自然由来のヒ素含有土を用いた簡易溶出試験法確立のための基礎的検討

大成建設株式会社　　正会員　○海野　円　　根岸　昌範
太田　綾子　高畑　陽

1. はじめに

2010 年の土壌汚染対策法の改正を受けて，土壌溶出量基準を超過する自然由来の重金属を含む建設発生土の適切な処置が求められようになっている．自然由来の重金属が土壌溶出量を上回る可能性がある首都圏の土木工事における発生土を一時的に運搬・仮置して所定の土量別に土壌溶出量の公定分析（**図 1**）を行い，その結果に基づいた処分または有効利用が行われている事例もある．特にシールド工事では，公定分析による土壌溶出量の測定に数日を要し，発進立坑の周辺で大量の発生土を仮置きすることが不可能なために，このような管理が必要となる．発生土の土壌溶出量を短時間に高精度で把握することで，現場からの土壌搬出時に汚染・非汚染状況に応じて搬出先を決定でき，発生土の効率的な処分が可能になると考えられる．

これまで，簡易溶出試験方法の検討では，溶出方法や分析方法に焦点を当てた検討は多くみられるものの，試料の乾燥過程の検討を行ったものは少ない[1), 2)]．そこで，本報告では，溶出試験全体の測定時間の短縮を目指して，乾燥過程の時間短縮方法の検討を行った結果について述べる．

2. 使用した試料

使用した試料は，**表 1** に示す 5 種類の自然由来のヒ素含有土であり，試料 B，C，D，E は，ヒ素の溶出量が土壌溶出量基準値を超過していた．粒径加積曲線を**図 2** に示す．A，B，C および E は砂質土であり，D は細粒土であった．

3. 試験方法

表 1 の 5 試料を用いて，**表 2** に示す方法で温度や圧力環境等を変化させて乾燥した後，公定分析法（以下，公定法）に準拠した溶出試験を行った．また，乾燥せずに，湿潤状態の試料を用いて溶出試験を行う方法についても実施した．風乾方法は，公定法に詳細が規定されていないため，24 時間毎に測定した含水率の変動幅が 1 %以内になるまで乾燥させることとした．その他の乾燥方法を**図 3** に示す．**表 1** に示す風乾時の含水率と同程度（変動幅 1 %以内）の値に達した時点で乾燥を終了した．乾燥後の含水率より，乾燥質量で 10.0 g となる湿潤質量を算出し，それらを用いて公定法に準拠した溶出試験を行った．含水率は加熱乾燥式水分計（A & D 社製，MX-50），ヒ素溶出量は ICP-MS（Agilent Technologies 社製，Agilent7700）を用いて測定した．また，湿潤試料についても同様に，乾燥質量で 10.0 g の試料を採取し，溶出試験を実施した．

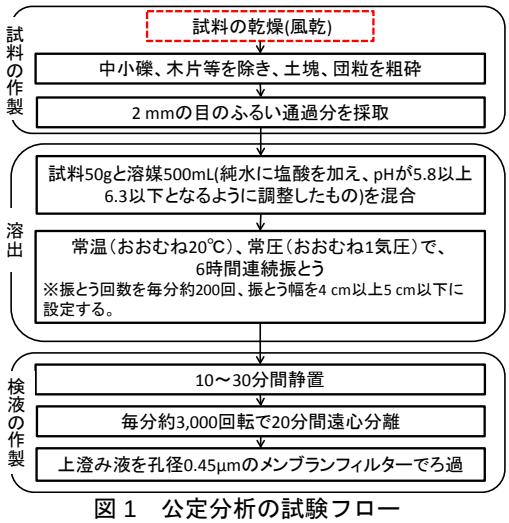

図 1　公定分析の試験フロー

表 1　使用した試料の基本的性質

試料名		A	B	C	D	E
含水率 [%]	初期	22.0	25.3	26.9	43.7	21.5
	風乾後	4.1	2.9	1.8	4.1	2.7
ヒ素溶出量 [mg/L]		0.009	0.012	0.013	0.11	0.010
薬剤混入の有無		無	無	無	有（加泥剤）	有（加泥剤）
土質分類		細粒分質砂	細粒分質砂	礫まじり細粒分質砂	砂まじり細粒土	細粒分質砂

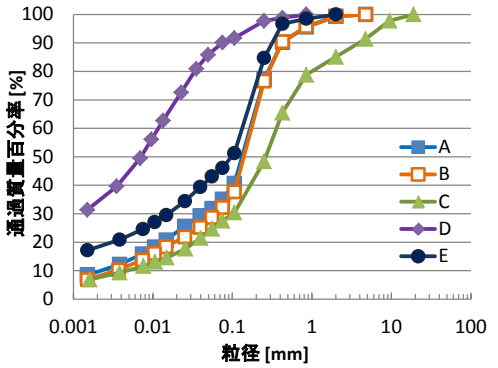

図 2　粒径加積曲線

表 2　乾燥方法

乾燥方法		温度[℃]
常温	風乾（公定法）	10～20（室温）
加温	乾燥炉	80
加温	ホットプレート	80～100
加温・送風	送風乾燥器	80
加温・減圧	減圧乾燥器（圧力−0.1MPa）	80

キーワード　自然由来重金属，ヒ素，試験方法，溶出，乾燥
連絡先　　〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設株式会社　技術センター　TEL 045-814-7217

4. 試験結果

4.1 乾燥時間　表 3 に，乾燥方法の違いによる乾燥時間を示す．風乾には各試料ともに約 1 週間を要した．これと比較して，試料に 80℃の熱を加えた場合は，最大 2.5 時間で風乾時と同程度の含水比を得ることができた．乾燥促進を期待して行った送風および減圧乾燥は，炉乾の場合と比較して乾燥時間に顕著な違いは見られなかった．一方，ホットプレートを用いた場合は，乾燥時間が最短で 0.5 時間となった．ここで，試料別の乾燥時間を見ると，砂質土で含水率の低い試料 A が最も短い結果となった．最も乾燥時間の長かった試料 C は，試料 B と同程度の含水率であるが，他の試料と比較して中砂以上の粗粒分を多く含むため，保水性が低いと考えられる．そのため，余剰の水分がバットに広げた試料表面に浮いていた．このような場合，初期段階の送風や減圧の効果が試料内部に影響し難いため，乾燥までに時間を要したと考えられる．一方，試料 D は C と比較して含水率が高かったが，細粒分含有率も高く，保水性が高いため遊離水が生じる程ではなかった．したがって，2 mm 厚さに敷き均すことにより，試料 A や B と同様に，比較的早く乾燥することが可能であったと考える．

4.2 溶出量　各前処理後の試料を用いて行った溶出試験のヒ素溶出量を**図 4** に示す．また，**表 4** に各試験ケースのサンプル数，平均値および変動係数を示す．ヒ素の溶出量は風乾（公定法），80℃乾燥，乾燥なしの順で高くなる傾向を示した．サンプル数が異なるため，一概に比較することは困難であるが，変動係数は 80℃乾燥が最も小さかった．加泥剤が混入している試料 D においては，風乾と乾燥無しの変動係数がそれぞれ 32 %と 55 %であり，非常にばらつきが大きい結果であった．薬剤の種類や使用量は未確認であるが，これらの成分が土壌中に偏在していることもばらつきが生じた一因と考えられる．一方，試料 E は風乾の溶出量が最も高い傾向を示した．この要因としても加泥剤等の薬剤の影響が考えられる．試料によるばらつきや溶出特性を明らかにするため，試料数を増やして溶出量の傾向を探る事が今後の課題である．

5. まとめ

土壌に含まれる重金属の簡易溶出試験方法を確立するため，試料の乾燥過程の時間短縮方法について検討した．その結果，80℃で乾燥することにより，乾燥時間を大幅に短縮することができた．また，乾燥せずに湿潤試料を用いた場合でも，溶出量が公定法よりも高く検出される場合が多いことから，安全側の判断ができる可能性が示唆された．今後は，土壌への添加物等による影響も含め，試験数を重ねて試験方法の確立を目指す予定である．

図 3　乾燥方法

表 3　試料の乾燥時間

単位[hour]

乾燥方法	試料名				
	A	B	C	D	E
風乾	144	144	168	168	168
炉乾80℃	1.0	1.5	2.0	1.5	1.5
ホットプレート	0.5	1.0	1.5	1.0	1.0
送風80℃	1.0	1.5	2.5	1.5	1.5
減圧80℃	1.5	1.5	2.5	2.0	1.5

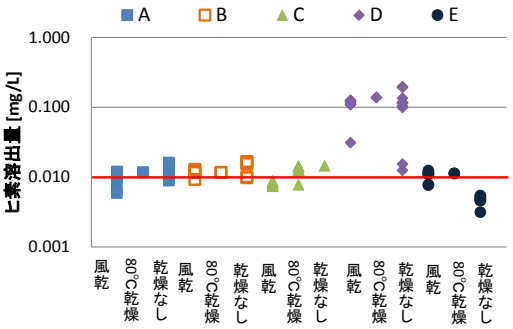

図 4　乾燥方法の違いによるヒ素溶出量

表 4　溶出試験のサンプル数，平均値および変動係数

試料名	乾燥方法	サンプル数 [個]	溶出量平均値 [mg/L]	変動係数 [%]
A	風乾	7	0.009	25
	80℃乾燥	3	0.012	–
	乾燥なし	7	0.012	22
B	風乾	5	0.012	12
	80℃乾燥	3	0.012	6
	乾燥なし	5	0.014	25
C	風乾	7	0.013	17
	80℃乾燥	7	0.008	7
	乾燥なし	7	0.013	6
D	風乾	7	0.10	32
	80℃乾燥	3	0.14	–
	乾燥なし	10	0.11	55
E	風乾	6	0.010	19
	80℃乾燥	3	0.011	1
	乾燥なし	6	0.005	17

参考文献　1) 丸茂克美，江橋俊臣，氏家亨，武島俊達：土壌汚染調査のための簡易分析技術－いかに迅速かつ正確に現場で特定有害重金属汚染を評価するか－，地質ニュース，No.587，pp.4-11，2003. 2) 社団法人日本環境測定分析協会，水質・土壌技術委員会：土壌分析方法の操作条件に関する検討，2010.