

平成29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

平成30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平成29年度「放射線利用技術等国際交流（専門家交流）」の成果をとりまとめたものです。

はじめに

本報告書は、文部科学省の平成 29 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 ヶ国(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およ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、シンポジウムの開催、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 および事業内容	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	10
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	14
1.4 平成 29 年度における FNCA 活動一覧	21

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)	
2.2.1 放射線育種プロジェクト	22
2.2.2 バイオ肥料/電子加速器利用プロジェクト	27
2.2.3 気候変動科学プロジェクト	47
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	51
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	57
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	66
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	74

第 3 章「情報の普及」

3.1 FNCA シンポジウム	82
3.2 ニュースレターの発行	92
3.3 ウェブサイトの運営	94

添付

1. FNCA 現行 8 プロジェクト活動経緯	97
2. 国際会合関連資料	

2.1 放射線育種プロジェクト国際会合	98
2.2 バイオ肥料/電子加速器利用プロジェクト合同国際会合	108
2.3 気候変動科学プロジェクト国際会合	133
2.4 放射線治療プロジェクト国際会合	140
2.5 研究炉利用プロジェクト国際会合	156
2.6 放射線安全・廃棄物管理プロジェクト国際会合	172
2.7 核セキュリティ・保障措置プロジェクト国際会合	182
3. ニュースレター送付先一覧	194

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 および事業内容

アジア原子力協力フォーラム(FNCA:Forum for Nuclear Cooperation in Asia)とは、内閣府およ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ヶ国が参加し、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。

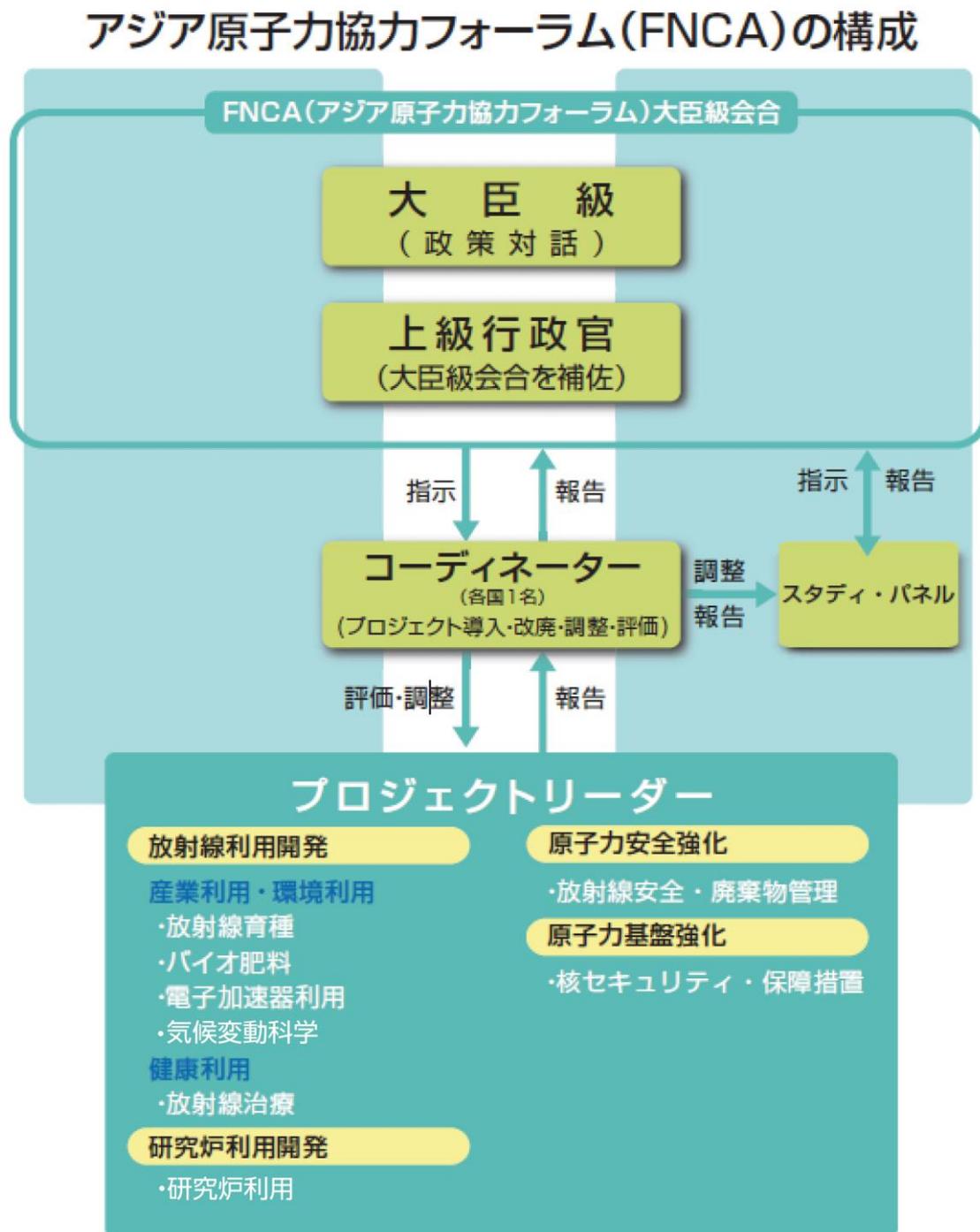
原子力各分野でのプロジェクト活動として、文部科学省の主導の下、放射線利用開発、研究炉利用開発、原子力安全強化、原子力基盤強化の計4分野8プロジェクトが、以下のとおり推進されている。

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
 - バイオ肥料プロジェクト
 - 電子加速器利用プロジェクト
 - 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」、原子力発電およ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、各国およ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、ならびに 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および意見交換を行う「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、放射線照射による突然変異育種技術を用いて、アジア地域においてニーズの高い作物に対し、耐旱性、耐虫性、耐病性といった優れた性質を付加した新品種を作り出し、作物の高付加価値化や増産に貢献することを目的としている。平成 25 年度からは、持続可能な農業を目指した突然変異育種に焦点を当て、「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、肥料と農薬の投入が少なくても収量の高い品種や、耐病性、耐旱性、その他気候変動による環境の変化への耐性に優れた品種の開発を目標として活動を進めている。

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、インドネシアおよ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、現在も各国内でさらに積極的な普及が進められている。

平成 16 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取得するための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 のウェブサイトで開催されており、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、世界中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作物にターゲットを絞ったサブプロジェクト型の活動を行った。

平成 22 年度に終了したバナナの耐病性育種研究においては、ガンマ線照射と、その後の人工接種法によるスクリーニングによって、フザリウム萎凋病やバナナバンチートップ病への耐性を有する有望系統を開発し、マレーシアおよびフィリピンでは、商業化利用に向けた技術移転にも成功した。フィリピンにおいてはバナナバンチートップ病への耐性を有する 5 つの有望系統が新品種として近く公開予定となっている。

平成 19 年度に開始したイネの品質改良育種研究は、アミロースや蛋白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 年度からは、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開始し、自然・有機農法等の化学肥料・農

薬の低投入(以降低投入)条件下で高収量の品種の作出を共通課題とし、さらに環境ストレスへの抵抗性品種作出について、各国がそれぞれの課題に合わせて育種目標や研究計画を設定し、活動を進めている。なお、モンゴルにおいてはイネの栽培を行っていないため、導入に向けた取り組みとコムギをターゲットとした活動が進められている。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ており、品種登録に向けた申請が順調に進められている。本年度は、5年間にわたる活動が総括されるとともに、次フェーズに向けた課題や計画等が議論された。

(2) バイオ肥料プロジェクト

1) プロジェクトの目的

土壌中には様々な微生物が存在しているが、大気中の窒素をアンモニアに変換して植物に供給する根粒菌や、土壌中に低濃度で存在するリンの吸収を助ける菌根菌等、植物の養分供給に有用な土壌微生物は、微生物肥料(バイオ肥料)として古くから農業に利用されてきた。本プロジェクトでは、バイオ肥料のキャリア製造に放射線滅菌を利用し、さらに効果の高いバイオ肥料を開発することで化学肥料の利用を低減させ、環境と調和した持続可能な農業を促進し、かつ農作物の収量を増大させることを目的としている。

2) プロジェクトの経緯と成果

土壌中の有用な微生物は、ピートや堆肥等のキャリア(微生物を生きたまま保持・増殖するための資材)に混ぜて保持され、バイオ肥料として畑に播く等して使用される。そのキャリアに他の微生物等が混入していると、微生物間での競合が生じてバイオ肥料用微生物の生残率が低下し、キャリア中の生菌数密度が低下して肥料効果が消失する可能性があるため、キャリアの滅菌はバイオ肥料の品質に極めて重要な要素となっている。現在、キャリアの滅菌には蒸気等の手法が多く利用されているが、放射線滅菌はキャリアの物質的な変化が少なく、かつ確実に他の微生物を滅菌できるという長所があり、さらに商業用の大量生産にも適している。

本プロジェクトでは、第1フェーズ(平成14年度～平成18年度)として、キャリアへの放射線滅菌技術を利用したバイオ肥料の微生物活性を検証した。バイオ肥料として利用可能な微生物を選抜し、その有用微生物に適したキャリアを選定して圃場での栽培試験を行い、植物の生育状況や収量への効果、および農家に与える経済効果について検証してきた。平成18年には、窒素固定と菌根菌の評価、菌接種剤の製造・品質管理・施用の方法等についてまとめたマニュアルを発行した。本マニュアルは参加国の研究者や関係者等に配布した他、FNCA ウェブサイトにおいても公開し、広く利用されている。

第2フェーズ(平成19年度～平成23年度)では、第1フェーズで得られた成果を活かしつつ、「キャリアの放射線滅菌の確実な普及」と、「持続可能な農業に向けた多機能バイオ肥料の開発」をテーマとし、放射線によるキャリア滅菌技術を利用し、さらに「植物の生育を促進し、かつ病気を抑制する機能」を付加した高機能なバイオ肥料の開発と普及を目指した活動を行った。

第3フェーズ(平成24年度～平成26年度)では、上記のテーマに加え、電子加速器利用プロジェクトより提供された照射オリゴキトサンとの相乗効果に関する試験を開始し、同プロジェクトと

の情報交換を行いながら試験を進めた。また、バイオ肥料にとって最も重要な品質を向上し、各国における利用を促進するため、バイオ肥料の品質保証/管理に関するガイドラインの作成を進め、「第1冊 バイオ肥料中の微生物の数え方」を平成26年3月にFNCAウェブサイトにおいて公開した。

平成27年度から始まった第4フェーズでは、既存のテーマについての活動を進めるとともに、照射オリゴキトサンとの相乗効果に関する試験のテーマについてより効果的かつ効率的に活動を進めるため、平成28年度および平成29年度に電子加速器利用プロジェクトとの合同ワークショップを行った。また、いまだ商業用バイオ肥料生産にキャリアの放射線滅菌を導入していない参加国での導入推進のため、バイオ肥料中の有用微生物の生存率に関し、オートクレーブ滅菌と比較した際の放射線滅菌キャリアの有用性についてデータを蓄積し論文化する取り組みが行われた。さらに、これらのデータも利用し、平成30年3月にバイオ肥料の品質保証/管理に関するガイドライン「第2冊 放射線技術を利用したバイオ肥料キャリアの生産」を発行した。

(3) 電子加速器利用プロジェクト

1) プロジェクトの目的

本プロジェクトは、工業・農業分野等における電子加速器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～平成17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など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～平成20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、開発およ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～平成23年度)では、「放射線加工による天然高分子の農業応用」を主なテーマとし、天然高分子の放射線分解を活用したエリクター活性を有するPGPの研究開発と、農業部門との連携強化による実用化に向けたフィールド試験を進めた。また、各国特産の天然高分子に放射線架橋やグラフト重合等の放射線加工処理を施して作製した高吸水性ゲル(超吸水材(SWA))の土壌改良材への応用を進めた。マレーシアはサゴデンプン由来の美容フェースマスク(商品名:Esllon)を商品化した。

高品質なハイドロゲルとオリゴ糖類の作製方法とその使用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～平成26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など)。また、FNCA参加国における電子線およ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～平成29年度)では、PGPの実用化完了およ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ヶ国中6ヶ国で、SWAでは3ヶ国である。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年度発行)の技術内容を更新し、最新版をFNCA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。

(4) 気候変動科学プロジェクト

1) プロジェクトの目的

樹木の年輪、珊瑚や湖沼には放射性核種や安定同位体が蓄積されており、これらを分析することにより過去の気候変化を識別し、復元することができる。本プロジェクトでは、復元データの統合によりオーストラリアモンスーン、エルニーニョ・南方振動(ENSO)、インド洋ダイポール現象、太平洋十年規模震動等、アジア太平洋地域および世界規模の気象現象の要因と過程を解明することを目指す。

分析に用いる試料および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(成分および粒度の分析)等は、植生、水質、堆積作用の変化を示す。堆積物コアの上層部分の ^{210}Pb (鉛)、 ^{137}Cs (セシウム)、またはPu(プルトニウム)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、または貝殻の ^{14}C (炭素)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、年ごとの気候の特徴が樹木の組織およ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、気温および降雨量に関する情報が復元可能である。四季の変化が少ない熱帯地方および亜熱帯地方では、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 X 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およ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、海面温度およ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 およびインド洋ダイポール現象などの過程の変化を示す。U(ウラン)/Th(トリウム)年代測定、 ^{14}C 年代測定、安定同位体分析(特に $\delta^{18}\text{O}$)、ICP/MS(誘導結合プラズマ質量分析計)を用いた Sr/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 X 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) 景観変化および河川流域

石英に富む石灰質の岩相中に生成される ^{10}Be (ベリリウム)、 ^{14}C 、 ^{26}Al (アルミニウム)および ^{36}Cl (塩素)等の宇宙線生成核種は、岩相が受けた確率事象のタイミング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、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 および 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 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{14}\text{N}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ 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、原子力技術およ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。

平成 29 年度はワークショップを開催し、各国で実施されている気候変動関連の研究について情報を集約した結果、以下の 2 つのテーマにおいて協力の方向性を探ることとなった。

- ・ 湖沼、マングローブ、珊瑚、樹木の年輪等に存在する放射性核種・同位体の分析
- ・ 陸域土壌と沿岸システムにおける炭素貯蔵

1.2.2 放射線利用開発分野(健康利用)

(1) 放射線治療プロジェクト

1) プロジェクトの目的

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

2) プロジェクトの経緯と成果

i) 子宮頸がん

平成 8 年度より、アジアの人々に適した放射線治療のプロトコールの確立を目指して活動を開始し、放射線標準療法(CERVIX-I)を確立し、5 年生存率が 53%と、欧米に勝るとも劣らない

治療成績を示した。平成 13 年度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 29 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 75%と良好である。すでに登録症例数が目標の 100 症例に達したため、経過観察が予定されている。

さらに、平成 28 年度には 3D 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、現在、各国の治療施設にて本臨床試験の承認手続きを行っている。承認後の症例登録が待たれる。

ii) 上咽頭がん

平成 17 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 および 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 の登録患者数は 121 人で、平成 23 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 年度にはその成果が論文化された。NPC-II の登録患者数は 70 人で、平成 25 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 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)プロトコル(NPC-III)の実施を開始した。本プロトコルは 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いる。また、両プロトコルを比較し、優越性を追求する必要がある。近年は、本プロトコルへの症例登録が滞っていたが、平成 29 年度のワークショップにおいて登録患者が 108 人に達したことが報告されたため、目標の 120 人に向けてさらに 1 年間の登録を継続することとした。

iii) 乳がん

平成 24 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もしくはやや少ないことが報告されている。

平成 29 年 10 月時点での乳房切除後放射線療法(HF-PMRT)の対象者は 171 人、乳房温存療法(HF-BCT)の対象者は 234 人で、登録患者総数は 405 人であった。HF-PMRT の現時点までの治療成績に関しては、従来の放射線療法と同等に安全で有効であると考えられるが、今後の経過観察が必要とされている。また、平成 25 年に研究を開始してから目標 200 例中 171 例が登録されたが、当初予定した 4 年間では症例集積が完了しなかったため、平成 29 年度のワークショップにおいて登録期間が延長された。また、HF-BCT については、目標症例数の 200 件に達したので、同ワークショップにて症例登録を締め切ることが確認された。これまでの治療成績は従来の放射線療法と同様に安全かつ有効であると考えられている。今後は、全症例のデータを再度確認し、急性期の安全性についての論文発表を行うこととし、その後はさらなる経過観察を行い、最終的な結果を解析する予定である。

iv) 放射線治療の品質保証/品質管理(QA/QC)

平成 18 年度から、ガラス線量計を用いた外部照射装置の 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 ヶ国、また、平成 22 年度には国際原子力機関(IAEA)/原子力科学技術に関する研究、開発および訓練のための地域協力協定(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、小線源治療における QA/QC に重点を置いた調査および技術指導を各国に対して行っていくことを予定している。

本プロジェクトでは、子宮頸がん、上咽頭がんおよ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、より成熟したプロコール確立につながると考えられる。

1.2.3 研究炉利用開発分野

(1) 研究炉利用プロジェクト

1) プロジェクトの目的

本プロジェクトは、各国が保有する研究炉の特徴や利用状況等の情報を共有し、FNCA 参加国の研究者およ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 2~3 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

【研究炉利用】

本プロジェクトは平成 29 年度より活動を開始し、同年 11 月にインドネシアのスルポンにおいて 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、最初のワークショップを開催した。

【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。

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

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

第1フェーズ(平成13年度～平成16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～平成19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～平成22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 標準化法および関連手法)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や誘導結合プラズマ質量分析計(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～平成26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を期待されている。

第5フェーズ(平成27年度～平成30年度)では、「大気汚染-SPM」と「鉱物資源-希土類元素」を分析対象として活動を行っている。

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、FNCA参加国間において、放射線安全およ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、およ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。

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。

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～平成 19 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 年に発行し、平成 19 年に改訂した。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国際原子力機関(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 年度に FNCA のウェブサイト上で公開した。平成 12 年にタイで発生した放射線被ばく事故や、平成 23 年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 年度から開始した第 5 フェーズ(平成 26 年度～平成 28 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～平成 31 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、統合化報告書の作成を目指す。また、ニュースレターを毎年作成し、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、情報交換や人材養成、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 年度より活動を開始し、第 1 フェーズ(平成 23 年度～平成 25 年度)および第 2 フェーズ(平成 26 年度～平成 28 年度)では、ワークショップを通して参加国および国際原子力機関(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)と合同で公開セミナーを開催した。また、FNCA 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 年度からは、第 14 回 FNCA 大臣級会合(平成 23 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～平成 31 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、保障措置分野は追加議定書(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することを目指す。

1.3 プロジェクト評価

本年度、FNCA の 3 プロジェクト(放射線育種、バイオ肥料、電子加速器利用)が、活動期間(フェーズ)の最終年度を迎え、評価を実施した。プロジェクト最終報告を以下に示す。

(1) 放射線育種プロジェクト

1) プロジェクト名

放射線育種プロジェクト

2) 主導国およびプロジェクトリーダー名

日本、中井弘和氏(静岡大学名誉教授)

3) 分野

放射線利用開発分野(産業利用・環境利用)

4) FNCA 会合の共同コミュニケ/決議における言及

1. 促進するべきテーマと活動

環境保護、保健・医療、農業分野を中心に原子力科学技術の応用に関連する FNCA の活動をさらに加速し、「放射線育種」、「放射線治療」、「気候変動科学」などの既存プロジェクト、並びに原子力の安全・保安など、各国の持続可能な発展につながるであろう将来的なプロジェクトを積極的に支持する。(第 18 回 FNCA 大臣級会合共同コミュニケ、平成 29 年 10 月)

5) 活動期間

平成 25 年度～平成 29 年度(5 年間)

6) プロジェクトの背景

世界の食糧生産基地とされるアジア諸国において、特にイネの農業生産は近年重大な気候変動の影響を受けている。現在私たちが直面している問題は、イネ、コムギ、ダイズ等の主要産物において、早魃、高温、洪水、塩害および病虫害による損害が深刻化していることである。一方で、農薬や化学肥料の過剰使用も気候変動の 1 つの要因として考えなければならない。このような状況で、イネを含む主要作物の持続可能な増産がすべてのアジア諸国の人々に望まれている。

7) プロジェクトの目的

本プロジェクトの目的は、早魃、高温、低温、洪水、塩害、大幅な温度変化、病虫害といった様々な環境ストレスに耐性を持つイネの突然変異品種を開発することである。また、高い穀粒収量や早生や短稈も重要な育種目標とされる。さらに、有機農法あるいは自然農法などの低投入で持続可能な農業への適応性をもつイネ品種の育成も重要な育種目標となる。

8) プロジェクトの成果物

様々な環境耐性に関するイネの育種が、各国において実行された。多くの突然変異品種が正式に登録され、広く普及し、農家の経営に貢献した。資源低投入農業に適応する品種育成についてはなお進行中である。この点について、本プロジェクトではいくつかの試験データが得られており、近い将来に低投入農業への適応能力を持つ突然変異品種が開発される可能性が示唆されている。各国において達成された本プロジェクトの成果は以下のとおりである。

- i) バングラデシュ: 早生、高収量かつ耐干性で、白葉枯病に耐病性を持つ 3 つのイネの突然変異品種、BINA Dhan 14、18 および 19 が開発され、商業用品種として正式に登録された。これらは農家に高い人気があり国内で広く栽培されている。

- ii) 中国: 早生 3 系統、イネいもち病耐性 2 系統、低フィチン酸 2 系統、キサンタン復帰突然変異 1 系統の開発を行った。また、誘発突然変異のメカニズムおよび機能解明のため、ゲノム・DNA レベルでの詳細な研究において多くの優れた知見を得ている。
- iii) インドネシア: 複数地域における収量試験を通じて多収を示し、早生の有望突然変異系統を 12 系統開発した。また、資源低投入において高収量示す品種育成の取り組み、いくつかの有望系統を作出している。
- iv) 韓国: 耐塩性変異品種"Wonhae-2"および高トコフェロール含有量品種"Tokomi-1"が開発され、正式に品種登録された。
- v) マレーシア: 多収で、早魃およびいもち病に抵抗性を持つ 2 つの突然変異品種"NMR 151"および"NMR 152"が開発され、正式に品種登録された。NMR 変異品種は、FNCA の他のプロジェクトで開発されたバイオ肥料およびオリゴキトサン植物生長促進剤を接種した場合に収量が非常に高くなることが確認されている。
- vi) モンゴル: 高い耐干性を持つ、あるいは高品質なコムギの突然変異品種 Darkhan-172、173、106、141 を開発した。これらの品種は、さび病耐性の付与を目的としてさび菌類に耐性を持つ品種と交配された。Darkhan-172 は干ばつ条件下においても高収量(2.5t/ha)となることが注目される。2014 年には本プロジェクトにおいてモンゴルにおけるイネ栽培導入に向けた挑戦が始まった。試験データによって限界条件に適応能力を持つイネ突然変異品種開発の可能性が示唆されている。
- vii) フィリピン: 早生かつ短稈で有機農業に適したいくつかの M4 系統が選抜され、近い将来に資源低投入で高収量となる突然変異品種の開発の可能性が示されている。
- viii) タイ: M5 世代で多くの冠水耐性を持つ突然変異系統が開発された。そのうちいくつかは商業用品種として近い将来に登録予定である。
- ix) ベトナム: 白葉枯病、紋枯病、トビイロウンカへの耐性を持つ"DT 39"、および耐塩性を持つ"DT 80"の 2 つの突然変異系統が正式に品種登録された。これらの品種はさらに多収、育成期間の短縮、早生、良好な品質といった特性を持ち、広く国中の農家によって普及されている。
- x) 日本: 突然変異育種によって開発された白葉枯病耐性系統の M95 をバングラデシュの BINA Dhan 5、IRATOM 24 と交配し、白葉枯病耐性を持ち、同時に自然・有機農法といった低投入の持続可能な農業にも適応する多くの育成系統を選抜した。

9) プロジェクトの業績

i) 経済効果

開発されたイネの突然変異品種・系統の経済効果が以下のとおり評価された。18 億米ドル/年(バングラデシュ)、9,000 万米ドル/年(マレーシア)、100 万米ドル/年(韓国)、8,290 万米ドル/年(コムギ突然変異系統、モンゴル)、4,000 万米ドル/年(インドネシア)、160 万米ドル/年(DT39)および 2,450 万米ドル/年(DT80)(ベトナム)。

イネの突然変異品種の正式な登録に加え、多くの有望な突然変異系統が開発されており、近々商業用品種として登録される予定であり、今後経済効果はますます高まると期待される。

ii) 技術的効果

突然変異育種の過程において、有益な突然変異体の選抜および誘発のために、イネの交配で得た個体群へのガンマ線照射により多様性を増やす手法、農業特性選抜のための分子生物学的マーカーの利用、いもち病耐性および耐旱性のための新たなスクリーニング手法、効果的な変異原のためのイオンビームの利用、誘発された変異体の交配育種への利用といった新しい効果的な手法が見いだされた。

iii) 農家および社会への突然変異育種の普及

イネの突然変異育種活動を通じて、開発された突然変異系統を農家あるいは市民を対象として示す展示圃が各国で開催され、社会の突然変異育種への理解促進に貢献した。

iv) 突然変異育種の利点の確認:

プロジェクト活動の実施により、育成期間の短縮、優良な形質を改変せず欠点のみ改良し得ること、シンプルかつ安全な手法であること、変異体を交配育種に利用可能であることといった多くの突然変異育種の利点の確認された。

iii) 学術的効果

プロジェクトに関連した科学論文の投稿

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

- i) 技術支援を目的とした国あるいは地域への専門家派遣のための予算確保
- ii) 多国間での育種材料の自由交換。

11) プロジェクトの実施段階で成果を阻害した要因

メンバー国間での育種材料の交換に関する制限

12) プロジェクトから得た教訓

- i) メンバー国間あるいは地域間における情報交換が、科学的創造のための大きなモチベーションとなることを学んだ。
- ii) ワークショップにおけるテクニカルビジットを通じて、この活動が農業分野における研究、あるいは農家の作物育成にとって価値ある機会となりうることを学んだ。

13) プロジェクトの成果を持続させるための提言

世界中の農家、市民、科学者に対する FNCA 活動の広報にさらなる努力を行う必要がある。

14) 今後の方向性

継続

15) 特記

FNCA プロジェクト活動を通じて、プロジェクトの成果が、実用的観点および理論的観点の両方から社会に大きな影響を与えていることが確認された。

(2) バイオ肥料プロジェクト

1) プロジェクト名

バイオ肥料プロジェクト

2) 主導国およびプロジェクトリーダー名

日本、安藤象太郎氏(国際農林水産業研究センター)

3) 分野

放射線利用開発分野(産業利用・環境利用)

4) FNCA 会合の共同コミュニケ/決議における言及

1. 行動 1. 促進するべきテーマと活動

(FNCA 参加国)地域における原子力エネルギーや原子力利用、中でも、農業、医療・健康を始めとする領域や、その他領域で参加各国に共通の課題、例えば、ステークホルダー・インボリューション、廃棄物貯蔵・処分施設の建設、放射線安全および安全文化の促進などに取り組むために、放射線安全・廃棄物管理に関するプロジェクトを一層促進する。(第 17 回 FNCA 大臣級会合共同コミュニケ、平成 28 年 11 月)

5) 活動期間

平成 27 年度～平成 29 年度

6) プロジェクトの背景

アジアにおける人口増加に向けた食糧供給のため、農業生産を増大しなければならず、大量の肥料が求められている。肥料の大部分は化学肥料であるが、化学肥料の製造には石油と天然ガスが不可欠である。さらに、化学肥料や農薬の不適切な使用が、例えば地下水の硝酸汚染のように、農業環境に損害を与えている。このため、アジアにおいて環境に優しく持続可能な農業の確立と化学肥料や農薬の投入軽減が求められている。本プロジェクトでは、バイオ肥料中の有用微生物の土壌からの植物栄養の供給を高める機能を利用することで、作物の収量を減らすことなく化学肥料の投入を軽減することを目標としている。

7) プロジェクトの目的

- i) 微生物の放射線育種に重点を置き、各国のニーズや状況に合わせて単一あるいは複数の菌からなる多機能バイオ肥料を開発する。
- ii) FNCA 電子加速器利用プロジェクトで作製された照射オリゴキトサンとバイオ肥料の相乗効果を評価する。
- iii) バイオ肥料中の有用微生物の生存率をオートクレーブ滅菌と照射滅菌とで比較し、照射殺菌の有用性に関するデータを蓄積して論文として発表する。
- iv) 科学的データに基づく、FNCA ガイドライン第 2 冊「放射線技術を利用したバイオ肥料キャリアの生産」を作成し、公開する。

8) プロジェクトの成果物

- i) 多くの参加国において様々なタイプの多機能バイオ肥料が開発された。
- ii) 植物生長促進剤とバイオ肥料の相乗効果に関し、バングラデシュおよびタイにおいて、イネに対する相乗効果が確認された。その他の国においても多様な作物に対し、生長および病害抑制に関するプラスの効果が確認された。
- iii) オートクレーブ滅菌と比べたときのキャリアの放射線滅菌の利点に関する論文が、中国、インドネシア、日本、マレーシアにおいて発表された。
- iv) FNCA ガイドライン第 2 冊「放射線技術を利用したバイオ肥料キャリアの生産」が平成 30 年 3 月に発行した。

9) プロジェクトの業績

- i) 多くの参加国で様々なタイプの多機能バイオ肥料が開発され、エンドユーザーへの普及が促進された。
- ii) FNCA ガイドライン第2冊を通じて、高品質で長期保存が可能なバイオ肥料の製造方法が供与されることとなる。
- iii) 開発されたバイオ肥料は、作物の収量を減らすことなく化学肥料の投入を軽減しうる。これにより栽培コストと環境負荷を軽減し、アジアにおける環境に優しく持続可能な農業に貢献することが可能である。

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

より有益な成果達成のために、計画段階から資金援助あるいは外部資金が考慮されるべきである。

11) プロジェクトの実施段階で成果を阻害した要因

- i) プロジェクト活動期間中のプロジェクトリーダーの交代
- ii) 利用可能な、バイオ肥料のキャリア滅菌のためのガンマ線照射施設が限られる。

12) プロジェクトから得た教訓

- i) プロジェクト活動を通じて、バイオ肥料研究者がバイオ肥料技術に関する経験と知識を交換する場が提供された。
- ii) ガンマ線を利用したキャリア滅菌はバイオ肥料の品質を確実に改善する。

13) プロジェクトの成果を持続させるための提言

- i) 各国においてバイオ肥料製品の商業化と普及に向けた一層の努力が必要である。
- ii) 各国において肥料法および品質管理システムによるバイオ肥料の管理が求められている。

14) 今後の方向性

バイオ肥料の課題は平成30年度より農業・医療・環境に関する新たな電子加速器利用プロジェクトに統合されることが提案されている。

15) 特記

なし

(3) 電子加速器利用プロジェクト

1) プロジェクト名

電子加速器利用プロジェクト

2) 主導国およびプロジェクトリーダー名

日本、玉田正男氏(量子科学技術研究開発機構)

3) 分野

放射線利用開発分野(産業利用・環境利用)

4) FNCA 会合の共同コミュニケ/決議における言及

第18回FNCAコーディネーター会合において、本プロジェクトは他の放射線利用開発プロジェクトである放射線育種およびバイオ肥料と同様に、参加国との効果的な協力の下農業分野で成功裏に実施されたことが認められた。

5) 活動期間

平成 27 年度～平成 29 年度

6) プロジェクトの背景

本プロジェクトの目的は、電子線とガンマ線を利用して環境に優しく多様な応用をもたらす放射線加工技術を開発することである。特に、高分子の放射線加工では、反応を促進する触媒や開始剤を添加することなく化学反応を開始できる特長を有する。本プロジェクトは、農業における放射線加工の広範な利用を目指している。参加国は、相互の情報交換のみならず、社会経済的メリットをもたらす製品の実用化促進が可能となるデータを共有することにより、利益をもたらす有用な製品の実用・利用に向けて協力を行っている。

7) プロジェクトの目的

本プロジェクトは平成 13 年に活動を開始し、第 1 フェーズ(平成 13 年度～平成 17 年度)では低エネルギー電子線に関する新たな研究開発が検討された。第 2 フェーズ(平成 18 年度～平成 20 年度)では、前フェーズの検討結果に基づき天然高分子の放射線加工処理が進められた。第 3 フェーズ(平成 21 年度～平成 23 年度)では、エンドユーザーへの技術移転を目指すため、天然高分子の放射線分解により作製される植物生長促進剤(PGP)および放射線架橋により作製される超吸水材(SWA)に関する有望な研究開発に焦点が絞られた。第 4 フェーズ(平成 24 年度～平成 26 年度)では、フィールド試験により PGP の植物生長効果を検証することで、技術移転促進を進展させた。SWA については、乾燥農地に応用された。第 5 フェーズ(平成 27 年度～平成 29 年度)では、全参加国における PGP の実用化達成が推奨された。さらに、SWA の実用化を達成するため、コスト評価と製造方法の最適化が行われた。

8) プロジェクトの成果物

- i) 作物の収量向上を目指し、天然高分子の放射線加工による高性能 PGP と SWA の作製
- ii) 電子線とガンマ線を用いた PGP と SWA の製造プロセス開発
- iii) 「放射線加工によるハイドロゲルおよびオリゴ糖類の開発に関する FNCA ガイドライン」の再編集(平成 21 年発行、平成 29 年更新)
- iv) 「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」の発行(平成 28 年)

9) プロジェクトの業績

多くの参加国が PGP の開発を完了し(数ヶ国は実用化を達成)、その PGP によって有益作物の収量が増加した。

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

農業分野や地方自治体との協働により、PGP と SWA の大規模なフィールド試験の実施が促進可能である。

11) プロジェクトの実施段階で成果を阻害した要因

製品登録は実用化に向けての重要な一歩であるが、登録にあたっては、特に安全面でのデータ収集に費用が掛かる。厳しい規制のため、登録が難航している国もある。

12) プロジェクトから得た教訓

- i) 農業分野の機関との協働により、PGP と SWA の大規模なフィールド試験と技術移転が促進された。

- ii) PGP を葉面散布されたイネが台風通過後に倒れなかったというような目に見える結果が出たことにより、国からのフィールド試験と実用化のための財政支援に繋がった(フィリピン PGP)。
- iii) マスメディアによる報道が製品の普及に著しく効果的であった(タイ SWA)。

13) プロジェクトの成果を持続させるための提言

持続可能性のためには、SWA 作製にあたって安価な原料を検討する必要がある。実用化した PGP と SWA について、エンドユーザーへの普及を促進するには、実験規模で得られたデータをフォローアップとしてガイドラインに追加することが必要である。

14) 今後の方向性

継続(放射線加工した高分子を、家畜飼料添加物や医療などに応用する。)

15) 特記

< 課題 >

- i) 開発品の価格と品質は、その国の既存の流通商品と競い合うべきである。
- ii) 利用法がユーザーに優しいものでなければならない。
- iii) SWA の特定の応用分野を探す必要がある。(例:タイにおけるゴムノキの移植など)

1.4 平成 29 年度における FNCA 活動一覧

平成 29 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 18 回大臣級会合		2017 年 10 月 11 日	カザフスタン
第 18 回上級行政官会合		2017 年 7 月 19 日～20 日	日 本
2018 スタディ・パネル		2018 年 3 月 23 日	日 本
第 19 回コーディネーター会合		2018 年 3 月 22 日	日 本
FNCA シンポジウム 2018		2018 年 1 月 23 日～24 日	日 本
放射線 利用開発	放射線育種ワークショップ	2017 年 10 月 31 日～11 月 3 日	韓 国
	バイオ肥料・電子加速器 合同ワークショップ	2017 年 11 月 13 日～17 日	日 本
	気候変動科学ワークショップ	2017 年 10 月 24 日～26 日	オーストラリア
	放射線治療ワークショップ	2017 年 10 月 25 日～28 日	フィリピン
研究炉 利用開発	研究炉利用ワークショップ	2017 年 11 月 21 日～23 日	インドネシア
原子力 安全強化	放射線安全・廃棄物管理 ワークショップ	2017 年 8 月 1 日～3 日	タ イ
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	2017 年 9 月 19 日～21 日	日 本

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:2017年10月31日(火)~11月3日(金)
- ii) 場所:韓国、済州
- iii) 主催:日本文部科学省(MEXT)、韓国原子力研究所(KAERI)、韓国原子力国際協力財団(KONICOF)
- iv) 参加者:バングラデシュ、中国、インドネシア、韓国、マレーシア、フィリピン、ベトナム、IAEA/RCAより各1名、タイより3名、日本より6名、合計17名(添付資料2.1.2(p130)参照)
- v) 日程:添付資料2.1.3(p133)参照

本ワークショップは、2017年10月31日~11月3日までの4日間、韓国・済州の Ocean Suites Hotel において開催された。

初日の午前中には開会セッションが行われ、韓国原子力国際協力財団(KONICOF)理事長のパク・ジンソン氏、および文部科学省(MEXT)研究開発局研究開発戦略官(核融合・原子力国際協力担当)付調査員の春日章治氏、および日本アドバイザーである南波秀樹氏よりそれぞれ開会挨拶が述べられた。引き続き基調講演が行われ、春日氏より MEXT が実施している国際原子力協力プログラムとアジア各国への貢献、南波氏より FNCA 活動概要および主な成果、日本のプロジェクトリーダー(PL)である静岡大学名誉教授の中井弘和氏よりプロジェクト概要およびワークショップの議題についてそれぞれ発表があった。

続いて、終了したソルガム・ダイズの耐旱性育種、およびバナナの耐病性育種の各研究について、成果の利用および普及のフォローアップに関する報告が行われた。また、持続可能な農業のためのイネの突然変異育種研究について、各国より現行フェーズにおける活動のまとめと今後の計画について発表がなされた。

2日目には、持続可能な農業のためのイネの突然変異育種プロジェクトのまとめと評価、および2018年度より始まる新フェーズに関する円卓討議が行われ、活発な意見交換と議論がなされた。

3日目には、済州大学アラ・コンベンションホールにおいて、FNCA、韓国放射線産業学会(KSRI)、および韓国原子力研究所(KAERI)の共催で、「持続可能な農業のための放射線技術・放射線育種の応用」に関する合同国際シンポジウムが開催され、関連機関、企業、大学より約50名が参加した。シンポジウムは「アジア各国における放射線育種の主要な成果」と「新技術および挑戦」の2つのテーマで講演が行われ、各国におけるFNCA活動を含めた放射線育種研究の成果と、韓国、中国および日本における持続可能な農業に向けた放射線育種に関する最先端研究が紹介された。シンポジウム終了後には、済州大学の原子力科学技術研究所および亜熱帯園芸学センターを訪問し研究者から施設および研究概要について説明を受けた。

4日目には、国際原子力機関(IAEA)/原子力科学技術に関する研究、開発および訓練のための地域協力協定(RCA)プロジェクトとの協力について、RAS5077 プロジェクトのリードカントリ

ーコーディネーターであるリウ・ルシャン氏より、プロジェクトの活動状況が報告され、FNCA と RCA の今後の協力手法等に関する意見交換がなされた。最後に、議事録がまとめられ閉会セッションが行われた。午後には農村振興庁の柑橘類研究所を訪問し、説明を受けた後施設を見学した。

2) 各国発表概要

i) 持続可能な農業のためのイネの突然変異育種研究

2013 年度より始まった、「持続可能な農業のためのイネの突然変異育種」プロジェクト活動について、各国より本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)

バングラデシュの様々な地域において、農家の間で BINA Dhan-14 の人気が高くなっており、栽培面積も増加している。BRRI dhan 29 の突然変異系統に炭素イオンビームを照射して選抜した高収量で早生の突然変異系統を BINA Dhan-18 と命名し、2016 年に新しい突然変異品種として公開した。最近、NARICA-10 を親品種とする BINA Dhan-19 という別の品種も 2017 年に公開されたが、こちらの突然変異品種は 2013 年に高崎量子応用研究所において 40Gy の炭素イオンビームを照射されたイネ品種 NERICA-10 の種子から選抜されたものである。この新品种はバングラデシュのアウス季およびアマン季の両方の天水条件下で栽培可能である。

b) 中国(浙江大学 ファン・ジャンジョン氏)

ガンマ線照射およびそれに関連するバイオテクノロジーを利用し、3 つの早生変異体、2 つの推定いもち病耐性変異体、2 つの低フィチン酸変異体および 1 つの xantha 復帰変異体を含む合計 10 個の突然変異体を得た。HRM 分析とガンマ線による突然変異誘発を組み合わせることで、挿入欠失変異の高速高スループットスクリーニングに適した HRM ベース TILLING システムを確立した。3 つの突然変異遺伝子を同定し、さらに突然変異体における機能およびそのメカニズムについて解明した結果、1 つは OsGUN4 のエピジェネティック突然変異、1 つは OsGluTR の復帰突然変異、1 つは CYP81A1 の擬似病斑形成変異であった。

c) インドネシア(インドネシア原子力庁 ソブリザル氏)

広範囲な交配および突然変異育種プログラムを通じ、12 の有望な高収量早生突然変異系統が開発された。これらの突然変異系統の生育期間は播種から収穫まで 93.7 から 99.3 日間であり、元系統である SKI 88、国内主要品種 Ciherang および国内主要早生品種 INPARI 13 よりも有意に短縮されていた。収量については、ほとんどの突然変異系統が元系統 SKI 88 および国内主要品種 Ciherang との比較では有意差を示さなかったが、INPARI 13 との比較では有意に増加していた。インドネシアにおける品種公開に関する要件を満たすために、他の地域適応性試験および他の試験、例えば病虫害耐性や他の穀粒品質試験も実施すべきである。

d) 日本(静岡大学 中井弘和氏)

白葉枯病に高い耐性を示す突然変異系統を利用し、低投入持続型農業への適応性に関する育種を 13 年間継続している。2017 年には、選抜系統の一部は有意に収量が高く食味も改善されており、熱帯アジア諸国の環境への適応性も良好であることが確認された。日本全国数ヶ所で実施された交雑育種を通じて得られたいくつかの突然変異系統は、高い収量と良好な食

味を持ち合わせていた。これらの突然変異系統から望ましくない特性を除去するため、ガンマ線照射およびイオンビーム照射を実施する予定である。

e) 韓国(韓国原子力研究所 カン・シーヨン氏)

70Gy のガンマ線照射により *in vitro* で突然変異を誘発した Dongan 集団から、耐塩性を有する新しいイネ突然変異品種 Wonhae-2 が得られた。高い耐塩性を示す突然変異体の M2~M4 世代について、様々な生育ステージで幼植物試験、ポット試験および開墾土試験を実施し、塩ストレスに対して選抜した。300Gy のガンマ線照射により誘導された新しいジャポニカイネ品種 Tocomi-1 および TocoHongmi は、高いトコフェロール含有量および赤褐色の果皮を有する。このうち Tocomi-1 は 2 年間の圃場評価試験を経て韓国の国立種子院により正式登録され、その後商品化のため民間企業 Seedpia に移転された。

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)

FNCA 放射線育種プロジェクトは、低予算で大きな成果を上げるプロジェクトの 1 つに選ばれている。マレーシア科学技術革新省(MOSTI)の事務局長との初めての会合が 2017 年 2 月 20 日に開催され、続いてマレーシア農業開発研究所(MARDI)の副所長とのテクニカルミーティングが 2017 年 3 月 15 日に開催された。その間、2017 年 9 月 18 日に NMR 152(PVBT 027/15) のサンプルが MARDI に提出され、認証/認定プロセスが開始された。

g) フィリピン(フィリピン原子力研究所 アナ・マリア・S・ベルス氏)

本プロジェクトの目的は、ガンマ線照射によって農業形質が改善され有機農法に適応可能な突然変異体を開発することである。ガンマ線照射の結果、伝統的なイネ品種 Umangan および Native Borie では両線量(200Gy および 300Gy)において M3 世代で開花日数が短縮し、穂数が増加した。一方、Native Borie では両線量(200Gy および 300Gy)で成熟時の背丈の短縮が見られた。これら 2 つのイネ品種に植物生育促進剤としてカラギーナンを添加し、バイオ肥料に浸漬したところ、適切な時期に適切な濃度で施用した場合、開花および穂形成が促進された。M3 世代から選んだ有望な突然変異系統を M4 世代として育成しており、M4 世代についてさらなる評価を実施し、有機農法に適する有望な突然変異系統を選抜する予定である。

g) タイ(タイ米作局 カンチャナ・クラカエン氏)

タイでは 3 つの突然変異イネ品種 RD6、RD15 および RD10 が開発されており、いまだに世界中の農家や消費者に受け入れられている。深水耐性および土中発芽性を有する有望な突然変異イネ系統が同定された。さらなる結論を導き出すために、M5 世代についてさらなる情報が必要である。

h) ベトナム(ベトナム農業遺伝学研究所 レ・ファイ・ハム氏)

2007 年~2017 年の FNCA 活動において、10 のイネ突然変異品種が公開された。Khang Dan 突然変異体 DT80 のように、このうちのいくつかは非常に人気の高い品種となっている。イオンビーム照射を利用して開発された多数の有望系統について、現在圃場試験が実施されている。イネ育種における突然変異と分子マーカーの併用は常法となっており、時間短縮および選抜効率向上につながっている。

ii) 過去に終了したサブプロジェクトのフォローアップ

過去に終了したソルガム・ダイズの耐旱性育種、およびバナナの耐病性育種の各研究について、成果の利用および普及に関するフォローアップの報告が行われた。

a) ソルガム・ダイズの耐旱性育種(インドネシア原子力庁 ソブリザル氏)

現在までに、インドネシア原子力庁(BATAN)はソルガム 3 品種およびダイズ 10 品種を公開しており、いずれの品種も広く栽培され、2016 年の総栽培面積はソルガムが 1,600 ha、ダイズが 600 ha となっている。最近、ダイズ品種 Mutiara 1 がインドネシアの食料安全保障強化に向けた国の食料自給計画の材料として選ばれ、利用されている。今後国内での生産量を増加させるため、Mutiara 1 の種子が大量生産され農家に配布される予定である。さらに、高収量および高バイオマス生産を示すいくつかのソルガム突然変異系統、および耐旱性および早生を示すいくつかのダイズ突然変異系統が開発され、評価のために国立品種公開委員会へ提出される予定である。

b) バナナの耐病性育種(フィリピン原子力研究所 アナ・マリア・S・ベルス氏)

本プロジェクトの主な目的は、耐病性品種の導入を通じてバナナバンチートップウイルス(BBTV)感染による損失を 20%低減することにより、小規模農家による Lakatan バナナの生産収益性を向上することである。この目的は、BBTV に対する統合管理戦略の一環として実施されたガンマ線照射による BBTV 耐性 Lakatan バナナの開発を通じて達成された。使用したいくつかの病害反応パラメータに基づいて、5 系統の突然変異系統 9-28-2(SAGANA 1)、9-28-3(SAGANA2)、13-30-2(SAGANA 3)、22-28-2(SAGANA 4)および 28-30-2(SAGANA 5)が選ばれ、ルソン、ビサヤ、ミンダナオ等での地域適応性試験により評価された。HIBRID LAKATAN または Highly Improved Banana through Radiation Induced Technology(放射線育種技術により高度に改良されたバナナ)と呼ばれるこれら 5 つの突然変異系統は、Lakatan の新品種 5 系統として国立種子産業協議会(NSIC)への登録が推薦されており、年内には公開される予定である。

3) ワークショップのまとめ

本ワークショップにおける討議結果のまとめは以下のとおりである。

i) 持続可能な農業のためのイネの突然変異育種プロジェクトのまとめおよび評価

中井氏よりリードスピーチがあり、スピーチに沿って議論が行われた後、ほぼすべての参加国が高収量を示す新しい突然変異品種を作出し、持続可能な農業への貢献を果たしたと合意された。さらに、いくつかの品種はすでに実用化されており、大きな経済効果をもたらしていることから、放射線育種に関するこの 5 年プロジェクトが成功を収めたことに疑問の余地はない。この成功は、例えば 1)イオンビーム照射、2)突然変異系統と優良在来品種との交配の利用、3)イオンビーム照射で誘導された突然変異体の M1 スクリーニング(科学的解明が必要)、および 4)耐旱性等のハイスループットスクリーニング法など、新たに確立された技術によってもたらされたものであると認識されている。

ii) 2018 年度からの新フェーズについて

FNCA 放射線育種プロジェクトの将来展望について、既存/過去のサブプロジェクトの結果を踏まえて議論が行われ、劇的な気候変動の下、将来においても低投入の持続可能型農業が最も重要なテーマであると確認された。持続可能な農業の達成のためには、特に主要作物を高収量で低投入なものとするのが主な目標となり得る。よって次期サブプロジェクト名は「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」とすることが決定された。育種目標達成に向けて、すべての参加国がイネを含む主要作物から異なるターゲットを選択可能であることが確認された。

2.1.2 バイオ肥料/電子加速器利用プロジェクト

1) 合同ワークショップ開催概要

i) 期日:2017年11月13日(月)～11月17日(金)

ii) 場所:日本、高崎市

iii) 主催:日本文部科学省(MEXT)

後援:量子科学技術研究開発機構(QST)高崎量子応用研究所

iv) 参加者:ベトナムより各1名、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、モンゴル、フィリピン、タイより各2名、日本15名、合計32名(添付資料2.2.2(p148)参照)

v) 日程:添付資料2.2.3(p152)参照

本ワークショップは、2017年11月13日～11月17日の5日間、群馬県高崎市の量子科学技術研究開発機構(QST)高崎量子応用研究所において、バイオ肥料プロジェクトおよび電子加速器利用プロジェクトの合同ワークショップとして開催された。

初日の合同セッションでは、文部科学省(MEXT)研究開発局研究開発戦略官(核融合・原子力国際協力担当)付核不拡散科学技術推進室室長補佐の道川祐市氏、およびQST高崎量子応用研究所副所長の田中淳氏より挨拶があり、すべての参加者に温かい歓迎の意が表された。続いて、日本コーディネーターである和田智明氏、および日本アドバイザーである南波秀樹氏よりスピーチがあり、充実したワークショップとするために参加者からの積極的な貢献が求められた。

基調講演として、和田氏より2016年～2017年におけるFNCAの活動概要と進捗状況、および主要な成果が報告された。続いて、バイオ肥料プロジェクトの日本のプロジェクトリーダー(PL)である国際農林水産業研究センター(JIRCAS)の安藤象太郎氏、および電子加速器利用プロジェクトの日本のPLである量子科学技術研究開発機構(QST)の玉田正男氏より、各プロジェクトの活動概要とワークショップにおける主要課題が紹介された。

初日の午後には、「アジアにおける放射線利用技術と持続的研究開発」と題された公開セミナーがFNCAとQST高崎量子応用研究所の共催で開催され、約130名が参加した。

2日目の合同セッションでは、電子加速器利用プロジェクトの各国PLより、植物生長促進剤(PGP)に関するカントリーレポート、また、バイオ肥料プロジェクトの各国PLよりバイオ肥料とPGPとの相乗効果に関する報告が行われた後、バイオ肥料とPGPとの相乗効果に関するまとめの議論がなされた。

3日目～5日目の午前中には個別セッションが行われ、各プロジェクトにおいてそれぞれの個別課題が議論された。4日目の午後にはテクニカルビジットが行われ、高崎量子応用研究所における説明を受けた後、イオン照射研究施設(TIARA)、電子線照射施設、照射施設、サイエンスプラザ(資料館)を見学した。

5日目の午後には再び合同セッションが行われ、個別セッションにおける議論成果が発表された後、両プロジェクトにおける今後の協力の可能性と相乗効果について活発な意見交換と討議が行われた。

2) 合同セッションにおける各国発表概要

i) 電子加速器利用プロジェクト

放射線加工による PGP の製造と試験の進捗状況について、実用化の達成を目指す国々より、以下のとおり発表が行われた。

a) バングラデシュ(バングラデシュ原子力委員会 サルマ・スルタナ氏)

①オリゴキトサンの葉面散布がトウモロコシ(トウモロコシ L)に及ぼす影響

2016年4月～7月および2017年6月～9月(オフシーズン)にかけて、2年継続して2回のフィールド試験を実施し、オリゴキトサン濃度0(対照)、50ppm、75ppm および100ppmの葉面散布の効果を調査した。収穫まで10日毎にオリゴキトサンを散布した。試験の結果、生長初期にオリゴキトサンを葉面散布すると形態学的指数(草丈、植物体あたりの葉数、葉の長さおよび幅)、収穫指数および収量構成要素に向上が見られ、結果的にトウモロコシの種子収量が増大した。2016年および2017年で最も高い収量が得られたのは、75ppm および100ppm オリゴキトサン処理区であった。オフシーズンであったため、2017年におけるトウモロコシの収量%は2016年と比較して低くなっている。2016年では、75ppm および100ppmでの平均収量が区域当たり16.86kg および15.54kgを示し、75ppm および100ppmでの対照に対する平均収量増加%は43.73%および32.48%を示している。それに対して2017年では、75ppm および100ppmでの平均収量が区域当たり4.10kg および3.95kgを示し、75ppm および100ppmでの対照に関する平均収量増加%は51.85%および46.30%を示した。両年で収量が最も高かったのは、75ppmのオリゴキトサン処理区であった。したがって、75ppmのオリゴキトサンの葉面散布は、トウモロコシの種子収量の最大化を得られると考えられる。

②ナス(*Solanum melongena* L.)における、PGPとしてのオリゴキトサンの適用

2016年11月から2017年3月にかけて、ナスの形態学的特性、生長、経済的収量にオリゴキトサンが及ぼす影響を調査した。本実験では、試験濃度として4種のオリゴキトサン濃度、すなわち0(対照)、50ppm、75ppm および100ppmを使用した。収穫までの間、10日間隔でオリゴキトサンを散布した。オリゴキトサンの効果および生産性を、植物の高さ、ナスの総数、ナスの総重量、収穫時期および果実当たりの重量の観点から調査した。結果は、濃度50ppm および75ppmでのオリゴキトサンの葉面散布が著しく効果的であった。結果は、それぞれ50ppm および75ppmで、対照に対する生産性がそれぞれ40%および48%まで増大した。また、オリゴキトサンには対照と比較して収穫時期を早める効果が見られた。これらの結果は、75ppmのオリゴキトサンの葉面散布がナスの生長最大化および高収量に最適であることを示唆している。

③ダイズにおけるキトサン、根粒菌バイオ肥料および化学肥料の併用の相乗効果(Glycine Max)

ダイズ(BARI ダイズ6種)の根粒形成、乾燥植物体量および収量におけるキトサンと根粒菌バイオ肥料との併用効果をポット試験した。バイオ肥料に異なる濃度のキトサン(50ppm、100ppm および150ppm)と異なる量の化学肥料(50%、75%および100%)を併用し、計14種の処理を施した。キトサンとバイオ肥料との併用効果または相乗効果の存在を検証するため、3組の再現性と植物の高さ、根部および芽の重量、茎と葉および種子の収量などのいくつかのパラメータを考慮して、完全乱塊法による実験を計画した。植物の高さが最高(74.1cm)になったのは、T11処理(50%化学肥料+50ppmキトサン+バイオ肥料)であった。根部重量が最大になったのは、T10処理(75%化学肥料+150ppmキトサン+バイオ肥料)であった。さや/植物および

茎の重量が最高であったのは T5 処理(50%化学肥料+50ppm キトサン)で、それぞれ 33.5g/plant および 10.36g/plant であった。種子/さやの数、根粒重量、茎の収量が最大になったのは T9 処理(75%化学肥料+100ppm キトサン+バイオ肥料)で、それぞれ 2.4 個、18.65mg/plant および 6.63g/plant であった。興味深いことに、最も重要なパラメータである最大種子収量(3.15g/plant)もまた、同様の処理(T9)で 24.90%の収量増加を示した。この結果から分かるのは、化学肥料(75%)とキトサン(100ppm)+バイオ肥料の併用においてダイズの根粒形成、乾燥植物体重量および収量が最も高くなり、相乗活性を示した。

④キトサンと組み合わせたイネ用「相乗効果を有するバイオ肥料」の開発

PGP としてのキトサンおよびバイオ肥料としてのアズスピリラム種について、イネに対する併用効果をセミフィールド試験した。3 種の再現性の組み合わせを伴う 6 種の処理、すなわち T1: 100%化学肥料、T2: 50%化学肥料、T3: 50%化学肥料+100ppm キトサン、T4: 50%化学肥料+100ppm キトサン+バイオ肥料、T5: 50%化学肥料+バイオ肥料、および T6: 対照(自然栄養素)が適用された。試験用イネ種として BRRI-129 を選択し、分けつの高さおよび数、穂の長さおよび穀粒の収量を含む幾つかのパラメータを評価して、キトサンおよびバイオ肥料の相乗効果が存在するかどうかを測定した。結果は、T1 処理で最も高い分けつの高さ(103.67cm)が見られたが、本パラメータについては相乗効果が見られなかった。分けつ数が最も多かったのは T1-処理(22.23 分けつ/株)であった。2 番目に高い指数(21.4 分けつ/株)が T4 処理で見られ、分けつ数は(T2 処理と比べて)12.8%増加していた。穂の数は、どの処理においてもほとんど影響を受けなかった。藁の重量においては、PGP とバイオ肥料との相乗効果は見られなかった。1,000 穀粒重量により測定した穀粒のサイズは T4 処理で 3.68%まで増大した。イネの穀粒収量(t/ha)は T4 処理で 12.18%まで増大し、これは PGP とバイオ肥料との併用効果が PGP の個別効果(4.49%の増大)およびバイオ肥料の個別効果(3.7%の増大)の合計よりも高いため、PGP とバイオ肥料との相乗効果と考えることができる。全体的な結果から分かるのは、化学肥料(50%)においてキトサン(100ppm)とバイオ肥料の両者の使用が、イネにおいて相乗効果を有するということである。

b) モンゴル(モンゴル国立大学 スフ・オドフー氏)

ウランバートルから 200km 離れたダルハン・オール県にて、2017 年 6 月～8 月の間フィールド試験が実施された。

マレーシアで製造されたオリゴキトサンを用いて、コムギおよびジャガイモの植物体重量および収量における効果を調査した。3 種の異なる濃度(50ppm、100ppm および 150ppm)のキトサンを試験し、収穫までに 3 回散布した。その結果、50ppm のキトサンがコムギに対して効果的であり、100ppm のキトサンがジャガイモに対してより効果的であることが示された。

50ppm のキトサンを使用したコムギの収量は対照より 55%高く、また種子 1,000 個の質量は対照より 3%高かった。50ppm のキトサンを使用した藁の高さの平均は、その他のものより 20%高かった。100ppm のキトサンを使用したジャガイモの予測収量は、1ha あたり 9.5t であり、対照より 38%高かった。

PGP の実用化達成後の課題と新たな試験について、実用化達成済みの国々より、以下のとおり発表が行われた。

c) インドネシア(インドネシア原子力庁(BATAN) ダルマワン・ダルウィス氏)

ガンマ線照射により、キトサンからオリゴキトサンを作製した。オリゴキトサンは、PGP、植物病害抵抗誘発剤および抗生剤、また同様に動物飼育栄養としても使用される。2017 年、定植の初期段階にてコショウ(*Piper nigrum*)にオリゴキトサンを使用して植物生長を評価した。オリゴキトサンは、エキビョウキン(疫病菌/*Phytophthora disease*)などの疾病の治療や植物の衰弱の遅延にも使用された。さらに、オリゴキトサンはコショウの収量を評価するためにも使用された。キトサンの他の適用方法として、動物飼育サプリメントがある。Cihateup duck(インドネシア原産のカモの一種)は従来最小限の水分状態で飼育されており、熱ストレスがもたらされていた。このため、カモの生産性が低くなっていた。このカモにオリゴキトサンを使用し、血液の生化学的特性および成長効率における食餌としてのキトサンの効果を研究した。

コショウの生長に関する結果としては、植樹後 3 ヶ月の定植初期段階でオリゴキトサン処理された方がツルの外周が大きく、数も多かった。濃度 150ppm のオリゴキトサンが、真菌によって引き起こされるすそ腐れ病(*Phytophthora foot rot*)などの疾病の治療と植物が衰弱するのを遅らせるのに効果的である。オリゴキトサンはコショウの収量、サイズおよび果粒の個別重量を増大させ、病原性の微生物(サルモネラ菌、大腸菌)、軽量果粒および含水率を減少させる。動物飼育サプリメントとして、オリゴキトサンは血糖含有量、トリグリセリド、血中コレステロール、総タンパク質、尿素、およびアルブミンなどの血液生化学の質を向上させる。またカモについては体重が増加し、飼料要求率(FCR)と飼料消費量は減少し、かつ卵の重量は増加した。

d) 日本(量子科学技術研究開発機構(QST) 田口光正氏)

キトサン(3%)を含む 1.5%の乳酸溶液への 100kGy のガンマ放射線照射により作製したオリゴキトサンは、植物生長促進効果を有している。今回オリゴキトサンを、世界中に普及している日本の伝統芸術「盆栽」に適用した。ポット試験として、盆栽の土に装飾するスギゴケ(*Polytrichum juniperinum*)およびスナゴケ(*Racomitrium canescens*)に、1 ヶ月間、週に 1 回ずつ 100ppm のオリゴキトサンを散布した。現在、その生長促進効果を分析中である。また、家屋や建物の屋上でコケを発育させることで、ヒートアイランド効果の抑制に貢献する。

e) マレーシア(マレーシア原子力庁 マリナ・ビンティ・タリブ氏)

オリゴキトサンを PGP として農業分野で実用化してから、マレーシアではオリゴキトサンの新たな応用に関する研究が期待されている。最初のプロジェクトは、2017 年 11 月～2018 年 5 月まで行われるオリゴキトサンの家畜飼料としての利用である。この共同プロジェクトの目的は、ケダ州で農業共同組合とトウモロコシ農家が協働し、トウモロコシの収量を月 25t から月 40t にすることで収益増加を図ることである。もう 1 つのプロジェクトとしては、新規の地場産 κ-カラギーナンから新たな PGP を作製することである。カラギーナンにガンマ線を 25～125kGy で照射して分解することで改質する。照射したカラギーナンの効果は pH、分子量、粘度、赤外分光分析により調べた。もう 1 つのプロジェクトは CarraDish である。これは照射カラギーナンを用いて作製され、三次元細胞培養を行うための新しい安価なシステムである。本研究開発では、アガロースと似た特性を持つ CarraDish の設計と製造を行う。進行中のプロジェクトは、CarraDish で得られた細胞の定性・定量分析の研究である。

f) フィリピン(フィリピン原子力研究所ルシル・V・アバッド氏)

放射線改質カラギーナンを PGP として試験した。イネ、リュクトウおよびラッカセイにおいて効果的であることが証明されており、イネでは 20~30%、またリュクトウおよびラッカセイでは 15~35%収量が増加している。カラギーナン PGP は、1,000 を超える農家に利益をもたらしている。例えば、5,000ha を超える水田に PGP を使用することで、雨季と乾季の両方においてイネの収量を平均 27%増加させている。

最初の課題は、カラギーナン PGP の製造を商業規模にまで増大させることである。

PNRI は、フィリピンで唯一の ^{60}Co ガンマ線照射施設を所有している。現在 56kCi しかないため、4 日間で計約 1,700L を照射できるのみである。電子線による PGP カラギーナンの照射用パラメータを最適化することで、1,700L/時間ほどの量を作製している。

現在、3 件の技術採用企業が PNRI と実施権契約を結んでいる。肥料農薬庁(FPA)での生産登録はすでに取得済みである。はじめに FPA からの営業許可を確保した後、研究所にて製造が行われる。その間、3 件の技術採用企業が FPA からの独占販売権を確保する。商業製造開始から 3 年以内に、技術採用企業が自らの照射施設を建設することが予測される。

g) 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)

タイ原子力技術研究所(TINT)により、地元産のエビの殻からキチンが作製された。作製されたキチンを化学反応によりキトサンに変化させる。作製したキトサンを放射線分解して分子量を減少させ、オリゴキトサンを得た。2017 年には、10 万 L/日の製造能力を持った大規模な PGP 製造施設が TINT(パトゥムターニー県)に設立された。PGP は、民間企業である PDA に納入された。

h) ベトナム(ベトナム原子力研究所(VINATOM) グエン・ゴック・ドゥイ氏)

ガンマ線照射下で、キトサンと H_2O_2 との均一分解反応およびキトサン/ H_2O_2 の不均一分解を組み合わせたオリゴキトサンが調製された。10kDa 未満の重量平均分子量(Mw)のオリゴキトサンを、キトサン溶液(4%)および過酸化水素(0.5%)への ^{60}Co 照射(8~24kGy の範囲の照射量)により、効率的に調製した。トウガラシ果実について、炭疽病菌真菌により引き起こされるアントラセン病に対する抵抗導入に対するオリゴキトサン・ナノシリカ(OC-nSiO₂)混合物の葉面散布の効果を調査した。結果は、濃度 60mg/L - 60mg/L の OC-nSiO₂ の葉面散布が、トウガラシ果実における疾病重症度を、対照の 90.0%と比較して 22.2%まで減少させる最適な処理であることが判明した。大豆種子の収量におけるオリゴキトサンおよび OC-nSiO₂ の葉面散布の効果を、試験圃場にて実施した。結果は、オリゴキトサンおよび OC-nSiO₂ について、対照に対するダイズ種子の収量がそれぞれ 10.5%および 17.0%増大したことを示した。さらに、ナマズ(striped catfish(カイヤン、学名 *Pangasianodon hypophtalmus*))の成長および疾病抵抗におけるオリゴキトサンの添加効果についても、池培養において調査した。結果は、100mgCOS/kg を与えられたナマズの生長効率および生存率が著しく向上し、かつ増肉係数が減少したことを示した。オリゴキトサンを含有する餌により飼育されているナマズについて得られた平均重量、生存率および増肉係数は、971±18g、83.19±0.35%、および 1.477±0.013(対照との比較: 896±6g、78.43±0.64%、および 1.578±0.038)であった。

ii) バイオ肥料プロジェクト

バイオ肥料とオリゴキトサン PGP の相乗効果に関する研究について、以下のとおり報告された。

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

小規模圃場レベルでの試験を実施し、イネに関するキトサン PGP とアズスピリラムバイオ肥料の併用効果を研究した。3反復の6種の処理区、すなわち、T1:100%化学肥料、T2:50%化学肥料、T3:50%化学肥料+100ppm キトサン、T4:50%化学肥料+100ppm キトサン+バイオ肥料、T5:50%化学肥料+バイオ肥料、および T6:対照区(自然栄養)を設けた。試験用イネ品種として BRRI-129 を選択し、分けつの高さおよび数、穂長および子実収量を含むいくつかのパラメータの評価を行い、キトサンおよびバイオ肥料のいずれかの相乗効果が存在するかどうかを測定した。この結果、分けつの長さは T1 で最も長く(103.67cm)、また本パラメータについて相乗効果は見られなかった。また分けつ数も T1 で最も多く(22.23 分けつ/株)、2番目に高かった T4(21.4 分けつ/株)は T2 と比べて 12.8%増加していた。どの処理区においても穂数への影響は見られなかった。稲わらの重量については PGP とバイオ肥料との相乗効果は見られなかった。千粒重の測定に関し、穀粒の大きさは T4 で 3.68%まで増大した。イネの子実収量(t/ha)は T4 で 12.18%まで増大し、これは PGP とバイオ肥料との併用効果が PGP の個別効果(4.49%の増大)およびバイオ肥料の個別効果(3.7%の増大)の合計よりも高く、両者の相乗効果と考えられる。全体の結果として、化学肥料(50%)にキトサン(100ppm)とバイオ肥料を組み合わせ使用したものが、イネにおける相乗効果を有することが示された。

b) 中国(中国農業科学院 チャン・ルイフー氏)

オリゴキトサンとバイオ肥料との間に良好な効果が見られた。バイオ肥料 Y16 とオリゴキトサンを併用した処理区でのトウモロコシの生重量は、対照区と比較して有意に増大した。Y16+75kGy で照射したオリゴキトサン処理区の増加率は平均 54.4g%と最も高く、20kGy での照射処理区では 42.5%で2番目に高かった。

表 1:トウモロコシの生重量における、オリゴキトサンとバイオ肥料 Y16 の相乗効果

処理	オリゴキトサンへのガンマ線照射(⁶⁰ Co)線量(kGy)							
	0	20	35	50	75	100	200	300
Y16(CK)	16.91	16.91	16.91	16.91	16.91	16.91	16.91	16.91
Y16+オリゴキトサン (30mg/pot)	23.51	24.11	23.74	20.25	26.11	21.66	20.67	20.75
増加率(%)	39.03	42.5	40.4	19.7	54.4	28.1	22.2	22.7

c) インドネシア(ボゴール農業大学 イスワンディー・アナス氏)

オリゴキトサンとバイオ肥料は、いくつかの作物で生長と収量を増大させることが報告されている。本研究の目的は、トウガラシの生長促進および収量増加に関するオリゴキトサンとバイオ有機肥料 Super Biost の相乗効果を評価することである。

材料として、トウガラシ品種 PM999F1、無機肥料(1ha 当たりの標準用量):尿素(200kg)、ZA(硫黄・窒素肥料)(500kg)、SP-36(リン)(400kg)および塩化カリウム(200kg)、インドネシア原子力庁(BATAN)製オリゴキトサン(0、25、50、100ppm)、バイオ肥料 Super Biost(バイオ有機肥料)(0、10、20g/植物体)を使用した。

トウガラシの生長および収量に関して、オリゴキトサンとバイオ肥料との間に相乗効果が見られた。オリゴキトサン(50ppm)とバイオ有機肥料 Biost(20g)の併用処理区でトウガラシの生収量が最も高くなった。この結果、収量を減少させることなく無機肥料がバイオ有機肥料 Biost に置き換え可能であることが示された。

d) 日本(国際農林水産業研究センター 安藤象太郎氏)

キトサンは、 β -(1-4)-結合した D-グルコサミンから構成される直鎖型多糖類である。オリゴキトサンは、キトサンにガンマ線を照射することで得られる低分子量のキトサンであり、イネ、オオムギ、ダイズ等の植物の生長を促進する効果を有する。

生物農薬とオリゴキトサン PGP の相乗効果について調査を行った。*Pseudomonas fluorescens* FPH9601 株を含むライブコートで、トマト種子をコーティングした。オリゴキトサン単独処理では、トマト苗の発芽および生長に変化は見られず、トマト青枯病の発生を抑制できなかった。オリゴキトサンとライブコートの併用処理では、ライブコート処理したトマト種子の播種と同時にオリゴキトサンを施用した場合、オリゴキトサン濃度を増加させてもトマト青枯病に対する抑制効果は増強されなかった。

しかしながら、病原菌で汚染された土壌に苗を移植する 1 日前に苗をオリゴキトサンで処理すると、オリゴキトサンまたはライブコートを単独で処理した場合に比べ、病原菌に対する抑制効果が大幅に向上した。

同様の相乗効果は圃場試験でも確認された。トマト種子を *Pseudomonas fluorescens* FPH9601 株で処理し、移植後の苗にオリゴキトサンを散布したところ、オリゴキトサンが生物農薬で処理した苗において耐病性を誘導した可能性が示唆された。

Bacillus pumilus TUAT1 株の接種によるイネのいもち病の抑制効果について、福島県の水田における調査が行われた。いもち病は、*Magnaporthe oryzae* B.等により引き起こされるイネの深刻な病害である。イネ葉上に形成されるいもち病の病斑について評価を行った。孢子形成接種が平均病斑領域率を著しく減少させた。これは、圃場におけるバイオ肥料と PGP との相乗効果を評価する一例とすることができる。

e) マレーシア(マレーシア原子力庁 ロズナニ・ビンティ・アブドゥル・ラシッド氏)

マレーシアは、管理された条件下のいくつかの作物(トウガラシ(*Capsicum annum*))、オクラ(*Abelmoschus esculentus*) およびバナナ)に対するバイオ肥料とオリゴキトサンの効果について報告した。トウガラシおよびオクラの試験では、5 種の処理区:i) 100%化学肥料、ii) 50%化学肥料+バイオ肥料、iii) 50%化学肥料+オリゴキトサン、iv) 50%化学肥料+バイオ肥料+オリゴキトサン、および v) 50%化学肥料、を設けた。トウガラシの試験では、50%化学肥料+バイオ肥料区で草丈が最も高かった。一方、50%化学肥料+バイオ肥料+オリゴキトサン区で草丈が最も低かった。オクラの試験では、バイオ肥料またはオリゴキトサンを化学肥料に追肥した処理区で最大の根長およびバイオマス量を示した。バイオ肥料とオリゴキトサンを併用した化学肥料処理区では、根長およびバイオマス量に関する良好な反応は見られなかった。バナナにおける

バイオ肥料とオリゴキトサンとの相乗効果試験は進行中である。トウモロコシおよびオクラに関する本研究では、バイオ肥料とオリゴキトサンに関する相乗効果は明確には確認できなかった。相乗効果を調査するためのさらなる試験が、進行中あるいは計画中である。

f) フィリピン(フィリピン大学 ジュリエッタ・アナルナ氏)

本試験は、イネおよびトウモロコシの収量における、窒素固定バイオ肥料 BioN とオリゴキトサンの相乗効果に関する単体あるいは組み合わせでの評価を目的として実施した。

Bio NTM は、土壌および木炭をキャリアとして用い、アゾスピリラムを主成分として含有する微生物肥料である。オリゴキトサンは横山教授より送付され、40ppm の濃度で3回、移植後20日、30日および40日に施用した。

対象植物はイネおよびトウモロコシであった。圃場条件下での試験は4反復の完全乱塊法(RCBD)で実施し、またスクリーンハウスでの試験は各ポット重量を土壌8kgとして4処理10反復のRCBDで実施した。区ごとの、全重量、百粒重および収量を求めた。

2014年には、イネの生長および収量における、Bio N、オリゴキトサンおよび化学肥料の効果に関するスクリーンハウス試験を実施した。使用した処理は、T1:対照区、T2:100%化学肥料、T3:50%化学肥料、T4:オリゴキトサン+50%化学肥料、T5:Bio N+オリゴキトサン+50%化学肥料、T6:Bio N+50%化学肥料であった。この結果、T5で稲わらの乾燥重が最も高かった(T1に対して123%に増加)。一方、T2の稲わらの乾燥重は、T1に対して81%であった。

トウモロコシの生重量およびイネの乾燥収量における、バイオ肥料と植物生長促進剤の相乗効果に関する試験を実施した。使用した処理は、T1:対照、T2:100%化学肥料(尿素4袋(46-0-0))、T3:50%化学肥料、T4:50%化学肥料+オリゴキトサン、T5:50%化学肥料+Bio N、T6:50%化学肥料+Bio N+オリゴキトサンであった。試験の結果、50%化学肥料+Bio Nの併用処理区では、対照区と比べて両作物の収量がそれぞれ増大した(トウモロコシ:60.75%、イネ:52.31%)。50%化学肥料+Bio N+オリゴキトサンの併用処理区でも、対照区と比べて高い収量を得た(トウモロコシ:59.30%、イネ:34.13%)。Bio Nは試験作物の50%の必要窒素量を補完できることは、フィリピンで実施された別の研究で示されている。

g) タイ(タイ農業局 パッチャヤフォン・メウンチャン氏)

バイオ肥料は、大気中の窒素を固定することにより植物に必須ミネラルを供給することを可能とし、あるいは作物のミネラル吸収能力を増大させる、生きた微生物を含有する肥料である。2013年には、植物生長促進根圏細菌(PGPR)バイオ肥料生産の向上を目的としてガンマ線照射により開発された無菌キャリアに関する試験を開始した。試験の結果、酸性硫酸塩土壌およびバーク堆肥の混合資材から作られたキャリアが、*Azospirillum brasilense*(TS29)および*Burkholderia vietnamensis*(S45)の生菌数を、タイの肥料法に規定されている最低細菌密度(10^6 細胞/g以上)を上回る値で6ヶ月以上維持した。PGPは植物生長促進物質であり、これは直接的あるいは間接的作用により植物の生長を促進する。オリゴキトサンはオリゴポリマーを含有する生成物であるが、植物の生長を促進するメカニズムは不明であり、エリクター作用である可能性もある。

試験1では、砂質土でポット試験を実施した。試験計画は6処理(N-P₂O₅-K₂O:T₁)0-0-0、T₂)2-1-2、T₃)1.5-0.75-1.5、T₄)1.5-0.75-1.5+PGPR、T₅)1.5-0.75-1.5+オリゴキトサン、T₆)1.5-0.75-1.5+PGPR+オリゴキトサン)を4反復するRCBDで構成した。

試験 2 では、タイ北東部の砂質土で圃場試験を実施した。試験計画は、6 処理(1) 100%化学肥料、2) 75%化学肥料、3) 75%化学肥料+PGPR、4) 75%化学肥料+オリゴキトサン、5) 75%化学肥料+PGPR+オリゴキトサン、6) 対照区(無施肥))を4反復するRCBDで構成した。化学肥料の施用量は、土壌肥沃度を分析し施肥基準に基づいて決定した。

イネ品種 Jasmine105 に関するポット試験では、N-P₂O₅-K₂O:1.5-0.75-1.5+PGPR+オリゴキトサンの処理区と N-P₂O₅-K₂O:2-1-2g/ポットを比べて大きな違いが見られなかった。これは PGPR とオリゴキトサンとの相乗効果と考えられる。圃場試験では、イネの収量に対する PGPR バイオ肥料あるいはオリゴキトサンの施用効果は見られなかった。しかし、化学肥料の施肥量を25%減らした場合、バイオ肥料とオリゴキトサンとの相乗効果が確認された。圃場試験とポット試験の結果から、PGPR とオリゴキトサンは単独処理では効果は見られないものの、両者を併用した相乗効果により化学肥料を25%減少させることが可能となった。

2) 個別セッションにおける討議

2-1) バイオ肥料プロジェクト

i) 各国報告

各国より本年度の活動の進捗状況と現行フェーズのまとめについて以下のとおり報告された。

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

バングラデシュ政府は地球環境を考慮した農業の実施を重視しており、この関連で、化学肥料に代わるバイオ肥料の利用が非常に有望である。いくつかの共生あるいは共同微生物群が異なるソースから分離されており、これらのいくつかは多機能な施肥特性を示している。照射オリゴキトサンとこれらのバイオ肥料を併用することで、イネおよびダイズにおける相乗効果を探求している。さらに、ガンマ線を照射したキャリア資材の滅菌は、良質なバイオ肥料の生産に有効であると考えられる。

b) 中国(中国農業科学院 チャン・ルイフー氏)

1. 植物生長促進および土壌病害抑制を目的として、多機能バイオ肥料製品を開発した。
2. 温室実験では、照射オリゴキトサンおよびバイオ肥料は、植物生長促進に関して良好な相乗効果を有することが示された。
3. バイオ肥料の微生物汚染防止および保管に関して、バイオ肥料のキャリアに対する ⁶⁰Co ガンマ線照射はオートクレーブ滅菌よりも有効である。

c) インドネシア(ボゴール農業大学 イスワンディー・アナス氏)

リンおよびカリウムの溶解能力を有する菌株の多機能性に関する研究を実施した。2017 年の FNCA 共同研究では、選抜されたこれらの細菌およびカビについて、ガンマ線照射を利用した突然変異誘発により有益な特性を改良し、リンおよびカリウムの溶解能力がより高い変異種を得ることができた。今後、突然変異体についてリンおよびカリウムの溶解能力の安定性評価を行う予定である。さらに、いくつかの作物に関しこれら突然変異体の接種効果について評価を行う予定である。コシヨウと同様にトウガラシにおいてもバイオ肥料とオリゴキトサン間に良好な相乗効果が示された。

d) 日本(国際農林水産業研究センター 安藤象太郎氏)

多機能バチルスバイオ肥料を開発するため、水稻苗の生長促進効果およびいもち病の抑制効果を評価した。接種された菌株を数えるためのポリメラーゼ連鎖反応(PCR 法)を開発した。イオンビームを利用した微生物育種を実施し、1) 塩耐性根粒菌、2) 殺菌剤耐性を有する昆虫病原糸状菌、3) セシウム濃縮菌を開発した。

e) カザフスタン("Promishlenoe snabzhenie" LLC オルガ・ティモフィエバ氏)

2016 年の活動ではオオムギ、クラウン亜麻(Crown flax)、コムギに対し超吸水材(SWA)および植物生長促進剤(PGP)を使用し良好な結果を得た。

2017 年の活動ではカザフスタン北部の 2,000ha の圃場において硬質コムギ、マメ科植物およびオオムギに対する PGP 施用試験(50ppm)を行ったが、期待した結果は得られなかった。アルマトイ地域ではトウモロコシに対する PGP 施用試験(50ppm)を行い、良好な結果が得られた。現在、オリゴキトサンにおける細菌感染の抑制効果に関する試験を行っている。

計画

- 放射線育種研究
- 微生物育種のための線量決定
- バイオ肥料+SWA+PGP の併用による相乗効果の研究
- 試験結果の論文化

f) マレーシア(マレーシア原子力庁 ロズナニ・ビンティ・アブドゥル・ラシッド氏)

マレーシアは、技術移転を通じた商業化活動およびエンドユーザーに対するバイオ肥料製品拡大戦略を報告するとともに、トウガラシ、オクラおよびバナナにおけるバイオ肥料と植物生長促進剤(放射線照射オリゴキトサン)との相乗効果に関する調査のいくつかの進捗について議論した。さらに、多機能バイオ肥料微生物の作出に向けた放射線による突然変異誘発研究において、これら突然変異株の評価を温室で行った。

g) モンゴル(モンゴル植物農業科学研究所 デイルヒルマー・ボンゴスレーン氏)

モンゴルにおいてバイオ肥料プロジェクトを継続して進めており、多機能バイオ肥料を開発した。2001 年に研究所は、乾燥タイプの根圏細菌バイオ肥料を成功裡に生産し、2017 年には、生産量の増大に加えて液体タイプの根圏細菌バイオ肥料を生産した。同年には、液体タイプのバイオ肥料 20t および乾燥タイプのバイオ肥料 5t を生産し、農家に配給した。圃場試験および展示圃の実施により、バイオ肥料が収穫量を 10~25%増大させ、必要とされる窒素およびリンを含む化学肥料 15~20%の節約を可能とすることが示された。

h) フィリピン(フィリピン大学 ジュリエット・アナルナ氏)

フィリピン大学ロスバニオス校 BIOTECH において製造される微生物資材の 1 つとして挙げられるのは、ブランド名 *Bio NTM* を有する窒素固定バイオ肥料(アゾスピリラム)である。*Bio NTM* は、フィリピンの異なる地域における様々な種類のイネおよびトウモロコシにおいて広く利用されており、また現在、特に国の高価格作物であるトマト、ナスおよびサトウキビに関して試験を行っている。2 種のバイオ肥料(*Bio N* および *Mykovam*)をトマトに施用する試験を行い、また、イネおよびトウモロコシについてバイオ肥料およびオリゴキトサンの併用試験を行った。研究結果では、バイオ肥料およびオリゴキトサンの併用および 2 種のバイオ肥料の統合が、対照(無肥料、非接

種)処理と比較してより高い収量となった。バイオ肥料の利点、適切な技術利用、およびマーケティングの向上に関する農家の認識を促す、大規模な情報キャンペーンが実施された。

Bio N 製品においては土壌および炭がキャリアとして使用され、またオートクレーブ滅菌技術を利用して滅菌が行われている。FNCA プロジェクト下で実施された研究および放射線滅菌を利用した PNRI との共同研究では、キャリア製造が向上され、また *Bio N* 接種剤の耐用年数が 6 ヶ月から現在の 10 ヶ月へと延長した。

i) タイ(タイ農業局 パッチャヤフォン・メウンチャン氏)

タイは 35 年の長きにわたりバイオ肥料を製造してきた。バイオ肥料は現在も農家に人気が高い。根粒菌、PGPR、リン溶解菌および菌根菌のバイオ肥料が製造され農家に広まっている。タイは、イネ用 PGPR バイオ肥料について、ガンマ線および電子線(25kGy)によるキャリア滅菌を行い、タイの法律の基準を超えてアゾスピリラムおよびバークホルデルアを 6 ヶ月以上生存させる研究に成功した。しかし、照射工程のコストが高いことが原因となり製造システムに利用することができなかった。ポット試験において PGPR バイオ肥料およびオリゴキトサンの相乗効果が見られたが、圃場試験においては明確なものではなかった。

ii) 個別課題における議論結果等のまとめ

a) 特別講演

東京農工大学スーパー教授のギャリー・ステイシー氏より、「モデル植物種を利用した、細菌の植物生長促進メカニズムの研究」と題した特別講演が行われた。発表概要は以下のとおりである。

植物は、広範な土壌微生物と相互作用を行っている。いくつかのケースでは、本相互作用は微生物および宿主植物の両者に有意な利点をもたらす。いくつかの土壌細菌が、植物の生長を促進し作物の収量を増大させることはよく知られている。このような「植物生長促進細菌(PGPB)」の多様な植物種に対する効果は十分に立証されている。これらの研究から、有意な生長促進を誘発するためには、細菌遺伝子型および植物遺伝子型の両方が非常に重要であることが分かっている。しかし、こうした生長促進の背景にある分子メカニズムの大部分が依然として不明である。我々は、適切なモデル細菌 - 植物システムの採用により、これらの重要な連携のメカニズムをより理解するための研究を有意に加速させることができると信じている。最終目標は、本情報を有効に活用し作物生産における PGPB の採用および利点を増大させることである。

b) 多機能バイオ肥料開発と農家への普及戦略

FNCA 参加国により、各国における多機能バイオ肥料の普及について発表が行われた。

インドネシアでは、いくつかの微生物株を単離しガンマ線照射による突然変異育種を行った。細菌の変異体の 1 つがリン溶解能およびカリウム溶解能の両方を増大させ、またカビの変異体の 1 つがリン溶解能を増大させることが明らかとなった。フィリピンでは、イネおよびトウモロコシ用に Bio-N(アゾスピリラム)を製造し、またトマトに菌根菌を用いる試験を行った。タイでは、アゾスピリラムとブラディリゾビウムを併せて接種することによる多機能活性を確認し、また 10^4 cfu/ml と低い濃度の両属が窒素固定を増大させたことを示した。中国では、いくつかの商品作物の根系を発達させ土壌伝染病を抑制するための多機能バイオ肥料を開発した。マレーシアでは、ガ

ンマ線照射により微生物変異体を作成し、現在は温室試験で評価している。バングラデシュでは、窒素固定能およびリン溶解能を持つ 2 種の細菌株を単離した。モンゴルでは、コムギ向けの液体バイオ肥料(アズスピラム+アゾトバクター+アズアルカス)に関する試験を行った。カザフスタンは、近い将来多機能バイオ肥料を開発予定である。すべての参加国は、農家/エンドユーザーに対するバイオ肥料の普及を行っている。

c) バイオ肥料と照射オリゴキトサン PGP の相乗効果試験のまとめ

バングラデシュ、日本、タイにおいて、それぞれイネ、トマト、イネに関するバイオ肥料と照射オリゴキトサンの相乗効果が確認された。その他の国においても種々の作物において良好な効果が確認された。

d) 商業用バイオ肥料生産のためのキャリアの照射滅菌の普及

インドネシアおよびマレーシアからの報告では、両国はバイオ肥料製造にガンマ線照射滅菌を利用する民間企業を有している。フィリピンでは、ガンマ線照射技術が大規模製造に利用され始めた。バングラデシュおよびタイでは、小規模であるもののガンマ線滅菌されたキャリアをバイオ肥料に利用している。また、施設までの距離や利用可能性等の施設利用に関するいくつかの制限要因が報告された。

e) 照射滅菌とオートクレーブ滅菌の効果比較に関する論文発表

バイオ肥料キャリアの滅菌に関し、オートクレーブ滅菌と比較してガンマ線照射がより良好な結果をもたらした。キャリアのガンマ線照射滅菌では、長期間での接種微生物の保持に関してより効果的であることが確認された。中国、インドネシア、日本およびマレーシアでは、本課題についてすでに論文を発表している。これらの調査結果は、フィリピンにおいても論文化される予定である。タイでは特許申請された。

f) FNCA バイオ肥料品質保証/管理ガイドラインの作成

FNCA ガイドライン第 2 冊「放射線技術を利用したバイオ肥料キャリアの生産」における編集作業について議論が行われ、すべての参加国が本ガイドラインに情報を追記し、2018 年 3 月に発行することが確認された。

g) 活動のまとめ、評価および将来展望

第 4 フェーズ(2015 年～2017 年)での成果が評価され、研究計画が成功裡に成し遂げられたことが確認された。1) 新タイプのキャリアにおける放射線滅菌法の開発と普及、2) 微生物の放射線育種に重点を置いた多機能バイオ肥料の開発、および 3) バイオ肥料と照射オリゴキトサン、カラギーナンと超吸水材(SWA)の統合的影響評価が将来のテーマとして提案された。

2-2) 電子加速器利用プロジェクト

i) 各国報告

放射線加工による超吸水材(SWA)の実用化に向けての現状およびコストパフォーマンスについて、実用化を目指す国々より以下のとおり発表が行われた。

a) バングラデシュ(バングラデシュ原子力委員会 サルマ・スルタナ氏)

農産物の生産を制限する主要要素の 1 つとして、むやみな化学肥料の大量使用が挙げられる。環境にやさしい農産物の収量を最大化させるため、水資源と肥料栄養素の利用効率を向上させることが非常に重要である。肥料を超吸収性ポリマー網状組織内に組み込めば、水と肥

料の利用効率を効果的に高めることができる。本研究では、ガンマ線を使用してカルボキシメチルセルロース(CMC)およびアクリルアミドから SWA を作製した。肥料吸着の研究用モデルとして、メチレン青色染料を使用した。次に、吸着データをフロイントリッヒ吸着等温式に当てはめたところ、吸着が 1 を超える値 n にて実行可能であることが判明した。その他にも、様々な濃度の尿素肥料溶液における水吸着について研究した。尿素水における吸水率は約 3 万 1,840%であり、蒸留水中における 2 万 4,579%から劇的に増大した。これは、尿素とヒドロゲルとの相互作用によって生じたものである。これらの吸着に関する研究が示すのは、作製したヒドロゲルが SWA と同様に肥料の持続放出に使用可能であるということである。

b) 中国(中国科学院上海応用物理研究所 リー・ジンイェ氏)

超疎水特性、自己清浄特性、抗菌特性などの機能を付与された洗濯耐久性綿布は、放射線誘導グラフト重合法によって得ることができる。これは、官能性モノマーのグラフト重合、またはモノマーおよび特定のナノ粒子の共グラフト重合を介して達成することができる[1-5]。洗濯耐久性は、セルロース巨大分子とグラフト鎖との間の共有結合、またはナノ粒子を伴う共有結合の形成によるものである。

また、研究室規模の実験的研究ではガンマ線照射下でグラフト重合を実施している一方、工業規模の生産では電子加速器の方が好適であると考えられている。近年、自己遮蔽電子加速器下で、綿布についてロールツーロールでの官能性モノマーのグラフト重合を実施した。期待された処理速度および得られた綿布のグラフト率にて、工程は問題なく進んだ。

本結果からは、電子加速器が綿布を含む機能的布の製造にとって処理能力の高い設備であることを示している。

c) インドネシア(インドネシア原子力庁 ダルマワン・ダルウィス氏)

キャッサバデンプンとポリアクリル酸との放射線グラフト共重合体を用いて SWA を作製した。本 SWA は、その乾燥重量の最大 300 倍の吸水能を有する。本 SWA から周囲環境へ水分を放出させることにより、土壌の湿気を維持することができる。3 つの異なる濃度の SWA(土 1kg あたり 0.1g、土 1kg あたり 0.2g、および対照)を用いてチンゲンサイ(*Brassica juncea* L)を用いたポット試験を行い、土の含水量、土中の総微生物、土の微生物活性、植物生長および新鮮バイオマスを評価した。SWA を地下 10cm の場所に配置した。植物を、それぞれ毎日、2 日ごとおよび 4 日ごとに灌漑した。結果として、今回試験した中では SWA0.1g/kg 土の場合に最も含水量が多いことが分かった。土中の総微生物量は SWA 濃度の増大に伴って増加し、かつ灌漑の間隔にも影響される。例えば、SWA0.1g/kg 土と SWA0.2g/kg 土の場合、毎日灌漑する対照群では土中の総微生物(土 CFU/g)はそれぞれ 12.42×10^8 、 14.89×10^8 、および 5.951×10^8 であった。土中に SWA を入れることにより土壌呼吸が向上するため、土中の微生物数が増加を示している。なお、SWA0.1g/kg 土の場合、その増大幅は統計的に有意ではないものの、チンゲンサイの新鮮バイオマスを約 3%増大させている。

d) マレーシア(マレーシア原子力庁 マリナ・ビンティ・タリブ氏)

放射線技術を利用してサゴ廃棄物を効率よく改質し、SWA を作製した。放射線加工に先立って、サゴ廃棄物からの繊維をモノマー、水溶性ポリマーおよびアルカリ性溶液と混合した。放射線加工技術を使用したグラフト重合および架橋は、ポリマーの化学的性質および物理的性質の改質に際して魅力的な技術である。赤外分光分析(FTIR)および走査電子顕微鏡分析

(SEM)により、SWA の化学構造およびモルホロジーを確認した。FTIR により、アクリル酸がサゴ廃棄物にグラフトされていることを確認した。本来のサゴ廃棄物と比較して、SWA のサゴ廃棄物は平均的に細孔のサイズが大きく開いているため、膨潤程度が増加するという結果となった。吸着材としての改質サゴ廃棄物は、期待どおりに機能した。これは、浮遊物、色素、油、油脂を除去するパーム油粉砕廃液(POME)処理で得られた結果から分かる。

e) モンゴル(モンゴル国立大学 スフ・オドフー氏)

ガンマ線照射により CMC を使用して SWA を作製した。SWA の特性研究に関するいくつかの実験を行った。

1. 生成物の膨潤速度:最初の1時間でSWAはその質量および構造の150倍まで膨潤し、6時間水に浸漬させた後に飽和状態に達する。
2. 水分保持能力:SWAは、砂質土で水分効果を試験した。その結果、純粋な砂は水分を1週間保持したのに対し、SWAを加えた砂では15日後で約5%の水分を保持しており、20日後に完全に乾燥した。

異なるSWAの混合物を用いてトマト種子のポット試験を実施した。3種の異なるSWA(CMC、CMC 藁混合物および CMC 殻混合物)を試験した。これらは、すべて10kGyのガンマ線で照射された。

最初の発芽は、CMC、CMC 藁および CMC 殻において種を蒔いてから7日後に見られたが、対照群では9日後であった。25日後にトマト樹木の高さを測定し、葉を数えた。SWAを使用したトマト樹木の平均の高さは対照より12~70%高く、また平均葉数は対照群より108~228%多かった。

f) フィリピン(フィリピン原子力研究所 ルシル・V・アバッド氏)

ガンマ線照射により、土壌の水分保持剤として使用するキャッサバデンブレン/アクリル酸(AAc)系SWAを作製した。中和度(DN)、濃度およびアクリル酸に対するキャッサバデンブレンの比率、照射量などのパラメータを最適化したSWAのゲル分率は40~90%の範囲で変動し、また膨潤率は約6~400g水/g乾燥SWAにまで達した。SWAは、最大1,000kPaの機械的強度を示した。得られたSWAは、ポット試験において土壌中で最大20日水分を保持した。物理的・機械的特性評価では、30%のアクリル酸濃度、30%および60%の中和度および10~20kGyの照射量が、キャッサバデンブレン/AAc SWAの合成に関して好適なパラメータであった。2週間毎の補水を3ヶ月間行う土壌水分保持実験における初期の結果で最も効果的だったSWAは、30%のAAc、60%のDNおよび10kGyの条件で作製されたものである。作製したSWAの他の特徴としては、ニッケルや銅などの重金属を吸収する能力があるため、汚染された地域(例えば工業用地やごみ捨て用地)を修復し農地へと変換することができる。

続いて、SWA 実用化後の新規研究および障壁について、実用化を達成している国々より発表が行われた。

g) 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)

カザフスタンの農業におけるSWAの応用は、数多くの農場や乾燥が著しい地域で決定されている。

2013 年以来、アクリル酸、CMC および水酸化カリウムから成るポリマー混合物の架橋に、ILU-10 電子加速器による放射線加工技術を適合する研究が行われている。その結果、乾燥 SWA1g 当たり 300g を超える水分飽和性を有する材料が得られている。

2014 年には、JSC 原子力技術パークが発明特許「水吸収ポリマーの生成方法」(No.32080、2013 年 9 月 30 日付)を取得した。

2015 年には、最適な材料組成物の選定、加速器の運転条件の適正化および研究から特定の生成物への移行を目的とした研究が行われた。

主な研究開発として、有用なブレンド組成物およびアクリレート量を減らした、ポリアクリル酸系 SWA の合成が実験室規模で進められた。

安全かつ費用対効果の高い SWA 作製が目標とされ、適切な機械装置としてタブレット成形機および包装機が選択されている。エネルギー消費の観点から、乾燥工程は除外されている。

輸入ポリアクリル酸カリウムの供給業者を選択した。第 2 構成成分(CMC)の供給業者は、国内生産者である Prom Cellulosa LLP(シムケント)である。

証明サンプルを試験する研究が、JSC "The Park of Nuclear Technologies"の培養室にて実施されている。

プロジェクトチームは、作製工程で危険性のあるアクリル酸および水酸化カリウムを使用することなく、ポリアクリル酸カリウムからの SWA 作製を行っている。本手法は、操作の安全性を大幅に向上させ、かつ環境リスクを大幅に低下させることができる。

h) 日本(量子科学技術研究開発機構 田口光正氏)

がん治療における放射線線量を評価するためのゲルインジケータ/線量計を、放射線架橋技術により作製した。QST と公共機関、民間企業からなる地域コンソーシアムを形成し、実用化のためのゲルインジケータ/線量計を開発した。ゲルインジケータ/線量計における線量はフラットベットスキャナーと専用のソフトウェアにより定量的に読み取られ、2次元および3次元の線量分布が得られる。線量分布の数量データは、X線 CT や MRI などの医療診断装置に使用されている DICOM 形式へと適用可能である。

i) 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)

タイ原子力技術研究所(TINT)は、ゴム植林援助資金(ORRAF)と協働して「ゴム移植材の生存率向上のためのバイオプラスチック製ルートトレーナーおよび SWA」というプロジェクトを実施している。同プロジェクトは、タイ財務省下の予算局から3年間にわたって年間1万5,000米ドルの資金援助を受けている。TINT は、ゴム幼植物用の生分解性ルートトレーナーとともに、移植時用の SWA も供給する予定である。それ以外の部分については ORRAF が担当し、適切な圃場の探索からデータ収集までを行う。6種の処理で5組の再現性を行う完全乱塊法(RCBD)を用いて、実験を実施した。0、10g、20g、30g、40gおよび50gの量の SWA を適用した。ゴムノキの生存割合を、無処理のゴムノキのものと比較した。さらに、生存したゴムノキにおける SWA の効果を、枯れ、しおれおよび出芽の観点から調査した。収集したデータからもたらされた結果は、ゴムノキ1本当たり30gの SWA がゴムノキの生存割合を77%まで増大させることを示している。さらに、SWA は出芽を増大させ、しおれおよび枯れを減少させることによりゴムノキの生長を促進する。

TINT は、ガンマ線および電子線の農業利用と、バガス(サトウキビ搾汁後の残渣)から SWA としてのセルロースを作製するにあたっての研究に対して、タイ研究財団(TRF)およびミトポンサトウキビ研究所(Mitr Phol Sugarcane Research Center Co. Ltd.)から 15 万米ドルを受託した。本研究は、2018 年第 1 四半期の間に開始される予定である。

j) ベトナム(ベトナム原子力研究所 グエン・ゴック・ドゥイ氏)

近年、SWA の特性、配合、作製方法の向上に取り組んでいる。その目的は、SWA の価格を大幅に減少させ、極端に雨量の少ない地域や干ばつが多く起こる地域においてエンドユーザーに SWA を使用してもらうことである。放射線でアクリル酸をグラフトしたキャッサバデンプンから作製した最初の SWA は、販売価格が高くなった。デンプン系 SWA は、年平均で t 量が国内市場へと供給されている。SWA 使用のニーズを持つ市場は依然として存在してはいるが、年々増加してはいない。その原因は、販売コストの高さである。よって、より低コストの次世代 SWA の開発に向けて研究中である。デンプンを基質として使用する代わりに、また放射線グラフト加工による高含有量アクリル酸モノマーを使用する代わりに、ベントナイト粉末もしくはココナツ外皮繊維粉末に少量のアクリル酸を添加し、放射線重合加工を施した。それらの水吸収および脱吸収特性を検討したところ、これらの材料特性がデンプン系 SWA のものと同等であることが結論づけられた。これら 2 種の SWA について、土壌湿気状態の有効性に関してベンチスケールで試験した。もう 1 つの課題は克服が難しい。すなわち、水の使用量を節約しつつ SWA を用いるという新規栽培に関して、農業従事者の理解を得て新規栽培法を進めてもらうことである。現在、SWA および有用なバクテリア栽培肥料を混合し、痩せた土地を改良して窒素固定バクテリアの増殖を促進し、かつ同様に土壌の安定性を高めることに注力している。

3) 公開セミナー「アジアにおける放射線利用技術と持続的研究開発」

公開セミナー「アジアにおける放射線利用技術と持続的研究開発」における発表概要は以下のとおりである。

i) アジア諸国に対する原子力国際協力と日本の貢献(文部科学省 道川祐市氏)

文部科学省では、アジア諸国との原子力平和利用分野における国際協力を効果的に推進するため、下記の 3 事業を実施している。

a) 研究者育成事業(原子力研究交流制度)

アジア諸国の原子力研究者を日本の原子力研究機関および大学に招へいし、最長 6 ヶ月間、放射線利用技術・原子力基盤技術等に関する研修・技術実習を実施している。

b) 講師育成事業

アジア諸国から原子力講師またはその候補者を日本に招へいし、最長 8 週間、研修を実施している。研修生の帰国後にも、各自の母国で開催されるフォローアップトレーニングコースで講師としての経験を積むなど、継続的な研修を実施している。

c) 専門家交流事業

アジア諸国との国際協力の枠組みであるアジア原子力協力フォーラム(FNCA)の下、アジア諸国における放射線利用技術・原子力基盤技術等について、産業、環境、健康、安全、セキュリティなどの分野で 8 プロジェクトの活動が各国の専門家により進められている。

上記 3 事業を連携して実施することで、効果的な協力活動を推進している。

- ii) 放射線改質されたカラギーナン由来の植物生長促進剤による作物収量向上効率(フィリピン原子力研究所 ルシル・V・アバッド氏)

放射線処理による多糖類の分解では、低分子量体が生成されることが知られており、これらの放射線によって分解された多糖類には、植物生長促進剤などの種々の生理活性が生じる。

κ -カラギーナンは、親水性ポリマーであり、種々のキリンサイ属海藻の主要多糖類成分である。 κ -カラギーナンは $\alpha(1,3)$ -D-ガラクトース-4-硫酸基および $\beta(1-4)$ -3,6-アンヒドロ-D-ガラクトースが交互に結合された D-ガラクトースユニットから構成されている。 κ -カラギーナンにガンマ線を照射することにより、重量平均分子量(Mw) $<10,000$ の低分子量体が生成され、その低分子量体を葉面散布または水耕栽培で用いることにより、ペッチャイ(小松菜に似た青菜)の収量が増加する。

フィリピンにおける最近の野外実験での使用では、通常の農家による収量に対して、緑豆および落花生について各々、19~87%および 16~51%の収量増加として農業生産の向上が認められた。

フィリピンの様々な地域の総面積約 5,000ha の稲田における実験では、収量が 20~30%と劇的に増加した。また、壊死を誘発するツングロウイルスに対する耐性の増加も報告されている。さらに、著しく成長した根と屈強な茎により、稲の倒伏を防ぐことが可能になった。

現在、放射線改質されたカラギーナンの電子ビーム照射による半商業的な生産では、処理量が約 1,800L/時である。

- iii) キチン、キトサンの植物生長促進(福井工業大学 草桶秀夫氏/福井県立大学 木元久氏)

キチナーゼは、多糖類であるキチンを分解する酵素であり、病原性微生物の細胞壁を構成するキチンを低分子化することができる。植物はキチナーゼを生産することから、病原性微生物の細胞壁のキチンを低分子化し、キチンオリゴ糖が生じる。得られたキチンオリゴ糖は、植物細胞表層に発現している受容体に結合し、病害抵抗性の誘導や発根が促進され、その結果として植物の生長を促進させるのではないかと考えている。

本発表では、まず、キチンによる病害抵抗性誘導のメカニズムおよびその活性測定法について述べ、次に、キチン、脱アセチル化キチン(キトサン)、およびキチナーゼを生産する微生物を利用した植物生長促進効果の具体例について述べた。

- iv) 放射線処理による植物生長促進剤の効果的な生産および多用途への適用(ベトナム原子力研究所 グエン・ゴック・ドワイ氏)

放射線処理を適用して、キトサン、アルギン酸塩、 β -グルカン、カラギーナンなどの天然多糖類を分解し、これらを農業分野において植物生長促進剤として使用することは、例えば、(1) 室温で実施可能なこと、(2) 処理の制御が容易なこと、(3) 大規模に生産されることおよび(4) 環境に優しい処理方法であることなどの理由により効率的で便利な方法であると考えられている。放射線処理によるオリゴ糖の大規模生産について、概要を簡潔に述べる。アルギン酸、キトサン、カラギーナン、 β -グルカンなどの低分子量体であるオリゴ糖を米、唐辛子、大豆などの植物生長促進剤として応用した例を示す。生産性促進効果に加え、オリゴ糖を処理することによって、ターメリックに含まれるクルクミン、大豆種子に含まれるイソフラボン、クソニンジンに含まれるアルテミニンなどの生物活性物質の含有量も際立って増加した。さらに、オリゴ糖を水産養殖お

よび畜産農業での免疫刺激剤および成長促進剤としても応用した。持続可能な農業および水産養殖のために、免疫刺激剤および成長促進剤としてオリゴ糖を利用することは、効果的な経済的恩恵が認められていることもあり、さらなる展開が期待される。

v) 放射線加工技術による超吸水材の砂質土壌への適用(鳥取大学 井上光弘氏)

世界人口の増加に伴うグローバルな食糧不足は深刻であり、特に乾燥地域における砂質土壌での農作物生産では水資源の確保が急務であるため、適切な土壌・水管理に基づく栽培技術がキーポイントである。少量頻繁灌漑の導入、保水容量を高める土壌改良材の投入、土壌面蒸発を軽減する土壌表面へのマルチング施用は、利用可能で効果的な節水技術である。

本研究では、土壌改良材として、紙おむつに使用される高吸水性ポリマー(SAP)、あるいは、放射線加工技術によって開発された SWA を鳥取砂丘砂に適用し、吸水と乾燥の繰り返しにおける、異なる塩分濃度での吸水能力と保水能力をティーパック法で検討した。その結果、土壌改良材による節水効果は認められたが、時間経過に伴う保水性低下による持続性の問題と塩分濃度による影響が指摘された。トマトハウス栽培への土壌改良材の適用は収量を増加させた。砂質農地への土壌改良材の持続性は、表層における混合深さ、根群域下層への埋設などの土壌改良材の施用方法に依存した。また、今後の農業への経済的な普及について考察した。

vi) 水稲用バチルスバイオ肥料「キクイチ」の特性について(東京農工大学 横山正氏)

Bacillus pumillus TUAT1 株芽胞をケイ酸質のキャリアに封入し、常温で長期保管ができるバイオ肥料「商品名:キクイチ」を開発した。バイオ肥料を水稲播種時に施用すると、苗の発根が促進され、田植え後も根張りが良くなり、土壌の窒素養分を効率的に吸収する。この作用により有効分けつが増加し、玄米換算で 10~20%増収し、また、窒素施肥量を 30%減肥した場合でも減肥前と同等の玄米収量が得られる。本技術により、従来は実現が難しかった生産性を損わずに環境負荷を減らせる水稲栽培が可能になった。

vii) フィリピンにおけるバイオ肥料の動向(フィリピン大学ロスバニョス校 ジュリエット・アナルナ氏)

バイオ肥料または微生物資材は、有用微生物の優良菌株を含有した製品である。これらの生物肥料は潜在能力が高く、作物生産において重要な役割を果たす可能性を有している。それは、収量増のための肥料や環境へのダメージを軽減するための土壌改良材としての使用、さらに、農家に費用対効果の高い生産コストの低減と農作物への新たな生理学的効果の付与をもたらすことができる。

根粒菌、アズスピリラム菌、菌根菌およびリン溶解菌は、バイオ肥料および作物の栄養要求を満たす代替資材として使用される微生物の例である。

フィリピンにおいて、バイオ肥料の供給源はフィリピン国内の生産者(政府および民間企業)ならびに国際市場である。フィリピン大学ロスバニョス校分子生物学研究所は、バイオ肥料に関する集中的な研究開発を行った。本研究所では、アズスピリラム菌、菌根菌、根粒菌、植物生長促進根圏細菌およびトリコデルマ菌から広範にわたる微生物資材の製品を製造した。

バイオ肥料に関して実施された多くの調査および研究により、バイオ肥料に市場性があり、フィリピン国内の多くの農家でバイオ肥料が受容されていることが示されている。また、研究機関、民間人および民間企業による積極的な関与は、バイオ肥料産業の成長に有利に働いている。

開発されたバイオ肥料製品のほとんどが、現在のところ市販されている。フィリピン政府および民間企業により、技術移転が行われた。

viii) インドネシアにおけるバイオ(有機)肥料の開発(ボゴール農科大学 イスワンディー・アナス氏)

集約農業では、窒素(N)、リン酸(P)およびカリウム(K)から成る化学肥料ならびに化学農薬のみが使用されるのが慣例であり、インドネシアにおいて農地土壌が被害を受け、深刻な環境汚染が引き起こされていることが報告されている。これらの問題を解決するためインドネシア農業省は、有機肥料およびバイオ肥料の使用促進など多種多様なプログラムを立ち上げ、商業用の有機肥料、バイオ肥料、バイオ・有機肥料および土壌改良材の品質を管理するための規則を発布し、必要な機器などを提供することにより農家団体が有機肥料を生産することを支援してきた。

2010年～2015年およびその後の2015年～2019年の期間においてインドネシア農業省は、これらのプログラムにおける支援強化により、有機肥料、バイオ肥料、バイオ・有機肥料の使用を奨励するとともに、N、P および K から成る化学肥料の施用量を減少させてきた。イネ、トウモロコシ、ダイズ、タマネギ、トウガラシ、サトウキビ、ジャガイモと言った、いくつかの重要作物に最適なバイオ肥料およびバイオ・有機肥料が選定されている。

一方、大学および研究機関はインドネシア原子力庁と協力して、⁶⁰Co(コバルト)のガンマ線を利用したバイオ肥料の担体の放射線滅菌により、バイオ肥料およびバイオ・有機肥料の品質が向上することを示した。農家がバイオ肥料およびバイオ・有機肥料を使用することは、N、P および K から成る化学肥料の施用量削減に大きな影響を及ぼす。近年では、ガンマ線照射の利用による微生物資材の品質の向上も報告されている。

4) ワークショップのまとめ

バイオ肥料とオリゴキトサン PGP の相乗効果は、バングラデシュ、中国、インドネシア、日本、マレーシア、モンゴル、フィリピンおよびタイから報告された。イネに関する相乗効果は、バングラデシュおよびタイにおいて確認され、その他の国ではバイオ肥料と PGP の併用について植物の生長に有効性が見られた。バングラデシュでは、イネの小規模圃場試験において穀粒収量が 12% 増加したことが確認された。PGP とバイオ肥料(アズスピリラム)の併用効果は、個々による効果 (PGP:4.5%、バイオ肥料:3.7%)の合計よりも大きい。タイにおいては、イネのポット試験で化学肥料を 75%まで減少させた際に相乗効果が認められた。イネは経済効果の高い植物であり、得られる相乗効果が各国における社会経済的利益に繋がることが期待される。

表 2. バイオ肥料と植物生長促進剤における相乗効果試験結果のまとめ

各国	試験内容	試験結果
バングラデシュ	1) イネ、半圃場試験、植物生長促進根圏細菌 (PGPR) (アズスピリラム) 2) ダイズ、ポット、根粒菌	1) イネ収量に相乗効果有り 2) 有効
中国	1) モロコシ、ポット、PGPR (バチルス)	1) 有効

インドネシア	1) トウガラシ、圃場、バイオ有機肥料 (アゾトバクター+シュードモナス+トリコデルマ)	1) 有効
日本	1) トマト、ポットおよび圃場、ライブコート (シュードモナス・フルオレッセンス)	1) トマト青枯れ病への抑制に相乗効果有り
カザフスタン	未試験	
マレーシア	1) トウガラシ、ポット、PGPR (リン溶解菌、クレブシエラ+エンテロバクター) 2) オクラ、ポット、PGPR (リン溶解菌、クレブシエラ+エンテロバクター)	1) 不明確 2) 不明確
モンゴル	1) トマト、ポット、PGPR (アゾアルカス+アゾスピリラム+アゾトバクター) 2) キュウリ、圃場、PGPR (アゾアルカス+アゾスピリラム+アゾトバクター) 3) コムギ、圃場、PGPR (アゾアルカス+アゾスピリラム+アゾトバクター)	1) 有効 2) 不明確 3) 有効
フィリピン	1) イネ、圃場、BioN (アゾスピリラム) 2) トウモロコシ、圃場、BioN (アゾスピリラム) 3) イネ、圃場、BioN (アゾスピリラム)	1) 有効 2) 有効 3) 不明確
タイ	1) イネ、圃場試験(2箇所)、PGPR (アゾスピリラム+バークホルデリア) 2) イネ、圃場、PGPR (アゾスピリラム+バークホルデリア)	1) イネ収量の増加に相乗効果有り 2) 不明確
ベトナム	情報未取得	

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:2017年10月24日(火)~10月26日(木)
- ii) 場所:オーストラリア、シドニー
- 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5名、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、モンゴル、フィリピン、タイより各1名、日本4名、合計17名、(添付資料2.3.2(p165)参照)
- v) 日程:添付資料2.3.3(p167)参照

本ワークショップは、2017年10月24日~10月26日の3日間、オーストラリアのシドニーにおいて開催された。

初日には、オーストラリア原子力科学技術機構(ANSTO)政府・国際関係セクションマネージャーのステーブ・マッキントッシュ氏と、ANSTO 環境研究リーダーのヘンク・ヘイニス氏により、開会と歓迎の挨拶が行われた。

各国参加者は自己紹介を行い、それに続いて気候変動研究に対する各国の貢献の可能性と、すでに実施されている研究の内容について報告した。

2日目に、ANSTO のモニカ・マルコウスカ氏より「気候研究における石筍の利用」について、クアン・ファ氏より「環境と気候に関する研究における放射性炭素」について発表が行われた。続いてANSTO のデビッド・フィンク氏より、「気候と地形に関する研究における宇宙線生成同位体」に関する発表が行われた。

その後、今後の活動に関する議論が行われ、以下のテーマを扱うこととなった。

1. 気候アーカイブ:湖沼、マングローブ、珊瑚、石筍、樹木の年輪、巨大カキ
2. 炭素貯蔵:陸域土壌と沿岸システム(ブルーカーボン)における貯蔵

2日目の午後には、ANSTO におけるテクニカルビジットが実施された。参加者はまず加速器科学センターを訪問し、ANSTO のマイク・ホチキス氏とトシ・フジオカ氏より1MV、6MV、10MVの粒子加速器について説明を受けた。本プロジェクトにおいては、加速器質量分析システムの利用が見込まれる。その後、試料の処理を行うための施設に移動し、フジオカ氏より宇宙線生成同位体の加速器質量分析の準備作業について説明を受けた。続いて環境放射線測定センターを訪れ、ITRAX 堆積物コアスキャンニング施設を見学した。この施設は、堆積物、珊瑚、石筍、氷床コア、木の年輪、鳥の羽、魚類、食肉、その他の食品試料の分析に使用される。この技術を用いることにより、微量元素データから高解像度の気候アーカイブを取得することが可能である。

続いてANSTO のマット・フィッシャー氏により、現在ANSTO と中国が共同で研究している北部オーストラリアのモンスーン現象に関する発表が行われた。フィッシャー氏は、オーストラリアのノーザンテリトリーにおける石筍の研究が、どのようにFNCA プロジェクトに貢献し得るかについて述べた。

最後に参加者は低バックグラウンドガンマ線測定施設を訪れ、ヘイニス氏より環境放射線を低減するため注意深く建材を選んでこの施設が建設された旨説明を受けた。この取り組みによ

り、自然起源のバックグラウンド放射線の作用を 25~30%削減し、また高精度かつ高純度なゲルマニウム検出システムを実現した。

3 日目、ワークショップの議事録案が提示された。また各国参加者は、FNCA で定められた活動フェーズである 2017 年 3 月から 2020 年 3 月の期間の作業計画を作成、発表した。参加者は帰国後も作業計画を改定し、2017 年 11 月 15 日までにヘイニス氏に提出することとなった。

続いて、インドネシア原子力庁(BATAN)のアリ・アルマン・ルビス氏により、2018 年度ワークショップの開催地となるインドネシア中部ジャワ州スマラン市のディポネゴロ大学が紹介された。大学は、中部ジャワ州の北岸にあるスマラン市の郊外に位置しており、ワークショップでは沿岸および内陸部湖沼への訪問を予定している。ワークショップは BATAN とディポネゴロ大学の共同開催となる。

最後にヘイニス氏は、FNCA 関係者、ANSTO の国際チームおよびその他の協力者に対し謝意を表するとともにワークショップを正式に閉会した。

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)

オーストラリア南部の気候システム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、太平洋十年規模震動との関わりを解明するため、放射年代測定や花粉分析等により湖沼堆積物を調査している。また 20 世紀の間に 6 回洪水が発生したオーストラリアノーザンテリトリーのキャサリン地域において、洪水の頻度や気候変動の影響を探るため、ウラン系列年代測定や安定同位体を利用し洞窟生成物の分析を行っている。

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

バングラデシュでは、711km に及ぶ海岸地帯に 3,500 万人もの人々が居住しているため、気候変動による影響を大きく受ける国の 1 つである。沿岸地域の環境科学研究の一環として、シュンドルボンのマングローブ群生地帯で堆積物を採取し、元素濃度の比較、汚染負荷量の調査、環境リスクの評価を実施した。バングラデシュは誘導結合プラズマ質量分析計(ICP-MS)、エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置(ED-XRF)、原子吸光光度計(AAS)などを所有している。これらを用いて沿岸・湖沼堆積物や珊瑚の元素分析、粒度分析を行うことを検討している。しかしながら、同位体分析や年代特定の技術が乏しいので、本プロジェクトによる支援を期待している。

iii) 中国(東華理工大学 リウ・ピンファイ氏)

温暖化による影響は、中国でも耕作地の減少、海岸浸食、異常気象、水不足といった形で現れている。気候変動に関する研究として、氷柱や年輪の年代測定、チベット高原の堆積物分析による古気候変遷の研究、黄土の分析によるモンスーンの研究などを実施している。気候変動への適応政策をさらに進めるためには、研究開発に資金を注ぐことなどが必要であると考える。

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)

インドネシアは 1 万 7,504 もの島々で構成され、豊かな海の生態系に恵まれているが、同時に気候変動がもたらす海面上昇や海洋酸性化などによる影響が大きい。気候変動に関連する研究として、インドネシアは珊瑚礁とマングローブ地帯の堆積物の調査を行っている。前者においては、X 線ラジオグラフィにより珊瑚の年輪を調査し、また珊瑚に蓄積した ^{18}O 、Sr(ストロンチ

ウム)および Ca(カルシウム)の安定同位体分析により、海面水温と海の塩分濃度を測定している。またマングローブ群生地の堆積物に含まれる ^{210}Pb (鉛)を測定し、堆積物の中の炭素貯蔵量について調査している。

v) 日本(日本原子力研究開発機構 永井晴康氏)

陸域生態系の中で、土壌には土壌有機炭素(SOC)として最も多くの炭素が貯蔵されている。土壌中の炭素は、光合成によって新たに蓄積される炭素の量と均衡を保ちつつ、微生物分解により排出される。また SOC の排出量は、気温の上昇に伴う微生物分解の促進により増加するため、地球温暖化に影響を与える。SOC の分解性を定量的に計測すれば、将来的な温暖化の傾向を予測することが可能である。日本は放射性炭素(^{14}C)を利用し、土壌有機炭素の滞留時間(分解性の指標)を考察した。日本の各地において、表層 20cm までの土壌を採取し、土壌コアを深度間隔に応じて分画した上で、植物の破片を除去し、化学的処理を施した後、加速器質量分析により ^{14}C の分析を行った。その結果、落葉枝と植物の破片に含まれる $\Delta^{14}\text{C}$ の値は大気中の二酸化炭素(CO_2)の $\Delta^{14}\text{C}$ の値よりも若干高いこと、化学的安定性がありより深いところにある SOC ほど滞留時間が長いことなどが分かった。

vi) カザフスタン(カザフスタン国立原子力センター アサン・アイダルハノフ氏)

カザフスタンのセミパラチンスク核実験場跡には、核実験によって残された帯水層が数多くあるため、水中の放射性核種、化学組成、汚染のメカニズムを調査するために同位体水文学の手法を用いている。「原子の湖(Atomic Lake)」と呼ばれるセミパラチンスク核実験場跡付近のチャガン湖の水を採取し、水素と酸素の安定同位体比の調査を行ったところ、従来の知見とは異なりチャガン湖に地表水は流れ込んでいないことが判明した。またクルチャトフで大気降水(雨と雪)を 2 年間採取し、水素と酸素の安定同位体分析を行ったところ、地域的な大気降水の同位体の組成が天水線とは異なることが分かった。

vii) マレーシア(マレーシアプトラ大学 ファティマ・MD・ユソフ氏)

マレーシアの沿岸地域には、マングローブ、珊瑚礁、干潟など、豊かな生態系が存在し、養殖・水産加工業により社会経済的発展に大いに寄与している。しかし、気候変動による極端な天気の頻出、海面上昇、青粉の発生などはこれらに悪影響を与えている。気候変動の影響は、技術革新、投資、研究開発、能力構築により低減することができる。マレーシアはパハン川とその支流において気候変動の影響を調査するため、洪水・干ばつの傾向、水中食物連鎖、生物の生息環境の評価を行うことを検討している。

viii) モンゴル(モンゴル原子力委員会 チャドラーバル・マヴァグ氏)

モンゴル国内に設置した 48 の気象観測点によると、この 70 年で国内の平均気温が 2.07°C 上昇していることが分かった。モンゴル議会は 2016 年 2 月、「持続可能な開発コンセプト」を承認し、その中で 2030 年までにすべてのエネルギー量に占める再生可能エネルギー量を 30% までに引き上げるという目標を掲げている。気候変動に関する研究として今後の実施する可能性があるのは、安定同位体分析によるアルタイ山脈の氷河の研究、水資源の管理のための同位体水文学研究などである。

ix) 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)

東京電力福島第一原子力発電所事故による海洋への放射線影響を調査するため、海水の ^{137}Cs (セシウム)および ^{134}CS の測定、また珊瑚の中の ^{127}I (ヨウ素)および ^{129}I を測定した。前者

に関しては、2011年から2015年の間に、目立った変化は認められなかった。後者に関しては3ヶ所で珊瑚を採取し、 ^{127}I に対しては誘導結合プラズマ質量分析計、 ^{129}I については加速器質量分析装置を用いて測定を行い、結果は現在分析中である。海洋堆積物や土壌・河川堆積物の中の ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 、 ^{14}C について蛍光 X 線分析等を測定し、フィリピンにおける環境変化に対する評価に生かしている。またグリーンランドの氷柱に、1956年から2015年の間に蓄積した ^{129}I を分析し、旧ソ連による核実験が実施された1959年、1962年、1963年のいずれも冬に突出した値を出していることが認められた。トリチウムについても同様の分析を行ったところ、1959年の春と1963年の夏に最も多く蓄積していることが分かった。氷柱の分析は北海道大学との協力の下で実施した。

x) タイ(タイ原子力技術研究所 サシファン・カウエラット氏)

河川堆積物、木の年輪、泥炭、洞窟生成物、珊瑚などは、過去の環境や気候の変化を記録しており、将来的な気候変動の予測にも有効であるが、タイは ^{14}C 年代測定や安定同位体分析の経験が乏しい。タイ原子力技術研究所(TINT)は、2017年10月に ^{14}C 年代測定を行うためにベンゼン合成システムを導入した。タイは今後、誘導結合プラズマ質量分析計(ICP-MS)や蛍光 X 線分析装置(XRF)も併用し、カキの殻、洞窟生成物、堆積物、木の年輪などの分析を行う。試料の前処理や分析、データ解析にあたってはチュラロンコン大学に支援を求める。また本プロジェクトへの参加により、放射年代測定技術に関する地域協力が促進されることを期待する。

3) ワークショップのまとめ

- i) 各国で行われている気候変動関連の研究活動について報告が行われ、情報を集約した結果、今後本プロジェクトでは気候アーカイブ(湖沼、マングローブ、珊瑚、石筍、樹木の年輪、巨大カキ)と炭素貯蔵に関する研究を進めていくこととなった。
- ii) ANSTO の加速器科学センター、環境放射線測定センター、低バックグラウンドガンマ線測定施設を訪れたことにより、環境分野における放射線技術の適用について理解が深まった。
- iii) 2018年度のワークショップはインドネシアにおいて開催されることとなった。

2.2 放射線利用開発分野(健康利用)

2.2.1 放射線治療プロジェクト

1) ワークショップ開催概要

- i) 期日:2017年10月25日(水)~10月28日(土)
- ii) 場所:フィリピン、マニラ
- iii) 主催:日本文部科学省(MEXT)、フィリピン原子力研究所(PNRI)、ホセ・R・レイエス記念医療センター(JRRMMC)
- iv) 参加者:バングラデシュ、カザフスタンより1名、中国、インドネシア、韓国、マレーシア、モンゴル、タイ、フィリピンより各2名、日本13名、合計32名(添付資料2.4.2(p176)参照)
- v) 日程:添付資料2.4.3(p180)参照

本ワークショップは、2017年10月25日~10月28日の4日間、フィリピンのマニラにおいて開催された。

初日の開会セッションでは、フィリピンのプロジェクトリーダー(PL)であるホセ・R・レイエス記念医療センター(JRRMMC)および聖ルークス医療センターのミアム・ジョイ・カラガス氏より開会の挨拶が述べられ、本プロジェクトの概要と歴史が紹介された。日本コーディネーターである和田智明氏とフィリピンのコーディネーターであるソレダット・S・カスタンニューダ氏より歓迎の挨拶がなされた。また、フィリピン原子力研究所(PNRI)所長のカルロ・A・アルシラ氏より本プロジェクト活動に対する期待が述べられた。次に、日本のPLである埼玉医科大学の加藤真吾氏より挨拶と本プロジェクト活動成果について発表がなされた。また、文部科学省(MEXT)研究開発局研究開発戦略官(核融合・原子力国際協力担当)付核不拡散科学技術推進室室長補佐の道川祐市氏より、同省が実施する原子力分野の人材育成プログラムについて紹介された。最後に、フィリピン放射線治療学会長のデニス・V・ドロマル氏より「フィリピンの放射線治療の概要」と題した特別講演が行われた。

その後のセッションでは、局所進行子宮頸がんに対する拡大照射野による化学放射線療法の第II相試験(CERVIX-IV)について各国より発表があり、質疑応答が行われた。続いて、CERVIX-IVに続く子宮頸がんに対する新たな治療手順(プロトコール)CERVIX-Vについて、臨床試験開始に向けた各国での準備状況が発表された。CERVIX-Vで3D-IGBTを扱うことに伴い、放射線治療における品質保証/品質管理(QA/QC)のセッションでは、各国治療施設における小線源治療の現状調査の概要が発表された。また、フィリピンにおける3D-IGBTの現状も紹介された。

2日目には、上咽頭がんに対する化学放射線療法の第II相試験(NPC-III)について各国より発表があり、質疑応答が行われた。続いて、乳がんに対する寡分割放射線療法の第II相試験(BREAST-I)について各国より発表と議論が行われた。また、今後の活動計画について話し合わせ、ワークショップの総括として議事録案が作成された。

3日目には、聖フランシス・カブリーニ医療センターおよび聖ルークス医療センターへのテクニカルビジットが行われた。

最終日には、ワークショップの一環として、JRRMMCの放射線治療科の大学院課程と連携し、「放射線治療の国際的な課題」と題した公開レクチャーが開催された。

2) 公開レクチャー

4 日目に公開レクチャーを開催し、JRRMMC を中心とした大学院生やレジデント、医師、看護師等の参加者、またワークショップ参加者を含む約 120 名の関係者が参加した。

JRRMMC 医療専門家チーフのエリサ・B・ヴァルデス氏およびカラガス氏よりそれぞれ挨拶が述べられた。最初の講演として、和田氏が FNCA の概要とプロジェクトの紹介を行った。次に、ホーチミンがん病院のダン・ファイ・クオック・ティン氏より、同院における上咽頭プロトコールの変遷と結果を紹介した。続いて、東京女子医科大学の唐澤久美子氏が乳がん治療における寡分割放射線療法について、また群馬大学の大野達也氏が子宮頸がん治療における画像誘導小線源治療(IGBT)の役割について、それぞれ発表した。その後、パネルディスカッションが行われ、子宮頸がん症例の治療法について議論された。JRRMMC のレイ・H・デ・ロス・レイエス氏および加藤氏が司会進行を、自治医科大学の若月優氏とタイのマヒドール大学のクラトーン・セファモンコル氏がパネリストを務めた。最後に、群馬大学の中野隆史氏より「今日のアジアにおける放射線治療の先端技術」と題した講演が行われた。

3) 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拡大照射野による同時併用化学放射線療法の第 II 相試験 (CERVIX-IV)

CERVIX-IV は、抗がん剤による化学療法を行いながら、同時に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い、骨盤腔リンパ節への転移がみられる局所進行子宮頸がんに対する予防的放射線治療の有用性を確認するものである。2009 年 1 月に当初のプロトコールを改良し、治療を開始してから 2~4 週間後に予防照射を開始するように変更することで安全性の向上を図った。

日本より、CERVIX-IV 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患者登録数が計 106 人であり、そのうち分析に適すると判断されたのは 94 人であることが報告された。本ワークショップ時点での CERVIX-IV の臨床データが各国より発表された(バングラデシュ 32 人、中国 8 人、インドネシア 9 人、日本 20 人、カザフスタン 1 人、韓国 7 人、マレーシア 5 人、モンゴル 8 人、フィリピン 4 人、タイ 4 人、ベトナム 8 人、計 106 人)。評価可能な 94 人中、50 人の病期はステージ IIB(以下表 1 参照)であり、44 人は IIIB であった。いずれの患者も CT または超音波で評価したところ、骨盤内リンパ節(PLN)への転移は陽性、傍大動脈リンパ節(PALN)への転移は陰性であった。また、遠隔転移があった患者数は減少していた。A 点平均線量³は 81.9Gy であった。化学療法を 4 サイクル以上実施したのは 76 人(81%)であった。グレード 3⁴の白血球現象は 19 人(20%)に、グレード 4 の好中球減少は 1 人に発生した。晩期有害事象については、グレード 3 の小腸障害が 2 人に観察された。また、治療後 2 年以上経過観察された症例は 97%であった。2 年および 5 年ごとの局所制御率は 96%および 91%、無増悪生存率(PFS)⁵では 77%および 65%、5 年全生存率は 91%および 77%であった。

³ A 点線量:従来の腔内照射における病巣の線量基準点(A 点)は原発巣の治療効果を表す線量のこと。

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 は重症または医学的に重大であるが、直ちに生命を脅かすものではないとされている。

⁵ 無増悪生存(PFS):治療中(後)に、がんの進行が見られない状態で患者が生存している期間の長さ。

本臨床試験は目標症例数の 100 例を達成しているため、症例登録はストップして追跡調査による解析を行っている。現時点での治療成績は、同疾患を対象とした 1 つ前のプロトコール CERVIX-III よりも良好である。治療後の患者の追跡調査では、CTを必要とすることが確認された。本年度時点の中途解析では、ステージ IIB とステージ IIIB の間で全生存期間には差が見られなかった。傍大動脈リンパ節の予防照射の結果は良好であり、毒性を強めることなく良好な結果をもたらしている。最終的な解析のために、さらなる経過観察を行っていくこととされた。

表 1 子宮頸がんのステージ(進行期)分類

0 期	がんの子宮頸部の上皮内にとどまっている状態
IA 期	粘膜の下の膜(基底膜)を超えているが、深さは 5mm 以内、広がり 7mm を超えない。
IB 期	子宮頸部にとどまっているが、浸潤が深くなっている。転移の可能性も出てくる。
IIA 期	子宮頸部を越えて、膣の下 3 分の 1 を超えていない。
IIB 期	子宮を支える子宮傍組織まで広がっているが、骨盤壁には届いていない。
IIIA 期	膣の下 3 分の 1 まで広がるが、骨盤壁には達していない。
IIIB 期	骨盤壁にまで達しており、子宮傍組織まで広がっている。
IVA 期	子宮に隣接した膀胱や直腸にまで広がっている。
IVB 期	骨盤を越えて肺や肝臓等の遠くの臓器への転移が見られる。

ii) 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⁶(CERVIX-V)

CERVIX-IV の臨床試験終了に伴う新たな子宮頸がんに対するプロトコールとして、「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)」の前向き観察研究が実施されている。

画像誘導小線源治療(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(アプリータ)を腔内に入れた状態で CT や MRI で撮影することにより、アプリータと腫瘍、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ー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。日本での承認を皮切りに各国治療施設においてもプロトコール承認手続きを行っており、それぞれの準備状況、当面の課題、またプロトコール実施にあたっての課題について以下のとおり発表された。

バングラデシュ: 参加予定の 2 施設のうち 1 施設ですでに IRB より承認済み。実地研修および追跡調査の QC が必要とされる。

中国: IRB への提出書類を作成中。

インドネシア: 参加予定の 2 施設のうち、1 施設で IRB 承認済み。もう 1 施設では IRB の承認待ち。

⁶ 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。

カザフスタン:	1 施設で IRB より承認済み。1 人の患者登録がある。
韓国:	IRB への提出書類を英語(原文)から韓国語に翻訳中である。CERVIX-V は、既存の臨床試験と競合することが懸念される。
マレーシア:	1 施設で IRB より承認済み。
モンゴル:	現段階では 3D-IGBT の実施は難しく、導入準備を進めている。
フィリピン:	IRB へ申請書類を提出済み。書類修正を行い、現在承認待ち。
タイ:	IRB への提出書類を英語(原文)からタイ語に翻訳中。
ベトナム:	IRB への提出を準備中。

臨床試験開始に向け、参加各国に対し引き続き準備を進めるよう促された。

討議では、全骨盤照射に強度変調放射線治療(IMRT)を使用することが承認された。また、アジュバント⁷もしくはネオアジュバント化学療法⁸や、シスプラチン以外の同時併用化学療法は認められないことが再確認され、すべての腔内照射の際には必ず 3D-IGBT を行うことが重要であると強調された。

iii) 3D-IGBT における品質保証/品質管理(QA/QC)

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、線量監査の実施を予定している。

日本より、線量監査の具体的な内容や計画について紹介された。各国施設で使用されている様々なアプリータ形状に対応可能な水ファントム⁹を用いて監査が行われる予定である。本年度中に水ファントムが製作され QST における基礎データ収集内容に問題がなければ、2018 年度よりフィジビリティの線量監査を国内外の施設で実施する予定である。

次に、聖ルークス医療センターのジュリアス・セザール・ロハレス氏より、本国における小線源治療システムの導入状況や実際の IGBT の症例について発表が行われた。

最後に、日本より本プロジェクトが実施する多国間臨床施設研究の臨床データをウェブから登録できるよう、データベースを構築したことが報告された。構築直後のため多少の問題があるものの、データベースは運用可能な状態であり各国の積極的なアクセスおよび登録が推奨された。

iv) 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ルである。化学療法を同時併用治療の前に行

⁷ アジュバント化学療法: 術後化学療法。ここでは治療効果を高めるために放射線治療終了後に行う化学療法。

⁸ ネオアジュバント化学療法: 術前化学療法。ここでは放射線治療前に行う導入化学療法のこと。

⁹ 水ファントム: 患者を水と想定して放射線計測に用いられることを想定した水槽のことで、水槽内でアプリータと線量計を入れて放射線計測を行う。

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アジュバント化学療法)との違いである。日本より、NPC-III の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ールへ登録されていた患者 108 人分の臨床データが分析されたことが報告された。また、NPC-III の本ワークショップ時点での臨床データが各国より発表された(患者数は、バングラデシュ 1 人、中国 8 人、インドネシア 12 人、日本 0 人、カザフスタン 0 人、韓国 0 人、マレーシア 25 人、フィリピン 7 人、ベトナム 55 人、計 108 人)。

全治療期間の中央値は 55 日であった。29%の患者において放射線治療を 15 日以上中断したものの、その原因は主に機械の故障、治療計画の立て直しおよび有害事象によるものだった。ネオアジュバント化学療法施行期間において、グレード 3 もしくは 4 の血液毒性が 16%の患者に生じ、非血液学的毒性が 22%の患者に生じた。化学療法と放射線療法を同時に行った期間では、グレード 3 もしくは 4 の血液毒性が 25%の患者に生じ、非血液学的毒性が 34%の患者に生じた。グレード 3 の晩期有害事象が 10%の患者に見られ、その内容は主に唾液分泌障害と皮下組織障害だった。

3 年の全生存率および局所領域再発率は、それぞれ 73%および 22%だった。無遠隔転移率(DMF)は 78%、無増悪生存率(PFS)¹⁰は 70%だった。これらの結果を、同疾患を対象とした臨床試験の NPC-I(2011 年終了)の結果と比較すると、DMF 率と全生存率は向上し局所制御率の低下が見られたが、いずれも統計学的な有意差は認められなかった。17%の患者に遠隔転移として再発があったものの、NPC-I 実施時の 28%と比べると低い値であった。

現在までのところ患者の 108 人が登録され、目標数の 120 人にほぼ到達したため、さらに 1 年登録を継続することが決定された。

v) 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が報告され、本ワークショップ時点で本プロトコールへ登録されていた患者数は 171 人であることが報告された。また、BREAST-I/PMRT の臨床データが各国より発表された。各国別患者数は、バングラデシュ 77 人、中国 13 人、インドネシア 2 人、日本 8 人、カザフスタン 36 人、韓国 0 人、マレーシア 0 人、モンゴル 25 人、フィリピン 10 人、タイ 0 人およびベトナム 0 人であった。

日本より登録症例全体についてのまとめが報告された。

¹⁰ 無増悪生存率(PFS):治療中(後)、がんの進行が見られない状態で患者が生存している期間の長さ。

グレード 2 以上の急性有害事象が皮膚に現れた患者が 1%おり、晩期有害事象ではグレード 2 以上の症例はどの患者にも見られなかった。これまでの経過観察では、局所再発が 5 症例、遠隔転移が 13 例、乳がんによる死亡が 8 例確認されている。

2013 年 2 月の研究開始から 56 ヶ月で目標 200 例中 171 例が登録されたが、当初予定していた 4 年間では症例集積が完了していないため、集積期間を延長することが合意された。

これまでの結果を見ると、**BREAST-I/PMRT** は従来法と同様に有用で安全であると思われたが、さらに多くの症例登録と経過観察が必要と考えられ、さらなる症例登録が要望された。また、一部の登録データに関して内容の不足および間違っただけの記入がなされているため、共同研究者全員にデータを再確認することが求められた。

vi) 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/BCT**)

BREAST-I/BCT 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/BCT** のレビューと臨床データのまとめが報告され、本ワークショップ時点で本プロトコールへ登録されていた患者数は 234 人であり、対象となる乳病巣の数は 235(両胸に病巣がある患者が 1 人いるため、症例数としては 235 症例)であることが報告された。また、**BREAST-I/BCT** の臨床データが各国より発表された。バングラデシュ 31 人、中国 6 人、インドネシア 16 人、日本 138 人、カザフスタン 14 人、韓国 10 人、マレーシア 0 人、モンゴル 3 人、フィリピン 0 人、タイ 16 人、ベトナム 0 人であった。

日本より登録症例全体についてのまとめが報告された。急性有害事象が皮膚に表れた患者がグレード 2 で 9%、またグレード 3 でも 2%見られた。晩期有害事象については、皮膚および皮下組織へグレード 2 の症状が現れた患者がそれぞれ 1%ずつおり、肺に症状が現れた患者は 0%だった。現在までの経過観察で、局所再発が 1 例、遠隔転移が 3 例、乳がんによる死亡 1 例が報告された。

2013 年 2 月の研究開始から 56 ヶ月で目標 200 人を超える 234 人が登録され、当初予定した 4 年間で症例集積が完了したため、本年度をもって登録を終了とすることが決定された。これまでの結果を見ると、**BREAST-I/BCT** は従来法と同様に有用で安全であると考えられる。今後、全症例のデータを再度確認し、急性期の安全性について論文発表を行う予定である。その後さらに経過観察を行い、最終的な結果を解析することが確認された。

vii) 将来計画について

2018 年度のワークショップは、バングラデシュを開催候補国とした。また、FNCA ワークショップの開催期間中に、**3D-IGBT** の実地研修が提案され合意された。本研修コースは、放射線腫瘍科医、医学物理士およびワークショップ主催国が実施を担当することとされた。

2.3 研究炉利用開発分野

2.3.1 研究炉利用プロジェクト

1) ワークショップ開催概要

- i) 期日:2017年11月21日(火)~11月23日(木)
- ii) 場所:インドネシア、スルボン
- iii) 主催:日本文部科学省(MEXT)、インドネシア原子力庁(BATAN)
- iv) 参加者:カザフスタンより1名、オーストラリア、バングラデシュ、中国、インドネシア、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7名、合計26名(添付資料2.5.2(p194)参照)
- v) 日程:添付資料2.5.3(p197)参照

本ワークショップは、2017年11月21日~11月23日の3日間、インドネシアのスルボンにおいて開催された。

初日に「原子力技術利用」に関する公開セミナーが開催された。インドネシア原子力庁(BATAN)長官のジャロット・スリスティオ・ウィスヌブロト氏からの開会挨拶および日本コーディネーターである和田智明氏からの歓迎挨拶に続いて、インドネシア、日本、フランス、オーストラリアからの8名による基調講演があった。

2日目前半の全体セッションでは、インドネシアコーディネーターであるヘンディグ・ウィナルノ氏および日本アドバイザーである南波秀樹氏からそれぞれ開会の挨拶があり、続いて、日本のプロジェクトリーダー(PL)である京都大学の大槻勤氏および首都大学東京の海老原充氏より、研究炉利用(RRU)と中性子放射化分析(NAA)の活動概要および課題が述べられた。その後の個別セッションでは、RRUグループでは、まず各国から医療/産業用放射性同位体(RI)製造と利用の現状について各国から発表がなされ、次に新しい研究炉の計画について参加国別に発表が行われた。NAAグループでは、大気汚染、鉱物資源に関する活動について各国から発表がなされ、エンドユーザーとの連携等のトピックスについて議論が行われた。

3日目は、RRUおよびNAAの各グループでそれぞれ詳細内容をまとめた。ワークショップ終了後、インドネシア原子力庁(BATAN)の照射施設や放射性同位体(RI)/放射性医薬品施設、多目的研究炉、NAA研究室の施設を訪れ説明を受けた。

2) 各国発表概要

2-1) 研究炉利用グループ

- i) 医療/産業用 RI 製造の現状について

各国から医療/産業用 RI 製造の現状について発表が行われ、その後、質疑応答や意見交換がなされた。主な内容は以下のとおりである

- 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)

オーストラリアの公共および民間の核医学センター(約230ヶ所)に放射性医薬品と放射性化学物質を供給し、アジア太平洋地域の多くの国に輸出している。米国、アジア、ヨーロッパへの⁹⁹Mo(モリブデン)の輸出については、現行の⁹⁹Mo製造量は2,300Ci/6日だが今後3,500Ci/6日に増産予定である。オーストラリア原子力科学技術機構(ANSTO)では、¹⁷⁷Lu(ルテチウム)(無

担体)、 ^{131}I (ヨード)、 ^{153}Sm (サマリウム)、 ^{51}Cr (クロム)、 ^{198}Au (金)および ^{192}Ir (イリジウム)等の、他の多くの RI も製造している。

b) バングラデシュ(バングラデシュ原子力委員会 ファティマ・ツジ・ジャフラ氏)

バングラデシュでは、2005 年の核分裂性 ^{99}Mo の輸入から、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (テクネチウム)ジェネレーターの生産が開始され、現地生産で総需要を満たすまでに至った。一方、 ^{131}I 製造では、原子炉燃料が高コストかつ入手が困難であるため国内における研究炉を利用した生産が中止され、 ^{131}I 調剤の輸入で国内需要を満たしている。今後、研究炉 TRIGA を使用して ^{177}Lu の国内製造を予定している。

c) 中国(中国原子能科学研究院 リュウ・シンミン氏)

中国の医療/産業用 RI の需要は年々増加しているが、現状では ^{60}Co (コバルト)(工業用 600 万 Ci/年)を除く主要な RI の供給ははまだ輸入に依存している。中国改良型研究炉(CARR)における RI(^{99}Mo 、 ^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr (ストロンチウム)、 ^{177}Lu 、 ^{14}C (炭素)および ^{192}Ir)生産は、医療/産業用 RI の国内需要を満たすべく計画されている。

d) インドネシア(インドネシア原子力庁 ヘル・ウムバラ氏)

インドネシアの医療機関における ^{99}Mo の不足に対応するため、ポーランドの POLATOM とオーストラリア原子力科学技術機構(ANSTO)からの $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ジェネレーター輸入により $^{99\text{m}}\text{Tc}$ を調達している。BATAN は、ジルコニウム系材料(ZBM)を基盤とした $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ ジェネレーターと、ジェネレーター母材としてのナノ材料の研究を行っている。BATAN は小線源治療用に高線量率 ^{192}Ir (10Ci まで)を開発している。 ^{131}I については、国内生産ですべての需要を満たすことができる。

e) 日本(日本原子力研究開発機構 松江秀明氏)

RI 製造/流通事業は、2000 年に日本原子力研究開発機構(JAEA)から千代田テクノルへ移管された。現在 JAEA の研究炉は稼働しておらず、これまで製造および供給されてきた ^{192}Ir 、 ^{60}Co 、 ^{198}Au 等の RI 製品は輸入に依存しなければならない。さらに RI の製造技術や取り扱いについては、研究炉を用いた作業が停止しているため、それらにかかわる人材育成にも影響を及ぼしている。そのため、JRR-3 の早期再開と新しい研究炉の導入について検討されることが望まれる。

f) マレーシア(マレーシア原子力庁 アザハリ・カスポラー氏)

現在、マレーシアでは、1MW の TRIGA Mark II 型プスパティ研究炉(RTP)を用いて、骨粗鬆症治療用の $^{153}\text{Sm-EDTMP}$ (153 サマリウム・エチレンジアミンテトラメチレンホスホン酸)という新しい RI と産業用の ^{82}Br (臭素)を開発している。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ と ^{131}I の総需要はともに約 20Ci/週である。マレーシア原子力庁は、合弁企業で ^{131}I カプセルを生産しており、現在適正製造基準(GMP)認証のために積極的に稼働し、製品検証を行っている。マレーシアにおける ^{192}Ir の総需要は年間約 400 件である。産業用 ^{192}Ir は、産業用合弁企業で組み立てられている。

g) モンゴル(モンゴル国立大学原子力研究センター ムンフバット・ビャンバジャブ氏)

すべての RI は他国からの輸入で賄われており、病院での使用のために毎年約 20Ci/年の $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ジェネレーターと 10Ci/年の ^{131}I と ^{125}I を韓国から輸入している。RI の量は病院の予算で制限されるため、RI の実際の需要はさらに大きい可能性がある。医療用電子線直線加速器 2 台が建設中であり、また PET スキャン施設の導入も検討されている。

h) 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)

フィリピン研究炉-1(PRR-1)は 1984 年以降稼動しておらず、30 年以上にわたって RI は生産されていない。しかし依然として RI の需要は高く、輸入依存のため一部の RI 製品は高価になっている。フィリピンには ^{99m}Tc ジェネレーターの製造設備があるが、 ^{99}Mo の供給は輸入に依存している。フィージビリティスタディが実施され、多目的 30MeV サイクロtron施設の導入が適正であるとの提案がなされている。各 RI の国内需要は、 ^{192}Ir (7,000Ci/年)、 ^{131}I (900Ci/年)、 $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ (1,000Ci/年)である。

i) タイ(タイ原子力技術研究所 スシポーン・ブーンマク氏)

タイでは、研究炉燃料の不足と計装、制御系の更新のために研究炉が停止しており、医療および産業用 RI の国内需要を満たすために全量を輸入に頼っている。タイ原子力技術研究所(TINT)は、国内用に ^{18}F (フッ素)、 ^{123}I 、 ^{67}Ga (ガリウム)、 ^{201}Tl (タリウム)を生産するための新規の 30MeV サイクロtronの設置を完了し、2021 年に操業を開始する予定である。

j) ベトナム(ベトナム原子力研究所 ドゥオン・ヴァン・ドン氏)

ダラト原子力研究所(DNRI)では、医療用(^{131}I 、 ^{99m}Tc 、 ^{51}Cr 、 ^{32}P (リン))および産業用(^{192}Ir 、 ^{60}Co)RI の定常的な製造を行っており、国内 30 施設の核医学機関に RI と放射性医薬品の供給を行っている。現在 DNRI は、国内市場の 40~50%にあたる RI の供給が可能であるが、 ^{99m}Tc は 100%輸入に頼っている。 ^{177}Lu 、 ^{153}Sm などの医療用および研究目的の RI についても小規模ながら市場への供給を予定している。

ii) 新しい研究炉について

各国から新しい研究炉について発表が行われ、その後、質疑応答や意見交換がなされた。主な内容は以下のとおりである。

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)

オーストラリアは、稼働後 11 年になる比較的新しい研究炉を有している。この研究炉は、RI の大量製造能力を含む多目的利用研究炉として建設された。この研究炉は毎年 300 日以上確実に稼働しており、オーストラリアは国内外で広範囲なパートナーシップを志向している。

b) バングラデシュ(バングラデシュ原子力委員会 ファティマ・ツジ・ジャブラ氏)

バングラデシュでは、新規の 20~30MW 級の多目的研究炉を建設する予定である。本新規研究炉プロジェクトのフィージビリティスタディのために、炉の基本設計を行い政府に提案した。本プロジェクトの政府了承後、原子炉と関連設備の技術的設計の確認が行われる予定である。本プロジェクトの技術的知見は、バングラデシュにおける新規の高出力研究炉を実施する際の主要プロジェクトとして活用される予定であり、FNCA 参加国からの協力を期待している。

c) マレーシア(マレーシア原子力庁 アザハリ・カスポラー氏)

マレーシア原子力庁は、RTP アナログ制御盤を新しいデジタル制御盤(REDICS)に更新した。マレーシア原子力庁は、高中性子束を適用し先端的な利用に必要な新しい研究炉を建設し、マレーシア初の原子力発電プロジェクトの技術支援機関(TSO)として能力向上および能力構築を支援する計画を立てている。

- d) モンゴル(モンゴル国立大学原子力研究センター ムンフバット・ビャンバジャブ氏)
 モンゴルでは新しい研究炉プロジェクトが進行中であり、提案された研究炉は RI 製造および NAA 利用に大いに期待されている。本プロジェクトは国際原子力機関(IAEA)マイルストーンによると初期段階にあるのみだが、プロジェクトチームが正式に設置され、本プロジェクト支援のために国家原子力基盤評価の準備をしている。
- e) フィリピン(フィリピン原子力研究所 ニール・レイモンド・ギレルモ氏)
 フィリピンは、PRR-1 の TRIGA 燃料要素を使用して、「訓練、教育、研究のための未臨界炉集合体(SATER)」を計画しており、2019 年に答申される予定である。また、最近のフィージビリティスタディより、10MW の多目的研究炉(NARRA)は 2023 年までに提案される見込みである。
- f) タイ(タイ原子力技術研究所 スシポーン・ブーンマク氏)
 TINT は新しい研究炉プロジェクトを設立する計画があり、本プロジェクトは 2017 年 12 月に承認を得るため内閣に提出される予定である。またスラナリー工科大学が担当する小型研究炉(45kW)プロジェクトが開始されたが、本プロジェクトは規制機関と協議中である。タイは FNCA 参加国間での継続的な協力および情報共有に感謝している。

2-2) 中性子放射化分析グループ

2015 年に開始された第 5 フェーズでは、2 サブプロジェクト「大気汚染-SPM」および「鉱物資源-REE」が設けられた。大気汚染サブプロジェクトでは、各参加国から浮遊粒子状物質(SPM)試料、特にいわゆる PM2.5 が採取されることとなっており、NAA やその他の手法によりこれらの SPM 試料について分析され、各サイトの大気汚染レベルがモニタリングされた。鉱物資源サブプロジェクトでは、各種希土類元素(REEs)および U(ウラン)といった有用な元素を含む鉱物が NAA で分析されることとなっており、鉱物資源の質の評価における NAA の有効性と有用性が示された。

- i) 大気汚染に係る活動の進捗について
 「大気汚染-SPM」サブプロジェクトの NAA 活動について、参加各国より以下のとおり発表が行われた。
- a) オーストラリア(オーストラリア原子力科学技術機構 ジョン・ウィリアム・ベネット氏)
 分析用試料が提供されなかったため、この期間における進捗はなかった。その代わりに、もう一方の鉱物資源サブプロジェクト活動に重点を置いた。
- b) 中国(中国原子能科学研究院 シャオ・ツァイジン氏)
 2017 年は、PM2.5 と PM10 を含む SPM 試料が北京で週に 2 回採取された。3 セットの試料が本プロジェクトで使われている。中国改良型研究炉(CARR)の NAA 照射施設がまだ準備できていないため、NAA での試料分析ができなかった。その代わりに、蛍光 X 線分析(XRF)と粒子線励起 X 線分析(PIXE)で試料を分析した。PM2.5 では石炭燃焼、土壌、建設工業材料業、廃棄物焼却、車両排気の 5 つの汚染源が見つかり、主な発生源は石炭燃焼と車両排気であった。
- c) インドネシア(インドネシア原子力庁 スティスナ氏)
 インドネシア 15 都市で SPM 分析がなされている。試料採取は 15 の地方環境事務所と協力して行われた。PM2.5 と PM10 の画分を得るために、Gent stack エアサンプラーを使用して定期的に SPM を採取した。PM2.5 画分の元素測定は、NAA と XRF を用いて行った。本ワークショップ

ップでは、2015年～2016年に得られたPM2.5とPM10のデータと比較検討した。また、S(硫黄)、Si(ケイ素)、Fe(鉄)、K(カリウム)、Zn(亜鉛)の5元素も提示され、比較した。

d) 日本(首都大学東京 海老原充氏)

2011年以来、NAAに用いる研究炉がいずれも運転されていないことから、SPMサブプロジェクトの進捗を示せなかった。SPM試料のNAAに関する経験では、JRR-3およびJRR-4を用いて k_0 -NAA法により、約5%の確度でSPM多元素分析ができることが確認されている。また、NAAとその他の分析手法間の分析データの合理的な一貫性と、試料採取プロトコルの信頼性を確認している。

e) マレーシア(マレーシア原子力庁 ムハンマド・アズファル・ビン・アズマン氏)

セランゴール州バンギに位置するマレーシア原子力庁の建物の屋上のバンギ・ステーションでSPM研究に着手した。流速15L/分のGent stackエアサンプラーを用いて、細かい粒子(PM2.5)と粗い粒子(PM2.5-10)の2つの画分を採取した。2012年5月～2017年10月の期間に465組の試料を採取した。全体的データは濃縮レベルが雨期(11～3月)に低くなり、乾期(5～9月)に高くなる。バンギ地区の大気環境に寄与する主な6つの要因は、バイオマス燃焼/煙、土壌粉塵、自動車、二次硫酸塩、海塩、道路建設由来の塵と判明している。

f) モンゴル(モンゴル国立大学 ダムディンスレン・ガンテムル氏)

モンゴルでは、2004年からモンゴル国立大学原子力研究センターにおいてSPM試料が採取され、エネルギー分散型蛍光X線分析(ED-XRF)で分析されてきた。2016年のSPM測定では、PM2.5の平均値が102.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ でモンゴルの大気質基準値の4倍であり、PM2.5-10の平均値は257.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で基準値の5倍であった。毎月の値をプロットすると、細かい粒子と粗い粒子の変化は、ともに季節と相関することが示された。

g) フィリピン(フィリピン原子力研究所 ジョセフ・マイケル・D・ラチョ氏)

フィリピンはメロマニラの少なくとも2つのサイトでSPM採取を定期的に行っており、まもなく新しいプロジェクトのために西ビサヤ地方の2つのサイトも追加される。最近、新しいXRFシステムを獲得しフィリピン原子力研究所(PNRI)に設置されたが、エアフィルターをNAAで分析するには、他の参加国との共同作業が必要となる。環境管理局、地方自治体、学校、大学などのエンドユーザーとの強力な連携が確立されている。

h) ベトナム(ベトナム原子力研究所 チャン・トゥアン・アン氏)

2014年1月～12月にホーチミン市で週1回、計96のSPM試料(PM2.5とPM10)が採取された。採取位置は北緯10度46分、東経106度41分である。SPM試料中の計29の元素をDalat研究炉により k_0 -NAA法を用いて分析した。さらに20のSPM試料がハノイで採取され、15の元素が同様に測定された。本プロジェクトは2017年12月で終了予定である。

ii) 鉱物資源に係る活動の進捗について

「鉱物資源-REE」サブプロジェクトのNAA活動について、参加各国より以下のとおり発表が行われた。

a) オーストラリア(オーストラリア原子力科学技術機構 ジョン・ウィリアム・ベネット氏)

引き続き鉱山会社と協力関係を持ち、新たに2つの新しい企業とNAAで金属鉱石を分析している。またNAAの特性を活用し、鉱業界が使用する標準物質の作成を支援している。参加

研究室が取り組んでいる第 1 回目の REE 研究室相互比較の報告が完了した。参加者のパフォーマンス向上を実証できるように、別の REE 物質を用いて 2 回目の研究室相互比較を実施するよう勧告がなされている。

b) バングラデシュ(バングラデシュ原子力委員会 カムルン・ナヘル氏)

試料採取のリソースがないため鉱物資源サブプロジェクトの広範な活動に参加することはできなかったが、第 1 回目の REE 研究室相互比較に参加した。過去 12 ヶ月では、他に 2 つの NAA を用いた相互比較演習に参加し、6 つの国内河川から採取した堆積物を NAA で分析した。これらの堆積物試料では、多量元素、微量元素、REE を測定した。学術研究、国内外の共同研究、エンドユーザーとの連携の分野において研究室の関与を高めた。

c) 中国(中国原子能科学研究所 シャオ・ツァイジン氏)

NAA は鉱石資源の REE 分析のための重要なツールである。中国原子能科学研究所(CIAE)の NAA 研究室は第 1 回目の REE 研究室相互比較に参加し、干渉 k_0 法により U 核分裂生成物の干渉を補正した。

d) インドネシア(インドネシア原子力庁 ステイスナ氏)

REE と U が豊富な鉱物の分析は期待どおりにいかなかった。これまで REE 分析における核分裂生成物の補正の適用については、いくつかの規制、安全性および実施上の困難さから実施できなかったが、それには U 比較標準試料の調達に係る問題や、ラビットシステムでの U 照射の安全解析書(SAR)の必要性が含まれていた。この SAR はインドネシア原子力規制庁(BAPETEN)による審査および承認を必要とする。

e) カザフスタン(核物理研究所 イーゴリ・シラチョフ氏)

従来からのパートナーらの協力により、引き続き、岩石試料、Au や随伴元素のための鉱物資源生成物、REE 含有物を分析した。さらにいくつかの潜在的なエンドユーザーが NAA 手法に関心を示している。2018 年から、核物理研究所での NAA 手法の開発に国からの財政援助を得られることとなった。

f) マレーシア(マレーシア原子力庁 ムハンマド・アズファル・ビン・アズマン氏)

マレーシア原子力庁の NAA 部門は、地球化学探査活動に直接かかわるのではなく、内部研究者はじめ産業界、規制機関(マレーシア原子力許可委員会(AELB))、大学の外部顧客の行う分析に対して、より支援的な役割を果たしている。NAA 部門は現在 Th(トリウム)探査の「マレーシア原子力庁フラッグシップ・プログラム」用の試料を分析している。NAA 部門はまた、パハン州ゲベンにある Lynas の REE 抽出プラント周辺サイトの試料の分析のために、放射線コンサルタント会社(アジアラボ)並びに AELB にサービスを提供している。

g) モンゴル(モンゴル国立大学 ダムディンスレン・ガンテュムル氏)

モンゴルの大きな鉱床から採取した REE、U、Au、Cu(銅)、ポリメタル、Ag(銀)の鉱石試料の元素含有量を、XRF、ICP-MS、NAA などを用いて測定した。鉱業会社に関心を示したのは、地質学的鉱床試料の元素分析、産業/鉱業精製活動からの汚染影響評価、職場モニタリングおよび職場健康調査であった。

h) タイ(タイ原子力技術研究所 ドゥサデー・ラッタナプラ氏)

過去 12 ヶ月で、研究炉 TRR-1/M1 は運転許可が承認されていないため完全に運転できなかった。その結果、RRE サブプロジェクトにおける進捗はなかった。その間、酸溶解法を伴う誘

導結合プラズマ発光分光分析法(ICP-OES)ならびに半定量および定量波長分散型蛍光 X 線分析法(WD-XRF)を用いて、REE、U、Th、多量元素の測定精度を、7 つの認証地質標準物質を通して評価した。また、その結果を NAA および ICP-MS(地質試料を鉱物資源局(DMR)実験室から得られた)によって得られた結果と比較した。

i) ベトナム(ベトナム原子力研究所 チャン・トゥアン・アン氏)

ベトナム国営鉱物鉱山公社、ベトナムレアアース株式会社と日本のレアアース開発会社との協力を通して、ベトナム北部、国内最大のレアアース鉱のひとつから 6 つのドンパオ RRE 鉱物試料が採取された。計 19 の元素を *ko*-NAA 法で測定した。

iii) NAA の研究炉利用促進

エンドユーザーとの連携がおおむね非常に良好で、ここ数年で大きな改善が見られたことが明らかとなった。国内の優先度に応じて、産業界のユーザーを中心にしている国もあれば、研究機関や政府機関のニーズにより合わせている国もある。すべての NAA 部門で人材の育成と開発の機会を提供している。FNCA の枠組みで実施された研究について多くの研究論文が掲載されており、本 NAA グループの研究の質の指標となっている。これらの出版物は、NAA の能力をエンドユーザーに広める手段ともなっている。NAA は FNCA 地域の研究炉の主な用途のひとつであり、社会経済開発において引き続き重要な役割を果たしていくことは明かである。

iv) 総合討論

a) 大気汚染(SPM)サブプロジェクト

全般的に首尾よく進行したが、いくつか改善でき得る点があるとされた。エアサンプリングステーションの設置と運用に関する包括的プロトコールについて議論され、参加者に配布された。SPM 試料フィルターのルーチン測定に、他の分析技術に加え NAA 施設を関与させる調整プログラムが確立されつつあり、その結果は 2018 年度のワークショップで報告される予定である。これらの結果に関する論文を発表し、NAA プロジェクトの以前のフェーズで収集されたデータと比較する予定である。10 年以上前に同じ場所で収集された結果と比較することで、その地域の大气汚染の動向が示される可能性がある。

b) 鉱物資源－希土類元素(REE)サブプロジェクト

1 つの研究室相互比較が完了し、結果が示された。第 1 回目で使用された試料により、全参加者に課題が提示されたことは明らかで、その結果を解釈することでパフォーマンス向上の機会となった。今年は第 2 回目が予定されている。1 つのオプションとして、各研究室への配布用に REE を含む標準物質を購入し、参加者間のコミュニケーションを通じて測定プロトコールへの共通のアプローチに同意することがあげられる。第 2 回目では、全研究室でパフォーマンスが向上することが期待される。今後の成果発表は、参加者が潜在的なエンドユーザーへ NAA を促進することに役立つと思われる。

c) NAA の促進

議論を通じて、参加者が NAA の能力を広め潜在的なエンドユーザーとかかわるために多種多様なチャンネルを用いていることが明らかとなった。例えば、国内セミナーや国際会議、大学や研究所での講義、ウェブサイト、国際熟練度試験への参加、トレーニングコースの提供、論文発表、規制当局との連携などが挙げられる。すべての NAA 部門は、財源と人材の不足といった

共通の問題を抱えている。多くの場所で NAA チームは危機的な状況で、経験者の退職や昇進で重要な知識を失うリスクがある。

3) ワークショップのまとめ

i) 研究炉利用グループ

RRU プロジェクト全体では以下のトピックを検討する。

- a) 中性子放射化分析(NAA)
- b) 新しい放射性同位元素(RI)を含む RI 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

2018 年度のワークショップは日本(大阪)で開催することとし、その研究炉利用グループのテーマとして BNCT と材料研究などが選択された。

ii) 中性子放射化分析グループ

各国発表、総合議論の結果、結論は以下のとおりである。

- a) 各参加国の貢献により、NAA グループは今年大幅な進歩を遂げ、計画目標の達成に向けて軌道に乗っていると考えられる。
- b) エンドユーザーとの生産的な連携を維持しさらに強めていく必要性が認識されており、この点での継続的な改善が十分に実証された。
- c) 現行フェーズの 2 つのサブプロジェクト(大気汚染および鉱物資源)への各国の参加状況を以下に示す。

国	大気汚染－ 浮遊粒子状物質(SPM)	鉱物資源－ 希土類元素(REE)
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	○	

国	大気汚染－ 浮遊粒子状物質(SPM)	鉱物資源－ 希土類元素(REE)
マレーシア	○	
モンゴル	○	
フィリピン	○	△
タイ		○
ベトナム	○	△

○:参加

△:国内認可を経てから参加

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:2017年8月1日(火)~8月3日(木)
- ii) 場所:タイ、バンコク
- iii) 主催:日本文部科学省(MEXT)、タイ原子力技術研究所(TINT)
- 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、韓国、マレーシア、モンゴル、フィリピン、ベトナムより各1名、タイ5名、日本6名、合計21名(添付資料 2.6.2(p204)参照)
- v) 日程:添付資料 2.6.3(p207)参照

本ワークショップは、2017年8月1日~8月3日の3日間、タイのバンコクにおいて開催された。

初日には、日本コーディネーターである和田智明氏が FNCA の新構造と成果について発表した。その中で第 18 回 FNCA コーディネーター会合の結論を紹介し、ほとんどの FNCA 参加国が近い将来低レベル放射性廃棄物処分場の建設を計画していることから、本プロジェクトは参加国を支援するべきであるとした。次に、日本のプロジェクトリーダー(PL)である東京大学名誉教授の小佐古敏荘氏が、本プロジェクトの歴史と本年度より開始された第 6 フェーズの概要について紹介した。カントリーレポートでは、各国の現状に合わせて(A)「低レベル放射性廃棄物処分場」、もしくは(B)「放射線廃棄物と使用済燃料管理の現状(低レベル放射性廃棄物処分場に関する課題、問題、将来計画を含む)」のいずれかについての発表が行われた。

2 日目には、低レベル放射性廃棄物処分場に関する統合化報告書の大枠について提案がなされた。また特別講義として、7ヶ国がそれぞれ最も関心の高い問題について発表を行い、いくつかの国では特に人材、パブリック・アクセプタンス(PA)、経済等の事情から、処分計画の実行が非常に困難であることが分かった。

最終日には、カセサート大学にて「原子力および放射線の応用と放射性廃棄物管理」と題された公開セミナーが開催され、約 50 名の参加があった。また、午後にはバンコクから約 70km 離れたナコーンナーヨック県オンガラク郡へ移動し、タイ原子力技術研究所(TINT)にてテクニカルビジットを開催した。

2) 各国発表概要

- i) 低レベル放射性廃棄物処分場に関するカントリーレポート

12ヶ国が、それぞれ(A)低レベル放射性廃棄物処分場、もしくは(B)放射線廃棄物と使用済燃料管理の現状(低レベル放射性廃棄物処分場に関する課題、問題、将来計画を含む)のいずれかについて発表を行った。

- 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、低レベルおよび中レベル放射性廃棄物の処分場を同じ場所に設置するためのサイト選定プロセスを行っているところである。本プロセスでは、用地候補地として自ら進んで申し出る必要があり、その後持続可能性について評価される。概念や候補地は、サイトの選定基準に沿って検討される。南オーストラリア州は、原子力燃料サイクルのどこにおいて収入を

得ることができるかを検討し、他国からの高レベル放射性廃棄物の貯蔵・廃棄を見据えてきた。6ヶ月にわたるパブリック・コンサルテーション後の州民の答えは否定的であった。

b) バングラデシュ(バングラデシュ原子力委員会 モイヌル・イスラム氏)

バングラデシュでは、医療、農業、工業、研究、教育等の核技術といった様々な活動における放射線源利用から、密封・非密封放射性廃棄物の双方が発生している。中央放射性廃棄物処理貯蔵施設(CWPSF)は、国内の様々なステークホルダーの元で発生した放射性廃棄物を安全に管理する同国唯一の施設である。発表では、既存の研究炉から発生した使用済核燃料や、将来原子力発電所や研究炉から発生するであろう使用済核燃料の政策についても焦点を当てている。また同国では、原子力発電以外の分野から原子力発電プログラムへと課題が移行している。

c) 中国(中国核工業集団 ハー・フアン氏)

2016年12月末までに、稼働中の原子力発電所14基(全35基中)において58の放射性廃棄物処分施設が建設された。原子力発電所には使用済核燃料と放射性廃棄物の貯蔵施設が備わっている。中国では、放射性廃棄物管理に関する法律と規制の系統が確立しており、汚染防止や安全管理に努めている。現在稼働しているのは、放射線技術利用に関する31の放射性廃棄物貯蔵施設と2つの低・中レベル放射性廃棄物処分施設などである。今後も低・中レベル放射性廃棄物処分施設のサイト選定を進める必要がある。中国は、オープンで透明性のある情報開示チャンネルを確立し、パブリック・アクセプタンス(PA)の向上につなげたいと考えている。今後は原子力安全法と原子力法の進捗を加速させる。また原子力安全に関する地域の協力体制に積極的に参加し、使用済核燃料や放射性廃棄物管理に関する経験と教訓を共有し、放射性廃棄物管理のレベルを向上させたい。

d) インドネシア(インドネシア原子力庁 モフ・ロムリ氏)

研究、産業、医療セクターにおいて放射性同位体(RI)を利用することで、放射性廃棄物が発生する。国際原子力機関(IAEA)の一般安全指針(GSG)1が導入された2013年政府規制第61号に基づくと、放射性廃棄物は低レベル、中レベルおよび高レベルの3つのクラスに分類される。放射線から人と環境を保護するため、放射性廃棄物を回収および処理して放射性廃棄物処理場内に収めることで封じ込める。放射性廃棄物技術センター(CRWT)は、インドネシア全土で発生した放射性廃棄物管理の責任を負うインドネシア原子力庁(BATAN)のユニットである。放射性廃棄物は処理した後、種類別に分類していくつかの保管場所に貯蔵される。CRWTにはいくつかの保管場所があり、低中レベル放射性廃棄物の中間貯蔵用(2ユニット)、高レベル放射性廃棄物の中間貯蔵用、および使用済燃料の中間貯蔵用の保管場所がある。低中レベル放射性廃棄物の中間貯蔵用の2ユニットは、似たような設計となっている。本貯蔵施設は面積が124万7,585m²あり、各950Lのコンクリートシェル526基および200Lドラム1,716個を貯蔵することができる。加えて、高線量の低中レベル放射性廃棄物¹¹については、高線量用の中間貯蔵施設(132.733m²)があり、地下に深さ6m、容量7.2m³の貯蔵坑20個と、深さ6m、容量129.6m³の貯蔵池3つを有する。これら貯蔵施設は、安全やセキュリティを目的としてリアルタイ

¹¹ 高線量の低中レベル放射性廃棄物:線量の高い使用済密封放射線源(DSRS)を指す。

ムで監視されている。インドネシアには処分施設がなく、中間貯蔵施設は長期の貯蔵施設としても利用されている。

e) 日本(東京大学 小佐古敏荘氏)

低レベル放射性廃棄物を対象とした浅地コンクリートピット処分と、極低レベル放射性廃棄物を対象とした浅地中トレンチ処分の概念について説明された。また、日本における原子力研究や、放射線利用から発生した放射性廃棄物に関する日本原子力研究開発機構(JAEA)の処分事業の概要についても紹介された。埋設事業は、JAEA が策定した立地基準および手順を利用した立地活動中であることが説明され、さらにトレンチやコンクリートピットの安全性および建設費の観点からの埋設施設構造に関する技術研究について紹介された。コンクリートピットタイプについて、安全評価および建設費の観点から目やす線量を達成できるように施設構造について技術検討を行い、費用対効果の高い埋設施設を設計するには処分サイトの環境条件を把握することが重要であった。

f) カザフスタン(カザフスタン国立原子力センター アリヤ・イズバスハノーヴァ氏)

世界が直面する主要な課題の 1 つが、原子力エネルギーを利用することで発生する電離放射線源、放射性廃棄物および使用済核燃料の取り扱いに関する問題である。

カザフスタンもこの課題を抱えている。まず、かつて行われた核実験のため放射性廃棄物が大量に蓄積しており、ウラン産業にかかわる企業や医療機関においても放射性廃棄物が継続的に発生している。次に、カザフスタン国内には原子炉が 5 基あるため、これらが使用済核燃料の発生源となっている。

カザフスタンでは電離放射線源、放射性廃棄物や使用済核燃料の取り扱いを規制するため、2015 年～2017 年に法律や他の規範となる法的文書といった数多くの文書が制定・改定された。

しかし、カザフスタンは放射性廃棄物や電離放射線源、使用済核燃料の管理に 20 年の経験があるにもかかわらず、法的な規制枠組みや原子力エネルギー施設のインフラに課題があり、喫緊に強制的な解決策を必要としている。

g) 韓国(韓国原子力研究所 キム・ヒョンチョル氏)

1978 年、韓国初の原子力発電所の稼働が開始され、2017 年 5 月までは計 25 基が稼働していた。しかし、2017 年 6 月 18 日、そのうちの 1 基が停止された(残りの 24 基は稼働中)。韓国政府は、1980 年代初頭から放射性廃棄物を安全に管理するための処分場確保に向けて尽力している。当初は、2008 年までに低中レベル放射性廃棄物処分施設を建設する計画であったが、サイト選定が上手くいかなかった。

2005 年 12 月、放射性廃棄物管理法と慶州における公衆の合意(賛成:89.5%)に基づき、処分場のサイトが選定された。2008 年 8 月、210m²の敷地に、200L のドラム 80 万本分の容量を持つ処分場の建設が開始された。2014 年 6 月には建設の第 1 段階が完了し、ドラム 10 万本分の容量を持つサイロが完成した。この施設では、2015 年 7 月から放射性廃棄物の処分が開始されている。2009 年には韓国原子力環境公団(KORAD)が設立され、国民の健康を守るべく国内で生じる低中レベル放射性廃棄物を安全に管理している。

h) マレーシア(マレーシア原子力庁 モード・アブ・ワハブ・ビン・ユソフ氏)

マレーシアでは、放射性物質が医療、農業、研究、製造、非破壊検査、探鉱等に広く利用されている。これらの活動がマレーシアの放射性廃棄物の発生源となっている。研究炉からの使

用済核燃料は存在しない。放射性廃棄物はすべて、一般公衆の現在・将来の世代や環境を保護することを目的とした 1984 年原子力エネルギー認可法(法律第 304 号)に規定される規制に従って、安全に管理されなければならない。マレーシア原子力庁は、放射性廃棄物を安全に管理するための基盤設備を提供している。最新の施設はプラズマ熔融炉パイロットプラントであり、これによって放射性廃棄物を処理・コンディショニングすることができる。同庁は、使用済密封放射線源(DSRs)の特性評価やコンディショニングを積極的に行っている。また、新規プロジェクトであるモバイルホットセルプロジェクトに着手しつつあり、本年末に正式に委託されることになっている。放射性廃棄物処分場については、マレーシアはすでに自然起源放射性物質(NORM)処分施設を有しており、ペラ州政府が管理している。マレーシアはまた、放射性廃棄物処分に向いたサイトを探している。DSRS 管理についての説明の際には、ボアホール処分プロジェクトも取り上げられた。いくつかの問題や課題についても検討し情報を共有した。

i) モンゴル(モンゴル原子力委員会 バットデルゲル・ウランチメグ氏)

モンゴルは原子力発電所のない発展途上国である。気候はきびしく、人口が国土に分散し、やせた土地が広がっていることから、経済発展は限られたものとなってきた。しかし、金、銅、石炭の他、ウランといった鉱物資源には恵まれている。

放射性廃棄物の発生源は、研究施設、医療、産業および軍での RI 使用、汚染物品の除染、採掘・圧延活動、採掘事業の技術試験等である。

モンゴルは現在、放射性廃棄物管理に関する国の戦略を有していない。既存の放射性廃棄物インベントリや今後発生すると予測される放射性廃棄物を管理するためのインフラも不十分である。

原子力エネルギー法第 11.2 条によると、原子力エネルギー委員会は、放射性物質、核廃棄物および利用できない放射性廃棄物を一元的に貯蔵、輸送および廃棄物処分するための国レベルの特別施設を有しなければならない。当該施設は国の規制対象となるものである。IAEA は放射性廃棄物管理戦略に関するプロジェクトを立案しており、モンゴルで安全かつ効率的な放射性廃棄物管理を行えるようにするため規制枠組みを強化している。

j) フィリピン(フィリピン原子力研究所 エドモンド・ヴァルガス氏)

フィリピン原子力研究所(PNRI)の原子力サービス部放射線防護課は、フィリピン国立放射性廃棄物施設を運営している。当施設は低レベル放射性廃棄物の処理および中間貯蔵施設として、科学技術省および IAEA の支援を通じ設立された。当施設は、中間貯蔵施設に受け入れた放射性廃棄物を管理、処理およびコンディショニングする権限を与えられている。施設はフィリピン原子力研究所内に位置し、事務所、3 つのトレンチ、コンディショニングエリアおよび崩壊貯蔵エリアから成る。施設は、周辺を囲む電気柵と監視カメラで警備されている。当施設は短半減期($\lambda < 30$ 年)の放射性核種の管理と、半減期がもっと長い放射性廃棄物の一時的な貯蔵を意図している。放射性廃棄物インベントリは、コンディショニングを行った固体と液体、コンディショニングを行っていないものおよび使用済の密封線源である。現在の放射性廃棄物貯蔵戦略は、固体・液体放射性廃棄物の減容・セメント固化である。カテゴリ 1 および 2 のコンディショニングを行った密封線源は、長期貯蔵遮蔽体の中に貯蔵されている。コンディショニングを行っていない密封線源は、遠隔治療装置のヘッドや元の機器の遮蔽内に入ったままとなっている。カテゴリ 3~5 の線源は、回収しステンレス鋼の入れ物の中でコンディショニングされている。取り

出すことのできない装置内線源は、一時的に貯蔵棚内に貯蔵されている。PNRIは現在、DSRSのボアホール処分や低レベル放射性廃棄物の浅地中処分について研究を実施している。研究を行っているサイトはPNRIの敷地外に位置している。

k) タイ(タイ原子力技術研究所 ナンタバン・ヤアナント氏)

タイ原子力庁(OAP)は規制体として、タイ原子力技術研究所(TINT)は実施体として活動を行っている。現在、放射性廃棄物管理施設の3サイトがバンコク、パトゥムターニーおよびナコーンナーヨック県に存在する。最近、許認可、検査および管理の職務を適切なものとするよう、OAPが再編された。2016年8月、「仏暦2559年(2016年)原子力平和利用法」が施行された。本法の下、52の省令が存在する。放射性廃棄物管理施設の管理や活動については、新法に規定されている。また、放射性廃棄物処分の選択肢に関する課題が記載された。現在、少量の低レベル放射性廃棄物と大量のDSRSがある。このため、将来放射性廃棄物処分のどの選択肢が適切かについて、タイ政府は今後調査を行う予定である。

l) ベトナム(ベトナム原子力研究所 ドアン・チー・スー・ヒエン氏)

ベトナムでは、20世紀はじめより原子力技術が利用されてきた。ここ10年では、保健、工業、農業、地質調査、研究といった様々な分野で原子力技術が集中的かつ広く利用された。ベトナム政府は原子力法(2008年)に基づき、原子力エネルギーの平和利用や放射性廃棄物管理に関する政策を定めた。IAEAの専門家の評価によると、ベトナムは現在までに、原子力発電の国内インフラ開発における3つの主要なマイルストーンのうち1つを完了し、2つ目のマイルストーンである原子力発電所の委託に向け準備を行ってきた。放射性廃棄物の管理および処理はインフラ関係の19の問題の1つであり、準備して完了させる必要がある。一般に、ベトナムの放射性廃棄物の量は少ない。これらは主にアイソトープ利用、ウラン加工研究所や研究炉の運転から発生したものである。2003年～2004年、国家レベルでプロジェクトが実施された。そのプロジェクトの中で、ベトナムの気象、地質および水門地質的な状況を公式に研究したところ、国内で低中レベル放射性廃棄物の浅地中処分施設を将来建設するにあたって、南から中央部の海岸地域のみが妥当かつ最も適した地域であることが分かった。最も適切な3つの候補地が存在する。ニントゥアン省ニンフオク県のトゥーティエン村およびソンハイ村、および同省ニンハイ県タイアン村である。

ii) 特別講義

7ヶ国が、それぞれ最も関心の高い問題について以下のとおり発表を行った。

a) タイ(タイ原子力技術研究所 ナンタバン・ヤアナント氏)

最新技術を用いたカテゴリー3～5のDSRSの安全管理について紹介した。すなわち、封入技術によるDSRSの解体およびコンディショニングである。最初に、各DSRSの分別と特性評価を実施した。解体やコンディショニングに関係する放射線防護や安全面での特徴について情報を得た。 ^{60}Co (コバルト)、 ^{137}Cs (セシウム)、 ^{241}Am (アメリシウム)/ Be (ベリリウム)、 ^{85}Kr (クリプトン)等のゲージ線源や消費材の ^{241}Am といった産業利用から発生したDSRSは、解体・コンディショニングを行ってから中間貯蔵用に遮蔽体付きの200Lドラム缶に入れた。ステンレス鋼容器に封入した理由は、ボアホール処分施設等に最終処分する場合に回収できるようにするためである。線源の核物質防護およびセキュリティのためにコンクリートを使用した。放射線防護の目的から、

運転エリアでは適切な遮蔽を行う必要がある。カプセルごとの最大活動にカプセル数を掛けた積は IAEA の輸送規則に規定された制限値 A1 を超えてはならない。この運用の成果は、以前と比較して体積を5分の1に削減できたことと、DSRS は将来廃棄方法を選択する際に堅牢、安全かつ回収可能な様態でパッケージングできたことであった。

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

これまでに生じたいくつかのミスと、その防止策について明らかにした。基本的な問題は、放射性廃棄物やそれを格納する施設に関する知識不足と管理者不在によって生じている。その結果、変化が適切に考慮されていないため、さらに多くの問題が生じ意図しない結果へとつながった。教訓に基づき、適切に放射性廃棄物の形態、施設およびプロジェクト全体の結果について深く検討することで、プロジェクトに費やす時間と費用が削減できる。

c) インドネシア(インドネシア原子力庁 モフ・ロムリ氏)

インドネシアで放射性廃棄物管理の中心を担うインドネシア原子力庁(BATAN)の放射性廃棄物技術センター(CRWT)は、2つの主要施設を持つ。研究炉から発生した高レベル放射性廃棄物である核燃料を管理する使用済燃料中間貯蔵施設(ISSF)および低中レベルの放射性廃棄物を管理する放射性廃棄物取扱施設(RWTI)である。これら2つの施設は1988年に運用を開始した。両施設の安全運転を確保するため、リスク評価およびリスクコミュニケーションの一部として、また上級運転員から次の世代への知識移転の媒体として HAZOP を確立した。本リスク評価はシステムのクリティカルパラメータや発生し得る異常を評価し、リスクの防止・制御に取り組むことで実施される。加えて、運用開始から30年経った施設の妥当性を確保するため、ISSF 経年評価を実施した。本評価は、構築物・システム・機器の経年管理の際、系統的かつ適切な取り組みの計画・実施を決定する目的で、経年管理プログラムを開発するのに用いられる。

d) 日本(mcm japan 河村秀紀氏)

日本には、低レベル放射性廃棄物管理に60年を超える歴史がある。初期段階にあたる1955年～1969年には海洋投棄を行っていた。ロンドン条約採択後、日本の低レベル放射性廃棄物プログラムは、必要な処理インフラとともに陸域で処分することに変更された。陸域での低レベル放射性廃棄物のストリームでは、主として商用原子力発電所の運転から発生する放射性廃棄物に重点が置かれた。

最初の低レベル放射性廃棄物(レベル2 廃棄物)は、海外の浅地中処分の概念を参考に六ヶ所村に埋設された。当時、電力会社は最適化を考慮せず、独自の放射性廃棄物仕様を設定していた。埋設事業者にとって、低レベル放射性廃棄物処分施設を操業するための認可を得ることが最優先であった。その結果として、当該放射性廃棄物ストリームは過大設計となり、他国と比べ高コストとなった。低レベル放射性廃棄物プロジェクトに関する関連規定が制定されたが、取扱や処分にかかわる要件が非常に厳しく、実施される際の費用・便益についてほとんど考慮していなかった。

このような経緯の放射性廃棄物は、将来の技術や高度化概念開発の実施に関して柔軟性を失うことにつながった。最初の放射性廃棄物管理の後、研究や技術開発は行き詰まり、多くの試験施設が取り壊された。しかし、東京電力福島第一原子力発電所でのシビアアクシデントにより、もっとはるかに複雑な放射性廃棄物が発生した今、日本はこれまでの教訓に基づき柔軟性とともな費用・便益の最適化に重点を置いた、最適化した放射性廃棄物のストリームについ

て検討していく必要がある。この日本の経験は、新たな放射性廃棄物ストリームを検討する他の国々にとっても有用なものになると思われる。

e) 韓国(韓国原子力研究所 キム・ヒョンチョル氏)

放射性ストロンチウムは、生成率の高い核分裂生成物であることやバイオアベイラビリティ(生物学的利用能)の面から、環境放射能モニタリングにおいて重要な放射性核種である。国家当局は国民の公衆衛生上の目的から海水中 ^{90}Sr (ストロンチウム)をモニタリングしており、多くの研究所を有している。海水中放射性ストロンチウムの量を測定するにあたり、信頼性があり効率の良い方法への需要が高まった。韓国は、自動分離システムを用いた海水中 ^{90}Sr の分析手法を開発した。これはルーチンでのモニタリングや防災に利用することができる。ルーチン分析については、DGA 樹脂を用いて ^{90}Sr と平衡状態になる ^{90}Y (イットリウム)を試料から分離し、液体シンチレーションカウンター(LSC)で分析した。防災用については、陽イオン交換樹脂およびSr樹脂を用いて海水サンプル 100ml から ^{90}Sr を精製した。上記の運用はコンピュータ管理することで、分析時間と労働力を節約した。

f) マレーシア(マレーシア原子力庁 モード・アブ・ワハブ・ビン・ユソフ氏)

マレーシアでは、農業、工業、医療および様々な研究分野で密封放射線源(SRS)が広く利用されている。大部分はサイズが小さなものだが、多くの線源が非常に高い濃度のものとなっている。DSRS は安全かつ確実に管理する必要がある。マレーシア原子力庁は 1985 年以降 1 万 4,000 個を超える DSRS を回収しており、中間貯蔵施設に保管している。安全・セキュリティを考慮し、マレーシアはボアホール処分施設への DSRS 処分を計画している。DSRS の特性評価とコンディショニングはマレーシア原子力庁の施設で行っている。2016 年 4 月までに 1 万 2,928 個の DSRS のコンディショニングが完了している。マレーシアは、ボアホール処分施設用のサイトを決め、サイトの特性調査を実施した。処分坑閉鎖後の長期間の安全について、安全評価やセーフティケースを準備中である。

g) フィリピン(フィリピン原子力研究所 エドモンド・ヴァルガス氏)

フィリピン原子力研究所は、フィリピンのケソン市にある放射性廃棄物一時貯蔵施設内に保管されている DSRS の管理および廃棄を目的とし、IAEA 技術協力プログラムから資金・技術協力を得てボアホール処分プロジェクトに取り組んでいる。ボアホールプロジェクトのサイト予定地はルソン島北部に位置し、放射性廃棄物一時貯蔵施設から 500km ほど北方にある。サイトは人口の密集地からは隔離し、活断層からも遠くに位置している。しかし、サイトは台地に位置するため浸食を受けがちである。同サイトは浅地中処分サイト候補地でもある。サイト特性評価は環境基本データ収集、地質学、水文学・水門地質学的マッピング、地球物理的な抵抗性の測定および掘削から成る。安全評価やセーフティケースの作成、環境影響評価には、利用可能なデータをすべて利用している。この地域に全部で 6 本のボアホールを掘削して水文学的なモニタリングを行っている。DSRS のボアホール処分については、地下水面の下 100~200m 深さへの処分を計画している。現在のインベントリに基づき、約 1,860 個の DSRS を入れた 50 個以上のステンレス鋼容器を処分する予定である。プロジェクトでは現在、ボアホールのモニタリング、サイトにおける気象観測所の準備、地質学/水門地質学的モデルの改良、アクセスするための道路調査および建設、土壌浸食に関する研究準備、処分坑閉鎖後の安全評価の第 1 回目イテレ

ーションのレビュー等を行っている。現在までの課題としては社会政治的な受容に関する問題や資金不足等が挙げられる。

iii) タイ原子力技術研究所(TINT)へのテクニカルビジット

ワークショップの一環として、TINTにてテクニカルビジットを開催した。同研究所は、バンコクから約70km離れたナコーンナーヨック県オンガラク郡に位置している。TINTでは、ジェムストーンの色付け設備や放射化学研究室を訪れた。また、放射線を利用して作製した植物生長促進剤(PGP)としてのオリゴキトサンや、乾燥地に用いる超吸水材(SWA)について説明を受けた。同位体解析研究室では、 ^{14}C 分析実験、トリチウム実験、安定同位体実験等を見学し、その測定方法が非常に正確であることが分かった。次に、DSRS貯蔵施設と放射性廃棄物処理施設を視察し、最後に移動焼却炉を見学した。ツアーは参加者に非常に好評で、高く評価された。

3) 公開セミナー

カセサート大学にて「原子力および放射線の応用と放射性廃棄物管理」と題された公開セミナーが開催された。本公開セミナーには、約50名の参加があった。最初にカセサート大学科学部リサーチ・イノベーション課の副学部長であるオラピン・チェンタヴォーン氏、小佐古氏、文部科学省(MEXT)研究開発局研究開発戦略官(核融合・原子力国際協力担当)付核不拡散科学技術推進室室長補佐の道川祐市氏が歓迎の挨拶を述べた。その後、日本(2)、マレーシア(1)、タイ(1)より、計4件の発表が行われた。

4) ワークショップのまとめ

今後の活動の進め方について、以下の事項が合意された

- i) 2017年度も、放射線安全・廃棄物管理に関するニュースレターを作成し、参加国間において最新情報を共有する。
- ii) 各国の原稿を統合した「低レベル放射性廃棄物処分場に関する統合化報告書」の作成に向け各国の状況の共有を開始する。
- iii) 2018年度のワークショップは、オーストラリアにて開催される予定である。

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:2017年9月19日(火)~9月21日(木)
- ii) 場所:日本、水戸市/東海村
- iii) 主催:文部科学省(MEXT)
- iv) 参加者: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、モンゴル、フィリピン、タイ、ベトナムより各1名、日本17名、合計26名(添付資料2.7.2(p217)参照)
- v) 日程:添付資料2.7.3(p220)参照

本ワークショップは、2017年9月19日~9月21日までの3日間、日本の水戸市/東海村において開催された。

初日には、文部科学省(MEXT)研究開発局研究開発戦略官(核融合・原子力国際協力担当)付核不拡散科学技術推進室室長補佐の道川祐市氏、日本コーディネーターである和田智明氏より開会挨拶があった。続いて、各国より2016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養成の取り組みについてカントリーレポートが発表された。次に、核鑑識、追加議定書(AP)実施の良好事例についてそれぞれ円卓討議が行われた。

2日目は、はじめに放射線源のセキュリティについて、原子力規制委員会原子力規制庁長官官房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)奥博貴氏より特別講演があった。続いて、国際原子力機関(IAEA)の核セキュリティ支援センター(NSSC)ネットワークの活動と中核的拠点(COE)間の協力について円卓討議が行われた。次に、和田氏より第18回FNCAコーディネーター会合の結果概要が報告され、日本のプロジェクトリーダー(PL)である日本原子力研究開発機構(JAEA)の千崎雅生氏より本プロジェクトの2017年度~2019年度の活動計画案が発表された。最後に、閉会セッションでワークショップの全体のまとめが行われた。

3日目にはテクニカルビジットとして、JAEAの原子力科学技術研究所を訪問し、高度環境分析研究棟(CLEAR)、核不拡散・核セキュリティ総合支援センター(ISCN)のバーチャルリアリティ(VR)システム、核物質防護研修フィールド(PPEF)、および核鑑識技術開発を行っている研究室を視察した。

2) 各国発表概要

i) カントリーレポート

2016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・保障措置にかかわる人材養成の取り組みについて、以下のとおり報告された。

a) バングラデシュ(バングラデシュ原子力委員会 アビッド・イムティアズ氏)

- ① 2017年5月に実在庫検認(PIV)が実施され、バングラデシュ原子力委員会(BAEC)原子力研究所(AERE)で帳簿検認、新燃料、炉心燃料および使用済燃料の検認、設計情報検認(DIV)等による研究炉(TRIGA MARK-II)の検認が行われた。また、AERE 外の施設外の場所(LOF)ではダッカ医科大学病院で帳簿検認、劣化ウラン(DU)の検認が行われた。

- ② 2016年12月に承認されたIAEAの統合核セキュリティ支援計画(INSSP)に基づき、2017年に核物質検知専門家ミッション、核物質計量管理(NMAC)トレーニングコース、設計基準脅威に関するワークショップを実施する。米国エネルギー省(DOE)の地球的規模脅威削減イニシアティブ(GTRI)の下で、BAECの所有施設、その他の政府所有および民間所有の放射線利用施設の核物質防護システムを改良した。
 - ③ IAEA、米国DOE、ロシアと協力し、核セキュリティ文化に関する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文化、核セキュリティ文化の意識向上に取り組んでいる。原子力安全文化、核セキュリティ文化に関するIAEAの調整研究プロジェクト(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 グ・シャオガン氏)
- ① 秦山原子力発電所(秦山I)と陝西省のウラン濃縮工場で自主的にIAEA保障措置を実施しており、IAEAに保障措置報告書を年1回提出している。
 - 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。現在、核セキュリティに関する法律の上位にあ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が進められている。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養成を行う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。中国がガーナに建設した研究炉の低濃縮ウランへの転換プロジェクトが2017年8月に成功裏に完遂した。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。
 - ③ IAEA、米国DOEと協力して核セキュリティに関するトレーニングコースおよびワークショップを開催し、また参加している。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。
- c) インドネシア(インドネシア原子力規制庁 ダヌン・リスマワン氏)
- ① 物資収支区域(MBA)の通常査察(事前検認(Pre PIV)およびAP、PIV)が2回実施された。2017年5月にジョグジャカルタとスルボンでIAEAによるPIVが実施され、2017年7月にジョグジャカルタで再検認および補完的なアクセスが実施された。インドネシア原子力規制庁(BAPETEN)では事業者から核物質の保障措置、APの報告を受けられるクラウドシステムを2018年に向けて開発している。また、核セキュリティ・保障措置トレーニングを実施し、2018年も実施予定である。
 - ② 2016年から2018年にかけて、BAPETENは核物質防護、NMAC、原子力安全を取り入れた核物質防護規制の改定を行っている。また、2017年にBAPETENはインドネシア原子力庁(BATAN)、核セキュリティ関連の事業体とともにジョグジャカルタでテーブルトップ解析を実施し、物理的防護システム(PPS)の評価を行った。核セキュリティに関するトレーニングが実施され、今後も実施予定である。
 - ③ 2018年にはすべてのステークホルダーに対し核セキュリティ文化の概念と条件を導入する。現在、原子力施設における核セキュリティ文化を促進、向上するための個人および管理者の役割についての実務的な核セキュリティポケットブックを作成中で、2019年に完成予定である。大学への核セキュリティ文化に関するカリキュラムの導入を進めており、2017年に

ガジャマダ大学の修士課程プログラムで、2018年にインドネシア国防大学で導入予定である。国際核セキュリティ教育ネットワーク(INSEN)のメンバーであるビヌス大学、インドネシア国防大学、ガジャマダ大学が共同で2019年に核セキュリティ関連の研究センターを設立する予定である(2017年末に設立案が提出される予定である)。

d) 日本(文部科学省 道川祐市氏)

- ① 2016年の計量管理に関する報告は2,099事業所等から4,660件あり、合計2,001人/日の現場検認活動を実施した。また、JAEAの高速炉臨界実験装置(FCA)の高濃縮ウラン燃料と分離プルトニウムの全量撤去を進め、対応する保障措置を2016年末に完了した。
- ② 2016年に個人の信頼性確認制度が導入された。また、放射線源のセキュリティを強化した。2016年に開催された第4回核セキュリティサミットの日米共同声明で、京都大学臨界集合体実験装置(KUCA)から高濃縮ウラン燃料の全量撤去を行うことを発表した。
- ③ 2016年5月にインドネシアにおいてBATAN、BAPETENとともに核セキュリティ文化に関するワークショップを開催した。

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 核不拡散の取り組みとして、世界各地の核実験を検知する超低周波音計測システムを導入した。また、研究炉の低濃縮ウラン燃料化計画の下で、VVR-K研究炉の燃料を高濃縮ウランから低濃縮ウランに転換した。
- ② 各国の原子力発電所へ低濃縮ウラン燃料を供給するとともに核不拡散の強化を支援するIAEA核燃料バンクが2017年8月に完成し、始動した。また、米国DOEの支援により、2017年5月に核物理研究所(INP)に核セキュリティトレーニングセンター(NSTC)が開設された。
- ③ 2016年に米国ワシントンDCで開催された第4回核セキュリティサミットにおいて、ヌルスルタン・ナザルバエフカザフスタン大統領が「世界。21世紀」と題するmanifestoを発表し、カザフスタンは今後も核軍縮と核不拡散のイニシアティブを取っていくことを示した。

f) マレーシア(マレーシア原子力許可委員会 デウイシンタ・ベンティ・モクタル氏)

- ① 新原子力法案に保障措置に必要な基本的要件、核物質の計量管理、AP申告、核兵器開発の禁止を加えた。マレーシアは2005年にAPに署名したが、まだ批准していない。2016年5月に国内査察および包括的保障措置協定(CSA)に関するワークショップを開催した。
- ② 原子力法の新法案の第5章に核セキュリティの基本原則、脅威評価、設計基準脅威および核物質防護の要件を入れ、マレーシア司法長官室(AGC)で審査中である。2016年4月にIAEAのIPPASミッションを受け入れた。NSSCの主導の下、第一線の担当官および許可使用者を対象にトレーニングを実施した。また、2016年11月にタイと合同で机上演習および国境での実地訓練を行った。2017年にマレーシア国民大学に3S(原子力安全、核セキュリティ、保障措置)の修士課程プログラムを設立予定である。
- ③ 2016年10月に幹部職を対象に核セキュリティ文化に関するワークショップを開催した。2016年2月に2つの医療機関で核セキュリティ文化の自己評価手法と解析に関するトレーニングを実施し、評価結果解析の支援を行った。

- g) モンゴル(モンゴル原子力委員会事務局 ゲレルマー・ゴンボスレン氏)
- ① 2003年5月よりAPを実施し、原子力委員会が年1回および年4回の申告をIAEAに行っている。
 - ② 放射線源のセキュリティを強化するため2016年に放射線防護・放射線安全に関する規則を改定した。2016年6月にIAEAの核セキュリティ検知システム評価ミッションが検知能力の評価を行った。米国DOEの協力を得て、国境や空港、国境検問所に放射性物質検知装置(RPM)を設置した。2017年8月に原子力委員会とIAEAが合同で設計基準脅威に関するワークショップを開催した。
- h) フィリピン(フィリピン原子力研究所 ジュリエッタ・セグイス氏)
- ① バターン原子力発電所、研究炉(PRR-1)、LOFの3施設に対し、IAEAの査察が年1回行われている。また、IAEAに核物質計量管理報告書を提出している。
 - ② 2016年4月に第一線の担当官を対象としたトレーニングセンターが発足した。2017年5月、カナダ政府とのグローバルパートナーシップの下、研究炉(PRR-1)にPPSを導入した。また、2017年の東南アジア諸国連合(ASEAN)サミットなどの大規模なイベントにおける核セキュリティ対策にIAEAのINSSPを十分に活用している。
 - ③ 2014年にIAEAと協力して核セキュリティ文化の実践のトレーニングを行い、事業者とフィリピン原子力研究所(PNRI)のスタッフが参加した。また、事業者への講義要目に核セキュリティ文化を入れることを計画している。
 - ④ IAEA、米国DOEの支援でPNRIにNSSCの設立が計画されている。
- i) タイ(タイ原子力庁 ハリネート・ムングパヤバン氏)
- ① AP批准は現在、内閣の承認手続き中であり、原子力法に保障措置の章を追加し、近い将来のAP批准に向けて準備を進めている。IAEA、国家核安全保障局(NNSA)、米国DOEの協力を得て、デュアルユース(民生用および軍用双方に使える)品の輸出規制、APに関するステークホルダーへの普及活動、保障措置に関する補助的な規制の技術的なサポートなど、AP実施の準備を進めている。
 - ② 2016年11月にIAEA、マレーシア原子力許認可委員会(AELB)との協力でマレーシア-タイ国境の核セキュリティトレーニングを実施した。2017年3月に実務レベルの核鑑識のワークショップや、東南アジア諸国連合(ASEAN)諸国における原子力安全、放射線安全、核セキュリティのキャパシティ・ビルディングおよびネットワーク強化に関するASEANTOM(ASEAN諸国の規制機関のネットワーク)ワークショップを実施した。現在、原子力法の付属規則(核物質防護条約(CPPNM)、テロリズムおよび大量破壊兵器拡散への資金援助の防止、禁止)が審査手続き中である。
- j) ベトナム(ベトナム放射線・原子力安全庁 グエン・トロン・ヒエップ氏)
- ① 2017年はAP実施から4年目にあたる。IAEAに87の申告を提出して時間前通告を含む補完的なアクセスを9回受け入れた。ベトナムはIAEAから拡大結論(核物質の転用および未申告の核物質および原子力活動が存在しないことを示すもの)を得ている。2017年5月1日より国レベルの保障措置アプローチ(SLA)を実施している。また、米国DOEの国際保障措置エンゲイジメントプログラム(INSEP)の助言を得て、計量管理報告、AP申告、その他の保障措置に関する情報を管理するための保障措置情報管理システムを導入した。

この他、INSEP により、保障措置トレーニングや AP の附属書 I、II に関するアウトリーチ活動(2017 年 8 月)、国内向けの保障措置ワークショップ(2017 年 9 月)を実施した。

- ② 2017 年 9 月、放射線取扱施設に放射線源の移動追跡装置を提供し、線源位置追跡システム(RADLOT)のパイロット・プロジェクトが完了段階にある。2017 年にベトナムが議長国として主催する第 25 回アジア太平洋経済協力会議(APEC)のセキュリティのために IAEA から可搬型検知設備の提供を受けた。2017 年 8 月にベトナム放射線・原子力安全庁(VARANS)で性能試験に関するワークショップが行われた。
- ③ 2016 年に原子力施設、放射線利用施設において「核セキュリティの確立と自己評価手法」プロジェクトを実施し、各施設に対して核セキュリティの考え方、核セキュリティの実施体制と管理体制、経営管理者の役割、核セキュリティ担当者の行動に関するアンケートを行った。

ii) 放射線源のセキュリティ

原子力規制委員会原子力規制庁長官官房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)の奥博貴氏より、放射線源のセキュリティ強化のための日本の取り組みについて、以下のとおり特別講演が行われた。

放射性同位元素のセキュリティ強化のための日本の取り組みが紹介された。日本における放射性同位元素等の許可届出使用者数は近年まで増加を続け、現在その総数は 8,000 を超えている。一方、件数は少ないが、2016 年には放射性同位元素が盗取される事案も発生した。日本は 2016 年に受け入れた IAEA の総合的規制評価サービス(IRRS)における指摘事項を踏まえ、放射性同位元素の盗取を防止するための措置(防護措置)の追加も含め、放射線障害防止法に基づく規制を再構築するための検討が行われた。2017 年 4 月に成立した改正法により、国際基準(D 値)を超える放射性同位元素を所有する事業者(約 500)には、検知・遅延・対応等の防護措置が義務づけられることとなる。防護措置に係る改正法は、2020 年東京オリンピック/パラリンピック開催前の 2019 年 9 月に施行される予定である。

iii) 円卓討議概要

核鑑識、AP 実施の良好事例、IAEA の NSSC ネットワーク活動および COE 間の協力をテーマとしてそれぞれ円卓討議が行われた。

a) 核鑑識

日本およびタイより、それぞれの国における核鑑識への取り組みについて以下のとおり発表された。

① 日本(日本原子力研究開発機構 富川裕文氏)

IAEA では 2011 年より核鑑識に係る 4 つの主要な分析手法(同位体比測定、不純物測定、ウラン年代測定、粒子形状分析)を開発している。日本には現時点ではまだ核鑑識ラボラトリがなく、IAEA 核不拡散・核セキュリティ総合支援センター(ISCN)では IAEA の利用可能な関連装置を用いて核鑑識分析および技術開発を実施している。また、IAEA ではプロトタイプ核鑑識ライブラリの開発を進めており、日本には国内核鑑識ライブラリ(NNFL)はまだないが、IAEA が核鑑識ライブラリの構築を通じて得た経験および知識は将来の NNFL の構築に貢献することが期待される。また、IAEA は米国 DOE および欧州委員会共同研究センター(EC/JRC)と協力して、

核鑑識のためにより正確かつ精密な分析方法を開発している。今後、核鑑識技術がさらに向上されることが望まれる。

②タイ(タイ原子力庁 ハリネート・ムングパヤバン氏)

2011年7月に核鑑識ラボラトリが設置された。現在、ラボラトリにはエネルギー分散型検出器付走査型電子顕微鏡(SEM/EDS)(欧州連合(EU)が提供)、X線回折装置(XRD)、可搬型蛍光X線分析装置(XRF)が備えられている。タイは、東南アジア地域における核鑑識に関するネットワークである「プロジェクト30」の下でEC/JRCの支援を受けた。「プロジェクト30」は核鑑識能力を向上させることで東南アジア地域の核セキュリティを支援し、東南アジア地域ネットワークにおける中心的ラボラトリとしての機能を果たせるように装置をラボラトリに提供することを目的としている。タイ原子力庁(OAP)は第一線の担当官と緊密に連携して知識を交換し、犯罪現場の管理に関するトレーニングを実施している。今後、タイはASEAN地域における核テロの防止および緩和のために長期的な措置を提供していきたい。

以上の発表に続き、各国への核鑑識に関するアンケート結果の分析が発表され、討議が行われた。本アンケートはワークショップ参加者に事前に送付されており、各国の核鑑識能力の現状を参加国間で共有すること、およびFNCAにおける協力活動に対するニーズを明らかにすることを目的に実施されたものである。アンケートの結果、大半の参加国が基本的な核鑑識能力を有していること、あるいは少なくとも核鑑識能力の構築に乗り出していることが示された。また、国家的枠組みの構築、NNFLの構築、核鑑識における解釈および特定能力の向上が参加国間において共通する課題であることが示された。いかんにして各国の核鑑識能力をさらに向上させるか議論され、核鑑識ラボラトリを一から新規に構築するよりも様々な目的のためにすでに開発されている技術や装置を利用する方がより効率的であり、既存の利用可能なリソースを核鑑識に使用することが1つの提案として挙げられた。また、犯罪現場から分析ラボへの証拠品の移送など、核セキュリティ事象に対する国家としての対応措置を策定するために「管理の連鎖」と呼ぶ証拠管理を確立することも重要であるという意見も挙げられた。

本プロジェクトにおける核鑑識能力を向上させるための今後の活動として、核鑑識技術に関する机上演習を2018年度に実施することが日本から提案された。また、タイより、核鑑識における分析の実地訓練を2019年度に主催する可能性を探ることが示された。

b) AP実施の良好事例

フィリピンおよびベトナムより、それぞれの国におけるAP実施の良好事例について以下のとおり発表された。

①フィリピン(フィリピン原子力研究所 ジュリエッタ・セグイス氏)

フィリピンは2010年にAPを批准し、以降、IAEAへの申告を確実に果たしてきている。LOFを指定するにあたっては、困難を経て関連情報を収集した。補完的なアクセスの受け入れでは、AP実施の前に、管理面および技術面での準備が必要であるが、補完的なアクセスの模擬演習が準備のために役立った。IAEA、米国DOEのINSEP、オーストラリア保障措置・核不拡散局(ASNO)などの機関からの支援により、フィリピンは順調にAPを実施している。

②ベトナム(ベトナム放射線・原子力安全庁 グエン・トロン・ヒエップ氏)

ベトナムは AP 批准から 4 年目を迎えており、引き続き拡大結論を維持している。種々の組織、特に、産業関連組織に向けて AP 附属書 I、II に関するアウトリーチ活動が実施された。これらのアウトリーチ活動によって AP 申告への理解および協力が促進された。アウトリーチ活動は現在も続けている。

以上の発表に続き、日本より、参加国における AP に関する経験から得られた知識を集めてまとめることが提案された。その活動計画として AP の実施に必要な基本事項の取り決め、AP の実施に関する良好事例集の作成が挙げられ、その成果を FNCA ウェブサイトに掲載するか、あるいは可能であれば IAEA を通じて INFCIRC(Information Circulars:IAEA が原子力規制等を巡る主要な論点について発行しているもの)に文書/報告書として発表することを目標とすることが提案された。また、参加各国は良好事例を提供し、提供された良好事例を日本がとりまとめて、2018 年度のワークショップにおいて発表し(国名および特定の施設名を公表せずに)、議論することが提案された。

c) IAEA/NSSC ネットワークの活動および COE 間の協力

IAEA の NSSC ネットワークの活動について、本ネットワークの議長であり JAEA の ISCN センター長である直井洋介氏から発表され、続いてインドネシアおよび中国より、それぞれの COE の活動について発表された。発表概要は以下のとおりである。

①IAEA/NSSC(日本原子力研究開発機構 直井洋介氏)

NSSC の主な目的は、各々の目的に合わせたトレーニングプログラムを実施することによって人材を養成し、専門家ネットワークを構築するとともに、核セキュリティ事象の防止、検知および対応のための技術的支援を提供することである。2017 年 9 月現在、60 ヶ国、66 機関、オブザーバーとして 5 つの機関が NSSC ネットワークに参加している。これまでの成果として、NSSC の構想に対する意識が向上されたこと、国際レベルおよび地域レベルでの情報交換および調整が促進されたこと、NSSC と INSEN の間の交流が深まったこと、ならびに良好事例や得た教訓を共有するために NSSC における経験を共有するための訪問や事例研究を開始したことが挙げられる。NSSC は各国の核セキュリティ体制の維持・拡大を支援し、また IAEA の活動の実施を支援するために重要な役割を果たしている。

②インドネシア(インドネシア原子力規制庁 ダヌン・リスマワン氏)

インドネシアにおける NSSC 構築に関する経験について発表された。インドネシアは 2014 年、核セキュリティおよび緊急時計画のためのキャパシティ・ビルディングにおける協力に関する省庁間枠組みとして、インドネシア核セキュリティ・緊急時計画センター(I-CoNSEP)を立ち上げた。I-CoNSEP の主な役割は、人材養成を支援すること、技術的および科学的な支援を提供することである。I-CoNSEP 以外にも、インドネシアにはいくつかの NSSC がある。規制当局(BAPETEN)と原子力推進側(BATAN)の両方がトレーニングセンターを持っている。BATAN は、核セキュリティ文化の自己評価のための NSSC を立ち上げており(核セキュリティ文化・評価センター(CSCA))、またいくつかの大学が協力して、核セキュリティに関する研究センターを設立している。NSSC に関するすべての活動は I-CoNSEP の下で調整されている。核セキュリティに関する関係行政機関の効果的な連携が、核セキュリティに関する認識および理解を深めるために

重要であり、計画的な教育トレーニングによって核セキュリティ能力を向上させることができると考える。

③中国(国家核セキュリティ技術センター グ・シャオガン氏)

2016年3月にSNSTCがCOEとして設立された。COEは、核セキュリティ、NMAC、輸出管理に関するトレーニングを、国内向けと海外向けに提供する。COEは核セキュリティのためのシステムおよび機器に係る性能試験および認定、核セキュリティに関する研究開発、技術実証ならびに国際協力の機能を備えており、分析実験室、環境試験室、核物質防護試験フィールド、原子力施設の防護のためのフォースオンフォース(武力対抗)トレーニング施設、模擬核バンカー、NMACトレーニング施設を有している。中国はIAEAおよび米国DOEなどの国際的なパートナーと協力してトレーニングを実施し、またSNSTCのトレーナーを教育している。また中国は、アジア地域における核セキュリティ向上のために、地域パートナー間の協力も積極的に強化している。

以上の発表に続き、日本より核セキュリティ・保障措置の分野でのキャパシティ・ビルディングに関する経験および良好事例を共有するためのCOE間の協力が提案された。

iv) 核セキュリティ・保障措置プロジェクトの今後の3ヶ年計画

和田氏より第18回FNCAコーディネーター会合の概要が報告された。続いて千崎氏より、本プロジェクトの今後3年間(2017年～2019年度)の活動計画が以下のとおり示された。

- ・ 核セキュリティ分野については、核鑑識、サイバーセキュリティ、核セキュリティ文化の醸成、放射線源のセキュリティについて焦点を当てる。
- ・ 保障措置分野については、FNCA参加各国のAP実施の良好事例集を作成する。
- ・ 核セキュリティ・保障措置分野におけるキャパシティ・ビルディングのため、参加国のCOE間で連携、協力する。

3) ワークショップのまとめ

- i) 核鑑識に関する各国へのアンケートから、国家的枠組みの構築、NNFLの構築、核鑑識における解釈および特定能力の向上が各国に共通する課題であることが認識された。各国の核鑑識能力を向上させるための本プロジェクトにおける今後の活動として、核鑑識技術に関する机上演習や核鑑識における分析の実地訓練が提案された。
- ii) 今後3年間(2017年度～2019年度)の活動計画として、核セキュリティ分野では核鑑識、サイバーセキュリティ、核セキュリティ文化の醸成、放射線源のセキュリティ、保障措置分野ではAP実施の良好事例、また核セキュリティ・保障措置共通分野ではキャパシティ・ビルディングのためのCOE間の連携、協力をテーマに取り上げて議論する予定である。

第3章

「情報の普及」

第3章 情報の普及

3.1 FNCA シンポジウム

1) 開催概要

i) 期日:平成30年1月23日(火)

ii) 場所:若狭湾エネルギー研究センター ホール

iii) 主催:日本文部科学省(MEXT)

共催:福井県、若狭湾エネルギー研究センター

協力:内閣府原子力委員会、外務省

iv) 講演テーマおよび講演者

a) 基調講演

- ・「FNCA 研究活動の経緯と放射線利用分野の研究の取り組み」和田智明氏(FNCA 日本コーディネーター)
- ・「福井県における放射線利用研究と設備」中嶋英雄氏(若狭湾エネルギー研究センター所長)
- ・「放射線利用分野における FNCA プロジェクト活動の成果」玉田正男氏(量子科学技術研究開発機構量子ビーム科学研究部門研究企画室室長代理、FNCA 電子加速器利用プロジェクトリーダー)
- ・「国際機関における放射線利用分野での日本の取り組み」辻昭弘氏(外務省軍縮不拡散・科学部国際原子力協力室長)

b) ショートプレゼンテーション

- ・「FNCA 参加各国における放射線利用分野研究の取り組み」FNCA 参加各国代表

c) パネルディスカッション I

- ・テーマ:農業分野における放射線利用

- ・ファシリテーター:

南波秀樹氏(FNCA 日本アドバイザー)

- ・パネリスト:

- 玉田正男氏(量子科学技術研究開発機構量子ビーム科学研究部門研究企画室室長代理、FNCA 電子加速器利用プロジェクトリーダー)
- 中井弘和氏(静岡大学名誉教授、同大学元副学長、FNCA 放射線育種プロジェクトリーダー)
- 田中淳氏(量子科学技術研究開発機構量子ビーム科学研究部門高崎量子応用研究所副所長、FNCA 放射線育種プロジェクト国内委員)
- グオ・リリ氏(中国アイソトープ・放射線協会(CIRA))
- アブドゥル・ムイン・ビン・アブドゥル・ラフマン氏(マレーシア原子力庁)
- ルシル・V・エイバッド氏(フィリピン原子力研究所(PNRI))

d) パネルディスカッション II

- ・テーマ:アジア諸国の放射線利用の現状と FNCA の今後の活動

- ・ファシリテーター:

和田智明氏(FNCA 日本コーディネーター)

・パネリスト:

- 大槻勤氏(京都大学原子炉実験所原子炉実験所原子力基礎工学研究部門教授、FNCA 研究炉利用プロジェクトリーダー)
- 中嶋英雄氏(若狭湾エネルギー研究センター所長)
- ピーター・マックグリン氏(オーストラリア原子力科学技術機構(ANSTO))
- デリッパ・クマール・サハ氏(バングラデシュ原子力委員会(BAEC))
- ヘンディグ・ウィナルノ氏(インドネシア原子力庁(BATAN))
- ヴラジミール・ビチュク氏(カザフスタン国立原子力センター(NNC))
- チャドラーバル・マヴァグ氏(モンゴル原子力委員会)
- ポーンテップ・ニサマニーフォン氏(タイ原子力科学研究所(TINT))
- チャン・ゴック・トアン氏(ベトナム原子力研究所(VINATOM))

v) シンポジウム概要

日本が主導する原子力国際協力の枠組みである「アジア原子力協力フォーラム(FNCA)」では、アジア地域の社会経済の発展を目指し、放射線利用技術の活用を進めている。近年、アジア諸国では放射線利用技術の環境分野での活用のニーズが高まってきている。このため、「特長を生かした放射線利用はここまで広がっている」をテーマとして FNCA シンポジウムを開催し、環境分野を中心としたアジア地域における放射線利用の状況と展望について情報を提供した。FNCA 参加国からも関係者を招聘し、参加者は 108 名であった。

2) 各講演概要

i) 「FNCA 研究活動の経緯と放射線利用分野の研究の取り組み」和田智明氏(FNCA 日本コーディネーター)

FNCA は、近隣アジア諸国との原子力分野の協力を効率的かつ効果的に推進する目的として日本が主導する原子力平和利用協力の枠組みで、本体制の下で 2000 年から大臣級会合、コーディネーター会合、(1)放射線利用開発(産業利用・環境利用、健康利用)、(2)研究炉利用、(3)原子力安全強化、(4)原子力基盤強化の各分野におけるワークショップ等を開催している。

現在、この 4 分野で 8 つのプロジェクトが活動しており、これまでに目覚ましい成果が得られている。

ii) 「福井県における放射線利用研究と設備」中嶋英雄氏(若狭湾エネルギー研究センター所長)

若狭湾エネルギー研究センターでは、放射線利用研究として、(1)加速器技術の開発・高度化、(2)加速器利用分析技術の開発・高度化、(3)放射線場で利用される機器・材料の評価技術開発、(4)医療照射技術の高度化研究、(5)植物・菌類のイオンビーム育種研究の 5 つのトピックで放射線利用研究を行っている。

また、高速増殖炉もんじゅの敷地内に研究用原子炉の設置が予定されており、将来、多くの学生等が活用できる試験研究炉の実現、アジアの原子力新興国の原子力人材育成、国際原子力機関(IAEA)等による国際的な研修プログラム、産業応用の促進が期待される。

iii) 「放射線利用分野における FNCA プロジェクト活動の成果」玉田正男氏(量子科学技術研究開発機構量子ビーム科学研究部門研究企画室室長代理)

電子加速器利用プロジェクトは、アジア地域に豊富な天然高分子の放射線加工技術による機能化により、葉面散布により植物に活力を与える生長促進剤や乾燥地帯での土壌改良材として有用な超吸水材の研究開発を進め、農業分野での応用展開を進めてきた。これらの成果物は作物の収量増加により参加各国での社会経済的利益が期待される。

iv) 「国際機関における放射線利用分野での日本の取り組み」辻昭弘氏(外務省軍縮不拡散・科学部国際原子力協力室長)

原子力の平和的利用の促進は、核軍縮・不拡散体制の維持・強化につながるだけでなく、世界の社会・経済の発展に資する。日本は IAEA の活動に対する財政的および人的支援を通じて原子力の平和的利用の促進に貢献している。特に、アジア・大洋州地域においては、日本主導の FNCA の活動だけでなく、IAEA との協力による原子力科学技術に関する研究、開発および訓練のための地域協力協定(RCA)の活動の側面からも積極的に支援を実施している。

v) ショートプレゼンテーション

a) オーストラリア

オーストラリアでは原子力が医療、環境、農業、産業分野で広く応用されており、社会経済の発展を促進している。OPAL 研究炉はオーストラリア原子力科学技術機構(ANSTO)の研究能力の中心にあり、科学研究、放射性医薬品の製造、電子機器に使用されるシリコンの照射に利用されている。加速器科学センター(CAS)では 4 基の加速器が稼働しており、オーストラリア国内外のユーザーにイオンビーム解析や加速器質量分析のための利用を提供している。2018 年に ANSTO 核医学(ANM)施設の稼働が開始されると、オーストラリアは世界最大級の放射性医薬品供給国となる。

b) バングラデシュ

バングラデシュ原子力委員会(BAEC)では研究炉利用、放射線処理・技術、放射性同位体の製造と利用、食品照射などの放射線利用研究開発を行っている。研究炉は中性子放射化分析、中性子ラジオグラフィ、中性子散乱、原子炉安全の実験研究などの分野で人材養成、放射性同位体の製造等の様々な研究開発活動に利用されている。バングラデシュ政府は原子力発電計画に強い関心を持っており、原子力発電の導入を視野に入れて、研究プログラム、人材養成プログラムを大きく強化した。研究炉は原子力科学、原子力発電計画のための人材開発、インフラ開発において重要な役割を担っている。

c) 中国

中国において放射線技術の産業利用は新たな戦略的産業である。近年、急激に発展しており、次の 10 年間で約 20%の年間成長率を維持することが見込まれている。中国における放射線技術の開発は 1950 年代まで遡る。400 以上の研究機関や企業が放射線利用産業における研究開発、製造に携わり、2016 年末までに放射線技術の応用は数千に及んだ。放射線利用は材料開発、放射線加工、医療、農業、環境などの様々な分野で産業レベルに発展し、中国政府は放射線利用技術・産業を積極的に支援している。

d) インドネシア

現在、インドネシアでは放射線加工によるオリゴキトサンがコショウの抗菌剤、植物生長促進剤、植物病害抵抗誘発剤に使用されており、最近はカモの飼料添加物にも使用されている。ま

た、重金属イオン吸着剤を作製するためのグラフト共重合材の開発を進めている。現在、植物生長補助剤としてのオリゴキトサン認可プロセスや、金属イオン吸着剤に用いる天然高分子のグラフト重合技術の研究等を進行中であり、今後も継続するであろう。これに続き、イオンインプリントポリマーやハイブリッドポリマーの開発を行う計画である。

e) カザフスタン

カザフスタンにとって原子力技術、放射線技術の開発と応用は経済産業の安定と科学技術の発展のために重要である。がんの罹患率が高いことから、特に放射線医学・診断、放射性医薬品に注目している。カザフスタンは様々な種類の放射性医薬品を製造しており、海外へも輸出している。この他にポリマーの放射線加工などの産業利用や、ウラン採掘場や核実験場跡地の調査など広く原子力技術利用や放射線利用を行っている。また、放射性同位体の製造や原子力安全向上の実験研究のための研究炉利用にも大いに関心を持っている。

f) マレーシア

マレーシアにおいて原子力科学技術は農業、医療、工業、環境、水資源管理などの様々な分野で高く評価され、受け入れられている。マレーシアは、エネルギーの選択肢の1つとして原子力に積極的であり、十分な情報に基づいた決定を行う準備をしている。マレーシアはステークホルダーとの密で効果的なコミュニケーションが原子力科学技術を推進する上で有効な仕組みであると考えられる。この点で FNCA は、国の持続可能な発展に向けた放射線利用の強化についてさらに議論するためのよい基盤となっている。

g) モンゴル

モンゴルは、農業、医学、地質学、鉱業、工業など多くの分野で原子力技術を広く活用している。現在、モンゴルには電子ビーム応用はないが、農業、廃水処理、排ガス処理に利用するための、この技術を利用した超吸水材に大きな関心を持っている。また、モンゴル国立大学ではモンゴルにおける研究炉のニーズと要件について研究が進められている。モンゴルには原子力施設がなく、原子力技術の利用にも限りがある中でキャパシティ・ビルディングを進めており、FNCA の活動を通じた情報や経験の交換が役立っている。

h) フィリピン

フィリピンは放射線技術を利用した研究開発を目的に多目的 ^{60}Co 照射施設、電子ビーム施設を所有しており、農業、工業、医療分野に利用される製品の開発で優れた成果を得ている。この中でも放射線改質されたカラギーナン由来の植物生長促進剤(PGP)は最大の成功例で、これにより農家の米の収量が約 20%増加した。カラギーナン PGP は 3 つの企業に採用され、技術移転が進められており、放射線技術の大きな前進が期待されている。製品開発の他には、食品照射、スマート農業、突然変異育種に放射線技術が利用されている。

i) タイ

タイは過去数十年間、工業や農業などの様々な分野において放射線技術を応用してきた。現在は環境、考古学研究に重点を置いており、タイ原子力技術研究所(TINT)はそのための放射性核種および放射性同位体製造施設の利用を提供している。研究炉は 1 基で、医療用の放射性同位体製造、宝石用原石の照射、中性子利用に利用され、50 年以上にわたり順調に運転している。2017 年 5 月に TINT と SLRI(シンクロトロン光研究所)は東南アジア諸国連合

(ASEAN)と提携し、ASEAN 諸国の研究炉等の大規模施設を利用した施設の共同利用や共同研究を推進する大規模原子力・シンクロtron施設ネットワーク(LNSN)を設立した。

j) ベトナム

ベトナム原子力研究所(VINATOM)は 9 つの研究所・センターを有しており、このうち 5 つで放射線利用研究開発を行っている。首相が承認した「2020 年までの原子力平和利用開発のための基本計画」により、放射線技術の応用は農業、医療、工業、地質環境学の 4 つの主要分野に重点を置いている。現在、研究炉は 1 基のみだが 50 年以上稼働しており、ベトナム国内外に供給する放射性同位体を製造している。寿命が近づいているため、新しい研究炉の建設計画が数ヶ月後に最終決定される予定である。

vi) パネルディスカッション I

電子加速器利用プロジェクトの日本プロジェクトリーダー(PL)である玉田氏、放射線育種プロジェクトの日本 PL である中井氏から、それぞれのプロジェクト活動を通じて、持続可能な農業のための放射線利用の有効性、農業分野における放射線照射技術利用の今後の方向性について意見がそれぞれ述べられた。また、フィリピンにおける電子加速器利用プロジェクトの成果、マレーシアにおける放射線育種プロジェクトの成果、中国における農業分野の放射線利用について、それぞれ事例が紹介された。

放射線育種プロジェクトの国内委員である田中淳氏からは、量子科学技術研究開発機構高崎量子応用研究所が開発したイオンビーム育種、放射性同位体を用いた植物のイメージングとその成果が紹介された。これらの技術を組み合わせることで気候変動に耐えるような作物の創成に貢献でき、将来、FNCA の活動で取り上げて普及拡大することで持続的農業に役立つのではないかと提案がなされた。

本年度は電子加速器利用プロジェクト、放射線育種プロジェクトとも活動期間(フェーズ)の最終年度を迎えるが、玉田氏、中井氏から、今後 FNCA でどのようなテーマを取り上げるとさらに発展的かについて、以下のとおり提案された。

a) 電子加速器利用プロジェクト(玉田氏)

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以下の研究開発を進め、実用化を促進する。

- ・植物生長促進剤(PGP)、超吸収材(SWA)、バイオ肥料の組み合わせによる相乗効果のデータを蓄積し、実用化を推進する。
- ・天然高分子の放射線加工により、家畜や養殖魚の病害体制を高めることのできるサプリメントを研究開発する。
- ・放射線橋かけ、グラフト重合により、再生医療と組織培養に適した高分子ゲルフィルムの作製技術を研究開発する。
- ・環境負荷低減に向けたニーズを見出し、有害物質が除去可能な材料を研究開発する。

b) 放射線育種プロジェクト(中井氏)

劇的な気候変動が進む中、将来においても「持続的農業」は重要なテーマになる。低投入の持続的農業条件において、より高い収量を上げることが目標となり得る。参加国が自国のニーズにあった主要作物を選び、突然変異育種をととして低投入の持続的農業の実現を目指す。

vii) パネルディスカッション II

研究炉利用プロジェクトの日本 PL である大槻氏から京都大学原子炉実験所における取り組みが紹介され、研究炉は学術研究、産業利用、人材養成において重要な役割を担うことが述べられた。また、研究炉利用プロジェクトの今後 3 年間の活動について、参加各国が抱えている課題を洗い出して議論し、研究炉利用に関する情報の共有、参加国間の共同研究、そして核物質防護を目標とすることが提案された。また、中嶋氏より、原子力に携わる人材の教育によって研究炉は必要であるとの意見が述べられた。続いてオーストラリア、バングラデシュ、インドネシア、カザフスタン、モンゴル、タイ、ベトナムから、各国における研究炉の現状と将来の構想が紹介され、意見交換が行われた。各国とも研究炉は重要な位置付けにあり、既存の研究炉も含めて、人材養成と組み合わせた将来構想が進められていることを踏まえ、和田氏より、FNCA の枠組みの下、参加各国の研究炉の特徴を活かした協力プログラムと人材養成プログラムを有効に組み合わせ、各国の研究炉が効果的に活用されることが重要との提案がなされた。

日本では研究炉を人材養成に利用していこうという方向がある一方で、研究炉の高経年化が進んでいる状況から、新たな研究炉の導入に向けた検討が始められている。導入の目的としてアジア諸国の原子力人材養成も含まれているが、アジア諸国各国ではそれぞれ自国の研究炉を利用して人材養成を行っていこうという構想がある。和田氏より、日本の研究炉でアジア諸国の原子力人材養成を考えるのであれば、例えば中性子ビーム利用や様々な照射プログラムなど、日本としての特徴を持った先端的な研究炉を作ることがアジア全体の人材養成にもなり、貢献にもなるのではないかと意見が述べられた。

3) 成果およびまとめ

i) シンポジウム参加者

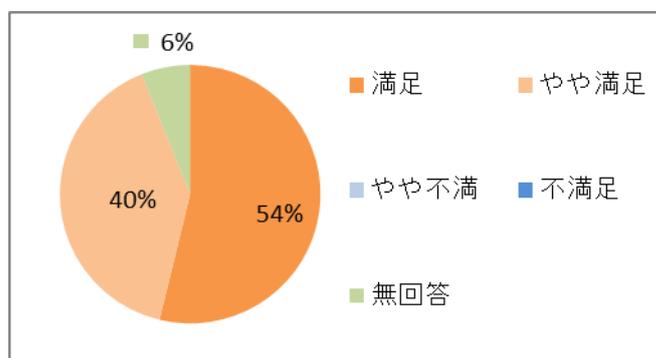
シンポジウムへの参加者およびアンケート回収の内訳を以下に示す。

属性	参加者数	アンケート回収数
省庁関係者	7	0
FNCA 関係者	6	5
原子力機関関係者	44	8
原子力産業関係者	11	4
原子力関係を専門とする学生、研究者	6	2
アジア地域の国際協力に係わっている方	1	1
その他(福井県他)	19	1
報道関係	3	0
合計	97	21

ii) シンポジウム後のアンケート調査結果

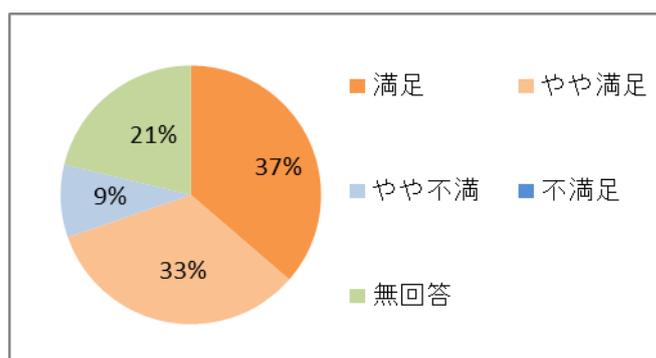
シンポジウム終了後に実施したアンケート結果は、以下のとおりである。

a) 基調講演への満足度



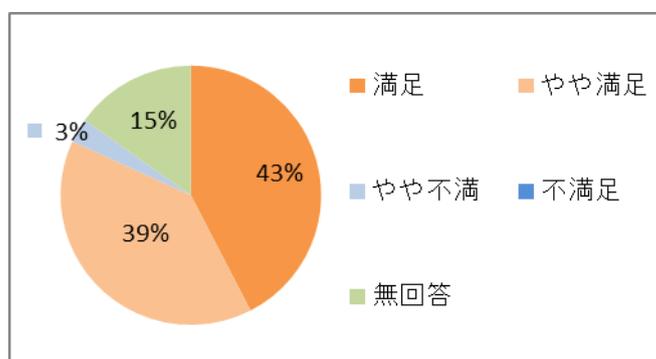
基調講演については、アンケート回答者の全員が満足またはやや満足と答えており、おおむね好評であった。

b) ショートプレゼンテーションへの満足度



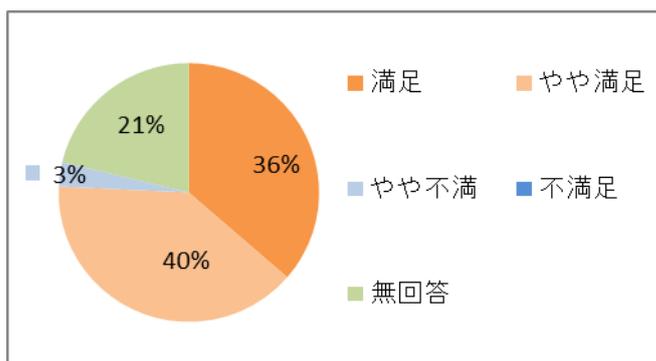
ショートプレゼンテーションについては、満足 37%、やや満足 33%とおおむね好評であったが、やや不満との回答もあった。

c) パネルディスカッション I への満足度



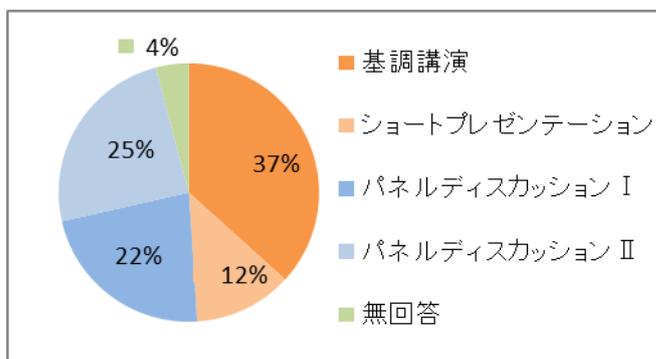
パネルディスカッション I については、満足 43%、やや満足 39%とおおむね好評であったが、わずかにやや不満との回答もあった。

d) パネルディスカッション II への満足度



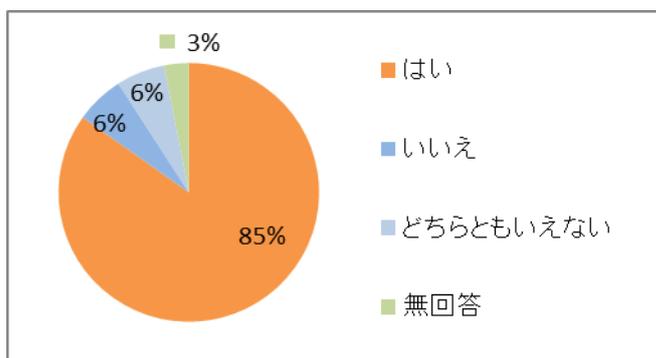
パネルディスカッション II については、満足 36%、やや満足 40%とおおむね好評であったが、各国からの発表時間が短かったためやや不満との回答もあった。

e) 一番関心を持った講演・セッション(複数回答)



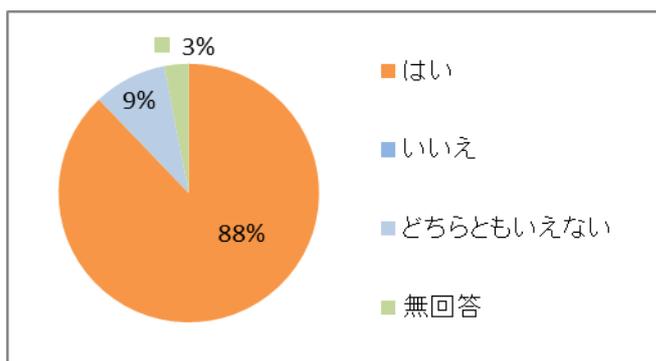
複数回答による一番関心を持った講演・セッションは、基調講演が 37%で最も高かったが、パネルディスカッションにも関心が持たれたと思われる。

f) FNCA の活動を理解できたか



アンケート回答者のほとんどがはいと答えており、本シンポジウムにおける FNCA 活動の紹介はうまくできたと思われる。

g) FNCA のようなアジア原子力協力活動は重要と思うか



アンケート回答者のほとんどがはいと答えており、今後も FNCA のようなアジア原子力協力活動の継続は重要と思われる。

h) 原子力アジア協力で今後強化すべき課題、また必要と思われる課題について

原子力アジア協力で今後強化すべき課題、また必要と思われる課題について寄せられた意見は以下のとおりで、放射線利用に関する社会的認知の向上が必要との意見が多かった。

- ・ 気候変動
- ・ 環境
- ・ 新研究炉建設
- ・ 研究用原子炉の課題の共有
- ・ 材料開発
- ・ 人材養成
- ・ 研究、理解活動
- ・ 放射線照射、食品の利用拡大と国民の理解
- ・ 放射線利用の有用性に関する社会的認知の向上、またこれを通じた放射線、原子力に関する社会的受容性の向上
- ・ 原子力アジア協力によって日本にどのような利益があるのかという点が重要である。

i) その他

その他に寄せられた意見は下記のとおりである。

- ・ 一般県民にもっとわかりやすい内容で開いてほしい。
- ・ 原子力は主に発電に用いるものと思っていたが、いろいろな分野で活用されていることを認識した。
- ・ パネルディスカッション II の内容はタイトルからは推測しがたいものであったが、大変有益だと思った。
- ・ ディスカッションのような場が今後もあるとよいと思った。
- ・ FNCA 参加各国からの発表時間が短かった。
- ・ 同時通訳はあったが配布資料に英語のものがあり、理解できないものがあった(注: 日本人の発表は日本語版資料を配布したが、FNCA 参加国の発表は原文(英語版)を配布した)。

アンケート結果からはおおむね好意的な評価を得られたと考えられる。本シンポジウムを通じて FNCA の活動が広く普及され、アジア近隣諸国の放射線利用の状況やニーズを広く関係者間で共有することができた。

3.2 ニュースレターの発行

FNCA 活動における国際会合およ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、写真など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」27号(通算)を平成30年3月に発行
- 2) 英文「FNCA ニュースレター」21号(通算)を平成30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(p223)を参照。

主な掲載内容は以下のとおりである。

- i) FNCA ニュースレター27号(和文、平成30年3月)
 - a) カザフスタン・アスタナ市で FNCA 大臣級会合を開催
 - b) FNCA 参加国の原子力政策最新動向
 - c) 特集3 気候変動科学プロジェクト
 - d) 特集2 バイオ肥料プロジェクト・電子加速器利用プロジェクト
 - e) 特集3 核セキュリティ・保障措置プロジェクト
 - f) プロジェクト活動紹介
 - g) プロジェクト活動成果 1 (放射線育種プロジェクト)
 - h) プロジェクト活動成果 2 (原子力安全マネジメントシステムプロジェクト)
 - i) FNCA 賞 2017
 - j) FNCA シンポジウム 2018
 - k) 第18回コーディネーター会合
 - l) 2017 スタディ・パネル/国際ワークショップ
 - m) 2017年度 FNCA 活動実績
 - n) What's FNCA?

- ii) FNCA Newsletter No. 21(英文、平成30年3月)
 - a) Ministerial Level Meeting Held in Astana, Kazakhstan
 - b) Latest Trends of Nuclear Energy Policy in FNCA Member Countries
 - c) Special Topic 1 - Climate Change Science Project
 - d) Special Topic 2 - Biofertilizer Project & Electron Accelerator Application Project
 - e) Special Topic 3 - Nuclear Security and Safeguards Project
 - f) Introduction of On-Going 8 Projects
 - g) Results of Project Activities 1 (Mutation Breeding Project)
 - h) Results of Project Activities 2 (Safety Management Systems for Nuclear Facilities Project)
 - i) FNCA Award 2017
 - j) FNCA Symposium 2018
 - k) The 18th Coordinators Meeting
 - l) 2017 Study Panel/International Workshop

m) Activities in JFY 2017

n) What's FNCA?

3.3 ウェブサイトの運営

FNCA ウェブサイト (URL : 和文版 <http://www.fnca.mext.go.jp/>、英文版 <http://www.fnca.mext.go.jp/english/index.html>)において、各プロジェクトの活動報告などの情報を提供し、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
トップページ	・ FNCA体制図修正
コーディネーター紹介	・ コーディネーター <ul style="list-style-type: none"> - バングラデシュ(2回) - マレーシア - ベトナム
放射線育種プロジェクト	・ 平成29年度ワークショップ報告
バイオ肥料プロジェクト	・ 平成29年度ワークショップ報告 ・ プロジェクトリーダー <ul style="list-style-type: none"> - 中国
電子加速器利用プロジェクト	・ 平成29年度ワークショップ報告 ・ 「放射線加工によるハイドロゲルおよびオリゴ糖類の開発に関するFNCAガイドライン」更新
気候変動科学プロジェクト	・ プロジェクトページの開設 <ul style="list-style-type: none"> - プロジェクト紹介 - プロジェクトリーダー一覧 ・ 平成29年度ワークショップ報告
放射線治療プロジェクト	・ 平成29年度ワークショップ報告 ・ プロジェクトリーダー <ul style="list-style-type: none"> - インドネシア ・ プロジェクトリーダーからのメッセージ ・ FNCA放射線治療プロジェクト将来計画案
研究炉利用プロジェクト	・ プロジェクトページの開設 <ul style="list-style-type: none"> - プロジェクト紹介 - プロジェクトリーダー一覧 ・ 平成29年度ワークショップ報告 ・ FNCA多目的研究炉カタログ(研究炉ネットワークプロジェクト)
放射線安全・廃棄物管理プロジェクト	・ 平成29年度ワークショップ報告 ・ プロジェクトリーダー <ul style="list-style-type: none"> - インドネシア - 韓国 - マレーシア ・ "Radiation Safety and Radioactive Waste Management Newsletter No. 13, No. 14"掲載

更新箇所	更新事項
核セキュリティ・保障措置プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> ・ 平成29年度ワークショップ報告 ・ プロジェクトリーダー <ul style="list-style-type: none"> - カザフスタン - タイ - ベトナム
FNCA ニュースレター	<ul style="list-style-type: none"> ・ FNCAニュースレターNo.27(日本語版)掲載 ・ FNCA Newsletter No.21(英語版)掲載
内閣府主催会合	<ul style="list-style-type: none"> ・ 平成28年度第18回コーディネーター会合およびスタディ・パネル報告 ・ 平成29年度上級行政官会合報告 ・ 平成29年度第18回大臣級会合報告

なお平成29年4月から平成30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3,997件、英文サイト3,341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、過去3年間(平成26年1月～平成29年3月)および本年度(平成29年4月～平成30年3月)のアクセス解析を実施した。

過去3年間では、時期により多少の変化があるが、訪問傾向はおおむね「新規:リピート=7:3」の割合で推移している。FNCA 大臣級会合、コーディネーター会合およびプロジェクトワークショップの開催や、ニュースレターの発行によりサイトが更新される3月と10月/11月に訪問数が増加する傾向がみられる。平成29年3月以降は新規訪問が増加傾向にあり、このうち95%が日本からのアクセスであった。

1回の訪問につき閲覧ページ数は約3ページで、「トップページ」→「カテゴリトップページ」→「詳細ページ」、または「トップページ」→「目的のページ」→「トップに戻る」といったように、目的を持った(見たいページのある)ユーザーが目的を達成して終了するパターンが考えられる。国別にみるとインドネシア、フィリピン、韓国、オーストラリア、カザフスタン、ベトナムの訪問数が多く、かつ、訪問した際の閲覧ページ数も4～4.8ページと多い。このことから、熱心にサイトを閲覧していることが想定される。全体でみると日本語ページ、英語ページともFNCA 概要ページ、大臣級会合のページの閲覧数が多い。また、プロジェクト別にみると、閲覧数が多いのは日本語ページではバイオ肥料、放射線育種、電子加速器利用の順で、英語ページでは放射線育種、研究炉利用、放射線治療の順であり、放射線利用開発分野プロジェクトに比較的高い関心が高いことがうかがえる。

新規訪問とリピート訪問の行動については、リピート訪問の「ページ/セッション」が高く、じっくりページ閲覧されていると想定できる。新規訪問者はFNCA 概要ページを多く閲覧しており、リピート訪問者はプロジェクトページを多く閲覧している。その他、大臣級会合ページが多く閲覧されている。

また、PDF(ニュースレター、プロジェクト成果物等)のダウンロード数を見ると、日本語ページ、英語ページともFNCA ニュースレターが上位である。国別にみるとマレーシア、ベトナム、オーストラリア、韓国、タイが上位にあり、これらの国々はPDFリンクをクリックしている率も高く、興味が高いと想定できる。

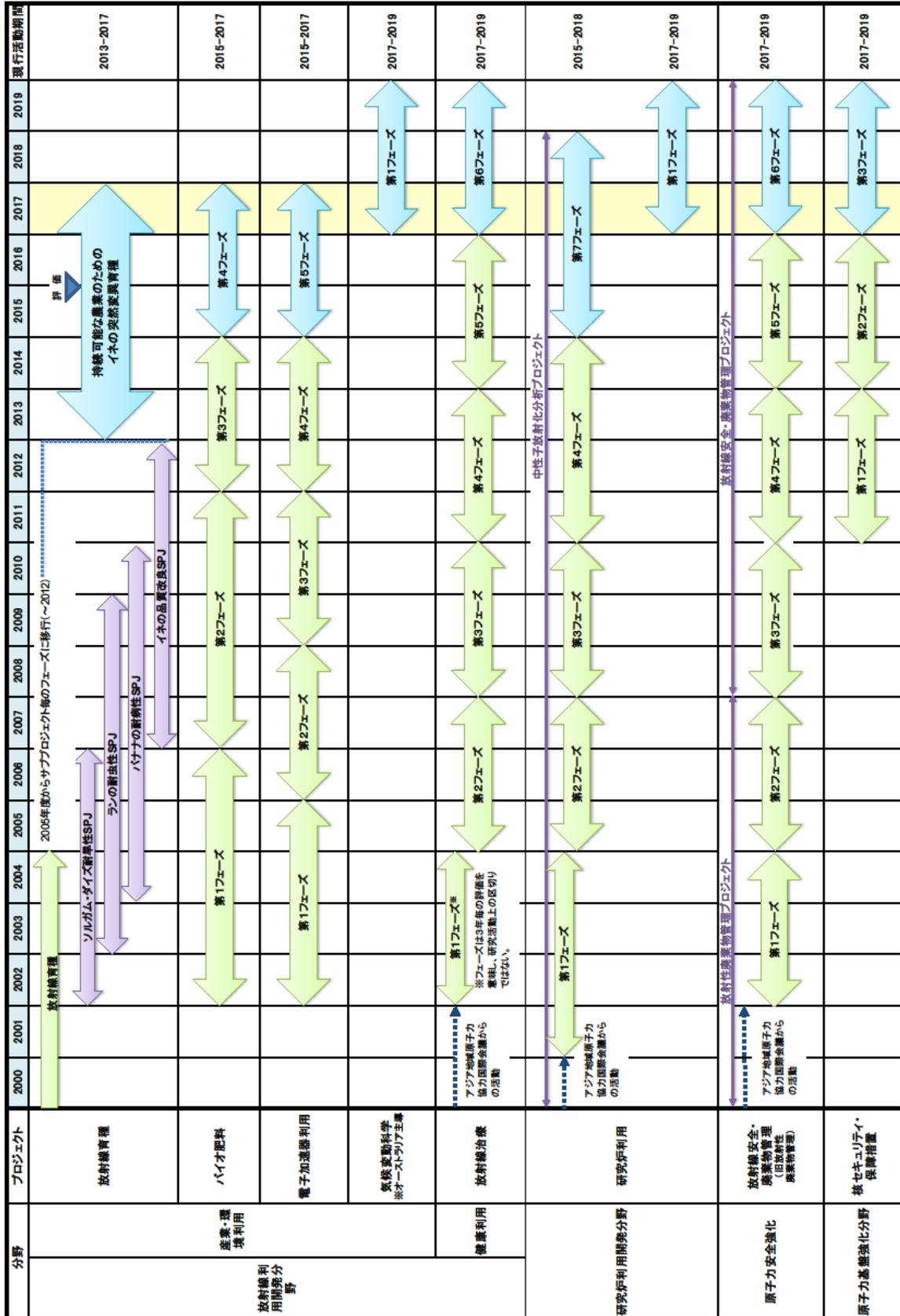
FNCA ウェブサイト トップページ (上:和文版、下:英文版)

文部科学省の委託を受けて公益財団法人原子力安全研究協会が運営しています。

Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Operated by Nuclear Safety Research Association (NSRA)

添付資料

1. FNCA 現行8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 2017 Workshop on Mutation Breeding Project

October 31st – November 3rd, 2017

Jeju, Korea

1) Outline of Workshop

i) Date	October 31 st – November 3 rd , 2017
ii) Venue	Workshop: Ocean Suites Hotel, Jeju, Korea International Symposium: Jeju National University, Korea
iii) Host	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan (MEXT) Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI) Korean Nuclear International Cooperation Foundation (KONICOF)
iv) Participants	Total of 17 participants from 9 countries, Bangladesh, China, Indonesia, Japan, Korea, Malaysia, The Philippines, Thailand, Vietnam and IAEA/RCA (Annex 2)
v) Program	Annex 1

Opening Session

Mr Jin-Seon Park, Director General of Korean Nuclear International Cooperation Foundation (KONICOF) delivered welcoming remarks. Then Mr Shoji Kasuga, Researcher, International Nuclear Cooperation Division, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan and Dr Hideki Namba, FNCA Advisor of Japan gave an opening speech respectively.

Overview Lectures

Mr Kasuga introduced MEXT programs on international nuclear cooperation and contribution to Asian countries. Dr Namba reviewed FNCA activities in 2016-2017 and major successful results obtained. Then Prof Hirokazu Nakai, FNCA Mutation Breeding Project Leader of Japan briefly described the purpose of FNCA Mutation Breeding, the history of the sub-projects completed and the main issues to be discussed in the present workshop. He also introduced main results obtained in the present sub-project from every country.

Session 1 Follow-up on Sub-project on Sorghum & Soybean, and Banana

Dr Sobrizal from Indonesia presented about Sorghum & Soybean mutation breeding. In case of sorghum three promising mutant lines are selected and applied for release as new variety called G5, G7 and G8. All three advance mutant lines showed high yield and high biomass production both in drought and rainy seasons. On the other hand 12 early mature advance mutation lines of soybean are in multi-location trial for further experiment to register as new variety. One mutant variety of soybean named Mutiara-1 is selected for seed production to increase the food security of the country, now seed production area is about 15 ha.

Ms Ana Maria Veluz of the Philippines presented new results of mutation breeding in banana. Five intermediate mutant lines resistant to banana bunchy top virus (BBTV) from Lakatan variety, a desert banana were selected to do multi-location test in farmers' field for the objective of reducing losses due to BBTV and later applied for registration as new mutant variety. This is good achievement to develop disease resistant banana against BBTV.

The summary for each presentation is attached as Annex 3.

Session 2 Country Report on Application of Mutation Breeding of Rice for Sustainable Agriculture

Nine member countries presented progress and activity plan on the application of mutation breeding of rice for sustainable agriculture. The summary for each presentation is attached as Annex 3.

Session 3 Summary and Evaluation of on Mutation Breeding of Rice for Sustainable Agriculture

Prof Nakai gave a lead speech. After the discussion along with the speech, it was agreed that most of member countries created new mutant varieties with high yield and contributed to sustainable agriculture. Moreover, the several varieties have already been in practical use and showed high economic impacts. Thus, there is no question about having achieved success of this 5-year project of mutation breeding. It is recognized that this success would consist of new technologies established, such as 1) Ion beam irradiation, 2) Utilization of crossing of mutated line with good local varieties, 3) M1 screening of ion-beam induced mutants (scientific elucidation should be necessary), and 4) High throughput screening method such as in case of drought tolerance.

Session 4 Round Table Discussion for New Phase from 2018

It was discussed on the future prospect of FNCA Mutation Breeding Project in view of the results of the terminated and present sub-projects. Low input sustainable agriculture was confirmed to be the most important theme in the future under dramatic climate change. Especially, low input with high yield of major crop might be the main objective to attain sustainable agriculture. Consequently, title of the next sub-project "Mutation Breeding of Major Crops for Low-input Sustainable Agriculture under Climate Change" was decided. It was confirmed that in performing the breeding purpose, every participant country could choose different target of major crops including rice.

Session 5 Cooperation with IAEA/RCA

Prof Luxiang Liu introduced the function of RCA and main achievements of global plant mutation breeding with the emphasis on progress review of the ongoing RCA Project RAS5077 commencing 2017-2020, which will be focusing on promoting mutation techniques and related biotechnologies for the development of green crop varieties with 20 member states. The ultimate goal of this project is to develop new types of crop varieties that possess fine quality, high yield, resistance to biotic and abiotic stress and use less agriculture inputs. He also announced that the International Symposium on Plant Mutation Breeding and Biotechnology would take place in Vienna, Austria, from 27 to 31 August 2018. He invited crop mutation breeders from FNCA countries to participate in this great event. The future collaboration in terms of ways and the activities including mutation breeding between FNCA and RCA project was discussed.

International Symposium

On November 2, FNCA-KSRI-KAERI Joint International Symposium on "Application of Radiation Technology and Mutation Breeding for Sustainable Agriculture" was co-organized by FNCA, Korean Society of Radiation Industry (KSRI) and Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI) in Ara Convention Hall of Jeju National University, with 50 participants from related institutes, companies, and universities. It consisted of two sections. At the section 1) Main Achievements of Mutation Breeding in Asian Countries, Prof Nakai introduced main achievement and future prospect of FNCA Mutation Breeding Project, and representatives from four countries namely Bangladesh, Vietnam, Malaysia and Korea outlined achievement of mutation breeding research in each country, including achievement of FNCA activities. At the section 2) New Technology and Challenge, four special lecturers from Korea, China and Japan delivered special lectures on new technology and challenge of mutation breeding research for sustainable agriculture.

Minutes and Closing Session

The minutes were discussed and agreed by all participants. It will be reported at the 19th Coordinators Meeting to be held in March 2018 in Japan. Dr. Si-Yong Kang, FNCA Project Leader of Korea and Dr Namba delivered closing remarks and thanked all participants for their efforts and contribution.

2) Technical Visit

Participants visited Institute for Nuclear Science & Technology and Sub-tropical Horticulture Research Center of Jeju National University on November 2, and Citrus Research Institute of RDA on November 3.

2.1.2 MB 参加者リスト

List of Participants FNCA 2017 Workshop on Mutation Breeding Project

October 31st – November 3rd, 2017

Jeju, Korea

Country	Name	Position and Organization
Bangladesh (PL)	Dr ANK Mamun	Chief Scientific Officer and Head, Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
China	Dr Jianzhong Huang	Associate Professor, Institute of Nuclear Agricultural Sciences, Zhejiang University
Indonesia (PL)	Dr Sobrizal	Senior Researcher/Rice Breeder, Center for Isotopes and Radiation Application, National Nuclear Energy Agency, Indonesia (BATAN)
Japan (MEXT)	Mr Shoji Kasuga	Researcher, International Nuclear Cooperation Division, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan
Japan (Advisor)	Dr Hideki Namba	FNCA Advisor of Japan, QST Associate, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST)
Japan (PL)	Prof Hirokazu Nakai	Professor Emeritus, Former Vice President, Shizuoka University
Japan	Dr Atsushi Tanaka	Deputy Director General, Takasaki Advanced Radiation Research Institute, Quantum Beam Science Research Directorate, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST)

Country	Name	Position and Organization
Japan	Dr Yoshihiro Hase	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 (Secretariat)	Ms Aki Koike	International Affairs and Research Department, Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Korea (PL)	Dr Si-Yong Kang	Principal Researcher and Team Head, Radiation Breeding Research Team, Advanced Radiation Research Institute, Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI)
Malaysia (PL)	Dr Sobri Bin Hussein	Senior Research Officer, Agrotechnology and Biosciences Division, Malaysian Nuclear Agency (Nuclear Malaysia)
The Philippines	Ms Ana Maria S. Veluz	Senior Science Research Specialist, Philippine Nuclear Research Institute (PNRI)
Thailand (PL)	Dr Kanchana Klakhaeng	Agricultural Research Officer, Senior Professional Level, Division of Rice Research and Development, Rice Department, Thailand
Thailand	Mr Somjai Saleeto	Agricultural Scientist, Nong Khai Rice Research Center, Rice Department, Thailand
Thailand	Mr Anuchart Kotchasatit	Agricultural Research Officer, Senior Professional Level, Ubon Ratchathani Rice Research Center, Rice Department
Vietnam (PL)	Prof Le Huy Ham	Director General, Institute of Agricultural Genetics (AGI)

Country	Name	Position and Organization
IAEA/RCA	Prof Liu Luxiang	LCC of IAEA/RCA Project RAS5077, Director of National Center of Space Mutagenesis for Crop Improvement, Deputy Director General of Institute of Crop Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences (CAAS)

2.1.3 MB プログラム

Program of FNCA 2017 Workshop on Mutation Breeding Project

October 31st – November 3rd, 2017

Jeju, Korea

Tuesday, October 31st, 2017 (Day 1st)

09:00 - 10:15 Opening Session

Chair: Dr Si-Yong Kang, Korea

1. Welcoming Remarks

- 1) Mr Jin-Seon Park, Direct General, KONICOF, Korea
- 2) Mr Shoji Kasuga, MEXT, Japan
- 3) Dr Hideki Namba, FNCA Advisor of Japan

2. Overview Lectures (20min. including Q/A)

- 1) International Nuclear Cooperation and Contribution for Asian Countries
Mr Shoji Kasuga, MEXT
- 2) Overview and progress of FNCA activities in 2016-2017
Dr Hideki Namba, FNCA Advisor of Japan
- 3) Outline of FNCA Mutation Breeding Project and purpose of the workshop
Prof Hirokazu Nakai, FNCA Mutation Project Leader of Japan

3. Introduction of Participants

4. Confirmation of Agenda

10:30 - 10:45 Group Photo and Break

10:45 - 12:00 Session 1 Follow up of Sub-projects on Sorghum & Soybean and Banana (Presentation: 20 min, Q/A: 5min)

Chair: Dr A N K Mamun, Bangladesh

1. Sub-project on Drought Tolerance in Sorghum and Soybean
Dr Sobrizal, Indonesia
2. Sub-project on Disease Resistance in Banana
Ms Ana Maria Veluz, the Philippines
3. Summary

12:00 - 13:15 Lunch Break

13:15 - 15:00 Session 2 Country Report (Presentation: 25min, Q/A: 10min)

Chair: Prof Huy Ham Le, Vietnam

1. Bangladesh
2. China
3. Indonesia

15:00 - 15:15 **Break**

15:15 - 16:25 **Cont. of Session 2 Country Report** (Presentation: 25min, Q/A: 10min)

Chair: Dr Kanchana Klakhaeng, Thailand

4. Japan
5. Korea

18:30 - 20:00 **Welcome Party at Ocean Suites Hotel**

Wednesday, November 1st, 2017 (Day 2nd)

09:00 - 10:15 **Cont. of Session 2 Country Report** (Presentation: 25min, Q/A: 10min)

Chair: Dr Jianzhong Huang, China

6. Malaysia
7. The Philippines

10:15 - 10:30 **Break**

10:30 - 11:40 **Cont. of Session 2 Country Report** (Presentation: 25min, Q/A: 10min)

Chair: Dr Sobrizal, Indonesia

8. Thailand
9. Vietnam

11:40 - 13:30 **Lunch Break**

13:30 - 15:00 **Session 3 Summary and Evaluation of on Mutation Breeding of Rice for Sustainable Agriculture**

Chair : Dr Atsushi Tanaka, Japan

1. Lead speech
Prof. Hirokazu Nakai, Japan
2. Discussion
3. Summary

15:00 - 15:15 **Break**

15:15 - 16:45 **Session 4 Round Table Discussion for New Phase from 2018**

Chair : Prof Hirokazu Nakai, Japan

1. Lead speech
Dr. Atsushi Tanaka, Japan
2. Discussion
3. Summary

Thursday, November 2nd, 2017 (Day 3rd)

**FNCA-KSRI-KAERI Joint International Symposium on
"Application of Radiation Technology and Mutation Breeding
for Sustainable Agriculture",
Ara Convnetion Hall, Jeju National University**

Chair: Dr Joon-Woo Ahn, KAERI

08:45 - 09:00 Registration

09:00 - 09:10 Opening Remarks

- 1) Dr Gyuseong Cho, President of KSRI, Korea
- 2) Mr Shoji Kasuga, MEXT, Japan

Section 1. Main Achievements of Mutation breeding in Asian Countries

(Presentation: 25min, Q/A: 5min) (Mainly on the FNCA activities)

Chair: Dr Si-Yong Kang, KAERI

09:10- 09:40 Review of (sub)projects and future prospect
Prof Hirokazu Nakai, Japan

09:40 - 10:10 Mutation breeding research in Bangladesh
Dr A N K Mamun, BAEC, Bangladesh

10:10 - 10:30 Break

10:30 - 11:00 Status of Mutation breeding in Vietnam
Dr Huy Ham Le, AGI, Vietnam

11:00 - 11:30 Mutation breeding in Malaysia
Dr Sobri Bin Hussein, Malaysia

11:30 - 12:00 Current status of Mutation breeding in Korea
Dr Soonjae Kwon, Korea

12:00 - 13:30 Lunch Break

Section 2. New Technology and Challenge

(Presentation: 25min, Q/A: 5min)

Chair: Chair: Dr Geung-Joo Lee, Chungnam Univ.

13:30 - 14:00 Industrialization strategy of GM crops combined with mutation techniques
Dr Seok-Cheol Suh, Jeju Univ., Korea

14:00 - 14:30 New breeding lines developed by asymmetric protoplast fusion
Dr Chee Hark Harn, Eatoheal FE&D, Korea

14:30 - 14:50 Break

14:50 - 15:20 Space-induced mutation breeding in China
Prof Luxiang Liu, CAAS, China

15:20 - 15:50 Frontiers of ion beam breeding
Dr Yoshihiro Hase, QST, Japan

15:50 - 16:00 Discussion and closing remarks
Prof Hirokazu Nakai, Japan

Technical visit to Jeju University
-Institute for Nuclear Science & Technology
-Sup-tropical Horticulture Research Center

Friday, November 3rd 2017 (Day 4th)

09:00 - 10:00 Session 5 Cooperation with IAEA/RCA

Chair: Dr Yoshihiro Hase, Japan

1. Report from IAEA/RCA (**Presentation: 25min, Q/A: 5min**)
Prof Luxiang Liu, IAEA/RCA Project Coordinator
2. Discussion

10:00 - 10:20 Break

10:20 - 11:30 Session 6 Minutes

Chair: Dr Sobri Bin Hussein, Malaysia

1. Wrap up of minutes
2. Adoption of Minutes

11:30 - 11:45 Closing Session

Chair: Dr Sobrizal, Indonesia

1. Closing Address
 - 1) Dr Si-Yong Kang, FNCA PL of Korea
 - 2) Dr Hideki Namba, FNCA Advisor of Japan

11:45 - 13:00 Lunch Break

Technical visit to the Citrus Research Institute, RDA, etc.

2.2 バイオ肥料(BF)/電子加速器利用(EAA)プロジェクト合同国際会合

2.2.1 BF/EAA 議事録

(1) 合同セッション

Minutes of FNCA 2017 Joint Workshop on Biofertilizer Project and Electron Accelerator Application Project

November 13th – 17th, 2017

Takasaki, Japan

1) Outline of Workshop

i) Date	November 13 th – 17 th , 2017
ii) Venue	Takasaki Advanced Radiation Research Institute (TARRI), The National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST), Takasaki, Japan
iii) Host Organization	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan (MEXT)
iv) Support	Takasaki Advanced Radiation Research Institute (TARRI), The National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST)
v) Participants	Total 36 from 10 countries, Bangladesh, China, Indonesia, Japan, Kazakhstan, Malaysia, Mongolia, the Philippines, Thailand, Vietnam (Annex 2)
vi) Program	Annex 1

Opening Session

Dr Yuichi Michikawa, Deputy Director, Office for Nuclear Non- Proliferation Science and Technology, International Nuclear and Fusion Energy Affairs Division, Research and Development Bureau, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan and Dr Atsushi Tanaka, Deputy Director General, Takasaki Advanced Radiation Research Institute, Quantum Beam Science Research Directorate, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology delivered remarks and expressed warm welcome to all participants. In addition, Mr Tomoaki Wada, FNCA Coordinator of Japan and Dr Hideki Namba, FNCA Advisor of Japan gave speeches to encourage active contribution from the participants for fruitful workshop. Then participants introduced themselves briefly.

As a keynote speech, Mr Wada delivered a presentation for overview and progress of FNCA activities in 2016–2017 and introduced major successful results obtained. Then Dr Shotaro Ando, FNCA Biofertilizer

Project Leader of Japan and Dr Masao Tamada, FNCA Electron Accelerator Application Project Leader of Japan introduced their project activity and major issues of this workshop respectively.

Open Seminar on "Application and Sustainable Development of Radiation Technology in Asia"

Open Seminar on "Application and Sustainable Development of Radiation Technology in Asia" was jointly held by FNCA and QST/TARRI on November 13th, 2017 and was attended by 130 participants. The summaries of the seminar are attached as Annex 3.

Session 1 & 2 Country Report of Plant Growth Promoter (PGP) (EB Project)

Ten countries delivered report on plant growth promoter (PGP) of Electron Accelerator Application Project respectively. The summaries of reports are attached as Annex 4.

Session 3 Report on Synergy Effect of Biofertilizer and PGP (BF Project)

Eight countries delivered report on synergy effect of biofertilizer and PGP respectively. The summaries of reports are attached as Annex 4.

Session 4 Wrap-up of Synergy Effect on Biofertilizer and PGP

Synergy effects of biofertilizer and PGP (oligo chitosan) were reported by Bangladesh, China, Indonesia, Japan, Malaysia, Mongolia, the Philippines, and Thailand. The synergy effects on rice were found by Bangladesh and Thailand while other counties show the positive effect on plant growth by combining biofertilizer and PGP. Bangladesh showed that grain yield increased up to 12% in semi-field test of rice plant. The combining effect of plant growth promoter and biofertilizer (*Azospirillum*) was greater than the sum of individual effects of PGP (4.5%) and biofertilizer (3.7%). Thailand showed that the synergy effect appeared in pot test of rice plant when chemical fertilizer level was reduced to 75%. Rice is an economically effective plant so that the obtained synergy effect is promising for socioeconomic benefit in participating countries.

Summary for Result of Experiment on Synergy Effect on Biofertilizer and PGP

Country	Experiment	Result
Bangladesh	1) Rice, semi-field, PGPR (<i>Azospirillum</i>) 2) Soybean, pot, Rhizobium	1) Synergy effect to rice yield 2) Positive
China	1) Maize, pot, PGPR (<i>Bacillus</i>)	1) Positive
Indonesia	1) Chili, field, BOF (<i>Azotobacter</i> + <i>Pseudomonas</i> + <i>Trichoderma</i>)	1) Positive
Japan	1) Tomato, pot and field, Live coat (<i>Pseudomonas fluorescens</i>)	1) Synergy effect to suppress tomato

		bacterial wilt
Kazakhstan	No experiment	
Malaysia	1) Chili, pot, PGPR (P-sol, Klebsiella+Enterobacter.) 2) Okura, pot, PGPR (P-sol. Klebsiella+Enterobacter.)	1) Not clear 2) Not clear
Mongolia	1) Tomato, pot, PGPR (Azoarcus+Azospirillum+Azotobacter) 2) Cucumber, field, PGPR (Azoarcus+Azospirillum+Azotobacter) 3) Wheat, field, PGPR (Azoarcus+Azospirillum+Azotobacter)	1) Positive 2) Not clear 3) Positive
The Philippines	1) Rice, field, BioN (Azospirillum) 2) Corn, field, BioN (Azospirillum) 3) Rice, field, BioN (Azospirillum)	1) Positive 2) Positive 3) Not clear
Thailand	1) Rice, 2 pot experiments, PGPR (Azospirillum+Burkholderia) 2) Rice, field, PGPR (Azospirillum+Burkholderia)	1) Synergy effect to increase rice yield 2) Not clear
Vietnam	No information	

Session 5 Summary of Parallel Session and Exchange of View

Dr Ando reported a summary of the parallel session on Biofertilizer Project, and Dr Tamada reported a summary of parallel session on Electron Accelerator Application Project respectively and discussed on action plan in 2018-2020, followed by parallel session summary. (Annex 5: Summary on Biofertilizer Project, and Annex 6: Summary on Electron Accelerator Application Project)

Closing Session

Minutes of the workshop were confirmed and agreed by all participants. It will be reported on 19th Coordinators Meeting. Dr Ando delivered a remark to close fruitful workshop and Dr Tamada expressed much appreciation from participants for contribution. Next workshop will be held in September or October 2018, in Kazakhstan.

(2) 個別セッション (BF)

Parallel Session Summary on Biofertilizer Project

Session 1 Country Report

Nine countries reported research progress for 2017. Summaries of their reports are as follows.

1) Bangladesh (Dr Md Kamruzzaman Pramanik, BAEC)

Off late, Bangladesh government has given emphasis on eco-friendly agricultural practice and application of biofertilizer in lieu of chemical fertilizer is very promising in this regard. Several symbiotic and associative microorganisms have been isolated from different sources and some of which showed multifunctional fertilizing characteristics. Synergistic effect has been sought on rice and soybean plant using those biofertilizer along with irradiated oligo-chitosan. Moreover, sterilization of carrier material using gamma-irradiation seems to be fruitful for producing quality biofertilizer.

2) China (Dr Zhang Ruifu, CAAS)

1. We developed multifunctional biofertilizer production for plant growth promotion and soil disease suppression;
2. Our greenhouse experiments showed that irradiated oligo-chitosan and biofertilizer have positive synergistic effect for plant growth promotion;
3. ^{60}Co γ -ray irradiation is better than autoclaving for biofertilizer carrier sterilization for avoiding contamination and storage of biofertilizer.

3) Indonesia (Prof Iswandi Anas, IPB)

Study on multifunctional of microbial strains able to solubilize phosphate and potassium has been carried out. Through FNCA collaborative research in 2017, beneficial characteristics had been improved through mutation of these selected bacteria and fungi by using gamma irradiation. We were able to obtain bacterial mutant and fungus mutant which have stronger ability to solubilize phosphate and potassium. In the future we will evaluate the stability of mutants ability to solubilize phosphate and potassium. Then we will evaluate the effect for inoculation of these mutants on growth of some crops. Positive synergetic effect between biofertilizer and oligochitosan on chili as well on pepper had been shown also.

4) Japan (Dr Shotaro Ando, JIRCAS)

To develop multifunctional *Bacillus* biofertilizer, plant growth promotion effect of paddy rice and suppressive effect of rice blast were evaluated. PCR method to count the number of inoculated strain was developed. Microbial mutation breeding using ion beam was conducted to develop 1) salt tolerant rhizobia, 2) entomopathogenic fungi with tolerant to fungicide, and 3) Cs-accumulating bacteria.

5) Kazakhstan (Ms Olga Timofeyeva, "Promishlenoe snabzhenie" LLC)

Activity in 2016

For the first part, SWA and PGP was applied on barley, crown flax and wheat. Result is satisfactory.

Activity in 2017

The experiment in 2017 with PGP on the north of Kazakhstan on the area of 2000 hectares on hard wheat, legume plants and barley (50 ppm) did not bring expected results.

The experiment in Almaty region with PGP (50 ppm) on corn showed satisfactory results.

The experiments are being carried out to find out whether oligo chitosan is an oppressor of bacteria.

Plans

- The study of radiation breeding (radiation mutation)
- Determination doses for bacteria breeding
- Study of synergy combined effect by applying BF+SWA+PGP
- Publication of experiment results

6) Malaysia (Ms Rosnani Binti Abdul Rashid, Nuclear Malaysia)

Malaysia reported on commercialization activities and strategies for extension of biofertilizer products to end users via technology transfer, discussed some progress in the investigation on synergy between biofertilizer and plant growth promoter (irradiated oligochitosan) in chili, okra and banana. In addition, advances in radiation mutagenesis study to generate multifunctional biofertilizer organisms included evaluated of these mutants in greenhouse trial.

7) Mongolia (Dr Delgermaa Bongosuren, IPAS)

The biofertilizer project in Mongolia is continuous work and multi-functional Biofertilizer were developed. In 2001, the institute successfully produced dry type of rhizobacterial biofertilizer, in 2017, liquid type of rhizobacterial biofertilizer as well as increasing mass production. 20 tons of liquid and 5 tons of dry type biofertilizers were produced and distributed to farmers in this year. The field trial and demonstration showed that biofertilizer are able to increase crop yield from 10-25% and save 15-20% of required chemical N and P fertilizers.

8) The Philippines (Ms Julieta Anama, UPLB)

One of the microbial inoculants produced at BIOTECH, University of the Philippines Los Baños is a nitrogen fixing biofertilizer (*Azospirillum*) with a brand name *Bio NTM*. Application of *Bio NTM* has been extensively applied and used in different varieties of rice and corn at different regions of the Philippines and now being tested for high value crops of the country especially for tomato, eggplant and sugarcane. Combined inoculation of biofertilizers and oligochitosan were tested on rice, corn while the integration of two biofertilizers (Bio N and Mykovam) were tested for tomato. Results of the studies showed that the combined application of biofertilizers and oligochitosan and the integration of two biofertilizers have higher yield compared to control (unfertilized, uninoculated) treatments. Massive information campaign were conducted

for the awareness of the farmers on the benefits of biofertilizer, proper utilization of the technology, and improve marketing.

Soil and charcoal are used as the carrier in Bio N production and sterilized by using heat autoclave technique. From several studies conducted under the FNCA project and collaboration with the Philippine Nuclear Research Institute (PNRI) using nuclear technique sterilization the production of carrier was improved and lifespan of the Bio N inoculant was prolonged from six months now it is 10 months. .

9) Thailand (Dr Phatchayaphon Meunchang, DOA)

Thailand produced biofertilizer more than 35 years. At present, it is still popular for farmers. The biofertilizers have been already produced and extended to farmers as rhizobium, PGPR, Phosphate solubilizer and Mycorrhiza.

Thailand succeeded on research for use of carrier sterilization by gamma ray and electron beam at 25 kGy to produce PGPR biofertilizer for rice, which *Azospirillum* and *Burkholderia* survive over Thai law standard longer than 6 months. But it could not be used in production system due to high cost in the step of radiation sterilization.

The synergistic effect of PGPR biofertilizer and oligochitosan was showed in pot experiment but it was not clear for in field experiment.

Session 2 Special Lecture

Prof Gary Stacey, Super Professor, Tokyo University of Agriculture and technology delivered special lecture titled "Mechanistic studies of bacterial plant growth promotion utilizing model plant species". Summary of the presentation is as follows.

Plants interact with a wide range of soil microorganisms. In some cases, this interaction can result in significant benefits to both microbe and plant host. It is well known that some soil bacteria can promote the growth of plants increasing crop yield. The effects of such 'plant growth promoting bacteria' (PGPB) have been well documented with a variety of plant species. One lesson from such studies is that both the bacterial and plant genotype are critical in order to induce significant growth promotion. However, the molecular mechanisms behind this growth promotion are still largely unclear. We believe that the adoption of a suitable model bacterial-plant system could significantly accelerate research to increase our mechanistic understanding of these important associations. The ultimate goal would be to exploit this information to increase the adoption and benefits of PGPB in crop production.

Session 3 Development of Multifunctional Biofertilizer and Strategy for Extension to Farmers

The FNCA member countries presented the extension of multifunctional biofertilizer in each country. Indonesia isolated some microbial strains and carried out mutation by gamma irradiation. It was found that a bacterial mutant increased both phosphate and potassium solubilization and one fungal mutant increased solubilizing ability of phosphate. The Philippines produced Bio-N (*Azospirillum*) for rice and maize and conducted experiment of tomato with mycorrhiza. Thailand confirmed the multifunctional activity through coinoculation of *Azospirillum* and *Bradyrhizobium*, and showed that in the 10⁴ cfu per ml of both genus

increased nitrogen fixation. China developed multifunctional biofertilizers for root development and soil borne disease of several cash crops. Malaysia isolated microbial mutant from gamma irradiation and now in stages to evaluate on greenhouse trial. Bangladesh isolated two bacterial strains which are capable of fixing atmospheric nitrogen and solubilizing phosphate. Mongolia tested a liquid biofertilizer (*Azospirillum* + *Azotobacter* + *Azoarcus*) for wheat. Kazakhstan will develop multifunctional biofertilizer near future.

All member countries have extended biofertilizer to the farmers/end-users.

Session 4 Summary of Experiment for Synergistic Effect of Biofertilizer and Irradiated Oligochitosan, Plant Growth Promoter

Bangladesh, Japan and Thailand found synergistic effect of biofertilizer and irradiated oligochitosan on rice, tomato and rice, respectively. Other countries found some positive effect on different crops.

Session 5 Extension of Radiation Sterilization of Carrier for Commercial Biofertilizer Production

Reports from member of the FNCA countries namely Indonesia and Malaysia have private companies using gamma irradiation sterilization in the production of biofertilizer. In case of the Philippines gamma irradiation technology is being applied in large scale production. Bangladesh and Thailand also use sterilized carrier material by gamma ray for biofertilizer in small scale. It was also reported some limitations on the use of the facility such as distance and availability of the facility.

Session 6 Development of Publication for Compared Effect of Radiation Sterilization and Autoclave

For sterilization of biofertilizer carriers, gamma irradiation gave better results compared to autoclaving. The gamma irradiation sterilization of carrier was found more effective for the maintenance of inoculant microbes during long-term. China, Indonesia, Japan and Malaysia have already published paper on this issue. These findings will be published in The Philippines. Thailand has submitted for a patent.

Session 7 Development of FNCA Guideline for Biofertilizer Quality Assurance and Control

The compilation articles of "FNCA guideline Volume II: Production of Biofertilizer Carrier Using Radiation" was discussed. The additional information by all country members will be added in this guideline. It will be published in March 2018.

Session 8 Activity Summary, Evaluation, and Future prospects

Achievements in phase 4 were evaluated and it was confirmed that research plans were successfully accomplished. 1) Development and dissemination of radiation sterilization method of new types of carrier, 2) development of the multifunctional biofertilizer with emphasis on the radiation breeding of microbes, and 3) evaluation of integrated effect of biofertilizer and irradiated oligochitosan, carageenan and super water absorbent (SWA) were proposed as future themes.

Session 9 Summary of Parallel session for Biofertilizer Project

The summary of parallel session on Biofertilizer Project was discussed and agreed by all participants.

(3) 個別セッション (EAA)

Parallel Session Summary on Electron Accelerator Application Project

1) Outline of Workshop

i) Date	November 15 th - 17 th , 2017
ii) Venue	National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST), Japan
iii) Host Organisation	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan (MEXT)
iv) Participants	Fifteen (15) participants from ten (10) FNCA member countries: Bangladesh, China, Indonesia, Japan, Kazakhstan, Malaysia, Mongolia, The Philippines, Thailand and Vietnam. Listed in Annex 2.
v) Program	Annex 1

2) Workshop Program (Parallel Sessions)

The parallel sessions were attended by experts on applications of electron accelerator and radiation processing of natural polymers from ten (10) FNCA participating countries namely Bangladesh, China, Indonesia, Japan, Kazakhstan, Malaysia, Mongolia, The Philippines, Thailand and Vietnam. The list of participants of the workshop is attached in Annex 2.

Parallel Session 1: <PGP> Wrap-Up of Joint Session 1, Challenge and Progress for Commercialization of PGP

Dr Salma Sultana summarized the country reports presented at Joint Session 1, focusing on challenges and progress for the commercialization of PGP. The participants discussed on the theme after the lead speech. Discussion summary for this session is included in Parallel Session 2.

Parallel Session 2 : <PGP> Wrap-Up of Joint Session 2, New Trials after Commercialization of PGP

Dr Marina Binti Talib summarized the country reports presented at Joint Session 2, focusing on new trials after commercialization of PGP. Indonesia faces problem with the registration of the product (PGP). While Malaysia, Philippines and Thailand have already commercialized the PGP, other countries still need to do field test as follows:

Country	Crops
Bangladesh	Eggplant and maize
Indonesia	Black pepper and rice
Philippines	Mung bean, peanuts, corn and leafy vegetables
Vietnam	Soybean

Indonesia and Vietnam conducted study on the effect of oligochitosan as animal feed supplement. It was further suggested to study the synergistic effect combining PGP with SWA. For the next phase, all members agreed to work on the usage of radiation processing for different application for health, agriculture and environment.

Parallel Session 3: <SWA> Country Report I, Current Status and Cost Effectiveness toward Commercialization

Five (5) country reports on their current activities of SWA were presented emphasizing on the cost effectiveness of the product. The summary of each report is attached in Annex 6-1.

Parallel Session 4: <SWA> Country Report II, New Research and Obstacles after Commercialization of SWA

Five (5) country reports were presented on the new research and obstacles after commercialization of SWA. The summary of each report is attached in Annex 6-1.

Parallel Session 5: <SWA> Wrap-Up of Parallel Session 3, Current Status and Cost Effectiveness toward Commercialization

Dr Darmawan Darwis, BATAN summarized the presentations of Bangladesh, Indonesia, Malaysia, Mongolia and the Philippines. Focus was given on the challenges for the commercialization of SWA. Discussions were as follows:

- Consistent data cannot be obtained due to climate change e.g. continuous rain fall.
- Indigenous raw materials and simple process should be considered for SWA production to reduce cost/price.
- The SWA should have greater cost effectiveness over other existing commercial products.
- Synergy effects of SWA and PGP should be investigated for plant growth.
- SWA should be dugged deep in soil e.g. 20-30 cm below ground for vegetables and 1 m for tree to prevent degradation by sunlight and to efficiently hold water.

Parallel Session 6: <SWA> Wrap-Up of Parallel Session 4, New Research and Obstacles after Commercialization of SWA

Mr Alexandr Borissenko from Kazakhstan summarized the reports given by China, Japan, Kazakhstan, Thailand and Vietnam.

In the discussion, it was suggested to investigate the long term effect of SWA on plants in 2-3 years period. It was also mentioned that SWA can be cost effective in three different aspects of application. First is on the method of preparation whereby robust hydrogel with good mechanical properties can be made. Second is on the application in the field where the advantage of SWA should be emphasized over the drop irrigation technology which serves as a competitor to the products. The third is on its economic benefits whereby the overall cost of the SWA should be well considered. Furthermore, it was emphasized that the use of SWA can

be diversified for other applications such as medical, industrial or environmental usage to make it economically viable.

Parallel Session 7: Coordination between FNCA and RCA/IAEA Projects on Radiation Processing

Dr Lucille V. Abad presented the IAEA RAS project on "Developing and up-scaling of radiation grafted materials for water treatment". The project will run for a duration of four years from 2018 to 2021. This project will have to be done by government parties in partnership with specific industries, government agencies or non-government agencies in the development of the radiation grafted materials to mitigate contaminants in waste water. Likewise, products will be tailored fit to the end user's needs. This will promote the interest of the end-user and eventually may facilitate the technology transfer of products to industry. Requirements for participation of this project are as follows:

1. Countries must have the established facilities (gamma or e-beam) and laboratories for radiation grafting.
2. Countries must have previous works on radiation grafting.
3. Countries must have permanent researchers currently involved in radiation grafting activities or intends to establish the technology in their laboratories.

Joint meeting of IAEA and FNCA and other forms of collaboration should be considered in order to have more cooperation between IAEA and FNCA.

Parallel Session 8: Three-Year Evaluation and Proposal for Next Phase

Dr Masao Tamada presented the achievements and future plans of the project, followed by the discussion of the participants. The major achievements in 3 years were as follows:

- Environmental-friendly products of PGP and SWA increased yield of crops and vegetables such as rice, chili and mung bean, giving some economic benefits to participating countries.
- Scale-up production has been achieved for PGP. Thailand increase yield from 100,000L/month to 100,000L/day has been produced at Thai Gamma Irradiation Center. Carrageenan PGP has been produced by using Electron Beam Facility to meet the 1,700L/h needed for multi-locational testing of rice in 37,000 ha in Philippines.
- Synergistic effects of PGP and biofertilizer was confirmed in rice plant.
- FNCA guideline on development of hydrogel and oligosaccharides by radiation processing edited in 2009 has been revised and uploaded to FNCA website.
- SWA (200 kg/day) has been produced at Thai Gamma Irradiation Center. Production machine for SWA (500 kg/day) using EB has been installed in Kazakhstan.

Other achievements and plans are summarized in the Table below.

Table Achievements for 2017 and plans for next phase (2018-2020)

Countries	Achievement for 2017	Planning of R&D for Next Phase (2018-2020)
Bangladesh	<ul style="list-style-type: none"> •Semi-Field tests: Egg-plant and Maze (PGP) •Synergy effect with Biofertilizer [SF] 	<ul style="list-style-type: none"> •Pot and semi field tests with BF (PGP) •Semi field tests (SWA)
China	<ul style="list-style-type: none"> •Antibacterial grafted cotton fabric 	<ul style="list-style-type: none"> •Application of grafted cotton fabric
Indonesia	<ul style="list-style-type: none"> •Application on pepper plant (PGP) •Evaluation of microbial population in soil (SWA) 	<ul style="list-style-type: none"> •O-Chitosan for animal feed supplement •Field tests for other plants (SWA)
Japan	<ul style="list-style-type: none"> •Application on moss (PGP) •Dosimeter for cancer therapy (SWA) 	<ul style="list-style-type: none"> •Development of biocompatible materials for tissue engineering (SWA)
Kazakhstan	<ul style="list-style-type: none"> •Synergy effect of PGP+SWA 	<ul style="list-style-type: none"> •Synergy effect of PGP+SWA
Malaysia	<ul style="list-style-type: none"> •Carrageenan (PGP) •Palm oil waste treatment (SWA) 	<ul style="list-style-type: none"> •Biocompatible hydrogels(SWA) •O-Chitosan for animal feed supplement
Mongolia	<ul style="list-style-type: none"> •Pot and semi-field tests (PGP) •R&D pot tests and semi-field tests (SWA) 	<ul style="list-style-type: none"> •Semi-field test of PGP •Development of production technology by irradiation (SWA)
Philippines	<ul style="list-style-type: none"> •Registration & commercialization (PGP) •Production of SWA 	<ul style="list-style-type: none"> •Field trials (SWA) •Commercial (mass) production and distribution, label expansion for PGP
Thailand	<ul style="list-style-type: none"> •Pot tests for rubber tree for replanting (SWA) 	<ul style="list-style-type: none"> •Commercialization of replanting (SWA) •SWA prepared from sugarcane bagasse
Vietnam	<ul style="list-style-type: none"> •PGP with nano-silica •Farm tests of fish feed (OC) •R&D for inexpensive SWA 	<ul style="list-style-type: none"> •O-Chitosan production technology for fish and shrimp culture •Biocompatible hydrogels for tissue culture (SWA)

These achievements are described in the Final Report of the Project. The participating countries discussed on new proposals for next FNCA phase.

Parallel Session 9: Briefing on Technical Visit

Dr Mitsumasa Taguchi, QST gave a briefing on the technical visit at Takasaki Advanced Radiation Research Institute. The participants visited TIARA, electron accelerator facilities, ⁶⁰CO irradiator and science plaza of QST.

Parallel Session 10: Summary and Preparation for Joint Closing Session

Dr Masao Tamada summarized overall parallel sessions for the preparation of closing session of Joint Workshop. See the Joint Workshop Minutes for more details.

2.2.2 BF/EAA 参加者リスト

List of Participants FNCA 2017 Joint Workshop on Biofertilizer Project and Electron Accelerator Application Project

November 13th – 17th, 2017

Takasaki, Japan

Country	Name	Position and Organization
Bangladesh (BF PL)	Dr Md Kamruzzaman Pramanik	Principal Scientific Officer, Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
Bangladesh (EAA PL)	Dr Salma Sultana	Principal Scientific Officer, Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
China (BF PL)	Prof Zhang Ruifu	Professor, Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agriculture Sciences (CAAS)
China (EAA PL)	Prof Dr Jingye Li	Director of Research Management Office, Shanghai Institute of Applied Physics, Chinese Academy of Sciences
Indonesia (BF PL)	Prof Dr Iswandi Anas	Professor and Head of Division, Bogor Agricultural University (Institut Pertanian Bogor IPB)
Indonesia (EAA PL)	Dr Darmawan Darwis	Head, Radiation Processing Division; NPC of FNCA on EB Application, Center for Isotope and Radiation Application (CIRA), National Nuclear Energy Agency (BATAN)
Japan (Coordinator)	Mr Tomoaki Wada	FNCA Coordinator of Japan Chief Executive Director, Kobe Science Museum
Japan (Advisor)	Dr Hideki Namba	FNCA Advisor of Japan, QST Associate, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST)

Country	Name	Position and Organization
Japan (MEXT)	Dr Yuichi Michikawa	Deputy Director, Office for Nuclear Non- Proliferation Science and Technology, International Nuclear and Fusion Energy Affairs Division, Research and Development Bureau, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan
Japan (MEXT)	Mr Shoji Kasuga	Researcher, International Nuclear Cooperation Division, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan
Japan (BF PL)	Dr Shotaro Ando	Project Leader, Tropical Agriculture Research Front, Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS)
Japan (EAA PL)	Dr Masao Tamada	Deputy Director, Research Planning and Promotion Office, Quantum Beam Science Research Directorate, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology
Japan	Dr Katsuya Satoh	Senior Principal Researcher, Department of Radiation-Applied Biology Research, Takasaki Advanced Radiation Research Institute, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST)
Japan	Prof Tadashi Yokoyama	Professor, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology (TUAT)
Japan	Prof Gary Stacey	Super Professor, Tokyo University of Agriculture and Technology (TUAT)

Country	Name	Position and Organization
Japan	Dr Shin Okazaki	Associate professor, Department of International Environmental and Agricultural Science, Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology
Japan	Dr Mitsumasa Taguchi	Leader, Project "Biocompatible Materials Research", Department of Advanced Functional Materials Research, Takasaki Advanced Radiation Research Institute, Quantum Beam Science Research Directorate, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST)
Japan	Prof Mitsuhiro Inoue	Professor Emeritus, Tottori University
Japan	Prof Hideo Kusaoke	Professor, Department of Environmental and Food Sciences, Faculty of Environmental and Information Sciences, Fukui University of Technology
Japan (Secretariat)	Ms Aki Koike	International Affairs and Research Department, Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Japan (Secretariat)	Ms Ayako Tanida	International Affairs and Research Department, Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Kazakhstan (EAA PL)	Mr Alexandr Borissenko	Chief Executive Officer, JSC "The Park of Nuclear Technologies"
Kazakhstan (BF PL)	Ms Olga Timofeyeva	Commercial Director, Promyshlennoe Snabzheniye, LLP
Malaysia	Ms Rosnani Binti Abdul Rashid	Research officer, Malaysian Nuclear Agency (Nuclear Malaysia)
Malaysia (EAA PL)	Dr Marina Binti Talib	Manager, Malaysian Nuclear Agency (Nuclear Malaysia)

Country	Name	Position and Organization
Mongolia (BF PL)	Dr Delgermaa Bongosuren	Head of Soil Microbiology Laboratory, Institute of Plant Agricultural Sciences (IPAS)
Mongolia	Mr Sukh Odkhuu	Researcher, Nuclear Research Center, National University of Mongolia
The Philippines (BF PL)	Ms Julieta A. Anarna	University Researcher II, National Institute of Molecular Biology and Biotechnology (BIOTECH), University of the Philippines Los Banos (UPLB)
The Philippines (EAA PL)	Dr Lucille V. Abad	Supervising Science Research Specialist, Philippine Nuclear Research Institute
Thailand (BF PL)	Dr Phatchayaphon Meunchang	Director Office of Agricultural Regulation Department of Agriculture (DOA)
Thailand (EAA PL)	Dr Phiriyatorn Suwanmala	Director of Nuclear Research and Development Division, Thailand Institute of Nuclear Technology
Vietnam	Dr Nguyen Ngoc Duy	Head of Research and Development Department, Research and Development Center for Radiation Technology, Vietnam Atomic Energy Institute

2.2.3 BF/EAA プログラム

(1) 合同セッション

Program of 2017 Joint Workshop on Biofertilizer Project and Electron Accelerator Application Project

November 13th – 17th, 2017

Takasaki, Japan

Day 1st, Nov. 13th 2017 JOINT SESSION

09:30 - 09:45 **Registration**

09:45 - 11:20 **Opening Session**

Chair: Mitsumasa Taguchi, Japan

1. Welcoming Remarks

- 1) Dr Yuichi Michikawa, MEXT, Japan
- 2) Dr Hisayoshi Itoh, QST, Japan
(Rep. Dr. Atsushi Tanaka, QST, Japan)

2. Opening Remarks

- 1) Mr Tomoaki Wada, FNCA Coordinator of Japan
- 2) Dr Hideki Namba, FNCA Advisor of Japan

3. Introduction of Participants

4. Confirmation of Agenda

5. Group Photo

6. Overview Lectures (20 min including Q/A)

- 1) Overview and Progress of FNCA Activities in 2016-2017
Mr Tomoaki Wada, FNCA Coordinator of Japan
- 2) Outline of FNCA Biofertilizer Project, Achievement and Purpose of the Workshop
Dr Shotaro Ando, FNCA Biofertilizer Project Leader of Japan
- 3) Outline of FNCA Electron Accelerator Application Project, Achievement and Purpose of the Workshop
Dr Masao Tamada, FNCA Electron Accelerator Application Project Leader of Japan

11:20 - 13:00 **Lunch Break**

Open Seminar on

"Application and Sustainable Development of Radiation Technology in Asia"

Moderator: Dr Masao Tamada, QST, Japan

(Presentation 20 min + Q&A 5 min)

12:40 - 13:10 Registration

- 13:10 - 13:15 Opening
- 13:15 - 13:40 1. International nuclear cooperation and support for Asian countries
TBD, MEXT, Japan
- 13:40 - 14:05 2. Agricultural efficacy of radiation –Modified carrageenan as Plant Growth Promoter
Dr Lucille V. Abad, PNRI, the Philippines
- 14:05 - 14:30 3. Plant growth promotion of chitin and chitosan
Prof Hideo Kusaoke, Fukui University of Technology, Japan
- 14:30 - 14:55 4. Effective production of plant growth promoter with radiation processing and versatile applications
Dr Nguyen Ngoc Duy, VINATOM, Vietnam
- 14:55 - 15:10 Break**
- 15:10 - 15:35 5. Application of Super Water Absorbent developed by radiation processing to sandy soil
Prof Mitsuhiro Inoue, Tottori University, Japan
- 15:35 - 16:00 6. Characterization of Bacillus Biofertilizer "Kikuichi" for Paddy Rice
Prof Tadashi Yokoyama, TUAT, Japan
- 16:00 - 16:25 7. Trends of biofertilizer in the Philippines
Ms Julieta Anarna, UPLB, the Philippines
- 16:25 - 16:50 8. Bio-(organic)fertilizer development in Indonesia
Prof Iswandi Anas, IPB, Indonesia
- 16:50 - 16:55 Closing

Day 2nd, Nov. 14th 2017 JOINT SESSION

08:30 - 09:45 Joint Session 1 Country Report on Challenge and progress for commercialization of Plant Growth Promoter (EB)

(Presentation: 15 min + Q&A 10 min)

Chair: Bangladesh (BF)

1. Bangladesh
2. Kazakhstan
3. Mongolia

09:45 - 10:00 Coffee Break

10:00 - 11:40 Joint Session 2 Country Report on new trials after commercialization of PGP (EB)

(Presentation: 15 min + Q&A 10 min)

Chair: China (BF)

4. China
5. Indonesia
6. Japan
7. Malaysia

11:40 - 12:45 Lunch Break

12:45 - 14:00 **Cont. of Joint Session 2 Country Report on Plant Growth Promoter (EB)**

(Presentation: 15 min + Q&A 10 min)

Chair: Indonesia (BF)

8. Philippine
9. Thailand
10. Vietnam

14:00 - 15:00 **Joint Session 3 Report on Synergy Effect on Biofertilizer and PGP (BF)**

(Presentation: 10 min + Q&A 5 min)

Chair: Bangladesh (EB)

1. Bangladesh
2. China
3. Indonesia
4. Japan

15:00 - 15:15 **Coffee Break**

15:15- 16:30 **Cont. of Session 3 Report of Synergy Effect on Biofertilizer and PGP (BF)**

(Presentation: 10 min + Q&A 5 min)

Chair: Indonesia (EB)

5. Malaysia
6. Mongolia
7. Philippines
8. Thailand
9. Vietnam

16:30 – 17:55 **Joint Session 4 Wrap-Up of Synergy Effect on Biofertilizer and PGP**

Chair: Dr Masao Tamada (EB)

1. Discussion

*Discussion point

- Evaluation of Synergy Effect in country reports
- Promising synergy effects
- Progress of Cooperation and Obstacles
- Action plan
 - Field test design as a means to clarify the mechanism of oligochitosan
 - Supplier of the oligochitosan for research in each member country

2. Conclusion

19:00 Welcome Reception Hosted by the QST

Day 3rd, Nov. 15th 2017 PARALLEL SESSION

See respective program

Day 4th, Nov. 16th 2017 PARALLEL SESSION

AM See respective program

PM Technical Visit (Joint Session)

Day 5th, Nov. 17th 2017 JOINT SESSION

AM See respective program

12:00 - 13:15 Lunch Break

13:15 - 14:15 Session 5 Summary of Parallel Session and Exchange of View

(Presentation: 10 min)

Chair: Philippine (BF)

1. Biofertilizer Project
Dr Shotaro Ando, Japan
2. Electron Accelerator Application Project
Dr Masao Tamada, Japan
3. Round Table Discussion

14:15 - 15:00 Closing Session

Chair: Dr Katsuya Sato, Japan

1. Confirmation of Minutes
Dr Mitsumasa Taguchi, QST, Japan
2. Closing Remarks
Dr Shotaro Ando, FNCA Biofertilizer PL of Japan
Dr Masao Tamada, FNCA Electron Accelerator Application PL of Japan

(2) 個別セッション (BF)

**Program of
FNCA 2017 Joint Workshop on Biofertilizer Project and Electron Accelerator
Application Project
<Parallel Session of Biofertilizer Project>**

Day 1st, Nov. 13th 2017 JOINT SESSION

See Joint Session Program

Day 2nd, Nov. 14th 2017 JOINT SESSION

See Joint Session Program

Day 3rd, Nov. 15th 2017 PARALLEL SESSION

09:00 - 10:15 Session 1 Country Report

(Presentation: 20 min + Q&A 5 min)

Chair: Kazakhstan

1. Vietnam
2. Thailand
3. The Philippines

10:15 - 10:30 Coffee Break

10:30 - 12:10 Cont. of Session 1 Country Report

(Presentation: 20 min + Q&A 5 min)

Chair: Indonesia

4. Mongolia
5. Malaysia
6. Kazakhstan
7. Japan

12:10 - 13:10 Lunch Break

13:10 - 14:25 Cont. of Session 1 Country Report

(Presentation: 20 min + Q&A 5 min)

Chair: Mongolia

8. Indonesia
9. China
10. Bangladesh

14:25 - 15:25 Session 2 Sepecial Lecture

Chair: Dr Tadashi Yokoyama, Japan

1. Presentation from Prof. Gary Stacey (45 min)
2. Q&A (15 min)

15:25 - 15:40 **Coffee Break**

15:40 - 17:00 **Session 3 Development of Multifunctional Biofertilizer and Strategy for Extension to Farmers**

Chair: Thailand

1. Report from each country (5 min)
2. Discussion

Day 4th, Nov. 16th 2017 PARALLEL SESSION

09:00 - 09:45 **Session 4 Summary of Experiment for Synergistic Effect of Biofertilizer and Irradiated Oligochitosan, Plant Growth Promoter**

Chair: Dr Tadashi Yokoyama, Japan

1. Discussion

09:45 - 10:30 **Session 5 Extension of Radiation Sterilization for Commercial Biofertilizer Production**

Chair: the Philippines

1. Report from each country (5 min)
2. Discussion

10:30 - 10:45 **Coffee Break**

10:45 - 11:15 **Session 6 Development of Publication for Compared Effect of Radiation Sterilization and Autoclave**

Chair: Dr Katsuya Sato, Japan

1. Lead Speech
Dr. Shotaro Ando, Japan
2. Report from each country (5 min)

11:15 - 12:00 **Session 7 Development of FNCA Guideline for Biofertilizer Quality Assurance and Control**

Chair: Malaysia

1. Lead speech
Malaysia
2. Discussion

12:00 - 13:00 **Lunch Break**

13:00 - 14:30 **Cont. of Session 7 Development of FNCA Guideline for Biofertilizer Quality Assurance and Control**

Chair: Malaysia

2. Discussion

14:30 - 15:00 **Coffee Break**

15:00 - 17:00 **Technical Visit**

Day 5th, Nov. 17th 2017 PARALLEL SESSION

09:00 - 10:30 Session 8 Activity Summary, Evaluation, and Future Prospects

Chair: Dr. Shotaro Ando, Japan

1. Lead speech
Dr. Shotaro Ando, Japan
2. Discussion

10:30 - 11:00 Coffee Break

11:00 - 12:00 Session 9 Summary of Parallel session for Biofertilizer Project

Chair: Vietnam

1. Confirmation and Adoption of summary

12:00 - 13:15 Lunch Break

See Joint Session Program

(3) 個別セッション (EAA)

**Program of
FNCA 2017 Joint Workshop on Biofertilizer Project and Electron Accelerator
Application Project**

<Parallel Session of Electron Accelerator Application Project>

13-14 Nov	Joint Session *Please refer to the joint session agenda for the schedule of 13-14 Nov.
Day 3, 15 November 2017	
Parallel Session 1: <PGP> <u>Wrap-Up of Joint Session I: Challenge and Progress for Commercialization of PGP</u> (Presentation 20min + Discussion 40min) Chair: Dr Marina Binti Talib (Malaysia)	
09:00 – 09:10	Lead Speech (10min) ● Dr Salma Sultana, BAEC
09:10 – 09:50	Discussion (40min)
Parallel Session 2: <PGP> <u>Wrap-Up of Joint Session II: New Trials after Commercialization of PGP</u> (Presentation 20min + Discussion 40min) Chair: Dr Phiriyatorn Suwanamala (Thailand)	
09:50 – 10:00	Lead Speech (10min) ● Dr Marina Binti Talib, Nuclear Malaysia
10:00 – 10:40	Discussion (40min)
10:40 – 11:00	Coffee Break (20min)
Parallel Session 3: <SWA> <u>Country Report I : Current Status and Cost Effectiveness toward Commercialization</u> (Presentation 20min + QAs 10min) Chair: Dr Nguyen Ngoc Duy (Vietnam)	
11:00 – 11:30	Bangladesh
11:30 – 12:00	Indonesia
12:10 – 13:10	Lunch (60min)
Parallel Session 3 Cont: <SWA> <u>Country Report I : Current Status and Cost Effectiveness toward Commercialization</u> (Presentation 20min + QAs 10min) Chair: Dr Nguyen Ngoc Duy (Vietnam)	
13:10 – 13:40	Malaysia
13:40 – 14:10	Mongolia
14:10 – 14:40	Philippines

14:40 – 15:00	Coffee Break (20min)
Parallel Session 4: <SWA> Country Report II : New Research and Obstacles after Commercialization of SWA (Presentation 20min + QAs 10min) Chair: Mr Sukh Odkhoo (Mongolia)	
15:00 – 15:30	China
15:30 – 16:00	Japan
16:00 – 16:30	Kazakhstan
16:30 – 17:00	Thailand
17:00 – 17:30	Vietnam

Day 4, 16 November 2017	
Parallel Session 5: <SWA> Wrap-Up of Parallel Session 3: Current Status and Cost Effectiveness toward Commercialization (Presentation 20min + Discussion 40min) Chair: Dr Mitsumasa Taguchi (Japan)	
09:00 – 09:10	Lead Speech (10min) ● Dr Darmawan Darwis, BATAN
09:10 – 09:50	Discussion (40min)
Parallel Session 6: <SWA> Wrap-Up of Parallel Session 4: New Research and Obstacles after Commercialization of SWA (Presentation 20min + QAs 10min) Chair: Dr Li Jingye (China)	
09:50 – 10:00	Lead Speech (10min) ● Mr Alexandr Borissenko, JSC "The Park of Nuclear Technologies"
10:00 – 10:40	Discussion (40min)
10:40 – 11:00	Coffee Break (20min)
Parallel Session 7: Coordination with RCA/IAEA and FNCA Projects on Radiation Processing Chair: Dr Phiriyatorn Suwanamala (Thailand)	
11:00 – 11:20	Lead Speech (20min) ● Dr Lucille V. Abad (Philippines)
11:20 – 11:25	Q&A (5min)
11:25 – 12:00	Discussion on the possible cooperation with RCA (35min)
12:00 – 13:00	Lunch (70min)
Parallel Session 8: 3-Year Evaluation and Proposal for Next Phase Chair: Dr Masao Tamada (Japan)	
13:05 – 13:25	Lead Speech (20min) ● Dr Masao Tamada or Dr Mitsumasa Taguchi, QST

13:25 – 14:25	Discussion and completion of evaluation/proposal forms (60 min)
Parallel Session 9: Briefing on Technical Visit	
14:25 – 14:30	Briefing on Technical Visit (5min) ● Dr Mitsumasa Taguchi, QST
14:30 – 14:55	Coffee Break and Get Ready for Technical Visit (20min)
15:00 – 17:00	Technical Visit

Day 5, 17 November 2017	
Parallel Session 10: Summary and Preparation for Joint Closing Session Chair: Dr Lucille V. Abad (Japan)	
09:00 – 09:45	Discussion on Joint Session Summary (EB Group Portion) (45min)
09:45 – 10:30	Ammendments and Confirmation of Summary (45min) →Finalised version will be sent to the participants after the workshop.
10:30 – 10:50	Coffee Break (20min)
10:50 – 12:00	Preparation for Presentation of EB WS Results in Parallel Sessions (70min) ● Dr Masao Tamada, QST
12:00 – 13:15	Lunch (75min)
13:30 – 15:00	Joint Session *Please refer to the joint session agenda for the schedule for the afternoon.

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 2017 Workshop on Climate Change Science Project**

October 24th – 26th, 2017
Sydney, Australia

Tuesday 24 October 2017:

The meeting was officially opened by Mr Steve McIntosh (Senior Manager Government and International Affairs) and Professor Henk Heijnis (Leader Environmental Research). All countries were welcomed to Sydney and a special welcome was given to the Japanese FNCA Advisor Dr Namba.

The first day provided the participating countries with an opportunity to highlight their country's contributions to climate change studies and showcase some studies already underway.

Wednesday 25 October 2017

Specialist talks by some ANSTO researchers on the following topics:

1. Monika Markowska: Use of Stalagmites in Climate Studies
2. Dr Quan Hua: Radiocarbon in Environmental and Climate Studies
3. Professor David Fink: Cosmogenic Isotopes in Climate and Landscape Studies

The FNCA participants were given the opportunity to meet up with ANSTO counterparts and ask the specialist questions.

The remainder of the morning session was spent discussing the major outlines of the work plan. It was decided that the FNCA Climate Change Science project would have two streams:

1. Climate archives – lakes, mangrove systems, corals, stalagmites, tree rings and giant oysters.
2. Carbon storage – storage in terrestrial soils and coastal systems (blue carbon).

Participating countries then discussed and started writing country contributions based on these two themes.

The afternoon was a technical tour of ANSTO facilities, starting at the Centre for Accelerator Science where ANSTO specialists Dr Mike Hotchkis and Dr Toshi Fujioka explained the workings of the 1MV, 6MV and the 10MV particle accelerators (there are many possible applications of the AMS systems to the FNCA

Climate Change Science project). The tour moved from the Accelerators to the sample preparation area where Dr Fujioka further explained cosmogenic AMS sample preparation.

The tour moved to the Environmental Radioactivity Measurement Centre and inspected the ITRAX sediment core scanning facility. This facility is unique in the world and is used to analyse for sediments, corals, stalagmites, ice-cores, tree-rings, bird feathers, fish, meat and other food samples. It is a useful technique to give high resolution, trace element data for climate archives.

Dr Matt Fischer gave a short presentation on a current ANSTO-China collaboration on the Northern Australia Monsoon phenomenon. He discussed specifically how the the Stalagmite study from the Northern Territory in Australia could contribute to the FNCA project.

The technical tour finished at the low background gamma-facility of the Centre, where Henk Heijnis explained how the facility was built carefully with selected building materials to reduce environmental background radiation. This effort has led to a reduction of 25-30% in natural background radiation interaction with the sensitive, high-purity germanium detector systems.

Thursday 26 October 2017

On Thursday morning a first draft of the meeting report was shown to the team and some guidelines were given as to how to further refine and improve the workplans for each country. Collaboration between countries was encouraged.

The rest of the Thursday was spent on writing the country workplans and to tighten up timeframes for case studies. The official timeline is from March 2017 to March 2020.

All participating countries delivered a draft workplan with schedules for activities up to the end of the first quarter of 2020. The facilitators (Heijnis and Fischer) compiled all country reports into one workplan and shared this with the group for initial endorsement. Some countries need some more time to check with their organisations and collaborators before submitting a more definite country program. The second draft of the country plans are due to Henk Heijnis by 15 November 2017.

The project meeting wrapped up by briefly introducing the host city planned for the 2018 annual meeting. Dr Ali Arman Lubis introduced the University of Diponegoro in the City of Semarang, Central Java, Indonesia. The University is on the outskirts of the city on the North Coast Central Java, and offers both coastal as well as inland lakes for a technical field visit during the meeting. The meeting will be co-hosted by Dr Ali Arman (BATAN) and Dr Tri Soeprbowati, Vice Dean for Resources and Innovations, School of Postgraduate Studies, University of Diponegoro,

The meeting officially closed at 16:00 and the organizers officially thanked the FNCA staff, the ANSTO International Liaison team and all contributors. They wished all participants a safe journey home.

2.3.2 CCS 参加者リスト

List of Participants FNCA 2017 Workshop on Climate Change Science Project

October 24th – 26th, 2017

Sydney, Australia

Country	Name	Affiliation
Australia (PL)	Prof Henk Heijnis	Leader Environment, ANSTO Environment, Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)
Australia	Dr Matt Fischer	Senior Researcher, ANSTO Environment, Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)
Bangladesh (PL)	Dr Mohammad Amirul Islam	Principal Scientific Officer, Reactor and Neutron Physics Division, Institute of Nuclear Science and Technology, Atomic Energy Research Establishment, Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
China (PL)	Prof Mr. Liu Pinghui	Vice Dean, School of Geosciences, East China University of Technology
Indonesia (PL)	Dr Ali Arman Lubis	Center for Isotopes and Radiation Application (CIRA), National Nuclear Energy Agency (BATAN)
Japan (PL)	Dr Haruyasu Nagai	Division Head, Environmental and Radiation Sciences Division, Nuclear Science and Engineering Center, Japan Atomic Energy Agency (JAEA)
Japan (Advisor)	Dr Hideki Namba	FNCA Advisor of Japan

Country	Name	Affiliation
Japan (MEXT)	Mr Shoji Kasuga	Researcher, International Nuclear Cooperation Division, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan
Japan (Secretariat)	Ms Aiko Nagai	International Affairs and Research Department, Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Kazakhstan (PL)	Dr Assan Aidarkhanov	Deputy Director on Applied Studies, Institute of Radiation Safety and Ecology (IRSE)
Malaysia (PL)	Prof Fatimah Md Yusoff	Head, Laboratory of Marine Biotechnology, Institute of Bioscience, Department of Aquaculture, Faculty of Agriculture Universiti Putra Malaysia
Mongolia (Coordinator)	Mr Chadraabal Mavag	Head of the Nuclear Technology, Department of the Executive Office of the Nuclear Energy Commission
The Philippines (PL)	Dr Angel T. Bautista VII	Science Research Specialist, Nuclear Analytical Techniques Application Section Philippine Nuclear Research Institute (PNRI)
Thailand (PL)	Dr Sasiphan Khaweerat	Nuclear Science Specialist, Nuclear Research and Development Division, Thailand Institute of Nuclear Technology, Thailand (TINT)

2.3.3 CCS プログラム

Program of FNCA 2017 Workshop on Climate Change Science Project

October 24th – 26th, 2017
Sydney, Australia

Day 1 (Tuesday October 24)

08:30-09:00	Registration and tea/ coffee
09:00-09:20	Welcome by local organisers and FNCA staff
09:20-09:30	Self-introduction of participants
09:30-11:00	Participant presentations -Australia -Bangladesh -China
11:00-11:30	Morning tea
11:30-13:00	Participant presentations (Cont'd) -Indonesia -Japan -Kazakhstan
13:00-14:00	Lunch
14:00-15:30	Participant presentations (Cont'd) -Malaysia -Mongolia -Philippines
15:30-16:00	Afternoon tea
16:00-16:30	Participant presentations (Cont'd) -Thailand
16.30 -17.00	Closing remarks

Day 2 (Wednesday October 25)

09:00-10:30	Presentations by ANSTO researchers and collaborators - Monika Markowska – Stalagmites in Climate Studies - Quan Hua – Radiocarbon in Environmental and Climate Research - David Fink – Cosmogenic isotopes in climate and landscape
10:30-11:00	Morning tea

11:00-13:00 Thematic and/ or regional grouping for project development

13:00-14:00 Lunch

14:00-17:00 Tour of ANSTO facilities
Accelerators for AMS analysis, Micro-XRF Scanning and Pb-210/Cs-137
sediment dating.

Day 3 (Thursday, October 26)

09:00-10:30 -Break-out group discussions - formulation of planning document (one
rapporteur)
-FNCA Presentation by Dr Namba

10:30-11:00 Morning tea

11:00-12:30 Break-out group discussions (*continued*)

12:30-13:30 Lunch

13:30-15:00 Break-out group discussions (*continued*)

15:00-15:30 Afternoon tea

15:30-16:30 Rapporteur to present draft to group and receive feedback for final editing

16:30-17:00 Next meeting scheduling: when and where?

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 2017 Workshop on Radiation Oncology Project**

October 25th – 28th, 2017
Manila, the Philippines

(1) Following the agreement at the 18th Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA) Coordinators Meeting, the FNCA FY2017 Workshop on Radiation Oncology was held from October 25th to 28th, 2017, in Manila, the Philippines. The meeting was co-organized by Jose R. Reyes Memorial Medical Center (JRRMMC), Philippine Nuclear Research Institute (PNRI) and the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan (MEXT). Representatives from 11 FNCA member countries, namely Bangladesh, China, Indonesia, Japan, Kazakhstan, Korea, Malaysia, Mongolia, the Philippines, Thailand and Vietnam participated in the workshop.

Opening Ceremony

(2) Dr Miriam Joy Calaguas, Chairman, Department of Radiotherapy, JRRMMC moderated the session. She officially opened the workshop and reviewed the history of this project.

Dr Soledad S. Castañeda, FNCA Coordinator of the Philippines welcomed the participants with her remarks.

Mr Tomoaki Wada, FNCA Coordinator of Japan gave the opening address.

Prof Shingo Kato, the Project Leader of Radiation Oncology Project gave his remarks and keynote address.

Dr Carlo A. Arcilla, Director of Philippine Nuclear Research Institute (PNRI) gave his remarks.

Dr Yuichi Michikawa, MEXT also gave his remarks and introduced the FNCA and Human Resource Development programs implemented by the Japanese Government.

(3) Dr Dennis V. Doromal, President of Philippines Radiation Oncology Society (PROS), delivered a special lecture on the Overview of Radiation Oncology in the Philippines. His talk covered the wide range of statistical data about cancer treatment in the Philippines.

(4) Introduction of individual participants followed.

(5) The agenda was adopted and chairpersons and rapporteurs were selected. (Annex 1)

Session 1: Phase II Study of Concurrent Chemoradiotherapy with Extended-Field Radiotherapy for Locally Advanced Cervical Cancer (CERVIX-IV)

(6) Dr Noriyuki Okonogi, Section Chief, Gynecologic Tumor, National Institute of Radiological Science (NIRS) Hospital, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology, Japan (QST), presented the protocol of Cervix IV, a Phase II Study of Concurrent Chemoradiotherapy with Extended-Field Radiotherapy for Locally Advanced Cervical Cancer.

An update on the clinical data of CERVIX-IV was presented by representatives of each participating country with the following number of patients: Bangladesh (32), China (8), Indonesia (9), Japan (20), Kazakhstan (1), Korea (7), Malaysia (5), Mongolia (8), Philippines (4), Thailand (4) and Vietnam (8). The total number of the patients was (106).

Dr Okonogi then presented the summary of the follow-up data. As of today, a total of 106 cases were submitted for this study, 12 cases were not evaluable.

Of the 94 evaluable cases: 50 patients had stage IIB disease and 44 had stage IIIB disease. All patients had positive pelvic lymph node (PLN) and negative paraaortic lymph node (PALN) assessed by CT or USN. Median overall treatment time was 57 days. Mean dose to point A was 81.9 Gy. Seventy six (81%) patients received ≥ 4 cycles of chemotherapy. Grade 3 leukopenia occurred in 19 patients (20%), 1 patient developed grade 4 neutropenia. For late toxicity, sigmoid/rectum grade 3 toxicity was observed in 2 patients, small bowel grade 3 toxicity was observed in 2 patients. The 2-year follow-up rate was 97%. The 2-year and 5-year local control (LC) rates were 96% and 91%, respectively. The 2-year and 5-year progression free survival (PFS) rates were 77% and 65%, respectively. The 2-year and 5-year overall survival (OS) rates were 91% and 77%, respectively.

(7) An open discussion on the clinical data of Cervix-IV followed. The result of Cervix-IV is better than Cervix-III, patients with distant metastases decreased. On the other hand, follow-up of patients need CT. Preliminary analysis showed no difference in OS between stage IIB and IIIB. Prophylactic paraaortic lymph node irradiation showed good result without increasing toxicity.

Session 2: Prospective Observational Study of 3D-Image guided brachy therapy for Locally Advanced Cervical Cancer (CERVIX-V)

(8) Dr Okonogi introduced and reviewed the protocol of Cervix-V. The protocol was approved by the Institutional Review Board (IRB) in NIRS in May 2017.

(9) Each country spoke about the current preparation state, present problems and difficulties to work on CERVIX-V.

Bangladesh: 2 centers are planning to join, in one IRB was already approved, one still in preparation. Proposed the necessity of hands-on training and QC of follow-up.

China: IRB papers being prepared.

Indonesia: IRB approved in one institute, one institute pending.

Kazakhstan: IRB approved in one institute, one patient enrolled.

Korea: IRB papers under translation and due for submission. The protocol may conflict with ongoing clinical trials.

Malaysia: IRB approved in one institute.

Mongolia: 3D-IGBT not yet available, implementation project on-going. Philippines: IRB submission revised and waiting approval.

Thailand: IRB papers under translation.

Viet Nam: IRB papers yet to be submitted.

(10) Discussion on CERVIX-V followed. The use of IMRT for whole pelvis irradiation was accepted in the trial. It was confirmed that no chemotherapy in adjuvant nor neoadjuvant setup is to be allowed and concurrent chemotherapy other than cisplatin is also not acceptable. It was also emphasized that each brachytherapy session is to be done with 3D image guidance.

(11) All member states agreed on the necessity of on-site training, but the framework was an issue. Prof Kato proposed a framework for on-site training; conducting 3D-IGBT on-site training during FNCA WS on Radiation Oncology annual meeting.

Session 3: QA/QC for 3D-IGBT

(12) Dr Hideyuki Mizuno, Senior Researcher, Department of Radiation Measurement and Dose Assessment, NIRS, QST, presented plans of auditing 3D-IGBT. The following aspects were mentioned for audit: applicator commissioning, source position confirmation, and source calibration. In order to conduct these procedures, a newly designed water phantom is currently being prepared.

(13) Mr Julius Cezar Rojas, Senior Medical Physicist and Vice President for Ancillary Services, St Luke's Medical Center presented the current status of 3D-IGBT in the Philippines.

(14) Dr Shigekazu Fukuda, Section Manager, Radiation Quality Control Section, NIRS, QST, reported the current progress of Electronic Data Capture system preparation. While some problems are yet to be fixed, website is operational and member states are encouraged to access the website and to report any difficulties.

Session 4: Phase II Study of Neoadjuvant Chemotherapy with Concurrent Chemoradiotherapy (CCRT) for Nasopharyngeal Carcinoma (NPC-III)

(15) Dr Hirokazu Makishima, Attending Physician, Urological Tumor Section, NIRS, QST introduced the protocol of NPC-III, a Phase II Study of Neoadjuvant Chemotherapy with CCRT for Nasopharyngeal Carcinoma (NPC). Recent clinical data was presented by representatives of each participating country.

An update on the clinical data of NPC-III was presented by representatives of each participating country with the following number of patients: Bangladesh (1), China (8), Indonesia (12), Japan (0), Kazakhstan (0),

Korea (0), Malaysia (25), Mongolia (0), Philippines (7) Thailand (0) and Vietnam (55). The total number of the patients was 108. New cases: 43.

(16) Dr Makishima then presented the summary of the follow-up data.

Median follow up was 38 months (2-73). Median age was 47 years. All patients had 2 -3 cycles of neoadjuvant chemotherapy for a compliance rate of 100%, while concurrent chemotherapy had 75% compliance rate for 4 cycles or more. Median overall treatment time of radiotherapy was 55 days (range 44 – 232 days). Radiotherapy treatment interruption of >14 days occurred in 29% of patients mainly due to machine breakdown, re-planning and toxicities. In the neoadjuvant phase, grade 3/4 hematological toxicities occurred in 16% of patients and non-hematological toxicities in 22%. During the concurrent phase, grade 3/4 hematological toxicities occurred in 25% of patients and non-hematological toxicities in 34%. Late toxicities of grade 3 occurred in 10% of patients, mainly salivary gland and subcutaneous tissue toxicities.

Efficacy results: 3-year survival results: OS was 73%. Loco-regional failure was 22%. Distant metastasis free rate (DMF) was 78%. PFS was 70%. When compared with the results from NPC-I study, these results showed better rates in DMF and OS but worse rates in local control, but all of which were not statistically significant. Failure was mainly in the distant metastasis sites (17%) but this figure is lower compared to NPC-I study (28%).

The target enrolment is 120 patients and 108 were accrued so far.

As the target is nearly achieved, it was decided to continue with enrolment for one more year. The data center will communicate with participating centers closely to monitor accrual and to inform when target accrual is achieved.

Session 5: Phase II Study of Hypofractionated Radiotherapy for Breast Cancer (Postmastectomy Radiation Therapy (PMRT)/BREAST-I)

(17) Dr Sawa Kono, Assistant Professor, Tokyo Women's Medical University introduced and reviewed the protocol of PMRT /BREAST-I.

(18) The clinical data of Phase II Study of Postmastectomy Radiation Therapy (PMRT) was presented by representatives of each participating countries. The following number of patients were reported: Bangladesh (77), China (13), Indonesia (2), Japan (8), Kazakhstan (36), Korea (0), Malaysia (0), Mongolia (25), Philippines (10), Thailand (0) and Vietnam (0). The total number of PMRT patients were 171.

(19) Prof Kumiko Karasawa, Professor and Chair, Department of Radiation Oncology, School of Medicine, Tokyo Women's Medical University presented the summary of the PMRT clinical data of breast cancer cases (171).

Overall 171 patients in HF-PMRT arm were enrolled during 56 months. Evaluable number of patients was 164. All patients completed protocol treatment. The median age was 49 years old (range, 24–80). Ninety-two patients (56%) had right-sided breast cancer. The clinical stage was IIA in 65 patients (40%), IIB in 60 (37%), IIIA in 35 (21%), IIIB in 3 (2%), and IIIC in 1 (1%), respectively. The median treatment duration was 21 days (range, 16–256). Seven patients experienced treatment interruption. Acute dermatitis of grade 2 or higher was observed in 3 patients (1%) and grade 1 acute subcutaneous toxicity was observed in 16 patients (10%). Acute grade 1 cardiac toxicity was observed in 3 patients (2%) and late grade 1 cardiac toxicity in 4 patients (2%). Late grade 1 lung toxicity was observed in 11 patients (7%). Five loco-regional recurrence, 13 distant metastases and 8 breast cancer deaths had been observed.

(20) An open discussion on the clinical data followed. Some data are missing or wrongly written in the registration sheet. All co-investigators are advised to re-check their data and send corrected data. Co-investigators are encouraged to enroll patients until next year.

Session 6: Phase II Study of Hypofractionated Radiotherapy for Breast Cancer (Whole Breast Irradiation / BREAST-I)

(21) Dr Sawa Kono introduced and reviewed the protocol of Whole Breast Irradiation (WBI) / BREAST-I.

(22) The clinical data of Phase II Study of WBI was presented by representatives of each participating countries. The following numbers were reported: Bangladesh (31), China (6), Indonesia (16), Japan (138), Kazakhstan (14), Korea (10), Malaysia (0), Mongolia (3), Philippines (0), Thailand (16) and Vietnam (0). Total number of WBI patients was 234.

(23) Prof Kumiko Karasawa presented the summary of the WBI clinical data of breast cancer cases (234 patients / 235 breast lesions).

Overall 235 breast lesions in HF-WBI arm were enrolled in 56 months. Only 226 breast lesions data were analyzable in this workshop. All the patients except one completed protocol treatment. The median age was 49 years (range, 24–79). One hundred fourteen patients (50%) had right-sided breast cancer. The clinical stage 0 was in 38 patients (17%), IA in 116 (51%), IB in 3 (1%), IIA in 49 (22%), and IIB in 20 (9%), respectively. One hundred sixty-three patients received boost radiotherapy to tumor bed. The median treatment duration was 26 days (range, 18–54). Only 8 patients experienced treatment interruption. Acute dermatitis of grade 2 or higher was observed in 26 patients (11%). In regards with the late toxicity, grade 2 lung toxicity was observed in 1 patient, grade 2 skin toxicity in 1 patient, and grade 2 subcutaneous toxicity in 1 patient. One loco-regional recurrence, 3 distant metastases, and 2 breast cancer death were observed.

(24) An open discussion on the clinical data followed.

Some data are missing or probably wrongly filled out in registration sheet. All co-investigators need to re-check their data and send the corrected data. All co-investigators agreed on closing the registration.

Session 7: Future Plan and Drafting the Workshop Minutes

(25) Prof Shingo Kato proposed on-site 3D-IGBT training course at FNCA WS and it was agreed by all of the FNCA member states. One / Two Radiation Oncologist and one / two Medical Physicist expert and also the local host will be in-charge of the onsite training course.

(26) The next workshop is tentatively scheduled to be held in Bangladesh from November 11th 2018.

(27) The draft of the minutes was submitted by rapporteurs, discussed and amended. The draft of the minutes will be circulated after the workshop and finalized.

(28) Prof Shingo Kato summarized and commented on all the sessions.

Session 8: Technical Visit at St. Frances Cabrini Medical Center

(29) The participants conducted a Technical Visit to St. Frances Cabrini Medical Center (Batangas).

Session 9: Technical Visit at St. Luke's Medical Center

(30) The participants also visited St. Luke's Medical Center (Global City).

Session 10: Open Lecture

(31) The Open Lecture was held in conjunction with the Postgraduate Course of the Department of Radiotherapy of JRRMMC. The theme was Global Issues in Radiation Oncology and was held at the Lung Center of the Philippines.

(32) Dr Elisa B. Valdez, Chief of the medical professional staff, JRRMMC welcomed the audience with her remarks and Dr Miriam Joy Calaguas gave her opening remarks.

(33) Mr Tomoaki Wada gave a lecture about the FNCA. He introduced its overview and spoke about the on-going 8 projects' activities and achievements.

(34) Dr Dang Huy Quoc Thinh, Vice Director- Head of Radiation Oncology, Ho Chi Minh City Oncology Hospital introduced the transition and results of NPC protocols in his hospital.

(35) Prof Kumiko Karasawa gave a lecture entitled "Breast Cancer: Are you ready to do Hypo Fractionation?"

(36) Prof Tatsuya Ohno, Professor / Medical Director, Heavy Ion Medical Center, Gunma University spoke on Role of IGBT in Cervical Cancer.

(37) A Panel Discussion on IGBT followed. Dr. Rey H. de los Reyes and Prof. Shingo KATO moderated the session. The panelist were Prof Masaru Wakatsuki (Japan) and Dr Kullathorn Thephamongkhon (Thailand). They discussed a case of cervical cancer.

(38) The last lecture was delivered by Prof Takashi Nakano, Professor, Gunma University Graduate School of Medicine. He gave a lecture on Overview: Advanced Technologies in Radiation Oncology in Asia Today.

(39) Prof Shingo Kato concluded the morning session of Open Lecture with his closing remarks.

(40) The workshop was officially closed.

2.4.2 RO 参加者リスト

List of Participants FNCA 2017 Workshop on Radiation Oncology Project

October 25th –28th, 2017

Manila, the Philippines

Country	Name	Affiliation
Bangladesh (PL)	Dr A.F.M. Kamal Uddin	Assistant Professor, Radiation Oncology, National Institute of Ear, Nose & Throat
China (PL)	Prof Cao Jianping	Professor / Director School of Radiation Medicine and Protection, Soochow University
China	Dr Xu Xiaoting	Radiation Oncologist/Associate Professor /Vice-Director of the Departmnet of Radiation Oncology The First Affiliated Hospital of Soochow University
Indonesia (PL)	Dr Henry Kodrat	Medical Staff, Radiotherapy Department, Cipto Mangunkusumo Hospita
Indonesia	Mr Bambang Haris Suhartono	Medical Physicist of Radiotherapy Department Dr. Soetomo General Hospital
Japan (Coordinator)	Mr Tomoaki Wada	FNCA Coordinator of Japan
Japan (MEXT)	Dr Yuichi Michikawa	Deputy Director, Office for Nuclear Non- Proliferation Science and Technology, International Nuclear and Fusion Energy Affairs Division, Research and Development Bureau, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan
Japan (PL)	Prof Shingo Kato	Professor Department of Radiation Oncology International Medical Center Saitama Medical University
Japan	Prof Takashi Nakano	Professor Gunma University Graduate School of Medicine

Country	Name	Affiliation
Japan	Prof Kumiko Karasawa	Professor and Chair Department of Radiation Oncology, School of Medicine, Tokyo Women's Medical University
Japan	Prof Tatsuya Ohno	Professor / Medical Director Heavy Ion Medical Center Gunma University
Japan	Prof Masaru Wakatsuki	Professor, Department of Radiology, Jichi Medical University
Japan	Dr Hideyuki Mizuno	Senior Researcher, Department of Radiation, Measurement and Dose Assessment, National Institute of Radiological Sciences(NIRS), National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST)
Japan	Dr Shigekazu Fukuda	Section Manager, Radiation Quality Control Section, Clinical Research Cluster, National Institute of Radiological Sciences (NIRS), National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST)
Japan	Dr Noriyuki Okonogi	Section Chief, Gynecologic Tumor, National Institute of Radiological Science (NIRS), Hospital, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology, Japan (QST)
Japan	Dr Hirokazu Makashima	Attending Physician, Urological Tumor Section, National Institute of Radiological Science (NIRS), Hospital, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology, Japan (QST)
Japan	Dr Sawa Kono	Assistant Professor, Tokyo Women's Medical University

Country	Name	Affiliation
Japan (Secretariat)	Ms Ai Yamada	International Affairs and Research Department, Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Kazakhstan	Prof Tasbolat Adylkhanov	Chairman of Oncology and Visual Diagnostics Department, Semey State Medical University
Korea	Dr Kum Bae Kim	Senior Researcher / Medical Physicist, Korea Institute of Radiological & Medical Sciences (KIRAMS)
Korea	Dr Wonil Jang	Chief, Department of Radiation Oncology, Korea Institute of Radiological & Medical Sciences (KIRAMS)
Malaysia (PL)	Dr Lau Fen Nee	Consultant / Clinical Oncologist, National Cancer Institute, Putrajaya, Malaysia
Malaysi	Mr Muzzamer Bin Mohammad Zahid	Medical Physicist, National Cancer Institute,Putrajaya, Malaysia
Mongolia	Dr Erdenetuya Yadamsuren	Radiation Oncologist of Radiotherapy Department, National Cancer Center of Mongolia
Mongolia	Dr Navchaa Gombodorj	Radiation Oncologist, National Cancer Center of Mongolia Postdoctoral Researcher, Molecular Pharmacology and Oncology Department Gunma University
The Philippines (PL)	Dr Miriam Joy Calaguas	Chairman, Department of Radiotherapy, Jose R. Reyes Memorial medical Center Senior Consultant Departmet of Radiation Oncology St.Luke's Medical Center

Country	Name	Affiliation
The Philippine	Dr Rey H. De Los Reyes	Dean, Institute of Medicine, Far Eastern University Nicanor Reyes Medical Foundation (FEU-NRMF) Professor & Senior Consultant, Dept. of Obstetrics and Gynecology, School of Medicine and Medical Center, Nicanor Reyes Medical Foundation (FEU-NRMF) Medical Specialist IV, Department of Obstetrics and Gynecology, Section of Gynecologic Oncology, Jose R. Reyes Memorial Medical Center
Thailand	Dr Kullathorn Thephamongkhol	Assistant Professor, Faculty of Medicine, Siriraj Hospital Mahidol University
Thailand	Mr Pitchayut Nakkrasae	Medical Physicist, Siriraj Hospital, Mahidol University
Vietnam	Dr To Anh Dung	Head of Breast and Gynecology Radiotherapy Department, National Cancer Hospital (K Hospital)
Vietnam	Dr Dang Huy Quoc Thinh	Vice Director- Head of Radiation Oncology, Ho Chi Minh City Oncology Hospital

2.4.3 RO プログラム

Program of FNCA 2017 Workshop on Radiation Oncology Project

October 25th – 28th, 2017

Manila, the Philippines

Day 1 Wed, 25th October 2017 / Place: Novotel Manila Araneta Center

08:40-09:00	Registration
09:00-10:10	Opening Ceremony /Moderator: Dr Miriam Joy Calaguas, Project Leader (Philippines)
09:00-09:05	Welcome Remarks / Dr Soledad S. Castaneda, FNCA Coordinator (Philippines)
09:05-09:10	Opening Address / Mr Tomoaki Wada, FNCA Coordinator (Japan)
09:10-09:15	Remarks /Prof Shingo Kato, Project Leader (Japan)
09:15-09:20	Remarks /Dr Carlo A. Arcilla, Director of PNRI (Philippines)
09:30-09:45	Presentation: Outlines of FNCA & HRD Program Implemented by Japanese Government /Dr Yuichi Michikawa, MEXT (Japan)
09:45-10:00	Special Lecture: Current Status of Radiation Oncology in the Philippines/ Dr Dennis V. Doromal (Philippines), President of Philippines Radiation Oncology Society (PROS)
10:00-10:05	Introduction of Members
10:00-10:10	Adoption of the Agenda
10:10-10:20	Group Photography
10:20-10:30	Coffee Break

10:30-12:00 Session 1: Phase II Study of Concurrent Chemotherapy and Extended-Field Radiotherapy for Locally Advanced Cervical Cancer (CERVIX-IV)

Co-chairs: Dr To Anh Dung (Vietnam) & Dr. Henry Kodrat (Indonesia)

1) Introduction of the Protocol / Dr Noriyuki Okonogi (Japan)

2) Presentation on the clinical data from each country

Bangladesh

China

Indonesia

Japan

Kazakhstan

Korea

Malaysia

Mongolia
The Philippines
Thailand
Viet Nam

- 3) Summary of the clinical data / Dr Noriyuki Okonogi (Japan)
- 4) Discussion (including drafting manuscript)

12:00-13:30 Lunch

13:30-15:00 Session 2: Prospective Observational Study of 3D-Image-guided brachytherapy for Locally Advanced Cervical Cancer (CERVIX-V)

Co-chairs: Prof Tatsuya Ohno (Japan) & Dr A.F.M. Kamal Uddin (Bangladesh)

- 1) Introduction of 3D-IGBT/ Dr Noriyuki Okonogi (Japan)
- 2) Country Report on Progress of the clinical study from each country/

Bangladesh
China
Indonesia
Japan
Kazakhstan
Korea
Malaysia
Mongolia
The Philippines
Thailand
Viet Nam

- 3) Discussion

15:00-15:20 Coffee Break

15:20-16:30 Session 3: QA/QC for 3D-IGBT

Co-chairs: Mr Bambang Haris Suhartono (Indonesia) & Dr Kum Bae Kim (Korea) &Mr. Pitchayut Nakkrasae (Thailand)

- 15:20-15:40 1) Plan of Audit of 3D-IGBT / Dr Hideyuki Mizuno (Japan)
- 15:40-16:00 2) 3D-IGBT in the Philippines / Mr Julius Cezar Rojas (Philippines)
- 16:00-16:10 3) Report on Database Construction for FNCA Clinical Data / Dr Shigekazu Fukuda (Japan)
- 16:10-16:30 4) Discussion
- 19:00-21:30 Welcome Dinner Hosted by Dr. Miriam Joy Calaguas

Day 2 Thu, 26th October 2017 / Place : Novotel Manila Araneta Center

08:30-10:00 Session 4: Phase II Study of Chemoradiotherapy for NPC (NPC-III)

Co-chairs: Dr Lau Fen Nee (Malaysia) & Dr Xu Xiaoting (China)

1) Introduction of the protocol / Dr Hirokazu Makishima (Japan)

2) Presentation on the clinical data from each country

Bangladesh

China

Indonesia

Japan

Kazakhstan

Korea

Malaysia

Mongolia

The Philippines

Thailand

Vietnam

3) Summary of the clinical data / Dr Hirokazu Makishima (Japan)

4) Discussion

10:00-10:20 Coffee Break

10:20-12:00 Session 5 :Phase II Study of Hypofractionated Radiotherapy for Breast Cancer (PMRT /BREAST-I)

Co-chairs: Dr Navchaa Gombodorj (Mongolia) & Dr Jaemelyn Marie O. Fernandez (Philippines)

1) Review and introduction of the Protocol / Dr Sawa Kono (Japan)

2) Presentation on the clinical data of PMRT from each country

Bangladesh

China

Indonesia

Japan

Kazakhstan

Korea

Malaysia

Mongolia

The Philippines

Thailand

Vietnam

3) Summary of the clinical data / Prof. Kumiko Karasawa

4) Discussion

12:00-13:00 Lunch

13:00-14:30 Session 6 :Phase II Study of Hypofractionated Radiotherapy for Breast Cancer (WBI /BREAST-I)

Co-chairs: Dr Wonil Jang (Korea) & Prof Tasbolat Adylkhanov (Kazakhstan) &Dr Erdenetuya Yadamsuren (Mongolia)

1) Review and introduction of the Protocol/ Dr Sawa Kono (Japan)

2) Presentation on the clinical data of WBI from each country

Bangladesh

China

Indonesia

Japan

Kazakhstan

Korea

Malaysia

Mongolia

The Philippines

Thailand

Vietnam

3) Summary of the clinical data / Prof Kumiko Karasawa (Japan)

4) Discussion

14:30-15:00 Coffee Break

15:00-18:00 Session 7 :Drafting the Workshop Minutes

Prof Cao Jianping (China) & Dr Hirokazu Makishima (Japan) & Mr Muzzamer Bin Mohammad Zahid (Malaysia)

1) Discussion (Review of WS & Future Plan)

2) Drafting WS Minutes

3) Summary of WS & Remarks /Prof Shingo Kato (Japan), Project Leader

Day 3 Fri, 27th October 2017 / Place: Batangas & Manila

07:30 Leave from Hotel

11:00 Lunch at Escala Hotel, Tagaytay

13:00-16:00 Session 8 :Technical Visit at St. Frances Cabrini Medical Center (Batangas)

Session 9: Technical Visit at St. Luke's Medical Center-(Global City)

Day 4 Sat, 28th October 2017 / Place: Lung Center of the Philippines

08:30-09:00	Registration
09:00-12:00	Session 10: Open Lecture (Joint Symposium with Global Issues in Radiation Oncology)
09:00-09:10	Opening Ceremony
09:00-09:05	Welcome Remarks / Dr Elisa B. Valdez, Chief of the medical professional staff, JRRMMC
09:05-09:10	Opening Remarks / Dr Miriam Joy Calaguas, Chairman, Department of Radiotherapy JRRMMC
09:10-09:30	Introduction and Overview of FNCA / Mr Tomoaki Wada (Japan)
09:30-09:50	Transition and Treatment Results of NPC protocols (including FNCA protocols) in HCM Cancer Hospital / Dr Dang Huy Quoc Thinh (Vietnam)
09:50-10:10	Breast Cancer: Are you ready to do Hypo Fractionation? / Prof Kumiko Karasawa (Japan)
10:10-10:30	Break
10:30-10:50	Cervical Cancer: Role of IGBT / Prof Tatsuy Ohno (Japan)
10:50-11:30	=Case Presentation on Cervical Cancer=
	Moderators: Dr Rey Delos Reyes (Philippines) & Prof Shingo Kato (Japan)
	Panelists Prof Masaru Wakatsuki (Japan) & Dr Kullathorn Thephamongkhon (Thailand)
11:30-11:50	Overview: Advanced Technologies in Radiation Oncology in Asia Today/ Prof Takashi Nakano (Japan)
11:50-12:00	Closing Remarks (for Morning Session) /Prof Shingo Kato (Japan) Project Leader
12:00 -13:00	Lunch
13:00-17:00	Joint Symposium with Global Issues in Radiation Oncology by Local Lecturers

Day 5 Sun, 29th October 2017

Leave from Manila

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 2017 Workshop on Research Reactor Utilization Project**

November 21st –23rd, 2017
Serpong, Indonesia

The Research Reactor Utilization (RRU) project workshop was held over three days at the National Nuclear Energy Agency (BATAN) and the Grand Zuri Hotel (BSD City), Indonesia.

The first day (Nov. 21) was allocated to the Open Seminar at BATAN. The first half of the second day (Nov. 22) was shared by the two groups, RRU and Neutron Activation Analysis (NAA). The individual project leaders of Japan overviewed the current projects of RRU and NAA and referred to several major issues of the workshop. Then, in the parallel sessions of RRU, firstly the current status of RI production and applications in each country were discussed, and secondly plans for new research reactors were presented by individual participating countries. In the NAA sessions, each country presented the progress on the activities related to air pollution and mineral resources, then discussed a number of topics including linkages with end-users. On the third day (Nov. 23), the detailed contents were summarized in each of the two groups, RRU and NAA. The technical visit to BATAN was held after the workshop.

[Parallel session (RRU)]

RRU-1: Country report on the current status of medical / industrial RI production

Australia

Supply radiopharmaceuticals and radiochemicals to public & private Nuclear Medicine Centres (~230) in Australia and export to a number of countries in the Asia-Pacific region. ⁹⁹Mo export to the US, Asia and Europe with current capacity 2300Ci (6 day) and to be increased in the future to 3500Ci (6 day). Commissioning a brand new ⁹⁹Mo manufacturing facility to achieve the higher capacity with better safety feature. There are a number of other radioisotopes produced at ANSTO e.g. ¹⁷⁷Lu (carrier free), ¹³¹I, ¹⁵³Sm, ⁵¹Cr, ¹⁹⁸Au and ¹⁹²Ir.

Bangladesh

The chromatographic ⁹⁹Mo /^{99m}Tc generator production in Bangladesh started from imported fission ⁹⁹Mo in 2005 and until now the local production is meeting the total demand. Due to economic and unavailability of reactor fuel, production of ¹³¹I using research reactor has been suspended and the demand is being met from imported bulk ¹³¹I dispensing. In future, this division has plans to produce ¹⁷⁷Lu locally using TRIGA reactor.

China

The demands of medical / industrial RI in China is increasing each year, but the supply of main RIs is still dependent on importation except for ^{60}Co (6,000,000 Ci/year for industrial use) at present. The plan of RIs (^{99}Mo , ^{125}I , ^{131}I , ^{89}Sr , ^{177}Lu , ^{14}C and ^{192}Ir) production in CARR has been performed to meet the domestic demands of medical / industrial RI.

Indonesia

Indonesia still lack ^{99}Mo for hospital, the hospitals in Indonesia fulfill some $^{99\text{m}}\text{Tc}$ radioisotope by importing $^{99\text{m}}\text{Tc}$ generator from Polatom and ANSTO. BATAN has been conducting research on $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ Generator based on Zirconium-based Material (ZBM) and nanomaterials as a matrix for generator column. BATAN has been developing High Dose Rate ^{192}Ir (up to 10 Ci) for brachytherapy. Indonesia can supply ^{131}I radioisotope for all domestic demand.

Japan

Radioisotopes production/distribution business has been transferred to Chiyoda Technol Corporation from JAEA since 2000. At present, Research Reactors of JAEA are not in operation, and RI products such as ^{192}Ir , ^{60}Co and ^{198}Au which have been produced and supplied up to now must be dependent on imported RIs production. In addition, the production technology and handling of radioisotopes is less frequently used, so it affects human resource development. It is hoped that the early restart of JRR - 3 and the introduction of a new research reactor will be considered.

Malaysia

Currently, Malaysia is developing a new radioisotope, ^{153}Sm labelled with EDTMP for bone palliative treatment and ^{82}Br for industrial use using 1MW Reactor TRIGA PUSPATI (RTP). Total demand for $^{99\text{m}}\text{Tc}$ is around 20 Ci per week. Total demand for ^{131}I is around 20 Ci per week. Malaysian Nuclear Agency with a joint-venture from a local company is producing ^{131}I capsule, currently doing active run and product validation for GMP approval. Total demand for ^{192}Ir is around 400 sources per year. The ^{192}Ir for industrial purposes has been assembled by a joint-venture from a local company in Nuclear Malaysia.

Mongolia

All RIs are imported from another country. Hospitals import approximately 20 Ci /year of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ generators and 10 Ci /year of ^{131}I and ^{125}I every year from Korea. Amount of RI is limited by hospital budget therefore the actual demand of RI can be higher. Two of electron linear accelerators for medical use are under construction and PET scan facility is considered.

The Philippines

The Philippine Research Reactor 1 (PRR-1) has been non-operational since 1984; therefore no radioisotope has been produced for over 30 years. Demand for RI has highly remained and are partially met expensively by importation. The Philippines have a $^{99\text{m}}\text{Tc}$ Generator production facility but is waiting for supply of ^{99}Mo .

A feasibility study of RI production has been conducted and proposes a 30 MeV cyclotron as the appropriate accelerator for the national facility, which will be the first of its kind in terms of its four multi-purpose features. ^{192}Ir demand: 7000 Ci per year, ^{131}I demand: 900 Ci per year, $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ demands: 1000 Ci/year.

Thailand

Thailand import 100% of medical / industrial radioisotopes to meet Thailand's demand due to Thai research reactor fuel shortage and shut down for Instrument and Control system up-grade. TINT just finished procurement process for install new 30MeV cyclotron for domestic use of ^{18}F , ^{123}I , ^{67}Ga , ^{201}Tl and will be start operation in 2021.

Vietnam

DNRI is routinely utilized to produce radioisotopes for medical (^{131}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{51}Cr , ^{32}P) and industrial (^{192}Ir , ^{60}Co) uses. Supply radioisotope and radiopharmaceuticals to 30 Nuclear Medicine Departments in the country. Currently, DNRI is capable to supply radioisotopes to 40-50% of the market at present; $^{99\text{m}}\text{Tc}$ is 100% import. RIs for Therapeutic and Research Purpose will be introduced to the Market in small scale such as ^{177}Lu , ^{153}Sm .

RRU-2: Country report on new research reactor

Australia

Australia has a relatively new research reactor (11 years old).The reactor built for multipurpose including huge capabilities for radioisotopes production. The reactor is operating reliably for more than 300 days each year. Australia is willing to encouraged partnerships and collaborations both nationally and internationally.

Bangladesh

Bangladesh is going to establish a new 20-30 MW multipurpose research reactor soon. A project has been submitted to the government for the feasibility study of the technical design selection. After successful completion of the project, technical design for the reactor and associated facilities will be identified. This technical knowledge will be used for the main project of implementing a new high power research reactor in Bangladesh. Cooperation is expected from FNCA member countries.

Malaysia

Malaysian Nuclear Agency has upgraded the Reactor TRIGA PUSPATI analogue console to the new digital console (REDICS). Malaysian Nuclear Agency has a plan to establish a new research reactor which is necessary for advance utilization with high neutron flux application and to support capacity and capability building as Technical Support Organization (TSO) for the 1st Nuclear Power Project in Malaysia.

Mongolia

A new research reactor project is ongoing in Mongolia. Production of RI and NAA are largely expected from proposed research reactor. This project is only in the beginning stage according to IAEA Milestone document.

The project team was established officially and preparing for assessment of national nuclear infrastructure to support this project.

The Philippines

The Philippines has in planned a Subcritical Reactor Assembly for Training, Education and Research (SATER) by using the PRR-1 TRIGA fuel elements and is expected to be commissioned by 2019. A recently concluded feasibility study has proposed for the establishment of a 10MW Multipurpose Research Reactor (NARRA) to be commissioned by 2023. They have additional needs for capacity building in various reactor topics.

Thailand

TINT of Thailand has a plan to establish a new Research Reactor project. The project will be presented to the Cabinet for approval in Dec 2017. Thailand started small Research Reactor (45kW) project responsible by Suranaree University of Technology. The project is under discussion with the regulatory body. Thailand is grateful for continuous collaborate and share information among FNCA members in the region.

RRU-3: Future plan of the RRU Project

The RRU project would consider the following topics:

- a. Neutron Activation Analysis (NAA)
- b. Isotope Production including new isotopes
- c. Neutron Scattering
- d. Nuclear Science
- e. BNCT, NR
- f. Material Research
- g. New Research Reactor
- h. Human Resource Development

The participants discussed and chose some topics like BNCT and Material Research for next year's workshop in Osaka, Japan.

[Parallel session (NAA)]

NAA-1: Activities related to air pollution and mineral resources

The new phase (Phase 5) began in 2015, starting with two sub-projects, namely air pollution and mineral resources. In the air pollution project, suspended particulate matter (SPM) samples, especially so-called PM_{2.5}, were planned to be collected in each participating country and the air pollution level at each site was to be monitored by analyzing these SPM samples by NAA and other methods. In the mineral resources project, minerals containing useful elements such as rare earth elements (REEs) and U were planned to be analyzed by NAA and other methods, demonstrating the effectiveness and utilization of NAA in evaluating the quality of mineral resources. For the preparation of country reports, the Japanese project leader asked participants to include the following topics in their presentations:

- 1) Evaluation of progress for the last 12 months period in comparison with the initial plan.
- 2) Difficulties and how those may have been overcome.
- 3) Outstanding outcomes for the project(s).
- 4) Efforts for strengthening linkages with end-users and any projects developed with end-users.

1) Air pollution

Australia

No samples were provided for analysis so there was no progress in this period. Instead, the focus was on the second activity, Mineral Resources.

China

In 2017, samples of SPM, including PM_{2.5} and PM₁₀, were collected in Beijing twice a week. Three sets of samplers are used in this project. Because the NAA irradiation facility at CARR is not ready, the samples cannot be analyzed with NAA. Instead the samples were analyzed by XRF and PIXE. Five pollution sources were found in PM_{2.5} including coal burning, soil, construction industry, waste incineration and vehicle exhaust. The main sources were coal burning and vehicle exhaust.

Indonesia

SPM has been analyzed for 15 cities of Indonesia. Sampling was carried out in cooperation with 15 Regional Environmental Offices. SPM was collected periodically using Gent stack air samplers to obtain PM_{2.5} and PM₁₀ fraction. The elemental quantification of the PM_{2.5} fraction was performed using NAA and XRF. The PM_{2.5} and PM₁₀ data obtained in 2015-2016 have been compared and discussed in this workshop. Five elements S, Si, Fe, K, and Zn were also presented and compared for the same period.

Japan

As no research reactors usable for NAA have been operated since 2011, no progress on the SPM subproject could not be presented. In our experiences on NAA of SPM samples, it was confirmed that SPM multi-element analysis can be performed with an accuracy of ~5% by NAA coupled with k_0 -method at JRR-3 and JRR-4. We also confirmed reasonable consistency in analytical data between NAA and other analytical methods and reliability of the sampling protocol.

Malaysia

Malaysia had undertaken the study of SPM in Bangi Station on the rooftop of a Nuclear Malaysia building in Bangi, Selangor. The Gent stack sampler with flow rate of 15 L/min was used to collect two fractions of fine (PM_{2.5}) and coarse (PM_{2.5-10}) particles. 465 pairs of samples have been collected in the period May 2012 to Oct 2017. The data overall have lower concentration levels during the wet season (November-March) and higher concentration levels in the dry season (May-September). The six major factors that contribute to the air quality in Bangi area have been found to be biomass burning/smoke, soil dust, motor vehicles, secondary sulfate, sea salt and soil construction.

Mongolia

In Mongolia, SPM samples have been collected at the Nuclear Research Centre, NUM, since 2004, and have been analyzed by ED-XRF. The SPM measurements in 2016 have shown following: the average value of PM_{2.5} is 102.7 µg/m³ which is four times higher than the Mongolian air quality standard value and the average of PM_{10-2.5} is 257.0 µg/m³ which is five times higher than the standard. Plotting the monthly values showed that the changes in values of both fine and coarse particles were correlated with the season.

The Philippines

The Philippines has been regularly sampling SPM in at least two sites in Metro Manila and soon another two more sites will be added in Western Visayas due to a new project. Although a new XRF system was recently acquired and installed at PNRI, collaborative work with other member states will be needed to enable the air filters to be analysed using NAA. Strong linkages have been established with several end users including the Environmental Management Bureau, local government units, schools and universities.

Vietnam

A total of 96 SPM (PM₁₀ and PM_{2.5}) samples were collected in Ho Chi Minh City one per week from January to December 2014. The sampling coordinates were: latitude 10°46' N, longitude 106°41' E, altitude 9 m. A total of 29 elements in the SPM samples were analyzed using the Dalat research reactor and *k₀*-NAA. A further 20 SPM samples were collected in Hanoi and 15 elements were determined in these by *k₀*-NAA. This project will finish in December 2017.

2) Mineral resources

Australia

We have continued to engage with the mining and minerals industry, working with two new companies to analyze metal ores using NAA. We have also used the particular capabilities of NAA to assist companies in the preparation of reference materials for use by the mining industry. A report on the first laboratory inter-comparison of rare earth elements (REE) involving participating laboratories has been completed. A recommendation has been made to undertake a second inter-comparison round using a different REE material in order to enable participants to demonstrate an improvement in performance.

Bangladesh

Due to the unavailability of resources for sample collection we could not participate in broader activities related to the mineral resources sub-project but did participate in the first laboratory inter-comparison of rare earth elements (REE). In the last 12 months we have participated in two other inter-comparison exercises using NAA and have analyzed sediment samples from six national rivers by NAA. Major, minor and REEs were determined in these sediment samples. We have increased the engagement of the laboratory in the field of academic research, internal & external collaborations and linkage with end users.

China

NAA is an important tool for analyzing REE in ore sources. The NAA Laboratory at CIAE participated in the first laboratory inter-comparison of rare earth elements (REE), the interferences of the uranium fission were corrected with the interference k_0 method (Ik_0).

Indonesia

The analysis of minerals rich in REE and uranium was not working as expected. Until now the application of fission correction to REE could not be done due to some regulatory, safety and practical difficulties. These included problems related to the procurement of a uranium standard and the need for a Safety Analysis Report (SAR) for the irradiation of uranium in the rabbit system. The SAR needs to be reviewed and approved by the Nuclear Energy Regulatory Agency of Indonesia.

Kazakhstan

Cooperation with traditional partners was continued for the analysis of rock samples, some products of mineral resources processing for gold and accompanying elements, and REE content. Several more potential end-users showed their interest in the NAA method. Development of NAA methodology in the Institute of Nuclear Physics obtained state financial support from 2018.

Malaysia

The NAA Unit in Nuclear Malaysia is not directly involved in geochemical exploration activities but rather acts in a supporting role for analysis for both internal researchers and external clients from industry, the regulatory body (Atomic Energy Licensing Board, AELB) and universities. The NAA Unit is currently analyzing samples for the Nuclear Malaysia Flagship Program which is for thorium sites exploration. The NAA unit also providing services to a radiation consultant company (Asia Lab) as well as AELB for the analysis of samples from sites around the REE extraction plant of Lynas in Gebeng, Pahang.

Mongolia

We have been determining the content of elements in ore samples of REE, uranium, gold, copper, polymetals and silver from the largest deposits in Mongolia using XRF, ICP-MS, NAA and others. Mining companies have been interested in the following: elemental analysis of geological and ore samples; assessment of the impact of contamination from industrial and mining processing activities; and workplace monitoring and occupational health studies.

Thailand

For the past 12 months, the TRR-1/M1 research reactor could not operate fully because the operating license has not yet been approved. Consequently there was no progress in the application of NAA in the mineral resources sub-project. During that time, the accuracy of the determination of REE, uranium, thorium and major elements using the open-acid digestion-ICP-OES as well as the semi-quantitative (standardless) and quantitative WD-XRF techniques was evaluated through the analysis of seven certified geological reference

materials. The results were also compared with those obtained by NAA and ICP-MS (obtained from DMR laboratory).

Vietnam

Through co-operation between Vietnam National Minerals Corp. Rare Earth Joint Stock Co. and the Japanese Rare Earth Development Co, six Dong Pao rare earth ore samples were collected in the north of Vietnam from one of the largest rare-earth mines in the country. A total of 19 elements were determined by k_0 -NAA.

NAA-2: Promotion of Research Reactor Utilization for NAA

It became clear during the workshop that the engagement with end-users was generally very good and has shown a strong improvement in the last few years. Some countries have a main focus on industry users and others are more aligned with the needs of the research community or government agencies, according to national priorities. All centers provide opportunities for training and the development of human resources. A number of research papers have been published on the work carried out through the FNCA, providing an indicator of the quality of the work carried out by the NAA group. These publications also provide a means of promoting the capabilities of NAA to end-users. It is clear that NAA remains one of the main uses of research reactors in the region and continues to serve an important role in socio-economic development.

NAA-3: General Discussion

1) SPM sub-project

The overall progress is satisfactory but it has been recognized that there are some opportunities for improvement. A comprehensive protocol for the establishment and operation of air sampling stations has been discussed and distributed to participants. A coordinated program to involve NAA facilities in the routine measurement of the SPM sample filters, to add to other analytical techniques, is being established and the results will be reported at the next workshop. It is planned to publish a paper on these results and compare them with data collected in earlier phases of the NAA project. Comparing results from the same locations collected more than 10 years apart may show evidence of trends in air pollution in the region.

2) REE/Mineral Resources sub-project

One laboratory inter-comparison has been completed and results have been presented. It was clear that the samples used in the first round presented challenges to all participants; interpretation of the results have identified opportunities to improve performance. In the current year a second round is planned. One option is to purchase a reference material containing REEs for distribution to participating laboratories and to agree on a common approach to the measurement protocol through communication between the participants. It is expected that all laboratories will show an improvement in performance in the second round. Future publication of results will assist participants in promoting NAA to potential end-users.

3) Promotion of NAA

In the discussion it became clear that participants use a large variety channels to promote the capabilities of NAA and engage with potential end-users. These include: national seminars and international conferences; lectures at universities and institutes; websites; participation in international proficiency tests; provision of training courses; journal publications; and engagement with regulatory authorities. Common difficulties over all the NAA centers are related to shortages of resources, both financial and staffing. In a number of places, the NAA team is sub-critical and at risk of losing key knowledge through the retirement or promotion of experience individuals.

NAA-4: Conclusions

1. There is a strong sense that the NAA group has been successful in achieving significant advances in the current year, through the contribution of each participating country, and that the group is on track to meet the planned objectives.
2. The need to maintain and grow productive linkages with end-users has been recognized and continuing improvement in this area has been well demonstrated.
3. Two sub-projects, air pollution and mineral resources, are running in the current phase with the participating countries shown in the table below.

Country	Air pollution - SPM	Mineral resources - REE
Australia	x	x
Bangladesh	x	x
China	x	x
Indonesia	x	x
Japan	x	x
Kazakhstan		x
Korea	x	
Malaysia	x	
Mongolia	x	
The Philippines	x	(x)
Thailand		x
Vietnam	x	(x)

x – intention to participate

(x) – participation subject to national ratification

2.5.2 RRU 参加者リスト

List of Participants FNCA 2017 Workshop on Research Reactor Utilization Project

November 21st –23rd, 2017

Serpong, Indonesia

Country	Name	Affiliation
Australia (RRU PL)	Mr Moshiul Alam	Senior Technical Officer/ Product Specialist, Radioisotopes, Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)
Australia (NAA PL)	Dr John Bennett	Research Infrastructure Leader, Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)
Bangladesh (RRU)	Ms Fatema Tuj Jahura	Scientific Officer, Radioisotope Production Division, INST, AERE, Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
Bangladesh (NAA PL)	Dr Kamrun Naher	Principal Scientific Officer, Reactor & Neutron Physics Division, INST, AERE, Bangladesh Atomic Energy Commission
China (RRU PL)	Dr Liu Xingmin	Division of Reactor Core Design, Department of Reactor Engineering and Technology, China Institute of Atomic Energy (CIAE)
China (NAA PL)	Dr Xiao Caijin	Researcher, Nuclear Physics Department, China Institute of Atomic Energy (CIAE)
Indonesia (RRU PL)	Mr Heru Umbara	Director, Center for Multipurpose Reactor, National Nuclear Energy Agency (BATAN)
Indonesia (NAA PL)	Mr Sutisna	Researcher, Center for Science and Technology of Advanced Materials, National Nuclear Energy Agency (BATAN)

Country	Name	Affiliation
Japan (Coordinator)	Mr Tomoaki Wada	FNCA Coordinator of Japan
Japan (Advisor)	Dr Hideki Namba	FNCA Advisor of Japan
Japan (MEXT)	Mr Shoji Kasuga	Researcher, International Nuclear Cooperation Division, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan
Japan (RRU PL)	Prof Tsutomu Ohtsuki	Professor, Division of Nuclear Engineering Science, Kyoto University Research Reactor Institute
Japan (RRU)	Dr Hideaki Matsue	Planning and Coordination Section, Department of Research Reactor and Tandem Accelerator, Research Reactor Utilization Section, Japan Atomic Energy Agency
Japan (NAA PL)	Prof Mitsuru Ebihara	Professor, Tokyo Metropolitan University
Japan (Secretariat)	Ms Chiaki Inokoshi	International Affairs and Research Department, Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Kazakhstan (NAA PL)	Dr Igor Silachyov	Leading researcher, Institute of Nuclear Physics , Ministry of energy of the Republic of Kazakhstan
Malaysia (RRU PL)	Dr Azahari Kasbollah	Senior Research Officer, Medical Technology Division, Malaysian Nuclear Agency
Malaysia (NAA)	Mr Muhammad Azfar bin Azman	Research Officer, Analytical Chemistry Laboratory, Malaysian Nuclear Agency
Mongolia (RRU PL)	Dr Munkhbat Byambajav	Associate Professor and Researcher, Nuclear Research center, National University of Mongolia

Country	Name	Affiliation
Mongolia (NAA PL)	Mr Damdinsuren Gantumur	Lecturer, School of Engineering and Applied Sciences, National University of Mongolia
The Philippines (RRU PL)	Mr Neil Raymund Guillermo	Supervising Science Research Specialist, Philippine Nuclear Research Institute (PNRI)
The Philippines (NAA PL)	Mr Joseph Michael Racho	Senior Science Research Specialist, Nuclear Analytical Techniques Applications Section, Philippine Nuclear Research Institute (PNRI)
Thailand (RRU PL)	Mr Suthipong Boonmak	Head of Reactor Management Section, Thailand Institute of Nuclear Technology (TINT)
Thailand (NAA)	Dr Dussadee Rattanaphra	Nuclear Scientist, Thailand Institute of Nuclear Technology (TINT)
Vietnam (RRU PL)	Mr Duong Van Dong	Director, Center for Research and Production of Radioisotope, Nuclear Research Institute (NRI), Vietnam Atomic Energy Institute (VINATOM)
Vietnam (NAA)	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 2017 Workshop on Research Reactor Utilization Project

November 21st –23rd, 2017

Serpong, Indonesia

Co-Host Organization: National Nuclear Energy Agency (BATAN)

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

Date: November 21-23, 2017

Venue: Puspptek (Open Seminar) and Grand Zuri Hotel (Workshop), Serpong, Indonesia

[Day 1: Tuesday, 21 November]

FNCA Open Seminar with "Seminar on Nuclear Technology Utilization"

07:30–08:30	Registration
	Opening Ceremony
08:30-08:35	Safety Induction
08:35-08:45	Speech from General Chair
08:45-08:55	Opening remarks: Prof. Dr Djarot S Wisnubroto, Chairman of BATAN
08:55-09:10	Welcome remarks: Mr Tomoaki Wada, FNCA Coordinator of Japan
09:10-09:20	Signing Ceremony of MoU and Cooperation
09:20-09:30	Photo session
09:30-09:35	Break
09:35-10:05	Keynote Speaker 1: Prof Dr Djarot Sulistio Wisnubroto, Chairman of BATAN, Indonesia
10:05-10:35	Keynote Speaker 2: Prof Tsutomu Ohtsuki, Research Reactor Institute, Kyoto University, Japan
10:35-11:05	Keynote Speaker 3: Mr Honesti Basyir, President Director of PT Kimia Farma (Persero) Tbk, Indonesia
11:05-11:35	Question and Discussion
11:35-12:00	Visit to Science Exhibition and Poster
12:00-13:00	Press Conference, Lunch
13:00-13:15	Keynote Speaker 4: Mr Shoji Kasuga, International Nuclear Cooperation and Support for Asian Countries, MEXT, Japan
13:15-13:45	Keynote Speaker 5: Prof Seigo Kinuya, MD, Ph.D, Kanazawa University, Japan
13:45-14:15	Keynote Speaker 6: Mr Philippe Correa, Director of the National Institute for Nuclear Sciences and Technology, CEA, France
14:15-14:30	Break

- 14:30-15:00 Keynote Speaker 7: Dr John Bennett, Head of the Centre for Nuclear Applications, ANSTO, Australia
- 15:00-15:30 Keynote Speaker 8: Mrs Diah Dwiana Lestiani, National Nuclear Energy Agency, Indonesia
- 15:30-16:00 Question and Discussion

[Day 2: Wednesday, 22 November]

Workshop: Plenary session

- 09:00-09:15 **Opening Session**
- Welcome address: Dr Hendig Winarno, FNCA Coordinator of Indonesia
 - Opening remarks: Dr Hideki Namba, FNCA advisor of Japan
 - Introduction of participants
 - Group photo
- Overview of the FNCA projects and Major Issues of the Workshop**
- 09:15-09:45 - RRU project: Prof Tsutomu Ohtsuki, KURRI, Japan
- 09:45-10:15 - NAA project: Prof Mitsuru Ebihara, TMU, Japan
- (Move to parallel sessions)

Workshop: Parallel session (RRU)

- RRU-1: Country report on the current status of medical / industrial RI production**
- Country report should include following points:
- Development of technology
 - Current domestic demand
 - What proportion of demand is met internally – where is remainder obtained?
 - Any plans to increase either demand or supply – commercial intentions?
 - New isotopes, etc.
- 10:20-12:00 **1. Country report and discussion**
- Chair: Mr Duong Van Dong (Vietnam)
- Australia, Bangladesh, China, Indonesia, Japan
- 12:00-13:00 Lunch Break
- 13:00-14:30 **2. Country report and discussion (continued)**
- Chair: Mr Moshiul Alam (Australia)
- Malaysia, Mongolia, Philippines, Thailand, Vietnam
- 14:30-15:00 Coffee Break
- RRU-2: Country report on new research reactor**
- Country report should include following points:
- Plan for new research reactors and/or upgrading existing reactors
 - Possible cooperation in FNCA member countries
- 15:00-16:30 **Country report and discussion**

Chair: Mr Suthipong Boonmak (Thailand)

Australia, Bangladesh, China, Malaysia, Mongolia, Philippines, Thailand

Workshop: Parallel session (NAA)

NAA-1: Activities related to air pollution and mineral resources

Note: Country report should include following points:

- 1) Progress for the last 12 month period, comparing the initial plan and the degree of achievement
- 2) Any difficulties and how were those difficulties overcome?
- 3) Outstanding outcomes for the project(s).
- 4) Linkages with end-users; projects developed with end-users?

10:20-12:00 **1. Country report and discussion**

Chair: Dr Dussadee Rattanaphra (Thailand)

Australia, Bangladesh, China, Indonesia

12:00-13:00 Lunch Break

13:00-14:30 **2. Country report and discussion (continued)**

Chair: Dr Kamrun Naher (Bangladesh)

Japan, Kazakhstan, Malaysia, Mongolia

14:30-15:00 Coffee Break

15:00-16:30 **3. Country report and discussion (continued)**

Chair: Dr Xiao Caijin (China)

Philippines, Thailand, Vietnam

[Day 3: Thursday, 23 November]

Workshop: Parallel session (RRU)

09:00-10:30 **RRU-3 : Future plan of the RRU Project**

Chair: Dr Azahari Kasbollah (Malaysia)

1. Lead speech: Prof Tsutomu Ohtsuki

2. Discussion

10:30-11:00 Coffee Break

11:00-12:00 **RRU-4 : Drafting of Minutes**

Chair: Mr Neil Raymund Guillermo (Philippines)

12:00-13:00 Lunch Break

Workshop: Parallel session (NAA)

09:00-10:30 **NAA-2: Promotion of Research Reactor Utilization (NAA)**

Chair: Dr John Bennett (Australia)

Discussion

10:30-11:00 Coffee Break

11:00-12:00 **NAA-3 : Drafting of Minutes**
 Chair: Dr John Bennett (Australia)

12:00-13:00 Lunch Break

Technical Visit (BATAN)

13:30-14:00 Visit to Irradiator

14:00-15:00 Visit to Radioisotope and Radiopharmaceutical facility

15:00-15:45 Visit to Multi-Purpose Reactor and NAA laboratory

15:45-16:00 Closing

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 2017 Workshop on Radiation Safety and Radioactive Waste Management
Project**

August 1st – 3rd, 2017
Bangkok, Thailand

1) Outline of Workshop

i) Date	August 1-3, 2017
ii) Venue	Grand Mercure Fortune Bangkok Kasetsart University Thailand Institute of Nuclear Technology (TINT)
iii) Host Organizations	Thailand Institute of Nuclear Technology (TINT) Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan (MEXT)
iv) Participants	21 from 12 countries (Australia, Bangladesh, China, Indonesia, Japan, Kazakhstan, Korea Malaysia, Mongolia, Philippines, Thailand and Vietnam). Listed in Annex 2.
v) Program	Annex 1

1) Program

The FNCA 2017 Workshop on Radiation Safety and Radioactive Waste Management (RS&RWM) was held from 1st to 3rd August 2017, at Grand Mercure Fortune Bangkok, Kasetsart University and the Thailand Institute of Nuclear Technology (TINT). The workshop was jointly organised by the Thailand Institute of Nuclear Technology (TINT) and the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) of Japan.

Twenty one (21) representatives involved in policymaking, regulatory, operations, and research and development for radiation safety and radioactive waste management from 12 FNCA member countries attended the workshop, namely Australia, Bangladesh, China, Indonesia, Japan, Kazakhstan, Korea, Malaysia, Mongolia, Philippines, Thailand and Vietnam. The program of the workshop is attached as Annex 1. The list of participants is attached in Annex 2.

Opening Session

Dr Pornthep Nisamaneephong, FNCA Coordinator of Thailand, Mr Tomoaki Wada, FNCA Coordinator of Japan and Dr Yuichi Michikawa, MEXT delivered a welcoming speeches . Dr Nisamaneephong emphasized

the importance of the nuclear waste management in the FNCA member countries and wished a great success of the workshop. Mr Wada extended his sincere gratitude to TINT for hosting and supporting the workshop. He also wished the project to be of help for the member countries, mentioning the current situation that almost all the member countries are planning to build low level radioactive waste repositories. Dr Michikawa referred to the Joint Communiqué adopted at the MLM 2016, which was intended to advance the project in order for the member countries to tackle common issues.

Session I: Introductory Speech at the Start of Phase 6

First, Mr Wada gave a presentation on the new FNCA structures and achievements. In the presentation, he introduced the conclusion of Coordinators Meeting that the project needs to assist the member countries, considering that almost all the member countries are planning to construct low level radioactive waste repository in near future. Next, Prof Toshiso Kosako briefly introduced the history of the project and outlines of the new phase that was just launched this year. The summary of each report is attached in Annex 3.

Session II: Country Report

Twelve (12) countries reported on either: (A) Low-level Radioactive Waste Repository; or (B) Current Status on Radioactive Waste and Spent Nuclear Fuel Management Including Challenges, Problems and Future Plan for the Low-level Radioactive Waste Repository, in line with the situation in their countries. The summary of each report is attached in Annex 3.

Session III: Discussion on Framework of Consolidated Report on Low-level Radioactive Waste Repository

Prof Kosako suggested the rough contents of the consolidated report on low level radioactive waste repository. Every country expressed their ideas and it was decided that the decision about the document framework will be made through email exchanges after the workshop has finished. The summary of the lead speech is attached in Annex 3, and discussion summary is attached in Annex 3 REF.

Session IV: Special Lectures

Seven (7) countries reported on the topics of their most interest respectively. The summary of each report is attached in Annex 3. For some countries, disposal program are very difficult to implement, especially for some issues related to human resources, political issue, and economical problems. Experiences from Republic of Korea, Malaysia, and the Philippines in the disposal program are very valuable for another country.

Session V: Summary

This summary was adopted by the participants.

The venue for the next Radiation Safety and Radioactive Waste Management Project will be in Australia, in October or November 2018.

Closing Session (at the end of Open Seminar)

With the closing remarks from Ms Nanthavan Ya-anant, the Project Leader of Thailand and Prof Kosako, the workshop was officially declared close.

Open Seminar "Radiation /Nuclear Applications and Radioactive Waste Management":

The Open Seminar titled "Radiation/Nuclear Application and Radioactive Waste Management" was held in the Kasetsart University in the morning of 3 August. The seminar was attended by around 50 participants. First, Assoc. Prof. Dr Orapin Chienthavorn, Vice Dean, Division of Research and Innovation, Faculty of Science, Kasetsart University, Prof Kosako and Dr Michikawa gave a welcoming speech. Four (4) presentations were delivered by participants from Japan (2), Malaysia (1) and Thailand (1). The summary of the Open Seminar is attached as Annex 4.

Technical Visit to the Thailand Institute of Nuclear Science (TINT)

A technical visit to the Thailand Institute of Nuclear Science (TINT) was conducted in the afternoon of 3 August. The TINT is located in Ongkharak district, Nakhon-Nayok province, about 70 km. away from Bangkok. The visit took the participants to the Gem irradiation facility and then the radiochemical laboratories for a discussion about the techniques particularly around the use of irradiated oligochitosan as plant growth promoters and super water absorbents for dry soils. The Isotope characterisation lab showed us the C-14 measurement laboratory, tritium laboratory and the stable isotope laboratory, showing how precise the measurements that can be achieved. The tour then visited the new DSRS storage facility and radioactive waste treatment facility for Thailand and finished by looking at the mobile incinerator. It was a well-received tour and appreciated by all participants.

2.6.2 RS&RWM 参加者リスト

List of Participants FNCA 2017 Workshop on Radiation Safety and Radioactive Waste Management Project

August 1st – 3rd, 2017
Bangkok, Thailand

Country	Name	Title
Australia	Mr Duncan Kemp	Manager, Waste Management Services, Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)
Bangladesh (PL)	Dr M. Moinul Islam	Chief Scientific Officer, Health Physics & Radioactive Waste Management Unit, Institute of Nuclear Science & Technology, Atomic Energy Research Establishment (AERE), Bangladesh Atomic Energy Commission(BAEC)
China	Ms He Huan	Engineer, China National Nuclear Corporation (CNNC)
Indonesia	Mr Moch Romli	Head of Occupational Safety & Radiation Protection SubDivision, CRWT - National Nuclear Energy Agency of Indonesia(BATAN)
Japan (Coordinator)	Mr Tomoaki Wada	FNCA Coordinator of Japan
Japan (MEXT)	Dr Yuichi Michikawa	Deputy Director, Office for Nuclear Non- Proliferation Science and Technology, International Nuclear and Fusion Energy Affairs Division, Research and Development Bureau, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan

Country	Name	Title
Japan (PL)	Prof Toshiso Kosako	Professor Emeritus, The University of Tokyo
Japan	Dr Yoshiaki Sakamoto	Senior Principal Engineer, Sector of Decommissioning and Radioactive Waste Management, Radioactive Wastes Disposal Project Center, Disposal Research and Development Office, Japan Atomic Energy Agency (JAEA)
Japan	Dr Hideki Kawamura	President, mcm japan
Japan (Secretariat)	Ms Ayako Tanida	International Affairs and Research Department, Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Kazakhstan	Ms Aliya Izbaskhanova	Head, Devison for Accounting and Contol of Nuclear Material, Ionizing Radiation Sources and Radioactive Waste of Radiation Safety Department, National Nuclear Center (NNC) of the Republic of Kazakhstan
Republic of Korea (PL)	Dr Hyuncheol Kim	Senior Researcher, Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI)
Malaysia (PL)	Dr Mohd Abd Wahab Yusof	Director, Division of Waste and Environmental Technology, Malaysian Nuclear Agency(Nuclear Malaysia)
Mongolia	Ms Batdelger Uranchimeg	Senior Officer, Executive Office of Nuclear Energy Commission
The Philippines	Mr Edmundo P. Vargas	Senior Science Research Specialist, Philippine Nuclear Research Institute (PNRI)
Thailand (Coordinator)	Dr Pornthep Nisamaneephong	FNCA Coordinator of Thailand Executive Director, Thailand Institute of Nuclear Technology (TINT)

Country	Name	Title
Thailand	Mr Nikom Prasertchiewchan	Manager of Radioactive Waste Management Center, Thailand Institute of Nuclear Technology (TINT)
Thailand (PL)	Ms Nanthavan Ya-anant	Head, Radioactive Waste Management Section, Radioactive Waste Management Center, Thailand Institute of Nuclear Technology (TINT)
Thailand	Ms Archara Phattanasub	Head, Radioactive Waste Management Technology Development Section, Radioactive Waste Management Center, Thailand Institute of Nuclear Technology (TINT)
Thailand	Mr Virut Kasemtanask	Nuclear Scientist, Radioactive Waste Management Section, Radioactive Waste Management Center, Thailand Institute of Nuclear Technology (TINT)
Vietnam	Ms Doan Thi Thu Hien	Researcher, Vietnam Atomic Energy Institute (VINATOM)

2.6.3 RS&RWM プログラム

Program of FNCA 2017 Workshop on Radiation Safety and Radioactive Waste Management Project

August 1st – 3rd, 2017

Bangkok, Thailand

Day 1, Tuesday 1 August 2017	
09:00 – 09:30	Registration
Opening Session Chair: Dr Pornthep Nisamaneephong (Thailand)	
09:30 – 09:45	Welcome and Opening Speech <ul style="list-style-type: none"> ● Dr Pornthep Nisamaneephong, FNCA Coordinator of Thailand ● Mr Tomoaki Wada, FNCA Coordinator of Japan ● Dr Yuichi Michikawa, MEXT
09:45 – 09:55	Self-Introductions of Participants and Agenda Confirmation
09:55 – 10:00	Group Photo
Session 1: Introductory Speech at the Start of Phase 6 (Presentation 10min + QAs 5min) Chair: Ms Aliya Izbaskhanova (Kazakhstan)	
10:00 – 10:15	Outlines and Achievements of FNCA Activities <ul style="list-style-type: none"> ● Mr Tomoaki Wada, Coordinator of Japan
10:15 – 10:30	Summary of Phase 5 and Introduction of the Phase 6 <ul style="list-style-type: none"> ● Prof Toshiso Kosako, Project Leader of Japan
10:30 – 10:50	Coffee Break (20min)
Session 2 : Country Report I (Choose A or B) (A) Low-level Radioactive Waste Repository (B) Current Status on Radioactive Waste and Spent Nuclear Fuel Management Including Challenges, Problems and Future Plan for the Low-level Radioactive Waste Repository (Presentation 20min + QAs 5min) Chair: Ms Doan Thi Thu Hien (Vietnam)	
10:50 – 11:15	Australia
11:15 – 11:40	Bangladesh
11:40 – 12:05	China
12:05 – 12:30	Indonesia
12:30 – 13:45	Lunch (75min)

Session 2 Cont. 1 : Country Report I (Choose A or B) (A) Low-level Radioactive Waste Repository (B) Current Status on Radioactive Waste and Spent Nuclear Fuel Management Including Challenges, Problems and Future Plan for the Low-level Radioactive Waste Repository (Presentation 20min + QAs 5min) Chair: Ms Batdelger Uranchimeg (Mongolia)	
13:45 – 14:10	Japan (Dr Sakamoto)
14:10 – 14:35	Kazakhstan
14:35 – 15:00	Republic of Korea
15:00 – 15:25	Malaysia
15:25 – 15:45	Coffee Break (20min)
Session 2 Cont. 2 : Country Report I (Choose A or B) (A) Low-level Radioactive Waste Repository (B) Current Status on Radioactive Waste and Spent Nuclear Fuel Management Including Challenges, Problems and Future Plan for the Low-level Radioactive Waste Repository (Presentation 20min + QAs 5min) Chair: Ms He Huan (China)	
15:45 – 16:10	Mongolia
16:10 – 16:35	Philippines
Evening	Dinner Reception hosted by TINT

Day 2, Wednesday 2 August 2017	
Session 2 Cont. 3 : Country Report I (Choose A or B) (A) Low-level Radioactive Waste Repository (B) Current Status on Radioactive Waste and Spent Nuclear Fuel Management Including Challenges, Problems and Future Plan for the Low-level Radioactive Waste Repository (Presentation 20min + QAs 5min) Chair: Dr Hyunchul Kim (Korea)	
09:30 – 09:55	Thailand
09:55 – 10:20	Vietnam
Session 3: Discussion on Framework of Consolidated Report on Low-level Radioactive Waste Repository (Lead Speech 10min +Discussion 50min) Chair: Dr M. Moinul Islam (Bangladesh)	
10:20 – 10:30	Lead Speech: Proposal of Framework and Concept of the Report (10min) ● Prof Toshiso Kosako, Project Leader of Japan
10:30 – 11:30	Discussion (60min)
11:30 – 12:40	Lunch (70min)

Session 4: Special Lectures (Speech 15min +QAs 5min) Chair: Mr Edmundo P. Vargas (Philippines)	
12:40 – 13:00	Thailand
13:00 – 13:20	Australia
13:20 – 13:40	Indonesia
13:40 – 14:00	Coffee Break (20min)
Session 4 Cont. 1: Special Lectures (Speech 15min +QAs 5min) Chair: Mr Moch Romli (Indonesia)	
14:00 – 14:20	Japan (Dr Kawamura)
14:20 – 14:40	Republic of Korea
14:40 – 15:00	Malaysia
15:00 – 15:20	Philippines
15:20 – 15:40	Vietnam
15:40 – 16:00	Coffee Break (20min)
16:00 – 16:40	Inputs from Bangladesh, China, Kazakhstan and Mongolia (40 min)
Session 5: Summary Chair: Mr Duncan Kemp (Australia)	
16:40 – 17:20	Review and Confirmation of Workshop Summary (40min)
Session 6: Outlines of Technical Visit	
17:20 – 17:40	Briefing on Technical Visit (20min) ● Ms Nanthavan Ya-anant, TINT

Day 3 Thursday 3 August 2017	
Open Seminar at Kasetsart University "Radiation /Nuclear Applications and Radioactive Waste Management"	
08:30 – 09:00	Hotel → Kasetsart University (0.5hrs by Bus)
09:30 – 09:45	Welcome Remarks ● Assoc. Prof. Dr Orapin Chienthavorn (Vice Dean, Division of Research and Innovation, Faculty of Science, Kasetsart University) ● Prof Toshiso Kosako (the University of Tokyo) ● Dr Yuichi Michikawa (MEXT)
09:45 – 10:05	Lecture 1: Outlines of FNCA and HRD Program Implemented by Japanese Government (Presentation 15min + QAs 5min) ● Dr Yuichi Michikawa (MEXT)

10:05 – 10:30	Lecturer 2: Safety Case for Public Concerned in Radioactive Waste Management (FNCA) (Presentation 20min + QAs 5min) ● Dr Hideki Kawamura (mcm japan)
10:30 – 10:55	Lecturer 3: An Overview of Safe Management of Radioactive Waste in Malaysia (FNCA) (Presentation 20min + QAs 5min) ● Dr Mohd Abd Wahab Yusof (Nuclear Malaysia)
10:55 – 11:20	Lecturer 4: Detection Methods for Irradiated Foods (Presentation 20min + QAs 5min) ● Dr Wanwisa Sudprasert (Kasetsart University)
11:20 – 11:30	Closing Remarks ● Ms Nanthavan Ya-anant (TINT) ● Prof Toshiso Kosako (the University of Tokyo)
11:30 – 12:40	Lunch (70min)
12:40 – 14:10	Kasetsart University → TINT, Ongkharak (1.5hrs by Bus)
Technical Visit "TINT, Ongkharak District" RW Storage, Electron beam facility, Gamma irradiation for insect sterilization, and other R&D in Radiochemistry Laboratories	
Evening	TINT, Ongkharak → Grand Mercure Fortune Bangkok (by Bus)

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 2017 Workshop on Nuclear Security and Safeguards Project**

September 19th – 21st, 2017
Mito/Tokai, Japan

Dr Yuichi Michikawa of Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan, and Mr Tomoaki Wada, FNCA Coordinator of Japan, delivered opening remarks and the Workshop was officially commenced.

Session 1&2: Country Report

Moderator: Ms Julietta Seguis, Philippine Nuclear Research Institute (PNRI), Philippines (Session 1);
Dr Abid Imtiaz, Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC), Bangladesh (Session 2).

A total of 10 FNCA member countries (Bangladesh, China, Indonesia, Japan, Kazakhstan, Malaysia, Mongolia, Philippines, Thailand, and Vietnam) presented their country reports that included developments and improvements since the last Workshop regarding implementation of safeguards and nuclear security, promotion of nuclear security culture and capacity building activities.

All countries reported close cooperation with international or regional organizations and other countries to strengthen safeguards and security capacity. Almost all countries have taken initiatives to develop human resources on nuclear security and safeguards by organizing training courses, seminars, and workshops, with the cooperation of the IAEA and other countries and organizations.

The Summary of the country reports were covered in Session of Country Report Summary.

Session 3: Roundtable discussion on Nuclear Forensics

Moderator: Ms Dewisinta Binti Mokhtar, Atomic Energy Licensing Board (AELB), Malaysia

Presentations by Japan and Thailand

Mr Hirofumi Tomikawa, Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation and Nuclear Security, Japan Atomic Energy Agency (ISCN/JAEA), Japan

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

The moderator opened the Session with the statement that nuclear forensics is now recognized as one of the critical capability of a state's nuclear security regime.

Mr Tomikawa (Japan) outlined the activities of JAEA for developing nuclear forensics technology. He introduced four key technologies (isotope ratio measurement, impurity measurement, uranium age determination, and particle/morphology analysis) for nuclear forensics analysis which JAEA has been developing since 2011. He also made it clear that even though Japan do not have a physical nuclear forensic lab at this point of time, he and his team managed to carry out nuclear forensics analysis and R&D by using available related equipment at JAEA. JAEA is also developing a prototype Nuclear Forensics Laboratory. Although Japan does not have its National Nuclear Forensics Library (NNFL) yet, experience and knowledge obtained by JAEA through developing NFL is expected to contribute to the development of NNFL in the future. JAEA is also collaborating with US Department of Energy (DOE) and European Commission Joint Research Centre (EC/JRC) to further develop a more accurate and precise method for NF analysis. Mr Tomikawa conclude his presentation by conveying his hope for future prospects, where among others, the process of validation of NF techniques can be improved.

Ms Mungpayaban (Thailand) presented the nuclear forensics capabilities in Thailand. The Nuclear Forensic Lab in Thailand was established in July 2014. Now, the Lab is equipped with the Scanning Electron Microscope with Energy Dispersive Spectrometer (provided from EU) and XRD and mobile XRF equipment. Thailand received support from EC/JRC under the Project 30, which is a network of excellence for nuclear forensics in South East Asia Region. The Project 30 aims at supporting regional security by upgrading nuclear forensics capabilities, and providing equipment for the laboratory in order to serve as a hub laboratory within the regional network. OAP also works closely with the frontline officers to exchange knowledge and conduct exercise on crime scene management. She also extended the intention to provide the measure of long term for prevention and mitigation of nuclear terrorism among the ASEAN region.

Mr Yoshiki Kimura (Japan) opened the roundtable discussion by analyzing the results of nuclear forensics questionnaire. The questionnaire was sent to participants of the Workshop in advance, which aimed at sharing the information among the FNCA member states on the current status of nuclear forensics capability of each country, and to identify needs on the collaborative activities in FNCA. The result shows that most of the FNCA member states have basic capability or at least started to build nuclear forensics capability. The result also illustrates the common challenges among the member states, namely development of national framework, NNFL, and forensics interpretation and findings capability. The participants discussed how to further enhance each state's capability. One proposal is to use already available resources for nuclear forensics. Rather than developing a brand-new nuclear forensics laboratory from scratch, it is more efficient to use technology and equipment already developed for different purpose. Some participants argued that establishing chain of custody is also critical to develop national response measures to nuclear security event, such as transporting evidence from the crime scene to the analytical lab.

For the future activity of the Project for enhancing nuclear forensics capability, participants welcomed the proposal by Japan to organize a tabletop exercise on technical issues of nuclear forensics in 2018. Thailand

will also seek the possibility of hosting a hands-on exercise of nuclear forensics analysis at their laboratory in 2019.

Session 4: Roundtable Discussion on Good Practices of Additional Protocol Implementation

Moderator: Mr Jaime Vidaurre-Henry (ISCN/JAEA), Japan

Presentations by Philippines and Vietnam

Ms Julietta Seguis, Philippines

Mr Nguyen Trong Hiep, Vietnam Agency for Radiation and Nuclear Safety (VARANS), Vietnam

First, the moderator presented the status of the FNCA member states with regards to the AP, Broader Conclusion and implementation of Integrated Safeguards. Then he discussed a proposed set of fundamentals to implement SG obligations to meet the IAEA requirements. In addition, he presented examples of good practices addressing reporting aspects and having the need for responsible designated staff to ensure successful implementation of the IAEA activities, in particular during complementary access activities and for providing the IAEA with declarations as required in the AP. He emphasized the need for trained staff familiar with the AP Annex II items.

Ms Seguis (Philippines) presented legal framework of the Philippines. She emphasized the commitment of her country to fulfil its SG obligations. She discussed the facilities under safeguards, as well as its current status. She also presented the timeline for submissions of AP declarations to the IAEA. This facilitates the assurance of timely reporting requirements. Further, she emphasized on the key experiences in designating locations outside facilities (LOFs), its difficulties and how the country managed to collect the relevant information. In hosting complementary access, prior to AP implementation, being prepared with administrative and technical aspects are necessary; a mock CA scenario was helpful for this preparation. Assistance from the IAEA, USDOE/INSEP, ASNO and other organizations had been instrumental in the country's successful AP implementation.

Mr Hiep (Vietnam) presented the development of the regulatory authority of Vietnam (VARANS). He described its responsibilities and functions; the relevant legislation and regulations. He emphasized that Vietnam exclusively uses nuclear energy for peaceful purposes. On the aspect of AP, Vietnam is on its 4th year of AP implementation and continued to keep its broader conclusion. Outreach activities related to AP Annexes I and II were conducted with different organizations, specifically those related to industries. These outreach activities promoted more cooperation and better understanding of the required AP declarations. The outreach is still continuing.

For the roundtable discussion, the moderator proposed to formulate a collective knowledge from the AP experience of FNCA member states. This would address the agreed set of fundamentals on the implementation of the AP and a compilation of examples of good practices. The objective, as a result of this plan, is a document/report for publication, either on the FNCA webpage or when possible as an INFCIRC

through the IAEA. It was proposed that FNCA members provide input of good practices and examples before the end of 2017. The input will be compiled by ISCN/JAEA and the results (without naming the country or the specific facility) will be presented for discussion and further actions for the next FNCA meeting in 2018. It was suggested that ISCN prepares and distributes a template with few examples based on experiences in Japan. This template will be used to compile the report for the FNCA meeting in 2018. The proposed plan for this project was supported and agreed by the FNCA members.

Session 5: Special Lectures on Security of Radioactive Source

Moderator: Ms Gerelmaa Gombosuren, Nuclear Energy Commission, Mongolia

Presentation by Japan

Mr Hirotaka Oku, Nuclear Regulation Authority (NRA), Japan

Mr Hirotaka Oku (Japan) introduced Japan's current efforts on enhancing security of radioisotopes. Currently, there are over 8,000 users of radioisotopes in Japan, and that number is increasing in recent years. At the same time, though the numbers were small, there were some incidents of leakage, loss and false disposal of radioisotopes in the past. Japan received IAEA Integrated Regulatory Review Service (IRRS) Mission in 2016, and accepted Mission's recommendation to reconstruct regulation to include security measures. The reconstructed regulation will require licensees who have radioisotopes beyond D-values tighter security measures. About 500 licensees are subject to this security regulation, and they will be required to have detection, delay, response and access control, etc. to security event at their facility. The reconstructed regulation is expected to be implemented in 2019, before 2020 Tokyo Olympics/Paralympics Games.

Session 6: Country Report Summary

Presenter: Ms Naoko Noro and Ms. Reina Matsuzawa (ISCN/JAEA), Japan

Ms Noro and Ms. Matsuzawa summarized the country reports resented in the Session 1 and 2 of the workshop. The Summary is attached to this report as "Country Report Summary." The updated Country Report Summary will be posted on the FNCA website.

Session 7: Roundtable discussion on IAEA/NSSC Activities and COE Collaboration

Moderator: Mr Abid Imtiaz, Bangladesh

Presentation by IAEA/NSSC, Indonesia, and China

Mr Yosuke Naoi (Chairman, NSSC Network)

Mr Danung Rismawan, Nuclear Energy Regulatory Agency (BAPETEN), Indonesia

Mr Gu Shaogang, State Nuclear Security Technology Center (SNSTC), China

Mr Yosuke Naoi, Chairman of IAEA Nuclear Security Support Centre (NSSC) Network, illustrated the activities on IAEA NSSC Network. Primary objectives of the NSSCs are developing human resources through the implementation of a tailored training program, developing a network of experts, and providing scientific support for the prevention and detection of and the response to nuclear security events. As of

September 2017, 60 member states, 66 institutions, 5 observers join the NSSC Network. The past achievements include raising awareness of the NSSC concept, improvement of information exchange and coordination at international and regional levels, increased interactions between NSSCs and academic institution, and initiation of NSSC experience sharing visits and case studies for sharing good practices and lessons learned. Mr. Naoi concluded that the NSSCs are key players to support sustainability of national nuclear security regimes and to support implementation of IAEA activities.

Mr Rismawan (Indonesia) shared Indonesia's experience of developing NSSCs. In 2014, Indonesia launched I-CoNSEP, an inter-agency framework for collaboration on capacity building for nuclear security and emergency preparedness. Primary roles of I-CoNSEP is to support human resource development and provide technical and scientific support. Other than I-CoNSEP, there are several NSSCs in Indonesia. Both regulatory authority (BAPETEN) and the licensee (BATAN) have training center (CET); BATAN launched NSSC for nuclear security culture assessment (CSCA); and several universities are collaborating to establish a research center for nuclear security. All NSSC activities are coordinated under I-CoNSEP. Mr. Rismawan concluded with note that effective coordination among the security-related national entities are important to improve awareness and understanding of nuclear security, and through a planned education and training program, it can improve the capability of security.

Mr Gu (China) introduced activities of China's COE. The State Nuclear Security Technology Center (SNSTC) launched the COE in March 2016. COE provides training on nuclear security, NMAC and nuclear export control to domestic and international audiences. COE also has functions of equipment testing and certification, R&D and technical demonstration, and international cooperation. It is consist of analytical labs, environmental test lab, physical protection testing field, response force training facility, mock nuclear material bunker, and NMAC training facility. China collaborates with international partners such as IAEA and US DOE to co-organize training and train SNSTC trainers. China is also active to enhance collaboration among regional partners for the improvement of regional nuclear security.

Mr Jaime Vidaurre-Henry (Japan) opened the roundtable discussion by proposing COE collaboration to share experiences and good practices of capacity building in nuclear security and safeguards. The participants welcomed such proposal.

Session 8: Conclusions of 2017 Coordinators Meeting and Future 3-year Plan of Nuclear Security and Safeguards Project

Presentation by FNCA

Mr Tomoaki Wada, FNCA Coordinator of Japan

Mr Masao Senzaki, Project Leader of Japan

Mr Wada briefed on the result of the 18th FNCA Coordinators Meeting (CDM) held in Tokyo in March 2016. FNCA Coordinators performed ex-ante evaluation of 6 project proposals including Nuclear Security and

Safeguards Project. CDM agreed to start new three-year phase of the Nuclear Security and Safeguards Project. Nuclear forensics, cyber security, and security of radioactive sources were three key topics identified by CDM to be discussed intensively at the Project in order to build an effective international mechanism for nuclear materials security in the region. CDM also expects the Project to promote human resource development in nuclear security. Mr. Wada also described other FNCA projects.

Mr Senzaki overviewed the past three-year achievements of the Nuclear Security and Safeguards Project. He also introduced the Resolution of the Ministerial Level Meeting (MLM) of FNCA which addressing the importance of continue enhancing nuclear security and safeguards capabilities in the region, and then outlined the new direction of the Project. For nuclear security, the Project will focus on nuclear forensics, cyber security, nuclear security culture and security of radioactive sources. For safeguards, the Project will compile a generic set of good practices on AP implementation of FNCA members. For capacity building, the Project will share good practices of nuclear security and safeguards training among COEs of FNCA members. Moreover, the Project will seek every opportunity to publish its achievement. The proposal will be distributed to the FNCA members for further comments.

Session 9: Concluding Session

Moderator: Ms Gelermaa Gombosuren, Mongolia

Lead Speaker: Mr Masao Senzaki, Project Leader of Japan

Summary of the Workshop was introduced by Ms Naoko Noro (Japan). It will be distributed to the participants for confirmation.

Mr Senzaki (FNCA) and Mr Shoji Kasuga of Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan, delivered closing remarks and the Workshop was officially closed.

2.7.2 NSS 参加者リスト

List of Participants FNCA 2017 Workshop on Nuclear Security and Safeguards Project

September 19th – 21st, 2017

Mito/Tokai, Japan

Country	Name	Affiliation
Bangladesh (PL)	Dr Abid Imtiaz	Principal Scientific Officer, Nuclear Safety Section, Nuclear Safety, Security & Safeguards Division, Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
China (PL)	Mr Gu Shaogang	Deputy Director of Training and Certification, State Nuclear Security Technology Center (SNSTC)
Indonesia	Mr Danung Rismawan	Staff of Safeguards Inspection Division, Nuclear Energy Regulatory Agency (BAPETEN)
Japan (Coordinator)	Mr Tomoaki Wada	FNCA Coordinator of Japan
Japan (Advisor)	Dr Hideki Namba	FNCA Advisor of Japan
Japan (MEXT)	Dr Yuichi Michikawa	Deputy Director, Office for Nuclear Non- Proliferation Science and Technology, International Nuclear and Fusion Energy Affairs Division, Research and Development Bureau, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan
Japan (MEXT)	Mr Shoji Kasuga	Researcher, International Nuclear Cooperation Division, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan
Japan (PL)	Mr Masao Senzaki	Senior Fellow, Integrated Support Center for Nuclear, Nonproliferation and Nuclear Safety (ISCN), Japan Atomic Energy Agency (JAEA)

Country	Name	Affiliation
Japan	Mr Hirotaka Oku	Deputy Director, Division of Regulation for Radiation, Radiation Protection Department, Secretary-General's Secretariat, Secretariat of Nuclear Regulation Authority, Nuclear Regulation Authority (NRA)
Japan	Prof Mitsuru Uesaka	Professor, School of Engineering, The University of Tokyo
Japan	Mr Yosuke Naoi	Director, Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation and Nuclear Safety (ISCN), Japan Atomic Energy Agency (JAEA)
Japan	Mr Mitsutoshi Suzuki	Deputy Director, Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation and Nuclear Safety (ISCN), Japan Atomic Energy Agency (JAEA)
Japan	Mr Hirofumi Tomikawa	General Manager, Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation and Nuclear Safety (ISCN), Japan Atomic Energy Agency (JAEA)
Japan	Ms Naoko Noro	Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation and Nuclear Safety (ISCN), Japan Atomic Energy Agency (JAEA)
Japan	Ms Reina Matsuzawa	Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation and Nuclear Safety (ISCN), Japan Atomic Energy Agency (JAEA)
Japan	Mr Yoshiki Kimura	Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation and Nuclear Safety (ISCN), Japan Atomic Energy Agency (JAEA)
Japan	Mr Jaime Vidauure-Henry	Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation and Nuclear Safety (ISCN), Japan Atomic Energy Agency (JAEA)
Japan	Ms Perpetua Rodoriguez	Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation and Nuclear Safety (ISCN), Japan Atomic Energy Agency (JAEA)

Country	Name	Affiliation
Japan	Ms Atsuko Takano	International Affairs and Research Department, Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Japan	Ms Chiaki Inokoshi	International Affairs and Research Department, Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Kazakhstan (PL)	Mr Alexandr Ossintsev	Head of Department of Non-Proliferation and Security Control, National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan (NNC)
Malaysia	Ms Dewisinta Binti Mokhtar	Assistant Director, Policy and External Affairs Division, Atomic Energy Licensing Board (AELB)
Mongolia (PL)	Ms Gerelmaa Gombosuren	Senior Officer, Department of Nuclear Safety and Security, Executive Office of the Nuclear Energy Commission, Government of Mongolia
The Philippines (PL)	Ms Julietta E. Seguis	Head, Nuclear Safeguards and Security Section, Philippine Nuclear Research Institute (PNRI)
Thailand (PL)	Ms Harinate Mungpayaban	Nuclear Chemist, Senior Professional Level, Office of Atoms for Peace (OAP)
Vietnam	Mr Nguyen Trong Hiep	Government Official, Division of Nuclear Security and Safeguards, Vietnam Agency for Radiation and Nuclear Safety (VARANS)

2.7.3 NSS プログラム

Program of FNCA 2017 Workshop on Nuclear Security and Safeguards Project

September 19th – 21st, 2017

Mito/Tokai, Japan

Workshop Day 1: September 19, Tuesday	
9:30-10:20	Opening remarks by: <ul style="list-style-type: none"> · Japan, as the Host Country, Dr. Yuichi Michikawa, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) · FNCA's Representative, Mr Tomoaki Wada, FNCA Coordinator of Japan Introduction of Members Adoption of the Agenda Group Photo
10:20-10:40	Coffee Break
10:40-11:55	Session 1: Country Reports I < Moderator: Philippines > <ul style="list-style-type: none"> · Bangladesh · China · Indonesia · Japan · Kazakhstan
11:55-13:25	Lunch Break
13:25-14:40	Session 2: Country Reports II < Moderator: Bangladesh > <ul style="list-style-type: none"> · Malaysia · Mongolia · Philippines · Thailand · Vietnam
14:40-15:00	Coffee Break
15:00-16:00	Session 3: Roundtable Discussion on Nuclear Forensics < Moderator: Malaysia > <ul style="list-style-type: none"> ◆ Presentation: <ul style="list-style-type: none"> · Japan · Thailand

Workshop Day 1: September 19, Tuesday	
	◆ Roundtable Discussion

Workshop Day 2: September 20, Wednesday	
9:30-10:00	Session 5: Special Lectures on Security of Radioactive Source < Moderator: Mongolia > ◆ Special Lecture Mr Hirotaka Oku, Nuclear Regulation Authority (NRA) ◆ Q&A
10:00-10:30	Session 6: Country Report Summary
10:30-10:50	Coffee Break
10:50-12:10	Session 7: Roundtable Discussion on IAEA/NSSC Activities and COE Collaboration < Moderator: Bangladesh > ◆ Presentation: <ul style="list-style-type: none"> · IAEA NSSC Network (Mr. Yosuke Naoi, Chairman of NSSC) · Indonesia · China ◆ Roundtable Discussion
12:10-13:40	Lunch Break
13:40-14:30	Session 8: Conclusions of 2017 Coordinators Meeting and Future 3-year Plan of Nuclear Security and Safeguards Project < Moderator: Mr Masao Senzaki, Mr Tomoaki Wada, FNCA > ◆ Presentation: <ul style="list-style-type: none"> · Mr Tomoaki Wada, FNCA Coordinator of Japan · Mr Masao Senzaki, Project Leader of Japan ◆ Q&A
14:30-16:00	Coffee Break(Summary Drafting (Japan))
16:00-17:00	Session 9: Concluding Session < Moderator: Mongolia > Lead Speaker: Mr Masao Senzaki, Project Leader of Japan
17:10-17:20	Closing Remarks <ul style="list-style-type: none"> · FNCA's Representative, Mr Masao Senzaki, Project Leader of Japan · Japan, as the Host Country, Mr Shoji Kasuga, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Workshop Day 3: September 21, Thursday	
9:30-13:05	Technical Tour Location: Nuclear Science Research Institute of Japan Atomic Energy Agency (JAEA)

	<ul style="list-style-type: none">• Forensics Laboratory• Virtual Reality System (VR)• Physical Protection Exercise Field (PPEF) <p>Clean Laboratory for Environmental Analysis and Research (CLEAR)</p>
--	--

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	公益財団法人科学技術広報財団
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		

3.1.2 講師育成事業講師

所属組織名
国立大学法人九州大学 大学院工学研究院
国立大学法人東京工業大学 先導原子力研究所
一般財団法人原子力国際協力センター
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
日本原子力発電株式会社
MHI ニュークリアシステムズ・ソリューションエンジニアリング株式会社
日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社
国立大学法人九州大学 大学院工学研究院
ものづくり大学
国立大学法人長岡技術科学大学 大学院工学研究科(2名)
国立大学法人東京大学
公益財団法人つくば科学万博記念財団

3.1.3 原子力人材育成ネットワーク

所属組織名
国立大学法人福井大学
国立大学法人九州大学/原子力学会
日立GEニュークリア・エナジー株式会社
四国電力株式会社
一般社団法人日本原子力産業協会(3名)
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(2名)

3.1.4 原子力海外人材育成分科会

所属組織名
株式会社東芝
国立大学法人東京工業大学
一般社団法人海外電力調査会
三菱重工業株式会社
国際原子力開発株式会社
一般社団法人日本電機工業学会
国立大学法人北海道大学
日本原子力発電株式会社
電気事業連合会
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
国立大学法人長岡技術科学大学

3.1.5 在京大使館

所属組織名
オーストラリア大使館
バングラデシュ大使館
中国大使館
インドネシア大使館
カザフスタン大使館
韓国大使館
マレーシア大使館
モンゴル大使館
フィリピン大使館
ベトナム大使館

3.1.6 政府関係

省庁名	部局名
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	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	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	審議官(研究開発局担当)
文部科学省	研究開発局開発企画課長
文部科学省	研究開発局開発企画課特別会計審査官
文部科学省	研究開発局原子力課長
文部科学省	研究開発局研究開発戦略官(核融合・原子力国際協力担当)

省庁名	部局名
文部科学省	研究開発局研究開発戦略官(新型炉・原子力人材育成担当)
文部科学省	研究開発局原子力課放射性廃棄物企画室長
文部科学省	研究開発局原子力課立地地域対策室長
文部科学省	研究開発局環境エネルギー課長
文部科学省	敦賀原子力事務所長
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	総務課国際室
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)
外務省	軍縮不拡散・科学部 国際原子力協力室
農林水産省	大臣官房政策課技術政策室技術調整班
厚生労働省	医政局研究開発振興課 課長補佐
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)
内閣府	原子力政策担当室
経済産業省	資源エネルギー庁 原子力政策課
経済産業省	資源エネルギー庁 原子力政策課 原子力国際協力推進室
経済産業省	資源エネルギー庁 原子力立地・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

3.1.7 地方自治体等

組織名	部署名
青森県	青森原子力センター

組織名	部署名
青森県	環境生活部原子力安全対策課
青森県	環境生活部原子力立地対策課
青森県	青森県量子科学センター
石川県	危機管理監室 危機対策課 原子力安全対策室
茨城県	防災・危機管理局原子力安全対策課
愛媛県	防災危機管理課
大阪府	危機管理室消防防災課防災情報グループ
岡山県	危機管理課危機管理・国民保護班
鹿児島県	原子力安全対策課
京都府	府民生活部原子力防災課
佐賀県	政策部消防防災課
静岡県	危機管理部原子力安全対策課
島根県	防災部原子力安全対策課
鳥取県	危機管理局原子力安全対策課
長崎県	危機管理監危機管理課
新潟県	防災局原子力安全対策課
福井県	総合政策部電源地域振興課 主事
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
福島県	原子力安全対策課

組織名	部署名
北海道	総務部危機対策局防災消防課防災航空室
北海道	総務部危機対策局原子力安全対策課
宮城県	原子力安全対策課

3.1.8 企業・大学等

組織名	部署名
独立行政法人日本貿易振興機構アジア経済研究所	本部 総務部
アジア生産性機構(APO)	事務局長
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
株式会社三菱総合研究所	原子力安全事業部 復興・再生グループリーダー
株式会社三菱総合研究所	原子力安全事業部 廃炉推進グループグループリーダー
株式会社東芝 エネルギーシステムソリューション社	技師長
株式会社東芝 エネルギーシステムソリューション社	原子力事業部 原子力企画室 原子力企画第三担当 主務
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
三菱重工業株式会社	エネルギー・環境ドメイン原子力事業部グループ長代理
三菱重工業株式会社	エネルギー・環境ドメイン原子力事業部 原子力部 原燃サイクル課
三菱重工業株式会社	エネルギー・環境ドメイン 原子力事業部 神戸原子力営業部 計画グループ
関西電力株式会社	原子力事業本部 原子力企画部長
関西電力株式会社	原子力事業本部 原子力企画部 原子力企画グループマネージャー
関西電力株式会社	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	原子力事業本部地域共生本部長
関西電力株式会社	東京支社 社長
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

組織名	部署名
関西電力株式会社	嶺南新エネルギー研究センター長
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
九州電力株式会社	川内原子力総合事務所 副所長
高速炉エンジニアリング株式会社	代表取締役社長
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 子力部長
公益財団法人柏崎原子力広報センター	事務局長
公益財団法人原子力安全技術センター	総務部長
一般財団法人高度情報科学技術研究機構	総務部長
一般財団法人日本エネルギー経済研究所	理事長
一般財団法人日本エネルギー経済研究所	アジア太平洋エネルギー研究センター 研究部長 研究理事
一般財団法人日本エネルギー経済研究所	戦略研究ユニット 原子力グループマネージャー 研究主幹
公益財団法人福井原子力センターあつとほうむ	広報課長
一般財団法人放射線利用振興協会	本部事務局
一般財団法人放射線利用振興協会	理事長
四国電力株式会社	東京支社 社長
四国電力株式会社	原子力本部
公益社団法人茨城原子力協議会	原子力科学館
一般社団法人海外電力調査会	国際協力部門 原子力協力部
公益社団法人日本アイソトープ協会内 日本核医学会	事務局
公益社団法人日本医学放射線学会	事務局

組織名	部署名
一般社団法人日本機械学会	事務局
一般社団法人日本原子力学会	事務局
一般社団法人日本原子力産業協会	国際部 調査役
一般社団法人日本物理学会	事務局
公益社団法人日本放射線技術学会	事務局
双日株式会社	第一原子力産業グループ 事務局長
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
中部電力株式会社	原子力本部
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
東北電力株式会社	東京支社 社長
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 放射線管理部 放射線計測技術課
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	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
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 課長代理
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	敦賀事業本部 敦賀連携推進センター 国際協力室長
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	もんじゅ運営計画・研究開発センター センター長
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	関西科学研究所 所長
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	経営管理部門経営企画部長

組織名	部署名
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	大洗研究開発センター長
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	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	核融合エネルギー研究開発部門 部門長
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	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	青森研究開発センター総務経理課
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	原子炉廃止措置研究開発センター所長
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	国際産学連携センター国際協力室長
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	敦賀発電所 総務室 総務グループ
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
富士電機株式会社	原子力放射線事業部原子力統括部

組織名	部署名
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
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
三菱電機株式会社	電力・産業システム事業本部 原子力医療システム事業部
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	執行役
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	理事
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
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 所長
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 病院長
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 研究企画室長
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	イノベーションセンター長
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	経営企画部長
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
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 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	放射線医学総合研究所 放射線障害治療研究部 組織再生治療研究チーム

組織名	部署名
国立研究開発法人物質・材料研究機構	学術連携室学術交流チーム
国立研究開発法人物質・材料研究機構	先端材料解析研究拠点 高輝度光解析グループ
公益財団法人環境科学技術研究所	総務課
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
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 主幹
株式会社原子力発電訓練センター	総務部
関西電子ビーム株式会社	専務
福井県美浜原子力防災センター	所長
日本原燃株式会社	青森総合本部
日本原燃株式会社	企画部 国際業務統括グループ 主任
株式会社原子力安全システム研究所	技術システム研究所長
一般財団法人日本原子力文化振興財団	理事長
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国際部国際連携企画室
合同会社 mcm japan	代表
茨城大学	工学部機械工学科 教授
茨城大学	フロンティア応用原子化学研究センター長(教授、理工学研究科長)
大阪大学	大学院工学研究科環境・エネルギー工学専攻 教授
京都大学	原子炉実験所 所長
京都大学	原子炉実験所 准教授
京都大学	原子炉実験所 総務掛
近畿大学	原子力研究所 所長/教授

組織名	部署名
筑波大学	陽子線医学利用研究センター センター長
東海大学	工学部原子力工学科 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)
総合研究大学院大学	高エネルギー加速器研究機構(東海キャンパス)
東京工業大学	大学院理工学研究科原子核工学専攻 教授
東京工業大学	原子炉工学研究所 物質工学部門
東京大学	大学院工学系研究科原子力国際専攻 教授
東京大学	工学系研究科学務課専攻チームシステム創成学専攻 事務室
東京大学	大学院工学系研究科原子力国際専攻 教授
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
名古屋大学	大学院工学研究科マテリアル理工学専攻量子エネルギー工学分野量子エネルギーシステム工学講座 原子核計測工学グループ 教授
広島大学	原爆放射線医科学研究所 所長
長崎大学	原子力災害対策戦略本部
北海道大学	大学院工学研究院エネルギー環境システム部門 教授
九州大学	大学院工学研究院エネルギー量子工学部門 教授
九州大学	大学院工学研究院エネルギー量子工学部門 核エネルギーシステム学
九州大学	大学院工学研究院エネルギー量子工学部門 応用物理学教授
東京都市大学・早稲田大学 共同原子力専攻	早稲田大学 理工学術院統合事務所
東北大学	多元物質科学研究所 プロセスシステム工学研究部門 エネルギーシステム研究分野 准教授
東北大学	工学研究科量子エネルギー工学専攻 教授
弘前大学	被ばく医療総合研究所放射線化学部門 教授
弘前大学	副学長(被ばく医療、COI 担当)

組織名	部署名
八戸工業大学	学長
八戸工業大学	工学部機械情報技術学科 教授
八戸工業大学	工学部機械情報技術学科 教授
八戸工業大学	電気電子システム学科 教授
八戸工業大学	社会連携学術推進室
福井大学	大学院原子力・エネルギー安全工学専攻 教授
福井大学附属国際原子力工学研究所	所長
福井大学附属国際原子力工学研究所	工学研究科 特任教授
福井大学	原子力技術応用工学科 教授
福井工業大学	教授
福島大学	環境放射能研究所 准教授
福島大学	国際交流センター
福島県立医科大学	医学部 准教授

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 制作室副課長
時事通信社	科学担当

日本放送協会	科学文化部
共同通信社	編集局 科学部部長
中央新聞社	報道局報道部 経済担当部長
読売新聞	東京本社 論説委員
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	ご担当者

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	Mr Mahbubul Hoq	バングラデシュ原子力委員会(BAEC)
中国	Mr Liu Yongde	中国国家原子能機構(CAEA)
インドネシア	Dr Hendig Winarno	インドネシア原子力庁(BATAN)
カザフスタン	Dr Prof Erlan G. Batyrbekov	カザフスタン国立原子力センター(NNC)
韓国	Mr Chun Won Lee	科学技術情報通信部(MSIT)
マレーシア	Dr Abdul Muin Bin Abdul Rahman	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 Soledad S. Castañeda	フィリピン原子力研究所(PNRI)
タイ	Dr Pornthep Nisamaneephong	タイ原子力技術研究所(TINT)
ベトナム	Dr Cao Dinh Thanh	ベトナム原子力研究所(VINATOM)

3.2.2 在外大使館

組織名
在オーストラリア日本大使館
在バングラデシュ日本大使館
在中国日本大使館
在インドネシア日本大使館
在カザフスタン日本大使館
在韩国日本大使館
在マレーシア日本大使館
在モンゴル日本大使館
在フィリピン日本大使館
在タイ日本大使館
在ベトナム日本大使館

3.2.3 海外関連組織

組織名・部署名
OECD/Nuclear Energy Agency (NEA)
First Secretary, Permanent Delegation of Japan to the OECD/Nuclear Energy Agency (NEA)
Co-ordinator, Office of Legal Counsel, OECD/Nuclear Energy Agency (NEA)
International Science and Technology Center (ISTC)
Director, RCA Regional Office, IAEA/RCA

平成29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

平成30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
