



Photo H.fukuda

## Index

原子力黎明期を思い起こして.....	伊原 義徳	1
医療被ばくを考える.....	甲斐 倫明	6
「新しいアジアの勢い」 .....	町 末男	11
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		
反陽子の瓶詰.....	鴻 知己	11
ガラス線量計三次元画像読取装置の紹介 .....		12
〔新刊紹介〕 .....		13
第43回 アイソトープ・放射線研究発表会.....		14
〔テクニカルコーナー〕 .....		15
〔加藤和明の放射線一口講義〕		
放射線防護の三原則（その2） .....	加藤 和明	17
〔お知らせ〕 .....		18
〔サービス部門からのお願い〕		
“ガラスバッジを汚さないで！” .....		19

# 原子力黎明期を思い起こして



伊原 義徳\*

## 1. はじめに

私は、1947年に東京工業大学を卒業して商工省に入省し、経済安定本部、通商産業省、工業技術院と職場を移動したが、敗戦に対する反省から、科学技術を重視する行政の確立が夢であった。理化学研究所に見学に行き、夕刻、会議室で仁科芳雄先生手ずから理研の合成酒をお酌していただいたり、武谷三男先生を囲む会で原子力研究の話の聞いたりして、電気工学科出身でもあり、原子力発電に関心を持っていた。しかし、敗戦後、サイクロトロンは米軍によって破壊され、原子力研究は占領軍によって禁止され、1950年によく米国の科学者から仁科先生宛てに放射性同位元素が送られて来て、細々と放射性同位元素の利用が再開されたのが実態であった。

1952年に講和条約が発効したので、日本学術会議において「わが国でも原子力の研究を再開すべし」との茅・伏見提案があったが、反対が多く、特別委員会で引き続き検討が行われていた。

1953年12月、米国のアイゼンハワー大統領が国連総会において「アトムズ・フォア・ピース」を呼びかけ、国際的に原子力の平和利用を促進することを提案した。当時、ソ連と英国では核兵器を開発するとともに、原子力発電所の建設を進めており、米国は平和利用では出遅れていた。

## 2. 突如の原子力予算

1954年3月3日の朝、駒形作次工業技術院長室から戻って来られた堀 純郎調査課長が、「国会の予算修正動議で原子力予算が上程された。成立すればわが課がこの予算を担当することになる。早速原子力の勉強を始める」とやや興奮気味に言われた。学術会議での検討が長引く中で、中曽根康弘、齋藤憲三など若手政治家達により突如として原子力予算が提出されたので、学界は予算に反対あるいは組み替えを申し入れるなど混乱したが、一ヵ月後に予算は自然成立した。予算の内訳は、①原子炉築造2億35百万円、②ウラン探査15百万円、③ゲルマニウム研究15百万円、④チタン研究15百万円（以上工業技術院）、⑤原子力資料10百万円、⑥PBリポート10百万円（以上国会図書館）合計3億円であった。

早速理化学研究所に出向き、杉本朝雄、山崎文男両主任研究員に原子炉と放射性同位元素につき教えを請い、電力中央研究所の高橋 實主任研究員にプルトニウムの講義を受けた。

世界的に原子力平和利用の機運が高まる一方、わが国ではビキニ水爆実験による第五福竜丸被災に端を発した原水爆禁止運動が起きるなど、原子力についての動きは複雑であった。

## 3. 国産ゼロ号研究炉

原子力予算の成立をうけて、政府は基本方針

\*Yoshinori IHARA 元原子力委員会委員長代理

を調査するため、内閣に原子力利用準備調査会を設け、また、予算の実施に関する重要事項を諮るために、通商産業省工業技術院に原子力予算打ち合わせ会を設けた。学界も、当初は原子力予算に反対であったが、平和利用に限り、民主、自主、公開の3原則を守るとの前提で協力することとなった。

調査課では、原子炉築造のために必要な諸資材の調達、関連機器の開発、設計諸元の検討など未知の分野への挑戦が始まった。燃料のウランの探査は地質調査所の担当であるが、その製錬加工、減速材としての重水或いは黒鉛の製造、放射線測定器の開発などは調査課の担当であり、仕事は山積した。

杉本委員長の下に小型原子炉設計検討会議が組織され、私は会議の世話役として働くとともに、堀課長の指導の下に原子炉築造3カ年計画(所要資金20億円)を作成したが、所要資材の期限内の確保は困難であった。この計画が、後に日本原子力研究所の国産一号炉につながるいわば国産ゼロ号炉である。

#### 4. 原子力海外調査団

国内における各種の調査研究が進むとともに、専門家を海外事情の調査に派遣することが必要となり、通産省は、専門家15名からなる海外調査団を欧米諸国に派遣した。調査団は、1954年の末に出発し、3か月後に帰国して報告書を提出し、これがその後の研究開発に有力な指針を与えることとなった。

#### 5. 原子力海外留学

米国原子力委員会は、アトムズ・フォア・ピース政策の一環として、諸外国から科学者・技術者を受け入れて教育訓練を行うことを提案し、わが国からもアルゴンヌ、オークリッジ両原子力研究所に留学生を派遣することとなった。

たまたま私は、大山 彰東大助教授(当時)とともにアルゴンヌに派遣されることとなり、原子力科学工学国際学校第一期生39名(米国を

含む20ヵ国より)の一人として、1955年3月から約8ヵ月にわたり、原子力知識の吸収に励むこととなった。

研究所長のウォルター・ジン、学校長のノルマン・ヒルベリーは、ともにエンリコ・フェルミの下で世界最初の原子炉CP-1の成功を支えた物理学者である。この炉が組み立てられたシカゴ大学の競技場の外壁には「1942年12月2日、人類はここに最初の自続的連鎖反応を達成し、それによって核エネルギーを制御しながら解放することを創めた」と刻まれた銘版が掲げられていた。

学校の講義と実験は当時としては良く準備されており、前年に稼動したばかりの高性能研究炉CP-5も使わせて貰えたが、生まれて初めて原子炉の頂部に上ったときには、さすがに股の下がスースーしたのを覚えている。

物理屋のヒルベリーはしばしば「諸君は帰国して原子力開発に携わることになるだろうが、物理屋だけに任せては駄目だ」と発言し、原子力が幅広い分野の人材の協力による総合システムであることを強調していた。

在学中に、第一回原子力平和利用国際会議がジュネーヴで開かれ、アルゴンヌでも関係文献の入手と消化に努めた。国会からジュネーヴ会議に派遣された中曾根、前田、松前、志村4議員が、帰途アルゴンヌに立ち寄られたので、所内をご案内し、ワシントンから同行の向坊 隆科学アタッシュとともに米国事情を説明した。

4議員の羽田における帰国声明が、その後の原子力基本法に繋がったことが知られている。また、石川一郎経団連会長も来訪され、日米間に原子力平和利用協力協定を結ぶことにより、濃縮ウランと実験炉を米国から入手することが可能となり、小型実験炉の導入が検討されていることを知った。

帰国後は、新しい体制作りと予算要求の仕事で多忙を極めた。有り難かったのは、留学生予算が一举に30人に増えたことである。研究所、大学、電力、メーカーがこぞって俊秀を送り出

し、これがその後のわが国の発展に繋がった。

## 6. 原子力委員会

1955年末に成立した第三次鳩山内閣で、正力松太郎国務大臣が原子力担当となり、国会では、「原子力基本法」「原子力委員会設置法」「総理府設置法一部改正（原子力局新設）」が成立し、1956年1月から新しい体制が発足した。私は、工業技術院から総理府原子力局に移り、原子力委員会の事務局長を兼ねることになった。局長は、佐々木義武局長以下総勢わずか19名であった。

原子力委員会については、当初行政委員会とする意見が強かったが、結局諮問機関と定められた。ただし、委員会は、原子力利用政策、関係行政機関の事務の総合調整、経費の見積り及び配分計画などについて企画し審議し決定する、内閣総理大臣はその決定を尊重すると定められ、強力な影響力を持つに至った。

56年度予算は、前年より一桁多い36億円の予算を要求し、政治折衝の結果、現金20億円、債務負担権限16億円、合計36億円が実現した。

また、原子力委員会による検討と見直しの結果、原子力研究所が茨城県東海村に立地されることとなった。早速現地を見に出掛けたが、海岸の防風林の草むらに座り込んで、ここを米国の研究所施設のたとえ十分の一程度の規模とするだけでも、大変な時間と金が掛るだろうと、前途の困難を実感した。

正力原子力委員長の関心は、専ら原子力発電の早期実現であり、米欧から原子力関係有力者を招き、気運の醸成に努められた。中でも、56年5月に来日した英国原子力公社のヒントン理事が、「運転を開始したコールドーホール発電所は、経済性のある実用炉である」と説明したのを受けて、これの導入に傾いた。

原子力局の若手技術者は、勉強会を開いて発電原価を試算し、日本は米国から導入した大規模新鋭火力の原価が安いのに対し、英国は小規模発電で在来発電の原価が高いので、英国で採

算に乗る原子力発電も、わが国ではまだ採算に乗らないと報告した。正力委員長は、「木っ端役人が何を言うか。ヒントンがペイすると言うからペイする」とのことであった。

結局、56年秋には訪英調査団が派遣され、調査団は「コールドーホール型炉は日本が導入するに値するものの一つである」と報告した。これをもとに、一挙に英国炉導入の気運が高まった。産業界でも日本原子力産業会議の設立、原子力産業5グループの結成など、製造業側の受け入れ態勢が整ってきた。

電気事業者側のコールドーホール型炉受け入れ態勢について、正力原子力委員長は、英国炉は採算に乗るとして民営方式を考えていたが、電源開発(株)は、採算上不確定要素があるからとして国営を主張した。こうした動きに対し、河野一郎経済企画庁長官は民営論に批判的であり、いわゆる河野一正力論争が起きたが、新たに民営の日本原子力発電(株)を設立し、これに電源開発(株)が2割程度の出資をすることで論争は決着した。

## 7. 日本原子力研究所

55年11月に財団法人として発足した日本原子力研究所は、56年6月に特殊法人となり、東海村における研究施設建設が進められた。しかし、現地の劣悪な開発条件に対する原研本部の認識不足から、労働組合活動が尖鋭化した。代々木系研究者の動きもあって、その後も労働争議が頻発したため、研究炉や各種研究施設の整備と、それに拠る幅広い研究成果が正当に評価されず、政財界からの批判を浴びたのは不幸なことであった。

## 8. 原子燃料公社

56年8月には原子燃料公社が設立され、ウラン資源の探査、採掘、製錬を行うこととなった。鳥取県人形峠でウラン鉱床の探査・採掘を始め、59年には東海村の精錬所で金属ウランの製錬に成功した。

## 9. 原子力開発利用長期計画

1956年5月に科学技術庁が発足し、総理府原子力局はその一部局となり、引き続き原子力委員会の事務局を兼ねた。

原子力委員会の設置目的の一つに「原子力の研究、開発及び利用に関する国の施策を計画的に遂行」することがある。委員会事務局は、夏の暑い盛りに、島村武久政策課長の下で長期計画の原案作りに努めた。委員会は、広く各方面の意見を聞いて原案を練り直し、9月には原子力開発利用長期基本計画を内定した。

計画の内容は、原子燃料の供給、原子炉の建設、アイソトープ利用、日本原子力研究所・原子燃料公社の業務、関連技術の育成、放射線障害防止、科学技術者の養成訓練について定めており、当初の間は外国技術の導入を積極的に行うが、将来わが国の実情に応じた核燃料サイクルを確立するため、増殖炉、燃料再処理等の技術の向上を図ることとしている。

その後、「発電用原子炉開発のための長期計画」「核燃料に対する考え方」の決定を経て、1961年には改めて「原子力開発利用長期計画」が決定され、その後の数次にわたる原子力委員会長期計画策定の流れの基礎となった。

## 10. わが国初めての原子力の火

日本原子力研究所は米国からウオーター・ボイラー型研究炉（50kw）を導入することを決定し、56年夏には東海村での建設が始まった。燃料の20%濃縮ウランは、日米原子力協力協定に基づく濃縮ウラン賃貸借協定により、日本政府が米国政府から借入れ、これを原子力研究所に貸与することとした。原子炉の建設は、松林を切り払っての支援施設皆無の悪条件のもと、関係者の努力によりこれを克服して、異例の早さで建設が進み、57年8月27日未明、初臨界に達した。私もこれに立ち会う機会を得た。

## 11. 放射線医学総合研究所

原子力委員会の決定により、57年7月に放射線医学総合研究所が科学技術庁の附属機関として所長以下40名の構成により発足した。業務は、(1)放射線による人体の障害防止に関する物理、化学、生物、医学など広範囲に及ぶ調査研究、(2)放射線によるがんの治療など放射線の医学利用に関する調査研究、(3)技術者の養成訓練、となっている（現在定員約380名）。

## 12. 動力試験炉の導入

日本原子力研究所は、発電炉研究のため米国から小型動力試験炉を導入することとなり、1958年に調査団が米国に派遣され、私も参加することとなった。調査団は、GE社のBWR（沸騰水型）、ウエスティングハウス社のPWR（加圧水型）を中心に、原子力研究施設、発電炉、燃料材料生産施設を幅広く視察し、米国軽水炉の将来性に大きな関心を寄せ、関係資料の収集に努めた。

米国最初の商用原子力発電所が SHIPPINGPORT で運転を開始したばかりであり、PWR型の代表としてそれを視察した。当時は、BWR、PWRの両方式はいずれ一つの方式に統一されるとの見方が強く、あまり形式の差にこだわらなくても良いと考えられた。調査団は、将来の技術の発展性が大きいことを考えてBWRの採用を適当とする報告を行った。

その結果、GE社に発注された動力試験炉 JPDR は、1963年10月26日にわが国で初めての原子力発電に成功した。この炉は、建設から運転に掛けて、研究所、メーカー、電気事業者の協力体制が敷かれ、その後の原子力発電時代への人材の養成に大きく貢献した。

原子炉は、数年間の運転経験を経た後、出力上昇を目指して改造されたが、圧力容器に欠陥が発見され、検討の結果発電炉解体の試験体として活用されることとなり、解体に伴う各種の技術成果を得て撤去され、用地は更地となり、

次の利用に備えられている。

### 13. 国産動力炉開発

日本原子力研究所では、基礎研究と並行して、わが国独自の技術による原子炉を目指して半均質固体燃料炉を開発することとなったが、冷却方式についての選択が混迷した。そこで、原子力委員会は国産動力炉の炉型について検討を重ね、高速増殖炉と重水減速新型転換炉を適当とするとの結論を出し、これを元に動力炉・核燃料開発事業団の設立となった。

### 14. 原子力安全

原子力研究開発利用の大前提は、施設の事故により周辺の公衆に大きな影響を与えず、平常運転時を含めて放射線防護のシステムが確立していることである。わが国でも、日本原子力研究所においては設立当初から保健物理研究部が設置され、原子炉の建設・運転が始まり、放射線発生装置や放射性物質の使用が進むにつれて、放射線管理業務の充実が図られた。さらに、環境放射線管理も確立されるようになった。政府の安全規制制度も早急に確立する必要性が認められ、57年には原子炉等規制法と放射線障害防止法が制定された。

原子炉の設置・運転に際しては、原子炉等規制法による設置の許可を受ける必要があり、その際安全審査が行われることとなる。原子力委員会は、原子炉安全審査部会と安全基準部会を設け、学識経験者による検討を開始した。

大学や産業界から研究炉の設置が相次いで申請され、厳密な審査を経て許可された。しかし、大物は日本原子力発電(株)から申請された東海発電所の安全審査であった。この炉の耐震性や、ガス循環機タービンの震動問題について、解決に苦労した。隣接の米軍射撃場の影響についての解析も行われたが、安全は確保されるとの結論が得られた。

この炉の安全性については、広く社会的な関心を引いたので、原子力委員会は公聴会を開き、

広く地元関係者、学識経験者、産業界、労働組合などを招いて意見を聴取した。

ここで、安全審査の基本的考え方に触れると、「人は過ち、機械装置は故障し破損する」ことを前提とし、施設の敷地内で機械装置が壊れるようなあらゆる事故を想定し、その場合でも敷地の外の一般公衆に大きな影響を与えないことを確認する。すなわち「事故が起きても安全は確保される」と言うことである。ややとすれば、「事故を起こさないから安全である」と説明しがちであるが、人間は誤りを犯すのが性(さが)であるから、「事故を起こさない、事故は起きない。」のではなく、「事故が起きても敷地の外に大きな影響はなく、安全は確保される」と説明すべきである。

### 15. 終わりに

私は、比較的早くからわが国の原子力平和利用開発の歴史を身近に体験してきたが、関係者の血の滲むような努力により、ようやくここまで来たとの思いが深い。現在、原子力開発は特に先進諸国で多くの困難を抱えて伸び悩んでいるように見えるが、せつかく神が人類に与えてくれた原子力エネルギーの恵みを享受できるよう、更に困難を乗り越えて、人類の将来のために原子力の健全な発展を見ることを望んで止まない。

#### プロフィール

1924年神戸市生れ。1947年東京工業大学卒業、商工省入省。54年工業技術院でわが国初めての原子力予算を担当。55年米国に原子力留学。56年科学技術庁に移り、動力炉開発課長、原子力安全局長を経て、77～79年科学技術事務次官。次いで国際科学技術博覧会協会事務総長、日本原子力研究所理事長、原子力委員を勤めた。

学生時代はバレーボールに明け暮れた。趣味は囲碁、落語、古代史、クラシック音楽。科学技術行政のうち原子力行政に比較的長く関与した。「つくば科学万博」成功のために痩せる思いをした。原研で原子力船「むつ」実験航海の成功を祝った。原子力委員長代理として朝日新聞の誤報に悩まされた。打たれ強いのが取り柄か。

## 医療被ばくを考える



甲斐 倫明\*

### ◆ ICRP 会議で的一幕 ◆

昨年、9月のジュネーブでのICRP全体会議で第3専門委員会委員長のMettler委員は、ICRPが原子力産業の職業被ばく・公衆被ばくの防護に対しては労力を注ぐが、最大の被ばくをもたらしている医療被ばくには熱心ではないことを批判的に述べた。原子力や自然放射線による線量が低いにもかかわらず、その防護システムや概念を考えることにICRPは熱心である。しかし、原子力・放射線利用において職業被ばくをどんなに低減しても、その影響度は、医療被ばくで1%以下の線量低減で防護全体の集団線量に与える大きな影響に比べると到底及ばないと主張する。拡大する医療被ばくこそ、放射線防護の最重要課題であることを理解させたかったのである。

Mettler委員の主張は、放射線防護の基本問題にふれていることを改めて感じている。職業被ばくと医療被ばくとは物理・生物学的には全く同じ被ばくであっても別な被ばくであるとして放射線防護では扱う。職業被ばくには線量限度があるが、医療被ばくには限度がない。被ばくと交換に患者自身が大きいベネフィットを受けることが前提とされている医療被ばくは、職業被ばくや公衆被ばくとは異なって社会的に高い許容度が与えられているのである。しかし、それは個々の被ばくについてそうであっても、その結果もたらされる集団線量の規模は圧倒的に医療被ばくが大きいことをリスクの視点からどのように考えるかに対して、現在の放射線防護は明確な答えをもっていないように思う。例

えば、15ヶ国の原子力作業員の疫学調査のプール解析結果が最近報告されたが<sup>1)</sup>、そこでは医療被ばくは考慮されていない。放射線リスクを評価する上で医療被ばくは別な被ばくとして扱うことはできないことは明らかである。Mettler委員は、医療被ばくが線量限度をもたないにしても、正当化と最適化による防護を徹底し、被ばくの低減化の努力を職業被ばく以上にICRPが関心をもち挑戦すべきであることを暗に主張していたのではないかと思われる。医療関係者のほとんどがICRPさえ知らない現状にあることを皮肉まじりにMettler委員は話したことが印象的であった。この会議を最後にMettler委員はICRPを去った。

### ◆ ランセット論文問題 ◆

英国の医学雑誌ランセット2004年1月31日号に掲載された論文「診断X線による発がんのリスク：英国および14ヶ国の評価」<sup>2)</sup>（以下、ランセット論文と呼ぶ）が報じた内容は読売新聞の一面に取り上げられたこともあっても社会的に大きな話題を呼んだ。それによると、日本のがん発症率の3.2%は放射線診断に起因するものであり、この数値は調査を実施した15ヶ国で日本が欧米諸国に比べて突出しており、3倍程度高いというものである。

ランセット論文の反響は大きく、とくに、医療関係者はこの影響で人々が放射線検査の受診に不安をもち、ある場合には拒絶することを問題としてランセット論文を批判した。確かに、ランセット論文は、胸部単純X線被ばくのようなかなり低い線量であっても多数の検査が累積

\*Michiaki KAI 大分県立看護科学大学人間科学講座環境科学教授

した結果として集団全体の被ばく線量が増えたことをリスクという物差しで評価したものにすぎなかった。つまり、しきい値のない直線線量反応関係（LNT 仮説）を用いてリスクを計算したものであり、疫学的に追跡調査によって放射線被ばくを多く受けた患者の発がん率が増加していることを実際に観察して統計的に得たものではなかった（放射線診断のリスクについてレビューは拙著<sup>3)</sup>を参照されたい）。読売新聞の記事を読んだ多くの一般人が放射線診断によってがんが実際に増えていると理解してしまったのは無理のないことであったが、このあたりにも放射線被ばくのリスクを語るときの難しさがある。

ランセット論文に対する批判は二つに整理できる。ひとつは、LNT 仮説を用いて極く低い線量を加算してリスク計算することは科学的ではないという批判である。もうひとつは、医療被ばくがもたらすベネフィットをリスクに対峙して比較しなければ意味のない議論であるという批判である。いずれも納得できる面もあるが、十分なものになっていない。ランセット論文が用いたリスク評価法は独自のものではなく、国連科学委員会報告で記述されているリスク評価法を用いており、さらにリスク評価の不確かさの考察まで著者らは行っている。著者らは現行のリスク評価の限界を知りつつ医療被ばくリスクの各国比較を試みたと考えれば二つの批判は的を得ていないことになる。二つの批判は、ランセット論文の社会的反響の過熱をさまし、医療放射線利用への攻撃から守るためのものであったとしか思えない。現に、読売新聞東京本社医療情報部の中島記者（ランセット論文の記事を書いた記者）はランセット論文の意味、あるいは放射線被ばくに関する情報を専門家が社会に向けて積極的に発信し、患者の不安に向き合ってほしいと指摘している<sup>4)</sup>。

ランセット論文から何を讀みとるべきであろうか。明らかに日本の医療被ばくが欧米に比べて3倍程度高いという事実である。これが何故であり、その理由を正当化できるだけのものがあるかということである。放射線被ばくに見合ったベネフィットは日本では欧米に比べて3倍高い

のかどうかを検証されなければならない。もし、そうでなければ、わが国の医療被ばくの放射線防護に大きな問題が潜んでいることになる。また、医療被ばくのマイナス面として放射線リスクだけを考えがちであるが、放射線検査数の増加は医療費を上げていることにも注目すべきであると提起しておきたい。

ランセット論文が報告した内容は決して新しいことではなく、日本の医療被ばくを放射線防護問題として真正面から取り組んできていない現実を改めて知らされただけであると考えている。

### ◆ 医療被ばくのリスク ◆

ランセット論文が報告した3.2%という放射線診断の寄与リスクをどう評価すべきか。この数値はLNT 仮説を利用した計算だからという理由だけで片づけられないものである。ランセット論文で日本が最も高い結果を示したのは、胸部単純X線検査数が多いこと、さらには上部消化管検査の頻度が他国に比べて高いことが要因となっている。現在、放射線診断の中心はCTを中心としたデジタル化が長足のペースで進んでいる。このあたりの実情がランセット論文では評価に十分に反映されていなかった。実際、実効線量で10mSv程度の比較的高い線量をもたらすCT検査の検査件数のデータは日本のものが使用されることなく評価されていた。

我々は、この問題を重視して、CT検査が今後どのように被ばくを増大させていくかを予測し、そこからもたらされる発がんリスクを試算することで、医療被ばくのリスクを考えることにしたので紹介する<sup>5)</sup>。

まず、将来予測の考え方はこうである。図1に示すようにCT装置の導入数をもとに将来のCT装置台数を予測する。また、それぞれのCT装置が1日に実施可能な検査件数は自ずと限界があり、そのあたりを過去に行われた定点測定（放射線医学総合研究所のCT被ばく調査、西澤ら、医学放射線学会雑誌）のデータを参考に推定し、CT装置数と一日あたりの平均検査数を予測することで将来のCT検査数の予測を行うという方法をとった。このような評価は、定

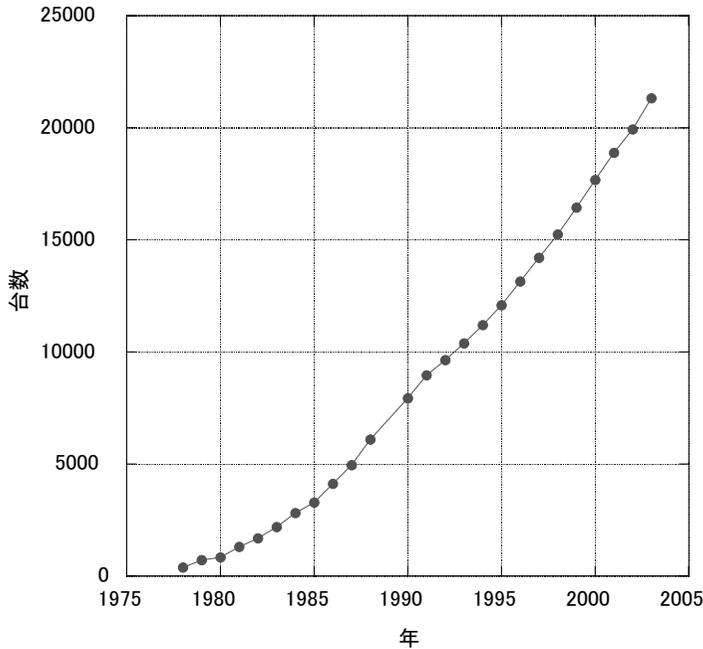


図1 日本におけるCT台数の年次変化

点測定をもとにした評価ではなく、年次変化を予測することで拡大していくCT検査数の増大を把握する。一方、リスク評価においては、ある特定の出生コホートを考えることで、年次変化と共にCT検査数が増加していくこととコホートが加齢によって検査数を増やしていくことを対応して考えることができる。1940年生まれのコホートはCT検査が導入されるようになった1980年、つまり40歳から検査を経験し、2010年の70歳までに検査が年齢と共に増加していくと考える。コホートとしてCT被ばくを評価しリスクを推定する。同様に、1980年生まれのコホートについて考え、2010年までのCT被ばくを評価しリスク推定した結果、特に寄与リスクの高かった白血病、肺がん、肝臓がんについても、自然罹患数の95%信頼限界における変動幅と放射線誘発がんの罹患数の増加はほとんど差がなく、コホート全員を追跡調査したとしても、検出は困難であることを示した。CTの被ばくからのリスク推定にLNT仮説を用いて計算するのは、0.1mSv以下の胸部単純X線検査からの

小さいリスクを加算するよりはより信頼性は高いと我々は考えている。しかし、1980年生まれのコホートが今後2010年以降も、指数的にCT検査件数を重ねていくとすると、検出の可能性が高くなっていくことも示唆している。このようなリスク試算は、CT検査のベネフィットを認めたととしても現実に発がん率の増加につながる可能性が高くなることから、現在の子ども達を長期にわたって疫学的に追跡することで、検査のリスクとベネフィットを調べていく低線量研究の必要性を示唆しているとも考えている。

◆ 正当化とは ◆

ICRPは、新勧告の最初のドラフトで正当化を放射線防護の必要条件としない考え方を示したが、最近になって正当化を復活させてきている。医療被ばくでの正当化は明らかに必要条件であるが、その他の職業被ばくなどの正当化は産業全体でベネフィットを評価すべきで、放射線防護だけにとどまる問題ではないとしてきた。日本保健物理学会はICRP新勧告ドラフトのパブリックコメントで正当化の必要性をコメントした。このコメントに対して、最近、ICRP名誉委員である英国のDunster博士は、日本のコメントに対して、放射線防護における正当化は中心的課題でないことを強調し、正当化に拘泥する日本のコメントを批判した<sup>6)</sup>。医療被ばくの正当化は患者ごとの検査で判断されるから放射線防護のひとつとして重要視されることに誰も異論はない。しかし、医療被ばく以外が正当化を必要条件としないとするのは、放射線防護の役割の後退であると私も考える。エネルギー生産から廃棄物処分までの原子力産業全体をひとつの放射線防護問題として捉えられない、あるいは正当化の方法論がないことを理由に正当化を放棄するのは、理念としても正当化の役割を見ていない。放射線防護を単に被ば

くを少なくする、あるいは防護が十分だとして被ばくを認めるでは、被ばくすることのメリットおよびデメリットをバランスよく考える役目は誰が担うのか。放射線被ばくがもたらすさまざまな側面を考え評価する人間は存在しなくなる。このことは社会にとってマイナスであることは確かであろう。

医療被ばくは、正当化が必要条件とされているにもかかわらず、現実には正当化は実施されているとは言い難い。これは、正当化を判断する立場にある医師がその役割を果たしていないからである。医療において放射線防護の立場として働いているのは診療放射線技師である。診療放射線技師は正当化の判断をする立場にないために、現実の医療の放射線防護の現場では、正当化が放射線防護の必要条件でないと同じ状況にあるとっていいのである。

患者ごとに実施される放射線検査の正当化を定量的に実施することはきわめて困難である。しかし、実施しようとしている検査の目的に適用しようとしているX線検査が適切なものであるかは医師が判断すべきことである。このような定性的な正当化の判断を実施するだけで不必要な検査は減る。専門医以外でもX線検査を行える日本においては、関連学会などでX線検査の適用のガイドラインを作成することも正当化の判断を助けるクライテリアとなりうる。

医療被ばくの正当化の手法が検討されてきたのは集団検診である。集団検診は健常者を対象として実施されるので、集団の均一性が満たされれば、検診を適用することで得られるベネフィット（適用しないことに比べたときの死亡率の減少など）を評価することができる。しかし、実際に実施しようとするば無作為割付比較試験（Randomized Controlled Trial）によって長期間にわたって集団を追跡することが必要とされる。欧米ではこの方法で集団検診の効果を検証してきた。

わが国では集団検診の効果を直接的に調べることなく多くの検診が導入されてきた。最近のマンモグラフィの若年産女性への適用など効果を期待することよりも社会のニーズが優先されて導入が決定されていく。無作為割付比較試験

の倫理的問題をクリアできないなどの理由もあろうが、基礎的な研究によって物事を科学的に決めていく土壌が日本にはない。そのため、有効性評価は、スクリーニング法間の腫瘍の検出能比較や統計を用いた計算によって評価されている。

我々は、乳癌腫瘍の成長数理モデルを用いてマンモグラフィによる乳癌検診のシミュレーションを行うことで、検診開始年齢や検診間隔の違いによる乳癌罹患患者の平均余命延長効果を調べる方法について検討した<sup>7)</sup>。これによってマンモグラフィのベネフィットを評価するためである。このような理論的方法は実証的研究に及ばないが種々の要素の問題点を明らかにする手法として今後も有効であると考えている。最新の論文では、米国で乳癌死亡率が減少した理由の半分はマンモグラフィ検診の導入だとする報告がある<sup>8)</sup>。この論文でも統計的モデルが利用されている。

#### ◆ 最適化として何をすべきか ◆

医療被ばくには線量限度がないため、医療被ばくの放射線防護は正当化と最適化でもって行わなければならない。画一的な数値基準がないために、同じ検査目的であっても施設間で大きな違いがあることが問題となり、IAEAは、典型的なX線診断および核医学検査に対してガイダンスレベルを1994年に提示した。その後、ICRPにおいても診断参考レベル（Diagnostic reference level）として、勧告されるようになった。

診断参考レベルは医療被ばくが適切に管理されているかどうかを見る一つの指標である。しかし、このレベル以下であるからといって最適化されているわけではない。多くの施設で経験的に選択された診断の照射条件を統計的に見れば大半は適切な条件を選択しているはずであるという仮定のもとで決められている。この考え方では統計のない新しい診断技術には適用できない。また、ほとんどの施設でレベルを超えることがなく、レベルよりも下であればあるほど良い線量であるという誤解を与えている向きもある。目的の診断に見あった画質を提供してい

るかどうかで最適な線量が決まるはずである。

最適化の役割を担うのは診療放射線技師である。しかし、実際にどのような方法で最適化をすればよいか、標準的な方法がないのが現場では大きな問題である。我々は、この問題に対して、胸部X線撮影に肺腺がんの模擬病変ファントムを利用する方法を検討した。サイズや繊維化巣部分の割合などを変えた幾種類もの模擬病変を作製し、この模擬病変が撮影した画像で検出可能であるかを比較することによって、目的に合った最適な線量（画質と線量とのバランス）を選択する方法を確立した<sup>9)</sup>。この方法を適用してわかったことは、多くの臨床現場ではデジタル撮影手法において適正な撮影条件が設定されていないことであった。

同じ考え方をCT検査にも利用して画質と線量のバランスを考えていく手法を検討している。CT検査は自動化が進んでいて現場での最適化を実施しにくい検査のひとつであるが、検査数や適用対象の増加によって最適化の研究を進めていく意義は大きい。

#### ◆ おわりに ◆

医療被ばくの放射線防護を推進していくには、医療従事者の教育が大きな意味をもっている。正当化の役割を担う医師、および最適化の役割を担う診療放射線技師のそれぞれの教育である。また、患者とのリスクコミュニケーションを担うべき看護師の教育も大切である。私の大学では、看護師に対する放射線防護教育として、30時間の講義と4時間の実習を行っているが、看護系大学としては例外的であろう。しかし、医学教育において放射線防護教育が重視されることは、専任教員や放射線基礎講座の減少などから今後も期待できないであろう。一方、診療放射線技師については、近年大学教育化が進んできて放射線防護教育の比重が大きくなり、医療従事者の中で放射線の物理・生物・防護を最も学んだ人材であることは間違いがない。このような状況にあって、放射線診療の現場において、診療放射線技師が放射線防護全体を視野にいった能力を身につけ、医師や看護師を支援しながら適切な放射線診療を推進する役目を果たして

いく人材となることを期待している。

#### 文献

- 1) Cardis, E., Vrijheid, M., Blettner, M. et al.: Risk of cancer after low doses of ionising radiation: retrospective cohort study in 15 countries. *BMJ*, 331 (7508): 77-82, 2005.
- 2) Berrington de Gonzalez A. and Darby, S.: Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries. *Lancet*, 363: 345-351, 2004.
- 3) 甲斐倫明: 放射線診断と発がんリスク. 癌と化学療法, 32(9): 1229-1234, 2005.
- 4) 中島久美子: メディアの取り組み—果たすべき役割と専門家への期待?、日本医学放射線学会雑誌, 64(7): 22-25, 2004.
- 5) 甲斐倫明、他: 日本保健物理学会研究発表会要旨集, 2005年
- 6) Dunster, HJ: A challenge to the Japanese proposals to improve the draft recommendations of the ICRP, *J. Radiol. Prot.* 25: 498, 2005.
- 7) 船田治子、甲斐倫明: 乳癌の腫瘍成長の数理モデルを用いたスクリーニングマンモグラフィの余命延長効果の評価、日本乳癌検診学会誌, 13(3): 289-297, 2004.
- 8) Berry, DA, et al.: Effect of screening and adjuvant therapy on mortality from breast cancer. *N.Engl.J.Med.* 353(7): 1784-92, 2005.
- 9) K Ono, T Yoshitake, K Akahane, Y Yamada, T Maeda, M Kai, and T Kusama: Comparison of a digital flat-panel versus screenfilm, photofluorography and storage-phosphor systems by detection of simulated lung adenocarcinoma lesions using hard copy images. *Brit. J. Radiol.* 78: 922-927, 2005.

#### プロフィール

大分県立看護科学大学人間科学講座環境科学研究室教授、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、日本学術会議核科学総合研究連絡委員会委員、日本放射線影響学会幹事、日本リスク研究学会理事、文部科学省放射線審議会委員、ICRP 第4 専門委員会委員

# 新しいアジアの勢い

原子力委員 町 末 男

先週3日間、原子力委員会が「アジア原子力フォーラム」(FNCA)の成果を評価し、将来の計画を検討する各国の局長レベルの会議を開いた。バングラデッシュを含む東アジアの10ヵ国とIAEAから参加した20人が活発な議論を展開した。

この会議を通して感じたことは東アジアに新しい風が吹いていることである。年率8-10%の高成長を続ける中国は大量の電力を必要とし、20年までに10億kWの発電容量達成を目指しており、その4%を原子力にするとしている。そのために、これから15年で約30基の原子力発電プラントを建設するほどの高スピードで拡大する。これを最大限国産技術で達成しようとしている。

ベトナムも同様の高度成長の時代に入って、不足する電力を供給するために2020年までに最初の原発を100万kW 2基を建設することを新年早々に首相が決定した。この両国は日本の協力も得て原子力に最も重要な人材の育成に力を入れている。日本に来る人達は勉強熱心で意欲的だ。

今回の会議でも中国、ベトナム、タイ、インドネシアの自信のある積極的な発言が目立った。インドネシアはスントノ原子力庁長官が2016年に100万kWの原発2基の導入政策が1月に決定したとのべている。

マレーシアはマハティール前首相の政策が成功して、もはや途上国から脱しようとしている。急速に増えるエネルギー消費と石油の高騰、長くはもたない同国の石油、天然ガス資源を考えて、新しい科学技術・革新大臣ジャマルディン氏は原子力発電を再評価する政策を打ちだしている。

このように、世界の中で最も発展の速い東アジアにおいてエネルギーの安定供給は最大の課題になっており、原子力の価値への注目度が急速に大きくなっている。

こうした中で安全が実証されたすぐれた原子力技術と経験を持つ日本がこれらの国に対して可能な限り、技術の移転、人材育成に手を貸していくことが世界の環境保護のためにも、日本の国益にも大事である。

## 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

### 『反陽子の瓶詰』

鴻 知 己

スイスとフランスに跨ってつくられた、世界最大の加速器を擁する素粒子物理の研究所、CERNでは、反陽子を“瓶詰”にする研究が進められている。

我々の住む物質世界では、何かの弾みで反物質(の素材である反“素粒子”)がつくられたり何処からか紛れ込んだりしても、物質の素材である素粒子と“対消滅”してしまうので、実際上非常に短い時間しか“生存”できないが、真空中では反“素粒子”の寿命は、この世界における(反でない通常の)素粒子のそれと変わらないと考えられている。それ故、反陽子を真空の壺に閉じ込め、壺の壁など物質に触れないように保持できれば、じっくり研究を行うことができるだけでなく、遠方に運んで実験することもできるので、物理学の発展に画期的な貢献をするものと期待される。

実は、この企ては、放射線安全管理学にも大きなインパクトを与えることになる。閉じ込め

が順調に行われている限り、放射線的には何の悪さも齎さないが、それに失敗したときには、1個の反陽子消滅あたり約2GeVという大きなエネルギーが質量から運動エネルギーに転化される。ICRPが1990年勧告で取り上げた潜在被曝(Potential Exposure)\*は、将にこの計画のために設けられたようなものである。逆に言うと、潜在被曝の課題を解決するための方策を考える上で非常によい教材が提供されたと言える。

現在放射線防護の対象として考えられる放射線の源は、核放射線を放出する“放射性同位体”、核分裂や核融合といった核反応を持続的に起こさせる“核反応炉”、それに“加速器”などの“放射線発生装置”に区分できるが、“壺詰反陽子”はそのどれにも当て嵌まらず、まったく新しいタイプの線源ということになる。

\* 潜在被曝は元々高エネルギー加速器の放射線遮蔽設計にとって頭の痛い課題である。

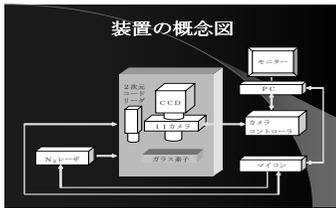
## ガラス線量計三次元画像読取装置の紹介

ガラス線量計は、現在、個人被ばく線量測定用の線量計として主流の一つとなっています。ガラス線量計は、銀活性リン酸塩ガラスに放射線を照射し、紫外線で刺激すると照射した放射線量に比例して蛍光を発する性質を利用した線量計であり、主にX・γ線及びβ線の測定用として用いられています。ガラス線量計は豊富な基礎データに基づき、多彩なアルゴリズムとチェックロジックにより、精度の高い測定値や入射した放射線のエネルギーを知ることができます。

紫外線刺激による蛍光のガラス線量計検出子全体に亘る発光の変化パターンを画像化することにより、より詳細な放射線入射情報を得て、さらに精度の高い、より正しい測定値を算出することを目的として、ガラス線量計三次元画像読取装置を開発しましたのでご案内いたします。

この装置により、ガラス線量計に入射した放射線の線種、エネルギー、遮蔽体の有無、入射方向など、放射線被ばく状況に関する多くの情報を得ることが可能となりました。

### <装置概要>



### <画像撮影概要>

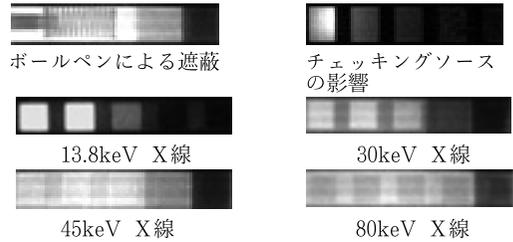
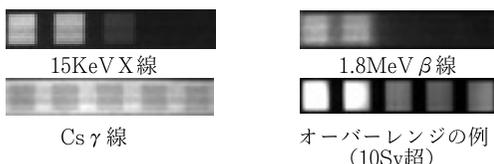
下図のように、ガラス線量計の全層、上層、中層、下層の4種類の発光パターンについて画像を撮影しました。レーザー・ビームはガラス線量計の短辺側の側端面から入射し、反対側の側端面まで透過させました。



画像撮影層イメージ

画像撮影部分の断面図  
(全体寸法33.0×7.0×1.0mm)

### <撮影画像サンプル1> (全て全層による撮影)

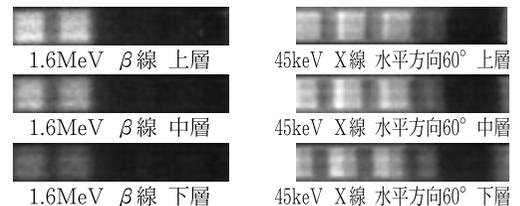


解説1：白い部分は放射線が多く入射した部分であり、黒い部分は反対に放射線の入射が少ないことを示しています。従前のフィルムバッジと比較すると陰と陽が逆転しています。左から順にE1,E2,E3,E4,E5フィルターです。

解説2：低エネルギーX線、β線、γ線の違いが画像で明確に判別できます。また、リーダによる測定値からは、全てのフィルターの発光量がオーバーレンジであり線種を限定することは困難であったものが、画像によりX線であることが判別できました。実際には個人被ばくではなく、誤って照射されたものでした。

解説3：遮蔽等による影響も画像で判別できます。点線源の上に線量計が乗ってしまった例を示しました。画像からβ線とガンマ線を同時に出すRIであることが分かります。また、X線のエネルギーが高くなるに従って、金属フィルターを透過する放射線量が増すことが分かります。

### <撮影画像サンプル2> (3層の比較)



解説4：ガラス線量計は1mmの厚さを持っています。β線や低エネルギーX線はガラスによる吸収の影響を受けます。そのため、上層から中層、中層から下層へと進むに従って放射線が减弱されます。写真から、入射した放射線は弱透過性放射線であり、さらにE1,E2の画像からβ線であることが判別できます。

解説5：方向性を伴って放射線が入射するとフィルターの陰影が反対方向に流れる現象が occurs。3層の画像から入射方向を推定することが可能となりました。(福田 光道)

## 【新刊紹介】



私とローレンス・ハイルブロン（米国、ローレンス・バークレイ国立研究所）が共著で執筆した、下記の書籍（英書）がWorld Scientific社から本年1月に出版されましたので、お知らせします。

Handbook on Secondary Particle Production and Transport by High Energy Heavy Ions (with CD-Rom)

Takashi Nakamura (Tohoku University)  
Lawrence Heilbronn (Lawrence Berkeley National Laboratory)

World Scientific Publishing Company, Jan. 2006, 221 pages, US\$58

### Contents

#### Preface

1. Introduction
2. Secondary Neutron Yields from Thick Targets
3. Secondary Neutron Production Cross Sections
4. Measurements of HZE Neutrons Behind Shielding
5. Production Cross Sections of Spallation Products Created in Heavy-Ion Reactions
6. Moving Source Parameterizations of Secondary Neutron Production
7. Conclusion

Appendix : Application of Data to Benchmark Transport Model Calculations  
Bibliography

このハンドブックは、これまで20年間に世界中（主として日本とアメリカ）で行われてきた高エネルギー（核子当たり100MeVを超えるエネルギー）の重イオン（Heイオン以上）による中性子生成と物質透過および核破砕反応による放射性核種生成に関する実験データを集めて、編集したデータブックであり、数値データがCD-Romにアスキーフォーマットで記録され、添付されている。採集された実験は、放射線医学総合研究所のHIMAC（重イオン医療用加速器）で著者らのグループが、1994年から約10年間にわたって行ってきた実験が大半を占めていて、HIMACが如何に有用な加速器施設として、重要な実験結果を世界に供給出来たかが分かる。

これまで、このような広汎な実験データがまとめられた例はなく、現在も今後も重イオン加速器の医療利用が日本やヨーロッパを中心に盛んになりつつあり、また、重イオン核破砕反応を用いたRI（Radioisotope）ビームファクトリーの建設計画も進んでおり、さらに、宇宙空間の利用進展とともに、宇宙線中の重イオンによる被曝等にも、このハンドブックは極めて役立つものと思われる。内容を章毎に少し詳しく述べると以下の通りである。

第1章は、高エネルギー重イオンが重要になる

分野として、宇宙環境での放射線、重イオンによる癌治療、RIビームの利用を取り上げて概説している。

第2章は、核子当たりエネルギーが100MeVから800MeVまでのHe, C, Ne, Si, Ar, Fe, Nb, Xeイオンビームによる、厚いターゲット（1次粒子を完全に吸収する厚さ）からの2次中性子生成量の実験データについてまとめている。取り上げている実験は、HIMAC、NSCL（ミシガン州立大学超伝導サイクロトロン）、Bevalac（ローレンス・バークレイ国立研究所）、SREL（Space Radiation Effects研究所）での測定結果であり、エネルギースペクトル、角度分布、全生成量のデータが与えられている。

第3章は、核子当たりエネルギーが95MeVから600MeVまでのHe, C, N, Ne, Ar, Fe, Kr, Xeイオンビームによる、薄いターゲット（エネルギー吸収量が数MeV程度の厚さ）からの2次中性子生成の微分断面積の実験データについてまとめている。取り上げている実験は、HIMAC、RIKEN（理化学研究所リングサイクロトロン）、Bevalac（ローレンス・バークレイ国立研究所）での測定結果であり、エネルギースペクトル、角度分布、全断面積のデータが与えられている。

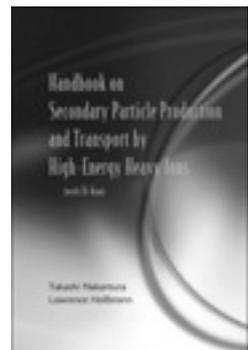
第4章では、重イオン生成中性子の遮蔽体透過実験であり、HIMACにおける、400MeV/核子のCイオンを厚いCuターゲットに当てて前方方向に生成した中性子の、鉄およびコンクリート透過後のエネルギースペクトル、LETスペクトルの測定結果と、NSCLにおける、155MeV/核子のHe, C, Oイオンを厚いHevimet (W, Ni, Cuの合金) ターゲットに当てて94度方向に生成した中性子の鉄とコンクリート透過後のエネルギースペクトルの測定結果とがまとめられている。

第5章では、様々なターゲット（Cuが最も多い）に核子当たりエネルギーが100MeVから2100MeVまでのHe, C, N, Ne, Ar, Siイオンビームを当てて、核破砕反応により生成する様々な放射性核種の生成断面積の質量数分布や励起関数および生成核種の放射能空間分布が与えられている。ほとんどの実験データはHIMACのものであるが、他にBevalac, PPA（プリンストン大学）、TWA-ITEP（モスクワ理論実験物理研究所）の実験データも入っている。

第6章は、第2章と第3章の2次中性子生成に対するMoving Source Model Fittingのパラメータについて、結果をまとめて、最後に補遺として、汎用重イオン輸送モンテカルロ計算コードPHITSのベンチマーク実験データとしての応用例が述べられ、入力データ例が示されている。

なお、本書は<http://www.amazon.co.jp>からも直接購入出来る（日本円で約7千円）。

中村 尚司  
（東北大学名誉教授、  
弊社顧問）



## 第43回 アイソトープ・放射線研究発表会

- 会 期** 平成18年 7月 5日(水)～7月 7日(金)  
**会 場** 日本青年館 (東京都新宿区霞ヶ丘町 7 番 1 号)  
 Tel 03-3401-0101  
<http://www.nippon-seinenkan.or.jp/>  
**主 催** (株)日本アイソトープ協会  
 Tel 03-5395-8081 Fax 03-5395-8053  
**共 催** 61学・協会  
**参加費** 2,000円 (学生は無料) 要旨集 3,000円

### ◆特別講演

1. 安定同位体標識法 (NBS 法) によるプロテオーム解析  
 7月 5日(水) 14:45～15:45  
 講師 九山浩樹氏 (株)島津製作所 ライフサイエンス研究所)
2. 航空機内宇宙線被ばくに関する動向と課題  
 7月 6日(木) 9:30～10:30  
 講師 保田浩志氏 (株)放射線医学総合研究所)
3. 陽子線がん治療の進歩  
 7月 6日(木) 10:45～11:45  
 講師 村山重行氏 (静岡県立静岡がんセンター)
4. 量子ビームの相補的利用研究の展開  
 7月 7日(金) 13:00～14:00  
 講師 藤井保彦氏 (株)日本原子力研究開発機構)
5. J-PARC における次世代中性子利用技術の展望  
 7月 7日(金) 14:15～15:15  
 講師 池田裕二郎氏 (株)日本原子力研究開発機構)

### ◆パネル討論

1. Perspective of PET in China, Japan and Korea  
 —Application of PET for Medical Diagnosis—  
 7月 5日(水) 10:00～12:30
2. 非密封アイソトープによる治療  
 7月 5日(水) 14:00～16:30
3. 電子線の工業利用最前線  
 7月 6日(木) 9:30～12:00
4. 極低温放射線センサーの開発現状と将来展望  
 7月 6日(木) 13:30～16:00
5. 社会的視点から放射線教育を考える  
 7月 7日(金) 9:30～12:00

- ◆研究発表** 口頭発表：156題  
 ポスター発表：30題

- 懇親会** 日本青年館 4F 「鶴の間」  
 7月 5日(水) 18:00～ 参加費2,000円

なお、名称が第41回までの「理工学における同位元素・放射線研究発表会」から変更されました。

テクノコーナー



<製品紹介>

医療機器事業部より、FB ニュース 4 月号の都丸の話にありました「高精度放射線治療とその品質管理」で紹介されました、弊社から販売している放射線治療QA商品の主な商品について説明させていただきます。

★デジタルエレクトロメータ『MAX4000』  
～米国でも実績ある高性能線量計～



- 取扱いが非常に簡単なシンプルシステム設計
- 重量が1.4kgと持ち運びに便利
- 少ないゼロドリフト  $5 \times 10^{-15}$  A以下
- 分解能 LOW : 10 fC、1 fA、  
HIGH : 10 pC、1 pA
- 高圧±300 V (正規電圧)、±150 Vまたは±100 V (2点電圧法用)
- RS-232C 出力 (PC によるデータ処理ソフト有り)

★EXRADIN イオンチェンバー

A12ファーマタイプ

～標準測定法01に完全対応～

–AAPM TG51 プロトコールに完全準拠–



- 電離体積：0.65 ml
- 壁材質と厚さ：空気等価プラスチックC-552、0.5mm厚 (0.088 g/cm<sup>2</sup>)
- 中心電極：1 mm直径C-552
- 耐水性電離箱
- <sup>60</sup>Co γ線用ビルドアップキャップ：C-552 2.8 mm厚 (0.493 g/cm<sup>2</sup>)  
他にも平行平板型、超小形指頭型電離箱なども扱っております。

★『ISIS QA-1ファントム』～治療システムの幾何学的精度チェック～

- 治療計画用 CT、シミュレータ、治療計画システム、治療装置などのアイソセンタおよび X、Y、Z 軸の総合的精度チェックが簡単に行えます。
- 治療計画イメージのための CT 値－電子密度校正ができます。
- 治療計画線量のチェックが行えます。

★『PIPSpro』～ポータル画像の品質管理および QC 支援～

- AAPM 推奨の QC-3 ファントム (0.1－0.76 lp/mm、厚さ15 mm鉛) を用いたポータルイメージ撮影システムの MTF 測定
- 数種の画像エンハンスソフトを用いたポータルイメージの鮮鋭化
- I.I. イメージなどの歪み補正
- ガントリ、コリメータなどのスターショット解析 (QA 支援)
- 電子ポータルイメージング装置 (EPID)、フィルムなどによる線量測定支援、治療時の透過線量のチェックなど

- 定位放射線治療の品質保証ツール、システムは Low ら (Med Phys 22 443 1995) の方法を基本に作成されています。

★『Oncentra 治療計画システム』

- ~PC ベースのシステムなので拡張が容易~
- スエーデンウプサラ大学 Ahnesjö らが開発したアルゴリズムを用いております。
- 光子の線量計算は、ペンシルビーム法およびスーパーポジション法の双方が使用できます。
- 電子線はモンテカルロ法を用いており、現在、線量計算精度は世界最高です。
- 最適化には LSGRG2 アルゴリズム (Smith and Lasdon *ORSA Journal on Computing* 4 1.1992) を採用し、目的関数には重み付けしたターゲットおよび決定臓器の DVH、生物学的線量などがセットできます。
- 更新された AAMM TG43 に従った Brachytherapy 線量分布を提供します (予定)。
- 外照射および Brachytherapy を総合した物理および生物学的線量を求めます (予定)

★『IMSure』 ~IMRT などのモニタ単位 (MU) などの 2 次チェックシステム~

- 治療計画システムで求めた MU 値チェックのために、FM Khan (*The Physics of Radiation Therapy* 2nd ed. 1994) の手計算方法と同じ方法による MU 計算値を提供します。
- 出力分布はターゲット、1 次コリメータおよびフラットニングフィルタ平面の 3 線源モデルで近似します。
- IMRT の MU 値は Xing ら (*Phys Med Biol* 45(3) N1-7, 2000) の方法により計算します。
- IMRT のアイソセンタ平面におけるフルエンス分布は、IMSure に取り込んだ DICOM-RT フォーマットの計画データ

を基に Xing ら (Med Phys 27 2084, 2000) のペンシルビーム法により計算し、治療計画システムで求めたフルエンス分布と比較します。

- IMSure の採用によりファントムと線量計、フィルムなどを用いたチェックが不用になります。

★『QA beam. checker』 ~高精度なりニアックビームの簡易測定システム~



- バッテリー内蔵で、ケーブルフリーシステム。
- 3本のチェンバーによるエネルギーの自動識別機能搭載
- リバーシブル測定システム：X線測定用と電子線測定用が裏表になっており、切り替えはボタンを押すだけでスタンバイ状態になります。
- 各測定は初回測定との相違をチェックし、許容値以上の相違があれば警告ランプが点灯します。
- ビーム平坦度のチェックを行います。

まとめ

放射線治療において、品質管理は行わなければならない重要事項ですが、すべてを行うのは難しいことです。医師や技師の方々の限られた時間の中で QA 作業ができるよう、これらの製品はお役に立てると思います。

(医療機器事業部：伊藤美佐  
監修：都丸禎三)

## 放射線防護の三原則（その2）

放射線防護という仕事は受身のスタンスで行われることが多いように思われる。以前「放射線防護三原則」の名で呼ばれた「時間、距離、遮蔽」という放射線防護の基本的方策は、“先ず放射線在りき”から始まる“受け身の方策”である。高レベルの放射線場を対象とする放射線防護の現場では、このようなお題目を唱えているだけでは解決できないことが多くなる、というような意味のことを前回述べた。

このような現場では線源の制御が何より有効な防護策となるのであって、言ってみれば“攻めの防護策”、“積極的な放射線防護”が必要である。

とはいえ、小さな密封 RI のみを取扱うような場合には、作業者が、自分自身および自分のために働いてくれている他者の身の安全を確保するための手段として、この“三原則”が有効となるケースは少ない。そのようなとき、この“原則”の意味するところを正しく理解し、正しく適用する必要がある。

時間短縮の方策：ある作業を行うに当たっては、作業時間をそれ以上短くしたのでは目的達成が困難もしくは不能となるという限界がある。また、一般的傾向として、個人の線量制限を厳しくすれば、集団としての総線量は増大する。熟練度を要する作業の場合にはその差が顕著になる。

逆二乗法則：距離による幾何学的減弱効果は、しばしば“逆二乗則”と呼ばれる。

放射線の放出率、 $S$  [Bq]、に方向性を持たない点状の放射線源から  $r$  の距離にあ

る点での放射線の粒子束密度  $\phi(r)$  が

$$\phi(r) = S / (4\pi r^2)$$

となるからである。

注意を要するのは、この式が当てはまるのは線源が点状とみなせる場合に限られるということである。（無限長の）線状線源に対しては、線源強度を  $S_L$  [Bq/m]、線源からの垂直距離を  $d$  とするとき、

$$\phi(d) = S_L / (4d)$$

となって、距離への依存性は“逆一乗”となる。さらに、無限面状の線源の場合には、空気などによる吸収の効果が見込まれないとき、粒子束密度は無限大となってしまふ。実際には、面積が有限であったり、線源と評価点までの間に横たわる物質による遮蔽効果で粒子束密度が分散することにはならないが、逆二乗則は成り立たない。

線源が實際上“点状”とみなせる場合でも注意の要ることがある。線源を手で掴むときなど、距離  $r$  を  $r \rightarrow 0$  として公式に当てはめると  $\phi(r \rightarrow 0) \rightarrow \infty$  となり、これに比例する線量も  $\infty$  と考えたくなるが、これは間違いである。線源強度が有限である以上放出される放射線粒子の数は有限であり、従って放射線線量は有限の値を持つことになるからである。

物質による遮蔽効果：放射線粒子のエネルギーが原子核内での核子結合エネルギー（ $\sim 10\text{MeV}^*$ ）を凌ぐようになると2次（以降）的放射線の発生と散乱線の寄与が見られるようになる。放射化にも注意しなければならない。

※重水素核は例外的に低く2.3MeV。

## ◆●財団法人原子力安全技術センター西日本連絡事務所の開設について●◆

(財)原子力安全技術センターでは、平成17年6月に施行された放射線障害防止法に基づく、登録検査機関、登録定期確認機関、登録運搬物確認機関、登録運搬方法確認機関、登録認証機関、登録試験機関、登録資格講習機関、及び登録定期講習機関の全ての業務が開始した機会に、西日本地域（愛知県以西）における顧客サービスの一層の充実を目指して、平成18年3月1日、大阪市内に西日本連絡事務所を開設している。

所在：

〒550-0004

大阪府大阪市西区靱本町 1-9-15 近畿富山会館ビル 9 階

T E L : 06-6450-3320 F A X : 06-6450-3321

E-mail : west@nustec.or.jp

西日本連絡事務所の主な業務：

1. (財)原子力安全技術センターの業務案内
2. 放射線障害防止法に基づく登録機関関連業務
  - ・ 定期検査、定期確認及び設計認証の申請に関する相談等（相談日を設けて行っている。）
  - ・ 放射線取扱主任者試験の申込書の頒布等
3. センターが出版している図書の販売及び講習会の案内
4. その他原子力防災、原子力安全確保に関する業務支援
  - ・ 環境放射線モニタリング
  - ・ 原子力防災、原子力安全確保に関する調査

### 日本保健物理学会「第40回研究発表会」開催のご案内

◆研究発表会

会期：平成18年6月8～9日 会場：広島プリンスホテル

◆懇親会

日時：平成18年6月8日(木) 18:20～（予定）

会場：広島プリンスホテル

◆関連企画 市民公開講座：ガン治療の最前線

日時：平成18年6月7日(水) 17:30～20:00

会場：広島国際大学教育センター 3階会議室

◆詳細は下記 URL で確認してください。

<http://home.hiroshima-u.ac.jp/jhps40/frame.htm>

◆お問合わせ先

〒734-8553 広島市南区霞 1-2-3

広島大学原爆放射線医科学研究所

線量測定・評価研究分野 保健物理学会第40回研究発表会事務局

TEL : 082-257-5890, 5874, FAX : 082-257-5873

e-mail : jhps40@hiroshima-u.ac.jp

サービス部門からのお願い

## “ガラスバッジを汚さないで！”

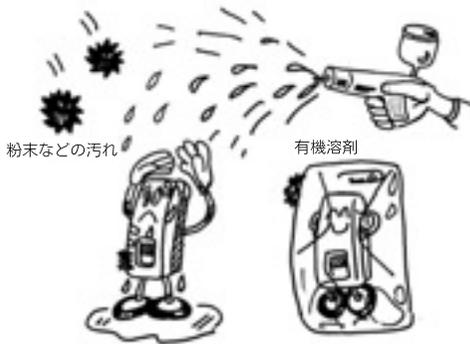
弊社モニタリングサービスをご利用いただきありがとうございます。

ガラスバッジは、天然資源を大切にするため、再利用することを基本に設計してあります。そのため、測定終了後のガラスバッジは、洗浄をおこないクリーンな状態にして、再度組立し、お手元にお届けをしています。

ところで、まれな例ですが、特殊な環境においてお仕事をされているお客様から測定依頼されたガラスバッジの中には、有機溶剤などがケースの中に浸透してしまい、接着剤と同じ効果でケースがくっつき、ケースが破損して再利用出来なくなるのはもちろん、ガラス素子を取り出せなくなり、測定結果をご報告出来なくなる場合がございます。

潤滑油や有機溶剤などをご利用する施設のお客様は、特にご注意ください幸いです。

特殊な環境でご使用にお心当たりのお客様は、弊社営業所までお問い合わせください。



Gガード(GB専用袋)

(測定センターサービス課 野呂瀨)

## 短佳後記

●東京では桜も散り新緑の季節となりました。千代田テクノルの新入社員は、4月に研修を行い、5月に各部署に配属されます。私も入社し原子力事業部に配属されて5月で2年目となりました。入社時に抱えていました社会への不安も周りの人の支えもありまして、楽しく、仕事と社会勉強を経験しております。

また、入社1年目という立場でFB Newsの編集委員を担当しまして、原子力一色だった視野を出筆者の方々と編集委員のメンバーを通じて医療等の別の分野にも広く目を向けることが出来ました。深くお礼を申し上げると共に、これからも精進致しますので宜しくお願い致します。

●今月号は、甲斐氏に「医療被ばくについて考える」を出筆して頂きました。

近年の医療に対する放射線利用は、身近なものになってきていると感じます。歯科では、虫歯の治療計画を立てるためにX線が利用されています。そして、癌診断には、陽電子を放出する<sup>18</sup>Fも利用されています。

しかし、放射線が有効的に利用されてきている反面、治療に携わる方々の医療被ばくが熱心に受け止められていない現状を知りました。放射線の利用は、今後ますます多くなると思うので、治療に携わる方々のためにも放射線の正しい知識をFB Newsを通して少しでも伝えていけたらと実感しました。

●サッカーW杯まで残り1ヶ月ですね！前回のサッカー合同W杯(日韓ワールドカップ)から早くも4年が経って6月からドイツでW杯が開催されますね。スポーツニュースでも、サッカー一色のお祭りモードになってきました。サッカーファンとしては、王JAPANがWBC(ワールドベースボールクラシック)で優勝を勝ち取ったように、日本代表がオーストラリア・クロアチアを下し、ブラジルにはマイアミの奇跡ならぬドルトムントの奇跡を起こし決勝トーナメントに進んでくれたらと期待しております。そのためにも、皆さん応援の準備をしましょう♪

(原子力事業部 技術グループ 森本 智文)

## FBNews No.353

発行日/平成18年5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 加藤和明 壽藤紀道 藤崎三郎  
福田光道 野呂瀨富也 丸山百合子 窪田和永 佐野智久 大日向朱梨 森本智文

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5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)