

Radiological Sciences

放射線科学

2010.01

Vol.53

第53巻 第01号



特集

科学技術カフェ2009 in Chiba 開催報告

「科学の都Chibaへのさきがけ」

最近の成果

「環境移行パラメータの推定法の開発」

最近の成果

「MR粘弾性率分布イメージング」

ISSN 0441-2540



▲ 科学技術カフェ2009 in Chiba会場 (きぼーる)の様子。約350名の御来場がありました。



▲ 科学技術カフェ2009における講演の様子。
 長浜博行厚生労働副大臣(上)、
 熊谷俊人千葉市長(中央)、
 中村秀仁研究員(下)。



Contents

04 巻頭言
放射線の教育
 放射線医学総合研究所 理事長 米倉 義晴

06 特集/科学技術カフェ2009 in Chiba 開催報告
科学の都Chibaへのさきがけ
 科学技術カフェ2009事務局
 (独立行政法人 放射線医学総合研究所)
 中村 秀仁、白川 芳幸、田村 奈美子、上島 泰子、矢作 真由美
 (財団法人 内藤泰春科学技術振興財団)
 寺田 容子

22 最近の成果
環境移行パラメータの推定法の開発
 土壌-土壌溶液分配係数と土壌-農作物移行係数
 放射線防護研究センター 廃棄物技術開発事業推進室
 石川 奈緒、田上 恵子、内田 滋夫

28 最近の成果
MR粘弾性率分布イメージング
 千葉大学大学院工学研究科 人工システム科学専攻
 メディカルシステムコース 菅 幹生
 分子イメージング研究センター 先端生命計測研究グループ
 機能融合研究チーム 小島 隆行

32 印象記
第4回分子イメージング研究センターシンポジウム
 分子イメージング研究センター 先端生命計測研究グループ
 機能融合研究チーム
 小島 隆行

34 随想
 市川 龍資

35 編集後記

放射線の教育

一般に、新しい学術領域の確立には、かなり長い歳月がかかると考えられてきた。ところが、最近の動向を見ていると、どうも流れは大きく変わったようである。iPS細胞の研究のように、山中博士の研究が紹介されたとたんに、誰もがその名前を知り、研究の重要性を認識する時代になっている。それはまた、多くの新しい研究者の参加を呼び込み、その結果として研究のスピードが加速されるというよい循環サイクルに入っている。

一方で、結果の出るのに時間のかかる地道な研究領域には、研究者が集まらないという問題が指摘されている。最先端の研究を進めるには、その基盤となる萌芽的な研究を大切にしなければならないという意見が、あちこちから悲鳴のように聞こえてくる。この問題が顕在化したのは、最先端研究に大型の競争的資金が流れ込んだことによって、大学を始めとする研究機関がこぞってその獲得を至上命題とし、大学の講座や研究部門の再編成を行ってきたことによる。国立大学の法人化は

その流れを加速し、そこから抜け落ちた研究領域は悲惨な状況になっている。

このような状況が、将来どのような結果を招くかについて危機意識をもつ研究者も多い。わが国における高等教育のレベルが、すでに低下しているのではないかとの指摘もある。大学は、本来自由闊達な研究を進められる環境にあり、そこから生まれる無数のシーズが、わが国の科学技術の発展を底支えしてきたのは事実である。その仕組みを早急に復活させないと、とても基盤の弱い土地に立つ「塔」だけが取り残されることになってしまうのではないかと懸念する。

放射線に関わる研究の多くは、実際の実験から結果の出るまでに時間のかかる地道な研究領域が多い。若い研究者は、研究の期間や任期が限られていることが多く、どうしても短時間で結果の出せる研究領域を望むことになる。研究現場では、長期的な研究方針と若手研究者の業績確保というジレンマに悩みながら、何とか研究を続ける仕組

みを考えている状況にある。その時に、若手研究者の興味を最大限に活かすことが重要であろう。

自分自身の少年時代を振り返ってみると、SF（空想科学）小説にのめりこんでいたことがあった。その頃に芽生えた好奇心は、高校に入ってから少しずつ体系化された学問の領域に入っていく。もちろん、授業で学ぶ物理学の話はそれなりに役立ったが、それよりも私自身がはまり込んだのは、「物理の散歩道」というシリーズの書籍であった。「ロゲルギスト」という名前の物理学者のグループが交代で執筆したものだが、日常の疑問を物理の世界で解き明かしてくれる手法に、私はいとも簡単にのめりこんでしまった。

中学から高校にかけての時代は、いろいろなものに興味を持って、自分で何とか答えを見つけたいというきわめて知的好奇心にあふれている時期である。対象となる領域は、その人の個性や興味によってさまざまであるのは当然だが、この時代に経験したことはその後の進路を大きく決定す

るのではないかと思う。私自身が医学部に入学後、結局は放射線医学の研究領域に進んだのも、中学から高校時代に受けた物理学の影響が大きかったように思う。

中学の理科教育によりやく放射線が取り上げられるようになった。子供たちが少しでも放射線に興味を持ってくれることが、今後の放射線科学の教育研究の復活に向けての重要な第一歩となると考える。そのためには、まず中学教育の現場で放射線をきちんと教えてもらうようにする必要がある。



独立行政法人
放射線医学総合研究所
理事長
米倉 義晴

特集/科学技術カフェ2009 in Chiba 開催報告

科学の都Chibaへのさきがけ

科学技術カフェ2009事務局

(独立行政法人 放射線医学総合研究所)

中村 秀仁、白川 芳幸、田村 奈美子、上島 泰子、矢作 真由美

(財団法人 内藤泰春科学技術振興財団)

寺田 容子



中村 秀仁 (Hideo Nakamura)

1.はじめに

平成 21 年 12 月 6 日 (日)、千葉市中央区「きぼーる」1 階アトリウムにて「科学技術カフェ 2009 in Chiba」を開催致しました。当日は、幸い好天に恵まれたこともあり、事前申込者を含めて約 350 名の来場者がありました。会場内に設置されたステージでは、初めに来賓としてお越し頂きました長浜博行厚生労働副大臣、熊谷俊人千葉市長からご祝辞を頂戴いたしました。続いて、今回のカフェの主催である財団法人内藤泰春科学技術振興財団 (以下、内藤財団) 高村壽一理事長、独立行政法人放射線医学総合研究所 (以下、放医研) 米倉義晴理事長から挨拶があり、その後、放医研 基盤技術センター研究基盤技術部 / 企画部人材育成・交流課の中村秀仁研究員のミニトークが行われました。

特設ステージ前に集まれた方々は、皆熱心に耳を傾けていられました。その後、御来場された方々は、会場に配置された国内を代表する約 20 の企業ブースで、放射線に関して先端研究を行っている研究者・技術者と実験を行って頂いたり、顕微鏡を覗き込んで放射線を確認して頂いたりして、楽しいひと時を過ごして頂いたようでした。

本カフェでは、子供たちに楽しみながら、科学技術に触れ合ってもらえるよう、スタンプラリー等のイベントを採用させて頂きました。こちらも好評であり、景品引き換えの受付には、スタンプを集めた子

供たちが、お土産のマグカップの色を選んでいるたくさん姿がありました。

また、本カフェでは、多数のブースをゆっくり見て頂きたいという意向で、一息つけるスペースを配置しました。更に、「リトルシェフにんにく」さんの御厚意により、会場内にて温かい飲み物 (ミネストローネ・コーヒー・甘酒) を配付出来ることになりました。当日は、たまたま会場付近を通りかき、御来場された方も多く、お帰りになる際には、笑顔の方が多かったのがとても印象に残りました。

本カフェでは、参加して頂いた企業の皆様にも御満足頂けるよう自社の宣伝を、きぼーる内に設置されている特大スクリーンを通して行って頂きました。スクリーンの前には、終始、人が集まり、それらを御覧になってから、興味のあるブースへ移動される方が多数おられました。(事務局)



写真2: 受付の様子。企画部人材育成・交流課総出で来場者の御対応を行いました(上)。スタンプラリー最終ポイント(下)。



写真1: 特別ステージの様子。テレビ局や新聞記者から多数の取材があり、その様子は当日の夕方以降、大きく放映されました(参照項目:5.メディア掲載実績)。



写真4: 開会式の様子。長浜博行厚生労働副大臣。開会に先立ち御祝辞を頂き、「わが国においてより高度な医療を実現するには、科学技術の進歩が極めて重要である」と、医療に関する科学技術の推進を強調されました。また、事務局でデザインしましたリーフレットも高く評価して頂きました。



写真3: 会場内の様子。ミネストローネやコーヒーを片手にすることにより(上)、市民と研究者・技術者の垣根を取り払うような効果が生まれました(下)。



写真5: 参加企業の皆様には、会場内に設置された特大スクリーンを用いて、自社の宣伝を行って頂きました。

2.開催までの経緯

放医研の中村秀仁研究員は、平成 19 年度より「高校生のためのやさしい科学技術セミナー (以下、高校生シリーズ)」を定期的に開催されています (参照: 放医研 NEWS 2007 年 8 月号) が、平成 21 年度は「第三回内藤泰春記念賞」を最年少で受賞された事をきっかけに、内藤財団へ開催依頼を行われ「科学技術カフェ」共催が実現しました。

「中小企業との連携」を重要視するという内藤財団の意向に添い、放射線に携わる業務を行っている競

合会社に声をかけ、本カフェへ御参加頂けるよう働きかけました。これにより、開催日が日曜日ということにも関わらず約 20 社の企業から「参加希望」の嬉しい御回答を得ることができました (参照項目: 6. 参加企業の紹介)。

また、多数のブースを展開できる会場として、放医研から比較的近い「きぼーる」アトリウムを使用させて頂ける事となり、それに伴い、千葉市経済農政局経済部経済振興課からは後援、千葉市科学館からは協力という形で、参加承諾を得ることができ、「科学技術カフェ」の形が見えてきました。

冬場は体感温度が非常に低くなるという会場の中で、如何に御来場して頂いた方々に楽しんで頂くか? と事務局内で議論を重ねた結果、温かい飲み物で温まって頂きたいというアイデアが浮かびました。その後、内藤財団の鈴木啓祐専務理事との度重なる打ち合わせにおきまして、内藤財団の元役員でいらした長浜厚生労働副大臣の御来賓として参加が決定となり、続いて熊谷千葉市長の御参加が決定となりました。

また、テレビやラジオ等で御活躍中のアナウンサー 東海林克江氏の参加が決定し、会場内に設置された全ブースを回り、その内容を宣伝して頂くという大役を



写真6: Qiba「きぼーる」の様子。会場の外観(左)、会場のシンボルであるプラネタリウム(右)。

快諾して頂きました。

このようにして、放医研という枠組みを超えて、たくさんの方々からの御支援・御協力のもと「科学技術カフェ 2009」開催に向けた準備が進められました。

(事務局)

3. カフェ成功にあたって 「科学の都」

著：熊谷俊人千葉市長

きぼーの広場（アトリウム）で開催された科学技術カフェ 2009 に出席しました。これは千葉市稲毛区にある放射線医学総合研究所（通称「放医研」）の中村研究員が内藤泰春科学技術振興財団から賞を授与されたことを受けて共催したイベントで、市民と研究者・技術者がお茶菓子片手に語り合うという非常に面白い試みです。

私はマニフェストにも「科学の都」を謳っており、千葉市にある最先端の学術研究拠点や企業を連携させて、千葉市の魅力発信を目指しています。放医研は私の住んでいる近所にあり、科学の都の趣旨に賛同していただき、このようなイベントを企画して頂いたこと



写真7: 御祝辞の様子。熊谷俊人千葉市長。



写真8: 御視察の様子。熊谷市長自ら携帯で、写真を撮って頂きました。その写真はブログに大きく掲載して頂いております（参照項：4. 科学技術カフェ2010への意気込み）。

に本当に感謝しています。アトリウムでやるのがもったいないくらい贅沢なイベントでした。来年の開催にも意欲的でしたので、来年はより幅広い市内の機関に呼びかけて科学の輪を広げていきたいと思っております。

ちなみに表彰された中村研究員は実は私と同年です。凄いですね。テーマは「ペットボトルでPET」という、ペットボトルを溶かした素材に放射線をあてて写真を撮ると放射線が観測できるという特徴を生かして、将来ペットボトルのリサイクルで癌を検査するPET（陽電子放射断層撮影）を作るというものです。一般市民にも身近なペットボトルで医療を、というコンセプトが面白いです。

「科学技術カフェ成功の立役者」

著：内藤財団 鈴木啓祐専務理事

内藤財団は事業の一環として、科学技術セミナーを毎年開催致してまいりましたところですが、これまで本来のセミナー形式を破り、放医研との共催、千葉市経済農政局経済部経済振興課の後援、千葉市科学館の協力を頂き、式典には参議院議員・長浜博行厚生労働副大臣、熊谷俊人千葉市長のご来臨を賜り、昨年12月6日（日）『科学技術カフェ 2009』を開催いたしました。

内藤財団が放医研と科学技術カフェを共催出来た所以は、そもそも内藤財団の平成20年度内藤泰春記念賞（科学技術に関する優れた業績を挙げた者に対する顕彰）を選考委員会の厳選なる結果、将来を有望視される若手（当財団記念賞受賞者の中では最年少）研究者であります放医研の中村秀仁氏を表彰したこと起因いたします。

善く“事業は人なり”と申しますが、人と人とのご縁は摩訶不思議なことでありまして、中村秀仁研究員との昨年3月表彰式での出会いがなければ、当然このような『科学技術カフェ』のお話もなく、開催



写真9: インタビューの様子。左から鈴木啓祐専務理事、続いて総合司会者でアナウンサーの東海林克江氏。

することが出来なかった訳であります。

このたびの『科学技術カフェ』開催の成功の裏には、偏に放医研の“研究者である前に素晴らしい人間味あふれる中村秀仁氏”による各方面、関係者への気配りと真摯な取り組みが功を奏し、同時に中村秀仁氏が所属する部門の多大な御協力があったゆえに、大成功を取れたものであります。

最後に、この開催を契機に是非とも来年度も引き続き継続することが大切であり、第2回『科学技術カフェ』を開催したい旨、提案させていただきます。

このような『科学技術カフェ』を通じて、科学技術の輪を広げ日本の科学技術創造立国を目指しつつ、未来への人間と自然との調和を図り、人類の福祉のため、当財団がその一翼を担うことが出来れば幸いです。

「人と人の心を繋ぐ科学技術カフェ」

著：放医研 中村秀仁 研究員

平成21年3月に内藤泰春記念賞を頂いて以来、故鈴木幸壽前理事長をはじめ内藤財団関係者の皆様には、非常にお世話になってまいりました。特に科学技術カフェ 2009 の開催にあたり、鈴木啓祐専務理事には多大なる御尽力と御協力を頂き、いくら感謝をしても足りないぐらいです。この場を御借りしまして、内藤財団の皆様には厚く御礼を申し上げます。

毎年、定期的に科学技術セミナーを開催されています内藤財団としては、例年と同じようなセミナーの開催を御希望されていたのかもしれませんが、しかしながら、若手研究者の発案に、真摯に耳を傾けて頂き、更に様々な形で御協力を頂いた事を、とても嬉しく思います。

私は、この度、科学技術カフェ 2009 の事務局長をさせて頂き、学んだ事があります。このカフェの成功裏には、内藤財団の関係者の皆様だけでなく、熊谷千葉市長を筆頭に世界へ先駆け「科学の都」の実現を目



写真10: インタビューの様子。

指されている千葉市の方々や企業の皆様との新しい出会いがたくさんありました。そして、皆様から様々な形で御協力を得ることになりました。それらの中で、一人一人に対し、感謝の気持ちを忘れない事が、人の心を動かし、何かを成し遂げるための大きな原動力になると学びました。

最近、光が照らない個所にこそ物事の本質が隠れている可能性が高く、その陰に潜む真実を見抜く事が、研究にとって重要ではないかと感じております。これは研究のみならず、人と人との繋がりでも、同じ事が言えるのではないのでしょうか。陰で頑張っている方々はいないか?? 常に目を光らせる。それは、とても難しいことです。

私は、内藤泰春記念賞受賞を機会に、人として成長させて頂ける大切な時間を頂いた事に深く感謝しております。誠に有難うございました。

4. カフェ2010 in Chibaへの意気込み

中村研究員は「次回も開催したい。また、このような会にはスポンサーが必要である」と話し、熊谷千葉市長から「次回ももっと大規模にやりたい」と御回答を頂きました。内藤財団の鈴木啓祐専務理事からは「来年も、我々内藤財団がやります」と次の開催への快諾を頂きました。また、同カフェについては、熊谷千葉市長のブログにて大きく取り上げて頂いています。熊谷千葉市長と中村研究員とは、同じ31歳であり非常に話がはずまれました。

熊谷千葉市長のマニフェストにあります「科学の都 Chiba」と連携し、これからも一般の方々に科学技術を知って頂けるよう広報活動を続けていきたいと思っております。 (事務局)

【千葉市長ブログ】

<http://kumagai-chiba.seesaa.net/article/134912069.html#comment>



写真11: 左から米倉義晴理事長、中村秀仁研究員 (31歳)、熊谷俊人千葉市長 (31歳)。

5.メディア掲載実績

上述にもありますように、今回の科学技術カフェ2009では、多数の取材がありました。その一部を、御紹介致します。また、マスコミ各社の皆様には、貴重な御時間を頂戴できた事に、心より感謝しております。(事務局)



写真12:取材の様子。左から千葉日報社記者の石井敏之氏、取材を受ける放医研の岡本正則調査役と中村秀仁研究員。

【テレビ放映実績】

平成21年12月6日 千葉テレビ
平成21年12月9日 JCN千葉
平成21年12月10日 JCN千葉

【記事掲載実績】

平成21年11月1日 サエンスポータブル
平成21年11月20日 キッズジャーナル
平成21年11月27日 地域新聞(朝刊)、
平成21年12月1日 ちば市政だより(10面)
平成21年12月1日 千葉日報(朝刊、10面)
平成21年12月4日 ちばとびweb
平成21年12月6日 千葉テレビweb、
平成21年12月6日 千葉市長熊谷プログ
平成21年12月7日 ちばとびweb
平成21年12月7日 千葉日報(朝刊、14面)
平成21年12月9日 JCN千葉web
平成21年12月10日 原子力産業新聞(4面)
平成21年12月18日 社団法人原子力産業協会
原子力ニュース
平成21年12月25日 千葉市科学館HP
平成21年12月25日 社団法人原子力産業協会
原産協メールマガジン

6.参加企業の紹介

参加企業の皆様を御紹介させていただきます。今回、科学技術カフェ2009を無事終える事ができましたのも、皆様からの多大なるご協力とご支援を頂きましたお蔭です。この場をお借りして、皆様にご厚くお礼申し上げます。誠に有難うございました。なお、この章では、カフェで配付させて頂きました各ブース紹介の資料を掲載させていただきます。また、ここでは、当日の様子を御覧になって頂く事ができます。(事務局)

A.財団法人内藤泰春科学技術振興財団 「独創性に富んだ研究開発を応援」

カフェ掲載記事: <http://www.naito-zaidan.or.jp/news.html>

当財団は、科学技術に関する研究開発のための助成及び顕彰を行い、科学技術の振興及びその普及啓発を図り、もって国民生活の向上と国民経済の発展に寄与することを目的と致します。助成及び顕彰事業については、毎年8月1日より翌年度分の募集を行います。ご興味のある方はホームページをご覧ください。



B.株式会社アミンファーマ研究所 「活性酵素よりこわい! アクロレインってなんだ!？」

当社は、代表取締役社長五十嵐一衛(千葉大学名誉教授)が、平成18年3月まで千葉大学大学院薬学研究院の教授として実践してきた研究の成果を基に、平成19年4月に設立した千葉大学発ベンチャーです。脳梗塞の危険性と関連が深いバイオマーカーを用いて、提携する医療機関と連携し、脳梗塞リスクに関する情報を皆様へ提供いたします。現在は、人間ドック等のオプションとして、この脳梗塞リスク評価サービスをご利用いただけます。この脳梗塞リスク情報が、皆様の健康管理に役立ち、一人でも脳梗塞に苦しむ方が減ればと願っております。また、今後も研究開発に



注力し、高い科学的信頼性に支持された研究成果の社会還元にあらずしてまいります。

C.茨城県企画部科学技術振興課

「茨城県中性子ビーム実験装置、他」

今年の5月に茨城県東海村に大強度陽子加速器(J-PARK; ジェイパーク)が完成しました。J-PARKは、中性子やニュートリノなどを用いて、副作用の少ない薬や電気自動車に搭載される高性能な電池の電極材料の開発や、宇宙はどのようにして始まったのかなどを行う世界最高水準の研究施設です。

茨城県はJ-PARKに材料構造解析装置、生命物質構造解析装置2台の中性子ビームラインを整備し、中性子の産業利用を推進しております。茨城県中性子ビームラインには、全国の企業から多くの申込みがあり、様々な実験や構造解析が進められています。この他、つくば地域で行っている科学技術に親しむ事業の紹介(サイエンスツアー)を行います。



D.応用光研工業株式会社

「放射線を観る」

今回の科学技術カフェ2009におきまして、弊社応用光研工業株式会社は「放射線を観る」をテーマとし、ビデオ、測定装置、シンチレータ等により視



覚によって放射線を視て頂きます。

ビデオでは、弊社製作の多段式スパークチェンバーにより、宇宙線が降りそそぐ様子を視て頂きます。測定装置では、身の回りにある物質から出るβ線を実際に測定し、その強さを視て頂きます。また、弊社が製作しておりますシンチレータ(放射線を光に変換する物質)を用いて、目に見えない桁起光により、シンチレータより発光する様々な光を実際に視て頂きます。これらによりまして、私共の身の回りにある放射線を実際に視て頂き、放射線を理解して頂きます。

E.有限会社ジー・エヌ・ディー

「試作基盤設計、及びその応用」



F.セイコー・イージーアンドジー株式会社

「放射線をはかる携帯機器」

私たちの身の周りには放射線が飛び交っています。大地や空から常に放射線が放出されていますから、私たち自然の中で暮らす人間は多かれ少なかれ放射線に曝されて生活しています。放射線は直接目で見たり触ったりすることは出来ませんから、どれ位の数の放射線が身の回りにあるのか私たちの五感では知ることができません。

ここの展示する製品は、放射線をセンサーで感知し



その多い少ないを知らせてくれるラドアイ (RadEYE) という製品です。携帯サイズで市販の電池で約 600 時間働きます。

G. 千葉市科学館 「光のひみつ」

カフェ掲載記事: http://www.kagakukanq.com/sp_event/detail.php?time_table_parent_id=169&old_flg=1

千葉市科学館にて活躍しているボランティアの皆さんと今回は出展しています。ブースでは、かんたんな「分光器」をつくって、光のヒミツに迫ります。きぼーる 7 階にある千葉市科学館では、日常の中の出来事や現象を、ワークショップなどの体験を通して発見します。

暮らしの中の科学を発見する楽しさを、皆さんもぜひ体感してみてください！



H. 千葉市環境局管理部ゴミ減量推進課 「挑戦! 焼却ゴミ 1/3 削減」

千葉市では、市の焼却ごみの 1/3 にあたる 10 万トン削減し、清掃工場を 3 つから 2 つに減らすことを目指し、「挑戦! 焼却ゴミ 1/3 削減」をビジョンに掲げてごみの減量に取り組んでいます。目標を達成できれば、ごみの焼却により発生する温室効果ガスが半分以上減らせるほか、清掃工場の建て替え費用 182



億円や工場の維持管理費用、年間 6 億 4 千万円が節約できる、などの効果が見込まれますが、そのためには市民・事業者の皆様のご協力が必要不可欠です。

そこで、ごみを減らすために皆さんに取り組んでいただきたい「古紙の分別」をテーマに、パネル展示やクイズ・アンケートを行っていますので、ぜひ、お立ち寄りください。

I. 株式会社千代田テクノロ 「身の回りの放射線」

我々の回りに身近にある放射線を紹介したいと考えています。簡易測定器「アルファちゃん」「ベータちゃん」を用意し、普段目にするものある湯の花、こんぶ、園芸肥料等から放射線が出ていることを知っていただき、放射線が身近にあることを知ってもらいたいと思います。 α 線、 β 線の違いも簡易測定器を用い理解していただければと考えています。



J. 社団法人日本原子力産業協会 「JAIF 地域ネットワークとは?」

カフェ掲載記事: http://www.jaif.or.jp/melmag_db/2009/1225.html#1-3

社団法人日本原子力産業協会では昨年 6 月に社会の原子力に対する理解促進のため、全国の電源立地と消費地とを結ぶ「JAIF 地域ネットワーク」を発足しま



した。「JAIF 地域ネットワーク」では、日本全国から集まったメンバー同士の交流、情報交換が行われており、また、年に数回、エネルギー関連施設の見学、意見交換会、勉強会も開催しています。今回は、メンバーの研究活動を通じて「生活に役立つ放射線利用」の一例を紹介しており、また、「放射線を体感」できる「ロボット犬型放射線計測器」も展示していますので是非、実際に体験してみてください。

「JAIF 地域ネットワーク」ではただ今、メンバーを募集中です！原子力発電所がある電源立地地域の方々との交流やエネルギー、放射線に関する勉強会、見学会に興味のある方のご参加をお待ちしております。お気軽にブースにお立ち寄りください。

K. ウランガラス同好会 「ウランガラスの世界」

掲載記事: <http://uranglass.gooside.com/>

ウランガラスとは、着色剤として僅かなウランを混ぜた美しいガラスです。1830 年頃にチェコで発明された後、欧米で数多くの工芸品が製造され、最近、日本でも製造が試みられています。ウランガラスの最大の特徴は、真っ暗闇でも紫外線を当てると妖しく光ることです。今回のブースでは、日米欧の色々なウランガラスを展示しています。これらに紫外線を当てて、美しく輝くウランガラスを見よう！



L. ニルス理科実験クラブ 「宇宙メダカの観察」

掲載記事: http://www.geocities.jp/nirs_rika/

ニルス理科実験クラブは放射線医学総合研究所の O B 有志により運営されています。千葉市都賀の瀧澤学園で小学生を中心に、自然界の不思議、理科実験の楽しさを伝える活動を行うと共に、千葉市科学館の土日講座、公民館の講習会や放医研一般公開に協力しています。

1994 年 7 月に日本人宇宙飛行士、向井千秋さんと

共に、放医研で樹立した近交系ヒメダカが 15 日間の宇宙旅行をしました。この宇宙メダカは脊椎動物として初めて無重力状態で雌雄による産卵行動を行いました。宇宙で産卵された卵は無重力でも正常に発生して孵化しました。地上に帰還したメダカ稚魚は正常発育し、地上で繁殖しました。その子孫を展示しています。

本日はメダカのひれの血流（毛細血管内の赤血球の流れ）を顕微鏡で観察できます。



M. 株式会社パーキン・エルマー・ジャパン 「バイオエタノールと放射能」

CO₂ 排出削減の話題が、新聞・ニュースをにぎわしていますが、その政策の一つとしてバイオガソリ



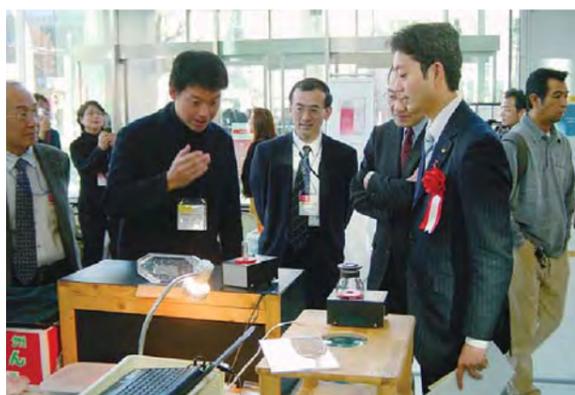
ンの普及が進められています。すでに一部の地域では、ガソリンに「バイオエタノール」を混ぜた燃料が販売されています。今後「バイオ燃料」の消費を広げていくために、バイオエタノールの含有量を判定する測定法の標準化が急務とされているのです。生物資源由来の「バイオエタノール」と石油由来のエタノールを見分ける方法として、炭素14測定法が知られています。

パーキンエルマーは、液体シンチレーションアナライザーを用いた炭素14測定法をさらに高感度化することで測定法の標準化を目指し、ひいては地球環境の改善に貢献するべく日々研究開発に努めています。

N. 広島大学大学院工学研究科

「目で見る光・放射線&おもしろ鉱物・結晶」

見えない粒子（ニュートリノ・α線）・電磁波（光子）といった（電離）放射をみるには？暗やみで妖しく光る鉱石や結晶もみてみよう。人間にある右利き・左利きが、ニュートリノ粒子や水晶にもある？水晶の様々な性質、水晶中の美しい虹の渦（エアリースパイラル）もみて、水晶の音も聞いて五感で体感してみよう。



O. 本田ひかり技研

「ビデオガイド作業支援ディスプレイシステム」



P. ヨシザワLA株式会社

「放射線と科学に役立つ鉛の技術」

当社は、鉛の技術で92年主に放射線防護用の鉛遮蔽材量を中心とした製造メーカーです。日常皆さんが健康診断や人間ドッグなどのときに、お世話になるX線検査、CT検査、PET検査などの室内の壁には、放射線が外に漏れないように、鉛の板が埋め込まれています。最近では放射線診断薬を用いてSPECTカメラでも「鉛コリメータ」が使用されています。

また宇宙から来るいろいろな放射線などのエネルギーを測っている研究にも「鉛カロリメータ」が使われています。一般には、つり用の錘やゴルフクラブのバランスウエイト、テニスラケット用バランスウエイトがお馴染みですが、当社の製品はみなさんの目に触れない場所で多く使われています。また鉛のリサイクルを推進し環境負荷の低減に努めています。



Q. 東京ニュークリアサービス株式会社& 放医研人材育成・交流課

「放射線を感じてみよう」

(へー!?放射線ってこんなことをするんだ!)

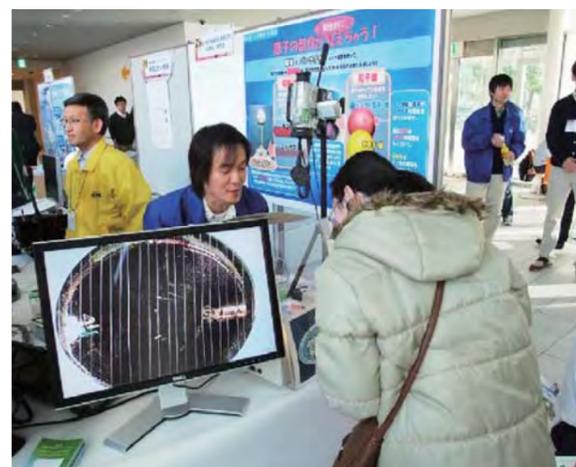
放医研人材育成・交流課では、放射線に関わる仕



事を行っている国内外の医療関係者、研究者、技術者から消防・警察・海上保安関係者、更に高校生向けのサイエンスキャンプなど多くの方々に対し、それぞれの分野に応じた様々な研修を行ってきました。昭和35年から始まった研修は、来年でちょうど50年になります。

今日はそれらの研修の中で現在各コース共通で行っている「目で見る放射線」と題したデモンストレーションの中から、研修生に好評な2つのテーマをご紹介します。1つめは、100年以上前に考案され現在でも広く利用されている霧箱を使って、普段見ることが出来ない様々な放射線をお見せします。

2つめは、静電気発生器と、クルックス管で発生させたX線を使って、放射線が持つ意外な性質をご紹介します。みなさんがよく知っているあのリカちゃん人形がお手伝いします。



R. 放医研 広報課

「独立行政法人放射線医学総合研究所」

広報課の総力を挙げて、会場の設営や非常に多くの写真を撮って頂きました。また、マスコミ対応も行って頂きました。



S. 放医研 放射線防護研究センター 環境放射線影響グループ
「空の放射線」-高高度での宇宙線被ばく-

私たちは常に宇宙からの放射線、いわゆる宇宙線を浴びています。宇宙線の強さは高い場所ほど強くなり、ジェット機が飛ぶ高度では、地上の百倍近くになります。

放射線医学総合研究所では、皆さんが飛行機に乗った時にどのくらい宇宙線を浴びたかを知り、放射線被ばくに対する理解を深めてもらうための一助として、航空機搭乗時に受ける宇宙線被ばく線量を瞬時に計算・表示するウェブツール「航路線量計算システムJISCARD」を開発し、放医研のホームページで公開しています。

並行して、その計算精度を高めるための研究開発にも日々取り組んでいます。またJISCARDは、航空機乗務員の被ばく管理にも役立てられています。



T.放医研 基盤技術センター 研究基盤技術部

「(1) 君もエレメントハンター」

—陽子線を使った元素分析技術—

アルミニウムからウランまでの多元素を一度に、最高10の-12乗の高精度で分析できるPIXE装置を紹介しました。

「(2) 放射線研究を支える実験動物」

—ラットを育ててみよう—

放医研で成功したラットの人工飼育の様子を紹介しました。



「(3) プロトンビームで細胞を狙い撃ち!」

2μm以下の精度で、細胞核を狙い撃ちできる細胞照射装置SPICEを紹介しました。

PIXEとSPICEの2つの装置は、共用施設として世界中の研究者や企業の方々に御利用いただいています。



「(4) 素粒子・宇宙物理にふれてみよう! 宇宙線の測定」

宇宙からやって来る放射線である、宇宙線がどのようにできて、どのような反応が大気中で起きているかポスターで説明し、実施にシンチレーション検出器を使って測定している所を御覧いただきました。地上だ

と、手のひらを拡げると一秒間に約一個の割合で宇宙線が来ています。地上に到達する宇宙線は、ミューオンやニュートリノと呼ばれる粒子でほとんど反応しないので、人体には影響しません。しかし、宇宙に行くと、陽子線や重粒子線も存在し、長期間の滞在では影響がある可能性が指摘されています。



7. 科学技術カフェ2009を終えて

今回のカフェの企画や開催に当たっては、約8ヵ月間にわたり、毎週定期的に打ち合わせをし検討を行う



など、事務局スタッフ一同準備を進めてきました。

また、当日の会場設営及び運営では、人材育成・交流課および研究基盤技術部のスタッフが中心となり全て手作りで、来場者数350名と盛会に開催することができました。関係各位のご協力で御礼申し上げます。

平成 22 年 1 月 1 日
科学技術カフェ 2009 事務局



8. 備考

●千葉市長熊谷ブログ



科学技術カフェ2009 ～科学の都へ～

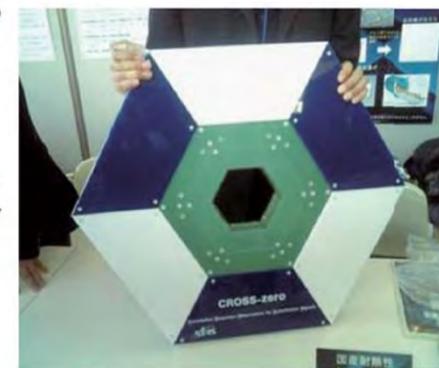
花見川区のタウンミーティング後、きぼーる広場（アトリウム）に移動して、科学技術カフェ2009に出席。

これは千葉市稲毛区にある放射線医学総合研究所（通称“放医研”）の中村研究員が内藤泰春科学技術振興財団から賞を授与されたことを受けて共催したイベントで、市民と研究者・技術者がお茶菓子片手に語り合うという非常に面白い試みです。

私はマニフェストにも「科学の都」を謳っており、千葉市にある最先端の学術研究拠点や企業を連携させて、千葉市の魅力発信を目指しています。放医研は私の住んでいる近所にあり、科学の都の趣旨に賛同していただき、このようなイベントを企画して頂いたことに本当に感謝しています。アトリウムでやるのがもったいなくらい贅沢なイベントでした。来年の開催にも意欲的だったので、来年はより幅広い市内の機関に呼びかけて科学の輪を広げていきたいと思います。

⇒放射線医学総合研究所のホームページ

ちなみに表彰された中村研究員は実は私と同じ年です。凄いですね。テーマは「ペットボトルでPET」という、ペットボトルを溶かした素材に放射線をあてて写真を撮ると放射線が観測できるという特徴を生かして、将来ペットボトルのリサイクルで癌を検査するPET（陽電子放射断層撮影）を作るというものです。一般市民にも身近なペットボトルで医療を、というコンセプトが面白いです。



これが試作品

【千葉市のPRの最新記事】

- モノレール運賃制度の案内
- レッサーバンダ体操オススメです!
- 今日ジェフのホーム最終戦です!

posted by 熊谷俊人 at 22:00 | Comment(6) | TrackBack(0) | 千葉市のPR | 0 | 0

●社団法人原子力産業協会 原産協メールマガジン



[JAIF]原産協メールマガジン



原産協メールマガジン12月号
2009年12月25日発行

ロJAIFネットワークが「科学技術カフェ2009」へブース展示

当協会の「JAIF地域ネットワーク」は12月6日(日)、千葉市「きぼーる」(千葉市科学館)で開催された、(独)放射線医学総合研究所(放医研)、内藤泰春科学技術振興財団の共催による「科学技術カフェ2009」にブース出展しました。

「科学技術カフェ2009」は、放医研の中村秀仁博士(基盤技術センター研究基盤技術部)が、「内藤泰春記念賞」を最年少で受賞したのがきっかけで企画され、放射線計測分野で常にユニークな研究をしている新進気鋭の中村氏を中心となり、「若い世代に向けた正しい放射線の知識の啓蒙」を目的に開催されたものです。

中村氏の受賞テーマは、「放射線源から放出される粒子を用いた高信頼度での放射線計測方法の確立」で、放射線源から放出される放射線のエネルギーや放射線量を厳密に計測する方法を開発し、従来のものと比べ非常に精密な放射線計測器の校正を可能にしました。



会場の様子



当協会のブース

イベント当日は天候にも恵まれ、長浜博行・厚生労働副大臣や熊谷俊人・千葉市市長(=写真下)を来賓として迎えたほか、家族連れや小学生のグループなど約350名の来場者があり、「市民と科学者がコーヒーやスープを片手に語りあう場」として大盛況でした。また、スタンプラリーを通じて、放射線に関する科学技術の面白さを市民に体験していただきました。

長浜厚生・労働副大臣は、「わが国において、より高度な医療を実現するためには、科学技術の進歩が極めて重要」、また熊谷千葉市長は、「千葉市を科学技術の都にしたい。いろいろなところで千葉市民が研究者とふれあい、模擬実験が行われるようなイベントをやってみよう」と述べ、来場者からは大きな拍手がわき上がりました。



当協会の「JAIF地域ネットワーク」ブースでは、来場者への食品や医療、工業分野での放射線利用についての説明のほか、メンバーが作成したオリジナル放射線測定器の紹介とわが国で唯一食品照射が認められている「芽止めジャガイモ」を配布しました。同イベントについては熊谷市長のブログや千葉テレビでも大きく取り上げられました。

- ・内藤泰春科学技術振興財団 <http://www.naito-zaidan.or.jp/>
- ・内藤泰春記念賞 http://www.naito-zaidan.or.jp/pdf/news_01.pdf
- ・熊谷市長 blog <http://kumagai-chiba.secsaa.net/archives/20091206-1.html>
- ・「科学技術カフェ2009」関連映像(千葉テレビ ニュース映像), <http://www.jaif.or.jp/ja/news/2009/sciencecafe2009news.mpeg>

●ちばとびweb



ニュース フォト スポーツ 地域情報 観光 釣り 人生指針 忙しん語 社説 特集 文化 家庭 選挙 サイトマップ ちばとびリンク

ホーム>>ニューストップ>>県内ニューストップ>>地域ニュース>>記事全文

47CLUB 新海苔・新落花生・佃煮セット

サイトを検索する

80 日付検索 文字サイズを変更

2009年12月10日(木)

今日のお天気

県北西部 曇り時々晴れ 最高気温14度

県北東部 曇り時々晴れ 最高気温13度

県南部 曇り時々晴れ 最高気温15度

カフェで楽しむ科学実験

スープ、コーヒー片手に最新検査技術報告も

2009年12月07日10時46分 [千葉エリア]

スープを片手に科学に親しんでもらおうと、財団法人内藤泰春科学技術振興財団と独立行政法人放射線医学総合研究所(放医研)は6日、千葉市中央区のきぼーる1階アトリウムで、科学技術カフェを開催した。20団体が科学実験を披露するだけでなく、見学に疲れたら座ってスープやコーヒーを飲んでくつろげるとあって、家族連れでにぎわった。



静電気の発生実験や放射線の測定実験など20のブースでさまざまな実験が披露された科学技術カフェ=6日、千葉市中央区のきぼーる

同カフェは放医研の中村秀仁博士(31)が内藤財団に表彰されたことを契機に、市民に放射線技術に親しんでもらおうと中村博士らが企画した。

開催に先立ち、長浜博行厚労副大臣が「高度の医療技術において科学技術の進歩は非常に重要」。熊谷俊人市長は「私は科学の都、千葉にしたいと訴え当選した。研究者と市民がフランクに交流できるのはすばらしい」と同カフェの意義を評価。

その後、中村博士が、現在研究中のペットボトルのプラスチックをレンズとして、目では見えない放射線をカメラで撮影する技術を紹介。この技術を応用すれば、ペットボトルのリサイクル促進ががん検査機器の大幅コストダウンにつながることを報告した。

長男、長女と参加した中央区の会社員、富木聖さん(41)は「(いろいろな実験に)直に触られるので子どもたちも喜んでいる」と目を細めた。

市民の好反応をみた中村博士は「第2回、3回と回数を重ねたい」と話し、熊谷市長は「ぜひやりましょう。次回ももっと大規模にやりたい」と答えた。

千葉日報 2009年12月7日(月)

きぼーるで「開店」
科学実験
カフェで楽しむ

スープ、コーヒー片手に最新検査技術報告も

静電気の発生実験や放射線の測定実験など20のブースでさまざまな実験が披露された科学技術カフェ=6日、千葉市中央区のきぼーる

厚労副大臣が「高度の医療技術において科学技術の進歩は非常に重要」。熊谷俊人市長は「私は科学の都、千葉にしたいと訴え当選した。研究者と市民がフランクに交流できるのはすばらしい」と同カフェの意義を評価。

その後、中村博士が、現在研究中のペットボトルのプラスチックをレンズとして、目では見えない放射線をカメラで撮影する技術を紹介。この技術を応用すれば、ペットボトルのリサイクル促進ががん検査機器の大幅コストダウンにつながることを報告した。

長男、長女と参加した中央区の会社員、富木聖さん(41)は「(いろいろな実験に)直に触られるので子どもたちも喜んでいる」と目を細めた。

市民の好反応をみた中村博士は「第2回、3回と回数を重ねたい」と話し、熊谷市長は「ぜひやりましょう。次回ももっと大規模にやりたい」と答えた。

●千葉日報(朝刊、14面)

●社団法人原子力産業協会 原子力ニュース

国内の原子力ニュース

ニュース

2009-12-18

科学技術カフェ2009 芽止めジャガイモなど紹介 放射線知識深める

千葉市科学館「きぼーる」で6日、放射線医学総合研究所(千葉市)、内藤泰春科学技術振興財団の共催で、若い世代に向けた正しい放射線の知識の啓蒙を目的としたイベント「科学技術カフェ2009」が開催された。今回は放医研の中村秀仁博士(基礎技術センター研究基盤技術部)が「内藤泰春記念賞」を最年少で受賞したのを機に行われ、家族連れや小学生のグループなど約350名の来場者があり盛会だった。

来賓として挨拶した長浜博行厚生労働副大臣は「より高度な医療を実現するためには、科学技術の進歩が極めて重要」と語った。また熊谷俊人千葉市長は「千葉市を科学技術の都にしたい」と述べ、自身のブログでもイベントの様子を取り上げた。

原産協会も展示ブースを設け参加。オリジナル放射線測定器の紹介とわが国で唯一食品照射が認められている「芽止めジャガイモ」を来場者へ配布、食品や医療、工業分野での身近な放射線利用についても説明した。

「科学技術カフェ2009」関連映像(千葉テレビ ニュース映像)は [こちら](#) キッズジャーナルHP

放射線医学総合研究所イベント情報は [こちら](#)。

(写真は、熊谷千葉市長、照射じゃがいもに興味を示されていた)

子どもを連れて行ってみよう

◆科学技術カフェ2009 in Chiba◆

内容＝お茶やお菓子を片手に科学の専門家が放射線に関わる科学技術の面白さを子供から大人までわかりやすく説明してくれる(宇宙メダカの観察や身の回りの放射線など)豪華プレゼントがもらえるスタンプラリー実施。事前申し込み先着300名にカフェセットプレゼントもあり/日時＝12月6日(日)13:00～16:00/会場＝Qiball(きぼーる)/千葉市中央区中央4-5-1(JR千葉駅より徒歩5分・京成千葉中央駅より徒歩5分・千葉都市モノレール園川公園駅より徒歩4分)、有料駐車場もあり/無料/申・問＝独立行政法人放射線医学総合研究所「科学技術カフェ2009」事務局TEL043-206-3145。

原子力産業新聞 2009年(平成21年)12月10日(4)

芽止めジャガイモなど紹介

科学技術カフェ2009 放射線知識深める

千葉市科学館「きぼーる」で6日、放射線医学総合研究所(千葉市)、内藤泰春科学技術振興財団の共催で、若い世代に向けた正しい放射線の知識の啓蒙を目的としたイベント「科学技術カフェ2009」が開催された。今回は放医研の中村秀仁博士(基礎技術センター研究基盤技術部)が「内藤泰春記念賞」を最年少で受賞したのを機に行われ、家族連れや小学生のグループなど約350名の来場者があり盛会だった。

来賓として挨拶した長浜博行厚生労働副大臣は「より高度な医療を実現するためには、科学技術の進歩が極めて重要」と語った。また熊谷俊人千葉市長は「千葉市を科学技術の都にしたい」と述べ、自身のブログでもイベントの様子を取り上げた。

原産協会も展示ブースを設け参加。オリジナル放射線測定器の紹介とわが国で唯一食品照射が認められている「芽止めジャガイモ」を来場者へ配布、食品や医療、工業分野での身近な放射線利用についても説明した。

原子力産業新聞 2009年1 2009/11/24

INDEX

国内ニュース

- 安全規制「経験と知見」重用 国際基準との整合性も 基本政策小委の報告 パブコム募集
- 福島県知事他、経産相訪問 電源地域振興など要望 安全規制の客観性向上も
- 5 原子力委員が国会で承認 1月から就任
- 原燃 MOX工場着工延期 新型炉心身導入も遅れ
- COP15がデンマークで開幕 18日まで
- 第5回カザフ原子力協定交渉 東京にて
- 【シリーズ】原子力発電「支えの主役」関連産業編(3) 日本ギア工業 パルプ駆動装置「リミトルク」 米国との技術提携 安全・信頼性維持のため 幾つもの規格認証試験
- 第4世代炉開発 G1F 議長に佐賀山氏就任
- 永田日本製鋼所会長が死去
- 科学技術カフェ2009 芽止めジャガイモなど紹介 放射線知識深める
- 医用財団 がん治療の画期的な歩みを報告
- 【論人】 萩原 悦子 NPO法人あすかエネルギーフォーラム 理事長 消費者が主役の時代

海外ニュース

- ヨルダン原子力副委員長に聞く 19年運転開始目指し、導入
- ヨルダン 研究所の建設が韓国を選定
- インド原子力公社とL&Tが合併 原子力用大型製造品製造で
- インド 原子力省長官にパネルジー氏
- 仏アレバ社 アルストムに送電部門売却へ
- 日台安全セミナー 台湾の原子力発電 計画外 停止削減で高稼働率

HEADLINE

国内ニュース

科学技術カフェ2009 芽止めジャガイモなど紹介 放射線知識深める

千葉市科学館「きぼーる」で6日、放射線医学総合研究所(千葉市)、内藤泰春科学技術振興財団の共催で、若い世代に向けた正しい放射線の知識の啓蒙を目的としたイベント「科学技術カフェ2009」が開催された。今回は放医研の中村秀仁博士(基礎技術センター研究基盤技術部)が「内藤泰春記念賞」を最年少で受賞したのを機に行われ、家族連れや小学生のグループなど約350名の来場者があり盛会だった。

●原子力産業新聞(4面)

●ポスター・リーフレット

放射線と科学技術

平成21年12月6日(日) 13:00～16:00

会場: Qiball (きぼーる)

1Fアトリウム

参加費無料

スタンプラリー

お申し込み・お問い合わせ

会場のご案内

ポスター

カフェコーナー ポスター

カフェセット引換券

アンケート

スタンプラリー

最近の成果

環境移行パラメータの推定法の開発
土壌-土壌溶液分配係数と土壌-農作物移行係数

放射線防護研究センター・廃棄物技術開発事業推進室
 博士研究員 石川 奈緒
 主任研究員 田上 恵子
 室長 内田 滋夫



石川 奈緒 (Nao Ishikawa)

はじめに

原子力発電は現在、全電力量の30%以上を賄っており、天然資源に乏しい我が国になくてはならない発電方式となっています。一方で、最近では「電気の廃棄物問題」としてCMやシンポジウムなどでキャンペーンが行われているように、原子力発電によって生じる放射性廃棄物の処分は地層処分となることが決定し、地層処分事業が進行中であることは一般にも知られるようになってきました。この事業では、処分場内に放射性廃棄物をいかに閉じこめるか、すなわち、安全に生物圏から隔離するかという技術開発と同時に、廃棄物に含まれている放射性核種が将来処分場から漏出した場合を想定した環境影響評価が重要課題の一つです。シナリオでは、地層処分が行われた後、処分場から漏出した放射性核種が岩盤の切れ目等を地下水とともに移動して私たちの生活する生物圏に到達することが考えられています。生物圏に到達した放射性核種は、様々な経路を経て人体へ移行すると考えられますが、重要な経路の一つに土壌-農作物-人体経路があります。この経路は、放射性核種を含む河川水や井戸水が灌漑などの農業用水として使用されることによ

り、農耕地土壌を経由して作物に吸収され、その作物を人間が摂取して人体まで移行する経路です。

この土壌-農作物-人体への移行経路に起因する放射性核種の移行量推定に必要な環境移行パラメータには、土壌-土壌溶液分配係数(K_d)と土壌-農作物移行係数(TF)があります(図1)。わが国の K_d やTFを知るためには、全国各地で多種類の農作物を採取し、 K_d やTFのデータを収集する必要がありますが、この作業には多くの経費や時間を必要とします。そこで、土壌特性や作物中の元素濃度を用いることにより、これらの環境移行パラメータを推定することができれば有用です。廃棄物技術開発事業推進室では、日本全国の農耕地142地点から採取した土壌および作物試料を分析して様々なデータを収集し、土壌-農作物データベースを構築しました。さらに、このデータベースを利用し、科学的な知見と統計解析を組み合わせ、環境移行パラメータの推定法の開発を行っています。

本稿では、このデータベースについて紹介するとともに、これまでに開発した推定法についてもその概要を紹介します。

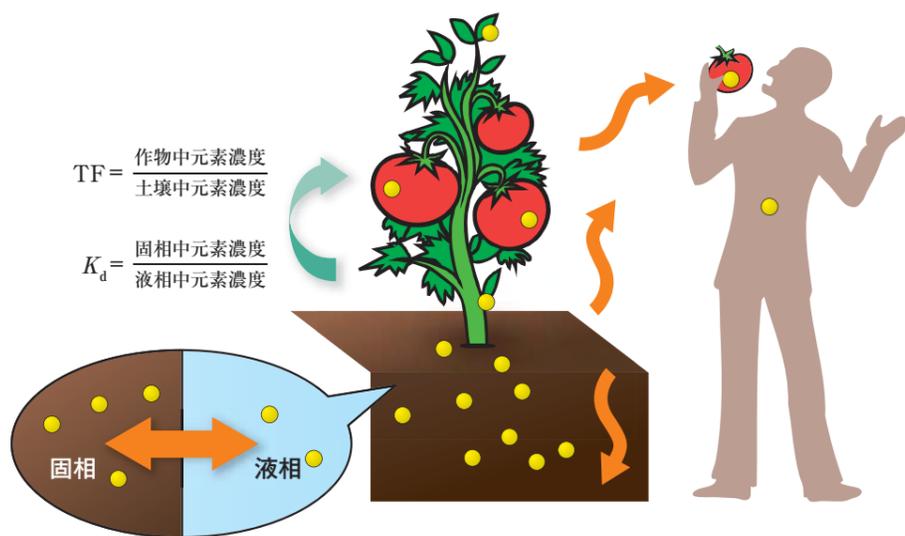


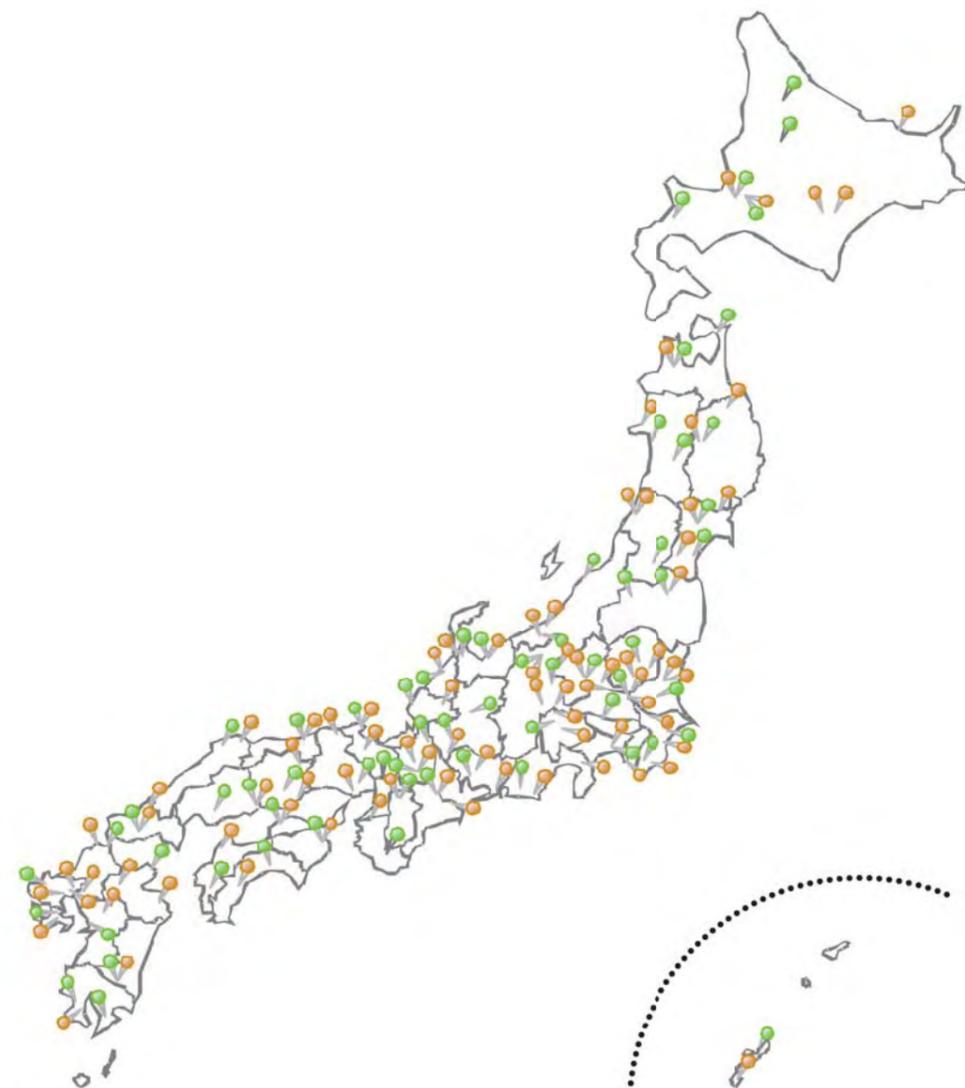
図1: 農耕地土壌-農作物-人体への放射性核種の移行経路と環境移行パラメータ

土壌-農作物データベースの構築

2002年から2006年まで、本推進室では日本全国の農耕地142地点(水田63地点、畑79地点)から土壌試料および農作物試料を採取しました(図2)。これらの土壌試料を用いて、土壌中の核種の移行を表すパラメータである K_d をトレーサ実験から求めてきました¹⁻⁴⁾(図3-1)。また、土壌および作物試料中の安定元素等を分析することにより、土壌から作物へどのくらい元素が移行するのを示すパラメータであるTFを求めてきました⁵⁻¹¹⁾(図3-2)。さらに、土壌pHや陽イオン交換容量(CEC)などの基本的な理化学特性や、土壌と農作物中の様々な元素濃度につい

ても分析を行い、データを収集しました。構築したデータベースには、これら全てのデータが含まれています。このデータベースの主な項目とそのデータ数を表1に示します。

図3に示されているように、 K_d やTFは各元素とも広い値幅を持っていますが、これは土壌特性の違いや作物種の違いを反映しています。このような環境パラメータ値の変動の影響因子は元素ごとに異なるため、各元素について影響因子を特定することが、安全評価の精度向上に役立ちます。環境移行パラメータの推定法開発に際しては、それら影響因子の特定も同時に行うことになります。



●: 水田
●: 畑

図2: 試料採取地点

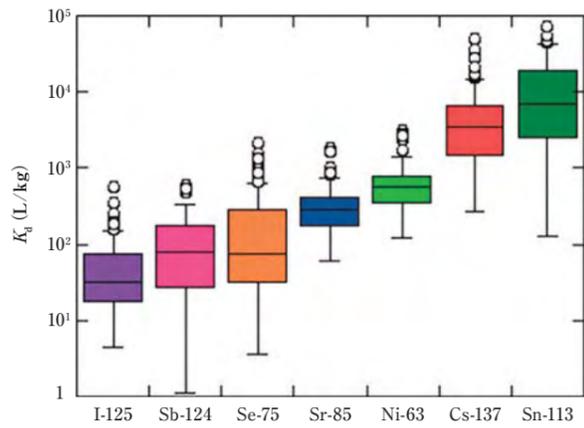


図3-1: 核種ごとの K_d の範囲

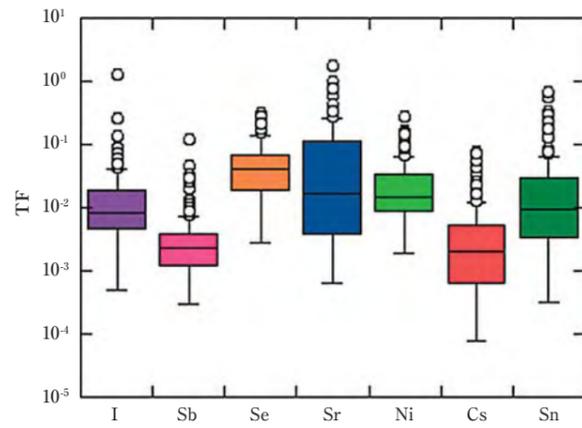


図3-2: 元素ごとのTFの範囲

表1: データベースの項目とデータ数

K_d 核種	データ数	土壌中 元素濃度	データ数	土壌中 元素濃度	データ数	土壌溶液中 イオン濃度	データ数	作物中 元素濃度	データ数	作物中 元素濃度	データ数
Mn-54	18	C	142	Mo	142	Na ⁺	142	Li	83	Ag	126
Ni-63	142	N	142	Cd	142	NH ₄ ⁺	142	Be	37	Cd	148
Se-75	142	Li	142	Sn	142	K ⁺	142	B	13	Sn	138
Sr-85	142	Be	142	Sb	142	Mg ²⁺	142	C	85	Sb	119
Sn-113	77	B	119	Te	45	Ca ²⁺	142	N	85	I	144
Sb-124	81	Na	142	I	125	F	128	Na	85	Cs	148
I-125 (I) 4°C	142	Mg	142	Cs	142	Cl ⁻	142	Mg	85	Ba	148
I-125 (I) 23°C	142	Al	142	Ba	142	NO ₂ ⁻	6	Al	85	La	139
I-125 (IO ₃) 4°C	63	Si	142	La	142	NO ₃ ⁻	122	Si	85	Ce	127
I-125 (IO ₃) 23°C	63	P	142	Ce	142	Br ⁻	4	P	85	Pr	119
Cs-137	141	Cl	17	Pr	142	PO ₄ ³⁻	25	Cl	80	Nd	131
		K	142	Nd	142	SO ₄ ²⁻	142	K	148	Sm	99
		Ca	142	Sm	142			Ca	148	Eu	112
		Sc	142	Eu	142	土壌溶液中 元素濃度	データ数	Sc	53	Gd	100
coarse sand	142	Ti	142	Gd	142	Ca	142	Ti	142	Tb	104
fine sand	142	V	142	Tb	142	Na	142	V	128	Dy	99
sand	142	Cr	142	Dy	142	K	142	Cr	147	Ho	105
silt	141	Mn	142	Ho	142	Mg	142	Mn	148	Er	108
clay	142	Fe	142	Er	142	Sr	133	Fe	148	Tm	93
仮比重	142	Co	142	Tm	142	Fe	142	Co	147	Yb	98
土粒子密度	142	Ni	142	Yb	142	Al	140	Ni	148	Lu	84
含水率	142	Cu	142	Lu	142	P	142	Cu	148	Hf	91
電気伝導度	142	Zn	142	Hf	120	Zn	142	Zn	148	W	89
pH	142	Ga	125	W	90	Rb	142	Ga	148	Hg	4
塩基置換容量	133	As	142	Hg	142	Cs	140	As	148	Tl	86
置換性Ca	142	Se	141	Tl	142			Se	122	Pb	148
置換性K	142	Br	47	Pb	142			Br	148	Th	135
活性Al	142	Rb	142	Th	142	土壌中 核種濃度	データ数	Rb	148	U	134
活性Fe	142	Sr	142	U	142	Cs-137	140	Sr	146		
		Y	142			Ra-226	134	Y	106	作物中 核種濃度	データ数
								Zr	148	Cs-137	100
								Nb	148	Ra-226	113
								Mo	148		

収着メカニズムから提案する Srの K_d (Sr- K_d)推定法¹²⁾

Srの放射性同位体である⁹⁰Sr(半減期28.8年)は核分裂収率が高いため放射性廃棄物に多く含まれる主要な核種のひとつであり、安全評価上重要な元素となっています。

環境パラメータの推定においては、できるだけ少ない独立変数で適合度のよい推定式の導出が実用的です。そこでまず、単一の土壌特性のみでSrの K_d (Sr- K_d)を推定できるか検討するため、各土壌特性とSr- K_d との単相関をSpearmanの順位相関分析で確認しました。Sr- K_d と相関のよい(順位相関係数 $|R_s| > 0.5$)土壌特性は電気伝導度($R_s = -0.52$)と水溶性Ca濃度($R_s = -0.57$)でしたが、各土壌特性値のみでSr- K_d を推定できるほど相関係数が高いとは言えません。この結果、1つの土壌特性でSr- K_d を推定することは難しいことがわかりました。

次に、Srの収着メカニズムを考慮し、土壌特性値を組み合わせることによって新たな係数を作成することを試みました。Srの土壌への収着については、Srはイオン交換反応で土壌に吸着すること、またSrと化学的特性が類似しているCaの挙動がSrの土壌中移動に影響を与えることが報告されています。したがって、Caの土壌-土壌溶液間の分配は、Sr- K_d と相関があるはずで、そこで、土壌の水溶性Ca濃度を液相中のCa濃度、交換性Ca濃度を固相中Ca濃度に見立て、Sr- K_d を推定できる係数としてCa Distribution Ratio (CaDR)を提案しました。

$$\text{CaDR} [\text{L/kg}] = \frac{\text{交換性Ca濃度}}{\text{水溶性Ca濃度}}$$

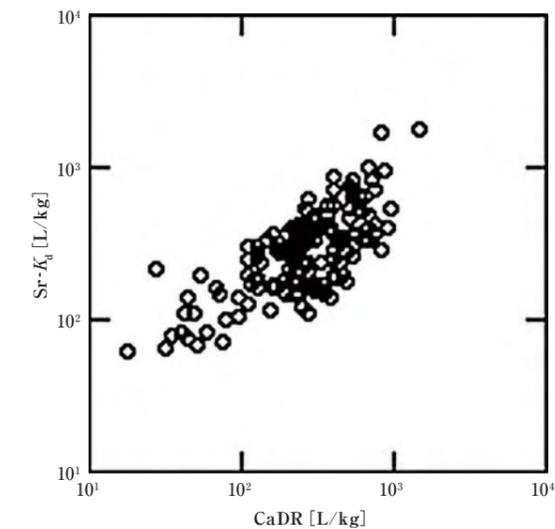


図4: CaDRとSr- K_d の相関関係

図4に示すように、CaDRとSr- K_d は相関が高いこと(順位相関係数0.68, $p < 0.01$)を確認したので、次に単回帰分析を用いて、CaDRからSr- K_d を推定する式を導出しました。

$$\text{Sr-}K_d = 0.79 \times \text{CaDR} + 82$$

推定値と実際値の相関係数 R は0.72と高く、CaDRからSr- K_d をよく推定できることを明らかにしました。

統計的手法から開発したSrのTF(Sr-TF)推定法¹³⁾

土壌-農作物移行係数は、当然のことながら作物の種類によって異なります。しかし、だからといって作物ごとに推定式を作成することは効率的ではありません。そこで、重回帰分析を用いることにより、様々な種類の作物を対象として一括してSrのTF(Sr-TF)を推定することを試みました。統計解析には、環境移行パラメータ推定支援システム[IMPARA]を使用しました。

Sr-TFを従属変数、Sr-TFの変動に影響を与える因子と考えられる土壌特性値17項目および作物中Ca濃度を独立変数とし、重回帰分析を用いてSr-TFを推定する重回帰式を求めました。重回帰分析を行う際には、あらかじめSr-TF及び使用するデータの正規性を確認する必要があるため、Shapiro-WilkのW検定を用いて確認し、正規分布であるデータの場合はそのままの値を、対数正規分布であるデータの場合には対数変換した値を重回帰分析に使用しました。W検定でどちらの分布にも当てはまらなかった場合には、理論累積分布-経験累積分布図より目視にて分布を決定しました。

推定式を作成する場合、全18項目を独立変数として重回帰式を作成することは、今後の応用面から見て有用ではありません。そこで、Sr-TFを推定するために重要となるいくつかの独立変数を統計的基準に基づいて選択するため、ステップワイズ変数選択法を用いました。ステップワイズ変数選択法とは、使用する独立変数についてある基準で予測への有効性を判断し、最適な変数を選択しつつ繰り返し計算することで、最も有意な重回帰式を導き出す方法です。ここでは、ステップワイズ変数選択法の中でも変数増減法を採用しました。そして、変数を選択したのち、それらを独立変数とした重回帰分析を行い、推定式を導出しました。

表2は、ステップワイズ変数選択法によって変数の取り込み (F_{in}) と除外 (F_{out}) の基準値を変化させた場合について、全変数から2変数まで選択した際の重回帰分析の結果を示しています。独立変数を2変数まで絞り込んでも自由度調整済み決定係数 (R^2) は0.91と高く、選択された2変数は、土壌中Sr濃度 (C_{Sr}^{soil}) と作物中Ca濃度 (C_{Ca}^{crop}) でした。この2変数を用いて重回帰分析を行い、推定式を導出しました。

$$\log TF_{Sr} = -0.88 \cdot \log C_{Sr}^{soil} + 0.93 \cdot \log C_{Ca}^{crop} - 2.53$$

Sr-TFの推定値と実測値(図5)の相関係数 R は0.79と高く、この2変数のみで複数の作物種におけるSr-

表2: ステップワイズ変数選択によって選択された独立変数

	0	2	6	13
F_{in} 値	0	2	6	13
F_{out} 値	0	1	5	12
選択された独立変数の数	18	9	3	2
Log Sr- K_d	○ ^{a)}			
pH	○	○		
Log 電気伝導度	○			
Log 粘土含量	○	○		
Log 陽イオン交換容量	○	○		
Log 交換性Ca濃度	○			
Log 全炭素含量	○			
土壌中Na濃度	○			
Log 土壌中Mg濃度	○			
土壌中K濃度	○	○	○	
Log 土壌中Ca濃度	○			
Log 土壌中Sr濃度	○	○	○	○
Log 水溶性Na濃度	○			
Log 水溶性K濃度	○	○		
Log 水溶性Mg濃度	○	○		
Log 水溶性Ca濃度	○			
Log 水溶性Sr濃度	○	○		
Log 作物中Ca濃度	○	○	○	○
自由度調整済み決定係数 R^2	0.92	0.92	0.91	0.91

^{a)} 選択された独立変数

TFを一括して推定できることを示しました。

Caは作物にとって必須元素なので、同じ作物種であれば作物中Ca濃度はほぼ一定の値になっており、日本で食されている多くの農作物を含めた食品について、作物中Ca濃度は食品成分表¹⁴⁾に記載されています。ということは、本推定式中の独立変数である作物中Ca濃度は、測定をしなくとも食品成分表の値を用いることが可能です。実際に、推定式に食品成分表の作物中Ca濃度を代入して推定値と実際値を比較しても(図6)、 $R = 0.76$ とよく推定できています。以上のことから、食品成分表を利用することで、より簡単にSr-TFを推定できることを明らかにしました。

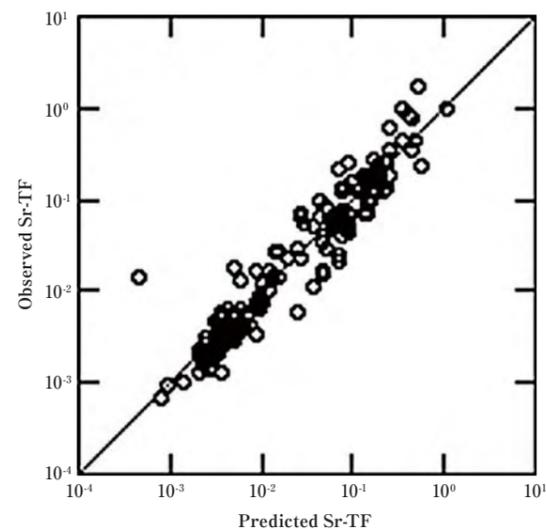


図5: Sr-TF推定値と実際値との比較

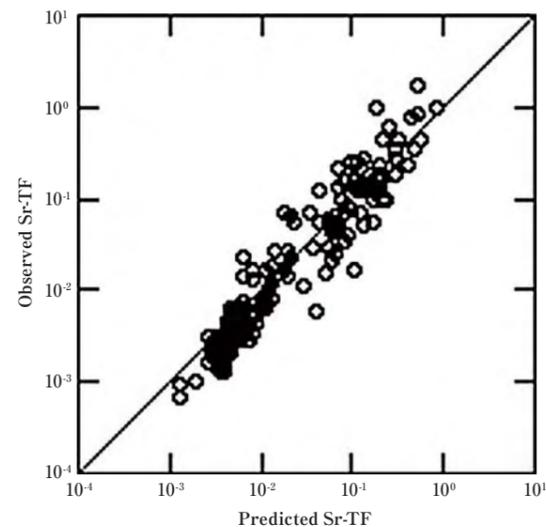


図6: Sr-TF推定値と実際値との比較
推定式中の[作物中Ca濃度]には食品成分表のデータを使用。

さいごに

ここでは、土壌-農作物データベースから環境移行パラメータを推定する方法の開発として、Srの K_d とTFの推定法についてご紹介しました。この他にも、Srの K_d について統計的な手法から推定式を導出する試み¹⁵⁾、Niの K_d ¹⁶⁾やCsのTF¹⁷⁾についても推定法の開発を試み成果を得ています。現在は、安全評価において重要核種を持つセレンやヨウ素の K_d およびTFを推定する方法について、科学的知見や統計的手法を用いて開発に取り組んでおり、さらなる成果が見込まれます。

参考文献

- 1) Nakamaru, Y., Tagami, K., Uchida, S., "Distribution coefficient of selenium in Japanese agricultural soils", *Chemosphere*, 58, 1347-1354, 2005.
- 2) Nakamaru, Y., Uchida, S., "Distribution coefficients of tin (Sn) in Japanese agricultural soils", *J. Environ. Radioactiv.*, 99, 1003-1010, 2008.
- 3) Ishikawa, K.N., Uchida, S., Tagami, K., "Distribution coefficients for ⁸⁵Sr and ¹³⁷Cs in Japanese agricultural soils and their correlations with soil properties", *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 277, 433-439, 2008.
- 4) Gil-García, C., Tagami, K., Uchida, S., Rigol, A., Vidal, M., "New best estimates for radionuclide solid-liquid distribution coefficients in soils. Part 3: miscellany of radionuclides (Cd, Co, Ni, Zn, I, Se, Sb, Pu, Am, and others)", *J. Environ. Radioact.*, 100, 704-715, 2009.
- 5) Uchida, S., Tagami, K., Hirai, I., "Soil-to-Plant Transfer Factors of Stable Elements and Naturally Occurring Radionuclides: (1) Upland Field Crops Collected in Japan", *J. Nucl. Sci. Technol.*, 44, 628-640, 2007.
- 6) Uchida, S., Tagami, K., Hirai, I., "Soil-to-Plant Transfer Factors of Stable Elements and Naturally Occurring Radionuclides: (2) Rice Collected in Japan", *J. Nucl. Sci. Technol.*, 44, 779-790, 2007.
- 7) Uchida, S., Tagami, K., "Soil-to-crop Transfer Factors of Radium in Japanese Agricultural Fields", *J. Nucl. Radiochem. Sci.*, 8, 103-108, 2007.
- 8) Uchida, S., Tagami, K., Shang, Z. R., Choi, Y. H., "Uptake of radionuclides and stable elements

from paddy soil to rice: A review", *J. Environ. Radioact.*, 100, 739-745, 2009.

- 9) Tagami, K., Uchida, S., "Radium-226 transfer factor from soils to crops and its simple estimation method using uranium and barium concentrations", *Chemosphere*, 77, 105-114, 2009.
- 10) 田上恵子, 石井伸昌, 内田滋夫, "炭素安定同位体自然存在比を用いた水稲による土壌起源炭素吸収率及び炭素移行係数の推定", *RADIOISOTOPES*, 58, 641-648, 2009.
- 11) Ogiyama, S., Takeda, H., Ishii, N., Uchida, S., "Migration of ¹⁴C in the paddy soil-to-rice plant system after ¹⁴C-acetic acid breakdown by microorganisms below the plow layer", *J. Environ. Radioact.*, 2010 (in press).
- 12) Ishikawa, K. N., Uchida, S., Tagami, K., "A new approach for estimation of soil-soil solution distribution coefficient of radiostrontium using soil properties", *Appl. Radiat. Isot.*, 67, 319-323, 2009.
- 13) 石川奈緒, 田上恵子, 内田滋夫, "統計的手法を用いたストロンチウムの土壌-農作物移行係数の推定", *原子力学会和文論文誌*, 8, 313-319, 2009.
- 14) 食品成分研究調査会, 五訂増補 日本食品成分表, 医歯薬出版, 東京 (2005)
- 15) 石川奈緒, 内田滋夫, 田上恵子, "放射性ストロンチウムの土壌-土壌溶液分配係数推定手法の開発の試み", *RADIOISOTOPES*, 57, 295-303, 2008.
- 16) 石川奈緒, 内田滋夫, 田上恵子, "農耕地土壌における放射性ニッケルの土壌-土壌溶液分配係数-統計的処理による分配係数推定の試み-", *原子力学会和文論文誌*, 8, 95-101, 2009.
- 17) Ishikawa, K.N., Tagami, K., Uchida, S., "Estimation of ¹³⁷Cs plant root uptake using naturally existing ¹³³Cs", *J. Nucl. Sci. Technol.*, Suppl.5, 146-151, 2008.

最近の成果

MR粘弾性率分布イメージング

千葉大学大学院工学研究科 人工システム科学専攻
 メディカルシステムコース 准教授
 分子イメージング研究センター 先端生体計測研究グループ
 イメージング物理研究チーム 客員協力研究員 菅 幹生
 分子イメージング研究センター 先端生命計測研究グループ
 機能融合研究チーム チームリーダー 小島 隆行



菅 幹生 (Mikio Suga)

はじめに

疾病や機能障害をおこした生体組織は形状だけではなく、硬さ(やわらかさ)にも変化が現れます。たとえば、心筋梗塞における線維化や、腫瘍あるいは肝硬変などの疾病では正常な組織と比較して硬くなり、壊死組織はやわらかくなるのが知られています。このような知識を利用して医師は触診により疾患の発見や機能障害の程度を評価しています。これは生体組織のバネやダンパとしての物理的な性質が診断指標として重要であることを表しています。しかし、触診は医師の経験による差がありますし、時間的な変化を正確にとらえることは困難です。また、体表から離れた場所にある臓器の硬さを捉えることはできません。物質のバネとしての物理特性は、弾性率と呼ばれる係数を用いて表すことができます。物質の弾性率には、ずり歪に関する係数(剛性率)と伸び歪に関する係数(ヤング率)があります。ゴムのような物質を測定する場合には、対象から小片を切り出してレオメータと呼ばれる物理計測装置の治具に固定し、引張り試験からヤング率、ずり応力試験から剛性率を計測することができます。物質のダンパとしての物理特性は、粘性率と呼ばれる係数で表すことができます。粘性率は動的に加えた振動と物体の振動の位相のずれから求めることができます(本稿では主に剛性率を扱いますが、粘性率を含めた総称として以降では便宜上粘弾性率と表現します)。しかし、レオメータでは不均一な物体の3次元粘弾性率分布を測定できません。また、生体組織の粘弾性率を調べる場合には標本の切り出しは侵襲的であり、被検者への大きな負担となります。また、

たとえ切り出せたとしても、組織本来の性質や状態は切り出すことによって変化するため、正確な粘弾性率を得ることはできません。

ところでmagnetic resonance imaging (MRI) は非侵襲的に形態や機能 (functional MRI: fMRI)、血流 (MR angiography: MRA)、分子の種類や成分 (MR spectroscopic imaging: MRSI) などの情報を得ることができます。近年では新たに生体組織の粘弾性率分布を定量的に測定する手法としてMR elastography (MRE) が提案されています¹⁾。MREは触診の拡張として、粘弾性率という物理的・定量的な診断指標を医師や患者の目に見える形で示すことができます。最近の研究では、臨床用MRI装置を用いてヒト肝臓の粘弾性率と肝線維症の病期の相関関係を明らかにした研究や²⁾、動物用高磁場MRI装置を用いてアルツハイマー病モデルマウスの脳に出現するアミロイド前駆体蛋白質の沈着部位の弾性率が低下することを示唆する研究³⁾などがあります。本稿では、MREシステムの高精度化に関する我々の研究グループにおける最近の成果を紹介します。

MR Elastographyの原理

放射線医学総合研究所で開発しているMREシステムの構成を図1に示します。MREシステムは、MRI装置に加えて、外部加振装置、MRI制御プログラム、粘弾性率分布推定手法の3つの要素が必要となります。以下に3つの要素を撮像手順に沿って説明します。1つ目の外部加振装置は、測定対象表面に振動を加えることで、測定対象内部に微小な粘弾性波を発生させ

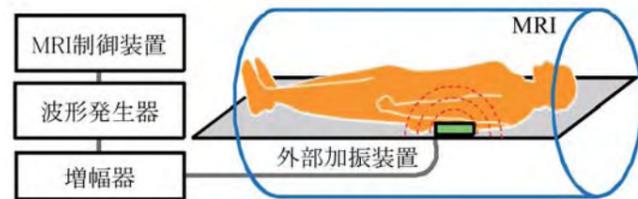


図1: MREシステム

ます(図2a)。2つ目のMRE撮影用のMRI制御プログラム(MREパルスシーケンス)は、MRIが測定対象の動きに敏感であることを利用して、測定対象内に発生した粘弾性波を画像化します(図2b)。3つ目の粘弾性率分布推定手法では、3次元粘弾性波の変位分布と粘弾性率の関係を利用して、粘弾性波画像から粘弾性率分布を推定します(図2c)。これら3つの要素は互いに深く関係しているため、粘弾性率分布画像の定量性や空間解像度を向上させるためには、互いを考慮して最適化する必要があります。

外部加振装置

MREによる一般的な撮像では、測定対象領域に周波数が50 Hzから500 Hz、振幅が0.01 mmから0.1 mm程度の微小な粘弾性波を発生させます。理論的には粘弾性波の周波数が高く(波長が短く)、振幅が大きいほど、高い空間解像度で粘弾性率分布を得ることができます。加振周波数の上限はMR信号に位置や変位等の情報を付加するために使用する傾斜磁場の仕様上の制限と、粘弾性波画像の空間解像度と波長との兼ね合い(サンプリング定理)に依存して決まります。振幅の上限は外部加振装置が正確に制御可能な範囲と、外部振動が生体に悪影響を及ぼさない範囲から決まります。実際には、周波数が高いほど粘弾性波の振幅は減衰しやすくなるため測定領域が深部になるほ

ど振幅を大きくしたり、体表面と深部組織との間に横ずれしやすい脂肪層や液状層が存在する場合には横波ではなく縦波を発生させる外部加振装置を利用するなど、効率良く振動を与える工夫が必要となります。

一般的な臨床用MRI装置が発生する静磁場の強さは地磁気の約3万倍と高いため、測定対象周辺の部品は非磁性体で構成する必要があります。また、正確な粘弾性率分布を推定するにはMRIの撮像と同期して振幅と位相、周波数を正確に制御できなければいけません。さらに、撮像時に測定対象から収集するMR信号は微弱な電磁波であるため、外部加振装置の駆動時に電磁波ノイズが発生しないことが望まれます。したがって、動力源として一般的なモーターは、金属と磁石から構成されており、駆動時には巻線鉄心から電磁波ノイズが発生することから、MREの外部加振装置として向かないことになります。

これまでに開発された主なMRE用外部加振装置は、スピーカーにより発生させた音圧、非磁性体に導線を巻きつけた電磁モーター、電圧を加えることで伸び縮みする圧電素子、パルス波を発生可能な集束超音波を振動源としています⁴⁾。それぞれの振動源には、大振幅加振が可能、作製が容易で安価、正確な制御が可能、深部領域への加振が容易、といった利点がある一方で、安定した制御が困難、電磁波ノイズが発生、振幅が不十分、特定周波数での振動が発生不可能、と

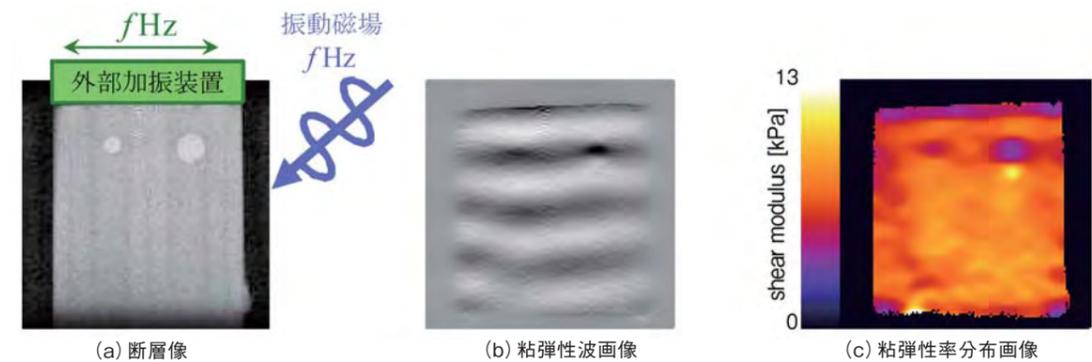


図2: MREシステムで得られる画像

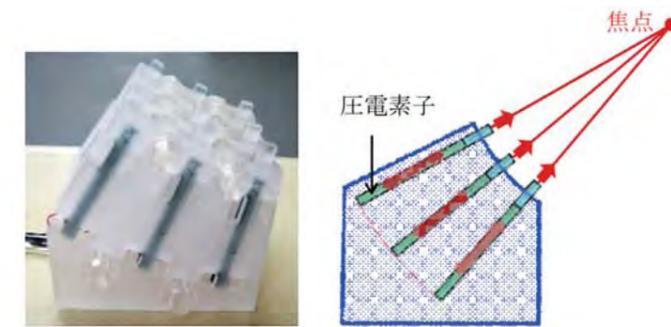


図3: 集束型縦波発生用外部加振装置と概念図

いった欠点があります。我々の研究グループでは図3に示すように、高周波数でも安定した制御が可能な圧電素子を凹面状に複数配置することで、凹面の焦点付近で振幅が大きな振動を発生可能な集束型縦波発生用外部加振装置を開発しました。この装置は同じ断面積である圧電素子を利用した外部加振装置と比較して、焦点領域におけるノイズに対する振幅を約6割向上させることができます⁵⁾。

MREパルスシーケンス

MRIでは、測定対象内の水素原子核を核磁気共鳴現象により励起するために電磁波パルスを利用し、MR信号に3次元位置情報などを付加するために傾斜磁場を利用します。パルスシーケンスは、測定対象から得たい情報に合わせて電磁波パルスと傾斜磁場の強度や発生の時間を定めたものです。MREパルスシーケンスでは形態撮像用のパルスシーケンスに、外部加振と同じ周波数で極性が周期的に変化する振動増感傾斜磁場 (motion sensitizing gradient: MSG) を追加することで、粘弾性波による微小な変位をMR信号の位相シフト量として捉えます(図4)。位相シフト量は、対象内部に伝搬する粘弾性波の3次元的な変位のうち、MSGを加えた方向の変位の大きさに比例します¹⁾。

生体組織を撮像する場合には、体動や生理的運動による動きが粘弾性波画像に重畳し、粘弾性率分布推定の精度を下げることとなります。体動などによる動きで生じる位相シフトを粘弾性波画像から取り除くことができるMSGを追加した高速撮像法を利用することで、体動による影響を低減できることを確認しました⁶⁾。また、MSGの最適化により外部加振装置が単一の加振周波数を発生できない場合でも、単一周波数の粘弾性波だけを画像化できることを示しました。これら

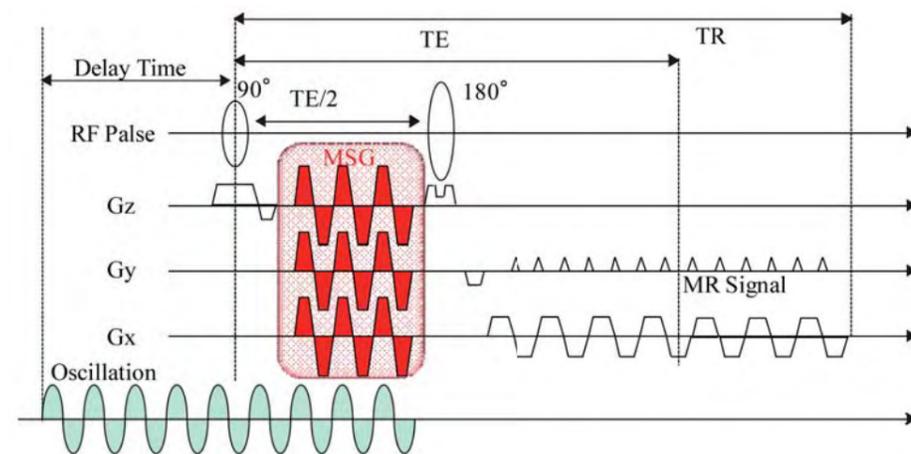


図4: MREパルスシーケンス

は次に述べる粘弾性率分布推定手法が要求する粘弾性波画像を得るための重要な技術となります。

粘弾性率分布推定手法

測定対象内部の粘弾性率分布は、単一周波数の粘弾性波画像に適切な逆問題解析手法を適用することで推定できます。粘弾性波に反射・屈折がなく、物質の等方性及び非圧縮性が仮定できる場合には、粘弾性波の局所波長と加振周波数、密度より局所粘弾性率を求めることができます⁷⁾。一方、十分に長い時間振動を加えて測定対象内部に定常波を発生させた場合には、粘弾性率の異なる物体の境界領域に反射波や屈折波が現れます。このような条件下において正確な粘弾性率分布を求めるには、粘弾性物質中の波動を記述する偏微分方程式に基づく推定手法を用いる必要があります。しかし、粘弾性波画像にはノイズが含まれているため、粘弾性波画像に対して直接微分処理を施すとノイズの影響を大きく受けてしまいます。ノイズの影響を軽減するために一般的に利用される移動平均フィルタやメディアンフィルタを利用した場合には、粘弾性波画像と粘弾性率分布の間に矛盾が生じるために正しく粘弾性率分布を推定できなくなる可能性があります。このような問題を解決する手法として、積分型再構成公式を利用した手法が提案されており⁸⁾、従来手法と比較して定量化と空間解像度が高い粘弾性率分布が得られることをシミュレーションと粘弾性ゲルを用いた実験により確認しています⁹⁾。

ヒト腓腹筋を対象としたMRE実験

縦波発生用外部加振装置を利用してヒト腓腹筋を加振しながら fast gradient echo シーケンスにMSGを追加したMREシーケンスで撮像した結果を図5に

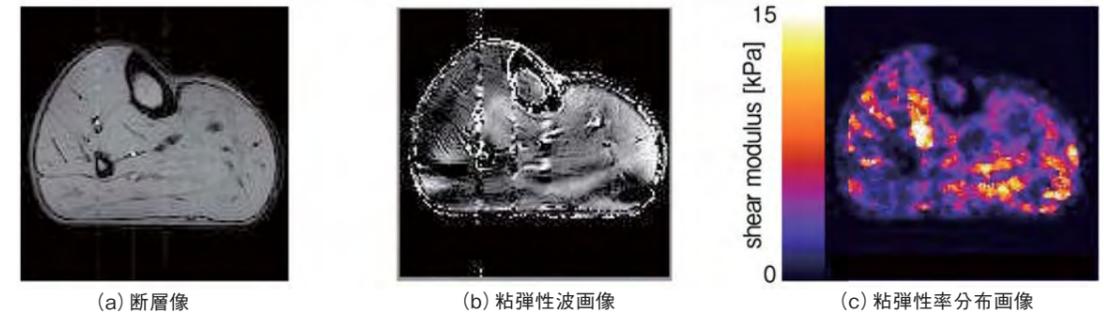


図5: ヒト腓腹筋を対象としたMRE実験で得られた画像

示します。撮像パラメータは、振動周波数 = 250Hz、繰り返し時間 (time to repeat) = 500 msec、エコー時間 (time to echo) = 13.9 msec、スライス厚 = 10 mm、画像サイズ = 128 pixel × 128 pixel、撮像視野 = 150 mm × 150 mm、フリップ角 = 60°、加算平均回数 = 4 としました。粘弾性波画像より、粘弾性波は外部加振装置と接する下部領域だけでなく、全体に現れることが確認できました。粘弾性率分布画像より、腓腹筋の粘弾性率 (剛性率) は 10 kPa 程度であることが推定できました。

まとめ

生体深部領域における組織粘弾性率分布を非侵襲的かつ定量的に測定できるMREの原理とMREシステムを構成する外部加振装置、MRI制御プログラム、粘弾性率分布推定手法の3要素の開発に関する最近の成果について述べました。今後、システムの改良と最適化を進めることでさらに空間解像度と定量化を向上するとともに、粘弾性率分布と疾病等との関係を明らかにしていくことで、病期診断、手術計画、治療評価、再生組織の評価等に役立つシステムの構築に貢献できればと考えています。

参考文献

- Muthupillai, R. Lomas, DJ. Rossman, PJ. Greenleaf, JF. Manduca, A. and Ehman, RL., "Magnetic resonance elastography by direct visualization of propagating acoustic strain waves", Science, 269, 1854-1857, 1995.
- Yin, M, Talwalkar, JA, Glaser, KJ, Manduca, A, Grimm, RC, Rossman, PJ, Fidler, JL, and Ehman, RL, "Assessment of hepatic fibrosis with magnetic resonance elastography", Clin Gastroenterol Hepatol, 5, 10, 1207-1213, 2007.
- Chan, QC, Larrat, B, Tang, XF, Li, G, Yang, ES,

and Sinkus, R, "Viscoelastic Properties of the brain in High Field MR Elastography - In-Vivo Application to an Alzheimer's Mouse Model", Proceedings of the ISMRM, 2402, 2007.

- Tse, ZTH, Janssen, H, Hamed, A, Ristic, M, Young, I, and Lampert, M, "Magnetic resonance elastography hardware design: a survey", Proc. I Mech. Eng. H, 223, 497-514, 2009.
- 菅幹生, 小島隆行, 関根雅, 三浦久幸, 荒井謙, 池平博夫, "生体粘弾性率分布の定量化と空間分解能向上のためのMR Elastography用集束型外部加振装置の開発", 日本磁気共鳴医学会雑誌, 29 supplement, 170, 2009.
- 荒井謙, 菅幹生, 平野勝也, 池平博夫, 小島隆行, "生体粘弾性率分布の定量化と空間分解能向上のためのMR Elastography用集束型外部加振装置の開発", 日本磁気共鳴医学会雑誌, 29 supplement, 171, 2009.
- Manduca, A, Oliphant, TE, Dresner, MA, Mahowald, JL, Kruse, SA, Amromin, E, Felmlee, JP, Greenleaf, JF, and Ehman, RL., "Magnetic resonance elastography: Non-invasive mapping of tissue elasticity", Medical Image Analysis, 5, 237-254, 2001.
- 藤原宏志, "MREにもとづく弾性係数決定逆問題の数値計算の問題点", 日本応用数理学会, pp14-15, 2007.
- Suga, M, Miura, H, Fujiwara, H, Yamamoto, T, Tanaka, T, YU, Q, Arai, K, Gong, J, P, Nakamura, G, Ikehira, H, and Obata T., Inversion Algorithm by Integral Type Reconstruction Formula for Magnetic Resonance Elastography, Proc. International Society for Magnetic Resonance in Medicine, 2506, 2009.

印象記

第4回分子イメージング研究センターシンポジウム

分子イメージング研究センター 先端生体計測研究グループ
機能融合研究チーム チームリーダー
小島 隆行



小島 隆行 (Takayuki Ohata)

シンポジウム報告

今回の分子イメージング研究センターシンポジウムは、生体イメージングに関わる計測技術に視点を置き、その最新の研究を第一線の研究者の方々に講演していただくとともに、未来を担う若手研究者へのメッセージを寄せていただく形で行われた。142名（外部64名、内部78名）の多くの方に参加いただき、分子イメージングの基礎となる計測技術への関心の高さが伺えた。多くの研究分野において計測技術はつねに重要な役割を果たしてきた。このことに関しては今回のシンポジウムに際しての米倉理事長のコメントにも記されており、このように高い関心と評価をいただけることは計測技術に関与する研究者にとっては、大きな心の支えとなるだろう。この理事長のコメントは本稿の最終段落に掲載したいと思う。

まず基調講演では、脳機能MRI、ファンクショナルMRIの生みの親である小川誠二博士を招いて、最近の脳機能MRIの話題を中心にお話をいただいた。博士が発見した血中の酸素レベルを反映する撮像法（BOLD法）は、ヒトを中心とした神経科学研

究に欠くことのできないイメージング技術となっており、インパクトファクターの算出で知られる米国 Thomson Reuters社が「最もノーベル賞に近い候補者」として博士の名前を挙げている。脳機能MRイメージングにおける最大のブレークスルーともいわれているこの発見にまつわるお話は、ベーシックサイエンスに対する真摯な姿勢と未知なるものへの探求心あふれるお気持ちがうかがわれ、若手研究員への強いメッセージとなった。

その後は脳・腫瘍・核医学の3つのカテゴリに分け、それぞれのイメージング技術の未来について、講演が各3題行われた。

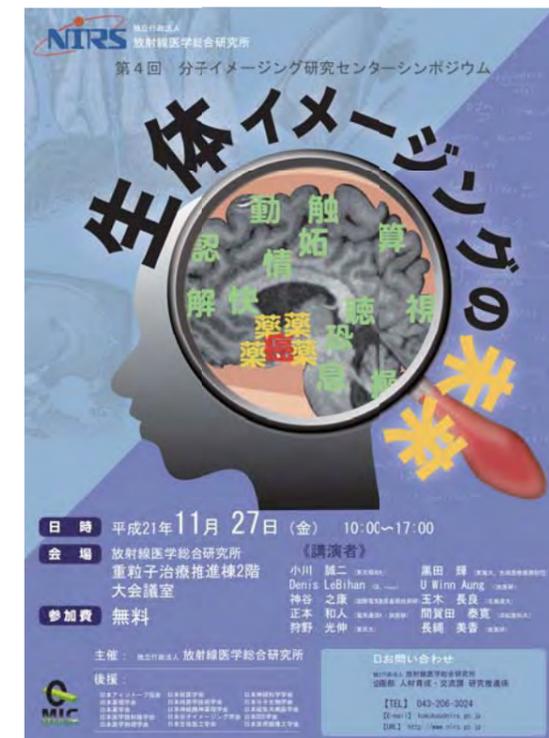
まず脳研究では、フランスにある世界最大級の脳MRI研究施設であるNeuroSpinのディレクターであるDenis LeBihan博士により、NeuroSpinで行われている研究を中心に講演をしていただいた。彼は水拡散のイメージング技術を開発したことで有名であるが、その発展研究としての脳白質線維の描出法や、水拡散に基づく新たな脳機能MRIについてのお話は、未来への大きな可能性を感じさせるものであ

た。脳画像デコーディング技術については、最近、マスコミ報道で話題になった脳活動パターンから実際に見た映像を再現するデコーディング技術について、神谷之康博士からわかりやすく紹介していただき、この技術が「考えたことを実行する機械」を実現する未来のブレインマシーンインターフェース（BMI）に大きく貢献するだろうということを、まさに実感することができた。放医研を中心に研究を行っている正本和人博士からは光イメージング技術を用いた神経血管カップリング研究についての講演があり、この分野の研究が、認知症の早期発見などの神経・精神疾患診断に大きく貢献する可能性が示唆された。

腫瘍研究では、腫瘍分子イメージングにおける有力な技術である、ナノメートル単位の粒径を持つ粒子に抗腫瘍剤を内包した製剤（ナノDDS）に関して、狩野光伸博士にご講演いただいた。ここではナノDDS自体へのイメージングリガンドの標識や内部部への封入など、分子イメージングへの展開を期待させる多くの研究が紹介され、異分野融合研究の重要性を再認識した。温度に感受性を持つイメージング技術に関しては黒田輝博士により講演が行われたが、近い将来における集束超音波治療をはじめとして、発熱を利用した癌治療のモニタリングなどへの応用が期待されていることが実感できた。U Winn Aung博士からは、放医研で行われている癌遺伝子治療における非侵襲的イメージング技術についての講演が行われ、PETを中心とした癌遺伝子治療評価に対する期待が高まるとともに、マルチモーダルによるさらに高次の診断実現をも期待させるものであった。

核医学研究では、玉木長良博士が核医学研究全体のオーバービューについて述べられた後、同博士の専門分野である循環器核医学診断技術の最前線について講演が行われた。問賀田泰寛博士からは核医学における最新のプローブ開発技術について紹介していただいた。ここではプローブデザインの手法、最適化、評価法などの紹介とともに、未来に展開が期待される最新プローブについても紹介があった。放医研の長縄美香博士からはPETトレーサー動態モデリングについての紹介とモデラーの果たすべき役割についての講演が行われた。このモデリング分野での研究の未来に関しては、熱のこもったディスカッションも行われ、その方向性を考える上での重要な指標となった。

今回のシンポジウムでは、様々な優れた計測技術と、その興味深い生体への応用研究が紹介された。計測技術開発と生体応用との融合は必ずしも容易なも



のではなく、そこにはお互いを理解し尊重する環境が必要となる。今回、講演していただいた方々が示す将来像は、この二つの分野が密接に結びついた明るい未来を予測させるものであった。

なお、この報告では腫瘍に関する講演の記載に関しては青木伊知男博士に、核医学に関する講演についての記載に関しては木村裕一博士に最終確認をしていただいた。

では、最初にも述べたように本シンポジウムに寄せた米倉理事長からのコメントを掲載してこの報告を終わりにしたい。

「今年がガリレオが望遠鏡を作って400年になりますが、望遠鏡という新しい測定法を手に入れた天文学はそれまでの宇宙観をくつがえし新しい宇宙像を築き上げました。新しい測定法や観察法が生まれるとその分野に大きなブレークスルーが起こります。医学や生物学も生体をイメージングする測定法の発展がいろいろなくつもの大きな変革をもたらしてきました。例えば、1970年代のCTの開発は放射線診断学に革命を起こしただけでなく、その後の放射線医学画像装置や生体のイメージング法の考え方を大きく変えてきました。その先端に分子イメージング技術があり、ライフサイエンス分野に様々な変革を生み出してきました。」我々も、今後の研究の世界に大きな変革をもたらすような、計測技術のブレークスルーを目指して、真摯に研究を進めていきたいと思う。





磯野家は永久に不滅である 市川龍資

長嶋茂雄が球界を引退するとき、「巨人軍は永久に不滅です」と叫んだシーンはすべてのファンが覚えている有名な逸話である。ぼくはプロ野球について殆ど知識を持たないが、ほんの少し巨人をひいきにしている。以前書いたことがあるが、理由は単純なもので、ぼくの田舎の母校は宇治山田市立明倫尋常高等小学校といって、功績のあった投手に与えられる沢村賞という名誉ある賞が創設されたもとなった沢村栄治がこの小学校の卒業生であって、さらに彼の弟である沢村裕司君がぼくと同級生だったことによっている。沢村栄治は、明倫小学校の高等科から京都商業学校に入学し、投手としての才能が見出されて巨人軍の前身である東京野球倶楽部に入ったと聞いている。よく知られているエピソードは、戦前の第一回日米野球において米大リーグの猛打者達を何人も三振にうちとり、米軍監督から大リーグ入りを勧められたことだった。残念なことに、太平洋戦争末期、二回目の召集を受けた沢村が乗っていた中国大陸に向う輸送船が潜水艦の攻撃により撃沈され、彼は南支那海の波間に消えた。以来長い年月を経ているが、プロ野球についての報道で誰かが沢村賞を受けたという話を聞くと、母校の明倫小学校を思い出す。それほど少年時代の記憶は人の心に深く刻まれているものと思われる。巨人軍とともにぼくの小学校も永久に不滅なのである。

ある時、新聞の新刊書広告欄に、「竿竹屋はなぜなくなるのか」という面白い題名の本の広告が掲載されていた。入手して読むほどの魅力はなかったのですが、そのままにしてしまいましたが、この題名はよく憶えている。時折、竿竹屋の売り声を拡声器で放送しながら道を通る車がある。そういえば、竿竹屋は何故なくなるのだろうか。物干竿などというものは一度買えば長年月にわたって使用できる。そんなにどんどん売れる品物とは考えられない。もっと他の物を売った方が商売になると思うが、何故か竿竹屋はなくなる。これも不思議な現象のように思われる。ぼく達の知識や判断力が及ばない領域の現象なのであろうか。かと

いって「竿竹屋は何故なくなるのか」という本を積極的に入手して読んでみる程の興味もわいてこない。ただ何となく面白い話だと思っただけである。しかし世界一強力な会社だったトヨタが打撃を受け、JALまで消えそうなくらいの経済不況の社会にあって竿竹屋のみ生き残っているのは興味深い。

ぼくは少年時代には、田河水泡の「のらくろ二等兵」、「のらくろ一等兵」「のらくろ上等兵」…以下「のらくろ少尉」くらいまでよく読んでいた。戦前のことである。戦後多くの名作漫画が出現した。とくにテレビが普及して、子供達の心をとらえた。「鉄腕アトム」「鉄人28号」「巨人の星」「宇宙戦艦ヤマト」「おぼQ」「アンパンマン」など数えあげればきりが無い程あり、いずれも子供達はこれらに夢中になった。

これに対し、かなり異質の性格を備えた漫画として、延々と今でもテレビで放映され続けているのが「サザエさん」である。磯野家の家族の日常生活が何の事件も起らず、平凡な、どこにでもある家庭そのままに表現されている。カツオ君の学校の成績がパッとせず、点数の少ない答案用紙をもらってくると、波平お父さんに叱られるくらいが大事件であり、それでも学習塾に入れるなどという考えはみじんも起らない平和な家庭である。お父さんは娘婿と待ち合せて会社の帰りに屋台で一杯やるくらいが唯一の楽しみである。サザエさんはカツオのいたずらや失敗に腹を立ててもなんとか解決してくれる。フネお母さんはカツオ、ワカメ、タラちゃん達に細かく気遣いをしてくれる。上述の名作漫画は見ている子供達をドキドキ、ワクワクさせるストーリーや場面が多い。それに対してサザエさんの漫画はそのような場面がなく、何も起らない平和なストーリーである。それなのに誰しもがこの漫画が好きである。その証拠にこのサザエさんのテレビはいつまでも続いている。巨人軍と竿竹屋そしてサザエさんは永久に不滅である。

ICHIKAWA RYUSHI(元放医研科学研究官)



身近なペットボトルが放射線検出器に生まれ変わる

編集後記

読者の皆さん、本年もどうぞよろしくお願いいたします。新年1月号をお届けします。新しい年を迎え1月も半ばになりますが、私の郷里に言い伝わる今頃の時期の正月行事を紹介いたします。郷里で発行された年中行事や伝承されてきた食文化を紹介した私の愛読書によりますと、1月20日は骨正月（ほねしょうがつ）と言われる日になります。一般には二十日正月と言われるようですが、この日は正月用に求めた魚を食べ終わる日とのことで、魚の骨の部分まで残さず大切に食べてしまうとの由来なのかも知れません。各家で牛を飼育していた頃には、魚のアラ（骨）を入れてよく煮込んで作った汁を与えた家もあったそうです。その頃、牛は家族と同じ棟に飼われていたので、家族同様に可愛がり大事にしていたゆえんだと思います。また、2月1日は独り正月と言って、この日から後は正月気分も抜け、仕事に精を出すということで、雑煮をいただき、仕事は一日休んだそうです。これらの正月行事から、この頃の時間はゆっくり進み、のんびりと穏やかな暮らしだったことが想像できます。

今月号の特集記事は、昨年12月、千葉市のQiball「きほーる」で開催しました“科学技術カフェ2009 in Chiba”の活動報告を掲載しました。当所は、研究や業務の成果を直接一般の皆さんへお知らせすることにより、成果が見えるような活動に力を注いでいます。また、財団法人内藤泰春科学技術振興財団（内藤財団）は、わが国の最先端科学技術等に関する科学技術セミナーを開催し、その普及に努めています。本サイエンスカフェは、この度、当所の若手研究員が内藤財団より受賞したことを機に、当所と内藤財団とで開催することになりました。千葉市でも、今後、“科学の都”として取り組んで行く計画があることから、後援をお願いすることができました。それでは本年も、読まれる誌面を目指し取り組んでいきますので、引き続き愛読下さるようお願いいたします。(OM)

次号予告

特集 放医研第9回
重粒子医学センターシンポジウム
「先端科学と社会の接点」
-粒子放射線生物研究の
展開と先進医療-



《編集委員会》

委員長	酒井 一夫		
委員	内堀 幸夫	小橋 元	立崎 英夫
	白川 芳幸	菊池 達矢	鈴木 敏和
	高田 真志	長谷川純崇	杉森 裕樹
	玉手 和彦	神田 玲子	
	金澤 光隆	石井 伸昌	
事務局	岡本 正則		

放射線科学

第53巻 第01号

2010年1月15日発行

《編集・発行》

独立行政法人 放射線医学総合研究所
〒263-8555 千葉県稲毛区穴川4-9-1
電話 043(206) 3026 Fax.043(206) 4062 Eメール info@nirs.go.jp
本誌 URL: <http://www.nirs.go.jp/info/report/rs-sci/index.shtml>
(禁無断転載)



<http://www.nirs.go.jp>