

S4-13 上向流カラム通水試験の国際標準化への取組み状況(3)

○保高徹生¹・肴倉宏史²・田本修一³・ISO/TC190部会⁴

¹産業技術総合研究所・²国立環境研究所

・³土木研究所 寒地土木研究所・⁴土壌環境センター

1. はじめに

整備新幹線・リニア新幹線・東京オリンピック等の大規模建設工事で遭遇することが想定される自然由来重金属等含有岩石や土壌、東南海トラフ等の想定地震における津波堆積物や災害廃棄物に関する効率的・合理的な土壌汚染対策費用の負担低減に向けて、「上向流カラム通水試験」をはじめとする、汚染物質の溶出挙動を確認する試験の標準化は極めて重要である。

上向流カラム通水試験はISO/TC 190 “Soil quality” (第190技術委員会「地盤環境」) SC 7 “Soil and site assessment” (第7分科会「土とサイト評価」) において、ISO/TS 21268-3 “Up-flow percolation test”¹⁾として標準化されている。しかし、この標準は技術仕様 (TS) にとどまっているため、わが国の試験法として適切な評価が可能かどうか不明である。

そこでISO/TC 190国内専門委員会は、ISO/TS 21268-3¹⁾を正式なISO規格とするため、2014年10月ベルリンでのTC190の総会において、ISO/TS 21268-3の定期見直しの機会に、技術仕様を正式ISOとするための作業着手を提案し、その結果、日本がプロジェクト主体となり推進することが決定されたことは、2015年6月^{2), 3)}に報告した。本稿では、ISO/TS 21268-3におけるカラム国際標準化の取組について2016年の総会での提案内容、標準化に向けた進捗の概要説明を行う。

2. ISO/TS 21268-3の概要

ISO/TS 21268は、ISO/TC190 SC7 WG6Iにより準備されており、Part 3が上向流カラム通水試験である。なおPart 1と2はバッチ試験、Part 4は酸／アルカリ添加によるpH影響試験影響試験である。本試験は、短期／長期の溶出挙動に関する情報を得ることを目的とした“Basic characterization test”として位置づけられており、参照値 (基準値) 等と比較するための試験である” Compliance test”とは異なる位置づけである。

ISO/TS 21268-3「上向流カラム通水試験」の概要を表1および図1に示す。試験装置は、溶媒タンク、ポンプ、カラム、採水タンクから構成され、毎時10～15 mLで濃度1mmol/Lの塩化カルシウム溶液を通水し、液固比10まで通水を行う。採水は表1に示した7画分で行い、それぞれの画分毎に対象物質を分析することで、対象汚染土壌からの汚染物質の溶出特性を評価する。

表 1 現状のISO/TS21268-3の概要

サンプルの状態	湿潤(ただし、含水により破砕できない場合には乾燥することも認める。)
試料の最大粒径	95%が 4 mm 以下であること。
カラム直径	5 cm or 10 cm
カラム高	30 ± 5 cm
通水速度	10～15 mL/h (5cmのカラムの場合)
充填方法	5層に分割して充填し、各層はさらに3つのサブ層に分解して充填を行う(計15層で充填の実施)。各サブ層の締固めは、125g(直径5cmカラム)もしくは250g(直径10cmのカラム)を用いて、20cmの高さから3回落下させる。
溶媒	1 mMのCaCl ₂ 含んだイオン交換水等を用いる。
採取頻度	L/S(液固比)0.1、0.2、0.5、1、2、5、10

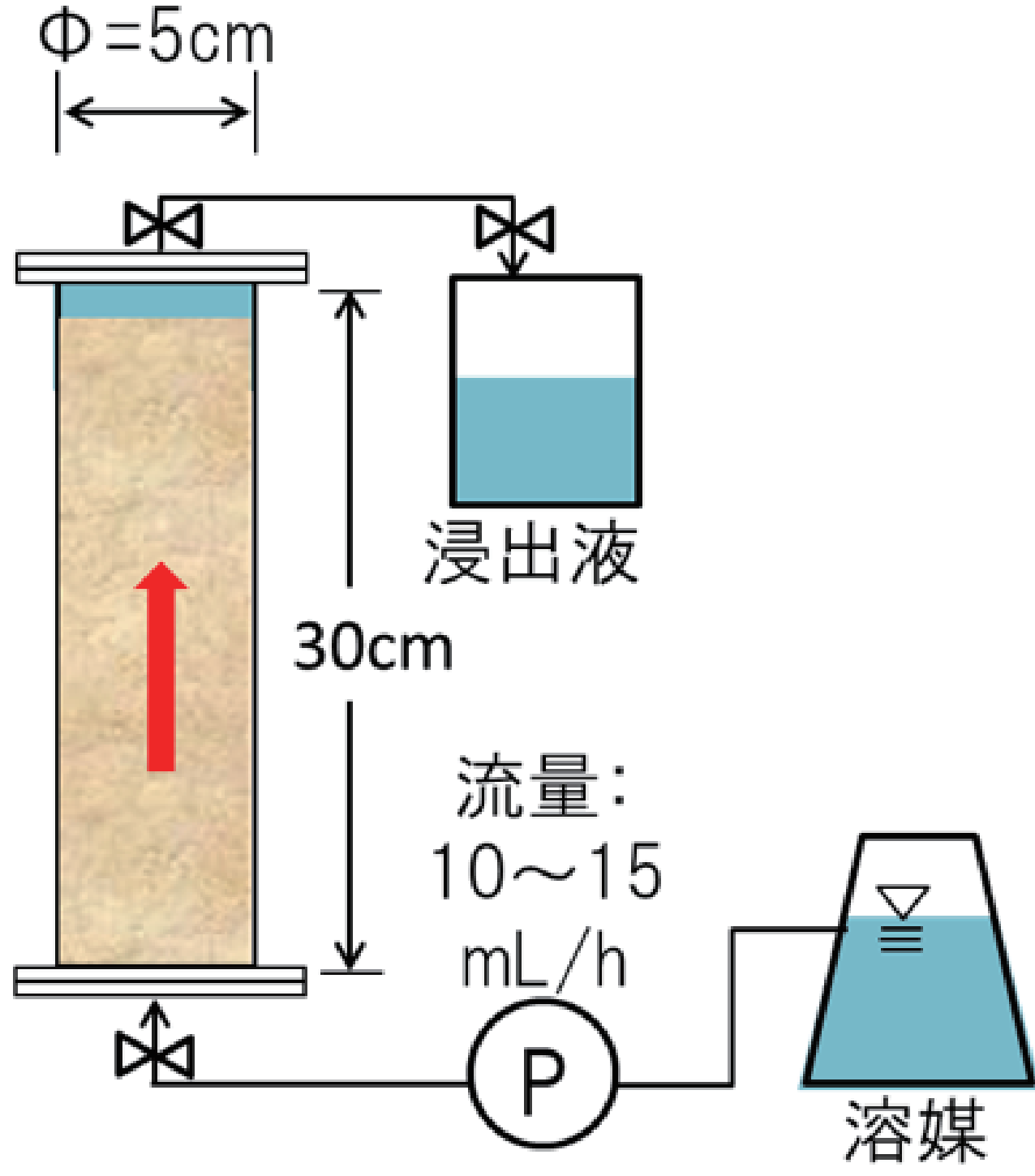


図 1 ISO/TS 21268-3の試験概念図



写真 1 カラム試験状況

3. 2015年のISO TC190総会までの取組

3.1 国内体制

規格化に向けた国内の体制としては、産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門が中心となり、国立環境研究所、寒地土木研究所、電力中央研究所、福岡大学、京都大学等と連携して、土壌環境センターISO/TC 190部会、地盤工学会 (TC 190国内審議団体)、大学、民間企業等のバックアップを受け検討を進めている。

3.2 2014年ベルリン総会

2014年10月ベルリン総会において、ISO/TS 21268-3の技術仕様を正式ISOとするための作業着手を提案し、その結果、日本がプロジェクトリーダーとして推進することが決定された。プロジェクト期間は、2014年10月から2017年9月までの3年間であり、実施予定事項は精度評価試験、規格の内容の見直しである。

3.3 2015年ウィーン総会

精度評価試験や影響評価試験結果および国内での関係者の議論を踏まえ、2015年10月にウィーンで開催されたISO TC190総会では、現状のISO/TS 21268-3規格は、日本が実施した精度評価試験の結果よりISO化に向けて十分な精度を持っていること、さらに以下の4項目について日本よりISO/TS 21268-3の改訂に関する提案を行った。

- ・流速：現行規格では、試験流速は12 mL/hであるが、試験期間の短縮を目的として、日本が実施した影響評価試験の結果より、通水流速を12～36 mL/hの範囲で認めるようにすることを提案した。
- ・初期飽和期間：現行規格では初期飽和は2日間以上であるが、試験期間の短縮を目的として、日本が実施した影響評価試験の結果より、初期飽和の時間を16時間以上とすることを提案した。
- ・通水溶媒種：現行規格では、通水溶媒は1 mmol/Lの塩化カルシウム溶液であるが、イオン交換水も認めるように提案を行った。
- ・その他：液固比10の採水時の誤差範囲、サンプリングを実施する液固比の柔軟性に関する表記、カラム直径、DOCの測定に関して提案を行った。
- ・これらの提案に対して、総会では基本的には前向きなコメントを受けたが、特に影響評価試験の土壌種が1種類のみであったことから、追加試験の必要性が指摘され、またデンマーク・オランダよりも事前コメントがあった。結論として、2016年3月末までにISO/TC190 SC7 WG6Iに日本より追加試験案を提出し、4月末までにWG6I内で試験内容を審議することとなった。日本はこの審議結果を受けて、追加試験を実施し、その結果を受けて10月の総会までに正式なISO化に向けた提案を実施することとなった。

3.4 2016年パリ総会

2016年の総会は9月末にパリのAFNORで開催された。コンビナーをRob Comans氏 (オランダ) として、オーストラリア、オランダ、ドイツ、フランス、韓国、イギリス、日本の計13名が会議に参加した。会議の内容は、ISO/TS 21268-1-3(Soil quality Leaching procedures for subsequent chemical and ecotoxicological testing of soil and soil materials Part 1-3)のバリデーションデータについてバッチ試験についてはドイツから、カラム試験について日本から説明がなされた。概ね内容について合意がなされたが、バッチ試験で1 mmol/L塩化カルシウム溶液だけでなく脱イオン水の使用も認める、という提案がドイツから提案されたが、オランダから脱イオン水は反応性が高く、コロイドの影響も低減できないとの反対がなされた (ドイツ、日本、韓国は脱イオン水を使用)。1 mmol/L塩化カルシウム溶液と脱イオン水の比較が必要との議論がなされたため、日本が取得しているデータの一部を会議中で紹介した。また、過去に実施した日本での試験結果を (日本の実施機関の合意を得た上で) 共有し、議論をすることで合意がなされた。これらの規格は、DIS登録までの期間を2017年末 (3年から4年への延長) とすることが同意され、2017年早々にISO/TS 21268-1,2はドイツのDr. Ute Kalbe氏より、ISO/TS 21268-3は保高が責任者となり、NPとしてのドラフトを日本とドイツから提案することになった。

4. 妥当性確認試験

ISO TC190においては、正式なISOにする場合や試験条件を変更する場合には妥当性確認試験 (Validation study) を必須としており、試験の再現性を担保する必要がある。ISO/TS 21268-3に関する精度評価試験として、2013年度に3機関が参画した第1回精度評価試験⁴⁾に続き、2015年に合計17機関が参画して第2回精度評価試験⁵⁾を実施した。また、規格内容の見直し、特に試験期間の短縮を目的として、7機関による通水速度や初期飽和時間の短縮に向けた影響評価試験⁶⁾を実施した。図2には第2回精度評価試験の結果の一例として、17機関で実施した34本のカラム試験の塩素、カルシウム、ふっ素の積算溶出量の変動係数 (以下CV) を示す⁵⁾。6元素について溶出濃度、積算溶出量のCVを計算した結果、90%以上でCVが30%以下であることを確認した。また図3にはISO TS21268-3の仕様 (初期飽和時間48 h、通水速度12 mL/h) と日本提案の試験時間短縮条件 (初期飽和時間12～16 h、通水速度36 mL/h) の溶出濃度の比較結果を示す⁶⁾。4種類の土壌を用いて実施した比較試験の結果、両試験条件の結果はよい一致を示すことが示された。これらの精度評価試験の結果は、Yasutaka et al.(2017)、Naka et al.(2016)にオープンアクセスで公表されているため、そちらをご参照いただきたい。

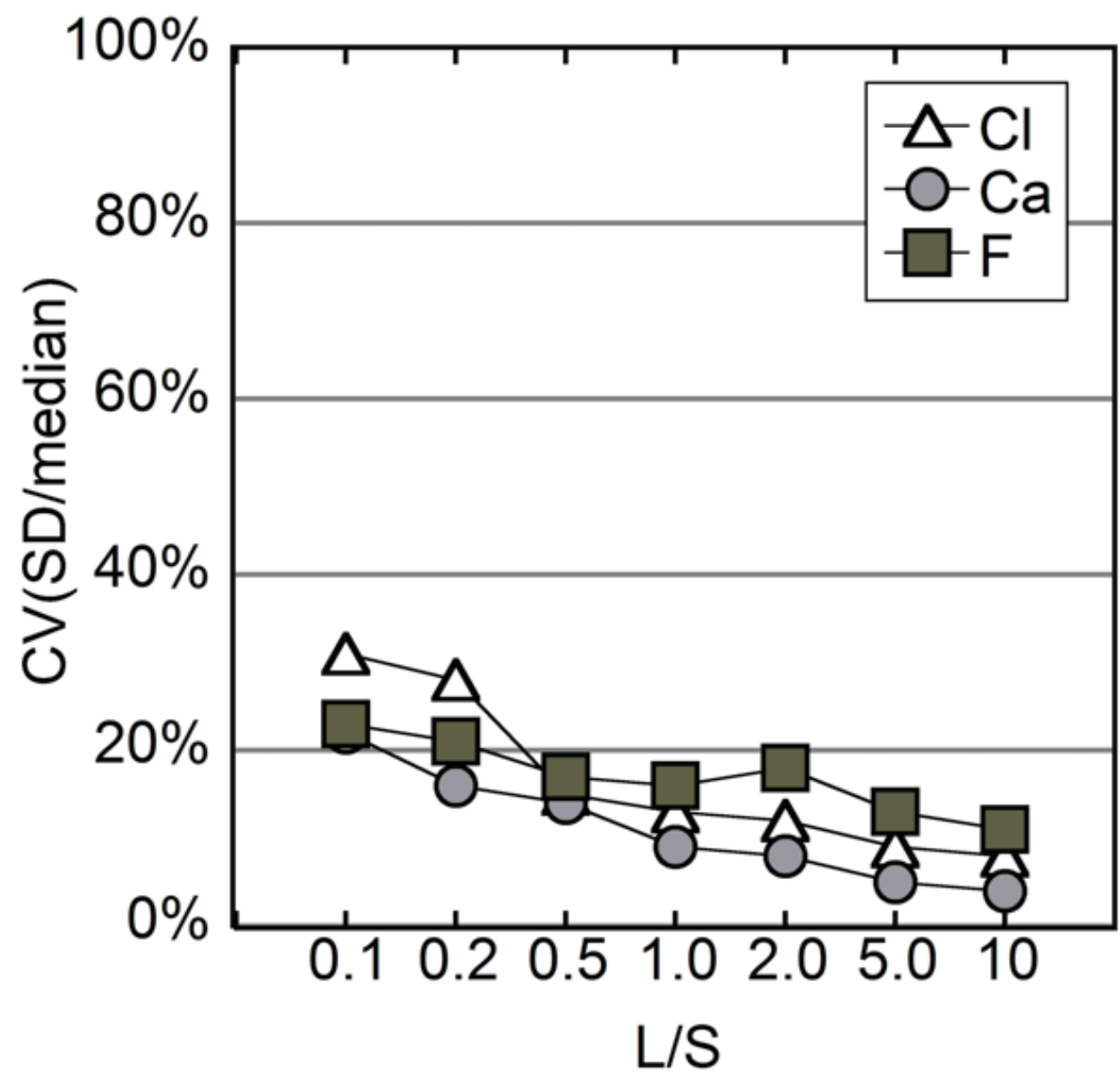


図2 17機関による積算溶出量の結果のCV⁵⁾ (Yasutaka et al.(2017)を一部改変)

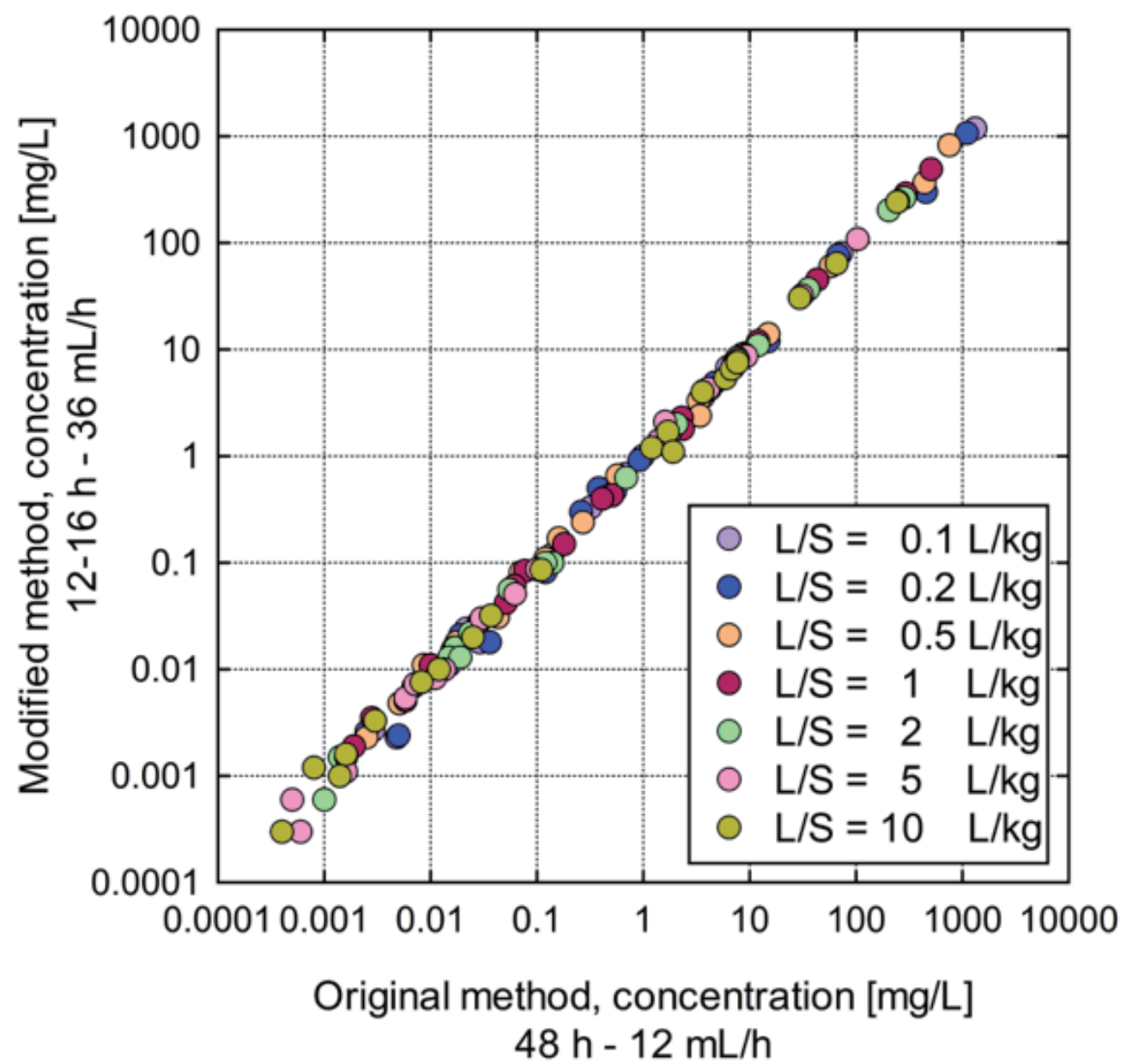


図3 ISO TS21268-3の仕様 (初期飽和時間48h、通水速度12 mL/h) と日本提案の試験時間短縮条件 (初期飽和時間と12-16h、通水速度36ml/h) の溶出濃度の比較⁶⁾ (Naka et al., (2016)より引用)

5. 謝辞

ISO/TC190ウィーン総会での提案を進めるにあたり、井野場誠治氏 (電力中央研究所)、渡邊保貴氏 (電力中央研究所)、藤川拓朗氏 (福岡大学)、竹尾美幸氏 (京都大学)、Naka Angelica氏 (国立環境研究所)、染矢雅之氏 (東京環境科学研究所)、東野和雄氏 (東京環境科学研究所) には精度評価試験、影響評価試験への参加および貴重な助言を頂いた。ここに記して感謝する。また、精度評価試験の実施にあたり、上記メンバーに加え、伊藤健一氏 (宮崎大学)、隅倉光博氏 (清水建設)、根岸昌範氏 (大成建設)、海野円氏 (大成建設)、伊藤圭二郎氏 (鹿島建設)、三浦俊彦氏 (大林組)、宮口新治氏、中條邦英氏 (応用地質)、加藤雅彦氏 (岐阜大学、現明治大学) 小川翔平氏 (岐阜大学、現電力中央研究所)、平田桂氏 (MCエパテック)、龍原毅氏 (パシフィックコンサルタンツ)、千田智之氏 (PCER)、小島淳一氏 (東海技術センター) には、ご多忙の中、精度評価試験にご参画頂いた。ここに記して感謝を申し上げる。

- 1) International Organization for Standardization: ISO/21268-3, Soil quality – Leaching procedure for subsequent chemical and ecotoxicological testing of soil and materials, Part3: Up-flow percolation test, TECHNICAL SPECIFICATION, 2007
- 2) 保高徹生, 肴倉宏史, 田本修一, ISO/TC190部会 (2015) 上向流カラム通水試験の国際標準化への取組み状況(1)、第21回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演要旨集
- 3) 保高徹生, 肴倉宏史, 田本修一, ISO/TC190部会 (2016) 上向流カラム通水試験の国際標準化への取組み状況(2)、第22回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演要旨集
- 4) 中村謙吾, 保高徹生, 藤川拓朗, 竹尾美幸, 佐藤研一, 渡邊保貴, 井野場誠治, 田本修一・肴倉宏史: 上向流カラム通水試験の標準化に向けた重金属等の溶出挙動評価, 地盤工学ジャーナル, 9(4): p. 697-706
- 5) Yasutaka, T., Naka, A., et al., (2017) Reproducibility of Up-flow Column percolation tests for contaminated soils, PLOS ONE, 12(6):e0178979.
- 6) Naka, A., Yasutaka, T., et al., (2016). Column percolation test for contaminated soils: Key factors for standardization. Journal of Hazardous Materials, 320, 326-340.