

エネルギー講演会 講演録

世界に一つだけの 花を育ててみよう

イオンビームで拓く未来の農業、新たな世界

イオンビームで農業に革新をもたらし、
人類の豊かな生活と課題解決に貢献

人類は育てやすい作物や美しい花を生み出そうと、古くから交配による育種(品種改良)を行ってきました。近年は、植物に「イオンビーム」という放射線を照射して人工的に突然変異を起こし、育種効率を大幅に改善する技術が注目されています。イオンビームの仕組みや38の新品種と3株の酵母を市場に出した実例について、理化学研究所仁科加速器科学研究センターの阿部知子副センター長に講演いただきました。

講師

理化学研究所
仁科加速器科学研究センター 副センター長
イオン育種研究開発室 室長

あべ ともこ
阿部 知子 氏

会場開催

2024 1.19 [金] 14:00-15:30

富山電気ビルディング 5F 中ホール

オンライン開催 [録画配信]

2024 2.2 [金]-2.16 [金]

理化学研究所は、国内9カ所と海外4カ所に拠点を持つ、日本で唯一の自然科学の総合研究所です。わが国の科学技術の水準向上や産業発展を目的に、物理学、化学、工学、生物学、医科学の専門家が協力しながら研究のフロンティアを切り開いています。

埼玉県和光市にある仁科加速器科学研究センターでは、イオンに運動エネルギーを与えて速度を上げる「加速器」を用いたさまざまな実験を通して、原子核の構造や性質を探究しています。特に、地下にある「RIビームファクトリー」には世界最大、最高性能の「超伝導リングサイクロトロン」を

含む数種類の加速器を設置しています。原子核はこれらの加速器によって段階的に加速され、最終的には光速の70%という猛烈なスピードまで上がります。

私が理化学研究所に入った当初、加速器とは関わりのない研究をしていました。1993年、所内の花見の席で、他の研究室のリーダーから「イオンビームを植物に照射してみないか」と誘われたのを機に取り組むようになりました。当時、その研究室ではがんの新たな治療法の開発を目的に、原子核を加速して作るイオンビームをマウスのがん細胞に照射する実験を行っていました。イオンビームに興味を持った私はすぐに植物の照射実験を開始しました。

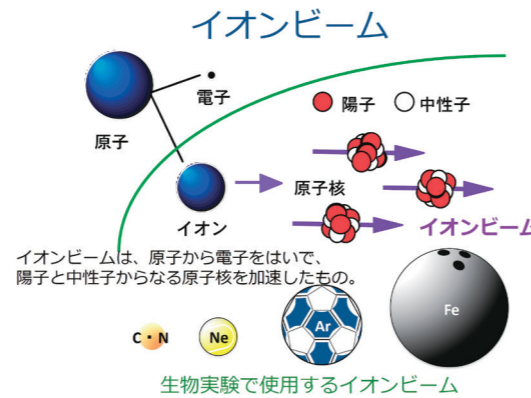
イオンビームは人工的な粒子線

「放射線」は、物質から放出される粒子の流れ(粒子線)や電磁波を指します。私たちの身の回りにはあらゆる物質は、原子という小さな粒子でできており、さらに原子は陽子と中性子で構成される原子核と、その周りを飛ぶ電子に分けることができます。

ほとんどの原子核は陽子と中性子がしっかりと結びつき、その数のバランスも安定していますが、まれにバランスの悪い原子核が存在し、陽子や中性子を放出して自身の不安定さを解消しようとします。

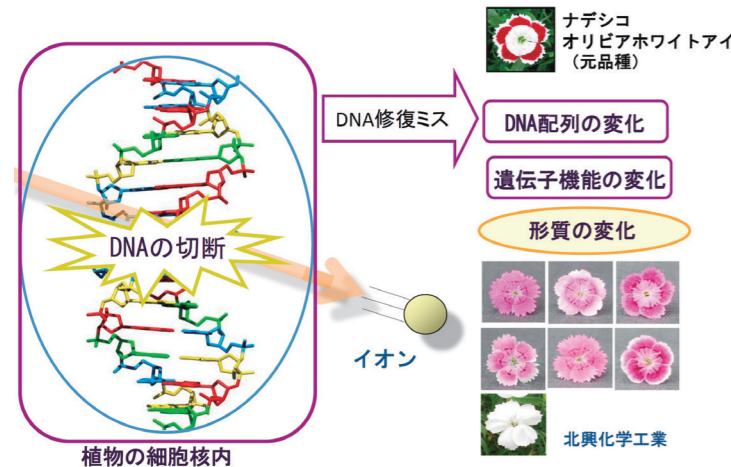
このときの陽子、中性子のそれぞれの流れを陽子線、中性子線と呼びます。そして、陽子2個と中性子2個がセットで飛び出したものがアルファ線です。また、原子核から電子が飛び出す流れをベータ線と呼び、これらはすべて粒子線です。このほか電磁波に分類されるものとして、原子核が発するガンマ線、原子核の外側で発生するX線があります。

原子核を加速して作るイオンビームは、人工的な粒子線と言えます。そして、ヘリウムよりも重い原子核を加速して作る「重イオンビーム」は大きな破壊力を持っており、当センターでは炭素、窒素、ネオン、アルゴン、鉄の原子核を使った重イオンビームで生物実験を行っています。



DNAを切断して突然変異を起こす

重イオンビーム照射による変異誘発機構



物質に照射した重イオンビームは一定の距離を直進した後、停止する瞬間に大きなエネルギーを放出します。この性質を活かしたのが重粒子線治療で、がん細胞にピンポイントでダメージを与え、周りの細胞への影響を最小限に留めるというメリットがあり、既に国内25の医療機関が治療を実施しています。

重イオンビームのもう一つの活用方法が、私が専門とする植物の育種(品種改良)です。通常の育種では、異なる形質を持つ品種を交配して生まれた固体の中から、より品質が良く育てやすいものを選抜して増やします。しかし、この方法では理想の形質にたどり着くまで何代にもわたって交配する必要があり、開発に長い歳月と労力を要します。

一方、重イオンビームと培養技術を使えば、この時間を格段に縮めることができます。それが可能なのは、重イオンビームがピンポイントで変異を誘発するからです。重イオン

ビームは、植物の細胞核内にあるDNAの2本鎖を切断します。植物がDNAを自己修復する際に起きる修復ミスにより突然変異体がしばしば生まれます。その中から選抜した良質な個体を、挿し木や培養によりクローン増殖した個体は、新品種の苗として流通させることができます。

私が重イオンビームの研究でまず取り組んだのは、タバコの花のめしべに照射する実験でした。タバコの花はめしべ一つから1,000粒ほどの種子がとれるので、効率的に変異体が得られると考えました。

実際に照射し、得られた種子をまくと、これまでなかった白い葉のアルビノ変異体が次々と生まれ、驚いたのを覚えています。この実験結果から、重イオンビームが有用な変異原となり得ることが証明でき、以後、さまざまな植物への照射実験を行ってきました。

現在、重イオンビームによる育種研究を行っている施設は世界に5カ所程度しかなく、そのうち日本は当センターを含めて3カ所あります。私たちは協力して研究を推進しており、イオンビーム育種技術は日本が世界を先導する新技術と言えます。

低線量で短期間で商品化や課題解決を実現

重イオンビームだけでなく、ガンマ線やX線を用いても植物の変異を誘発することができます。ただ、試料の半数が駄目になるほど高い線量を照射する必要があります。これに対して、重イオンビームはすべての試料が生存する低い線量でもDNAを切断でき、変異体を効率よく作れることから、近年、利用が増えています。

種子に照射すると、新品種として世に出すまでには一定の期間と手間がかかります。潜性(劣性)遺伝に関係した変異は、子や孫の代まで出現を待たなければならないからです。そして、変異体が現れたら自家受粉をして形質の安定と増殖を図ります。この方法で生まれた新品種は、種子での販売に適しています。

一方、挿し木用の穂木や、培養した幼植物に照射して育てると、変異はすぐに現れます。こちらは、開発目的に沿った変異体を培養や挿し木で増殖することで、短期間で商品化することができます。この方法で生まれた新品種は、苗での販売に適しています。

後者の例として、2002年に市販を開始したバーベナの新品種があります。園芸会社のサントリーフラワーズとの共同開発で、従来品に比べて花持ちが良く花房が多いのが特徴です。2003年には、新色となるピンクの花をつけるペチュニアも同社と開発して販売しました。

これらが市場に出たことで重イオンビームに注目が集まり、ユーザーとなる企業や団体が増えました。当センターも2005年に植物への照射を効率的に行う植物自動照射装置を、2015年にもう1台のサイクロトロンで加速した高速重イオンビームを生物照射室に戻す新ビームラインを整備し、開発効率が上がっています。

変異の中で、重イオンビームの効果が特に観察しやすいのが花の色です。花の色は、遺伝子の繊細なバランスで決まるため、一度の照射で豊富なバリエーションが誕生します。長崎県とともに取り組んだ小ギクの育種では、赤紫色の穂木への重イオンビーム照射から黄、白の2色が生まれました。

通常、小ギくは同じ条件で育てても、花の色が異なると開花時期がずれるのが園芸農家の悩みの種でした。しかし、新品種は一つの優良系統を元にしており、お盆の時期に合わせて同じ日に開花させることができ、生産農家の課題解決につながっています。

また、長崎県とは純白で大輪の花を咲かせる輪ギくの育種も行いました。「岩の白扇」は日持ちが良いものの、高温が続くと高い確率で花が扁平になる欠点があり、重イオンビームによる育種で欠点を克服し、高温に強い新品種「白涼」を開発することができました。



サフィニアローズ

花手毬
コーラルピンク

講師

理化学研究所
仁科加速器科学研究センター
副センター長
イオン育種研究開発室 室長

あべ ともこ
阿部 知子氏

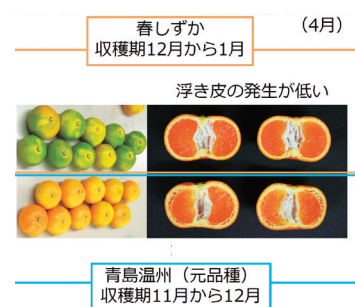


東北大学大学院農学研究科で農学博士号を取得後、基礎科学特別研究員として理化学研究所に入所。重イオンビーム加速器施設を活用し、多くの植物の品種改良に成功。2021年には原子力技術を用いた植物育種による持続可能な農業の発展と食糧の安定確保に貢献した女性研究者に授与される Women in Plant Mutation Breeding Awardを受賞。

仁科加速器科学研究センターは、大学や自治体の研究機関、生産農家など国内185、海外20の団体・企業で構成する「品種改良ユーザー会」と協力しながら研究を進めています。会員が理想とする植物を世に送り出したいとの熱い思いに答えるため、技術や設備を提供しています。

近年、埼玉県とともに取り組んだのが清酒酵母の育種です。重イオンビームを照射して変異させた酵母から、香りが良いものを選抜して醸造しました。香り高く華やかで軽快な口当たりが特徴で、埼玉県内の酒造会社3社がそれぞれの銘柄で販売するほか、理化学研究所のオリジナルブランド「仁科誉」としても販売しています。

長野県とはソバの育種を行いました。「しなの夏ソバ」の風で倒れやすい弱点の克服が目的で、草丈の低い優良系統を選抜し、日本各地に大きな被害をもたらした2005年の台風14号でも、ほとんど倒れない強い耐倒伏性が実証できました。



静岡県とは、ミカンの品種「青島温州」の改良を進めています。収穫のピークを分散させて生産農家の負担を軽減するのが狙いです。こうして生まれた新品种「春しずか」は適度な酸味を持ち、カビ発生の原因となる実と皮の隙間(浮き皮)が生まれにくいなど長期保存に適した優れた特徴を備えているため、3月まで良質なみかんを安定供給できます。2027年の出荷を目指しています。

サクラの育種にも取り組んでいます。JFC石井農場とともに開発した「仁科乙女」は、冬の低温を経ることで開花する一般的なサクラと異なる性質を持っています。このため、温室で栽培すると、個体ごとに年間を通して花を咲かせることが可能です。さらに、淡い黄色からピンク色へ徐々に花色を変える「仁科蔵王」の開発にも成功しています。



直接利用品種
仁科乙女
ピンク色のかれんな花
四季咲きサクラ
休眠打破に低温が不要

塩害に強いイネの開発にも、2004年から取り組んでいます。2011年の東日本大震災後、津波で塩害に遭った石巻市の水田で東北大学、宮城県とともに実証実験を行い、高い収穫量が確保できることを証明しました。この研究の先に見据えているのが、海上に農場を設置し海水で作物を育てる「海洋農場」の実現です。世界的な人口爆発や淡水資源の不足で予想される深刻な食糧危機を打開する、切り札の一つとして大いに期待されています。

このように重イオンビームを照射することで、多くの花や果樹、酵母の品種改良に成功し、商品化されてきました。今後、最先端技術の一種である放射線のイオンビームが様々な分野で活躍の場を広げ、私たちの生活をより豊かなものにしていくと思います。

高校生と変化朝顔に挑戦

理化学研究所では、複数の高校とも協力し、育種に取り組んでいます。筑波大学附属坂戸高校(埼玉県)と2005年から進めているのが、変化朝顔をテーマにした「あさがお倶楽部」です。突然変異によって朝顔と思えない形の花を咲かせる変化朝顔は、江戸時代に流行し熱心に育てられました。江戸時代の画集に描かれた変化朝顔を復元しようと、重イオンビームを用いた実験を行っています。



講演会の来場者には
イオンビームをあてたピンカ
(日日草)のフラワーポットと
朝顔の種をプレゼントしました。



※画像はイメージです。



わかりやすい「説明パネル」を作り、サクラの仁科乙女、ミカンの春しずか、日本酒の仁科誉、ピンカ(日日草)を会場に展示しました。

北陸原子力懇談会では、放射線に係る動画をホームページで公開しているほか、次世代層を対象に霧箱の貸出や専門家をお招きした放射線セミナー等を開催しています。またご相談も承っております。

