

FNCA2024 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プロジェクトの最近の開発 (和田智明氏、FNCA日本アドバイザー)

2000年に第1回FNCAが開催されて以降、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り、12か国がプロジェクト活動に参加している。

2) プロジェクトの概要及び目標 (小佐古敏荘氏、日本)

FNCA RS&RWMプロジェクトの活動は、1. ワークショップ論文、2. ニュースレター、3. 統合化報告書にまとめられる。詳細情報はFNCAウェブサイトに掲載されている。過去の活動が一覧表で示されており、NORM/TENORMに関する以前のプロジェクト報告書が掲載されている。

2024年からの今期のテーマは「原子力施設からの環境放射線と放射能」である。2024年を起点とする段階的な計画が予定されており、3年間の議論を経て、2026年に統合化報告書として成果がまとめられる。このプロジェクトの目的は「放射線関連施設は最終的に放射性物質を自然界に放出する。その現状と検出方法とは何か」である。

環境放射線&放射能のプロジェクトには以下のようにいくつかの論点がある。

- ① 自然起源または人工起源の放射線源。
- ② 放射線測定及びモニタリング方法: 外部放射線または内部放射線。通常または事故状況。
- ③ 環境における放射性核種の移動: 大気、陸地、水系を通じて。移動のモデル化が効果的である。
- ④ 最後に、人体への影響: 人体の摂取量推定には、生活習慣などのパラメーターが必要である。線量換算係数を用いて評価する。それらは実用的用途の基準レベルとしてまとめられる。
- ⑤ 公衆の理解: 国際的な推定と合意には、わかりやすい説明が不可欠である。

福島第一原子力発電所周辺の放射線海洋環境の例として、処理水放出後の状況が示されている。

セッション 3: カントリーレポート

1) オーストラリア

この発表では、オーストラリアが州の連邦であり、各管轄区域が独自の法律と規制当局を有していることを論じる。さらに連邦レベルにおける環境放射線に関する2つの主要規制機関、それらの相互関係、各機関の重点分野についても論じる。2つの規制機関とは、放射線の使用及び放射を規制するオーストラリア放射線防

護・原子力安全庁(Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency: ARPANSA)、及びすべての重要なプロジェクトや施設の環境影響を規制する気候変動・エネルギー・環境・水資源省である。

2) バングラデシュ

放射線関連施設における環境放射線及び放射能は、公衆衛生、安全、生態系の健全性に影響を及ぼす重大な課題である。この報告では、職業被ばくと環境汚染の両方に関連する潜在的な健康リスクに重点を置いて、これらの施設における放射線源を調査している。放射線防護に関する国家組織と法的枠組み及び規制枠組みがこの発表において概説される。自然放射線核種とフォールアウト核種の現行の政策と規制認可が強調された。職業被ばくと公衆被ばくの線量限度が論じられた。最後に、現在の放射線関連施設における環境放射線及び放射能との課題についてもこの発表で触れられている。

3) 中国

中国は、法律や規制、規制能力、放射性廃棄物処理能力構築の改善において進展している。中国は、低レベル放射性廃棄物(LILW)処分場の選定、高レベル放射性廃棄物(HLW)の地層処分、及びDSSの処分における課題に措置を講じる予定である。可搬式低レベル廃棄物焼却技術、廃棄物フィルターカートリッジ削減技術、湿式酸化技術、マイクロ波ドラム乾燥技術、廃油及び廃溶剤処理技術をはじめとする放射性廃棄物処理のための新しい技術と応用。除染剤と装置は原子力発電所で使用され成功を収めている。

4) インドネシア

2021年、インドネシア原子力庁(National Nuclear Energi Agency: BATAN)とその他の国立研究機関は、インドネシア国立研究革新庁(National Research and Innovation Agency: BRIN)に統合された。BRINの中で、原子力関連機関は主に原子力研究機関(Research Organization for Nuclear Energy: ORTN)と原子力施設管理局(Directorate of Nuclear Facility Management: DPFK)に属している。原子力施設周辺の環境放射線モニタリングは、原子力施設管理局(DPFK)が実施している。

インドネシアには3つの原子力施設がある。1つ目は、6つの原子力施設(30MW RSG-GAS研究炉、使用済燃料施設用接続チャンネル設備(KH-IPSB3)、放射性廃棄物処理プラント(IPLR)、放射性冶金設備(IRM)、実験燃料要素設備(IEBE)、放射性同位元素及び放射線医薬品設備(IRR))を備えたスルボン原子力施設である。2つ目は、2000 kWの研究炉を備えたバンドン原子力施設、3つ目は100 kWの研究炉を備えたジョグジャカルタ原子力施設である。

スルボン原子力施設における環境放射線モニタリングは、連続放射線測定と、定期的なサンプリングにおけるグラフ測定(掴み取り測定、サンプリング測定)の2つの方法で行われている。スルボンには6つの連続放射線観測所と1つの気象観測所がある。グラフモニタリングのサンプルは、異なる頻度でサンプリングポイントの数だけ採取された大気、雨水、土壌、地表水、飲料水、堆積物、草である。測定報告は、3か月ごとにBRINの本部へ、また半期ごとに原子力規制庁(National Nuclear Regulatory Body: BAPETEN)と環境省に送付される。これまでにインドネシアの原子力施設の定常モニタリングにおいて異常な結果が出たことはない。

環境放射線の問題は、廃炉作業やその他の原因による、環境からの汚染物質の除染である。

5) 日本

2023年8月にALPS(多核種除去設備)処理水の放出が開始され、日本政府は放出の1年前から海洋環境放射能モニタリングを実施している。モニタリングの透明性と信頼性を確保するため、このモニタリングは、IAEA及び各国の専門機関の協力を得て実施されており、モニタリング結果は以下のウェブサイトで公開されている。<https://shorisui-monitoring.env.go.jp/en/map/01/>

6) カザフスタン

国際社会が直面する主要課題の一つは、人間が原子力エネルギーを利用することにより発生した電離放射線源、放射性廃棄物、使用済核燃料の処理問題であった。またこの問題はカザフスタンにも関係がある。第1に、核実験場の跡地に大量に蓄積されていること、そしてウラン産業の企業や医療機関において放射性廃棄物が継続的に発生していることが理由である。第2に、カザフスタン領土内に5基の原子炉が存在し、これが使用済核燃料の主な発生源になっていることが理由である。

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、その量は増加傾向にあり、処分を含めてその安全な管理を確実に行うことが必要とされている。NORM/TENORMは、ウラン採掘の廃棄物、石油・ガス生産、冶金産業により、ごみ、尾鉱、汚染土壌、配管、機器などの形で発生する。

カザフスタンにおける放射性廃棄物の処理、電離放射線源と使用済核燃料の管理を規制するため、法令、規則、その他の規範的法的行為の形の多くの文書が継続的に策定、改正されている。しかし、カザフスタンがこの分野で多くの経験を有しているという事実にもかかわらず、原子力エネルギー施設の規制上の法的枠組みやインフラには、近い将来強制的な解決策を必要とする課題がある。

特に、これまでにセミパラチンスク原子力安全地帯に関する法律が策定、承認されており、この法律では、旧セミパラチンスク実験場の事業者組織、区割りの主要基準、現状が定義されている。また放射性廃棄物に関する法律も策定中であり、この法律では、放射性廃棄物の管理に関する基本的な手順が定義される予定である。

7) マレーシア

マレーシア原子力庁(Nuklear Malaysia)は、1984年にマレーシア政府により、国営放射性廃棄物センターとして機能することが義務付けられた。廃棄物技術開発センター(Waste Technology Development Center: WasTec)は、Nuklear Malaysiaに代わってこの機能を果たすセンターである。この機能の下、Nuklear Malaysiaはマレーシアにおける放射性廃棄物の管理に関する技術、施設、人材の計画策定と開発を担当している。現在Nuklear Malaysiaは、放射性廃棄物の輸送、処理、貯蔵施設を有している。Nuklear Malaysiaは、使用済み密封放射線源(DSRS)カテゴリ3~5の処分のためのボーリング孔処分施設の開発を決定した。同時にNuklear Malaysiaは、マレーシア政府に対し、マレーシアにおける現在及び将来の放射性廃棄

物の管理が安全、確実で次世代に負担をかけないことを保証するための国営処分場 (National Repository) の開発サイトを公示することを提案した。

8) モンゴル

この発表では、モンゴルにおける放射性廃棄物管理の主な側面を取り上げ、関連する国際法及び国内法の枠組みに焦点を当てている。放射線源、DSRS、ウラン鉱床、NORM施設など、放射線利用に関するデータを提供する。石炭や建築資材の放射能の基準レベルについて、担当組織の役割とともに考察する。またこの発表では、放射性廃棄物管理施設の技術的能力と、ラジウム226 (226Ra) の特性評価と調整のための最近の取り組みについても強調し、廃棄物管理の今後の方向性について結論付ける。

9) フィリピン

フィリピンのレポートでは、国内の環境放射能モニタリングのさまざまな体制を考察する。環境モニタリングに関する関連政策や規制が提示された。現在の測定システムは、環境中のガンマ放射線測定、土壌や陸上物質の濃度分析、空気中の放射性核種微粒子のモニタリング、住居と水中のラドン測定であり、これらは主に研究グループにより行われている。放射能と放射線のレベルも報告された。最後に、国民の意識向上に向けた活動と、放射性廃棄物管理の現状も報告された。

10) タイ

タイのバックグラウンド放射線は主に、宇宙放射線、地上放射線、ラドンガスなどの自然源から発生している。周辺線量当量率は 0.01~0.3 $\mu\text{Sv/h}$ の範囲であった。プリンセスシリントーン中性子モニター (Princess Sirindhorn Neutron Monitor) は宇宙放射線を検出するための重要な施設である。タイにおける地上放射線は、地質学的形成や人間活動により地域によって異なる。特定の地域では、地上ガンマ線量率は 590~206,080 nGy/h の範囲で、年間実効線量は 0.7~250 mSv である。ラドンガスは、喫煙に次ぐ肺がんの原因の第 2 位であるため、タイでは大きな問題となっている。タイ北部の上部にある 8 つの地域の屋内ラドン濃度は 11~405 Bq/m³ の範囲で、年間実効線量は 0.44~12.18 mSv であった。温泉地におけるラドン濃度は屋外と屋内環境でそれぞれ 10~17 Bq/m³、11~147 Bq/m³ の範囲であった。自然源が主な寄与要因であるものの、一方で人間の活動や施設 (医療用途、研究及び教育、産業用途、消費者製品、原子力施設、事故、事件) も環境放射線に寄与している。しかしタイでは、これらの活動や施設に関連する放射線リスクから公衆と環境を防護するための規制を履行している。

11) ベトナム

ベトナムの放射性廃棄物は、医療、産業、研究、教育分野で使用された使用済み密封放射線源 (DSRS)、研究用原子炉、鉱業、鉱物加工作業など、さまざまな発生源に由来する。ベトナムに原子力発電所は存在しないが、医療用放射性同位元素の製造や、科学研究の実施のための 500 kW の研究炉が稼働している。ベトナムには放射性廃棄物のための国営の集中貯蔵施設がないため、複数の場所で貯蔵されている。

- DSRS は主に複数の研究施設に貯蔵されており、いずれもベトナム原子力研究所 (VINATOM) の傘下であるダラット原子力研究所 (NRI) と原子力科学技術研究所 (INST) が最も多くの量を保有している。NRI

は、使用済み線源に加え、研究炉を使用して放射性同位元素を製造する際に発生する放射性廃棄物も、敷地内の一時的な貯蔵施設で保管している。

- 放射性鉍物加工の研究から発生する自然起源放射性物質 (NORM) 廃棄物は、同じくVINATOM傘下の放射性・希土類元素研究所の一時施設で貯蔵されている。
- 産業規模では、NORM廃棄物は、チタン、ジルコン、イルメナイトなどの希土類や砂鉍の採掘や加工から発生する。尾鉍や超低レベル放射性廃棄物は主に、採掘または加工現場の尾鉍沈殿池に貯蔵されている。さらにジルコン加工による固体廃棄物を貯蔵するコンクリートタンクを備えた浅い埋立地が、ZOC(二塩化酸化ジルコニウム)の製造を支えるために稼働している。

全体としてこれらの貯蔵施設は、ベトナム放射線・原子力安全庁 (VARANS) によって規制されている。これらのサイトの環境放射線は、一般的に法的要件に従って十分なモニタリングが行われているが、NORM尾鉍などのその他の超低レベル放射性廃棄物や、鉍物加工や石油・ガス採掘による固体廃棄物の管理は現在も課題となっている。

セッション 5: 環境放射線・放射能に関する発表

1) 環境放射線 (モハメド・ザイディ・ビン・イブラヒム、マレーシア)

マレーシアの放射線関連施設はすべて、1984年原子力利用許可法 (Atomic Energy Licensing Act 1984) (法令第 304 号) に基づき利用許可を取得する必要がある。1986年放射線防護 (利用許可) 規則によると、放射線に関連する施設や活動に対する許可は、クラス A からクラス G の利用許可に分類されている。これらの施設に対し放射線・放射能モニタリングを行う必要性は、ガイドライン及び利用許可条件に明記されている。エリアと環境放射線モニタリングは、すべての放射線関連施設に対して義務付けられており、一方で環境放射線・放射能のモニタリングは、環境に排出物または流出物を放出する施設に対して義務付けられている。現在のエリアモニタリングの結果は、放射性廃棄物管理施設のいくつかの観測所で線量率が制限値を上回っていることを示している。これらは、ボアホールプロジェクトのために DSRS を解体処分したことによるものです。環境放射線・放射能モニタリングの結果には、検出された放射線と放射能の著しい増加は見られない。

2) 日本分析センターにおける環境放射線モニタリング (小佐古敏荘、日本)

日本では、環境放射能モニタリングの信頼性向上のため、以下の取り組みを継続的に実施している。(1) 分析・測定方法の標準化、(2) 研修を通じた人員の分析・測定能力の維持と向上、(3) 技能試験を通じた分析機関の能力の客観的評価。

3) ANSTO における環境へのモニタリング (ダンカン・ケンプ、オーストラリア)

本セッションでは、ANSTO における環境モニタリング手法を、発生源、経路、受容体の一般原則とともに説明する。環境データの収集方法と、そのデータが収集されるエリアについて考察する。サイトからの大気中放出物と液体放出物に焦点を当てる。

セッション 8:ポスターセッション

1) オーストラリア

ポスターでは、ANSTO から発生する大気中放出物を測定するために ANSTO が使用したデータ収集とソフトウェア、及び ANSTO サイトから放出される最小限の環境放射線を説明する。

2) インドネシア

2020 年 1 月 30～31 日の通常査察で、原子力施設から約 3.5 km の BATAN インダー住宅エリアにおいて不規則な被ばくが確認され、土壌中の Cs-137 放射能濃度は約 93.600～524.000 Bq/kg であった。Cs-137 に汚染された土壌と植物は無事浄化され、862 本のドラム缶 (100Lドラム缶 487 本、150L HDPE 375 本) に汚染された土壌と植物を収納した。汚染された土壌と植物は、BRIN (旧 BATAN) の放射性廃棄物処理施設 (IPLR) の中間貯蔵施設で保管されている。土壌の減容は、Cs-137 放射能濃度に基づく土壌分別、土壌粒径に基づく土壌分別、及び土壌戦場と電気泳動法による土壌除染などを含めて実施される。

3) 日本

日本のポスターセッションのこの資料をここで紹介する。

日本の公衆被ばくと NORM 管理の概要

要約して以下のとおり報告する。

- 日本における最新の被ばく研究によると、人工放射線源による被ばくは、自然放射線源による被ばくと同等である。
- 人工放射線源による被ばくは、ほとんどが医療被ばくである。
- 日本のガイドラインでは、公式な NORM 制限値を超える被ばくを測定、管理することが推奨されている。

4) モンゴル

このポスターでは、モンゴルの環境放射能に関する情報を、国際原子力機関 (IAEA) の基準と指針に基づく安全規制に焦点を当てて紹介している。放射線レベルの上昇に一因する可能性のある、石炭の消費と石炭灰の建材利用の影響を調査し、環境の安全性と公衆衛生へのその影響を評価している。さらにこのポスターでは、モンゴルの放射性廃棄物管理施設の技術的能力の包括的な概要を提供し、自然起源放射性物質 (NORM) を取り扱う施設に関する一般的な情報を提供する。

5) フィリピン

背景:貯蔵は、放射性廃棄物管理の重要な側面である。この段階では、特定の放射性核種を含む廃棄物が、気体状の崩壊生成物、すなわちラドンを生成する可能性がある。ラドンは、時間の経過とともに施設内に蓄積し、吸入され、作業員に内部被ばくのリスクをもたらす可能性がある。この研究では、フィリピン原子力研究所 (PNRI) の放射性廃棄物管理施設内のラドン濃度のベースラインを決定した。

方法:2023年3月～6月に、固体飛跡検出器(商品名 Raduet)を使用して大気中のラドンを測定した。この検出器は、オフィス、廃棄物処理建屋、貯蔵建屋などの施設内の主要エリアに設置された。その後検出器を分析し、各検出器に残された α 放射線の飛跡を、光学画像技術により自動的にカウントした。

結果:施設内のラドン濃度は38～903 Bq/m³の範囲であった。最も高いラドン濃度は、固体と使用済み密封放射線源が混在して貯蔵されている施設の貯蔵建屋の一つで検出された。具体的には、崩壊してラドンを生成するラジウム源とトリウムマントルを含む廃棄物パッケージに関連していた可能性がある。さらに貯蔵建屋内の換気が不十分であったことが、ラドン濃度の上昇に寄与した可能性がある。

結論:結論として、放射性廃棄物管理施設、特に貯蔵建屋内のラドン濃度の上昇は、内部被ばくの増加により作業員に深刻な健康リスクを与える。施設の環境内におけるラドンガスの蓄積に関連する潜在的な健康被害を軽減するには、効果的なモニタリングと軽減戦略が不可欠である。

6) タイ

Cs-137で汚染された電気アーク炉ダスト(Electric Arc Furnace Dust: EAFD)を固化するためにセメンテーションを使用した。EAFDと普通ポルトランドセメント(Ordinary Portland Cement: OPC)をセメンテーションの結合材として使用した。EAFD-OPC ベントナイト供試体から浸出するCs-137に抵抗するためベントナイトを添加した。供試体の調製にはさまざまなセメンテーションレシピを使用した。28日齢(28日の養生期間)の供試体がCs-137の放出を評価する標準浸出試験を受けた。ベントナイト含有量が増加するにつれて、浸出するCs-137の量は減少した。ベントナイトを含まない供試体のCs-137の浸出性指数(Leachability Index: LI)は6.2～6.8の範囲であり、EAFDの含有量が増加するにつれてLIは減少した。ベントナイトを含む供試体のLI値は、より高い6.6～9.3の範囲であった。LIはベントナイト含有量が増加するにつれて増加した。このことは、ベントナイトがCs-137の浸出を遅らせる有効なセメンテーション添加剤となり得ることを証明している。