

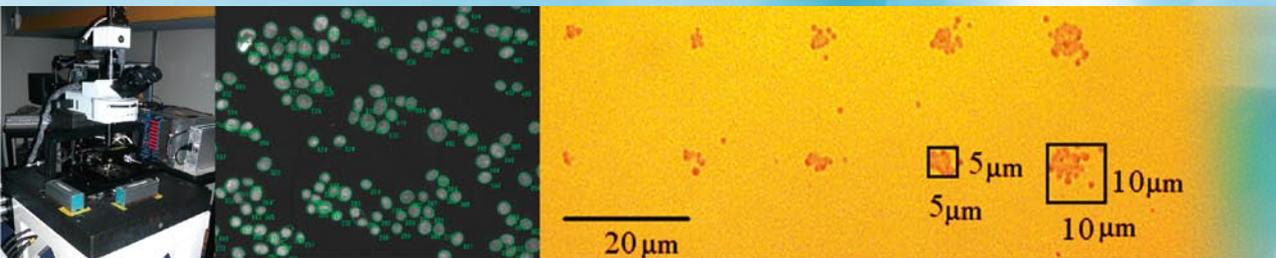
Radiological Sciences

放射線科学

2007.08

Vol.50

第50巻 第8号



特集

「放医研の基盤技術開発と安全」

ISSN 0441-2540



安全講習会



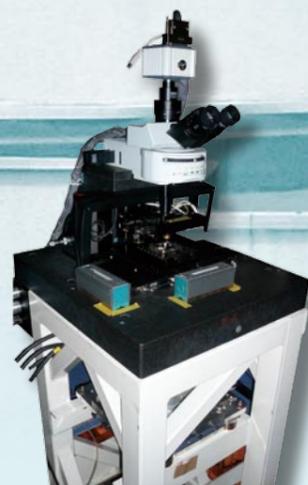
自家発電設備の安全点検



無菌動物飼育装置



SPF実験動物飼育エリア



マイクロビーム細胞照射装置(SPICE)



プロトタイプ・データ処理システム



2系統を起源とするキメラマウス

Contents

04	特集「放医研の基盤技術開発と安全」
	《I》放射線計測技術開発
05	1.次世代医療用データ処理システムの構築 /研究基盤技術部 放射線計測技術開発室 中村 秀仁
08	2.宇宙放射線計測器の国際比較実験(ICCHIBAN) /研究基盤技術部 放射線計測技術開発室 北村 尚
	《II》実験動物技術開発
11	1.検疫における病原微生物の検出感度向上を目指して -マウスにおける呼吸器病原細菌CAR bacillusの伝播性の検討- /研究基盤技術部 実験動物開発・管理課 小久保 年章
14	2.実験動物飼育管理・研究支援における生殖工学技術 /研究基盤技術部 実験動物開発・管理課 岡本 正則
	《III》加速器開発
18	1.SPICEマイクロビーム照射装置を用いた生物実験のための細胞試料作成法 /研究基盤技術部 放射線発生装置利用技術開発課 小西 輝昭
21	2.中性子発生用加速器システム(NASBEE)におけるターゲットの開発 /研究基盤技術部 放射線発生装置利用技術開発課 酢屋 徳啓
	《IV》研究環境の向上
24	1.事後保全から予防保全の充実に向けて /安全・施設部 施設課 市川 洋輔
26	2.共実機器のメンテナンス 研究基盤技術部 放射線発生装置利用技術開発課 前田 武
30	最近の成果
	「長半減期放射性核種テクネチウムの生物的回収」 環境放射線影響研究グループ 石井 伸昌
33	書評
	「放射線影響・放射線防護用語辞典」 環境放射線影響研究グループ 坂内 忠明
34	随想
	市川 龍資
35	編集後記

特集「放医研の基盤技術開発と安全」

基盤技術センター長
西村 義一

はじめに

研究はいろいろな支援部門の協力の下に成り立っている。研究を進めていく上で質の高い研究支援は不可欠であり、研究者と支援部門が一体となって一つの課題に取り組んでいくことで効率的な研究を進めることができる。近年、科学技術の進歩に伴い、支援部門も高度な技術を要求されるようになってきており、常に高いところを目指しながら技術開発に取り組んでいく必要がある。

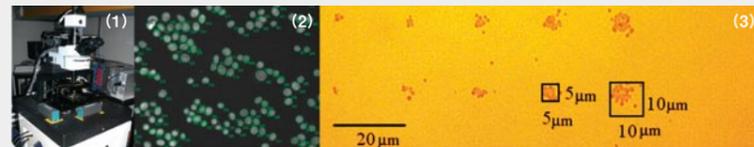
一方、技術開発を推進することと一見矛盾するようではあるが、研究や技術開発は安全を確保した上で進めていかなければならない。こういったことから第二期中期計画が始まるにあたり、幅広い研究を支える基盤技術センターが発足した。基盤技術センターは放医研に共通的な基盤技術の開発等に関する研究を行い、基盤技術を提供するとともに、長期的な展望に立った施設整備ならびに研究を安全に進めるための業務を行っている。

こういった両面をもつ放医研の技術系職員が日常業務で携わっている技術開発や安全・施設部門の業務を広く皆様方に知ってもらい、理解を深めていただくために毎年、技術報告会を開催している。

平成 18 年 3 月に行われた第一回「放医研技術報告会」では、平成 15 年に新しく創設された技術職とその業務内容等を紹介し、研究支援業務に関連して行われた技術開発や業務上の創意工夫についてそれぞれの立場から発表が行われた。

平成 18 年度から始まった第二期中期計画では、新たに基盤技術センターが設置され、「基盤技術の研究」および「技術基盤の整備・発展」などが中期目標に掲げられている。このような経緯から、「技術報告会」も基盤技術センターを中心に行われることになり、安全・施設部門の業務や改善についても広く紹介するために、技術報告会の名称も「技術と安全の報告会」とした。ここで行われた発表については「平成 18 年度、第二回技術と安全の報告会報告集（ISBN：978-4-938987-435, NIRS-M-201）」としてまとめられているが、セッションも (1)放射線計測技術 (2)実験動物 (3)加速器技術 (4)施設・放射線の管理と安全 (5)コンピュータネットワーク、と内容は多岐にわたっている。ここではこの報告会で発表されたトピックス的なものを中心に、放医研の基盤技術開発研究の一端を紹介する。

《表紙の写真に関する説明について》



回路 (IC) の事である。ここでは増幅回路・波形整形回路・サンプル & ホールド回路及びセルフトリガー回路から構成されている IC を採用した (図 1-1-1-a)。

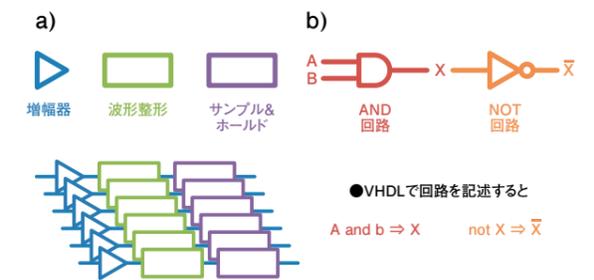


図 1-1-1: ASIC の概要図(a)と FPGA に記述する VHDL 言語の例題(b)。VHDL 言語は、簡単に回路の動作を記述することが出来る。

本システムでは、ASIC の制御機能を始めデータ収集やデータ転送などの機能を、回路の動作や構造を記述するハードウェア記述言語である VHDL (Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language) を用いて FPGA 内部に実現した (図 1-1-1-b)。使用した FPGA は、アルテラ社製の Cyclone (EPIC6T144) である²⁾。この FPGA は、数 10 万ゲート相当規模の回路を持つため、1 つのチップで、まとまったデータ収集・転送の機能を果たす事が出来る。なお、FPGA への実装には、アルテラ社製の Quartus II を用いた²⁾。

FPGA 内部ロジックのブロックダイアグラム化

システムの全制御機能を FPGA 内に構築するにあたり、FPGA の内部ロジックをブロック化した。ブロックとは、VHDL で記述したプログラムの集合体を意味する。このブロック化により、多岐に亘る制御機能を分割して単純化し、各ブロックを独立した回路として開発した。これにより、プログラムのデバッグも容易にできるようになった。

また、各ブロックを 1 本のバスラインで結ぶことによ

《I》放射線計測技術開発

1. 次世代医療用データ処理システムの構築

研究基盤技術部 放射線計測技術開発室
中村 秀仁

はじめに

次世代の放射線検出器や重粒子加速装置・サイクロロン加速器等で使用する医療用検出器¹⁾や緊急被ばく時に使用する放射線検出器では、治療あるいは物理、生物研究のために高解像度・高速動作・広面積を持つ検出器が必要とされている。このような検出器 (例えば、多チャンネルの光電子増倍管や大面積シリコンストリップ検出器) では、検出器の高性能化に伴い、数千の出力データを同時に並列処理しなければならず、システムが複雑になることは避けられない。また、ユーザーが容易に扱えるシステムの開発が重要になる。

本中期計画では、複雑なシステムを短期間で開発し信頼性のあるものにするために、制御機能をモジュール化し、次世代医療用データ処理システムの構築に挑んでいる。ここでは、その概要を紹介する。

データ処理の概要

従来のシステムでは、検出器からの多数のアナログ出力信号をケーブルで引き回し、遠く離れた場所になる A/D 変換器等を用いてデジタル信号化処理を行っていた。そのために数 1,000 本の信号線を扱う必要があり、ケーブルだけでも相当な重量や体積を占めていた。

本研究では、最先端半導体技術を駆使することにより、検出器のすぐ傍で検出器からのアナログ出力信号をデジタル処理化し、続いてデータ転送するシステムの開発を行ってきた。これより、ケーブルの引き回しや空間のバランス等の制約に柔軟に対応しつつ複雑な機能を簡素化し、システムのコンパクト化 (省電力化・高速化・低重量化・低体積化・低コスト化) を図っている。

半導体技術には、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) と FPGA (Field Programmable Gate Array) を用いた。ASIC とは特定用途向け集積

り、各ブロックを CAMAC 規格や NIM 規格のクレートに差し込むモジュールに疑似させることを可能にした³⁾。ASIC や FADC を制御するモジュールを始めデータ収集・転送するモジュールなどを計 9 個の内部ブロックとして構築している(図 1-1-2)。各制御ブロック(モジュール)の記述の他に、TDC も記述した。また、適宜書き換え可能なユーザー専用のブロックを用意したことで汎用性を実現している。なお、用途に合わせてブロック(例えば、TDC 等)を追加することも可能である。

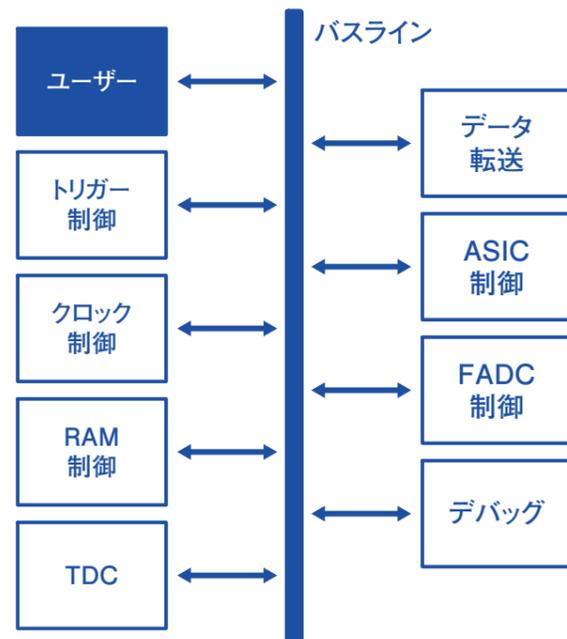


図 1-1-2: FPGA 内部のブロックダイアグラム。各ブロックは、VHDL で記述したプログラムの集合体である。

プロトタイプシステムの開発

ここでは、既存の基板を用いて構築したプロトタイプシステムについて紹介する。このシステムは、4 枚の基板で構成している(図 1-1-3,4)。重要な基板は、① ASIC を搭載している VA32-TA32CG (ideas 社製、サイズ: $6 \times 16 \text{ cm}^2$)、④ FPGA と FADC (AD9240AS,

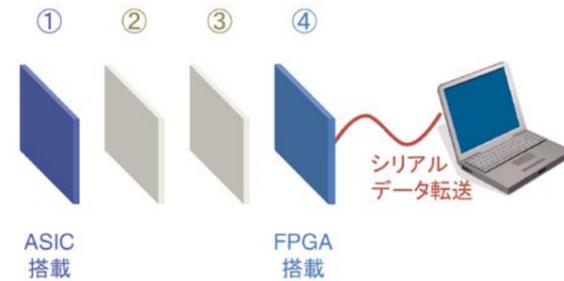


図 1-1-3: システムの概要図。システムに用いた基板は、①ASIC 搭載基板、②信号レベル変換基板、③コネクタ変換基板、④FPGA・FADC 搭載基板の 4 枚である。ネットワークプロトコルには、シリアルデータ転送を採用している。

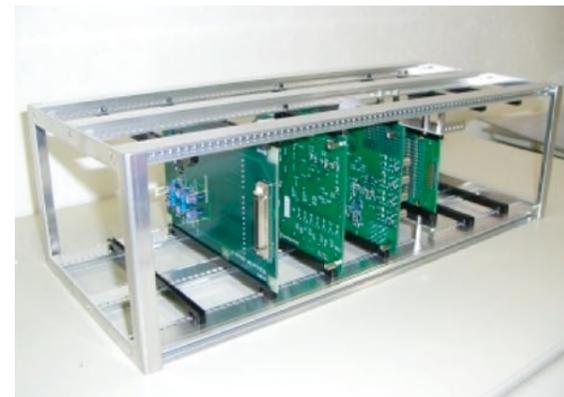


図 1-1-4: プロトタイプシステムの外観。ティッシュ箱サイズのコンパクトなシステムに仕上げた。

14 bit) を搭載している SWJ-SF001 (シマフジ電機株式会社、サイズ: $10 \times 16 \text{ cm}^2$) である^{4,5)}。残りの 2 枚の基板②、③は、既存の基板を用いたために起こった基板間の信号レベルの違いやコネクタの変換を吸収するためのバイパスとして用いている。

データ処理・転送

データ処理・転送のシーケンスを、図 1-1-5 に示した。検出器からの多数のアナログ出力信号を ASIC で一旦同時に保持し (32 ch 分/ASIC)、トリガー信号を生成する。このトリガー信号を受けた FPGA は、ASIC に保持されている信号を順次収集する。FPGA により収集したデー

タは、FADC にて A/D 変換する。デジタル処理した信号は、FPGA にてイベントパッケージ化(時間・イベント等の情報を加えてデータ化)し、外部 (Windows PC) へ転送する。ここではネットワークプロトコルに、RS-232C を採用した。RS-232C は、非常に簡単なプロトコルであるために、FPGA 内部にプロトコルを実装できるからである。これにより、FPGA からの出力信号を PC へ直結可能にしました。今回使用した RS-232C は、9.6 kbps のビットレートで動作させた。

本研究では、既存の基板を用いたプロトタイプの動作試験により、システムの有用性を実証した。

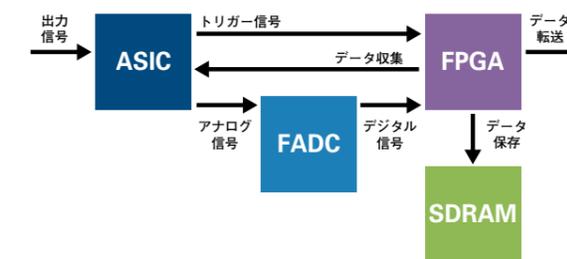


図 1-1-5: データ収集・転送のシーケンス概要図。各ブロックは、半導体素子を示す。

おわりに

このようなシステムの開発手法は、医療用検出器のみならずビームプロファイル検出器や緊急被ばく時のホールボディカウンター、加速器周辺の漏洩放射線計測や次世代の宇宙放射線線量計測器の高性能な検出器⁶⁾にも応用できる技術である。今回開発したシステムの経験を基に、標準化を進めればデータ処理システムの開発をより短時間で信頼性の高いものとする事が出来ると思われる。

次世代医療用データ処理システムの実用化は、重粒子医学センター、緊急被ばく医療研究センターの計測部門において待望されており、これらの技術は放射線計測の分野において重要な基盤技術となるものと考えられて

いる。

参考文献

- 1) H.Nakamura et al.: IEEE Nuclear Science CR. N30-144 (2006) 1170.
- 2) Cyclone specifications <http://www.altera.co.jp>
- 3) 中村秀仁: 第二回技術と安全の報告会予稿集 . p17, 2007
- 4) VA32-TACG specifications <http://www.blast.lnt.mit.edu>
- 5) FADC specifications <http://www.analog.com>
- 6) H. Nakamura et al.: Journal of the Physical Society of Japan Confidential (submitted 2007)、e-Print Archive: nucl-ex/0609008

〈I〉放射線計測技術開発

2. 宇宙放射線計測器の国際比較実験 (ICCHIBAN)

研究基盤技術部 放射線計測技術開発室
北村 尚、内堀 幸夫、安田 伸宏

はじめに

「宇宙空間」から想像されるのは、「真空」であり物質は存在しない、というイメージをお持ちの方も多いであろうが、実は宇宙空間には放射線が飛びかかっており、地球近傍では1平方メートルの領域に1秒当たり約1000個の放射線が入射している。このような放射線は総称して宇宙放射線と呼ばれている¹⁾。その成分はほとんどが陽子 (~90%) で、他に α 線 (~9%) と重粒子 (~1%) である。また、エネルギーは 10^9 eV 近辺をピークとして、最大 10^{20} eV まで存在している。このような宇宙放射線は厚い大気によって遮蔽されているため、主に地表で生息している人類にとって影響はほとんどないが、地球の引力を脱し、大気の外に出ると、宇宙放射線に直接曝されることになる。このため、宇宙空間が仕事場となる宇宙飛行士にとって健康管理上の大きな問題の一つとなっている。



図1-2-1: ICCHIBAN実験に参加した各研究機関からの受動型検出

宇宙飛行士を有する各国の宇宙開発機関は、宇宙飛行士の被ばく線量を測定するための検出器を研究開発しているが、宇宙放射線場の複雑さと限られた宇宙船内の場所や資源の制限で、各研究機関での線量の測定結果に微妙な食い違いが報告されている²⁾。このような問題を解

決するために、国際宇宙ステーション (ISS) における宇宙放射線計測技術の意見交換の場である WRMISS (国際宇宙ステーションにおける放射線モニタリングのワークショップ) において、「宇宙放射線計測器の校正と相互比較の方法の確立」が必要であるとの同意がなされた³⁾。これを受けて、各研究機関で研究開発された宇宙放射線計測器に対して、加速器ビームを用いて同じ条件での放射線の照射を行い、得られたデータを相互に比較することで、各検出器の特性を理解し、データの精度を向上させることを目的として、我々のグループが先頭となり、まず、HIMAC 加速器を用いた重粒子線による国際相互比較実験を開始した。

HIMAC での国際比較実験 (ICCHIBAN 実験)

HIMAC における比較実験は ICCHIBAN (Inter-Comparison for Cosmic-ray with Heavy Ion Beams At NIRS) と名付られて、2002年2月から開始した。これまで、HIMAC では8回の照射実験を行い、核種が He から Kr、エネルギーが 150 MeV/u から 800 MeV/u のビームを用いて、LET₀ が 2~400 keV/ μ m in Water の領域をカバーしている。

放医研からは ICCHIBAN 実験に、能動型検出器として、Liulin-4J シリコンスペクトロメータ⁴⁾ で参加し、受動型検出器として、CR-39 プラスチック飛跡検出器、熱ルミネッセンス線量計、光刺激ルミネッセンス線量計、ガラス線量計からなる線量計パッケージで参加している。

検出器の相互比較実験に参加するだけでなく、放医研におけるホストとして、放射線場の測定も非常に重要である、そのための研究開発も行っている。ビームの広がりを実タイムに測定するための大面積 (10 cm \times 10 cm) の位置有感型シリコン検出器の開発を行い、照射中のビームのモニタリングを可能にした。また、放射線

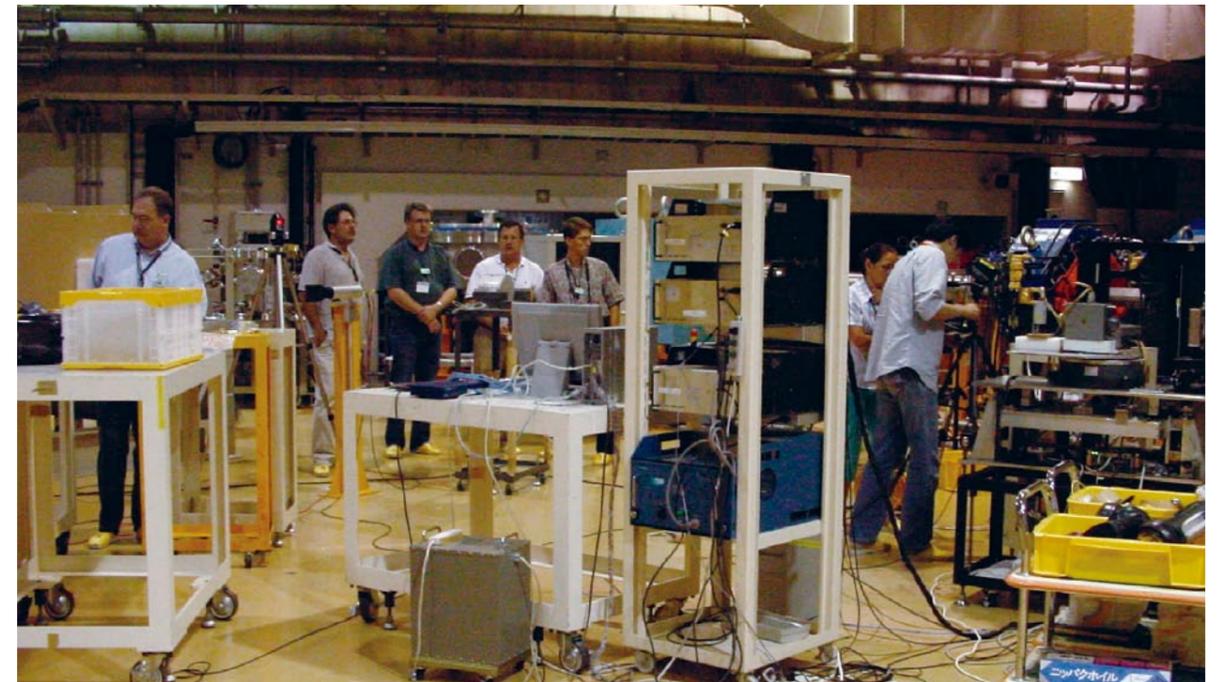


図1-2-2: HIMACでのICCHIBAN実験の様子。

場の精密な測定には CR-39 プラスチック飛跡検出器^{5,6)} を用いているが、これには安田を中心に開発した世界最高水準の高速顕微鏡システム⁷⁾ が大きく貢献している。

ICCHIBAN 実験は、HIMAC のビーム供給の安定性もあり、成功裏に進んでおり、海外の宇宙機関からの評価も高い。また、ISS において実際に放射線管理用に運用されている宇宙放射線計測器の性能評価あるいは信頼性の向上に役立っている。HIMAC での成功を受けて他の加速器での比較実験も開始された。

ICCHIBAN 実験の展開と国際協力体制

HIMAC で照射できない粒子に関して、ICCHIBAN 実験の枠組みの中で、Local Coordinator の元、別の加速器を用いて相互比較実験が行われた。これまでに、米国 Loma Linda 大学の医療用サイクロトロンによる陽

子ビーム、ブルックヘブン国立研究所の NSRL (NASA Space Radiation Laboratory) での 1 GeV/u の重粒子線ビーム、CERN (ヨーロッパ原子核研究機構) の CERF (CERN-EU 標準放射線場) での中性子・ガンマ線場を用いて比較実験を行っている。これらの実験においても ICCHIBAN という名称が用いられて、現在では宇宙放射線計測器の相互比較プロジェクトが ICCHIBAN と呼ばれるまでに認知されるようになってきている。さらに、ISS ロシアモジュールにおいて、受動型検出器を用いて実際の宇宙環境での比較実験 (Space- ICCHIBAN) も行っている。

表1-2-1は、これまでに ICCHIBAN 実験に参加した研究機関で、12カ国20機関に上っている。ICCHIBAN で得られた成果や協力体制は他の実験にも引き継がれて、たとえば、DLR (ドイツ航空宇宙センター) が中心となって行っている、宇宙環境において人型ファント

《Ⅱ》実験動物技術開発

1. 検疫における病原微生物の検出感度向上を目指して

(-マウスにおける呼吸器病原細菌 *CAR bacillus* の伝播性の検討-)

研究基盤技術部 実験動物開発・管理課 小久保 年章、白石 美代子、中台 妙子
 基盤技術センター 松下 悟
 (株)サイエンス・サービス 入谷 理一郎、渡邊 香里

ムを長期間設置してその中の線量分布を計測している MATROSHKA 実験⁸⁾ などにも生かされている。この様に、ICCHIBAN 実験は今後も宇宙放射線計測において、重要な地位を占めることになり、各国宇宙機関からの継続的な実施への要求が強い。

表 1-2-1: ICHIBAN 実験への参加機関 (略称順)

参加機関名 (略称)	国名
Austrian Research Centre Seibersdorf (ARCS)	オーストリア
ATOMIC INSTITUTE of the Austrian Universities (ATI)	オーストリア
NASA Center for Applied Radiation Research (CARR)	アメリカ
German Aerospace Center (DLR)	ドイツ
Eril Research	アメリカ
Health Protection Agency (HPA)	イギリス
Institute for Biomedical Problems (IBMP)	ロシア
Institute of Nuclear Physics (INP)	ポーランド
宇宙航空研究開発機構 (JAXA)	日本
NASA Johnson Space Center (JSC)	アメリカ
KFKI Atomic Energy Research Institute	ハンガリー
Kiel University	ドイツ
Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL)	アメリカ
放射線医学総合研究所 (NIRS)	日本
Nuclear Physics Institute ASCR (NPI)	チェコ
Oklahoma State University (OSU)	アメリカ
Solar Terrestrial Influences Laboratory Bulgarian Academy of Sciences (STIL-BAS)	ブルガリア
Belgian Nuclear Research Centre (SCK-CEN)	ベルギー
早稲田大学	日本
Yerevan Physics Institute (YerPhi)	アルメニア

参考文献

- 1) Gaisser, T.K., Cosmic Rays and Particle Physics, Cambridge University Press, 1990
- 2) Doke, T., Hayashi, T., Borak, T.B., Comparisons of LET Distributions in Low Earth Orbit Using Tissue Equivalent Proportional Counters (TEPCs) and a Position Sensitive Si-Detector (RRMD-III), Rad. Res, Vol. 156, pp. 310-316, 2001
- 3) <http://www.oma.be/WRMISS>
- 4) Uchihori, Y., et al., Analysis of the calibration results obtained with Liulin-4J spectrometer-dosimeter on protons and heavy ions, Radiat Meas., Vol. 35, (Issue 2), pp. 127-134, 2002
- 5) Ogura, K., et al. Properties of TNF-1 Track Etch Detector, Nucl. Inst. Meas., B, Vol. 185, pp.222-227, 2001
- 6) Yamamoto, M., et al., Atomic Force Microscopic analyses of heavy ion tracks in CR-39, Nucl. Inst.Meas., B, Vol. 152, pp.349 -356, 1999
- 7) Yasuda, N., et al., Development of a high speed imaging microscope and new software for nuclear track detector analysis, Radiat Meas., Vol. 40, pp. 311-315, 2005
- 8) Reitz, G. and Berger, T., The MATROSHKA Facility - Dose Determination During an EVA, Radiat. Prot. Dosim., Vol. 120, No. 1-4, pp. 442-445, 2006

はじめに

近年、遺伝子改変マウスは放射線科学研究、医学研究ないし創薬研究などにおいて、メカニズム解析に利用されることが多くなりその役割が増している。作出した遺伝子改変マウスは実験動物として飼育環境がコントロールされた動物施設で飼育される。一方、遺伝子改変マウスを作出する際に生体に悪影響を及ぼす微生物に汚染されてしまう可能性がある。信頼性の高い動物実験データを得るために、マウスの微生物検査を行い、微生物学的品質の確保は欠かせないところである。しかし遺伝子改変マウスを用いた実験を行う際に、微生物検査に割り当てるマウスを確保できないことも多い。そこで微生物学的検査については、遺伝子改変マウスと室内同居させた“おとりマウス” (健常マウス) を用いて行われる。“おとりマウス”を用いる場合、センダイウイルス (げっ歯類に感染するがヒトへ感染はしない) のように伝搬力の高い病原微生物の検出は容易であるが、伝搬力が弱い病原微生物に対しては検出感度が低くなる。また現在の日本の実験動物施設は、飼育環境の向上、微生物学的統御などにより、マウスに重篤な症状を起こす感染症はほとんどみられなくなっている状況にある。

そこで我々は、実験動物施設へマウスを導入する際に行う検疫において、“おとりマウス”からの病原微生物の検出感度を向上すべく、2分割ケージ蓋を開発し、比較的伝搬力の弱い病原微生物まで確実に検出するための検討に着手した。本稿では、これまでに明らかになったことについて述べる。

マウス検疫用の2分割ケージ蓋の開発

飼育ケージの金網蓋を改良してケージを2区画に分割し、片側に導入マウス、もう片方に“おとりマウス”を配置した状態で飼育可能となるようなケージ蓋を開発した (図 2-1-1)。



図 2-1-1: 2分割ケージ蓋と飼育ケージ。金網の蓋とケージ内の仕切りが一体となっている。

従来の飼育ケージにこの蓋を組み合わせたケージセットは、2分割部の仕切りを金網にしたことにより、マウスは鼻先程度なら互いに接触できるが、それまで同居していなかったマウスを同居させたことによるマウスどうしの闘争を回避できるので、導入マウスと“おとりマウス”を検疫時に安心して同一ケージで飼育することが可能となる。

検疫における開発飼育ケージセットの有用性

開発したケージセットがマウス検疫に有用か否かをみるために、感染力の弱い細菌を選択してマウスに感染させ、健常なマウスに伝搬するかの試験を行った。用いた細菌は、比較的伝搬力が弱く呼吸器系臓器に感染するグラム陰性のフィラメント状を呈する *Cilia-associated*

respiratory bacillus (カーバチルス) で、げっ歯類に慢性呼吸器障害を起こさせることが知られている。また本菌のマウスへの伝搬は呼吸器系を介することが確認されている。即ちカーバチルス感染マウスと非感染マウスを同一ケージ内で飼育すると、比較的容易に菌伝搬がみられるが、同一飼育室で異なるケージ間での飼育において菌伝搬はほとんどみられない。

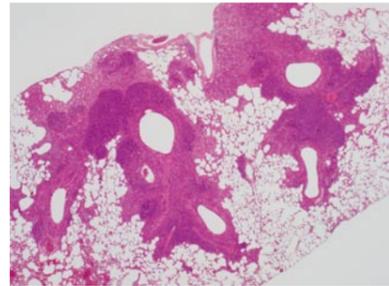


図 2-1-2: 菌接種後21日目の肺, 気管支周囲肺炎, BALB/c-nu/+マウス, HE染色

6週齢のBALB/c-nu/+雌マウスに、カーバチルス 2×10^5 個/20 μ l/匹をエーテル軽麻酔下で経鼻接種した。菌接種マウス2匹を片側の飼育ケージの区画に、未接種

マウス3匹を他方の区画に収容し、このようにマウスを配置したケージを8ケージ準備して飼育を開始した。菌接種後7日毎に5匹(1ケージ)について、口腔・鼻腔のスワブ、喉頭、気管、肺における菌体ゲノムの有無をPCR検査によって確認し、またカーバチルスの血清抗体価測定、呼吸器系臓器の病理組織学的検査を行い、菌の伝搬状況ないし病変形成の有無を確認した。

その結果、同居開始後28日目より“おとりマウス”に菌伝搬が認められ、開発したケージセットの有用性が示唆された(表2-1-1)。

“おとりマウス”として有用な系統

検疫に有用な“おとりマウス”の条件として、導入マウスが微生物汚染されている場合に“おとりマウス”に効率よく微生物が伝搬し、検出できることがあげられる。そこで“おとりマウス”として有望なマウス系統の検討を行った。汚染源としてカーバチルスを用い、6週齢の雌のA/Jマウスにこの菌を感染させ、感染28日後(明

らかに菌が呼吸器系臓器に定着、増殖している時期)に開発したケージセットの片側の区画に収容し、他方の区画に雌のBALB/c-nu/+、C3H/HeないしA/Jマウスを前述の試験と同様に配置して菌の伝搬性を同居後28日目まで確認した。その結果、BALB/c-nu/+マウスとC3H/Heマウスは同居後28日目に菌伝搬がみられ、検疫マウスとして使用可能であると考えられたが、A/Jマウスでは菌伝搬は認められず、検疫マウスとしては適さないと考えられた(図2-1-4)。

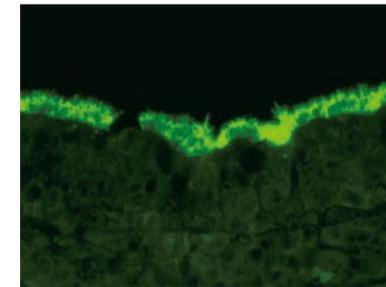


図 2-1-3: 菌接種後42日目の気管, カーバチルスの気管上皮への定着・増殖, BALB/c-nu/+マウス, 蛍光染色

今後の展開

今回、開発したケージセットをマウス検疫に用いた時の有用性を伝播力の弱いカーバチルスを用いて確認することができた。今後は“おとりマウス”として本菌に対し、より感度の高いマウス系統の探索や、菌伝搬のみられなかったA/Jマウスにおけるメカニズム解析(何らかの防御機構が疑われる)を行いたい。さらに、他の微生物について開発したケージセットを用いて“おとりマウス”と導入マウスのより有効な系統の組み合わせを決めて、検疫における病原微生物の検出感度向上を目指したい。

表 2-1-1: カーバチルス接種マウスと同居させた“おとりマウス”の検査結果まとめ

材料	方法	同居後の日数							
		7	14	21	28	35	42	49	56
生検材料	PCR (菌体ゲノム)	陰性		陽性					
剖検材料	PCR (菌体ゲノム)	陰性		陽性					
	病理組織学的検査	陰性		陽性					
	菌体確認	陰性		陽性					
	病変確認	陰性		陽性					
血清	IFA (間接蛍光抗体法)	陰性		陽性					

■ : 陰性 ■ : 陽性 (おとりマウス: BALB/c-nu/+マウス)

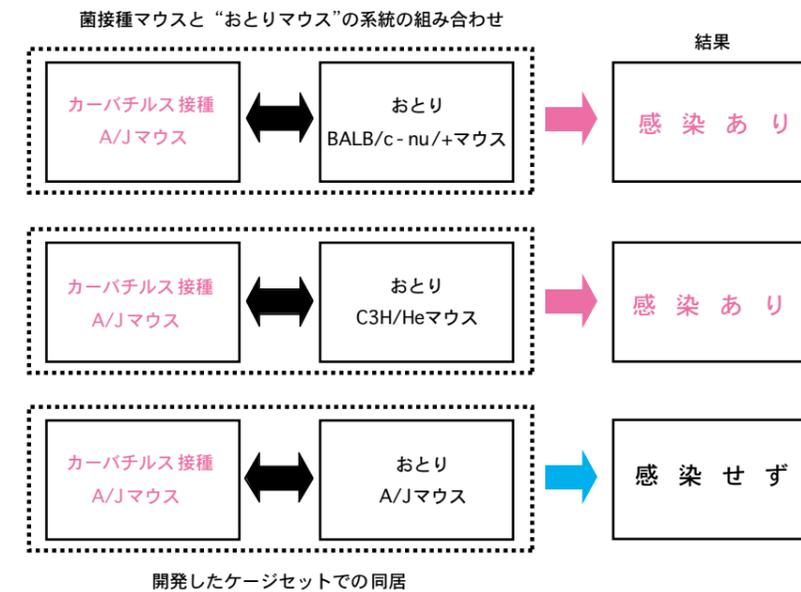


図 2-1-4: マウス系統差によるカーバチルスの伝搬

《Ⅱ》実験動物技術開発

2. 実験動物飼育管理・研究支援における生殖工学技術

研究基盤技術部 実験動物開発・管理課
 岡本 正則、小鍛冶 美佐子
 (株)サイエンス・サービス
 海野 あゆみ

はじめに

今日の実験動物の飼育管理や研究支援においては、体外で雌雄の生殖細胞や初期胚などに種々の操作を加えて行う体外受精、受精卵・胚体外培養、精子・胚凍結保存、胚移植などの生殖工学技術が有用な基盤的技術となっており大きな役割を果たしている。そこで、当研究所において実験動物飼育管理業務・研究の技術支援として私達が日常担当している生殖工学技術の内、胚凍結保存を利用したマウスの系統維持、感染マウスの清浄化および遺伝子改変マウスの作出についてその技術や内容を紹介したい。

実験動物管理と生殖工学技術

実験動物飼育管理と研究支援における生殖工学技術とは、実験動物の精子、卵子、受精卵、初期胚に体外で種々の操作を加えることで実際の飼育・管理業務に役立てることを目指すための技術である(図2-2-1)。生殖工学技術は次のような基盤的な技術から成り立っている。

- 1) 精子・卵子・初期胚の採取技術。
- 2) 体外受精技術：培養液内で行う精子と卵子の受精。
- 3) 胚体外培養・胚操作技術：体外或いは体内受精由来の受精卵・初期胚の培養や操作。
- 4) 凍結保存-融解技術：精子・受精卵・初期胚の凍結保存と融解した後に産子を得る。
- 5) 胚移植技術：胚受容雌の卵管・子宮に初期胚を移植し産子作出。
- 6) 有用動物の作出技術：以上のような種々の生殖工学技術を基に遺伝子改変マウス等研究上有用な動物を作出する。

マウスの系統維持を目的とした胚凍結保存

マウスの精子・受精卵・胚の凍結保存技術による系統維持方法は、生体で維持する場合に比べ次のような利点がある。

- 1) 実験動物の遺伝的形質や特性が不測の交雑や突然変異等で変化・消失するのを防止。
- 2) 感染事故による系統の絶滅を防ぐ。
- 3) 飼育に要す労力、経費、飼育場所等の削減。
- 4) 希少・有用動物資源の保存と有効利用¹⁾。
- 5) 国内外機関との動物輸送が凍結試料に代替できるため簡便化²⁾。
- 6) 動物の授受や輸出入に伴う感染症の予防。
- 7) 遺伝子組換え動物等関連法規制に従った所要の事項の軽減化。

以上の理由から、私達は効率的な実験動物の生産・供給と系統維持を行う目的でマウス胚の凍結保存を実施している。これまでに行った当所生産系統マウスの凍結保存胚は、試験的に融解し長期間凍結保存後の胚生存性と産子への発生能を調べた結果、17～18年間凍結保存後の胚から産子を作成したので、その成績の一例を示す。凍結・融解試験は当所生産マウス C3H/HeNrs 系統を使用した。方法は修正緩慢凍結融解法³⁾に従い、凍結は1987年12月～88年11月、融解は2004年12月～05年6月に各々実施した。凍結後融解した胚の形態観察では、図2-2-2に示す事例のように形態学的に正常な胚と割球に凍結融解時の傷害を認める胚がある。融解後の成績は表2-2-1の通り、融解胚は受容雌に移植の結果、その一部の胚が産子へ発生した。これらの産子は離乳後(図2-2-3)、20週齢時まで正常に育成した。本結果から本凍結保存胚は長期間保存後において動物が作出できることを実証した。

表 2-2-1: 当所生産C3H/HeNrsマウス胚の長期凍結保存後の融解試験結果

凍結胚数*	融解胚数 a	正常胚回収数 b(b/a)	正常発生胚数 c(c/b)	移植胚数 d	胚受容雌匹数 e(e/d)	産子	
						匹数	♀:♂
264	126	110 (87.3%)	85 (77.3%)	104	6	19 (18.3%)	7:12

* 8細胞期・桑実胚

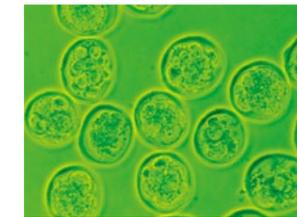


図2-2-2: 凍結し融解後のC3H/HeNrsマウス8細胞期・桑実胚



図2-2-3: 長期間凍結保存後のC3H/HeNrsマウス胚から作出した産子

感染マウスの清浄化

清浄化技術は病原微生物に感染した清浄化対象動物から無菌操作により精子・卵子を採取、体外受精後或いは胚採取後、胚を別の清浄な受容雌に移植し元の対象動物に由来する清浄個体を得る技術である。国内外の研究機関から実験動物を導入する場合、その動物は必ず受け入れ側の実験動物施設の微生物統御レベルに合わせ清浄化を行う必要がある。当課の感染マウス清浄化業務では、以下のA、B、Cの方法(図2-2-4)につき適宜選択し実施しているが、私達は胚操作によるAとBの方法で行っている。

- A) 体外受精法：清浄化対象動物より精子・卵子採取、体外受精、胚は清浄受容雌に移植、清浄産子を作成。
- B) 胚移植法：清浄化対象動物より胚を回収、別の清浄

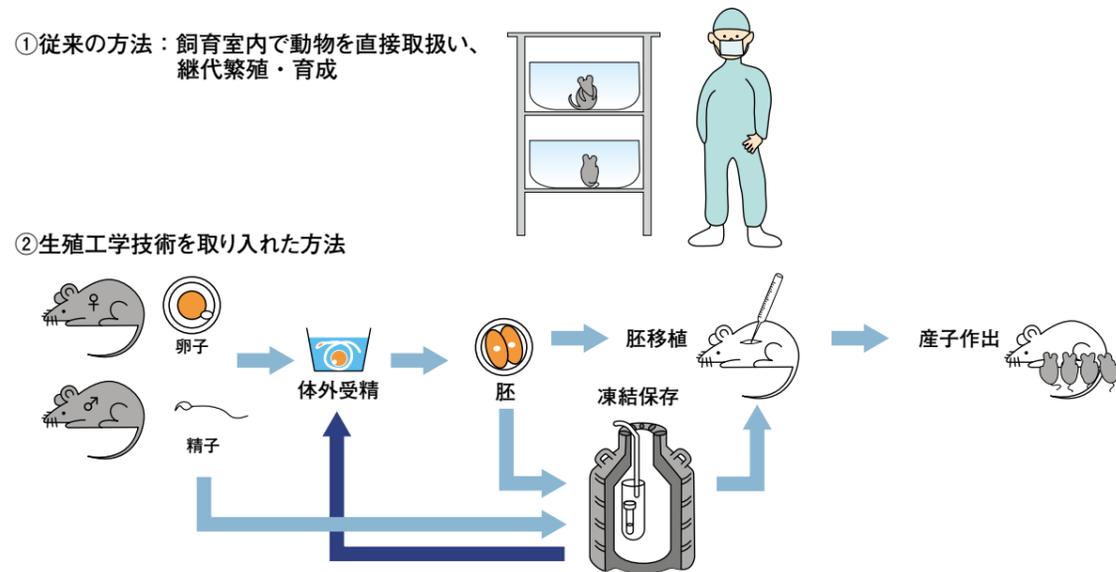


図2-2-1: 実験動物飼育管理への生殖工学技術導入の概念図

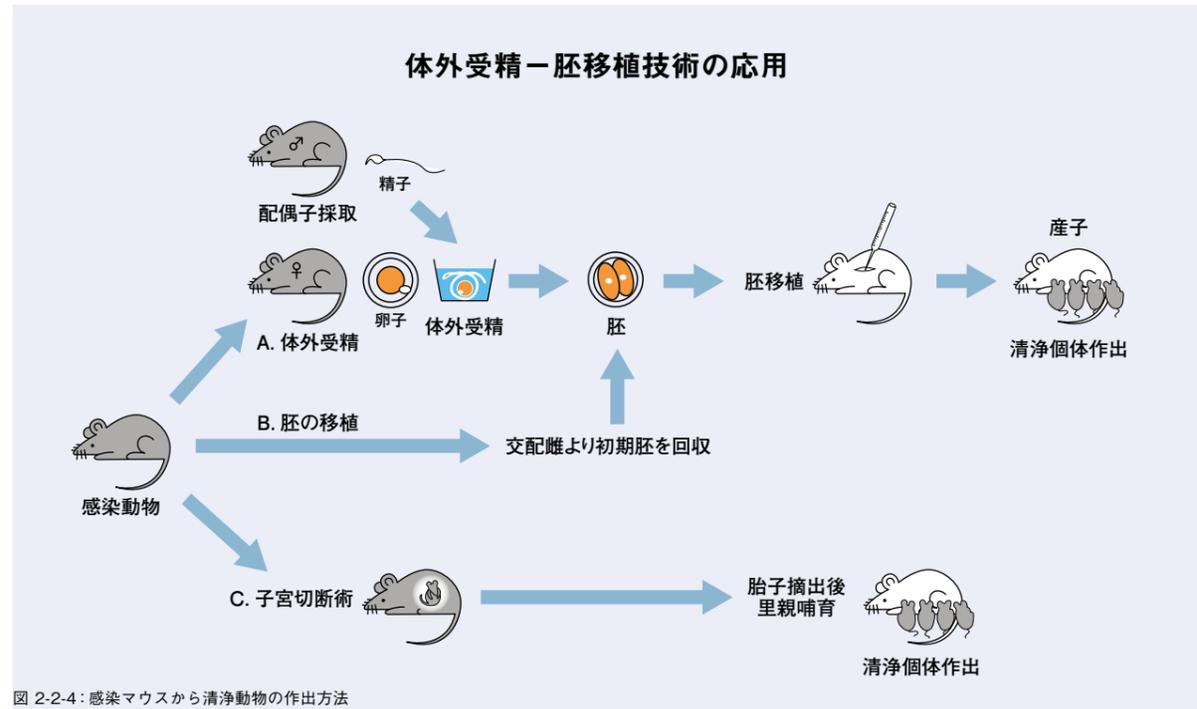


図 2-2-4: 感染マウスから清浄動物の作出方法

受容雌に胚移植し清浄産子を作成。

C) 子宮切断術法: 分娩前の清浄化対象動物の子宮より産子を摘出、産子は泌乳中の清浄動物に里親哺育、清浄離乳子を得る。

A と B の方法は、現在、研究機関相互の実験用マウスの輸送が個体から精子・初期胚等の凍結試料へ切り替わりつつあることに伴い多用されている。

私達は図 2-2-4 に示す A の方法を用い、黄色ブドウ球菌陽性の当所生産 C3H/HeNrs マウスの清浄化を実施した結果、作出したマウスが黄色ブドウ球菌陰性であったことを確認しブドウ球菌の清浄化に成功した。また B の手法を用いては、センダイウイルス感染マウスから清浄動物の作出⁴⁾ および微生物学的統御を受けない通常 (コンベンショナル) 動物から検出可能な全ての微生物を除去し無菌動物を作出した実績⁵⁾ などがある。

遺伝子改変マウスの作出

私達は当所先端遺伝子発現研究グループとの共同研究として、放射線感受性等関連遺伝子に関わる新規遺伝子改変マウスの作出を進めている。胚性幹 (ES) 細胞と宿主胚を用いるキメラマウス作製に際し、私達は大型で高価な実験機器が不要な簡便で実用的な凝集キメラマウス作出方法を確立した (図 2-2-5、Nagy らの方法⁶⁾ を改良)。宿主胚は BDF2 系、ES 細胞は R1 を用い凝集を行い、凝集キメラ胚は培養 - 胚移植後にキメラ個体を作成した。キメラ個体は野生型 B6 個体とテスト交配後の F1 個体を調べ生殖系列への寄与の有無を判定した。改変遺伝子による実験結果の例では、移植後の産子発生率、毛色キメラ発生率、生殖系列キメラ個体数が各々 38.2% (照区: 29.8%)、28.8% (対照区: 33.6%) および 20/83 (テスト交配供試匹数) であった。

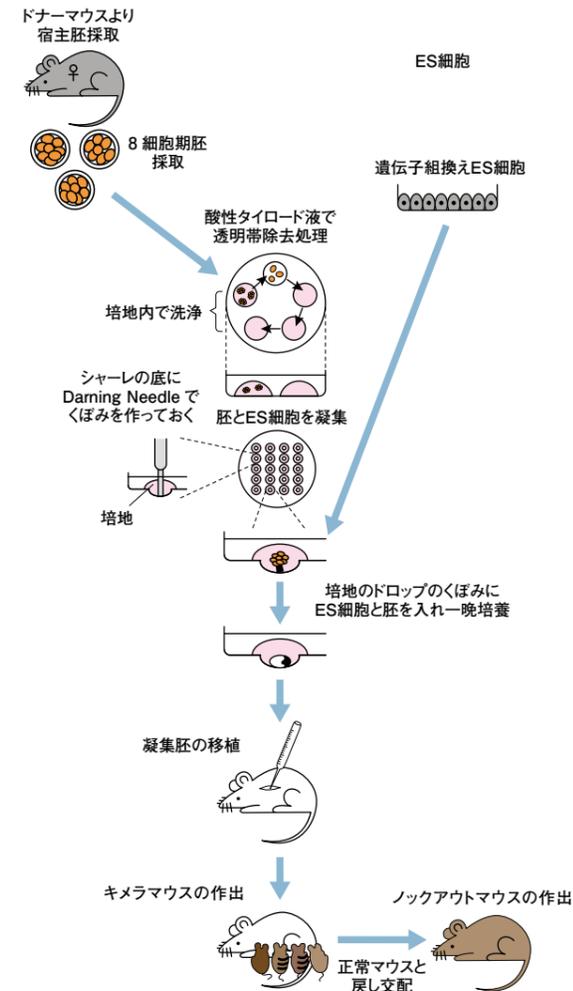


図 2-2-5: 凝集法による簡便な遺伝子改変マウス作出方法

以上のような実験を行った結果、3 種類の遺伝子に由来の生殖系列キメラ個体の作出に成功した。本結果は私達が確立した凝集法による簡便な遺伝子改変マウス作出技術が有効であることを示すものであり、遺伝子改変マウス系統樹立の成果に結び付けている。今後も引き続き生殖工学技術支援の一環として当所独自の遺伝子改変マウスの作出実験を推進し放射線感受性、発がんや老化等の遺伝子に着目した機能解析研究に役割を果たしていく。

おわりに

私達が実験動物飼育管理と研究の技術支援として取り組んでいる生殖工学技術に関する業務および研究の概要について紹介した。現在の実験動物を用いる実験医学は、分子生物学の進歩により疾患モデル動物や遺伝子改変動物において行う遺伝子の病態との関連性や機能解明等研究が高度・多様化している。このため本生殖工学技術支援においては、これら研究の動向や要望に応じ新たな技術の開発と実用化を図り提供していくことで医学・科学の進展に貢献できるよう努めていきたい。

参考文献

- 1) Okamoto, M., et al., "Cryopreservation of gene disrupted mouse spermatozoa", J. Mammalian Ova Res., 15, 77-80, 1998
- 2) Okamoto, M., et al., "Cryopreservation and transport of mouse spermatozoa at -79 °C", Exp. Anim., 50, 83-86, 2001
- 3) Yokoyama, M., et al., "An attempt to store inbred mouse strains", In: Frozen storage of laboratory animals (Zeilmaker, G.H., ed.), Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 113-117, 1981
- 4) 岡本正則ら, "胚移植法を用いたセンダイウイルス感染マウスの清浄化", Exp. Anim., 39, 601-603, 1990
- 5) Okamoto, M. and Mastumoto, T., "Production of germfree mice by embryo transfer", Exp. Anim., 48, 59-62, 1999
- 6) Nagy, A. and Rossant, J., "Production of completely ES cell-derived fetuses", In: Gene Targeting: A Practical Approach (Joyner, A.L., ed.), 147-180, IRL Press, Oxford, 1993

《Ⅲ》 加速器開発

1. SPICE マイクロビーム照射装置を用いた生物実験のための細胞試料作成法

研究基盤技術部 放射線発生装置利用技術開発課 小西 輝昭、石川 剛弘、濱野 毅、酢屋 徳啓

(株)ネオス・テック 磯 浩之、児玉 久美子

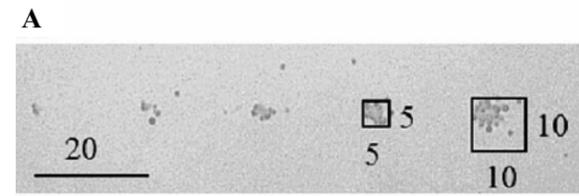
研究基盤技術部 放射線計測技術開発室 安田 伸宏 / 研究基盤技術部 今関 等

立教大学 理学部 大熊 俊介、檜枝 光太郎

はじめに

従来の放射線生物影響研究では、試料に対して一様に放射線を照射するためにブロードなビームを用いる。しかし、一様に、といえども荷電粒子線の照射実験においては、細胞にヒットした粒子数はある一定の分布を持つことになり、特に低粒子密度照射では、個々の細胞あたりの粒子ヒット数に大きなばらつきが生じる。そのため低線量（低粒子密度）放射線照射による生物影響を詳細に評価できない。しかし、マイクロビーム細胞照射装置は、直径数 μm の大きさのビームによって、狙った細胞または細胞核に設定した粒子数を照射できることから、低線量生物影響研究の分野において、その威力を最大限に発揮する放射線発生装置である。

マイクロビーム生物研究のパイオニアであるグレイ研究所（英）、コロンビア大学（米）には、プロトンとヘリウムのマイクロビームがある。重粒子イオンは、GSI（独）と SNAKES（伊）がある。日本では、KEK の単色 X 線マイクロビームと TIARA の重粒子イオンマイクロビームが稼動している。そして、日本唯一のプロトンマイクロビームとして放医研では Single Particle Irradiation system to Cell (SPICE) の建設が 2003 年より開始された。



SPICE の概要

SPICE は、HVEE タンデム型静電加速器を用いて加速した 3.4 MeV のプロトンビームを使用している。SPICE の特徴は、試料直前にコリメータを使用しない磁場収束型マイクロビームであることから、低エネルギー散乱成分のないきれいなエネルギー分布のプロトンビームを提供できることである。そして、ビームを垂直上向きに導入することにより、細胞を通常の培養状態での照射が可能である。さらに、一時間あたり最大 10^5 個の培養細胞に照射できる高速性を持ち合わせていることである。

細胞核内 DNA は放射線による細胞致死やその他の生物効果の主要なターゲットであることからマイクロビームにおいて、細胞核を狙い撃ちできることと、正確に目的の粒子線を照射できることが重要である。そのため、2006 年 3 月にはビームを直径 10 μm 程度まで絞ることに成功し、照射粒子数も 1 粒子から設定可能となった。2007 年度においては、照準精度を上げるためにビームサイズを小さく、そして安定的供給を行うための改良を進めており、ビームサイズ約 5 μm を実現しており、プロトンマイクロビームにおいて世界最高水準であろう。固体飛跡検出プラスチック板 CR-39 を用いて測定したビーム出口窓直後におけるビームプロファイルを図 3-1-1 に示した。

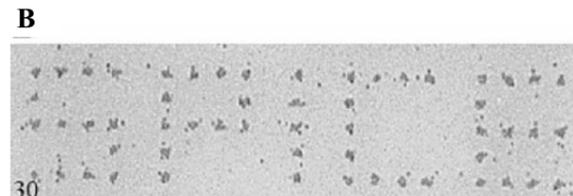


図 3-1-1 : A は左から 20 μm 間隔で 5、10、20、50、100 個のプロトンを照射した。ほぼ 5 μm 角内にビームが収まっている。B は 10 μm 間隔で各位置にプロトン 20 個を照射して、アルファベット (SPICE) を 200 μm \times 40 μm の領域に書いた。

SPICE の性能を最大限に発揮させるためには、加速器制御技術や放射線計測技術のみでは、不十分であり、細胞試料作成の工夫も不可欠である。例えば、突然変異や発ガンリスクなどの生物研究に対応するためには、最低でも 10^5 個の細胞を照射する必要がある。つまり、大量の細胞に正確に照準をあわせ、目的の粒子数を照射し、かつ放射線以外の影響を可能な限り減らすために、短時間で照射する必要がある。これらを可能にするための細胞皿の開発を行い、細胞試料作成条件を確立した。

照射用細胞皿の開発と細胞試料作成法

開発した細胞皿を図 3-1-2 に示した。Si₃N₄ 板をワセリンで金属シャーレに貼り付けたものを細胞皿とした (図 3-1-2-A, B)。Si₃N₄ 板の枠は 7.5 mm 角、厚み 200 μm であり、その中央 2.5 mm 角の領域が厚み 1 μm の薄膜になっている。そのため、プロトンは無駄にエネルギー減衰されず細胞に照射され、その後の粒子検出器に到達できる。さらに、この 2.5 mm 角の領域の角が鮮明に確認できることから試料中に原点を細胞位置の基準として設定できる (図 3-1-2-C)。この薄膜部分に任意の細胞濃

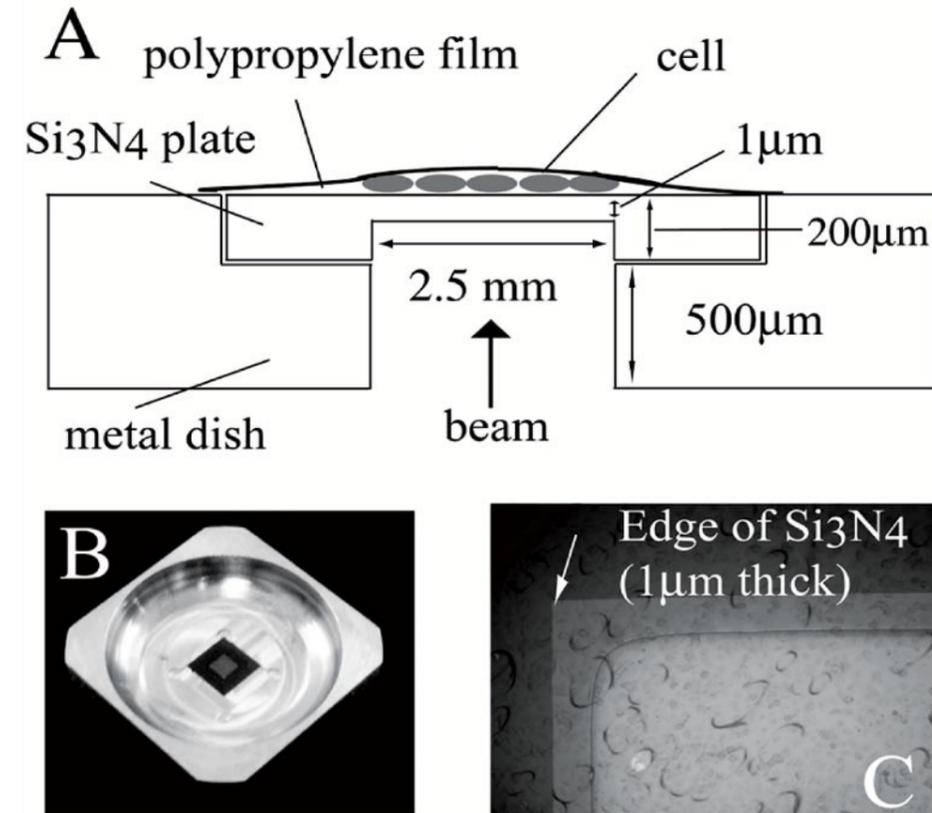


図 3-1-2 : ステンレス皿に Si₃N₄ 板をワセリンで貼り付けた。A が断面図、B の中央部分にあるのが Si₃N₄ 板である。C は Si₃N₄ 板の厚み 1 μm の薄膜と厚み 200 μm のフレームを示した。薄膜とフレームの境界が確認できることから、角 (矢印) を、試料中の原点とした。

《Ⅲ》加速器開発 2. 中性子発生用加速器システム(NASBEE)におけるターゲットの開発

研究基盤技術部 放射線発生装置利用技術開発課 酢屋 徳啓、濱野 毅、須田充、宮原 信幸
 研究基盤技術部 放射線計測技術開発室 高田 真志
 (株) ネオステック 萩原 拓也
 研究基盤技術部 今関 等

度の溶液を 5 μ l 滴下し、2 時間程度培養して細胞を接着させ、照射までの時間は 2 ml の培養液を加えた状態にする。照射直前に、培養液を抜き取り phosphate buffer saline (PBS) を加え、1.5 cm 角程度に切っておいた厚み 6 μ m ポリプロピレン (PP) 膜を溶液表面に浮かべた。最後に PBS を抜き取ると、PP 膜が細胞接着表面を覆うことができ、照射中の乾燥を防ぐことができる。

細胞位置情報抽出のための細胞核蛍光染色条件の決定

SPICE の細胞撮像システムによるビーム照準法は、蛍光を頼りに行っている。そのため、細胞核を蛍光染色することで細胞位置を決定している。具体的には、細胞核の蛍光画像を二値化し、細胞輪郭を楕円近似後、細胞位置としている。図 3-1-3 は楕円近似後の画像であり、緑線と番号が楕円近似の結果と細胞に割り振られた番号である。このように細胞位置の決定には、細胞核を蛍光染色する必要がある。しかし、一般的に、蛍光試薬は細胞毒性が存在する。そこで、様々な蛍光染色試薬で最も影響の少ないものを選択し、可能な限り低濃度、短時間、かつ SPICE 細胞撮像システムによって位置自動抽出が可能な染色と撮像条件の決定を行う必要があった。



図3-1-3: CHO-K1 細胞核の蛍光を楕円フィッティングし細胞位置を決定した画像の一例。

細胞核染色にはヘキスト 33258 を用いることにし、細胞種は放射線生物の分野において一般的に使用されているものハムスター細胞 (CHO-K1, V79)、ヒト正常細胞 (HFL III)、ヒトがん細胞 (HeLa, HSG, A549) を材料とした。染色液の毒性の指標として、コロニー形成率 (PE) を測定した。ヘキスト濃度を 0.05、0.1、0.5、1、5、10 μ m と無染色のコントロールを準備し、これらを 3 時間インキュベート後、細胞を回収、細胞数を計数してから、10 cm シャーレ 3 枚にそれぞれ 200 個の細胞を撒き、コロニー形成をさせた。その後、コロニー染色を行い 50 個以上の細胞が存在するものをコロニーとしてカウントし、PE を決定した。その結果、3 時間インキュベートによる染色では、5 μ m 以上の濃度ではヘキストの毒性が PE の 20% 程度の減少として確認できた。さらに、5、10 μ m で染色した細胞に、X 線を 5 Gy 照射すると、無染色のものにくらべて 1.5 倍程度も高い生存率を示した。以上の結果より、SPICE における細胞染色条件はヘキスト濃度 1 μ m で染色時間 3 時間以内という条件のもと行っている。

おわりに

マイクロビーム細胞照射装置は、放射線生体影響研究の分野において強力なツールである。そして、同研究分野における重要なエンドポイントであろう放射線誘発の突然変異や発ガンなどのリスク解明のためにも、SPICE のさらなる高度化が鍵になると考えている。今後も SPICE の共用化を推進していくとともに、幅広い研究のニーズに対応するための研究・技術開発を行っていく予定である。

はじめに

低線量影響実験棟では、平成 15 年度に中性子発生用加速器システム (NASBEE) を導入した。イオン加速器はオランダ HVEE 社製の高電流出力タンデム型静電加速器で、600 μ A の重水素イオンと 800 μ A 水素イオンを最大 4 MeV (4 百万電子ボルト) まで加速できる。これらのイオンを、金属 Be や銅板に蒸着した Li のターゲットに照射し、(d,n) 反応や (p,n) 反応で放出される平均 2 MeV 程度の中性子線照射場を提供する。照射野サイズ及び照射線量率等を表 3-2-1 に示す。

表3-2-1: Be (d,n) 反応 (d:4 MeV) で発生する中性子線照射野の平坦度及び線量

Be ターゲットとサンプルの距離 (STD)	± 2.5 (全域 5%) 平坦度の照射野直径	ビーム電流 400 μ A での線量率
71 cm	12 cm	6.7 Gy/h
117 cm	24 cm	1.8 Gy/h

中性子照射施設の概要

本施設には、SPF (特定病原菌未感染) 動物照射室と生物照射室の 2 つの照射室があり (図 3-2-1、図 3-2-2)、SPF 動物照射室は SPF 環境で飼育されたマウス、ラッ

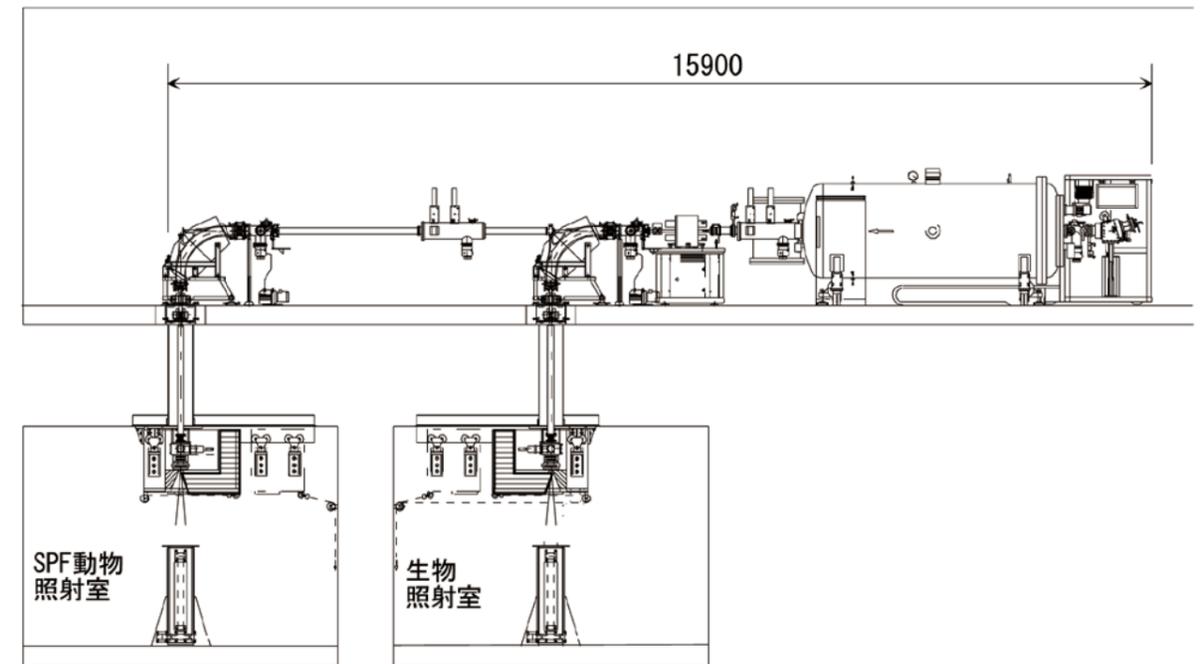


図3-2-1: 中性子発生システムの外観。放医研低線量影響実験棟 1 階に加速器室が、地下 1 階に二つの照射室がある

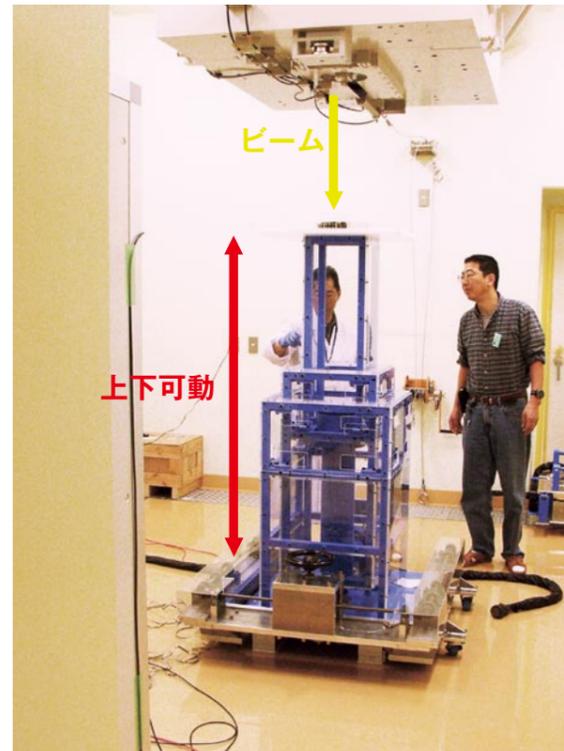


図3-2-2: 生物照射室でのマウス照射の様子

トを用いる低線量生体影響研究に用いられる。従来 SPF マウス、ラット等の照射を行う際はそれらを特殊な照射ケージに移し替え、SPF 動物飼育室から離れた非 SPF の加速器施設まで空気フィルターのついたケースで運搬するという作業を行っている。また、運搬の間 SPF 動物は照射ケージに詰め込まれたままで、SPF 動物を用いる放射線影響研究では放射線以外のストレスの影響が問題視されていた。SPF 動物照射室は地下1階の SPF 領域中にあり、SPF 動物飼育室からはエレベータだけで移動できる。このため、動物の搬入・搬出や動物の照射ケージへの詰め替え時間が短縮でき、上記のストレスを大幅に低減することを可能とした。SPF 動物専用の中性子線照射室としては、世界で唯一の施設である。もう一方の生物照射室では、中性子線の物理測定やヒト培養細胞

を用い、中性子線で特異的に誘発される DNA 損傷誘発機構の解明やその修復機構についての研究に使用されている。

最近の中性子線の生物影響に関する研究では、数百 keV~数 MeV 級のエネルギーでの RBE (生物学的効果比:これが放射線荷重係数の基になっている)は、ICRP 勧告の放射線荷重係数よりも大きいのではないかと、ということが議論されている。また、中性子エネルギースペクトルとその生物影響の因果関係についても注目されており、これらの研究に対応できるエネルギーが可変且つ単色性の良さ、長時間の照射に対応する運転パラメータの設定、及び新規デバイスの開発も必要になってきた。

中性子生成ターゲット

中性子線の単色性の良さは、ターゲット冷却のための水層の厚さに大きく依存するため、現行の冷却構造の見直しが必要になった。現システムで単色性の高い中性子線を出力するには、Li もしくは Be との (p,n) 反応を利用することが最も有効だが、反応断面積 (反応確率) は共に Be (d,n) 反応の場合の 1/10 以下であり、従来の照射実験と同程度の線量を照射するためには、これまで以上の長時間照射が必要である。このため1回の照射当たりのターゲットの劣化が激しくなってしまう、将来的に単色性の高い中性子線照射が開始されれば、ターゲット交換を頻繁に行うことが予想され、高放射化レベルの使用済みターゲットの管理区域内での長期間保管が必要になるので、省スペース化を図ることが必須である。以上のことから、ターゲット部と水層を薄くした冷却ジャケットが分離できるターゲットを新規開発した (図 3-2-3)。このターゲットを用い、水層がある場合と無い場合との中性子線の LET 測定の様子を図 3-2-4 に、測定結果を図 3-2-5 に示した。



図3-2-3: 今回開発した小型Beターゲット(左)と従来型のBeターゲット。

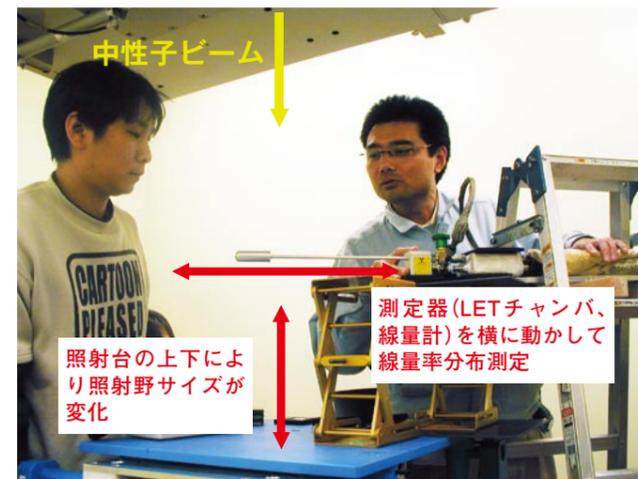


図3-2-4: LETカウンタによるLET測定の様子。

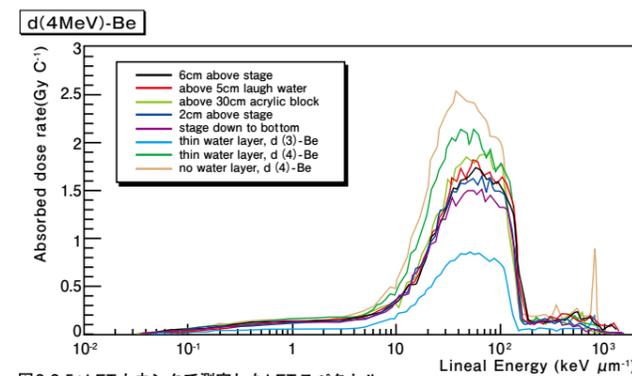


図3-2-5: LETカウンタで測定したLETスペクトル。

ターゲットを支える構造材、ターゲット冷却用の水層を薄くしたことにより、中性子線量は増加した。水層を 3 cm (図 3-2-5 には記載がないが、桃線とほぼ同じスペクトルになる) から 1 cm (緑線) に減らすことで 13 % の増加、0 cm (灰線) で 37 % も増加する。これは中性子の水中での散乱、吸収が大きくなることが原因である。

おわりに

この新ターゲットにより、小型かつ放射化物資の低減が可能である。また上記のように線量の増加も見込まれたことから、この設計を基本とし、実際に照射実験の用いるためのターゲットの開発を進める。

《Ⅳ》研究環境の向上

1. 事後保全から予防保全の充実に向けて

安全・施設部 施設課
市川 洋輔

はじめに

放医研など大きな施設を運営していく上で、施設の管理・保全・計画は必要不可欠な業務である。本章では施設課が取り組んでいる業務の内、「施設・設備の保全」についてとりあげる。

施設を長く快適に使うためには、設備や機器などの機能の劣化した部分を取替える必要がある。このため定期的に点検・保守を行わなくてはならない。一般的に建物の寿命は約50～60年、設備の寿命は約15～20年といわれ、寿命の後半では維持管理のコストがかかってくる。経済的観点から見ても保全業務を計画的に行うことが重要である。つまり、保全を行う必要性として、安全性の確保、機能性の確保、経済性の向上などが挙げられる。本件では、事後保全と予防保全の二つの観点から放医研の保全業務の現状とあるべき姿を紹介する。

保全の分類

まず保全業務を図で分類してみる。図のうち①を事後保全とよび修繕・回復を必要とする状態になった後対応することをいう。そして③から⑦の業務を予防保全とよび定期的な点検により、故障等の発生を未然に防ぐことをいう。

具体的に予防保全の例を挙げると、エレベーターや受変電設備の法定点検業務、ボイラーの日常点検、自動ドアの定期点検、建物内や緑地の清掃業務などがあげられる。また事後保全の具体例をあげると、給水管の漏水、ルームエアコンの故障、外壁のひび割れ、蛍光灯の交換、トイレの詰まりなどがあげられる。

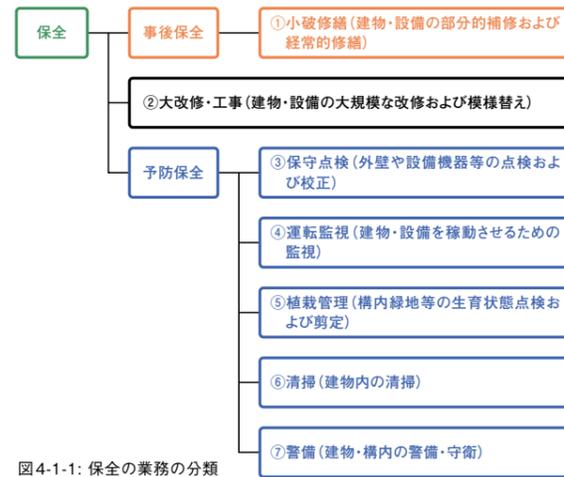


図4-1-1: 保全の業務の分類

事後保全と予防保全の考え方

保全業務は、事後保全と予防保全とどちらをどのように行うべきなのか。基本的には、故障等が起きる前に未然に防ぐ保全つまり予防保全を前提に行い、事後保全はやむを得ないケースとして扱うことが理想である。しかし予防保全というのは費用もかかるし、本当に費用に見合った効果がでているのかわからないという面もある。よって定期的な点検・整備や法定点検など最低限の予防保全を行いつつ、どこまで予算をかけて予防保全を行うのかといった、起こりうる故障の可能性とその故障が招くリスク（予防保全をした場合と事後保全にした場合の費用も含む）を考えたバランスある保全が必要になってくる。つまり、真に事後保全でよいものと、予防保全により故障等を未然に防ぐべきものを見極めることが必要である。

こういった考えを基に保全業務を具体的に分類してみる。予防保全を行うべきもの（故障してからでは遅い設備機器で重要なもの）として、受変電設備がある。放医研は病院や医療用加速器など電気の供給が停止しては多大な影響がでってしまう施設が多い。他に予防保全を行うべきものとして実験動物飼育施設における空調設備がある。飼育室の温湿度が安定しないと動物に影響が出て、

それが研究にも影響を大きく与えることになってしまうからである。また事後保全でよしとするもの（発生する障害が小さい案件や消耗品的なもの）としては、蛍光灯や監視盤表示ランプの交換、トイレの詰まりなどであり、どれもやむを得ないものである。また予防保全と事後保全の間に傾向監視という業務もある。例えば、ファンベルトのゆるみなどがそれにあたり、目視で異変に気づけば壊れる前にベルトを交換することになる。

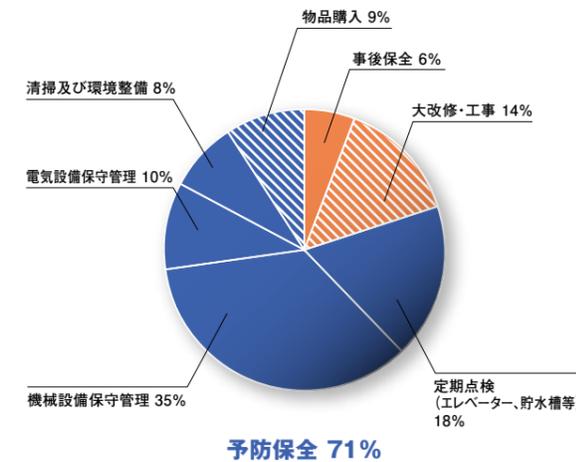


図4-1-2: 施設課の保全予算割合(平成18年度)

施設課の保全業務

研究所の保全に当てられる予算も厳しい中で保全業務を行わなければならないが、平成18年度の保全業務(図4-1-2参照)を数字でみてみると、光熱費などを抜いた保全予算のうちの約71%が予防保全に当てられており契約件数では33件となっている。対して事後保全は約6%で183件となっている。1件あたりの予算で見ると予防保全の方が断然多い。予防保全の高額なものとして施設の空調設備保守管理業務、エレベーターやダムウェーターの設備保守、電気設備の点検・整備などがあげられる。18年度の保全業務の改善点として、事後保全の中でも修繕・復旧の費用が高額になってしまった案件や執務に大きな

支障を与える案件は予防保全できたのではないかと検討してみる必要がある。例えば構内で軽微なガス漏れが発生したが配管の老朽化は予想されたものであり、未然に防止できたのではないかなどといったことである。

予防保全の充実に向けて今後の課題

今後、予防保全を中心とした保全へ向けての4つの課題をあげたい。

①施設・設備の管理標準による合理的な保守点検及び運転業務の実現

これにより設備機器の予防保全を行うものと、事後保全でよいものを明確にし、安全確保、(ユーザーへの施設・設備の)安定供給を図ることができる。

②施設管理システム導入

これは設備機器のメーカー耐用年数、経験的耐用年数や過去の事後保全記録をデータベース化し、所内の修繕・補修状態を分析し、計画的な設備機器更新を行おうとするものである。

③予防保全ができる人材の育成・確保

危険察知能力のある人、日常点検の中から目利きができる人、専門的な判断力・行動力のある人などをOJT(On the Job Training・・・職務をしながらそこから学び成長していくこと)などにより育てていく。

④保全業務の体制整備

やむを得ない事象が起きてしまったときは事後保全として対処しなくてはならない。それには即座に対応できる課内の体制網づくりが必要不可欠である。これは昨今のスタンダードになりつつあるISO9000シリーズ(品質マネジメント)のようなものにならうかたちで、目標の明確化・継続的改善により対応の質を高め、いつでも高いパフォーマンスを提供できるようにすることである。

これらの課題の実現に向けて、微力ながら努力していきたい。

《Ⅳ》研究環境の向上

2. 共実機器のメンテナンス

研究基盤技術部 放射線発生装置利用技術開発課

前田 武、小西 輝昭

東京ニュークリア・サービス (株)

高野 裕之

はじめに

共同実験機器・施設は、研究用資産の効率的運用を図るため、共通して使用できる機器（高額機器、技術的サポートが必要な機器及び実験装置）の整備を目的とし、基盤技術センター運営企画室及び放射線発生装置利用技術開発課が運営・管理している機器・施設の総称である。

これらの施設として、実験動物研究棟、ラドン実験棟及び低線量影響実験棟、第1研究棟、第2研究棟、第3研究棟、X線棟など多くの研究施設に共同実験用の施設及び装置がある。

放射線発生装置利用技術開発課では、共同実験機器（以下「共実機器」）の保守・管理を毎日行っているが、今回は第1研究棟4階生物機能解析室にある『細胞分取装置』を取り上げ、メンテナンスについて紹介する。

「細胞分取装置」とは

ここでいう『細胞分取装置』とは、日本ベクトン・デッキンソンのFACSAriaを指す。

この装置は、フローサイトメトリーの一種で、サンプルである処理した細胞1つ1つにレーザーを当て、出てきた散乱光・蛍光を検出する。検出された、光を電気信号に変え、一定条件を満たしたサンプルを分取する。

測定が可能なサンプルは以下の通りである。

- ・血球細胞（白血球、赤血球、血小板）
- ・動物細胞（培養細胞、精子）
- ・植物細胞
- ・酵母・バクテリア、プランクトン
- ・核 など

※個々の細胞が単離状態の細胞浮遊液であることが必要。
※測定可能な大きさは0.5 μm～100 μm程度まで可能である。



図4-2-1: FACSAria (細胞分取装置、日本ベクトル・デッキンソン社製)

メンテナンスの色々
使用後のメンテナンス

サンプルとして使用される細胞等は、染色などが行われている。染色に用いられる薬品等は浸透性が高く、使用後は、流路及びフローセルに付着している可能性がある。精度のより高い測定を行うため、Shut Down前にFACS Clean液で約5分間フローセルを浸け置き洗いを行う。

図4-2-2に汚れたフローセルの写真を示す。汚れた部分にレーザーが当たり色が付いているのが分かる。

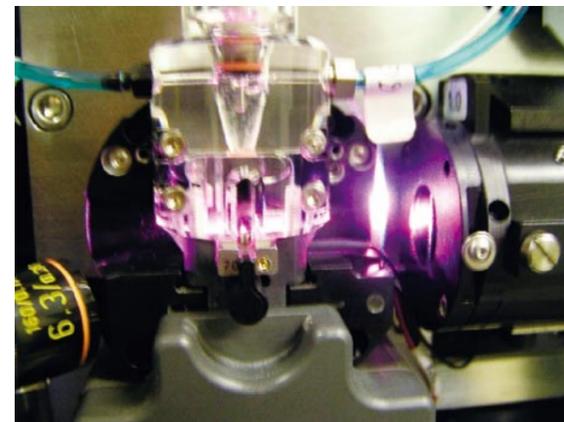


図4-2-2: 染色に用いられる薬品などで汚れたフローセル (FACSAria内部)

週ごとの定期メンテナンス

FACSAriaには、とても細かい部品が多く用いられており、長期間使用しない場合目詰まりを起し、使用できなくなってしまう。その為、放射線発生装置管理係では、使用の有無に拘わらず、1週間に1回 Weekly メンテナンスを実施している。

本メンテナンスでは、FACS Rinse液（洗浄液）でFACSAria内の洗浄を行うとともに、高圧が掛かる電極周りなどの清掃を行っている。

これにより、目詰まりの防止を行い且つ電極などの汚れが除去され正常に使用することが出来る。メンテナンスを行うにあたり気をつけているのは、①フローセルの汚染防止②微細パーツの目詰まり防止③電極の汚れを除去することにより、基板への負荷等を減らし破損の防止、の3点である。

図4-2-3にフローセル周りと図4-2-4に電極部を示す。

精度管理

精度管理は、サンプル測定を行う前に実施し、機器設定時の光学系/流体系、感度の最適化と管理を行いデータの精度を保証するものであるが、それとは別にメンテナンスの一環として行っている。

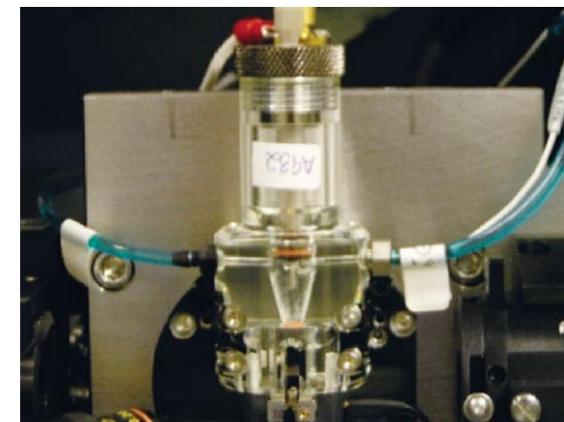


図4-2-3: フローセル周り (FACSAria内部)

精度管理を行うには、管理用のUltra Rainbow Beads（ビーズ）を用いて行う。まず、Laser Delay（レーザー強度）の確認を行う。この項目は、安定したデータを測定する為に不可欠である。

方法としては、FSC-A（前方散乱光）及びSSC-A（側方散乱光）のプロット画面でBeads集団が100 × 10³付近に来よう調整を行い、ポピュレーションを設定した後、APC-AとViolet1-Aのヒストグラムを展開する。APC-AとViolet1-Aのピークを100 × 10³付近に表示した後、マーカーを設定する。次に、蛍光強度を参照しながらMean（結果の平均）が最大となるDelayを確認する。

最後に、全パラメータの精度管理用のプロットデータを表示させ、全てのヒストグラムのピークを100 × 10³付近に調整し、記録する。

精度管理を行ったデータをデータ・シートに記録し、MeanやCV（測定結果のばらつき）の値が変動範囲（青、紫色レーザー：CV=5%以内（SSC=10%） Mean=20



図4-2-4: 高圧が印加される電極部 (FACSAria内部)

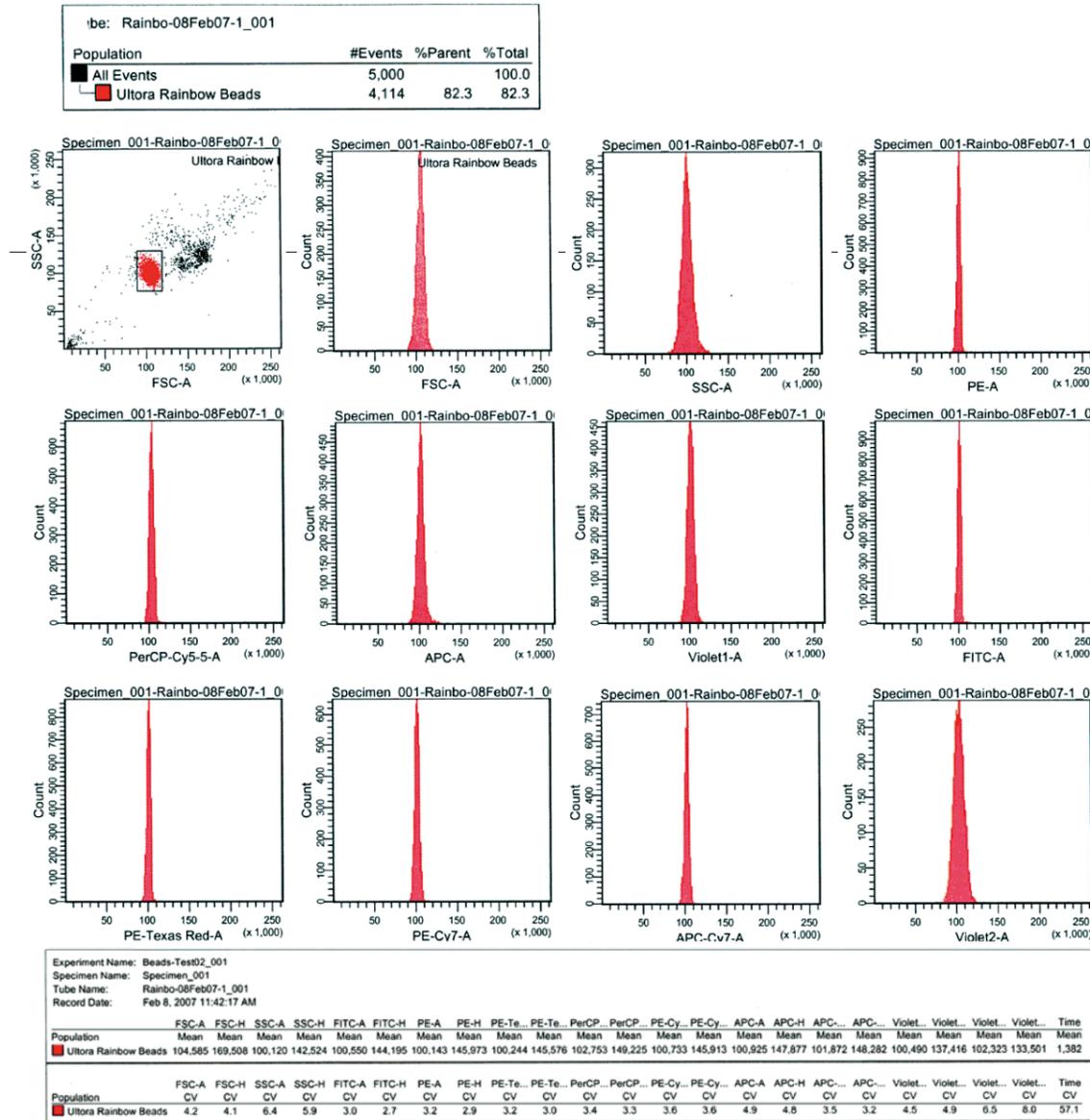


図4-2-5：精度管理（管理用のUltra Rainbow Beadsを用いた調整測定の結果）

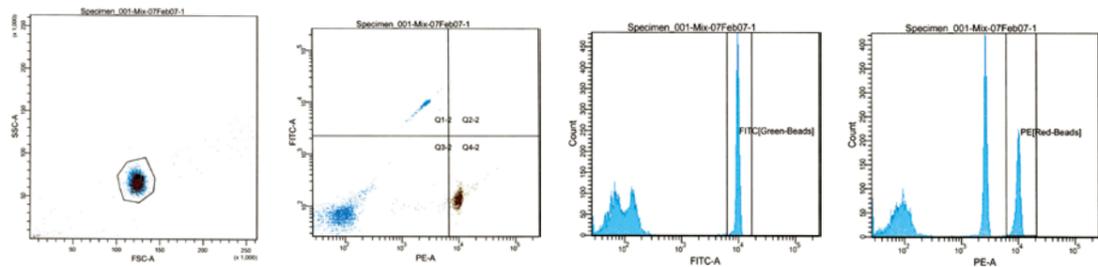


図4-2-6：FITC及びPEをMIXしたbeads測定結果

%前後、赤色レーザー：CV=10%以内 Mean=30%前後)に収まっているか確認する。低下しているか確認し、低下している場合はノズルの目詰まりやパラメータのチェックを行う。

図4-2-5に精度管理のプロットデータを、図4-2-6にFITCとPEのBeads（それぞれ異なる蛍光色素による着色）を混ぜ測定した結果を示す。

おわりに

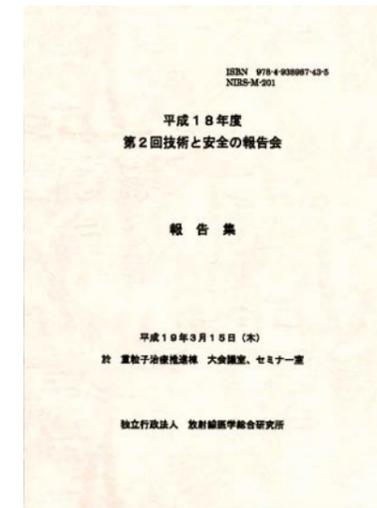
基盤技術センター
副センター長
松下 悟

放医研は、放射線と健康に関わる総合的な研究開発を行うことを使命として、放射線によるがん治療、放射線を利用した分子イメージング研究、緊急被ばく時の医療などの「放射線の医療・医学研究」や、放射線が我々人類やそれをとりまく環境に与える影響を研究する「放射線の安全研究」を主要な業務として活動している。それらの研究は、それぞれの分野を専門とする研究者らが牽引役になって進められているのはもちろんであるが、研究が着実に前進するためには、その基盤となる洗練された技術と適正で安全な研究環境が不可欠である。基盤技術センターはそれらを恒常的に提供し、各研究センターとともに車の両輪となって放医研の使命を果たすため、その一翼を担っている。

今回は、トピックス的な基盤技術を紹介したが、それ以外にも、放射線装置、放射線計測、実験動物、化学物質、放射線生物研究や環境放射線研究のための特殊な実験施設維持、実験環境維持などに関する様々な技術や安全の基盤を提供している。また、放医研の研究がダイナミッ

クに展開するためにも、最先端の技術から基礎的な技術まで、あらゆる局面で発展するよう努力を重ねている。

このように幅広い研究を支える継続的な基盤技術が、世界に冠たる研究拠点を目指す放医研の礎となっている。



平成18年度技術と安全の報告会受賞者

賞名	受賞者	表題
口頭発表優秀賞	小西輝昭、児玉久美子、大熊俊介、磯 浩之、石川剛弘、安田仲宏、檜枝光太郎、今関 等	SPICEマイクロビーム照射装置を用いた生物実験のための細胞試料作成法
口頭発表奨励賞	市川洋輔	事後保全から予防保全の充実に向けて
口頭発表奨励賞	村松正幸、北川敦志、加藤裕史、久保隆史、吉田善一、Sandor Biri、Eva Fekete、Arne G. Drentje	小型ECRイオン源のビーム強度増強
ポスター発表優秀賞	太田有紀、島田義也、岡本美恵子、甘崎佳子、石田有香、大町 康、柿沼志津子、山内一己、今岡達彦、永井純也、宮山祐子、小久保年章、館野真太郎、鬼頭靖司	凍結卵による海外からのマウス導入の試み
ポスター発表奨励賞	四野宮貴幸、竹下 洋、平山依り子、吉川 碧	ネットワーク機器監視システムの構築
ポスター発表特別賞	前田 武、小西輝昭、高野裕之	共実機器のメンテナンス

最近の成果

長半減期放射性核種テクネチウムの生物的回収

(J. Environ. Qual. 35: 2017-2020, 2006)

放射線防護研究センター
環境放射線影響研究グループ
石井 伸昌

< 要約 >

長半減期放射性核種であるテクネチウム-99を溶液中から生物的に回収する技術として、嫌気性細菌を用いた方法が提案されている。一般に、嫌気性生物の維持管理には好気性生物と比較して労力と費用がかかる。そこで好気的条件下でテクネチウムを除去する生物について、その有無を検討した。その結果、植物プランクトンである *Euglena gracilis* がテクネチウムを除去する能力を有することが分かった。*E. gracilis* を用いることにより、溶液中のテクネチウムを効率よく、そして安価に回収できる可能性が開かれた。本研究の成果は、特許（特 2004-133367）および PCT（PCT/JP2005/008149）に出願中である。

1. テクネチウムについて

長半減期放射性核種であるテクネチウムは、ウラン-238の自発核分裂により天然にも存在するが、その量は痕跡程度である。ところが地球上に存在するテクネチウムの現存量は、1994年までに約49,000 TBq（78トン）に達したとの試算がある。これは、原子力発電所などから出る放射性廃棄物の中にテクネチウムが含まれるためである。つまり、現在地球上に存在するテクネチウムは、そのほとんどが原子力の利用によって作られた元素と言える。電力需要の増加に伴い、今後益々地球上のテクネチウム量が増加すると予想される。

テクネチウムは放射性核種である一方で、放射性廃棄物中で得られない希少な元素でもある。そこで、テクネチウムを放射性廃棄物より回収し、耐食性鋼材、触媒、および超伝導素材としての利用することが検討されている。また、環境中に放出された放射性のテクネチウムを回収することにより、産業利用だけでなく、人々の安心に繋がるのが期待される。

2. 溶液中のテクネチウムの回収

通常、水溶液中のテクネチウムは過テクネチウム酸イオン (TcO_4^-) として存在している。この化学形態は懸濁粒子等に吸着し難く、そのため溶液中のテクネチウムは溶存態として存在している。溶存態のテクネチウムを溶液中から回収する方法の一つとして、生物的方法がある。この方法は、溶存態のテクネチウムを細菌の力で還元し、不溶性のテクネチウムとして回収する方法である。細菌を利用する利点として、大量に培養でき、また細胞体積に対して細胞表面積が大きいため、効率よくテクネチウムを回収できる点あげられる。テクネチウムを還元する能力を有する細菌として、例えば *Desulfovibrio desulfuricans*、*Shewanella putrefaciens*、*Geobacter metallireducens* などが報告されている。その他、我々が良く知る細菌としては大腸菌 *Escherichia coli* もテクネチウムを還元する能力を有する。これらの細菌は、しかしながら、嫌気的な環境下でしかテクネチウムを還元することができない。そのため、テクネチウムを回収するには絶えず嫌気的環境を保つ必要がある。嫌気状態を保つには嫌気培養装置が必要であり、この装置の維持管理には経費がかかる。好気的環境下でテクネチウムを微生物細胞内に取り込ますことができれば、より効果的にテクネチウムを回収できると考えた。そこで、好気的条件下でテクネチウムを除去する生物を探索した。

3. 本研究の成果

溶液中のテクネチウムを効率よく回収するためには、体積当たりの表面積が大きいほど有利である。つまり細菌のように細胞が小さいほど有利である。海水中の褐藻類はテクネチウムを高濃度に濃縮することが知られているが、微生物と比較して体積-面積比が小さく、大量培養には時間がかかる。また、褐藻類は、海水中での利用に限定されてしまう。一方、褐藻類と同じく水中において光合成ができる植物プランクトンは、細菌と同様に体積-面積比が大きく、かつ培養が容易で短時間に大量培養ができる。そこで、本研究では植物プランクトンのテクネチウム除去能力について検討した。

植物プランクトンによるテクネチウムの除去を確認するために、4種類の植物プランクトンを用いた。各植物プランクトンはそれぞれの増殖に適した培養液で培養した。各培養液にはテクネチウムを 2.2 kBq mL^{-1} の初期濃度で添加した。培養期間中、培養液の一部を $0.2 \mu\text{m}$ 孔径のフィルターで濾過し、植物プランクトンを培養液から除いた。得られた濾液中のテクネチウムの放射能を液体シンチレーションカウンターで測定し、この値と初期添加量との差からテクネチウムの除去率を求めた。

過去にも植物プランクトンを用いたテクネチウム除去の研究は行われているが、何れの研究においても良好な結果は得られていない。このことから、植物プランクトンを用いてテクネチウムを回収することは難しいと考えられていた。確かに、本実験においても *E. gracilis* 以外の植物プランクトンでは、良好な結果は得られなかった（表1）。一方、*E. gracilis* の場合、細胞の増殖と共に溶液中からテクネチウムが除去された（図1）。この結果が示すように、*E. gracilis* がテクネチウムを除去する能力を有することは明らかである。*E. gracilis* 細胞表面に吸着したテクネチウムを洗い流すために細胞を洗浄してみたが、洗い流されたテクネチウムはほとんどなかった。つ

表1: 植物プランクトンによるテクネチウムの除去率

植物プランクトン	除去率* (% of total)
<i>Spirulina platensis</i>	4.7 ± 4.7
<i>Chlamidomonas plusatilla</i>	2.9 ± 2.7
<i>Chrorella vulgaris</i>	1.2 ± 0.3
<i>Euglena gracilis</i>	69.0 ± 0.7

* 平均値±標準偏差

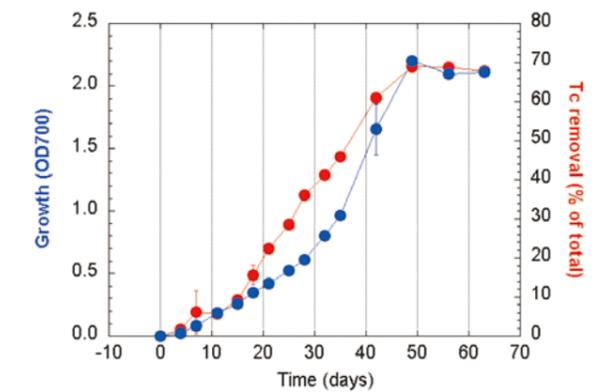


図1: *E. gracilis* の増殖とテクネチウム除去。細胞増殖(赤)は700nmの吸光度として求めた。エラーバーは3回繰り返し実験の標準偏差。

まり、*E. gracilis* は細胞内にテクネチウムを取り込むことにより、この放射性元素を溶液中から除去していると思われる。

ところで、*E. gracilis* は光合成を行う好気性の植物プランクトンではあるが、他の植物プランクトンのように細胞壁を持たず、従って体を自由に伸び縮みすることができる特徴を有する。また光合成を行わずとも溶存有機物を取り込み、エネルギーを得ることができる。つまり、従属栄養生物の特徴も併せ持つ。このような特徴がテクネチウムの取り込みに関与しているのかもしれない。また、*E. gracilis* は、光、温度、pH、溶存酸素などの変化に対しかなり広い範囲で適応することができる。そのため鉱山の強酸性排水などにも生育しうることが知られている。もちろん、放射線に対しても強い耐性を持つ。こ

これらの特徴より、環境中に放出されたテクネチウムはもちろんのこと、酸性の廃液からのテクネチウム除去にも利用できると思われる。

本研究成果の意義は、好気的環境下において溶液中のテクネチウムを除去する能力を有する植物プランクトン、ユーグレナを発見したことにある。この発見により、溶液中のテクネチウムを経済的に回収できる可能性が開かれた。

本研究は、資源エネルギー庁放射性廃棄物共通技術開発調査費の予算で行われた。

4. 今後の展開

本研究では、ユーグレナ藻 (Euglenids) の中でも淡水域でよく見られる *Euglena gracilis* を研究材料として用いた。ユーグレナ藻には、淡水以外にも汽水や海水などで生息するグループも存在する。したがって、テクネチウム除去能力が *E. gracilis* に特異的な能力なのか、それともユーグレナ藻に共通の能力なのか、興味を持たれるところである。

ユーグレナによるテクネチウムの濃縮機構については、未だ不明な点が多い。今後、この濃縮機構を明らかにすることにより、より効率よくテクネチウムの回収ができることが期待できる。また、ユーグレナ細胞を用いずとも、ユーグレナの特性を生かした製品開発へと発展することが期待される。

(著者紹介)

1999年から2001年まで、科学技術振興事業団科学技術特別研究員として放射線医学総合研究所・比較環境影響研究グループの研究に従事する。2002年より5年間、放射線医学総合研究所・廃棄物技術開発事業推進室においてテクネチウムの環境挙動研究に従事する。途中、2004年より比較環境影響研究グループ(現、環境放射線影響研究グループ)の任期付き職員に採用され、微生物に対する放射線の影響研究に従事する。2007年3月に正職員として採用され、現在は生態系に対する放射線の影響を評価することを目標に研究を行っている。



図2: ユーグレナの光学顕微鏡写真。

書評

放射線影響・放射線防護用語辞典

放射線影響・防護用語辞典編集専門委員会

放射線の辞典には、医学用の辞典や主任者試験用の用語辞典が既にあるが、影響や防護に関する辞典は今まで無かった。そのため、放射線防護に関する論文を読む場合、自分の専門と少し違う分野については、日本語・英語に関わらず通常の辞書では意味が取りにくいことがしばしばあった。

今回刊行されたこの辞書はそのような論文を読む時はもちろんICRPやIAEA、UNSCEAR等の報告書を読む時にも非常に便利である。また、文章を書く際に、その用語が本当に適切であるかを判断する時には手許に置いておくと頼もしい。今まで何故このような辞書が存在しなかったのか不思議なくらいである。

用語は様々な刊行物からおよそ2000語が精選され、短く分かりやすい説明が付けられている。影響や防護についての用語辞典なので放射線生物学はもちろん、保健物理、疫学、規制等の用語が充実している。

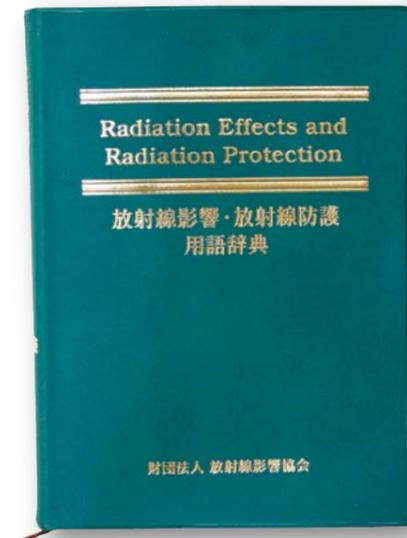
その他に利用者の便宜を図る目的で欧文略語、放射線影響分野において重要な放射性核種約30種、原子力関係機関のサイト、UNSCEARやICRP(1991年以降)の刊行物の一覧等が付録としてついている。特に略語は200語以上収録されており、非常に充実している。

見出し語は英語であるが、索引により日本語にも対応している。用語を調べる目的で使うのも良いが、暇な時にバラバラとめくって、自身の語彙や知識を増やすのにも役に立つのではないだろうか。

放射線に関わる人であれば書棚に是非とも備えておきたい一冊であるが、難点が一つある。それは、この本が

文部科学省からの委託を受けて実施した「原子力発電施設等放射線業務従事者等に係わる疫学調査」の成果の一環として作成されたため、非売品であり、入手しにくいということである。これは第1版なので、第2版が刊行される際には市販される事を期待したい。興味のお有りの方は下記まで問い合わせられることをお勧めする。

環境放射線影響研究グループ 坂内 忠明



問い合わせ先

〒101-0044 東京都千代田区鍛冶町 1-9-16 丸石第2ビル
(財)放射線影響協会 国際情報調査室 黒瀧克己
(電話: 03-5295-1484、Eメール: kurotaki@rea.or.jp)

戦後青春の雑誌「世代」のこと

市川龍資

太平洋戦争の終わった直後の昭和21年から28年までの短い年月ではあったが存在した「世代」という雑誌を知っている人は少ないであろう。ほく自身も見たこともなく、長らくその存在したことすら知らなかった。

平成2年、福武書店から「旧制一高と雑誌『世代』の青春」（網代毅著）という本が出版されたのを知って入手し読んでみた。この本の著者の名前をよく記憶していて懐かしかったからである。網代毅（あみしろたけし）さんは文科生で、ほくは理科生だったが、旧制高校の寄宿寮で短い期間であったが同室に起居してよく知っていた。戦時下だったから、ともに射撃班という運動部に属していたのである。終戦と同時にこの部は消滅した。

本の内容は戦後間もなくの頃の時代の青春がよく描写されていて大変興味深いものだった。目黒書店の3階の部屋を借りて仲間が集まり雑誌をつくったという。創刊号の内容は次の通りであった。

「世代」に寄す 安倍 能成
 再建の為に 安倍 能成
 近代憲法への出発 佐藤 功
 文化と倫理 序 シュヴァイツァー・竹山 道雄訳
 精神の自由 ヴァレリイ・中村 光夫訳
 温庭均の金荃詞 中田 勇次郎
 群論と最近の幾何学（一） 矢野 健太郎
 CAMERA EYES マチネ・ポエティック
 再びなる帰来の日（詩） 網代 毅
 無花果（短歌） 太田 一郎
 脱毛の秋（創作） 矢牧 一宏

旧制高校の教養主義のよく現われた内容構成である。「世代」の仲間は高校生、大学生或いはその少し上くらいのすべて若い人達だったからよく飲んで歩いたが、その中に神田神保町の「らんぼお」という酒房があり、無名時代の文学青年たちたとえば三島由紀夫も姿を見せていたところだった。この女給さんだったりエさんは「世代」の人達が残した未払いの代金をいつも給金からさし

引かれていたそうである。このリエさんが後に武田泰淳夫人となり、もの書きとなって田村俊子賞や女流文学賞を受けることになるが、そのようなことは誰一人として夢にも思わなかったそうである。武田泰淳がリエさんと本名百合子さんに求婚したのは「世代」の人達がこの店を溜り場にしていた時期のことで、彼はどういう訳か戸籍謄本を持ってきて口説いたという話がずっと後まで語り草になったという。

ほくは武田泰淳に会ったことはないが、その作品に興味を持ったことがあった。理由は武田泰淳の実兄である大島泰雄東大教授をよく知っていたからである。知っているといっても、ほくの方がはるかに後輩で、大島先生は、先だって放射線科学の随想欄に書いた放射能御三家の一人松山義夫先生と同時期に同じ学科に同僚として教授を勤めておられ、沿岸水生生物の増殖を専門にしておられたので、ほくもいつも職場などで顔を合せてよく存じ上げていたわけである。或るとき大島先生が武田泰淳の実兄であることを聞いて驚いたことを記憶している。苗字が違うのはどちらかが養子になったからである。

また、「世代」の人達は、ドストエフスキーその他のロシア文学の訳書で誰もが世話になっている米川正夫氏邸にもよく出入りしていたという。丹佳子夫人が教養が高く、包容力の大きい優れた女性で、これら若い人達に温情ある待遇をしてくれたからである。また、「ビルマの堅琴」の作者竹山道雄先生（ドイツ語を皆教わった）の紹介で、先生の令弟である建築学者竹山謙三郎氏邸で催される千代子夫人のパーティにも行ってダンスを楽しんだという。この集まりは竹山パーティと呼ばれて有名になったが、それは、ここに正田美智子さん（現皇后陛下）も参加しておられたからである。

あの頃の青春時代の一端を描いた上述の網代氏の本に拠って書いた。

ICHIKAWA RYUSHI（元放医研科学研究所研究官）

編集後記

今月号は、基盤技術センターが放医研の根幹を支える基盤技術を取り上げました。取り上げた内容は、放射線計測に始まり、安定した動物実験支援、加速器を用いた特殊な実験、研究者の安全な活動支援と全くまとまりがつかないものになってしまいました。これは、それほどセンターの基盤技術が多岐に渡っていることを示すものです。

特集を組むに当たり、20～30代の若い技術、研究者にも積極的に執筆に加わってもらいました。また基盤技術にも目を向ける機会になればと期待しています。本特集は、センターに関わりの深いトピック的なものを記事として紹介したが、ページ数の関係で取り上げられなかった最先端の研究を支える技術が、放医研にはまだまだあります、これらは別の機会にでも取り上げて行きたいです。

次号予告

〈最近の成果〉「Microdosimetryによる重粒子線の測定」

加瀬 優紀 重粒子医科学センター

〈最近の成果〉「放医研で繁殖しているSPF近交系マウスの解剖学的特性」

早尾 辰雄 基盤技術センター

〈編集委員会〉

委員長	酒井 一夫	金澤 光隆	石井 伸昌
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	
	加藤 博敏		
事務局	近江谷敏信		

放射線科学

第50巻第8号

2007年8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

（禁無断転載）



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