

[PR] NUMO

技術と自然で未来につなぐ 地層処分の根幹「バリア」について



NUMO（原子力発電環境整備機構）は、原子力発電で使い終えた燃料をリサイクルする過程で発生する高レベル放射性廃棄物の地層処分を行う組織。現在、処分地選定のための最初の調査である文献調査を北海道の寿都町と神恵内村、佐賀県玄海町で実施している。NUMOは、安全な地層処分に適した地域を選定するため、さらに多くの地域で調査を行えるよう取組みを進めている。

今回は、技術部技術開発統合グループで調査、処分場の設計、安全性の評価の3分野の連携を取りまとめる西川将吾（にしかわ しょうご）さんと、技術部調査技術第一グループで、上記3自治体の文献調査に携わっている高林佑灯（たかばやし ゆうと）さんに話を聞いた。



NUMO 技術部
技術開発統合グループ

西川 将吾

大阪府出身。高校3年生のときの東日本大震災で原発事故による長期的な影響や復興の困難さを目の当たりにし、大学では原子核工学を専攻。NUMO入構後は技術部技術開発統合グループで「包括的技術報告書」の取りまとめなどを行う。また、フランスにある経済協力開発機構／原子力機関(OECD／NEA)への出向も経験し、同国で原子力関連の国際会議の企画運営に携わった。



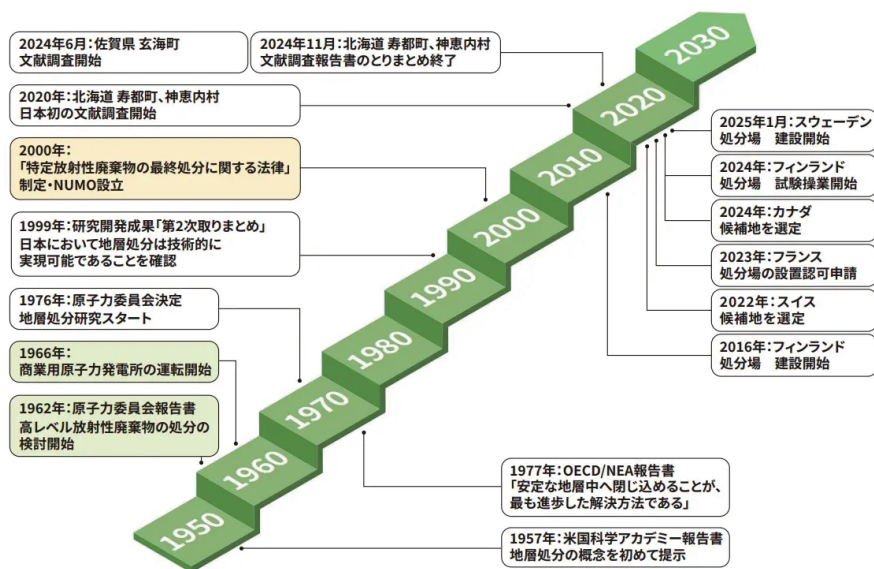
NUMO 技術部
調査技術第一グループ

高林 佑灯

福島県出身。高校1年生のときに東日本大震災が発生し、当時大量に流れてきた福島第一原子力発電所の事故のニュースに触れて原子力分野に興味を持つ。大学では地球科学を専攻、その中で空から地形を観察してその地形がどのようなプロセスで形成されたかを解明する変動地形学を学ぶ。NUMO入構後は神恵内村、寿都町のほか、現在進行中の佐賀県玄海町の文献調査に携わる。

地層処分と「バリア」

1962年には高レベル放射性廃棄物処分の検討が開始され、1970年代には地層処分は有力な処分方法と位置づけられるようになった。なお、日本で商業用原子力発電がはじまったのは1966年である。



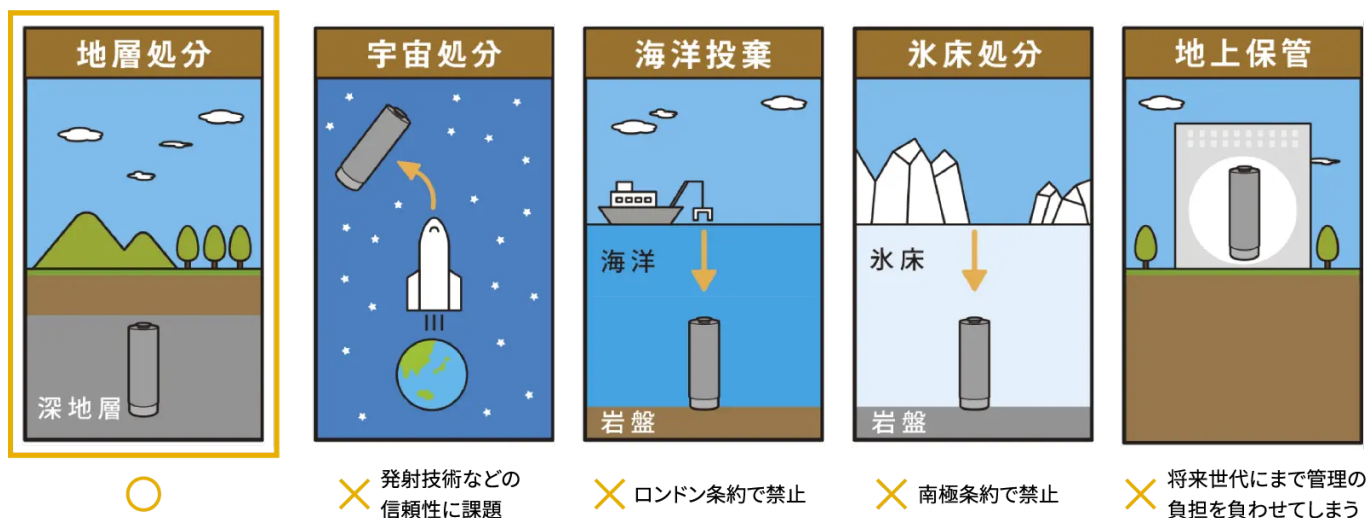
西川さん

当初、ロケットで宇宙に打ち上げる宇宙処分、深海に沈める海洋投棄などの案が議論されたそうですが、安全性と実現性という観点から地層処分が最も有望な方法であることが国際的な共通認識となりました。日本でも1976年から国の委員会(※1)での決定に従い地層処分の研究を開始。1999年に技術的な取りまとめ(※2)が行われ、日本において地層処分は技術的に実現可能であることを確認し、翌2000年にNUMOが誕生しました。

※1 原子力委員会廃棄物処理専門部会

※2 わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第2次取りまとめ—

海洋投棄や氷床処分は国際的に禁止されている。宇宙処分は地球の周回軌道外に打ち上げるとすると巨額の費用がかかる上に、ロケットの打ち上げも失敗のリスクがつきまとう。最も安全で実現可能な方法が地層処分だ。

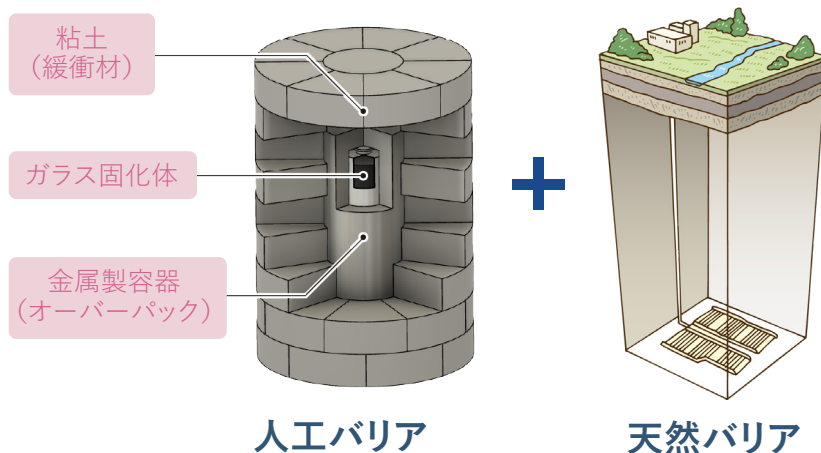


地層処分で重要になるのが『バリア』です。地層処分におけるバリアとは、「物質を閉じ込める性質」と、人間の生活環境から「物質を隔離する性質」を指します。このうち地下深くの岩盤に備わっている閉じ込める性質を『天然バリア』と言います。加えて、高レベル放射性廃棄物はガラス固化体のまま処分するのではなく何重もの『人工バリア』を施して処分します。これらの『多重バリアシステム』によって、放射性廃棄物を長期間にわたり人間の生活環境から隔離して閉じ込めることが可能となります。



高林さん

多重バリアシステム



高レベル放射性廃棄物の放射能は、1000年程度の間に99%以上低減するが、燃料の製造に必要なウラン鉱石の放射能と同じレベルにまで減衰するには、数万年以上かかる。こうした長期間、高レベル放射性廃棄物を『隔離』し『閉じ込める』ための人工バリアと天然バリアについて話を聞いていきたいと思う。

物質の特性を活かす「人工バリア」

放射性廃棄物を処分するにしても、当然ながらそのまま地下300メートルに処分するわけではない。まず放射性廃棄物を閉じ込める必要がある。



西川さん

まずは再処理の際に残る廃液をガラスと融かし合わせて固化させます。これを『ガラス固化体』と言います。このガラス固化体はこれまでの原子力利用によりすでに存在しており、それらは青森県六ヶ所村や茨城県東海村の貯蔵管理施設に一時的に保管していただいています。製造直後は発熱が伴うので、30年から50年程度ここで冷却されます。

1つ目の人工バリアであるガラス固化体は、高さ約130センチ、直径40センチほどの円筒形で1本の重さは500キロほど。ガラスの『水に溶けにくい』という特性によって、放射性物質を長期間にわたり安定して『閉じ込める』ことができる。仮にガラス固化体が直接地下水に触れると仮定したとしても、全てのガラスが溶けるには7万年以上の時間を要するので、その間に放射能レベルを低減させることができる。そのため、残った放射性物質が地下水によって地表近くまで運ばれたとしても、人間の生活環境に影響を及ぼさないレベルになる。

このガラス固化体を、2つ目の人工バリアのオーバーパックで包む。

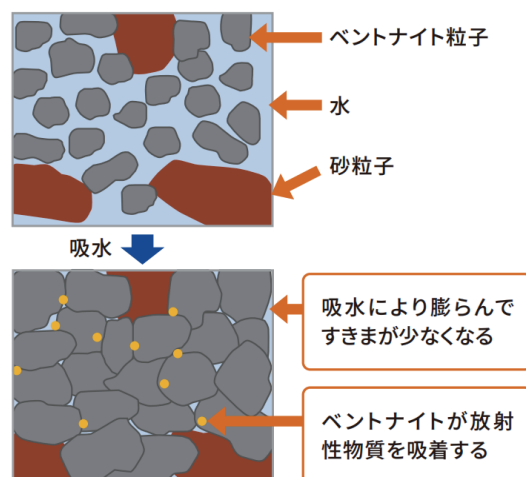


西川さん

オーバーパックは金属製で、耐腐食性や耐荷重性を入念に検討して設計されています。地下300メートル以上という環境で、少なくとも放射能レベルの高い1000年以上の間は地下水がガラス固化体に触れないように設計されています。

ガラス固化体、オーバーパックという人工バリアを施し、さらに3つ目のバリアとして『ベントナイト』が使用される。ベントナイトは天然の粘土鉱物で現在でも土木工事などで広く使用されている。

ベントナイトには、「膨潤」という水を吸って膨れる性質があり、膨張して隙間を埋めることで、侵入してくる水分（地下水）の流れを大幅に遅らせる。このため、仮に地下水が流入したとしても通常よりも非常にゆっくりとした流れになる。



・ベントナイトの膨潤性



西川さん

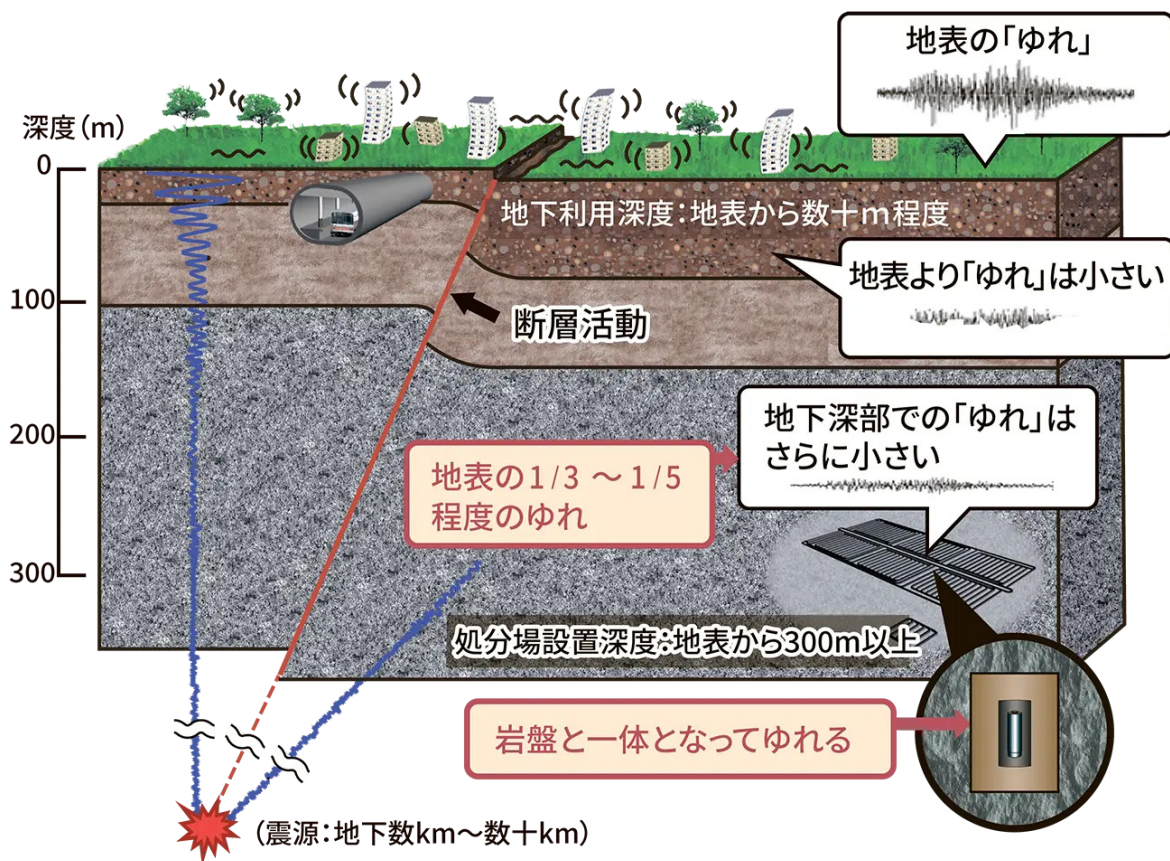
地下水の流れが遅くなると、仮にオーバーパックが腐食し、さらにガラスがゆっくりと溶け始めた場合でも、放射性物質を長期間にわたって周囲に留めておくことが可能です。地下水の流れを抑えることは、放射性物質を『閉じ込める』上で重要な要素です。

このベントナイトは、オーバーパックの緩衝材となり、地震などが発生した際でもオーバーパックへの物理的な衝撃を吸収する機能も併せ持つ。

一般的に、地下300メートル程度では地震の揺れは地表の三分の一から五分の一程度となります。揺れ自体も小さくなり、岩盤と廃棄体のスペースも無く一体となって揺れるので物理的な衝撃の影響は非常に小さくなります



高林さん



・地下と地上の地震の影響

自然の特性を活かした「天然バリア」

現在の都市は地下の開発が進んでいるが、日本一深い地下鉄駅(大江戸線 六本木駅)でも地下42.3メートル、建築物などの地下階は数十メートルというのが一般的だ。それに対し高レベル放射性廃棄物を埋設するのは地下300メートルよりも深い場所である。そこはどのような環境なのだろうか。

トンネルを想像すると、夏は涼しく、冬は暖かいとイメージされるかもしれませんが。地下300メートルでは気象の影響をほとんど受けず、温度は一定で、長期間にわたって安定した環境が保たれます。そして大きな特徴としては酸素が非常に少ないという点です。これによって物質の劣化につながる酸化のスピードが非常に遅くなります。



高林さん

地中では酸化しにくいという根拠の一つがスコットランドで発掘された「釘」だ。この釘はスコットランド中部のローマ時代の遺跡から発掘されたもので、実に80万本以上という大量の釘が埋設されていた。約2000年前に埋められたと推定されるこれらの釘は、外側には腐食が見られるものの、その内部が現在でも使用可能という状態で埋まっていた。



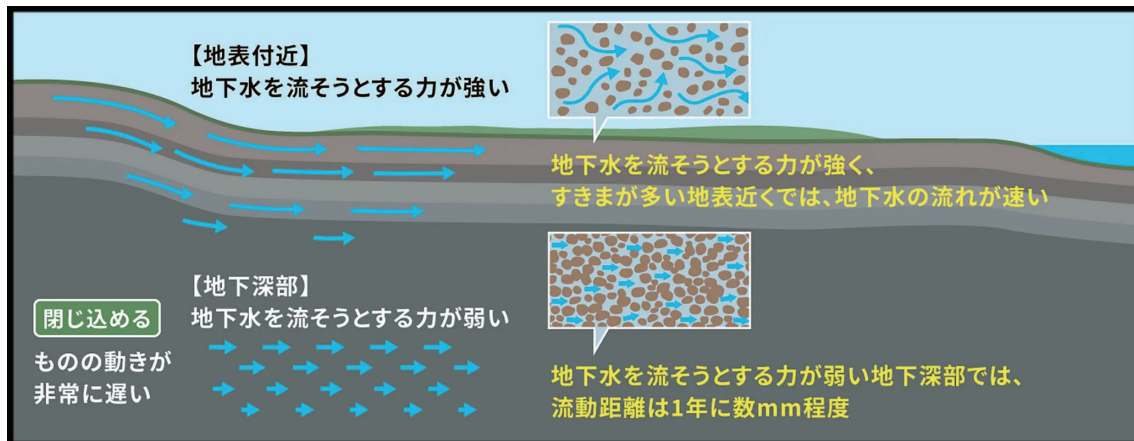
・発掘された2000年前の釘

地下300メートルの世界では物質がほとんど動かないというのも特徴です。地表だと雨が降ったり雪が溶けたりして様々な物が流れていきますが、地下300メートルでは動きがすごく遅いんです。地下水も1年で数ミリ程度しか動きません。



高林さん

酸素が極端に少なく、地下水の流れが非常に遅い地下300メートルは安定した世界のような。しかしながら、地震と火山が多い日本、数え切れないほどの活断層と様々な活火山があり、地下300メートルの世界にも何らかの影響を与えることがあるのではないだろうか。



・地表近くと地下深くの地下水の流れの違い

私が今取り組んでいるのがまさにそこです。安全な処分場所を探すために、文献調査、概要調査、精密調査と何段階もの調査を行います。これらの調査では、処分地に影響するリスクを調べ尽くして、それらをひとつずつ評価していきます。ですので、当然ですが不適地という評価となれば、その場所は除外されることになります。私たちの仕事は、最終処分地として不適の条件がひとつも当てはまらないこと、そしてより最適な場所がないかを探すことです。



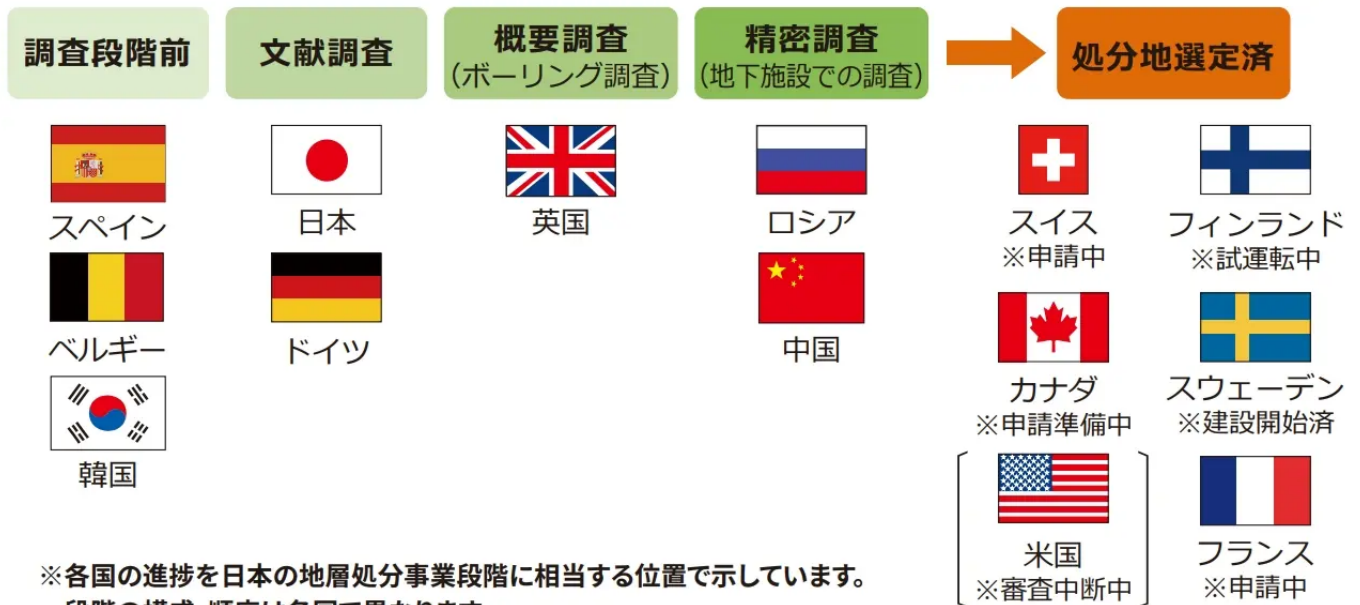
高林さん



確かに日本は地震や火山の多い国だが、地層処分するために必要な広さを考慮すると、安定で安全な場所は多く存在している。重要なのは候補地の地質環境を評価する「客観性」なのだと感じる。

世界で使われる「バリア」で未来へ

現在、世界各国でも地層処分の計画が進んでおり、5カ国が処分地を確定させ、フィンランドでは2024年8月から試運転を行う状況まで来ている。



※各国の進捗を日本の地層処分事業段階に相当する位置で示しています。
段階の構成・順序は各国で異なります。

※現段階での事業の進捗(2025.1時点)を示しているものの、計画の中止
などで変更があります。



西川さん

どの国も地質面での課題を一つひとつ丁寧に検討しながら地層処分の計画を進めています。日本では地震や火山のほか、地下水の動きや岩盤の安定性など、さまざまな自然条件を踏まえ、調査を実施しています。安全のために万全を期した地層処分を実施する上で、先行している国の事例を見られるというのは好条件のひとつだと思います。

高レベル放射性廃棄物は自国で処分するという原則があるので、開発競争で先んじる意義はそれほど多くない。自国での調査を十分に行い、その上で海外のノウハウを取り入れるのが重要だ。

今も高レベル放射性廃棄物は存在し、それは六ヶ所村の貯蔵管理センターなどで一時的に保管していただいています。処分ではなく地上保管を求める声もありますが、数万年単位の長期的な管理は、自然災害のリスクや将来世代に負担を残すことになり現実的ではないと考えています。そのため、私たちの世代で道筋をつける必要があるのです。



高林さん



西川さん

地層処分に適した場所を選定するためには、地質条件を丁寧に検討することが重要です。処分施設の近くに住んでも不安のない日々を過ごせるよう、技術力を日々高め安全を担保することがNUMOの使命だと考えています。

地層処分は電気を使い続ける以上避けて通れない課題だ。そして、どの国も『人工バリア』と『天然バリア』によって地下深部への処分を成り立たせる技術力を持っている。安全に地層処分を実現させるためには、地域の方々に寄り添う気持ちを忘れず、世界各国の叢智を結集して技術力を高め続けていく姿勢が重要なのだと思う。



地層処分技術を考えるシンポジウム2025 in 札幌

地層処分に関する海外の最新動向や、日本の技術の進展・現状などについて、第一線で活躍する専門家の方々にご講演いただきます。さらに、さまざまな立場の専門家によるパネルディスカッションや参加者との質疑応答を通じて、地層処分技術に対する理解を多角的に深めていただける機会を設けております。

開催概要

日時	2025年9月23日(火・祝) 13:00～16:00(12:30開場・受付)
会場	サッポロファクトリーホール 住所:札幌市中央区北2条東3丁目
参加費	無料
主催・後援	主催:原子力発電環境整備機構・後援:経済産業省 資源エネルギー庁

プログラム

第一部

招待講演

①テーマ:

国際的な視点から見た地層処分



講演者:ステファン マイヤー氏
(国際原子力機関(IAEA)原子力局放射性廃棄物処分部門
チームリーダー)

招待講演

②テーマ:

地層処分の観点からみた日本の地質環境特性



講演者:徳永 朋祥 氏
(とくなが ともちか)
(東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授)

講演

③テーマ:

日本における地層処分技術の進展と現状



講演者:柴田 雅博
(しばた まさひろ)
(原子力発電環境整備機構 理事)

第二部(パネルディスカッション・質疑応答)

テーマ:

日本における地層処分技術はどの程度成熟しているのか

ファシリテーター



佐藤 努(さとう つとむ)氏
(北海道大学大学院工学研究院 教授)

パネリスト



千木良 雅弘(ちぎら まさひろ)氏
(京都大学 名誉教授、公益財団法人
深田地質研究所 顧問)



ステファン マイヤー氏
(国際原子力機関(IAEA)原子力局
放射性廃棄物処分部門
チームリーダー)



徳永 朋祥 氏
(東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授)



柴田 雅博
(原子力発電環境整備機構 理事)