Radiological Sciences

放射線科学

2007.10
Vol.50
第50巻 第10号

特集

放射線医学総合研究所

創立50周年記念講演会

放医研の50年のあゆみと未来

ISSN 0441-2540

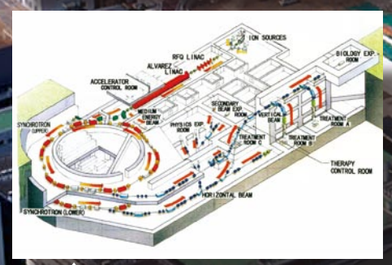
放医研見てある記

2006年空撮

▲低線量影響実験棟の完成(2003年12月)

▲次世代ＰＥＴ装置の開発(2000年～2006年)

▲放医研における原子力防災訓練の実施



▲ＨＩＭＡＣ鳥瞰図

放射線科学

2007.10
Vol.50
第50巻 第10号

Contents

04 特集
「放射線医学総合研究所創立50周年記念講演会」放医研の50年のあゆみと未来

04 放医研の50年と現在
放射線医学総合研究所理事（研究担当） 高橋 千太郎

08 《I》放医研における放射線医学の取り組み

1.重粒子線治療 －がん治療施設の現状と展望－
重粒子医科学センター長　辻井 博彦

14 2.分子で見る身体のはたらきと病気
分子イメージング研究センター長　菅野 巖

18 特別講演「半世紀を顧みて:がん治療の将来を想う」
国立がんセンター名誉総長　杉村 隆

20 《II》放医研の放射線安全への取り組み

1.放射線防護研究のあゆみ
放射線防護研究センター長　酒井 一夫

24 2.放医研と我が国の被ばく医療
緊急被ばく医療研究センター長　明石 真言

30 特別講演「我が国の原子力安全確保について」
－原子力安全委員会の役割と放射線医学総合研究所への期待－
原子力安全委員会委員　久住 静代

32 SR salon Photograph

33 書評
「放射線医科学－生体と放射線・電磁波・超音波－」
日本大学総合科学研究所　田中 良明

34 随想
市川 龍資

35 編集後記

Radiological Sciences

特集「放射線医学総合研究所創立50周年記念講演会」
放医研の50年のあゆみと未来

放医研の50年の歩みと現在

放射線医学総合研究所理事（研究担当）
高橋 千太郎

1.はじめに

放射線医学総合研究所（放医研）は昭和32年7月1日に設立され、今年が創立50周年となります。本年7月20日には東京の経団連会館ホールにて記念講演会を開催し、沢山の方のご来場をいただきました。この拙文は、その折に「放医研の50年の歩みと現在」という演題で講演させていただいた内容を取りまとめたものです。私よりずっと長く、あるいは、深く放医研に関わられ、多大な貢献をされた諸先輩方や関係者の方々を差しおいて、私のような若輩が放医研の50年の歩みについてご紹介させていただきますこと、恐縮いたしておりますが、少しでも放医研の活動を知っていただき、引き続きご支援をいただきたく、ここに筆をとりました。

2.放医研のあゆみ

放医研の設立は、聞き及ぶところによりますと、昭和30年の日本学術会議による「国立放射線基礎医学研究所」設立の勧告が直接的の契機となったとのことですが、広島、長崎への原爆投下、ビキニ海域における第五福竜丸乗組員の被ばく、あるいは相次ぐ地上核実験による生活環境の放射能汚染の問題等があり、放射線障害の防止対策の確立が緊急の課題となっていたこと、また、結核予防法が制定されX線撮影が広く使われるようになるなど、放射線の医学利用に国民の期待が高まっていたことも設立の間接的な契機であったことはいうまでもありません。その設置目的は、以下に示したものでした。

1. 放射線による人体の障害ならびにその予防、診断及び治療に関する調査研究
2. 放射線の医学的利用に関する調査研究
3. 関連する技術者の養成

この目的を達成するためには、共通の問題として放射線が生体に及ぼす影響や障害を、安全と医学利用の両面から明らかにする必要があります。このため医学のみならず、理学、工学、薬学、農学等自然科学の各専門分野の研究者が集められて、総合的に研究が実施されるように構成されました。後ほど、現在の放医研の設置目的や業務内容についてご紹介させていただきますが、設立当初の「放射線障害研究」と「放射線の医学利用研究」という設置目的と、多分野の研究者が結集して総合的な研究を推進するという組織方針は、いまもかわらず継承されています。

昭和32年7月1日、樋口助弘初代所長のもと4研究部と管理部で霞ケ関の科学技術庁内に本部を設置し、研究所の設置場所の検討が開始されました。昭和32年11月には千葉市の現在地が敷地として決定し、各種施設の建設に着手しました。不幸にして、樋口所長は33年8月逝去され、塚本憲甫第2代所長が就任になられました。

昭和34年4月千葉の現在地へ移転を開始、同年7月1日、当時の科学技術庁長官中曽根康弘先生らの参加を得て開所式を行い、名実ともに放医研での研究業務が開始されました。写真1は開所式の模様です。組織的には設立時の4研究部、すなわち、第1基礎研究部、第2基礎研究部、障害研究部、環境衛生研究部に加えて臨床研究部と養成訓練部を新たに設置し、6研究部の体制となりました。また、写真2は移転当時の研究所を上空から撮影したものです。本部棟、講堂、第一研究棟、X線棟、離れて第一ガンマ線棟などがご覧いただけます。

写真1　開所式の模様。当初設置された第1、2基礎研究部、障害研究部、環境衛生研究部に加えて臨床研究部と養成訓練部を新たに設置し、6研究部の体制で研究業務を千葉の現在の地で開始した。

昭和35年度に入ると総合研究を実施するなど研究活動も軌道に乗り、同年末には放射線障害とがんの診療を目的とする病院棟が竣工し、36年5月から放射線単科の病院がスタートいたしました。また、人材育成のための養成訓練の受講者も増加し、そのための建屋が建設されました。昭和36年には、バンデグラフ加速器、ベータトロン、ヒューマンカウンター等を設置して設備の充実を図ると共に、組織面では、遺伝研究部を設立し生物学的な研究面の強化や放射能調査体制の整備を進めました。昭和39年には100課題あまりの経常研究に加えてプロジェクト研究が開始されるなど、着実に研究業務が進展しました。

昭和40年代に入ると、外来研究員制度を設けて所外との共同研究を開始するとともに、環境放射能汚染の深刻化に対応した調査研究を強化しました。昭和42年からは御園生圭輔第3代所長のもとで、バンデグラフを用いたがんの速中性子線治療、プルトニウムによる内部被ばく、放射線障害の治療など多方面の研究が展開されました。昭和49年にはサイクロトロンが完成し、速中性子線がん治療、短寿命ラジオアイソトープの生産、種々の基礎研究などに活用され、現在の重粒子線治療や分子イメージング研究の発展の礎となっています。

写真2　設立当時の放医研の上空写真。本部棟、講堂、第一研究棟、X線棟、第一ガンマ線棟などが見える。後方に木造の官舎とテラス宿舎が見える。

昭和50年代に入ると、環境放射能研究の拡充のために臨海実験所を那珂湊支所とし、医学分野ではサイクロトロンの本格的な稼動が始まりました。昭和53年、第4代所長に熊取敏之障害臨床研究部長が就任されると、霊長類実験棟や晩発障害実験棟、緊急医療棟などの整備が完了し、昭和58年には内部被ばく実験棟が着工されるなど、放射線安全関連の研究施設の充実が図られました。医学利用ではポジトロン断層撮影の臨床応用が進み、陽子線治療が開始されたのもこの時期です。

昭和61年にはチェルノブイリ原子力発電所事故が発生し、放医研は現地への医師派遣や帰国者の放射能測定など全所をあげて対応しました。当研究所の職員が成田空港に出向き帰国者の放射能汚染の検査をしているところが広くテレビや新聞で報道され、当研究所の緊急時被ばくに対する使命の重要さが広く社会に認識されました。また、同年6月には、第5代所長に寺島東洋三科学研究官が就任され、強力な指導のもと放射線生物影響や放射線安全研究の着実な実施と並行して、新たな放射線治療である重粒子線治療に向けて組織や体制の整備が進められました。昭和63年には松平寛通生物研究部長が第6代所長に就任され、重粒子線治療施設の建設が始まりました。

年号が平成に変わり、放射線の生物影響とリスク研究、環境放射線（能）研究、重粒子線がん治療装置（HIMAC）開発研究、画像医学研究など研究業務は順調に進展し、平成5年度には、HIMAC、SPF動物生産実験棟、小型サイクロトロンなどが完成するなど大型施設の完成が続き、さらに所内ネットワークシステムの整備、分散型電子計算機システムの更新など、設備の充実が図られまし

た。同年 12 月には所長の交代があり、平尾泰男医用重粒子線研究部長が所長に就任され、それまでの実績を踏まえつつ新たな発展に向けた組織改変が進められました。すなわち、従来の部室制を改変し、グループ制を導入する一方、基礎基盤的な研究開発には部室制を踏襲し、時代の要請や研究環境の変化に対応する体制としました。

このような組織改変を終え、放医研にとって創立 40 周年となる平成 9 年度は、所長交代で幕を開けました。佐々木康人重粒子医科学センター長が第 8 代所長に就任され、重粒子治療推進棟や画像診断棟の竣工、小型サイクロトロンやタンデム型加速器の導入など、先端研究に必要な設備施設の充実が図られました。一方、平成 11 年には東海村核燃料加工施設（JCO）で事故があり、その対応や関連する業務・研究で所をあげて多忙な日々となりました。

平成 13 年度は、国の行政改革を受け放医研が独立行政法人として新たな歩みを始めた年です。理事長には佐々木康人前所長が就任され、重粒子医科学センター、放射線安全研究センター、緊急被ばく医療センターを設置するとともに、機動的な研究の実施を目的にフロンティア研究センターと先端遺伝子発現研究センターを設置しました。施設としては低線量影響実験棟や探索研究棟が新たに供用されました。平成 13 ～ 17 年度の第 1 期中期計画期間に、放射線安全・緊急被ばく医療研究では着実な学術的成果が得られるとともに、国際原子力機関の協力センターの認定を受けるなど国際的にも認められました。重粒子線治療関連研究は極めて順調に進展し、その高い治療効果が実証され先進医療に認定されました。また、重点的に取り組んできた小型普及機開発では、短期間の開発期間にもかかわらず、現在の装置に比べ規模やコストで約三分の一の普及機の開発に成功しました。さらに、画像医学や陽電子断層撮影技術を核にした分子イメージング研究センターを新たに設置し、この分野の研究の積極的な推進を図りました。

3.放医研の現在

平成 18 年度から第 2 期の中期計画期間に入り、理事長には米倉分子イメージング研究センター長が就任されました。第 2 期中期計画は図 1 に示すように、これまでの実績と経験に基づき、効率的な研究業務の遂行を目指し、放射線ライフサイエンス領域と放射線安全・緊急被ばく医療領域の 2 領域とし、重粒子線がん治療研究とそれに関わる放射線影響研究を重粒子医科学センターにおいて、ポジトロン断層撮影などを活用した画像医学に関わる研究を分子イメージング研究センターにおいて、放射線安全と環境放射線に関わる研究を放射線防護研究センターにおいて、緊急時被ばくの体制整備や放射線障害治療に関わる研究を緊急被ばく医療研究センターで実施することとしています。さらに、それらの基盤となる技術開発や研究環境の安全確保などを目的に基盤技術センターを設置しています。また、将来を見据えた新しい研究の創成、外部機関との共同研究、人材育成、成果の普及にも力を入れております。

研究業務の詳細と今後の展望については、次章以降で各センター長がご報告いたしますが、図 2 に示しましたように、現在、5 つのセンターを擁し、職員総数約 750 名、国からの運営費交付金は約 130 億円であり、放射線の安全から先端医学応用にいたる幅広い研究を行う本邦唯一の総合研究所として活動し、優れた成果をあげております。平成 18 年度を例にとれば、260 編を越える原著論文を発表し、国内外での学会発表数は千数百件に上ります。特許についても年間 50 件近くの申請を行なうとともに、技術協力や技術移転も積極的に実施しています。当研究所で開発された特許にもとづきベンチャー企業が立ち上がっており、また、これまでの成果を取りまとめたデータベースが広く関係する専門家や一般の方に利用されております。

外部の機関との共同研究や連携事業も極めて活発であり、正式な機関同士の契約に基づくものだけでも 82 機関に上ります。大学等とは、包括的な協力協定が 7 大学と、連携大学院が 8 大学 11 研究科と、さらに放射線安全に関して機関連携協定が 4 機関で締結されています。また、所内公開やシンポジウム、一般講演会、公開講座など、様々な形で、専門家の方はもとより、一般の方にも、当研究所の業務をご紹介する機会を設け、好評を博しているところであります。

写真 3 は現在の放医研を上空から見たものです。設立当時からの建屋もまだ健在であり、歴史を感じさせる構内となっていますが、新旧の建物が混在し、一部に利用の不便を感じるようになってきました。昨年度には、施設の将来計画を策定する委員会を設置し、所員からのアイディアも募るなどして今後 20 年程度の施設整備の計画を作りました。今回の設立 50 周年の記念事業を進めるにあたり、私ども放医研の職員一同、この 50 年間の長い年月の間に培われた歴史と実績をあらためて思い返し、それを達成された諸先輩の努力と関係者の皆様からいただいたご厚情、ご支援に厚く感謝しております。放医研に与えられた使命の重大さを真摯に受け止め、今後もできる限りの努力を致していく所存ですので、引き続きのご支援とご厚情をお願い申し上げます。

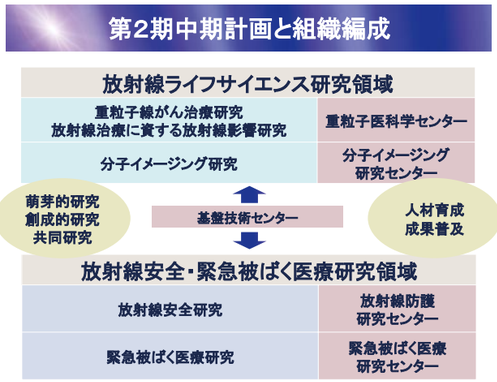


図1：第２期中期計画と組織編成

図2：第２期中期計画組織図

写真３　現在の放医研の鳥瞰図。設立時当時の本部棟、講堂、第一研究棟が見えるが、手前には、重粒子線治療関係の病院や加速器（HIMAC）棟、画像診断棟などの臨床医学関連の建屋が、写真奥には低線量影響実験棟、内部被ばく実験棟、動物実験棟（旧晩発障害実験棟）などの基礎放射線生物関連の建屋が配置されている。

《I》放医研における放射線医学の取り組み

1.重粒子線治療 —がん治療施設の現状と展望—

重粒子医科学センター長
辻井 博彦

放射線治療110年以上の歴史の中で、最近の進歩は目を見張るものがある。20世紀後半から21世紀初頭の僅か10数年の間に、革新的な照射技術や治療装置が次々と開発され、一般医療の中に定着するようになった。このなかには、放医研で推進している重粒子線治療を始め、定位的照射法や強度変調照射法といった「高精度線量集中照射法」があり、これまで治癒困難であったがんの治療成績の向上や、適応疾患の拡大に大きく貢献している。

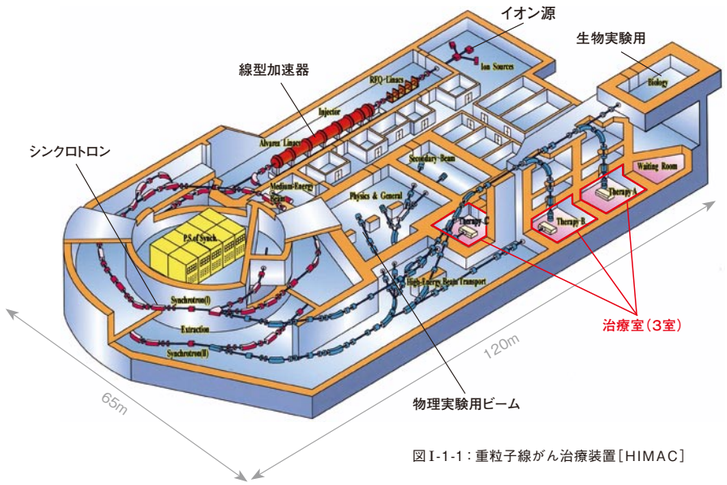
こういった状況のもと放医研では、1994年、重粒子加速器（HIMAC: Heavy Ion Medical Accelerator in Chiba）から発生される炭素イオン線を用いて、従来法では治療が困難ながんを主な対象として臨床試験が開始された。本装置は、1984年に始まった国の「対がん10カ年総合戦略」の一環として建設されたもので、1993年10月竣工、その翌年から臨床試験が始まった（図I-1-1）。医療を目的とした重粒子加速器としては世界初のもので、がん治療と同時に国内外の生物・物理工学研究にも供される共同利用施設としても稼働している。

放医研は、今年で創設以来50年の節目を迎えることになったが、本稿では最近約20年間、所をあげて推進してきた重粒子線治療の成果について紹介する。

1. 重粒子線治療の特徴

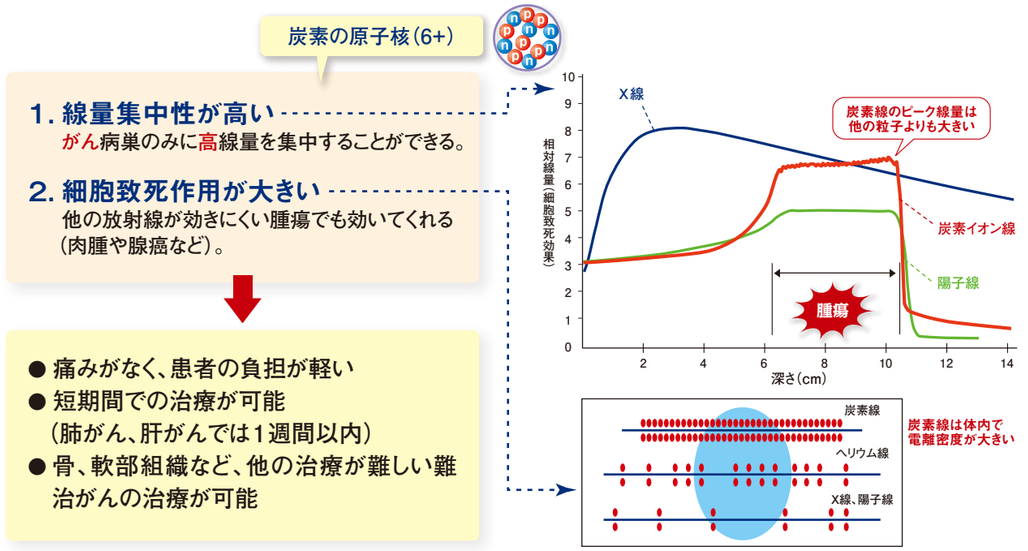
重粒子線にはいくつかの種類があるが、がん治療にはもっぱら炭素イオン線が用いられている。ここでは、重粒子線というと炭素イオン線のことを指すことにする。

重粒子線の特徴は、体内でブラッグピークと呼ばれる高線量域を形成することで、そのため病巣における線量集中性が優れていることである。陽子線もこれと同じ性質を有しているが、重粒子線はこの性質に加えて、体内飛跡の単位長さ当たりに与えるエネルギー（LET: Linear Energy Transfer）が陽子線よりも大きく、高い生物効果を持っている。このため重粒子線は中性子線と同じく高LET放射線と呼ばれ、その生物学的効果は体内に入射してから深くなるほど大きくなり、ビーク部で最大になるという、治療上大変都合の良い性質を有している。



図I-1-1：重粒子線がん治療装置［HIMAC］

垂直・水平ビーム室



図I-1-2: 重粒子線がん治療の特徴

る。つまり炭素イオン線は、体内深部に行くほど物理線量とともに生物効果の面でも大きなピークを形成するわけで、そのぶん光子線に抵抗性を示す難治性がんにも高い効果が期待できることになる（図I-1-2）[1),2)]。

重粒子線治療においては、その物理・生物学的特徴を利用することにより、理論的に短期小分割治療法が可能であり、放医研の臨床成績でもそれが証明されている[3)]。このことは、同じ高LET放射線である中性子線を用いた実験において、一回線量を大きくすることによりRBEは低下傾向を示すが、腫瘍のRBEの低下の程度は正常組織のRBEの低下ほど急ではない、つまり一回線量を大きくしても治療比は小さくなるどころかむしろ大きくなるという実験結果で裏付けられ[4)]，放医研の炭素イオン線を用いて行った実験でも同様の結果が確認されている[5)]。

2. 粒子線治療の歴史

これまでヒトの治療に用いられたことのある粒子線には、速中性子線、陽子線、負パイ中間子線、および重イオン線（炭素イオンやネオンイオンなど）がある。このなかで最も歴史の古いのは速中性子線で、1938年にローレンスバークレー国立研究所（LBNL）で臨床応用が開始された。1943年までの5年間に200数十例が治療されたが、治療成績は一部を除いて期待に反するものであった[6)]。これは、放射線生物学的な検討が未熟であったため、過照射による晩発性の障害が高頻度で発生したからで、そのため臨床研究を主導したStoneは、速中性子線治療は打ち切られるべきであると結論した。ところがその後、速中性子線治療はイギリスで再評価され、一時は日米欧で隆盛を極めるまでになった。しかし、速中性子線は線量分布がエックス線並みであるため、結局、晩発性障害の壁を超えられず、現在は、骨軟部腫瘍や腺がんを対象にごく限られた施設で用いられているのみである。これを解決したのが、これから紹介する荷電粒子線治療なのである。

1946年、バークレイのR Wilsonは陽子線や重粒子線の治療への応用を最初に提唱した[7)]。これを受けてバークレイでは、1955年から陽子線治療が開始され、1957年からはHeイオン線が、1975年にはNeイオン線治療が行われるようになった[8),9)]。バークレイのイオン線治療は色々な疾患に対して行われたが、1992年、財政難と装置の老朽化を理由に臨床研究の幕を閉じた。一方、日本の放医研がこれにとって替るようにしてHIMACを建設し[10),11)]、1994年、炭素イオン線による臨床試験を開始した[3)]。

現在、世界の重粒子線治療は放医研以外にドイツの国立重イオン研究所（GSI）と兵庫県立粒子線医療センターの2カ所でも行われている。兵庫県では陽子線と炭素イオン線治療が可能で、2001年陽子線治療を開始、

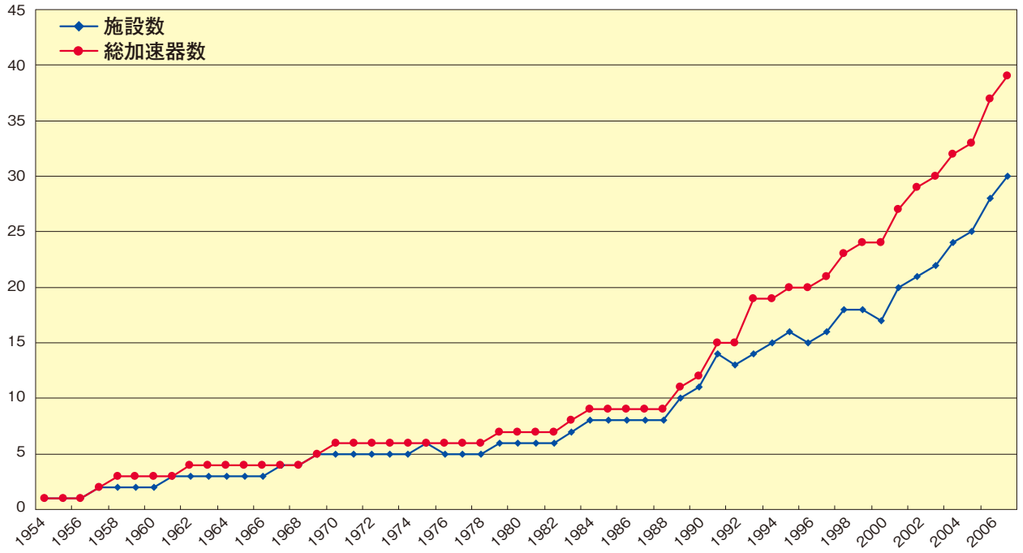


図 I-1-3: 世界の荷電粒子線治療施設数

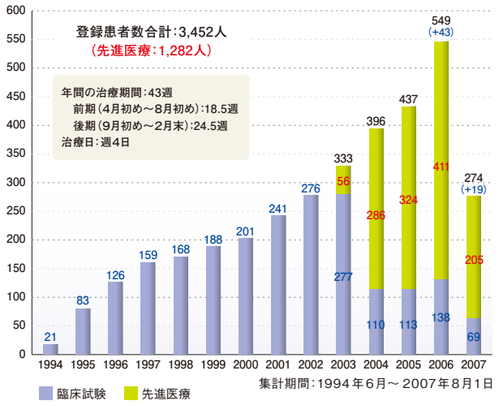


図 I-1-4: 重粒子線治療の登録患者の推移 (1994年6月～2007年8月1日)

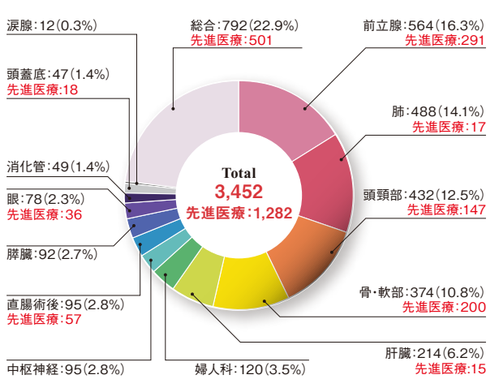


図 I-1-5: 重粒子線治療の登録患者数 (1994年6月～2007年8月1日)

翌年炭素イオン線治療を開始した。GSI の炭素イオン線治療は、1997 年にスキャニング法を用いて開始されたが、現在、ここでの経験を基にハイデルベルグ大学に新しい炭素イオン線と陽子線治療が可能なセンターを建設中で、2008 年には治療を開始する予定である。他に、ドイツのマールブルグやイタリア（CNAO プロジェクト）でも炭素イオン線治療施設を建設中で、オーストリア（MedAUSTRON プロジェクト）、フランス（ETOILE 計画）、米国の Mayo Clinic などでも重粒子線治療センター建設案が進行中である。なお、放医研ではこれまで小型普及型の重粒子線治療装置を開発して来たが、2006 年、群馬大学で実証機としての建設を開始した。

なお、陽子線治療は今では世界の 20 ケ所以上で行われ、日本では 5 ケ所で行われている。1990 年、米国のロマリンダ大学が、250MeV 陽子シンクロトロン、2 台の回転ガントリー、および 2 本の水平固定ビームを備えた世界で初めての病院併設型の陽子線治療施設を完成した [12]。これは、粒子線治療が一般医療に組み込まれたという点で意義深いものがあり、これを契機に粒子線治療の普及化が一気に進んだ（図 I-1-3）。

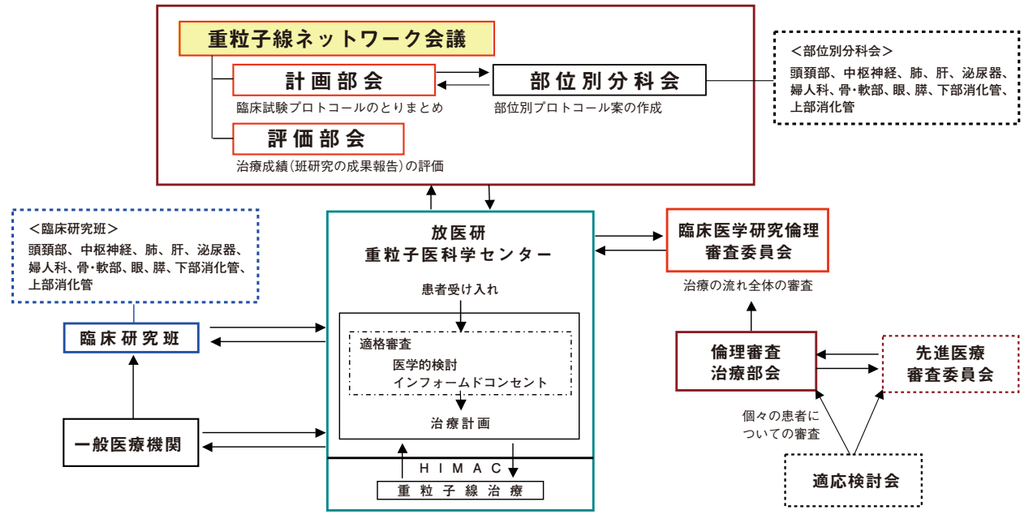


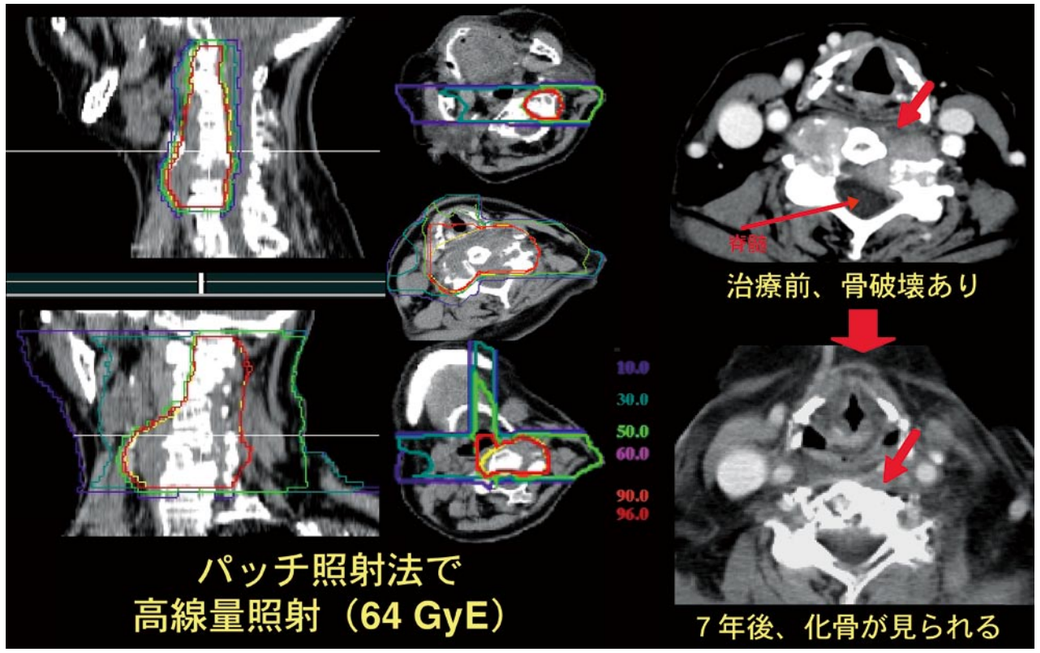
図 I-1-6: 放医研における重粒子線がん治療実施体制

3.重粒子線治療成績

重粒子線治療においては、まず、個々の患者ごとに固定具を作成し、これを患者に装着した状態で治療計画用 CT を撮影する。呼吸同期照射を必要とする場合には、CT 撮影時にも同期装置を用いなければならない [13]。得られた CT 画像データは HIPLAN と呼ばれる治療計画装置に移され [14]、治療部位とともに照射門数や照射方向などの照射条件が決められ、それに基づいて線量分布計算が行われる。個々の患者について照射条件が決まると、重粒子線を体内病巣に選択的に照射するため、ボーラスとコリメータが設計される [15)、16)]。最後に、実際の治療照射と同じ条件で線量測定やリハーサルが行われ、治療照射のための準備はすべて整うことになる。

放医研の重粒子線治療は、開始以来一貫して右肩上がりに増加してきた。2007 年 8 月までに登録された患者総数は 3,452 例で、このうち 1,282 人が先進医療で治療された（図 I-1-4、5）。放医研の重粒子線治療は、開始以来一貫して「重粒子線治療ネットワーク会議」を頂点とする委員会組織の審議のもと、倫理的、科学的に実施するように努めてきた。図 I-1-6 に**重粒子線がん治療実施体制を示す**。臨床試験プロトコルはすべて疾患別分科会と計画部会で作成され、倫理審査委員会の審査を受け、最終的にネットワーク会議で承認されたものである。個々の臨床試験を継続することの妥当性については評価部会で審議され、その結果内容はすべて公開で開催されるネットワーク会議に提出されてきた。臨床試験に関する各種会議数は年間 100 回以上に及んでいる。

放医研の重粒子線治療は、2003 年 10 月に厚生労働省より「固形がんに対する重粒子線治療」という名称で高度先進医療の承認を受けている。これまでの経験をまとめると、重粒子線治療が有効なのは、①疾患部位としては、頭頸部（眼を含む）、頭蓋底、肺、肝臓、前立腺、骨・軟部組織、直腸（骨盤内再発）などで、②組織型では、エックス線が効きにくいとされる腺癌系腫瘍や肉腫系腫瘍などであり、さらに、③重粒子線は短期小分割照射法（短期間で少ない治療回数）が有効であることが確認された。ちなみに、I 期肺癌や肝癌ではそれぞれ 1、2 回で治療を終えることが出来、前立腺癌、頭頸部癌、骨・軟部肉腫でも 16 ～ 20 回 /4 ～ 5 週と、一般の放射線治療に比べて約 2 分の 1 の短期照射が可能となった。現在、1 人当たりの治療回数は平均 13 回（1 回～ 20 回）、治療期間は平均 3 週間（1 日～ 5 週間）と短くなっているが、さらに短期小分割の照射法を目指しているところである。



図I-1-7：頸椎骨肉腫（70才女性）。患者は高齢であり、病巣は脊髄に密接しているので、手術はほぼ不可能。骨肉腫はエックス線抵抗性であり、敢えて照射すると脊髄障害の可能性が高い。重粒子線はこのような症例に有効である。

図I-1-7は、重粒子線治療が有効であった典型例である。なお、脳腫瘍や膵癌など超難治がんなどにおいては、それなりの成績向上が得られているものの、まだ満足できるものではなく、さらに改善を目指して臨床試験を続けている。

4.重粒子線治療の意義

レントゲンによりX線発見が報告されたのは1895年12月のことであるが、翌年1月にはすでにX線治療が始められた。それ以来、放射線治療において最大の課題は病巣への線量集中性の改善であるが、その重要性は、1950年代以降に常圧エネルギー装置に代ってコバルトやリニアックなど高圧エネルギー装置が普及するようになってから、がん治療成績が格段に向上したという事実で証明されている。この線量集中性という面で、最も優れた性質を有しているのが重粒子線治療なのである。

重粒子線治療の社会に対する波及効果はいろいろ考えられるが、第一は、患者から見てがん治療法の選択肢が一つ増えたことである。しかも、いろいろな疾患が治療可能となったため、いい意味での競争原理が働くようになり、他の治療法（外科、エックス線治療など）のレベルアップに繋がっているのは間違いないのである。

わが国では、放射線というとどうしても負のイメージがつきまとう。しかし、重粒子線も放射線の一種であり、がん治療に優れた効果を示すということで、負のイメージ払拭に大いに役立っているはずである。さらに、マスコミでも頻繁に取り上げられるようになっているため、放射線治療に対して一般の関心が高まり、その社会的認知度の向上に一役買っているといえる。医療経済的にみても、外来治療が可能であり、短期治療で高い局所効果が得られ、再発に伴う治療費を低く抑えることが出来るなどにより、医療費削減に繋がるはずである。最近、がん検診の重要性が叫ばれているが、高齢者の肺がんが早期に発見された場合でも、有効な治療法を提供することにより、重粒子線治療は検診の意義を高めているといえる。

参考文献

1）Chen GTY, Castro JR, Quivey JM: Heavy charged particle radiotherapy. Ann Rev Biophys Bioeng. 10: 499-529, 1981

2）Raju MR: Heavy Particle Radiotherapy. Academic Press, New York, 1980

3）Tsujii H, Mizoe J, Kamada T, et al: Clinical results of carbon ion radiotherapy at NIRS. J Radiat Res. 48: Suppl., A1-A13, 2007

4）Denekamp J, Waites T, Fowler JF: Predicting realistic RBE values for clinically relevant radiotherapy schedules. Int J Radiat Biol. 71: 681-694, 1997

5）Ando K, Koike S, Uzawa A, et al: Biological gain of carbon-ion radiotherapy for the early response of tumor growth delay and against early response of skin reaction in mice. J Radiat Res. 46:51-57, 2005

6）Laramore GE: The use of neutrons in cancer therapy: A historical perspective through the modern era. Seminars in Oncology. 24: 672-685, 1997

7）Wilson RR: Radiological use of fast protons. Radiology. 47:487-491, 1946

8）Castro JR: Future research strategy for heavy ion radiotherapy. Progress in Radio-Oncology.（ed. Kogelnik HD）, Monduzzi Editore, Italy, pp643-648, 1995

9）Linstadt DE, Castro JR, et al: Neon ion radiotherapy: results of the phase I/II clinical trial. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 20:761-769, 1991

10）Hirao Y, Ogawa H, Yamada S, et al: HIMAC レポート、HIMA-001、1992

11）Murakami T, Tsujii H, Furusawa Y, et al: Medical and other application of high-energy heavy-ion beams from HIMAC. J Nucl Materials. 148:360-368, 1997

12）Slater JM, et al: Development of a hospital-based proton beam treatment center. Int. J.Radiat Oncol Biol Phys. 14:761-775, 1988.

13）Minohara S, Kanai T, Endo M, et al: Respiratory gated irradiation system for heavy-ion radiotherapy. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 47: 1097-1103, 2000

14）Endo M, Koyama-Ito H, Minohara S, et al: HIPLAN-a heavy ion treatment planning system at HIMAC. J Jpn Soc Ther Radiol Oncol. 8: 231-238, 1996

15）Kanai T, Furusawa Y, Fukutsu K, et al: Irradiation of mixed beam and design of spread-out bragg peak for heavy-ion radiotherapy. Rad Res. 147: 78-85, 1997

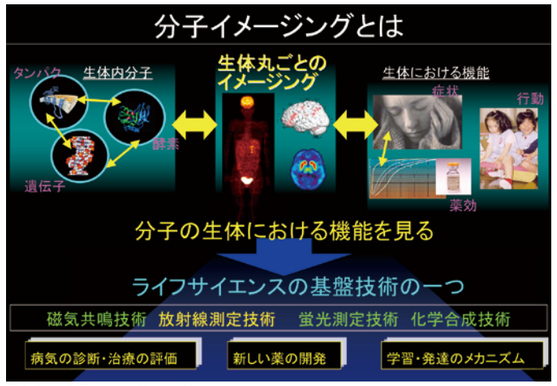
16）Kanai T, Endo M, Minohara S, et al: Biophysical characteristics of HIMAC clinical irradiation system for heavy-ion radiation therapy. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 44: 201-210, 1999

《I》放医研における放射線医学の取り組み

2.分子で見る身体のはたらきと病気

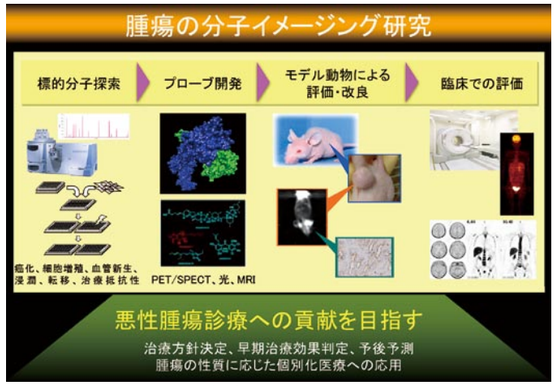
分子イメージング研究センター長
菅野　巖

生体は身体を構成するタンパクや遺伝子や酵素などの分子がバランスよく協調してはたらいています。分子の挙動を調べることで身体のいろいろなはたらきやその異常である病気も理解できるようになります。これらの生体内の分子の挙動を生きたままでイメージングする技術が分子イメージングとしてライフサイエンスや医学の分野で大きな注目を集めています。分子イメージングは身体のはたらきの分子メカニズムをイメージングを通して解明し、最終的には疾患診断という臨床応用に役立てる方法です。生体はタンパク、遺伝子、酵素などのさまざまの分子が正しく働いて正常に維持されていますが、これら分子のはたらきと身体のはたらきや病気や身体の成長などとの関係が分子イメージング法によりこれらの生体のしくみとして理解できるようになります（図 I-2-1）。放射性アイソトープで標識した分子プローブを使用してその体内分布を非侵襲的にイメージングするポジトロン放射断層撮影法（PET）は分子イメージングの最も中心になる方法です。例えば、脳のはたらきを示す神経受容体の分布やその活性を定量的に計ることができるようになり、その結果さまざまな精神神経疾患の診断や痴呆性疾患を正しく診断できるようになってきています。最近はアルツハイマー病の分子メカニズムの解明にアプローチし始めております（図 I-2-2）。高品質の PET 分子プローブ技術とその供給能力を背景に脳の神経受容体のマッピング技術を精神神経疾患に応用して次々と革新的なデータを報告し国内の精神神経疾患イメージング研究のメッカとなってきました。さらに、腫瘍病態の分子メカニズムの解明への研究も進めています。特異的に集積する標的分子を探索してそれをイメージングする分子プローブを開発し、それらを動物実験モデルで検証することにより、最終的に悪性腫瘍の個別化診断と治療に向けて貢献できると考えています（図 I-2-3）。悪性腫瘍の診断にはこれまでブドウ糖集積を見る FDG だけでしたが、最近は FLT という細胞増殖をみる分子プローブが用いられ、重粒子線治療の効果の評価にも用いられるようになってきています（図 I-2-4）。

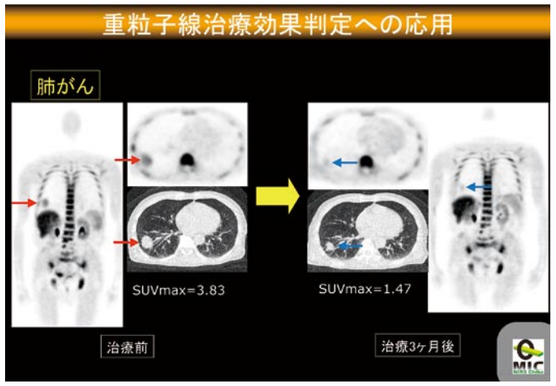


図I-2-1：分子イメージングとは

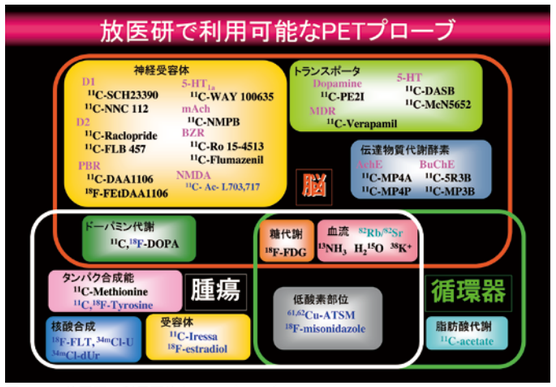
図I-2-2：精神・神経疾患の分子イメージング研究



図I-2-3：腫瘍の分子イメージング研究



図I-2-4：重粒子線治療効果判定への応用



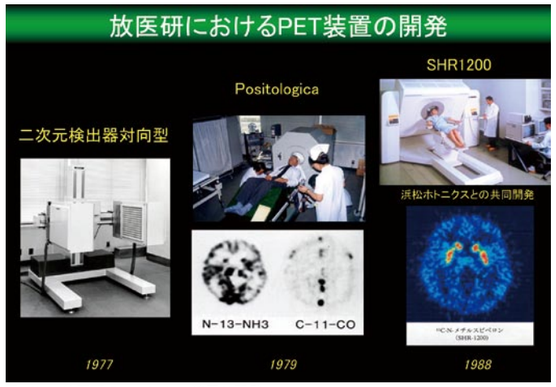
図I-2-5：放医研で利用可能なPETプローブ

図I-2-6：放医研におけるプローブ製造の特徴

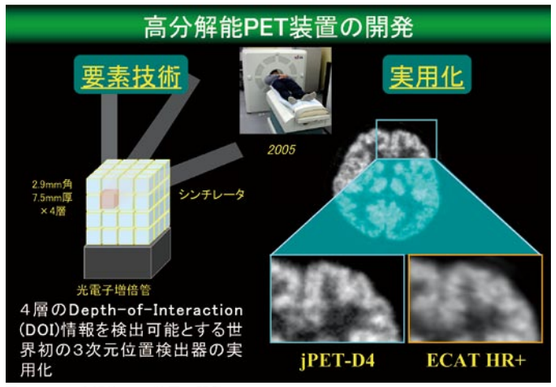
PET の研究はわが国では常に放医研がリードしてきました。特に、プローブ合成の技術は 1970 年代に本邦で初めて医用サイクロトロンを導入して以来、生成ラジオアイソトープを標識する技術が蓄えられ、現在では世界トップレベルの技術を持っています。ブドウ糖類似体に ^{18}F を標識した FDG を用いる FDG-PET 法はがん検診の花形としてもてはやされていますが、分子イメージングでは目的とする生体の機能やその異常に対応したさまざまな分子プローブを使用できるようになっています（図 I-2-5）。放射性分子プローブの性能を示す重要な指標である比放射能は他施設より 1 桁から 2 桁も上回っており、使用可能な分子プローブの品揃いもまた他の施設には追従できない 100 種類以上のライブラリーを備えています。さらにこれらの多様な分子プローブが 1 日数回も提供されるようになっています（図 I-2-6）。

一方、PET 装置の開発でも、最初 1970 年代にガンマカメラのような平面型の検出器を対向した断層装置を作りました。1979 年に最初の本格的な脳専用の PET 装置を開発してきました（図 I-2-7）、その後、その技術を引き継いだ物理グループは 1990 年代後半から国内の若い物理工学者を結集して 3 次元深さ位置弁別（DOI）検出器という次世代の PET 検出器の技術を実用化し、それを組み込んだ jPET という脳専用の高分解能 PET 装置を 2005 年に開発して、世界最高レベルの PET 画像を測定しています（図 I-2-8）。

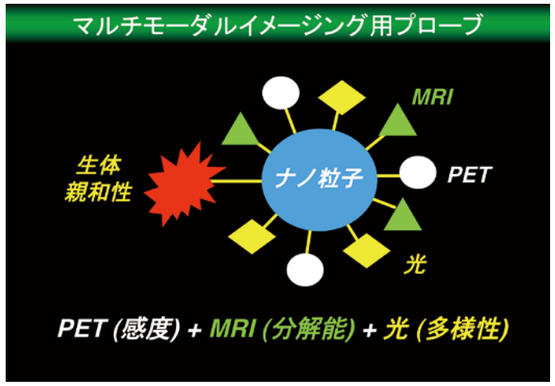
PET による分子イメージングを実施するにはサイクロトロンや分子プローブを合成する膨大な設備と多数のスタッフが必要となるため、どこでも行えるというわけにはいきません。最近、磁気共鳴現象を利用する MRI や蛍光や反射光を使う光計測法を使って、生体内の分子の挙動を調べる分子イメージング研究が新しい技術として台頭しはじめています。MRI は形態学的な情報だけでなく、将来的にはさまざまな生理活性、代謝過程、細胞間情報伝達系などを直接観察することができるようになると MRI の研究者は考えています。蛍光も細胞レベルでの分子活動を可視化する技術であり、大きな可能性が秘められています。分子の挙動や機能を可視化する複数の方法論を組み合わせて展開することで方法ごとの特徴を生かした測定が可能になります。ナノテク技術によりこれらを可能にする放射能や MRI や蛍光計測にも感受性のあるナノ粒子による新しいプローブの開発も進んでおります（図 I-2-9）。ナノ粒子は、まだ、動物実験レベルに留まっていますが、PET プローブ技術で得られる情報を細胞レベルで検証する重要な技術と考えられています。



図I-2-7：放医研におけるPET装置の開発

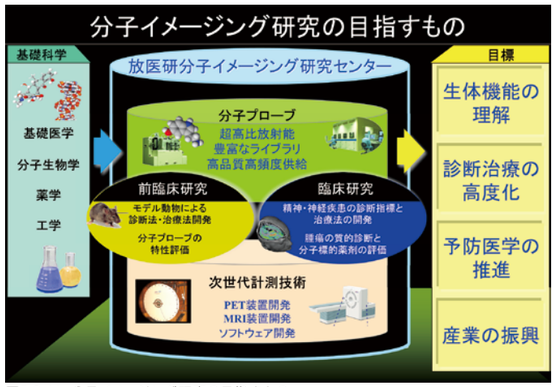


図I-2-8：高分解能PET装置の開発



図I-2-9：高分解能PET装置の開発

図I-2-10：放医研の分子イメージングの研究



図I-2-11：分子イメージング研究の目指すもの

放医研の分子イメージング研究の強みは PET 分子プローブ開発と PET 計測の基盤技術のもとに、動物を使う前臨床研究（基礎研究）から臨床研究まで一貫した分子イメージングの研究体制をもっていることです（図 I-2-10）。分子イメージング研究の未来はどうなるのだろうか。いろいろな病気の原因となる生体内の分子を特定する研究が進み、ほとんどの生体機能や分子病態ごとに診断するだけでなく治療する能力も兼ね備えた機能的分子プローブが開発され、高解像力と高感度を併せ持った PET、MRI と光計測を融合した複合測定法により、診断と治療が一体になったイメージングが行われるようになると期待しています。分子イメージングの発展により、動物実験による生体の分子メカニズムの理解とさまざまな疾患の病態生理の分子メカニズムの理解が進み、診断治療の高度化さらには予防医学の推進へ向かうと期待されています（図 I-2-11）。

特別講演

半世紀を顧みて ―がんの治療の将来を想う―

国立がんセンター名誉総長
杉村　隆

昭和25年4月、私は東京大学医学部放射線医学教室に入局しました。中泉正徳教授は、日本で初めて放射線医学教室を開設された方でした。集光照射法の装置を独創された先生で、教室にはアカデミックな雰囲気がありました。東大理学部物理学科出身の江藤秀雄助教授、筧弘毅教授等が、戦争中の放射線医学の進歩の遅れを取り戻すべく努力をされていました（図1）。放射線医学は機械の進歩によることが大きいですが、戦前、戦中、戦後の10年以上、機械更新の実が挙がっていませんでした。何しろ診断装置にせよ、治療装置にせよ、X線の管球が切れる（電子線発生のためのフィラメントが切れること）と、自分で管球を交換する時代でした。昭和25年頃には、放射性同位元素の輸入、使用が可能になり、新風を感じました。放射線生物学の先駆者の村地孝一、仲尾善雄先生をはじめ、日本国中、南は九大の入江英雄先生、北は北大の若林勝先生等が、教室に頻々と訪ねて来られました。Leeの本を聖書のように皆で読みました（図2）。この頃、原体照射に関連して、高橋信次先生も弘前大より度々教室を訪ねて来られました。ビキニ環礁での水爆による福竜丸被ばくで、船員の毛髪をX線のフィルムキャセットにフィルムと共に挟み、一晩明けて現像したら、毛が一本一本分かるラジオオートグラフィーが撮れました。私はその頃、放射線医学教室を離れました。

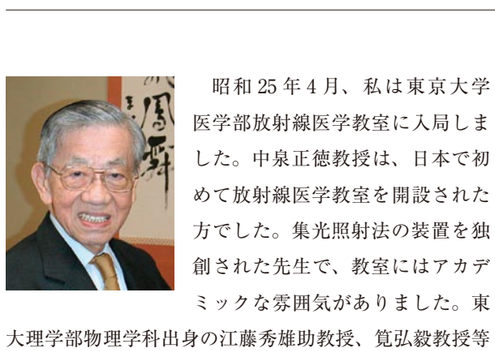


図1: 我が国最初に放射線医学教室を開いた、東京大学医学部放射線科の1950年代初頭のメンバー。中泉正徳先生が集光照射の御業績をもってドイツへ出発される時。江藤秀雄助教授、筧弘毅講師、岡田重文助手も写っている。

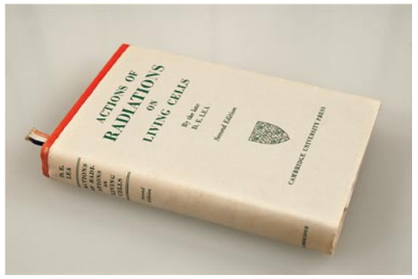


図2: 放射線生物学のバイブルであったリー博士の本。今、見ても、新鮮且つ難解である。

東大生化学教室、癌研、米国留学を経て、創設されたばかりの国立がんセンター研究所生化学部に昭和37年に就職しました。まず新しい放射線基礎医学研究所（放医研）の設備、内装等を勉強しました。東大に入局した時の医局長の梅垣洋一郎先生が国立がんセンター病院の放射線部長であり、久留勝先生が病院長でした。久留先生の後に、放医研所長の塚本憲甫先生が来られました。そして総長をお務めになりました（図3）。まだ、壁の厚いラジウム病棟がありました。東大放射線科で一緒だった北川俊夫博士が愛知県がんセンターより来られ、放射線部長となり、やがて筑波大学の高エネルギー研の粒子線照射施設に移られました。東大生化学教室で一緒だった松平寛通博士は研究所放射線部長としておられ、後に放医研の所長になられました。東大放射線科で毎日討論していた岡田重文博士はロチェスター大学から帰国し、東大に開設された基礎放射線医学の教授として革新の気風を作りました。顧みれば、この半世紀、放射線医学、がん医学は疾風怒濤のような進歩を遂げました。放射線治療装置も様変わりしました。重粒子線照射装置が放医研に設置され、大河の奔流の如く治療は進歩しました（図4）。放医研創立50年に際し、この間の放射線医学、がん医学の発展と将来を考えています。

図3:（財）癌研究所、放射線医学研究所（第2代所長）、国立がんセンター（第2代院長、第4代総長）を結ばれた塚本憲甫先生。

がん診断における放射線診断は、二重造影やスパイラル断層撮影、PET診断等、早期がんの診断が進歩しました。がん研究そのものも、大きな飛躍をしました。正常とがんとの間に明確な線を引くことは今も難しいのです。早期診断の実体には論理的困難さがあります。放射線治療は、がんの局所に放射線量を局在させることに力を注いでいます。ガンマナイフ、原体照射、重粒子線治療、陽子線治療等は全てその流れであります。がんの主病巣が大きくなる前に、既に転移細胞は主病巣を離れて、見えない転移巣を形成するという説もあります。主病巣の性質は、それぞれのがんによりますが、主病巣の治療は必ずしもがん患者の救命に寄与しないと説く人すらあります。幾多の問題がこの半世紀の間に明らかにされましたが、同時に放射線医学とがん医療において、概念的に共通に解明されるべき問題が数多く残っています。

放射線医学、がん医学の進歩により、世界の先進国では、がんの50～60%は治癒されます。がんの第一次予防も進歩しています。我が国は「がん対策基本法」に基づいて、外科治療、化学療法、放射線治療のバランスが謳われています。各地における拠点病院を中心とする治療体制が計られています。放医研の新しい活動は国民の期待する所です。

図4:重粒子線治療で2004年に高松宮妃癌研究基金学術賞を寛仁親王殿下より受けられた放医研の平尾泰男、辻井博彦両博士。

《II》放医研の放射線安全への取り組み

1.放射線防護研究のあゆみ

放射線防護研究センター長
酒井　一夫

1.はじめに

放射線は「両刃の剣」にたとえられることがあります。放射線の特性はその発見の直後から、医療分野をはじめとして、エネルギー関連を含めて様々な産業において利用されてきました。一方で、きちんとした取扱いをしないと人体に障害をもたらすことも明らかになっています。ここに放射線防護の必要性があります。ここでは、放射線防護の歴史を振返るとともに今後の放射線防護のあり方を考えることにしたいと思います。

2.放射線防護の歴史

人類が放射線の存在に気づいたのは1895年のことでした。レントゲンによるX線の発見です。X線は物質を透過する能力を持ち、蛍光板を光らせ、写真乾板を感光させました。翌1896年にはフランスでベクレルがウラン鉱石から放射線が出ていることを見つけました。これが放射能の発見です(「放射能」という言葉は後にキュリーによって命名されました)。放射線や放射能の性質は、それまでの古典的な物理学では説明がつかず、近代物理学を発展させ、新たな分野を切り開くきっかけの一つとなりました。1901年に第1回のノーベル賞がレントゲンに与えられたのを皮切りに、ベクレルやキュリー(1903年)を含め放射線や放射能に関する数多くの研究にノーベル賞が与えられました(表II-1-1)。当時、いかに放射線や放射能に関する研究が最先端のものとして受け止められていたかをうかがうことができます。

X線の大きな特徴のひとつは透過力です。レントゲンが撮影した、手の骨や指輪の映っている写真は広く知られているところです。骨を透視することができるというX線の性質は、医療の分野では強力な武器になります。

表II-1-1：放射線・放射能研究とノーベル賞

年	受賞部門	受賞者	受賞対象
1901	物理学賞	レントゲン	X線の発見
1903	物理学賞	ベクレル	放射能の発見
		キュリー夫妻	放射能の研究
1905	物理学賞	レナード	陰極線(加速された電子線)の研究
1908	化学賞	ラザフォード	元素の崩壊および放射性物質の化学に関する研究
1911	化学賞	キュリー	ラジウムおよびポロニウムの発見とラジウムの性質およびその化合物の研究

骨折などの診断のために盛んに利用されるようになりました。キュリー夫人がX線装置を載せた自動車を運転して、第1次世界大戦の戦場を駆け回ったことも記録に残っています。しかし、初期のころには放射線が生物に及ぼす影響が認識されていなかったため、遮蔽の配慮はされず、X線写真を撮るほうも撮られるほうも無防備な状況であったようです。このため、X線発見の直後から研究者や技師、医師などに異常が見られるようになりました。X線発見の翌年1896年には脱毛や皮膚炎、眼の痛みなどが報告されています。皮膚の発赤はベクレル自身が経験しています。さらに、1902年には潰瘍や皮膚がんなどの症例が報告されています。

このように、放射線の使用に伴う障害が明らかになると、防護の重要性が認識されるようになり、1928年に国際X線ラジウム防護委員会(IXRP: International X-ray and Radium Protection Committee)が設置されました。その名称からも明らかなように、当初の対象はX線とラジウムからの放射線でしたが、その後広く全ての電離放射線に対象が広げられて1950年に国際放射線防護委員会(ICRP: International Commission on Radiological Protection)と改称され、今日に至っています。ICRPでは、放射線防護の基本的な考え方に関する勧告を取りまとめて発表しています。ICRPの勧告は、放射線防護の基本的な枠組みとして、わが国を含めて多くの国で、放射線防護基準等に反映されています。

1955年、大気圏核実験による地球規模の環境汚染への懸念がきっかけとなり、人体と環境への放射線の影響に関する情報の収集と知識の普及を目的として、「原子放射線の影響に関する国連科学委員会」(UNSCEAR: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation)が設立されました。UNSCEARでは加盟国や専門機関から提供される資料を収集し、分析・整理したうえで報告書として取りまとめています。UNSCEARが取りまとめた情報は、ICRP勧告の重要な基礎データとなっています。

さらに、1957年には”Atoms for Peace”を合言葉に国際原子力機関(IAEA: International Atomic Energy Agency)が設立されました。IAEAは原子力・放射線の平和利用の推進と、軍事的利用の抑制に関する研究・開発を進めるとともに、放射線の規制や管理に関する基準の制定を行っています。こうして、放射線の影響に関する情報を収集・集約するUNSCEAR, 防護の枠組みを設定するICRP, 基準を制定するIAEAという現在の放射線防護の大きな仕組みができあがりました。

3.放医研の貢献

このように、放射線防護に関する世界的な体制の確立と時期を同じくして、放医研は1957年に設立されました。放医研では、当初より影響研究という観点から、防護の基礎となる情報の提供を行い、国際的にも貢献してきました。ICRPには1959年に伊澤正実化学研究部長が「内部放射線に対する許容線量に関する専門委員会」に加わって以来、多くの委員を輩出しています。1993年7月から2001年6月までは松平寛通元所長が、2001年7月以降は佐々木康人前理事長が主委員会の委員を務めています(表II-1-2)。また、UNSCEARについては1960年に塚本憲甫所長が日本代表に就任して以来、放医研の歴代の所長、理事長あるいは前理事長が日本代表を務めています。特に、1985年と86年には当時の熊取敏之所長が、2004年と05年には佐々木前理事長が議長を務めました(表II-1-3)。また、2006年1月にはIAEAの「協力センター」に認定され(図II-1-1)、低線量放射線の生物影響に関する研究の分野に貢献しています。

表II-1-2：日本からのICRP委員

	主委員会	第1専門委員会	第2専門委員会	第3専門委員会	第4専門委員会	第5専門委員会
1956-1959			中泉正徳			
1959-1962			伊澤正実*			
1962-1965			伊澤正実*			
1965-1969			伊澤正実*	高橋信次		
1969-1973				高橋信次		
1973-1977	高橋信次					
1977-1981	高橋信次			古賀佑彦	吉澤康雄	
1981-1985	丸山毅夫	松平寛通*		古賀佑彦	吉澤康雄	—
1985-1989	田島英三	重松逸造	松岡　理*	飯尾正宏	吉澤康雄	—
1989-1993	重松逸造	松平寛通*	松岡　理*	飯尾正宏／古賀佑彦	吉澤康雄	—
1993-1997	松平寛通*	馬淵清彦	稲葉次郎*	佐々木康人*	小佐古敏荘	—
1997-2001	松平寛通*	馬淵清彦	稲葉次郎	佐々木康人*／中村仁信	小佐古敏荘	—
2001-2005	佐々木康人*	丹羽太貫	稲葉次郎	平岡真寛	小佐古敏荘	—
2005-2009	佐々木康人*	丹羽太貫*	石榑信人*	米倉義晴*	甲斐倫明	土居雅広*／酒井一夫*

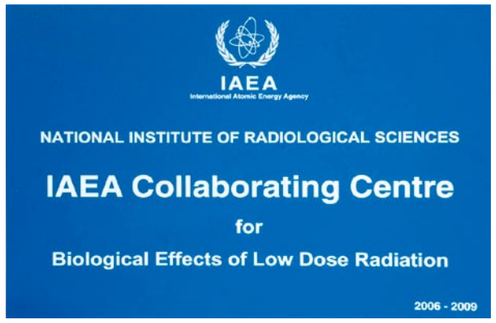
*放医研所属

表中斜線は日本からは委員を送り出していないことを、(—)は、委員会が設置されていないことを示す。また、＊は2005年までは、就任時に放医研所属であったことを、(／)は、委員が任期途中で交代したことを、また、2005−2009年については就任時あるいは現在放医研所属であることを示す。(資料は岩崎民子氏による)

表II-1-3：歴代のUNSCEAR日本代表

会合	日本代表　（所属）
第1回～第6回（1956～1959）	都築　正男（日赤病院）
第7回～第18回（1960～1968）	塚本　憲甫（放医研）
第19回～第27回（1969～1978）	御園生圭輔（放医研）
第28回～第35回（1979～1986）	熊取　敏之（放医研）
第36回（1987）	寺島東洋三（放医研）
第37回～第42回（1988～1993）	松平　寛通（放医研）
第43回～第45回（1994～1996）	平尾　泰男（放医研）
第46回～第53回（1997～2005）	佐々木康人（放医研・国際医療福祉大学）
第54回～第55回（2006～2007）	米倉　義晴（放医研）

（資料は故土居雅広氏による）



図II-1-1：放医研が低線量放射線の生物学的影響に関する「協力センター」に認定されたことを示す銘板。本部棟入口前に掲示されている。

4.放射線防護の新たな展開

放射線防護というと、体系がすでに出来上がり、新たな動きなど無いように考えられがちですが、人類と放射線の付き合いが深まる中で新たな展開を見せつつあります。

（1）防護の対象の拡大

医療関係者から一般作業者へさらには一般公衆へ。この流れはさらにヒト以外の生物の防護に広がりつつあります。環境全体の流れの中で、これまで、放射線防護の対象はヒトであり、環境についてはヒトが防護されていれば、自動的に防護されると考えられてきました。しかしながら、環境に関する関心が世界的に高まる中で、防護されていることをきちんと示すことが求められています。これを反映して2005年にこの問題を扱う専門委員会がICRPの中に設置されました。

また、先にも述べましたように、放射線防護のそもそもの始まりは医療分野であり、対象は技師や医師でした。同じ医療分野でも患者の被ばくに関しては線量限度を適用しないという特別の配慮がされてきました。そもそも診断や治療に放射線を適用することに大きなメリットがあり、これがリスクを上回るという大前提に立っているからです。ところが、放射線の医学分野での利用が急速に広がる中で、この大前提が必ずしも明白ではない状況が生じつつあります。対象となる疾患が目の前にある治療や疾病が疑われる状況での診断に対し、無症状の健常人も対象となる検診などの場合に、メリットとリスクのバランスをどう考えるか問われています。

（2）対象となる「線源」の拡大

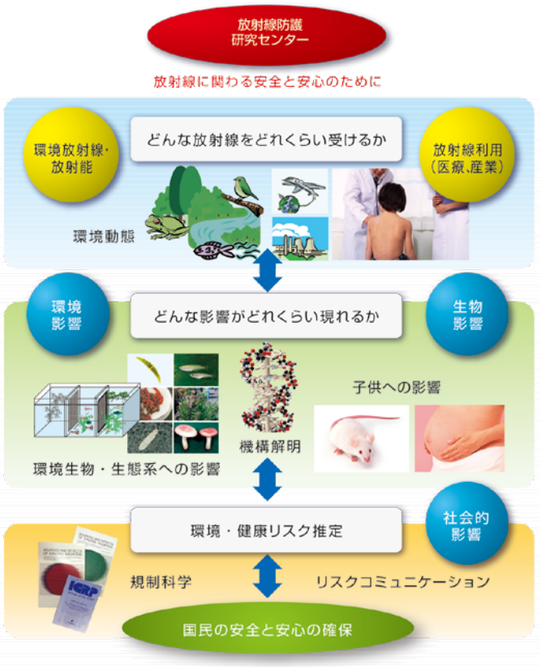
自然放射線は避けようがないという理由で放射線防護の対象からは除外されてきました。しかしながら、高い高度での航空機の利用が盛んになり、宇宙への進出が現実問題となるにつれ、宇宙線による被ばくも対象となりつつあります。また、様々な産業分野における放射性物質を含む鉱物等の利用に伴って天然物質由来の放射線も防護の対象に加えられています。

（3）低線量放射線の影響に関する考え方の変化

放射線防護を適用する局面が変化しているだけではなく、放射線の影響の基本的な考え方にも見直しがせまられています。1965年のICRP勧告で導入されて以来、がんや遺伝的影響のリスクに関しては、「いかに微量であっても、線量に比例してリスクの増加をもたらす」という考え方、いわゆるLNT（Linear No Threshold）モデルが採用されてきました。このモデルは（1）がんは体を構成する細胞の突然変異が原因である、（2）突然変異は放射線による遺伝子（DNA）の損傷が原因である、（3）DNA損傷は線量に比例して生ずる、という20世紀半ばまでの「最新の知見」にもとづいています。しかし、その後生物には、DNA損傷を巧妙に直す仕組みやDNA損傷を持った細胞を排除する仕組みなどが備わっていて、線量の低い場合にはこれらが効率的に機能しているらしいことがわかってきました。また、低い線量の被ばくにより、生体防御機能が増強される場合のあることもわかってきました。これを適応応答と呼びます。これらのことを考えると、線量が低い場合には、その障害の程度はLNTモデルから予測されるよりも小さいのではないかと考えられます。一方で、放射線は、「被ばくした細胞」の近傍にある「被ばくしていない細胞」にも影響を与えるという「バイスタンダー効果」や、被ばくした細胞の子孫にも末永く突然変異を誘発し続ける場合があるという「ゲノム不安定性の誘導」など、低線量のリスクを増加させるのではないかと考えられる現象も明らかになりました。いずれにしても、従来の放射線生物学の「常識」では説明できなかった現象であり、生物学的な興味の点からも、低線量放射線のリスクに与える影響という点からも盛んに研究が進められており、LNTモデルの意義も再検討されつつあります。

5.おわりに

このように、放射線防護の守備範囲が広がりつつある中、放医研では2006年に放射線防護研究センターを設置しました。放射線防護研究センターではまず、環境中の放射線や放射性物質によって、あるいは放射線の利用にともなって、人や環境がどれくらいの放射線を受けるかを調べます。また、どれくらいの放射線が、人や環境にどれほどの影響をおよぼすのかについて、定量的な評価とそのメカニズムの解明を目指しています。さらに、これらの研究成果を取りまとめて、放射線の影響についての理解を促進し、より合理的な防護のあり方や規制に反映させるための情報発信を行っています（図II-1-2）。放射線防護の目的は、放射線の使用を制限することにあるのではありません。安全に、そして安心して放射線の有用性を利用できるような仕組みを作ることにあります。人類と放射線のかかわりがますます深く、広く展開しつつある中、放射線防護研究センターでは、放射線の利用、あるいは放射線被ばくを伴う活動を安全にそして安心してその恩恵を享受できるような世界を目指していきたいと考えています。

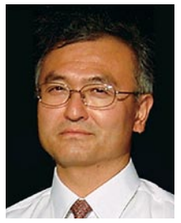


図II-1-2　放射線に関わる安全と安心のために

《II》放医研の放射線安全への取り組み

2.放医研と我が国の被ばく医療

緊急被ばく医療研究センター長
明石 真言



1.はじめに

放射線医学総合研究所（放医研）は、放射線と人々の健康に関わる総合的な研究開発に取り組む国内で唯一の研究機関として、様々な活動を行ってきました。その中でも放射線の健康影響については、設立の引き金になったとされる1954年（昭和29年）に起きた太平洋上ビキニ環礁の米国の核実験により、放射線に被ばくした静岡県焼津港所属の第五福龍丸の乗組員への健康影響調査をはじめとして、第二次大戦中に使用された血管造影剤トロトラスト沈着症患者の健康影響調査、また1972年（昭和47年）に千葉県市原市で起きたイリジウム線源による被ばく事故患者の線量評価と治療など放射線被ばく医療に対する取り組みはすでに30年以上にもおよんでいます。ここでは放射線による被ばくを過去から振り返るとともに、原子力施設での事故時の対応を中心とした我が国の被ばく医療について述べたいと思います。

2.放射線による被ばくはいつ頃からあるのでしょうか?

自然界には放射線が存在し私たちは日常ごくわずかですが放射線に浴びていることをご存知の方は多いと思います。1895年（明治28年）にレントゲンがX線の発見を論文発表したことは有名ですが、実はそれ以前にも人工的な放射線が出ていた事実があるのです。1890年（明治23年）2月22日米国ペンシルベニア大学物理学教室のグッドスピード助教授と助手のジェニング博士は光による写真と電気火花による写真を比較するため、コインと真鍮のおもりの写真を撮っていました。実験後ジェニングは写真乾板を光が入らないようにホルダーに入れ、その上にコインをのせ、二人はクルックス管（真空放電管）の光で写真を撮ろうとしていました。後になって写真乾板を現像したジェニングは何かディスクのような丸い影が写っているのに気がつきましたが、その時はそれが何であるかわかりませんでした。1896年（明治29年）1月に米国に届いたレントゲンによる「エックス線を発見」の記事をみて、二人は6年前のあの影を思い出しました。グッドスピードはジェニングに実験結果を調べ直すように指示しました。ジェニングは1890年（明治23年）2月にこの実験を行なったこと、写真乾板に映っていた不思議な影がコインであることに気がついたのです。彼らは追試を行ない、1896年（明治29年）の雑誌サイエンスに報告しました。これらの資料は現在ペンシルベニア大学と米国物理学会に所蔵されています。クルックス管は、その時すでにイギリスのクルックスによって作られていたことを考えると、レントゲン以前にも多くの研究者が知らないうちにエックス線を出していたことになり、被ばくがあったのかもしれません。つまり症状が出ないか、出ても放射線によるとは気付かなかったことがあったかも知れませんが、今となっては知るよしもありません。1896年（明治29年）にはベクレルが放射能を発見していますが、同年にはダニエルによりX線による脱毛が起きること、またお腹のポケットに入れておいた放射性物質により皮膚に発赤が生じることをベクレルが報告しています。1897年（明治30年）にはキューリーも同様な報告をしており、残念ながら放射線被ばくの歴史は放射線の歴史とともに歩んできたと言わざるを得ません。

3.核実験および工場における被ばく

1954年（昭和29年）3月1日、アメリカが太平洋のマーシャル諸島ビキニ環礁で行なった核実験に第五福龍丸が遭遇し、23名の乗組員は高線量の放射線に被ばくしました（図II-2-1）。この時の放射線被ばくは核分裂

図II-2-1　第五福龍丸（当時）

で生成されるセシウム-137やストロンチウム-90のような自然界には無い放射性核種によるものです。生じた放射線により急性放射線症が起こり、サンゴ礁の破片とともに乗組員の皮膚に付着した放射性核種は皮膚障害を起こしました。皮膚障害は脱毛、紅斑、水疱、びらん、潰傷として現れました。さらに船の甲板に付着した放射性核種から出された放射線により、帰国し船を下りるまで被ばくは続きました。従って短時間に1回被ばくを受けた場合とは症状の現れ方が異なっていました。総被ばく線量のうち核実験に遭遇した日の被ばくは約半分で、残りは2週間にわたって起きた被ばくです。この23名の全身の総被ばく線量は1.7 - 6.9グレイ（Gy）で、甲状腺被ばく線量は2.96 – 10.26 Gyと推定されています。白血球と血小板は4 - 7週間後に最低の値となりました。これらの症状はその後回復しましたが、このうち一名は同年9月23日に亡くなりました。その後放医研はこれら乗組員の健康診断を始め、現在も行っています。

またこんな被ばく事故もありました。1971年（昭和46年）、千葉県のある造船所で放射線の線源が構内に落ちていたのを、ある工員がズボンのポケットに入れて帰宅しました。その先端2cm位の部分に196ギカ（G、10^9）ベクレル（Bq）のイリジウム-192という強力なガンマ線を出す放射線核種がついていました（図II-2-2）。造船所では非破壊検査の線源に用いているものでした。その後、数人の友人達も触ったりしたために被ばく線量に応じて食欲不振、吐き気、血液障害などの急

図II-2-2　造船所構内に落ちていた^{192}Irの線源

性放射線障害が生じました。長い時間線源に接触していた皮膚には潰傷ができました。これらの症状はその後回復しましたが、最も高い線量に被ばくした人はその後皮膚に壊死を生じ、20年以上経って指の切断の治療を受けることになりました。造船所では作業終了後、線源がなくなったことに気付かなかったため、数日してから被ばく事故が明らかになりました。放医研ではこれらの方を入院させ、線量評価と治療を行いました。

1986年（昭和61年）チェルノブイリ事故が起きた際には、放医研は外務省、科学技術庁の要請を受け、成田空港に到着するキエフ地方からの帰国便3便に搭乗していた118名の健康診断を行いました。健康には全く影響のないレベルでしたが汚染の見られる人達は放医研へ来所頂き、衣服の交換、除染を行いました。またその後同年8月までソ連、東欧帰国者の検診も行いました。

2000年（平成12年）6月には、ある電子部品工場において、軟X線による半導体部品の非破壊検査中に発生した事故で、従業員3名が右手に局所被ばくしました。放医研による線量評価の結果3人の推定被ばく皮膚線量は、それぞれ62-124, 56-87, 50-91 Gyにも及ぶことがわかりました。低エネルギーX線による被ばくでしたが、骨梁に変化が比較的早期に現れるなど障害の程度は大きく、手には有茎の皮膚移植を受けました。現在もこの患者のフォローアップが定期的に実施されています。

2001年（平成13年）11月29日、ある高校で理科の授業の実験中にX線装置を使用し、生徒の手指の骨をスクリーン状に投影して見せていました。その時画像のピントを調節するため40秒間ほど透視してしまいました。19日後、手に紅斑が生じたため放医研ではこのX線装置を借りて線量評価を行ったところ、皮膚の等価線量は約9 Gyであることがわかりました。

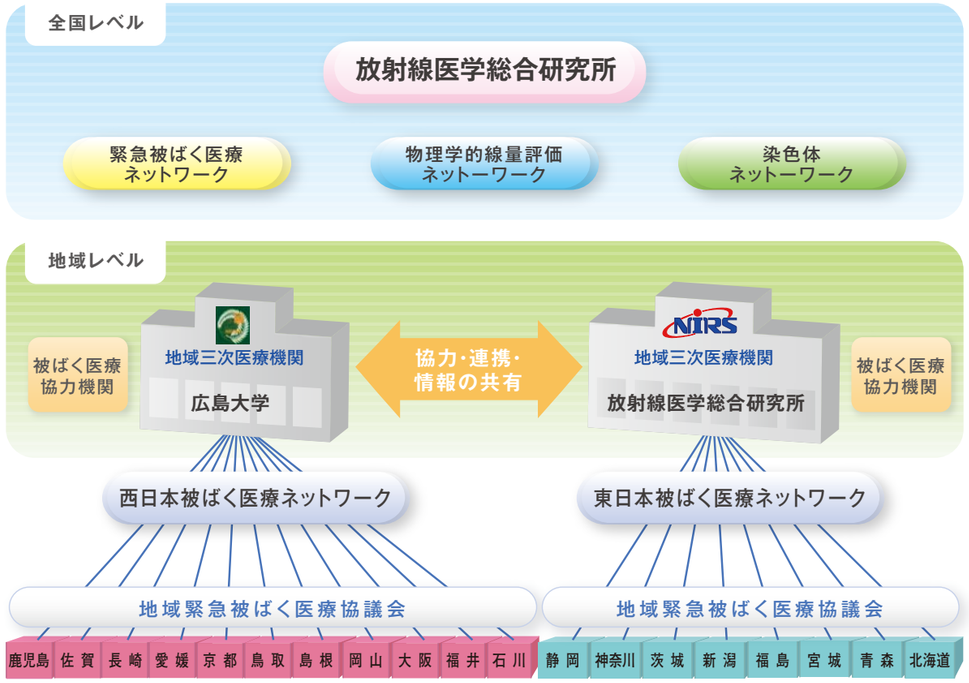
この他にも1998年（平成10年）6月、非破壊検査工場で起きたコバルト-60線源（126 GBq）による事故で、線量評価を行い右手指先で20 Gyであった例、放医研で線量評価の結果、影響はなかった例が数例あります。これには2001年（平成13年）12月にある医療センターのがん治療用のリニアックの据付調整作業中に起きた事故、2005年（平成17年）1月にある精密機械工場のクリーンルームで、軟X線照射装置の電源が入っているのに気付かずに起きた事故が含まれています。

4.放射線被ばくの特殊性

放射線による被ばく事故は決して頻度が高いものではありません。また被ばくによる症状は出るまでに時間を要し、自分では被ばくしたかどうかがわかりません。また一口に放射線といっても様々な放射線があり、皮膚のごく一部にしか透過しないα線、皮膚は透過できても筋肉や内臓まで達しないβ線、皮膚はもとより血管、内臓にまで到達し、体を通り抜けてしまうX線、γ線、中性子線など線種により性質が異なります。従って一般になじみが深いガイガー・ミューラー（GM）カウンター一つあればどの放射線でも検出出来るわけではなく、中性子には専用のまたα線には別の検出器が必要なのです。このように放射線には専門の知識が必要ですが、あまり知識を得る機会もありません。従って線量にかかわらずすぐに危険だ、不安だということになってしまうことが多いのが現状です。また細菌は殺菌・滅菌ができ、化学物質は中和ができますが、放射性核種を人工的に安定型の核種に変えることはできません。こういう特殊な点が放射線にはあるのです。

5.JCO臨界事故と我が国の被ばく医療

1999年（平成11年）9月30日茨城県東海村で、日本人として決して忘れることは出来ない広島、長崎での原子爆弾による被爆に加えて、我が国原子力史上最悪の事故が起き、尊い2名の命が失われました（JCO臨界事故）。放医研はこの事故以前から原子力安全委員会の「原子力施設等の防災対策について」（通称防災指針）と中央防災会議の「防災基本計画」の中で、放射線障害専門病院とされるなどその役割が規定されていました。放医研では、被ばくの線量評価を行いそれに基づいて治療方針をたてること、より専門的な治療が必要とされる場合のため、外部専門医療機関とネットワークを構築する



図II-2-3　我が国の緊急被ばく医療体制

ことについて重点をおいていきました。これは放射線障害が一臓器にとどまらない複合臓器障害であり、治療には各領域の専門家が必要だからです。JCO 事故時に 3 名の高線量被ばく患者のうち 2 名がそれぞれ東京大学医学部附属病院並びに同大学の医科学研究所附属病院での治療が行われたのは、このネットワークという考えに基づいたものでした。この事故の治療ではネットワークの杏林大学や日本医科大学による支援も得られました。このシステムの構築には JCO 事故以前 10 年余にわたる過程があり、放医研では「緊急被ばく医療に関する検討会」、「緊急被ばく医療対策会議」を開催し、有識者による放医研における緊急被ばく医療体制について検討を加えてきたのです。1997 年（平成 9 年）には「わが国の緊急被ばく医療における放射線医学研究所の役割について」を著わし、放医研の役割を明らかにするとともにネットワーク医療の構築の構想の実現に努めました。この考えは改訂された「防災基本計画」に反映され、1999 年（平成 11 年）にはこの会を発展的に解消し「緊急被ばく医療ネットワーク会議」を立ち上げたのです。JCO 臨界事故の対応では、患者の線量評価とこれに基づく治療方針を決定し、残念ながら患者の生命を救うことは出来ませんでしたが、十分な治療体制を敷くことが出来た、と自負しています。この事故を契機に原子力安全委員会は、被ばく医療機関を初期、二次、三次医療施設に分け、放医研を“被ばく医療の中心”とし、文部科学省は放医研と広島大学を東及び西ブロックの地域の三次被ばく医療機関として指定しました（図 II-2-3）。この他にも新しい知見を積極的に取り入れ、線量評価手法の確立及び線量評価技術の維持・向上と人材育成を行うために、染色体ネットワーク会議、物理学的線量評価ネットワーク会議を組織し、我が国の専門家、専門機関との人的な協力関係を結び、緊急時に対応できる体制を整備しています。

JCO 臨界事故は、私たちにもう一つの教訓を残しました。一般の方に正確な知識と情報を与え放射線影響を正しく理解してもらうことも被ばく医療の役割だということです。味も臭いもなく、また前に述べましたように被ばくしたかどうかもわからなければ不安になるのは当然です。日常の自然空間にもあり、医療でも欠くことができない放射線については知る機会が多いとは言えません。まして 1 ミリシーベルト（mSv）と言われても、すぐに理解出来る方は多くありません。JCO 事故が起こった時、私たち放医研のスタッフは患者の線量評価、診断･治療に追われており、事故周辺地域の健康影響の説明をしていませんでした。事故発生から 2 週間以上経って東海村の住民に健康影響の説明に行ったときのことが忘れられません。東海村の村長さんから、「どうしてもっと早く来て、健康影響の説明をしてくれなかったのか。不安がどんどん大きくなってしまった。」と言われました。このことは被ばく医療の原点かもしれません。自分たちが被ばくするかもしれない、という不安感があれば医療も搬送も、また消火活動も十分出来ません。特に五感に訴えるものはないのですから。これを克服するためには放射線の専門家との共同作業が不可欠であり、これこそが被ばく医療だと思います。

6.緊急被ばく医療分野の国際協力

放射線被ばく事故が非常に希であることはすでに述べました。被ばく医療も医学、特に臨床医学に支えられています。臨床医学は科学的根拠に支えられた経験に成り立っています。風邪のウイルスを検出しなければ、薬を出さないという医師はいません。患者さんの診察時にどういう検査が必要かを決めるのは、積み重ねられた医学の知識に基づく経験です。被ばく医療に携わる医師が全てこの非常に少ない事故を経験することは不可能です。事故を起こさない様に最大の努力をすることは不可欠ですが、医療の立場からは「事故は無く、事故に備えることは必要ない。」とは言えません。このために不幸にして世界各国で起こった事故の情報を集めて、いざという時の参考にしようとするのがデータベースです。どれくらい被ばくをするとどういう症状が何時現れるか、どういう治療が効いたのか等を過去の事例から知ろうとするものです。JCO 臨界事故には、この事故の 2 年前にロシア共和国で起きた臨界事故の情報は、高線量被ばくした方の線量評価に大いに役立ちましたし、どういう薬が障害に効果がある可能性があるかに関してもの過去の事例に学んだことが多くありました。一方では、経験のある国が無い国に対して支援・応援をすることも重要です。このためには国際的に協力し合う体制を確立しておくことが必要であり、国際原子力機関（International Atomic Energy Agency, IAEA）の下では緊急時の通報及び援助に関する約束 Response Assistance Network（RANET）推進しています。世界保健機関（World Health Organization, WHO）もその活動の一環とし放射線緊急医療対策支援ネットワーク（Radiation Emergency Medical Preparedness and Assistance Network, REMPAN）を構築しています。放医研はこれまでの経験を、2000 年（平成 12 年）2 月にタイ国で発生したコバルト 60 による被ばく事故時に、また 2001 年（平成 13 年）にパナマの国立がん研究所の治療装置の事故に対し、IAEA 調査団の一員として参加してこの分野での国際協力に当たっています。

また放医研は、実際の事故時の協力ばかりでなく外国の放射線や原子力の防災体制の構築、特にアジア諸国にも協力をしています。アジアでは原子炉や原子力発電所の建設構想を持つ国が増加していますが、最近では万が一のための対策も同時に構築するという観点から被ばく医療体制整備への意識が高くなっています。これまでに IAEA と協力してアジアの医師のために被ばく医療に関するトレーニングコースを 2001年（平成 13 年）と 2004 年（平成 16 年）に開催し、また韓国や台湾の要請を受けて医師を対象としたトレーニングコースを開いてきました。その他 IAEA の依頼でイランの被ばく医療研修コースに講師を派遣した他、放医研独自にもアジアのための研修コースを開催しています。さらに韓国原子力医学院（Korea Institute of Radiological and Medical Science, KIRAMS）と北京放射医学研究所とは覚え書きを交換し、情報や意見の交換をしています。

7.おわりに

希ではあるが過去には起きている被ばく事故への対応は、まさに「備えあれば憂い無し」、「転ばぬ先の杖」、「濡れぬ先の傘」だといえます。また「災いは忘れた頃にやってくる」ことも事実です。「弘法も筆の誤り」、「猿も木から落ちる」、「河童の川流れ」「麒麟の躓き」と言われるとおり、絶対ということはありません。被ばく医療は、様々な専門家の協力を得て成り立つ複合領域であり、我々は「温故知新」の精神で謙虚な心を持って被ばく医療を実施することが必要と考えています。

特別講演

わが国の原子力安全確保について

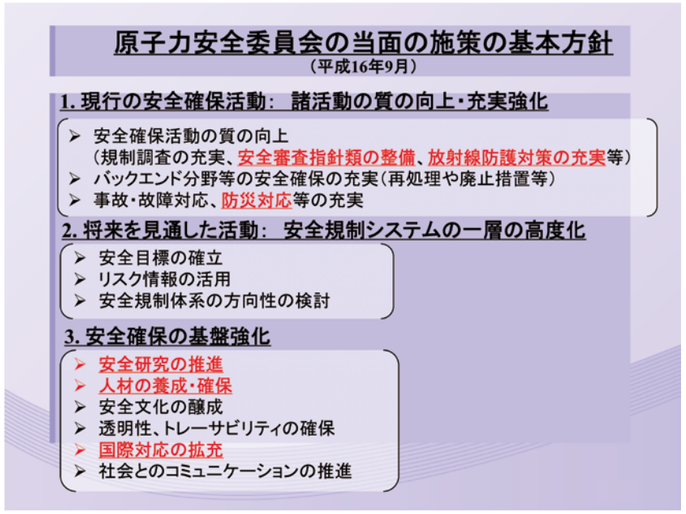
―原子力安全委員会の役割と放射線医学総合研究所への期待―

原子力安全委員会委員
久住　静代

この度放射線医学総合研究所が創立５０周年を迎えられたことをお慶び申し上げます。

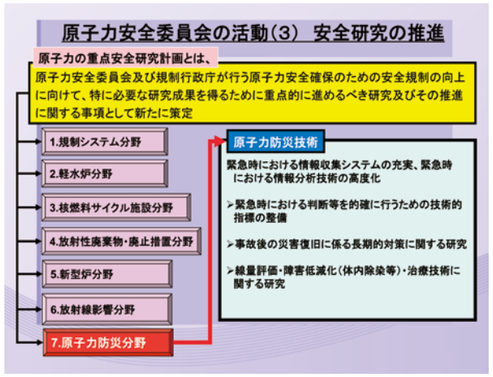
わが国の原子力利用の基本は1955年に制定された原子力基本法にあり、人類社会の福祉と国民生活の水準向上とに寄与することを目的として、原子力の研究、開発及び利用は、平和の目的に限り、安全の確保を旨として行うものとし、その成果を公開し、進んで国際協力に資することを基本方針としています。このような基本方針のもと、我が国の原子力の平和利用は益々拡大しています。例えば、放射線は医療をはじめ様々な分野で利用され、また、現在55基の商業用原子炉が運転され、総電力の30%を担うに至っています。

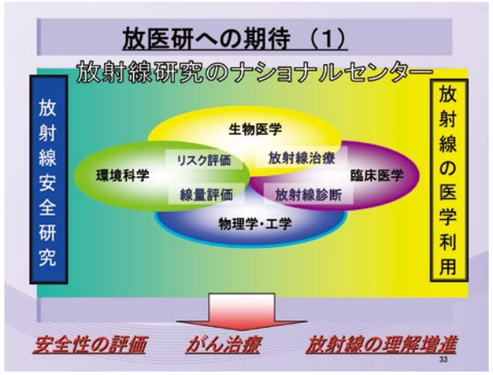
このような中、原子力の安全確保の重要性は増しており、原子力安全委員会も体制や取組みを強化してきています。当初、わが国の原子力安全規制は、原子力施策を推進する原子力委員会が併せて担っていましたが、1974年に発生した原子力船むつの放射線漏えい事故を契機として推進と安全の担当が分離され、安全確保を担当する原子力安全委員会が設置（1978年）されました。現在、原子力安全委員会は、原子力安全行政の「かなめ」として他の行政庁から独立し、内閣府に設置されており、国会の同意を得て内閣総理大臣が任命した５人の安全委員と約100名の事務局、約350人の専門委員から構成されています。原子力安全委員会では、現在、①安全審査、原子力防災対策等の現行の安全確保活動の質の向上・充実強化、②安全規制システムの一層の高度化、③安全研究の推進などの安全確保基盤の強化の３つを基軸として活動を行っています。このうち特に、原子力安全規制のための安全研究について、わが国の安全規制活動の技術基盤を確立し、国の安全規制の基盤整備に資することであるとの認識から、2004年には「原子力の重点安全研究計画」を策定し、その推進を図ってきております。

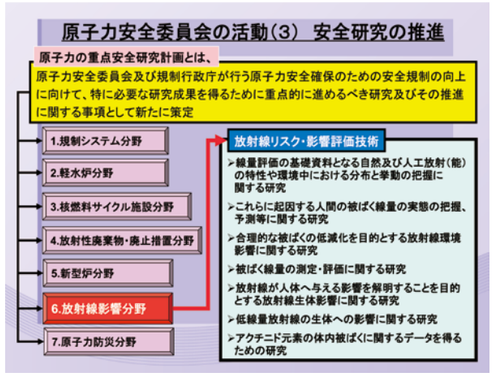


貴研究所の設立と活動内容は、このようなわが国の原子力安全確保とも深く関わっているといえます。放射線による人体の障害と放射線の医学的利用、更にはそれらに関する技術者の養成訓練の３つを任務として50年前の1957年に発足されました。そしてこれまで環境科学・生物影響分野の研究、医療分野における放射線障害に関する研究、放射線安全に関わる研究、国際協力等の幅広い分野で国の中心的研究機関としての役割を果たし、原子力利用や放射線利用の進展と理解の増進を支えてこられました。

貴研究所は2006年に非特定独立行政法人として再スタートされました。放医研の強みである「安全研究」と「医学利用」が今後とも併行に推進され、①放射線影響や被ばく医療分野において、安全規制・安全基準の科学的基盤を提供する安全研究、更にはこれらに関連した先導的・先進的な研究の実施、②研修業務による人材育成、施設の利用・共用や共同研究等による技術基盤の整備、③ＩＣＲＰ、ＵＮＳＣＥＡＲ等の国際対応における我が国のとりまとめにおいて、日本の中心的研究機関であり続けることを強く期待します。







炎の芸術

水海道市花火大会　花火イリュージョン　茨城県水海道市（現、常総市）にて

日本における打上花火は歴史が古い。テレビ中継でおなじみの隅田川花火大会は、江戸時代から行われている記録されている中で最古の花火大会だという。最近では、花火玉の製造が大量に行われるようになり、夏になると日本各地で花火大会が行われるようになった。また、コンピュータの発達により、花火の打上がコンピュータ制御によって行われるようになったため、とても質が高い演出ができるようになった。最近は、音楽とのコラボレーションにより、音楽に合わせて打ち上げるのが多くなった。

毎年、茨城県水海道市（現在は市町村合併により常総市に改称）で行われている花火大会も、このコンピュータを駆使して行われているので、とても質が高い演出が見どころである。打上数は７千発だが、それ以上に感じるのはこの演出によるものであることは言うまでも無い。

この花火大会において最後に行われる花火イリュージョンは、有名な花火師と主催者が共同で作成しており、美しい音楽に合わせてすばらしい花火が上がることで、全国的にも有名である。

写真は、一般によく知られている短時間にたくさんの花火を打ち上げる『スターマイン』を同時に５箇所から行う『ワイドスターマイン』である。なお、撮影したときの花火大会名は、水海道市花火大会であったが、現在は常総市みつかいどう花火大会に改称されている。

企画部企画課　三井正紀

書評　「放射線医科学ー生体と放射線・電磁波・超音波ー」

大西武雄監修、学会出版センター刊

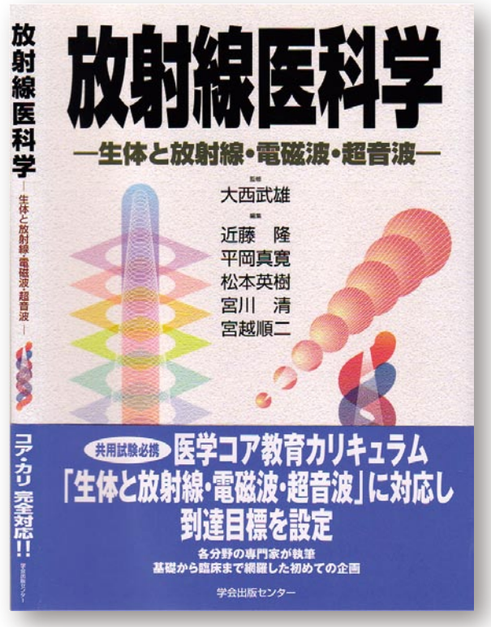
このたび大西武雄教授（奈良医大、生物学）の監修、近藤隆教授（富山大、放射線基礎医学）の編集委員長のもとで、頭書の著書が出版された。これまでに放射線医学に関する教科書類は数多く出版されているが、副題に挙げられている如く、医学に利用されている放射線、電磁波、超音波という物理的エネルギーの生体に及ぼす影響について、このように要領よくまとめられた著書は少ない。

本書は、「医学コア教育カリキュラム」の方針に沿って執筆、編集されている。すなわち、第１章が放射線作用の基礎―分子から細胞へ、第２章が放射線影響―臓器から生体へ、第３章が放射線による診断と治療の基礎、第４章が光と医学、第５章が電磁波と医学、第６章が超音波と医学となっており、各章についてkey wordsに相当する見出しの項目について、見開きの２頁から長くても４頁程度で図表を交えて要領よくまとめられている。各項は、現在この分野で最も活躍している多くは中堅クラスの研究者によって執筆されており、その内容は単なるレビューではなく、自分のデータをも含めて最新の知見を盛り込んで解説してあるところが素晴らしい。そして、各項の冒頭には到達目標が箇条書きに、例えば、「･･･について説明することができる」などと記載されており、読者はそれに引きずられてついつい中身を読み進めてしまうということになる。

現在、大学の教育方針はコアカリキュラムに則り行われるようになり、まさに本書はこれにぴったりの内容を有している。記載内容のレベルは学部よりもどちらかと言えば大学院課程に照準を合わせてあるが、決して難解なものではない。今日の医科系大学の多くは講座制から学系、分野などにまとめられる傾向にある。そのような中で旧来の放射線基礎医学講座が独立して存在しているところは数えるほどしかない。多くの大学では、臨床系の放射線医学講座の中で、放射線基礎医学の領域を抱えて教育、研究面で四苦八苦しているのが現状である。基礎がしっかりしていなくて臨床応用が組み立てられるはずはなく、わが国の教育現状のお粗末さを露呈している。そういった意味で、本書は分子生物学的アプローチをも包含した斬新な内容を有しており、放射線基礎医学の領域を充実させる上で、座右の書として欠かせないと思われる。

分担執筆の単行本にありがちな内容の重複や、欠落、レベルの不揃いなどが見られないのは、おそらく監修の大西先生の強力なリーダーシップがあってこそだと思われる。装丁もすっきりしていて値段もお値打ちである。是非一読をお勧めする次第である。

田中 良明（日本大学総合科学研究所）



随想 occasinal

カルタ会の鳴沢宮さんのモデル

市川龍資

わが国は原子力平和利用を進めるにあたり、放射性廃棄物の処理処分の重要性を考え、低レベル固体廃棄物の処分については当初より陸地処分と深海処分の両方法を採用することとしていた。深海処分については北太平洋中部海域5000～6000 mの深海域をいくつか選定し、候補水域として、その海洋、生物、海底、漁業などの調査や、関連する基礎研究および安全評価を各省庁の研究機関の協力の下に進めていた時代があった。しかし、これまで低レベル固体廃棄物の深海処分に道をひらいていたロンドン条約が、その締約国の中に反対国が多くなり、この条約が改訂されて、放射性廃棄物の深海処分が出来なくされてしまったことは大層残念であった。

まだ、日本が深海処分に大きな期待をもっていた時代のことである。1970年9月、南フランスの地中海沿岸にあるエキサンプロバンスAix-en-ProvenceにおいてIAEAとENEA（現在のOECD原子力機関）の共催で「低・中レベル放射性廃棄物管理の進歩」と題する国際シンポジウムが開催された。このときぼくはシンポジウムで「日本における放射性廃棄物管理について」と題する講演をした。内容は廃棄物管理全般について説明すると共に、特にわが国の深海処分の構想、安全評価に重点を置いて話をした。その内容は公式の場で世界に発表した最初のものであった。

このシンポジウムにはぼくだけでなく日本から多数の関連研究者、技術者が参加した。その中に以前から知人であった当時の原子力研究所の和達嘉樹さんもいた。ぼくよりかなり若く気持ちの良い明るい人だった。彼のお父さんは気象庁長官を長く勤められた有名な方だった。或る時、この和達家には、かの明治の文豪尾崎紅葉の書簡などがいくつも保存されていることを知って大層興味をそそられた。紅葉と和達家との関係は次のようであったそうである。すなわち、尾崎紅葉と東大予備門の同級生に和達陽太郎（名古屋電信局長）という人がおり、その夫人が瑾子さん（何と読むのかぼくにはわからないが、きん子さんと読むのだろうか）、二男が和達清夫さん（後の気象庁長官）という関係にあった。紅葉と瑾子さんは、明治20年代後半に上流社会の新年カルタ会で初めて顔を合わせ、数年後再会してから家族ぐるみの付き合いになったそうである。「金色夜叉」の最初の章にでてくる新年カルタ会における鳴沢宮の美しさや姿かたちはこの瑾子さんをモデルにして描写したと言われている。和達家に残っている紅葉の書簡は、紅葉が瑾子さんにあてた書簡である。紅葉にとって、初めて会った瑾子さんの印象は余程心に残ったものとみえ、終生文通を続けたのである。「金色夜叉」における宮さんを描写した部分を次に示す。

「・・・猛びに猛ぶ男たちの心もその人の前には和ぎて、終に崇拝せざるにはあらず。女たちは皆そねみつつも畏を懐けり。中の間なる団欒の柱側に座を占めて、重げに戴ける夜会結に淡紫のリボンを飾して、小豆鼠の縮緬の羽織を着たるが、人の打騒ぐを興あるように涼しき目を瞠りて、躬は淑かに引繕える娘あり、粧飾より相貌まで水際立ちて、凡ならず媚を含めるは、色を売るものの仮の姿したるにはあらずやと、始めて彼を見るものは皆疑えり。一番の勝負の果てぬ間に、宮という名は普く知られぬ。

・・・この外種々色々の絢爛なる中に立交らいては、宮の装いはわずかに暁の星の光を保つに過ぎざれども、彼の色の白さは如何なる美しき染色をも奪いて、彼の整える面は如何なる麗わしき織物よりも文ありて、醜き人たちは如何に着飾らんともその醜き蔽う能わざるが如く彼は如何に飾らざるもその美しきを害せざるなり。」

もちろん「金色夜叉」のストーリーと和達瑾子さんの境遇とはまったく無関係のものである。ただ瑾子さんの美貌が紅葉の心の中でこの小説のヒロインである宮さんと重なり合ったものであろう。以上、日本の低レベル放射性廃棄物深海処分計画の歴史と、「金色夜叉」との関係について述べた。

ICHIKAWA　RYUSHI（元放医研科学研究官）

編集後記

放医研は、昭和32年7月1日、科学技術庁の付属研究機関として設立し、本年7月に創立50周年を迎えました。東京の経団連ホールで開催した記念講演会については、メインテーマ「放医研の50年のあゆみと未来」に基づき、高橋理事から「放医研の50年と現在」と題し、各年代の所長等の業績と共に研究業務の進展について紹介が行われました。これを受けて、放医研設立時の設置目的に沿ったサブテーマ「放医研における放射線医学の取り組み」と「放医研の放射線安全への取り組み」の二部構成にそれぞれの特別講演が総括する重厚な内容となりました。本号の特集では、各演者がページ数の制限の中で講演に使われた図版を可能な限り取込むなどの労力を頂いたことから講演の一部始終が脳裏によぎってくる仕上りになりました。また、放医研の果たすべき役割などを改めて職員へ周知できたことと共に、読者の方々に対しても、講演の概要をお知らせする機会が得られました。この場を借りてご多忙な中をご協力頂いた執筆者の方々へ感謝申し上げます。（T. O）

次号予告

研究レポート「**生物影響研究のための中性子照射場の特性評価**」
基盤技術センター　高田 真志

印象記「**出会いと感謝 ―過ぎにし八十路の歩みを振り返って―**」
東京医科歯科大学名誉教授　春日 孟

RS Special Series「**ICRPの線量関数とそれらの関連報告の紹介**」
放医研名誉研究員（前ICRP第2専門委員会委員）　稲葉 次郎
名古屋大学医学部（ICRP第2専門委員会委員）　石榑信人

海外レポート「**Knowledge about radiation emergency in Thailand**」
Adul Bandhukul and Wanna Chongjitpaisan

《編集委員会》

委員長　酒井　一夫
委員　内堀　幸夫　金澤　光隆　石井　伸昌
白川　芳幸　小橋　元　立崎　英夫
高田　真志　菊池　達矢　鈴木　敏和
玉手　和彦　長谷川純崇　杉森　裕樹
加藤　博敏　神田　玲子
事務局　近江谷敏信

放射線科学

第50巻第10号
2007年10月15日発行

《編集・発行》

独立行政法人　放射線医学総合研究所
〒263-8555　千葉市稲毛区穴川4-9-1
電話043（206）3026　Fax.043（206）4062　Eメール info@nirs.go.jp

（禁無断転載）

放射線科学
Radiological Sciences
第50巻 第10号
2007年10月15日発行《編集・発行》独立行政法人 放射線医学総合研究所
〒263-8555 千葉市稲毛区穴川4-9-1
電話043(206)3026 Fax.043(206)4062

http://www.nirs.go.jp