

原子力の安全研究への 閉鎖型生態系実験施設の利用

環境シミュレーション研究部
部長

中 村 裕 二



環境科学技術研究所（以下、「環境研」）の閉鎖型生態系実験施設は、1) 放射性物質等の生態系での循環機構、並びに 2) 極限空間での人の活動を維持する技術、の研究のため、平成2年から開発が行われてきました。この開発の基本理念は、自然の生態系を工学的に模擬し、その中での物質循環を制御するため、外界との物質の出入りのない完全閉鎖系を構築することです。このような閉鎖実験系は、国内的にも国際的にも、他に例を見ない極めて“ユニーク”なものです。しかし、自然界における物質循環は、自然の大きなバッファーにより安定化されています。これに対してこの施設は安定化のためのバッファーが小さく、系内での物質循環を実現するためには、かなり複雑な制御が必要です。

これまで、2) に関連した要素技術開発に重点が置かれ、人が居住する人工的生態系構築という意味で「ミニ地球」などと喧伝されてきました。平成16年度に施設を完成させ、平成17年度から、段階的に人と動物が閉鎖系内で生産された食料、空気、水を循環利用して生活する、所謂、閉鎖居住実験を開始しました。平成19年度には、空気と水の閉鎖循環に加え、系内で発生する有機廃棄物から回収したCO₂、水及びミネラルも植物栽培に利用し、人と動物が4週間に亘って生活する閉鎖居住実験を行い、この施設内の物質循環に関する機能試験の当初計画をほぼ終了しました。

核燃料サイクル施設の立地県に設立された環境研は、放射性物質等の環境安全に関する調査・研究、技術・情報の提供等により、原子力と環境のかかわりについて理解の増進を図り、原子力利用の円滑な発展に寄与することが期待されています。そのため、地域に立脚した原子力安全に関する多くの調査研究を青森県から受託しています。一方、国の原子力安全委員会が定めた「原子力の重点安全計画」では、放射線影響に関する安全研究として、低線量（率）放射線の生体影響、放射線影響のより詳細な評価等の研究や、自然・人工放射線の分布状況、人及び環境の被ばく線量の実態、環境放射能の線量評価法の開発、合理的な被ばくの低減化等の基礎・基盤的研究の推進に組織的に取り組むこととされており、環境研においても放射線影響分野における安全研究に大きな役割を果たすことが期待されています。

閉鎖型生態系実験施設においても、平成17年度から炭素14の移行・線量評価モデルに必要なパラメータを実証的に求める実験を行っています。今後も、施設の特徴を生かした気体状放射性核種の環境や体内での挙動に関する調査研究を進めていきます。

コンピュータシミュレーションで 炭素の動きを追う



環境シミュレーション研究部 阿部 康一

炭素は生物を構成する重要な元素の一つで、地球上の生態系中を循環しています。最初に、植物が光合成により大気中のCO₂から炭素を体内に取り込み、その植物を動物が食べることで炭素を取り込む一方、生物の呼吸などにより大気中に戻されます。しかし、その一部は難分解性有機物として土壌などに蓄積されます。

再処理工場から微量の放射性炭素が大気中に放出されると、上記の循環に加わることになります。したがって、その移行・蓄積量を正確に評価することが重要になります。野外での調査で評価に必要な炭素の移行・蓄積に関するパラメータを調べることができればよいのですが、把握しにくいものについては、実験から得られるデータによることになります。しかし、実験でも様々な制約がありますから、炭素の移行・蓄積に関するパラメータを、実験データのみから評価する事は容易ではありません。そこで、実験データや仮説からモデルを作成し、シミュレーションにより実験結果を推定することにしました。

実験結果には不確かさが含まれ、シミュレーションによる推定値にはモデル化誤差（パラメータやモデルの構造などに起因する誤差）、計算誤差が含まれます。このため、推定値と実験結果が完全に一致することはありませんが、シミュレーション結果と実験結果の差が計算誤差や計測の不確かさよりも大きい場合、モデルの改善が必要となります。これを繰り返す事により、モデルの改良やモデルを作成する際に用いた仮説やパラメータの修正が進められ、炭素の移行・蓄積量をより正確に推定できるようになります。

閉鎖型生態系実験施設内に構築される実験系（ヒト、ヤギ、作物、設備）における炭素循環については、平成19年度までにモデルの作成と改良を行ってきました。例えば、平成17年度に実施したシミュレーションでは、施設内のCO₂濃度はあまり正確に推定できなかったため、その後の実験結果等からモデルを修正しました。その結果、閉鎖型生態系実験施設で平成19年度に実施した、空気、水、廃棄物を施設内で再利用させる実験に関してシミュレーションを行ったところ、最終的に概ね実験結果を反映した結果を得る事ができました。

現在は、海の生物間の炭素循環量のより現実的な推定を目指して、各生物の炭素移行モデルの作成とシミュレーションの実施を進めています。

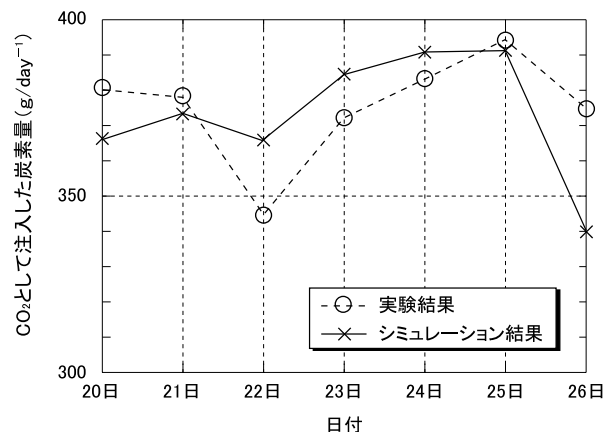


図 実験期間中（11月20日～11月26日）に植物A区へCO₂として注入した一日あたりの炭素量

研究発表解説

六ヶ所村における放射性セシウム降下量とアジアダストとの関係

(ジャーナル オブ エンバイロンメンタル ラディオアクティビティー誌 95巻 2007年に掲載)

赤田尚史、長谷川英尚、川端一史、築地由貴、佐藤忠広、大塚良仁、近藤邦男、久松俊一

1. ^{137}Cs 降下量と研究背景

約30年の半減期を持つ放射性セシウム (^{137}Cs) は、大気圏内核実験や原子力施設の事故等により環境中に放出された人工放射性核種であり、核実験が数多く行われた1960年代をピークに、大気圏を經由して地球規模に拡散しました。1986年のチェルノブイリ事故以降は新たな供給が無い場合、大気圏での滞留時間に従い降下量は減少し続けています。しかし、現在でも日本各地で特に春季に ^{137}Cs 降下量が増加する傾向が認められ、その要因としては、一度大気圏から地表面に沈着した ^{137}Cs が表層土壌に蓄積し、その後再浮遊したものが再度降下したものであるとされています。また、降下量が増大する春季にはアジア大陸から表層土壌を運んでくる「黄砂」が観察されることから、その供給源としては、黄砂の発生域であるタクラマカン砂漠等の中国の乾燥地域であると考えられてきました。しかし、大気降下物や採取地近傍の表層土壌、中国の土壌について人工放射性核種の放射能比 ($^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$) を利用してその供給源を議論した報告は幾つかあるものの、安定元素の分析結果からその供給源について詳細に議論した研究例はほとんどありませんでした。そこで、本研究では大気降下物に含まれる ^{137}Cs の他に様々な安定元素を分析し、さらに空気塊の移動経路を解析する事で、六ヶ所村の降下物に含まれる ^{137}Cs の供給源について検討を行いました。

2. 六ヶ所村における ^{137}Cs 降下量と変動傾向

六ヶ所村の ^{137}Cs 降下量は、春季と秋季に増大する傾向が認められ、土壌粒子の指標となる Al や Fe の降下量との間に良い相関関係が認められました。また、 ^{137}Cs が増大する時期には、青森県内で砂塵現象が認められていたことを青森地方気象台が発表していました。これらの結果からも、六ヶ所村

の大気降下物に含まれる ^{137}Cs は土壌由来である可能性が高いと判断されます。

3. ^{137}Cs の供給源

大気降下物に含まれる ^{137}Cs が土壌起源である可能性が高い事はわかりましたが、その土壌の起源がどこなのかを明らかにするため、六ヶ所村の畑地を含む表層土壌の化学分析結果を利用し、様々な検討を行いました。その結果、 $^{137}\text{Cs}/\text{Al}$ 比と Fe/Al 比を組み合わせることで、大気降下物と六ヶ所村表層土壌とは異なる組成であることがわかり、大気降下物に含まれる ^{137}Cs は、黄砂等のアジア大陸から輸送されてきた土壌粒子起源であると判断しました。さらに、六ヶ所村に到達した土壌粒子を含んだ空気塊が中国大陸のどの地域から飛来してきたのかを、空気塊の移動経路を求める流跡線解析という手法を用いて解析した結果、モンゴル南部地域から中国北東部地域であることがわかりました。

このように、大気圏を經由して地表面に降下してくる放射性核種は採取地近傍からだけではなく、季節風によりアジア大陸などからも運ばれてきます。今後、定期観測結果に降下量の増大が認められた場合、この手法を用いて起源等の検討を行う予定です。

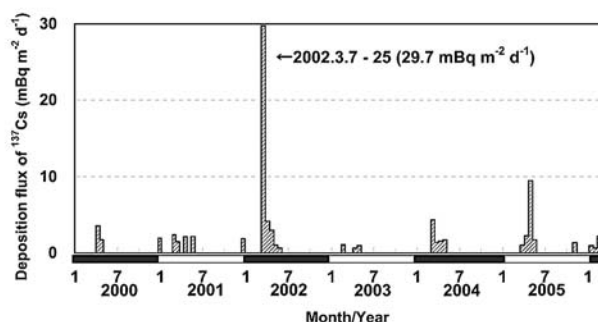


図 六ヶ所村における ^{137}Cs 降下量の時系列変動

第153回環境研セミナー

講師：東京医科歯科大学 難治疾患研究所

ゲノム応用医学研究部門

稲澤 譲治 氏

日時：平成20年9月10日

演題：アレイプラットフォームで展開する癌と遺伝疾患のゲノム・エピゲノム解析

近年急速に発展したマイクロアレイの技術は、生物学・医学・薬学分野の染色体・遺伝子発現解析技術を劇的に進展させた。今回の環境研セミナーは、最新のマイクロアレイ技術を応用して癌や難治性疾患の診断・治療に精力的に取り組んでおられる稲澤先生に御講演を頂いた。

講演では、現在のマイクロアレイを取り巻く状況について、事例を挙げながら分かりやすく紹介して頂いた。近年の工学的な技術の革新によってデータの信頼性が増し、新しい種類のアレイの開発によって、クロマチン構造やプロモーター領域のメチル化に関する情報等の遺伝子制御のメカニズムに関する情報までもが得られるようになった。従って、現在のマイクロアレイを用いた研究では、個々のサンプルデータと膨大なデータベースをい

かに効率的に活用してゆくかが鍵となっている。特に医学分野では、データベースを活かした染色体診断技術や治療法の開発と、その成果のフィードバックによって、日々データベースが拡充され続けている。

また、全ゲノム・全遺伝子の情報を一度に得られるマイクロアレイは、実験サンプルが希少な場合に最も適した方法の一つである。講演の中で稲澤先生から励ましを頂いたように、今後、世界的にみても非常に貴重な環境研の低線量率放射線連続照射サンプルを用いて、効率的に発がんのメカニズム研究を進めるには、マイクロアレイを有効に活用する必要があると思われる。

(廣内 篤久)



稲澤 譲治 氏

お知らせ

どのような調査研究を行っているのか、そしてこれまでにどんな知見が得られているかなどについて、青森県民の方々にご紹介する「調査研究活動報告会」を8月に青森市、9月に六ヶ所村で実施しました。

弘前市と八戸市でも右記の日程で、環境中の放射性物質の挙動を予測するためのモデルの開発、低線量率・低線量放射線の影響を遺伝子レベルで調べていることなどについて、基礎知識を交えてお話しします。

弘前市：

10月23日(木) 弘前文化センター

八戸市：

11月6日(木) ユートリー

時間はいずれも、午後2時～4時30分です。

(開場 1時30分)

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>