

## 放医研の機関評価結果がまとまる

放医研の運営全般についての機関評価作業が終了し、このほど報告書がまとまりました。今回の報告は、11名の外部委員により構成される機関評価委員会が1999年4月から作業を進めてきたものです。また、研究活動については、9名の専門家(うち7人が外国人)で構成される研究活動評価部会が同委員会の下に設置されて評価が行われました。独立行政法人化に当たっては、今回の評価結果を反映させていく方針です。

### 【評価結果の概要】

#### (1) 研究所の設置目的、業務範囲

放医研は設置目的に沿った形で運営され、業務についても国際的に重要なテーマがすべてカバーされている。なお、以下の事項が重要である。

1. 「研究成果の普及」の一環として、専門家と一般人の間の通訳が出来る人材を確保養成することが重要であり、そのための組織を整備することが望ましい。
2. 緊急被ばく医療の研究や体制整備は重要である。
3. 最先端の医学研究には医療研究者と物理・工学研究者の緊密な協力が必要であることから、医学と物理の両方を理解できる医学物理士の養成に中心的な役割を果たすべきである。

#### (2) 研究内容の総合水準

放医研の各部門とも、論文実績は国内の他の国立試験研究期間と比較して遜色なく、研究者の平均的な活動は活発である。また、研究の中では次の研究が特に優れている。

- 炭素イオン治療
- 放射線誘発がんの分子生物学的研究
- 内部被曝実験施設とプルトニウム研究

研究の水準をさらに高めるため、以下の事項が重要である。

1. 研究所の研究計画が内・外部の評価委員会によって批判的に評価されること。
2. 特許出願件数も業績に記載すること。研究成果の目安の一つとなる。

#### (3) 研究所の目指すべき方向

以下の事項が研究所の目指すべき方向として重要である。

1. 緊急被曝、環境モニタリングと線量評価に関する研究に優先度を置くこと。

2. 重イオン治療の研究の続行と人材育成を行うこと。
3. 治療費が許容範囲に入り得るかを検討すること。また炭素イオン治療の成績を他の治療法と比較すること。
4. 放射線の生物影響に関して、細胞生物学的、分子生物学的メカニズムの研究に重点を置くこと。
5. 低線量リスクに関する研究を継続すること。
6. 環境放射線による個人被曝線量のリスク計算に関する研究を推進すること。
7. JCO臨界事故に関連して、放射線被曝の影響に関する国内外のデータのデータベース化と事故に関する広報活動を行うこと。

#### **(4) 研究体制**

現行の体制はよく整備されているが、さらに以下の事項の検討が重要である。

1. 経常研究のほかに目的に応じて総合研究、グループ研究、特別研究と分類しているが、合理的な面がある一方、枝葉に亘っての分類は組織・運営の硬直化につながりやすいので再考すること。
2. 所内の研究グループ間の情報交換が十分行われるよう配慮すること(水平方向の意志伝達)。
3. 放医研のミッションとしての研究目的を研究者に周知させること(垂直方向の意志伝達)。
4. 研究課題の硬直化を防ぐため、長期的展望に立った戦略をトップダウン的に行う仕組みを整備すること。
5. 今後とも、理工系研究者の職域を確立した模範的なセンターであること。
6. 研究所の高齢化対策を考えること。

#### **(5) 評価体制**

以下の事項が重要である。

1. 研究テーマ、運営等に対する評価体制は論理的に良く出来上がっているが、研究者自身の評価の仕組みが十分機能しているとは思えない。これを行うことは人材の育成、能力の向上のために不可欠である。
2. 研究所の効率の向上のため、研究支援者の正当な評価と処遇を行うための体制を整備すること。

#### **(6) 研究計画の戦略性、柔軟性**

以下の事項が重要である。

1. 戦略的な大型研究を遂行していることは評価できるが、細部に亘って自縄自縛的研究計画を立てるのは避けること。
2. 経常研究については個別テーマの終息、改変ができる機構を持つこと。

#### **(7) 国民生活や社会ニーズへの対応**

研究所を周知させるための広聴・広報活動が必要である。専門家の間では良く知られているが、一般国民には遠い存在となっている。この意味で広報関連の

セクションが独立していない点が問題である。

### (8) 研究資源の効率的使用

有能な中高年技術者を組織化し、責任と権限を含めた業務を一括して委託する型のアウトソーシングを検討すること。

### (9) 研究所の意志決定機構

理論的によく構築されているが、以下の事項が重要である。

1. 所長の自由裁量権、決定権の強化と所長をサポートする仕組みを作ること。
2. 意志決定の仕組みについて透明性を示すよう努力すること。
3. 企画室に少数精鋭メンバーを任命すること。
4. 特許は抜本的に強化の必要があり、知的財産権を扱う組織を独立させること。

### (10) 外部機関との連携・協力

全般的に順調に行われていると評価できるが、以下の事項が重視されるべきである。

1. HIMACは一般国民に広く知られているとは言い難い。更なる広報活動が必要である。
2. 研究活動を活性化するため、外国研究機関との交流、優秀な研究者の招聘による共同研究や講義が重要である。
3. 東南アジアとの協力を強化すること。

### (11) 研究支援業務

以下の事項についての検討が重要である。

1. 研究支援技術者の評価およびアウトソーシングについて検討すること。
2. 研究者の雑務を減らし、研究に集中できる体制を確立すること。

※詳しくは、放医研ホームページ(<http://www.nirs.go.jp/>)をご覧ください。

### 委員会の構成

| ■ 機関評価委員会 |       |                           |
|-----------|-------|---------------------------|
| 委員長       | 阿部 光幸 | 兵庫県立成人病センター 総長            |
| 委員        | 碧海 酉癸 | Woman's Energy Network 代表 |
| 委員        | 遠藤 實  | 埼玉医科大学 副学長                |
| 委         | 大宅 映子 | 評論家                       |

|           |                      |   |
|-----------|----------------------|---|
| 員         |                      |   |
| 委員        | 門永宗之助                | マッキンゼー・アンド・カンパニー・インク<br>ジャパンディレクター              |
| 委員        | 黒木登志夫                | 昭和大学 腫瘍分子生物学研究所長                                |
| 委員        | 高柳 誠一                | (株)東芝 技術顧問                                      |
| 委員        | 滝澤 行雄                | 国立水俣病総合研究センター 所長                                |
| 委員        | 早石 修                 | (財)大阪バイオサイエンス研究所 名誉所長                           |
| 委員        | 古田 武                 | 鐘淵化学工業(株) 代表取締役会長                               |
| 委員        | ミルワード マイケル           | 上智大学 教授(同大学評議員)                                 |
| ■研究活動評価部会 |                      |   |
| 部会長       | 阿部 光幸                | 兵庫県立成人病センター 総長                                  |
| 委員        | Roger Clarke         | 国立放射線防護委員会 委員長(イギリス)                            |
| 委員        | H. j. Evans          | 西部総合病院MRCヒトゲノムユニット(イギリス)                        |
| 委員        | 丹羽 大貫                | 京都大学 放射線生物学研究センター長                              |
| 委員        | Richard V. Osborne   | 元カナダ原子力エネルギー公社<br>チョークリバー研究所ライフサイエンス部長<br>(カナダ) |
| 委員        | Theodore L. Phillips | 医学博士(アメリカ)                                      |
| 委員        | Wun-Kon Fu           | カリフォルニア大学 サンフランシスコ校<br>がんセンター 副所長(アメリカ)         |
| 委員        | Christian Streffer   | エッセン医科大学放射線医学研究所長(ドイツ)                          |
| 委員        | 滝澤 行雄                | 国立水俣病総合研究センター 所長                                |
| 委員        | Henry N. Wagner Jr   | ジョーンズホプキンス大学 公衆衛生学部<br>放射線保健健康科学科長(アメリカ)        |

## 薄膜から放出される二次電子と応用

重イオン等が薄膜を通過する際、膜表面からは二次電子が放出され、その数(量)は概ね膜表面を構成する薄い原子層のstopping power(阻止能)に比例することが知られています。ですから、この放出数は入射イオンの性質に加えて薄膜材質や表面に付着した原子分子(膜の表面状態)にも影響されます。放出された電子のエネルギーは、入射イオンの速度にも依りますが、20eV以下の低いものが中心となります。この際、膜表面はあたかも(粒子検出器として有名な)電離箱のような働きをします。見方を変えると、「二次電子の数」は入射イオンの性質(速度、電荷)を探るプローブともなります。一般的には、イオン速度が小さい程、またイオン電荷が大きい(重い粒子)程、この量が多くなります。つまり、線量(強度)計としての応用が可能であり、実際に重粒子線治療コースやシンクロトロン出口において利用されています。また、二次電子の放出過程が高速であるため、入射イオン集団の時間構造を100ps(100億分の1秒)の立ち上がりで観測することも可能です。これは、東海村の東大電子リニアックから得られる短パルス電子ビームを用いて確認されました。

HIMAC線形加速器から得られる6MeV/nの等速重イオン(H, He, C, N, O, Ne, Si and Ar)を厚さ1 $\mu$ mのアルミ膜に当てた場合に放出されるイオン一個当たりの二次電子数とイオン電荷との関係を調べて見ると図1のようになりました。図から、前方への放出は後方へのそれより多いこと、放出数はイオンが持つ電荷の二乗( $\propto$  stopping power)に大体比例していること等が分かります。線形加速器の重イオンが薄い膜を通過する際は、通過前/後の速度(エネルギー)は殆ど変化しませんし(%以下)、治療ビームのように数100MeV/nの重イオンですと、この変化はもう無視できる程小さくなります。よってビームを乱さず(非破壊的)にモニタ(観測)できる長所が出て来ます。実際に、プロファイルモニタとしてHIMAC線形加速器やシンクロトロンの実験に利用されています。前方放出が多い理由としては、最初後方に放出された二次電子の一部が入射イオンの強いクーロン電界によって入射イオン進行方向に引きずられる、と理解されています。

図1を良く観ると、周期的に波打つ「振動特性」が読み取れます。アルミ薄膜の場合には、He(z=2)、Ne(z=10)及びAr(z=18)の所で放出数が少なくなっています。この現象は実験精度が向上した最近になって見つけられました。図1と、この現象の最初の発見者であるArra1eの実験結果とを比較して見ると、「膜材質に依存性があるらしい」ことが言えるのですが、詳細は不明です。二次電子は、入射イオンの原子核電荷と膜材質の原子核電荷の二つを感じるという複雑な過程を経て放出されますし、膜材質中の電子雲による遮蔽効果等も加わって定量的解析は相当難しくなっています。表題の研究領域は、基礎と応用を含めて、加速器科学的に興味ある対象となっています。

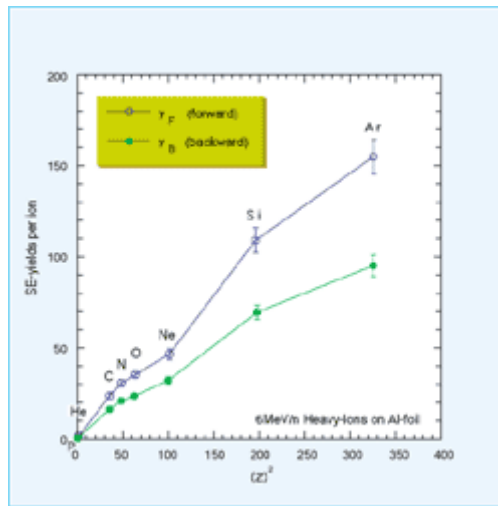


図1 HIMAC線形加速器で得られる6MeV/n重イオン衝撃によるアルミ薄膜からの二次電子放出特性。zはprojectileの電荷。  
○印は前方放出( $y_F \propto z^{1.92}$ )で、●印は後方放出( $y_B \propto z^{1.78}$ )。

(医用重粒子物理・工学研究部 佐藤 幸夫)

## 次世代PET装置の開発研究

画像診断棟の完成により放医研は、棟内の最新設備を利用して他研究機関や大学と共同研究を積極的に推進し、高度画像診断技術の高度化を図ることがより一層期待されています。平成12年度4月から5年をかけて行われる高度画像診断装置開発研究はその一環ですが、そのプロジェクトの中で推進される次世代PET装置開発研究について紹介します。次世代PET装置開発研究は所外の研究者と密接な協力体制の下で実行されますが、そのための本部として棟内3階の画像解析室を機能させる予定です。将来は試験機の成果の下に実用機の開発を目指しており、次世代PET装置を棟内2階のPET室に設置し、臨床に応用する計画です。

### 1.背景

PET(ポジトロン放射断層撮像法)の技術は20年以上の歴史を経て、現在では商用化され臨床で活発に利用されています。初期には2次元(2D)モードPETと称して、各スライスごとに画像を得るX線CTの方法を転用していたために感度を犠牲にせざるを得ませんでした。近年、立体計測法を採用したPET独自の3次元(3D)モードPETが開発されてからは、感度の大幅な向上が可能となってきました。2Dモードでは99%以上の放射線が無駄にしていたものが、3Dモードでは原理的に2Dモードの50倍以上の感度を達成できます。

511keVという比較的高いエネルギーのガンマ線が無駄なく検出するには、体軸を中心にした円筒表面に検出素子を密配列しますが、検出素子の幅が4mm程度であるのに対して、厚みは30mm程度である必要があります。しかし、図1に示したように、3Dモードでは検出素子を斜めに見込む放射線を検出するために、検出素子の厚みにより解像度が劣化してしまいます。その度合いは、立体計測を広げるほど大きくなるため感度を向上するほど解像度が低下します。この問題を克服するには、検出素子の深さ方向のどこで放射線が吸収されたかを判別することが必要となります。つまり、円筒表面のどの位置に放射線が吸収されたかを同定するだけでなく、表面からの深さ位置を知ることのできる3次元放射線位置検出器が必要であるということです。そのために、世界中で多くの研究者が3次元放射線位置検出器の研究に取り組んできましたが、実用的な検出器のレベルには未だに至っておりません。しかるに、放医研においては2社の国内企業と共同して、深さ方向を3段もしくは4段に弁別できる新方式の放射線位置検出器に関する基礎研究を先行しており、実験室レベルでは新方式の妥当性が裏付けられたことから、実用的な検出器を開発できる目途が立ちました。

3次元放射線位置検出器が実用化されると、従来のハードウェアおよびソフトウェアではその潜在能力を有効に活かすことができません。装置の要素技術をすべて

見直して、新しく構築する必要が出てきました。次世代PET装置開発研究では、PETの要素技術を革新しようとする世界の動向に呼応して独創性を大いに発揮し、高感度・高解像度のPET装置の実用化に向けて国際的な競争に参入し、医学に貢献しようとするものです。

## 2.研究内容

3次元放射線位置検出器の実用化、およびその新しい検出方式の採用に伴って必要となる検出素子(シンチレータ)、受光素子、検出器ユニット、データ収集系、データ処理系等の要素技術を新たに研究開発し、これらの要素技術を統合化した高感度・高分解能の次世代PET装置試験機を設計・試作し、実用化に向けた性能試験を行います。3次元放射線位置検出器を利用すると、検出素子数は装置の大きさにも依りますが数十万個となり、従来のデータ収集方式では同時計数処理が間に合わなくなり、新たなデータ収集方式を考案しなければなりません。さらに、従来のデータ蓄積方式(ヒストグラムモード)のままですと計数データが10億個にも分類されることとなります。しかし、放射線の総計数は1フレームあたり100万カウント程度ですから、ほとんどの分類した箱の中身は0の計数となり、時系列で計数データを蓄積する別種のデータ蓄積方式(リストモード)をPET用に開発する必要があります。

余りに強い光に対して人はまぶしくて目がくらみます。検出器も同じで放射線源の強度が高いと機能できません。一方、余り強度が低下すると、闇夜において目がきかないのと同様に検出器も機能できなくなります。3Dモードであれば感度は確かに向上しますが、2Dモードと同じ強度の放射線源に対しては放射線検出器の方が対応できません。次世代PETではこの問題を解決する方式も検討します。猫の目の瞳孔が、明るいときには細くなって感度を下げ、暗いときには広がって感度を上げるように、放射線検出器の瞳孔のような機能を実現させたいと思います。

その他に、多数の検出素子の感度校正法や散乱線、偶発同時計数、吸収の補正や立体計測データの画像再構成法など、次世代PET装置により得られる機能画像の定量性を確立するための基礎的な研究が行われる予定です。

## 3.研究体制およびプロジェクトの目標

図2に研究体制およびプロジェクトの目標を示します。先進国では多くの分野の異なる大学、研究機関の人材が企業と有機的に連携することにより開発力を発揮しています。欧米に立ち遅れたPET装置の要素技術について日本を最先端の水準に引き上げるには、従来の組織的な産官学間の閉鎖性を打破し、それぞれの専門家が参加し易い横断的な協力体制に移行することと、PETに関する医学物理、放射線計測工学、医用画像工学や医学・薬学応用などの新研究分野の人材を若手研究者を中心に育てることが必要です。具体的な施策として、PET装置の要素技術ごとに小研究グループを構成します。グループ間の調整を円滑に行い、足並みの揃えやすい分散型かつ円卓的体制を組み、次世代PET装置試験機の設計および試作を行います。



生体中における微量物質の代謝の様子を可視化する高感度・高分解能の分子イメージング用PET装置を実用化することにより、従来は感度不足で見出せなかった遺伝子発現に由来するような細胞・分子レベルでの異常が検出できることを目指します。また、ノイズが少なく定量性の高い機能画像を短時間測定で撮像できるようにすることで、がん、痴呆、動脈硬化性疾患などの疾病の早期発見と予防、治療の高度化に貢献することがプロジェクトの目標です。

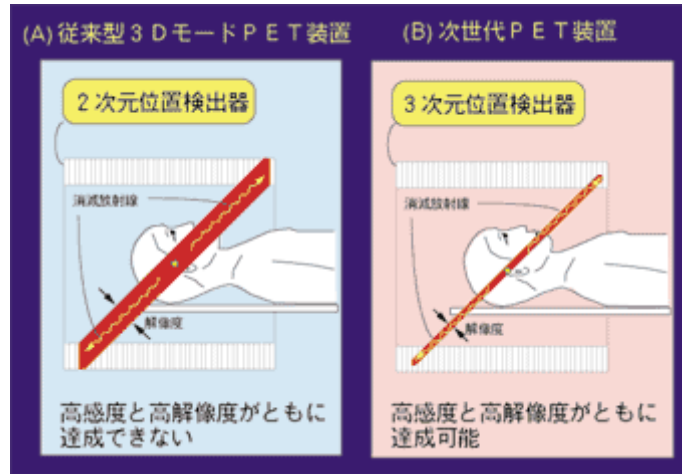


図1 (A)従来型3DモードPET装置と(B)次世代PET装置

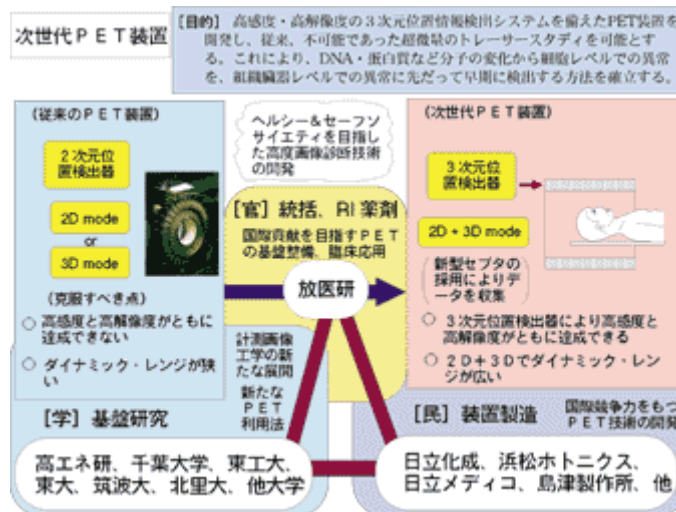


図2 研究体制およびプロジェクトの目標

(高度診断機能研究ステーション 村山 秀雄)

## 健康アドバイス

## 歯周病について

最近歯の具合が気になることはありませんか？ 歯医者に行くのが面倒で、つつい放置している方も多いのではないのでしょうか。今回は歯周病についてお話ししたいと思います。

## 《歯周病とは?》

最近歯ぐきから血や膿が出たり、腫れたり、歯ぐきが下がって根っこが伸びたようにみえたりしてきませんか？ 歯がぐらぐら動いたり、口臭がするなどの症状があれば、まず歯周病が疑われます。以前は歯槽膿漏(しそうのうろう)と呼ばれたこともありましたが、最近では歯周病と呼ばれています。一見健康そうに見えるけれど、気がつかないうちに歯周ポケットが出来ている人もいます。

## 《歯周病の原因は?》

歯周病の原因はプラーク(歯垢)です。プラークは単なる食べかすではなく、70%は細菌の塊です。プラークが付きっぱなしになっていると歯周病の原因と考えられている菌が繁殖し、歯ぐきの炎症の原因となります。歯ぐきの炎症は歯肉炎と呼ばれ、プラークを取り除けばまた健康な状態に回復します。歯肉炎のままプラークが付きっぱなしになっていると歯周ポケットが出来ます。それが原因で歯ぐきが全体的に下がったりします。これらの状態を歯周炎といいます。歯肉炎と歯周炎を合わせて歯周病と呼びます。

## 《歯周病の治療は?》

きちんと治療することによって、手遅れの歯以外は歯周病の進行を止めたり遅らせることができます。歯医者に行き、きちんとしたプラークコントロール(歯磨き)を教えてください。歯を磨いたつもりでも、きちんと磨けていないことが多いのです。歯石除去もしてもらいましょう。歯肉炎や軽度の歯周炎は、これだけで直るものもあります。

重度の歯周病では歯ぐきの手術が必要になる場合もあります。プラークは必ず付くので、治療後にも歯周病が再発する危険性があり、定期的な歯科通院が必要です。



(健康管理室 海老原 幸子)

## お知らせ

### 放医研の『サイエンスキャンプ 2000』スケジュール

科学技術庁が実施している、高校生を対象としたサイエンスキャンプが、国立試験研究機関等の協力を得て今年も7月から8月の間に行われます。

当研究所は、放射線に係わる「環境科学」「生物医学」「臨床医学」の様々な分野での研究・開発を行っており、今回のキャンプでは、放射線の医学利用というテーマを掲げ、放射線がどのように利用されているかを講義や実習を通して体験してもらいます。

#### ●参加に関する申し込み・問い合わせ先

(財)日本科学技術振興財団  
振興部内サイエンスキャンプ 2000事務局  
TEL:03-3212-2454 FAX:03-3212-8449, 0014  
ホームページ <http://ppd.jsf.or.jp/camp/index.html>

#### ●放医研のスケジュール(予定)

##### ◆8月22日(火)

オリエンテーション  
講義「私たちと放射線」  
施設見学

##### ◆8月23日(水)

実習「発光分析法による飲料水の微量元素定量」  
実習「見つけよう放射線-手作り放射線検出器」  
ディスカッション

##### ◆8月24日(木)

実習「自分を遺伝子診断してみよう」  
実習「放射線診断と治療実習」

##### ◆8月25日(金)

実習「目で見る活性酸素」  
全体のまとめ及びディスカッション