

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 : カントリーレポート

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)

オーストラリアにおけるNORM管理を改善する方法について検討する。オーストラリアには、「放射線防護シリーズ15 - 安全ガイド - 自然起源放射性物質 (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。オーストラリアには9つの管轄区域があり、それぞれの管轄区域がNORMを定義、規制するための独自の方法を有している。NORM規制の最近のレビューが放射線健康安全諮問会議 (Radiation Health and Safety Advisory Council) (放射線安全関連事項に関するオーストラリアの最高科学諮問機関) によって実施された。ここでは、このレビューとその勧告事項について論じる。勧告事項は、国際機関の関与、リーダーシップの役割の維持、グレーデッドアプローチの開発、国際貿易への影響及び公衆とのコミュニケーションである。

2) バングラデシュ (バングラデシュ原子力委員会 (BAEC) /カンドカー・アサズザマン氏)

工業製品及び副生成物に含まれる自然起源放射性核種 (NOR) は、様々な工業プロセスによって濃度が高められ、その後、生産施設内でNORを多く含む沈殿物・廃棄物 (例えば、スラッジ、スケール、生産水、ピグ洗浄屑、排出物、残渣など) を形成し、それによりTENORMを形成することがある。このプレゼンテーションでは、NORM/TENORMを含む放射性廃棄物の管理のための国家機関及び法規制枠組みについて概説する。NORM放射性核種に関する既存の政策及び規制認可が強調されている。バングラデシュ国内の考えられるNORM/TENORM産業・発生源について述べる。最後に、NORMの特性評価及び管理について紹介し、いくつかの課題についても簡略に論じる。

3) インドネシア (国立研究革新庁 (BRIN) /ダドン・イスカンダル氏)

近年、インドネシアにおけるNORM/TENORM管理に関連する活動が増大している。本レポートでは、TENORMの管理についてのみ述べる。インドネシアにおけるTENORMの発生源は、スズ採掘・加工、石油・ガス会社、石炭火力発電などと、鉱工業からのものである。インドネシアにおけるTENORM管理の手順としては、一般に、TENORMを生成する企業は、どういった放射線防護を適用すべきかを知るために放射線学的研究を行うべきだということである。汚染された敷地があれば、そのような敷地の浄化を行うことが求められる。TENORM残渣・廃棄物は、自社の中間貯蔵場に貯蔵される。インドネシアにはTENORM廃棄物の最終処分場はない。本レポートでは、インドネシア国内の規制基盤についても説明し、それがどう導入されているかについても述べる。インドネシア

のTENORMに関する課題は次のとおりである。1) インドネシア国内のいくつかの規則に矛盾する、一貫していない基準であり、したがって、インドネシアのTENORM管理の全国システムを確立するために各当局間の調整が必要である。2) TENORMを生成している産業での労働者は依然として放射線防護の知識が乏しい。3) TENORM残渣・廃棄物の中間貯蔵場は面積が非常に限られており、施設的环境も劣悪である。4) インドネシアにはTENORM廃棄物の最終処分場がない。

4) 日本

① (日本原子力研究開発機構 (JAEA) /齋藤龍郎氏)

日本のカントリーレポートとして、次の2つのトピックを紹介する。

1. 自然の放射性物質の規制適用除外

2. ウラン (U) 又はトリウム (Th) を含有する原材料及び製品の安全を確保するためのガイドライン

要約して、次のように報告する。

- ▶ 日本には、NORMに関する2つのガイドラインがある。1つ目はNORMのカテゴリー分類に関するもので、含有する鉱物又は一般的なストリームで8つのグループに分け、各ガイドライン線量 (1 mSv/y又は10 µSv/y) で措置・適用除外を判断する。
- ▶ 2番目のガイドラインはNORMの安全確保を目的とするもので、被ばく低減のために、対象とする製造業及び一般消費財に対し、ガイドライン放射能 (1又は10 Bq/g) のフローチャートを用いてスクリーニングすることによって対策を準備する。

② (広島大学/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」の放射能は何十万年にもわたって減少することは期待できない。むしろ、将来の世代の潜在的被ばくは我々の世代の被ばくよりも重大である可能性があり、はるか昔から自然環境に存在する核種であることによって特徴づけられる。人間の歴史という観点からは、これらの法的システム及びその根底にある考えはそう遠くない将来、不明確になり、将来の世代には理解されないだろうと考えるのが自然である。こういった特異な問題を考慮して解決策を考案するためには、自然科学・工学の観点からばかりでなく、歴史、考古学、哲学、言語学等の人文科学・社会科学の観点からもさらなる研究が必要である。このトピックに対するいくつかの洞察を紹介する。

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)

国際社会が直面している主要な課題の一つは、人間が原子力エネルギーを使用することに起因する電離放射線源、放射性廃棄物及び使用済み燃料の取り扱いという問題であった。この問題はカザフスタンにとっても関連性が深い。なぜなら、第1に、以前の核実験場に大量の蓄積があり、また、ウラン産業の企業や医療機関から放射性廃棄物が生成され続けているからである。第2に、カザフスタン国内には5基の原子炉が存在し、これらが使用済み燃料の主要な発生源だからである。

カザフスタンには大量のNORM/TENORM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ため、処分を含むその安全管理を確実にすることが要求される。NORM/TENORM物質は、

ダンプ、尾鉱、汚染された土、管類、機器などの形での、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。

カザフスタンにおける放射性廃棄物の取り扱い、電離放射線源及び使用済み燃料管理を規制するために、法律、規則及びその他の規範的法令という形態での多数の文書の作成と改訂が進行中である。しかし、カザフスタンがこの分野で多くの経験を有するという事実にもかかわらず、近い将来に義務的解決策を必要とする法規制枠組みと原子力エネルギー施設のインフラにおける課題がある。

6) マレーシア (マレーシア原子力庁/モハマド・ザイディ・ビン・イブラヒム氏)

マレーシアでは、自然起源放射性物質 (NORM) が関わる活動はすべて、1984年原子力利用許可法 (Atomic Energy Licensing Act 1984) [法令第304号] の規定のもとで規制されている。鉱物加工、石油・ガス、及びスズ採掘が、NORMに関連する活動が関わる主要な産業である。NORMが関わる活動のコントロールが法令第304号の対象になるかどうかを決定するためにはクリアランスレベルが使用され、労働者、公衆、及び環境の安全を確実にするために、利用許可、規制、及び安全のすべての側面が順守されなければならない。すべてのライセンスが要件を順守し、規則に定められた目標が達成されることを確実にするために、指針、規則、基準が規制当局から提供される。クリアランス限度に満たないNORMを含有する残渣は1974年環境質法 (Environmental Quality Act 1974) (法令第127号) の下で規制される。

7) モンゴル(モンゴル原子力委員会/バットデルゲル・ウランチメグ氏)

モンゴルは原子力産業を持たない発展途上国である。放射性廃棄物は、医療、研究、農業、地質学、鉱業及び工業における放射性同位体の使用から発生する。これらの廃棄物は詳しく特性評価されておらず、十分とは言えない条件で貯蔵されている。使われなくなった放射性廃棄物は、主として1987年に建てられたアイソトープセンター (IC) に貯蔵されている。

非常に大量の自然起源放射性物質 (NORM) 廃棄物が毎年、モンゴルのNORM関連産業によって生成されており、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、鉛及びレアアース鉱山、油井・ガス井といった多様な産業活動からの不必要な副産物を構成する。これらの産業分野の多くでは、NORMの問題が存在する。

労働者及び公衆に対する主要なリスク源は、空気中に存在する短寿命のラドン娘核種である。このリスク源は、モンゴルの地質学的条件により、この国に存在する。国土のほとんどにはウラン濃度の高い花崗岩がある。これらの花崗岩は放射性鉱物鉱床中のウラン、及び、他のウラン以外の採掘場・採掘湖におけるNORMの主要な発生源である。現在、NORM規則がモンゴル政府による承認の最終段階にある。ほとんどの概念 (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。

2020年3月現在、69の炭鉱、23のその他の鉱物資源鉱山、4つのレアアース鉱山、2つの石油開発会社が有効な採掘ライセンスを有しており、13の火力発電所 (TPP)、144の建築材料工場が、規制機関によるNORMのコントロールのためのサンプリング・プログラムの下にある。NORMを生成する産業

は国内で完全に特定されているわけではない。ラドンの問題は、いくつかの文書でのいくつかの条項以外には、モンゴルの規制枠組み内ではまだ明示的に言及されていない。モンゴルでは、ラドン・アクションプラン（Radon Action Plan）は承認されておらず、ラドン調査は行われていない。国内BSS（基本安全基準）（2015）では、職場、採掘場の規制限度が、屋内（職場について1,110 Bq/m³、既存建物及び新規建物についてそれぞれ200及び100 Bq/m³）について規定されている。特別調査局（General agency for specialized inspection : MES）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）が、過去数年間、ウランバートルの学校、幼稚園などの公共の建物でのラドン測定キャンペーンを実施し始めた。試験所のキャパシティ不足、人的資源、及び国のラドン・アクションプランがないことが、モンゴルのNORM規制の主要な課題である。しかし、様々なメーカーの限られた数の計器類が現在使用されているが、国内の要求されるラドン測定の品質管理を確実にすることはできない。モンゴルで全国的なラドン調査を実施するためには、長い距離を移動する必要があることも難しい課題である。したがって、NORM残渣の規制管理の強化、及び、モンゴルでの全国的なラドン調査の確立のためには、国際協力（例えば、二国間協力又は地域的協力）が重要である。

さらに、1945年のウラン探鉱開始以来、12を超えるウラン鉱床、100箇所のウラン鉱徴地、約1,400の異常値が、Mongol-Priargun、Gobi-Tamsag、Khentei-Daur、Northern Mongolianの各鉱床区で発見されている。モンゴルは世界第11位のウラン資源国である。Badrakh Energy社が、原位置技術によって行われるDulaan-Uulプロジェクトを試行しており、2年間の試験的操業の後、およそ20トンのウランが操業中に生産され、年間260トンを超える放射性廃棄物が生成される。

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NORMの潜在的発生源の概観を論じる。発生源は、石炭採鉱・産業、鉱物採鉱（特に銅、金、鉄）、石油・ガス探査及び肥料産業からのものである。

フィリピンにおけるNORMレベルの特性評価に関するいくつかの研究開発活動がある。これには、土壌や一部の建築材料、石炭・鉱物加工等のNORM産業における放射能濃度、及びラドン濃度が含まれる。これらの研究の目的は、放射線防護とNORMの管理に関する政策提言である。

NORM/TENORMに特定のものではないが、それを超えると規制管理が必要になる固形物のバルク量を含む適用除外濃度が規則に示されている。しかし、NORMのコントロールと管理に関する既存の政策と法令はフィリピンにまだ存在しない。NORMの処理から生じる廃棄物の管理に関する要件を扱った、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。

現在、廃棄物管理の選択肢にはNORM/TENORMは含まれていない。2022年にIAEAの職業放射線防護評価サービス（Occupational Radiation Protection Appraisal Service : ORPAS）ミッションが実施されたが、その主要な勧告事項の一つは、労働者の防護のための要件を国が制定し、施行するというものである。これにより、近い将来、NORM/TENORMの政策と規制という点で、さらなる進展が期待される。

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)

タイ国内で発生するNORM/TENORM廃棄物に関する研究は2002年に導入されたが、NORMのタイプ、数量、及び発生源に関する情報は依然として乏しい。様々な汚染物質中の自然の放射性核種の含有量が調査され、その結果、一部の物質中に見られるNORMは濃度が高いことが示されている。特に、タンタル加工から生じる沈殿物・廃棄物、及び、未使用レアアース加工施設からの残渣などである。しかし、そのような廃棄物を生じる可能性のあるすべての部門からNORM情報を得るために、さらなるNORM/TENORM廃棄物研究が必要である。これはNORM/TENORM廃棄物からの自然放射線による潜在的リスクからの公衆と環境の防護を改善できるばかりでなく、国のNORM規制プログラムの策定にも役立つ。外国からのNORM/TENORM汚染材料は意図せずにこの国にもたらされたものであるため、特に注意を払う必要がある。ここでは、輸入ゲートでの放射線監視システムの能力と利用可能性をチェックすべきである。NORM/TENORM汚染物を貯蔵するための放射性廃棄物管理センター (RWMC) のスペースが不十分という問題がある。またこの問題は、省令案が正式に公布されれば、さらに悩まされる可能性がある。

10) ベトナム (ベトナム原子力研究所/グエン・タン・トゥイ氏)

自然起源放射性物質 (NORM) 及び人為的な過程を経て濃度が高められた自然起源の放射性物質 (TENORM) は、ベトナムでは、ウラン、レアアース、鉍物砂鉍床の採鉍・加工、及びその他の資源部門によって生成されている。ベトナムは6億5,000万トンを超える砂鉍床埋蔵量を有する豊富な沿岸資源を持つ。砂鉍床は主にベトナム中央部に集中している。一部の鉍物は、イルメナイト、白チタン石、ルチル、ジルコン、レアアース鉍物、モナザイトなどの鉍物砂鉍床から分離することができる。NORMは通常、この鉍物選鉍中に生成される。この放射性廃棄物は採鉍場に埋められる。TENORMはジルコン及びモナザイト生産から生じる。これはライセンスを受けた処分場に輸送され、厳しい基準に従って地下に埋められる。

最初の原子力発電所のプロジェクト中止により (ニントゥアン省中部に位置)、ベトナムでのウラン採鉍及び加工も2016年に中止された。この中止決定前に、8,000トンの八酸化三ウラン (U₃O₈) の埋蔵量探索と評価に関する国家プロジェクト (2012年) から生じた100トンのウラン尾鉍が処理され、浅地中処分法によって処分された。ウランに関する最新の研究は研究施設において小規模で行われている。NORM/TENORMの生成量は現在、比較的少ない。

ベトナムは、大量のレアアース埋蔵量 (2,000万トン超) を有しており、その中には、モナザイトやゼノタイムのように放射能を有している鉍物がある。ベトナムには操業中のレアアース深部採掘プラントはない。レアアースに関連するNORM/TENORMは主に研究活動から生じる。これらの放射性廃棄物はレアアース会社及び研究機関の一時的倉庫において処理され、管理された。

一般に、ベトナムにおけるNORM及びTENORMは比較的良く管理されてきたが、これらの放射性廃棄物に関連して、次のようないくつかの課題がある。

- 既存の小規模放射性廃棄物管理施設をアップグレード又は拡張する。

- 高層建物にある住宅内及び地下の土木工事、及び鉱山におけるラドンガスに関連する管理文書を策定する。
- NORM/TENORMに関係する環境事象・事故を防ぐために、すべてのNORM/TENORM関係産業を管理できるように、国の管理機関のキャパシティを向上させる。
- NORM/TENORM廃棄物の埋立場のための、適用除外、許認可、清算整理、並びに環境モニタリングに関連する査定及び評価に関して、技術支援機関のキャパシティを強化する。

セッション 5:トピックス

1) NORM/TENORM に関する国際的動き(日本原子力研究開発機構 (JAEA) /橋本周氏)

各国際組織はNORM/TENORMに対する取り組みを行ってきた。重要なアクションは以下のとおりである。

ICRPは2019年にPublication 142「工業プロセスで自然に発生する放射性物質 (NORM) からの放射線防護」(Radiological Protection from Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in Industrial Processes) を刊行した。この刊行物は、NORMは放射線緊急事態の実際の可能性を示してはおらず、最適化された放射線防護によって、すでに実施されているハザード管理が補完されると勧告している。基準レベルが示された。

IAEAは2020年に国際会議「産業における自然起源放射性物質 (NORM) の管理」(management of naturally occurring radioactive material (NORM) in industry) を開催した。議事録は2022年に発行された。多くの国が行った多くの措置が紹介され、論じられた。これは、2021年における個別安全指針 No. SSG-60「ウラン生産及びその他の活動からの自然起源放射性物質を含有する残渣の管理」(Management of Residues containing naturally occurring radioactive material from uranium production and other activities) の策定に寄与したと思われる。

ECはTENORMからの放射線防護に関する文書を発行した。1999年にECはTENORMの影響を受ける職場の規制管理のための基準レベルを設定した。USEPAは米国におけるTENORMに関する情報を発表した。WNAは世界のNORM情報を要約した。

これらのアクションは1977年以来数回発行されたUNSCEARの科学レポートに記載のデータに基づいている。

2) 放射性廃棄物管理に関連した環境放射線(近畿大学/山西弘城氏)

経済産業省 (METI) 及び東京電力 (TEPCO) からの公開資料を使用することによる「多核種除去設備 (ALPS) 処理水放出」に関する紹介レポート

東京電力福島第一原子力発電所 (FDNPS) 1~4号機の廃炉に向けた中長期ロードマップ1)

2011年12月に初めて採択された廃炉中長期ロードマップは、日本政府が廃炉の取り組み全体を主導することを明確にした。それ以来、日本政府はロードマップを数回改訂して、適切なマイルストーンとタイムラインを設定した。

水管理2) (主要課題の一つ) : 燃料デブリ冷却用の水がそのデブリに触れ、それにより、高濃度の放射性物質を含んだ高度に汚染された水になる。この高度に汚染された水が建物に流れ込む地下水や雨水と混ざることにより、新しい汚染水が生成される。例えば、遮水（凍土）壁を設置すると、汚染水が生成される量をうまく減らすことができ、停滞水を除去することができる。

ALPS処理水3) : 「ALPS処理水」とは汚染水を浄化した水であり、放射性物質はALPSによって除去されて、トリチウムを除いて規制基準を満たしている。サイト内の貯蔵タンクの数1,000基を超えており、これは同発電所の計画的廃炉のためサイトの安全性を確実にすることへの障害である可能性がある。

ALPS処理水の海洋放出方法3) : 放射性物質の濃度は、次の方法により、規制基準値よりはるかに低くなる : 1) トリチウム以外の放射性核種を浄化・再浄化し、2) 海水で希釈する。FDNPSでの海洋放出はIAEA等の第三者によって監視・レビューされる。

処理水取り扱いの意思決定プロセス4) : 処理され、浄化された汚染水はFDNPSにあるタンクに貯蔵される。現時点で、日本政府は、この水をどうするかを決定する過程にあるが、その決定はALPS処理水の取扱いに関する小委員会の報告書、福島住民等のステークホルダーの意見に基づき、また、風評被害を防ぐ対策を考慮してなされる。東京電力は、政府が定める政策に基づいて、この処理水を適切に取り扱うであろう。どのような処理方法を採用するかにかかわらず、法的要件を順守し、風評被害を避けるための対策をとるであろう。

出典

- 1) https://www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/decommissioning/pdf/1f_status_20220307.pdf
- 2) <https://www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/decommissioning/index.html#sp>
- 3) <https://www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/decommissioning/atw.html>
- 4) https://www.tepco.co.jp/en/hd/decommission/towards_decommissioning/Things_you_should_know_more_about_decommissioning/answer-12-e.html