Cr(VI)溶出抑制の検討を行った。

2. 実験概要

実験Ⅰとして、高炉水砕スラグとセッコウの添加による Cr(VI)溶出抑制効果及び適正添加量に関する検討を行い、実験Ⅱとしてアーウィン添加による Cr(VI)溶出抑制効果に関する検討を行った。

2.1 使用材料及び供試体作製方法

使用材料を表-1 に示す。供試体作製方法は、乾燥土壌 1kg に対しニクロム酸カリウム(K₂Cr₂O₇)を 300mg 添加して混合したものを模擬汚染土壌とし、各固化材を添加し混合した後 φ50mm×h100mm の供試体を作製し、密封養生したものを改良処理土とした。

2.2 試験項目

(1)改良処理土からの Cr(VI) 溶出試験:環境庁告示第46号試験に準拠しジフェニルカルバジド吸光光度法により Cr(VI)溶出量を測定した。実験Ⅰでは材齢28日、実験Ⅱはシルト(MH2)、関東ローム(VH)は材齢7日、砂質土(SG)は材齢3日とした。

3. 高炉スラグとセッコウ添加による Cr(VI) 溶出抑制に関する検討(実験Ⅰ)

3.1 固化材の種類と配合

固化材の種類と配合を表-2 に示す。セッコウの添加量は三酸化硫黄(SO₃)換算で5~30%まで変化をさせ、普通ポルトランドセメント、高炉水砕スラグ微粉末の配合比率を各々50%一定とした。

3.2 土壌・固化材の種類と Cr(VI) 溶出量

図-1 に土壌、固化材の種類と Cr(VI)溶出量の関係を示す全ての土壌において BSG5 で最小となり、BSG5 ~BSG30 では BSG30 が最大となった。よって、Cr(VI)溶出量を最小にするためのセッコウ添加量は、SO₃換算で5%程度であると考えられる。BSG10 ~BSG30 ではセッコウ置換量が増加すると、セメント量の減少に伴いカルシウム量

表-1 使用材料

材料名		備考	記号
固 化 材	セメント	普通ポルトランドセメント 密度 3.16g/cm ³ ブレーン値 3290cm ²	C
	高炉スラグ	高炉水砕スラグ微粉末 密度 2.88g/cm ³ ブレーン値 4640cm ²	BS
	ニ水セッコウ	硫酸カルシウムニ水和物 CaSO ₄ ・2H ₂ O 特級純薬 ニ水セッコウ中のSO ₃ 量	S
	脱リンスラグ	脱リンスラグ(無焼成) 密度:3.47g/cm ³ ブレーン値:4710cm ² /g	DS
	炭酸カルシウム	炭酸カルシウム CaCO ₃ 特級純薬	CA
	アルミナ	酸化アルミニウム Al ₂ O ₃ 特級純薬	AL
	アーウィン	アーウィン(Hauyne) 3CaO・3Al ₂ O ₃ ・CaSO ₄ 1150℃で3時間焼成して合成	HA
	六価クロム化合物	ニクロム酸カリウム K ₂ Cr ₂ O ₇	
土 壌	砂質土	砂質土 湿潤密度 1.84g/cm ³ 自然含水比 32.9%	SF
	シルト	シルト 湿潤密度 2.01g/cm ³ 自然含水比 26.3%	MH1
	有機質土	高有機質土 湿潤密度 1.45g/cm ³ 自然含水比 52.9%	Mk
	砂質土	礫質砂 湿潤密度 1.90g/cm ³ 自然含水比 5.3%	SG
	シルト	海成粘土 湿潤密度 1.75g/cm ³ 自然含水比 43.9%	MH2
	火山灰質粘性土	関東ローム 湿潤密度 1.34g/cm ³ 自然含水比 135.2%	VH

表-2 固化材の配合(実験Ⅰ)

配合名	添加量(kg/m ³)			固化材中の全SO ₃ 量(%)
	C	BS	S	
PL50	150	—	—	—
BS50	75	75	—	—
BSG5	70	70	10	5
BSG10	62	62	27	10
BSG20	45	45	60	20
BSG30	28	28	94	30

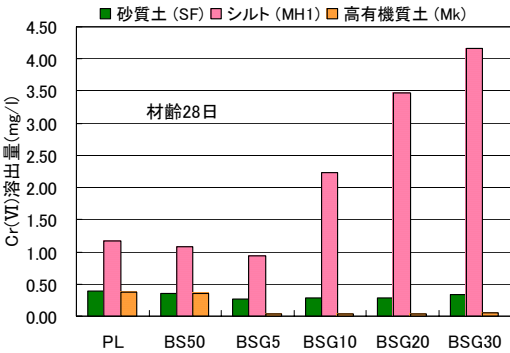


図-1 土壌・固化材の種類と Cr(VI) 溶出量

キーワード 汚染土壌 六価クロム 高炉水砕スラグ ニ水石膏 脱リンスラグ アーウィン

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-18-14 理工学部土木工学科 TEL/FAX 03-3259-0682

が減少し、これによりエトリンサイト生成量が減少し、Cr(VI)溶出量が増加したと考えられる。シルト(MH)の場合は、リン酸含有量が 0.30mg/g と、砂質土(SF)0.01mg/g、高有機質土(Mk)0.05mg/g と比較し高く、リン酸イオンがセメント中のカルシウムイオンと反応し難溶性のリン酸カルシウムを生成したため、セメントの水和が阻害されエトリンサイトの生成量が減少し Cr(VI)溶出量が増加したと考えられる。

4. アーウィン添加による Cr(VI)溶出抑制に関する検討 (実験Ⅱ)

4.1 アーウィンの合成

表-2 にアーウィンの配合を示す。アーウィンの合成は、各材料を混合し 70MPa で圧縮成型しペレットを作製した。そのペレットを 1150℃で 3 時間焼成し、粉状にしたものをアーウィンとした。脱リンスラグ、酸化アルミニウム、セッコウを利用して合成したアーウィンの配合を D55 とした。さらに脱リンスラグ中に不足しているカルシウム分を補うため炭酸カルシウムを混合した。脱リンスラグと炭酸カルシウムを 1:1 で合成した配合を D25、1:4 で合成した配合を D10 とした。

4.2 固化材の種類と配合

固化材の種類と配合を表-3 に示す。固化材には、普通ポルトランドセメント単体のみ、実験Ⅰで使用した BSG5 を使用した。また、アーウィン(HA)を添加した固化材の配合は質量比で C : S : HA = 50 : 3 : 15 とした。なお、配合名は HA10(D10 を使用)、HA25(D25 を使用)、HA55(D55 を使用)とした。

4.3 土壌・固化材の種類と Cr(VI) 溶出量の関係

図-2 に固化材の種類と砂質土(SG)における Cr(VI)溶出量の関係を示す。固化材 HA10 で Cr(VI)溶出抑制効果が確認された。BSG5 は他の配合と比較し Cr(VI)溶出量が増加した。砂質土(SG)は酸化還元電位が 534mV と実験Ⅰで使用した砂質土(SF)の酸化還元電位 457mV と比較し高く、そのことが Cr(VI)溶出量増加に影響したと考えられる。図-3 に関東ローム(VH)、シルト(MH2)における結果を示す。配合別に見た場合、シルト(MH2)及び関東ローム(VH)において配合 BSG5 の Cr(VI)溶出量は最小となった。アーウィン(HA)を使用した固化材 HA10、HA25、HA55 は、PL、BSG5 と比較して Cr(VI)溶出量が増加する結果となった。

5. まとめ

(1)実験Ⅰについて

配合 BSG5 は他の配合と比較し Cr(VI)溶出量が最小となった。シルト(MH1)の場合は砂質土(SF)、高有機質土(MK)と比較し Cr(VI)溶出量が増加した。この理由として、シルト(MH1)はリン酸含有量が高く、このことが Cr(VI)を固定化させるエトリンサイトの生成量の減少に影響したものと考えられる。

(2)実験Ⅱについて

砂質土(SG)の場合は配合 HA10 において Cr(VI)溶出量が最も小さい。しかし、配合 BSG5 では実験Ⅰに反して Cr(VI)溶出量が増加した。実験Ⅱで使用した砂質土(SG)の酸化還元電位が高いことが影響しているものと考えられる。一方、関東ローム(VH)、シルト(MH2)の場合は配合 BSG5 の Cr(VI)溶出量が最小となった。

【参考文献】

- 1) 秋間健他：「セメント改良土の六価クロム溶出原因を探る－関東ロームを対象土として－」，(財)環境地質科学研究所研究年報第 15 号，pp52-73，2004
- 2) 牛山宏隆他：「セメント水和物による六価クロム固定化に関する研究」，Cement Science and Concrete Technology No.54，pp123-128，2000

表-2 アーウィンの合成配合

配合名	各材料質量比(DS:CA:AL:S)
D10	10 : 40 : 35 : 15
D25	25 : 25 : 35 : 15
D55	55 : - : 35 : 10

表-3 固化材の配合(実験Ⅱ)

配合名	添加量(kg/m ³)				
	C	BS	S	HA	
PL	150	—	—	D10	D25
BSG5	70	70	10	—	—
HA10(D10)	—	—	—	33	—
HA25(D25)	—	—	—	—	33
HA55(D55)	—	—	—	—	33

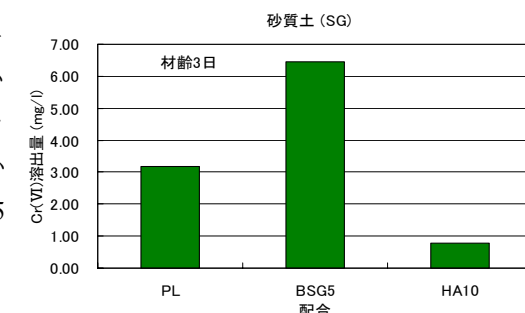


図-2 砂質土における Cr(VI) 溶出抑制効果

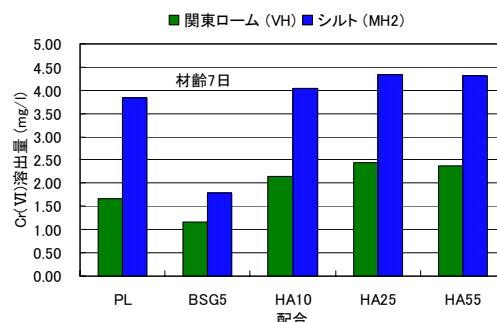


図-3 土壌の種類と固化材の Cr(VI) 溶出量