



原子力医療としての 中性子捕捉療法

国立大学法人京都大学原子炉実験所 所長・教授
代谷 誠治

1963年に関西国際空港の近く、大阪府泉南郡熊取町に全国大学の共同利用研究所、かつ京都大学の附置研究所として設置された原子炉実験所では、それ以降、一貫して核エネルギーの利用と放射線・粒子線の利用に関する研究・教育を車の両輪として推進している。

最近、治療後のQOLに優れたがんの選択的療法と目される中性子捕捉療法の研究が目覚ましい成果を挙げ、周辺住民などの注目が集まり、当所への期待が高まりつつある。

中性子捕捉療法では、ホウ素化合物を含有した副作用のない薬剤をがん患者に投与し、同薬剤ががん細胞に選択的に蓄積する性質を利用する。薬剤が取り込まれた患部に中性子を照射すると、薬剤中のホウ素同位体 ^{10}B がエネルギーの低い中性子(熱中性子)を吸収して原子核反応を引き起こし、ヘリウム ^4He 原子核(α 粒子)とリチウム ^7Li 原子核に分裂する。これらの原子核は薬剤を取り込んでいた細胞の中で原子核反応によって得た全エネルギーを失い、止まってしまう。そして、がん細胞は原子核反応によって生じる大きなエネルギーをすべて受け取って死滅することになる。一方、薬剤を取り込んでいない正常細胞はエネルギーの低い中性子の照射を受けても殆ど影響を受けずに生存し続ける。中性子捕捉療法は、副作用のない化学療法と放射線療法のハイブリッド療法とすることができる。

同療法は、長らく適応症が悪性脳腫瘍、悪性黒色腫だけとされていたが、今では頭頸部がんがそれに加わり、肺がん、肝臓がん、中皮腫への適用が試行されるとともに、同療法用の中性子源として病院への設置を念頭に置いた小型加速器の開発研究も進められている。原子炉において、中性子は核分裂連鎖反応の担い手であり、ホウ素は連鎖反応の制御材として広く利用されていることから、この療法は原子力医療の申し子とすることができる。

さて、2005年12月に大阪府立成人病センター調査部が発行した冊子「統計でみる大阪府のがん—がんの征圧を目指して—」には「大阪府におけるがん年齢調整死亡率は、1985年以来一貫して全国47都道府県中男女ともワーストワン」との記述が見られる。当所では、約10年前に将来計画として「地域に根ざし、世界に拡がる科学の郷『くまとりサイエンスパーク』構想」を打ち出し、その中で中性子捕捉療法研究の推進を位置づけた。現在、当所では同構想をさらに練り上げつつ、その実現に向けて努力を続けている。約2年前、熊取町・大阪府・京都大学の3者で、「くまとりサイエンスパーク構想」で生み出される成果を地元の活性化に役立てることを目指して打ち出された「熊取アトムサイエンスパーク構想」の実現に向けた取組みに着手したが、大阪府におけるがん征圧に対する関心の高さとも相まって、地元から中性子捕捉療法の実用化に熱い期待が寄せられている。

原子力の持つ優れた特性を人類福祉に活用することを夢見る工学研究者の一人として、人類の生存を脅かすような原子力の利用を阻むとともに、人類が健康で快適な生活を送るために役立つ原子力の実用化が普及することを願って止まない。

事業活動報告

◆医用原子力技術に関する研究助成贈呈式

平成20年7月4日、航空会館（東京都港区新橋）において平成20年度（第13回）の「医用原子力技術に関する研究助成」贈呈式が行われ、5名の方々に森亙理事長から賞状と目録が贈呈されました。



前列左から、中村氏、菓子野氏、久保氏、有坂氏、深田氏

受賞者の氏名、所属および研究テーマは次の通り。

- ①深田 淳一氏（慶応義塾大学医学部 放射線科学教室 助教）「融合画像を用いた恥骨弓干渉の評価—前立腺癌密封小線源永久挿入療法における有用性の検討」
- ②有坂有紀子氏（群馬大学医学部附属病院 放射線部 助教）「 ^{18}F - α -methyl tyrosine (^{18}F -FMT) PET と MRI の融合画像を利用した放射線治療の高精度化に関する研究」
- ③久保 均氏（徳島大学医学部 診療放射線技術学講座 准教授）「定位放射線治療の適応拡大に向けた MR による 3D-Dosimetry の精度向上に関する検討」
- ④菓子野元郎氏（京都大学原子炉実験所 附属粒子線腫瘍学研究センター 助教）「未修復 DNA 二重鎖切断可視化を利用した BNCT 生物効果の評価法の確立」
- ⑤中村 浩之氏（学習院大学理学部 教授）「適応疾患拡大を目的とした新規ホウ素キャリアーの開発と有用性評価」

◆医用原子力技術に関する研究助成総合報告会

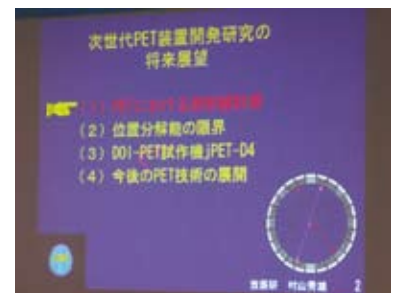
平成19年度「医用原子力技術に関する研究助成」受賞者5名による「第12回総合報告会」が平成20年7月4日、航空会館で行われました。

同報告会は、文部科学省および厚生労働省の後援を得て行われ、医療関係者、大学、研究所、メーカーなどから約60名の参加がありました。

森亙理事長の挨拶の後、以下の5名の研究者から研究成果の発表が行われ、引き続き参加者と発表者の間で熱意ある質疑応答が行われました。報告者と研究題目は次のとおりでした。



- ①「心血管疾患の予防医学に貢献する不安定プラークイメージングプローブの開発」
京都大学大学院 薬学研究科 天満 敬氏
- ②「放射光位相差 CT を利用した新規動脈硬化不安定粥腫診断法の開発」
神戸大学医学部附属病院 循環器内科 山下智也氏
- ③「陽子線治療における呼吸同期照射法の研究」
静岡県立静岡がんセンター研究所 浦壁恵理子氏 代理 山下晴男氏
- ④「進行頭頸部癌に対する硼素中性子捕捉療法の検討—非扁平上皮癌への有効性—」
川崎医科大学 耳鼻咽喉科 栗飯原輝人氏
- ⑤「新規ボロン化合物を用いた難治性癌に対する中性子捕捉療法と免疫療法の基礎的研究」
東京大学医学部 附属病院 医工連携研究部 緒方亜弥氏



引き続き恒例の特別講演として、(独)放射線医学総合研究所の村山秀雄氏より、「次世代PET装置開発の将来展望」の演題でお話を頂きました。



村山秀雄氏

◆粒子線がん治療に関する施設研究会

第17回粒子線がん治療等に関する施設研究会が平成20年5月12日、日本消防会館5F大会議室で開催され、約40人の参加者がありました。

演者は次の方々でした。



河内 主査



中村 尚司氏



川合 将義氏

当日の演題

- ①「粒子線治療装置に係る法的規制について」
東北大学名誉教授、東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター研究所
教授 中村 尚司氏
- ②「新しい中性子遮蔽材の開発について」
大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構加速器研究施設、加速器第4研究系
名誉教授 川合 将義氏



また平成20年8月7日、同上施設研究会第18回にて筑波大学陽子線医学利用研究センターの施設見学会を実施した。約40人の参加者があり、見学の後の質疑では熱心な討論が行われました。



◆「粒子線がん治療に係る人材育成プログラム」平成20年度第1回基礎研修

文部科学省委託事業「粒子線がん治療に係る人材育成プログラム」平成20年度第1回基礎研修が、大阪大学吹田キャンパス内の银杏会館会議室Cにて、同プログラム研修者5名の他、診療放射線技師、学生等24名の一般参加者で、平成20年8月25日(月)～29日(金)

に開催された。

第1回基礎研修では、「粒子線がん治療に係る人材育成プログラム」のOJTとして同プログラム研修者を対象に行われる講義を一般参加者にも開放して、就業する際の基礎となる粒子線がん治療に関連した講義が連日行われた。

講師陣は、九州大学、理化学研究所及び「粒子線がん治療に係る人材育成プログラム」の協働機関でもある大阪大学、国立がんセンター東病院、筑波大学陽子線医学利用センター、兵庫県立粒子線医療センター、放射線医学総合研究所から派遣され、24講義を分担して行った。

また、基礎研修初日には、「粒子線がん治療に係る人材育成プログラム」についての説明会が開かれ、研修終了直後にもかかわらず、多くの参加者が研修会場に残り、活発な質疑応答が行われた。基礎研修2日目には、基礎研修参加者と講師、関係者による懇親会も開催され、互いの親睦を深めることができた。

第1回基礎研修は、途中、豪雨による新幹線不通のために講義ができなかったこと以外、予定通り行われ、該当者には参加証明書も発行された。



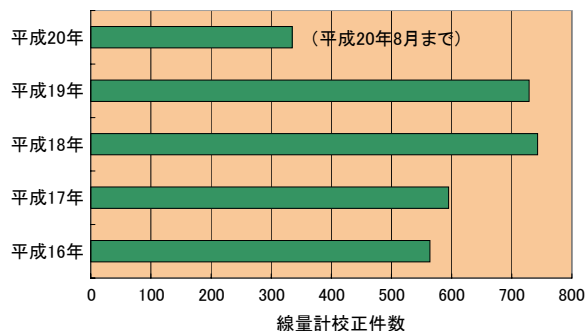
◆治療用照射装置(X線)の出力線量測定事業

治療用照射装置(X線)の出力線量測定を平成19年11月1日開始以来10ヶ月で30病院の申込みを受け付け、26病院の測定を完了しました。

これまでの出力線量測定結果では、設定値と測定値が大きく相違する例はなく、病院の出力線量の管理が適切に行われていることが証明されたと言えます。

現在のところ、測定の申込み数が多いとはいえず、出力測定の必要性がまだまだ十分に認識されていないと考えられます。今後、本事業で連携しているがん診療拠点病院の窓口となっている国立がんセンターがん対策情報センターがん治療品質管理推進室及び関連学会を通じて測定の重要性の周知を図る予定です。

◆治療用線量計校正件数の推移



悪性神経腫瘍治療への PET アミノ酸イメージングの利用

—手術、定位放射線治療、

中性子捕捉療法における実用化—

東京医科歯科大学 脳神経外科 講師
成相 直

1. はじめに

脳原発の悪性腫瘍である神経腫瘍(グリオーマ)は、神経細胞をとりまく神経膠細胞が腫瘍化したものであり、正常の脳構造と明らかな境界を持たず浸潤性に広がるという性質を持っています。そして腫瘍細胞が存在する部分と正常に機能している脳の構造物は常に混在しています。ですから、この腫瘍を治療しようとする、脳の正常の機能を損なうことなく、かつ腫瘍を最大限に摘出するという相反する事をかなえていかなければなりません。そのためには、悪性度の高い腫瘍が存在する部分を適切に判断し、可能ならば手術での摘出を目指し、手術のみでそれをかなえることが困難であれば、放射線療法、化学療法などを組み合わせて治療戦略を組み立てていくことが必要になります。そのためには、脳のどの部分にどのような性質をもった腫瘍が存在しているかを正しく判断することが全ての治療の出発点となります。ところが、通常の医療機関で脳の画像診断として最も一般的に用いられる MRI ではそうした診断でさえ容易ではありません。脳腫瘍診断は MRI 撮影時に造影剤を注射しそれが血管から漏れ出した部分が腫瘍と判断することが一般的です。しかし、先に述べたように脳原発の悪性神経腫瘍の場合は正常な血管構造を保った機能している脳にどんどん腫瘍細胞が広がっていくため、造影剤が漏れ出さない部位にも腫瘍細胞が存在するため MRI で腫瘍の存在する部位を判断することが困難になります。また初発時の診断以上に困難なのは治療を行った結果をフォローする場合で、フォロー過程の MRI 撮影では造影される病変と脳の浮腫が増強しているという同じ画像を呈しながら治療による効果の一つの現れである場合と腫瘍の悪化の反映である場合があり、MRI 診断では両者を区別できないということを日常的に経験します。生体の代謝情報を画像化できる陽電子断層画像(positron emission tomography; PET) が悪性グリオーマを診断し治療する過程で極めて有用なのはこういう背景があるからなのです。

2. PET によるグリオーマイメージング

^{18}F -フルオロデオキシグルコース (FDG) による悪性腫瘍診断は、増殖能の高い腫瘍細胞で亢進しているブドウ糖代謝部位を低侵襲的にスクリーニングできる優れた手法として全身のガンのスクリーニング法として有用性が確立し健康保険適応となっています。FDG による腫瘍診断が有効であるのは安静時のほとんどの臓器ではブドウ糖代謝が活発ではないため、それが亢進した腫瘍細胞の集積を陽性病変として描出し目で異常部位がわかるという感度の高いスクリーニングができるということによります。その性質は同時に正常者の安静時に FDG 集積が強い臓器の場合は、そこに発生する腫瘍の検出感度が低下することにもつながります。脳は神経細胞が活動を継続するために常に多量のブドウ糖を消費しエネルギーを産生していかなければ活動できない臓器です。ごく短時間でもブドウ糖の代謝が途絶えると人は意識を失います。そのようなブドウ糖代謝の盛んな脳に腫瘍ができてよほど悪性度が高いものでなければ周辺脳よりブドウ糖消費が高くなることはありません。つまり、脳腫瘍は FDG PET による腫瘍診断が苦手とする部位とすることになります。

脳腫瘍の PET イメージングにはアミノ酸を放射線標識した診断薬剤が有用であることが確立しています。アミノ酸は細胞骨格を形作るタンパク質の基となる栄養素です。細胞分裂が旺盛で悪性度の高い腫瘍であるほどアミノ酸を必要としています。正常の脳神経細胞はもう増えることはないで正常脳のアミノ酸消費は多くありません。良性の腫瘍であっても正常脳よりはアミノ酸を多く消費し、悪性度が高くなるほどにその消費は増加します。すなわち、アミノ酸標識薬剤の取り込みが周囲脳より高い部位は腫瘍が存在する部位と考えてまず間違いがありません。よって、それを治療の標的としていくことで確実な治療ができる事になります。

放射線標識アミノ酸診断薬の中でこれまで最も多く用いられてきているのが ^{11}C 標識メチオニンというアミノ酸の一つです。この薬は、サイクロトロンを備えて薬剤合成ができる PET 施設であれば、確立した手法によって合成しやすいため、世界の多くの PET 施設で使用実績がある薬剤です。東京医科歯科大学脳神経外科では、東京都老人総合研究所ポジトロン医学研究施設と共同で ^{11}C メチオニンの脳腫瘍に対する臨床応用の研究を 1992 年より開始し、これまで約 900 件の検査を行うことで、この手法が悪性脳腫瘍の診断と治療に欠かすことのできないものであることを実感するようになり、論文や学会で多く

の発表を行ってきました。

図1に悪性グリオーマの中でも、もっとも治療困難なグリオブラストーマのMRIでの造影剤撮影と¹¹Cメチオニン画像を対比して掲載しましたが、MRIで白く造影される部分は腫瘍全体のごく一部であり、実際は腫瘍が既に広い脳の部分に浸潤してしまっていることがPETによって初めて分かります。アミノ酸標識薬によるPETを数多く行えば行うほどこの手法でMRIでは分からない腫瘍の情報が分かることを経験します。そしてPETの情報がなければ正しい診断や治療はできないと感じるようになってきます。

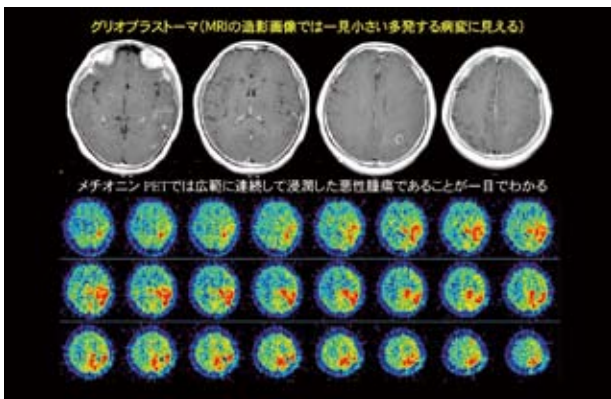


図1

3. メチオニンPETの手術と定位放射線治療への利用

私たち東京医科歯科大学脳神経外科では、これまで述べてきたような¹¹CメチオニンPETのもつ優れた脳腫瘍診断法としての特性をグリオーマの治療に生かすためにいろいろな工夫をしてきました。

その一つは、PET画像の手術ナビゲーターへの導入です。脳の手術をするためには、少なくとも病変が脳のどの“しわ”(脳回と言います)のぶぶんにあるかをしっかり画像で示した上で手術計画を立てる必要があります。MRIではそうした情報を得ることは容易ですが、PETの解像度では困難です。そこで、コンピューターを用いて、MRI画像とPET画像を三次元空間で重ね合わせるという処理を行い、PETで示される腫瘍病変がMRIで示される脳回構造のどの部分に相当するかを示すことができるようにしました。そして、その重ね合わせ画像を手術ナビゲーターに組み込むことで実際に手術を行っている脳のどの部分に腫瘍が存在するかを正確に示すことができるようになりました。そのような手術を行っている実例を図2に示します。この症例は悪性神経膠腫の手術ですが腫瘍は全摘でき治療後4年経過した現在も無症状で元気にされています。このシステムを使って行った手術の効果を以前のMRIのみを用いた手術ナビゲーションの時代と比較すると、PET画像

を導入したナビゲーションの方が統計学的に有意に患者の生存が長くなっているという結果を示すことができました。その生存曲線を図3に示します。この結果に関する論文は、脳神経外科で最も権威のある国際学術誌であるJournal of Neurosurgeryにまもなく出版されます。

次に行った工夫は、前述のようにPETとMRIを重ね合わせる処理を行いそのデータを組み込んでガンマナイフによる定位放射線治療を行うシステムを茨城県の水戸ガンマハウス山本昌昭先生と共同開発したことです。これは手術では摘出困難な深い部分にある腫瘍の治療や再発してきた腫瘍を手術以外の方法でコントロールする時に行います。図4にPET-MRI重ね合わせ画像を用いて治療した再発悪性グリオーマの治療例を示しますがMRIで造影される部位の中でも腫瘍が存在するのはそのうち一部であることがPETで分かりその部分のみに放射線照射を行いました。術後に¹¹CメチオニンPETを用いてフォローするとメチオニンの取り込みが次第に減り腫瘍が消えていく過程がよく分かります。

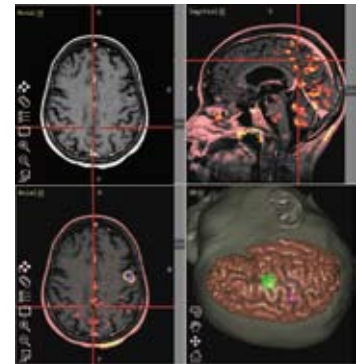


図2

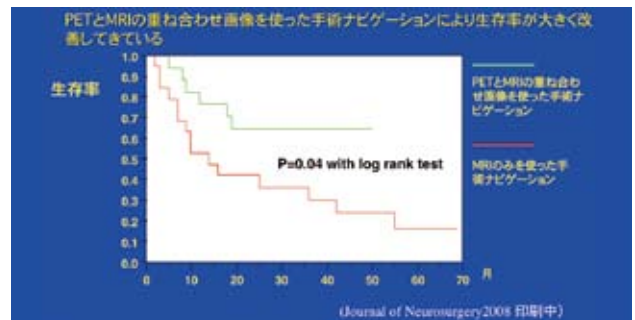


図3

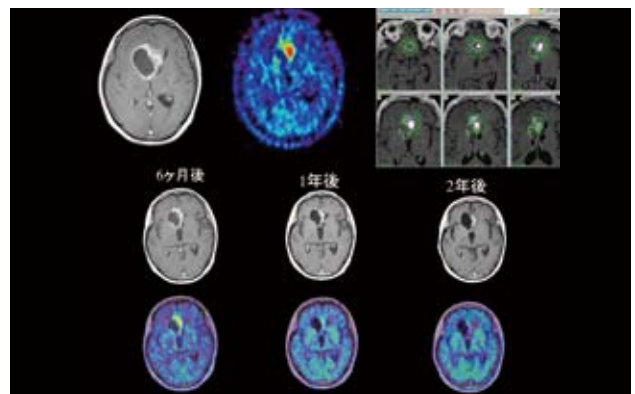


図4

4. ホウ素中性子捕捉療法へのアミノ酸 PET の利用

グリオーマの悪性度は4段階で表されますが、これまで述べたようなPETを駆使した治療システムにより、グレード1から3までの段階の腫瘍は根治に導くことも可能になり治療結果は非常に進歩しました。しかし、最悪性のグレード4にあたるグリオブラストーマに関しては、以前よりはかなり生命の延長が得られるようになったものの、めざましい進歩と言うまでには至っていないのが現状です。この最悪性の脳腫瘍に対する新しい治療法として期待が持たれているのがホウ素中性子捕捉療法 (BNCT) です。BNCTは腫瘍細胞にホウ素 (boron) を取り込ませた状態で中性子を照射することで、ホウ素原子に起こる核反応を利用しホウ素を取り込んだ腫瘍細胞のみを選択的に破壊することを期待する治療法です。悪性グリオーマのように正常脳構造に浸潤性に腫瘍が広がったとしても、もしホウ素を腫瘍細胞のみに集中して集積させることができれば、脳の細胞を破壊することなく腫瘍細胞だけを殺す事ができるのです。悪性グリオーマにホウ素を集積させるために使用される物質が、図5の左側に示した boronophenyl-alanine (BPA) です。これはアミノ酸の構造にホウ素を付け加えた形の物質で、先述のようにアミノ酸が正常脳にはあまり集積せず腫瘍に強く取り込まれる性質を利用してホウ素が腫瘍細胞に入っていきます。そして、BPAに、 ^{18}F を標識しPETを使って放射活性が測定できるようにした化合物が ^{18}F -BPAです (図5右に示した物質)。 ^{18}F -BPAを静脈注射したあと、PETを撮影し脳に比較してどれだけ腫瘍に ^{18}F -BPAが集まるかを画像化すればBNCTに際して注射するBPAによってホウ素がどれだけ腫瘍に集積するかが分かります。ホウ素の集積が脳に比して高ければ高いたけBNCTの高い治療効果が期待できます。つまり、PETを使ってBNCTの治療適応があるかどうかの判定ができます。

このように ^{18}F -BPA PETはBNCTを計画する際に必須の診断法ですが、現在この薬を使って撮影のできる施設は日本全国で我々の施設を含め2カ所だけです。一方、これまで我々が長らく使ってきたメチオニンPETは、現在日本全国で行える施設がかなり増えてきました。 ^{18}F -BPAもメチオニンもアミノ酸ですからその挙動は似ているのではないかと考え二つのPET診断薬の比較のための臨床研究を行いました。その結果、図6で示したように悪性グリオーマの ^{18}F -BPA PET画像とメチオニンPET画像の見た目はそっくりであること、図7で示したように、 ^{18}F -BPAとメチオニンの腫瘍対健常脳集積比 (T/N) は、ほぼ直線近似ができる事が分かりました。つまり、BNCTの適応があるかの検討はメチオニンPETによっても可能であると言って良さそうです。今後

BNCTを多くの患者に適用していく際の有用な情報になると思っています。

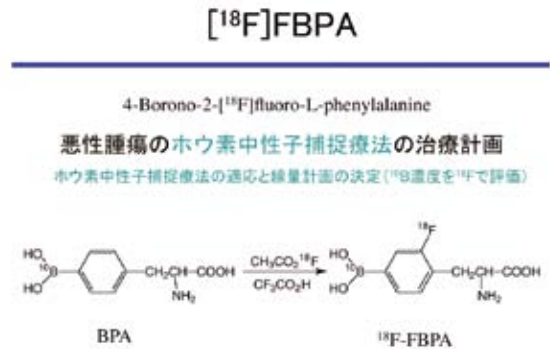


図 5

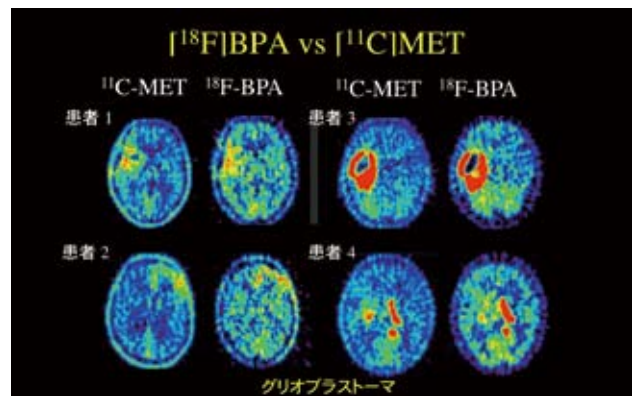


図 6

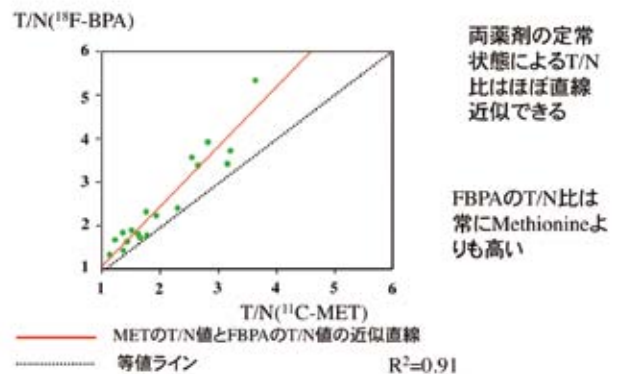


図 7

5. おわりに

アミノ酸標識診断薬を用いたPETは、悪性脳腫瘍の診断、手術、放射線治療という全ての過程で有効に利用できる手法であり、治療結果の向上に確実に貢献しています。また、次世代の治療法であるホウ素中性子捕捉療法 of 適切な運用にも不可欠なものです。今後、メチオニンやFBPAを用いたPET計測が多くの施設で通常に行われる手法として広がっていくことを願っています。

粒子線治療

◆群馬大学—公開シンポジウム—

「重粒子線がん治療—群馬医療最前線—」の開催

群馬大学重粒子線医学研究センター長
小澤 滯司



平成20年7月10日、前橋市の群馬県民会館大ホールで、公開シンポジウム「重粒子線がん治療—群馬医療最前線—」が、群馬大学、群馬県、群馬県教育文化事業団の主催により、開催されました。

小澤 滯司 センター長 シンポジウムには県内外から1,200人の参加者があり、鈴木守群馬大学学長及び大澤正明群馬県知事による主催者挨拶の後、群馬大学の中野隆史教授より群馬大学・群馬県の共同事業として群馬大学に建設中の普及型重粒子線照射装置に関する詳しい説明が行われ、続いて、放射線医学総合研究所（放医研）の辻井博彦理事により、放医研における重粒子線がん治療の画期的な成果が紹介されました。



鈴木 守 学長



大澤 正明 群馬県知事

その後、県内の医療、行政、経済界等の代表6人によるパネルディスカッションが行われ、①群馬大学で普及型重粒子線照射施設が稼働することにより、群馬医療圏のがん治療の水準が飛躍的に向上することが期待できること、②しかし、施設を最大限効果的に活用するためには、大学附属病院、地域がん診療連携拠点病院、医師会等との密接な連携体制とともに、地域の患者さんに正確な情報を伝達するためのシステム作りが急務であること、③重粒子線照射施設を中心として、先進的医療・医学研究拠点を創出し、群馬県の文化、学術、及び経済の発展に結びつける方策を産学官連携によって検討すべきことなどについて活発な意見交換が行われました。



中野 隆史 教授

また、最後に会場の市民か



辻井 博彦 放医研理事

ら、がん医療に従事するすべての医療関係者に重粒子線治療の最新の成果を十分に周知させるべきであること、さらに、県外参加者から、今回のシンポジウムの講演内容を全国に知らせてほしいという提言があり、重粒子線治療への期待の大きさを改めて痛感するシンポジウムとなりました。



会場の様子



内容：

●基調講演

「重粒子線がん治療の成果と展望」 放医研理事 辻井博彦
「群馬大学及び群馬県連携による新しい重粒子線治療の展開」 群馬大学教授 中野隆史

●パネルディスカッション

「重粒子線照射装置を活用した先進的がん治療への期待」
パネリスト

群馬県医師会会長 鶴谷嘉武
前橋商工会議所会頭 曾我孝之
群馬県病院副管理者 小出省司
群馬県生活文化部長 小川恵子
群馬大学医学部附属病院腫瘍センター長 鹿沼達哉

コーディネーター

群馬大学理事（重粒子線医学研究センター長）
小澤 滯司

◆国内の粒子線がん治療の現状

わが国の粒子線がん治療施設の治療患者数および運用状況を以下に示す。

| 施設名 | 治療患者数 | 運用状況 |
|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 放射線医学総合研究所 ・炭素線 | 4,007人*1 | 先進医療 臨床研究 |
| 筑波大学 陽子線医学利用研究センター ・陽子線 | 1,327人 (旧施設合せ 2,027人) | 平成20年8 月より先進 医療に移行 臨床研究 |
| 国立がんセンター東病院 ・陽子線 | 594人 | 先進医療 |
| 静岡県立静岡がんセンター ・陽子線 | 656人 | 先進医療 |
| 兵庫県立粒子線医療センター ・陽子線 ・炭素線 | 1,914人 399人 | 先進医療 先進医療 |
| 若狭湾エネルギー研究センター ・陽子線 | 55人 | 臨床研究 |

*1 統計 平成20年6月4日

◆南東北がん陽子線治療センターの治療開始

南東北がん陽子線治療センターが、平成20年10月1日民間初の粒子線治療施設として開院し、10月17日には第1例目の前立腺がんの治療が実施された。同センターでは、各界からの来賓を迎え10月19日開設記念セレモニーを行った。



今後の治療予定として、平成21年2月より頭頸部がん、直腸がん術後骨盤内再発、脳の悪性腫瘍等、同年4月には肺・肝・骨・軟部・リンパ節の転移性腫瘍、非小細胞肺癌、肝がん、食道がんへと適応の範囲を広げる。

◆群馬大学 一重粒子線照射施設の建設進捗一

●建物

群馬大学医学部に建設中の重粒子線照射施設は順調に建設が進み、建築物の外壁化粧板の取り付けが終了した。

写真：平成20年7月下旬撮影



●加速器室

加速器室の中心には、重粒子（炭素イオン）を加速する直径約20mのシンクロトロン加速器が据え付けられる。この部屋から治療室へ重粒子ビームが輸送される。

写真：平成20年8月初旬撮影



●工期

- 平成 18 年 4 月建屋基本設計開始
- 平成 19 年 1 月装置契約
- 平成 19 年 2 月建屋着工
- 平成 20 年 9 月装置搬入
- 平成 21 年度中臨床試験開始



入射器の搬入・据付
工事が始まっている
写真：平成20年9月

◆新規の粒子線治療施設計画

名古屋市陽子線がん治療施設整備事業

名古屋市では、クオリティライフ 21 城北における陽子線がん治療施設整備事業が、民間の資金及び能力を活用した事業として実施されることが決定した。

これまでの経緯は、平成 20 年 4 月 16 日に入札公告があり、同年 5 月に参加表明のあった 2 グループから同年 6 月 25 日に入札書及び事業提案書の提出がなされた。

陽子線がん治療施設整備事業審議委員会が組織され、審査を経て総合評価により優秀提案者を選定し、同年 7 月 29 日に落札者を決定した。

今後の予定としては、今年 12 月に事業契約を締結後、設計・建設工事に着手する。治療開始は、平成 24 年度を予定している。

●陽子線がん治療施設の概要

- ・ 建築面積 約 3,000m²
- ・ 延べ面積 約 5,500m²
- ・ 階数 地下 1 階、地上 3 階
- ・ 照射室 ガントリー照射室 2 室
固定照射室 1 室
- ・ 加速器 シンクロトロン方式



名古屋市陽子線がん治療施設のイメージ図
(名古屋市より提供)

◆粒子線治療施設の工事着工

●メディポリス医学研究財団

粒子線がん治療研究センター

平成 20 年 7 月 6 日 南日本新聞 朝刊



メディポリス医学研究財団は、8月6日に機器メーカー、ならびに設計会社と業務委託契約を締結し、粒子線がん治療研究センターに導入予定の陽子線がん治療研究装置ならびに建築の基本設計と実施設計の発注を正式決定している。

南日本新聞の許諾を得て掲載

●福井県陽子線がん治療センター（仮称）



福井県立病院に併設される県陽子線がん治療施設の建設工事安全祈願祭が8月5日約50人の出席で、県立病院本棟北側の建設地で行われた。

小竹正雄県健康福祉部長がかま入れを行い、県議らが玉ぐしをささげた。

治療施設は平成 22 年 3 月に完成し、平成 23 年 3 月の治療開始を目指す。(写真：福井県提供)

中性子捕捉療法

第5回日本中性子捕捉療法学会学術大会に出席して

北海道大学大学院医学研究科
連携研究センター「フラテ」医学物理学部門
石川 正純

平成20年7月25、26日の両日、倉敷市芸文館アイシアターにて第5回日本中性子捕捉療法学会学術大会（大会長：川崎医科大学放射線治療学教室・平塚純一先生）が開催されました。

2日間で特別講演、教育講演8演題、一般講演24演題（臨床医学7演題、物理7演題、化学4演題、薬学6演題）が発表され、参加者123名（内、学生17名）と大変盛況でした。

まず、臨床医学分野からは悪性神経膠腫に対する各施設における治療成績を筆頭として、近年適用症例数の伸びが著しい再発頭頸部悪性腫瘍への治療成績などが報告されました。また、中性子捕捉療法の適用拡大を果たすべく、局所再発乳癌および原発性肝臓癌に対する臨床試験プロトコルの検討についても報告されました。

物理学分野からは、7演題中4演題が中性子捕捉療法専用加速器中性子源に関する演題であり、近年、各地で建築が進んでいる加速器の工事状況や、設計に関する詳細な検討について報告されました。中でも京都大学原子炉実験所で建設が進んでいるサイクロトロンBNCT専用加速器は、2009年1月に中性子の発生を目指しており、急ピッチで建設が進められています。現在、京大炉・原研4号炉ともに停止している状況が、加速器中性子源の実現を後押ししている形となっているとも言えます。また、新しい治療照射場の登場に備えて、治療照射場のQA/QC

プログラムを作成するという動きもあり、他の放射線治療法との足並みを揃えつつあります。

化学・薬学分野からは新規薬剤の開発や、ドラッグデリバリーシステムを利用した高濃度のほう素薬剤を腫瘍に効率よく取り込ませるための様々な工夫について報告されました。新規薬剤による腫瘍への高濃度集積が実現すれば、要求されている加速器の性能が実現されなかったとしても、加速器BNCTを行えることが期待されるだけに、安全かつ効率の良い薬剤開発に今後も注目が集まり、期待も大きいと思います。

今回の中性子捕捉療法学会で最も特徴的だと感じたのは、教育講演にて「NCTレビュー／各分野の現在地」と題した各分野における歴史と将来展望です。臨床・物理・薬学を代表する先生方から、それぞれの専門について興味深い講演を聴くことが出来て、大変勉強になりました。

また、特別講演では、「乳癌局所療法の変遷－中性子捕捉療法の可能性」として、乳癌の腫瘍発生学から標準的な治療法について紹介があり、中性子捕捉療法がどのように乳癌治療に貢献出来る可能性があるのかなど、大変ためになる内容となっていました。

最後になりますが、私は中性子捕捉療法がさらなる発展の可能性のある治療法と信じております。医師による適用拡大への努力、物理工学研究者による治療照射場の改善や新しい技術の開発、薬学者による新規ほう素化合物の開発やドラッグデリバリーシステムの実用化などによって、夢のあるほう素中性子捕捉療法が、難治性癌の治療を待っている患者の希望になることを祈っています。



会場では活発な質疑応答が行われました



多くの参加者が懇親会にて親睦を深めました

腺様嚢胞癌のほう素中性子捕捉療法体験記



齋藤 憲一さん（発病時 58 歳）
平成 20 年 6 月 26 日（17 ヶ月後）

1. がんの告知

平成 19 年 1 月 22 日、都立駒込病院で腺様嚢胞癌（左涙嚢）が見つかり、主治医から涙嚢切除、眼球摘出、入院期間は最低 1 ヶ月半から 2 ヶ月と診断されました。

思い返すと、左小鼻横を押すと痛みを感じるようになってから 1 年以上経っていた様に思います。その頃、涙嚢にはしこりがあり目もチカチカと痛み、開けているのが辛く感じられるようになっていました。

私は、展示会のブースの造作をミリ単位で作る施工職人であり、医師の診断結果は致命的な宣告でした。都立駒込病院の先生からは、セカンドオピニオンで他の治療法を探すよう勧められました。恐怖と絶望感に打ちのめされて、何処から手をつければ良いのか判らないまま友人知人に苦境を訴えました。知人がネットの中を四方八方探してくれ、医用原子力技術研究振興財団のホームページの内から大量のデータをダウンロードしてくれたので陽子線治療施設、重粒子線治療施設の病院に電話で相談しましたが、範囲が広いと言う事で皆断られました。

重粒子線治療のページの中に同名の癌が消えて行く CT 写真を見つけましたので、一縷の期待を抱いて医用原子力技術研究振興財団に電話いたしました。財団の松岡さんに大変迅速応答していただき、倉敷市にある川崎医科大学の平塚純一先生を紹介してもらいました。

2. ほう素中性子捕捉療法

この治療では、癌細胞に取り込まれ易く、正常細胞には取り込み難い特殊な薬剤に、ほう素を含ませたものが使われます。この特殊な薬剤を静脈より注射されると癌細胞に集積します。正常細胞と癌細胞との集積比が 2.5 倍以上であれば中性子捕捉治療の効果が期待できます。ほう素の集積比は ^{18}F -BPA・PET により調べられます。中性子を照射するとほう素が核分裂して出来た粒子線で細胞内の DNA をたたき、癌細胞を一網打尽にできる画期的な療法である事が理解できました。この様な治療が行われている事を初めて知りました。川崎医科大学の平塚先生は「ほう素中性子捕捉療法」の専門医でした。

3. 川崎医科大学

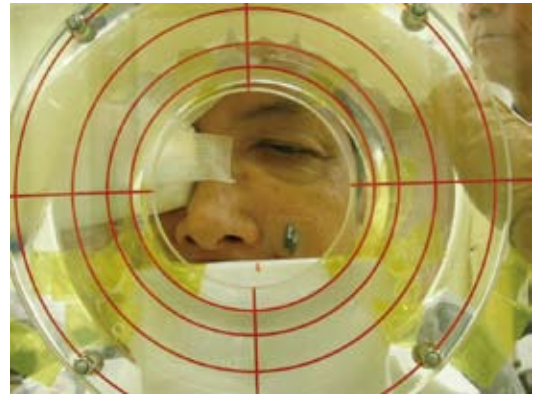
2 月 7 日、立会人の甥と共に川崎医大に向かいました。岡山駅で山陽新幹線から山陽本線に乗り換え倉敷方

面に3駅目の中庄駅で降り、数分歩いた小高い丘の上に病院は建っていました。

平塚先生に診察していただき、視力に関して「癌を治癒できる可能性は高いが、視力が保たれるという保証はできません」と言われました。PET検査の検査予約を取ってもらい20日に検査を受けました。検査の結果は集積比が3.5と出ました。その結果、2月27日に茨城県那珂郡東海村にある村立東海病院に1日入院し、28日に日本原子力研究開発機構の原子炉で照射し、そのまま川崎医大に戻り1週間入院する予定が組まれました。

4. 原子炉照射のリハーサル

治療前日、上野駅で平塚先生方と待ち合わせて常磐線にて日本原子力研究開発機構に直行し、治療のリハーサルを行いました。地下にはリハーサル室と大金庫を思わせる扉の付いた原子炉に通じる部屋の二つがあります。リハーサル室にはアルミの角パイプを組んだキャスター付きの椅子があり、これに座り丁度顔半分が入る楕円形の穴が開いた透明アクリの板に顔を付けて、椅子の高さ、顔の向きを調整して首から上を固定します。頭の後ろにマーキングが付けられ、数mmの動きが判るようにし、垂直の板に体をピッタリ押付けた格好にして固定します。平塚先生とスタッフ合わせて十数名の人々が慌ただしく働いてリハーサルは終了しました。



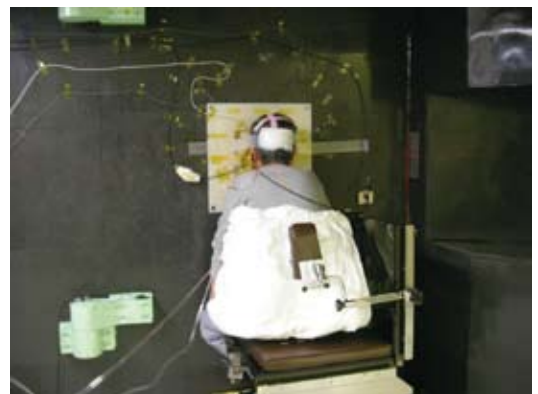
5. 照射当日

村立東海病院は新しく綺麗な病院でした。豪華な個室に泊まって翌朝救急車が迎えに来てくれたのには驚きました。

看護師長が原子炉に同行してくれ、1階の待機所でほう素の点滴を受けます。その後は前日の姿勢に固められて、点滴しながらBGMが流れる原子炉の有る部屋に入り壁の穴に顔を押し付け、静かに扉が閉まると、何も見えない穴を覗いて40分位我慢の時を過ごしました。

スタッフはモニターで見ていて、私が動くときマイクで指示が飛んできました。約2リットルの点滴で我慢できない尿意が襲いました。地下にトイレはありません。1階に上がるが、残留放射量測定検査があり、それでOKがでない限り外に出られません。トイレに駆け込みます。この時から1週間蓄尿が始まります。尿は捨てずに検査に廻されます。

帰り、なんら痛みも無く目もよく見え、ほっとしたのも束の間、東京駅に着いた頃から痛みが出て来ました。左顔面が我慢できない程ヒリヒリ痛いのです。痛み止めを貰い、手で摩りながら倉敷の病院にたどり着きました。



6. 川崎医科大学附属病院入院

入院して2日程気持が悪くて食事が出来ませんでした。顔は腫れて、目が涙でくっついて開かず、1週間で退院できるか疑問。涙が粘液質になり、左鼻孔で固まります。無理に掃除すると血が出ました。4日位すると大分良くなって来ました。食事が不味いです。味覚が無くなっていた事に後で気が付きました。

入院した川崎医大の13階はとても良い景色でした。山かげを山陽道が走り消えて行く、その先に瀬戸大橋があると教えてもらいました。若くて明るい看護師さんと雄大な景色に癒されて入院生活を送る事が出来ました。

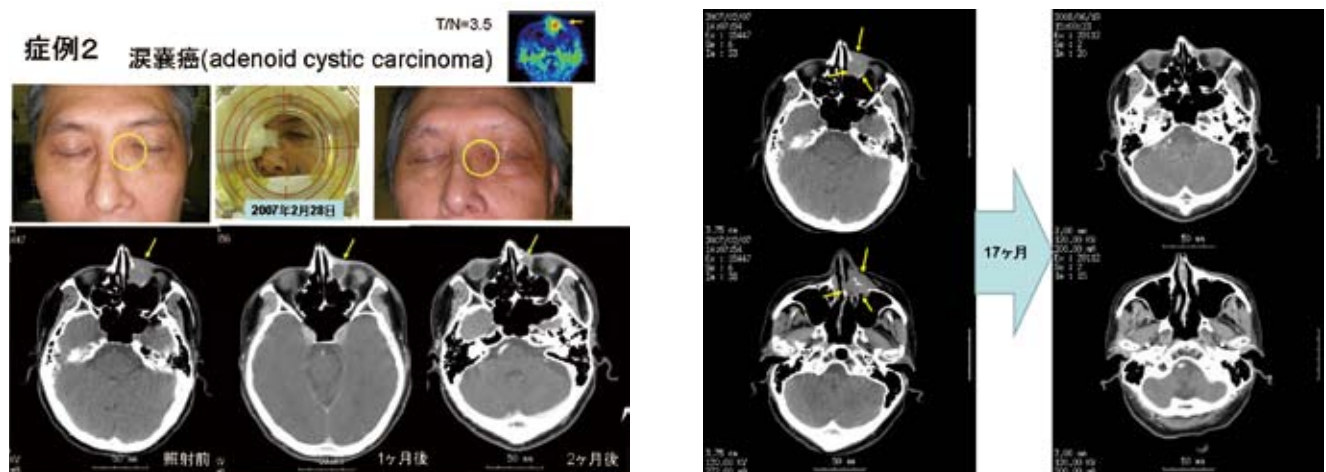
7. 奇跡の体験

東京に帰ってすぐに口内炎症状が始まりました。舌の半分に白苔が付き、砂糖以外の味が判りません。濃い味が舌に突き刺さり、歯ブラシが使えません。8ヶ月程で大分良くなりました。

現在3ヶ月に1度川崎医大に行きます。「1年しないと判らない」と言われましたが、CTから癌が消えて行きます。東京には平塚先生が紹介状を書いて下さり、ひき続き駒込病院に行っています。駒込病院で血液検査をしましたが腫瘍マーカーはマイナスになっていました。

帰ってすぐ仕事を始めました。目は都立駒込病院の眼科で見てもらっています。涙嚢が焼けて涙の出方がおかしいこと以外、治療前と視力は変わらず、良く見えます。現在は味覚障害も治りました。大した後遺症も無く1年10ヶ月経ちました。薬も飲まず、食事制限もありません。

切らずに直す、奇跡的な治療法です。都立駒込病院の先生はCTを見て「凄いね！凄いね！」と驚嘆しました。友人知人も驚嘆しました。ちょっと強ばり、時々痒い頬を撫でながら、奇跡の体験をした事を実感します。同時に私が発したSOSに迅速に答えてくれた方々に感謝感謝の日々を過ごしています。



左涙嚢に発生した涙嚢癌。¹⁸F-BPA・PETで3.5倍のほう素集積を認めた(最上段)。同部の圧痛を認め、わずかに隆起していた(上段左)。左涙嚢を中心に左眼球～鼻腔にかけて照射された(上段中央)。治療2ヵ月後には皮膚の紅斑(色素沈着)を認めるも治療前の隆起は消失していた(上段右)。CTで認められた腫瘍は2ヵ月後に著明な縮小を認めた(下段)。

治療前のCT写真と治療17ヶ月後のCT写真。CTで認められた腫瘍は画像上完全に消失している。



主治医

氏名 平塚 純一先生

専門 前立腺癌の放射線治療、癌の硼素中性子捕捉療法

所属 川崎医科大学放射線治療学教室 教授

お知らせ

◆文部科学省委託事業

「粒子線がん治療に係る人材育成プログラム」 平成 20 年度研修者募集のお知らせ

1. 事業目的

本事業は、粒子線がん治療に携わる専門的知識・技術を有し、今後、建設が予定されている粒子線がん治療施設で働く放射線腫瘍医、診療放射線技師、医学物理士の中核的人材の育成を目的としています。

2. 事業概要

本事業は、既存粒子線がん治療施設と、大阪大学並びに当財団を含む 8 機関の協働事業として、平成 19 年度から 5 ヶ年に亘って実施されます。

平成 20 年度から、本格的に、基礎研修講義、および各施設における実地研修 (On the Job Training ; OJT) が始まっています。

3. 育成方法

粒子線がん治療に係る人材育成プログラムは、基礎研修と OJT 研修で構成されます。

基礎研修は「医学の倫理」から「放射線管理」まで粒子線がん治療に関する全般的な基礎知識を習得することを目的として、医学、生物、物理など、粒子線に関係する幅広い講義が行われます。

OJT 研修は、基礎研修で得られた知識に基づき、粒子線がん治療に実際に関与できるように、粒子線がん治療施設で実習訓練が行なわれます。なお、実際の OJT 研修は、医師、診療放射線技師、医学物理士別々のカリキュラムで実施されます。

4. 募集

(1) 募集人員：

医師：若干名 標準研修期間 (1 年)
診療放射線技師：若干名 (6 ヶ月)
医学物理士：若干名 (2 年)
(但し、医学物理士は資格取得予定者を含む)

(2) 応募資格：

将来、粒子線治療に進むことが予定されている医師、診療放射線技師、医学物理士 (資格取得予定者を含む)。
但し、診療放射線技師の場合は、実務経験 5 年以上で、放射線治療の経験を有することが望ましい。

医学物理士の資格取得予定者の場合は、医学物理士受験資格を持つ者が望ましい。

(3) 研修料：無 料

(4) 期 限：平成 20 年 3 月 1 日より随時受付中

【申し込み先・問い合わせ先】

財団法人 医用原子力技術研究振興財団

調査部 萩原

〒105-0001 東京都港区虎ノ門 1-8-16 第 2 升本ビル

TEL : 03-3504-3961

FAX : 03-3504-1390

Email : kzhagiwara@nifty.com

編集後記

「医用原子力だより」の第 8 号を出すことになった。第 8 号の巻頭言に、京都大学原子炉実験所の代谷先生が書かれておられる様に、ほう素中性子捕捉療法の評価が近年高くなっている。私が医用原子力と関係することになったのも、中性子捕捉療法である。中性子捕捉療法も発展し、医用原子力技術研究振興財団が設立された。医用原子力だよりが、当財団の活動内容を紹介していただくことに、役立つことを願っている。

常務理事 安 成弘

「医用原子力だより」 第 8 号

平成 20 年 11 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」第 9 号は平成 21 年 6 月に発行の予定です

「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。

ANTM

検索