



Photo: Chiaki Sawai

Index

「原子力の日」に思う	
56年の法則と鉄腕アトム	加藤 和明 1
化学だいすきクラブの紹介	荻野 賢司 2
〔コラム〕 58th Column	
【がんを学んで元気に100歳】	中川 恵一 7
ICRU（国際放射線単位測定委員会）	
国際シンポジウム開催報告	齋藤 則生 8
東京電力福島第一原子力発電所事故からの12年間で解明された	
植物によるセシウム吸収に関する仕組み	田野井慶太郎 11
第7回 ICRPシンポジウム「ICRP2023」	16
令和5年度 医療放射線防護連絡協議会の開催案内	17
お客様へのお知らせ	18
〔サービス部門からのごあんない〕	
ガラスバッジを失くしてしまった！こんなときは…	19

●「原子力の日」に思う

56年の法則と鉄腕アトム

加藤 和明*



昭和38年（1963年）10月26日、茨城県東海村にある原研（特殊法人日本原子力研究所：現JAEA東海研究所）において建設中であった日本初の動力利用を目的とした試験原子炉JPDRが原子力発電に成功した。原子力の日はこの日を記念して制定されたものである。我が国で最初に輸入した実用原子炉は英国G社からのコールダーホール型原子炉（天然ウラン、黒鉛減速）であったが、経済性の視点から米国の軽水炉に切り替えられたのであった。手塚治虫が鉄腕アトムを発表したのもこの年であった。鉄腕アトムは海外でも人気を博した。推力一万馬力は原子力をエネルギー源として、米題はASTRO BOYであった。当時原子力は、資源に恵まれない日本にとって未来の輝けるエネルギー源として、この国では大いなる期待を寄せられたのである。思えば82年前、日本がアメリカに対して宣戦布告をした最大の理由は大胆に割り切って言えば、石油の輸出を止められたことであった。当時アメリカは、日本にとって世界最大の石油輸入国であったためである。

話は変わるが、インパクト、大きな出来事の影響は、どうやら7年の半減期で薄らいでいく事が多いように思われる。マリリンモンローの主演映画「7年目の浮気（Seven Year Itch）」という表題がまさにそれを示している。8周目には、インパクトの度合いは0.4%まで

希薄化してしまう。実際上のインパクトの消滅である。筆者はこれを「56年の法則」と密かによんでいる。タイムスパンとして、60年という時間が重宝される事が多い。2、3、4、5、6、10、12、15、20、30と約数が多い事がある理由であろうが、それ以外に特性的な事が思い浮かばない。しかし、56年に近いので、感激の消滅期間とみなしてもよいのではないだろうか。ファッションの世界においても、56年前の流行が復活することがある。同じように鉄腕アトムが現代の子ども達の間で再び人気を博すかどうか気がかかっている。

昨年2月、ロシアがウクライナに侵攻し、世界のエネルギー資源が高騰したので、エネルギー資源としての原子力に世界の関心が再び集まっている。まさに60年の時を経てのことである。岸田首相も政策を変更し、原発再稼働を進める方針を示した。私としては、原子力の魅力に人々の関心が再び集まっている事を嬉しく思う。

（2023年7月9日記）

著者プロフィール

昭和10年7月1日 宮城県（鎌先温泉）にて出生（1935年）
 昭和29年3月 青森県立青森高等学校卒業
 昭和33年3月 東北大学（電気工学）卒業
 昭和33年4月 原研（特殊法人 日本原子力研究所）入所
 昭和36年9月 米国 ヴァンダービルト大学・大学院（物理）
 オークリッジ国立研究所 留学
 昭和42年～43年 東京大学原子核研究所に出向
 昭和46年10月 文部省高エネルギー物理学研究所（KEK）助教授、のち教授
 平成7年1月 茨城県立医療大学（IPU）教授
 平成16年3月 定年退職
 現高エネルギー加速器研究機構（KEK）名誉教授
 茨城県立医療大学（IPU）名誉教授
 （NPO）放射線安全フォーラム 最高顧問

* Kazuaki KATO

化学だいすきクラブの紹介



荻野 賢司*

化学だいすきクラブとは

「化学だいすきクラブ」小委員会は公益社団法人日本化学会の教育・普及部門の普及・交流委員会傘下の組織で、小学生、中学生を対象に化学の世界に触れる機会を提供するために、冊子である「ニュースレター」の発行、そして実験教室や研究所・工場の見学会を実施しております。2004年から始まった活動ですが、諸先輩方から引き継がれてきた継続的な活動により2022年4月号で創刊50号となりました。2022年夏からはコロナの感染拡大の影響で中止になっていた実験教室も久しぶりに再開させることができ、実験を楽しむ子供たちと対面で接することができました。「化学だいすきクラブ」は、「子ども達が化学に継続して興味をもって成長し、将来化学が関連する分野で活躍する人材に育つ」ように活動しており、小委員会のメンバーは中学校・高等学校の理科・化学の先生を中心に大学教員も一部お手伝いさせていただいております。

小さい頃、自然から学ぶことも、実験することも大好きだった子供たちが、小学校、中学校、高等学校と勉強が進むほど、科学（化学）に興味をなくしてしまうという現実があります。いつがターニングポイントになるかは個人差もあり定かではありませんが、中学・高等学校時代に科学（化学）に興味を持ち続ける生徒さんを一人でも増やすことが、工業資源に乏しく技術立国の地位を再び獲得していかないと立ち行かない日本の未来にとって

重要な意味を持ちます。産業界・アカデミアを巻き込んだ人材育成・活用のシステムが確立されていくことが前提となるのかもしれませんが、大学を中心としたアカデミアを活性化して、これから世界と戦っていく若者を丸腰にしないためにも、初等中等教育の果たす役割は大きいと思われます。だいぶ前になりますが、2013年2月25日の日本学術会議からの提言「科学・技術を担う将来世代の育成方策～教育と科学・技術イノベーションの一体的振興のすすめ～」には、次のような記載があります。小学校段階では、1) 科学・技術や自然に対する好奇心と興味関心を育み、2) 科学・技術が日常生活の中でどのように活かされているか、もしくはどのような弊害をもたらすかということについて、考え調べてみようとする意欲と習慣の形成・定着を図り、加えて、3) 科学研究や技術開発に携わってみたいという夢や希望を育むことが重要である、とあります。このような方策を具体的なアクションに落とし込み、化学が大好きな子供たちを「中高生会員」へ「橋渡し」をするのが日本化学会における私たちのミッションであります。

「ニュースレター」と「化学だいすきクラブ」のこれまでの道筋

「化学だいすきクラブ小委員会」の活動の大きな柱が年三回（4月、7月、12月）の「ニュースレター」の発行です。内容ですが、小学生が家庭でもできる科学実験を紹介する

* Kenji OGINO 東京農工大学大学院工学研究院 応用化学部門 教授／公益社団法人日本化学会 化学だいすきクラブ小委員会委員長

「キッズサイエンス」、たくさんある元素を共通の性質やテーマでまとめて紹介する「元素ファミリー」、化学が私たちの生活の中でどのように役立っているかを紹介する「活躍する化学」、中学生向けの実験室で行う化学実験を紹介する「君も化学者!」、身の回りのものに使われている化学の働きを紹介する「暮らしの化学」、化学分野で活躍されている方に化学が好きになったきっかけ、エピソード、化学の楽しさを語ってもらう「私と化学」、化学に関する最新情報を紹介する「化学だいすきクラブ掲示板」の全12ページからなります。ニュースレターですが、2022年4月号で第50号を迎えられたのは、毎号楽しみにしてくださる会員の皆さんと、子供たちに化学の面白さを伝えたいと記事をいただいた執筆者の方々のお陰です。私たち小委員会メンバーも皆で知恵を出し合って編集作業に注力しております。初代委員長の故内山一美先生（東京都立大学）、前委員長の菅原義之先生（早稲田大学）をはじめとした小委員会委員の皆様が積み上げてきたコンテンツとノウハウに則って誌面づくりをしております。これまでの諸先輩方の尽力に、敬意を表し「化学だいすきクラブ」がたどってきた道筋を簡単に書き留めておきたいと思います。

ニュースレター（当時はNewsletter）の記念すべき第1号は2006年11月に発行されました。「化学だいすきクラブ」は2004年度に会員委員会の傘下に設立されました。¹⁾ その目的は、「化学の普及・啓発活動、その他の事業を行い、子どもたちが化学の世界に触れる場を提供し、理科離れを防ぎ、こうした活動を通して、化学に継続して興味をもって成長し、やがて将来の化学を担い、幅広く科学の常識を身につけた人材を育成すること」だったと伺っております。ターゲットは日本化学会がそれまで会員として考えてこなかった高校生以下でした。日本化学会の中ではこのような活動は、化学教育の専門家が集まっていた化学教育協議会（現教育・普及部門）が長年にわたって担ってきたということもあって、2006年からは会員委員会から化学教育協議会に「だいすきクラブ」

の活動の拠点を移しました。さまざまな議論があったようですが、元来、化学教育協議会の中で実験教室をはじめ、化学の理解増進活動を精力的に行っていた夢化学小委員会（元開成中学校・高等学校の齊藤幸一先生が委員長）に協力をお願いするというスタイルだったと伺っております。そのときの夢化学小委員会には3つのタスクグループがありましたが、普及・交流委員会の小委員会として発展的に解消しました。現在は普及・交流委員会の中の、5つの小委員会の一つとして化学だいすきクラブ小委員会は活動しております。

会員委員会時代には「だいすきクラブだより」を発行しておりましたが、ターゲットが高校生以下と広範なことから、2006年の新体制では、中・高校生向けに「Newsletter」と、小学生向けに「化学だいすきキッズ」を発行するという複線化を行いました。「Newsletter」の当初のコンテンツは、本会会長経験者による“私が化学を選んだ理由”、周期表の元素について身近な例や写真を用いて順番に説明していく“周期表A-to-Z”、本会学会賞を受賞された先生の研究を紹介する“最先端の化学”、企業の先端研究を紹介する“暮らしの化学最前線”、家庭や学校でできる実験を指南した“家庭でトライ”、“化学実験道場”、化学の基礎知識をやさしく解説する“化学ワンポイントアドバイス”、化学に関係するトピックスを気軽に読める“コーヒープレーク”、行事案内やお知らせを掲載した“メンバーズサロン”となっておりました。また「だいすきキッズ」は、「実験にトライ!」で簡単な実験について、やり方と解説をコンテンツとしておりました。

その後、大きな変化として2016年の「中高生会員制度」のスタートがあります。「だいすきクラブ」でもそれに対応して、会員が基本的に小・中学生中心の構成となることを想定し、前述の通り「中高生会員」への橋渡しにミッションが変更になりました。それに合わせて「Newsletter」「化学だいすきキッズ」のコンテンツ、編集体制、活動を見直し、ニュースレター36号を発行しました（2017年7月）。同年春には、前委員長の菅原義之先

生に代わって小職が委員長を拝命したところで、個人的にやや混乱しましたが、菅原先生をはじめ、多くの委員の皆様にご協力を賜り、36号を無事発行できました。このとき「化学だいすきキッズ」はニュースレターと合本として“キッズサイエンス”として掲載することとなり現在に至っております。

「化学だいすきクラブのイベント」

「化学だいすきクラブ」が開催しているイベントには、主として夏休みに実施している実験教室、研究室・工場見学があります(2020年、2021年はコロナ禍ということもありイベントは中止となりましたが、2022年からは再開し、2023年度にはほぼコロナ前に戻ってまいりました)。

「実験教室」には小学生向けと中学生向けがあります。小学生向け実験教室では、「ニュースレター」に掲載されている「キッズサイエンス」から実験を選び行っています。毎年、多くの参加の応募がある人気コンテンツです。一部の内容に関しては東京ばかりではなく大阪での実施を本年度より再開しております。2017年から始めた中学生向け実験教室では、クラブ活動等で忙しい中学生の化学に対する好奇心を刺激するような実験ができるように工夫をしています。研究所・工場の見学会は、理化学研究所や府中市にある相田化学工業(株)などにお邪魔しています。理化学研究所での見学会「日本発! 113番目元素Nhへの道」では、原子についての講義を受けてから、日本初の元素Nhが合成された仁科加速器研究センターの見学をしました。相田化学工業(株)での見学会「都市鉱山を見学して、銀のストラップを作ろう!」では、廃棄物から金、白金、パラジウム、銀などの貴金属をとりだす方法を体験し、リサイクルについて理解を深めた後、リサイクルで得られた銀でストラップ作りを体験してもらいました。これらの活動やニュースレターの記事は、順次ホームページに掲載していきます(<https://kdc.csj.jp/>)。



やさしくて、面白いけど、奥深い

夏休みのイベントとして、小学生とは別に、部活や勉強が忙しい中学生を対象とした実験教室も実施しています。化学を含めた自然科学に興味を持ち続けてくれるかどうか、とても重要な年代であると思います。中学生の実験のコンテンツとして特に意識していることが「やさしくて、面白いけど、奥深い」ということです。比較的身近な材料でできる「やさしい実験」ではあるけれども「面白く」、現象に興味を持った生徒さんが「なぜ」を追求できるような「奥行きのある実験」を意識しております。一つの題材としては洗濯糊の成分である「ポリビニルアルコール (PVA)」を取り上げております。洗濯糊として100円均一のショップで容易に入手可能であり、高分子は筆者の専門とする領域である点もさることながら、それ以上に反応なり構造変化を粘度変化として感覚的に捉えることができるという高分子独特の点や、延伸操作などの引っ張るという簡便な操作で分子を配向させることができるという点で、実験教室の優れた教材であると個人的には考えております。中学生にやってもらう実験は下記の通りです。

1. PVA水溶液(洗濯糊)10mLぐらいを紙コップにとり、耳かき1杯の過ヨウ素酸ナトリウムを加えてかき混ぜると、主鎖の切断に伴い分子量が大きく低下するため粘度が下がって、溶液がシャビシャビ(粘度が低いこと)になることが実感できます(図1)。酢酸ビニルのような非共役のモノマーから生成するラジカルは反応性が高く、図1に示すような頭-尾のような規則構造ばかりではなく、頭-頭のような構造が少なからず存在することが知られています。PVAにおいては、このようなタイプのモノマー配列により1、2-グリコール単位を主鎖中に含むことになります。過ヨウ素酸イオンは1、2-グリコール単位を選択的に酸化するので(1、3-グリコールは酸化されない)、主鎖の部分的な切断が起こります。消費した過ヨウ素酸イオン量を滴定で決定したり、生

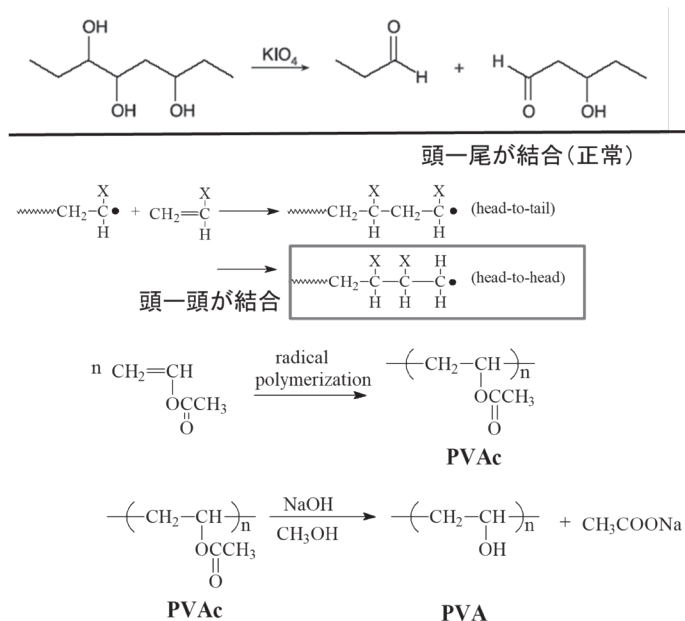


図1 ポリビニルアルコールの1、2-グリコール単位の酸化分解
 1、2-グリコール単位はラジカル重合の頭一頭結合により生じる。合成は酢酸ビニルの重合後、けん化する。

ヨウ素化合物を含んだPVAフィルム

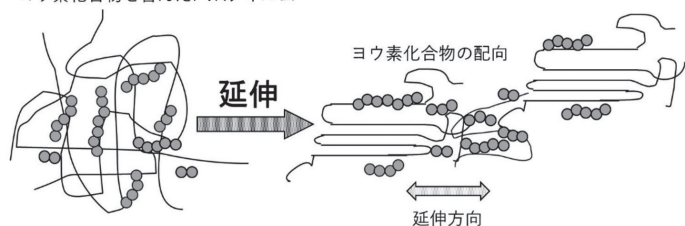


図2 偏光フィルムの作製プロセス
 丸印はヨウ素原子を表しており、ヨウ素錯体では一次元的に連結する。

成したポリマーの分子量を評価したりすることで、どのくらいの割合で頭一頭結合が存在しているかがわかります。だいたい1-2%程度といわれています。もともとのPVAの重合度が2,000だとすると、分子量は1/20-1/40程度に減少して、溶液内での絡み合いが減少し粘度が低下します。

2. 水溶液(洗濯糊)をホウ酸ナトリウムで橋架けして、スーパーボールを作製してもらいます。ただいわゆるスライムよりも少し硬めに作ってもらって粘弾性を体験してもらいます。作製する「スーパーボール」は、弾性体であり、実験台の上でバウンドします。

一方、実験台の上に置いておくと、自重でつぶれて変形することがわかります。橋掛けの反応が可逆であるため、通常の「ゲル」とは異なり、変形できるのです。

3. PVAをベースにした偏光フィルムを使ってのさまざまな実験を行ってもらいます(偏光フィルムを洗濯糊から作製するというになれば、なかなか説得力のある実験になりますが、フィルム作製、延伸、ヨウ素の吸着は、限られた時間では難しく市販品を用いています)。ポリビニルアルコールフィルムを水で膨潤後、KI/I₂溶液に浸し、ポリヨウ素²⁾を吸着、延伸後、ホウ酸処理をして作製と言われています(図2)。

いずれにしても異方性のあるポリヨウ素類が配向し、長軸方向に振動する光を(多く)吸収できるので、一軸方向に配向した偏光フィルムに自然光を透過させることで、直線偏光が得られることになります。

実際の実験では、偏光フィルムを通して周辺の景色を眺めてもらうことで、反射光の偏光特性を実感できます。図3に示す

ような偏光依存の完全な理解にはフレネル(Fresnel)の公式とそれを導出することが必要となります。また、厚みの異なる延伸したフィルム(セロテープの枚数を変える)をセロテープの長さ方向が45°傾くように、2枚の偏光フィルムで挟むと透過してくる光の色が変わります。高分子フィルムを延伸すると図2に示したように分子が延伸方向に配向します。このとき、高分子鎖が並んだ方向とそれに直交した方向では屈折率が変わり、その差のことを複屈折 Δn と呼びます。フィルムからの透過光の色は2枚の偏光フィルムの配置(方向)とリタデーション Γ に依存します(図4)。リタデーションはフィ

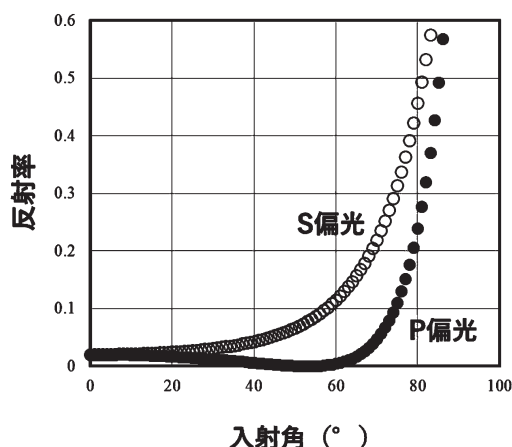


図3 フレネルの公式から導かれる入射角と反射率の関係と偏光特性(媒体の屈折率を1.333として計算)

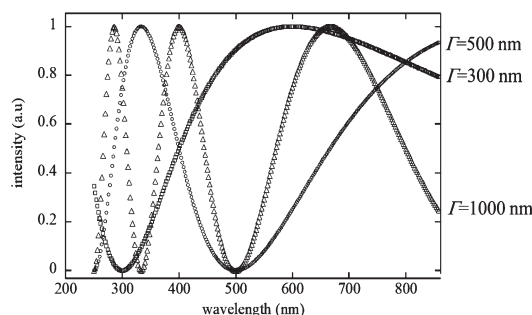


図4 さまざまなリタデーション Γ を想定したときの、計算で求めた透過光強度の波長依存性(2枚の偏光フィルムの配置は直交ニコルである。平行ニコルだと透過のパターンが逆になる)

ルムの厚さ d と複屈折 Δn の積で表されます。

実験結果の「なぜ」を原理原則から考えることで、知的好奇心を高めてくれることを期待しております。化学に限らず、自然科学にはどの年次でどこまで学習するか、などという線引きはもともとなく、「やさしいけど、面白い」とともに、もっと深く本質に迫りたいという欲求に応えられるような奥深いコンテンツを探して紹介していくことが、私たちの大きなミッションと考えております。

最後に

現在のだいきクラブ小委員会のメンバーですが、全員、化学が大好きで、子供たちと

いっしょに実験をやっていくのも大好きという点で、諸先輩たちと共通しており、先輩方の意志を引き継ぎ、皆で話し合いをしながら活動していこうと決意を新たにしております。多くの皆様に、私たちの活動に対して興味を持っていただき、御意見等いただけましたら幸いです。

本拙文ですが、10月号に掲載される予定ということのを伺っており、10月にある「化学の日」について紹介したいと思います。日本化学会をはじめとする4団体の共同提案により制定されたもので、10月23日が「化学の日」、そして10月23日を含む週(月曜日～日曜日)が「化学週間」となっています。化学や化学産業が社会生活に大きく貢献していることを広く知ってもらい、化学を盛り上げていくことを目的としています。アメリカではアボガドロ定数(1 molの物質中に存在する粒子の数 $=6.02 \times 10^{23}$)に由来して、昔から「Mole Day」と親しまれているそうです。子供たちにとって自分の手で実験をして、発見をする体験は重要で、全国でさまざまなイベントが予定されているようです。化学の魅力を子供たちに伝えるという意味では私たちの活動と目的を同じにしていると思いますので、併せて興味を持っていただけたら幸いです。

参考文献

- 1) 内山一美, 化学と教育, 54, 616 (2006)
- 2) V. T. Calabrese, A. Khan, *J. Phys. Chem. A*, 104, 1287 (2016)

著者プロフィール

1986年東京大学工学部反応化学科卒業。1995年博士(工学)。1997年米国コーネル大学訪問研究員。1986年東京農工大学工学部材料システム工学科文部技官。1993年同大助手。2000年同大大学院生物システム応用科学研究所助教授。2005年同大大学院工学研究院教授、現在は工学部応用化学科、大学院生物システム応用科学府兼務。2017年～公益社団法人日本化学会化学だいきクラブ小委員会委員長。2020年～2023年一般社団法人繊維学会会長。専門は高分子を中心にした有機材料科学。趣味はスポーツ観戦と雑文を書くこと。好きな言葉は「努力は運を支配する」。

コラム
58th
Column

中川 恵一

東京大学医学部附属病院

がんを学んで元気に100歳

日本経済新聞での連載をもとにした新刊書『人生を変える健康学 がんを学んで元気に100歳』（日経サイエンス社）が先日、発売されました。



今回は、この本の内容を紹介しながら、「がんリテラシー」を高めるポイントを解説していきます。

日本人男性の3人に2人、女性でも2人に1人が生涯になんらかのがんを経験します。長生きするほど、遺伝子は傷つき、免疫の「守備力」も衰えます。日本は高齢化のトップランナーですから、「がん社会」は必然の帰結です。

最良の処方箋は、世界最低レベルに低迷する日本人のヘルスリテラシーを高めること。

健康に関心を持つ人でも、様々な誤解があるようです。「肉を食べるとがんになりやすい」「がんは遺伝だから努力してもムダ」などと思いついていませんか。65歳以上の高齢者ではタンパク質を十分に摂ることが、がんの予防に

つながります。また、がんの原因のうち、遺伝的要因は5%にすぎません。

がんは「症状を出しにくい病気」です。ましてや、早期がんで症状が出ることはまずありません。絶好調でも定期的に検査を受けなければ早期発見はできません。

コロナ禍で、「感染がこわいから検診は後回し」にした方に進行がんが見つかるケースが増えています。統計上も検診の遅れによって、進行がんの患者が増えています。

早期発見と並んで重要なのが、発がんリスクを減らすライフスタイルです。禁煙、節酒、運動習慣、カロリー制限などが大切です。

座っている時間が長いと不健康になり、がんも増えます。日本人の座る時間は世界トップクラスの一日7時間ですが、コロナ禍での在宅勤務でさらに事態は深刻化しています。

男女合わせた発がん原因のトップが感染です。胃がんにおけるピロリ菌感染、子宮頸がんにおけるヒトパピローマウイルス、肝臓がんにおける肝炎ウイルスが最も重要です。感染の有無を確認し、自分のリスクを知ることが大切です。

この本のなかでは、恩師で私の患者でもある養老孟司先生を東大の安田講堂にお迎えした特別講演会の模様も紹介しています。老いや医療との関係などを楽しくお話ししています。

今後、わが国では、75歳、80歳まで仕事を続ける人が増えるでしょう。社会との絆を保ちながら健やかに老いる、そんな時代が来るはず。そのためには80歳までにがんを命を落とさないことが大切です。超高齢社会のフロントランナーとして、「がんの壁」を乗り越えていきましょう。

ICRU(国際放射線単位測定委員会) 国際シンポジウム開催報告



齋藤 則生*

1. はじめに

ICRU（国際放射線単位測定委員会）国際シンポジウムが、2023年4月19日（水）午後、いわきワシントンホテル（福島県いわき市）にて開催されました。本シンポジウムは、福島国際研究教育機構（F-REI）、産業技術総合研究所計量標準総合センター（NMIJ/AIST）、国際放射線単位測定委員会（ICRU）の3機関による共同開催の運びとなりました。筆者はNMIJ/AIST事務局およびICRU委員として本シンポジウムの企画および開催に関わりました。

ICRUは1925年に設立され、国際放射線防護委員会（ICRP）の姉妹機関です。そして、医療、放射線科学、放射線防護に関連して、放射線を安全かつ効率的に利用するために、放射線関連の量・単位、測定・利用手順、基礎データなどを勧告している国際機関です。

シンポジウムのテーマは「福島復興と放射線計測」です。福島第一原子力発電所の廃炉はまさに前例のない取り組みの途上です。しかし、東日本大震災から12年が経ち、一部地域で避難指示解除がなされ、福島の復興が進みました。そこで、福島の復興を内外に周知、啓発するとともに、ICRUを日本に招致し、「福島復興と放射線計測」について、ICRU委員と国内専門家の議論する機会となるよう企画しました。

本シンポジウムはハイブリッドにて開催され、現地に60名、オンラインに116名、総勢176名

の参加となりました。ICRUからは、委員長を含む10名が参加しました。本シンポジウムは、オープニングセッション、招待講演、総合討論から構成されました。

2. オープニングセッション

ICRU委員長であるVincent Grégoire博士の開会挨拶でスタートしました。次に、開催地自治体から内田広之いわき市長、五月女有良福島県企画調整部長の祝辞に続き、共催機関から臼田孝NMIJ/AIST計量標準総合センター長による挨拶、山崎光悦F-REI理事長による事業紹介がありました。



ICRU委員長 Vincent Grégoire博士

3. 招待講演

招待講演は、ICRU委員から2名、日本から4名の放射線防護の専門家に「福島復興と放射線計測」に関連する話題について、ご講

* Norio SAITO 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 計量標準総合センター 招聘研究員

演頂きました。登壇者、講演タイトル（和訳）と講演概要を紹介します。

①深堀智生氏（日本原子力研究開発機構）

「福島第一原子力発電所の廃炉に向けたJAEAの研究開発」

福島第一原子力発電所は冷却機能が喪失し大きな事故になりました。その結果、燃料デブリが形成され、それを取り出すことが最も難しい課題です。JAEAは、福島県内に7つの活動拠点を持ち、廃炉に向けた研究開発を行っています。その中から、放射線の測定および可視化技術、リスクアセスメント、先端放射線源評価技術について紹介しました。



シンポジウムの様子

②山下俊一氏（福島県立医科大学）

「福島原発事故の教訓：公衆衛生上の緊急時対応・復興の限界」

事故発生直後のリスクコミュニケーションには大きな困難が伴いました。その原因は、放射線関連のリスクや規制についての知識と正確な情報の不足でした。また、福島において子供の甲状腺がんの集団検査で、甲状腺がんが見つかりました。それは放射線由来のがんではありませんでしたが、これにより混乱や不安を駆り立ててしまいました。このような経験から学んだことについて、事例を交えながら紹介しました。

③吉田浩子氏（東北大学）

「現場測定に基づく被災地の木造住家における線量低減係数の評価」

被災地住民の最大の懸念は、自身や家族の被ばく線量です。被ばく線量を推定するため

に、屋外の空間線量率から屋内の空間線量率を推定する低減係数を福島で評価しました。震災当初では低減係数は0.4でしたが、除染などにより空間線量率が0.5 $\mu\text{Sv/h}$ 程度まで下がると低減係数が急速に増加することが分かりました。除染後の低減係数は0.4と異なる値を用いることが必要です。

④Dr. Thomas Otto (CERN)

「ICRU95：環境測定のための実用量」



ICRPが定義している防護量は人体の被ばく線量を測定できないため、ICRUは実用量を定義してきました。しかし、防護量と実用量は定義が異なるので、同じ放射線場でも値が異なります。そこで、実用量は、新しく換算係数とフルエンスなどの物理量との掛け算にし、換算係数は防護量に基づく新しい定義をICRUレポート95にて提案しました。この新しい定義とその影響について解説しました。

⑤黒澤忠弘氏（産業技術総合研究所）

「環境モニタリングのための低線量率校正技術の確立」

原発事故後に、除染やモニタリングのために、1.0 $\mu\text{Sv/h}$ 未満の低線量率の校正に品質保証が必要になりました。そこで、サーベイメータ用のコンパクトな低線量率照射システム、および、環境モニタリングポスト用の現地校正用の照射システムを開発し、その特徴や性能などについて紹介しました。

⑥Dr. Francis Bochud

(Lausanne University Hospital)

「個人被ばく線量評価：急性被ばくの例」

原子力発電所の事故や放射性物質の飛散な



どで、個々の人が被ばくした線量を評価する必要が生じる場合があります。この緊急時の被ばく線量を評価する手法として、ICRUレポート94にて報告されている生物学的な手法、物理学的な手法、および補完的な手法について、解説しました。そして、事故時には迅速な対応が必要なため、これらの分析法を備えておくことが重要と訴えました。

4. 総合討論

Grégoire ICRU委員長の司会により、招待講演の後に、以下のテーマで総合討論が活発に行われました。

- 個人被ばく線量の推定・評価をどのように個人に伝えるべきか。
- 被ばく線量の個別化はどのようになされるべきか。
- 人の放射線感度に個人差はあるのか。
- 福島事故の際の避難決定は適切であったか。今後、基準の変更は必要か。
- 線量率と人体への影響の関連性について。
- 甲状腺がんの集団検査について、原発事故の影響がない地域との比較について。

5. おわりに

本シンポジウムはICRU年次会合に付随して開催されました。日本でのICRUの日程は次の通りです。

4月15日(土) 午後：F-REI設立記念式典

4月16日(日)～4月19日(水) 午前：

ICRU役員会議・年次会合

4月19日(水) 午後：本シンポジウム

4月20日(木)：福島第一原子力発電所および東日本大震災・原子力災害伝承館視察

4月21日(金) 午前：

量子科学技術研究開発機構視察



福島第一原子力発電所視察

シンポジウムの詳細（講演資料、開催概要、議事録日本語訳）について、産業技術総合研究所計量標準総合センターのサイトに掲載していますので、ご参照ください。

https://unit.aist.go.jp/nmij/public/events/seminar/2023/ICRU_symposium/



最後になりましたが、本シンポジウムの開催にあたり、ご後援をいただいた復興庁、経済産業省、協賛をいただいた株式会社千代田テクノルをはじめ多くの協賛機関、視察を受け入れていただいた機関および関係者の皆様、ご参加いただいた皆様に深く感謝申し上げます。

著者プロフィール

1984年早稲田大学大学院理工学研究科電気工学専攻修了。同年電子技術総合研究所入所、2001年産業技術総合研究所に組織変更。2015年同所分析計測標準研究部門副部門長、2017年同所国際計量室長を兼務、2022年同所招聘研究員、現在に至る。専門は放射線防護および放射線治療の線量標準、自由電子X線レーザ計測、原子分子分光。博士(理学)。ICRU委員(2016年～2023年4月)。

東京電力福島第一原子力発電所事故からの 12年間で解明された植物による セシウム吸収に関する仕組み



田野井慶太郎*

1. はじめに

東日本大震災からはや12年が経過しました。読者の中には、福島第一原子力発電所事故が発生し環境中の放射能汚染が現実となった状況とともに、その対応に追われた方も多数いらっしゃるものと思います。農学分野でも多くの専門家（教員、学生、公的機関の研究員等）が、食の安全を確保すべく、当初は文字通り寝食を忘れての対応となりました。対応の中でも最初に取りかかった事柄の1つが過去の論文を掘り起こし、これまでに明らかになっていることを把握することでした。古くは1950年代の論文から最新の論文まで、網羅的に入手しては情報をまとめていきました。印象として覚えているのは、大気圏内核実験によるグローバルフォールアウトやチェルノブイリ原発事故などの大きな出来事に応じて新たな知見が生まれている点です。当然といえば当然ですが、こうした大きな出来事が起こると多くのプロジェクトが生まれ、成果が発出されるのでしょう。ここでは、福島第一原子力発電所事故という大きな出来事の後に得られた知見の中から、植物が根において土壤中の放射性セシウムを吸収する仕組みから、放射性セシウムが少ない/多い植物を作る試みまで、農学や植物学で行われてきた研究の進捗についてご紹介します。特に、以前の大きな出来事であるチェルノブイリ原発事故のあった1986年と30年後の現在とでは、遺伝子やタンパク質といった分子を扱う分子生物学の発展の点で大きな違いがあります。ここでは、分子生物学の発展に伴って解明された放射性セシウムの吸収移行の分子メカニズムについて、植物学や生物学に詳しくない方にも理解していただけるよう、例えば、中学生

の知識で理解できるように、専門用語を極力避けた解説を試みました。

2. 福島第一原子力発電所事故以前の知見

植物がどのようにしてセシウムを吸収し、場合によってはそのセシウムを葉や実へと輸送するのか、その輸送メカニズムについては、2011年の福島第一原子力発電所事故前から多くの研究がなされてきました。この研究が始まった当初から、植物が土壌にあるセシウムイオン (Cs^+) を取り込む様子がカリウムイオン (K^+) と良く似ていることが報告されて来ました (Collander 1941, Bange and Overstreet 1960, White and Broadley 2000)。植物にとってカリウムは欠かせないミネラルです。植物が K^+ を吸収する仕組みを解明することで、化学形態の似ている Cs^+ の吸収の仕組みもわかるのではないだろうか。そのような発想のもと研究が進みました。

ところで、植物の根がイオンを吸収するのは、例えば人間がイオンを含んだ水を飲むことで体内に取り入れるようなイメージとは異なります。生物は細胞からできており、その細胞は細胞膜と呼ばれる脂質つまり油の膜で覆われています。この膜は親油性すなわち疎水性です。よって細胞は細胞膜を通して水に溶けているイオンを自然と取り込む、または放出することができません。そこで、油の膜である細胞膜上にイオンの通り道を持つタンパク質を浮かべます (図1)。このタンパク質は輸送体と呼ばれ、細胞からイオンを出したり、入れたりする機能を持ちます。細胞はイオン毎に適した輸送体を複数備えており、根の細胞においても、たくさんの輸送体があります。しかし、 Cs^+ は植物が生きてい

* Keitaro TANOI 東京大学大学院農学生命科学研究科 教授

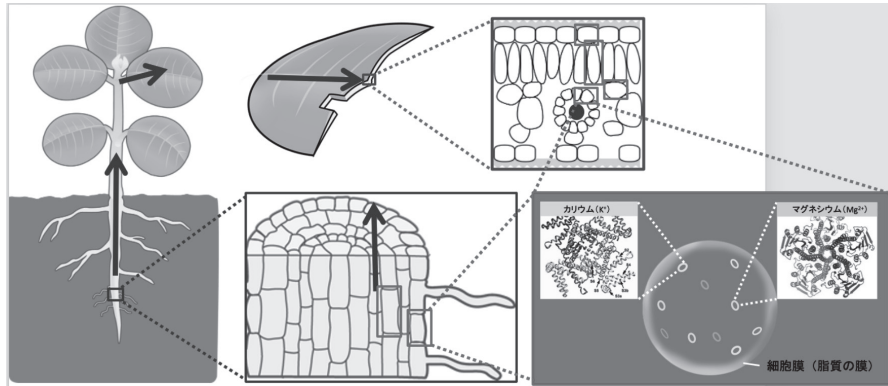


図1 植物が土壌中のイオンを根で吸収し葉など植物体内の各部位へと輸送する仕組み

必要なイオンを細胞に出し入れするために、輸送体と呼ばれる膜タンパク質が細胞膜に配置されている。脂質でできた細胞膜はイオンを透過させないが、輸送体（図では例としてカリウムイオンとマグネシウムイオンの輸送体を表示）がイオンの通り道を用意し、その通り道をイオンが通過する。（小林奈通子博士：東京大学大学院農学生命科学研究科准教授の講義資料を一部改変）

くのに必要なイオンではありませんので、 Cs^+ を吸収するために準備された輸送体は存在しないと予想できます。同じ1価の陽イオンである K^+ 吸収を担う輸送体が Cs^+ も吸収するだろうという仮説のもと、研究が進みました（Kim et al. 1998, Qi et al. 2008, Pyo et al. 2010）。 K^+ 吸収を担う輸送体の総数はモデル植物であるシロイヌナズナにおいて報告されているものだけでも数十はあり、それらはいくつかの似通った集団（ファミリーと呼称します）に分けることができます。 K^+ 吸収輸送体の中でも、KUP/HAK/KTファミリーに属するHAK5という K^+ 輸送体が Cs^+ 吸収も行うことが報告されました（Qi et al. 2008）。KUP/HAK/KTファミリーに加えて、KAT1とSKOR1という別なタイプの K^+ 輸送体が Cs^+ の輸送が可能であることが示されました（詳しくは、Zhu and Smolders 2000; White and Broadley 2000の総説を参照のこと）。加えて、様々な陽イオンを吸収することが報告されているcyclic nucleotide (CN) -gated and calmodulin (CaM) -regulated channels (CNGCs) と呼ばれるファミリーのうち、AtCNGC10が Cs^+ の輸送を担う可能性がわずかに示されています（Li et al. 2005）。以上のように、 Cs^+ の輸送を担う輸送体は、 K^+ 輸送体のいずれかであり、複数あるのか、1つだけ Cs^+ 輸送活性の高いものがあるのか、といった点まで踏み込んだ知見は2011年以前はありませんでした。

3. 福島第一原子力発電所事故以降の知見

3-1. KUP/HAK/KTファミリー(K^+ 輸送体のファミリー)

先に述べたように、2011年の福島第一原子力発電所事故以前から、シロイヌナズナの K^+ 輸送体であるHAK5が K^+ と間違えて Cs^+ も吸収してしまうことが知られていました（Qi et al. 2008）。しかし放射性セシウム汚染土壌において、シロイヌナズナが吸収する放射性セシウム全体に対する寄与は不明でした。そこで私たちは、実際に原子力発電所に近い地域の放射性セシウムを含む土壌において植物（シロイヌナズナ）を育てる実験をしてみました。その際、HAK5の設計図である遺伝子を壊した植物も用いることで、HAK5を作りだせる通常の植物と作ることができない植物の比較をしました。その結果、HAK5を作りだせる植物では ^{137}Cs が高集積したのに対し、HAK5を作ることができない植物では ^{137}Cs 集積が圧倒的に少ない状況でした（図2）。Qi et al. 2008年の論文ではここまで大きな差が出ていませんでした。Qiらの実験と私たちの実験の大きな違いは、栽培に使った素材（水耕栽培、寒天培地栽培、土壌栽培）や、培地中のカリウム濃度であると考えられました。HAK5は、植物が「カリウムが足りない!」と思った時に根でたくさん作られる K^+ 輸送体であることが報告されていました。つまり、植物は、カリウムが十分であると判断するとHAK5タンパク質を作りだしません。今回の放射性セシ

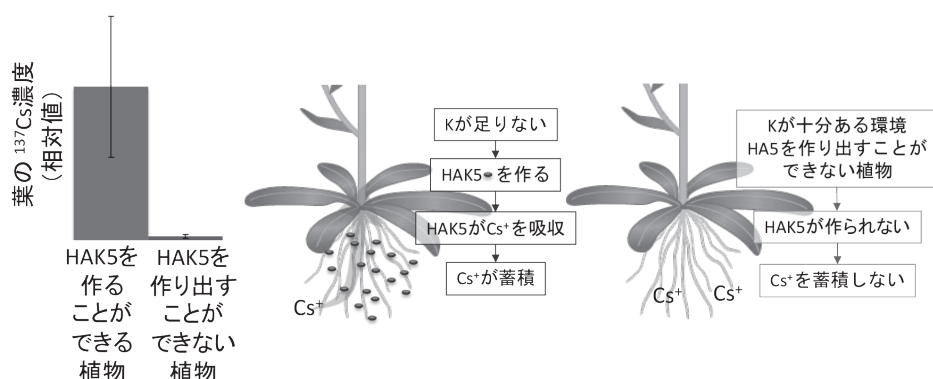


図2 シロイヌナズナにおいて、HAK5を作ることができる植物と作り出すことができない植物を原子力発電所近くの土壌で栽培した植物葉の ^{137}Cs 濃度の相対値

ウムを含む土壌を用いた栽培では、カリウム含有量が極めて低い状況で行いましたので、大きな差が現れたと考えられます。実際に、この土壌にカリウム肥料をタツブリ与えて栽培しますと、HAK5を持つ植物で ^{137}Cs 濃度が低くなり、その結果、HAK5を持たない植物と差がなくなりました（図2）。つまり、植物の栽培環境のカリウム濃度が低い時には、このHAK5が ^{137}Cs 吸収の大半を占めている、ということが言えます。福島第一原子力発電所事故による農作物のモニタリングや調査においても、 ^{137}Cs 濃度の高い作物が栽培された土壌を測定すると、カリウム濃度が低い傾向が明らかでした。

シロイヌナズナはモデル植物として実験しやすい植物ということで研究が進んでいました。加えて、重要な穀類であるイネにおいて、同様の輸送体について研究が行われました。その結果、2017年に発表された論文では、イネにおいてはOsHAK1と名付けられた輸送体が、HAK5と同様の機能があることが示されました。1つ目の論文では、OsHAK1の設計図である遺伝子をゲノム編集技術で壊したイネを作成し、そのイネを原子力発電所付近の土壌で栽培した結果、先のHAK5の結果と同様、OsHAK1を作ることができる通常のイネに比べて、OsHAK1を作り出すことができないイネは放射性セシウム含量が圧倒的に減少しました（Nieves-Cordonces et al., 2017）。

大変素晴らしい結果ですが、OsHAK1の設計図を壊したイネを栽培すれば全て解決とはいきません。OsHAK1は、イネが「カリウムが足りない！」と思った時に根でたくさん作られる輸送体です。こ

のOsHAK1がないと、カリウムが足りない環境下では、イネの中のカリウム含量が減少してしまい、結果、お米の収穫が減ってしまいます。

これを克服できる可能性のある発表が2014年にありました。輸送体はタンパク質でありアミノ酸から構成されます。HAK5を構成するアミノ酸の130番目はフェニルアラニンと呼ばれるアミノ酸なのですが、これをセリンと呼ばれるアミノ酸に変えることで、HAK5が Cs^+ を K^+ と間違いにくくなる可能性を示す報告がありました（Alemán et al., 2014）。また、先のOsHAK1を作ることができないイネの収量が減った実験では、用いたイネは「日本晴」という品種でしたが、OsHAK1が作りだせなくともカリウム濃度や収量が減らなかった品種（あきたこまち）の報告がありました（Rai et al., 2017）。品種によっては、OsHAK1以外の K^+ 吸収システムが発達するなどOsHAK1が作りだせなくとも問題なく栽培できることを示唆する結果であり、OsHAK1の設計図である遺伝子を壊すという戦略も品種を選べば実践的かつ魅力的なものかもしれません。

OsHAK1を完全になくすのではなく、OsHAK1など K^+ 輸送体の活躍を弱めることで Cs^+ 吸収を減少したイネの報告もありました。OsSOS2と呼ばれるタンパク質は、ナトリウムイオンを植物細胞から排出するシステムである「SOS pathway」を構成する仕組みの一部です。このOsSOS2がないと、「SOS pathway」が働かず、結果、根にナトリウムイオンが増えます。するとイネは、ナトリウムイオンがそれなりの量あることで、「カリウムが足りない！」と思いにくくなる、という効果があるようです。おそら

くは、イネは、カリウムが足りない時、変わりとしてナトリウムで植物が生育していくための機能の一部を補っているのではないかと推測されます。「カリウムが足りない!」と思いにくなくなったOsSOS2を作りだせないイネは、カリウムが少ない環境においても根で作るOsHAK1を始めとするK⁺輸送体の量は半分ぐらいに抑えられており、その結果、Cs⁺吸収量も半分程度に抑えられます (Ishikawa et al., 2017)。やや周りくどい制御ではありますが、このOsSOS2を作りだせないイネのよいところは、カリウムが足りない状況においても、OsSOS2を持つ通常のイネと同様の生育を見せる点にあります。今後、放射性セシウムを吸収しにくいイネの開発において、魅力的なターゲットであると言えます。

3-2. K⁺輸送体ではない仕組みによるCs⁺の輸送システム

3-2-1 SNARE Sec22p/SEC22

パンを膨らます時に使う酵母を用いた研究から発見された仕組みです。SNARE Sec22pと名付けられたタンパク質が作れないパン酵母では、セシウムの吸収が少なくなることがわかりました (Dräxl et al., 2013)。その際、カリウム濃度には変化はなかったということです。このSNARE Sec22pと似たタンパク質が植物にもありました。SEC22と呼ばれるこのタンパク質を根や葉で作れないようにした植物では、パン酵母の場合と同様にセシウム濃度が低くなりました。葉では半分、根では1/4 ぐらい減りました。Sec22p/SEC22は細胞の体積の大半を占める液胞という細胞内小器官のセシウムの出し入れに関与していると思われます。この作用が、植物の根や葉での最終的なセシウム蓄積にどのような仕組みで影響しているのかは未解明ですが、このSNARE Sec22p/SEC22を作り出せないようにすることで、セシウム濃度の低い作物を作る試みは、今後あり得るのではと思います。

3-2-2 ATP-binding cassette (ABC) proteins, ABCG37 and ABCG33

ATP-binding cassette (ABC) トランスポーターファミリーは数十種類で構成される大きなファミリーです。それぞれ、植物体内の重要な化合物である植物ホルモンなど様々な物質を輸送します。加えて、ABCトランスポーターの中には、元素を輸送するものもあります。例えば、ヒ素 (OsABCC1

とOsABCC2 : Song et al., 2010)、カドミウムと水銀 (OsABCC1とOsABCC2 : Park et al., 2012)、カドミウム (AtABCB25 /AtATM3 : Kim et al., 2006 ; AtABCG36/AtPDR8 : Kim et al., 2007)、鉛 (AtABCG4 : Lee et al., 2005) が挙げられます。そして近年、セシウムの輸送をするものが報告されました (ABCG33とABCC37 : Ashraf et al., 2021)。

ABCG33とABCG37は、それぞれ単独での働きはそれほど大きくないのかもしれませんが、2つ揃うとセシウムを輸送していることが明確に示されています。このABCG33とABCG37のセシウム輸送は、広範囲の濃度域 (0.4 μ mol/Lから10mmol/L) において行われます。面白いことに、ABCG33とABCG37はK⁺を輸送しません。つまり、ABCG33とABCG37はCs⁺とK⁺の違いを認識できることを示しています。この2つとも作り出すことができない植物を作って調べたところ、セシウムの吸収が減少しました。興味深いことに、この作った植物のセシウム吸収減少は、植物が高カリウム状態でも低カリウム状態でも観察されました。カリウム状態がABCG33とABCG37のセシウム輸送機能に影響を与えないということは、植物においてこれらの輸送体の遺伝子を壊しても植物がカリウム欠乏にならない利点があります。逆に、これらのタンパク質をたくさん作らせる植物が作れば、その植物を栽培して土壌中のセシウムを吸収させることで土壌からセシウムを取り除くようなことができる可能性があります。

最後に

福島第一原子力発電所事故による放射性セシウムの農作物汚染は限定的であり消費者の食の安全は確保されました。暫定規制値や基準値を超えた放射性セシウムを含む農作物が市場に出回る事態を概ね避けることができたのも、検査や栽培方法など多くの関係者の努力の賜だと思います。

植物科学の研究成果から農業現場や食の安全に貢献したこととしては、「カリウム肥料を散布することで作物の放射性セシウム吸収を激減させられる理由」の根拠を科学的に示したことにあります。今後さらに研究を進めることで、放射性セシウムの吸収を抑えた作物を創りだせるでしょう。その過程で得られる知見は、今後、世界のどこか (日本も含むかもしれません) で放射性セシウムによる大規

模な環境汚染が発生した場合に活躍してくれるでしょう。とはいえ、こうした作物の出番のないことを祈りたいです。

参考文献

Alemán, F., Caballero, F., Ródenas, R., Rivero, R. M., Martínez, V., & Rubio, F. (2014). The F130S point mutation in the Arabidopsis high-affinity K⁺ transporter AtHAK5 increases K⁺ over Na⁺ and Cs⁺ selectivity and confers Na⁺ and Cs⁺ tolerance to yeast under heterologous expression. *Frontiers in Plant Science*, 5, 430. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00430>

Ashraf, M. A., Akihiro, T., Ito, K., Kumagai, S., Sugita, R., Tanoi, K., & Rahman, A. (2021). ATP binding cassette proteins ABCG37 and ABCG33 function as potassium-independent cesium uptake carriers in Arabidopsis roots. *Molecular Plant*, 14(4), 664–678. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2021.02.002>

Bange, G. G. J., & Overstreet, R. (1960). Some observations on absorption of cesium by excised barley roots. *Plant Physiology*, 35(5), 605–608. <https://doi.org/10.1104/pp.35.5.605>

Collander, R. (1941). Selective absorption of cations by higher plants. *Plant Physiology*, 16(4), 691–720. <https://doi.org/10.1104/pp.16.4.691>

Dräxl, S., Müller, J., Li, W. B., Michalke, B., Scherb, H., Hense, B. A., Tschiersch, J., Kanter, U., & Schäffner, A. R. (2013). Caesium accumulation in yeast and plants is selectively repressed by loss of the SNARE Sec22p/SEC22. *Nature Communications*, 4(1), 2092. <https://doi.org/10.1038/ncomms3092>

Ishikawa, S., Hayashi, S., Abe, T., Igura, M., Kuramata, M., Tanikawa, H., Iino, M., Saito, T., Ono, Y., Ishikawa, T., Fujimura, S., Goto, A., & Takagi, H. (2017). Low-cesium rice: mutation in OsSOS2 reduces radiocesium in rice grains. *Scientific Reports*, 7(1), 2432. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-02243-9>

Kim, D., Bovet, L., Maeshima, M., Martinoia, E., & Lee, Y. (2007). The ABC transporter AtPDR8 is a cadmium extrusion pump conferring heavy metal resistance. *The Plant Journal*, 50(2), 207–218. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2007.03044.x>

Kim, D.-Y., Bovet, L., Kushnir, S., Noh, E. W., Martinoia, E., & Lee, Y. (2006). AtATM3 is involved in heavy metal resistance in Arabidopsis. *Plant Physiology*, 140(3), 922–932. <https://doi.org/10.1104/pp.105.074146>

Kim, E. J., Kwak, J. M., Uozumi, N., & Schroeder, J. I. (1998). AtKUP1: An Arabidopsis gene encoding high-affinity potassium transport activity. *The Plant Cell*, 10(1), 51–62. <https://doi.org/10.1105/tpc.10.1.51>

Lee, M., Lee, K., Lee, J., Noh, E. W., & Lee, Y. (2005). AtPDR12 contributes to lead resistance in Arabidopsis. *Plant Physiology*, 138(2), 827–836. <https://doi.org/10.1104/pp.104.058107>

Li, X., Borsics, T., Harrington, H. M., & Christopher, D. A. (2005). Arabidopsis AtCNGC10 rescues potassium channel mutants of *E. coli*, yeast and Arabidopsis and is regulated by calcium/calmodulin and cyclic GMP in *E. coli*. *Functional Plant Biology*, 32(7), 643–653. <https://doi.org/10.1071/fp04233>

Nieves-Cordones, M., Mohamed, S., Tanoi, K., Kobayashi, N. I., Takagi, K., Vernet, A., Guiderdoni, E., Périn, C., Sentenac, H., & Véry, A. (2017). Production of low-Cs⁺ rice plants by inactivation of the K⁺ transporter OsHAK1 with the CRISPR-Cas system. *The Plant Journal*, 92(1), 43–56. <https://doi.org/10.1111/tpj.13632>

Park, J., Song, W., Ko, D., Eom, Y., Hansen, T. H., Schiller, M., Lee, T. G., Martinoia, E., & Lee, Y. (2012). The phytochelatin transporters AtABCC1 and AtABCC2 mediate tolerance to cadmium and mercury. *The Plant Journal*, 69(2), 278–288. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2011.04789.x>

Pyo, Y. J., Gierth, M., Schroeder, J. I., & Cho, M. H. (2010). High-affinity K⁺ transport in Arabidopsis: AtHAK5 and AKT1 are vital for seedling establishment and postgermination growth under low-potassium conditions. *Plant Physiology*, 153(2), 863–875. <https://doi.org/10.1104/pp.110.154369>

Qi, Z., Hampton, C. R., Shin, R., Barkla, B. J., White, P. J., & Schachtman, D. P. (2008). The high affinity K⁺ transporter AtHAK5 plays a physiological role in planta at very low K⁺ concentrations and provides a caesium uptake pathway in Arabidopsis. *Journal of Experimental Botany*, 59(3), 595–607. <https://doi.org/10.1093/jxb/erm330>

Rai, H., Yokoyama, S., Satoh-Nagasawa, N., Furukawa, J., Nomi, T., Ito, Y., Fujimura, S., Takahashi, H., Suzuki, R., Yousra, Elm., Goto, A., Fuji, S., Nakamura, S., Shinano, T., Nagasawa, N., Wabiko, H., & Hattori, H. (2017). Cesium uptake by rice roots largely depends upon a single gene, HAK1, which encodes a potassium transporter. *Plant and Cell Physiology*, 58(9), 1486–1493. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcx094>

Song, W.-Y., Park, J., Mendoza-Cózatl, D. G., Suter-Grotemeyer, M., Shim, D., Hörtensteiner, S., Geisler, M., Weder, B., Rea, P. A., Rentsch, D., Schroeder, J. I., Lee, Y., & Martinoia, E. (2010). Arsenic tolerance in Arabidopsis is mediated by two ABCC-type phytochelatin transporters. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(49), 21187–21192. <https://doi.org/10.1073/pnas.1013964107>

White, P. J., & Broadley, M. R. (2000). Tansley Review No. 113. *The New Phytologist*, 147(2), 241–256. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2000.00704.x>

Zhu, Y. G., & Smolders, E. (2000). Plant uptake of radiocesium: a review of mechanisms, regulation and application. *Journal of Experimental Botany*, 51(351), 1635–1645. <https://doi.org/10.1093/jexbot/51.351.1635>

著者プロフィール

1976年栃木県生まれ。1999年3月東京大学農学部卒、2003年6月東京大学大学院農学生命科学研究科中退、東京大学生物生産工学研究センター助手(後に助教)、2012年2月東京大学大学院農学生命科学研究科 准教授、2015年12月科学技術振興機構さきがけ研究者(兼任：～2019年3月)2018年5月東京大学大学院農学生命科学研究科 教授。現在に至る。博士(農学)「イネにおけるマグネシウム吸収機構解析-放射性同位体の製造とトレーサー利用-」。2003年から東京大学農学部放射線取扱主任者に選任。非密封RIの管理を行ってきた。研究では、放射性トレーサーを用いた植物体内物質動態研究の他、2011年以降は福島第一原子力発電所事故による森林・農地環境汚染調査研究を実施している。



令和5年度 医療放射線防護連絡協議会の開催案内

医療放射線防護連絡協議会 会長 菊地 透

◆令和5年度年次大会：第34回「高橋信次記念講演・古賀祐彦記念シンポジウム」の開催

日 時：12月8日(金) 13:30～17:00

会 場：東京都内(対面開催) 後日WEB視聴配信(2週間)

テーマ：「放射線診療従事者の被ばく線量管理の今後を考える」

1. 教育講演 演題「等価線量評価の今後」

講演者：小田啓二(神戸大学 名誉教授)

2. 高橋信次記念講演 演題「被ばく線量管理の経験と今後の課題」

講演者：吉澤道夫(放射線計測協会)

3. 古賀祐彦記念シンポジウム テーマ「今後の等価線量評価を考える」

①医療領域の立場から

②保健物理の立場から

③個人線量測定機関協議会の取り組み

4. 総合討論 テーマ「今後の放射線診療従事者の線量評価について」

5. 参加費：3,500円

◆医療放射線安全管理講習会の開催

今年も参加者の利便性を考えオンラインで、「令和2年度の医療法施行規則改正に適切に対応する」を開催します。なお、今回は最近の医療領域の放射線安全管理規制改正に伴い、2023年に当協議会の「医療領域の放射線管理マニュアル」改訂版(定価：3,500円)を発行しましたので、参加費5,000円に含めて参加者に無料配布します。

日 時：①第75回(1回目) 令和5年10月14日(土) 13:30～16:30(ライブ配信)

②第76回(2回目) 令和5年11月11日(土) 13:30～16:30(ライブ配信)

③WEB視聴配信 総合討論を整理して11月27日(月)から1か月間

◆第45回「医療放射線の安全利用」フォーラムの開催

日 時：令和6年2月10日(土) 13:30～16:20 オンライン開催

テーマ：「放射線診療におけるタスクシフトにおける放射線安全の課題」

◆開催詳細 HP：<http://jarpm.kenkyuukai.jp/information>を参照下さい。



お客様へのお知らせ

ガラスバッジWebサービスを立ち上げるとメニュー画面が表示されます。この画面から下にスクロールしていただくと、弊社からお客様へのお知らせが表示されます。ここには、ガラスバッジWebサービスを利用しての変更処理の締切期日や、大切なお知らせを掲載しておりますので、お手数ですが御覧いただけますと幸いです。



お知らせ

- | | | |
|------------|----|---|
| 2023/08/02 | | 誠に勝手ながら、2023年8月11日～8月20日の期間は弊社の休業日とさせていただきます。休業日中はメンテナンスのため、ガラスバッジWebサービスを臨時に停止する場合がございます。皆様にはご不便をおかけいたしますが、どうぞよろしくお願い申し上げます。 |
| 2023/03/07 | 重要 | 2023年4月使用分よりDOSIRISのラベルをカラー化し、ガラスバッジ・ガラスリング同様にカラー運用いたします。また、DOSIRIS発送トレイも改良したものにさせていただきます。 |
| 2022/11/03 | 重要 | 現在ご使用中の方に線量計を追加登録をされる場合は【ご使用者の追加】画面ではなく、【ご使用線量計の追加】画面をご使用ください。 |
| 2023/07/10 | | ガラスバッジWebを利用しての変更処理（2023年09月使用開始日分）は08月08日までにお願いいたします。（10669740001） |
| 2023/07/10 | | 使用者の休止については「線量計の中止・休止・休止の再開」画面で簡単に行うことができます。 |

サービス部門からのごあんない

ガラスバッジを失くしてしまった！こんなときは…

平素より弊社のガラスバッジサービスをご利用いただきまして誠にありがとうございます。
今回はガラスバッジを紛失してしまった際のご案内をいたします。

！ガラスバッジを失くしてしまったら！

➡直ちにガラスバッジ専用お問い合わせフリーダイヤル0120-506-997もしくは最寄りのガラスバッジ担当事務所へご連絡ください。替わりのガラスバッジをご用意いたします。(有償)

！失くしたガラスバッジが見つかった！

➡紛失したガラスバッジが見つかった場合は、速やかに測定依頼してください。
なお、ご使用期間終了日から3か月を経過した線量計は、測定不能「E」となりますのでご了承ください。

！ガラスバッジを失くしたために、測定結果のない期間ができてしまった！

➡ガラスバッジの紛失により、測定結果(値)が欠損したり、測定不能「E」となった場合は、線量の登録・変更を行うことができますので、最寄りのガラスバッジ担当事務所へご連絡ください。



編集後記

- 10月26日、原子力の日、加藤和明先生が示されている動力試験炉JPDRの初発電の日であり、また我が国が国際原子力機関（IAEA）に加盟するための署名をした日でもあります。自主、民主、公開の原則のもと原子力の研究、開発、利用が活発に進められるよう、日本原子力研究開発機構、量子科学技術研究開発機構、大学をはじめ多くの機関での公開行事が待たれます。
- 荻野賢司先生による、化学だいすきクラブの活動と化学の日、化学週間にも言及されている記事が、全国様々なところで行われる多様な体験型活動を探し、参加するきっかけになってくれればと思います。先ずは知ることですから。
- 中川恵一先生のコラムは、人生100歳時代を迎える示唆の塊です。老害と嫌われないように健やかに長生きしましょう。
- この春に福島で開催された国際放射線単位測定委員会

(ICRU)のICRU2023シンポジウムでの「福島復興と放射線計測」の議論は、来月に東京お台場で開催される国際放射線防護委員会(ICRP)のICRP2023シンポジウムでの大きなインプットと期待されます。また、年末の医療放射線防護連絡協議会での議論でも活用されることは間違いありません。これらの議論は、次のICRP勧告に集約されるべく、正に今を盛りに熱く展開されることでしょう。

- 田野井慶太郎先生の植物とセシウムの話は、耐環境性に優れた農作物の獲得においても重要な示唆を与えてくれるようで興味深いものです。福島第一原子力発電所事故という大惨事をきっかけとしているものの、セシウムの挙動を集中的に観察できたことは、分子レベルでの植物生態の理解が今後多方面で展開する可能性を秘めています。引き続きの成果に期待したいところです。(青山 伸)

FBNews No.562

発行日／2023年10月1日

発行人／井上任

編集委員／小山重成 小口靖弘 中村尚司 野村貴美 古田悦子 青山伸 福田達也 藤森昭彦
篠崎和佳子 高橋英典 東元周平 廣田盛一 丸山百合子 山口義樹

発行所／株式会社千代田テクノ

所在地／〒113-8681 東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル

電話／03-3252-2390 FAX／03-5297-3887

<https://www.c-technol.co.jp/>

印刷／株式会社テクノサポートシステム

—禁無断転載— 定価400円(本体364円)