



Photo H.fukuda

Index

「原子力の日」に思う	
－地球温暖化と原子力の新たな時代へ向かって－	田中 俊一 1
放射線に興味を持たせる理科教育とは	
－先ず教員が放射線に興味を持つことから始まる－	松沢 孝男 3
〔施設紹介〕	
（財）環境科学技術研究所 先端分子生物科学研究センターについて	松本 恒弥 8
「新潟地震とIAEA」	町 末男 13
五感に訴えない放射線のニュースをオオトリの六感で捉えるカレント・トピックス	
災害時の科学情報	
－中越沖地震に襲われた原発に対する首相の感想への感想－	鴻 知己 13
初級放射線教育講座⑦	
「測定器の種類と特徴」	佐々木慎一 14
〔加藤和明の放射線一口講義〕	
二分法	加藤 和明 18
〔サービス部門からのお知らせ〕	
空港で預ける手荷物とガラスバッジ	19

●「原子力の日」に思う

—地球温暖化と
原子力の新たな
時代へ向かって—



田中 俊一*

10月26日は、1963年（昭和38年）に我が国が動力用試験炉（JPDR）によって原子力による発電に成功したことを記念して定められた原子力の日です。その時の出力は2.4MWと微々たるものですが、エネルギー源を求めて戦争に突入し、大きな犠牲を払った戦後日本の悲願ともいえるべき国産エネルギーを確保する途への第一歩を踏み出し、その後の原子力発電の発展に果たした歴史的役割の大きさは測り知れないものがあります。以来44年、準国産エネルギーとして現在の我が国の原子力発電は55基、49.6GW、電力量の約3分の1、エネルギー総量の約14%程度まで担うまでに至っています。そして2007年、今年是我が国の原子力の歴史において大きな節目の年になるのではないかとの予感がします。

本年2月から5月にかけて気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第4次評価報告書が公表され、急激に拡大する国際経済とそれに伴うエネルギー需要のもとで、地球温暖化対策は国際社会が協働で取り組まなければならない喫緊の課題であることが示されました。この一連のIPCCの報告を受け、6月のハイリンゲンダムG8サミットで地球温暖化対策は人類の主要な挑戦の一つであり、自然循環と世界経済に悪影響を与え得る気候変動については緊急に協調的な行動が必要であると、2050年までに地球規模での温暖化ガスの排出を少な

くとも半減させることを真剣に検討するという議長総括がまとめられました。

温暖化緩和策に関する国際的な基本的合意は、IPCC第4次評価の第3作業部会の報告にまとめられています。第3作業部会は温暖化ガスの削減に有用とされる技術について、現在利用できる技術と2030年までに実用化できる技術をエネルギー、運輸、建築、産業、農業、林業・森林、廃棄物の7つの部門に分けて提示し、エネルギー供給に関する温暖化緩和方策の一つとして原子力エネルギーの利用をIPCCの公式報告として初めて明記しました。その中では、既存技術としての原子力エネルギー利用技術に加えて、2030年までに市場化されることが期待される技術として先進的原子力エネルギー利用技術が位置づけられ、全発電量に対する原子力発電の割合を2005年の16%から2030年には18%にするとされています。国際エネルギー機関（IEA）の2006年版によれば、電力供給量がこの間に約2倍になることから、2030年で18%の目標を達成することは、現在の総発電量390GW（429基）を約880GWまで拡大することを意味しています。云いかえれば、今後25年以内に世界中で540基程度の原子力発電所を新設するという勘定になります。

第3作業部会の報告では明示されていませんが、温暖化緩和に貢献できる原子力技術はエネルギー部門に限ったものではありません。例えば、輸送部門の重要課題の一つとしてハイブリッド自動車等の開発が挙げられています。そこでは、中性子ドーピング（NDT）による大口径半導体シリコンが利用されます。農業部門では、穀物の収穫向上のための病害虫耐性植物資源の開発、肥料の開発、土壌改良剤の開発、それに食物の保存技術などが課題とされていますが、これらに関連した技術や材料が放射線を利用して開発され、実用化されていま

*Shunichi TANAKA 原子力委員会 委員長代理

● 原子力の日に思う

す。水素利用は未だ実用化できる周辺技術が整っていませんが、水素社会の実現は地球温暖化対策としては極めて重要な課題です。この分野では、高温ガス炉を利用した水を原料とする水素の大量製造、水素社会のキーテクノロジーである燃料電池にかかる触媒や電池膜の開発、水素・水の挙動を可視する中性子ラジオグラフィの応用など、原子力が関係し、かつ極めて重要な貢献ができる課題は少なくありません。

地球温暖化は既に議論の時を過ぎつつあるといわれ、国際社会には早急に可能な対策に取り組むことが求められています。それは、既存の技術の活用とその上に立っての温暖化対策に係る技術革新を地球人として国際協働作業として取り組むことにあります。しかし、グローバル化した競争経済のメカニズムの下で地球温暖化対策に実効的な国際協働メカニズムを如何に機能させるかは、相当に難しい挑戦でもあります。京都議定書の枠組みに参加しない国、参加しても約束が果たせない国々という現実をみると、地球温暖化への取り組みは、市場という本能と国際協働という理性を両立させるというこれまで人類が経験したことのない新たな価値観の創造、即ち、新たなパラダイム創出への挑戦といってもよいかも知れません。

地球温暖化対策としての原子力への期待値は、原子力界から見れば極めて大きなもので、これに応えるのはそう容易ではありません。安全性、放射性廃棄物、核不拡散に関する懸念や技術基盤の不足、建設期間の長期化、コスト高等々の数多くの難しい課題も提示されています。地球温暖化の緩和に原子力がどれだけ貢献できるかは、原子力界がこれらの様々な不安や懸念を克服し、国際社会が原子力を受け入れられる環境を構築できるかに大きく依存しているように思います。

我が国の原子力の研究、開発、利用は、これまで日本のエネルギーの安定確保を中心に進められてきました。しかし、今後はエネルギー供給に加えて地球温暖化対策としての原子力利用を念頭において国際的な視野をもって原子力の研究、開発、利用を考えなければならない時代に入ったように思います。国際社会の共通の課題となった地球温暖化に貢献できるかどうかで、原子力の将来が大きく左右されることは想像に難くありません。2012年の京都議定書の約束、2030年までのIPCCの温暖化緩和策、そして2050年の炭酸ガス排出量の半減といったそれぞれの目標に対して、原子力の貢献が目に見えるかどうか問われています。

2007年は、地球温暖化問題が主要テーマとなる2008年洞爺湖サミットに向けての準備の年であり、我が国の原子力研究、開発、利用が国際的な視野をもって、エネルギー供給に加えて、地球温暖化対策に貢献することを目指して大きく飛躍するための足場を築く、原子力利用の新たな歴史を拓く重要な節目の年になるものと思われま

プロフィール

1967年東北大学工学部原子核工学科卒業、同年日本原子力研究所に入所。遮蔽研究室でガンマ線、中性子の遮蔽実験や遮蔽計算コードの開発に従事。この間、ガンマ線ビルドアップ係数の評価、放射線測定器の研究、FNS加速器の建設とd-T中性子実験、TIARA、KEK-PFでの実験など、東海研究所を本拠に様々な放射線を求めて流浪。

1995年に企画室に異動、その後東海研究所長、副理事長として専ら研究所の運営に従事。2005年10月の統合後は特別顧問、昨年末で原研時代から約40年の研究所生活を終了、本年1月から原子力委員。

原研での最後の思いでは、KEKとの共同プロジェクトJ-PARCの立ち上げで、現在はJ-PARCアリーナで中性子、中間子、ニュートリノなどの量子ビームが勇躍する姿を想像し、J-PARCの完成を楽しみにしている。

放射線に興味を持たせる 理科教育とは

— 先ず教員が放射線に興味を持つことから始まる —



松沢 孝男*

1. はじめに

原子力立地県の茨城県で、理科教育の中で放射線を扱うことは気苦労が多いのだろうと推察する。本県の学校教育の場では他所（原子力に関係の無い地域）と同程度か、むしろ他所以上に抑制的に行なっているのではないかという気がする。

それが端的に現れたのは平成11年（1999年）9月30日の東海村のJCO社の臨界事故の際の理科教員の行動であった。

当日、現場周辺の放射線強度のデータが全く報道されず、東海村近隣の市町村の住民はどのような対応を取ってよいか判断できなかった。この際、日ごろ学校で理科、化学、物理等の授業で放射線の性質等を教えている理科教員が、せめて自校の校庭あるいは教室の放射線強度（線量率）を測り、平時の値と比べて相互に連絡しあっておれば、あのような馬鹿げた空騒ぎ・風評被害は生じなかったはずである。

後日、茨城県内の高等学校の理科（主として物理）の教員と集まったときこのことを話し事故当日の各理科教員の行動を聞いてみたが、自分で放射線の測定を行ったという教員に出会わなかった（高校、高専、大学とも）。教壇に立って放射線について教えることと、緊急時、自分の身のまわりの放射線の量を測り、自分の知識・技術を

生かすことは、当地の理科教員の感覚の中では全く別のことと認識されていたらしい。

放射線は、通常は五感では分からず、放射線計測機器で測る必要がある。ところが、当日、茨城県の理科教員は自己の専門性を発揮せず、ただ電話等で無意味な実測データに基づかない情報の交換（おしゃべり）を楽しんでいたらしい。

筆者はJCO社の臨界事故の前年12月葉山で開催されたISRE'98（国際放射線教育シンポジウム）に参加する機会があった。ハンガリーの物理学会の会長 Marx、同国の高校の物理教員会の会長の Toth の講演を聴いた。旧ソ連のチェルノブイリ原発事故の際、ハンガリーの国土の汚染地図を作成したのは高校の理科教員であったとのことであった。汚染の定量的な情報があつたため同国では無用の人工妊娠中絶を防ぐことができたという。もし将来日本で同様な原子力災害が生じたら、同じことをしようと心に決めている。

放射線測定器で線量率あるいは計数率を実際に測って、平常時の値と比べるだけで、大雑把な姿勢判断は可能である。筆者は臨界事故の当日、JCO社の事故のニュース報道の直後に、サーベーターで勤務校の教室および校庭の γ 線の空間線量率の測定を行い平時と変わらないことを確認し、学校

*Takao MATSUZAWA 茨城工業高等専門学校 自然科学科 准教授

および生徒に伝え、更に、事故現場周辺の放射線の状況を把握するため、国道6号線に沿って空間線量率の測定を行なった。ひたちなか市内では放射線の増加を検知できず、東海村のJCO社のすぐ近くになって初めて僅かに空間線量率の増加を検知した。道路(国道6号線)は交通規制がなく平常どおりの交通量であった。ただし、JCO社直近の「二軒茶屋交差点」ではRIの管理区域を指定する程度の(20 μ Sv/h)の γ 線の線量率であった。中性子の線量は考慮していない。このときn/ γ 比は概算で約10と考えていた。この交差点でも国道6号線は交通規制が無く通常どおりの交通量であった。放射線マークや警告の掲示も無く不思議な気がした。

私が今までに個人的に扱った放射線は、

- (1) 屋内ラドン濃度(ポリカーボネートCR-39をSSTDとする測定)
- (2) JCO社の臨界事故時の環境放射線強度の測定
- (3) 太陽のフレアを電気ノイズ(信号)として捉える。(非電離放射線)
- (4) 航空機内および高山の自然放射線(2次宇宙線)

と、いずれも、線源の原価ゼロの放射線の簡易測定である。

本報告では、(4)の航空機内および高山の自然放射線(2次宇宙線)に絞り事例紹介とする。

2. 航空機内の自然放射線(2次宇宙線)

2-1. 方法

飛行機内では、機長に許可を取り、成田-北京、上海-成田および、成田-ウィーン、成田-ニュージーランド、成田-オーストラリア間について「はかるくん」を用いて線量率、線量を調べた。上海-成田便ではGM管によってカウント数(計数率)を測定した。「はかるくん」

は放射線計測協会から借用したものである。シンチレーション検出器の種類はCsI(Tl)で、感度・計数効率 0.01 [μ Sv/h]において 10 [cpm]以上、エネルギー範囲は 150 [keV] ~ 3 [MeV]の検出器である。

成田からウィーンまでは、「はかるくん」とGM管で計測を行った。上海-成田航路ではGM管のカウント数(計数率)を測定しただけに過ぎなかったが、成田-ウィーンの航路では「はかるくん」で一応線量率を測定することができた(Cs-137換算)。

さらに、学校の海外語学研修の際、学生や付き添いの教員が成田-オーストラリア、成田-ニュージーランド間の「はかるくん」による測定を行った。測定データは横軸に飛行時間、縦軸に線量率をとり、グラフを書いて面積を求める(図1-図3)。その面積は、飛行時間中に浴びた放射線の総線量に相当する。

2-2. 結果

上海から成田までのGM管による測定結果を図1に示す。成田からウィーンまでの「はかるくん」とGM管による測定結果を図2に示す。図2を見ると、「はかるくん」とGM管での測定値は正比例している(エネルギー補償をしていないため)。横軸に飛行時間、縦軸に線量率をとり、グラフを書いて面積を求める(図1-図3)。その面積は、飛行時間中に浴びた放射線の総線量に相当する。離着陸時いったん線量率が下がり再び増加する現象も実測できた。成田空港から北半球のオーストラリア(ウィーン)までの線量は 2.96 [μ Sv]、成田から南半球のニュージーランドまでの線量は 1.20 [μ Sv]だった。どの観測データも、離着陸時の線量率の極小が観測されていて、良好な測定が行われたと思われる。

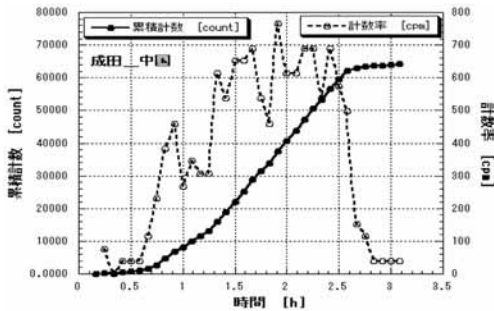


図1 GM管の計数率の時間変化(中国：上海ー成田)

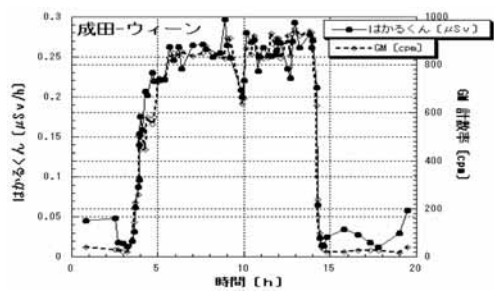


図2 線量率の時間変化(成田ーオーストリア：ウィーン) (「はかるくん」とGM管)

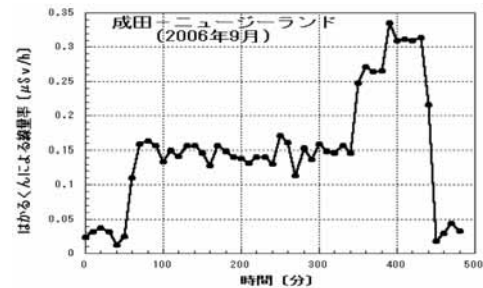


図3 線量率の時間変化(成田ーニュージーランド) (「はかるくん」で測定)

2-3. 専門家のプログラムとの比較検討および、「はかるくん」による航路線量の測定値が専門家の予測計算の30分の1になった理由

これら距離も方位も時期も全く違う「はかるくん」での実測結果を、どのように整理すればよいのか考え、これらの結果を線

量率で考えると整理しやすいことに気がついた。

この値にどのような意味があるのか、専門家の線量評価プログラムと比較を試みた。そんな折ちょうど、放射線医学総合研究所の保田浩志氏が開発したプログラム「航空線量計算システム (JISCARD)」[1]がウェブで公開された(詳細は本誌9月号[2]をご覧ください)。さっそくJISCARDを用いて、東京から上海、ウィーン、オーストラリア、ニュージーランド間を飛行線量プログラムで計算した線量の値と私たちの測定結果を比べたが、JISCARDのほうが、私たちの「はかるくん」での実測値より20倍~30倍高い線量となり、結果が全く合わない。保田氏のプログラムの基であるFAA(米国連邦航空局：Federal Aviation Administration)のCARI-6[3]で東京ー上海、ウィーン、オーストラリア、ニュージーランド間の計算も試みた。しかしCARI-6で計算しても、「はかるくん」の測定より20倍~30倍高い線量と計算されたため、その理由を考察した。

2-4. 結果、考察

「はかるくん」による測定値と、専門家による線量評価の大幅な開きは、「はかるくん」の検出感度のエネルギー特性が、低エネルギーの0.662 [MeV] (Cs-137)のγ線による1点補正でなされているからだと考えられる。高エネルギーでの検出効率が悪ければ、表示値の数倍の被ばくがあると考えられる。さらに、巡航高度での放射線の主成分である中性子の検出がγ線検出器では原理的に不可能なため、仮に別の高級なγ線検知器(エネルギー補償型)を使用したとしても、全放射線線量はそのγ線測定器の表示値の4倍以上になってしまう(図4)。

これにより「はかるくん」による実測値

と、専門家の計算による航路線量の20～30倍も開いた原因がほぼ理解できた。すなわち、**図4**の「総線量率/(光子+電子)の値(図の右側の目盛り)」を読めば、線量値の何倍かが自分が浴びる総線量となるので、巡航高度がわかれば、「はかるくん」の測定の数値(感度のエネルギー依存性を補正した線量値)から中性子を含む全線量を推定できることになる。

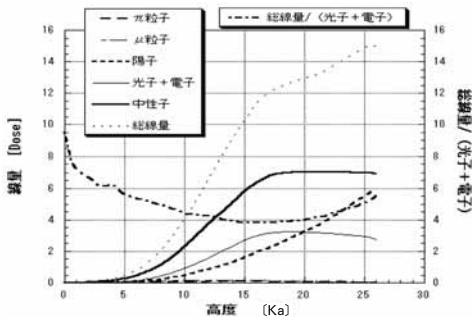


図4 中性子、光子+電子、陽子の線量率と「線量率の総和/(光子+電子)」[2]より計算

「はかるくん」による実際の測定と、線量評価プログラムの近似計算の開発で2次宇宙線の存在がより身近なものになった上、放射線を通して宇宙を見る楽しみを知った。

3. 富士山頂でのγ線、ミューオンの測定

3-1. 方法

2次宇宙線を文献[1、4]で調べてみると、航空機の巡航高度における放射線の主成分が、中性子およびミューオンだということがわかった。そこで2006年8月11日、12日に日本最高峰の富士山山頂まで登山し、空気の薄い富士山山頂で線量率の高度依存性を測定した。「はかるくん」と、ミューオンを測定できる機器(GM管2台をAND回路でつないだもの)を持って登山した。測定器は学生が使うものでごく簡便で安価なもの(RM-80、Aware社製)を用いた。

3-2. 結果

「はかるくん」で測定した線量率の高度変化の結果を次に示す(**図5**)。

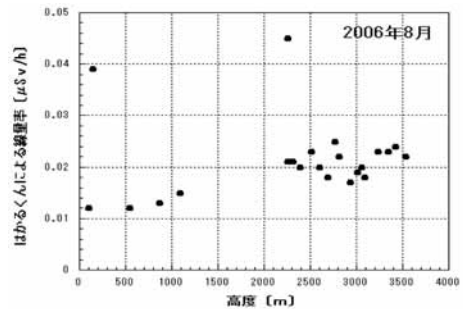


図5 線量率の高度変化(富士山、2006年8月)

この結果をみると、高度が上がるにつれて「はかるくん」の線量率も増加の傾向にあるように読み取れる。まだデータにばらつきがあり、整理することが困難である。平地に比べ、富士山山頂のミューオンの計数率は約1.7倍に上昇した。文献[1、4]の予測値と同じであった。

4. 平地におけるミューオンの測定

4.1. 方法

GM管(RM-80)を2台重ね、夫々の出力をAND回路(C-Box)につなぎ簡易型の同時計測回路とした。同時と感じる時間幅(窓)は50[μs]である。

この測定器で検知できる放射線を宇宙線と想定し実験を行った。

4.2. 結果

測定している放射線が、宇宙線であることの確認のため、装置を天頂に対し傾け、入射放射線の計数率の変化を調べた。遮蔽の鉛の厚さは1mmにした。測定結果を**図6**に示す。 $\cos^2 \theta$ に対する計数率の値がほぼ直線に乗り、 $\cos^2 \theta$ 則に対応している。 θ は天頂角である。

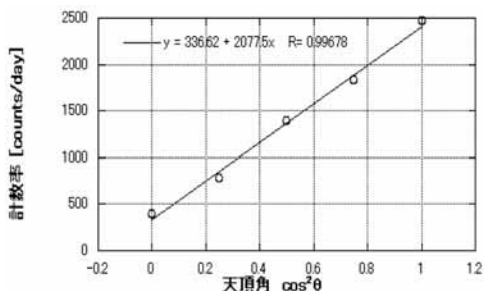


図6 計数率の天頂角依存性 $\cos^2\theta$ プロット

以上の結果により、簡易測定ながら宇宙線を捕捉しているらしいと判断した。

2次宇宙線の中性子については、 ^3He 比例計数管を用いポリエチレンのまな板をモデレータとした測定の予備実験をはじめた段階である。

5. おわりに

事の始めは遊び半分で飛行機に乗って放射線を測ってみただけだったが、高所の放射線の測定の重要性や難しさが徐々に分かってきた。

私たちの身近には自然放射線があり、その一つに宇宙線（特に2次宇宙線）がある。高エネルギーの1次宇宙線粒子は、空気の原子核と核破砕反応という核反応を起こし、中性子、陽子、 π 中間子、K中間子、ミューオン、ニュートリノなどの2次粒子を生む。これらの2次宇宙線の一部を簡便な装置で捕捉できたような気がする。

これらの事実を簡便な装置を使って楽しみながら確認することで、学生の自然科学への興味を高められないかと考えている[5]。更にいえば、放射線に対し腰の引けた教師より、生徒・学生に期待している。

6. 参考文献

- [1] JISCARD：放射線医学総合研究所。
<http://www.nirs.go.jp/research/jiscard/index.shtml>
- [2] 保田浩志、航空機での宇宙線被ばく

線量を計算する「JISCARD」、FB News 369,1-5, 2007.

- [3] CARI-6 (FAA、米国連邦航空局)、
<http://jag.cami.jccbi.gov/cariprofile.asp>
- [4] 早川幸男、宇宙線、筑摩書房 (1972) および小田実ら編、宇宙線物理学、共立出版 (1983) .
- [5] 松沢孝男ほか、身のまわりの放射線の測定の試行、－航空機、富士山、2次宇宙線、北朝鮮の核実験一、茨城工業高等専門学校研究彙報、第42号 (平成19年3月) pp.45-52.

☆ プロフィール ☆

1969年3月京都大学理学部化学科（金属物性学講座）卒業。1974年3月京都大学大学院理学研究科博士課程修了（固体化学）。1977年3月京都大学理学博士（磁性）。1974年4月より東北大学金属材料研究所材料照射部門助手。矢島聖使教授らの炭化ケイ素（SiC）繊維の開発に携わる。放射線取扱主任者。放射線管理室長。1987年3月東北大学金属材料研究所附属材料試験利用施設助教授。1987年4月茨城工業高等専門学校一般科目助教授（物理）。劣悪な研究環境の中で素人が素手で何ができるかに挑戦することに果敢に喜びを見出そうとしている。無尽蔵の自然放射線は最適な研究対象になる。放射線取扱主任者。ラジオ部顧問。アマチュア無線のコールサインはJM1CML。

E-mail : matsuzaw@ge.ibaraki-ct.ac.jp



(財)環境科学技術研究所 先端分子生物科学研究センターについて



松本 恒弥*

1. 初めに

財団法人環境科学技術研究所では、青森県六ヶ所村にある大型再処理施設の操業により環境中に放出される微量の放射性物質（放射線）の生物に与える影響を実験的・実証的に調査することを事業目的の一つにしている。この目的を達成するために、当研究所では低線量率で低線量の放射線がマウスの寿命に及ぼす影響について、研究を平成7年度から実施してきた。

その結果、六ヶ所村における自然放射線量（ラドンを除く）の20倍程度の放射線量であれば寿命にほとんど影響を及ぼさないことを明らかにした。このような結果を人に当てはめるには、低線量放射線の影響が現れる機構を分子レベルから解明し、それに基づいて人への影響を推定する研究が必要となる。

このため、本研究所は、平成14年から上記研究を実施する施設として、青森県六ヶ所村鷹架地区に先端分子生物科学研究センター（Advanced Molecular Bio-Sciences Research Center, AMBIC）の建設に着手した。まず平成16年9月末に第1研究棟を完成させ、平成17年度から本施設において本格的に研究を開始した。さらに、平成17年からは第1研究棟に隣接して第2研究棟の建設を開始し、平成19年度末をもって本センターの整備を終了する予定である（図1）。第2研究棟は現在整備中であるので、本稿では第1研究棟を中心に述べることにする。

2. 設計にあたり

AMBICの設計にあたり、我々は、以下の5項目を設計方針とした。

①施設は、その利用目的を達成するために機能的な意匠・構造とするとともに経済性を十分に考慮する。

②立地条件（寒冷、多雪、強風、孤立、豊かな自然等）を十分に考慮し、周辺環境との調和を

図る。

③放射線安全はもとより一般的な安全も十分に確保する。

④建設費のみならずランニングコストの低減にも配慮する。

⑤効率的で利便性に優れた研究区域・室配置とするとともに将来計画にも柔軟に対応できるものとする。

この施設で行う研究は、主として実験動物に低線量率放射線を長期間照射し、その影響を分子、細胞、臓器、個体レベルで解析するものである。そのために必要な施設・設備として、第1研究棟には、

①実験動物（遺伝子改変動物を含む）を衛生的に長期間飼育することが可能な飼育室、

②低線量率のカンマ線を連続的に動物等に照射するための施設、

③陽性対照群を作成するための高線量率急照射装置室、

④培養細胞の取り扱いが可能な生物実験室、

⑤遺伝子組換え操作を行うことが可能な実験室、

⑥トレーサーレベルの非密封RIを用いた生物実験が可能な区域、

を確保することとした。

第2研究棟には、第1研究棟で整備することができなかった、

①中線量率のガンマ線を連続して実験動物や培養細胞に照射するための施設、

②普通環境下で実験動物（遺伝子改変動物を含む）を作製・飼育するための施設、

③病理学実験室、免疫実験室、発生工学実験室等、を整備することとした。

また、第1・第2研究棟とも、敷地の広さ、風雪等の自然条件、経済性等を考慮し階層構造は低層（2階建て）とし、放射線の遮蔽が必要で大きな重量となる各種照射室や非密封RI実験室、微生物学的なコントロールを必要とする

*Tsuneya MATSUMOTO 環境科学技術研究所 理事

動物飼育室、実験資材等の受入・搬出ドック等は1階に配置し、実験室エリアや研究員居室等は2階に配置することとした。さらに、飼育室等の結露対策や配管路の確保のために地下を全面ピットとするとともにフィルタ交換や配管メンテナンスが容易に行えるように、1階と2階の間にインターステイシャルスペースを設けることとした。

機械室は、同一建屋内に設けるが、振動や騒音による実験機器や実験動物への影響を抑えるため、床スラブを実験・飼育区域から分離させるとともに振動が大きい冷凍機は屋外に設置することとした。空調系は、運転時間、室内環境条件、清浄度等を考慮していくつかの系統に区分することとした。動物飼育室系統は全外気による全空気空調システムとするとともに、空調機は、フィルター、送排風機を含め50%能力のものを2基設置し、故障時にも50%の風量を確保することとした。

敷地内施設配置としては、連結廊下で結合した第1及び第2研究棟を中央部に配し、周辺に付属施設として非常用発電設備、浄化槽を含む排水処理施設、有機廃物（糞尿で汚れた動物床敷等）処理施設、危険物倉庫、受水槽等を配置することとした。

3. 研究棟の内容

第1研究棟は、建築面積3,170㎡、延べ床面積約5,800㎡（1階2,840㎡、2階2,590㎡、付属棟等370㎡）、第2研究棟は、建築面積720㎡、延べ床面積1,378㎡（1階716㎡、2階600㎡、その他62㎡）であり、構造は両棟とも鉄骨・一部鉄筋コンクリート造りである。1階及び2階の平面図を図2に示した。

(1)実験動物飼育区域について

我々は、第1研究棟で行う動物実験の大部分はSPF（Specific Pathogen Free、特定の病原体を持たない）マウスを用いSPF区域（バリア区域と呼ばれる）で行うこととし、そのために必要な飼育室、照射室を含む実験処置室等をバリア区域内に設けることとした。SPFマウスは信頼できる動物生産業者から購入するが、購入後マウスはロットごとに一度検疫室に搬入され2週間の検疫によりSPFであることが確認されたものだけをSPF区域に搬入し、実験に使用することとした。このため、検疫室はSPF区域に隣接させ、SPF環境ではあるが物理的にSPF区域から隔離された構造とした。

第1研究棟には、ここで行われる実験を考慮し、SPF動物飼育区域のほかに普通動物（コンベンショナル動物、CV動物）の飼育室や病原体に汚染された動物を飼育することができる隔離動物室も設けることとした。なお、第2研



先端分子生物科学研究センター 1階 平面図



先端分子生物科学研究センター 2階 平面図

図2 先端分子生物科学研究センター1階及び2階 平面図

究棟では、飼育期間が相対的に短い動物実験が主に行われるため、動物飼育室は使い勝手を優先し普通動物飼育室のみとした。

前述の動物室は、全て日本実験動物学会が定めた温湿度等の飼育環境基準を満たすように設計

されてはいるが、微生物学的あるいは空調換気設備計画画では、まったく異なった性格を有している。

①SPF 動物室は、微生物学的な清浄度を維持するため、外部からの病原体（細菌やウイルス等）進入を防ぐ設計としなければならない。このため、室内を陽圧にするとともに供給する空気はHEPAフィルターにより病原微生物を除去したものとした。また、ドアは機密性のものとし開閉による気流の乱れを考慮して前室を設けた。我々の施設では、実験上の理由でバリア区域内に動物室を8室設け、SPF廊下（クリーンコリダー）でこれらを繋いだ。一般区域からバリア区域内への立ち入りは、脱衣室、着衣室を介しクリーンコリダーに入ることとなる。動物室が病原体により汚染されたとしてもそれが他室に伝播しないようにするため、バリア区域内の気圧を図3のように設定した。すなわち、クリーンコリダーに吹き出された空気は着衣室、脱衣室を介して区域外に排出されるとともに、SPF動物室前室に流れ込み、そこから区域外に排出される。また、SPF動物室に吹き出された清浄空気は、前室もしくはセミクリーンコリダーを介して区域外に排出されることとなる。常時差圧コントロールが必要な場所には、微差圧ダンパーを設けるとともに微差圧発信器を取り付け、中央監視室で監視できるようにした。

②検疫室は、SPF であるとして購入した動物を検疫するために飼育する所であり、ここはSPF動物室と同じ空調条件を備えているだけでは不十分で、検疫期間中に病原体汚染動物が発見される可能性を考慮して、病原体が検疫室から他の区域に漏出しないように配慮する必要がある。このため、検疫室は室圧を含めSPF動物室とまったく同じ空調等の条件とするとともに排気系にHEPAフィルターを取り付けた特殊な陰圧動物飼育棚を設置した。検疫によりSPFであることが確認された動物は、パスボックスを介してSPF区域に搬入される。

③CV動物室は、比較的簡単手順で入退室や飼育管理ができることを優先させるため、SPF動物室ほど厳密な微生物コントロールを必要としない。しかし、病原体の侵入は好ましいことではないため、空気はHEPAフィルターで除菌したものを供給し、室圧と気流は図4のようにした。

④隔離動物室は、病原体に汚染された、あるいは汚染された可能性のある動物を飼育するために設けた。近年、国内外で遺伝子を改変した動物が続々と開発されている。これらの動物は、しばしば弱い病原体に汚染されていることがあるが、実験のためにやむを得ずAMBICに導入しなければならない場合がある。また、年を単位とするような長期実験等では動物が病原体に汚染しても実験を中止することが難しい場合がある。このため、隔離動物室は、病原体を区域内に封じ込める構造とした。すなわち、飼育室は陰圧にするとともに排気HEPAフィ

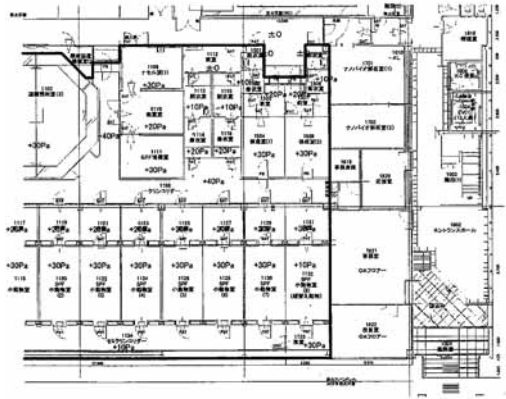


図3 第1研究棟 SPF 区域内の気圧と気流方向
(太線はSPE区域境界)

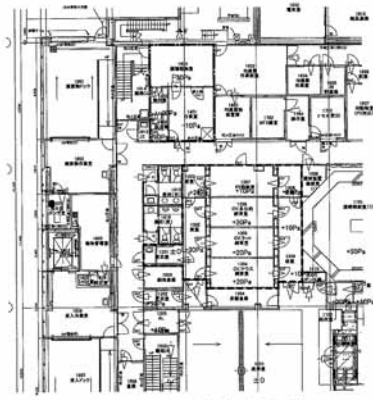


図4 第1研究棟 CV動物区域及び隔離動物区域の気圧と気流方向
(破線はCV動物境界、一点鎖線は隔離動物区域境界)

ルターを取り付けた陰圧動物飼育棚を室内に設置した。また、ここでの動物飼育に用いた資機材はパスボックスを介し作業室に搬出し、そこで殺菌処理をしたのち洗浄室に運び込むこととした(図4)。

⑤遺伝子組換え動物室は、組換え遺伝子を区域内に封じ込めることを目的としている。我々は、平成16年2月のいわゆる「遺伝子組換え生物等規制法」の制定により、放射線生物影響研究で使用される遺伝子組換え動物の大部分はP1レベルの飼育室で飼育が可能であると考えている。このため、SPF、検疫、CV、隔離の各動物室および動物を長期間飼育し照射する連続照射室の入り口には、ネズミ返しを設け、組換え動物(P1)の飼育が行えるようにした。しかし、P2レベルの組換え動物実験の可能性を考慮し、SPF区域及びCV区域に前室と後室を備えた組換え動物室を特別に設けた。いずれの動物室も、一般区域よりは陽圧であ

るが前・後室よりは低い気圧にした(図3、図4)。

(2)照射装置と照射室

研究目的を達成するため、低線量率ガンマ線連続照射装置、高線量率ガンマ線急照射装置とこれらを設置するための部屋(照射室)、及び長期間にわたり培養細胞等に低線量率ガンマ線を照射しつづける装置と照射室を第1研究棟に設け、第2研究棟に中線量率ガンマ線連続照射装置(線量率可変照射装置)と照射室を設けた。

①ガンマ線連続照射室：マウスに長期間にわたって低線量率放射線を照射するための室として第1研究棟 SPF 動物区域内に同じ構造のものを2室設けた。線源が格納されている装置本体は照射室中央に置かれ、照射時には、線源が押し上げられ、360度方向にガンマ線が照射される。放射線遮蔽のため、この部屋の壁、天井、床は、十分な厚さの鉄筋コンクリートとした。また、コンクリート壁を貫通する空調ダクト部等については、ここで放射線遮蔽に破綻をきたすことのないように特別な遮蔽対策を施した。本体を取り囲んで目的線量率となる位置に照射用ラックが円形に配置される(図5)。操作はRI管理室におかれた操作盤で行うようになっている。この部屋の空調条件は、SPF動物室と同じである。

線源はCs-137、照射室1には1480 GBqと3.7 GBqの密封2線源が、照射室2には740 GBqと74 GBqの線源が格納されている。これにより、日線量率で1 mGy、20 mGy、200 mGy、400 mGyの照射を行う計画である。なお、照射用ラックとして、放射線透過性や散乱を考慮してポリカーボネイト製のものを新たに開発した。

②ガンマシミュレータ室：低線量率ガンマ線を長期間にわたり一定の線量率で培養細胞やCV動物に照射するための施設としてCV区域に設けた。本装置は、前記連続照射装置と異なり、照射室の端に照射装置が設置され、放射線は反対側にむけて水平に照射される構造になっている。線源はCs-137で、1110 GBq、111 GBq、11.1 GBqの3線源が装置本体に格納されている。照射側の床にはレールが敷設され、その上にインキュベーターや動物ケージを載せた移動台車が置かれる構造となっている(図6)。レールの横の床にはインキュベーター用としてCO₂ガスコックを一定間隔で設置した。CO₂ガスは屋外ガスボンベから配管される。照射操作や台車の移動はRI管理室におかれた操作盤で行うようになっている。

③高線量率ガンマ線照射装置室：高線量率急照射用としてカナダMDS Nordion社製のガンマセル40イグザクターを2台(SPF区域用とCV区域用)購入し、据付けた。本装置は、それ自体が放射線遮蔽容器になっているため、設置する部屋の放射線遮蔽は特に必要ないが、m²当たり3t以上の重量物であるため、設置場所の床には特別に



図5 ガンマ線連続照射室(線源は¹³⁷Cs)中央が照射装置(照射時は装置上部の突起部分に線源が上昇)線源を取り囲みポリカーボネイト製動物照射用棚を配置



図6 ガンマシミュレータ室内部手前が照射装置(線源格納容器)、その奥が細胞照射用インキュベータが3台、さらにその奥にインキュベータを乗せた移動台車が置かれている。放射線は格納器上部のコリメータ部から移動台車側に向けて照射される。

梁を入れて耐荷重を増している。

④線量率可変照射装置室：中線量率のガンマ線を比較的長期間にわたり培養細胞やCV動物に照射するための施設として第2研究棟に設けた。本室に設置する線量率可変型照射装置は、今年度整備が予定されており、照射室の端に照射装置が設置され、放射線は反対側に水平に照射される構造になっている。線源はCs-137で、7.4 TBqと0.74 TBqの2線源が装置内に格納される予定である。

(3)非密封RI区域

本区域の設計に当たっては、「放射線障害防止法」を遵守することを大前提に、トレーサーレベルのRIを使用した生物実験に必要な施設・設備を設けることとした(図2参照)。本区域の中にも遺伝子組換え実験(P2レベル)が行える実験室を設けた。非密封RI区域管理の原則は、区域外にRIが放出されないようにすることにあるが、遺伝子組換え実験では実験室外への組み換え体の漏出を

防止しなければならない。このため、組換え実験室では、部屋ごとに排気系に HEPA フィルターを取り付け、そのダクトを非密封 RI 区域排気ダクトに繋ぎこむことにした。

(4)放射線安全管理

前述したように、本センターには放射線照射室や非密封 RI 取り扱い区域等管理区域が大小併せて 7カ所存在する。これらの区域への出入り管理、敷地境界等の線量測定作業及び放射線取り扱い従事者の被ばく管理等障害防止法に基づく放射線安全管理業務や照射装置の操作作業は、第 1 研究棟 1 階の RI 管理室で、専任の作業員によって一元的に行なっている (図 7)。

(5)実験室、研究員室等

図 2 に示したように、第 1 研究棟の 2 階には種々の分子・細胞実験室や検査室を、第 2 研究棟の 2 階には病理・免疫実験室等を配置した。研究者が常時出入りする実験室は、ガラス窓を通して屋外の景色が見えるように、屋外に面して配置するように心がけ、FACS 室、FISH 室等照度調整が必要な実験室や細胞培養室、遺伝子解析室等を建家中央部に配置した。また、大腸菌実験室や酵母実験室には前室を設け室外への漏出を極力避けるように配慮した。さらに、本施設では比較的広くフリーザ室を確保するとともに細胞ストック室を設けた。

第 1、第 2 研究棟とも研究員室は、図書・資料室と合わせて建屋南面に大きな部屋を設け、その内部をローパーティションで仕切り、研究員 1 人当たり 2.2 m × 3.5 m の空間を配分し、床は OA フロアとした (図 8)。

4. 終わりに

本施設については、ここで説明した他にも、空調や衛生機械設備、動物飼育区域内の気圧管理や作業動線対策、快適な作業環境保持のための対策、動物を飼育することにより生ずる廃棄物の処理等々について様々な対策や工夫を行った。しかし、紙数にも限りがあるため、ここでは記述しなかった。

関心のある方は、ぜひ見学に来ていただきたい。

参考文献

- 1) S. TANAKA, I. B. TANAKA, III, S. SASAGA WA, K. ICHINOHE, T. TAKABATAKE, S. MATSUSITA, T. MATSUMOTO, H. OTSU and F. SATO : No lengthening of life span in mice continuously exposed to gamma rays at very low dose rates, *Radiat. Res.*, 160(3), 376-379 (2003).
- 2) I. B. Tanaka, III, S. Tanaka, K. Ichinohe, S. Matsushita, T. Matsumoto, H. Otsu, Y. Oghiso and F. Sato (2006) : Cause of death and neoplasia in mice continuously exposed to very low dose rates of gamma rays. *Radiat. Res.*, 167(4), 417-437 (2007).
- 3) 松本恒弥 : 財団法人環境科学技術研究所における



図 7 RI 管理室
作業員の全面に連続照射装置とガンマシミュレータの操作盤、各種監視盤が設置されている。



図 8 第 1 研究棟研究員室
奥の扉の向こうが実験室への廊下

先端分子生物科学研究センターについて、保健物理39巻3号、164-169、(2004)

- 4) 松本恒弥、江上基治、熊倉喜久 : 先端分子生物科学研究センターについて—第 1 研究棟の概要と施設内容 (特に空調に関する考え方)、クリーンテクノロジー、Vol.15 (No 5)、71-75、(2005)

✧ プロフィール ✧

昭和21年 岩手県盛岡市生まれ。
 昭和45年 岩手大学農学部卒業
 同 科学技術庁放射線医学総合研究所入所 一貫して実験動物に関する研究・開発業務に従事
 平成 6 年 勸環境科学技術研究所に
 平成 8 年 復職、放医研 実験動物開発・管理室長
 平成10年 放医研 企画室長
 平成13年 3月放医研退職、
 4月環境科学技術研究所
 特任相談役
 平成14年 環境研 生物影響研究部長
 平成16年 環境研 総務部長
 平成17年～ 理事

「新潟地震とIAEA」

前・原子力委員 町 末 男



M6.8の地震が新潟柏崎原子力発電所を襲って、その揺れで燃料を貯蔵しているプールの水が少量溢れ出て、その一部の僅か1.2リットルが非管理区域にもれ、海に放出された。常時イオン交換樹脂を使って清浄化している水であり、その放射能レベルは極めて低く、放出された量も微量なので、環境影響は無視できるほどのものである。

また、この地震によって、原子炉の運転は自動停止し、原子炉自体は損傷していない。

IAEAの専門家が、柏崎原子力発電所の地震の影響の調査に来るといので、メディアが関心を持ち、以前IAEAで働いていた筆者のところにも、IAEAの調査目的についてインタビューに来た。IAEAの役割は、「核兵器の拡散防止」する（保障措置）だけだと考えている

人が大部分のようだ。この役割はもちろん最も重要なものの一つだが、IAEAの「原子力の平和で安全な利用の促進」というもう一つの重要な役割が憲章にも明記されている。

今回の柏崎原子力発電所の調査もその役割の一環である。地震の影響を正確に知り、情報を共有し、原子力発電の安全の一層の向上に役立てようということである。昨日発表された調査報告によれば、地震による影響は予想より小さく、放射能の漏れについては環境への影響が出る量をはるかに下回る量であるというもので、日本の調査結果を裏付けることになった。

世界的に知られる原子力の専門機関であるIAEAのこのような報告によって、柏崎原子力発電所の風評被害も消えるであろうことを願う。
(07. 8月記)

五感に訴えない放射線のニュースをオオトリの六感で捉えるカレント・トピックス 災害時の科学情報

— 中越沖地震に襲われた原発に対する首相の感想への感想 —

鴻 知己

2007年07月16日に“中越沖”で起きた“想定外”の大規模地震により、東京電力の柏崎刈羽原発が大変な目にあっている。国家という生命体にとっての食料とも言うべき電気（電力）の安定供給体制に重大な“障り”が生じたという意味では国民皆にとっての“不幸”な事態である。矢面に立たざるを得ない東電社長のご苦労は察して余りあるものがある。

地震発生後、時間が経つにつれて、誰もが心配になるような情報が明るみに出てくる。17日の朝日新聞朝刊（東京本社13版）によると、「使用済み燃料プールの水が（隣の部屋にこぼれ）海に流れ出た」ことを知った安倍首相は「報告が遅い。こうした報告は正しく迅速に行うよう注意した」と語ったそうである（注意した相手が誰であるかは書かれていない）。筆者はこの感想に全面的に賛成することができない。“正しく”と“迅速に”は、物理学者のコトバで「相補的關係」、経済学者のコトバで「trade-offの關係」にあるからである。

事態の全容、被害の質・量両面での把握にはそれなりに時間が必要である。原発に関わる災害には放射線が関係するのが特徴的である。

そして、放射線に関わる量の測定・評価には時間がかかり、量の評価値の品質は、見た目には、事故や災害発生後の時間が経過するにつれて向上していく。ここで、情報の品質と言うのは、評価値の精度と確度を意味する。

現場でナマの情報を収集し、それを情報処理して“欲する知見”としての何がしかの量を推定することになるのだが、そのような仕事に当る人間の多くは、できるだけ、あるいは自らが満足できる程度まで高めた品質で“情報”を提出しようとする性向を持っている。加えて情報を公的なものとして外部へ出すとなると各上部階層でのチェックが行われるのでそれに要する時間も半端なものではない。JCO事故のとき、一般国民を含め多くの関係者が今か今かと待ちわびたのに、例えば（環境や住民の受けた）中性子の線量値がなかなか発表されなかったのはこのような事情によるものであった。緊急時の情報発信は、“品質の測度”をも併記して、時々刻々、迅速になされなければならないのである。安倍首相の言われた“正しく迅速に”はこのように解すべきである。

初級放射線教育講座⑦

「測定器の種類と特徴」



佐々木慎一*

放射線測定の実理は前回までの説明を参照していただき、ここでは測定器の種類と特徴について説明します。

1. 電離を利用する測定器

1.1 気体を用いた測定器

この範疇の測定器には、電離箱、比例計数管、ガイガーミュラー（GM）計数管等があります。電離によって生成する電荷量を知るには、 W 値を用いるのが便利です。 W 値は放射線によって1組の電子（2次電子）・陽イオン（イオン対）を生成するのに必要なエネルギー（eV）で、 $W=E/N$ （ E は放射線エネルギー（eV）、 N は平均生成イオン対数）と定義されます。例えば5 MeV α 線が1秒ごとに空気（ $W=35$ eV）に入射し吸収されると、入射毎の生成イオン対数は約14万個で、流れる電流は0.22 fAと微弱です。

(1)電離箱

最も基本的な電離箱は2枚の電極からなる平行平板型です。電極間を気体で満たし、一方の電極に電位を与え電場を形成し他方の電極で電荷を収集します。電子はイオンに比べて気体中を3桁程度速く移動し、これを用いれば放射線の入射に応じた早い信号を得ることができます。この方式を「パルス電離箱」といいます。ただし、空気等では、電子は酸素分子に付着して負イオンとなるため、この方法は使用できません。一般には、陽イオン及び電子（負イオン）

両方の誘導電流を微小電流計で平均電流として測定する「直流電離箱」が用いられます。この方法は空気の他ほとんどの気体に適用できます。直流電離箱は電離電流を精度良く直接測定できるため、照射線量や吸収線量の基本的な測定器として使用され、サーベイメータやポケット線量計等にも広く利用されます。電離箱は線源を内部に置いたり充填気体に放射性ガスを混入させることが可能で、その放射能測定にも利用されます。電離箱の構造は簡単ですが、微小電流を測定するため高絶縁材や電極配置の工夫等が必要で、後段の回路として複雑な増幅器や微小電流計が必要です。

(2)比例計数管

比例計数管は、円筒型電極（陰極）の中心線上に細い芯線を張り収集電極（陽極）とした構造のものが一般に使用されます（図1）。電圧を印加すると芯線近傍の電場強度が局所的に大きくなり、2次電子が大きなエネルギーで加速され気体分子をさらに電離し、生成する電子も電離を起こすようになります。この現象を「電子なだれ」といい、収集電荷数の増加を「ガス増幅」



図1 円筒型比例計数管の構造

*Shinichi SASAKI 高エネルギー加速器研究機構 放射線科学センター 教授

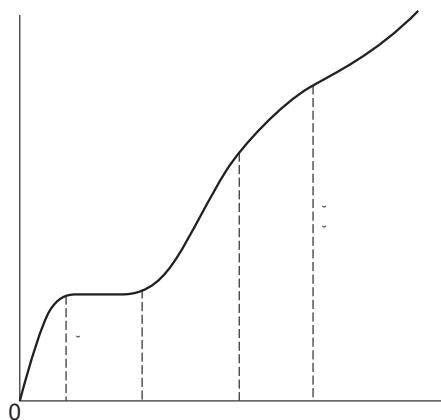


図2 気体を用いた検出器の動作領域

と呼びます。図2に、ガス増幅に関連して、気体検出器の動作領域を印加電圧と出力パルス波高の関係を示します。図の電離箱領域では放射線により生成した全ての電離電荷が集められます（電離箱の動作領域）。電圧が低いと、電離した電子とイオンの一部が互いに引き合い中性原子に戻る（「再結合」という）ため、収集電荷数は減少します。電離箱領域よりも高い電圧では、芯線近傍で電子なだれが始まり電子数は電圧と共に増加し、ある領域では一定のガス増幅率を保つことができます。この領域を比例領域と呼び、放射線による生成電荷数と収集電荷数は比例関係にあります。このモードで使用されるのが比例計数管です。比例計数管に充填する気体にはアルゴンとメタンの混合ガス（PRガス）等が一般に使用されますが、放射性ガスを混入させたり、³Hを含んだ水素やメタンを用いることで、管壁での放射線の吸収を防ぎ効率を高めることができます。反跳陽子を利用した高速中性子スペクトロメータとして、水素等のHを多く含む気体を使用する場合もあります。また、³Heを封入し、次の反応を利用して熱中性子測定に用いられます。



この反応は高速中性子に対して感度が低下するので、計数管をポリエチレン等の水素を多く含む物質（減速材）で覆い、高速中

性を減速させ反応を起こりやすくします。

(3)GM計数管

さらに高電圧になると電子なだれは芯線全体に広がり放電状態となります。この状態では、2次電子数と出力の間の比例性は失われ、入射放射線数に対応した放電パルスが出力されます。この領域はガイガー領域と呼ばれ、GM計数管の動作領域です。電子なだれで生成した電子は直ぐに芯線に吸収されますが、陽イオンはさや状に芯線近傍に残され、その空間電荷で電場強度を弱めます。このため電子なだれは停止し、イオン群はゆっくりと陰極方向に移動を始め、これに伴う誘導電荷が信号として観測されます。従って、イオン群が陰極に吸収され電場が復活するまで、次の信号は発生しません（発生しても小さい）。この時間をGM計数管の不感時間といいます。電場が回復し計数を開始するまでの時間を分解時間、最初の放電パルスと同じ高さの出力が観測されるまでを回復時間といいます。GM計数管では、分解時間が～1msと長く高計数率測定が困難で、数え落とし等に対する注意が必要です。GM計数管には希ガスにアルコール等の有機ガスを少量混合したガスが充填されます。希ガスのみの場合、陽イオンが陰極壁で吸収される際に発生する光が、陽イオンが多くあると重なりあい、壁での電子放出の確率を大きくします。この電子は電子なだれを再度発生させ、放射線入射とは無関係に放電が繰り返される状態になります。有機ガスは、壁からの光の発生を防止する目的で添加されます。

1.2 半導体検出器

シリコン（Si）やゲルマニウム（Ge）等の半導体結晶では、 W 値が気体に比べ約1/10であるため、生成キャリア（電子や正孔をいい、正孔は気体の陽イオンに相当）数 N は10倍大きく、相対分解能は \sqrt{N} に逆比例して良くなるので、半導体検出器は信号出力が大きく分解能も優れた測定器となることが期待されます。キャリアの移動速度も大きいので、高速な信号処理が行えます。高純度結晶に適当な表面処

理を行い電極を形成して逆バイアス電圧を印加（電流が流れない方向に電圧を加える）すると、結晶中に空乏層と呼ぶキャリアが存在しない層が生まれます。ここに放射線が入射すると電離により電子・正孔が生成され、それらを電極で収集すると接続した回路に電流が流れます。このように、半導体検出器は電離箱の特性を有した固体電離箱といえます。

半導体検出器は、空乏層の作り方により①表面障壁型、②PN接合型、③リチウム(Li)ドリフト型、④高純度型の4種類に分類されます。表面障壁型Si検出器は、 α ・ β 線、重イオン等の荷電粒子測定に用いられますが、空乏層を厚くできないので光子線測定には適しません。Liドリフト型としてはGe(Li)検出器及びSi(Li)検出器があり、前者は γ 線エネルギースペクトル測定の主流測定器でしたが、常時液体窒素による冷却が必要という煩わしさから、高純度(HP)Ge検出器に置き換えられました。一方、Si(Li)検出器は低エネルギー光子線スペクトル測定によく利用されるほか、 β 線の測定にも使用されます。HPGe検出器は、Geの原子番号が大きく光電効果が顕著に現れるという特性を生かして、 γ 線スペクトロメトリーに不可欠な測定器です。測定の際には雑音を低減させるため、**図3**に示すクライオスタットと呼ばれる装置を用いて検出器を冷却して使用

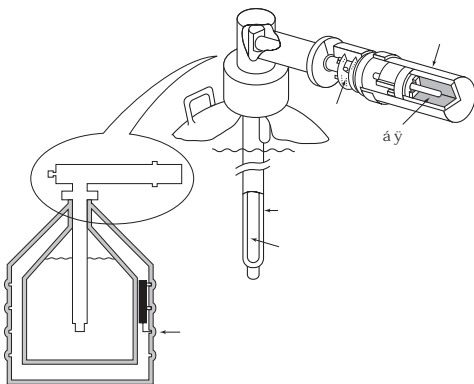


図3 Ge半導体検出器の構造

します。

2. 光を利用する測定器

2.1 シンチレーション検出器

物質が放射線エネルギーを吸収し即時発光する現象をシンチレーションといい、その物質をシンチレータと呼びます。発光量と吸収エネルギーは比例関係にあります。シンチレータとして望まれる特性として、①光への変換効率が高い、②発光の減衰時間が短い、③発光波長に対して透明、が挙げられ、光電子増倍管(PMT)等の光電変換素子と組み合わせて使用することから、④光電変換素子との光学的接続性が良好であること、が望まれます。シンチレータは無機及び有機シンチレータに大別されます。

(1)無機シンチレータ

NaI(Tl)やCsI(Tl)に代表されるアルカリハライド系固体結晶がよく用いられます。これらの多くは、発光量を増やすため、活性体と呼ばれる不純物が微量混入されており、キャリアを介して吸収エネルギーが活性体に運ばれ発光すると言われています。NaI(Tl)の表記は、タリウムTlが活性体として添加されていることを表します。無機固体シンチレータは、一般に原子番号の大きい物質を含み密度が大きいため、 γ 線測定に適します。この中でも、NaI(Tl)は最も広く使用されているシンチレータで、直径20cmの大きな結晶も入手可能です。 γ 線スペクトル測定ではGe検出器に主役の座を明け渡しましたが、発光量が大きく比較的安価に製作できるため用途は多く、スペクトロメータ型サーベイメータとしてもよく使用されます。発光の減衰時間が短いため、高計数率測定に適用できます。ただし、水分を吸収して潮解し性能が劣化するため、光学ガラス窓付きの容器に密封した状態で使用します。CsI(Tl)は潮解性がほとんど無く、フォトダイオードの特性に合う発光波長を有するため、利用が広まりつつあります。欠点は発光減衰時間がNaI(Tl)と比べて長いことです。一方、酸化物系のBGO($\text{Bi}_4\text{Ge}_2\text{O}_{12}$)結晶

は実効的原子番号及び密度が NaI (TI) より遙かに大きく、 γ 線測定用として優れた性能が期待されますが、発光量が小さく用途は限定されています。

(2)有機シンチレータ

有機シンチレータには、アントラセン等の有機結晶や発光物質をスチレンモノマー等に溶かし成形したプラスチックシンチレータの固体シンチレータと、発光物質をトルエン等の溶媒に溶かし込んだ液体シンチレータがあります。無機シンチレータは固体でのみ発光しますが、有機シンチレータは分子構造に発光の由来があり、相(固体、液体、気体)形態によらず発光します。有機シンチレータは、 β 線や高速中性子測定によく使用されます。水素や炭素等の小さい原子番号の元素から成る有機シンチレータでは、 β 線の後方散乱が小さく、効率の良い測定が行えます。 γ 線測定の場合には、実効的原子番号が小さいため光電効果は期待できず、エネルギー測定には適しません。しかしながら、極短の発光減衰時間により高計数率測定やタイミング測定に適します。形状や寸法上に自由度がある点も特徴の一つです。液体シンチレータは試料をその中に溶かし込んで測定できるので、 ^3H や ^{14}C 等の低エネルギー β 線放出核種の高感度測定に利用されます。また、多量の水素を含み高速中性子に対して高い検出効率を有し、弾性散乱による反跳陽子を測定することで、高速中性子のエネルギースペクトルを得ることもできます。

2.2 その他

その他光を利用した測定器としては、イメージングプレート(IP)、熱ルミネセンス線量計(TLD)、蛍光ガラス線量計等があります。いずれもレーザー光や熱等外部から刺激を与え、蓄積された放射線エネルギーを光として放出させ測定します。

3. その他の測定器

3.1 物理的、化学的变化を利用した検出器

放射線の入射により検出器内で起こる物理、化学的变化を定量し放射線の測定を行

うもので、多くは積算型線量計として利用されます。写真乳剤、固体飛跡検出器(SSNTD)、化学線量計、前述のIP及びTLD、霧箱や泡箱もこれに分類されます。

写真乳剤のうちフィルムバッジは、放射線照射によるフィルムの黒化度から線量を評価する個人被ばく線量計として知られますが、現在ではほとんど使われていません。SSNTDはプラスチック等の固体中に荷電粒子により生成された飛跡を化学薬品処理(エッチング)し、その痕跡(エッチピット)を顕微鏡で観察して粒子数や入射方向等の情報を読み取るものです。化学線量計としては、放射線照射による鉄イオンの価数の変化($\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$)を利用したフリック線量計が有名です。

3.2 その他の測定器

放射線エネルギーの吸収による熱変化を測定し線量を求めるカロリメータ、中性子による核反応を利用し、誘導放射能の測定から中性子のフルエンスやエネルギーを推算する放射化検出器等があります。原子力、高エネルギー実験等の分野で使用されます。

基本的な測定器に限って説明しました。本文が放射線測定器の理解のための一助になれば幸いです。

◆ プロフィール ◆

1954年北海道生まれ。東北大学大学院工学研究科で博士号取得後、高エネルギー物理学研究所に助手として着任。助教授を経て、現在高エネルギー加速器研究機構放射線科学センター教授。総合大学院大学高エネルギー加速器科学研究科教授を併任。専門は放射線物理学、放射線計測学、原子分子物理学。KEKBやJ-PARC等の巨大加速器施設の放射線モニタリングシステムの設計・開発、構築に従事。検出器開発とともに、希ガス発光や、物質の電離・蛍光効率測定等、検出器基礎過程にも重点を置いた研究を展開している。

二分法

最近社会の各層で、深刻な“学力低下”が認められる。日教組の指導もあって、教師の職が“聖職”から“労働者”のそれに変わり、週休2日制が教職にも導入されたことに伴って「ゆとり教育」の名の下に、“教えるべきことの内容”が質・量ともに大幅に縮小されたのが、直接の引き金であるといわれている。

学力の中身は、知識とそれを活用するための能力(=考える力)である。世間では学力というと知識の量と質を思い浮かべる人が多いが、筆者の観るところ、“考える力”の低下の方がより深刻である。

大してオカネを掛けずに視聴率の高い番組をつくれるので、「クイズ番組」が大流行である。良く注意してみると、昨今の「クイズ番組」は知識の有無を問うものが圧倒的に多い。先の戦争の後、庶民の代表的娯楽はラジオであり、当時もクイズ番組には高い人気があった。中でも「二十の扉」という、モノゴトを二分法で分類して質問を続け、早く当てるのを競うというクイズ番組が人気を集めていた。これは、考える力での“勝負”である。

クイズ番組が知識の有無に重点を置くようになったということは、世の中一般の学力試験が「知識の有無」を問うものに偏重して行ったからである。このように、昔は大衆娯楽のクイズ番組も国民一般の「考える力」を向上させるのに役立っていたのだと、最近気付いた。

しかし、同時に番組「二十の扉」には副作用があって、それが今も後遺症として残っていることにも気付いた。それは「モノゴトを何でも二分法 dichotomy で割り切って考えてしまう」ということである。二分法は確かに知識を整理し体系化するのに便利であるが、割り切りが上手く行かないこともあるということから目をそらさせてしまうこともあるのである。その良い例は「安全と危険」の二分法である。世の中には、通常、絶対的な「安全」も絶対的な「危険」もないのが普通であり、“両者が共存している”か“中間の状態にある”とみる方が適切といえることも多いことを知る必要がある。

放射線の安全管理は、監視対象の状態を“放射線の放出率”でもって2値の状態関数で規定し、放射線検出器の計数率を測定することにより、状態が2値の何れであるかを判定することが多い。良く知られているように、計数率の測定には、事象が確率論的 stochastic であるという事情と、測定環境には他の発生源に起因する“背景放射線”が存在するという事情のため、測定結果には統計的揺動が不可避免的に付随する。このような状況で、監視対象の状態を診断測定するとき、例えば状態を二分法で規定していたとしても、判定は二分法では行ない得ない。判定には過誤の可能性が付随し、確率(=確度)で割り切るとすると、判定不可の領域が出現する。判定は三分法で行うことになるのである。

サービス部門からのお知らせ

空港で預ける手荷物とガラスバッジ

航空機を利用した移動の際、機内持ち込み手荷物のうち、空港で預ける手荷物にはガラスバッジを入れないよう注意が必要です。最近のテロ対策により海外はもとより、国内の空港に於いてもトランクなどの手荷物には、X線による検査が強化されています。実際にX線によるカブリの影響を受けたガラスバッジも多くなっています。このような場合、X線の入射方向が一定でないうえ、荷物による遮蔽の影響で線量は正しく計算されないばかりか、ご本人の被ばくでは無いため、被ばく前歴の訂正が必要になります。お取り扱いには充分ご注意ください。



(計測技術課：岩井)

編集後記

●今月号は、青森県六ヶ所村にある財団法人環境科学技術研究所 先端分子生物科学研究センター様の施設紹介を掲載しました。

低線量率・低線量の放射線がマウスの寿命に及ぼす影響について、平成7年度に着手し、約10年の歳月を費やした研究では、自然放射線量の20倍程度の放射線量であれば寿命にほとんど影響を及ぼさないことを明らかにしました。社会に貢献する貴重な研究成果ではないかと思えます。

実験施設は、最先端のCPUや機器等が備わっております。これらマシンを駆使し、また研究ス

タッフの縁の下の力持ち的存在が主研究員の意欲を駆り立てて、まさに一体となって研究目的を達成していくセンターです。現在は放射線の遺伝的影響に取り組んでおり、成果が期待されます。

●また、松沢孝男氏の「放射線に興味を持たせる理科教育とは」では、理科教育の一環として、身の回り（航空機内、登山）の自然放射線量を測定した結果が興味あるデータとして紹介されています。理科離れが進む今日この頃ですが、学生諸君に興味を持たせる上で「放射線測定」を経験させることは効果があるのではないかと思います。

(柚木正生)

FBNews No.370

発行日／平成19年10月1日

発行人／細田敏和

編集委員／佐々木行忠 小迫智昭 中村尚司 久保寺昭子 金子正人 加藤和明

壽藤紀道 畑崎成昭 福田光道 藤崎三郎 丸山百合子 柚木正生 米山高彦

発行所／株式会社千代田テクノロ 線量計測事業部

所在地／〒113-8681 東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル4階

電話／03-3816-5210 FAX／03-5803-4890

<http://www.c-technol.co.jp>

印刷／株式会社テクノサポートシステム

— 禁無断転載 — 定価400円（本体381円）