



Radioisotope

ニュース

No.57 2013

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 農学 RI 年頭雑感

京都大学 農学研究科長
宮川 恒

5 / 研究紹介 PET 合成用新規マイクロ波反応装置の開発

京都大学大学院薬学研究科 病態機能分析学分野
屋木 祐亮

9 / ES/iPS 細胞効率培養にむけた取り組み

放射性同位元素総合センター 助教
堀江 正信

11 / 続・福島レポート「福島第二原子力発電所視察、および県外避難者支援活動例の紹介」

放射性同位元素総合センター 助教
角山 雄一

16 / コラム 福島復興支援事業の取り組み
30kg 玄米袋の放射能検査装置用大容量標準物質の開発

放射性同位元素総合センター 准教授
戸崎 充男

19 / センターだより 自己紹介

放射性同位元素総合センター 助教
堀江 正信

20 / 自己紹介

放射性同位元素総合センター 研究支援推進員
森 麻美

22 / 分館研究棟の耐震化改修工事

放射性同位元素総合センター
石塚 史彦

23 / センターの活動

30 / 記録・人事等

農学 RI 年頭雑感

京都大学 農学研究科長
宮川 恒

年が明けて2014年になりました。昨年を振り返って、個人的に最も印象的だったのはプロ野球東北楽天ゴールデンイーグルスが日本一になったことです。大震災からの復興をめざす東北地方のファンの熱心な応援が支えとなって、田中投手の記録的な活躍を含む選手のがんばりが実を結んだみごとな優勝でした。ただ、小学生の頃から大阪の藤井寺球場の近所で生活し、近鉄バッファローズのファンとして育ってきた私としては、とても複雑でやるせない思いでその優勝をお祝いしたのも事実です。

その歴史を通じて必ずしも強い時代ばかりではないにしても、しばしばリーグ優勝を争い、時に日本一になりそこねそれなりに応援のしがいがあったバッファローズは、2004年に解散して神戸を本拠地とするオリックスブルーウェーブと合併することになりました。北川君の逆転サヨナラ満塁ホームランで優勝が決まった大盛り上がりの2001年からわずか3年後のことでした。「人気のセ、実力のパ」と言われながら、長年観客数の少なさに悩み厳しい経営状態にあったパ・リーグが、チーム数を減らして球界を再編（セ・リーグとの統合）することにより状況改善をめざした改革案の一環だったようですが、球団身売りではなく合併というビジネス界のような予想外の事態に当時一ファンとしては呆然とするばかりでした。その後ファンや選手会の反発もあって2リーグ制は維持され、新しく東北楽天イーグルスが結成されることとなったものの、新球団はバッファローズを引き継いだわけではなかったため、その選手リソースを「オリックスに分けてもらえるもの」に頼らざるを得ませんでした。結果として、バッファローズの有力選手はほとんどオリックスが獲り、楽天は「残り福」（一部は意気を感じて新球団に自分の意思で移りましたが）をもとにチームを編成することになります。そのようにしてできた楽天は予想通り圧倒的に弱く、1年目の成績は38勝97敗1分（勝率.281）の惨憺たるものでした。しかしその後着実にチーム力を上げ、ついに昨年日本一にまでなったのです。

一方のオリックス。合併後の2005年は4位、その後、5位、6位、次は持ち直して2位（しかしクライマックスシリーズではふがいない第1ステージ負け）、また6位、5位、4位、6位、5位と低迷を続けています。合併により有力選手を獲って強くなるはずだったのに、この体たらく。いったい何を誤ったのでしょうか。大阪に生まれ育った元近鉄ファンとしてしかたなくオリックスの

応援を続けてきましたが、昨年の楽天の大活躍（特に巨人に勝ったというのはすばらしい）を見ると、業績の評価や才能の育成、チームのマネジメントの難しさをつくづく感じます。

お話は変わって、農学部・農学研究科の RI 研究にまつわる「統合・合併」をご紹介します。農学部における RI 利用の歴史は古く、植物による無機養分の吸収移行、光合成での炭酸同化や微生物の代謝生合成研究などでさかんにトレーサー実験が行われてきました。また1980年代には³²Pを利用する遺伝子の配列決定法が普及して分子生物学研究が活発になりました。そのような背景があって、ちょうどそのころに現在のような形にできあがった北部構内の大きな農学部総合館の中には、非密封 RI 実験室が3カ所につくられていました。すぐそばに RI センターの分館があったにもかかわらずです。当時の学部・研究科における RI 利用ニーズがそれほど高かったということでしょう。

ただ、さすがにそれでは効率が悪いので、2003年から始まった全館耐震改修工事にあたっては施設を一カ所に統合しようということになりました。設計の基本方針は（今となっては少し悔いが残るものの、当時はあまり深く考えずに）3カ所それぞれの能力の維持。かなり大きく立派なものが計画され、この間、幸か不幸か主任者として RI 施設の使用許可や旧施設の廃止などの申請手続きを通じて、法律のことや、遮蔽や排気排水能力の考え方などを学べたのはよい経験になりました。そして足かけ5年ぐらいかけて新しい施設が完成し、いよいよ使用開始となったときには「さあこれからは広い実験室で使いやすくなる」と感慨を抱いたものです。しかし、一方でこの期間にマススペクトロメトリー、免疫化学的分析法、さらには DNA のシーケンス技術が飛躍的に発達し、研究科の中では非 RI 実験が主流になっていました。せっかくの新設実験室の威力は現在のところ十分に発揮されているようには見えません。

考えてみれば農学における RI 利用はあくまでもユーザーの立場に立ったもので、RI そのものを研究対象とした新たな手法の開発を目指すものではありませんでした。RI に代わる有用な技術が開発されれば、そちらに移行していくというのはごく自然な成り行きです。ある時に必要と思われたものはすぐに陳腐化し、効率化と思われたものはちょっとした状況の変化で目的にあわなくなり、かえって負担になってしまうこともある、ということを経験させられました。

利用は少なくなったとはいえ、RI を用いたトレーサー実験が依然として生命科学分野における重要な研究手法であるのは間違いありません。ただ一般の実験以上の特別な管理が求められ、少なくなった利用者でその管理を分担しなければならないのが、農学研究科 RI 施設の運営のきつところでした。農学研究科ではかつて宇治キャンパスにも非密封 RI 施設を保有しており、効率の悪い状態でした。しかしこちらは2010年に完了した宇治耐震改修の際に廃止して、化学研究所の RI 施設の中に使用できるスペースを作ってもらうことで、独自管理の負担から解放されました。そして

今、本部北部構内の RI センター分館の耐震化改修工事が進む中、地の利を活かして共同利用をもっと積極的に活用することで、農学部総合館の RI 施設も廃止してはどうかというアイデアを検討しています。確かに研究には「思い立ったが吉日」という面があり、アイデアが浮かんだら勝手知った実験室でてきぱきと仕事を進めたい、その時に利用申請・承認・共同利用なんてまどろっこしいことはやってられないので部局の施設は維持すべき、という声もありますが、利用の頻度と管理コストを考えると、やはりこの際 RI センターを頼りにして実験そのものにもっと集中できる体制に変える方が効率的で賢明だろうと考えています。

ただ、しかし今年度から始まった学内の定員削減計画の実施、さらに組織改革の動きを見ると、この方向の将来も安心できません。施設メンテナンスのためのマンパワーやコストが今後も確保できるのか心配です。また施設を集約化できるということは、全体的に活発ではないことを示すのではないかと、もっと縮小、合理化、効率化できるのではないかと、一大学だけではなく、地区で統合・合併ができるのではないかと、などという意見も出てくるかもしれません。それに対抗するのはなかなか難しいのですが、重要なのは「効率化」の言葉だけでは簡単に片付けられないような、独自で重みのある何かをぶら下げたり引き摺ったりしていることではないかと思います。

「アイソトープ」の語源は「iso = 同じ」と「topos = 場所」だそうで、周期表の中の同じ場所にある違う元素という意味です。またある辞書には「tope」は「過剰のアルコールを摂取する」という意味の英語の古語であったとも書かれています。過剰である必要はないにしても、適度な潤滑剤を活用しながら、これからも RI センターにさまざまな研究者が集い、交流しながら新しいアイデアを生み出していくインキュベータとしての役割を果たしていくことを期待してやみません。

PET 合成用新規マイクロ波反応装置の開発

京都大学大学院薬学研究科 病態機能分析学分野

屋木 祐亮

1. はじめに

近年、陽電子断層法 (Positron Emission Tomography, PET) によるガンや脳疾患の診断法が急速に利用されてきている。しかし、PET における薬剤には ^{11}C , ^{13}N , ^{18}F などの放射性核種が用いられるが、半減期が非常に短いため、一般的に扱いが困難であり、特殊な設備及び技術を要する。最近、主に用いられる核種の中で ^{18}F があるが、 ^{18}F は反応性が低く、高比放射能の PET 薬剤を合成するには高温条件及び反応時間の短縮が必要となる。そこで、マイクロ波を用いた迅速的な ^{18}F 標識反応が注目されている¹⁾⁻³⁾。しかし、 ^{18}F 標識反応では通常の有機合成反応と比べ、取り扱う物質量が非常に少ないため効率的なマイクロ波照射が困難である。そこでこの問題を解決するために、マイクロ波照射法に改良を加えた新規マイクロ波反応装置の開発をサイダ・FDS 社の協力の下で行ってきた。今回は、開発した装置の基礎的性能とそれを用いた PET 合成の実例について紹介する。

2. ^{18}F 標識反応の特徴

PET 核種である ^{18}F は半減期が短いため、標識化合物の「短時間合成」が必要となる。

^{18}F 標識反応において、求電子反応と求核反応の2種類の導入方法が考えられるが、求電子反応において用いられる $[\text{F}^{18}\text{F}]_2$ は比放射能が低いため、高比放射能の標識化合物を得ることは困難である。そのため ^{18}F 導入法において、 $[\text{F}^{18}\text{F}]^-$ を用いる「求核反応」が一般的になっている。しかしながら、 $[\text{F}^{18}\text{F}]^-$ の反応性が低いため、反応を進行させるため

には「高温条件」が必要となることが多い。そこで最近、さまざまな化合物合成にマイクロ波が注目され、 ^{18}F 標識反応にも利用されつつある¹⁾⁻⁴⁾。

3. マイクロ波とは？

マイクロ波は電磁波の1つであり、レーダーや衛星テレビ放送などに用いられ、最も身近に利用されているものとして電子レンジがある。電子レンジにおいてはマイクロ波加熱が利用されている。

マイクロ波加熱は誘電損失によってマイクロ波が物質に吸収され、エネルギーが熱になることによって加熱される現象を示す。特徴として特定の物質のみを選択的かつ急速・均一に加熱できることなどが挙げられる。また、マイクロ波加熱を化学反応へ応用することで、反応時間の短縮、収率の向上、副反応の抑制などの多くのメリットが得られる。

4. PET 合成用マイクロ波反応装置としての必要条件

合成を行う際には高放射能であり、作業者の被ばくを抑えるために鉛の壁で囲まれたホットセル内でコンピューター制御された自動合成装置を用いての合成が必要となる。これらのことから、開発するマイクロ波反応装置には、ホットセル内に収まるような「コンパクトなサイズ」、自動合成可能である「簡便な操作性」が必要であり、さらに、放射性化合物の物質量は非常に少ないため、反応を進行させるためには「少量の溶媒でもマイクロ波照射が可能」であることが条件となる。

5. 新規マイクロ波反応装置の特徴

今回サイダ・FDS社が共同開発したマイクロ波反応装置の特徴として、キャビティ部分は16cm × 16cm × 9cmと非常に小さく、ホットセルなどの限られたスペースにも対応できるサイズとなっている。発振器として電子レンジなどに用いられるマグネトロンではなく、固体素子を用いている。固体素子を用いることで今まで困難であった共振空洞による照射機構を制御でき、均一な電界照射が可能となる。エネルギー効率が高いため、非常に少ない数μLという溶媒量に対しても照射可能となる。現在、市販されているマイクロ波反応装置にはマグネトロンが多く用いられており、十分なマイクロ波効果を得るには少なくとも溶媒が500 μL ~ 1.0 mL以上必要であった。そのため、反応濃度が希薄となり、反応分子同士の衝突回数が低下するため、それに伴う著し

い反応速度の低下が見受けられた。本装置において非常に少ない溶媒量でマイクロ波効果を得られることは、前述の観点から大きなメリットと考えられる。

6. 新規マイクロ波反応装置の基礎評価及びPET合成への応用

まず、本装置のマイクロ波加熱性能評価を目的として水を用いて温度上昇評価を行った。3種類の設定温度（60℃、80℃、100℃）すべてにおいても30秒以内に設定温度に達することが分かり、結果として市販の装置に比べ10倍以上優れた温度上昇を示した。また溶媒量をさらに100 μL、50 μLと減少させても、温度上昇効率の低下がまったく見られないことが確認できた。

次に、実際に臨床で用いられている標識化合物合成の検討を行った。セロトニン (5-HT_{1A}) 受容体

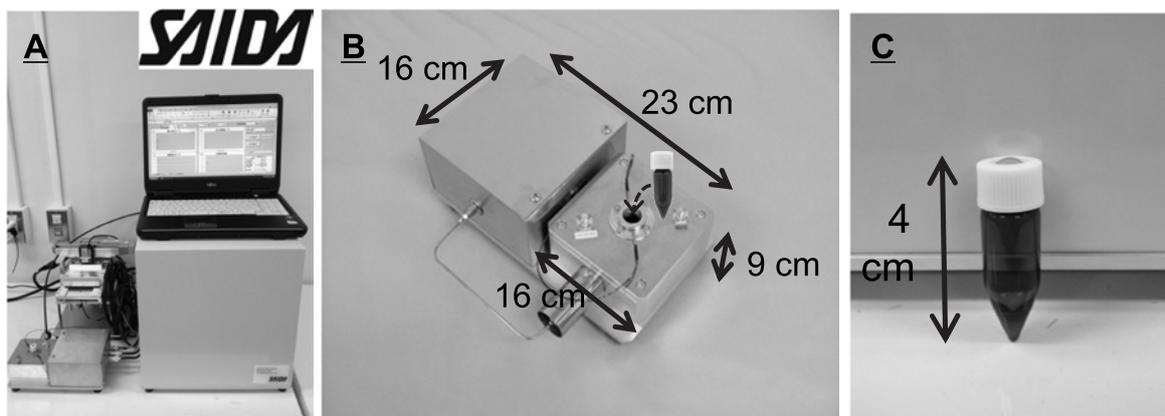


図1 A, マイクロ波反応装置全体図. B, マイクロ波照射部. C, 反応バイアル

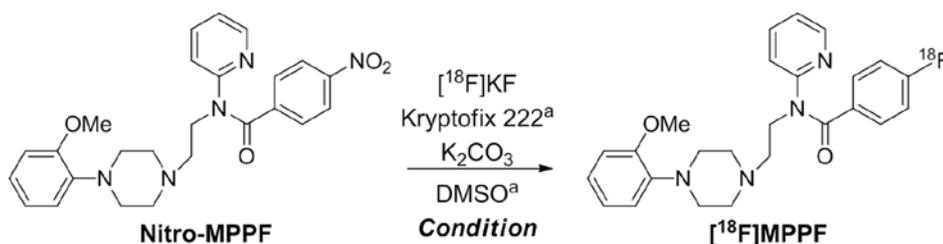
表1 水を用いた温度上昇評価

○サイダ・FDS

○OA社

H ₂ O	平均加熱速度 (°C/sec)	温度到達時間 (sec)	H ₂ O	平均加熱速度 (°C/sec)	温度到達時間 (sec)
設定温度 (200 μL)			設定温度 (200 μL)		
60°C	5.8 ± 0.3	10 ± 1	60°C	1.3 ± 0.1	46 ± 2
80°C	5.0 ± 0.5	16 ± 2	80°C	0.9 ± 0.1	91 ± 9
100°C	3.4 ± 1.1	31 ± 10	100°C	0.2 ± 0.1	462 ± 94
溶媒量 (60°C)			溶媒量 (60°C)		
200 μL	5.8 ± 0.3	10 ± 1	200 μL	1.3 ± 0.1	46 ± 3
100 μL	8.0 ± 0.3	8 ± 1	100 μL	0.9 ± 0.2	71 ± 15
50 μL	8.2 ± 0.6	7 ± 1	50 μL	0.8 ± 0.2	76 ± 21

表2 本マイクロ波反応装置を用いた $[^{18}\text{F}]$ MPPF の効率的合成



Entry	Precursor	heating	Condition	Yield [%] ^b
1	1.5 mg	Conventional	180°C, 10 min	26
2	1.5 mg	microwave	180°C, 60 s	76

^a Kryptofix 222; 5.0 mg, DMSO; 100 μL , ^b Determined from radio-TLC

評価用プローブであり、精神疾患の診断及び受容体占有率の判定に用いられる $4\text{-}[^{18}\text{F}]\text{fluoro-N}[2\text{-}(1\text{-methoxyphenyl})\text{-1-piperazinyl}]\text{ethyl-N-2-pyridinylbenzamide}$ ($p\text{-}[^{18}\text{F}]\text{MPPF}$)⁵⁾ の合成検討を行った。一般的には、ニトロ基が導入された標識前駆体に対する ^{18}F 標識反応は非常に高い反応温度が必要となる。そこで、従来のブロックヒーターによる加熱では収率は30%に満たなかったが、本装置によるマイクロ波加熱を行うことで10分の1の反応時間で目的物が収率76%で得られ、3倍近くの収率改善が見られた。これは、外側から溶媒が温まる従来の加熱方法にくらべ、マイクロ波による加熱では溶媒全体が温まるため、加熱ムラがなく、反応液全体が加熱さ

れることにより、効率良く反応が進行したと考えられる。また、これは高温の反応条件であるため、より顕著に表れたのではないかと考えられる。

最後に、ペプチドや核酸の標識試薬として用いられる $[^{18}\text{F}]\text{Succinimidyl 4-fluorobenzoate}$ ($[^{18}\text{F}]\text{SFB}$)^{6) - 7)} の合成検討を行った。この $[^{18}\text{F}]\text{SFB}$ はフッ素化、脱保護、活性エステル化と3段階の反応が必要となり、従来の方法では操作手順も煩雑で1時間近く合成時間が必要となる。本装置を用いて合成を行ったところ、各反応時間を1分に短縮が可能となり、総合成時間を50分から25分と半分に短縮することができた。フッ素化においては、従来のブロックヒーターにおける加熱 (32%) に比べ、マイクロ波加熱

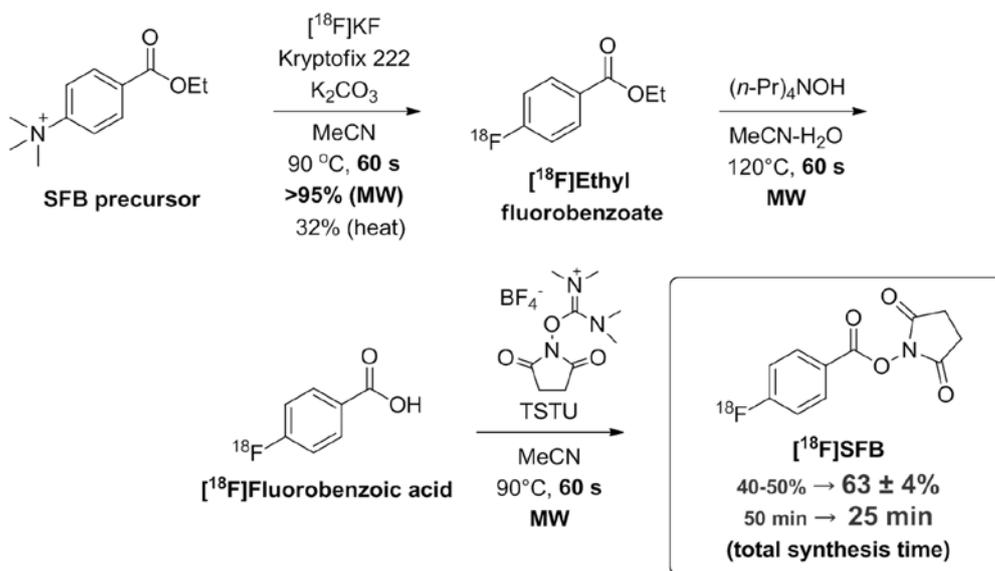


図2 本マイクロ波反応装置を用いた $[^{18}\text{F}]\text{Succinimidyl 4-fluorobenzoate}$ ($[^{18}\text{F}]\text{SFB}$) の効率的合成

(95%以上)の方が非常に優れた反応効率を示した。また、収率も40~50%から63%と改善することができた。また、脱保護反応及びエステル化反応においても1分という短時間にもかかわらず、反応の完遂が確認された。これらの結果より、本装置がPET合成に十分に利用できる装置であることが示された。

7. おわりに

今回新たに開発したマイクロ波反応装置はPET合成用として適したサイズ、操作性、照射機構を有しており、実際にPET化合物合成装置として問題ないことが確認できた。現在、 ^{18}F 化合物以外にもPET金属核種である ^{68}Ga を用いたキレート反応への応用を検討している⁸⁾。近年、使用が増えている ^{68}Ga での有用性が示されれば、より幅広い需要を満たせると考えられる。

8. 謝辞

本研究の遂行にあたり、懇切なる御指導と御教示をいただきました薬学研究科佐治英郎先生、放射性同位元素総合センター木村寛之先生に深く感謝申し上げます。本マイクロ波反応装置の開発に尽力してくださいました株式会社サイダ・FDS小田島博道様、大根田訓之様に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) Sharon Stone-Elander et al.: Microwave-enhanced radiochemistry. *Chem. Soc. Rev.*, **29**: 239-249, 2000.
- 2) Ronald M. Baldwin et al.: Microwave-induced nucleophilic ^{18}F fluorination on aromatic rings: Synthesis and effect of halogen on ^{18}F fluoride substitution of meta-halo (F, Cl, Br, I)-benzotrile derivatives. *Applied Radiation and Isotopes.*, **66**: 1396-1402, 2008.
- 3) Victor W. Pike et al.: Integration of a microwave reactor with Synthia to provide a fully automated radiofluorination module. *J. Label Compd. Radiopharm* **50**: 463-465, 2007.
- 4) Timothy R. DeGrado et al.: Microwave-assisted radiosynthesis of ^{18}F fluorinated fatty acid analogs. *Nuclear Medicine and Biology* **38**: 435-441, 2011.
- 5) D. Comar et al.: High-yield radiosynthesis and preliminary *in vivo* evaluation of *p*- ^{18}F MPPF, a fluoro analog of WAY-100635. *Nuclear Medicine and Biology* **25**: 343-350, 1998.
- 6) Xia Shao et al.: Fully automated, high yielding production of *N*-succinimidyl 4- ^{18}F fluorobenzoate (^{18}F SFB), and its use in microwave-enhanced radiochemical coupling reactions. *J. Label Compd. Radiopharm* **53**: 586-591, 2010.
- 7) Henri J. Tochon - Danguy et al.: A simplified protocol for the automated production of succinimidyl 4- ^{18}F fluorobenzoate on an IBA Synthera module. *J. Label Compd. Radiopharm* **54**: 671-673, 2011.
- 8) B. Långström et al.: Microwave-supported preparation of ^{68}Ga bioconjugates with high specific radioactivity. *Bioconjugate Chem.* **15(3)**: 554-560, 2004.

ES/iPS 細胞効率培養にむけた取り組み

放射性同位元素総合センター 助教
堀江 正信

1. はじめに

近年、我が国におけるライフサイエンスへの注目と再生医療実用化への期待が高まっている。中でもノーベル賞を受賞された山中伸弥教授が開発したiPS細胞に代表される多能性幹細胞は、無限に増殖することのできる自己複製能と、体の様々な細胞に分化することのできる多分化能を合わせ持った細胞であり、再生医療や創薬研究への応用が期待されている。しかし、多能性幹細胞は非常に不安定な細胞であり、培養環境の変化に非常に敏感であるため、未分化状態を維持して培養することは容易ではない。このような細胞は筆者ら生物化学工学の研究者にとって最もエキサイティングな研究対象の一つである。これまでに多能性幹細胞の安定的な未分化維持培養のために様々な方法が研究され、研究室スケールでの未分化維持培養は安定して行えるようになってきている。しかし、産業化を視野に入れた場合、既存の培養法では様々な問題があると考えられる。筆者らはこれまで、多能性幹細胞を低コストで未分化維持培養するための様々な手法を開発してきた。本稿では特に、多能性幹細胞の大量培養法に対するアプローチを、筆者らの最近の研究結果も含めて紹介する。

2. 遺伝子改変フィーダー細胞

ES/iPS細胞といった多能性幹細胞は、フィーダー細胞と呼ばれる足場と栄養を供給する細胞と共培養し、未分化維持のためのサイトカインを培地中に添加することによって未分化維持培養されている。一般的にフィーダー細胞として用いられるマウス胚性線維芽細胞(MEF細胞)は、初代細胞のため取得の際に毎回マウスを犠牲にしなければならないうえ、分裂回数に限りがあるため大量培養には適さな

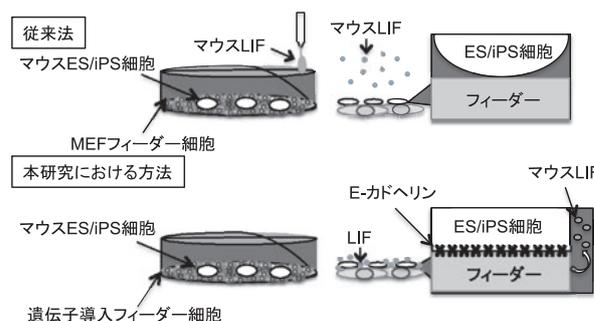


図1 遺伝子導入フィーダー細胞を用いた多能性幹細胞の未分化維持培養の概要

い。そこで筆者らは、MEF細胞に比べてフィーダー細胞としての能力は劣るものの、無限に増殖することの出来るマウス胚性線維芽細胞株(STO細胞、3T3細胞)を遺伝的に改変することでMEF細胞と同等の未分化維持能力をもつフィーダー細胞の樹立を目指した。筆者らはMEF細胞に比べてSTO細胞や3T3細胞のフィーダー細胞としての能力が劣る原因として、株化細胞として継代数を重ねることで未分化維持因子の分泌量が減少しているのではないかという仮説をたてた。そこでフィーダー細胞へ導入する遺伝子の候補として、未分化多能性幹細胞に発現している細胞間接着分子であるE-カドヘリンに着目し、物理的接着の強化による未分化維持能力の向上を目指した。その結果、E-カドヘリンを発現させることによって無限増殖可能なSTO細胞や3T3細胞が、MEF細胞と同等の未分化維持能力を示すことを明らかにした(参考文献1)。

さらに、多能性幹細胞の未分化維持大量培養において障壁となるのが、未分化維持のために添加するサイトカインのコストである。マウスES/iPS細胞の未分化維持培養のためには、白血病阻害因子(LIF)が用いられており、筆者らはE-カドヘリン発現フィーダー細胞へLIF遺伝子を共導入し発現させることによって、LIFを添加することなく未分

化維持培養できる高機能フィーダー細胞の樹立に成功した（参考文献2、図1）。

3. 懸濁培養に向けた検討

多能性幹細胞を用いた臓器の再生や治療には患者当たり $10^9 \sim 10^{10}$ もの大量の細胞が必要であるといわれているが、多能性幹細胞の未分化維持培養には前述のような平面培養法が主に用いられており、培養面積による制限や培地コストの増加などの問題が伴う（参考文献3）。多能性幹細胞の三次元的な培養が可能な懸濁培養法は、省スペースで高密度な培養が期待される。これまでにマイクロキャリアやカプセル化等の支持体を用いた培養法や、支持体を使わない集塊懸濁培養法が報告されてきたが、細胞の状態を可視的に評価可能な平面培養とは異なり、細胞塊内部の細胞増殖や未分化状態の維持や分布を定量的に評価した報告は見当たらない（参考文献4）。そこで筆者らはまず、ヒトiPS細胞集塊培養において単位集塊当たりの細胞数（粒径）や培養時間が、集塊内部の細胞増殖や未分化維持に与える影響を調べた。単分散させたヒトiPS細胞を様々な播種密度で播種し、播種後24 hから48 hまでの増殖を検討した結果、単位集塊当たりの細胞数（粒径）が増加するに従って、集塊内部細胞の比増殖速度が減少することを明らかにした（図2）。さらに、単位集塊当たりの細胞数（粒径）が小さい場合でも、培養時間を経ることによって比増殖速度が低下することも明らかにし、集塊切片を染色することによって細胞

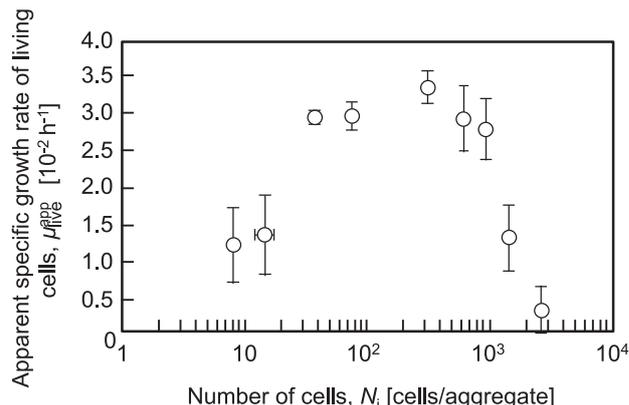


図2 単位集塊当たりの細胞数が比増殖速度に与える影響

外基質（ECM）の蓄積が原因であることを明らかにした。

おわりに

本稿ではES/iPS細胞の効率的な培養手法確立に関する研究例を紹介した。今後、RI技術も応用し、多能性幹細胞研究をさらに発展させていく。

参考文献

1. Horie et al., J. Biosci. Bioeng., 110, 582-587 (2010)
2. Horie et al., J. Biopro. Biotech., doi: 10.4172/2155-9821.S3-001 (2011)
3. Jing, D. et al., Tissue Eng. Part B Rev., 14, 393-406 (2008)
4. Zweingerdt, R. et al., Nat. Protoc, 6, 689-700 (2011)

続・福島レポート

「福島第二原子力発電所視察、および県外避難者支援活動例の紹介」

放射性同位元素総合センター 助教
角山 雄一

昨年、当ニュース（2012, No.56）において、東京電力福島第一原子力発電所の事故から一年半後の福島の状態を報告した。平成24年10月末に行われたセンター教職員有志による被災地視察の概要と現地で採取した土壌サンプル等の測定結果を示した。本報では、さらに約一年経過した平成25年9月12日に行われた福島第二原発およびその周辺地域の視察について報告する。また、平成25年12月13～19日に京都府庁舎で開催された県外避難者支援活動「We love ふくしまーホールボディカウンター検診車を迎えて」の様子もあわせて報告する。

1. 東京電力福島第二原子力発電所の現在

東京電力発電所福島第二原子力発電所（写真1）は、福島第一原発の約13km南方、双葉郡楢葉町と富岡町の境界付近沿岸部に位置する。沸騰水型軽水炉（BWR-5）が4基設置されており、東北地方太平洋沖地震発生時も全基稼働中であった（当時の発電量は定格熱出力で4基計440万kW）。平成23年3月11日14時46分、第二原発は地震による強い揺れ（1号機において上下方向で最大305ガル）を検知し、原子炉が緊急自動停止（スクラム）した。その直後の15時20分頃、敷地内に津波が襲来。防波堤のすぐ内側にあった海水熱交換器建屋（建物床は海拔0m）



写真1 東京電力福島第二発電所 南側（写真左側）から1～4号機が並んでいる。（原子力規制委員会の website より引用）

内の非常用ディーゼル発電機が水没し、海拔12mに立地していた1号機原子炉建屋内にも海水が浸入した（最大で海拔15m付近まで津波が到達）。これにより、所内の多数の電源盤、モーター等に浸水被害が発生、1, 2号機では非常用発電機が機能しなくなった。また3号機以外は海水ポンプによる冷却機能も喪失した。外部からの送電線は4回線あったが、2本は地震の影響で、1本は保守中のため使用不能であった。残る1本が送電を継続していたため、福島第一のような全電源喪失という最悪の事態にはならず済んだ。その後の現場職員たちの手による懸命な復旧対応により、3月15日には冷温停止状態に至り、現在も全4基が冷温停止中である。結果的に難を逃れた第二原発であったが、一時的に危機的な状況に陥ったことは事実である。

福島第一原発事故に教訓を得て、第二原発も震災後様々な対策を講じてきた。冷温停止中とはいえ、核燃料が現在も原子炉内に格納されている状態である。使用済み核燃料も存在する。このため福島第二では震災後、第一と同等の津波襲来を想定し、職員訓練（写真2）や緊急用設備類の配備、マニュアル策定を実施・強化してきたという。その内容は、具体的には以下の通り。

- ①緊急時の電源供給態勢の強化（ガスタービン発電機車および電源車を構内高台に常時配備（写真3）、緊急時の電源確保手順の策定）
- ②緊急時の除熱機能および使用済燃料プールの冷却方法の見直し（消防車を構内高台に常時配備、全交流電源喪失時の格納容器ベント操作手順の策定）
- ③浸水防止およびがれき撤去対策（浸水の恐れのある扉については強化・水密化、15.4mの防潮堤を設置、がれき撤去用重機等を配備）

これらの対策で十分であるかどうかの判断はさておき、冷温停止中の原発の安全を確保するために、福島第二では相当な費用と手間をかけて対策を講じてきたとのこと。福島第二原発現所長の設楽親氏は、福島第二は廃炉へ向かうと思うが、それまで現有の



写真2 全電源喪失を想定した訓練を視察



写真3 発電所敷地内の高台に設置された緊急時発電機車（大型トレーラーの荷台に巨大なガスタービン式発電機を搭載）

核燃料の管理をしっかりと行っていくと、その決意と覚悟を語っていた。

2. 楢葉町と富岡町の現在

今回の視察では、原発で働いている職員の方々と接する機会があった。事故当時、多くの職員やその家族が原発近隣に居住していた。彼ら自身も被災者となったのである。しかしある職員は、自身のことはさておき、原発事故を起こしたことに対して心から謝罪と反省の弁を述べていた。

震災直後の3月12日、第二原発から半径10km以内の住民に対し避難指示が発せられた。半径8km以内の住民についてはその年の12月末まで避難指示が解除されることはなかった。また、富岡町全域と楢葉町の大半は第一原発から半径20km以内に該当し、平成23年4月22日以降は「警戒区域」とされ、住民は許可なく立入ることが禁じられた。現在は、警戒区域が解除され、楢葉町内の警戒区域であった一帯が避難指示解除準備区域に、富岡町は帰宅困難区域、居住制限区域、避難指示解除準備区域の三区に分けられている（図1）。帰宅困難区域は原則立入り禁止であり、居住制限区域は日中のみ滞在が許される。

楢葉町の沿岸部は、北端に第二原発、南端にJビレッジ（写真4）があり、その間を南北に国道6号

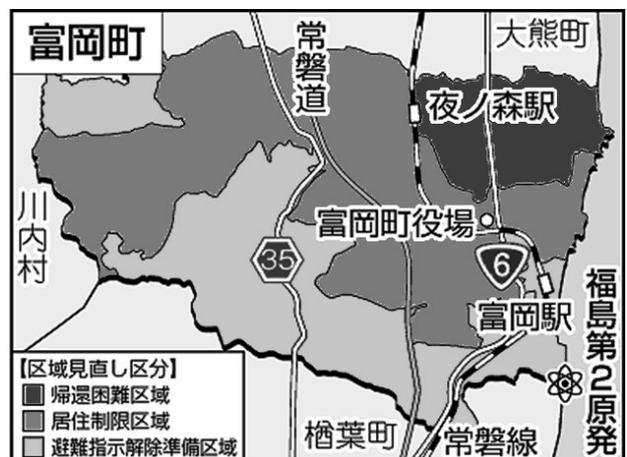


図1 平成25年3月25日以降の富岡町における避難区域設定状況（福島民友新聞社記事を引用改変）

線が走っている。その道沿いには、高さ1mあまりの黒い袋が整然と並んでいた（写真5）。農地等の除染で発生した汚染土壌などが一時的に保管されているのである。施策通りであれば、福島県外に最終処分場が設置されるはずである。しかし、その候補地は未だ定まっておらず、無数の袋の行先は不明のままである。

富岡町は、第一原発のある大熊町の南に隣接する自治体である。町内の居住制限区域と避難指示解除準備区域との境界付近、第二原発のすぐ真北にJR富岡駅がある。海岸から数十mの距離にある駅周辺は、震災から二年半近くが経過した時点でも津波の爪痕が色濃く残っていた。駅舎や周辺建物は破損したままであり、壊れた車両も当時のままの状態であ

置されていた（写真6～8）。手持ちの測定器は0.4 $\mu\text{Sv/h}$ （京都市内の測定値は0.1）付近を示していた。

2013年9月11日の読売新聞の記事によれば、楢葉町は宅地の半分が除染を完了しているという。しかしかつての住民8,041名の内、7,576名が現在も避難中である。富岡町住民15,917名に至っては15,468名が避難生活を続けており、国による宅地除染は未着手とのことである（数字は2013年8月時点のもの）。



写真4 南アW杯を目指す選手たちの写真が貼られたままのJビレッジ正面玄関 震災後、Jビレッジは原発作業員たちの拠点となり、ここをたくさんの作業員たちが通った。



写真6 JR富岡駅構内 常磐線は現在も一部区間不通である。



写真7 駅前に放置された車両



写真5 除染物の詰まった大量の袋が国道沿いに整然と積み上げられていた。



写真8 一階部分が倒壊したままの住宅

復興までの道のりは依然として険しい。

3. 県外避難者支援活動に参加して

復興庁の調査によれば、平成25年12月12日時点において福島県から県外へ避難している方々の数は48,944名にのぼるとのことである。震災から3年近く経過した現在でも、ふるさとを遠く離れて生活を続けている方々が多数存在しているのである。また、県外避難者の中には、国が定めた避難区域外に居住していたが、自主的に避難を決めた方々も相当数含まれている。彼らの多くは、「大丈夫」だと説明する国や自治体、あるいは専門家の意見が信じられず、子供の健康あるいは安定した仕事を求めて福島県を離れることを決断した。

県外避難者への支援は、避難先自治体や福島県からある程度については望むことができる。しかし避難者にとっては、決して十分なものではない。特に、自主的に県外避難された方々への支援は後回しにされているのが現状である。例えば、ホールボディカウンター（WBC）を用いた内部被ばく測定を受ける機会は、県内居住者と比べずっと少ない。もちろん、政府が指定した避難区域外の元住民について内部被ばく測定を行ったとしても、原発のフォールアウトを吸入摂取した痕跡は何も検出されないであろう。しかし、不安を常に抱え続けている彼らの心情を考えれば、何も検出されなかったという事実は何よりも安心につながるはずである。全国的にはこれまでに、長崎大学、広島大学、弘前大学、新潟県、日本原子力研究開発機構東海研究開発センターなどのWBCが活用されていた。しかし関西の場合、福井を除けば県外避難者が活用できる適当な測定設備が残念ながら存在しない。そこで福島県は、WBCを搭載した大型トラック（写真9、10）を8台用意し、全国各地を巡回しながら県外避難者の内部被ばく測定を順次実施することになっている。

NPO法人「知的人材ネットワーク・あいんしゅたいん」（代表：坂東昌子氏）は、震災直後から京



写真9 福島県から京都府庁にやってきたWBC車



写真10 車内に設置されていたキャンベラ社製WBC「Fastscan」一名あたり2分で計測が終了する。

都や滋賀に避難した方たちへの支援を行っていた。その活動の中で、県外避難者の内部被ばく測定の意義に気づき、避難者とともに内部被ばく測定に関する勉強会や避難者向けの資料作り（写真11）、福島県へのWBC車派遣要請などを根気強く行ってきた。今回、ようやくその願いが叶い、京都および神戸へのWBC車派遣が実現した。この派遣期間中、あいんしゅたいんメンバーに一般社団法人「東日本大震災復興サポート協会（旧関西県外避難者の会・福島フォーラム）」と「東日本大震災滋賀県避難者の会」が加わって、「よってみっぺカフェ」（後援：京都新聞社）を開催することとなった。京都府庁旧庁舎内の一室を借り、WBCの検診を終えた避難者ご家族にくつろぎと癒しの場を提供するイベントである。この企画に様々な者達が参集し、京都府立医科大等の有志医療グループ、京都女子大学現代社会学部の教員と学生有志、京都光華高等学校、京都大学

「チーム若者」、ナリス化粧品「心人プロジェクト」、京都放射線教育研究会などがイベントに様々な形で協力することとなった。私もRIセンターの一教員として参加し、京大生「チーム若者」のバックアップを行った。

イベント当日は、測定を終えた県外避難者の方々が次々とカフェを訪れた。お子さんたちには、京大生と光華高校の生徒たちによる「おもしろサイエンス」キッズコーナーや紙芝居「福島民話：足なが手なが」が待ち受けており、子供たちの笑顔が絶えなかった（写真12）。我々が子供たちの相手をしている間、大人たちは心人プロジェクトによるアロマハンドマッサージを受け、あるいはコーヒーやお茶を飲みながら談笑していた。中には、不安や不満を打ち明けられる方もいた。もし不安の内容が具体的な

ものであれば、災害復興住宅案内や健康相談や悩みごと相談、集団訴訟に関する情報まで提供できるよう、多様なスタッフが控えていた。

この活動に参加して、人と人の繋がりを重視したきめ細やかな支援の重要性をあらためて認識した。報道等では、ハード面や金銭面を重視したトップダウン式の救済型支援が目立つが、癒しや笑いのあるコミュニティの中で皆が想いを共有しながら不安を取り除いていく、このような地道な支援活動がもっと普及してもよいのではないかと感じた。尚、本活動の詳細は、あいんしゅたいんのウェブサイト (<http://jein.jp/>) を参照いただきたい。

現地を視察して、依然として様々な課題が残されていることを実感した。県外避難者の支援活動では、福島の人々の視点に立った支援を今後も継続すべきであると感じた。復興までの道のりは未だ長く険しいが、ふくしまは、これからはじまるのである（写真13）。我々ができること、あるいは成すべきことを今後も模索、実践して行きたい。

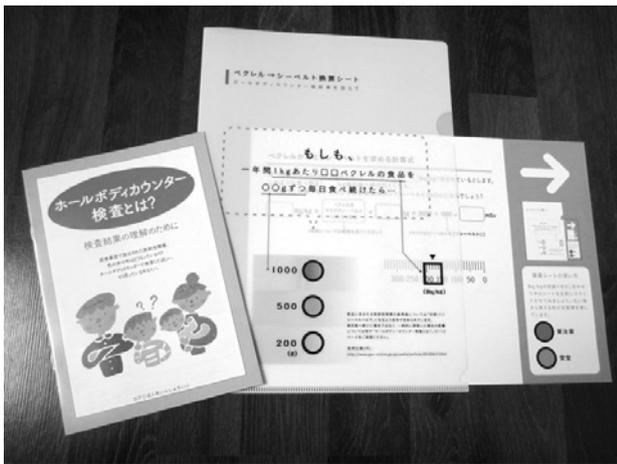


写真11 今回京都で測定を受けた方々に配布した資料



写真12 大人気の「おもしろサイエンス」キッズコーナー 大学生と高校生が県外避難者の子供たちにスライムや浮沈子の作り方を教えていた。スライムは子供たちへのおみやげに。



写真13 WBC車側面に貼られていたメッセージ。

福島第二原子力発電所の視察は、関西原子力懇談会「原子力発電所見学会」の一環で行われた。本報の作成に際し、福島第二原発広報担当より写真等の掲載許可を頂戴した。関係各位に感謝致します。「We love ふくしま」への参加は、NPO 法人あいんしゅたいん代表坂東昌子様および(財)ルイ・パスツール医学研究センターの宇野賀津子様様の御尽力により実現した。厚く御礼申し上げます。

福島復興支援事業の取り組み

30kg 玄米袋の放射能検査装置用大容量標準物質の開発

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

独立行政法人科学技術振興機構（JST）の平成24年度先端計測分析技術・機器開発プログラムで放射線計測領域「実用化タイプ（短期開発型）」において、開発課題「高速・高感度の食品放射能検査装置と大容量標準線源の実用化開発」が採択され、福島復興支援に直結する事業を推進した。この事業で、島津製作所（チームリーダー：井上芳浩）が30kgの玄米袋に含まれるCsの放射能濃度を測定する検査装置を実用開発し、当センター（サブリーダー：戸崎充男）が、30kgの米袋の放射能濃度測定の信頼性確保のために大容量（30kgの米袋に相当）の標準物質の開発を担当した。当センターが担当開発した大容量標準物質について報告する。

2. 開発概要

平成23年3月の福島第一原発事故由来の放射性Csによる食品汚染のスクリーニング検査を焦点に、収穫された米の放射能検査装置の実用開発が島津製作所において行われた。特に、米倉庫に何千単位で収納されている30kgの玄米袋を、迅速・正確にスクリーニングするために、装置の高速化・高感度化の開発が行われた。また現実的な運用に対応する利便機能が求められた。最終的に、米倉庫内に積載されている30kgの米袋をコンベア輸送し、測定下限値12.5Bq/kg以下、測定時間5秒/袋で30kg米袋そのままスクリーニング検査が可能で、検査結果印字から積載までの一連の測定検査システム「フーズアイ（Foods Eye）」が実用開発された。約60台（平成24年8月末現在）の検査装置が、福島県（本

宮市、二本松市、郡山市等）で使用を開始している。実績として1日あたり検査数（10時間）約3000袋以上が可能であることが確認され、農協などの米倉庫における入庫・出庫時の米の全袋検査に使用されている。

一方、スクリーニング検査装置として放射能濃度測定の信頼性確保のためには、標準線源による性能評価が重要になる。開発された食品放射能検査装置は、30kg袋単位のスクリーニング検査用であり、当時これに対応する大容量の標準線源（標準物質）は存在しなかった。米袋のスクリーニング評価の信頼性確保のために標準物質の開発が必要であり、当センターがその開発に取り組んだ。スクリーニングレベル100Bq/kgに対応するため、低い濃度で均一かつ30kg玄米相当の大容量であること、さらに安定性（耐久性）を満たす標準物質の開発が要求された。

3. 大容量標準線源作成の流れ

福島の汚染土から放射性Csを抽出する方法を開発した。抽出したCsを、米粒大の沸騰石に吸着させて安定化する方法、さらに、樹脂（ポリプロピレン）に練り込み、玄米サイズに切断（ペレット化）しより安定した体積線源試料を作成した。この体積標準の濃度は、Ge半導体検出装置を用いて濃度を検定した。体積線源の量を調整し、玄米（無汚染米）と均一に混合することで、希望放射濃度の30kg大容量標準物質の作成が可能となった。Cs抽出から混合に至る一連の大容量標準物質作成の流れを図1に示す。

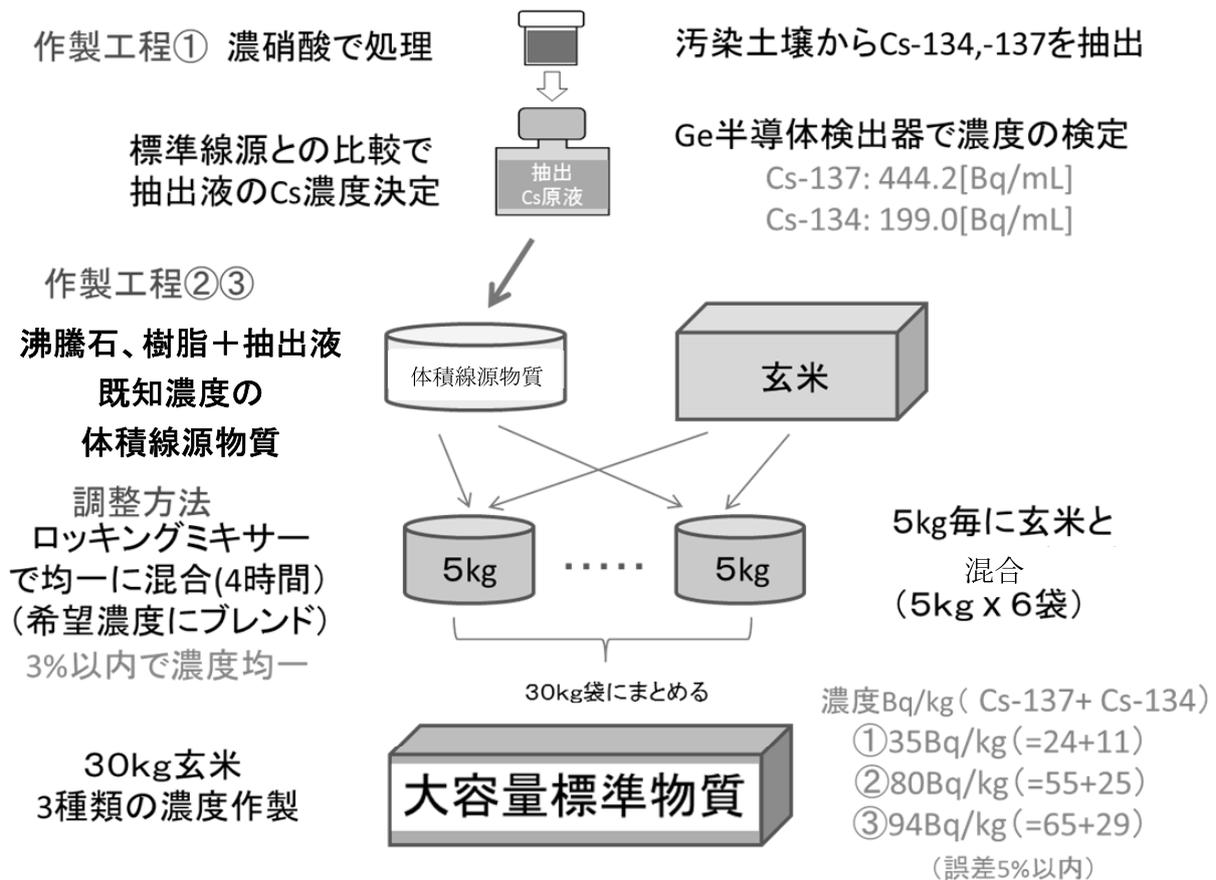


図1 大容量標準物質作成の流れ図

4. 樹脂型体積線源の開発

大熊町あるいは飯舘村で採取した土壌より、強酸を用いて放射性Csを含む抽出液を調整した。この抽出放射性Cs液を、アルミナボール、アクリルボール、沸騰石および玄米などに吸着させて、体積試料作成として、安定化する方法を検討した。特に、材質の密度と安定性(耐久性)を考慮して、樹脂(ポリプロピレン)に抽出Cs原液を混ぜる方法を開発した。

樹脂には抽出放射性Cs液を直接混ぜることができないので、一度Prussian blue (Iron(III) Ferrocyanide) 粉末に吸収させ、この粉末(以下、Cs粉末という)を樹脂に溶かし込み、玄米サイズのペレット状の樹脂に成形した。押型成形器を用いて、混合から成形までの一連の製作過程を図2に示す。樹脂(ポリプロピレン)にCs粉末をまぶした試料を押型成形器にかける。この装置では、樹脂とCs

粉末を約200℃で溶かし、押型成形器で約3ミリ径に押し出しながら冷却し、ひも状に再固化して取り出し、玄米サイズのペレットに切断成形する。完成したペレット(Cs粉末練り込み樹脂)の放射濃度をGe半導体検出器で測定し、濃度検定の体積線源試料とした。定量した放射性Cs濃度は、沸騰石型3.42Bq/g、樹脂封入ペレット型28.0Bq/g(誤差5%以下)であった。

体積線源試料のCs濃度が定量されているので、希望する濃度の大容量標準物質(30kg相当)を、Cs濃度の体積線源試料の量とベースの玄米または樹脂の量を計算してブレンドすることで作製が可能である。具体的な混合は玄米5kg単位で行った。玄米5kg毎に分けてCs吸着沸騰石またはCs粉末練り込み樹脂と玄米(無汚染米)を攪拌機にかけて約4時間攪拌した。5kg×6セットをまとめて、玄米30kg相当の大容量標準物質を作成した。最終的に、

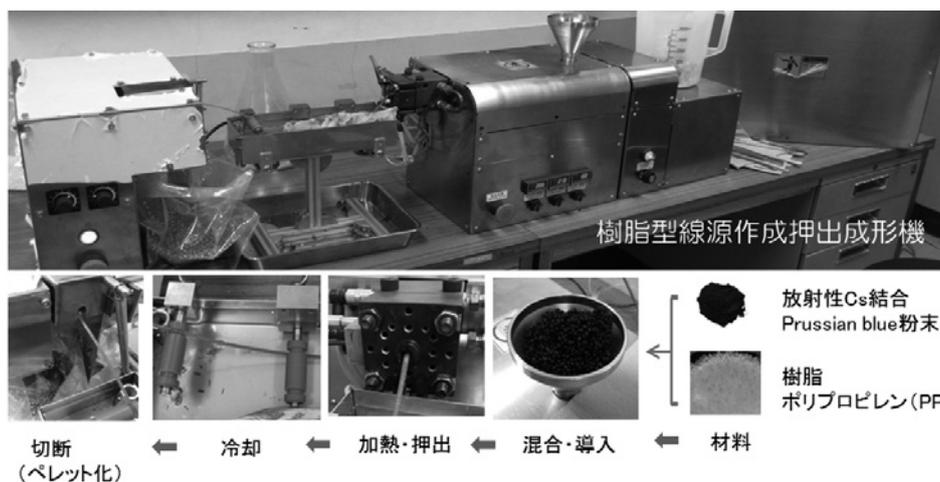


図2 押出成形器による樹脂型標準物質の作成過程

沸騰石で作製した体積線源試料および樹脂で作製した体積線源試料を用いて、35Bq/kg、80Bq/kg および94Bq/kg 大容量標準物質（玄米30kg 相当）を作製した。希望の濃度の線源は、混合比を調整すれば可能である。

作製した体積線源試料（Cs 吸着沸騰石）の均一性をチェックするために、任意に18g を抽出してサンプル5 個を作製し、Cs 濃度の測定をして確認した。その結果、作製した体積線源試料は、3%以内で一致していることが分かった。作製した大容量標準物質（35Bq/kg、80Bq/kg および 94Bq/kg、誤差5%）を島津に搬入し、食品放射能検査装置の性能実証実験を行った。

今回作製した2種類の標準物質は、汚染米を利用

する方法よりも安定（腐敗や劣化がない）利点を有する。また、汚染土から放射性Cs を抽出し、その抽出液を有効活用する形で福島周辺の汚染の実情を反映したCs-134/Cs-137比の放射性Cs を含む標準物質を作製することができた。

なお、この開発内容の一部は、日本放射線安全管理学会第12回学術大会（平成25年11月27-29日 北海道大学）において、樹脂線源開発担当の角山雄一より“玄米高速スクリーニング検査装置用「大容量標準物質」の開発”の表題で、口頭発表した。

この開発プロジェクトは、戸崎充男（計測）、角山雄一（線源作成）、宮武秀男（汚染土サンプリング）、五十棲泰人（Cs 抽出）の協力のもとに遂行された。

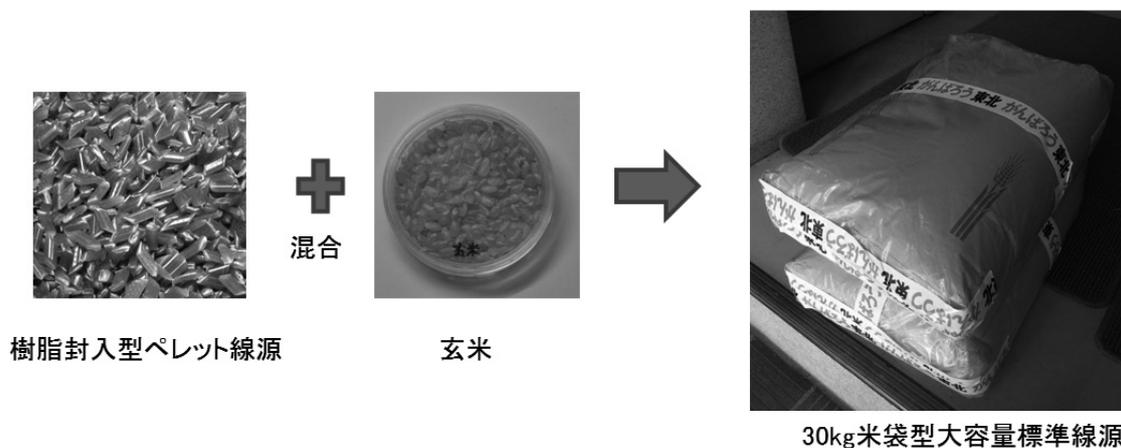


図3 樹脂型体積線源試料を混合した30kg 米袋型大容量標準物質

自己紹介

放射性同位元素総合センター 助教
堀江 正信

2013年10月16日付けで、京都大学環境安全保健機構附属・放射性同位元素総合センターの助教に就任いたしました。これまで私は生物化学工学、培養工学を基盤とし、細胞の大量培養法の研究に取り組んでまいりました。特にES (Embryonic stem cell) 細胞やiPS (induced pluripotent stem cell) 細胞の大量培養に力を入れております。

私のこれまでの経歴および、研究について簡単ではありますがご紹介させていただきます。

2007年に田中隆一教授の下で、CDやDVDなどの記憶媒体の原料となる、新規フォトクロミズム物質の有機合成法の開発によって、福岡大学大学院工学研究科化学システム工学専攻修士課程を修了しました。その後、諸事情により株式会社筑邦銀行へ入行し融資業務を2年間担当させていただきました。このときに得た人脈やコミュニケーション能力、問題解決に対するロジカルシンキングの教えは、現在の研究において大きな武器となっています。

2009年から化学工学の中でも、特に興味があった生物化学工学を学ぶため、九州大学大学院工学府化学システム工学専攻の上平正道教授の研究室へ入学し、マウスES/iPS細胞の低コスト未分化維持培養を目指した新規フィーダー細胞の開発に携わり、2012年に博士課程を修了、学位を取得しました。上平教授の下では生物化学工学の他に、ウイルスベクターを用いたトランスジェニック鶏の作成や、効率的な抗体生産に向けた新規遺伝子組換え法の研究といった遺伝子工学や、筋肉組織の元となる筋芽細胞から筋肉組織を再構築する組織工学的研究など、工学部の中でもユニークな研究を多く行っており、様々な発想を学ぶことができました。

2012年4月から、大阪大学大学院工学研究科生命先端工学専攻の特任研究員として、紀ノ岡正博教授の下、科学技術振興機構 (JST) の戦略的イノベーション創出推進プログラムに参加し、移植にむけたヒトiPS細胞の大量培養法および培養装置開発に従事いたしました。ヒトiPS細胞の三次元培養装置は、

現在京都の企業と、実用化を目指し開発を進めております。

ES細胞やiPS細胞といった多能性幹細胞の培養に対する化学工学的なアプローチが、私の主研究テーマであります。本学の山中伸弥教授が2006年にマウス、2007年にヒトのiPS細胞の発表をされて以降、多能性幹細胞を用いた創薬や移植といった再生医療研究は目覚ましい進歩を遂げており、間もなく世界初のヒトiPS細胞を用いた臨床試験も開始されます。将来的に再生医療を広く普及させ、産業として成り立たせるためには、医療グレードの質を保った細胞を大量かつ安価に「生産」する技術の開発が必須であります。ヒト多能性幹細胞の培養は非常に技術的ハードルが高く、現在は高い技術を持った人間が手作業で二次元的に培養しており、大量培養は困難であります。そこでこれまで抗体生産などで実績のあるバイオリクターを用いて、三次元的に培養する技術開発を行っております。三次元的に質を保った状態で培養することが出来れば、培養液や培養面積、人的労力などの大幅な削減につながり、コストを下げることが可能となります。さらに培養中にヒトの手が届かないため、培養する人間によるロット差が出にくく、雑菌などの汚染のリスクも下げることが出来ると考えられます。以上の様に、工学的立場から産業応用出来る技術開発を意識しながら、より実践的な研究を展開しております。

2013年10月からは、放射性同位元素総合センター内にある細胞培養室の管理・運営を行っております。より多くの方に細胞培養室を利用していただけるよう、共用で使える物品や機器などを揃えていきたいと考えております。また私自身の研究にも、放射性同位元素を利用していきたいと考えております。

放射線管理や教育に関しては素人ではありますが、諸先生方のご指導ご鞭撻を賜りながら、一生懸命業務を勤めて参りたいと思います。どうぞよろしくお願い申し上げます。

自己紹介

放射性同位元素総合センター 研究支援推進員
森 麻美

平成24年12月1日より環境安全保健機構附属放射性同位元素総合センター（RIセンター）の研究支援推進員として勤務しております。大学では植物学や環境学を専攻し、卒業後も植物を主に扱う仕事に従事しておりました。そのため、放射性同位元素（RI）についての知識はあまり無く、またマウスやラットなどの実験動物の取扱いの経験も浅く、日々皆様と一緒に勉強させていただいております。戸惑いもありますが、とても新鮮な毎日を過ごしております。

RIセンターの本館には、マルチモダリティーイメージングシステムを用いた研究が可能な、PET/SPECT/CT（FX3300）、MRI（MRmini SA）や光イメージング装置（IVIS Spectrum）が設置されております。私の業務内容は主に、イメージング装置の利用者の方々が持って来られた実験動物をPET/SPECT/CTやMRIを用いて撮像することです。実験動物の撮像をする日々の中で、私もイメージ

ング研究をやってみたいと思うようになりましたが、実験動物にイメージングプローブを静脈注射する技術を未だ習得できていないため、なかなか実施することが出来ないでいました。しかしMRIを利用すれば、イメージングプローブを投与する必要が無いことに加え、齧歯類以外の魚介類や植物を撮像してみれば面白い画像が撮れるのではないかと興味を抱くようになりました。そこで、同センターの木村寛之助教に相談し、試してみることにしました。

撮像に用いるサンプルは、MRIの特長としてやわらかい組織の撮像に向いていることから、魚や生きた貝、自分の家の家庭菜園から野菜などを集めました。RIセンターに設置されているMRIは小動物を対象にしておりますので、あまり長い物や大きな物だと視野に収まらなくなります。そこで、できるだけ丸くてかつ小動物ほどの大きさのサンプルに限定し、撮像してみることにしました。



本誌では、MRI で撮像した3つのサンプル（プチトマト・キュウリ・生きたハマグリ）の画像を参考として掲載いたします。

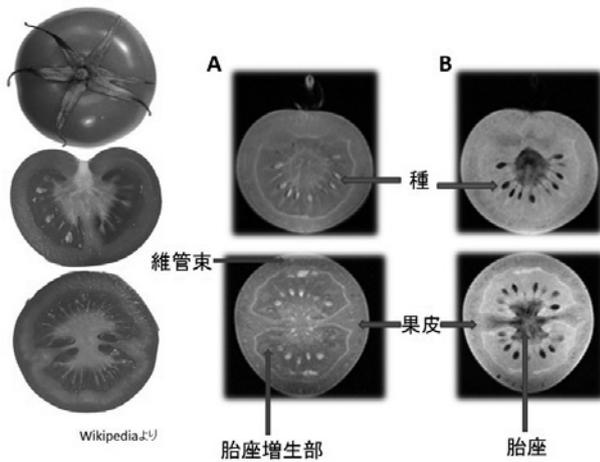


図1 プチトマトのMRI画像

2Dのマルチスライスで撮像した(A) T1強調画像と(B) T2強調画像。上部はA/Bともにaxial、下部はA/Bともにcoronal。

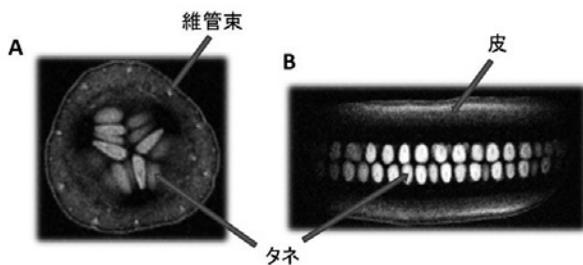


図2 キュウリのMRI画像

2Dのマルチスライスで撮像したT2強調画像。(A) axial (B) coronal。

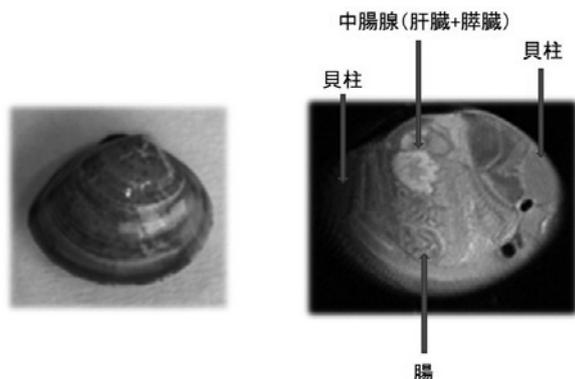


図3 生きたハマグリのMRI画像

2Dのマルチスライスで撮像したT1強調画像。貝殻の中の身の部分をはっきり見ることができる。

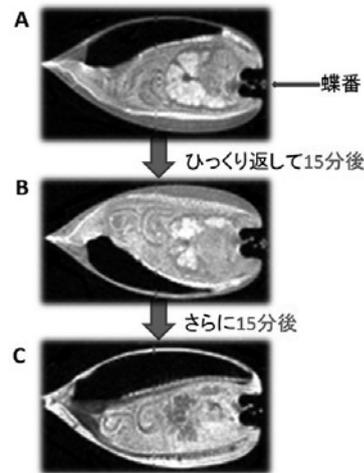


図4 生きたハマグリを用いた重力実験

2Dのマルチスライスで撮像した(A/B) T1強調画像と(C) T2強調画像。A/B/Cともにaxial。ハマグリを上下逆さにひっくり返してから、15分経ってもまだ身は上にくっついていますが、30分経つと重力に負けて下に落ちてしまった。

私自身が思っていたよりも、綺麗で鮮明な画像を撮ることができました。サンプルを全く傷つけることなく内部の様子を観察できるのがイメージングの一番の魅力であると思います。マルチモダリティーイメージングシステムの装置とえば、撮像対象になる物はマウスやラットばかりを想像しますが、MRIでは魚介類や植物を撮像することも可能です。

撮像対象が動物でなくてもMRIに興味を持たれた方がいらっしゃいましたら、一度RIセンターまで足を運んで頂き、撮像を体験して頂ければと思います。

私もRIセンターの研究支援推進員として、微々たるものではありませんが、利用者の方々のサポートをさせて頂きたいと考えておりますので、どうぞよろしくお願いたします。

分館研究棟の耐震化改修工事

放射性同位元素総合センター
石塚 史彦

平成24年度補正予算の配分により、分館研究棟の耐震化改修工事が行われることになった。工事期間は当初計画では平成25年度中の予定であったが、年度内には終了せず、2期に及ぶことになった。平成26年2月現在もおお進行中の状況にある。

今回の改修は、近年頻発している巨大地震に対して十分な耐力のある建物になるよう補強を施すことを主目的としているが、永年にわたり営繕工事等で維持してきた施設の老朽化箇所を修繕して問題解決するとともに、改修を機に北部構内の放射線施設の集中化を計り、実験研究拠点としての受皿となれるような充実した施設設備へ改善されるよう施設の設計を根本から見直した。使用核種の見直し（増量）、地下階の管理区域を拡大、1階共同利用実験室の拡大、2階講義室の拡大などを盛り込んだ結果、工事規模が予想以上に増大することとなり、耐震化工事の計画費用を大きく超過してしまったようである。

工事を計画する施設部とセンターとの規模見積の相違があったことは否めないが、センターとしてはこの機会を存分に活用して、よりよい施設へと改善することを望み、工期延長を受諾するに至った。

分館の実験室共同利用は、平成25年当初より本館研究棟に移動していただいた。一部の核種、測定機器については、本館に収容しきれないものがあり、また分館の専任教職員の居所の確保として、本部構内の工学部 RI 研究実験棟を利用させ

ていただくこととなった。工事期間中の備品保管場所としての借用も含めて、工学研究科にはこの紙面をお借りして感謝の意を示したいと思う。

今回の工事は放射線施設の改修に該当するので、工事の開始前に原子力規制庁に変更承認申請を行い、許可を得た。既存の施設設備、物品等の汚染検査を実施して搬出、古くて使えないような物品は廃棄処分とした。また、永年に渡って懸案事項となっていた Co-60 ガンマ線照射装置もこの機に廃止することとなった。また放射性有機廃液焼却処理装置も廃止し、今後のこの業務は医学部構内の RI 有機廃液処理施設に一本化することとなった。

現時点での工期終了は平成26年秋の計画である。

分館の利用を計画している研究者の皆様には引き続きご迷惑をお掛けすることとなるが、完成後の期待を高め、今暫く完成の報をお待ちいただきたくお願いいたします。



平成 24 年度 共同利用申請

研究テーマ	所属	共同利用者
骨格筋糖取り込み測定 骨格筋 AMP キナーゼ活性測定	人間・環境学研究科	林達也、荻野陽平、山田麻友美、伊藤哉太、木谷一登、津田諭志、松下哲也、大鳥里詠子
細胞の増殖・分化・死の機構の解明	医学研究科	瀬川勝盛、北原雄輔、柳橋祐一、平野啓二、西ちひろ、鈴木淳、藤井俊裕、茂谷康、山口裕嗣、形部小百合、戸田聡、神田浩聡、石原健司、鈴木孝征、今尾武士
上皮-間質相互作用の解析と分子標的治療	医学研究科	園下将大、柿崎文彦、板谷喜朗
ミニサテライトの多型解析	医学研究科	玉木敬二、真鍋翔、鶴山竜昭、尾関宗孝、小谷泰一、大森玲、石田季子、川合千裕、宮尾昌、垣本由布、堀元英
³² P でラベルした DNA 切断実験	工学研究科	田邊一仁、川崎惇、芳原和希、津田拓哉、安藤雄一郎、杉浦正明、伊藤健雄、孫安生、栗原亮介
マウス生殖細胞発生メカニズムの解析	医学研究科	林克彦、大串素雅子、藪田幸宏、石蔵友紀子、栗本一基、山路剛史、中村友紀、荒牧伸弥、三谷忠宏、中本文雄、廣田孝幸、鍵和田沙紋
固形腫瘍内部のストレス領域におけるがん免疫応答の解析	医学研究科	齋藤さかえ
細胞内膜輸送における分子機構解析	学際融合教育研究推進センター	申恵媛、高津宏之
脳血管疾患責任遺伝子の機能解析に関する研究	医学研究科	人見敏明、劉万洋、小林果、原田浩二
環境試料中の放射性物質計測	医学研究科	原田浩二、要石真利、藤井由希子、人見敏明
膜蛋白の発現と精製	医学研究科	小林拓也、浅田秀基、荒川孝俊、島村達郎、小林貴美、山田愛、辻本浩一、寿野千代、小笠原諭、伊原健太郎、足立誠、高山真澄、龍見理英、中根崇智、豊田洋輔、宮城光、西谷陽一
TRIOBP ノックアウトマウス作成に伴うサザンプロット解析	医学部附属病院 医学研究科	北尻真一郎、勝野達也 瀬川浩平
制御性 CD4T 細胞の抑制機能・特性に着目した免疫制御技術の開発	医学研究科	清水淳
γ δ 型 T 細胞の示す非ペプチド抗原認識機構の解析	医学研究科	田中義正、平井郁
DNA 修復の分子機構解明	医学研究科 医学部附属病院	武田俊一、Al Abo Muthana、藤田真梨、藤井庸祐、寺田和弘、野口明実、張藍帆、小林あゆみ、金本秀明、平川真弓、小村将人、茂木章、笹沼博之、村井純子、NGUYEN Ngoc Hoa、前出侑子、ISLAM Shamima Keka、西原佳那、津田雅貴、成田岳雄、趙晃濟、小林俊介 塩田哲也

研究テーマ	所属	共同利用者
ヒト化マウスを用いた臨床有用性予測技術の開発及び免疫抑制薬の作用機序の体系的解析	医学研究科	廣瀬潤、牛谷友栄、小林志緒、四方田純一郎、伊勢琴子
スプライシングのメカニズム解明	医学研究科 生命科学研究科	二宮賢介、佐久間真紀、出縄政嗣、中川真美、佐々木健太、武内章英、諸岡諭、豊本雅靖、正木聡、片岡直行、喜井勲、奥野友紀子、木村亮、坪田智明、小林亜希子、山本誠、佐古有季哉 吉田真弓
リン酸化酵素阻害作用に基づいた難治性疾患に対する治療薬の開発研究	医学研究科	二宮賢介、喜井勲、奥野友紀子、山本誠、Nguen Ngoc、小野木博
細胞がん化過程の時空間制御機構の解析	生命科学研究科 医学研究科	松田道行、稲岡芳恵、青木一洋、CANDEIAS Marco、櫻井敦朗、定家佳子、熊谷悠香、小松直貴、後藤明弘、八木俊輔 平塚拓也、上岡裕治、平塚徹、水野礼、藤田芳久、幸長弘子
免疫制御領域の新規評価系の構築	医学研究科	森川記行、野村礼
Rho およびプロスタグランジンに関する研究	医学研究科	石崎敏理、姚成燦、坂本智子、前川明子、上條博史、野々村喜美子、古屋敷智之、THUMKEO DEAN、藤田伴子、出口雄一、馬小駿、Ehrlich Aliza、豊田洋輔、篠原亮太
シグナル伝達分子の生化学的解析	生命科学研究科	日下部杜央、宮田愛彦、宮竹功一
外界刺激により発現量の変化する遺伝子の同定とその作用機構の解明	生命科学研究科	永尾雅哉、長谷川季男、阿部竜馬、逸村直也、絹谷耕平、辻徳治、橋本彩子、神戸大朋、宮前友策、大寺杏奈、藤原奈央子、程 開明、藤田堅一、岡村真純、増田誠司、志岐拓哉
分子イメージングプローブの開発に関する研究	薬学研究科 医学部附属病院	小野正博、神戸香織、飯國慎平、友池文佳、三平崇太郎、三鴨 睦、米澤晶、片柳莉果子、久田隼人、福島隆宏、依田敬子、天野博夫、徳田安則、有光健治、吉村優志、大島譲介、平田武史、天満 敬、牧野 顕、尾江悟、近藤直哉、松村憲志、荒井貴大、西郡寛太郎、原田直弥、屋木祐亮、小川 祐、松田洋和、渡邊裕之 上田真史
窒素負荷がもたらす森林木本種の窒素利用の変化に伴うコストの定量	フィールド科学教育研究センター 農学部	徳地直子、長田典之 日高渉
魚類初期生活史における内分泌系の役割	農学研究科	田川正朋

研究テーマ	所属	共同利用者
NPC1L1 阻害剤の探索	農学研究科 物質-細胞統合システム拠点	植田和光 千場智尋
チョウ目昆虫におけるアミノ酸・脂質代謝	農学研究科	森 直樹
昆虫を用いた [³ H][¹⁴ C] ステロイドホルモンの生合成および代謝解析	農学研究科	小野肇、海江田裕也、木村亮太
生理活性分子の機能と代謝経路の解明	農学研究科	村井正俊、松延広平、三木祐子、浅野周、中野正晶、土生沙綾子、安部真人
植物ウイルスの増殖機構の研究	農学研究科	三瀬和之、上田康介、白石広樹、俵健二、矢崎恵一、海道真典、田島由理、兵頭究、Kusumawaty Kusumanegara、植林大樹
環境試料の微量的放射線・核種同定	農学研究科	豊原治彦、劉文
¹⁴ C 標識有機物を用いた土壌における有機物分解プロセスの解明	農学研究科	早川智恵、山田高大
油脂の口腔内化学受容メカニズムの解明	農学研究科	伏木亨、高井まりえ、松村成暢、都築巧、江口愛
生理活性ペプチドの作用機構に関する基礎的研究	農学研究科 学際融合教育研究推進センター	大日向耕作、石田祐己、金子賢太郎 水重貴文
¹²⁵ I 標識インスリンを用いたラット、マウスの血中および膀胱還流液中のインスリン含量の測定	農学研究科	山崎英恵
酸化 DNA 損傷の修復機構の研究	理学研究科	秋山秋梅、林悠一郎、船越昌史、瀬戸宏大、瀬口有道、中山貴之、山崎晃、吉川幸宏、石川悟、宮路将弘、加藤悠一、森脇隆仁、加藤誠嗣
ラクトソームの生体内分布と薬理学的効果の評価	医学部附属病院 薬学研究科	栗原研輔、原功、原恵理、川辺隆志、上田一樹 牧野顕
ホルモンの生物学的研究	医学部附属病院	八十田明宏、藤井寿人
メスbauer分光法による無機固体材料の局所構造解析	工学研究科	藤田晃司、久家俊洋、中塚祐子、河本崇博、楠瀬好郎、秋月康秀、赤松寛文
ペプチド性サソリ毒素の作用機構	農学研究科	宮下正弘、中川好秋
植物細胞ダイナミクス	理学研究科	嶋田知生、田村謙太郎、上田晴子、山岡尚平、岡本圭史
植物における光情報伝達経路の解明	理学研究科	鈴木友美、山本和彦
環境物質中に含まれる放射能とその移行についての調査	生存圏研究所	上田義勝、安島譲

研究テーマ	所属	共同利用者
海洋性従属栄養細菌の生理生態学的研究	農学研究科 理学研究科	吉永郁生、中村恭子 藤永承平
パーキンソン病発症メカニズムに関する研究	医学部附属病院	張長亮
オステオポンチンによる免疫制御機構の解析	医学研究科	服部雅一、篠塚より子、坂本恵子
里山生態系における ¹³⁷ Csの動態	農学研究科 地球環境学堂	岡田直紀、中井渉、高野成美 大橋伸太
筋骨格系の形成維持に関する研究	再生医科学研究所	佐藤文規、荒井宏行
マルチモダリティを用いた腫瘍イメージング	医学部附属病院	中本裕士、有本麻耶、子安翔、 早川延幸、三宅可奈江
腫瘍特異的な蛍光／核医学的画像診断法・治療法の開発	医学部附属病院	中本裕士、有本麻耶、子安翔、 早川延幸、三宅可奈江
大腸癌における KRAS 遺伝子変異と FDG とりこみの関係	医学部附属病院	岩本哲好
³² P を用いたスフィンゴ脂質の定量	医学部附属病院	水岸貴代美
子宮内膜症病態メカニズム解明と新規治療薬の開発	医学研究科	梶谷宇
ユビキチン修飾系を中心とした種々の細胞内制御機構の解明	医学研究科	佐々木義輝、中原匡咲、中川朋子、 武田有紀子、田宮大也、滝内剛、 藤田宏明、坂本裕樹、中井美早、 藤井亜衣、村松香奈、横山雄一、 畑匡侑
長残光蛍光体を用いた新規イメージング技術の確立	人間・環境学研究科	多喜正泰、酒井尚子
高次生体イメージングのための分子プローブの開発	再生医科学研究所	上杉佳子
ラット肝細胞自家移植による肝不全の救命	医学部附属病院	喜多貞彦
心臓形態形成における ADAM プロテアーゼの研究	再生医科学研究所	荒井宏行
神経疾患モデルラットの中枢神経系イメージング	医学研究科	庫本高志、樋口裕城、田中大資
新規転移抑制遺伝子 Aes の前立腺癌に対する機能解析	医学部附属病院	岡田能幸
PGM による解糖系制御の解析	医学部附属病院	三河拓巳
放射線照射後ラット・マウスの MRI、SPECT による経過観察	原子炉実験所	近藤夏子、櫻井良憲、増永慎一郎、 鈴木実、榎林正流、田中浩基、 宮田とも
ビスフォスフォネート製剤に関連した顎骨壊死の病態解明とその治療法に関する研究	医学部附属病院	家森正志、山崎亨、浅井啓太、 西元めぐみ
ナノ粒子の体内動態	工学研究科	松井康人、長尾超、西岡和久、 塩賀淳平
金属材料から溶出した C-14化合物の状態分析	工学研究科	佐々木隆之、伊達海斗、小林大志
免疫応答に関するアツセイディベロップメントの為に のトレース実験	医学研究科	川島朋子

◎平成24年度教育訓練・講習会等の実施状況

〔学内〕

平成24年

- ・ 第1回利用のためのオリエンテーション

4月 3日 (火)	13:30～	〈於：教育訓練棟〉	《82名》
4月 4日 (水)	13:30～	〈 〃 〉	《96名》
4月 18日 (水)	10:00～	〈於：分館〉	《2名》
4月 23日 (月)	9:30～	〈於：教育訓練棟〉	《1名》
4月 27日 (金)	15:00～	〈 〃 〉	《1名》
5月 23日 (水)	10:00～	〈 〃 〉	《2名》

- ・ 第1回エックス線装置取扱いのための新規教育訓練（講習会）

5月 10日 (木)～15日 (火)	13:30～	〈於：教育訓練棟〉	《276名》
--------------------	--------	-----------	--------

- ・ 第1回放射性同位元素取扱いのための新規教育訓練（実習を伴わない講習会）

5月 16日 (水), 17日 (木)	9:00～	〈於：教育訓練棟〉	《126名》
---------------------	-------	-----------	--------

- ・ 第1回放射性同位元素取扱いのための新規教育訓練（加速器・放射光利用者向け）

5月 18日 (金)	9:00～	〈於：教育訓練棟〉	《61名》
------------	-------	-----------	-------

- ・ 第1回放射性同位元素取扱いのための新規教育訓練（実習を伴う講習会）

5月 22日 (火)～5月 29日 (火)	9:00～	〈於：教育訓練棟〉	《344名》
-----------------------	-------	-----------	--------

- ・ 第2回利用のためのオリエンテーション

6月 1日 (金)	13:30～	〈於：教育訓練棟〉	《25名》
6月 29日 (金)	9:30～	〈 〃 〉	《1名》
7月 3日 (火)	16:00～	〈 〃 〉	《4名》
7月 25日 (水)	9:30～	〈 〃 〉	《1名》
8月 3日 (金)	10:00～	〈於：分館〉	《1名》
8月 7日 (火)	9:30～	〈於：教育訓練棟〉	《1名》
8月 9日 (木)	16:00～	〈 〃 〉	《1名》
8月 23日 (木)	14:00～	〈 〃 〉	《2名》

- ・ 第1回英語による放射性同位元素取扱いのための新規教育訓練（講習会）

6月 8日 (金)	13:30～	〈於：教育訓練棟〉	《25名》
-----------	--------	-----------	-------

- ・ 第1回分子イメージングシステム（PET/SPECT/CT装置）（講習会）

6月 20日 (水)～6月 22日 (金)	10:00～	〈於：教育訓練棟〉	《49名》
-----------------------	--------	-----------	-------

- ・ 第1回再教育訓練

6月 27日 (水)	10:00～	〈於：教育訓練棟〉	《13名》
------------	--------	-----------	-------

- ・ 第2回放射性同位元素取扱いのための新規教育訓練（実習を伴わない講習会）

7月 12日 (木)	9:00～	〈於：教育訓練棟〉	《89名》
------------	-------	-----------	-------

- ・ 第2回分子イメージングシステム（MRI装置）（講習会）

7月 20日 (金)	9:00～, 13:30～	〈於：教育訓練棟〉	《30名》
------------	---------------	-----------	-------

- ・ 第3回分子イメージングシステム（IVIS装置）（講習会）

7月 27日 (金)	10:00～	〈於：教育訓練棟〉	《21名》
------------	--------	-----------	-------

- ・第3回利用のためのオリエンテーション

9月 3日 (月)	13:30~	〈於：教育訓練棟〉	《27名》
9月 11日 (火)	14:00~	〈 〃 〉	《1名》
9月 13日 (木)	10:00~	〈 〃 〉	《3名》
9月 20日 (木)	11:00~	〈 〃 〉	《1名》
10月 3日 (水)	10:00~	〈於：分館〉	《2名》
10月 23日 (火)	16:00~	〈於：教育訓練棟〉	《1名》
11月 22日 (木)	10:30~	〈 〃 〉	《1名》
- ・第3回放射性同位元素取扱いのための新規教育訓練（実習を伴わない講習会）

10月 5日 (金)	9:00~	〈於：教育訓練棟〉	《77名》
------------	-------	-----------	-------
- ・薬学部学生実習

11月 7日 (水)~11月 16日 (金)	13:00~	〈於：教育訓練棟〉	《80名》
------------------------	--------	-----------	-------
- ・第2回英語による放射性同位元素取扱いのための新規教育訓練（講習会）

11月 9日 (金)	13:30~	〈於：教育訓練棟〉	《30名》
------------	--------	-----------	-------
- ・第4回利用のためのオリエンテーション

11月 26日 (月)	13:30~	〈於：教育訓練棟〉	《16名》
11月 29日 (木)	14:00~	〈 〃 〉	《1名》
12月 4日 (火)	13:30~	〈於：分館〉	《3名》
12月 6日 (木)	15:30~	〈於：教育訓練棟〉	《1名》
12月 10日 (月)	13:30~	〈於：分館〉	《2名》
12月 27日 (木)	13:00~	〈 〃 〉	《1名》
12月 28日 (金)	15:30~	〈於：教育訓練棟〉	《2名》
- ・第2回エックス線装置取扱いのための新規教育訓練（講習会）

11月 22日 (木)	13:30~	〈於：教育訓練棟〉	《53名》
-------------	--------	-----------	-------
- ・第4回放射性同位元素取扱いのための新規教育訓練（実習を伴う講習会）

11月 29日 (木)	9:00~	〈於：教育訓練棟〉	《25名》
-------------	-------	-----------	-------
- ・第2回再教育訓練

12月 14日 (金)	13:00~	〈於：医学部 基礎第1講堂〉	《127名》
-------------	--------	----------------	--------
- ・工学部学生実習

12月 18日 (火)	13:00~	〈於：教育訓練棟〉	《27名》
-------------	--------	-----------	-------

平成25年

- ・工学部学生実習

1月 8日 (火)	13:00~	〈於：教育訓練棟〉	《26名》
-----------	--------	-----------	-------
- ・第4回利用のためのオリエンテーション（追加）

1月 8日 (火)	10:30~	〈於：教育訓練棟〉	《2名》
1月 16日 (水)	13:00~	〈於：分館〉	《1名》
2月 19日 (火)	13:30~	〈於：教育訓練棟〉	《2名》
3月 11日 (月)	16:00~	〈 〃 〉	《1名》
3月 12日 (火)	10:00~	〈 〃 〉	《4名》
- ・第5回放射性同位元素取扱いのための新規教育訓練（実習を伴わない講習会）

2月 1日 (金)	9:00~	〈於：教育訓練棟〉	《43名》
-----------	-------	-----------	-------
- ・センター実験室利用成果発表会

2月 25日 (月)	14:00~	〈於：教育訓練棟〉	《27名》
------------	--------	-----------	-------
- ・第3回再教育訓練

3月 11日 (月)	13:30~	〈於：教育訓練棟〉	《52名》
------------	--------	-----------	-------

〔学 外〕

平成24年

- ・ 体験授業（島根県立浜田高等学校）
4月 25日（水） 11:30～ 〈於：教育訓練棟〉 《26名》
- ・ 体験授業（浜松市立三ヶ日中学校）
5月 24日（木） 9:00～ 〈於：教育訓練棟〉 《5名》
- ・ 体験授業「放射線ってなんだろう？」
8月 2日（木）小学生の部 13:00～ 〈於：教育訓練棟〉 《12名》
8月 3日（金）中高生の部 13:00～ 〈 “ ” 〉 《37名》
- ・ 体験授業（土佐塾中学校）
8月 9日（木） 13:30～ 〈於：教育訓練棟〉 《31名》
- ・ 体験授業（出雲市立佐田中学校）
9月 18日（火） 10:00～ 〈於：教育訓練棟〉 《5名》
- ・ 滋賀県消防学校特別教育（特殊災害対策課程）
11月 14日（水） 9:00～ 〈於：教育訓練棟〉 《20名》
- ・ 体験授業（岡山県操山中学校）
11月 16日（金） 9:15～ 〈於：分館〉 《30名》
- ・ 体験授業（城南菱創高校）
11月 23日（金） 13:00～ 〈於：分館〉 《4名》
- ・ 京都市消防学校特別教育（特殊災害対策課程）
12月 11日（火）、12日（水）9:00～ 〈於：教育訓練棟〉 《39名》
- ・ 体験授業「見て・聞いて・作ってみよう！放射能」
（共催：NPO 法人 知的人材ネットワーク・あいんしゅたいん・日本物理学会京都支部）
12月 22日（土） 13:00～ 〈於：教育訓練棟〉 《60名》
- ・ 体験授業（平安女学院中学校）
1月 11日（金） 13:45～ 〈於：教育訓練棟〉 《71名》
- ・ 体験授業（花園中学校）
1月 12日（土） 9:00～ 〈於：教育訓練棟〉 《37名》
- ・ 放射線・エネルギー環境教育研修会（京都市中学校理科教育研究会）
1月 26日（土） 9:00～ 〈於：教育訓練棟〉 《15名》
- ・ 上京区自主防災会協議会の防災研修
2月 22日（金） 13:30～ 〈於：教育訓練棟〉 《40名》
- ・ 体験授業（新潟県十日町中学校）
3月 15日（金） 14:00～ 〈於：教育訓練棟〉 《21名》

放射性同位元素総合センター 共同利用検討委員会委員名簿

平成25年6月1日現在

所 属	氏 名
放射性同位元素総合センター	川本 卓男
	戸崎 充男
理学研究科	長谷あきら
医学部附属病院	平岡 眞寛
医学研究科	武田 俊一
薬学研究科	佐治 英郎
工学研究科	米田 稔
農学研究科	宮川 恒
人間・環境学研究科	宮本 嘉久
化学研究所	栗原 達夫
ウイルス研究所	影山龍一郎
生命科学研究科	永尾 雅哉

記録・人事等

〈人事等〉

平成25年6月12日付

助教 高屋 成利 辞 職

平成25年10月16日付

助教 堀江 正信 採 用

平成25年3月31日付

専門職員 中村 隆 定年退職

平成25年4月1日付

センター長 長谷あきら 就 任

事務職員 原田 賢治 配 置 換

(環境安全保健課より)



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

E-mail address: kanri@barium.rirc.kyoto-u.ac.jp
RI Center Homepage: <http://www.rirc.kyoto-u.ac.jp/>

本館・教育訓練棟

〒606-8501 京都市左京区吉田近衛町
Tel/075-753-7500 (事務室)
Fax/075-753-7504

分館

〒606-8502 京都市左京区北白川追分町
Tel/075-753-7530
Fax/075-753-7540

印刷：(株)北斗プリント社 〒606-8540 京都市左京区下鴨高木町 38-2 Tel/075-791-6125