

FNCA 放射線安全・廃棄物管理プロジェクト ワークショップ セッションサマリー

セッション 3: カントリレポート

1) オーストラリア（オーストラリア原子力科学技術機構（ANSTO）/ダンカン・ケンプ氏）

この議論では、オーストラリア国内で天然放射性核種（NORM）を管理するための要件について説明する。オーストラリアには、[放射線防護シリーズ 15 - 安全ガイド - 天然放射性核種（NORM）の管理](#)の国家ガイダンスによって提供される、NORMを管理するための強力な規制枠組みがある。この一環として、組織は施設を操業するためのセーフティケースを規制当局に提供する必要がある。施設を建設し操業するためのセーフティケースには、すべての安全、セキュリティ、品質、操業計画が含まれており、特に NORM については、NORM 管理計画及び施設の寿命の終わりでの復旧計画が含まれている。有害廃棄物処分のためのサンディリッジ施設（Sandy Ridge Facility）を例に用いる。この施設は粘土鉱山であり、鉱山が終了した時の有害廃棄物の処分にも使用される。

サンディリッジの NORM 管理計画は、物質の性質（化学的、物理的及び放射線学的）、汚染物質、及び生産量と生産率を含めて廃棄物を記述する必要があった。また、社会・文化遺産、及び現在と将来の土地利用を含め、廃棄物が処分される環境についても記述する必要があった。施設と手順を含む廃棄物管理システムは、放射性廃棄物の取扱い、処理、貯蔵及び処分、及びその結果としての放射性核種の環境濃度及び公衆に対する放射線量の予測に関与していた。

サンディリッジの NORM 管理計画には、環境中の放射性核種の濃度を監視し、公衆構成員に対する放射線量を評価するプログラムを含める必要があった。環境中への放射性廃棄物の偶発的な放出、又は操業の早期停止に対処するため、不測事態対応計画が策定された。廃棄物処分作業及び監視と評価の結果に関する定期報告が必要であった。また、操業及び関連する廃棄物管理施設の廃止措置、及びサイトの復旧に関する計画も含める必要がある。

操業段階においては、発生する廃棄物の性質又は量を変える可能性のある操業の変更、廃棄物の閉じ込めシステムを変更する提案、及び承認された放射性廃棄物管理計画の性能の変化につながる可能性のある予期せぬ状況を、適切な当局に通知しなければならない。

すべての要件に従うことにより、サンディリッジは NORM の操業と処分の承認を受けた。

2) バングラデシュ（バングラデシュ原子力委員会（BAEC）/モイヌル・イスラム氏）

自然起源の放射性核種以外にあまり放射性核種を含まない物質は、NORM として定義される。かなりの量の放射性核種が、国の規制上の決定に依存している。人為的に濃度が高められた自然起源放射性核種を含む物質は、TENORM（Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials）と呼ばれる。TENORM は、多くの場合、鉱物採掘、リン酸肥料生産、水処理及び浄化、石油・ガス生産、石炭燃焼、金属くずリサイクル及び焼却などの産業によって生成される、大量の低放射能廃棄物ストリームである。NORM からの個々の被ばくレベルは、通常小さい。しかし、

TENORM は場合によっては危険であり、放射性廃棄物に分類され得る。

今回の発表では、NORM と TENORM の考え得る発生源が強調されている。NORM 放射性核種の既存の政策及び規制クリアランスについて言及されている。アルファ/ベータ汚染モニター、線量率モニター、放射性同位元素識別装置、ガンマ分光システムの組み合わせにより、健康の保護と NORM/TENORM 特性評価のための規制遵守をカバーしている。NORM 残渣の分析が、これらのアプローチを適用して行われた。現在の NORM 管理といくつかの課題についても、この発表で簡潔に論じられている。

3) インドネシア (国立研究革新庁 (BRIN) /アディ・ウィザヨント氏)

インドネシアは、原子力エネルギーに関する法律 1997 年第 10 号、電離放射線の安全と放射線源のセキュリティに関する政府規則 (GR) 2007 年第 33 号、電離放射線源と核物質の許認可に関する GR 2008 年第 29 号、危険廃棄物の管理に関する GR 2014 年第 101 号及び放射性物質の輸送における放射線安全とセキュリティに関する GR 2015 年第 58 号、さらに TENORM の介入に関する BAPETEN 議長制定法 (BCR) 2009 年第 9 号及び TENORM の貯蔵における放射線安全に関する BCR 2013 年第 16 号から成る、NORM/TENORM のための規制枠組みを有している。技術、環境、経済に基づいて選定された NORM 処分方法を用い、産業埋立地のようにインドネシアで適した潜在的な NORM 廃棄物の処分経路の存在が、NORM 処分施設及び低レベル廃棄物施設として認可された。インドネシアのインベントリ NORM は、核種別の一番高い地域は、K-40 はマムジュ県 (範囲 3-1545 Bq/kg、平均 142 ± 3 Bq/kg)、Th-232 はマムジュ県 (範囲 5-3457 Bq/kg、平均 45 ± 4 Bq/kg) 及び Ra-226 はビアク島 (範囲 5-7586 Bq/kg、平均 33 ± 3 Bq/kg) である。石油・ガス会社の NORM 発生産業のマッピング結果：石油化学固形廃棄物において Ra-226 は、グレスックで 522.30 ± 49.41 Bq/kg であり、オイルスラッジの Th-232 は ALS Ind 社が 42.22 ± 4.38 Bq/kg であり、石油化学固形廃棄物の U-238 はグレスックが 31.91 ± 6.78 Bq/kg であった。電力公社 (PLN) (北スマトラ) でリサイクルされ建材として使用された NORM のフライアッシュ中濃度は Ra-226 が 88.25 ± 8.95 Bq/kg、Th-232 が 88.39 ± 8.95 Bq/kg、U-238 が 30.56 ± 3.55 Bq/kg であり、Kaltim Prima Coal 社 (KPC) (東カリマンタン) のボトムアッシュ中濃度については、Ra-226 は 65.79 ± 6.82 Bq/kg、Th-232 は 55.53 ± 5.79 Bq/kg、U-238 は 45.50 ± 4.55 Bq/kg であった。東カリマンタンの Total E&P Indonesia での放射線学的評価に基づく、調査地域のいくつかのサイトが NORM 廃棄物によって汚染されている (最大 Ra-226=2432 Bq/kg; Ra-228=5667 Bq/kg; Th-228=7651 Bq/kg)。一部の場所では、スズスラグを含むいくつかの袋が見つかった。スズスラグ砂は、数年前にタンクを洗浄するためサンドブラastingプロセスが行われたときに使用された。バンカ島とブリトゥン島の TENORM 排水量と放射線レベルのインベントリリストが推定され、測定されている。作業区域、特にスズ分離サービス会社でのスズ採掘作業者の放射線安全を最適化するための技術勧告が、作業者の経済と安全を考慮に入れて作成されている。

4) 日本 (日本原子力研究開発機構 (JAEA) /齋藤龍郎氏)

- ・ 日本における浅地中処分の規制基準は、原子炉等規制法に従って、公衆への影響が基準を下回るまで放射性廃棄物の放射能を廃棄物処分サイト内に閉じ込めることである。

- ・ 日本でのウラン廃棄物処理は、2010年に原子力安全委員会が策定したカテゴリー2の廃棄物処分プロジェクトの安全基本概念の適用から除外されている。
- ・ ウラン廃棄物のクリアランスとウラン廃棄物の処分に関する規制基準を確立するため、2021年にクリアランスとウラン廃棄物に関する規制の概念が原子力規制委員会によって策定された。
- ・ ウラン廃棄物規制基準の要件；
 - ① クリアランスされた廃棄物中のウランの平均放射能濃度は、約 1 Bq / g を下回るべきである。
 - ② 浅地中処分サイト内でのウランの平均放射能濃度は、埋設時に約 1 Bq / g を下回るべきである。

5) カザフスタン (カザフスタン国立原子力センター (NNC) /ヴィチェスラブ・グニャリャ氏)

カザフスタンでは大量の放射性廃棄物が蓄積されており、その量は増大する傾向にある。そのため、廃棄を含む、その安全な管理を確実にすることが要求されている。NORM/TENORM 物質は、ダンプ、尾鉱、汚染された土、管類、機器などの形で、ウラン採掘、石油・ガス生産、冶金産業の廃棄物に代表される。

以前のウラン鉱山及び露天掘りピットの汚染された土地の回復のために、特別な国家プログラムが実施された。さらに、ウラン採掘及びウラン加工産業からの廃棄物の管理のための多数の操業中施設がある。

カザフスタンにおけるポリメタル、レアアース、及びリン灰石の多数の鉱床は鉱化ウランを含んでおり、これは鉱石採掘時に主鉱石と一緒に採掘される。鉱化した放射性物質の一部はダンプ及び尾鉱に行き、また一部は主鉱石中に残る。

石炭鉱床では、石炭の採掘中と出荷中の両方で恒久的な放射線モニタリングが実施されている。国内の石油産出地域における生態学的状況を改善するために、また、管類及び石油・ガス機器を生産サイクルに戻すために、化学技術移動複合施設を創設するプロジェクトが成功裏に実施されている。

NORM/TENORM 管理の問題の最も重要な側面は次のとおりである。

- 放射性廃棄物管理システムの欠陥
- 放射性廃棄物管理のための組織的対策の実施プロセスの不完全さ
- 放射性廃棄物の安全な管理のための国際的に認識された原則を満たす効果的な資金調達メカニズムがまったくないこと

2021年1月2日、新しいカザフスタン共和国環境法が採択され、2021年7月1日に発効した。この新しい環境法の採択は、環境影響評価の低い効率、廃棄物の分野での法的規制の不適切さ、環境管理における公衆参加の制限、現行法による環境被害の経済評価の不適切な手順のためである。新しい環境法は、最善の国際経験に基づいて策定されたことに留意すべきである。

6) マレーシア (マレーシア原子力庁/アフマド・クハイルリクラム・ビン・ザハリ氏)

マレーシアの NORM に関連する主要産業には、スズ採掘、鉄製錬、石油・ガス、及び希土類抽出

がある。これらの産業は、人為的に濃度が高められた天然放射性核種（TENORM）を異なる放射能レベルで生成する。NORM 管理戦略は、廃棄物自体の性質と使用方法の経済的実行可能性に依存する。マレーシア原子力庁で現在管理されている NORM 廃棄物の 1 つは、希土類抽出プロセスでトリウムとウランの元素を除去するのに使用される溶媒である、ジエチルヘキシルリン酸（DEHPA）である。1997 年に受け取られて以降、DEHPA 廃棄物を処理し調整するための複数の研究活動が実施され、さまざまな結果を得てきた。これらの結果から学んだ現在の研究は、まず蒸留によって廃棄物量を減らして DEHPA 廃棄物のケロシン部分を分離し、その後ジオポリマー（Geopolymer）を用いて濃縮 DEHPA を固定化することを目的に設計された。ジオポリマーは、室温での合成能力や、加工副産物に由来する出発原料の豊富さなど、廃棄物形態として使用するのに多くの経済的利点がある。

7) モンゴル(モンゴル原子力委員会/オユンボロル・ガルネメフ氏)

モンゴルでは非常に大量の天然放射性核種（NORM）廃棄物が抽出産業によって毎年生成されており、このことは、国の環境保護機関及び規制機関の注意を喚起するに値する。NORM 廃棄物は、概して、石炭、銅、亜鉛、鉛及び REE 鉱山、油井・ガス井といった多様な産業活動の望まない副産物を構成している。これらの産業部門の多くにおいて、天然放射性核種の問題が存在する。作業員及び一般公衆にとっての主なリスク源は、大気中に存在する短寿命のラドン娘生成物である。このリスク源は、この国の地質条件により、モンゴル全土に存在する。ウラン濃度の高い花崗岩がこの国の領土全体に存在する。これらの花崗岩は、放射性鉱物鉱床中のウラン、及びウラン以外の採掘場及び採掘湖の NORM の主な発生源である。

近年、ウラン及びその他の鉱山に関する放射線防護と修復措置の分野において多くの作業が行われてきたが、NORM 廃棄物を処分する必要性は、これまでのところ完全に取り入れられていない環境上及び規制上の意味合いを持つだろう。現在、NORM 規制が、モンゴル政府による承認の最終段階にある。ほとんどのコンセプト（グレーデッドアプローチ、適用除外、通知、許可等）はすでにモンゴルの規制枠組みに含まれている。

ラドンの問題は、さまざまな文書のいくつかの記事以外には、まだモンゴルの規制枠組みにおいて明示的に言及されていない。ラドン・アクションプラン（Radon Action Plan）は承認されておらず、ラドン調査（Radon Survey）はモンゴルでは行われていない。特別調査局（General agency for specialized inspection : GASI）及びその下部組織であるメトロポリタン調査局（Metropolitan inspection agency : MIA）は、学校、幼稚園などの公共建物において測定キャンペーンを実施している。職場、既存及び新規の建物、採掘場の規制限度（職場について 1110 Bq/m³、既存及び新規の建物について、それぞれ 200 及び 100 Bq/m³）。調査結果に基づき、ラドン濃度が参考レベルを超えた場合、GASI 及びその下部組織である MIA は公共建物の所有者／使用者に情報を提供し、非公式な勧告を行う。

研究所のキャパシティと人材の不足、及び国のラドン・アクションプランの不在が、モンゴルにおける NORM 規制の主要な課題である。

8) フィリピン（フィリピン原子力研究所（PNRI）/クリスティン・マリー・D・ロマロサ氏）

フィリピンの天然放射性核種（NORM）の潜在的発生源の概要は、報告の中で論じられている。これらの潜在的発生源は、石炭鉱業及び産業、とりわけ銅、金、鉄の鉱物採掘、石油・ガス探査及び肥料産業である。さまざまな R&D 作業による測定・分析の結果も示す。これには、土壌、一部の建材、石炭・鉱物加工などの NORM 産業における放射能濃度、及びラドンレベルが含まれる。これらの研究の目標は、NORM 管理に関する政策提言である。

NORM/TENORM に関する国家的枠組みに関しては、2020 年以降あまり進展がなかった。つまり、フィリピンにはまだ NORM の管理に関する既存の政策や法令はない。NORM の処理から生じる廃棄物の管理のための要件を扱っている放射性廃棄物管理に関するいくつかの規則はあるが、これらの産業は現在、規制されていない。

最後に、この報告では、フィリピンにおける放射性廃棄物管理に関する最新情報も示す。現在の廃棄物のインベントリと、PNRI-RWMF の進行中の活動について論じる。

9) タイ（タイ原子力技術研究所（TINT）/クリッサディ・ユボンハット氏）

本稿では、使用されていないレアアース処理施設からの NORM 残渣の管理について述べ、試料採取した NORM 残渣の元素調査の結果も明らかにする。初期の管理段階で、以前 HDPE ドラムに保管されていた残渣を、従来の金属ドラムを用いて再び封入し、その後一時的に別の建物に保管した。ICP-OES 技術は、液体残渣試料中に異なる元素が存在することを明確に確認した。トリウムの濃度は 0.20~14211.3 mg/L の範囲であるのに対し、ウランの濃度は 1.625~22065.0 mg/L の範囲であった。また、XRF 技術は、固体残渣試料が複数の元素から成ることも示した。試料中に見つかった二酸化トリウム（ThO₂）の含有量は最大 59.42%、二酸化ウラン（UO₂）の最大含有量は 3.45%であった。計算による結果から、残渣中のトリウム及びウランの放射能濃度は、それぞれ最大 2,141 Bq/g 及び 422 Bq/g であり得ることが示された。

10) ベトナム（ベトナム原子力研究所/レ・ティ・マイ・フォン氏）

放射性廃棄物 NORM/TENORM の管理については、現在、世界中の国々、特に IAEA が関心を寄せている。ベトナムは NORM/TENORM に関連する施設を開始したばかりで、この管理はまだ比較的新しい。国の管理機関はこの問題に関連する特定の政策を持っていない。本稿では、ベトナムの放射性元素を含む採掘・加工施設での、この形態での廃棄物管理の現状を述べる。具体的には、ウラン処理実験、海浜砂鉱物の採掘と加工、レアアース鉱石の採鉱と加工、及び ZOC 生産における尾鉱廃棄物管理の問題である。本報告では、近い将来にベトナムでこの種の廃棄物を開発する可能性についても報告し、環境の安全を確保し企業が放射性元素を含む鉱物資源の探査、掘削及び加工の分野に参加することを容易にするため、ベトナムの NORM/TENORM に関する物質管理政策を策定する必要性について、天然資源環境省、科学技術省にいくつかの勧告を提案する。現在、我々には NORM 廃棄物管理に関する一般規制もなければ、鉱物、チタン及びウランの採掘を除く関連産業での NORM の放射線安全管理に関する特定の規制もない。上記で概説したガイドラインは、主に放射能濃度評価に基づいている。世界の動向が、年間線量基準（1 mSv/year）の適用に向けてますます動いている間に、多くの解決策が提案された。

セッション5：NORM/TENORMの統合化報告書に関する発表

1) 日本の NORM サーベイに関する現況（日本、岩岡和輝氏）

日本では多くの種類の天然資源を輸入し、工業原料として使用している。しかし、天然資源中の自然放射性核種の放射能濃度は、まだ十分に特定されていない。一部の天然資源が自然放射性核種を高濃度で有する場合、その作業者は産業利用によって高い放射線レベルに被ばくする可能性がある。自然放射性核種を高濃度で含有する天然資源を指定することが重要である。

この発表では、天然資源中の自然放射性核種の濃度調査に関する現状を報告する（例えば、QST NORM データベース）（図1及び2）。

QST NORM データベース：<http://www.nirs.qst.go.jp/db/anzendb/NORMDB/ENG/index.php>

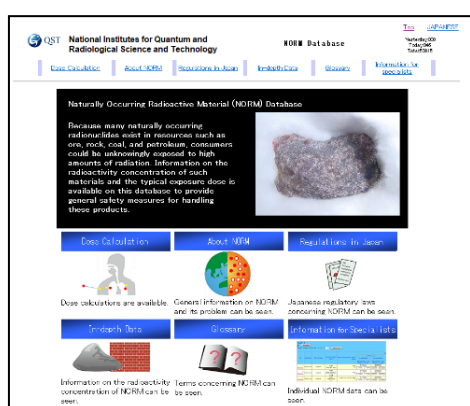


図1. QST NORM データベースのウェブサイト

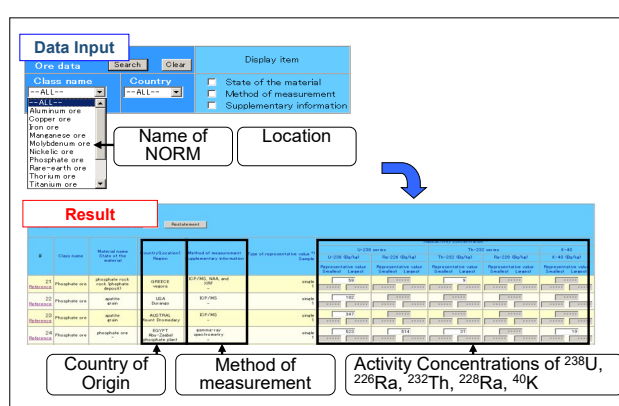


図2. QST NORM データベースでの NORM 濃度の検索システム

2) 人文・社会的観点から考えるウラン廃棄物管理に関する展望（日本、保田浩志氏）

天然ウラン及びその子孫核種で汚染された廃棄物、いわゆる「ウラン廃棄物」の放射能は、数十万年にわたって減少することが期待できない。むしろ、将来世代の潜在被ばくが、我々よりもより重要であり得る。一方、はるか昔から自然環境に存在する核種であることが特徴である。この特異な特徴を考えると、自然科学／工学の観点だけでなく、歴史、考古学、哲学、言語学など、人文科学／社会科学の観点からもより多くの調査が必要であると考えている。