

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

令和3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2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 2 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、原子力に対する理解の促進を図っている。また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、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、原子力技術の平和的で安全な利用を進め、社会・経済発展の促進へ向け、12 カ国(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)が参加する原子力協力の枠組みである、アジア原子力協力フォーラム(FNCA: Forum for Nuclear Cooperation in Asia)の下、プロジェクト別の国際会合等を開催することによって情報交換及び情報収集を行うとともに、会合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2年度におけるFNCA 活動一覧.....	13
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.....	14
2.1.2 放射線加工・高分子改質プロジェクト.....	23
2.1.3 気候変動科学プロジェクト.....	42
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.....	45
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.....	49
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.....	55
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.....	62
第3章「情報の普及」	
3.1 ニュースレターの発行.....	69
3.2 ウェブサイトの運営.....	70
添付資料	
1. FNCA 現行7プロジェクト活動経緯.....	74
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.....	75
2.2 放射線加工・高分子改質(RPPM)プロジェクト国際会合.....	83

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	97
2.5 研究炉利用(RRU)プロジェクト国際会合	109
2.6 放射線安全・廃棄物管理(RS&RWM)プロジェクト国際会合	120
2.7 核セキュリティ・保障措置(NSS)プロジェクト国際会合	127
3. ニュースレター送付先一覧.....	135
4. オープンセミナー発表資料.....	150

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。

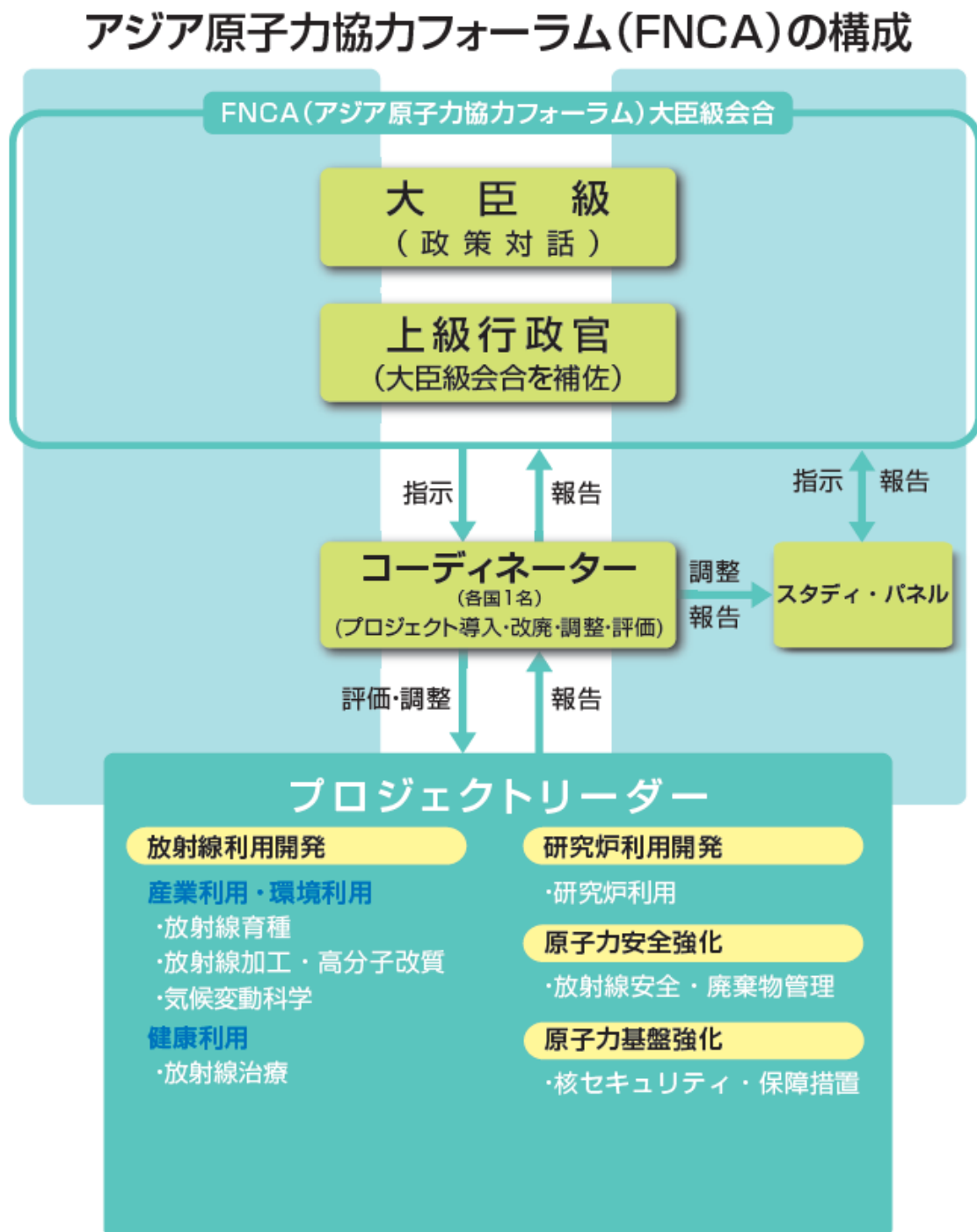
原子力各分野でのプロジェクト活動として、文部科学省の主導の下、放射線利用開発、研究炉利用開発、原子力安全強化、原子力基盤強化の計 4 分野 7 プロジェクトが、以下のとおり推進されている。

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)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に対象を拡大し、「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。

(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シター活性を有する 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:Eslon)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唐辛子等への 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。PGP の実用化を完了している国は 9 カ国中 6 カ国で、SWA では 3 カ国である。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、技術移転を目指している。新しい応用例としては、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が挙げられる。

(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、Itrax 蛍光エックス線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態の記録を示す。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計 (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 2 年度 (2020 年度) は新型コロナウイルス感染症 (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、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。また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。

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 2 年度(2020 年度)時点では、目標症例数 100 症例中、60 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、令和 2 年度(2020 年度)ワークショップ時点で HF-BCT が 227 人、HF-PMRT が 222 人と、両方とも目標数を達成している。これまでの治療成績結果は良好であるが、今後 HF-PMRT 及び HF-BCT それぞれ 4 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、今後、子宮頸がんの新プロトコール 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。

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、欧米人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つつある。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、中性子放射化分析(NAA)¹は、中性子放射化分析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(放射化分析、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(NAA)
- 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(BNCT)、中性子ラジオグラフィ(NR)
- f. 材料研究
- g. 新しい研究炉
- h. 人材育成 など

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「BNCT、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。

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ほか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。

第2フェーズは令和2年度(2020年度)より開始し、1回目のワークショップにおいては再び「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。

ii) 中性子放射化分析

我が国では、研究炉を利用した中性子放射化分析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中性子放射化分析の有効性を実証し、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、中性子放射化分析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ていた。

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)以外の中性子放射化分析利用手法、 k_0 標準化法以外のソフト・プログラム、蛍光エックス線分析(XRF)等の異なる技術の相互比較を行った。その結果、中性子放射化分析は、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、より充実したデータを蓄積し、中性子放射化分析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中性子放射化分析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中性子放射化分析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。

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った。 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。

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)から開始した第 6 フェーズでは、環境モニタリングに焦点を当て、中性子放射化分析を含めた複数の測定技術を適用する。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 2 年度(2020 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 及び使用済み線源管理、原子力防災」に関する統合化報告書の中間報告の

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)等による能力構築(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)から開始した第 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

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、能力構築(人材育成等)のための連携協力の一層の促進や地域のほか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

COVID-19 の影響によりプロジェクト活動の正常な実施が困難だったことを受け、令和 2 年度(2020 年度)に行われる予定であったプロジェクト評価は延期されることとなった。

1.4 令和 2 年度における FNCA 活動一覧

令和 2 年度(2020 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 21 回大臣級会合		令和 2 年 12 月 10 日	オンライン
第 21 回上級行政官会合		令和 2 年 8 月 6 日	オンライン
2021 スタディ・パネル		令和 3 年 3 月 3 日～4 日	オンライン
第 21 回コーディネーター会合		延 期*	
放射線 利用開発	放射線育種ワークショップ	令和 2 年 11 月 11 日～25 日	オンライン
	放射線加工・高分子改質 ワークショップ	令和 2 年 10 月 26 日～27 日	オンライン
	気候変動科学ワークショップ	令和 2 年 11 月 5 日～6 日	オンライン
	放射線治療ワークショップ	令和 2 年 11 月 27 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 2 年 12 月 17 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 2 年 12 月 14 日～15 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 3 年 2 月 19 日	オンライン

*COVID-19 感染拡大のため開催を延期。Ad-hoc 会合を 7 月末に文書開催

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2年11月11日(水)～11月25日(水)

ii) 場 所:オンライン

iii) 主 催:文部科学省(MEXT)

iv) 参加者:バングラデシュ、中国、韓国、マレーシア、タイ、ベトナムより各1名、モンゴル、フィリピンより各2名、インドネシアより5名、日本より11名、合計26名(添付資料2.1.2(p77)参照)

v) 日 程:添付資料2.1.3(p81)参照

本ワークショップは、2020年11月11日～11月25日に開催され、11月11日にオンライン会合、11月11日～11月25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、文部科学省の鈴木哲氏及び日本コーディネーターの和田智明氏より歓迎挨拶があった。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現状及びワークショップの開催概要が紹介された。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。

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が録画収録され、FNCA ウェブサイトの2020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(p150)のとおりである。

2) 各国発表概要

i) 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

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2020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)

①プロジェクト進捗報告

農家に周知を図るために、バングラデシュの様々な地域で炭素イオンビームによって開発された3つのイネ変異品種(BINA Dhan-14、BINA Dhan-18、BINA Dhan-19)の展示圃が進行中である。農家はこれに関心を示しており、農家の圃場でこれらの変異品種を栽培し始めている。B11、BRRI47及びイネ在来種 Lombur について、炭素イオンビーム及びガンマ線によって誘発された集団から15の有望系統が選抜されている。そのうち2つは地域適応性試験のために送付された。これらのほとんどは、高収量、早・晩性、耐倒伏性、天水条件下での栽培適性、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。

②養分利用効率に関する取り組み

BINA Dhan-19 に窒素-15 (^{15}N) を利用し、天水条件下における ^{15}N の必要量を決定するための試験が実施されている。イネの突然変異品種 BINA Dhan-14 については、栽培に必要な窒素量を低減するためにアゾラ・アナベナを利用している。2020 年には、新品種となる予定の新規変異系統に対して ^{15}N の試験が行われた。

③今後の国内活動

1. 地域適応性試験に向けて、高収量、耐倒伏性及びその他の望ましい形質改善に関する 2 つの有望系統の評価が予定されている。
2. 天水条件下での栽培特性、耐倒伏性、高収量、光周期非感受性、早生及び低い生産コストといった、より優れたグリーン形質を持つ、少なくとも 1 つの突然変異品種を登録局に提出し公開する予定である。
3. 新規の有望系統のグリーン形質に関する分子特性解析試験を実施する。
4. イネ栽培において、窒素肥料(尿素)低減量を決定するため、新規の有望系統におけるアゾラ・アナベナを用いた試験が必要である。
5. M_2 集団から、より養分吸収に優れ、高収量となる新規の突然変異品種を開発する。

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、(i) 新品種となる潜在力を有する新たなイネ変異体の開発、(ii) 変異した形質の基となる変異遺伝子の同定、(iii) 変異体スクリーニングのためのプロトコルの確立及び(iv) 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、その他の分子・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)とともに展開されてきた。

突然変異育種における変異誘発のために、化学的(エチルメタンスルホン酸等(EMS))・物理的(ガンマ線、イオンビーム)突然変異原の両方が利用された。ターゲット形質に応じて、表現型選抜あるいは分子スクリーニング技術が適用されている。変異遺伝子のクローニングを目的として、次世代シーケンシング(NGS)とバイオインフォマティクス解析を介し、候補遺伝子の迅速な特定のために Mutation Mapping (MutMap) 技術が展開され、原因遺伝子の迅速な検証のためにゲノム編集が展開された。

1 年間の主要な成果には以下が含まれる

- ① 雑草化したイネを枯らす除草剤への耐性強化のため、市販のイネ品種から変異系統が開発され、現在 1 系統が 100ha を超える面積で栽培されている。その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 は、いくつかの省において各地域で最大数 ha の面積で栽培されており、優良なコメ品質、優れた収量(最大 13t/ha)及び(同種の他のハイブリッドイネと比較した)低窒素投入への適応性といった点でさらなる展開が有望視されている。
- ② イオンビームによって誘発されるゲノム変異の NGS を用いた解析:アルゴン、ネオン及び炭素イオンビームによって突然変異したインディカ 2 種、ジャポニカ 2 種のイネに関するゲノム変異の特性を調べ、構造変異の特性を詳細に研究した。
- ③ イネにおける生長とストレス応答に関わる遺伝子の機能解析:ゲノム編集及びその他の分子的

アプローチの利用により、5 つの新しいイネ遺伝子に関する機能及び作用メカニズムの研究を行った。

c) インドネシア(インドネシア原子力庁 アーウィン氏)

インドネシアにおいてダイズは、豆腐、*tempe*(発酵ダイズ)、*kecap*(醤油)をすることにより、植物性タンパク源として重要な植物の 1 つである。穀物ダイズの国内需要はおよそ 250 万 t/年であるが、国内生産はわずか 90 万 t/年である。インドネシア政府は、国内需要を満たすために 160 万 t/年ものダイズを輸入している。ダイズ生産増大に向けた取り組みにおける障害の 1 つは不規則な気候変動である。インドネシアには乾季と雨季の 2 つの季節があり、乾季におけるダイズ栽培の課題は干ばつであり、雨季における課題は頻発する洪水である。不確かな気候変動を見越して、それらの条件に適応可能な、耐旱性、早生等に優れた品種を用意しなければならない。

国内のダイズ生産増大に向けた政府の取り組みを支援するため、インドネシア原子力庁(BATAN)は突然変異育種プログラムを通じて優れたダイズ品種を開発するための研究トピックを実施している。研究トピックは、(a) 非生物学的ストレス(干ばつ、酸性土)耐性のためのダイズ品種改良、(b) 極早生(70 日未満)のためのダイズ品種改良、(c) 大粒化のための黒ダイズ品種改良及び(d) 耐陰性のためのダイズ品種改良である。

耐旱性ダイズ品種の開発に向けて、2010 年に Panderman に対し 300Gy でガンマ線照射を行い、選抜と固定の後、8 つの選抜固定変異系統が得られた。これらの系統は品種公開の要件として、地域適応性試験、病害虫試験及び耐旱性評価試験等の様々な試験を受けた。これらの評価結果に基づき、2 つの有望系統が Kemuning 1 及び Kemuning 2 の名称で 2019 年に新品種として公開された。Kemuning 1 及び Kemuning 2 はともに多収性、耐旱性、様々な主要な病害虫への耐性を有している。

極早生ダイズ品種の開発に向けて、2012 年に Burangrang に対し 300Gy でガンマ線照射を行い、選抜と固定の後、5 つの選抜固定変異系統が得られた。これらの系統は、地域適応性試験や病害虫試験等の様々な試験を受けた。これらの評価結果に基づき、2 つの有望系統が Sugentan 1 及び Sugentan 2 の名称で 2020 年に新たな極早生突然変異品種として公開されることが確認された。

耐陰性のためのダイズ品種育種及び大粒化に向けた黒ダイズの育種が進行中であり、近い将来結果が得られることが期待されている。2 つの耐旱性品種及び 2 つの極早生品種の公開によりシアのダイズ生産増大にむけた政府の取り組みを支援することが可能となる。

d) 日本(量子科学技術研究開発機構 長谷純宏氏)

突然変異誘発のメカニズムを理解し、その効率を強化するために、シロイヌナズナにおける放射線誘発による突然変異の特徴付けに取り組んでいる。二重鎖切断(DSB)は最も重篤な DNA 損傷であり、非相同末端結合(NHEJ)は高等植物における DSB の主要な修復経路である。しかしながら、電離放射線によって生じる突然変異に NHEJ がどのように影響するかは依然として不確かである。このような背景において、我々は、NHEJ 経路の主要コンポーネント欠損シロイヌナズナ突然変異体においてガンマ線に誘発される突然変異の特徴付けを行った。

AtKu70(At1g16970)及び *AtLigIV*(At5g57160)のホモ接合変異体種子をコバルト-60(⁶⁰Co)ガンマ線で照射し、生存率を決定した。100Gy で照射した M₁ 種子由来の、ランダムに選択した

M₂ 苗からゲノム DNA を単離した。イルミナ・ショートリードプラットフォームで、全ゲノムシーケンシングを行った。ほかの文献に記述したように (Du et al., J. Radiat. Res. 61, 639-647, 2020)、生シーケンス・リードを加工し、参照ゲノムにマッピングし、変異を検出して確認した。

NHEJ 欠損変異体はガンマ線に対して感受性が非常に高く、野生型と比較して約 10 倍高い。全ゲノムシーケンシングにより、NHEJ 欠損バックグラウンドにおいては、単位線量当たり、Del $\geq$ 2 bp 及び複合型変異を高い割合で有する 2 倍を超える突然変異が誘発されたことが明らかとなった。これらの突然変異体においては、欠失サイズはより長くなり、より複雑な変異が観察され、切断された DNA 末端を NHEJ 経路が広範囲の切除から守っていることを示していた。さらに、欠失の再結合部で観察されたマイクロホモロジーは、野生型で観察されたそれよりも長く、再結合のためにより長いマイクロホモロジーを必要とするバックアップ経路の関与を示唆していた。これらの結果は、NHEJ は植物でのエラーの起こりやすい DNA 修復経路として認識されているが、電離放射線の有害影響を最小限に抑えるための重要な経路であることを示唆している。

e) 韓国(国立公州大学 カン・シーヨン氏)

近年、韓国では種子及び遺伝資源の重要性が強調されてきており、多くの機関、企業及び個人育種家は突然変異育種に対しても関心を寄せている。韓国では 180 を超える新たな突然変異品種が開発され正式登録されており、その数は急速に増加し、主に民間企業及び育種家によって、特に花及び穀物について商業化されている。

韓国原子力研究所(KAERI)先端放射線技術研究所に、放射線育種研究センター(RBRC)が建設された。RBRC は、地球気候変動と環境破壊による生物多様性の喪失、食物とバイオエネルギーに対し高まる世界需要、そして新しい植物品種の保護強化に対処するため、バイオテクノロジーと突然変異技術を併用することにより、先端放射線育種技術と新たな遺伝資源の開発に取り組んでいる。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。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、15 の主要な種子繁殖及び栄養繁殖植物に対する突然変異育種並びに有用な新しい遺伝資源開発のために、KOMAC の 100 MeV 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。デジョン広域市の基礎科学研究所に、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)

国家農業政策(DPN3)(1998 年～2010 年)及び国家農業食品政策(NAP)(2011 年～2020 年)は、マレーシアの食品の質の転換と向上における政府の努力を示す証拠である。国家農業食品政策(2011 年～2020 年)は、イネを含む食品生産部門の改善に特段の焦点を当てて策定された。マレーシアでは消費者の需要を満たすために依然として輸入米に依存しているものの、コメ産業は主食作物としての戦略的重要性に基づき、常に国家的優先課題となっている。それでもなお、マレーシアのコメ産業では、地球気候変動、新品種不足、不十分な認定種子、イネ籾枯細菌病、イネいもち病といった主要な病害の発現、渇水期、鉄砲水、作付面積の縮

小、高い生産コストによる農家の関心喪失、その他の多くの問題が障害となっている。したがって、NAPにおいては、将来の国家需要を確保するために国産米の生産を増大すべきであると強調されていた。

FNCA プロジェクトは、国の政策を支援するイニシアティブの1つである。マレーシア原子力庁は2019年に、認定取得種子会社であるHMN(M)社及びBayer(MALAYSIA)社との覚書に署名し、突然変異育種の分野において一歩前進した。この合意により、HMN(M)社はマレーシア原子力庁と協働し、認定種子の生産、イネ変異体の増殖と商業化を行う。一方Bayer(MALAYSIA)社は、植物生長促進剤による突然変異種子のコーティングを担当する。この協力関係がNMR151(PBR0159)及びNMR152(PBR0156)の突然変異種子に付加価値を与え、市場のほかの品種と比較してより競争力の高い種子となっている。さらに、2017年～2020年まで、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)が実施された。セランゴール州セキンチャンで得られたデータでは、穀倉地帯において、NMR152が同じ栽培区域内のほかの品種(6t/ha)と比較し、一貫して7t/ha～10t/haを生産したことが明らかとなった。

また圃場試験では、主に肥料及び農薬施用の低減により生産コストが10%削減されたことが示された。同時に、収量は栽培区域によって40%～67%増大する可能性がある。さらに、2020年2月にマレーシア農業省より2つの突然変異系統の新規植物品種登録証明及び育成者権が付与された。登録番号は、PBR0156(NMR152)及びPBR0159(NMR151)である。FNCAプロジェクトから得られた変異系統は、進行中の地球気候変動条件に適応可能であり、収量と農家の収入増大に加え、農家の社会経済的ステータスに大きな影響を与えた。さらに2020年には、マレーシア半島における2万5,833 haの栽培面積に供するため、企業との覚書を通じて約4,200mtの種子が生産された。

一方、マレーシアにおける3つの近代的なイネ遺伝子型、すなわちMR84、MR219及びMR284における、イオンビーム照射に対する放射線感受性の品種間差について研究が行われた。健全な乾燥種子に対し、様々な線量のイオンビーム、すなわち10Gy間隔で10Gy～100Gyが照射された。この研究結果により、MR84、MR219及びMR284の半数致死量(LD50)は、それぞれ70.9331Gy、69.3927Gy及び52.78Gyであることが示された。MR84、MR219及びMR284の肩の線量は40Gy～60Gyの範囲であった。またこの研究により、検討した全ての形質について遺伝子型間で非常に有意な差を見出し($p<0.05$)、3つの遺伝子型カテゴリーの区別を可能にした。放射線処理の差は、発芽率、芽及び根の長さ、クロロフィル含量(a、b)、草丈及び穂の稔性について、非常に有意であった($p<0.05$)。さらに、全ての遺伝子型と線量の平均値を比較するために、ダンカン多重範囲検定(DMRT)が行われた。MR84とMR219では、根長に関しては有意な差は記録されなかった。イオンビーム照射線量が増大すると、芽の長さやクロロフィルaの含量は有意に低下した。試験した全ての形質について、遺伝子型と線量との相互作用は有意な差を示し、特性のパフォーマンスにおけるそれぞれ異なる放射線レベルの効果を示していた。概して、遺伝子型はイオンビーム照射に対して様々な反応を示した。

NMR152は2020年8月10日に、技術委員会(Jawatan Kuasa Teknikal Bantuan Kerajaan Kepada Industri Padi dan Beras BIL.2/2020(BKKIPB))による技術的審議を経て、農業・食品産業省により国

の新規イネ品種として認定される。本 FNCA プロジェクトは基本的に、新しいイネ品種の作出により国家課題及び政策に取り組んでおり、これにより農家の福利と生活を豊かにしている。

g) モンゴル(植物農業科学研究所 バヤルスク・ノーヴ氏)

モンゴルでは劇的な気候変動が起こっている。過去 70 年で大気の絶対温度が 2.1°C 上昇し、降水量は減少した。2020 年までに平均気温は 2.2°C~3.0°C 上昇しており、25 年後には温度上昇は 2 倍になり、蒸発量は 7 倍~10 倍に増大するとされている。これらの気候変動により、既存の植物品種の生産力は低下し、栽培地帯の境界は北に移動し、病虫害の分布と頻度は増大し、土壌の浸食と劣化は増大している。

コムギはモンゴルの主要作物であり、モンゴルの農地の約 80%で栽培されている。モンゴルにおいて、潜在力の高いコムギ品種の育種は、常に育種プログラムにおける主要テーマであった。50 年にわたる研究において、春コムギ 72 品種、デュラムコムギ 9 品種、エンバク 4 品種、キビ 2 品種を含む 90 以上の作物品種が開発された。このうち、春コムギの新品種である Orkhon、Khalkh Gol-1、Darkhan-34、Darkhan-74、Darkhan-144、Darkhan-131、オオムギ品種 Alag-Erdene、Burkhant-1 並びにキビ品種 Burgaltai は正式に認定され、商業化されている。モンゴルにおいて、オオムギはコムギに次いで 2 番目に栽培されている品種である。主に、動物飼料、ビール醸造及び食用として使用される。ダイズはモンゴルの農家にとって比較的新しい作物であり、輪作システムで非常に急速に拡大した。しかし、以前は国内において育種が行われていなかったため、モンゴルで栽培されている全てのダイズ品種は外国原産である。従ってモンゴルの条件に適応する短期栽培品種を開発する必要がある。

モンゴルにおける突然変異育種の利用は、1970 年代から植物農業科学研究所において行われている。突然変異育種では、主に新規のコムギ変異品種の開発、また多様性の強化のための育種を目的としたオオムギ、ナタネ及びイネ変異体に焦点を当てている。

モンゴルでは、突然変異育種により形質改良を目的としてコムギ変異系統の数を大量に増やし、多数の新規変異品種を開発した。Darkhan-172、Darkhan-173 は登録のために国の品種試験に送られており、Darkhan-141 は有望な新品種として正式に登録された。

我々は、2012 年よりオオムギ品種の突然変異育種に成功裡に参入している。食用ハダカムギ Alag-Erdene 及び麦芽用オオムギ Burkhant-1 の 2 品種が選抜され、87 の変異系統が M₅においてスクリーニング中である。

プロジェクトの目的

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利用により、主要作物の生産性と耐旱性向上を目指す。

以下の課題が確認されている。

- ・ 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。
- ・ 高収量、耐旱性、耐病性のコムギ及びオオムギ品種の開発。

プロジェクトの進捗状況報告

2020 年の活動目標

- ・ 2~3 種類の異なる線量でイオンビーム照射されたコムギの M₁ 世代の育成。
- ・ 有望形質に関するハイブリッド化のための変異後代を使用した、圃場条件下における M₂ 世代の評価とスクリーニング。

- ・ 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。

プロジェクトの進捗状況

計 2,834 の $M_1 \sim M_4$ のコムギ変異体をそれぞれの育種試験区に植え、生育期間において圃場観察及びデータ収集を行っている。

圃場における生長観察、発芽スクリーニング、生存能力試験が進行中である。成熟度、穂の形状、生産性、耐病性及び耐倒伏性について有望なグリーン形質を持つ突然変異体が選抜された。

収量試験では、早生品種 Darkhan-225、中生品種 Darkhan-229、Darkhan-234 及び中晩生品種 Darkhan-222 の計 4 つの新規変異品種が 3 反復で試験され、グリーン形質、品質及び病害虫耐性について評価された。

4 年間の研究において、変異体 Darkhan-222 改良系統は 88～92 日で成熟し、1.21t/ha～2.22t/ha の穀粒収量を得た。Darkhan-222 変異系統の千粒重は 36.6g に達し、タンパク含量は 12.7%、グルテン含量は 32.4%であった。Darkhan-222 は 2020 年末に D Tate 品種試験に送られる。

生産性と耐倒伏性改良を目的として、オオムギ変異後代に対し、2020 年に 5 つの異なる線量のガンマ線を照射した。計 145 の $M_2 \sim M_5$ のオオムギ変異系統後代がそれぞれの育種試験区で栽培された。生育期間中に圃場における生長観察、発芽のスクリーニング、生存能力試験を行っている。成熟度、脱粒性、穂の形状、種子の色、生産性、耐病性及び耐倒伏性について、望ましいグリーン形質を持つ改良オオムギ変異体が選抜された。食用のオオムギ変異体は、親品種である Alagerdene 品種に比べ、0.6t/ha～1.2t/ha 多い収量を上げた。MB-40 変異系統は親品種よりも 2 日早く成熟した。麦芽用オオムギの変異系統は、親品種よりも 0.2t/ha～1.2t/ha 多い収量となり、MB-593 変異系統は親品種より 5 日早く成熟した。

2021 年の活動計画

- ・ 2～3 の異なる線量でのガンマ線及びイオンビーム照射による選抜コムギ及びオオムギ品種の変異誘発、並びに M_1 世代の栽培。
- ・ 改良された変異形質を有する有望系統について、圃場試験によるスクリーニングと選抜の継続及び有望変異体の改良形質と耐旱性についての評価。
- ・ 新品種公開のための国家品種試験に向けた地域適応性試験の継続。
- ・ いくつかの発芽及び根系形質の指標によるポリエチレングリコール(PEG) 6000 を利用した有望系統の耐旱性スクリーニング。

h) フィリピン(フィリピン原子力研究所 フェルナンド・アウリゲ氏)

インビトロ変異誘発(IVM)は、組織培養技術とガンマ線照射を併用した育種戦略である。この戦略は、気候変動がもたらす干ばつ、冠水及び塩分等の非生物的ストレスにさらされるイネ生態系下においてうまく生存、適応、機能する新しいイネ品種を開発するために、フィリピン稲研究所の天水干ばつ傾向・悪環境イネ育種プログラムにおいて採用されたアプローチの 1 つである。本プログラムでは、非生物的ストレスへの耐性が知られているものの、好ましくない表現型を有している *Apo* (NSIC Rc9)、*FR13A* 及び *Salumpikit* 等の在来種において、2009 年に IVM の利用を開始した。病害虫耐性、ストレス下及び非ストレス下での穀粒収量及び穀粒品質についての一連の評価後、これらの遺伝型から有望変異系統が選抜された。2019 年に、*Apo* 由来の 1 系統が新規の栽培・採用品種とし

て公開され、国家種子産業委員会(NSIC)に NSIC 2019 Rc572 及び *Sahod Ulan 28* として登録名及び現地名がそれぞれ付与された。一方、*FR13A* 及び *Salumpikit* 由来の IVM 有望系統が加わり、現在、国家協同試験(NCT)において評価されている。

i) タイ(タイ米作局 アピチャート・ノエンプラブ氏)

RD15 は、イネ優良系統の KDML105 から 15Krad のガンマ線を利用した突然変異により作出された。本品種は、低アミロース含量、芳香、140cm の草丈、3,500kg/ha の収量、ごま葉枯病耐性及び耐旱性の特性を有する。

現在米作局は、Top Organic Products and Supplies 社からの要請により、Thung Lo 有機農業プロジェクトにおいて同社と協働している。本プロジェクトの目的は、KDML105 及び RD15 品種を有する RD で有機ジャスミン米を生産することである。プロジェクトは、民間部門、政府部門及び農家グループの 3 部門で構成されている。米作局に属するチェンライ稲研究所は、総面積約 2,100ha~3,500ha の区域の 4 つの農家グループに知見を提供している。民間部門の代表は、Top Organic Products and Supply 社、Riseria Monferrato(イタリア)及び BioAgriCert(イタリア)で構成され、市場対応を担当している。民間部門は、必要に応じて EU 市場向けの商品を調達している。政府部門は、米作局稲研究開発部に属するプレー及びチェンライ稲研究所である。稲研究所はまた、種子の質、土壌の化学的・物理的特性の解析も行っている。農家グループの代表は、チェンライ及びパヤオ近隣地域の 4 つのグループで構成される。

活動は 2008 年~2019 年に行われた。チェンライ稲研究所は、4 つの全ての農家グループに対し、有機種子の正しい使用、93.75kg/ha~125kg/ha の種子割合でのイネ播種、43.25kg/ha~62.5kg/ha の種子割合でのイネ苗移植といった生産システムについて助言した。栽培前に、625kg/ha~1,563kg/ha の割合での施肥を行った。被覆作物であるサンヘンプのすき込みと 18.25kg/ha~31.25kg/ha の割合での堆肥が施用された。被覆植物のすき込みは被覆作物の開花期間に行い、イネの播種まで 1 カ月間放置した。また、焼畑なしでの耕起が適用された。最終的に 121~231 の農家のグループが 791ha~1,148ha の土地に栽培した。生産量は 162 万 4,524kg~344 万 166kg であり、販売価格は 1kg 当たり 12.00 バーツ~20.62 バーツで、生産価値は 3,250 万 613 バーツ~7,526 万 9,316 バーツであった。

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)の育種における方向性は、高収量と高品質、広範な適応、栽培の簡易性、短い生育期間、気候変動条件下での主要な生物的・非生物的ストレス耐性である。2008 年~2020 年にかけて、ベトナムではガンマ線により 14 の新たな突然変異品種を公開した(イネ 12 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、並びにイネ白葉枯病への耐性を有している。2017 年に公開された *DT80* は高品質のイネ白葉枯病耐性品種である。ダイズに関しては、*DT2008* が我々の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、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。

加えて、FNCA の枠組みにおいて、イオンビーム照射のためにイネ種子が日本に送られた。また、

福井県国際原子力人材育成センターからのフェローシップに基づき、イオンビーム照射によって誘発された材料を利用したDNA マーカー開発のトピックでの研究が実施された。このほか、イオンビーム照射により、さらなる評価に向けた有望なイネ変異系統を得ている(6 系統(M₇ 世代)、6 系統(M₆ 世代)、31 系統(M₅ 世代)、39 系統(M₄ 世代)、145 系統(M₂ 世代))。2020 年には、イオンビーム照射由来の新品種 DT99 を公開した。

さらに、ラッカセイはベトナムにおける重要な食用作物であり、はじめに高脂質含量に向けた突然変異品種育種について研究を行った。M₂ で有益な突然変異体が得られるまで、次の生育期間におけるスクリーニングが継続される。

将来の活動計画では、様々な生態ゾーンにおける有望系統の試験の継続、優良で安定した系統の選抜に向けた変異系統のスクリーニングの継続、イオンビームを利用した突然変異育種における最適な線量把握のための多様な線量での繰り返しの照射を行う必要がある。加えて、FNCA プロジェクトの有効性を真に改善するために、我々は、FNCA プロジェクトの枠組みに非常に期待している。特に、日本の経営者及び科学者に対し、ダイズやラッカセイ等の他の作物へのイオンビーム照射に関する支援を期待している。

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2年10月26日(月)～10月27日(火)

ii) 場 所:オンライン

iii) 主 催:文部科学省(MEXT)

iv) 参加者:バングラデシュ、中国、フィリピン、タイ、ベトナムより各2名、モンゴルより1名、インドネシアより3名、マレーシアより5名、日本14名、カザフスタン(資料のみ)、合計33名(添付資料2.2.2(p86)参照)

v) 日 程:添付資料2.2.3(p90)参照

本ワークショップは、2020年10月26日～10月27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南波秀樹氏より、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玉田正男氏より、本プロジェクト活動及び本ワークショップの概要が説明された。また、本プロジェクトにおける次フェーズ開始に向けた評価が、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の影響により延期されることが報告された。その後、8カ国より、バイオ肥料分野に関して、COVID-19により限定された研究活動下における成果、現状の課題、2021年度の計画に関する情報共有を目的とした進捗報告が行われた。

2日目には、9カ国より、放射線加工・高分子改質分野に関して、COVID-19により限定された研究活動下における成果、現状の課題、2021年度の計画に関する情報共有を目的とした進捗報告が行われた。続いて、2020年3月・4月から10月にかけての放射線施設及び研究活動の状況の変化について、参加者から報告があった。最後に玉田氏より、主要な成果についての要約が行われた後、閉会の挨拶が述べられた。

また、オープンセミナーとして、玉田氏より、プロジェクトの活動内容及び成果に関する発表が録画収録され、FNCA ウェブサイトの2020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(p152)のとおりである。

2) セッションにおける各国発表概要

【バイオ肥料】

バイオ肥料の研究開発に関する進捗状況について、以下のとおり発表が行われた。

i) 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・ブラマニク氏)

a) 研究開発(R&D)テーマ

- 植物生長促進剤(PGP)、超吸水材(SWA)及びバイオ肥料の相乗効果
- ハイドロゲルの医療応用

b) 概要

PGP、SWA 及びバイオ肥料の相乗効果

「キトサン(PGP として)及びアゾスピリラム属細菌(バイオ肥料として)の組み合わせによるイネに対するバイオ肥料の相乗/複合効果」に関する試験をフィールドレベルで設定、開始した。フィールドはロンプールにあり、試験はイネ品種 BRRI-129 に対して行い、各タイプの処理について複製試験区を使用した。試験は実生まで実施され、その後、COVID-19 の影響により延期された。

ハイドロゲルの医療応用

2019 年、ガンマ線照射後のハイドロゲルに抗菌特性を与えるために、ポリビニルアルコール(PVA)にキトサンを組み入れる実験が設定された。キトサンを含んだゲルは、グラム陽性菌とグラム陰性菌の両方に対して抗菌作用を示した。2020 年に動物実験が予定されていたが、COVID-19 の影響により動物実験は実施されなかった。

c) 成果

なし

d) 今後の計画

PGP、SWA 及びバイオ肥料の相乗効果

イネに対する PGP とバイオ肥料の相乗効果を観察する。試験はフィールドレベルで行われる予定である。照射したキトサンとアゾスピリラム属細菌が、それぞれ PGP とバイオ肥料として、イネ品種 BRRI-19 に対して使用される。6 種類の処理 (T1 : 100%の化学肥料、T2 : 50%の化学肥料、T3 : 50%の化学肥料+100ppm のキトサン、T4 : 50%の化学肥料+100ppm のキトサン+バイオ肥料、T5 : 50%の化学肥料+バイオ肥料、T6 : 対照区)を適用し、分けつの高さと数、円すい花序の長さ及び穀粒収量を含むいくつかのパラメータを評価して、選択されたイネ品種に対するキトサンとバイオ肥料の相乗効果又は複合効果を決定する。

ハイドロゲルの医療応用

キトサンを組み入れた放射線加工ハイドロゲルの火傷に対する効果を観察するために、実験火傷モデルが計画された。ウサギは火傷の代謝及び病理学的変化においてヒトと非常に似通っているため、実験動物としてウサギが選択された。火傷誘発のためにホットメタルツール(コイン)法を適用し、傷被覆材として、キトサンを組み入れたハイドロゲルの塊又はディスクを使用する。傷の治癒率が 2、3 週間まで観察され、結果はキトサンを組み入れていないプレーン・ハイドロゲルのそれと比較される。

ii) 中国(中国農業科学院農業資源・地域計画研究所 チャン・ルイフー氏)

a) R&D テーマ

- PGP、SWA 及びバイオ肥料の相乗効果
- ガンマ線照射によるバイオ肥料用微生物育種

b) 概要

2020 年には 2 件の試験が計画された。1 件目は、エックス線によるバイオ肥料株 *Trichoderma guizhouenase* NJAU4742 の育種で、ストレス耐性、植物の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であり、最初の株 *Trichoderma guizhouenase* NJAU4742 は中国においてバイオ肥料の製造に使用されている。計画された 2 件目の試験は、温室ポット試験において SWA とバイオ肥料の相乗効果を評価することであるが、COVID-19 の状況下では SWA の確保が困難であったため、2020 年は実施されなかった。

c) 成果

異なる特性、すなわちストレス耐性及び拮抗作用について強化された *Trichoderma guizhouenase* 4742 株を得るために、エックス線照射によるこの株の育種が実施された。照射線量は、84Gy、84Gy 及び 82Gy の 3 回で、合計は 250Gy であった。照射後、*Trichoderma guizhouenase* NJAU4742 の胞子が、それぞれ異なるスクリーニング培地上にコートされた。

約 3,500 の異なる変異体が分離され、スクリーニングされた。照射後、それぞれ異なる変異体の耐塩性は、特に変異体 M₄ 及び M₅ において、有意に改善された。耐酸性については、2.5 という低い pH に耐えられるいくつかの変異体が得られた。菌類病原体拮抗体については、*Fusarium moniliforme*、*Fusarium oxysporum*、*Phytophthora capsici* 及び *Rhizoctonia sclerotiorum* について、生物的防除能力が改善された変異体が得られた。

d) 今後の計画

- 温室及びフィールド試験を通じたこれらの育種株の評価。
- SWA とバイオ肥料の相乗効果。

iii) インドネシア(インドネシア原子力庁 ナナ・ムルヤナ氏(代理発表:同庁 ダルマワン・ダルウィス氏))

限られた主要栄養素、塩分濃度及び重金属等のその他の汚染物質による農地の収容力の低下は、持続可能な開発目標 (SDGs) への努力にマイナスの影響を及ぼす。この研究は、高い塩分濃度条件に適応することができる N-固定細菌分離株及びリン(P)-可溶化細菌分離株、コミュニティ・エンパワーメントに基づく生物学的環境修復の開発に使用可能な最適能力をもつリグノセルロース分解菌を得ることを目的とする。ランブン州ハルン湾のマングローブ林が、*Rhizophora apiculata* 及び *Sonneratia alba* の根圏から細菌分離株を得るための場所として使用され、次に、高塩分濃度条件で有効である 2 つの細菌分離株 (SB33、SB36) N-固定及び P-可溶化を得た。より高いリグノセルロース分解能力と重金属摂取をもつ菌類 *Trichoderma reesei* 及び *Phanerochaete chrysosporium* を得るために ⁶⁰Co ガンマ線照射を利用した。結果は、750Gy の線量でガンマ線にばく露した菌類 *Trichoderma reesei* が、対照群(野生型)の 1.5 倍のセルラーゼ比活性を有していることを示した。600Gy のガンマ線にばく露した菌類 *Phanerochaete chrysosporium* は、重金属である鉛(Pb)及びカドミウム(Cd)を含有する培地中で良好な成長能力を有していた。500ppm の Pb 及び 50ppm の Cd 培地中で、菌類 *Phanerochaete chrysosporium* 600Gy は、対照群(野生型)に比べてバイオマス重量が 3.0 倍及び 3.6 倍高かった。1%のアルカリ性リグニン培地及び 5%のキダチキバナヨウラク基質中で、菌類 *Phanerochaete chrysosporium* (600Gy)は、対照群(野生型)に比べて、リグニン・ペルオキシターゼ活性が 2.34 倍及び 2.07 倍高かった。この研究結果は、コミュニティ・エンパワーメントに基づく生物学的環境修復を通じた食糧安全保障の発展を支援するための、マングローブの生物多様性、植物バイオマス基質及びガンマ線照射糸状菌の利用における代替策となることが期待される。

iv) マレーシア(マレーシア原子力庁 ファ・チュー・クワイ・フエ氏)

a) R&D テーマ

- 環境修復
- PGP、SWA 及びバイオ肥料の相乗効果
- ガンマ線照射によるバイオ肥料用微生物育種
- ガンマ線照射によるバイオ肥料用キャリア滅菌

b) 概要

マレーシアのバイオ肥料市場は現在、液体多機能バイオ肥料製品に重点を置いている。マレーシアは、ガンマ線照射、種子処理バイオ肥料、バイオ肥料毒性試験及び生物学的環境修復を使用

することによって、キャリア滅菌、バイオ肥料の商品化、バイオ肥料とオリゴキトサンとの相乗効果、バイオ肥料の微生物の変異原性に重点を置いている。

c) 成果

マレーシアは、4 つのバイオ肥料製品 (Bioliqfert、GoGrow BioNPK Biofertilizer、M99 Biofertilizer 及び BioNiK Phos) の商品化に成功した。合計で 40 万 L の Bioliqfert が、2020 年 1 月～10 月までの間に西マレーシアの稲作農家に供給された。総売上高は 680 万リンギットであった。GoGrow BioNPK Biofertilizer は、2019 年 11 月 4 日～11 月 5 日のマレーシア原子力庁イノベーション・デーに発売された。BioNiK Phos は、ウガンダ・バイオ肥料プロジェクトを通して開発された商業バイオ肥料である。単一微生物多機能活性製品である M99 Biofertilizer は、2020 年 11 月 10 日に発売予定である。この製品は 5 つの賞を受賞した。温室での *Brassica* 属植物に対する M99 Biofertilizer、放射線加工したキトサン (RPC) 及び化学肥料の影響は、M99 と RPC との間の相乗効果の存在を示した。バイオ肥料 C2、オリゴキトサン及び燐煙液が滴下施肥されたトウガラシに与える影響に関する試験が、2020 年 9 月に PUSPEN (Cure & Care Rehabilitation Centre) において開始された。

Acinetobacter 属細菌の多機能活性の改善がガンマ線照射を通して行われ、リン酸塩可溶性遺伝子 (*pqq* 遺伝子) への変異効果が得られた。*pqq* 遺伝子の全配列の分離が現在進行中である。カプセル化によるバイオ肥料処理種子の開発が現在進行中である。バイオ肥料の毒性レベルを決定するために、ゼブラフィッシュ胚を用いてバイオ肥料毒性試験が実施された。5 種のバイオ肥料 (AP1、AP2、AP3、M99 及び M100) が使用に安全であった。12 の刊行物、1 つの商標及び 3 つの著作権が得られた。

d) 今後の計画

現行のバイオ肥料プロジェクト (商品化、相乗効果、変異原性及び種子処理) を継続するとともに、2021 年にキャリア滅菌及び生物学的環境修復プロジェクトが開始予定である。

v) 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)

a) R&D テーマ

- PGP、SWA 及びバイオ肥料の相乗効果

b) 概要

2001 年に、植物・農業科学研究所は Rhizobacterial fertilizer という商品名でバイオ肥料製品を成功裏に発売し、これにより肥料の投入原価を削減し、作物収量を増大させている。Rhizobacterial fertilizer は低コストで環境にやさしい製品であり、全ての作物の収量及び土壌肥沃度を強化するために使用することができる。オリゴキトサンは低分子量のキトサンで、キトサンへのガンマ線照射によって得ることができる。

c) 成果

試験植物対照群の場合、果実の数はオリゴキトサンとバイオ肥料の両方で同様の効果を示している。相乗効果群では、数は対照群と比べて 1.3 倍高かった。この結果はアマトウガラシで非常に類似していた。バイオ肥料とオリゴキトサンは植物の生長促進に有意に有効であるが、最良の結果は相乗効果において見られ、これは予想された結果よりも有意に高かった。

d) 今後の計画

- 在来菌株を決定、分離する。

- キャリア物質の照射。
- コムギ、キャベツ及びジャガイモの第1種子に対するオリゴキトサンと細菌性肥料の相乗効果。

vi) 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)

a) R&D テーマ

- PGP、SWA 及びバイオ肥料の相乗効果

b) 概要

バイオ肥料として微生物を利用することは、従来のものであれ、有機栽培への組み入れであれ、農作物の持続可能な生産のために重要である。2020 年のレポートのために、3 つのフィールド試験が実施された。そのうち2つは、試験作物としてトウモロコシとトマトを用いた Bio N (アズスピリルム菌) と Mykovam (菌根菌) の複合接種であり、もう1つは、化学肥料と比較してのカラギーナンと Bio N の試験であった(分析は進行中)。バイオ肥料技術の生産、推進及び拡大が継続的に行われている。

c) 成果

化学肥料と併用しての Bio N と Mykovam の複合接種の評価が、試験作物としてトウモロコシとトマトを使用して実施された。試験は、3 反復と以下の処理での無作為完備ブロック計画(RCBD)を用いたフィールド条件レイアウトの下で行われた。処理は、T1:対照群、T2:化学肥料全量、T3:化学肥料全量+Bio N、T4:化学肥料 1/2 量+Bio N、T5:Bio N+Mykovam 及び T6:化学肥料 1/2 量+Bio N+Mykovam であった。試験結果は、化学肥料 1/2 量に Bio N 及び Mykovam を組み合わせたもので処理された苗からのトウモロコシの平均重量が、肥料全量を与えられた区画と比較的類似していたことを示していた。Bio N と Mykovam の組み合わせは、ha あたり 8.8t の収量であった。トマトについては、Diamante max 品種に施肥された肥料の収量とコストの比較が評価された。結果は、8.6t という最も高い収量が、化学肥料全量(6 袋コンプリート(14-14-14)+6 袋尿素(46-0-0)、コスト 11,400 ペソ(220 米ドル))で処理した植物から得られたことを示していた。50%の化学肥料+Bio N で処理した植物及び Mykovam で処理した植物では、1ha あたりそれぞれ 7.60t 及び 7.80t の収量が得られ、化学肥料の 50%低減により肥料コストが削減されたことを示した。この試験結果は、この組み合わせの潜在性、すなわち窒素固定微生物(Bio N)と菌根菌(Mykovam)の組み合わせが、化学肥料の施用を減らし、農家の収入を改善することにつながり、農作物が必要とする一連の要素を最も完全に提供することができると考えられることを示している。

d) 今後の計画

- バイオ肥料とバイオ有機肥料(BOF)の最良の組み合わせの調整によって化学肥料への農家の依存を減らすために、異なるバイオ肥料とバイオ有機肥料の複合接種の試験実施を継続する。
- バイオ肥料技術の推進と農家への拡大。
- Bio N 生産の改善(寿命、キャリア、ガンマ線照射線量低減)。

vii) 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)

a) R&D テーマ

- ガンマ線照射によるバイオ肥料用キャリア滅菌

b) 概要

2016 年～2019 年に、スイートコーン品種 Hi-Brix 3 の生長と収量に対する植物生長促進根圏細

菌 (PGPR) バイオ肥料の効果、アゾスピリラム属細菌の 2 つの分離株及び 2 種類のキャリア (オートクレーブ及び照射) を用いて調べた。4 年間にわたり同様の結果が示された。ローム質土壌では、T1、T4、T5 及び T6 が、10,263kg/ha~22,631kg/ha という高い生莢重量をもつ Hi-Brix 3 スイートコーンが得られた。砂壤土については、T4 が最も高い生莢重量を示し、11,250kg/ha~13,375kg/ha であった。

c) 成果

この研究の目的は、アゾスピリラム属細菌の 2 つの分離体及び 2 つのキャリアタイプ (オートクレーブ及び照射) の PGPR バイオ肥料を用いて、Hi-Brix 3 スイートコーンの生長と収量に対する PGPR バイオ肥料の効果調べることであった。2016 年~2019 年に、埴壤土及び砂壤土において 4 反復と 7 種類の処理での RCB が実施された。埴壤土試験区画における両方のタイプの PGPR バイオ肥料を施用した結果は、4 年にわたり類似していたことが示された。生莢 (なまさや) 重量 10,263kg/ha~22,631kg/ha の Hi-Brix 3 スイートコーンを得た 4 つの方法がある。すなわち、T1: 125-31.25-62.5kg N-P₂O₅-K₂O/ha (推奨される比率)、T4: PGPR バイオ肥料タイプ 1 と 125-31.25-62.5 kg N-P₂O₅-K₂O/ha の組み合わせ、T5: PGPR タイプ 2 と 125-31.25-62.5kg N-P₂O₅-K₂O/ha (推奨される比率) の組み合わせ及び T6: PGPR タイプ 1 と 93.75-0-46.88kg N-P₂O₅-K₂O/ha (推奨される比率の 75%) の組み合わせである。砂壤土での試験結果は 4 年にわたり同じであり、T4 の PGPR バイオ肥料タイプ 1 と 37.5-62.5-31.25kg N-P₂O₅-K₂O/ha (推奨される比率) の組み合わせで、Hi-Brix 3 スイートコーンの生莢重量が 11,250kg/ha~13,375kg/ha と最も高かった。さらに、両方のタイプの PGPR バイオ肥料で、両方の試験区画におけるスイートコーン Hi-Brix 3 品種の糖度が 8brix~18brix となり、土壌中のアゾスピリラム属、アゾバクター属及びベージェリンキア属の個体数は T1 と比較して 5%~68% 増加しており、3 つ全ての細菌属が有効であったことが示された。0.005µmol C₂H₂ hr⁻¹~0.636µmol C₂H₂ hr⁻¹ の窒素固定については、PGPR バイオ肥料の施用が指摘された。

d) 今後の計画

気候変動の影響を受けた地域から分離された PGPR 細菌の照射キャリアの使用に関する研究を行う。全ての地域において使用できる新しい PGPR バイオ肥料の開発に使用する。この新たな PGPR バイオ肥料はパッケージサイズが小さいため安価だが、旧製品と同等に使用可能である。研究は、イネ、サトウキビ、キャッサバ、トウモロコシ、野菜、ハーブ及び切り花等、国内の主要な経済作物で行われる。

viii) ベトナム (ベトナム原子力研究所 チャン・ミン・クイン氏)

a) R&D テーマ

- ・ ガンマ線照射によるバイオ肥料用微生物育種
- ・ ガンマ線照射によるバイオ肥料用キャリア滅菌

b) 概要

ベトナムはこの地域で COVID-19 の影響が少ない唯一の国であるが、対人距離の確保、検疫及び隔離はまた、実用上の突然変異株の適用、バイオ肥料製品の商品化に大きな影響を与えた。幸いなことに、FNCA は、*Trichoderma koningiopsis* のガンマ放射線突然変異による高セルラーゼ生成株のスクリーニング作業を加速させる動機付けとなった。また、これまでに Rapol V バイオ肥料がトマトの生長に及ぼす効果を評価するためのフィールド試験が完了した。これらのバイオ肥料製品は、ベトナムにおける農業生産での使用についてまもなく承認されると思われる。

c) 成果

菌株 *Trichoderma koningiopsis* VTCC 31435 が、ハノイのベトナム国立大学ベトナム・タイプ・カルチャー・コレクションの厚意により供給された。活性化後、28℃ で 7 日間、ポテトデキストロース寒天培地(PDA)プレート上で菌を培養し、次に、Tween 80 を含有する生理食塩水(0.9%)に胞子を集め、軽く振って、約 108CFU/ml～109CFU/ml の密度の胞子懸濁液を得た。この懸濁液サンプルは、より高いセルラーゼ生成株を分離するために、300Gy～2,500Gy の線量でガンマ線源の下で照射された。その結果、最も高い突然変異率は 700Gy～1,500Gy の線量でのガンマ線照射によって得られたことが明らかとなった。スクリーニング後、高セルラーゼ生成の 4 つの安定変異体が収集された。これらの変異体の CMCase 及び FPase 活性は、親と比較して約 1.51 倍～2.48 倍及び 1.2 倍～1.87 倍であったことを示した。したがって、これらの変異体はイネ蘘の分解のために使用可能である。

2019 年、植物生長促進バイオ肥料である Rapol V が、放射線改変デンプンとアルギン酸ナトリウムからなる高分子キャリアから調製された。2020 年初め、このバイオ肥料が、沖積土と貧土の両方でのトマトの生長に与える影響が評価された。結果は、これらのビーズ状バイオ肥料と調節物としての化学肥料(NPK)の組み合わせがトマトの生産量を大きく増大させたことを示した。NPK のみで栽培された対照群と比較して、より重量の重い、より多くの果実が、処理を施した植物から得られた。市場性のあるトマト果実の最も高い収量は 25kg/ha の Rapol V を用いた肥料を施した植物で得られた。私たちの研究結果はまた、Rapol V の使用によって、トマト果実の収量を減らすことなく、少なくとも 20% の NPK を節減可能であることを明らかにした。

d) 今後の計画

- さるなる応用のため、放射線誘導変異体である *Trichoderma* 株の長期的安定性に関する研究を行う。
- 実用上のイネ蘘分解のための *Trichoderma* 変異体の能力を評価するため、フィールド試験を実施する。
- Rapol V バイオ肥料が、NPK の使用を減らして野菜に与える長期的効果を調べ、また、農業汚染を最小限に抑えるために、農業生産における Rapol V の使用を促進する。

【放射線加工】

放射線加工技術を用いた高分子改質の研究開発について、以下のとおり発表がなされた。

i) 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)

a) R&D テーマ

- ハイドロゲルの医療応用
- PGP

b) 概要

ハイドロゲルの医療応用: カップカラギーナン - ポリビニルアルコール・ハイドロゲルを用いた動物創傷用被覆材料

PVA と 25 kGy の放射線量で照射されたカップカラギーナン(KC)の水性混合物から、室温での⁶⁰Co ガンマ線源からのガンマ線による放射線重合によって一連のハイドロゲルが調製された。カラギーナンは、過去に傷治癒のための可能性を示している。これらのハイドロゲルの動物実験が、ウサギの火傷に使用することによって行われ、創面収縮率が決定された。ハイドロゲルによる創面収縮は、

火傷用軟膏よりも速いようであった。

PGP

2020 年に実施することになっていた計画は、COVID-19 の影響によって延期されている。COVID-19 については、バングラデシュでは 2020 年 3 月最終週から 6 月までロックダウンが行われ、期間中は職場に出勤することができなかったことから、研究活動は全て延期された。

c) 成果

ハイドロゲルの医療応用: カップカラギーナン - ポリビニルアルコール・ハイドロゲルを用いた動物創傷用被覆材料

KC-PVA ハイドロゲルをウサギの傷に使用することによる創面収縮(%)は、時間(日数)がたつにつれ、ほかの 2 匹のウサギ(正及び負の対照)と比較して高いことが見出され、24 日目に最も高い 85.44%に達し、正及び負の対照のほかの 2 つの値はそれぞれ 70.08%及び 65.44%であった。したがって、ハイドロゲルによる創面収縮は、火傷治療用軟膏よりも速いようであったと結論づけることができる。

PGP

なし

d) 今後の計画

ハイドロゲルの医療応用: カップカラギーナン - ポリビニルアルコール・ハイドロゲルを用いた動物創傷用被覆材料

バンガバンデュー医科大学病院(ダッカ)と、同病院の外来患者及び入院患者への創傷被覆材の応用について、既に協議を行っている。この製品に関して、上級機関の注意を喚起し、説得することに成功した。また、啓発活動を通じて、医師や一般の人々(後援者)間での認識の向上に努めている。

PGP

フィールドレベルの試験に関して、上級機関及び協力機関であるバングラデシュ農業研究所(BARI)と既に協議を行っている。また、PGP の商品化の一環として、バングラデシュ原子力農業研究所(BINA)との協力を拡張することができた。BINA との協力により、農家との連携が非常に容易になると考えられる。環境にやさしい農業慣行の実践に関する認識の構築に努めている。

ii) 中国(上海応用物理研究所 マ・ホンジュアン氏(代理発表:同研究所 フォン・イエ氏))

a) R&D テーマ

- 環境修復

b) 概要

中国では、電子ビーム照射を使用した排水処理が大規模な商業応用の段階に入った。医薬品工場において、さらに埋立地浸出液処理場においても、排水処理の分野でいくつかの実証プロジェクトが開発される予定である。多高分子繊維金属イオン吸着材が、放射線グラフト重合によって調製された。海水からのウラン抽出と、ウラン鉱山排水処理はパイロット段階に移行している。

c) 成果

電子ビーム照射を用いた排水処理は大規模な商業応用の段階に入った。世界最大の電子ビーム処理産業排水プロジェクトが完了し、操業を開始した。本プロジェクトは、1 日の排水処理能力 3 万 t での、7 台の電子加速器のオンライン運転を実現した。この実証プロジェクトで

は既に 3 年の安定した運転が示されている。電子ビーム照射を用いた排水処理は、医薬品工場及び埋立地浸出液処理場から排水処理の注文をいくつか受けている。放射線グラフト重合で調製された金属イオン吸着材の試験的スケールアップに関する多くの企業との協力が進行中である。海水からのウラン抽出はパイロット段階に移った。自然の海水中における 17.57mg-U/g-吸着材という高いウラン吸着能力、そして少なくとも 30 サイクルという非常に長い耐用寿命が得られた。ウラン生産コストは、ウラン 1 kg あたり 80.70 米ドル～86.25 米ドルまで削減可能であり、これはウランのスポット価格とほぼ同じである。海水からのウラン抽出のために、合計 30kg の複数のタイプの繊維状吸着材が合成された。このような繊維の特に高い耐久性は、海洋から経済的に核燃料を生産する可能性を示唆している。放射線グラフト重合によって調製された繊維状吸着材は市販の樹脂に比べて高い除去効率を示す。ウラン鉱山の排水処理はパイロット段階に移行している。

d) 今後の計画

- 電子ビーム照射を用いた排水処理は、印刷・染色、製紙、化学品、医薬品等の、より様々な産業のために、さらに、複雑な水質である工業団地における排水処理のために開発中である。
- 金属イオン処理のための実証プロジェクトが 1 件実施される予定である。
- 100g のウランが海水から抽出される予定である。

iii) インドネシア(インドネシア原子力庁 ティタ・プスピタサリ氏)

a) R&D テーマ

- 放射線分解したキトサンの動物飼料応用

b) 概要

家畜飼料用の分解キトサン(オリゴキトサン)のプロジェクトはまだ進行中である。BATAN の予算が限られたことから、内部予算は大幅な削減となった。最終的に、2020 年/2021 年(2020 年 7 月～2021 年 6 月)の最初の年のために、1 億 6,800 万ルピア(11,450 米ドル相当)の追加予算が、インドネシア研究技術省を通じて教育基金管理機関から付与された。ゲル浸透クロマトグラフィー(GPC)を用いた分子量測定のための試験室活動は、長引く COVID-19 の影響を受けた。在宅勤務をしなければならなかったためである。

c) 成果

BATAN の予算が限られていることから、国家研究優先事項として 5 年間の資金提供を求めて、インドネシア国内のニワトリの飼料にオリゴキトサンを使用する提案がインドネシア研究技術省に提出された。この提案は受理され、2020 年/2021 年(2020 年 7 月～2021 年 6 月)の最初の年のために、1 億 6,800 万ルピア(11,450 米ドル相当)の資金が提供された。活動は、「優良ニワトリ系統形成のための現代バイオテクノロジー及び高生産性・耐病性のための関連技術に関する国家研究優先事項」を支援するものでなければならず、目標は、産卵率 60%以上、体重 1kg 以上(週齢 10 週)の優良国産ニワトリ種の候補となるニワトリを得ることである。本プロジェクトのコーディネーターは農業研究開発庁であり、BATAN を含む多くの機関と協働している。

最初の年の活動は、家畜飼料への添加剤としてのオリゴキトサンの物理・化学特性を試験、特にオリゴキトサンの分子量の分析である。オリゴキトサンの分子量は、我々の新しい装置であるゲル浸透クロマトグラフィー(EcoSEC Elite HLC-8420GPC-Tosoh)を使用して測定され、検証される。キトサ

ンは、固体、ペースト、液体及び過酸化水素(H₂O₂)との組み合わせ等の様々な方法で照射された。活動はまだ進行中であり、結果はまだ完了していない。

d) 今後の計画

- 様々な方法で照射されたオリゴキトサンの分子量測定の継続。
- インドネシア国内のニワトリでの生体内試験を継続するため、国の優先研究事項という点で、インドネシア研究技術省の支援を受けた 2021 年/2022 年の 2 年目の資金調達を考慮に入れる。

iv) カザフスタン(JSC 原子力技術パーク アレクサンダー・ボリセンコ氏、ムラット・カシムジャンフ氏)

a) R&D テーマ

- 新しい農業用製品-ポリアクリル酸カリウムベースのハイドロゲル及びその物理・化学特性(放射線架橋 SWA の生産)

b) 概要

この研究の目的は、農産品加工複合施設のための到達目標パラメータをもつハイドロゲルの開発と合成である。

SWA の農業利用は、水分の必要性を 50%以上低減し、また、灌漑の間隔を 2 倍～5 倍長くすることを可能にする。製品 1kg の概算コストは 2,900 テンゲ(6.81 米ドル)である。放射線滅菌複合施設における製品の最大キャパシティは 1,400t/年、設置が計画されている施設数は 10 である。

c) 成果

ポリアクリル酸カリウムベースの放射線架橋 SWA の生産を実施するための作業は依然継続中である。必要な全ての許可書類は生産実施に向けて受領された。

全技術ラインを SWA 生産用とする独立した子会社を設置することが計画されている。これについては、所有権の 75%の売却に関して民間投資家との交渉が進行中である。

4 万 ha の区域について、大規模農業組織との交渉が協力と製品販売を確立する過程にある。増粘剤として SWA を使用するために、試験坑掘削セクターにおいて試験を実施するための交渉が進行中である。

RSE 国家森林自然保護区(SFNR)の「Semey Ormany」との協力の下、「Semey Ormany」保護区内の問題区域にオープンピット法によって植えられた苗の生存率を向上させることを目的として、放射線架橋 SWA を使用した試験が実施された。

SFNR「Semey Ormany」との協働

2018 年 4 月 20 日、2 年生マツ苗の機械植栽が、「Semey Ormany」ブロック 104 において、放射線架橋 SWA を使用して実施された。

試験区域は、「Semey Ormany」内の 2 つの試験圃場(1) 面積 8,474m² の試験圃場、2)面積 8,113m² の試験圃場)で構成された。最初の月(2018 年 5 月)の結果として、試験区域での苗の割合は 98±1%であった。

放射線架橋 SWA を用いて試験区域に植えられた 2 年生マツ苗の一覧表作成が 2020 年 10 月 2 日に行われ、次のような結果を示した。圃場 1(Washmill(Baltushka)+ゲル)では植えられた苗 2,556 のうち 925(36.2%)が生存しており、圃場 2(純ゲル)では植えられた苗 1,942 のうち 748(38.5%)が生存していた。対照圃場では、2,000 の苗のうち 405(17.8%)が生存していた。このインベントリでは、針葉樹作物の健全な最上部の芽が保たれた生存可能な植物のみを考慮している。

結論

過去 2 年間にわたる観察において、SWA が使用された試験区域では、対照区域での苗と比べ、生存率が 2 倍であり、対照と比べて 10cm 高い 40cm まで生長している苗もあった。

「BetaSorb」の所有権の 75%を売却することにより、放射線技術利用における民間投資家の関与が可能になり、技術が加速する。そしてまた、JSC 原子力技術パークが有する 25%の所有権を維持することにより、「BetaSorb」活動の発展に対する私たちの関心への信頼を投資家に提供することが可能となる。

v) 日本(量子科学技術研究開発機構 田口光正氏)

a) R&D テーマ

- ハイドロゲルの医療応用

b) 概要

医療応用のために、ゼラチンをゲル化し、細胞培養実験に使用した。このゼラチンハイドロゲル上では、プラスチックディッシュの場合とは異なり、細胞は 3 次元的に成長した。さらに、水溶性多糖誘導体等の生体適合性高分子材料のために 3.0MeV の陽子ビームを用いた微細加工技術が開発された。陽子マイクロビームによって微細構造ハイドロゲルが得られた。

c) 成果

生体適合性材料の機能化は、再生医療、診断、薬物送達、創薬等のバイオ技術/医療技術への幅広い応用が期待されている。ハイドロゲルは生体適合性の足場として期待されている。これは、細胞増殖中に器官形態を維持し、遺伝子発現と細胞の運命をコントロールすることを助けるものである。ゼラチンは高い生分解性と生体適合性を有しており、ハイドロゲルの基材として使用されてきた。著者らは、有害化学物質を使用せずに、放射線を使用することによってハイドロゲルを作製している。ハイドロゲルの剛性と安定性を細胞培養条件の下で調べた。細胞足場材としての応用可能性を検証するために、作製したハイドロゲル上での HeLa 細胞の接着と成長を調べた。ハイドロゲルの表面微細構造(微細形状、溝の深さ)は遺伝子発現をコントロールするために重要である。また、シングルエンド加速器からの 3.0 MeV の集束陽子ビームを使用することにより、水溶性多糖誘導体等の生体適合性高分子材料のための微細加工技術を開発した。陽子ビームにより微細構造化したハイドロゲルが得られ、その上での細胞の接着と増殖を調べた。

d) 今後の計画

細胞機能のコントロール技術について調査する。再生医療、診断及び創薬のための新しいバイオデバイスを開発する。

vi) 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、サラダ・イドリス氏、ルハンダ・タリプ氏、マリナ・ビンティ・タリブ氏)

a) R&D テーマ

- 放射線分解したキトサンの動物飼料応用(ティラピア)
- ハイドロゲルの医療応用及びバイオ肥料
- PGP、SWA 及びバイオ肥料の相乗効果
- PGP 及び SWA (プロセス開発を含む)

b) 概要・成果

放射線分解したキトサンの動物飼料応用(ティラピア)

低分子量(LMw)キトサンをティラピア用の飼料用サプリメントとして生産するために、水中の 0.1% キトサンをガンマ線(25kGy)の下で照射した。研究は、4 種類の処理(対照、2.5g、5.0g 及び 7.5g のキトサン/1kg 飼料)を行った飼料を、ティラピアに 1 日 3 回与えることで構成された。LMw キトサン(5g)の追加が、最終体重、成長率、飼料転換率、タンパク効率及び生存率において最良の結果を示した。

ハイドロゲルの医療応用及びバイオ肥料

この研究は、3D 細胞培養法にすぐに使用可能な細胞培養の開発を目指し、可能性のある新技術及び材料の探索を目的として実施された。ガンマ線は、架橋鎖間のカラギーナンの絡み合いをもつ PVP 架橋ネットワークの形成を誘発した。ハイドロゲルは培地中で膨潤し、8 日目までその形状を保つことができた。細胞は集塊形成し、130um~220um の範囲の様々な直径でスフェロイド(3D 細胞)を形成した。κCA-PVP-PEG ハイドロゲルは 3D 細胞培養法用培地としての潜在性を示した。より長い時間、また、様々な培地条件下で、膨潤しながら形状を保持する能力の増大に関する、ハイドロゲルの形状保持強化についてのさらなる研究が実施されるべきである。

PGP、SWA 及びバイオ肥料の相乗効果

2020 年 7 月頃に複数の試験を実施した。研究は次の 5 つのパラメータ(1) 対照群、2) SWA のみ、3) SWA とオリゴキトサン併用、4) SWA とオリゴカラギーナン併用及び 5) SWA と VitaGrow(市販の PGP)併用)で実施した。この研究ではカイランを使用した。草高については、SWA とオリゴキトサンの相乗作用が最も高い値を出し、20.85cm であった。一方、根長については、SWA のみでの処理が最も高い結果を出した。

PGP 及び SWA(プロセス開発を含む)

マレーシア原子力庁におけるオリゴキトサン生産の操作手順に関する 1 冊のガイドブックが作成されている。この機密文書は、マレーシア原子力庁でのオリゴキトサンの生産について、照射手順、品質保証/品質管理(QA/QC)段階での全ての分析及び全体的な混合手順を扱っている。長期間の移動制限命令及び条件付き移動制限命令による在宅勤務(3 月~6 月)のため、カイランに対する異なる PGP(オリゴキトサン、オリゴカラギーナン及び VitaGrow(国産市販 PGP))の効果を見るための、カイランに対する 1 回のポット試験を行うことができたのみであった。ポット試験は、カイランへの PGP の適用がカイランの生長と収量に与える影響は軽微であることを示唆する結果であった。試験中の低日光や豪雨等の制御不可能な要因が、この低い生産性の一因となった可能性がある。豪雨と雨はしばしば、植物へのダメージ、肥料の流出、PGP の流出を引き起こした。

c) 今後の計画

放射線分解したキトサンの動物飼料応用(ティラピア)

ティラピア養殖は、マレーシアにおいて大きく発展する可能性がある。キトサンは生長促進剤として、また、細菌性の病気に対する魚の保護を強化するための免疫刺激剤として有用であることが判明していることから、今後の計画として、分解キトサンを実際のティラピア養殖に導入する予定である。加えて、分解キトサンはその他の水生動物/陸上動物においてもさらに研究が行われることが計画されている。

ハイドロゲルの医療応用及びバイオ肥料

- 研究費申請と研究の完了が計画されている。
- 将来的なカウンターパートとなり得る大学の研究者との協力：大学の研究者から 3D 細胞に関する最新の情報と技術を得る。
- 一部の細胞はある大きさに達するのにより長い培養時間を要するため、14 日間以上、培地中で保たれることができるような、細胞培養皿の新たな形成を見出す。
- 資金供給を得て新しい細胞ラインを得る。乳がん細胞ライン等の潜在的な細胞ラインを得る。
- 例えば Research Gate といった利用可能な「ソーシャル・ネットワーキングサイト」を通じて、関連分野の研究者の論文を請求する。

PGP、SWA 及びバイオ肥料の相乗効果

SWA と PGP が植物の生長に与えた相乗効果は有意であったとはいえ、根長についての結果が予想と異なっていたことが判明した。これはポット試験を行った場所によるものである可能性がある。当該温室は大きな建物の陰にあり、かつ、大きな木の近くにあった。研究期間を通して、植物に十分な日光が当たっていなかったと考えられる。今後は、2020 年に得られた結果を確認するために、試験を繰り返したいと考えている。

PGP 及び SWA (プロセス開発を含む)

- カイランへの PGP 使用のポット試験を繰り返す。試験のデザインとパラメータは前回の試験と同様とする。
- データ収集は、発芽率、種子生存、草高、葉数及び総収量について行う。
- 以下の確立：
 - オリゴカラギーナンの開発：異なる Na 塩溶質中のオリゴカラギーナンの可溶性及び異なるエタノール含有量がオリゴカラギーナンの安定性に与える効果。
 - 異なる貯蔵条件がオリゴカラギーナンの安定性に与える効果。
 - 2 年間でオリゴカラギーナンの作業手順のスケールアップ。

vii) 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)

a) R&Dテーマ

- ハイドロゲルの医療応用
- PGP及びSWA (プロセス開発を含む)

b) 概要

ハイドロゲルの医療応用

カルボキシメチルセルロース (CMC) 顆粒と KC/ポリエチレンオキシド (PEO)/PEG ハイドロゲル被覆材の生体内止血効果評価を、4つのラット出血モデル(大腿出血、大動脈出血、深い創傷及び尾側腎摘除)で行った。KC/PEO/PEG被覆材は出血時間のコントロールにおいて市販の Celox ガーゼよりも効率的であり、生存率は 100% であった。CMC 顆粒は、出血時間のコントロールにおいて Celox 顆粒と同程度の効率であったが、生存率はより良好であり、接着、炎症、顆粒沈着は少なく、剥離が容易であった。

PGP及びSWA (プロセス開発を含む)

キャッサバ澱粉/PAAc超吸水材の微生物生分解研究が、85日間、微生物酸化分解測定装置を

用いてモニターされた。PAAcハイドロゲルへの澱粉の組み入れはその生分解性を大きく改善した。減耗を最小限にしての完全無作為化法を用いたポット試験をレタスで行った。草高、葉の数、根長、根の数及び生体重等の生理学的パラメータを記録した。カラギーナンPGP技術の適用は、バナナ、サトウキビ、カカオ等の作物に拡大された。

c) 成果

ハイドロゲルの医療応用

この研究では、開発された止血剤をSprague-Dawleyラットにおいて試験した。KC/PEO/PEG被覆材及びCMC顆粒を、圧迫し続けずにラットに塗布し、7日間又は14日間観察した。市販のキトサンベース剤であるCelox (CLX) との比較を行った。観察した主要転帰は、出血時間、再出血発生率、動物の生存、並びに肉眼的及び顕微鏡的变化であった。KPP-D群は、全ての出血モデルについて出血時間が最も短く、その他全ての処理群よりも有意に短かった。KPP-D群はまた、最も高い生存率を示し(100%)、肉眼的な異常は見られなかった。CMC-G群はCLX製品と同等の出血時間を示したが、生存率はCLXの96%と比較して98%と良好であった。再出血の発生率はCLX処理群において高く、さらに、顆粒接着の発生率も高く、死亡転帰に影響を与えていた。知見は、外傷による著しい出血の処置及び術中症例におけるKPP-Dの有効性を示している。一方、CMC-Gは外傷に対してより適していた。

PGP及びSWA(プロセス開発を含む)

キャッサバ澱粉/PAAc超吸水材(38% DN、15 kGyで10%澱粉/20%AAc)は、純PAAc(50% DN、15 kGyで20% AAc) 及び対照群と比較して、85日で42%の率で、最も高い生分解性を有していた。使用した対照群はセルロースで、これは3週間内で約10%の生分解を示し、その後は一定した漸増を示した。このゆっくりとした分解はセルロースの結晶構造によるものである可能性がある。キャッサバ澱粉/PAAc超吸水材は3週間で最初の生分解曲線を示したが、これは(相互浸透ゲルモデルの場合のように)架橋ネットワーク内にトラップされた澱粉によるものである可能性がある。その後は、着実かつ速い増大が観察された。純PAAcの生分解は、微生物分解をより受けやすい可溶性画分からの低分子量フラグメントによるものである可能性がある。放射線加工によって誘発された澱粉の組み入れは、環境にやさしいSWA製品にとって有用な、SWAの生分解率の向上をもたらしていた。

d) 今後の計画

ハイドロゲルの医療応用

豚モデルを使用した別の臨床前研究の提案を提出する前に、技術の受け手又は産業パートナーのためにソースを明らかにする必要がある。次に、フィリピン原子力研究所(PNRI)の事業開発ユニットと協力して技術振興が行われる。

技術の受け手からの関心表明書を受け取り次第、豚の出血モデルにおける効率的な評価の提案が、承認と資金提供の獲得のため、科学技術省に提出される予定である。

PGP及びSWA(プロセス開発を含む)

SWAについて、オクラとスイートコーンを使用したポット試験を継続する。フィールド試験については、使用が示唆される作物はオクラ、レタス及びキュウリであった。

viii) タイ(タイ原子力技術研究所 フィリヤトーン・スワンマラ氏)

a) R&D テーマ

- PGP及びSWA(プロセス開発を含む)

b) 概要

均一なサイズと形の SWA ビーズが成功裏に調製され、単純化されたプロセスと、エンドユーザーへの実的な応用を提供している。SWA ビーズはその元々の乾燥重量の 450 倍も高い膨潤度を示す。SWA ビーズの生産には 3 つの主要なエネルギー消費プロセス(切断、乾燥、破碎)を必要としないため、コストと時間の両方を低減する。

c) 成果

タイ原子力技術研究所(TINT)の研究者らは、キャッサバ澱粉ビーズへのアクリル酸の放射線グラフト重合を通じて、新しい世代の SWA である SWA ビーズを成功裏に調製した。新たに設計されたプロセスにより、均一なサイズ(1mm~2 mm)と形状(球形ビーズ)で SWA を作製することが可能となった。SWA ビーズの球形は肥料の形状に似ており、したがって、実際の農業応用により実践的なものになっている。また、SWA ビーズは、植え付けプロセスの開始時に種子とともに播くことができる。調製された SWA ビーズはその元々の乾燥重量の 450 倍も高い膨潤度を提供する。

この SWA ビーズの新しくデザインされたプロセスはまた、元々の SWA ハイドロゲルの生産プロセスに伴う主要な問題点を克服することができる。エネルギーと時間を消費する 3 つの主要なプロセス(切断、乾燥及び破碎)がなく、SWA ビーズの生産プロセスは、したがって、エネルギー、時間、そして最重要な点として、費用の大幅な削減をもたらす。

d) 今後の計画

- SWA ビーズ内に封入された肥料の仕込み・放出効率について研究する。
- 元の SWA ハイドロゲルによる過去の結果と比較し、特定の植物それぞれについて SWA ビーズに最適な含有量を決定するために、SWA ビーズのフィールド試験を実施する。
- SWA ビーズの商業生産の実現可能性調査を実施する。
- SWA ビーズ生産をスケールアップする。
- 動物飼料用の分解キトサンについては 2021 年に実施予定である。

ix) ベトナム(ベトナム原子力研究所 グエン・ゴック・ドゥイ氏)

a) R&D テーマ

- 放射線分解したキトサンの動物飼料応用
- ハイドロゲルの医療応用
- 環境修復

b) 概要

~41.8nm のサイズのセレンのナノ粒子(SeNPs)を、安定剤としてオリゴキトサン(OCS)を使用し、ガンマ線照射法によって合成した。粉末状の SeNPs/OCS 製品もまた、噴霧乾燥技術によって高純度で調製した。OCS と SeNPs/OCS 製品は、ガンマ線照射したマウスの総白血球数を回復することができた。

ゼラチン/CM-キトサンとゼラチン/CM-キチンの混合物からの細胞足場が、~25kGy の線量のガンマ線による放射線架橋によって調製された。

c) 成果

SeNPs は、4°C で、異なる貯蔵期間(0 日、30 日、45 日)についてそれぞれ 41.8nm、50.9nm 及び

51.9 nmと算出された平均直径をもつ球形の形態であった。27°C で、SeNPs のサイズは 4°C のときよりも速く増大し、41.8 nm(0 日)から、30 日と 45 日の貯蔵期間についてそれぞれ 115.1nm と 125.8nm に増大した。噴霧乾燥によって得られた SeNPs/OCS 粉末は橙色で、高純度であった。SeNPs の粒子サイズは、SeNPs/OCS 溶液が粉末形態になると、41.8nm から 43.8nm にわずかに増大した。照射されたマウスの 3 つ全ての群(これらのマウスは OCS、SeNPs/OCS 及びリン酸緩衝食塩水(PBS)の経口補給をも受けた)における総白血球(WBC)レベルは、照射後 10 日間の間に有意に低下した。しかしながら、OCS と SeNPs/OCS を 20 日間経口補給した照射マウスにおける総 WBC の回復は既に観察されていた。SeNPs/OCS の経口補給は、OCS を与えられたマウスのそれよりも WBC 回復が良好であった。20 μ g.day⁻¹ の用量で OCS を補給された照射マウスについては、総 WBC は 20 日後に通常レベルまで完全に回復した。特に、SeNPs/OCS を与えられた試験群では、総 WBC の回復時間は 20 日未満であった。

CM-キトサンと CM-キチンは、同じように、ゼラチン由来足場材の特徴の有意な改善を示した。ゼラチン/CM-キトサンとゼラチン/CM-キチンから調製された足場はともに、膨潤度 $\sim$ 7-9g/g(PBS 中)、圧縮率 $\sim$ 46-66kPa、孔隙率 $\sim$ 70-73%、孔サイズ $\sim$ 100-300 μ m となった。これらはまた、コラゲナーゼ酵素における許容可能な生分解性及び $\sim$ 97%の RGR での脂肪由来幹細胞(hADSC)についての非細胞毒性を示し、これらは全て hADSC 培養足場材のための基本的な要求事項を満たしていた。

d) 今後の計画

- ・ 大規模な電子ビーム照射複合生物学的方法による織物染色排水処理に関する研究。
- ・ 水産養殖における免疫システムを増大させるための添加剤として使用するためのオリゴキトサンのパイロットスケール生産。
- ・ 家畜及び水産養殖におけるオリゴキトサンの商品化。

【放射線施設及び研究活動の変化】

2020 年 3 月・4 月 $\sim$ 10 月の放射線施設及び研究活動の状況の変化については、以下のとおり参加者から報告があった。

i) バングラデシュ

COVID-19 に係る状況は芳しくなく、2020 年 10 月時点では未だ多くの制限が継続している。バングラデシュ原子力委員会が所有する放射線施設は利用可能であるが、研究活動はパンデミックの影響により限定されている。試験は冬以降に開始できるものと期待している。

ii) 中国

春の時点では照射施設は利用不可であったが、2020 年秋に再開した。

iii) インドネシア

放射線施設は利用可能である。しかし、COVID-19 の影響により一部セクションの活動は低下している。

iv) 日本

放射線施設は数カ月にわたり閉鎖され、PCR 検査に関連する一部の物資も調達が困難になっていた。2020 年 10 月時点においては、通常の状態に復帰している。

v) マレーシア

COVID-19 の影響により、2020 年 3 月から 6 月にかけてマレーシアでは完全なロックダウンが実施され、全ての施設が閉鎖された。10 月時点では、マレーシアは未だに COVID-19 に関する困難を抱えており、部分的なロックダウンが行われている。一部の施設は引き続き閉鎖されている。

vi) フィリピン

2020 年 3 月の全体的なロックダウンの間、全てのオフィス及び施設が閉鎖された。6 月からは、職員は 15 日/月はオフィスに出勤可能となった。10 月時点では、電子ビーム施設は利用可能である。ガンマ線施設は改良のため停止中であるが、ほかの小規模なガンマ線照射器が代替として利用可能である。

vii) タイ

2020 年 3 月から 5 月にかけて、放射線施設は利用可能であったが、ロックダウンにより利用者はいなかった。6 月からは通常の状態に復帰している。

viii) ベトナム

ベトナム政府は COVID-19 の拡大を十分にコントロールしている。放射線施設は利用可能である。

3) ワークショップのまとめ

- i) 放射線加工・高分子改質プロジェクトで行われる研究開発活動は、テーマ別に 7 種に分類される。その研究テーマとは、「放射線分解したキトサンの動物飼料応用」、「ハイドロゲルの医療応用」、「環境修復」、「PGP、SWA 及びバイオ肥料の相乗効果」、「PGP 及び SWA (プロセス開発を含む)」、「ガンマ線照射によるバイオ肥料の微生物育種」、「ガンマ線照射によるバイオ肥料のキャリア滅菌」である。本ワークショップの最後に、各研究テーマへの各国の参加状況のまとめ及びワークショップ中に行われた各国進捗報告の振り返りが行われ、下表のとおりまとめられた。

2020 年放射線加工・高分子改質プロジェクトにおける研究活動

RPPMプロジェクトにおける研究活動(2020年)

研究テーマ	Bgd	Chn	Idn	Kaz	Jpn	Mys	Mng	Phi	Tha	Vnm
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 及びバイオ肥料の相乗効果	✓	✓				✓	✓	✓		
5. PGP 及び SWA (プロセス開発を含む)				✓		✓		✓	✓	
6. ガンマ線照射によるバイオ肥料の微生物育種		✓	✓			✓				✓
7. ガンマ線照射によるバイオ肥料のキャリア滅菌						✓			✓	✓

ワークショップ 1 日目で報告されたバイオ肥料分野における主要な成果

発表の概要(10月26日分)

バングラ デシュ	イネにおけるPGPとBFの相乗効果について育苗まで実験を行ったが、長引くCOVID-19の影響により実験は延期されている。
中国	X線照射による突然変異体(3,500株)を用いて、耐塩性、耐酸性及び植物病原体に対する拮抗性の向上に関するスクリーニングを行った。
インドネシア	マングローブ地域における根圏微生物の突然変異育種は、PbやCdで汚染された土壌のバイオレメディエーションを促進する可能性がある。
カザフスタン	--
日本	なし
マレーシア	2020年1～10月にかけて、西マレーシアの水稻農家に計40万リットルのBioliqfertを配布した。
モンゴル	ハウス栽培ピーマンの収量に対するOCとBFの相乗効果及び小麦の収量に対し異なるBFが及ぼす影響に関する調査を実施した。
フィリピン	BF技術の普及・拡大に向けて、トウモロコシやトマトに対するPGPとBFの相乗効果に関する調査を継続している。
タイ	2016～2019年にかけて、2種類の担体(オートクレーブ及び照射)は、埴壤土と砂質土で類似した結果を示した。2020年の成果はなし。
ベトナム	トマトの成長に対するRapol Vバイオ肥料のフィールド試験は、少なくとも20%のNPK削減という結果を示した。

ワークショップ 2 日目で報告された高分子改質分野における主要な成果

発表の概要(10月27日分)

バングラ デシュ	ハイドロゲルの動物試験(ウサギ)において、火傷創傷治療用軟膏よりも創面収縮が迅速であることが示された。
中国	大規模な商業利用;排水処理への利用;EBパイロットステージ:金属イオン吸着剤、海水からのウラン抽出、ウラン鉱山廃水
インドネシア	OCをニワトリ用飼料に利用するプロポーザルが、研究技術省(BRIN)による5年間の資金提供の対象となった。500 ppmのオリゴキトサン投与によりバスンダン牛の個体重量増加が確認された。
カザフスタン	針葉樹の苗木の生長および生存率に対しSWAIによる顕著な効果が見られる。SWAIに関する技術移転は順調に進行している。
日本	医療応用のために、ゼラチンをゲル化し、細胞培養実験に使用した。細胞の3次元成長が観察された。
マレーシア	5 gの低分子量(LMw)OC/kgの追加投与が、ティラピアのサプリメントとして最良の結果をもたらした。κCA/PVP/PEGにおける3D細胞培養が行われ、PGPおよび相乗効果に関する研究は再試行が必要である。
モンゴル	--
フィリピン	動物実験(4つのラット出血モデル)において、KC/PEO/PEGハイドロゲル被覆材は出血時間のコントロールにおいて市販のCeloxガーゼより効率的であり、生存率は100%であった。
タイ	SWAピーズ製造は3つの主要なエネルギー消費プロセス(切断、乾燥、破砕)を改善し、費用・時間の双方を削減した。
ベトナム	OCS及びSeNPs/OCS製品は、ガンマ線照射したマウスの総白血球数の回復に効果的であった。細胞足場は放射線架橋により調整された。

※略語一覧(アルファベット順)

BF: バイオ肥料、Cd: カドミウム、EB: 電子ビーム、KC/PEO/PEG: κ-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、κCA/PVP/PEG: κ-カラギーナン/ポリビニルピロリドン/ポリエチレングリコール、NPK: 窒素・リン酸・カリウム、OC or OCS: オリゴキトサン、SeNPs/OCS: セレンナノ粒子/オリゴキトサン

- i) COVID-19 の影響により、半数以上の参加国の放射線照射施設が運転中止となり、研究活動が制限される状況にあったが、施設の運転状況・研究活動の双方において、徐々に原状に復帰しつつあることが確認された。2021 年度も引き続き、ニーズに応じた研究開発を進め、参加国における社会・経済的な成果の達成を目標に、プロジェクトを進めることが確認された。

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2年11月5日(木)～11月6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(ANSTO)

iv) 参加者: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、マレーシア、フィリピン、タイ、ベトナムより各1名、日本7名、合計16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、2020年11月5日～11月6日の2日間、オンラインで開催された。

初日には、オーストラリアコーディネーターのリン・タン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述べられた。

各国参加者の自己紹介に続いて、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。

2日目には、各国参加者による発表とともに、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による支援を必要とする項目が確認された。

また、オープンセミナーとして、オーストラリアプロジェクトリーダーのヘンク・ヘイニス氏より、プロジェクトの活動内容及び成果に関する発表が録画収録され、FNCA ウェブサイトの2020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(p154)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、東南アジアのモンスーン、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スキニング(ITRAX)等である。

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、蛍光エックス線分析(XRF)、ガンマ線分光計による ^{210}Pb 放射年代分析等を行っている。炭素-14(^{14}C)年代測定の実施にあたっては、日本原子力研究開発機構(JAEA)又は他の参加国からの協力を仰ぎたい。調査の暫定的な結果として、金属の分析データが得られた。

iii) 中国(華東理工大学 ゴン・チージュン氏)

中国は中国北東部の砂漠地帯における砂丘の動きを調査するにあたり、光ルミネッセンス年代測定(OSL)を適用している。これにより、砂漠化がいつどのように始まったのかについて、解明することが期待されている。この調査は人為的要因と気候要因を区別するために重要である。

iv) インドネシア(インドネシア原子力庁 アリ・アルマン・ルビス氏)

マングローブは二酸化炭素(CO₂)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 ²¹⁰Pb 放射年代測定を実施している。マングローブ堆積物に含まれる ¹⁴C 分析のため、日本の協力が必要である。日本に 20 程度のサンプルを送る前に、前処理を行う予定である。

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 CO₂ 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。FNCA 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、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、FNCA 参加国の研究者を招聘し、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。このガイドラインに基づき、インドネシア、マレーシア、フィリピンといった参加国は、試料の前処理のための施設を立ち上げる予定である。前処理を施された試料は日本に向け発送することができる。

vi) カザフスタン(カザフスタン国立原子力研究センター オクサナ・リャホバ氏)

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。前者について、土壌炭素に関する研究のフィールドワークを行うサイトを決定した。さらに、土壌試料の採取・前処理にあたっては JAEA のガイドラインを参照して行う予定である。これらの研究に加え、新しくガンマ線検出器でセシウム-137(¹³⁷Cs)及び ²¹⁰Pb を分析することにより、人工及び自然に形成された湖の堆積物の年代測定と、堆積速度の調査を開始予定である。

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で化学肥料や農薬が使用されることが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 XRF コアスキャナー(ITRAX)を用いて分析を行っている。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ている。またマングローブ群生地、藻場の堆積物は、土壌における炭素循環の表かにも利用されている。

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)

フィリピンは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。

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)

2019年度にタイ原子力技術研究所(TINT)のスタッフが、文部科学省の研究者育成事業によりJAEAに招聘され、土壌試料採取やAMSによる土壌有機炭素分解の定量化のために年代測定等について訓練を受けた。これにより、招聘されたスタッフのみならず、TINT全体が土壌試料前処理の標準的手順に関する能力を獲得した。TINT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の試料を同位体比質量分析装置(誘導結合プラズマ質量分析(ICP-MS))により分析していたが、装置が故障してしまったため、集中的な研究のためカキ殻のスラブ(平板)をANSTOと中国に送ることとなった。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。

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、トンキン湾北西部のハロン湾における6つの地点で堆積物コアを採取し、アルファ線及びガンマ線分光計による ^{210}Pb 、ラジウム-226(^{226}Ra)、 ^{137}Cs 、重金属、N、Pの分析を行っている。 ^{210}Pb 年代測定に適した堆積物コアを採取するための新しいサイトを探しており、オーストラリアの支援を仰ぎたい。

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2四半期又は第3四半期に配信する予定である。
- ii) 2021年度ワークショップでは、データの解釈に焦点を当てる。適切な参加者によって、データ収集からデータ解釈、最終結論に至る科学的手法を、段階的に実演することが求められる。さらに、気候変動とともに原子力技術を利用した食品セキュリティに関するフォローアッププロジェクトについても議論が行われる予定である。

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2年11月27日(金)

ii) 場 所:オンライン

iii) 主 催:文部科学省(MEXT)、

iv) 参加者:中国、韓国、モンゴルより各2名、バングラデシュ、インドネシア、カザフスタン、マレーシア、タイ、ベトナムより3名、フィリピンより4名、日本16名、合計44名(添付資料2.4.2(p102)参照)

v) 日 程:添付資料2.4.3(p107)参照

本ワークショップは、2020年11月27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真吾氏、文部科学省の鈴木哲氏、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南波秀樹氏よりそれぞれ挨拶が行われた。

続いて、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(CERVIX-V)³、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、各国より登録患者の臨床データの解析結果が発表された。

また、放射線治療におけるQA/QCのセッションにおいて、中国とフィリピンの計4病院で実施した3D-IGBTでの線量監査結果と今後の予定について報告された。

さらに、本ワークショップでの特別企画として、「COVID-19 禍での放射線治療の状況」と題したセッションが設けられ、COVID-19 拡大における各国の放射線治療の様子や取り組みが発表された。

最後のセッションでは、新たな臨床試験として検討している「がんの骨転移・骨転移に対する放射線治療」について、各国に行ったアンケート結果及び治療手順(プロトコル)案が紹介された。

また、オープンセミナーとして、加藤氏より、プロジェクトの活動内容及び成果に関する発表が録画収録され、FNCA ウェブサイトの2020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(p156)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3D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)や核磁気共鳴画像法(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月に量子科学技術研究開発機構(QST)放射線医学総合研究所(NIRS)の治験審査委員会(IRB)によって承認された。各国治

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。

療施設において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 60 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 7 名、インドネシア 9 名、日本 5 名、カザフスタン 6 名、韓国 0 名、マレーシア 10 名、モンゴル 2 名、フィリピン 8 名、タイ 12 名、ベトナム 0 名)。

60 名中、54 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 42 名の患者について解析が行われ、全ての登録患者が 3D-IGBT の治療を受けた。また、以下のとおりほぼ全ての患者が基準線量の制約を達成した。

- 39名(93%)の患者がハイリスク臨床標的体積(HR-CTV)D90について目標線量を達成
- 41名(98%)の患者が膀胱D2ccの線量制約を達成
- 41名(98%)の患者が直腸D2ccの線量制約を達成
- 40名(95%)の患者がS状結腸D2ccの線量制約を達成

グレード 4 の急性血液毒性が 5 名(12%)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 以上の急性日血液毒性がこれまでのところ 1 名(2%)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%、88%、72%であった。

登録目標を 100 名としている CERVIX-V の患者登録は順調に進んでおり、今後も継続した患者登録が必要とされる。

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 38 カ月(範囲:2 カ月~116 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 にほぼ匹敵する結果だったが、NPC-III は LC 率が有意に NPC-I より低く、その一方で有意に OS 率が高く、最終結果のためにさらなる経過観察が必要とされる。

本臨床試験の主要エンドポイントは 3 年全生存率で、今後さらに 2 年間の追跡後、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

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。

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、本ワークショップ時点で本プロトコ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。3年LC率及び無増悪生存(PFS)率はそれぞれ96.9%、88.9%であった。グレード評価が適切に行われていない事例がいくつか見られたため、注意が促された。また、現時点での急性毒性に関して報告を行うことが同意された。

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4年間の患者の追跡が必要とされた。

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、本ワークショップ時点で本プロトコ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。3年LC率及びPFS率はそれぞれ99.6%、98.6%であった。

PMRT同様、グレード評価が適切に行われていない事例がいくつか見られたため、注意が促された。また、現時点での急性毒性に関して報告を行うことが同意された。

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。

v) 3D-IGBTにおける品質保証/品質管理

本活動では、多国間での共同臨床研究と各国における放射線治療を適切に行うために、各国の各施設が信頼できる線量測定法を整備することを目指している。これまでは、子宮頸がんに対する外部照射治療時のリニアック線量測定や線源の放射能校正等のQA/QCを対象として、FNCA参加国における放射線治療施設の調査を行ってきた。

3D-IGBTを取り扱うCERVIX-Vの開始に伴い、本活動においても各国の治療施設における3D-IGBTのQA/QCに焦点を当て、2019年より線量監査が実施されている。

日本より、2019 年 10 月に中国(蘇州大学付属第一病院)及び 2020 年 1 月にフィリピン(フィリピン総合病院及び聖ルーク医療センター(ケソン市グローバルシティ))の計 4 病院で実施された線量監査の結果について報告された。

全ての病院において測定した A 点⁵、膀胱と直腸の線量は治療計画システム(TPS)計算値と許容範囲内で一致したが、アプリケーションオフセット値の病院側の申告値と実測値に 2mm の誤差が認められたため、後日病院スタッフが再測定したところ実測値と一致した値を示し、修正がなされた。この結果によって、最終的にオフセット値は一致し、全ての病院において線源強度の測定値と治療計画システムへの登録値も許容範囲内で一致した。

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再開が予定されている。

vi) COVID-19 禍における放射線治療の状況

2020 年、COVID-19 の流行拡大は病院の通常の医療行為にも大きな影響を与え、がん治療に関しても中断や延期等を余儀なくされるケースが相次いだ。

このような非常事態において、参加国でどのように放射線治療が行われていたかが報告された。参加 11 カ国の 15 病院より、COVID-19 に関する国別データや統計、また放射線治療を実施するにあたっての問題点が報告されたほか、感染リスクを回避して放射線治療を実施するための取り組み等が紹介された。患者と医療スタッフの感染リスクを抑える数多くの方法が紹介された。その中でも、多数の病院で実施されていた「寡分割放射線療法」が COVID-19 の流行下で効果的であることが示された。今後、参加国間で緩和的放射線治療を含む安全で有効な寡分割放射線療法の治療レジメンが確立されることが望まれる。

vii) 将来計画

現在進行中の臨床試験に続く候補として、「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。本ワークショップに先立ち、プロジェクトメンバーの病院で行われている緩和的放射線療法の状況についてアンケートが行われ、その回答結果が紹介された。また、「骨転移に対する緩和的放射線治療」については、プロトコールの骨子も紹介された。今後、電子メールベースで討議を重ね、2021 年度のワークショップで骨転移及び脳転移両方のプロトコロールを完成させる予定である。

また、COVID-19 の状況が改善していた場合、2021 年度のワークショップをモンゴルで開催することとした。

⁵ A 点:従来の腔内照射における病巣の線量基準点(A 点)のこと。

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2年12月17日(木)

ii) 場 所:オンライン

iii) 主 催:文部科学省(MEXT)

iv) 参加者:韓国 1 名、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 9 名、日本 10 名、合計 38 名(添付資料 2.5.2(p116) 参照)

v) 日 程:添付資料 2.5.3(p119) 参照

本ワークショップは、2020 年 12 月 17 日にオンラインで開催された。

全体セッションでは、文部科学省の鈴木哲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を含む放射性同位元素製造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、大槻氏及び海老原氏より、プロジェクトの活動内容及び成果に関する発表が録画収録され、FNCA ウェブサイトの 2020 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(p160)のとおりである。

2) 各国発表概要

i) 研究炉利用グループ: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 の流行下において国内市場への放射性医薬品の製造及び供給は通常通り継続した。しかし、民間航空便の減少と国境閉鎖により海外への輸出は中断された。オーストラリアは、放射性同位元素(RI)のモリブデン-99(^{99}Mo)、テクネチウム-99($^{99\text{m}}\text{Tc}$)、ヨウ素(^{131}I)、ルテチウム(^{177}Lu)、クロム(^{51}Cr)、イリジウム(^{191}Ir)、金(^{198}Au)の製造を継続しており、サプライチェーンが通常に戻ると予想されるため、特に国際市場への輸出用として 2021 年初頭からアイソトープ生産を増加する予定である。オーストラリアは新しい放射性同位元素の臨床試験をサポートするため、イットリウム(^{90}Y)、ホルミウム(^{166}Ho)、 ^{32}P の製造を行っている。

b) バングラデシュ(バングラデシュ原子力委員会 ラビヤ・アフテル氏)

バングラデシュの RI 製造研究所が、国内における医学的に重要な RI 需要を満たすために、 $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ ジェネレータと ^{131}I 経口液剤を週ベースで製造している。RI グループは、医療用の新しい RI としてストロンチウム-89(^{89}Sr)の製造を計画している。 $^{88}\text{Sr}(n,\gamma)^{89}\text{Sr}$ 反応プロセスに続く炭酸ストロンチウム(SrCO_3)をターゲットとし、バングラデシュ原子力委員会の研究炉を用いて ^{89}Sr の調合計算が進行中である。

c) 中国(中国原子能科学研究院 リュウ・シンミン氏)

COVID-19の影響はあるものの、スイミングプール炉(SPRR)や中国改良型研究炉(CARR)といった原子炉を含む原子力施設は年間計画に従って稼働していた。現在、SPRRは材料試験やシリコン非破壊試験のために100日(全出力換算日(EFPD))間、CARRは原子核科学や材料試験のために30日(EFPD)間、稼働している。

d) インドネシア(インドネシア原子力庁 ユシ・エコ・ユリアント氏)

多目的研究炉(RSG-GAS炉)は、インドネシア原子力庁(BATAN)によって33年間運転されている。研究炉は主にRI製造に使用されている。BATANは商用としてメキシイソブチルイソニトリル(MIBI)、メドロン酸(MDP)、ジエチレントリアミン5酢酸(DTPA)キット、サマリウム-153(^{153}Sm)-エチレンジアミンテトラメチレンホスホン酸(EDTMP)、 ^{131}I 標識メタヨードベンジルグアニジン(^{131}I -MIBG)といった放射性医薬品を製造している。研究段階の放射性医薬品としては、ナノ材料に基づく $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ ジェネレータ、ヨウ化ナトリウム($\text{Na}-^{131}\text{I}$)、 γ - ^{32}P 標識アデノシン三リン酸($[\gamma\text{-}^{32}\text{P}] \text{ATP}$)、 ^{177}Lu -ドータ・トラスツズマブ、 ^{32}P 皮膚パッチ等を製造した。また、天然モリブデンからの ^{99}Mo 製造を開発した。核燃料要素に関する研究も進行中である。

e) 日本(京都大学 大槻勤氏)

2020年11月から、京都大学研究用原子炉(KUR)は、最大出力1及び5MWでRI製造や材料研究等のために定常モードで運転されている。スカンジウム(^{47}Sc)、ロジウム(^{105}Rh)、 ^{177}Lu 等の医療用RI製造の研究が行われ、その製造量が直線型加速器によって製造されたものと比較された。また、JAEAの研究炉JRR-3は、2021年2月に最大20MWで運転予定である。JRR-3を用いてJAEA職員並びに大学、企業の研究者がRI製造、物質・生命科学といった研究を継続することとなる。

f) カザフスタン(核物理研究所 アセツ・シャイメルデノフ氏)

2020年はCOVID-19の流行により各国にとって困難な年であった。多くの組織で作業が中断され、従事者は在宅勤務に切り替わり、航空会社は国際線の運航を一時的に停止した。この期間、カザフスタンの研究炉の作業負荷が減少し、特にRI等の製品輸出に影響を及ぼした。RI製造、中性子ラジオグラフィ(NR)、人材育成、NAA、材料研究、原子核科学といった分野では、概ね全ての作業が継続された。RIの供給はカザフスタン国内市場にのみ行われた。2020年の原子炉ベースのRI製造は、医療用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ と産業用 ^{192}Ir である。 ^{177}Lu 製造の研究開発も進行中である。

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、TRIGA研究炉(Puspati)の利用を引き続き支援している。現在の研究炉は低出力で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。本研究炉は1日当たり8時間で週4日稼働しているが、状況により特定の要求に応じるために運転を延長する場合がある。以前は、研究炉を用いて ^{153}Sm が研究されてきた。医療用RIへの関心が高いことから、 ^{177}Lu 、 ^{51}Cr 及び ^{165}Ho の研究を効率化している。RI製造に加えて、この研究炉はNAA、中性子ビーム研究、教育及びトレーニングにも使用されている。また、新しい研究炉のフィージビリティスタディの提案が政府に提出された。

h) 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)

モンゴルの研究炉プロジェクトは数年前から議論されてきた。研究炉利用や設計研究、燃料比較分析が行われた。プロジェクト開発のためにロシアのロスアトム社との最初の議論が行われた。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

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、ドイツ等の国から輸入されている。例えば 500mCi の ^{99m}Tc ジェネレータは 2 週間毎に韓国から輸入されている。

i) フィリピン(フィリピン原子力研究所 ニール・レイムンド・ギレルモ氏)

COVID-19 の影響により、少なくとも 3 カ月間活動が停止された。その後 6 月から 10 月にかけては 50%の作業量で行われた。訓練・教育・研究用未臨界集合体(SATER)は、当初 2020 年 12 月に試運転の予定であったが、COVID-19 の影響により 2021 年 12 月に延期された。フィリピン原子力研究所は、核医学開発センター設立のための 5 カ年プログラムに着手しており、これは 16.5MeV で稼働する 5 つのポジトロン断層法(PET)/CT システムを備え、フッ素-18(^{18}F)、 ^{11}C 、 ^{13}N 、銅-64(^{64}Cu)、 ^{43}Sc 、ガリウム-68(^{68}Ga)を製造するものである。

j) タイ(タイ原子力技術研究所 カノクラット・ティヤプン氏)

研究炉 TRR-1/M1 は、最大出力 1.2MW の定常モードで運転されている。研究炉は、教育及びトレーニング、RI 製造、地質年代学、NAA、中性子イメージング、機器の試験や校正など、様々な研究と広範な利用を生み出した。TRR-1/M1 は、 ^{153}Sm 、臭素-82(^{82}Br)、 ^{32}P を製造している。最近、核医学利用のため ^{176}Lu とイッテルビウム-176(^{176}Yb)の中性子放射化による ^{177}Lu の製造実験が行われた。 ^{177}Lu 製造戦略の可能性を最大限に引き出すために、今後さらに調査が行われる予定である。

k) ベトナム(ベトナム原子力研究所 ドゥオン・ヴァン・ドン氏)

COVID-19 の影響により、現在多くの困難があるが、ベトナムは原子炉の稼働時間を増やすなど、市場に対応すべく効果的な代案を多く考案した。一方で、その他の研究活動は中断せざるをえなかった。

ii) 中性子放射化分析グループ:NAA 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)

多目的研究炉 OPAL は主に医療用 RI 製造をサポートするためにフル稼働を続けたが、COVID-19 の影響によりサイトへのアクセス制限を強いられた。他のエリアでの人員削減により、長期の NAA 照射は実施できたが、開梱はできなかった。また、短期照射は実施できた。代案が求められたものの、実施できない状態であった。制限が解除された 6 月以降、損失時間を取り戻すために非常に多忙であった。

b) バングラデシュ(バングラデシュ原子力委員会 カムレン・ナヘル氏)

COVID-19 流行下における、不十分な中性子ビーム、液体窒素の供給不足や検出器の故障により、研究開発活動は大きく滞った。この期間、保留中の学術協力作業が優先的に完遂された。14 の論文が発表され、プロジェクトに直接関係のない研究作業が行われた。研究炉の利用可能性に応じ、FNCA の活動目標は今後完遂する予定である。環境モニタリングでは、1) 土壌と堆積物、2) 石炭と石炭飛散灰、3) 植物試料が選択可能である。

c) 中国(中国原子能科学研究院 シャオ・ツァイジン氏)

2020 年には北京において試料を採取したが、COVID-19 の影響により NAA と粒子線励起エックス線分析(PIXE)による試料分析は遅れた。CARR の NAA プラットフォームはまだアップグレード中である。微小粒子状物質(PM2.5)のいくつかの標準物質が NAA で分析された。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。NAA は、国家主要研究開発プログラム(NRDP)を

含め、いくつかの国家プログラムで採用された。2021 年は、北京において PM2.5 と粒子状物質 (PM10) の試料が採取され分析される。

d) インドネシア(インドネシア原子力庁 スティスナ氏)

2019 年度の FNCA 活動は、2019 年度のワークショップにおいて発表したとおり国家研究プログラムの支援に焦点を当てている。発育阻害発生事例の減少を加速することは、現在、政府の優先プログラムの 1 つである。食品中の必須要素であるヨウ素は、発育阻害に影響する重要な栄養源の 1 つであるが、微量であるため精密で正確な定量値を求める手法を開発する必要がある。食品中のヨウ素の測定方法の 1 つとして、熱外中性子を用いた機器中性子放射化分析 (INAA) 法が挙げられる。この手法はカドミウムとホウ素シールドを使用して集中的に開発された。地元の食品中のヨウ素の測定に熱外中性子 INAA が使用されており、その分析結果が報告された。

e) 日本(早稲田大学 海老原充氏)

現在、日本で唯一 NAA に使用できる研究炉は KUR である。このような状況は 2021 年早々に変わることであり、10 年にわたる長い休止を経て JAEA の研究炉 JRR-3 が運転を再開する。NAA のエンドユーザーにとって使いやすさは向上するものの、現在の COVID-19 の流行拡大により、利用率は低下する可能性がある。地球化学試料及び宇宙化学試料、地質標準試料について、INAA 及び放射化学的中性子放射化分析 (RNAA) を利用しそれぞれ分析を実施する予定である。

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)

研究炉が一時的に停止し、鉱物資源探査と選鉱に従事するパートナーとの関係がロックダウンで停止したため、計画していた NAA による調査量は大幅に削減された。関係が再開されると新たな懸念が生じた。2021 年の主な課題は、ウラン鉱石試料の Re(レニウム)分析、黒色頁岩中の金 (Au) とその随伴元素の分析、希土類元素 (REE) の対応試料分析である。

g) 韓国(韓国原子力研究所 ソン・グワンミン氏)

HANARO 研究炉では、熱中性子ベースの INAA、遅発中性子放射化分析 (DNAA)、そして冷中性子-即発ガンマ線分析 (CN-PGAA) と冷中性子-中性子深さ方向分析 (CN-NDP) からなる冷中性子放射化ステーション (CONAS) を稼働させている。HANARO は長い間停止状態であったが、2021 年初頭に稼働予定である。現在は、主に半導体、地質、環境、食品等の試料が、エネルギー分散型/波長分散型-蛍光エックス線分析 (ED/WD-XRF) や ICP-MS 等の分析機器を使って分析されている。プサン市近くのキジャン郡に新しい研究炉を建設する新プロジェクトが進行中である。

h) マレーシア(マレーシア原子力庁 スハイミ・エリアス氏)

NAA 技術を利用し、土壌試料分析に関連する研究活動がなされた。現在、汚染源の特定を目的として、周辺地域や工業団地の土壌試料中の汚染元素モニタリングが優先して実施されている。カパール工業団地から採取された土壌中の重元素、微量元素、REE の汚染源を特定するため、試料分析を実施した。

i) 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)

大気汚染、食品汚染、大気形態分布等の環境モニタリングが、NAA 及びその他の関連手法で実施された。形態学的研究結果によると、夏の粒子状物質汚染は土壌由来の球状をしており、冬の粒子状物質汚染は固体燃料の燃焼由来の不揃いな形状であった。食品汚染について、重元素、有毒元素の含有量は許容レベルを越えなかった。

j) 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)

地域の検疫措置による制限にもかかわらず、大気粒子状物質(PM2.5 及び PM10)の採取は可能な限り最善の方法で継続されている。稼働中の原子炉がない、又は原子炉にアクセスできないため、これらの試料に NAA は利用されなかったが、フィリピン原子力研究所はベトナムとの共同作業を提案することを検討している。フィリピンは、国内の一部の大気粒子状物質に関する共同研究を確立しており、海洋及び河口の堆積物、火山灰、テクタイト等の環境試料における NAA の使用を検討している。

k) タイ(タイ原子力技術研究所 ドゥサデー・ラッタナプラ氏)

INAA を使用して、認証標準物質 JG-2 中の REE とその他の元素濃度が報告された。それらの値は基準値とよく一致した。10 の地質学的試料中の REE とその他の元素の測定が、INAA とマイクロ波分解及び溶融、溶解操作を伴う ICP-MS を使用して行われた。2021 年の環境モニタリング物質は、PM2.5、PM10、土壌、作物及び地質学的試料である。

l) ベトナム(ベトナム原子力研究所 トラン・トゥアン・アン氏)

ダラト研究炉の研究開発活動は COVID-19 の影響を受けず、病院向けの RI 製造を増やすために継続的に稼働している。科学技術省のプロジェクトにおいて、30 の異なる場所で採取された苔の試料中の 10 の重金属及び半金属元素の濃度が k_0 -INAA で測定された。海岸浸食研究のために、 k_0 -INAA を使用して海洋堆積物の元素濃度を分析した。考古学的試料として、50 の粘土試料中の 14 の REE と U、Th(トリウム)濃度も ICP-MS によって測定され、REE パターンが求められた。

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(2020 年～2023 年)では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

RRU グループではいくつかのトピックについて議論を行った。また、参加各国からのアンケート結果に従い、本フェーズのワークショップにおける原子核科学分野の代表的なトピックが検討された。考えられるトピックを以下のとおり順番に示す。

- a) 新しい放射性同位元素を含む放射性同位元素製造、(もしあれば)実用的な精製技術や QA/QC
- b) 新しい研究炉
- c) ホウ素中性子捕捉療法、中性子ラジオグラフィ

- d) 人材育成
- e) 材料研究
- f) その他の可能なトピックやニュース

iii) 中性子放射化分析グループ

NAA グループでは 2019 年に、環境試料をターゲット材料として採用することに合意した。COVID-19 の流行拡大により、2020 年にプロジェクトを開始することができなかったが、2021 年に開始し 2023 年まで続ける予定である。新フェーズの環境試料は、大気粒子状物質などの「一般的」な環境試料だけでなく、地質学的試料、土壌、さらには食品など身の回りの物質も取り扱うことが合意された。NAA は多種多様な固体試料に対して多元素定量が可能なため、このような固体環境試料については、NAA は ICP-MS や誘導結合プラズマ発光分析法(ICP-AES)等の最新の分析法と同等か、より優れている側面もある。この観点から、研究炉が一時的又は恒久的に稼働していない参加国では、NAA 以外の分析法をこれらの試料に適用することにより、NAA グループ内でデータの比較及び検証を行うことが推奨された。

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2年12月14日(月)～12月15日(火)

ii) 場 所:オンライン会合

iii) 主 催:文部科学省(MEXT)

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、フィリピン、ベトナムより各1名、モンゴル、タイより各2名、インドネシアより4名、日本より11名、合計26名(添付資料2.6.2(p122)参照)

v) 日 程:添付資料2.6.3(p125)参照

本ワークショップは、2020年12月14日～12月15日の2日間、オンラインで開催された。オンライン会合では、文部科学省の鈴木哲氏及び日本コーディネーターの和田智明氏より歓迎挨拶があった。

また、日本プロジェクトリーダーの小佐古敏荘氏より、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)の概要及び低レベル放射性廃棄物処分場に関する統合化報告書(LLRWR)(中間報告、2020年3月発行)のアップデートに関する説明が行われた。

続いて、11カ国より、NORM/TENORMに関する現状、課題及び今後の計画についての発表が行われた。初日に8カ国による発表が行われ、残りの3カ国は2日目に発表された。

2日目には、マレーシア及びオーストラリアよりピカルレポートが発表され、続いて3つのグループに分かれ、NORM/TENORMに関する特徴、規制状況、処分場サイト、ステークホルダーについてグループ討議が行われた。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、小佐古氏より、プロジェクトの活動内容及び成果に関する発表が録画収録され、FNCA ウェブサイトの2020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(p162)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

11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)

オーストラリアは非常に広大で、資源に富んだ国である。あらゆるタイプの鉱床があり、これらの鉱床は鉱物に対する国内外の需要に対して供給するために開発されている。鉱業はオーストラリアの歳入の11%(国際貿易の約50%)を占めており、この産業の評価額は年間2,200億豪ドルである。

オーストラリアにおけるこのような採鉱、製錬及び精錬には、鉱石中に存在するNORMの管理及びそれに伴う課題がある。人の手が増えられた物質のみがオーストラリア国内で規制され、これらは地方自治体によって規制されている(9つの放射線防護規制機関、石油・ガス規制機関、環境保護局等の専門規制機関)。

採鉱及び精錬プロセスにおいては、物質はよくコントロールされている。しかし、NORMが生成物から分離される際には特別な管理策が整備される必要がある。NORMは適用除外基

準(一般に約 1Bq/g)を設定することによって管理され、その基準を超える物質は規制機関によって監視される。

NORM の再利用及びリサイクルの選択肢は以下のようなものがある。

- 農業における土質改良材、特に、リン酸塩結合に関するもの。
- れんがやタイルといった建設材料の製造における、粘土の代替物又は粘土添加物。
- 道路基盤の建設材料。
- 漆喰壁ボードの製造における天然石膏の代替物。
- ゴム及び PVC の製造における充填材。

また、NORM の処分の選択肢には以下のようなものがある。

- 海洋施設の場合、希釈し海洋処分する。
- スラグ及びその他の加工廃棄物の埋め立て。
- 採鉱の完了後、鉱山に戻す。
- 鉱滓ダムの表土。

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)

規制枠組み、放射性廃棄物の発生及び廃棄された密封放射線源(DSRS)の短いインベントリに関する簡略な説明を行った。放射性物質は、天然物質を扱ういかなる産業プロセスからも生じる可能性がある。可能性のある NORM 発生源として、石油・ガス生産、地熱エネルギー生産、石炭火力発電所、飲料水処理、肥料工場等が挙げられる。既存の政策によれば、NORM はバングラデシュ原子力規制機関(BAERA)及び政府による別段の規定がない限り、放射性廃棄物として扱ってはならない。NORM 放射性核種の適用除外レベルは、1997 年原子力安全・放射線管理規則(付表 II)に記載されている。オンサイト処分はこの国の NORM 管理システムの終点である。

c) 中国(中国核工業放射線防護研究院 アン・ホンシャン氏)

中国では、NORM による環境放射線問題がステークホルダーの注意を喚起している。中国政府はこの分野での環境放射線の監督を次第に強化してきている。関連法規の要件によれば、NORM に関する規制項目が特定され、NORM の企業リストが確立され、放射線に関する環境影響評価が実施され、放射線汚染を防止するための施設と制御するための施設が同時に運営されること等が要求されている。

第 2 次全国污染源調査が 2017 年～2019 年に実施され、NORM 調査はこの調査の構成要素の 1 つであった。3 万を超える企業が調査され、2,000 を超える企業がこの調査対象として識別された。この識別調査のために、5,000 近い固体試料及び 400 を超える水試料の分析が行われた。全ての識別調査が完了し、固体試料の ^{238}U 、 ^{232}Th 及び ^{226}Ra の単一核種放射能濃度について 1Bq/g を超える企業が 500 社を超えていた。

中国では全国レベルでいくつかの目下の問題があり、これには、中国における産業固体廃棄物、危険廃棄物及び放射性廃棄物の貯蔵・処分施設が NORM 廃棄物を明示的に除外していること、中国における NORM 廃棄物の分布が比較的散らばっていること、並びに、その量が原子力産業によって生成される放射性廃棄物の量よりもはるかに多いこと、特に長い自然放射能の半減期によって管理上の問題がより複雑であることが含まれる。中国は、等級別扱い(graded approach)に基づいて NORM 管理を実施する必要がある。

d) インドネシア(インドネシア原子力庁 ダドン・イスカンダル氏)

全ての鉱物及び原料物質には天然放射性核種(^{238}U 及び ^{232}Th の崩壊系列及びカリウム-40 (^{40}K))が含まれている。大幅に高い被ばくを生じさせる物質は、NORM として知られている。NORM は、技術が関与することなく自然そのものから生じ、一方、TENORM は、産業活動から生じる。TENORM を生成する産業活動の一部として、ウラン鉱石以外の鉱石の採掘、石油・ガスの生産、ジルコン及びジルコニア産業、リン酸塩産業及び石炭燃焼等がある。TENORM の生産者はTENORM の放射線安全分析を行う必要がある。この分析には最低限、実施する活動のタイプ及びプロセス、TENORM の量、放射性核種の種類及び濃度、最大放射線被ばく及び/又はTENORM 表面の汚染といった事項が含まれる。放射線安全分析はインドネシア原子力規制庁(BAPETEN)による評価を受ける必要がある。この評価によって介入レベルを超えていることが示された場合は、TENORM の生産者は介入策を実施する必要がある。インドネシアにおける介入レベルとしては、TENORM の量又は数量は最低 2t であり、汚染レベルは $1\text{Bq}/\text{cm}^2$ に等しいかそれ以上である。又は、放射能濃度が、ウラン及びトリウム系列中の各放射性核種について $1\text{Bq}/\text{gr}$ 、又はカリウムについて $10\text{Bq}/\text{gr}$ である。TENORM の特性評価及び放射線学的評価の一部が、石油・ガス生産、ジャワ島にある石炭火力発電所、バンカ・ブリトゥン州のスズ産業及びその他の産業において実施された。特性評価及び放射線学的評価に基づいて、汚染された用地の修復(浄化)、現地での中間貯蔵場の設置、放射線警告標識をつけての NORM の現場貯蔵、並びに、BATAN 放射性廃棄物技術センターへの NORM 廃棄物の移送等のいくつかの介入が実施された。NORM に関し BATAN は、国内のいくつかの場所において放射線・放射能調査を実施し、少なくとも 3 つの自然放射線が高い地域(マムジュ県(西スラウェシ州)、ビアク島(パプア州)、及びトゥアル島(マルク州))を見出した。

e) 日本(日本原子力研究開発機構 齋藤龍郎氏)

IAEA のミッションは、日本における原子力エネルギー研究/放射性同位体の医療及び産業利用から生じる低レベル放射性廃棄物の廃棄プロジェクトを推進することである。

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

f) カザフスタン(カザフスタン国立原子力センター エフゲニー・トゥール氏)

カザフスタンでは大量の NORM/TENORM 廃棄物が蓄積されており、その量は増大する傾向にある。そのため、廃棄を含む、その安全な管理を確実に行うことが要求されている。NORM/TENORM 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を回復するため、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放射性廃棄物を管理するための施設が多数操業中である。

カザフスタンにおけるポリメタル、REE 及びリン灰石の鉱床の多く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、石炭の採掘と出荷の両過程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以下のとおりである。

- 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。

g) マレーシア(マレーシア原子力庁 ノラサルワ・ビンティ・ザカリア氏)

マレーシアにおける NORM の存在は、マレーシアがスズ採掘国であった頃まで歴史を遡る。スズ採掘活動では、スズ尾鉱、モナザイト、イルメナイト及びゼノタイムが産生され、これらには NORM が含まれている。その後、石油とガスの発見により、国のインベントリにさらなる NORM 廃棄物が導入された。最終的には、これらの廃棄物は永久的に処分される必要がある。マレーシアは、処分施設を計画する際に、等級別扱いを行っている。トリウム廃棄物の処分のために、低レベル放射性廃棄物処分場が建設された。この処分場は 196,700t のトリウム廃棄物を収容しており、この廃棄物の 6%は 670Bq/g の ^{232}Th を、3%は 119Bq/g の ^{232}Th を、そして、大多数である 62%は 7.4Bq/g の ^{238}U をそれぞれ含んでいる。6Bq/g のトリウムを含んだ非常に低レベルの NORM 廃棄物を処分するために、埋め立て処分と同等の永久処分施設も計画されている。

h) モンゴル(放射線防護協会 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 NORM 関連産業によって毎年生成されており、これ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。作業員及び一般公衆にとっての主なリスク源は、大気中に存在する短寿命のラドン生成物である。このリスク源は、モンゴルの地質条件により存在している。モンゴルにおける土地のほとんどはウラン濃度の高い花崗岩で示される。これらの花崗岩は、放射性鉱物鉱床中のウラン及びウラン以外の採掘場並びに採掘湖における NORM の主な発生源である。

現在、NORM 規則が、モンゴル政府による承認の最終段階にある。ほとんどのコンセプト(等級別扱い、適用除外、通知、許可等)は既にモンゴルの規制枠組みに含まれている。2020 年 3 月現在、69 の炭鉱、23 のその他の鉱物資源鉱山、4 つの REE 鉱山、2 つの石油開発会社が有効な採掘ライセンスを有しており、13 の火力発電所、144 の建築材料工場が、規制機関による NORM のコントロールのためのサンプリングプログラムの下にある。国内で NORM を生成する産業はまだ完全に特定されていない。

ラドンの問題は、様々な文書のいくつかの記事以外に、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。職場、採掘場の規制限度は、屋内(職場について 1,110Bq/m³、既存及び新規の建物について、それぞれ 200 及び 100Bq/m³)について、国内の基本安全基準(2015 年)で規定されている。特別調査局(GASI)及びその下部組織である都市検査局(MIA)は、この数年間、ウランバート

ルの学校、幼稚園等の公共建物においてラドン測定キャンペーンの一部を実施し始めた。

試験所のキャパシティと人材の不足及び国によるラドン・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。現在、様々なメーカーからの限られた数の計器類が使用されているが、国内で要求されるラドン測定の品質管理を確実にすることはできない。モンゴルにおいて全国的なラドン調査を行うには長い距離を移動する必要があることも難しい課題である。したがって、NORM 残滓の規制管理の強化、そしてモンゴルにおける全国的なラドン調査の確立のためには、国際協力(例えば、二国間又は地域で)が重要である。

i) 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・ダカロ・ロマロサ氏)

フィリピンは鉱物資源及びその他の様々な自然資源が豊富な国である。NORM の発生源は、a) 石炭採掘及び電力産業、b) 鉱業、c) 石油・ガス開発、d) ラドン及び e) 肥料産業(特にリン酸塩)である。

しかし、フィリピンには NORM の管理に関する既存の政策や法令はない。また、NORM の適切な貯蔵と処分に関する規則もまだない。NORM の処理から生じる廃棄物の処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。

国内で進行中の NORM 関連の活動の大多数は研究開発である。PNRI の指揮の下、研究の焦点は、a) フィリピンの陸環境における NORM の放射線学的評価、及び b) フィリピンにおける住居内のラドンレベルの決定及び人間の健康へのそのあり得る影響に当てられている。これらの研究の目標は、NORM 管理に関する政策提言であり、また、産業における天然放射性核種 (^{226}Ra 、 ^{232}Th / ^{228}Ra 及び ^{40}K) の放射能濃度のデータベースを生成することも目的としている。

j) 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)

タイにおいて、NORM 及び TENORM は、主にいくつかの産業によって生成されている。2005 年の研究により、TENORM 廃棄物生成に関係する 9 つの産業部門(石油・ガスの開発・生産、タンタル及びニオブ抽出、スズ生産、REE 加工、セメント製造、製鋼、水処理、石炭及び石炭火力発電、化学肥料)の生産能力が報告された。現在、既存の TENORM サイトの場所、NORM 廃棄物の種類、各産業において生成される廃棄物の正確な量に関する詳細な情報は少ない。作業者と一般公衆の両者の放射線量をコントロールするため、規制機関であるタイ原子力庁(OAP)により、最近、省令「放射線安全 B.E.2561」(2018 年)が制定された。NORM 廃棄物についての安全基準も設定され、「平和利用のための原子力委員会発表:安全基準 B.E.2562」(2019 年)において通知された。しかし、NORM 及び TENORM を生成している産業施設の指針となる、又は執行するための特定の規則は全くない。これは、この廃棄物タイプに関して要求される情報を得るために規制機関が関与しなければならない、そして国にとって解決すべき非常に重要な問題であり、公衆と環境を保護するための効率的な方法であり得る。

k) ベトナム(放射性・希土類元素研究所 レ・チー・マイ・フォン氏)

ベトナムにおける放射性廃棄物は、研究、産業、医療用途、研究炉運転及び放射性医薬品製造によって生じる。NORM 及び TENORM は、ベトナムでは、鉱業、鉱物砂加工及びその他の資源部門によって生成される。これらの廃棄物の放射性元素の監視及びその埋設と管理は、依然として通常の生産廃棄物と同様に行われている(化学物質の危険を考慮している可能性はある)が、放射能に関しては余り注意が払われていない。

ベトナムにおける放射性元素を含む採掘及び処理施設の現状は、具体的には、ウラン処理実験、海浜砂鉱物の採掘と加工、REE 鉱石の採鉱と加工及びオキシ塩化ジルコニウム(ZOC)生産における尾鉱廃棄物管理の問題である。鉱業、石油精製及びリン酸塩加工から生じる廃棄物については、ボーキサイトを処理するリン酸が生じる。廃棄物生成者及び国の管理機関はまだそれらの調査を行っていない。これらの廃棄物の放射性元素の監視及びその埋設と管理は依然として通常の生産廃棄物と同様に行われている(化学物質の危険を考慮している可能性はある)。

2020 年、科学技術省は NORM 廃棄物管理に関する新しい規則を起草し、その発令を準備しているところである。

本発表には、放射性廃棄物管理政策、法的枠組み、ベトナムにおける NORM 管理の現状、ベトナムにおける放射性廃棄物管理の方向性、課題、計画及び提案といった主要内容が含まれている。

ii) NORM/TENORM に関するトピカルレポート

2 カ国より、NORM/TENORM について以下のとおり発表された。

a) マレーシア(マレーシア原子力庁 ノラサルワ・ビンティ・ザカリア氏)

NORM は、主に石油・ガス産業、鉱石加工及び採鉱における活動から、環境中のあらゆる場所に存在する。NORM 廃棄物の持続可能な管理に関する進展が多くの国でなされているが、国際原子力機関(IAEA)によれば、特に、国のインベントリの確立及び NORM 廃棄物や残滓を管理するための戦略の定義において、依然として問題点及び課題がある。最近の「産業における NORM に関する IAEA 国際会議(IAEA International Conference on NORM in Industry)」はこのような課題を強調するものであった。循環型経済アプローチに従うことで、NORM 廃棄物全般の量を最小化することが達成できる可能性がある。このモデルを成功させるためには、規制当局、産業界及び一般公衆コミュニティ間の協調した取り組みが必要である。NORM の処分という側面に関しては、等級別扱いが、その廃棄物の放射能レベルとそれに伴うリスクに適した処分方法を選択することにより、NORM 廃棄物の最適な処分選択肢を決定することに役立つ。NORM 管理におけるもう 1 つの主要な課題は、サンプリングと特性評価である。この分野で特定されている問題の 1 つは、サンプリングと分析プロトコールに関するコンセンサスがないことである。

b) 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)

NORM はオーストラリアにおける多くの産業(主に採取産業)の一部である。これらの産業の管理は多くの規制機関の管轄下に入る。一例として、これらの産業は採取産業であるため、それぞれの関係規制機関(鉱業規制機関、石油開発規制機関、工業規制機関)があり、さらには、環境規制機関、安全規制機関、そして放射線防護規制機関がある。これらの規制機関は全て、その組織にかかる規制負担を最小に抑えるために、互いに相互作用し、連携しなければならない。これらの規制機関は、彼らがみなアプローチにおいて一貫しており、同じ情報を要求することがないことを確実にするために連携する必要がある。

実務上での主要な課題の 1 つは作業員への線量である。全ての経路が常に評価に含まれるとは限らないため、線量は包括的に評価されないことが多い。外部線量とラドンは常に評価されるが、地表水とダストは、作業員への放射線影響について評価されないことがある。全ての作業員は線量についてモニターされるが、全国線量登録は各企業の記録に基づいており、ある作業員が別の会社に移ると、全国線量登録の記録として別の番号が与えられる。このことは、複数のサイトで 1 年に許容

可能な線量を超える被ばくを受ける人がいることにつながる可能性がある。

オーストラリアの土地は全て、誰かに属する土地であり、伝統的所有者(ヨーロッパ人の入植以前に特定の地域を統治していた部族又は民族の子孫)は重要なステークホルダーである。そのため、鉱山、処分施設、あるいは採鉱地の交渉には、土地所有権者、政府機関(規制機関を含む)さらには伝統的所有者が関わることになる。その用地の伝統的所有者は複数存在することがある。

完了作業も課題の 1 つであり、ラム・ジャングルウラン鉱山の原状回復はその一例である。この鉱山は 1971 年に閉鎖されたが、この敷地の修復には複数回にわたる試みが必要であった。問題は、現地の水路への銅浸出及び 1980 年代に建設された尾鉱施設の不具合に関するものである。主な原因は、設計計算にモンスーン時の水流ではなく平均水流を使用したことであった。そのため定期的に用地に水があふれ、重金属が河川に浸出した。

全てのリサイクル及び再利用選択肢を含め、石油・ガス、アルミナ及びリン酸塩産業における NORM 廃棄物のための処分選択肢について論じた。

処分のための長期安全ケースは線量経路をカバーする必要がある、これは、外部野外線量率、浮遊ダストとその吸引、ラドン吸引、地表水(海洋を含む)及び地下水からのものである可能性がある。それぞれの選択肢にはそれぞれ異なる検討事項と線量プロファイルがある。

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3年2月19日(金)
- ii) 場 所:オンライン
- iii) 主 催:文部科学省(MEXT)
- iv) 参加者:インドネシア、カザフスタンより各1名、バングラデシュ、中国、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、日本12名、合計28名(添付資料2.7.2(p130)参照)
- v) 日 程:添付資料2.7.3(p134)参照

本ワークショップは、2021年2月19日にオンラインで開催された。

開会セッションでは、文部科学省の鈴木哲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2019年度ワークショップ以降の核セキュリティ・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核セキュリティ体制を維持していくための人材育成、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で義務付けられている補完的アクセス(CA)に関するオンラインエクササイズが実施された。

また、オープンセミナーとして、日本プロジェクトリーダーの直井洋介氏より、プロジェクトの活動内容及び成果に関する発表が録画収録され、FNCA ウェブサイトの2020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(p165)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

2019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) 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)

- ① 計量管理報告とAP申告をIAEAに適時提出している。2020年12月に現在建設中のルプル原子力発電所及びバングラデシュ原子力委員会(BAEC)原子力研究所(AERE)に対してIAEAの査察が行われ、ルプル原子力発電所では設計情報検認(DIV)が、AEREではDIV及び実在庫検認(PIV)が実施された。
- ② BAERAにより、「核物質の保障措置及び管理に関する政策」が起草された。保障措置実施に関わるバングラデシュの様々な機関から本政策案に対する意見を募るために数々のステークホルダー会合が開催された。また、IAEAの国内計量管理制度レビューサービス(ISSAS)を要請する準備を進めている。
- ③ IAEAの核セキュリティ統合支援計画(INSP)の下で、2020年2月に核セキュリティに関する国家レベルの専門家会合を開催した。本会合には核セキュリティに関わる機関(科学技術省、BAERA、BAEC等)が参加した。

- ④ BAERA により、「国家核セキュリティ計画」が起草され、本計画を成立させるためのステークホルダー会合が開催された。また、IAEA の共同研究プロジェクト(CRP)で、「バングラデシュの原子力施設等における安全文化、組織文化及び人的資本に影響し得る要因」をテーマとしたプロジェクトを進めている。バングラデシュにおける原子力安全及び核セキュリティを確保するための組織文化及び人的資本の向上について理解を深めるため、CRP の研究調整会合(RCM)に積極的に参加している。
- ⑤ 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 CRP に参加している。
- b) 中国(国家核セキュリティ技術センター チェン・チェン氏)
- ① 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初めて IAEA による査察が行われた。
- ② 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核的拠点(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。ガーナの高濃縮ウラン研究炉(MNSR)改造計画が、2017 年 8 月に成功裏に完了した。2017 年 9 月に、IAEA の国際核物質防護諮問サービス(IPPAS)ミッションを受け入れた。2019 年に中国国家原子能機構(CAEA)と IAEA の間で協定が締結され、CAEA が IAEA 協力センターの代表機関となった。
- ③ 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った。また、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。
- c) インドネシア(インドネシア原子力庁 ハイラル氏)
- ① BAPETEN により物質収支区域(MBA)毎に通常査察(事前検認(Pre PIV)及び AP、PIV)年 2 回実施されている。また、各原子力施設に対し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(2020 年は 9 月～10 月に実施)。2020 年 8 月に 4 つの MBA に対して IAEA による PIV 及び CA が実施された。年 1 回の保障措置レビュー会合が 2020 年 8 月に開催された。2020 年 12 月に BATAN スルボン原子力研究センターに対して IAEA による CA が行われた。2019 年～2020 年に保障措置に関する数々のトレーニングが実施された。
- ② 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。2020 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を評価する性能試験コースが実施された。BATAN は、BATAN 長官規則及び BATAN 基準

に基づき、2019年に核セキュリティリスク評価を実施し、2020年に危機管理コースを実施した。BATANとBAPETENは、2019年にDOEの支援を受けてサイバーセキュリティに関するワークショップを開催した。2018年にIAEAに統合核セキュリティ支援計画(INSSP)を提出した。BATANは、2019年にスルボンの核セキュリティ支援センター(NSSC)の下に核物質防護システム研究所を設立した。2021年には、DOEとの協力の下、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コースを実施する予定である。

- ③ 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。2018年には、大学に核セキュリティ文化に関するカリキュラム(インドネシア国防大学のプログラム)を設けた。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。

d) 日本(日本原子力研究開発機構 直井洋介氏)

- ① 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2019年版が公表され、初めて導出された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。
- ② 個人の信頼性確認制度の導入により関係規則が改正され、告知及び運用ガイドラインが発行された。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、また、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。
- ③ 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説明会と個別にアリングを行った。原子力事業者は、JAEA核不拡散・核セキュリティ総合支援センター(ISCN)からの支援を受けて、核セキュリティ文化促進のための取り組みを続けている。

e) 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)

- ① カザフスタンは核不拡散の取り組みを支援しており、世界中の核実験を探知することができる施設の試運転を行っている。IAEA、ロシア、米国、カザフスタンが協力して実施した撤去事業により、研究炉VVR-Kの燃料集合体から高濃縮ウラン燃料が撤去され、低濃縮ウラン燃料に転換された。また、包括的核実験禁止条約機関(CTBTO)の協力で放射性核種モニタリングステーションを設置した。
- ② IAEAが加盟国の原子力発電所の燃料供給を保証するためにカザフスタンに設置した低濃縮ウラン備蓄バンクが稼働を開始した。また、核拡散脅威削減のためにセミパラチンスク核実験場跡の敷地に建設する物理的障壁の設計を行った。
- ③ カザフスタンは核軍縮検証を進めている。核不拡散条約を締結し、核兵器禁止条約に署名している。

f) マレーシア(マレーシア原子力許認可委員会 ノライニ・ビンティ・ラザリ氏)

- ① 新原子力法案には保障措置に必要な基本的要件並びに国内核物質計量管理(SSAC)、APで義務付けられる事項、核兵器開発の禁止が含まれている。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2020年9月にIAEAが立ち上げ、2021年より開始される予定のSSAC及び国/地域の規制機関(SRA)に向けた包括的能力構築構想(COMPASS)の試験段階に参加することを表明した。また、自国のニーズを認識し、IAEAからどのような支援を受けるべきかを見極めるためにIAEAと密接に連携している。
- ② カナダの支援を受けて2018年に核物質防護研究施設が設立された。2019年11月にマレーシア原子力庁が核セキュリティ会議を開催した。マレーシアは2020年9月に核兵器禁止条約を批准した。2020年9月にIAEAとマレーシア原子力許認可委員会(AELB)は放射線探知器の貸与に関する協定を締結した。
- ③ クアラルンプールのアンパン病院における核セキュリティ文化の自己評価の経験をIAEA加盟国と共有し、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。2018年3月に、核セキュリティ文化の自己評価を支援するための専門家ミッションを実施した。また、マレーシアは英国のキングス・カレッジ・ロンドンの主導、ビジネス・エネルギー・産業戦略省の支援による、核セキュリティ文化コンソーシアム及び核セキュリティ文化プログラムから支援を受けている。

g) 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)

- ① 2020年12月にモンゴル政府により、核セキュリティのための計量管理(NMAC)に関する規則が承認された。
- ② DOEの協力の下、放射線測定ポータルモニター(RPMs)を新ウランバートル国際空港に設置し、また、国境警備に関するトレーナー研修を実施した。2018年7月に米国と中国の共催で開催された、核物質密輸対策に関する地域ワークショップに出席した。
- ③ 2018年4月にモンゴル原子力委員会事務局とDOEの共催で、核セキュリティのための国際対応トレーニングコースを実施した。放射線利用施設における犯罪行為及び故意の違反行為の防止に関する演習を行い、モンゴル政府当局の知識と技能を向上した。2019年5月に原子力施設の核セキュリティ計画に関するワークショップを開催した。また、IAEAの助言に基づき、モンゴルの法制度に即した原子力施設の核セキュリティ計画案を作成した。

h) フィリピン(フィリピン原子力研究所 マリア・テレサ・A・サラビット氏)

- ① フィリピン原子力規制委員会を独立した規制母体とする包括的原子力規制法が国会に提出された。
- ② 毎年、セキュア通信でIAEAに計量管理報告とAPに従った申告を提出している。統合保障措置(IS)の規制プロセス(許認可、規制の実施等)への適用、保障措置及びAP実施のための規制の制定を進めた。また、規制母体(原子力規制部門)を対象にAPに関するセミナーを開催した。
- ③ 2021年にIAEAのINSSPの評価が実施される。DOEとの協力で、原子力規制部門のスタッフを対象に放射線源のセキュリティ及び放射線源の輸送中のセキュリティに関するオンラインワークショップを開催する予定である。2020年、フィリピンのカトリックの最大の宗教行事の1つであり、500万人が集まるブラック・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。

- ④ 「核物質の防護に関する条約」(核物質防護条約)の改正版である「核物質の防護に関する条約の改正」(改正核物質防護条約)批准の再手続きを行った。
- ⑤ 核セキュリティ文化向上のためのトレーニングの実施を続けている。また、核セキュリティ文化の認識を深めるための将来計画を立てている。

i) タイ(タイ原子力庁 ハリネート・ムンパヤバン氏)

- ① 包括的保障措置協定(CSA)及び AP に基づき、PIV 及び DIV を実施し、IAEA に計量管理報告を提出した。スラナリー工科大学に設置予定のホウ素中性子捕獲療法(BNCT)に用いる研究用原子炉の設計情報質問票(DIQ)を IAEA に提出した。また、AP に基づき IAEA に 14 件の申告を行った。そして、「拡大結論」を得るための計画を 2021 年に終える予定である。
- ② 核テロリズムに対抗するグローバルイニシアティブ(GICNT)の活動として、2020 年 8 月にオーストラリアと共同で、核鑑識の専門家と法執行機関との連携に関する良好事例についてのオンライン会合を開催した。2020 年 9 月に核鑑識に関するワークショップを実施した。世界核セキュリティ協会(WINS)と OAP は、2021 年 1 月に、タイのキャパシティ・ビルディングの強化、核セキュリティ支援センター(NSSC)の設立のための覚書を締結した。核セキュリティワーキンググループの役割、機能、構成の見直しを行った。
- ③ 核セキュリティ文化に関するトレーニング、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、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。

j) ベトナム(ベトナム放射線原子力安全庁 ドゥオン・ホン・アン氏)

- ① 包括的保障措置協定に基づき、IAEA に対して研究炉に関する 108 件の報告と施設外の場所(LOF)に関する 74 件の報告を提出した。2018 年に、保障措置査察官の放射線安全に関するワークショップを開催した。2020 年には IAEA の査察チームを受け入れた。
- ② 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。DOE 国家核安全保障局(NNSA)による核物質密輸の阻止検知プログラム(NSDD)の協力の下、トレーニングを実施した。IAEA のプロジェクトによりホーチミンのタンソンニャット国際空港の国境モニタリング機器が改良された。
- ③ 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、放射線業務従事者の要件に関する政令)を策定した。また、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

IAEA/ISCN の野呂尚子氏より、2021 年～2023 年の FNCA 核セキュリティ・保障措置プロジェクトにおける核セキュリティ分野のテーマが紹介された。また、参加国間の核セキュリティに関する人材育成の協力を促進するために、ステークホルダーマトリックスの作成が提案された。この提案の背景又は理由の 1 つとして、核セキュリティの活動が広範囲にわたるため、国内のステークホルダーの関与が重要であることが説明された。

ステークホルダーの一部は情報機関、規制当局、許認可保有者、法執行機関、軍、現場担当者、初期対応者、税関等である。ステークホルダーマトリックス作成の目的は、国家の核セキュリティ体制

の全体像を把握することである。本マトリックスに基づき、開発中であったインフラの欠陥を特定することができ、参加国間の協力を通じて各国の核セキュリティ体制の欠陥を補うことができる。加えて、核セキュリティに関する人材育成のギャップを特定することができる。最も重要なことは、本マトリックスを活用して、国内の関連組織間の連携及び協力を促進することである。

発表後の討議において、マトリックスの埋め方に関して多数の質問がなされた。マトリックス完成までのスケジュールに関する質問があり、COVID-19 の影響で各ステークホルダーとの会談が難しいため、マトリックスの提出時期に柔軟性を持たせることが提案された。これに対し、スケジュールは柔軟であり、現在はオンラインでミーティングを開くこともできると回答された。

iii) 保障措置:追加議定書で求められる輸出管理に関する良好事例

マレーシア及びタイより、それぞれの国における AP の実施に関連する輸出管理の良好事例について、以下のとおり発表された。

a) マレーシア(マレーシア原子力許認可委員会 ノライニ・ビンティ・ラザリ氏)

マレーシアは 2005 年 11 月 22 日にモデル追加議定書(INFCIRC/540)に署名したが、まだ施行していない。1984 年原子力認可法(Act 304)では、「保障措置」という言葉は言及されていなかったが、Act 304 の一部の条項(第 20 条及び第 68 条)は、例えば許認可保有者が保有する核物質の申告の必要性など、保障措置にある程度関連していると言える。

したがって、AP に関連する輸出管理は Act 304 の適用外である。しかし、2010 年戦略貿易法(STA)(Act 708)は、兵器及び関連物質を含む戦略的材料及び技術の輸出、積み替え、輸送及び取引、並びに大量破壊兵器(WMD)の設計、開発、製造及び搬送を容易にする、又はする可能性がある活動を規制する法律である。本法はマレーシアの核セキュリティへの国際的義務と調和している。AELB は Act 708 に基づく汎用品としてのカテゴリー 0 の核物質、施設及び機器の監督機関である。

b) タイ(タイ原子力庁 ハリナテ・ムングパヤバン氏)

タイは 45 年以上にわたって核不拡散条約及び包括的保障措置協定を施行しており、2017 年に AP を締結した。原子力平和利用法(2016 年)が関連する国際条約に従って国内の法的枠組みを実施している。その後、東南アジア諸国連合(ASEAN)シングルウィンドウ(ASW)が ASEAN 加盟国のナショナルシングルウィンドウ(NSW)を関連付け及び統合するために構築された。ASW の目的は、貿易関連の電子書類の交換、並びにデータの一括提出、情報の同時処理、及び ASEAN 加盟国間の通関の一元的意思決定を可能にすることである。タイのナショナルシングルウィンドウは輸出入管理の重要要素であり、CSA 及び AP の合意を関連付けている。OAP が、核物質の輸出/輸入及び核燃料サイクルに関して、NSW、タイ税関局及び商務省外国貿易局と連携する責任政府機関である。許認可保有者データベースは制限品目の一環として NSW との連携を進めている。

3) 追加議定書で義務付けられている補完的アクセスに関するオンラインエクササイズ

IAEA/ISCN の川久保陽子氏、関根恵氏が進行を務め、AP で義務付けられている CA 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、実際の CA の経験に焦点を当てて研究炉のバーチャルツアーを用いたデモンストレーションが行われた。その後、CA のために規制機関や事業者が備えておくべき事項

について、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 CA 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(2020 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) CA に関するエクササイズを通じて、CA 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」

第3章 情報の普及

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」30号(通算)を令和3年(2021年)3月に発行
- 2) 英文「FNCA ニュースレター」24号(通算)を令和3年(2021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(p135)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30号

- i) FNCA 大臣級会合を初のオンライン開催
- ii) 大臣級会合 日本の国別報告
- iii) FNCA 参加国における COVID-19 に対応する原子力技術開発
- iv) FNCA 賞 2020
- v) FNCA オープンセミナー
- vi) FNCA プロジェクト紹介
- vii) What's FNCA?

2) FNCA Newsletter No. 24

- i) FNCA Ministerial Level Meeting was held Online First Time Ever
- ii) Ministerial Level Meeting Country Report of Japan
- iii) Development of Nuclear Technologies to Combat COVID-19 in FNCA Member Countries
- iv) FNCA Award 2020
- v) FNCA Open Seminar
- vi) FNCA Projects
- vii) 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 － インドネシア － 韓国
放射線育種プロジェクト	・ 2020年度ワークショップ報告 ・ プロジェクトリーダー － タイ ・ 持続可能な農業のためのイネの突然変異育種成果書
放射線加工・高分子改質プロジェクト	・ 2020年度ワークショップ報告
気候変動科学プロジェクト	・ 2020年度ワークショップ報告 ・ 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
放射線治療プロジェクト	・ 2020年度ワークショップ報告 ・ プロジェクトリーダー － 韓国 ・ 活動成果更新
研究炉利用プロジェクト	・ 2020年度ワークショップ報告 ・ 放射化分析プロジェクト（終了したプロジェクトへ移動） ・ プロジェクトリーダー － オーストラリア － マレーシア － モンゴル － タイ
放射線安全・廃棄物管理プロジェクト	・ 2020年度ワークショップ報告 ・ プロジェクトリーダー － インドネシア － フィリピン
核セキュリティ・保障措置プロジェクト	・ 2020年度ワークショップ報告 ・ 各国の追加議定書(AP)良好事例集 ・ プロジェクトリーダー － 中国 － 日本 － カザフスタン － 韓国

更新箇所	更新事項
	- マレーシア - モンゴル - フィリピン - タイ - ベトナム
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.30(日本語版)掲載 ・ FNCA Newsletter No.24(英語版)掲載
内閣府主催会合	・ 2020年度上級行政官会合報告 ・ 2020年度第21回大臣級会合報告
関連文書	・ 令和元年度アジア地域原子力協力に関する調査業務報告書 ・ 2019年度(令和元年度)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

なお令和2年(2020年)4月～令和3年(2021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 2,220 件、英文サイト 1,396 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、令和2年(2020年)4月～令和3年(2021年)3月のアクセス解析を実施した。FNCA ウェブサイトへの年間の訪問傾向については、全体的に令和元年度(2019 年度)より訪問数及びユーザー数が半分以上減った。新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の影響でプロジェクトワークショップの開催(オンラインで開催)が年度後半過ぎとなり、それまで更新情報がなかったことも原因の 1 つと考えられる。月毎の訪問数の推移の傾向は令和元年度(2019 年度)と同様で、6 月以降に増加したが、令和2年度(2020 年度)は新規訪問数が大きく増えた傾向はなかった。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ないが、リピーターの割合は減っていないため、総じて訪問傾向は安定しており、現状維持ができています。

国別では、最も訪問数が多いのは日本で、次に韓国、米国、FNCA 参加国(上位は中国、インドネシア、マレーシア)が続いている。特に中国は 8 月以降、訪問数が 3 倍近く増加した。バングラデシュ、韓国、モンゴルは 1 回の訪問で閲覧したページ数がほかの国に比して多く、その分野に非常にある閲覧者が訪問の中心と想定できる。また、モンゴルとベトナムは新規訪問よりもリピーター訪問の割合が多い。

流入元(訪問者がどこからサイトへ来たのかを表すもの)をみると、これまでは URL を直接入力した場合やブックマークからサイトに訪問した場合等の流入元不明のダイレクト訪問が全体の 50%以上であったが、令和2年度(2020 年度)は 4 月以降より全体の 30%程度まで減少し、あとは検索からの訪問と他サイトからの訪問が占めた。検索からの訪問及び他サイトからの訪問は、1 回の訪問あたりのページ閲覧数が高い傾向にあり、多くのページを見ていて関心が高いと言える。

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、日英ともトップページ、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、英語ページとも放射線育種、放射線加工・高分子改質、放射線治療プロジェクトが上位で、放射線利用開発分野プロジェクトに比較的兴趣が高いことがうかがえる。リピータ訪問では、日本語ページは放射線育種、放射線加工・高分子改質プロジェクトが、英語ページは放射線育種プロジェクトが上位に入っている。

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、次いでマレーシア、韓国である。ダウンロード数については、日本語ページでは、FNCA ニュースレター最も多く、そのほかに放射線安全・廃棄物管理プロジェクトニュースレター、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及び参加各国の追加議定書(AP)良好事例集が上位に入っている。英語ページでは、放射線育種プロジェクトの「持続可能な農業のためのイネ育種成果書」、放射線加工・高分子改質プロジェクトの「オリゴキトサンのイネと唐辛子への利用に関するガイドライン」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、「FNCA」が最も多いが、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）

The screenshot displays the Japanese version of the FNCA website. At the top, there is a navigation menu with links to various sections. The main header features the FNCA logo and the text 'Forum for Nuclear Cooperation in Asia'. Below this, there are several sections: a brief introduction to FNCA, a 'what's new' section listing recent workshops, and a detailed diagram of the FNCA framework. The framework diagram illustrates the organizational structure, starting from the Ministerial Meeting (大臣級会合) at the top, which oversees the Coordinator Meeting (コーディネーター) and the Panel (パネル). These entities then manage various projects (プロジェクト) under the FNCA umbrella, including Radiation Breeding, Radiation Processing, Radiation Therapy, and Radiation Safety/Waste Management.



About FNCA

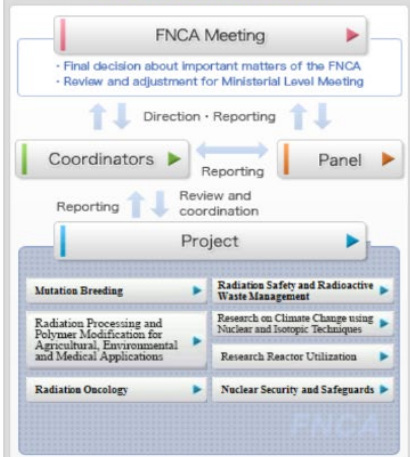
FNCA is a Japan-led cooperation framework for peaceful use of nuclear technology in Asia. The cooperation consists of FNCA meetings and the project activities with the participation of Australia, Bangladesh, China, Indonesia, Kazakhstan, Korea, Malaysia, Mongolia, Philippines, Thailand and Vietnam.



what's new

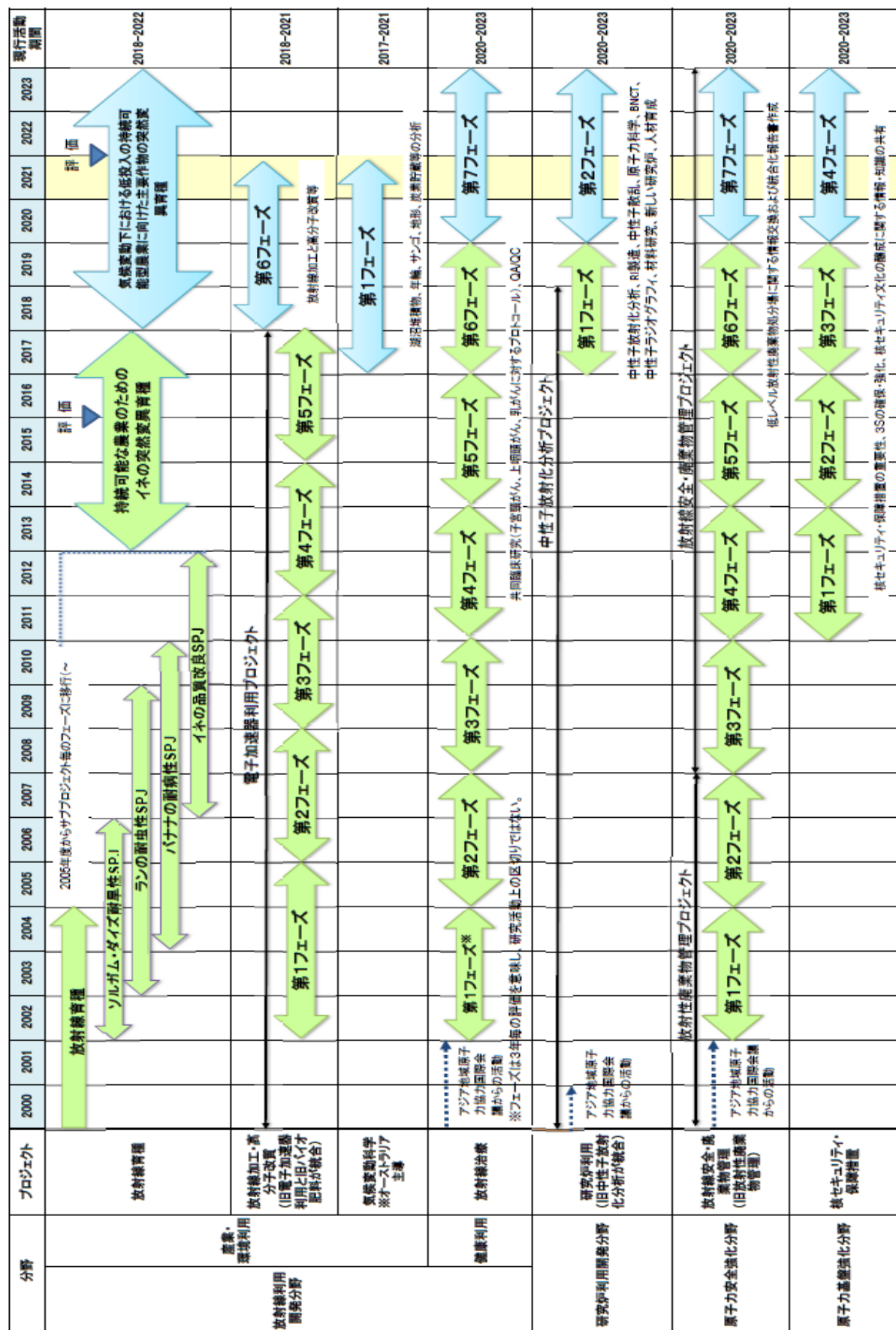
- Mar. 16, '21 [Nuclear Security and Safeguards Project Workshop](#)
(Feb. 19, 2021, Online)
- Mar. 16, '21 [Radiation Safety and Radioactive Waste Management Project Workshop](#)
(Dec. 14 - 15, 2020, Online)
- Mar. 02, '21 [Mutation Breeding Project Workshop](#)
(Nov. 11 - 25, 2020, Online)

The FNCA Framework



添付資料

1. FNCA 現行7プロジェクト活動経緯



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 2020 Online Workshop on Mutation Breeding Project

November 11th – 25th, 2020

1) Outline

i) Date	November 11 th - 25 th , 2020
ii) Venue	Online meeting
iii) Host	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan (MEXT)
iv) Participants	A total of 26 participants from 10 countries, i.e. Bangladesh, China, Indonesia, Japan, Korea, Malaysia, Mongolia, The Philippines, Thailand and Vietnam (Annex 2)
v) Program	Annex 1

FNCA 2020 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 November 11, and e-mail-based discussion was conducted on November 11-25.

Opening Session (online meeting)

Mr. Suzuki Tetsu, Deputy Director, Office for Fusion Energy, Environment and Energy Division and Policy Division, Research and Development Bureau, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) and Mr. Wada Tomoaki, FNCA Coordinator of Japan delivered the welcoming remarks. Dr. Hase Yoshihiro, FNCA Mutation Breeding Project Leader of Japan briefly introduced present status of the project activities and outline 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.

After the online meeting, question-and-answer session was conducted via e-mail. Q&A sheet from the participants and presenters is attached as Annex 4.

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 Coordinators Meeting to be held in March 2021.

2.1.2 MB 参加者リスト

List of Participants **FNCA 2020 Online Workshop on Mutation Breeding Project**

November 11th – 25th, 2020

Country	Name	Position and Organization
Bangladesh (PL)	Dr. ANK Mamun	Chief Scientific Officer and Head Plant Biotechnology and Genetic Engineering Division IFRB, AERE, Bangladesh Atomic Energy Commission
China (PL)	Prof. Shu Qingyao	Professor, Deputy Executive Director, Institute of Crop Science Zhejiang University
Indonesia (PL)	Dr. Sobrizal	Head of Plant Breeding Group Center for Application of Isotope and Radiation (CAIR) National Nuclear Energy Agency, Indonesia (BATAN)
Indonesia	Mr. Arwin	Researcher Center for Application of Isotope and Radiation (CAIR) National Nuclear Energy Agency, Indonesia (BATAN)
Indonesia	Dr. Winda Puspitasari	Researcher Center for Application of Isotope and Radiation (CAIR) National Nuclear Energy Agency, Indonesia (BATAN)
Indonesia	Ms. Yuliasti	Soybean Researcher Center for Application of Isotope and Radiation (CAIR) National Nuclear Energy Agency, Indonesia (BATAN)
Indonesia	Dr. Azri Kusuma Dewi	Rice Researcher Center for Application of Isotope and Radiation (CAIR) National Nuclear Energy Agency, Indonesia (BATAN)

Country	Name	Position and Organization
Japan (MEXT)	Mr. Suzuki Tetsu	Deputy Director Office for Fusion Energy, Environment and Energy Division and Policy 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. Namba Hideki	FNCA Advisor of Japan, QST Associate National Institutes for Quantum and Radiological 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 and Radiological 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	Prof. Nishimura Minoru	Professor Department of Agriculture Faculty of Agriculture Niigata University
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)
Mongolia	Dr. Bayarsukh Noov	Director Institute of Plant and Agricultural Science (IPAS)
Mongolia	Dr. Dolgor Tsognamjl	Researcher Plant Breeding Division Institute of Plant and Agricultural Science (IPAS)
The Philippines (PL)	Mr. Fernando B. Aurigue	Senior Science Research Specialist (Scientist 1) Department of Science and Technology Philippine Nuclear Research Institute (PNRI)

Country	Name	Position and Organization
The Philippines	Mr. Christopher C. Cabusora	Science Research Specialist II Department of Agriculture Philippine Rice Research Institute (PhilRice)
Thailand (PL)	Mr. Apichart Noenplab	Specialist in Rice Breeding Division of Rice Research and Development 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 2020 Online Workshop on Mutation Breeding Project

November 11th – 25th, 2020

~ October 23rd, 2020

Registration

~ October 30th, 2020

Submission of the meeting materials

November 2nd ~ 10th, 2020

Download and check of the meeting materials

Registration ~ November 9th, 2020

Dry run for the web meeting

*FNCA Secretariat has dry run to check your environment for the web meeting.

November 11th, 2020 (Day 1st)

Time: Japan Standard Time (JST)

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) Mr. SUZUKI Tetsu, 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 (Presentation: 10min. including short Q&A)**

Chair: Dr. HASE Yoshihiro, Japan

1. Korea

2. Bangladesh

3. China

4. Indonesia

5. Japan

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

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

Chair: Dr. HASE Yoshihiro, Japan

6. Malaysia

7. Mongolia

8. The Philippines

9. Thailand

10. Vietnam

16:15 - 16:30 Session 2 Round Table Discussion

Chair: Dr. HASE Yoshihiro, Japan

1. Discussion

2. Summary

16:30 Closing

~ November 18th, 2020

Discussion and Q&A (by e-mail)

~ November 25th, 2020

Confirmation of Minutes (by e-mail)

November 25th, 2020

Closing Remarks (by e-mail)

1) Mr. WADA Tomoaki, FNCA Coordinator of Japan

2) Dr. NAMBA Hideki, 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 2020 Workshop on Radiation Processing and Polymer Modification for Agricultural, Environmental and Medical Applications Project

October 26th – 27th, 2020

Online Meeting

1) Outline of Workshop

i) Date	26th - 27th October 2020
ii) Venue	Online (Zoom Web Meeting)
iii) Host Organisation	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan (MEXT)
iv) Participants	Thirty three (33) participants from 10 FNCA member countries: Bangladesh, China, Indonesia, Japan, Malaysia, Mongolia, The Philippines, Thailand and Vietnam. Kazakhstan was materials only. Listed in Annex 2 .
v) Programme	Annex 1

1) Workshop Programme

The FNCA 2020 Workshop on Radiation Processing and Polymer Modification (RPPM) was held on 26th and 27th October 2020, via Zoom Web Meeting. The workshop was hosted by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) of Japan.

Thirty-three (33) representatives involved in radiation processing and polymer modification from 10 FNCA member countries attended the workshop, namely Bangladesh, China, Indonesia, Japan, Malaysia, Mongolia, The Philippines, Thailand and Vietnam. Kazakhstan was materials only due to the schedule. The programme of the workshop is attached as **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 Dr Wada Tomoaki, FNCA Coordinator of Japan and Dr Namba Hideki, FNCA Advisor of Japan gave opening remarks.

Session 2: Project Overview and Confirmation of Agenda

Dr Tamada Masao, Deputy Director of Department of Research Planning and Promotion, Quantum Beam Science Research Directorate, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST), reported the overview of the RPPM project. He reported that an evaluation for a launch of next phase

in this project will be extended from March 2021 to March 2022 due to the COVID-19 pandemic. In addition to that, an outline of this online workshop was explained by Dr Tamada.

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

Eight (8) progress reports on the current research and development (R&D) status prolonged the COVID-19 influence of Biofertilizer were presented. The summary of each report is attached in **Annex 3**.

Session 5: Wrap-up of Day 1

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

Session 6 and 7: Progress Report on Polymer Modification [part A and B]

Nine (9) country reports were presented on the progress of current research on radiation processing and polymer modification. The summary of each report is attached in **Annex 3**.

Session 8: Discussions on this year's activities amid the COVID-19 pandemic

The participants reported changes in the status of radiation facilities and research activities from March/April to October 2020. The detailed summary of this session is attached in **Annex 3**.

Session 9: Closing Session

Dr Tamada summarized the major achievements below and gave closing remarks. Draft summary will be reviewed by the participants and approved by Monday, 30th November.

Research Activities of Radiation Processing and Polymer Modification Project in 2020

Research subjects	Bgd	Chn	Idn	Kaz	Jpn	Mys	Mng	Phl	Tha	Vnm
1. Degraded Chitosan for Animal Feed			✓			✓				✓
2. Hydrogel for Medical Application	✓				✓	✓		✓		✓
3. Environmental Remediation		✓	✓							✓
4. Synergistic Effect among PGP, SWA and BF	✓	✓				✓	✓	✓		
5. PGP and SWA, inclusive Process development				✓		✓		✓	✓	
6. Mutation Breeding of BF Microbe using radiation		✓	✓			✓				✓
7. Sterilization of BF Carrier using radiation						✓			✓	✓

Major achievements related with biofertilizer in day 1

Bangladesh	Synergy effect of PGP and BF on rice was implemented up to seedlings and then postponed due to prolonged COVID-19 situation.
China	Created mutants (3500 strains) with X-ray irradiation were screened in terms of enhanced salt, acid resistance, and antagonistic ability for several plant pathogens.
Indonesia	Mutation breeding of rhizosphere bacteria in a mangroves area have a possibility to improve bioremediation activity in soil contaminated by Pb and Cd.
Kazakhstan	--
Japan	None
Malaysia	A total of 400,000 L Bioliquifert were distributed to paddy growers in West Malaysia from January to October 2020.
Mongolia	Investigation of synergy effect of OC and BF on sweet pepper yield in a green house and effect on different biofertilizer on wheat yield.
the Philippine	Synergy effect of PGP and BF on corn and tomato was investigated to promotion and extension of the biofertilizer technology is continuously conducted.
Thailand	Two types of carrier (autoclaved and irradiated) showed similar results at clay loam and sandy loam for 2016–2019. No result in 2020.
Viet Nam	Field tests of Rapol V biofertilizer on tomato growth revealed at least 20% NPK reduction.

Major achievements related with polymer modification in day 2

Bangladesh	An animal trial (rabbits) of hydrogels showed the wound contractions is more rapid than a burn-wound-healing ointment.
China	Large-scale commercial application: waste water treatment using; EB Pilot stage: metal ion adsorbents, uranium extraction from seawater, and uranium mine wastewater
Indonesia	Proposal of application of oligochitosan for animal feed on chicken has been accepted by Ministry of Research and Technology/BRIN of Indonesia for 5 years funding. The individual weight gain of Pasundan Cow increased after being given by oligochitosan of 500 ppm.
Kazakhstan	Marked effects of SWA on survival rate and growth of coniferous seedlings are found. Technology transfer of SWA proceeds successfully.
Japan	For medical applications, gelatin was gelled and applied to cell culture experiments. Three-dimensional cell growth was observed.
Malaysia	Additional of 5g of LMw oligochitosan/kg gives best result as supplement for tilapia. 3D cell was cultured on κ CA/PVP/PEG and PGP and synergistic study need a re-trials.
Mongolia	--
the Philippine	In the animal trials (four rat bleeding models), KC/PEO/PEG hydrogel dressing was more efficient than the commercial Celox gauze in controlling bleeding time with a 100% survival rate.
Thailand	Production of SWA beads improved three major energy-consuming processes (cutting, drying and grinding), thus reducing both cost and time.
Viet Nam	OCS and SeNPs/OCS products are effective in recover the total white blood cell of γ -ray irradiated mice. Cell scaffolds were prepared by radiation-crosslinking.

Abbreviations in alphabet order

BF: Biofertilizer, Cd: cadmium, EB: electron beam, KC/PEO/PEG: kappa-carrageenan/polyethylene oxide/polyethylene glycol, κ CA/PVP/PEG: kappa-carrageenan/polyvinylpyrrolidone/polyethylene glycol, NPK: nitrogen, phosphorus, and potassium, OC or OCS: oligo-chitosan, Pb: lead, PGP: plant growth promoter, SeNPs/OCS: selenium nanoparticles/oligo-chitosan, and SWA: super water absorbent

2.2.2 RPPM 参加者リスト

List of Participants **FNCA 2020 Workshop on Radiation Processing and Polymer Modification for** **Agricultural, Environmental and Medical Applications Project**

October 26th – 27th, 2020

Online Meeting

Country	Name	Position and Organization
Bangladesh (PL)	Dr Salma Sultana	Chief Scientific Officer and Head, Nuclear and Radiation Chemistry Division, Institute of Nuclear Science and Technology, Bangladesh Atomic Energy Commission
Bangladesh	Dr Md Kamruzzaman Pramanik	Principal Scientific Officer, Bangladesh Atomic Energy Commission
China	Ms Feng Ye	Student, Shanghai Institute of Applied Physics, Chinese Academy of Sciences
China	Prof Zhang Ruifu	Professor, Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences
Indonesia (PL)	Dr Tita Puspitasari	Head of Radiation Processing Division, Center of Isotopes and Radiation Application, BATAN
Indonesia	Dr Darmawan Darwis	Researcher, Center of Isotopes and Radiation Application, BATAN
Indonesia	Dr Nunung Nuryanthi	Researcher, Center of Isotopes and Radiation Application, BATAN
Japan (Coordinator)	Dr Wada Tomoaki	Chief Executive Director, Kobe Science Museum

Country	Name	Position and Organization
Japan (Advisor)	Dr Namba Hideki	QST Associate, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST)
Japan (PL)	Dr Tamada Masao	Deputy Director, Department of Research Planning and Promotion, Quantum Beam Science Research Directorate, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST)
Japan	Dr Taguchi Mitsumasa	Leader, Project “Biocompatible Materials Research”, Takasaki Advanced Radiation Research Institute (TARRI), National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST)
Japan	Prof Hanawa Takehisa	Professor, Tokyo University of Science
Japan (PL of Mutation Breeding project)	Dr Hase Yoshihiro	Senior Principal Researcher, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST)
Japan	Dr Kusaoke Hideo	Former Professor, Fukui University of Technology
Japan	Dr Okazaki Shin	Professor, Department of International Environmental and Agricultural Science, Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology
Japan	Dr Satoh Katsuya	Senior Principal Researcher, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST)
Japan	Prof Tawaraya Keitaro	Professor, Yamagata University
Japan (MEXT)	Mr Suzuki Tetsu	Deputy Director, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)

Country	Name	Position and Organization
Japan (MEXT)	Ms Tanaka Fumiyo	Administrative Researcher, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (MEXT)	Mr Yamamoto Keishi	Researcher, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (Secretariat)	Ms Otsu Natsuko	Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Kazakhstan (PL) (materials only)	Mr Alexander Borissenko	CEO, JSC Park of Nuclear Technology
Kazakhstan (materials only)	Mr Murat T. Kassymzhanov	Chief Engineer, JSC Park of Nuclear Technology
Malaysia (PL)	Dr Marina Binti Talib	Manager, Malaysian Nuclear Agency
Malaysia	Ms Maznah Binti Mahmud	Research Officer, Malaysian Nuclear Agency
Malaysia	Ms Sarada Idris	Malaysian Nuclear Agency
Malaysia	Ms Norhashidah Talip	Malaysian Nuclear Agency
Malaysia	Dr Phua Choo Kwai Hoe	Research Officer, Malaysian Nuclear Agency
Mongolia	Ms Sunjidmaa Otgonbayar	Researcher of soil microbiology, Institute of Plant and Agricultural Sciences
The Philippines	Dr Charito T. Aranilla	Scientist 1/Senior Science Research Specialist, Philippine Nuclear Research Institute (PNRI)

Country	Name	Position and Organization
The Philippines	Ms Julieta A. Anarna	University Resercher II, National Institute of Molecular Biology and Biotechnology, University of the Philippines, Los Banos
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
Viet Nam (PL)	Dr Nguyen Ngoc Duy	Head of the Research and Development department, Research and Development Center for Radiation Technology
Viet Nam	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 2020 Workshop on Radiation Processing and Polymer Modification for Agricultural, Environmental and Medical Applications Project

October 26th – 27th, 2020

Online Meeting

1. Background of this Workshop

FY2020 is the 3rd year of a new phase in our FNCA project. An evaluation for a launch of next phase in the project was originally scheduled at the Coordinators Meeting (CDM) in March 2021. However, considering the difficulty in executing R&D and the workshop in line with plans amid the COVID-19 pandemic, this phase will be extended by one year and evaluated in March 2022.

For this reason, we decided to hold an online workshop to share the status of R&D and the planning on next year's activities in 10 member countries.

2. Topics in this Workshop

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

- Current R&D status under prolonged COVID-19 influence
- Achievements 2020
- Current problems
- Planning 2021

3. Schedule

Monday, 26th October 2020 Day 1 Chair: Dr Tamada Masao (Japan)	
14:30 – 14:50	Opening the meeting room
14:50 – 15:00 (10 min)	<u>Simple Instruction for using Zoom</u> the Secretariat 1) Connection with Zoom 2) Status of Video and Audio 3) How to use “Mute” and “Raising Hand” 4) How to use “Sharing Screen” 5) How to use “Chat”
15:00 – 15:05 (5 min.)	<u>Session 1: Opening Session</u> 1) Welcoming Remarks Ms Tanaka Fumiyo (MEXT of Japan) 2) Opening Remarks Dr Wada Tomoaki (FNCA Coordinator of Japan) 3) Opening Remarks Dr Namba Hideki (FNCA Advisor of Japan)
15:05 – 15:10 (5 min.)	<u>Session 2: Project Overview and Confirmation of Agenda</u> 1) Project Overview Dr Tamada Masao 2) Confirmation of Agenda Dr Tamada Masao

15:10 – 15:50 (40 min.)	<u>Session 3: Progress Report on Biofertilizer [part A]</u> (Presentation 7 min + Q&A 3 min) 1) Bangladesh Dr Md Kamruzzaman Pramanik 2) China Prof Ruifu Zhang 3) Indonesia Dr Darmawan Darwis 4) Malaysia Dr Phua Choo Kwai Hoe
15:50 - 16:00 (10 min.)	Coffee Break
16:00 – 16:40 (40 min.)	<u>Session 4: Progress Report on Biofertilizer [part B]</u> (Presentation 7 min + Q&A 3 min) 1) Mongolia Ms Sunjidmaa Otgonbayar 2) The Philippine Ms Julieta A. Anarna 3) Thailand Dr Kunlayakorn Prongjunthuek 4) Viet Nam Dr Tran Minh Quynh
16:40 – 16:45 (5 min.)	<u>Session 5: Wrap-up of Day 1</u> Summary of Day 1 and Announcement for Day 2 Dr Tamada Masao

Tuesday, 27th October 2020 Day 2 Chair: Dr Masao Tamada (Japan)	
14:30 – 15:00	Opening the meeting room
15:00 – 15:50 (50 min.)	<u>Session 6: Progress Report on Polymer Modification [part A]</u> (Presentation 7 min + Q&A 3 min) 1) Bangladesh Dr Salma Sultana 2) China Ms Feng Ye 3) Indonesia Dr Tita Puspitasari 4) Kazakhstan Mr Murat T. Kassymzhanov 5) Japan Dr Taguchi Mitsumasa
15:50 – 16:00 (10 min.)	Coffee Break
16:00 – 16:50 (50 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
16:50 – 17:10 (20 min.)	<u>Session 8: Discussions on this year's activities amid the COVID-19 pandemic</u>
17:10 – 17:20 (10 min.)	<u>Session 9: Closing Session</u> 1) Wrap-up of the Workshop Dr Tamada Masao 2) Closing Remarks Dr Tamada Masao

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 2020 Workshop on Climate Change Science Project

November 5th – 6th, 2020

Online

[Workshop]

The fourth meeting ran from fifth and 6th 2020 and was as a zoom on-line meeting.

Ms Lynn Tan (ANSTO FNCA Coordinator) and Mr Wada (FNCA Coordinator for 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 progress further. 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 will be shared with the group in the form of PDF protocols, instructions and or lists:

- Sampling guidelines –
 - soil sampling was published late 2020
 - Sampling archives of climate change to be delivered Q2/Q3 of 2021.

Data interpretation – A part of the final meeting in the Philippines (October 2021) will be dedicated to data interpretation. Suitable lead scientists will be ask to demonstrate step by step the scientific method used to move from data collection to data interpretation and final conclusions. (To be announced early 2020).

[Plans]

- Possible final meeting of the project (late 2021)
- Locations: Philippines (difficult with COVID) or Tokyo (MEXT), as a backup we suggested another on-line meeting.

- Plans for a follow-up project on Climate Change and Food security (using nuclear techniques) will also be further developed and discussed at the final meeting of this project.

2.3.2 CCS 参加者リスト

List of Participants **FNCA 2020 Workshop on Climate Change Science Project**

November 5th – 6th, 2020

Online

Country	Name	Position and Organization
Australia (PL)	Professor Henk HEIJNIS	Leader Environment Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)
Bangladesh (PL)	Dr Mohammad Amirul ISLAM	Principal Scientific Officer, Reactor and Neutron Physics Division, INST, AERE, Savar Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
China	Associate Professor Zhijun Gong	East China University of Technology
Indonesia (PL)	Dr Ali Arman LUBIS	Center for Isotopes and Radiation Application (CIRA) National Nuclear Energy Agency (BATAN)
Kazakhstan	Ms Oxana LYAKHOVA	Head of Department for Development of Environmental Monitoring System National Nuclear Center (NNC) of Kazakhstan
Malaysia (PL)	Professor Fatimah Binti Md YUSOFF	Department of Agriculture, Faculty of Agriculture University Putra Malaysia
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	Vietnam Atomic Energy Institute (VINATOM)

Country	Name	Position and Organization
Japan (PL)	Dr. NAGAI Haruyasu	Division Head, Environmental and Radiation Sciences Division Nuclear Science and Engineering Center Japan Atomic Energy Agency (JAEA)
Japan	Dr. MATSUZAKI Hiroyuki	Head, Professor Micro Analysis Laboratory, Tandem accelerator (MALT) The University Museum The University of Tokyo
Japan (Coordinator)	Mr. WADA Tomoaki	FNCA Coordinator of Japan
Japan (Advisor)	Dr. NAMBA Hideki	FNCA Advisor of Japan
Japan (MEXT)	Mr. SUZUKI Tetsu	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (MEXT)	Ms. TANAKA Fumiyo	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (MEXT)	Mr. YAMAMOTO Keishi	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)

2.3.3 CCS プログラム

Program of FNCA 2020 Workshop on Climate Change Science Project

November 5th – 6th, 2020

Online

Day 1 (Thursday, 5 November) *Sydney Time

- | | |
|-------|--|
| 13:00 | 1) Housekeeping and checking connections of Skype meeting |
| 13:20 | 2) Australian FNCA representative Ms Lynn Tan to open meeting
FNCA overview and timelines with regard to 2021 meetings and Climate Project in particular a few words by Mr Wada |
| 13:40 | 3) Quick review of our report from Kyoto 2019 (Climate Project Lead - H.Heijnis) |
| 14:00 | 4) Country reports (max four power point slides with planned activities (as per national plan), achievements and problems – 15-minute presentation and 5 minutes of question time |
| | <ul style="list-style-type: none">• Australia• Bangladesh• China• Indonesia• Japan |

Day 2 (Friday, 6 November) *Sydney Time

- | | |
|-------|---|
| 13:00 | Housekeeping and connectivity check |
| 13:15 | 4) Country reports (max four power point slides with planned activities (as per national plan), achievements and problems – 15-minute presentation and 5 minutes of question time (Continued) |
| | <ul style="list-style-type: none">• Kazakhstan• Malaysia• Philippines• Thailand• Vietnam |
| | 5) Urgent - Assistance requests from other countries |
| | 6) Future of Climate Plan and possible extension and merging with a new food security project |
| 17:00 | 7) 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 2020 Online Workshop on Radiation Oncology Project

November 27th, 2020

(1) The FNCA FY2020 Online Workshop on Radiation Oncology was held on November 27th, 2020. 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 (WS).

Opening Session

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

(3) Confirmation of agenda was held and the agenda was adopted.

(4) Mr. SUZUKI Tetsu, MEXT, Mr. WADA Tomoaki, FNCA Coordinator of Japan and Dr. NAMBA Hideki, FNCA Advisor of Japan gave their remarks respectively.

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

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

(6) 60 patients were enrolled into Cervix-V in total and 54 patients were eligible. As preliminary analysis of Cervix-V, 42 patients whose follow-up periods exceeded 6 months were analyzed.

(7) All patients were treated with 3D-IGBT.

(8) Compared to the reference doses, almost all cases satisfied those doses.

- 39 (93%) patients achieved adequate doses for HR-CTV D90.
- 41 (98%) patients achieved the dose constraint for bladder D2cc
- 41 (98%) patients achieved the dose constraint for rectum D2cc.

- 40 (95%) patients achieved the dose constraint for sigmoid colon D2cc.
- Grade 3 acute hematological toxicity was observed in 5 (12%) patients. These toxicities were manageable.
- Grade 3 or worse acute non-hematological toxicity was observed in 1 (2%) 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%, 88%, and 72%, respectively.

(9) Patient enrollment into Cervix-V goes well. Members were encouraged to continue to enroll patients.

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

(10) Dr. MAKISHIMA Hirokazu, Chief Physician, Clinical Research Group of Pelvic Tumor, Department of Charged Particle Therapy Research, NIRS, Quantum Medical Science Directorate, QST 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 38 months
- Some follow up data with acute toxicities enrolled in 2019 has not been submitted yet.
- The treatment results match with NPC-I (CCRT and adjuvant chemotherapy). However, there are significant differences as well. Locoregional control of NPC-III (Induction chemotherapy and CCRT) is lower than NPC-I while overall survival is better. These results are preliminary results.

(11) The primary endpoint of this clinical trial is 3-year OS. The patients need to be followed up for another 2 years. The 3 year follow up results will be the written preliminary report.

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

(12) Dr. KONO Sawa, Assistant Professor, 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.
- 1 patient's data that has not been analyzed after enrollment was newly added this year.
- 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 3-year locoregional control, progression free survival rates are 96.9%, 88.9%, respectively.

-Co-researchers in this clinical trial should grade toxicity correctly.

(13) Participants agreed to write a report on acute toxicity of this protocol at this point.

(14) The enrolment 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 4 more years.

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

(15) Dr. KONO Sawa 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 3 year locoregional control, progression free survival rates are 99.6%, 98.6% respectively.
- Co-researchers in this clinical trial should grade toxicity correctly.

(16) WS Participants agreed to write a report on acute toxicity of this protocol at this point.

(17) The enrolment of patients into this protocol was completed in 2018. Participants were requested to follow up the patients for 3 more years to assess the efficacy.

(18) Breast-I clinical trials (PMRT and WBI) have been conducted very well so far.

Session 5: QA/QC for 3D-IGBT

(19) Dr. MIZUNO Hideyuki, Principal Researcher, Quality Control Section, QST hospital of Quantum Medical Science Directorate QST, reported on the results of on-site audit for 3D-IGBT of the 4 hospitals namely the First Affiliated Hospital of Soochow University (China, October 2019) and Philippine General Hospital, St. Luke's Medical Center (Quezon City and Global City) (The Philippines, January 2020). Main points from his report are as follows.

- The dosimetry audits in the 4 hospitals were successfully conducted.
- Measured dose for point A, bladder and rectum were agreed with TPS calculated value within a tolerance level for all.

- Applicator offset value was measured for the centers and 1 hospital showed 2 mm difference between measured and stated value. The hospital staff re-measured the value after the on-site audit and confirmed the consistency with the audit results and modified it. Finally offset data became consistent for all cases.
- Measured source strength and treatment planning system (TPS) registered value agreed within a tolerance level for all hospitals.

(20) The on-site audit is being suspended by the COVID-19 impact. The audit will resume after current difficult situation is improved.

Session 6: Special Topic -Status of Radiotherapies during the COVID-19 Crisis in FNCA Member Countries-

(21) Dr. WAKATSUKI Masaru, Director of Department of Radiation Medicine, QST Hospital, QST explained the overview of this session.

(22) The status of radiotherapies under the COVID-19 was reported by each FNCA country. 15 hospitals' cases were introduced.

Presenters introduced national data and statistics regarding COVID-19 and explained on their efforts and strategies to perform radiotherapies avoiding infection risk.

(23) Prof. KATO Shingo commented on the session.

This session was a very important opportunity to share our knowledge and experiences about how to perform radiotherapies under the very difficult circumstances. We learnt there are many ways to reduce the infection risk of patients and medical staffs. As many presenters mentioned, hypo-fractionated radiotherapy should be used more actively and frequently. Safe and effective hypo-fractionation treatment regimen including palliative radiotherapy should be established among FNCA countries. It is desirable that this type of online meeting will be held again in the near future.

Session 7: Future Plan

1) New Clinical Trials (Radiotherapy for Bone Metastasis and Brain Metastasis)

(24) In 2019's WS, radiotherapies for bone metastasis and brain metastasis were proposed and discussed as new clinical trials. To draft those protocols, questionnaires were conducted among FNCA members prior to WS.

(25) Dr. MAKISHIMA Hirokazu introduced the results of questionnaire on brain metastasis. He also introduced the outline of the clinical trial and draft protocol.

Discussion points of the draft protocol are additional secondary outcomes, sample size, inclusion/exclusion criteria and evaluation method of efficacy. Members can exchange their comments and requests on those points by emails afterwards.

(26) Dr. Kullathorn Thephamongkhon from Thailand also introduced briefly the results of the questionnaire on radiotherapies for brain metastasis. He summarized the answers regarding “environment of palliative treatment ” and “case management” in FNCA members’ hospitals.

(27) Based on the questionnaire results, he suggested several potential protocols e.g. single arm study as practice (QoL Study), randomized control trial (RCT) to resolve variation, prospective study for technology transfer, retrospective study to predictive survival benefit /avoidance of unnecessary whole brain radiation therapy (WBRT).

(28) WS participants will exchange emails on the 2 new clinical trials for further discussion after WS.

2) 2021’s Workshop

(29) 2021’s workshop will be held in Mongolia in the beginning of September if the spread of COVID-19 infections has settled down.

2.4.2 RO 参加者リスト

List of Participants FNCA 2020 Online Workshop on Radiation Oncology Project

November 27th, 2020

Country	Name	Affiliation
Bangladesh (PL)	Dr A.F.M. Kamal Uddin	MBBS, DTCD, MD Assistant Professor Radiation Oncology National Institute of ENT
Bangladesh	Dr Parvin Akhter Banu	Chief Consultant Oncologist Delta Medical College & Hospital Limited
Bangladesh	Dr Sharif Ahmed	Associate Consultant Department of Radiation Oncology United Hospital Limited
China (PL)	Prof Cao Jianping	Professor / 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	Medical Staff Department of Radiation Oncology Cipto Mangunkusumo Hospital
Indonesia	Dr Dyah Erawati	Head of Radiotherapy Division Dr. Soetomo General Academic Hospital
Indonesia	Mr Bambang Haris Suhartono	Medical Physicist of Radiotherapy Department Dr. Soetomo General Academic Hospital
Japan (Coordinator)	Mr Wada Tomoaki	FNCA Coordinator of Japan
Japan (Advisor)	Dr Namba Hideki	FNCA Advisor of Japan
Japan (PL)	Prof Kato Shingo	Professor Department of Radiation Oncology International Medical Center Saitama Medical University

Country	Name	Affiliation
Japan	Dr Nakano Takashi	Managing Director, Quantum Medical Science Directorate Managing Director, National Institute of Radiological Sciences(NIRS) National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology(QST)
Japan	Prof Karasawa Kumiko	Professor and Chair 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 National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST)
Japan	Dr Mizuno Hideyuki	Principal Researcher Quality control section, QST hospital, Quantum Medical Science Directorate, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST)
Japan	Dr Okonogi Noriyuki	Chief Physician Clinical Research Group of Pelvic tumor Department of Charged Particle Therapy Research National institute of Radiological Sciences(NIRS) Quantum Medical Science Directorate National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology(QST)
Japan	Dr Makishima Hirokazu	Chief Physician Clinical Research Group of Pelvic tumor Department of Charged Particle Therapy Research National institute of Radiological Sciences(NIRS) Quantum Medical Science Directorate National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology(QST)

Country	Name	Affiliation
Japan	Dr Fukuda Shigekazu	Section Manager Radiation Quality Control Section, QST Hospital, Quantum Medical Science Directorate National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST)
Japan	Mr Nakaji Taku	Technical Staff Quality Control Section, QST Hospital, Quantum Medical Science Directorate, National Institute for Quantum and Radiological Science and Technology (QST)
Japan	Dr Kono Sawa	Assistant Professor, Department of Radiation Oncology Tokyo Women's Medical University
Japan (MEXT)	Mr Suzuki Tetsu	Deputy Director Office for Fusion Energy, Environment and Energy Division and Policy 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 (Secretariat)	Ms Yamada Ai	Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Kazakhstan (PL)	Prof Tasbolat Adylkhanov	Head of Clinical and Radiation Oncology Department Semey Medical University
Kazakhstan	Dr Yevgeiya Kossymbayeva	Assistant of Clinical and Radiation Oncology Department Semey Medical University
Kazakhstan	Dr. Almagul Zhabagina	Head Teacher/ Doctor of Radiology Clinical and Radiation Oncology Department Semey Medical University

Country	Name	Affiliation
Korea (PL)	Dr Wonil Jang	Chief, Department of Radiation Oncology Korea Institute of Radiological & Medical Sciences (KIRAMS)
Korea	Dr Kum Bae Kim	Senior Researcher (Chief Medical Physicist) Korea Institute of Radiological & Medical Sciences (KIRAMS)
Malaysia (PL)	Dr Lau Fen Nee	Senior Consultant / Clinical Oncologist, National Cancer Institute, Putrajaya, Malaysia
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	Chair of Radiation Safety Committee/ Radiation Oncologist National Cancer Centre of Mongolia
Mongolia	Dr Erdenetuya Yadamsuren	Radiation Oncologist of Radiotherapy Department, National Cancer Center of Mongolia
The Philippines (PL)	Dr Miriam Joy Calaguas	Active Consultant St.Luke's Medical Center
The Philippines	Dr Rey H. De Los Reyes	Dean, Institute of Medicine Far Eastern University – Nicanor Reyes Medical Foundation (FEU-NRMF) Honorary Consultant, Section of Gynecologic Oncology, Jose R. Reyes Memorial Medical Center (JRRMMC)
The Philippines	Dr Jaemelyn Marie O. Fernandez	Visiting Consultant Jose R. Reyes Memorial Medical Center (RRMMC)
The Philippines	Dr Jerickson Abbie Sapno Flores	Visiting Consultant Jose R. Reyes Memorial Medical Center (RRMMC)

Country	Name	Affiliation
Thailand (PL)	Dr Yaowalak Chansilpa	Associate Professor, Department of Radiology, Faculty of Medicine, Siriraj Hospital, Mahidol University
Thailand	Dr Kullathorn Thephamongkhol	Lecturer, 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
Vietnam (PL)	Dr Nguyen Cong Hoang	Radiation Oncologist Head of General Radiation Oncology Department National Cancer Hospital (K Hospital)
Vietnam	Dr To Anh Dung	Head of Breast and Gynecology Radiotherapy Department, National Cancer Hospital (K Hospital)
Vietnam	Dr Nguyen Thi Bich Hien	Radiation Oncologist Ho Chi Minh City Oncology Hospital

2.4.3 RO プログラム

Program of FNCA 2020 Online Workshop on Radiation Oncology Project

November 27th, 2020

Date & Time: 15:00-17:00, 27th November (Fri) ,2020

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	

15:10-15:20 Session 1, Prospective Observational Study of 3D-IGBT for Locally Advanced Cervical Cancer (Cervix-V) (10 min)

Summary of Clinical Data	Dr. OKONOGI Noriyuki
--------------------------	----------------------

15:20-15:30 Session 2, Phase II Study of Chemoradiotherapy for NPC (NPC-III) (10 min)

Summary of Clinical Data	Dr. MAKISHIMA Hirokazu
--------------------------	------------------------

15:30-15:40 Session 3, Phase II Study of Hypofractionated Radiotherapy for Breast Cancer (PMRT / BREAST-I) (10 min)

Summary of Clinical Data	Prof. KARASAWA Kumiko / Dr. KONO Sawa
--------------------------	---------------------------------------

15:40-15:50 Session 4,Phase II Study of Hypofractionated Radiotherapy for Breast Cancer(WBI / BREAST-I) (10 min)

Summary of Clinical Data	Prof. KARASAWA Kumiko / Dr. KONO Sawa
--------------------------	---------------------------------------

15:50-16:00 Session 5, QA/QC for 3D-IGBT (10 min)

Report on on-site audit in China and the Philippines	Dr. MIZUNO Hideyuki
Future Plan of Audit	

16:00-16:30 Session 6, Special Topic -Status of Radiotherapies during the Covid-19 Crisis in FNCA Member Countries- (30 min)

Introduction / Overview of Session

Dr. WAKATSUKI Masaru

Country Report (2-3 min x 11 countries)

Q & A / Discussion

16:30-17:00 Session 7, Future Plans (30 min)

“Palliative Radiotherapy for Bone Metastasis”

Dr. MAKISHIMA Hirokazu

-Results & Analysis of Questionnaire

-Introduction of Protocol (Draft)

“Palliative Radiotherapy for Brain Metastasis”

-Results & Analysis of Questionnaire

-Introduction of Protocol (Draft)

“2021'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 2020 Online Workshop on Research Reactor Utilization Project

December 17th, 2020

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 this year in preparation to start a new phase in 2021. We summarized the current status of RIs production (for RRU group) / environmental monitoring for Neutron Activation Analysis (NAA group) in each country and shared the information for our next year's activities in this online workshop. In the plenary session the individual project leaders of Japan provided an overview of the current projects of RRU and NAA, and referred to several major issues of the workshop. In the parallel sessions, the detailed content of the discussions was summarized for each of the two groups, RRU and NAA. 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) Impact of the pandemic on R&D activities (working condition, facilities usage status, additional special work (if any), etc.)
- 2) The current progress and results for FNCA activities
- 3) Future plan from FY2021

RRU: Isotope production including new isotopes

Australia

Production and supply of radiopharmaceuticals to domestic market continued as normal during the pandemic period. However, overseas export was interrupted due to reduced commercial flights and border closures.

Australia continued manufacturing ^{99}Mo , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{131}I , ^{177}Lu , ^{51}Cr , ^{191}Ir , ^{198}Au radioisotopes and production of the isotopes is planned to increase from early 2021 as the supply chain is expected to return to normal, especially for export to international markets. Australia is producing ^{90}Y , ^{166}Ho and ^{32}P to support the clinical trials of the new radioisotopes.

Bangladesh

Radioisotope (RI) production laboratory of Bangladesh is producing $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ generator and ^{131}I oral solution on weekly basis to meet the demand of medically important radioisotopes of the country. The RI group has the plan to produce ^{89}Sr as a new isotope due to its medical usage. The calculation for the preparation of ^{89}Sr using BAEC reactor with target SrCO_3 following $^{88}\text{Sr}(n,\gamma)^{89}\text{Sr}$ reaction process is

ongoing. The experimental part will take longer time because of the unavailability of target material in local market.

China

Although effected by the coronavirus pandemic, nuclear facilities had been put into operation according the annual plan including research reactors such as swimming pool research reactor (SPRR) and china advanced research reactor (CARR). SPRR is operating for 100 EFPD to material test and NDT silicon and CARR is operating for 30 EFPD to Nuclear Science and material test.

Indonesia

The RSG-GAS (*G.A Siwabessy* multipurpose reactor) is operated by BATAN for 33 Years. Mainly the reactor is used for radioisotope production. BATAN has produced commercial RI/RF MIBI, MDP, DTPA kits ^{153}Sm -EDTMP, ^{131}I -MIBG, and in research stage BATAN has produced $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ generator based on nanomaterial, $\text{Na-}^{131}\text{I}$, $[\gamma\text{-}^{32}\text{P}]$ ATP, ^{177}Lu -DOTA-Trastuzumab, Gd-DOTA-PAMAM G3-Trastuzumab, $^{192}\text{Iridium}$ -seeds, ^{32}P Skin patch and Au-NP-PAMAM G4-Nimotuzumab. BATAN has developed product ^{99}Mo from natural Molybdenum. Research on Nuclear Fuel Element is ongoing in the reactor.

Japan

From November in 2020, the Research Reactor of Kyoto University (KUR) has been operated in the steady state mode for several researches (RIs production and materials research etc.) with a maximum power of 1 and 5 MW. The research of RIs production such as ^{47}Sc , ^{105}Rh and ^{177}Lu (etc.) for medical use were produced and the amounts produced were compared with those produced by electron linear accelerators. Further, Research Reactor of JAEA (JRR-3) will operate in February 2021 with a maximum power of 20MW. The RIs production, researches for, e.g., life and materials science will be continued by JAEA staff, university and company researchers using JRR-3.

Kazakhstan

Year 2020 turned out to be a difficult year for all countries and this is due to the coronavirus pandemic in the world. The work of many organizations was suspended, employees switched to a remote mode of work. Airlines have suspended flights between countries. During this period, the workload of research reactors in the Republic of Kazakhstan decreased. This especially affected the exported products such as radioisotopes. In general, work continued in all areas: RI production, NR, HRD, NAA, Material Research, and Nuclear Science.

The supply of radioisotopes was carried out only to the domestic market of Kazakhstan. In this year, producing of reactor-based radioisotopes are $^{99\text{m}}\text{Tc}$ for medicine and ^{192}Ir for industry. R&D for production of ^{177}Lu is ongoing.

Malaysia

The Malaysian Nuclear Agency continues to support the utilization of the Reactor TRIGA PUSPATI (RTP). The current research reactor is low power 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 RTP operates four days per week and around 8 hours per day. However, in some circumstances, the reactor may prolong its operation to cater to specific requests. Previously, the ^{153}Sm has been studied using the reactor. Due to the high interest in medical radioisotopes, studies of ^{177}Lu , ^{51}Cr , and ^{165}Ho are put in the streamline. Besides radioisotopes production, the reactor has also been used for neutron activation analysis, neutron beam research, and education & training. Despite this, a proposal for the feasibility study of a new research reactor has been tabled to the government for funding.

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. The proposed RR is to be utilized for Radioisotope (RI) production ($^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ by 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.

Philippines

The COVID-19 pandemic shutdown activities for at least three months. Then only 50% of the work force was allowed back from June to October. The Sub-critical Assembly for Training, Education and Research (SATER) was originally scheduled to be commissioned this December 2020, however due to the pandemic, the commissioning has been moved to December 2021. The Philippine Nuclear Research Institute is embarking on a 5-year program to establish a Center for Nuclear Medicine Research and Development that will have five operational PET/CT systems operating at 16.5 MeV, producing ^{18}F , ^{11}C , ^{13}N , ^{64}Cu , ^{43}Sc and ^{68}Ga .

Thailand

Thai Research Reactor-1/ Modification 1 (TRR-1/M1) has been operated in the steady state mode with a maximum power of 1.2 MW. The reactor produced variety researches and wide ranges of applications including educational and training, radioisotope production, geochronology, neutron activation analysis, neutron imaging and instrument testing and calibration. TRR-1/M1 produces ^{153}Sm , ^{82}Br and ^{32}P . Recently, the experimental in production of ^{177}Lu was conducted for using in nuclear medicine by neutron activation of ^{176}Lu and ^{176}Yb . Further investigation will be performed in the future for the full potential of ^{177}Lu production strategies.

Vietnam

Due to the COVID-19 pandemic situation with many the current difficulty but Vietnam have sought many effective alternatives to meet the market such as increasing the operating time of the reactor, while other research activities had to be suspended.

NAA: Environmental monitoring with multiple measurement techniques including NAA

Australia

The pandemic forced a period of limited access to site, although the OPAL reactor continued full operations mainly to support production of medical isotopes. However due to reduced staffing in other areas, long NAA irradiation targets could be irradiated but not unpacked. Short irradiations could still be done. Alternatives were sought but would've taken too long to implement. Restrictions eventually lifted and period since June has been very busy catching up on lost time.

Bangladesh

During the pandemic research and development activities were very much hampered because of insufficient neutron beam, insufficient LN₂ supply and detector problem. During this time the pending academic collaboration works completed in priority basis, 14 papers were published and some research works were done which were not so directly related to the project. Depending on the reactor availability FNCA target activities will be completed in future. For environmental monitoring we can choose the following samples; 1) soil and sediment, 2) coal and coal fly ash, and 3) plant sample.

China

Because of COVID-19 we have sampled few samples in Beijing in this year, and samples analysis with NAA and PIXE were delayed. The NAA platform at China Advanced Research Reactor (CARR) is still being upgraded. Some PM_{2.5} reference materials were analysed by using NAA. NAA is a very important analytical method in atmosphere management in China. NAA was adopted in several national programs, including National key Research & Development Program (NRDP) and National research program for key issues in air pollution control. In 2021, PM_{2.5} and PM₁₀ samples in Beijing will be collected and analysed by NAA.

Indonesia

- ◆ FNCA activities in 2019-2020 are focused on supporting the National Research Program as presented at the last FNCA workshop. Accelerating the decline in Stunting cases is currently one of the government's priority programs. The essential element of Iodine in foodstuff is one of the important nutritional sources that affect Stunting. However, because the quantity of Iodine is at trace level, it is necessary to develop accurate and precise methods. The use of the epithermal INAA method is one of the options to determine iodine in foodstuffs. This method has been developed intensively using Cd and Boron shielding. The epithermal INAA has been used in the determination of iodine in several local foods and the analysis results are presented in this report.

Japan

Currently, the Kyoto University research reactor is the only one research reactor usable for NAA in Japan. Such a situation will be changed early next year; a research reactor, JRR-3 of JAEA will start its operation after a long break of 10 years. Although the usability will be improved for NAA end users, we are afraid of decreasing of the utilization of NAA due to the expansion of the current pandemic. We are planning to conduct both INAA and RNAA, by which geochemical and cosmochemical samples, and geological reference samples will be analyzed, respectively.

Kazakhstan

Due to the research reactor's temporary shutdown and suspended relations with the partners engaged in mineral resources exploration and processing caused by the lockdown, the planned volume of investigations by NAA was substantially reduced. The connections were recommenced and new concerns already appeared. Main challenges of next year will consist of rhenium analysis in uranium ore samples, gold and accompanying element analysis in black shales and the corresponding samples analysis for rare earths.

Korea

We are running thermal neutron based INAA, DNAA, and cold neutron activation station (CONAS) consisting of CN-PGAA and CN-NDP at the HANARO research reactor, which has been in a state of shutdown for a long time and is currently scheduled for operation in early 2021. The samples (mainly from semiconductor, geology, environments, food and so on) are now being analyzed by using other analytical instruments like ED/WD-XRF, ICP-MS and so on. And new project is underway to build a new research reactor at Kijang-gun near Busan metropolitan city.

Malaysia

Research activities related to analysis of soil samples were done by using NAA technique. Nowadays, monitoring of the elemental pollution in soil samples from the vicinity area and industrial park was given priority for the purpose to identify the sources of pollution. Malaysia has participated/done in analysis of samples for determination of pollution sources of heavy, trace and rare earth elements (REEs) in soils collected from the Kapar industrial park.

Mongolia

In 2020, environmental monitoring including air pollution, food pollution, and air morphological distribution, were implemented by NAA and other related methods. Results of morphological study show that the summer PM pollution is in sphere shape from the soil, and winter PM pollution is in irregular from the solid fuel combustion. In case of food pollution, contents of heavy and toxic elements did not exceed the permissible level.

Philippines

Sampling for air particulate matter (PM10 and PM2.5) is being continued in the best way possible despite of the restrictions posted by the community quarantine measures. There were no neutron activation analyses that have been done for these samples due to lack of an operating reactor or access to one but PNRI is considering to propose a collaborative work with Vietnam. The Philippines have established collaborative study on air particulates matter in some part of the country and is planning on considering as well the NAA of environmental samples such as marine and estuarine sediments, volcanic ash, and tektites.

Thailand

REE and other element concentrations in certified reference material, JG-2 were reported using INAA. Their values were in good agreement with the reference values. The measurements of REE and other elements in 10 geological samples were carried out using INAA and ICP-MS with microwave assisted digestion and fusion dissolution methods. The environmental monitoring materials for next year would be PM2.5, PM10, soils, crops and geological samples.

Vietnam

The R&D activities in Dalat research reactor were not affect by the pandemic. The reactor is running continuously to increase radioisotopes production for hospitals. In some MOST (Ministry of Science and Technology) projects, moss samples were collected at 30 different locations, and the concentrations of 10 heavy metal and metalloid elements in the collected moss samples were determined by k_0 -INAA. Elemental concentrations of marine sediment samples were analyzed using k_0 -INAA for studying coastal erosion. 14 REEs and U&Th in 50 clay samples as archaeological samples were also determined by ICP-MS method for drawing REE abundance patterns.

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 (2020-2023) 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 and so on.

- **RRU group**

The participants from member countries discussed several topics in RRU group. The specific topics in the nuclear science field were considered in the workshop of phase 2 (2020-2023) according to a questionnaire to each member country. Possible topics are listed here in order: 1) radioisotopes production (RIs) and new isotopes (which is included some of discussions in the report of this year), purification, further Quality Assurance and Quality Control (QA/QC) for practical use (if any), 2) New Research Reactor, 3) Boron Neutron Capture Therapy (BNCT), Neutron Radiography (NR), 4) Human Resources and Development (HRD), 5) Material Research and further 6) possible other topics and/or news.

- **NAA group**

The NAA group agreed to adopt environmental samples as target materials last year. Because of the COVID-19 pandemic, the project couldn't be initiated in 2020, but will be starting in 2021, continued to 2023. For the current phase, it was agreed that environmental samples cover not only "common" environmental samples like air particulate matters but also substances around us like geological samples, soil and even food. As NAA has a capability of multi-element determination for wide variety of solid sample, it can compete with and even be superior to modern analytical methods like ICP-MS and ICP-AES for such solid environmental samples. In this sense, it was recommended that analytical methods other than NAA be applied to these sample when research reactor are temporally or permanently not in operation for some member countries so that data comparison and validation can be done within the NAA group.

2.5.2 RRU 参加者リスト

List of Participants FNCA 2020 Online Workshop on Research Reactor Utilization Project

December 17th, 2020

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)	Dr Rabeya Akhter	Principal Scientific Officer, INST, AERE, Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
Bangladesh (NAA PL)	Dr Kamrun Naher	Chief Scientific Officer, INST, AERE, Bangladesh Atomic Energy Commission
China (RRU PL)	Dr Liu Xingmin	Director of Reactor Core Design Division, 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	Head of Center for Multipurpose Reactor, National Nuclear Energy Agency (BATAN)
Indonesia (RRU)	Ms Sri Sundari Retnoasih	Staff of Center for Multipurpose Reactor, National Nuclear Energy Agency (BATAN)
Indonesia (RRU)	Mr Aidhanis Kusuma Praja	Staff of Center for Multipurpose Reactor, National Nuclear Energy Agency (BATAN)
Indonesia (RRU)	Mr Indra Saptiama	Researcher, National Nuclear Energy Agency (BATAN)
Indonesia (RRU)	Ms Marlina	Researcher, National Nuclear Energy Agency (BATAN)
Indonesia (RRU)	Mr Fahrurrozi Akbar	Scientist, National Nuclear Energy Agency (BATAN)
Indonesia (RRU)	Mr Muhammad Refai Muslih	Senior Researcher, National Nuclear Energy Agency (BATAN)

Country	Name	Affiliation
Indonesia (NAA PL)	Mr Sutisna	Researcher, Center for Science and Technology of Advanced Materials, National Nuclear Energy Agency (BATAN)
Indonesia (NAA)	Mr Ahmad Hasan As'ari	Researcher, National Nuclear Energy Agency (BATAN)
Japan (Coordinator)	Mr Wada Tomoaki	FNCA Coordinator of Japan
Japan (Advisor)	Dr Namba Hideki	FNCA Advisor of Japan
Japan (MEXT)	Mr Suzuki Tetsu	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (MEXT)	Mr Yamamoto Keishi	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (RRU PL)	Dr Ohtsuki Tsutomu	Professor, Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University
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 Inokoshi Chiaki	International Affairs and Research Department, Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Japan (Secretariat)	Ms Otsu Natsuko	International Affairs and Research Department, Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Kazakhstan (RRU PL)	Mr Asset Shaimerdenov	Head of Laboratory, Institute of Nuclear Physics

Country	Name	Affiliation
Kazakhstan (NAA)	Ms Irina Prozorova	Head of Laboratory of Neutron Physics, Institute of Atomic Energy, National Nuclear Center (NNC)
Korea (NAA PL)	Dr Sun GwangMin	Principal Researcher, Korea Atomic Energy Research Institute (KAER)
Malaysia (RRU PL)	Dr Julia Abdul Karim	Section Head of Nuclear and Reactor Physics, 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	Acting Director, Nuclear Research Center, National University of Mongolia
Philippines (RRU PL)	Mr Neil Raymund D. Guillermo	Supervising Science Research Specialist, Philippine Nuclear Research Institute (PNRI)
Philippines (NAA PL)	Mr Joseph Michael D. Racho	Senior Science Research Specialist, Philippine Nuclear Research Institute (PNRI)
Thailand (RRU PL)	Dr. Kanokrat Tiyaapun	Nuclear Engineer Expert, 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	Researcher, 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 2020 Online Workshop on Research Reactor Utilization Project

December 17th, 2020

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

Date: December 17, 2020

Plenary session

- 14:00-14:10 **Opening Session**
- Welcome address: Mr. Suzuki Tetsu, 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**
- RRU group: Prof Ohtsuki Tsutomu, Japan
 - NAA group: Prof Ebihara Mitsuru, Japan

Parallel session

Note: Country report should include following points:

- Impact of the pandemic on R&D activities (working condition, facilities usage status, additional special work (if any), etc.)
- The current progress and results of FNCA activities
- Any difficulties nowadays
- Future plan from FY2021

- 14:30-16:30 **RRU: Isotope production including new isotopes**

Chair: Japan/Australia

- Presentation from each country (each 5 min)
- Discussion and drafting the meeting summary

- 14:30-16:30 **NAA: Environmental monitoring with multiple measurement techniques including NAA**

Chair: Japan/Australia

- Presentation from each country (each 5 min)
- Discussion and drafting the meeting summary

Plenary session

- 16:45-17:30 **Wrap up session**
- Report of RRU Minutes and Discussion
 - Report of NAA Minutes and Discussion
 - Closing Remarks by Dr. Namba Hideki, 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 2020 Workshop on Radiation Safety and Radioactive Waste Management Project

December 14th – 15th, 2020

Online

1) Outline of Workshop

i) Date	December 14 – 15, 2020
ii) Venue	Online meeting
iii) Host Organizations	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan (MEXT)
iv) Participants	26 from 11 countries (Australia, Bangladesh, China, Indonesia, Japan, Kazakhstan, Malaysia, Mongolia, Philippines, Thailand and Vietnam). Listed in Annex 2
v) Program	Annex 1

2) Program

FNCA 2020 Workshop on Radiation Safety and Radioactive Waste Management Project, hosted by Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan (MEXT), was held via zoom meeting on December 14 and 15, 2020.

Session 1 : Opening Session

Mr. Suzuki Tetsu, Deputy Director, Office for Fusion Energy, Environment and Energy Division and Policy Division, Research and Development Bureau, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) and Mr. Wada Tomoaki, FNCA Coordinator of Japan, delivered the welcoming remarks.

Session 2 : Overview of NORM/TENORM Problems

Prof. Kosako Toshiso, FNCA Radiation Safety and Radioactive Waste Management Project Leader of Japan briefly explained the overview of Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM) / Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Material (TENORM) in this project and brush-up of the consolidated report on Low Level Radioactive Waste Repository (LLRWR). The new phase (from 2021 to 2023) of this project aims to complete a consolidated report for NORM/TENORM. He also introduced an activity report 『Current Status of TENORM in FNCA Countries』published in 2005 as a reference .

Session 3 : Country Report on NORM/TENORM

Eleven (11) countries reported their present status, problems, and future plans of NORM/ TENORM. The summary of each report is attached as **Annex 3**.

Session 5: Topical presentation on NORM/TENORM

Dr. Norasalwa Binti Zakaria from Malaysia and Mr. Duncan Kemp from Australia gave their topical presentations related to NORM/TENORM respectively. The summary of the two (2) presenters is attached as **Annex 3**.

Session 6 and 7: Guidance of Group Discussion and Group Discussion (NORM/TENORM and Review of LLRWR Consolidated Report)

Prof. Kosako briefly explained how to discuss in this session and how to join each group room (i.e. group A, B and C). After his explanation, the participants were divided into three (3) groups and had a discussion what contents should be included in new report on NORM/TENORM.

Session 8 and 9 : Summary of Group Discussion on NORM/TENORM and review of LLRWR Consolidated Report.

The leaders of each group summarized their discussions and presented them respectively. The summary of each group is attached as **Annex 3**.

Session 10: Closing Session

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

2.6.2 RS&RWM 参加者リスト

List of Participants

FNCA 2020 Workshop on Radiation Safety and Radioactive Waste Management Project

December 14th – 15th, 2020

Online

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)
China	Mr. Hongxiang An	Head of the Division of Waste Safety Waste Management Department China Institute for Radiation Protection(CIRP)
Indonesia (PL)	Mr. Raden Sumarbagiono	Director of the Center for Radioactive Waste Technology, National Nuclear Energy Agency of Indonesia (BATAN)
Indonesia	Dr. Dadong Iskandar	Member of radioactive waste treatment and disposal division, Center for Radioactive Waste Technology, National Nuclear Energy Agency (BATAN)
Indonesia	Mr. Sucipta	Member of radioactive waste treatment and disposal division, Center for Radioactive Waste Technology, National Nuclear Energy Agency of Indonesia (BATAN)
Indonesia	Mr. Moch. Romli	Member of safety division, Center for Radioactive Waste Technology, National Nuclear Energy Agency of Indonesia (BATAN)
Japan (Coordinator)	Mr. Wada Tomoaki	FNCA Coordinator of Japan

Country	Name	Title
Japan (Advisor)	Dr. Namba Hideki	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)
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	Mr. Tani Kotaro	Researcher National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST)
Japan	Mr. Suzuki Tetsu	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan	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. Yevgeniy Tur	Senior Engineer, Technical and Economic Assessment Department, National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan

Country	Name	Title
Malaysia (PL)	Dr. Norasalwa Binti Zakaria	Manager, Waste Technology Development Centre Malaysian Nuclear Agency
Mongolia (PL)	Ms. Navaangalsan Oyuntulkhuur	Head Radiation Safety Council, Nuclear Energy Commission, Government of Mongolia
Mongolia	Mr. Oyunbolor Galnemekh	Project manager Radiation protection society NGO
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)
Thailand	Dr. Klitsadee Yubonmhat	Nuclear Scientist Thailand Institute of Nuclear Technology (TINT)
Vietnam (PL)	Assoc. Prof. Le Thi Mai Huong	Vice President, Institute for Technology of Radioactive & Rare Elements (Vietnam Atomic Energy Institute)

2.6.3 RS&RWM プログラム

Program of FNCA 2020 Workshop on Radiation Safety and Radioactive Waste Management Project

December 14th – 15th, 2020

Online

Day 1, 14 December

13:50 – 14:20	Opening the meeting room
14:20 – 14:30 (10 min)	<u>Simple Instruction for using Zoom</u> the Secretariat
14:30 – 14:50 (20 min.)	<u>Session 1: Opening Session</u> 4) Welcoming Remarks MEXT of Japan 5) Opening Remarks Mr. Tomoaki Wada 6) Introduction of Participants
14:50 – 15:00 (10 min.)	<u>Session 2: Overview of NORM/TENORM Problems</u> Prof. Toshiso Kosako (Japan)
15:00 – 15:50 (50 min.)	<u>Session 3: Country Report on NORM/TENORM</u> Facilitator: Dr. Makoto Hashimoto (Japan) (Presentation 7 min + Q&A 3 min) 5) Australia 6) Bangladesh 7) China 8) Indonesia 9) Japan
15:50 - 16:00 (10 min.)	Break
16:00 – 17:00 (60 min.)	<u>Cont. of Session 3</u> 6) Kazakhstan 7) Malaysia 8) Mongolia 9) the Philippine 10) Thailand 11) Viet Nam
17:00 – 17:15 (15 min.)	<u>Session 4: Wrap-up of Day 1</u> Summary of Day1 and Announcement for Day2 Prof. Toshiso Kosako

Day 2, 15 December

14:00 – 14:30	Opening the meeting room
14:30 – 15:00 (30 min.)	<u>Session 5: Topical presentation on NORM/TENORM</u> Facilitator: Mr. Tatsuo Saito (Japan) 1) Issues and challenges to NORM management Norasalwa Zakaria (Malaysia) 2) NORM Management Challenges in Australia Duncan Kemp (Australia)
15:00 – 15:10 (10 min.)	<u>Session 6: Guidance of Group Discussion (NORM/TENORM and Review of LLRWR Consolidated Report)</u> Prof. Toshiso Kosako
15:10 – 16:10 (60 min.)	<u>Session 7: Group Discussion</u> Room1 : Group A (Japan / Mongolia/Philippines) Room2 : Group B (Australia /China/Thailand/Vietnam) Room3 : Group C (Kazakhstan /Malaysia/Bangladesh/Indonesia) * Countries written in bold type is a leading country of the group. Discussion will be facilitated by each leading country.
16:10 – 16:15(5 min.)	Break
16:15– 16:50 (35 min.)	<u>Session 8: Summary of Group Discussion on NORM/TENORM</u>
16:50 – 17:05 (15 min.)	<u>Session 9: Summary of Group Discussion on the Review of LLRWR Consolidated Report</u>
17:05 – 17:15 (10 min.)	<u>Session 10: Closing Session</u> 3) Wrap-up and Schedule of the Workshop Prof. Toshiso Kosako 4) Closing Remarks Dr. Hideki Namba

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 2020 Workshop on Nuclear Security and Safeguards Project

February 19th, 2021

Online Meeting

Mr. SUZUKI Tetsu, 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 10th FNCA Workshop had 28 participants from ten countries: Bangladesh, China, Indonesia, Japan, Kazakhstan, Malaysia, Mongolia, Thailand, 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:

Ms. Maria Teresa A. Salabit, Philippine Nuclear Research Institute (PNRI), Philippines

The compilation of the country report summary that included the updates on the developments and improvements since the 2019 Workshop regarding the implementation of safeguards and nuclear security, the promotion of nuclear security culture and capacity building activities was presented by Ms. KAWAKUBO Yoko, Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation and Nuclear Security, Japan Atomic Energy Agency (ISCN/JAEA), Japan. 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 Nuclear Energy Agency (BATAN), Indonesia

Presentation was delivered by Japan

Ms. NORO Naoko, ISCN/JAEA, Japan

During this session Ms. Noro presented nuclear security topic for 2021-2023 FNCA Nuclear Security and Safeguards Project. She mentioned that the ISCN proposed "Nuclear security stakeholder matrix project" in

order to facilitate cooperation among FNCA members on nuclear security capacity building. One of the background or reason issuing this proposal that because of wide areas of activities in nuclear security, where is needed to involving importance of stakeholder engagement in the country.

Some of stakeholders that she mentioned are intelligence agency, regulatory authorities, license holders, law enforcement, military, frontline officers, first responders, custom, etc. The objectives of Nuclear Security Stakeholder Matrix are to obtain a full picture of nuclear security activities of a state. Based on the matrix we are able to identify gaps in infrastructure was being developed and through the cooperation of FNCA's Member State we have capability to fill the gap for respective State's nuclear security regime. In addition to that we are able to identify gaps in capacity building on nuclear security. The most important is that by using the matrix we are able to facilitate coordination and cooperation among the relevant agencies within the country.

During session discussion, the speaker received many questions about how to fill the matrix and one of difficult question is about the time line to complete to fill the matrix. Bangladesh colleagues suggested to make flexible time to submit it to ISCN/FNCA since the pandemic Covid-19 is difficult to convene a meeting with respective stakeholders are needed. Ms Noro and Mr. Yosuke Naoi from ISCN/JAEA responded comments of Bangladesh colleagues that time line is flexible and this moment we are able to convene a meeting virtually.

Session 3: Safeguards (Good Practices of Exports Control in Relation to the AP Implementation)

Moderator:

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

Presentations were delivered by Malaysia and Thailand

Ms. Noraini Binti Razali, Atomic Energy Licensing Board (AELB), Malaysia

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

In this session there were two presentations on Good Practices of Exports Control in Relation to the AP Implementation from: Malaysia and Thailand, followed by discussions and Q/A.

Malaysia signed Protocol Additional to Treaty on the Non- Proliferation of Nuclear Weapon (INFCIRC/540) on 22 November 2005, but not in force yet. In the Atomic Energy Licensing Act 1984 (Act 304), the word "safeguards" was not mentioned, but some sections of the Act 304 (Section 20 and Section 68) can be said to have sort of relations to safeguards e.g. the need to declare nuclear materials possessed by the licensee.

The Export Control in relation to the Additional Protocol is, therefore, not covered by the Act 304. However, The Strategic Trade Act (STA) 2010 [Act 708], is the legislation that controls the export, transshipment, transit and brokering of strategic items and technology, including arms and related material, as well as activities that will or may facilitate the design, development, production and delivery of weapons of mass destruction (WMD) . This Act is consistent with Malaysia's international obligations on national security.

AELB is responsible authority of Category 0 Nuclear Materials, Facilities & Equipment for Dual Use Item under the Act 708.

Thailand has implemented the Non-Proliferation Treaty and Comprehensive Safeguards Agreement for more than forty-five years and entered into the Additional Protocol (AP) in 2017. The Nuclear Energy for Peace Act (2016) has enforced the national regulatory framework, complying with the relevant international treaties. Subsequently, the ASEAN Single Window (ASW) has established to connect and integrate the National Single Windows (NSW) of the ASEAN member states. The purposes of the ASW are to exchange electronic trade-related documents, enable single submission of data, synchronous processing of information, and one decision-making for customs release and clearance among ASEAN member states. Thailand National Single Window is the vital element for the import/export control, relating the CSA and AP agreements. The Office of Atom for Peace (OAP) is the responsible government entity for coordinating with the NSW, Department Thai Customs and Department of Foreign Trade regarding the import/export of nuclear material and nuclear fuel cycle. The licensee database is in the process of linking with the NSW as part of restricted goods.

In response to the question on effectiveness and impact of NSW and ASW, it appears that NSW and ASW are aimed to bring common good for the business and trade among the countries in ASEAN region, however, it is yet to provide optimum benefits.

Online Exercise: Implementation of Complementary Access

Facilitator:

Ms. SEKINE Megumi, ISCN/JAEA, Japan,

Ms. KAWAKUBO Yoko, ISCN/JAEA, Japan

As a special event at the workshop, the online exercise with demonstration of complementary access was provided and facilitated by 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 2020 Workshop on Nuclear Security and Safeguards Project**

February 19th, 2021

Online Meeting

Country	Name	Affiliation
Bangladesh (PL)	Dr. Abid Imtiaz	Chief Scientific Officer Nuclear Safety Section Nuclear Safety, Security and Safeguards Division Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
Bangladesh	Mr. H. M. Borhanul Alam	Principal Scientific Officer Nuclear Safety, Security and Safeguards Division Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
China (PL)	Mr. Chen Chen	Project Officer State Nuclear Security Technology Center (SNSTC)
China	Ms. Ju Jingmin	Project Officer State Nuclear Security Technology Center (SNSTC)
Indonesia (PL)	Mr. Khairul	Senior Nuclear Security Officer Center for Informatics and Nuclear Strategic Zone Utilization National Nuclear Energy Agency (BATAN)
Kazakhstan	Ms. Nurgul Kurmangaliyeva	Head of International Projects Support Group National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan
Malaysia (PL)	Ms. Noraini Binti Razali	Assistant Director Policy and External Affairs Division Atomic Energy Licensing Board (AELB)
Malaysia	Ms. Nurul Hafiza binti Mohamed Aliasruddin	Assistant Director Policy and External Affairs Division Atomic Energy Licensing Board (AELB)

Country	Name	Affiliation
Mongolia (PL)	Ms. Gerelmaa Gombosuren	Senior officer of the International Conventions and Treaties The Executive Office of the Nuclear Energy Commission, Government of Mongolia
Mongolia	Ms. Gantseseg Purevbaatar	Officer of the Nuclear Safety and Security Department The Executive Office of the Nuclear Energy Commission, Government of Mongolia
The Philippines (PL)	Ms. Maria Teresa A. Salabit	Senior Science Research Specialist Nuclear Safeguards and Security Section Nuclear Regulatory Division Philippine Nuclear Research Institute (PNRI)
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 (Senior Professional Level) Security and Safeguards Technical Support Section Regulatory Technical Support Division Office of Atoms for Peace (OAP)
Thailand	Dr. Areerak Rueanngoan	Nuclear Chemist (Senior Professional Level) Security and Safeguards Technical Support Section Regulatory Technical Support Division Office of Atoms for Peace (OAP)
Vietnam	Ms. Duong Hong Anh	Officer Nuclear Security and Safeguards Division Vietnam Agency for Radiation and Nuclear Safety (VARANS)
Vietnam	Mr. Nguyen Ninh Giang	Nuclear Security Officer Nuclear Security and Safeguards Division Vietnam Agency for Radiation and Nuclear Safety (VARANS)
Japan (Coordinator)	Mr. Wada Tomoaki	FNCA Coordinator of Japan

Country	Name	Affiliation
Japan (Advisor)	Dr. NAMBA Hideki	FNCA Advisor of Japan QST Associate National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST)
Japan (MEXT)	Mr. Suzuki Tetsu	Deputy Director Office for Fusion Energy Environment and Energy Division and Policy Division Research and Development Bureau Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (MEXT)	Mr. YAMAMOTO Keishi	Researcher International Nuclear and Fusion Energy Affairs Division Research and Development Bureau 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 (ISCN/JAEA)	Mr. KUMEKAWA Hirokazu	Deputy Director ISCN/JAEA
Japan (ISCN/JAEA)	Ms. INOUE Naoko	Deputy Principal Engineer 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. KAWAKUBO Yoko	Chief International Capacity-Building Support Office ISCN/JAEA

Country	Name	Affiliation
Japan (ISCN/JAEA)	Ms. SEKINE Megumi	Chief International Capacity-Building Support Office ISCN/JAEA
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)

2.7.3 NSS プログラム

Program of FNCA 2020 Workshop on Nuclear Security and Safeguards Project

February 19th, 2021

Online Meeting

13:00-13:10	【Opening Session】 ◆ Chair: Mr. NAOI Yosuke, Japan 1. Opening remarks (3min.*2) ▪ Mr. SUZUKI Tetsu, MEXT ▪ Mr. WADA Tomoaki, FNCA Coordinator of Japan 2. Introduction of Members (4min.)
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】 ◆ Moderator: Ms. Maria Teresa A. Salabit, Philippines ● Ms. KAWAKUBO Yoko, ISCN/JAEA
13:35-14:05	【Session 2: Nuclear Security (Stakeholder Matrix)】 ◆ Moderator: Mr. Khairul, Indonesia ● Ms. NORO Naoko, ISCN/JAEA (15min.) ● Discussion (15min.)
14:05-14:45	【Session 3: Safeguards (Good Practices of Exports Control in Relation to the AP Implementation)】 ◆ Moderator: Dr. Abid Imtiaz, Bangladesh ● Presentation (15min.*2 countries) - Ms. Noraini Binti Razali, Malaysia - Ms. Harinate Mungpayaban, Thailand ● Discussion (10min.)
14:45-15:55	【Online Exercise: Demonstration of Complementary Access】 ◆ Facilitator: Ms. SEKINE Megumi, Ms. KAWAKUBO Yoko ISCN/JAEA (appr. 2 participants per Member State)
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	南波 秀樹 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 講師育成事業関係者

氏名	所属組織名
藤本 望 様	国立大学法人九州大学
木倉 宏成 様	国立大学法人東京工業大学先端原子力研究所
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
劉 維 様	国立大学法人九州大学
鈴木 雅秀 様	国立大学法人長岡技術科学大学
飯本 武志 様	国立大学法人東京大学
入江 勤 様	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

3.1.3 原子力人材育成ネットワーク関係者

氏名	所属組織名
井上 光輝 様	独立行政法人国立高等専門学校機構
宇埜 正美 様	国立大学法人福井大学

氏名	所属組織名
川端 祐司 様	国立大学法人京都大学
河原林 順 様	東京都市大学
竹下 健二 様	国立大学法人東京工業大学
伊原 一郎 様	中部電力株式会社
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
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
野田 耕一 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関係者

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
小澤 隆 様	一般社団法人日本電機工業会
大高 和弘 様	日本原子力発電株式会社
笠原 賢 様	東芝エネルギーシステムズ株式会社
坂本 光 様	三菱重工業株式会社
吉岡 譲 様	一般社団法人海外電力調査会

氏名	所属組織名
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
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
山口 敬介 様	国際原子力開発株式会社
山崎 宏文 様	公益財団法人若狭湾エネルギー研究センター

3.1.5 駐日外国公館

氏名	所属組織名
Mr Trevor Holloway	オーストラリア連邦大使館
Dr Ziaul Abedin	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
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 Manuel M. Lopez	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

3.1.6 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 研究開発基盤課 量子放射線研究推進室長
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	研究開発局長
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 環境エネルギー課長
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 原子力課 放射性廃棄物企画室長
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 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 研究開発戦略官付(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	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 国際原子力協力室
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 電力・ガス事業部 部長
経済産業省	資源エネルギー庁 原子力政策課

省庁名	部局名
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)

3.1.7 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・エネルギー室
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	環境生活部 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

組織名	部署名
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 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
福井県	美浜防災センター 所長
静岡県	危機管理部 原子力安全対策課
静岡県	経済産業部 エネルギー政策課
愛知県	防災局 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	危機管理室 防災企画課
大阪府	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

組織名	部署名
岡山県	環境文化部 環境企画課
愛媛県	県民環境部 防災局 防災危機管理課
愛媛県	県民環境部 防災局 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	企画部 エネルギー政策課

3.1.8 企業・大学等

組織名	部署名
アジア生産性機構(APO)	事務局長
公益社団法人茨城原子力協議会	原子力科学館
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
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
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 環境整備課
公益社団法人日本医学放射線学会	事務局
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 研究部長 研究理事

組織名	部署名
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
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
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	事業計画統括部長
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 技術副主幹
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	広報部 広報課
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	核不拡散・核セキュリティ総合支援センター
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	原子力基礎工学研究センター 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
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	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	むつ科学技術館
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	敦賀廃止措置実証部門 敦賀廃止措置本部 本部長
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	敦賀廃止措置実証部門 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	敦賀廃止措置実証部門 高速増殖原型炉もんじゅ 所長

組織名	部署名
一般財団法人日本原子力文化振興財団	理事長
一般社団法人日本物理学会	事務局
一般社団法人日本原子力文化財団	理事長
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
公益財団法人環境科学技術研究所	総務課
公益財団法人放射線計測協会	専務理事
公益社団法人日本放射線技術学会	事務局
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
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 学術連携係
一般財団法人放射線利用振興協会	理事長
一般財団法人放射線利用振興協会	本部事務局
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	量子医学・医療部門 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	放射線医学総合研究所 臨床研究クラスター 重粒子線治療研究部 放射線品質管理室 研究統括
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	放射線医学総合研究所 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	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	量子ビーム科学研究部門 部門長 兼 高崎量子応用研究所 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 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 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 環境資源材料研究プロジェクト

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	高崎量子応用研究所 放射線生物応用研究部 RI 医療応用プロジェクト
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	関西光科学研究所 所長
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	核融合エネルギー研究開発部門 部門長
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	エネルギー材料グループ
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
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
東京電力株式会社	原子力・立地本部
東京電力株式会社	広報部
東京電力株式会社	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
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

組織名	部署名
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	高浜原子力発電所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
合同会社 mcm japan	代表
株式会社原子力発電訓練センター	総務部
双日株式会社	第一原子力産業グループ 事務局長
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
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
株式会社三菱総合研究所	原子力安全事業部 政策・技術基盤グループ 副本部長/グループリーダー

組織名	部署名
富士山環境研究センター	主任研究員
国立大学法人北海道大学	大学院工学研究院 エネルギー環境システム専攻 教授
国立大学法人弘前大学	被ばく医療総合研究所 所長
国立大学法人弘前大学	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
国立大学法人弘前大学	大学院保健学研究科 生体検査科学領域 准教授
八戸工業大学	学長
八戸工業大学	工学部 機械工学科 教授
八戸工業大学	工学部 電気電子工学科 教授
八戸工業大学	社会連携学術推進室
国立大学法人東北大学	大学院工学研究科 量子エネルギー工学専攻 教授
国立大学法人福島大学	環境放射能研究所 教授
国立大学法人茨城大学	大学院理工学研究科 機械システム工学領域 教授
国立大学法人茨城大学	フロンティア応用原子科学研究センター長、教授
国立大学法人筑波大学	陽子線医学利用研究センター センター長
国立大学法人筑波大学	アイントープ環境動態研究センター 准教授、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、東海キャンパス)
国立大学法人東京大学	大学院工学系研究科 原子力専攻 教授
国立大学法人東京大学	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
国立大学法人東京工業大学	科学技術創成研究院 先導原子力研究所 教授
東海大学	工学部原子力工学科 教授
国立大学法人福井大学	大学院工学研究科エネルギー安全工学分野 教授
国立大学法人福井大学	附属国際原子力工学研究所 特命教授

組織名	部署名
福井工業大学	原子力技術応用工学科 教授
国立大学法人名古屋大学	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
国立大学法人名古屋大学	大学院工学研究科マテリアル理工学専攻 教授、准教授
国立大学法人名古屋大学	大学院工学研究科 原子核計測工学グループ 准教授
国立大学法人京都大学	複合原子力科学研究所 総務掛
国立大学法人京都大学	複合原子力科学研究所 原子力防災システム研究分野 教授
国立大学法人京都大学	複合原子力科学研究所 原子力基礎工学研究部門
近畿大学	原子力研究所 教授
近畿大学	社会連携推進センター長
国立大学法人広島大学	原爆放射線医科学研究所 教授
国立大学法人九州大学	大学院工学研究院 エネルギー量子工学部門 教授
国立大学法人長崎大学	原子力災害対策戦略本部

3.1.9 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 製作室副課長
時事通信社	科学担当
日本放送協会	科学文化部

会社名	部署名
共同通信社	原子力報道部
中国新聞社	報道局報道部 経済担当部長
読売新聞	科学部担当者、東京本社 論説委員
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

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
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	インドネシア原子力庁 (BATAN)
カザフスタン	Prof Erlan G. BATYRBKOV	カザフスタン国立原子力センター (NNC)
韓国	Mr KIM Kiseok	科学技術情報通信部 (MSIT)
マレーシア	Dr Siti A'iasah HASHIM	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	RADM Wachara KARUNYAVANIJ	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

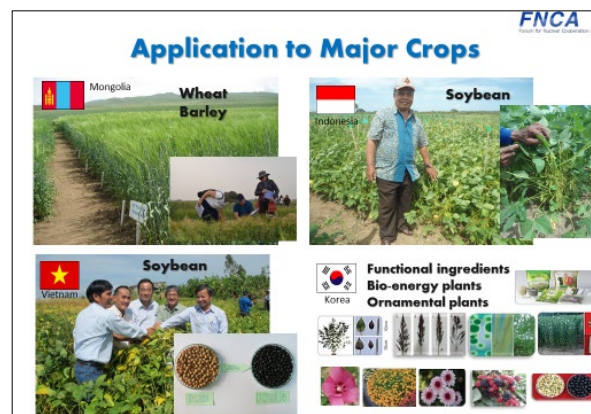
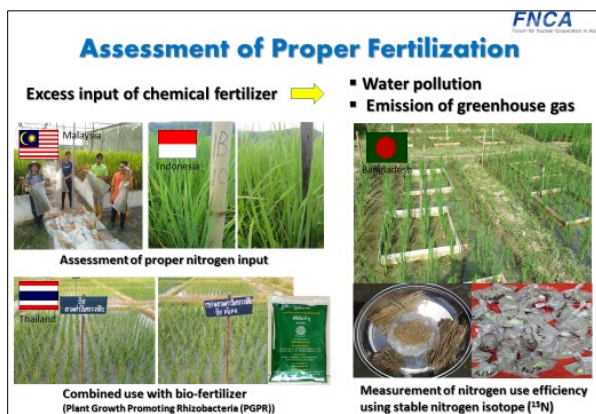
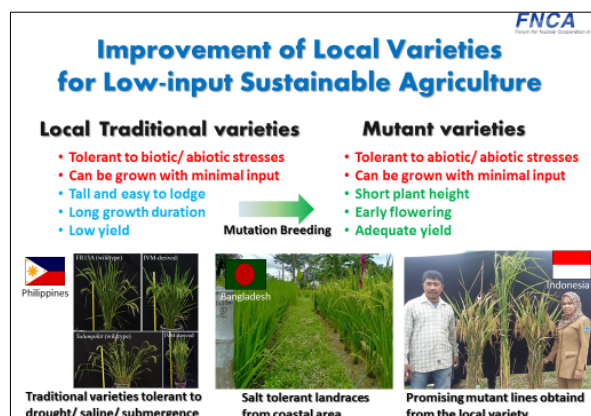
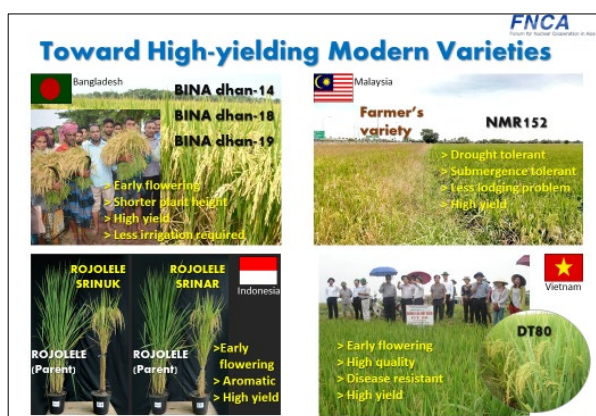
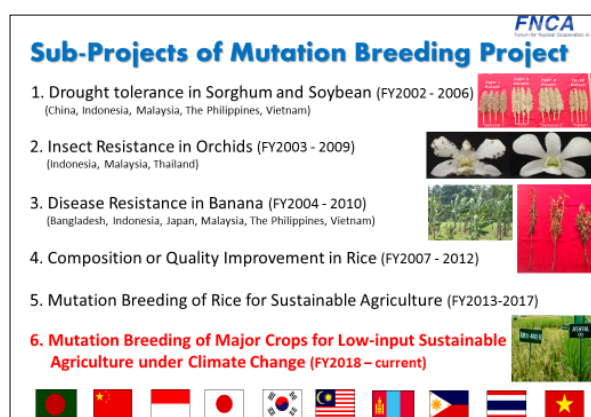
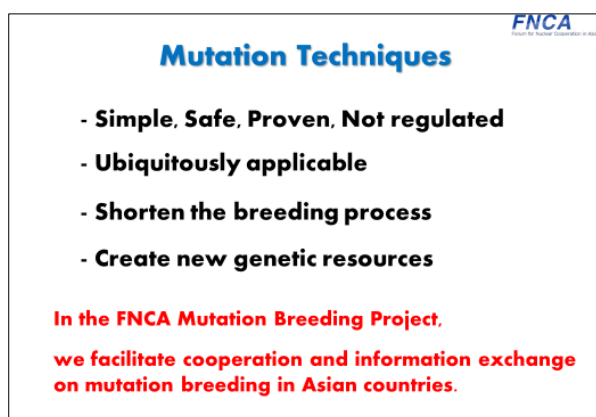
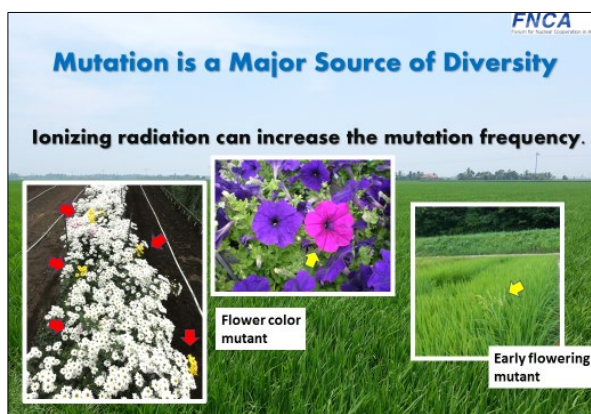
組織名
在オーストラリア連邦日本国大使館
在バングラデシュ人民共和国日本国大使館
在中華人民共和国日本国大使館
在インドネシア共和国日本国大使館
在カザフスタン共和国日本国大使館
在大韓民国日本国大使館
在マレーシア日本国大使館
在モンゴル国日本国大使館
在フィリピン共和国日本国大使館
在タイ王国日本国大使館
在ベトナム社会主義共和国日本国大使館

3.2.3 海外関連組織

氏名	組織名
Mr Rafael Mariano Grossi	Director General International Atomic Energy Agency (IAEA)
Mr Park Pill Hwan	Director, RCA Regional Office, IAEA/RCA
Mr Sawada Kazuhiro	First Secretary Permanent Delegation of Japan to the OECD
Mr Mizuno Toshiaki	First Secretary Permanent Mission of Japan to the International Organizations in Vienna
Dr Gloria Kwong	Head of IFNEC Technical Secretariat Deputy Head of Division for Management and Multilateral Initiatives, Nuclear Technology Development and Economics Division OECD Nuclear Energy Agency (NEA)
Ms Emily Larson	International Relations Officer, United States Nuclear Regulatory Commission

4. オープンセミナー発表資料

4.1 放射線育種プロジェクト



FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

Ion Beams for More Efficient Mutagenesis

 **TIARA, QST-Takasaki**



 **KOMAC, KAERI**



 **HIRFL, IMP, CAS**



Workshop on Ion Beam Irradiation
at QST-Takasaki, (January 2009)

FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

Summary and Perspective

Mutation breeding has brought widely successful outcomes and a significant economic impact

Mutation breeding can contribute to the low-input sustainable agriculture

Synergy with the latest technologies is needed
(High-throughput sequencing, Genome editing etc.)

FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

Thank you for your attention

HASE Yoshihiro (hase.yoshihiro@qst.go.jp)

Project leader of Japan, FNCA Mutation Breeding Project

Senior Principal Researcher, Takasaki Advanced Radiation Research Institute,
National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology
(QST-Takasaki)

4.2 放射線加工・高分子改質プロジェクト

Open seminar
Jan. 15, 2021

Radiation Processing and Polymer Modification for Agricultural, Environmental and Medical Applications



October 8-12, 2018, Kurchatov, Kazakhstan
September 3-7, 2019, Yogyakarta, Indonesia
October 26-27, 2020, Web Meeting

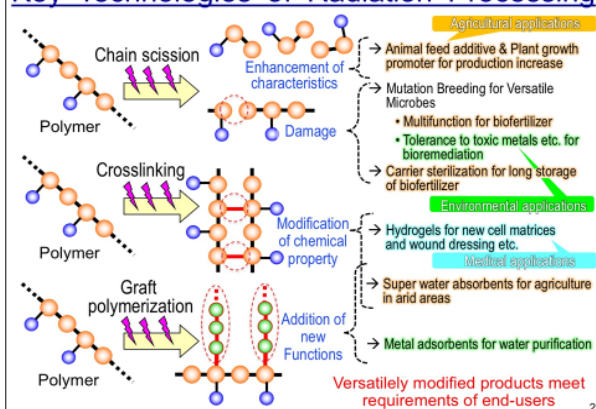
TAMADA, Masao
Project Leader of Japan

Needs-oriented R&Ds using Radiation technologies

Seven needs-oriented R&Ds on Agricultural, Environmental and Medical Applications in 10 participating countries (Bgd, Chn, Idn, Kaz, Jpn, Mys, Mng, Phl, Tha, and Vnm)

1. Degraded Chitosan* for Animal Feed Agricultural applications
2. Hydrogel for Medical Application Medical applications
3. Environmental Remediation Environmental applications
4. Synergistic Effect among Plant Growth Promoters, Super Water Absorbents and Biofertilizer
5. Plant Growth Promoters and Super Water Absorbents, inclusive Process development
6. Mutation Breeding of Biofertilizer Microbe using Radiation
7. Sterilization of Biofertilizer Carrier using Radiation

Key Technologies of Radiation Processing



1. Degraded Chitosan for Animal Feeds

Laying Hens (Indonesia)
Feeding of 300 ppm gave 85% daily production of eggs while control 79 %

Tilapia (Malaysia)
Initiation of collaborative work with fishery research institute

Clarias Fish (Indonesia)
300 ppm 28 cm
Control 22 cm

Striped Catfish (Vietnam)
600 tons feed (100 mg degraded chitosan/kg-feed) to 800,000 fishes for 9 months

	Average survival rate (%)	Average FCR
Chitosan added	83.2	1.48
Control	78.4	1.58

Feed Conversion Ratio = Feed given / Animal weight gain

Shrimp (Vietnam)
Field experiment in aquaculture

2. Hydrogel for Medical Application

Hydrogel scaffold for 3D cell culture

- Crosslinked gelatin hydrogel (Japan)
- PVP*- carrageenan hydrogels (Malaysia)
- Gelatin/carboxymethyl-chitosan (Vietnam)

Attractive for drug discovery and medicine due to resemble shape of cell growth in vivo.

Transdermal patch gel-sheet (Japan)
Analgesic for cancers and postoperative therapy

External wound dressing (Bangladesh)
Gamma-radiation crosslinked polyvinylalcohol and Carrageenan blend hydrogel
Treatment of burn wound
More than 500 patients were rapidly cured by hydrogel wound dressing

Hemostats granules (Philippines)
Radiation-crosslinked hemostats granules in rat bleeding models
Effective hemostat for deep wound (severe cases with torn tissue and muscle)

3. Environmental Remediation

Metal adsorbents (China)
5.6 g Uranium/kg adsorbent

Catalyst for biodiesel production (Malaysia)
CVD reactor, Monomer feed, Vaporizer
Chemical vapor deposition line for CVD* grafting to synthesize biodiesel catalyst
CVD: chemical vapor deposition
This line is available for synthesis of a boron-selective adsorbent

Bioremediation (Indonesia)
15% increase in rice yield in soils contaminated excess urea after bioremediation using biofertilizers of mutant microbes

4. Synergistic Effect among Plant Growth Promoters (PGP) and Biofertilizer (BF)

Synergistic effect on soybean root rot disease (Japan)



Growth of roots with pathogen

No pathogen + Pathogen + Pathogen + Pathogen

No treatment Biofertilizer Biofertilizer + Foliar spray of plant growth promoter

Antifungal activity Growth promotion activity on root

Synergistic effects of PGP and BF have been investigated:

- Rice (Bangladesh)
- White pepper (Indonesia)
- Corn (Philippines)
- Sweet pepper and Tomato (Mongolia)

5. PGP and SWA, inclusive Process development

Plant growth promoter (PGP)

Foliar spray of PGP enhances growth of rice (Philippines)

1,700 L/h with Electron beam (Philippines)

100,000 L/d with gamma rays (Thailand)

1,400 L/batch with gamma rays (Malaysia)

Super water absorbent (SWA)

Survival rate of scots pine seedlings increased in arid area (Kazakhstan)

500 kg/day with gamma rays (Kazakhstan)

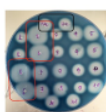
200 kg/day with Gamma rays (Thailand)

Patent of preparation process (Kazakhstan)

6. Mutation Breeding of BF Microbe using Radiation

Gamma radiation can produce broad frequency of bacterial mutants for biofertilizer(BF)

Country	Types of microbes	Functions
China	<i>Trichoderma</i> sp.	Plant growth promotion and disease suppression
Indonesia	<i>Staphylococcus pasteurii</i> <i>Aspergillus costaricensis</i> (both non pathogens)	Phosphate and potassium solubilizing for biofertilizer
Malaysia	<i>Actinobacter</i> sp	Nitrogen fixation , phosphate and potassium solubilization for biofertilizer
Thailand	<i>Azospirillum</i> sp., <i>Azotobacter</i> sp., <i>Beijerinckia</i> sp., <i>Burkholderia</i> sp. and <i>Gluconacetobacter</i> sp.	Nitrogen fixation and IAA (Indole-3-acetic acid: cell division and elongation effect) production for biofertilizer
Vietnam	<i>Bacillus subtilis</i>	High production of protease for animal feeds and biofertilizers



Screening of irradiated microbes based on multifunctional activities



Liquid multifunctional biofertilizer (Malaysia)

8

7. Sterilization of BF Carrier using Radiation

Irradiation sterilized carrier has been used commercially due to longer lifespan of microbes (Philippines)



Lifespan of microbes in Biofertilizer

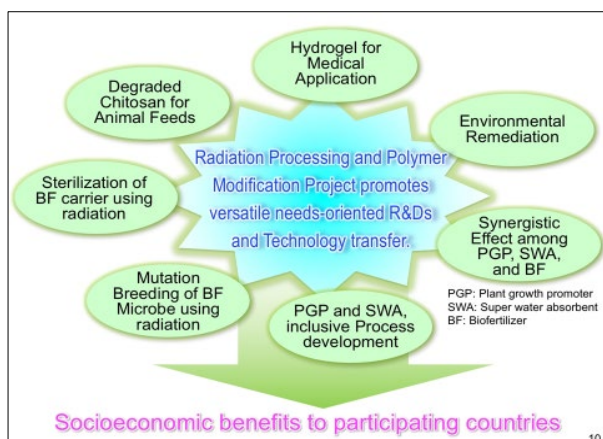
Irradiation sterilized carrier	Steam-heat sterilized carrier
10 months	6 months



1.7 tons per week (10,303 packets)



9



Thank you
for your kind attention.

Group discussions for planning of promising future R&Ds in face to face Workshop

4.3 気候変動科学プロジェクト

 Australian Government

 **ANSTO**

FNCA Climate Project Overview 15 January 2021

Professor Henk Heijnis – Project Leader

Email: hhx@anstogov.au

Science. Ingenuity. Sustainability.

Aim and Background

The overall aim of the project is to better understand the mechanisms and processes of past and present climate change and variability through undertaking nuclear and isotopic based experiments and analyses that support research into past climate change, and sharing the expertise to interpret the new knowledge.

Science. Ingenuity. Sustained.
ANSTO

Archives and associated indicators of climate change

Four examples of environmental archives, the analytical techniques used, and the climate information that can be obtained from them, are listed below. In all cases, in addition to a diverse range of analyses, appropriate expertise in fieldwork and core/ sample collection is required.

2.1. Lake sediments

There are a range of climate indicators that can be extracted and analysed from lake sediments. Proxies such as pollen, charcoal, diatoms, stable isotopes and geochemistry (elemental and grain size analysis) can indicate changes in vegetation, water quality and sedimentation

2.2. Tree-rings

As a tree grows, annual climate signals are embedded within the composition and structure of the wood

2.3. Coral

The skeletons of corals provide a record of the chemical and physical conditions that existed in the surrounding seawater at the time of its growth.

2.4. Carbon storage

Carbon storage is an important component of modern climate studies. A better estimate and understanding of carbon storage in a range of different soils, as well as coastal wetlands and seagrass beds, will lead to improved climate modelling related to CO₂ emissions and budgets.

Science. Ingenuity. Sustained. 

The image shows the logos of the Australian Government and ANSTO. On the left is the Australian Government crest with the text "Australia Government" below it. To its right is a vertical line, followed by the ANSTO logo, which consists of a stylized blue triangle and the word "ANSTO" in a bold, sans-serif font.

[illegible]

BSAT03 Humification residuals and macrocharcoal

The graph displays two data series over a 4500-year period. The blue line represents Humification residuals, and the red line represents Macrocharcoal. A green arrow labeled 'Wetter' points to a peak in the blue line around 2200 years, while a brown arrow labeled 'Drier' points to a trough around 2800 years. A blue shaded area at the bottom of the graph indicates a trend from approximately 3500 years to the present.

China – Australia Collaboration

Participants from the Chinese Academy of Science and ANSTO / ANU are researching climate change in the Late Pleistocene / Holocene

Study site: Bromfield Swamp

6m of sediment core sections extracted in April 2017

Publication correlating S. China and NE Australia
Published in STOTEN (January 2021).

Rapid warming has resulted in more wildfires in northeastern Australia

Ge Shi^{1,4}, Hong Yan^{1,2,3*}, Wenchao Zhang¹, John Dodson¹, Henk Heijnis⁴, Mark Burrows²



Science. Ingenuity. Sustainability.

Figure 1 displays a multi-panel graph showing various climate and biological data from 25,000 years ago to the present. The x-axis represents time in years before present (BP), with a shaded pink region from 12,800 to 8,200 BP indicating the Holocene. The y-axes on the left represent different data types: temperature (°C/100 yr), Z-scores, and carbon concentration (ppm). The y-axes on the right represent time in years before present (yr BP). The panels include:

- a** Arctic temperature (°C/100 yr) and Antarctic temperature (°C/100 yr) reconstructions.
- b** Global temperature (°C/100 yr) reconstruction.
- c** Global temperature variability (°C/100 yr).
- d** Global warming rate (°C/100 yr).
- e** Biomfield Swamp charcoal record (ppm).
- f** Lake Eumeroe +125m (Z-scores) and Lake Eumeroe <125m (Z-scores) reconstructions.
- g** Charcoal synthesis (Z-scores) record.

A blue arrow points from the text "Increased temperature (global) and increased fire (intensity and occurrence.)" to a circled peak in the charcoal record (panel e) around 10,000 BP.

Japan – Carbon Sequestration (2017 to 2020)

- **Soil sampling and SOC analysis**
JAEA and NIES continued soil sampling in Japan and Asia.
- **Guideline for soil sampling and SOC-¹⁴C analysis**
A guideline is published in October 2020.
"Practical Guide on Soil Sampling, Treatment, and Carbon Isotope Analysis for Carbon Cycle Studies"
<https://doi.org/10.11484/jaea-technology-2020-012>
- **Related publications in scientific journals**
 - Nagano, H., Atarashi-Andoh, M., & Koarashi, J. (2019) Soil Sci. Plant Nutrit.
 - Wijesinghe, J. N., Koarashi, J., Atarashi-Andoh, M. et al. (2020) Geoderma.



Science. Ingenuity. Sustainability.

2020 FNCA Best Research Team Award

2020 Best Research Team of the Year
(Climate Change Science Project) Japan

Forum for Nuclear Cooperation in Asia

Achievement:
The team works on the carbon cycling in terrestrial ecosystems, using ¹⁴C analysis-based approaches. Besides producing new knowledge on soil organic carbon decomposition and CO₂ release under climate changes, the team contributed to enhancing the ability and activity of the FNCA project through developing a guide for soil sampling and analysis. The team supports member countries by accepting young researchers under the MEXT research program.

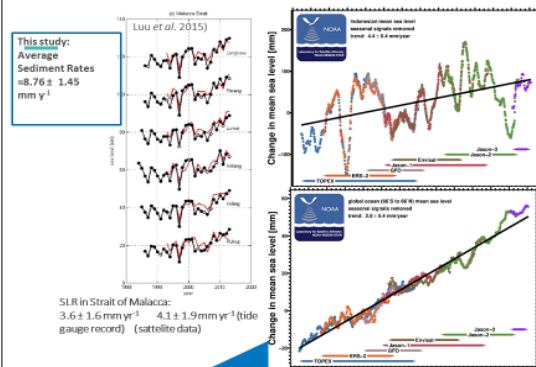
Hanuyasu NAGAI, Jun KOARASHI, Mariko ATARASHI-ANDOH, Hirohiko NAGANO, Masakazu OTA, Naoki KINOSHITA, Takashi SUZUKI, Yoko SAITO-KOKUBU, Natsuko FUJITA, Naishen LIANG, Hiroyuki MATSUZAKI, Genki KATATA

Science. Ingenuity. Sustainability. ANSTO

Indonesia – Coastal Sedimentation & Sea-level rise

Science. Ingenuity. Sustainability.

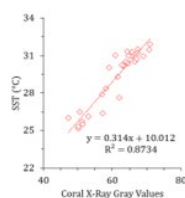
Sediment Accretion Rates vs SLR Trends in Nearby Waters, Indonesia's RSUR, and GMSLR



ANSTO

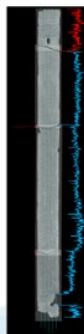
Philippines – Archival research on Corals

Natural: SST reconstruction



SST vs. X-Ray Gray Value
Equation can be used to reconstruct SST for the rest (i.e., parts older than 1981) of the coral core at a resolution of up to 2.5 days.

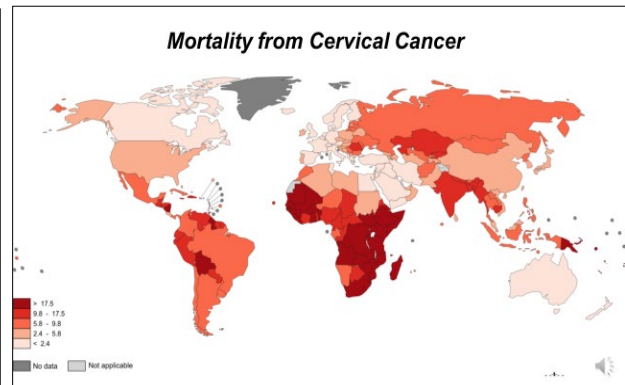
OISST record is only until year 1981.



■ ご注意いただきありがとうございます
ごさいます

Science. Ingenuity. Sustainability. ANSTO

4.4 放射線治療プロジェクト



Presentation

1. Radiotherapy for Cervical Cancer
2. Concurrent Chemoradiotherapy (CCRT) for Locally Advanced Cervical Cancer
3. 3D image-guided brachytherapy (3D-IGBT) for Cervical Cancer
4. FNCA Clinical Trials for Cervical Cancer

Presentation

1. Radiotherapy for Cervical Cancer
2. Concurrent Chemoradiotherapy (CCRT) for Locally Advanced Cervical Cancer
3. 3D image-guided brachytherapy (3D-IGBT) for Cervical Cancer
4. FNCA Clinical Trials for Cervical Cancer

NCI-USA Guideline for Cervical cancer

Stage IB, IIA

- 1) **Radiotherapy**
- 2) Surgery (Radical hysterectomy + PLA)
- 3) Surgery + adjuvant chemoradiotherapy for postoperative high-risk group
- 4) **Concurrent Chemoradiotherapy for large tumor**

Stage IIB, III, IVA

- 1) **Concurrent Chemoradiotherapy**

(<http://www.cancer.gov/cancerinfo/pdq/treatment>)

Radiotherapy for Cervical Cancer

Brachytherapy

small intestine, Uterus, Bladder, vagina, Rectum

^{137}Cs , ^{60}Co , or ^{192}Ir is commonly used.

External Beam Radiotherapy

Uterus, Lymph node, Cervical tumor, Parametrium

Linac → X-ray
Cobalt → γ -ray

External Beam Radiotherapy

- Radiation: Linac high energy X-rays or ^{60}Co γ -rays
- Fractionation: daily, 5 times/week (Mon-Fri), total 5-6 weeks
- Clinical target volume: cervical tumor, whole uterus, vagina, parametria, and pelvic lymph nodes.

Brachytherapy

- Insert radioactive sources (^{60}Co or ^{192}Ir) into the tumor volume (uterine and vaginal cavity)
- Irradiate a very high radiation dose precisely to the tumor
- Fractionation: 1-2 times/week, total 4 times

Presentation

1. Radiotherapy for Cervical Cancer
2. Concurrent Chemoradiotherapy (CCRT) for Locally Advanced Cervical Cancer
3. 3D image-guided brachytherapy (3D-IGBT) for Cervical Cancer
4. FNCA Clinical Trials for Cervical Cancer

Major phase III studies of RT vs. CCRT for locally advanced cervical cancer

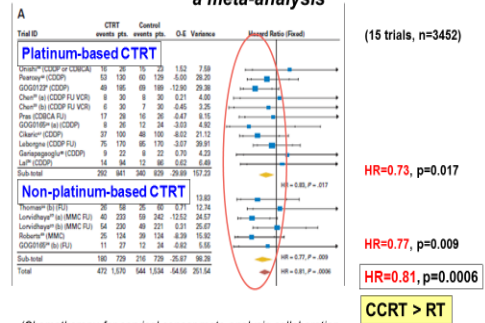
Study	Treatment	No. of Patients	Eligibility Staging method for PALN
RTOG 9001 (USA) 1-2)	1) RT + CDDP+5FU 2) Extended-field RT	194 195	IB2 or IIA2 (≥ 5 cm or PLN(+)) IIB, III, IVA LG or Surgical staging
GOG 85 (USA) 3)	1) RT + CDDP+5FU 2) RT + HU	177 191	IIB, III, IVA Surgical staging
GOG 120 (USA) 4-5)	1) RT + CDDP 2) RT + CDDP+5FU+HU 3) RT + HU	176 173 177	IIB, III, IVA Surgical staging
NCIC (Canada) 6)	1) RT + CDDP 2) RT alone	127 126	IB2, IIA2 (≥ 5 cm) IIB, III, IVA CT staging

1) Morris et al, NEJM, 1999. 2) Eifel et al, JCO, 2004. 3) Whiteman et al, JCO, 1999.
4) Rose et al, NEJM, 1999. 5) Rose et al, JCO, 2007. 6) Pearcey et al, JCO 2002

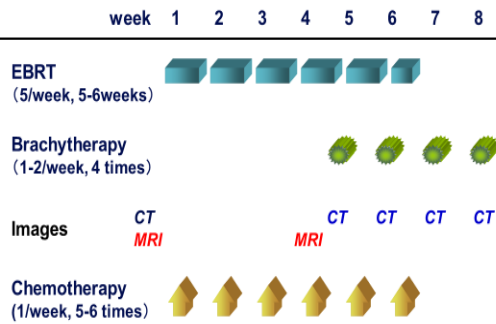
Major phase III studies of RT vs. CCRT for locally advanced cervical cancer

Study	Treatment	5-year OS (%)	P value	Follow-up (mo.)
RTOG 9001	1) RT + CDDP+5FU 2) Extended-field RT	73 52	< 0.0001	79
GOG 85	1) RT + CDDP+5FU 2) RT + HU	65 51	0.018	104
GOG 120	1) RT + CDDP 2) RT + CDDP+5FU+HU 3) RT + HU	60 61 40	< 0.001 < 0.001	106
NCIC	1) RT + CDDP 2) RT alone	62 58	0.42	82

CCRT for locally advanced cervical cancer a meta-analysis



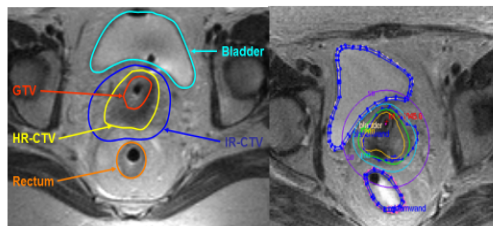
Schedule of Concurrent Chemoradiotherapy



Presentation

1. Radiotherapy for Cervical Cancer
2. Concurrent Chemoradiotherapy (CCRT) for Locally Advanced Cervical Cancer
3. 3D image-guided brachytherapy (3D-IGBT) for Cervical Cancer
4. FNCA Clinical Trials for Cervical Cancer

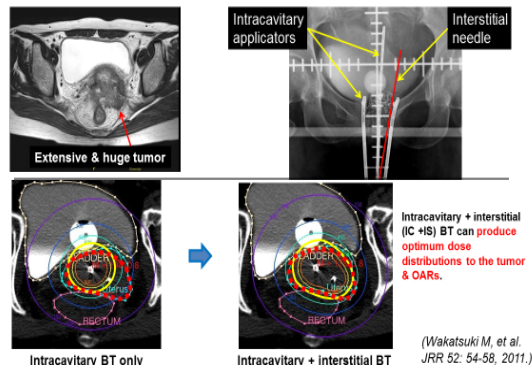
3D Image-Guided Brachytherapy (3D-IGBT)



MRI/CT can clearly visualize the cervical tumor, uterus, and normal tissues (bladder, rectum, sigmoid colon, and the small intestine). 3D-IGBT allows assessment of 3D dose distributions for tumor and normal tissues. 3D-IGBT can optimize dose distributions and enables to deliver high dose to tumor with minimizing doses to normal tissues.

(Kirisits C. et al. Int J Radiat Oncol Biol Phys 62: 901-911, 2005)

3D-IGBT: Intracavitary + Interstitial BT



Treatment results; 2D-BT vs. 3D-IGBT

	No. of Pt	Stage	Histology	Local control	Overall survival
2D					
RTOG9001 (1999)	194	IB-IIA/IIIB/IIIV: (CCRT) 33%/36%/27%/3%	SCC: 91%	71% (III-IVA 5y)	59% (III-IVA 5y)
GOG 120 (1999)	349	II-III/IVA: 97%/3%	SCC: 93%	78% (II-IVA 5y)	60% (II-IVA 5y)
3D					
Gunma U. (2011)	86	I/II/III/IV: 22%/41%/34%/3%	SCC: 85%	94% (I-IVA 5y)	86% (I-IVA 5y)
Saitama M. U. (2019)	162	I/II/III-IVA: 7%/32%/54%/7%	SCC: 85%	93% (I-IVA 3y)	86% (I-IVA 3y)

Late toxicity; Conventional 2D-BT vs. 3D-IGBT

3D-IGBT: Rectum D2cc < 70-75 Gy, Bladder D2cc < 80-90 Gy

	No. of pts	Stage	Rectum ≥ Grade3	Bladder ≥ Grade3
2D				
RTOG 9001 (1999)	194 (CCRT)	IB-IIA/IIIB/IIIV	9%	3%
GOG 85 (1999)	177 (CCRT)	IIIB/IIIV	16.2%	
3D				
Gunma U. (2011)	86	I/II/III/IV	0%	1%
Saitama M. U. (2019)	162	I/II/III/IV	2%	2%

Presentation

1. Radiotherapy for Cervical Cancer
2. Concurrent Chemoradiotherapy (CCRT) for Locally Advanced Cervical Cancer
3. 3D image-guided brachytherapy (3D-IGBT) for Cervical Cancer
4. FNCA Clinical Trials for Cervical Cancer

FNCA Radiation Oncology Project (since 1993)

Participating countries



Purposes of the Project

- To establish optimal treatment protocols of radiotherapy and chemotherapy for predominant cancers in Asia.
- To improve the quality of radiotherapy in FNCA Member Countries.
- To improve treatment outcomes of predominant cancers in Asia.

Timetable of FNCA Clinical Studies

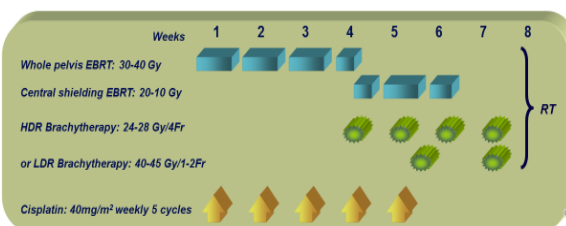
Protocols for Clinical Study	year	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020
Standardization of RT for Cervical Cancer (CERVIX-9)	Registration	Follow-up											
AHP for Cervical Cancer (CERVIX-10)	Registration	Follow-up											
CCRT for Cervical Cancer (CERVIX-11)	Survey	Registration	Follow-up										
CCRT + PALN-RT for Cervical Cancer (CERVIX-12)													
CCRT + 3D-IGBT for Cervical Cancer (CERVIX-13)													
CRT for Advanced NPC (any T2N2) (NPC-1)													
CRT for Advanced NPC (T3-4 N0-1) (NPC-2)													
CRT for Advanced NPC (any T2N2) (NPC-3)													
Hypofractionated RT for Breast Cancer (IBRST-1, BC1PHERA)													

FNCA Cervix-III (2003-2011)

CCRT for Locally advanced cervical cancer

Purposes

To evaluate the feasibility, safety, and efficacy of cisplatin-based CCRT for locally advanced cervical cancer among the east and south-east Asian countries.



FNCA Cervix-III: Treatment results

Study	Stage	Treatment	No. Pts.	5-y LC (%)	5-y OS (%)
GOG 85 ¹⁾	IIB-IVA	RT+CDDP/5FU	177	NA	63
		RT+HU	191	NA	50
GOG120 ²⁾	IIB-IVA	RT+CDDP	176	78	60
		RT+CDDP/5FU/HU	173	79	61
		RT+HU	177	66	40
FNCA Cervix-III ³⁾	IIB-IIIB	RT+CDDP	120	77	57

1) Whitney CW, et al. JCO 17: 1339-1348, 1999. 2) Rose PG, et al. JCO 25: 2804-2810, 2009. 3) Kato S, et al. IROBP 77: 751-757, 2010. IROBP 87: 200-205, 2013.

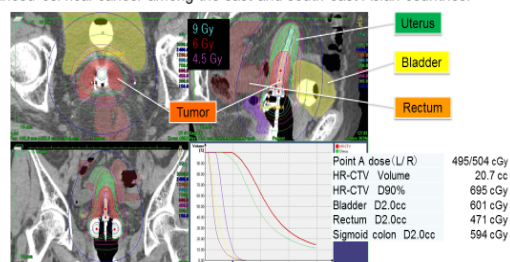
GOG studies; PALN was surgically staged, PALN (+) patients were excluded.
FNCA study; No surgical staging. 81% were staged by CT.

FNCA Cervix-V (2017-)

CCRT + 3D-IGBT for Locally advanced cervical cancer

Purposes

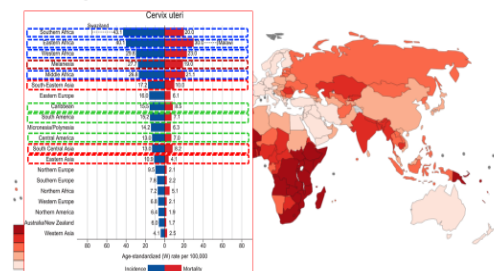
To determine the safety and efficacy of CCRT and 3D-IGBT for patients with locally advanced cervical cancer among the east and south-east Asian countries.



**Hands-on training on 3D-IGBT at FNCA WS
in Dhaka (2018) and Suzhou (2019)**



Global impact of CCRT + 3D-IGBT for cervical cancer



428,000 newly diagnosed patients (282,000; advanced stage)/year in Asia, Africa, central/south America, and Melanesia.
CCRT (+ 3D-IGBT) may improve survival of advanced cancer from 40% to 70%, which indicates possible **increase of 85,000 cancer survivors/year in the world.**

4.5 研究炉利用プロジェクト

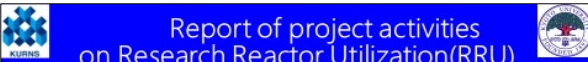
4.5.1 研究炉利用グループ

**Report of project activities
on Research Reactor Utilization(RRU)**

*T. Ohtsuki,
Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science,
Kyoto University (KURNS)*

Research reactors in many Asian countries and have managed over many years for the multipurpose use in several nuclear science. The information sharing and discussion of research reactors between Asian countries can be fruitful not only in nuclear sciences but also in the personnel training, etc.

FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia





RRU project in FNCA

RRU phase 1 (2017-2019)
The current status and future of the RRU projects were discussed including Scientific study, Industrial use, Education. The RRU project and the NAA project be combined into a new project to be called Research Reactor Utilization. This new project would consider the following topics:

- a. Nuclear Activation Analysis (NAA) ← Prof. M. Ebihara
- b. Isotope Production including new isotopes ← 2017,2018
- c. Neutron Scattering
- d. Nuclear Science ← 2019
- e. BNCT, Neutron Radiography(NR) ← 2018
- f. Material Research ← 2018
- g. New Research Reactor ← 2017
- h. Human Resource and Development

Review of phase 1 (2017-2019)

In Summary of FNCA 2019 Workshop
on RRU Project
(September 10-12, 2019 Kurchatov, Kazakhstan)



The discussion was held for assessing the current three years(2017-2019) of RRU projects amongst different member countries. Survey was conducted by sending a questionnaire to all member countries by 1-5 points in available topics. The summary of the survey results are presented (next page).

Developments of next phase 2 (2020-23)

Based on the survey results and discussion, the preference of the projects is as below:

a. RIs production points	44
b. New Research Reactor	42
c. Boron Neutron Capture Therapy (BNCT), NR	37
d. Human Resource Development (HRD)	34
e. Material Research	
f. Nuclear Science	

Project related to RIs production was the most preferred by participating countries. The following sub-topics may need to be addressed, if any.

a. Radiation safety	b. Patient safety
c. Purification	d. QA and QC

Sciences of RRUs in the World

Type of Application	Number of RRs Involved
Isotope production	92
Neutron scattering	50
Neutron radiography	71
Material irradiation	153
Transmutation (gemstones)	27
Transmutation (doping of Si)	35
Teaching/training	165
Neutron Activation analysis (NAA)	124
Geochronology	25
Boron neutron capture therapy (BNCT), including R&D	22

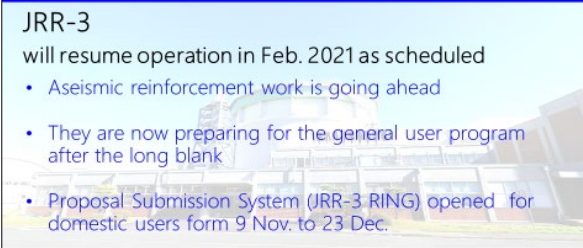
Current Status and Further of RRUs in Japan

JRR-3
will resume operation in Feb. 2021 as scheduled

- Aseismic reinforcement work is going ahead
- They are now preparing for the general user program after the long blank
- Proposal Submission System (JRR-3 RING) opened for domestic users from 9 Nov. to 23 Dec.

New Research Reactor Project by MEXT

- MEXT decided to build research reactor (~10MW) on the site of Tsuruga-shi, Fukui by about 50 billion yen.



Thank you for your attention



I am Masamune Date

4.5.2 中性子放射化分析グループ

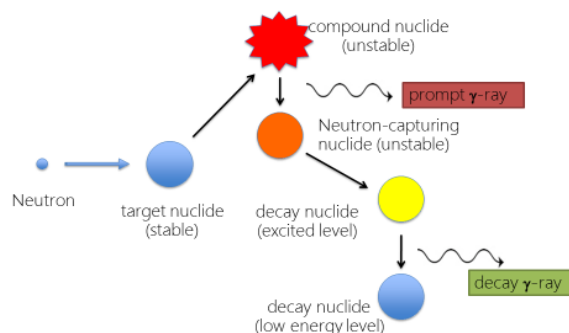
Overview of the FNCA RRU Project - NAA sub-project

Mitsuru Ebihara
Project leader of Japan
(Waseda University)

Contents

1. Principle of NAA
2. Features of NAA
3. Development of NAA sub-project in FNCA
4. Objectives of NAA sub-project in FNCA

Neutron Activation Analysis (NAA)



Features of NAA

Bulk analysis
Non-destructive analysis
Multi-elemental analysis
High accuracy analysis
High sensitivity analysis

Development of the NAA sub-project in FNCA

2001-2004
Suspended particulate matter (SPM)
2005-2007
Environmental samples
2008-2015
Geochemical samples, Food samples
Marine samples
2016-2019
SPM samples, REE-containing samples
2020-
Environmental samples

Objectives of NAA sub-project in FNCA

1. Monitoring the environmental quality
2. Contribution to national demands including economic development.
3. Appealing NAA to end-users

4.6 放射線安全・廃棄物管理プロジェクト

FNCA:
Radiation Safety and Radioactive Waste
Management Group

“NORM/TENORM Ploblem”

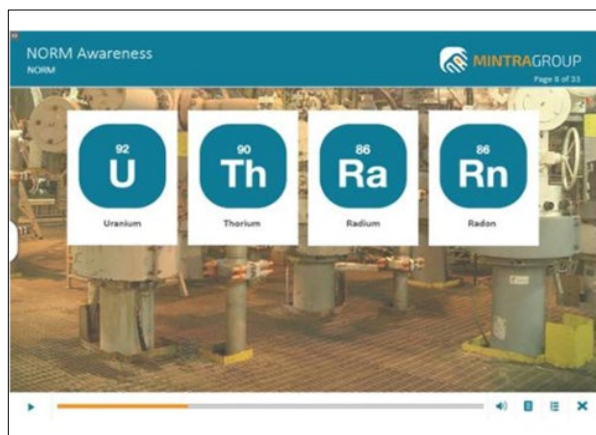
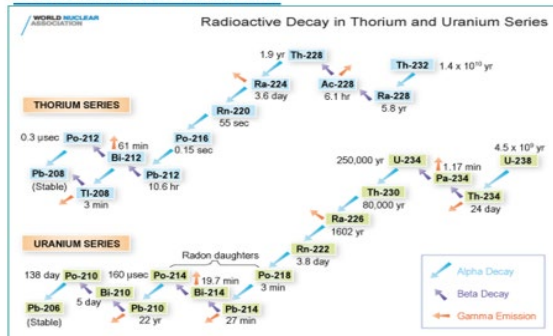
Toshiso KOSAKO
(Japanese Project Leader)

○ What is NORM/
TENORM ?



- NORM/TENORM: **T**echnically **E**nhanced
Natural **O**ccurring **R**adioactive **M**aterials

○ What is the Substance?
Terrestrial NORM



Terrestrial NORM

K-40 β^- long half-life
(1.25 billion years)

Cosmogenic NORM

Nuclide	decay mode	half life
C-14	β^-	5700 y
H-3 (tritium)	β^-	12.32 y
Na-22	β^+ and electron capture	2.6 y
Be-7	Electron capture	53.22 d

○ Where is NORM?

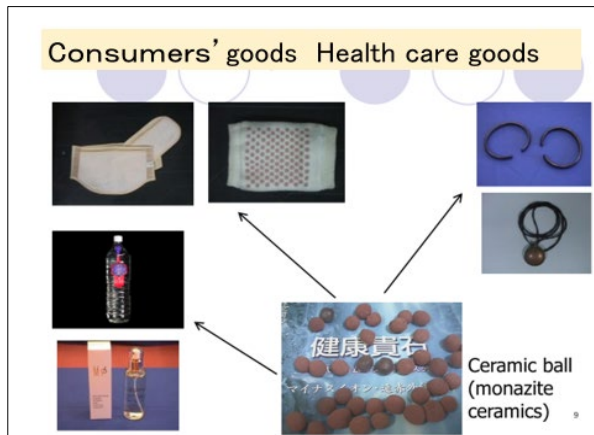
- Mining industry
- Oil and Gas industry
- Consumers' goods
- Etc.

Mining industry



Oil and Gas industry





○ What is the problem on NORM?

- Natural origin → Out of regulatory control? Amenable to control or not?
- Sometimes the radiation level is slightly high!
- ICRP-60(1990) recommendation
 - Natural radiation control
 - For radiation workers, "Occupational exposure"
 - ① Radon
 - ② NORM
 - ③ Jet air flight
 - ④ Space flight

○ How do we do for Regulatory Control of NORM?

- Workers: Occupational exposure?

Public: Public exposures?

Natural radiation (自然放射線)		Artificial radiation (人工放射線)	
大地から (From ground)	空気中から (From air)	落下物から (From fallout)	医療から (From medicine)
年間0.48mSv	年間0.005mSv	年間0.005mSv	年間0.005mSv
年間0.3mSv	年間0.005mSv	年間0.005mSv	年間0.005mSv
宇宙線から (From cosmic rays)	飲食物から (From food)	原子力施設から (From nuclear facilities)	
年間0.3mSv	年間0.005mSv	年間0.0001mSv	

Discussion points

- (1) Characterization**
Industry, Consumers goods, Legacy waste, etc.
- (2) Regulatory Aspects**
Need Regulation? Bq/g or mSv/y?
1 Bq/g is enough?
Graded approach, Sometimes 10mSv/y?
- (3) Disposal site**
Good example in Malaysia etc.
- (4) Stakeholders**
Public communication,
Related business group, etc.

○ What is the flow of FNCA NORM/TNORM Project?

- ① Fact finding in FNCA countries
- ② Survey international movements
- ③ Characterization and Discussion
- ④ Summing-up to Consolidated Report
- * Develop the mutual understanding !

We hope
the good understandings
on NORM/TENORM
through this activity !

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

Nuclear Security and Safeguards Project (NSSP)

NAOI Yosuke
FNCA NSSP Project Leader,
Director of ISCN/JAEA

FNCA Online Open Seminar
February 2021

FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

Contents

1. Background
2. Purpose
3. Activities
4. Outcome
4. Future Plan

1

FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

Serious Threat of Nuclear Nonproliferation and Nuclear Terrorism

Nuclear Weapons outside of NPT and Other Proliferation Concerns

NPT recognizes US, UK, France, Russia, and China as Nuclear-Weapon States. India, and Pakistan also possess nuclear weapons, and Israel is believed to possess nuclear weapons as well. Other immediate proliferation concern is North Korea.

North Korea's Aggressive Nuclear Program

After secret development of nuclear power and withdrawal from NPT, North Korea declared its plan to develop nuclear weapons and conducted six underground nuclear tests. Also, the country confirmed its uranium enrichment activities.

Nuclear Black Market

In February 2004, Dr. A. Q. Khan from Pakistan affirmed his activities to secretly export uranium enrichment technologies to Libya, Iran and North Korea.

Threat of Nuclear Terrorism

Since 9/11 attack in 2001, nuclear terrorism has been realistic threat for international society. For example, Theft of nuclear and radiological materials is a serious threat.

2

FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

Two Trends

High expectation for nuclear energy as power source

- Increased interest in the introduction of nuclear power (Middle East and South East Asia)
- Measures for Climate Change
- Expansion of nuclear power generation (China, India and Russia)

Increased concern about nuclear security

- Strong interests for nuclear terrorism by the violent extremists
- Actual security incidents
- Less secured radiological materials

3

FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

Cut Ties between Two Emerging Trends

Nuclear Power Growth (China, India, Russia, etc.)

↑

• Physical protection
• Information security
• Cyber security
• Export control
• Border control ...

time

should be increased

↑

✂

↓

should be decreased

Peaceful Use of Nuclear Energy

- Energy security
- Measures for Climate change

Concern about Nuclear security

- Nuclear Terrorism
- Other malicious acts

4

FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

Purpose of NSSP

NSSP was established JFY 2011, regarding resolution of the 11th & 12th FNCA Ministerial Level Meetings (MLM).

Objectives of the Project are:

- 1) Share experience in, knowledge on, and information on nuclear security and safeguards implementation
- 2) Exchange views on policies, strategies and frameworks for better performances in these areas.

The Project is expected to:

- 1) Raise awareness of the importance of nuclear security and safeguards,
- 2) Facilitate information sharing on nuclear security and safeguards,
- 3) Promote capacity building for nuclear security and safeguards, and
- 4) Enhance the regimes of nuclear security and safeguards.

5

FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

Activities of NSSP

Workshop (once per year)

- Tabletop exercise
- Site visit
- Open seminar, occasionally

FNCA Website

<http://www.fnca.mext.go.jp/english/index.html>

FNCA NSSP Workshop at

Year (JFY)	Location
2011	Tokai-mura, Japan
2012	Hanoi, Vietnam
2013	Beijing, China
2014	Daejeon, ROK
2015	Semey, Kazakhstan
2016	Jogjakarta, Indonesia
2017	Tokai-mura, Japan
2018	Beijing, China
2019	Manila, Philippines

6

FNCA
Forum for Nuclear Cooperation in Asia

Outcomes and Future Activities

Documentations for information sharing

- Domestic Authorized Agency for 3S (Safety, Safeguards and Nuclear Security)
- Table of the information on Nuclear Security Culture Development
- Report on good practices on the implementation on the AP (Additional Protocol, IAEA Safeguards)

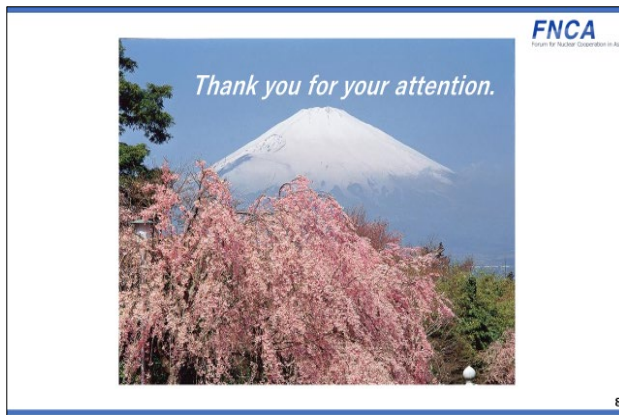
➔ **Identifying Gap and filling it**

Capacity Building

- Tabletop exercise (TTX)
- Offering training course based on the NSSP needs

➔ **Development and implement online TTX and training**

7



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

令和3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
