

2020年度・2021年度原子力発電環境整備機構支援研究

「地層処分事業に係る社会的側面に関する研究」

研究件名：

社会啓発と科学コミュニケーター育成を念頭に置いた

「地層処分事業」への知的興味を向上させる

土木教育プログラムの研究

成 果 報 告 書

2021年11月30日

研究代表者：小峯秀雄（早稲田大学 理工学術院 創造理工学部 社会環境工学科・教授）

研究協力者：王海龍（早稲田大学国際理工学センター・准教授）

研究協力者：石倉義博（早稲田大学 理工学術院 創造理工学部 社会文化領域・教授）

研究協力者：膳場百合子（早稲田大学 理工学術院 創造理工学部 社会文化領域・教授）

研究協力者：山田味佳（早稲田大学 理工学術院総合研究所・次席研究員兼研究院講師）

研究参加者：伊藤大知（早稲田大学 理工学術院 創造理工学部 社会環境工学科・助手）

研究支援者：パシフィックコンサルタンツ株式会社

概要

研究成果の概要

高レベル放射性廃棄物（HLW）の地層処分に関して、北欧等に比べて日本では候補地選定が進みにくい状況がある。その原因は様々だが、HLW 処分事業が市民に認知されていないことも一因と考え、その解決の一手段として、若手を将来の科学コミュニケーターとして育成することが考えられる。ただし、現状では高校生から大学生向けの適切なレベルの教材が不足していると認識している。

本研究は、将来の科学コミュニケーターの育成を目標として、高レベル放射性廃棄物地層処分事業（以下、「HLW 処分事業」と表記）の認知と地層処分の技術的成立性の理解に資する教育教材の作成及び、その情報を市民へ伝えるための学生インタープリターの育成と市民との対話方法の在り方を研究することを目的に、以下の具体的活動を行った。

- ① HLW 処分事業の理解促進に向けた土木工学的コミュニケーションツールの作成
- ② HLW 処分事業の技術的成立性に関する理解促進のための実験教材の製作
- ③ 科学コミュニケーターとしての役割を担うことを見据えた学生インタープリターの育成
- ④ 学生インタープリターによる社会啓発の実践

研究成果の学術的意義や社会的意義

高レベル放射性廃棄物地層処分事業（以下、「HLW 処分事業」と表記）に関する工学技術とそれを支える理工学系基礎学問は、確実に進歩し続けている。その一方で、確実に進歩している工学技術に対して、社会的に認知されていないことが、結局のところ、HLW 処分事業そのものの信頼性につながっていない。本研究は、HLW 処分事業への関心の喚起を工学のみならず社会科学の視点も取り入れて社会実装に向けて研究する点で、文理融合的な学術的意義がある。加えて、文理融合の学術が、真に社会問題としての HLW 処分事業の実践につなげるという点で、大いなる社会的意義がある。

研究分野：

土木工学・地盤工学，特に高レベル放射性廃棄物地層処分で使用されるベントナイト系緩衝材に関する研究，社会心理学，社会科学，リスク認知

キーワード：高レベル放射性廃棄物地層処分，科学インタープリター，社会啓発実践，地下水，地下施設建設，ベントナイト系緩衝材，教材作成，実験教材

目次

1. 研究開始当初の背景.....	1
2. 研究の目的	2
3. 研究の方法	3
3.1 HLW 事業の理解促進に向けた土木工学的コミュニケーションツールの作成	3
3.2 HLW 事業の技術的成立性に関する理解促進のための実験教材の製作	3
3.3 科学コミュニケーターとしての役割を担うことを見据えた学生インタープリターの育成	4
3.4 学生インタープリターによる社会啓発の実践	4
3.5 人権の保護及び法令順守への対応.....	4
4. 研究成果.....	5
4.1 HLW 事業の理解促進に向けた土木工学的コミュニケーションツールの作成	5
4.2 HLW 事業の技術的成立性に関する理解促進のための実験教材の製作	10
4.3 科学コミュニケーターとしての役割を担うことを見据えた学生インタープリターの育成	12
4.4 学生インタープリターによる社会啓発の実践	14
4.5 本研究を通じて得られたアウトプット・アウトカム.....	16
4.6 支援期間終了後の展望	17
5. 発表論文等	19
6. 研究組織.....	20
7. 原子力事業に関連するこれまでの研究（研究費助成等を受けた）実績（過去5年間） .	21
参考文献.....	22

目次

図 2-1	研究全体の概念図	2
図 3-1	研究体制	3
図 4-1	抽出された HLW 処分事業に関する説明事項 10 分野	5
図 4-2	HLW 施設建設に係る土木工学技術の観点からの教材	6
図 4-3	地質・地盤の閉じ込め性能を示す地下水の移動速度の観点からの教材	7
図 4-4	大学院生による学生インタープリター教材のうち、HLW 処分事業関連個所の 抜粋	8
図 4-5	教員・小峯秀雄による HLW 処分事業教材の抜粋 (1/2)	8
図 4-6	教員・小峯秀雄による HLW 処分事業教材の抜粋 (2/2)	9
図 4-7	NUMO 住民説明会資料における緩衝材 (粘土) のイメージ	10
図 4-8	緩衝材の締固めデモ実験の概要	11
図 4-9	砂と粘土の中の水の流れに関する比較実験	12
図 4-10	2021 年 8 月 6 日に開催した HLW 科学インタープリター育成のためのブリー フィング会の様子	13
図 4-11	2021 年 8 月 18 日, 19 日の早稲田大学オープンキャンパスにおける教材の抜 粋	14
図 4-12	2021 年 8 月 18 日, 19 日の早稲田大学オープンキャンパスにおける社会実践 の様子	15
図 4-13	早稲田大学・英語学位プログラム講義 SHIP における HLW 事業の認知と意識 調査	16

用語の一覧

専門用語

本報告書での表記	意味など
学生インタープリター	本研究では、一般市民を対象に土木分野で学ぶ学生が担う高レベル放射性廃棄物処分事業における地層処分技術の説明者を意味する。学生が教育カリキュラムを通じ、土木工学を基礎として自らの言葉で地層処分技術を、正しくわかりやすく説明できるようになることを目指す。
環境地盤工学	地球環境・地域環境の多様な課題の解決に寄与する地盤工学のことをいう。高レベル放射性廃棄物の地層処分も、環境地盤工学が寄与すべき課題である。
ベントナイト	膨張性を有する粘土の一種。高レベル放射性廃棄物地層処分の緩衝材の素材と考えられている。
緩衝材	高レベル放射性廃棄物地層処分における人工バリアの一つ。地下水の移動速度を非常に遅くする性質を持っている。

略語

本報告書での表記	正式名称・意味など
HLW	高レベル放射性廃棄物
NUMO	原子力発電環境整備機構
JAEA	日本原子力研究開発機構
SHIP	早稲田大学・英語学位プログラム講義の名称

1. 研究開始当初の背景

研究代表者は、30年以上も、高レベル放射性廃棄物地層処分の施設建設に係る土木工学の分野で、科学的・技術的検討を進めてきた。一方、大学の教員として、学内で担当する「環境地盤工学」の中で、高レベル放射性廃棄物処分事業（以下、「HLW 処分事業」と表記）の概要と土木工学の役割を教授し、学生自身が主体的に学ぶ姿勢を持つことを要求してきた。このような中で、ある学生から「NUMO の対話型説明会の情報は、一般人向けに簡略化された内容であり、より詳細を学びたいと思うと、NUMO/JAEA による高度な専門書になってしまう。高校3年から大学2年位までの教育課程の学生が興味を持ち、さらに深く勉強したいと思わせる“教科書”がない」という鋭い指摘を受けた。実際に、地層処分に係る文書は、極めて一般的な内容を説明する資料と極めて高度で緻密な専門書に2極化しており、改めて HLW 処分事業への興味を引き出す入門書的な教科書は存在しない事実思い当たった。

このような学生からの「問い」に加えて、原子力委員会から NUMO に対して行われた“読者の関心に合わせて階層的に資料を整備すること”といった同様の主旨と考えられる提言を起点に、それを解決するための具体的かつ社会的側面を思料すると、学術的背景として、HLW 処分事業に必要な科学コミュニケーターを育成するための「土木工学」及び「若手工学技術者の育成」といった課題が浮かび上がった。

この課題を問いかけの形で具体化すると以下のようになる。すなわち、

1. 大小様々なインフラ整備事業には多くの土木工学技術者が携わってきたが、トランスサイエンスに分類される HLW 処分事業では一部の研究者的土木技術者の参加に留まってはいないか。
2. NUMO の説明資料は HLW 処分事業がトランスサイエンス問題であると認識して作成した資料となっているか。また、対話型説明会の資料はとても丁寧に作成されているが、土木工学的に正しく理解を得るための説明としては“ずれ”を生んではないか（例：地下水の「ゆっくりとした」流れを表現する場合の図中における表現方法：矢印等）。
3. トランスサイエンス問題を扱える科学コミュニケーターを養成可能な土壌（技術者育成のための環境・教育カリキュラム）が土木工学分野において整備・実現されているか。

HLW 処分事業の実現と成功のためには土木工学技術を活用することは前提であるものの、教育課程において HLW 処分事業に関わる科学技術の体系的理解を促し、興味を抱かせるカリキュラム等は整備されていない。本研究では、このような問題意識に基づき、上記のような「問い」に対する回答として、工学教育の在り方を研究することが必要であるとの認識に至った。

2. 研究の目的

高レベル放射性廃棄物（HLW）の地層処分に関して、北欧等に比べて日本では候補地選定が進みにくい状況がある。その原因は様々だが、HLW 処分事業が市民に認知されていないことも一因と考え、その解決の一手段として、若手を将来の科学コミュニケーターとして育成することが考えられる。ただし、現状では高校生から大学生向けの適切なレベルの教材が不足していると認識している。

本研究は、将来の科学コミュニケーターの育成を目標として、HLW 処分事業の認知と地層処分の技術的成立性の理解に資する教育教材の作成、及びその情報を市民へ伝えるための学生インタープリターの育成と市民との対話方法の在り方を研究することを目的とする。研究のポイントとしては、地層処分技術でも活用される土木工学技術を入口として、学生の知的好奇心を刺激することで地層処分技術への関心を深め、可能であれば HLW 処分事業に従事したいという意欲を醸成することが挙げられる。

- ① HLW 処分事業の理解促進に向けた土木工学的コミュニケーションツールの作成
- ② HLW 処分事業の技術的成立性に関する理解促進のための実験教材の製作
- ③ 科学コミュニケーターとしての役割を担うことを見据えた学生インタープリターの育成
- ④ 学生インタープリターによる社会啓発の実践

図 2-1 に、本研究全体の概念図を示す。



図 2-1 研究全体の概念図

3. 研究の方法

本研究では、研究の目的として挙げた4項目について、次に述べる方法で研究を推進する。研究体制は、図3-1に示すように、早稲田大学理工学術院創造理工学部と国際理工学センター、理工学術院総合研究所に所属する6名の研究者が研究主体となり、大学研究機関や学生組織が参加者として加わる。パシフィックコンサルタンツ株式会社は、活動支援の委託を受け、研究推進に参画する。

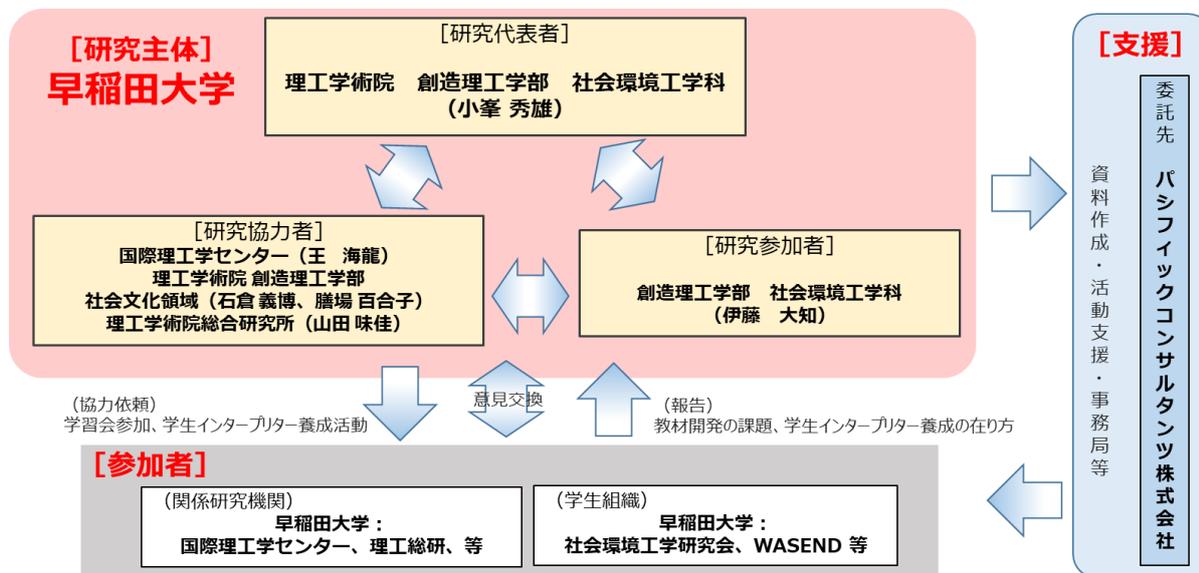


図 3-1 研究体制

3.1 HLW 事業の理解促進に向けた土木工学的コミュニケーションツールの作成

コミュニケーションツールの作成を念頭に、はじめに、社会啓発・科学コミュニケーター育成の観点から、HLW 処分事業に関する説明事項を10分野（資料構成・事業概要・事業主体・経緯・処分技術・事業推進方法・文献調査・候補地選定・建設・長期運営閉鎖）に分類し、複数回のブレインストーミングを開催し、若者の知的興味のポイントや疑問点を分野ごとに整理する。これに基づき、企業の若手技術者による理工系の学部2,3年生向けのHLW 処分事業の説明教材の作成、大学院生による高校生向けのHLW 処分事業の内容説明教材の作成、さらには、教員による学部3年から大学院向けの教材の作成を行う。

3.2 HLW 事業の技術的成立性に関する理解促進のための実験教材の製作

HLW 事業の技術的成立性に関する理解促進のため、3種類の実験教材の製作（物理現象の実験教材等）を行う。一つは、「粘土」、「締固めた粘土」、「緩衝材」のイメージをより正しく認識できる、ベントナイト（緩衝材の材料の粘土）の締固め簡易デモ実験装置の製作と実験手順を提案する。二つ目は、砂と粘土中の水の流れを可視化し、具体的な透水係数を提示して、遮水機能を実感できる実験教材と計算過程提示方法を考案する。三番目に、ベントナイトに水を散布すると固まるという、比較的、誰にも実施しやすい実験により、粘土のシール性を理解してもらう実験手順を提案する。

3.3 科学コミュニケーターとしての役割を担うことを見据えた学生インタープリターの育成

Zoom および対面により、土木工学を専門とする教員、社会心理学、社会学、リスク認知を専門とする教員と大学院生から学部1年生の有志学生による HLW 処分事業に対する認知や在り方に関するブレインストーミングを、定期的実施する。ブレインストーミングには、研究支援のパシフィックコンサルタンツの若手技術者とベテラン技術者が加わる。その結果を踏まえて、各学年、教員が、対象者を想定した教材作成を進める。また、早稲田大学地盤工学研究室で HLW 処分事業に関する研究を進めている大学院生と早稲田大学・学部3年生向けの「防災地盤工学」において育成される学生インタープリターにより、学部1～2年生向けの HLW 処分事業の説明・講義を行う。

上記に加えて、NUMO の包括的報告書の説明会に出席して、研究従事者が感じることを、NUMO に伝え、情報交換を行う。さらに、学部3年生の「環境地盤工学」において、経済産業省および NUMO によるワークショップを開催し、作成する教材を活用して、若手技術者による学生インタープリターの育成を試みる。

3.4 学生インタープリターによる社会啓発の実践

2021年8月18日、19日に、早稲田大学で開催される理工系進学希望の高校生向けオープンキャンパスにおいて、大学院生と上記3.3節で育成された学部1～3年生の科学インタープリターによる HLW 処分事業の説明を行う。また、早稲田大学・英語学位プログラム講義 SHIP における HLW 事業の認知と意識調査（2021年4月～7月）を行う。さらに早稲田大学・学部3年「環境・防災ゼミナール」において、学生インタープリターと若手技術者による HLW 事業説明（2021年10月12日）を行う。

3.5 人権の保護及び法令順守への対応

本研究の内容は、社会的コンセンサスが必要とされているものではなく、また個人情報の取り扱いに配慮する必要もなく、かつ生命倫理・安全対策に対する取組が必要とされているものも含まれていない。よって、該当しない。

4. 研究成果

3章で述べた方法により実施した4項目の研究の成果は、以下の通りである。

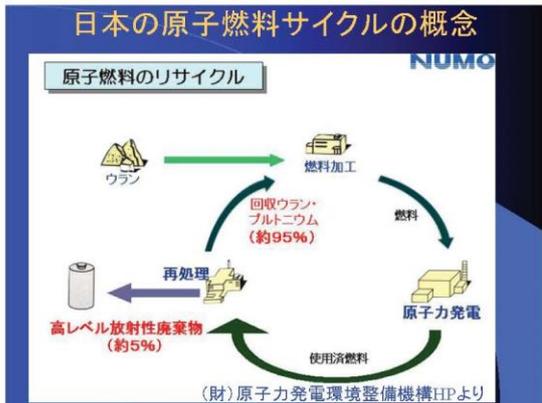
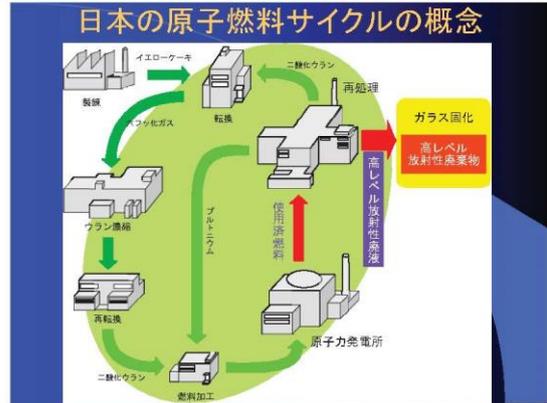
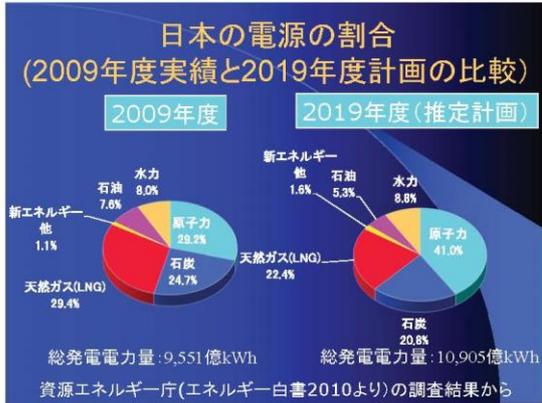
4.1 HLW 事業の理解促進に向けた土木工学的コミュニケーションツールの作成

コミュニケーションツールの作成の前に、社会啓発・科学コミュニケーター育成の観点から、HLW 処分事業に関する説明事項を図 4-1 に示すように10分野（資料構成・事業概要・事業主体・経緯・処分技術・事業推進方法・文献調査・候補地選定・建設・長期運営閉鎖）に分類し、ブレインストーミング（2020/05/29, 06/18, 08/07, 10/23, 2021/01/06, 06/28 開催）等を通して、若者が知的興味を持っている事項や疑問点を分野ごとに整理した。

① 説明資料の種類・構成 (NUMOパンフレット構成に対する意見)	② 事業概要 (地層処分の必要性)	③ 事業主体 (NUMOとは)
④ 過去の事業検討の経緯 (これまでの事業経緯・海外での実例)	⑤ 処分技術 (地層処分に使用する素材)	⑥ 事業の推進方法 (地層処分事業プロセス)
⑦ 文献調査 (地層処分の必要性)	⑧ 候補地選定	⑨ 建設 (施工時リスク)
		⑩ 長期施設運営・閉鎖 (地層処分事業のタイムスケール)

図 4-1 抽出された HLW 処分事業に関する説明事項 10 分野

そして、上記の結果に企業（パシフィックコンサルタンツ）の若手技術者による理工系の学部2, 3年生向けの HLW 事業の説明教材を作成した。作成のポイントは、①HLW 施設建設に係る土木工学技術の観点と、②地質・地盤の閉じ込め性能を示す地下水の移動速度の観点を、定量的に伝達するものとした。教材の概要は、図 4-2 および図 4-3 に示す。



- ### 放射性廃棄物の種類
- ◎高レベル放射性廃棄物 (この3種類は多くを占める！)
 - ◎低レベル放射性廃棄物
 - ◎TRU放射性廃棄物 (超ウラン元素)

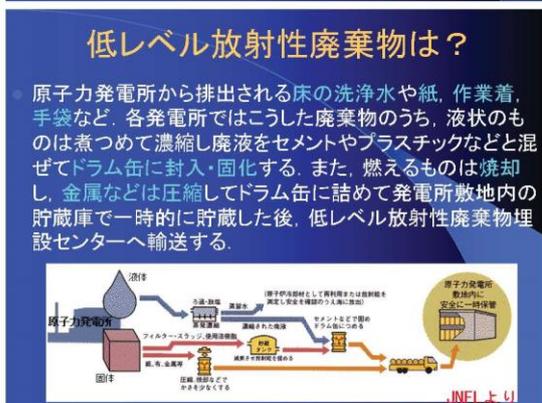
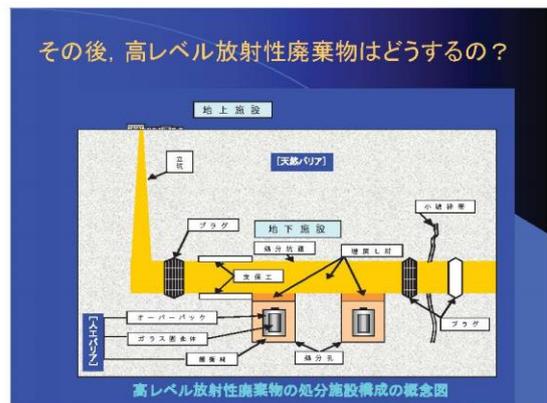
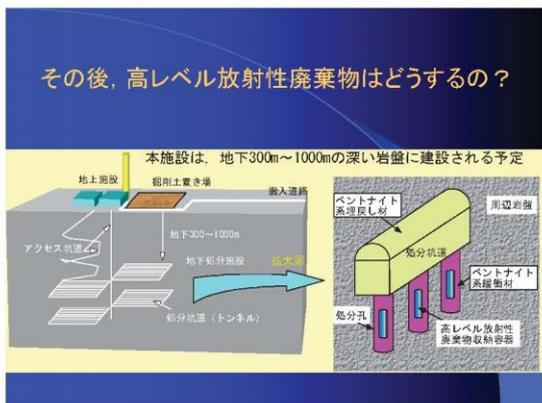


図 4-6 教員・小峯秀雄による HLW 処分事業教材の抜粋 (2/2)

4.2 HLW 事業の技術的成立性に関する理解促進のための実験教材の製作

HLW 事業の技術的成立性に関する理解促進のため、3 種類の実験教材の製作（物理現象の実験教材等）を行った。

一つは、「粘土」、「締固めた粘土」、「緩衝材」のイメージをより正しく認識できる、ベントナイト（緩衝材の材料の粘土）の締固め簡易デモ実験装置の製作と実験手順を製作した。この実験の動機は、以下のようなものである。図 4-7 は、NUMO の住民説明会の資料からの抜粋である。

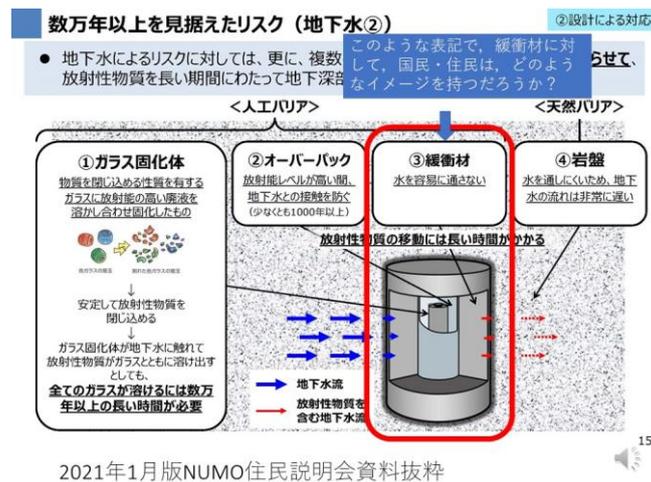


図 4-7 NUMO 住民説明会資料における緩衝材（粘土）のイメージ

この図にある緩衝材（粘土）を、国民・住民は正確に把握できるであろうかというものである。一般に、粘土は軟らかいという認識である。しかし、工学的な定義では、粘土は 0.005 mm の粒子のものであり、これを高い圧力で締固めると、落雁のように固いブロック状になる。実際、緩衝材は、そのような状態のものである。

そこで、本研究では、住民説明会でも実践できる規模を念頭においた実験方法を考案した。図 4-8 に、緩衝材のミニモデルの製作工程の概要を示す。また、次のサイトにおいて、その製作工程の動画が観られる。

【緩衝材ミニモデル製作工程動画】：

<https://waseda.app.box.com/s/gkt5zvridwrk1f2f56pxzyizlegas2yo>

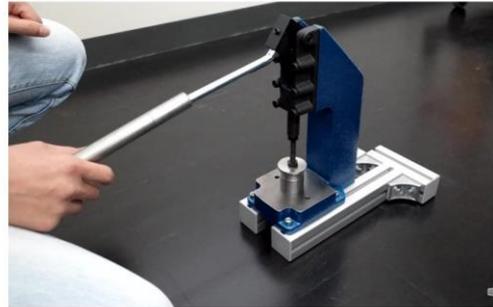
ベントナイト試料の準備



粉体のベントナイト

モールド内に投入

簡易な締固め工程



緩衝材のミニモデル完成



「緩衝材(粘土)」ミニモデルの出来上がり

お持ち帰り用袋詰め

図 4-8 緩衝材の締固めデモ実験の概要

二つ目は、砂と粘土中の水の流れを可視化し、具体的な透水係数を提示して、遮水機能を実感できる実験教材と計算過程提示方法を考案した。住民説明会においても、地下水の流れが関心事に上がるが、「ほとんど流れない」という説明だけでは、体感的に理解するのは困難である。そこで、**図 4-9** に示す、砂と粘土中の水の流れを可視化する実験方法を考案した。本実験の動画は、以下のサイトである。動きのある実験であるので、こちらを確認いただきたい。

【砂と粘土中の水の流れ比較実験】：

<https://waseda.app.box.com/s/3xcehvqmqy1otc79hw72uazwbkznrilm>

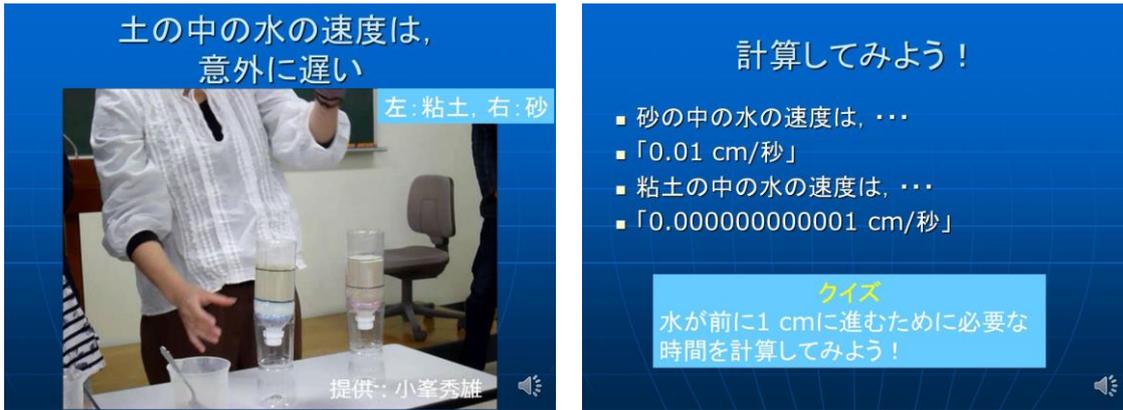


図 4-9 砂と粘土の中の水の流れに関する比較実験

本実験を鑑賞した後に、さらに、簡易に計算できる方法で、土の中を水が 1 cm 前に進むために要する時間を計算することを促す (図 4-9 左)。緩衝材の中を流れる水が、1 cm 前に進むために必要な時間が、人の一生を越える長さであることを実感してもらうことができる。

三番目に、ベントナイトに水を散布すると固まるという、比較的、誰にも実施しやすい実験により、粘土のシール性を理解してもらう実験手順を提案した。これは、次章以降に述べる学生インタープリター育成のためのブリーフィング会において、学生たちと教員間の議論を通じて偶然発案された実験である。すなわち、ベントナイトの遮水機能を示す実験の練習中に起きたトラブルが起点となって発案されたものである。手順は以下の通りである。

1. 顆粒状のベントナイトを、紙面上に薄く広げる。
2. そこに、洗浄ビンで水を放水し、星形や丸などを描く。
3. しばらく放置する。
4. 水で描いた通りの絵柄で、顆粒状のベントナイトが連結する。

4.3 科学コミュニケーターとしての役割を担うことを見据えた学生インタープリターの育成

Zoom および対面により、土木工学を専門とする教員、社会心理学、社会科学、リスク認知を専門とする教員と大学院生から学部 1 年生の有志学生による HLW 処分事業に対する認知や在り方に関するブレインストーミングを、定期的実施した。その結果を踏まえて、各学年、教員が、対象者を想定した教材作成を、第 1 章に述べたように進めた。

そして、前章に述べた教材および実験ツールを用い、初期段階の試行として若手社会人がインタープリター役となり、学生への説明・講義を実施した。仕様は以下の通りである。

日時：2021 年 1 月 8 日 (金) 10:40~12:10	場所：早稲田大学 理工学術院 西早稲田キャンパス
対象：早稲田大学「環境地盤工学」講義を受講する学生	内容：新教材プロトタイプを活用した講義の実施

引き続き、第 2 回として、2022 年 1 月 7 日 (金曜日) にも、実施する予定である。

さらに、次章に述べる社会実践を念頭に、2021 年 8 月 6 日に、HLW 科学インタープリター育成のためのブリーフィング会を開催した。ブリーフィング会の様子を図 4-10 に示す。ここでは、図 4-4 に示した大学院生により作成された教材を使用して、学部 1 年生～学部 3 年生の有志学生に対

して、HLW 処分事業の説明が行われた。その様子を、図 4-10 に示す。図に示すように、説明に加えて、緩衝材の材料であるベントナイトの遮水性能を示す釘差し実験の練習も行った。

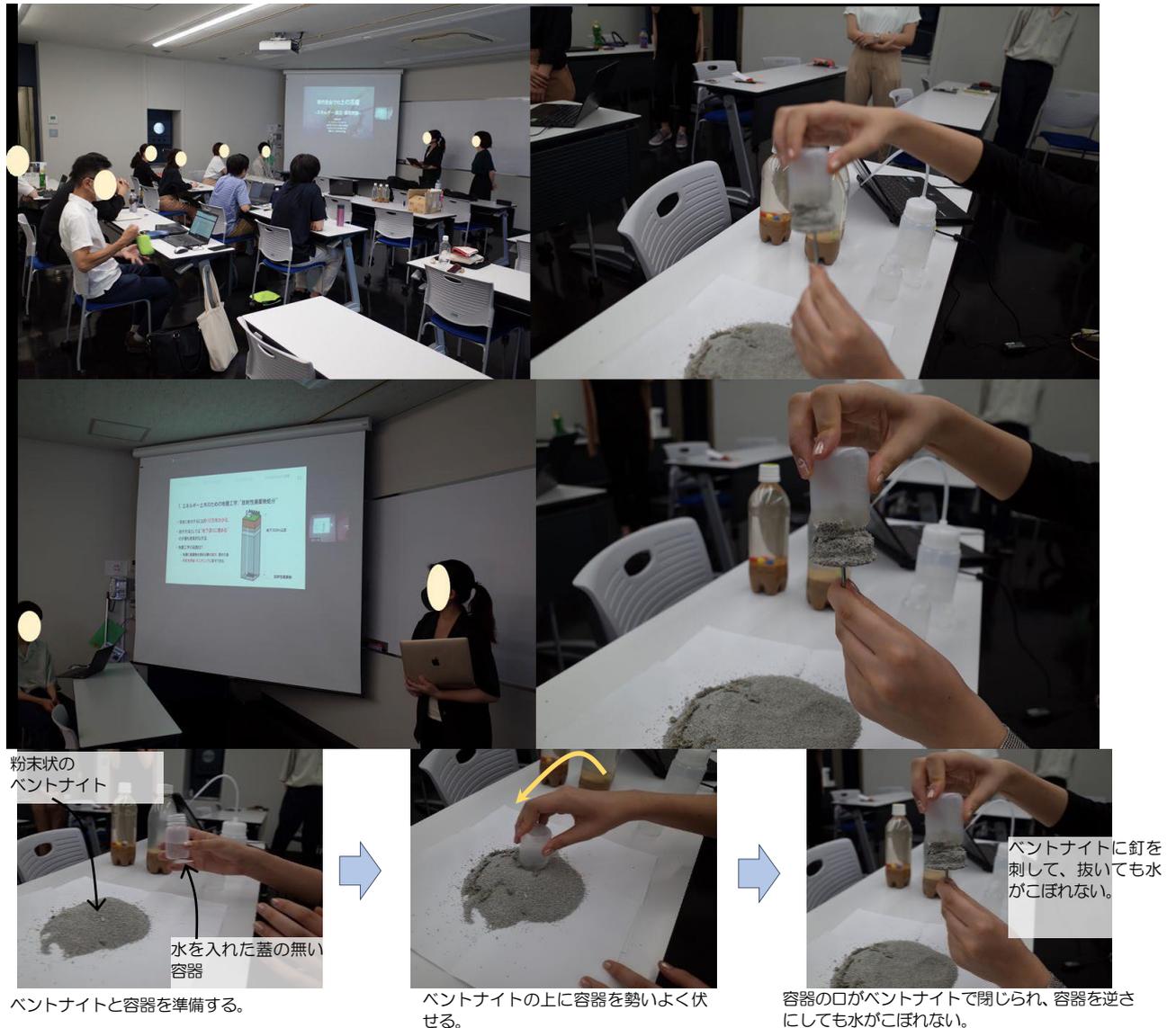


図 4-10 2021 年 8 月 6 日に開催した HLW 科学インタープリター育成のためのブリーフィング会の様子

さらに、NUMO の包括的報告書の説明会に社会心理学を専門とする教員（早稲田大学・社会文化領域教授・膳場百合子）が出席し住民説明に向けて感じたことを、NUMO に伝え情報交換を行った（2021/06/22）。工学的な事項の説明と、その受け止めた印象を、NUMO とも相互理解して、科学インタープリター育成におけるポイントを明確にした。

4.4 学生インタープリターによる社会啓発の実践

2021年8月18日、19日に、理工系進学希望の高校生向けオープンキャンパスにおいて、前節のブリーフィング会を通じて育成された学部1～3年生の科学インタープリターによるHLW処分事業の説明を行った。また、2021年7月16日の早大学部3年「防災地盤工学」を通じて育成されたであろう学生インタープリターも加わった。図4-11、図4-12は、その様子と教材の抜粋である。

開催概要

企画名：「土」の摩訶不思議な実験とエネルギー・防災・環境における大活躍のおはなし

開催日：2021年8月18日（水）～8月19日（木）

形式：ZoomによるWeb会議システム

参加者：46名（8/18：28名、8/19：18名）

感想：

- 学科関連：「実験で大変だったことは？」「普段の授業は？他の学科と比べて実験が多い？」
- 研究室関連：「コアタイムは？」「女性が少ないイメージ。男女の比率は？」「広さは？」
「研究室に配属する前はどんな勉強をするか？」「他学科との合同研究は？」等
- 実験実演・研究関連：「ベントナイトは特殊な方法で作られたものか？それとも自然に存在するものか？」「10万年間排出される放射性物質はどう保管される？」
「CO₂を吸着させる方法とは？」「なぜベントナイトが水を吸収して膨張するのか？ベントナイトの粒子の構造は？」「ベントナイトは有限か？」
「世界中の燃料デブリを処理可能なベントナイトの量があるのか？」
「どういうきっかけでベントナイトを研究されてきたのか？」等

今後の予定

科学インタープリターへのアンケートを実施



32



図 4-11 2021年8月18日、19日の早稲田大学オープンキャンパスにおける教材の抜粋

オープンキャンパスの様子

“土”の摩訶不思議な実験と
エネルギー・防災・環境における大活躍のおはなし

早稲田大学地盤工学研究室

14:20～ オープニング
14:22～ おはなし：エネルギー・防災・環境の話
14:32～ 実演・解説：ベントナイトの釘さし実験
14:40～ 実演・解説：エッキーを用いた液状化実験
14:50～ Q&A
14:55～ おはなし：地盤研の研究について
15:05～ フリートーク、Q&A

土について一緒に考えてみよう！

※画面の録画、録音はおやめください
※画面、マイクはオフにご参加ください
※途中での入退室可

質問は随時募集しています
実験や研究以外の内容でもOK

23

実験実演 ①ベントナイトの釘さし実験

○ベントナイトとは
・粘土の一種
・高い膨潤性と低透水性をもつ

○利用例
・土木分野
透水性、シールド管の裏込め剤など
・土木以外の分野
猫砂、化粧品、濾過分野

放射線農薬結晶にも

パラグラニューラー
膨潤の様子 (画像提供:小澤秀雄)

実際の撮影場所での様子



図 4-12 2021 年 8 月 18 日, 19 日の早稲田大学オープンキャンパスにおける社会実践の様子

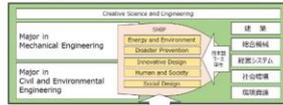
また、早稲田大学・英語学位プログラム講義 SHIP における HLW 事業の認知と意識調査 (2021 年 4 月～7 月) を行った。図 4-13 は、その概要である。この結果については、受講により育成された学生インタープリターによるプレゼンテーションが行われた。

SHIPのトピックとして、HLWの処分を議論する

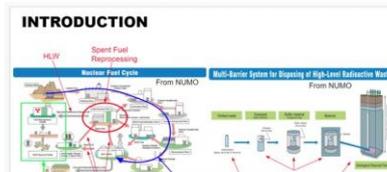
創造理工 英語学位プログラムの基本方針

- 総機・社工の2つのG30から創造理工全分野・学科への国際化の展開
- 領域横断的な教育と研究、SHIPの設置

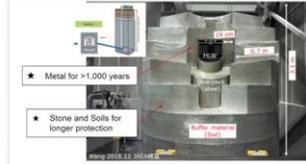
Social and Human Innovation
by Practical Science and Engineering



出典：SHIP: Social and Human Innovation by Practical Science and Engineering
<https://www.cse.sci.waseda.ac.jp/about/ship/>



HLW処分の知識習得



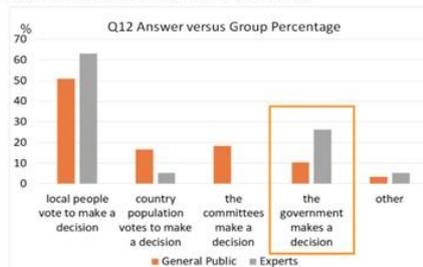
出典：王海龍班の学生のSHIP最終発表プレゼンスライド

なるほど。
政府主導で処分
サイトを決める
ことを、一般人は
専門家より支持
しないのか。



Results Public and political consideration

- ★ Q12 Currently, there is no volunteer site for the disposal of existing high-level radioactive waste (HLW). What is your opinion on how to decide the disposal site? Technical committees nominate sites and...



出典：王海龍班の学生のSHIP最終発表プレゼンスライド

HLW処分意識調査

図 4-13 早稲田大学・英語学位プログラム講義 SHIP における HLW 事業の認知と意識調査

4.5 本研究を通じて得られたアウトプット・アウトカム

(1) アウトプット

今回の活動のうち、若手技術者を中心とした科学コミュニケーターの育成に関しては、早稲田大学学部3年生の教科「環境地盤工学」において、継続的に学生に対し若手技術者が状況を伝達する教育・啓蒙システムが構築できた。また、学生インタープリターの育成の結果、毎年の高校生向け

のオープンキャンパスにて、情報伝達する方法の構築ができた。前者の若手技術者による科学コミュニケーターの活動として、2022年1月7日に学部3年生向けの講義が行われる。さらに次年度以降も、継続していく予定である。学生インタープリターの成果の一つとして、以下の高校生向けのイベントにも貢献することになった。

全国高校生異分野融合型研究プログラム IHRP 2022

<https://ihrp-japan.org/about-ihrp/%e5%b0%8f%e5%b3%af%e5%85%88%e7%94%9f/>

(2) アウトカム

学生、若手技術者および多方面の専門家（土木・地質・社会心理学・安全衛生など）の議論の中で、各自が自分の立場では気づきにくかった事項を認識し、今後の地層処分へ前向きに取り組む際の留意事項を得ることができたと考える。例えば、下記が挙げられ、これらは本研究によるアウトカムと考える。下記以外にも様々な議論が行われたが、代表的な事項を示す。

- ・ 地層処分に関する技術的説明だけではなく、生活者の視点での説明が必要ではないか。地層処分を受入れることによるメリットを示すことが必要ではないか。街づくり構想なども合わせて示すことが考えられる。
- ・ 大深度における複数の並列トンネルの建設は容易では無いと考えるが、日本の地質を考慮した検討は十分に行われているだろうか。候補地が確定しないと詳細検討は困難という意見もあるが、場所が決まった後に、この地質では施工困難という判断はできない。
- ・ 土木の専門家と一般市民の認識の相違がある。土木の専門家がポンチ絵レベルと考えている図でも、一般の人は詳細設計図と認識することがあり、話の食い違いが生じることがある。
- ・ HLW は、処分量が膨大だが、日本では地層処分を一箇所で行うように話が進んでいる。受入れ量が確定しないと受入れ候補地は不安に感じるのではないか。

4.6 支援期間終了後の展望

今回の活用を通じて開発してきた教材および実験技術は、引き続き、早稲田大学の学部教育において活用を継続する。具体的な講義は、以下の通りである。

- ・「社会環境工学フレッシュセミナー」（学部1年生）
- ・「防災地盤工学（地下の防災機能の章）」（学部3年生）
- ・「環境地盤工学（放射性廃棄物の現状と未来の章）」（学部3年生）

また、学生のクラブ活動において、定期的に HLW ブリーフィング会の実践を継続する。その際、以下に公開している動画の活用も行う。

HLW 社会学の活動内容説明動画：<https://waseda.box.com/s/jxehsahx8x9ik7oe3fq5s6g47d2qj4fr>

逐次、育成される学生インタープリターによる HLW 事業の理解活動としては、高校生向けのオープンキャンパスでの説明や学園祭での説明を継続する。

さらに、上記に作り上げた教材や実験手法については、NUMO からの要請があれば、是非とも提供もしくは協働したい。文献調査を行っている地域の方々への理解促進に、育成された学生インタープリターともども、是非とも貢献したい。

5. 発表論文等

[雑誌論文]

なし.

[学会発表]

1. 小峯秀雄, 王海龍, 伊藤大知, 膳場百合子, 龍原毅, 金丸奈美, 山本有雅, 曹基安: 社会啓発と科学コミュニケーター育成を念頭に置いた「地層処分事業」への知的興味を向上させる地盤工学の展開, 地盤工学会関東支部・第 18 回地盤工学会関東支部発表会・今後の展望・計測技術 3-2, 2021.
2. 村田航大, 龍原毅, 斉藤泰久, 金丸奈美, 菱岡宗介, 小峯秀雄, 王海龍: 社会啓発と科学コミュニケーター育成を念頭に置いた「地層処分事業」への知的興味を向上させる土木教育プログラムの研究, 地盤工学会関東支部・第 18 回地盤工学会関東支部発表会・今後の展望・計測技術 2-2, 2021.
3. 龍原毅, 金丸奈美, 斉藤泰久, 小峯秀雄, 王海龍, 伊藤大知, 渡部厚, 園田真帆, 村田航大: 高レベル放射性廃棄物地層処分プロジェクトへの技術者としての参画意欲育成のための教材開発 (その 1) ~教材開発の研究開発スキームの紹介~, 令和 3 年度土木学会全国大会第 76 回年次学術講演会, CS12-01, 2021.
4. 園田真帆, 村田航大, 小峯秀雄, 王海龍, 伊藤大知, 渡部厚, 龍原毅, 金丸奈美, 斉藤泰久: 高レベル放射性廃棄物地層処分プロジェクトへの技術者としての参画意欲育成のための教材開発 (その 2) ~学生ブレインストーミングの結果に基づく必要事項抽出~, 令和 3 年度土木学会全国大会第 76 回年次学術講演会, CS12-02, 2021.
5. 村田航大, 園田真帆, 小峯秀雄, 王海龍, 伊藤大知, 渡部厚, 龍原毅, 金丸奈美, 斉藤泰久: 高レベル放射性廃棄物地層処分プロジェクトへの技術者としての参画意欲育成のための教材開発 (その 3) ~地盤中の水分移動の可視化と定量的理解のための手段~, 令和 3 年度土木学会全国大会第 76 回年次学術講演会, CS12-03, 2021.
6. 小峯秀雄, 王海龍, 伊藤大知, 渡部厚, 龍原毅, 金丸奈美, 斉藤泰久, 園田真帆, 村田航大: 高レベル放射性廃棄物地層処分プロジェクトへの技術者としての参画意欲育成のための教材開発 (その 4) ~ベントナイト系緩衝材の材質感を実感する締固めデモ実験装置の試作~, 令和 3 年度土木学会全国大会第 76 回年次学術講演会, CS12-03, 2021.

[図書]

なし.

[その他]

<http://www.f.waseda.jp/hkomine/report.html>

<https://waseda.box.com/s/jxehsahx8x9ik7oe3fq5s6g47d2qj4fr>

6. 研究組織

研究代表者：小峯 秀雄（早稲田大学 理工学術院 創造理工学部 社会環境工学科・教授）

研究協力者：王 海龍（早稲田大学国際理工学センター・准教授）

研究協力者：石倉 義博（早稲田大学 理工学術院 創造理工学部 社会文化領域・教授）

研究協力者：膳場 百合子（早稲田大学 理工学術院 創造理工学部 社会文化領域・教授）

研究協力者：山田 味佳（早稲田大学 理工学術院総合研究所・次席研究員兼研究院講師）

研究参加者：伊藤 大知（早稲田大学 理工学術院 創造理工学部 社会環境工学科・助手）

研究支援者：龍原 毅（パシフィックコンサルタンツ株式会社）

研究支援者：金丸奈美（パシフィックコンサルタンツ株式会社）

研究支援者：斉藤泰久（パシフィックコンサルタンツ株式会社）

研究支援者：園田真帆（パシフィックコンサルタンツ株式会社）

研究支援者：村田航大（パシフィックコンサルタンツ株式会社）

研究支援者：菱岡宗介（パシフィックコンサルタンツ株式会社）

7. 原子力事業に関連するこれまでの研究（研究費助成等を受けた）実績（過去5年間）

（単位：千円）

年 度	研 究 事 業 名	研究件名（研究課題名）	受託／助成額 （税抜）	所管省庁・助成機関 等
2018～ 2021	科学研究費・基盤 研究(B)	地層処分孔内におけるベントナイト系緩衝材の境界条件模擬試験と自己シール性評価	17,160千円	日本学術振興会
2014～ 2016	科学研究費・挑戦 的萌芽研究	電磁波加熱と加水によるベントナイト材料の接合可能性 研究課題	4,030千円	日本学術振興会
2015～ 2019	国家課題対応型 研究開発推進事 業（英知を結集し た原子力科学技 術・人材育成推進 事業）	福島第一原子力発電所構内環境評価 ・デブリ取出しから廃炉までを想定 した地盤工学的新技术開発と人材育 成プログラム	299,000千円	文部科学省
2018～ 2019	中部電力原子力 安全技術研究所 公募研究（一般）	地層処分を想定した温度履歴を受け たベントナイト系緩衝材の水分移動 特性の実験的評価	10,000千円	中部電力株式会社

参考文献

- (1) 原子力発電環境整備機構：高レベル放射性廃棄物の最終処分に関する対話型全国説明会・説明資料，https://www.numo.or.jp/taiwa/pdf/setsumei_taiwa_202101.pdf，2021年3月30日閲覧。
- (2) Alvin M. Weinberg：Science and Trans-Science, Minerva, 10, 209-222, 1972.
- (3) 中村征樹：「想定外」と向き合う - 東日本大震災と科学技術 - ，
<https://www.chart.co.jp/subject/rika/scnet/44/Snet44-column.pdf>，2021年3月30日閲覧
- (4) 原子力発電環境整備機構：知ってほしい地層処分，
https://www.numo.or.jp/kagakutekitokusei_map/pdf/shittehoshii_a4rev.pdf，2021年3月25日閲覧
- (5) 小峯秀雄，小山田拓郎，尾崎匠，磯さち恵：締固めた粉体状ベントナイト各種の水分移動特性と膨潤圧挙動に関する考察，土木学会論文集 C（地圏工学），Vol. 74, No. 2, 2018.
- (6) 小峯秀雄，緒方信英，中島晃，高尾肇，植田浩義，木元崇宏：高レベル放射性廃棄物処分のためのブロック型緩衝材の製作方法に関する実験的研究，土木学会論文集，No.735/VI-59, pp.203-208, 2003.
- (7) 株式会社 エスコ：1200kg トグルクランプ，
<https://www.esco-net.com/wcs/escort/items/ItemDetail/EA639EF-2>，2021年1月20日閲覧
- (8) 龍原毅，金丸奈美，斉藤泰久，小峯秀雄，王海龍，伊藤大知，渡部厚，園田真帆，村田航大：高レベル放射性廃棄物地層処分プロジェクトへの技術者としての参画意欲育成のための教材開発（その1）～教材開発の研究開発スキームの紹介～，令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会，CS12-01，2021.
- (9) 園田真帆，村田航大，小峯秀雄，王海龍，伊藤大知，渡部厚，龍原毅，金丸奈美，斉藤泰久：高レベル放射性廃棄物地層処分プロジェクトへの技術者としての参画意欲育成のための教材開発（その2）～学生ブレインストーミングの結果に基づく必要事項抽出～，令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会，CS12-02，2021.
- (10) 村田航大，園田真帆，小峯秀雄，王海龍，伊藤大知，渡部厚，龍原毅，金丸奈美，斉藤泰久：高レベル放射性廃棄物地層処分プロジェクトへの技術者としての参画意欲育成のための教材開発（その3）～地盤中の水分移動の可視化と定量的理解のための手段～，令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会，CS12-03，2021.
- (11) 小峯秀雄，王海龍，伊藤大知，渡部厚，龍原毅，金丸奈美，斉藤泰久，園田真帆，村田航大：高レベル放射性廃棄物地層処分プロジェクトへの技術者としての参画意欲育成のための教材開発（その4）～ベントナイト系緩衝材の材質感を実感する締固めデモ実験装置の試作～，令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会，CS12-03，2021.