

“どこまで知っていますか 放射線の科学、環境、医療—その最先端”
多くの見学者を迎え、放医研の活動への理解を深めた所内一般公開



▲那珂湊放射生態学研究センターでの見学風景



▲本所での一般公開の風景

恒例の放医研所内一般公開が、本所と那珂湊放射生態学研究センタ

ー共に4月18日の日曜日に行われた。午後からは生憎の雨模様となった

が、本所で841名、那珂湊センターで32名の見学者が訪れた。好天に恵まれた昨年には及ばなかったものの、個人来訪者が例年の倍以上を数え、また今年より日曜日開催した那珂湊センターは地味な研究施設にもかかわらず微増、放医研にとっては意義のある所内一般公開となった。

特に、本所で進めている「重粒子線がん治療臨床試行」に関連して、今回新たな試みとして設けた「がん治療に関する医師による相談コーナー」には、19名の方が相談に訪れ、平均30分程をかけて各種の相談に対応した。関連の講演会でも熱心な質疑応答が行われ重粒子治療に対する関心の高さが伺われた。

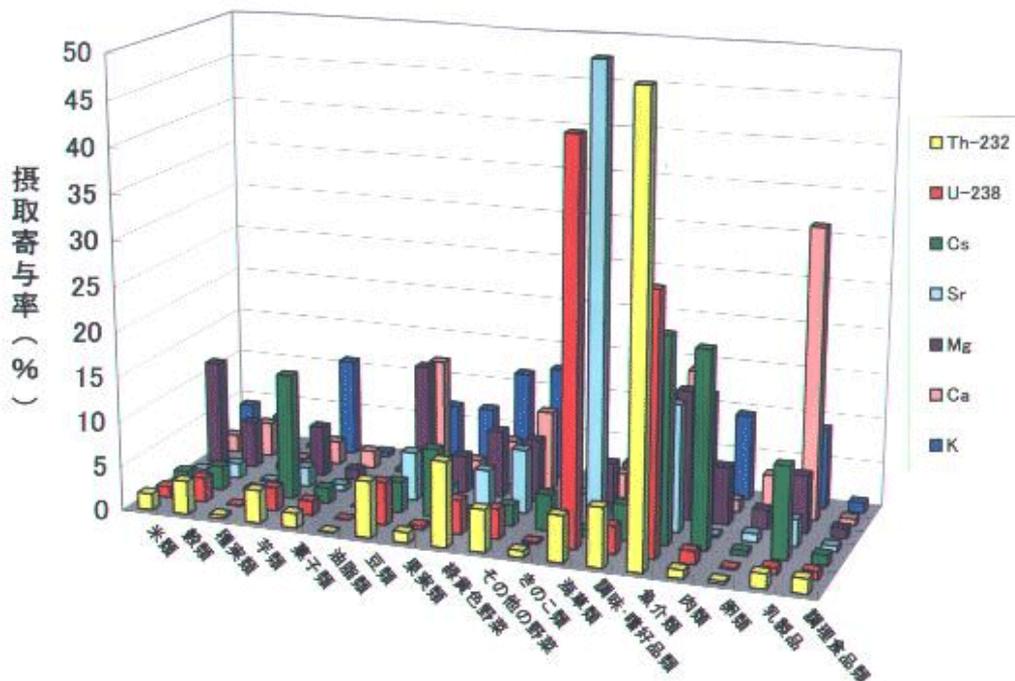
また、那珂湊センターでは見学者が職員の説明に熱心に聞き入り、ときには難しい質問も飛び出すなど一般公開は満足いく成果をおさめた。年々説明パネルも更新して、放医研に対する理解を得る努力を重ねており、公開施設や体験コーナー、パネル展示の前は終日にぎわって説明に対応した職員等を喜ばせた。

● 研究最前線

日本食からの核種摂取の経路

放射線防護の観点から古くて新しい問題として核種の摂取量研究がある。事故や人為的な行為によって放射性核種が生活環境に放出された時、最近の例では平成9年3月の動燃火災事故がある。地域住民は食物と空気汚染を一番心配していた。つい先日の所沢のダイオキシン騒ぎも似た例である。食物は食物連鎖の最終ステップ、食品-人体系において最も人に近いからである。フォール・アウトのレベルは低下したが日本が経済大国になったことで食生活に別の問題が発生して来ている。

最近の日本人はどんな食べ物を食べているのか？ 放射性核種や必須無機元素を含むミネラルはどんな食品から摂っているのか？これが私の疑問であり、長年の研究テーマである。厚生省が毎年行っている国民栄養調査の統計データを利用して食品を18食品群に分類



日本人の核種摂取における18食品群の寄与 (%)

した（図参照）。各食品群の食品構成を推定し、購入した。これをマー

ケット・バスケット方式と言う。食品群内の核種（元素）分析は誘導結合

プラズマ質量分析法（ICP-MS）、誘導結合プラズマ発光分析法（ICP-AES）、 γ 線スペクトロメトリーにより実施した。18群内の核種濃度は範

囲が広いものとそれほどではない核種がある。分析結果の濃度と食品の摂取量から1日の摂取量を推定した。これを寄与率として各食品群

別に示したのが図である。現在、放射性核種の ^{232}Th , ^{238}U , ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{40}K , 安定元素のNa, K, Mg, Ca, P, Fe, Cu, Mn, Sr, Cs, Ba等に

ついて分析を終了している。寄与率の高い群としては ^{232}Th の魚介類

（44%）、緑黄色野菜類（11%）、 ^{238}U の海草類（50%）と魚介類（26%）、

^{137}Cs のキノコ類（16%）、魚介類（15%）、乳製品（11%）、Csの魚介類

（22%）、肉類（22%）、芋類（14%）、乳製品（11%）、Srの海草類（53%）、

魚介類（14%）、Mgの魚介類（14%）、豆類（13%）、米類（11%）、Caの乳

製品（32%）、魚介類（15%）、豆類（13%）、Kのその他の野菜類（13%）、

緑黄色野菜類（12%）、魚介類（11%）、芋類（11%）であった。

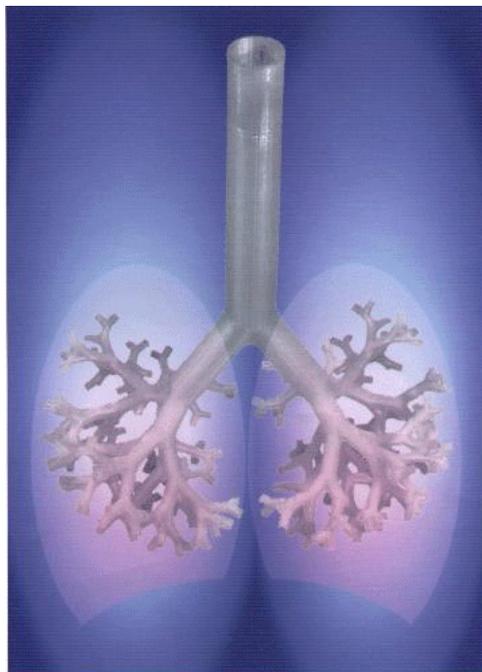
このように日本食の場合は水産食品からの摂取寄与が大きいことが解る。またどの核種の摂取においても油脂類、卵類、種実類の寄与率が低い。これらの核種による汚染時には卵類は安全な蛋白源と考えることができよう。また、種実類のように寄与率は低いが高濃度の場合があり、個人の嗜好によるこの種の食品の大量摂取は避けなければならない。核種によって食品群中の濃度と1日摂取における寄与率が異なっていることから、放射線防護（特に緊急時）において日本人

特有の核種毎の決定食品と決定経路の判断が必要である。また放射性核種と非放射性核種（安定元素）の比較、例えばCsと ^{137}Cs 、Srと ^{90}Sr の群別研究から、フォール・アウトの少ない現状下で、両者は食物連鎖において同一の挙動を取っていることも解った。これは放射性核種の環境挙動の研究に高感度分析法（ICP-MS, ICP-AES）を用いて安定元素を代替核種として利用できることを意味している。高濃度、高寄与率を示した食品群について、体内での吸収率の問題も含め、日本人の決定食品、決定経路を解明するために研究を進めている。

（人間環境研究部 白石 久二雄）

3次元光造形による呼吸気道模型の開発

空気中に浮遊する粒子状の放射性物質、いわゆる放射性エアロゾルを吸入摂取した場合、呼吸気道の何処の部位にどれだけの量がどのように沈着するかという問題は、いま大きな関心を集めている。1994年に発表された国際放射線防護委員会ICRPの呼吸気道モデル（Publ.66）では、従来モデル（Publ.30）に比べ対象とするエアロゾル粒径範囲の増大、気道部位の細分化などモデル全体が精密化されている。しかしながら、呼吸気道におけるエアロゾルの沈着現象は極めて複雑で、これを気道モデルだけで説明することは容易ではない。また、実験的にも未だ十分な知見が得られているとは言えない状況にある。その原因の1つが呼吸気道の形態学的な複雑さであり、気道内の空気流の複雑さである。この解決策の1つとして気道を模擬した工学模型がエアロゾル沈着実験に用いられている。古くは、ガラス細工模型であったり、ワックス模型であったりしたが、工作精度、再現性、微細表現性などに限界があった。さらには、この時、気道構造を数学的に正確に記述することが難しいなど、実験データを理論的に解析することがかなり困難であった。そこで、3次元光造形法が呼吸気道模型の作成に応用された。



3次元光造形法で作成した気道模型

光造形法は、元来、型枠作成の前段階における模型作成法という工業的位置付けで開発・実用化されてきたという経緯があるが、最近、医学・歯学分野でも模型見本に留まらず、形成素材という応用例まで出現している。当研究部では、この光造形法をエアロゾル沈着実験用の気管・

気管支模型の作成に応用した。図はヒトの気管および8分岐までの気管支、つまり、Publ.66の新呼吸気道モデルでBBと呼ばれる部位に相当する気道の写真である。この模型はWeibelの対称2分岐モデルで規定され

ている気道長さ、気道径、分岐角度などを各分岐次数毎に忠実に再現したものである。作成は、まず、基になる記述モデルを3次元CADデータに

展開する。このデータに基づきレーザービームを液体状の光硬化樹脂に照射し、層状の像を形成させる。この模型の場合、造形ピッチ0.178mm

の厚みで数100層にも積層された。造形時間をいとわなければ、0.1mm

あるいはそれ以下のピッチも可能である。気道模型の作成にこの光造形

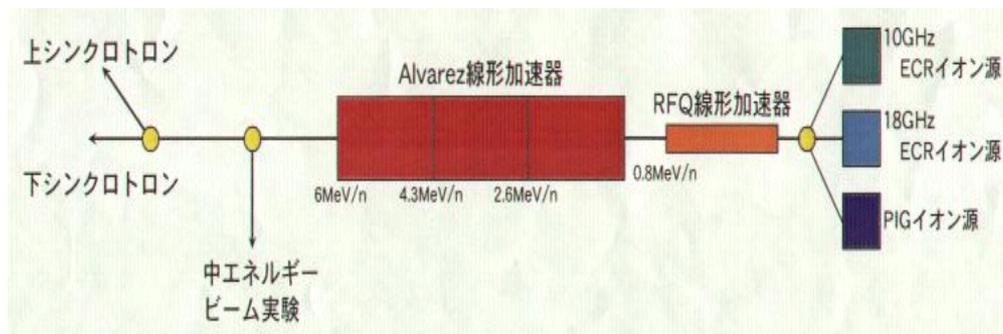
法を利用したことにより、以下に示すような新たなメリットが生まれた。

- 1) 形態の数学的記述が可能
- 2) 再現性があり無限複製が可能
- 3) 拡大、縮小モデル化の設計自由度が大
- 4) 非対称、部分変形モデル化の設計自由度が大
- 5) 中空モデルの作成が可能

こうして作成した呼吸気道模型を用いたエアロゾル沈着実験を、現在実施中である。今後は、対象となる気道部位を喉頭部、鼻腔部へと順次拡大していく予定である。

(内部被ばく・防護研究部 山田 裕司、福津 久美子)

HIMAC入射器における可変エネルギー化



HIMAC入射器の概念図

黄色○印は、スイッチング電磁石でコースやイオン源を切り替える

HIMAC入射器は、イオン源及び2台の線形加速器から構成され（参考図）、シンクロトロン入射用に6MeV/nの固定エネルギーで設計されました。線形加速器は、原則固定の速度（エネルギー）でしか加速出来ない構造ですが、第二線形加速器であるAlvarez型は高周波的に3台の独立した加速器（タンク）に分割されているため、今までのような3台全部を運転する場合（6MeV/n）、3台中2台を運転する場合（4.3MeV/n）、3台中1台のみ運転する場合（2.6MeV/n）、3台とも運転しない場合（前段の線形加速器RFQ出力の0.8MeV/n）の4つの運転形態に対応して、4種類のエネルギーを得ることが設計上は可能でした。この場合、運転しないタンクは高周波的運転は行わないのですが、タンク内ドリフトチューブに組み込まれた収束電磁石は、粒子の速度（エネルギー）と荷電状態に対応

する運転が行われます。この電磁石運転パラメータをビーム光学に基づいた計算で求め、実際に上記4種類のエネルギーの加速試験を行って来ましたが、最近実験への利用が開始されつつあります。

HIMAC入射器がビーム供給すべき対象は、上下二つのシンクロトロン
その他、前述の中エネルギー領域をそのまま利用する中エネルギー照射室の3コースがあります。シンクロトロン入射においては、入射エネルギーが高い程加速効率が良いので、4.3MeV/n以下のエネルギーを使用する場合は無いと言えます。しかし、前述の中エネルギー領域はLETの値が治療に用いられる拡大Bragg peakに相当しており、中エネルギー照射コースにおける原子分子等の物理実験はもちろんのこと、DNA等に関連する生物実験から見て大きな魅力があります。上記3コースへのビーム供給は、既に開発稼働中の時分割（タイムシェアリング）技術により、3台の重イオン源から異なる3種類のイオン種を同時に行うことが出来ます。

上記の中エネルギー領域においては、固体中における粒子の飛程（レンジ）が非常に小さく（0.1mm以下）実際の実験に際しては工夫が必要です。まず、真空中（含ガスターゲット）実験は殆ど問題ありません。ビームを薄い（2ミクロン程度の）真空窓から空気中に取り出した後DNA等の試料に照射する場合は、試料を極めて薄く用意する必要があります。また、表面現象を調べる場合も殆ど問題はありません。生きた細胞照射も、試料の用意と管理を旨く行えば、可能と思われれます。

一つ注意しなければならない事は、HIMAC入射器は（本来）シンクロト

ロン入射専用設計されているため、繰り返しが秒オーダーでビーム幅が非常に小さい（1ms以下）ことです。よって、ピーク強度を高く要求するよ

うな実験でカウンティングを行う場合は、検出器のカウント率が対応可能

かどうかには注意を払う必要がありますし、特に線量測定が必要な実験においては要検討です。また、上記エネルギー領域では、イオンの電子を全て剥ぎとる（裸のイオンを得る）ことは難しいため、一般的に低エネルギー

（且つ重いイオン）程ストリッパ通過後に得られる強度（裸のイオン

の場合）は小さくなります。現在、Heでは4種類、Cでは2.6MeV/n以上の

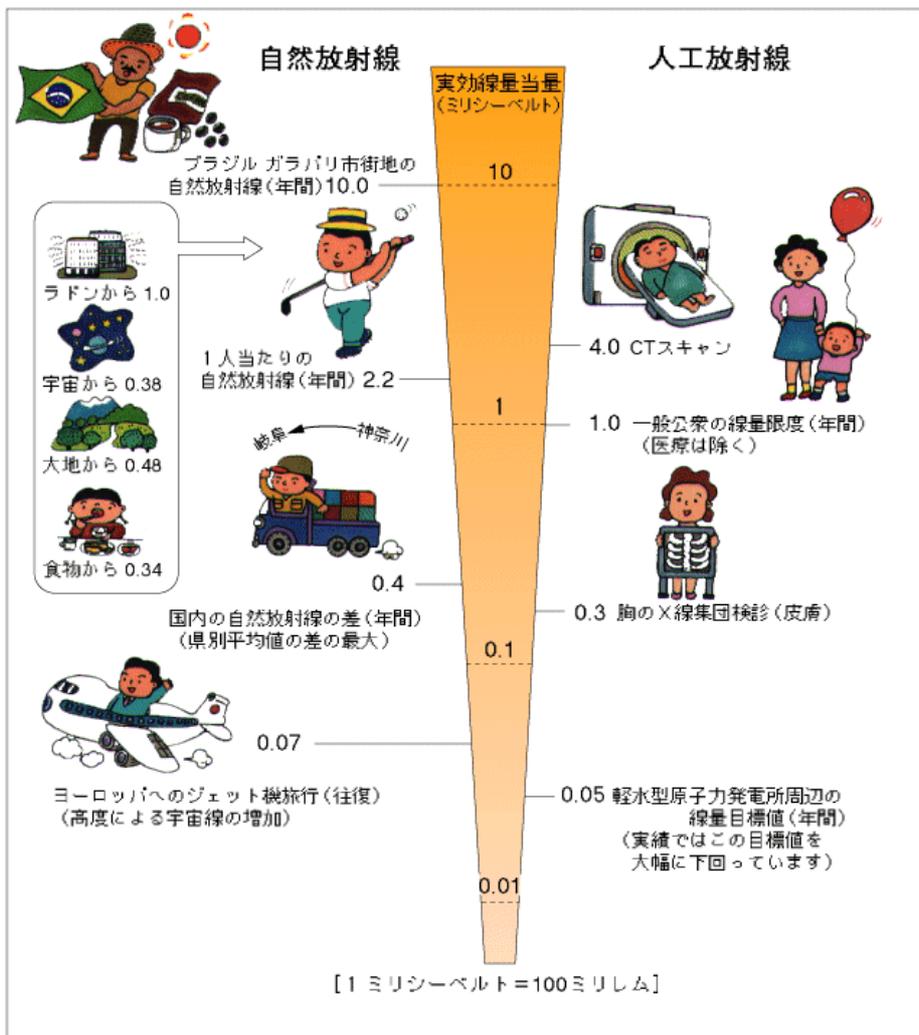
3種類のエネルギーに対して裸のイオンが得られます。

（医用重粒子物理・工学研究部 佐藤 幸夫）

●シリーズ：放射線とつきあうために… 6



暮らしの中の 人工放射線と被ばく



■人工放射線による被ばく

前回、私たちは自然界からの放射線にどの程度、さらされているかを述べました。今回は、私たちの暮らしの中で必要なために、人工的に発生させている放射線、あるいは利用している放射性物質に、どの程度さらされているのかについて述べたいと思います。

人工的なものにはまず、医療用として使われている放射線、例えば、病

気や骨折等の診断に使われるX線、がん治療などに使われるX線や粒子線、主に病気の診断に使われる放射性同位元素（RI）等による医療被ばくがあります。また、工業や農業の分野で使われる放射線、家庭の中で使われる照明や冷暖房などの電気、工場で物の生産・加工に利用される電力を供給する原子力発電に伴う放射線もあります。

■医療による被ばく

これ等の放射線による被ばくのうち、日本など先進国では医療被ばくが多くを占めます。胸部の集団検診でのX線間接撮影では1回あたり背中の皮膚面で約0.3ミリシーベルトの線量を受け、実効線量当量は約0.05ミリシーベルトになります。胃の検診では、1回のX線検査あたり約2.7ミリ

シーベルト、さらにX線CT検査で約4ミリシーベルトの実効線量当量を受

けることとなります。日本における医療被ばくに伴う国民一人当たりの被

ばく線量は、2.25ミリシーベルトと報告されています。これは自然放射線か

ら受ける平均の被ばく線量に相当する量で、世界の平均医療被ばく線量の3倍以上に当たります。このような医療被ばくは検査を受けることによ

り、病気を早期に発見でき、良い治療を受けられる可能性があります。

集団検診で、病気の疑いがあれば、より精密な検査が必要になり、X線写真だけでなく、X線CTによる検査やRIを使った核医学検査も必要になります。さらに、がんということがわかれば、放射線を使った治療を行う場

合もあります。このような放射線利用による医療被ばくは、個人にとつて

大きな利益があり、受ける恩恵にも個人差があります。したがって、医療

被ばくには、特に制限は設けてありません。しかし、医療被ばくといえど

も、可能な限り被ばく線量は少ない方がいいので、装置や技術の面からも被ばく線量を少なくする工夫や、診断の頻度等最適化を図り、無駄な被

ばくをさけ、被ばく線量を低減する努力が重要です。

■一般人の被ばくの限度

自然放射線と医療被ばくを除いた原子力や人工放射線、放射性物質を利用した場合の、一般人への被ばく線量の限度は、年間1ミリシーベルト

とされています。しかし、放射線にさらされる環境で仕事をする人は、特別

に管理され、放射線作業従事者として実効線量当量が年間50ミリシーベルトに制限されています。また、国際放射線防護委員会（ICRP）では、さ

らに連続した5年間の平均が、年間20ミリシーベルトを超えてはならないと

しています（現在国内制度等への取入れが検討されています）。

工場などでは、厚さ計、密度計、水分計等による製品の管理、放射線の透過を利用したラジオグラフィによる非破壊検査・材料の高品質化等に使われ、医療器具の滅菌や食品の滅菌、発芽抑制等にも使われています。家庭の中では、夜光時計や煙探知機等に放射性物質が使われていますが、一般の人への影響は直接には考えられません。また、このよ

うな現場における、放射線作業従事者にも十分な防護の工夫が行われ、管理されています。

原子力発電所においても、放射線作業従事者に対する防護、安全管

理はもちろん、発電所周辺の一般住民に対しても施設側で制限値よりも充分低い値になるように管理されています。

(研究総務官 河内 清光)

健康アドバイス
糖尿病について



《糖尿病の現状と原因》

厚生省の調査によると、日本では40歳以上の10人に1人が糖尿病に罹患しており、現在の患者数は約600万人、今や国民病となっています。

糖尿病の原因は、膵臓から分泌されるインスリンというホルモンの量が少なくなったり出なくなったりするために血液中のブドウ糖があふれるた

めです。放置すると、高血糖状態により全身の血管をいため、様々な合併症を起こします。糖尿病は食べ過ぎ、飲み過ぎ、肥満、妊娠、運動不足、ストレス、薬物などで誘発されます。

《糖尿病の症状》

1. のどが渇く。
2. 尿の回数が多くなる。
3. 全身がだるい。
4. 急に痩せだした。または太りだした。
5. 皮膚に湿疹などが出来やすくなった。
6. 手足のしびれや神経痛がある。

《糖尿病の治療原則》

1. 食事療法 バランス良い食事、カロリーの制限、週1回の体重測定。
2. 運動療法 1回15分、週3, 4回が目安。主治医に相談を。
3. 薬物療法 食事、運動でも血糖が下がらない場合に併用。

《怖い合併症》

全身の血管が障害を受けるので合併症も全身性です。糖尿病の怖いところは、合併症が出るまでに進行しないと自覚症状が出ないことです。

合併症として糖尿病性網膜症（失明）、白内障、腎症（透析）、神経痛、

動脈硬化、高血圧症、感染症などがあります。

（健康管理室 海老原 幸子）

お知らせ

■第22回環境放射線モニタリング課程研修生募集要綱

1 目的

環境放射能調査の標準化と技術水準の向上をはかり、放射線の人体影響までを考慮した総合的判断能力の養成を目的とする。

2 募集人員及び研修期間

(1) 募集人員 約24名

(2) 研修期間 平成11年9月7日～平成11年9月17日

3 研修科目

平成11年度は「平常時モニタリング」、12年度は「緊急時モニタリング」

にかかわる事項を中心にカリキュラムを再編成しました。

4 応募資格

大学または短期大学を卒業した者、若しくはこれと同等の経験ないし学

力を有する者であって、放射能調査の業務に従事している者、若しくは

これに関心を持つ者。

5 申し込み要領

所定の申し込み書に必要な事項を記入のうえ、平成11年7月30日（金）

までに放射線医学総合研究所長あて（人材育成開発センター）提出すること。

6 応募者の選考及び受講者決定通知

受講可否の決定は、平成11年8月13日（金）までに、所属長及び本人

（所属長経由）に郵便で通知する。

7 修了証書の授与

所定の課程を修めた者に対し修了証書を授与する。

8 連絡先

〒263-8555 千葉市稲毛区穴川4丁目9番1号

放射線医学総合研究所 人材育成開発センター教務室

TEL 043-206-3048 FAX 043-251-7819

■第14回 放射線看護課程研修生募集要綱

1 目的

本課程は、放射線医療に係る看護婦（士）を対象として、放射線看護の向上を図ることを目的とする。

2 募集人員及び研修期間

(1) 募集人員 約24名

(2) 研修期間 平成11年8月3日～平成11年8月6日

3 応募資格

看護婦（士）または准看護婦（士）の資格を持ち、放射線診療の業務に

従事し、または従事しようとする者。

4 申し込み要領

所定の申し込み用紙に必要な事項を記入のうえ、平成11年6月25日（金）までに放射線医学総合研究所長あて（人材育成開発センター）に提出すること。

5 応募者の選考及び受講者決定通知

選考委員会で審査のうえ、平成11年7月9日（金）までに所属長及び（所属長経由）本人に郵送で通知する。

6 修了証書の授与

所定の課程を修めた者に対し修了証書を授与する。

7 連絡先

〒263-8555 千葉市稲毛区穴川4丁目9番1号

放射線医学総合研究所 人材育成開発センター教務室

TEL 043-256-3048 FAX 043-251-7819