

- トップコラム／名古屋大学大学院生命農学研究科 教授・RI総合センター センター長 竹中 千里
- スーパーカミオカンデのこれまでとこれから／〔シリーズ4〕世界のニュートリノ実験
- 航空機搭乗者の宇宙線被ばく管理／〔その2〕航路線量計算システムJISCARD
- お願い／報告書の保管について
- お知らせ／令和元年度 放射線安全取扱部会年次大会(第60回放射線管理研修会)
- 製品紹介／眼の水晶体被ばく線量測定〈ビジョンバッジ〉



竹中 千里

山菜と放射性セシウム

2011年3月の東京電力福島第一原子力発電所の事故から、すでに8年が経過しました。事故直後から市民の注目を集めたのは、食品としての農林水産物の放射能汚染でした。事故直後の2011年3月19日から、厚生労働省のホームページで、さまざまな食品中の放射性物質濃度が公開されるようになりました。そのデータを見ていくと、高濃度で放射性セシウムが検出された食品は季節とともに変わっていったことがわかります。2011年の3、4月にはほうれん草や小松菜のような葉物野菜が、5、6月になるとタケノコ、茶、原木シイタケ、コゴミなどが、9月以降になるとキノコ類が高濃度に放射性セシウムを含んでいました。事故2年目になると、葉物野菜からはほとんど検出されず、山菜類(キノコ類、コゴミ、ゼンマイ、タラノメ、コシアブラ等)に高濃度の放射性セシウムが含まれることがわかってきました。ほとんどの食品に放射性セシウムが検出されなくなった今でも、福島県の一部の地域では山菜の出荷停止が続いています(林野庁HP)。

森林をフィールドとして物質循環を研究している私の研究室では、事故直後から放射能汚染地域の森林から採取したさまざまな試料の放射能測定を行ってきました。その中で、特に興味深いデータが得られたのが、コシアブラです。コシアブラは、ウコギ科の木本植物で、その新芽は春の山菜として大変人気のある食材です。この植物が私たちの興味を引いた理由は、事故1年目の葉にはあまり放射性セシウムが含まれていなかったのに、2年目、3年目に葉中濃度が際立って高くなってきたことです。この現象から、1年目に高濃度に放射性セシウムが検出された他の植物では、植物体の表面からの吸収が主要な汚染経路だったのに対し、2年目以降に濃度が高くなったコシアブラのような植物は、根から

の放射性セシウム吸収能力が高いと推測されました。コシアブラには安定セシウム(^{133}Cs)も他植物と比較して高い濃度で含まれているので、そもそもセシウム吸収能力が高い植物であるといえます。

コシアブラはなぜセシウムを高濃度に吸収できるのか、そのメカニズムを追究する研究をここ数年行ってきました。その結果、根に共生している菌根菌がセシウム吸収に大きな役割を果たしているのではないかと考えています。菌根菌は菌類の一種で非常に細い菌糸を土壤中に伸ばして、共生する植物のリン酸やカリウムといった養分吸収を助ける役目を担っています。現地調査で得られたコシアブラの根に共生しているアーバスキュラー菌根菌(AM菌)の感染率と葉中放射性セシウム濃度に関係がみられたこと、またポット実験において根そのものは通さず菌糸しか通さない細かな目のネットを介して、放射性セシウム汚染土壌とコシアブラの根を接触させて生育した場合でも葉中にセシウムが検出されたこと、などが「菌根菌主犯説」の根拠です。コシアブラでは、カリウム吸収に関わる菌根菌がセシウム吸収を担っているのではないかと推察しています。実際に、コシアブラの地上部のカリウム濃度と放射性セシウム濃度には、相関性が見いだされています。

放射性セシウム濃度が現在も高い食材のひとつであるキノコは菌類の子実体で、菌根菌も菌類の一種です。菌根菌といえば、コゴミやゼンマイといったシダ植物も菌根菌が根に共生していますし、タラノメはコシアブラと同じウコギ科の樹木タラノキの新芽です。タラノキの根の詳細な観察データはありませんが、コシアブラと同様の菌根菌が共生している可能性はあると思われます。

このように見ていくと、いまだに山菜で放射性セシウム濃度が高い理由として、「菌根菌主犯説」はかなり有望ではないでしょうか。今後、この菌根菌の種類を同定して植物に接種することにより、放射性セシウムをさらに高濃度に集積する植物を生育することができれば、植物を用いた除染も可能ではないかと考えています。

たけなか ちさと (名古屋大学大学院生命農学研究科 教授・RI総合センター センター長)

プロフィール●東京生まれ。名古屋大学大学院理学研究科博士後期課程大気水圏科学専攻を修了。(株)富士通研究所の研究員を経て、1991年から名古屋大学農学部勤務。現在の専門は、森林環境化学。森林生態系内の物質循環を主たるテーマとしている。特に、重金属元素を対象に高濃度集積植物の探索とその環境浄化への応用に取り組んでいる。福島第一原発事故後は、福島の森林における放射性セシウムの動態に関する研究も行っている。2017年より名古屋大学アイソトープ総合センター長を兼務。

スーパーカミオカンデのこれまでとこれから

〔シリーズ4〕世界のニュートリノ実験

東北大学 ニュートリノ科学研究センター 教授 岸本 康宏



皆さん、こんにちは。前回の説明で、ニュートリノの不思議な性質の数々とそれらを調べる理由を説明しました。世界では、この不思議なニュートリノの謎に迫ろうと様々な実験が行われています。今回は、その中でも日本で行われている実験のいくつかを概説します。

T2K実験 (Tokai To Kamioka実験)

T2K実験では、茨城県東海村にある大強度陽子加速器施設で生成した大強度ニュートリノビームをスーパーカミオカンデで観測しています。

人工のニュートリノを使うとエネルギー、種類、量が非常に正確に分かるため、より正確にニュートリノ振動を調べることができます。特に、ニュートリノと反ニュートリノを別々に実験できます。2016年、T2K実験は、ニュートリノと反ニュートリノでニュートリノ振動の様子が異なる兆候を捉えました。

この兆候の意味は何でしょうか。図1は、宇宙が生まれた直後の様子を表しています。粒子と反粒子は、光を通じて常に同じ数です。しかし、この宇宙には粒子しかありません。



図1：宇宙初期の様子

粒子と反粒子から光が生成され(左図)、
光から粒子と反粒子が生成されていた(右図)。
このままでは、宇宙に物質は残らない。

T2Kが捉えた兆候は、この大きな謎を解く第一歩かもしれません。これからのT2Kの成果に期待しましょう。

カムランド実験、カムランドー禅実験

カムランド実験は、1,000トンの液体シンチレータを用いた実験です。シンチレータは放射線が入射すると光を発する物質です。カムランド実験装置は、スーパーカミオカンデと同じく神岡地下1,000メートルに設置された、世界最大のシンチレータです。

カムランド実験では、原子炉や地球内部からのニュートリノを主に研究しています。カムランド実験の大きな成果の1つは「太陽ニュートリノ問題」の解決です。この問題は、太陽からニュートリノが予想の半分程度しかないという問題です。我々の太陽のエネルギー源が予測の半分しかないとしたら、大変な問題です。カムランドは、原子炉からのニュートリノのニュートリノ振動を発見し、その振動の様子を

調べることで、この問題を解決したのです。

また、カムランドでは、2005年、地球からのニュートリノの世界初観測に成功しました。地球は、火山の爆発、地殻の変動など盛んに活動しています。この巨大なエネルギー源の半分弱は、ウラン、トリウム等の β 崩壊の熱と考えられていました。カムランドは、ニュートリノを観測し、この仮説を実験的に確認しました。今後、目では直接に見ることができない地球内部の様子を、ニュートリノを使って詳しく調べることが出来ると期待されています。

カムランドー禅実験は、カムランド実験の液体シンチレータに同位体濃縮したキセノン(質量数136)を溶解した実験です。キセノン136は、図2左の二重ベータ崩壊する原子核です。これに加えて、図2右のモードが予言されています。この未発見の崩壊は「ニュートリノは粒子と反粒子の区別がつかない」¹⁾時に起こります。この性質も、図1の粒子・反粒子の不均衡と密接に関連しているとされており、世界中で熾烈な競争となっています。現在、カムランドー禅実験は、世界最高の感度を誇っており、世界初の発見が期待されます。

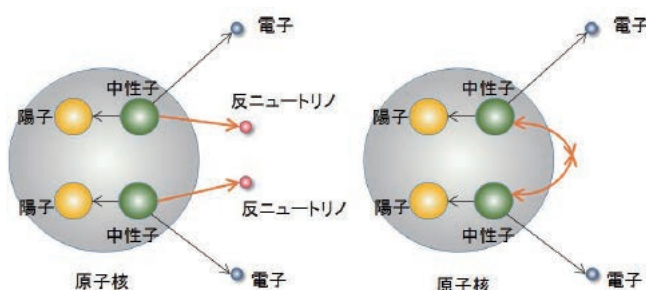


図2：二重ベータ崩壊

左図は通常モードで、2つの電子と反ニュートリノが放出される。

右図はニュートリノを伴わない、未発見のモード。

その他

この他、超高エネルギーニュートリノを南極の氷を用いて観測するIce Cube実験、なぜそんなに小さいのか分からないほど小さいニュートリノ質量を直接的に測定しようとするKATRIN実験など、世界では多くのニュートリノ実験があります。興味を持たれた読者は、Webなどで調べてみてください。世紀の大発見の情報をより早くキャッチできるかもしれませんよ。

1) より正確に記せば、「座標系(見方)が変わると粒子・反粒子が反転する」という性質です。

航空機搭乗者の宇宙線被ばく管理

(その2) 航路線量計算システム JISCARD

広島大学 原爆放射線医科学研究所 保田 浩志

量子科学技術研究開発機構 量子医学・医療部門 矢島 千秋



保田 浩志



矢島 千秋

1. JISCARDとは

航路線量計算システムJISCARD (Japanese Internet System for the Calculation of Aviation Route Doses)は、航空機

搭乗時に宇宙線によって受ける被ばく線量(いわゆる航路線量)や関連する情報を日本の方々に提供することを目的として、放射線医学総合研究所(当時)において開発されたウェブツール群である。最初の公開は2005年9月で、その後機能の拡充や改良を加えながら継続して運用され、現在は独立のサーバ上で量子科学技術研究開発機構のサポートを受けつつ運用されている。

JISCARDのトップページ(図)には、国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT)の協力による宇宙天気情報へのリンク、日常生活で受ける被ばくに関する説明動画へのリンクなどが提示されている。「航路線量計算」ページに移動すると、JISCARD Flash版を用いた簡単な操作により航路線量計算を実施することが可能である。その他、航空機高度の宇宙線環境、太陽フレアの影響、航路線量の計算方法などの関連情報、用語集などが提供されている。



図: JISCARDのトップページ
(<http://jiscard.jp>)

2. JISCARD Flash版とJISCARD EX

JISCARDが最初に公開されたときは、航路線量の計算には米国のコード(CARI-6)が使用されていたが、2008年には原子力機構の佐藤らが開発した大気圏内宇宙線線量率を簡便に計算するモデル(PARMA)¹⁾を取り入れ、国産のシステムと呼べるものになった。また、Microsoft Excel上において詳細な航路データ(緯度、経度、高度)に応じた柔軟な線量計算が可能なプログラムJISCARD EXが開発され、その個人向けバージョンJISCARD EX Personal Editionが提供されるとともに、JISCARD EXを用いた本邦航空会社の乗務員の被ばく管理が開始された²⁾。この際、ICRPの2007年勧告で提示された新しい放射線加重係数が取り入れられた。

2012年には、HTML版の航路線量計算プログラムが現行のFlash版に更新され、世界の約1000の空港から発着空港を自由に指定することができるように

なり、利便性が大きく向上した。航路線量計算は、飛行航路、飛行高度、飛行時期の情報に基づいて行われる。このFlash版では、発着空港を選択するだけで、地球表面上を最短に飛行する標準的な飛行航路(大円ルート)が設定され、飛行高度は、離陸から巡航高度まで15分、巡航高度は一定(代表高度:36,000ft=約11km)、巡航高度から着陸まで20分とする条件で与えられる。また、線量計算には、発着日(飛行時期)の太陽磁場の強さを表すパラメータが用いられており、太陽磁場の変動が宇宙線の強度分布に与える影響も考慮されている。このパラメータは地上の中性子モニタの実測データから導出されており、JISCARDでは定期的に値を更新しているが、更新日より将来の飛行時期に対する計算には近似予測値が用いられている。

例として、2019年4月下旬を発着日としてJISCARD Flash版による航路線量計算を行ってみると、東京～ニューヨーク往復(飛行時間合計27時間19分)で0.145mSv、東京～バンクーバー往復(飛行時間合計19時間25分)で0.083mSv、東京～シドニー往復(飛行時間合計18時間52分)で0.031mSv、大阪～パリ往復(飛行時間合計24時間27分)で0.121mSvとなった。東京～バンクーバー往復の航路線量が、飛行時間が同程度である東京～シドニー往復の航路線量の2倍以上の値を示しているのは、宇宙線の強度が高緯度ほど高くなるためである。

3. 今後の展望

高エネルギーの宇宙線による被ばくが人体にもたらす影響にはまだ相当の不確かさがあり、今後の研究で得られる知見によって線量評価の方法が見直される可能性もある。今後も、関連の調査研究の進展を見ながら、JISCARDの改良・拡張をタイムリーに行っていきたいと考えている。一方、Flashの衰退などウェブアプリケーションの技術的環境の変化に対応していくことも重要な課題で、まずは2019年度中に、航路線量計算プログラムの“脱Flash化”を実現することを目指している。

【参考文献】

- 1) Sato T., et al.: Radiat. Res., 170:244-259, 2008.
- 2) Yasuda H., et al.: Radiat. Prot. Dosim., 146:123-125, 2011.

お願い

報告書の保管について

(お問い合わせ: お客様サポートセンター)
Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8440

個人被ばく線量の測定・算定記録の保存期間は、電離放射線障害防止規則において30年間、放射線障害防止法においては永久保存と定められています。(5年経過後の一部特例を除く)

報告書が届きましたら、線量をご確認いただき、着用を中止された方、退職された方の分も含め、「外部被ばく線量測定算定報告書」はそれぞれの事業所で大切に保管してください。

また、報告書の紛失等により再発行が必要な場合は当社までご連絡ください。但し、再発行につきましては別途発行手数料が発生しますので何卒ご了承ください。

◆再発行手数料

基本料金2,000円+報告数(バッジ毎)×10円

※税別

お知らせ

令和元年度 放射線安全取扱部会年次大会 (第60回放射線管理研修会)

開催日: 令和元年10月24日(木)、25日(金)

会場: 倉敷市芸文館(岡山県倉敷市中央1-18-1)

JR倉敷駅徒歩20分

参加費: 事前登録 6,000円 当日登録 7,000円

交流会事前登録 5,000円 当日登録 6,000円

プログラム概要(予定)

◆前日にプレイベントとして「人形峠見学会」を企画しています。

〈特別講演〉シンポジウム3題を予定しています。

シンポジウムでは「放射線施設の緊急時対応(仮題)」や法令改正関連の話題を企画中です。特別講演では原子力規制庁の担当官、中村栄三氏(岡山大学惑星物質研究所)、小野俊朗氏(岡山大学特命教授)をお招きし、ご講演いただく予定です。

【連絡先】:

(公社)日本アイソトープ協会放射線安全取扱部会事務局

〒113-8941 東京都文京区本駒込2-28-45

Tel.03-5395-8081 Fax.03-5395-8053

E-mail gakujuutsu@jrias.or.jp

・詳しくはホームページをご参照ください。

(https://www.jrias.or.jp/annual_meeting/index.html)

製品紹介

眼の水晶体被ばく線量測定

ビジョンバッジ



ビジョンバッジは、防護メガネによる遮蔽の効果を反映した眼の水晶体の3mm線量当量を測定するために開発された線量計です。検出素子にはリングバッジと同じTLDを採用しており、小型・軽量で視界を邪魔せず、防護メガネへの取付け・取外しを容易に行うことが可能です。

注) 眼の水晶体の等価線量限度引き下げは、今後の法令改正で予定されています。

【ビジョンバッジサービスのお問い合わせ】

営業課 Tel.029-839-3322

編集後記



NLだよりは500号の発行となりました。これまで執筆いただいた先生方、編集業務を担当した職員、そして愛読されてきた読者の皆様に厚く感謝を申し上げます。

ところで環境中に放出された放射性セシウム(Cs)の挙動は、大学等様々な分野で研究が進められ、その実態がより詳細に解明されつつあります。土に沈着した

放射性Csは、カリウムと同じアルカリ金属なので、同様に植物に吸収されると思われましたが、調査研究によりCsは粘土鉱物に吸着されやすく、特に雲母鉱物由来の粘土は時間の経過とともに固定化し、植物に吸収され難い形になることが分かり、除染に活用されてきました。現在、福島のはとんどの農作物にCsは検出されず安全ですが、野生キノコも安心して食べられる日が早く来ますように! (T.I.)

長瀬ランダウア(株)ホームページ・Eメール

<https://www.nagase-landauer.co.jp>
E-mail: mail@nagase-landauer.co.jp

■当社へのお問い合わせ、ご連絡は

本社 Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8440

大阪 Tel.06-6535-2675 Fax.06-6541-0931

NLだより No.500
2019年(8月号)

毎月1日発行 発行部数: 39,400部

発行 長瀬ランダウア株式会社
〒300-2686

茨城県つくば市諏訪 C22 街区 1
の場 洋明