2023 MAY

国立研究開発法人
量子科学技術研究開発機構
QST 高崎量子応用研究所

第61号

高崎研だより

May

役立つ科学　植物における亜鉛吸収・輸送動態

日本/世界見聞録　活気が戻った「微笑みの国」、タイ

My favorite　観光列車の魅力をあなたに！

研究装置紹介　核磁気共鳴装置

高崎研だより問い合わせ先：量子技術基盤研究部門　高崎量子応用研究所（TEL)027-346-9232
e-mail：taka-soumu@qst.go.jp　ホームページ：https://www.qst.go.jp/site/taka

高崎研　検索

役立つ科学

植物における亜鉛吸収・輸送動態

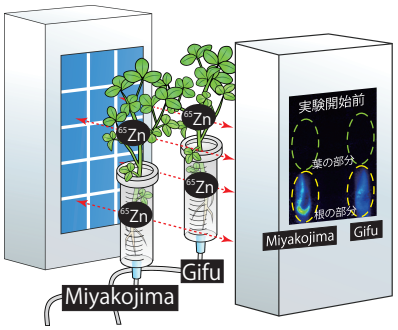
量子バイオ基盤研究部　野田　祐作

Q1. なぜ植物の亜鉛吸収を調べるのですか？

亜鉛は体内のいろいろな働きを支える人体に必須の栄養素です。亜鉛は牡蠣やお肉に多く含まれますが、世界では約 20 億人が亜鉛欠乏症で苦しんでいると言われています。その原因は発展途上国を中心に世界の約半分の土壌は亜鉛が欠乏しており、その土地で育った作物は亜鉛をあまり含んでいないためです。医療が未発達な国では、サプリメントによる補強も容易ではありません。そこで、現地栽培で亜鉛を取れる作物を作るため、亜鉛の少ない土壌でも良く育ち、かつマメに亜鉛が多く蓄積するミヤコグサの「亜鉛の扱い方」に着目しました。

Q2. どのようにして、ミヤコグサの亜鉛吸収を調べるのですか？

目で捉えることができない植物体内の亜鉛の扱い方は、RI イメージングという技術で可視化します。この技術は、放射性同位元素（RI）の亜鉛（^{65}Zn）を根に与え、この元素から放出されるガンマ線を特殊なカメラで捉えることで、葉に運ばれる ^{65}Zn の様子をリアルタイムに観察することができます。視野が A5 サイズ程度のため、調べたい植物を横に並べて比較しながら観察することもできます。今回、亜鉛をよく蓄積するミヤコグサの中でも Miyakojima と Gifu という 2 つの系統について調べました。

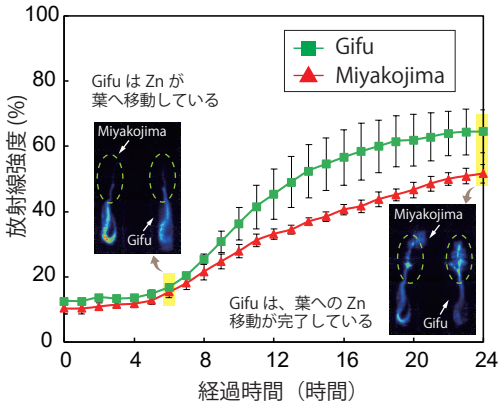


^{65}Zn から同時に 180 度反対方向に放射されるガンマ線をカメラで測定

Q3. 測定結果について教えてください

右下図は葉の部分の ^{65}Zn からの放射線強度を測定したものです。Gifu は約 6 時間後から亜鉛を葉へ運び始め、24 時間後には亜鉛を吸い切っていましたが、Miyakojima はまだ根に亜鉛が残っています。この結果から、Gifu のほうが亜鉛を葉まで素早く運んでいることが分かります。

この差は亜鉛を運ぶために働く遺伝子にあると考え、遺伝子発現解析を行いました。生物はその生命を維持するため、様々な遺伝子からタンパク質を作り出しています。遺伝子発現解析は、このタンパク質を合成する前の設計図となるメッセンジャー RNA という物質の量を測り、比較する方法です。根から葉までの亜鉛の移動に働く 12 の遺伝子を調べたところ、そのほどんどが Gifu で強く働いていました。興味深いことに、Gifu も Miyakojima も働いている遺伝子はどちらも同じでした。これは、亜鉛の移動に働く遺伝子たちをまとめて制御する監督となる因子が同じであることを示唆しています。



葉の部分の ^{65}Zn からの放射線強度

Q4. 今後、この研究はどのように展開していくのでしょうか

遺伝子を制御する因子は転写因子と呼ばれ、タンパク質の設計図となるメッセンジャー RNA の量を調節します。転写因子と制御される遺伝子は 1 対 1 の関係だけではなく、1 つの転写因子が複数の遺伝子を調節する場合も考えられます。今回、Gifu の遺伝子のほとんどが Miyakojima より強く働いていたので、転写因子もまた Gifu で強く働いていると予測し、これまでの報告から亜鉛を制御しているであろう転写因子を調べてみましたが、Gifu でよく働いている転写因子は見つかりませんでした。今後は、この転写因子を見つけ、別の植物にこれを組み込むなどして亜鉛をたくさん蓄積する作物の開発を目指します。

インタビュアー（広報事務局）、イラスト（平野貴美 / イオン加速器管理課）

日本/世界見聞録　　活気が戻った「微笑みの国」、タイ

2023 年 2 月にタイのバンコクで開催されたアジア原子力協力フォーラム（FNCA）放射線育種プロジェクトのワークショップに参加しました。バンコクは 2020 年度開催の予定でしたが、コロナ禍のため2回のオンライン開催を経て、ようやく対面での開催となりました。会期は3日間で、日本の他、バングラディシュ、マレーシア、モンゴルなど計 10 カ国が参加し、放射線を利用したイネの品種改良等の進捗状況報告、オープンセミナー及びタイ原子力技術研究所の見学等が行われました。ガンマ線照射で真珠の色を変えるというのは知っていましたが、様々な宝石の色を変える照射サービスがあることをこの見学で初めて知り驚きました。

バンコク観光では定番の涅槃仏

マスクをしている人は半数程度というところでしょうか。最終日の夕方から観光に出かけましたが、有名な寺院では観光客が多く、特に夜の繁華街は活気にあふれ、コロナの収束を強く感じました。タイでは日本食が人気のようで、訪れたフードコートでは日本食が半分近くを占め、まるで日本にいるような錯覚を覚えました。

ハーブ嗅ぎ薬？？

外国を訪れる際は食料品売り場に行くのが私の楽しみですが、日本から輸入されたイチゴが数種類、日本での 3 倍ほどの値段で入口付近の目立つところに並べられていました。また、ホスト国の窓口役として大変お世話になった女性が愛用していた小瓶、（ちょっと強烈な）爽快感があるハーブの香りで、後でネット検索してみると旅行ガイドでもお土産品として紹介されているものでした。眠気覚ましやリフレッシュにお勧めです。

長谷　純宏　（量子バイオ基盤研究部）

My favorite　　観光列車の魅力をあなたに！

観光列車の最大の魅力は何と言っても、列車での移動がそのまま観光になることです！通常の列車でも景色を楽しむことはできますが、観光列車は窓の大きさや座席配置が工夫されており、車窓からの景色をより満喫することができます。座席シートや天井・扉も観光列車のコンセプトにそったデザインになっており、地域の特色や沿線の魅力が詰まった車両になっています。列車によっては、車内で食事などを楽しむこともできます。

「フルーティアふくしま」のスイーツ

福島県で乗った JR 東日本の「フルーティアふくしま」では車窓を楽しみながら福島県産フルーツを使用した地元名産のスイーツを味わうことができます。「フルーティアふくしま」は残念ながら 2023 年 12 月に引退を迎えるそうなので、その前にぜひ乗車してみてください！

高崎からだと、新潟県内を走る JR 東日本の「越乃 SHU*KURA」がオススメです。車内では、新潟の地酒と地元食材を使った食事を楽しむことができます。途中、日本海が目の前に広がる青梅川駅に停車するなど、新潟の自然も楽しむことができ、観光列車の魅力が詰まった列車となっています。

「越乃 SHU*KURA」で提供されたお酒と食事

西日本ではこれまで、鳥取駅～出雲市駅を走る JR 西日本の「天地（あめつち）」や長崎県を走る島原鉄道の「しまてつカフェトレイン」に乗車しました。コロナの影響で乗れなかった京都丹後鉄道の「丹後くろまつ」には、いつかリベンジしたいと思っています！普段は車で旅行する方が多いかもしれませんが、観光列車は日本の様々な地域を走っていますので、是非、旅の行程に観光列車を組み込んでみてはいかがでしょうか？

宮津ゆら　（ペンネーム）

研究装置紹介

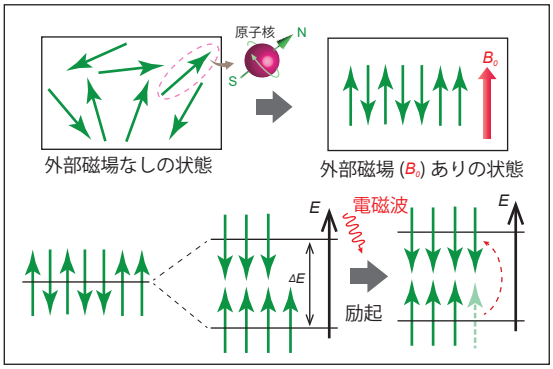
核磁気共鳴装置

先端機能材料研究部　吉村　公男

【原理と特徴】

核磁気共鳴装置（NMR：Nuclear Magnetic Resonance）分光法は、強力な磁場の下に置かれた物質中の原子核が外部からの電磁波（60 MHz ～ 1 GHz）によって共鳴現象を起こす性質を利用して、その原子のつながりである分子の化学構造や立体構造を非破壊で解析できる手法です。

陽子と中性子で構成される原子核は量子力学的に自転しているため、そのまわりには磁場が発生します。これは核スピンと呼ばれています。通常、核スピンはランダムな方向を向いていますが、NMR の強力な磁場の中では、磁場と同方向または逆方向に向きを変えます（右図上）。これをエネルギー準位で表すと、右図下のように、逆方向の核スピンはエネルギーの高い状態にあることが分かります。この状態で、エネルギー差ΔE に相当する電磁波を照射すると、その電磁波は吸収され高いエネルギー準位に励起されます。NMR 分光装置では、この励起状態から戻るときのエネルギー放出を検出し、これを解析してスペクトルを得ます。



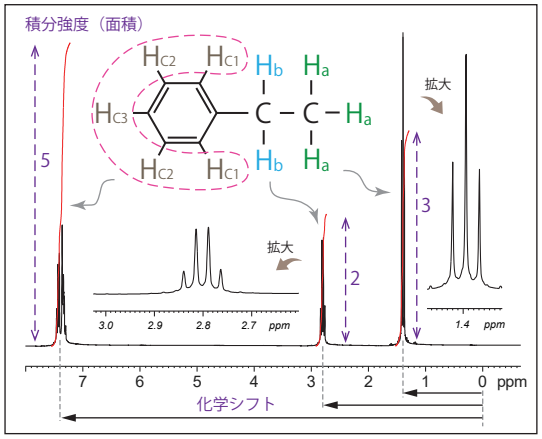
NMR 分光装置による共鳴現象

NMR 分光法は、上述したように核スピンを有する元素の分析が可能です。核スピンの有無はスピン量子数で判断できます。スピン量子数は、陽子と中性子のどちらか一方でも奇数であれば 1/2、1 などの量子化されたとびとびの値となりますが、炭素 (^{12}C) や酸素 (^{16}O) のように陽子も中性子も偶数のときはその値は 0 となり、核スピンを持たないことから NMR で測定することができません。

【実際の分析例】

^{1}H-NMR スペクトルでは、Ha の隣に同一環境の Hb が n 個存在すると、スピン間のカップリングが起こり、Ha のピークが（n+1）本に分裂して観測されます。例として、エチルベンゼンの ^{1}H-NMR スペクトルでは、Ha のピークは隣の Hb の 2 個の水素核の影響を受けて 2+1= 3 本となり、Hb のピークは Ha の影響を受けて 4 本となります。ベンゼン環については、左図のように H_{C1}、H_{C2}、H_{C3} についてカップリングを考える必要があります。詳細は省きますが、H_{C1} について 4 本、H_{C2} について 3 本、H_{C3} について 9 本のピークとなり、これらが重なってスペクトル上に現れます。

ピークは、Ha、Hb、HC それぞれがもつ磁場の影響で共鳴周波数（0 ppm）からずれた位置に化学シフトとして現れます。また、ピーク面積値は、核種の存在比に対応します。エチルベンゼンの場合、Ha は 3 つ、Hb は 2 つ、HC は 5 つ存在するため、面積比は 3：2：5 となります。



エチルベンゼンの ^{1}H NMR スペクトル

Q メッセージ

年度が改まり、QST では第二期中長期目標期間が始まりました。それぞれが新たな想いを胸に研究を始めています。これとともに、私たち高崎量子応用研究所の所属する部門名も「量子技術基盤研究部門」となりました。一見難しいそうに見えるこの名前が、このたよりを介して実は私たちの生活にとって身近なものであることがお伝えできれば幸いです。そして、私たちの成果が広く社会の皆さまの将来に向けた希望へとつながるよう努めたいと思います。　（高崎量子応用研究所副所長　山本　博之）

PUBLIC RELATIONS

コロナも一段落し、「都内のホテルで優雅にランチでも」と思い、ワクワクしながら調べてみました。何と￥8,000 前後のお値段。では、アフタヌーンティーで・・・これまた同様のお値段。二人で出かけてシャンパングラスを傾ければ、サービス入れて￥20,000。往復電車代に・・・残念 !!