

## 牛が摂取した放射性炭素の牛肉への移行を評価する

環境シミュレーション研究部 増 田 毅



青森県は畜産業が盛んな地域です。再処理施設の近隣でも多くの牛が飼育されています。再処理施設から排出される二酸化炭素に含まれる放射性炭素 ( $^{14}\text{C}$ ) は、近隣で栽培される牧草に光合成により取り込まれます。その牧草を牛が食べることで、 $^{14}\text{C}$  の一部は牛の筋肉にも移行することが考えられます。このようにして筋肉に移行した  $^{14}\text{C}$  は、日々おこる筋肉内での物質の入れ替わり（代謝）によって日々排出され減っていきます。しかし、一部は牛が出荷されるまで残り、私たちが食べる牛肉にも含まれることが考えられます。

そこで、牧草に含まれる  $^{14}\text{C}$  がどのくらい牛肉に移行するのか、また、牛肉に移行した  $^{14}\text{C}$  は牛が出荷されるまでの間にどのくらい代謝排出されて減り、最終的に出荷される牛肉にどれだけ残るのかを予測し、その結果を被ばく線量評価のためのモデルに反映させることが重要になってきます。そのためのデータの収集を行いました。

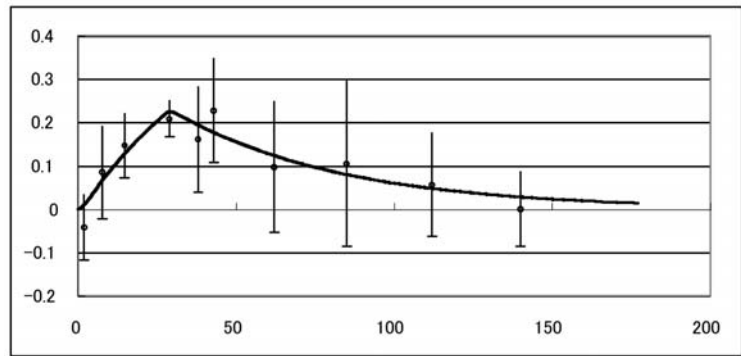


青森県で飼育されている肉牛

実験には、青森県で飼育されている黒毛和牛系統交雑種を用いました。環境研の施設内で一定量の安定同位体炭素 ( $^{13}\text{C}$ ) を光合成によって取り込ませた牧草を育て、それを4週間にわたって1歳齢の子牛に食べさせたときの筋肉中の  $^{13}\text{C}$  濃度の変化を調べました。この  $^{13}\text{C}$  は、 $^{14}\text{C}$  と化学的に同じ性質を持っているものの、放射線を出さない安全な物質です。 $^{14}\text{C}$  の代替として使用することにより、実際に  $^{14}\text{C}$  を投与したのと同様の実験データを安全に得ることができます。

得られたデータからは、投与開始後4週間の間は次第に  $^{13}\text{C}$  濃度が高くなりますが、投与終了後は次第に低くなっている様子が分かります。これは、牛の筋肉の代謝によるものと考えています。このデータの解析から、56日で残留量が半分になっていくことが明らかになりました。最初に取り込まれたものは56日毎に半分になってゆくの、例えば112日後には最初の1/4、168日後には1/8になります。このようなデータを得たことにより、さまざまなケースでの牛肉への残留量を評価できるようになりました。

1つの例を挙げてみます。肉牛は一般に生まれてから1年ほど育てた（育成）後に市場に出され、その後2年程度の時間をかけて太らせて（肥育）から牛肉にされます。例えば、育成の1年間に再処理施設近傍で飼育し、筋肉中に $^{14}\text{C}$ が取り込まれた後に、市場を通して他地域に移動してから肥育を2年行った場合、牛肉における $^{14}\text{C}$ 濃度は育成期最大濃度のおよそ1/10000に減っていると予測できます。得られたデータは、このケースと同様に様々な現実的ケースにおける被ばく線量評価に役立てていきます。



$^{13}\text{C}$  経口投与による筋肉中の $^{13}\text{C}$  濃度の変化

横軸：時間（日），縦軸： $^{13}\text{C}$  濃度（% [投与前からの上昇分]）

### 〔研究者に聞く〕

Q. 牛を使った実験は、どこで、どのような方法で行ったのですか。

A. 現実に近い条件で実験を行うため六ヶ所村の畜産場の一部を間借りし、実際に行われている飼育方法で行いました。実験で使用した牛は雌牛6頭で、3頭は $^{13}\text{C}$ を取り込ませた牧草（以下 $^{13}\text{C}$ 牧草）を投与し、もう3頭は比較対照として投与しない条件で行いました。

牛肉の採取は麻酔をした後、牛のおしりに近い部分に太さ1mm程度のニードルバイオプシーという鍵状の針を刺して採取しました。この試料を環境研に持ち帰り、環境中に存在する炭素の約99%を占める炭素12と測定対象である炭素13（ $^{13}\text{C}$ ）を元素の重さの違いで判別することができる質量分析装置によって測定し $^{13}\text{C}$ 濃度を求めました。

Q. 肉牛のえさは牧草だけなのですか。また $^{13}\text{C}$ 牧草を4週間与えたのはなぜですか。

A. 肉牛のえさは海外から輸入された濃厚飼料（栄養価の高いタンパク質を多く含むもの）を主とし、それに地元で栽培された牧草を混ぜたものです。放射性炭素の移行経路を考える上では、地元産のものが対象となりますので、実験では

通常の牧草に $^{13}\text{C}$ 牧草を一定量加え与えました。えさを与える期間については、 $^{13}\text{C}$ 濃度の減少を正確に測定するために十分な $^{13}\text{C}$ が牛の筋肉中に蓄積される期間を考慮し、4週間と設定しました。実験では代謝による残留量の減少について調べることを主眼としており、 $^{13}\text{C}$ 牧草の投与期間が更に長くなっても実験結果で示した減少速度への影響は小さいものと考えています。

Q. 牛の体内に入った $^{13}\text{C}$ は肉の部位に関係なく均一に分布するのですか。

A. 肉の部位によって $^{13}\text{C}$ の分布は異なることが予想されますが、その詳細については調査を行っていないためわかりません。ただしその分布の違いが、今回得られた実験結果に与える影響は軽微であると考えています。

Q. 牛肉以外にも畜産物がありますが、それらについて調査は行っていないのですか。

A. 牛肉以外に牛乳についても調査を行いました。また六ヶ所周辺では鶏や豚等の畜産物もありますが、それらについては輸入飼料のみで飼育され $^{14}\text{C}$ の移行経路とならないため、調査を行っていません。

## 葉面に沈着した固体エアロゾル中 Cs 及び Sr の降雨によるウェザリング

川端 一史、長谷川英尚、塚田 祥文、高久 雄一、久松 俊一

〔日本原子力学会2010年秋の大会で発表〕

作物葉面に沈着した放射性物質は、雨や風等により葉面から除去されたり（ウェザリング）、葉面から吸収され作物内の他の部位へ移行したりするが、そのまま葉面上に残存するものもある。農畜産物を經由した放射性物質による被ばく線量評価において、これらの挙動が線量の増減に与える影響は大きい。そこで、ハツカダイコンを使って、葉面上に付着したセシウム（Cs）及びストロンチウム（Sr）が降雨によって除去された後、どの程度植物に残存するかという観点から、ウェザリングの影響を評価するための実験を、全天候型人工気象実験施設において行った。実験にはセシウムの安定元素とストロンチウムの安定同位体（<sup>86</sup>Sr を濃縮したもの）の塩化物を混合した塩化ナトリウム水溶液を用いた。

ハツカダイコンを栽培したポットをチャンバー内に置き、上記の水溶液を噴霧し水分を加熱乾燥させて生成した固体エアロゾル（空気中の微粒子）をチャンバー内に注入した。葉面に6時間かけて固体エアロゾルを沈着させた後人工降雨装置で雨を降らせ、降雨停止後直ちにハツカダイコンを採取し、葉面を洗浄した後、葉や根を硝酸などで分解した。葉面を洗浄した液と分解溶液それぞれの中に含まれるセシウム及びストロンチウムの濃度をICP質量分析装置により測定した。また、一部のハツカダイコンについては、降雨終了後も栽培を継続し長期間の変化を調べた。

セシウムの葉面上残存率の変化をみると、葉面初期沈着量の7～9割は降り始めに急激に除かれ、残りはその後ゆっくり除かれた。また、除去の程度は降雨強度が強いほど大きかった。降雨終了後も栽培した実験では、葉面上に沈着したセシウムの葉面からの吸収率は、雨を当てていない植物に比べ、雨を当てた植物の方が大きかった。これらの傾向はストロンチウムについても同様に見られた。

本発表は、青森県からの受託事業により得られた成果の一部である。

### 〔研究者に聞く〕

Q. 霧状の水溶液を葉に付着させて乾燥させるのではなく、なぜ固体エアロゾルにして付着させるのですか。

A. 大気中に排出された放射性物質が付着した空気中の微粒子は、雨や雪などに取り込まれることなく、重力により落下したり、風により運ばれたりすることにより、植物の表面に付着することがあります。この様にして植物表面に付着した放射性物質の挙動を明らかにするために、固体エアロゾルを使って実験しました。

Q. 葉面からのセシウムの吸収率が、雨を当てた植物の方が大きかったとありますが、その理由は何でしょうか。

A. 葉面に付着していた固体エアロゾルが雨によ

って溶けてイオンになったことが要因の一つと考えています。実験で用いた雨の酸性度は六ヶ所村で実測した値（pH4.7）に調整しましたが、酸性度も吸収率に影響を及ぼしているのではと考えています。

Q. 被ばく線量に与える影響のことが触れられていますが、この結果をどのように活用するのですか。

A. 被ばく線量の評価には計算モデルが使われます。その中の項目にウェザリング係数があり、降雨強度や降雨時間による違いを反映できればより現実的な評価になると考えられます。実験で得られた結果をこのモデルに組み込むことで、より現実的な被ばく線量を計算できるようにしようと考えています。

## 第162回環境研セミナー

講師：九州大学アイソトープ総合センター

教授 百島 則幸氏

開催日：平成22年12月14日

演題：トリチウムの環境動態

トリチウムは水素の放射性同位体であり水素とほとんど同じ挙動をすることから、環境中では水やメタンなどの単純な分子から複雑な有機物として存在するものまで様々な形態で広く分布している。このトリチウムの環境動態について、豊富な実例を元にその発生源、トリチウム水の環境動態、大気中トリチウムの環境動態、有機結合型トリチウム（OBT）の話題が紹介された。

原子力施設から放出されるトリチウムの環境影響を評価するには、いろいろな形態のトリチウムについて、バックグラウンド変動を把握した上で、モデル解析による被ばく線量評価・安全確認を行うことが重要であると指摘された。例としてIAEA主催によるモデル検証プロジェクト EMRAS

(Environmental Modeling for RAdiation Safety)でのOBTに関する取り組みについての話があり、環境移行を記述する環境動態モデルでは、OBTモデルの設計・構築と大気モデルとの結合がこれからの課題であるとのことであった。

大型再処理施設から排出されるトリチウムの環境中動態予測や影響評価を研究する我々にとって示唆に富む話が伺えた。(柿内 秀樹)



百島 則幸氏

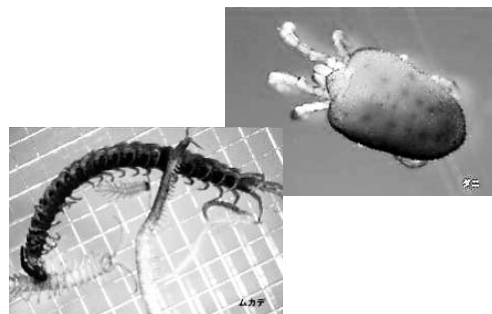
## 光の違い、微小生物に驚き —六ヶ所村の産業祭りで理科教室—

10月最後の週末に開催された「ろっかしよ産業まつり」で理科教室を開きました。平成8年から参加をし、今回で15回目、まつりの定番イベントの一つとなっています。

理科教室は科学工作と顕微鏡観察の2本立てです。科学工作では「分光器を使って虹をみてみよう」というタイトルの下、回折格子シートと厚紙で作る箱を組み合わせた分光器製作と様々な種類の光源観察をしてもらいました。自然の光や近年身近なものになってきたLED電球の他、蛍光灯や白熱電球などの光源を観察して比較すると、子

供達だけでなく保護者の方々も何度も見比べては、その違いに納得している様子でした。

顕微鏡観察では「地中に住む微小生物を見てみよう」ということで、六ヶ所村周辺で採取した土の中から取り出した土壤動物を見てもらいました。ダニの仲間、ムカデ、カニムシ、ハネムシなど見て「気持ち悪い」、「不気味」などの声も聞かれましたが、用意した顕微鏡写真を喜んで持ち帰る子供も結構いました。地域住民の方々との交流を深めることができた貴重な2日間となりました。



編集・発行 財団法人 環境科学技術研究所（広報連絡委員会）

〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駮字家ノ前1番7

電話 0175-71-1200(代) ファックス 0175-71-1270 URL : <http://www.ies.or.jp>