

地層処分に關する人材育成プログラムの実施・作成について

徳島秀幸*1

(公財) 原子力環境整備促進・資金管理センターでは、2019 年度から 4 ヶ年で資源エネルギー庁委託事業の一環として地層処分に關する人材育成プログラムの実施及び作成を行ってきた。2020 年度からの 3 ヶ年では、アクティブラーニング形式を取り入れたセミナーを開催した。これらのセミナーでは、地層処分事業に關する異なる専門分野を有する若干専門家同士がコミュニケーションを行うことで、異分野コミュニケーションの難しさ、異分野間の協力の必要性などに気づき、以降の仕事でそれらを意識して成長して貰うことを主目的とした。セミナーは、自己紹介、グループワーク、演習を含む座学やサイトの見学で構成した。受講者からのアンケートからは、このセミナーの目的は概ね達成できたと考えられる。当センターで実施してきたセミナーを含め、地層処分事業の推進のためには、人材育成を進めていくことが重要であり、今後とも取り組みを継続することが不可欠である。

Keywords: 人材育成, セミナー, アクティブラーニング, 異分野コミュニケーション

We have been developing a program of the human resource development for geological disposal as a part of a project commissioned by the Agency of Natural Resources and Energy since 2019. Within this program, we conducted a seminar every year which helps participants realize the importance of interdisciplinary communication and cooperation for the purpose of implementing the geological disposal project efficiently. Our seminar consists of several different components such as self-introduction of participants, group work, lectures containing exercise and site visit. According to the feedback from participants, we could achieve our goals for the seminar to some extent. However, since it is important to develop human resources further needed for advancing geological disposal project, we need to conduct the efforts continuously.

Keywords: human resource development, seminar, active learning, interdisciplinary communication

1 はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分事業は、2020 年に北海道の 2 地点において、3 段階からなるサイト選定手続きの最初の段階である文献調査が開始されている。しかし、地層処分場サイトの選定までには、概要調査、精密調査があり、また、建設・操業を含めると 100 年以上の長期にわたる。この地層処分事業を円滑に進めていくためには、地質環境調査、工学技術、安全評価技術などの研究開発の面だけでなく、事業推進の側面から支えていく人材を継続的に確保する必要がある。

(公財) 原子力環境整備促進・資金管理センター (以下、「当センター」) では、資源エネルギー庁からの委託事業として、2019 年度から長期にわたる地層処分事業において、研究開発や事業実施の両側面から支える人材を育成するためのプログラム (以下、人材育成プログラム) の調査と作成を行っている。この事業では、地層処分の特定の分野の専門性だけではなく、幅広い専門性を有する「地層処分の専門家」を育成するためのプログラムの開発を目標としている。この目標達成のため、2022 年度までの 4 年間では、地層処分の概観を把握できるような教材の作成を進めるとともに、各年度でセミナーを開催してきた。

本講演では、この委託事業において 2019 年度から 2022 年度まで実施していたセミナーに關する取り組みを紹介する。

2 地層処分に關する人材育成セミナーについて

2.1 背景

地層処分に係る研究開発については、資源エネルギー庁の主導の下で、(国研) 日本原子力研究開発機構をはじめとする関係研究機関や地層処分実施主体である原子力発電環境整備機構 (NUMO) が参画する「地層処分研究開発調整会議」 (以下、調整会議) が、わが国における地層処分に關する研究開発計画として「地層処分研究開発に關する全体計画 (平成 30 年度～平成 34 年度)」 (以下、「全体計画」) を 2018 年 3 月に取りまとめた (2020 年 3 月に改訂; 2023 年には 2023～2027 年度を対象とした計画を策定)。この全体計画では、主要な 3 つの技術分野に關する 5 ヶ年の研究開発計画が整理されるとともに、中長期的に研究開発を進めるうえでの重要事項として人材育成に係る取り組みの必要性が求められている。

このように、地層処分に關する人材育成が課題となっている状況を踏まえ、全体計画を取りまとめた調整会議の参加機関をはじめとする有志が協力し、長期的な地層処分事業の進展段階を見据えた人材確保に資する取り組みの一環として、効果的な人材育成プログラムの開発や長期的な運用方法の開発に資するべく、2018 年度に「平成 30 年度人材育成セミナー」を試行的に開催した。この 2018 年度に開催した人材育成セミナーでは、参加者に放射性廃棄物処分に係る広範な視野を与えるとともに、地質環境・工学・安全評価までの一通りの技術分野の知見を習得してもらうことを目的として、3 日間のスケジュールで合計 20 の講義を行った。

このセミナーの参加者からは、全般的にセミナーの内容や取り組み自体に対して肯定的な意見が得られ、試行的な取り組みとしては十分な成果があげられた。この成果を受け、2019 年度から資源エネルギー庁において人材育成プログラムの作成が事業化された。

Consideration of human resource development program for geological disposal by Hideyuki TOKUSHIMA (tokusdhima.hideyuki@rwmc.or.jp)

*1 公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター 技術情報調査部

Radioactive Waste Management Funding and Research Center
Waste Information Research Division

〒104-0044 東京都中央区明石町 6-4

本稿は、日本原子力学会バックエンド部会第 39 回バックエンド夏期セミナーにおける講演内容に加筆したものである。

2.2 人材育成セミナーの位置づけ

人材育成プログラムの作成を実現するために、セミナーを開催し、そのフィードバックを繰り返したうえでプログラムの改良を進めていくことが重要と考えられる。このため、当センターが実施してきた人材育成セミナーでは、作成する人材育成プログラムの実証試験の場と位置づけて、受講者はセミナーのモニターとして参加してもらうこととした。受講者（モニター）からは地層処分分野における、地質学、土木工学や放射線化学などの幅広い専門的な知識を有する人材を育成するためのプログラムの作成という観点から、セミナーの内容に対する意見を提示してもらい、人材育成プログラムにフィードバックし、プログラムの作成を進めてきた。以下では、4年間の事業で実施した人材育成セミナーの概要を紹介する。

2.3 2019年度の人材育成セミナーとその後の方針検討

2019年度の人材育成セミナーは、4年間の事業の初年度として、今後の方針検討のため、内容的には前年度の人材育成セミナーを踏襲して開催した。地層処分に係る3つの主要研究開発分野である地質環境、工学技術、安全評価の各分野の専門家による講義（合計19講義）と技術コミュニケーションに関する特別講義、グループワークを組み合わせ、約60名が参加したセミナーを3日間の日程で開催した。

2019年度のセミナー実施結果からは、地層処分の人材育成において次のようなギャップが存在することを確認した。

- ・専門分野の違いによるギャップ：異分野間での考え方や用語の違い、普段の交流の希薄さなど
- ・参加者の所属による意識のギャップ（研究機関 vs 事業者）：処分事業へのスタンスの違い

地層処分事業を円滑に進めていくためには、地質環境、工学設計、安全評価など様々な専門性を持つ人々が、様々な場面でチームを組んで意思疎通し、協力しながら作業を進める必要があることから、上記のようなギャップを埋められるような取り組みが必要であると考えられた。

そこで、2020年度からの人材育成セミナーでは、「異分野のメンバーとの相互理解や協働の必要性」や「地層処分の全体像の理解の重要性」に気付いてもらうことで、その後のキャリアにおいて、自身の学問知識の研鑽だけでなく、異分野との協働に必須となるスキルを身に着けるよう努力してもらえそうな内容を目指した。このような内容とするために、講義の受講を主体とした受け身のセミナーではなく、アクティブラーニング（学習者の主体的な学びの姿勢を引き出す教育法の総称）を導入することとした。アクティブラーニングを取り入れることにより、受講者が能動的に学習する、また、他の専門分野の異なる受講者との議論や意見交換などの交流を行うことで、異なる分野の専門家とのコミュニケーションの難しさ、地層処分事業における他の分野の専門家との協力・協働の重要性を理解することが可能となると考えた。

2.4 2020～2022年度の人材育成セミナーの実施内容

2.3に示した方針に従い、2020～2022年度の人材育成セミナーを開催した。3年間のセミナーの開催概要は図1のとおりである。

年度	タイトル・テーマ・開催地	内容	受講者※（モニター）
2020年度	地質環境モデル構築に向けて～地下水データをみる・よむ・とく～ テーマ：地質環境（地下水） 開催地：静岡県富士市	テーマを「地下水」に絞り、講義や現場見学、実習を通じて基礎となる知識を学んだ後、グループワークで多様な専門家とディスカッションを実施し、異分野の専門家との相互理解や協働の重要性、及び地層処分全体理解の重要性への気づきを得られる機会を提供。	総数：12名 専門分野 地質系：5名 工学系：2名 安全評価系：2名 その他：3名
2021年度	地下研から学ぶ！～データの準備・解釈・伝え方～ テーマ：地下研究施設 オンライン開催	異分野の専門家との相互理解や協働の重要性、及び地層処分全体理解の重要性への気づきを得られるよう、機密な地層処分センター及びそこで行われている研究開発である人工バリア性能確認試験場を学習し、グループワークなどでジェネリックな地下研究所の役割を理解することを促した。	総数：15名 専門分野 地質系：5名 工学系：4名 安全評価系：3名 その他：3名
2022年度	ソースタームで学ぶ～地質・設計・安全評価～ テーマ：安全評価 開催地：北海道稚内市・稚内町	安全評価をテーマとしつつ、自分自身での内務あるいはグループ内の他者との対話を通じて、地層処分技術を支える機能的に思考する機会を創出する狙いで3日間のプログラムを設定。安全評価において対象廃棄物をガラス固化体から使用済燃料の直接処分に代えることにより、受講者にわかりやすい物事を考える題材とする。処分場の設計や地質環境との関わりを多面的に考えてもらうことを狙いとした。また、座学（講義）の間にグループワークの時間を設定し、事務局側が用意した問題や作業を組み込むことで、能動的に学び、対話的に思考する時間を意識的に設定した。	総数：14名 専門分野 地質系：4名 工学系：5名 安全評価系：4名 その他：1名

図1 2020～2022年度の人材育成セミナーの概要

※地層処分研究開発の主要3分野である地質環境評価技術、工学技術、性能評価・安全評価技術に従事する個別分野の専門性を有する者を対象（主に従事年数5年程度）とし、原子力発電環境整備機構（NUMO）、（国研）日本原子力研究開発機構（JAEA）、（国研）産業技術総合研究所（AIST）、（一財）電力中央研究所（CRIEPI）、（公財）原子力環境整備促進・資金管理センター（RWMC）から受講者を募集した。

2020年度からのセミナーは、主に以下の4つの要素で構成した。

- ・自己紹介・アイスブレイク
- ・グループワーク（＋ふりかえり）
- ・座学＋演習・実習
- ・サイト等の見学

また、セミナーのテーマは各年度変えて実施した（図1参照）。以降で、セミナー構成要素の実際の取り組みについて事例を用いて紹介する。

2.4.1 自己紹介・アイスブレイク

自己紹介・アイスブレイクは、セミナーの受講者が「場」になじみ、その後のセミナーでの活動に円滑に入っていくことができるようにする意図で実施した。自己紹介・アイスブレイクでは、単に、受講者が名前、所属、専門分野などを口頭で話すだけでなく、紙やボードなどに自身に関する話題を記入したものを用いることで、個々の紹介がより印象に残る、他の受講者にとって興味がわくように企画した。

2021年度と2022年度のセミナーでは、上記の意図と合わせて、自身の研究内容と処分事業との関連をあらためて意識してもらうため、受講者の現在及び将来希望する研究内容を、処分事業の空間・時間スケール上に位置づけたものを用意してもらい、受講者はそれを元に自己紹介を行った（図2）。

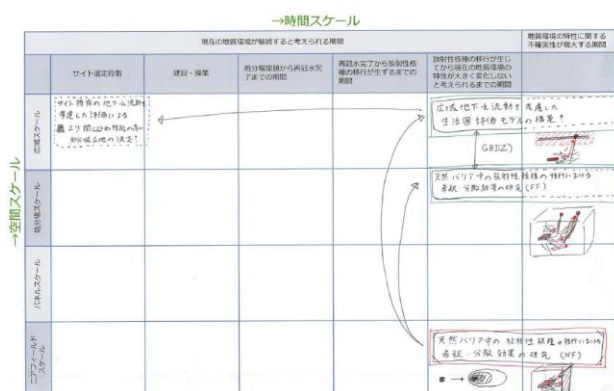


図2 受講者が記入した自己紹介の例

2.4.2 グループワーク

グループワークは、各グループで共通のテーマについて考えを図示するなどして、メンバー間での意見交換や議論、協働作業の中で、異分野間での考え方や用語の違いを認識し、コミュニケーションの難しさとその克服方法を考える場となるよう企画している。

2020年度のセミナーのグループワークでは、セミナーで学習した座学や実習を踏まえ、予め用意した台紙（図3参照）に、地質や地下水に関する情報、個々の思考を入れ込んだモデルを作成し、グループ内で検討し、発表を行うというものを実施した（以下参照）。

＜2020年度のグループワークの流れ＞

- ①個人でモデルを作成
- ②各グループ内でどういう意図で自分がモデルを作成したのかを説明
- ③グループとしてのモデルについて議論・検討してモデルを作成
- ④グループごとにモデルについて発表，他のグループがコメント
- ⑤他のグループの説明・コメントを受けて，自分たちのモデルの改善点をグループごとに議論し，議論の結果を発表

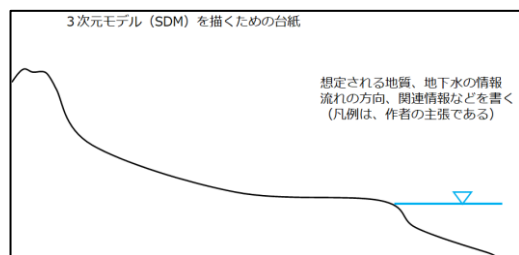


図3 使用した台紙（上）、グループワークの様子（下）

また、2022年度のセミナーでは、特に、漠然とした議論のテーマを設定するのではなく、グループで議論が容易になるよう、対話しやすいテーマを明示的に設定し、各グループで議論してグループとしての回答を用意・発表してもらうよう企画し実施した。また各グループには、講師が参加し、議論の支援を行った(図4)。

問題2

深成岩類サイトと新第三紀堆積岩サイトの線量結果を説明する文章の空白部分を埋めて完成させなさい。

(1) 深成岩サイトを見ると、ガラス固化体のI-129の放射能量はグループ1より約1桁小さいが、線量は2桁以上小さい。これは()の効果を実感している。

(2) 深成岩サイトの線量はグループ1のI-129が最も大きくなっている。その値は堆積岩サイトでは()の違いにより約2桁下がる。

(3) 堆積岩サイトのガラス固化体の線量が最も大きい核種U-233の半減期は16万年だが、()によってそれより長い期間まで高い線量が続く。

19

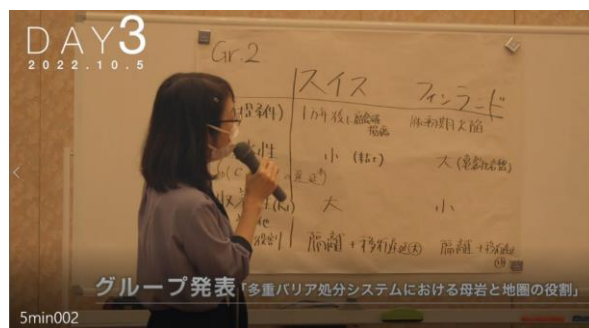


図4 設定したテーマ（上）、グループ発表の様子（下）

2.4.3 グループワーク（ふりかえり）

2021 年度と 2022 年度のセミナーでは、セミナーの終わりに全体のふりかえりを行った。このふりかえりでは、セミナーで何を得たのかなどの気付きを各グループ内で話し合うことで、漠然と認識していたことをはっきりと理解できるようにする効果を期待したものである。ふりかえりは以下の 4 ステップで実施した（図 5 参照）。

- ・ステップ 1: セミナーへ期待したこと（得たいと思ったこと）は？
- ・ステップ 2: 興味深かったこと、興味を持てなかったことは？
- ・ステップ 3: 継続すると良いこと、もっと知りたいこと、改善したほうが良いことは？
- ・ステップ 4: 次回は非行ってほしいことは？

こんなことを教えて 頂しかった こんなことを知りた かった	やっぱりどういことだったのか どういこともあるのか 知らなかったけど面白かった(興味 を持った)	○○をもっと詳しく知りたい ○○についても知りたい	次は是非○○につ いて知りたい! 楽しみに したい
	期待していた○○について知りた かった ○○は興味を持てなかった	なぜ興味を持てなかったのか どうすれば興味がもてるのか	

図5 ふりかえりシート

2.4.4 座学+演習・実習

座学では、単に受動的な講義を行うだけでなく、関連する内容の演習や実習を組み入れ、受講者が実際に手を動かして能動的に参加できるようにすることを企図した。関連する内容の演習や実習を行うことで、座学のテーマに対する受講者の理解度の向上につながるとともに、学習意欲の維持・向上にも役立つことができると考えられる。

2021 年度のセミナーでは、座学に演習を組み込んだプログラムを作成した。演習では、Excel ファイル（図 6）を用いて、各自でパラメータやデータの入力を行い、受講者自身で解析を行い、講師が解説を行った（以下参照）。

＜2021 年度の演習を含む座学の構成＞

- ①人工バリア性能確認試験で取得したデータとその解釈
- ②一次元熱伝導解析（演習）
- ③THM 連成解析の一例の紹介
- ④研究成果の活用と今後の課題

図 6 一次元熱伝導解析に用いた Excel ファイル

また、2020 年度のセミナーでは、地下水のサンプルを採取し、滴定を実施することで、地下水の研究者が行う実験などを体験した。さらに、プロジェクションマッピングを用いて、実際の地形の把握を行った（図 7）。

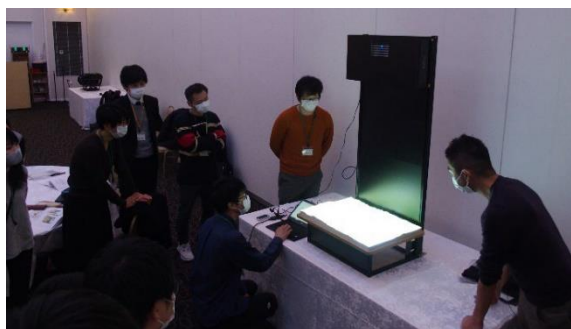


図 7 プロジェクションマッピングを用いた地形の把握

2.4.5 見学

テーマに関連する研究施設やボーリングサイトの見学は、テーマの理解促進につながるとともに、適度な息抜きにもなり、セミナーへの集中力の維持や学習効果の向上につながることも期待できると考えられる。

2020 年度のセミナーでは、ボーリングサイトを訪問し実際のコアの観察を行った。2022 年度には、(国研) 日本原子力研究開発機構 (JAEA) の幌延深地層研究センターなどの見学を行った（図 8）。

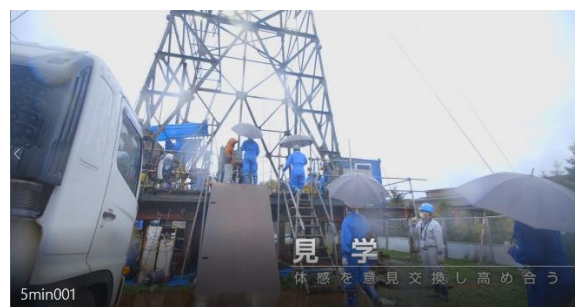


図 8 サイト見学の様子

2.5 受講者のアンケート結果の紹介

これまで実施してきたセミナーでは、次回以降への反映のため、実施したセミナーの内容や実施方法、今後学習したいテーマなどについて受講者へのアンケートを行っている。ここでは、その一部の結果について紹介する。

当センターが 2020 年度以降のセミナーで目標とした、「異分野のメンバーとの相互理解や協働の必要性」や「地層処分の全体像の理解の重要性」に気付いてもらうという点に関連した質問への回答を以下に示す。

質問例 1：

講師との質疑応答だけでなく、理解したことや疑問を言葉にしてグループ参加者と共有する時間を取り入れる点
5：とても良かった 4：やや良かった 3：普通
2：あまり良いとは言えない 1：良いとは言えない

この質問への回答結果は、平均が 5 点満点中約 4.4 であった。

質問例 2：

普段接しない異なる専門家とのグループでの作業を経験したことで、あなた自身の専門性やマインドに関わる気付き・発想はありましたか。

5：あった 4：少しあった 3：どちらでもない
2：あまりなかった 1：なかった

この質問への回答結果では、平均が 5 点満点中約 4.6 と非常に高い評価が得られた。

さらに、自由記入の意見では、以下のようなものがあった。なお、以下はあくまで一例であり、すべての意見を示しているわけではない。

- グループ作業を通じて専門性の違いによる着眼点の差を感じることができた。
- 普段とは異なる視点からの意見を知ることができ、様々な意見や考え方を知っておくことの重要性を感じた。
- 自分の専門が地層処分事業において、どの立場にあるのか、他分野の方とお話することで理解が進んだ。
- 分野間連携において、重要となる相手と同じ目線になるということの大切さをあらためて認識できた。

これらの結果から、当センターが意図したセミナーの目標は概ね達成できたものと考えている。一方で、アンケート結果からは、セミナーに関する課題を示唆する意見も得られた。以下に一例を示す。

- 資料は詳細な情報が多いが、講座の時間が短かったために、理解が十分にできないまま話が進んでいると感じた。個人の基礎知識の量にもよるかと思うが、セミナー期間を長くしてほしいと思った。
- 学びたての知識で作成したこともないモデルを作るのは辛かった。
- 内容が易しいところも多くあったと思った。地下水や地質を専門としている方々からの質問が少なかった印象のため、もう少し専門的な内容でも良かったのではないかと考えた。

2.6 今後の課題と対応

2.5 に示したアンケート結果などからセミナーに対する課題と課題に対する対応策を検討した。



- ・セミナーテーマについて基礎知識のあまり無い人は、より座学（情報提供）の時間が必要である一方、ある程度知識のある人はグループワークを充実したいと考える傾向
- ⇒（対応策）テーマに関する e-ラーニング教材などを提供し、セミナー参加前に学習してもらう。また、セミナー当日の情報提供の時間を減らし、グループワークなどの時間に充てる。

人材育成に熱意・情熱を持つ専門家の関与・協力が不可欠

- ・このような専門家を増やすことは、研究から事業へのマインドの転換を進めていくことにも関連
- ⇒（対応策）当センターのセミナーに受講者として参加した若手専門家から、翌年以降に講師などとして協力を得ていく。さらに、若手専門家が経験を積むことにもつながる。

3 おわりに

地層処分事業の円滑な実施のためには、異なる分野の専

門家が協力していくことが不可欠である。当センターで実施してきたセミナーは、受講者である特定分野の若手の研究者や技術者が、これらのことを理解し、今後、そのことを意識して仕事をしてもらうことを目指したものである。

本講演で一例を紹介したが、本セミナーに関するアンケート結果などでは、セミナーの目的に関連した質問に対しては概ね肯定的な意見をもらってきたことから、当初の目的は一定程度達成できたものと考えている。

ここで紹介したような内容で異分野の専門家、かつ研究機関や実施主体などの若手が集まるセミナーは、特定分野の学会や既存人材育成に関する講演・講義等でもあまり例がないもので、貴重な取り組みであると考えている。

しかし、この4年間のセミナーは、どのように取り組めばよりセミナーが充実したものになるか、グループでの議論が活発なものとなるのかなど内部で様々な議論を行ってプログラムを検討してきたもので、まだまだ試行的な取り組みで見直しなどの余地があるものと考えている。今後とも関係機関などの協力を得ながらプログラムの改良を進めていきたいと考えている。さらに、紹介したセミナーは、地層処分技術に関するものであり、このほかにも、リスクコミュニケーションや事業のマネジメントなどができる人材も事業の推進のためには必要である。これらに関しては、地層処分固有ではなく、既存の一般的なプログラムが利用できる可能性もあるが、今後も様々な人材確保・育成のための取り組みが必要だと考えられる。

以上のように、地層処分事業のためには、必要な人材を必要な時に利用できるよう、今後とも継続して人材育成の取り組みを行っていく必要がある。

謝辞

この事業では、各機関の多くの方に受講者（モニター）として参加してもらい、アンケートに回答していただきました。また、講義や実習などでは、各機関の多くの専門家の方に講師や説明者としてご協力をいただきました。この場をお借りして御礼申し上げます。

また、本講演は、資源エネルギー庁からの委託事業「平成31年度放射性廃棄物共通技術調査等事業（放射性廃棄物に係る重要な基礎的技術に関する研究調査の支援等に関する業務）」[1]における取り組みを紹介したものです。

参考文献

- [1] 公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター：平成31年度放射性廃棄物共通技術調査等事業放射性廃棄物に係る重要な基礎的技術に関する研究調査の支援等に関する業務（国庫債務負担行為に係るもの）（平成31年度～令和4年度報告書）。