Japan Society of Engineering Geology

26. 自然由来重金属等含有発生土を用いた盛土・大型カラムの観測

The Observation of Embankment and Large Scale Column Made of Surplus Soil Containing Natural Source Heavy Metals

○品川俊介，阿南修司（土木研究所）
Shunsuke SHINAGAWA, Shuji ANAN (Public Works Research Institute)

1. はじめに

自然由来重金属等含有岩石の環境安全性評価方法は確立していないものの，一般に岩石の粉砕試料を用いた溶出試験結果を地下水環境基準値＝土壌環境基準値と比較することが多い．岩石からの重金属等の溶出現象は，岩石が置かれる環境（例えば共存する物質や溶液の pH，酸化還元電位など）に大きく依存すると考えられることから，溶出試験による評価が適切かどうかはよくわからない．

そこで盛土や，大型カラムを屋外に構築し，内部環境や浸出水量，水質等の観測を行い，盛土等からの重金属等の溶出の特徴を分析し，自然由来重金属等を含む発生土を盛土材に用いる場合の留意点を整理した．

2. 実験内容と方法

2.1 実験材料

実験材料は，第四紀中期更新世，上総層群笠森層の海成泥岩の掘削ずりである．このずりは地山掘削後，屋外に数ヶ月間仮置き後に再掘削したものであり，一部が土砂化していた．仮置き場の表層および深度 80cm から採取した試料の短期溶出試験（粒径を 2mm 以下に粉砕調製した試料を用いた環告 18 号試験）の結果を表－1 に示す．砒素，ふっ素の溶出量が比較的高い．

2.2 盛土の観測 [1)]

盛土の築造方法によって盛土の内部環境やそれに依存して重金属等の溶出結果が異なるかどうかを把握する目的で，2009 年に茨城県つくば市の土木研究所構内に 4 種類の盛土を構築した（表－2，図－1）．

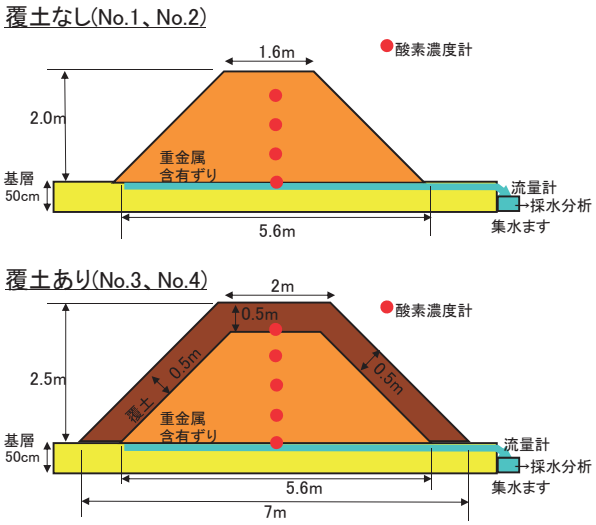
盛土底面には遮水シートとジオテキスタイルの排水層を設け，盛土浸透水を集水し，排水量計を接続して連続観測した．また，さらに，盛土内部環境把握の目的で，深度 50cm おきに酸素濃度計を埋設した．

2.3 大型カラムの観測 [2)]

2012 年，盛土を模した大型カラムを構築した（表－3，図－2）．直径 60cm の塩ビ管に底板，排水管を取り付けて大型カラムとした．排水管は逆 U 字型に 10cm（カラム 4 については 1.3m）立ち上げ，ドレインからの酸素の流入を防止した．さらにその先に排水量計および排水回収用ポリタンクを接続し，28 日おきに分析した．また盛土内部環境把握の目的で，カラム 1～4 については深度 50cm おきに酸素濃度計を埋設した．

表－2 盛土の仕様

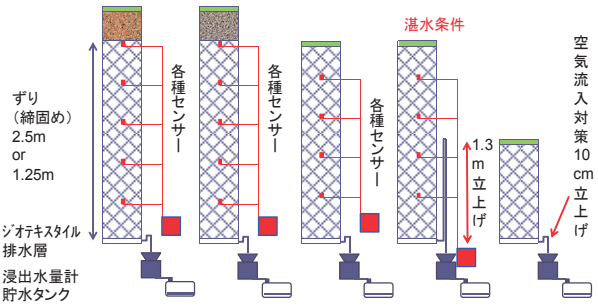
名称	高さ×幅×奥行	覆　土	締固め
No.1	2.0×5.6×5.6m	な　し	なし
No.2	2.0×5.6×5.6m	な　し	あり
No.3	2.5×7.0×7.0m	砂質土 0.5m 厚	あり
No.4	2.5×7.0×7.0m	ローム 0.5m 厚	あり



図－1 盛土の構造

表－3 大型カラムの仕様

名称	ずり	覆土	締固め
カラム 1	2.5m 厚	ローム 0.5m 厚	あり
カラム 2	2.5m 厚	砂質土 0.5m 厚	あり
カラム 3	2.5m 厚	な　し	あり
カラム 4	2.5m 厚 （1.25m 湛水）	な　し	あり
カラム 5	1.25m 厚	な　し	あり



図－2 大型カラムの構造

表－1 実験に用いた掘削ずりの短期溶出試験結果

項目 試料	pH -	EC mS/m	Cd mg/L	Pb mg/L	As mg/L	Se mg/L	F mg/L	B mg/L	Fe mg/L	Ca^{2+} mg/L	$SO4^{2-}$ mg/L
表層	7.0	29.2	<0.005	<0.005	0.009	<0.005	0.82	<0.1	<0.005	58	151
深度 80cm	7.0	26.3	<0.005	<0.005	0.043	<0.005	<0.08	<0.1	<0.005	32	1.5

NII-Electronic Library Service

3. 盛土の観測結果

3.1 盛土の浸透率

盛土の年平均浸透率は山砂覆土(No.3)で 1.7%，ローム覆土(No.4)で 7.6%，覆土なし(No.2)で 28.6%と，盛土構造によって大きく異なることがわかった．山砂覆土で浸透率が著しく低かった原因は，キャピラリーバリアが形成されたものと考えられる．一方，ローム覆土を開削調査したところ，覆土層に鉛直方向のクラックが多数認められた．これは乾燥クラックであると思われ，これが水みちとなったものと考えられる．

3.2 盛土内環境

盛土内部の酸素濃度は 15～21%で変動しやや酸化的であった．大型カラム内部の酸素濃度測定結果（後述）との比較によると，盛土底面のドレインより酸素が供給されているものと考えられる．

3.3 浸出水濃度

盛土築造から半年，1 年半および 6 年後の盛土浸出水の分析結果（表－4）によると，砒素およびふっ素濃度は，おおむね時間経過とともに漸減した．また，盛土の浸透率と浸出水濃度との関係を見ると，浸透率の低い盛土がやや濃度が低い結果となった．

表－4　盛土浸出水の化学分析結果

項目／試料		試料数	pH	EC (mS/m)	As (mg/L)	F (mg/L)
No. 1	H21.10.8-9	19	7.6-7.8	250-320	0.008	1.9
	H22.9.6-8	18	7.0-8.3	27-230	0.006	2.0
	H27.3.2-4	42	7.8-8.1	140-160	0.003	1.0
No. 2	H21.10.8-9	30	7.4-8.0	130-300	0.011	1.9
	H22.9.6-8	14	7.2-8.2	120-240	0.006	1.9
	H27.3.2-4	20	7.9-8.3	150-160	0.004	0.9
No. 3	H21.10.8-9	25	6.3-7.5	16-110	<0.005	0.85
	H22.9.6-8	16	6.5-7.6	44-130	0.002	1.1
	H27.3.2-4	42	7.5-7.9	200-240	0.003	0.7
No. 4	H21.10.8-9	28	7.3-7.7	200-260	<0.005	1.5
	H22.9.6-8	15	6.5-7.8	14-270	0.004	1.9
	H27.3.2-4	42	7.7-8.0	50-210	0.004	0.9

pH,EC は分析値の範囲，As,F は分析値の最大値を示す。

4. 大型カラムの観測結果

4.1 大型カラムの浸透率

実験初期は各ケースで異なるが，水が浸透しはじめてからはカラム毎の差は小さく，年平均浸透率はカラム 1～4 は 60～70%，カラム 5 は 80%程度であった．

4.2 大型カラム内の環境

酸素濃度測定の結果，カラムの表層はやや濃度が高いが，深いほど酸素濃度が低く，還元的な環境であると推定される．また，夏から秋にかけて酸素濃度が低く，冬に高い傾向が明瞭である．

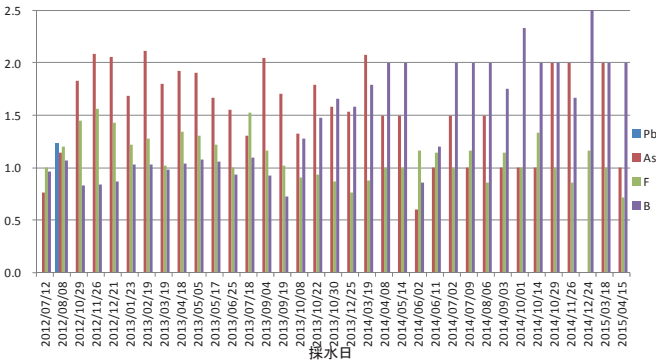
4.3 浸出水濃度

浸出水の重金属等濃度で地下水環境基準を継続して超過したものはふっ素のみであった．

砒素濃度については夏場にやや高めに推移している．これはカラム内部の酸素が消費されている時期と一致する．砒素は還元的な環境では移動しやすくなることが知られているが，それと関係している可能性がある．なお砒素，ふっ素とも時間とともに若干の低減傾向を示した．

カラム長が浸出水濃度に与える影響を検討するため，カラム 3（長さ 2.5m）とカラム 5（長さ 1.25m）の分析結果を比較した（図－3）．その結果，砒素はカラム長が 2 倍になったときに濃度が約 2 倍になった．また，ほう素については実験開始から約 1 年後より，カラム 5 の濃度が低下するのに伴い，濃度比が大きくなった．その他の元素についてはカラム長と濃度との関係は明瞭でなかった．

カラム長が長いと砒素濃度が大きくなる原因としては，単純に接触機会が増えることによるのではなく，カラム長が長いと下部が還元状態となり，砒素の移動性が大きくなるためであると考えられる．



図－3　カラム 5 とカラム 3 の浸出水の濃度比（鉛，砒素，ふっ素，ほう素）

5. 自然由来重金属等を含む発生土を盛土材として用いる場合の留意点

盛土と大型カラムの観測結果の比較から，自然由来重金属等を含む発生土を盛土材として用いる場合，次のような点に留意すべきと考えられる．

盛土の浸透水の多くは天端からもたらされること，また，傾斜層でキャピラリーバリアが形成されると浸透を大幅に抑制可能であり，対策盛土への応用が期待される．一方，粘性土による遮水は，乾燥クラックの形成が起こらないようにすることが課題である．

浸出水の分析の結果，短期溶出試験結果と大きくは違わない浸出水濃度となった．カラム長の違いによる濃度の比較によると，砒素以外の元素についてはカラム長と無関係であった．一方，砒素についてはカラム長が長いものが還元的環境の影響を受け，溶出濃度が上昇した可能性があることから，還元環境における溶出特性評価が今後の課題であると考える．

文献

1) 品川俊介ほか(2011)：盛土の築造方法の違いによる自然由来重金属等溶出特性の比較，第 46 回地盤工学研究発表会平成 23 年度発表講演集, pp.2077-2078.
2) 品川俊介・阿南修司(2014)：自然由来重金属等含有岩石の大型カラム曝露試験，第 49 回地盤工学研究発表会講演集，pp.2033-2034.

NII-Electronic Library Service