

超吸水剤 (SWA) に関するカントリーレポート概要

実用化に向けての現状及びコストパフォーマンス

1) バングラデシュ (Dr Salma Sultana, バングラデシュ原子力委員会(BAEC))

農産物の生産を制限する主要要素の1つとして、むやみな化学肥料の大量使用が挙げられる。環境にやさしい農産物の収量を最大化させるため、水資源と肥料栄養素の利用効率を向上させることが非常に重要である。肥料を超吸収性ポリマー網状組織内に組み込めば、水と肥料の利用効率を効果的に高めることができる。本研究では、ガンマ線を使用してカルボキシメチルセルロース (CMC) 及びアクリルアミドから超吸水材を作製した。肥料吸着の研究用モデルとして、メチレン青色染料を使用した。次に、吸着データをフロイントリッヒ吸着等温式に当てはめたところ、吸着が1を超える値 n にて実行可能であることが判明した。その他にも、様々な濃度の尿素肥料溶液における水吸着について研究した。尿素水における吸水率は約 31840% であり、蒸留水中における 24579% から劇的に増大した。これは、尿素とヒドロゲルとの相互作用によって生じたものである。これらの吸着に関する研究が示すのは、作製したヒドロゲルが超吸水剤と同様に肥料の持続放出に使用可能であることである。

2) 中国 (Prof Dr Li Jingye, 中国科学院上海応用物理研究所)

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

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

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

3) インドネシア (Dr Darmawan Darwis, インドネシア原子力庁 (BATAN))

キャッサバデンプンとポリアクリル酸との放射線グラフト共重合体を用いて超吸水材 (SWA) を作製した。本 SWA は、その乾燥重量の最大 300 倍の吸水能を有する。本 SWA から周囲環境へ水分を放出させることにより、土壌の湿気を維持することができる。3 つの異なる濃度の SWA (土 1kg あたり 0.1g、土 1kg あたり 0.2g、及び対照) を用いてチンゲンサイ (*Brassica juncea* L) を用いたポット試験を行い、土の含水量、土中の総微生物、土の微生物活性、植物生長及び新鮮バイオマスを評価した。SWA を地下 10cm の場所に配置した。植物を、それぞれ毎日、2 日ごと、及び 4 日ごとに灌漑した。結果として、今回試験した中では SWA0.1g /kg 土の場合に最も含水量が多いことが分かった。土中の総微生物量は SWA 濃度の増大に伴って増加し、かつ灌漑の間隔にも影響される。例えば、SWA0.1g/kg 土と SWA

0.2g/kg 土の場合、毎日灌水する対照群では土中の総微生物（土 CFU/g）はそれぞれ 12.42×10^8 、 14.89×10^8 、及び 5.951×10^8 であった。土中に SWA を入れることにより土壌呼吸が向上するため、土中の微生物数が増加を示している。なお、SWA 0.1g/kg 土の場合、その増大幅は統計的に有意ではないものの、チンゲンサイの新鮮バイオマスを約 3% 増大させている。

4) マレーシア (Dr Marina Binti Talib, マレーシア原子力庁)

放射線技術を利用してサゴ廃棄物を効率よく改質し、超吸収材を作製した。放射線加工に先立って、サゴ廃棄物からの繊維をモノマー、水溶性ポリマー及びアルカリ性溶液と混合した。放射線加工技術を使用したグラフト重合及び架橋は、ポリマーの化学的性質及び物理的性質の改質に際して魅力的な技術である。赤外分光分析 (FTIR) 及び走査電子顕微鏡分析 (SEM) により、超吸水材の化学構造及びモルホロジーを確認した。FTIR により、アクリル酸がサゴ廃棄物にグラフトされていることを確認した。本来のサゴ廃棄物と比較して超吸収材のサゴ廃棄物は平均的に細孔のサイズが大きく開いているため、膨潤程度が増加するという結果となった。吸着材としての改質サゴ廃棄物は、期待通りに機能した。これは、浮遊物、色素、油、油脂を除去するパーム油粉碎廃液 (POME) 処理で得られた結果から分かる。

5) モンゴル (Mr Sukh Odkhuu, モンゴル国立大学)

ガンマ線照射によりカルボキシメチルセルロース (CMC) を使用して超吸水材 (SWA) を作製した。SWA の特性研究に関するいくつかの実験を行った。

1. 生成物の膨潤速度：最初の 1 時間で SWA はその質量及び構造の 150 倍まで膨潤し、6 時間水に浸漬させた後に飽和状態に達する。
2. 水分保持能力：SWA は、砂質土で水分効果を試験した。その結果、純粋な砂は水分を一週間保持したのに対し、SWA を加えた砂では 15 日後で約 5% の水分を保持しており、20 日後に完全に乾燥した。

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

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

6) フィリピン (Dr Lucille V. Abad, フィリピン原子力研究所(PNRI))

ガンマ線照射により、土壌の水分保持剤として使用するキャッサバデンブレン/アクリル酸 (AAc) 系超吸水材 (SWA) を作製した。中和度 (DN)、濃度及びアクリル酸に対するキャッサバデンブレンの比率、照射量などのパラメータを最適化した SWA のゲル分率は 40-90% の範囲で変動し、また膨潤率は約 6-400g 水/g 乾燥 SWA にまで達した。SWA は、最大 1000 kPa の機械的強度を示した。得られた SWA は、ポット試験において土壌中で最大 20 日水分を保持した。物理的・機械的特性評価では、30% のアクリル酸濃度、30% 及び 60% の中和度及び 10 - 20kGy の照射量が、キャッサバデンブレン/AAc SWA の合成に関して好適なパラメータであっ

た。2週間毎の補水にて3ヶ月間での土壌の水分保持実験における初期の結果で最も効果的だったSWAは、30%のAAc及び60%のDN並びに10kGyの条件で作製されたものである。作製したSWAの他の特徴としては、ニッケルや銅などの重金属を吸収する能力があり、汚染された地域（例えば工業用地やごみ捨て用地）を修復し農地へと変換することができる。

SWA実用化後の、新規の研究及び障壁

1) カザフスタン (Mr Alexandr Borissenko, JSC 「The Park of Nuclear Technologies」)

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

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

2014年には、Nuclear Technology Park JSCが発明特許「水吸収ポリマーの生成方法」(No.32080、2013年9月30日付)を取得した。

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

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

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

輸入ポリアクリル酸カリウムの供給業者を選択した。第2構成成分（カルボキシメチルセルロース）の供給業者は、国内生産者であるProm Cellulosa LLP（シムケント）である。

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

プロジェクトチームは、作製工程で危険性のあるアクリル酸及び水酸化カリウムを使用することなくポリアクリル酸カリウムからのSWA作製を提供している。

本手法は、操作の安全性を大幅に向上させ、かつ環境リスクを大幅に低下させることができる。

2) 日本 (Dr Mitsumasa Taguchi (田口光正氏), 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構(QST))

がん治療における放射線線量を評価するためのゲルインジケータ/線量計を、放射線架橋技術により作製した。QSTと公共機関、民間企業からなる地域コンソーシアムを形成し、実用化のためのゲルインジケータ/線量計を開発した。ゲルインジケータ/線量計における線量はフラットベットスキャナーと専用のソフトウェアにより定量的に読み取られ、二次元及び三次元の線量分布が得られる。線量分布の数量データは、X線CTやMRIなどの医療診断装置に使用されているDICOM形式へと適用可能である。

3) タイ (Dr Phiriyatorn SUWANMALA, タイ原子力技術研究所(TINT))

タイ原子力技術研究所(TINT)は、ゴム植林援助資金 (ORRAF) と協働して「ゴム移植材の生存率向上のためのバイオプラスチック製ルートトレーナー及び超吸水材 (SWA)」というプロジェクトを実施している。同プロジェクトは、タイ財務省下の予算局から3年間にわたって年間 15,000 ドルの資金援助を受けている。TINT は、ゴム幼植物用の生分解性ルートトレーナーを供給するとともに、移植時用の SWA も供給する予定である。それ以外の部分については ORRAF が担当し、適切な圃場の探索からデータ収集までを行う。6 種の処理で 5 組の再現性を行う完全乱塊法 (RCBD) を用いて、実験を実施した。0、10、20、30、40 及び 50gm の量の SWA を適用した。ゴムノキの生存割合を、無処理のゴムノキのものと比較した。更に、生存したゴムノキにおける SWA の効果を、枯れ、しおれ及び出芽の観点から調査した。収集したデータからもたらされた結果は、ゴムノキ 1 本当たり 30gm の SWA が、ゴムノキの生存割合を 77% まで増大させることを示している。更に、SWA は出芽を増大させて、しおれ及び枯れを減少させることにより、ゴムノキの成長を促進する。

TINT は、ガンマ線及び電子線の農業利用とバガス (サトウキビ搾汁後の残渣) から超給水超水吸収セルロースを作製するにおける研究に対して、タイ研究財団 (Thailand Research Fund (TRF)) 及びミトポンサトウキビ研究所 (Mitr Phol Sugarcane Research Center Co. Ltd.) から 150,000 米ドルを受託した。本研究は、2018 年の第 1 四半期の間に開始される予定である。

4) ベトナム (Dr Nguyen Ngoc Duy, ベトナム原子力研究所(VINATOM))

近年、SWA の特性、配合、作製方法の向上に取り組んでいる。その目的は、SWA の価格を大幅に減少させ、極端に雨量の少ない地域や干ばつが多く起こる地域においてエンドユーザーに SWA を使用してもらうことである。放射線でアクリル酸をグラフトしたキャッサバデンプンからの最初の SWA は、販売価格が高くなった。デンプン系 SWA は、年に平均トン量が国内市場へと供給されている。SWA 使用のニーズを持つ市場は依然として存在してはいるが、年々増加してはいない。その原因は、販売コストの高さである。よって、より低コストの次世代 SWA の開発に向けて研究中である。デンプンを基質として使用する代わりに、また放射線グラフト加工による高含有量アクリル酸モノマーを使用する代わりに、ベントナイト粉末もしくはココナッツ外皮繊維粉末に少量のアクリル酸を添加し、放射線重合加工を施した。それらの水吸収及び脱吸収特性を検討したところ、これらの材料特性がデンプン系 SWA のものと同様であることが結論づけられた。これら 2 種の SWA について、土壌湿気状態の有効性に関して、ベンチスケールで試験した。もう一つの課題は克服が難しい。即ち、水の使用量を節約しつつ SWA を用いるという新規栽培に関して、農業従事者に理解いただき新規栽培法を進めてもらうことである。現在、SWA 及び有用なバクテリア-栽培肥料を混合し、痩せた土地を改良して窒素固定バクテリアの増殖を促進し、かつ同様に土壌の安定性を高めることに注力している。

※英語版原本と本和訳の間に齟齬がある場合、英語版原本が優先します。