

## 視点

## 第27回 放医研環境セミナー ラドン、その人間への影響まで—10年間の知見をもとに議論

平成11年12月2日（木）、3日（金）の両日、放医研重粒子治療推進棟会議室において第27回放医研環境セミナー『ラドン、その人間への影響まで』が開催された。今回のセミナーは、過去10年間に得られた新しい知見とそれから人の健康影響を評価するに至るまでの諸問題を取り上げ、議論することによって、将来への展望を示すことにあった。セミナーの冒頭の委員長による主旨説明の後、以下のセッションで各講演が行われた。なお、特別講演として、大妻女子大学の堀内公子教授から「水文学におけるラドン」が、フランスのモンシュ博士による「ラドン吸入曝露による肺がんと喫煙等複合因子並びに低線量率による修飾」が行われた。

### I. ラドン計測技術（3題）：

このセッションは、避けて通れない測定関係を統轄的にまとめて、測定法の現状を児島氏（東理大）、測定値の精度・確度等を山崎氏（京大炉）、今後の測定上の課題について床次氏（放医研）から報告された。

### II. わが国のラドン濃度（4題）：

このセッションでは、屋内ラドン濃度全国調査結果について真田氏（分析センター）から、その地域特性等詳細を藤元氏（放医研）から、職場環境の濃度について服部氏（電中研）から、屋外濃度について古田氏（核燃機講）から報告された。

### III. 最近の話題（4題）：

このセッションは、ラドンにまつわる最近のトピックスを若手の研究者から提供してもらうのが主旨で、阪神・淡路地震とラドンの関連を安岡氏（神戸薬大）、台風通過時の濃度変化をクレモン氏（放医研）、最新の地下水中ラドンの測定法を田阪氏（岐阜大）、送電線下での影響に絡んだ問題を三枝氏（原研）から発表があった。

### IV. トロン問題（2題）：

ラドン問題を扱う時、無視できないトロンについて、環境中の濃度・性状・挙動に関して山崎氏（中電）から、線量について米原氏（放医研）から報告があった。

### V. 被曝線量評価（3題）：

このセッションでは、線量評価法を下（放医研）が、わが国のラドン線量値を飯本氏（東大）が、線量評価時の生物学的パラメータを石樽氏（放医研）が報告した。

### VI. 被曝影響（4題）：

このセッションでは、BEIR VI の紹介を土居氏（放医研）が、三朝町の疫学調査について祖父江氏（国立がんセンター）が、環境放射線による染色体異常について早田氏（放医研）が、動物実験の現状を緒方氏（公衛院）が紹介した。

ラドンの人への影響を考える場合、関連する項目は何で、どこまで解決されてきたのか、いま問題となっているのは何か、今後の課題はなど、今回のセミナーでかなり整理されたと思う。総合討論では、疫学調査の有用性について意見が分れたことや、細胞レベルでの研究の進展への期待、動物実験の困難さとその結果の解釈の是非など、今後、実行すべきことの複雑さと熟考の必要さを改めて認識させられた。

講演では、オリジナルな発表のほかにも多くの研究を取りまとめた紹介を講演者に依頼したこと、また講演数と時間の都合上、セッション討論としてまとめたことによる座長への負担等で、結果として多くの方に多大のご迷惑をお掛けすることとなったが、お陰で2日間で膨大な内容をなんとかこなすことができ、関係者一同に感謝したい。



(委員長 下 道國)

## 重イオンビームの冷却研究

### 1. ビーム冷却

シンクロトロン中を周回するビームバンチ（集団）に含まれる各々の粒子は、その集団の重心の周りにおける程度の「運動量（速度と方向）の広がり」を伴っています。これらの量は、シンクロトロンへの入射時に（入射器の性能として）既に決まっております。HIMACの場合も入射強度（粒子数）限界を決めている要因の一つとなっております。また、これらの量は集団重心の周りの熱運動みたいな概念であるため、この量を低減化することを一般に「ビーム冷却」と呼んでいます。

### 2. 冷却の応用

前述でも分かるように、シンクロトロン入射時に冷却を行うと入射強度を高めることが可能となりパルス大強度ビーム供給が可能になります。HIMACの場合は、二つあるリングの一つでRIビームを生成し、次のリングで蓄積して大強度化を図ることも可能です。その実現によって、治療・診断への応用の幅が大きく広がります。しかし、冷却には一定の時間を要するためシンクロトロンの繰り返し率は下がる方向に行きますので、シンクロトロンの取り出し平均強度として高められるかどうかは（利用方法を含めて）検討が必要です。

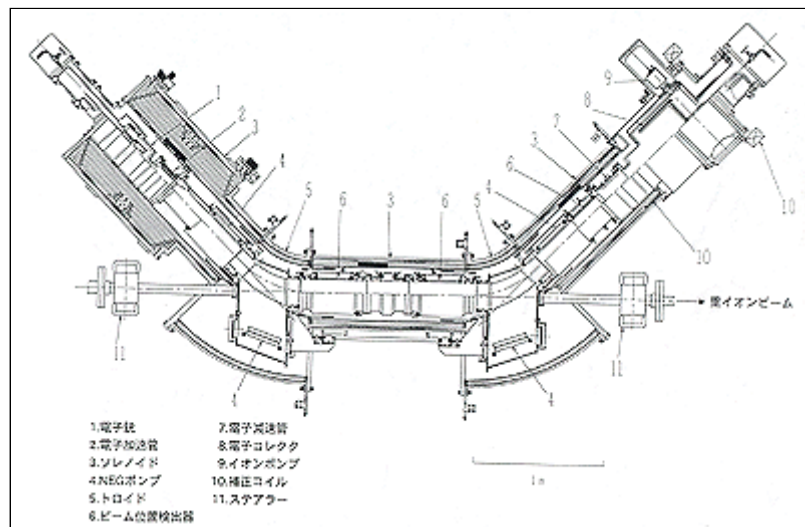
素粒子物理研究用としては、コライダーと呼ばれる粒子～粒子衝突加速器が存在します。この種の加速器においては、シンクロトロン軌道に粒子を蓄積・冷却して粒子密度を上げ、粒子間の衝突確率を高めることが重要な狙いの一つになります。この場合には、ビーム冷却は必須の要件であり、世界中の色々なコライダーに取り入れられて新粒子の発見等に貢献しています。

主目的であるパルス大強度冷却ビーム供給に加えて、マイクロビームへの応用も考えられます。現在バンデグラフ（数MeV）領域で実用化されている $\alpha$ 粒子のマイクロビーム施設においては、新しい生物実験データが発表されつつありますが、試料中（各細胞）におけるLETのバラツキが大きく（依然として）得られたデータに対して統計的処理が必然の状況です。もし100MeV領域の重イオンビームに対して冷却を実現すれば、バンデグラフ並の質の良いビームが得られ、マイクロビーム実験研究が可能となるはずです。この場合は、前述のLETのバラツキは非常に小さく押さえられますので、高LET領域における新しい生物実験が期待できます。

### 3. HIMACにおけるビーム冷却

現在、将来の装置高度化の柱である「上下リング連結及び大強度冷却ビームの治

療・診断への供給」に向けた基礎研究として、参考図のような冷却試験装置の設計が進行中です。原理は、シンクロトロン周回ビームと等速度の、かつ良く冷えた（速度及び方向が良くそろった）電子ビーム（数keV）を、シンクロトロン直線部において重イオンビームと（1.3m程度の長さを）一緒に走らせます。温められた電子ビームは棄てられ、冷えた電子ビームが、常に（新たに）供給しつづけられます。100万回オーダ（数秒間）の並走中に、重イオンと電子との間で相互に運動量（熱）のやり取りが行われると、ついには重イオンビームの持つ「速度と方向のバラツキ」は冷えた電子ビームのそれに近づいて行きます。この状態をもって、「重イオンビームは冷却された」と言います。これらの基礎データ収集のためのR&Dが始まっています。



電子冷却装置の概要

(医用重粒子物理・工学研究部 佐藤 幸夫)

## 放射線シリーズ

### 放射線の利用 (2) 『医療での放射線利用』

今回は医療の中で診断に使われる放射線について紹介します。診断に使われる放射線には、主としてX線と、ラジオアイソトープ (RI) があります。

X線が発見されて最初に利用されたのがX線撮影であり、以来医療診断のために古くから使われてきました。X線は透過する組織の密度や原子組成によって吸収される比率が異なり、身体を通り抜けてきたX線がフィルムを感光させたものがX線写真です。医者はそのX線の透過量の差によってできた画像を見て病気や怪我の診断をします。胸部の単純X線写真では、肺、心臓、肋骨の他、軟部組織像が写り、医者は臓器の形態的变化と正常では見えない陰影を見つけて病気の診断をします。しかし、普通の臓器や器官は、ほとんど密度に差が無く透過度に差がないので、例えば、消化管（食道、胃、腸等）や血管の診断には、造影剤（胃の診断にはバリウム、血管の診断にはヨード製剤等）の助けを借りて、形に異常がないかどうかを検査します。

最近では、身体の軟組織間の密度差をフィルムに写し出す代わりに、コンピュータラジオグラフィ（CR）が開発され、フィルムでは見つからなかった異常を見つけ出すことも多くなっています。CRは、検出器でX線を光の信号に変え、その情報を処理し、目的にかなった画像を計算機で処理して表示するものです。

コンピュータ断層画像（CT）は、X線管球を体の回りに回転させ、管球の反対側にある検出器で透過X線の情報を電気信号に変え計算機で処理し、身体の横断面を画像にしたものです。現在では、脳出血や、脳梗塞、肺がんや肝臓がんの診断には欠くことのできない診断法として広く利用されています。また、最近ではスパイラルCTとかコーンビームCTが開発され、体内の構造を3次元的に表示できるようになってきました。この画像を処理すると、気管や血管の内部も覗けるような画像で表示することも可能です。

X線診断は集団検診にも使われています。以前は、胸部のX線検診では、結核の発見が主な目的でしたが、高齢化社会となった現在では、肺がんの早期発見に重点が移ってきています。胃のX線検診も40歳以上の高齢者を対象に行われ、早期胃がんの発見に貢献しています。最近では、さらに早期がんの発見を期待して、CT装置を集団検診に利用する計画も検討されています。

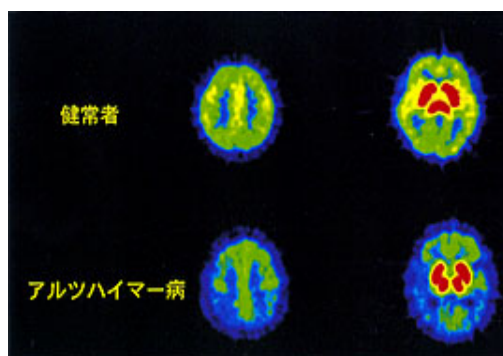
もう一つの重要な診断法として、ラジオアイソトープ (RI) を使った診断があります。一般に、核医学診断と言われ、脳、心臓、肺、肝臓、腎臓、骨、悪性腫瘍、そ

その他の病気の診断に使われるようになってきています。特に、テクネチウム99mの化合物は、骨シンチグラムや腫瘍診断に広く使われ、ヨード131は、甲状腺機能の検査に使われ、タリウム201は心筋梗塞の検査に使われています。

核医学検査は画像診断の他に、脳の血流や臓器の機能検査、また、生化学検査にも応用されています。以前は、ほとんどの診断用RIは、原子炉で生産されていましたが、最近ではポジトロン（陽電子）を放出するRIの検査法が注目され、小型サイクロトロンでポジトロン放出核種の生産が行われています。普通の電子は負（マイナス）の電荷を持っていますが、ポジトロンは正（プラス）の電荷を持った電子です。このポジトロンは放出されると直ぐに普通の電子と結合して、この2個の電子は消滅しますが、その時、反対方向に一对の $\gamma$ 線を放出する性質があります。

この性質を利用したポジトロン断層画像（PET）による検査では、ポジトロンを放出するRI化合物を注射や吸入によって体内に送り込み、ポジトロンが体内の電子と結合して消滅する際に放出する $\gamma$ 線を対向する一对の検出器で計測します。その分布像から体内の臓器の機能検査を行うことができます。従来の $\gamma$ 線を利用した検査に比べて解像度の高い、より定量的な画像が得られます。ポジトロンを放出するRIは、一般に半減期が極めて短く、分単位の時間で放射能は半減します。したがって、多量のRIを使いやすく、患者の被ばく線量も少ないのです。むしろ、医療従事者の被ばく量低減の工夫が必要でしょう。

ポジトロン放出核種を用いる画像診断は、今後さらに、がんの診断や精神医学の分野に広く利用されることが予測されます。例えば、窒素13を含むアンモニアを注射することで脳の血流の変化を観察することができ、フッ素18のブドウ糖の集積像から脳におけるブドウ糖の消費量の変化を診断できるようになりました。21世紀は「脳の世紀」ともいわれ、ポジトロン放出核種を使う能機能診断は大きな役割を果たすものとして期待されています。



RIの集積を比較したポジトロン断層画像（PET）

（研究総務官 河内 清光）

## タバコと健康

### 《タバコには主流煙と副流煙の2種類の煙がある》

主流煙とはタバコを吸ったときに口元まで来る白い煙のことです。副流煙とはタバコから立ち上る紫色の煙のことです。副流煙の方が主流煙より発生量が数倍多く、アルカリ性です。主流煙は酸性です。有害物質は副流煙に多く含まれています。

### 《間接喫煙も喫煙と同じ影響がある》

4畳半位の部屋で閉め切って二人の喫煙者が1時間に6本タバコを吸うと、一緒に部屋にいた二人の非喫煙者は1本タバコを吸ったのと同じタールや一酸化炭素などを吸い込むこととなります。これは一つの例ですが、喫煙者は非喫煙者への配慮が必要です。

### 《妊娠とタバコ》

喫煙は血管を収縮させるので、妊娠中に喫煙すると胎盤の血流量が減り、胎児の成長が遅れます。また、妊婦の夫が側で喫煙しても同じ事が起こります。子どものためにも禁煙しましょう。

### 《タバコに含まれる有害物質》

主流煙には4千種類以上の化学物質が含まれています。良く知られているのはニコチン、一酸化炭素、青酸ガスなどです。40～50種類の発がん物質も含まれています。非喫煙者と比べると咽頭がんは20.3倍、口腔がんが4.6倍、肺がんは4.1倍かかりやすくなります。

### 《タバコと血液の関係》

喫煙者は血中の白血球、赤血球、血小板数が増加します。喫煙で慢性気管支炎になっているので、痰が多くなり白血球が増えます。また、一酸化炭素で酸欠状態に陥っている体は赤血球を増やして酸素の運搬能力を高めようとします。ニコチンや一酸化炭素が血小板に作用し、血栓を作りやすい状態になります。

### 《禁煙のメリット》

最初は辛く耐え難いほどの自覚症状に悩まされるかも知れませんが、精神神経機能は良い状態になります。咳、痰の減少、皮膚温の上昇、心拍数の減少、手指の震えの減少、味覚の復活、各種がん発病率の低下などたくさんの効果が待っています。ニコチン中毒はニコチンに対する精神的な依存状態です。禁煙外来のある病院もありますが、自分の意志で禁煙するのが一番です。



(健康管理室 海老原 幸子)

### ● 齊藤総括政務次官がご来訪

平成12年1月24日（月）に齊藤総括政務次官が当研究所を訪問され、佐々木所長からの研究所の概要説明の後、昨年、東海村で起きた臨界事故時の緊急医療体制や、重粒子線を用いた「がん治療」について意見交換をされました。また、重粒子治療センター、重粒子線がん治療装置（HIMAC）、緊急被ばく医療施設などをご視察されました。

