

閉鎖生態系での炭素の移行研究を通して地球環境問題を考える

環境シミュレーション研究部
次 長 多 胡 靖 宏



地球温暖化に関するニュースが昨今色々と報道されるようになってきました。そんな中、昨年12月、ロンドン王立大学の個体群生物学研究センターに閉鎖生態系に関わる研究者が集められ、互いの研究を紹介する機会がありました。閉鎖生態系とは、外界と隔離した設備の中に地球などの環境条件や生態系を再現した実験系をいいます。会場となった研究センターでは、小型人工気象室を16繋げた実験施設を使い、各々の室内に水の循環機能を備えた密閉型の透明な箱状の装置を設置し、その中には、大気：植物：土壌の炭素存在比が地球と等しくなるように、小さな植物が少量の土を入れた小さなポットに植え込まれていました。そして、温度条件、植物や土壌のタイプ、装置の容量などがCO₂濃度変動にどのような影響を及ぼすのかについて調べる実験が進められていました。地球の陸圏を模したシンプルなミニ地球実験でした。

地球大気中のCO₂濃度は吸収源と排出源の機能バランスで決まり、陸上植生が広範囲に分布する北半球では特に、光合成の季節変動を反映して大きく変動しつつ上昇しています。このような単純な実験系でも周期的変動が再現され、温度が高くシフトするとCO₂濃度も高めにシフトして新たな平衡に達していました。

地球上では耕地・牧場・湿地・森林などのあらゆる植物がCO₂を吸収し、太陽からの光エネルギーを使って有機物を合成するので、炭素は体を形作る際の主役を担う元素といえます。植物によって作られた有機物は、ヒトや動物の食料として消化・吸収され、エネルギー源として消費される際にCO₂となり排出される一方、体を作っている炭素は絶えず置き換えられています。一方、植物体地下部、樹木、落葉・落枝や土壌中有機物の一部は土壌動物や微生物により分解され、炭素はCO₂などの形で大気に戻りますが、一部は残ります。このように地球上での実際の炭素の動きは複雑で、それぞれの過程で環境要因の影響を受けます。従って、ある物質が放出されてから、それが環境要因の影響を受けながらどのように移行していくかという過程を把握するために、閉鎖生態系のような実験系を用いて重要な情報を得る必要があります。

環境研の閉鎖型生態系実験施設では、大型再処理施設からの放射性炭素に着目して、その動きについて情報を得る実験を進めています。原子力発電も有力な温暖化対策の一つですが、昨今、バイオ燃料利用の動きも顕著です。植物が大気から吸収した炭素を燃やせばCO₂は増えないという考え方です。林産・農産廃棄物等の利用は食料とも競合せずエネルギー選択肢の多様化という点でも有望視されています。地球生態系は人類活動に対して脆弱であるという説がある一方で、十分な緩衝機能を持っているという説もあります。実験系を使った研究はこうした議論に一石を投ずる可能性もあります。それが可能な施設は世界にも多くはありません。閉鎖生態系に関わる世界の研究者が連携する必要性を感じます。

平成20年度の調査研究内容

環境研の理事会及び評議員会が3月7日に開催され、平成20年度の事業計画が了承されました。概要は次のとおりです。

1) 天然放射能による被ばく線量に関する調査研究

大型再処理施設からの放出放射能による被ばく線量の比較対照とするため、日常食や食品を介した天然放射性核種に起因する青森県民の内部被ばく線量を求める。また、生態系が受ける線量の評価法を開発する。

2) 放出放射能の環境分布に関する調査研究

(1) 地域住民を対象に開発された現実的・中長期的な陸域移行・線量評価モデル、尾駈沼の低次栄養段階の生態系における放射性核種の挙動を予測する水域移行モデル及びパラメータの検証を行う。

(2) 環境移行・線量評価モデルのための気象モデルを導入する。尾駈沼集水域における物質移行モデル及び湖内の高次栄養段階生態系モデルの構築、沿岸海域モデルの基本設計を行い、水域移行モデルの高度化を図る。

(3) 環境中における微量元素の形態別分析を行い、形態間移行速度を明らかにする。また、対象元素添加後短期間の変化速度を求める。

(4) 植物の葉面に沈着したヨウ素の、無降水下での除去率（ウェザリング係数）を求める。

3) 植物の元素集積性に関する調査研究

青森県の環境条件に適した植物で、土壌からのセシウム (Cs)、ストロンチウム (Sr) 及び微量元素の除去効率が高い元素集積植物を選定する。また、Cs 耐性モデル植物を用い、耐性を制御する遺伝子の特定を進めるとともに、植物への遺伝子導入に向けた予備試験を行う。

4) 閉鎖系植物及び動物・居住実験施設における炭素移行に関する調査研究

安定同位体の炭素13を用いて、大気中、作物、家畜、ヒト間での炭素の移行、蓄積等を予測する動的モデルを構築するため、作物の炭素蓄積、ヒトが脂質等を摂取した際の炭素代謝、牛の炭素代謝についてそれぞれのデータを収集する。

5) 閉鎖系陸・水圏実験施設における炭素移行に関する調査研究

施設内において、六ヶ所村及びその周辺に分布するヨシ群落及び海草群落生態系を構築し、炭素移行・蓄積量に関するデータを収集するとともに、前年度作成した炭素蓄積・移行基本モデルを検証する。また、トリチウムの海産生物への移行を調べる実験を行う。

6) 微生物系物質循環に関する調査研究

稲ワラのリサイクルに伴う炭素の挙動を調べるため、炭素13を含ませた稲ワラを、水田に鋤き込んだり、堆肥にして畑地に施こして、土壌と放出ガス中の炭素同位比に関するデータを収集する。

7) 低線量放射線の生物影響に関する調査研究

(1) オス親マウスへの低線量率放射線の長期連続照射が、仔や孫マウスの寿命や発がん等に与える影響を病理学的に解析するとともに、遺伝子変異等について調査する。

(2) 低線量率放射線が生体防御機能に与える影響について、低線量率放射線を連続照射したマウスにおけるリンパ球等免疫系細胞の構成比や増殖能の変化並びに体重増加に関わる因子を調査する。

(3) 低線量率放射線を連続照射したマウスの悪性リンパ腫と骨髄性白血病等を対象として、がん関連遺伝子等に生じる変異を高精度・効率的な遺伝子解析手法により調査する。

8) 生物学的線量評価に関する調査研究

低線量率・低線量放射線がヒトあるいはマウスの細胞の染色体に及ぼす影響について調べる。また、染色体異常等をより高感度かつ迅速に検出する方法の研究を進める。

9) 放射性物質等の環境影響に関する普及啓発

大型再処理施設からの排出放射性物質影響に関する調査研究活動の内容や得られた成果等を、報告会や説明活動で青森県民に直接紹介する他、インターネット、パンフレットにより紹介する。

研究最前線

放射線誘発がんメカニズム研究における がん幹細胞関連遺伝子変異を中心とした解析



生物影響研究部 廣内 篤久

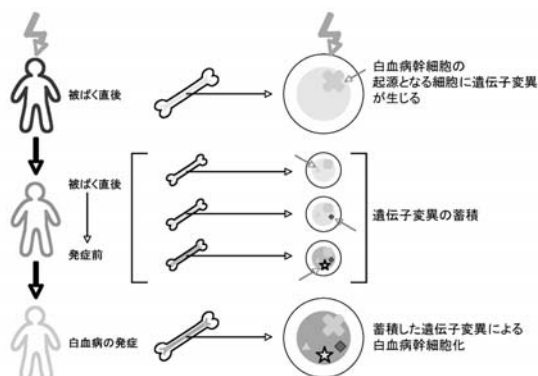
急性骨髄性白血病は、原爆や治療放射線による被ばく症状の一つとしてよく知られていますが、「白血病は健康な身体のどの部分に変化して発生するのか」ということや、「これらの白血病の起源となる部分に、どのような遺伝子変異が生じることが発症に結びつくのか」ということは未だに解明されていません。これらの問題は、放射線発がん研究や被ばく後の医療において非常に重要な課題であり、問題の解明によって放射線発がんのメカニズムをより深く理解し、適切な治療を行う事が出来ると考えられます。そこで、我々はマウスの放射線誘発 AML 細胞の特性や遺伝子や細胞の表面に発現しているタンパク質を解析することによって、上記の問題の解明を試んでいます。

最近のがん研究において注目されていることの一つに“がん幹細胞”というものがあります。数年前まで、「がんは同じ特性を持った細胞で構成されている“均一な”組織」であると思われていましたが、近年のがん研究によって、多くのがんは「高い分裂能を持つごく少数の細胞と多数の分裂回数が有限な細胞から成る“不均一な”組織」であることが明らかにされました。前者の細胞ががん幹細胞であり、一つの細胞からでもがん組織を再構築することができるので、がんを完治させるために完全な根絶が必要となります。また、がん幹細胞は、一つの組織の細胞や個体を一つの細胞から構成する能力を持つ正常な幹細胞と類似した性質を多く持ちます。従って、がん幹細胞は幹細胞や幹細胞に近い未熟な分化段階の細胞に何らかの遺伝子変異がいくつか蓄積することによって、がん幹細胞化すると考えられています。実際、がん幹細胞とその起源となった正常な幹細胞の細胞表面に発現している両者のタンパク質には、共通したものが多く観られます。

フローサイトメトリー法 (FCM 法) は細胞の分化段階を測定するのに有効な方法の一つであり、ヒトの造血器腫瘍の診断において治療の標的となる細胞を決定するのに使われます。FCM 法は、細胞表面タンパク質を蛍光物質を結合した特殊な抗体によって認識し、細胞分化段階を特定し、それらを高速で細胞を生かしたまま分離する事が出来ます。生きたまま分離された細胞は、染色体や遺伝子変異の解析は勿論、マウスへの移植による再発能の確認や、抗がん剤等の刺激に対する反応や遺伝子治療の有効性を調べるのに用いる事が出来ます。我々は、同方法を用いて AML 幹細胞の起源となる細胞を同定し、これらの細胞と AML 幹細胞を比較する事によって白血病幹細胞化に必要な遺伝子変異を明らかにする試みを行っています。また、照射後の時間を変えて解析を行う事によって、それらの変異が被ばく後にどのようなタイミングで生じているのかを明らかにする予定です (右図参照)。

これらの研究によって、放射線発がんの詳細なメカニズムを明らかにされれば、被ばく直後だけでなく、被ばく後数ヶ月以上の長期的な間接影響を明らかにし、発がんを予防するための手掛かりが得られると考えています。

被ばく後の発がんメカニズム



第151回環境研セミナー

日時：平成20年3月26日

講師：(財)放射線影響研究所 遺伝学部

高橋規郎氏

演題：放射線の継世代的影響

ーゲノムレベルの解析を中心としてー

放射線影響研究所で進めてきた、原爆放射線の線量測定、被爆者への健康影響、マウス実験による継世代的影響研究の紹介の後、被爆二世を対象とした調査の内容、結果などについて紹介された。

放射線影響研究所が、前身の原爆障害調査委員会(1947年に米国原子力委員会の資金によって米国学士院が設立)と厚生省国立予防衛生研究所(1948年設立)時代から進めてきた、遺伝学調査(異常妊娠終結頻度、性比、死亡率、悪性腫瘍による死亡率、染色体異常)、放射線影響研究所(1975年に前記2機関が統合)が実施してきた遺伝的調査(タンパク質レベルの突然変異率、DNAレベルの突然変異率、2世の健康調査)では、現在までのところ、親の原爆被爆が子供へ及ぼす遺伝的影響は検出されていない。しかし、被爆から60年経ち、これから被爆時若年層や被爆2世がガン年齢になるので、今後も調査を継続して行う必要がある。ま

た、継世代的影響を知るために、より感度の良い方法を開発する必要があり、タイリングBACアレイCGH法とオリゴアレイCGH法を組み合わせた網羅的解析が行われている。将来的には次世代シーケンサーによるゲノムシーケンスを行う準備を行っている。

遺伝学的調査や実験は長期間に渡って行われるため、絶えず新しい実験方法が開発されて用いられる。データに互換性を持たせながら新しい技術を取り入れて研究をどのように発展させてきたか、そしてどう発展させていくかについて、環境研でマウスを使った遺伝子レベルでの調査実験を進める上で非常に参考となる内容であった。

(小倉 啓司)



高橋規郎氏

短 信

レプリカハンドに歓声！ー冬の理科教室ー

六ヶ所村内の小学校5、6年生を対象にした冬期理科教室を、2月に8回に分けて開催しました。今年のテーマは、ものが固まるという現象に焦点をあてた、「レプリカハンド(石こう手型)を作ろう!!」。手型をとる際に型取り材が固まる現象や、石膏が固まるときの発熱現象を実際に体験し、その変化に驚きの声があがっていました。完成した手型は手のしわや血管がきれいに再現されており、参加した194名、皆上手に出来ていたようでした。



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>