

放射性物質の分析が支える影響評価

環境動態研究部
主任研究員

高 久 雄 一



六ヶ所村にある、日本原燃の大型再処理施設からは、各種の試験の開始に伴って、何種類かの放射性核種が計画放出されています。青森県及び日本原燃は、これらの放射性物質によって周辺住民の受ける線量が、一般公衆の線量限度（1mSv/年）よりも十分低くなっていることを確認するために、事業所周辺における空間の放射線量の測定や、農畜産物、土壌、海産生物、海水や海底土などの環境試料について放射性核種分析・評価を行っており、用いる分析手法や測定頻度は全国的に統一して定められています（環境モニタリング）。環境モニタリングにおいてしばしば、検出されず（ND）という表現が使われていますが、これは、用いられている分析手法では検出されなかった（検出下限以下）ということであり、対象の放射性核種が環境中に存在していないという意味ではなく、検出限界値以上は存在していないことを意味しています。その為、モニタリングにおいて検出下限以下であったとしても、もっと高感度な分析法を用いれば、検出可能な場合が多くあります。これは、環境モニタリングが、住民及び周辺環境に影響を及ぼす量の放射性核種が環境中に存在していないことを継続的に監視する為の作業であり、その為に必要十分な分析手法を採用しているためです。しかし、再処理施設の稼働によって放出された放射性物質の将来の環境影響を考察するには、極低濃度の放射性物質の環境中での挙動、蓄積状況などを継続して測定しておくことが必要になります。環境動態研究部では、再処理施設からの放出放射性核種に加えて、環境中に存在する天然放射性核種や安定同位元素及び核実験起源の放射性核種についての地域における挙動調査を行い、それらの調査結果に基づいて放射性物質の中長期的・現実的線量評価モデルの開発をめざしています。そのためには、環境中での濃度が低い放射性物質を高感度分析法によって測定しなければなりません。そこで、トリチウム（ ^3H ）の分析では、少ない試料で分析ができるようにするため、 ^3H が放射壊変することによって生成されるヘリウム-3（ ^3He ）の量を質量分析計で定量する方法を導入しました。

微量の放射性核種を測定することは、直ちに人への影響を評価する目的ではなく、放射性物質の環境移行モデルの精度を高めることにつながります。また、トリチウムでみられるような、環境中に存在するときの化学形態（HTO、HT、 CH_3T など）を判別することがモデルの精度向上に関係してきます。今後、モデルを使って環境での放射性物質の挙動予測を行うことが、再処理施設からの影響を評価する上で必要になります。放射性物質の分析技術は、影響評価を縁の下で支えるような立場にあり、正確かつ緻密な分析ができるように方法を考え、必要な改良、開発を継続することは重要です。

作物中の炭素同位体の存在比を推定する

環境シミュレーション研究部 谷 亨



青森県六ヶ所村の核燃料再処理施設から放出される主要な放射性核種の1つとして、放射性炭素 (^{14}C) が挙げられます。 ^{14}C のほとんどは二酸化炭素として大気中に放出されるので、施設の近郊で栽培されている作物には、光合成によって ^{14}C が取込まれることとなります。したがって、ヒトの被ばく線量評価のためには、作物の可食部に含まれる全炭素量のうち ^{14}C がどのくらいの割合で存在するか (^{14}C 存在比) を推定することが必要になります。

これまでは、可食部の ^{14}C 存在比は大気の ^{14}C 存在比の年間平均と等しくなると仮定されてきました。しかし、少なくとも次の2つの要因によって、可食部の ^{14}C 存在比は大気の ^{14}C 存在比の年間平均とは異なる可能性があると考えられます。一つは同位体分別と呼ばれる、気孔を介した葉の外から中への CO_2 の拡散や葉の細胞内での CO_2 固定反応の過程で起こる同位体の比率の変化です。二酸化炭素には炭素の質量が異なった3種類の同位体 (軽い順に $^{12}\text{CO}_2$ 、 $^{13}\text{CO}_2$ 、 $^{14}\text{CO}_2$) が存在しますが、重い同位体ほど拡散速度や化学反応速度が遅くなります。そのため、光合成の過程で同位体分別が起こり、作物では ^{13}C や ^{14}C の存在比が大気よりも低くなります。もう一つは、収穫時の可食部の全炭素 (収穫されるまでの期間、日ごとの固定された炭素量の総和) に対する一日に固定された炭素 ($^{12}\text{C}+^{13}\text{C}+^{14}\text{C}$) の比率 (寄与率) が、日によって変化することです。可食部の ^{14}C 存在比は、日ごとの大気の ^{14}C 存在比を光合成による同位体分別の効果で補正した値とその日の寄与率の積を、収穫までの期間分足しあわせることで計算されます。したがって、寄与率が日によって変化すると、可食部の ^{14}C 存在比は大気の ^{14}C 存在比の時間変化パターンに依存して変化することになります。

現在のところ、同位体分別についてのデータは数多くあります。しかし、寄与率が日によってどのように変化するのかというデータは不足しています。そこで環境シミュレーション研究部では、主要作物であるイネの玄米を対象として、収穫時の玄米の全炭素に対する一日に固定された炭素の寄与率のデータを取得しました (図参照)。さらに、可食部の ^{14}C 存在比が大気の ^{14}C 存在比の年間平均と等しくなるという上記の仮定の妥当性を評価するために、放射線を出さず、分別による同位体比の変化率が ^{14}C の0.5倍であることが知られている ^{13}C をトレーサとして実験を行いました。具体的には、 ^{13}C 存在比が時間変化する大気条件でイネを栽培し、生育期間を通しての大気の ^{13}C 存在比の平均値と収穫時の玄米の ^{13}C 存在比を比較しました。その結果、生育期間を通しての大気の $\delta^{13}\text{C}^*$ の平均値 (-5.2‰) を玄米の $\delta^{13}\text{C}$ の推定値とすると、実際の玄米の $\delta^{13}\text{C}$ (-30.9‰) を過大評価してしまうことが分かりました。一方、同位体分別と寄与率の時間変化を考慮に入れた玄米の $\delta^{13}\text{C}$ の推定値は -28.1‰ となり、実際の玄米の $\delta^{13}\text{C}$ に近い値になりました。したがって、作物可食部における ^{14}C 存在比の推定においても、このように同位体分別と寄与率の時間変化を考慮に入れることで、より現実的な推定値が得られると期待しています。

* $\delta^{13}\text{C}$ は測定試料の炭素同位体比 ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) を千分率 (%) で表した値であり、 $\delta^{13}\text{C} = \{R(\text{試料})/R(\text{標準物質}) - 1\} \times 1000$ という式で計算される。ここでRは $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ であり、R (標準物質) の値は0.011237である。

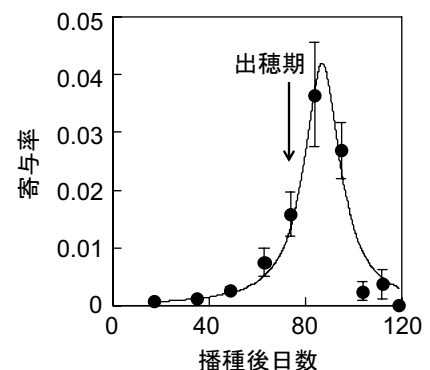


図. 収穫時の玄米の全炭素に対する異なる播種後日数に固定された炭素の寄与率

第148回環境研セミナー

日時：平成19年6月20日

講師：熊本大学大学院 自然科学研究科

教授 嶋田 純氏

演題：火山岩流域における広域地下水流動の実態
解明

我が国に広く分布する火山岩地帯（火砕流、溶岩等から構成）における地下水流動及び水資源量の把握にあたって、流域における岩盤ボーリング及び涵養、河川流量、比抵抗測定値、及び海岸部での海底湧水量等の情報をもとに地下水流動モデルを構築して総合的に解析すべきであるという考えを踏まえて、熊本県宇土半島の火山岩流域における地下水流動研究を一例に挙げて紹介いただいた。

研究対象流域には火山活動によって半島に噴出した火山岩が広く分布し、これらの火山岩を帯水層とする豊富な地下水が存在し、流域内の河川を通じて流出する。また、流域末端の海岸部での地下水は、ボーリング結果から上昇フラックスがあり、これが海岸部での海底湧水を形成していることが判明した。さらに、流域内の湧水や井戸水の ^{14}C 及び ^3H を用いた年代測定より、地下水の滞留時間を求め、おおよその帯水層の容量を把握することができた。これらの水循環に関わる様々な実測値を用いて3次元地下水流動モデルを構築し、



嶋田 純氏

流域を総合的に評価することによって、今後の流域開発や灌漑の管理等について有益な情報を提示することができ、さらにそこから新たな知見を導くこともできると考えられる。

最後に、環境研においても尾駮沼流域における物質移行モデルの構築を進めており、本セミナーとは地質条件は異なるものの、研究手法などの面で有意義な知見が得られた。

(植田 真司)

第149回環境研セミナー

日時：平成19年8月24日

講師：国立健康・栄養研究所

国際産学連携センター

生物統計プロジェクト

プロジェクトリーダー 水野正一氏

演題：15カ国の原子力施設作業者の健康影響調査
についてその内容と放射線防護上の意味

とくに低線量・低線量率放射線の影響を考える上での留意点

2005年と2007年に公表された放射線作業従事者を対象とした放射線影響についての国際共同研究の解析結果について解説して頂いた。これは日本を含む疫学専門家や原子力事業者が低線量率・低線量の放射線影響を科学的に解析し評価することを目的として、米国、英国、カナダ、フランス等の核兵器製造施設及び日本を含む原子力発電所、核燃料濃縮・製造施設等の従事者約60万人のデータから、1年以上従事し、外部被ばく線量記録があり、内部被ばくや中性子被ばくの可能性がある約40万人を解析対象としている。累積被ばく線量は90%が50mSv以下と低い線量域に集中し、平均で19.4mSv以上と極低線量域での解析結果であり非常に興味深い。解析の結果、全ての死因に対する過剰相対リスクは0.47/Svで、このうち白血病以外の全がん死亡の過剰相対リスクは0.97/Sv（95%信頼区間：0.14, 1.97）と推定され、統計学的な

有意性が認められた。今回の結果は、低線量域での放射線生物影響の調査として重要であり、全がんに対する過剰相対リスクは0.97/Svと高い値であったが、95%信頼区間が幅の広いことを考えると、広島・長崎の原爆被ばく者や、BEIR VIIの推計値と矛盾してはいない。しかし、値の高いカナダのデータを除いた場合、統計学的有意性が担保されず、今後も国際的なデータを持ち寄り随時確認観察することが重要であることを強調されていた。

(田中 聡)



水野正一氏

新 職 員 紹 介

環境動態研究部

服部 道成



私は、本年6月1日付で環境動態研究部に業務協力員として配属されました。私の出身は愛知県で、また、学生時代から本年5月までは東京都と、雪のない街に住んでおりました。青森県に住むのは初めてで、今から冬を恐ろしく感じております。

学生時代から現在に至るまで、私の専門は同位体地球化学という学問です。これは、ある元素の

同位体存在度の変化から、地球活動や環境変化を読み取っていく学問です。中でも、私は放射年代測定法を研究しておりました。また、前職は分析装置の輸入代理店にて技術担当者をしておりまして、この5年間ほど、2ヶ月に1週間程度のペースで環境研にお邪魔し、本館3Fにある高分解能型ICP質量分析器の保守をさせていただいております。現在は、前職での経験を活用して、高久先生の下で主に天然における元素の形態別分配についての研究を担当させていただいております。環境研では、今まで蓄ってきた測定技術を生かして研究を進めさせていただく所存です。至らない点多々あることかと存じますが、どうぞ宜しくご指導ご鞭撻をお願い申し上げます。

環境研ニュース 第59号 2007年10月

〔編集発行〕 財団法人 環境科学技術研究所

〔編集責任者〕 広報連絡委員会委員長 武山 謙一

青森県上北郡六ヶ所村大字尾駈字家ノ前1番7

☎ 0175-71-1200(代) FAX 0175-72-3690 URL : <http://www.ies.or.jp>

〔印刷〕 (有)アート印刷