



Photo K.Fukuda

## Index

ICRP 第4専門委員会の近況 .....	甲斐 倫明	1
FBNews 編集委員会事務局からのご案内 .....		5
医療従事者の被ばくと患者の被ばく－その現状と課題－	福士 政広	6
立ち上がるアフリカを応援しよう		
一人々を貧困から救う為に一 .....	町 末男	11
宇宙ステーション「きぼう」での宇宙放射線計測 .....	五家 建夫	12
～ ガラスバッジ Web サービスへのお誘い 第1回～ .....		17
平成21年度 放射線取扱主任者試験施行要領 .....		18
〔サービス部門からのお願い〕		
GB キャリーでガラスバッジをお届けしているお客様へ！ .....		19



## ICRP 第4専門委員会の近況

甲斐 優明\*



### はじめに

2007年にICRPの新勧告が出版された。これは1990年勧告に代わる主勧告の改訂であり、今後、我が国においても新勧告にそった関係法令の見直しなどが行われることになるであろう。

ICRPには現在5つの専門委員会がある。そのうち、環境防護を扱う第5専門委員会は2005年に設置された新しい専門委員会である。第4専門委員会は、勧告の適用を任務としている。主勧告を受けて、実際の放射線防護実務に適用する際の基本的なガイドラインを作成するのが任務である。しかし、新勧告には生物学的側面および物理学的側面を基礎にしながら、放射線防護の基本的な考え方と枠組みを示している。その関係からICRPの全体の勧告に係る議論も多く行われ、大変刺激のある専門委員会であると4年間を経験して感じている。

私が第4専門委員会(C4)に初めて出席したのは2005年9月にジュネーブで開かれたICRP全体会議である。このときにはICRP主勧告はすでに固まりつつあったが、多くの主勧告に関する議論が行われた。例えば、拘束値はすべての被ばく状況に適用することを強調すべきであるという議論である。C4の立場は、事故時や現存

被ばく状況であっても最適化によって放射線防護を適切に実施するべきであることを強調することであった。しかし、最適化と拘束値との関係が事故時や現存被ばくでは計画被ばく状況と異なることが問題となり、専門委員会は最終的には事故時や現存被ばくでは参考レベルという用語に変更した。すべての被ばく状況に対する最適化についての基本線は保たれたが、用語については新勧告に至るまでICRPは右往左往してきた。当初、Clarke前委員長はPALという新用語を提案していたが、最終的には従来からICRPが使用してきた拘束値と参考レベルに落ち着いたのは馴染みがあるというのが一つの理由のようである。しかし、このことが却って用語の理解について混乱を招きかねない面がある。拘束値と参考レベルに名称をわけたことで、バンドで示した防護レベルが、何を意味する目的でバンドとして表現されたのかが伝わりにくくなつたのではないだろうか。

2007年3月に採択された新勧告で強調されているのは、放射線防護原則は基本的に変更の必要性はないことであり継続性であった。ICRPの会議でも当時のホルム委員長も変更はないことを強調している。しかし、第4専門委員会だけは少し趣が違つた。新勧告は、緊急時および現存被ばくに

\*Michiaki KAI 大分県立看護科学大学 人間科学講座環境保健学研究室 教授

対しては大きな変化をもたらすと考えているので、主委員会が、新勧告の説明で改訂は major change (大きな変化) ではないといいすぎるの問題であるというのが第4専門委員会の認識であった。クラーク前委員長が問題提起した背景には、一般公衆には線量限度があるのに、なぜ緊急時にはこの数値が適用されないのか、また、ラドンにも適用されないのかといった誤解や混乱が1990年勧告以降生じてきたことがある。1990年勧告で初めて事故や自然放射線源も放射線防護の対象にすることになったためである。通常の管理された被ばく（計画被ばく）以外の被ばく状況（緊急時被ばくおよび現存被ばく）に同じ数値を適用しないことが社会からは理解しにくかったのである。しかし、よく考えてみると、このことは管理する立場からは当然のように思えていたが、社会的説明は単純ではないことに私たちは気がつき始めた。ICRP 新勧告は、線量限度を中心とした放射線防護の誤解から脱却することで、すべての被ばく状況に対する放射線防護原則を提示しようと試みていると考えている。その一つが線量拘束値と参考レベルの線量バンドでの提示である。今後、線量拘束値の数値がいくらくらに設定されるのかについてのみ関心をもっている管理担当者は、放射線防護全体の原則を改めて見直し、なぜ線量拘束値なのかを考えていただきたいと考えている。一般社会が規制値や規準値を安全と危険の境界のように捉えてしまう恐れがあるからという姿勢で線量拘束値を捉えるのではなく、被ばく状況に見合った適切な管理の目標値であり、より高度なリスク低減策を実施していくことの目安として社会に伝えていく必要がある。

本稿では2008年9月にダブリンで開催されたC4の会議を中心に、最近のICRP第

4専門委員会の活動を紹介する。本稿で記載するものは、あくまでもC4での議論であり、主委員会が最終決定を行うICRPの最終的な勧告の内容と異なるものもあることを明記しておきたい。

## 緊急時被ばく

---

緊急時タスクグループ (TG) は、新勧告を緊急時被ばくに適用し規準を勧告するもので、新勧告の適用のベンチマークになるものと第4専門委員会では捉えている。2007年のベルリン会議で初めて TG のドラフトが提出された。従来は、回避線量で表現した介入レベルを中心とした防護措置を示していたのに対して、防護措置を適用した後の残留線量をすべての被ばく経路から予測し、複合的な措置の最適化を論じている。

このドラフトでは当初、事故が起きて、事故が一段落して、回復に至って、いわゆる緊急時被ばく状況から最終的に現存被ばく状況に移るところまでをすべて含める内容であった。緊急時は、urgent (緊急)なものだけに焦点を合わせるべきであり、long term (長期間) の action (行動) は、含めなくてもいいのではないかということが議論の結論として出た。

urgentなactionが終了して、現存被ばくに移るわけだが、どこまでが緊急時被ばくで、どこからが現存被ばくなのか、その境目は分かりにくい。この問題は非常に長い議論の末、結論として、事故時の初期の段階が終了した段階から現存被ばくに移っていくという考え方を取った。

介入レベル (Interventional Level) は1990年勧告からずっと使われてきた用語である。新勧告では、行為と介入という考え方から被ばく状況に分けて防護を考える方式に移行した。そこで、介入レベルは廃止

し、参考レベルに統一して記述していくことが確認された。

新しく登場した用語として、トリガー(trigger)がある。トリガーは、緊急事態に活動を起こすときに、例えばモニタリング濃度が上昇した、空間線量率が上がったとか、あるいは風向や原子炉の状態など初期対応の目安になる観測値をトリガーと呼んでいる。人の線量に至るには種々の経路があり、その経路からの被ばく線量を推定することが初期の段階では難しい場合に、このトリガーを初期対応に利用することを検討しておくことが強調されている。

## 放射性汚染地住民の放射線防護 (現存被ばく)

例えば、チェルノブイリ事故の後に汚染された場所に住民が戻って普通の生活をしていく場合、住民を対象に行うべき放射線防護とは何か。従来ではなかなか放射線防護の対象になりにくかった問題をまとめたドラフトである。基本的な考え方は、防護策の正当化の判断と、参考レベルによる防護の最適化を実施することである。このドラフトは緊急時から現存被ばくに移行したときの放射線防護を扱ったものである。

汚染地に住む住民の参考レベルの設定には大きな議論があり、タスクグループの中で意見が全く分かれてしまった。問題は1 mSvを採用するかどうかである。この議論を受けて、C 4ではどう考えるか、両方の意見を見ながら、1日かけて議論をした。ドラフトを作成している座長の Jacques Lochard は 1 mSv というものを参考レベルとして考えていくべきだという立場だったが、反対の立場のメンバーは、1 mSv がすべて何か安全の境界であるように取られてしまうのは適切ではなく、それは状況

によって違うだろうと主張する。結局、C 4 は、1 mSv を強調した記述はやめ、新勧告の288項（現存被ばくでは、被ばくする個人から計画被ばくに近いレベルまでの低減要求が強いことを述べている）を参照にした記述にとどめることを TG に要請した。

## ラドンの参考レベル

ダブリンの会議では、C 1、C 2 および C 4 の合同 TG のドラフトが C 4 に報告された。このドラフトは ICRP 声明として発表される内容のベースとなるものとされている。単位ラドン濃度の一定期間の曝露からの実効線量は線量換算規約（疫学的アプローチ）で評価されてきた。ラドンからの呼吸器系の線量は不確かさが大きいので、線量を計算して、それに単位線量あたりのリスクを当てはめる方法を採用しないで、ラドンの疫学データ、つまり、ラドンの累積曝露濃度と肺癌罹患率（あるいは死亡率）との関係を重視し、このときの線量を同じリスクに相当する原爆被ばく生存者の肺線量を計算して、実効線量に換算するものである。放射線防護上、実効線量が同じであればリスク（ICRP は損害として評価）は等しいという原則に立脚している。線量評価モデルに基づいた線量推定（線量計測学的アプローチ）は疫学的アプローチの推定値とズレがあるため、ICRP は従来から後者を採用してきたが、今回もこの方法が採用されている（詳細には、米原他、保健物理、42(3), 201 (2007) を参照）。

そこで、新たな屋内ラドンの疫学データに基づいて、線量換算係数が 6 mSv/WLM (WLM はラドンの曝露量を表す単位で Working Level Month の略、累積ラドン濃度に相当) に変更になると、従来の10 mSv 相当という考え方から導かれた 2007

年勧告の参考レベル 600 Bq/m<sup>3</sup>（住居）、1,500 Bq/m<sup>3</sup>（職場）は、線量で16 mSv/yと11 mSv/yに相当する。参考レベルの継続性からは、新勧告の値をスタートイングポイントとして各国が低い数値を決定すればよいのではないかという報告があった。しかし、ICRP以外の IAEA あるいは WHO などのほかの機関が、かなり低い参考レベルを提案していることを考えると、果たして ICRP が高い数値のままで本当に意味があるのかどうかといった議論があった。C4としては、より低い参考レベルの設定（1-10 mSv/y の範囲に相当するレベル）に向かうべきではないかという意見でまとまった。

## 実効線量ガイドライン

---

2007年のベルリン会議で設置された新しいWGでは、実効線量の定義とか限界とか、その使用法をまとめたガイダンスを出す作業が進められている。実効線量は、あくまでも100 mSv以下に適用されるものであるということ、ただ実際に100 mSv以下でも、個々の臓器のリスクを計算したら、実効線量が100 mSvで確定的影響は全く起きないのかどうかの検討も含まれている。現在のドラフトで最も議論のあるのは、実効線量をどこまで適用するかということである。職業被ばくと公衆被ばくには実効線量を適用しているが、医療被ばくに適用してよいのかどうかが議論のポイントになっている。医療被ばくのリスク評価には使用すべきではないということは確認されている。しかし、医療被ばくと他の線源の被ばくの比較には使用してよいのかどうか。具体的にいえば、UNSCEAR 報告では世界平均で自然放射線被ばくは2.4 mSv/yとなっている。この数値と医療被ばく

の実効線量を比較することができるのかどうか。医療被ばくの中でも、同じ検査目的であって異なる診断技術の比較に使用することは問題がないとされている。ただ、患者の年齢が、例えば子どもあるいは大人、または女性あるいは男性に著しく偏っている場合には実効線量の定義上問題があるのではないか。このドラフトで出てきたのは、異なる線源間の比較、つまり自然放射線と医療被ばくのようなものをどう比較するのかということである。実効線量は年齢および性別のリスクの平均値をベースにしている。ドラフトでは、性別、年齢別の情報に基づいた detrimental weighted effective dose と呼ばれる新しい概念が提案されている。C4は、実効線量の計算が複雑であることは全く問題ないが、概念が複雑なのは問題であるという指摘をした。防護の概念はより科学的な基礎に置くべきであるが、一方で分かりやすくなければならないし、有用でなければならない。

ICRPとは直接関係はないが、米国のコロンビア大学の Brenner は、実効線量は間違った概念だと主張し、実効リスクを提案している。実は、ドラフトで検討されている detrimental weighted effective dose と類似の考察をしているにすぎない。ただ、Brenner は dose ではなくリスクで議論しようと主張する。ICRP が線量にこだわるのは、比較するものが線量限度などの線量であるからで、比較する相手が線量であれば、線量という土俵で議論しなければならないと考えているからであろう。もし、リスクで計算するとしたら、比較するべきリスクがなければ評価する意味がない。ICRPとしては、職業被ばくや公衆被ばくの限度や参考レベルあるいは線量拘束値などの基準値との比較という意味で線量という概念を使っているのであり、リスクがいいとい

うわけにはいかない。いずれにしても、医療被ばくと自然放射線被ばくというものを比較するとなれば、いかにあるべきかという議論は、今後も続く気配である。

### その他の WG

現在、NORM (Natural Origin Radioactive Material、自然起源放射性物質) の WG が立ち上がり活動を始めている。この最初のドラフトは2009年の会議で報告されることになっている。また、職業被ばくや環境防護に関する WG も活動を開始していて、一部報告があるが議論までには至っていない。

FBNews 編集委員会では、FBNews 2007年4月号（No.364）から2008年6月号（No.378）までの15回にわたって連載いたしました「初級放射線教育講座①～⑯」を、会社創立50周年記念事業の一環として、一冊の小冊子にまとめました。

「初級放射線教育講座」は、放射線の安全管理に必要とされる基礎的知識を、放射線の本性（実体と性質）、放射線の物質への作用、人体への影響、放射線安全に関する法律、放射線の測定法、放射線防護の方策、放射線の安全システムなどのテーマごとに、放射線・放射能の利用、測定、計測、防護・安全管理の分野で指導的立場の専門の先生方に分担して執筆していただいたものです。

FBNewsをご愛読の皆様をはじめとするお客様のお手元に置いていただき、日常業務や新人教育の際の参考資料としてご活用いただければと、連載の記事に補講・補筆を加え、編集いたしました。この小冊子「初級放射線教育講座」が放射線を安全に利用していく上で、お客様のお役に立つことを願っております。

この小冊子をご希望される方がいらっしゃいましたら、送付先の事業所名・ご住所・ご担当者名を明記して、FBNews 編集委員会事務局まで FAX (03-5803-4890) にてご連絡ください。

(\*在庫には限りがあります。恐れ入りますが一事業所一冊とさせていただきます。)



プロフィール

大分県立看護科学大学人間科学講座環境保健学研究室教授、1981年東京大学大学院工学系研究科修士課程修了。日本原子力研究所環境安全研究部、東京大学医学部放射線健康管理学教室、米国 Fred Hutchinson Cancer Research Center (客員研究員)、東京大学大学院医学系研究科量子環境医学を経て現在に至る。現在、低線量放射線リスク評価のための、生物の仕組みに立脚した数理モデルの開発、リスク論に関心をもって放射線防護の基本問題に取り組んでいる。工学博士、日本放射線影響学会幹事、日本リスク研究学会常任理事・編集委員長、文部科学省放射線審議会委員、ICRP 第4専門委員会委員

◆◆◆◆◆◆◆◆ FBNews 編集委員会「初級放送線教育講座」合本編集ワーキンググループ ◆◆◆◆

# 医療従事者の被ばくと患者の被ばく －その現状と課題－



福士 政広\*

## 1. はじめに

放射線利用の広がりは、医療への利用、工業利用・環境保全、食料の安定供給などさまざまな分野への広がりを見せてている。医療への利用は歴史的にも長く、その応用も多岐に亘っている。苦痛の少ない診断として、X線撮影やPET、SPECTによる形態・機能診断、内視鏡を用いない血管診断、放射性医薬品を用いたエネルギー代謝機能、神経伝達機能、遺伝子機能等分子レベル診断、および放射線治療では、低侵襲で高いQOLの高エネルギーX線・陽子線、重粒子線によるがん治療、放射性薬剤内服療法など。また、治療と診断が融合した血管内治療など多種多岐に及んでいる。

ただ、放射線の利用の過程においては光と陰があり、陰の存在が放射線による障害である。しかし、X線が発見された1895年直後より放射線から人体が受けた障害は経験しており、その歴史は古く、多くの経験の積み重ねと研究により、生体に対する放射線の影響がかなり明らかになっている。

本稿では、放射線の影響について医療従事者と患者に分けて述べ、その現状と課題について最近の状況を紹介する。

## 2. 放射線の影響

放射線障害を分類すると放射線被ばくで人体に現れる影響には臨床経過などから、身体的影響と遺伝的影響に大別される。身体的影響はさらに、早期効果：数週間以内に現れる影響と晩発効果：数年ある

いはそれ以上長い潜伏期を経て現れる影響に分けられる。晩発効果の主なものとしては、発がん、白内障がある。

また、放射線防護上からは確率的影響と確定的影響に分けられ、確率的影響には遺伝的影響と発がんが、確定的影響には他の身体的影響（例えば眼の水晶体、皮膚の紅斑・脱毛、造血機能の低下、不妊など）がすべて含まれる。この違いは線量しきい値の有無および線量効果関係にある。すなわち、しきい値は確定的影響では存在するが、確率的影響では放射線防護の観点から存在しないと仮定している。また、線量効果関係は確定的影響では被ばく線量の増大と共に症状の重篤度が増す関係にあるが、確率的影響では被ばく線量の増大により症状の重篤度ではなく、障害発生の確率が増える点で異なる。

そこで、被ばく線量と障害の程度をもう一度整理し理解するため、表1にX・γ線の1回全身被ばくにおける線量と臨床症状の関係を示す。

あくまでも推量であり、個人差・被ばく状況などにより多少の違いがある。典型的な急性障害は前駆期、潜伏期、発症期の3期に分けられる。

表1 急性障害の分類（X、γ線1回全身照射）<sup>1)</sup>

被ばく線量	臨床症状	備考
250 mGy	ほとんど臨床症状なし	
500 "	リンパ球の一時的減少	軽い前駆症状
1 Gy	吐き気、嘔吐、全身倦怠、リンパ球著減	
1.5 "	放射線宿醉50%、一過性吐き気、嘔吐	軽度急性放射線症
2 "	長期白血球減少（死亡率50%）	軽度造血障害
4 "	死亡30日間に50%（半数致死線量 LD50.30）	高度造血障害
6 "	死亡14日間に90%	
7 "	死亡100%（100%致死線量）、胃腸症状	著名な急性放射線症
20 "	数時間以内に出現、その後数日間治まるが、突然再発、約1週間内で死亡	胃腸障害が支配的
数10 "	数時間で死亡	中枢神経障害

\*Masahiro FUKUSHI 首都大学東京 健康福祉学部 放射線科 教授

晩発障害は、放射線によって引き起こされる晩発障害は他の原因でも生ずるので、特に潜伏期が長い場合はそれを区別することが難しい。晩発障害と見なされる疾患として、白血病、甲状腺癌、乳癌、肺癌、骨腫瘍、その他の癌（皮膚・肝など）、白内障、不妊、胎児への影響などがある。

器官（組織）の放射線感受性は細胞再生系と非再生系に大別され、一般に細胞再生系は感受性が高く、非再生系は感受性が低くなっている。すなわち、造血組織（リンパ節・骨髄・脾臓・胸腺）、生殖腺等は高く、次いで上皮組織（腸・皮膚）、眼が、そして肝臓・血管・結合組織・脂肪組織・筋肉・神経組織は低い部類に含まれる。

血液像の変化で最も感受性が高いのが白血球であり、放射線被ばくにより白血球数は減少するが、白血球の種類により放射線感受性並びに変化の時間的推移が異なる。リンパ球が感受性が最も高く、減少が早く始まり、回復も早い。ルーチン検査でリンパ球の減少を検出できる最低線量は全身の急性被ばくで250 mGy程度である。250 mGy～1 Gy照射で24時間以内に減少が認められ、1 Gy以上照射では著しく減少する。顆粒球は、2～3 Gy照射では直後に一旦上昇するが、その後減少する。その減少はリンパ球より遅れて現れ、回復もリンパ球より遅く約1か月後になる。白血球中最も数が多いので、好中球数（顆粒球数の相当部分）の変化は白血球数の変化として現れやすい。

次に皮膚障害であるが、皮膚は細胞再生系の組織で、外部被ばくでは必ず皮膚が照射されるので、障害を受けやすい。肉眼的に観察できる組織であり、障害の程度を把握できる。皮膚線量とその症状の関係を表2に示す。

また、生殖腺障害には不妊があり、不妊が起る原因は細胞学的に男女差がある。しかし不妊の程度はほぼ同じであるといわれている。表3

表2 皮膚線量と臨床症状<sup>1)</sup>

線量	症状
1～3Gy	3週間後、脱毛（一過性）、落屑、軽度の紅斑
5～12 Gy	2週間後、充血、腫脹、紅斑、脱毛、一部は乾性皮膚炎となる
12～18 Gy	1週間後、水疱から湿性皮膚炎、潰瘍へ、永久脱毛
20 Gy以上	3～5日後、進行性びらんから潰瘍形成

に急性被ばく時の生殖腺線量と不妊の程度の関係を示す。慢性被ばくの場合はこの表にある線量よりもっと多い線量を被ばくしないと現れない。

さらに、妊娠中の女性が放射線に被ばくした場合、胎児への影響が特に問題となる。胎児は母体内での発育時期により、着床前期（受精～9日）、器官形成期（2週～8週）、そして胎児期（8週～出生）に分けられるが、被ばくした時期により出現する影響が異なることが知られている。

### 3. 医療従事者と患者の被ばく —IVR・CT 被ばく—

放射線管理の対象とする人数は平成19年度の株千代田テクノルの統計資料によると230,728人である。その内訳は、医療（147,568人）、研究教育（45,113人）、非破壊（2,459人）、一般工業（35,588人）であり、医療が64%を占める。また、集団線量では42,172.81人・mSvで全体の91%の割合<sup>2)</sup>である。

また、その内で医療従事者の職業被ばくで、年度50 mSvを超える人数の変化を図1に示す。1990年までは減少傾向を示していたのが1991年を境に2～3年間は増加を示し、その後徐々に減少傾向を示している。これはIVRの利用が普及し、導入当初の利用面（光）のみを重視し、陰の部分である被ばくによる影響を軽視したためと考えられる。その後の減少はガイドラインの制定や装置の改良・開発などの効果が現れた結果であろう。

また、日本におけるCT装置の稼働台数は全世界の1/3強であり恩恵を受けていることは勿論であるがそれによる被ばく線量にも関心を示す必要がある。そこで、IVR被ばくとCT被ばくを中心に述べる。

#### 1) IVR 被ばく

IVRでの被ばくでの潜在的影響は、皮膚や眼の水晶体への影響である。また、その影響は

表3 生殖腺線量（1回被ばく）と不妊の程度  
(男女共同程度)<sup>1)</sup>

生殖腺線量 (Gy)	不妊の程度
1.5	ごく短期間の生殖力の低下
2.5	1～2年の一時的不妊
5.0	多くの人に永久的不妊、他は相当期間の不妊
8.0	生殖力回復の見込みがない

線量率によっても大きく異なる。

IVRにおける患者の被ばくで問題となるのは、放射線皮膚障害である。皮膚障害の程度は、紅斑から皮膚壊死までさまざまであるが、一定の線量（しきい値）を超えることによって発現し、重症度は照射された放射線量に依存する。したがって、皮膚障害の程度から照射された線量を推測することできる。また、症状の発現までには、潜伏期間があることに留意して置く必要がある。重篤な皮膚炎、皮膚壊死をきたしているIVR手技は、PTCA（経皮的冠動脈形成術）、心臓のRFアブレーション（不整脈治療）がほとんどで、放射線科医が関与した例としては、2回のTIPS（経頸静脈の肝内門脈、大循環短絡術）（総手技時間12時間以上）後の皮膚潰瘍、7ヶ月間に4回のTAE（冠動脈塞栓療法）を施行した後の放射線皮膚炎などの報告<sup>3)</sup>がある。

TAEによる患者の平均的被ばく量は、日本血管造影・IVR学会放射線防護委員会の調査<sup>4)</sup>では、患者の右背部の皮膚面で平均973 mGy（最大3,543 mGy）であった。カテーテル挿入に時間がかかる症例で短い間隔でTAEが繰り返されれば皮膚障害が起こり得る。10年以上経った古い透視装置を用いている施設では、特に注意が必要で、防護対策を徹底して行わねばならない。

そこで、患者被ばくの低減対策としては、①透視時間を必要最小限にする（最も重要なGolden Ruleといえる）。②体格のいい患者では線量率が高くなるので累積線量も早く増加することを忘れない。③管電圧（kVp）ができるだけ

高く、管電流をできるだけ低くする。④X線管を可能な限り患者から遠ざける。⑤イメージインテンシファイア（I.I.）を可能な限り患者に近づける。⑥拡大透視を使い過ぎない。⑦小さい患者やI.I.を患者に近づけられない時は、グリッドを取り外し、照射野を必要最小限に絞る。⑧手技が長引いた時には、患者の位置、照射野、照射角度を考えて皮膚の同じ部位ばかりが被ばくしないよう工夫をする。⑨多くの装置では手技中に線量率は変化し、透視時間は大まかな指標になるだけだと心得ておく。⑩患者の体格、管球の位置、照射角度、線量率、患者と管球の距離、撮影枚数などによって同じ透視時間でも被ばくは10倍も異なることを認識する<sup>5)</sup>ことである。

次に、術者の被ばくは、職業被ばくの1つであり、ICRP勧告によって年間の線量限度が定められ、1990年勧告では実効線量が年50 mSv（5年間で100 mSvまで）である。唯一文献的に報告されている術者の障害は水晶体の混濁で、オーバーチューブ装置を用いてのIVRを眼の防護なしで行っていたケースである。このケースの眼の被ばく線量は450～900 mSv/年と推定され、年間の等価線量の限度150 mSvをはるかに超えていた。

IVRではオーバーチューブ装置を用いるべきでないが、どうしても使わざるを得ない時には防護眼鏡が必須である。また、術者の手、足の皮膚の線量限度は500 mSv/年であるが、手に直接X線を曝されることがなければ、限度を超えることはない。

術者の被ばくの低減策としては、①術者は防護エプロンを着用し、シールドを用い、線量をモニターし、どの位置に立てば被ばくを最小にできるかを事前に把握しておく。②側面透視では術者はI.I.のある側に立つ（管球の側に立てば被ばくは4倍もくなる）。③X線管が患者テーブルの下に位置する装置（アンダーチューブ）を用いる<sup>5)</sup>ことが必要で、古い装置は更新することが肝要である。

また、スキンドーズモニターや面積線量計などにより患者被ばく線量を常に測定し評価する

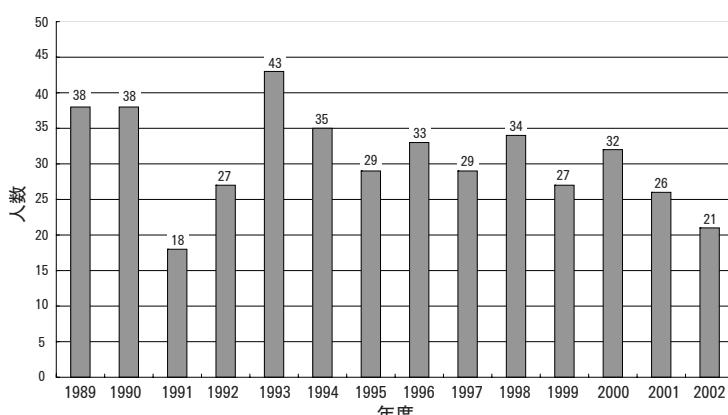


図1 年50 mSvを超える医療従事者の年度別人数

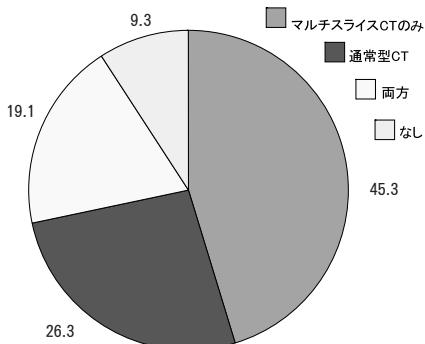


図2 所有CT装置割合 [2007調査]

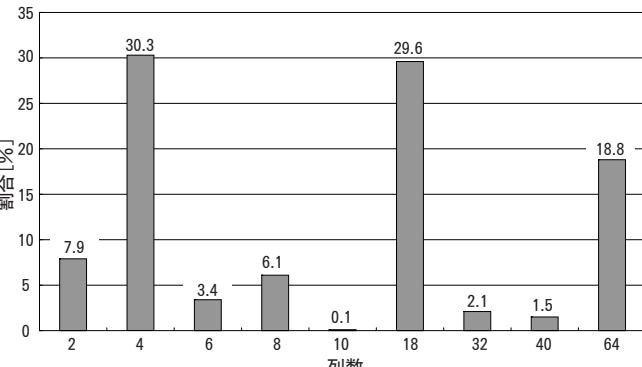


図3 マルチスライスCT装置の割合 [2007調査]

ことを心掛ける必要がある。

## 2) CT被ばく

日本におけるCT検査数と推定被ばく線量であるが、1989年のCT装置数は5,382台、年検査件数11,904千件、集団実効線量（人・Sv）99,000で有るのに対し、2000年ではCT装置数は11,050台、年検査件数36,550千件、集団実効線量（人・Sv）295,000となり、国民一人当たりの実効線量（mSv）が0.8から2.3と約3倍増加している<sup>6)</sup>。

ランセット誌で取り上げられた「日本では年間発症するがんの3.2%が医療機関でのX線検査による被ばくに起因し、他の14カ国における割合と比べ突出して高い」と報告したことは記憶に新しい。一般の方へのX線CTがもたらす被ばくへの関心を高くしたこととは事実である。しかし、これ以上の議論はここでは避けることにする。

一方、近年の多列CTの市場への浸透により、CTによる冠動脈検査への応用が実用化し、ますますX線CTの利用範囲が広がっており、被ばく低減への取り組みは極めて重要な課題である。実際のCT検査で重要なことは、診断価値のある画像を維持しつつ被ばく線量を可能な限り減らすことができるかである。この相反する事象を実現することが機械メーカや利用者側に求められている。

また、放射線被ばくの影響を考えると小児CT検査は大人のCT検査に比べて注意を払う必要がある。日本小児放射線学会他から被ばく線量の軽減のために小児CTガイドラインが示され、①造影だけで目的が達成出来る場合、単純CT

は控える。②撮影範囲は疾病的診断に必要な最小限とする。③必要以上に細かいスライス厚やピッチファクタで撮影しない。④体格（体重）と撮影部位に応じた撮影条件を設定する。⑤附加フィルタ（被ばく低減用フィルタ）を利用する。⑥適切な画像再構成関数を選択する。⑦自動照射制御機構（CT-AEC）が装備されている装置は、これを活用する<sup>7)</sup>。などが示されている。

さらに、ヘリカルスキャンと通常スキャンでのCTDIvol比較（2007全国調査、鈴木昇一ら）では、頭部ヘリカルの小児37.8±21.1、成人69.0±37.5に対し通常スキャンの小児33.1±14.7、成人63.6±23.9であり、小児で14%、成人で8.5%増となっている。

同様に鈴木昇一らの調査（図2）によれば、45.3%の施設がマルチスライスCTのみ、26.3%が通常型CT、19.1%が両方および9.3%が保有せずとなっており、64.4%の施設でマルチスライスCTを保有し検査に使用されている。また、マルチスライスCTの列数の調査比較（図3）では、4列が30.3%で最も多く、次いで16列が29.6%、64列が18.8%となっている。この調査時点では64列以上の装置は市場に供給されていなかったが、現在では東芝が320列を供給している。320列と多列化を進めた結果、検出器のカバー範囲は64列CTの3.2cmから16cmにまで拡大し、1回転（回転速度0.35秒/回）以内で心臓や頭の撮影を行うことができるようになった。今後64列や320列などの多列CT装置の普及が増加するものと考えられる。

表4にマルチスライスCT装置の撮影条件による被ばく線量の相違を示す。表4に示すとお

り被ばく線量が異なり、多列化が線量を一概に増加させる要因とは限らず種々の条件の組合せにより線量の低減と診断価値のある画像の両方を得ることが可能である。

#### 4. おわりに

放射線は人体に影響を及ぼすが、他方では医学の発展に大きく寄与してきたことは明白である。X線診断や核医学診断および放射線治療の面で目覚ましい発展を遂げ、人類の健康保持に大いに貢献しているのは事実である。しかし、一般の国民からすると放射線は怖いもののイメージが定着している感がある。放射線

の影響、線量と障害の関係および正確な被ばく線量を知ることにより過大に怖がったりすることなく、正しく放射線を怖がって欲しい。

また、専門家集団も積極的に正しい放射線の知識を分かり易く国民に伝える努力をすると共に発信に心がけるべきである。

#### 参考文献

1. 福士政広, 三枝健二: 放射線安全管理学, 医療科学社, 東京, 2008
2. 菊地 透: 我が国における医療従事者の被ばく管理の状況と課題、医療放射線防護 NEWSLETTER.43, 20-24, 2005
3. Nahass, G.T., Cornelius, L., : Fluoroscopy-induced radiodermatitis after transjugular intrahepatic portosystemic shunt. Am.J. Gastroenterol. 93, 1546-1549, 1998
4. 石口恒男, 中村仁信, 岡崎正敏他: 肝細胞癌の動脈塞栓療法における患者と術者の被曝測定, 日本医学放射線学会雑誌. 60, 839-844, 2000
5. ICRP Publication 85 IVRにおける放射線傷害の回避, 25, 丸善, 東京, 2003
6. 西澤かなえ, 他: CT 検査件数および CT 検査による集団実効線量の推計, 日本医学会誌 64, 151-158, 2004
7. 日本医学放射線学会, 日本放射線技術学会, 日本小児放射線学会: 小児 CT ガイドライン-被ばく低減のために-,  
<http://www.jsrt.or.jp/6104shouniCTgl.pdf>

表4 マルチスライス CT の撮影条件による被ばく線量の相違

		2006/11	2007/6	2007/9	2008/3
CT 装置の列数		64	64	64	320
位置決めスキャン	モード	S&S	S&S	Helical	Volum
	管電圧 [kV]	120	120	120	120
	感電流 [mA]	M350	M350	M100	P200
	FOV	320(M)	320(M)	320(M)	320(M)
	回転速度 [sec/rot]	0.23	0.23	0.35	0.35
	撮影スライス厚 [mm]	12	12	32	160
	ヘリカルピッチ	1	1	15.6	1
	スキャン数	14	14	1	1
	撮影範囲 [mm]	168	168	162	160
	CTDIvol [mGy]	7.5	7.5	13.5	6
造影スキャン	DLP [mGy・cm]	126	126	261.9	96.8
	モード	Helical	Helical	Helical	Volume
	管電圧 [kV]	120	120	120	120
	感電流 [mA]	M500	M500	M500	M500
	FOV	320(M)	320(M)	320(M)	320(M)
	回転速度 [sec/rot]	0.35	0.35	0.35	0.35
	撮影スライス厚 [mm]	32	32	32	120
	ヘリカルピッチ	12.3	16	15.9	1
	スキャン数	1	1	1	1
	撮影範囲 [mm]	120	120	120	120
	CTDIvol [mGy]	89	68.4	26.5	23.9
	DLP [mGy・cm]	1,290	1,040	402.6	287.4

#### プロフィール

1956年3月31日 秋田県生まれ。  
1995年 東京都立医療技術短期大学放射線科講師  
1998年 東京都立保健科学大学放射線科助教授  
2002年 東京都立保健科学大学放射線科教授  
2005年 首都大学東京健康福祉学部 教授 同大学院 教授  
現在に至る

専門は、環境放射線・放射能の調査研究、医療被ばく解析及び施設遮蔽に関する研究 PET（陽電子放射型 CT）検査に関する研究および診療放射線教育に関する研究。

主な学会活動  
日本保健物理学会 理事、医療放射線防護連絡協議会 理事、日本保健科学学会 理事、日本医学物理士会 副会長 など

学内活動  
首都大学東京 FD 運営委員 企画担当  
健康福祉学部・人間健康科学研究科 FD 委員長  
大学院教務委員長 など

主な著書  
・放射線管理学入門 ・放射線基礎計測学  
・診療放射線技師ブルーノート  
・診療放射線技師イエローノート  
・第1種放射線取扱主任者マスターノート  
・放射線機器学 II ・核医学技術総論 など

## 立ち上がるアフリカを応援しよう —人々を貧困から救う為に—

前・原子力委員 町 末 男



### 「平和な世界を作るために」貧困をなくす

アフリカは貧しい。きれいな飲み水を汲むために、何キロも歩いて村に一つしかない井戸まで行かなくてはならない。電気も通っていないので夜はランプで暮らし早く眠る。恐ろしいのがエイズ、結核、マラリアの三大感染症である。蚊が媒介するマラリアで死亡する人は世界で200万人といわれるが、その多くがアフリカの人々である。今度のアフリカの出張でも黄熱病、A型肝炎、破傷風の予防注射をしなければならなかつた。

8年前に国連はミレニアム2000を発表した。掲げた目標は「2015年に貧困を半減」し、「2025年にゼロ」にすることである。困難な目標であるが、世界の先進国が協力して取り組むべきである。人道的課題であると同時に、貧困を無くす事がテロの温床を絶ち平和な世界をつくることにつながるからだ。

日本は積極的にアフリカ支援に動いている。昨年日本主導で開かれた第4回「アフリカ開発会議」(TICAD-IV)で、福田康夫総理(当時)は、日本は2012年までの3年間にアフリカにたいする政府開発援助(ODA)を14億ドルへと倍増すると約束した。

### 拡がる「日本のアフリカ支援」 —科学技術の役割—

さらに今年3月にボツワナで開かれたTICAD-Vの開会演説で、福田前総理はこの金融・経済危機の中でも日本はTICAD-IVで約束した支援策は着実に実施していくと明言している。中曾根弘文外務大臣は、更にこれから5年間で最大40億ドルの円借款の活用と当面20億ドルの無償資金・技術協力の早期実施を目指すと述べている。効果的な支援として実施するなかで科学技術協力も重要な役割をはたすべきである。

日本が科学技術協力を行なうべき分野・方策について意見を交換するために内閣府が2月22日から「アフリカ 科学技術調査ミッション」を出し、南アフリカ、ケニヤ、エジプト、ガーナの4カ国を訪問した。私もそれに参加し、10年振りにアフリカを見た。ゆっくりだが着実に発展しつつあると実感した。この発展を助け早

く貧困をなくすために、科学技術は多くの役割を果たすことが出来る。

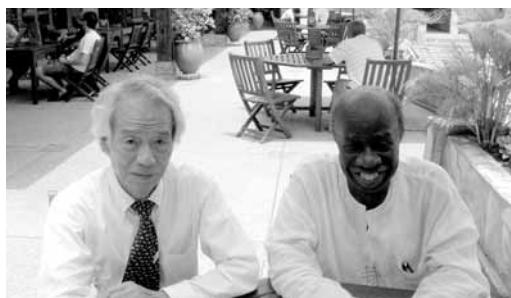
### 「食糧」「水」そして「健康」の確保が重要な課題

一番重要なのは食料・農業と医療である。例えば、雨量が少なく乾燥した土地の多いケニアなどでは耐乾燥性の新品種の作物が必要だ。放射線育種や遺伝子組み換えの技術が役立つ。送電線が無く、電気の使えない多くの人々に、一個の電灯がつき、小さなテレビが見られるように、経済性のある太陽電池を使った給電システムを開発普及する事も必要だ。

医療ではマラリヤやエイズなどの感染症の効果的な予防と治療法を開発する事が早急に求められている。この分野では日本が援助して設立したガーナの野口英世記念研究所やケニアの医療研究所が活動している。

アフリカ途上国の将来にとって最も重要なのは人材の育成である。研究者が少なく課題に対応できない。日本の研究者が現地で一緒に仕事し、人材を育てながら、その成果を国の開発に活かすというプロジェクトが必要である。今回の訪問でも現地で働く日本人研究者の数が少ない事に驚いた。

今後は財政的な支援だけでなく、人的な協力が同時に行なわれるべきである。これによって日本の顔が見え、リーダーシップのある協力が実現する。



筆者がIAEA時代に交流のあったガーナの前・原子力委員長のアロタイ博士(現在はエネルギー委員会委員)と今回10年ぶりに再会した。プリンストン大学で学んだ理論物理学者である。左は筆者。

# 宇宙ステーション「きぼう」での 宇宙放射線計測

本年から、日本人として初の宇宙長期滞在（約3ヶ月間）が始まり、日本の宇宙開発は本格的な有人活動の時代を迎えた。さらに来年からは毎年半年間、日本人が宇宙に駐在し住むことになる。そこで、今年から計測を開始する船外での宇宙放射線計測について概説する。



五家 建夫\*

## 1. はじめに

国際宇宙ステーション（ISS）は、高度約330km～460km（大気抵抗による落下と上昇の高度維持範囲）の円軌道で、軌道傾斜角51.6度、周期約90分の低軌道を周回し、常時6名が長期滞在可能な軌道上の実験・研究用施設である。この建設開始から10年を過ぎ、来年の完成に間近となった。完成時の質量は約420 ton、寸法は約109×73 m（サッカー場サイズ、明け方や夕方に都心部でも肉眼で見えるようになった）。これは過去のロシアのミール（135 ton）に比べ格段に大型である。この開発に世界15カ国が参加し、日本の担当は日本実験棟「きぼう」であり、そのうち船内保管室と船内実験室が、昨年それぞれ土井、星出の両宇宙飛行士が組み立てを無事に完了した。この原稿の発行の頃には、残りの船外実験プラットフォームと船外パレット、そして本稿の宇宙環境計測ミッション装置を含む3つの利用ミッション装置を搭載して、スペースシャトル（エンデバー）で打ち上がり、その便で3ヶ月滞在した若田宇宙飛行士が帰国する。来年からは、野口宇宙飛行士、再来年は古川宇宙飛行士が、半年間滞在の予定である。

宇宙環境での長期滞在では、人類がこれまで体験したことのない様々な線質の宇宙放射線を低線量率で被ばくすることになる。

つまり、地上での $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線と違い、ISSでは、バンアレン帯で捕捉された電子や陽子の低LET放射線と、銀河宇宙線、太陽宇宙線の重粒子及び、それらがISSの船壁にぶつかって生じる2次中性子線などの高LET放射線が混在している。

既に世界で約500名弱（本年2月末では489名）の宇宙飛行士が飛んでいるが、そのうち最大数の米国の宇宙飛行士295名に対しても、30年間を超える白内障の追跡調査結果が中間報告されている<sup>(1)</sup>。その報告によると48名が白内障と診断され、紫外線照射特有の白内障が多い（20名）。この対策に地上移動用ジェット機搭乗時にサングラスの着用、ビタミンC投薬、米国実験棟仮眠室の中性子遮蔽強化を行った。この放射線・紫外線による症例は、無重量環境による尿路結石14件<sup>(2)</sup>などより多い。

宇宙飛行士の被ばく管理<sup>(3)</sup>と、受動型個人線量計<sup>(4)</sup>の着用が必要となるが、ここでは紙面の関係で、参考文献を参照して欲しい。

また、ライトフラッシュ（LF）は約80%の宇宙飛行士が体験するという現象<sup>(5)</sup>で、暗い状態で、目を開けても閉じても、無色の発光（星状、直線状等）が見える現象である。日本の毛利宇宙飛行士はスペースシャトルに搭乗中に、あらゆる方向からのlong steak型LFを約2分間に1回の頻度で観測した。この眼球を放射線センサとする実

\*Teizo GOKA 宇宙航空研究開発機構（JAXA）研究開発本部 宇宙環境グループ 招聘主幹研究員

験も継続中である（最近では、ESA の ALTEA 実験）が、一方で、LF が長期滞在時の睡眠の妨げになるかを議論している。

宇宙放射線の線量とエネルギー分布（重粒子は LET 分布）を正確に測定することは、宇宙飛行士の被ばく量を求める場合の基礎データとなる。さらに今後の、月面や火星などの数年単位の有人惑星探査に必要な基盤データとなる。

日本が ISS に持つ広い船外ばく露部を利用して、宇宙環境を計測する予定であるが、電子、陽子、重粒子の放射線環境については無人衛星で培った技術で計測するが、特に中性子の環境計測については、日本独自の新規テーマとして ISS 搭載用に中性子計測装置の新規開発を行ってきた。低エネルギー（熱中性子から 15 MeV）に対しては、多減速材付き検出器であるボナー球型（中村尚司東北大名誉教授の指導）で、高エネルギー中性子（10 MeV から 100 MeV）に対しては、飛跡の可視化型検出器のシンチレーション・ファイバー型（村木綏名古屋大学名誉教授の指導）の 2 つの装置を宇宙用に改造した。装置全体の説明のあと、中性子を中心に放射線計測を紹介する。

## 2. 宇宙環境計測ミッション装置

宇宙環境計測ミッション装置 (Space Environment Data Acquisition Equipment – Attached Payload : SEDA-AP) は、ISS 外部の宇宙環境計測を目的とし、「きぼう」船外プラットフォーム (Exposed Facility : EF) で最初の実験ペイロードの 1 つである。SEDA-AP には 8 つの宇宙環境を計測する装置が搭載される。SEDA-AP で観測されたデータは Space Environments & Effects System (SEES ; <http://sees.tksc.jaxa.jp>)

により公開され、大学、研究機関の

科学、工学両面の利用者に広く使われるとともに「きぼう」実験、宇宙機の設計にも利用することが期待される。

### 3. SEDA ミッション機器

下記に SEDA-AP に搭載されるミッション機器を示す。その機器の構成は図-1 に示す。以降、放射線関連の①②③を概説する。

- ①中性子モニタ (NEM)、②高エネルギー軽粒子モニタ (SDOM)、③重イオン観測装置 (HIT)、④プラズマ計測装置 (PLAM)、⑤原子状酸素モニタ (AOM)、⑥電子部品評価装置 (EDEE)、⑦微小粒子捕獲実験装置 (MPAC)、⑧材料曝露実験装置 (SEED)

この SEDA-AP 装置の ISS への取り付

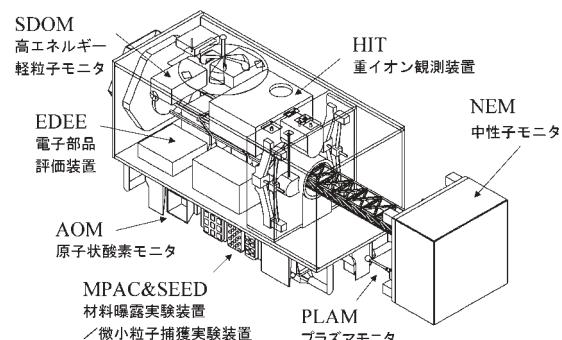


図-1 宇宙環境計測ミッション装置の構成

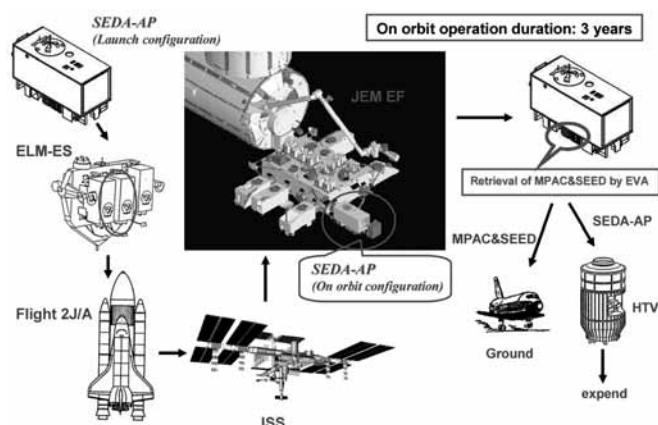


図-2 SEDA-AP のシャトルでの打ち上げ、設置と終了後の回収、廃棄の概略図

け運用の概略図を図-2に示す。

#### 4. ミッションの目的・意義

- 多くの利用ニーズに対応する為の各種宇宙環境データベースの構築  
 (a) 宇宙機設計のための宇宙環境モデルの製作および更新  
 (b) 太陽フレア等からの宇宙飛行士への宇宙放射線被ばく管理の支援  
 (c) 宇宙天気予報の支援  
 (d) サイエンスの分野への寄与  
 (e) 放射線等の宇宙環境による部品・材料の劣化・誤動作等の解明

#### 5. SEDA 放射線計測装置の概要

##### (1) 中性子モニタ (NEM : Neutron Monitor)

宇宙飛行士が受ける宇宙放射線被ばくの約15~20%は中性子と言われている。中性子は、電気的に中性のため体内奥深くに進入し、造血組織、生殖組織等に被ばくの影響を及ぼす。ISSでは、宇宙放射線が厚い船壁や大気を叩いて2次的に発生する中性子と太陽から時々直接飛来する太陽中性子がある。

計測器として、前2者を主な対象とする「ボナー球型 (15 MeV以下)」と、後者を主な対象とする「シンチレーションファイ

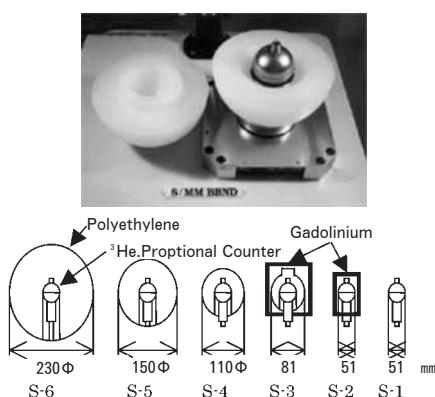


図-3 BBND の 6 センサ群と写真  
 (上図は ISS 船内搭載時、今回の船外用には S-4 から S-6 までガドリニウムあり)  
 計測エネルギー範囲 : 0.025 eV (熱中性子) ~ 15 MeV  
 最大計測粒子数 :  $1 \times 10^4$  count/sec

バ型 (10~100 MeV)」の2種でリアルタイム計測する。また、船壁の影響を避けるため1m伸展し計測する。陽子等の荷電粒子が多い中で、非荷電粒子の中性子を弁別して計測することは難易度が高く、過去の計測例は少ない。パッシブ型での中性子計測例はあるが、リアルタイムでの中性子エネルギースペクトル計測は日本独自のものである。

##### (a) ボナー球型中性子モニタ (BBND : Bonner Ball type Neutron Detector)

熱中性子 (0.025 eV) に感度が高い  ${}^3\text{He}$  ガス封入比例計数管の中性子による出力波高分布が、陽子、光子等その他の放射線による出力波高分布と異なることをを利用して、中性子のみを弁別計測する。中性子のエネルギースペクトルは、複数の含水素減速材 (ポリエチレン) (図-3) を用い、厚さの異なるセンサ群の応答関数の違い (図-4) から計測する。

BBNDは、1998年にはスペースシャトル (STS-89) 船内において、2001年3月~11月にISS米国実験棟内において、本装置と同じ装置で計測が行われており、解析手法の確立など本装置のデータ活用に有用な成果が得られた。以降に船内での実測データを示す。図-5には平均した中性子スペクトルを示す。図-6にISS船内の8カ月間の平均中性子線量当量率マップと、切断磁気剛度の等高線を世界地図に示す。

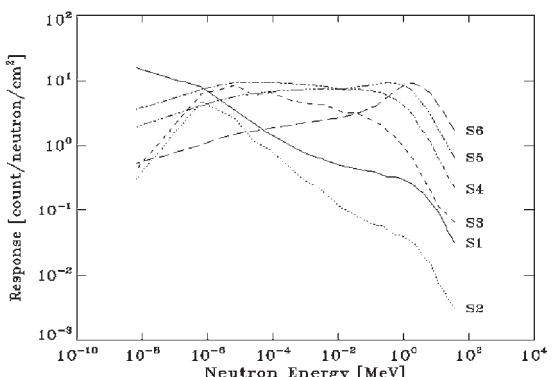


図-4 BBND の 6 センサ群の応答関数

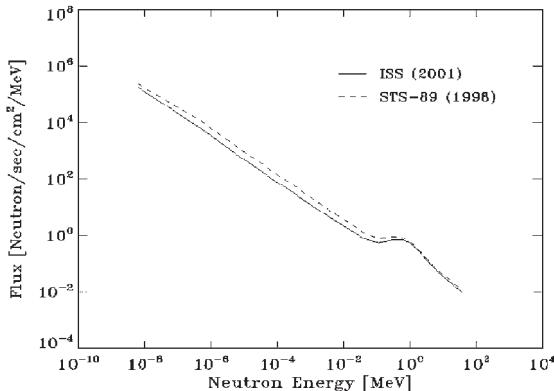


図-5 BBND 平均中性子スペクトラム  
(ISS とシャトルの船内中性子)

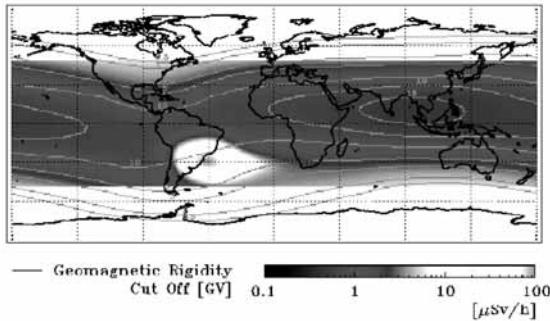


図-6 ISS 船内の平均中性子線量当量率マップと切断磁気剛度の等高線

ブラジル上空が高いのは、南大西洋異常地帯 (SAA : South Atlantic Anomaly) のパンアレン帯の内帯陽子の影響による。切断磁気剛度等高線に沿って高緯度に多いのは、主として銀河宇宙線の寄与 (この期間大型の太陽フレアはなかった) の影響である。平均の中性子線量当量率は、遮蔽厚の異なる 2 か所で、 $69 \mu\text{Sv/day}$  と  $88 \mu\text{Sv/day}$  であった<sup>(6)</sup>。

#### (b) ファイバー型中性子モニタ (FIB : Fiber type neutron detector)

交互に直交して組み立てられたシンチレーションファイバー ( $16 \times 16$  本) の各ロッドから反跳陽子の飛跡をマルチアンードフォトマルで計測し、その発光量と飛跡方向から中性子のエネルギーと入射方向を

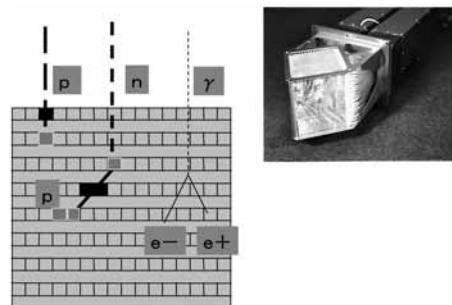


図-7 FIB の測定原理図と写真  
仕様

計測エネルギー範囲 :  $15 \sim 100 \text{ MeV}$   
最大計測イベント数 :  $50 \text{ event/sec}$

推定する。中性子と陽子の弁別は、最外殻層のシンチレータの発光との反同時計数 (荷電粒子は、最外殻層のシンチレータで発光する) をとることにより行う。中性子と光子の弁別は、飛跡の違い (中性子は 1 本、光子は 2 本) により行う (図-7)。

#### (c) 校正試験

FIB に関しては、理化学研究所等において照射試験を実施し、観測エネルギー範囲、飛程及び飛跡の確認、エネルギー分解能の確認を実施し所定の性能が得られていることを確認した。

#### (2) 重イオン観測装置 (HIT : Heavy Ion Telescope)

電子部品の誤動作、永久故障や人体の被ばくの原因の 1 つである重イオン (Li~Fe) の粒子別エネルギー分布を、シリコン半導体検出器で計測する (図-8)。

2 枚の位置検出器 (PSD)、及び 16 枚の半導体検出器に入射した荷電粒子は、入射粒子のエネルギー損失に比例した電位 (波高) を持つパルスを生成する。HIT はこれを利用し、各々の検出器での損失エネルギー、及び検出器内で停止した粒子については全エネルギーを計測する。得られたエネルギーと検出器での損失エネルギーから  $\Delta E \times E$  法により粒子弁別を行う。同等の装置は ETS-6、ADEOS、MDS-1、ALOS、

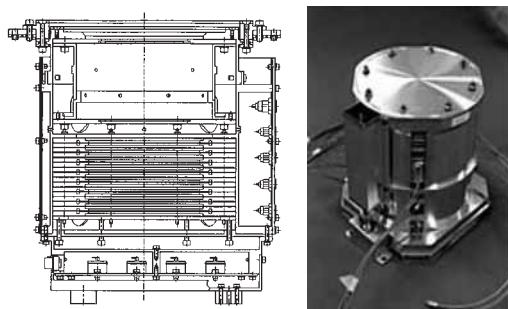


図-8 HIT の測定装置断面及び写真

GOSAT 衛星で計測実績がある。

粒子の計測範囲；Li～Fe  
Li ; 10～43 MeV/核子  
C ; 16～68 MeV/核子  
O ; 18～81 MeV/核子  
Si ; 25～111 MeV/核子  
Fe ; 34～152 MeV/核子

### (3) 軽粒子モニタ (SDOM : Standard Dose Monitor)

宇宙機器のための宇宙放射線モデルの作成・更新、有人被ばく管理支援及び宇宙天気予報の基礎データ等として電子、陽子、 $\alpha$ 粒子のエネルギースペクトルを計測する。

半導体検出器3枚とシンチレータで構成されている。入射粒子のエネルギーは、3枚の半導体検出器及びこれを突き抜けたものは後ろにあるプラスチックシンチレータで計測する。粒子弁別は、各検出器の波高の組み合わせによる $\Delta E \times E$ 法により行う。

粒子	エネルギー範囲	ch
Electron	0.5～21 MeV	7
Proton	1.0～200 MeV	15
Alpha	7.0～200 MeV	61

これと同型の装置は、MDS-1、DRTS衛星で計測実績がある（図-9）。

## 6. 最後に

今後の宇宙開発の基盤となる放射線環境を継続的に計測し、安全・安心・信頼性のある日本の宇宙開発を支えて行く所存です。

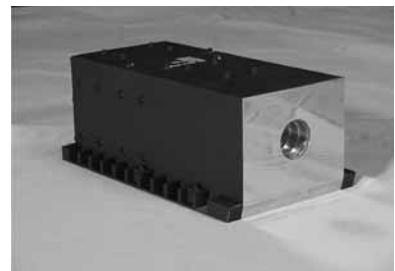


図-9 SDOM 外観写真

## 参考文献

- (1)F. Cucinotta, et. al, "Space Radiation and Cataract in Astronauts", Radiation Research, 156, pp. 460–466, 2001.
- (2)毎日新聞(平成21年3月10日朝刊)、サイエンス最前線、研究者たちの素顔11、若田さんの活動サポート宇宙空間での体の変化探る。
- (3)保田浩志、宇宙放射線防護のための線量測定、FBNews, No.307, 2002.
- (4)俵裕子、永松愛子、有人宇宙飛行における受動型線量計による被ばく線量測定、宇宙放射線、Vol. 5, No. 3, 2008.
- (5)GG. Fazio, et. al, "Generation of Cherenkov Light Flashes by cosmic radiation within the eyes of the Apollo Astronauts", Nature, 228, 260-264, 1970.
- (6)H. Koshiishi, et. al, "Evaluation of the neutron radiation environment inside the International Space Station based on the Bonner Ball Neutron Detector experiment", Radiation Measurements 42, 1510-1520, 2007.

## プロフィール

1970年都立大学理学部（物理）卒業。同年に宇宙開発事業団（NASDA）入社。人工衛星のシステム設計、宇宙用電子部品の信頼性評価と耐放射線性評価、シングルイベントの研究、宇宙環境計測と宇宙環境モデルの研究に従事。現在は宇宙航空研究開発機構（JAXA）の技術研究本部・宇宙環境グループの招聘主幹研究員、技術士（航空・宇宙分野）、システムズ・マネジメント博士（筑波大学）、趣味は放送大学と尺八。  
E-mail : goka.tateo@jaxa.jp

## ～ガラスバッジ Web サービスへのお誘い 第1回～

昨年9月に大幅なリニューアルをおこないました本サービスは、現在、多くのお客様にご利用をいただいております。

**ご登録件数：約2,600件 ご利用対象者：約93,000人 ご利用状況：約2,700アクセス/月**

そこで、今回から、ガラスバッジ Web サービスをより便利にご利用いただきたためのポイントについて、ご紹介してまいります。どうぞご期待ください。

第1回目は、**ご使用者の登録**についてです。この処理のポイントは、**登録開始日の設定**になります。以下の説明図を参照してください。

**TECHNOL ご使用者登録**

使用種別：個人用 環境用 予備用

整理番号：

使用者姓（漢字）：千代田

使用者名（漢字）：太郎

使用者姓（フリガナ）：チヨダ

使用者名（フリガナ）：タロウ

ラベル名称：

性別：

生年月日：

職種：

中央登録番号：

職員コード：

1月管理有無：

3月管理有無：

末端部装着方法：

**指定の整理番号にご登録をされたい場合は、3桁の数字を入力してください。**

**ラベル名称は、使用種別が環境用または予備用の場合の入力項目となります。ガラスバッジのラベルや報告書に印字されます。**

**中央登録番号、職員コードは、任意の入力項目です。ご登録された内容は、ご使用者名簿や報告書等の各種帳票に印刷されます。**

**このグループにご使用者を登録する計画使用開始日を設定してください。初期表示は、次回の計画使用開始日が表示されています。（現在ご使用中の計画使用開始日ではありませんので、ご注意ください。）**

登録開始日：

使用するモニタの登録 入力方法の説明

①	<input type="text" value="2009/04/01"/>	<input type="button" value="表示"/>	
②	<input type="text" value="2009/03/31"/>	<input type="button" value="表示"/>	
<input type="checkbox"/> 複写			
計画使用期間		モニタ：装着部位 モニタ：装着部位	
③ 2009/04/01 – 2009/04/30		F5 B	
④ 発送済		<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	
2009/05/01 – 2009/05/31		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
未発送			

モニタの発送をご希望される場合は、次の操作と確認を行ってください。

- ①登録開始日と表示画面の使用開始日を合わせてください。
- ②表示ボタンを押してください。
- ③計画使用期間に追加発送をしたい計画使用期間が表示されたことを確認してください。
- ④レ点チェックがついていることを確認してください。チェックがない場合は、モニタが発送されません。（チェックが外れている場合は、ご使用先単位で該当計画使用期間が休止処理されていることを示しています。）詳しくは、オンラインヘルプ（業務一覧 > ヘルプダウンロード）の使用者のメンテナンス > 使用者追加をご覧ください。

# 平成21年度 放射線取扱主任者試験施行要領

## 1 試験の日程

### 第1種試験

平成21年8月19日(水)、20日(木)

### 第2種試験

平成21年8月21日(金)

## 2 試験地及び試験場所

試験地	試験場所	
札幌	東海大学	北海道札幌市南区南沢5条1-1-1
仙台	東北学院大学	宮城県仙台市青葉区土樋1-3-1
東京	成蹊大学	東京都武蔵野市吉祥寺北町3-3-1
名古屋	名城大学	愛知県名古屋市天白区八事山150
大阪	近畿大学	大阪府東大阪市小若江3-4-1
福岡	九州大学	福岡県福岡市東区箱崎6-10-1

## 3 受験の申込期間

平成21年5月22日(金)～平成21年6月22日(月)  
(郵送の場合、平成21年6月22日消印のあるものまで有効。)

## 4 受験料 第1種：13,900円（消費税込み） 第2種：9,900円（消費税込み）

## 5 申込書の頒布

受験申込書（無料）は、次の方法により入手できます。

### ①頒布機関の窓口で入手する場合：

頒布機関（右記）及び（財）原子力安全技術センター窓口で直接入手できます。

### ②郵送による入手を希望する場合：

「受験申込書〇〇部請求」と朱書きした封筒に、切手を貼り付けた返信用封筒を同封して、（財）原子力安全技術センターに請求して下さい。なお、返信用封筒は角2サイズ（240mm×332mm）（A4が折らずに入る大きさ）とし、郵送切手代は請求部数に応じて次のとおりお願い致します。

請求部数	1部	2部	3～4部	5～9部	10部
切手代金	140円	200円	240円	390円	580円

## 6 合格発表

文部科学大臣より合格証が交付されます。  
また、合格者の氏名は官報で公告されます。  
(例年、10月下旬に公告されています。)

## 7 お問い合わせ先

### 登録試験機関

財団法人 原子力安全技術センター  
放射線安全事業部 安全業務部 主任者試験 Gr.  
〒112-8604 東京都文京区白山5丁目1番3-101号  
東京富山会館ビル4階  
TEL 03-3814-7480 FAX 03-3814-4617  
ホームページ <http://www.nustec.or.jp/>  
電子メール shiken@nustec.or.jp

## 受験申込書頒布機関

### 札幌 政府刊行物サービス・センター

札幌市北区北八条西2-1-1（札幌第1合同庁舎内）  
TEL (011) 709-2401

### (財) 原子力安全技術センター 防災技術センター

青森県上北郡六ヶ所村大字尾駒字野附1-67  
TEL (0175) 71-1185

### 東北放射線科学センター

仙台市青葉区一番町1-1-30 やまと生命ビル4階  
TEL (022) 266-8288

### 仙台 政府刊行物サービス・センター

仙台市青葉区本町3-2-23（仙台第2合同庁舎内）  
TEL (022) 261-8320

### 東京電力（株）エネルギー館

福島県双葉郡富岡町大字小浜字中央378  
TEL (0120) 292-194

### (独) 日本原子力研究開発機構 テクノ交流館リコッティ

茨城県那珂郡東海村舟石川駅東3-1-1  
TEL (029) 306-1155

### (社) 日本アイソトープ協会 総務課

文京区本駒込2-28-45 TEL (03) 5395-8021

### (社) 日本原子力産業協会

港区新橋2-1-3 新橋富士ビル5階  
TEL (03) 6812-7184

### 霞が関 政府刊行物サービス・センター

千代田区霞が関1-2-1（農林水産省別館前）  
TEL (03) 3504-3885

### 大手町 政府刊行物サービス・センター

千代田区大手町1-3-6 TEL (03) 3211-7786

### 中部電力（株）浜岡原子力館

静岡県御前崎市佐倉5561 TEL (0537) 85-2424

### 北陸原子力懇談会

金沢市尾山町9-13 商工会議所会館3階  
TEL (076) 222-6523

### 金沢 政府刊行物サービス・センター

金沢市広坂2-2-60（金沢広坂合同庁舎内）  
TEL (076) 223-7303

### (独) 日本原子力研究開発機構 アクアトム

福井県敦賀市神楽町2-2-4 TEL (0770) 24-3918

### 中部原子力懇談会 技術部

名古屋市中区栄2-10-19 名古屋商工会議所ビル6階  
TEL (052) 223-6616

### 名古屋 政府刊行物サービス・センター

名古屋市中区三の丸2-5-1（名古屋合同庁舎第2号館内）  
TEL (052) 951-9205

### (財) 原子力安全技術センター 西日本事務所

大阪市西区靱本町1-9-15 近畿富山会館ビル9階  
TEL (06) 6450-3320

### (財) 電子科学研究所

大阪市中央区北久宝寺町2-3-6 非破壊検査ビル  
TEL (06) 6262-2410

### 大阪 政府刊行物サービス・センター

大阪市中央区大手前1-5-63（大阪合同庁舎第3号館内）  
TEL (06) 6942-1681

### 四国電力（株）原子力本部 原子力保安研修所

愛媛県松山市湊町6-1-2 TEL (089) 946-9957

### 広島 政府刊行物サービス・センター

広島市中区上八丁堀6-30（広島合同庁舎第2号館内）  
TEL (082) 222-6012

### 九州エネルギー問題懇談会

福岡市中央区天神1-10-24 天神セントラルプレイス3階  
TEL (092) 714-2318

### 福岡 政府刊行物サービス・センター

福岡市博多区博多駅東2-11-1（福岡合同庁舎内）  
TEL (092) 411-6201

### 沖縄 政府刊行物サービス・センター

那覇市おもろまち2-1-1（那覇第2地方合同庁舎1号館）  
TEL (098) 866-7506

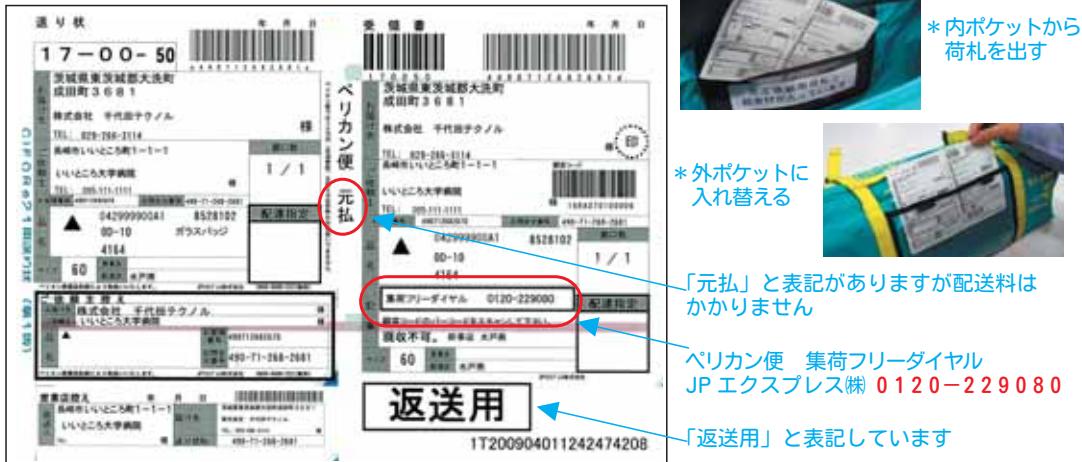
## サービス部門からのお願い

## GB キャリーでガラスバッジをお届けしているお客様へ！

GB キャリーでガラスバッジを測定依頼される際、GB キャリーの内ポケットに「測定依頼用荷札」が入っておりますので、ご使用ください。荷札の中央に「元払」と表示がありますが、配送料は千代田テクノルが負担いたします。お客様にご負担いただくことはございません。

GB キャリーの内ポケットから「測定依頼用荷札」を取り出し、外ポケットに入れ替えてください。荷札に表示されているペリカン便集荷フリーダイヤルへご連絡をお願いいたします。

## 【測定依頼用荷札】



## 編集後記

●例年、桜の開花は、3月下旬から5月にかけて南から北へ向かっていましたが、今年の桜は、例年とは異なっていたようです。真に、全国ばらばらに咲き始めたとの印象があります。筆者は、毎年同じ公園に行って桜を撮影するのが通例でしたが、今年は、行ってみますと前日の強風の影響ですでに多くの花が散っていました。桜の撮影タイミングは、ほんとに難しいものです。

●今月号は、「ICRP 第4専門委員会の近況」と題して、大分県立看護科学大学の甲斐倫明先生に執筆していただきました。この委員会は、生物学的側面、物理学的側面を基礎にし、放射線防護の基本的な考え方と枠組みを検討しているとのことです。本稿の中で先生は「管理する立場からは当然と思えても、社会的説明は単純ではない」と述べておられます。

●放射線の利用で最も身近なものは、医療施設での利用です。今回、首都大学東京の福士政広先生に「医療従事者の被ばくと

患者の被ばくーその現状と仮題ー」と題してご執筆いただきました。医療では、近年、放射線の利用が益々多様化していますが、数年前に話題となったCTについても記述していただきました。

●宇宙航空研究開発機構の五家建夫先生には「宇宙ステーションーきぼうーでの宇宙放射線計測」と題してご執筆いただきました。「宇宙」という言葉を聞いてだけでわくわくする筆者ですが、宇宙船内にいくつもの線量計を持ち込んで放射線の計測が実施されようとしていることを初めて知りました。実際の測定データが得られましたら、是非ともご紹介いただきたいと思います。

●これから憂鬱な梅雨の時期になります。その後に来るビールがうまい季節を期待しながら、元気に乗り切りたいものです。

(福田 光道)

## FBNews No.390

発行日／平成21年6月1日

発行人／細田敏和

編集委員／竹内宣博 福田光道 中村尚司 金子正人 加藤和明 小迫智昭 壽藤紀道

藤崎三郎 安田豊 野呂瀬富也 丸山百合子 畠田和永 亀田周二 高羽百合子

発行所／株式会社千代田テクノル 線量計測事業本部

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／株式会社テクノルサポートシステム

—禁無断転載— 定価400円（本体381円）