

第2回「土壌分配係数の試験方法に関する手順書」評価委員会  
議事録

日 時：2023年1月30日（月） 1005-1155

場 所：Web会議室（zoom）

参加者（順不同，敬称略）

委 員：武田（環境科学技術研究所），中尾（京都府立大学大学院），加藤（日本原子力研究開発機構），百島（九州環境管理協会），飯本（東京大学）

事務局：橋本，副島，佐々木（以上，日本保健物理学会）

オブザーバ：越後谷，浜本（以上，原子力発電環境整備機構），田上，内田（以上，量子科学技術研究開発機構）

議事次第（案）：

1. 開会・レビュー委員会の審議状況の確認
2. 手順書のレビュー
  - 2.1 コメント対応状況の説明
  - 2.2 コメント対応結果の審議
  - 2.3 レビュー総括
3. 今後の予定確認
4. その他
5. 閉会

資料：

- 2-0 第2回委員会議事次第案
- 2-1-1 第1回委員会議事録
- 2-1-2 スケジュール表
- 2-2-1 2022年度コメント対応のリスト（委員別）
- 2-2-2 2022年度コメント対応済の手順書ドラフト
- 2-2-3 委託成果報告書ドラフト

内 容：

1. 開会・レビュー委員会の審議状況の確認

飯本委員長より開会の挨拶が述べられた。

- ・ 資料を確認しつつ進めて頂きたい。

佐々木氏

- ・ レビュー委員会の審議状況を説明する。昨年11月30日に第1回委員会が実施され、その後、委員には12月15日締切として手順書への意見書を、1月13日締切として提

言を提出頂いた。手順書への意見は事務局で集約し、NUMO 殿、QST 殿は意見への対応案の整理と手順書の修正を行った。対応案一覧と修正後の手順書は先週送付済である。なお、全体で 102 件の委員の意見があり、重複部分を除くと 97 件であった。

- ・ 今後のスケジュールとしては本委員会の議事録を委員会として承認頂き、また委託成果報告書に含める提言と総括を確認頂くことになる。

飯本委員長

- ・ 状況を確認し、今後の流れについても理解した。

## 2. 手順書のレビュー

### 2.1 コメント対応状況の説明

越後谷氏

- ・ 対応状況を簡単に説明する。12 月中旬以降 QST 殿と対応してきたが、コメント件数は全体で 102 件であり、説明性の向上などのポイントを指摘頂いた。今年度のレビュー観点は(i)～(iii)まで 3 つあったが、全ての観点に対し一通り網羅的に意見を頂くことができた。
- ・ (i)については位置づけ、背景、出典の根拠の明確化、用語定義・補足説明の充実、文書表現の適正化のご意見を頂いた。(ii)については表層土壌の取扱い、土壌サンプリング方法のバラつき要因、サンプリング回数、体積含水率などの測定項目の要否について意見を頂いた。(iii)について測定者の力量、発注時の業者選定要件に係る事項、分析方法の妥当性確認として岩石標準物質を用いたクロスチェックの有効性などの意見があり、トータルで 102 件であった。
- ・ 委員の方からはそれぞれのお考えで付帯事項や周辺事項も含めて広く意見を述べて頂いた。委員の意見に対する対応案の大部分は委員の意見をそのまま反映している。
- ・ 対応表への記載としては、(1)委員の指摘通り対応した場合は「拝承。ご指摘のとおり修正」とし、(2)拝承であるが、委員の指摘通りでなく適正化した場合は「拝承。ご指摘を踏まえ～」と修正した。
- ・ ここで、いったん区切って、このあとに対応案の詳細を説明し、認識合わせと対応の方向性を個別に審議して頂きたい。主に技術的な項目を中心に説明させて頂き、第 1 回のレビュー委員会で議論となった項目や QST 殿と共同で修正作業を行う中で少し議論があった項目、それと情報共有の観点からこの場での認識合わせをする項目など、後ほど 7 件の意見と対応案を具体的に示すので審議頂きたい。
- ・ また、対応案の確認はご意見を述べて頂いた委員の方だけに確認を求めるのではなく、他の委員の方にも今の NUMO の説明で情報が足りているかご発言頂きたい。

飯本委員長

- ・ NUMO 殿、QST 殿に丁寧に対応頂いたことに感謝申し上げます。多くの部分は委員の意見がそのまま反映されているが、これから個別に見ていきたい。

## 2.2 コメント対応結果の審議

越後谷氏

- ・ 第1回のレビュー委員会で議論となった項目、修正作業段階で少し議論があった項目、方向性の確認が必要な項目などを説明させて頂く。
- ・ I-07では「...状態がよく判っている場合」の「状態」の解説・補足説明が不足しているため、補足説明の追加に関する意見を頂いた。回答案として、脚注に補足説明を記載した。委員長、他委員についても確認頂きたい。

飯本委員長

- ・ 本対応で問題ない。「状態がよく判っている」かどうかにはエンジニアリングジャッジがあり得る。誰が読んでも判断できるようにという注意喚起の趣旨であった。修正案で結構と考える。

百島委員

- ・ 新しい手順書では何ページに記載されているか。

越後谷氏

- ・ 6ページの脚注5番目になる。

越後谷氏

- ・ 続いて、加藤委員からのコメントとして2件、K-01とK-06を説明する。
- ・ K-01では前半と後半で2つの意見を頂いており、「手順書を初任者の教育資料として活用してはどうか」、もう一つは「業者の選定要件」であった。前半について、加藤委員のご指摘のとおり、初任者の教育資料として使えるので拝承した。後半についてもご指摘のとおりであるが、この手順書に係る修正ではなく、業者の選定要件に係る内容であったため、別途発注時の調達管理などの要領書、マニュアルなどで整理するとして頂いた意見を引き継いでいくものとして検討する。

加藤委員

- ・ 対応について結構である。後半については手順書の修正ではなく、調達管理などの要領書、マニュアルなどで整理することについて理解した。また回答案の誤字に気づいたので修正頂きたい（環境資料→環境試料）。

飯本委員長

- ・ 誤字は事務局で対応頂きたい。委員会としてこの手順書は作って終わりではないというメッセージを発してきた。業者選定の際に重要になる点であることを、文字として残すことに意味がある。NUMOに引き継いで頂きたい。

越後谷氏

- ・ K-06は、現行の手順書に含まれていない、内部精度管理や品質保証体制に関する意見で、将来、内部精度管理や品質保証体制が定まった段階で「本試験方法に特有の事項が抽出された場合、適宜修正していくことが必要」と意見を頂いた。
- ・ 回答としては拝承である。今後データを取得する前には内部精度管理の実施や品質保証体制の充実が必要となる。現時点では手順書に修正すべきところはないが、今後必要

に応じて見直すこととしたい、とした。

加藤委員

- ・ K-01 の後半と同様で今後の期待とした。対応案に異論はない。将来的に必要となった場合にはリバイスしてほしい。

浜本氏

- ・ 百島委員より M-01 として「表層物の取扱い」に関し、未耕地の土壌の表層物の取扱いが明確でないとの意見であった。また生活圏評価モデルにおけるモデル化の考え方も考慮して当該部分の記載を検討してはどうかとの意見を頂いた。
- ・ 中尾委員にも相談した上で対応を決定した。森林土壌では上部に有機物が堆積し、その下に腐植に乏しい土壌が層を形成している。有機物は核種移行上重要であるが、有機物層が土壌ではなく、生物学的プロセスに核種移行が支配されることを考慮して有機物層は取り除くべきであることを留意事項として P4 の注釈 11 に明記した。また、採取の手順を記載している P6 においても注釈 6 に有機物層を取り除くべきであることを記載した。

百島委員

- ・ 了解した。よく対応されていると思う。

中尾委員

- ・ 対応は問題ない。回答案に誤字があるので修正頂きたい。(腐食→腐植)

飯本委員長

- ・ 丁寧に整理頂いた。

越後谷氏

- ・ N-10 として「乾燥が試料の性状に影響を及ぼす場合」について特に想定がなければ削除して良いのではないかと指摘を頂いた。指摘のとおりであり、当該箇所は日本原子力学会標準によるものであるが、本  $K_d$  測定には不要な記載なので、削除した。

中尾委員

- ・ 異論ない。

飯本委員長

- ・ 対応案では「ご指摘の通りと考える。」とし、また「ただし、」はなくて良いと思う。

中尾委員

- ・ 委員長のご提案の方が良いと思う。

越後谷氏

- ・ T-03 として「体積含水率、孔隙率の測定は必要ないか」とのご意見を頂いた。対応として脚注に説明を追加した。

武田委員

- ・ 丁寧な回答に感謝する。 $K_d$  測定以外に仮比重だけ詳しく記載されている。実際  $K_d$  を使って核種の移行速度を評価する数式が示されていないので、他に何が必要かは不明であるが、一つの方法として体積含水率を含めることもあり、その場合は手順書に含めて

はどうかとコメントした。ただ、数式については今後の議論であるため必要に応じて必要なパラメータを取っていくことが将来的に検討される記載であれば良い。

内田氏

- ・ 回答のところでは生活圏評価の土壌に限定しているが、地下における核種移行評価では使っていないか。主に地下水が関連している部分など。

浜本氏

- ・ 生活圏評価と地下の核種移行解析の境界は帯水層であるため、生活圏評価では帯水層より上部が解析対象となっている。地下の核種移行解析では $K_d$ のほかに岩石のパラメータとして有効間隙率、真密度が必要である。将来的には実際の岩石を用いてデータを取得するかもしれないが、既往の解析においてこれらのパラメータの値は文献値を使っている。

内田氏

- ・ 幅広な記載にしてはどうか。

浜本氏

- ・ 脚注から「生活圏評価の対象とする」を削除して修正したい。

百島委員

- ・ 回答案に脚注4とあるが、新しい手順書では脚注3になるのか。

浜本氏

- ・ 脚注3が正しいので訂正する。

飯本委員長

- ・ 当該箇所を削除することで良いか。

加藤委員

- ・ 脚注3では体積含水率、真密度と突然書くより、土壌の、表層土壌のという言葉が最初にあると良いのではないか。

浜本氏

- ・ 拝承。手順書での用語を確認し、修正する。

武田委員

- ・ 限定的にならず、必要に応じて必要なパラメータが取れるような記載の方が良い。

飯本委員長

- ・ 最終的な対応をもう一度考えて頂き、委員にも再度確認頂くこととする。

中尾委員

- ・ 真密度は核種移行の解析においてどのように使われるのか確認したい。

浜本氏

- ・ 解析においては溶液中の核種濃度の変化を計算している。溶液濃度から固相に収着した核種の量を、 $K_d$ を用いて差し引くときに、コンパートメントの体積から固相の質量を求める際に真密度が使われる。

中尾委員

- ・ 真密度が実際に解析で使用されていることを理解できたので問題ない。

百島委員

- ・ 真密度は数値を何らか仮定して使用しているのではないか。

浜本氏

- ・ 現在は文献値を用いており、土壌の種類によって大きく変わる値ではないので、実際に将来実験的に真密度を取得するかは不明である。そのため、必要に応じて取得することがわかるように注釈を記載した。

内田氏

- ・ 中尾委員や百島委員の指摘のように、 $K_d$  以外のパラメータの値にも議論の余地があると考え。例えば、解析結果において大きく影響を与えない値であれば現地で取得しないで文献値を用いるなど、 $K_d$  以外のパラメータに求められる精度にも議論が必要である。本手順書では土壌  $K_d$  のみに焦点を当てて、他のパラメータについてはあまり議論しない方がよいという結論になった、と理解している。

浜本氏

- ・ 武田委員よりご指摘頂いた仮比重の記述について本文での記載は削除した。仮比重の取得に関する注意事項は、今後活かせる可能性はあるので P6 の脚注 7 として残してある。

越後谷氏

- ・ T-06 では、「岩石標準物質を用いた分析の妥当性確認として蛍光 X 線法やアルカリ溶融等の分析法とのクロスチェック」について指摘があった。脚注に指摘事項とクロスチェックの方法、参考文献を記載した。

武田委員

- ・ 酸分解で完全に溶解しない鉱物が土壌に含まれる場合に Zr 濃度が過少評価される場合がある。対象サイトの地質によっては、標準岩石を用いた分析手法の妥当性確認がうまくいかないことがあり、土壌中の Zr 濃度の測定において問題になる可能性があるかもしれないためにコメントした。 $K_d$  に必要な精度によっては重要な議論ではないかもしれないが、土壌中の濃度測定に影響があるということは理解しておくといので、脚注への記載で問題ない。

飯本委員長

- ・ 全体と、ポイントとなりそうな箇所を確認頂いた。他にあるか。

武田委員

- ・ 森林土壌の有機物の扱いについて確認したい。腐植層は除外して  $K_d$  を評価するという考え方で良いか。

浜本氏

- ・ その理解で問題ない。ただ、生活圏評価における核種移行において無視して良いということではない。この手順書の対象は土壌  $K_d$  であり、土壌  $K_d$  の測定方法を有機物層におけるデータ取得に適用して良いかどうかは検討が必要である。

武田委員

- ・ 承知した。

飯本委員長

- ・ 昨年度から引き続き手順書を議論頂いた。全ての観点でレビュー頂き、また委員間でも細かく議論し、網羅できたと判断する。

## 2.3 レビュー総括

飯本委員長

- ・ 委員会としての提言についても纏められつつある。土壌サンプリング、トレーサー分析について中尾委員、百島委員についても今一度ご意見頂いてまとめていきたい。

百島委員

- ・  $K_d$  の森林土壌では表層物の取扱いが別物で良いと思う。標準物質の利用についても提言を差し上げた。国際的に利用できるのは NIST, IAEA など、保証された値と参考値があり、今回の  $K_d$  では  $N_p$  の保証値がないと思われた。提言としては標準物質がない状況に応じて、分析方法の妥当性を考える必要がある。  $N_p$  の参考データとしては生物試料しかないと思う。陸上土壌で  $N_p$  は将来出てくるかもしれないが難しいかもしれない。

中尾委員

- ・ 今回、表層物の取扱いでコメントした。個別のやり取りを経て、土壌学が重視している表層物の取扱いについて、基本的に認知が広がっていないことを認識した。今回の落としどころとして表層部分の有機物層を取り除く提案をしたが、土壌中の核種移行について土壌を一つのコンパートメントとして考えると、表層物すなわち有機物層が入ることによる誤差はあるので、それらを除くことを考えた。今回は  $K_d$  を測定する目的の手順書なので問題ないと思うが、一方で核種移行全体像を考えると、今回の元素は土壌吸着で動きにくいものがほとんどと思うが、実際は侵食による土壌の流合、生物取り込み後の分解が影響してくるであろう。この手順書の範囲を超えると思うが、  $K_d$  をブラッシュアップされた方法でしっかりと測った上で、その先の核種移行全体となった時に、この  $K_d$  の解析モデル全体への影響度合い、相対影響度を見ていくことがその先にあるのかと考えた。  $K_d$  の議論はかなり収束している印象を受けた。

飯本委員長

- ・ 中尾委員の発言は、百島委員の発言とあわせ本日の議事録に文字として残すことが重要と考える。

加藤委員：

- ・ 森林の表層物の試料の取扱いの議論が深まった。モデル、解析でどのようなデータが欲しいかの議論があったが、モデル側からはデータがどう取られているかの知見をモデル構築に反映することもある。
- ・ これまで我が国の地層処分生活圏評価では、森林を対象としていなかった。今後必要と

なった場合に表層物，有機物層，鈳質土壌との境界などの考え方について，どのようなデータに基づいてモデル化するかを検討する方向もあると考えた。データがどのように取得されているかを認識したので，モデルに反映する知識が得られた。どういう数値が得られたのかという観点，サンプリングの重要性も理解できた。モデル側からの観点としてお話させて頂いた。

#### 武田委員

- ・ パラメータを取得するところ，モデルにどのように使われていくかは今後整理されていけば良い。土壌のサンプリングがどの層を対象とするか，森林表層物をどう扱うか，モデルに依拠すると思うので，整理してほしい。委員会の審議対象である  $K_d$  の手順書は，前提がしっかりしていない中での手順書であったが，想定される読者も整理されたので，十分ブラッシュアップされた。今後分析方法についても進展，知見を取り込むため改訂する機会があると良い。

#### 飯本委員長

- ・ 提言についてご意見頂いた。お気づき事項があれば頂きたいがおおよそこの方向で進め，3.7 節をまとめていきたい。
- ・ 総評については学会としてまとめるものとなっている。これについても委員に見て頂きたい。学会がまとめることになるので，学会でも最後の総評について完成させることになる。
- ・  $K_d$  を使って行くことに関しては頂いたご意見をベースに放射線防護という観点からも最適化なども含めて書いてある。お気づきの点があればご指摘頂きたい。
- ・ 委員のコメントを整理し，2 年の審議を経て手順書が実用に足ることを委員にご確認頂けたと評価する。

#### 百島委員

- ・ 同意する。追加として，本手順書は脱離  $K_d$  の手順書であるが，脱離  $K_d$  の意義が緒言にあった方が良くと思う。なぜ脱離  $K_d$  の手順書を作ったのか，脱離  $K_d$  が必要なのかについて，データが先か，モデルが先かの議論かもしれない。P1 の 19 行目以降について，もう少し必要性を論じた方が良い。

#### 飯本委員長

- ・ 冒頭の記述の部分なので，丁寧に記述することは重要である。

#### 中尾委員

- ・ 賛成する。脱離  $K_d$  の意義は丁寧に述べた方が良くと思う。吸着  $K_d$  よりも脱離  $K_d$  の方が実環境の評価に適している。福島事故での Cs の挙動を考えると実験室での短時間の吸着試験で得られた  $K_d$  値では，環境中である程度吸着が進んだ後の元素の挙動を説明できないと思う。ある程度時間が経った後の核種移行を観察することの意義を強調する文言が追記されると良い。

#### 飯本委員長

- ・ お二人の委員より意見を頂いたが，重要であるので事務局と NUMO 殿で相談して対応



を考えて頂きたい。その後委員にも確認頂くプロセスとしたい。

佐々木氏

- ・ 手順書の当該箇所を修正するか、あるいは現在コメント対応がひと段落しているので、提言にのみ含めるかの対応があるがどうすべきか。

越後谷氏

- ・ 指摘頂いた箇所は手順書を修正し問題ないことを確認し、課題として残さないようにしたい。NUMO で修正案を考えて、メール、あるいは打合せを実施して対応したい。

### 3. 今後の予定確認

飯本委員長

- ・ 委員会のスケジュールを確認する。

佐々木氏

- ・ 議事録と委託成果報告書は事務局よりお送りするので、議事録の承認と委託成果報告書の確認をお願いしたい。議事録は委託成果報告書に含める内容となるので、提言、総括、先ほど頂いた緒言へのコメントについて重点的に確認頂きたい。委員長確認のスケジュールは後ろ倒しになるかもしれないが、理事会承認などの時間にバッファがあるので問題ないと思われる。

### 4. その他

特になし。

### 5. 閉会

飯本委員長

- ・ 議事録含め頂いた内容で委員には確認願いたい。QST 殿、NUMO 殿よりコメントを頂いて本委員会を締めたい。

田上氏

- ・ いろんな部分がクリアになった。土壌について我々の理解と他分野、モデル側との理解のギャップが分かった。コミュニケーションの重要性も認識できた。文章だけでのやり取りでは不十分であり、今後ご協力頂きたい。

内田氏

- ・ 議論の中でもあったように、脱離  $K_d$  の取得に関してはこれまであまり議論されていない。今回初めて議論されたのではないか。どのようなケースに適應できるのか、限定するのが難しく、例えば高レベル放射性廃棄物の安全評価における生活圈評価パラメータ値は事故時とは異なるので、一般的な手順書でどこまで展開できるかは課題があると感じている。高レベル放射性廃棄物に関して安全評価のための生活圈評価のための  $K_d$  取得ということで絞り込んで頂き、今後リバイスは必要だろうが基本的なところは抑えられたと考えている。

- ・ 委員の意見にもあったようにパラメータはモデルとセットであるので、生活圈評価の全体のモデルのイメージが固まってくるとリバイスができると思う。

飯本委員長

- ・ 丁寧な対応に感謝申し上げます。NUMO 殿からも一言頂きたい

浜本氏

- ・ 委員の先生方と技術的な議論をさせて頂き、大変ありがたかった。最後の二つのコメントも今後精進しなくてはならないと感じた。貴重なお時間を頂戴し感謝する。QST 殿にも根気よく対応頂き感謝する。事務局にも感謝申し上げます。

越後谷氏

- ・ レビュー委員会について昨年度と今年度にわたって、年末の忙しいところ短い中で協力頂き感謝する。 $K_d$ の採取方法として技術的な内容はまとまっていて内容は練られており、実用的に問題ないとお墨付き頂いたことと理解した。委員には多くのコメントを頂いた。
- ・ 委員会のレビューを通じて基本形の手順書が出来上がったが、今年度目的としていた解説、留意事項の充実頂いた情報の追加も達成でき収穫が多かった。特に、中尾委員、QST 殿より頂戴した情報は、社内資料、詳細な手順書の今後の作成に資するものと思う。
- ・ 中尾委員には表層土壌の取扱いに関する打合せをご協力頂き、森林土壌の採取方法に関する情報、枯葉、小枝の取扱いが記された公開文献をご教示頂いた。将来活用して充実させていきたい。また QST 殿からはさらに掘り下げた情報を提供頂いた。
- ・ 手順書には解説、留意事項を追記したが、将来役立つものと考えているので感謝申し上げます。多くの関連情報を頂いたことを共有させて頂いた。

飯本委員長

- ・ 学会の臨時委員会として理事が入る必要があり、飯本が委員長として参加させて頂いた。専門性の高い内容が多かったが、委員の力添えにより、質の高いレベルでまとめられそうな段階まできており、安堵している。委員の多大なるご協力に感謝する。

佐々木氏

- ・ 今後議事録の承認、委託成果報告書の確認についてのご協力をお願いしたい。閉会する。

以 上