2018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

2019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2018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2018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、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)	6
1.2.3 研究炉利用開発分野	9
1.2.4 原子力安全強化分野	11
1.2.5 原子力基盤強化分野	11
1.3 2018 年度における FNCA 活動一覧	13
第2章「国際会合の開催、情報収集」	
2.1 放射線利用開発分野(産業利用·環境利用)	
2.1.1 放射線育種プロジェクト	14
2.1.2 放射線加工・高分子改質プロジェクト	18
2.1.3 気候変動科学プロジェクト	30
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	33
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	39
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	51
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	61
第3章「情報の普及」	
3.1 ニュースレターの発行	71
3.2 ウェブサイトの運営	72
添付資料	
1. FNCA 現行 7 プロジェクト活動経緯	75
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	76
2.2 放射線加工・高分子改質プロジェクト国際会合	84

	2.3	気候変動科学プロジェクト国際会合	100
		放射線治療プロジェクト国際会合	
	2.5	研究炉利用プロジェクト国際会合	124
	2.6	放射線安全・廃棄物管理プロジェクト国際会合	144
	2.7	核セキュリティ・保障措置プロジェクト国際会合	157
3.	ニコ	-ースレター送付先一覧	171

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7プロジェクトが、以下のとおり推進されている。

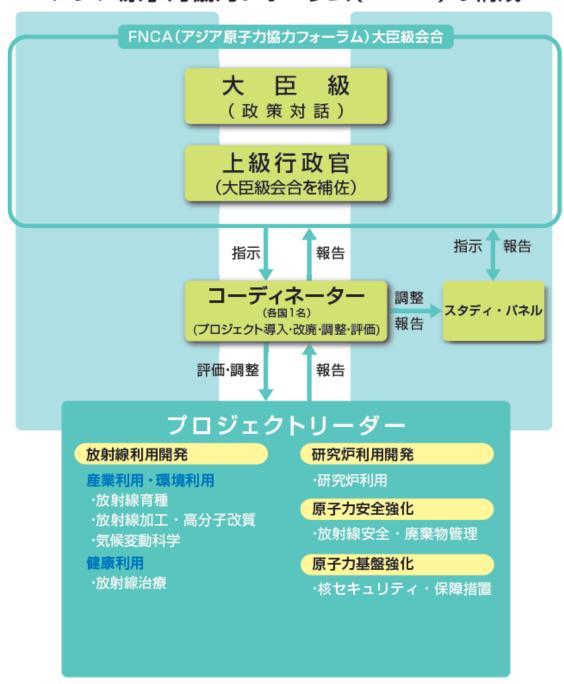
- 1. 放射線利用開発分野
 - 産業利用・環境利用 放射線育種プロジェクト 放射線加工・高分子改質プロジェクト 気候変動科学プロジェクト
 - 健康利用 放射線治療プロジェクト
- 2. 研究炉利用開発分野 研究炉利用プロジェクト
- 3. 原子力安全強化分野 放射線安全・廃棄物管理プロジェクト
- 4. 原子力基盤強化分野 核セキュリティ・保障措置プロジェクト

また、内閣府主催の会合として、原子力を所管する各国の大臣級代表者により、アジア各国との協力 方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

アジア原子力協力フォーラム(FNCA)の構成



1.2 各プロジェクト概要

1.2.1 放射線利用開発分野(産業利用·環境利用)

(1) 放射線育種プロジェクト

1) プロジェクトの目的

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

2) プロジェクトの経緯と成果

プロジェクト活動の初期には、食用作物における環境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。2006 年度に終了したソルガム・ダイズの耐旱性育種研究においては、各国で耐旱性に優れた変異系統が育成された。中国では多収かつ耐旱性に優れたスイートソルガムが、インドネシア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。

2004 年度には、突然変異の原理等の基礎知識から細胞・分子生物学的手法等の応用技術まで幅広く突然変異育種に関する知識と技術を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のウェブサイトで公開されており、突然変異育種を学び始めた人から育種事業の実務に携わる研究者まで、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育種活動を行った。

2010 年度に終了したバナナの耐病性育種研究においては、ガンマ線照射と、その後の人工接種法によるスクリーニングによって、フザリウム萎凋病やバナナバンチートップ病への耐性を有する有望系統を開発し、マレーシアおよびフィリピンでは、商業利用に向けた技術移転にも成功した。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新品種の開発が進められ、登録に向けた取り組みが進められている。

2007 年度に開始したイネの品質改良育種研究は、アミロースやタンパク質の含有量の改変を 共通目標とし、各国のニーズに合わせて、各々異なる高品質、多収品種の開発を目指した活動を 行い、2012 年度で終了した。活動の初期には、標準となる共通の成分測定方法、標準品種、供 試材料の交換等にかかわる諸規則を定めるとともに、2008 年度からは、日本原子力研究開発機 構(現・量子科学技術研究開発機構)の施設を利用し、母材となる各国のイネ品種へのイオンビー ム照射を実施した。各国においては、耐塩性、耐旱性、多収等、それぞれのニーズに合った突然 変異系統の育成が順調に進められた。 2013 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て活動を進めた。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、イネ導入に向けた取り組みとコムギを対象とした活動が進められた。バングラデシュ、マレーシア、ベトナムにおいては、優良な特性を持った突然変異系統がそれぞれ新品種として正式に登録される等、大きな成果を得た。また、その他の国においても自国のニーズに合った多くの有望な系統が作出された。

2018 年度には、世界的な関心が高まっている気候変動のもと、将来に向けた低投入の持続可能型農業を最も重要な課題と考え、「気候変動下における低投入の持続可能型農業に向けた主要作物の突然変異育種」をテーマとして、各国においてニーズの高い主要作物と育種目標を設定して活動を開始した。

(2) 放射線加工・高分子改質プロジェクト

1) プロジェクトの目的

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

2) プロジェクトの経緯と成果

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

第 2 フェーズ(2006 年度~2008 年度)では、健康、医学、環境応用と技術移転のため、電子線・ガンマ線を用いた天然高分子の放射線加工処理による植物生長促進剤(PGP)やハイドロゲル創傷被覆材等の研究開発を行った。国際原子力機関(IAEA)/原子力科学技術に関する研究、開発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(2009年度~2011年度)では、「放射線加工による天然高分子の農業応用」を主なテーマとし、天然高分子の放射線分解を活用したエリシター活性を有するPGPの研究開発と、農業部門との連携強化による実用化に向けたフィールド試験を進めた。また、各国特産の天然高分子に放射線架橋やグラフト重合等の放射線加工処理を施して作製した高吸水性ゲル(超吸水材(SWA))の土壌改良材への応用を進めた。マレーシアはサゴデンプン由来の美容フェースマスク(商品名: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(2012 年度~2014 年度)では、経済効果の高いイネや唐辛子等への PGP の適合を促進するためのガイドラインを作成した。また、乾燥地帯での作物栽培用の土壌改良材として有用な SWA についてはフィールド試験に着手した。プロジェクトでの研究成果や我が国の専門家による技術的助言により、各国では天然高分子の放射線加工技術による製品開発が進展した(日本・ベトナム:キトサン由来の植物生長促進剤、中国:キトサン由来の飼料添加剤等)。また、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(2015年度~2017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」(2009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。

第6フェーズ(2018年度~2020年度)では、農業、環境、医療応用のための放射線加工と高分子改質をテーマにプロジェクト活動を展開し、参加国のニーズに沿った農業、環境、医療分野等への多様な応用について研究開発を推進し、技術移転を目指す。

(3) 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鉛- $210(^{210}\text{Pb})$ 、セシウム- $137(^{137}\text{Cs})$ 、またはプルトニウム(Pu)の同位体分析、またコア全体にわたり存在する大型化石、多量の有機物、または貝殻の炭素- $14(^{14}\text{C})$ 分析により、これらの変化の年表を作成することができる。

ii)樹木の年輪

樹木の成長に従って、年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 ¹⁴C 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。

ii) 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等の過程の変化を示す。ウラン(U)/トリウム(Th)年代測定、¹⁴C 年代測定、安定同位体分析(特に δ18O)、ICP-MS(誘導結合プラズマ質量分析計)を用いたストロンチウム(Sr)/カルシウム(Ca)比等の微量元素組成分析、さらに続成作用を分析する走査型電子顕微鏡/粉末 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ベリリウム-10(10Be)、14C、アルミニウム-26(26AI)および塩素(36CI)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、ベリウム- 10 (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 13 C、 14 N、 18 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、2017 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。

2018 年度ワークショップにおいては、各国で実施されている気候変動関連の研究について、 進捗報告が行われた。さらにインドネシアジャワ島中央部に位置するラワ・ペニン湖において、湖 沼堆積物採取の実演が行われた。

1.2.2 放射線利用開発分野(健康利用)

(1) 放射線治療プロジェクト

1) プロジェクトの目的

本プロジェクトは、放射線を用いた標準治療手順(プロトコール)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

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

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

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

2008 年度より、重篤な進行子宮頸がんを対象に、抗がん剤同時併用のもと、傍大動脈リンパ領域を含む拡大照射野で放射線治療を行う臨床試験(CERVIX-IV)を実施している。実施当初は吐き気や下痢等の急性反応が強かったため、2009 年度のワークショップにおいてプロトコールの改良が検討され、その結果、患者の負担が軽減され、抗がん剤投与による化学治療の完遂性が向上した。2018 年度のワークショップ時点での CERVIX-IV の有効性は、5 年局所制御率が 91%、5 年生存率が 77%と良好である。すでに登録症例数が目標の 100 症例に達しているので、今後は経過観察を行っており、国際誌への論文投稿が予定されている。

さらに、2016 年度には 3D 画像誘導小線源治療(3D-IGBT)を扱った CERVIX-V のプロトコールが作成され、ほとんどの国で臨床試験の承認手続きが終わり、症例登録が始まっている。また、2018 年度ワークショップでは、プロジェクト初の試みとして 3D-IGBT の実地研修を行った。

ii) 上咽頭がん

2005 年度より、上咽頭がんも対象疾患とし、化学放射線療法の臨床試験を開始した。本試験においては、近傍リンパ節転移の進行が重篤ながんに対するプロトコール(NPC-II 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ール(NPC-II)の臨床研究データの解析等を行っている。

NPC-I の 2011 年度時点での 5 年生存率は 52%、局所制御率は 79%であり、2012 年度にはその成果が論文化された。NPC-II の 2013 年度時点での有効性は、3 年局所制御率が 75%、3 年生存率が 80%である。本プロトコールに該当する上咽頭がんの頻度が低く、新規登録の症例が難しい点を考慮し、本臨床試験を終了することとした。しかしながら、疾患頻度が低いにもかかわらず、アジア地域の施設で 70 症例を治療した実績は珍しく、学術的にも貴重なデータであり、2015 年 8 月には、国際学術誌にその成果について論文が投稿された。また、2010 年度より、頸部リンパ節に転移のある上咽頭がん症例に対し、導入化学療法を行った後、放射線療法と化学療法を同時併用する(同時併用化学療法)プロトコール(NPC-III)の実施を開始した。本プロトコールは NPC-I と同じ病状を対象としているが、NPC-I は、同時併用化学療法の後に化学療法を行っている点が異なっている。また、両プロトコールを比較し、優越性を追求する必要

がある。近年は、本プロトコールへの症例登録が滞っていたが、2018 年度のワークショップにおいて登録患者が目標数に到達したことが報告されたため、2018 年で登録を締め切り、今後は経過観察を行っていくこととなった。

iii) 乳がん

2013 年度より乳がん手術後の患者を対象とした寡分割照射の短期療法について臨床試験が開始された。

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

2019年11月時点での乳房切除後放射線療法(HF-PMRT)への登録患者数は159人、乳房温存療法(HF-BCT)は230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、2013年に研究を開始してから目標200例中159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、2018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例に達したので、症例登録を締め切り、現在経過観察を行っている。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)

2006 年度から、ガラス線量計を用いた外部照射装置の品質保証/品質管理(QA/QC)に関する線量調査を行っており、バングラデシュ、中国、インドネシア、日本、カザフスタン、韓国、マレーシア、フィリピン、タイ、ベトナムの 10 ヶ国、また、2010 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2016年に国際学術誌に投稿された。また、今後、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、より成熟したプロトコール確立につながると考えられる。

1.2.3 研究炉利用開発分野

(1) 研究炉利用プロジェクト

1) プロジェクトの目的

本プロジェクトは、各国が保有する研究炉の特徴や利用状況等の情報を共有し、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)」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. 新しいアイソトープ(RI)を含む RI 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 2017 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。2018 年 10 月、大阪における 2 回目のワークショップでは、「BNCT、NR」と「材料研究」を取り上げた。

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。

【中性子放射化分析】

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

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

なお、オーストラリアは2008年度より「地球化学的試料」のサブプロジェクトに参加し、本サブプロジェクトの主導的な役割を担っている。その主導による多国間での「3種類の異なる堆積物による研究所間比較調査」では、本サブプロジェクトに参加する各機関の分析技術を比較するとともに、標準法(ko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、ko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(2011 年度~2014 年度)では、第 3 フェーズから継続して「地球化学的試料」、「食品試料」、「環境試料」の 3 つのサブプロジェクトにおいて、より充実したデータを蓄積し、中性子放射化分析の確固たる有効性を示した。

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

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

第5フェーズ(2015年度~2019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。

-

² ko(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。 ko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。

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。

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

2001 年度~2007 年度には、我が国の専門家が各国の現場を訪問し、現状を確認して助言を する活動を実施してきた。この活動を通して、参加国では改善策を構築し放射性廃棄物の安全 管理に寄与した。また、放射性廃棄物分野における参加各国の状況をまとめた「放射性廃棄物 に関する統合化報告書」を 2001 年に発行し、2007 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、2010年度から、放射線安全分野における各国の状 況を「放射線安全に関する統合化報告書」としてまとめており、最新版を 2013 年度に FNCA のウ ェブサイト上で公開した。2000年にタイで発生した放射線被ばく事故や、2011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、2014 年度から開始した第 5 フェーズ(2014 年度~2016 年度)では、「原子 力・放射線緊急時対応に関する統合化報告書」を作成した。本報告書では、過去に参加国で発 生した事故の教訓を共有し、各国における緊急時計画の現状を把握するとともに、緊急時対応を 想定した効果的な人材育成のあり方等についても検討を行っている。第6フェーズ(2017年度~ 2019 年度)では、低レベル放射性廃棄物処分場をテーマとした活動を行い、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 2011 年度より活動を開始し、第 1 フェーズ(2011 年度~2013 年度)および第 2 フェーズ(2014 年度~2016 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・保障措置の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。2012 年度のワークショップでは、核不拡散のための IAEA 追加議定書(AP)の実施に関して経験を共有する場として、アジア太平洋地域の保障措置関連機関のネットワークであるアジア・太平洋保障措置ネットワーク (APSN)と合同で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、2012 年度からは、第 14 回 FNCA 大臣級会合(2011 年)の決議を受け、アジア地域における核セキュリティ文化の醸成に向けて参加各国の核セキュリティ文化醸成に向けた具体的な取り組みを共有するとともに、参加国以外に対しても広く発信を行った。

第 3 フェーズ(2017 年度~2019 年度)では、各分野のテーマとして核セキュリティ分野は核鑑識、サイバーセキュリティ、核セキュリティ文化醸成、放射線源のセキュリティ、保障措置分野はAP、また共通分野として中心的拠点等による能力構築(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 2018 年度における FNCA 活動一覧

2018 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 19 回大臣級会合		2018年12月6日	日本
第 19 回上級行政官会合		2018年7月19日	日本
2019 スタディ・パネル		2019年3月7日	日本
第 20 回コーディネーター会合		2019年3月6日	日本
放射線 利用開発	放射線育種ワークショップ	2018年10月29日~11月1日	ベトナム
	放射線加工・高分子改質 ワークショップ	2018年10月8日~12日	カザフスタン
	気候変動科学ワークショップ	2018年9月24日~28日	インドネシア
	放射線治療ワークショップ	2018年11月4日~7日	バングラデシュ
研究炉 利用開発	研究炉利用ワークショップ	2018年10月22日~25日	日本
原子力 安全強化	放射線安全・廃棄物管理 ワークショップ	2018年10月17日~19日	オーストラリア
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	2018年9月11日~13日	中国

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:2018年10月29日(月)~11月1日(木)
 - ii)場所:ベトナム、ハノイ
- iii) 主催:日本文部科学省(MEXT)、ベトナム原子力研究所(VINATOM)、農業遺伝学研究所 (AGI)
- iv) 参加者:バングラデシュ、中国、インドネシア、マレーシア、モンゴル、フィリピンより 各1名、タイ、ベトナムより各3名、日本より4名、合計16名(添付資料2.1.2(p79) 参照)
- v) 日程:添付資料 2.1.3(p81)参照

本ワークショップは、2018 年 10 月 29 日~11 月 1 日までの 4 日間、ベトナム・ハノイのベトナム原子力研究所(VINATOM)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、VINATOM 副所長のチャン・ゴック・トアン氏、および農業遺伝学研究所(AGI)学術会議議長のレ・フイ・ハム氏より歓迎挨拶があった。続いて、FNCA 日本アドバイザーの南波秀樹氏より開会挨拶が述べられた。引き続き基調講演が行われ、南波氏より、2017年~2018年のFNCA活動の概要および主な成果が紹介された。続いてFNCA放射線育種プロジェクト日本プロジェクトリーダーの中井弘和氏より、プロジェクトの目的と歴史、ならびに本ワークショップの主な議題について説明があり、また各国の主要な活動成果が紹介された。続いて、ソルガム・ダイズの耐旱性育種研究について、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。

午後には、「持続可能な開発のための放射線技術・放射線育種の応用」と題した公開セミナーが開催され、35名が参加した。講演では FNCA 参加国おける持続可能型農業のための突然変異育種研究に関する取り組みや、関連する最新技術等が紹介された。各発表後には質疑応答と議論が行われた。

- 2 日目には、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 育種プロジェクトに関する進捗状況および活動計画が各国より発表された。
- 3 日目には、AGI を訪問した。研究所の概要について説明を受けた後、関連する研究施設と 突然変異品種コレクションルームを視察した。
- 4 日目には、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プロジェクトの活動計画が議論された。また、FNCAと国際原子力機関(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)との協力について発表と議論が行われ、IAEA/RCAプロジェクトRAS5077の進捗状況、およびFNCAとIAEA/RCAの協力状況と計画が紹介され、今後の協力における推進方法について意見交換が行われた。

続いて議事録がまとめられ、来年度のワークショップは2019年9月にマレーシアのクアラルンプールにおいて開催予定であることが紹介された。最後に、チャン氏および南波氏より閉会挨拶が行われた。

2) 各国発表概要

i) 気候変動下における低投入の持続可能型農業に向けた主要作物の突然変異育種

2018 年度より開始した気候変動下における低投入の持続可能型農業に向けた主要作物の 突然変異育種プロジェクトについて、各国より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)

バングラデシュにおける多様な地域の農家において、BINA Dhan -14 および BINA Dhan -18 の人気はますます高まっており、栽培面積も増大している。2017 年には、新たに NARICA-10 を親に持つ BINA Dhan-19 と名付けられた品種が公開された。この突然変異品種は、2013 年に量子科学技術研究開発機構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した NERICA-10 の種子から選抜されたものである。この新品種は、アウス期・アマン期における天水条件下での栽培が始められている。

b) 中国(浙江大学 シュー・キンヤオ氏)

中国では、気候変動下の持続可能な生産に向けた新たなイネ品種育成のために、突然変異技術はその他の分子・バイオテクノロジー手法(葯培養、ゲノム編集、分子マーカー利用選抜等)とともに展開する。また、新たなイネ品種育成を強化するために、新たな遺伝資源・遺伝子資源、育種技術および育種手法を展開する。

c) インドネシア(インドネシア原子力庁 アーウィン氏)

ダイズにおける低投入持続可能型農業の実現に向けて、以下の3つのテーマに焦点を当て た活動を進める予定である。

- 1. イネ収穫後の水田における不耕起栽培
- 2. 稲田における残留養分を利用した低投入栽培
- 3. 乾期における低水分条件下での早生・耐旱性ダイズ品種の開発と利用
- d) 日本(静岡大学 中井弘和氏)

低投入持続可能型農業への適応および/あるいはイネ白葉枯病耐性のためのイネの突然変 異育種および/あるいは交雑育種を、自然農法の条件下において 14 年間行ってきた。自然農 法に適する多くの育成系統を選抜しており、近い将来に商用品種として登録を行う予定である。

e) 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 プロジェクト『気候変動下における低投入の持続可能型農業に向けた主要作物の突然変異育種プロジェクト』のテーマに沿っていくつかの処理を行った結果、NMR151 および 152 が多様な気候条件下での栽培に最も適した品種であることが示された。さらに NMR151 は、塩ストレス環境下において中程度の耐性率を示した。

- f) モンゴル(植物農業科学研究所 ドルゴール・ツォグナムジル氏)
 - ・コムギ突然変異品種が以下のとおり開発された。
 - 多目的品種である中早生コムギ Darkhan-141 は食糧および飼料の両目的に適する品種として開発・登録された。
 - 新たなコムギ品種 Darkhan-172(NaN₃ による化学処理)は早生(80 日~89 日)で高い穀 粒収量(1.72t/ha~2.53t/ha)となっている。

- PEG6000 を用いた耐旱性試験により、コムギ品種 Darkhan-141 が優れた耐旱性を有すること、さらに SOS1 および SOS2 遺伝子が発現していることが明らかとなった。
- ・イネの突然変異育種プログラムを 2014 年に開始し、 $M_2 \sim M_5$ 世代から 125 の個体、219 の 穂、24 の系統を選抜することに成功した。
- 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)

フィリピン稲研究所から入手した3つの在来イネ品種(Umangan、Native Borie および Licoy) に250Gy を3.683kGy/時の線量率で照射した。これらの種子を圃場に播種・移植したが、ほとんどの苗がスクミリンゴガイの食害を受けたため、再試験を行った。同線量・線量率での照射を行い、翌日に播種し、育成のために移植した。

h) タイ(タイ米作局 カンチャナ・クラカエン氏)

気候変動下において、生物ストレス耐性あるいは非生物ストレス抵抗性を有するイネ品種は低投入持続可能型農業に資する。本プロジェクトの目的は、ガンマ線および電子線照射を利用し、耐旱性、光周期非感受性および早生のイネ系統/品種を開発することである。IR57514-PMI-5-B-1-2 の M₃ 系統から幼穂分化期における耐旱性に関する系統の選抜を行ったが、不運にもこの時期に降雨があった。M₄ 世代ではいもち病に関する系統を選抜した。この結果、112 の粳性変異系統および 4 つの糯性変異系統がイネいもち病耐性と確認され、加えて、4 つの糯性変異系統のうち 2 系統は早生であり他の 2 系統は中生であった。気候変動下における低投入持続型農業に適応する新品種公開のためには今後さらなる情報が必要である。

i) ベトナム(ベトナム農業遺伝学研究所 レ・フイ・ハム氏)

ベトナムにおいて突然変異育種は、イネおよびダイズといった最も重要な作物の育成 に積極的に活用されている。

イネ: 2008 年~2018 年において新たに 11 の突然変異品種を開発し、新品種として登録され、生産用に頒布されており、農家に対し、収量向上、化学肥料投入の低減、生産効率向上といった多くの利益をもたらしている。炭素イオンビームを照射したイネから有望な系統が得られており $(M_7$ で 6 系統、 M_6 で 6 系統、 M_5 で 31 系統)、今後数年にわたりさらなる評価を行う予定である。また、ヘリウムイオンビームを照射したイネからは、最初のスクリーニングにより M_2 から 27 の優れた変異体が選抜されている。

ダイズ:2018年から始まる新フェーズより、イオンビームを利用したダイズの突然変 異育種を開始した。最初の成果として、イオンビームにより、生育期間、草 丈、草型、生産性といった広範な多様性を誘発することが確認された。50%の 致死率となる線量(LD50)は、炭素イオン照射ではイネで60Gy、ダイズで50Gy、ヘリ ウムイオン照射では、イネで60Gy、ダイズで50Gyであった。

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 アーウィン氏)

インドネシアにおいてダイズは非常に重要な食品であり、豆腐、テンペ(発酵ダイズ)、ケカプ (醤油)等を生産している。インドネシアにおけるダイズの消費量は2.5t/年にのぼるが、国内生産量はわずか0.9t/年である。従って、ダイズの国内生産量は消費量の40%未満であり、米国やブラジルからの輸入に大きく依存している。インドネシアにおけるダイズの国内生産量を増大するため、新品種(多収、主要病害への耐性)の開発が求められている。インドネシアではこれまで、突然変異育種技術を利用して開発した10品種が公開され、国内の20の州において普及している。

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の結果、新たなフェーズにおいては低投入条件への適応力が主なターゲットとなることが強調され、以下の事項が確認された。

- i) すべての参加国は気候変動による有害な影響に直面している。
- ii) 在来品種は、気候変動下における非生物的ストレス耐性、および安定的な収量に関する遺伝子の有望な供与者である。しかしながら、より優れた品種を育成するためには付与された表現型の原因遺伝子の同定が必要である。
- iii) 低投入条件に適応する変異体を選抜するために、収量は最も重要な目標である。加えて、持続可能な農業実現に向けて、適正な肥料投入量の評価のために、特に窒素といった栄養素を測定・管理すべきである。

2.1.2 放射線加工・高分子改質利用プロジェクト

- 1) ワークショップ開催概要
 - i)期日:2018年10月8日(月)~10月12日(金)
 - ii)場所:カザフスタン、クルチャトフ
 - iii) 主催:日本文部科学省(MEXT) カザフスタン国立原子力センター(NNC)
 - iv) 参加者: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、カザフスタンより4名、日本5名、合計25名(添付資料2.2.2(p91))
 - v) 日程:添付資料 2.2.3(p94)参照

本ワークショップは、2018 年 10 月 8 日~10 月 12 日の 5 日間、カザフスタン・クルチャトフのカザフスタン国立原子力センター(NNC)において開催された。

初日の午前には、「放射線加工・高分子改質の展望」と題された公開セミナーが FNCA と JNC 原子力技術パーク(PNT)の共催で開催され、約80名が参加した。

初日の午後にはワークショップが開催され、PNT 最高経営責任者(CEO)であるアレクサンダー・ボリセンコ氏と、FNCA 日本アドバイザーである南波秀樹氏より、歓迎の挨拶が述べられた。南波氏は、今回が旧電子加速器利用プロジェクトおよび旧バイオ肥料プロジェクト統合後初となるワークショップであることに言及し、また、2017 年~2018 年にかけての FNCA 活動の成果を報告した。日本プロジェクトリーダー(PL)の玉田正男氏は、2 つの旧プロジェクトの成果を振り返りつつ、新プロジェクトの紹介を行った。また、本プロジェクトにおいて高分子の医療および環境応用を開始すると述べた。各国の研究計画は、ワークショップ中に討議および共有される。続いて、旧バイオ肥料プロジェクトの各国参加者より、研究の進捗状況に関する報告が行われた。

- 2 日目には、旧電子加速器利用プロジェクトの各国 PL より、放射線加工技術を用いた高分子改質の研究開発について発表がなされた。
- 3 日目には、フィリピンのルシル・アバド氏より、国際原子力機関(IAEA)/原子力科学技術に関する研究、開発及び訓練のための地域協力協定(RCA) RAS プロジェクト「水処理用放射線グラフト材料の開発と高度化」の現状について報告された。続いて、参加者を研究テーマに基づき 7 つのグループに振り分け、討議および討議結果の発表を行った。その研究テーマとは、「放射線分解したキトサンの動物飼料応用」、「ハイドロゲルの医療応用」、「環境修復」、「植物生長促進剤(PGP)、超吸水材(SWA)、およびバイオ肥料の相乗効果」、「PGP および SWA(プロセス開発を含む)」、「ガンマ線照射による微生物育種」、「ガンマ線照射によるキャリア滅菌」である。
- 4日目と5日目の午前には、テクニカルビジットが実施され、トカマク施設、セミパラチンスク実験場博物館、放射線安全および生態学研究室、セミパラチンスク核実験場、および PNT を訪れた。
- 5 日目は、プロジェクトの将来計画を改善するため、3 日目に行われた討議結果のレビューを 行い、それぞれのグループの計画をより良いものにするための提案を行った。

2) セッションにおける各国発表概要

- i) バイオ肥料の研究開発に関する進捗状況
- a) バングラデシュ(バングラデシュ原子力委員会 カムルザマン・プラマニク氏)
 - ① 植物生長促進剤 (PGP)およびイネのアゾスピリルム種との組み合わせによる「バイオ肥料の相乗効果」

植物生長促進剤(PGP)としてのキトサンとイネのバイオ肥料としてのアゾスピリルム種の組み合わせによる相乗効果を調査するために、セミフィールド・レベルの実験を実施した。6 つの処置、つまり T1:100%の化学肥料、T2:50%の化学肥料、T3:50%の化学肥料 + 100 ppm のキトサン、T4:50%の化学肥料 + 100 ppm のキトサン + バイオ肥料、T5:50%の化学肥料 + バイオ肥料、T6:調製剤(天然栄養素)を3 通り適用した。試験用イネの品種としてBRRI-129 を選択し、ひこばえの高さと数、円すい花序の長さ、穀粒収量を含むいくつかのパラメーターを評価して、キトサンとバイオ肥料の相乗効果が存在するかを判別した。

その結果、最高のひこばえの数(盛土あたり17.4 本)と最大高さ(89.72 cm)は T2とT3の処置でそれぞれ観測されたが、これらのパラメーターに関する相乗効果は検出されないことが明らかになった。最高の円すい花序長(25.08 cm)と円すい花序あたりの粒子数(167.2 個)は T1とT5の処置で検出されたが、これらのパラメーターはいずれの処置にもほとんど影響されなかった。PGPとバイオ肥料の相乗効果は、わら重量からは見られなかった。イネの穀粒収量(1~クタールあたりトン数)は T4の処置で最大 1.77%増加した。粒の大きさは T4の処置で 1,000 粒子重量に基づいて測定したときに最大 5.25%増加した。このように PGPとバイオ肥料を組み合わせて使用した効果は、PGP単独の効果(0.45%の増加率)とバイオ肥料単独の効果(0.21%の増加率)の合計よりも大きいので、これは PGPとバイオ肥料の相乗効果と見なすことが可能である。総合的な結果として、キトサン(100 ppm)とバイオ肥料を化学肥料(50%)と併用すれば、粒の大きさのみに関してある程度の相乗効果が見られる。

② 十着の多機能バイオ肥料の選別と特性評価

元々の土壌に存在する可能性のある多機能バイオ肥料を詳細に調査するために稲田から稲根を回収し、無窒素のブロモチモールブルー培地(NfB)を利用して合計 26 の窒素固定(共生/単生)細菌を特定した。この媒体で分離株を形成するブルーゾーンを窒素固定細菌と見なした。分離株の種々の培養的、形態学的、生化学的な特性を試験し、これらは主にアゾスピリルム種であると特定した。特性評価の完了後に、Pikovskaya 培地を利用して細菌培養のリン酸塩溶解能力を試験した。これらのうち 12 の分離株がコロニー周辺のハロー・ゾーンの形成を特徴とするので、これらは無機リン酸塩の溶解能力を有することが判明した。

b) インドネシア(ボゴール農科大学 イスワンディ・アナス氏)

リン酸塩とカリウムを溶解可能な微生物菌株の多機能性に関する調査を実施した。2017年のFNCA の共同研究を通して、ガンマ線を照射することでこれらの選択した細菌と菌類が突然変異することにより有益特性が向上した。リン酸塩とカリウムを溶解するさらに高い能力を有する細菌突然変異株と菌類突然変異株を入手できた。2018年には、リン酸塩とカリウムを溶解する細菌突然変異株と菌類突然変異株の能力の安定性を評価した。細菌突然変異株と菌類突然変異株の最近の子にした。細菌突然変異株と菌類突然変異株の接種がトウモロコシの成長に及ぼす影響の評価を現在進めている。

微生物接種の無菌性はバイオ肥料の品質に対して非常に重要な役割を果たす。微生物接種担体は安価で容易に入手可能であり、接種菌の生存能力をより長くサポートし、無菌性であるか、または細菌汚染が少ないことが必要である。担体接種を無菌状態にするために、オートクレーブ法や燻蒸法等のいくつかの滅菌法を利用している。ただし、接種担体のオートクレーブは一部の接種担体の特性を大幅に変化させた。2018年には、いくつかの微生物接種担体に対してコバルト-60(60Co)のガンマ線を照射して滅菌効果を評価した。

c) タイ(タイ農業局 クンラヤコーン・プロンジュントゥック氏)

植物生長促進根圏細菌(PGPR)肥料を効率的に生産するには、標的微生物の長期的生存 を達成するために適切かつ有効な担体物質が必要である。一般的に、良好な担体物質は高濃 度の有機分、適切な窒素成分を含み、微生物に対して有毒性を示さず、低価格である必要が ある。ピートは良好な物質であるが、現在タイでは非常に稀な物質である。研究者は代替物質 の利用、および他の汚染物質からの汚染を低減するための担体物質の殺菌手法の追求に取り 組んでいる。ガンマ線は汚染物質を殺すもう1つの方法である。ピートに代わる新しい物質を見 つけ出すための実験として、ユーカリの殻を 10 年間にわたり水中に浸し、これを乾燥させて微 粉砕機で粉砕した後で、PGPR バイオ肥料製造の使用に適した有機物質として2 mm のふるい にかけて篩過させた。PGPR-Iの製造に使用した細菌の生存を調査することによって、汚染殺菌 法を実施した。1)非殺菌、2)110°C で 30 分間のオートクレーブ殺菌、3)121°C で 30 分間のオー トクレーブ殺菌、4)25 kGy のガンマ線による殺菌、5)45 kGy のガンマ放射線による殺菌を施し た 5 種類の担体を使用して、1 日、7 日、14 日、28 日、56 日、84 日後にアゾスピリルム・ブラシ レンセ TS13、アゾトバクター・ビネランジーAT125、およびベイジェリンキア・モビリス TB5 を培養 した。汚染した各袋の中に 150 g の担体と 50 ml の培養液接種剤を入れて 25°C で保管した。 その結果、3 つの属が担体タイプ 1、2、3 として成長可能であることが確認された。そのため、ア ゾスピリルム・ブラシレンセ TS13 とベイジェリンキア・モビリス TB5 は全種類の担体の中で生存 可能である。アゾスピリルム・ブラシレンセ TS13 は帯同体タイプ 4 の中で最も長く生存し、ベイ ジェリンキア・モビリス TB5 は担体タイプ 1 の中で最も長く生存した。これに対して、アゾトバクタ ー・ビネランジーAT125 は担体タイプ 4 と 5 の中で生存不可能である。上記の実験結果は、 PGPR-I の製造に使用される担体の殺菌は 3 つの属すべての成長と生存に影響を及ぼすこと を示している。3 つの属すべてと他の属に適した殺菌法を調査し開発する必要がある。

d) 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)

ガンマ線の照射によるバイオ肥料微生物の突然変異誘発の取り組みの中で、マレーシアはバイオ肥料微生物の機能性の向上に取り組んでいる。微生物は堆肥、土壌、および植物から単離した。マレーシア原子力庁のバイオビーム・ガンマセル 800 施設でこれらの分離株に対して線量 50~400 Gy のガンマ線を照射して突然変異を誘発させた。二窒素(N2)固定、リン酸塩とカリウムの可溶化等の多機能活性を選別した結果として、おそらく突然変異体と考えられる新しい株がいくつか得られた。選択した突然変異体の試験を管理条件下でキュウリやチンゲンサイ等のいくつかの作物を使用して実施した。これらの実験から、200 Gy で照射した野生型から生成されたアシネトバクター・カルコアセチカス(M100/200)とアシネトバクター・バウマニ(AP1/200)は野生型よりも優れた N2 固定特性、リン酸塩およびカリウム可溶化活性を示した。

e) 中国(中国農業科学院 チャン・ルイフー氏)

リン酸塩は非常に低い利用効率で容易に土壌中に固定するが、リン酸塩可溶化微生物 (PSB)は土壌中の有効リン成分と植物のリン摂取を改善できると考えられる。3 つの高効率 PSB 株を選別して特性評価を実施し、ポット試験によってこれらがトウモロコシの成長を効果的に促進できることを確認した。その後で、細菌 PSB メガテリウム X-14 の 1 つを PSB バイオ肥料の大規模工業生産用として選択し、秋まき小麦のフィールド試験の結果、収率の向上が実証された。バイオ肥料の課題はフィールドにおける性能の安定性で、栄養素が限られており、土壌の水分が変動するため生存が保証出来ないのである。このため SWA はバイオ肥料に完全に適合する相乗剤となる。次年度の計画は SWA とバイオ肥料の相乗効果について重点的に取り組む。

f) モンゴル(植物農業科学研究所 オトゴンバヤル・スンジドマー氏)

本調査の目的は、小麦の非灌漑条件に対する根菌細菌液肥料の有意性と効率性の基準を判断することであった。実験の対象は対照群(肥料なし)、液体肥料群(10 l/tn、20 l/tn、30 l/tn)、乾燥根菌細菌液肥料群とした。根菌液および乾燥肥料を施した群は高い効率および 1 へクタールあたり1.3~4.47 セントネルを超える重量、すなわち対照群に対し12.4~45.2%の比率を示した。

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

バイオ肥料は多くの国で、また多くの作物用としてその利用がますます普及している。これら はすぐに利用でき、土壌や種子、根茎(FPA)の養分利用性を高めることによって土壌と植物種 の品質と健全性を向上させる微生物からなる生調製剤である。オリゴキトサンとカラギーナンは 植物の全体的な健全成長と発達を高める植物生長促進物質であった。試験用植物としてトマト とナスを使用して、フィリピン大学ロスバニョス校分子生物学・バイオテクノロジー研究所で販売 されている種々の微生物バイオ肥料の相乗効果を評価した。オリゴキトサン(東京農工大学の 横山教授による)と Bio N(アゾスピリルム)の効果を評価し、試験用植物(イネとトウモロコシ)の成 長と収率を判別した。PNRIとBioNバイオ肥料からカラギーナンを組み合わせて適用して利用 することにより、トウモロコシの成長に対する効果を測定した。Bio N と Mykovam を組み合わせ て適用して実施した調査では、トマトとナスの数と重量に肯定的な効果が確認されている。オリ ゴキトサンとBioNを使用してイネとトウモロコシについて行った実験からのデータ結果によると、 最高の粒子重量が得られた。Bio N とカラギーナンを組み合わせると、試験用植物のシュート系 と根系が成長した。Bio N と Mykovam を組み合わせた研究の結果から、PGP オリゴキトサン、 PGP カラギーナン、Bio N バイオ肥料はフィールド条件下でイネとトウモロコシの収率に対して 相乗効果を発揮し、これは持続可能な農業を実現するために農業の実践として推奨可能であ る。

h) ベトナム(ベトナム原子力研究所 チャン・ミン・クィン氏)

農業生産において化学肥料と農薬の濫用によって、私たちの健康と土壌、環境に重大な問題が生じている。そのため、葉面肥料やバイオ肥料等環境に配慮した肥料の開発は持続可能な開発目標を達成する最良な手法の 1 つである。担体をベースとするバイオ肥料には各種の担体を利用可能であることが確認された。ベトナムでは 20 年前から、肥料担体としてピート、農業副産物、国内の廃物および下水汚泥を用いたバイオ燃料の研究が開始されている。放射線処理では、このような担体を殺菌し、熱処理と比較して最終的なバイオ肥料の保存性が高まるこ

とが私たちの研究結果から実証された。ただし、このような担体には高い汚染微生物数が含まれ、容易に汚染するため、殺菌には高い放射線量が必要とされる。

高分子担体を使えば従来の担体よりも良好に調製および貯蔵時に生細胞を保護できるので、最近では、バイオ肥料用として研究と開発が進められている。高分子担体のその他の利点として、個々の微生物に対してその改質できることが挙げられる。放射線処理を適用すれば、天然高分子の特性を変更可能であることが見出された。放射線分解は PGP を生成できるだけでなく、シグナル伝達物質、免疫刺激剤、調節剤の提供も可能である。キトサンやアルギン酸塩等の多糖類の低分子量フラグメントは植物や動物によって容易に摂取される。放射線架橋とグラフティングによって超吸水材(SWA)やその他の植物性吸収材を入手できる。現行のプロジェクトでは、水溶性と膨潤度が向上したキャッサバでんぷんが放射線改質によって得られる。アルギン酸ナトリウムを塩化カルシウムで架橋すれば、高性能の担体が調製される。放射線改質でんぷんが充填されたこれらのビーズ状担体はバイオ肥料に適しており、特に巨大菌等の細菌発生胞子に適している。しかし、生存細胞は乾燥および保管時に低減する場合があることが予備的調査結果から明らかになっている。そのため、担体に組み込まれる初期の細胞数を高めるために別の技法を適用する必要がある。さらに、放射線が誘発する突然変異によって微生物の生物活性を改善できる。

ii) 放射線加工技術を用いた高分子改質の研究開発

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)

コバルト- $60(^{60}$ Co)ガンマ線源を利用した放射線処理技術によって、ポリ(ビニルアルコー ル)(PVA)とカッパカラギーナン(KC)の水溶液からハイドロゲルの合成を行った。放射線量と KC の濃度がハイドロゲルのゲル含有量、膨潤特性、熱挙動に及ぼす影響を検討した。ゲル分率と して、放射線量が 25 kGy のときに最大値が得られた。ハイドロゲルの平衡含水量は放射線量 の増加に伴って減少するが、KCの濃度が増加するとそれに伴って増加する。ハイドロゲルの吸 水は 5 時間まで高速であり、24 時間で最大値に達する。これは調整溶液中の KC 濃度の増加 に伴って増加する。ハイドロゲルの吸水は 25 kGy の放射線量時に KC の含有量分が 0 から 2.0%に増加するときに約 210%から約 410%に増加する。熱重量分析と動的機械分析によって、 PVA ハイドロゲル中の KC 濃度の増加に伴って熱劣化が抑制されることが示された。PVA/KC 混合ハイドロゲルの表面形態を調査するために、走査型電子顕微鏡観察を行った。調製した ハイドロゲルを臨床用途向けに発送する前に、その微生物学的品質保証のために MIID(微生 物学・工業放射線照射部門)に送った。無菌試験に合格した後で、2011年3月以降バングラデ シュ、ダッカ、ウッタラのウッタラアドフニク医科大学病院の入院診療部と外来診療部の 500 名を 超える火傷、非治癒潰瘍、皮膚損失患者に対してハイドロゲルを臨床的に使用した。多様な外 傷を負ったすべての患者は副作用を起こさずに短期間で治癒することが観察されている。ハイ ドロゲルは適用が容易であり、この手当てでは患者は安心感を得ると言ってもよいだろう。

b) 中国(上海応用物理研究所 マ・ホンジュアン氏)

⁶⁰Co ガンマ線照射を用いて、PE コーティング PP 芯鞘(PE/PP)繊維に対してアクリル酸とアク リロニトリルを前照射グラフトし、次いでアミドキシム化を行い、PE/PP-g-(PAAc-co-PAO)で表され る新しいアミドキシム系繊維状吸着材を作製した。原料および改質後の PE/PP 繊維は、一連の 分析評価法で分析し、PE/PP 繊維へのアミドキシム基の付着を確認した。破壊強度試験により、この繊維状吸着材は良好な機械的特性を維持できていることが確認された。330 μg/L の初期ウラン濃度の模擬海水中で PE/PP-g-(PAAc-co-PAO)繊維の吸着能力を調べた。模擬海水中に 24 時間浸した後のウラン吸着量は吸着材 1 g あたり 2.27 mg であり、平衡値はフロイントリヒ等温線モデルで良く説明された。PE/PP-g-(PAAc-co-PAO)吸着材は 5 サイクルの吸着脱着時に良好な再生および再利用性を示した。天然海水中に 49 日間浸した後のウラン吸着量は吸着材 1 g あたり 3.17 mg であった。したがって、PE/PP-g-(PAAc-co-PAO)繊維は、高いウラン選択性、良好な再生および再利用性、優れた機械的特性、低価格性を備えており、海水からのウラン抽出に有望な吸着材である。PE/PP-g-(PAAc-co-PAO)繊維は塩水湖やウラン鉱山の廃水処理にも利用可能である。

0.5 MeV の低エネルギー自己遮蔽型電子加速器、および毎分 1~20 m の照射速度と約 1 m の照射幅を有する繊維照射ラインを構築した。グラフト重合用装置の主要パラメーターは100 および300 L であり、一バッチ当たり30~40 kg 繊維吸着材である。

c) インドネシア(インドネシア原子力庁 ティタ・プスピタサリ氏)

インドネシアの報告は、(i)ペッパー(コショウL)植物を対象にしたPGPとしてのオリゴキトサン、 (ii)インドネシア原産の Cihateup カモ向けの家畜飼料添加剤としてのオリゴキトサン、(iii)高分子 改質:重金属吸着用ハイブリッド材料の開発の 3 つの題目である。最初の題目では、一連の実 験はオリゴキトサン濃度(0、50、150、200 ppm)および各植物あたりのバイオ肥料の施肥量(0、 0.5、1 kg)の 2 つの変数をカバーする 12 の処理で構成される。2 番目の題目では、オリゴキトサ ンの濃度は0から200 ppm まで変化させた。3番目の題目では、ゼオライトを無機物質として使 用し、ゼオライト多孔質マトリックス内部でのその場重合で取り込まれるモノマーとしてアクリロニ トリルを使用した。その結果、濃度が 200 ppm のオリゴキトサンはペッパーの一次枝長とクロロフ ィル指数を増加させるだけでなく、病気と枯死性も減少させることが示された。インドネシア原産 の Cihateup カモにオリゴキトサンを投与すると、Cihateup カモの杯細胞、絨毛の数と長さ、Hb、 赤血球、リンパ球が増加する。さらに、オリゴキトサンの処置によって Cihateup カモのアポトーシ ス、白血球、好中球/リンパ球比が低下した。3番目の題目では、ポリアクリロニトリルと天然ゼオ ライトとからなるハイブリッド物質を生成し、その後でアミドキシム化によって重金属吸着材とした 件を報告した。その結果、放射線技術はハイブリッド材料の合成に有用であることが示された。 このハイブリッド材料はカドミウムおよびイオンに対してよりも鉛イオンに対して良好な性能を発 揮する金属イオン吸着材として利用可能である。

d) 日本(量子科学技術研究開発機構 田口光正氏)

ゼラチンは生物学および医療分野で幅広く利用されている。これらの用途に関連して、ゼラチンの放射線殺菌について、放射線に対する安定性という点から評価した。ゲル浸透クロマトグラフィー(GPC)を利用して、電子ビーム照射したゼラチン粉末の分子量を分析した。照射によってゼラチンが分解し、重量平均化モル質量は殺菌線量によって約7~10%減少することが見出された。しかし、ゼラチンを水中で照射すると、架橋が支配的に誘発された。架橋剤を使用せずに放射線架橋(RX)ゼラチン・ヒドロゲルを調製した。この場合、調製と放射線殺菌を同時に行った。ゲル断片と溶出ゾルのGPC分析から、RXゼラチン・ヒドロゲルは37°Cの水中で7日間安

定であることがわかった。これらの結果により、ゼラチンと RX ゼラチン・ヒドロゲルの生物学および医療分野におけるフィージビリティを評価するための重要なデータが得られた。

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)

オリゴキトサンは生体適合性、生分解性、生物活性、非毒性を備えており、食品および栄養、 バイオ技術、物質科学、薬品および調剤、農業、環境保護の分野で幅広く研究および適用さ れている。オリゴキトサンはアミノ酸とヒドロキシル基という反応性官能基を有しており、食品添加 剤として家畜の飼料に加えると、抗菌剤、抗炎症薬、抗酸化、抗がん、免疫活性化、コレステロ ール低下といった特徴を示す。マレーシア原子力庁とマレーシア農業開発研究所との協力プロ ジェクト「家畜飼料として OTOSIL(オイルパームからのサイレージ作製機)を使用するオリゴキト サンの改良サイレージの生産」は順調に進んだ。このプロジェクトの目的は、農家のサイレージ 生産量を月あたり25トンから100トンに高めることにより、ケダ州の農業企業による売上を増加 させることである。オリゴキトサンは、サイレージ中の微生物の品質と好気的安定性を高めるので、 サイレージの品質を向上させる。またサプリメントとして与えると、反すう動物の消化、血球パラメ ーター、窒素源の有効性、乳の品質も高める。さらに、養殖テラピアへのサプリメントとしてオリゴ キトサンを適用するための別のプロジェクトも提案された。マレーシアの淡水養殖生産のうちテラ ピアが 49.37%、次にナマズが 37%、鯉が 10%を占めるので、テラピアがこのプロジェクトの対象 に選択された。オリゴキトサンは魚養殖場の細菌成長を抑制し、その結果として魚の細菌感染 を阻止するので、魚の品質を向上させることが以前の調査から実証された。 1%の食用キトサン は養分の消化と吸収を高めることにより鯉の成長を向上させるが、これに対してキチンの導入は 魚にストレス効果を及ぼすため、魚の成長を抑制することが確認された。

f) モンゴル(モンゴル国立大学 チンゾリグ・ラドナーバザール氏)

廃水バイオレメディエーションおよび土壌堆肥化に対して、2 種類のバイオ肥料(F1 と F2)を試験した。ネガティブ・コントロールとして水を使用した。30 日間の廃水処理後にマクロ化学物質の平均濃度は F1 で 39.25%、F2 で 19.75%低下し、微量元素は F1 で 40.2%、F2 で 22.6%低下した。これは、両方の肥料が廃水から化学物質を効果的に吸収したことを示す。重金属と他の化学物質の除去率は全体でそれぞれ 39.4%および 23.1%であった。土壌堆肥化実験では合計 90 の種子を使用し、これらを 3 グループに分けてそれぞれ水、F1、F2 で処理した。実験時にはグミケイトウに毎日水、F1、F2 を掛けた(F1 と F2 の肥料は 1%の比率で水に懸濁させた)。植物の高さを週に二度測定した。55 日後に植物の高さは水グループで 29.1 cm、F1 グループで 33.5 cm、F2 グループで 32.3 cm となった。両方の肥料は水よりも大幅に効果的である(p < 0.05)ことが、この結果から示唆される。ただし、F1 と F2 には大きな相違がないことが観察された。

g) フィリピン(フィリピン原子力研究所 ルシル・アバド氏)

植物生長促進剤(PGP)として放射線改質カラギーナンの試験を実施した。これはイネ、緑豆、ラッカセイに効果的であることが実証されており、収率はイネで 20~30%、緑豆とラッカセイで30%を超える増加率を示している。適用範囲を拡張するため、トウモロコシや葉菜、豆、果物等の他の食物に対しても現在試験が行われている。この製品はすでにフィリピン国際特許庁に対して特許申請が行われており、肥料農薬認可局(FPA)から無機肥料として製品認可を取得している。フィリピン原子力研究所(PNRI)は毎時1,700 Lの割合でカラギーナン PGP を生産している。同研究所は製造事業者、処理事業者、調製事業者として運転認可を取得している。

農務省は現在 2 つの季節(雨季と乾季)ごとにフィリピン全国の 7 地域合計面積 2,500 ヘクタールで生産試験を実施する 100 万米ドルのプロジェクトを実施している。

現在のところ、2 社の技術導入事業者が PNRI とライセンス契約を締結し、該当する支払を受けている。生産はまず、FPA から販売権認可を取得した後に同研究所で実施される。上記の事業者は 2018 年末に商用運転を開始し、3 年以内に各自の放射線照射施設を設立すると見込まれる。

h) 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)

サトウキビ絞りかす上にアクリル酸の放射線誘発グラフト重合を行うことにより、超吸水材を合成した。グラフト重合の最適条件を決定するために、線量、アクリル酸の割合、サトウキビ絞りかすの割合、水酸化カリウムの割合等の合成パラメーターを調べた。最大吸水量を与える重要なパラメーターについて最適条件を選ぶ基準が示された。熱重量分析と熱重量分析によってグラフト共重合体を分析した。

i) ベトナム(ベトナム原子力研究所 グエン・ゴック・ドゥイ氏)

3) ワークショップのまとめ

i) 放射線分解したキトサンの動物飼料応用

成果

インドネシア、マレーシア、ベトナムでは、キトサンを放射線分解して作製したオリゴキトサンを、以下のとおり動物飼料に応用した。

- ・ インドネシア原産の Cihateup duck(カモ)、ニワトリ、乳牛、ナマズ(インドネシア)
- ・ テラピアおよび乳牛(マレーシア)
- ・ ゴンズイおよびニワトリ。 魚とエビの養殖について、免疫増強剤および成長剤としてのオリゴキトサンの販売が承認された。(ベトナム)

基礎面でのギャップ

- a) 動物飼料としてのオリゴキトサンの最適な分子量に関する研究がほとんど行われていない。
- b) 動物を研究している専門家が少ない。

応用面でのギャップ

- c) フィールド試験には費用と時間がかかるため、研究所や農家からの協力者が少ない。
- d) 新たな製品は、登録にあたっての標準分類を満たしていない。
- e) 動物飼料添加剤としてのオリゴキトサンの特長に関する情報が不足しているため、農家からの需要が少ない。

上記ギャップに対する実行計画

- a) 動物飼料としてのオリゴキトサンの最適な分子量を研究する。また、セレニウムナノ粒子/オリゴキトサンを含む新たな添加剤についても研究を行う。
- b) 動物研究の専門家が在籍する研究所と共同研究を行う。
- c) 費用効率の高いフィールド試験方法を開発する。
- d) 新製品を正確に分類するため、登録事務所と協力する。
- e) オリゴキトサンの動物飼料添加剤に魅力を感じられるようエンドユーザーに対し、より一層の販売促進を行う。

ii) ハイドロゲルの医療応用

成果

- ・ ポリビニルアルコールと κ カラギーナンのブレンドにガンマ線を照射して架橋したハイドロゲルを 創傷被覆材として使用し、150 人以上の患者を治療した。(バングラデシュ)
- ・ 細胞培養の細胞外基材として、ゼラチンハイトロゲルを作製した。(日本)

基礎面でのギャップ

a) 橋かけのメカニズムと架橋点の化学構造に不明確な点が多い。

応用面でのギャップ

- b) 創傷被覆材としてのハイドロゲルの保存性と安定性に関するデータが少ない。
- c) 創傷被覆材としてのハイドロゲルの大規模製造に関する生産プロトコールがない。
- d) 細胞培養の細胞外基質に関する生物応用および医療応用の試験例が少ない。

上記ギャップに対する実行計画

- a) ゼラチンの架橋点の分析方法を開発し、メカニズムを解明する。
- b) 創傷被覆材について、民間および公的病院と協力する。
- c) 創傷被覆材の大規模製造について、製薬会社と協力する。
- d) 原料および細胞培養基質を扱う企業と協力する。

iii) 環境修復

成果

- ・ スラッジを排出せずに海水ウランを採取する吸収材をベンチスケールで作製し、海水の水路実験で評価した。(中国)
- ・ 原子力発電所で生じる放射性核種の吸着材を開発した。(中国)

- ・ 鉛、銅、カドミウムの除去に利用される、ゼオライト系アミドキシム吸着材を作製した。(インドネシア)
- ・ バイオディーゼルの触媒とホウ素選択吸着材を、化学気相成長グラフト法で合成した。(マレーシア)
- ・ 電子線を用いた排水脱色を、実験室レベルで行った。(ベトナム、マレーシア)

基礎面のギャップ

- a) ターゲットの金属に対する吸着材の官能基の設計が十分でない。
- b) 土壌中の有害金属イオンの有効な処理方法がない。
- c) 排水処理施設の処理が行われていない。

応用面のギャップ

d) 放射線照射による吸水材の作製、グラフト重合のスケールアップ、毒性モノマーからの防護、グラフト重合や引き続いて行われる化学的修飾後に排出される廃モノマーの処理等では作業費用が高額である。

上記ギャップに対する実行計画

- a) 他の対象金属イオン用の新しい吸着材の合成における選択性吸着に向けた期待できる官能基 や鋳型技術のスクリーニング
- b) 土壌中の有害金属イオンの処理には、ファイトレメディエーション、低温熱分解、グラフト重合吸 着材による有害金属イオンの除去の組み合わせが推奨される。
- c) 照射のあとの生物処理を組み合わせた水処理での流路と耐腐食技術の開発
- d) 照射、グラフト重合、安全管理、廃モノマー処理のコストを削減するため、安価な手法開発
- iv) 植物生長促進剤(PGP)、超吸水材(SWA)、およびバイオ肥料の相乗効果

成果

・ 植物生長促進剤(PGP)とバイオ肥料の相乗効果について、バングラデシュ、インドネシア、マレーシア、フィリピンで研究されている。

基礎面のギャップ

a) PGP とバイオ肥料の明確な相乗効果は報告されていない。

応用面のギャップ

- b) フィールド試験の予算と人手が不足している。
- c) 農家やエンドユーザーが、放射線加工技術のほとんどの受け入れていない。

上記ギャップに対する実行計画

- a) 修正を加えながらセミフィールド試験とフィールド試験を繰り返すことで、顕著な相乗効果を確認する。
- b) 他の研究所、民間企業、政府、国際機関との協力を促進する。
- c) 農家に対し、放射線加工技術の利用と利益を伝える。
- v) 植物生長促進剤(PGP)および超吸水材(SWA)(プロセス開発を含む) 成果

- ・ 植物生長促進剤(PGP)作製のパイロットプラントが、フィリピン(電子加速器を用いてカラギーナンを分解)、タイ(ガンマ線を用いてオリゴキトサンを作製)およびマレーシア(ガンマ線を用いてオリゴキトサンを作製)で稼働している。
- ・ カザフスタンとタイ(パイロットプラント)にて、超吸水剤(SWA)の大規模作製が行われている。

基礎面のギャップ

- a) PGP とエリシターのメカニズムが不明確である。
- b) カラギーナン PGP の主成分が不明確である。
- c) SWA の生分解性が不十分である。

応用面のギャップ

- d) SWA 作製の中でも、特に乾燥工程に掛かる費用が高額である。
- e) 有力なエンドユーザーらが、慣行法を変えて放射線加工技術を受け入れることに抵抗を感じている。

上記ギャップに対する実行計画

- a) 植物に対する PGP の作用のメカニズムを特定する。
- b) カラギーナン PGP の有効成分を特定する。
- c) 生分解性の新たな出発原料を選定することで、SWA の生分解性を最適化する。
- d) SWA の乾燥工程を安価に押さえるため、プロセスの開発と適切な機械の導入を行う。
- e) より多くのエンドユーザーが放射線加工技術を容認できるよう、エンドユーザーに対する技術の 推進に尽力する。例えば、他の農作物(葉野菜、果物、豆類、トウモロコシ等)に PGP の応用を拡 大することや、PGP とバイオ肥料を併用することが挙げられる。

vi) ガンマ線照射による微生物育種

成果

・ ほぼすべての参加国が多機能微生物(多数の有益な特徴を持つ微生物)を調査しており、以下 のとおり各国で異なる機能を持った異なる微生物の研究を行っている。

国名	微生物のタイプ	機能
中国	Trichoderma sp.	植物生長促進および病害抑制
インドネシア	Staphylococcus pasteori	リンおよびカリウムの溶解能力を有する(バイオ肥料)
	Aspergillus costaricaessis	
	(共に病原菌ではない)	
マレーシア	Actinobacter sp.	窒素固定およびリンの溶解能力を有する(バイオ肥料)
タイ	Azospirillum sp.	窒素固定および IAA(インドール-3-酢酸: 細胞分裂と細
	Azotobcter sp.	胞伸長効果)生産性を有する(バイオ肥料)
	Beijerinckia sp.	
	Burkholderia sp.	
	Gluconacetobacter sp.	
ベトナム	Bacillus subtilis	プロテアーゼを多く分泌する(家畜飼料とバイオ肥料)

基礎面のギャップ

- a) ガンマ線照射後における、望ましい突然変異体のスクリーニングと選択が非効率である。
- b) 遺伝子レベルでの変化のメカニズムに関する情報がない。

応用面のギャップ

c) 国によって要件が異なる(微生物の種類、機能、政策、法律等)

上記ギャップに対する実行計画

- a) 高度なロボット技術を用いた効率的なスクリーニングと選択方法を開発する。スクリーニングの時間を削減し、安定性の高い突然変異体を得るためには、イオンビームを用いた突然変異有種が推奨される。
- b) 分子アプローチを利用して、遺伝子レベルでの変化のメカニズムを解明する。
- c) 各国の要件を満たす多機能バイオ肥料を開発する。

vii) ガンマ線照射によるキャリア滅菌

成果

- ・ 接種キャリアに対するガンマ線照射滅菌は、オートクレーブ滅菌よりも有効である。オートクレー ブ滅菌では、キャリアの化学的性質が大幅に変化し、バイオ肥料内の微生物にとって有毒な副 産物を生み出すからである。
- ガンマ線を照射することで保管期間が延びたキャリアが、すでにフィリピンで実用化されている。 ガンマ線で照射した場合、接種微生物の生存期間は長くなる。
- ・ ガンマ線で照射したキャリアは微生物の成長に影響を与え、接種微生物の生存期間がオートクレーブ滅菌の場合よりも長くなる。しかし、タイにはガンマ線滅菌が適さない接種微生物もある。
- ・接種キャリアを滅菌する場合、20~30 kGy が推奨される。

基礎面のギャップ

- a) キャリア滅菌に際して、ガンマ線照射の優先度は高くない。
- b) バイオ肥料に関する知識と、関連分野の専門家が不足している。

応用面のギャップ

- c) ガンマ線照射に関する誤解がある。放射線で照射されたものを使用するのを恐れる農家もある。 上記ギャップに対する実行計画
- a) 放射線照射を利用したキャリア滅菌のコストを見積もり、放射線滅菌がオートクレーブ滅菌より 有効であることを証明する。
- b) バイオ肥料関連分野の人材を育成する。
- c) エンドユーザーに放射線技術の情報を普及させる。

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:2018年9月24日(月)~9月28日(金)
- ii)場所:インドネシア、スマラン
- iii) 主催:オーストラリア原子力科学技術機構(ANSTO)、インドネシア原子力庁(BATAN)、 ディポネゴロ大学(UNDIP)
- 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、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 4 名、インドネシア 5 名、合計 18 名、(添付資料 2.3.2(p101)参照)
- v) 日程: 添付資料 2.3.3 (p104)参照

本ワークショップは、2018年9月24日~9月28日の5日間、インドネシアのスマランにおいて開催された。

初日には、インドネシア原子力庁(BATAN)長官のジャロット・ウィスヌブロト氏と、オーストラリア原子力科学技術機構(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、それに続いて気候アーカイブ(湖沼・河川堆積物、サンゴ・ 貝、洞窟生成物、樹木の年輪)および土壌炭素の分析・研究の進捗状況について、報告を行っ た。

2 日目に、FNCA 日本コーディネーターの和田智明氏より、FNCA の枠組、プロジェクトの活動内容、FNCA 賞選定や評価の仕組みについて、概要説明が行われた。続いて、ディポネゴロ大学資源・革新担当副学長のトリ・ソエプロボワティ氏より、インドネシアにおける古気候研究に関する特別発表が行われた。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更新した。

3日目、ワークショップ参加者は、第8回「自然科学利用イノベーションの新パラダイムに関する国際セミナー(ISNPINSA)に出席した。その後翌日に控えたラワ・ペニン湖における現地調査に備え、ヘイニス氏による堆積物コアリング(採取)の実演が行われた。

4日目には、ラワ・ペニン湖において、堆積物サンプル採取が行われた。

5日目には、ワークショップの議事録案が提示された。2019年度のワークショップは日本で開催されることとなった。最後にヘイニス氏は、BATAN、ディポネゴロ大学(UNDIP)および FNCA 関係者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は正式に閉会した。

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)

クイーンズランド州アサートン高原の湿地とクレーターにおいて土壌を採取し、蛍光 X 線 (XRF)等による分析を行っている。これにより、過去 3 万 7,000 年の気候において、温暖かつ湿潤であった時期と寒冷かつ乾燥した時期がどのように変動したか、また後期更新世および完新世の植生、土壌の堆積のプロセスについて調査している。

ii) バングラデシュ(バングラデシュ原子力委員会 カムラン・ナヘル氏)

世界最大のマングローブ林が群生するシュンドルボンにおいて、河川の塩分濃度上昇、砂 漠化、土壌の栄養分減少、害虫被害といった問題が発生しているため、河川堆積物の採取を 行い、環境影響評価を行った。堆積物サンプルを研究炉で照射し、ガンマ線測定器による分析 を行った。

iii) 中国(東華理工大学 リー・ジャンヨン氏)

オーストラリアと共同で、氷河期および間氷期におけるモンスーンの挙動を調査するため、超 分解能二次イオン質量分析装置を利用し、巨大貝、湖沼堆積物、泥炭等の土壌堆積物の分析 を行っている。サンプルに含まれる Δ¹⁸O からは過去の降水量が、ストロンチウム(Sr)/カルシウム (Ca)比からは過去の気温を読み取ることができる。

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)

ブルーカーボン(水中生物によって吸収・固定された炭素)の分析のため、バリ国立公園のマングローブ群生地の土壌を採取し、サンプル中の鉛-210(²¹⁰Pb)年代測定を行った。今後はサンプルの炭素 C/窒素(N)比の分析を行う。また炭素-14(¹⁴C)および炭素 13(¹³C)の分析においては、日本原子力研究開発機構と協力する。これに加え、環境影響評価のため、ラワ・ペニン湖の堆積物における ²¹⁰Pb および珪藻の分析も実施しており、ワークショップ中にサンプルを採取し、ディポネゴロ大学(UNDIP)において分析を行う予定である。

v) 日本(日本原子力研究開発機構 永井晴康氏)

陸域生態系における土壌有機炭素の循環は、大気中の二酸化炭素(CO₂)レベルと地球温暖化との間で、相互に影響を与え合っている。将来起こりうる気候変動について予測するため、日本では土壌有機炭素の安定性と分解性を定量化するために、放射性炭素の分析を行い、また日本各地の土壌で炭素の貯蔵量や平均滞留時間を調査している。炭素貯蔵量と土壌の分解性は、試料の採取地によって異なることが明らかになっている。日本では、茨城大学地球変動適応科学研究機関や東京大学タンデム加速器研究施設においても、気候変動に関する研究が行われている。

vi) 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)

パハン川流域において、人為的活動や気候変動の影響について調査するために、加速器質量分析装置(AMS)を利用し、放射性炭素や、²¹⁰Pb/セシウム-137(¹³⁷Cs)比の分析による年代測定、珪藻・花粉の分析、また ITRAX による分析を行っている。さらに、マングローブが群生する湿地帯において、土壌の採取・分別・放射性炭素分析を行い、気候変動が土壌有機炭素と炭素循環に与える影響を調査している。

vii) モンゴル(モンゴル環境・観光省サランツーヤ・ガンジュール氏)

モンゴルにおける気候変動関連の研究は数が少ないながらも行われており、気候変動に関する政策は環境・観光省が、原子力関連の活動はモンゴル原子力委員会が担当している。具体的には、誘導結合プラズマ分析装置(ICP-MP)や XRF、ガンマ線分析装置を用いたポタニ氷河の宇宙線生成同位体の分析、またゴビ地域における水の年代測定が実施されている。

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

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、珊瑚を 採取しエックス線画像撮影、ストロンチウム(Sr)/カルシウム(Ca)比および酸素-18(¹⁸O)測定、誘 導結合プラズマ質量分析法(ICP-MS)によるヨウ素- $127(^{127}I)$ 分析、また AMS によるヨウ素- $129(^{129}I)$ 分析を行った。今後は海洋循環の変動に関し調査を行うために、珊瑚の中の放射性炭素の分析等を行う予定であるが、サンプルの処理や分析のための設備を確保する必要がある。さらに、予算が承認されれば、鉛- $210(^{210}Pb)$ 、セシウム- $137(^{137}Cs)$ 、炭素- $14(^{14}C)$ 等の分析による海洋・土壌・河川堆積物の特性評価にも着手する予定である。

ix) タイ(タイ原子力技術研究所 サシファン・カウェラット氏)

タイにおいて近年地震が頻繁に起こっているが、こういった天災の頻度および強度が気候変動の影響によるものか否か、巨大カキの化石に残存する同位体分析等を通じて、過去の気候に関する調査を行っている。また2011年に最大の降雨被害に見舞われ、さらにタイ西部において干ばつの被害が深刻になっていることから、タイ原子力技術研究所は地下水資源局と協力し、降雨と地下水の安定同位体分析を行い、気候変動による影響を最小化するために水資源管理計画を作成している。

x) ベトナム(ベトナム原子力研究所 グエン・トロン・ゴ氏)

2019 年から 2020 年にかけ、近隣諸国で稼働している原子力発電所から拡散している可能性のある放射性核種の調査と、ベトナム北部の紅河河口における沈殿・浸食の調査を実施する予定である。用いる手法はアルファ線およびガンマ線測定によるセシウム-137(¹³⁷Cs)、ストロンチウム-90(⁹⁰Sr)、鉛-239(²³⁹Pu)および鉛-240(²⁴⁰Pu)の分析、鉛-210(²¹⁰Pb)/¹³⁷Cs 比による年代測定等である。

3) ワークショップのまとめ

- i) 今後も気候アーカイブ(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。
- ii) ラワ・ペニン湖において湖沼堆積物採取の実演が行われ、気候アーカイブに関する研究を進める上で各国の参考となった。
- iii) 2019 年度のワークショップは日本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:2018年11月4日(日)~11月7日(水)
- ii)場所:バングラデシュ、ダッカ
- iii) 主催:日本文部科学省(MEXT)、バングラデシュ原子力委員会(BAEC)、Oncology Club
- iv) 参加者:中国、インドネシア、カザフスタン、マレーシア、モンゴル、タイ、ベトナムより各2名、フィリピンより4名、バングラデシュより10名、日本12名、合計40名(添付資料2.4.2(p114) 参照)

v) 日程:添付資料 2.4.3(p119)参照

本ワークショップは、2018 年 11 月 4 日~11 月 7 日の 4 日間、バングラデシュのダッカにおいて開催された。

初日の開会セッションでは、はじめに BAEC 委員のモハマド・サノワール・ホサイン氏が歓迎 挨拶を行った。次に FNCA 日本コーディネーターの和田智明氏、アドバイザーの南波秀樹氏よ りそれぞれ開会の挨拶が述べられた。また、国立がん研究所病院(NICRH)所長/病院長のモハ マド・モアラフ・ホッセン氏、Onclogy Club 会長の M.A ハイ氏、日本のプロジェクトリーダーであ る埼玉医科大学の加藤真吾氏、BAEC 委員長および FNCA バングラデシュコーディネーター のマブブル・ホク氏よりそれぞれ挨拶がなされた。最後に、本ワークショップ主賓として、バング ラデシュ科学技術省(MOST)大臣のイェフシュ・オスマン氏よりスピーチが行われた。

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)および局所進行子宮頸がんに対する 3D 画像誘導小線源治療(3D-IGBT)の前向き観察研究(CERVIX-V)について各国より発表があり、質疑応答が行われた。続く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、各国の治療施設を対象に予定されている 3D-IGBT の線量監査について、監査前に行うフィージビリティ・スタディの結果報告と今後の予定が発表された。続いて、バングラデシュとタイからそれぞれの国における3D-IGBT の現状や取り組みについて発表が行われた。

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れた。

3 日目には、ワークショップ参加者は 2 つのグループに分かれ、1 つのグループはデルタ病院およびユナイテッド病院を訪問し、もう一方のグループはユナイテッド病院にて現地の放射線腫瘍医、医学物理士向けに 3D-IGBT の実地研修を行った。

最終日には、ワークショップの一環として、国立がん研究病院(NICRH)にて、公開レクチャーが開催された。また、ワークショップの総括として議事録案が作成された。

2) 公開レクチャー

最終日の4日目に、公開レクチャーを開催した。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80名の関係者が参加した。 開催場所である国立がん研究病院(NICRH)の所長/病院長であるマフィズル・ラフマン氏が開会の挨拶を述べた。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、NICRH のルブナ・マリアム氏がバングラデシュにおける放射線治療の現状について発表した。続いて、群馬大学の大野達也氏が、子宮頸がん治療における3次元画像誘導小線源治療(3D-IGBT)について発表し、ホセ・R・レイエス記念医療センターのミリアム・J・カラガス氏が「フィリピンにおける過去、現在、未来の放射線治療」と題した講演を行った。最後に、自治医科大学の若月優氏より、重粒子線治療について講演が行われた。

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、そのうち解析に適すると判断されたのは95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95人中、51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。全治療期間の中央値は57日であった。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(80%)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、S状結腸/直腸障害で、グレード3の毒性が2人に観察され、小腸障害でグレード3の毒性が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69%、全生存率は90%および77%であった。

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。現時点の治療成績では、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、遠隔転移の患者も減少しており、本プロトコールが PLN 節転移を有し、傍大動脈リンパ節転移を有さない局所進行子宮頸がんに対して、有害事象の増加を防ぎ、遠隔転移の予防と生存率の向上に寄与することが示された。

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。

本臨床試験結果は、近日中に、国際医学ジャーナル誌に投稿されることが確認された。

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、広がりが 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 の臨床試験終了見込み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(アプリケータ)を腔内に入れた状態で CT や MRI で撮影することにより、アプリケータと腫瘍、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。各国治療施設においても順次プロトコールが承認され、2018 年度より、患者の登録が始また。

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 17 人であることが報告され、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0人、中国3人、インドネシア6人、日本2人、カザフスタン1人、韓国0人、マレーシア1人、モンゴル0人、フィリピン4人、タイ0人、ベトナム0人、計17人)

いくつかの治療施設では依然として IRB へ申請中である旨が報告された。また、下記の点が議論・確認された。

- a) 正しい病期決定のため、日本のデータセンターが MRI 画像のレビューを行うべきである。
- b) ハイリスク臨床標的体積(HR-CTV) D90 の線量については、常に一貫性を維持すべきであり、正常組織への耐容線量が許容される範囲で、腫瘍の縮小に伴い HR-CTV D90 の線量は増加しうる。

_

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。

- c) HR-CTV の輪郭描出に関しては、スキルや経験によりレベルのばらつきが見られる。正確な HR-CTV のために、内診、超音波検査そして MRI を行うことが重要である。
- d) 併用化学療法の回数が少ない症例が見られる点については、水分・利尿管理等含めて、 婦人科医との緊密な連携が必要である。
- e) 本臨床試験に関して、いくつかの施設で外部照射に強度変調放射線治療(IMRT)が使用されているが、本試験のプロトコール上、IMRT の具体的な線量処方については言及しておらず、今後のさらなる議論が必要である。
- f) 2018 年に国際婦人科連合(FIGO)による病期分類が改訂されたが、本臨床試験ではプロトコールに規定したとおり、2008 年版の FIGO 分類に基づいて運用される。
- g) 3D-IGBT の施行の際には、線量分布の最適化のために、毎回 CT を撮影すべきである。
- h) 良質な経過観察のため、放射線腫瘍医(治療担当者)自身が治療後経過観察を行うことが 望ましい。

iii) 3 次元画像誘導小線源治療(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。

3 次元画像誘導小線源治療(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、線量監査に用いられるファントム治具の開発およびフィージビリティ・スタディの結果について発表があった。ファントム治具の製作は完了し、複数回の線量測定が NIRS にて行われた。測定結果に適用される補正係数の計算には、モンテカルロシミュレーションが採用され、現在その計算が進行中である。計算結果が良好であれば、各国の治療施設の線量監査を開始する予定である。

次に、バングラデシュより、自国における 3D-IGBT の現状や課題等について発表があり、2Dから 3D へ移行するためには関係者が多くの訓練を積んでスキルや技術を向上させる必要があることが報告された。

最後に、タイより、自国における 3D-IGBT の現状と国内に展開するための取り組みについて の発表があり、トレーニングコースや品質マネジメントプログラム等も企画され、放射線治療の質 の向上に努めていることが報告された。

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ールである。化学療法を同時併用治療の前に行っている点(ネオアジュバント化学療法)が NPC-I(同時併用化学放射線療法の後にアジュバント化学療法)との違いである。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 113 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 9 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 29 人、フィリピン 7 人、ベトナム 55 人、計 113 人)。

追跡調査期間の中央値は 19.5 ヵ月で、年齢の中央値は 46 歳であった。すべての患者が 2 ~3 サイクルの術前補助化学療法を受け、その遵守率は 100%であったが、4 サイクル以上の同時併用化学療法の遵守率は 75%にとどまった。放射線療法の全治療期間の中央値は 52 日で、23%の患者が 14 日以上にわたり放射線治療を中断していた。その主な原因は、機械の故障、計画の変更および毒性であった。また、急性血液毒性については、グレード 3 もしくは 4 の毒性が術前補助段階に 14%の患者に、同時併用段階では 28%の患者に発生していた。グレード 4 以上の急性非血液毒性が生じた患者はいなかった。最も起こりやすいグレード 3 の急性非血液毒性は、術前補助化学療法中の悪心もしくは嘔吐が 5%の患者に見られ、同時併用段階での粘膜炎が 20%の患者に見られた。また、グレード 4 の晩期毒性が 13%の患者に生じており、主に唾液腺と皮下組織の毒性であった。

3 年全生存率および局所領域再発率はそれぞれ 72%および 20%だった。無遠隔転移生存率(DMFS)は 77%、PFS 率は 70%であった。同疾患を対象とした NPC-I 試験の結果と比較すると、NPC-III の方が前生存率と DMFS の傾向が良好であったが、有意差は認められなかった。

登録患者の目標数 120 名に対し、これまでに 113 名の症例が集積された。目標数はほぼ達成されているので、2018 年 12 月末時点で患者の登録を終了することが決定された。ただし、3 年臨床転帰を確認するために、さらなる追跡調査が必要とされる。

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159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0人、日本13人、カザフスタン20人、韓国0人、マレーシア0人、モンゴル26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。

グレード 2 以上の急性有害事象が皮膚に現れた患者は 1%おり、晩期有害事象で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4例、遠隔転移16例、乳がんによる死亡8例が確認されている。

乳房切除術後の寡分割放射線療法は、これまでの結果で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。

2013年2月の臨床試験開始から2018年10月までの68ヶ月の間に、目標200例中、解析対象となる症例は159例にとどまっており、当初予定していた4年間では症例集積が完了しなかったため、集積期間を延長することが合意された。

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 230 人であり、対象となる乳病巣の数は 231(両胸に病巣がある患者が 1 人いるため、症例数としては 231 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 9 人、マレーシア 0 人、モンゴル 3 人、フィリピン 0 人、タイ 14 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。グレード 2 および 3 の急性有害事象が皮膚に現れた患者はそれぞれ 10%および 5%であった。晩期有害事象については、皮膚および皮下組織にグレード 2 の症状が現れた患者がそれぞれ 0%と 1%ずつであった。肺に症状が現れた患者は 0%であった。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 2 例が報告された。

本臨床試験は、2013年2月の開始から2017年の10月の間に56ヶ月で目標200人を超える230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、2017年度ワークショップで登録を終了し、現在経過観察を行っている段階である。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見られているが、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としている。その後も経過観察を続けて、最終的な結果を解析していくことが確認された。

vii)将来計画について

2019 年度のワークショップは、中国を開催候補国とした。また、本ワークショップ内で初の試みとして 3 次元画像誘導小線源治療(3D-IGBT)の実地研修については、今後も継続していくこととした。

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:2018年10月22日(月)~10月25日(木)
- ii) 場所:日本、福井·大阪
- iii) 主催:日本文部科学省(MEXT)
- iv) 参加者:オーストラリア、バングラデシュ、中国、インドネシア、カザフスタン、韓国、マレーシア、モンゴル、フィリピン、タイより各2名、ベトナムより3名、日本18名、合計41名 (添付資料2.5.2(p136)参照)
- v) 日程: 添付資料 2.5.3(p140)参照

本ワークショップは、2018 年 10 月 22 日~10 月 25 日の 4 日間、日本の敦賀市および泉佐 野市において開催された。

初日に「研究炉利用」に関する公開セミナーが開催された。文部科学省の井出太郎氏および福井県の龍田光幸氏からの開会挨拶に続いて、日本、オーストラリア、インドネシア、ベトナムからの6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、日本アドバイザーである南波秀樹氏から開会の挨拶があり、続いて日本のプロジェクトリーダーである京都大学の大槻勤氏および早稲田大学の海老原充氏より、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ると、京都大学の田中浩基氏からホウ素中性子捕捉療法(BNCT)についてリードスピーチがなされた。

2日目後半から3日目の個別セッションでは、RRUグループでは、中性子ラジオグラフィ(NR)、 材料研究、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 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。

4日目には、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後、合同セッションで RRU、NAA それぞれの結果を発表した。

なお 2 日目の個別セッション終了後、京都大学複合原子力科学研究所(KURNS)の京都大学研究用原子炉(KUR)やホットラボ、粒子線腫瘍学研究センター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) ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)について

京都大学の田中浩基氏からホウ素中性子捕捉療法(BNCT)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) 京都大学複合原子力科学研究所(KURNS)の BNCT 紹介 (京都大学 田中浩基氏)

京都大学複合原子力科学研究所(KURNS)では、500 人以上の患者が京都大学研究用原子炉(KUR)を用いて BNCT で治療を受けた。悪性黒色腫や脳腫瘍だけでなく、頭頸部がん、悪性中皮腫、肝臓がんの治療においても BNCT の有効性が実証されている。私たちは KUR を用いて BNCT の治療を続けているが、研究炉は病院の近くに設置することが困難であり、かつ

定期的な検査のための停止期間が長いことから、治療ビームを安定して提供することは難しくなってきている。そのため加速器ベースの中性子源を用いた BNCT の実現が望まれてきている。加速器 BNCT を実現するためには、ターゲットの熱負荷、ターゲットのブリスタ(ふくれ)、放射化や減速材を考慮する必要がある。私たちは住友重機械工業と加速器ベースの中性子源を共同開発している。ターゲットのブリスタを克服し、治療に必要な熱外中性子強度を得られる方法として、30 MeV、1 mA の陽子とベリリウムターゲットを組み合わせた熱外中性子源を提案した。

ii) 中性子ラジオグラフィ(NR)について

各国から中性子ラジオグラフィ(NR)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)

「Dingo」と呼ばれる NR/画像処理ステーションは 2014 年 10 月から操業を開始した。主な使用分野は、防衛、産業、文化遺産、考古学への利用であり、中性子画像処理またはトモグラフィは再構築できる物体の一連の 3 次元画像をすべて作成する。オーストラリア原子力科学技術機構(ANSTO)はパートナーシップを奨励し、国内外で協力して推し進める。

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

バングラデシュにおける NR の現在の実験施設を紹介した。現時点では考古学的試料が主要なターゲットであると報告された。NR の既存のコリメータシステムは、デジタル NR システムを使ってよりよい品質の画像を得るため、今後 2 年間でアップグレードされるだろう。

c) 中国(中国原子能科学研究院 リュウ・シンミン氏)

中国改良型研究炉(CARR)は中国原子能科学研究院(CIAE)の高性能な多目的原子炉である。CARR では NR を用い、核燃料棒、二相流、燃料電池、岩石、コンクリート等の非破壊試験 (NDT)のような研究が多く行われてきた。近い将来、先進的な NR 施設が様々な分野における 広範な活用のためにより強力なツールを提供し、中国における NDT 技術の進歩を促すだろう。

d) インドネシア(インドネシア原子力庁 ロハディ・アワルディン氏)

多目的研究炉 RSG-GAS はラジオグラフィ施設を備えている。この施設はいくつかの実験に使用され、結果を出し発表されている。例えば、沸騰現象の可視化およびヒートパイプ振動の可視化に関する予備調査についての刊行物がる。静的、動的画像はインドネシア原子力庁(BATAN)のラジオグラフィ施設を用いて得ることができる。BATAN は本施設を利用するために他の機関との協力を奨励している。

e) 日本(京都大学 齊藤泰司氏)

日本の様々な中性子源に、いくつかの NR/画像処理施設が設置されている。ここでは、そのような施設の現状とその活動について簡単に紹介した。特にエネルギー選択中性子画像処理のために、2014 年に RADEN(BN22)が大強度陽子加速器施設(J-PARC)に建設された。熱中性子と冷中性子を使用する 2 つの NR ポート(TNRF、CNRF)は 2020 年に JRR-3 の再稼働のためにアップグレードされる予定である。KUR の 2 つの画像処理ポート(B4、E2)は、熱水力学、コンクリート、考古学研究に利用されている。

f) カザフスタン(核物理研究所 アセット・シャイメルデノフ氏)

核物理研究所は 2017 年から WWR-K 炉に新しい NR/トモグラフィ施設の建設を開始した。 本プロジェクトはロシアのドゥブナ合同原子核研究所と共同で実施している。本施設は 2019 年 末に稼働予定である。

g) マレーシア(マレーシア原子力庁 アザハリ・カスボラー氏)

NR は材料の画像を得るために使える非破壊技術である。マレーシア原子力庁の NR 施設 (NuR-2)は 1MW の TRIGA Mark II 型プスパティ研究炉(RTP)のラジアルビームポートにある。 NR は文化遺産の署名/認証や産業界の NDT に関する材料特性研究に用いられる。

h) タイ(タイ原子力技術研究所 スシポーン・ブーンマク氏)

タイの研究炉 TRR-1/M1 は 1966 年から NR を使用していた。タイ原子力技術研究所(TINT) は、プロジェクト性能評価の後に 3 次元画像機能のためにラジオグラフィ施設をアップグレードしている。この施設は、例えば考古学的試料や生物学的試料の取扱いに役立つ。本施設のアップグレードは今後 2 年以内に完了予定である。

iii) 材料研究について

各国から材料研究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)

オーストラリア原子力科学技術機構(ANSTO)は複数の材料研究施設を有しており、主な施設は、多目的研究炉 OPAL、オーストラリア・中性子散乱センター、オーストラリア・シンクロトロン、加速器科学センター、国立重水素施設、国立サイクロトロン研究である。使用分野は、食品化学、エネルギー材料、文化遺産、防衛、惑星物質、環境維持、産業、その他多数である。ANSTO 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 モハマド・アミルル・イスラム氏)

バングラデシュ原子力委員会(BAEC)研究炉 TRIGA Mark II(BTRR)に設置された高分解能の粉末中性子回折(NPD)は、様々な材料の結晶および磁気構造特性の研究に用いられている。 NPD 施設は大学生や研究者に学位だけでなく研究の機会を与えることにより人材開発にも貢献している。

c) 中国(中国原子能科学研究院 リュウ・シンミン氏)

新しい燃料タイプとして環状燃料は経済性と安全性能の両方が見込まれる。環状燃料の研究開発は中国核工業集団公司で行っている。中国原子能科学研究院(CIAE)のスイミングプール炉(SPRR)で炉内試験が実施されており、商業用原子炉で先行試験燃料集合体(LTA: Lead Test Assembly)の照射が2021年から開始予定である。

d) インドネシア(インドネシア原子力庁 ロハディ・アワルディン氏)

多目的研究炉 RSG-GAS は材料試験研究用の施設をいくつか備えている。構造解析には、中性子回折装置と小角中性子散乱施設が使用される。中性子 3 軸型分光器用にデータ収集および測定ソフトウェアの開発を含む、いくつかの設備開発が行われている。

e) 日本(京都大学 木野村淳氏)

陽電子消滅分光法は、電子顕微鏡の検出限界以下の原子スケールの空孔型欠陥に敏感である。エネルギー可変陽電子ビーム(すなわち低速陽電子ビーム)を使用する場合、陽電子エネルギーを変えることによって欠陥の深さ情報を得ることができる。空孔型欠陥、表面近傍層や薄膜の空隙を調べる強力なツールとなりうる。京都大学では現在、研究炉を用いた低速陽電子ビームの開発が進められている。ここではビームラインの詳細と低速陽電子ビームの利用について紹介した。

f) カザフスタン(核物理研究所 アセット・シャイメルデノフ氏)

カザフスタンでは中性子場での材料試験によいツールとなる 3 つの研究炉が稼働している。 研究は原子力の持続可能な開発に関するものである。カザフスタンは将来、核融合炉と第 4 世 代原子炉(GEN-IV)を用いて材料研究を行う予定である。

g) マレーシア(マレーシア原子力庁 アザハリ・カスボラー氏)

マレーシア原子力庁での材料研究は、様々な活動に分けられる。例えば、腐食研究と保護、鉱物およびトリウムの選鉱、機能的ナノ材料、中性子ビーム利用による放射線損傷の分析である。マレーシア原子力庁は、大学や他の機関が材料特性評価や加工(腐食、冶金、セラミック)の研究、トレーニング、協議を行うためのサービス提供も行っている。

iv) 医療/産業用アイソトープ(RI)製造について

各国から医療/産業用アイソトープ(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)
 - o オーストラリア原子力科学技術機構(ANSTO)はオーストラリアの公共および民間の核医学センターに放射性医薬品と放射性化学物質を製造および供給し、アジア太平洋地域の多くの国に輸出している。モリブデン-99(99 Mo)は、現在の製造能力は 2,300 Ci/6 日でいくつかの国に輸出されているが、将来的には工程の妥当性確認の最終段階にある新施設を使用して 3,500 Ci/6 日に増産予定である。無担体ルテチウム-177(177 Lu)、ヨード-131(131 I)、 サマリウム-153(153 Sm)、クロム-51(51 Cr)、イットリウム-90(90 Y)および イリジウム-192(192 Ir)等の、他の多くの放射性同位体も国内供給および輸出用に ANSTO で製造している。
- b) インドネシア(インドネシア原子力庁 ロハディ・アワルディン氏)

インドネシア原子力庁(BATAN)の多目的研究炉 RSG-GAS は RI 製造に使用されている。RI 製造で使われる炉心には 2 つの照射位置があり、中央照射位置と照射位置で、中性子束は 10^{14} n.cm⁻²s⁻¹ である。現在この研究炉は、 153 Sm、 177 Lu、リン-32(32 P)、 99 Mo、 131 I、金- 198 (198 Au)、 192 Ir といった多くの種類の RI 製造に使用されている。

c) 日本(日本原子力研究開発機構 松江秀明氏)

JRR-3 で製造されていた ¹⁹²Ir のような RI 製造は、現在海外からの輸入に依存している。RI 製造技術や取扱いについても使用頻度が少ないため、人材育成にも影響があり、設置変更許可を取得の見込みである。近々、原子炉建家の耐震補強工事等を行い、2020 年度中には JRR-3 の運転再開を予定している。

d) カザフスタン(核物理研究所 アセット・シャイメルデノフ氏)

核物理研究所は、99Mo、テクネチウム-99m(99mTc)ジェネレーター、192Ir、その他 RI といった 医療/産業用 RI を製造している。2017 年末まで、適正製造基準(GMP)の認定を実施している ため医療用 RI は製造されなかった。GMP 認証は 2018 年末に取得予定である。産業用 RI の 製造は継続している。

e) 韓国(韓国原子力研究所 パク・ウルジェ氏)

HANARO 原子炉は安全性の問題から 2014 年以降停止しているが、新しい RI とその利用 についての研究は着実に進んでいる。現在の研究テーマは、新しい RI 専用原子炉 Kijang 研究炉(KJRR)を用いた核分裂法による ⁹⁹Mo 製造プロセスの開発と、炭素-14(¹⁴C)といった治療 用エミッタのような新しい RI の製造技術の開発である。 さらに宇宙ミッションのための RI 電池の研究が進行中である。

f) マレーシア(マレーシア原子力庁 アザハリ・カスボラー氏)

GMP コンプライアンスを満たすため、^{99m}Tc ジェネレーターの製造施設が一新されアップグレードされる。マレーシア原子力庁は ¹³¹I カプセルを製造しており、現在 GMP 認証のためにアクティブランと製品検証に関する文書を作成している。産業用 ¹⁹²Ir は、国内で使用するためマレーシア原子力庁で組み立てられた。現在マレーシアは、1MW の TRIGA Mark II 型プスパティ研究炉(RTP)を用いて骨転移疼痛緩和のための新しい RI である ¹⁵³Sm-EDTMP(エチレンジアミンテトラメチレンホスホン酸)を開発している。

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)

モンゴルの研究炉プロジェクトは内部で数年にわたり議論されてきた。研究炉の利用、設計研究、燃料比較分析を行った。提案されている研究炉は、中性子放射化法による ⁹⁹Mo/^{99m}Tc の RI 製造、中性子放射化分析、教育訓練、核物理学、その他の商業サービスに利用される予定である。

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)

フィリピン原子力研究所の ^{99m}Tc ジェネレーター製造施設は、⁹⁹Mo 供給業者とその ^{99m}Tc ジェネレーター商業化のためのビジネスパートナーを確保している。 2019 年1月から ^{99m}Tc ジェネレーターを市場向けに製造予定である。 製造量は国内の需要 15Ci/週の 30%を満たす予定である。

i) タイ(タイ原子力技術研究所 スシポーン・ブーンマク氏)

規制当局から原子力事業者の許認可を受け、2018年7月からタイは ¹⁵³Sm を製造している。 その他の医療/産業用 RI は 100%輸入によりタイの需要を満たしている。新しい加速器プロジェクトではサイクロトロン建設を開始し、2021年に新しい RI 製造ラインが稼動予定である。

i) 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)および産業用(192 Ir、コバルト- $60(^{60}$ Co))RI の定常的な製造を行っており、国内で 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 $40\sim50\%$ にあたる RI の供給が可能であるが、 153 Sm、 177 Lu、 90 Y 等の医療用および研究目的の RI についても市場への供給を予定している。

v)総合討論

トピック別の総合討論の概要は以下のとおりである。

a) ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)

BNCT は、粒子線腫瘍学におけるユニークな放射線治療法であり、この特性は悪性腫瘍を 患っている患者の治療に貢献している。KUR を用いた BNCT により、500 人以上の患者が悪 性黒色腫や脳腫瘍だけでなく頭頸部がん等の治療を受けた。アジア諸国では研究炉を用いた BNCT 治療が依然として望まれている。治療には中性子ビームが研究炉により安定的に提供さ れることが必要であるが、原子炉ベースの BNCT では定期的な停止が障害となる可能性がある ため、加速器ベースの BNCT が開発されつつある。BNCT の現状と将来について議論した。

b) 中性子ラジオグラフィ(NR)

12 ヶ国のうち 8 ヶ国が NR 活動向上のための現状と将来計画を発表した。NR では、数ヶ国がその実験施設と研究活動について興味深い報告がなされた。例えば、古代の壺や仏像のような考古学的試料における様々な試料の非破壊画像処理研究、燃料電池の動態や核物質研究のための画像処理技術、モーターエンジンや沸騰現象等の流体動力学である。最後に各国の利益となる課題や将来共通の試料目標を設定しうる課題について議論した。

c) 材料研究

リードスピーチでは、研究炉を用いた低速陽電子ビームが現在開発中であり、ビームラインの詳細とその利用例が紹介され、議論がなされた。粉末中性子回折法を用いた現場実験研究、高分解能の粉末中性子回折(NPD)を用いた結晶および磁気構造特性研究、経済性と安全性能から新しい燃料タイプとしての環状燃料、中性子回折を用いた材料構造分析、燃料の世界的な連携、腐食・ナノ機能材料について数ヶ国から発表がなされた。最後に、材料科学における将来の研究開発プログラムについて参加国で議論された。

d) 医療/産業用アイソトープ(RI)製造

10ヶ国から自国における医療/産業用アイソトープ(RI)製造の現状について報告がなされた。オーストラリアおよび一部の国では RI の国内需要に対応している一方、日本の JRR-3 と韓国の HANARO はまもなく運転再開が見込まれている。この間、日本と韓国は他の国から RI を輸入している。診断と治療のための ¹⁵³Sm、¹⁷⁷Lu、アクチニウム-225(²²⁵Ac)といった新しい RI について議論がなされ、RI 製造のためのサイクロトロンのような加速器のさらなる可能性についてもワークショップで議論された。

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「大気汚染ー浮遊粒子状物質 (SPM)」および「鉱物資源ー希土類元素(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 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、中性子放射化分析(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)およびウラン (U)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

「大気汚染ー浮遊粒子状物質(SPM)」サブプロジェクトの中性子放射化分析(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、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) 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)

バングラデシュの NAA 研究室には SPM 試料採取の設備がなく、ダッカの原子力センターで 収集した 5 つの SPM 試料を NAA で分析した。 試料中の 10 元素バナジウム(V)、アルミニウム (A1)、マンガン(Mn)、ヒ素(As)、アンチモン(Sb)、ナトリウム(Na)、カリウム(K)、スカンウム(Sc)、鉄 (Fe)、亜鉛(Zn)の測定を行った。

c) 中国(中国原子能科学研究院 シャオ・ツァイジン氏)

2018 年は、中国改良型研究炉(CARR)の NAA 施設がアップグレードし、CARR の NAA システムは、機器中性子放射化分析(INAA)、即発ガンマ線分析(PGAA)、中性子深さ方向分析、即発ガンマ線放射化イメージング、遅発中性子計数を有する。いくつかの大気粉塵(APM)試料を PGAA 法で分析した。PM2.5 と PM10 を含む APM 試料は北京で今年週に 2 回採取され、元素の特性を得るために分析された。NAA は中国の大気汚染管理に非常に重要な分析手法である。大気汚染防止重要課題のための国家研究プログラムである国家重要研究開発プログラムを含む、いくつかの国家プログラムで NAA が採用された。

d) インドネシア(インドネシア原子力庁 スティスナ氏)

APM 試料の採取と分析を継続している。APM 試料は Gent stack エアサンプラーを使用して 24 時間採取した。元素分析は蛍光 X 線(XRF)と INAA を組み合わせて行った。PM2.5 画分の 元素組成分布が得られ、ワークショップで報告した。バンドンとレムバンの採取サイトの PM2.5 と PM10 の時系列を比較した。核的手法を用いた分析技術は 14 の環境保護庁事務所からの試料分析に使用されている。

e) 韓国(韓国原子力研究所 ムン・ジョンファ氏)

この期間の活動はなかったため、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。

f) マレーシア(マレーシア原子力庁 シャムスィア・アブドゥル・ラフマン氏)

マレーシアは従来同様、バンギに位置するマレーシア原子力庁の同じ採取サイトにおいて、47mm ポリカーボネートフィルターで 2 つの画分(<2.5µm と 10-2.5µm 空気動力学径の粒子)を収集するため、週に 2 回 24 時間の採取を続けている。2015 年までに採取された試料は、粒子線励起 X 線分析(PIXE)と NAA で元素含有量を分析した。2016-2017 年に採取した試料については、NAA、誘導結合プラズマ質量分析法(ICP-MS)、イオンクロマトグラフィーの 3 種類の分析技術を組み合わせて分析した。

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)

2017 年 6 月から 2018 年 8 月までの PM2.5 の APM の平均値は 116.1μg /m³、PM2.5-10 の 平均値は 249.1 μg/m³ で、モンゴルの大気濃度基準値の 4~5 倍であった。別の環境プロジェクトでは、採取した苔試料から INAA を用いて 40 元素の濃度を測定した。2016 年の水準は、ウ

ラン(U)、タングステン(W)、Sm、(セリウム)Ce を除き、2005 年よりもかなり高かった。特に塩素 (Cl)と水銀(Hg)の濃度はそれぞれ 32 倍、63 倍と高かった。

h) 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)

SPM 採取はメトロマニラとボラカイ島で継続されている。これらのサイトから収集したほとんどのフィルターはエネルギー分散型蛍光 X 線分析(ED-XRF)で分析された。他の参加国との共同作業を通して NAA を用いることが望まれる。大気汚染源割合推定を含む活動も行われた。エンドユーザーとの強い連携および継続的な共同プロジェクトは、地方自治体や大学で実施されている。

i) ベトナム(ベトナム原子力研究所 ホー・マン・ドゥング氏)

2019 年度に向けて「ヴィンタン石炭火力発電所の大気清浄度および環境影響評価」に関する国家または国際原子力機関(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)のプロジェクトが計画され、提案された。 k_0 -INAA と PIXE を用いたハノイの大気汚染研究に関する共同プロジェクトが実施された。 $2015\sim2017$ 年にホーチミン市で採取された PM2.5 と PM10 の k_0 -INAA による分析結果については、2019年に評価される。

ii)鉱物資源に係る活動の進捗について

「鉱物資源ー希土類元素(REE)」サブプロジェクトの中性子放射化分析(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)

オーストラリアの鉱山・鉱物産業に関与することは、他の手法に対して NAA の際だった特性を活用して、今も NAA 活動において重点的に取り組んでいる。2 つの会社と継続的な契約があり、ひとつは鉱物標準物質中の金の均一性を確認するために NAA を利用し、もうひとつは鉱物加工製品中の塩素および主要元素のレベルを測定するために NAA を利用している。最近では、商業的な白金族分析に予備濃縮としてファイア・アッセイ法を用いる NAA が用いられる機会が多くなってきている。

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)

クアカタ海浜の砂が分析され、モナザイト重鉱物が確認された。過去 12 ヶ月では、相互比較 演習に参加し、4 つの国内河川から採取した堆積物試料を NAA で分析した。これらの堆積物 試料では、主要元素、微量元素、各種希土類元素(REEs)を測定した。学術研究、業務、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) インドネシア(インドネシア原子力庁 スティスナ氏)

FNCA を通じて試料が配布されなかったため、REEs の活動はなかった。U 比較標準試料の調達に係る問題や、炉照射に関する政府の規制のために、U 含有量の高い試料における核分裂生成物の補正を実行できないという問題がある。

d) カザフスタン(核物理研究所 イーゴリ・シラチョフ氏)

2018 年に実施されたカザフスタン文部科学省による地質技術分野における助成金の大幅削減のため、研究所の共同研究者は継続プロジェクトの実施が困難になった。しかし彼らとの協力は、金や随伴元素分析を目的とする黒色頁岩の機器中性子放射化分析(INAA)分析やREEs 精製に伴うリン含有廃棄物の再処理生成物の分析を含むいくつかの新規プロジェクトを

通して継続している。核物理研究所でのコンパレーターINAA 法の開発に対して、今年から特別目的助成金の範囲での国家支援が始まった。

e) 韓国(韓国原子力研究所 ムン・ジョンファ氏)

蛍光 X 線分析(XRF)を用いた地質標準物質の開発研究について発表した。また、ヨルダン研究訓練炉の NAA 施設についても簡単に紹介した。最後に現行の NAA プロジェクトと NAA 分析待ちの試料についてまとめた。

f) マレーシア(マレーシア原子力庁 シャムスィア・アブドゥル・ラフマン氏)

(内外の)分析サービス活動は、特に規制機関(マレーシア原子力許認可委員会(AELB))、放射線安全コンサルタント、企業/鉱物処理産業に対して継続して行っている。これは特に放射性鉱物に関する啓蒙活動を行い、規制機関を支援するためである。

g) タイ(タイ原子力技術研究所 ジャテチャン・チャンヌイエ氏)

2016~2018 年に、タイ研究炉 TRR-1/M1 は制御および換気システムの改修を完了した。現在、TRIGA Mark III 1.2MW 研究炉は通常運転に戻った。タイ国内における REEs の資源分布について、鉱物省と協力して評価を行っている。前回の FNCA ワークショップ以降から、ほんの少しの追加データを得たのみというのが現状である。

h) ベトナム(ベトナム原子力研究所 ホー・マン・ドゥング氏)

13 のモリブデン試料における REEs を定量した。NAA による REE 分析で妨害となる、U 核分裂生成物関与に係る補正係数について得られた実験結果を査読付きジャーナルに投稿する予定である。その他、例えば自動車の遮蔽ガラス、食用の鳥の巣(アナツバメ)、赤泥ボーキサイト廃棄物、苔のバイオモニタリング等の試料についても ko-NAA で測定を行う予定である。

iii)総合討論

トピック別の総合討論の概要は以下のとおりである。

a) 内標準法

中性子放射化分析法は、物質量諮問委員会無機分析ワーキンググループで一次標準比率法の能力を示す分析法として認識されている。しかしながら、分析値の信頼性は分析操作・手順ごとに評価する必要がある。産業技術総合研究所の三浦勉氏より、金属ジルコニウム(Zr)中のハフニウム(Hf)、ポリプロピレン樹脂中の臭素の定量を内標準併用中性子放射化分析法の応用例が紹介された。内標準法は中性子放射化分析法の信頼性の向上に非常に有効であった。

b) 原子炉稼働率

中国、韓国、日本では過去 12 ヶ月間にわたって原子炉の利用が困難であったが、KUR が最近再稼働し、韓国の HANARO は 2019 年前半に再稼働予定である。中国の CARR は試運転中であるが、中国の FNCA 参加者は INAA 用の別の原子炉を利用しているのが現状である。

c) 大気汚染-浮遊粒子状物質(SPM)サブプロジェクト

浮遊粒子状物質(SPM)サブプロジェクトでは、いくつかの発表から粒子線励起 X 線分析 (PIXE)、機器中性子放射化分析(INAA)、誘導結合プラズマ質量分析計(ICP-MS)、蛍光 X 線分析(XRF)等の異なる手法でなされた SPM フィルターの測定値にお互いに矛盾があることが 明らかとなった。当該地域のデータの質を向上させる目的から、その違いの理由を理解するた

めの作業計画が検討された。この作業における適切な標準物質の必要性が確認された。中性子放射化分析(NAA)プロジェクトの初期フェーズで収集されたデータとの比較を含め、SPM の結果について論文を発表する計画は、2019 年に持ち越すことが合意された。10 年以上隔たって同じ場所から収集された結果を経時的に比較すれば、その地域の大気汚染の傾向の証拠を示せるかもしれない。

d) 鉱物資源 - 希土類元素(REE)サブプロジェクト

希土類元素(REE)含有試料を用いた前回の研究室相互比較で収集したデータの概要を再度確認した。異なる研究室と異なる技術との間で見られた矛盾のいくつかは、その信頼性が十分に評価できていない比較標準試料に帰せられるものだった可能性が指摘された。2017 年までに、参加者へ配布予定であった新しい REE 含有試料の配布が行われなかった。核分裂生成物の補正が必要な、REE や U を含むよく評価された試料を使って相互比較を行うことが計画された。日本国内で適切な試料が見つかれば、この相互比較を調整する可能性を探るとの申し出が日本からあった。また、新しい比較標準試料の元素組成値の認証の為に NAA を使う可能性について議論された。

e) 将来計画

研究炉利用(RRU)プロジェクト内の NAA グループの今後の方向性について議論した。12 の参加国のうち、9 ヶ国が NAA 活動に引き続き参加したいとの希望があった。参加国から NAA ワークショップに参加することで得られる利益について表明があった。共通テーマは、地域ネットワークとアイデンティティ、情報共有、人材育成(トレーニング、学生、人事交流等)、科学的協力のための機会の特定等であった。

ワークショップ参加者は、NAA が分析コミュニティにおいて高い地位を占めていることを承知しているが、NAA 従事者は一般的に政府や産業界、学会の主要な利害関係者にそのことを伝えるのが得意ではないことも知っている。他の分析技術に優る NAA の利点(精度、信頼性、特定の材料のタイプ等)をアピールしていく必要がある。この必要性については将来活動で取り組むべきことである。

次フェーズを含む将来の作業計画を検討する際には、社会にとって有益な具体的な成果を示せることに焦点をあわせることが重要である。これらの成果と業績指標には、共同出版物や産業界や研究者によって NAA の能力に対する需要の増大が含まれうる。改善目標を定量化し、利益を評価することができるように、一連の業績評価を定義し、全参加者にわたりデータのベースラインを確立することが重要である。参加者が、合意した作業計画に精力的に取り組み、FNCA プロジェクトに時間とリソースを使いたいとの思いがない限り、このようなアプローチは成功せず、FNCA における NAA プロジェクトの継続は難しいであろう。

3) ワークショップのまとめ

i) 研究炉利用(RRU)グループ

研究炉利用(RRU)プロジェクト全体では、以下のとおり、幅広く様々なトピックについて議論している。

- a) 中性子放射化分析(NAA)
- b) 新しいアイソトープ(RI)を含む RI 製造

- c) 中性子散乱
- d) 原子核力科学
- 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

本ワークショップを毎年開催する利点は、RRUの新しいテーマについてネットワークを持ち議論できることである。2019 年度のワークショップはカザフスタンで開催することとし、RRU グループのテーマとしては原子核科学が選択された。

ii) 中性子放射化分析(NAA)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) 中性子放射化分析(NAA)グループは計画された目的を達成するために努力を続けており、今年いくつかの進歩を遂げた。
- 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よう、継続的に改善している。
- 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	Δ	0
バングラデシュ	0	0
中国	0	Δ
インドネシア	0	Δ
日本	Δ	Δ
カザフスタン		0
韓国	0	Δ
マレーシア	0	
モンゴル	0	
フィリピン	0	Δ
タイ	Δ	0
ベトナム	Δ	0

〇:参加

△:国内認可を経てから参加、または過去12ヶ月間に結果が得られなかった参加

d) 2019 年度の SPM と REE 両方のサブプロジェクトに目標が設定された。

e) 2020年3月以降の次フェーズに向けて計画会議が始まった。

2.4 原子力安全強化分野

2.4.1 放射線安全・廃棄物管理プロジェクト

- 1) ワークショップ開催概要
 - i)期日:2018年10月17日(水)~10月19日(金)
 - ii)場所:オーストラリア、シドニー
- iii) 主催:日本文部科学省(MEXT)、オーストラリア原子力科学技術機構(ANSTO)
- 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、韓国、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、オーストラリア9名、日本6名、合計25名(添付資料2.6.2(p150)参照)
- v) 日程:添付資料 2.6.3(p153)参照

本ワークショップは、2018年10月17日~10月19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)原子力オペレーショングループのグループエグゼクティブであるパメラ・ナイドー・アメグリオ氏と、FNCA 日本コーディネーターである和田智明氏が、歓迎の挨拶を述べた。ナイドー・アメグリオ氏は、オーストラリアにおける放射性廃棄物の重要性に言及した。和田氏は、FNCA メンバー国からのすべての参加者に歓迎の意を表すと共に、長年にわたり FNCA に多大な貢献をした FNCA オーストラリアコーディネーターであるピーター・マックグリン氏に深い感謝の意を表した。また和田氏より、2017 年~2018 年にかけての FNCA の成果と、日本政府が主催する原子力トレーニングプログラムが紹介された。発表の中で、オーストラリアの研究炉ネットワークプロジェクトチームが、2017 年度の FNCA ベスト・チーム賞を受賞したことが報告された。次にマックグリン氏が、FNCA 活動におけるオーストラリアの成果を発表した。発表では、オーストラリアの科学分野におけるランドマーク・ストラクチャーである ANSTO の施設や、オーストラリアが主導する FNCA プロジェクトの成果が紹介された。最後に、日本プロジェクトリーダーである小佐古敏荘氏が本プロジェクトの概要を説明し、本ワークショップでは統合化報告書に関する計議を行うとの説明があった。その後 12 ヶ国が、低レベル放射性廃棄物処分場に関する進捗、課題、問題および将来計画について報告した。

2 日目には、小佐古氏が、統合化報告書のコンセプトと討議のテーマについて、短い説明を行った。次に、韓国原子力研究所(KAERI)のキム・ヒョンチョル氏が、低レベル放射性廃棄物処分場に関する同国の経験について報告を行った。キム氏は、慶州を処分施設に選定する際の経験や、原子力発電所の廃止措置のために設計されたオンサイト測定システム(準備ラボ、分類ラボおよび分析ラボ)の計画を紹介した。マレーシア原子力庁のノラサルワ・ビンティ・ザカリア氏は、同国におけるボアホールの経験について発表した。ザカリア氏は、候補地、計画中ボアホールの特徴、プロジェクトのスケジュール、サイト選定手順、安全評価について紹介した。カザフスタン国立原子力センター(NNC)のエフゲニー・トゥール氏は、低レベル放射性廃棄物管理に関する同国の経験について報告した。トゥール氏は、ウラン採掘および加工、石油精製、核実験から排出される放射性廃棄物管理に焦点を当てた。発表に続き、参加者らは統合化報告書に関する討議を行った。その後、タイ原子力技術研究所(TINT)のナンサバン・ヤアナント氏と、電力中央研究所の荻野晴之氏が、放射性廃棄物のパブリック・アクセプタンス(PA)について発表を行った。発表に続き、参加者から自国における PA の現状が報告された。

最終日の午前には、ANSTO にて公開セミナーが開催された。本セミナーには約 50 名の参加があった。午後には、ANSTO におけるテクニカル・ビジットが実施された。

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、低レベル放射性廃棄物処分場の現状(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)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9つの法域(州)から成る連邦国である。各州には独自の政府が存在し、独自の放射線防護法が制定されており、独自の放射性規制当局が設けられている。つまり、各州は放射能に関する独自の規則と定義を有している。連邦規制当局であるオーストラリア放射線防護・原子力庁(ARPANSA)は、規則を標準化するために放射線防護全国指令を策定している。これらの規則は国際原子力機関(IAEA)文書に基づき、あらゆる放射線防護のベンチマークとして国際的優良慣行を使用している。過去に ARPANSA は、規制当局が政府から直接的に財政的支援を受けるのではなく、放射線利用の認可取得者から資金提供を受けるという総費用回収モデルに移行することを表明した。

オーストラリア国内の産業担当官を含む放射線安全担当官は、研究所における電離放射線安全に関するオーストラリア規格を改正した。その後この規格書は、規制当局が放射線作業者に対する認可要件として利用する基準となっている。これはオーストラリアで成長を続ける民間の放射線防護サービス企業、オーストラリア原子力科学技術機構(ANSTO)、防衛分野、大学に適用される見込みである。

2017年8月22日にANSTOにおいて、品質管理技術者が高濃度のモリブデン-99(%Mo)放射性医薬品を誤って手の上にこぼす事象が発生した。2つの手袋に生じた汚染は数日のうちに除去された。被ばく線量は年間限度量の40倍に達し、INESレベル3(国際原子力・放射線事象評尺度による)の事象に該当した。この事象を契機にANSTOのリスク評価方法が変更された。リスクが中程度であるか、より厳格な管理が要求される高いレベルであるかどうかを評価するのではなく、発生する可能性が非常に低いかどうかに関係なく、その影響度が高いかどうかを現在では評価している。この事象は影響度が高いと見なされたが、発生する可能性の低い事象と判断されたので、工学的または隔離管理は導入されなかった。

オーストラリアの国営放射性廃棄物管理施設の設立が進められており、本ワークショップ中の公開セミナーでその詳細が説明される。このプロセスは1979年に開始され、プロジェクトは1992年から正式に始まった。用地は2003年に選定されたが、地域からの支持が得られず、法的な異議申し立てによりプロセスは停止した。その後このプロセスは自発的な申し出のある用地に変更され、現在のところ28の候補地の中からの選別を通して、すべて南オーストラリア州の3ヶ所の用地に絞り込まれている。調整された放射性廃棄物のみが国営放射性廃棄物管理施設に移送されるように、ANSTOはすべての廃棄物ストリームを調整する能力の開発に努めている。ANSTOは他の組織の放射性廃棄物を有償で調整する可能性も検討している。これは放射性廃棄物の受入基準と所有規則の策定に依存する。

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)

プレゼンテーションは同国内の放射性廃棄物の発生源に重点が置かれた。バングラデシュでは医療や農業、工業、研究、教育等の原子力技術を利用する各種の活動で放射線源を使用することにより密封線源と非密封線源両方の放射性廃棄物が発生する。2018 年までに国内の様々な利害関係者から発生する放射性廃棄物の量をプレゼンテーションで紹介している。処理済みと未処理両方の放射性廃棄物はバングラデシュ原子力委員会(BAEC)にある保健物理学放射性廃棄物管理ユニットの中央放射性廃棄物処理・貯蔵施設に安全に貯蔵されている。

放射性廃棄物処分場の線量率を評価するために、国周辺の気象データを収集し、水理学的パラメーターとコンピューター・コード(例えば、RESRAD や AMBER 等)を調査する取り組みが進められている。プレゼンテーションでは、放射性廃棄物処分場を国内に設置する上での課題もいくつか手短に取り上げている。

c) 中国(中国核工業放射線防護研究院 アン・ホンシャン氏)

中国では原子力エネルギーと原子力技術を応用する場合に、低レベル放射性廃棄物 (LLW)が発生する。LLW は浅地処分場で処理することが定められている。中国では地域別の 処分政策が履行される。中国では LLW 処分場として 2 つの浅地処分場が稼働している。その 1 つは広東省の北龍処分場であり、もう 1 つは甘粛省の西北処分場である。これらの処分場は 認可を取得しており、数年にわたり運転が続けられている。一部の LLW はこれらの処分場で処分されている。しかし、多くの低レベル放射性廃棄物は適時に処分されておらず、サイトに貯蔵されているのみである。国家原子力エネルギー計画に対応するために、5 つの低レベル放射性廃棄物処分場を将来建設することが計画されている。複数の原子力発電所(NPP)がある省では、LLW 処分場の立地選定が現在進められている。立地選定に際して中国は、他の諸国と同様に、社会的感受性の高さ、社会的受容の難しさ、明確な地域エゴ(NIMBY)の姿勢という問題に直面している。

d) インドネシア(インドネシア原子力庁 スシプタ氏)

インドネシアにおける放射性廃棄物管理施設を支援および補完するために、BATAN は処分施設の準備計画を提案した。低レベル放射性廃棄物(LLW)の処分に関連して、BATAN は1) スルポン原子力エリアに実証用処分施設を建設する計画、2) ジャワ島での立地選定と特性評価、および 3) バンカ・ビリトン島における NPP 放射性廃棄物処分場建設の候補地域の特定等、いくつかの活動を実施した。スルポン原子力エリアに建設を計画する実証用処分場は浅地処分タイプである。この設計は、放射性廃棄物インベントリーと用地の環境地質条件との最適化に基づく。ジャワ島における処分施設の立地選定と特性評価は記述法、机上調査、現地調査/測量、実験室分析、地理情報システムを利用した評価に基づいて実施された。これらの活動から約6件の候補地が選定され、次回にさらに綿密な検討を継続することによって候補地は約3件に絞り込まれる。バンカ・ビリトン島における NPP 放射性廃棄物処分場建設の候補地域の特定プロセスは、ジャワ島での立地選定とほぼ同様の方法で実施された。バンカ・ビリトン島におけるこの活動の結果として、西バンカと南バンカ・リージェンシーに8件の候補地域といくつかの候補用地が選定された。

e) 日本(日本原子力研究開発機構 齋藤龍郎氏)

日本の国別報告として、下記の5件の議題を紹介する。

- 1. 日本における放射性廃棄物の処分コンセプト
- 2. 日本原子力研究開発機構(JAEA)の処分事業の枠組み
- 3. JAEA 処分施設の概念設計
- 4. 処分に関する予備安全評価
- 5. 処分プロジェクトの基本的なスケジュールとプロセス 要約して以下のとおり報告する。
- ・JAEA は日本における原子力エネルギー研究/医療、工業分野で放射性同位体が利用される ことに伴って発生する LLW の処分プロジェクトを推進している。
- ・JAEA は透明性と公平性をもって処分プロジェクトの立地選定プロセスの準備を進めている。
- ・JAEA は処分施設の設計、建設、運転に関する技術項目の開発に努めている。
- f) カザフスタン(カザフスタン国立原子力センター エフゲニー・トゥール氏)

カザフスタンでは低レベルから高レベルまでのあらゆる種類の放射性廃棄物が大量に蓄積され、常に発生しているため、放射性廃棄物の管理は優先度の高い活動である。軍事産業施設の運転、ウランおよび非ウラン産業によって、また原子力施設の運転や同位体生産用途の結果として放射性廃棄物が発生した。

現在のところ、総放射線量が 295,000Ci を超える約 2 億 3,000 万トンの放射性廃棄物(主に低レベル)がカザフスタンに蓄積されている。放射性廃棄物の回収と安全な貯蔵、および放射能汚染地域の復旧を目指す取り組みが継続して行われている。

現時点でカザフスタンには、石油・ガス産業の天然放射性核種汚染機器の処分とウラン採掘 放射性廃棄物の処分を行う浅地処分場がいくつか設けられている。

「放射性廃棄物と放射線源の処理と長期貯蔵のための共和国センター」プロジェクトが現在 策定されている。さらに、総容積 50 立方メートルの核実験放射性廃棄物を処分する施設の建 設も計画されている。

「コシュカル・アタ放射性および有毒性廃棄物鉱滓集積場の復旧」プロジェクトでは、フィージビリティ調査が進められ、これに対して国の専門技術機関から前向きな意見が寄せられており、設計書と見積書が作成されているところである。この集積場に隣接する村の微気候、環境および衛生状態を安定化させるために、総面積 8.2 ヘクタールの緑地区域整備計画が始まっている。さらに、3kmに及ぶ緑地帯の整備も計画されている

g) 韓国(韓国原子力研究所 キム・ヒョンチョル氏)

韓国では、低レベルおよび中レベル放射性廃棄物(LILW)処分施設が 2014 年 12 月より建設されている。総容量 800,000 本のドラム缶(200 L)の達成が計画されており、フェーズ 1 の施設は 100,000 本のドラム缶(200 L)の容量を有する 6 基のサイロ形状で海面下 130 メートルの地下に建設された。フェーズ 2 の地上処分施設は 125,000 本のドラム缶(200 L)容量を備える施設として現在建設中である。韓国放射性廃棄物局(KORAD)が処分施設の放射性廃棄物管理を担当する。この機関は処分場周辺の環境放射線と放射能を監視するために、環境放射線サーベイプログラムを運用している。現在、原子力発電所と韓国原子力研究所(KAERI)を含む原子

力施設から 14,446 本のドラム缶が LILW 処分施設に移送され、これは地下施設の総容量の 14.5%に相当する。現時点で90,308 本のドラム缶の運転放射性廃棄物が原子力発電所に一時 貯蔵されている。

h) マレーシア(マレーシア原子力庁 ノラサルワ・ビンティ・ザカリア氏)

マレーシアは安全およびセキュリティの目的で放射性廃棄物管理施設の改善を確約している。これには放射性廃棄物の処理、貯蔵および処分のための準備が含まれる。ボアホール処分施設の建設開始が次年度に見込まれており、これと同時に遅くとも研究炉の廃止措置が講じられる時点で国営低レベル放射性廃棄物処分場の設立が計画されている。それにもかかわらず、処分場に関する活動が始まったのは概念設計開発が行われた 2005 年にまで遡り、その後2011 年にエリア調査および予備選別に関する国によるプログラムが策定された。処分場の処理能力と技術的能力の向上を目指す取り組みは、訓練、協力、専門家のレビューを通して継続的に行われている。

i) モンゴル(モンゴル特別調査局 アリウンサイカン・イシュジャムツ氏)

モンゴルの規制機関、法的枠組み、放射性廃棄物の管理を含む放射線防護インフラについてプレゼンテーションで取り上げられた。さらに国別報告では、放射線安全と放射性廃棄物の管理に関する新しい規制、中央長期貯蔵施設の運用、放射性廃棄物管理に関する課題と問題、IAEAと欧州委員会プロジェクトの簡単な紹介も行われた。

モンゴル政府の政策履行は放射性廃棄物の貯蔵、処理、処分等の活動に従っており、これらの活動には核および放射性廃棄物、放射線源、ならびに放射性同位体の核物質防護の信頼性を保証する高精度の技術が要求される。

モンゴルは IAEA の技術協力の範囲内で放射性廃棄物管理に関する国家戦略と政策を策定している。モンゴル原子力委員会(NEC)は 2016~2018 年に「モンゴルの国家放射性廃棄物管理能力の確立」プロジェクトを実施している。このような放射性廃棄物管理のプロジェクト基盤の結果、人的および技術的能力が向上している。

モンゴルは安全な処理(前処理、処理、調整)、貯蔵および輸送を確実に行うために、優れた技術的能力と人材育成を通して事前処分プロセスを確立することによって、安全な管理を作り上げる必要がある。

欧州委員会との協力に関して、NEC は「モンゴルにおける原子力安全、および放射線安全と 核保障措置の強化に関する規制制度」と題するプロジェクトを実施している。このプロジェクトの 下で放射性廃棄物管理の安全規制草案が作成されている。

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

有害な廃棄物の管理に関するフィリピンの一般的方針は、共和国法 6969「1990 年有毒性物質および有害な核廃棄物規制法」に定められている。しかし、これは適用範囲が限定されており、現在下院法案を通して、特に包括的な放射性廃棄物管理プログラムの策定を目指す「有害および放射性廃棄物管理法」の改正が進められているところである。使用済燃料の管理に関する政策についても、「包括的原子力規制枠組み規定法」に関する下院法案を通して策定が進められている。放射性廃棄物管理に関連する新しい規制も同様に策定されており、その審査と公布の準備が現在行われている。

フィリピン原子力研究所は放射性廃棄物の管理と中間貯蔵を行うための事前処分施設を運転している。同国には稼働中の原子力発電所と研究炉がないため、放射性廃棄物の大部分は工業および医療用途から発生する。カテゴリー1~5 の使用されていない密封線源(DSRS)、固体廃棄物、水性液体廃棄物、DSRS の Am-241 の管理戦略が示された。約50 立方メートルの固体廃棄物、8 立方メートルの液体廃棄物、約5,200 ユニットの DSRS がある。

フィリピンも同様に、低レベルおよび中レベルの放射性廃棄物に適した処分場を特定している過程にある。浅地とボアホール両方の処分施設を共同設置する設計概念が策定されている。この設計は最大 50 立方メートルの LLW と約 159,000 本のドラム缶に相当する ILW を収容可能である。この設計では、フィリピンの研究炉 1 号機の廃止措置により生じる可能性のある廃棄物を含む既存および予測される放射性廃棄物が考慮された。立地案はマニラの北約 600 kmに位置する用地である。放射性廃棄物処分場の適合性を判断するために、地震活動、水文地質、気候および地球化学的な調査等の立地調査が 2004 年以降に実施されている。立地特性は処分場として適していると判断できることが初期調査の結果から確認されている。セーフティケースが現在作成されており、これは繰り返されるとともに、審査の対象となる。さらに、セーフティケースの作成完了、社会的受容、用地のアクセシビリティ等に必要なその他の作業も特定された。

k) タイ(タイ原子力技術研究所 ナンタバン・ヤアナント氏)

タイでは最近、放射性廃棄物管理と使用済核燃料管理に関する国家政策が起草されている。持続可能で費用効果の高い手法で現在と将来にかけて人の健康と環境を防護するために、タイの放射性廃棄物と使用済核燃料は安全に管理されることになる。この目的のために必要時に拠出される資金の確保を政府は保証することになる。放射性廃棄物を発生、処理、または所有する認可取得者は、放射性廃棄物が放射性廃棄物管理機関(タイ原子力技術研究所が担当)によって受け入れられるまで、放射性廃棄物の安全な管理に対して責任を負う。最終的に、再利用や放出、ないしクリアランスが不可能なタイの放射性廃棄物はすべて、認可された放射性廃棄物処分施設で処分される。タイ政府は放射性廃棄物処分施設に関する選択肢を調査し、当該施設の管理責任を政府当局の1つに任命する。原則および安全評価は、処分システムのパフォーマンスを評価するための手順、および主要目標として処分システムが人の健康と環境に対して及ぼす潜在的な放射線の影響である。処分場閉鎖後の潜在的な放射線影響は、障壁の劣化等の漸進的プロセス、および廃棄物の隔離に影響する個別の事象から生じることがある。処分場の技術的容認性は廃棄物インベントリー、処分場の工学的特徴、用地の適合性に大きく依存する。

法的枠組みは原子力の平和的利用法 2559(2016 年)、および放射性廃棄物の処分認可(起草中)に関連するその他の規制法に基づく。事業者は国内インベントリーを利用して放射性廃棄物の受入基準と施設の設計を策定する。現在のところ、タイの立地選定の準備にあたり、1) 気候条件(降雨や異常事象)、地質学的特性(地震や断層活動、浸食、水文地質学)、物理的な立地特性(洪水や干ばつ、地滑り)等の容認可能な用地の特性、および 2) 社会的特性(将来の発展/利用見込み)を調査している。課題としてタイは洪水が発生しやすい国であり、洪水は定期的に生じるため、洪水の被害を受ける住民と資産の数は増加し、このような危険に伴う損害が増加し続けると予想されることが挙げられる。放射性廃棄物処分施設の立地選定は、技術的およびその他の考慮事項を検討する必要のある適切な場所の選定プロセスについて言及するこ

とになる。現在のもう 1 つの主要な要素は社会的受容性である。政治的要因と社会的関心も非常に重大な課題である。

1) ベトナム(ベトナム原子力研究所 ファム・ミン・クァン氏)

ベトナムの放射性廃棄物は研究、工業、医療用途、研究炉の運転、放射性医薬品の製造から発生する。天然放射性核種(NORM)と人為的に濃度が高められた天然放射性物質(TENORM)は採鉱、鉱物砂処理やその他の資源部門によってベトナムで発生する。ベトナムには原子力発電所はない。

ベトナムでは現在、電力需要の増加に対処し、かつエネルギー安全保障を確実にするための原子力発電の導入を延期している。ニントゥアン省の2基の原子力発電所プロジェクト(ニントゥアン1号機とニントゥアン2号機)のフィージビリティ・スタディ段階に入っているところである。

現在までベトナムには、国内で使用された放射線源と放射性廃棄物の貯蔵施設はない。

このプレゼンテーションには以下の主要内容が含まれている: 放射性廃棄物の管理政策、法 的枠組み、ベトナムにおける現在の放射性廃棄物管理、低レベル放射性廃棄物の中央施設の 立地選定とその課題、ベトナムにおける放射性廃棄物管理の計画と提言。

ii) 統合化報告書

3 ヶ国が、統合化報告書のテーマである低レベル放射性廃棄物処分場について、以下のとおり 発表を行った。

a) 韓国(韓国原子力研究所 キム・ヒョンチョル氏)

韓国政府は 1980 年代初頭以降、放射性廃棄物を安全に管理するための処分場の確保に努めてきた。低レベルおよび中レベル放射性廃棄物処分施設の建設を 2008 年までに完了することを目的として、「国家放射性廃棄物管理政策」が 1998 年に制定された。しかし、立地選定は失敗した。2005 年に処分施設候補地として 3 つの都市が用地の提供を申し出たが、住民投票による89.6%の支持率により慶州が低レベルおよび中レベル放射性廃棄物(LILW)処分施設用地として選定された。

低レベルおよび中レベル放射性廃棄物処分施設は、800,000 本のドラム缶(200 L ドラム缶) に相当する総処理能力を有する施設として建設が進められている。100,000 本のドラム缶に相当する処理能力を備える地下サイロ処分施設を建設する第 1 フェーズは 2014 年に完了した。 125,000 本のドラム缶に相当する処理能力を備える地上処分施設を建設する第 2 フェーズは 2019 年に完了する見込みである。浅地処分は地下深度が約 30 m の天然および人工の障壁を使用する手法であり、人工障壁を利用する処分は安全を確保するために幅広く利用されている。 放射性廃棄物の処分手順は次のとおりである:1. 廃棄物発生事業者によるパッケージ化、2. 事業者施設での一時貯蔵、3. 韓国放射性廃棄物局(KORAD)による予備的検査、4. 処分場への海上および陸上輸送、5. 受入と検査、6. 地下サイロへの定置。

b) マレーシア(マレーシア原子力庁 ノラサルワ・ビンティ・ザカリア氏)

浅地処分場は立地選定、セーフティケース、設計、利害関係者とのコミュニケーション等の要素を含む大規模なプロジェクトである。これを実現するには、マレーシアの場合、ボアホール処分プロジェクトを通して多くを学習してきた持続可能な支援システムが確実に必要となる。この

報告では用地の特性評価、安全評価、プロジェクト管理、セーフティケースの作成等、ボアホールの実施経験を共有している。

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

カザフスタンでは、環境に対する影響を最小限に抑える目的で、かつてのウラン鉱床処理企業を再建する活動を通して、重要な実務を習得してきた。

国内の乾燥地域には比較的単純な復旧技術および手法を適用し、基本的な戦略として汚染地表面の機械洗浄、建物の除染と構造物の撤去およびその後の処分、岩盤や脆弱な鉱石集積場の地表面上での様々な覆土の形成等の手法を選択した。

炭化水素原料の採掘によって環境に蓄積する天然放射性核種に関連する放射線安全に伴う課題も同様に、カザフスタンにとって非常に重要である。広大な地域が汚染され、油田採掘活動を通してその汚染は継続する。しかし現在は、放射線による有害性を含む油田機器の堆積物の除去および発生する放射性廃棄物の処分を効果的かつ生態学的に安全に行う手法が適用されている。

低レベル放射性廃棄物は浅地処分施設で回収される。カザフスタンの処分施設はすべて地上施設に分類され、坑道または溝がある。坑道の側面と底面は水平で、固められている。坑道の底面、上面、側面には粘土固体層が配置される。処分場周辺で発生する可能性のある地下水汚染を監視するために、観測井が最初の帯水層まで掘削される。

iii) パブリック・アクセプタンス(PA)

2 ヶ国が、放射性廃棄物処分場に関するパブリック・アクセプタンス(PA)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)

スリーマイル島、チェルノブイリ、および特に福島のシビアアクシデントの発生に公衆は多大な関心を寄せた。日本では原子力発電所の多くが運転を停止した。タイを含む多くの国では新規の原子力発電プロジェクトの認可が保留された。原子力安全目標の策定と社会的受容に関連する内容は、国内の放射性廃棄物管理を含む原子力発電計画にとって非常に重要である。放射性廃棄物の社会的受容は、技術と行政が交差する主題である。タイ原子力技術研究所(TINT)は現在、新規の核研究用原子炉と新規の放射性廃棄物管理施設および社会的受容を促進するためのパブリック・コミュニケーション・プロジェクトに取り組んでいる。この目的は、同研究所の科学的業務、原子力技術、放射線利用と放射性廃棄物管理について公衆との良好なコミュニケーションを図ることである。TINTの研究者は公衆との対話や質疑応答を通して公衆からの信頼を得るために、学校でコンサルタントを務めたり、地域活動に参加したりする機会の利用に努めている。パブリック・コミュニケーションは社会的受容にとって非常に重要である。良好なコミュニケーションを図るためには担当者の義務感と性格が必要な要素となる。次世代に向けた科学教育も重要な役割を果たすと考えられ、これは今後の重要な検討課題となる。

b) 日本(電力中央研究所 荻野晴之氏)

東京電力福島第一原子力発電所事故後に、オフサイトで発生した放射性廃棄物の社会的 受容における自身の経験、また、意思決定手順における利害関係者の関与の主要要素に関わ り、2つのケース・スタディを紹介する。 ケース・スタディ 1 は福島県伊達市の除染作業から生じた汚染土の仮置場を地域内のエリアで見つけ出すプロセスに関するものである。ケース・スタディ 2 は茨城県高萩市で指定廃棄物 (8,000 Bq/kg を超えるセシウ-134(134Cs)およびセシウム-137(137Cs)の処分場を割り当てるプロセスに関するものである。

伊達市(ケース・スタディ1)では、公聴会のための説明会が2011年7月から開始され、最初 の5カ月で83回の説明会が開催された。地域住民は被害者の立場から批判的な見解を表明 し、科学的な問題に加えて、1 カ所に放射性廃棄物を回収することによる被ばくレベルの増加 について懸念し、仮置場の設置に強く反対した。地域住民との対話を通して努力を重ねた結果、 最初の仮置場が 2011 年 10 月に伊達市に設けられた。地域住民向けに施設の巡回視察会が 開かれ、建設前の地面の除染と地面に敷いた砂利(厚さ約 20 cm)の遮蔽効果による放射線レ ベルの低減(例えば、2012 年 7 月 22 日時点で毎時 2.5 μSv から毎時 0.8 μSv に低減)を地域 住民は確認した。地域住民の態度は受動的な姿勢から能動的な姿勢に変化し、子供の防護 (例えば通学路)に優先度を高くすることを表明し、これは次の仮置場用地を見つけ出す作業に 対する住民の協力につながった。所見の1つとして、初期の仮置場は日常生活環境からできる だけ遠ざけるように山間部に建設されたことが挙げられる。これは「地域エゴ」(NIMBY)の問題 と呼ばれる。しかし、時間が経過し、情報が幅広く共有されるにつれて、後の仮置場の一部は 日常生活環境の近くにも建設されるようになり、地域住民は自ら安全性を確認できるようになっ た。要約すると、ケース・スタディ 1 では貯蔵施設の建設に先立ち、市長の強力な指導力により、 また放射線防護専門家からの技術的支援を得て、地方自治体が地域住民と積極的に意見を 交換した。安全に関する情報はいくつかの手段を通して幅広く共有されたので、正確な理解が 得られ、その後の建設が加速される結果になった。地域住民と地方自治体との相互信頼がカギ となった。

これに対して高萩市(ケース・スタディ 2)では、指定廃棄物の処分施設を割り当てるプロセス は、意思決定手順に関与する利害関係者に関する問題に直面した。2018年6月30日時点で、 指定廃棄物(例えば、焼却灰、下水汚泥、浄水土壌廃棄物、稲わら、堆肥)の総量は日本国内 で 210,000 トンを超える。これらは各県に建設される予定の処分施設に移送されることになる。 2012 年 9 月 27 日に環境省の職員が高萩市を訪問し、同市内の国有林区域が県内で発生し た指定廃棄物の処分施設候補地になっており、2013年の夏に仮の建設計画を提示し、2014 年の春に運用を開始することを提案した。その選定は一方的な決定(全く予期しない決定)であ ると高萩市長は非難し、その受入を断る正式な声明を発表した。その後に反対運動が起こり、こ れは市民の 1/3 を超える署名運動によって支持され、処分施設案は最終的に拒否された。環 境省はこの経験を踏まえ、全国の市長との会議を企画し、提案を提示する前に中央政府と地方 自治体とのコミュニケーション不足等の重要問題を特定し、立地選定前に専門家による綿密な 調査と技術的評価を行う必要性、および各地方自治体の背景的状況を考慮に入れる必要性を 確認した。要約すると、福島だけでなく、その周辺の県の指定廃棄物にも対処する必要性があ ることをケース・スタディ 2 から私たちは学んだ。 高萩市の経験は一例に過ぎないが、これは日 本国内の処分施設の選定プロセスに変化をもたらした。各県では共通理解の確立、および専 門家による評価と安全性調査の実施を含めて、学んだ教訓に留意しながら継続的な取り組み が行われている。

福島の原子力発電所の事故後、日本の放射線医学総合研究所により人口放射線と自然バックグラウンド放射線の線量スケーリング・マップが開発され、放射線量とリスク情報の普及がなされた。また、2016 年 12 月に日本原子力学会が公表した見解声明には、国際放射線防護委員会が勧告した放射線防護目標のがん死亡率の増分リスク(例えば、100 mSv の実効線量で0.5%)に関する説明、および日本の各都道府県における生涯がん死亡リスク(最大 28.3%、最小23.7%、平均25.4%)の計算に関する科学的所見が含まれている。日本のがんリスク以外にも、オーストラリアの5 地域(ニューサウスウェールズ、南オーストラリア、タスマニア、ビクトリア、西オーストラリア)における生涯がん罹患リスクとして、被ばくの増分リスクが自然がんリスクに追加される点を十分に認識しておく必要がある。

結論として、福島の事故後の日本の取り組みにより、利害関係者は意思決定手続きの初期 段階から適切に関与すべきであることが立証されている。社会的受容に関しては、科学知識の 普及が平穏、そして同様に信頼を取り戻す上で極めて重要である。

以上の経験は事故後の状況について珍しいものであるかもしれず、すべての要素を完全に 網羅しているとは限らない。しかし、FNCA参加国で通常の状況時に放射性廃棄物処分施設を 計画する際に、検討する必要のある共通点が存在すると思われる。

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:2018年9月11日(火)~13日(木)
 - ii) 場所:中国、北京市
- iii) 主催:文部科学省(MEXT)、国家核セキュリティ技術センター(SNSTC)
- iv) 参加者:バングラデシュ、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1名、中国7名、日本9名、合計23名(添付資料2.7.2(p165)参照)
- v) 日程:添付資料 2.7.3(p168)参照

本ワークショップは、2018 年 9 月 11 日 \sim 9 月 13 日までの 3 日間、中国の北京市において開催された。

初日には、国家核セキュリティ技術センター(SNSTC)副所長のリ・セン氏、および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 2017 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、核鑑識について円卓討議が行われた。

2 日目には、はじめにサイバーセキュリティの規制枠組みとキャパシティ・ビルディングについて発表が行われた。次に、追加議定書(AP)実施の良好事例とキャパシティ・ビルディングについて円卓討議が行われた。最後に、ワークショップの全体のまとめが行われた。

最終日には、テクニカルビジットとして、SNSTCの展示ホール、分析研究室、環境試験研究室、出入管理施設、模擬核物質貯蔵庫、対テロ訓練施設を視察した。

2) 各国発表概要

i) カントリーレポート

2017 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・保障措置に関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 「核物質の防護に関する条約」(核物質防護条約)の改正版である「核物質の防護に関する条約の改正」(改正核物質防護条約)を2017年7月に発効した。国際原子力機関(IAEA)の核セキュリティ統合支援計画に基づき、検知戦略に関する専門家ミッション、核セキュリティのための核物質計量管理のトレーニングコース、設計基礎脅威に関するワークショップを2017年にダッカで実施する予定であったが、「IAEAの特権および免除に関する協定」の問題が解決していないためにすべて延期となった。バングラデシュ原子力委員会(BAEC)が2018年にダッカで主催できるよう、問題の解決のため最善を尽くしている。米国エネルギー省(DOE)国家核安全保障局(NNSA)の放射性物質セキュリティ局(ORS)の専門家チームがダッカにあるすべての原子力・放射線施設を訪問し、米国DOEの地球的脅威削減イニシアティブのもとで完了し

た核物質防護対策強化について確認した。また、BAEC とバングラデシュ原子力規制機関(BAERA)が ORS の専門家チームとの会合を設定し、放射性物質のセキュリティと核セキュリティに関する今後の協力について、特に米国エネルギー省(DOE)/国家核安全保障局(NNSA)の国際核セキュリティプログラムの範囲内で可能な協力について議論した。

- ② 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。また、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 自発的に IAEA 保障措置の適用を受けている石島湾原子力発電所と陝西省のウラン 濃縮工場の2つの民生用原子力施設について、IAEA に毎年、保障措置報告書を提出 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。核セキュリティの上位法にあたる原子力法案が審査、承認手続き中である。また、核セキュリティに関する規制の制定を進めている。2016 年 3 月に中国における核セキュリティやキャパシティ・ビルディングを総合的に支援するための核セキュリティ関連の人材養成を行う中核的拠点として国家核セキュリティ技術センター(SNSTC)が活動を開始した。ガーナの高濃縮ウラン研究炉改造計画が2017 年 8 月に成功裏に完了した。2017 年 9 月に IAEA の国際核物質防護諮問サービス(IPPAS)ミッションを受け入れた。
 - ③ IAEA、米国 DOE との協力で核セキュリティに関するトレーニングコースおよびワークショップを開催し、参加している。核セキュリティ文化の意識向上を図るための冊子の発行や国内の原子力関係者を対象としたカリキュラム開発を行った。
- c) インドネシア(インドネシア原子力庁 ハイルル氏)
 - ① 物資収支区域(MBA)の通常査察(事前検認(Pre PIV)および追加議定書(AP)、実在庫検 認(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ポンで IAEA による PIV が実施され、2017 年 7 月にジョグジャカルタで IAEA による再検認および 補完的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の開発を進めている。また、2018 年も保障措置に関するトレーニングを実施している。
 - ② 2016 年から 2018 年にかけて、BAPETEN が核物質防護、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。2017 年にジョグジャカルタでBAPETEN がインドネシア原子力庁(BATAN)やセキュリティ関連の事業者とともに机上解析を実施し、物理的防護システムの評価を行った。2018 年はスルポンでBATAN が核物質の防護および原子力施設の核物質防護に関するトレーニングコース、性能試験に関するトレーニングコースを実施する。BAPETEN と IAEA が 2018年8月にジャカルタ・パレンバンで開催された第18回アジア競技大会をサポートし

た。また、米国 DOE の支援を受けて BATAN と BAPETEN がサイバーセキュリティ に関するワークショップを開催した。

③ 2018 年に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を導入する。 BATAN 核セキュリティ文化・評価センターがジャカルタ郊外のパサジュマ地区にある放射線利用施設の核セキュリティ文化の自己評価を行った。原子力施設における核セキュリティ文化を促進、向上させるための個人および管理者の役割に関する実務的なハンドブックを作成中で、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が進められており、2017 年にガジャマダ大学の修士課程のプログラムに導入された。2018 年には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核セキュリティ関連の研究センターを2019 年に設立する予定である(2017 年末に設立案が提出された)。また、インドネシアは研究炉における核セキュリティ文化の自己評価の経験を共有し、IAEA の核セキュリティ文化の醸成の程度を評価する手法の開発に関する調整研究プロジェクトのTECDOC(技術文書)にレポートを提出した。

d) 日本(文部科学省 春日章治氏)

- ① 日本政府と IAEA が締結した保障措置協定に基づき、IAEA が前年に実施した保障措置活動について評価結果をとりまとめた「保障措置声明」の 2017 年版が 2018 年 6 月に公表され、2003 年以降連続して、我が国にあるすべての核物質が平和的活動にとどまっているとの評価(「拡大結論」)を得た。東京電力福島第一原子力発電所については、2016 年に 1~3 号機の既存のモニタリングシステムが強化され、2017 年に5 号機、6 号機および使用済燃料共用プールにおけるランダム査察体制が再開された。
- 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の強化を進めている。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 原子力規制委員会が原子力事業者の幹部を対象に核セキュリティ文化についての説明会を開催した。また、原子力事業者の幹部を対象に個別ヒアリングを行った。

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

- ① 新原子力法案に核物質の計量管理、AP、核兵器開発の禁止、および保障措置に必要な基本的要件が含まれた。AP は 2005 年 11 月に署名したが、まだ批准していない。
- ② 核セキュリティの基本原則、脅威評価、設計基礎脅威、および核物質防護の要件が 記述された新原子力法案第5章がマレーシア司法長官室で審査中である。初動対応 者のトレーナー研修を行うインストラクターを養成するワークショップ(2017年3月)、内部検知のための標準業務手順書(SOPs)の試験的実施に関するワークショップ (核セキュリティのための予防、検知および対応における原子力許認可委員会(AELB) とマレーシア国家警察との間の SOPs の手段と責務の評価)(2017年11月)等、数々の ワークショップを開催した。2017年8月~9月にはクアラルンプールで開催された

- 第29回東南アジア競技大会に備えて、IAEAから機器の提供を受け、核物質および 放射性物質を検知するための管理を行った。また、キューバとバーレーンから、マ レーシアの核検知能力の視察を受け入れた。
- ③ 核セキュリティ文化と自己評価に関するワークショップ(2017年10月)、核セキュリティ文化と自己評価に関するトレーナー研修(2017年11月)、上級管理者を対象とした核セキュリティ文化に関するセミナーおよびワークショップ(2017年3月)を開催した(ワークショップには保健省、AELB、ケバングサン(マレーシア国民)大学、マレーシア工科大学等の様々な機関が参加した)。また、マレーシアはクアラルンプールにあるアンパン病院における核セキュリティ文化の自己評価の経験を共有し、IAEAの核セキュリティ文化の醸成の程度を評価する手法の開発に関する調整研究プロジェクトのTECDOCにレポートを提出した。2018年3月には、核セキュリティ文化の自己評価を支援するため、専門家の調査を実施した。
- f) モンゴル(国家専門検査庁 バトゲレル・バータル氏)
 - ① 2003 年 5 月に署名した保障措置協定に基づき、AP 実施を継続している。原子力委員会が IAEA に年 1 回および年 4 回の申告を行っている。現在、申告のためのポータルサイトの利用を試みている。また、IAEA から事前通告を受け、2018 年 9 月に中央地質研究所への補完的アクセスが実施された。欧州連合(EU)/原子力安全協力機関(INSC)の協力を得て保障措置に関連する規制作りを進めている。
 - ② 米国 DOE の協力で放射線測定ポータルモニターを新ウランバートル国際空港に設置し、また、国境警備に関するトレーナー研修を実施した。2018年7月に米国と中国の共催で開催された核密輸を防ぐための核物質の測定に関する地域ワークショップに出席した。
- g) フィリピン(フィリピン原子力研究所 マリア・テレサ・サラビト氏)
 - ① 独立した規制母体の「フィリピン原子力規制委員会」を設立する包括的原子力規制 法が 2018 年 9 月にフィリピン国会で審議される。
 - ② 2017年に統合保障措置の適用が開始され、今後は IAEA の査察の回数が削減される。 毎年、IAEA にセキュア通信で核物質計量管理報告を提出している。
 - ③ フィリピン国会へ改正核物質防護条約の批准について再提出した。2018年4月に核セキュリティ総合支援計画の見直しと更新が行われた。IAEA、米国 DOE の支援でフィリピン核セキュリティ支援センターの設立が計画されており、2018年7月にIAEA の核セキュリティ支援センター(NSSC)の活動で、核セキュリティ支援センター設立のためのステークホルダーとのギャップ分析と評価が行われた。また、2017年の大規模な公共イベントにフィリピン原子力研究所(PNRI)の専門家チームが出席した。
 - ④ 許認可取得者を対象とした核セキュリティのトレーニングのすべてに核セキュリティ文化を取り入れた。
- h) タイ(タイ原子力庁 ソラトス・タンティディーラビト氏)
 - ① 2017 年 11 月に AP を批准した。2018 年に IAEA による補完的アクセスを 2 回受け 入れる。米国 NNSA 開催のワークショップでスリランカと AP 実施の経験を共有し

た。また、IAEA、米国 NNSA、米国 DOE、日本原子力研究開発機構(JAEA)と絶えず協力して、輸出管理、デュアルユース(民生用および軍用双方に使える)品の規制、ステークホルダーとのコミュニケーション、保障措置に関連する細則の技術支援等、AP 実施を積極的に働きかけている。

- ② 2018 年 3 月に核物質防護条約を締結し、改正核物質防護条約を批准した。2018 年 3 月に核鑑識に関する国際机上訓練を主催した。2018 年 3 月~6 月に国家安全委員会、対テロ対策センター、タイ原子力庁(OAP)が地方当局と共同で国内向けの危機管理研修を実施した。原子力法細則(核物質防護条約、テロ活動への資金援助および大量破壊兵器拡散の防止・禁止)が政令審査委員会に承認された。2018 年 7 月に包括的核実験禁止条約(CTBT)法が制定された。2018 年に IAEA に核セキュリティ統合支援計画を提出した。
- ③ 核セキュリティ文化の醸成のため、トレーニングの実施やステークホルダーとのコミュニケーション、原子力法で定められた規制やガイドラインの改定を進めている。
- ④ OAP、国際法執行アカデミー、チュラロンコーン大学が核セキュリティ・保障措置 分野のトレーニングを提供している。
- i) ベトナム(ベトナム放射線・原子力安全庁 ファン・バン・タン氏)
 - ① 2018 年は AP 実施の 5 年目で、IAEA に 102 の申告を提出している。IAEA から 2 時間前の事前通告を受けて 9 回の補完的アクセスを受け入れた。ベトナムは IAEA から「拡大結論」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)の助言を受けて、計量管理報告、AP で義務付けられている申告、その他の保障措置関連情報を管理するための情報管理システムを導入している。この他、INSEP により、事業者を対象とした AP の附属書 I,II に関する普及活動(2017 年 8 月) や保障措置の査察に関するワークショップ(2017 年 9 月)が実施されている。
 - ② 放射線取扱施設に放射線源の移動追跡装置を提供する線源位置追跡システム (RADLOT)の試験計画が 2017 年 9 月に完了した。2017 年にベトナムが議長国を務めた第 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 から携帯型機器の提供を受けた。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。また 2018 年 4 月~6 月に放射線施設の核セキュリティに関する国際トレーニングコース、危機管理計画に関するワークショップ、現場警備計画に関するワークショップを実施した。
 - 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、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) サイバーセキュリティの規制枠組みとキャパシティ・ビルディング 日本、マレーシアより、それぞれの国におけるサイバーセキュリティの規制枠組みとキャパシティ・ビルディング活動について発表が行われた。

a) 日本(日本原子力研究開発機構 奥田将洋氏)

日本原子力研究開発機構核不拡散・核セキュリティ総合支援センター(ISCN/JAEA)は IAEA と協力して日本およびアジア諸国を始めとする各国の核セキュリティ強化に貢献 することを目的として、2010年に設立された。ISCN は知識や経験の共有を目的として、 核セキュリティ、保障措置・国内計量管理制度、核不拡散に関する国際的枠組みに関す るトレーニングコースを実施し、核セキュリティやサイバーセキュリティに関する法的 枠組みの構築に向けた支援を提供している。また、トレーニングコースや講義を通じて、 原子力関係機関に携わる人々の核セキュリティ文化を促進している。そして、ISCN は、 IAEA ワークショップやトレーニングプログラムの主催を通じて、サイバーセキュリテ ィに関するキャパシティ・ビルディングを国レベル、地域レベルおよび国際レベルで支 援している。JAEA には IT 専門家、安全・核セキュリティ統括部門、ISCN 間の効果的な 部門間協力が存在しており、この協力体制が原子力施設および原子力関係組織における サイバーセキュリティの確保に非常に役立っている。原子力施設のサイバーセキュリテ ィにおける主な課題は専門家の不足、普遍的なトレーニングモデル/方法/モジュールの限 界、データフローの管理、急速に変化するサイバー脅威の手法/種類である。国レベルで の緊急時サイバーセキュリティ訓練やサイバーセキュリティに関わる機関間の十分な連 携が原子力施設でのサイバーセキュリティシナリオの向上に役立つ。法律の特別規定に 基づく規制機関の監視活動が必要である。

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

国家安全保障会議、サイバーセキュリティ委員会、国際貿易産業省/マレーシア通信マルチメディア委員会、マレーシア法務長官室およびロイヤルマレーシア警察がサイバーセキュリティに関わっている。サイバーセキュリティ関連事象の発生時にはこれらの機関/部門が連携して活動する。2017年にサイバー攻撃が発生し、すべての官庁および関連機関が NSC から通知を受けた。マレーシア原子力許認可委員会(AELB)は国内/国際トレーニング/ワークショップを通じて、3S(原子力安全(Safety)、保障措置(Safeguards)、核セキュリティ(Security))に関するキャパシティ・ビルディング活動を継続的に実施している。

iii) 円卓討議概要

核鑑識、追加議定書(AP)実施の良好事例とキャパシティ・ビルディングをテーマとしてそれぞれ円卓討議が行われた。

a) 核鑑識

中国、タイ、および日本より、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 中国(中国原子能科学研究院 ワン・ファン氏)

中国原子能科学研究院(CIAE)は 1950 年に設立され、現在のスタッフ数は約 2,400 名である。CIAE は 2003 年に核鑑識に関する研究に着目し、核鑑識の基礎研究および先端研究を開始した。1)核鑑識ライブラリ開発、2)核鑑識実施手順開発、3)分析技術開発、4)分析ラボラトリネットワーク整備、5)属性評価技術開発といった核鑑識実施能力の開発整備を進めている。核鑑識ライブラリのデータベースはマイクロソフト社の SQL

Server2008 を使用している。分析ラボラトリネットワークに関しては、研究開発は CIAE、中国工程物理研究院、西北核技術研究所、国家核セキュリティ技術センター(SNSTC)、教育訓練は SNSTC、技術支援は核工業北京化工冶金研究院、北京ウラン地質研究院で構築し、このネットワークをもとにして国内で試料分析演習を行っている。また、CIAE は国際活動として、米国 DOE との協力によるウラン年代測定演習や、核鑑識に関する国際技術ワーキンググループ(ITWG)との机上演習を実施した。 ITWG 主催の核鑑識ライブラリに係る机上演習(「銀河の蛇(Galaxy Serpent)」)および国際共同試料分析演習、米国スタンフォード大学との共同による核危機削減プログラム、米国国家核安全保障局(NNSA)との年代測定比較演習にも参加している。CIAE は核鑑識実施能力を強化するための国際協力を期待している。

② タイ(タイ原子力庁 ソラトス・タンティディーラビト氏)

核鑑識はタイ原子力庁(OAP)の技術支援部門の責務であり、現在、7名のスタッフが携わっている。2011年の核鑑識に関する地域フォーラムでタイ政府は核鑑識ラボラトリを整備することを表明し、2012年にタイ政府により OAP に核鑑識ラボラトリが設置された。核鑑識、特に犯罪現場の管理に関する知識の向上のため、OAP は欧州連合(EU)の協力のもとで初動対応者のトレーニングを実施した。核鑑識ラボラトリは、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」の強化に関連して、EU のプロジェクトのもとで人材養成の支援を受けている。また、OAP は「核テロリズムに対抗するためのグローバル・イニシアティブ」のもとで、オーストラリア原子力科学技術機構(ANSTO)、ニュージーランド政府、カナダ政府、米国政府の協力により2018年3月に核鑑識に関する国際机上演習を開催した。今後は、所轄官庁と引き続き協力して核鑑識に関する知識や実際の経験を交換し、OAP の核鑑識実施能力を強化して、ASEAN(東南アジア諸国連合)地域における核テロの防止と緩和のため、核鑑識に関するネットワークを強化して長期的に対策を講じていくことを目指す。

③ 日本(日本原子力研究開発機構 木村祥紀氏)

2017年度に参加国にアンケートを行い、核鑑識に関する国家体制の構築、「管理の連鎖(Chain of Custody)」と呼ばれる証拠管理、核鑑識分析ラボラトリの整備、核鑑識分析結果の解釈に関する能力(核鑑識ライブラリを含む)が参加各国に共通する核鑑識実施能力整備に向けた課題であることを抽出した。核鑑識実施能力の強化のために、2019年1月28日~31日に開催予定の日本原子力研究開発機構核不拡散・核セキュリティ総合支援センター(ISCN/JAEA)が主催する核鑑識に関する机上演習に各国が参加することを提案したい。この机上演習の目的の1つは、アジア地域における核鑑識に関する協力について議論することである。ISCN/JAEAではこれまで核鑑識ライブラリ関連技術の研究開発を進めてきており、核物質データベースや核物質以外の放射性物質データベースの構築、核物質異同識別手法(多変量解析)や形態分析等の研究開発を行っている。FNCA核セキュリティ・保障措置プロジェクトにおける今後の活動として、参加国間での核鑑識ライブラリに係る協力を提案したい。

以上の発表に続き、木村祥紀氏より、核鑑識ライブラリに係る参加国間の協力の可能 性について、以下が提案された。

- ・ 核鑑識ライブラリ開発に向けた共同研究
- ・ 核鑑識ライブラリ構築と利用に係る机上演習
- ・ 核鑑識ライブラリの情報問い合わせに係る机上演習

参加国間の将来の協力活動について議論が行われ、核鑑識分析とその結果の解釈に関して、近隣国の協力を得るための手順やガイドラインの構築が重要であることが示された。 核鑑識分析の信頼性を検認するための基準を国際機関等が策定し、これを国際間で共有 することが重要であるという意見がなされた。また、可能であれば 2019 年度に参加国で 核鑑識分析に関する実地訓練を開催することが提案された。

b) 追加議定書(AP)実施の良好事例とキャパシティ・ビルディング

バングラデシュ、インドネシア、フィリピン、モンゴル、ベトナムより、それぞれの 国における追加議定書(AP)実施の良好事例とキャパシティ・ビルディングについて以下 のとおり発表された。

① 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)

2012 年バングラデシュ原子力規制法に国際原子力機関(IAEA)保障措置、国内保障措置制度、輸出入管理等に関する項が設けられている。IAEA との包括的保障措置協定に署名し、1982 年 6 月に発効した。AP の実施については、最初の申告が 2001 年 9 月に IAEA に提出され、2017 年時点で 150 を超える申告がなされた。バングラデシュにおける AP 実施の課題は、1)規制当局と関連省庁、機関、および事業者間の効果的なコミュニケーションチャンネルの特定および確立、2)非認可機関に AP 申告のための情報収集を働きかけるアウトリーチ戦略、3)人材養成を通じたキャパシティ・ビルディングに関する支援、4)規制文書や手順等の作成等の基盤整備、および保障措置関連技術の開発の支援である。また、国内初となる原子力発電所 2 基の建設を開始している。バングラデシュは必要な情報を提供する保障措置義務に関して、IAEA と良好なコミュニケーションおよび協力を維持している。

② インドネシア(インドネシア原子力庁 ハイルル氏)

インドネシア原子力規制庁(BAPETEN)は2013年より大学向けのアウトリーチプログラムを実施しており、2017年から施設/運転員向けのアウトリーチプログラムを実施している。BAPETEN は毎年の(通常はその年の初めに開催される)フォーカスグループディスカッションで、APを取り上げた討議も行っている。また、BAPETEN は大学との覚書を取り交わしている。インドネシア政府は上級スタッフおよび若手スタッフ間の知識不足を低減し、知識を身に付けさせるためにBATANとBAPETENのすべてのスタッフにAP、保障措置、核セキュリティ等に関するトレーナー研修を実施している。施設/運転員については、APを4年間の就労免許試験の必須項目にしている。

③ フィリピン(フィリピン原子力研究所 マリア・テレサ・サラビト氏)

AP は 2010 年 2 月 26 日に発効した。発効から 180 日後に IAEA に 8 つの申告を提出した。大学、バターン原子力発電所、フィリピン原子力研究所(PNRI)、および施設外の場所からデータを収集した。PNRI は大学向けのアウトリーチプログラムを実施している。地

域アウトリーチプログラムについては、4つの大学が参加した。フィリピンは、IAEAによる補完的アクセスの実施のため、施設所有者/運転員間のオープンで緊密なコミュニケーションを維持している。

④ モンゴル(国家専門検査庁 バトゲレル・バータル氏)

モンゴルは原子力施設を有していないが、相当量のウラン資源を保有しており、ウラン生産のための準備作業が進行中である。モンゴルは AP を発効し、少量議定書を適用している。欧州委員会(EC)と連携し、EC のプロジェクトで原子力安全、保障措置、核セキュリティのための規制枠組みの支援を受けた。AP 実施の良好事例の1つとして、計量管理、ウラン輸出入に関する規則および規制、ウラン精鉱の保障措置に関する規制、国家核物質計量管理等の保障措置のための規制を有することが挙げられる。また、保障措置の新しい規制を起草し、核物質計量管理のための国家システムを確立した。

⑤ ベトナム(ベトナム放射線・原子力安全庁 ファン・バン・タン氏)

2012 年 9 月に AP を批准した。批准以降、150 を超える申告を保障措置情報管理システム VIMS により IAEA に提出している。また、AP 附属書 I、II のためのアウトリーチプログラムを実施している。2 時間前の事前通告を含め、IAEA による 9 つの補完的アクセスが実施された。

以上の発表に続き、JAEA のパペチュア・ロドリゲス氏より、2017 年度ワークショップで合意された参加各国の AP 実施の良好事例のアンケート調査結果が報告された。

アンケートでは、1)IAEA への情報の提供、2)補完的アクセス、3)IAEA 査察員の指名、4)附属書、5)保障措置に関する基盤整備に分けて各国の良好事例を調査した。参加国 11 ヶ国のうち 10 ヶ国から回答があった。調査結果は良好事例に従ってまとめ、例えば「情報の提供」については、申告にあたっての情報収集、申告の作成、申告の提出に分けてまとめた。

また、APの申告がIAEAに提供される情報の透明性の向上にいかに役立つかについて説明された。続いて、本プロジェクトの今後の活動について以下のとおり提案された。

- ・すべての参加国にとって有意義な良好事例集を作成するため、各国が具体例を提供 して実際の経験を共有する。各国の AP 実施から得られた教訓を共有することが有 益である。
- ・ISCN/JAEA が良好事例および経験のとりまとめと分析を行い、コメントを求める ために参加国に送付される。
- ・作成された良好事例集は FNCA ウェブサイトに掲載する(また、収集された AP の 実施に関する情報は、参加国との相談と同意の上、例えば INFCIRC(情報回覧文書) といった IAEA の出版物を通じて、より幅広く、FNCA 参加国以外の国や関係者と も共有することができる)。

3) ワークショップのまとめ

i) 現フェーズ(2017 年度~2019 年度)の活動計画に基づき、本ワークショップでは、核セキュリティ 分野では核鑑識とサイバーセキュリティ、保障措置分野では追加議定書(AP)実施の良好事例 をテーマに取り上げて、参加各国の取り組みについての情報交換や参加国間の今後の協力活動についての議論を行った。

- ii) 核鑑識については、参加各国に共通する核鑑識実施能力整備に向けた課題を踏まえ、今後の活動として、日本原子力研究開発機構核不拡散・核セキュリティ総合支援センター (ISCN/JAEA)が主催し2019年1月に開催される机上演習への参加や、核鑑識分析に関する 実地訓練の開催が提案された。また、核鑑識に関するFNCA参加国間の具体的な協力活動の可能性について、今後も引き続き議論を進めることが合意された。
- iii) 追加議定書(AP)実施の良好事例の作成については、参加各国が具体例を提供して実際の経験を各国間で共有し、また、各国における AP 実施から得られた教訓を共有することが有益であるとされた。

第3章 「情報の普及」

第3章 情報の普及

3.1 ニュースレターの発行

FNCA 活動における国際会合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」28 号(通算)を 2019 年 3 月に発行
- 2) 英文「FNCA ニュースレター」22 号(通算)を 2019 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(p171)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28 号(和文、2019年3月)
 - a) FNCA 大臣級会合を東京で開催
 - b) FNCA 参加国の原子力政策最新動向
 - c) 特集 1 研究炉利用プロジェクト
 - d) 特集 2 放射線加工・高分子改質プロジェクト
 - e) 特集 3 放射線治療プロジェクト
 - f) プロジェクト活動紹介
 - g) プロジェクト活動成果 1 (放射線安全・廃棄物管理プロジェクト)
 - h) プロジェクト活動成果 2 (バイオ肥料プロジェクト)
 - i) FNCA 賞 2018、2018 年度 FNCA 活動実績
 - i) 第19回コーディネーター会合
 - k) 2018 スタディ・パネル
 - 1) What's FNCA?
- ii) FNCA Newsletter No. 22(英文、2019年3月)
 - a) FNCA Ministerial Level Meeting Held in Tokyo, Japan
 - b) Latest Trends of Nuclear Energy Policy in FNCA Member Countries
 - c) Special Topic 1 Research Reactor Utilization Project
 - d) Special Topic 2 Radiation Processing & Polymer Modification Project
 - e) Special Topic 3 Radiation Oncology Project
 - f) Introduction of On-Going 7 Projects
 - g) Results of Project Activities 1 (Radiation Safety and Radioactive Waste Management Project)
 - h) Results of Project Activities 2 (Biofertilizer Project)
 - i) FNCA Award 2018, Activities in JFY 2018
 - j) The 19th Coordinators Meeting
 - k) 2018 Study Panel
 - 1) What's FNCA?

3.2 ウェブサイトの運営

FNCA ウェブサイト (URL: 和文版 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
コーディネーター紹介	・コーディネーター
	- フィリピン
	- 韓国
放射線育種プロジェクト	・プロジェクト紹介
	・ 2018年度ワークショップ報告
	・プロジェクトリーダー
	- ベトナム(役職変更)
放射線加工・高分子改質プロジェクト	・ 2018年度ワークショップ報告
	・プロジェクトリーダー
	- 中国
	- カザフスタン
	- モンゴル
気候変動科学プロジェクト	・ 2018年度ワークショップ報告
	・プロジェクトリーダー
	- モンゴル
	- ベトナム
放射線治療プロジェクト	・ 2018年度ワークショップ報告
	・プロジェクトリーダー
	- カザフスタン
	- モンゴル
研究炉利用プロジェクト	・ 2018年度ワークショップ報告
	・プロジェクトリーダー
	- 日本(所属変更)
放射線安全・廃棄物管理プロジェクト	・ 2018年度ワークショップ報告
核セキュリティ・保障措置プロジェクト	・ 2018年度ワークショップ報告
FNCA ニュースレター	・ FNCAニュースレターNo.28(日本語版)掲載
	· FNCA Newsletter No.22(英語版)掲載
内閣府主催会合	・ 2017年度第19回コーディネーター会合およびスタディ・パ
	ネル報告
	· 2018年度上級行政官会合報告
	· 2018年度第19回大臣級会合報告

なお 2018 年 4 月から 2019 年 3 月までのトップページへのアクセス数は、和文サイト 4,784 件、英文サイト 3,239 件であった。

FNCA ウェブサイトによる情報発信の成果を測定するため、本年度(2018 年 4 月~2019 年 3 月)のアクセス解析を実施した。年間訪問傾向を見ると、6 月以降、7 月にかけて訪問数が大きく増加し、FNCA 会合やプロジェクトワークショップがなかった 8 月は下落したが、各プロジェクトワークショップが順次開催された9月以降は7月の訪問数にまで上昇した。リピート訪問は年間を通して大きな増減傾向はみられず、新規訪問は8月を除き、6 月以降増加した。6 月以降は訪問人数、訪問回数ともに上昇しており、訪問人数や訪問回数が増加しても訪問あたりのページ閲覧数や平均閲覧時間が下がっておらず、直帰率(1 ページだけを閲覧してサイトを離脱すること)も上がっていないことから、良質な訪問を維持していると想定される。訪問数が最も多い国は日本で、次に米国、FNCA参加国(バングラデシュ、インドネシア、フィリピン、マレーシア他)が続いている。訪問した際の閲覧ページ数を国別に見ると、他の国が 1~2 ページであるのに対してモンゴルは約9.5 ページと最も多く、次いでベトナムが約7ページであった。モンゴルとベトナムはリピート訪問の割合が多く、かつ訪問した際の閲覧ページも多いことから、熱心な閲覧者が多く、その分野に非常に興味がある人が訪問の中心と想定できる。

サイト全体の傾向を見ると、日本語ページ、英語ページとも、基本的にまずはトップページに流入してくる傾向にある。年間を通して FNCA 概要ページ、大臣級会合のページの閲覧数が多く、また、FNCA 会合やプロジェクトワークショップ開催の後には、そのページの閲覧数が増加する傾向にある。プロジェクト別に見ると日本語ページ、英語ページとも放射線育種、放射線加工・高分子改質、放射線治療プロジェクトのページの閲覧数が多く、放射線利用開発分野プロジェクトに比較的関心が高いことがうかがえる。

リピート訪問については、訪問あたりの閲覧ページ数が多く、平均閲覧時間も長いことから、じっくりとページが閲覧されていると想定できる。新規訪問者率が最も高いページはスタディ・パネルで、この他に FNCA ニュースレターや放射線育種プロジェクトのページが上位に入っている。日本語ページでは新規訪問、リピート訪問とも年間を通して FNCA の概要、FNCA プロジェクト、大臣級会合のページの閲覧数が多く、新規訪問とリピート訪問とで傾向の違いは特に見られないが、英語ページは4月~7月の新規訪問者の FNCA ニュースレターの閲覧数が上位であった。

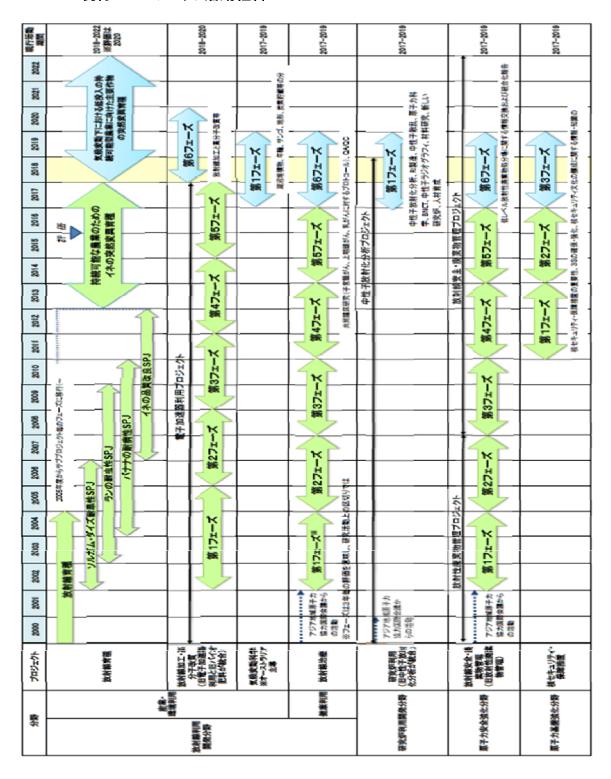
また、FNCA ニュースレターやプロジェクト成果物(マニュアル、ガイドライン、報告書)等の PDF のダウンロードは日本が最も多く、次いでバングラデシュ、インドネシア、韓国、マレーシア、ベトナムが上位である。日本語ページ、英語ページともダウンロード数の上位は FNCA ニュースレターである。プロジェクト成果物はウェブサイトにアクセスせず検索結果から直接見られている傾向が多く、熱心にその情報を探しているユーザーが多いことが想定される。

FNCA ウェブサイト トップページ (上:和文版、下:英文版)





1. FNCA 現行 7 プロジェクト活動経緯



2. 国際会合関連資料

2.1 放射線育種(MB)プロジェクト国際会合

2.1.1 MB 議事録

Minutes of FNCA 2018 Workshop on Mutation Breeding Project

October 29th – November 1st, 2018 Hanoi, Vietnam

1) Outline of Workshop

i) Date	October 29th – November 1st, 2018	
ii) Venue	Vietnam Atomic Energy Institute (VINATOM), Hanoi, Vietnam	
iii) Host	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of	
	Japan (MEXT)	
iv) Participants	A total of 16 participants from 9 countries, i.e. Bangladesh, China,	
	Indonesia, Japan, Malaysia, Mongolia, The Philippines, Thailand	
	and Vietnam (Annex 2)	
v) Program	Annex 1	

Opening Session

Dr. Tran Ngoc Toan, vice president of Vietnam Atomic Energy Institute (VINATOM) and Prof. Le Huy Ham, chairman of Science Council of Agricultural Genetics Institute (AGI) delivered welcoming remarks, respectively. Dr. Hideki Namba, FNCA Advisor of Japan gave an opening speech.

Overview Lectures

Dr. Namba reviewed FNCA activities in 2017-2018 and major success results achieved. Prof. Hirokazu Nakai, FNCA Mutation Breeding Project Leader of Japan briefly described the purpose of FNCA project on 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 of every country.

Session 1 Follow-up on Sub-project on Sorghum and Soybean

Dr. Arwin from Indonesia presented progress on Soybean and Sorghum mutation breeding. Two early maturing soybean advanced mutant lines with drought and acid soil tolerance have been in multi-location trials, and with further experiments, they will be registered as new varieties. Another two M3 soybean mutants that showed early maturing, high yield, black color and relatively bigger grain than parent have been selected for crop rotation with rice. Two advanced mutant lines of Sorghum are selected for further evaluation. The summary for the presentation is attached as Annex 3.

Open Seminar

In the afternoon on October 29, open seminar on "Application of Radiation Technology and Mutation Breeding for Sustainable Development" was held with 35 participants. Prof. Nakai talked on the vision of mutation breeding for sustainable agriculture and introduced trials on the mutation breeding of rice for adaptability to nature farming. Prof. Le presented economic impact of mutation breeding in Vietnam. Mr. Le Duc Thao, AGI discussed the soybean improvement via mutation breeding. Mr. Nguyen Anh Vu, AGI reported on the application of ion beam for cassava improvement. Dr. Yoshihiro Hase, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST) introduced genome wide analysis of mutations induced by carbon ion beams in Arabidopsis. Prof. Shu Qingyao, Zhejiang University presented mutation breeding in the era of genome editing. Dr. Kanchana Klakhaeng, Rice Department talked on mutation breeding for sustainable agriculture in Thailand. Each presentation was followed with questions and discussions. Mutation breeding combined with current molecular techniques such as GWAS and genome editing was thought to have a great potential to breed new varieties toward sustainable agriculture.

Session 2 Country Report on Mutation Breeding of Major Crops for Low-input Sustainable Agriculture under Climate Change

Nine member countries presented progress and activity plan on the Mutation Breeding of Major Crops for Low-input Sustainable Agriculture under Climate Change. The summary for each presentation is attached as Annex 3.

Session 3 5-year plan for Mutation Breeding of Major Crops for Low-input Sustainable Agriculture under Climate Change

Prof. Nakai gave a lead speech and emphasized that the adaptability to low input condition is the major target in this new phase. After discussion along with the points raised by Prof. Nakai, the participants confirmed the followings.

- 1) All the member countries are facing adverse effects of climate change.
- 2) Traditional varieties are potential donor of the genes for tolerance to abiotic stress and also for stable yield under the climate change; however, the identification of genes responsible for the given phenotype is necessary to breed superior varieties.
- 3) The yield is the most important target to screen mutants adaptable to low input condition. In addition, the nutritional elements, especially nitrogen should be monitored to assess the proper input of fertilizer to achieve sustainable agriculture.

Session 4 Cooperation with IAEA/RCA

Dr. Namba gave a presentation about the present status of the cooperation between RCA and FNCA. He also gave information about the link between FNCA-RCA and plans to include non FNCA-RCA countries under these projects. He expressed his satisfaction with present status of FNCA-RCA cooperation on Mutation Breeding projects and gave insights on how to increase overall cooperation between FNCA and RCA projects.

On behalf of Prof. Luxiang Liu, Dr. Sobri Bin Hussein, Malaysian Nuclear Agency gave a presentation on the progress of RCA mutation breeding project (RAS5077). Food and nutrition security is always a major concern in most countries in the Asia and the Pacific region under climate change. To increase environment-friendly crop production through the application of mutation techniques, green crop varieties should be developed by concerted use of related biotechnologies. This capability of the RCA Government Parties should be enhanced. Presently Japan is providing ion beam irradiation service to FNCA member countries to develop new mutant varieties.

Minutes and Closing Session

The minutes were discussed and agreed by all participants. It will be reported at the 20th Coordinators Meeting to be held in March 2019 in Japan. Dr. Hussein introduced that next workshop will be hosted by Malaysia with tentative date on September 2 - 5 in Kuala Lumpur. Dr. Tran and Dr. Namba delivered closing remarks and thanked all participants for their efforts and contribution.

2) Technical Visit

Participants visited Agricultural Genetics Institute on October 31. After the presentation on outline of the institute, they observed related laboratories and research facilities and visited the mutant varieties collection room contributing to sustainable agriculture development in Vietnam.

2.1.2 MB 参加者リスト

List of Participants FNCA 2018 Workshop on Mutation Breeding Project

October 29th – November 1st, 2018 Hanoi, Vietnam

Country	Name	Position and Organization
Bangladesh	Dr. ANK Mamun	Chief Scientific Officer and Head
(PL)		Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
China	Prof. Shu Qingyao	Professor, Deputy Executive Director
(PL)		Institute of Crop Science
		Zhejiang University
Indonesia	Mr. Arwin	Soybean Researcher
		Center for Application of Isotopes and Radiation
		National Nuclear Energy Agency, Indonesia (BATAN)
Japan	Dr. Hideki Namba	FNCA Advisor of Japan,
(Advisor)		QST Associate
		National Institutes for Quantum and Radiological
		Science and Technology (QST)
Japan	Prof. Hirokazu Nakai	Professor Emeritus,
(PL)		Former Vice President
		Shizuoka University
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)
		2 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 -
Japan	Ms. Aki Koike	International Affairs and Research Department
(Secretariat)		Nuclear Safety Research Association (NSRA)

Country	Name	Position and Organization
Malaysia (PL)	Dr. Sobri Bin Hussein	Senior Research Officer Agrotechnology and Biosciences Division Malaysian Nuclear Agency (Nuclear Malaysia)
Mongolia	Dr. Dolgor Tsognamjil	Researcher Institute of Plant and Agricultural Science (IPAS)
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 Rice Department
Thailand	Mr. Somjai Saleeto	Agricultural Research Officer Senior Professional Level Nong Khai Rice Research Center Rice Department
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)
Vietnam	Dr. Le Duc Thao	Head of the Mutation and Heterosis Breeding Department Agricultural Genetics Institute (AGI)
Vietnam	Ms. Nguyen Thi Hong	Mutation and Heterosis Breeding Department Agricultural Genetics Institute (AGI)

2.1.3 MB プログラム

Program of FNCA 2018 Workshop on Mutation Breeding Project

October 29th – November 1st, 2018 Hanoi, Vietnam

Monday, October 29th, 2018 (Day 1st)

08:30 - 09:00 Registration

09:00 - 10:30 **Opening Session**

Chair: Prof. LE Huy Ham, Vietnam

1. Welcoming Remarks

- 1) Dr. TRAN Ngoc Toan, Vice President of VINATOM
- 2) Prof. LE Huy Ham, Chairman of Science Council of AGI
- 3) Dr. Hideki NAMBA, FNCA Advisor of Japan
- 2. Overview Lectures (20min. including Q&A)
 - 1) Overview and progress of FNCA activities in 2017-2018

Dr. Hideki NAMBA, FNCA Advisor of Japan

- 2) Outline of FNCA Mutation Breeding Project and purpose of the workshop Prof. Hirokazu NAKAI, FNCA Mutation Breeding Project Leader of Japan
- 3. Introduction of Participants
- 4. Confirmation of Agenda

10:30 - 10:45 Group Photo and Coffee Break

10:45 - 11:30 Session 1 Follow up of Sub-projects on Sorghum and Soybean (Presentation: 20

min, Q&A: 5min)

Chair: Dr. ANK MAMUN, Bangladesh

1. Report

Mr. Arwin, Indonesia

2. Summary

11:30 - 14:00 Lunch Break

Open Seminar on Application of Radiation Technology and Mutation Breeding for Sustainable Development

Chair: Vietnam

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

13:30 - 14:00 Registration

14:00 - 14:10 1. Opening Remarks

- 1) Dr. TRAN Ngoc Toan, Vice President of VINATOM
- 2) Prof. LE Huy Ham, Chairman of Science Council of AGI

	2. Vision of Mutation Breeding for Sustainable Agriculture -Trials on Mutation Breeding
	of Rice for Adaptability to Nature Farming-
	Prof. Hirokazu NAKAI, Shizuoka University, Japan
14:35 - 15:00	3. Economic impact of mutation breeding in Vietnam
	Dr. LE Huy Ham, Vietnam
15:00 - 15:25	4. Soy bean improvement via mutation breeding
	Mr. LE Duc Thao, Vietnam
15:25 - 15:50	5. Application of ion beam for cassava improvement
	Mr. NGUYEN Anh Vu, Vietnam
15:50 - 16:00	Break
16:00 - 16:25	6. Genome wide analysis of mutations induced by carbon ion beams in Arabidopsis
	Dr. Yoshihiro HASE, QST, Japan
16:25 - 16:50	7. Mutation breeding in the era of genome editing
	Prof. SHU Qingyao, Zhejiang Univerysity, China
16:50 - 17:15	8. Mutation Breeding for Sustainable Agriculture in Thailand
	Dr. Kanchana KLAKHAENG, Rice Department, Thailand
17:15 - 17:30	9. Closing Remarks
	Prof. LE Huy Ham, Chairman of Science Council of AGI, Vietnam
Tuesday, Octob	per 30 th , 2018 (Day 2 nd)
09:00 - 10:45	Session 2 Country Report (Presentation: 25min, Q&A: 10min)
Chair: Ms. Ana	Maria VELUZ, The Philippines
	1. Bangladesh
	2. China
	3. Indonesia
10:45 - 11:00	3. Indonesia Coffee Break
10:45 - 11:00 11:00 - 12:10	
11:00 - 12:10	Coffee Break
11:00 - 12:10	Coffee Break Cont. of Session 2 Country Report (Presentation: 25min, Q&A: 10min)
11:00 - 12:10	Coffee Break Cont. of Session 2 Country Report (Presentation: 25min, Q&A: 10min) or TSOGNAMJIL, Mongolia
11:00 - 12:10	Coffee Break Cont. of Session 2 Country Report (Presentation: 25min, Q&A: 10min) or TSOGNAMJIL, Mongolia 4. Japan
11:00 - 12:10 Chair: Dr. Dolgo	Coffee Break Cont. of Session 2 Country Report (Presentation: 25min, Q&A: 10min) or TSOGNAMJIL, Mongolia 4. Japan 5. Malaysia
11:00 - 12:10 Chair: Dr. Dolgo 12:10 - 14:00 14:00 - 15:10	Coffee Break Cont. of Session 2 Country Report (Presentation: 25min, Q&A: 10min) or TSOGNAMJIL, Mongolia 4. Japan 5. Malaysia Lunch Break
11:00 - 12:10 Chair: Dr. Dolgo 12:10 - 14:00 14:00 - 15:10	Coffee Break Cont. of Session 2 Country Report (Presentation: 25min, Q&A: 10min) or TSOGNAMJIL, Mongolia 4. Japan 5. Malaysia Lunch Break Cont. of Session 2 Country Report (Presentation: 25min, Q&A: 10min)
11:00 - 12:10 Chair: Dr. Dolgo 12:10 - 14:00 14:00 - 15:10	Cont. of Session 2 Country Report (Presentation: 25min, Q&A: 10min) or TSOGNAMJIL, Mongolia 4. Japan 5. Malaysia Lunch Break Cont. of Session 2 Country Report (Presentation: 25min, Q&A: 10min) hana KLAKHAENG, Thailand
11:00 - 12:10 Chair: Dr. Dolgo 12:10 - 14:00 14:00 - 15:10	Cont. of Session 2 Country Report (Presentation: 25min, Q&A: 10min) or TSOGNAMJIL, Mongolia 4. Japan 5. Malaysia Lunch Break Cont. of Session 2 Country Report (Presentation: 25min, Q&A: 10min) hana KLAKHAENG, Thailand 6. Mongolia
11:00 - 12:10 Chair: Dr. Dolgo 12:10 - 14:00 14:00 - 15:10 Chair: Dr. Kanc	Cont. of Session 2 Country Report (Presentation: 25min, Q&A: 10min) or TSOGNAMJIL, Mongolia 4. Japan 5. Malaysia Lunch Break Cont. of Session 2 Country Report (Presentation: 25min, Q&A: 10min) hana KLAKHAENG, Thailand 6. Mongolia 7. The Philiippines
11:00 - 12:10 Chair: Dr. Dolgo 12:10 - 14:00 14:00 - 15:10 Chair: Dr. Kanci	Coffee Break Cont. of Session 2 Country Report (Presentation: 25min, Q&A: 10min) or TSOGNAMJIL, Mongolia 4. Japan 5. Malaysia Lunch Break Cont. of Session 2 Country Report (Presentation: 25min, Q&A: 10min) hana KLAKHAENG, Thailand 6. Mongolia 7. The Philiippines Coffee Break Cont. of Session 2 Country Report (Presentation: 25min, Q&A: 10min)
11:00 - 12:10 Chair: Dr. Dolgo 12:10 - 14:00 14:00 - 15:10 Chair: Dr. Kanci 15:10 - 15:25 15:25 - 16:35	Coffee Break Cont. of Session 2 Country Report (Presentation: 25min, Q&A: 10min) or TSOGNAMJIL, Mongolia 4. Japan 5. Malaysia Lunch Break Cont. of Session 2 Country Report (Presentation: 25min, Q&A: 10min) hana KLAKHAENG, Thailand 6. Mongolia 7. The Philiippines Coffee Break Cont. of Session 2 Country Report (Presentation: 25min, Q&A: 10min)

9. Vietnam

Wednesday, October 31st, 2018 (Day 3rd)

Technical Visit to Agricultural Genetic Institute

Thursday, November 1st 2018 (Day 4th)

09:00 - 10:30 Session 3 5-year plan for Mutation Breeding of Major Crops for Low-input Sustainable Agriculture under Climate Change

Chair: Dr. Yoshihiro HASE, Japan

1. Lead speech

Prof. Hirokazu NAKAI, Japan

- 2. Discussion
- 3. Summary

10:30 - 10:45 Coffee Break

10:45 - 12:00 Session 4 Cooperation with IAEA/RCA

Chair: Dr. ANK MAMUN, Bangladesh

 Overview of the cooperation between FNCA and IAEA/RCA Dr Hideki NAMBA, FNCA Advisor of Japan

2. IAEA/RCA project "Promoting the application of mutation techniques and related biotechnologies for the development of green crop varieties"

Dr. Sobri Bin HUSSEIN on be half of Prof. LIU Luxiang

3. Discussion

12:00 - 14:00 Lunch Break

14:00 - 16:00 Session 5 Minutes

Chair: Prof. SHU Qingyao, China

- 1. Wrap up of minutes
- 2. Adoption of Minutes

16:00 - 16:30 Closing Session

Chair: Prof. LE Huy Ham, Vietnam

- 1. Closing Address
 - 1) Dr. TRAN Ngoc Toan, FNCA Coordinator of Vietnam
 - 2) Dr. Hideki NAMBA, FNCA Advisor of Japan

2.2 放射線加工・高分子改質(RPPM)プロジェクト国際会合 2.2.1 RPPM 議事録

Minutes of

FNCA 2018 Workshop on Radiation Processing and Polymer Modification Project

October 8th – 12th, 2018 Kurchatov, Kazakhstan

1) Outline of Workshop

i)	Date	8th - 12th October 2018	
ii)	Venue	National Nuclear Centre (NNC) of the Republic of Kazakhstan	
		JSC "The Park of Nuclear Technologies"	
iii)	Host Organisation	National Nuclear Centre (NNC) of the Republic of Kazakhstan	
		Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of	
		Japan (MEXT)	
iv)	Participants	Twenty four (24) participants from ten (10) FNCA member countries:	
		Bangladesh, China, Indonesia, Japan, Kazakhstan, Malaysia,	
		Mongolia, The Philippines, Thailand and Vietnam. Listed in Annex 2 .	
v)	Programme	Annex 1	

The FNCA 2018 Workshop on Radiation Processing and Polymer Modification (RPPM) was held from 8th to 12th October 2018, at the National Nuclear Centre (NNC) of the Republic of Kazakhstan and JSC "The Park of Nuclear Technologies" (PNT). The workshop was jointly organised by the NNC and the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) of Japan.

Twenty four (24) representatives involved in radiation processing and polymer modification from 10 FNCA member countries attended the workshop, namely Bangladesh, China, Indonesia, Japan, Kazakhstan, 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.

Open Seminar "Prospect of the Radiation Processing and Polymer Modification"

The Open Seminar titled "Prospect of Radiation Processing and Polymer Modification" was held in the National Nuclear Center (NNC) of the Republic of Kazakhstan in the morning of 8th October. The seminar was attended by around 80 participants. First, Prof Erlan Batyrbekov, Director General of the NNC and Ms Mai Fukahori, Administrative Researcher of MEXT gave a welcoming speech. Prof Batyrbekov mentioned the importance of radiation processing in the country and wished success of the event, and Ms Fukahori express her sincere gratitude for the efforts of NNC and PNT in holding the workshop and open seminar. Five (5) presentations were delivered by the participants from Japan (2), Kazakhstan (2), and Thailand (1).

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

Session 1: Opening

Mr Alxandr Borissenko, CEO of the JSC "Park of Nuclear Technologies", and Dr Hideki Namba, FNCA

Advisor of Japan delivered a welcoming speech. Dr Namba mentioned that this is the first workshop after

the integration of former Electron Accelerator Application project and former Biofertilizer project.

Session 2: Overview and Achievements of FNCA Projects

Dr Hideki Namba, FNCA Advisor of Japan reported the achievements of FNCA activities from 2017 to 2018.

Dr Masao Tamada introduced the overview of the new project with looking back on the achievements and

outcomes of the former two projects. He also indicated that the project would start investigating polymers

for medical and environmental applications. Research plan of each country will be discussed and shared

during the workshop.

Session 3: Progress Report on Biofertilizer

Nine (9) progress reports on their current activities of Biofertlizer were presented. The summary of each

report is attached in Annex 4.

Session 4: Progress Report on Polymer Modification

Ten (10) country reports were presented on the progress of their current research on radiation processing and

polymer modification. The summary of each report is attached in **Annex 4**.

Session 5: Discussion on RCA Activities

Dr Lucille Abad gave a presentation on the current status of the IAEA/RCA RAS project named "Developing

and upscaling of radiation grafted materials for water treatment". The summary of this report is attached in

Annex 4.

Session 6: Discussion on Achievements, Obstacles and Planning

The participants were divided into seven groups based on their research themes, namely "Degraded

Chitosan for Animal Feeds", "Hydrogel for Medical Application", "Environmental Remediation",

"Synergistic Effect of Plant Growth Promoters (PGP), Super Water Absorbents (SWA) and Biofertilizer

(BF)", "PGP and SWA, Inclusive of Process Development", "PGP and SWA, Inclusive of Process

Development" and "Sterilization of BF Carrier Using Gamma Irradiation".

Session 7: Presentation on Achievements, Obstacles and Planning

Each group reported the result of discussion. The summary of each report is attached in Annex 4.

Session 8: Planning

85

The participants reviewed the results from the discussion and make suggestions to each group for their better planning.

Session 9: Summary

Draft summary will be reviewed by the participants and fixed by Friday 19 October.

Session 10: Closing

Prof Erlan Batyrbekov and Dr Masao Tamada gave closing remarks.

Technical Visit (11th and 12th Oct)

A technical visit was conducted on 11 October and in the morning of 12 October. The participants visited Tokamak facility, Museum of Semipalatinsk Test Site, Laboratories of Institute of Radiation Safety and Ecology, Semipalatinsk experimental field site, and JSC "Park of Nuclear Technologies".

Summary of Discussion and Future Plan

A) Degraded Chitosan for Animal Feeds

Achievements

Oligochitosan prepared by radiation-induced degradation of chitosan was applied to animal feeds in Indonesia, Malaysia, and Vietnam.

- Local duck namely Cihateup, chicken, ruminant (cow) and catfish (Indonesia)
- Tilapia and ruminants (cow) (Malaysia)
- Striped catfish and chicken. Marketing authorization of oligochitosan as immunostimulant and growth in aquaculture for fish and shrimp (Vietnam)

Gaps in Basic aspects

- i) Little study on optimum molecular weight of oligochitosan as animal feed
- ii) Few expert on animal study

Gaps in Application aspects

- iii) Limited collaborator such as institution and farmer to conduct field test because it is costly and time consuming.
- iv) A new product does not meet standard classification in registration.
- Less demand from the farmer due to lack of information on the advantages of oligochitosan as animal feed additive.

Implementation plans

- Study on optimum molecular weight of oligochitosan as animal feed and a new additives containing Se nano particles/ oligochitosan
- ii) Collaboration with other institution which has expertise on animal study
- iii) Development of cost-effective method in the field test
- iv) Collaboration with the registry office to classify exactly for new products
- v) Need more promotion to the end user, to attract them to apply oligochitosan as animal feed additive

B) Hydrogel for Medical Application

Achievements

- More than 150 patients were cured by using gamma-radiation crosslinked polyvinylalcohol and Kappa Carrageenan blend hydrogel as external wound dressing (Bangladesh)
- Production of gelatin hydrogel as extracellular matrix for cell culture (Japan)
 Gaps in basic aspects
- Much uncertainness in crosslinking mechanism and chemical structure of crosslinking point Gaps in application aspects
- ii) Few data of preservation and stability of hydrogel for wound dressing
- iii) No production protocol for large scale production of hydrogel for wound dressing
- iv) Few biological/medical application tests of extracellular matrix for cell culture <u>Implementation plans</u>
- Development of an analysis method of crosslinking point of gelatin and identification of mechanism
- ii) Collaboration with private and government hospitals for wound dressing
- iii) Collaboration with pharmaceutical companies for large scale production of hydrogel for wound dressing
- iv) Collaboration with raw material and cell culture substrate companies

C) Environmental Remediation

Achievements

- Adsorbent for uranium extraction from seawater with no sludge discharge have been synthesized in bench scale and evaluated by seawater flume test (China)
- Development of adsorbents for radionuclides from nuclear power plant (China)
- Synthesis of zeolites-based amidoxime adsorbent for removal of Pb, Cu, and Cd ions (Indonesia)
- Catalyst for biodiesel and boron-selective adsorbent synthesized by chemical vapor deposition grafting (Malaysia)
- Dye decoloration by EB as water treatment in lab scale (Vietnam and Malaysia)
 - Gaps in basic aspects
- i) Insufficient design of functional group in metal adsorbents for target metals
- ii) No effective method to treat toxic metal ions in soil
- iii) Lacking of operation from facility of water treatment
 - Gaps in application aspects
- iv) Expensive operations for adsorbents preparation in irradiation process, scale up in the grafting process, protection from toxic monomers, and treatment of waste monomer after grafting and consequent chemical modification
 - Implementation plans
- i) Screening of promising functional groups and trial of imprinted technique for selective adsorption in synthesis of new adsorbents for other target metal ions

- ii) Combination of phytoremediation, pyrolysis at low temperature and removal of toxic metal ions with graft adsorbent is recommended for treatment of toxic metal ions in soil
- iii) Develop fluid design and anti-corrosion of the facility for water treatment, combined with biotreatment after irradiation
- iv) Development of inexpensive process to reduce the cost of irradiation, grafting, safety management, and treatment of waste monomer

D) Synergistic Effect of Plant Growth Promoters (PGP), Super Water Absorbents (SWA) and Biofertilizer (BF)

Achievements

• Synergistic effects of PGP and BF have been investigated by Bangladesh, Indonesia, Malaysia, and Philippines.

Gaps in basic aspects

i) No clear synergistic effect of PGP and BF has been reported.

Gaps in application aspects

- ii) Shortage in budget and labor for field experiments.
- iii) Little acceptability of the technology by farmers/end users.

Implementation plan

- i) Repeat semi-field/ field experiments with some modifications to confirm the marked synergistic effects.
- ii) Promote collaboration with other institutions, private sectors, governments and international agency.
- iii) Educating farmers on the application and benefits of the technology.

E) PGP and SWA, Inclusive of Process Development

Achievements

- Pilot plant for preparing PGP has been operated in Philippines (carrageenan by electron beam, Thailand (oligochitosan by Gamma), Malaysia (oligochitosan by Gamma)
- Large scale production of SWA has been operated in Kazakhstan and Thailand (Pilot plan)

GAP in Basic aspect

- i) Uncertainness in mechanism of plant growth promoter and elicitor
- ii) Uncertainness of the major component of carrageenan PGP
- iii) Insufficient biodegradability of SWA

GAP in application aspect

- iv) High production cost of SWA, especially in drying process
- Reluctance by possible end-users to change conventional practices and accept technology <u>Implementation plan</u>
- i) Identification of the mechanism of action of PGP on plants
- ii) Identification of active component in carrageenan PGP
- iii) Optimization of the biodegradability of SWA by selecting a new biodegradable starting materials

- iv) Process development and introduction of appropriate machine for inexpensive drying of SWA
- v) More efforts on the promotion of the technology to end-users to increase its acceptance such as expansion of PGP application in other crops e.g. leafy vegetables, fruits, legumes, corn, etc. and combination of PGP and biofertilizer

F) Mutation Breeding of BF Microbe Using Gamma Irradiation

Achievements

 Most of the participating countries were searching multifunctional microbes (microbes with multiple beneficial traits) and each country has been working on different microbes with different functions as below:

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

Gaps in basic aspects

- i) Inefficient screening and selection methods of desirable mutants after gamma irradiation.
- ii) Little information in mechanism of changes at genetic level.

Gaps in application aspects

iii) Different requirements of each country (type of microbes, function, policy, acts etc).

Implementation plan

- Development of efficient screening and selection methods by advanced robotic technique.
 Mutation using ion beam is recommended to reduce the screening time and obtain more stable mutants.
- ii) Clarification of mechanism of changes at genetic level using molecular approaches.
- iii) Development of multifunctional BF to meet the requirement of each country.

G) Sterilization of BF Carrier Using Gamma Irradiation

Achievements

- Gamma irradiation for sterilization of inoculant carriers was superior to autoclave sterilization since autoclave sterilization drastically change chemical properties of carriers and produce toxic by-products to microbes in biofertilizers.
- Gamma irradiation carrier that can be stored longer is already used commercially in Philippines.
 Microbial inoculants survival longer in carriers sterilized by gamma irradiation
- Gamma irradiation carrier can influence of growth and microbial inoculants survival longer than autoclave sterilization but not suitable for some microbial inoculants in biofertilizer of Thailand.
- To sterilize microbial inoculant carriers, it is recommended to use the rate of 20-30 kGy
 Gaps in basic aspects
- i) Gamma irradiation is not high priority for carrier sterilization.
- ii) Shortage in knowledge of biofertilizer and scientists in the related fields.Gaps in application aspects
- iii) Missunderstanding of gamma irradiation as some farmers are afraid to use something that had been irradiated by radioactives.

Implementation plan

- i) Cost estimation of carrier sterilization using irradiation to prove that the radiation is better than autoclave.
- ii) Human resource development for biofertilizer-related fields.
- iii) Dissemination of radiation technology to end users.

2.2.2 RPPM 参加者リスト

List of Participants

FNCA 2018 Workshop on Radiation Processing and Polymer Modification for Agricultural, Environmental and Medical Applications Project

October 8th – 12th, 2018 Kurchatov, Republic of Kazakhstan

Country	Name	Position and Organization
Bangladesh (PL)	Dr Salma Sultana	Principal Scientific Officer and Head, Nuclear and Radiation Chemistry Division, Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
Bangladesh	Dr Md Kamruzzaman Pramanik	Principal Scientific Officer and Head, Microbiology and Industrial Irradiation Division (MIID) Institute of Food and Radiation Biology (IFRB), Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
China	Dr Hongjuan Ma	Researcher, Shanghai Institute of Applied Physics, Chinese Academy of Sciences
China	Prof Zhang Ruifu	Professor, Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences
Indonesia	Dr Tita Puspitasari	Head of Radiation Processing Division, National Nuclear Energy Agency (BATAN)
Indonesia	Prof Dr Iswandi Anas	Head of Soil Biotechnology Diision, Bogor Agricultural University (IPB) Bogor Indonesia
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)	Ms Mai Fukahori	Administrative Researcher, International Nuclear and Fusion Energy Affairs Division, Research and Development Bureau, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (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 (QST)
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 (Secretariat)	Ms Ayako Tanida	International Affairs and Research Department, Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Kazakhstan (CD)	Prof Erlan G. Batyrbekov	Director General, National Nuclear Center of the Republe of Kazakhstan (NNC)
Kazakhstan (PL)	Mr Alexandr Borissenko	Chief Executive Officer, JSC "The Park of Nuclear Technologies"
Kazakhstan	Dr Erlan Zhatkanbayev	Associate Professor, Kazakh University of Technology and Business
Kazakhstan	Dr Iliya Korolkov	Researcher, Institut of Nuclear Physics (Astana Branch)
Malaysia (PL)	Dr Marina Binti Talib	Manager, Malaysian Nuclear Agency (Nuclear Malaysia)

Country	Name	Position and Organization
Malaysia	Ms Rosnani Binti Abdul Rashid	Research officer, Malaysian Nuclear Agency (Nuclear Malaysia)
Mongolia (PL)	Dr Chinzorig Radnaabazar	Associate Professor, National University of Mongolia
Mongolia	Ms Sunjidmaa Otgonbayar	Head of Soil Microbiology Laboratory, Institute of Plant and Agricultural Sciences
The Philippines (PL)	Dr Lucille V. Abad	Chief, Atomic Research Division, Philippine Nuclear Research Institute (PNRI)
The Philippines	Ms Julieta A. Anarna	University Researcher II, National Institute of Molecular Biology and Biotechnology
Thailand (PL)	Dr Phiriyatorn Suwanmala	Director of Nuclear Research and Development Division, Thailand Institute of Nuclear Technology (Public organization) (TINT)
Thailand	Dr Kunlayakorn Prongjunthuek	Agricultural Research Officer, Professional Level, Department of Agriculture
Vietnam	Dr Nguyen Ngoc Duy	Head of Research and Development Department, Research and Development Center for Radiation Technology, Vietnam Atomic Energy Institute (VINATOM)
Vietnam	Dr Tran Minh Quynh	Principal Researcher, Hanoi Irradiation Center, Vietnam Atomic Energy Institute (VINATOM)

2.2.3 RPPM プログラム

Program of

FNCA 2018 Workshop on Radiation Processing and Polymer Modification for Agricultural, Environmental and Medical Applications Project

October 8th – 12th, 2018 Kurchatov, Republic of Kazakhstan

Day 1, 8 Oct O	pen Seminar
	OPEN SEMINAR "Prospect of Radiation Processing and Polymer Modification"
	Venue: National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan
	Chairmen: Prof Erlan Batyrbekov, Dr Hideki Namba
09.15-09.25	Opening Session
	Welcoming Remarks Prof Erlan Batyrbekov, National Nuclear Center, Kazakhstan (5 min)
	2) Opening Remarks Ms Mai Fukahori, MEXT, Japan (5 min)
09.25-09.55	Lecture 1: International Nuclear Cooperation and Support for Asian Countries
	Presentation 25 min + Q&A 5 min Ms Mai Fukahori, MEXT, Japan
09.55-10.25	Lecture 2: Thailand
	Presentation 25 min + Q&A 5 min Dr Phiriyatorn Suwanmala, Thailand Institute of
	Nuclear Technologies, Thailand
10.25-10.55	Lecture 3: Innovative Emulsion Grafting of Sustainable Energy and Environmental
	Preservation
	Presentation 25 min + Q&A 5 min Dr Masao Tamada, National Institutes for Quantum
	and Radiological Science and Technology (QST)
10.55-11.15	Group Photo, Morning Tea
11.15-11.45	Lecture 4: Kazakhstan
1	Presentation 25 min + Q&A 5 min Mr Alexandr Borisenko
11.45-12.15	Lecture 5: Modification of PET Track-Etched Membranes by Graft Polymerization of
	Functional Monomers for Membrane Distillation, Catalysis and Sensing
	(Presentation 25 min + Q&A 5 min) Mr Ilya Korolkov

12.15-12.25	Closing Session
	1) Closing Remarks Mr Alexandr Borissenko (5 min)
	2) Closing Remarks Dr Masao Tamada (5 min)
12.25-13.25	Lunch (60 min)
	Workshop Venue: Park of Nuclear Technologies
13.25-13.40	Session 1: Opening
	Chair: Mr Alexandr Borissenko
	1) Welcoming Remarks Mr Alexandr Borissenko (5 min)
	2) Opening Remarks Dr Hideki Namba (5 min)
	3) Introduction of Participants (3min)
13.40-14.30	Session 2: Overview and Achievements of FNCA Projects
	(Presentation 20 min + Q&A 5 min)
	Chair: Dr Md Kamruzzaman Pramanik
	1) FNCA Achievements 2017-2018 Dr Hideki Namba
	2) Project Overview Dr Masao Tamada, Japan
14.30-15.20	Session 3: Progress Report on Biofertilizer
	(Presentation 20 min + Q&A 5 min)
	Chair: Dr Tita Puspitasari
	1) Synergistic Effect of PGP and Biofertilizer Dr Md Kamruzzaman Pramanik
	2) Effect of Gamma Irradiation on the Chemical Properties of Carriers of Microbial
	inoculants Prof Iswandi Anas
15.20-15.40	Afternoon Tea (20 min)
15.40-17.55	Session 3 Cont'd
	(Presentation 20 min + Q&A 5 min)
	Chair: Ms Sunjidmaa Otgonbayar
	3) Development and Dissemination of Radiation Sterilization Method of New Types of
	Carrier Dr Kunlayakorn Prongjunthuek
	4) Development of the Multifunctional Bofertilizer with Emphasis on the Radiation
	Breeding of Microbes Ms Rosnani binti Abdul Rashid
	5) PSB Fertilizer Prof Zhang Ruifu
	6) Mongolia Ms Sunjidmaa Otgonbayar

	7) Philippines Ms Julieta Anarna
	8) Vietnam Dr Tran Minh Quynh (10 min)
18.30-20.30	Official reception

Day 2, 9 Oct	
09.00-10.30	Session 4: Progress Report on Polymer Modification
	(Presentation 30 min + Q&A 15 min)
	Chair: Dr Phiriyatorn Suwanmala
	1) Dr Salma Sultana (Bangladesh)
	2) Dr Ma Hongjuan (China)
10.30-10.50	Morning Tea (20 min)
10.50-12.20	Session 4 Cont'd 1
	(Presentation 30 min + Q&A 15 min)
	Chair: Dr Samla Sultana
	3) Dr Tita Puspitasari (Indonesia)
	4) Dr Mitsumasa Taguchi (Japan)
12.20-13.30	Lunch (70 min)
13.30-15.45	Session 4 Cont'd 2
	(Presentation 30 min + Q&A 15 min)
	Chair: Dr Mitsumasa Taguchi
	5) Dr Erlan Zhatkanbayev (Kazakhstan)
	6) Dr Marina Binti Talib (Malaysia)
	7) Dr Chinzorig Radnaabazar (Mongolia)
15.45-16.05	Afternoon Tea (20 min)
16.05-18.20	Session 4 Cont'd 3
	(Presentation 30 min + Q&A 15 min)
	Chair: Dr Hongjuan Ma
	8) Dr Lucille Abad (The Philippines)
	9) Dr Phiriyatorn Suwanmala (Thailand)
	10) Dr Nguyen Ngoc Duy (Vietnam)

|--|

Day 3, 10 Oct	
09.00-09.15	Session 5: Discussion on RCA Activities
	Chair: Dr Lucille Abad
	1) Discussion
09.15-11.00	Session 6: Discussion on Achievements, Obstacles and Planning
	1) Grouping and Briefing
	A) <u>Degraded Chitosan for Animal Feeds</u> Dr Tita and Dr Marina
	B) Hydrogel for Medical Application Dr Salma and Dr Taguchi and
	C) Environmental Remediation Dr Ma,Dr Tamada and Dr Duy
	D) Synergistic Effect of Plant Growth Promoters (PGP), Super Water Absorbents
	(SWA) and Biofertilizer (BF) Dr Pramanik, Dr Chinzo and Ms Anarna
	E) PGP and SWA, Inclusive of Process Development Mr Borissenko, Dr Lucille and
	Dr Suwanmala
	F) Mutation Breeding of BF Microbe Using Gamma Irradiation Dr Zhang, Ms
	Rosnani, Dr Quynh and Dr Namba
	G) Sterilization of BF Carrier Using Gamma Irradiation Prof Iswandi, Ms Sunje and
	Dr Kunlayakorn
	2) Discussion
	Achievements, Obstacles and Planning
11.00-11.20	Morning Tea (20 min)
11.00 11.20	morning rea (20 mm)
11.20-12.00	Session 6: Cont'd 1
	3) Preparation for Presentation
12.00-13.10	Lunch (70 min)
13.10-14.00	Session 6 Cont'd 2
	Discussion and Preparation for Presentation
14.00-15.15	Session 7: Presentation on Achievements, Obstacles and Planning
	(Presentation 15 min + Q&A 10 min)
	Chair: Dr Tran Minh Quynh
	1) Group A (Degraded Chitosan for Animal Feeds)

	2) Group B (Hydrogel for Medical Application)
	3) Group C (Environmental Remediation)
15.15-15.35	Afternoon Tea (20 min)
15.35-17.15	Session 7: Cont'd
	(Presentation 15 min + Q&A 10 min)
	Chair: Prof Ruifu Zhang
	4) Group D (Synergistic Effect of Plant Growth Promoters (PGP), Super Water
	Absorbents (SWA) and Biofertilizer (BF))
	5) Group E (PGP and SWA, inclusive Process development)
	6) Group F (Mutation Breeding of BF Microbe Using Gamma Irradiation)
	7) Group G (Sterilization of BF Carrier Using Gamma Irradiation)
18.30-19.30	Dinner

Day 4, 11 Oct	
	Technical Visit
09.00-10.00	Museum of Semipalatinsk Test Site
10.00 -11.00	Visit to laboratories of Institute of Radiation Safety and Ecology
11.00 -12.00	Tokamak facility
12.00 -13.00	Lunch
13.00 -16.00	Experimental Field Site
16.00 - 18.00	Park of Nuclear Technologies
18.00-19.00	Dinner

Day 5	
09.00-09.30	Session 8: Planning
	Facilitator: Dr Masao Tamada
	1) Plan for the Next Year (10 min)
	2) Discussion (20 min)

09.30-09.50	Morning Tea (20 min)
09.50-12.00	Session 9: Summary
	Facilitator: Prof Julieta A. Anarna
	1) Correction
	2) Adoption
12.00 -12.15	Session 10: Closing
	Chair: Mr Alexandr Borissenko
	1) Closing Remarks Mr Alexandr Borissenko (5 min)
	2) Closing Remarks Dr Masao Tamada, Japan (5 min)
12.15-13.25	Lunch (70 min)
14.00-	Get Ready for Departure
17:30	Dinner

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 2018 Workshop on Climate Change Science Project

September 24th – September 27th, 2018 Semarang, Indonesia

FNCA 2018 Workshop on Climate Change Science Research Project was held at the campus of University of Diponegoro (UNDIP), Semarang, Indonesia, from 24 to 28 September 2018, hosted by Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO), National Nuclear Energy Agency of Indonesia (BATAN) and UNDIP.

Monday 24 September

Workshop participants delivered country presentation on the progress of their analysis and research on climate archives (lake/river sediments, corals/shells, speleothem, tree ring, etc.) and soil carbon storage.

Tuesday 25 September

Country presentations continued. Then Mr. Tomoaki WADA outlined framework of FNCA, FNCA project activities, mechanism of FNCA award and project evaluation. This was followed by special presentation Paleo-climate research in Indonesia/UNDIP by Dr. Tri R. Soeprobowati, Vice Dean for Resources and Innovation Diponegoro University.

Wednesday 26 September

Workshop participants participated to the 8th International Seminar on New Paradigm and Innovation on Natural Science and Application (ISNPINSA 2018). Then as the preparation and discussion for field work to Rawa Pening, usage demo of sediment corer was conducted by Prof. Henk Heijnis, the Project Leader.

Thursday 27 September

Sampling of sediment coring was conducted in the Lake Rawa Pening

Sampling of sediment coring in the Lake Rawa Pening

Friday 28 September

The workshop summary was drafted. It was decided to convene next workshop in Japan.

2.3.2 CCS 参加者リスト

List of Participants FNCA 2018 Workshop on Climate Change Science Project

September 24th – September 27th, 2018 Semarang, Indonesia

Australia

Prof. Henk Heijnis

Leader Environment

ANSTO Environment

Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)

Bangladesh

Dr. Kamrun Naher

Chief Scientific Officer and Head

Reactor and Neutron Physics Division

Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)

China

Mr. LI Jianyong

Associate Professor

State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology

Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences

Indonesia

Prof. Dr. Djarot S. Wisnubroto

Chairman

National Nuclear Energy Agency (BATAN)

Dr. Hendig WINARNO

Deputy Chairman of BATAN for Nuclear Technology Utilization

National Nuclear Energy Agency (BATAN)

Dr. Tri R. Soeprobowati

Vice Dean for Resources and Innovation Diponegoro University

Dr. Ali Arman LUBIS

Center for Isotopes and Radiation Application (CIRA)

National Nuclear Energy Agency (BATAN)

Japan

Mr. Tomoaki WADA

FNCA Coordinator of Japan

Dr. Haruyasu NAGAI

Division Head, Environmental and Radiation Sciences Division Nuclear Science and Engineering Center

Japan Atomic Energy Agency (JAEA)

Ms. Mai FUKAHORI

Administrative Researcher

International Nuclear and Fusion Energy Affairs Division, Research and Development Bureau, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)

Ms. Aiko NAGAI

Nuclear Safety Research Association (NSRA)

Malaysia

Prof. Dr Fatima Md. Yusoff

Department of Agriculture, Faculty of Agriculture

University Putra Malaysia

Mongolia

Ms. Sarantuya GANJUUR

Director

Information & Research Institute of Meteorology, Hydrology and Environment

Ministry of Environment and Tourism

Philippines

Dr. Angel T. BAUTISTA VII

Science Research Specialist

Nuclear Analytical Techniques Application Section

Philippine Nuclear Research Institute (PNRI)

Thaialnd

Dr. Sasiphan KHAWEERAT

Nuclear Scientist

Nuclear Research and Development Division

Thailand Institute of Nuclear Technology, Thailand (TINT)

Vietnam

Dr. NGUYEN Trong Ngo

Deputy Director,

Nuclear Research Institute,

Vietnam Atomic Energy Institute (VINATOM)

2.3.3 CCS プログラム

Program of FNCA 2018 Workshop on Climate Change Science Project

September 24th – September 27th, 2018 Semarang, Indonesia

Day 1 (Monday September 24)

9:00 - 9:30	Opening of the workshop, Welcome	
	Group Photos	
9:30-10:00	Tea Break	
10.00-10:30	FNCA-climate project – Chair. Welcome and meeting expectations	
	-Introduction of participants	
	-Meeting arrangements	
10.30-12:30	Country presentations on progress against project plan	
	-Australia	
	-Bangladesh	
	-China	
	-Indonesia	
12:30-14:00	Lunch	
14:00-16:30	Country presentations on progress against project plan (Continued)	
	-Japan	
	-Malaysia	
	-Mongolia	
	-Philippines	

Day 2 (Tuesday September 25)

8:30-9:30	Country presentations on progress against project plan (Continued)	
	-Thailand	
	-Vietnam	
9:30-10:00	FNCA Outline	
10:00-10:30	Tea Break	
10:30-10:45	Summary country presentation	
10:45-11:15	Indonesia special presentation Paleo-climate research in Indonesia/UNDIP	
11:15-12:30	Thematic and or regional grouping for project discussions	
12:30-14:00	Lunch	
14:00-14:30	Thematic and or regional grouping for project discussions	

14:30-15:00	Special Asian Monsoon system presentation/discussion
15:00-15:30	Tea Break
15:30-16:30	Special Asian Monsoon system presentation/discussion

Day 3 (Wednesday September 26)

8:00-12:30	Departure from Hotel Santika-Semarang City	
	Participate on the 8th International Seminar on New Paradigm and Innovation on	
	Natural Science and Application (ISNPINSA 2018) at Gets Hotel	
	Back to UNDIP	
13:00-14:30	Lunch	
14:30-16:30	Preparation and discussion for field work to Rawa Pening	

Demonstration of using sediment corer by Prof Heijnis

Day 4 (Thursday September 27)

Sampling of sediment coring in Rawa Pening

Day 5 (Friday September 28)

8:30-11:00	Editing of meeting report and agree on timeframes and delivery of 2nd year
	outcomes. Decision on venue of 3rd Project Meeting
11:00-11:30	Closing Ceremony

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 2018 Workshop on Radiation Oncology Project

November 4th – 7th, 2018 Dhaka, Bangladesh

(1) Following the agreement at the 19th Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA) Coordinators Meeting, the FNCA FY2018 Workshop on Radiation Oncology was held from November 4th to 7th, 2018, in Dhaka, Bangladesh. The meeting was co-organized by Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC), Oncology Club, Bangladesh and the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan (MEXT). Representatives from 10 FNCA member countries, namely Bangladesh, China, Indonesia, Japan, Kazakhstan, Malaysia, Mongolia, the Philippines, Thailand and Vietnam participated in the workshop.

Opening Ceremony

(2) Dr. Zeenat Jabin, Associate Professor & Principal Scientific Officer, National Institute of Nuclear Medicine & Allied Sciences (NINMAS) moderated the session.

Prof. Dr. Md. Sanowar Hossain, Member (Bio-Science), BAEC welcomed the participants with his remarks.

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

Dr. Hideki NAMBA, FNCA Advisor of Japan gave his remarks

Prof. Shingo KATO, the Project Leader of Radiation Oncology Project gave his remarks and introduced the project.

Prof. Dr. Nayuum Chowdhury, Chairman of Bangladesh Atomic Energy Regulatory Authority (BAERA) gave his remarks.

Mr. Mahbubul Hoq, Chairman, BAEC and FNCA Coordinator of Bangladesh delivered an address.

Honorable Minister Mr. Yeafesh OSMAN, Ministry of Science and Technology, Bangladesh (MOST) delivered an address as the chief guest. He officially opened the workshop.

(3) Introduction of individual participants followed.

(4) 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)

(5) 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, 11 cases were not evaluable.

Of the 95 evaluable cases, 51 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 (80 %) patients received \geq 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 69%, respectively. The 2-year and 5-year overall survival (OS) rates were 90% and 77%, respectively.

- (6) An open discussion on the clinical data of Cervix-IV followed. The result of Cervix-IV is better than Cervix-III, with decreased rate of distant metastases. On the other hand, patients need CT during follow-up. Preliminary analysis showed no difference in OS between stage IIB and IIIB. Patients with negative paraaortic lymph nodes benefited from prophylactic para-aortic lymph node irradiation without increasing toxicity. There is one case of recurrence in the para-aortic nodes which was reviewed in the workshop and was agreed to be not a recurrence. The progression free survival was re-analyzed as 2-year and 5-year PFS rates were 78% and 70%, respectively.
- (7) It was announced that Prof. Masaru Wakatsuki, Professor, Department of Radiology, Jichi Medical University will submit a paper on Cervix-IV to an international journal.

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

- (8) Dr. Noriyuki OKONOGI presented the protocol of Cervix-V.
- (9) Newly registered clinical data of CERVIX-V was presented by representatives of each participating country with the following number of patients: Bangladesh (0), China (3), Indonesia (6), Japan (2), Kazakhstan (1), Korea (0), Malaysia (1), Mongolia (0), Philippines (4), Thailand (0) and Vietnam (0). The total number of the patients was 17.
- (10) Discussion on CERVIX-V followed. Countries with IRB approval started enrolment of patients last year. Some centers are still awaiting for ethics approval such as Bangladesh.
- (11) Several issues were raised by different centers.
 - (1) Determination of the correct stage in which the data center can help out by reviewing MRI images.
 - (2) HR-CTV D90 dose should be kept consistent in all fractions or may be increased adaptively when the HR-CTV volume gets smaller, as long as, the OAR constraints are met.
 - (3) There are variations in the IGBT contouring as reflected in HR-CTV volume changes which is due to different contouring skills and experience. As a suggestion, internal examination findings, ultrasound and MRI can be utilized for proper delineation of HR-CTV.
 - (4) Low number of concurrent chemotherapy cycles received by patients. This can be addressed by proper hydration of patients receiving platinum based chemotherapy and better collaboration with gyne-oncologist.
 - (5) Some centers are using IMRT, however dose specification is not covered in the protocol which needs further discussion.
 - (6) A new FIGO staging 2018 was recently published. However, it was agreed that Cervix-V protocol will still use the 2008 FIGO staging.
 - (7) For every fraction of IGBT, it was advised that new CT images should be acquired for proper optimization.
 - (8) Follow-up should be done by radiation oncologists apart from gyne-oncologists.

Session 3: QA/QC for 3D-IGBT

(12) Dr. Hideyuki MIZUNO, Senior Researcher, Department of Radiation Measurement and Dose Assessment, NIRS, QST, reported on feasibility studies and audit of 3D-IGBT. A phantom jig for auditing the 3D-IGBT technique adopted in Cervix-V protocol was developed. Several measurements have been

performed as a feasibility study to initiate audits. End-to-end test will be performed by on-site audit. The audit will be initiated after the Monte Carlo simulation has been completed successfully.

(13) Mrs. Mushfika Ahmed, Senior Medical Physicist, Delta Hospital Ltd presented the current status of 3D-IGBT in Bangladesh. She explained the transition process from 2D technique to 3D-IGBT. The HDR facilities are available in her country to start 3D-IGBT but more training is needed to improve skills and technique.

(14) Mr. Pitchayut Nakkrasae, Medical Physicist, Faculty of Medicine, Siriraj Hospital made a presentation on Promotion of 3D-IGBT in Thailand. He introduced radiotherapy and 3D-IGBT facilities in Thailand. Also, he explained 3D-IGBT training courses and quality management program to improve efficacy of treatment.

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

(15) Prof. Tatsuya OHNO, Professor/Medical Director of Heavy Ion Medical Center, Gunma University 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 (9), Indonesia (12), Japan (0), Kazakhstan (0), Korea (0), Malaysia (29), Mongolia (0), Philippines (7) Thailand (0) and Vietnam (55). The total number of the patients was 113. New cases: 43.

(16) Prof. OHNO then presented the summary of the follow-up data.

Median follow up was 19.5 months (3-89). Median age was 46 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 52 days (range 44 – 232 days). Radiotherapy treatment interruption of >14 days occurred in 23% of patients mainly due to machine breakdown, re-planning and toxicities. For acute hematological toxicities, grade 3/4 toxicities occurred in 14% during the neoadjuvant phase and 28% during the concurrent phase. No patients developed grade 4 or higher acute non-hematological toxicities. The most common grade 3 acute non-hematological toxicities were nausea/vomiting (5%) during the neoadjuvant chemotherapy and mucositis (20%) during the concurrent phase. Grade 4 late toxicities occurred in 13% of patients, mainly salivary gland and subcutaneous tissue toxicities.

(17) Efficacy results showed 3-year survival results: OS rate was 72%. Loco-regional failure rate was 20%. Distant metastasis free survival rate (DMFS) was 77%. PFS rate was 70%. When compared with the results from NPC-I study, a better trend of OS and DMFS was seen in NPC-III although there were no significant differences.

The target enrolment is 120 patients and 113 were accrued so far. As the target number is nearly achieved, it was decided to close patient enrolment at the end of December 2018. However, further follow-up is required to confirm the 3-year clinical outcomes.

Session 5: Phase II Study of Hypofractionated Radiotherapy for Breast Cancer (Postmastectomy Radiation Therapy (PMRT)/BREAST-I)

- (18) Dr. Sawa KONO, Assistant Professor, Department of Radiation Oncology, Tokyo Women's Medical University introduced and reviewed the protocol of PMRT/BREAST-I.
- (19) 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 (0), Japan (13), Kazakhstan (20), Korea (0), Malaysia (0), Mongolia (26), Philippines (10), Thailand (0) and Vietnam (0). The total number of PMRT patients were 159.
- (20) Prof. Kumiko KARASAWA, Dean of School of Medicine, 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. Overall 178 patients in HF-PMRT arm were enrolled during 58 months. Evaluable number of patients was 159. Only 6 patients were newly registered in this year. All patients completed protocol of treatment. The median age was 49 years old (range, 24–80). Eighty patients (50%) had left-sided breast cancer. The clinical stage was IIA in 56 patients (35%), IIB in 62 (39%), IIIA in 36 (23%), IIIB in 3 (2%), and IIIC in 2 (1%), respectively. The median treatment duration was 21 days (range, 21–84). Six 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 2 patients (2%) and late grade 1 cardiac toxicity in 3 patients (2%). Late grade 1 lung toxicity was observed in 10 patients (6%). Four loco-regional recurrence, 16 distant metastases and 8 breast cancer deaths had been observed.
- (21) An open discussion on the clinical data followed. Only one percent of more than grade 2 acute dermatitis and one percent grade 2 subcutaneous acute toxicity have been observed. All co-investigators are advised to re-check their data and send corrected data. Co-investigators must evaluate cosmetic outcome at 3 years and 5 years after the treatment and they are encouraged to enroll patients until next year.

Session 6: Phase II Study of Hypofractionated Radiotherapy for Breast Cancer (Whole Breast Irradiation / BREAST-I)

- (22) Dr. Sawa KONO introduced and reviewed the protocol of Whole Breast Irradiation (WBI) / BREAST-I.
- (23) 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 (137), Kazakhstan (14), Korea (9), Malaysia (0), Mongolia (3), Philippines (0), Thailand (14) and Vietnam (0). Total number of WBI patients was 230.
- (24) Prof. Kumiko KARASAWA presented the summary of the WBI clinical data of breast cancer cases (230 patients / 231 breast lesions).
- (25) Overall 231 breast lesions in HF-WBI arm were enrolled from February 2013 to October 2017. The median age of patients are 49 years. The majority of patients are in T1 (60%) N0 (86%), clinical IA (53%). Most histology is IDC (3%) and luminal B category (60%). The treatments of most patients were consistent with the protocol by using 6 MV and field in field technique. Most patients experienced no acute side effect except skin reaction (grade 2: 10%, grade 3: 2%). There were very few late adverse effects (subcutaneous effect grade 1: 10%). There was one locoregional recurrence, 3 distant metastases, 2 breast cancer deaths and 2 intercurrent deaths. In summary, all of the patients completed treatment protocol with good tumor control and very few adverse effects.
- (26) An open discussion on the clinical data followed.
- (27) Some data correction will be needed before manuscript submission. This report will include early results within 2-year follow-up. Long term follow-up is still needed to confirm the final results. We are expected to follow the patients every six months for 5 years and yearly thereafter.

Session 7: Review of Workshop and Future Plan

- (28) Prof Shingo Kato proposed the project activities of the next year and it was agreed by all of the FNCA member states, as follows:
- (29) Clinical study of 3D-IGBT for cervical cancer (CERVIX-V):
 - (1) Enrollment of the patient will be continued;
 - (2) The feasibility, efficacy, and acute toxicity will be assessed at annual WS.
- (30) Training of 3D-IGBT:

- (1) Hands-on training course will be held at annual WS;
- (2) ROs and MPs in FNCA MCs are encouraged to apply for the nuclear researcher exchange program by MEXT of Japan to study 3D-IGBT in Japanese institutes.
- (31) Clinical study of NAC followed by CCRT for nasopharyngeal cancer (NPC-III):
 - (1) Enrollment of the patient will be completed by the end of this year;
 - (2) Follow-up of the patients will continue for > 3 years.
- (32) Clinical study of hypofractionated radiotherapy for breast cancer (BREAST-I):
 - (1) Breast conserving treatment (BCT) (Whole Breast Irradiation(WBI)) enrollment of the patient was closed last year, follow-up of the patient will continue for > 4 years; (2) post-mastectomy radiotherapy (PMRT) enrollment of the patient will be continued to a total number of 200, and the follow-up of the patients will continue for > 5 years.
- (33) QA/QC for 3D-IGBT: audit of 3D-IGBT will start next year.
- (34) Proposal of the next clinical trial.
 - (1) Palliative RT (phase III study) (Prof. Ohno); Concept sheet will be distributed to each institute from the data center.
 - (2) IMRT of the whole pelvis for postoperative cervical cancer (Prof. Wakatsuki), will be discussed at the next WS.
- (35) Proposal of other activities. Training of delineation of CTV/OARs.
- (36) The next workshop is tentatively scheduled to be held in Suzhou, China from November 11th to 17th, 2019.

Session 8: Technical Visit 1

(37) Workshop participants conducted a Technical Visit to Delta Hospital Limited while some participants started the Hands-on Training on 3D-IGBT at United Hospital Limited.

Session 9: Technical Visit 2 & Hands-on Training on 3D-IGBT

(38) The participants conducted another Technical Visit to United Hospital Ltd. Continuation of the Handson Training on 3D-IGBT at the same hospital.

Session 10: Open Lecture

(39) The Open Lecture was held at National Institute of Cancer Research and Hospital (NICRH).

- (40) Dr. Nazman Nahar moderated the Open Lecture and Prof. Mafizur Rahman welcomed the audience with his remarks.
- (41) Mr. Tomoaki WADA gave a lecture about the FNCA. He introduced its overview and spoke about the on-going 7 projects' activities and achievements.
- (42) Dr. Lubna Mariam, Assistant Professor, Radiation Oncology, NICRH gave a lecture on the current status of radiotherapy in Bangladesh.
- (43) Prof. Tatsuya OHNO, Professor / Medical Director, Heavy Ion Medical Center, Gunma University spoke on 3D-IGBT for Cervical Cancer.
- (44) Dr. Miriam Joy Calaguas, Chairman of Department of Radiotherapy,
- Jose R. Reyes Memorial Medical Center (JRRMMC) gave her lecture entitled Past, Present, Future of Radiation Therapy in the Philippines.
- (45) The last lecture was delivered by Prof. Masaru Wakatsuki. He gave a lecture on Particle Beam Therapy.
- (46) Prof. Shingo KATO made comments on the Open Lecture.
- (47) Prof. Md. Moarraf Hossen, Director, NICRH gave the closing remarks.

Session 11: Drafting Workshop Minutes

- (48) Participants reviewed Technical Visit, Hands-on Training and Open Lecture.
- (49) 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.
- (50) Prof. Shingo KATO summarized and commented on all the sessions. The workshop was closed officially with his remarks.

2.4.2 RO 参加者リスト

List of Participants FNCA 2018 Workshop on Radiation Oncology Project

November 4th -7th, 2018 Dhaka, Bangladesh

Country	Name	Affiliation
Bangladesh (PL)	Dr A.F.M. Kamal Uddin	Scientific Secretary, Oncology Club
Bangladesh	Dr. Parvin Akhter Banu	Chief Consultant Oncologist
		Delta Medical College & Hospital Limited
Bangladesh	Dr. Asma Siddiqua	Assistant Professor
		Department of Radiotherapy
		National Institute of Cancer Research and Hospital
		(NICRH)
Bangladesh	Dr.Sharif Ahmed	Junior Consultant
		Department of Radiation Oncology
		United Hospital Limited
Bangladesh	Dr.Anannya Sarker	Junior Consultant
		Delta Hospital Limited
Bangladesh	Dr. Jasmine Ara Haque	Chief Medical Officer,
		National Institute of Nuclear Medicine & Allied
		Sciences (NINMAS), Dhaka
		Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
Bangladesh	Dr.Md. Abu Bakker	Chief Medical Officer,
	Siddiqu	National Institute of Nuclear Medicine & Allied
		Sciences (NINMAS), Dhaka
		Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
Bangladesh	Dr. Sharmin Quddus	Principal Medical Officer
		National Institute of Nuclear Medicine & Allied
		Sciences (NINMAS), Dhaka
		Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
Bangladesh	Dr.Rahima Akhter Sharmin	Medical Officer
		Institute of Nuclear Medical Physic s(INMS), Savar,
		Dhaka
		Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)

Country	Name	Affiliation
China	Prof Cao Jianping	Professor / Director
(PL)		School of Radiation Medicine and Protection,
		Soochow University
China	Dr Xu Xiaoting	Vice-Director of the Department of Radiation Oncology
		The First Affiliated Hospital of Soochow University
Indonesia	Dr Henry Kodrat	Medical Staff, Radiotherapy Department,
(PL)		Cipto Mangunkusumo Hospita
Indonesia	Dr Dyah Erawati	Head of Radiotherapy Division
		Dr. Soetomo General Hospital
Indonesia	Mr Bambang Haris	Medical Physicist of Radiotherapy Department
	Suhartono	Dr. Soetomo General Hospital
Japan	Mr Tomoaki Wada	FNCA Coordinator of Japan
(Coordinator)		
Japan (Advisor)	Dr.Hideki NAMBA	FNCA Advisor of Japan
Japan	Prof Shingo Kato	Professor
(PL)		Department of Radiation Oncology
		International Medical Center
		Saitama Medical University
Japan	Prof Takashi Nakano	Vice President of Gunma University
		Professor, of Radiation Oncology, Director of Heavy Ion
		Medical Research Center
Japan	Prof Kumiko	Dean of School of Medicine
	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

Country	Name	Affiliation
		Department of Radiation Measurement and Dose Assessment National institute of Radiological Sciences 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 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 Sawa Kono	Assistant Professor, Department of Radiation Oncology Tokyo Women's Medical University
Japan (Secretariat)	Ms Ai Yamada	International Affairs and Research Department, Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Kazakhstan (PL)	Prof Tasbolat Adylkhanov	Chairman of Clinical and Radiation Oncology Department Semey State Medical University
Kazakhstan	Dr Yevgeniya Kossymbayeva	Assistant of Clinical and Radiation Oncology Department Semey State Medical University
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

Country	Name	Affiliation
Mongolia	Dr Murun Gantumur	Radiation Oncologist of Radiotherapy Department National Cancer Center of Mongolia
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
The Philippines	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, Depatment of Obstetrics and Gynecology, Section of Gynecologic Oncology, Jose R. Reyes Memorial Medical Center
The Philippines	Dr. Jaemelyn Marie O. Fernandez	Visiting Consultant Jose R. Reyes Memorial Medical Center (RRMMC)
The Philippines	Dr. Jerickson Abbie Sapno Flores	Medical Officer IV (Radiation Oncology-Resident-in- Training) Jose R. Reyes Memorial Medical Center (RRMMC)
Thailand	Dr Kullathorn Thephamongkhol	Lecturer, 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)

Country	Name	Affiliation
Vietnam	Dr Nguyen Cong Hoang	Radiation Oncologist/ Deputy Head
		Department of General Radiation Oncology
		National Cancer Hospital (K Hospital)

2.4.3 RO プログラム

Program of FNCA 2018 Workshop on Radiation Oncology Project

November $4^{th} - 7^{th}$, 2018 Dhaka, Bangladesh

Day 1 Sun, 4th November 2018 / Place: Pan Pacific Sonargaon Dhaka

09:40-10:00	Registration	
10:00-11:20	Opening Ceremony / Moderator: Dr Zeenat Jabin (Bangladesh)	
10:00-10:05	Welcome Remarks / Dr Sanowar Hossain, Member (Bio-Science), BAEC	
	(Bangladesh)	
10:05-10:10	Opening Address / Mr Tomoaki Wada, FNCA Coordinator (Japan)	
10:05-10:10	Remarks / Dr Hideki NAMBA, FNCA Advisor (Japan)	
10:15-10:20	Remarks /Prof Shingo Kato, Project Leader (Japan)	
10:20-10:25	Remarks /Prof.Dr.Nayuum Chowdhury, Chairman of BAERA (Bangladesh)	
10:25-10:30	Address by the Chair /Mr Mahbubul Hoq, Chairman, BAEC and FNCA Coordinator	
	(Bangladesh)	
10:30-10:40	Address by the Chief Guest /Archtect Yeagesh Osamn, Honarabole Minister, MOST	
	(Bangladesh)	
10:40-11:00	Introduction of Members	
11:00-11:10	Adoption of the Agenda	
11:10-11:20	Group Photography	
11:20-11:40	Coffee Break	

11:40-12:40 Session 1: Phase II Study of Concurrent Chemotherapy and Extended-Field Radiotherapy for Locally Advanced Cervical Cancer (CERVIX-IV)

Co-chairs: Prof. Rey.H. De Los Reyes (the Philippines & Dr. To Anh Dung (Vietnam)

- 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

12:40-14:00 Lunch

14:00-15:20 Session 2: Prospective Observational Study of 3D-Image-guided brachytherapy for Locally Advanced Cervical Cancer (CERVIX-V)

Co-chairs: Dr.Henry Kodrat (Indonesia) & Dr Lau Fen Nee (Malaysia)

- 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

15:20-15:40 Coffee Break

15:40-17:00 Session 3: QA/QC for 3D-IGBT

Co-chairs: Mr Bambang Haris Suhartono (Indonesia) & Mr Muzzamer Bin Mohammad (Malaysia)

15:40-16:00 1) Report on FS & Audit of 3D-IGBT / Dr Hideyuki Mizuno (Japan)

15:40-16:20 2) Current Status of 3D-IGBT in Bangladesh / Mrs Mushfika Ahmed (Bangladesh)

16:20-16:40 3) Promotion of 3D-IGBT in Thailand / Mr Pitchayut Nakkrasae (Thailand)

16:40-17:00 4) Discussion

19:00-21:00 Dinner Reception Hosted by BAEC

Day 2 Mon, 5th November 2018 / Place : Pan Pacific Sonargaon Dhaka

09:00-10:30 Session 4: Phase II Study of Chemoradiotherapy for NPC (NPC-III)

Co-chairs: Dr Dyah Erawati (Indonesia) & Dr Xu Xiaoting (China)

- 1) Introduction of the protocol / Prof. Tatsuya Ohno (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 / Prof. Tatsuya Ohno (Japan)
- 4) Discussion

10:30-10:50 Coffee Break

10:50-12:20 Session 5 :Phase II Study of Hypofractionated Radiotherapy for Breast Cancer (PMRT/BREAST-I)

Co-chairs: 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 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

12:20-13:30 Lunch

13:30-15:00 Session 6 :Phase II Study of Hypofractionated Radiotherapy for Breast Cancer (WBI/BREAST-I)

Co-chairs: Dr MurunGantumur (Mongolia) & Dr Kullathorn Thephamongkhol (Thailand)

- 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: Review of WS and Future Plan

Co-chairs: Prof. Takashi Nakano (Japan) & Prof Cao Jianping (China)

- 1) Discussion (Review of WS & Future Plan)
- 2) Summary of WS & Remarks / Prof Shingo Kato (Japan), Project Leader

Day 3 Tue, 6th November 2018 / Place: Delta Hospital Limited & United Hospital Limited

08:00 Leave from Hotel

09:00-11:00 Session 8: Technical Visit 1 at Delta Hospital Limited

Session8: Hands on graining at United Hospital Limited

Trainers:Prof.Shingo KATO (Japan), Prof.Masaru WAKATSUKI (Japan), Dr.Noriyuki OKONOGI (Japan), Dr.Shigekazu FUKUDA(Japan), Dr.Hideyuki MIZUNO (Japan), Mr.Pitchayut Nakkrasae (Thailand)

11:00-13:00 Move to United Hospital & Lunch (Technical Visit Group)

14:00-16:00 Session 9: Technical Visit 2 at United Hosptal Limited

Session 9: Hands on graining at United Hospital Limited

Trainers:Prof.Shingo Kato (Japan), Prof.Masaru Wakatsuki (Japan), Dr.Noriyuki Okonogi (Japan), Dr.Shigekazu Fukuda(Japan), Dr.Hideyuki Mizuno (Japan), Mr.Pitchayut Nakkrasae (Thailand)

16:30-17:00	Leave from Hotel
19:00-21:00	Dinner Reception Hosted by Oncology Club

Day 4 Wed, 7th November 2018 / Place: National Institute of Cancer Research and Hospital

(1	N	l(ŀ	₹ I	H))

09:00-09:30	Registration			
09:30-12:10	Session 10: Open Lecture Moderator: Dr, Nazmun Nahar (Bangladesh)			
09:30-09:40	Opening Ceremony			
09:30-09:40	Opening Remarks Prof.Moarraf Hossain, Director of NICRH (Bangladesh)			
09:40-10:00	Introduction and Overview of FNCA / Mr Tomoaki Wada (Japan)			
10:00-10:20	Current Status of Radiotherapy in Bangladesh / Dr.Lubna Mariam (Bangladesh)			
10:20-10:40	3D-IGBT for Cervical Cancers / Prof Tatsuya Ohno (Japan)			
10:40-11:00	Break			
11:00-11:20	Past, Present, Future of Radiation Therapy in the Philippines / Dr.Miriam Joy Calaguas			
	(the Philippines)			
11:20-11:40	Particle Beam Therapy / Prof.Masaru Wakatsuki (Japan)			
11:40-11:50	Closing Remark / Prof Shingo Kato (Japan) Project Leader			
12:00 -13:00	Lunch			

15:00-17:00 Session 11: Drafting the Workshop Minutes

Co-Chairs:Dr.Lau Fen Nee (Malaysia) & Dr.Jaemelyn O Marie Fernandez (the Philippines) & Dr.Jerickson Abbie Sapno Flores (the Philippines)

- 1) Drafting WS Minutes
- 2) Summary of WS and Closing Remarks / Prof.Shingo Kato (Japan)

Night Time Leave from Dhaka

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 2018 Workshop on Research Reactor Utilization Project

October 22nd –25th, 2018 Tsuruga and Osaka, Japan

The Research Reactor Utilization (RRU) project workshop was held over four days at the Wakasa Wan Energy Research Center (WERC) and Kanku Joytel Hotel, Japan.

The first day (Oct. 22) was allocated to the Open Seminar at WERC. The first half of the second day (Oct. 23) was allocated to plenary session, the individual project leaders of Japan overviewed the current projects of RRU and Neutron Activation Analysis (NAA) and referred to several major issues of the workshop, and BNCT was reported. From the afternoon of the second day to the third day (Oct. 24), the parallel sessions were held. In the RRU sessions, Neutron Radiography (NR), Material Research and RI production and applications were presented sequentially 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 fourth day (Oct. 25), the detailed contents were summarized in each of the two groups, RRU and NAA.

The technical visit to Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University (KURNS) was held on Oct. 23.

[Plenary session]

Introduction to KURNS BNCT -Yesterday, Today, and Tomorrow

At Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science (KURNS), more than 500 patients have been treated by Boron Neutron Capture Therapy (BNCT) using Kyoto University Research Reactor (KUR) up to the present. The effectiveness of BNCT for treating not only malignant melanoma and brain tumor but also head and neck tumor, malignant mesothelioma, and liver cancer has been demonstrated. We continue the BNCT treatment using KUR. However, it is difficult to stably provide a treatment beam because research nuclear reactors are difficult to install near hospitals and also availability during shut down period due to periodic inspection is long. Therefore, realization of an accelerator-based neutron source for BNCT has been desired. In order to realize the actual machine of the accelerator BNCT, it is necessary to consider the thermal load of the target, blistering of the target, activation and moderator. We and Sumitomo Heavy Industries, Ltd started the research collaboration to develop accelerator-based neutron source and proposed an epithermal neutron source combining 30 MeV, 1 mA protons and beryllium target as a method that can overcome target blistering and obtain the epithermal neutron intensity necessary for the treatment. In this talk, the current status of BNCT using KUR, and overview of cyclotron-based neutron source developed by KURNS were introduced.

[Parallel session (RRU)]

RRU-1: Neutron radiography (NR)

Lead speech "Neutron Radiography at KUR" (Prof. Saito, Japan)

Several neutron radiography/imaging facilities have been installed at various neutron sources in Japan. In this presentation, the present status of such facilities and their activities are briefly introduced. RADEN(BL22) has been constructed at J-PARC especially for an energy selective neutron imaging in 2014. Two neutron radiography ports using thermal and cold neutrons (TNRF, CNRF) will be upgraded for the

restart of JRR-3 in 2020. Two imaging ports (B4, E2) of Kyoto University Research Reactor (KUR) are being

utilized for thermal hydraulic, concrete, and archeology studies. Various applications and present strategy of

neutron radiography/imaging at research reactors were introduced and discussed.

Australia

Neutron radiography/tomography/imaging station called 'Dingo' commenced operation since October 2014.

The major areas of use are: Defence, Industrial, Cultural heritage and Archaeology applications, Neutron

imaging or tomography creates a whole series of three-dimensional images of an object that can be

reconstructed. ANSTO encourage partnerships and collaborates both nationally and internationally.

Bangladesh

The current experimental facilities of neutron radiography in Bangladesh were presented. It was reported that

archeological samples are prime target samples at this moment. The existing collimator system of the neutron

radiography will be upgraded in next 2 years to have better quality image using digital neutron radiography

system.

China

China Advanced Research Reactor (CARR) is a higher performance and multipurpose reactor in CIAE. Many

studies have been performed such as non-destructive testing (NDT) of nuclear fuel rod, two-phase flow, fuel

cell, rock and concrete etc. using neutron radiography at CARR. In the near future advanced NR facilities

will provide more powerful tools for extensive utilisations in different disciplines and stimulate the progress

of NDT techniques in China.

Indonesia

The G.A. Siwabessy reactor is equipped with radiography facility. The facility is used for several experiments

and some results have been produced and published. For examples, there are publications on visualization of

boiling phenomenon and preliminary investigation on visualization of oscillating heat pipe. Static and

dynamic images can be obtained using radiography facility of BATAN. BATAN encourage collaborations

with other institutions for using the facility.

Kazakhstan

125

The Institute of Nuclear Physics started the construction of new neutron radiography and tomography facility at WWR-K research reactor since 2017. The project is implementing in cooperation with Joint Institute for Nuclear Research (Russia). The facility is expected to be operational in end of 2019.

Malaysia

Neutron radiography is a Non-Destructive Technique that can be used to obtain an image of materials. Neutron radiography facility (NuR-2) in Malaysian Nuclear Agency is located at radial beam port of the 1MW Research Reactor TRIGA PUSPATI (RTP). Neutron radiography is used in material characterization study on Cultural heritage signature / authentication and Non-Destructive Testing (NDT) for industry.

Thailand

Thai research reactor (TRR-1/M1) was using the neutron radiography since 1966. Thailand Institute of Nuclear Technology (TINT) is upgrading the radiography facility for 3D imaging capability following the project performance evaluation. The facility will be useful for handling, for instance, archaeological and biological samples. The facility upgrade is expected to be completed within next 2 years.

RRU-2: Material research

Lead speech "Positron annihilation studies for defects using a reactor-based slow positron beam" (Prof. Kinomura, Japan)

Positron annihilation spectroscopy is sensitive to atomic-scale vacancy-type defects below detection limits of electron microscopy. When energy-variable positron beams (i.e., slow positron beams) are used, it is possible to get depth information of defects by changing positron energy. It can be a powerful tool to investigate vacancy-type defects or voids in near-surface layers and thin films. In Kyoto University, a slow positron beam using a research reactor is currently under development. In this talk, the detail of the beamline was introduced together with some applications of slow positron beams.

Australia

ANSTO possesses multiple material research facilities. The major facilities include, a) OPAL multipurpose reactor, b) Australian Centre for Neutron Scattering, c) Australian Synchrotron, d) Centre for Accelerator Science, e) National Deuteration Facility, f) National Research Cyclotron. The areas of use are: Food science, Energy materials, Cultural Heritage, Defence, Planetary material, Environmental sustainability, Industrial and many more. ANSTO encourage partnerships and collaborates both nationally and internationally.

Bangladesh

The high resolution Neutron Powder Diffractometer (NPD) installed at BAEC TRIGA Research Reactor (BTRR) is using to study the crystal and magnetic structural properties of different materials. The NPD facility is contributing to manpower development by giving opportunity to research as well as academic degree for the university students and researchers.

China

Annular fuel as a new fuel type can enhance both the economics and safety performances. The R&D of annular fuel is performing in China National Nuclear Corporation (CNNC). In-pile test has been carried out at the Swimming Pool Research Reactor (SPRR) at CIAE, and Irradiation of LTAs in commercial NPPs will be started from 2021.

Indonesia

The G.A. siwabessy reactor is equipped with several facilities for material testing research. Neutron diffractometer and small angle neutron scattering (SANS) facilities are used for structural analysis. Several facility developments are carrying out including development of data acquisition and measurement software for neutron triple axis spectrometer.

Kazakhstan

Kazakhstan operates three research reactors which will be good tools for material testing under neutron field. Research relate to sustainable development of atomic energy. Kazakhstan is planning to perform research on material using the fusion reactors and GEN-IV reactors in the future.

Malaysia

Material Research in Malaysian Nuclear Agency is divided into various activities e.g. corrosion study and protection, mineral and thorium processing, functional and nano materials and radiation damage analysis by neutron beam applications. Malaysian Nuclear Agency also offers services for universities and other institutions to do some researches on Materials characterization and processing (corrosion, metallurgy, ceramic), Training and Consultation.

RRU-3: Medical / industrial RI production

Australia

ANSTO manufacture and supply radiopharmaceuticals and radiochemicals to public & private Nuclear Medicine Centres in Australia and export to a number of countries in the Asia-Pacific region. ⁹⁹Mo is export to several countries with current capacity 2,300Ci (6 day) and to be increased in the future to 3,500Ci (6 day) using the new facility which is in final stage of process validation. A number of other radioisotopes [¹⁷⁷Lu (carrier free), ¹³¹I, ¹⁵³Sm, ⁵¹Cr, ⁹⁰Y and ¹⁹²Ir] are producing at ANSTO for domestic supply and also for export.

Indonesia

The G.A. Siwabessy reactor of BATAN is used for radioisotope production. There are two irradiation positions in the reactor core that used for radioisotope production: Central Irradiation Position (CIP) and Irradiation Position (IP) with neutron flux in the order of 10^{14} n.cm⁻²s⁻¹. At present the reactor is used for producing many kinds of radioisotopes [153Sm, 177Lu, 32P, 99Mo, 131I, 198Au and 192Ir].

Japan

The RI production such as ¹⁹²Ir which had been produced at JRR-3 is currently dependent on import from overseas. The production technology and handling of radioisotopes is also less frequently used which is affecting human resource development. It is expected that acquisition of installation change permission will be obtained. In the future, we will conduct earthquake-resistant reinforcement works for nuclear reactor buildings and plan to resume operation in 2020.

Kazakhstan

The Institute of Nuclear Physics of the Republic of Kazakhstan is producing the radioisotopes for medical and industrial applications [99Mo, 99mTc generator, 192Ir and other isotopes]. Till end of 2017, radioisotopes for medical applications did not produce because of carrying out the Good Manufacturing Practice (GMP) certification. The GMP certificate will be received end of 2018. Production of radioisotopes for industrial applications continues.

Korea

The HANARO reactor is still shut down since 2014 due to safety issues. However, the research of new isotopes and their application is steadily progressing. Current research topics are the development of fission ⁹⁹Mo production process at new dedicated isotopes reactor, Kijang Research Reactor (KJRR) and the development of the production technologies for new radioisotopes such as therapeutic emitters, ¹⁴C. Additionally, the study of radioisotope battery for space mission is ongoing.

Malaysia

^{99m}Tc generator production facility will be refurbished and upgraded for fulfilling the GMP compliance. Malaysian Nuclear Agency is producing ¹³¹I capsule, currently doing documentation on active run and product validation for GMP approval. ¹⁹²Ir for industrial purposes has been assembled in Nuclear Malaysia for local use. Currently, Malaysia is developing a new radioisotope, ¹⁵³Sm labelled with EDTMP for bone palliative treatment using 1MW Research Reactor TRIGA PUSPATI (RTP).

Mongolia

The Research Reactor (RR) project for Mongolia had been discussed internally for several years. Utilization of RR, the design study and fuel comparison analyses were conducted. The proposed RR is to be utilized for Radioisotope (RI) production (99Mo/99mTc by activation method), Neutron Activation Analysis (NAA), education and training, nuclear physics and other commercial services.

The Philippines

The Philippine Nuclear Research Institute's ^{99m}Tc Generator production facility has secured a supplier of ⁹⁹Mo and a business partner for the commercialization of its ^{99m}Tc generators. Starting January 2019, ^{99m}Tc Generators will be produced for market distribution. The production will satisfy 30% of the local weekly demand of 15 Ci.

Thailand

Thailand produces ¹⁵³Sm till July 2018 after receiving a nuclear operator license from the regulator. Other medical / industrial radioisotopes are 100% imported to meet Thailand demand. A new cyclotron project started construction and will be finished in 2021 to produce new isotopes.

Vietnam

Dalat Nuclear Research Institute (DNRI) is routinely utilized to produce radioisotopes for medical (¹³¹I, ^{99m}Tc, ⁵¹Cr, ³²P) and industrial (¹⁹²Ir, ⁶⁰Co) uses. Supply radioisotopes and radiopharmaceuticals in the country were shown in the talk. Currently, DNRI is capable to supply radioisotopes with 40-50% market share. In future, RI's [¹⁵³Sm, ¹⁷⁷Lu and ⁹⁰Y microsphere] for therapeutic and research purpose will be introduced to the market.

RRU-4: General Discussion

1) BNCT

Boron neutron capture therapy (BNCT) is a unique method for the radiotherapy in particle radiation oncology. This feature makes BNCT possible to treat for patients suffering from malignant tumors. More than 500 patients have been treated for not only malignant melanoma and brain tumor but also head and neck tumor etc. by BNCT using Kyoto University Research Reactor (KUR) up to date. BNCT treatment is still desired using research reactors in Asian countries. It is needed for the treatment that neutron beam is stably provided by research reactors, however, Periodic shut down for inspection can be obstacle in the reactor-based BNCT, therefore, realization of the accelerator-based BNCT can be developed. We discussed the present and future status in BNCT.

2) Neutron radiography (NR)

Among the 8 countries among 12 members, have presented their current activities and future plans to enhance neutron radiography (NR) activities. It is interesting to note that several countries reported their experimental facilities and research activities, *e.g.*, nondestructive imaging research of different samples in such archeological samples like ancient jar and sculpture of Buddha, imaging techniques for fuel cell dynamic and nuclear materials study, fluid dynamics of motor engine and boiling phenomena etc. At the end, the issues like benefits for countries and like possibility for setting common sample target in future were discussed.

3) Material research

In lead speech, a slow positron beam using a research reactor is currently under development, the detail of the beamline together with some applications introduced and discussed. It should be noted that the *in situ* experimental study using neutron power diffraction, the high resolution diffractometer (NPD) to study crystal and magnetic structural properties, the annular fuel as a new fuel type for economics and safety, analyzing material structures by using Neutron diffractometer, fuels with world collaboration, corrosion and nano functional materials were presented by several countries. Finally, the future R&D program in material science was discussed between membered countries.

4) Medical / industrial RI production

Members from 10 countries were presented reports concerning current status of the medical and industrial RIs production in their country. In Australia and some countries, RIs are available for domestic demand. Although, both reactors JRR-3 of Japan and HANARO of Korea are expected to resume their operation soon. During this time, Japan and Korea are importing RIs from other countries. New RIs such as Lu-177, Sm-153 and Ac-225 for diagnosis and treatment were discussed, further possibility of accelerators like cyclotron for production of RIs was discussed in the workshop.

RRU-5: Future plan of the RRU Group and as Conclusions

The RRU projects has 8 themes, then, we should discuss a wide variety of topics. We could consider holding the RRU meeting in these 3 years. Therefore, persons more expected can be invited to participate. The advantage of having this workshop every year is to discuss new themes in the RRU for having network.

- 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 from member's countries should discuss several topics, and chose topics of Nuclear Science for next year's workshop in Kazakhstan.

[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 PM2.5, are being collected in participating countries and the air pollution level at those sites is being 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 are being 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.

Bangladesh

The NAA laboratory of Bangladesh has no facility for SPM sample collection. Instead, five SPM samples were collected from Atomic Energy Center, Dhaka, and analyzed by NAA. Ten elements (V, Al, Mn, As, Sb, Na, K, Sc, Fe and Zn) were determined in the samples.

China

In 2018, the NAA facilities at CARR were upgraded. The NAA system at CARR includes INAA, PGAA, NDP, PGAI, DNC. Some airborne particulate matter (APM) samples were analyzed by the PGAA method. APM samples, including PM2.5 and PM10, were collected in Beijing twice a week in this year and analyzed to get the features of elements. NAA is a very important analytical method in atmosphere management in China. NAA was adopted in several national programs, including National Key Research & Development Program (NRDP), a national research program for key issues in air pollution control.

Indonesia

Collection and analysis of APM sample have been has continued. APM samples were collected using a Gent Stacked air sampler for 24 hours sampling time. Elemental analysis was carried out using a combination of XRF and INAA. The elemental distribution in the PM2.5 fraction was obtained and presented in this workshop. The time series of PM2.5 and PM10 for the Bandung and Lembang sampling sites have been compared. Nuclear analytical techniques have been used for the analysis of samples from at 14 Environmental Protection Agency offices.

Korea

There was no activity in this period so the focus was on the second activity, Mineral Resources.

Malaysia

Malaysia has continued to sample for 24 hours twice a week to collect two fractions ($<2.5 \mu m$ and 10- $2.5 \mu m$ aerodynamic diameter particles) on 47mm polycarbonate filters at the same sampling site, Malaysia Nuclear Agency, Bangi. All samples collected up to 2015 have been analyzed for their elemental content by PIXE and Neutron Activation Analysis (NAA). For samples collected in 2016-2017, a combination of three analytical techniques were used for their analysis: NAA, ICP-MS and Ion Chromatography.

Mongolia

From June 2017 – August 2018, the average mass of APM for PM2.5 was 116.1 μ g/m³ and for PM10-2.5 was 249.1 μ g/m³, being 4 to 5 times higher than the Mongolian air quality standard. In another environmental

project, the concentrations of 40 elements were determined from collected moss samples using INAA. The 2016 levels were considerably higher than those in 2005, except for U, W, Sm and Ce. In particular, the concentrations of Cl and Hg were 32 and 63 times higher, respectively.

The Philippines

SPM sampling is still being continued in Metro Manila and in Boracay Island. Most filters collected from these sites were analyzed by EDXRF. It is hoped to use NAA through collaboration with other members. Activities involving source apportionment of air pollution sources were also being carried out. Strong linkages with end-users and continued collaborative projects are being made with local government units and universities.

Vietnam

A national or IAEA/RCA project on "Air quality and environmental impact assessment of Vinh Tan coalfired power plants" has been planned and proposed for the next year. A collaborative project on air pollution studies in Hanoi using k_0 -INAA and PIXE has been carried out. The analytical results of PM2.5 and PM10 collected at Ho Chi Minh City in 2015-2017 using k_0 -NAA will be interpreted next year.

2) Mineral resources

Australia

Engagement with the Australian mining and minerals industry remains a focus of NAA activities, making use of the particular advantages of NAA over other methods. There are continuing contracts with two companies, one using NAA to confirm the homogeneity of gold in minerals reference materials and the other using NAA to determine the levels of chlorine and key elements in mineral processing products. A recent commercial opportunity has been identified for the use of NAA to measure platinum group elements after fire assay pre-concentration.

Bangladesh

Sand from Kuakata sea beach was analyzed and monazite heavy minerals have been identified. In the last 12 months we have participated in one inter-comparison exercise and have analyzed sediment samples from four rivers of Bangladesh 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, service, internal and external collaborations and linkage with end users.

Indonesia

There was no activity in REE because no sample was distributed through the FNCA. It remains the case that fission correction in samples with a high U content cannot be carried out due to unavailability of a U standard and government regulations relating to reactor irradiations.

Kazakhstan

Because of sharp reduction of grant financing of geological and technological fields by the RK Ministry of Education and Science in 2018, our research institute partners didn't win the projects they relayed on. Nevertheless, cooperation with the partners continued within several new projects including INAA analysis of black shale for gold and accompanying elements, analysis of reprocessing products of phosphorous production wastes for rare earths. State support of comparator INAA development in the Institute of Nuclear Physics started from this year within a special-purpose grant.

Korea

A study of the development of geological reference materials using XRF was presented. Also, NAA facilities in the Jordan Research and Training Reactor were introduced briefly. Finally, current NAA projects and samples waiting for NAA were summarized.

Malaysia

We continue provided analytical services activity (internal and external) especially to the Regulatory body (AELB), consultants for radiation safety and company/mineral processing industry in order to support the regulatory body in enforcement activities, especially related to radioactive minerals.

Thailand

In 2016-2018, Thai Research Reactor (TRR-1/M1) was completely renovated of the control and ventilation systems. At the present, the TRIGA Mark III 1.2 MW research reactor has just been back to normal operation. For rare-earth element (REE) distribution in Thailand, we have collaborated with Department of Mineral Resources. Since the last FNCA workshop, we have got only little additional data.

Vietnam

REEs in 13 molybdenum samples have been determined. The obtained experimental results for correction factors of uranium-fission interference interested in determination of REEs will be submitted in a peer-reviewed journal. Besides, sample types, e.g. vehicle shielding glass, edible bird's nest (swiftlet), red mud bauxite waste and moss biomonitoring are also analyzed by k_0 -NAA.

NAA-2: General Discussion

1) Lead speech (Dr. Miura, Japan)

Neutron activation analysis was recognized as potential primary ratio method by IAWG/CCQM. However, the reliability of the analytical value needs to be evaluated for each analytical procedure. In this presentation, the determination of Hf in Zr metal and the analysis of Br in PP resin pellet were introduced as an application example of NAA with internal standardization. The internal standardization was so useful for enhancement of reliability in NAA.

2) Reactor availability

China, Korea and Japan experienced difficulties in the previous 12 months due to the unavailability of their reactor. The Kyoto University Research Reactor (KUR) has recently re-started and HANARO is expected to re-start in the first half of 2019. While CARR is being commissioned, China has access to another reactor for INAA.

3) SPM sub-project

In the SPM sub-project it has become evident from several presentations that there are discrepancies between measurements of filter papers made by different techniques, PIXE, INAA, ICP-MS and XRF. Consideration was given to a program of work to understand the reasons for the differences with the aim of improving the quality of data in the region. The need for suitable reference materials in this work was identified.

It was agreed that the plan to publish a paper on the SPM results should be carried over to the next year, including a comparison 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.

4) REE/Mineral Resources sub-project

The summary of the data collected in the previous inter-comparison using REE samples was reviewed again. It was noted that some of the discrepancies observed between different laboratories and different techniques may have been due to poorly characterized reference materials. The planned distribution of a new REE material amongst participants was not carried out in the previous year. It is planned to undertake an inter-comparison using a well characterized material that contains REE and U, needing fission correction. Japan offered to investigate the possibility of coordinating the inter-comparison if a suitable Japanese reference material can be identified. There was also discussion of the possibility of using NAA for the certification of new reference materials.

5) Future plans

There was discussion of future directions for the NAA group in the RRU Project. Of the 12 member countries, 9 expressed a desire to continue participating in NAA activities. Member countries described the benefits that they gain from participation in the NAA workshops. Common themes were regional networking and identity, information sharing, the identification of opportunities for human development (training, students, personnel exchanges, etc.) and for scientific collaboration.

The meeting understands that NAA has a high status in the analytical community but it was recognized that the practitioners are generally not good at communicating that to key stakeholders in government, industry and academia. There is a need to promote the particular advantages of NAA over other analytical techniques (accuracy, reliability, particular material types, etc.). This need could be addressed in future activities.

In considering a future program of work, including a possible next phase, it is important to focus on being able to demonstrate concrete outcomes that are of benefit to society. These outcomes and performance indicators may include joint publications and increasing demand for NAA capabilities by industry and

researchers. It is important to define a set of performance measures and establish a baseline set of data across all members so that improvements goals can be quantified and benefits can be assessed.

The success of such an approach can only be successful if members are fully committed to an agreed program of work and are willing to contribute time and resources to the FNCA projects. Neutron activation analysis was recognized as potential primary ratio method by IAWG/CCQM. However, the reliability of the analytical value needs to be evaluated for each analytical procedure. In this presentation, the determination of Hf in Zr metal and the analysis of Br in PP resin pellet were introduced as an application example of NAA with internal standardization. The internal standardization was so useful for enhancement of reliability in NAA.

NAA-3: Conclusions

- 1. The NAA group has continued to work towards meeting planned objectives and some significant advances have been achieved in the current year.
- 2. Improvement in maintaining and growing productive linkages with end-users has continued.
- 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	(x)
Malaysia	x	
Mongolia	x	
The Philippines	X	(x)
Thailand	(x)	X
Vietnam	(x)	X

x: intention to participate

- (x): participation subject to national ratification or no results obtained over the previous 12 months
- 4. Objectives have been set for both the SPM and REE sub-projects for the coming year.
- 5. Planning discussions have started for the possible next phase after March 2020.

2.5.2 RRU 参加者リスト

List of Participants FNCA 2018 Workshop on Research Reactor Utilization Project

October 22nd –25th, 2018 Tsuruga and Osaka, Japan

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)	Dr Mohammad Amirul Islam	Principal Scientific Officer, INST, AERE, Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
Bangladesh (NAA PL)	Dr Kamrun Naher	Chief 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	Professor, China Institute of Atomic Energy (CIAE)
Indonesia (RRU)	Dr Rohadi Awaludin	Director, Center for Radioisotope and Radiopharmaceutical Technology, National Nuclear Energy Agency (BATAN)
Indonesia (NAA PL)	Mr Sutisna	Researcher, Center for Science and Technology of Advanced Materials, National Nuclear Energy Agency (BATAN)
Japan (Coordinator)	Mr Tomoaki Wada	FNCA Coordinator of Japan

Country	Name	Affiliation
Japan (Advisor)	Dr Hideki Namba	FNCA Advisor of Japan
Japan (MEXT)	Dr Taro Ide	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (MEXT)	Ms Nao Yokoi	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (MEXT)	Ms Mai Fukahori	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (MEXT)	Mr Yusuke Tanno	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (RRU PL)	Prof Tsutomu Ohtsuki	Professor, Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University
Japan (RRU)	Dr Hideaki Matsue	General Manager, Planning and Coordination Section, Department of Research Reactor and Tandem Accelerator, Research Reactor Utilization Section, Japan Atomic Energy Agency
Japan (RRU)	Dr Hiroki Tanaka	Associate professor, Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University
Japan (RRU)	Dr Yasushi Saito	Professor, Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University
Japan (RRU)	Dr Atsushi Kinomura	Professor, Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University
Japan (RRU)	Dr Shun Sekimoto	Assistant Professor, Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University
Japan (NAA PL)	Prof Mitsuru Ebihara	Professor, Waseda University
Japan (NAA)	Dr Tsutomu Miura	Group Leader, Inorganic Standard Research Group, National Metrology Institute of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Country	Name	Affiliation
Japan (Secretariat)	Mr Tomoyuki Nomura	International Affairs and Research Department, Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Japan (Secretariat)	Ms Atsuko Takano	International Affairs and Research Department, Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Japan (Secretariat)	Ms Aiko Nagai	International Affairs and Research Department, Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Japan (Secretariat)	Ms Chiaki Inokoshi	International Affairs and Research Department, Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Kazakhstan (RRU PL)	Mr. Asset Shaimerdenov	Head of Laboratory of Atomic Energy Safety Issues, Institute of Nuclear Physics
Kazakhstan (NAA PL)	Dr Igor Silachyov	Leading researcher, Institute of Nuclear Physics , Ministry of energy of the Republic of Kazakhstan
Korea (RRU PL)	Mr Park Ul Jae	Principal Researcher, Head of RI Production, Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI)
Korea (NNA PL)	Mr Moon Jong-Hwa	Principal Researcher, Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI)
Malaysia (RRU PL)	Dr Azahari Kasbollah	Senior Research Officer, Medical Technology Division, Malaysian Nuclear Agency
Malaysia (NAA PL)	Ms Shamsiah Abdul Rahman	Senior Research Officer, Waste and Environment Technology Division, Malaysian Nuclear Agency (Nuclear Malaysia)
Mongolia (RRU PL)	Dr Munkhbat Byambajav	Research Scientist, Nuclear Research center, National University of Mongolia
Mongolia (NAA PL)	Mr Damdinsuren Gantumur	Lecturer, School of Engineering and Applied Sciences, National University of Mongolia

Country	Name	Affiliation
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 PL)	Mr Jatechan Channuie	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 PL)	Dr Ho Manh Dung	Deputy Director, Nuclear Research Institute (NRI), Vietnam Atomic Energy Institute (VINATOM)
Vietnam (NAA)	Mr Ho Van Doanh	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

October 22nd –25th, 2018 Tsuruga and Osaka, Japan

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

Date: October 22-25, 2018

Venue (Open seminar): The Wakasa Wan Energy Research Center, Tsuruga, Japan

Venue (Workshop): Kanku Joytel Hotel, Osaka, Japan

[Day 1: Monday, 22 October]

FNCA Open Seminar "Research Reactor Utilization"

12:30-13:00	Registration
13:00-13:10	Opening remarks
	- Dr. Taro Ide, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
	- Mr. Mitsuyuki Tatsuta, Fukui Prefectural Government
13:10-13:40	Keynote Speaker 1: Dr. Taro Ide, MEXT, Japan
	Current Status of Japanese Nuclear Energy Research and Development Policy and
	Programs
13:40-14:00	Keynote Speaker 2: Mr. Tomoaki Wada, FNCA Coordinator of Japan
	Overview and progress of FNCA
14:00-14:20	Keynote Speaker 3: Prof. Tsutomu Ohtsuki, KURNS, Japan
	Utilization of Research Reactor in KURNS
14:20-14:40	Keynote Speaker 4: Dr. John Bennett, ANSTO, Australia
	NAA in Australia – national and international partnerships
14:40-15:00	Keynote Speaker 5: Dr. Rohadi Awaludin, BATAN, Indonesia
	Utilization of Research Reactor in Indonesia
15:00-15:20	Keynote Speaker 6: Dr. Ho Manh Dung, VINATOM, Vietnam
	Utilization of the Dalat Research Reactor in Vietnam

[Day 2: Tuesday, 23 October]

Workshop: Plenary session

Opening Session

-Opening remarks: Dr Hideki Namba, FNCA advisor of Japan

-Introduction of participants

-Group photo

09:15-10:15 Plenary-1: Overview of the FNCA projects and Major Issues of the Workshop

- RRU group: Prof Tsutomu Ohtsuki, Japan

- NAA group: Prof Mitsuru Ebihara, Japan

10:15-12:00 **Plenary-2: BNCT**

Chair: Prof. Tsutomu Ohtsuki (Japan)

- Lead speech: Dr. Hiroki Tanaka, Japan

- Discussion

12:00-13:00 Lunch Break (Move to parallel sessions)

Workshop: Parallel session (RRU)

13:00-15:00 RRU-1: Neutron Radiography (NR)

1. Lead speech and discussion: Dr. Yasushi Saito, Japan

Chair: Indonesia

2. Country report and discussion

Chair: Bangladesh

Australia, Bangladesh, China, Indonesia, Kazakhstan, Malaysia, Thailand

Workshop: Parallel session (NAA)

13:00-15:00 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?

1. Country report and discussion

Chair: Thailand

Australia, Bangladesh, China, Indonesia

Technical Visit

15:30-17:30 Visit to Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University (KURNS)

[Day 3: Wednesday, 24 October]

Workshop: Parallel session (RRU)

RRU-2: Material research

09:00-10:30 1. Lead speech and discussion: Dr. Atsushi Kinomura, Japan

Chair: Philippines

2. Country report and discussion

Chair: Vietnam

Australia, Bangladesh, China

10:30-11:00 Coffee Break

11:00-12:00 3. Country report and discussion

Chair: Thailand

Indonesia, Kazakhstan, Malaysia

12:00-13:00 Lunch Break

13:00-14:30 RRU-3: Medical / industrial RI production

Country report should include following points:

- Development of technology

- New isotopes, etc.

1. Country report and discussion

Chair: Kazakhstan

Malaysia, Mongolia, Philippines, Thailand, Vietnam

14:30-15:00 Coffee Break

15:00-17:00 2. Country report and discussion

Chair: Mongolia

Australia, Indonesia, Japan, Kazakhstan, Korea

Workshop: Parallel session (NAA)

09:00-10:30 NAA-1: Activities related to air pollution and mineral resources (continued)

2. Country report and discussion

Chair: China

Kazakhstan, Korea, Malaysia

10:30-11:00 Coffee Break

11:00-12:00 3. Country report and discussion

Chair: Indonesia

Mongolia, Philippines

12:00-13:00 Lunch Break

13:00-14:30 **4. Country report and discussion**

Chair: Malaysia

Thailand, Vietnam

14:30-15:00 Coffee Break

15:00-17:00 NAA-2: General Discussion

Chair: Australia

- Lead speech: Dr. Tsutomu Miura, Japan

- Discussion

[Day 4: Thursday, 25 October]

Workshop: Parallel session (RRU)

09:00-11:00 **RRU-4: Drafting of Minutes**

Chair: Australia

Workshop: Parallel session (NAA)

09:00-11:00 **NAA-3: Drafting of Minutes**

Chair: Australia

Workshop: Plenary session

Wrap up session

11:15-11:35	Report of RRU Minutes and Discussion
11:35-11:55	Report of NAA Minutes and Discussion
11:55-12:00	Closing Remarks by Dr. Hideki Namba, FNCA advisor of Japan

2.6 放射線安全・廃棄物管理(RS&RWM)プロジェクト国際会合2.6.1 RS&RWM 議事録

Minutes of FNCA 2018 Workshop on Radiation Safety and Radioactive Waste Management Project

October 17th – 19th, 2018 Sydney, Australia

1) Outline of Workshop

i)	Date	17 - 19 October 2018	
ii)	Venue	Adina Apartment Hotel	
		Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)	
iii)	Host Organizations	Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)	
		Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of	
		Japan (MEXT)	
iv)	Participants	25 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 2018 Workshop on Radiation Safety and Radioactive Waste Management (RS&RWM) was held from 17th to 19th October 2018, at Adina Apartment Hotel and Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO). The workshop was jointly organised by the Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO) and the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) of Japan.

Twenty five (25) 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

Ms Pamela Naidoo-Ameglio, Group Executive Nuclear Operations of ANSTO, and Mr Tomoaki Wada, FNCA Coordinator of Japan delivered a welcoming speech. Ms Naidoo-Ameglio mentioned the importance of the nuclear waste management in Australia. Mr Wada welcomed all the participants from FNCA member

countries, and expressed his deep gratitude to Mr Peter McGlinn, FNCA Coordinator of Australia, who has made significant contributions to FNCA for many years.

Session 2: Introduction

First, Mr Wada gave a presentation on the FNCA Achievements in 2017 and 2018 and introduced some nuclear training programmes operated and funded by the Japanese government. During the presentation, he mentioned that the Australian team of the Research Reactor Network project won the FNCA Best Research Team Award 2017. Next, Mr Peter McGlinn, FNCA Coordinator of Australia presented on the Australia's achievements in FNCA activities. In his presentation, he introduced ANSTO's facilities as the landmark infrastructures of Australian Science, and some outcomes from the FNCA project led by Australia. Finally, Prof Toshiso Kosako, Project Leader of Japan reported the overview of the project, in which he explained about the consolidated report to be discussed during the workshop. The summary of each report is attached in Annex 3.

Session 3: Country Report

Twelve (12) countries reported their progress, challenges, problems and future plan for the low-level radioactive waste repository. The summary of each report is attached in Annex 3.

Session 4: Group Discussion on Consolidated Report (General Section)

First, Prof Kosako gave a brief explanation on the concept of the report and theme of discussion. Next, Dr Hyuncheol Kim, KAERI, reported on the experience of LLRW repository in the Republic of Korea. He introduced their experience in Gyungju as a depository site, and their plans of the on-site measurement system designed for decommissioning of NPP, which includes preparation lab, separation lab and analysis lab. Dr Norasalwa Binti Zakaria, Nuclear Malaysia presented on their experience of borehole in Malaysia, in which she introduced the prospective site, features of planned borehole, timelines of the project, site selection procedures and safety assessment. Mr Yevgeniy Tur, NNC of the Republic of Kazakhstan talked about their experience of LLRW management in Kazakhstan. He focused on the management of radioactive waste from uranium mining and processing, petroleum refining, and nuclear explosion in the test site. The summary of the speeches is attached in Annex 3.

Following the presentations, the participants got into discussion on the general part of consolidated report.

Session 5: Group Discussion on Consolidated Report (Specific Section)

The participants discuss on the country specific part of the consolidated report. The summary of group discussion is attached in **Annex 4**.

Session 6: Public Acceptance of Radioactive Waste

Ms Nanthavan Ya-anant and Dr Haruyuki Ogino gave a presentation on the public acceptance of radioactive waste. Following the presentations, the participants reported the situation of PA in each county. The summary of the speeches is attached in **Annex 3**.

Session 7: Summary

This summary was adopted by the participants.

Session 8: Closing

With the closing remarks from Prof Toshiso Kosako and Ms Lynn Tan, the Project Leader of Australia, the workshop was officially declared close.

Open Seminar:

The Open Seminar was held in the Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO) in the morning of 19 October. The seminar was attended by around 50 participants. Seven (7) presentations were delivered by participants from Australia (5) and Japan (2).

Technical Visit to the Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)

A technical visit to the Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO) was conducted in the afternoon of 19 October.

Summary of PA in Each Country

1) PA in Each Country

Mr Wada did public acceptance for Rokkasho facility. Meet 43 times in 2 years 1990-92. Active anti-nuclear groups produced mis-information. Needed to counter – use graphics. Womens and Mothers groups hold sway on opinion, and so need to have female representation in promoting the work as they appear more trusted. Need to get public information out quickly, and make sure it is correct. Support changed from 11% for to 40% approval in one year. This allowed for facilities to be built.

1. Australia

The key message is that radiation has benefits, but produces a by-product (waste). There is a stakeholder engagement is from Parliament, Ministers, schools and communities. The plan is to make sure that ministers, opposition is invited to make issue non-partisan and that ANSTO can provide expert non-political advice to government. ANSTO promotes events in the local community – has stalls in local fairs, sponsors local competitions (short fun runs) and have open days to invite people in. ANSTO also sends stories to traditional media and using social media to spread news about what ANSTO is doing. The important part is to understand what the message is and keep supporting that. This is supported by having a sustained long term presence in the community with education, communication and transparency. This will lead to public confidence in the institutions and leads to public acceptance. Surveys have been done, and show that most in the local community support ANSTO now. There are opposition groups in Australia, and most local governments are neutral in the proposal for a national waste disposal facility.

2. General comments

Opening of information to people to engender trust (Chernobyl vs Fukushima)

Reform of the system – agreement is easier if the system is democratic.

Agreement is easier if the people trust the government in general. If so, then they will trust the best decision will be made. This means that the government is not seen as corrupt, short-sighted, only focussed on personal gain

3. Bangladesh

To create positive image about nuclear power industry and nuclear technologies, Nuclear Industry Information Center has been established in Dhaka. The main aim of this centre is to disseminate general knowledge about nuclear energy among public. The targeted group are the citizens of the country particularly students, teachers, researchers and media persons. To achieve goal the information centre provides information by showing educational film on nuclear energy, safety model, radiation protection devices and briefing media on regular basis.

To raise awareness and to improve the understanding regarding nuclear technology among journalists and other targeted groups press conferences and seminars are also arranged. Some academic departments in the country are operating educational program in nuclear science and technology.

Since work began on the country's Nuclear Power Plant project, a number of local people, including journalists, experts, environmentalists, students and industry people from Bangladesh have visited Nuclear Industry in abroad.

Annual press tours are also conducted to various nuclear energy objects to create better understanding. Besides these visits, interaction is going on with the local population as well. Recently, a public counseling office next to the NPP construction site opened to inform local residents about each stage of construction and the operation of the station.

4. Republic of Korea

Have a civil watchdog in Korea which is independent (although funded by govt) which provides environmental radiation monitoring information to the public. They also do many of the other programs.

5. China

China thinks information disclosure is important and gains public acceptance for radioactive waste. Rules and laws are published and discussed. Public participation is required under these rules, and that the public are given environmental protection information. Exhibitions and lectures are given, there are promotions through internet and social media. Ministry of Env Protection website also promotes. There is public supervision and media scrutiny of nuclear facilities and reported. An example was the establishment of the Candu6 as aprt of the development, public consultation showed 129 responses, 117 negative. When NPP replied, all comments were accepted and project went through.

6. Indonesia

The BATAN have effort in relation to public acceptance on radioactive waste management (include disposal). BATAN conducts guidance on the implementation of radioactive waste management, which includes

coaching on technical and education. Technical guidance is carried out on radioactive waste producer; and state owned enterprises, "koperasi" (community cooperation business), or private entities that cooperate with or are appointed by BATAN to manage radioactive waste. And the educative development is carried out on the community. Technical guidance on the implementation of radioactive waste management includes at least: a. training; b. socialization; c. consultation; and/or d. technical support. Initiator, in preparing EIA documents (as an example for disposal), must involve community which they are a) affected, b) environmental observer, and / or c) who are affected by any form of decision in the EIA process. So, the public acceptance will be obtained at the environmental licensing process stage. Based on the result of public acceptance survey on planning of NPP construction in Indonesia (2017), 77.53% of publics agree and 22.47% are not agree to the program. Only 38.10% from 22.47% (about 8.56%) of the public are not agree to the NPP because of the radioactive waste released from NPP.

7. Kazakhstan

Any complex or hazardous facility needs to have public hearings. This is how public acceptance is measured. Difficult to regain trust for people who see nuclear weapons testing. Need to inform on ecological safety and state control of environmental monitoring. Public awareness is through scientific meetings, round tables, seminars and others. There is work with schools and universities.

8. Malaysia

Most public consultation is only one way (putting information out). This includes putting booklets out, newspaper, tv and radio. Putting on open days and tours of facilities. Travel around Malaysia to put up exhibitions and inform as many people as possible.

Lynas (Rare Earth plant in 2014) showed that town hall sessions and open discussions failed because the protestors were not involved in the process and just shouted everything down. They did not want to listen. In the 1980s there was an Asian Rare Earth proposal which met many objections, however govt made decision to go ahead. This

9. Mongolia

98% of Mongolians are on facebook, with 50 tv channels. Example was in election there was a facebook smear saying govt was taking Japanese rad waste to Gobi desert – on election day. This may have been a factor in opposition coming to power. Govt is trying to improve public awareness and understanding of nuclear. There is work for school teachers and information being sent out. Public information strategy document for Mongolia has been prepared under the European commission project. The Executive office of Nuclear energy commission implementing research projects on public awareness for nuclear technology every year funded by governmental budget.

10. Philippines

Do regular information campaigns, travel to regions to promote nuclear and emphasise safety. Have training for school teachers and bring students in to learn. In process for disposal site, the local government was very

involved, and accepted proposal, but has changed. Need to keep discussing. Need to have stakeholder management and gauge public acceptance. There was a campaign for a research reactor which worked well, and will be copied for the waste disposal facility.

11. Vietnam

Was a large program when the NPP was proposed. This included a radioactive waste repository. The local government was involved and there was good communication. This has stopped with the NPP proposal.

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

October 17th – 19th, 2018 Sydney, Australia

Country	Name	Title
Australia	Mr Duncan Kemp	Manager, Waste Management Services, Nuclear Operations, Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)
Australia (PL)	Ms Lynn Tan	Project Transition Leader, Nuclear Operations, Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)
Australia	Ms Pamela Naidoo-Ameglio	Group Executive Nuclear Operations, Nuclear Operations, Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)
Australia (CD)	Mr Peter McGlinn	Senior Adviser, International Affairs, Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)
Australia	Ms Megan Tracey	International Liaison Officer, Office of the CEO, Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)
Australia	Mr Steven McIntosh	Senior Manager, Government and International Affairs, Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)
Australia	Mr Samir Sakar	Director, National Codes & Standards, Regulatory Services, Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency

Country	Name	Title
Australia	Dr Kapila Fernando	Manager Nuclear Waste Solutions Nuclear Waste Solutions Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)
Australia	Mr Hefin Griffiths	Head of Nuclear Services & Chief Nuclear Officer Office of the CEO Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)
Bangladesh (PL)	Dr M. Moinul Islam	Chief Scientific Officer, Bangladesh Atomic Energy Commission
China	Prof Hongxiang An	Division Head, China Institute for Radiation Protection
Indonesia	Mr Sucipta	Senior Researcher, Center of Radioactive Waste Technology, National Nuclear Energy Agency (BATAN)
Japan (Coordinator)	Mr Tomoaki Wada	FNCA Coordinator of Japan
Japan (MEXT)	Ms Nao Yokoi	Unit Chief, International Nuclear and Fusion Affairs Division, Research and Development Bureau, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (PL)	Prof Toshiso Kosako	Professor Emeritus, The University of Tokyo
Japan	Mr Tatsuo Saito	Assistant Principal Researcher, Sector of Decommissioning and Radioactive Waste Management, Radioactive Wastes Disposal Project Center, Disposal Research and Development Office, Japan Atomic Energy Agency (JAEA)

Country	Name	Title
Japan	Dr Haruyuki Ogino	Research Scientist, Radiation Safety Research Center, Nuclear Technology Research Laboratory, Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI)
Japan (Secretariat)	Ms Ayako Tanida	International Affairs and Research Department, Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Kazakhstan (PL)	Mr Yevgeniy Tur	Senior Engineer, National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan
Republic of Korea (PL)	Dr Hyuncheol Kim	Senior Researcher, Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI)
Malaysia (PL)	Dr Norasalwa Binti Zakaria	Unit Manager, Malaysian Nuclear Agency
Mongolia	Ms Ariunsaikhan Ishjamts	State Inspector on Nuclear and Radiation Safety, General Agency for Specialized Inspection of Mongolia
The Philippines	Ms Kristine Marie Dacallo Romallosa	Officer-in-Charge, Radiation Protection Services Section, Philippine Nuclear Research Institute (PNRI)
Thailand (PL)	Ms Nanthavan Ya-anant	Head, Radioactive Waste Management Section, Radioactive Waste Management Center, Thailand Institute of Nuclear Technology (TINT)
Vietnam (PL)	Dr Minh Quang Pham	Head of Department of Planning and R&D Management, Vietnam Atomic Energy Institute (VINATOM)

2.6.3 RS&RWM プログラム

Program of FNCA 2018 Workshop on Radiation Safety and Radioactive Waste Management Project

October 17th – 19th, 2018 Sydney, Australia

Day 1		
0830	Leave Hotel for Workshop Venue (Adina Hotel)	
0900-0915	Registration	
0915-0930	Session 1: Opening	
	Facilitator: Australia	
	4) Welcoming Remarks Ms Pamela Naidoo-Ameglio (3 min)	
	5) Opening Remarks Mr Tomoaki Wada (3 min)	
	6) Introduction of Participants (3 min)	
	7) Group Photo (3 min)	
0930-1030	Session 2: Introduction	
	(Presentation 15 min + Q&A 5 min)	
	Facilitator: Dr Pham Quang Minh (Vietnam)	
	3) FNCA Achievements 2017-2018 Mr Tomoaki Wada	
	4) Australia's Achievements in FNCA Projects Mr Peter McGlinn	
	5) Project Overview and Goal Prof Toshiso Kosako, Japan	
1030-1050	Morning Tea (20 min)	
1050-1205	Session 3: Country Report	
	(Presentation 20 min + Q&A 5 min)	
	Facilitator: Mr Sucipta (Indonesia)	
	9) Australia	
	10) Bangladesh	
	11) China	
1205-1315	Lunch (70 min)	
1250-1430	Session 3 Cont'd	
	(Presentation 20 min + Q&A 5 min)	

	Facilitator: Ms Kristine Marie Dacallo Romallosa (the Philippines)	
	12) Indonesia	
	13) Japan (Mr Saito)	
	14) Kazakhstan	
	15) Korea	
1430-1450	Afternoon Tea (20 min)	
1450-1655	Session 3 Cont'd	
	(Presentation 20 min + Q&A 5 min)	
	Facilitator: Ms Ariunsaikhan Ishjamts (Mongolia)	
	16) Malaysia	
	17) Mongolia	
	18) Philippines	
	19) Thailand	
	20) Vietnam	
1800-2000	Welcoming Dinner Hosted by ANSTO	

Day 2			
0830	Leave Hotel for Workshop Venue (Adina Hotel)		
0900-1045	Session 4 Group Discussion on Consolidated Report (General Section)		
	Facilitator: Dr M Moinul Islam (Bangladesh)		
	1) Leading Speech Prof Toshiso Kosako (5 min)		
	2) Korea's Experience of LLRW Repository Design Dr Hyuncheol Kim (10 min)		
	3) Malaysia's Experience of Borehole Dr Norasalwa Binti Zakaria (10 min)		
	4) Kazakhstan's Experience of LLRW Management Mr Yevgeniy Tur (10 min)		
	5) Q and A (10 min)		
	6) Discussion (60 min)		
	*Discussion will be facilitated by each leading country.		
	Japan/Korea/Mongolia/Philippines		
	Australia/China/Thailand/Vietnam		
	Malaysia/Bangladesh/Indonesia/Kazakhstan		
	*Countries written in bold type is a leading country of the group		
1045-1105	Morning Tea (20 min)		
1105-1205	Session 5 Group Discussion on Consolidated Report (Specific Section)		
	1) Discussion (60 min)		

	Japan/Korea/Mongolia/Philippines		
	Australia/China/Thailand/Vietnam		
	Kazakhstan/Malaysia/Bangladesh/Indonesia/		
	*Countries written in bold type is a leading country of the group		
1205-1315	Lunch (70 min)		
1315-1445	Session 6 Public Acceptance of Radioactive Waste		
	Facilitator: Mr Sucipta (Indonesia)		
	1) Thailand Ms Nanthavan Ya-anant (20 min)		
	2) Japan Dr Haruyuki Ogino (20 min)		
	3) 5 minutes summary of PA from each country		
	(Each country will prepare short summary of PA in its country)		
14.45-1505	Afternoon Tea (20 min)		
1505-1555	4) Discussion (50 min)		
	Facilitator: Australia		
1555-1625	Session 7 Summary (30 min)		
	Facilitator: Ms Lynn Tan (Australia) + Secretariat		
1625-1635	Session 8 Closing (10 min)		
	1) Closing Remarks Prof Toshiso Kosako		
	2) Closing Remarks Ms Lynn Tan		
1730-2000	Social Dinner Hosted by ANSTO		

Day 3 Open Seminar and Technical Visit		
0830	Leave Hotel for Lucas Heights, ANSTO	
0930-0950	Refreshments	
0950-1000	Introduction	
1000-1010	Introduction of FNCA Ms Nao Yokoi (MEXT) (Presentation 10 min)	
1010-1300	Titles of Talks	
	(Presentation 20 min + Q&A 5 min)	
	1) Development of the National Radioactive Waste Policy and National Radioactive	
	Waste Framework Mr Steve McIntosh	
	2) Australia's Regulation of a National Disposal Facility Dr Samir Sakar	

	3) Design of the National Radioactive Waste Facility Mr Shane Harrison	
	4) Development of Waste Acceptance Criteria for Radioactive Waste Disposal Dr	
	Kapila Fernando	
	5) Community Consultation and Public Acceptance Mr Hefin Griffiths	
	6) Summary of Session 6 (PA in FNCA Countries) / Prof Kosako	
1300-1400	Working Lunch and Dialogue with Speakers	
1400-1430	Security Clearance	
1430-1600	Technical Visit to Waste Precinct, ANSTO	
1600-1700	Return to Hotel	

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 2018 Workshop on Nuclear Security and Safeguards Project

September 11th – 13th, 2018 Beijing, China

Mr. Li Sen, Deputy Director General of the State Nuclear Security Technology Center (SNSTC), and Mr. Tomoaki Wada, FNCA Coordinator of Japan, delivered welcoming remarks. Thereafter, the Workshop officially commenced.

After the Opening Remarks the introduction by each Workshop participant followed. The 8th FNCA Workshop had 23 participants from nine countries: Bangladesh, China, Indonesia, Japan, Malaysia, Mongolia, Thailand, Philippines and Vietnam.

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

Sessions 1&2: Country Report

Moderator:

Mr. Phan Van Thanh, Vietnam Agency for Radiation and Nuclear Safety (VARANS), Vietnam

9 FNCA member countries (Bangladesh, China, Indonesia, Japan, Malaysia, Mongolia, Philippines, Thailand, and Vietnam) presented their country reports that included national regulatory framework on nuclear security and safeguards, coordination mechanisms among relevant government agencies, the updates on the developments and improvements since the 2017 Workshop regarding the implementation of safeguards and nuclear security, the promotion of nuclear security culture and capacity building activities. In particular, some reports have shared the idea and roadmap on implementing nuclear security and safeguards for the next 3 years.

All countries reported close cooperation with international or regional organizations and other countries, to strengthen nuclear safeguards and security capacity-building. Almost all countries have implemented activities to complete their respective nuclear security and safeguards regime through bilateral and multilateral cooperation with the IAEA, other countries and organizations.

The consolidation of the country reports is covered in Session 6 of the Country Report Summary.

Session 3: Roundtable Discussion on Nuclear Forensics

Moderator:

Mr. Khairul, National Nuclear Energy Agency (BATAN), Indonesia

Presentations were delivered by China, Thailand, and Japan

Mr. Wang Fan, China Institute of Atomic Energy (CIAE), China

Dr. Soratos Tantideeravit, Office of Atoms for Peace (OAP), Thailand

Mr. Yoshiki Kimura, Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation and Nuclear Security, Japan Atomic Energy Agency (ISCN/JAEA), Japan

I. Presentation on the National Framework on Nuclear Forensics

Mr. Wang Fan (CIAE) presented CIAE's Program regarding China's capabilities on Nuclear Forensics. CIAE was founded in 1950. Currently, about 2400 staffs are working at CIAE. In 2003, CIAE began to pay attention to the study on nuclear forensics. In order to develop the capability in this field, CIAE started with nuclear forensics basic and advance capabilities studies. There are five proceedings on nuclear forensics: 1) Nuclear Forensics Library (NFL), 2) Nuclear Forensics Procedures, 3) Analytical Techniques, 4) Network of Analytical Laboratories (NWALs), and 5) Attribution Techniques. He presented the CIAE's structure of its NFL, specifically focusing on the Nuclear Forensics Database (NFD). The NFD software is based on SQL Server 2008. On the NWALs, there are several entities in China that are involved in research and development (CIAE, CAEP, NINT, SNSTC), training (SNSTC) and technical support (BRICEM, BRIUG). Domestic Inter-Lab Exercises covering 4 different scenarios were undertaken; exercise on Uranium age dating in cooperation with USDOE was carried out; and as well, table top exercises with the International Technical Working Group (ITWG). On international activities, the CIAE is working with the ITWG for Nuclear Forensics on table top exercises (TTX): Galaxy Serpent series (GSv2, GSv3), and Material Exercises (MAX), Comparative Material Exercises Series (CMX-5, CMX-6); Cooperative Program in Nuclear Risk Reduction with Stanford University; and with the US DOE NNSA on Age Dating inter-laboratory comparison exercises. CIAE is looking forward to international collaboration to enhance the capability of nuclear forensics.

II. Presentation on the Introduction to the Thai Nuclear Forensics Laboratory

Dr. Soratos Tantideeravit (OAP) presented the organization of OAP such that Nuclear Forensics is under the responsibility of the Technical Support Division. Currently, 7 OAP staff work with Nuclear Forensics. During the Regional Forum on Nuclear Forensics in 2011, Thailand Government addressed its plan for the establishment of Nuclear Forensics Laboratory (NFL). A year later in 2012, Thailand Government established the NFL located at OAP. In order to increase the knowledge on Nuclear Forensics Capabilities particularly on the radiological crime scene management, OAP conducted a joint training exercise with its domestic frontline officers, which was supported by the EU. The NFL is also supported under the EU Project covering human capability development, in relation to strengthening the NF network (Project 30: Network

of Excellence for Nuclear Forensics in South East Asia Region). In March 2018, OAP with the support of ANSTO, the government of New Zealand, Canada and the US, hosted an international table top exercise on nuclear forensics as one of the activities under the GICNT program. On future plans, he emphasized on continuing cooperation with the competent authorities to exchange knowledge and practical experience; enhance OAP's capabilities to fully support nuclear forensics investigation; keep the momentum to strengthen the NF networks and provide the measure in the long term for the prevention and mitigation of nuclear terrorism among the ASEAN region.

III. Presentations on the Introduction of Nuclear Forensics Table Top Exercise (TTX) Course and on Examples of the Exercise in Nuclear Forensics Library

Mr. Yoshiki Kimura (ISCN/JAEA) presented the background on the common challenges on Nuclear Forensics (NF) capacity building among FNCA member countries based on NF questionnaire covering the topics on: National Framework, Chain of Custody, NF Laboratory, and Interpretation and Findings (NF Library). In order for FNCA member countries to be familiar with NF, he proposed FNCA members to enhance National Nuclear Forensics capacity building by its participation on the introduction of NF Table Top Exercise (TTX) for regional participants which will be held on 28-31 January 2019 at the ISCN/JAEA in Tokai, Ibaraki, Japan. One of TTX objectives is to discuss regional cooperation regarding NF. [Remarks: It was suggested that a copy of the invitation letter be provided to the respective country FNCA Coordinators and FNCA Project Leaders on Nuclear Security and Safeguards to ensure follow up.] He also presented an example of the JAEA NF Library. He showed an overview of the Nuclear Material Database, Radioisotope Database, Material Discrimination Analysis Methodology (Multivariate Analysis), and Material Discrimination by Morphology. For future work, he presented examples on international cooperation regarding NF library. He made 3 proposals for potential NFL cooperation.

IV. Roundtable Discussion

- The discussion regarding the 3 proposals made by Mr. Yoshiki Kimura from ISCN/JAEA on the Table Top Exercises (TTX) on Nuclear Forensics:
 - 1) Collaborative Research for NFL Development
 - 2) TTX for NFL Development and Data Analysis
 - 3) TTX for NFL Query
- During the discussion, Mr. Wang Fan shared the case on the NF incident that occurred in China. The Law enforcement requested CIAE to verify the material.
- A question was raised if a protocol or guideline is available should a country request a neighbouring country to verify and analyse its sample, using the NF Laboratory.
- Regarding building confidence on NF evaluation, participants of the workshop suggested that
 collaboration with international organizations on NF should be made to conduct certification and
 calibration for NF capability to provide a standard for NF that can be used as reference by other FNCA
 member countries. This future program can help to create subject matter experts.

Session 4: Cyber Security – Regulatory Framework and Capacity Building

Moderator:

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

Presentations were delivered by Japan and Malaysia

Mr. Masahiro Okuda, Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation and Nuclear Security, Japan Atomic Energy Agency (ISCN/JAEA), Japan

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

Presentation by Japan:

Mr. Masahiro Okuda (ISCN/JAEA) presented the establishment of ISCN in 2010 which is focused on the development of Nuclear Security capabilities among the workforce in Japan and regional/international countries in collaboration with the IAEA. The ISCN offers training courses on Nuclear Security, Safeguards & SSAC and Int'l non-proliferation framework with a view to sharing knowledge, experience and providing support towards the development of legal framework related to Nuclear Security and Cyber Security. ISCN also promotes Nuclear Security Culture among the workforce in nuclear organizations through training courses/lectures. ISCN continues to help Capacity building at national, regional and international level on Cyber Security through hosting IAEA workshops and training programs. Effective Inter-section cooperation in JAEA between IT professionals, Nuclear Security Administration and ISCN exists and it has been very helpful towards ensuring Cyber Security in nuclear facilities and organization. Lack of experts, limitation of universal training model/methods/modules, management of data flow and rapidly changing method/type of cyber threats are among the major challenges in Cyber Security for nuclear facilities. Emergency Cyber Security drills, good coordination among the cyber security agencies at national levels could be helpful for the improvement of cyber security scenario in the nuclear facilities. Oversight activities of Regulatory Bodies (RB) under the specific provisions in the law are necessary.

Presentation by Malaysia:

Ms. Noraini Binti Razali (AELB) provided a brief introduction on the functions and activities of AELB. The National Security Council, Securities Commission Malaysia (SC), Ministry of International Trade and Industry (MITI), Malaysian Communications and Multimedia Commission (MCMC), Attorney General's Chambers of Malaysia (AGC) and Royal Malaysian Police (RMP) are among the organizations/departments in Malaysia involving for cyber security. They are working together in any cyber security-related event in the country. She shared a cyber incident which occurred in Malaysia in 2017 in which all the government offices and relevant agencies received the notification from the National Security Council about the cyber security attack. Capacity building activities on N3S are being continuously done by the AELB through national/international training/workshop programs.

Session 5: Roundtable Discussion on Good Practice of Additional Protocol Implementation and

Capacity Building

[Section 5 Part 1]

Moderator:

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

Presentations were delivered by Bangladesh, Indonesia, and Philippines

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

Mr. Khairul, National Nuclear Energy Agency (BATAN), Indonesia

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

I. Presentation on Capacity Building and Good Practice on AP by Bangladesh

Dr. Abid Imtiaz (BAEC) presented the history of the Bangladesh Atomic Energy Regulatory (BAER) Act. 2012 and discussed the sections that addressed the issues related to IAEA safeguards, SSAC, export-import control, etc. under the Act 2012. Bangladesh signed a Comprehensive Safeguards Agreement (CSA) with the IAEA that entered into force on 11 June 1982. For AP implementation, Bangladesh first initial declaration was submitted to the IAEA on 26 September 2001 and as of 2017, there are more than 150 declarations made by Bangladesh. He shared Bangladesh challenges on the AP implementation: These challenges are: (1) Identification and establishment of effective and communication channels among the Regulatory Authority and relevant ministries, entities, and licensees. (2) Outreach strategies to reach out non-licensed entities to collect information for AP declaration. (3) Assistance on capacity building through human resources development. (4) Assistance for infrastructure development such as preparation of regulatory documents, procedures etc., and development of safeguards related technology. Bangladesh has already started the construction of its first 2 units of nuclear power plants. He affirmed that Bangladesh has maintained good communication and cooperation with the IAEA on its safeguards obligations of providing the required information.

II. Presentation on Capacity Building and Good Practice on AP by Indonesia

Mr. Khairul (BATAN) presented the capacity building on the AP for the Regulatory Body (BAPETEN) and Facility/Operator. The regulatory body has conducted an Outreach Program for the Universities since 2013 and for the Facility/Operator since 2017. BAPETEN also holds talks addressing the AP during Focus Group Discussion Refreshment each year (usually held in the early part of the year). For the University, BAPETEN has drawn a Memorandum of Understanding (MoU) with the university. The Government of Indonesia also conducts the Train of Trainer (TOT) on AP, Safeguards, Security and etc., for all BATAN and BAPETEN staff to reduce and reach the lack of knowledge among senior and junior officer. For Facility/Operator, they use the AP agreement as the required material for the working licensee (SIB) exam for a period of 4 years.

III. Presentation on Capacity Building and Good Practice on AP by Philippines

Ms Maria Teresa A. Salabit (PNRI) presented a background on the Additional Protocol in the Philippines. The AP entered into force on 26 February 2010. 180 days after its entry into force, the Philippines submitted

8 declarations to the IAEA. She also shared the experience in the gathering of data from other stakeholders from the Universities, the Bataan Nuclear Power Plant, PNRI, and the Location outside Facilities (LOFs). The PNRI also conducts outreach programme to colleges and universities. For regional outreach programme, 4 universities participated. The Philippines also maintains an open and close communication between facility owners/operators for the conduct complementary access by IAEA inspectors.

[Session 5 Part 2]

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

Presentations were delivered by Mongolia, Vietnam, ISCN/JAEA, and Japan

Mr. Batgerel Baatar, General Agency for Specialized Inspection (GASI), Mongolia

Mr. Phan Van Thanh, Vietnam Agency for Radiation and Nuclear Safety (VARANS), Vietnam

Ms. Perpetua Rodriguez, Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation and Nuclear Security, Japan Atomic Energy Agency (ISCN/JAEA), Japan

I. Presentation on Good Practice of AP Implementation by Mongolia

Mr. Batrgerel Baatar (GASI) informed that Mongolia does not have nuclear facilities but have a substantial amount of uranium resources and that the preparatory work for uranium production is in progress. Mongolia is an SQP with additional protocol in force. Mongolia has collaborative efforts with the European Commission, a Project that assisted them in their regulatory framework for nuclear safety, safeguards and security. Indicating as one of the good practice is to have regulations for safeguards such as:

- Development of Accountancy and Control
- Rules and Regulations on Import and Export for Uranium
- Regulations for Safeguards for UOC
- Establish a national nuclear material and accountancy and control

Based on the presentation from Mr. Batgerel Baatar, Mongolia drafted new regulations for Nuclear Safeguards and established a national system for accounting and control of nuclear materials.

II. Presentation on Good Practice of AP Implementation by Vietnam

Mr. Phan Van Thanh (VARANS) gave a brief presentation on Vietnam's Additional Protocol which was ratified on September 2012. Since then, more than 150 declarations were submitted to the IAEA using VIMS. Vietnam has conducted an outreach program for AP Annexes 1 and 2.It has assisted 9 complementary accesses including a 2-hour notice CA.

III. Presentation on Results of the Survey of Member Countries by ISCN/JAEA, Japan

Ms. Perpetua Rodriguez (ISCN/JAEA) presented the results of the survey, submitted by the FNCA members, on the Good Practices of the AP elements as agreed during the 2017 FNCA workshop. The good practices were group into the following AP elements: 1) Provision of Information, 2) Complementary Access, 3) Designation of Agency Inspectors, 4) Annexes, and 5) Supporting SG Infrastructures. She provided the FNCA participants with a hardcopy of the tabulated summary of the responses received: color coded by

category of similar responses on the survey questionnaire, as received from the FNCA members (Each country is represented by an alphabet to keep the confidentiality of information). 10 out of 11 FNCA members involved in the project submitted the survey questionnaire. The information was compiled according to the good practices e.g., on Provision of Information by: collection of declaration, preparation of declaration and submission of the declaration. She elaborated on the good practices and how the declarations influence transparency of information provided to the IAEA. To move forward with the project, she presented proposals for the next steps.

IV. Discussion: Further Actions, Next steps: proposal from JAEA/Japan

Proposals for the Next Steps on the said project were presented by Ms, Perpetua Rodriguez, as follows:

- 1. For those countries which have not provided good practices in some specific AP elements, amendments to their respective submission of good practices should be made.
- 2. For all countries, to provide a meaningful compiled report on good practices, actual (real) experiences should be shared by providing specific examples. It is beneficial to share Lessons Learned from their respective AP implementation.
- 3. Compilation and analysis of good practices and experiences will be prepared by ISCN/JAEA. Thereafter, the produced report will be sent for comments to FNCA members.
- 4. The produced report is recommended for publication on the FNCA website. [Upon consultation/agreement with FNCA members, the collected information on the AP implementation may be shared to a wider audience, i.e., the international community through an IAEA publication, e.g., as INFCIRC.]
- Based on the previous presentation by Ms. Perpetua Rodriguez, some FNCA members would like to send amendments on their initial submission of the survey questionnaire. Since this a 3-year project, no deadline was set; this would depend on the voluntary initiatives of the FNCA members.
- Those countries which may have additional information on actual experiences and lessons learned are encouraged to provide the information.
- A preliminary report based on the initially submitted survey questionnaires will be prepared by ISCN/JAEA and will be provided to the FNCA members for review and comments. [On the proposal for a wider audience as an INFCIRC publication: the FNCA members were informed that this report will be the first collaborative effort of its kind.]

Session 6: Country Report Summary

The compilation of the country report summary (from Sessions 1 and 2) was presented by Ms. Megumi Sekine (ISCN/JAEA). Edits and comments were received and incorporated in the country report summary. 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: Concluding Session

Summary of the workshop was presented by Ms. Perpetua Rodriguez (ISCN/JAEA). She informed that the summary will be provided to the participants for confirmation of its contents by electronic mail.

Mr. Masao Senzaki, Project Leader of Japan, concluded the workshop by providing a summary of what had been discussed and the proposals that were made. He encouraged FNCA members to provide ideas of possible projects that may be undertaken for the future. He also delivered the closing remarks, as the FNCA representative and expressed the appreciation to China for hosting the workshop for 2018. He announced that the Philippines will be hosting the 2019 workshop.

Mr. Li Sen (SNSTC), representative from the host country, affirmed China's commitment in the FNCA project of Nuclear Security and Safeguards. He encouraged collaboration among FNCA members to achieve the objectives of this project.

After the delivery of the closing remarks, the Workshop was officially closed.

2.7.2 NSS 参加者リスト

List of Participants FNCA 2018 Workshop on Nuclear Security and Safeguards Project

September 11th – 13th, 2018 Beijing, China

Country	Name	Affiliation
Bangladesh	Dr. Abid Imtiaz	Chief Scientific Officer
(PL)		Nuclear Safety, Security and Safeguards Division
		Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC)
China	Mr. Li Sen	Deputy Director
		State Nuclear Security Technology Center (SNSTC)
China	Mr. Gu Shaogang	Deputy Director of Training and Certification
(PL)		State Nuclear Security Technology Center (SNSTC)
China	Mr. Chen Chen	State Nuclear Security Technology Center (SNSTC)
China	Ms. Wang Shuo	State Nuclear Security Technology Center (SNSTC)
China	Ms. Shi Panpan	State Nuclear Security Technology Center (SNSTC)
China	Mr. Wang Fan	China Institute of Atomic Energy (CIAE)
China	Mr. Wang Tongxing	China Institute of Atomic Energy (CIAE)
Indonesia	Mr. Khairul	Senior Nuclear Security Officer
		Center for Informatics and Nuclear Strategic Zone
		Utilization
		National Nuclear Energy Agency (BATAN)

Country	Name	Affiliation
Japan (Coordinator)	Mr. Tomoaki Wada	FNCA Coordinator of Japan
Japan (MEXT)	Mr. Shoji Kasuga	Deputy Director International Nuclear and Fusion Affairs Division Research and Development Bureau Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (MEXT)	Mr. Yusuke Tanno	International Nuclear and Fusion Affairs Division Research and Development Bureau Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan (PL)	Mr. Masao Senzaki	Senior Fellow Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation and Nuclear Safety (ISCN) Japan Atomic Energy Agency (JAEA)
Japan	Ms. Perpetua Rodriguez	Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation and Nuclear Safety (ISCN) Japan Atomic Energy Agency (JAEA)
Japan	Ms. Megumi Sekine	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. Masahiro Okuda	Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation and Nuclear Safety (ISCN) Japan Atomic Energy Agency (JAEA)
Japan	Ms. Atsuko Takano	International Affairs and Research Department Nuclear Safety Research Association (NSRA)
Malaysia (PL)	Ms. Noraini Binti Razali	Assistant Director Policy and External Affairs Division Atomic Energy Licensing Board (AELB)

Country	Name	Affiliation
Mongolia	Mr. Batgerel Baatar	Head of Nuclear Inspection Section
		General Agency for Specialized Inspection
The	Ms. Maria Teresa A.	Science Research Specialist II
Philippines	Salabit	Nuclear Safeguards and Security Section Nuclear
		Regulatory Division
		Philippine Nuclear Research Institute (PNRI)
Thailand	Dr. Soratos Tantideeravit	Nuclear Engineer
		Nuclear and Radiation Licensing Division
		Office of Atoms for Peace (OAP)
Vietnam	Mr. Phan Van Thanh	Staff Member
		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 2018 Workshop on Nuclear Security and Safeguards Project

September 11th – 13th, 2018 Beijing, China

	Workshop Day 1: September 11, Tuesday	
9:30-10:20	Opening remarks by: China, as the Host Country, Mr. Li Sen, Deputy Director General, State Nuclear Security Technology Center (SNSTC) 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	
10:40-11:40	Session 1: Country Reports I < Moderator: Vietnam >	
11:40-13:25	Lunch Break	
13:25-14:40	Session 2: Country Reports II < Moderator: Vietnam >	
14:40-15:00	Coffee Break	
15:00-16:00	Session 3: Roundtable Discussion on Nuclear Forensics < Moderator: Indonesia > ◆ Presentation: · China · Thailand · Japan	

	Workshop Day 2: September 12, Wednesday	
9:30-10:00	Session 4: Cyber Security - Regulatory Framework and Capacity Building-	
	< Moderator: Bangladesh >	
	◆ Presentation:	
	· Japan	
	· Malaysia	
	◆ Q&A	
10:00-10:45	Session 5: Roundtable Discussion on Good Practice of Additional Protocol	
	Implementation and Capacity Building	
	< Moderator: Malaysia >	
	◆ Presentation: Capacity building on AP	
	· Bangladesh	
	· Indonesia	
	· Philippines	
10:45-11:00	Coffee Break	
11:00-12:30	Session 5(continued)	
	< Moderator: Philippines >	
	◆ Presentation: Good practice of AP implementation	
	· Mongolia	
	· Vietnam	
	◆ Results of the survey of member countries	
	◆ Discussion: further actions, next step	
12:30-13:30	Lunch Break	
13:30-15:00	Summary Drafting	
15:00-15:20	Session 6: Country Report Summary	
15:20-16:00	Session 7: Concluding Session	
	Lead Speaker: Mr.Masao Senzaki, Project Leader of Japan	
16:00-16:20	Closing Remarks	
	· FNCA's Representative, Mr. Masao Senzaki, Project Leader of Japan	
	· China, as the Host Country, Mr.Li Sen, Deputy Director General, State Nuclear	
	Security Technology Center (SNSTC)	
	Workshop Day 3: September 13, Thursday	
9:30-12:00	Technical Tour	
	Location: State Nuclear Security Technology Center (SNSTC)	

- · Demonstration Hall
- · Analytical Laboratory
- Environmental Testing Laboratory
- · Access Control Facility
- · Mock Nucclear Material Bunker
- · Response Force Training and Exercise Facility

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	運営グループ名簿参照	7	

3.1.2 講師育成事業講師

氏名	所属組織名
藤本 望 様	国立大学法人九州大学 大学院工学研究院
木倉 宏成 様	国立大学法人東京工業大学 先導原子力研究所
鳥羽 晃夫 様	一般財団法人原子力国際協力センター
根井 充 様	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所
大森 茂美 様	日本原子力発電株式会社
山村 司 様	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
大塚 重満 様	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
大岡 紀一 様	ものつくり大学
鈴木 雅秀 様	国立大学法人長岡技術科学大学 大学院工学研究科
村上 健太 様	国立大学法人長岡技術科学大学 大学院工学研究科
久保 稔 様	一般財団法人総合科学研究機構
立崎 英夫 様	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被ばく医療センター

3.1.3 原子力人材育成ネットワーク

氏名	所属組織名
有田 裕二 様	国立大学法人福井大学
工藤 和彦 様	国立大学法人九州大学/原子力学会
堀田 宏司 様	四国電力株式会社
桜井 久子 様	一般社団法人日本原子力産業協会
喜多 智彦 様	一般社団法人日本原子力産業協会
桜井 聡 様	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
中野 佳洋 様	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

3.1.4 原子力海外人材育成分科会

氏名	所属組織名
笠原 賢 様	株式会社東芝
大貫 敏彦 様	国立大学法人東京工業大学
佐藤 尚章 様	一般社団法人海外電力調査会
小川 弘達 様	三菱重工業株式会社
高橋 利之 様	国際原子力開発株式会社
多田 伸雄 様	一般社団法人日本電機工業学会
奈良林 直 様	国立大学法人北海道大学
千葉 達也 様	日本原子力発電株式会社
市園 克之 様	電気事業連合会
遠山 伸一様	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
三上 喜貴 様	国立大学法人長岡技術科学大学

3.1.5 在京大使館

氏名	所属組織名
Mr Trevor Holloway	オーストラリア大使館
Dr Ziaul ABEDIN	バングラデシュ大使館
Mr WU Song	中国大使館
Ms Moestika Panca Dewiani	インドネシア大使館
Mr Kuanysh BEYSENOV	カザフスタン大使館
Mr Kang Jeong Whan	韓国大使館
Mr Ibrahim ISHAK	マレーシア大使館
Ms Unurjargal Enkhbat	モンゴル大使館
Mr Arnel Marcos Sanchez	フィリピン大使館
Mr Bui Viet Khoi	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
愛知県	防災危機管理課

組織名	部署名
愛知県	振興部 土地水資源課 企画・調整グループ
青森県	危機管理局 青森原子力センター
青森県	危機管理局 原子力安全対策課
青森県	エネルギー総合対策局 ITER 支援室
青森県	エネルギー総合対策局原子力立地対策課
石川県	危機管理監室 危機対策課 原子力安全対策室
石川県	企画振興部 企画課
茨城県	防災·危機管理局原子力安全対策課
茨城県	企画部 科学技術振興課
茨城県	企画部 企画課政策·総合計画
愛媛県	県民環境部 防災危機管理課
愛媛県	県民環境部 防災局 原子力安全対策課
愛媛県	経済労働部 産業政策課 経済企画 G
大阪府	政策企画部 危機管理室
大阪府	エネルギー政策課 企画推進グループ
岡山県	危機管理課危機管理·国民保護班
岡山県	環境文化部 環境企画展
鹿児島県	原子力安全対策課
鹿児島県	企画部 エネルギー政策課
京都府	府民生活部 原子力防災課
京都府	総務部 自治振興課
佐賀県	県民環境部 原子力安全対策課

組織名	部署名
佐賀県	産業労働部 ものづくり産業課
静岡県	危機管理部 原子力安全対策課
静岡県	経済産業部 産業革新局 エネルギー政策課
島根県	防災部 原子力安全対策課
島根県	地域振興部 地域政策課
鳥取県	危機管理局 原子力安全対策課
鳥取県	生活環境部 環境立県推進課
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
新潟県	産業立地課
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	危機管理部 原子力安全対策課
福島県	企画調整部 エネルギー課
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
北海道	産業振興局 環境・エネルギー室
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ズ株式 会社	原子力海外プロジェクト部 主幹
株式会社東芝 エネルギーシステムズ株式 会社	原子力海外プロジェクト部 部長
日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社	原子力国際技術本部 本部長
日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社	原子力国際技術本部 本部員
日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社	原子力国際技術本部 チーフプロジェクトマネージャー
日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社	原子力国際技術本部 原子力海外技術部 原子力海外プロジェクトグループ
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
三菱重工業株式会社	パワードメイン 原子力事業部 事業部長補佐
三菱重工業株式会社	パワードメイン 原子力事業部 原子力部 戦略 輸出グループ長代理
三菱重工業株式会社	パワードメイン 原子力事業部 原子力部 戦略 輸出グループ
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

組織名	部署名
関西電力株式会社	原子力事業本部地域共生本部長
関西電力株式会社	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
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 原子力部長
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っと ほうむ	広報課長
一般財団法人放射線利用振興協会	本部事務局
一般財団法人放射線利用振興協会	理事長
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

組織名	部署名
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
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
公益財団法人核物質管理センター	理事長
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ゥビレッジ
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	核不拡散・核セキュリティ総合支援センター 能力構築国際 支援室

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	核不拡散・核セキュリティ総合支援センター 能力構築国際 支援室
国立研究開発法人日本原子力研究開発 機構	核不拡散・核セキュリティ総合支援センター 能力構築国際 支援室
国立研究開発法人日本原子力研究開発 機構	核不拡散・核セキュリティ総合支援センター 技術開発推進
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
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
国立研究開発法人日本原子力研究開発 機構	大洗研究所研究所長
国立研究開発法人日本原子力研究開発 機構	原子力科学研究所長
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

組織名	部署名		
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		
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		
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 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		

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	
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)	
京都大学	原子炉実験所 所長	
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	
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	

組織名	部署名	
総合研究大学院大学	高エネルギー加速器研究機構(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	科学技術創成研究院 先導原子力研究所 環境·社会理工 学院 教授	
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	環境安全本部 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	
名古屋大学	大学院工学研究科 エネルギー理工学専攻 准教授	
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 原子力エネルギーシステム研究グループ	
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	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)	
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	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	

組織名	部署名	
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	工学研究科 特認教授	
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	教授	
福井工業大学	原子力技術応用工学科 教授	
東京女子医科大学	放射線腫瘍学講座 助教	

3.1.9 報道機関

会社名	部署名
産経新聞社	科学担当
The Japan Times	科学技術担当
THE DAILY YOMIURI	科学技術担当
毎日新聞社	科学環境部
毎日 Daily News	科学技術担当
一般社団法人日本電気協会	新聞部電気新聞部編集局 製作室副課長
時事通信社	科学担当
日本放送協会	科学文化部
共同通信社	編集局 科学部部長
中国新聞社	報道局報道部 経済担当部長
読売新聞	東京本社 論説委員
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	アドネシア 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	Ms Eun Kyoung Jee	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 Lucille V.Abad	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 Tran Ngoc Toan	ベトナム原子力研究所(VINATOM)	

3.2.2 在外大使館

組織名
在オーストラリア日本大使館
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
在韓国日本大使館
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

氏名	組織名	
Ms Charlotta Lundell	OECD/Nuclear Energy Agency (NEA)	
Mr Masahide Kokubun	First Secretary, Permanent Delegation of Japan to the OECD/Nuclear	
Mr Masanide Kokubun	Energy Agency (NEA)	
Mrs Masami Ono	Co-ordinator, Office of Legal Counsel, OECD/Nuclear Energy	
Wits Wasaiii Ono	Agency (NEA)	
Mr Akira Nakanishi	International Science and Technology Center (ISTC)	

2018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 2019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