

放射線を利用した ものづくり

本資料は、(財)群馬県産業支援機構が発行している
「企業サポートぐんま」に掲載したものを一部編集し直
したものです。

「企業サポートぐんま」掲載

- 【1】放射線による橋かけ（2003年11月）
- 【2】放射線による接木（グラフト）（2003年12月）
- 【3】放射線による分解（2004年1月）
- 【4】イオンビームを用いて新種の花をつくる（2004年2月）

【1】 放射線による橋かけ

皆さんは放射線を使ってどのような物が作られているかご存知ですか。それは、特別な製品だけではなく、テレビ、ビデオ、電子レンジなどの電化製品のコードやバスマット、ボタン電池用隔膜、それにラジアルタイヤや車内の配線など、あなたの身の回りにも放射線を利用して加工・処理されたものがたくさんあります。

このような工業的な加工・処理には放射線として主に電子線（電子の束）が用いられています。電子は図1のようにテレビと同じ原理で電子加速器により発生させます。そして、その電子を高い電圧にして飛び出させ、飛び出した電子で加工・処理します。電子線はテレビと同じようにスイッチを入れれば発生し、スイッチを切れば止まります。

◎ 放射線を当てると何が起きるのか

プラスチックなどの高分子材料に電子線やガンマ線を当てると主に図2のように、①長い分子と分子が途中でくっついて網目ようになる「橋かけ（架橋(かきょう)) 反応」、②長い分子が途中で切れる「分解反応」、③長い分子に枝を付ける「グラフト重合反応」の3つの反応を起こすことができます。

今回から、それぞれの反応及び応用について3回に分けて紹介します。初回は「橋かけ」について説明します。

◎放射線による橋かけとは何か

橋かけとは、図3のようにプラスチックなどの高分子材料の長い分子と分子の間に、あたかも橋をかけたような状態になることをいいます。このように、網目状に橋かけした高分子材料は、分子が動きにくくなるために、①強度が向上する、②耐熱性が向上する、③耐摩耗性が向上する、④耐薬品性が向上する、などの多くの性能の向上が図られます。

例えば、ポリエチレンで被覆した電線は 100℃くらいで柔らかくなり溶けてしまうため絶縁が悪くなります。しかし、この電線に放射線を当てると 300℃近くまでは溶けなくなり、絶縁を保つことができるようになります。ところで、放射線を当てた場合、安全性を心配される方がおりますが、工業的に使用されている電子線では、物質そのものを変化させるほどの力がないので、当てたものから放射線が発生することはありません。

◎ 橋かけによる新しい技術

高崎研究所では、最近話題となっている生分解性高分子（土に返すと分解し、ゴミとして焼却や廃棄する必要のないもの）を橋かけする技術を開発しました。植物由来の材料であるカルボキシメチルセルロース(CMC)などを水に溶かし、のり状にして放射線を当てると橋かけが起こり、こんにゃくのように崩れずに水分を多量に含んだハイドロゲル（図4）が得られます。

放射線で橋かけしたハイドロゲルは、添加物を使用しないために①純度が高く、②温度を上げて崩れず、③連続生産が可能であり、④硬さや含水率の制御が容易であるなどの特長があります。用途としては、水や有機溶媒を多量に吸収する吸収体、衛生用品や化粧品など様々なものが考えられます。

◎ 放射線利用のメリット

放射線が工業的に利用されるのは、①プラスチックなどの高分子を反応させるのに添加物がいらないため廃液などが出ない、②添加物がないため処理後に不純物が残らない、③加熱しなくても常温で処理できる、④材料の元の形状を維持したまま処理できる、⑤処理が簡単にできるなどの利点があるからです。

あなたの会社には、このような「橋かけ」の利点を活かせるものはありませんか？放射線を当てる専門の企業も身近にあります。その前に、「橋かけ」利用の可能性について、当研究所にぜひ一度ご相談下さるようお願いしております。

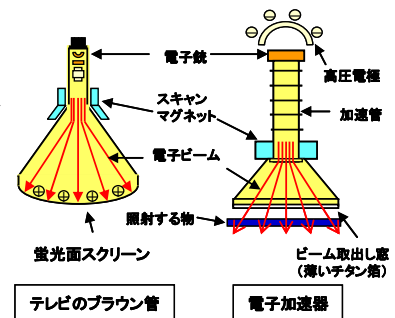


図1 電子線の発生方法

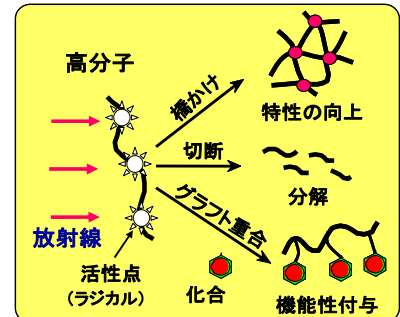


図2 放射線で起こる反応

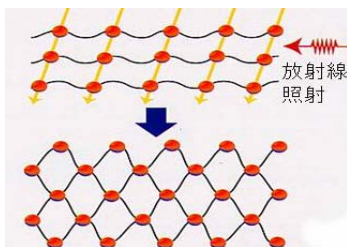


図3 橋かけ反応



図4 ハイドロゲル

【 2 】 放射線による接木（グラフト）

皆さん、接木と言えば何を思い浮かべるでしょうか。果樹園で行われる接木は、図1の左側のように、貧弱な果実しか付けられないが、根から養分の吸収が盛んな原木の幹を切り取り、そのかわりに、美味しい果実のなる枝を接木します。そうすることにより、数多くの美味しい果実を付ける木を作り上げることができます。接木は英語でグラフトと言います。今回は放射線を活用して、接木をする「グラフト（接木）重合」について解説します。

◎ 放射線による接木(グラフト)とは何か

放射線を利用した接木、いわゆる、グラフト重合では、図1の右側のように、まず、プラスチックに放射線を照射して結合を切断し、その後、試薬を加えて接木します。接木により枝を伸ばしますので、グラフト重合と呼びます。グラフト重合により、金属を捕集することのできる機能を接木することにより、ポリエチレンなどの汎用のプラスチックを金属の吸着材に変えることができます。放射線のエネルギーは物質の内部まで到達するため、布、糸、フィルム等のいろいろな形のプラスチックに対して、内部まで均一にグラフト重合することができます。また、グラフトする枝の種類を変えれば、悪臭を除去したりする材料も簡単に作ることができます。

◎身近な実用化の例

たとえば、プラスチックは電気を通しませんが、水にぬれやすい性質をもつ枝をグラフトした材料はボタン型電池の隔膜（図2）として応用されています。最近の腕時計の電池などが長持ちするのも、グラフト重合という放射線を利用したもののづくりの技術が応用されています。現在、1年で10億個以上のボタン型電池が生産されています。

◎金属資源の採取への応用

グラフト重合で作った捕集材は非常に高性能なものとなります。この捕集材を使えば、1トンの海水に溶けている0.003gという極低濃度ウランを採取することができます。実際に海で実験を行っている様子を図3に示します。この方法で1kgのウランを採取することに成功しています。ウラン以外にも石油のパイプライン製造にかかせないバナジウムという金属もウランの1.5倍採れることがわかりました。この技術を利用すると、例えば、ウランだと海の中には鉱山の1000倍量がありますから、海水から無尽蔵に採取できます。輸入に頼っている金属も海水には多く含まれていますので、日本はもしかすると資源大国になってしまうかもしれません。

◎ 環境浄化（有害金属の除去）への展開

このようにグラフト重合で作った捕集材で、金属を選択的に捕集できるとなれば、鉛やカドミウムなどの有害金属も簡単に除去できてしまうのではと思いつかれることでしょう。グラフトでつくった高性能の捕集材を工場廃水の処理に使用すれば、溶け込んでいる有害金属を迅速に捕まえることができます。しかも、市販されている吸着樹脂より吸着速度は10～100倍程度早いことが研究から明らかになってきました。

地球規模の環境の浄化をめざし、放射線を活用したグラフト重合という方法で、私たちは研究開発を行っています。金属の除去に関する御相談があれば、是非、気軽に御連絡下さい。

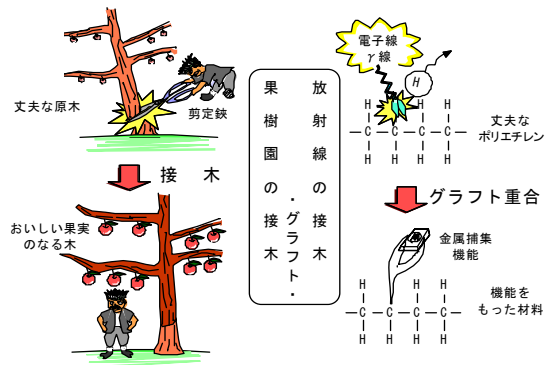


図1 果樹園の接木と放射線の接木の比較

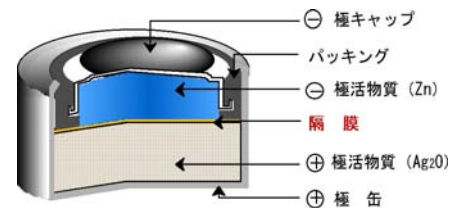


図2 ボタン型電池断面図

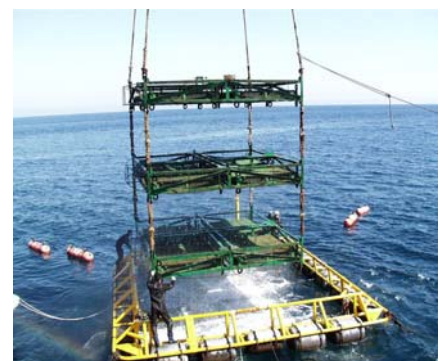


図3 海水からウランを採取する実験

【 3 】 放射線による分解

皆さん、分解という言葉から何を連想しますか？

図1で食物の消化酵素と放射線とを対比してみましょう。人が食べた食物は、胃酸や腸内の酵素により分子が切断されて、体の栄養源となります。分子の切断は酵素の巧みな作用により進む現象です。一方、放射線では、その高いエネルギーを利用して、高分子材料などの長い分子の鎖を切断することができます。このような分子を切断する技術を、「新しい材料に変化させる、新しい性質を持たせる」などに利用しています。

◎放射線による分解技術はどのような状態でも利用できるの？

放射線（電子線やガンマ線）による分子の切断技術を用いた研究は、ガス、液体、固体など物質の色々な状態に使うことができます。ゴミを燃やしたときに生じるダイオキシンの分解や排水中の環境ホルモンの分解にも利用されています。

次に、代表的な実施例や応用例を紹介します。

◎離型剤・潤滑剤として実用化

四フッ化エチレン樹脂は一般にテフロンの商品名でよく知られている高分子であり、皆さんの身近ではフライパンの内側に使われている材料です。テフロンは酸やアルカリに強く、非常に丈夫な材料です。放射線を用いると、簡単に分子の鎖を切断することができます。切断してもテフロンの優れた①非粘着性、②難燃性、③低摩擦性等の特性は失われません。放射線で処理した後に、粉末（図2）に加工することにより、高性能の離型剤や潤滑剤として実用化されています。

◎古い美術工芸品等を蘇らせる

京都や奈良をはじめ、日本には多くの歴史的絵画があります。絵画の多くは絹に描かれているため、長い時間経過の中でかなり強度が落ちてきます。この絵画の補修には約30年も昔から、電子線で処理した絹が使われています。新しい絹を放射線で処理して強度を落とすことにより、修復材として最適の材料になります。新しいイメージの放射線加工技術で古い美術工芸品等を蘇らせる。この組み合わせはなんとなく夢があると思いませんか。

◎植物の生育促進剤

ワカメや昆布に含まれるアルギン酸やエビ、カニの甲羅のキチン質から得られるキトサンなどの多糖類は、医療品やダイエット食品などに用いられています。

高崎研ではこれらの多糖類に放射線を照射して分子鎖を切断することにより、新しい生物活性が発現することを見出しました。放射線分解したアルギン酸を加えて、イネを育てると図3に示すように、植物の根に対し、成長を促進する効果があることが明らかになりました。このように、放射線による多糖類の分解は実用的にも有望な方法であり、農業分野への応用が期待されます。

私たちのグループは天然高分子や生分解性材料などの環境に優しい材料に放射線を照射して分子を切断して、新しい機能を持たせた材料の研究開発を行っています。環境に優しい材料に興味のある方や利用をお考えの方は是非一度、気軽にご相談ください。

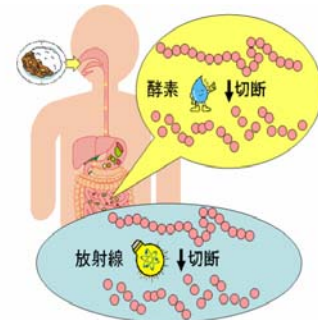


図1 食物消化と放射線分解

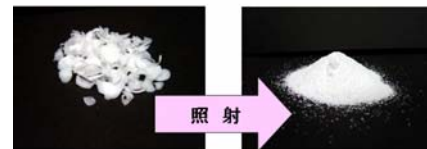


図2 テフロン屑の微粉末化



図3 イネの生長促進効果
(左側はアルギン酸の分解物を加えている)

【 4 】 イオンビームを用いて新種の花をつくる

花の育種はいつ頃からはじめられたのでしょうか。今では何万何千という花が身の回りにあふれています。花は古来から、他の品種との交配や自然に起こる突然変異によって新しい品種が生まれてきましたし、現在でもまだまだ新しい花を作り出すことが望まれています。しかし、いままでの方法ではオリジナルな品種を作り出すのに限界があり、新しい技術を用いて解決することが求められています。

◎イオンビーム育種とは

イオンビームとは、イオンを光速の何分の一という速さに加速したものです。当研究所のイオン照射研究施設（TIARA）では、AVF サイクロトロンという加速器を用いて陽子から金くらいまでのイオンビームを作り出しています。植物への照射では、主に炭素イオンを用いています。イオンビーム照射によって植物細胞の中の遺伝子 DNA に変異が起こり、元の植物とは異なった形質が生まれます。植物には数万と言う遺伝子が存在しますが、イオンビームによって凡そ1つの遺伝子だけが変化し、結果として元の品種とは異なった新品種が作り出されます。このように、イオンビームは元の品種の形質を維持したまま、新しい形質をワンポイントで導入する特徴があります。

◎色や形もとどりのキクやカーネーションの誕生

キクの新品種を作り出すには、図1に示すように、キクの花弁や葉片を培養後、イオンビームを照射し、その後再分化を行なって個体を育成させます。原品種の「太平」の花弁への照射では、従来の方法では得ることのできなかった、花の中心部が黄色、周辺部がピンクなどといった複色や花弁が2色のストライプになる条斑がイオンビームで新たに誘発されました（図2）。これらのうち、すでに6品種について品種登録を行い、実用化を進めています。なお本研究は、農業生物資源研究所（独立行政法人）との共同研究で行なったものです。

一方、キリンビール（植物開発研究所）との共同研究では、カーネーションの品種開発を行なっています。ヨーロッパにおける主力品種の「ビタル」はチェリー色で剣弁状の花弁を持ちますが、この花びらのきざみをもう少し柔らかくできれば、日本人の好みにも合うのではないかとするのが研究の動機でした。「ビタル」の葉片培養系に炭素イオンビームを照射したのち、その再分化したカーネーションの花を調査したところ、桃、赤、サーモンや黄、クリームなど、さまざまな花色変異が誘発されると同時に、花弁が剣弁状から丸弁状やナデシコ形花弁などの新しい形ができました。さらに、珍しい「バラ咲き」様の花形なども作り出され（図3）、文字通り、色とりどり、形とりどりのカーネーション品種の育成に成功しています。

◎さらに新しい品種育成に向けて

今回は、花の育種についてお話しいたしましたが、イオンビームは農作物や樹木にも利用が可能です。今までに、病気に強いイネやムギ、また形の異なったトマトやメロンなど、幾つかの作物で改良が進められています。さらに、春先に人々を悩ませる花粉症を減らすために花粉の少ないスギや、環境を浄化する樹木の育成なども目指しています。今後も新しいバイオ技術として、イオンビーム育種が環境や食糧問題の解決に貢献できるよう、研究開発を行なっていきます。イオンビーム育種技術に関するご相談があれば、是非、お気軽にご連絡ください。

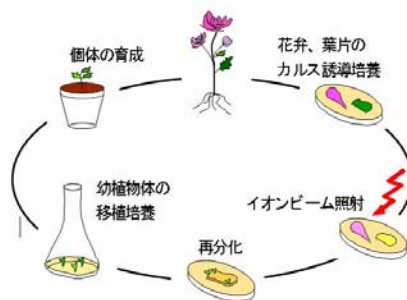


図1 キクの培養系とイオンビーム照射を組み合わせた新品種の育成



図2 キクの新たな花色品種



図3 新しく開発されたバラ咲きのカーネーション