



Association for Nuclear Technology in Medicine

# 医用原子力だより 第2号



## 原子力の医学利用と 本財団の研究助成

(財) 医用原子力技術研究振興財団理事  
兵庫県立粒子線医療センター 名誉院長

阿部 光幸

日本は世界で唯一の被爆国ということもあって、原子力あるいは放射線に対して一種のアレルギーがあるのは致し方ありません。しかし人類はその誕生以来、自然放射線の下で進化を遂げ、繁栄して来たのですし、今日では人工放射線の利用なくして医療はもとより、生活そのものが成り立たないところまで来ています。例えば1997年度の日本の放射線利用にかかわる産業の経済規模を調査した結果によれば、工業利用が7兆3千億円、医用と農業利用が1兆3千億円となっており、いかに放射線利用が国民生活に浸透しているかが分かります。

また、放射線と聞くと発がんを連想する人は多いと思います。しかし厚生労働省/社会保健出版社「成人のしおり'95」によれば、発がん原因の35%は食物、30%がたばこで、医療で使われている放射線による発がんは1%に過ぎません。放射線には、たしかに発がんや制がんの両面がありますが、使い方により有力ながんの治療法になることは言うまでもありません。特に、がん病巣を限局性に照射出来る最近の高精度放射線治療は種々のがんにも用いられ、副作用が少なく、切らずに手術に優るとも劣らない治療成績を挙げつつあります。

本財団は原子炉や加速器から発生する放射線を利用して、上に述べたがんの治療や診断などの研究を推進する様々な事業を行っていますが、その一つに私が担当する研究助成がありますので、紙面を借りてその概要を紹介させていただきます。

この事業は今年で丁度10年目を迎えます。その主たる目的は40才以下の若い研究者を対象に、医用原子力利用による診断および治療について、選考委員会で年毎に要望課題を決め、全国の大学や研究機関に応募書類を送付しています。毎年30名前後の応募がありますが、慎重審議の上、4-5名の方を選考し、一人当たり100万円が贈呈されます。過去9年間に44名の方が受賞され、それぞれの分野で大変活躍しておられます。本研究助成が若い研究者を勇気付け、さらなる研究の発展に役立てば、これにまさる喜びはありません。多くの研究者が本事業を理解され、応募されることを心から願っております。

## 事業活動報告

### ◆平成17年度医用原子力技術に関する研究助成発表

平成17年度の「医用原子力技術に関する研究助成」は全国の大学、病院、研究所などから14件の応募がありました。研究助成選考委員会では、研究の内容、独創性、将来性および実用性など慎重に審査した結果、5名の研究者が選定され、5月30日に開かれた役員会の承認を経て助成金を贈呈することが決定されました。

平成17年度医用原子力技術に関する研究助成募集の重点テーマ(分野)は下記の通りでした。

- ①画像診断自動化の新しい展開に関する研究
  - ②肺がんの高精度放射線治療に関する研究
  - ③中性子捕捉療法の適応拡大に関する研究
- 受賞者の氏名、所属、研究題目は次の通りです。



志田原氏 高山氏 熊田氏 神田氏 櫻井氏

- ①志田原美保(東北大学加齢医学研究所)  
「核医学検査による腫瘍・血流イメージングに適応可能な汎用型自動診断法の開発」
- ②高山賢二((財)先端医療振興財団先端医療センター)  
「小型肺癌に対する動体追尾照射の線量に関する基礎的検討」
- ③熊田博明(日本原子力研究所東海研究所)  
「PET測定による生体内ホウ素濃度分布に基づく線量分布評価に関する研究」
- ④神田哲聡(大阪大学大学院歯学研究科)  
「口腔癌に対するBNCTの生物学的メカニズムに関する研究」
- ⑤櫻井良憲(京都大学原子炉実験所)  
「中性子捕捉療法における多重即発γ線テレスコプシステムに関する基礎検討」

贈呈式は平成17年7月8日、航空会館(東京都港区新橋)にて行われます。

### ◆第1回講演会報告

平成16年12月2日、東京国際フォーラムにて第1回講演会「原子力(放射線)利用技術の医療への貢献—期待される次世代がん診断・治療—」を開催しました。

会場は230名の聴講者で満席となりました。

講演に先立ち、森亘理事長は「医用原子力という言葉あるいは内容は必ずしも社会に知られておらず、時には誤解されることもある。医学分野の原子力技術は、がんだけを例にとっても、粒子線治療、中性子捕捉療法、高精度X線照射法、PET診断など様々に利用されており、この講演会や広報誌を社会との架け橋にしたい」と挨拶がありました。

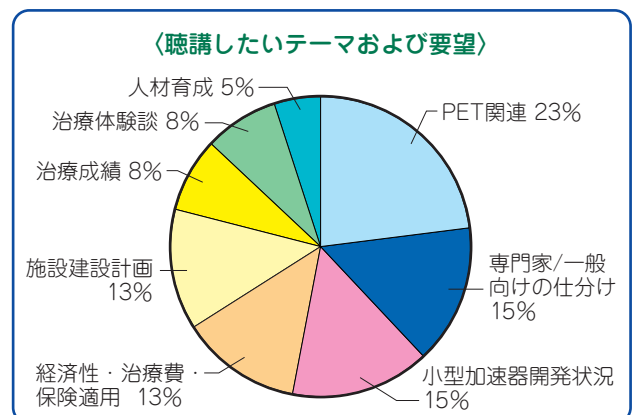


4時間40分にわたって行われた講演会の演者と題目は次のとおりです。

- ・「放射線を用いるがんの治療」 平尾泰男 常務理事
- ・「PETによるがんの診断」 吉川京燦 放医研室長
- ・「高精度X線治療の現状と展望」 平岡真寛 京大教授
- ・「悪性腫瘍に対する中性子捕捉療法」 中川義信 香川小児病院院長
- ・「第3次対がん10カ年総合戦略」 厚生労働省
- ・「放射線の医学利用推進の取組について」 文部科学省
- ・「陽子線がん治療」 荻野尚 国立がんセンター部長
- ・「炭素線がん治療」 辻井博彦 放医研センター長

講演毎に聴講者と演者の間で熱心に質疑応答が行われました。また、聴講者からはもっと頻繁に開催してもらいたいとの声も寄せられ、この種の講演会に対する期待の高さがうかがわれました。

なお、当日の聴講者に次回に聴講したいテーマおよび講演会に対する要望についてアンケート調査した結果を下のグラフに示します。



## ◆第1回講演会に出席して



当財団 前企画委員会委員  
(社)日本アイソトープ協会顧問

永井 輝夫

当財団の第1回講演会「原子力(放射線)利用技術の医療への貢献」が東京国際フォーラムで平成16年12月2日に開催された。参加者は会場に入りきれないほどで、本主題に対する国民の関心の高さと、財団事業への期待の大きさがうかがわれた。

放射線がん治療の総説に続き、PETがん診断、強度変調放射線治療、ホウ素中性子捕捉療法、陽子線及び炭素線がん治療等の現状と将来展望が、我が国を代表する研究者によって分かりやすく解説され、原子力(放射線)の医学利用全般についての国民の理解に大きく貢献する結果となった。

また新しい試みとして、厚生労働省から第3次対がん10カ年総合戦略、文部科学省から放射線の医学利用促進の取組についての紹介も取り上げられた。

聴衆の関心の高い重粒子線がん治療については、既に放医研では臨床研究の一部に高度先進医療制度が適用され、また低価格普及用小型重粒子線治療装置の開発研究も開始されている。

当財団でも小型化検討会が設けられ、施設ごとのオプション、研究用ポートの在り方、経済的観点からのポート数等についても総合的に検討されている。

現在、第1号小型装置の設置に努力中の群馬大学では、21世紀COEプログラム「加速器テクノロジーによる医学・生物学研究」が文部科学省により採択され、超高精度炭素イオンマイクロサーチャリー技術による低侵襲治療法の開発の他、重イオンマイクロビーム照射に対する細胞反応の解析、即ち、細胞死及び遺伝子変異誘発機構の解析、細胞内微量元素の生理的病理的役割の解析等の基礎的研究が、原研・高崎研究所とも協力し、加速器バイオ工学の世界的大学院研究教育拠点を目指して発足している。

この様に、加速器テクノロジーは単にがん治療に役立つのみでなく、細胞生物学の基礎的研究にも極めて有用なツールであることも認識する必要がある。

重粒子線がん治療を国民医療として成熟させるには今後20年間に全国に約100台の小型装置を普及させる必要があると言われているが、その全てを同一規格とはせず、幼小児用、肥満体用等の体形別装置、輸出用装置等々、夫々の目的に特化した装置の開発も進めて頂きたいものである。

## ◆財団の委員会活動

### (1) 粒子線がん治療施設普及方策検討会

本検討会(平尾泰男委員長)は粒子線がん治療に関する施設研究会(河内清光委員長)と合同で平成17年3月17日八重洲ダイビル(東京都中央区京橋)にて開催され、約40名の加速器製造・運転および建設関係者に対して講演が行われました。



平尾常務理事



嶋田教授



阿曾沼教授

### ①「重粒子線がん治療装置の普及に向けて」

平尾泰男常務理事

現在、粒子線がん治療施設の設置を検討している約20カ所について、その計画概要が紹介されました。

### ②「重粒子線治療は21世紀のメスとなり得るか」

嶋田紘教授(横浜市立大学)

最近、機能温存・美容に優れた重粒子線というメスの価値が高まってきました。消化器がんに対する外科手術を再考し、重粒子線と治療成績を比較し、今後の消化器がん治療における重粒子線治療の展望について講演されました。



### ③「東京ベイ・メディカルフロンティアセンター(仮称)計画」

阿曾沼元博教授(国際医療福祉大学)

本計画の目的、計画概要が紹介されました。この計画は、東京ベイエリアに炭素線治療センターを含めた共同利用型高度医療施設の建設を目指すものです。

### (2) 中性子捕捉療法推進特別委員会

本委員会(中川義信委員長)は平成17年2月14日および4月20日に開催され、①各施設の治療プロトコルの整理②ホウ素化合物の国内での合成③加速器製作の動きなどについての情報交換、意見調整が行われました。また、平成18年10月に香川県高松市で開催される国際会議の準備状況などが確認されました。

### (3) 線量計校正監理委員会

全国の放射線治療施設における照射線量の斉一性を保持し、照射技術の標準化を図っていくため、関連学会と協力して治療用線量計の比較校正業務を実施しています。この業務の監理・監督は外部有識者よりなる本委員会(池田恢委員長)が行っています。

# 解説

## ◆ PETによるがん診断の基礎と最先端

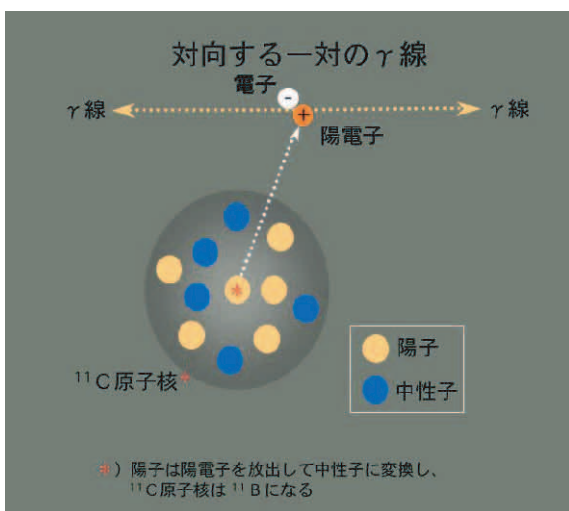
(独) 放射線医学総合研究所  
吉川 京燦

### 1. はじめに

放射線を用いて病気を診断する方法の一つに、核医学検査といって、極く微量の放射線を放出する放射性アイソトープ (RI) を利用した薬剤を投与して検査する分野があります。PET (Positron Emission Tomography) はこの核医学検査の最新の一つで、放射線の中でも陽電子 (ポジトロン) を放出するアイソトープを利用してその体内分布を断層画像化できる検査法です。高分解能で定量性にすぐれた検査で、従来の核医学検査にない特徴を持っています。

### 2. PETの原理

放射性アイソトープの中にポジトロン放出核種といって、陽電子 (ポジトロン) を出すものがあります。例えば、質量数11の炭素 ( $^{11}\text{C}$ ) は自然界には存在しませんがサイクロトロンという加速器を使って人工的に作ることができる放射性アイソトープです。これは不安定で核よりポジトロンを放出し別の安定な核種 (ホウ素:  $^{11}\text{B}$ ) に変わる性質があります。ポジトロンは正の電荷をもつ粒子で、不安定で核より数mm飛び出すと、近くの電子と結合して消滅し、2本の光子 (ガンマ線) をほぼ正反対の方向に放出します。この一対のガンマ線を消滅放射線と呼びます。対向する2つのガンマ線検出器によりこの一対の消滅放射線を同時に検出 (同時計数) するのがPETの原理で、体内に投与されたポジトロン放出核種の正確な分布を精度良く画像化することができます。



### 3. PETの特徴

医療で用いられるポジトロン放出核種の多くはサイクロトロンによって製造されますが、その半減期は一般に大変

短く、検査を受ける患者さんの放射線被曝が少ないという特徴があります。

表1 ポジトロンを放出する主な元素

ポジトロン核種	記号	半減期	製造方法
フッ素-18	$^{18}\text{F}$	110分	小型サイクロトロン
炭素-11	$^{11}\text{C}$	20分	小型サイクロトロン
窒素-13	$^{13}\text{N}$	10分	小型サイクロトロン
酸素-15	$^{15}\text{O}$	2分	小型サイクロトロン
銅-62	$^{62}\text{Cu}$	10分	ジェネレーター
ガリウム-68	$^{68}\text{Ga}$	68分	ジェネレーター
ルビジウム-82	$^{82}\text{Rb}$	75秒	ジェネレーター

また、半減期が短いと同時期に反復して検査を行うことも可能です。PET検査の特徴の一つに従来の核医学検査に比べて感度と空間分解能が優れており、体内の放射能分布濃度を量的に正確に計測できる特徴 (定量性が高い) があります。更に、PETの大きな特徴として炭素、窒素、酸素といったポジトロン放出核種が利用でき、これらの元素は生体を構成する基本的な元素で、アミノ酸やぶどう糖、水、酸素などの生体に重要な物質を作り検査薬剤として利用することができます。

### 4. 色々ながん診断とポジトロン標識薬剤

CTやMRIなどに代表される画像診断法は、一般に体や臓器の形態学的な情報を画像化する診断法です。しかし、PETはがんの生理学的・生化学的性質や代謝活性などの機能診断情報を画像化する技術です。PETによって検出できるがんの増殖能や活きの良さ (viability) の指標にはDNAやRNA合成などの核酸代謝、たんぱく代謝、エネルギー代謝などがあります。それらを検査する代表的なポジトロン標識薬剤にはそれぞれ $^{11}\text{C}$ -チミジン、 $^{11}\text{C}$ -メチオニン、 $^{18}\text{F}$ -フルオロデオキシグルコース (FDG) などがあります。チミジンはピリミジンヌクレオシドの一つで、がんは活発な増殖のためにDNA・RNA合成が亢進しており $^{11}\text{C}$ -チミジンの取り込みの亢進が観測されます。 $^{11}\text{C}$ -メチオニンは中性必須アミノ酸で、がんのメチオニン依存性、アミノ酸膜輸送の亢進、たんぱく合成の亢進、およびがんのメチル化反応の亢進などにより、がんではメチオニン取り込みが亢進しています。一方、FDGはぶどう糖類似物質でぶどう糖と同じ酵素 (ヘキソカイネース) の働きや、glucose transporterに関連して細胞内に取り込まれます。従って、脳をはじめ心臓やがん細胞などの各種の組織で、糖代謝が亢進している指標として用いることが可能で、組織エネルギー代謝の評価に盛んに用いられています。

表2 腫瘍を対象とした主なポジトロン製剤

血流・酸素代謝	$^{15}\text{O-H}_2\text{O}$ , $^{15}\text{O-CO}_2$ , $^{15}\text{O-CO}$ , $^{15}\text{O-O}_2$ $^{11}\text{C-CO}_2$ , $^{11}\text{C-butanol}$ , $^{82}\text{Rb}$ , $^{13}\text{N-ammonia}$
糖代謝	$^{18}\text{F-FDG}$ , $^{11}\text{C-pyruvate}$ , $^{11}\text{C-glucose}$
アミノ酸代謝	$^{11}\text{C-methionine}$ , $^{11}\text{C-tyrosine}$ , $^{11}\text{C-ACPC}$
核酸代謝	$^{18}\text{F-deoxyuridine}$ , $^{11}\text{C-thymidine}$
薬剤感受性、他	$^{18}\text{F-fluorouracil}$ , $^{18}\text{F-fluoroestradiol}$ $^{18}\text{F-progesterone}$ , $^{19}\text{F-fluoromisoimidazol}$ $^{11}\text{C-choline}$

### 5. PETによるがんの診断

がん診断に関してPETの主な臨床的役割は、(1)原発がんの検出・良悪性の鑑別・浸潤範囲診断、(2)全身の転移病巣検出、(3)治療モニタリング（治療効果判定、再発診断、予後予測）などが挙げられます。

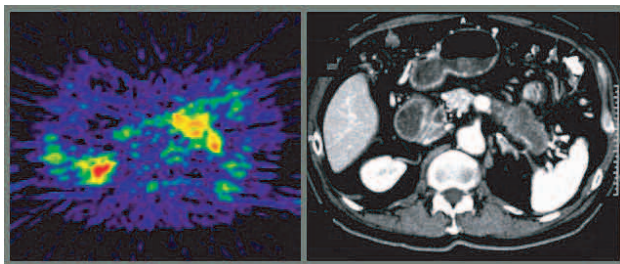
#### ● がんの検出

$^{18}\text{F}$ -フルオロデオキシグルコース (FDG) は多くの悪性腫瘍（頭頸部がん、肺がん、乳がん、肝がん、膵がん、大腸がん、悪性リンパ腫、悪性黒色腫、各種転移性がん等々）において有用性が報告されています。

FDG-PET検査の正診率		
癌の種類	従来の画像診断	PET
乳癌	67%	89%
大腸癌	80%	94%
食道癌	68%	83%
頭頸部腫瘍	65%	87%
肝臓癌	81%	93%
肺癌	68%	82%
悪性リンパ腫	64%	88%
メラノーマ	80%	91%
膵臓癌	65%	81%
膀胱癌	68%	92%
子宮癌	43%	87%

The Journal of Nuclear Medicine Supplement, Volume 42, Number 5, May 2001 and UCLA

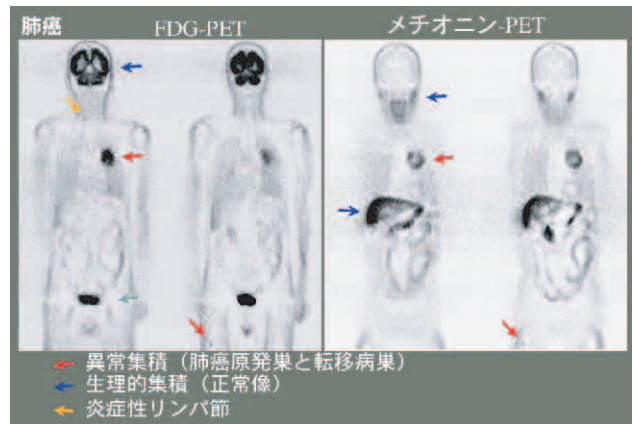
下図の膵がん症例のFDG-PET画像とCT画像では、CTで認められる膵腫瘍部に一致してFDGの集積増加がPET画像で明瞭に描出されています。



#### ● PET全身像

通常、PETでは局所の断層像を表示できるのみでなく、全身のprojection像やMIP画像、冠状断や矢状断などの

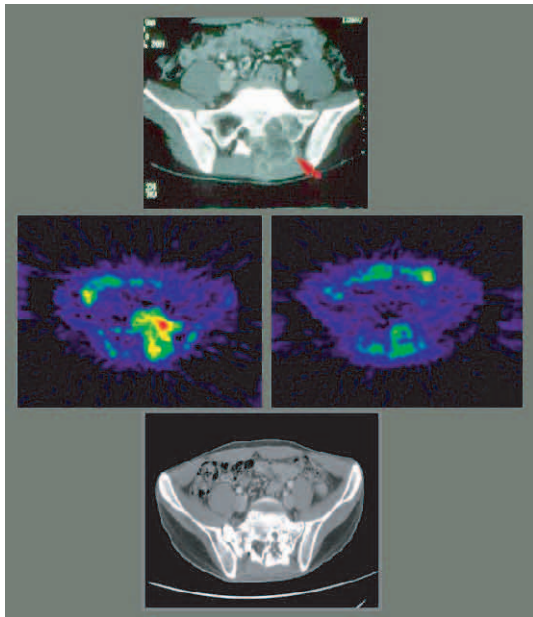
断層像といった全身像が容易に得られます。これによって全身のがんの局在や転移病巣の検出にPETが応用できるようになり、臨床病期診断や治療後の経過観察に有用な診断手段の一つとなっています。



上図は左肺の上葉に小細胞肺癌が指摘された症例のFDGおよび $^{11}\text{C}$ -メチオニンPET全身像（冠状断層像、吸収補正なし）です。FDGと $^{11}\text{C}$ -メチオニンPETの両画像で左上肺野の大きな腫瘍が明瞭に描出されており、また、右大腿骨近位部には骨転移病巣が小集積として検出されています。一方、FDG-PETでは右下頸部に炎症性のリンパ節への小集積が認められます。FDG-PET全身像では生理的集積として脳、心臓、尿路系、筋、消化管などに集積を認めます。 $^{11}\text{C}$ -メチオニンは生理的に肝臓や膵臓に強く集積します。また、消化管粘膜、耳下腺や顎下腺などの腺組織や咽頭粘膜などにも生理的集積を認めますが、脳への集積および骨盤腔内の生理的集積は高くありません。骨髄へも軽度集積します。図のように胸部の評価ではFDGと $^{11}\text{C}$ -メチオニンでほぼ同等の評価が可能です。脳転移の診断および骨盤腔の評価には $^{11}\text{C}$ -メチオニンが優れ、肝周囲の評価はFDGが優れます。FDGと $^{11}\text{C}$ -メチオニンPETではそれぞれ生理的集積亢進部周囲では腫瘍検出が難しく、このように種々のポジトロン薬剤の使い分けを工夫することにより、より効果的な診断が可能となります。

#### ● PETによる治療効果判定

放射線治療や化学療法後の治療効果判定は、一般にCTやMRIを用いた画像診断による腫瘍縮小率によって評価されます。しかし通常は腫瘍の治療時期と縮小効果が検出される時期には時間のずれがあり、縮小効果は治療後しばらくたってから認められます。一方、腫瘍代謝は治療によって早期より影響を受けていることが予測されPETによってこの代謝変化を早期に検出できます。すなわち腫瘍の大きさの変化という形態学的な変化より早期に、かつ鋭敏に腫瘍代謝の変化がPETによって定量的に精度よく検出でき、治療効果判定に利用されています。



上図は、放医研にて照射（重粒子線）治療を受けた仙骨骨肉腫症例の治療効果判定の例です。治療前CT（図上段）では仙骨を破壊する腫瘍が認められますが、治療前<sup>11</sup>C-メチオニンPET（中段左）では仙骨腫瘍に一致してメチオニン集積を認めますが、集積は均一ではなく最も活発に代謝している部位に特に著明な集積が認められます。照射終了直後のPET（中段右）では仙骨腫瘍部の集積は淡く低下しており治療効果ありと判定されます。このように骨に囲まれた病変では腫瘍縮小の判定がなかなか困難なのですが、PETによる代謝測定によって早期の効果判定が可能となります。最下段の照射後約4年（46カ月後）のCTでは破壊されていた仙骨部に再骨化を認め良好な経過が確認されます。

## 6. 新しいPET装置（PET-CT）

がん診断に関してPET検査は精度の高い情報を提供しますが、集積部位の正確な位置情報が得にくいという欠点がPET検査にはあります。

一方、CT装置は生体の解剖学的な詳細情報を正確に描出しますが、PETのような代謝機能に関する解析能は備わっていません。このPETとCTとの互いの欠点を補い、両者の優れた特徴を利用した新しいがん診断法がPET-CT（CT付PET装置）です。



放射線医学総合研究所に設置されているPET-CTと同機種の装置

PET-CTは、PET装置とCT装置を合体し、患者が同一ベッド上で移動することなく両検査を同時に受けることができる装置です。この装置によって、患者は同一ベッドに寝たまま動くことなく、PET検査とCT検査を受けることができ、生体の代謝機能過程（PET）と解剖学的詳細構造（CT）を同時にかつ明瞭に描出して、両情報の正確な重ね合わせ表示（fusion imaging）を可能にするなど、がん診断の精度を飛躍的に向上することができます。

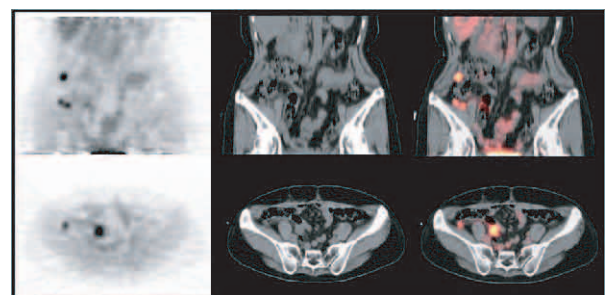
## 7. PET-CT臨床例

PET-CTの臨床上の利点をまとめると、

- (1)異常集積と正常集積がより区別し易い
- (2)腫瘍か否かの判断がより向上する
- (3)正確な部位診断によって臨床病期診断がより正確になる
- (4)PET単独より読影者間の読影結果の違いが減少する
- (5)放射線治療計画に応用すると腫瘍の広がりをより正確に評価でき精度が向上する

などがあげられます。下図は卵巣がん術後多発転移症例のFDG PET-CT画像です。卵巣がん術後に転移が出現し摘出術+化学療法が行われましたが、腫瘍マーカーCA125が再上昇したため、FDGを投与してPET-CT検査が行われました。

図にはPET画像、CT画像、PETとCTの重ね合わせ画像（fusion image）が表示されています。PET画像では多発するFDG集積が腹腔内に認められ、多発転移と診断されます。一方、対応するCT単独画像では病巣の存在を断定するのはなかなか難しいところです。PETとCTのfusion imageではPET高集積とCTの軟部陰影がきちんと一致して表示され、転移病巣がどこにあるのか容易に診断することができます。このようにPET-CTによって、がんの代謝情報と解剖学的情報を同時に画像化でき、診断精度が向上します。



## 8. まとめ

近年、特に腫瘍診断の分野でPETの有用性が認識され、PETを導入する施設が急増しています。また、がん検診分野にPETを応用する施設も増加しています。FDG-PETは2002年4月より12の疾患に関して保険適応となり、日本でも医療として認知・確立されてきました。PET-CTはPETの有用性をさらに高める装置で、今後確実にPETによるがん診断の中心的役割を担っていくと思われ、今後の普及が期待されます。

## 中性子捕捉療法

### ◆中性子捕捉療法国際会議

国立病院機構・香川小児病院 中川 義信

#### (1) 2004年国際会議報告

第11回中性子捕捉療法国際会議は、2004年10月11～15日、米国ボストンでTufts大学R. Zamenhof教授を会長として開催された。主な国別参加者は、米国(76)、日本(59)、EU諸国(53)であり、他にロシア、ウクライナ、中国、台湾、韓国、アルゼンチンなど、世界21カ国から233名の参加があった。

日本は主催国の米国に次いで参加者、発表演題ともに多く、本治療法に対する貢献度の高さが現れていた。特に臨床部門では治療の数、経験ともに豊富な日本のグループから発表されるデータが注目を浴びていた。会議のトピックスは、臨床応用、生物学、化学・薬学、原子核工学、物理、線量評価、治療計画、治療前評価などに分けられていた。全発表のアブストラクト集と、査読で厳選された発表のみが掲載されたApplied Radiation and Isotopes Vol.61が、印刷物とCDの両方で当日配布された。

#### (2) 2006年国際会議（日本で開催）

第12回は2006年10月9～13日、香川県高松市で、国立病院機構・香川小児病院・中川義信院長を会長として開催される。本財団の中性子捕捉療法推進特別委員会と2006年国際会議組織委員会で準備を進めている。

会議のトピックスは、中性子捕捉療法を支える研究分野、すなわち、医学、生物学、化学・薬学、物理・工学に関係するテーマが基本であるが、本療法の今後の展開に大きな影響を持つ、治療結果や適応拡大、新しいホウ素薬剤の開発・提供、病院併設型加速器中性子照射システムの開発・実現などに重点が置かれる予定である。

### ◆中性子捕捉療法の適応拡大

国立病院機構・香川小児病院 中川 義信

中性子捕捉療法は、米国で1951年に開始されて以来、脳腫瘍への適応を中心に発展してきたが、1987年からメラノーマ、また、2001年から頭頸部腫瘍が治療対象になっている。近年、肝臓がんや肺がんへの適応も進められている。この背景には熱外中性子利用による手術を伴わない中性子照射や、PETによるホウ素薬剤の濃度分布などの事前評価法が確立してきたこととも関係している。

適応拡大における主な課題は、適応腫瘍に対するホウ素薬剤の集積特性と、特に深部腫瘍に対する照射線量特性の改善である。深部腫瘍に対する照射線量は、基本的に術中照射法が優れていることから、術中照射の方法で実績のある病院が、今後の適応拡大の鍵を握っている側面があることを指摘できる。

### ◆中性子捕捉療法用加速器

京都大学・原子炉実験所 古林 徹

中性子捕捉療法用加速器システムについての背景や現状また実現に向けての展望を簡単に紹介する。

#### ・背景

現在は研究用原子炉施設において本療法が実施されているが、医療関係者および患者さんの大きな負担を強いていることが、病院に併設した加速器中性子捕捉療法システムを実現させようとする大きな背景になっている。勿論、加速器システムが持っている、社会的な受け入れやすさや、照射方向の自由度に代表される使い勝手の良さ、また総合的な安全性、経済性などもその背景にある。なお、病院に併設された加速器施設で本療法が実施されるようになると、様々な患部への適用拡大が進めやすくなる可能性が大きいことも予想されている。

#### ・現状

大きな長所があるにもかかわらず、現在まで加速器を用いた中性子捕捉療法用システムが実現していない大きな理由は、中性子捕捉療法に適した十分な強度の中性子照射場を実現できる見通しが持てなかったことが中心である。しかし、近年、加速器の技術革新が進み、“その気になれば”技術的にもまた、経済的にも実現可能な条件が整えられる状況になってきている。ところで、加速器からの中性子を利用する方法は、高エネルギー中性子(0.1MeV以上)を減速させて利用に適した低エネルギー中性子(10keV以下が目標)を作って利用する方法(減速利用法)と、低エネルギー(0.1MeV以下)で発生する中性子を直接利用する方法(直接利用法)の2つである。減速利用法の大きな特徴は、核破砕、(p, n)、(d, n)、(d, T)など、様々な中性子発生反応が利用できることである。このことは、病院に併設可能な大きさの加速器施設という条件を無視すれば、多くの加速器システムが利用できる可能性を持っていることから、世界的に多くの施設で検討が進んでいる。

#### ・実現に向けての展望

ここ数年、実現に向けての取り組みが、設置者とメーカーの双方で具体化してきている。技術的に確立すべき部分は残されているにしても、実現への大きなチャンスが訪れていると言える。現在利用している研究用原子炉施設も減速利用法であることから、最初に実現させる中性子捕捉療法用加速器システムとしては、減速利用法のシステムが適していると考えられる。

なお、直接利用法の中性子捕捉療法用加速器システムは、照射装置の小型化や照射方向の自由度など多くの長所を持っていることから、将来的には両方の利用法の加速器システムを実現することが望ましい。

## 粒子線がん治療

### ◆国内の粒子線がん治療の現状

- ① (独)放射線医学総合研究所重粒子医科学センター
  - ・治療患者数：2,192人 (内、高度先進医療は342人)
  - ・対象疾患：脳腫瘍、頭頸部腫瘍、肺がん、肝臓がん、膵臓がん、子宮がん、直腸がん、前立腺がん、骨・軟部腫瘍、眼球腫瘍、涙腺がん
  - ・高度先進医療対象部位：頭蓋底、眼 (悪性黒色腫)、直腸 (術後)、骨・軟部、肺、前立腺、頭頸部
- ② 国立がんセンター東病院 (高度先進医療)
  - ・治療患者数：333人
  - ・対象疾患：頭頸部がん、肝臓がん、肺がん、前立腺がん、その他
- ③ 兵庫県立粒子線医療センター (高度先進医療)
  - ・治療患者数：515人
  - ・対象疾患：頭頸部がん、頭蓋底腫瘍、肺がん、肝臓がん、前立腺がん、その他
- ④ 筑波大学陽子線医学利用研究センター (臨床試験)
  - ・治療患者数：625人
  - ・対象疾患：肝臓がん、前立腺がん、肺がん、転移がん、頭頸部がん、食道がん、頭蓋内腫瘍、膀胱がん、小児がん、頭蓋底腫瘍、直腸がん、腎がん、下垂体腺腫、子宮がん、その他
- ⑤ 若狭湾エネルギー研究センター (臨床試験)
  - ・治療患者数：19人
  - ・対象疾患：肝臓がん、前立腺がん
- ⑥ 静岡県立静岡がんセンター (自由診療)
  - ・治療患者数：100人

### ◆がん保険で粒子線治療

最先端がん治療「粒子線治療」は、体にメスを入れないので早期の社会復帰がはかれるといわれています。

この粒子線治療は、わが国ではいくつかの機関で自由診療あるいは高度先進医療として行われていますが、その治療費は約300万円で、健康保険が適用されないため、患者の自己負担となっています。

粒子線治療施設を持つ兵庫県では県民に対して粒子線治療費の無利子の貸し付け制度を設けています。しかし、高額の治療費を負担しなければならないがんに対する不安は大きいものです。

ここ数年、生命保険会社や損害保険会社などががん治療の医療特約として、高度先進医療や自由診療に対する医療費を対象とする保険商品の発売を始めています。経済的負担を和らげるため、これらの民間保険に加入することも、もしもの場合の備えになるでしょう。

給付の一例を紹介します。

- A社：自由診療のがん治療に無制限給付
- B社：高度先進医療に500万円まで給付
- C社：高度先進医療に300万円まで給付

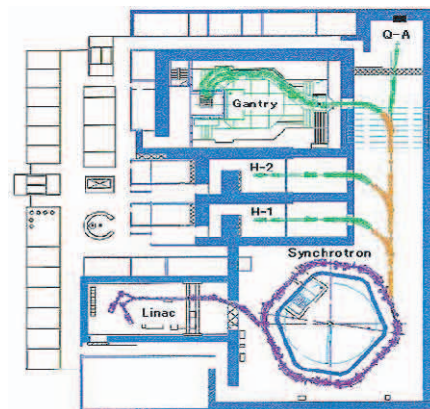
### ◆海外の粒子線がん治療施設

海外で建設中および計画中の主な施設を紹介します。

[建設中の粒子線施設]

注) C：炭素線 P：陽子線

	国名	施設名	線種	開院年
①	ドイツ	リネッカー	P	2005
②	ドイツ	HICAT	C+P	2007
③	韓国	国立がんセンター	P	2005
④	中国	中日友好病院	P	2006
⑤	米国	MDアンダーソン	P	2006
⑥	米国	フロリダ大学	P	2006



ドイツHICATの建設状況と配置図

[計画中の炭素線施設 (陽子線も併設)]

①	イタリア	TERA	C+P	2007
②	オーストリア	MedAustron	C+P	2009

### ◆普及型炭素線がん治療装置開発の現状

入射器の大幅な小型化ができる見通しが立ち、普及型炭素線がん治療装置の開発が着実に進んでいます。第1号装置は2006年度建設開始の予定となっています。

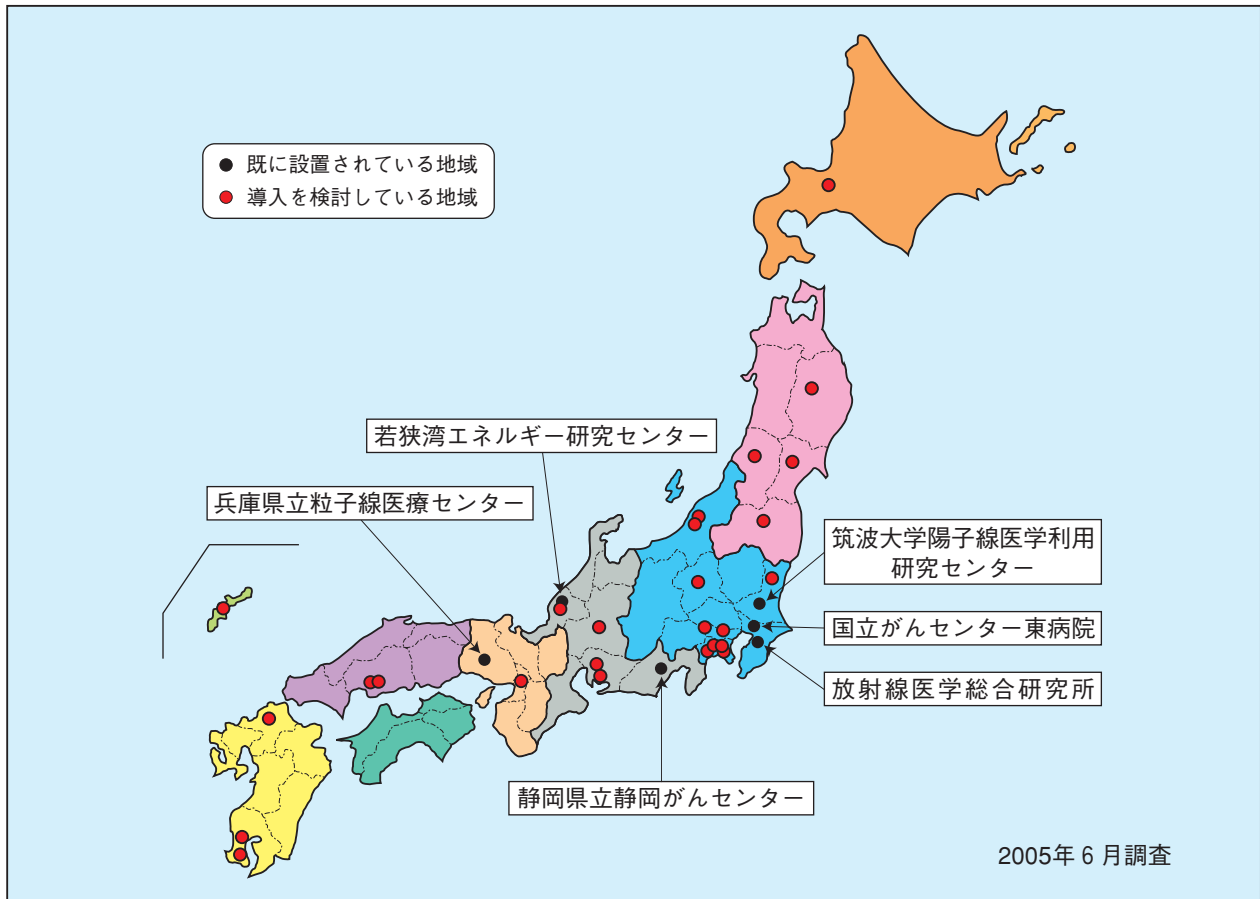


### ◆国内における粒子線がん治療施設導入計画

現在、粒子線がん治療施設（炭素線治療装置または陽子線治療装置）の導入を検討している地域は北海道から沖縄まで広がっています。

当財団の調査では、地方自治体11カ所、大学5カ所、民間病院2カ所および民間会社8カ所が検討を進めています。

なお、ここに示した地域で、設置地点の調整、炭素線にするか陽子線にするかの決定、運営組織、資金調達、人材確保、(独)放射線医学総合研究所との協力などの全てが解決しているところはまだありません。



### ◆当財団が開催・関与した講演会

炭素線がん治療普及活動の一環として、当財団がこの1年間に主催、共催、後援および講師を派遣した、炭素線がん治療に関する講演会は次のとおりでした。聴講者総数は2,690名となっています。

開催日	開催都市	聴講者概数
H16.7.15	名古屋	100
H16.8.20	東京	20
H16.8.24	東京	80
H16.9.24	仙台	50
H16.10.14	東京	200
H16.12.2	東京	230
H17.1.15	東京	380
H17.1.26	札幌	300
H17.3.12	甲府	300
H17.4.29	山形	1,000
H17.4.15	呉	30

平成17年4月29日、山形市で開催された講演会は、山形新聞と山形放送の主催、(株)山形先端医療研究所と当財団の共催、山形大学医学部などの後援で行われました。平尾泰男常務理事をはじめとする5名の講師による講演とがん治療を受けた患者さんと講演者との対談が行われました。聴講者は1,000人を越え、がん治療に対する関心の高さがうかがわれました。



(写真提供：山形新聞社)

## お知らせ

### ◆高松宮妃癌研究基金学術賞受賞

(財)高松宮妃癌研究基金(総裁:寛仁親王殿下)による、平成16年度学術賞および研究助成金贈呈式が平成17年2月22日(火)にパレスホテル(東京都千代田区丸の内)において行われ、当財団の平尾泰男常務理事が学術賞を受賞されました。「重粒子線がん治療装置の開発とその臨床応用」が認められたもので、放医研重粒子医科学センター辻井博彦センター長との共同受賞でした。



癌研究基金学術賞は、日本人が日本で行った研究で、がんに関する研究上の業績が特に顕著なものを対象として贈呈されるものです。平成16年度は2件5名が受賞されました。



### ◆医用原子力技術に関する研究助成総合報告会

平成16年度研究助成受賞者5名による総合報告会が平成17年7月8日(金)航空会館(東京都港区新橋)において開催されます。入場は無料です。多数の関係者の参加をお待ちします。

研究テーマおよび発表者は次の通りです。

- ①「前立腺がんに対する高線量率小線源治療に関する研究」 吉岡靖生(大阪大学)

### 編集後記

情報専門委員会において、医用原子力だよりについて検討が行われ、第2号は6月末に刊行すること、また、第3号は10周年記念特別号とすることが決まりました。

シリーズとしての医用原子力だよりとしては、継続的に更新する記事はもちろん必要であります。しかし、多くの人々に、医用原子力について理解を深めていただくためには、平易な解説や治療体験談などが考えられます。第2号ではPETを取り上げることにしました。

常務理事 安 成弘

- ②「前立腺がんに対する超高磁場MR Spectroscopyと粒子線を用いたImage-guided Radiation Therapyの開発」 出水祐介(神戸大学)
- ③「前立腺がんに対する強度変調放射線治療に関する研究」 青山英史(北海道大学)
- ④「FDG-PETで陽性像を示すアテロームの画像所見-CT、MRI重ね合わせ法を用いて」 岡根久美子(秋田県立脳血管研究センター)
- ⑤「2.5MeV陽子による<sup>7</sup>Li(p,n)反応を用いたBNCTに必要な減速体系及び加速器性能の研究」 田中憲一(広島大学)

### ◎特別講演

「悪性腫瘍に対するRI治療の現状と将来展望」  
遠藤啓吾教授(群馬大学)

### ◆第2回医用原子力技術研究振興財団講演会

第2回講演会を下記の通り開催いたします。

- ・開催日:平成17年12月9日(金)午後
  - ・開催地:名古屋市・名古屋大学豊田講堂
- 詳細は財団のホームページ等でお知らせします。

### ◆放射線治療用線量計校正実績

平成16年度は、放射線治療を実施している全国約700施設の内、483施設から治療用線量計の校正依頼を受け、564台の線量計の校正を行いました。なお、電離箱を接続した校正測定件数は1,604件でした。

### ◆新刊書「ハイテクがん診療の最前線」のご案内

医学における放射線の歴史、PETなどの放射線診断技術、粒子線治療などの最新のがん診療について、ある程度の医学知識があれば理解できるように解説しています。  
(発行:(株)先端機能画像医療研究センター TEL03-3406-2310)



### ◆第3号の発刊予定◆

平成8年3月26日に文部科学省と厚生労働省の共管で発足した当財団は平成18年3月26日で創立10周年を迎えます。

「医用原子力だより」第3号は、財団創立10周年記念特別号として、平成18年1月に発刊する予定です。

### 医用原子力だより 第2号

平成17年6月発行

編集・発行

(財)医用原子力技術研究振興財団

〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-8-16

電話(03)3504-3961 FAX(03)3504-1390

e-mail: info@antm.or.jp

URL: http://www.antm.or.jp

「医用原子力だより」(PDFファイル)は財団のホームページでもご覧になれます。 <http://www.antm.or.jp>

※無断転載を禁じます。