令和６年度

文部科学省
国際原子力人材育成イニシアティブ事業
未来社会に向けた先進的原子力教育コンソーシアム[ANEC]

「核燃料物質管理人材育成プラットフォームの構築」

成果報告書
（令和６年度実施分）

令和７年３月
実施機関　国立大学法人　東京科学大学

目　　次

1.　事業の概要 1
1.1.　背景 1
1.2.　目的 1
2.　事業計画 1
2.1.　全体計画 1
2.2.　令和 6 年度の計画および業務の実施方法 2
2.2.1.　核燃施設環境整備 2
2.2.2.　全学的安全管理体制構築 2
2.2.3.　安全管理人材育成 3
2.3.　体制 3
3.　令和 6 年度の成果 4
3.1.　核燃施設環境整備 4
3.2.　全学的安全管理体制構築 5
3.3.　安全管理人材育成 8
4.　結言 13
付録　核燃料物質取扱実習（準備版） 14

1. 事業の概要

1.1. 背景

第 7 次エネルギー基本計画にも明記された通り、GX 実現に向けて、次世代炉開発や核燃料サイクル推進に資する革新的な原子力技術の創出が必要不可欠となっており、核燃料物質を用いた基礎・基盤研究及び人材育成の推進が強く期待されている。しかし、その期待とは裏腹に、核燃料関連施設を有する大学の多くでは、設置から 50 年以上を経過し、施設や設備の老朽化及び教職員の退職に伴って、研究・人材育成機能の衰退だけでなく安全管理体制の脆弱化が進行している。大学等の核燃料物質ガバナンスや核セキュリティが脅かされるリスクが顕在化した状況にあると言え、これら核燃料物質に係る問題の解決は喫緊の課題となっている。これらリスクを回避すると共に、研究教育基盤を強化するためには、核燃料物質管理に資する体制整備が急務であり、体系的な人材育成プログラムの構築が不可欠である。

1.2. 目的

①核燃施設環境整備、②全学的安全管理体制構築、③安全管理人材育成の 3 項目を有機的に連動させ、合理的で持続可能な核燃料物質等の安全管理を実現する「核燃料物質管理人材育成プラットフォーム」を構築することを目的とする。本事業の実施により、従来の核燃料物質管理の概念から脱却し、新たな管理体系・教育体系を構築して、核燃料物質に係るステークホルダーを拡充すると共に、核燃料物質への関心拡大及び理解醸成を図る。核燃料物質等の管理に係る専門人材の技術継承に資するよう、広く共有出来る資料や教材の作成を行うとともに、体制・基盤構築、リスキリング・リカレント教育等の人材育成プログラム等の観点から、今後のモデルケースとなるよう実施する。

なお、本事業は、未来社会に向けた先進的原子力教育コンソーシアム（ANEC）の一部として実施する。

2. 事業計画

2.1. 全体計画

本事業では、①核燃施設環境整備では、利用実態の無い核物質や核燃廃棄物を集約保管・一元管理できる学内共通施設の設置及び必要なインフラ整備や変更許可申請等を、②全学的安全管理体制構築では、全学の核物質安全管理に係る諸施策の決定や教育研究支援を行う共通組織の新設及び当該組織を中核とした運用・維持管理体制の構築を、③安全管理人材育成では、核物質安全管理に関する高度な専門性と能力を備えた万能型人材のみならず、専門の垣根を越えて能力の向上を目指す越境型人材の養成を、それぞれ実施する。これにより、従来の核燃管理の概念から脱却し、核物質に係るステークホルダーを拡充すると共に、持続可能で GX に資する核物質管理を実現する。

本事業の全体計画は図 2.1-1 に示す通りである。

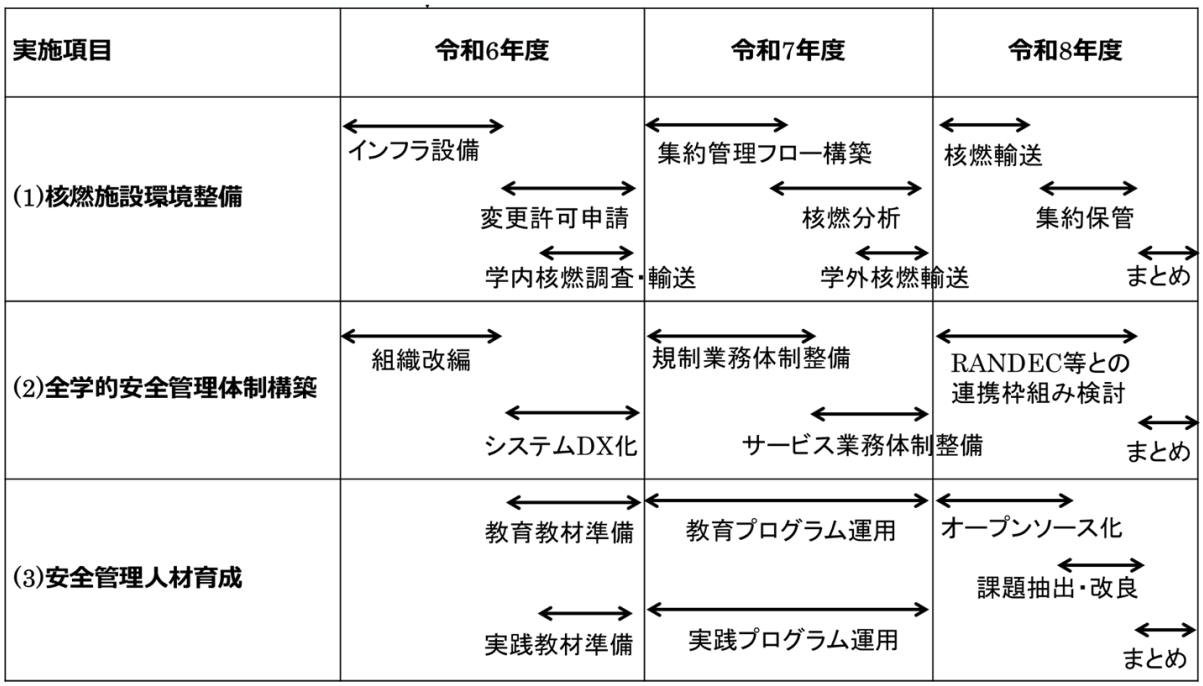

図 2.1-1　本事業の全体計画

2.2.　令和 6 年度の計画および業務の実施方法

令和 6 年度には、項目①核燃施設環境整備として、利用実態の無い核燃料物質等を集約保管・一元管理するためのインフラ環境整備や変更許可申請等の実務を通じて、核燃料物質安全管理に係る正しい知識とスキルを有する人材の育成を図る。項目②全学的安全管理体制構築では、核燃料物質安全管理に係る諸施策の決定や教育研究支援を行う共通組織の設置及び当該組織を中核とした運用・維持管理体制の構築を実施し、これら実務経験を通じて、核燃料物質管理を実践・主導できる人材の育成を図る。また、項目③安全管理人材育成では、核燃料物質管理に係る階層別人材を養成するための教育教材及び教育プログラムの準備を実施する。

ただし、新型ウイルス等の感染拡大による影響等で事業の実施が困難な場合は、対応可能なものについてはオンライン等にて代替する。

2.2.1.　核燃施設環境整備

核燃料物質安全管理に係る正しい知識とスキルを有する人材育成を推進するため、核燃料管理業務を統括・一元管理する中核組織「核燃料管理業務室（仮称）」を設置する。また、核燃料物質等の集約保管・一元管理に必要なインフラ設備の整備、変更許可申請及び学内外に存在する核燃料物質等の調査を実施する。

2.2.2.　全学的安全管理体制構築

核燃料物質管理を実践・主導できる人材育成を推進するため、「核燃料管理業務室（仮称）」を中核として、核燃料物質に係る規制業務及びサービス業務を推進できる新たなマネジメント体制及び制度を設計する。また、ホームページの構築及びコミュニケーションツー

ル等を用いた核燃料物質管理に係る DX 化の準備をする。

2.2.3. 安全管理人材育成

核燃料物質安全管理に関する高度な専門性と能力を備えた「万能型人材」及び専門の垣根を越えて能力の向上を目指す「越境型人材」を養成するための、教育教材、教育プログラム及び e-learning システムを設計・準備する。また、関係省庁や関係機関等から講師を招聘し、核燃料物質管理セミナーを開催する。

2.3. 体制

実施体制を図 2.3-1 に示す。本事業実施に際し必要な事項の企画立案・執行及び審議等を行う運営委員会を設置すると共に、事業に係る事務をマネジメントするための事務局を設置する。また、学内他部局と緊密に連携しながら推進する。なお、本事業で目指す「核燃料物質管理人材育成プラットフォーム」は Nuclear Safety Management Platform (NuSAM)と名付けた。

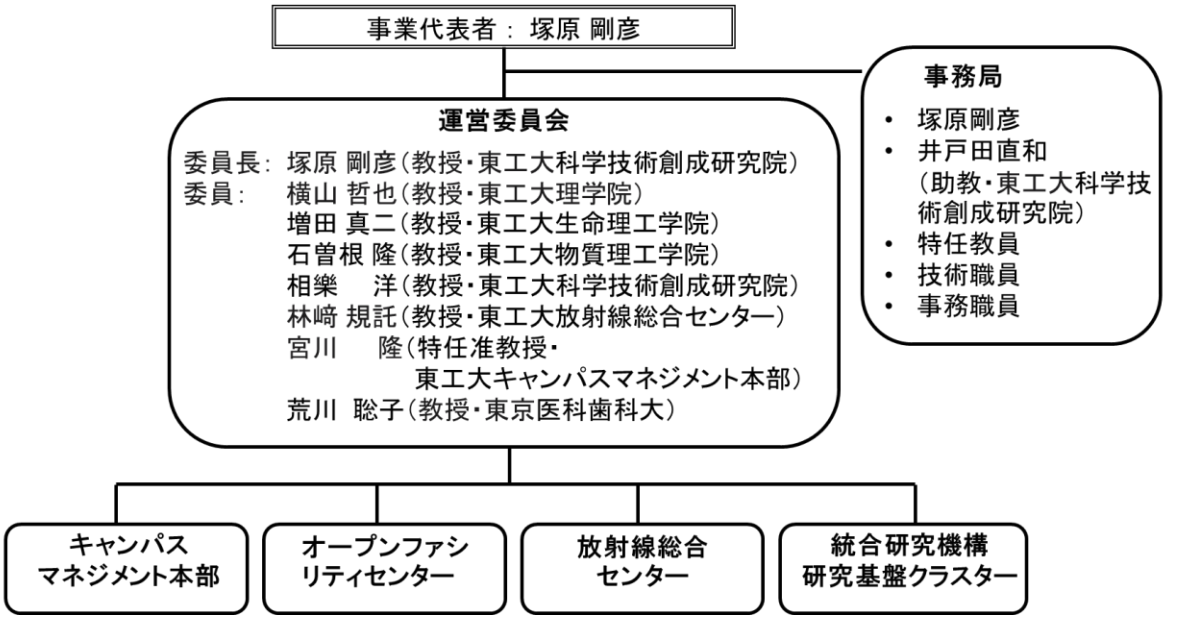

図 2.3-1 NuSAM 実施体制（東京科学大学統合前）

3. 令和 6 年度の成果

3.1. 核燃施設環境整備

核燃料物質安全管理に係る正しい知識とスキルを有する人材育成を推進するため、核燃料管理業務を統括・一元管理する中核組織「核燃料管理業務室」を設置した。核燃料管理業務室は全学共通組織の位置付けである。

核燃料管理業務室は、現時点では密封した核燃料物質の貯蔵のみを行う J 施設（核燃料物質使用許可施設）であることから、これを使用や廃棄も可能な施設へ拡充する必要がある。そこで本年度は、変更許可申請を進めるための関係省庁への相談と実施すべき手続の確認を実施した。また、原子力バックエンド推進センター(RANDEC)等とも連携しながら、学内外に存在する利用実態の無い核燃料物質等の調査を実施した。その結果、殆どの K 施設（国際規制物資使用承認施設）では、数十グラム程度のウラン及びトリウム塩（硝酸塩、酢酸塩等）とそれに付随する固体・液体付着物を所有しており、使用者はおらず、これら核燃料物質の保管管理は主に事務職員・技術職員が行っていることが分かった。いずれの K 施設も、核燃料物質等の譲渡先・受入先が無いため、事業を廃止することができないという悩みを有していることも確認した。

さらに、核燃料管理業務室において、核燃料物質等の集約保管・一元管理を実施するために必要なインフラ設備の改修及び整備を実施した。具体的には、施設の放射線管理に不可欠な放射線測定機器（γ 線用シンチレーションサーベイメータ、α/β 線用シンチレーションサーベイメータ）、管理区域内の作業環境測定のために必要なエアサンプラー、核燃料物質等の貯蔵・保管のために必要な鉛貯蔵庫を設置した。加えて、人材育成において重要となる管理教育プログラム及び管理実践プログラムのための教材開発に必要な設備として、核燃料物質の分離分析操作に不可欠な分取クロマトグラフィー及び紫外可視分光光度計を設置した（図 3.1-1）。また、学内関係部署と協議を進め、自己資金による排気設備の改修や排気監視システムとの接続等、施設環境整備の準備を推進した。

図 3.1-1　核燃料物質等の集約保管・一元管理のための設備類

3.2.　全学的安全管理体制構築

「核燃料管理業務室」を我が国の核燃料物質管理のハブ機関として機能させ、核燃料物質管理を実践・主導できる人材育成を推進するため、核燃料管理業務室を中核とした、核燃料物質に係る規制業務及びサービス業務を推進できる新たなマネジメント体制及び制度を設計した。

図 3.2-1 に示すように、核燃料管理業務室は、学内全ての J 施設及び K 施設を統括すると

のみならず、学内外に存在する利用実態の無い核燃料物質等の集約保管や一元管理を実施すると共に、外部機関との窓口としての役割を果たすことができる組織である。核燃料管理業務室は、安全全般の企画立案及び統括を担う「安全本部」、放射線利用者の安全管理や放射線教育研究に関する支援を担う「放射線安全管理センター」、学術研究リソースの整備や活用の支援と技術・知識の提供を担う「共用設備推進体」及び事務部と緊密に連携・協働できる配置となっており、核燃料物質管理を全学的体制で迅速に取り組むことが可能となっている。また、将来的に我が国の核燃料物質管理及び人材育成のハブ機能の役割を担うことができるよう、利用実態の無い核燃料物質の集約や処分まで見越し、RANDEC 及び関係者と複数回の意見交換を進め、RANDEC と連携する枠組み構築の準備を行った。

また、ホームページの構築やコミュニケーションツール（Slack、BOX）を利用して、教員、事務組織、キャンパス間を跨いで、核燃料物質に関する情報を円滑かつ効率的に共有する枠組みを構築し、核物質管理に係る DX 化を推進した（図 3.2-2）。

大学統合及び組織改編に併せ、上述した全学的体制で計量管理規定や内規等の変更及び原子力規制庁への対応も推し進め、全ての手続きを完了した。J 施設の変更許可申請については、継続して準備を進めている。

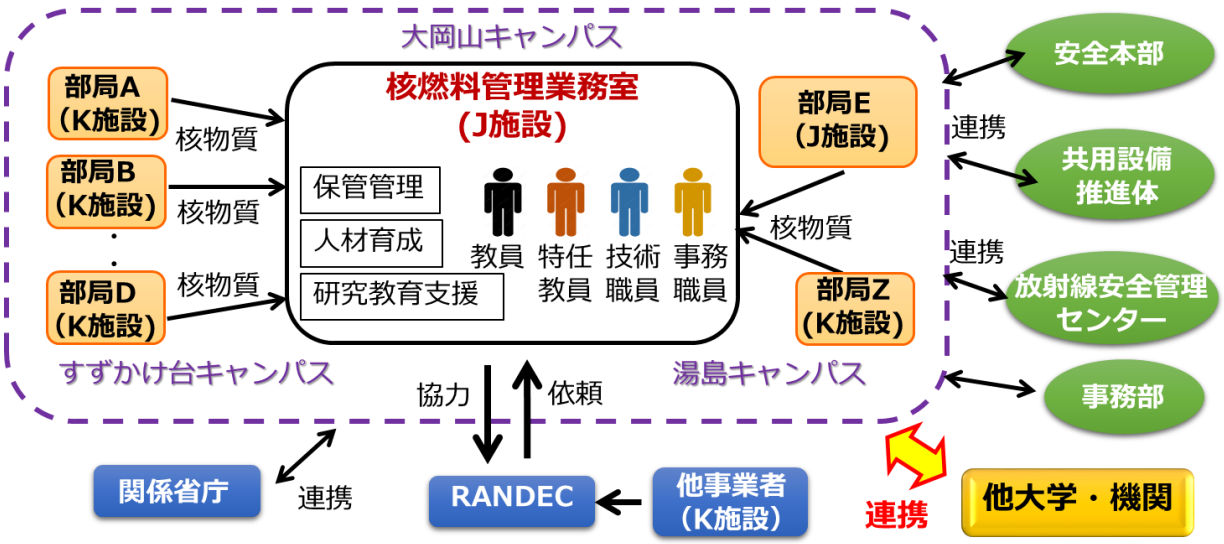

図 3.2-1　構築した全学的安全管理体制 NuSAM の概要図

図 3.2-2　核燃料物質管理に係る WEB サイト及びコミニュケーションツール（Slack, BOX）

3.3. 安全管理人材育成

核燃料物質安全管理に関する高度な専門性と能力を備えた「万能型人材」及び専門の垣根を越えて能力の向上を目指す「越境型人材」を養成するための、教育教材、教育プログラム及び e-learning システムを設計・準備した。教育プログラムは、教材やセミナーから成る管理教育プログラムと、核物質取扱の実地研修や教育訓練等から成る実践的プログラムの階層構造とし、階層別に異なるグレードの内容を用意することとした。また、各グレードの修了者に対しては、修了認定証を発行あるいは表彰することとし、参加者の意欲の啓発や高揚に繋げていくこととした（図 3.3-1）。

図 3.3-1　核燃料物質管理教育プログラム概要図

教材としては、核物質の維持管理に係る業務を効率的に遂行でき、かつ、担当者が変わっても容易に技術継承することができるマニュアルやテキスト及び動画を作成するための準備を行った。実践的プログラムとしては、核燃料物質等の取扱い（施設管理、品質管理、分離計測、廃棄物処理等）、規制機関(原子力規制庁や IAEA)による査察・監査等を含む諸対応、原子力安全・緊急時対応及び警察署・消防署等との合同防護訓練等を想定し、それぞれの項目について予備検討を行った。教材及び実地研修の一つとして、非密封の核燃料物質を取扱う実習について準備を行った。非密封のウラン（硝酸ウラニル $UO_2(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$）を用いた化学実験によって汚染された実験衣（模擬として汚染紙を使用）を想定し、除染液を用いて除染すると共に、除染前後の放射能濃度を α/β 測定装置にて測定して、除染係数を求めるものである。これにより、非密封核燃料物質の基本的な化学操作について理解することができる（実験フローについては付録に掲載している）。

また、図3.3-2に示すように、事務職員・技術職員を交え、核燃料物質や廃棄物の品質管理、合同防護訓練、核燃料物質輸送及び輸送手続き等を実施すると共に、参加者らと意見交換を行った。これまで核燃料物質等の安全管理とは直接縁が無かった教職員にも身近に感じられる機会を提供できたことから、核燃料物質に係る理解醸成に繋がっているものと期待される。

なお、e-learning システムは、本学で既に実施している放射線業務従事者教育訓練 e ラーニング講習のシステムに載せることを検討したが、アカウント数に制限があることや、放

射性物質と核燃料物質とで同一の講習を実施することは困難であることから、核燃料物質で独立させた e-learning 講習とすることとし、継続して準備を進めることとした。

図 3.3-2　予備検討した実践的プログラム例

さらに、管理教育プログラムの一環として、核燃料物質管理セミナーを 2025 年 3 月 17 日（月）13:15～16:00 にハイブリッド（東京科学大学大岡山キャンパス及び Zoom オンライン）にて開催した（https://tsukahara.zc.iir.titech.ac.jp/NuSAM-top.html）。

本セミナーでは、核燃料物質・廃棄物の保管管理の現状や、これら物質の分離分析及び処理処分に関する最新の研究開発・人材育成動向等について関係機関からご講演頂き、核物質管理に係る現状と課題及び今後の展望について議論を行った。セミナープログラムは図 3.3-3 示す通りである。

まず、事業代表者である塚原から、利用実態の無い核燃料物質等の集約保管の枠組み構築や体系的な核燃料物質マネジメント人材育成の重要性・緊急性について概説した後、本セミナーの開催趣旨説明を行った。その後、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(JAEA)、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（QST）、国立大学法人京都大学からお招きし

た 3 名の講師の方に、各事業所における核燃料物質等の保管管理・研究開発動向についてご講演頂いた。核燃料物質等の研究開発・人材育成に対する参加者の関心は非常に高く、活発な質疑応答が行われた（図 3.3-4）。

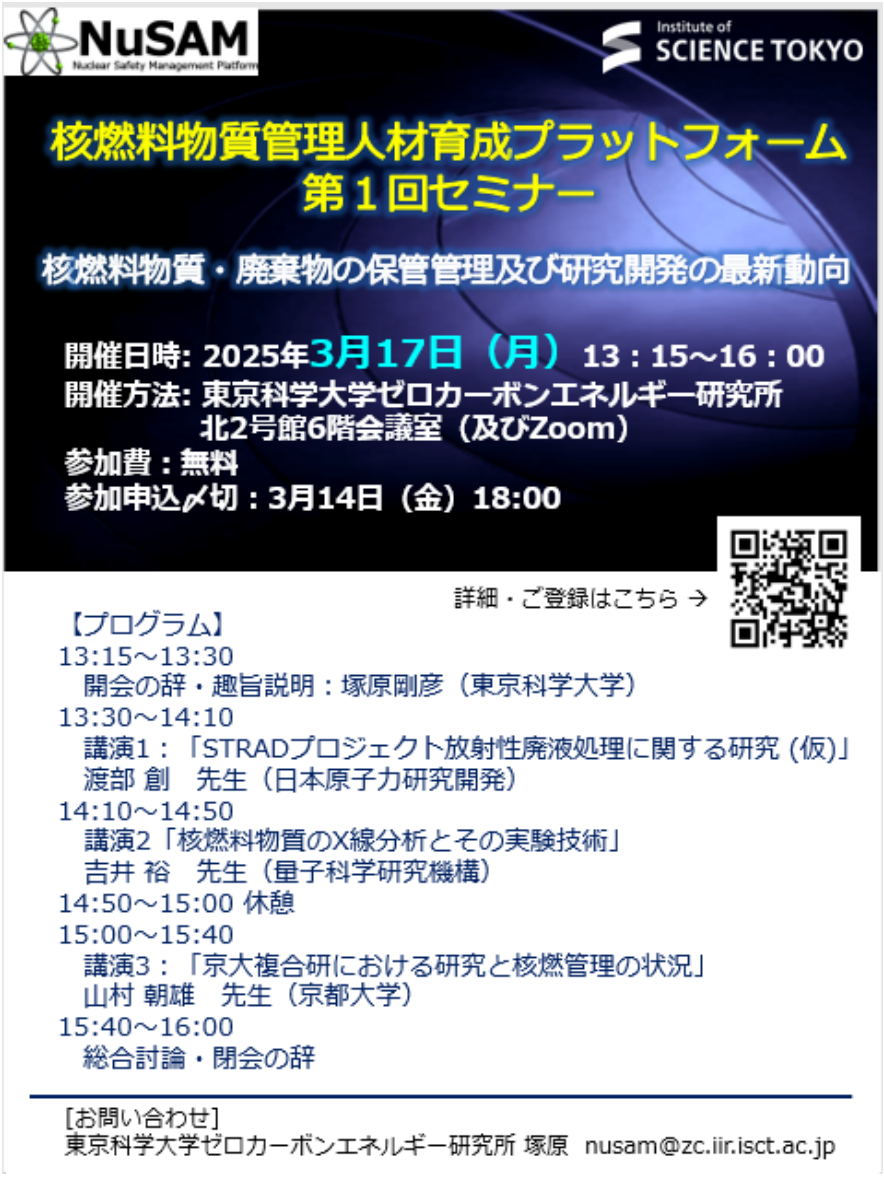

図 3.3-3　核燃料物質管理セミナープログラム

図 3.3-4　核燃料物質管理セミナーにおける講演及び質疑応答の様子

参加者は 47 名であり、うち、社会人は 33 名、学生は 14 名であった。また、核燃料物質等の取扱い経験がある者だけではなく、他分野の教職員や事務職員まで幅広く参加しており、「万能型人材」だけでなく「越境型人材」の育成を目指す本事業の趣旨に合致していた。

講義教材のオープンソース化の準備として、事業代表者である塚原のセミナー資料を、項目 3.2.全学的安全管理体制構築にて準備したコミュニケーションツール（BOX）を利用して公開した。核物質情報が掲載されているため、短期間の制限付き公開となったが、49 件の閲覧と 20 件のダウンロードがあった。また、参加者へ以下のアンケートを実施したところ、図 3.3-5 に示す回答が得られた。セミナーの内容や難易度も適切との回答が殆どであり、参加者にとって有益であったことが分かる。

Q1. セミナー内容を理解できましたか？
- 良く理解できた
- どちらかといえば理解できた
- どちらともいえない
- あまり理解できなかった
- 難しかった

Q2. セミナー内容の難易度は如何でしたか？
- 適切であった
- もっと深い内容が良い
- もっと易しい内容が良い

Q3. セミナー内容は自身にとって有益でしたか？

・そう思う
・どちらかといえばそう思う
・どちらともいえない
・どちらかといえばそう思わない
・そう思わない

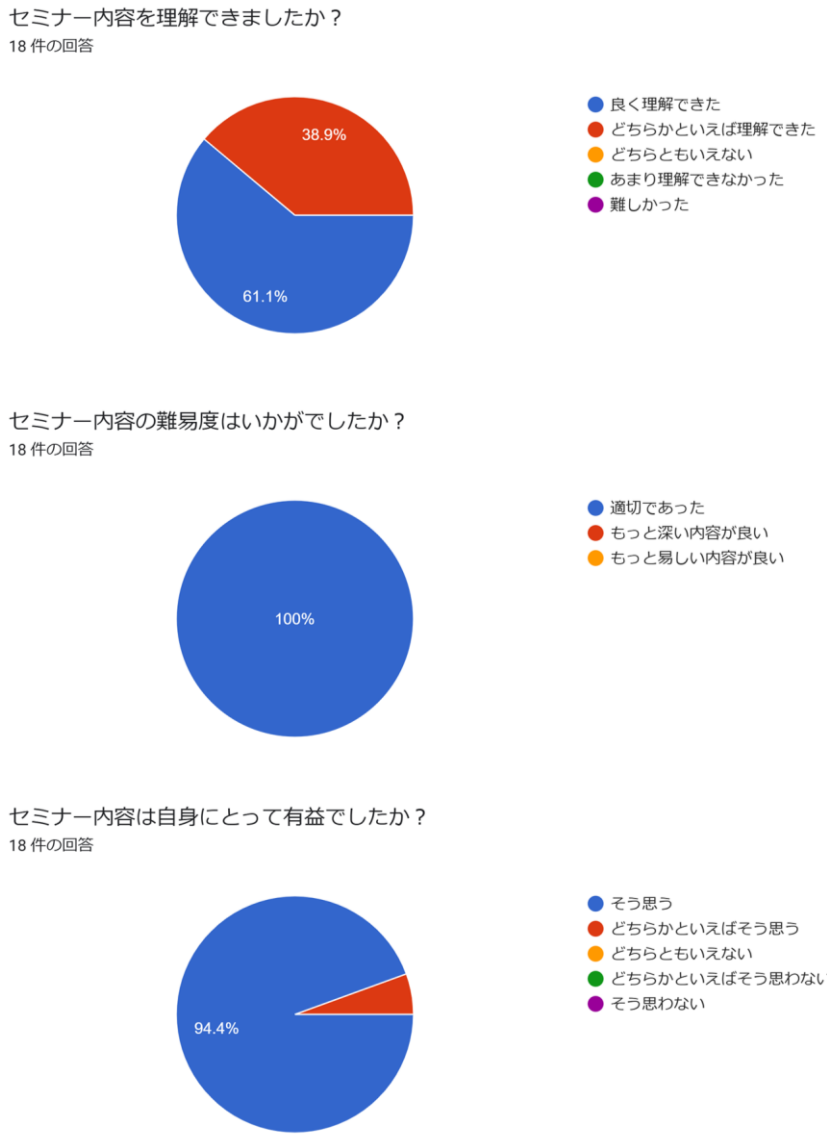

図 3.3-5　核燃料物質管理セミナーアンケート結果（回答率 39%）

◆参加者の声

✓　核燃料物質管理人材育成プラットフォーム第 1 回セミナーに参加させて頂きありがとうございます。私個人的には、セミナー冒頭のプレゼン内容に共感を持ちました。その他のプレゼン内容についても、現状を理解させて頂きました。

- ✓ 今後の核燃料物質の管理者を継続的に育成していく教育プログラムは必須だと考えており、私が所属している企業が取り組んでいる『少量核燃料物質の集約保管事業』についても触れながら講演をして頂き、感謝申し上げます。引き続き宜しくお願い申し上げます。

- ✓ 多面的な視点(核燃物質管理の現状、技術開発、分析方法、規制基準、廃棄体化、過去データ整備など)からのテーマ設定によるセミナー、勉強会の継続により、現状把握、将来の技術課題、人材育成テーマなどの共有、具体化が進むのかと思いました。WAC は規制と関係するので、事例紹介のような形で規制側の話しを聞くことも勉強になるかと思いました。準備が大変ですがセミナー継続は大事と考えます。

- ✓ 勉強になりました。次回、楽しみにしています。

- ✓ 核燃料管理に関するこのようなセミナーはあまりないので，今後も開催していただけますと大変ありがたいです.

- ✓ Zoom 参加だったのですが、資料の表示少し小さくてみづらく感じたのでその点配慮頂ければと思います。（会場のカメラは臨場感が感じられて非常に良かったのですが)

4. 結言

本事業では、核燃料物質等の安全管理・研究教育体制に係る課題を解決するため、項目①核燃施設環境整備、項目②全学的安全管理体制構築、項目③安全管理人材育成の 3 項目を推進することで、合理的で持続可能な核燃料物質等の安全管理と人材育成を実現する「核燃料物質管理人材育成プラットフォーム NuSAM」を構築することを目指している。令和 6 年度には、項目①では、利用実態の無い核燃料物質等を集約保管・一元管理するためのインフラ環境整備や枠組みの構築を、項目②では、核燃料物質等に係る規制・サービス業務並びに研究教育支援を統括・実施できる全学的マネジメント体制の設置を、項目③では、「万能型人材」及び「越境型人材」を養成するための教育プログラムの設計・準備と、核燃料物質管理セミナーの開催を、それぞれ実現した。総じて、実際に核燃料物質等の集約保管を開始する等、当初計画を越えて順調に事業が進捗している。令和 7 年度は、核燃料物質管理に資する人材を育成できるよう、本年度に設置したマネジメント体制を利用し、規制・サービス業務の運用や実地研修・セミナー等の実施を推し進める計画である。

付録

核燃料物質取扱実習（準備版）
～ウラン汚染物の除染及びα β簡易測定による除染率評価～

【概要】非密封のウラン（硝酸ウラニル $UO_2(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$）を用いた化学実験によって汚染された実験衣（今回は模擬として汚染紙）を、除染液を用いて除染すると共に、除染前後の放射能濃度を α/β 測定装置で測定して、その除染係数を求める。これにより、非密封放射性物質の基本的な化学操作について理解する。

【実験手順】１．汚染紙の作成：　丸型ろ紙 3 枚を 1 つのシャーレ内に置き、マイクロピペット用いて硝酸ウラニル水溶液（300 uL）をそれぞれの布に滴下させた後、赤外線ランプ下にて 5 分間乾燥させる。

２．ピンセットを用いて、乾燥させた汚染紙 3 枚を、それぞれ別のプラスチック容器に入れる。各容器には名称を記載する（A-〇，B-〇，C-〇。〇には自分の班の番号を入れる。例：A-1）。

３．マイクロピペット用いて、除染液 A（純水）を 3 mL ピックアップしてプラスチック容器 A-〇に入れ、5 分間振とうして汚染紙を洗う。なお。飛沫による汚染を防ぐため、キャップや手に液滴が付着しないよう慎重に取扱うこと。

４．同様に、除染液 B（中性洗剤）と除染液 C（塩酸）を 3 mL ずつ、それぞれプラスチック容器 B-〇と C-〇に入れ、5 分間振とう。5 分間振とうして汚染紙を洗う。

５．ピンセットを用いて、除染後の 3 枚の汚染紙をそれぞれ取り出し、1 つのシャーレに入れ、ホットプレート上で 5 分間乾燥させる。この時、A，B，C の違いが分からなくならないように。

６．ホットプレートで乾燥後の汚染紙 3 枚をそれぞれ金属製試料容器に入れ、α/β 線自動測定装置（日立アロカ製　JDC-3301）にて α 線／β 線を計数する。測定時間は 1 分間とし、計数値（count 数）と計数率（cpm）を記録する。

７．BG 試料と除染前試料（リファレンス）の計数値（count 数）と計数率（cpm）も記録する。これらは全てのグループで同じ値を使用する。

８．3 つの測定サンプルとリファレンスの計数率から BG 試料の計数率を引いて、それぞれの正味計数率を記載する。得られた正味計数率から測定した個々の試料の放射能量（Bq）を算出する。ここで、α 線／β 線いずれの計数効率も 50 %とする。

（α 線及び β 線計測は、それぞれ ZnS（Ag）及びプラスチックシンチレータによる）

【考察】除染前の放射能量を除染後の放射能量で除して除染係数を求め、ウラン除染における除染剤 A,B,C の違いについて考察せよ。ただし、計測機器の計数効率は α，β いずれも 50%とし、有効面積や放出割合は考えない。

計数率から放射能量への簡易換算：

$$\text{放射能量 [Bq = dps]} = \frac{\text{正味計数率 [cpm]}}{(\text{計数効率[\%]}/100) \times 60[\text{sec}]}$$

測定結果

実習日(Date)：　　学籍番号(ID)：　　名前(Name)：

Table. 1　バックグラウンド（BG）

計数値（count）	計数時間（min）	計数率（cpm）

Table.2 除染前リファレンス(Reference before decontamination)

計数値（count）	
計数時間（min）	
計数率（cpm）	
正味計数率（cpm）	
放射能量（Bq）	

Table. 3 除染後サンプル(Samples after decontamination)

除染剤の種類	Sample A 水(water)	Sample B 中性洗剤 (detergent)	Sample C 0.1M 塩酸 (Hydrochloric acid)
計数値（count）			
計数時間（min）			
計数率（cpm）			
正味計数率（cpm）			
放射能量（Bq）			
除染率（%）			

除染率（%）＝　[1 – (除染後の放射能量 / 除染前の放射能量)]×100

なお、一般には除染対象からどの程度汚染が取り除かれたかを表す除染係数（DF：decontamination factor）で評価される。DF = 除染前の放射能量 / 除染後の放射能量 であり、高い値ほど高除染となる。