

FNCA2009 電子加速器利用ワークショップ - 天然高分子の放射線加工

FNCA参加国カンントリーレポート・IAEA発表レポートサマリー

Part A. キトサンの放射線加工及び利用に関するカンントリーレポートサマリー

(1) バングラデシュ(バングラデシュ原子力委員会 エムダウル・モハマド・ハクエ)

バングラデシュは、年間約 75 万メトリックトンのエビを生産し、その生産量は毎年増えている。このことから、バングラデシュにおいて廃棄されるエビ殻からキトサンを抽出することは有効である。エビ殻からキトサンを抽出させる方法はすでに構築されている。分子量は、様々な線量で照射する前後にキトサン溶液の粘度を計測することで決定される。生分解性のキトサンフィルムは、紫外光源あるいはガンマ線照射のもと、様々な調合と硬化により、2-ヒドロキシエチルメタクリレートとともに生成される。FNCA により得られたキトサン溶液は、地元の野菜や唐辛子のための植物成長促進剤として利用され、より良い結果が見られた。

(2) 中国(蘇州大学 ヨウジウ・ツァン)

水溶性のオリゴマーを生産するためのキトサン照射分解の様々な前処理法が発表された。5%の H_2O_2 処理、24%の H_2O_2 処理、水への浸漬、増感剤で処理した固体キトサンサンプルを様々な線量で照射した。その内、24%の H_2O_2 で処理されたサンプルと、増感剤で処理されたサンプルは、キトサンの分解において最も顕著な効果を示した。キトサンの分解におけるオゾンの相乗効果に関する研究により、キトサンの分子量は、前処理の時間とオゾンの濃縮が上がるにつれて減少することが示された。照射キトサンの放射線防護物としての応用研究が、4Gy のガンマ線被ばくとキトサンで処理された BRL 細胞(バッファローラット上皮性肝細胞)の残存率から検討された。照射細胞のより高い残存率とより低い SubG1 ピークは、低分子量のキトサンのもとで発見された。50 μ g/ml の低分子量キトサンと 4Gy の ^{60}Co のガンマ線で処理された後、BRL 細胞の生存率は、48 時間で、66.5% \pm 0.19% から 87.5% \pm 0.16% まで上がり($P < 0.05$)、SubG1 ピークは 24 時間で、51.9% \pm 2.1% から 16.9% \pm 1.3% まで下がった($P < 0.05$)。この結果から、低分子量キトサンはラット肝細胞株(BRL)に優れた放射線防護効果を発揮することが示された。

(3) インドネシア(インドネシア原子力庁 ガット・トリムルダイ・レクソ)

放射線法はキトサンの分子量と粘度を減少させるのに効果的である。PATIR-BATAN の IRKA 照射装置施設は、最大で一度に 1,000L のオリゴキトサンをパイロット生産できる。唐辛子プラントでのオリゴキトサンを用いたフィールド試験の結果は、プラントあたり、約 0.25kg の生産性の向上を示した。照射キトサンの抗菌性は、食品保存に使用可能であるとの評価もされた。初期の研究では、黄色ブドウ球菌と大腸菌の成長を効果的に阻害することも示された。

(4) 日本(日本原子力研究開発機構 吉井文男)

植物成長促進剤としての有効性を評価するため、ガンマ線照射により調製したオリゴキトサンのフィールド試験を行った。2.5%の酢酸に溶解した 5%のキトサン溶液を照射し、それを 500 倍

に希釈した溶液を水菜等の葉物類や、芝生に噴射した。その結果、オリゴキトサンは植物成長促進剤として有効であることが実証され、また、夏の間シクラメンに発生する萎ちょう病の予防にも効果的であった。これらの結果を基に、このオリゴキトサンは、オリゴグルコサミン-L(OG-L)という商品名で製品化された。

(5) マレーシア(マレーシア原子力庁 カマルディン・ビン・ハシム)

ガンマ線連続照射によるオリゴキトサンのパイロットスケールの生産が行われた。総生産量は約 1,440L であった。オリゴキトサンを、色、pH、粘度、そして分子量の点から評価した。粘度と pH の結果から、貯蔵中にオリゴキトサンが分解されることが明らかにされた。また発芽試験により、200ppm のオリゴキトサンに 24 時間浸したイネ種子は、水で浸した種子や、水で浸した後 200ppm のオリゴキトサンで浸した種子と比較し、高い平均成長率を示した。種子の成長に関して、既に製品化されている成長促進剤(VitaCambah)とのオリゴキトサン比較研究が行われ、低分子量のオリゴキトサンは、イネ種子の成長をより促進させ、高い分子量のオリゴキトサンと同様の効果を低濃度で得られることが明らかにされた。

イネの成長促進剤やエリシターとしてのオリゴキトサンのフィールド試験が、政府関連企業である FELCRA (M) Bhd と共同で 24 ヘクタールの稲田において実施された。この研究において、8 つのそれぞれの処理(T1-T8)に対して、その 3 倍の処理が行われた。イモチ病菌、イネ検査、坪刈調査、土壌、分析、それぞれの区画における水稻体及び米の生産量栄養分析に関するデータ集積が行われた。この研究により、米の収穫量はオリゴキトサンによる発芽処理及び噴霧処理、そして土壌の状態や、養分吸収、昆虫感染や植物成長等の他の要因に関係していることが示された。

(6) フィリピン(フィリピン原子力研究所 チャリトー・アラニラ・タランキラン)

プロジェクトの第 2 フェーズにおいて、PVP カラギーナンハイドロゲルは商用化目前まで到達した。主要な成果は、1. 製造過程の発達、2. 放射線加工のパラメーターの最適化、3. 病院における試作品 10,000 個の無償配給、4. 品質保証と管理システムに関するプロトコルの作成、5. 市場受け入れテストの開始、そして 6. ルソン島北部への 6 つの試験センターの設置である。プロジェクトは第 3 フェーズに入り、フィリピン食品医薬品局の承認のもと製品の安定性や保持期限を判定する試験を半制御無菌施設(10 万クラス)にて行うことや、ライセンス契約を通し、民間会社 (Biotecos Co.)へ技術移転を行うことを目標としている。

放射線加工オリゴキトサンとオリゴカラギーナンの応用を促進するため、「放射線改質天然高分子による植物バイオ活性剤とエリシター」という研究プログラムが創設され、科学技術局へ資金の提供を求めている。このプログラムは、フィリピン米研究所と、フィリピン大学ロスバニョス校(UPLB)国立作物保護センターからの専門家 2 名と共同で行われている。プロジェクトの目的は、商用化へ向けた放射線改質キトサンとカラギーナン植物成長促進・エリシター製品の開発、スパソグロティス(ラン科)とデンドロビウムランへの応用効果に関する研究、イネの植物成長促進メカニズムの解明、そして米やゴーヤにおけるバクテリアやウイルス病原体に対抗する誘導物質としての生物学的有効性の評価である。

(7) タイ(タイ原子力技術研究所 フィリアトロン・スワンマラ)

イネの植物成長促進剤としてのオリゴキトサンのフィールド試験が、タイのパトゥムタニにある、

パトゥムタニ米研究センターで行われた。4種類の処理が無作為の完全型試験(randomized complete block design(RCBD))とともに行われた。それぞれの処理を反復するため、イネ種子は4m×6mの区画に植えられた。葉への照射キトサン噴霧は、播種から20日後、分けつ期、そして出穂期の3回、1区画あたり400mLの割合で行われた。その結果、化学肥料と、照射キトサンで処理されたイネの収穫量が最も高かった。

また同センターにおいて、イネのエリスターとしてのオリゴキトサンのフィールド試験も行われた。照射キトサンの葉への照射は田植え後20日目、30日目、40日目に行われた。照射キトサン処理されたイネは、穂ばらみ期と出穂期に、対照物のイネより低い斑点細菌病の発病率を示した。出穂期と胚乳発達期の紋枯病の発病率は、照射キトサンの濃度の減少(80~20ppm)とともに低下した。

(8) ベトナム(ベトナム原子力研究所 レ・ハイ)

照射アルギン酸由来植物成長促進剤 T&D-4DD と甲殻類の殻を原料とする植物保護材・エリスター OLICIDE-9DD が開発され、商用化された。キチン・キトサン(CM-キチンとCMキトサン)の抽出研究は成功を収め、現在も発展的な研究が行われている。塩酸塩のグルコサミンと、硫酸塩のグルコサミンは照射キトサンの加水分解と脱アセチル化によって生産された。その結果、照射キチンではグルコサミンの収量が増加したことが示された。

Part B. 超吸水材作製のための多糖類の放射線加工に関するカントリーレポートサマリー

(1) バングラデシュ(バングラデシュ原子力委員会 エムダウル・モハマド・ハクエ)

超吸水材は、放射線を利用し、アクリルアミドと、カップカラギーナン水溶液によって生産された。土壌の性質や、ゲル含有量等が調査され、高吸水材ゲルは、2,500~3,300%までの範囲で平衡膨潤を示した。超吸水材はまた、アクリルアミドと、ヒドロキシエチルメタクリレートを用いて製造された。平衡膨潤は、1,200~1,600%であった。今後は、農業分野において利用を進めていく予定である。

(2) インドネシア(インドネシア原子力庁 エリザル)

無害な吸水ゲルは、ガンマ線でそれぞれ20、30、40kGyの線量で照射された様々な濃度のアルギン酸(0.5~2.0%)と、5%のポリエチレンオキシドを含有する水溶液から合成された。ゲル分率、膨潤速度そしてハイドロゲルの平衡膨潤率について研究が行われた。その結果、2%のアルギン酸(ナトリウム塩)水溶液でも、ハイドロゲルの平衡膨潤率を20~320g/g高めることが発見された。20kGyの線量で、ポリエチレンオキシド・アルギン酸ハイドロゲルは、高いゲル分率と高い平衡膨潤率で合成された。ハイドロゲルは、塩化ナトリウムのイオン溶液に影響を受けることも発見された。ポリエチレンオキシド・アルギン酸ハイドロゲルは、ヘルスケアにおける可能な生体材料として期待できる。

超吸水ハイドロゲルは、室温でのガンマ線照射技術を用いて、アクリルアミド(AAM)とアクリル酸カリウムにより生産された。15%アクリル酸カリウムを含む水溶液と、様々な濃度のAAM(10-16%)を含む水溶液がガンマ線で照射された(20-40kGy)。共重合体は、フーリエ変換赤外分光分析装置(FTIR)により、確認した。ゲル分率、膨潤速度論そして膨張平衡度について調べた結果、最適条件下(20kGy、AAM濃度10%)で、高いゲル分率(~100%)と、極めて高い

EDS(~420g/g)をもつ高分子(AAM-co-KA)ハイドロゲルが製造された。ハイドロゲルの、金属イオン Cu^{2+} と鉄イオン Fe^{3+} 吸着能力を調べたところ、最適条件下(10 分間)で、ハイドロゲルは、 Cu^{2+} イオンを最大で 95% 吸着でき、 Fe^{3+} イオンの吸着は、80 分間の観察で、最大で 55% に到達した。ハイドロゲルは、土壌改良材、及び金属イオン吸着剤として有効であると考えられる。

(3) 日本(日本原子力研究開発機構 吉井文男)

カルボキシメチルデンプン(CMS)とカルボキシメチルセルロース(CMC)を吸水材に応用するため、照射橋かけ挙動や、ゲルの膨潤性について調べた。その結果、CMC と CMS の乾燥ゲルの膨潤性は、1g でそれぞれ 450 g と 340g 吸水することが分かった。この膨潤性は、一般によく使われているポリアクリル酸ゲルとほぼ同程度(350g 水/g ゲル)である。CMS ハイドロゲルの生分解性に関する研究では、約 2 週間の堆肥化試験で約 40% 分解した。

(4) フィリピン(フィリピン原子力研究所 チャリト・アラニラ・タランキラン)

カルボキシメチル K カラギーナン(CMKC)の合成と放射線架橋による研究では、架橋ハイドロゲルの製造に成功した。CMKC の架橋は、置換度、濃度、そして照射線量に依存することが示された。最も高いゲル含有率は、置換度 1.66 の CMKC-3S ハイドロゲルによって示され、約 76% であった。ハイドロゲルは、水溶液、食塩水、リン酸緩衝生理食塩水でそれぞれ異なる膨潤度を示した。最も高い吸水率は 30kGy で照射した際の CMKC-2S が 30% であり、10 分間で、200g/g のハイドロゲル、30 分間では 400g/g 相当のハイドロゲルが産出された。

(5) タイ(タイ原子力技術研究所 フィリアトロン・スワンマラ)

超吸水材は、ポリアクリル酸グラフト化キャッサバ澱粉から合成された。グラフト重合のための最適条件を見つけ出すため、様々な要因を検討した。最大の吸水量を得るための重要パラメータの最適化を行った。0.1 wt% のハイドロゲルと混合された砂は、ハイドロゲルなしの砂より多くの水を吸水する。7 日後、ハイドロゲルなしの砂は、ほぼ全ての水を失ったが、0.1% wt のハイドロゲルを含む砂は、まだ 50% の水を保有していた。0.5wt% のハイドロゲルを含む種子の発芽率は、ハイドロゲルなしの種子の発芽率より高い値を示した。15 日後、0.5wt% のハイドロゲルを含む土壌は、植物の葉と根の重量に良好な効果をもたらした。実験結果により、超吸水材は、種子の発芽率と、若い植物の成長に有効であることが示唆された。

(6) ベトナム(ベトナム原子力研究所 レ・ハイ)

アクリル酸とキャッサバによる超吸水材のコストは、2,000US\$/t であるが、バガス(サトウキビ搾汁後の残渣)やココナッツ繊維パウダーを加え改質することで、約 20%(1,600US\$/kg)の大幅なコスト削減へとつながった。改質された超吸水材のフィールド試験は、コーヒー、紅茶、胡椒に対して行われた。最適な土壌湿度が維持され、作物生産量は 20% 増加した。ドラゴンフルーツ、オレンジ、キャッサバ、ゴム、そしてランのフィールド試験が現在行われている。また、実用化された製品の市場への拡大と促進へ向け、民間会社や、農場経営者、そして地方の科学技術部門との協力が進められている。

Part C. 天然高分子の放射線加工に関する IAEA/RCA プロジェクト活動発表サマリー (IAEA/RCA カイルール・ダラン)

2009年～2011年(平成21年～平成23年)のRCAプログラムとして、RCA加盟国は、農業利用と環境改善のための、高分子材料の放射線加工支援プログラム(RAS/8/109)を創設した。プロジェクトの目標は、放射線技術を用いて、農業生産を拡大し、環境汚染を緩和することである。多くのRCA加盟国において、農業部門は、その国の主要かつ重要な経済セクターであり、食糧安全保障とも関連している。しかしながら、加盟国は、都市開発の高まり、産業化、厳格な環境法がないこと、そして地域の農業の生産性に悪影響を及ぼし得る肥料のコスト高などの要因による水資源の不足を大変懸念している。これに関連し、超吸水材や、アルギン酸、キトサン、カラギーナン、そしてデンプンのような天然高分子の分解による植物成長促進剤をはじめとする放射線加工製品は、このような懸念の払拭に貢献できると期待されている。

天然高分子は、再生可能で、豊富に存在することから、プロジェクトの出発材料として選出された。農業利用における放射線加工製品の開発に成功したいいくつかの国々が、RCA地域の他の加盟国との知識の交換や技術の移転に対して意欲的であることは、この地域協力プロジェクト策定の際の決定的要素となった。

また、環境汚染緩和へ向けて、放射線技術は、汚水処理を向上し、工場廃水の再処理・再利用を可能にし、農業利用目的の水のマネジメントを向上させるため、有害金属及び他の汚染物質の吸着材の生産や、汚水処理のために使われると考えられている。特にプラスチックやゴム廃棄物のような固体廃棄物は、生分解性でなく、破棄処分が難しいことから、環境問題の1つと考えられている。高分子に分解や架橋を施すことができる放射線加工能力は、プラスチックやゴム廃棄物の再加工、リサイクル、そして再利用のための代替方法となり得る。