

環境影響試験法の概要と問題点

Summary and Some Points of Environmental Impact Assessment Tests

浅 田 素 之 (あさだ もとゆき)

清水建設㈱技術研究所 主任研究員

佐 藤 研 一 (さとう けんいち)

福岡大学教授 工学部

斉 藤 泰 久 (さいとう やすひさ)

パシフィックコンサルタンツ㈱地盤環境部 グループリーダー

林 泰 弘 (はやし やすひろ)

九州産業大学准教授 工学部

1. はじめに

オランダや英国では、一般廃棄物の焼却灰をエネルギー消費量の大きい溶融スラグとせずに、数ヶ月エージング（湿潤化し放置しておくことで、焼却灰に含まれる石灰分等が反応し、重金属等の溶出量を低減させる方法）した焼却灰を地盤材料として利用している¹⁾。天然材料の確保が困難なため、1970年代以降焼却灰の有効利用を進めている。

一方、日本では、焼却灰の直接利用は進んでいないものの、廃棄物を原料として再生資材（あるいはリサイクル資材）を製造し、地盤材料に有効利用する要望が高まっている。また、平成9（1997）年頃から始まったリサイクル認定制度の普及に伴い、有効利用される事例が増えている。平成17（2005）年にはごみ焼却灰溶融スラグ利用を促進するため、JISが制定された。地盤材料の受入容量は大きく、再生資材の受入先として期待されている。安全な再生資材を安心して利用してもらい、普及させるには、メーカー、ユーザー、行政、住民との間で、再生資材を地盤材料として、長期間安全に、安定した品質を保つことができるのか、議論・判断するための、信頼できるデータ作りのルールが必要である。

我々のワーキンググループ（WG）は環境影響試験法ワーキングと称し、(a)環告46号試験を再生製品に適用する場合の問題点の確認、(b)環境影響試験法に関する情報の収集、(c)再生製品の環境影響を評価する新たな方法としてのバイオアッセイについて、検討を進めている。WGの成果として、本報では環境影響試験法の概要、環境省告示46号（環告46号）試験の留意点・提案について、次報では再生資材の新たな環境影響試験法とその適用事例について記述する。

2. 環境影響試験法の概要

2.1 我が国の状況

現在、平成3（1991）年に制定された溶出試験を利用する土壤環境基準（環告46号）が環境影響試験の中心的役割を果たしている。環告46号試験は試料を2 mm以下に粉碎・分級し、10倍量（質量比）の水で溶出液を評価する方法である。しかし、再生資材は農用地等、植物を支える土壌として利用するものは少なく、埋戻し

材、道路の路床材等の地盤の“材料”として用いることが大部分であり、農地に利用される場合と比べて大きく前提条件が異なる。問題点は後ほど述べるが、条件に応じた新たな評価方法が求められている。

セメント等を用いた地盤改良では、六価クロムの溶出が問題となり、平成12（2000）年に建設省（当時）は、国の事業を対象とし、改良土の溶出試験方法を定めた。再生製品の事例ではないが、環告46号試験で定められている2 mm以下に試料を粉碎する代わりに、試料を塊状のまま利用するタンクリーチング試験がはじめて環境影響試験法として検討された事例である。

平成16（2004）年には、セメント協会標準試験方法（JCAS L-02: 2004）として、セメントおよびセメント系固化材を使用した改良体の六価クロム溶出試験方法が定められ、環告46号試験で定められている2 mm以下に試料を粉碎する代わりに、4.75 mm以下に粗砕することとされている。また、原位置での改良体の状況を考慮して試料の風乾を行わないことが大きな特徴である。平成17（2005）年には、スラグ類の化学物質試験方法（JIS K 0058-1）が定められ、利用有姿のままタンクリーチング試験を実施する方法が決められた。このように、利用状況に合わせた試験方法の整備が徐々に進められている。

一方、試料の長期安定性を評価する試験方法の整備は遅れている。土壤環境センターでは、平成15（2003）年に不溶化処理土壌の溶出試験方法の提案を行っている。酸・アルカリ溶液を加えて、劣化を促進する方法が提案されている程度である。新たな環境影響評価試験方法の整備が要望されており、その方向性について次報で紹介する。

2.2 EUの状況

EUでは1988年に、各国の規制の調和を図り、各国での建築材料使用時の利便性向上をめざし、建築材料に関する指令（CPD; Council Directive 89/106/EEC of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to construction products）が制定された。CPDの付属書類Ⅰ；基本的な要求事項の第三項に、衛生・健康・環境に関する記述がある。

建築物は、あるいは建設行為において、以下の衛生・

健康・環境に対する脅威を取り除かねばならない。

- ・有害ガスの発散
- ・空気中の有害微粒子の存在
- ・放射性物質の排出
- ・水・土壌の汚染
- ・排水，ばい煙，固体および液状廃棄物の増加
- ・現場におけるゴミの埋め立ておよび埋め込み

上記の項目順守を目標として，ECは2005年，欧州基準化機構（CEN; the European Standardization Organization）に対して，有害物質の土壌・地下水あるいは室内空気への放リスクを確認するための建材試験方法を準備するよう要望した²⁾。この要望を受けて，CENは，既に活動していた建設セクターネットワークの環境プロジェクト（CSNPE; the Environmental Project of the Construction Sector Network）が中心となり，水平展開技術委員会（CEN/TC; technical committee）で検討を続けている。

ドイツ連邦環境庁（the Federal Environmental Agency）の依頼により，オランダのECN（the Energy Research Centre of the Netherlands）とドイツのVDZ（the Verein Deutscher Zementwerke）は共同して，多種多様の建材からの有害物質の土壌・地下水への放出量をどのように評価するかという，難問に取り組んでいる。評価方法の基本はRoHS規制で見られる含有量規制ではなく，製品の各段階におけるシナリオを描いた溶出試験による。表—1に7種類の異なった有害物質の，土壌・地下水への溶出シナリオを示す。

この評価方法は，水および土に直接・間接的に接する建材の評価方法として考えられているため，内装材等，使用時に土や水に接する機会のない建材は，使用時の評価を行う必要がなく，廃棄時の評価のみを行うこととなる。溶出試験は，建材を有姿のまま評価する方法，すなわち，粒状建材は粒状カラム試験，固結建材はタンクリーチング試験が行われる。また，廃棄時には我が国の環告13号試験と同じく，粒状にして溶出試験を行うこととされている。

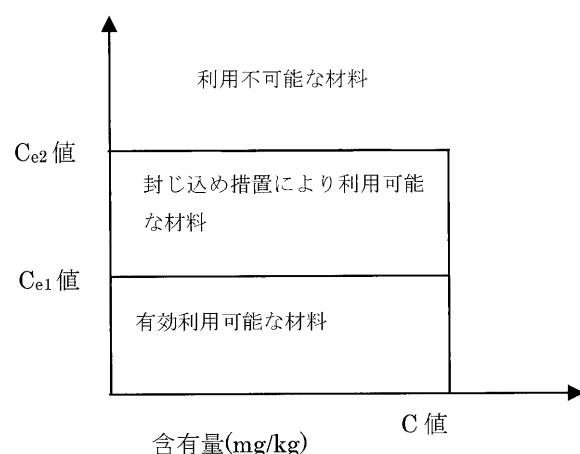
オランダ³⁾では，屋外で用いられる建設資材の基準として，BMD（Building Materials Decree）が定められている。BMDは，土壌の各成分のバックグラウンド濃度を100年間に1%以上増加させないという考え方をベースに設定されている（図—1）。基準値は，環境への移送量（ I_b ）と，含有量の両方でカテゴリー化され，環境への移送量については C_{e1} , C_{e2} 値，含有量には C 値が決められている。

環境への移送量は以下の要領で算定する。塊状の成型品に対しては，タンクリーチング試験を実施，試験値に封じ込め措置・ウエザリングの効果，あるいは遮水ライナーの拡散のどちらかを考慮した係数を掛けて算定する。粒状材料の非成型品に対しては，カラム溶出試験を実施，雨の浸透速度，材料締固め密度，施工高さ等と溶出値から算定する。日本の環告46号に比べて，より製品の利用シナリオを考慮した評価方法となっている。

表—1 7種類の異なった有害物質の放出シナリオ²⁾

No.	シナリオ
1	土中に埋められる粒状材料
2	土中に埋められる固結材料
3	固結材料表面の雨による溶出
4	建設廃材（最終処分時）
5	水道管
6	水中の固結材料
7	金属表面の雨による溶出

環境への移送量 I_b (mg/m²/100year)



図—1 BMDによるカテゴリー分類

オランダの方法は一例であるが，日本でも再生製品の安全な利用を積極的に進めていくには，製品自体の評価方法だけでなく，利用シナリオを表現できる，あるいは説明可能な評価方法が必要であろう。

3. 環告46号試験の留意点

3.1 環告46号試験の前処理方法の問題点

セメント系固材で改良した建設発生土や廃棄物を地盤材料としての利用においては環告46号試験に準じる試験で環境面での安全性の判定をする場合が多い。環告46号試験は標準的な試験として扱われるものの，土に対する試験としては妥当ではない点やあいまいな点が多くあることが指摘されている。環告46号試験では試料の準備として，「採取した土壌を風乾し，中小礫，木片等を除き，土塊，団粒を粗砕した後，非金属製の2 mmの目のふるいを通過させて得た土壌を十分混合する。」ことになっているが，セメント改良土やブロック状の廃棄物を乾燥したり粉碎したりすることは現実の利用条件に即さない。風乾する場合には温度や湿度，時間などの規定がない。粉碎する場合にも2 mm以下という規定しかないため，粒度組成はまちまちである。この“前処理”と呼ばれる試験に用いる試料の準備方法における不明確な点に関して試験結果に差が出る可能性が考えられる。そこで分析会社5社にアンケートを行うと共に，スラグ（同じ生産ロットから採取）を用いて環告

報 告

46号試験を実施した。この結果を紹介し、環告46号法
験の課題を考察するとともに、分析誤差の生じやすいと
考えられる乾燥方法および乾燥時間に着目した研究事例
を簡単に紹介する。

3.2 アンケート結果

アンケートは、環告46号試験の検液作成に関する説
明文から、その解釈が分かると考えられる表—2の5
項目を抜き出し質問を行った。どの項目も各社微妙に実
施方法が異なる結果となった。まず、「風乾」は温度設
定が異なり室温（20℃程度）から40℃まであり、扇風
機や乾燥機など用いる機械も異なっている。また、風乾
度合いの確認方法も各社まちまちである。「中小礫、木
片の除去」では、2mmふるいを通過させることから、
おおむねそれが目安となっているようではある。「土塊、
団粒の粗砕」では、乳鉢でかなりすり潰す会社とすり潰
さない会社がある。また、「2mmふるいに残った試料
の扱い」についても、再度乳鉢ですり潰す会社とそうで
ない会社がある。そして、溶出液に投入後の静置時間も
微妙に異なっている。

溶出試験の性格から、溶質となる土の風乾方法や粒径
の揃え方などは、同じ液固比10:1であっても溶出液と
土の接触面積に大きな差を生じさせる可能性がある。特
に、分析対象が半固結から固結した土や岩石の場合には、
粒径を2mm以下とする作業が検液中の溶出濃度に影響
する可能性が大きいことを予想させる。

砒素の溶出量は、5社のうち4社が0.005 mg/lであり、
1社は定量下限値未満であった。試験試料としたスラグ
はもともと砒素の溶出量が極めて小さいと考えられる。
定量下限値が0.005 mg/lであることから、結果的に分
析結果のばらつきはほとんど見られない結果となったも
のと考えられる。ふっ素の溶出量は、1.5~2.2 mg/lと
なった。最大値と最小値では約1.5倍程度の差があり分

析結果のばらつきは大きいと考えられる。

ふっ素の溶出量とアンケート結果による検液作成方法
とを見比べると、「土塊、団粒の粗砕」と「2mmふる
いに残った試料の扱い」において、できる限り試料を2
mm以下とする作業を行っているA社とB社が大きい
溶出量となっていることが把握できる。その他の項目に
よる影響もあると考えられるが、今回の調査結果は、試
料の粗砕状態は溶出量値に差をもたらす要因となること
を類推させるものと考えられる。この結果は、山地の岩
石を対象として問題となる場合が多い自然的原因による
重金属汚染の問題や、廃棄物を用いた再生利用品なども
ととも粒状体ではなく固体である試験試料に対し、試験
者による溶出試験結果の差異をもたらしやすいことを示
しており、環告46号試験方法の課題として指摘できる。
したがって、より検液作成における作業のばらつきが小
さくなるような試験方法の改良が望まれる。

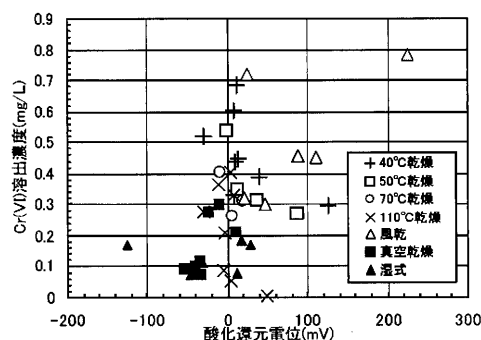
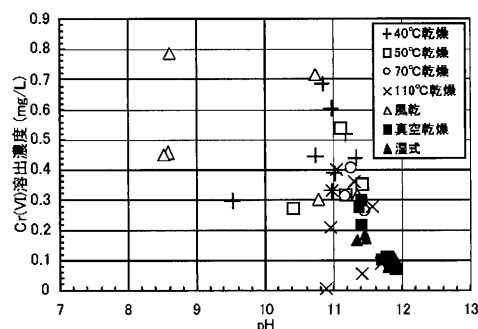
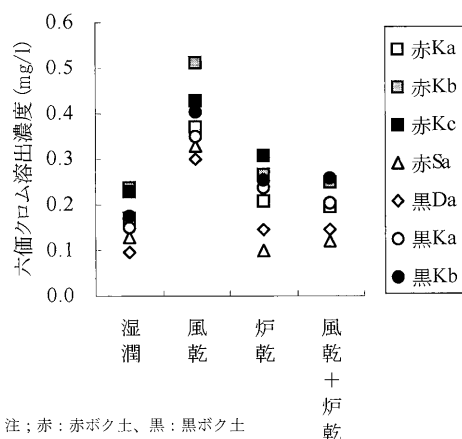
3.3 乾燥方法および乾燥時間に着目した研究事例

(1) セメント系固化材改良土への適用事例

試料を乾燥する過程での熱、空気との接触、pHの変
化や試料中に残る水分によって含有する物質の溶出量が
異なる。川口ら⁴⁾は異なる乾燥操作（湿式、真空乾燥、
風乾、40℃・50℃・70℃・110℃炉乾燥）によって準備
したセメント系固化材改良土に対して溶出試験を行い、
六価クロムをpH、酸化還元電位とともに測定している。
その結果を図—2および図—3に示す。乾燥方法によっ
て酸化還元電位、pH、六価クロム溶出量ともに異なっ
ている。湿式や真空乾燥など空気と接触しない状態では
酸化還元電位が低い乾燥に要する時間が長くなると酸
化還元電位が高くなっている。酸化還元電位が高いと六
価クロムの溶出量が多くなっている。このことは同一の
土試料を物理化学的操作で雰囲気の転換を図ることによ
っても確認されている⁵⁾。次に、六価クロムの溶出量が

表—2 アンケート結果と溶出試験結果

分析者		A	B	C	D	E
風乾	方法	容量約300mLのタッパーに試料を 移した後、ドラフト内で風乾。乾燥 を促すため時々攪拌。	室内でエアコンと扇風機を使って 風乾。	プラスチックトレーに紙を敷き、 その上に試料を広げ、室温30 ℃(湿度25%以下)の部屋に静置。	—	設定温度40℃の乾燥機内で風乾
	目安	目視により確認。	通常の土塊（あまり湿っていない 場合）は24時間後、目視により確 認。湿っている土塊の場合は、48 時間位が目安で、目視により確 認。	砂質土（粒子が多く崩れやすい 土）・・・6時間程度 表層土（空気を含んだ細土のよ うなもの）・・・12時間～1日程度 下層土（湿って固まったような 土）・・・1日～2日程度 粘土（粒子が細かく粘性のある 土）・・・2日～3日程度	基本的に3日程度。手袋の上から 気化熱により体温の低下が感じら れない程度。	通常の土塊（あまり湿っていない 場合）は1日程度。湿っている土塊 の場合は、粉砕時ビニール袋内 に水蒸気原因のくもりが現れた場 合再風乾。
中小礫、木片の除去		目視及び薬さじ等を用いて明ら かな礫・木片等を除去。2mm以下の 微片はふるい後に除去。	2mm以上、木片等は2mm 以下のものも除去。	おおむね1cm以上の礫、雑物を除 去。	明らかに目につく大きなものは除 去し、大きさの基準はない。	5mm程度。
土塊、団 粒の粗砕	粗砕する方法	乳鉢で粉砕。	基本的には、乳鉢で粉砕。粘土等 の固い試料は、初めに機械で粉 砕し、その後、乳鉢で粉砕。	叩いて粗砕（プラスチック製ハ ンマー使用）もしくは、粗砕機 による粗砕。	手でつぶす。粘土等の固い試料 は、プラスチックハンマー等で粗 砕。	ビニール袋を使用し非金属製のハ ンマーにて粉砕。
	粉砕する大 きさの目安	土塊・団粒がまぐれ、粒状にな るまで。	出来るだけ微細に粉砕するが、小 石等はそのまま。また、分析者の 経験により判断。	1~0.5mm程度。	—	可能な限り粉砕。
2mmのふるいを通過させ て得た土塊のふるい に残った試料の扱い		土塊・団粒であれば粗砕し、中小 礫・木片等なら除去	再度乳鉢で粉砕し、2mmのふる いを通過させる。	再度粗砕し、小石等の異物があ れば除去。	試料が均一と思われる場合は、 再粗砕しない。	再粗砕しない。
試料液を10分から30分 程度静置後の扱い		30分を目安。	経験上、試料と分析項目によっ ては、放置時間によって分析値が異 なる場合があるため、出来るだけ 30分間放置後に過。	試料によって異なるが、上澄みと 沈殿物がはっきりわかれた時点。	なし。	基本的には行わず遠心分離を行 う。
溶出試験 結果	砒素(mg/L)	0	0	0	<0.005	0
	ふっ素(mg/L)	2.0	2.2	1.5	1.6	—

図—2 酸化還元電位と六価クロム溶出量の関係⁴⁾図—3 水素イオン濃度と六価クロム溶出量の関係⁵⁾

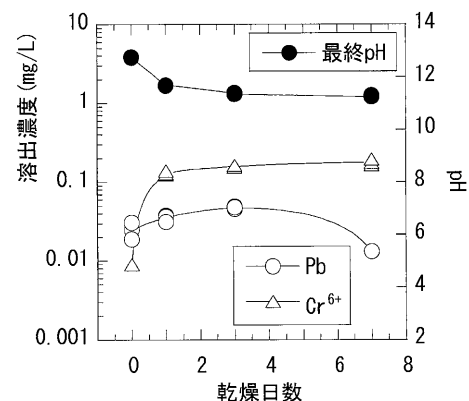
注：赤：赤ボク土、黒：黒ボク土

図—4 乾燥方法の違いによる六価クロムの溶出濃度⁶⁾

多いセメント系固材で改良された火山灰質粘性土について六価クロムの溶出試験を行ったものが図—4である⁶⁾。ここで、「風乾+炉乾」とは風乾試料を炉乾燥したものであり、最も乾燥時間が長くなる。風乾が最も大きな溶出量を示していることから、単に空気との接触時間だけではなく、乾燥時の温度も影響していると考えられる。

(2) 一般廃棄物焼却主灰への適用事例

ここでは、焼却施設から排出される一般廃棄物焼却主灰を用いた試験結果を紹介する。環告46号試験の前処理には、乾燥時間の明確な規定は定められていない。乾燥時間は試料が空気と接触する時間であるため、分析結果に大きな影響を与えると推察できる。実験では乾燥時間を0 h, 6 h, 12 h, 24 h, 2 日, 3 日, 7 日の計7ケースに設定し乾燥時間の違いが鉛と六価クロムの溶出特性にどのような影響を与えるのか調べた。図—5に焼却灰を用いた場合の乾燥日数と溶出量の関係を示す⁷⁾。pHの

図—5 乾燥時間の影響（一般廃棄物焼却主灰⁷⁾

変動に着目した場合、日数の増加に伴い著しく低下していることが分かる。これは、大気中のCO₂と反応し、炭酸化が進んだためと考えられる。乾燥状態における溶出濃度は、pHの影響を強く受けており、両性金属である鉛は、乾燥日数の増加に伴い、減少する傾向を示している。一方、六価クロムについては、乾燥日数の増加に伴い溶出量は増加する結果となった。これにより乾燥時間の長短は分析結果に多大な影響を与えることが分かる。そのため、副産物等のリサイクル材は適用する場所の周辺状況に留意して乾燥時間を設定することが肝要である。

4. まとめ

本報では環境影響試験法の概要と、環告46号試験法のアンケート結果、および乾燥方法の分析結果に与える影響について紹介した。前処理、特に乾燥方法、分級方法によるばらつきから分析結果のばらつきが生じやすいことがわかりいただけたと思う。万能の評価試験方法はありませんが、多くの方に納得してもらえる公正な結果の得られる試験方法が望まれる。

参考文献

- 1) 西野順也：欧州における都市ごみ焼却灰の利用状況，環境浄化技術，Vol. 4, No. 10, pp. 27～33, 2005.
- 2) H. A. van der Sloot et al., How to judge release dangerous substances from construction products to soil and groundwater, ECN report ECN-C-05-045, 2005.
- 3) 二松雅之・浦邊真郎：オランダにおける焼却灰利用の現状について，都市清掃，Vol. 55, No. 250, pp. 82～89, 2002.
- 4) 川口正人・浅田素之・堀内澄夫：前処理を変化させたセメント系固材改良土の六価クロム溶出特性，第37回地盤工学研究発表会，pp. 2367～2368, 2002.
- 5) セメント系固材処理土検討委員会：セメント系固材処理土に関する検討最終報告書（案），<http://www.mlit.go.jp/tec/kankyoku/kurom/pdf/hokoku.pdf>, p. 16, 2003.
- 6) 林 泰弘：セメント系固材を混合した火山灰質粘性土からの六価クロム溶出に及ぼす試験条件の影響，第7回地盤改良シンポジウム，pp. 173～176, 2006.
- 7) 藤川拓朗・佐藤研一：廃棄物有効利用時における環告46号法試験の不確定性と利用法の検討，第7回環境地盤工学シンポジウム発表論文集，pp. 151～154, 2007.

(原稿受理 2000.5.8)