

再生半水石膏を用いた地盤改良材の環境安全性の検討

福岡大学 学生会員 伊藤恵輔 松崎数馬

福岡大学 正会員 佐藤研一 押方利郎

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 廃石膏ボードは、安定型処分場から、管理型処分場への移行や、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、今後廃石膏ボードの処理費用は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)}。そこで筆者らも、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材料への適用について検討を進めてきた。しかし、再生半水石膏の地盤材料への利用においては、土壤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 本研究では土質材料として まさ土、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、しらす、博多粘土、黒ボク、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。

2-2 検討内容

検討 : 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 R 9112 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³⁾。試料作成方法は、

表-1 試料の物理特性値

	まさ土	脱水ケーキ	しらす	博多粘土	黒ボク	風化土	再生半水石膏 石膏A	石膏B
土粒子密度 (g/cm ³)	2.64	2.62	2.42	2.76	2.39	2.72	2.62	2.61
初期含水比(%)	3.0	15.0	12.0	83.3	22.0	4.5	-	-
細粒分含有率F _c (%)	34.4	100.0	43.0	90.0	79.9	72.2	-	-
塑性指数I _p	-	21.0	-	41.6	-	38.5	-	-
強熱減量(%)	3.7	18.4	5.6	43.0	23.7	10.9	-	-

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 : 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、別報⁴⁾と同一の供試体を用い、恒温室(室温 20±2)で 28 日間気中養生した後、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。

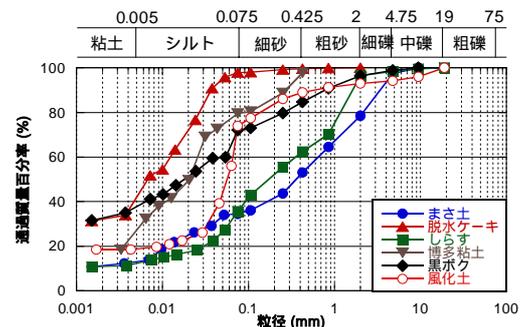


図-1 試料の粒径加積曲線

表-2 配合条件(検討)

3. 半水石膏を混合した材料の環境安全性の検討

表-4 に試料の溶出試験結果を示す。表より、石膏には土壤環境基準値の 5~6 倍、博多粘土からは土壤環境基準値を超えるフッ素の溶出が確認された。

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	石膏A	10	143
		15	
		20	
博多粘土 黒ボク 風化土	石膏B	10	116
		15	
		20	

表-3 配合条件(検討)

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

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、フッ素を多く含有している博多粘土は、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⁾。したがって、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が明らかとなった。また、図-5に養生形態とフッ素溶出量の関係を示す。試料の養生形態の差によるフッ素溶出量を比較すると、溶出量に大きな差は見られない。したがって、フッ素溶出量は試料の養生形態に影響されないことが明らかとなった。

4. 結論 実験を行った結果、以下の知見が得られた。

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。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。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。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。

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

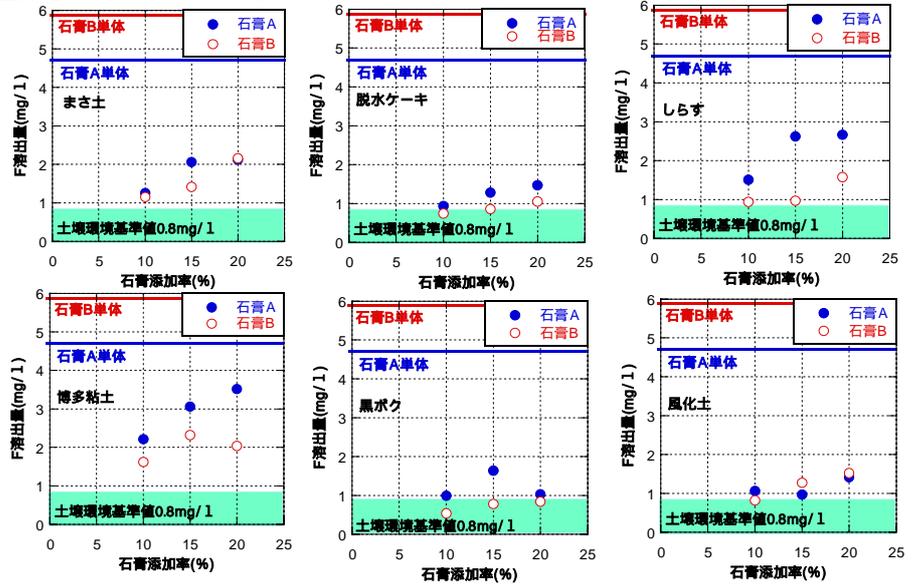


図-2 石膏添加率とフッ素溶出量の関係

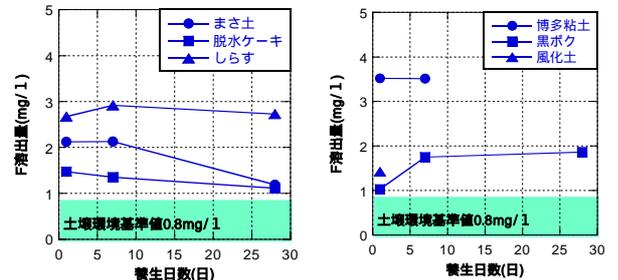


図-3 養生日数とフッ素溶出量の関係(石膏A:添加率20%)

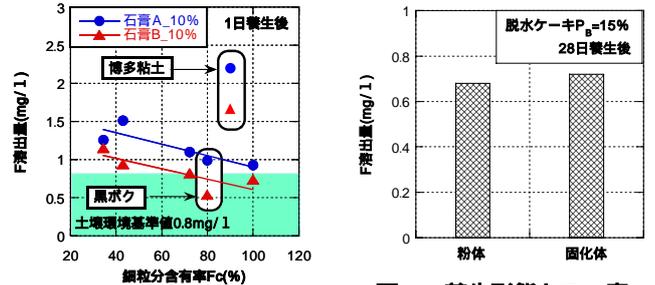


図-4 F_c とフッ素溶出量の関係

図-5 養生形態とフッ素溶出量の比較

表-5 溶出試験結果

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

【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) JIS R 9112 陶磁器型材用せっこうの物理試験方法 4) 松崎ら:再生半水石膏より改良された土質材料の力学特性の検討 5) 杉田:ホウ素およびフッ素の土壤吸着に関する研究 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