

再生半水石膏により改良された土質材料の環境安全性の検討

福岡大学 正会員 ○佐藤研一 正会員 押方利郎
基礎地盤コンサルタンツ (株) 正会員 伊藤恵輔
ふくおか石膏ボードリサイクル研究会 非会員 大山勝寿 坂本晃一 森田博史

1.はじめに 廃石膏ボード処理費用は、管理型処分場への廃棄や高度経済長期の住宅・社会資本の更新に伴う建設副産物排出量の増加により、今後莫大なものになると考えられる。このことから、建築現場から排出される廃石膏ボードのリサイクル・再利用技術の開発がなされている¹⁾²⁾。そこで、廃石膏ボードから分離した石膏を焼成して得られる再生半水石膏の地盤改良材としての有効利用法の検討を進めている³⁾。しかし、再生半水石膏の地盤材料への利用においては、土壌環境基準値を超えるフッ素の溶出が懸念されている。本研究では、環境庁告示 46 号法試験を行い、再生半水石膏を混合した材料における環境安全性の検討を行った結果について報告する。

2. 実験概要

2-1 実験に用いた試料 本研究では、①まさ土、②建設発生土のリサイクル工場から排出される脱水ケーキ、③しらす、④博多粘土、⑤黒ボク、⑥風化土の九州各地で発生し使用が予想される 6 種類の土質材料を使用した。また、再生半水石膏には間接焼成方式で焼成された再生半水石膏(以下、石膏 A)と IH 焼成方式で焼成された再生半水石膏(以下、石膏 B)の 2 種類の再生半水石膏を使用した。さらに、補助固化材として高炉セメント B 種(以下、高炉 B 種)を使用した。表-1 に物理特性値を、図-1 に粒径加積曲線を示す。脱水ケーキ、博多粘土、黒ボク及び風化土は細粒分含有率が 70%以上と高く、有機物を多く含んでいる材料である。一方、まさ土としらすは粒径幅が広く、粒度分布の良い試料であることがわかる。

表-1 試料の物理特性値

2-2 検討内容

検討①：フッ素溶出特性に及ぼす土質材料の影響 表-2 に配合条件を示す。ここで、石膏の添加率は乾燥状態の土質材料に対する重量比(%), 混水量

は、JIS R9112 により規定された石膏の固化に最適な水の量のことで、石膏に対する重量比(%)である⁴⁾。試料作成方法は、土質材料と石膏と水をミキサーで 1 分間混合攪拌したのち、チャック付の袋に入れ、恒温室(室温 20±2℃)にて所定期間養生(1, 7, 28 日)を行った。その後、各養生後に環境庁告示 46 号法試験に従い、イオンクロマトによりフッ素(F)の測定を行った。

検討②：締固め固化試料からのフッ素溶出特性 表-3 に配合条件を示す。ここで試料の配合は絶乾状態の土質材料に対する重量比(%)である。試料作成方法は、含水比を最適含水比に調整し締固め試験結果から締固め密度 $D(\rho_d/\rho_{dmax})=95\%$ となるよう、直径 $\phi=5\text{cm}$ 、高さ $h=10\text{cm}$ のモールドに 5 層で突き固めて作製した。その後、恒温室(室温 20±2℃)で 28 日間気中養生し、環告 46 号法試験を行いイオンクロマトによりフッ素(F)の測定を行った。

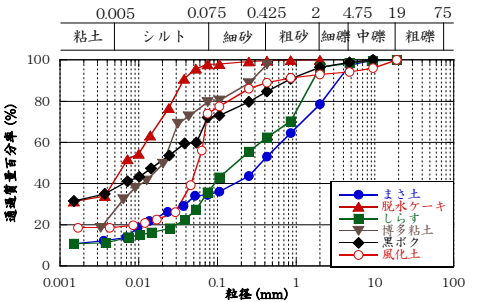


図-1 試料の粒径加積曲線

表-2 配合条件(検討①)

表-3 配合条件(検討②)

土質材料	半水石膏		混水量 (%)
	種類	添加率(%)	
まさ土 脱水ケーキ しらす 博多粘土 黒ボク 風化土	石膏A	10	143
		15	
		20	
	石膏B	10	116
		15	
		20	

土質材料	半水石膏		補助固化材
	種類	添加率(%)	添加率(%)
脱水ケーキ	石膏A	10	0
			3
			5
	石膏B	15	0
			3
			5

3. 半水石膏を混合した材料の環境安全性の検討 表-4 に土質材料及び石膏の溶出試験結果を示す。表より、石膏には土壌環境基準値の 5~6 倍、博多粘土からは土壌環境基準値を超えるフッ素の溶出が確認された。

キーワード 再生半水石膏, 地盤改良, 土質材料、フッ素, 溶出特性

連絡先 〒8140-0180 福岡市城南区七隈 8 丁目 19-1 福岡大学工学部 TEL:092-871-6631

3-1 フッ素溶出特性に及ぼす土質材料の影響

図-2に1日養生後の石膏添加率とフッ素溶出量の関係を示す。図より、石膏添加率の増加に伴いフッ素溶出量が増加している。これは、表-4に示すようにもともと石膏自体が土壤環境基準値の5~6倍に相当するフッ素の溶出が認められることに起因しているものと考えられる。また、土質材料の種類によってフッ素溶出量に違いが見られる。図-3に石膏A添加率20%の各土質材料における養生日数とフッ素溶出量の関係を示す。図より、脱水ケーキとまさ土では養生日数の経過に伴いフッ素の溶出量が低下していることがわかる。これに対し、それ以外の土質材料では、養生日数に関係なくフッ素溶出量はほぼ一定値を示している。図-4に1日養生後における細粒分含有率 F_c とフッ素溶出量の関係を示す。図より、細粒分含有率の増加に伴ってフッ素の溶出量が低下していることがわかる。これは、細粒分がフッ素を吸着したことに起因するものと考えられる。ここで、黒ボクに着目すると、細粒分含有率が100%の脱水ケーキと同等もしくはそれ以上の溶出量の低下が見られる。これは、黒ボクがホウ素やフッ素といった重金属を吸着しやすい性質を持っていることに起因するものと考えられる⁵⁾。

これに対し、フッ素を多く溶出する博多粘土は、細粒分含有率が高いにもかかわらず、フッ素溶出量が高いことがわかる。3-2 固化試料からのフッ素溶出特性 表-5に養生28日後の石膏B添加率15%の溶出試験結果を示す。表より、補助固化材を添加したことによりフッ素溶出量が低下していることがわかる。これは、セメント水和鉱物が結晶中に重金属イオンが固定されることに起因するものと考えられる⁶⁾。このことは、補助固化材を添加することによりフッ素の溶出抑制が可能であることを意味している。

4. 結論 実験行った結果、以下の知見が得られた。①石膏添加率の増加に伴い、改良材からのフッ素溶出量は増加する。②土質材料の違いによってフッ素溶出特性は異なり、細粒分含有率とフッ素の吸着量は高い相関性が見られた。③補助固化材を添加することで、フッ素の溶出抑制が可能である。④試料の養生形態の違いによってフッ素の溶出量に影響は受けない。

謝辞：本研究は、環境省平成21年度循環型社会形成推進科学研究費(No.K2144)および文部科学省科学研究費(No.21560527)の一部として実施された研究である。関係各位に心より感謝申し上げます。

参考文献 1) 亀井ら:半水石膏の地盤改良材としての有効利用, 地盤工学ジャーナル, vol.2, No.3, pp.245-252, 2007. 2) 亀井ら: 廃石膏ボードから再生した半水石膏を混入したセメント安定処理土の一軸圧縮強さ, 地盤工学ジャーナル, vol.2, No.3, pp.237-244 2007 3) 伊藤ら: 半水石膏による高含水比発生土の地盤改良材効果, 第45回地盤工学研究発表会概要集掲載予定, 2010. 4) JIS R 9112 陶磁器型材用せっこうの物理試験方法 5) 杉田創: ホウ素およびフッ素の土壤吸着に関する研究, 産業技術総合研究所研究成果報告, 2005. 6) 亀井ら: 高炉セメントB種による半水石膏のフッ素不溶化技術の開発, 地盤工学ジャーナル, vol.4, No.1, pp.91-98 2007

表-4 試料の溶出試験結果

試料	pH	F(mg/l)
まさ土	6.81	N.D
脱水ケーキ	8.57	0.54
しらす	4.03	N.D
博多粘土	7.71	1.23
黒ボク	6.00	0.56
風化土	5.03	N.D
石膏A	6.97	4.84
石膏B	7.46	5.94
土壤環境基準値	-	0.80

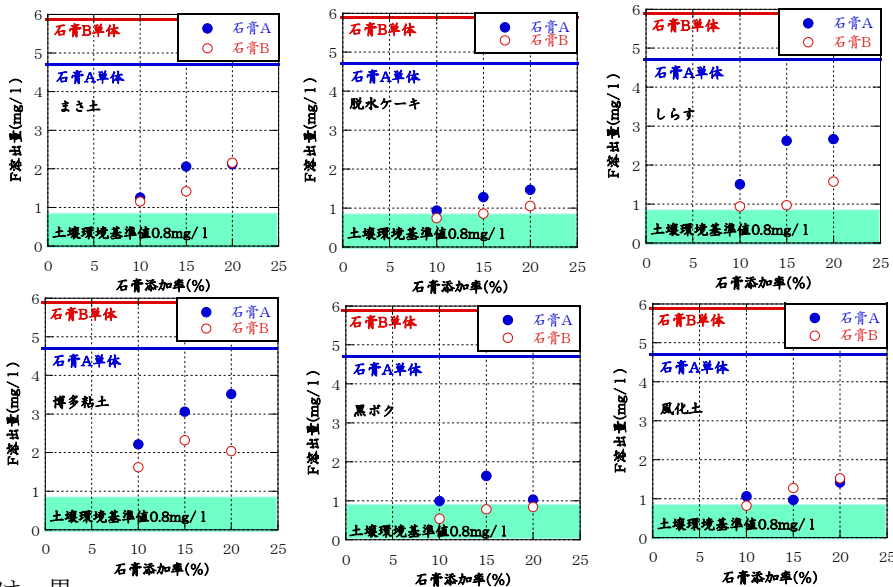


図-2 石膏添加率とフッ素溶出量の関係

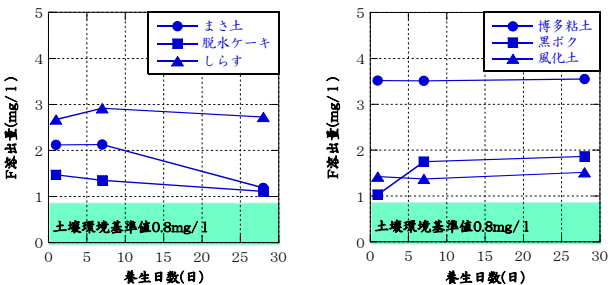


図-3 養生日数とフッ素溶出量の関係(石膏A:添加率20%)

表-5 溶出試験結果

土質材料	半水石膏		補助固化材	環告46号法試験	
	種類	添加率(%)	添加率(%)	pH	F(mg/l)
脱水ケーキ	石膏B	15	0	7.85	0.72
			3	11.20	0.64
			5	11.45	0.22
土壤環境基準値				-	0.80

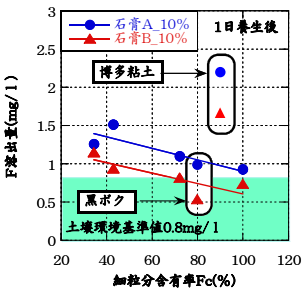


図-4 F_c とフッ素溶出量の関係