【特集：持続可能な廃棄物最終処分場のあり方—埋立研究部会特集—】

有害物質・溶出

—— 環告 13 号溶出試験の役割と課題 ——

肴 倉 宏 史*・宮 脇 健太郎**

【要 旨】 廃棄物最終処分場は、周辺環境に甚大な影響を及ぼさぬよう、十分な管理が行われねばならない。埋立廃棄物の性状については、有害物質の溶出性の観点から個々の廃棄物の最終処分の可否を判定するために、昭和 48 (1973) 年環境庁告示第 13 号「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法」(環告 13 号) が用いられている。本稿は環告 13 号の役割と課題について、最近の知見や情報を踏まえながらまとめたものである。廃棄物埋立地の環境安全性を担保するために、溶出試験による廃棄物の検査はこれからも必須であるが、循環型社会構築を目指し廃棄物有効利用を積極的に図る最近の動勢から、土壌や循環資源との境界とその往来があり得ることを意識した共通の考え方を構築しなければならない。

キーワード：溶出試験, 産業廃棄物, 特別管理廃棄物, 金属, 長期安全性

1. は じ め に

廃棄物最終処分場(以下、「廃棄物埋立地」または単に「埋立地」という場合がある)は、周辺環境に甚大な影響を及ぼさぬよう、埋立地構造、埋立工法、および、廃棄物性状のそれぞれについて十分な管理が行われねばならない。このうち廃棄物性状については、有害物質の溶出性の観点から個々の廃棄物の最終処分の可否を判定するために、昭和 48 (1973) 年環境庁告示第 13 号「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法」(以下「環告 13 号」という) が用いられている。

環告 13 号は廃棄物埋立地多重バリアの第一段階として大きな役割を果たしているが、長期安全性の視点をはじめ、様々な課題も予てから指摘されている。また、処分量削減・リサイクル推進の昨今の動勢を踏まえると、環告 13 号をベースに作られた平成 3 (1991) 年環境庁告示第 46 号「土壌の汚染に係る環境基準」付表の検液作

成方法(以下、環告 46 号という)や、スラグ類化学物質試験法 JIS K 0058 などの、土壌や循環資源を対象とした試験法との整合の必要性も増している。

そこで本稿では、環告 13 号の役割を整理し、これに関連する諸課題について、埋立部会員の視点から述べることとした。

2. 環告 13 号の役割¹⁻³⁾

「廃棄物の処理および清掃に関する法律」では、工場等の特定施設から発生する燃えがら、汚泥、ばいじん、鉍滓などの特定の産業廃棄物に対して「金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準」(昭和 48 年 2 月 17 日付け総理府令第 5 号、以下、埋立判定基準という)を定めており、環告 13 号は、その判定を行うための試験方法に指定されている。

また、環告 13 号は、一般廃棄物焼却施設から生じる特別管理一般廃棄物であるばいじんの中間処理物の処分基準(平成 4 (1992) 年環境庁告示第 42 号：埋立判定基準と同等)の中で、「金属等が溶出しない」ことの判定方法としても用いられている。表 1 の左側には、環告 13 号の方法の概要と、埋立判定基準を示した。

このようなことから、法の対象外の廃棄物についても管理型/一般廃棄物処分場への埋立可否の指標としてし

原稿受付 2009.10.13

* 御国立環境研究所 循環型社会・廃棄物研究センター

** 明星大学理工学部環境システム学科

連絡先：〒 305-8506 つくば市小野川 16-2

(御国立環境研究所 循環型社会・廃棄物研究センター

肴 倉 宏 史

E-mail: sakanakura@nies.go.jp

表 1 溶出試験方法及基準値の概要

溶出試験方法	S. 48 環告 13 号 ^{a)}	JIS K 0058-1 の 5 (有姿攪拌法) ^{b)}	JIS K 0058-1 の 6 (粗砕振とう法) ^{c)}	H. 3 環告 46 号 ^{d)} , H. 15 環告 18 号 ^{e)}
対象物	産業廃棄物のうち、燃え殻・汚泥・ばいじん・鉱さいおよび、これらの処理物。特別管理一般廃棄物ばいじんの処理物	一般廃棄物、下水汚泥またはそれらの焼却灰の溶融スラグ	一般廃棄物、下水汚泥またはそれらの焼却灰の溶融スラグ	土壌
試料調製	燃え殻・汚泥・ばいじんは有姿。鉱さい・これらの処理物は <5 mm の場合は有姿、>5 mm の場合は粉碎し 0.5-5 mm 画分	粉塊状の場合は粉碎せず有姿のまま。成型体の場合は成型体そのもの、または品質管理用の供試体	風乾後、すべて粉碎し 2 mm ふるいを通過させたもの ^{f)}	風乾後、中小礫、木片等を除き、土塊、団粒を粗砕後、2 mm ふるいを通過させたもの
溶媒	純水 (HCl または NaOH で pH 5.8-6.3 に調製)	純水 (HCl または NaOH で pH 5.8-6.3 に調製)	純水 (HCl または NaOH で pH 5.8-6.3 に調製)	純水 (HCl または NaOH で pH 5.8-6.3 に調製)
液固比 (L/kg)	10	10	10	10
容器	—	ポリエチレン等の樹脂製容器	ポリエチレン等の樹脂製容器	測定の対象物質が吸着もしくは溶出しな容器
溶出時間 (h)	6	6	6	6
振とう方法	平行振とう (振幅 4-5 cm, 200 回/分)	攪拌 (200 回転/分)	平行振とう (振幅 4-5 cm, 200 回/分)	平行振とう (振幅 4-5 cm, 200 回/分)
固液分離	孔径 1 μm ガラス繊維ろ紙 (ろ過困難な場合は先に遠心分離)	孔径 0.45 μm メンブレンろ紙	孔径 0.45 μm メンブレンろ紙	遠心分離 (3,000 rpm) 後、孔径 0.45 μm メンブレンろ紙
引用先基準 (mg/L)	埋立判定基準 ^{g)}	JIS A 5031 ^{h)} JIS A 5032 ⁱ⁾	JIS A 5032 ⁱ⁾	土壌環境基準 ^{j)} 土壌溶出量基準 ^{k)}
カドミウム	0.3	0.01	0.01	0.01
鉛	0.3	0.01	0.01	0.01
六価クロム	1.5	0.05	0.05	0.05
ヒ素	0.3	0.01	0.01	0.01
総水銀	0.005	0.0005	0.0005	0.0005
アルキル水銀	検出されないこと	—	—	検出されないこと
セレン	0.3	0.01	0.01	0.01
フッ素	—	0.8	0.8	0.8
ホウ素	—	1	1	1

- a) 昭和 48 (1973) 年環境庁告示第 13 号 産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法のうち、燃え殻・汚泥・ばいじん・鉱さいおよび、これらの処理物を陸上埋立する場合
- b) JIS K 0058-1: 2005 スラグ類の化学物質試験方法 第 1 部 溶出量試験方法 第 5 項
- c) JIS K 0058-2: 2005 スラグ類の化学物質試験方法 第 1 部 溶出量試験方法 第 6 項
- d) 平成 3 (1991) 年環境庁告示第 46 号 土壌の汚染に係る環境基準について 付表 (検液の作成方法)
- e) 平成 15 (2003) 年環境省告示第 18 号 土壌溶出量調査に係る測定方法を定める件
- f) 2009 年度内に見直しがなされる予定
- g) 昭和 48 (1973) 年総理府令第 5 号 金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令
- h) JIS A 5031: 2006 一般廃棄物、下水汚泥またはそれらの焼却灰を溶融固化したコンクリート用溶融スラグ骨材「有害物質の溶出量基準」
- i) JIS A 5032: 2006 一般廃棄物、下水汚泥またはそれらの焼却灰を溶融固化した道路用溶融スラグ「有害物質の溶出量基準」
- j) 平成 3 (1991) 年環境庁告示第 46 号 土壌の汚染に係る環境基準について 別表
- k) 平成 14 (2002) 年環境省令第 29 号 土壌汚染対策法施行規則 別表第一
- : 規定なし

ばしば適用されている。

ことながら、(a) の追究は (b) の明確化・精緻化にも大きく貢献できるものとする。

3. 試験の考え方や枠組みに関する諸課題

環告 13 号に係る諸課題は (a) 試験の考え方や枠組みに関するもの、(b) 試験操作の条件や方法に関するもの、の 2 つに大きく分けられるが、本稿では (a) に関するいくつかの課題について頭出しを行うこととした。当然の

3.1 長期安全性をどう捉えるべきか

筆者らによるキレート処理飛灰に関する研究事例⁴⁻⁸⁾を紹介したい。ジチオカルバミン酸基を反応基とする液体キレート剤による重金属の不溶化処理は、操業が容易であり、速効性も高い。そのため、特別管理一般廃棄物

(内径 50 mm のアクリルカラムに、環告 13 号に合格したキレート処理飛灰 200 g を充填し、7 日間に 1 回の頻度で蒸留水 100 mL を上部から散水、下部から流出液を採取)⁴⁾

図1 キレート処理飛灰のカラム通水試験結果の例

であるばいじん(焼却飛灰、溶融飛灰)の中間処理方法の主流となっている。しかし、埋立地を模擬したカラム通水試験を適用したり(図1)⁴⁾、接触する気体を変えて養生させた後に環告13号を適用したりすると⁵⁾、鉛が再溶出することがある。室内実験⁶⁾や実埋立地採取サンプルの分析⁷⁾などから、このとき処理飛灰中の鉛キレート化合物の分解が進んでいることが明らかとなった。原因は完全に解明されたわけではないが、飛灰存在下でのキレート剤の酸化分解による可能性が高いと考えている。なお、実埋立地の浸出水原水からは鉛はほとんど検出されないため⁷⁾、緊急的な対策は必ずしも必要ではないにせよ、キレート剤による重金属不溶化効果は十年、百年単位では期待できず、抜本的な見直しの機会が必要であろう。

そもそも環告13号は、長期的な安全性を確認することを意図したものではない。平成15(2003)年1月31日、環告13号の試験操作に係わる設定根拠と経緯を確認することを主目的に、試験方法の策定と改定に係わられた元 環境庁 公害研修所 渡部欣愛氏を招いてヒアリング調査を行った(試験・検査法部会が実施)。その中で、振とう時間と関連して、長期安全性に関して次のようなコメントが得られた⁸⁾：「長期データが無い当時の状況では長期間を考慮できなかった。期間が限定された委員会では難しく、将来の検討課題とした」。

環告13号は法制度への適合性を判定するための試験(compliance test)である。長期安全性を含めた環境安

全レベルを詳細に把握できる特性化試験(characterization test)を用いて、処理技術の適切な評価による補完が必要と考える。試験・検査法部会をベースに展開している廃棄物資源循環学会規格案⁹⁾は再生製品を対象としているが、埋立廃棄物にも適用可能であり、その枠組みを検討する必要があると考える。

3.2 対象外の廃棄物の有害性をどう捉えるべきか

現在の一般廃棄物最終処分場搬入物について見た場合、焼却主灰、焼却飛灰処理物(合わせて「焼却残渣」と総称される)が約60%、不燃ごみ・粗大ごみの処理残渣(不燃破碎残渣と呼ぶ)等が約20%となっている(環境省平成18(2006)年データ)。このうち焼却主灰と不燃破碎残渣は、特段の有害物質管理(試験・記録等)を行うことなく埋め立てられている。

しかしながら、焼却主灰については、飛灰処理物の安定化等の研究における溶出特性等の比較のため、有害物質溶出・含有量等の性状調査の事例が数多く存在しており、アルカリ性物質を多く含むpHの高い場合が多いこと、金属類としては鉛の含有量が比較的高く、環告13号溶出試験でもpHが高いケースで基準値に近い値を示すことがある。また、環告13号の基準項目には入らないが、汚濁成分として窒素化合物(アンモニウムイオン、硝酸イオン、亜硝酸イオン等)の溶出についても多く報告されている。

不燃破碎残渣に関しては、関戸ら(北海道大学・宮崎大学研究グループ)によりマテリアルフロー調査、資源化技術開発、有害物質溶出特性調査など体系的な調査研究が実施されている¹⁰⁾。また、埋立時の溶出特性調査の検討として、焼却灰等アルカリ物質を含む廃棄物と混合された場合に鉛等の溶出が促進される可能性について指摘した事例もある¹¹⁾。最近の不燃破碎残渣の環境負荷に関する研究事例としては、不燃破碎残渣中の各組成別(木、紙、プラ、ガラス、金属等)の溶出特性について検討した結果、木・紙等からTOCが多く溶出する傾向があることや¹²⁾、埋立時の各種条件の一つとして乾湿繰り返しによる金属溶出挙動について検討した結果、金属種により溶出量の減少または増大が認められる¹³⁾などの情報が得られている。

対象外の廃棄物の有害ポテンシャルの大きさを捉えることは、施策改善に向けて極めて重要であり、長期安定化と長期環境負荷に関して継続的な埋立搬入物の溶出試験等の調査が必要と考えられる。

3.3 項目外の有害物質や塩類をどう捉えるべきか

有害金属では水銀、カドミウム、鉛、六価クロム、ヒ

素、セレンについて判定基準が定められているが、実際には、一般廃棄物、産業廃棄物を問わず、埋立廃棄物には様々な物質が含有されている。そして、含有されているすべての有害な物質が把握されているわけではなく、さらに長期的な溶出挙動についても断片的な情報しかない状況にある。また、埋立物の汚濁成分についても、長期的な安定化について情報となるだけのデータ等は十分に蓄積されていない。

たとえば、廃止基準が設定されている有機汚濁成分について、埋立廃棄物の溶出試験等での調査・データ蓄積は行われていないため、長期的な浸出水質の有機物指標であるBOD、COD、TOCなどを埋立廃棄物から検討できていない。窒素成分（T-N他）についても同様である。さらに、焼却残渣、石炭灰等の処分に関しては、アルカリ成分の溶出と浸出水pHが高い値を示すことも報告されているが、埋立物のpH・アルカリ成分含有量等についての検討は決して多くない状況である。また、最終処分場から放流される際の水質基準には、フッ素、ホウ素も含まれており、埋立物の測定項目として判定基準とするかについては、議論の分かれるところではあっても、最終処分場の長期的な管理上にも必要なデータと考えられる。

今後は、これら環告13号溶出試験の検討外となっている項目についても、長期的な埋立地安定化に向けた情報として調査およびデータ蓄積が必要と考えられる。

4. 環告13号の今後に向けて

以上述べた諸課題を包含しつつも社会要請等に応じながら、環告13号はその役割を担い続けなければならない。ここでは、近年の重要な動勢変化の一つである土壌－循環資源－廃棄物の間での試験方法や評価基準、管理方策の整合を図ることの必要性を述べ、さらにその期待に応えるチャンスという視点から、当学会が受託した環告13号検討事業への期待を述べる。

4.1 土壌－循環資源－廃棄物の整合した評価の必要性

循環型社会の形成推進のため、埋立処分を一つの出口としていた副産物（たとえば、廃コンクリートや、石炭火力発電で発生する石炭灰など）は可能な限り処分量を削減し、有効利用をするための努力が、日々、積み重ねられている。これら循環資源の発生量は莫大であり、その特性も土石類（非鉄金属鉱物）に該当することから、大部分は土木建築用の資材として使われている。そのため、これら土石系循環資源の環境安全評価では、土壌環境基準の評価法である環告46号や、土壌汚染対策法の

評価法である平成15（2003）年環境省告示第18号（環告46号に同じ方法の溶出試験）、同第19号（直接摂取リスクを評価する酸抽出試験）を適用する場合が多い。一方、平成17（2005）年にはスラグ類の化学物質試験法JIS K 0058が作成され、鉄鋼スラグ、非鉄スラグ、および廃棄物溶融スラグにはこの方法を適用する場合が増えている。表1には、環告13号と併せてこれらの試験法と基準値の概要をまとめた。環告19号を除き、これらの試験方法は一見類似しているが、粒度調製や固液分離方法は異なっている。

循環資源の一部は、地盤改良等の用途によって土壌と混合され、また、余剰のものは埋立地へ廃棄処分される。さらに、循環資源も廃棄物も安定化・風化を重ね、究極的には土壌化する。したがって、これらは“material”として連続的なものと認識しておく必要があり、各々の環境安全性の評価方法と評価基準についても、相互の関係を明確なものとする必要がある。単純に試験方法の一切を共通化することは、強引には可能かもしれないが、基本となる考え方を十分に整理し、整合を図ることが最も大切である。

4.2 産業廃棄物の検定方法等検討事業

今年度、当学会では環境省の「産業廃棄物の検定方法等検討事業」を受託した。この業務の主旨は、近年の分析技術の向上と分析精度の向上に即した試験方法とすべく、環告13号の課題を整理し、廃棄物の分析結果をもとにした見直し案の作成を行うこと、となっている。検討の中心課題は分析技術的側面と予想されるが、前節で述べた基本となる考え方の視点から検討がなされる絶好のチャンスと捉えたい。

5. お わ り に

廃棄物埋立地の環境安全性を担保するために、溶出試験による廃棄物の検査は必須である。また、土壌や循環資源と共通した基本的な考え方が必要である。将来的には、環告13号を判定試験とする、より良い試験システムの構築を目指す必要があると考えている。

本稿の内容は筆者らの認識に基づくため、偏りを強く感じられるかもしれないが、責任は筆者らにあり、忌憚ない意見を寄せていただければ幸いである。

参 考 文 献

- 1) 環境庁 水質保全局 海洋汚染・廃棄物対策室監修：産業廃棄物分析マニュアル、丸善（1996）
- 2) 淡路宣男：わが国の溶出試験方法の歴史と課題、廃棄

- 物学会誌, 第7巻, 第5号, pp.371-382 (1996)
- 3) 森田昌敏: 有害化学物質を含む廃棄物の溶出試験とその評価基準, 廃棄物学会誌, 第7巻, 第5号, pp.403-490 (1996)
 - 4) 肴倉宏史, 井上真智子, 松藤敏彦, 田中信壽: キレート処理集じん灰充填カラムからの鉛溶出挙動に関する研究, 第53回土木学会年次学術講演会概要集 IIV, pp.96-97 (1998)
 - 5) 肴倉宏史, 田中信壽, 松藤敏彦: キレート処理した一般廃棄物焼却飛灰からの鉛の再溶出挙動に関する研究, 廃棄物学会論文誌, 第16巻, 第3号, pp.214-222 (2005)
 - 6) H. Sakanakura: Formation and Durability of Dithiocarbamic Metals in Stabilized Air-pollution-control Residue from Municipal Solid Waste Incineration and Melting Processes, Environ. Sci. Tech., Vol.1, pp.1717-1722 (2007)
 - 7) 辻本浩子, 王 寧, 肴倉宏史, 大迫政浩: 最終処分場から採取したキレート処理溶融飛灰中重金属の長期安定性の評価, 廃棄物資源循環学会論文誌 (投稿中)
 - 8) 肴倉宏史: 環告第13号溶出試験の設定根拠と経緯, 廃棄物学会研究シンポジウム講演論文集, pp.118-121 (2003)
 - 9) 廃棄物試験・検査法研究部会ホームページ
<http://jsmcwm.or.jp/wastest/>
 - 10) たとえば, 関戸知雄, 田中信壽, 松藤敏彦, 松尾孝之: 都市ごみ破碎選別施設における破碎種別残渣の特性に関する研究, 廃棄物学会論文誌, 第8巻, 第5号, pp.190-199 (1997)
 - 11) たとえば, 宮脇健太郎, 島岡隆行, 花嶋正孝: 埋立廃棄物の重金属溶出特性に与える処理飛灰の影響, 第53回土木学会年次学術講演会概要集第7部, pp.134-135 (1998)
 - 12) 平峯界生, 関戸知雄, 土手 裕: 都市ごみ破碎不燃残渣の物理組成と各組成の水溶性成分含有量に関する研究, 第20回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集, pp.431-432 (2009)
 - 13) 大里 賢, 宮脇健太郎: 不燃破碎残渣の溶出特性 (環境暴露促進試験), 第20回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集, pp.433-434 (2009)

Role of Japan's Compliance Leaching Test for Landfills and Related Issues

Hirofumi Sakanakura* and Kentaro Miyawaki**

* National Institute for Environmental Studies (NIES)
Research Center for Material Cycle and Waste Management

** Department of Environmental Systems, Meisei University

† Correspondence should be addressed to Hirofumi Sakanakura:
National Institute for Environmental Studies (NIES)
Research Center for Material Cycle and Waste Management
(16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8506 Japan)

Abstract

Solid waste landfills must be appropriately managed so as to prevent the adverse effects on the surrounding environment. Japan's compliance leaching test for industrial wastes, JLT-13, is used as a means for judging whether leaching of hazardous substances is an issue at solid waste landfills. This report summarizes the role of JLT-13 and other related issues based on recent findings and information. The leaching test is still a prerequisite for securing the environmental safety of any landfill. Moreover, in order to set into place the concept of a material-sound society, the construction of a basic concept realization/guideline for environmental safety in soils, recycled materials and wastes must be developed.

Key words: leaching test, industrial waste, hazardous waste, metals, long-term safety