

令和3年度

放射線利用技術等国際交流
(専門家交流)

委託業務成果報告書

令和4年3月

公益財団法人 原子力安全研究協会

本報告書は、文部科学省のエネルギー対策特別会計委託事業による委託業務として、(公財)原子力安全研究協会が実施した令和3年度「放射線利用技術等国際交流(専門家交流)」の成果を取りまとめたものです。

はじめに

本報告書は、文部科学省の令和 3 年度委託業務として、公益財団法人原子力安全研究協会が受託した「放射線利用技術等国際交流(専門家交流)」の成果をまとめたものである。

本業務では、我が国の原子力施設等の立地地域等が中心となって進めている放射線利用技術や原子力基盤技術等に関する研究開発を推進し、当該立地地域等がアジア諸国における研究開発の国際交流の拠点となることを目指している。

また、アジア諸国と放射線利用技術や原子力基盤技術等の研究開発状況等に関する情報交換を行うための国際会合等の実施を取りまとめ、会合等を通して得られた情報を国内の原子力施設等の立地地域等に広く提供している。

具体的には、近隣アジア諸国との原子力協力の枠組みであり、日本、オーストラリア、バングラデシュ、中国、インドネシア、カザフスタン、韓国、マレーシア、モンゴル、フィリピン、タイ、ベトナムが参加するアジア原子力協力フォーラム(FNCA: Forum for Nuclear Cooperation in Asia)の下、FNCA 参加国においてプロジェクト別の国際会合等を開催し、情報交換及び情報収集を行うとともに、会合等を通して得られた技術・情報を国内の原子力施設等の立地地域等へ提供した。さらに、ニュースレターの作成、ウェブサイトの運営により、FNCA 活動につき広く発信を行った。

目次

はじめに.....	i
目次.....	ii

第1章「国際的枠組み(FNCA 活動)の概要」

1.1 FNCA 及び事業内容	1
1.2 各プロジェクト概要	
1.2.1 放射線利用開発分野(産業利用・環境利用)	3
1.2.2 放射線利用開発分野(健康利用)	7
1.2.3 研究炉利用開発分野	9
1.2.4 原子力安全強化分野	11
1.2.5 原子力基盤強化分野	12
1.3 プロジェクト評価	13
1.4 令和3年度における FNCA 活動一覧	23

第2章「国際会合の開催、情報収集」

2.1 放射線利用開発分野(産業利用・環境利用)	
2.1.1 放射線育種プロジェクト	24
2.1.2 放射線加工・高分子改質プロジェクト	31
2.1.3 気候変動科学プロジェクト	38
2.2 放射線利用開発分野(健康利用)	
2.2.1 放射線治療プロジェクト	42
2.3 研究炉利用開発分野	
2.3.1 研究炉利用プロジェクト	46
2.4 原子力安全強化分野	
2.4.1 放射線安全・廃棄物管理プロジェクト	53
2.5 原子力基盤強化分野	
2.5.1 核セキュリティ・保障措置プロジェクト	60

第3章「情報の普及及び情報収集」

3.1 ニュースレターの発行	68
3.2 ウェブサイトの運営	69
3.3 過去の招へい者のデータベース	72

添付資料

1. FNCA 現行7プロジェクト活動経緯	73
2. 国際会合関連資料	

2.1 放射線育種(MB)プロジェクト国際会合	74
2.2 放射線加工・高分子改質(RPPM)プロジェクト国際会合	82
2.3 気候変動科学(CCS)プロジェクト国際会合	92
2.4 放射線治療(RO)プロジェクト国際会合	98
2.5 研究炉利用(RRU)プロジェクト国際会合	110
2.6 放射線安全・廃棄物管理(RS&RWM)プロジェクト国際会合	123
2.7 核セキュリティ・保障措置(NSS)プロジェクト国際会合	136
3. ニュースレター送付先一覧.....	145
4. オープンセミナー発表資料	162

第 1 章

「国際的枠組み (FNCA 活動) の概要」

第 1 章 国際的枠組み(FNCA 活動)の概要

1.1 FNCA 及び事業内容

アジア原子力協力フォーラム(FNCA: Forum for Nuclear Cooperation in Asia)とは、内閣府及び文部科学省が進める近隣アジア諸国との原子力技術の平和利用における国際協力の枠組みであり、オーストラリア、バングラデシュ、中国、インドネシア、日本、カザフスタン、韓国、マレーシア、モンゴル、フィリピン、タイ、ベトナムの 12 カ国が参加し、イコールパートナーシップの下、原子力分野の共同研究を中心とした協力活動を進めている。

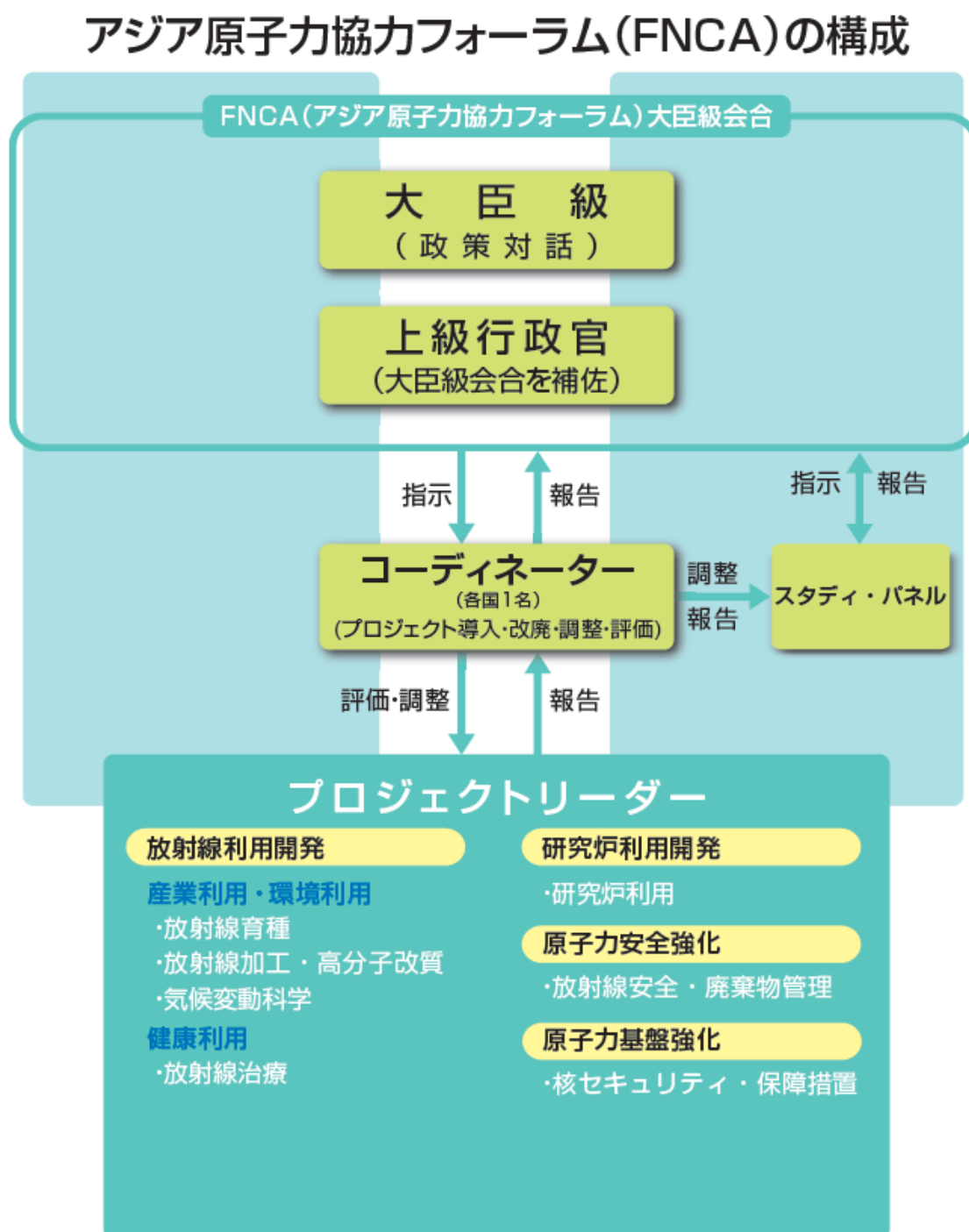
原子力各分野でのプロジェクト活動として、文部科学省の主導の下、放射線利用開発、研究炉利用開発、原子力安全強化、原子力基盤強化の計 4 分野 7 プロジェクトが、以下のとおり推進されている。

1. 放射線利用開発分野
 - 産業利用・環境利用
 - 放射線育種プロジェクト
 - 放射線加工・高分子改質プロジェクト
 - 気候変動科学プロジェクト
 - 健康利用
 - 放射線治療プロジェクト
2. 研究炉利用開発分野
 - 研究炉利用プロジェクト
3. 原子力安全強化分野
 - 放射線安全・廃棄物管理プロジェクト
4. 原子力基盤強化分野
 - 核セキュリティ・保障措置プロジェクト

また、内閣府主催の会合として、原子力を所管する各国の大臣級代表者により、アジア各国との協力量策や原子力政策について討議を行う「大臣級会合」、上級行政官により、大臣級会合に向けたテーマ設定や予備的議論を行う「上級行政官会合」、原子力発電及び非発電に関する政策・技術課題を、各国の担当上級行政官と有識者で共有し、各国及び国際協力の取り組みに生かすための討議を行う「スタディ・パネル」、各国から 1 名ずつ選出されたコーディネーターにより、協力プロジェクトの成果と評価、推進方策、新提案並びに FNCA の運営全般について審議する「コーディネーター会合」が実施されている。FNCA 全体の構成は、図 1 のとおりである。

各プロジェクトでは、各国から各プロジェクトの活動に最も相応しい行政官や専門家等が参加し、活動の性格、特徴に適した形態で「ワークショップ」を各国で開催しており、国内においては、国内の有識者を集めた「国内会合」を開催し、各プロジェクト活動の企画・立案、評価・検討を行っている。さらに、国内の各プロジェクトリーダーが集まり、各運営グループの活動をより効果的なものとするために情報及び意見交換を行う「プロジェクトリーダー会合」も開催している。

図 1. FNCA の構成



1.2 各プロジェクト概要

1.2.1 放射線利用開発分野(産業利用・環境利用)

(1) 放射線育種プロジェクト

1) プロジェクトの目的

本プロジェクトは、ガンマ線やイオンビームによる放射線誘発突然変異を利用した品種改良技術により、イネ、バナナ、ダイズ、ソルガム、ラン等のアジア地域でニーズの高い作物において、優れた性質を付加した新品種を作出し、アジア地域の食糧増産及び農作物の高品質化に貢献することを目的として活動を行ってきた。近年では、世界的に関心の高まっている「持続可能型農業」及び「気候変動」に焦点を当て、化学肥料や農薬の投入が少ない低投入条件下での栽培に適した品種や、高/低温、干ばつ、洪水、病虫害、塩害といった気候変動による様々な環境ストレスへの耐性を有する作物品種の開発を目指している。

2) プロジェクトの経緯と成果

プロジェクト活動の初期には、食用作物における環境ストレス耐性に優れた多収品種への改良を目指した研究を実施した。平成 18 年度(2006 年度)に終了したソルガム・ダイズの耐旱性育種研究においては、各国で耐旱性に優れた変異系統が育成された。中国では多収かつ耐旱性に優れたスイートソルガムが、インドネシア及びベトナムではそれぞれ多収かつ耐旱性に優れたダイズが開発され、新品種として登録・公開されており、現在も各国内で利用されている。

平成 16 年度(2004 年度)には、突然変異の原理等の基礎知識から細胞・分子生物学的手法等の応用技術まで幅広く突然変異育種に関する知識と技術を集約した突然変異育種マニュアルを作成し、参加各国の関係者、研究者に配布した。本マニュアルは、FNCA のウェブサイトで公開されており、突然変異育種を学び始めた人から育種事業の実務に携わる研究者まで、幅広く利用されている。

その後、アジア地域の経済成長に伴い、農家や消費者のニーズが多収のみならず食味や機能性成分の向上、輸出用作物の高品質化へと変化していることを受け、各国においてニーズの高い農業形質や子実成分等にターゲットを絞った育種活動を行った。

平成 22 年度(2010 年度)に終了したバナナの耐病性育種研究においては、ガンマ線照射と、その後の人工接種法によるスクリーニングによって、フザリウム萎凋病やバナナバンチートップ病への耐性を有する有望系統を開発し、マレーシア及びフィリピンでは、商業利用に向けた技術移転にも成功した。

平成 19 年度(2007 年度)に開始したイネの品質改良育種研究は、アミロースやタンパク質の含有量の改変を共通目標とし、各国のニーズに合わせて、各々異なる高品質、多収品種の開発を目指した活動を行い、平成 24 年度(2012 年度)で終了した。活動の初期には、標準となる共通の成分測定方法、標準品種、供試材料の交換等にかかわる諸規則を定めるとともに、平成 20 年度(2008 年度)からは、日本原子力研究開発機構(現・量子科学技術研究開発機構(QST))の施設を利用し、母材となる各国のイネ品種へのイオンビーム照射を実施した。各国においては、耐塩性、耐旱性、多収等、それぞれのニーズに合った突然変異系統の育成が順調に進められた。

平成 25 年度(2013 年度)～平成 29 年度(2017 年度)には、上記のイネの品質改良育種研究の活動成果を基に、「持続可能な農業のためのイネの突然変異育種」をテーマとして研究を実施した。自然農法・有機農法等に代表される化学肥料・農薬の低投入条件下でも比較的高い収量が得られる品

種の作出を共通課題とし、さらに環境ストレス耐性品種の作出について、各国が抱える課題に合わせて育種目標や研究計画を設定して活動を進めた。なお、モンゴルにおいてはイネの栽培が困難であるため、耐冷性イネの試験栽培並びにムギ類を対象とした活動が進められた。バングラデシュ、マレーシア、ベトナムにおいては、優良な特性を持った突然変異系統がそれぞれ新品種として正式に登録される等、大きな成果を得た。また、その他の国においても自国のニーズに合った多くの有望な系統が作出された。

平成 30 年度(2018 年度)からは、気候変動が顕在化する中、持続可能型農業の推進が最重要課題であるとの参加各国の共通認識の下、イネに限らず各国でニーズの高い主要作物を対象を拡大し、「気候変動下における低投入の持続可能型農業に向けた主要作物の突然変異育種」をテーマとして活動を開始した。低投入条件への適応性や環境ストレス耐性を主な目標とし、窒素利用効率の向上や根系等にも焦点を置いて研究を進めている。

令和 3 年度(2021 年度)のワークショップにおいては、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)パンデミックの影響で 1 年延期されていた中間評価に向け、これまでの活動のまとめと今後の方向性について議論を行った。

(2) 放射線加工・高分子改質プロジェクト

1) プロジェクトの目的

本プロジェクトは、工業・農業分野等における放射線加工技術のより広範な利用を目指し、参加国間における情報交換や共同研究を通じて実験データを共有することにより、参加国に利益をもたらす製品の実用化促進に資することを目的としている。

2) プロジェクトの経緯と成果

第 1 フェーズ(平成 14 年度(2002 年度)～平成 17 年度(2005 年度))では、「低エネルギー電子線照射システム」をテーマに、電子線を用いた排煙処理、天然高分子由来のハイドロゲル作製、繊維染色廃水の処理等の研究開発について現状を共有し、実用的応用研究を進めた。

第 2 フェーズ(平成 18 年度(2006 年度)～平成 20 年度(2008 年度))では、健康、医学、環境応用と技術移転のため、電子線・ガンマ線を用いた天然高分子の放射線加工処理による植物生長促進剤(PGP)やハイドロゲル創傷被覆材等の研究開発を行った。国際原子力機関(IAEA)/原子力科学技術に関する研究、開発及び訓練のための地域協力協定(RCA)との情報交換により効率的に研究活動を進めた。韓国は海藻由来のカラギーナンを含有する創傷被覆材(商品名:Cligel)を商品化した。

第 3 フェーズ(平成 21 年度(2009 年度)～平成 23 年度(2011 年度))では、「放射線加工による天然高分子の農業応用」を主なテーマとし、天然高分子の放射線分解を活用したエリクター活性を有する PGP の研究開発と、農業部門との連携強化による実用化に向けたフィールド試験を進めた。また、各国特産の天然高分子に放射線架橋やグラフト重合等の放射線加工処理を施して作製した高吸水性ゲル(超吸水材(SWA))の土壌改良材への応用を進めた。マレーシアはサゴデンプン由来の美容フェースマスク(商品名:Esllon)を商品化した。

高品質なハイドロゲルとオリゴ糖類の作製方法とその使用方法にかかわる技術資料として、「放射線加工によるハイドロゲルとオリゴ糖類の開発に関するガイドライン」を発行し、各国の研究開発や産業利用の促進のために有効利用されるよう FNCA のウェブサイトに掲載した。また、第 3 フェーズの研究

においても引き続き RCA との情報交換を行い、より効率的に研究活動を進めた。

第 4 フェーズ(平成 24 年度(2012 年度)～平成 26 年度(2014 年度))では、経済効果の高いイネやトウガラシ等への PGP の適合を促進するためのガイドラインを作成した。また、乾燥地帯での作物栽培用の土壌改良材として有用な SWA についてはフィールド試験に着手した。プロジェクトでの研究成果や我が国の専門家による技術的助言により、各国では天然高分子の放射線加工技術による製品開発が進展した(日本・ベトナム:キトサン由来の植物生長促進剤、中国:キトサン由来の飼料添加剤等)。また、参加国における電子線及びガンマ線の照射施設リストを FNCA のウェブサイトに掲載し、参加各国のユーザーに最新の情報を提供している。

第 5 フェーズ(平成 27 年度(2015 年度)～平成 29 年度(2017 年度))では、PGP の実用化完了及び生産価格の適正化の観点から SWA の作製条件の最適化を目指した。また、実用化の重要なステップとなる放射線加工による大量生産技術のためのプロセス開発を進めた。研究の進展に伴い「放射線加工によるハイドロゲルとオリゴ糖類の開発に関するガイドライン」(平成 21 年度(2009 年度)発行)の技術内容を更新し、最新版を FNCA のウェブサイトに掲載した。さらに、バイオ肥料プロジェクトと協力し、キトサン由来の PGP とバイオ肥料の相乗効果に関する研究を進めた結果、イネの生産性向上に相乗効果が見出された。

平成 30 年度(2018 年度)から開始した第 6 フェーズでは、農業、環境、医療応用のための放射線加工と高分子改質をテーマにプロジェクト活動を展開し、参加国のニーズに沿った農業、環境、医療分野等への多様な応用について研究開発を推進し、技術移転を目指した。新しい応用例として、放射線加工技術を用いたバイオ肥料製品の開発(マレーシア、モンゴル、フィリピン、ベトナム)、魚やエビ等の養殖における免疫増強剤及び成長剤としてのオリゴキトサンの利用(インドネシア、マレーシア、ベトナム)、有害金属を除去可能な捕集材の合成(中国、インドネシア、マレーシア)、細胞足場材料(マレーシア、ベトナム、日本)、経皮吸収薬(日本)、止血材(フィリピン)、創傷被覆材(バングラデシュ)へのハイドロゲルの利用等について取り組みを行った。

COVID-19 パンデミックの影響で活動期間が令和 3 年度(2021 年度)まで 1 年延長され、令和 3 年度(2021 年度)のワークショップにおいては、最終年度としてこれまでの活動のまとめと次期フェーズに向けた活動計画を議論した。

(3) 気候変動科学プロジェクト

1) プロジェクトの目的

本プロジェクトの目的は、原子力・同位体を用いた分析手法により、過去の変動の仕組みと過程について理解し、新たな知見を解明するための専門知識を共有することである。複数の専門分野にまたがるこの研究では、天然放射性核種や安定同位体をプロキシ又は指標として活用し、気候に関する高精度の記録を復元できる一連のデータを取得する。放射性核種と同位体を用いれば、過去の気候変動を識別すること、時代を特定することが可能であり、ひいては地球の気候システムの原動力を理解することができる。これを実現するために、アジア太平洋地域の樹木の年輪、珊瑚及び湖沼に保存された記録(環境アーカイブ)を用いて、過去の気候について精度の高い復元を目指す。またこの復元モデルを用いて、オーストラレーシア(オーストラリアとその付近の南洋諸島の総称)モンスーン、エルニーニョ南方振動(ENSO)、インド洋ダイポール現象(IOD)及び太平洋十年規模振動(PDO)等の気候変動の原因及び過程を理解することに努める。

過去の気候について解明するために用いる試料及び分析手法は以下のとおりである。

i) 湖沼堆積物

湖沼堆積物に蓄積された花粉、木炭、珪藻類、安定同位体、地球化学試料(成分及び粒度の分析)等は、植生、水質、堆積作用の変化を示す。これらの指標を組み合わせることにより、過去の気候の地域的な図式化、またそれらをさらに組み合わせることにより地球規模の図式化が可能となる。堆積物コアの上層部分の鉛-210(^{210}Pb)、セシウム-137(^{137}Cs)又はプルトニウム(Pu)の同位体分析、またコア全体にわたり存在する大型化石、多量の有機物又は貝殻の炭素-14(^{14}C)分析により、これらの変化の年表を作成することができる。

ii) 樹木の年輪

樹木の成長に従って、年毎の気候の特徴が樹木の組織及び構造に埋め込まれる。樹木に蓄積された酸素安定同位体の特徴、セルロース、年輪の幅等の指標を組み合わせることにより、気温及び降雨量に関する情報を復元することができる。四季の変化が少ない熱帯地方及び亜熱帯地方では、樹木の個々の成長輪を目視で確認することは困難であるが、蛍光エックス線分析(XRF)コアスキャナーによる成分組成分析、また ^{14}C の加速器質量分析による年代測定を用いれば検証可能である。

iii) 珊瑚

珊瑚の骨格は、成長期における付近の海水の化学的及び物理的状态の記録を示す。珊瑚の成長率が高いほど、過去における海洋循環の変化、海面温度及び海洋化学に関する高解像度な情報を入手できる。またこれらは、ENSO 及び IOD 等の過程の変化を示す。ウラン(U)/トリウム(Th)年代測定、 ^{14}C 年代測定、安定同位体分析(特に酸素安定同位体比($\delta^{18}\text{O}$))、誘導結合プラズマ質量分析(ICP-MS)を用いたストロンチウム(Sr)/カルシウム(Ca)比等の微量元素組成分析、さらに続成作用を分析する走査型電子顕微鏡/粉末エックス線回折法等の技術を、組み合わせて過去の気候の復元に使用する。

iv) 景観変化及び河川流域

石英に富む石灰質の岩相中に生成されるベリリウム-10(^{10}Be)、 ^{14}C 、アルミニウム-26(^{26}Al)及び塩素-36(^{36}Cl)等の宇宙線生成核種は、過去に浸食や地滑りが発生した時代と進行の速度を理解するための強力なツールとなる。岩盤の浸食、地滑り、断崖の劣化といった過程は景観を変化させるため、人類による影響や気候変動をより深く理解するきっかけとなる。

v) 炭素貯蔵

様々な土壌や沿岸の湿地・藻場の炭素貯蔵を正確に推定し、理解することは、二酸化炭素排出量と収支に関連する気候モデリングを正確にすることにつながる。本プロジェクトでは、加速器質量分析を使用した ^{14}C 、 ^{10}Be 、 ^{26}Al 及びPu同位体による年代測定や、同位体比質量分析を使用した炭素安定同位体比($\delta^{13}\text{C}$)、窒素同位体比($\delta^{14}\text{N}$)、 $\delta^{18}\text{O}$ の安定同位体分析等を利用してこれに取り組む。

2) プロジェクトの経緯と成果

本プロジェクトはオーストラリアを主導国として、平成29年度(2017年度)、原子力技術及び同位体を用いた実験と分析を通じ過去の気候変動の仕組みと過程を理解し、新たな知見を解明するための専門知識を共有することを目的として開始された。

令和3年度(2021年度)は、COVID-19の影響によりオンラインでワークショップが開催された。ワー

クショップにおいては、各国で実施されている気候変動関連の研究について進捗報告が行われたほか、研究を進めるにあたり、分析や機器・設備の面で他の参加国の支援を必要とする項目が確認された。また、オーストラリア原子力科学技術機構 (ANSTO) より、新たに食品産地調査プロジェクトの立ち上げに向けて始動することが発表された。オーストラリアは、食品の産地調査・食品安全に関するテーマで研究を進めるために、参加国にアンケート調査を実施し、分析能力、優先すべき食品、プロジェクトの推進において協力可能なステークホルダーを特定することとしている。

1.2.2 放射線利用開発分野(健康利用)

(1) 放射線治療プロジェクト

1) プロジェクトの目的

本プロジェクトは、放射線を用いた標準治療手順(プロトコール)を確立することにより、アジア地域における放射線治療の成績向上と普及を目的としている。アジア地域で罹患率の高いがんに対し、放射線治療の共同臨床研究を行い、副作用や生存率等について追跡調査を実施し、その有効性の科学的立証を進めている。

2) プロジェクトの経緯と成果

i) 子宮頸がん

平成 8 年度(1996 年度)より、アジアの人々に適した放射線治療のプロトコールの確立を目指して活動を開始し、放射線標準療法(CERVIX-I)を確立し、5 年生存率が 53%と、欧米に勝るとも劣らない治療成績を示した。平成 13 年度(2001 年度)のワークショップでは、このプロトコールをハンドブックとしてまとめ、各国の参加者等に配布し、成果の普及に努めた。

さらなる治療の改善を目指し、平成 12 年度(2000 年度)に開始した加速多分割照射療法(AHF:CERVIX-II)の臨床研究では、5 年生存率が 66%と、さらに高い治療成績を示した。

がんは治療して 5 年後以降の再発が少ないため、臨床試験では 5 年の全生存率を算出する必要がある。化学放射線療法(CRT:CERVIX-III)の臨床研究については、平成 23 年度(2011 年度)までフォローアップを行った結果、5 年の全生存率が 55.1%と、国際的に認知された臨床試験報告の成績に劣らない成績であり、CERVIX-III のプロトコールがアジアの局所進行子宮頸がん患者にとって安全かつ有効なものであることが示された。

平成 20 年度(2008 年度)より、重篤な進行子宮頸がんを対象に、抗がん剤同時併用のもと、傍大動脈リンパ領域を含む拡大照射野で放射線治療を行う臨床試験(CERVIX-IV)を実施している。実施当初は吐き気や下痢等の急性反応が強かったため、平成 21 年度(2009 年度)のワークショップにおいてプロトコールの改良が検討され、その結果、患者の負担が軽減され、抗がん剤投与による化学治療の完遂性が向上した。平成 30 年度(2018 年度)のワークショップ時点での CERVIX-IV の有効性は、5 年局所制御率が 91%、5 年生存率が 77%と良好であり、令和元年度(2019 年度)にはその治療成績をまとめた論文が国際学術誌に受理され、掲載された。

さらに、平成 28 年度(2016 年度)には 3 次元画像誘導小線源治療(3D-IGBT)を扱った CERVIX-V のプロトコールが作成され、平成 30 年度(2018 年度)より症例登録が始まった。令和 3 年度(2021 年度)時点では、目標症例数 100 症例中、76 症例が登録され、治療成績も良好である。また、平成

30 年度(2018 年度)のワークショップでは、3D-IGBT の実地研修をバングラデシュの医師及び医学物理士向けに行った。

ii) 上咽頭がん

平成 17 年度(2005 年度)より、子宮頸がんに加えて上咽頭がんも対象疾患とし、化学放射線療法の臨床試験を開始した。本試験においては、近傍リンパ節転移の進行が重篤ながんに対するプロトコール(NPC-I 及び NPC-III)と、頭蓋底へ腫瘍が直接浸潤する重篤ながんに対するプロトコール(NPC-II)の臨床研究データの解析等を行っている。

NPC-I の平成 23 年度(2011 年度)時点での 5 年生存率は 52%、局所制御率は 79%であり、平成 24 年度(2012 年度)にはその成果が論文化された。NPC-II の平成 25 年度(2013 年度)時点での有効性は、3 年局所制御率が 75%、3 年生存率が 80%である。本プロトコールに該当する上咽頭がんの頻度が低く、新規登録の症例が難しい点を考慮し、本臨床試験を終了することとした。しかしながら、疾患頻度が低いにもかかわらず、アジア地域の施設で 70 症例を治療した実績は珍しく、学術的にも貴重なデータであり、平成 27 年(2015 年)8 月には、国際学術誌にその成果について論文が投稿された。また、平成 22 年度(2010 年度)より、頸部リンパ節に転移のある上咽頭がん症例に対し、導入化学療法を行った後、放射線療法と化学療法を同時併用する(同時併用化学療法)プロトコール(NPC-III)の実施を開始した。本プロトコールは NPC-I と同じ病状を対象としているが、NPC-I は、同時併用化学療法の後に化学療法を行っており、両プロトコールを比較し、優越性を追求していく必要がある。令和元年度(2019 年度)に症例登録が完了し、現在は主要エンドポイントである 3 年全生存率の結果を確認するための追跡調査を行っている。

iii) 乳がん

平成 24 年度(2012 年度)のワークショップにおいて、新たな臨床研究対象として、乳がんに対するプロトコール(BREAST-I)が討議され、平成 25 年度(2013 年度)より乳がん手術後の患者を対象とした寡分割照射の短期療法について臨床試験が開始された。

BREAST-I は、早期がんに対する乳房温存術後の乳房への照射、あるいは局所進行乳がんに対する乳房切除後の胸壁と鎖骨上窩への 1 回の照射線量を従来よりも増加させることで、総線量を低下させ、治療期間を短縮するプロトコールである。本治療法は多くの先進諸国で乳房照射に使われ、治療効果が同等で有害事象が同等若しくはやや少ないことが報告されている。

本プロトコールには乳房温存療法(HF-BCT)及び乳房切除後放射線療法(HF-PMRT)の 2 つの治療法があり、どちらも目標登録患者数が 200 人であるが、HF-BCT が 227 人、HF-PMRT が 222 人と、いずれも目標数を達成している。これまでの治療成績結果は概ね良好であるが、今後 HF-BCT 及び HF-PMRT はそれぞれ 2 年、3 年の追跡調査が必要である。また、追跡調査結果を基にした論文文化も予定されている。

iv) 放射線治療の品質保証/品質管理(QA/QC)

平成 18 年度(2006 年度)から、ガラス線量計を用いた外部照射装置の品質保証/品質管理(QA/QC)に関する線量調査を行っており、バングラデシュ、中国、インドネシア、日本、カザフスタン、韓国、マレーシア、フィリピン、タイ、ベトナムの 10 カ国、また、平成 22 年度(2010 年度)には IAEA/RCA からオブザーバーとして参加しているパキスタン(16 施設、46 ビーム)において、対象施設が申告した照射線量と、我が国のガラス線量計を用いて測定した線量の相違を解析した。その結果、ほとんどの施設において適切な照射が行われていることを確認した。これまでの本調査の結果

概要と成果を記した論文が平成 28 年(2016 年)に国際学術誌に投稿された。また、子宮頸がんに対する第 5 プロトコール CERVIX-V で画像誘導小線源治療を扱うことを考慮し、各国施設に対し小線源治療における線量の QA/QC に重点を置いた調査及び技術指導を実施している。これまでに日本、韓国、中国及びフィリピンの 4 カ国で調査を実施し、今後も他国への調査が予定されている。令和 3 年度(2021 年度)には、運営グループ委員が FNCA ブレークスルー賞で優秀研究者賞を受賞した。

本プロジェクトでは、子宮頸がん、上咽頭がん及び乳がんに対する前例がない規模での多国間共同臨床試験を実施し、欧米の人々との体格差や各国の経済事情等を考慮することで、安全で副作用が少なく、かつ経済的な治療法を確立している。治療による生存率は、欧米で発表されている他の国際的な臨床試験の成績と同等の値を示しており、学術的にも高い成果を得ている。さらに、近年の臨床試験データ等により、CERVIX-III や NPC-I をはじめとする抗がん剤を併用する化学放射線療法でも良好な成績を得られることが明らかとなっており、今後も臨床研究を続けることで、より成熟したプロトコール確立につながると考えられる。

1.2.3 研究炉利用開発分野

(1) 研究炉利用プロジェクト

1) プロジェクトの目的

本プロジェクトは、各国が保有する研究炉の特徴や利用状況等の情報を共有し、参加国の研究者及び技術者の研究基盤や技術スキルレベルを効果的に向上させることを目的としている。

本プロジェクトのサブテーマの 1 つである中性子放射化分析(NAA)¹では、NAA を利用して試料の分析結果を評価し、それを社会経済の発展のために活用することを目指している。

2) プロジェクトの経緯と成果

アジアの多くの国では、長年にわたり研究炉を運転・管理し、多種多様な利用を行っている(NAA、放射性同位体(RI)製造、半導体製造、原子炉用材料照射試験、核医学、医療用照射、中性子ラジオグラフィ、原子炉挙動研究等)。また、新規研究炉の建設や大型研究炉の運転開始を計画している国もある。このような状況を踏まえ、研究炉利用について複数のサブテーマ(以下 a.~h.)を設け、ワークショップではこの中からサブテーマを 2 つ~3 つに絞って取り上げることとした。

- a. 中性子放射化分析
- b. 新しい放射性同位元素を含む放射性同位元素製造
- c. 中性子散乱
- d. 原子力科学
- e. ホウ素中性子捕捉療法、中性子ラジオグラフィ
- f. 材料研究
- g. 新しい研究炉
- h. 人材育成 等

¹ 中性子放射化分析法:試料の多元素を非破壊で同時分析及び定量する手法である。分析対象試料が維持されるため、何度でも測定可能である点が他の高精度分析法にない長所となっている。このため、研究炉の中性子を利用する手法の中核として研究・開発され、技術の確立に伴い多方面で利用されるようになったが、特に環境モニタリングの分野で広く注目されている。

i) 研究炉利用

本プロジェクトの第1フェーズ(平成29年度(2017年度)～令和元年度(2019年度))では、最初のワークショップで2つのサブテーマ「新しい放射性同位元素を含む放射性同位元素製造」と「新しい研究炉」を取り上げ、2回目のワークショップで「ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)、中性子ラジオグラフィ(NR)」と「材料研究」を取り上げた。3回目のワークショップでは、「人材育成を含む原子核科学」を取り上げ、参加国間の情報共有を図った。

第2フェーズの1年間の準備期間に当てられた令和2年度(2020年度)のワークショップにおいては、「新しい放射性同位元素を含む放射性同位元素製造」を取り上げた。第2フェーズの1年目となる令和3年度(2021年度)のワークショップにおいては、実用的な精製技術やQA/QCを含む「新しい放射性同位元素を含む放射性同位元素製造」と「新しい研究炉」を取り上げた。

ii) 中性子放射化分析

我が国では、研究炉を利用したNAAの長年にわたる知見や経験を有しており、これらの知見と経験に基づき各国の技術レベルの統一を図る一方、精度の向上等により分析データの質的充実化を図ってきた。また、分析技術の特殊性を簡便にするため、 k_0 標準化法²等の普及を図り、利用者の増加とデータ活用分野の拡大を図ることとした。

第1フェーズ(平成13年度(2001年度)～平成16年度(2004年度))では、分析の効率化、測定データの精度向上と測定技術の均一化、 k_0 標準化法の導入等を目的とした活動を行う一方、環境モニタリングにおけるNAAの有効性を実証し、各国の状況に応じた環境行政への寄与に尽力してきた。この結果、第2フェーズ(平成17年度(2005年度)～平成19年度(2007年度))において、ほとんどの参加国内で k_0 標準化法を導入することができ、「環境行政への働きかけ」に重点を置いた活動を行った。第3フェーズ(平成20年度(2008年度)～平成22年度(2010年度))では、「中性子放射化分析の多様な利用」を活動全体の基本テーマとし、分析対象を「地球化学的試料」、「食品試料」、「環境試料」の3つに分け、各々を独立したサブプロジェクトとして活動を行った。参加各国は、国内の実情を考慮して参加するサブプロジェクトを選択し、NAAの有効性と簡便性をアピールすることを目的に活動を行い、3つのサブプロジェクトのいずれにおいても各国でデータの蓄積が進められた。

なお、オーストラリアは平成20年度(2008年度)より「地球化学的試料」のサブプロジェクトに参加し、本サブプロジェクトの主導的な役割を担っている。その主導による多国間での「3種類の異なる堆積物による研究所間比較調査」では、本サブプロジェクトに参加する各機関の分析技術を比較するとともに、標準法(k_0 標準化法及び関連手法)以外のNAA利用手法、 k_0 標準化法以外のソフト・プログラム、XRF等の異なる技術の相互比較を行った。その結果、NAAは、広く利用されているXRFやICP-MS等による分析を補完するものであることが強く認識された。

第4フェーズ(平成23年度(2011年度)～平成26年度(2014年度))では、第3フェーズから継続して「地球化学的試料」、「食品試料」、「環境試料」の3つのサブプロジェクトにおいて、より充実し

² k_0 (ケーゼロ)標準化法:試料の多元素を同時に定性・定量分析する簡便な分析方法。中性子放射化分析法は、微量成分の高感度の多元素同時分析法であるが、定量分析のためには標準試料を調整し、データを比較する必要がある。 k_0 標準化法では、あらかじめ中性子照射場と測定装置等に係る必要条件を計測し、この数値を分析時に利用することにより、特別な技術を用いることなく定量の核種分析を行うことが可能となる。

たデータを蓄積し、NAA の確固たる有効性を示した。

これらの活動により、参加国は、簡便に微量な多元素の同時測定ができる NAA 技術の応用の可能性とその特徴について認識し、他の参加国の分析結果や分析技術を比較し、自国の技術を評価することが可能となった。

アジア諸国において、環境試料や食品試料等への NAA は生活における安全性確保を監視する目的でも利用され始めているとともに、鉱物資源調査等での多様な物質の分析にも活用され始めており、研究面や環境行政等の様々な面で社会に貢献し、国民の生活レベルの向上につながることが期待されている。

第 5 フェーズ(平成 27 年度(2015 年度)～令和元年度(2019 年度))では、「大気汚染－大気浮遊粒子」と「鉱物資源－希土類元素」を分析対象として活動を行った。

令和 2 年度(2020 年度)は 1 年間の準備期間とし、令和 3 年度(2021 年度)から開始となった第 6 フェーズでは、環境モニタリングに焦点を当て、NAA を含めた複数の測定技術を適用している。対象試料は、大気汚染物質、土壌・河川・湖沼及び海洋の汚染物質、食品及び栄養物、産業活動関連物質、浸食過程指標物質等とし、政府機関、規制機関、産業界及び研究者を含む広範な潜在的エンドユーザーを考慮する。

1.2.4 原子力安全強化分野

(1) 放射線安全・廃棄物管理プロジェクト

1) プロジェクトの目的

本プロジェクトは、参加国間において、放射線安全及び放射性廃棄物管理に関する情報や、経験により得られた知見を交換・共有することにより、アジア地域における放射線安全及び放射性廃棄物管理の安全性の向上に資することを目的としている。

2) プロジェクトの経緯と成果

本プロジェクトは、前身の放射性廃棄物管理プロジェクトを引き継ぎ、平成 20 年度(2008 年度)に活動を開始した。放射性廃棄物管理プロジェクトでは、参加国間において放射性廃棄物管理に関する情報や知見を交換・共有するための活動を行い、放射性廃棄物管理が不十分だった国がその重要性を認識し、処分場を建設するに至った等の実績を挙げている。

平成 13 年度(2001 年度)～平成 19 年度(2007 年度)には、我が国の専門家が各国の現場を訪問し、現状を確認して助言をする活動を実施してきた。この活動を通して、参加国では改善策を構築し放射性廃棄物の安全管理に寄与した。また、放射性廃棄物分野における参加各国の状況をまとめた「放射性廃棄物に関する統合化報告書」を平成 13 年度(2001 年度)に発行し、平成 19 年度(2007 年度)に改訂した。本報告書は、主に原子力先進国における放射性廃棄物管理の現状をまとめた IAEA のデータベースを補完するデータとして評価されている。さらに、平成 22 年度(2010 年度)から、放射線安全分野における各国の状況を「放射線安全に関する統合化報告書」としてまとめており、最新版を平成 25 年度(2013 年度)に FNCA のウェブサイトで公開した。

平成 12 年(2000 年)にタイで発生した放射線被ばく事故や、平成 23 年(2011 年度)に我が国で発生した東京電力福島第一原子力発電所事故を受け、近年は安全意識の見直しや向上が強調されている。このため、平成 26 年度(2014 年度)から開始した第 5 フェーズ(平成 26 年度(2014 年度)～平

成 28 年度(2016 年度))では、「原子力・放射線緊急時対応に関する統合化報告書」を作成した。本報告書では、過去に参加国で発生した事故の教訓を共有し、各国における緊急時計画の現状を把握するとともに、緊急時対応を想定した効果的な人材育成のあり方等についても検討を行っている。

第 6 フェーズ(平成 29 年度(2017 年度)～令和元年度(2019 年度))では、低レベル放射性廃棄物処分場をテーマとした活動を行い、令和 2 年(2020 年)に「低レベル放射性廃棄物処分場に関する統合化報告書」の中間報告を発行し、FNCA のウェブサイトで公開した。

令和 3 年度(2021 年度)から開始した第 7 フェーズでは、参加各国共通の課題である自然起源放射性物質(NORM)及び人為的に濃度が高められた自然起源放射性物質(TENORM)に焦点を当てて、「NORM/TENORM」に関する統合化報告書の作成を目指している。また、「低レベル放射性廃棄物処分場に関する統合化報告書」(中間報告)をアップデートして最終版を作成する予定である。なお、本プロジェクトではニュースレターを作成し、参加国間における放射線安全・廃棄物管理に関する最新の情報を共有している。

参加国の中には、原子力発電所建設の計画が具体化している国もあるため、原子力利用の基礎として重要かつ必須である放射線安全や放射線防護の知識と情報の充実化を図ることが喫緊の課題となっている。このためワークショップにおいて、緊急時対応に関する情報や実際の原子力・放射線関連の事故に関するデータ等を共有し、放射線安全の考え方や施設の放射性廃棄物管理の相互理解を進め、各国の安全文化の推進に貢献している。

1.2.5 原子力基盤強化分野

(1) 核セキュリティ・保障措置プロジェクト

1) プロジェクトの目的

アジア諸国における原子力平和利用の推進においては、原子力安全とともに核セキュリティ・保障措置の一層の確保が重要となる。本プロジェクトは、核セキュリティ・保障措置について参加各国の認識を高め、情報交換や人材育成、研究開発の推進等を通じて、アジア地域における核セキュリティ・保障措置の強化を図ることを目的としている。

2) プロジェクトの経緯と成果

本プロジェクトは平成 23 年度(2011 年度)より活動を開始し、第 1 フェーズ(平成 23 年度(2011 年度)～平成 25 年度(2013 年度))及び第 2 フェーズ(平成 26 年度(2014 年度)～平成 28 年度(2016 年度))では、ワークショップを通して参加国及び IAEA の核セキュリティ・保障措置の取り組みや参加国における核セキュリティ・保障措置分野でのキャパシティ・ビルディングの取り組みについて情報を共有し、核セキュリティ・保障措置の重要性に対する意識や知識の一層の向上を図った。また、原子力の平和的利用において重要な原子力 3S(原子力安全(Safety)、保障措置(Safeguards)、核セキュリティ(Security))の確保・強化や核セキュリティ文化醸成の重要性について参加各国の理解促進を図った。平成 24 年度(2012 年度)のワークショップでは、核不拡散のための IAEA 追加議定書(AP)の実施に関して経験を共有する場として、アジア太平洋地域の保障措置関連機関のネットワークであるアジア・太平洋保障措置ネットワーク(APSN)と合同でオープンセミナーを開催した。また、FNCA のウェブサイトを通じて参加国における核セキュリティ・保障措置の取り組みや 3S の規制当局に関する情報を共有するとともに、平成 24 年度(2012 年度)からは、第 14 回 FNCA 大臣級会合(平成 23 年

(2011 年))の決議を受け、アジア地域における核セキュリティ文化の醸成に向けて参加各国の核セキュリティ文化醸成に向けた具体的な取り組みを共有するとともに、参加国以外に対しても広く発信を行った。

第 3 フェーズ(平成 29 年度(2017 年度)～令和元年度(2019 年度))では、各分野のテーマとして核セキュリティ分野は核鑑識、サイバーセキュリティ、核セキュリティ文化醸成、放射線源のセキュリティ、保障措置分野は AP、また共通分野として中心的拠点(COE)等によるキャパシティ・ビルディング(人材育成等)をテーマに選択し、ワークショップ等での情報共有や討論等を通じて参加各国の取り組みに貢献した。

令和 2 年度(2020 年度)は 1 年間の準備期間とし、令和 3 年度(2021 年度)から開始となった第 4 フェーズでは、核セキュリティ分野は核セキュリティに関する参加国間の協力・連携の強化、保障措置分野は令和 2 年度(2020 年度)に発行した参加各国における AP 実施の良好事例集の充実と的確な AP 実施への反映、また、両分野の共通事項として、人材育成、キャパシティ・ビルディングのための参加国間の連携協力の一層の促進や地域の他のイニシアティブとの連携・協力による効率的・効果的な核不拡散・核セキュリティの強化を目指している。

1.3 プロジェクト評価

令和 3 年度(2021 年度)、放射線加工・高分子改質プロジェクト及び気候変動科学プロジェクトが活動期間(フェーズ)の最終年度を迎え、評価を実施した。また、放射線育種プロジェクトが、活動期間(平成 30 年度(2018 年度)～令和 4 年度(2023 年度)予定)の 3 年目を迎え、中間評価を行った。

(1) 放射線加工・高分子改質プロジェクト

1) プロジェクト名

放射加工・高分子改質プロジェクト

2) 主導国及びプロジェクトリーダー名

日本、田口光正氏(量子科学技術研究開発機構)

3) 分野

放射線利用開発(産業利用・環境利用)

4) FNCA 会合の共同コミュニケ/決議における言及

第 22 回大臣級会合共同コミュニケ

6. 研究成果の普及

放射線育種、放射線加工、研究炉利用、中性子放射化分析及びアイソトープ製造等のプロジェクト技術成果のエンドユーザーによる利用を、社会の福祉、経済へより効果的な貢献ができる商業化の可能性も考慮しながら、参加国において促進する。

8. その他促進すべき分野と活動

参加国全般で優先度の高い、持続的農業の発展と食品安全、環境保護、医療及び核の安全と保全文化のための基盤開発に関連する原子力科学・技術の応用分野における活動を拡大する。これに際しては、現存の研究開発分野を促進するとともに、参加国が幅広く関心を持ち、持続可能な発展に寄与する研究開発の将来的分野を積極的に採択する。

第 21 回コーディネーター会合 結論と提言

6. 会合は現在進行中の 3 プロジェクト、放射線育種プロジェクト、放射線加工・高分子改質プロジェクト及び気候変動科学プロジェクトの進捗について議論し、いずれのプロジェクトも参加国間の効果的な協力により、成功裏に進行していることを確認した。放射線加工・高分子改質と気候変動科学プロジェクトの終了報告、並びに放射線育種プロジェクトの中間報告は来年開催予定の次回コーディネーター会合で行われる予定である。しかしながら、COVID-19 が各プロジェクトに与えた負のインパクトについてはプロジェクト評価の中で十分に考慮する必要がある。それぞれのプロジェクトに対するコメントは以下のとおりである。

b) 放射線加工・高分子改質

本プロジェクトは放射線処理技術の幅広い応用を狙っており、動物飼料としての放射線分解したキトサンや医療応用のハイドロゲル研究において、優秀な結果を出している。プロジェクト成果の実利用を第三セクター含むエンドユーザーと一緒に促進し、商業化の可能性を考慮しながら進めるべきである。

5) 活動期間

平成 30 年度(2018 年度)～令和 3 年度(2021 年度)

6) プロジェクトの背景

前身のプロジェクトである電子加速器利用プロジェクトは平成 13 年(2001 年)に活動を開始し、第 1 フェーズ(平成 13 年度(2001 年度)～平成 17 年度(2005 年度))では低エネルギー電子線に関する新たな研究開発が検討された。

第 2 フェーズ(平成 18 年度(2006 年度)～平成 20 年度(2008 年度))では、前フェーズの検討結果に基づき天然高分子の放射線加工処理が進められた。

第 3 フェーズ(平成 21 年度(2009 年度)～平成 23 年度(2011 年度))では、エンドユーザーへの技術移転を目標として、天然高分子の放射線分解により作製される植物生長促進剤(PGP)/エリシター、並びに放射線架橋により作製される超吸水材(SWA)に関する有望な研究開発に焦点が絞られた。

第 4 フェーズ(平成 24 年度(2012 年度)～平成 26 年度(2014 年度))では、フィールド試験により PGP の植物生長効果を検証することで、技術移転を推進した。SWA については、乾燥農地に応用された。

第 5 フェーズ(平成 27 年度(2015 年度)～平成 29 年度(2017 年度))では、全ての参加国における PGP の実用化達成が推奨された。さらに、SWA の実用化を達成するため、コスト評価と製造方法の最適化が行われた。

平成 30 年(2018 年)のコーディネーター会合において、旧バイオ肥料プロジェクトと統合される形で『放射線加工・高分子改質プロジェクト』として新たな活動テーマが提案された。

7) プロジェクトの目的

本プロジェクトは、電子線やガンマ線等を利用した放射線加工の広範な活用を通じて、農業・環境・医療分野における新製品の開発と実用化を推進することを目標として活動を行っている。

8) プロジェクトの成果物

農業・環境・医療分野における以下の 7 つの研究開発テーマについて、新製品の開発と実用化を推進する活動を行っている。

- ① 放射線分解したキトサンの動物飼料応用

- ② ハイドロゲルの医療応用
- ③ 環境修復
- ④ PGP、SWA 及びバイオ肥料 (BF) の相乗効果
- ⑤ PGP 及び SWA (プロセス開発含む)
- ⑥ ガンマ線照射による BF 用微生物育種
- ⑦ ガンマ線照射による BF のキャリア滅菌

9) プロジェクトの業績

これまで、各国では自国のニーズに合った様々な製品の実用化が進んでおり、農業分野では、PGP、SWA、BF 等が開発され、実用化されている。

また、PGP における研究開発を基に魚の養殖や養鶏の成長促進に関する研究が進められ、効果が確認された。環境分野では、電子線照射を利用した排水処理が大規模商業利用の段階となっている。医療分野では、3 次元細胞培養基材が開発され、創傷被覆材及び止血材の実用化が進められた。

プロジェクトメンバーが FNCA 賞を受賞した(タイチーム:2018 年優秀研究チーム賞、カザフスタンチーム:2019 年最優秀研究チーム賞、インドネシアチーム:2020 年優秀研究者チーム賞、タイプロジェクトリーダー:最優秀研究者賞(2021FNCA ブレークスルー賞)。

10) 計画段階では考慮されなかったものの結果的により良い業績をもたらした要因

放射線利用技術等国際交流(研究者育成)事業を通じて参加国からの研究者を受け入れ、知見・技術を強化した。

11) プロジェクトの実施段階で成果を阻害した要因

- i) COVID-19 による研究活動の制限
- ii) オンラインワークショップにおいて議論時間が十分取れなかったこと

12) プロジェクトから得た教訓

- i) 参加国のニーズや研究開発の進捗状況が多様なため、十分な議論が必要である。
- ii) プロジェクト活動を効果的かつ効率的に進めるためには、グループ討議及び視察を含めた対面会合の開催が重要な要素となる。
- iii) オープンセミナーは放射線技術の普及と社会的受容性の拡大に非常に重要である。

13) プロジェクトの成果を持続させるための提言

実用化・商業化の推進のため、ステークホルダーとの連携を強化すべきである。

14) 今後の方向性

本プロジェクト活動の継続

15) 特記

なし

(2) 気候変動科学プロジェクト

1) プロジェクト名

気候変動科学プロジェクト

2) 主導国及びプロジェクトリーダー名

オーストラリア、ヘンク・ヘイニス氏

3) 分野

放射線利用開発分野(産業・環境利用)

4) FNCA 会合の共同コミュニケ/決議における言及

第 22 回大臣級会合共同コミュニケ

4. 環境保護及び気候変動対策における協力

近年の世界的な異常気象の多発に鑑み、環境保護及び気候変動対策における協力の強化を参加国に促し、気候変動科学プロジェクト等関係プロジェクトを継続、推進する。

8. その他促進すべき分野と活動

参加国全般で優先度の高い、持続的農業の発展と食品安全、環境保護、医療及び核の安全と保全文化のための基盤開発に関連する原子力科学・技術の応用分野における活動を拡大する。これに際しては、現存の研究開発分野を促進するとともに、参加国が幅広く関心を持ち、持続可能な発展に寄与する研究開発の将来的分野を積極的に採択する。

第 21 回コーディネーター会合 結論と提言

6. 会合は現在進行中の 3 プロジェクト、放射線育種プロジェクト、放射線加工・高分子改質プロジェクト及び気候変動科学プロジェクトの進捗について議論し、いずれのプロジェクトも参加国間の効果的な協力により、成功裏に進行していることを確認した。放射線加工・高分子改質と気候変動科学プロジェクトの終了報告、並びに放射線育種プロジェクトの中間報告は来年開催予定の次回コーディネーター会合で行われる予定である。しかしながら、COVID-19 が各プロジェクトに与えた負のインパクトについてはプロジェクト評価の中で十分に考慮する必要がある。それぞれのプロジェクトに対するコメントは以下のとおりである。

c) 気候変動科学

本プロジェクトは、原子力科学をベースにした調査と分析方法によって、過去の気候変動のプロセスとメカニズムを洞察すること、さらに気候変動を起こす現象を読み解く知見を取得し共有することを目的としている。コーディネーター会合は「土壌標本採集のガイド及び炭素循環研究における炭素放射性同位体の分析」が令和 2 年(2020 年)に編集されたことを評価し、さらに、この分析方法によって土壌有機炭素の不安定性に関するアジアスケールのデータベースが出来上がるものと期待している。

5) 活動期間

平成 29 年度(2017 年度)～令和 3 年度(2021 年度)

6) プロジェクトの背景

複数の専門分野にまたがる本研究は、放射性核種、安定同位体分析、また従来の分析手法を、生態学的方法と組み合わせ、環境中に保存・記録されている様々な指標から、高解像度の気候記録を復元するデータセットを取得するためのものである。

放射性核種と同位体の使用により、過去の気候変動の識別と時代の特定が可能であり、ひいては

地球の気候システムの原動力を理解することができる。このために、アジア太平洋地域の主な地域の樹木の年輪、珊瑚及び湖沼に保存された記録を用いて、過去の気候情報の高解像度な復元を目指す。またこれにより、オーストラレーシアモンスーン、ENSO、IOD、PDO 等、気候変動の原動力及び過程を理解することに努める。

7) プロジェクトの目的

本プロジェクトの目的は、原子力技術及び放射性同位体を用いた実験と分析を通じ、過去の気候変動の仕組みと過程を理解し、新たな知見を解明するための専門知識を共有することである。

8) プロジェクトの成果物

主な発行物:

フィリピン (2021FNCA ブレークスルー賞の一部):

- A historical record of the impact of nuclear activities based on 129I in coral cores in Baler, Philippines: An update. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2020.106508>
- High-resolution 129I bomb peak profile in an ice core from SE-Dome site, Greenland. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2017.12.015
- The status of the AMS system at MALT in its 20th year DOI: 10.1016/j.nimb.2015.05.032

オーストラリア及び中国の協働:

- Rapid warming has resulted in more wildfires in northeastern Australia, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144888>
- The impacts of volcanic eruptions and climate changes on the development of Hani peatland in northeastern China during the Holocene February 2021, Journal of Asian Earth Sciences 210(5):104691. DOI: 10.1016/j.jseaes.2021.104691

オーストラリア:

- Northward shift of the southern westerlies during the Antarctic Cold Reversal. November 2021. Quaternary Science Reviews 271(3):107189. DOI: 10.1016/j.quascirev.2021.107189
- Holocene dynamics of the Southern Hemisphere westerly winds and possible links to CO₂ outgassing. September 2018. Nature Geoscience 11(9) DOI: 10.1038/s41561-018-0186-5

日本:

- 「炭素循環研究のための土壌採取、処理、炭素同位体分析の実践ガイド」 <https://doi.org/10.11484/jaea-technology-2020-012>.
- 永野 博彦他、2019. Effect of dry-wet cycles on carbon dioxide release from two different volcanic ash soils in a Japanese temperate forest. Soil Sci. Plant Nutr. 00, 1–9. doi:10.1080/00380768.2019.1649976

国際会議における発表:

- 小嵐 淳他、Stability and degradability of soil organic carbon in Japanese forest soils revealed by radiocarbon analysis. 第9次東アジア生態学連合(EAFES)国際会議 名古屋、日本、2018年4月21～23日
- 小嵐 淳他、Quantitative understanding of the heterogeneity of soil organic carbon degradability for predicting long-term response of soil carbon to warming.国際長期生態学研究ネットワー

ク (ILTER) 年次総会及び ILTER 東アジア太平洋地域ネットワーク (ILTER-EAP) 科学カンファレンス 台中市、台湾、2018 年 10 月 14～19 日

- ・ 梁 乃申他、Long-term monitoring soil carbon dynamics of Asian terrestrial ecosystem by an automated chamber network. 国際長期生態学研究ネットワーク (ILTER) 年次総会及び ILTER 東アジア太平洋地域ネットワーク (ILTER-EAP) 科学カンファレンス 台中市、台湾、2018 年 10 月 14～19 日
- ・ 永野 博彦他、Laboratory examination of combined effects of temperature rising and increased water fluctuation on CO₂ release from volcanic ash soils. 日本地球惑星科学連合 2019 年大会 (JpGU Meeting 2019) 千葉、日本、2019 年 5 月 26～30 日

9) プロジェクトの業績

試料採取のためのガイドラインが発行され、PDF ファイル、ガイドライン又はリストの形式でグループに共有された:

- ・ 土壌採取関連ガイドが令和 2 年 (2020 年) 秋に発行された。
 - ・ 令和 3 年 (2021 年) 4 月～9 月に気候変動の試料アーカイブが引き渡された。
(該当国がサンプリングに関する物理的支援 (インドネシア及びタイ) 又はサンプリング機器の調達に関するアドバイス (マレーシア) を受けたため、この活動は終了した。)
- これらの成果は、他国の支援を得て、参加国の独自のケイパビリティ・ビルディングにつながった。

10) 計画段階では考慮されなかったものの結果的により良い業績をもたらした要因

- 1) 知識の国際交流及びケイパビリティ・ビルディングのためのより現実的なタイムフレーム
- 2) 参加国による研究計画のより適切な設定
- 3) ケイパビリティの共有と研究者の交流による、より早い段階からの国家間協力
- 4) 国の代表者の交代に伴い、一部の国のプロジェクトの進捗状況を把握し、確認することが困難であることが判明した。

11) プロジェクトの実施段階で成果を阻害した要因

COVID-19 パンデミックの影響により研究活動が遅れた。また、一部のグループは数カ月間にわたり活動ができなかった。

12) プロジェクトから得た教訓

参加国は (気候変動行動に対する国の優先事項に従って) 異なるニーズを持っており、本プロジェクトはそれらの異なる焦点の活動を可能にした。

13) プロジェクトの成果を持続させるための提言

- 1) 継続的な国際連携の確保
- 2) 原子力を基盤とする研究者とエンドユーザー間における国内連携の確保
- 3) 次世代人材の育成

14) 今後の方向性

本プロジェクトは、上記 13 の指摘ポイントを慎重に検討しながら、終了することが可能である。

15) 特記

本プロジェクトを率いるオーストラリアのプロジェクトリーダーが、ANSTO 及び FNCA プロジェクトにおけるポジションを公的に引退した。

(3) 放射線育種プロジェクト

1) プロジェクト名

放射線育種プロジェクト

2) 主導国及びプロジェクトリーダー名

日本、長谷純宏氏(量子科学技術研究開発機構)

3) 分野

放射線利用開発(産業利用・環境利用)

4) FNCA 会合の共同コミュニケ/決議における言及

第 22 回大臣級会合共同コミュニケ

6. 研究成果の普及

放射線育種、放射線加工、研究炉利用、中性子放射化分析及びアイソトープ製造等のプロジェクト技術成果のエンドユーザーによる利用を、社会の福祉、経済へより効果的な貢献ができる商業化の可能性も考慮しながら、参加国において促進する。

8. その他促進すべき分野と活動

参加国全般で優先度の高い、持続的農業の発展と食品安全、環境保護、医療及び核の安全と保全文化のための基盤開発に関連する原子力科学・技術の応用分野における活動を拡大する。これに際しては、現存の研究開発分野を促進するとともに、参加国が幅広く関心を持ち、持続可能な発展に寄与する研究開発の将来的分野を積極的に採択する。

第 21 回コーディネーター会合 結論と提言

6. 会合は現在進行中の 3 プロジェクト、放射線育種プロジェクト、放射線加工・高分子改質プロジェクト及び気候変動科学プロジェクトの進捗について議論し、いずれのプロジェクトも参加国間の効果的な協力により、成功裏に進行していることを確認した。放射線加工・高分子改質と気候変動科学プロジェクトの終了報告、並びに放射線育種プロジェクトの中間報告は来年開催予定の次回コーディネーター会合で行われる予定である。しかしながら、COVID-19 が各プロジェクトに与えた負のインパクトについてはプロジェクト評価の中で十分に考慮する必要がある。それぞれのプロジェクトに対するコメントは以下のとおりである。

a) 放射線育種

参加国で開発された複数のイネ、ムギそしてダイズの新しい変異株、変異種は広く流布し、流布先の経済拡大に貢献している。持続可能な農業や急変する気候変動に対する順応性を強化するために継続して努力が求められる。

5) 活動期間

平成 30 年度(2018 年度)～令和 5 年度(2023 年度)

6) プロジェクトの背景

気候変動は最近、特に世界の食糧生産地域として機能しているアジア諸国において、劇的に厳しくなっている。例えば、タイの北部と中央平原は過去 50 年間で最悪と考えられる洪水で荒廃している。また日本でも、多くの地域が集中豪雨に見舞われている。その結果、作物はイネ白葉枯病を含む様々な病気による被害が大幅に増えた。

さらに、アジアにおける食糧生産に使用される化学肥料及び農薬の量の増加が気候変動を助長している。このような状況下で、低投入の持続可能型農業への適応性を得るため、そして様々な環境ス

トレスへのレジリエンスを得るための主要作物の育種が望まれるところである。

農業政策、特に熱帯のアジア諸国における農業政策は、一般にイネやダイズといった主要作物の収量増加に焦点を当てている。それと同時に、環境負荷を緩和するためには、農地から出る温室効果ガス(亜酸化窒素(N_2O)、メタン(CH_4)及び二酸化炭素(CO_2))の削減が必要である。従って、低投入の持続可能型農業への適応性(低投入条件での高収量)を得るための主要作物の育種は重要な主題である。様々な環境ストレスへの作物の耐性又は抵抗性もまた、継続的に検討する必要がある。

7) プロジェクトの目的

本プロジェクトのテーマ:気候変動下における低投入の持続可能型農業に向けた主要作物の突然変異育種

- ① 自然農法や有機農法といった低投入の持続可能型農業に適応した主要作物の変異系統又は品種(低投入条件でのより高収量の変異系統)の開発
- ② 参加国の状況に応じた、病害虫耐性及び/又は高温、低温、洪水、干ばつ、塩害等に耐性のある主要作物の変異系統又は品種の開発

8) プロジェクトの成果物

バングラデシュ:15 の安定した有望な変異系統が、炭素イオンとガンマ線照射で変異導入されたイネ在来種の個体群から選抜された(B11 及び Lombur)。それらのほとんどは、高収量、早晚性、耐倒伏性、耐旱性、光周期非感受性、短粒・長粒及び天水条件での栽培適性に関して選抜された。2 つの安定した系統が地域適応性/増殖試験のために送付された。

中国:ハイブリッドイネ 1 品種(Jiang Liang You 7901)が商業生産のために正式に公開された。除草剤耐性のある 3 つの変異系統が開発され生産に使用されている。高エネルギーのイオンビームで誘発されたゲノム変異が同定され、解明された。変異遺伝子 1 つがクローニングされた。

インドネシア:耐旱性の高収量ダイズ新品種である Kemuning 1 及び Kemuning 2 が令和元年(2019 年)に公開され、早生の Sugentan 1 及び Sugentan 2 が令和 3 年(2021 年)に公開された。高収量で大粒な黒ダイズの新品種である Detara が令和 4 年(2022 年)に公開予定である。

日本:自然農法に適した新しい変異品種「クマミノリ」が、伝統的な在来種の交雑とガンマ線照射によって開発された。炭素イオンとガンマ線によって誘発されたシロイヌナズナの突然変異が全ゲノムシーケンシングによって特徴付けされた。

韓国:韓国多目的加速器複合施設(KOMAC)における陽子ビームの変異効果を調べた。20 の植物種を使用して放射線感受性を比較した。陽子ビームはガンマ線よりも頻繁に構造多型(主に逆位)を誘発することが示唆された。

マレーシア:2 つの変異系統に対し、令和 2 年(2020 年)2 月にマレーシア農業省によって、新植物品種登録証及び育成者権が登録番号 PBR0156(NMR152)及び PBR 0159(NMR151)で付与された。加えて、10 の潜在的な変異系統が炭素及びヘリウムイオンビーム照射によって得られた。

モンゴル:コムギについて、イオンビームで変異導入した Darkhan-144、Omskaya-36 及び Toboliskaya の M_2 及び M_3 世代において、収量、ストレス耐性及び穀粒品質について変異体スクリーニングを実施した。2 つの早生変異系統、すなわち Darkhan-225 及び Darkhan-234 が、対照品種よりも高い収量を示した。

オオムギについては、2 つの変異系統(MB-412/6 及び MB-178/1)が親品種よりも高い収量を

示した。

フィリピン: 完全な冠水下での生存率が向上した 13 のイネ変異系統が、人気のある高収量品種である NSIC Rc222 から得られた。Rc222 は高いアミロース含有量のために食味が劣るが、変異系統はアミロース含有量が減少し、イネツングロ病耐性もある。

タイ: M₄~M₇ 世代の 4,500 のイネ系統を冠水耐性についてスクリーニングした。223 系統が 50~85% の生存率を示した一方、親品種では回復できなかった。22 の優良系統が圃場試験の対象となった。平均収量は約 3,002kg/ha であり、9 系統で親品種よりも高い収量が得られた。RD31-B-390-3-4B が最も高い収量を示した(3,870kg/ha)。

ベトナム: ラッカセイについて、M₂~M₅ 世代のスクリーニングを通して 5 つの原品種から 27 の有望変異系統を選抜した。イネについては、M₂~M₄ 世代のスクリーニングによって、VTNA6 から 35 系統、ST20 から 47 系統を選抜した。

9) プロジェクトの業績

マレーシアでは、高い人気と農家からの高い需要により、令和 3 年(2021 年)11 月にイネ品種「NMR152」が第 9 代首相により正式に発表され、(首相の名前 Dato' Sri Ismail Sabri Yaakob を取って)「IS21」と改名された。「IS21」はマレーシア半島において農家の収入を 40~50%増加するのに成功した。総売上高は 2020 年に 130 万マレーシアリングギット(MYR)、2021 年に 245 万 MYR であった。マレーシア政府は、科学技術革新省を通して、イネ突然変異育種プロジェクトをさらに発展させるために研究助成金を付与した。

インドネシアでは、4 つの新しいダイズ品種が食品・産業用ダイズの安定供給に貢献している。中国では、このプロジェクトにより浙江省及び近隣地域におけるイネの生産性が向上し、経済効果を生むための基盤を築いた。フィリピンでは、耐塩性のイネ品種が海水浸水を経験している地域に配布され、耐旱性の品種が天水地域に配布された。日本で開発された、自然農法に適したイネの新品種が低投入の持続可能型農業を推進することが期待されている。以前のサブプロジェクト期間中にバングラデシュで公開された 3 つのイネ品種(BINAdhan-14、-18 及び-19)は非常に人気の高い品種となった。さらに、多くの安定した有望な変異系統が参加国で得られており、そのいくつかは近い将来、新品種として公開されることが期待されている。

日本、韓国及び中国で行われたイオンビームで誘発された突然変異の分子的特徴付けは、変異誘発に対する放射線の線質効果に関する我々の理解を深めた。

マレーシアチームは「FNCA 賞 2020(優秀研究チーム賞)」、「2021FNCA ブレークスルー賞(優秀研究者賞)」、「マレーシア原子力庁 2021 技術プレビュー・ショーケースゴールドメダル」、及び「IAEA2021 アウトスタンディングアチーブメント賞」を受賞した。バングラデシュチームは「FNCA 賞 2018(最優秀研究チーム賞)」を受賞、ベトナムチームは「FNCA 賞 2019(優秀研究チーム賞)」を受賞した。

加えて、本サブプロジェクトに関連し多くの研究論文が発表された。

10) 計画段階では考慮されなかったものの結果的により良い業績をもたらした要因

若い科学者に対する研修が本プロジェクトのより良い成果につながった。

11) プロジェクトの実施段階で成果を阻害した要因

COVID-19 パンデミックにより、全ての参加国で研究が妨げられている。日本の QST 高崎量子応用研究所でのイオンビーム照射に使用する種子材料の国際輸送が遅延又は停止した。

マレーシアでは、令和 3 年(2021 年)12 月の洪水等の自然災害により、計画されていた研究スケジュールが妨げられている。また、令和 2 年(2020 年)～令和 3 年(2021 年)の活動制限令により農業活動(特に外国人労働者に高く依存する大規模プランテーション)が影響を受けた。

インドネシアでは、海外からダイズを輸入するという政策により、国内におけるダイズ生産性の向上が遅れた。

韓国では、重イオンビーム加速器(RAON)が令和 3 年(2021 年)に完成予定であったが、遅延している。

12) プロジェクトから得た教訓

関係者の安全と健康を損なうことなくプロジェクトを実施することが重要である。

農家に対し、まだ最大限に行われていない新品種の配布といった期待される成果を達成するためには、様々な部門からのステークホルダーの関与が必要である。

新品種の認証には長い期間が必要である。マレーシアで新しいイネ品種を生産するためには少なくとも 5～10 年の期間と非常に多額の研究資金(100～500 万 MYR)が必要とされる。

変異誘発は、変異頻度が低いため、常に「運」に左右される。

分子ベースの特徴付け/研究にはさらに多くの投資が必要である。掘り下げた遺伝研究により、理解が深まり、研究の成功が増大するであろう。

13) プロジェクトの成果を持続させるための提言

より大きな効果を生むために、変異種の利用拡大にさらに多くの努力を払うべきである。

社会に還元するために、安定した変異系統の農業形質を検証する、様々な条件下でのさらなる圃場試験が必要である。

14) 今後の方向性

突然変異育種は植物育種の分野で引き続き重要であり、作物品種内での多様性を生み出すことが証明されている。さらに開発可能な潜在的な変異系統が多くあるという観点から、この取り組みを継続すべきである。

15) 特記

なし

1.4 令和3年度におけるFNCA活動一覧

令和3年度(2021年度)におけるFNCA全体の活動は、以下のとおりである。

活 動		日 程	場 所
第22回大臣級会合		令和3年12月9日	オンライン
第22回上級行政官会合		令和3年6月30日	オンライン
2022 スタディ・パネル		令和4年3月9日	オンライン
第21回コーディネーター会合		令和3年6月30日	オンライン
放射線 利用開発	放射線育種ワークショップ	令和4年1月18日～2月1日	オンライン及びメールによる討議
	放射線加工・高分子改質 ワークショップ	令和3年11月29日～30日	オンライン
	気候変動科学ワークショップ	令和3年11月11日～12日	オンライン
	放射線治療ワークショップ	令和3年11月26日	オンライン
研究炉 利用開発	研究炉利用ワークショップ	令和3年11月24日～25日	オンライン
原子力 安全強化	放射線安全・廃棄物管理 ワークショップ	令和3年11月9日～10日	オンライン
原子力 基盤強化	核セキュリティ・保障措置 ワークショップ	令和4年2月22日	オンライン

第 2 章

「国際会合の開催、情報収集」

第2章 国際会合の開催、情報収集

2.1 放射線利用開発分野(産業利用・環境利用)

2.1.1 放射線育種プロジェクト

1) ワークショップ開催概要

- i) 期 日:令和4年1月18日(火)～2月1日(火)
- ii) 場 所:オンライン
- iii) 主 催:文部科学省
- iv) 参加者:バングラデシュ、中国、韓国、ベトナムより各1名、マレーシア、モンゴルより各2名、フィリピンより3名、タイ、インドネシアより各4名、日本より11名、合計30名(添付資料2.1.2(p76)参照)
- v) 日 程:添付資料2.1.3(p80)参照

本ワークショップは、2022年1月18日～2月1日に開催され、1月18日にオンライン会合、1月18日～2月1日に電子メールを利用した討議を行った。

オンライン会合では、文部科学省の船曳一央氏及び日本コーディネーターの和田智明氏より挨拶があった。また、日本プロジェクトリーダーの長谷純宏氏より、本プロジェクト活動の概要及びワークショップの目的が紹介された。続いて、10カ国より、気候変動下における低投入の持続可能型農業に向けた主要作物の突然変異育種プロジェクトに関する進捗状況及び活動計画が発表された。

発表に続いて、長谷氏より、量子科学技術研究開発機構(QST)における次のイオンビーム照射及び次期フェーズに向けた今後の方向性に関するリードスピーチが行われた。長谷氏は今後の方向性について、現在のテーマである低投入や持続可能な農業の重要性に加え、全ゲノムシーケンシングやマーカー支援選抜といった最新技術等のキーワードを提案した。また、変異系統は本プロジェクトにおいて最も重要で貴重な資源であり、最新技術を利用してこれらを分析することにより、各国における現在の研究活動を促進する新たな知見が得られると強調した。リードスピーチの後、参加者より、各国においては鉄砲水が最も重要な問題であるため、早生と光周期非感受性がさらに必要となるとの発言があった。将来計画の詳細は、次のワークショップにおいて議論される。

オンライン会合の後、電子メールを利用した質疑応答セッションと議事録の討議が行われ、議事録について全ての参加者により賛成された。

また、オープンセミナーとして、長谷氏より、プロジェクトの活動内容及び成果に関する発表動画が、FNCA ウェブサイトの2021年度ワークショップ報告のページで公開された。発表の詳細は添付資料4.1(p162)のとおりである。

2) 各国発表概要

2018年度より開始した気候変動下における低投入の持続可能型農業に向けた主要作物の突然変異育種プロジェクトについて、各国より、以下のとおり2021年度の活動の進捗状況と活動計画が報告された。

a) バングラデシュ(バングラデシュ原子力委員会 A.N.K.マムン氏)

最終的に約15の有望な変異品種が、炭素イオンビームとガンマ線で変異誘発されたB11及びLombur イネ在来種の個体群から選抜されている。2つの有望系統が地域適応性/増殖試験のために送付された。それらのほとんどは、高収量、早・晩性、耐倒伏性、耐干性及び天水条件下で

の栽培適性、光周期非感受性、短粒、長粒かつ細粒に関して選抜されており、アウス期及びアマン期の両期における栽培に適している。

b) 中国(浙江大学 シュー・キンヤオ氏)

我々のイネ突然変異育種プロジェクトは、①品種となる潜在力を有する新たなイネ変異体の開発、②変異した形質の基となる変異遺伝子の同定、③変異体スクリーニングのためのプロトコルの確立及び④商業生産のための新規のイネ突然変異品種の利用促進に焦点を当てている。過去1年間、突然変異技術は、従来品種及びハイブリッドイネ品種開発のため、他の分子・バイオテクノロジー関連手法(薬培養、ゲノム編集、分子マーカーを利用した選抜等)と共に展開されてきた。

過去1年間の主要な成果には以下が含まれる。①市販のイネ品種から、雑草化したイネを枯らす除草剤への耐性が強化された、登熟の早いいくつかの推定変異系統が開発された。②雌系統として早生突然変異体を持つ、国に登録されたハイブリッドイネである Jiang-liang-you 7901 がいくつかの省において栽培されており、さらなる拡大が有望視されている。③機能獲得変異遺伝子がクローニングされ、キサント(黄色)抑制形質について解明された。④イオンビームによって誘発された構造変異(SV)の解析が、次世代シーケンシング(NGS)を用いて行われた。アルゴン、ネオン及び炭素イオンビームによって変異導入したインディカ2種、ジャポニカ2種のイネに関するSVの特性を調べ、構造変異の特性を詳細に研究した。

c) インドネシア(国立研究革新庁 ウィンダ・プスピタサリ氏)

インドネシアにおけるダイズの突然変異育種は、食品と産業用のダイズの高い需要を満たすべく国内のダイズ生産増大のために行われている。国内のダイズ生産を増大させるために実施可能な戦略の1つは、肥沃度の低い耕作限界地を含む作付面積を拡大することである。耕作限界地による難点を克服するために、土壌条件の改善、あるいはそのような土壌条件に適応する優良品種の使用等のいくつかの戦略を選択することができる。従って、原子力技術研究機構(ORTN)におけるダイズの突然変異育種は、誘発される突然変異と関連バイオテクノロジーの使用により、高収量で、非生物的ストレス(干ばつ頻発地域、酸性土壌)耐性があり、優れた種子品質を有する優良品種を得ることを目指す。

近年、ORTN はいくつかの新しい高収量ダイズ品種の公開に成功している。すなわち、干ばつストレス耐性のある Kemuning 1 と Kemuning 2 (2019 年に公開)、68 日と 69 日の早生形質を持つ Sugentan 1 と Sugentan 2 (2021 年に公開)であり、2022 年の初めには Detara という新品種が公開される予定である。この品種は高収量で大粒の黒ダイズである。

異なる種類の特定の形質をもつダイズ品種は、農家がそれぞれの環境条件と好みに適した品種を選択する機会を与え、ダイズ生産を継続的に増大させる。さらに、国内のダイズ生産増大を支援し、気候変動に対するダイズのレジリエンスを増大させるために、ダイズ育種の研究を行うことが重要である。

d) 日本(量子科学技術研究開発機構 長谷純宏氏)

作物のストレス耐性は、気候変動下での持続可能な農業を推進するための重要な課題の1つである。突然変異体の単離と原因遺伝子の機能分析は、ストレス耐性のある植物を開発するための新しい遺伝資源を提供する強力なツールである。BRRIdhan47 の変異個体群から塩感受性/耐

塩性の変異体をスクリーニングすることを試みた。BRRIdhan47 はバングラデシュで開発された最も耐塩性の高い品種の 1 つである。

まず、塩感受性の変異体についてスクリーニングを行った。BRRIdhan47 の種子に 60Gy の 320MeV 炭素イオンを用いて変異導入し、M₂ 個体群を溶液栽培した。通常の生長条件下での新鮮重の純増加を各植物について測定した。次に、塩化ナトリウム (NaCl) を培養液に加えて塩分条件 (EC: ~800mS/m) 下での新鮮重の純増化を測定した。通常条件と塩分条件下での新鮮重間の比率に基づいて、推定される塩感受性の変異体を選抜した。M₃ 世代において表現型が確認された変異体は得ていないが、葉先端の重大な萎凋を示す安定した変異体を得た。興味深いことに、この変異系統の方が対照比という点で、塩分条件下でわずかに高い耐性を示している。この変異系統には第一染色体の遺伝子にホモ接合体 2-bp 欠失がある。さらなる生理学的実験及び遺伝実験を行って原因遺伝子の機能の特徴付けを行う予定である。

また、耐塩性の変異体についてスクリーニングを行った。M₂ 個体群を溶液栽培し、塩分濃度を最大 2,000mS/m まで段階的に上昇させた。これは海水の半分に相当する塩分濃度である。推定される耐塩性変異体を得られ、表現型は次世代において確認されることとなる。

e) 韓国(国立公州大学 カン・シーヨン氏)

高い線エネルギー付与 (LET) 及び高い生物学的効果比 (RBE) を持つイオンビームが低 LET の放射線 (ガンマ線及びエックス線) よりも高い変異頻度とスペクトルを誘発することが示唆されている。韓国原子力研究所 (KAERI) に属する韓国多目的加速器複合施設 (KOMAC) は、2013 年に慶州市に建設されて以来、45MeV 及び 100MeV の陽子ビーム照射サービスを提供している。KAERI の研究グループは、突然変異育種のために、KOMAC の 100MeV 陽子ビームの照射条件を設定するための広範な研究を開始した。研究グループが実施した陽子ビーム育種に関連する 2 つの研究論文が、2021 年に 2 つの国際ジャーナルに発表された。デジョン広域市の基礎科学研究院に、重イオンビーム (200MeV) の希少同位体加速器 (RAON) が建設された。近い将来、陽子及び高 LET の重イオンビームを利用し、植物突然変異育種における多くの応用研究が行われるであろう。

f) マレーシア(マレーシア原子力庁 ソブリ・ビン・フセイン氏)

セランゴール州セキンチャンの農家組合によれば、穀倉地帯において、NMR152 が、同じ栽培区域内のその他の品種による生産 (4.6t/ha) と比較し、一貫して 7~10t/ha を生産した。この収量は、わずか 3.5t/ha である国内平均収量と比較して大幅に高い。2020 年から 2021 年までの調査では、NMR152 が、ケダ、ペラ、マラッカ及びセランゴールの鉄砲水地域において非常に安定しており、鉄砲水後に 90% の回復が観察されたことがデータによって示されている。一方、マレーシア半島北部の農家によれば、主に肥料と農薬の使用が減ることにより、イネ変異種の生産コストは最大 40% 削減可能である。さらに、2020 年~2021 年に、マレーシア半島の北部から南部にわたりいくつかの地域実証試験 (LVT) も実施された。ケダ州とセランゴール州から得られたデータでは、穀倉地帯において、NMR191 が同じ栽培区域内のその他の品種による生産 (平均 4t/ha) と比較し、一貫して 7~9t/ha を生産したことが明らかとなった。認定種子会社である HMN (M) Sdn Bhd から得られた記録に基づけば、マレーシア半島内で変異イネが植えられた総面積はおよそ 24,600ha である。

病害スクリーニングに関して、選抜された変異系統はマレーシア農業開発研究所(MARDI)によって評価された。2つの作期のデータによれば、NMR151とNMR152は葉いもち病に対して「やや耐性」(MR)として分類されたことが明らかになった。一方、MINT3は葉いもちに対して「やや感受性」であった。穂いもちについては、NMR151とNMR152は「耐性」(R)であり、一方MINT3は穂いもちに対してMRであった。紋枯病については、NMR151、NMR152及びMINT3はMRとして記録されていた。白葉枯病(BLB)については、2019/2020年のメインシーズンには、NMR151は「やや感受性」、そしてNMR152とMINT3は共にMRであった。しかしながら、2020年のオフシーズンには異なる結果が記録され、NMR151とNMR152が「感受性」であり、MINT3が「やや感受性」であった。BLB病は異なる気候に高く反応するため、2つの作期間の違いは予想されることである。

2021年1月29日、マレーシア農業・食品産業省(MAFI)は、技術委員会(BKKIPB)による厳しい技術的評価(RefNo:MDI/PR/JKTBKKIPB/P/2021(14))を経た後、NMR152を国の新規イネ品種として認定した。高い評判と農家からの高い需要により、NMR152は、2021年11月20日にマレーシア首相により正式に発表された。この発表に伴い、イネ突然変異種NMR152は、第9代マレーシア首相の名を取って、正式に「IS21」と名付けられた。今後マレーシア原子力庁は、国の新規イネ品種としてこの他の潜在的突然変異系統(NMR151及びNMR191)の承認と登録を得る努力を継続していく。結論として、このプロジェクトでは新しいイネ品種を作出する上での国家課題と政策に取り組んできた。そしてそれにより、農家の福利と生活を豊かにしている。マレーシア原子力庁は、新しい突然変異イネ種子を成功裏に開発、商業化し、そしてマレーシア全国の農家に普及させた。

g) モンゴル(植物農業科学研究所 バヤルスク・ノーヴ氏)

本プロジェクトでは、バイオテクノロジー及びマーカー利用選抜を併用した突然変異技術の応用により、主要作物の生産性と耐旱性向上を目指し、突然変異技術を利用したコムギ、オオムギにおける遺伝的多様性の強化および高収量、耐旱性、耐病性のコムギ及びオオムギ品種の開発を目指している。

2021年には、1) 2~3の異なる線量のイオンビームで処理したM₁世代のコムギの育成、2) 圃場条件でのM₂~M₄世代の評価及びスクリーニング、3) 収量性及び耐旱性・耐病性に関し、改良された変異形質を有するコムギ及びオオムギの優れた変異系統の圃場におけるスクリーニング及び選抜を目標として研究を進めた。

コムギについては、イオンビーム(ヘリウム 50MeV、炭素 320MeV)等の改善された新しい突然変異原を利用し、合計で、1917畝の60の後代がM₂~M₄で育種素材のために植えられた。2021年には、日本のQSTでイオンビーム処理を行った。M₂世代での生物測定によれば、線量15GyでのDarkhan-144変異種の生育期間は対照品種よりも3日早く、線量100GyでのOmskaya-36では対照よりも2日早かった。収量は100Gyの線量(ヘリウムイオンビーム処理)でのOmskaya-36品種で25.0g増加した。他の変異後代は収量では対照を超えることはできなかった。100Gyの線量でのOmskaya-36品種の有効茎数は対照よりも高かった。125GyでのToboliskaya変異種の1穂当たりの種子数は6個増えた。M₃世代での生物測定によれば、線量20GyでのOmskaya-36品種の生育期間は対照よりも2日早く、他の変異後代は対照と類似していた。草高は83~111cmで様々であった。全ての線量のイオンビーム

処理での Toboliskaya 品種の草高は 7~16cm 低くなった。20Gy での Darkhan-144 変異種の有効茎の数は対照よりも 12 個多かった。また、この後代の収量も高かった(対照に比べて 14g 高い)。線量 20Gy での Toboliskaya 品種の 1 穂当たりの種子数は対照よりも多く、1 穂当たりの種子重量も対照品種よりも高かった。363 の穂、42 の植物、95 の畝が、穂の形状、成熟度及びストレス耐性によって選抜され、次のレベルの研究に移された。2021 年に、農学試験において、早生、中生及び中晩生の 10 の変異系統の研究を行った。AL-647、AL-649 変異系統は対照品種 Darkhan-144 よりも 5 日早く成熟し、0.4~3.1t/ha 高い収量を上げた。早生品種の Darkhan-225 及び中生品種 Darkhan-234 を含む 2 つの変異系統収量試験では、優れた変異系統 Darkhan-225 の千粒重及び種子の容積重は対照である Darkhan-131 品種よりも高かった。中晩生優良変異系統 Darkhan-234 は対照の Darkhan-34 品種よりも千粒重が高かった。

オオムギについては、2021 年に、初期材料圃場において M_1 ~ M_3 世代の 258 の変異後代を調べた。収量試験において 2 つのオオムギ変異系統を調べた。麦芽用オオムギの変異系統 MB-412/6 は 3.2t/ha の穀粒収量を上げ、親品種である Burkhant-1 よりも 1.2t/ha 高かった。食用オオムギ変異系統 MB-178/1 は 2.1t/ha の穀粒収量を上げ、親品種である Alag erdene よりも 0.6t/ha 高かった。

また、2022 年の活動計画として、1) 改良された変異形質を有する有望変異系統について、圃場試験によるスクリーニングと選抜の継続、2) 有望変異体の改良形質と耐旱性についての評価及び公開された突然変異品種の実証と普及、3) いくつかの発芽及び根系形質の指標による PEG6000 を利用した有望変異系統の耐旱性スクリーニング、を予定している。

h) フィリピン(フィリピン稲研究所 クリストファー・C・カブソラ氏)

気候変動の最も壊滅的な影響の 1 つは、低地における激しい鉄砲水をもたらす強い台風の発生である。このような洪水はその地域の稲田を冠水させ、約 50~80%の収量低下をもたらす。冠水に耐性のあるイネ品種は、冠水に見舞われやすいイネの生態系におけるこの問題に対処するための長期的解決策の 1 つである。NSIC Rc222 は、8tha-1 から最大 12tha-1 という高い収量のため、フィリピンで人気のあるイネ品種の 1 つであるが、高いアミロース含有量と糊化温度のため食味は悪く、調理すると固くなる。フィリピン稲研究所は完全に冠水した状態での NSIC Rc222 の生存を改善するために誘発変異技術を利用した。この研究の目的は、高収量のイネ品種を遺伝的背景とした冠水に耐性のあるイネ品種を開発することである。この育種戦略は、元の NSIC Rc222 と比べ、完全な冠水条件下での生存が強化され、冠水下での収量が増大した 13 の変異系統を生み出した。これらの変異系統はまた、イネツングロ病耐性、実生段階での塩分と干ばつストレスへの耐性があり、アミロース含有量と糊化温度が低下して調理米の柔らかさが改善している。この系統は 2022 年の雨季に現地試験のために国家協同試験に参加する予定であり、2024 年までには新品種として承認され、冠水しやすいイネ生態系における栽培と商業化のために農家が利用できるようになることが期待されている。

i) タイ(タイ米作局 アピチャート・ノエンプラブ氏)

9 つの親品種(4,500 系統)のうち 720 系統が突然変異イネ系統である。これらの系統は、 M_4 ~ M_7 の間の人工池氾濫(4 回)のもとでの冠水耐性のある系統である。冠水期間は栄養生長期のイネで約 10~14 日である。冠水終了水抜き後の植物生存率は約 10~100%である。これは感受性

対照品種/親品種(0%)よりも大幅に高い。一方、耐性対照品種(FR13A)の生存率は約 95～100%である。22 の優良系統にオンステーション収量試験(水田)実験を行った。平均収量は約 3,002kg/ha であり、9 系統は親品種(対照品種)よりも収量が高かった。RD31-B-390-3-4B で最も高い収量が得られ(3,870kg/ha)、その成熟期間は 121 日である。平均草丈は 124cm である。穀粒の形状は長細で、長さ 11.05mm、幅 2.73mm、厚さ 2.13mm である。穀粒は中程度の白度(1.58)であり、アミロース含有量が高い(28.23%)。この系統の農業形質は親品種(RD31)と類似している。しかし、この系統は人工的冠水の下で生存することができる(耐性)。さらに、冠水系統の残りは収量試験で栽培され、種子は将来の実験のために保存される。

タイのイネ栽培の冠水リスク面積はおよそ 62,246ha である(Chinucha et al., 2014)。洪水のパターンは 2 つのタイプに分けることができる。1 つ目は長期間にわたる深水洪水であり 2 つ目は、短期間(1～2 週間)の冠水を特徴とする鉄砲水である。深水洪水はかなり予測可能であるが、鉄砲水の予測は非常に困難であり、イネの生育のいかなる段階においても発生する可能性がある。従って、イネにおける冠水耐性は非常に望ましい特性であり、食料安全保障を強化することが期待される。

イネにおける冠水耐性のための評価/選抜の方法は、試験対象系統、感受性対照品種(IR42)及び耐性対照品種(FR13A)を用いた以下の 3 段階で構成される。

- 1) 発芽種子による播種/種子散布。
- 2) 植物密度/草高を 25～30 日齢の苗で計測し、次に、冠水を開始し、水深を毎日チェックし、植物が完全に冠水している状態に保つ(水深 150cm)。
- 3) 冠水 7 日目又は 12 日目から IR42 を観察する。植物が 70～80%の損傷で柔らかくなった後、水抜きを開始する。その後、植物の生存と回復の記録を取る。

9 つの親品種からの 4,500 系統を、イネにおける冠水耐性について M₄～M₇ 世代でスクリーニングした。その結果、冠水耐性系統の量が 1717 から 1410、1013、720 系統とそれぞれ減少したことが示された。しかし、M₇ では、223 の系統が 50～85%の生存を示しており、これは FR13A(耐性の対照品種)の 95～100%より低く、親品種では回復できなかった。22 の優良系統をオンステーション収量試験(水田)実施のために選抜した。9 系統で親品種よりも高い収量(3,005kg/ha)が得られた。RD31-B-390-3-4B の収量が最も高く(3,872kg/ha)、成熟期間は 121 日であった。平均草丈は 124cm であり、穀粒の形状は細長であった。玄米の形状は細く、長さ 7.55mm、幅 2.34mm、厚さ 1.83mm であった。穀粒は中程度の白度(1.58)と高いアミロース含有量(28.23%)を有していた。

この研究では、720 系統が冠水耐性のイネ系統であることがわかった。M₄～M₇ の間の植物回復の割合は約 10～100%(人工池冠水)であった。9 系統が親品種(対照品種)よりも収量が高かった。さらに、RD31-B-390-3-4B の収量が最も高かった(3,872kg/ha)。冠水耐性のイネ系統の量が低減したため、冠水耐性の評価にはさらなる研究が必要である。特に、変異イネ系統の遺伝的制御の研究が必要である。

j) ベトナム(ベトナム農業遺伝学研究所 レ・ドゥック・タオ氏)

ベトナムにおける新規突然変異品種(イネ及びダイズ)の育種における目標は、高収量と高品質、広範な適応、栽培の容易性、短い生育期間、気候変動条件下での最も重要な生物的・非生物的ストレス耐性である。2008 年～2019 年に、ベトナムではガンマ線により 13 の新たな突然変異品種を公開した(イネ 11 品種及びダイズ 2 品種)。このうち、2008 年に公開された Khang dan 変

異体は極めて優れたイネ品種であり、高収量で優れた病害虫耐性といった特性を有し、年間約 4 万 ha で栽培されている。2013 年に公開された DT39 Quelam は、高品質、高タンパク、高収量であり、イネ BLB への耐性を有している。2017 年に公開された DT80 は高品質の BLB 耐性品種である。ダイズに関しては、DT2008 がダイズ育種の歴史の中で最も高い収量と耐性能を有する極めて優れた品種であり、特に耐旱性及び耐病性に優れている。さらにベトナムは、突然変異法による初めての黒ダイズ品種 DT2008DB を作出した。これは DT2008 とほとんど同じ特性で、高い栄養価及びオメガ脂肪酸含量を有しており、食用として非常に優れている。

我々のプロジェクトは、2021 年に国の支援予算を得て、ラッカセイとイネの突然変異品種を作出することに焦点を当ててきた。特にラッカセイについては、 $M_2 \sim M_5$ 世代のスクリーニングを通して 5 つの原品種から 27 の有望変異系統を選抜した。イネについては、 $M_2 \sim M_4$ 世代で、VTNA6 から 35 系統、ST20 から 47 系統を選抜した。

将来の活動計画としては、新規品種を選抜するためのスクリーニングを継続し、2022 年にはラッカセイ、オレンジ、ダイズへの照射を継続していく。

2.1.2 放射線加工・高分子改質プロジェクト

1) ワークショップ開催概要

- i) 期 日:令和3年11月29日(月)～11月30日(火)
- ii) 場 所:オンライン
- iii) 主 催:文部科学省
- iv) 参加者:バングラデシュ、中国、カザフスタン、モンゴル、フィリピン、タイ、ベトナムより各2名、インドネシア、マレーシアより各5名、日本13名、合計37名(添付資料2.2.2(p84)参照)
- v) 日 程:添付資料2.2.3(p89)参照

本ワークショップは、2021年11月29日～30日の2日間、オンラインにより開催された。

初日には、文部科学省の田中史代氏、日本コーディネーターの和田智明氏及び日本アドバイザーの玉田正男氏より、開会の挨拶が述べられた。続いて、日本プロジェクトリーダーの田口光正氏より、本プロジェクトの活動概要及び本ワークショップの論点とプログラムが説明された。その後、8カ国よりバイオ肥料分野における現行フェーズ(2018年～2021年)の活動のまとめと次期フェーズ(2022年～2024年)の将来計画について報告があった。

2日目には、10カ国より、放射線加工・高分子改質分野における現行フェーズの活動のまとめと次期フェーズの将来計画について報告があった。

続いて円卓討議が行われ、現行フェーズの活動成果と次期フェーズにおける将来計画がとりまとめられた。田口氏より本ワークショップの主要な成果がまとめられた後、閉会の挨拶が述べられた。

またオープンセミナーとして、FNCA ブレークスルー賞において、最優秀研究者賞を受賞したタイのプロジェクトリーダーであるピリヤトーン・スワンマラ氏より、タイにおけるプロジェクト活動の概要と成果に関する発表動画が、FNCA ウェブサイトの2021年度ワークショップ報告のページで公開された。発表の詳細は添付資料4.2(p164)のとおりである。

2) 各国発表概要およびワークショップのまとめ

2018年～2021年のプロジェクト活動成果が以下のとおりまとめられた。

i) バイオ肥料分野における2018年～2021年の活動のまとめ

- a) バングラデシュ(バングラデシュ原子力委員会 カムルザマン・プラマニク氏)

イネに関して、植物成長促進剤(PGP)としての照射キトサン及びバイオ肥料としてのアズスピリルム菌の併用効果を調べるために、6種類の処理を用いたセミフィールドレベル試験を実施した。イネの穀粒収量は最大1.77%及び4.45%増大した。

ダイズ用の潜在的な共生窒素固定細菌をスクリーニングするために、オリゴキトサン等のPGPと組み合わせてバイオ肥料として利用可能な細菌をダイズ根粒から分離した。20の分離株を9つの異なるグループに分類した。分離株はBLAST解析に基づき最大99.72%の相同性が特定された。

- b) 中国(中国農業科学院 チャン・ルイフー氏)

高効率のリン溶解微生物(PSB)の3つの株をスクリーニングし、ポット試験で評価し、フィールドで冬コムギに施用した。ストレス耐性、植物生長促進及び菌類病原体抑制について改善された変異体を得るために、バイオ肥料用株 *Trichoderma guizhouense* NJAU4742 のエックス線による放射線育種を行い、変異体のリシーケンシングによって変異部位を特定し、耐酸性遺伝子をクローニングした。

c) インドネシア(国立研究革新庁 ダルマワン・ダルヴィス氏)

放射線照射によって得られた BPK5 及び FPF4 の変異体は、液体培地中でリン酸塩とカリウムを溶解する最も高い能力を有している。オリゴキトサンによる生物的防除とバイオ肥料を用いる相乗効果は、アンモニウム(NH₄⁺)の蓄積とリン酸塩溶解によってプラスの相乗効果を有意に有している。

d) マレーシア(マレーシア原子力庁 ファ・チュー・クアイ・フエ氏)

マレーシアは、窒素-15(¹⁵N)同位体トレーサー技術等の原子力技術を利用し開発された、Bioliqfert、GoGrow BioNPK、Migrofas M99 及び Bioliqfert M100 の商業化に成功した。合計 770 万 L の Bioliqfert が、2020 年～2021 年に西マレーシアの稲作農家に配布された。総売上高は 1,309 万マレーシアリングgit (MYR)であった。オリゴキトサンとバイオ肥料の相乗効果は、チリとトウモロコシについてはプラスの効果であったが、イネ及びイチゴについてはマイナスであった。バイオ肥料微生物の突然変異誘発とキャリア滅菌のためにガンマ線照射が使用された。毒性試験が行われた。種子処理と生物学的環境修復が進行中である。

e) モンゴル(植物農業科学研究所 オトゴンバヤル・スンジドマー氏)

放射線技術によって根粒菌及び根圏細菌肥料を生産した。根粒菌バイオ肥料は作物収量と作物根の根粒の数を 2 倍に増大させている。液体根圏細菌肥料は、コムギ穀粒収量、種ジャガイモ収量及び野菜作物/ニンジン、タマネギ、トマト、アマトウガラシ等の収量を増大させている。

f) フィリピン(フィリピン大学ロスバニョス校 ジュリエッタ・A・アナルナ氏)

アゾスピリウム菌、菌根菌、根粒菌、植物成長促進根圏細菌(PGPR)及びトリコデルマ種から多様な微生物接種剤製品を生産した。バイオ肥料、PGP 及びカラギーナンを組み合わせることで、望ましい作物生産性を維持するための栄養必要量を供給できる。別途商業化され証明された様々な BIOTECH 技術における相互作用試験が、トウモロコシ、トマト及びナスを試験作物として、化学肥料と比較した混合接種の効果を決定するために実施された。各処理間の経済分析も記録された。20 kGy でのガンマ線照射による Bio N キャリア滅菌は寿命を延ばし、生産を改善した。

g) タイ(タイ農業局 クンラヤコーン・プロンジュントウック氏)

植物生長促進細菌を分離し、2 つの属に分類した。農業局はバイオ肥料技術の民間企業への移転を開始し、3 つのタイプの全てのバイオ肥料生産技術を 5 つの民間企業に移転する可能性があり、現在、3 社がイネ用の商業用バイオ肥料について登録している。

汚染滅菌法が、PGPR-I の生産において使用される細菌の生存率の研究によって実施された。Azospirillum brasilense TS13 及び Beijerinckia mobilis TB5 は全てのタイプのキャリア(①非滅菌、②110℃での 30 分間のオートクレーブ滅菌、③121℃での 30 分間のオートクレーブ滅菌、④25 kGy でのガンマ線照射による滅菌、⑤45 kGy でのガンマ線照射による滅菌)で生存することができた。Azospirillum brasilense TS13 はキャリアタイプ④で最も長く生存し、Beijerinckia mobilis TB5 はキャリアタイプ①で最も長く生存した。一方、Azotobacter vinelandii AT125 はキャリアタイプ④と⑤では生存できなかった。

h) ベトナム(ベトナム原子力研究所 チャン・ミン・クイン氏)

キャリアの主成分として放射線改質でんぷんを用いたバイオ肥料(Rapol-V)は作物収量を大きく増大させ、そしてまた、野菜の収量及び品質に何らのマイナスの影響を与えることな

く、少なくとも 20%の窒素(N)・リン(P)・カリウム(K)肥料を節減する。イネ藁の分解生成物調製のための高セルラーゼ生成トリコデルマ変異体をスクリーニングした。

ii) 高分子改質分野における 2018 年～2021 年の活動のまとめ

- a) バングラデシュ (バングラデシュ原子力委員会 サルマ・スルタナ氏 (代理発表:カムルザマン・プラマニク氏))

オリゴキトサンの葉面散布は、対照群と比較し、作物、果物及び野菜の生長と収量を増大させる。オリゴキトサンはまた、対照群とは対照的に、収穫期間を短縮する能力を示し、トマトやナスにつく細菌や菌類を含む微生物に対する抗菌作用を示す。病院の医師らは火傷や創傷の患者への外用として放射線架橋ハイドロゲルのサンプルを使用し、証明書を発行した。

また、キトサン添加によるポリビニルアルコール(PVA)ハイドロゲルへの抗菌作用の組み入れとガンマ線照射による抗菌作用の質を向上し、抗菌剤としての銀-キトサン・ナノコンポジットの合成を行った。

- b) 中国(上海大学 マ・ホンジュアン氏 (代理発表:ディン・レンハオ氏))

電子線照射を使用した廃水処理は大規模商業応用の段階に入り、1日の廃水処理能力は3万tである。いくつかのタイプの新たな繊維状吸着剤が合成され、100gを超えるウランが海水から抽出された。多くの企業が、パイロット規模での吸収材製造に協力した。超吸水材が放射線技術を用いて作製され、中国西部での砂漠化対処のために使用された。新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の照射不活性化試験はパイロット段階に移り、放射線技術はコールドチェーンの新型コロナウイルス除菌に使用されることが期待されている。

- c) インドネシア (国立研究革新庁 ティタ・プスピタサリ氏)

PGP としてのオリゴキトサンをコショウとキク科植物に施用した。その結果、オリゴキトサンはコショウの収量を増大させ、キクの収穫期間を短縮した。

オリゴキトサンの投与は、インドネシアの家禽及びセントウル鶏(インドネシア在来鶏)の栄養消化率と代謝エネルギーを増大させることができた。これと同じ傾向が、パスンダン牛(インドネシア在来牛)の体重増加についても観察された。

- d) カザフスタン (JCS 原子力技術パーク カシムジャノフ・ムラト氏 (代理発表:アザト・ヌルカシモフ氏))

「Semei Ormany」農園における3年にわたる観察で、照射によって生産された超吸水材(SWA)の有効性が確認された。「BetaSorb」商標が登録され、国家商標登録に入っている。「農作物用高分子ハイドロゲルの合成方法」の発明特許が受理された。SWAの工業生産は十分に確立され、子会社である「BetaSorb」社が設立された。

- e) 日本 (量子科学技術研究開発機構 田口光正氏)

生物学的用途及び医療用途の機能性ゼラチンハイドロゲルが放射線架橋技術を用いて調製された。得られたハイドロゲルは、筋繊維の配列を制御できる3次元細胞培養基材に、そして、脳内に蓄積することなく体内から速やかに排出されるナノ粒子タイプの核磁気共鳴画像法(MRI)造影剤に適用された。

- f) マレーシア (マレーシア原子力庁 マズナ・ビンティ・マフムド氏)

キトサン、カラギーナン及びサゴ廃棄物は天然資源由来のポリマーで、医療用途、PGP、動

物飼料添加剤及び農業用吸収材のためのハイドロゲル開発に関するプロジェクトにおいて利用されている。これらのポリマーは、プロセス要件及び製品設計に応じて、分解、架橋、滅菌、又はこれらの反応の組み合わせを誘発するために、ガンマ線で処理される。放射線は、製品の特性を満たし拡張するための高分子鎖とネットワークの様々な改変をもたらしている。

g) モンゴル(モンゴル国立大学 チンブリグ・ラドナーバザル氏)

PVA ベースのハイドロゲルは凍結融解法によって作製され、ZnO、Ag₂O ナノ粒子と混合される。最大 60 nm のナノ粒子は、ディスク拡散法において病原性細菌(MRSA)に対して有効であった。しかし、細孔径解析及び PVA ハイドロゲルの生分解性はまだ試験されていない。

h) フィリピン(フィリピン原子力研究所 チャリト・T・アラニラ氏)

カルボキシメチル(CM)セルロースと k-カラギーナン/ポリエチレンオキシドに基づく放射線架橋ハイドロゲルが、外傷における出血制御のための止血剤と外傷被覆材としてプロトタイプ化された。両方の止血剤は高い凝固能力を有し、細胞毒性や全身毒性がなく刺激性もない弱い皮膚感作物質である。前臨床試験では、中等度から重度の 4 つの動物出血モデルにおいて、より速く効果的な凝固を示し、市販の止血剤と比べて高い生存率をもたらした。これらのプロトタイプは臨床試験に向けた準備が整っている。

粘土質土壌及び砂壤土中で効果的に水を保持する、放射線加工キャッサバ/アクリル酸 SWA が開発された。微生物分解、植物毒性、遺伝毒性は、農業用途のための SWA の生分解性と安全性を示した。ポット試験及びフィールド試験の結果に基づき、SWA の使用により灌漑用水及び資源を節減することができる。費用便益分析により、農家の生産性、特に渇水期における生産性を改善することができる。

i) タイ(タイ原子力技術研究所 ピリヤトーン・スワンマラ氏)

2 つの季節に行われたフィールド試験の結果は、均一の形状を持つ SWA ビーズが球状化技術によって作製されたことを明らかにした。この新しいプロセスは、消費するモノマーがより少なくモノマーの再利用が可能である。ビーズの膨潤率は元の方法と比べて 2 倍以上であった。砂糖製造会社の協力でサトウキビバガスから作られた SWA のフィールド試験を行った。フィールド試験の結果は、最大 52%の収量増加を示した。

j) ベトナム(ベトナム原子力研究所 グエン・ゴック・ドゥイ氏)

41.8nm サイズのセレンナノ粒子(SeNPs)を、安定剤としてオリゴキトサン(OCS)を用いてガンマ線照射によって合成した。OCS と比較し、SeNPs/OCS は総白血球数についてより高い回復を示した。さらに SeNPs/OCS は、適切な 1.0~2.0mg/kg の供給濃度で良好な免疫刺激効果を示した。フリーズドライ及び放射線滅菌と組み合わせた放射線架橋によって、ゼラチン/CM キトサンとゼラチン/CM キチンからハイドロゲル足場を作製した。環境修復において、染色廃水は、主に線量 1kGy、1mM の H₂O₂ での電子ビーム法を生物学的処理(繊維工業廃水からのいくつかの選抜株)と組み合わせて用いることによって分解された。

iii) バイオ肥料分野における 2022 年~2024 年の将来計画

a) バングラデシュ(バングラデシュ原子力委員会 カムルザマン・プラマニク氏)

根粒形成、乾燥物生産及びダイズ品種(BARI Soybean-6)収量に関してダイズに与えるキトサンと共生バイオ肥料の併用効果が、2022 年に実験室規模で研究される予定である。有望な結果が得ら

れれば、同じ実験が 2023 年にセミフィールドレベルの試験において行われることとなる。最後に、2024 年に、相乗現象を評価するために、フィールドレベルの試験に進む。

b) 中国(中国農業科学院 チャン・ルイフー氏)

Trichoderma guizhouense NJAU4742 の育種株の固体発酵を行い、農業生産における Trichoderma guizhouense NJAU4742 の育種株を商業化する。また、超吸水材とバイオ肥料の相乗効果について研究を進める。

c) インドネシア(国立研究革新庁 ダルマワン・ダルヴィス氏)

国立研究革新庁(BRIN)への再編を含む、いくつかの研究センターの再編により、バイオ肥料研究の連続性は当該機関のサポートに依存することになる。

d) マレーシア(マレーシア原子力庁 ファ・チュー・クアイ・フエ氏)

現行のバイオ肥料プロジェクト(商業化、突然変異誘発及び種子処理キャリア滅菌及び生物学的環境修復)を継続する。

e) フィリピン(フィリピン大学ロスバニョス校 ジュリエッタ・A・アナルナ氏)

キャパシティ・ビルディングの強化を行う。また、Bio N 技術の改善(液体形態、複数株製品)、並びに低い線量での Bio N キャリアのガンマ線照射に関する研究を実施する。また、技術移転、マーケティング及び商業化の強化を行う。バイオ肥料とカラギーナンのフィールドでの使用に関するさらなる研究を実施する。

f) タイ(タイ農業局 クンラヤコーン・プロンジュントウック氏)

作物生産におけるバイオ肥料の施用を改善し、その使用に関する提言書を発出するために、農家区画での製品試験を実施する。その一方で、実験室及び温室での製品製造の試験及び性能試験を行う。また、米作局とともにイネ用に新しい PGPR バイオ肥料を開発し、イネ生産システムにおける土壌微生物の生物学的・生態学的研究と実施を行う。さらに、3 つの全てのタイプの PGPR バイオ肥料製造技術の民間企業への移転を継続する。

g) ベトナム(ベトナム原子力研究所 チャン・ミン・クイン氏)

バイオ肥料 Rapol V の他の作物(緑茶、ハーブ及び果実植物)への長期的効果を評価するための広域試験を行う。また、化学肥料に起因する汚染緩和のため、より低い NPK で施肥した一部の作物に対するバイオ肥料の効果を調査する。さらに、放射線誘発トリコデルマ変異体からイネ菌分解生成物を生成するための手順を策定する。イネ菌分解生成物生成の効率と適用可能性を評価するためのフィールド実験を行う。

iv) 高分子改質分野における 2022 年～2024 年の将来計画

a) バングラデシュ(バングラデシュ原子力委員会 サルマ・スルタナ氏(代理発表:カムルザマン・ブラマニク氏))

(1) 動物飼料用分解キトサン

従来の家禽飼料には、ヒトの体にがんを引き起こすクロム等の有害元素が含まれている。この点で代替物について考えなくてはならず、分解キトサン等のバイオ飼料製品を選択し、研究対象の動物としてニワトリを選択した。

(2) 環境修復

ヒ素は、ヒトの体にヒ素中毒を引き起こす原因となる重金属である。ヒ素はバングラデシュ南部の

飲料水中に許容限度を超えて検出されている。さらに、塩水はバングラデシュ南部に住む人々にとって大きな問題の 1 つである。これらの既存の問題に立ち向かうために、より良い改善策を得るためのハイドロゲルの有効性を探る取り組みを行っていく。

b) 中国(上海大学 マ・ホンジュアン氏(代理発表:ディン・レンハオ氏))

海水からウランを抽出するために新しい繊維状及び膜状吸収材を合成する。海水から 1 kg のウランを抽出することが期待されている。また、太陽光界面蒸発のためのパイロットスケールの綿織物を放射線技術によって作製する。放射線グラフト重合で調製された吸収材のパイロットスケールアップに関し各企業と協力する。

c) インドネシア(国立研究革新庁 ティタ・プスピタサリ氏)

BRIN への再編を含むいくつかの研究センターの再編により、インドネシアの在来種鶏へのオリゴキトサン適用の研究の連続性は当該機関のサポートに依存することになる。2022 年度のための支援資金要請提案が 2021 年 11 月末までに提出される予定である。

その他の実施予定の研究活動は、リサイクルプラスチックを機能製品として使用する、プラスチックの再利用である。

d) カザフスタン(JSC 原子力技術パーク カシムジャノフ・ムラト氏(代理発表:アザト・ヌルカシモフ氏))

本プロジェクトの枠組み内で、現在カザフスタンでは製造されていない新しい電線及びケーブルを開発することが計画されている。2 つのタイプのケーブル(太陽光発電システム用ケーブル及びオイル充填水中ポンプ用ケーブル)を開発することが計画されている。

太陽光発電用ケーブルとオイル充填水中ポンプ用ケーブルの製造の第 1 段階として、Kazelectromash 社にある既存の機器で、引き込み、撚り、敷設、絶縁が実施される予定である。次の製造段階として、JSC 原子力技術パークで、放射線の影響下での巻き戻しラインによる絶縁されたワークピースの立ち上げが行われる。

e) 日本(量子科学技術研究開発機構 田口光正氏)

医療用の機能デバイスを開発するための放射線架橋技術について研究を行う。特に、創薬と再生医療に適用可能な 3 次元細胞培養ハイドロゲル、MRI とポジトロン断層法(PET)に使用可能なナノセンサー及び手のひらサイズのチップに複数のタイプの同時試験を実施することができるマイクロ流体チップを開発し、社会実装することを目指している。

f) マレーシア(マレーシア原子力庁 マズナ・ビンティ・マフムド氏)

COVID-19 拡大前に計画されていた全ての未完成の作業を再開する。作業は、オリゴカラギーナンの保存可能期間と性能に関する研究を完了することに焦点を当てている。この協働的研究は2022 年においても様々な PGP の利用に重点を置いて行われる。オリゴキトサンは魚の収量と質を増大・改善するという有望な作用が確認されているため、2022 年は協力関係のために養殖業者にアプローチするのに適した時期になるであろう。Carradish の開発に関する研究も計画通りに再開される予定である。

g) フィリピン(フィリピン原子力研究所 チャリト・T・アラニラ氏)

CM セルロース顆粒及び k-カラギーナン/ポリエチレンオキシド/ポリエチレングリコールハイドロゲルの生産のスケールアップを行う。また、放射線滅菌線量 25 kGy の検証と実証を行う。さらに、産業パートナーと協力した臨床試験を準備する。電子線・ガンマ線照射 SWA との微生物酸化分解の比

較及び垂直農法における SWA の性能評価を行う。

i) タイ(タイ原子力技術研究所 ピリヤトーン・スワンマラ氏)

実験室規模での SWA ビーズの作製に成功した。SWA ビーズの将来計画には、(1) SWA ビーズに封入された肥料の仕込み・放出効率、(2) SWA ビーズ製造のスケールアップ及び(3) 元の SWA ハイドロゲルからの結果と比較するための SWA ビーズのフィールド試験、が含まれる。

「管理された植物生長促進剤放出のためのキトサンを組み入れたサトウキビバガスベースの SWA の調製」と題するプロジェクト案(2021 年～2024 年)が、タイ原子力技術研究所によって提出されている。このプロジェクトでは、タイにおける豊富なバイオマスであるサトウキビバガスからの SWA 作製に焦点を当てる。キトサンはまた、作製された SWA に組み入れられ、SWA とキトサンの相乗効果を見るために、その植物生長促進特性が研究される。

j) ベトナム(ベトナム原子力研究所 グエン・ゴック・ドゥイ氏)

薬用植物の生物活性物質の生産性と成分へのオリゴキトサン増量の効果を研究する。また、育種と機能性食品における使用のためにオリゴ糖とセレンのナノ粒子が免疫刺激に及ぼす相乗効果を研究する。さらに、パイロット規模での水産養殖における免疫システム強化のための添加物としてのオリゴキトサンの生産を行い、家畜及び水産養殖におけるオリゴキトサンを商業化する。

v) 将来計画のまとめ

2022 年～2024 年のプロジェクト活動に関し、全ての参加者が以下の 8 つのテーマに賛成した。ワークショップにおいては、進捗状況に応じて年毎にいくつかの研究テーマが選択される。

- (1) 放射線分解したキトサンの動物飼料応用
- (2) ハイドロゲルの医療応用
- (3) 環境修復
- (4) 植物生長促進剤、超吸収材及びバイオ肥料の相乗効果
- (5) 植物生長促進剤及び超吸水材(プロセス開発含む)
- (6) ガンマ線照射によるバイオ肥料用微生物育種
- (7) 放射線による滅菌及び浄化(※テーマ一部改変)
- (8) リサイクルプラスチック(新規テーマ)

2.1.3 気候変動科学プロジェクト

1) ワークショップ開催概要

- i) 期 日:令和3年11月11日(木)~11月12日(金)
- ii) 場 所:オンライン
- iii) 主 催:オーストラリア原子力科学技術機構
- iv) 参加者:オーストラリアより3名、インドネシアより2名、バングラデシュ、中国、カザフスタン、マレーシア、フィリピン、タイ、ベトナムより各1名、日本6名、合計18名(添付資料2.3.2(p94)参照)
- vi) 日 程:添付資料2.3.3(p96)参照

本ワークショップは、2021年11月11日~12日にオンラインで開催された。

はじめに日本コーディネーターの和田智明氏より開会の挨拶があり、続いて各国参加者より、気候アーカイブ(湖沼・河川堆積物、サンゴ・貝、洞窟生成物、樹木の年輪)及び土壌炭素の分析・研究の進捗状況について報告が行われた。

各国の発表の後、研究を進めるにあたり、機器・分析技術・設備の面で他国の支援を必要とする項目や、支援の形やレベルについて確認が行われた。

オーストラリアより、新たに食品産地調査プロジェクトの立ち上げに向けて始動することが発表された。オーストラリア原子力科学技術機構(ANSTO)のデバシシュ・マズムダー氏より新規プロジェクトについての紹介がなされ、議論が行われた。

また、オープンセミナーとして、2021FNCA ブレークスルー賞において優秀研究者賞を受賞したフィリピンのプロジェクトリーダーであるエンジェル・T・バウティスタ VII 氏より、フィリピンにおける過去の核の影響を再構築すると共に地球・環境プロセスを追跡するためのヨウ素-129(^{129}I)に関する発表動画が、FNCA ウェブサイトの2021年度ワークショップ報告のページで公開された。発表の詳細は添付資料4.3(p168)のとおりである。

2) 各国発表概要

- i) オーストラリア(オーストラリア原子力科学技術機構 ヘンク・ヘイニス氏)

オーストラリア原子力科学技術機構(ANSTO)は、偏西風が吹く赤道以南の地域から採取した湖の堆積物と、オーストラレーシアモンスーン、エルニーニョ南方振動、インド洋ダイポール現象、太平洋十年規模振動等の地域的な気候現象の相関について研究している。また過去1万年における熱帯地域のモンスーン現象の変遷を調査するため、クイーンズランド州北部、またインドネシアと協力の上バリ島及びジャワ島といった熱帯地域の湖の堆積物を分析している。これらの活動に適用されるのは加速器質量分析装置(AMS)による放射性炭素年代測定、安定同位体分析、マイクロ蛍光エックス線分析(XRF)スキャンニング(ITRAX)等である。なお、中国、タイの協力のもと、フィールドワークを実施した。

- ii) バングラデシュ(バングラデシュ原子力委員会 モハマト・アミルル・イスラム氏)

世界最大のマングローブ林が群生するシュンドルボン地域において、気候変動がマングローブ生態系に与える影響と、金属汚染の状況を調査するため、人為的活動が近くで行われている地点やそうでない地点等、様々な場所から堆積物を採取し、中性子放射化分析、原子吸光分光法、XRF、ガンマ線分光計による鉛-210(^{210}Pb)放射年代分析等を行った。調査結果は、すでに国際的なジャーナ

ルに発表されている。炭素-14 (^{14}C) 年代測定の実施にあたっては、他の参加国からの協力を仰ぎたい。

iii) 中国(華東理工大学 ゴン・チージュン氏)

中国の八陽湖の岸において砂丘の泥層の年代を特定し、第四湖中の湖の水位変化との関係をよりよく理解するための研究を行った。同研究には、光ルミネッセンス年代測定(OSL)を適用しており、砂丘の泥層の気候への影響又は環境への影響を知るために、今後もより多くの場所で作業し、データを分析する必要がある。

iv) インドネシア(国立研究革新庁 アリ・アルマン・ルビス氏、トリ・レナニンシ・ソエプロボワティ氏)

マングローブは二酸化炭素(CO_2)吸収と光合成に優れており、インドネシアには世界最大のマングローブ群生地があるため、炭素削減への貢献が大いに期待されている。インドネシアはマングローブ群生地の土壌に貯留するブルーカーボン(海藻等の海の生物によって吸収・固定された炭素)を原子力・同位体技術を用いて評価し、沿岸生態系における気候変動の影響を調査している。海洋・漁業省及びボゴール農業大学と協力の下、西バリ国立公園とロンボク西ヌサテンガラ地域で堆積物コアを採取し、アルファ線分光計による ^{210}Pb 放射年代測定を実施している。また、中部ジャワ州のディエン高原及びラワペニング湖地域で行った環境調査の概要を説明した。

v) 日本(日本原子力研究開発機構 永井晴康氏)

陸域生態系における土壌有機炭素の循環は、大気中の CO_2 レベルと地球温暖化と相関関係を持つ。将来起こりうる気候変動について予測するため、日本では土壌有機炭素の安定性と分解性を定量化に向け放射性炭素の分析を行い、また日本各地の土壌で炭素の貯蔵量や平均滞留時間を調査している。参加国と協力の上、土壌有機炭素に関する研究を世界規模で展開するため、日本原子力研究開発機構(JAEA)は文部科学省の放射線利用技術等国際交流(研究者育成)事業の下、参加国の研究者を招へいし、講義やフィールドワーク、測定方法を提供している。またこの活動に基づき、JAEA をはじめとする日本のプロジェクト関係者は「炭素循環研究のための土壌採取、処理、炭素同位体分析の実践ガイド」を完成させた。この業績が高く評価され、FNCA 賞 2020 において最優秀研究チーム賞を受賞した。

vi) カザフスタン(カザフスタン国立原子力研究センター アルミラ・アイダルカノバ氏)

カザフスタンでは気候変動の影響により干ばつ、熱波、洪水、地滑り等が発生する恐れがあり、カザフスタン国立原子力センター(NNC)が様々な地域の土壌炭素の温暖化に対する反応の調査と、将来的な気候変動の予測のための降雨中の安定同位体比率の定量化に取り組んでいる。カザフスタンでは気候変動の影響を研究及び評価するために放射線学的方法(放射性炭素年代測定、土壌ガス交換の調査、同位体水文学)を利用して環境への影響を調査してきた。

vii) マレーシア(マレーシアプトラ大学 ファティマ・MD・ユソフ氏)

マレーシアで二番目に大きい湖であるパハン州のチニ湖は、極端な気候条件により土壌侵食や森林消失が発生しており、さらに近隣で営まれる農業による化学肥料・農薬の使用やボーキサイトの採掘により脅威に晒されている。湖の生態系に対する気候変動や人為的活動の影響を調査するため、湖の2カ所の拠点から堆積物コアを採取し、ANSTOのITRAXを用いて分析を行った。さらにマラッカ海峡に面した4つの異なる拠点(マングローブ群生地、比較的正常な河口、汚染された河口、藻場)から堆積物を採取し、ANSTOの同位体比質量分析装置(IRMS)により塩分濃度、濁度、水素指数の変化を調査した。チニ湖の堆積物コアからのほとんどのデータは、2021年に分析された。しかし、マレ

ーシア原子力研究所における ^{210}Pb 分析において技術的なエラーが発生し、堆積物の年代測定はできなかった。COVID-19 パンデミックが落ち着けば、2022 年 4 月にサンプリングを再開する計画である。

viii) フィリピン(フィリピン原子力研究所 エンジェル・T・バウティスタ VII 氏)

自然的又は人為的に引き起こされる海洋環境の変化と気候変動を復元するために北部の海の 3 カ所からサンゴ骨格を、1 カ所からサンゴ化石を採取し、高解像度 3 次元エックス線コンピュータトモグラフィによる分析、AMS 及び誘導結合プラズマ質量分析(ICP-MS)を行い、過去の水面温度や放射能汚染の痕跡を調査している。また、水面温度の調査結果と放射性核種の移動経路に焦点を当て、サンゴを採取したサイトにおける海洋循環と、気候変動との関連についても考察を行っている。2021FNCA ブレークスルー賞において、過去 5 年間の研究が高く評価され優秀研究者賞を受賞した。

ix) タイ(タイ原子力技術研究所 サシファン・カウエラット氏)

タイ原子力技術研究所は、国内に蓄積した古代の巨大カキ殻から 1 年毎の成長の層を採取し、古気候の復元を図り、さらに古代において特定地域の巨大カキが大量発生/絶滅した原因を調査している。カキ殻から抽出した 400 の試料を IRMS(ICP-MS)により分析していたが、装置が故障したため、集中的な研究のためカキ殻のスラブ(平板)を ANSTO と中国に送った。このほかにも古気候・古環境の変化、沿岸汚染、海水位の変化について調査するために、掘削孔の堆積物分析を、また国の水資源管理計画に貢献するために降雨と地下水の中の同位体比質量分析を行っている。2021 年の計画は、過去の海面上昇の調査、古代の水管理の調査のための堆積物プロファイルの理解、古気候変動の再構築であり、関係機関と協力しながら調査研究を進めている。2022 年～2023 年の計画としては、原子力技術を利用した気候変動調査を継続しつつ、食品産地調査に関する新プロジェクトの立ち上げに伴い、水産物調査に係る協力機関の発掘、サンプル採取、分析等を行う予定である。

x) ベトナム(ベトナム原子力研究所 ブイ・ダック・ズン氏)

近年ベトナムでは、気候変動と人為的活動の影響による沿岸堆積・浸食が問題になっている。沿岸堆積・浸食の過去の状況と将来の予測、また沿岸・海洋環境に影響を及ぼす汚染の傾向について調査を行うために、原子力技術及び放射性同位体技術が利用できる。これらの技術を使用して、気候の影響下でのレッドリバー河口の堆積と侵食を調査し、調査地域の将来の傾向を予測した。また、ベトナムの海洋環境上の放射能の現状と、ベトナム領土の近くで稼働中の原子力発電所からの放射性核種の拡散の可能性を評価するプロジェクトを実施した。

3) ワークショップのまとめ

- i) JAEA をはじめとする日本のプロジェクト関係者は、「炭素循環研究のための土壌採取、処理、炭素同位体分析の実践ガイド」を作成し、参加国に普及した。このガイドラインは土壌の採取、土壌試料の処理、炭素安定同位体の同位体比質量分析、また放射性炭素の加速器質量分析を幅広く網羅し、アジア各国の研究チームが炭素循環の解明を独力で行うことを可能にするものである。オーストラリアにおいても、気候変動を記録する試料の採取に関するガイドラインを 2021 年の第二～第三四半期に配信した。
- ii) オーストラリアより、新たに食品産地調査プロジェクトの立ち上げに向けて始動することが発表された。ANSTO は今後、食品の産地調査・食品安全に関するテーマで研究を進めるために参加国

にアンケート調査を実施し、分析能力、優先すべき食品、プロジェクトの推進において協力可能なステークホルダーを特定した上で、新しいプロジェクトのための提案をまとめることとした。

2.2 放射線利用開発分野(健康利用)

2.2.1 放射線治療プロジェクト

1) ワークショップ開催概要

i) 期 日:令和3年11月26日(金)

ii) 場 所:オンライン

iii) 主 催:文部科学省

iv) 参加者:中国、韓国、インドネシアより各2名、バングラデシュ、カザフスタン、モンゴル、ベトナムより3名、マレーシア、フィリピン、タイより4名、日本15名、合計45名(添付資料2.4.2(p103)参照)

v) 日 程:添付資料2.4.3(p108)参照

本ワークショップは、2021年11月26日にオンラインで開催された。

開会セッションでは、日本プロジェクトリーダーの加藤眞吾氏、文部科学省の船曳一央氏、日本コーディネーターの和田智明氏及び日本アドバイザーの玉田正男氏よりそれぞれ挨拶が行われた。和田氏からは、2021年6月に開催された第21回FNCAコーディネーター会合でとりまとめられた「結論と提言」より、本プロジェクトに関する箇所が報告された。

次に、局所進行子宮頸がんに対する3次元画像誘導小線源治療(3D-IGBT)の前向き観察研究³(CERVIX-V)、上咽頭がんに対する化学放射線療法の第Ⅱ相試験(NPC-III)、乳がんに対する寡分割放射線療法の第Ⅱ相試験(BREAST-I)について、登録患者の臨床データの解析結果が発表された。

続いて、新たな臨床試験として検討している「がんの骨転移・脳転移に対する放射線治療」について、治療手順(プロトコル)案が紹介され、議論がなされた。さらに、国際原子力機関(IAEA)/原子力科学技術に関する研究、開発及び訓練のための地域協力協定(RCA)において開始予定の「がんの骨転移に対する放射線治療」についても紹介された。

また、オープンセミナーとして、大野達也氏より、子宮頸がんに対する放射線治療と本プロジェクト内での臨床試験の成果に関する発表が録画収録され、FNCA ウェブサイトの2021年度ワークショップ報告のページで公開された。発表の詳細は添付資料4.4(p172)のとおりである。

2) ワークショップのまとめ

i) 局所進行子宮頸がんに対する3次元画像誘導小線源治療の前向き観察研究(CERVIX-V)

IGBTは、腫瘍がある腔内での照射をより正確かつ安全に行える新しい治療法であり、管(アプリケーション)を腔内に入れた状態でコンピュータ断層撮影(CT)やMRIで撮影することにより、アプリケーションと腫瘍、周囲臓器との位置関係を把握することができる。そのCTやMRIを専用の治療計画装置に取り込むことで、周囲臓器への照射線量を抑えつつ腫瘍に高線量を集中投与するため、患者の副作用を減らすメリットがある。

2016年度のワークショップでプロトコルの原案が紹介され、2017年5月にQST旧放射線医学総合研究所(現量子医学・医療部門)の治験審査委員会によって承認された。各国治療施設において

³ 前向き観察研究:最初に健康な人の生活習慣等を調査し、この集団を「前向き」に＝未来に向かって追跡調査を行い、後から発生する疾病を確認する研究手法。最初に調査した要因とその後の疾病の発生との因果関係を分析する。

も順次プロトコールが承認され、2018 年度より患者の登録が始まった。

日本より、CERVIX-V の臨床データのまとめとして、本ワークショップ時点での登録患者数が計 76 名であることが報告された(国別では、バングラデシュ 1 名、中国 10 名、インドネシア 9 名、日本 7 名、カザフスタン 6 名、韓国 0 名、マレーシア 11 名、モンゴル 3 名、フィリピン 8 名、タイ 21 名、ベトナム 0 名)。

76 名中、68 名が解析可能な適格とされた。予備解析として、追跡期間が 6 カ月を超える 60 名の患者について解析が行われ、全ての登録患者が 3D-IGBT の治療を受け、21 名の患者についてはハイブリッド技術(組織内照射と腔内照射の併用)による治療を受けた。

グレード⁴3 の急性血液毒性が 13 名 (22%) の患者に見られたが、これらの毒性は管理可能なものであった。またグレード 3 以上の急性血液毒性がこれまでのところ 2 名 (3%) の患者に見られたが、晩期毒性については、グレード 3 以上はこれまで見られていない。2 年全生存率 (OS) 率、局所制御 (LC) 率及び無病生存 (DFS) 率はそれぞれ 91%、91% 及び 76% であった。

最初に作成されたプロトコールでは、登録目標の 100 名を 2022 年 5 月までに登録するとしていたが、臨床試験開始の時期が遅れたこと、また COVID-19 の影響で期限までに 100 名の登録が厳しいことも予想されることから、登録期限を 2023 年 11 月まで延長することが合意された。

ii) 上咽頭がんに対する同時併用化学放射線療法の第 II 相試験 (NPC-III)

NPC-III は、頸部リンパ節に転移のある上咽頭がん症例に対し導入化学療法を行った後、放射線療法と化学療法を同時併用するプロトコールである。化学療法を同時併用治療の前に行っている点(ネオアジュバント化学療法)が NPC-I(同時併用化学放射線療法の後にアジュバント化学療法)との違いである。2019 年に患者登録は終了しており、現在は 3 年間の追跡調査を行っている。国別の登録患者数は、バングラデシュ 1 名、中国 9 名、インドネシア 12 名、日本 0 名、カザフスタン 0 名、韓国 0 名、マレーシア 31 名、フィリピン 7 名、タイ 0 名、ベトナム 60 名の計 120 名であり、追跡期間中央値は 41 カ月 (0~128 カ月) であった。

2019 年に登録された急性毒性に関する一部の追跡データがまだ提出されていないため、早急な提出が求められた。治療結果は NPC-I との間での T 及び N 分類⁵によるステージをマッチングさせた比較とマッチングさせない比較から、LC 率は劣るが、OS 率は同等とされた。また、NPC-III の患者のステージはほとんどが 3 ないしは 4 であるのに対し、遠隔転移(骨転移)の割合が比較的高いこと、治療前に骨シンチグラフィー検査を受けた患者は、62%にとどまっている点について、サブセット解析を実施することが推奨されました。

本臨床試験の主要エンドポイントは 3 年無増悪 (PFS) 率で、さらに 1 年間、患者を追跡する必要がある。全ての追跡データをそろえ、3 年間の追跡結果を暫定報告書とする予定である。

iii) 乳がんに対する寡分割放射線療法の第 II 相試験/術後放射線療法 (BREAST-I/PMRT)

BREAST-I/PMRT は、局所進行乳がんに対する乳房切除後の胸壁と鎖骨上窩への領域照射を行

⁴ グレード: 有害事象の重症度を意味する。有害事象共通用語規準では、グレードは 1~5 まであり、グレード 3 は重症又は医学的に重大であるが、直ちに生命を脅かすものではないとされている。

⁵ TNM 分類: 腫瘍の部位毎に設定され、原発腫瘍の大きさ (T)、所属リンパ節転移 (N)、遠隔転移 (M) の三要素で病気を決定する。

う治療法で、1回の照射線量を通常よりやや増加させ総線量を低下させて治療期間を短縮し、治療期間を約3分の2に短縮する。アジア諸国では、多くの患者を限られた放射線治療資源で治療する必要があり、寡分割療法が従来法と同様の効果が得られ有害事象にも差異がなければ、患者にとっても施設にとっても有意義な治療法となり得る。本臨床試験では、乳房切除後の胸壁と鎖骨上窩に対して1回2.7Gyにて16回で計43.2Gyを照射し、その有用性を検討する。

日本よりBREAST-I/PMRTのレビューと臨床データのまとめとして、本プロトコールへの登録患者数が222名(国別の登録患者数は、バングラデシュ84名、中国13名、インドネシア0名、日本15名、カザフスタン20名、韓国0名、マレーシア0名、モンゴル26名、フィリピン18名、タイ0名及びベトナム46名)であることが報告された。

日本より登録症例全体のまとめが以下のとおり報告された。

グレード2以上の急性皮膚炎が15%の患者に、グレード2の皮下急性毒性が1%の患者に見られた。グレード3以上の晩期毒性は見られなかった。5年LC率、PFS率及びOS率はそれぞれ96.3%、81%及び90.9%であった。

PMRTの患者登録は2019年に完了している。主要エンドポイントは5年局所無再発生存率(LRFS)であり、さらに3年間の患者の追跡が必要とされている、また、総追跡期間は10年であり、その間の晩期有害事象について注意することが求められている。

iv) 乳がんに対する寡分割放射線療法の第II相試験/温存術後乳房全照射(BREAST-I/WBI)

BREAST-I/WBIは、早期乳がんに対する乳房温存手術後の乳房照射である。BREAST-I/PMRT同様、1回の照射線量を通常よりやや増加させ治療期間を約3分の2に短縮することで総線量を低下させる治療法であり、温存術後の乳房に対して1回2.7Gyにて16回で43.2Gyを照射し、さらに高リスク因子を持つ患者では腫瘍床に追加で8.1Gyを照射しその有用性を検討する。

日本よりBREAST-I/WBIのレビューと臨床データのまとめとして、本プロトコールへの登録患者数が227名/228乳病巣(国別の登録患者数は、バングラデシュ31名、中国6名、インドネシア16名、日本134名、カザフスタン14名、韓国9名、マレーシア0名、モンゴル3名、フィリピン0名、タイ14名及びベトナム0名)であることが報告された。

日本より登録症例全体のまとめが以下のとおり報告された。

グレード2～3の急性皮膚炎が13%の患者に見られ、局所領域再発は1例、遠隔転移は4例、また乳がんによる死亡が3例見られた。グレード3以上の晩期毒性は見られなかった。5年LC率、PFS率及びOS率はそれぞれ98.9%、95.5%及び95.9%であった。

WBIの患者登録は2018年に完了している。主要エンドポイントは5年LRFSであり、さらに3年間の患者の追跡が必要とされた。また、PMRT同様、総追跡期間は10年であり、その間の晩期有害事象について注意することが求められている。

v) 新規臨床試験

「がんの骨転移に対する緩和的放射線治療」及び「がんの脳転移に対する緩和的放射線治療」が2019年度より検討されている。2020年に各国病院に対して行ったアンケート結果に基づき作成されたそれぞれのプロトコール案が説明された。

日本より、「がんの骨転移に対する緩和的放射線治療」のプロトコル案として「有痛性骨転移に対する単回照射の放射線治療の前向き観察研究」が提案された。本プロトコルは大筋で合意を得たが、①患者が感じる痛みの指数(NRS)5〜7 の中程度の痛みを有する患者を含めるか、②椎体以外の病変を含めるか、③病変数と総照射野の大きさの3点については今後の議論で決定することとした。2022年のワークショップまでに本研究を開始するため、事務的手続きも始まる予定である。

タイより「がんの脳転移に対する緩和的放射線治療」として、「定位手術的(SRS)に適さない脳転移のある非小細胞肺癌(NSCLC)に対する緩和的全脳放射線治療(WBRT)の延命効果: 予後モデルの外部検証」と題されたプロトコル案が紹介された。

数多くのモデルの直接比較を伴う外部検証研究として、予後モデルが提案された。本研究の目的は個々の患者にとってのWBRTの治療効果を予測することである。また研究を行う利点は、十分なサンプルサイズを備えた迅速な研究となり得ること、WBRTの治療効果を予測するにあたり、ウェブベースのモデルを使用できることである。サンプルサイズがメンバー国にとって十分な場合には、各国の個別的モデルを作成することもできる。

WBRTの治療効果予測因子の実現性について確認するために、まず各国より5名の患者に関するチェックリストに基づいた調査が提案された。正式な提案と記録フォームは今後報告される。本線量監査は、COVID-19の影響で一時的に中断しているが、参加国におけるCOVID-19の状況が改善した後には再開が予定されている。

プロトコル案について議論が行われ、「原発がんの種類に関わりなく、全ての脳転移を含めることは可能か」「カルノフスキー指数(KPS)ではなく、米国東海岸癌臨床試験グループ(ECOG)のパフォーマンスステータスを使用することができるか」「WBRTを実施していなくても参加国全てのメンバーがそのデータにアクセスできるか」等の質問が挙げられた。これらの質問に対する回答は、調査に向けて作成されるチェックリストに反映される。

さらに、IAEA/RCAの新規プロジェクト「緩和的治療における放射線治療の標準化」について、プロジェクトリードカントリーのコーディネーターである、QSTの若月優氏より、プロジェクトの概要について紹介された。本プロジェクトは2022年より開始予定であり、RCA地域の政府系病院における緩和的放射線治療の臨床マネジメントを向上させることで、同地域の生活の質(QoL)を向上させることを目標としている。同じく緩和的放射線治療を扱うFNCAとの連携が期待されている。

vi) 将来計画

2021年6月30日に開催された第21回FNCAコーディネーター会合にてとりまとめられた「結論と提言」の内容として、本プロジェクト内で、将来的に「前立腺がんに対する放射線治療」を検討していくことが報告された。

vii) その他

2016年度～2020年度に卓越した研究成果を挙げた研究者に贈られる2021FNCAブレイクスルー賞において、プロジェクトメンバーであるQSTの水野秀之氏が優秀賞を受賞したことが報告された。

2.3 研究炉利用開発分野

2.3.1 研究炉利用プロジェクト

1) ワークショップ開催概要

- i) 期 日:令和3年11月24日(水)～25日(木)
- ii) 場 所:オンライン
- iii) 主 催:文部科学省
- iv) 参加者:オーストラリア、バングラデシュ、中国、カザフスタン、マレーシア、モンゴル、フィリピン、タイ、ベトナムより各2名、インドネシア3名、日本11名、合計32名(添付資料2.5.2(p118)参照)
- v) 日 程:添付資料2.5.3(p121)参照

本ワークショップは、2021年11月24日～25日の2日間、オンラインで開催された。

全体セッションでは、文部科学省の船曳一央氏及び日本コーディネーターの和田智明氏より開会の挨拶があり、続いて日本プロジェクトリーダーの大槻勤氏及び海老原充氏より、研究炉利用(RRU)グループ及び中性子放射化分析(NAA)グループの活動概要と本ワークショップの主要課題が説明された。

個別セッションでは、RRUグループでは、新しい放射性同位元素(RI)を含むRI製造及び新しい研究炉について各国からの発表が行われた。NAAグループでは、NAAを含めた複数の測定技術による環境モニタリングについて各国からの発表と議論が行われた。最後に、合同セッションで各グループの結果が発表された。

また、オープンセミナーとして、インドネシア国立研究革新庁のロハディ・アワルディン氏より、インドネシアの多目的研究炉(RSG-GAS 炉)を利用した研究開発活動に関する発表動画が、FNCA ウェブサイトの2021年度ワークショップ報告のページで公開された。発表の詳細は添付資料4.5(p174)のとおりである。

2) 各国発表概要

i) 研究炉利用国別報告:新しい放射性同位元素を含む放射性同位元素製造

a) オーストラリア(オーストラリア原子力科学技術機構 モシウル・アラム氏)

COVID-19 パンデミックにおいても、国内市場への放射性医薬品の製造と供給は通常通り続いた。しかし、民間航空の減便と国境封鎖により、海外への輸出は中断された。現在、パンデミック関連の問題はかなり減ったため、研究開発活動は通常に戻りつつある。オープンプール型オーストラリア軽水炉(OPAL)は比較的新しく、2006年8月に臨界に達した。オーストラリアは2019年のはじめ頃からモリブデン-99(⁹⁹Mo)製造専用の新規施設の試運転を行ってきた。低濃縮ウラン(LEU)ターゲットの照射と分離プロセスに関わる⁹⁹Mo製造では、主にイオン交換分離を使用する。最終製品である⁹⁹Moはリリース前に英国薬局方モノグラフを基準として試験される。

b) バングラデシュ(バングラデシュ原子力委員会 Md・タリクル・イスラム氏)

バングラデシュのRI生産部門は、⁹⁹Mo/テクネチウム-99m(^{99m}Tc)ジェネレータとヨウ素(¹³¹I)経口液剤を様々な国営及び民営の核医学センターに週ベースで供給しており、これら医学的に重要な2つのRIは、国内需要を満たしている。これに加えて、私たちの研究グループは、研究炉を利用した新しいRIの製造を試みている。この1年の最悪のパンデミック状況により、がん治療用のストロンチ

ウム-89 (^{89}Sr) 製造という以前からの研究開発プロジェクトは遅れをとっている。そして来年の研究提案を更新して、サマリウム-153 (^{153}Sm) 等の新しい RI を製造することとした。IAEA 技術文書 (TECDOC-1340)「原子炉生成放射性同位元素マニュアル」に従い、 $^{152}\text{Sm}(n, \gamma)^{153}\text{Sm}$ 反応によって ^{153}Sm を製造するためのターゲット試料として酸化サマリウム (Sm_2O_3) を使用することを計画している。この研究プロジェクトの完了は、QA/QC を含め、2023 年中に終了する予定である。

c) 中国(中国原子能科学研究院 リー・ジエンロン氏)

COVID-19 のパンデミックの影響はあるものの、原子力施設は、スイミングプール炉 (SPRR) や近年の中国改良型研究炉 (CARR) 等の研究炉を含め、年間計画に従って稼働していた。今後、CARR は運転能力を強化する予定である。次の 5 年計画において、CARR は中国で一般的に使用されている需要の高い RI (^{99}Mo 、ヨウ素-125 (^{125}I)、 ^{131}I 、リン-32 (^{32}P)、イリジウム-191 (^{191}Ir)、 ^{89}Sr 、ホルミウム-166 (^{166}Ho)、タングステン-188 (^{188}W)、ニッケル-63 (^{63}Ni)、 ^{14}C 等) を高純度で製造開発していく。CARR は RI の製造と開発においてのみならず、科学研究及び技術研究においても重要な役割を果たすことになるであろう。研究炉プラットフォームを通した新しい同位元素技術の開発と科学研究における地域内協力を強化することが期待されている。

d) インドネシア(国立研究革新庁 ロハディ・アワルディン氏)

G.A. Siwabessy 多目的研究炉 (RSG-GAS 炉) は、RI 製造、研究、教育、訓練、トパーズ着色、材料分析、ラジオグラフィ、核燃料要素の開発に使用されている。RI の開発活動のいくつかはこの原子炉を使用して実施されており、これには中性子放射化モリブデン-98 (^{98}Mo) を使用した $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ ジェネレータの開発及び濃縮ルテチウム-176 (^{176}Lu) を使用したルテチウム-177 (^{177}Lu) ベースの放射性医薬品の開発が含まれる。いくつかの放射性核種は RSG-GAS 炉を使用して製造されており、これにはエチレンジアミンテトラメチレンホスホン酸 (^{153}Sm -EDTMP) 製造のために Sm_2O_3 を使用した ^{153}Sm 及び ^{131}I 標識メタヨードベンジルグアニジン (^{131}I -MIBG) 製造のために天然二酸化テルル (TeO_2) を使用した ^{131}I が含まれる。

e) 日本(日本原子力研究開発機構 松江秀明氏)

研究炉 JRR-3 は、新規制基準に適合したとの最終的な原子力規制委員会の確認を終え、2021 年 2 月 26 日に運転再開を果たした。2021 年度は、7 月 12 日に供用運転を開始し、4 サイクル、95 日の供用運転を大きなトラブルもなく実施した。放射線治療用途の金-198 (^{198}Au)、 ^{192}Ir については、JRR-3 供用運転再開後、照射、出荷し、放射線治療に利用されている。2022 年度の JRR-3 の供用運転は、5～12 月の間の 7 サイクル、170 日の運転を行う計画である。

f) カザフスタン(核物理研究所 アセット・シャイメルデノフ氏)

カザフスタンは、2021 年に、WWR-K 炉を使用して医療及び産業用の RI 製造を継続しており、国内市場向けの ^{131}I の製造が始まった。国内市場向けの ^{99}Mo 及び ^{192}Ir は製造されたが、外国市場向けの ^{198}Au は製造されなかった。

g) マレーシア(マレーシア原子力庁 ジュリア・アブドゥル・カリム氏)

マレーシア原子力庁は引き続き研究炉利用を支援している。現在の研究炉は 1MW で 35 年以上稼働している。最大中性子束は $1 \times 10^{13} \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ である。この研究炉は週 4 日、1 日当たり約 8 時間運転している。状況によっては、この原子炉は、 ^{153}Sm -EDTMP、塩化ルテチウム ($^{177}\text{LuCl}_3$)、クロム-51 (^{51}Cr)-エチレンジアミン四酢酸 (EDTA)、 ^{166}Ho 及び臭素-82 (^{82}Br) 等、医療及び産業用 RI の需要に応じるために運転を延長する場合がある。原子炉はまた、NAA、ビーム研究及び教育・訓練にも

使用されている。原子力技術における能力強化とフロンティア研究のために、新しい研究炉プログラムが計画されている。これを正当化する強力な理由を政府に示すために、来年以降、フィージビリティスタディが実施される予定である。

h) ベトナム(ベトナム原子力研究所 ドゥオン・ヴァン・ドン氏)

ダラト研究炉(DNRR)は、医療用の RI (^{131}I 、 $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{32}P) 製造のために常に利用されている。国内 40 カ所の核医学部に RI 及び放射性医薬品を供給している。この原子炉の運転時間は、以前のスケジュールである 100 時間/月から 100 時間/週の継続運転に変更される。これにより、RI と放射性医薬品の製造が強化され、需要の 80%を満たすことができるであろう。国内市場向けの ^{131}I 及び ^{32}P は DNRR で製造されているが、 $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ ジェネレータは海外から輸入されている。2021 年の間、RI、放射性医薬品、インビトロキットの製造が適正製造基準(GMP)に従って完了した。2021 年には、RI と放射性医薬品の調合に関する 3 つの研究プロジェクトが完了した。

ii) 研究炉利用国別報告:新しい研究炉

a) モンゴル(モンゴル国立大学 ムンフバット・ビャンバジャブ氏)

モンゴルの研究炉(RR)プロジェクトはここ数年にわたり内部で議論されてきた。研究炉利用や設計研究、燃料比較分析が行われた。プロジェクト開発契約(PDA)及び秘密保持契約(NDA)に向けて、ロシアの国営原子力企業 ROSATOM 社との最初の話し合いが行われた。提案されている研究炉は、RI 製造(放射化法による $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$)、人材育成、NAA、教育及びトレーニング、核物理学、その他の商業サービスに利用される計画である。現在、医療用 RI は全て、韓国、中国、ドイツ等他の国から輸入されている。500mCi の $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ジェネレータは 2 週間毎に韓国から輸入されている。

b) フィリピン(フィリピン原子力研究所 アルヴィー・アスンシオン・アストロノモ氏)

フィリピン研究炉(PRR-1)が、TRIGA 燃料訓練・教育・研究用未臨界集合体(SATER)施設として再稼働する予定である。この施設は、研究開発及び小規模原子力サービスのための実証能力を備えた訓練・教育施設として設置される。PRR-1 SATER の建設は進行中であり、COVID-19 パンデミックによる制約によっていくらか遅れたが、この施設は 2022 年 6 月までに試運転の予定である。

c) タイ(タイ原子力技術研究所 カノクラット・ティヤブン氏)

タイは 2017 年から新しい研究炉プロジェクトに着手している。戦略的計画、ステークホルダーの関心、フィージビリティスタディ、サイト評価、財政投資及び人的資源を必要とする一大事業である。原子力安全、原子力保障措置、原子力セキュリティ、核物質の管理と計量、廃棄物管理と廃止措置への留意が要求される。FNCA は、支援インフラの開発と導入における特定の主題に関して、タイとの協力実施を推進していく。この新しい原子炉は、将来の活用不足という問題を避けるために、その利用目的又は正当な必要性を明確に理解された国威発揚(ナショナル・prestige)プロジェクトとして建設されることになる。

ii) 研究炉利用リードスピーチ:新しい研究炉

a) 中国(中国原子能科学研究院 リー・ジェンロン氏)

中国における小型モジュール炉(SMR)の開発は主に次のような側面に反映されている。(1) 高温ガス冷却炉、熔融塩高速炉等の、第 4 世代の原子力システムの探求、(2) 地域暖房、海水淡水化、水素製造等、電力以外の多目的利用の探求、(3) 予定通り完了予定。SMR の設計は、発電に加え

て、地域暖房、海水淡水化、水素製造又は産業プロセス用の熱生産等、様々な市場のニーズに合わせて設計される。加えて、炭素排出量削減の要求を満たすために、政府は各企業に対し、競争し、イノベーションを通して新しい産業を開発することを奨励している。SMR は中国のエネルギー構造の必要な一部として有望である。

b) 日本(日本原子力研究開発機構 峯尾英章氏)

文部科学省は、2020 年 9 月に、もんじゅサイトの新しい研究炉の炉型として、中性子ビーム利用を主目的とする 1 万 kW 未満の中出力炉を選択した。2020 年 11 月、文部科学省の委託事業としてこの研究炉の概念設計及び利用運営の検討が開始され、委託事業の中核的機関として、JAEA、京都大学及び福井大学が採択された。現在、概念設計、地質調査、利用運営の検討等が行われている。2022 年度末まで、概念設計が、もんじゅサイト研究炉に関し設立されたコンソーシアムからの意見を反映しつつ進められ、2022 年度内に詳細設計が開始される予定である。

iv) 中性子放射化分析国別報告: 中性子放射化分析を含めた複数の測定技術による環境モニタリング

a) オーストラリア(オーストラリア原子力科学技術機構 アッティラ・ストピック氏)

浮遊粒子状物質の測定という野心的なプログラムが、ANSTO の加速器科学センター及び民間顧客 1 社との協力のもとに実施された。これは、イオンビーム分析と NAA の両方がこのような規模で ANSTO において一緒に行われた最初のものであった。これまでのところ有望な結果が表れつつあるが、さらなる開発により、ワークフローと結果が改善されるであろう。本年は、原子炉の計画停止及び計画外停止から、世界的な COVID-19 パンデミックに対応して強い制約にまでわたる様々な課題があり、作業完了能力が限定的なものになったが、こういった制約のもとにあつてさえ、多くの成果が得られた。

b) バングラデシュ(バングラデシュ原子力委員会 カムルン・ナヘル氏)

報告対象期間に、土壌及び堆積物試料の分析に関連する研究開発活動が機器中性子放射化分析(INAA)技術によって実施された。ロックダウン中、そして変電所取り付けのための原子炉の一時停止中も、地質学的試料の環境放射能モニタリングが続けられた。9 つの論文が発表され、そのほとんどはこのプロジェクト活動に直接関連するものである。

c) 中国(中国原子能科学研究院 シャオ・ツァイジン氏)

2021 年には、北京において多くの大気中の粒子状物質試料を採取した。これらの試料は NAA 及び粒子線励起エックス線分析(PIXE)によって分析された。一部の PM2.5 基準物質は NAA を使用して分析された。NAA は中国の大気管理において非常に重要な分析手法である。また、多くの種類の試料が NAA によって分析された。2022 年には、北京において PM2.5 と PM10 の試料が採取され、NAA によって分析される予定である。

d) インドネシア(国立研究革新庁 スティスナ氏)

熱外中性子を用いた機器中性子放射化分析(EINAA)のために、ホウ素比及び有効係数という 2 つの重要なパラメータが評価された。3 カ所の発育阻害発生地域における食品中の必須元素であるヨウ素の測定が EINAA を用いて実施された。同時に、粒子状物質の特性に関する予備研究がデュアルチャネル大気中粉塵サンプラーを使用して行われた。

e) 日本(産業技術総合研究所 三浦勉氏)

JAEA JRR-3 に設置された即発ガンマ線分析装置により、固体試料中のホウ素、ケイ素、水素を定量した。炭化ケイ素認証標準物質中のホウ素、窒化ケイ素認証標準物質中のケイ素の分析結果はそれぞれの認証値と非常に良く一致していた。また、高純度金属亜鉛中の水素含有量の上限値を決定することができた。

f) カザフスタン(カザフスタン国立原子力センター イリーナ・プロゾロワ氏)

IVG.1M 研究炉の低濃縮燃料への移行に伴う同炉の一時停止により、計画していた NAA による調査量は大幅に減少した。2022 年の計画は、従来的に、地質学及び隣接科学のニーズにあう NAA 手法の開発に関するものである。比較 NAA 半絶対法である k_0 標準化法を用いた機器中性子放射化分析法(k_0 -INAA)を習得することを計画している。

g) マレーシア(マレーシア原子力庁 スハイミ・エリアス氏)

本フェーズにおいて、マレーシアは、工業地域や工業団地で採取された土壌試料の分析を行い、重金属、ウラン、トリウム及び希土類元素(REE)の含有量を決定し、汚染源を特定することを継続していく。移動制限令の下で、施設及び機器へのアクセスは限られている。土壌試料の採取に関連する研究活動は、COVID-19 パンデミックの影響による制約を受けている。土壌試料の採取日程の変更を余儀なくされたが、2021 年 9 月半ばに土壌試料の採取を行うことができた。

h) モンゴル(モンゴル国立大学 ダムディンスレン・ボロルチューヤ氏)

計画していた NAA 研究は COVID-19 パンデミックのため、2022 年に延期される。2021 年にはロックダウン中にウランバートルにおいて少数の試料を採取したが、試料分析は遅れた。2022 年には、PM2.5 と PM10 試料がウランバートルにおいて採取され、NAA、XRF 及び走査電子顕微鏡(SEM)によって分析される予定である。次の 2 年間、モンゴルにおいて未臨界集合体(中性子源)を設置する IAEA 技術協力プロジェクトの実施を継続する。

i) フィリピン(フィリピン原子力研究所 ジョセフ・マイケル・ラチョ氏)

2021 年は大部分において、プロジェクトの実施は限定的であった。土壌、海洋・河川堆積物といった環境試料は 2021 年中に遅れて入手可能になるであろう。これらの試料はベトナムとの協力のもとで分析される予定である。INAA データを用いて、XRF 等の他の分析手法によって得られたデータが評価され、データ間の不一致が見られた場合は是正されることになる。

j) タイ(タイ原子力技術研究所 ドゥサデー・ラッタナプラ氏)

PIXE 及びハンドヘルド蛍光エックス線分析(hXRF)によって決定された、郊外地域のパトゥムターニー県から採取された PM2.5、PM10、土壌及び作物試料の元素濃度が報告された。COVID-19 パンデミックにより、INAA を使用した PM2.5 及び PM10 の元素分析に遅延が生じた。

k) ベトナム(ベトナム原子力研究所 トラン・トゥアン・アン氏)

2021 年に、科学技術省のプロジェクト、すなわち k_0 -INAA 法を用いた、考古学的遺跡の起源を決定するための考古学的試料の特徴づけ、及び海岸浸食を研究するための海洋堆積物試料の特性化のプロジェクトが実施された。REE、ウラン及びトリウム含有量は ICP-MS によっても決定された。得られた結果から、REE は資源に特化した重要な指標元素であり、資源物質のグループ分けに利用可能であることが示された。

3) ワークショップのまとめ

i) 全体

RRU プロジェクトのトピックは非常に広範であり、より良い成果と知見を得られるよう本フェーズ(2021 年～2023 年)では 1～2 の特定のトピックに焦点を当てることで合意された。

RRU プロジェクトには、以下のトピックが含まれる。

- a) 中性子放射化分析
- b) 新しい放射性同位元素を含む放射性同位元素製造
- c) 中性子散乱
- d) ホウ素中性子捕捉療法、中性子ラジオグラフィ
- e) 材料研究
- f) 新しい研究炉
- g) 人材育成 等

ii) 研究炉利用グループ

各参加国へのアンケート結果に従い、本フェーズにおけるワークショップの、原子核科学分野における特定のトピックが検討された。2021 年は考えられるトピックを取り上げた。1) 新しい RI とその分離や精製を含む RI 製造、実用的な利用のためのさらなる品質保証と品質管理(QA/QC)、2) 新しい研究炉、もしあれば SMR や浮揚式原子力発電所(FNPP)に関する将来計画が挙げられる。ワークショップでは、新しい原子炉に関するいくつかの計画が複数の参加国から報告された。

iii) 中性子放射化分析グループ

2020 年に議論を行った将来計画、すなわち「NAA グループは環境試料をターゲットとして採用することに合意した」は今も有効であり、変更の必要はない。環境試料には、大気粒子状物質や土壌のような「通常の」環境試料ばかりでなく、鉱物あるいは食品試料までも含むその他の環境関連試料も含まれる。NAA に使用する原子炉が使えない国は XRF や PIXE、ICP-MS 等の代替的方法を使用することができる。可能なら、NAA をその他の手法と比較することは興味深いと思われる。以前示された結論への変更は提案されていない。

また、海老原氏より次回コーディネーター会合における報告(2022 年 6 月又は 7 月)のために FNCA 活動に関連する刊行物のリストを要請した。

各国の実施状況について、以下が提案されている。

国	試料のタイプ	方法	ターゲット元素
オーストラリア	フィルター中の SPM	NAA(イオンビーム分析(IBA)と比較)	測定可能なすべて
バングラデシュ	土壌・堆積物、食品	(原子炉が利用可能であれば)NAA、でなければ自然放射能	できる限り多く
中国	隕石、考古学的	NAA、できれば即発ガンマ線分析(PGAA)及び PIXE	できる限り多く
インドネシア	海産物中の微小鉱物	熱外中性子による放射化分析(ENAA)	Th、U、汚染物質
日本	地質学的・化学試料、場合によっては隕石	放射化化学的中性子放射化分析(RNAA)、PGAA	ハロゲン(Cl, Br, I)
カザフスタン	地質学的試料/砂	k_0 -NAA	
マレーシア	土壌(工業地域)	NAA	重金属、微量元素及び REE
モンゴル	バイオモニター(地衣類等)、食品試料	NAA、XRF	
フィリピン	海洋堆積物、土壌、おそらくは大気粒子状物質	NAA(ベトナム)、おそらくは誘導結合プラズマ発光分光分析(ICP-OES)、XRF	
タイ	PM2.5、PM10、鉱物試料	PIXE、ICP-MS(NAAと比較)	
ベトナム	土壌(浸食研究用)、考古学的試料	NAA/繰り返し照射 INAA	

2.4 原子力安全強化分野

2.4.1 放射線安全・廃棄物管理プロジェクト

1) ワークショップ開催概要

i) 期 日:令和3年11月9日(火)～11月10日(水)

ii) 場 所:オンライン会合

iii) 主 催:文部科学省

iv) 参加者:オーストラリア、バングラデシュ、インドネシア、カザフスタン、モンゴル、フィリピン、ベトナムより各1名、マレーシアより2名、タイより3名、日本より11名、合計23名(添付資料2.6.2(p131)参照)

v) 日 程:添付資料2.6.3(p134)参照

本ワークショップは、2021年11月9日～10日の2日間、オンラインで開催された。

オンライン会合の初日には、文部科学省の船曳一央氏の歓迎挨拶に続き、日本コーディネーターの和田智明氏よりビデオメッセージによる開会挨拶が行われた。

本プロジェクトの第7フェーズ(2021年～2023年)では、自然起源放射性物質(NORM)及び人為的に濃度が高められた自然起源放射性物質(TENORM)に関する統合化報告書の作成を目指して活動しており、日本プロジェクトリーダーの小佐古敏荘氏が、NORM/TENORMに関する問題及びNORM/TENORMに関する統合化報告書の作成に向けた流れについて説明を行った。その後、参加者よりNORM/TENORMに関する現状、問題及び今後の計画が発表された。2日目には、NORM/TENORMの統合化報告書に関する発表において、QSTの岩岡和輝氏が日本のNORMサーベイに関する現況を紹介するとともに、広島大学の保田浩志氏が人文・社会科学的な観点から考えるウラン廃棄物管理に関する展望について発表した。続いてNORM/TENORMに関するグループ討議が行われ、その後各グループリーダーにより討議内容の取りまとめが発表された。

また、オープンセミナーとして、JAEAの齋藤龍郎氏より、日本におけるNORMガイドラインに関する発表動画が、FNCAウェブサイトの2021年度ワークショップ報告のページで公開された。発表の詳細は添付資料4.6(p176)のとおりである。

2) 各国発表概要

i) NORM/TENORMに関するカントリーレポート

10カ国より、NORM/TENORMに関する現状、課題及び今後の計画が発表された。

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

オーストラリア国内におけるNORMを管理するための要件について、オーストラリアには、「放射線防護シリーズ15-安全ガイド-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、全ての安全、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、並びに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、並びに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。

全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。

b) バングラデシュ (バングラデシュ原子力委員会 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 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等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、RI 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。

c) インドネシア (国立研究革新庁 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 GR2008 年第 29 号、危険廃棄物の管理に関する GR2014 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 GR2015 年第 58 号、さらに TENORM の介入に関するインドネシア原子力規制庁 (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 BCR2013 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 について、核種別の一番高い地域は、カリウム-40 (^{40}K) はマムジュ県 (範囲 3-

1545Bq/kg、平均 142 ± 3 Bq/kg)、トリウム-232 (^{232}Th) はマムジュ県 (範囲 5-3457Bq/kg、平均 45 ± 4 Bq/kg) 及びラジウム-226 (^{226}Ra) はビアク島 (範囲 5-7586Bq/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 ^{226}Ra は、グレシックで 522.30 ± 49.41 Bq/kg であり、オイルスラッジの ^{232}Th は ALS Ind 社が 42.22 ± 4.38 Bq/kg であり、石油化学固形廃棄物のウラン-238 (^{238}U) はグレシックが 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 ^{226}Ra が 88.25 ± 8.95 Bq/kg、 ^{232}Th 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、 ^{226}Ra は 65.79 ± 6.82 Bq/kg、Th-232 は 55.53 ± 5.79 Bq/kg、 ^{238}U 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と、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 $^{226}\text{Ra} = 2432$ Bq/kg ; $^{228}\text{Ra} = 5667$ Bq/kg ; $^{228}\text{Th} = 7651$ 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ものである。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。

d) 日本 (日本原子力研究開発機構 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は次のとおりである。

- 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 1Bq/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 1Bq/g を下回るべきである。

e) カザフスタン (カザフスタン国立原子力センター 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、廃棄物を含む、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、機器等の形で、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、REE、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全くないこと

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 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。

f) 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 REE 抽出がある。これらの産業は、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、REE 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、様々な結果を得てきた。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等、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。

g) 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 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、NORM の問題が存在する。作業者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、並びに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、様々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・アクションプランは承認されておらず、ラドン調査はモンゴルでは行われていない。特別調査局(GASI)及びその下部組織であるメトロポリタン調査局(MIA)は、学校、幼稚園等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 $1,110\text{Bq/m}^3$ 、既存及び新規の建物について、それぞれ 200 及び 100Bq/m^3)。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。

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

報告ではフィリピンの NORM の潜在的発生源の概要が論じられる。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。様々な研究開発作業による測定・分析の結果も示す。これには、土壌、一部の建材、石炭・鉱物加工等の 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。

i) タイ(タイ原子力技術研究所 クリッサディ・ユボンハット氏)

報告では、使用されていない REE 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 $0.20\sim 14211.3\text{mg/L}$ の範囲であるのに対し、ウランの濃度は $1.625\sim 22065.0\text{mg/L}$ 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(ThO_2)の含有量は最大 59.42% 、二酸化ウラン(UO_2)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 $2,141\text{Bq/g}$ 及び 422Bq/g であり得ることが示された。

j) ベトナム(ベトナム原子力研究所/レ・ティ・マイ・フォン氏)

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。報告では、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、REE 鉱石の採掘と加工及びオキシ塩化ジルコニウム生産における尾鉱廃棄物管理の問題である。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 (1mSv/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。

ii) NORM/TENORM の統合化報告書に関する発表

a) 日本の NORM サーベイに関する現況 (量子科学技術研究開発機構、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。

発表においては、QSTNORM データベース等の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した (図 1 及び 2)。

図 1. QST NORM データベースのウェブサイト

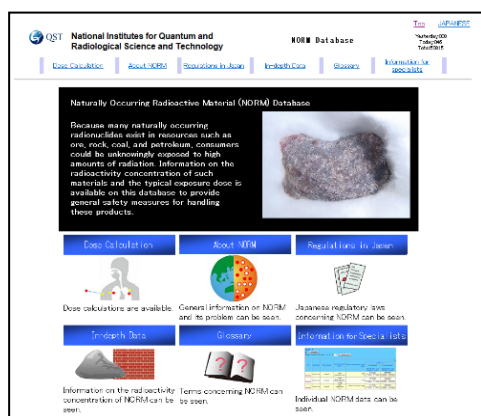
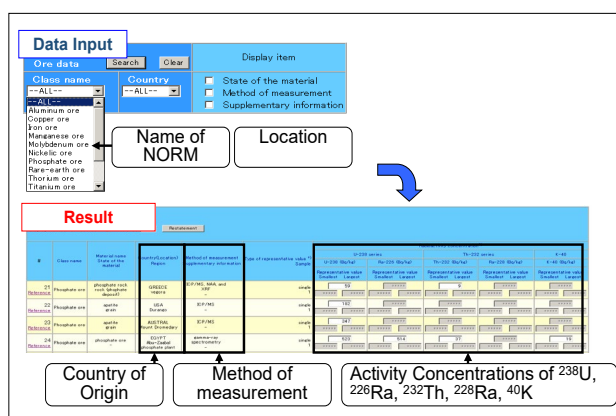


図 2. QST NORM データベースでの NORM 濃度の検索システム



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

b) 人文・社会科学的な観点から考えるウラン廃棄物管理に関する展望 (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、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、言語学等、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。

2.5 原子力基盤強化分野

2.5.1 核セキュリティ・保障措置プロジェクト

1) ワークショップ開催概要

i) 期 日:令和4年2月22日(火)

ii) 場 所:オンライン

iii) 主 催:文部科学省

iv) 参加者:バングラデシュ、インドネシア、カザフスタン、モンゴル、フィリピン、タイ、ベトナムより各1名、オーストラリア、中国、韓国、マレーシアより各2名、日本17名、合計32名(添付資料2.7.2(p140)参照)

v) 日 程:添付資料2.7.3(p144)参照

本ワークショップは、2022年2月22日にオンラインで開催された。

開会セッションでは、文部科学省の船曳一央氏及び日本コーディネーターの和田智明氏より開会の挨拶があった。

続いて、各国より核セキュリティ・保障措置の実施、核セキュリティ文化の促進、核セキュリティ・保障措置分野における人材育成の取り組みについてカントリーレポートサマリーが発表された。次に、核セキュリティ分野についてはステークホルダーマトリックス及び核鑑識に関する地域的関与、保障措置分野については追加議定書(AP)で求められる輸出管理及び申告に関する良好事例をテーマとして、それぞれ発表と討議が行われた。最後に、APで求められる輸出管理のシナリオベースのオンラインエクササイズが実施された。

また、公開セミナーとして、日本プロジェクトリーダーの直井洋介氏より、核セキュリティに関する国際的動向と枠組みについての発表動画が、FNCA ウェブサイトの2021年度ワークショップ報告のページで公開された。発表の詳細は添付資料4.7(p178)のとおりである。

2) 各国発表概要

i) カントリーレポートサマリー

2020年度ワークショップ以降の各国における核セキュリティ・保障措置の実施、核セキュリティ文化の促進、核セキュリティ・保障措置分野の人材育成の取り組みについて、以下のとおり報告が提出された。

a) オーストラリア(オーストラリア原子力科学技術機構 ケイトリン・トゥール氏)

- ・ 原子力規制当局は、独立した機関としてオーストラリア保障措置・不拡散局(ASNO)、オーストラリア放射線防護・原子力安全庁(ARPANSA)がある。オーストラリアは、核不拡散条約(NPT)に加盟しており、包括的保障措置協定(CSA)及びAPが施行されており、統合保障措置(IS)が適用されている。核物質の防護に関する条約(CPPNM)が施行され、改正CPPNM、核によるテロリズムの行為の防止に関する国際条約を批准している。
- ・ 核鑑識については、ASNO、ARPANSAに関連してANSTOによって実施されている。地域連携として、核鑑識を通じて長年にわたり地域の核セキュリティ強化に協力している。一例として、ANSTOは2017年及び2019年に核鑑識に関するIAEAトレーニングコースを実施した。

b) バングラデシュ(バングラデシュ原子力委員会 アビド・イムティアズ氏)

- ・ IAEA の検査官がルプール原子力発電所を視察し、2021 年 11 月 29 日に保障措置協定 (INFCIRC/301)に従って設計情報検認 (DIV)活動を実施した。IAEA の保障措置局は、DIV の結果が満足なものであったと認めた。
- ・ 「核物質の保障措置及び管理に関する国家政策」が現在、承認過程にある。
- ・ IAEA の国内計量管理制度レビューサービス (ISSAS)について IAEA に正式に要請を行い、2022 年の第 1 四半期に ISSAS ミッションを受ける予定である
- ・ 「国家核セキュリティ計画」が現在、承認過程にある。
- ・ IAEA の国際核物質防護諮問サービス (IPPAS)の要請を準備中である。
- ・ IAEA、米国エネルギー省 (DOE)、ロシアと協力し、核セキュリティ文化に関する国内・国際トレーニングコース、ワークショップ、会合に参加している。ポスター展示を通じて原子力安全・核セキュリティ文化の意識向上に取り組んでいる。また、原子力安全・核セキュリティ文化に関する IAEA の共同研究プロジェクト (CRP)に参加している。

c) 中国(国家核セキュリティ技術センター チェン・チェン氏)

- ・ 自発的に IAEA 保障措置の適用を受けている山東省石島湾の高温ガス炉及び陝西省のウラン濃縮工場の 2 つの民生用原子力施設について、毎年 12 月に保障措置報告書を IAEA に提出している。石島湾高温ガス炉に対して IAEA による通常査察が行われた。
- ・ 2016 年 11 月にサイバーセキュリティ法が成立し、2017 年 8 月に原子力安全法が成立した。核セキュリティの上位法にあたる原子力法案が審査、承認手続き中である。また、核セキュリティに関する規制の制定を進めている。2016 年 3 月に、中国における核セキュリティやキャパシティ・ビルディングを総合的に支援するための核セキュリティ関連の人材育成を行う中心的拠点 (COE)として、国家核セキュリティ技術センター (SNSTC) が活動を開始した。原子力施設のためのサイバーセキュリティ・ガイダンスが 2019 年に発表された。IAEA との核鑑識に関する協力に関する取決めが 2020 年に署名された。また、主要な公開イベントのための核セキュリティにおける協力に関する取決めが IAEA との間で 2021 年に署名された。
- ・ IAEA、DOE との協力で核セキュリティに関するトレーニングコース及びワークショップを開催し、参加している。核セキュリティ文化の意識向上を図るための冊子の発行や国内の原子力関係者を対象としたカリキュラム開発を行い、核セキュリティ文化醸成のためのトレーニングやワークショップをオンラインで開催した。また、核セキュリティ科学普及ビデオを作成した。

d) インドネシア(国立研究革新庁 ハイレル氏)

- ・ BAPETEN により各原子力施設について核物質防護に関する通常査察が年 1 回実施されている (2021 年 9 月～10 月に実施)。保障措置に関する通常査察では、物質収支区域 (MBA) 毎に事前検認 (Pre PIV) 及び AP、実在庫検認 (PIV) が年 2 回実施されている。2021 年 7 月に AP 申告に関する技術ワークショップ及び 3 つの MBA に対して IAEA による PIV が実施された。2021 年 7 月に年 1 回の保障措置レビュー会合が開催された。2021 年 11 月にスルボン原子力研究センターに対して IAEA による補完的アクセス (CA) が行われた。

- ・ IAEA 核セキュリティシリーズの「核物質及び原子力施設の物理的防護に関する核セキュリティ勧告」(INFCIRC/225/Rev.5)に適合させるため、BAPETEN の核物質防護規則を改定中である。2021 年にスルボン原子力研究センターにおいて、核物質防護システム (PPS)を評価する性能試験コースが実施された。2021 年 9 月 1 日をもって、インドネシア原子力庁(BATAN)は組織改編により、BRIN ORTN となった。ORTN は、2021 年に、BAPETEN 長官規則及び BATAN 基準に基づき、核セキュリティリスク評価、性能試験、緊急時対応計画を実施した。2021 年に、ORTN は、スルボンの核セキュリティ支援センター (NSSC)での核物質防護トレーニングコースの実施を継続し、DOE の協力の下、NSSC がオンラインで核セキュリティトレーニングコース及び内部脅威の緩和に関する地域コースを実施した。2022 年には、NSSC は DOE と協力し、国家核セキュリティトレーニングコースをオンラインで実施する予定である。
 - ・ BATAN の核セキュリティ文化評価センター(CSCA)は、2018 年～2019 年にパサジュマ地区の放射線源施設の核セキュリティ文化に関する自己評価を実施し、2020 年にレポートを完成した。また、核セキュリティ文化に関する指針の作成を進めている。ORTN は、COVID-19 パンデミックによりオンライン調査を使用して全職員に対して核セキュリティ文化に関する自己評価を実施した。また、研究炉における核セキュリティ文化の自己評価の経験を核セキュリティ文化と自己評価に関する IAEA のワークショップを通して IAEA 加盟国と共有し、2018 年に核セキュリティ文化向上策に関する報告書を IAEA の CRP に提出した。IAEA より、2022 年第 1 四半期に計画されている核セキュリティ文化に関する上級管理者向けセミナーを開催する最初の国になるよう提案された。
 - ・ トレーニングセンターは、原子力規制庁教育・トレーニングセンター(BAPETEN ETC)と BRIN 人材育成能力局が協働する。
- e) 日本(日本原子力研究開発機構 直井洋介氏)
- ・ 日本政府と IAEA が締結した保障措置協定に基づき、IAEA が前年に実施した保障措置活動について評価結果を取りまとめた「保障措置声明」の 2021 年版が公表され、はじめて導出された 2003 年以降連続して、我が国にある全ての核物質が平和的活動にとどまっているとの評価(「拡大結論」)を得た。東京電力福島第一原子力発電所については、核物質が持ち出されないことを検認するための遠隔監視カメラや放射線モニター設置等の追加的な保障措置方策を講じている。2021 年には 3 号機の使用済燃料プール内の全ての燃料集合体を使用済燃料貯蔵施設へ輸送し、IAEA による再検証が無事に完了した。
 - ・ パフォーマンスベースの新しい検査制度が 2020 年 4 月に開始され、核セキュリティの査察はより高いセキュリティリスクのある活動に焦点を当てており、この新しい検査制度では事業者の核セキュリティ慣行の包括的な監督が可能となっている。この検査制度の下、柏崎刈羽原子力発電所のセキュリティ計画の違反が明らかになり、現在、これらの違反に対処するための補完的検査が進行中である。放射性同位元素等の規制に関する法律及び放射性同位元素等の規制に関する法律の規制に関する法律施行規則が 2019 年 9 月に施行され、放射線源のセキュリティ対策のための枠組みが確立された。2021 年 11 月、核不拡散・核セキュリティ総合支援センター (ISCN)が、核セキュリティに関する IAEA 協働センターとして指定された。

- ・ 原子力規制委員会が原子力事業者の幹部を対象に核セキュリティ文化についての定期的な説明会と個別ヒアリングを行っており、必要な場合は各セキュリティ文化の推進を直接要請している。

f) カザフスタン(カザフスタン国立原子力センター アレクサンドル・オシンチェフ氏)

- ・ カザフスタンは、包括的核実験禁止条約機関(CTBTO)準備委員会のワーキンググループBの議長を務めた。国内では、セミパラチンスク核安全地帯に関する法律が採択された。核軍縮検証の専門家グループに参加し、地域核軍縮検証センター設置の準備作業及び包括的核実験禁止条約(CTBT)に対する機器の校正試験の準備作業を開始した。
- ・ IGR 研究炉の燃料濃縮度の低減化を行った。セミパラチンスク核実験場内の核危険物「実験場」の責任は、カザフスタン国家警備隊に移転した。放射性残渣(RONA)処分場が建設された。カザフスタン国家警備隊のテストサイトの建設と整備、核危険物「Aktan-Berli」に対するセキュリティ強化作業が完了した。セミパラチンスク核実験場領域の統合調査が完了した。
- ・ カザフスタンは核軍縮検証を進めている。また、IAEA、JAEA、DOE 等と協力し、国内及び国際トレーニングコースに参加した。

g) 韓国(韓国原子力統制技術院 チュン・ジンホ氏)

- ・ 2020 年に、無通告査察及び実在庫検認を含む計 95 件の IAEA 査察が実施された。また、AP で求められる情報の提供のために、9 件の補完的なアクセスが行われた。IAEA 査察の保障措置に関する結論は常に「満足」であり、拡大結論が得られた。
- ・ 核物質防護の調査と検査に関するガイダンス文書が、その書式に関して完全に改訂され、効率的で徹底的な規制実施の基礎となるよう詳細が補完された。加えて、サイバー攻撃に関する体系的な基準が作成され、原子力施設におけるサイバー事象対応トレーニング及び原子力施設の遠隔接続に関するサイバーセキュリティのレビューと検査に関するガイドラインが設定作成された。
- ・ 2021 年 3 月に、核セキュリティにおけるアジアの検討事項に関する地域ワークショップを主催した。このワークショップは、核セキュリティ脅威の認知について議論し、当該地域における核セキュリティの優先事項を分析して、改正 CPPNM やそのレビュー会議に関する関連情報を提供することによって、アジアにおける核セキュリティの認識を強化することを目的とするものであった。

h) マレーシア(マレーシア原子力許認可委員会 フェドリック・チャーリー・アナク・マシュー・ブラヨン氏)

- ・ 新しい原子力法案が 2022 年第 4 四半期までに議会に提出される予定である。IAEA による年 1 回の査察が 2020 年 11 月に実施された。マレーシアは、現在、国内計量管理制度(SSAC)及び規制機関(SRA)のための IAEA 包括的能力構築構想(COMPASS)を、スケジュールに従って実施している。政府が AP の批准を決定したら確実に基礎を固めるよう、AP 実施に関する準備活動を進めている。
- ・ 2021 年の活動は、IAEA や DOE 国家核安全保障局(NNSA)等の様々な機関とともに、ほぼオンラインで行われた。活動としては、脅威評価と設計基礎脅威(DBT)に関する国内ワークショップ、マレーシア原子力許認可委員会(AELB)の核物質密輸の阻止検知(NSDD)への関与、核脅威イニシアティブ(NTI)及び改正 CPPNM に関する太平洋フォーラム、核物質と原子力施設の核物質防護に関する規則策定ワークショップ等がある。

- ・ 核セキュリティ文化自己評価を実施し、マレーシア原子力庁でサイバーセキュリティと物理的セキュリティに関する核セキュリティ文化キャンペーンを実施した。マレーシア原子力庁に対し、IAEA 共同研究プロジェクト「インテリジェント統合核セキュリティシステムのための知識ベースモデル及びソフトウェア・モジュールの設計と開発」を実施した。
- i) モンゴル(モンゴル原子力委員会 ゲレルマー・ゴンボスレン氏)
- ・ AP 申告は適時に提出されている。核物質計量管理に関する規則が 2020 年 12 月に政府決議 No. 229 によって承認された。
 - ・ モンゴルは 2021 年 12 月に核兵器禁止条約(TPNW)に加入し、57 番目の参加国となった。この条約への参加は、国家セキュリティの基本的利益を満たすものである。また、国際連合安全保障理事会決議 1540 の実施に関する国家行動計画が策定された。
 - ・ NEC 事務局と DOE、サンディア国立研究所が協力して、2021 年 9 月、輸送対応に関するバーチャル・トレーニングコースを共同開催した。22 の政府機関から計 34 名の職員がこのトレーニングに参加し、放射性物質の輸送中の防護・対応の知識とスキルが得られた。
- j) フィリピン(フィリピン原子力研究所 アイリーン・ベス・A・ヘルマンデス氏)
- ・ 核物質計量管理報告書と AP 申告は毎年、セキュア通信を通して提出されている。規制プロセス(許認可、実施)への保障措置の組み入れ及び保障措置と AP に関する規則を制定した。規制母体(原子力規制部門)を対象に、また大学及び産業界への AP アウトリーチ・プログラムを再開するために、AP に関する意識向上セミナーを実施した。
 - ・ 原子力エネルギーを含む、2022 年の核セキュリティ統合支援計画(INSSP)スケジュールのレビューを行った。NSDD プログラムを含む、核物質・放射性物質の核セキュリティに関するセミナー、ワークショップ等に関して、IAEA、DOE 及びその他の組織との協力を継続している。核鑑識の国際技術ワーキンググループである ITWG は、加盟国の核鑑識技術の向上を目的としたエクササイズを実施しているが、フィリピン原子力研究所(PNRI)が 7 回目のエクササイズ CMX-7 に参加した。フィリピンのカトリックの最大の宗教行事の 1 つであるブラック・ナザレ(黒いキリスト像)祭に PNRI の専門家支援チームを配備した。放射線検出装置の事前保守、修理及び較正に関する IAEA の CRP に参加した。
 - ・ PNRI 原子力トレーニングセンターと協力して、セキュリティ担当官と規制当局職員を対象とした放射性物質のセキュリティに関する 3 日間のパイロットトレーニングコースを導入したが、核セキュリティ文化のトピックをコースに組み入れた。職場における核セキュリティ文化の強化に努めた。
 - ・ フィリピン NSSC が建設中である。国家沿岸監視センターとフィリピン空軍を対象とした意識向上・基礎的放射線検出ワークショップに関するモジュールを 2 つ作成した。
- k) タイ(タイ原子力庁 ハリネート・ムンパヤバン氏)
- ・ CSA 及び AP に基づく年間活動要件は、PIV、DIV 及び核物質計量管理報告である。2020 年、スラナリー工科大学研究炉の事前設計情報質問票(DIQ)が IAEA に提出された。AP に基づき 15 件の申告と 4 件の四半期毎の申告を行った。また、タイ原子力庁(OAP)、外国貿易局及びタイ税関は、申告が必要な日用品に関して協力して情報共有している。
 - ・ 2021 年 1 月、OAP と世界核セキュリティ協会(WINS)はタイにおける NSSC 設置をサポートするための覚書に署名した。カナダ国際関係省(GAC)の兵器脅威削減プログラムの資金提供に

よるこのプロジェクトは、能力強化のための国際コミットメントをサポートしている。ISO92223:2017 は、OAP の核セキュリティトレーニング活動の認証プロセスを追求している。核セキュリティ体制の草案作成の過程にある。タイは、核セキュリティ事象対応及び核鑑識における現場担当者のための年 1 回のトレーニング・ワークショップを開催した。

- ・ 核セキュリティ文化に関する継続的なトレーニング、核セキュリティ文化促進のためのステークホルダーとのコミュニケーション、並びに原子力平和利用法に基づく規則及び指針の改定を続けている。

l) ベトナム(ベトナム放射線原子力安全庁 ブイ・ティ・トゥイ・アン氏)

- ・ 2021 年に、CSA に基づき、研究炉に関する 128 件の報告、施設外の場所(LOF)に関する 104 件の報告を提出した。また、NNSA の国際保障措置専門家向けウェビナーを実施した。2022 年第 1 四半期に、実務者のための核物質計量管理に関する国際トレーニングコース実施する。2021 年には IAEA の保障措置査察チームを受け入れた。
- ・ IAEA の INSSP が 2018 年に更新された。放射線源のセキュリティに関する規制が策定された。NNSA による NSDD プログラムの協力の下、トレーニングを実施した。2020 年に政府法令 No. 142/2020/ND-CP: 原子力の適用を支援するための放射線作業及びサービス活動に関する規則が出された。2021 年に IAEA プロジェクトにより放射線ポータル・モニタリングをタンソンニャット空港に設置した。2020 年～2021 年、一連のオンライン会議に参加した。
- ・ 核セキュリティに関わる規制文書(放射線源のセキュリティに関する文書、放射線業務及びサービス活動の実施に関する規則)を策定した。また、2021 年には NNSA 国家安全保障会議(NSC)ワークショップを開催し、核セキュリティ文化醸成に向けた取り組みを続けている。

ii) 核セキュリティ: 人材育成のためのステークホルダーマトリックス

日本及びオーストラリアより、核セキュリティについて、以下のとおり発表された。

a) 日本(日本原子力研究開発機構 野呂尚子氏)

いくつかの参加国が作成した核セキュリティステークホルダーマトリックスの進捗状況が紹介された。

このマトリックスは、2021 年～2023 年の本プロジェクトのために提案されたもので、インドネシア、日本、カザフスタン、モンゴル、フィリピン、タイからステークホルダーマトリックスが提出された。これに関連して、作成した国に対し、核セキュリティステークホルダーマトリックスの作成者は誰か、本マトリックスを単独又は他の関連組織と共同で埋めたのか、より重要な質問としてキャパシティの強化・構築のために FNCA が接触すべき対象は誰か、知見の共有を求めた。

マトリックスを作成した国は、他の組織と共同でマトリックスを埋めたとのことであった。キャパシティの強化・構築のために FNCA が接触すべき対象としては、FNCA 大臣級会合でこの件を扱うことがあれば、FNCA 日本コーディネーターから他のステークホルダーにこのマトリックスが配布される。

日本の経験から得た教訓として、単独の当事者が国内の核セキュリティに関する全てのステークホルダーを特定し、マトリックスを作成するのは難しいと説明された。核セキュリティは国家の責任であり、複数の組織が核セキュリティに対する責任を有しており、それを理解しなければならない。また国内の核セキュリティ体制は時と共に変化する。能力ギャップの特定には、責任と能力に関するインプットを具体的かつ詳細に記載する必要がある。

また、日本から学ぶべき教訓としては、例えば RI セキュリティのステークホルダーに一層のアプローチを行い放射線源セキュリティ能力の構築及び改善を支援することである。

次のステップとして、2022 年夏～秋、国別核セキュリティマトリックス作成のためのフォローアップ技術会合、2023 年のワークショップに合わせて、マトリックスに関する良好事例と教訓を共有する公開セミナーを開催することが提案された。

b) オーストラリア(オーストラリア原子力科学技術機構 ケイトリン・トゥール氏)

ANSTO が国内で核鑑識技術を整備してきた経験と、国内、地域、国際レベル、並びに IAEA との核鑑識に係る協力について紹介された。

はじめに、核セキュリティ分野におけるオーストラリアの現状について説明がなされた。核物質、放射線源、原子力緊急時対応準備に関わる 3 つの組織がある。原子力施設の核セキュリティ・保障措置に関しては ASNO が統括している。オーストラリアにおける放射線源の安全と緊急時対応に関しては、ARPANSA が管轄している。この 2 つの組織は、それぞれ核物質の規制機関、放射線源と緊急時対応の規制機関である。

オーストラリアにおける核鑑識実施能力の整備に関しては、2012 年に韓国ソウルで開催された第 2 回核セキュリティ・サミットにおける、オーストラリア首相の「私たちは、不法な核物質の検知を向上させるために鑑識科学技術の開発をリードしている」というスピーチが引用された。

ANSTO の核鑑識チームは、国内、地域レベルでの協力や、IAEA との協力のもと活動している。中でも IAEA とは共同で会議や技術会合を含む政府フォーラム、トレーニング活動を行っており、IAEA の核セキュリティガイドラインの整備にも寄与している。また、核テロリズムに対抗するためのグローバル・イニシアティブ(GICNT)における核鑑識ワーキンググループの活動もサポートしており、フィリピン(PNRI)、韓国(KINAC)、日本(JAEA)、インドネシア(ORTN)等多くのアジア諸国との協力の実績がある。さらに ANSTO と IAEA は、2022 年 11 月に核鑑識地域トレーニングコースの開催を予定している(COVID-19 の影響により変更の可能性あり)。

オーストラリア国内の核鑑識について、ANSTO はオーストラリア首都特別区警察(ACTpolicing)に対して、核物質等の取り扱いに関するケーススタディの支援を行っている。また、IAEA INFCIRC/917 に採択された、核セキュリティにおける核鑑識に関する IAEA との共同声明についても説明があった。オーストラリア政府は、IAEA 加盟国が INFCIRC/917 を承認することによりこの共同声明を支持することを期待している。

オーストラリア国内の核鑑識について、ANSTO はオーストラリア首都特別区警察に対して、核物質等の取り扱いに関するケーススタディの支援を行っている。また、IAEA INFCIRC/917 に採択された、核セキュリティにおける核鑑識に関する IAEA との共同声明についても説明があった。オーストラリア政府は、IAEA 加盟国が INFCIRC/917 を承認することによりこの共同声明を支持することを期待している。

iii) 保障措置:AP で求められる輸出管理及び申告に関する良好事例

韓国より、AP で求められる輸出管理及び申告に関する良好事例について、以下のとおり発表された。

a) 韓国(韓国原子力統制技術院 キム・ジョンスク氏)

韓国において AP で求められる輸出管理及び申告の良好事例が紹介された。AP 申告の義務を

適切に果たすためには、国家の輸出管理制度が不可欠である。そこで、韓国の戦略物資の輸出管理制度について韓国における AP の実施状況とともに紹介された。

汎用品については産業通商資源部 (MOTIE)、軍需品リストについては防衛事業庁 (DAPA)、原子力供給国グループ (NSG) のトリガーリスト品目については原子力安全委員会 (NSSC) がそれぞれ主な許認可当局である。NSSC はまた、保障措置規制当局 (SRA) として韓国における保障措置の実施に責任を負っている。その他、外務省、韓国関税庁、国家情報院等の行政機関が様々な形で輸出管理業務に携わっている。

輸出許可の審査手順、要件、条件について紹介された。MOTIE と NSSC はそれぞれ独立した技術支援機関 (TSO) 及びウェブベースの電子許認可システムを維持しており、TSO として韓国戦略物資管理院 (KOSTI)、電子許認可システムとして戦略物資輸出管理情報システム (Yestrade)、そして KINAC と原子力関連の輸出入管理に係るオンライン・システム (NEPS) があると説明された。

AP 第 2 条 a 項の申告に関して、原子力事業者、研究者、学术界等の保障措置関係者の意識向上が重要であることが強調された。なお、AP の申告義務を完全に遵守するための政府の取り組みは、1999 年の AP 署名時から始まり現在に至っている。その一例として NSSC は、第 2 条 a 項関連情報を SRA に報告する許認可申請者に対応するため、PC 版だけでなくモバイル版のウェブベースの AP 報告システムを提供している。

3) 追加議定書で求められる輸出管理のシナリオベースのオンラインエクササイズ

IAEA の奥田将洋氏が進行を務め、AP で求められる輸出管理に関するオンラインエクササイズが実施された。エクササイズは参加各国が AP で求められる輸出管理を着実に実施していくことを目的として行われ、シナリオベースで参加者から意見を募る形で議論が行われた。議論を通じて輸出管理に必要な事項に関する参加国間の認識が深まり、有意義なエクササイズとなった。

4) ワークショップのまとめ

- i) 新フェーズ (2021 年度～2023 年度) の活動計画に基づき、核セキュリティ体制を維持していくための人材育成、AP で求められる輸出管理をテーマに取り上げて、参加国における取り組みの情報共有や参加国間の今後の協力活動についての意見交換を行った。
- ii) 今後、参加各国の人材育成トレーニングと核セキュリティ体制強化に必要な人材とのギャップを明確にするためのステークホルダーマトリックスの作成を進めることとした。
- iii) 輸出管理に関するエクササイズを通じて、輸出管理における実施事項、また備えておくべき事項について参加国間で共有された。

第 3 章

「情報の普及及び情報収集」

第3章 情報の普及及び情報収集

3.1 ニュースレターの発行

FNCA 活動における国際会合及び国内会合等の開催を通して得られた成果について、各プロジェクト活動を総括し、写真等を挿入して分かりやすくまとめ、ニュースレターとして発行した。

- 1) 和文「FNCA ニュースレター」31号(通算)を令和4年3月に発行
- 2) 英文「FNCA ニュースレター」25号(通算)を令和4年3月に発行

放射線利用技術や原子力基盤技術の普及を図るため、これらのニュースレターを立地地域等や国内外の関係者へ配布した。送付先一覧は別添3(p176)を参照。

主な掲載内容は以下のとおりである。

1) FNCA ニュースレター31号(和文、2022年3月)

- i) 第22回 FNCA 大臣級会合
- ii) 第22回 FNCA 大臣級会合国別報告
- iii) プロジェクト活動紹介
- iv) 2021 FNCA ブレークスルー賞
- v) 第21回 FNCA コーディネーター会合
- vi) 2021 スタディ・パネル
- vii) 2021 年度活動実績・FNCA オープンセミナー
- viii) 日本コーディネーター・アドバイザーからのメッセージ
- ix) 参加国コーディネーターからのメッセージ
- x) What's FNCA?

2) FNCA Newsletter No. 25(英文、2022年3月)

- i) 22nd FNCA Ministerial Level Meeting
- ii) Country Reports
- iii) Introduction of Project Activities
- iv) FNCA Breakthrough Prize 2021
- v) 21st FNCA Coordinators Meeting
- vi) 2021 Study Panel
- vii) Activities in JFY2021 & FNCA Open Seminar
- viii) Message from FNCA Coordinator & Advisor of Japan
- ix) Message from Coordinators of FNCA Member Countries
- x) What's FNCA?

3.2 ウェブサイトの運営

FNCA ウェブサイト (URL : 和 文 版 <https://www.fnca.mext.go.jp/index.html> 、 英 文 版 <https://www.fnca.mext.go.jp/english/index.html>) において、各プロジェクトの活動報告等の情報を提供し、常時広く国内外に発信した。本ウェブサイトにおける情報の更新を、以下のとおり行った。

更新箇所	更新事項
コーディネーター紹介	・ コーディネーター - オーストラリア - インドネシア - 韓国 - マレーシア - タイ
放射線育種プロジェクト	・ 2021年度ワークショップ報告 ・ プロジェクト紹介 ・ プロジェクトリーダー - 中国 - インドネシア - 日本 - 韓国
放射線加工・高分子改質プロジェクト	・ 2021年度ワークショップ報告 ・ プロジェクト紹介 ・ プロジェクトリーダーからのメッセージ ・ プロジェクトリーダー - バングラデシュ - 中国 - インドネシア - 日本 - 韓国 - モンゴル - フィリピン - タイ
気候変動科学プロジェクト	・ 2021年度ワークショップ報告
放射線治療プロジェクト	・ 2021年度ワークショップ報告 ・ プロジェクト紹介 ・ プロジェクトリーダー - マレーシア
研究炉利用プロジェクト	・ 2021年度ワークショップ報告 ・ プロジェクトリーダー - カザフスタン

更新箇所	更新事項
放射線安全・廃棄物管理プロジェクト	・ 2021年度ワークショップ報告 ・ RS&RWMニュースレターNo.16、No.17 ・ プロジェクトリーダー － カザフスタン － マレーシア － モンゴル － フィリピン － タイ － ベトナム
核セキュリティ・保障措置プロジェクト	・ 2021年度ワークショップ報告 ・ プロジェクト紹介 ・ プロジェクトリーダー － マレーシア － インドネシア
FNCA ニュースレター	・ トップページ更新 ・ FNCAニュースレターNo.31(日本語版)掲載 ・ FNCA Newsletter No.25(英語版)掲載
内閣府主催会合	・ 2021スタディ・パネル ・ 第22回上級行政官会合報告 ・ 第21回コーディネーター会合 ・ 第22回大臣級会合報告
関連文書	・ 令和2年度アジア地域原子力協力に関する調査業務報告書 ・ 令和2年度放射線利用技術等国際交流(専門家交流)委託業務成果報告書
リンク	・ 各国関係機関リンク更新

なお 2021 年 4 月から 2022 年 3 月までのトップページへのアクセス数は、和文サイト 4,746 件、英文サイト 2,128 件であった。

FNCA ウェブサイトによる情報発信の成果を測定するため、本年度(令和 3 年(2021 年)4 月～令和 4 年(2022 年)3 月)のアクセス解析を実施した。令和 2 年度(2020 年度)～令和 3 年度(2021 年度)は他の年度に比べて訪問数が全体的に減少した。また、年間の訪問数の変動は、例年は FNCA 会合やプロジェクトワークショップが開催され、情報が更新される 11 月に向けて上昇する傾向であるが、本年度は横ばいであった。これは FNCA の活動が新型コロナウイルス感染症(COVID-19)パンデミックの影響を受けて目新しい情報が少なかったことが要因の 1 つと思われる。

新規訪問とリピーター訪問の年間の推移を見ると、新規訪問は波があり変動しているが、リピーター訪問数は年間を通して大きな増減傾向はみられず安定していることから、一定数のリピーターがいるものと考えられる。リピーターは訪問毎の閲覧ページ数や平均の閲覧時間が多く、じっくりとページを閲覧していると想

定できる。また、新規訪問率が高いのは大臣級会合、スタディ・パネル、放射線育種プロジェクト、放射線安全・廃棄物管理プロジェクトのページである。

国別では、最も訪問数が多いのは日本で、次に中国、マレーシア、インドネシアが上位に入っている。また、カザフスタンとモンゴルはリピータ訪問の割合と訪問した際の閲覧ページ数が他の国に比して多い。

サイト全体では、日本語ページ、英語ページとも、基本的にまずはトップページに流入してくる傾向にある。年間を通して閲覧数が上位にあるのは、日本語ウェブサイト、英語ウェブサイトともトップページ、FNCA プロジェクトページ、大臣級会合のページである。プロジェクト別の閲覧数は、日本語ページでは放射線育種、放射線治療、放射線安全・廃棄物管理プロジェクトが上位で、英語ページでは放射線育種、放射線加工・高分子改質、放射線安全・廃棄物管理プロジェクトが上位であり、全体的に放射線利用開発分野プロジェクトに比較的高いことがうかがえる。

FNCA ニュースレターやプロジェクト成果物(マニュアル、ガイドライン、報告書)等の PDF のダウンロードは日本が最も多く、次いでタイ、マレーシアである。また、新規訪問者よりもリピータ訪問のダウンロード率が高い。ダウンロード数については、日本語ページでは、FNCA ニュースレターが最も多く、その他に核セキュリティ・保障措置プロジェクトの各国報告サマリー、放射線安全・廃棄物管理プロジェクトの「低レベル放射性廃棄物処分場に関する統合化報告書」(中間報告)が上位に入っている。英語ページも FNCA ニュースレターが最も多く、次いで放射線安全・廃棄物管理プロジェクトのニュースレターと「原子力・放射線緊急時対応に関する統合化報告書」が上位に入っている。

FNCA ウェブサイトがどのようなキーワードで検索されているかを見ると、「バイオ肥料」が最も多く、プロジェクト成果物の PDF のキーワードと組み合わせた検索が多い傾向にある。資料や論文、成果報告等を探しているユーザーが多いことが想定できる。

FNCA ウェブサイト トップページ (上:和文版、下:英文版)

FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

English Top

お問い合わせ リンク サイトマップ

TOP FNCAとは 大臣級会合 / 上級行政官会合 コーディネーター会合 スタディ・パネル プロジェクト シンポジウム / 講演会 パンフレット / ニュースレター

Forum for Nuclear Cooperation in Asia

アジア原子力協力フォーラム (FNCA) とは

近隣アジア諸国との原子力分野の協力を効率的かつ効果的に推進する目的で日本が主導する原子力平和利用協力の枠組みで、オーストラリア、バングラデシュ、中国、インドネシア、カザフスタン、韓国、マレーシア、モンゴル、フィリピン、タイ、ベトナムが参加し、大臣級会合、コーディネーター会合、パネル、プロジェクト等の活動を行っています。

FNCAの成果 ANEP アジア原子力教育訓練プログラム 文部科学省 原子力研究交流制度

what's new

- 2022年03月23日 核セキュリティ・保障措置プロジェクトワークショップ (2022年2月22日/オンライン)
- 2022年03月16日 放射線育種プロジェクトワークショップ (2022年1月18日-2月1日/オンライン)
- 2022年03月09日 気候変動科学プロジェクトワークショップ (2021年11月11-12日)

FNCAの枠組み

大臣級会合
大臣級 — 政府対談
上級行政官 — 大臣級会合の補佐
指示・報告
報告・調整

コーディネーター 報告・調整

プロジェクト

放射線育種 気候変動科学
放射線加工・高分子改質 研究利用
放射線治療 核セキュリティ・保障措置
放射線安全・廃棄物管理

TOP | FNCAとは | 大臣級会合 | コーディネーター | パネル | プロジェクト | 講演会 | ニュースレター
リンク | お問い合わせ | プライバシーポリシー | サイトマップ

文部科学省の委託を受けて公益財団法人原子力安全研究協会が運営しています。



3.3 過去の招へい者のデータベース

本業務の推進・運営に活用するために、文部科学省から提供された本業務に係る過去の招へい者のデータに対して、年度毎の招へい者情報を追加し、データベースとして整備した。

令和2年度(2020度)に開催された7プロジェクトのワークショップ参加者について、事務局担当者より提供されたデータをデータベース(「文部科学省 原子力科学技術人材交流データベース」)に追加入力し、CD-ROM化した。

添付資料

1. FNCA 現行 7 プロジェクト活動経緯

[illegible]

2. 国際会合関連資料

2.1 放射線育種(MB)プロジェクト国際会合

2.1.1 MB 議事録

Minutes of FNCA 2021 Online Workshop on Mutation Breeding Project

January 18th – February 1st, 2022

1) Outline

i) Date	January 18 th – February 1 st , 2022
ii) Venue	Online meeting
iii) Host	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan (MEXT)
iv) Participants	A total of 30 participants from 10 countries, i.e. Bangladesh, China, Indonesia, Japan, Korea, Malaysia, Mongolia, the Philippines, Thailand and Vietnam (Annex 2)
v) Program	Annex 1

NCA JFY2021 Online Workshop on Mutation Breeding Project, hosted by Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan (MEXT), was held via Zoom meeting on January 18, and e-mail-based discussion was conducted on January 18 - February 1, 2022.

Opening Session (Online Meeting)

Mr. Funabiki Takahisa, Deputy Director, International Nuclear and Fusion Energy Affairs Division, Research and Development Bureau, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) and Mr. Wada Tomoaki, FNCA Coordinator of Japan delivered the opening remarks.

Dr. Hase Yoshihiro, FNCA Mutation Breeding Project Leader of Japan briefly introduced outline of the project activities and purpose of the workshop.

Report on Mutation Breeding of Major Crops for Low-input Sustainable Agriculture under Climate Change (Online Meeting)

Ten member countries presented progress and plan of the activities on the Mutation Breeding of Major Crops for Low-input Sustainable Agriculture under Climate Change. The summary for each presentation is attached as **Annex 3**. Mid-term reports from member countries is attached as **Annex 4**, and they will be summarized by Dr. Hase and submitted to Coordinators in March for mid-term evaluation.

After the online meeting, Q&A session was conducted via e-mail. Q&A sheet from the participants and presenters is attached as **Annex 5**.

Round Table Discussion (online meeting)

Dr. Hase delivered a lead speech about next ion beam irradiation at QST and future direction toward next phase. For the future direction, he suggested some keywords about modern technologies like whole genome sequencing and marker assisted selection, as well as the importance of the current themes, i.e., low input and sustainable agriculture. He emphasized that mutant lines are the most important and precious resources for this project, and their analysis using modern technologies would give us new knowledge to promote the ongoing research in member countries. After the lead speech, participants suggested that flash flood is the most important issue in their countries and, therefore, early maturity and photoperiod-insensitivity would become even more necessary. Details of the future plan will be discussed in the next workshop.

Minutes and Closing Session (e-mail-based discussion)

The minutes were discussed and agreed by all participants via e-mail. It will be reported to the 22nd FNCA Coordinators Meeting.

2.1.2 MB 参加者リスト

List of Participants **FNCA 2021 Online Workshop on Mutation Breeding Project**

January 18th – February 1st, 2022

Country	Name	Position and Organization
Bangladesh (PL)	Dr. ANK Mamun	Chief Scientific Officer and Head Plant Biotechnology and Genetic Engineering Division Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
China (PL)	Prof. Shu Qingyao	Director Institute of Crop Science Zhejiang University
Indonesia (PL)	Dr. Sobrizal	Researcher Center for Research and Technology of Isotope and Radiation Application Research Organization for Nuclear Energy National Research and Innovation Agency (BRIN)
Indonesia	Mr. Arwin	Researcher Center for Research and Technology of Isotope and Radiation Application Research Organization for Nuclear Energy National Research and Innovation Agency (BRIN)
Indonesia	Dr. Winda Puspitasari	Researcher Center for Research and Technology of Isotope and Radiation Application Research Organization for Nuclear Energy National Research and Innovation Agency (BRIN)
Indonesia	Ms. Yuliasti	Soybean Researcher Center for Research and Technology of Isotope and Radiation Application Research Organization for Nuclear Energy National Research and Innovation Agency (BRIN)

Country	Name	Position and Organization
Japan (MEXT)	Mr. Funabiki Takahisa	Deputy Director International Nuclear and Fusion Energy Affairs Division Research and Development Bureau Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (MEXT)	Ms. Tanaka Fumiyo	Administrative Researcher International Nuclear and Fusion Energy Affairs Division Research and Development Bureau Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (Coordinator)	Mr. Wada Tomoaki	FNCA Coordinator of Japan
Japan (Advisor)	Dr. Tamada Masao	FNCA Advisor of Japan, QST Associate National Institutes for Quantum Science and Technology (QST)
Japan (PL)	Dr. Hase Yoshihiro	Senior Principal Researcher Department of Radiation-Applied Biology Research Takasaki Advanced Radiation Research Institute Quantum Beam Science Research Directorate National Institutes for Quantum Science and Technology (QST)
Japan	Dr. Katsura Keisuke	Associate Professor Department of International Environmental and Agricultural Science Graduate School of Agriculture Tokyo University of Agriculture and Technology (TUAT)
Japan	Mr. Takahashi Koji	Unit Leader Soybean Breeding Unit Division of Field Crop Research Institute of Crop Science National Agriculture and Food Research Organization (NARO)

Country	Name	Position and Organization
Japan	Prof. Nakai Hirokazu	Professor Emeritus, Former Vice President Shizuoka University
Japan	Dr. Hatashita Masanori	Principal researcher Research & Developmet Department The Wakasa wan Energy Research Center (WERC)
Japan	Dr. Morishita Toshikazu	Director Radiation Breeding Division Institute of Crop Science National Agriculture and Food Research Organization (NARO)
Japan (Secretariat)	Ms. Koike Aki	International Affairs and Research Department Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Korea (PL)	Dr. Kang Si-Yong	Associate Professor Department of Horticulture College of Industrial Science Kongju National University
Malaysia (PL)	Dr. Sobri Bin Hussein	Senior Research Officer Agrotechnology and Biosciences Division Malaysian Nuclear Agency (Nuclear Malaysia)
Malaysia	Mr. Faiz Ahmad	Research Officer Malaysian Nuclear Agency
Mongolia	Dr. Bayarsukh Noov	Director Institute of Plant and Agricultural Science (IPAS)
Mongolia	Ms. Uugantsetseg Battogtokh	Researcher Institute of Plant and Agricultural Science (IPAS)

Country	Name	Position and Organization
the Philippines (PL)	Mr. Fernando B. Aurigue	Senior Science Research Specialist Philippine Nuclear Research Institute (PNRI) Department of Science and Technology (DOST)
the Philippines	Mr. Christopher C. Cabusora	Science Research Specialist Department of Agriculture Philippine Rice Research Institute (PhilRice)
the Philippines	Mr. Jerald Baloloy Bongalos	Science Research Specialist I Philippine Nuclear Research Institute (PNRI) Department of Science and Technology (DOST)
Thailand (PL)	Mr. Apichart Noenplab	Rice Breeder Specialist Division of Rice Research and Development Rice Department
Thailand	Ms. Udompan Kalasi	Prachinburi Rice Research Station Rice Department
Thailand	Mr. Jirapong Jairan	Rice Department
Thailand	Mr. Ithipong Assaranurak	Rice Department
Vietnam (PL)	Dr. Le Duc Thao	Deputy Director General Agricultural Genetics Institute (AGI)

2.1.3 MB プログラム

Program of FNCA 2021 Online Workshop on Mutation Breeding Project

January 18th – February 1st, 2022

January 18, 2022 (Day 1st)

Opening, Report and Discussions by Web Meeting

13:10 - 13:40 Access to the web meeting by the participants

*Notices from FNCA Secretariat

14:00 - 14:20 Opening Session

Chair: Dr. HASE Yoshihiro, Japan

1. Opening Remarks

1) MEXT

2) Mr. WADA Tomoaki, FNCA Coordinator of Japan

2. Introduction of Participants

3. Outline of the Workshop

Dr. HASE Yoshihiro, FNCA Mutation Breeding Project Leader (PL) of Japan

14:20 - 15:10 Session 1 Report for Mutation Breeding of Major Crops for Low-input Sustainable
Agriculture under Climate Change

Chair: Dr. Sobri Bin HUSSEIN, Malaysia

1. Bangladesh

2. China

3. Indonesia

4. Japan

5. Korea

15:10 - 15:25 Break (15min.)

15:25 - 16:15 Cont. of Session 1

Chair: Dr. SHU Qingyao, China

6. Malaysia

7. Mongolia

8. The Philippines

9. Thailand

10. Vietnam

16:15 - 17:00 Session 2 Round Table Discussion

Chair: Dr. HASE Yoshihiro, Japan

1. Discussion

2. Summary

17:00 Closing

~ January 25, 2022

Discussion and Q&A (by e-mail)

- by using attached format

~ February 1, 2022

Confirmation of Minutes (by e-mail)

Closing Remarks (by e-mail)

- 1) Mr. WADA Tomoaki, FNCA Coordinator of Japan
- 2) Dr. TAMADA Masao, FNCA Advisor of Japan
- 3) Dr. HASE Yoshihiro, FNCA Project Leader of Japan

2.2 放射線加工・高分子改質(RPPM)プロジェクト国際会合

2.2.1 RPPM 議事録

Minutes of FNCA 2021 Workshop on Radiation Processing and Polymer Modification Project

November 29th – 30th, 2021

Online Meeting

1) Outline of Workshop

i) Date	29th - 30th November 2021
ii) Venue	Online (Zoom Web Meeting)
iii) Host Organisation	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan (MEXT)
iv) Participants	Thirty seven (37) participants from 10 FNCA member countries: Bangladesh, China, Indonesia, Japan, Kazakhstan, Malaysia, Mongolia, the Philippines, Thailand and Vietnam (Annex 2)
v) Programme	Annex 1

2) Workshop Programme

The FNCA 2021 Workshop on Radiation Processing and Polymer Modification (RPPM) was held on 29th and 30th November 2021, via Zoom Web Meeting. The workshop was hosted by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) of Japan.

Thirty seven (37) representatives involved in radiation processing and polymer modification from 10 FNCA member countries attended the workshop, namely Bangladesh, China, Indonesia, Japan, Kazakhstan, Malaysia, Mongolia, the Philippines, Thailand and Vietnam. The programme of the workshop is attached in **Annex 1**. The list of participants is attached in **Annex 2**.

Session 1: Opening Session

Ms Tanaka Fumiyo, Administrative Researcher of the MEXT gave welcoming remarks and Mr Wada Tomoaki, FNCA Coordinator of Japan and Dr Tamada Masao, FNCA Advisor of Japan gave opening remarks.

Session 2: Project Overview and Confirmation of Agenda

Dr Taguchi Mitsumasa, FNCA RPPM Project Leader of Japan, reported the overview of the RPPM project. He explained the topics to be discussed and the programme for the workshop.

Session 3 and 4: Progress Report on Biofertilizer [part A and B]

Eight (8) reports on the activity summary for 2018 - 2021 and future plan for 2022 - 2024 for biofertilizer

research were presented. The summary of each report is attached in **Annex 3**.

Session 6: Wrap-up of Day 1

Dr Taguchi summarized Day 1 of the workshop and announced information for Day 2.

Session 5 and 7: Progress Report on Polymer Modification [part A and B]

Ten (10) reports on the activity summary for 2018 - 2021 and future plan for 2022 - 2024 for radiation processing and polymer modification. The summary of each report is attached in **Annex 3**.

Session 8: Evaluation of Present Phase

Dr Taguchi showed the result of the project activities for 2018 - 2021, and all participants confirmed and agreed after adjustments. The detailed summary of this session is attached in **Annex 4**.

Session 9: Discussion and Proposal for Next Phase

Future plan of the project activities for 2022 - 2024 was discussed, and all participants agreed 8 research themes, namely 1. Degraded Chitosan for Animal Feed, 2. Hydrogel for Medical Application, 3. Environmental Remediation, 4. Synergistic Effect among Plant Growth Promoter (PGP), Super Water Absorbent (SWA) and Biofertilizer, 5. PGP and SWA, inclusive Process development, 6. Mutation Breeding of Microbe Using Radiation, 7. Sterilization and Sanitization Using Radiation, 8. Recycle Plastic. Some research themes can be chosen at every workshop depend on the progress. The detailed summary of this session is attached in **Annex 5**.

Session 10: Closing Session

Dr Taguchi summarized the major achievements of the workshop and gave closing remarks. Draft minutes will be sent by the secretariat and reviewed by participants after workshop.

2.2.2 RPPM 参加者リスト

List of Participants

FNCA 2021 Workshop on Radiation Processing and Polymer Modification Project

November 29th – 30th, 2021

Online Meeting

Country	Name	Position and Organization
Bangladesh (PL)	Dr Salma Sultana (materials only)	C Chief Scientific Officer Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
Bangladesh	Dr Md Kamruzzaman Pramanik	Chief Scientific Officer Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
China	Mr Ding Renhao (on behalf of Prof Ma Hongjuan)	Researcher, Shanghai Applied Radiation Institute Shanghai University
China	Prof Zhang Ruifu	Professor, Institute of Agricultural Resources and Regional Planning Chinese Academy of Agricultural Sciences
Indonesia (PL)	Dr Tita Puspitasari	Researcher Coordinator of Radiation Processing Division Center for Research and Technology of Isotope and Radiation Application Research Organization for Nuclear Energy National Research and Innovation Agency
Indonesia	Dr Darmawan Darwis	Senior Researcher Center for Research and Technology of Isotope and Radiation Application Research Organization for Nuclear Energy National Research and Innovation Agency

Country	Name	Position and Organization
Indonesia	Dr Ania Citraresmini	Researcher Center for Research and Technology of Isotope and Radiation Application Research Organization for Nuclear Energy National Research and Innovation Agency
Indonesia	Dr Nunung Nuryanthi	Researcher Center for Research and Technology of Isotope and Radiation Application Research Organization for Nuclear Energy National Research and Innovation Agency
Indonesia	Mr Nana Mulyana	Researcher Center for Research and Technology of Isotope and Radiation Application Research Organization for Nuclear Energy National Research and Innovation Agency
Japan (MEXT)	Mr Funabiki Takahisa	Deputy Director International Nuclear and Fusion Energy Affairs Division Research and Development Bureau Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (MEXT)	Ms Tanaka Fumiyo	Administrative Researcher International Nuclear and Fusion Energy Affairs Division Research and Development Bureau Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (Coordinator)	Dr Wada Tomoaki	FNCA Coordinator of Japan, Chief Executive Director Kobe Science Museum
Japan (Advisor)	Dr Tamada Masao	FNCA Advisor of Japan, QST Associate National Institutes for Quantum Science and Technology (QST)

Country	Name	Position and Organization
Japan (PL)	Dr Taguchi Mitsumasa	Leader Project "Biocompatible Materials Research" Department of Advanced Functional Materials Research Takasaki Advanced Radiation Research Institute (TARRI) National Institutes for Quantum Science and Technology (QST)
Japan	Prof Okazaki Shin	Professor Department of International Environmental and Agricultural Science Graduate School of Agriculture Tokyo University of Agriculture and Technology
Japan	Prof Kusaoke Hideo	Former Professor, Fukui University of Technology
Japan	Dr Satoh Katsuya	Senior Principal Researcher Department of Radiation-Applied Biology Research Takasaki Advanced Radiation Research Institute National Institutes for Quantum Science and Technology (QST)
Japan	Prof Tawaraya Keitaro	Professor Department of Food, Life, and Environmental Science Faculty of Agriculture Yamagata University
Japan	Dr Nagasawa Naotsugu	Section Manager Irradiation Facilities Section, Department of Administrative Services & Senior Principal Researcher, Department of Advanced Functional Materials Research Takasaki Advanced Radiation Research Institute National Institutes for Quantum Science and Technology (QST)

Country	Name	Position and Organization
Japan	Prof Hanawa Takehisa	Professor, Tokyo University of Science
Japan (PL of FNCA Mutation Breeding project)	Dr Hase Yoshihiro	Senior Principal Researcher, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST)
Japan (Secretariat)	Ms Koike Aki	Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Kazakhstan	Mr Kassymzhanov Murat	Deputy Chairman of the Board JSC "Park of Nuclear Technologies"
Kazakhstan	Mr Azat Nurkasimov	JSC "Park of Nuclear Technologies"
Malaysia (PL)	Dr Marina Binti Talib	Manager, Malaysian Nuclear Agency
Malaysia	Ms Maznah Binti Mahmud	Research Officer, Malaysian Nuclear Agency
Malaysia	Dr Phua Choo Kwai Hoe	Research Officer, Malaysian Nuclear Agency
Malaysia	Ms Sarada Idris	Research Officer, Malaysian Nuclear Agency
Malaysia	Ms Nur Humaira Lau Abdullah	Research Officer Malaysian Nuclear Agency
Mongolia (PL)	Dr Chinzorig Radnaabazar	Head of Department of Chemical and Biological Engineering School of Applied Sciences and Engineering National University of Mongolia (NUM)
Mongolia	Ms Sunjidmaa Otgonbayar	Head of Soil Microbiology Laboratory Institute of Plant and Agricultural Sciences (IPAS)

Country	Name	Position and Organization
the Philippines	Dr Charito T. Aranilla	Scientist 1/Senior Science Research Specialist the Philippine Nuclear Research Institute (PNRI)
the Philippines	Ms Julieta A. Anarna	University Resercher II, National Institute of Molecular Biology and Biotechnology University of the Philippines Los Banos (UPLB)
Thailand (PL)	Dr Phiriyatorn Suwanmala	Deputy Executive Director Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization)
Thailand	Dr Kunlayakorn Prongjunthuek	Agricultural Research Officer, Senior Professional Level Department of Agriculture
Vietnam (PL)	Dr Nguyen Ngoc Duy	Head of the Research and Development Division Research and Development Center for Radiation Technology Vietnam Atomic Energy Institute
Vietnam	Dr Tran Minh Quynh	Principal researcher Hanoi Irradiation Center Vietnam Atomic Energy Institute

2.2.3 RPPM プログラム

Programme for FNCA 2021 Workshop on Radiation Processing and Polymer Modification

November 29th – 30th, 2021

Online Meeting

1. Background of this Workshop

FY2021 is the final year of present phase (2018-2021) for our RPPM Project. So we need to summarize and evaluate 4-year activities and make a proposal for next phase. The evaluation and proposal will be submitted to the FNCA Coordinators early 2022.

2. Topics in this Workshop

In the online workshop, each presenter will give a brief progress report on the following topics:

- Current R&D status for 2021
- Current problems
- Outcomes and Achievements for present phase (2018-2021)
- Planning for 2022-2024

3. Schedule

Monday, 29th November, 2021 Day 1 Chair: Dr Taguchi Mitsumasa (Japan)	
13:40 – 14:00	Opening the meeting room
14:00 – 14:15 (15 min.)	<u>Session 1: Opening Session</u> 1) Welcoming Remarks MEXT of Japan 2) Opening Remarks Dr Wada Tomoaki 3) Opening Remarks Dr Tamada Masao 4) Self-Introduction of Participants
14:15 – 14:25 (10 min.)	<u>Session 2: Project Overview and Confirmation of Agenda</u> 1) Project Overview Dr Taguchi Mitsumasa 2) Confirmation of Agenda Dr Taguchi Mitsumasa
14:25 – 15:05 (40 min.)	<u>Session 3: Progress Report on Biofertilizer [part A]</u> Session Chair: Ms Julieta A. Anarna, the Philippines (Presentation 7 min + Q&A 3 min) 1) Bangladesh Dr Md Kamruzzaman Pramanik 2) China Prof Zhang Ruifu 3) Indonesia Dr Darmawan Darwis 4) Malaysia Dr Phua Choo Kwai Hoe
15:05 - 15:20 (15 min.)	Break

15:20 – 16:00 (40 min.)	<u>Session 4: Progress Report on Biofertilizer [part B]</u> Session Chair: Dr Phua Choo Kwai Hoe, Malaysia (Presentation 7 min + Q&A 3 min) 1) Mongolia Dr Sunjidmaa Otgonbayar 2) the Philippine Ms Julieta A. Anarna 3) Thailand Dr Kunlayakorn Prongjunthuek 4) Vietnam Dr Tran Minh Quynh
16:00 – 16:50 (50 min.)	<u>Session 5: Progress Report on Polymer Modification [part A]</u> Session Chair: Dr Nguyen Ngoc Duy, Vietnam (Presentation 7 min + Q&A 3 min) 1) Bangladesh Dr Md Kamruzzaman Pramanik 2) China Mr Ding Renhao 3) Indonesia Dr Tita Puspitasari 4) Kazakhstan Mr Azat Nurkasimov 5) Japan Dr Taguchi Mitsumasa
16:50 – 17:00 (10 min.)	<u>Session 6: Wrap-up of Day 1</u> Summary of Day 1 and Announcement for Day 2 Dr Taguchi Mitsumasa

Tuesday, 30th November, 2021 Day 2 Chair: Dr Taguchi Mitsumasa (Japan)	
13:40 – 14:00	Opening the meeting room
14:00 – 14:50 (50 min.)	<u>Session 7: Progress Report on Polymer Modification [part B]</u> Session Chair: Dr Tita Puspitasari, Indonesia (Presentation 7 min + Q&A 3 min) 1) Malaysia Ms Maznah Mahmud 2) Mongolia Dr Chinzorig Radnaabazar 3) the Philippines Dr Charito T. Aranilla 4) Thailand Dr Phiriyatorn Suwanmala 6) Vietnam Dr Nguyen Ngoc Duy
14:50 – 15:10 (20 min.)	Session 8: Evaluation of Present Phase
15:10 – 15:25 (15 min.)	<u>Session 7: Progress Report on Polymer Modification [part B]</u> (Presentation 7 min + Q&A 3 min) 1) Malaysia Ms Maznah Binti Mahmud 2) Mongolia Dr Chinzorig Radnaabazar 3) the Philippines Dr Charito Tranquilan Aranilla 4) Thailand Dr Phiriyatorn Suwanmala 5) Viet Nam Dr Nguyen Ngoc Duy
15:25 – 16:05 (40 min.)	<u>Session 9: Discussion and Proposal for Next Phase</u>

16:05 – 16:20 (15 min.)	<u>Session 10: Closing Session</u> 1) Wrap-up of the Workshop Dr Taguchi Mitsumasa 2) Closing Remarks Dr Taguchi Mitsumasa
----------------------------	--

2.3 気候変動科学(CCS)プロジェクト国際会合

2.3.1 CCS 議事録

Minutes of FNCA 2021 Workshop on Climate Change Science Project

November 11st – 12nd, 2021

Online Meeting

[Workshop]

The fifth meeting ran from 11st and 12nd 2021 and was as a zoom on-line meeting.

Mr. Wada Tomoaki, FNCA Coordinator of Japan, opened the on-line meeting.

The meeting started by giving all countries the opportunity to present the status of the research and progress against their national project plans. Mongolia was unavailable for this meeting.

After the member-country presentations there were discussions about progress in general, dependencies on equipment, analysis and facilities in other countries. An inventory was made by each country about the type and level of support needed to complete the national plans. An agreement was reached about plans, level of support and sharing of information.

[Discussion]

A couple of discussion were held:

There was a good discussion about information sharing between countries.

The following topics were shared with the group in the form of PDF protocols, instructions and or lists:

- Sampling guidelines
 - "Practical guide on soil sampling, treatment, and carbon isotope analysis for carbon cycle studies" was published late 2020.
 - Sampling archives of climate change to be delivered Q2/Q3 of 2021 (This action is no-longer valid as countries have received either physical assistance in sampling (Indonesia & Thailand) or advice on sampling equipment procurement (Malaysia).
 - A possible new project on Food provenance was discussed and introduced by ANSTO's Dr. Debasish Mazumder. He will await the outcome of a questionnaire (Dec 2021) and will collate a response and a proposal for a new FNCA project.

Data interpretation – This was part of the final on-line meeting of November 2021. Presenters & lead scientists demonstrated step by step the scientific method used to move from data collection to data interpretation and final conclusions. Most countries are now in the process of finalising their full reports and will indicate outstanding analyses. It is anticipated that all countries are able to fully report by the end of

2022 (with a possible on-line overview of the final reports – to be chaired by ANSTO’s Dr. Krystyna Saunders, Dr. Henk Heijnis has retired since the last meeting)

[Plans]

- Possible final overview meeting of the project (late 2022)
- On-line meeting
- Plans for a follow-up project on Climate Change and Food security (using nuclear techniques) will be further developed separately and if possible submitted as a proposal to the FNCA in March 2022.

2.3.2 CCS 参加者リスト

List of Participants **FNCA 2021 Workshop on Climate Change Science Project**

November 11st – 12nd, 2021

Online Meeting

Country	Name	Position and Organization
Australia (PL)	Prof. Henk HEIJNIS	Leader Environment Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)
Australia	Dr. Debasish MAZUMDER	Project Lead-Food Provenance NST-The Environment Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)
Australia	Ms. Ashley HILL	International Liaison Officer Chief Operating Officer Group Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)
Bangladesh	Dr. Mohammad Amirul ISLAM	Chief Scientific Officer, Reactor and Neutron Physics Division, INST, AERE, Savar Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
China	Assoc. Prof. Zhijun Gong	East China University of Technology
Indonesia (PL)	Dr. Ali Arman LUBIS	Research and Technology Center for Application of Isotopes and Radiation, Research Organization for Nuclear Energy, National Research and Innovation Agency (BRIN)
Indonesia	Ms. Tri Retnaningsih SOEPROBOWATI	Center for Paleolimnology (CPalim)

Country	Name	Position and Organization
Kazakhstan	Ms. Almira AIDARKHANOVA	Head of Department for Development of Environmental Monitoring System of the Branch "Institute of Radiation Safety and Ecology" of National Nuclear Center (NNC) of Kazakhstan
Malaysia (PL)	Prof. Fatimah Binti Md YUSOFF	Department of Agriculture, Faculty of Agriculture University Putra Malaysia
the Philippines (PL)	Dr. Angel T. BAUTISTA VII	Science Research Specialist Nuclear Analytical Techniques Application Section Philippine Nuclear Research Institute (PNRI)
Thailand (PL)	Dr. Sasiphan KHAWEERAT	Nuclear Scientist Nuclear Research and Development Division Thailand Institute of Nuclear Technology, Thailand (TINT)
Vietnam	Mr. BUI Dac Dung	Institute for Nuclear Science and Technology (INST), Vietnam Atomic Energy Institute (VINATOM)
Japan (PL)	Dr. NAGAI Haruyasu	Division Head, Environmental and Radiation Sciences Division Nuclear Science and Engineering Center Japan Atomic Energy Agency (JAEA)
Japan (Coordinator)	Mr. WADA Tomoaki	FNCA Coordinator of Japan
Japan (Advisor)	Dr. TAMADA Masao	FNCA Advisor of Japan
Japan (MEXT)	Mr. FUNABIKI Takahisa	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (MEXT)	Ms. TANAKA Fumiyo	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (Secretariat)	Ms. CHE Jongah	Nuclear Safety Research Association (NSRA)

2.3.3 CCS プログラム

Program of FNCA 2021 Workshop on Climate Change Science Project

November 11st – 12nd, 2021

Online Meeting

Day 1 (Thursday, 11 November)

***Sydney Time**

- | | |
|-------|---|
| 13:00 | 1) Housekeeping and checking connections of meeting |
| 13:20 | 2) Australian FNCA representative Mr Mark Alexander to open meeting.
FNCA overview and timelines with regard to 2021 meetings and Climate Project in particular a view words by Mr Wada. |
| 13:40 | 3) Quick review of our report from on-line meeting 2020 (Climate Project Lead - H.Heijnis) |
| 14:00 | 4) Country reports (planned activities (as per national plan), achievements and problems |
| | • Australia |
| | • Bangladesh |
| | • China |
| | • Indonesia 2x (Pak Ali and Bu Tri) |
| | • Japan |

Day 2 (Friday, 12 November)

***Sydney Time**

- | | |
|-------|---|
| 13:00 | Housekeeping and connectivity check |
| 13:15 | 4) Country reports (planned activities (as per national plan), achievements and problems
(Continued) |
| | • Kazakhstan |
| | • Malaysia |
| | • the Philippines |
| | • Thailand |
| | • Vietnam |
| | 5) Urgent - Assistance requests from other countries |
| | 6) Discussion on the future of the climate project & new food authenticity project. |
| | a. Plan is to phase out the remaining activities of the climate project over the next 2 years
(with international cross collaboration to catch-up and publications submitted). |

- b. The start a new project on food authenticity and discuss food to be included, appropriate country networks and international database. The discussion and topic will be introduced by Associate Professor Deba Mazumder of ANSTO.

17:30

Closure and planning of final meeting in 2021 (Mr Wada & Heijnis)

2.4 放射線治療(RO)プロジェクト国際会合

2.4.1 RO 議事録

Minutes of FNCA 2021 Online Workshop on Radiation Oncology Project

November 26th, 2021

(1) The FNCA FY2021 Online Workshop on Radiation Oncology was held on November 26th, 2021. The meeting was organized by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan (MEXT) in cooperation with Nuclear Safety Research Association (NSRA). Representatives from 11 FNCA member countries, namely Bangladesh, China, Indonesia, Japan, Kazakhstan, Korea, Malaysia, Mongolia, the Philippines, Thailand and Vietnam participated in the workshop.

Opening Session

(2) Prof. KATO Shingo, the Project Leader of Radiation Oncology Project opened the workshop with his opening remarks.

(3) Mr. FUNABIKI Takahisa, MEXT, Mr. WADA Tomoaki, FNCA Coordinator of Japan and Dr. TAMADA Masao, FNCA Advisor of Japan gave their remarks respectively.

(4) Mr. WADA introduced this project-related parts from "Conclusion and Recommendation" summarized in the 21st FNCA Coordinators Meeting held on 30th June 2021.

(5) Newly joined members were introduced.

(6) The workshop agenda was confirmed.

(7) Prof. KATO dedicated a memorial message to Dr. CHO Chul Koo who was a former project leader of Korea and passed away in August 2021. The workshop participants had a silent prayer time for Dr CHO.

Session 1: Prospective Observational Study of 3D-Image Guided Brachytherapy for Locally Advanced Cervical Cancer (CERVIX-V)

(8) Dr. OKONOGI Noriyuki, Chief Physician, Clinical Research Group of Pelvic Tumor, Department of Charged Particle Therapy Research, Institute for Quantum Medical Science, Quantum Life and Medical Science Directorate, National Institutes for Quantum Science and Technology (QST), presented the summary of analyzed clinical data of Cervix-V.

(9) 76 patients were enrolled into Cervix-V in total, and 68 patients were eligible. As a preliminary analysis of Cervix-V, 60 patients whose follow-up periods exceeded 6 months were analyzed.

(10) All patients were treated with 3D-IGBT. 21 patients were treated with the hybrid (the combination of interstitial and intracavitary brachytherapy) technique.

(11) Compared to the reference doses, 95% of cases satisfied those doses.

- Grade 3 acute hematological toxicity was observed in 13 (22%) patients. These toxicities were manageable.
- Grade 3 or worse acute non-hematological toxicity was observed in 2 (3%) patients so far.
- Grade 3 or worse late toxicity has not been observed so far.
- The 2-year overall survival (OS), local control (LC), and disease-free survival (DFS) were 91%, 91%, and 76%, respectively.

(12) The target number of patients for this study is 100, and the original enrollment deadline is May 2022. This protocol was drafted in 2017, but the clinical trial began in 2018. In addition, due to the impact of Covid-19, it is difficult to predict future enrollment. Extension of the registration period was proposed and agreed upon. The patients' enrollment will be continued until November 2023.

Session 2: Phase II Study of Neoadjuvant Chemotherapy with Concurrent Chemoradiotherapy (CCRT) for Nasopharyngeal Carcinoma (NPC-III)

(13) Dr. MAKISHIMA Hirokazu, Assistant Professor, Department of Radiation Oncology, Faculty of Medicine, University of Tsukuba presented the summary of analyzed clinical data of NPC-III. The Summary are as follows.

- Patients enrollment was completed in 2019.
- Current Total number of patients enrolled in NPC-III is 120.
- Median follow up period is 41 months.
- Registrations for NPC-III complete with some data missing.
- T and N stage matched and unmatched comparison with NPC-I (CCRT and adjuvant chemotherapy) showed worse local control but comparable OS.

(14) The percent of distant metastasis (bone metastasis) is relatively high while NPC-III patients' stages are mostly 3 or 4 and only 62% patients received bone scintigraphy in pretreatment. It was recommended to perform a subset analysis to evaluate this point.

(15) The primary endpoint of this clinical trial is 3-year PFS. The patients need to be followed up for 1 more year. With successful submission of all follow-up data, a final report will be issued.

Session 3: Phase II Study of Hypofractionated Radiotherapy for Breast Cancer (Postmastectomy Radiation Therapy (PMRT)/BREAST-I)

(16) Prof. KARASAWA Kumiko, Professor and Head Division, Department of Radiation Oncology, Tokyo Women's Medical University presented the summary of analyzed clinical data of PMRT/BREAST-I. The Summary are as follows.

- 222 cases have been enrolled and analyzed while the target accrual number is 200.
- 15% of grade 2 and over acute dermatitis and 1% of grade 2 subcutaneous acute toxicity have been observed.
- No grade 3 or over late toxicity has been observed.
- The 5 year locoregional control, progression free survival and overall survival rates are 96.3%, 81.0% and 90.9% respectively.

(17) The enrollment of patients into this protocol was completed in 2019 and the primary endpoint of the protocol is 5-year local recurrence free survival. Participants were requested to follow up the patients for 3 more years. Also, total follow up period is 10 years. Co-researchers are requested to continue to check late adverse events during the period.

Session 4: Phase II Study of Hypofractionated Radiotherapy for Breast Cancer (Whole Breast Irradiation (WBI)/ BREAST-I)

(18) Prof. KARASAWA presented the summary of analyzed clinical data of WBI / BREAST-I. The Summary are as follows.

- 227 cases were enrolled in HF-WBI protocol from February 2013 until October 2018.
- 227 patients with 228 tumors who completed the treatment were analyzed.
- 13% of grade 2-3 acute dermatitis had been observed.
- 1 locoregional recurrence, 4 distant metastases and 3 breast cancer death have been observed.
- No grade 3 or over late toxicity has been observed.
- The 5 year locoregional control rate, progression free survival rate and overall survival rate are 98.9%, 95.5% and 95.9% respectively.

(19) The enrollment of patients into this protocol was completed in 2018. Total follow up period is 10 years. Co-researchers are requested to continue to check late adverse events during the period.

Session 5: New Clinical Trials

1) Palliative Radiotherapy for Bone Metastasis

(20) Dr. MAKISHIMA, proposed the concept and protocol of the new prospective observational study of single fraction radiotherapy for painful bone metastasis (Bone-1). The protocol was generally adopted by the FNCA members with a few points to be finalized.

- Whether or not to include moderate pain patients with NRS 5-7.
- Lesion counts and total irradiation field size.
- Whether or not to include lesions other than the spine

These points will be discussed further on and aim to finalize and initiate administrative procedures to start the study by next workshop in 2022.

2) Palliative Radiotherapy for Brain Metastasis

(21)Dr. Kullathorn Thephamongkhon, Lecturer, Division of Radiation Oncology, Department of Radiology, Faculty of Medicine, Siriraj Hospital, Mahidol University introduced a protocol draft on palliative radiotherapy for brain metastasis, titled "Survival benefits of palliative WBRT in NSCLC with brain metastases unsuitable for surgery of SRS: An external validation of prognostic models".

(22)Dr. Thephamongkhon proposed a prognostic model as an external validation study with head-to-head comparison of many models, including the model from his hospital in Thailand. The objective is to predict the added benefit of whole brain RT for individual patients. The benefits of this study are as follows.

Firstly, it could be fast study with enough sample size (retrospective study with allowing for reasonable missing data).

Secondly, we can use a web-based model to calculate the added benefit of whole brain RT. Also, we can generate the specific model for each country if sample size is enough for that country.

(23)Dr. Thephamongkhon proposed the first action as check list survey as 5 patients in each country to see feasibility of predictors. Full proposal and record form will be followed.

(24) Following questions were raised from workshop participants.

- Is it possible to include all brain met with any primary cancer?
- Could we use ECOG performance status rather than KPS?
- Could all participants from FNCA countries access the data without whole brain RT?

These issues will be addressed in finalized checklist for survey later.

3) New RCA Project

(25) Dr. WAKATSUKI Masaru, Director of Department of Radiation Medicine, QST Hospital, Quantum Life and Medical Science Directorate, National, QST gave a presentation on a new IAEA/RCA project "Standardizing Radiotherapy in Palliative Care".

(26) This project will start from 2022. The overall objective is to improve the QoL for cancer patients in the RCA region by improving the clinical management of palliative radiotherapy in the RCA government parties.

It is expected that this project will be closely linked to this FNCA Radiation Oncology Project. FNCA members are encouraged to participate in the RCA project as well.

FNCA Breakthrough Prize

(27) Dr. MIZUNO Hideyuki, Principal Researcher, Quality Control Section, QST Hospital, Quantum Life and Medical Science Directorate, QST was awarded Excellent Researcher Prize under FNCA Breakthrough Prize conducted by the Cabinet Office of Japan (CAO). His longtime QA/QC activities of dose audits for radiation therapies were highly evaluated.

Session 6: Future Plans-

1) 2022's Workshop

(28) 2022's workshop will be held in Mongolia if the spread of Covid-19 pandemic has settled down.

2) Future Clinical Trial

(29) Prof. KATO reminded the project members that the 21st FNCA Coordinators Meeting suggested that a radiation therapy for prostate cancers could be considered as a new clinical trial. Along with this proposal, the project members are encouraged to send their opinions on new clinical trials.

2.4.2 RO 参加者リスト

List of Participants FNCA 2021 Online Workshop on Radiation Oncology Project

November 26th, 2021

Country	Name	Affiliation
Bangladesh (PL)	Dr A.F.M. Kamal Uddin	Associate Professor Department of Radiation Oncology National Institute of Ear, Nose & Throat
Bangladesh	Dr Parvin Akhter Banu	Senior Consultant Clinical Oncology Department Labeid Cancer Hospital and Super Specialty Center
Bangladesh	Dr Sharif Ahmed	Associate Consultant Cancer Care Center United Hospital Limited
China (PL)	Prof Cao Jianping	Professor and Director School of Radiation Medicine and Protection, Soochow University
China	Dr Xu Xiaoting	Vice-Director of the Department of Radiation Oncology The First Affiliated Hospital of Soochow University
Indonesia (PL)	Dr Henry Kodrat	Development Coordinator Department of Radiation Oncology, Faculty of Medicine, Universitas Indonesia- Cipto Mangunkusumo Hospital
Indonesia	Mr Bambang Haris Suhartono	Medical Physicist Radiotherapy Division Dr. Soetomo General Academic Hospital
Japan (Coordinator)	Mr Wada Tomoaki	FNCA Coordinator of Japan
Japan (Advisor)	Dr Tamada Masao	FNCA Advisor of Japan
Japan (PL)	Prof Kato Shingo	Professor Department of Radiation Oncology International Medical Center Saitama Medical University
Japan	Dr Nakano Takashi	Managing Director, Quantum Life and Medical Science Directorate National Institutes for Quantum Science and Technology (QST)

Country	Name	Affiliation
Japan	Prof Karasawa Kumiko	Professor and Head Division Department of Radiation Oncology, School of Medicine, Tokyo Women's Medical University
Japan	Prof Ohno Tatsuya	Professor and Chairperson Department of Radiation Oncology, Gunma university Graduate School of Medicine
Japan	Dr Wakatsuki Masaru	Director of Department of Radiation Medicine QST Hospital, Quantum Life and Medical Science Directorate, National Institutes for Quantum Science and Technology (QST)
Japan	Dr Mizuno Hideyuki	Principal Researcher, Quality Control Section, QST Hospital, Quantum Life and Medical Science Directorate, National Institutes for Quantum Science and Technology (QST)
Japan	Dr Okonogi Noriyuki	Chief Physician Clinical Research Group of Pelvic tumor, Department of Charged Particle Therapy Research, Institute for Quantum Medical Science, Quantum Life and Medical Science Directorate, National Institutes for Quantum Science and Technology (QST)
Japan	Dr Makishima Hirokazu	Professor (Assistant) Department of Radiation Oncology, University of Tsukuba
Japan	Dr Fukuda Shigekazu	Section Manager Radiation Quality Control Section, QST Hospital, Quantum Life and Medical Science Directorate, National Institutes for Quantum Science and Technology (QST)
Japan	Mr Nakaji Taku	Technical Staff Quality Control Section, QST Hospital Quantum Life and Medical Science Directorate, National Institutes for Quantum Science and Technology (QST)
Japan (MEXT)	Mr Funabiki Takahisa	Deputy Director, International Nuclear and Fusion Energy Affairs Division, Research and Development Bureau, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)

Country	Name	Affiliation
Japan (MEXT)	Ms Tanaka Fumiyo	Administrative Researcher International Nuclear and Fusion Energy Affairs Division, Research and Development Bureau, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (Secretariat)	Ms Yamada Ai	Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Kazakhstan (PL)	Prof Tasbolat Adylkhanov	Consulting Professor National Research Oncology Center, Nur-Sultan City, Kazakhstan
Kazakhstan	Dr Yevgeiya Kossymbayeva	Assistant of Clinical and Radiation Oncology Department Semey Medical University
Kazakhstan	Dr.Akmaral Savkhatova	Head of Department Daily Radiation Therapy Department Kazakh Institute of Oncology and Radiology
Korea (PL)	Dr Jang Wonil	Chief, Department of Radiation Oncology Korea Institute of Radiological & Medical Sciences (KIRAMS)
Korea	Dr Kim Kum Bae	Chief Medical Physicist Radiation Oncology Department Korea Institute of Radiological & Medical Sciences (KIRAMS)
Malaysia (PL)	Dr Winnie Nyek Ping Ng (PL)	Clinical Oncologist, Radiotherapy & Oncology Department National Cancer Institute
Malaysia	Dr.Rosdiana binti Abd Rahim	Clinical Oncologist, Radiotherapy & Oncology Department National Cancer Institute
Malaysia	Mr Muzzamer Bin Mohammad Zahid	Medical Physicist, National Cancer Institute,Putrajaya, Malaysia
Malaysia	Dr Beena Devi	Consultant Clinical Oncologist Normah Medical Specialist Centre Kuching Sarawak
Mongolia (PL)	Dr Uranchimeg Tsegmed	Radiation Oncologist Department of Radiation Oncology National Cancer Centre of Mongolia

Country	Name	Affiliation
Mongolia	Dr Erdenetuya Yadamsuren	Radiation Oncologist of Radiotherapy Department National Cancer Center of Mongolia
Mongolia	Dr Bilegsaikhan Batsuuri	Radiation Oncologist of Radiotherapy Department National Cancer Center of Mongolia
the Philippines (PL)	Dr Miriam Joy Calaguas	Senior Consultant Department of Radiation Oncology St.Luke's Medical Center, Quezon City/Bonifacio Global City
the Philippines	Dr Rey H. De Los Reyes	Dean & Professor, Institute of Medicine Far Eastern University – Nicanor Reyes Medical Foundation (FEU-NRMF) Honorary Consultant, Department of Oterics and Gynecology Jose R. Reyes Memorial Medical Center (JRRMMC)
the Philippines	Dr Jaemelyn Marie F. Ramos	Research Coordinator / Medical Specialist (Radiotherapy) Department of Radiotherapy Jose R. Reyes Memorial Medical Center
the Philippines	Dr Jerickson Abbie Sapno Flores	Research Coordinator / Medical Specialist (Radiotherapy) Department of Radiotherapy Jose R. Reyes Memorial Medical Center
Thailand (PL)	Dr Yaowalak Chansilpa	Consultant, Division of Radiation Oncology, Department of Radiology Faculty of Medicine, Siriraj Hospital, Mahidol University
Thailand	Dr Kullathorn Thephamongkhol	Lecturer Division of Radiation Oncology, Department of Radiology Faculty of Medicine, Siriraj Hospital, Mahidol University
Thailand	Mr Pitchayut Nakkrasae	Medical Physicist, Department of Radiology, Faculty of Medicine, Siriraj Hospital, Mahidol University
Thailand	Dr Jiraporn Setakornnukul	Radiation Oncologist Division of Radiation Oncology, Department of Radiology Faculty of Medicine, Siriraj Hospital, Mahidol University

Country	Name	Affiliation
Vietnam (PL)	Dr Nguyen Cong Hoang	Head of Radiation Oncology Department / Vice Director of National Radiation Oncology Centre National Cancer Hospital (K Hospital)
Vietnam	Dr To Anh Dung	Head of Breast and Gynecology Radiotherapy Department, National Cancer Hospital (K Hospital)
Vietnam	Dr Dang Huy Quoc Thinh	Vice Director Head of RadiationOncology Ho Chi Minh City Oncology Hospital President of Vietnamese Palliative Health Care Society Head of International Affairs- Office- Vietnamese Cancer Society

2.4.3 RO プログラム

Program of FNCA 2021 Online Workshop on Radiation Oncology Project

November 26th, 2021

Date & Time: 15:00-17:00, 26th November (Fri) 2021

Place: Web-Meeting

Chair (Facilitator): Prof. Kato Shingo, Japan

(Japan Time)

15:00-15:10 Opening Session (10 min)

Opening remarks

Prof. Kato Shingo (PL, Japan)

Remarks

MEXT / FNCA Coordinator/ FNCA Advisor

Confirmation of agenda

Group Photo by Screenshot

15:15-15:25 Session 1, Prospective Observational Study of 3D-IGBT for Locally Advanced Cervical Cancer (Cervix-V) (10 min)

Summary of Clinical Data

Dr. Okonogi Noriyuki

15:25-15:35 Session 2, Phase II Study of Chemoradiotherapy for NPC (NPC-III) (10 min)

Summary of Clinical Data

Dr. Makishima Hirokazu

15:35-15:45 Session 3, Phase II Study of Hypofractionated Radiotherapy for Breast Cancer (PMRT / BREAST-I) (10 min)

Summary of Clinical Data

Prof. Karasaw Kumiko

15:45-15:55 Session 4, Phase II Study of Hypofractionated Radiotherapy for Breast Cancer (WBI / BREAST-I) (10 min)

Summary of Clinical Data

Prof. Karasawa Kumiko

15:55-16:45 Session 5, New Clinical Trials (50 min)

1) Palliative Radiation Therapy for Bone Metastasis

Dr. Makishima Hirokazu

Introduction of Protocol

Q&A / Discussion

2) Palliative Radiation Therapy for Brain Metastasis

Dr. Kullthorn Thephamongkhon

Review and Introduction of Protocol

Q&A / Discussion

3) Introduction of RCA New Project on Palliative Radiotherapy for Bone Metastasis

Dr.Wakatsuki Masaru

Introduction of Project

Q&A / Discussion

16:45-17:00 Session 6, Future Plans (15 min)

Future Activities

2022's Workshop

2.5 研究炉利用(RRU)プロジェクト国際会合

2.5.1 RRU 議事録

Minutes of FNCA 2021 Online Workshop on Research Reactor Utilization Project

November 24th - 25th, 2021

Considering the difficulty in executing the workshop in line with COVID-19 pandemic, we decided to hold the online workshop on the Research Reactor Utilization (RRU) project in 2021. Firstly, several major issues of the workshop were presented. The current status of radioisotopes (RIs) production and new research reactor (for RRU group) /environmental monitoring for Neutron Activation Analysis (NAA group) in each country were summarized and shared the information for our activities in this online workshop. In the plenary session, an overview of the current projects of RRU and NAA was provided by the individual project leaders of Japan. In the parallel sessions, the detailed content of the discussions was summarized for each of the two groups, RRU and NAA. Finally, we shared each summary in the wrap up session.

Parallel session

For the preparation of country reports, the Japanese project leaders asked participants to include the following topics in their presentations:

- 1) The current progress and results of FNCA activities
- 2) Any difficulties nowadays
- 3) Impact of the pandemic on R&D activities (working condition, facilities usage status, additional special work, etc.)

RRU-1: Country Report

1) Isotope production including new isotopes

Australia

Production and supply of radiopharmaceuticals to domestic market continued as normal during the pandemic period. However, export to overseas interrupted due to the reduced commercial flights and closure of border. Pandemic-related issues has reduced significantly allowing R&D activities to return to normal. Australia's multipurpose OPAL reactor relatively new and reached criticality in August 2006. Australia commissioned a new facility dedicated for ⁹⁹Mo production on early 2019. The ⁹⁹Mo production involved with irradiation of LEU target and the separation process uses mainly ion-exchange separation. The final product ⁹⁹Mo is tested against British Pharmacopoeia monograph prior to release.

Bangladesh

Radioisotope Production Division (RIPD) of Bangladesh is supplying ⁹⁹Mo/^{99m}Tc generators and ¹³¹I oral solution to various government and private run Nuclear Medicine Centers (NMCs) on a weekly basis and

satisfying the demand of these two medically important radioisotopes of the country. Along with that our research group is trying to produce new RIs utilizing our research reactor. Due to worst pandemic situation in the last year, we delayed finishing the previous R&D project of producing ^{89}Sr for cancer treatment. Subsequently we have updated our research proposal for the coming year to produce new radioisotope, such as ^{153}Sm . Following IAEA Tec-Doc 1340 Manual for Reactor Produced Radioisotopes, we have planned to use Sm_2O_3 as Target Material for producing ^{153}Sm by $^{152}\text{Sm}(n, \gamma)^{153}\text{Sm}$ nuclear reaction. The completion of the research project including QA/QC is expected to be finished within 2023.

China

Although effected by the coronavirus pandemic, nuclear facilities had been put into operation according to the annual plan including research reactors, such as Swimming Pool Research Reactor (SPRR) and China Advanced Research Reactor (CARR) in recent years. The CARR will enhance the operational capacity. During the next five-year plan, CARR will develop high demand commonly used radioisotopes in China such as ^{99}Mo , ^{125}I , ^{131}I , ^{32}P , ^{192}Ir , ^{89}Sr , ^{166}Ho , ^{188}W , ^{63}Ni , ^{14}C with high purity. CARR will play an important role not only in radioisotope development and production, but also in scientific and technical research. It is hoped to enhance intra-regional cooperation in the development of new isotope technologies and scientific research through the research reactor platform.

Indonesia

G.A. Siwabessy reactor is a multipurpose reactor. It is used for radioisotope production, research, education, training, topaz colorization, material analysis, radiography and nuclear fuel element development. Some radioisotope research activities are carried out using the reactor including development of $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ generator using neutron-activated Molybdenum-98 and development of ^{177}Lu based radiopharmaceuticals using enriched Lutetium-176. Some radionuclides are produced using the G.A. Siwabessy reactor including ^{153}Sm using Sm_2O_3 for ^{153}Sm -EDTMP production and ^{131}I using natural TeO_2 for ^{131}I -MIBG production.

Japan

The operation of JRR-3 under the new regulatory requirement has been finally permitted by the Nuclear Regulatory Authority. JRR-3 resumed operation on February 26, 2021. This year general user program started on July 12. JRR-3 completed the scheduled operation (95 days). At the JRR-3 we produce ^{198}Au and ^{192}Ir using (n, γ) reaction for use in brachytherapy (internal radiotherapy). Domestic production resumed immediately after the resumption of service operation. Next year, JRR-3 is planned to operate in 170 days from May to December 2022. We are planning to produce ^{225}Ac and ^{99}Mo using the Accelerators.

Kazakhstan

In 2021, Kazakhstan continued the production of radioisotopes for medicine and industry using the WWR-K reactor. The production of ^{131}I for the domestic market of Kazakhstan has started. ^{198}Au was not produced for foreign markets. ^{99}Mo and ^{192}Ir were produced for the domestic market.

Malaysia

The Malaysian Nuclear Agency continues to support the utilization of the research reactor. The current research reactor is 1MW and has been operating for more than 35 years. The maximum neutron flux is $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. The reactor operates four days per week and around 8 hours per day. In some circumstances, the reactor may prolong its operation to cater for medical and industrial radioisotopes such as ^{153}Sm -EDTMP, $^{177}\text{LuCl}_3$, ^{51}Cr -EDTA, ^{166}Ho and ^{82}Br . The reactor also has been used for neutron activation analysis, beam research, and education & training. A new research reactor program is planning to have more capability and frontier research in nuclear technology. A feasibility study will be performed from next year onwards to make a strong justification to the Government.

Vietnam

Dalat Nuclear Research Reactor (DNRR) is routinely utilized to produce radioisotopes for medical uses (^{131}I , $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{32}P). Supply of radioisotopes and radiopharmaceuticals to 40 nuclear medicine departments in the country. The operating time of the reactor is changed to continuously 100 hours/week instead of previous schedule of 100 hours/month. This will enhance the production of radioisotopes and radiopharmaceuticals to meet 80% of the demand. The domestic market for ^{131}I and ^{32}P is produced at DNRR, but $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ generator is imported from overseas. During 2021, the production of radioisotopes, radiopharmaceuticals, in-vivo kit has been completed as per GMP standards. In 2021, three research projects on the preparation of radioisotope and radiopharmaceuticals have been completed.

2) New Research Reactor

Mongolia

The Research Reactor (RR) project for Mongolia had been discussed internally for several years. Utilization of RR, the design study and fuel comparison analyses were conducted. Initial discussions were made with ROSATOM for project development agreement (PDA) and non-disclosure agreement (NDA). The proposed RR is to be utilized for Radioisotope (RI) production ($^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ by neutron activation method), Human Resource Development, Neutron Activation Analysis (NAA), education and training, nuclear physics and other commercial services. Currently all medical radioisotopes are imported from other countries such as Korea, China and Germany. 500 mCi of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ generators are being imported from Korea for every two weeks.

the Philippines

Philippine Research Reactor (PRR-1) will be re-operated as the TRIGA-fuelled Sub-critical Assembly for Training, Education and Research (SATER) facility. It is being established as a training and education facility with demonstration capabilities for R&D and small-scale nuclear services. The construction of PRR-1 SATER is ongoing, and although pandemic constraints resulted in some delays, the facility is expected to be commissioned by June 2022.

Thailand

Thailand embarked a new research reactor project from 2017. A major undertaking required strategic planning, stakeholder interests, feasibility study, site evaluation, financial investment and human resources. It requires attention to nuclear safety, nuclear safeguards, nuclear security, control and accounting of nuclear materials, waste management and decommissioning. FNCA will promote to carry out cooperation with Thailand on specific subjects in the development and implementation of the supporting infrastructure. The new reactor will be built as a ‘national prestige’ project with a clear understanding of its intended uses or justified need to avoid future underutilization issues.

RRU-2: New Research Reactor

Lead Speech: Overview of SMR development in China (China)

The development of SMR in China is mainly reflected in the following aspects: (1) exploring the fourth generation of nuclear power systems, such as high-temperature gas-cooled reactors, Molten salt fast reactor, etc. (2) Exploring multiple uses other than electricity, such as District heating, desalination, Hydrogen production, etc. (3) scheduled to be finished in time. Designs of SMR are designed for a variety of market needs in addition to power generation, such as district heating, desalination, hydrogen production or thermal production for industrial processes. In addition, in order to meet the demand of carbon emission reduction, the government encourages enterprises to compete and develop new industries through innovation. SMR is promising to be a necessary part of China's energy structure.

Lead Speech: Current Status of New Research Reactor at the Monju Site (Japan)

In September 2020, the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) selected a medium-power reactor of less than 10,000 kW, whose main purpose is to use neutron beams, as the reactor type of the new research reactor at Monju Site. As a project commissioned by MEXT, conceptual design and consideration of utilization operation of this research reactor were started, and JAEA, Kyoto University and University of Fukui were adopted as the core organizations of the commissioned project in November 2020. Currently, conceptual design, geological survey, and examination of utilization management are being conducted. Until the end of FY2022, the conceptual design will be carried out while reflecting the opinions from the consortium established regarding the Monju Site research reactor, and the detailed design is scheduled to start within FY2022.

NAA-1: Country Report

Australia

An ambitious program of measurement of suspended particulate matter was undertaken in collaboration with ANSTO's Centre for Accelerator Science and a commercial client. This was the first time both ion beam analysis and neutron activation analysis were done together at ANSTO on such a scale. So far promising results are emerging but further development would improve workflows and results. The year presented multiple challenges, ranging from planned and unplanned reactor outages to restrictions imposed in response

to the global pandemic, limiting the ability to complete work, but nevertheless much was achieved even with these constraints.

Bangladesh

During the reported time research and development activities related to analysis of soil and sediment samples were done by INAA technique. Environmental radioactivity monitoring of geological samples was continued at the time of lock down and temporary shutdown of the reactor for the installation of power substation. Nine papers were published and most of the papers are directly related to the project activities.

China

We have sampled many air particulate material samples in Beijing in this year. These samples had been analyzed by NAA and PIXE. Some PM_{2.5} reference materials were analyzed by using NAA. NAA is a very important analytical method in atmosphere management in China. Many kinds of samples have been analyzed by NAA in this year. In 2022, PM_{2.5} and PM₁₀ samples in Beijing will be collected and analyzed by NAA.

Indonesia

Two important parameters of a boron ratio and advantage factor for epithermal neutron INAA (EINAA) have been evaluated. Profile of trace elements Iodine on foodstuffs in three stunting prevalence provinces has been carried out using EINAA. At the same time, preliminary studies on the characteristics of particulate matter have been carried out using a Dual Channel Ambient Fine Dust Sampler.

Japan

The determination of boron, silicon, and hydrogen in solid sample was performed by prompt gamma ray analysis system at Japan atomic Energy Agency research reactor JRR-3. The analytical results of boron in silicon carbide certified reference material and silicon in silicon nitride certified reference material were in good agreement with their certified values. In addition, upper limit of mass fraction of hydrogen in high purity metallic zinc could be measured.

Kazakhstan

Due to the temporary shutdown of the IVG.1M research reactor in connection with its transfer to low-enriched fuel, the planned volume of investigations by NAA was substantially reduced. The plans for 2022 are traditionally connected with the development of NAA methodology for the needs of geological and adjacent sciences. We plan to master the comparative NAA semi-absolute method k_0 -INAA.

Malaysia

In the current phase starting in 2021, Malaysia will continue to analyze soil samples collected in industrial areas or industrial parks to determine the heavy metals, U, Th, and rare earth elements (REEs) and identify the sources of pollution. Under movement control order (MCO), the accessibility of the facilities and

equipment are limited. The research activities related to the sampling of soil samples are affected due to pandemics. The sampling of soil samples needs to be rescheduled. However, we manage to sampling of the soil samples in the middle of September 2021.

Mongolia

Our planned NAA researches are postponed to next year because of COVID19 pandemic. During lockdown, we have sampled few samples in Ulaanbaatar in this year, and samples analysis were delayed. In 2022, PM2.5 and PM10 samples will be collected in Ulaanbaatar and analyzed by NAA, XRF and SEM. Next 2 years, we will continue to implement a IAEA TC project for establishing of sub-critical assembly (neutron source) in Mongolia.

the Philippines

For most of this year, the implementation of projects has been limited. Environmental samples such as soil, marine and river sediments will be available later this year. These samples will be analyzed in collaboration with Vietnam. With INAA data, it will be expected that the data obtained by other analytical techniques such as XRF will be evaluated and corrected when any inconsistency among data is observed.

Thailand

Element concentrations of PM2.5, PM10, soil and crop samples collected from suburban area Phatumthani Province determined by PIXE and h-XRF were reported. The pandemic resulted in delays of the elemental analysis of PM2.5 and PM10 using INAA.

Vietnam

In 2021, the MOST (Ministry of Science and Technology) projects of Characterizing of archaeological and marine sediment samples for determining the provenance in the archaeological site and for studying coastal erosion by k_0 -INAA method have been implemented. REEs, U and Th were determined also by ICP-MS. The obtained results indicated that REEs are the source-specific and key marker elements and can be used for the grouping the source materials.

Wrap up session

Conclusions

The RRU project has quite broad topics and therefore it was agreed to focus on one and/or two specific topics in the current phase (2021-2023) for better outcomes and improvements in knowledge.

The RRU project includes the following topics:

- a. Neutron Activation Analysis (NAA)
- b. Isotope Production including new isotopes
- c. Neutron Scattering
- d. BNCT, NR
- e. Material Research

f. New Research Reactor

g. Human Resource Development

- RRU group

The specific topics in the nuclear science field were considered in the workshop of phase 2 (2021-2023) according to a questionnaire to each member country. In this year, possible topics were picked up. 1) Radioisotopes production (RIs) including new RIs and their separation and/or purification, further quality assurance and quality control (QA/QC) for their practical use, if any. 2) New research reactor, if any, a future plan in small modular reactor (SMR) and/or floating nuclear power plant (FNPP) can be listed. Several plans for new reactor were reported from the plural countries in the workshop.

- NAA groups

Future workplan already discussed last year, namely "NAA group agreed to adopt environmental samples as target" is still valid and no need to change. Environmental samples cover not only "common" samples like air or soils but also others related to the environment including ore or even food samples. Countries which do not have access to a reactor for NAA can use an alternative method such as XRF/PIXE/ICP-MS. Where possible, comparison of NAA to other methods would be interesting. Conclusion which was previously shown is not proposed to change.

Sutisna - this will be his last workshop as he will be retiring in Feb, will have a colleague attend in the future. Ebihara expressed thanks and admiration of his participation.

Ebihara - requests list of publications related to FNCA activities for next coordinators meeting report (Jun or Jul 2022).

Member countries are proposing the following for the current work cycle:

Country	Type of Samples	Method	Target Elements
Australia	SPM in filters	NAA, compared to IBA	All measurable
Bangladesh	Soil & sediment, also foods	NAA if reactor available, else natural radioactivity	As many as possible
China	Meteorite, archaeological	NAA, possibly PGAA and PIXE	As many as possible
Indonesia	Macrominerals on marine product	ENAA	Th, U, pollutants
Japan	Geological & chemical samples, possibly meteorite	RNAA, PGAA	Halogens (Cl, Br, I)
Kazakhstan	Geological/sands	k_0 -NAA	
Malaysia	Soil (industrial areas)	NAA	Heavy metals, trace and REE
Mongolia	Biomonitors (lichen etc), food samples	NAA, XRF	

the Philippines	Marine sediments, soil, maybe air particulate	NAA (Vietnam), maybe ICP-OES, XRF	
Thailand	PM2.5, PM10, mining samples	PIXE, ICP-MS, compared to NAA	
Vietnam	Soil (erosion studies), archaeological	NAA/cyclic	

2.5.2 RRU 参加者リスト

List of Participants FNCA 2021 Online Workshop on Research Reactor Utilization Project

November 24th - 25th, 2021

Country	Name	Affiliation
Australia (RRU PL)	Mr Moshiul Alam	Senior Technical and Product Specialist, ANSTO
Australia (NAA PL)	Mr Attila Stopic	Neutron Activation Scientist, ANSTO
Bangladesh (RRU)	Mr Md. Tariqul Islam	Scientific Officer, Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
Bangladesh (NAA PL)	Dr Kamrun Naher	Chief Scientific Officer, INST, AERE, Bangladesh Atomic Energy Commission
China (RRU PL)	Mr LI jianlong	Deputy Director, CARR Research Office, China Institute of Atomic Energy (CIAE)
China (NAA PL)	Dr Xiao Caijin	Professor, China Institute of Atomic Energy (CIAE)
Indonesia (RRU PL)	Mr Yusi Eko Yulianto	Reactor Expert, National Research and Innovation Agency (BRIN)
Indonesia (RRU)	Dr Rohadi Awaludin	Senior Researcher, National Research and Innovation Agency (BRIN)
Indonesia (NAA PL)	Mr Sutisna	Researcher, National Research and Innovation Agency (BRIN)
Japan (Coordinator)	Mr Wada Tomoaki	FNCA Coordinator of Japan
Japan (Advisor)	Dr Tamada Masao	FNCA Advisor of Japan
Japan (MEXT)	Mr FUNABIKI Takahisa	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (MEXT)	Mr Yamamoto Keishi	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)

Country	Name	Affiliation
Japan (RRU PL)	Dr Ohtsuki Tsutomu	Professor, Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University
Japan (RRU)	Dr. MINEO Hideaki	Director, Preparatory Office of New Research Reactor, Japan Atomic Energy Agency (JAEA)
Japan (RRU)	Dr Matsue Hideaki	Research Reactor Utilization Section, Japan Atomic Energy Agency (JAEA)
Japan (NAA PL)	Dr Ebihara Mitsuru	Professor, Waseda University
Japan (NAA)	Dr Miura Tsutomu	National Metrology Institute of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)
Japan (Secretariat)	Ms Takano Atsuko	International Affairs and Research Department, Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Japan (Secretariat)	Ms Inokoshi Chiaki	International Affairs and Research Department, Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Kazakhstan (RRU PL)	Mr Asset Shaimerdenov	Head of Laboratory, Institute of Nuclear Physics
Kazakhstan (NAA)	Ms Irina Prozorova	Head of Laboratory of Neutron Physics, Institute of Atomic Energy, National Nuclear Center (NNC)
Malaysia (RRU PL)	Dr Julia Abdul Karim	Reactor Manager, Malaysian Nuclear Agency
Malaysia (NAA PL)	Mr Md Suhaimi Elias	Research Officer, Malaysian Nuclear Agency
Mongolia (RRU PL)	Dr Munkhbat Byambajav	Research Scientist, National University of Mongolia
Mongolia (NAA PL)	Dr Damdinsuren Bolortuya	Researcher, Nuclear Research Center, National University of Mongolia

Country	Name	Affiliation
the Philippines (RRU PL)	Dr Alvie Asuncion- Astronomo	Associate Scientist, Philippine Nuclear Research Institute (PNRI)
the Philippines (NAA PL)	Mr Joseph Michael D. Racho	Senior Science Research Specialist, Philippine Nuclear Research Institute (PNRI)
Thailand (RRU PL)	Dr Kanokrat Tiyaapun	Head of Reactor Support and Planning Division, Thailand Institute of Nuclear Technology (TINT)
Thailand (NAA PL)	Dr Dussadee Rattanaphra	Senior Nuclear Scientist, Thailand Institute of Nuclear Technology (TINT)
Vietnam (RRU PL)	Mr Duong Van Dong	Experts, Nuclear Research Institute (NRI), Vietnam Atomic Energy Institute (VINATOM)
Vietnam (NAA PL)	Dr Tran Tuan Anh	Researcher, Nuclear Research Institute (NRI), Vietnam Atomic Energy Institute (VINATOM)

2.5.3 RRU プログラム

Program of FNCA 2021 Online Workshop on Research Reactor Utilization Project

November 24th - 25th, 2021

Host Organization: Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan (MEXT)

Date: December 24-25, 2021

[Country report topics in this workshop]

RRU -Isotope production including new isotopes, QA/QC (such as chemical separation process, purification process, etc.)

-New Research Reactor

*Any topics above can be chosen according to your country circumstances.

NAA -Environmental monitoring with multiple measurement techniques including NAA

Note: Country report should include following points:

- The current progress and results of FNCA activities
- Any difficulties nowadays
- Impact of the pandemic on R&D activities (working condition, facilities usage status, additional special work, etc.)

Day 1: November 24

Plenary session

- | | |
|-------------|---|
| 14:00-14:10 | Opening Session <ul style="list-style-type: none">-Welcome address: Mr Funabiki Takahisa, MEXT-Opening remarks: Mr Wada Tomoaki, FNCA coordinator of Japan-Group photo |
| 14:10-14:20 | Overview of the FNCA projects and Major Issues of the Workshop <ul style="list-style-type: none">- RRU group: Prof Ohtsuki Tsutomu, Japan- NAA group: Prof Ebihara Mitsuru, Japan |

Parallel session

- | | |
|-------------|---|
| 14:30-17:00 | RRU-1: Country Report
<u>Chair: Japan/Australia</u> <ul style="list-style-type: none">- Presentation from each country with Q&A (each 10 min) |
| 14:30-17:00 | NAA-1: Country Report
<u>Chair: Japan/Australia</u> <ul style="list-style-type: none">- Presentation from each country with Q&A (each 10 min) |

Day 2: November 25

Parallel session

14:00-15:20 **RRU-2: New Research Reactor**
Chair: Japan
- PLead speech with Q&A (30 min): CIAE, China
- Lead speech with Q&A (30 min): JAEA, Japan
- Discussion

14:00-15:20 **NAA-2: General Discussion**
Chair: Japan/Australia
- General discussion

15:20-15:30 Break

14:00-15:20 **RRU-3: Drafting of Minutes**
Chair: Japan/Australia
- Discussion and drafting the meeting summary

14:00-15:20 **NAA-3: Drafting of Minutes**
Chair: Japan/Australia
- Discussion and drafting the meeting summary

Plenary session

16:35-17:00 **Wrap up session**
- Report of RRU Minutes and Discussion
- Report of NAA Minutes and Discussion
- Closing Remarks by Dr Tamada Masao, FNCA advisor of Japan

2.6 放射線安全・廃棄物管理(RS&RWM)プロジェクト国際会合

2.6.1 RS&RWM 議事録

Minutes of FNCA 2021 Workshop on Radiation Safety and Radioactive Waste Management Project

November 9th – 10th, 2021

Online Meeting

i) Date	November 9 - 10, 2021
ii) Venue	Online meeting
iii) Host	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan (MEXT)
iv) Participants	A total of 23 participants from 10 countries (Australia, Bangladesh, Indonesia, Japan, Kazakhstan, Malaysia, Mongolia, the Philippines, Thailand and Vietnam). Listed in the List of Participants.

FNCA 2021 Workshop on Radiation Safety and Radioactive Waste Management (RS&RWM) Project was held on November 9 - 10, 2021. The workshop hosted by Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan (MEXT).

The program of the workshop is attached as Annex 1. The list of participants is attached as Annex 2.

Session 1: Opening Session

In the opening session the welcome remarks were given by Mr. Funabiki, MEXT, and the opening remarks were delivered by Mr. Wada Tomoaki, FNCA Coordinator of Japan, via video message.

Session 2: Framework of Consolidated Report on NORM/TENORM

Prof. Kosako Toshiso, Project Leader of Japan, explained the problems with Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM) and Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Material (TENORM). He also described the workflow to compile a consolidated report on NORM and TENORM, which is the goal of 7th phase of the project from 2021 to 2023.

Session 3: Country Report on NORM/TENORM

The participants from 10 countries presented their current situations, problems, and future plans on NORM/TENORM. The summary of each report is attached as Annex 3.

Session 5: Presentation on Consolidated Report on NORM/TENORM

Dr. Kazuki Iwaoka, National Institutes for Quantum Science and Technology (QST), introduced the NORM data base in QST while explaining the current status of NORM survey in Japan. Prof. Hiroshi Yasuda, Hiroshima University, presented on the management of uranium wastes from the perspective of humanities and social sciences. The summary of each report is attached as Annex 3.

Session 6 and 7: Group Discussion and the summary

In the lead speech, Prof. Kosako Toshiso gave directions on how to discuss in the session and introduced the sample index of the consolidated report on NORM/TENORM. With his explanation, the participants were divided into 3 groups and discussed about contents for the report. Later the leader of each group presented the summary of their ideas.

Session 8: Closing Session

With the closing remarks from Dr. Masao Tamada, FNCA Advisor of Japan, the workshop was officially declared closed.

Annex 3. Session Summary

Session 3: Country Report

1) Australia (Mr. Duncan Kemp, Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO))

This discussion looks at the requirements to manage NORM within Australia. There is a strong regulatory framework in Australia to manage NORM, provided by National Guidance in Radiation Protection Series 15 - Safety Guide - Management of Naturally Occurring Radioactive Material (NORM). As part of this there is a need for the organisation to provide a Safety Case to operate the facility to the regulator. The Safety Case to Construct and Operate the facility includes all the safety, security, quality, operational plans and for NORM in particular it contains a NORM Management Plan and a Rehabilitation Plan at the end of life of the facility. The Sandy Ridge Facility for the disposal of hazardous waste will be used as an example. This facility is a clay mine which will also be used for the disposal of hazardous waste when the mine is complete. The NORM Management Plan for Sandy Ridge had to describe the waste, including nature of material (chemical, physical and radiological), contaminants, and quantities and rate of production. They also had to describe the environment into which the waste will be disposed, including the social and cultural heritage; and present and potential land use. The system for waste management including the facilities and procedures involved in the handling, treatment, storage and disposal of radioactive waste and the resultant predictions of environmental concentrations of radionuclides and radiation doses to the public.

The NORM management plan had to include a program for monitoring the concentration of radionuclides in the environment and assessment of radiation doses to members of the public. Contingency plans were developed for dealing with accidental releases of radioactive waste in the environment, or early shutdown of operations. There had to be regular reporting on the waste disposal operation and results of monitoring and

assessments. It also has to include a plan for the decommissioning of the operation and associated waste management facilities, and for the rehabilitation of the site.

During the operational stage, the appropriate authority must be notified of any changes to the operation which may alter the nature or quantity of waste generated; any proposal to change the waste containment system; and any unanticipated circumstances that may lead to a variation in performance of the approved Radioactive Waste Management Plan.

By following all the requirements Sandy Ridge was given an approval to operate and dispose of NORM.

2) Bangladesh (Dr. M. Moinul Islam, Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC))

Materials containing no significant amounts of radionuclides other than naturally occurring radionuclides are defined as NORM. The significant amounts of radionuclides depend on the national regulatory decision. Materials that contain natural radionuclides, whose levels are concentrated due to technological operations termed as TENORM. TENORM are in many cases large-volume, low-activity waste streams produced by industries such as mineral mining, phosphate fertilizer production, water treatment and purification, oil and gas production, coal combustion, scrap metal recycling and incineration etc. The level of individual exposure from NORM is usually minor. However, TENORM in some cases can be dangerous and classified as radioactive waste.

In the presentation possible origin of NORM and TENORM are highlighted. The existing policy and regulatory clearance of NORM radionuclides has been mentioned. Combination of alpha/beta contamination monitor, dose rate monitor, radioisotope identification device, Gamma-spectroscopy system cover health protection and regulatory compliances for NORM/TENORM characterization. Analysis of NORM residues performed by applying these approaches. Current NORM management and some challenges are also briefly discussed in the presentation.

3) Indonesia (Mr. Adi Wijayanto, The National Research and Innovation Agency (BRIN))

Indonesia has regulatory framework for NORM/TENORM consist of Act No. 10 Year 1997 on Nuclear Energy, Government Regulation (GR) No. 33 Year 2007 on the Safety of Ionizing Radiation and Security of Radioactive Sources, GR No.29 Year 2008 on the Licensing of Ionizing Radiation Sources and Nuclear Material, GR No. 101 Year 2014 on the Management of Dangerous Waste and GR No. 58 Year 2015 on the Radiation Safety and Security in Transport of Radioactive Material and also BAPETEN Chairman Regulation (BCR) No. 9 Year 2009 on Intervention of TENORM BCR No. 16 Year 2013 on the Radiation Safety in Storage of TENORM. The existence of disposal route for NORM Waste with selected NORM Disposal method based on technology, environment, economy, suitable and potential in Indonesia like Industrial landfill, licensed NORM Disposal Facility and low-level waste facility. The Inventory NORM in Indonesia, Highest K-40 with range 3-1545 Bq/kg, average 142 ± 3 Bq/kg in Mamuju, Th-232 with range 5-3457 Bq/kg, average 45 ± 4 Bq in Mamuju and Ra-226 with range 5-7586 Bq/kg, average 33 ± 3 Bq in Biak Island. The result of mapping NORM generated Industries in Oil and Gas Company: Ra-226 in Petrochemical, Inc. Solid Waste, Gresik 522.30 ± 49.41 Bq/kg, Th-232 in Oil sludge, ALS Ind, Inc. 42.22 ± 4.38 Bq/kg, U-238 in Petrochemical, Inc. Solid Waste, Gresik 31.91 ± 6.78 Bq/kg. NORM recycled and used as building

materials in State Electricity Company (PLN), North Sumatera Concentration in fly ash (Ra-226) 88.25 ± 8.95 Bq/kg, (Th-232) 88.39 ± 8.95 Bq/kg, (U-238) 30.56 ± 3.55 Bq/kg and Kaltim Prima Coal, Inc. (KPC), East Kalimantan in bottom ash (Ra-226) 65.79 ± 6.82 Bq/kg, (Th-232) 55.53 ± 5.79 Bq/kg, and (U-238) 45.50 ± 4.55 Bq/kg. Based on the Radiological Assessment at Total E&P Indonesia, East Kalimantan, several sites at the surveyed areas are contaminated by NORM waste. (max. Ra-226=2432 Bq/kg; Ra-228=5667 Bq/kg; Th-228=7651 Bq/kg). There were found some sacks containing tin slag in some location. The tin slag sand used when sandblasting processes was done some years ago for cleaning the tank. Inventory lists of TENORM effluent volumes and radiation levels in Bangka and Belitung Islands have been estimated and measured. Technology recommendations for optimizing radiation safety for tin mining workers in the work area, especially in tin separation service companies, have been prepared taking into account the economy and safety of workers.

4) Japan (Mr. Tatsuo Saito, Japan Atomic Energy Agency (JAEA))

- The regulatory standard for near surface disposal in Japan is to confine the radioactivity of radioactive waste in the waste disposal site until the reduction of the impact on the public falls below the standard, in accordance with the Act on the Regulation of Nuclear Reactors.
- Uranium waste disposal in Japan has been excluded from the application of the basic concept of safety for the Category-2 waste disposal project formulated by the Nuclear Safety Commission in 2010.
- In order to establish the clearance of uranium waste of materials and the regulatory standards for disposal of uranium waste, the concept of regulation on clearance and uranium waste was developed by Nuclear Regulation Authority in 2021.
- Requirements for uranium waste regulatory standards;
 - ① The average activity concentration of uranium in the waste cleared should be below about 1 Bq / g.
 - ② The average activity concentration of uranium in a near surface disposal site should be below about 1 Bq / g at the time of burial.

5) Kazakhstan (Mr. Vycheslav Gnyrya, Institute of Atomic Energy of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan (IAE NNC RK))

A large amount of radioactive waste has been accumulated in Kazakhstan and there is a tendency to an increase in its volume, which requires ensuring safe management of its, including disposal. NORM/TENORM materials are represented by wastes of uranium mining, oil and gas production, metallurgical industries in the form of dumps, tailings, contaminated soils, pipes, equipment, and so on.

A special state program was realized for restoration of the contaminated territories of former uranium mines and open pits. There are also a large number of operating facilities for the management of waste from the uranium mining and uranium processing industry.

A number of deposits of polymetals, rare earths, and phosphorites in Kazakhstan contain uranium mineralization, which is extracted together with the main one during ore mining. Part of the radioactive mineralization goes to dumps and tailings, part remains in the main product.

At the coal deposits, permanent radiation monitoring are carried out both during the mining and during the shipment of coal. To improve the ecological situation in the oil-producing regions of the country and return pipes and oil and gas equipment to the production cycle, a project to create a chemical-technological mobile complex is being successfully implemented.

Most important aspects of the problem of NORM/TENORM management are:

- shortcoming of the radioactive waste management system;
- incompleteness of the process of implementation of organizational measures for radioactive waste management;
- absence of any effective funding mechanism that would satisfy with internationally recognized principles for the safe management of radioactive waste.

On January 2, 2021, a new Environmental Code of the Republic of Kazakhstan was adopted, which entered into force on July 1, 2021. The adoption of the new code is due to the low efficiency of environmental impact assessment, the irrelevance of legislative regulation in the field of waste, limited public participation in environmental control, inappropriate procedure for the economic assessment of environmental damage by the current code. It should be noted that the new environmental code was developed on the basis of the best international experience.

6) Malaysia (Mr. Ahmad Khairulikram bin ZAHARI , Malaysian Nuclear Agency)

Main industries related to NORM in Malaysia includes tin mining, iron smelting, oil and gas, and rare earth extraction. These industries produces Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Material (TENORM) at different radioactivity levels. NORM management strategy depends on the nature of the waste itself and the economic viability of the method to be used. One of the NORM waste currently being managed in the Malaysian Nuclear Agency is the diethylhexyl phosphoric acid (DEHPA) which is the solvent used to remove the element of thorium and uranium in the rare earth extraction process. Since it was received in the year 1997, multiple research work to treat and condition the DEHPA waste had been conducted with various outcomes. Learning from those outcomes, the current study was designed with the aim to first reduce the waste volume by distillation to separate the kerosene part of the DEHPA waste then immobilize the concentrated DEHPA using geopolymer. Geopolymer has many economic advantages to be used as a wasteform such as ability to synthesize at room temperature and abundance of starting materials which is derived from a processing by-product.

7) Mongolia (Mr. Oyunbolor Galnemekh, Nuclear energy commission of Mongolia)

The huge volume of naturally occurring radioactive materials (NORM) wastes produced annually by extracting industries in Mongolia and it deserves to come to the attention of national environmental protection agencies and regulatory bodies. NORM wastes constitute, by and large, unwanted byproducts of industrial activities as diverse as coal, copper, zinc, lead and REE mines, oil and gas wells. In many of these branches

of industry, the problem of naturally occurring radioactive materials is present. The main source of risk for workers and public is the short-lived radon daughter products present in air. This source of risk is present in all over Mongolia, due to its geological condition. Whole territory of the country is presented by granite with enhanced concentration of uranium. These granites are the main source of the uranium in radioactive mineral deposits and NORM in other non-uranium mining sites and lakes.

Although a great deal of work has been done in the fields of radiation protection and remedial actions concerning uranium and other mines recent years, the need to dispose of NORM wastes will have environmental and regulatory implications that thus far are not fully adopted. NORM regulation now is on final stage of approving by the Government of Mongolia. Most concepts (graded approach, exemption, notification, authorisation etc.) are already included in the Mongolian regulatory framework.

Radon issue is not yet explicitly mentioned in the Mongolian regulatory framework apart from some articles in different documents. Radon Action Plan is not approved and Radon Survey was not carried out in Mongolia. General agency for specialized inspection and its branch Metropolitan inspection agency are carry out measurement campaigns in public buildings such as schools, kindergartens etc. Regulatory limits for workplaces, old and new buildings, mining sites (1110 Bq/m³ in workplaces, 200 and 100 Bq/m³ in existing and new buildings, respectively). Based on the survey results, GASI and its branch MIA inform the owners/users of public buildings if the radon concentration exceeds the reference levels and provide informal advice.

Lack of laboratory capacity, human resources and absence of National radon action plan are the main challenges for NORM regulation in Mongolia.

8) the Philippines (Ms. Kristine Marie Romallosa, Philippine Nuclear Research Institute (PNRI))

The overview of potential sources of naturally occurring radioactive materials in the country are discussed in the report. These potential sources are from coal mining and industry, mineral mining of copper, gold, iron among others, oil and gas exploration and fertilizer industry. The results of measurements and analysis from various R&D works are also presented. This includes the radioactivity concentrations in soil, some building materials, NORM industries such as coal and minerals processing, and radon levels. The goals of these studies are for policy recommendations on NORM management.

In terms of national framework on NORM/TENORM, there was not much progress since 2020. That is, there is still no existing policy and legislation on the management of NORM in the Philippines. Although there are some regulations with regards to radioactive waste management which covers the requirements for the management of wastes arising from NORM processing, these industries are currently not regulated.

Lastly, the report will also present the updates on the radioactive waste management in the Philippines. The current inventory of wastes and the ongoing activities of the PNRI-RWMF is discussed.

9) Thailand (Dr. Klitsadee Yubonmhat, Thailand Institute of Nuclear Technology (TINT))

This paper describes the management of NORM residues from the disused rare-earth processing facility and also reveals the results of element investigation of the sampled NORM residues. In the early management stage, the residues formerly kept in HDPE drums were again enclosed using conventional metal drums, and

then temporarily stored in the other building. The ICP-OES technique clearly confirmed that there are different elements existing in the liquid residue samples. The concentration of Thorium ranged from 0.20 to 14211.3 mg/L, while that of Uranium ranged from 1.625 to 22065.0 mg/L. The XRF technique also showed that the solid residue samples consist of several elements. The content of Thorium dioxide (ThO₂) found in the samples was up to 59.42%, and the highest content of Uranium dioxide (UO₂) was 3.45%. The calculation-based results show that the activity concentrations of Thorium and Uranium in the residues could be up to 2,141 Bq/g and 422 Bq/g, respectively.

10) Vietnam (Prof. Le Thi Mai Huong, Nuclear Training Center - Vietnam Atomic Energy Institute)

The management of radioactive wastes NORM/TENORM is currently being interested by countries around the world, especially IAEA. Nearly, Vietnam has just started facilities related to NORM / TENORM, their management is still relatively new. The state management Agencies do not have specific policies related to this issue. In this paper, the current situation of waste management in this form is mentioned at mining and processing facilities containing radioactive elements in Vietnam. Specifically, the issue of managing tailings wastes in uranium processing experiments, in mining and processing beach sand minerals, in exploiting and processing rare earth ores and in ZOC production. The report also reports on the possibility of developing this type of waste in Vietnam in the near future and proposes some recommendations for the Ministry of Natural Resources and Environment, the Ministry of Science and Technology on the need to develop a substance management policy on NORM/TENORM in Vietnam to ensure safety for the environment and facilitate businesses to participate in the field of exploration, exploitation and processing of mineral resources containing radioactive elements.

Currently, we do not have general regulations on NORM waste management, nor do we have specific regulations on radiation safety management for NORM in related industries, except for mining, minerals, titanium and uranium. The guidelines outlined above are largely based on an activity concentration assessment. While the world trend is increasingly moving towards the application of the annual dose criterion (1 mSv/year), a number of solutions was proposed.

Session 5: Presentation on Consolidated Report on NORM/TENORM

1) Current status of NORM survey in Japan (Dr. Kazuki Iwaoka, National Institutes for Quantum Science and Technology (QST), Japan)

Many types of natural resources are imported and used as industrial raw materials in Japan. However, activity concentrations of natural radioactive nuclides in natural resources have not yet been well identified. If some natural resources have natural radioactive nuclides at high concentration, its workers can be exposed to high radiation levels by industrial use. It is important to specify natural resources containing natural radioactive nuclides at high concentration.

In this presentation, we will report the current status about a survey of the concentrations of natural radioactive nuclides in natural resources (e.g., QST NORM database) (Figs1 and 2).

QST NORM database: (<http://www.nirs.qst.go.jp/db/anzendb/NORMDB/ENG/index.php>)

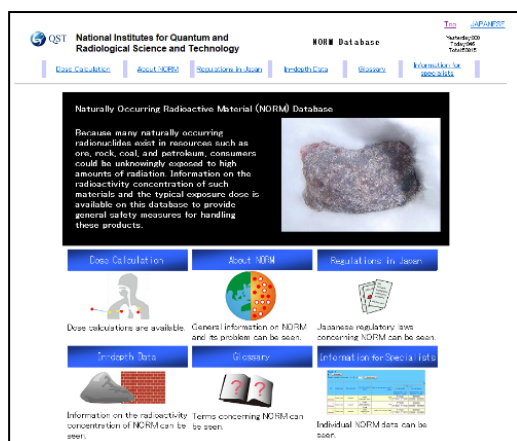


Fig1. Website of QST NORM database

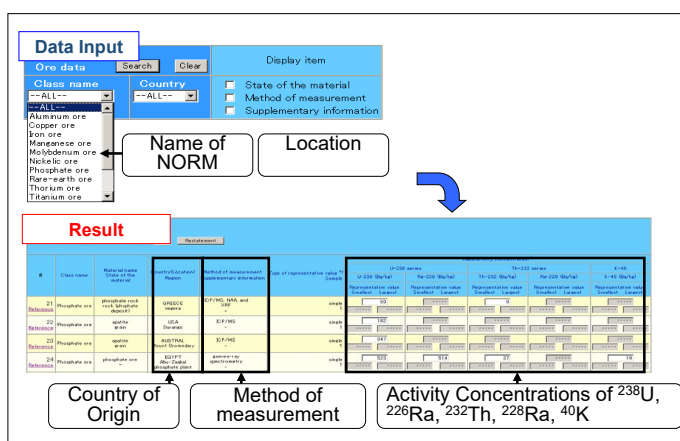


Fig2. Search system of concentration of NORM in QST NORM database

2) Perspective on management of uranium wastes from the viewpoints of humanities and social sciences (Prof. Hiroshi Yasuda, Hiroshima University, Japan)

The radioactivity of the waste contaminated with natural uranium and its progeny nuclides, so-called "uranium waste", cannot be expected to reduce over hundreds of thousands of years; rather, potential exposures of future generations could be more significant than ours. While, it is characterized by being a nuclide that exists in the natural environment from the immemorial time. Considering this peculiar feature, the authors have thought that we need more investigations from the viewpoint of not only natural science/engineering but also humanities/social sciences including history, archeology, philosophy, linguistics, etc.

2.6.2 RS&RWM 参加者リスト

List of Participants **FNCA 2021 Workshop on Radiation Safety and Radioactive Waste Management** **Project**

November 9th – 10th, 2021

Online Meeting

Country	Name	Title
Australia	Mr. Duncan Kemp	Manager, Waste Management Services Nuclear Operations Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)
Bangladesh (PL)	Dr. M. Moinul Islam	Chief Scientific Officer, Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
Indonesia (PL)	Mr Adi Wijayanto	Radiation Protection Officer Center for Radioactive Waste Research and Technology The National Research and Innovation Agency (BRIN)
Japan (Coordinator)	Mr. Wada Tomoaki	FNCA Coordinator of Japan
Japan (Advisor)	Dr Masao Tamada	FNCA Advisor of Japan
Japan (PL)	Prof. Kosako Toshiso	Professor Emeritus, The University of Tokyo
Japan	Mr. Saito Tatsuo	Assistant Principal Engineer, Predisposal Management Office Planning Department Decommissioning and Radioactive Waste Management Head Office Japan Atomic Energy Agency (JAEA)
Japan	Dr. Hashimoto Makoto	Principal Engineer/General Manager, Radiation Protection Department, O-arai Research and Development Institute, Japan Atomic Energy Agency (JAEA)

Country	Name	Title
Japan	Prof. Yasuda Hiroshi	Professor, Research Institute for Radiation Biology and Medicine(RIRBM), Hiroshima University
Japan	Mr. Yukio Sakamoto	Assistant General Manager ATOX CO., LTD.
Japan	Dr. Kazuki Iwaoka	Principal Researcher National Institutes for Quantum Science and Technology (QST)
Japan (MEXT)	Mr. Funabiki Takahisa	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (MEXT)	Mr. Yamamoto Keishi	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (Secretariat)	Ms. Che Jongah	International Affairs and Research Department, Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Kazakhstan (PL)	Mr.Vyacheslav Gnyrya	Deputy Director for Tests Institute of Atomic Energy of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan (IAE NNC RK)
Malaysia	Mr. Ahmad Khairulikram bin ZAHARI	Research Officer Malaysian Nuclear Agency
Malaysia	Mr. Azmi bin IBRAHIM	Research Officer Malaysian Nuclear Agency
Mongolia	Mr. Oyunbolor Galnemekh	Officer Nuclear Energy Commission of Mongolia
the Philippines (PL)	Ms. Kristine Marie Romallosa	Supervising Science Research Specialist, Philippine Nuclear Research Institute (PNRI)
Thailand	Mr. Witsanu Katekaw	Head of Radioactive Waste Management Section, Radioactive Waste Management Center, Thailand Institute of Nuclear Technology (TINT)

Country	Name	Title
Thailand (PL)	Dr. Klitsadee Yubonmhat	Nuclear Scientist Thailand Institute of Nuclear Technology (TINT)
Thailand	Dr. Sudarat Issarapanacheewin	Nuclear Scientist Radioactive Waste Management Section Radioactive Waste Management Center Thailand Institute of Nuclear Technology (TINT)
Vietnam (PL)	Assoc. Prof. Le Thi Mai Huong	Deputy Director Nuclear Training Center - Vietnam Atomic Energy Institute

2.6.3 RS&RWM プログラム

Program of FNCA 2021 Workshop on Radiation Safety and Radioactive Waste Management Project

November 9th – 10th, 2021

Online Meeting

Day 1 (Tuesday, November 9)

※Meeting Time is Japan standard time.

14:00 – 14:15	Session 1: Opening Session 1) Welcoming Remarks : Mr. Takahisa Funabiki (MEXT) 2) Opening Remarks : Mr. Tomoaki Wada (FNCA coordinator of Japan) 3) Introduction of Participants
14:15 – 14:25	Session 2: Framework of Consolidated Report on NORM/TENORM Facilitator : Mr. Oyunbolor Galnemekh (Mongolia) (Presentation 8 min + Q&A 2 min) 1) Project Overview and Goal : Prof. Toshiso Kosako (Japan)
14:25 – 15:25	Session 3: Country Report on NORM/TENORM Facilitator : Dr. Klitsadee Yubonmhat (Thailand) (Presentation 12 min + Q&A 3 min) 1) Australia 2) Bangladesh 3) Indonesia 4) Japan
15:25 – 15:45	Break
15:45 – 17:15	Cont. of Session 3 Facilitator: Dr. M. Moinul Islam (Bangladesh) 5) Kazakhstan 6) Malaysia 7) Mongolia 8) the Philippines 9) Thailand 10) Viet Nam
17:15 – 17:20	Session 4: Wrap-up of Day 1

Day 2 (Wednesday, November 10)

14:00 – 15:00	Session 5: Presentation on Consolidated Report on NORM/TENORM Facilitator: Mr. Yukio Sakamoto (Japan) (Presentation 20min + Q&A5min) 1) Current status of NORM survey in Japan : Dr. Kazuki Iwaoka (Japan) 2) Perspective on management of uranium wastes from the viewpoints of humanities and social sciences : Prof. Hiroshi Yasuda (Japan) 3) Overall discussion (10 min)
15:00 – 16:15	Session 6: Group Discussion 1) Leading Speech : Prof. Toshiso Kosako (Japan) 2) Discussion Room1 : Group A (Malaysia/Japan/Vietnam) Room2 : Group B (the Philippines/Australia/Kazakhstan/Mongolia) Room3 : Group C (Bangladesh/Indonesia/Thailand) * Country written in bold type is a leading country of the group. Discussion will be facilitated by each leading country.
16:15 – 16:25	Break
16:25 – 17:15	Session 7: Summary of Group Discussion Facilitator: Mr. Duncan Kemp (Australia) (Presentation 10 min×3) 1) Summary by each group 2) Overall discussion (20 min)
17:15 – 17:20	Session 8: Closing Session 1) Wrap-up : Prof. Toshiso Kosako (Japan) 2) Closing Remarks : Dr. Masao Tamada (FNCA Advisor of Japan)

2.7 核セキュリティ・保障措置(NSS)プロジェクト国際会合

2.7.1 NSS 議事録

Minutes of FNCA 2021 Workshop on Nuclear Security and Safeguards Project

February 22nd, 2022

Mr. FUNABIKI Takahisa, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan (MEXT) and Mr. WADA Tomoaki, FNCA Coordinator of Japan, delivered the opening remarks. Thereafter, the Workshop officially commenced.

After the Opening Remarks, the introduction by each Workshop participant followed. The 11th FNCA Workshop had 32 participants from twelve countries: Australia, Bangladesh, China, Indonesia, Japan, Kazakhstan, Republic of Korea, Malaysia, Mongolia, Thailand, the Philippines and Vietnam.

Following the participants' introduction, Mr. NAOI Yosuke, FNCA Nuclear Security and Safeguards Project Leader of Japan, moderated the adoption of the workshop agenda. The agenda was accepted by the participants and the workshop with three sessions was opened.

Sessions 1: Country Report Summary

Moderator:

Dr. Abid Imtiaz, Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC), Bangladesh

The compilation of the country report summary that included the updates on the developments and improvements since the 2020 Workshop regarding the implementation of safeguards and nuclear security, the promotion of nuclear security culture and capacity building activities was presented by Mr. OKUDA Masahiro, Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation and Nuclear Security, Japan Atomic Energy Agency (ISCN/JAEA), Japan. It was emphasized that the Philippines ratified the Convention on the Physical Protection of Nuclear Material (CPPNM) Amendment in 2021. The Summary is attached to this report as "Country Report Summary". The updated Country Report Summary will be posted on the FNCA website.

Session 2: Nuclear Security (Stakeholder Matrix)

Moderator:

Mr. Khairul, National Research and Innovation Agency (BRIN), Indonesia

Presentation were delivered by Japan and Australia

1) Ms. NORO Naoko, ISCN/JAEA, Japan

In the session, there were two speakers deliver of module related to nuclear security. Ms. Noro presented the progress of nuclear security stakeholder matrix that have filled by some FNCA members countries. It was proposed for 2021-2023 FNCA Nuclear Security and Safeguards Project. She mentioned that "Nuclear

security stakeholder matrix project" have submitted to ISCN/JAEA by Indonesia, Japan, Kazakhstan, Mongolia, the Philippines, Thailand. She said, thank you very much for trying to develop the Matrix. In that regard, she would like to ask for the country who being made nuclear security stakeholder matrix? She invites who have been made nuclear security stakeholder matrix to share good practices / lessons learned. Did you fill out the stakeholder matrix alone or together with other related organizations? One of the most important questions was, who do you think FNCA should reach out to enhance/build capacity?

During session discussion, the speaker received sharing experience from participants who have filled the matrix. They said that the stakeholder matrix was filled together with other institution. In addition to that this matrix will expedite of its distribution to another stakeholder if the role of FNCA Coordinator Japan could address this issue during FNCA ministerial meeting, where high level within FNCA Member Countries will presence at that important meeting. This comment will answer question number 5 from Ms. Noro presentation, the question was, who do you think FNCA should reach out to enhance/build capacity?

She also mentioned some lessons learned from Japan experience in filling nuclear security stakeholder matrix, it is clear based on her experienced that it is hard to for a single party (such as ISCN) to identify all the stakeholder on nuclear security within the country. Ms. Noro also explained that it was difficult for only one organization to fill in the matrix. Because nuclear security is the responsibility of the state, meaning that other security organizations must also understand their responsibilities for nuclear security. She added that the national infrastructure was also changing. To identify gaps, input on responsibilities and capabilities should be specific and detailed in the matrix to make it easier to coordinate among stakeholders.

As in the lesson that must be taken from Japan, namely the stakeholders of radioisotope security (RI): it needs to be more accessible to build and improve the management capacity of the security of radioactive sources. Next, the next step is proposed:

- i. Follow-up technical meeting to develop a national nuclear security Matrix: Summer-Fall 2022
- ii. Holding an open seminar to share good practices and lessons learned on Matrix: 2023 Workshop.

2) Ms. Kaitlyn Toole, ANSTO, Australia

In this session, Ms. Kaitlyn Toole described about ANSTO experience in fostering nuclear forensics within the country. She also explained about nuclear forensics engagement with national, regional and international level as well with the International Atomic Energy Agency (IAEA).

Ms. Toole, explains the Australian landscape in the field of nuclear security, and describes the three organizations involved with nuclear materials and radioactive sources and nuclear emergency preparedness and response. For the issue of Safeguards and security of nuclear facilities, it is under the Australian Safeguard and Non-Proliferation Office (ASNO) organization. In terms of safety of radioactive sources and emergency response for the Commonwealth is under the coordination of the Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPANSA) organization.

The two bodies mentioned above are respectively the regulatory agency for nuclear materials and the regulatory agency for radioactive sources and emergencies preparedness and response.

Regarding the development of nuclear forensics in Australia, she explained the speech of her head of state at the second nuclear security summit in 2012 in Seoul, South Korea.

Australian Prime Minister's Speech during the Nuclear Security Summit in Seoul:

"We are leading the development of forensic science and technologies to improve detection of illicit nuclear materials".

Ms. Toole explained the nuclear forensics team under ANSTO and its activities carried out at the national, regional and joint levels with the International Atomic Energy Agency (IAEA). The involvement of ANSTO's nuclear forensics together with the International Atomic Energy Agency (IAEA), among others, in government forums, including: conferences and technical meetings, training activities, technical meetings, then contributions to IAEA security guidelines.

ANSTO nuclear forensics also supports working group activities together with the Global Initiative to Combat Nuclear Terrorism (GICNT). Ms. Toole said that ANSTO nuclear forensics collaborated with a number of countries in Southeast Asia Countries such as the Philippines (PNRI), the Republic of Korea (KINAC), Japan (JAEA), Indonesia (BATAN). Furthermore, ANSTO and the IAEA began planning regional level nuclear forensics training in November 2022 (contingent on COVID restrictions).

For domestic nuclear forensics, ANSTO provides Support to ACT policing in handling case studies. She explained about the joint statement of nuclear forensics on nuclear security with the IAEA into INFCIRC/917. The Australian Government expects the IAEA member countries to support this joint statement by subscribing to INFCIRC/917. Added by Ms. Toole that on April 11-14, 2022 the IAEA will hold a Technical Meeting on Nuclear Forensics Science in Vienna, Austria.

Session 3: Safeguards (Good Practice on Export Controls and AP declaration)

Moderator:

Ms. Harinate Mungpayaban, Office of Atoms for Peace (OAP), Thailand

The presentation was delivered by Republic of Korea

Ms. Jongsook Kim, Korea Institute of Nuclear Nonproliferation and Control (KINAC)/ International Nuclear Nonproliferation and Security Academe (INSA), Republic of Korea

In this session, Professor Kim presented the Good Practice on Export Controls and AP Declaration in Korea. There are three main licensing agencies to govern the export control, which are composed of the Ministry of Trade, Industry, and Energy (MOTIE), the Nuclear and Security Commission (NSSC), and the Defense Acquisition Program Administration (DAPA). The MOTIE regulates the dual-use goods, while the NSSC is responsible for controlling the NSG Trigger List items including the Stage Regulatory Authority (SRA) in safeguards. The DAPA is in charge of governing the munition list. Advisory agencies for the Export Controls

and AP declaration are the Ministry of Foreign Affairs, the Korea Customs Service, and the National Intelligence Service.

The license processes for dual-use goods require determining the type, the designation, and the purpose of goods/ technology. Korea Strategic Trade Institute. (KOSTI) is responsible for commodity classification for all exporters. The license is submitted via the "Yestrade" e-licensing system. The application assessment process is the end-use/ end-user stated in the export application for the proposed transaction. The licensing history was checked for approvals or denials. The nonproliferation credentials of importing countries are reviewed for approval. In the license processes for NSG list items, the KINAC is Technical Support Organization (TSO) to consider the commodity classification. The application assessment process is reviewed the nonproliferation policies of the importing country, bilateral nuclear cooperation agreements, and nonproliferation credentials. The recipient's government assurance for peaceful use only for the transferred goods/ technology, including prior consent of retransfer.

In terms of AP declaration, the ROK implemented the AP in 2004. After AP enforcement, the outreach activities are continuously arranged for the stakeholders, including publication and distribution handbook/ guidance for AP implementation. The AP reporting systems were built via PC version and mobile version. Nuclear Safety and Security Commission as the SRA declares AP Annex II for IAEA safeguards.

Online Exercise: Export Control under AP

Facilitator:

Ms. Jongsook Kim, KINAC, Republic of Korea

Mr. OKUDA Masahiro, ISCN/JAEA, Japan,

As a special event at the workshop, the scenario-based online exercise on Export Control under AP was provided and facilitated by Ms. Jongsook Kim and ISCN/JAEA.

Mr. NAOI Yosuke, Project Leader of Japan, delivered the closing remarks and encouraged collaboration among the FNCA members to achieve the objectives of this project. After the closing remarks, the Workshop was officially closed.

2.7.2 NSS 参加者リスト

List of Participants FNCA 2021 Workshop on Nuclear Security and Safeguards Project

February 22nd, 2022

Online Meeting

Country	Name	Affiliation
Australia	Ms. Kaitlyn Toole	Senior Scientist, Nuclear Forensics Australian Nuclear Science & Technology Organisation (ANSTO)
Australia	Mr. Travis Van Der Velden	Manager, Nuclear Security and Nuclear Safeguards, Australian Nuclear Science & Technology Organisation (ANSTO)
Bangladesh (PL)	Dr. Abid Imtiaz	Chief Scientific Officer Nuclear Safety, Security and Safeguards Division Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
China (PL)	Mr. Chen Chen	Training Manager International Cooperation and Training Division State Nuclear Security Technology Center (SNSTC)
China	Ms. Ju Jingmin	Training Manager International Cooperation and Training Division State Nuclear Security Technology Center (SNSTC)
Indonesia (PL)	Mr. Khairul	Senior Nuclear Security Officer Nuclear Energy Research Organization (ORTN) National Research and Innovation Agency (BRIN)
Kazakhstan (PL)	Mr. Alexandr Ossintsev	Head of Department for Security Control and Non-proliferation National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan
Korea (PL)	Mr. Jinho Chung	Team Leader, International Cooperation Team, Korea Institute of Nuclear Nonproliferation and Control (KINAC)

Country	Name	Affiliation
Korea	Ms. Jongsook Kim	Professor, Korea Institute of Nuclear Nonproliferation and Control- International Nuclear Nonproliferation and Security Academy (KINAC-INSa)
Malaysia (PL)	Mr. Fedrick Charlie Anak Matthew Brayon	Section Head Nuclear Installation Division Atomic Energy Licensing Board (AELB)
Malaysia	Ms. Hasfazilah bint Hassan	Head of Nuclear Security Group Malaysian Nuclear Agency
Mongolia (PL)	Ms. Gerelmaa Gombosuren	Department of Nuclear Safety and Security The Executive Office of the Nuclear Energy Commission Government of Mongolia
the Philippines	Ms. Eileen Beth A. Hernandez	Science Research Specialist II Nuclear Safeguards and Security Section Nuclear Regulatory Division Philippine Nuclear Research Institute (PNRI)
Thailand (PL)	Ms. Harinate Mungpayaban	Nuclear Chemist Security and Safeguards Technical Support Section Office of Atoms for Peace (OAP)
Vietnam (PL)	Ms. Bui Thi Thuy Anh	Director, International Cooperation Division Vietnam Agency for Radiation and Nuclear Safety (VARANS)
Japan (Coordinator)	Mr. Wada Tomoaki	FNCA Coordinator of Japan
Japan (Advisor)	Dr. Tamada Masao	FNCA Advisor of Japan
Japan (MEXT)	Mr. Funabiki Takahisa	Deputy Director International Nuclear and Fusion Energy Affairs Division Research and Development Bureau Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)

Country	Name	Affiliation
Japan (MEXT)	Mr. Yamamoto Keishi	Researcher Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (PL)	Mr. Naoi Yosuke	Director Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation and Nuclear Security Japan Atomic Energy Agency (ISCN/JAEA)
Japan	Dr. Unesaki Hironobu	Professor Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University
Japan	Dr. Asanuma Noriko	Associate Professor Department of Nuclear Engineering School of Engineering Tokai University
Japan (ISCN/JAEA)	Ms. Inoue Naoko	General Manager International Capacity-Building Support Office ISCN/JAEA
Japan (ISCN/JAEA)	Ms. Noro Naoko	Deputy Principal Engineer International Capacity-Building Support Office ISCN/JAEA
Japan (ISCN/JAEA)	Ms. Sekine Megumi	Chief International Capacity-Building Support Office ISCN/JAEA
Japan (ISCN/JAEA)	Mr. Okuda Masahiro	Chief International Capacity-Building Support Office ISCN/JAEA
Japan (ISCN/JAEA)	Mr. Kimura Yoshiki	Research Engineer Technology Development Promotion Office ISCN/JAEA
Japan (ISCN/JAEA)	Mr. Matsui Yoshiki	Engineer Technology Development Promotion Office ISCN/JAEA

Country	Name	Affiliation
Japan (ISCN/JAEA)	Ms. Motokawa Risa	Technical Staff International Capacity-Building Support Office ISCN/JAEA
Japan (ISCN/JAEA)	Ms. Yamaguchi Kaori	Technical Staff International Capacity-Building Support Office ISCN/JAEA
Japan (Secretariat)	Ms. Inokoshi Chiaki	International Affairs and Research Department Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Japan (Secretariat)	Ms. Koike Aki	International Affairs and Research Department Nuclear Safety Research Association (NSRA)

2.7.3 NSS プログラム

Program of FNCA 2021 Workshop on Nuclear Security and Safeguards Project

February 22nd, 2022

13:00-13:10	【Opening Session】 <u>Chair: Mr. Naoi Yosuke, FNCA NSS Project Leader of Japan</u> 1. Opening remarks - Mr. Funabiki Takahisa, MEXT - Mr. Wada Tomoaki, FNCA Coordinator of Japan 2. Introduction of Members
13:10-13:15	【Adoption of the Agenda】 Mr. Naoi Yosuke, FNCA NSS Project Leader of Japan 【Group Photo】 (screenshot)
13:15-13:35	【Session 1: Country Report Summary】 <u>Moderator: Dr. Abid Imtiaz, Bangladesh</u> - Mr. Okuda Masahiro, ISCN/JAEA
13:35-14:35	【Session 2: Nuclear Security】 <u>Moderator: Mr. Khairul, Indonesia</u> Presentation: Nuclear Security Stakeholder Matrices - Ms. Noro Naoko, ISCN/JAEA Discussion Presentation: Regional Engagement on Nuclear Forensics: An Australian Perspective - Ms. Kaitlyn Toole, ANSTO Discussion
14:35-15:05	【Session 3: Safeguards】 <u>Moderator: Ms. Harinate Mungpayaban, Thailand</u> Presentation: Good Practice on Export Controls and AP Declaration in Korea - Ms. Jongsook Kim, KINAC Discussion
15:05-15:55	【Online Exercise】 <u>Facilitator: Ms. Jongsook Kim, KINAC, Mr. OKuda Masahiro, ISCN/JAEA</u> Scenario-based Exercise on Export Control under AP
15:55-16:00	【Closing Remarks】 Mr. Naoi Yosuke, FNCA NSS Project Leader of Japan

3. ニュースレター送付先一覧

3.1 国内送付先

3.1.1 FNCA 関係者

役職	氏名/所属組織名	
FNCA 日本コーディネーター	和田 智明 様	神戸市立青少年科学館
FNCA 日本アドバイザー	玉田 正男 様	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
FNCA 運営グループ委員	運営グループ名簿参照	

3.1.2 講師育成事業講師

氏名	所属組織名
藤本 望 様	国立大学法人九州大学
飯本 武志 様	国立大学法人東京大学
木倉 宏成 様	国立大学法人東京工業大学
鳥羽 晃夫 様	一般財団法人原子力国際協力センター
根井 充 様	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
竹野 正志 様	日本原子力発電株式会社
山村 司 様	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
和田 智明 様	神戸市立青少年科学館

3.1.3 原子力人材育成ネットワーク運営委員会

氏名	所属組織名
宇埜 正美 様	国立大学法人福井大学
河原林 順 様	東京都市大学
小林 幸徳 様	独立行政法人国立高等専門学校機構
竹下 健二 様	国立大学法人東京工業大学

氏名	所属組織名
中島 健 様	国立大学法人京都大学
長谷川 秀一 様	国立大学法人東京大学
岡田 融 様	東京電力ホールディングス株式会社
下川 浩一 様	関西電力株式会社
吉丸 秀明 様	中部電力株式会社
薄井 秀和 様	東芝エネルギーシステムズ株式会社
加藤 顕彦 様	三菱重工業株式会社
武原 秀俊 様	株式会社日立製作所
新井 史朗 様	一般社団法人日本原子力産業協会
石塚 博英 様	公益財団法人若狭湾エネルギー研究センター
大井川 宏之 様	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

3.1.4 原子力海外人材育成分科会

氏名	所属組織名
小原 徹 様	国立大学法人東京工業大学
五十嵐 久 様	電気事業連合会
大高 和弘 様	日本原子力発電(株)
小澤 隆 様	一般社団法人日本電機工業会
笠原 賢 様	東芝エネルギーシステムズ株式会社
小山 正弘 様	三菱重工業株式会社
高瀬 和之 様	国立大学法人長岡技術科学大学
高橋 拓也 様	日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社

氏名	所属組織名
鳥羽 晃夫 様	一般財団法人原子力国際協力センター
直井 洋介 様	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
中野 佳洋 様	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
中村 真紀子 様	一般社団法人日本原子力産業協会
奈良林 直 様	国立大学法人東京工業大学
板東 薫 様	公益財団法人若狭湾エネルギー研究センター
山口 敬介 様	国際原子力開発株式会社
吉岡 譲 様	一般社団法人海外電力調査会

3.1.5 研究者育成事業運営委員

氏名	所属組織名
石樽 顕吉 様	
浅沼 徳子 様	東海大学
伊藤 哲夫 様	近畿大学
海老原 充 様	早稲田大学
唐澤 久美子 様	東京女子医科大学
村上 博幸 様	公益財団法人放射線計測協会

3.1.6 駐日外国公館

氏名	所属組織名
Mr. Charles Adamson	オーストラリア連邦大使館
-	バングラデシュ人民共和国大使館
Mr. Wu Song	中華人民共和国大使館

氏名	所属組織名
Ms. Moestika Dewiani	インドネシア共和国大使館
Mr. Maxat Saliyev	カザフスタン共和国大使館
Mr. Kang Jeong Whan	大韓民国大使館
Mr. Mohd Ishrin bin Mohd Ishak	マレーシア大使館
Ms. Unurjargal Enkhbat	モンゴル国大使館
H.E. Ambassador Jose C. Laurel V	フィリピン共和国大使館
-	タイ王国大使館
Mr. Nguyen Xuan Duc	ベトナム社会主義共和国大使館

3.1.7 政府関係

省庁名	部局名
文部科学省	審議官(研究開発局担当)
文部科学省	科学技術・学術政策局 科学技術・学術戦略官(国際担当)
文部科学省	研究振興局 研究振興戦略官
文部科学省	研究振興局 基礎・基盤研究課量子研究推進室
文部科学省	研究開発局長
文部科学省	研究開発局 研究開発戦略官付(核融合・原子力国際協力担当)
文部科学省	研究開発局 開発企画課長
文部科学省	研究開発局 開発企画課 特別会計審査官
文部科学省	研究開発局 原子力課長
文部科学省	研究開発局 研究開発戦略官(核融合・原子力国際協力担当)
文部科学省	研究開発局 研究開発戦略官(新型炉・原子力人材育成担当)
文部科学省	研究開発局 原子力課 放射性廃棄物企画室長

省庁名	部局名
文部科学省	研究開発局 原子力課 立地地域対策室長
文部科学省	研究開発局 環境エネルギー課長
文部科学省	敦賀原子力事務所長
内閣府	原子力政策担当室
外務省	軍縮不拡散・科学部 審議官
外務省	軍縮不拡散・科学部 国際原子力協力室 課長補佐
厚生労働省	医政局 研究開発振興課 課長補佐
農林水産省	大臣官房政策課 技術政策室 技術調整班
経済産業省	資源エネルギー庁 ガス・電力事業部 部長
経済産業省	資源エネルギー庁 原子力政策課
経済産業省	資源エネルギー庁 原子力政策課 原子力国際協力推進室
経済産業省	資源エネルギー庁 原子力発電所事故収束対応室 係長
経済産業省	資源エネルギー庁 原子力立地・核燃料サイクル産業課
経済産業省	資源エネルギー庁 原子力立地・核燃料サイクル産業課 核燃料サイクル産業立地企画官
経済産業省	資源エネルギー庁 原子力立地・核燃料サイクル産業課 原子力発電立地企画官
経済産業省	資源エネルギー庁 原子力立地・核燃料サイクル産業課 原子力広報官
原子力規制庁	総務課 国際室
原子力規制庁	放射線防護企画課 保障措置室
原子力規制庁	放射線防護グループ 放射線規制部門 管理官補佐(総括担当)

3.1.8 地方自治体等

組織名	部署名
北海道	総務部 危機対策局 原子力安全対策課
北海道	経済部 環境・エネルギー局 環境・エネルギー課
青森県	危機管理局 青森県原子力センター
青森県	危機管理局 原子力安全対策課
青森県	エネルギー総合対策局 エネルギー開発振興課
青森県	エネルギー総合対策局 原子力立地対策課
宮城県	復興・危機管理部 原子力安全対策課
福島県	危機管理部 原子力安全対策課
福島県	企画調整部 エネルギー課
茨城県	防災・危機管理部 原子力安全対策課
茨城県	産業戦略部 科学技術振興課
新潟県	防災局 原子力安全対策課
新潟県	産業労働部 産業立地課
石川県	危機管理監室 危機対策課 原子力安全対策室
石川県	企画振興部 企画課
福井県	地域戦略部 電源地域振興課
福井県	原子力環境監視センター
福井県	原子力環境監視センター 福井分析管理室
福井県	安全環境部 原子力安全対策課
福井県	安全環境部 危機対策・防災課
静岡県	危機管理部 原子力安全対策課

組織名	部署名
静岡県	経済産業部 産業革新局 エネルギー政策課
愛知県	防災安全局 防災部 防災危機管理課
京都府	危機管理部 原子力防災課
京都府	総務部 自治振興課
大阪府	政策企画部 危機管理室 防災企画課
大阪府	環境農林水産部 エネルギー政策課 企画推進グループ
鳥取県	危機管理局 原子力安全対策課
鳥取県	生活環境部 環境立県推進課
島根県	防災部 原子力安全対策課
島根県	地域振興部 地域政策課
岡山県	危機管理課 防災対策班
岡山県	環境文化部 環境企画課
愛媛県	県民環境部 防災危機管理課
愛媛県	県民環境部 原子力安全対策課
佐賀県	県民環境部 原子力安全対策課
長崎県	危機管理監 危機管理課
鹿児島県	危機管理防災局 原子力安全対策課
鹿児島県	総合政策部 エネルギー政策課

3.1.9 組織・企業・大学等

組織名	部署名
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	理事長
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	副理事長
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	理事
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	原子力科学研究所長
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	大洗研究所長
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	大洗研究所 環境技術開発センター 材料試験炉部
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	原子力人材育成センター長
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	原子力人材育成センター 原子力人材育成推進課長
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	原子力基礎工学研究センター長
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	敦賀総合研究開発センター長
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	敦賀総合研究開発センター 拠点化推進室 国際連携協力グループ リーダー
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	敦賀廃止措置実証本部 本部長
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	新型転換炉原型炉ふげん 所長
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	高速増殖原型炉もんじゅ 所長
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	バックエンド統括本部長
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	広報部
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	むつ科学技術館

組織名	部署名
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	青森研究開発センター総務課
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	経営企画部長
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	戦略・国際企画室 国際業務課 技術副主幹
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	核不拡散・核セキュリティ総合支援センター 能力構築国際支援室
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	理事長
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	理事
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	経営企画部 国際課 主幹
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	量子生命・医学部門 研究企画部長
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	QST 病院 病院長
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	QST 病院 室長
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	QST 病院 放射線品質管理室 技術スタッフ
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	放射線医学研究所 放射線影響研究部
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	量子エネルギー部門長
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	量子ビーム科学部門長 兼 高崎量子応用研究所長
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	高崎量子応用研究所 先端機能材料研究部 高分子機能材料研究プロジェクト
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	高崎量子応用研究所 先端機能材料研究部 先進触媒研究プロジェクト
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	高崎量子応用研究所 先端機能材料研究部 環境資源材料研究プロジェクト
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	高崎量子応用研究所 放射線生物応用研究部 RI 医療応用研究プロジェクト

組織名	部署名
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	関西光科学研究所 所長
公益財団法人若狭湾エネルギー研究センター	福井県国際原子力人材育成センター 国際人材育成グループ
公益財団法人若狭湾エネルギー研究センター	生物資源研究室 次長
公益財団法人若狭湾エネルギー研究センター	加速器室
公益財団法人若狭湾エネルギー研究センター	粒子線医療研究室
公益財団法人若狭湾エネルギー研究センター	エネルギー材料グループ
国立研究開発法人物質・材料研究機構	グローバル中核部門 グローバル連携室
国立研究開発法人産業技術総合研究所	イノベーション推進本部 連携企画部 国際室
国立研究開発法人産業技術総合研究所	分析計測標準研究部門 放射線標準研究グループ
公益社団法人日本アイソトープ協会	環境整備部 環境整備一課
北海道電力株式会社	原子力部
北海道電力株式会社	東京支社
東北電力株式会社	火力・原子力本部 原子力部
東北電力株式会社	広報・地域交流部
東北電力株式会社	東京支社 社長
東京電力東京電力ホールディングス株式会社	原子力・立地本部
東京電力東京電力ホールディングス株式会社	広報部
東京電力東京電力ホールディングス株式会社	青森事業本部 東通原子力発電所トントウビレッジ
中部電力株式会社	原子力本部
北陸電力株式会社	原子力部
北陸電力株式会社	東京支社

組織名	部署名
北陸電力株式会社	福井支店
関西電力株式会社	原子力事業本部 原子力企画部長
関西電力株式会社	原子力事業本部 原子力企画部 原子力企画グループマネージャー
関西電力株式会社	原子力事業本部 地域共生本部長
関西電力株式会社	嶺南新エネルギー研究センター長
関西電力株式会社	若狭たかはまエルどらんど
関西電力株式会社	美浜原子力発電所美浜原子力 PR センター
関西電力株式会社	東京支社 社長
中国電力株式会社	原子力協力プロジェクト
中国電力株式会社	東京支社 社長
四国電力株式会社	原子力本部
四国電力株式会社	東京支社 社長
九州電力株式会社	原子力管理部
九州電力株式会社	東京支社 社長
日本原子力発電株式会社	地域共生・広報室
日本原子力発電株式会社	東海テラパーク
日本原子力発電株式会社	敦賀原子力館
日本原子力発電株式会社	敦賀総合研修センター
独立行政法人日本貿易振興機構アジア経済研究所	本部 総務部
アジア生産性機構	事務局長
株式会社三菱総合研究所	セーフティ&インダストリー本部長

組織名	部署名
株式会社日立製作所	ヘルスケアビジネスユニット放射線治療システム事業部 粒子線治療マーケティング部
一般財団法人エネルギー総合工学研究所	原子力工学センター センター長
一般財団法人エネルギー総合工学研究所	プロジェクト試験研究部 原子力部長
公益財団法人原子力安全技術センター	総務部長
一般財団法人高度情報科学技術研究機構	総務部長
一般財団法人日本エネルギー経済研究所	理事長
一般財団法人日本エネルギー経済研究所	アジア太平洋エネルギー研究センター 所長
一般財団法人日本エネルギー経済研究所	戦略研究ユニット 原子力グループマネージャー 研究主幹
公益財団法人福井原子力センターあっとほうむ	広報課長
一般財団法人放射線利用振興協会	本部事務局
一般財団法人放射線利用振興協会	理事長
公益社団法人茨城原子力協議会	原子力科学館
一般社団法人海外電力調査会	国際協力部門 原子力協力部
公益社団法人日本医学放射線学会	事務局
一般社団法人日本機械学会	事務局
一般社団法人日本原子力学会	事務局
一般社団法人日本物理学会	事務局
公益社団法人日本放射線技術学会	事務局
双日株式会社	第一原子力産業グループ 事務局長
公益財団法人環境科学技術研究所	総務課
株式会社原子力発電訓練センター	総務部
福井県美浜原子力防災センター	所長

組織名	部署名
日本原燃株式会社	青森地域共生本社
日本原燃株式会社	企画部 国際業務統括グループ 主任
一般財団法人日本原子力文化財団	理事長
合同会社 mcm japan	代表
富士山環境研究センター	主任研究員
北海道大学	工学研究院 応用量子科学部門 量子エネルギー工学 教授
北海道大学	工学研究院 エネルギー環境システム専攻 教授
弘前大学	被ばく医療総合研究所 所長
弘前大学	被ばく医療総合研究所 リスク解析・生物線量評価部門 教授
弘前大学	被ばく医療総合研究所 国際連携・共同研究推進部門 准教授
八戸工業大学	学長
八戸工業大学	工学部 電気電子工学科 教授
八戸工業大学	工学部 機械工学科 教授
八戸工業大学	事務部
東北大学	大学院 工学研究科 量子エネルギー工学専攻 教授
福島大学	環境放射能研究所 教授
茨城大学	大学院理工学研究科 機械システム工学領域 教授
茨城大学	フロンティア応用原子科学研究センター長 教授
筑波大学	陽子線医学利用研究センター センター長
筑波大学	数理物質系 化学域 准教授
筑波大学	アイソトープ環境動態研究センター 客員教授
総合研究大学院大学	高エネルギー加速器研究機構(つくばキャンパス)

組織名	部署名
総合研究大学院大学	高エネルギー加速器研究機構(東海キャンパス)
東京大学	大学院 工学系研究科 学務課専攻チーム システム創成学専攻事務室
東京大学	大学院 工学系研究科 原子力専攻 教授
名古屋大学	大学院工学研究科 総合エネルギー工学専攻 教授
名古屋大学	大学院工学研究科 エネルギー量子計測工学グループ 准教授
名古屋大学	大学院工学研究科 エネルギー理工学専攻 准教授
福井大学	学系部門 工学領域 重点研究推進講座 教授
福井大学附属国際原子力工学研究所	教授
福井大学附属国際原子力工学研究所	特命教授
福井工業大学	原子力技術応用工学科 教授
京都大学	複合原子力科学研究所 総務掛
京都大学	複合原子力科学研究所 原子力基礎工学研究部門 研究炉安全管理工学研究分野 助教
京都大学	安全原子力システム研究センター 熱エネルギーシステム分野 教授
近畿大学	原子力研究所 所長
広島大学	原爆放射線医科学研究所 教授
九州大学	大学院 工学研究院 エネルギー量子工学部門 応用物理学教授
九州大学	大学院 工学研究院 エネルギー量子工学部門 教授
長崎大学	原子力災害対策戦略本部

3.1.10 報道機関

会社名	部署名
産経新聞社	科学担当
The Japan Times	科学技術担当
THE DAILY YOMIURI	科学技術担当
毎日新聞社	科学環境部
毎日 Daily News	科学技術担当
一般社団法人日本電気協会新聞部	電気新聞部編集局
時事通信社	科学担当
日本放送協会	科学文化部
共同通信社	原子力報道室
中国新聞社	報道局報道部 経済担当部長
読売新聞	東京本社 論説委員
読売新聞	科学部
日本経済新聞社	科学技術担当
東京新聞社	科学技術担当
福井新聞社	科学技術担当
茨城新聞社	科学技術担当
東奥日報社	科学技術担当
一般社団法人日本原子力産業協会 原子力産業新聞	担当者
科学新聞編集局	担当者
一般社団法人 日本電気協会新聞部	担当者

3.2 海外送付先

3.2.1 FNCA コーディネーター

国名	氏名	所属組織名
オーストラリア	Ms Pippa Ainley	オーストラリア原子力科学技術機構 (ANSTO)
バングラデシュ	Prof Dr Md. Sanowar Hossain	バングラデシュ原子力委員会 (BAEC)
中国	Mr Huang Ping	中国国家原子能機構 (CAEA)
インドネシア	Mr Totti Tjiptosumirat	国立研究革新庁 (BRIN)
カザフスタン	Prof Erlan G. Batyrbekov	カザフスタン国立原子力センター (NNC)
韓国	Ms Ji Yun Park	韓国原子力国際協力財団 (KONICOF)
マレーシア	Dr Rosli Darmawan	マレーシア原子力庁 (Nuclear Malaysia)
モンゴル	Mr Chadraabal Mavag	モンゴル原子力委員会 (NEC)
フィリピン	Dr Lucille V. Abad	フィリピン原子力研究所 (PNRI)
タイ	Ms Kanchalika Dechates	タイ原子力技術研究所 (TINT)
ベトナム	Dr Tran Ngoc Toan	ベトナム原子力研究所 (VINATOM)

3.2.2 在外大使館

組織名
在オーストラリア連邦日本国大使館
在バングラデシュ人民共和国日本国大使館
在中華人民共和国日本国大使館
在インドネシア共和国日本国大使館
在カザフスタン共和国日本国大使館
在大韓民国日本国大使館
在マレーシア日本国大使館
在モンゴル国日本国大使館
在フィリピン共和国日本国大使館
在タイ王国日本国大使館
在ベトナム社会主義共和国日本国大使館

3.2.3 海外関連組織

氏名	組織名
Mr Park Pill Hwan	Director RCA Regional Office
Dr Lee Sang-Han	Principal Research Scientist Environmental Radioactivity Safety Team Safety Measurement Institute Korea Research Institute of Standard and Science (KRISS)
Dr Pavel Povinec	Professor of Physics, The Faculty of Mathematics, Physics and Informatics of the Comenius University in Bratislava, Slovakia
Dr Gloria Kwong	Head of IFNEC Technical Secretariat, Deputy Head of the Office of Policy and Coordination OECD Nuclear Energy Agency (NEA)
Mr Tamai Toshiaki	First Secretary Permanent Delegation of Japan to the OECD
Ms Aleshia Duncan	Deputy Assistant Secretary for International Nuclear Energy Policy and Cooperation Office of Nuclear Energy U.S. Department of Energy

4. 公開セミナー発表資料

4.1 放射線育種プロジェクト

FNCA 2021 Online Open Seminar on Mutation Breeding Project

Molecular characterization of the mutations induced by gamma rays and carbon ions

Yoshihiro HASE

Senior Principal Researcher, Takasaki Advanced Radiation Research Institute,
National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology
(QST-Takasaki)
Project Leader of Japan, FNCA Mutation Breeding Project

Ionizing radiations used in mutation breeding

Gamma (acute) Gamma (chronic) Ion beams

Gamma facility (QST-Takasaki) Gamma Greenhouse (Nuklear Malaysia) AVF cyclotron (QST-Takasaki)

Energy deposition: Gamma rays vs Ion beams

Gamma-rays (electromagnetic wave) Ion Beams (energetic particles)

^{60}Co source Accelerator Ion particles

DNA DNA

Dense ionization along the track of ion particles

"Ion Beam Breeding" using QST-Takasaki facility

More than 40 new varieties released in Japan

New rice varieties developed under the FNCA project

BINA dhon-14
BINA dhon-18
BINA dhon-19

> Early flowering
> Shorter plant height
> High yield
> Less irrigation required

Mutational analysis at a genome-wide level

Library preparation DNA library Sequencing Data analysis

Genome size 135 Mbp
No. of genes ca. 26,000
Arabidopsis thaliana

High throughput Sequencer Sequence data

- DNA extraction
- Fragmentation & Size selection
- Adapter ligation

- Quality control
- Read alignment
- Variant calling

Conditions that affects characteristics of mutation

Mutagen (Ionizing radiations) Plant material

Ion beams Gamma (acute) Gamma (chronic) Dry seeds Seedlings

1. Ion beam vs Acute gamma ? 2. Seeds vs Seedlings ?
3. Effects of chronic gamma ?

1. Carbon ion vs Acute gamma (dry seed irradiation)

Carbon ion Dry seeds Gamma (acute)

$D_{01} = 241 \text{ Gy}$ $D_{01} = 2045 \text{ Gy}$

Survival Seed fertility

The same effective dose for seed survival were applied for comparison.

1. Carbon ion vs Acute gamma (dry seed irradiation)

No. of mutation events per plant No. of mutation events that affected genes No. of affected genes

Gamma (acute) 73.1 $\pm$ 4.2 4.1 $\pm$ 0.5 4.1 $\pm$ 0.5

Carbon ion 35.5 $\pm$ 2.5 3.0 $\pm$ 0.7 10.8 $\pm$ 5.9

Twice number of mutation NO significant difference NO significant difference

Higher ratio of Del (2.2bp) Greater inter-individual difference due to the involvement of large deletions

Carbon ions induce greater variations with a smaller number of mutations.

1. Carbon ion vs Acute gamma (dry seed irradiation)

Deletion size

Gamma (acute, dry seeds) 1000 Gy 1500 Gy 175 Gy

Carbon ion (dry seeds) 125 Gy 175 Gy

0% 20% 40% 60% 80% 100%

1 bp 2-9 bp 10-49 bp $\geq$ 50 bp

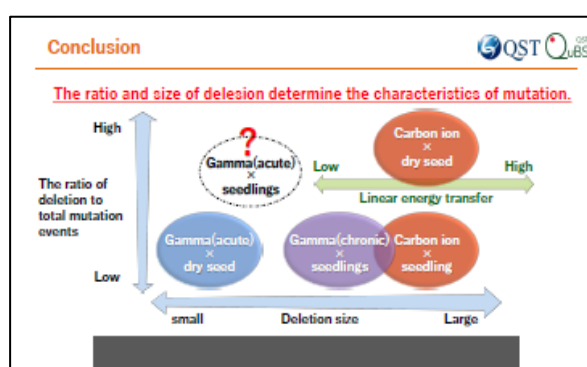
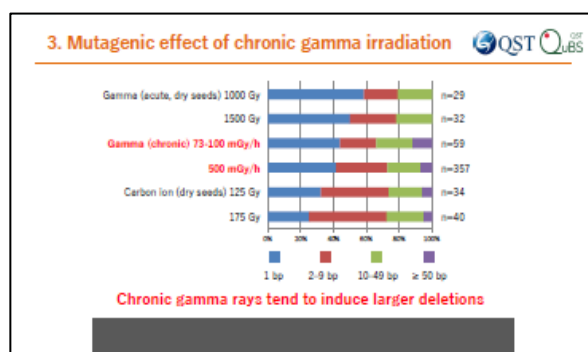
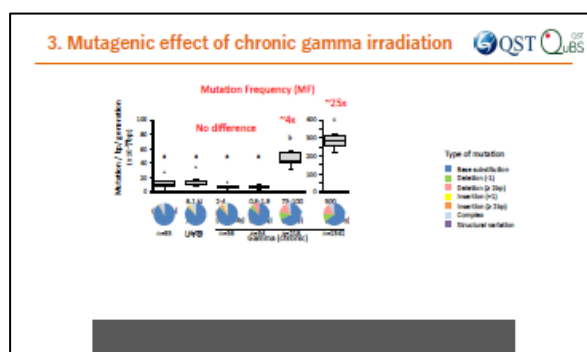
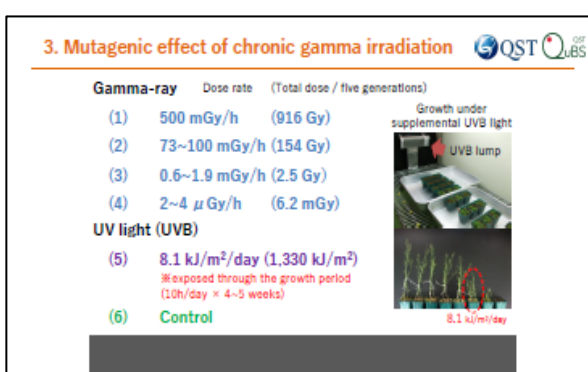
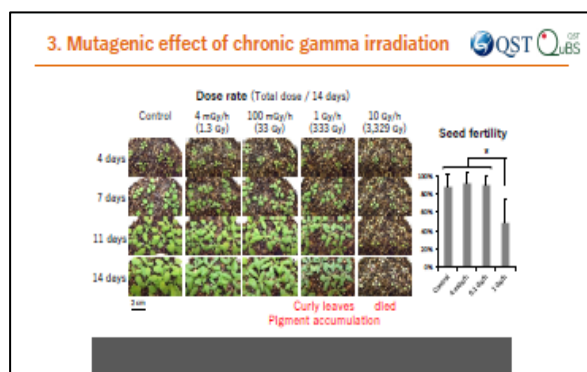
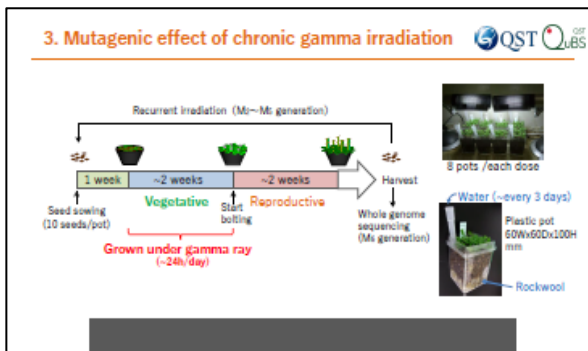
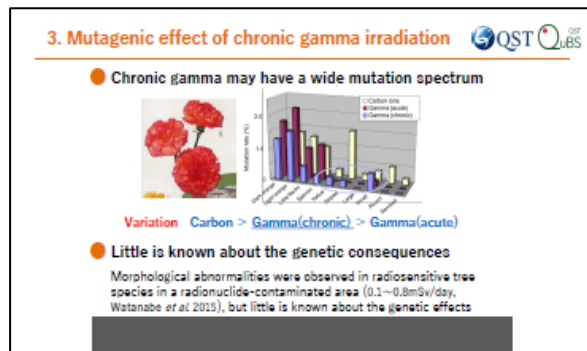
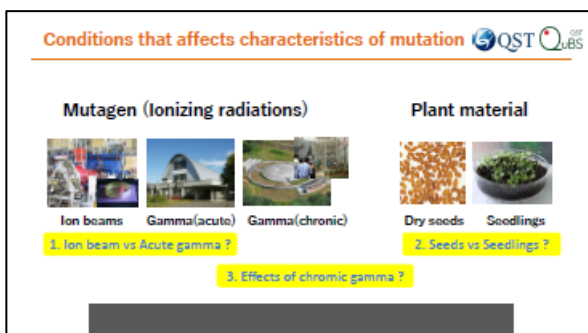
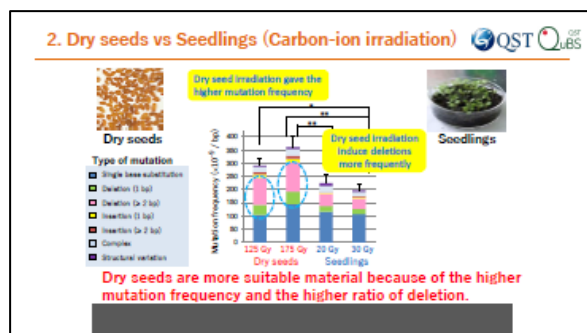
Carbon ions induce larger deletion.

Conditions that affects characteristics of mutation

Mutagen (Ionizing radiations) Plant material

Ion beams Gamma (acute) Gamma (chronic) Dry seeds Seedlings

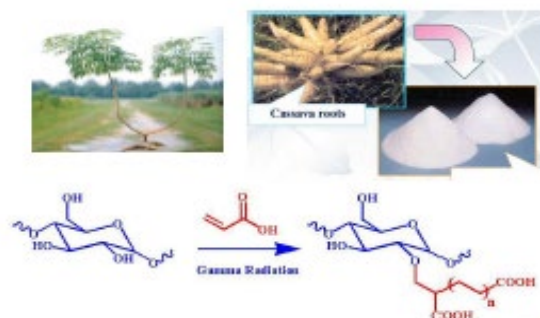
1. Ion beam vs Acute gamma ? 2. Seeds vs Seedlings ?
3. Effects of chronic gamma ?



4.2 放射線加工・高分子改質プロジェクト

The Best Researcher FNCA 2021 Award
Outcomes and Research Achievements
from 2016-2021

Super Water Absorbent (SWA) For Agricultural Application



Super water absorbent



Water Absorption Capacity = 250 g/g of dry gel.

Production Plant of Superwater Absorbent (SWA)



The production plant of SWA with the capacity of 1000 kgs / month of dry SWA was set up at TINT, Prathumthae Province.

SWA: Effects of SWA on corn plants' growth



- noticeable effects on germination energy and % germination
- potential for agricultural application



Application of Superabsorbent in Agriculture : Pot test

- randomized complete block design (RCBD)
- 5 replications for each set
- control, 1%, 2%, 3%, 4% and 5% superwaterabsorbent
- watered only once at the beginning and left for 3 weeks



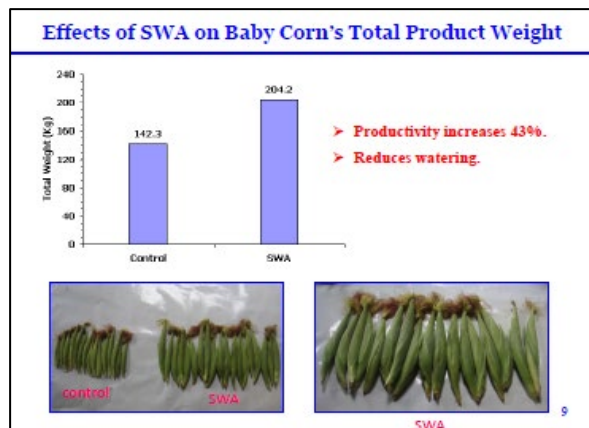
SWA Pot Test with Marigold Plants: Results



SWA can reduce watering.

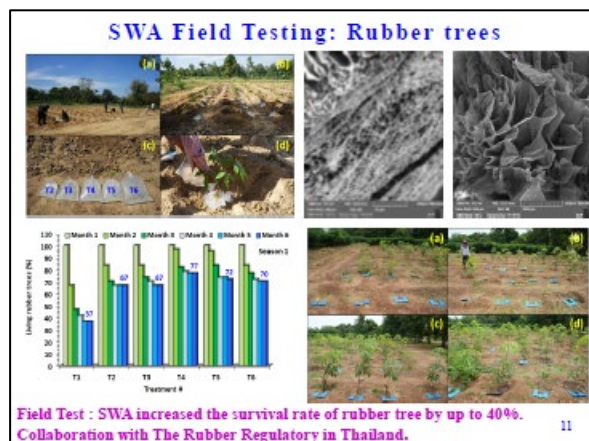
SWA Field Testing: Baby corn





Collaboration with Private and Governmental Sectors

10



Field testing over two seasons with young rubber trees in arid areas were performed with cooperation with the Rubber Regulatory Center in Thailand. The results showed that the SWA improved the survival rate of rubber trees without any watering by 40% and also enhanced the growth characteristics of rubber trees.

polymers **MDPI**

Starch-Based Super Water Absorbent: A Promising and Sustainable Way to Increase Survival Rate of Trees Planted in Arid Areas

Ratna Laksanawati ¹, Thitima Wattanasongthorn ², Therasan Tangthong ³, Sakchai Lakso ⁴, Tanasorn Kwanwong ⁵, Rattit Chaitrakul ⁶, Phayon Kongsomkarn ⁷, Phitsyone Sattasatit ⁸ and Kanyee Bhuvichit ⁹ *

¹ School Institute of Nuclear Technology (Public Organization), Nakhon Si Thammaraj 90100, Thailand; ² Department of Soil & Environment (FAC), Kasetsart University (TU), Suburban Station 10130, Thailand; ³ Department of Soil & Environment (FAC), Kasetsart University (TU), Suburban Station 10130, Thailand; ⁴ Department of Soil & Environment (FAC), Kasetsart University (TU), Suburban Station 10130, Thailand; ⁵ Department of Soil & Environment (FAC), Kasetsart University (TU), Suburban Station 10130, Thailand; ⁶ Department of Soil & Environment (FAC), Kasetsart University (TU), Suburban Station 10130, Thailand; ⁷ Department of Soil & Environment (FAC), Kasetsart University (TU), Suburban Station 10130, Thailand; ⁸ Department of Soil & Environment (FAC), Kasetsart University (TU), Suburban Station 10130, Thailand; ⁹ Department of Soil & Environment (FAC), Kasetsart University (TU), Suburban Station 10130, Thailand.

Abstract. This research aimed to develop the production of starch-based super water absorbent (SWA) and to evaluate the practical benefits of SWA for agricultural applications. SWA was successfully prepared by an up-swing procedure by sodium-induced graft polymerization of styrene and methacrylic anhydride. Chemical characterization by FTIR and thermal characterization by TGA showed results that demonstrated swelling capacity of the prepared SWA. These swelling capacity of starch-based SWA, via sodium-induced graft polymerization. SWA results clearly revealed a highly porous morphology of the synthesized SWA, substantiating its high swelling ability. Results from the field tests, performed for two seasons, revealed that the prepared SWA was able to increase the survival rate of young rubber trees planted in arid areas by up to 40%, while simultaneously enhancing the growth characteristics of the young rubber trees.

Keywords: starch-based super water absorbent; polymer super water absorbent; sodium-induced graft polymerization; field tests; rubber trees; drought; SWA; SWA; acrylic acid.

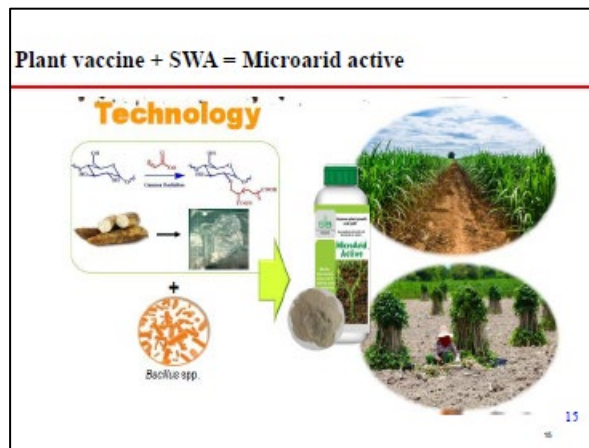
12



Cooperation with private company

Green Innovative Biotechnology (GIB)

14



International Awards

Gold Medal
- The World Exhibition on Inventions, Research and New Technologies Innovation, Barcelona, May 12, 2016

The Best Award: Prize of Agro-Industry and Biotechnology
- "The World Exhibition on Inventions, Research and New Technologies", Barcelona, May 13, 2016

16

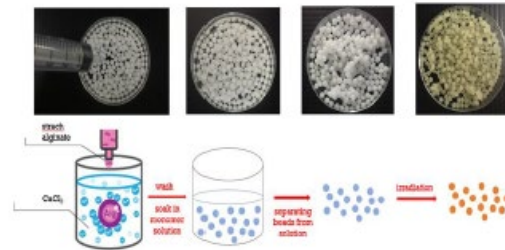
Super Water Absorbent: Process Development



17

Spherification: SWA Beads

Preparation of SWA Beads



18

Advantages of SWA Beads



- Shorter irradiation time
- Eliminate the following processes
 - (1) cut
 - (2) dry
 - (3) crush to small pieces
 - (4) size separation
- Much shorter production time
- Save time, manpower and most importantly, energy

19

SWA Beads: Swelling Ratio



Thailand Institute of Nuclear Technology

20

Improving SWA processing : Save energy



21

Disseminating knowledge on the Use of Nuclear Technology towards the Goal of Promoting Public Acceptance of the Technology



Dissemination on SWA
Maharakham Province, Northeastern Part of Thailand

22

Workshop on SWA Maharakham Province, Northeastern Part of Thailand



23



Media Publications

SWA: TV Interview with Channel 7



24

THANK YOU



4.3 気候変動科学プロジェクト

Iodine-129 for reconstructing past nuclear impacts and tracing earth and environmental processes

Angel T. Bautista VII, Ph.D.

Section Head, Nuclear Materials Research Section
Philippine Nuclear Research Institute
Department of Science and Technology
(DOST-PNRI)

1

Iodine

$^{127}_{53}\text{I}$

53
I
Iodine
126.904

37 known isotopes, all radioactive except ^{127}I !

2

Iodine

^{123}I

$T_{1/2} = 13.2$ hours
Abundance = 0%

^{131}I

$T_{1/2} = 8$ days
Abundance = 0%

Radioactive Iodine Treatment and Diagnosis for Thyroid

3

Iodine

^{123}I

$T_{1/2} = 13.2$ hours
Abundance = 0%

$^{127}_{53}\text{I}$

$T_{1/2} = \text{N/A}$
Abundance = 100%

^{129}I

$T_{1/2} = 15.7$ million years!
Abundance = about 0.0000000001%

Products of uranium fission

4

**Sources of Iodine-129:
Human Nuclear Activities**

Nuclear Weapons Testing

Nuclear Fuel Reprocessing or Weapons Manufacture

Nuclear Accidents

5

Iodine-129 analysis allow us to:

- Estimate the **impact of nuclear activities** and **trace earth processes**

Done by Accelerator Mass Spectrometry (AMS) in the University of Tokyo, Japan

6

Corals

Massive corals (Porus spp.)

Produces growth bands year per year.

Record changes in marine conditions in **the past**.

Can help us understand possible changes in **the future**.

7

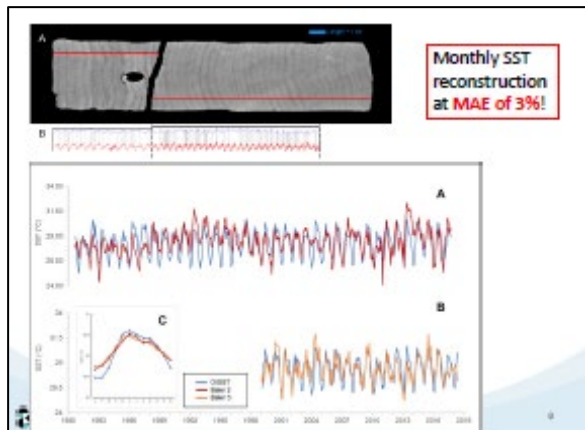
3D X-Ray Computed Tomography

X-ray of corals allow us to:

- Verify the **age of the corals**
- Reconstruct **Sea Surface Temperature**

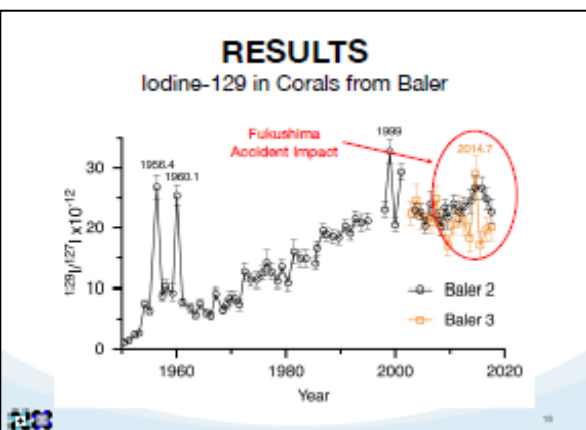
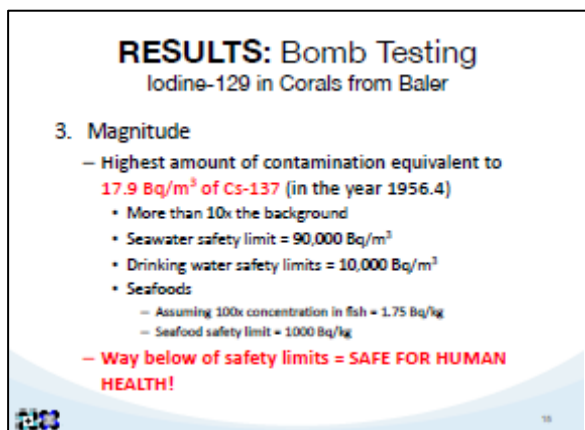
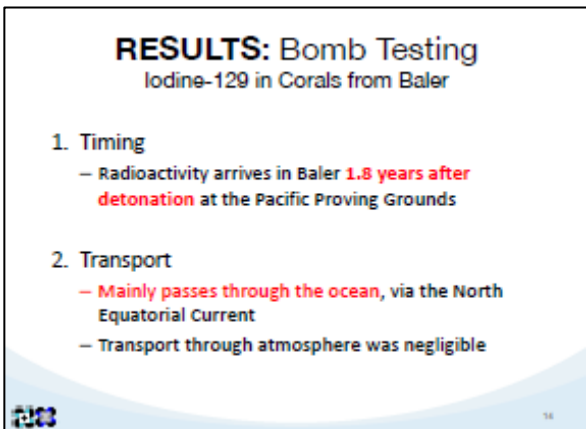
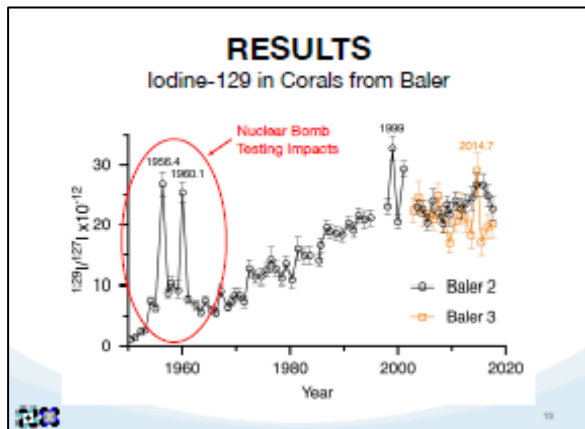
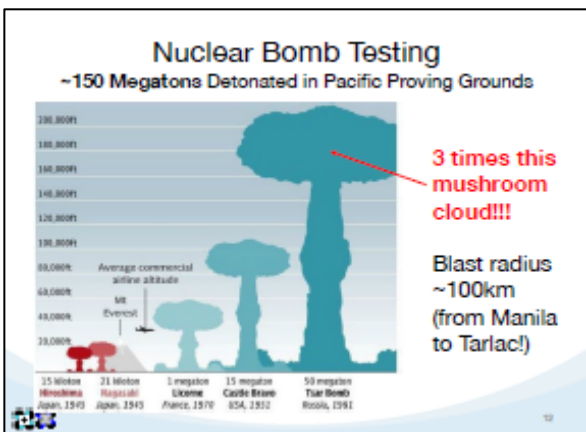
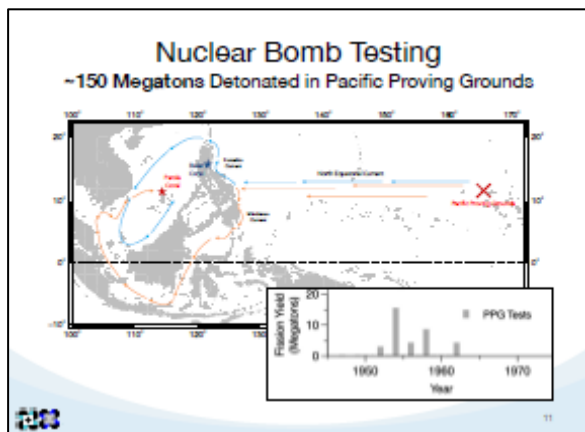
Equipment available in ADMATEL (DOST, Taguig)

8



Research Questions

1. How much is the impact of past nuclear activities to the Philippines?
2. How did radioactive contamination from past nuclear activities reach the Philippines?
3. Can we learn something about the environmental and earth processes involved in the transport of radioactivity in the environment?



RESULTS: Bomb Testing

Iodine-129 in Corals from Baler

1. Timing

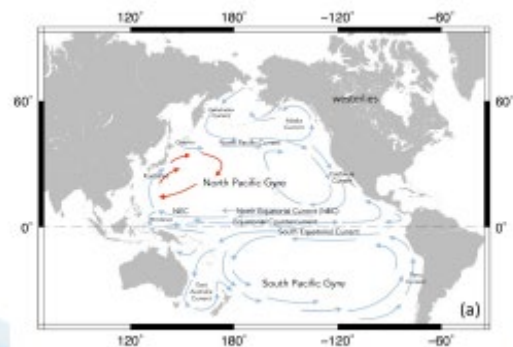
- Radioactivity arrives in Baler in 2014.7, **3.5 years after the Fukushima accident.**

2. Transport

- Mainly passes through the ocean, via the Kuroshio Recirculation Gyre and North Pacific Mode Waters**



17



18

RESULTS: Bomb Testing

Iodine-129 in Corals from Baler

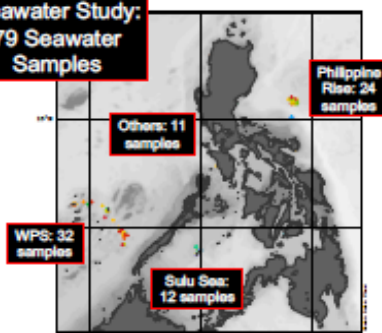
3. Magnitude

- Highest amount of contamination equivalent to **8.0 Bq/m³ of Cs-137** (in the year 2014.7)
 - About 5x the background
 - Seawater safety limit = 90,000 Bq/m³
 - Drinking water safety limits = 10,000 Bq/m³
- Way below of safety limits = SAFE FOR HUMAN HEALTH!**



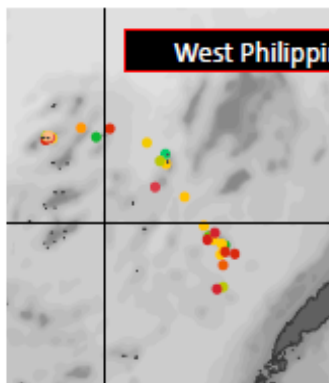
19

Seawater Study: 79 Seawater Samples



20

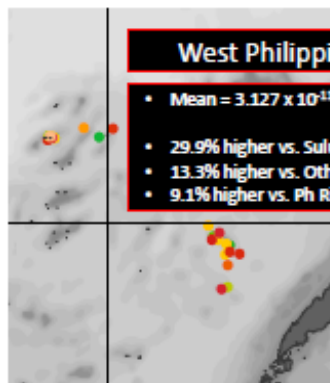
West Philippine Sea



21

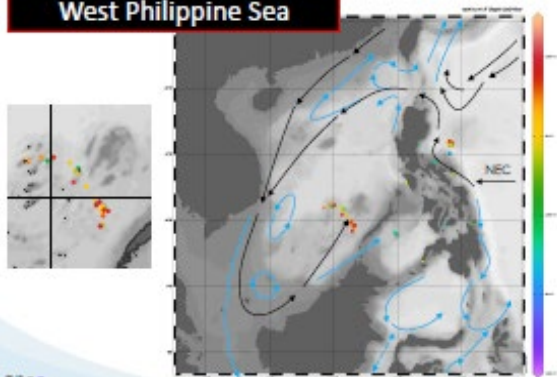
West Philippine Sea

- Mean = 3.127×10^{-11}
- 29.9% higher vs. Sulu Sea****
- 13.3% higher vs. Others*
- 9.1% higher vs. Ph Rise (p = 0.07)

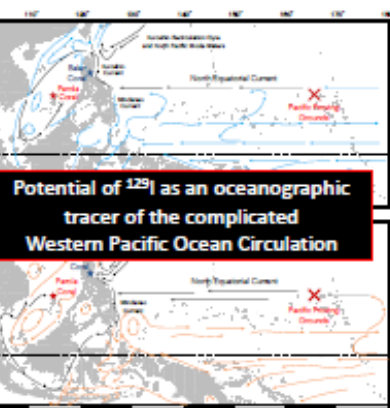


22

West Philippine Sea



23



24



4.4 放射線治療プロジェクト

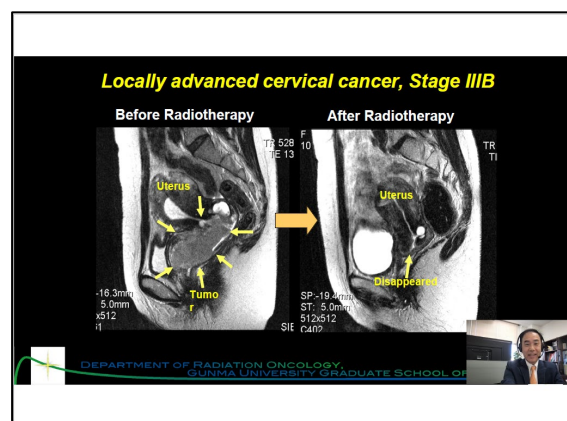
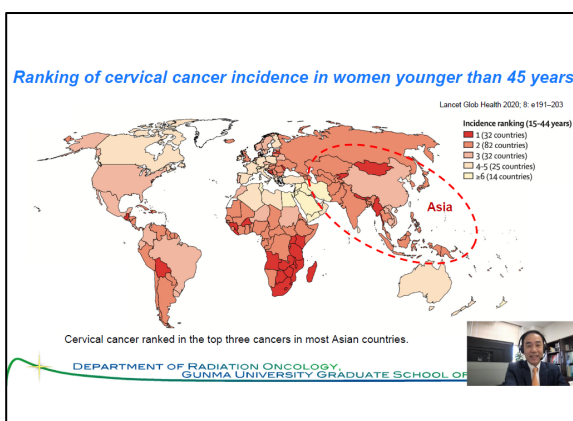
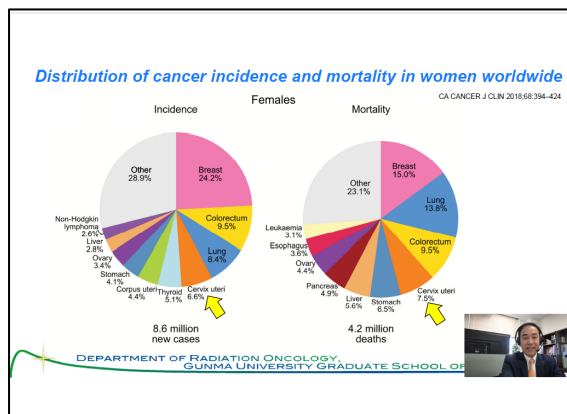
FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

**Radiation Oncology project:
Toward Standardization of Radiotherapy for Cervical Cancer**



Prof. Tatsuya OHNO
Chair, Department of Radiation Oncology, Gunma Univ.
Director, Gunma University Heavy Ion Medical Center

DEPARTMENT OF RADIATION ONCOLOGY,
GUNMA UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF MEDICAL SCIENCE



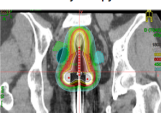
Standard radiotherapy technique for cervical cancer

External beam radiotherapy



Pelvic radiation is commonly performed. Uterine cervical tumor and regional lymph node area are included as a target volume.

Brachytherapy



Applicator is inserted within the uterus and vagina. Radiation source is placed inside it. The treatment gives a high dose of radiation to the cancer but very little to surrounding normal tissues. After radiation, the applicator is removed.

Radiotherapy machine



(JASTRO, やさしくわかる放射線治療学 2018)

DEPARTMENT OF RADIATION ONCOLOGY,
GUNMA UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF MEDICAL SCIENCE

FNCA Radiation Oncology Project
Japanese government-led cooperation framework

Purpose
To establish safe and effective treatments for predominant cancers in Asian countries.

Activities
Clinical trials for cervical cancer, nasopharyngeal cancer, and breast cancer

Participating 11 countries



DEPARTMENT OF RADIATION ONCOLOGY,
GUNMA UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF MEDICAL SCIENCE

Workshop **Technical visit**



Physical QA/QC **Open lecture**



DEPARTMENT OF RADIATION ONCOLOGY,
GUNMA UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF MEDICAL SCIENCE

FNCA clinical trials on cervical cancer

Milestones

- Cervix-I: Standardization of RT alone (1998-Completed)
- Cervix-II: Accelerated hyperfractionation RT (2000-Completed)
- Cervix-III: Concurrent chemoradiotherapy (2003-Completed)
- Cervix-IV: CCRT + Prophylactic PALN-RT (2008-Completed)
- Cervix-V: Image-guided brachytherapy (2017-On going)

DEPARTMENT OF RADIATION ONCOLOGY,
GUNMA UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF MEDICAL SCIENCE

Background

Strong evidence of concurrent chemoradiotherapy

National Cancer Institute in US announced in 1999 "strong consideration should be given to the incorporation of cisplatin-based chemotherapy with radiotherapy in women who require radiotherapy for the treatment of cervical cancer."

(Rose et al, JCO, 2003)

Concern about toxicities

In a meta-analysis on the toxicities in cisplatin-based chemoradiotherapy, the incidences of severe grade 3-4 leukopenia and gastrointestinal toxicities were reported to be twice as high.

(Kiran JM et al, Radiother Oncol, 2003)

DEPARTMENT OF RADIATION ONCOLOGY, GUNMA UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF MEDICAL SCIENCES



Randomized clinical trials of concurrent chemoradiotherapy (CCRT)

Study group	Patient number	Overall survival (%) CCRT vs RT	p-value
GOG 85	388	65 vs 51 (5y)	0.018
GOG 120	526	66 vs 50 (3y)	0.004
GOG 123	369	83 vs 74 (3y)	0.002
SWOG 8797	268	81 vs 71 (4y)	0.008
RTOG 9001	388	73 vs 52 (5y)	< 0.001
NCIC	253	62 vs 58 (5y)	0.53

Survival benefit in US trials

(Whitney et al, JCO, 1999; Rose et al, NEJM, 1999; Keys et al, 1999; Peters et al, JCO, 2000; Keys et al, NEJM, 1999; Pearcey et al, JCO 2002)

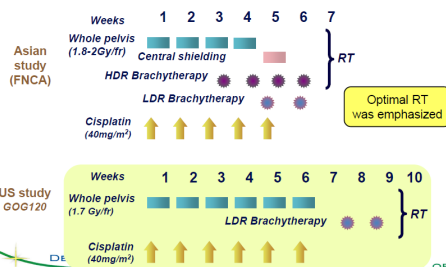


Are the results in US applicable to the FNCA member countries?

DEPARTMENT OF RADIATION ONCOLOGY, GUNMA UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF MEDICAL SCIENCES



Difference in radiotherapy schedule



Rationale for FNCA CERVIX-III trial

- Although clinical evidence of concurrent chemoradiotherapy was reported, radiotherapy schedule, patient backgrounds, and socioeconomic situation in Asia were different from the US.
- Little information was available regarding the safety and efficacy of concurrent chemoradiotherapy for cervical cancer among FNCA member countries.
- In 2003, we have launched a prospective phase II study on standardized radiotherapy concurrently with chemotherapy in 8 Asian countries. The aim of our study was to evaluate the efficacy and toxicities.



DEPARTMENT OF RADIATION ONCOLOGY, GUNMA UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF MEDICAL SCIENCES



Grade 3-4 toxicities in Cervix-III

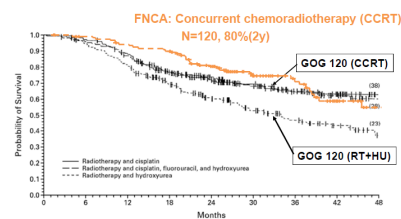
Toxicities	Grade 3	Grade 4
Leukopenia	25 (21%)	0 (0%)
Neutropenia	14 (12%)	2 (2%)
Anemia	1 (1%)	0 (0%)
Thrombocytopenia	0 (0%)	0 (0%)
Skin	0 (0%)	0 (0%)
Nausea/Vomiting	7 (6%)	0 (0%)
Fatigue	4 (3%)	0 (0%)
Weight loss	1 (1%)	0 (0%)
Rectum/Sigmoid (acute)	0 (0%)	0 (0%)
(late)	1 (1%)	2 (2%)
Bladder (acute)	0 (0%)	0 (0%)
(late)	0 (0%)	0 (0%)

Manageable

DEPARTMENT OF RADIATION ONCOLOGY, GUNMA UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF MEDICAL SCIENCES



Overall survival of Cervix-III



(Rose et al, NEJM, 1999)

DEPARTMENT OF RADIATION ONCOLOGY, GUNMA UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF MEDICAL SCIENCES



Publications of cervical cancer clinical trial from FNCA

FNCA Cervix-I trial (RT alone) Radiotherapy and Oncology 84:314-319, 2007 FNCA Cervix-II trial (AHF-RT) Int J Radiat Oncol Biol Phys 70:1522-1529, 2008 FNCA Cervix-III trial (CCRT) Int J Radiat Oncol Biol Phys 77:751-757, 2010	FNCA Cervix-III trial (CCRT) Int J Radiat Oncol Biol Phys 87:100-105, 2013 FNCA Cervix-IV trial (EF-CCRT) Int J Radiat Oncol Biol Phys 105:183-189, 2019
--	--

DEPARTMENT OF RADIATION ONCOLOGY, GUNMA UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF MEDICAL SCIENCES



Summary

- Cervical cancer remains a major public health problem among Asian countries. Radiotherapy is useful treatment modality for cervical cancer.
- Clinical trial of concurrent chemoradiotherapy for locally advanced cervical cancer demonstrated that our treatment regimen was effective and tolerable.
- FNCA protocol for locally advanced cervical cancer has been accepted and widely used in clinical practice among FNCA member countries.

DEPARTMENT OF RADIATION ONCOLOGY, GUNMA UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF MEDICAL SCIENCES



4.5 研究炉利用プロジェクト

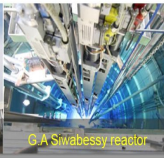
Utilization of GA Siwabessy Reactor for Radioisotope Research and Production

Rohadi Awaludin
Nuclear Technology Research Organization
National Research and Innovation Agency of Indonesia

INTRODUCTION

❖ There are 3 research reactors in Indonesia



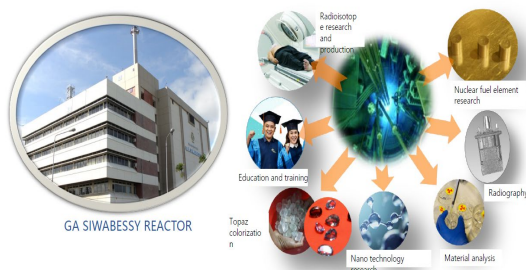


- Location : Bandung
- Starting operation : 1964
- Reactor power 2 MW
- Utilization : research and radioisotope production

- Location: Yogyakarta
- Starting operation: 1979
- Reactor power: 100 kW
- Utilization : research and training for reactor operators

- Location: Serpong, Tangerang
- Starting operation: 1987
- Reactor power 30 MW
- Utilization : research, radioisotope production and material testing.

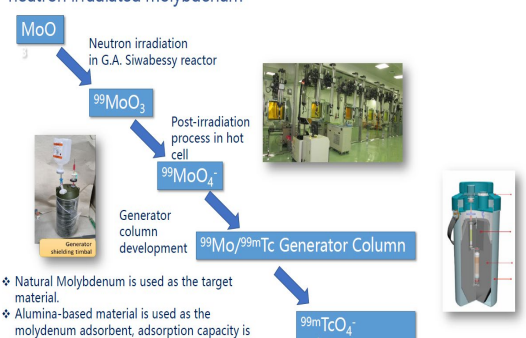
UTILIZATION OF GA SIWABESSY REACTOR



RADIOISOTOPE RESEARCH AND PRODUCTION USING GA SIWABESSY REACTOR

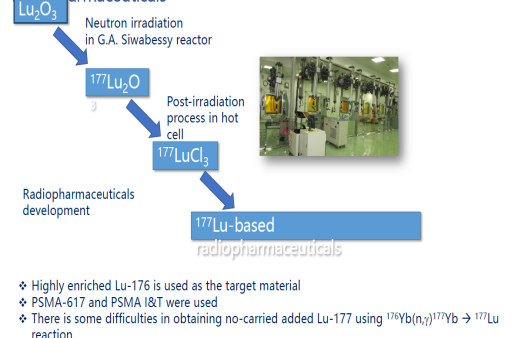
- ✓ Development of Mo-99/Tc-99m generator using neutron-irradiated molybdenum
- ✓ Development of Lu-177 based radiopharmaceuticals
- ✓ Production of Sm-153 EDTMP
- ✓ Production of I-131 MIBG for diagnosis and therapy of neuroblastoma

1. Development of Mo-99/Tc-99m generator using neutron irradiated molybdenum



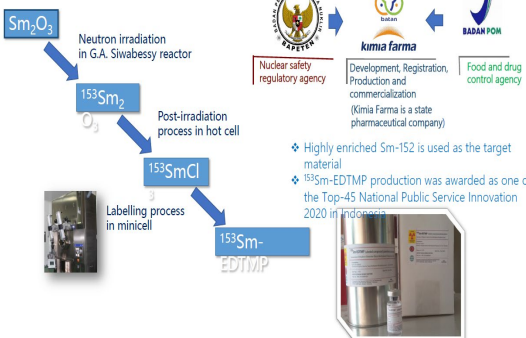
- ❖ Natural Molybdenum is used as the target material.
- ❖ Alumina-based material is used as the molybdenum adsorbent, adsorption capacity is about 90 mgMo/g.

2. Development of Lu-177-based radiopharmaceuticals



- ❖ Highly enriched Lu-176 is used as the target material
- ❖ PSMA-617 and PSMA I&T were used
- ❖ There is some difficulties in obtaining no-carried added Lu-177 using $^{176}\text{Yb}(n,\gamma)^{177}\text{Yb} \rightarrow ^{177}\text{Lu}$ reaction

3. Production of ^{153}Sm -EDTMP

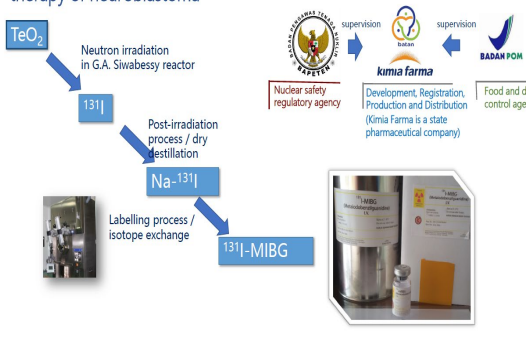






- ❖ Highly enriched Sm-152 is used as the target material
- ❖ ^{153}Sm -EDTMP production was awarded as one of the Top-45 National Public Service Innovation 2020 in Indonesia

4. Production of I-131-MIBG for diagnosis and therapy of neuroblastoma







CONCLUDING REMARKS



- ✓ GA Siwabessy reactor is operated for many utilizations including research and also production of radioisotopes
- ✓ GA Siwabessy reactor has been operated for 34 years. It will be refurbished in the near future. It is expected that utilization of the reactor will increase and will cover wide range of utilization.

Thank you
ありがとうございます



4.6 放射線安全・廃棄物管理プロジェクト

Outline of NORM Guidelines in Japan

Tatsuo SAITO
Japan Atomic Energy Agency
Decommissioning and Radioactive Waste
Management Head Office

Background of NORM Guidelines in Japan

Circumstances

- Some of the raw materials and general consumer goods that contain natural radioactive materials such as uranium and thorium are found to exceed the exemption level set by the International Atomic Energy Agency (IAEA).
- It is necessary to consider whether raw materials and general consumer goods whose radioactivity concentration or activity exceeds the exemption level need to be regulated in the same way as artificial radiation sources.

Basic Concept

"Exemption from regulation of natural radioactive substances",
2003 Radiation Council MEXT Japan

Guideline of Safety

"Guideline for Ensuring Safety of Raw Materials and Products Containing U or Th",
2009 MEXT Japan

Outline of

"Exemption from regulation of natural radioactive substances",
2003 Radiation Council
MEXT Japan

Categories and guideline for action
1/3: No industrial, Historical, and Ashes/Boiler scale

Category	Examples	Exclusion/ Practice/ intervention	Lows and regulations	Guideline for action	Guideline dose for action
1. Containing of minerals and ores without enrichment treating of concentration about NORM (Not in Cat.2-7)	Stones in private garden, academic/ educational/ museum sample ores, arising from construction/ repairing site	Exclusion (Out of dose regulation)	Not applicable	-	-
2. Historical Residue Wastes containing NORM	Residue wastes from titanium factory, illegal dumping wastes	Intervention (Need action for dose reduction)	Not applicable	Reference level	Future considerations (1-10 mSv/a)
3. Ashes and Boiler scale generated from industries	Coal ash (containing fly ash), boiler scale in gas/oil field, iron refining residue	Intervention	Not applicable	Reference level	Future considerations (1-10 mSv/a)

Categories and guideline for action
2/3: Industrial use of raw materials and products

Category	Examples	Exclusion/ Practice/ intervention	Lows and regulations	Guideline for action	Guideline dose for action
4. Remaining soil of mine in operation and residue after industrial use	Monazite, Bastnaesite, Zr, Ti, P, Sm, U, Th, Ti and other materials for general consumer goods	Practice (Under dose regulation by authority) / intervention	Applicable	Identify what may exceed a certain concentration Proper management of exposure to workers or public due to use of identified materials	1 mSv/a As the criteria of regulation or intervention
5. Industrial raw materials (Not in Cat.7)					
6. General consumer goods	Bath additives, health appliances, bedding, paint, mantle, catalysts for cars, refractories, abrasive, fertile	Practice	Case by case	BSS exclusion level With approval of goods type or specification	10 μSv/a 1 mSv/a

Categories and guideline for action
3/3: Nuclear fuel materials and Radon gas

Category	Examples	Exclusion/ Practice/ intervention	Lows and regulations	Guideline for action	Guideline dose for action
7. Nuclear fuel materials and radioactive sources of refined with intended use of radiation	Nuclear fuel materials (U, Th, Ra, etc.)	Practice	Applicable	BSS exclusion level	10 μSv/a
8. Radon	Radon from licensed radium sources Radon from Mine of Nuclear fuel materials (for workers) Public and general workers without mine or nuclear facilities	Practice Practice Intervention	Applicable Applicable Not applicable	BSS exclusion level - Reference level	- - Future considerations

Outline of

"Guideline for Ensuring Safety of Raw Materials and Products Containing U or Th",
2009 MEXT Japan

Guideline for Ensuring Safety of Raw Materials and Products Containing U or Th

Circumstances

- Raw materials (Monazite, titanium ore, phosphate ore, etc.) and products (Titan oxide, Phosphate fertilizer, refractory bricks), each containing U or Th, are prevailing and used in large amount.
- In addition, products manufactured based on natural ores containing radioactive substances (negative ion products, such as blankets, underwear, socks, bracelets, family-use mineral springs maker, etc.) are used by many people as general consumer goods.
- As a result, public (without working in nuclear facility) are exposed to radiation from sources other than natural radiation in their daily lives. (Substances containing high concentrations of uranium or thorium are regulated as fertile material.)

Needs

- Measures are needed to reduce health risks due to unnecessary radiation exposure when handling natural ores, etc.

Guideline

- For the purpose of "reducing unnecessary exposure of workers at manufacturing sites" and "reducing unnecessary exposure of users by consumer goods",
- "Guideline for Ensuring Safety of Raw Materials and Products Containing U or Th" was published in 2009 by MEXT.

4.7 核セキュリティ・保障措置プロジェクト

FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

International Trends and Framework for Nuclear Security

NAOI Yosuke
FNCA Nuclear Security and Safeguards Project(NSSP)Leader,
Director of ISCN/JAEA

FNCA Online Open Seminar
February 2022

FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

Contents

1. History & Trends of Nuclear Security
2. International Framework for NS
3. Summary

1

FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

1. History & Trends of Nuclear Security(1)

International Framework & Initiative

Timeline events:

- 1950s~1960s: Preventing diversion to nuclear weapons
- 1975: INFCIRC/225
- 1977: INFCIRC/225/Rev.1
- 1987/2: CPPNM into force
- 1989: INFCIRC/225/Rev.2
- 1993: INFCIRC/225/Rev.3
- 1999: INFCIRC/225/Rev.4
- 1970s~1980s: Frequent terrorist attacks
- 1990s: Collapse of the Soviet Union

International Trends

2

FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

1. History & Trends of Nuclear Security(2)

International Framework & Initiative

Timeline events:

- 2000s: 9.11 Terrorist attack in the US
- 2004: Adoption of UNSCR1540
- 2005: CPPNM-Adopted
- 2006: GICNT started
- 2007: ICSANT into effect
- 2010: #1 Nuclear Security Summit
- 2011: INFCIRC/225/Rev.5
- 2012: #2 Nuclear Security Summit
- 2014: #3 Nuclear Security Summit
- 2016: #4 Nuclear Security Summit
- 2016: CPPNM-A into effect
- 2019~: COVID19 Pandemic

International Trends

3

FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

Nuclear Security Summit from 2010 to 2016

The Nuclear Security Summit was a gathering of world's leaders to discuss the strengthening of nuclear security, and has achieved great accomplishments in strengthening nuclear security through the four summits.

Seoul, ROK 2012 Haag, Netherland 2014 Washington DC, US 2016

4

FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

2. International Framework for Nuclear Security

(1) International Convention and Treaties, UNSCR

CPPNM : Convention on the Physical Protection of Nuclear Material, into force in 1987

International Convention for the Suppression of Terrorist Bombings : into force in 2001

ICSANT :International Convention for the Suppression of Acts of Nuclear Terrorism, into force in 2007

A-CPPNM : Amended - Convention on the Physical Protection of Nuclear Material (into force in 2016)

UNSCR (United Nations Security Council Resolution)

- 1373 (2001):Threats to international peace and security of acts of terrorism
- 1540 (2004): Non-proliferation of weapons of mass destruction

5

FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

2. International Framework for Nuclear Security

(2) Various international initiatives

Nuclear Security Summit(2010, 2012, 2014, 2016)
⇒ NSCG (Nuclear Security Contact Group) at IAEA GC)

PSI (Proliferation Security Initiative) since 2003

GP (Global Partnership against the spread of weapons and materials of mass destruction) since 2002

GICNT (Global Initiative to Combat Nuclear Terrorism) since 2006

WINS (World Institute for Nuclear Security) since 2008

Nuclear Security Index of NTI (Nuclear Threat Initiative) ,issued every two years since 2012

6

FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

International Framework for Nuclear Security

(3) IAEA Code of conduct, recommendations, guidelines

IAEA Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources (2004)

IAEA Nuclear Security Series

- Recommendations on the Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities (INFCIRC/225/Rev.5)
- Recommendations on Security of Other Radioactive Materials and Associated Facilities
- Recommendations on the Security of Radioactive Materials out of Regulator Control

Security Fundamentals:
Essential Elements

Recommendations:
Application of Fundamentals: what

Implementing Guides:
Application of Recommendations: how

Technical guidance, reference manuals, training material

7

FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

International Cooperation on Nuclear Security

The responsibility for establishing, implementing and maintaining a national nuclear security regime rests on entirely the state. However, the effectiveness of national nuclear security regime also depends on the effectiveness of that in other states.

- ❑ International transportation of nuclear material
- ❑ Cross-border threats: smuggling, piracy, criminal organizations, international terrorist organizations, etc.
- ❑ Diffusion of radioactive material crosses national borders

↓

International cooperation is essential

8

FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

A State's Nuclear Security Regime

Categories:

- National Nuclear Security Strategy
- Threat Assessment
- Regulatory Authority (nuclear, RI, transport)
- License Holders (subject to the regulation)
- Nuclear security incident response (Site)
- MORC (security of materials out of regulatory control): first responder, crime scene management, technical support
- Nuclear security culture
- Capacity Building (training)
- International Cooperation

9

FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

Summary (1)

- ❑ Due to the collapse of the Soviet Union, the terrorist attacks on the United States, the act of nuclear terrorism has become a reality.
- ❑ International efforts to combat nuclear terrorism have been promoted, including by promoting the commitment of each country at the Nuclear Security Summit.
- ❑ Peaceful uses of nuclear technologies tend to expand while nuclear proliferation and terrorism are becoming more serious, and ensuring nuclear security is a high-priority of international issues.

10

FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

Summary (2)

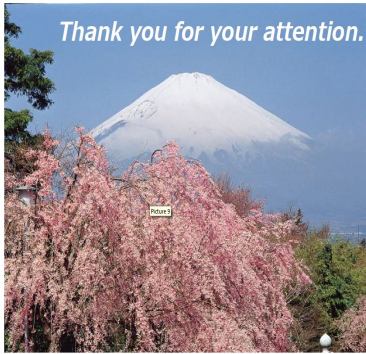
- ❑ The nuclear security regime is formed by multi-layered and complex efforts with international commitments, principles and standards, multilateral initiatives, and the corresponding domestic nuclear security regime and nuclear security culture.
- ❑ FNCA's Nuclear Security and Safeguards Project (NSSP) is working for strengthening nuclear nonproliferation and nuclear security.



11

FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

Thank you for your attention.



12

令和3年度「放射線利用技術等国際交流（専門家交流）」委託業務成果報告書

令和4年3月 発行

公益財団法人 原子力安全研究協会

〒105-0004 東京都港区新橋5-18-7

電話：03-5470-1983
