

## 巻頭言

### 放射線に対して正しく恐れ 正しく対応することを教えること

北里大学獣医畜産学部獣医学科 伊藤伸彦  
獣医放射線学講座 教授



残念なことに、原子力に関する不祥事の連続もあって一般社会で「原子力・放射線」といえば、ダーティでマイナーなもの代表のように受け取られることが多く、正しい理解とのギャップをどのようにして埋めたらよいか関係者は常に悩んでいることと思います。しかし、それではとあって、放射線の正しい知識の普及に努めようと力こぶを入れても多くの人たちは受け入れようとしなくなるのが常です。

それは高等教育を受けた人も含めて、限りなくゼロに近い低線量の放射線でも危険であるという「すりこみ」が定着していることが大きな理由のように思われます。また、放射線は難しいという先入観を教えられる方ばかりでなく、教える方も持っていることがこの問題を難しくしているように思います。最近よく言われるように、小中学校の先生が放射線や原子力に対する知識がないことや、理科離れが進んでいるということも理由のひとつのように思いますが、放射線が嫌われる理由の根底には多い少ないに拘わらず放射線は危険という「すりこみ」が存在しているからでしょう。

低線量放射線によって有益な効果が表れますと言ってホルミシスの話をしても、多くの人はそれなら被ばくしても大丈夫とは思わないでしょう。また、ある程度ホルミシスを理解してくれたとして、低レベルの放射線被ばくは問題ないですかという質問に、専門家は「やっぱり浴びない方が良いかもしれない」と答えてしまうところにこの問題の複雑さがあります。

私は獣医放射線学という科目を持っているので、放射線利用の基礎から臨床までの講義と実習を長年行っていますが、やはり正しい常識を正しく理解させるのに苦勞をしています。しかし、Radiology つまり放射線学といえば、獣医学では画像診断や放射線治療に関することを意味します。そのため、獣医学生たちにとって放射線は危険かもしれないが有用なものという先入観があるので、私にとっては教えやすい環境がそこにあります。いろいろな診療活動に伴う被ばく線量を自然から受ける線量も含めて定量的に比較して説明すると案外良く分かってくれます。

放射線を有用とっていない人たち、専門家の説明を疑っている人たちへの対応も考えれば悩ましく、嫌がらずに説明を聞いてもらえるようにするには人文科学的、あるいは社会科学的な方法も取り入れていく必要があるでしょう。今後、環境科学技術研究所が果たすべき役割として、正しい知識の普及と啓蒙に関して、教育学的な方法論の研究も含めて推進して下さることを大いに期待いたします。それは私たち教員にも有用ですから。

## 低線量放射線の生物影響に関する国際シンポジウム —放射線による細胞応答と癌発生の分子機構—開催される

財団法人環境科学技術研究所（環境研）は青森県からの委託事業である“平成14年度低線量放射線遺伝子影響調査”の一環として国際検討委員会を平成14年10月9日（水）～10月11日（金）までの3日間、六ヶ所村文化交流プラザにおいて開催しました。国内外の研究者をはじめ、企業や報道関係者など、総数189名が参加しました。

低線量放射線遺伝子影響調査では、低線量の放射線が遺伝子や発癌に及ぼす影響の調査を平成13年度より開始しています。平成17年度からは、現在建設中の先端分子生物科学研究センター(AMBIC)で本格的に研究を進めます。本シンポジウムは国内外の研究者に参加していただき、世界での研究の現状を把握し、環境研における将来の研究の方向を探るために行われました。原子力の社会的利用の増加と人体への影響評価などに関連する低線量放射線の遺伝子に及ぼす影響研究は、世界的にも関心がもたれ、さまざまな遺伝子技術を用いた研究により、高線量被曝とは異なる新しい現象が発見されてきています。とくに青森県では再処理施設や原子力発電所の建設が進められており、環境、人体への低線量放射線の影響を評価する研究は大変重要視されています。

今回のシンポジウムのプログラムは、低線量放射線が遺伝子に与える影響すなわち細胞応答と癌の発生するしくみに焦点を置きました。これらの課題を将来研究するには低線量放射線の問題ばかりでなく、それに関連した分野の知識の理解と応用も重要と考え、ヒト以外の環境生態系への影響、

免疫系への影響、化学発癌や高線量放射線の生物影響、将来の技術開発などの関連分野もプログラムに含めました。3氏による特別講演は教育的講演の役割を意図したもので、一般の方にも関心と理解をいただける内容としました。招待講演者による一般講演は8セッション、22演題が発表され、さらに公募によるポスター発表が48題ありました。これらのなかに環境研関連の研究は10題ありました。いずれも最先端の研究内容であり、貴重で話題性の高いものでした。

1日目の開会式では、環境研を代表して大桃洋一郎理事長の歓迎の辞につづき、文部科学省、青森県知事、六ヶ所村村長から御祝辞をいただきました。その後ジョージア大学のヒントン氏より“環境への放射線の影響”と題する特別講演がおこなわれ、環境への影響を人体のみでなく、動植物を指標に調べる新しい分野の確立と放射生態学者と放射線生物学者の連携の必要性を述べられました。午後からのセッション1では、放射線の人体への影響について村田氏が原子力施設で働く放射線従事者の健康調査の話をされ、現状では、特に影響はみられないことを、また広島原爆被爆者の研究、治療をおこなってこられた鎌田氏は、高線量被ばくで生ずる白血病の特徴を述べられました。セッション2では、環境研が平成7年度からおこなっている低線量放射線がマウスの寿命と癌発生に与える影響調査の中間報告をし、20mGy/日という自然放射線レベルより8,000倍高い放射線を照射すると寿命が短くなることを発表しました。ま



たカナダのデュポルト氏は世界の発癌実験を集計し解析した結果について発表しました。セッション3、4では島田氏、木南氏、フランスのボンシー氏、さらにドイツのアトキンソン氏と森氏らがマウス個体と細胞を用いての発癌に関する癌遺伝子や放射線感受性を支配する遺伝子について発表しました。

2日目は、放射線の免疫に及ぼす影響について放射線医学総合研究所名誉研究員、佐渡氏より特別講演をいただきました。セッション5の一般講演では酒井氏、鈴木氏、馬替氏、アイルランドのマザーシル氏より、セッション6ではアメリカのギアード氏、丹羽氏、スウェーデンのホルンベルグ氏と環境研より、現在、低線量放射線被ばくで話題となっている適応応答、放射線高感受性、バイスタンダー効果（細胞間隣接作用効果）、遺伝的不安定性の誘発など、放射線が細胞の遺伝子に及ぼす影響について発表がありました。これらの現象について低線量被ばくと高線量被ばくとの機構に関する相異性などの課題が提示されました。セッション終了後、会場をポスター会場へ移し、発表者との討論を1時間半行いました。会場内一杯に48演題のパネルが展示され、会場全体が熱気にあふれていました。

3日目は、化学発癌の第一人者である(財)佐々木研究所、前川氏の特別講演があり、化学物質の発癌リスク評価の話は放射線生物学者にも有益なものでした。セッション7では、放射線のマウスの血液細胞に及ぼす影響と白血病化機構について、環境研から20mGy/日の低線量長期被ばくでは血

液幹細胞に異常が生じていることが発表されました。また、平林氏とイギリスのロード氏からは白血病化には細胞間の間接的な作用が大切との講演があり、発癌リスクの評価に本課題が今後重要であることが示されました。セッション8では将来の放射線生物学分野で応用可能な技術について討議し、ドイツ、ハイデルベルグ大学のクレス氏と理研・癌研究所の野田氏の2講演がおこなわれました。本セッションは環境研の生物影響研究部がAMBICで行う計画(ナノバイオロジー、高感度遺伝子異常検出系の開発と応用、低線量放射線長期被ばくマウスの健康調査と遺伝子調査)を見据えて設定されたものです。

閉会式では、佐藤文昭生物影響研究部長があいさつをし、環境研の3研究施設について説明しました。その後、環境研施設見学会がおこなわれ、閉会しました。予想を上回る数多くの国内外の研究者が参加し、討論できた本シンポジウムは環境研の生物影響研究部の今後の研究におおいに役立つと確信できるものでした。3年に一度この地で低線量放射線の国際シンポジウムを定期的におこない成果を共有することで、環境研生物影響研究部が目標としている低線量放射線の人体に及ぼす影響のリスク評価に貢献できるものと思います。国、県、村をはじめこの開催に御支援いただいた多くの機関の関係者、そして遠方よりご参加くださいました研究者、一般参加者の皆様、また、開催準備や当日の進行に援助をいただいたスタッフの皆様に深謝いたします。



# 研究最前線

## 生物化学的処理方法による物質循環システムの構築に向けて

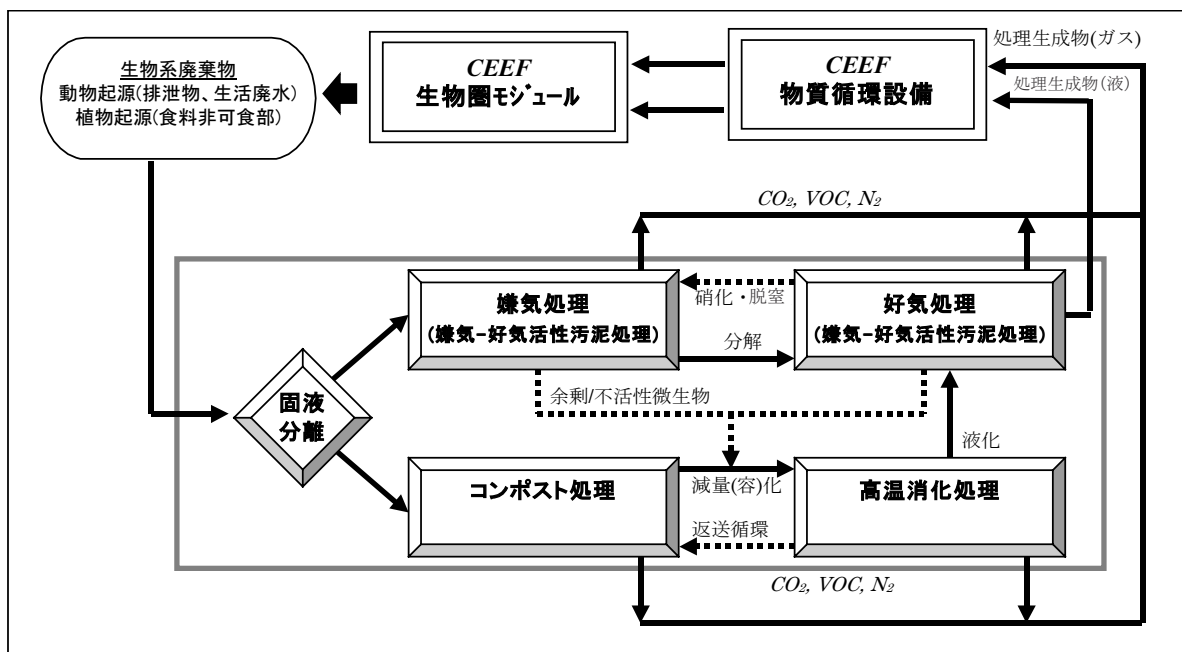
環境シミュレーション研究部 坂田 洋



閉鎖型生態系実験施設（CEEF）では人間（被験者）、動物、そして植物といった生物要素が、その生活によって排泄物や非可食部（人間の食用に適さない植物部位）などの有機性廃棄物を定常的に排出します。代謝モデルからその量を算出すると、被験者1人が居住するために必要な物質の量は約7kg/日で、その内の約5.5kgが廃棄物（固形廃棄物と廃水はそれぞれ0.7, 4.8kg/人・日）として排出されます。従ってCEEFのような閉鎖環境で人間の長期滞在を実現するには、これらの廃棄物を分解（無機化）して植物へ供給（資源化）することにより、食料、水そして酸素を得ることが必要となります。物質循環システムはこれらのプロセスを担い、CEEFの物質的環境を制御しています。

本研究は物質循環システムを効率的に機能させることを目的とした要素技術開発に位置付けられ、施設内で排出される固液状の廃棄物を生物化学的に処理することを目的にバイオリアクタの開発に関する検討を行っています。バイオリアクタでは物質を処理する触媒として微生物を利用し、その浄化能力が最も高い条件で反応を進めることにより、有機性廃棄物を処理していきます。

バイオリアクタの構成と処理方法は下図のようなシステムを検討しています。廃水処理では嫌気・好気活性汚泥処理を応用し、溶存している有機物を分解して廃水を浄化するとともに、硝化および脱窒反応を利用して窒素成分を調整した処理水を生成します。また固形廃棄物処理では貯留タンクを兼ねたコンポスト処理で固形分を減量化し、次いで高温消化処理にて固形物を液化することにより廃水と同様に処理します。最終的に、バイオリアクタで処理した有機性廃棄物は二酸化炭素や窒素などのガスとミネラルを含んだ処理水に変え、植物の栽培あるいは中水として利用することにより物質循環を構築することが可能であると考えられます。



## 第98回環境研セミナー

講師：東北大学大学院 生命科学研究科

教授 津田 雅孝氏

日時：平成14年6月28日（金）15：00～16：30

演題：細菌による環境汚染物質分解

－遺伝子から見た環境細菌の戦略と応用－

津田先生は、これまでに環境細菌の難分解性物質分解関連遺伝子の構造、挙動に関し精力的に研究なされ、現在では環境浄化に有効な細菌のゲノム生物学的解析や、土壤中に棲息する生物を分離培養するステップを経ることなく、土壤環境から新規の物質分解遺伝子を取り出す技術に関する研究活動も展開されている。

環境細菌の物質分解能力はトランスポゾンと呼ばれる因子上に存在することが多い。トランスポゾンは自発的に遺伝子から遺伝子へと飛び回るため、環境細菌の持つ遺伝子交換系により細菌の種を越えて伝わっていく。このメカニズムを解明し特性を把握することにより、細菌本来の持つ機能を用いた環境浄化が可能となる。

津田先生は、自らが明らかにしたトルエン、ナフタレンを分解する細菌の持つトランスポゾンの構造的及び機能的特徴、これらのトランスポゾンと世界各国で見つかったトランスポゾンとの類似点を示し、物質分解遺伝子が様々な場所で変化を繰り返しながら環境細菌中に伝播していると述べられた。また、細菌本来の生命活動に影響のないプラスミドと呼ばれる核外遺伝子がトランスポゾンの運び屋となって環境細菌間を移動することにより、環境汚染物質分解能の拡散、進化、再編成が頻繁に繰り返されていることを説明された。新規環境汚染物質分解遺伝子の環境からの単離に関しては、土壤から直接調製した長鎖DNAを既知の環境汚染物質分解遺伝子群の一部に欠損を持つ変異株に導入し、欠損遺伝子の機能を補う遺伝子を取得する方法について紹介された。そして、近年のゲノムプロジェクトにより決定された細菌の全遺伝子情報を調査し、ある特定の物質分解遺伝子に類似の遺伝子が様々な細菌に分布し、その機能

を有していることを明らかにしたうえで、これらの物質分解遺伝子が本来の生命活動に深く関わっている遺伝子から進化して生じた可能性を示された。



津田雅孝氏

## 第99回環境研セミナー

講師：京都大学 放射線生物研究センター  
ゲノム動態研究部門

教授 小松 賢志氏

日時：平成14年7月9日（火）15：30～17：00

演題：放射線感受性とナイミーヘン症候群遺伝子  
NBS1

細胞がどのような機構で放射線に感受性を持つのかは長年の放射線生物学者の興味であったが、その分子機構がごく最近明らかになってきた。これは放射線に感受性を持つ遺伝病の原因となる遺伝子があいついでみつけられたことによる。放射線は細胞内のDNAに傷を生ずるがその傷は細胞自身の持っている蛋白質の働きで速やかに、効率よく修復される。その蛋白質にはこれまで、Mre11, ATM, Ku, DNA-PK, RAD50などの蛋白質が知られている。ナイミーヘン症候群（NBS）患者はオランダ、ポーランドにある遺伝病で長細い顔を持ち、奇形やリンパ性の癌を高い頻度で生ずる。この患者は、同様に放射線感受性が高い末梢血管拡張性運動失調症（アタキシア・テランジェクタシア, AT）患者とよく似た症状を持つ。小松氏はNBS患者から、この病気の原因遺伝子であるNBS1を単離することに成功した。NBS患者細胞にヒトの染色体を移入し、最終的に8番染色体の1Mb領域内に遺伝子があることをつきとめ、さらに全塩

基配列を決定することでNBS1 遺伝子を同定した。この遺伝子の性質を詳しく調べてみると、この蛋白質は Mre11 蛋白質を細胞質から核内へ移動させ、DNA に結合させることに寄与していることがわかった。また、放射線を検知する細胞内センサーと言われているクロマチン内のヒストンの構成成分である H2AX 蛋白質の C 末端側に存在するセリンのリン酸化とも深く関連し、また DNA の修復に関し相同性再構成に関与していること、非相同性再構成や末端結合には関与しないこと、さらに染色体末端のテロメアに結合する蛋白質 TRF2 と核内でともに存在し、染色体末端が短くなるのを保持するのに働くことを示唆された。また、コロンビア大学の  $\alpha$  線マイクロビーム照射を用いた、バイスタンダー効果についての結果も紹介された。これには HPRT 遺伝子を欠損したチャイニーズハムスター細胞にヒト X 染色体を移入した細胞が用いられ、この細胞は通常の細胞より感受性が高く低線量率照射実験に有用であると述べられた。



小松賢志氏

## 第100回環境研セミナー

講師：東海大学 海洋学部

教授 中田喜三郎氏

日時：平成14年8月6日（火）10：00～11：30

演題：内湾生態系モデルについて

水圏生態学におけるモデリングの権威である中田先生をお招きし、内湾生態系モデルの開発にあたってのアプローチから応用までを過去の研究の歴史を交えてご講演いただいた。

水圏における生態系モデルは、自然界の物理・化学的現象や生物間の相互作用などを数値化し、

総合的に解析できる有効な方法である。水圏生態系モデル開発の歴史をたどると、その目的は低次元栄養段階、すなわち植物プランクトンによる一次生産をめぐる問題の解明であった。これらの開発は、植物プランクトンの現存量を時間によって変化する因子と深さ方向によって変化する因子とに分けて展開してきた。しかしながら、生態系モデルのパラメータである植物プランクトンは運動能力がほとんどないため、水の流れや乱れによって運ばれ、拡散する。また、植物プランクトンの増殖に関係する栄養塩も同様であり、生態系モデルを構築するにあたって流動過程を考慮することが必要であった。そこで、流れの場を用いた流体力学－生態系結合モデルの概念が生まれた。その後、底生動物を加えた系と浮遊物質を与えた系を結合した総合モデルに発展してきた。中田先生は三河湾を対象に、流体力学－生態系を結合したモデルを研究され、最終的に3次元流体力学－生態系結合モデルを世界に先駆けて開発された。このモデルは三河湾における陸域および海底からの窒素、リンの負荷量や湾内での酸素消費量を高い再現性でシミュレーションできるものであった。

このようなモデルの開発には、モデルの精度を論ずる前に、その基本となるデータの質と量の議論が必要であり、また実際の観測データとの比較、検証を十分に行うことが、より正確に生態系全体の構造特性を捉えることを可能にすると述べられた。

最後に、貧酸素化が深刻となっている汽水湖・道湖・中海における生態系モデルを用いた貧酸素化に関する変動シミュレーションを、パソコンを用いたアニメーションでわかりやすくご説明いただいた。



中田喜三郎氏

## 短 信

### 「環境研理科教室」の実施

青少年のリーダー養成をめざし豊かな探究心と創造力を養うことを目的とした「平成14年度 ジュニアリーダー夏季研修会」（主催 六ヶ所村教育委員会）の一環として、環境研理科教室「自然の色をゲット！作ろうオリジナルバンダナ」を実施しました（7月30日（火）13：30～16：00）。理科教室には、村内の小学4～6年生の72名が参加し、花や果物などから天然の色素を抽出し、個性あふれるバンダナ作りを体験しました。



### 「わくわく体験科学館」六ヶ所村とむつ市で開催される

子どもたちが直接、見たり、触れたりすることによって科学の不思議に感動し探求することの楽しさを味わう場「わくわく体験科学館 ～体験しよう！科学とエネルギーの不思議な世界～」(主催 経済産業省資源エネルギー庁、開催市町村)が、六ヶ所村(7月20日～22日)とむつ市(8月9日～11日)で開催され、両会場とも多数の来場者で賑わいました。環境研では、「放射線測定コーナー」において、身の回りの放射線測定、県内の屋外環境γ線線量率マップの掲示や蛍光X線分析装置を用いた指輪やネックレスの成分分析を実施し、放射線についての理解と関心を得ることができました。



### ビデオ上映会

大地からの放射線をテーマに、環境動態研究部が調査した県内の屋外環境γ線線量率マップ等を、小中学生向けにわかりやすく紹介した「原子力と環境のかかわり ～大地と放射線～」(平成13年度制作)が、7月19日、有楽町朝日ホールで開催された「第21回 新作原子力関係ビデオ上映会」(主催 財団法人 日本原子力文化振興財団)において上映されました。

### 幼稚園児「体験学習」の実施

8月27日(火)、村内レイクタウン幼稚園の園児約70名が、春から育ててきたジャガイモの収穫を所内圃場で行いました。収穫を楽しみにしていた園児らは、土の中のジャガイモを見つける度に歓声をあげ、両手で持ちきれない数のジャガイモを収穫していました。



### 実験動物慰霊式行われる

平成14年度実験動物慰霊式が、9月24日(火)本館セミナー室において行われました。

役員、動物実験委員会委員他関係者参列のもと、黙祷、理事長による慰霊の詞、献花を行い、犠牲となった幾多の実験動物の尊い命を無駄にしないことを誓いました。



## 新職員紹介

環境シミュレーション研究部

鈴木 静男



9月1日より、環境シミュレーション研究部に勤務することになりました。

友人に北アルプスにつれていってもらったのをきっかけに山が好きになり、山で何かできないかという不純な動機でその後の研究テーマをすべて決めてきました。比較的長く籠もっていたのが北海道大雪山系とマレーシア・ボルネオ島にあるキナバル山です。標高と緯度が高くなるにつれて生育環境の温度が下がります。それにともない1年で生物が活動できる期間（生育期間）が短くなります。これら温度と生育期間の変化が植物と昆虫の関係にどのような影響を及ぼすかというテーマを持ち趣味が本職になった山歩きをしてきました。煙と「何とか」は高いところに登るといわれていますが、私はまさにその「何とか」です。こちらに赴任して早速八甲田山系に行ってきたが、いいところですね（特に上毛無岱から歩いてきて紅葉が始まった下毛無岱を上から見たときには最高でした）。これからも本職の（ではなく趣味の）山歩きを楽しくやっています。

環境シミュレーション研究部

谷 享



9月1日より、環境シミュレーション研究部に勤務することになりました。2002年3月に東京大学大学院の博士課程を修了し、9月までは同大学院に研究生として所属していました。専門分野は植物生理生態学で、これまでは「環境が明るくなると植物の根が増える」という現象に注目して研究を行ってきました。こちらでは大学の研究室の雰囲気とのギャップに戸惑っていますが、早く仕事を覚えて役に立てるように頑張っていきたいと思っています。

学生の頃は卓球やバレーボールを好んで行っていました。また、研究材料が亜高山帯の植物だったので、重たい測器とバッテリーを担いでの山登りを得意としていました。しかしいずれも過去の栄光です。こちらでは失われた体力を取り戻すべくトレーニングに励む予定です。趣味は70年代や80年代の洋楽を聴いたり、日帰りで自然のあるところに出かけたりすることです。

生まれも育ちも東京で、北国での生活は初めてです。東京の冬ですら苦手としていましたが、寒さと路面凍結に負けないように頑張りたいと思います。これからどうぞよろしくお願いいたします。

### 第38号における誤植の訂正について

前号巻頭言中の原子放射線の影響に関する国連科学委員会、国際原子力機関に関する英語表記に誤りがありました。お詫び申し上げますとともに、下記のとおり訂正致します。

原子放射線の影響に関する国連科学委員会：United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation

国際原子力機関：International Atomic Energy Agency

環境研ニュース 第39号 2002年12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 成松 佑輔

青森県上北郡六ヶ所村大字尾駁字家ノ前1番7

☎ 0175-71-1200(代) FAX 0175-71-1260 URL : <http://www.ies.or.jp>

〔印刷〕 (有)アート印刷