

掘削された流動化処理土の再利用・再生利用における溶出特性

福岡大学工学部 学生会員 久富優二 福岡大学大学院 学生会員 大住隼斗
 福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 福岡大学工学部 正会員 藤川拓朗

1.はじめに

別報¹⁾では図-1 に示すフローチャートに従い掘削流動化処理土の再生利用方法として再生流動化処理を施す方法について力学特性の面から検討を行った。本報告では掘削流動化処理土の有効利用方法として、地盤材料として再利用する場合、再生流動化処理土として再生利用する場合という二つの有効利用方法について環境影響評価を行った結果を報告する。

2.実験概要

本研究では、別報¹⁾で示した掘削流動化処理土及び再生流動化処理土に対し溶出試験を実施し、地盤材料として用いた場合にそれらが地盤環境に与える影響について検討を行った。さらに掘削流動化処理土において無機有害物質の土壌や地下水への溶出挙動を把握し評価するためにカラム試験、拡散溶出試験結果から流動化処理土及び再生流動化処理土の両者における溶出フラックス及び拡散係数の変化といった溶出挙動の把握、また長期的な溶出量の評価を行った。なお、表-1 に流動化処理土及び再生流動化処理土作製時の配合条件を示す。

2-1 カラム試験 試験には図-2 に示すような内径5cmの狭径カラムの試験装置を使用した。なお、試験条件として廃棄物資源循環学会標準試験の規格に従った。供試体は 125g のランマーを用い、落下高さ約 20cm、落下回数 3 回として、充填高さが 30cm になるように 5 層に分けて突き固め作製した。溶媒には pH4 に調整した蒸留水を用い、試料を通過する流出液の速度はポンプを用い 12mL/h になるように調整をした。ここで、溶媒の pH4 に設定したのは、酸性雨等を想定し、より厳しい条件下で試験を実施するためである。試験は掘削流動化処理土のみの場合と、まさ土を充填した場合の 2 条件で行った。

2-2 拡散溶出試験 オランダの NEN7345 や米国の ANSI6.1 等に代表される拡散溶出試験²⁾はコンクリート固化体や建設ブロック等の成形体からの成分溶出挙動を長期的に予測評価するための試験である。本研究では透水係数の低いため内部拡散に支配されると考えられる流動化処理土及び再生流動化処理土において重金属の溶出挙動の把握、またそれに加え長期的溶出量の評価を目的として行った。濃度が時間とともに変化する非定常拡散現象はフィックの第二法則から次式(1)で表される。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_e \frac{\partial^2 C}{\partial X^2} \quad (1)$$

ここで、 D_e は有効拡散係数(m^2/s)、 C は濃度(mg/m^3)、 X は距離(m)、 t は時間(s)をそれぞれ表す。これに初期条件および境界条件を与え解くと、試料表面からの溶出フラックス $J(mg/m^2s)$ の時間変化、および J の積分形である t_1 から t_2 の間の累積溶出量 $M(mg/m^2)$ として式(2)および式(3)が得られる。これらの式を用いて長期溶出量の予測評価を行った。

$$M = 2C_0 \sqrt{\frac{D_e}{\pi}} (\sqrt{t_2} - \sqrt{t_1}) \quad (2)$$

$$J = C_0 \sqrt{\frac{D_e}{\pi t}} \quad (3)$$

実験では、図-3 のような供試体の全表面が溶媒と接触するような実験装置を用いて試験を行った。また、pH4 に調整した蒸留水を溶媒とし、 $L/S=5$ の割合で供試体を水浸させた。水浸後は、0.25, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 日に溶媒の更新を行い、各更新時刻における溶媒水を採取し検液とした。なお、その検液を用い B, Cr, Mn, Fe, Ni, Zn, Cd, Pb,

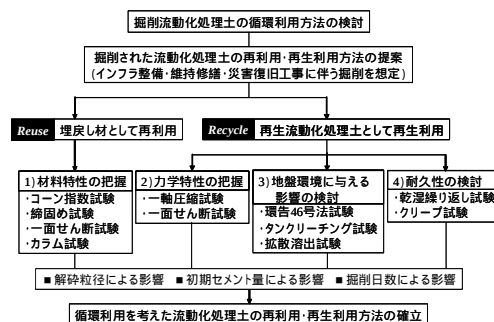


図-1 フローチャート

表-1 配合表

Case		配合条件			
		セメント量 (kg/m ³)	建設発生土 (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	W/C
流動化 処理土	第4種	125	660	706	5.7
	泥土b	75	1030	586	7.8
再生流動化 処理土	掘削処理土A (4種+C=125-28日掘削)	125	500	766	6.1
	掘削処理土B (泥土+C=75-28日掘削)	75	750	692	9.2
	掘削処理土C (泥土+C=75-300日掘削)	75	821	658	8.8

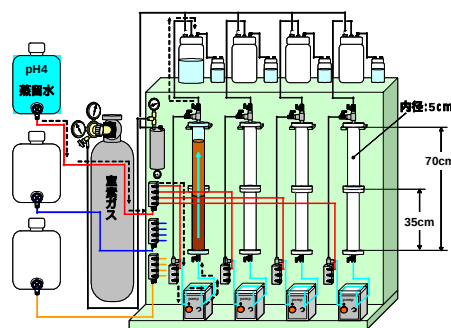


図-2 カラム試験装置

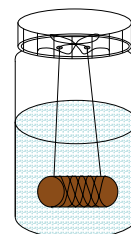
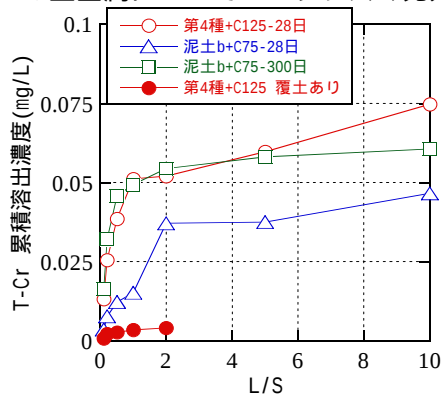
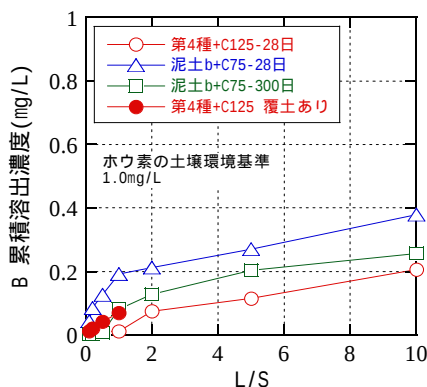


図-3 拡散溶出
試験の模式図

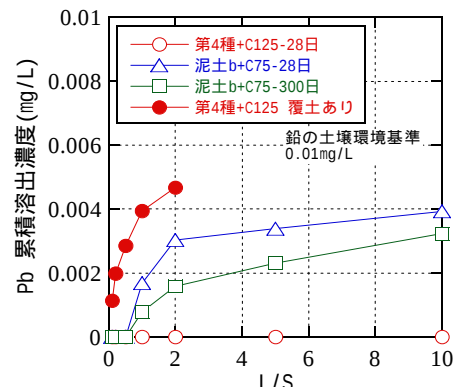
Al の重金属について ICP プラズマ発光分析装置で溶出濃度を測定した。



(a) T-Cr (鉻クロム)



(b) B (ホウ素)



(c) Pb (鉛)

3. 実験結果及び考察

3-1 地盤材料として有効利用する場合

本研究では、別報¹⁾で示した、第4種建設発生土および泥土bで作製した掘削流動化処理土に対し実験を行った。また、泥土bにおいては掘削日数が28, 300日と異なるものにもそれぞれ実施した。図-4にT-Cr, B, Pbの各分画における重金属の累積溶出濃度を示す。まず、掘削流動化処理土のみに

ついてみると、用いた土質区分に関係なく、BおよびPbはL/S=2以降から溶出濃度が低下していき、pH4という厳しい条件下であるにもかかわらず、土壤環境基準値を超える溶出量はみられない。次に、掘削流動化処理土と掘削流動化処理土にまさ土を充填した条件とを比較すると、まさ土の吸着効果により、Crの溶出濃度が大きく低下している。また、吸着したT-Cr中のCr⁺⁶についても還元作用によりCr⁺³として安定すると考えられるため周辺地盤に与える影響は低いと考えられる。

3-2 再生流動化処理土として有効利用する場合 図-5に第4種建設発生土を用い作製した流動化処理土及び再生流動化処理土の経過時間と溶出フラックスの関係を対数軸で与えたグラフを示す。グラフには-0.5の勾配を実線で、-0.35と-0.65の勾配を破線で示している。

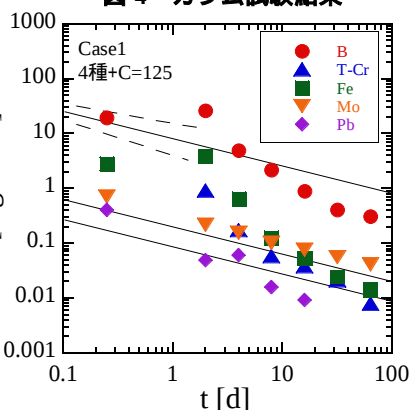
ここで、溶出フラックスの勾配が-0.35~-0.65の時に拡散律速と判定²⁾した。なお、表-2に拡散律速と判定したものの有効拡散係数を算出したものを示す。結果より、流動化処理土と再生流動化処理土を比較すると、両者における重金属の溶出フラックスが急速に低下しているものが多々見られる。これは、溶解度変化もしくは成分の涸渇による影響であると考えられる。また、拡散律速に従ったMoの有効拡散係数は両者において差がみられない結果となった。今後、他の建設発生土を用いた流動化処理土や再生流動化処理土の溶出特性についても検討を行っていく予定である。

4. まとめ

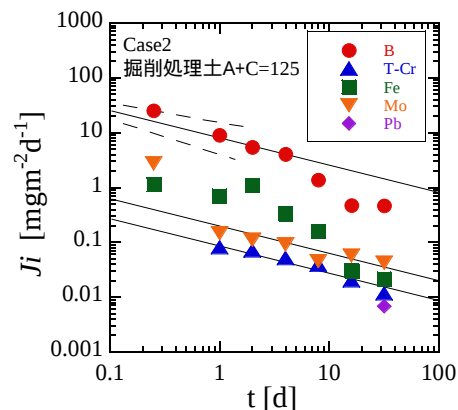
1) 掘削流動化処理土から溶出されるBやPbは、厳しい条件下にあるにもかかわらず、土壤環境基準値を超える溶出量はみられない。また、T-Crについても吸着・還元作用から周辺地盤に与える影響は低いと考えられる。

2) 溶出試験結果より、本研究の実験条件における第4種建設発生土を用い作製した流動化処理土及び再生流動化処理土の溶出機構に、差異は見られないことが示された。

図-4 カラム試験結果



(a) 流動化処理土



(b) 再生流動化処理土

図-5 拡散溶出試験結果

表-2 拡散係数と溶出量の予測評価

Case	元素	分画範囲	勾配	pD _e	M _{100year} [mg/m ²]	規制値
流動化処理土 4種+C=125	B	3-7	-1.50	-	-	-
		7-8	-0.40	27.71	591	-
	T-Cr	3-5	-1.99	-	-	-
		6-8	-1.12	-	-	1500
	Mn	3-6	-1.23	-	-	-
		6-7	-4.07	-	-	-
	Fe	7-8	-1.00	-	-	-
		3-5	-2.47	-	-	-
	Mo	5-8	-1.05	-	-	-
		3-8	-0.48	25.97	102	-
再生流動化処理土 C=125 (4種+C=125-28日)	B	3-5	-0.59	24.96	2651	-
		6-7	-0.042	-	-	-
	T-Cr	2-5	-0.35	33.67	32.3	-
		5-7	-0.88	-	-	1500
	Mn	-	-	-	-	-
		3-7	-1.41	-	-	-
	Fe	2-7	-0.36	26.43	57.68	-
		-	-	-	-	-
	Mo	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	1275

【参考文献】 1) 大住ら：掘削された流動化処理土の再生利用を考えた再生流動化処理土の力学特性，平成22年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集掲載予定）2) 斎倉宏史，水谷聡，田崎智宏，貴田昌子，大迫政浩，酒井伸一：利用形状に応じた拡散溶出試験による廃棄物溶融スラグの長期溶出量評価，廃棄物学会論文誌 Vol. 14, No.4, pp.200-209, 2003.