



Radioisotope

ニュース

No.61 2017

京都大学 環境安全保健機構 放射性同位元素総合センター

2 / 巻頭言 **放射線管理部門の業務と今後の課題**

環境安全保健機構長
大島 幸一郎

4 / 研究紹介 **臨床応用を目指した膵β細胞イメージング法の開発**

放射性同位元素総合センター 助教
藤本 裕之

6 / 学内安全管理体制 **京都大学における安全衛生の取り組み**

環境安全保健機構 安全管理部門 准教授
松井 康人

9 / 福島レポート2017 **「住民帰還が始まった原子力災害被災地を学生たちと歩く」**

放射性同位元素総合センター 助教
角山 雄一

14 / コラム **世界初!? 直径1mのドーム型霧箱**

放射性同位元素総合センター 准教授
戸崎 充男

18 / **自己紹介**

放射性同位元素総合センター 助教
藤本 裕之

19 / センターだより **放射線障害防止法の改正について**

放射性同位元素総合センター 准教授
戸崎 充男

22 / センターの活動

28 / 記録・人事等

放射線管理部門の業務と今後の課題

環境安全保健機構長

大 嶋 幸 一 郎

環境安全保健に関する業務の効率的かつ横断的な運営を行うことを目的として、2011年4月に、放射性同位元素総合センター（RIセンター）は、環境保全センターならびに保健管理センターとともに環境安全保健機構に統合されました。これに伴って新たに設置された放射線管理部門が放射線管理業務を担当し、RIセンターは教育・研究の場とし、センターに所属する教員は放射線にかかる基礎的・応用的研究や独自の先端的研究を行いながら部門の業務も担うという体制となりました。

二度目の執筆となる今回は、放射線管理部門の業務と今後の課題について述べさせていただきます。放射性同位元素等の安全管理とエックス線等の安全管理が放射線管理部門の主な業務です。前者の具体的な業務は、放射線業務従事者に対する新規教育訓練講習会ならびに再教育訓練講習会の開催、部局による放射線施設安全管理業務の支援、放射性同位元素等専門委員会・放射線障害予防小委員会関係業務、そして放射線取扱者個人管理システムの運用支援などです。一方、後者については、エックス線等装置取り扱いのための教育訓練講習会の開催や低圧電子顕微鏡の承認検査の実施などです。さらに、社会貢献の一環として、夏休み期間には小、中、高校生を対象として放射線にかかる体験授業も開催しています。その内容は、講義「放射線入門」のあとポケット線量計の取り扱いの説明やGMサーベイメーターの取り扱いとその測定実習を行うというものです。2011年3月に起こった東日本大震災と福島原子力発電所の事故以来、放射線に対する市民の関心が高く、受講者は増加しています。これらの業務には、センターの教員5名と技術職員2名が当たっています（環境安全保健機構の職員数名とセンターの職員3名がサポート）。

なお、放射線安全管理体制の改善に向けた取り組みとして、放射線個人管理システム（ACE2000）に代わる新管理システムを2016年に導入しました。全学の放射線業務従事者と管理実務者との連携に長年にわたって使用してきたACE2000は、老朽化のため1年間その接続を停止し、利用者の皆様には大変ご迷惑をお掛けしましたが、全学経費を手当いただき新機器を導入することができました。講習会受講履歴や被曝線量の登録、さらには健康診断結果の登録支援を再開していますが、この新システムについて利用上の問題点などがありましたら、ご意見をお寄せいただければ幸いです。

核燃料物質の管理も放射線管理部門の業務であり、機構職員ならびにセンター職員のサポートのもとに機構教員1名が担当しています。昨年の Radioisotope ニュース 2016 (No.60) の巻頭言に原子炉実験所の宇根崎教授が書かれているように、9.11以降、核セキュリティの強化が世界的に進められています。さらに、福島の事故以来、安全とセキュリティの協働のあり方が議論され、一般的な放射線利用についても「RI 安全・セキュリティ文化」の醸成が叫ばれ、法改正も予定されています。核燃料物質の管理については、国際テロの観点から一段と厳しい規制が求められており、京都大学に対する IAEA (国際原子力機関) の査察も頻繁に行われています。このあたりの状況については、毎年開催しております「核燃料物質に関する安全管理講習会」において逐次、利用者にお知らせしています。

使用済み核燃料廃棄物の処理は今後の大きな課題ですが、今はただ保管しているという状況です。大学としては、現在17ヶ所ある施設 (J 施設4ヶ所と K 施設13ヶ所) の統合を進め、国際規制物質の集約化を行いたいと考えています。原子力規制庁のご指導をいただきながら可能なところから実施していきますので、各部局のご協力をお願いします。放射線施設の安全管理についても同様です。現在、大学には病院構内の RI センター本館と北部構内のセンター分館を含めて18の放射性同位元素等使用承認事業所があります。こちらも共同利用を促進し、将来的にはできるだけ集約化していきたいと考えています。

放射線管理部門の最も重要な業務は先にも述べたように安全管理です。しかしながら、残念なことに、最近、核燃料使用施設内ならびに RI 管理区域内での事故が多発しております。核燃料使用施設における変更届の不備と2016年7月1日に起こった RI 管理区域内での火災などについて原子力規制委員会からきついお叱りを受けております。火災事故の詳細については機構のホームページをご覧くださいければ幸いです。臨時の安全講習会を開催し、臨時の立ち入り調査も実施しました。多くの課題が見えてきましたが、一番大きな問題は危機管理体制が十分でなかったことです。機構長として大いに反省しております。緊急時の管理体制ならびに平常時の管理体制を確立し、再発防止に努めたいと考えておりますが、構成員の皆様方におかれましては、日頃から事故の予防に心がけていただくとともに、放射線管理部門ならびに環境安全保健機構に対するご協力とご支援を切にお願いいたします。

臨床応用を目指した膵β細胞イメージング法の開発

放射性同位元素総合センター 助教
藤本 裕之

糖尿病はインスリン分泌不全、または、インスリン抵抗性などのインスリンの作用不足により生じる疾患である。現在、糖尿病の診断は、血糖値などの血液検査から得られる情報により行われている。また、血中インスリンやCペプチドを測定することで、生体膵島（膵β細胞）の機能面の評価がなされている。2型糖尿病患者においては、診断時において既に膵島機能（HOMA-β）が正常の半分程度まで低下し、その後経年的に低下していくことが報告されている¹⁾。膵島の機能は個々の細胞のインスリン分泌能と膵島（膵β細胞）量によるものであるため、膵β細胞の量を知ることは糖尿病の病態を知るうえで重要であるが、膵β細胞量はこれまで剖検や手術での摘出膵臓の病理標本を用いて検討がなされているだけで、非侵襲的な評価系は確立されていない。

ヒトの膵臓内には、外分泌腺に囲まれる形で約100万個の膵島が存在し、その大きさは、数十から数百μmである。内分泌細胞のひとつである膵β細胞は膵島の構成細胞のひとつであり、正常耐糖能者では膵島細胞の5-6割程度の体積を占める。膵島の解析評価に用いられている機器を図1に示す²⁾。我々はこれまでにOptical Projection Tomography (OPT: 投射型光断層撮影法)を用い、膵島細胞の評価を行っている。単離した膵島を経門脈的にマウス肝右葉に移植し同種同系、同種異系移植での移植膵島量、数の変化を3次元画像から評価することに成功している³⁾。しかしながら、OPTを用いた本手法は膵島を定量可能なレベルまでの分解能を有する利点はあるが、目的臓器を摘出する必要がある

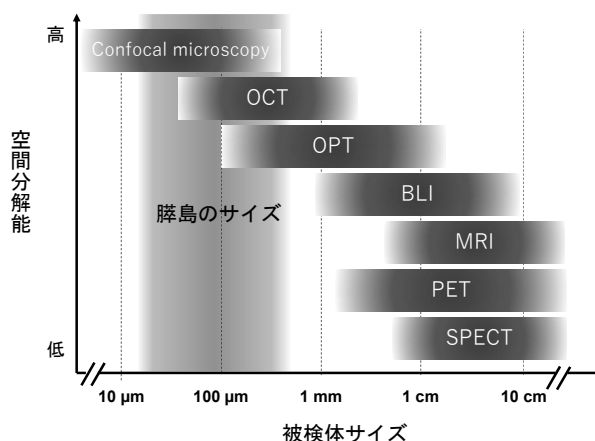


図1. 膵島の評価に用いられる機器。
生体観察が可能な機器であるMRIやPET、SPECTの分解能は、膵島のサイズに及んでいない
OCT: optical coherence tomography, OPT: Optical projection tomography, BLI: Bioluminescent imaging, MRI: Magnetic resonance imaging, PET: positron emission tomography, SPECT: single photon emission tomography (文献2より引用改変)

ため生体での観察ができない欠点がある。

そのため、膵β細胞イメージングの臨床への応用を考えた場合、非侵襲的で、かつ個々の膵島を描出可能な分解能を有する装置が必要であるが、現在の臨床機器 (Positron emission tomography (PET), Single photon emission computed tomography (SPECT), Magnetic resonance imaging (MRI)) ではそのような分解能を有するものは存在しない。そのため、核医学的な標識などで周囲とのコントラスト増強を図った手法が用いられ、我々も放射性同位元素で標識した化合物を用いて膵β細胞評価系の構築を行っている。Glucagon like peptide-1受容体 (GLP-1R) を標的とし、基本骨格としてGLP-1Rに特異的に結合し、かつ、糖尿病治療薬として既に用



図2 肝臓(右葉)内に移植した膵島のOPT三次元画像
移植膵島数、量、移植部位(三次元的な位置)の情
報を得ることができる(文献3より転載)

いられている exendin を骨格として用い研究を進めている。まず、 ^{125}I 標識 exendin (9-39) を用いた検討で、蛍光強度で示される膵β細胞量と標識化合物由来の集積放射能が強く相関することを見出し、exendin 骨格を用いた化合物による膵β細胞定量評価の可能性を見出した⁴⁾。また、SPECT 用核種である ^{111}In で exendin (9-39) を標識したプローブを用いて GLP-1 受容体への特異的な結合と膵臓への集積についても報告している⁵⁾。さらに定量性の優れる PET 用の ^{18}F 標識プローブの合成に成功し、マウスの膵臓が描出できることを確認している(図3)。

膵β細胞のイメージングとして、exendin を用い

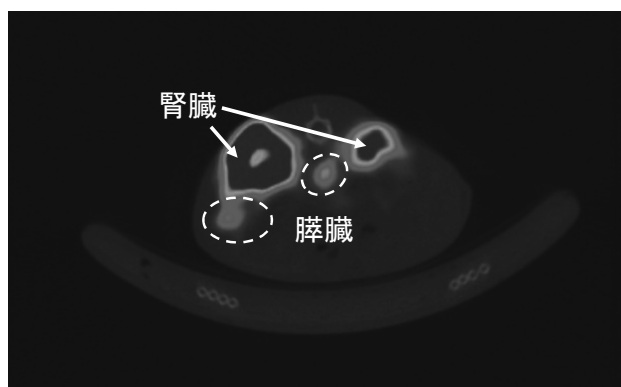


図3 PET用プローブを用いたマウスのPET画像
マウスの膵臓が描出されている。

たプローブが有望視されており、膵β細胞を定量評価するためには、PET用プローブの利用が最も期待される場所である。われわれは、現在、PET用プローブの臨床応用を目指し、京大病院内での合成環境の整備やプローブの大量合成用自動合成装置の作製を進め、臨床研究への準備を進めている。

最後に、これまでに多くの研究者が膵島、なかでも膵β細胞のバイオマーカーを探索・評価し、定量評価に向けた検討を進めている。膵β細胞のイメージング技術は定量評価に向けた有望な手法であり、膵β細胞量を非侵襲的にかつ継時的に評価できれば、糖尿病の分野に多くのイノベーションをもたらすものと考えられる。我々も膵β細胞イメージング法を用いた定量評価系の早期な確立に向けて研究を進めていきたいと考えている。

謝辞

本研究は、医学研究科稲垣暢也先生、薬学研究科佐治英郎先生のもと行われた研究であり、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

文献

- 1) U.K. Prospective Diabetes Study Group: Lancet, 352: 837-853, 1998
- 2) Holmberg D, et al: Diabetologia, 51: 2148-2154, 2008
- 3) Fujimoto H, et al: Transpl Int, 24: 839-844, 2011
- 4) Mukai E, et al: Biochem Biophys Res Commun, 389: 523-526, 2009
- 5) Kimura H, et al: Bioorg Med Chem. 25: 1406-1412, 2014

京都大学における安全衛生の取り組み

環境安全保健機構 安全管理部門 准教授
松井 康人

はじめに

本学には教職員が約5,500名所属しており、特定有期雇用の教職員を加えると、7,000名以上が働いている。これに学部生が約13,500名入学し、大学院修士課程に約4,800名が、博士課程に約3,600名が在籍している。総数として、約30,000名の構成員が属しています。構成員の多くは、主に吉田、宇治、桂の3つのキャンパスに所属しています。この他に、全国に点在する遠隔施設が約40箇所、国外の拠点が約50箇所あり、これらに所属している構成員も少なくありません。

労働安全衛生法（安衛法）は事業場単位で適用されるため、労働基準監督署との協議を通じ、地域ならび事業内容を考慮して、吉田、病院、宇治、桂、熊取、犬山、大津の7つを事業場としました。これらの事業場と私たちがイメージしているキャンパスは完全には対応しておらず、また事業場内に複数の組織（学部や研究科などの部局）が混在している事業場もあることから、安全衛生管理上の課題が山積している状況です。例えば吉田事業場は、学部だけでも総合人間学部、文学部、教育学部、法学部、経済学部、理学部、医学部、薬学部、工学部、農学部の10学部が共存しており、これに18研究科と研究所やセンターなどが協力することで、法の遵守に努めている状況です。

安衛法の第1条には目的が記載されており、「労働災害の防止のための危害防止基準の確立、責任体制の明確化及び自主的活動の促進の措置を講ずるなどその防止に関する総合的計画的な対策を推進することにより、職場における労働者の安全と健康を確

保するとともに、快適な職場環境の形成を促進することを目的とする」と記されています。1) 責任体制の明確化と2) 自主的活動、3) 快適で安全な職場環境の形成というのが重要なキーワードとなっています。

責任体制の明確化に関しては、一般的な事業者（会社）とは違い、大学は組織感を持ったトップダウン的の伝達が難しく、実効性のある管理体制を全学的に確立できるかどうか課題となっています。一方で、ある部局では、安全衛生管理を組織的に実施し、自主的活動を促進するための人的配置、施設整備を促進してきている実情があります。

国立大学の独立行政法人化

2004年4月に大学は独立行政法人化され、それまでの人事院規則に代り、安衛法の適用を受けることになりました。所轄官庁が代わったこともありますが、大きな変化は、安衛法には両罰規定が存在することです。労働基準監督署（労基署）の指導の対象となり、不備がある場合には、たとえ労働災害を起こさなくても、是正勧告及び使用停止命令、さらには罰則の適用もありうる状況となりました。事業者は安全衛生措置義務と民法上の安全衛生配慮義務を負っており、措置または配慮が足りなかったために万一災害が発生したときは、刑法上（過失致死傷罪）の罰とともに安衛法上の違反行為（安全衛生措置義務違反）、民法上の不法行為（安全衛生配慮義務違反）として、その責任を問われます。そもそも事業者とは、安衛法で「事業を行う者で、労働者を使用する者」と定義されており、場合によっては、

ら構成され、また安全衛生教育やこれに付随するマニュアル類も、研究内容や実験設備の類似性が高いことから、統一的な整備が進んでいます。一方で、吉田事業場にも工学部に関連する組織が属しており、他部局と共同して安全衛生委員会を構成しています。文系や理系、実験系や非実験系も混在していることから、統一した安全衛生教育やマニュアルの整備は難しくなります（図下中のグレー部）。また本学には、学部や大学院のような部局に加え、研究所やセンター、レンタルラボなどもあり、環境安全保健機構は、このように事業場単位で管理が難しい組織を横断的に取りまとめる機能を果たそうとしています。中でも安全管理部門は安衛法と、これに関連する毒物及び劇物取締法、消防法、高圧ガス保安法などの法令対応を中心業務とし、構成員の自律的な安全衛生管理をサポートしています。

安衛法第10条2項では、「総括安全衛生管理者は、当該事業場においてその事業の実施を統括管理する者をもって充てなければならない」と規定されています。すなわち責任者である各部局長は、所属する事業場の安全衛生管理者と一体となって、管理業務の円滑な遂行に当たらなければなりません。したがって大学における部局長は、各部局においてその安全管理業務についてすべての権限と責任を有する最高責任者と言えます。この前提に基づくと、異なる部局に所属する教職員が同一建物や同一事業場に混在している場合は、権限及び責任の所在を状況に応じて調整する必要があります。実際には、ある建物を管理している部局長や研究内容などから、もともと危機管理意識が高い部局の長が、この権限及び責任を担っている場合が多く、本学では部局を単位とした責任体制が中心となっています。安全管理部門は、産業医による巡視や事故・ヒヤリハット情報の共有をはじめ、安全衛生管理活動を通じて各部局を緩やかに統率し、部局が中心となった管理体制をサポートすると同時に、労基署や他大学などの調整役としても機能しています。

おわりに

安全衛生管理の目的は、教育・研究活動を安全かつ快適に実施できる環境を作ることであり、この活動を阻害する管理は目的に沿いません。管理を通じて、大学の教育ならびに研究のアクティビティーを低下させることは断じて許されません。社会情勢や財政状況からも、教職員に求められる業務はより一層多様化しており、本業である教育・研究業務に支障を及ぼしかねない現状があります。大学の国際化が飛躍的に加速し、さらなる業務負担が予測される中、安全衛生管理に限らず、エネルギー使用量の管理や、コンプライアンスの遵守、留学生の受け入れなど、これらのすべてを部局で対応することは、世界トップレベルの教育・研究活動を減速させることが予測されます。これらの共通業務を全学的な組織が担い、またその成果を大学間で共有して行くことが、すべての大学にも求められている印象です。

法人化から十年以上が経過した今、大学では限られた予算を用いて、最小コストで最大効果をねらう管理体制が模索され始めています。これまでは、試行錯誤でできることから順に対応してきた経緯があり、本学でもその予算を補填していただいています。今後は、必要以上の管理に基づく必要以上の予算の獲得よりも、根拠に基づく管理項目の順位付けや、構成員のニーズを汲み取ることができる管理が求められています。

安全衛生管理は教職員ならびに学生のみならず、周辺住民の安全保障にも関わる事柄で、組織にとっての生命線であり、最優先事項であると位置付けられます。今後とも、本学における安全衛生活動へご理解、ご協力をどうぞよろしくお願い申し上げます。

福島レポート2017 「住民帰還が始まった原子力災害被災地を 学生たちと歩く」

放射性同位元素総合センター 助教
角山 雄一

1. 避難指示解除を待つ町で

平成29年4月1日、帰還困難区域を除くほとんどの原子力災害被災地で避難指示が解除された(図1)。はたしてどれくらいの住民たちが帰町帰村するのだろうか。順調に復興は進むのだろうか？

避難指示解除の数ヶ月前、平成28年11月22日にRIセンター教職員有志(五十棲泰人名誉教授、戸崎充男准教授、堀江正信助教、宮武秀男技術職員、垣下典永技術職員、角山)は福島県双葉郡富岡町の緑豊かな地域に佇む一軒の民家を訪れた。ここは第一原発から十数kmの距離にあり、当時は避難指示解除準備区域内であった。目的はこの町の人々に放射線に関する自助や共助の仕組みを提供することだった。平たく言えば、この町に放射線の消防団や自警団を作ることができないか、という提案をしに

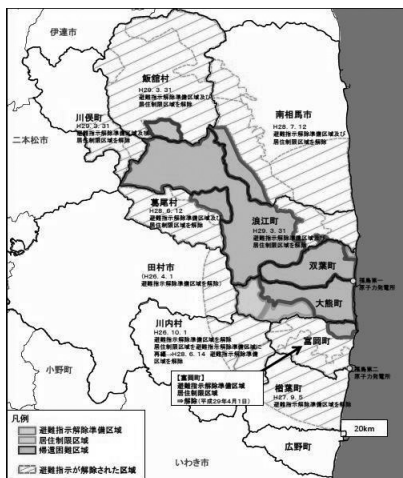


図1：平成29年4月1日以降の避難指示区域。カラー版は、「ふくしま復興ステーション」のサイト(<http://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/>)などを参照のこと。



図2：帰還を目指す富岡町民の皆さんとの交流の様子

行ったのだ。帰還への準備段階の時期で、しかも避難指示解除準備区域での開催ということで、当初は本当に町民が集まってくださるかも不安だった。ところが町役場の方や会場を提供してくださった家主の渡邊典子さんの協力を得ることができ、帰還を目指すあるいは帰還を考える町民12名がこの家に集まってくださった(図2)。元食品加工販売業(会場家主)、建築師(町会議員)、広告業(里山ガイド)、農業(非避難者)、元原発作業員、町役場職員、地元出身の東京電力社員、とその業種は様々。みなさんからは公的な除染事業の現実やホットスポットに関する情報など、現地での課題を伺うことができた。とくに山林に隣接する家の除染が不十分であるとのことだった。実際に測定器を持って会場の周辺をくまなく調査したが、やはり家屋の裏山に近いところは空間線量率が高い値を示していた(図3)。そのほか、帰還困難区域の現状、一部の町民間に存

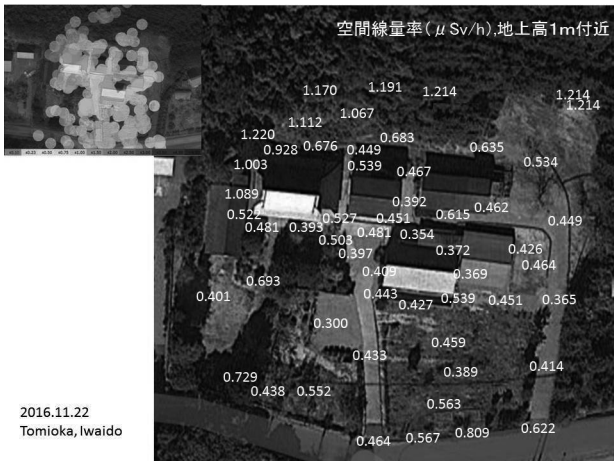


図3：会場となった民家周辺の空間線量率（地上高1 m 付近、HORIBA 社製 Radi PA-1100 を使用、京都市内では0.04~0.09 μSv/h）

在する亀裂、世代間での帰町に対する意識の温度差、といった解決方法がなかなか見えない深刻な話しも伺った。こちらからは放射線影響に関する基礎知識などについて話題提供し、今後も支援を続けたいと申し出た。

時間を忘れて話しをしているうちに、帰る頃にはすっかり日が暮れていた。再会を誓って会場の民家を去る時の美しい星空が印象的だった。以降、渡邊さんとは交流が続いている。

2. 京都大学の取り組み「富岡町から学ぶ」

平成29年8月12日~14日、本学学生と院生の有志4名とともに第一原発周辺を視察した。まずは富岡町の渡邊さんのお宅を再訪することにした。渡邊さんは前回の我々の測定結果などを持って役場や環境省と交渉したそうだ。その後「フォローアップ除染」が行われたのだという。民家に隣接する裏山の木や竹が刈り取られ、防草シートのようなもので覆われていた（図4）。しかしその効果があまりあったとは思えず、線量率は前年11月の値から1割も下がっていません（前回測定時より半年以上経過しているためCs-134の減衰によるところが大きいものと思われる）。山林近縁部の除染の難しさを今更ながら痛感した。実は、この家の周辺の空間線量率は除染対象となる基準値（2 μSv/h）よりも低い。



図4：フォローアップ除染後の裏山

健康への影響も発生しないとされる値である。しかし住民の心情としては決して納得が行くものではない。線量が以前とあまり変わっていないことを渡邊さんに話すと残念な顔をされていた。孫たちに遊びに来てもらいたいという思いもあるので、今の家を取り壊して裏山から少し離れたところに建て直すことを考えたいと言っていた。避難指示が解除されたからといって、全てが解決したわけではない。学生たちは、家の周辺の山野を調査し、渡邊さんが作ってくださった美味しい昼食を頬張り、サツマイモ畑の草刈りを手伝った（図5）。そして震災前に作っていたという味噌をお土産にいただいた。渡邊さんの温かいもてなしに学生たちは感激していた。

次に学生たちはNPO法人「がんばる福島」代表松村直登さんのお宅と牧場を訪れた（図6）。前述の会合にも参加してくださった方で、第一原発から20 km 圏内で事故後ただ一人逃げなかった者として



図5：渡邊さんと畑の草刈りをする学生たち。



図6：牧場で語らう松村さんと学生たち。

知られる方だ。その様子は、海外のニュース特番やドキュメンタリー映画「ナオトひとりっきり」などでも取り上げられている。松村さんは、事故直後被災地に取り残されてしまった牛馬やダチョウ、犬猫などの世話をするため、たった一人でこの町に住み続けた。以前お会いした時に松村さんから伺った、この人物を表す象徴的な話がある。ある時役所が基準値を超える牧草は牛に与えるなどと言ってきた。そこで松村さんは子牛をトラックに載せて県庁まで抗議に行く。「牧草の入手もままならない状況で1 Bq/kgでも基準値を超えたらなぜダメなのか、どうして食べさせたら問題なのか。」と県職員に詰め寄ったそうだ。放射能測定や生体影響のことを学んだことがあれば、この1 Bqの違いに意味がないことはよく知っている。松村さんは直感的にこの矛盾を突いたのだった。おそらくは、このように物事の本質をまっすぐに見抜く洞察力と抜群の行動力をお持ちの方だから、ライフラインが止まっていたこの地で生き抜くことができたのだろう。かねてから、ぜひ京大生をこの人物に会わせたいと思っていた。

さて、学生たちと松村さん宅に到着すると、以前とは少し様子が異なっていた。住居の目の前で業者に井戸を掘らせていたのである（図7）。原発事故後、松村さんは家の裏山の湧き水を使われていた。それが今更どうしたのだろうと思ったが、「井戸を掘ることになったわけをみんなに広めたいんだ。」と松村さんは言う。聞けば東京電力関連会社のバス



図7：松村さんの自宅前。左側に井戸の掘削機などが見える。

の運転手が湧き水の近くで立ち小便をしたのをたまたま目撃したのだという。松村さんが激怒して東京電力と交渉した結果、井戸を掘る費用を東電が負担することになったのだそうだ。松村さんの名誉のために言えば、決して脅すとか無理強いをした訳ではない。「事故から時間がたって、東電もその下の連中も気が緩んできたのではないか。気を引き締め直してもらいたい。」つまり、叱咤の意味もあって強く抗議をしたのだという。学生たちも私もハッとさせられ得心がいった。言うべきところははっきりと言うという姿勢はいかにも松村さんらしい。

今回の視察で嬉しい誤算が二つあった。一つは、この視察の最終日がJR常磐線竜田～富岡間の列車試運転が始まる日であったこと。駅には復興住宅などにお住まいの高齢者数名が見物に来ていた（図8）。もうひとつは渡邊さんのお宅を訪れた際に、富岡町で町民有志が最近結成したという一般社団法人



図8：常磐線試運転の初列車を見に富岡駅前にいらした町民の方々。

人「とみおかプラス」の方々と出会えたことである。有り難いことに、事務局長の杉本良氏が、ご厚意で帰還困難区域に入るための許可証を手配して下さった。学生たちと当初予定にはなかった富岡町帰還困難区域内の現状調査を実施することができた(図9)。



図9：帰還困難区域に取り残されたJR夜ノ森駅にて。

3. 大阪大学の取り組み「飯舘村環境放射線研修セミナー」

2017年9月7日～10日、大阪大学核物理研究センターが主催する飯舘村での合宿セミナーに同行した。このセミナーは、飯舘村の全面協力(2017年8月8日に大阪大学と飯舘村は連携協力協定を締結している)や、大阪大学核物理研究センターの入念な準備のおかげもあって、とにかく濃密でバラエティに富んだ内容であった。参加者は大阪大学の学生16名と尚絅学院大学の学生3名、教職員も入れると総勢30名以上の規模であった(図10)。まずは、放射線の基礎から応用まで、種々の座学が用意されていた。私も8日午前の講義を担当し、放射線に関する諸問



図10：文系理系学年問わず、多数の学生が参加していた。



図11：飯舘村役場のセミナー室を使っでの講義風景。

題について統計学的に考えることの重要性を福島の実情になぞらえて解説した(図11)。午後は地主の許可を得て、山林や田畑で樹木の葉や土壌の採取を行った(図12)。参加学生は測定用サンプルのマリネリ容器への詰め方なども体験し、精密測定を実施する際の手間や注意点を学んだ。9日は朝から村が用意したバスに乗り、村を代表する歴史ある神社や帰還困難区域の長泥地区(図13)、国道6号線沿いの風景、浪江町の津波被災地などを視察した。学生たちは常に線量計を携帯しており、現地の放射線量を体感していた。9日午後には福島大学の学生3名も合流し、飯舘村村長菅野典雄氏の講演を拝聴した。続けて住民の代表として、一般社団法人「いいたてネットワーク」代表理事横山秀人氏からもお話を伺った。この両者の話は極めて対照的な内容だった。学生たちは立場によって意見がまったく異なることを目の当たりにした。

興味深かったのは、毎日深夜まで学生たちが白熱した意見交換を行っていたことである(図14)。教



図12：山林に分け入って実施されたサンプル採取。



図13：帰還困難区域の長泥地区で地区長から解説を受ける学生たち。

員との議論は風呂の中でも展開された。このような骨太で幅広い内容の合宿セミナーは、参加した学生たちにとって将来きっと大きな財産になるだろう。なお、このセミナーは大阪大学の正式なカリキュラムとして、今後5年間は年1回のペースで実施される予定だそうだ。さらに来年度からはセミナー参加学生に単位を授与するようになるとのこと。本学でも同様のことが展開できないものかと悔やまれた。大いに今後の参考となった。

4. おわりに

原子力災害被災地では、市町村によって復興のロードマップや手法がまちまちだ。例えば富岡町は、間もなく常磐線の運行が再開する JR 富岡駅付近を復興の目玉となる拠点地区となるよう宅地や商業施設、学校、病院などを整備し、新たな産業の誘致などを行なっている。この地区に集中的に資本と人員を投下し、復興に勢いをつけようとしている。飯館



図14：毎日深夜まで、白熱した議論が続いた。

村では、国道や幹線沿いを整備しつつ、「までい（スローライフを表す方言）の街」として村の魅力をアピールしようとしている。現在は若い世代に帰還してもらおうと学校再開のための準備を積極的に押し進めている。

しかしやはり現実には厳しい。現地に赴くと住民間に多様な想いや願いが交錯していることを思い知る。国や自治体の方針と肝心の住民の気持ちとの間にズレが生じているケースもある。どちらか一方だけが正解だと決めつけることは難しい。

京都からできることは放射線を測り続けることや学生に現状を見せることくらいだが、この先も現地を見守りつつ復興に役立つことが何かを模索し続けたい。

5. 謝辞

センター教職員による視察は、環境省「平成28年度原子力災害影響調査等事業（放射線の健康影響に係る研究調査事業）」により実施した。現地での調整にご協力くださった富岡町役場復興推進課坂本隆広氏に厚く御礼申し上げます。京大生の視察は、平成29年度京都大学総長最良経費「放射線リスクコミュニケーション教育に係る人材養成事業」により実現した。飯館村環境放射線研修セミナーへの参加は、科学技術振興機構（JST）科学技術コミュニケーション推進事業問題解決型科学技術コミュニケーション支援「ネットワーク形成型」平成28年度採択事業（代表者：NPO 法人知財ネットワークあいんしゅたいん坂東昌子氏）の支援を受け実現した。また、本セミナーへの参加をお許しくださった大阪大学核物理センター中野貴志センター長、青井考先生、藤原守先生、谷畑勇男先生、他関係各位に深く感謝申し上げます。

最後に、いつも温かく迎えてくださる渡邊典子氏、痛快な体験談を聞かせてくださった松村直人氏をはじめ、富岡町の皆様に厚く御礼申し上げます。

世界初!? 直径1mのドーム型霧箱

放射性同位元素総合センター 准教授
戸崎 充男

1. はじめに

今年（2017年）前期開催のILASゼミナールで新入生を対象に「放射線入門」を当センターの角山と戸崎で担当した。その中で、霧箱の作製をカリキュラムに入れた。想定したのは、出来るだけ大きな霧箱を作ってみたい（作らせよう）である。残念ながらゼミ初日に来た受講生は1名だけだった。しかしゼミを重ねるごとに6名にまで膨らんだ(?) 最終的に受講登録者は1名だけだが、あと4名が単位に関係なくこのゼミを最後まで受講することとなった。登録受講者（渡邊佑太君）の宣伝? がうまくいったのか、我々のゼミに単位以上に彼らの興味を引き付ける何かがあったのか知らないが、ある意味、理想的なゼミとなったのは確かだ。

2. 空き缶霧箱からドーム型霧箱へ

放射線の学習の初段階で、視覚に訴えてその教育効果があることで、多くのところで霧箱の実習が行われる。当センターは「放射線って何?」をテーマに毎年8月上旬に小中高生を集めて体験授業を開催している。そこでも放射線の可視化として霧箱の実習をプログラムに取り入れている。この霧箱は、センターで開発した「空き缶霧箱」方式で、身のまわりのものを使って組立、ラドンの娘核をダストサンプラーで捕集し、 α 線の飛跡を観測するものである。かれこれもう17年近く毎年8月に実施している。この空き缶方式を開発した当事者としては、当初の苦労、感激を忘れて、当たり前の実習となり、最近ではすっかり「さめた」気分になっていた。手前みそだが、「空き缶霧箱」は、それなりに立派なもので、

あの手軽さと観測までのスピードの速さは今も色あせない。体験授業では、ちびっ子たちの心を驚ばかみするハイライトである。この空き缶方式に興味のある方は、センターの解説パンフレット（希望の方はセンターに問い合わせを）および雑誌Isotope News 2001年12月号 p. 26の「手作り装置『空き缶霧箱』による自然放射線観測」の記事を参照されたい。個人的には、「空き缶霧箱」がもう少しメジャーになってもいいと思うのだが。

東の方で、大きな霧箱を作ったらしいと耳にした。また、確かに、いわゆる科学センターには高価で立派な霧箱があるのは知っている。そして、昨年福島環境創造センターで展示用の霧箱で改めて自然放射線の飛跡をみた。デモならばこれくらいの大きさが必要で、みんなが囲んで観測できる、と気持ちを新たにした。これが、でっかいデモ用の霧箱に挑戦するきっかけとなった。また、この霧箱を眺めている時、隣で五十棲名誉教授の「これぐらいでっかいの作れや! お前ならできるやろ! お〜♪」というやさしい激励もきっかけになっている（本人は、そんな愚痴は言っていないと否定しているが、録画ビデオに証拠が残っている）。この決心が、最終的に1mサイズのドーム型霧箱に辿り着くことになる。

3. ILAS ゼミで新型霧箱に挑戦

ILASゼミの前半をドーム型の霧箱作成にあてた。その時の様子を授業プランの構成（進め方）に沿って簡単に説明する。まず、講義で一般的な放射線の話をする。その次のゼミで、いきなり「空き缶霧箱」をつくり、ラドン娘核種を捕集して、 α 線の飛

跡を観測する。予想どおり、受講生みんな感激する（このとき受講生は3-4名になっていた）。彼らを見て高校理科教育の欠陥（実習欠如）を改めて実感する。本当の科学の面白さを知らない受験生だったので、テスト100点で感激する科学しか知らなかったのだろう。1 m級の新しいタイプの霧箱をつくることに挑戦することを伝える。（このころ受講生5名に固定した）まず、論文（拡散方式の霧箱の原論文と日本語の解説）で一応、霧箱の原理（理屈）を勉強する。ここで知識として、霧箱は、過飽和状態を作ること、温度勾配をちゃんと形成すること、を注意すれば、大きさには関係しないことを学ぶ。特に、「霧箱は大きさに関係ない」という記述（解釈）に夢を託した。この段階で私は、直径1 mの半円球（厚さ5 mm）の亚克力材をすでに発注していた。しかし、ゼミを進めながら、成功の確信はなかった。生徒の前では強がっていたが、段ボール箱で配達されロビーに鎮座する1 mサイズの半円球（ドーム）の大きさは半端じゃなかった。センターの同僚も成功はきっと半信半疑だったに違いない。

まず独自の霧箱作りをした。いきなり1 mサイズに挑戦せず、20~30 cmサイズの亚克力のケース、ドーム、筒などの異なる形状の霧箱の挑戦からはじめた。大きくしていく過程で、過飽和状態、温度勾配、雑イオン除去等に注意をしながら、2人で一つの霧箱を完成させた。この霧箱完成での教育的な結果は、観測できた飛跡が、ダストサンプラーで捕集した α 線（ラドンの娘核）ではなく、積極的に線源を入れなくても、自然の放射線の飛跡（ミュオン、電子、 γ 線、 α 線）が観測できたことである。自然放射線の観測で大きく霧箱は進歩した。また、この工作過程で、過飽和、温度勾配の感がかめ、彼らの貴重なアイデア（その実は、貴重な失敗）によって、1 mサイズのドーム型霧箱のイメージがつかめた。その時、成功を（少なくとも私は）確信した。

4. 1 mサイズのドーム型霧箱の完成

ドーム型霧箱の詳細な設計の（作成マニュアル的な）解説は別の機会（別の手段）で公開を考えている。できればより完成品としてもう少しバージョンアップしたい。ここでは、現状のドーム型霧箱の簡単な説明にとどめる。センター主催の講習会などでデモをして実践？を重ねより効果的な霧箱に上げていく予定である。

完成したドーム型霧箱と作成に係わった5人の受講生の記念写真を写真1に示す。基本的には、空き缶霧箱などに通常行われている拡散方式の霧箱である。したがって、原理的には何も新しいものはない。ただ、このサイズ、形状で過飽和状態をつくり、自然放射線の飛跡を観測できるようにしただけである。ドーム型霧箱の簡単な構造を説明する。ドーム内側の天井に、スポンジにアルコールを含ませて吊るし、透明な亚克力の半円球の底面（直径1 m）をアルミ板（フォイル）で蓋をして密閉してある。発砲スチロールを組み合わせて1.2 m×1.2 mの断熱の敷物を作り、この上にドライアイスを並べ、さらにド

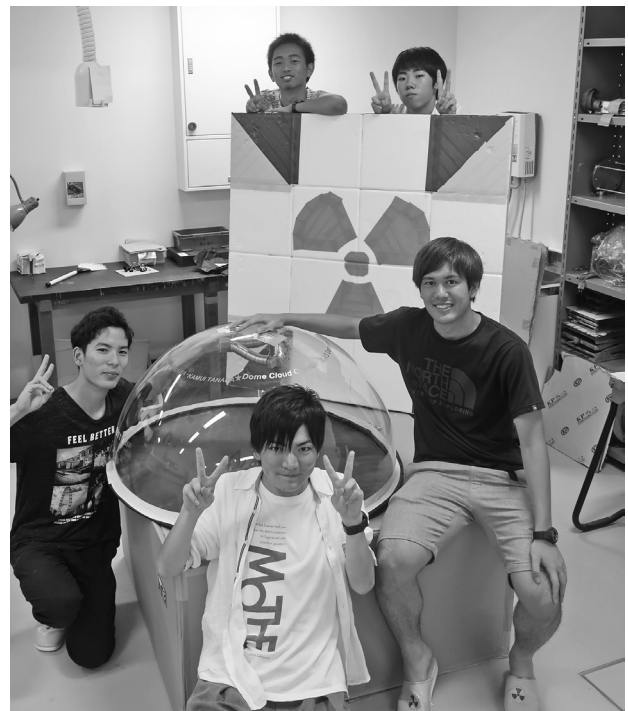


写真1：ドーム型霧箱の完成記念写真（皆でウ〜イエイ）
後列左から、渡邊佑太、里田裕紀
前列左から、西山健太郎、田中和無為、南河真伍



写真2：センター主催の体験授業「放射線って何？」
ドーム型霧箱のお披露目デモ（大成功）



写真4：ドーム型霧箱の放射線の飛跡（奇跡？）



写真3：センター主催の体験授業「放射線って何？」
参加者みんなドーム型霧箱の虜になった！

ライアイスの上にドーム型霧箱を乗せて、ドライアイスで霧箱の底面を冷やす。ドーム（アクリル）が透明なため、横からライトを照らして放射線の飛跡を眺めることができる。（写真2，3）1 mと大きくてデモには効果的な形状になっている。このような見せ方はこれまでになく斬新で迫力があり、最強の観測装置となった。特に、空き缶霧箱のような10

～20 cm サイズの霧箱で、線源から放出される α 線の飛跡を観測するのではなく、霧箱の中に線源をいれなくても、いろいろな種類の自然放射線の飛跡が観測でき、時には数十 cm もの飛跡（宇宙線による）が観測できる（写真4）。大きくしただけのことだが、想像以上の効果をもたらした。

今年夏の恒例の体験授業で、このドーム型霧箱のデモを行った。写真2-4はその時の様子である。参加者各自で「空き缶霧箱」を作り、 α 線源（ダストの線源）からの飛跡の観測を体験した（学んだ）後なので、このドーム型霧箱による自然放射線の飛跡には衝撃を受けた様子であった。大きいことはいい事だ！ 量（サイズ）が質（現象）の感動を超越した。この形の霧箱は、世界初である。

5. おわりに

最後に、敬意を表して、ゼミ受講生の名前を留めて置く。すでにドーム天井には、横文字で全員の名前は刻んである。全員薬学部の一回生で、渡邊佑太（受講生）、南河真伍、田中和無為、里田裕紀、西山健太郎の5名である。彼等のお蔭で楽しく一緒に、でっかい霧箱（ドーム型霧箱）を作ることに成功し

た。私にとっても学ぶことの多い体験（ゼミ）であった。物を作る喜びと苦勞、まだ誰もやってない新しいことへの挑戦、目に見えなかった自然放射線（宇宙線）を自分たちの手作りの装置で観測できたこと、これらの感動を忘れずに、勉学に励んでほしい。

今後の予定としては、より立体的な飛跡を求めて

過飽和層の拡大、雑イオン除去の工夫、さらに効果的なLED照明方法を検討したい。また、確かにインパクトがある霧箱だが、出前授業には、さすがに1 m はでかすぎる。いま、50 cm サイズの出前授業デモ用のドーム型霧箱を試作中である。最終的に、商品化などできればなどと夢が膨らむ。興味を持たれた方、当センターに連絡されたし。

霧箱の発明者



Charles Thomson Rees Wilson

The Nobel Prize in Physics 1927

チャールズ・トムソン・リーズ・ウィルソン（1869年2月14日～1959年11月15日）は、スコットランド出身の物理学者である。気象学に興味を持ち雲とその性質の研究を始め、実験装置を使って雲を発生させる実験をしていた。その結果が実を結び、1897年に荷電粒子の飛跡を検出するための装置（霧箱）を発明し、1927年のノーベル物理学賞を受賞した。同年には、コンプトン効果で有名なアーサー・コンプトン（Arthur Holly Compton）も受賞している。

自己紹介

放射性同位元素総合センター 助教
藤本 裕之

2016年9月1日付で京都大学環境安全保健機構放射性同位元素総合センターの助教に着任いたしました藤本裕之と申します。何卒よろしくお願ひ申し上げます。ここでは、これまでの経歴および行ってきました研究について簡単に自己紹介させて頂きたいと思ひます。

まず、京都大学大学院工学研究科高分子化学専攻博士後期課程において岩田博夫教授のご指導のもと「大規模遺伝子機能解析に向けた表面から哺乳類細胞への siRNA 導入に関する研究」を行い、博士号を頂きました。再生医療における細胞の分化やシグナル伝達など多種類の遺伝子の機能を同時に解析することが可能な基材開発を目的として遺伝子 (siRNA) 導入細胞アレイの技術開発を行いました。基礎研究の考え方や進め方、実験技術の習得など、現在の研究人生の礎を築くことができた貴重な時間であったと考えております。その後、2008年より博士研究員として京都大学大学院医学研究科糖尿病・栄養内科学にて稲垣暢也教授のもと膵β細胞イメージングに関する研究に従事いたしました。この研究は、膵β細胞特異的な化合物を放射性同位元素で標識し膵β細胞のイメージングおよびその定量化を目的とした研究であり、糖尿病の分野において今後の診療への貢献のみならず、病態解明に関わる可能性のある研究になります。当初は、糖尿病に関する知識や、PET などの核医学的知識がほとんどなく、苦勞いたしました。このときに身につけた知識や経験が、現在の仕事の土台になったと考えています。2010年には工学研究科高分子化学専攻の伊藤紳三郎教授のもと、がんイメージングを目的と

した高分子ナノ粒子開発の研究に従事いたしました。フッ素含有高分子を用いた dendrimer 粒子や FRET 機構を内在する蛍光ナノ粒子を合成・作製し、実験動物での動態観察



が可能な粒子の作製を行いました。それまで、ほとんど触れることのなかった高分子合成を経験できた貴重な機会となりました。その後、同年より再び医学部附属病院糖尿病栄養内科に特定助教としてお世話になり、2014年からは、京都大学医学部附属病院臨床研究総合センター助教として膵βイメージングプロジェクトの臨床応用に向けた研究に従事いたしました。基礎研究で得られた技術を基に将来的な社会実装を目指したプロジェクトのさらなる発展に寄与させていただきました。現在では、院内での合成環境も整備し、関係各科の協力のもと臨床研究を実施する段階まで研究を進めることができました。現職の放射性同位元素総合センターでは研究だけではなく、RI の管理や教育、センター内の装置とくにイメージング関連装置の管理について関与させていただいております。センターの教員・職員の皆様にご指導いただきながら微力ではありますが貢献させて頂きたいと考えております。まだまだ、放射線に関する管理・教育については、ほぼ素人同然ですので、皆様のご指導ご鞭撻のほどよろしくお願ひ申し上げます。