

FNCA 天然高分子の放射線加工に関するワークショップ（仮訳）

2015年2月9日～12日

インドネシア、ジョグジャカルタ市

1) ワークショップ概要

i) 日時	2015年2月9日～12日
ii) 会場	インドネシア、ジョグジャカルタ市
iii) 主催	文部科学省（日本） インドネシア原子力庁 (BATAN)
iv) 参加者	FNCA 参加 8 カ国から 19 名 バングラデシュ、インドネシア、日本、カザフスタン、マレーシア、フィリピン、タイ、ベトナム（中国、モンゴルは欠席）
v) プログラム	添付 1

2) ワークショッププログラム

持続可能な開発および農業のための放射線加工の利用に関するオープンセミナー

持続可能な開発および農業のための放射線加工の利用に関するオープンセミナーが、ジョグジャカルタ市メリア・プロサニホテルにて開催された。セミナーには、研究機関や大学からの参加者、農業従事者、学生など 49 名が参加した。インドネシア原子力庁長官の Djarot Sulistio Wsnubroto 氏と、FNCA 日本コーディネーターの町末男氏より歓迎の挨拶があった。その後、5つの発表と討論が行われた。オープンセミナーのサマリーは添付 3 を参照。

オープニングセッション

本ワークショップには、FNCA 参加国であるバングラデシュ、インドネシア、日本、カザフスタン、マレーシア、フィリピン、タイ、ベトナムから電子加速器利用と天然高分子の放射線加工に関する専門家が出席した。参加者リストは添付 2 を参照。インドネシア原子力庁副長官の Anhar Riza Antariksawan 氏と町氏からそれぞれ歓迎の挨拶があり、ワークショップにおいて有意義な議論がなされることを望んだ。その後、参加者は自己紹介を行った。

セッション 1：FNCA の概要

町氏は、2014 年に開催された第 15 回大臣級会合の主要な決定事項や、現行の FNCA プロジェクトの活動状況や成果について報告した。日本原子力研究開発機構高崎量子応用研究所長の玉田正男氏は、FNCA 電子加速器プロジェクトにおける天然高分子の放射線加工の

成果と課題について紹介した。天然高分子の放射線加工により合成される植物生長促進剤(以下 PGP) と超吸水材(以下 SWA) は、エンドユーザーへの技術移転を重点項目として研究されてきた。詳細な使用法が記載された PGP のガイドラインが 2014 年の主な成果である。本プロジェクトのフェーズ 4(2012 年度～2014 年度)における成果と波及効果は、2015 年 3 月に開催されるコーディネーター会合にて評価される。

セッション 2 : 放射線加工によりキトサンから製造された PGP の製造とフィールド/ポット試験に関するカントリーレポート

FNCA 参加 8 カ国から、放射線加工によって得られたオリゴキトサン PGP の 2014 年の活動に関するカントリーレポートが発表された。参加国は、収量増加、植物の病害抑制の観点から、キトサンやカラギーナン由来の PGP/エリシターの結果について、情報を共有した。カントリーレポートのサマリーは添付 4 のパート A を参照。

セッション 3 : PGP 性能フィールド試験結果のレビュー

ベトナム原子力研究所放射線技術研究開発センター研究開発部長の Nguyen Quoc Hien 氏とマレーシア原子力庁研究員の Maznah Mahmud 氏がリードスピーチを行った。

Mahmud 氏からは、マレーシアのペルリス州にて 2014 年 10 月より開始された、下記 4 種類の処理方法を用いた試験について発表があった。

- i. T1 : 液体バイオ肥料+ヤシ殻燻煙液
- ii. T2 : 液体バイオ肥料+ヤシ殻燻煙液+オリゴキトサン
- iii. T3 : 対照群(農家における通常の方法)
- iv. T4 : ヤシ殻燻煙液+オリゴキトサン

オリゴキトサン PGP は、2 段階(i.種子段階、ii.フィールド段階)に分けて与えられた。オリゴキトサンは 10kDa で pH5.4 である。

種子に対する処理については、100ppm のオリゴキトサンに 30 分浸種し、その後自然乾燥させた。幼苗期には、100ppm のオリゴキトサンを 3 回(週に一度)噴霧した。

フィールドでは、25 日目、44 日目、55 日目、75 日目に 100ppm のオリゴキトサンで処理を行った。

結果 :

- i. MR219-4 を T2 で処理した場合、MR219 と MR219-9 に比べて収量が 15% 増加した。
- ii. MR219 を T1 と T4 で処理した場合、T2 で処理した時よりも 15%、T3 で処理した時よりも 25% 収量が高かった。
- iii. MR219-4 は、T1、T2、T4 で処理した場合に比べて、T3 が最も収量が高かった。
- iv. MR219-9 は、T3 に比べて全ての処理方法において好影響があったが、その各処理方法間では有意な差は見られなかった。

結論：オリゴキトサン PGP は上記の組み合わせ処理とした場合、MR219、MR219-4、MR219-9 に対して好影響を与える。

セッション 4：PGP の商業利用へむけた戦略

Nguyen 氏が、ベトナムにてイネに対するエリシターとしてオリゴキトサンの商業化に成功したことを発表した。カザフスタン JSC 原子力技術パーク 主幹事の Sergey Kotov 氏より、カザフスタンが所有する放射線加工用照射装置が電子線加速器のみであることが報告され、参加国より固体のキトサンに電子線を照射することでキトサンの分解を行うことが推奨された。また、日本原子力研究開発機構の長澤尚胤氏より、「オリゴキトサンのイネと唐辛子への利用に関するガイドライン」の作成状況が報告された。ガイドラインの草稿は、プロジェクト参加国のプロジェクトリーダーに送付され修正された後、2015 年度初頭には最終版を FNCA ウェブサイトに掲載する予定である。

セッション 5：天然高分子の放射線加工により製造される PGP に関するプロジェクト活動のワークプラン(2015 年～2017 年)

玉田氏と長澤氏により、このセッションのリードスピーチが行われた。玉田氏は、2012 年～2014 年のプロジェクト活動のレビューとサマリーに加え、次フェーズ(2015 年～2017 年)で期待される活動について発表した。一方、長澤氏は超高圧ウォータージェットを利用してキチンナノファイバーを生成する新技法を紹介した。生成されたナノファイバーは、オリゴキチンを得るために照射影響について研究されている。日本では、有機農法と考えられる農産物について、化学処理も施すことができないと規定されている。そのため、研究中的のこの技法は有望である。

討議では、各国における PGP の登録や商業化に関する経験や現状について、参加国間で共有された。日本、ベトナム、マレーシア、タイではすでに製品が商業化されており、インドネシアでは準商業化されている。バングラデシュとフィリピンには商業化に向けた着実な計画と戦略がある。また新たな参加国であるカザフスタンに対しては、活動を加速させるための援助が必要である。町氏より商業化に向けて、植物の選定や、その選定した植物へのオリゴキトサンの利用に関するフィールドテストを実施するために、農業部門との連携強化が重要であることが強調された。さらに、FNCA のバイオ肥料プロジェクトのリーダー達と共に、オリゴキトサンとバイオ肥料との相乗効果に関する研究を行う事が推奨された。

以前のワークショップで合意された通り、ベトナムとマレーシアはオリゴキトサンのイネへの利用に関するガイドラインを作成し、インドネシアとタイは唐辛子への利用に関するガイドラインを作成する。FNCA 参加国は、ガイドラインをオリゴキトサン PGP の効果的応用にむけて活用する予定である。

セッション 6: 天然高分子の放射線架橋およびグラフトによるハイドロゲル超吸水材 (SWA)の製造と利用に関するカントリーレポート

ワークショップ参加 8 カ国から、SWA の研究活動に関して報告があった。このセッションでは、SWA に関する進捗状況が討議された。全ての国に、現在解決に向けて取り組んでいる特定の問題がある。それらの問題に対し、いくつかの具体的なアドバイスがあった。バングラデシュ原子力委員会の Salma Sultana 氏は、原材料のヤシ殻をベトナムから輸入している。インドネシアは、砂質土壌における主な問題点である頻繁な灌漑を解決するため、週に一度の植物への水やりを試みている。日本では、灌漑が多くは行われていないため SWA の市場が非常に小さく、SWA として応用範囲は大きくない。カザフスタンには、灌漑に対応するため国産の安い原材料(CMC：カルボキシメチルセルロース)を利用する技術を向上させる必要がある。町氏はマレーシアに対し、マレーシアで非常に重要なゴムノキに SWA を利用することを提案した。フィリピンは、SWA の利用対象として小麦への効果を確認する必要がある。Nguyen 氏の報告によると、ベトナムにおける SWA の製造コストは、2.5 米ドルという価格であっても経済的優位性を失いつつある。カントリーレポートのサマリーは添付 4 の Part B を参照。

セッション 7: SWA のフィールド/ラボ試験に関する結論とサマリー

インドネシア原子力庁の Darmawan Darwis 氏が、このセッションのリードスピーチを行った。FNCA 参加国における SWA に関する活動は、国によって進捗状況が異なる。現在ポット規模やセミ・フィールド規模の試験を行っているバングラデシュ、中国、インドネシア、日本、マレーシア、モンゴル、フィリピンといった国もあれば、カザフスタンのようにラボ規模での研究開発を行っている国もある。一方で、タイやベトナムではフィールド試験が完了している。評価に利用する植物はトマト、トウモロコシ、唐辛子、ダイズなど多種多様である。農業に SWA を利用する利点は、特に乾燥しやすい地域の無組織な土壌における灌漑の頻度を減らすこと、保水能力を上げること、水利用効率を向上させること、土壌の浸水性と浸潤速度を上げること、圧縮傾向を減らすこと、浸食と水の流出を防ぐこと、植物の生産性を上げることである。SWA 製造のための原材料選択には、いくつか考慮すべき点がある。それは、大量に入手でき、自国が原産であることが望ましく、非毒性で、加工しやすく、比較的安価で、生分解可能で、得られた製品が上手く機能するということである。以下は各国の現状に関する詳細である。

- バングラデシュでは、トマトとマリーゴールドに対して SWA のポット試験を行った。
- インドネシアでは、エシャロットに対して SWA と PGP を組み合わせたセミ・フィールド試験を行っている。
- 日本はすでに、和紙の強度向上に利用する CMC ゲルを商業化しているが、取扱い企業の倒産により、現在は販売を中止している。
- カザフスタンは、ラボ規模の研究開発を開始したばかりである。

- マレーシアは、イネに対する SWA の温室試験を行った。
- フィリピンは、ダイズに対するセミ・フィールド試験を行った。
- タイは、ゴムノキとベビーコーンに対する SWA のフィールド試験を行った。
- ベトナムは、市場の需要と釣り合わないことから、SWA の商業化を停止した。

フィールド試験を行うにあたっては、農業部門と十分に協力することが推奨された。

セッション 8: SWA の商業利用に向けた農業部門との連携による戦略

タイ原子力技術研究所の Phiriyatorn Suwanmala 氏による報告の要点は下記の通りである。

戦略

1. 自国で豊富に入手できる材料を選択する。そのことで、製造費用を削減することができ、さらに材料そのものに付加価値を与えられる。
2. 製造された SWA の特性を評価する。
 - 膨潤度(異なる pH と溶液の条件)
 - 保水力
 - 分解性
 - 粒径
3. 農業機関と共同・協力し、作物と乾燥地域を決定する。

課題

1. 製造過程における課題：
 - 低温での乾燥に時間がかかる。乾燥温度が高すぎると、橋かけを誘発する可能性がある。
 - 乾燥 SWA は非常に硬いため、粉砕には特別な設備が必要である。
 - SWA が湿気を吸収するのを防ぐため、適切に梱包する必要がある。
2. 利用過程における課題：
 - 代案として、商業化されている製品に言及する。時に、SWA の能力は植物の種類と土壌の状態に影響を受けることがある。また農業機関との協力により、特定の地域における特定の植物に対する SWA の利用方法に関する情報を得やすくなる。
3. 価格における課題：参加国内で製造されているほとんどの SWA は、商業化されている SWA に比べて費用が高い。

SWA への市場の需要を高めるために推奨されること

1. 展示会に参加して商品を宣伝する。
2. 研究者は、農業従事者の需要を知るために関係を深める必要がある。
3. 農業機関との共同研究を行う。

セッション 9: SWA に関するプロジェクト活動のワークプラン(2015 年～2017 年)

インドネシア原子力庁の Tita Puspitasari 氏が、SWA のフィールドおよびラボ試験結果のサマリーを発表した。SWA を商業化するにあたっては、土壌改良材としての法的な登録が

必要である。参加国は、各国の法的な登録や、法的規制をクリアするために必要なデータについて考慮するよう提案した。SWA の特性を制御するための技術、例えば含水量や生分解性についてはよく研究されているが、費用効率向上にむけて製造費用を下げるためには、さらなる研究が必要である。インドネシア原子力庁副長官の Ferhat Aziz 氏より、このワークショップに対してコメントがあった。Aziz 氏によると、地元の新聞にこのワークショップに関する記事が掲載され、また、インドネシアの3大臣が一堂に会し、インドネシア原子力庁による放射線技術を用いた研究活動を支持すると宣言されたということであった。最後に FNCA の発展を祈り、町氏に対しワークショップ開催を賞賛した。これに対し町氏は、ワークショップ中のインドネシア原子力庁による温かいもてなしに感謝し、フィールド試験の進捗を高く評価した。

セッション 10: 放射線加工に関する FNCA プロジェクトと IAEA/RCA プロジェクトの連携

Mahmud 氏により、IAEA/RCA RAS/1/104 のプロジェクトである「工業応用及び環境保護をめざした高性能グラフト材料開発のための放射線加工」の成果について報告があった。FNCA と RCA の連携は、放射線加工、放射線育種、がん治療の3プロジェクトであり、プロジェクトの相乗効果を高めるべきである。いくつかの FNCA 参加国は RCA と FNCA でそれぞれ異なる研究グループが属しているため、その各グループのプロジェクトリーダーは FNCA と RCA のプロジェクト間の情報交換を行うべきである。

セッション 11: まとめと討議

町氏が、このセッションの導入スピーチを行った。玉田氏が、第4フェーズ(2012年～2014年)における PGP と SWA の活動および評価のまとめを発表した。PGP に関するプロジェクトの成果として、イネやトウモロコシといった様々な農作物の収量と生産性の向上や、エンドユーザーへの技術移転を促進する「オリゴキトサンのイネと唐辛子への利用に関するガイドライン」が挙げられる。SWA に関するプロジェクトの主な成果は、特に砂質土壌におけるポットおよびフィールド試験において様々な農作物の発芽率を向上させ、水処理の頻度を減らすことで大量の水を節約することができたことである。またこのプロジェクトから、合計 18 本の論文が発表された。プロジェクトの3年評価においては、社会経済的また科学的な影響に対して高い得点が付けられており、プロジェクトの全体的な展望としては継続が望まれている。

閉会セッション

町氏は Darwis 氏とワークショップに貢献したスタッフに対し感謝の意を表し、ワークショップを閉会した。また、来年度のワークショップ開催地はコーディネーター会合で決定されると述べられた。

テクニカルビジット(2月11日)

最初にグヌンキドゥル県プライエン郡にて、イネに対する PGP のセミ・フィールド試験を視察した。次にバントゥールにて、砂質土壌でのエシャロット、唐辛子、ナスに対する SWA と PGP のフィールド試験を視察し、PGP と SWA のセミ・フィールド試験場も視察した。

3) 結論と提案

1. 会合の主要な結論は以下のとおりである。

- (1) ほぼ全ての FNCA コーディネーターは本プロジェクトについて、持続可能な農業により食糧確保という各国の優先課題を解決するとして、これまでの6年間のプロジェクト遂行を終え、さらに3年継続することを同意した。
- (2) ほぼ全てのプロジェクトリーダーは、社会経済的また科学的な影響の観点からのプロジェクト評価に基づき、プロジェクトの継続を提案した。
- (3) ベトナムは、イネの収量を10~20%とサトウキビの収量を向上させるエリシターとしてオリゴキトサンの商業利用化に成功している。オリゴキトサンは、ホーチミン市にあるベトナム原子力研究所放射線センターにて製造され、民間企業によりエンドユーザーに届けられている。
- (4) タイは、PGP およびエリシターとしてオリゴキトサンの商業利用化に成功している。オリゴキトサンは、タイ照射センターにある15,000L/月の製造能力をもつパイロット・プラントを利用して、タイ原子力技術研究所が製造している。製造された製品は、唐辛子やマップラン等に利用されている。
- (5) マレーシアは、マレーシア原子力庁のパイプ状の照射装置を利用して製造されたオリゴキトサンは民間企業2社によって商業化および販売されている。イネ、唐辛子、沈香、イチジクといった様々な植物に利用されているが、今後より多くの植物への利用を展開するため、さらなるフィールド試験を行う予定である。
- (6) フィリピンは、海草から製造したオリゴカラギーナンを利用してイネ、リョクトウ、ピーナッツのポット試験にて有望な成果を達成しており、2018年までの商業利用化を目指している。
- (7) インドネシアは、唐辛子、イネ、ゴムノキ、トマト、ジャガイモ、エシャロットなど、多種多様な植物に対してオリゴキトサンのセミ・フィールド試験を行い、収量20~300%増加という有望な成果を達成した。インドネシア原子力庁は、2017年までにオリゴキトサンの完全な商業利用化達成を目指している。
- (8) バングラデシュは、試験区のハウレンソウに対するオリゴキトサンの影響について試験した。その試験で、100ppmのオリゴキトサンにより、収量が対照群の3倍高くなることが分かった。アマランスの場合、70ppmのオリゴキトサンを利用すると、収量が10%上がった。
- (9) カザフスタンにはガンマ線源が無いため、オリゴキトサンを製造するためには薄層の中の固体のキトサンに5MeVを照射するよう助言された。

- (10) タイは SWA を利用し、ベビーコーンの収量を 45%向上させ、また竹やゴムノキにも有望な結果がもたらされている。
- (11) バングラデシュはトマトとマリーゴールドに SWA を利用したポット試験を行っており、良い結果が出ている。
- (12) インドネシアは農業技術評価機関との協力のもと、砂質土壌のエシャロットと唐辛子で試験を行い、有望な成果を得ている。
- (13) マレーシアは温室でのハウレンソウ、カイラン、カラシナに対して試験を行い、有望な成果を得ている。
- (14) フィリピンは、アクリル酸をグラフト重合した海草から SWA を製造しており、それが最も安価で最も高い吸水能力(900g/g)を持つ。2015 年にはポット試験が行われる予定である。
- (15) ベトナムは、アクリル酸をグラフト重合したでんぷんから製造した SWA の商品化を、製造コストの問題で中断している。
- (16) オリゴキトサンの登録に関して、ベトナム原子力研究所はエリシターとして登録し、日本原子力研究開発機構は登録不要な活力剤として商品化している。タイでは登録が必要なく、インドネシア原子力庁は現在登録手続き中であり早い認可を望んでいる。

2. 会合では以下の点が提案された

- (1) 6年にわたり行われてきた天然高分子の放射線加工に関するプロジェクトを、3年延長するべきである。
- (2) キトサン/カラギーナンから製造する PGP/エリシターに関するプロジェクトは、2017年度までに商業化を目指すべきである。
- (3) SWA に関するプロジェクトは、参加国の需要を満たすため、選択した特定の農作物に対してフィールド試験を実施するべきである。
- (4) 特定の植物に対してより着実にフィールド試験を行うため、農業機関や専門家との協力を強める。また、農業機関のステークホルダーに成果を広める。
- (5) エリシターとバイオ肥料の間に生じ得る相乗効果に関して研究するため、FNCA のバイオ肥料プロジェクトグループとの繋がりを強化する。
- (6) フィールドワークには多大な費用が掛かることから、政府はオリゴキトサン/オリゴカラギーナンおよび SWA のフィールド試験に関して、資金および/または行政的な支援を行うべきである。
- (7) 電子加速器利用プロジェクトの考えられる新たな活動は、持続可能な農業、人間の健康、エネルギー、環境保護等の優先的な分野の中で 2017 年度に討議されるべきである。

3. テクニカルビジットで参加者は以下の内容を視察した。

ジョグジャカルタ州グヌンキドゥル県プライエン郡：

- (1) オリゴキトサンを使用して生長したイネは対照群に比べて葉が広く、分けつ数も 25 個と、対照群の 18 個に比べて多い。オリゴキトサンの効果が明確に観察された。オリゴキトサンは週に一度スプレーしている。

- (2) オリゴキトサンを使用したソルガムは房が大きく、収量も多かった。フィールドにおいても、房の大きさの違いを実際に見ることができた。
- (3) プライェン郡で BATAN のフィールド試験を行うことについて、地元の人々は歓迎している。

ジョグジャカルタ州バントゥール県：

- (1) 砂質土壌でオリゴキトサンと SWA を利用して育成された唐辛子は、萎黄ウイルスに感染した対照群に比べて非常に良い結果であった。唐辛子はオリゴキトサンを使用しない場合、90%が萎黄ウイルスに感染していたが、オリゴキトサンを使用すると感染率は3%にまで低下した。
- (2) バントゥールの砂質土壌で、オリゴキトサンと SWA を使用したエシャロットは、対照群に比べ非常によく育っていた。
- (3) エシャロットについて、水処理の頻度が日に2回から3日に1回まで減り、労力と水が節約されている。
- (4) こういったフィールド試験は、ジョグジャカルタの農業技術評価機関(AIAT)との協力のもと実施されており、特に以下について高い成功を収めている。
 - (a) オリゴキトサンを使用して育てられたナスは、700 m²あたり 150kg の収量を上げており、700 m²あたり 100kg である対照群と比べて高収量である。
 - (b) オリゴキトサンを使用して育てられたナスは、対照群と比べてより健康的で果実が大きい。

4) 添付

- 添付 1: プログラム
- 添付 2: 参加者リスト
- 添付 3: オープンセミナーサマリー
- 添付 4: カントリーレポートサマリー
 - Part A. 放射線加工によるキトサン植物生長促進剤の製造およびポット・フィールド試験に関するカントリーレポートサマリー
 - Part B. 放射線加工による超吸水材(SWA)作製に関するカントリーレポートサマリー
- 添付 5: PGP と SWA の各国研究開発進捗状況