

添付3

FNCA 2023 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2: 導入

1) FNCAの活動(和田智明氏、FNCA日本アドバイザー)

FNCAの枠組みの下で現在8つのプロジェクトが進行中である。新規の気候変動(森林土壌炭素放出評価)プロジェクトー アジアの森林土壌からのCO₂排出評価に関する研究ー が今年開始された。FNCAのスポンサーである文部科学省(MEXT)は、原子力エネルギーと放射線の利用に関する訓練プログラムを有している。

2) FNCA プロジェクトにおけるマレーシアの成果(ムハンマド・ラウィ・ビン・モハメド・ジン氏(Dr. Muhammad Rawi Mohamed Zin)、マレーシア原子力庁副長官(Deputy Director General))

マレーシアは、原子力技術の平和利用に関する情報と意見を近隣のアジア諸国と交換することを目的に、1990年にFNCAのメンバーとなった。マレーシアはこれまで、FNCAの会議、ワークショップ、そしてプロジェクト活動に積極的に参加してきた。現在、マレーシアは8つのFNCAプロジェクトに参加している。マレーシアの進展として、2023年9月20日、科学技術イノベーション省(MOSTI)は、マレーシアの社会経済の発展に向けた原子力技術の平和利用を最適化するために、「国家原子力技術政策 2030」(National Nuclear Technology Policy 2030)を立ち上げた。

3) プロジェクトの概要及び目標(小佐古敏荘氏、日本)

このプロジェクトは、放射線被ばくが時には問題となっている、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NORM(TENORM)に焦点を当てており、各FNCA参加国における現況を調査・検討した。近年、自然起源放射性物質の規制に関する国際基準が検討されているところであり、関連する情報も収集された。この報告書はNORM/TENORMデータを収集し、FNCAの枠組み内での放射性廃棄物管理(RWM)プロジェクトにおけるタスクグループの作業で議論された結果を提示している。

セッション3: NORM/TENORMに関する統合化報告書

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)の放射性廃棄物担当技術ディレクター(Technical Director, Radioactive Waste)であるダンカン・ケンプ氏(Mr. Duncan Kemp)がオーストラリアのNORM管理計画及び再生計画に関する発表を行った。ケンプ氏は、NORMのコントロールレベルを決定するためにはグレーデッドアプローチが重要であると述べた。NORM管理に対するオーストラリアのアプローチ、及び職場でのNORM物質によるリスクを低減するための技術的・管理的手段の導入について論じられた。

2) バングラデシュ

バングラデシュ原子力委員会(BAEC)保健物理・放射性廃棄物管理ユニット首席技師・ユニット長であるカンドカ・アサズザマン氏(Dr. Khandoker Asaduzzaman)が、放射性廃棄物管理のための国家組織構造、法規制枠組み、NORM/TENORM発生源、及びNORM/TENORMに関する問題と課題について発表した。アサズザマン氏は、バングラデシュにおいてはNORM産業がまだ明確化されていないと述べた。現在、バングラデシュにはNORM/TENORMのインベントリに関する包括的な全国規模の調査/サーベイデータはない。放射線防護と安全のためにNORM/TENORM管理の戦略と技術を開発する必要がある。彼はまた、NORM/TENORMの管理と特性評価に関するケーススタディについて付け加えた。アサズザマン氏は、石油輸送管とタンクがNORM適用除外レベルを超える高い放射能濃度で有害物質とNORMに汚染された、内部に大量の残渣(スラッジ)のある輸入スクラップオイルタンカー船(廃船)のNORM管理手順について説明した。海港で、輸送コンテナに入ったNORM汚染スクラップ(ステンレス鋼管)が輸出される前に検出された。その一部は表面汚染レベルと線量率が高く、一時貯蔵とさらなる処理のために中央放射性廃棄物処理貯蔵施設(Central Radioactive Waste Processing and Storage Facility: CRWPSF)に移された。

3) インドネシア

インドネシア国立研究革新庁(Badan Riset dan Inovasi Nasional:BRIN)核燃料サイクル・放射性廃棄物技術研究センター長のシャイフル・バクリ氏(Dr. Syaiful Bakhri)が、インドネシアにおけるTENORM管理の現況について語った。インドネシアにおけるTENORMはさまざまな産業から生じている。シャイフル・バクリ氏は、TENORMを生成している会社は放射線学的研究を行い、生成されたTENORM残渣/廃棄物を自社の一時貯蔵場所に保管するべきだと述べた他、TENORMに関連する問題についても言及した。各当局間の調整によりTENORM管理の国家システムを確立し、NORM規制に関する衝突と不一致を解決することが望まれる。

4) 日本

日本原子力研究開発機構(JAEA)バックエンド統括本部埋設事業センター技術主幹の齋藤龍郎氏が、日本における NORM ガイドラインについて概説した。齋藤氏は、日本では NORM(U, Th)に関する 2 つのガイドライン(1. 自然の放射性物質の規制適用除外、及び 2. U または Th を含有する原料及び製品の安全を確保するためのガイドライン)が確立されていると述べた。齋藤氏は、IAEA が設定した適用除外レベルを超える U 及び Th といった NORM を含有する原材料及び一般消費財は、放射能濃度または放射能レベルが適用除外レベルを超えているかどうかを調べ、人工放射線元素と同じように規制するかどうかの必要性を明らかにするためと指摘した。齋藤氏はまた、NORM を含有する材料の 8 つのカテゴリーとそのそれぞれのアクションレベルについて論じた。齋藤氏は、取扱い時の不必要な放射線被ばくによる健康リスクを低減するため、NORM の放射線レベル測定を強調した。齋藤氏はまた、NORM(U, Th 系列核種)を含有するいくつかの一般消費財の放射能濃度測定値について要約し、238U について 0.00084 Bq/g(湯の花(花に似た、温泉の鉱物を利用した入浴剤))~34 Bq/g(ラドン温泉成分)、及び 0.00081 Bq/g(湯の花)~270 Bq/g(ラドン温泉成分)と報告した。齋藤氏は、国民線量(一人当たりの年間平均線量)を計算するために、生活環境放射線の調

査を実施(2020年11月に発表)したと述べた。NORMによる消費者被ばくと、NORM作業者を含む異なる複数のセクターの放射線作業者の職業被ばくも測定され、それぞれ0.00005 mSv/aと0.022 mSv/aであった。

5) マレーシア

マレーシア原子力庁廃棄物技術環境部廃棄物技術開発センターのマネージャーであるモハマド・ザイディ・ビン・イブラヒム氏(Dr. Mohd Zaidi Bin Ibrahim)が、マレーシアにおけるNORM/TENORMの現況に関する発表を行った。モハマド・ザイディ・ビン・イブラヒム氏は、マレーシアではNORMに関わるいかなる活動も1984年原子力利用許可法(Atomic Energy Licensing Act 1984)[法令第304号]の規定の下で規制されていると言及した。モハマド・ザイディ・ビン・イブラヒム氏は、鉱物加工、石油・ガス、及びスズ採鉱が、NORMに関連する活動に関わる主要な産業であると指摘しており、TENORM廃棄物の管理はマレーシアにおけるNORM関連活動の主たる問題であると述べた。鉱物加工産業から出るTENORM廃棄物は、量が非常に多いことと、公衆の抵抗のため、依然として政府にとって最も解決の難しい課題である。モハマド・ザイディ・ビン・イブラヒム氏は、NORMに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保するために、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と強調した。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ている。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)の下で規制されている。

6) モンゴル

モンゴル原子力・放射線検査局(Department of Nuclear and Radiation Inspection)原子力・放射線セキュリティ国家検査官のガンバートル・ドルゴルマー氏(Ms. Ganbaatar Dolgormaa)が、モンゴルにおけるNORM管理の現況について述べた。ドルゴルマー氏はカントリーレポートの中で、モンゴルにおけるNORMの起源/発生源について論じた。石炭火力発電所及びボイラーのメンテナンス、セメント生産、クリンカオープン(clinker ovens)のメンテナンス、石油・ガス生産、ウラン鉱以外の鉱石採掘、地下水ろ過施設、ウラン採掘廃棄物、レアアース鉱物加工、リン酸肥料製造、ニオブ/タンタル鉱の加工、リン酸塩の生産、スズ/鉛/銅の溶錬がモンゴルにおけるNORMの主要な発生源であるとドルゴルマー氏は述べた。また、褐炭堆積物(lignite deposits)、食品、建築材料、鉱業セクター及びモンゴルのさまざまな場所からの土壌におけるUの放射能濃度測定値、さらには、いくつかの場所の井戸、泉、建物及び飲用水のRn濃度のデータを示した。ドルゴルマー氏は、モンゴルにはNORMに関する特定の法律はないが、モンゴルにおけるNORMの法的基盤は原子力法(Nuclear Energy Law)の関連条項111.1.8であると言及した。放射性物質に関する規制枠組みについても述べられた。職業被ばくのモニタリング(年間)についても強調され、モンゴルでは職業被ばくの線量限度は20 mSv/年であり、公衆被ばくについては1 mSv/年であると言及された。ドルゴルマー氏は、NORM/TENORMに関連するいくつかの問題を指摘した。

7) フィリピン

フィリピン原子力研究所(PNRI)のアンジェロ・アブサロン・パンラキ氏(Mr. Angelo Absalon Panlaqui)が、フィリピンにおけるNORM及びTENORMの現況について発表した。NORMとTENORMの法令／政策、発生源、及び管理の現況が報告された。さらに、放射性廃棄物管理の今後及び進行中のプロジェクトの現況についても報告された。フィリピンにおけるNORM／TENORMのコントロールと管理に関する既存の政策と法令がないことに関して質問が上がった。

8) タイ

タイ原子力技術研究所(TINT)のクリッサディ・ユボンハット氏(Dr. Klitsadee Yubonmhat)が、タイにおけるNORM／TENORMの現況に関する発表を行った。NORM／TENORMに関係する政府組織、発生源、管理及び問題について報告された。NORM／TENORMに汚染された金属はしばしば、スクラップ金属を購入する会社から受け取られる。これは主に海外からである。問題は、輸入ゲートにはおそらく放射線監視システムがあるのに、どうやってタイ国内に持ち込まれたかである。輸入された金属の汚染をどう検出するか、及び、輸入された廃棄物の税関チェックポイントに関する法案の準備についての2つの質問が上がった。

9) ベトナム

ベトナム原子力研究所(VINATOM)放射性・希土類元素研究所のグエン・タン・トゥイ氏(Mr. Nguyen Thanh Thuy)が、ベトナムにおけるNORMに関する統合化報告書を発表した。NORMの発生源と管理、採鉱と加工、研究活動由来の放射性廃棄物の一般的管理、NORMに関連する問題が報告された。報告された問題に従って、NORMを安全かつ効果的に管理するためには、近い将来、この放射性廃棄物のための規制枠組みを構築する必要がある。

セッション 4: 環境放射線に関する発表

1) 環境放射線

小佐古敏荘 東京大学名誉教授は、環境放射線に関する講演において、本プロジェクトの次期フェーズにこの主題を含めることを提案した。この主題を含めることは、すべての参加国に対して環境放射線の現況とその検出に用いられる手法の徹底的な評価を促進することを目的としている。さらに小佐古氏は、原子力施設及び潜在的な不測事態を含む多様な発生源を考慮して、環境への放射性核種放出のさまざまな複雑なモードを体系的に説明した。次いで、講演では、走行サーベイ(car-borne surveys)、放射線モニタリングステーションの設置、土壌及び水の試料採取等、環境放射線モニタリングに利用される多様な技術について詳しく述べられた。発表では、環境中及び食物連鎖中の放射性核種の移動と蓄積を理解することの重要性が強調された。さらに、日本における福島第一原子力発電所のALPS(多核種除去設備)処理水放出の例を引いて、これらのコンセプトの現実的な意味合いについて説明された。講演の締めくくりには、一般公衆のための、線量推定が果たす極めて重要な役割が強調された。FNCA プロジェクト内で唱道されるこのホリスティック・アプローチは、環境の安全確保と公衆の健康の保護の両方の基盤となるものである。

セッション 9:ポスターセッション

1) マレーシア

① 使用済み密封放射線源(DSRS)のボアホール処分施設

使用済み密封放射線源(DSRS)のボアホール処分技術は比較的新しく、完成すれば、マレーシアはそのような施設を持つ最初の国となる。IAEA の技術・資金援助を得てマレーシア原子力庁が建設するこの施設は、安全かつ確実な処分の選択肢となる。処分の原理は単純で低コストであるが、最も重要なことは、この技術は、国家規則、1984年原子力利用許可法(1984 Atomic Energy Licensing Act)(法令第304号)に沿って、遠い将来まで人々と環境の安全を確保するという点である。

② 廃棄物技術開発センター(WasTeC)

廃棄物技術開発センター(WasTeC)は、マレーシアにおける放射性廃棄物の管理のために政府に委託された国家放射性廃棄物管理センターである。1984年に、廃棄物管理ユニット(Waste Management Unit)として知られるマレーシア原子力庁のユニットの一つとして配置された(WasTeCとして再編され、廃棄物技術環境部(Waste Technology and Environment Division)(BAS)の下に配置される前)。

2) フィリピン

世界保健機関(WHO)によれば、ラドンは喫煙に次いで第2位の肺がんの主因である。ラドン被ばくは、土壌、岩石、地下水、あるいは家庭や職場などの屋内環境から起こる可能性がある。

フィリピンでは、家庭内の平均ラドン濃度は 21.4 Bq/m^3 であり、これは 0.4 mSv の年間実効線量ということになる。データ範囲は $19.4 \sim 57.6 \text{ Bq/m}^3$ にわたり、最大値はコンクリート製家屋で観測されていた。一方、国内の地下冶金・石炭鉱山における平均ラドン濃度は $30 \sim 347 \text{ Bq/m}^3$ であり、対応する年間実効線量は $0.15 \sim 0.5 \text{ mSv}$ であった。肥料製造産業では、施設内の最も高いラドン濃度は 77 Bq/m^3 であったが、これはリン鉱石の貯蔵に起因するものであった。こういった取り組みはフィリピンのラドンのプロフィールを知るために役立った。しかし、観光客向けの洞窟の調査はこれまで実施されていない。

この研究で、フィリピンの観光洞窟内部のラドン濃度が初めて判明した。選択された洞窟、すなわちヒナグダナン洞窟(Hinagdanan Cave)、バトゥンガイ洞窟(Batungay Cave)、及びプリンセスマナナ洞窟(Princess Manan-aw Cave)はフィリピンの中央ビサヤ地域のボホール島州に位置する。ラドン濃度は Raduet(Radosys, Ltd.、ハンガリー)と呼ばれるパッシブ(受動)型エアモニタリング装置を使用して測定した。これらの検出器は3か月間、洞窟内部の観光客が通る経路に設置された。

これらの洞窟内部のラドン濃度は世界保健機関が推奨する安全限度(300 Bq/m^3)を超えていた。線量測定・評価では、フィリピン原子力研究所が定める年間線量限度は概して超えていないことが示されている。しかし、バトゥンガイ洞窟の労働者の放射線被ばくは、ありうる線量限度超過を避けるためにさらに最適化されるべきである。最後に、リスク評価に基づき、バトゥンガイ洞窟とプリンセスマナナ洞窟はヒナグダナン洞窟の労働者

よりもリスクが高いことがわかった。これは洞窟の全長に起因するものである可能性があり、それはツアー中の労働者の被ばく時間の長さに直接つながっている。一般に、観光客のリスクは低い。したがって、現行のツアーのやり方は観光客の被ばくを効果的にコントロールしている。しかし、前述の洞窟内の労働者またはツアーガイドは限られており、これらの人々のラドン被ばくリスクを低減するための緩和策がなお必要かもしれないということに留意することが重要である。

3) タイ

Cs-137 に汚染された電気アーク炉ダスト (EAFD) (タイの鉄鋼生産工場から出る有害廃棄物) は普通ポルトランドセメント (OPC) で固化されている。この研究では、水と EAFD-OPC の比率を 0.45 で一定にしたさまざまな配合組成で EAFD-OPC の供試体を調製した。EAFD 含有量は結合剤 (OPC) の総重量の 20、25、30、35 及び 40 wt.% に設定した。各供試体が浸出要件 (すなわち、浸出性指数 (leachability index) > 6.0) を満たしているかどうかを判断するために認定試験 (すなわち、ANSI/ANS-16.1) を実施した。Cs-137 の浸出性指数は試験データから決定した。制御浸出メカニズム (controlling leaching mechanism) も、積算浸出比 (cumulative fraction leached) の対数と積算浸出時間の対数との間の線形関係の勾配を用いて分析した。分析結果によれば、浸出性指数の範囲は、EAFD 含有量に応じて、 5.9 ± 0.3 から 6.3 ± 0.1 である。EAFD 含有量が増えると指数が低くなることが明確に示された。この線形関係の結果は、Cs-137 浸出のメカニズムは、配合組成に応じて、表面流出及び拡散である可能性があることを示している。