

《第5回 医用原子力技術研究振興財団 講演会》

原子力(放射線)利用技術の 医療への貢献

～人にやさしいがんの放射線治療～

講演要旨集



日時／平成20年12月11日(木)

場所／日本消防会館内ニッショーホール

主催/(財)医用原子力技術研究振興財団

■共催/国立がんセンター、(財)癌研究会

■後援/文部科学省、厚生労働省、経済産業省、原子力委員会、NEDO技術開発機構、東京都、港区、日本医師会、東京都医師会、港区医師会、日本原子力学会、日本癌学会、日本癌治療学会、日本医学放射線学会、日本放射線腫瘍学会、日本対がん協会、がん研究振興財団、日本原子力研究開発機構、放射線医学総合研究所、日本原子力産業協会、日本アイソトープ協会、NHK、ラジオ日本、朝日新聞、読売新聞、毎日新聞、日本経済新聞

第 5 回 医用原子力技術研究振興財団 講演会 開催趣旨

当財団は、原子炉や加速器等から発生する粒子線を用いた先端のがん治療をはじめとする、各種放射線による疾病の治療並びに診断等、医用原子力技術の研究を推進するとともに、その普及を図り、もって人類の福祉向上に寄与することを目的に設立されました。

当財団では、原子力（放射線）利用技術の医療分野への貢献が国民生活に身近なものであることを内容とした「人にやさしいがんの放射線治療」をテーマとして、高度 X 線治療、粒子線がん治療、中性子捕捉療法を平易且つ啓発的に広く一般の方々にも紹介するとともに、併せて、がん治療に係る高額医療費の還付制度、医療費控除などの医療制度や仕組みについて紹介することを目的として標記の講演会を企画しました。

放射線の利用技術が診断・治療に応用されることにより、原子力の有用性がエネルギー分野のみならず、医療の分野でも大きく認められつつあります。国民の医療福祉を実質的に向上させることを目的として開催いたします。

平成 20 年 12 月
財団法人 医用原子力技術研究振興財団

プログラム

《第5回 医用原子力技術研究振興財団 講演会》 原子力（放射線）利用技術の医療への貢献 ～人にやさしいがんの放射線治療～

13:00～13:10 開会挨拶 (財) 医用原子力技術研究振興財団 理事長 **森 亘**

13:10～14:40 第1部 座長：(財) 癌研究会 理事 **武藤徹一郎**
テーマ 放射線によるがん治療
－がんの放射線治療について－ 講師：(財) 癌研有明病院 副院長兼放射線科 部長 **山下 孝**
－陽子線治療について－ 講師：国立がんセンター東病院粒子線医学開発部 部長 **荻野 尚**
－重粒子線治療の現状について－ 講師：(独) 放射線医学総合研究所 重粒子医科学センター長 **鎌田 正**

14:40～15:10 第2部 座長：愛知県がんセンター 名誉病院長 **森田 皓三**
テーマ がん医療の仕組み
がんと診断されたらどうする 講師：国立がんセンター中央病院 病院長 **土屋 了介**

15:10～15:30 休憩 (20分)

15:30～16:00 第3部 座長：国立病院機構 香川小児病院 病院長 **中川 義信**
テーマ 期待される放射線療法
ほう素中性子捕捉療法 講師：筑波大学大学院人間総合科学研究科 疾患制御医学専攻（脳神経外科）教授 **松村 明**

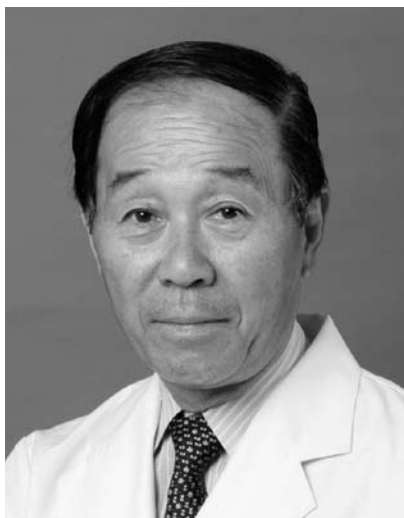
16:00～16:50 第4部 座長：愛知県がんセンター 名誉病院長 **森田 皓三**
質問コーナー

会場より講師の先生方へ寄せられました質問に答えていただきます。

16:50～17:00 閉会の挨拶 (財) 医用原子力技術研究振興財団 常務理事 **平尾 泰男**

後援団体

文部科学省、厚生労働省、経済産業省、原子力委員会、NEDO 技術開発機構、東京都、港区、日本医師会、東京都医師会、港区医師会、日本原子力学会、日本癌学会、日本癌治療学会、日本医学放射線学会、日本放射線腫瘍学会、日本対がん協会、がん研究振興財団、日本原子力研究開発機構、放射線医学総合研究所、日本原子力産業協会、日本アイソトープ協会、NHK、ラジオ日本、朝日新聞、読売新聞、毎日新聞、日本経済新聞



○放射線によるがん治療

第一部

座長

武藤 徹一郎 先生

(財) 癌研究会 理事

武藤 徹一郎 (むとう てついちろう)

- 学 歴：** 昭和 38 年 東京大学医学部卒業
 昭和 39 年 東京大学医学部附属病院インターン修了
 昭和 43 年 東京大学大学院第三臨床医学課程修了医学博士
 昭和 45～47 年 WHO 奨学生としてロンドン St. Mark 病院に留学
- 職 歴：** 昭和 56～57 年 大森赤十字病院外科部長
 昭和 57～平成 3 年 東京大学医学部第一外科助教授
 平成 3～11 年 東京大学医学部第一外科教授
 平成 5～7 年 東京大学医学部附属病院院長
 平成 8～11 年 東京大学医科学研究所教授・臓器移植生理学研究部長併任
 平成 11 年～ 財団法人癌研究会附属病院副院長
 平成 11 年～ 東京大学医学部名誉教授
 平成 14 年～ 財団法人癌研究会附属病院院長
 平成 17 年～ 財団法人癌研究会有明病院院長 (移転)
 平成 20 年 4 月 1 日より、メディカルディレクター、名誉院長就任
- 役 職：** 東京大学名誉教授 対がん協会副会長 NPO 法人健康医療開発機構理事長
 財団法人癌研究会理事 東京地域チーム医療推進協議会 (TeamNET) 理事長
 医療法人社団混志会理事 財団法人佐々木研究所理事
 大腸癌研究会名誉会長 日本外科学会名誉会長
- 賞 罰：** 平成 5 年高松宮妃がん研究基金学術賞受賞
 平成 13 年 MAX SIURALA AWARD (フィンランド消化器病学会)
 平成 15 年内視鏡医学研究振興財団 顕彰
 平成 17 年第 11 回中山恒明賞受賞

—がんの放射線治療について—

(財) 癌研有明病院 副院長兼放射線治療科 部長
山下 孝 先生

がん治療の3本柱である手術、化学療法、放射線治療の中で放射線治療は欧米に比べて、利用度が低いことが指摘されています。最近、その利用頻度が増えたとはいえ欧米では60%を超えたといわれる中で、いまだ30%に届いていません。昨年制定された「がん対策基本法」の中でも化学療法の普及と同時に放射線治療の普及によるがん治療の「均てん化」が謳われています。放射線治療に携わる放射線腫瘍医、医学物理士、放射線治療専任診療放射線技師の育成などと同時に最新の治療機器の普及も必要です。

放射線治療をその放射線の種類で分けると「エックス線またはガンマー線」と「粒子線」治療に分けることができます。ガンマー線とエックス線の性質は同じですが、発生の仕方が違います。すでに使われなくなりつつあるコバルト60遠隔照射装置は放射性物質から放出されるガンマー線を利用します。一方、最も使われているエックス線は、現在ではそのほとんどがリニアックといわれる直線加速器から発生されます。加速機器の進歩は著しく加速管の小型化、高精度化は治療方法の進歩に大きく貢献しています。進歩した項目を分けてみると以下のようになります。それぞれについて簡単に説明します。

1. 画像診断の進歩 – PET、PETCT

がんの機能診断が可能なPET、PETCTは病気の広がり、治療効果の判定、再発病巣の有無などその利用度はますます広がっている。正常組織の機能診断を利用した最適な照射方法も行われている。

2. 治療計画装置の進歩 – 3次元治療、4次元治療、IMRT

治療すべき部位の同定と一定線量以上の照射すべきでない正常組織の決定などを行ったうえで、3次元的に照射方法を検討されるようになってきている。同一照射野内の線量強度を変えて照射するIMRTはその適応範囲をどんどん広げている。

3. 位置合わせの進歩 – FOCAL システム、CBCT、IGRT

CTのリニアックとの同室設置、治療用エックス線によるCTなどによる治療部位の設定精度の向上は腫瘍部位への線量集中度を向上し、がん周囲正常組織への被曝線量を確実に減らして、腫瘍制御率を向上させている。

4. 患者固定法の進歩 – シェル、固定台など

患者固定方法も簡便になり確実に進歩している。

5. 呼吸同期照射法の進歩 – 待ち伏せ照射、追尾照射

わが国で始まった呼吸同期照射は待ち伏せ照射から呼吸追尾照射へと発展している。

6. 短期間照射法の進歩 – 定位照射

がん周囲の正常組織への照射線量の減少と共に分割照射法に変化をもたらし、照射期間の短縮がいろいろな部位で始まっている。

7. 新しい治療機器の発展

最後に、新しい治療装置としてガンマーナイフ、サイバーナイフ、トモセラピー、ラピッドドアーキ、などが使用されています。それらについても簡単にお示しします。



山下 孝 (やました たかし)

昭和 19 年 8 月 5 日生

昭和 45 年 3 月 26 日 京都府立医科大学卒業

昭和 45 年 4 月 1 日 東京女子医科大学附属病院研修医、放射線科勤務

昭和 49 年 10 月 1 日 東京慈恵会医科大学助手、放射線医学教室勤務

昭和 53 年 9 月 1 日 米国 Harvard 大学へ留学 (1 年間)

昭和 63 年 6 月 1 日 癌研病院放射線治療科部長 現在に至る

平成 12 年 7 月 1 日 東京慈恵会医科大学客員教授 現在に至る

平成 19 年 2 月 1 日 癌研有明病院 副院長 現在に至る

* 日本放射線腫瘍学会 元会長

* 重粒子治療ネットワーク会議計画部会長

* 日本放射線腫瘍学会認定医

—陽子線治療について—

国立がんセンター東病院粒子線医学開発部 部長
荻野 尚 先生

陽子線治療とは？

陽子線治療とは陽子線というなまへの放射線を用いた放射線治療のひとつです。現在もっとも普及している放射線治療装置はリニアックで、この装置で発生させたX（エックス）線を用いて治療します。X線の体内での吸収は表面に近いところで高く、深くなるにつれて徐々に減少し、体を突き抜けてしまいます。ところが陽子線は体内での吸収の分布がX線と大きく異なります。陽子線は体内に入射されても表面近くではあまり吸収されません。体内で次第に速度を落としますが、止まる直前に一気にエネルギーを放出し、周囲の組織はそのエネルギーを吸収します。これをブラッグピークと呼びます。がん病巣がこのピークの深さにあれば、周囲の正常組織への影響を最小限で済ますことが可能で、効率よく病巣部のみ放射線を照射することができるわけです。実際にはがん病巣はある程度の大きさがありますので陽子線を調整してピークの幅を広げる必要があります（これを拡大ブラッグピークと呼びます）。また、体の表面から病巣部まで距離はさまざまですので、このブラッグピークは治療毎に変えなければなりません。陽子線は加速エネルギーを変えることによって深さの調節ができます。また、がんの大きさもそれぞれ違うのでピークの幅を変える必要がありますが、これも陽子線では可能です。このような放射線ビームの加工はX線ではできないことなのです。ただし、設備はリニアックより大型のものとなります。

陽子線治療の利点は？

陽子線治療ではがん病巣のみを狙った効率の良い放射線治療ができます。したがって、ねらった病巣部へ今まで以上の大量の放射線を照射できます。その結果として従来の放射線治療では治癒しきれなかった難治がんでも治癒の可能性がでてきます。また、ある一定の深さまでしか到達しませんので、放射線に弱い臓器ががんに近接して存在しても、安全に治療することができます。さらに周囲の正常組織への放射線量を減らすことが可能ですので、副作用が少なく、外科治療では大きなリスクが予想される高齢者のがんなどについてもクオリティ・オブ・ライフの高い治療が可能となります。

どのようながんが陽子線治療の適応ですか？

陽子線治療は万能ではありません。転移のある進行したがんでは適応は困難です。照射範囲が非常に広くなり、陽子線のメリットである線量集中性が発揮できませんし、病巣も大きいことがおおくなり、治癒せしめるだけの放射線量を照射しづらくなります。遠隔臓器（脳・骨・肝臓など）へ転移がある場合には陽子線治療の適応とはなりません。病期のI期・II期といった進行していない

がんがもっともよい適応です。また、他の臓器原発のがんがある臓器に転移をした「転移性がん」については、陽子線治療の適応はかなり制限されます。

陽子線治療はどのように行うのですか？

まず、治療を行うための準備を行います。体を固定するための固定具を作成します。その次に治療の時と同じ姿勢でCTを撮影します。患者さんの方の準備作業はこれで終わりです。医師、医学物理士、放射線技師はそのCTをもとに治療の計画を立てます。治療計画が立てられると患者さん専用のコリメータ、ボラスと呼ばれる器具が工作機械を用いて作製されます。照射する線量のチェックを行ってから実際の治療が開始されます。治療回数は病気などによって異なりますが、通常平日（月～金）の毎日、1日1回、合計で10～30数回の照射を2～8週間かけて行います。基本的に陽子線治療は入院の必要はありません。通院できる方は通院で治療した方がよいと思います（それだけ治療中の副作用は少ないということです）。



荻野 尚（おぎの たかし）

出身：新潟県新潟市
学歴：昭和57年3月 千葉大学医学部卒業
職歴：昭和57年4月 千葉大学医学部付属病院 放射線科研修医
 昭和58年8月 国保君津中央病院 放射線科医員
 昭和60年10月 国立がんセンター病院 放射線治療部医員
 平成4年7月 国立がんセンター東病院 放射線部医長
 平成14年10月 国立がんセンター東病院 陽子線治療部長
 平成17年10月 国立がんセンター東病院
 臨床開発センター粒子線医学開発部長
専門：放射線腫瘍学

—重粒子線治療の現状について—

(独)放射線医学総合研究所 重粒子医科学センター長
鎌田 正 先生

原子核あるいは原子核を構成する粒子を光速近くまで加速したものは粒子線と呼ばれ、照射された物質や細胞にさまざまな変化を与えることが可能となる。粒子線の中でも原子番号が2より大きな原子の原子核を加速したものは重粒子線と呼ばれる。この重粒子線は加速された速さに応じて一定の深さで大量のエネルギーを一気に放出し停止し、それより先にはほとんど影響を及ぼさない性質がある。それと同時にその停止付近での生物効果は従来の放射線に比べると数倍強いとされている。このような重粒子線の特長を利用すれば体の奥深くにあるがんでも切らずに治すことが期待できる(図1)。放射線医学総合研究所(放医研)では1994年以来、様々ながんにおいて炭素原子核を加速した重粒子線(炭素線)を安全かつ有効に使うための臨床研究を行ってきた。そのために各臓器あるいは疾患毎の専門家グループによる臨床試験プロトコルの作成から結果の評価までを客観的に行うシステムを構築している。このシステムにより炭素線を用いた臨床試験はこれまでに50近くが実施されており、これらを通じて個々の疾患に適した線量分割法の開発や、呼吸同期照射法など照射技術の開発、およびPETを中心とした新しい画像診断法の治療への応用などが行われて来た。その結果、手術困難な骨軟部肉腫や直腸癌の術後局所再発などの難治性がんを治癒に導くことが可能となり、前立腺、頭頸部、肺、肝臓などのがんでは、同じ治すにしてもより短期間で安全に治せることなどが明らかとなっている。これらの研究成果は20を超える英文原著論文として海外の有力雑誌に発表され、炭素線治療の重要なevidenceとなっている。2003年には放医研における炭素線治療は(高度)先進医療として承認され、治療患者数は年を追うごとに増加し、最近では年間700名近くとなっている。2008年8月までの炭素線治療総数は、世界4施設で5000名程度になるが、その更なる普及を目的とした炭素線治療装置の小型化研究の結果、サイズ、費用ともに現在の装置の約3分の1が実現され、その実証機が2009年度の治療開始を目指して群馬大学で建設中である。また、ドイツ、イタリア、フランスなどヨーロッパ先進国を中心に炭素線治療装置が複数建設中で、炭素線治療は安全・確実ながん治療法としての地位を確立しつつある。これは放医研において行われてきた炭素線治療の成果が海外においても認められ、重要ながん治療の一つとして認知されたことを示すものである。現在、さらに放医研では次世代の炭素線照射装置の実現に向けて、呼吸移動に対応したスキャニング照射装置および回転ガントリー照射装置の開発のための要素技術研究が実施されている。これらは、これまでの常識を覆すような低価格化を目指したものとなっている。一方、炭素線など粒子線治療の実施には専門的知識を持った幅広い人材の確保が不可欠であり、そのための人材育成プログラムが策定され、本年度より国内の粒子線治療施設が中心となって開始されている。

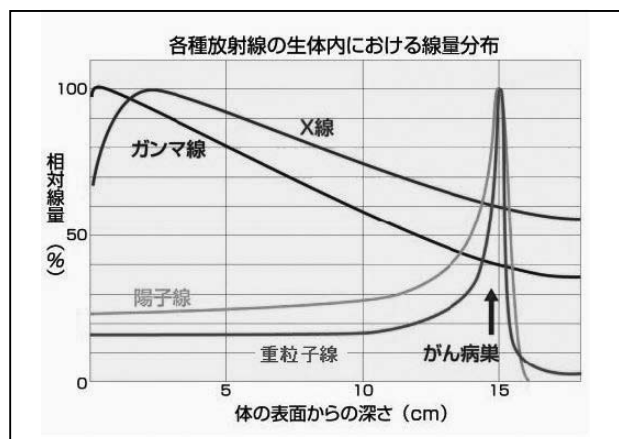


図 1

重粒子線はそのエネルギーによって人体内に入る深さ（飛程と呼びます）が定まり、その飛程の終端近くでエネルギーを急激に放出して止まります。この現象はブラッグ・ピークと呼ばれています。加速器を用いて粒子のエネルギーを調節し、腫瘍の部分で粒子が止まるようにすれば、この現象を利用して体表面から照射の道筋にある正常な細胞にあまり影響を与えず、腫瘍細胞だけを殺傷することができます。

放射線の種類と体内における線量分布（放射線の強さの変化）をグラフに示すと図1のような特性となります。



鎌田 正（かまだ ただし）

現 職：（独）放射線医学総合研究所重粒子医科学センター長

専 門：重粒子線医学

昭和 54 年 北海道大学医学部医学科卒業

平成 6 年 放射線医学総合研究所重粒子治療センター治療診断部治療課医長

平成 13 年 放射線医学総合研究所重粒子医科学センター診断課臨床検査室長
千葉大学大学院医学研究院准教授併任

平成 15 年 放射線医学総合研究所重粒子医科学センター病院治療課長
重粒子線がん治療臨床試験プロジェクトリーダー併任

平成 18 年 放射線医学総合研究所重粒子医科学センター臨床治療高度化研究グループリーダー併任
診断・治療高度化研究グループリーダー併任

平成 20 年 放射線医学総合研究所重粒子医科学センター長
診断・治療高度化研究グループリーダー併任



○がん医療の仕組み

第二部

座長

森田 皓三 先生

愛知県がんセンター 名誉病院長

森田 皓三 (もりた こうぞう)

- 生年月日：** 昭和9年2月生
- 出身地：** 三重県桑名市
- 現職：** 愛知県がんセンター名誉病院長（岐阜県土岐市立総合病院放射線科嘱託）
- 学歴・学位：** 昭和33年3月 名古屋大学医学部卒
昭和40年11月 医学博士 名古屋大学
- 職歴・研究歴：** 昭和34年4月 名古屋大学医学部放射線医学教室入局
昭和34年7月 名古屋大学医学部放射線医学教室助手
昭和41年7月 文部省在外研究員として、西ドイツ・ハイデルベルク大学医学部放射線医学教室助手（2年間）
昭和43年7月 名古屋大学医学部放射線医学教室講師
昭和46年2月 愛知県がんセンター放射線治療部長
平成4年4月 科学技術庁放射線医学総合研究所重粒子治療センター長
平成6年7月 愛知県がんセンター病院長
平成9年3月 愛知県がんセンターを定年退職
平成9年4月 岐阜県土岐市立総合病院放射線科嘱託
- 専門：** 放射線治療
- 賞罰：** 平成19年4月 瑞宝小綬賞受賞
- 学会会員：** 日本医学放射線学会・日本放射線腫瘍学会名誉会員・日本癌治療学会特別会員

がんと診断されたらどうする

国立がんセンター中央病院 病院長
土屋 了介 先生

1. 「がん」という病気の特徴

人の体は細胞という単位から構成されています。多くの細胞は新しい細胞に置き換えられますが、その数が一定になるように制御されています。「がん」は自分の細胞が異常な状態になり、制御が効かなくなった異常な細胞（がん細胞）が増殖して固まり（腫瘍）を作る病気です。白血病などの血液のがんは固まりは作りませんが、同様に異常な細胞（がん細胞＝白血病細胞）が増える病気です。血液のがんを除いては腫瘍を作ることから「形態学的疾患」と呼ばれます。一方、いわゆる成人病と呼ばれる糖尿病、高血圧、肝炎、脳梗塞、肺気腫、慢性気管支炎、腎炎などは内臓の機能が損なわれることによって起こる病気ですので「機能的疾患」と呼ばれます。機能的疾患は症状が出ることによって治療が必要になり、的確な治療によって治すことが可能です。これに対しほとんどの「がん」は症状が出てからでは治すことができず、健康な人が定期的ながん検診を受け無症状の時に発見しないと治療できないといわれています。

2. がんの診断

「がん」は異常な細胞：がん細胞によって起こりますので、がん細胞の存在を顕微鏡で確かめる（確定診断：確診）ことによって「がん」と診断されます。最近では、CT、MRI、PETなどの診断機器の進歩によって画像診断によってかなりがんと「確信」が持てる診断ができるようになりましたが、これらの画像診断ではがん細胞の確認はできませんので「がん」との確定診断＝確診とは言えません。画像診断でのがんと診断はあくまでも「がんの疑い」の診断と考えることが必要です。この食い違いの存在が効果のない民間療法や「インチキ療法」の潜り込む原因となりますので、ご注意ください。

3. がんの進行と治療法：治るがんと治らないがん

検診によって発見されるがんの多くは手術や放射線治療など局所治療と呼ばれる方法で完全に治すことができます。しかし、残念ながら、検診も完璧ではありませんので検診によって差はありますが、発見時に既に進行癌で治すことが困難なことがあります。進行癌に対しては、手術や放射線治療に加え化学療法の適応となり、治す努力がされています（臨床試験）が、多くの進行癌では、がんの勢いを一時的に抑えるのが治療の目的となります。

4. がんの治療と費用

がんの治療は以前には入院が必要とされてきましたが、最近では、放射線治療や化学療法の多く

は外来で行われるようになりました。化学療法で長時間の静脈注射や副作用のコントロールが難しい場合には入院して治療が行われます。手術は手術後の処置が多いので入院を必要としますが、手術方法の定型化や手術後の管理の改善によって入院期間は急速に短くなっています。極めてまれですが日帰り手術も行われるようになりました。

手術と入院に要する費用は病状によって変化しますが、順調に行った場合の一般的な状況では、胃がんで総医療費が約 77 万円、肺がんで約 76 万円、直腸がんや肝がんで約 89 万円です。保険の自己負担 3 割では退院時の窓口での支払いは約 23 万円から約 27 万円が必要になります。高額療養費制度がありますので、約 8 万円を超える費用は後で保険者より戻されます。これらの費用以外に食事代として 1 日 640 円が必要とされ、自己負担 3 割では 1 日 260 円となります。

また、差額病室の費用は自己負担になりますので、これらの健康保険の対象にならない療養費用や、家族の手術前後の来院による費用の負担に備え、最近では民間保険に入られる方が増えています。

5. 治療後の自宅療養と社会復帰

手術や放射線治療あるいは化学療法の終了した後も治療による影響からの回復に時間がかかるために、以前では療養のために自宅近くの病院に転院し、その後自宅に帰られる方法も多くとられていました。しかし、治療後には早期離床が治療に伴う合併症の発生を低減させることが明らかとなり、早期の退院が良いとされ、治療後は入院でなければできない処置がなくなり次第退院し、直接自宅に帰るのが当たり前になり、自宅では可能な限り通常の日常正確に戻り、より早い社会復帰が良いとされ、実行されています。

6. 緩和医療と終末期医療

早期の退院や社会復帰には治療に伴う症状の緩和が欠かせません。症状を緩和することにより効果的に治療が行われ治癒に結びつきます。したがって、従来はいわゆる積極的治療の実施が困難となった末期がんに対して緩和医療が適応されてきましたが、最近では、治療開始と共に緩和医療の関与が必要と考えられ、がんに対する直接的な治療と緩和医療とは並行して行われるものであり、患者の症状や状況に合わせて両者の関与を調整するのが良いとされています。

したがって、緩和医療と終末期医療とは区別され、終末期医療については患者さんの希望に沿って、見取りの場所を病院や施設が良いのかあるいは自宅を希望されるのかによって、医療機関のみならず介護制度とも連携して在宅での緩和医療や見取りが行われるようになっていきます。

7. 家族の役割とボランティア

21 世紀のがん医療は患者中心で行われるといわれ、医師、看護師、薬剤師、技師、医療社会事業士、栄養士など多職種によって構成されるチーム医療の時代と言えます。さらに、介護まで加えたチームによる支援が試みられています。しかし、どのように制度が整っても、家族による心の支えは医療従事者や介護者で置き換えることができない部分があります。したがって、家族といわゆるがん経験者やがん患者の理解者によるボランティアの役割はより大きなものになってきています。こと

にボランティアは、今後、患者のQOL（生活の質）の向上のためにさらに活躍の場が広がると期待されます。

8. お見舞いの是非

がんに対する直接的な治療のための入院期間が著しく短縮したために、昔の療養という言葉から受けるゆったりと時間が経過する入院生活のイメージとは程遠いものになりました。したがって、同居している家族や心の支えになる家人の来院はより強い援護となります。しかし、毎日が治療に忙しい日々の繰り返しですので、突然の職場の上司や友人の見舞いは患者の負担になることも多く経験されます。したがって、見舞いは、本人あるいは家族家人からの希望があった場合に限るのが良いと言えます。「行かぬが最高の見舞い」と言えます。

自分の大腸がん手術での入院の経験からは、家族家人以外の見舞いは迷惑でありました。それに比べ、手紙は自分の体調に合わせて拝見できるので非常に嬉しかったと記憶しています。



土屋 了介 (つちや りょうすけ)

生年月日： 昭和21年1月16日
現職： 厚生労働技官・国立がんセンター中央病院 病院長
略歴： 昭和45年 慶応義塾大学医学部卒業
 昭和45年 日本鋼管病院外科
 昭和48年 国立がんセンター病院レジデント
 昭和54年 国立がんセンター病院外科医員
 平成3年 国立がんセンター第一病棟部長
 平成14年 国立がんセンター中央病院副院長
 平成18年 国立がんセンター中央病院病院長 現在に至る

平成7年6月～平成13年6月 医師国家試験委員
 平成13年6月 医道審議会専門委員
 平成18年12月～平成19年3月 新健康フロンティア
 戦略賢人会議委員

学位： 東京医科大学医学博士 平成7年
専門領域： 胸部外科学 特に進行肺がんの手術・集学的治療・周術期管理、胸部診断学
賞罰： 昭和59年 田宮賞（国立がんセンターより「心大血管外科的手術手技の肺癌外科への導入」に対し授賞）
 昭和62年 刀林賞（慶応義塾大学外科同窓会より雑誌モダンメディスン連載「肺癌を読む」に対して授賞）
所属学会： 理事 日本肺癌学会
 編集委員 Annals of Thoracic Surgery
 評議員 日本呼吸器外科学会、日本呼吸器内視鏡学会、日本胸部外科学会、日本癌学会、日本肺癌学会
会員： 日本外科学会、日本癌治療学会、日本臨床外科学会、International Association for Study of Lung Cancer, World Association for Bronchology, Society for Thoracic Surgeons(U.S.A.), General Thoracic Surgical Club (U.S.A.)



○期待される放射線療法

第三部

座長

中川 義信 先生

国立病院機構 香川小児病院 病院長

中川 義信 (なかがわ よしのぶ)

昭和50年	3月	徳島大学医学部医学科卒業
	4月	徳島大学医学部脳神経外科学教室入局
昭和50年	5月	徳島大学医学部附属病院医員に採用
昭和50年	12月	国立療養所香川小児病院 脳神経外科医師に採用
昭和52年	2月	国立善通寺病院脳神経外科外科医師に採用 香川小児病院併任
昭和53年	4月	徳島大学医学部附属病院医員に採用
昭和53年	7月	徳島大学医学部附属病院助手に採用
昭和54年	10月	徳島大学医学部専攻生 研究に従事
昭和56年	7月	健康保険鳴門病院脳神経外科 医長に採用
昭和57年	7月	西ドイツベルリン自由大学神経病理研究所へ留学
昭和59年	6月	帰国
昭和61年	4月	徳島大学医学部講師 (大学院医学研究科を担当) に昇任
昭和62年	4月	国立療養所香川小児病院脳神経外科医長に転任
	同	国立善通寺病院脳神経外科併任
平成12年	4月	国立療養所香川小児病院副院長に昇任
平成15年	10月	国立療養所香川小児病院 院長に昇任
平成16年	4月	独立行政法人国立病院機構香川小児病院 院長

常勤講師等

徳島大学医学部 非常勤講師 (脳神経外科)	昭和62年4月—現在
日本原子力研究所 東海研究所 嘱託	平成08年4月—平成19年3月
広島大学原爆放射能医学研究所附属国際放射線情報センター講師 (併任)	平成12年4月—現在
徳島大学医学部臨床教授	平成15年4月—現在
東京慈恵会医科大学小児脳神経外科客員教授	平成15年5月—現在

その他

平成6年11月	徳島大学医学部研究奨励賞を授与
平成7年度	公益信託エム・アイ・ユー財団記念基金 授与 研究テーマ：脳腫瘍に対する熱中性子捕捉療法—治療適応の拡大に関する研究
平成9年度	母子健康協会小児医学研究助成金 授与 (財団法人 母子健康協会) 研究テーマ：小児脳幹部腫瘍に対する熱中性子捕捉療法
平成14年	第10回国際中性子捕捉療法学会 HATANAKA 賞 受賞
平成16年	国際中性子捕捉療法学会 会長 (第12回国際中性子捕捉療法学会主催 2006年10月まで)

ほう素中性子捕捉療法 (BNCT) — 一次世代の粒子線治療をめざして —

筑波大学大学院人間総合科学研究科 疾患制御医学専攻 (脳神経外科) 教授
松村 明 先生

1. がんの放射線治療

3大疾患といわれる「癌」、「脳卒中」、「心臓病」の中で「癌」は最近の高齢化社会において増加しており、死因の第一位を占める国民病です。癌治療では「手術」、「放射線治療」、「抗癌剤治療」が中心となっており、その他に最近では免疫治療も発展してきています。

放射線治療は「切らさずにおす患者にやさしい癌治療」として注目を浴びており、手術を行わずに放射線治療が選択されるケースも増えています。放射線治療は通常はX線を用いて1回に約2 Gy (グレイ)といわれる線量を30回程度行い、トータルで約60Gy照射して腫瘍の縮小効果を期待する治療法です。

最近では陽子線、カーボンビームといった粒子線治療の施設も増えており、「先進医療」として扱われています。粒子線は線量を腫瘍により集中しやすいのが特徴であり、相対的生物学的効果比 (RBE)といわれる効果の強さについても陽子線ではX線に較べて1.1倍程度ですが、カーボンビームではX線の約3倍高く、高い治療効果が期待できます。

2. ほう素中性子捕捉療法の原理と利点

ほう素中性子捕捉療法 (Boron Neutron Capture Therapy: BNCT) は名前に含まれる「中性子」という言葉から「中性子線治療」と誤解されることもありますが、実際にはほう素 (^{10}B) とそれ自体では治療効果のない弱い中性子 (専門用語では熱中性子あるいは熱外中性子とよばれる) がぶつかって起こる核反応によって生じる強力なアルファ粒子線を使って癌細胞だけに粒子線治療を行う方法です。したがって、これまでの放射線治療とはやり方が全く異なるユニークで非常に体に優しい治療法です。治療時間も通常の放射線治療の約30日ではなく、1日ですべての治療が終わってしまいます。

専門的な式になりますが、ほう素 (^{10}B) と中性子 (n) の核反応は以下のようになります。



つまり、ほう素を含む薬剤を患者さんに投与して、癌細胞に集まった頃を見計らってそこに中性子を照射すると癌の中で核反応が起きてがん細胞を強力な粒子線で死滅させることができます。このときに生じるアルファ粒子線はカーボンビームと同程度の強力な生物学的効果を持つとともに、体のなかでは約10ミクロンという距離しか飛ばないため、ほう素薬剤があまり入っていない正常の体の部分には影響がきわめて少なく、癌のみをピンポイントでやっつけることができます。

最近では、他の放射線治療装置もミリメートル単位でピンポイントの治療を行うことができるようになってきましたが、中性子捕捉療法の場合にはこれらと較べて細胞レベルのミクロン単位での

ピンポイント治療ができます。また、癌が固まりではなく、離れたところに散らばっている場合でもほう素薬剤が癌細胞に入っていれば飛び散った癌細胞にも治療を行うことができます。

3. ほう素中性子捕捉療法の課題と将来の展望

このようにほう素中性子捕捉療法は理想的な治療とされていますが、実際には治療に適した中性子は今のところ茨城県東海村と大阪府熊取町の2箇所の研究用原子炉でしか得られず、治療できる患者さんの数が極端に制限されています。このことにより、ほう素薬剤もマーケットが極端に小さくてなかなか製品化されません。

医薬品としての治験を行うためには膨大な開発費がかかるので、原子炉で細々行っているような状況では状況が厳しく、大勢の患者さんに使える薬でないとなかなか製薬会社も治験を行うことができず、最近の薬剤研究の進歩の恩恵に預かることもできませんでした。

最近、次世代の粒子線治療として注目が高くなってきたため、原子炉の代わりに病院の放射線治療で用いるような小型加速器で中性子を出せるような治療用加速器の研究も盛んになってきており、そのような機器が病院に導入されて患者さんが増えれば大勢の患者さんの命が救えることが期待されます。このような追い風もあって、最近では新しいほう素薬剤の研究もどんどん進んでいます。これは車の両輪のようなものであり、二つの研究分野が共に進歩していくことによりはじめて実際の患者さんにお役に立てることになります。

本講演では中性子捕捉療法の原理、歴史、これまでの臨床研究の成果を紹介し、次世代の粒子線治療として期待されている本治療法の展望についても皆様に紹介したいと思います。



松村 明 (まつむら あきら)

昭和 29 年生まれ

昭和 55 年 3 月、筑波大学医学専門学群卒業

昭和 55 年～昭和 59 年、筑波大学附属病院脳神経外科医員

昭和 59 年～昭和 61 年、西ドイツゲッティンゲン大学脳神経外科助手

昭和 61 年、英国ロンドン大学国立神経病院神経内科研修コース修了

(その後関連病院を経て)

平成 4 年、筑波大学講師 (臨床医学系脳神経外科)

平成 7 年、Max-Planck 生物物理化学研究所 NMR 研究部門研究員

平成 14 年、筑波大学助教授 (臨床医学系脳神経外科)

平成 16 年～現在、筑波大学教授 (臨床医学系脳神経外科)

平成 19 年～平成 20 年 筑波大学陽子線医学利用研究センター長

平成 19 年～現在、筑波大学附属病院副病院長、

筑波大学附属病院総合臨床教育センター部長

○質問コーナー 第四部

座長

愛知県がんセンター 名誉病院長

森田 皓三 先生

出席の先生

第1部 座長：

(財) 癌研究会 理事

武藤 徹一郎 先生

第1部 講師：

(財) 癌研有明病院 副院長兼放射線科 部長

山下 孝 先生

第1部 講師：

国立がんセンター東病院粒子線医学開発部 部長

荻野 尚 先生

第1部 講師：

(独) 放射線医学総合研究所 重粒子医科学センター長

鎌田 正 先生

第2部 講師：

国立がんセンター中央病院 病院長

土屋 了介 先生

第3部 座長：

国立病院機構 香川小児病院 病院長

中川 義信 先生

第3部 講師：

筑波大学大学院人間総合科学研究科
疾患制御医学専攻(脳神経外科) 教授

松村 明 先生

メ モ

Handwriting practice lines consisting of 18 horizontal dashed lines.

メ モ

Handwriting practice lines consisting of 18 horizontal dashed lines.

メ モ

Handwriting practice lines consisting of 18 horizontal dashed lines.

メ モ

A series of horizontal dashed lines for writing.

メ モ

Handwriting practice lines consisting of 18 horizontal dashed lines.

解 説

◇ 「がん対策基本法」

平成 18 年 6 月 23 日制定され、平成 19 年 4 月 1 日より施行されている。

○ <http://law.e-gov.go.jp/announce/H18HO098.html>

◇ 「PET」

放射性同位元素（ラジオアイソトープ）の発するガンマ線を撮像する検査法です。人間の体は、エネルギー源として糖質を必要とします。がん細胞は、正常の細胞の3～8倍もの糖質を使うため、がん細胞にはたくさんのブドウ糖が集まります。ブドウ糖に放射性同位元素（ ^{18}F ）を付着させたFDG（フルオロ・デオキシ・グルコース）という薬剤を注射して、体内に入ったFDGの集積度合いを撮像することで、がん細胞を見つけます。

また、アミノ酸代謝を利用し、放射性同位元素（ ^{11}C ）によるメチオニンという薬剤も使われています。

CT検査やMRI検査では、「大きさや形」などの形態の変化によってがんを発見しますが、PETでは細胞の「働き」を視覚的（ブドウ糖を取り込むところだけが光る）にとらえることによってがん細胞を発見することができます。

PETは一度に全身を検査することができますので、複数のがんや転移の発見や治療効果の確認などに大変役立ちますし、毎年定期的に受診することでがんの再発の有無もチェックできます。また、良・悪性の区別、がんの進行の度合いが推定できます。

○ http://www.juryushi.org/pet/pet_map.html

◇ 「粒子線がん治療」

ガンマ線、エックス線、電子線などは体外から照射すると、線量は体の表面近くで最大となり、それは徐々に減衰しながらどこまでも進みます。陽子、炭素イオンなど高いエネルギーの粒子線が人体内に入ると、粒子の到達する深さ（飛程と呼びます）が定まり、その飛程の終端近くで線量が急激に放出され止まります。この現象はブラッグピークと呼ばれています。加速器を用いて粒子線のエネルギーを調節し、腫瘍の部分で粒子が止まるようにすれば、この現象を利用して体表面から照射の道筋にある正常な細胞にあまり影響を与えず、腫瘍細胞だけに線量が集中し、がんを殺傷することができます。この様な、加速器を用いて陽子や炭素イオンを加速し行うピンポイント治療を総称して「粒子線治療」と呼びます。

○ 重粒子線治療「切らずに治す重粒子線がん治療」のホームページ <http://www.juryushi.org/>

○ (独)放射線医学総合研究所重粒子医科学センター病院のホームページ <http://www.nirs.go.jp/hospital/>

○ 筑波大学陽子線医学利用研究センターのホームページ <http://www.pmc.tsukuba.ac.jp/>

◇ 「中性子捕捉療法」

中性子捕捉療法は、がん細胞と正常細胞が霜降り肉状態に入り組んだがんなどの、正常細胞を壊さずにがん細胞だけを攻撃することが可能な治療法です。患者にはあらかじめがん細胞に集まりやすく、正常細胞には集まりにくいほう素化合物を投与します。がん細胞にほう素化合物が蓄積した時点で、原子炉から出る熱外中性子を照射します。がん細胞に取り込まれたほう素に中性子が当たると核分裂反応によって α 線とリチウム線が生じます。これらの高エネルギー粒子線は飛程が細胞の大きさ程度であることと、がん細胞を殺す力が強いことが特徴です。この結果、ほう素化合物を取り込んだがん細胞のみが選択的に殺されることとなります。また、熱外中性子は正常細胞に障害を与えない程度の量を照射します。この治療は研究段階であり、保険の適用は受けられません。

○ 中性子捕捉療法のホームページ http://www.antm.or.jp/02tech.info/BNCT/BNCT_menu.html/

○ http://www.antm.or.jp/02tech_info/BNCT/BNCT_genri.html

○ 日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター 原子力科学研究所ホームページ <http://www.jaea.go.jp/04/ntokai/index.html>

○ 京都大学原子炉実験所ホームページ <http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/index/iryu.html>

原子力だより バックナンバー

Association for Nuclear Technology in Medicine
医用原子力だより 第1号



発刊のご挨拶
 財団法人 医用原子力技術研究振興財団 理事長 斎藤 健二

このたび、発刊の医用原子力技術研究振興財団「医用原子力だより」といふ雑誌を発刊することになりました。これにより「財団」の活動の進展や研究の進捗などもお知らせできるとともに、この「医用原子力だより」が、原子力技術の発展に貢献する一助となることができると考えています。

財団法人 医用原子力技術研究振興財団 理事長 斎藤 健二

第1号

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
 財団法人 医用原子力技術研究振興財団 理事長 斎藤 健二

財団が主催する「医用原子力だより」の発行は、原子力技術の発展に貢献する一助となることができると考えています。

財団法人 医用原子力技術研究振興財団 理事長 斎藤 健二

第2号

Association for Nuclear Technology in Medicine
医用原子力だより 第3号
 (創立10周年記念号)



財団 医用原子力技術研究振興財団 設立10周年に寄せて
 財団法人 医用原子力技術研究振興財団 理事長 斎藤 健二

「財団」が主催する「医用原子力だより」の発行は、原子力技術の発展に貢献する一助となることができると考えています。

財団法人 医用原子力技術研究振興財団 理事長 斎藤 健二

第3号

Association for Nuclear Technology in Medicine
医用原子力だより 第4号



原子力の医学利用 一般放射線治療の重要性
 財団法人 医用原子力技術研究振興財団 理事長 斎藤 健二

原子力の医学利用の重要性がますます高まっています。一般放射線治療の重要性についても詳しく紹介されています。

財団法人 医用原子力技術研究振興財団 理事長 斎藤 健二

第4号

Association for Nuclear Technology in Medicine
医用原子力だより 第5号




放射線・原子力の医学利用と放射線防護のバランス
 財団法人 医用原子力技術研究振興財団 理事長 斎藤 健二

放射線と原子力の医学利用のバランスをとり、放射線防護の重要性についても詳しく紹介されています。

財団法人 医用原子力技術研究振興財団 理事長 斎藤 健二

第5号

Association for Nuclear Technology in Medicine
医用原子力だより 第6号



放射線源の進歩と医学利用への展開
 財団法人 医用原子力技術研究振興財団 理事長 斎藤 健二

放射線源の進歩と医学利用への展開についても詳しく紹介されています。

財団法人 医用原子力技術研究振興財団 理事長 斎藤 健二

第6号

Association for Nuclear Technology in Medicine
医用原子力だより 第7号



放射線の医学利用と健康リスク
 財団法人 医用原子力技術研究振興財団 理事長 斎藤 健二

放射線の医学利用と健康リスクについても詳しく紹介されています。

財団法人 医用原子力技術研究振興財団 理事長 斎藤 健二

第7号

Association for Nuclear Technology in Medicine
医用原子力だより 第8号



原子力医療としての中性子捕捉療法
 財団法人 医用原子力技術研究振興財団 理事長 斎藤 健二

原子力医療としての中性子捕捉療法についても詳しく紹介されています。

財団法人 医用原子力技術研究振興財団 理事長 斎藤 健二

第8号

このページに必要事項を記入し、FAXしてください。
FAX : 03-3504-1390

第1号
 第2号
 第3号
 第4号
 第5号
 第6号
 第7号
 第8号
 今後継続して送ってほしい

送付を希望する広報誌にチェック☑を入れてください

〒(郵便番号):
 送付先住所:
 会社名:
 (所属):
 氏名:
 電話番号:(勤務先・自宅)

メールアドレス:

広報誌申し込みのお問い合わせ先: (財)医用原子力技術研究振興財団 調査部
 電 話: 03-3504-3961 / FAX: 03-3504-1390
 E-mail: info@antm.or.jp / URL: http://www.antm.or.jp

※個人情報保護: ご記入いただきました個人情報は、財団の広報活動に限り使用させていただきます。

財団法人 医用原子力技術研究振興財団 広報誌のご紹介

医用原子力だより 掲載内容

●第1号 平成16年11月発行

- 巻頭言（森亘理事長）
- ・財団の紹介
 - ・事業活動
 - ・解説（粒子線がん治療および中性子捕捉療法）
 - ・普及型粒子線がん治療装置の紹介
 - ・粒子線がん治療の現状・装置導入計画

●第2号 平成17年6月発行

- 巻頭言（阿部光幸理事）
- ・事業活動
 - ・解説（PET によるがん診断）
 - ・中性子捕捉療法
 - ・粒子線がん治療の現状・装置導入計画

●第3号 平成18年2月発行

- 創立10周年記念号
- ・巻頭言（森亘理事長）
 - ・関係各者・機関からのご祝辞
 - ・設立当時の思い出
 - ・事業活動

●第4号 平成18年6月発行

- 巻頭言（垣添忠生理事）
- ・事業活動
 - ・解説（画像診断の最先端）
 - ・粒子線がん治療
 - ・わが癌闘記（宮原哲夫・作詞家）
 - ・中性子捕捉療法

●第5号 平成18年11月発行

- 巻頭言（佐々木康人理事）
- ・第3回医用原子力技術研究振興財団 講演会
 - ・群馬大学の重粒子線がん治療装置
 - ・解説（肺がんの重粒子線治療の現状と展望）
 - ・前立腺がんの重粒子線治療体験記（野田隆志）
 - ・第12回国際中性子捕捉療法学会を主催して
 - ・ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)とホウ素薬剤

●第6号 平成19年6月発行

- 巻頭言（田畑米穂理事）
- ・群馬大学重粒子線照射施設
 - ・解説（ホウ素中性子捕捉療法による頭頸部悪性腫瘍の治療の現状と展望）
 - ・JRR-4 医療照射設備のご紹介
 - ・京都大学原子炉実験所(KUR)で治療を受けて

●第7号 平成20年3月発行

- 巻頭言（米倉義晴理事）
- ・解説（陽子線治療の普及に向けて）
 - ・国内の粒子線がん治療の現状
 - ・機能温存とがん治療

●第8号 平成20年11月発行

- 巻頭言（代谷誠治所長）
- ・解説（悪性神経膠腫治療へのPET アミノ酸イメージングの利用）
 - ・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
 - ・第5回日本中性子捕捉療法学会学術大会に
出席して
 - ・腺様嚢胞癌のほう素中性子捕捉療法体験記



(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 第2升本ビル
TEL:03-3504-3961 FAX:03-3504-1390

<http://www.antm.or.jp>

新しい情報はホームページに掲載いたしますのでご覧ください。

重粒子線治療「切らずに治す重粒子線がん治療」のホームページ

<http://www.juryushi.org/>

juryushi