



福島原発事故と科学者の責任

国際被曝医療協会名誉会長 長崎大学名誉教授
長瀧 重信

日本アイソトープ協会の常務理事として当財団の企画委員に任命され、畠中坦先生の偉業が財団の形で継続されていることに強い印象を受けました。東大の結核研究会を通じて学生時代から畠中坦先生と親交があったからです。理事を拝命した今年、国際被曝医療協会（Internal Association of Radiopathology, フランスの公益法人）の会長を退任して名誉会長になりましたが、そのとき副会長のアメリカの緊急被曝医療のセンター長の Dr. Albert Wiley が、畠中坦先生の教えを請うため数週間日本に滞在したことを伺い、非常にうれしく誇りに思いました。原子力の世界では、このように広い範囲で交流があり、それぞれの立場で多くの日本の仲間が福島第一原発事故で重荷を背負っていることと思います。

しかし、同時に日本社会が放射線について現在ほど関心を持ったことはありません。日本社会に、放射線に関する正しい情報を伝える絶好の機会があります。絶好の機会にも関わらず、現実には、政府も専門家も事故が起こったという事実から社会の信頼を失い、流言蜚語のような非科学的な情報が、政治的、社会的、時に売名的、儲け主義的な立場から恐怖を狙って発信され、無節操に報道する一部の報道機関とも相まって日本社会は混乱を極めています。私は、現在の日本社会では、科学者、専門家が積極的に社会に対する責任を果たさなければいけないと信じます。

科学者の責任とは科学者間で議論を尽くし、社会に対しては一致した提言を行うことです。例えば、放射線の影響に関しては膨大な論文があり、一部を意識的に選択すれば正反対の主張でも科学的という言葉で表明できます。正反対の主張がそのまま社会に発信されると、社会は大変に混乱します。国際的にはこのような混乱を避けるために、放射線の影響を科学的な国際的合意を定期的に報告するという習慣が確立されています。例えば原子放射線に関する国連科学委員会（UNSCEAR）の国連総会に対する報告書です。科学者は、個人の主義主張とは別に、国際的な純粋に科学的な合意を一致して社会に説明する責任があると考えます。

統一した科学的事実の説明とともに、科学者の責任の一つは、ポリシーとの関係を説明することです。放射線の被曝は少なければ少ないほうがよいという放射線防護の考え方があります。国際放射線防護委員会（ICRP）の勧告がその典型例で、日本の法律も放射線防護に関しては、この勧告を大幅に取り入れています。基本となる考え方は、科学的事実に基づいて「経済的及び社会的な考慮を行った上で、合理的に達成可能な限り低く維持す（1973）」と書かれています。しかし、この勧告のレベルを越えたら健康影響が出るという科学的証拠は全く有りません。この科学的事実（サイエンス）と科学に基づいた防護の考え方（ポリシー）を混同しないことが、放射線の健康影響の正しい理解に必要であります。

放射線の健康影響のキーワードは、「放射線を正しく怖がる」ことです。放射線の影響の科学的事実と防護の考え方を理解し、科学的にリスクは0とは結論できないこと、そして科学には限界があることに正しく対処すると伝えることが原則であると考えます。

事業活動報告

平成 23 年度「医用原子力技術に関する研究助成」贈呈式

平成 23 年度「医用原子力技術に関する研究助成」贈呈式を平成 23 年 7 月 1 日（金）にアットビジネスセンター大手町（東京都千代田区大手町 2 - 3 - 6 三菱総研ビル）において行ないました。平尾泰男常務理事から今年度の研究助成者対象者（5 名）に賞状並びに研究助成金目録が贈呈されました。



（写真提供：放射線医学総合研究所分子イメージング研究センター）

前列左より清野氏、木村氏、田島氏、宮本氏、東氏
後列左より井上 俊彦 氏（大阪大学 名誉教授）

平尾 泰男 常務理事

阿部 光幸 氏（兵庫県立粒子線医療センター 名誉顧問）

久保 敦司 氏（国際医療福祉大学三田病院核医学センター長）

平成 23 年度の課題テーマ、研究助成対象者の氏名、所属、研究テーマは次のとおり。

テーマ 分子イメージングの更なる展開に関する研究

清野 泰 氏（福井大学高エネルギー医学研究センター）
「内照射治療薬剤開発のための内照射標的と放射線との関係の解明」

木村 寛之 氏（京都大学放射性同位元素総合センター）
「糖尿病の病態解明及び新規糖尿病薬の開発を目指した PET/SPECT 用膵島 細胞イメージングプローブの創生とその応用」

テーマ 高精度放射線治療の新しい展開に関する研究

田島 英朗 氏

（放射線医学総合研究所分子イメージング研究センター）

「PET 画像誘導放射線治療を可能とするリアルタイムイメージング手法の開発」

宮本 直樹 氏（北海道大学大学院医学研究科）

「高精度画像誘導放射線治療を目的とした画像レジストレーションに基づく 4D コーンビーム CT の基盤研究」

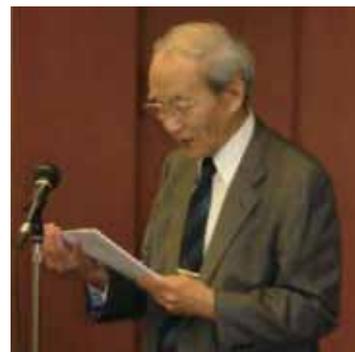
テーマ 中性子捕捉療法（BNCT）の治療効果に関する研究

東 秀紀 氏（大阪市立大学大学院工学研究科）

「メラノーマ中性子捕捉療法に向けたコウジ酸修飾ホウ素クラスター薬剤の開発に関する研究」

平成 23 年度「医用原子力技術に関する研究助成総合報告会」

平成 23 年度「医用原子力技術に関する研究助成総合報告会」（後援：文部科学省・厚生労働省）を平成 23 年 7 月 1 日（金）にアットビジネスセンター大手町（東京都千代田区大手町 2 - 3 - 6 三菱総研ビル）において開催しました。参加者は約 50 名でした。



平尾 泰男 常務理事

平尾泰男常務理事の挨拶で始まり、課題テーマ別に行われた昨年度の研究助成者による研究発表では、各発表後に研究発表者と参加者による活発な質疑応答が行われました。研究発表に続き、



手島 昭樹 氏

手島 昭樹 氏（大阪大学大学院医学系研究科 保健学専攻 医療技術科学分野 医用物理工学講座 教授）による特別講演「がん放射線治療の質と基盤」が行われました。

平尾泰男常務理事による挨拶をもって閉会となりました。

なお、課題テーマ別に行われた昨年度の研究助成者による研究報告は以下のとおり。

座長：久保 敦司 氏（国際医療福祉大学）

テーマ 悪性腫瘍における分子イメージングの基礎的・臨床的研究

- 1) 「腫瘍の悪性化に関与する HIF-1 発現低酸素領域の RI/ 蛍光デュアル分子イメージング法の開発」
上田 真史 氏（京都大学医学部附属病院）
- 2) 「微小がんの発見と発現分子診断を目指した複数分子同時イメージング法開発」
金山 洋介 氏（理化学研究所神戸研究所分子イメージング科学研究センター）

テーマ IGRT に関する基礎的・臨床的研究

- 1) 「高線量率組織内照射における画像誘導バーチャル刺入計画法の開発」
三上 麻里 氏（大阪医療センター）
- 2) 「肺機能画像を用いた肺癌に対する高精度放射線治療計画法の開発」
木村 智樹 氏（広島大学病院）

座長：井上 俊彦 氏（大阪大学 名誉教授）

テーマ 加速器による中性子捕捉療法の基礎的及び臨床応用に関する研究

- 1) 「加速器 BNCT 中性子源のための耐放射線性を有する石英ファイバー線量計の開発」
田中 浩基 氏（京都大学 原子炉実験所）



平成 23 年度研究助成総合報告会 会場内

粒子線がん治療等に関する施設研究会

第 1 回合同勉強会

「第 25 回粒子線がん治療等に関する施設研究会」と「第 34 回普及用小型医療加速器を用いた粒子線がん治療施設普及方策検討会」の合同勉強会が平成 23 年 7 月 25 日（月）日本消防会館 5F 大会議室（東京都港区虎ノ門）にて開催され、約 50 名の参加がありました。

同勉強会では、以下の講演が行われ、参加者との活発な質疑応答が行われました。

講演 1：

PTCOG50 記念講演 「PTCOG の歴史」

LBL William T. Chu 氏プレゼンテーションの紹介

河内 清光 氏

財団法人 原子力安全技術センター

特別フェロー

平成 23 年 5 月 8 日から 14 日まで、米国フィラデルフィアにおいて「第 50 回粒子線治療国際会議（PTCOG50）」が開催され、LBL William T. Chu 氏による記念講演「PTCOG の歴史」が行われました。講演 1 として、河内清光氏から、同記念講演で使用されたプレゼンテーション資料を用いて私見を交え、PTCOG25 年となる歴史についての講演が行われました。なお、資料として LBL William T. Chu 氏のプレゼンテーション資料が参加者に配布されました。



河内 清光 氏

講演後には、座長の平尾泰男（当財団常務理事）講演 2 の辻井博彦氏からも PTCOG25 年の歴史についての話が披露されました。

なお、PTCOG は、陽子線治療の臨床試験を実施する機関を中心として 1984 年から開催されています。現在は、参加者数の増加に伴い年 2 回開催から年 1 回開催となり、名称も「Proton Therapy Co-Operative Group」から重粒子線治療を含めた「Particle Therapy Co-Operative Group」に変更さ

れています。

講演 2 :

- 1) 福島第一原子力発電所の被ばく事故に対応して
- 2) 粒子線治療と歩んだ 30 年と今後の展望について
重粒子線治療の普及の条件、海外普及用
重粒子線治療機のあるべき姿

辻井 博彦 氏

元 独立行政法人 放射線医学総合研究所
理事

講演 2 として辻井博彦氏から 2 つのテーマについて講演が行われました。前半は、放射線医学総合研究所における緊急被ばく医療体制に基づく東日本大地震による福島第一原子力発電所の被ばく事故への対応例についての解説が行われました。また、線量単位や放射線による人体への影響等の基礎的内容や東日本大地震発生後に放射線医学総合研究所に寄せられた一般市民からの質問への回答例についての説明が行われました。



辻井 博彦 氏

後半は国内外の粒子線施設の概要について最新情報を交えて説明が行われました。

第 2 回合同勉強会

「第 26 回粒子線がん治療等に関する施設研究会」と「第 35 回普及用小型医療加速器を用いた粒子線がん治療施設普及方策検討会」の第 2 回合同勉強会が平成 23 年 11 月 7 日(月) 日本消防会館 5 F 大会議室(東京都港区虎ノ門)にて開催され、約 50 名の参加がありました。

同勉強会では、粒子線治療施設の運用分析(照射パラメータ分析)を講演テーマに以下の 3 講演が行われました。また、特別講演も行われ、参加者との活発な質疑応答が行われました。

講演 1 :

国立がん研究センター東病院の陽子線治療施設運用について

西尾 禎治 氏

独立行政法人 国立がん研究センター東病院
臨床開発センター粒子線医学開発部
粒子線生物室 室長

国立がん研究センター東病院における陽子線治療施設のこれまでの運用について、また、今後の中期計画への取り組みについての講演が行われました。



西尾 禎治 氏

また、中期計画としては、3 つの先端技術を統合し、最先端の治療装置を提供する計画であり、3 つの先端技術とは、照射技術(スキャンニング照射、強度変調陽子線照射など)、シミュレーション技術(高性能治療計画装置、高精度線量計算アルゴリズムなど)、位置確認技術(腫瘍位置決め、照射領域可視化など)であるとの説明が行われました。

講演 2 :

兵庫県立粒子線医療センターの陽子線・炭素線施設運用について

須賀 大作 氏

兵庫県立粒子線医療センター
放射線技術部長 / 病院局企画課参事

いかに多くの患者さんを治療するか、そして、いかにして現在の技術で担保されている高精度の治療を行えるかについて、兵庫県立粒子線治療センターの陽子線・炭素線施設の概要、治療実績、治療室の利用率等を挙げ、施設運用についての講演が行われました。また治療連携システム構築への取り組みについての解説も行われました。



須賀 大作 氏

講演 3 :

普及小型炭素線加速器を用いたがん治療施設の
1年の運用について

山田 聡 氏

群馬大学重粒子線医学センター 教授

群馬大学の重粒子線治療施設の設置の経緯、施設概要、稼働から現在までの1年の運用についての講演が行われました。また、今後の課題として 積層原体照射法の確立、情報管理系の整備・効率向上、ビーム品質の向上、スキヤニング照射の実現、を挙げて講演を終えました。



山田 聡 氏

特別講演 :

超電導ガントリーの開発

炭素線用超電導ガントリーの開発状況について
HIMAC の最近のトピックス

岩田 佳之 氏

独立行政法人 放射線医学総合研究所
重粒子医科学センター 物理工学部
加速器開発室長

放射線医学総合研究所重粒子医科学センターにおける、新治療研究棟建設プロジェクトについて、超電導回転ガントリーの開発について、最近のトピックスについて、の講演が行われました。また、最近のトピックスとして、新治療棟における治療照射について(2011/5/17より治療開始)、治療ビームの高品質化について、ビーム安定供給に向けての取り組みについて紹介されました。



岩田 佳之 氏



第2回合同勉強会 会場内

平成 23 年度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 19 年度から 5 ヶ年事業としてスタートした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」も最終年度に入り、予定通り今年度末で終了となることが決定しています。

第 1 回基礎研修

本プログラムの研修者を対象に粒子線治療に関する基礎知識を習得することを目的とした「基礎研修」ですが、今回も一般参加者の募集を行いました。東日本大震災の影響で開催が危ぶまれましたが、予定通り平成 23 年 4 月 18 日(月)から 22 日(金)まで独立行政法人放射線医学総合研究所にて開催しました。参加者は、本プログラムの研修者 4 名を含む 18 名、5 日間で基礎研修カリキュラムに沿った全 24 講義が行われました。



第 1 回基礎研修会場内



第 1 回基礎研修参加者（最終日）

参加者の内訳は、医師 4 名、診療放射線技師 6 名、医学部物理士 1 名、その他 7 名でした。

第 2 回基礎研修

前回同様今回も一般参加者の募集を行い、平成 23



第 2 回基礎研修会場内



第 2 回基礎研修参加者（最終日）と講師

年 8 月 22 日（月）から 26 日（金）まで国立大学法人大阪大学にて開催しました。参加者は、本プログラム研修者 4 名を含む 34 名、5 日間で基礎研修カリキュラムに沿った全 24 講義が行われました。

参加者の内訳は、医師 6 名、診療放射線技師 16 名、その他 12 名でした。

第 1 回粒子線がん治療入門セミナー

多くの人々、特に若い人達に粒子線がん治療に関心を持ってもらうことと、「粒子線がん治療に係る人材育成プログラム」の存在を関連する人達に広報する目的で平成 23 年 7 月 30 日（土）福岡国際会議場（福岡市）にて開催しました。

本セミナーは年 2 回、各回 5 日間開催される「基礎研修」の紹介版となる 1 日セミナーであり、7 名の講師による講演が行われました。参加者は 116 名で、その内訳は、医師 13 名、診療放射線技師 21 名、医学物理士 3 名、その他 79 名でした。



第 1 回粒子線がん治療入門セミナー

医学生が放射線医学の魅力を体感！

～「第 4 回放射線医学見学ツアー」～

スマートで効率的ながん治療

放射線治療とその可能性

医師のキャリアパスを考える医学生の会

防衛医科大学校医学科 4 年

戌亥 章平

医師のキャリアパスを考える医学生の会では、平成 23 年 8 月 15 日・16 日の 2 日間に渡り「第 4 回放射線医学見学ツアー」を主催しました。

本ツアーは公益財団法人がん研究会顧問の土屋了介先生が、放射線医学総合研究所の村山秀雄先生のご講演に感銘を受けられたことから始まりました。第4回目となる今回は、ツアー初となる関西での開催が実現しました。北は北海道から南は福岡まで全国から約20名の学生(1年生～5年生)が集まり、2日間に渡って放射線医学について学びました。

ツアー1日目はまず兵庫県立粒子線医療センターで研修しました。院長の村上昌雄先生他によるレクチャー(最先端の放射線治療・放射線治療の看護・医学物理士の役割)の後、病院見学、放射線治療計画の作成を行いました。また、装置のメンテナンス中ということで、普段は見ることのできない粒子線

加速装置を見学させて頂くことができました。観覧車ほどもある装置の巨大さと、そこから生み出される粒子



兵庫県立粒子線医療センターにて

線の繊細さとのギャップに驚きました。

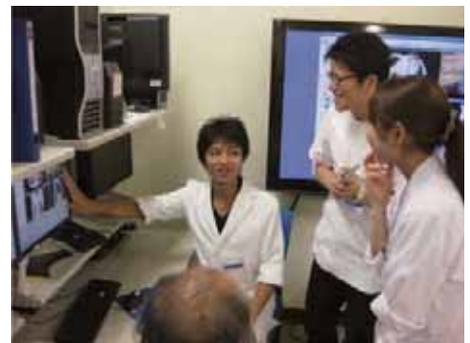
次に、大型放射光施設 SPring-8 へ移動して、施設を見学しました。SPring-8 は、全周 1.5km にもおよぶリング状の施設で、「放射光」と呼ばれる非常に強い光を使って原子レベルの微細な構造や動きを観察することができる、言わばスーパー顕微鏡です。タンパク質の構造解析といった生命科学研究のみならず、むし歯予防ガムやスタッドレスタイヤの開発など、私たちの生活の身近な所にも研究成果が応用されています。巨大なシンクロトロンを端から眺めながら、リアルタイムでの細胞内の代謝の様子をモニタリングしながら治療する、そんな日が来るのは遠くないのかも知れないと感じました。

その後、近畿大学医学部放射線腫瘍学部門教授の西村恭昌先生の特別講演を拝聴しました。放射線治療が、機能と形態の温存が可能な QOL の高いがんの根本的治療法であること、低侵襲な局所治療法であることから、高齢者にも適応できるという利点を

兼ね備えた優れたがん治療法であるとのお話がありました。年々増加しているがんに対する根本治療、緩和治療への有用性の両面から注目を集めています。しかしながら、治療適応率で比較すると、日本は米国の約3分の1に留まっており、その原因は、マンパワーの不足、IMRT 実施可能施設数の不足、医学部での放射線治療学の教育の不足が挙げられるとのことでした。

ツアー2日目は兵庫県立がんセンターにて、治療計画の作成と治療現場の見学を行いました。コンピュータ画面上の3D空間で座標軸を回転させながら mm 単位で緻密に描いた治療計画の作成は、あたかもコンピューターゲームを体感しているかのような気分

でした。その後、電子リニアックを用いた実際の治療風景を見学することで、治療計画が患者さんの治療にどのように応用されているかをイメージアップすることができました。



兵庫県立がんセンターにて

今回のツアーを通して、参加者から放射線医療に対するイメージが変わったという意見を多く頂きました。

機能と形態の温存により QOL を維持しながら、「切らずに治す」ことができる放射線治療は、まさにスマートで効率的ながん治療と行うことができるでしょう。その技術は大きな可能性を秘めており、さらなる低侵襲性と適応拡大を目指して今後ますますの発展が期待されます。そのためには SPring-8 で見学したような技術面での開発とその安全な臨床応用の実績、そしてそれらを担う人材の教育が急務です。

本ツアーを通して大学の講義ではあまり学ぶことのできない放射線治療の現実と魅力を伝えることで、その一端を担うことができたのは主催者としても大きな喜びです。

最後になりましたが、このような素晴らしい機会

を与您頂きました財団法人医用原子力技術振興財団、兵庫県立粒子線医療センター、SPring-8、兵庫県立がんセンターの皆様、ならびに土屋了介先生、西村恭昌先生に深謝いたします。ありがとうございました。



参加者集合写真
(兵庫県立粒子線医療センターにて)

解説

肺腫瘍に対するホウ素中性子捕捉療法 (Boron Neutron Capture Therapy; BNCT) による 取り組み：原子炉 BNCT から加速器 BNCT へ

京都大学原子炉実験所附属粒子線腫瘍学研究センター
鈴木 実

1. ホウ素中性子捕捉療法の原理と治療手順

最初にホウ素中性子捕捉療法 (Boron Neutron Capture Therapy; 以下 BNCT) の原理の説明と、京都大学原子炉実験所の研究炉 (Kyoto University Reactor, 以下 KUR) における治療手順を紹介します。

BNCT の原理は、医療とは関係のない物理の話から入ります。ホウ素中性子捕獲反応という中性子とホウ素の間でおこる反応があります (図 1)。

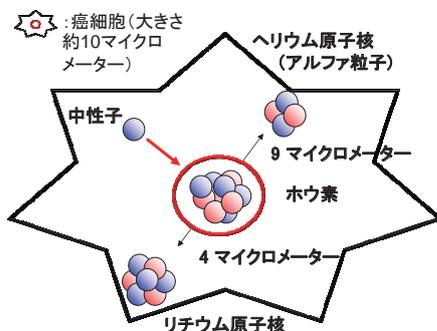


図 1 ホウ素中性子捕獲反応

ホウ素原子は、エネルギーの低い中性子を取り込んだ後、直ちに、ヘリウム原子核とリチウム原子核に分裂する。この反応の起こる場の大きさは、約癌細胞 1 個分である。

ホウ素 (B-10) はエネルギーの低い中性子を非常に高い確率で捕まえ、直ちにヘリウムの原子核とリチウムの原子核に分裂します。この 2 つの原子核は、それぞれ 10 マイクロメートル (1 ミリの百分の 1) 以下の距離を動いて止まります。この反応が起こる場の大きさは、図 1 にありますように、癌細胞 1 個の大きさ以下です¹⁾。ホウ素中性子捕獲反応が癌細胞の中でおこると、2 つの原子核により癌細胞 1 個のみが照射されることになります。

BNCT が成功するためには、癌細胞選択的にホウ素を集める必要があります。現在、BNCT の臨床試験で主に使用している薬剤はボロノフェニルアラニン (Borono-phenylalanine; 以下 BPA) という薬剤です。アミノ酸であるフェニルアラニンにホウ素を付加した薬剤です。癌細胞は分裂増殖をすることにより癌が増大していきます。そのため、通常の正常細胞より増殖分裂に必要なアミノ酸の取り込み能力が亢進しています。この性質を利用して、BPA は腫瘍細胞に周囲の正常組織細胞と比較して、より多く選択的に取り込まれることになります。患者さんは、原則全例、BNCT が可能か否かを決定するため

に、BPA を ^{18}F で標識した ^{18}F -BPA-PET 検査を事前に受ける必要があります。この検査で、BPA の腫瘍への選択的取り込みが確認されなかった場合は、BNCT の適応外として別の治療法を選択してもらうことになります。効果が期待できない不必要な治療を事前に判断できるということは、BNCT の非常に大きい利点です。悪性脳腫瘍の症例に施行した ^{18}F -BPA-PET 検査の例を図 2 に示します¹⁾。通常行われているブドウ糖を用いた PET 検査と異なり、アミノ酸を用いていることから脳腫瘍の症例にも施行できる PET 検査です。

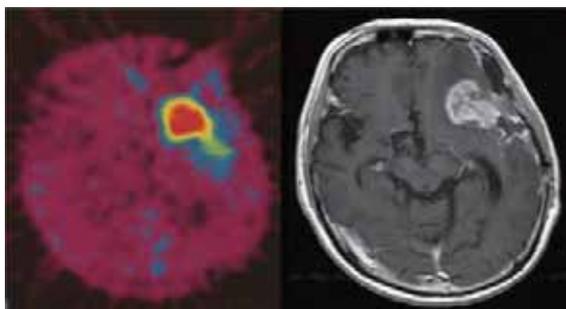


図 2 ^{18}F -BPA-PET

悪性脳腫瘍の ^{18}F -BPA-PET 画像。 ^{18}F -BPA-PET はアミノ酸 PET であるので、脳腫瘍の症例でも、腫瘍への BPA の取り込みが明瞭に描出される。右は同一断面の造影 MRI 画像である。(大阪医科大学脳神経外科教室 宮武伸一先生ご提供)

BPA-PET 検査で、BPA が癌に選択的に集まることが確認できた患者さんには、KUR での中性子照射直前までに約 2 時間かけて BPA を点滴し、図 2 の BPA-PET 検査時のように、癌細胞により選択的 BPA が取り込まれた状態を作ります。この後、直ちに KUR にて腫瘍の部位に中性子を 30 分から 90 分照射すると、図 3 に示しますように癌細胞のみで、ホウ素中性子捕獲反応が起こり、癌細胞のみが 2 つの原子核により照射されます。一方、癌細胞の隣にある正常細胞にはその 2 つの原子核が届きません。

また、原子炉から取り出されるエネルギーの低い中性子線は、癌細胞、正常細胞に対して均等に照射されますが、エネルギーが低いことからホウ素を取り込んでいない正常細胞に対して、致命的なダメージを与えることはありません。現在、国内外で行われている重粒子線治療は、炭素線を体の外から癌に集中させて照射しています。一方 BNCT は、ホウ素中性子捕獲療法を医療に応用することにより、体の中で、2 つの原子核による粒子線を癌細胞選択的

Boron Neutron Capture Therapy (BNCT)

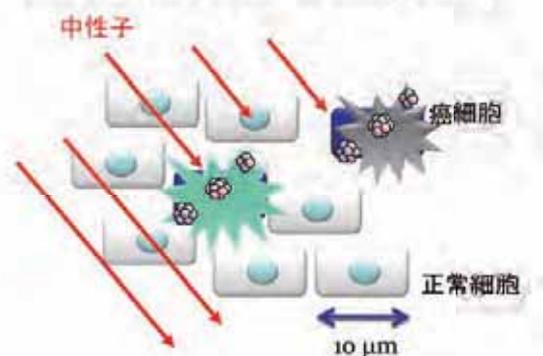


図 3 ホウ素中性子捕獲療法 (BNCT) の原理

ホウ素原子を癌細胞に選択的に取り込ませた後に、エネルギーの低い中性子線を照射すると癌細胞の部位でのみホウ素中性子捕獲反応が起こり、癌細胞のみが死滅する。エネルギーの低い中性子線は、ホウ素を取り込んでいない正常細胞には致命的な損傷を与えない。

に照射することが可能です。BNCT は、癌細胞選択粒子線治療というユニークな治療方法であるといえます。

この癌細胞選択粒子線治療という BNCT の特長を活かして、放射線治療後再発肺癌に対する治療、肺の先端にできるパネコースト肺癌、肺の表面全体に広がる悪性胸膜中皮腫への BNCT の適応が可能となります。

2. 放射線治療後の再発肺癌への BNCT の取り組み

放射線治療により腫瘍が縮小あるいは消失した場所に、大変残念なことでありますが癌が再増大、再発することがあります。癌が再発した患者さんから、前回よく効いたので、もう一度放射線を当てられませんかと質問を受けることがあります。放射線治療医ならば、誰でもそうですが、そのとき大変つらいのが、「残念ですが、同じ場所に 2 度目の放射線治療は無理です。」と答えざるをえないことです。近年の放射線照射機器の進歩により再照射が可能な症例も増えてきましたが、多くの症例では再照射は困難です。

放射線治療で癌を根治させるためには、癌にできる限り多くの放射線の量を照射するため、周囲の正常組織には重篤な副作用(回復しない副作用)が生じない限界ぎりぎりの量が照射されることとなります。そのため、もう 1 度、癌が再発して同じ部位に根治を目指す量を癌に照射しようとする、ほとんどの症例で、正常組織への放射線の量が耐えられる量を超えてしまいます。そのため、ほとんどの症例

で同じ部位への、2度目の放射線治療はお断りすることになります。

BNCTにおいては、癌細胞選択的粒子線治療が可能であることから積極的に放射線治療後の再発腫瘍に現在まで取りくんできました。再発悪性脳腫瘍は大阪医科大学脳神経外科との共同研究で、再発頭頸部腫瘍は、大阪大学口腔外科、川崎医科大学耳鼻咽喉科・放射線科、大阪医科大学口腔外科との共同研究にて実施し、放射線治療後の再発腫瘍に対するBNCTの有用性はすでに報告されています^{2,5)}。我々は、今後、積極的に放射線治療後の再発肺癌に対してBNCTの実施を考えています。肺癌においても、再発悪性脳腫瘍、再発頭頸部腫瘍と同様に、BNCTによる治療効果は十分に期待できると考えています。肺癌は、男女ともに癌による死因の第1位になっており、年間の死亡数は65,000人を超えています。現在まで、臨床試験を施行してきた頭頸部腫瘍、悪性脳腫瘍と比較して、より多くの症例がBNCTの適応になる可能性があります。私たちが、より多くの症例が予想される肺癌への積極的なBNCTの適応を考えている理由は、中性子源として原子炉を使用しない加速器を中性子源とする医療に特化したBNCT照射システムの開発成功にあります。この点に関しては、5.の項で解説いたします。

3. パンコースト腫瘍へのBNCTの取り組み

放射線治療後の再発肺癌以外では、肺癌の1つであるパンコースト腫瘍がBNCTのよい適応です。パンコースト肺癌は、肺の先端に発生し頸部方向に増大進展することにより、腕の神経が集まっている上腕神経叢を巻き込みます。その結果、患者さんは、腕の強い痛み、麻痺という大変つらい症状に苦しむこととなります。図4に、実際にBNCTを施行したパンコースト腫瘍のCT画像を示します。癌を赤で囲み、癌の内部を通る上腕神経叢を青色で示しています。癌に巻き込まれている正常神経と癌の間に、線量の差をつけることができる放射線治療はBNCT以外存在しません。

BNCTは1回あるいは2回で治療が終了することから、より早く症状の改善が得られることも期待でき、パンコースト腫瘍に対しては、今後、積極的にBNCTの適応を進めていきたいと考えています。

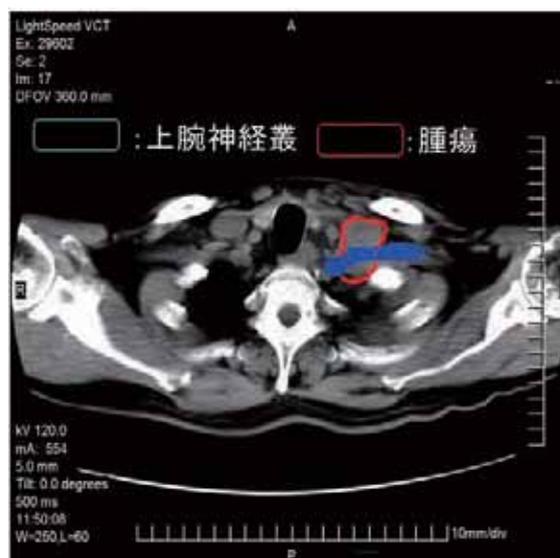


図4 左パンコースト腫瘍の1例
上腕神経叢が腫瘍に巻き込まれていることに注目。

4. 悪性胸膜中皮腫へのBNCTの取り組み

現在、臨床試験を積極的にすすめているのが、悪性胸膜中皮腫（以下、中皮腫）に対するBNCTです。中皮腫は、肺を包む膜（胸膜）から発生する悪性腫瘍です。アスベストの暴露で誘発されることが知られています。中皮腫は、進行すると肺全体を包み込むように広がります。肺を覆う胸膜全体に進展した中皮腫に包まれているように存在するのが正常肺組織です。

図5は、中皮腫症例に対するBNCTの治療計画作成時に腫瘍、肝臓、正常肺を色分けしたものです。正常肺が中皮腫に包まれています。正常肺は放射線に強い臓器ではありません。肺癌に放射線治療を行うと必ず、放射線が当たった部位は放射線肺臓炎をおこします。当然、その部位の肺の機能は低下、消失しますが、残存している正常肺組織により呼吸機能はカバーされます。中皮腫に腫瘍の縮小を目的とする量の放射線を、中皮腫が広がった片肺全体に照射すると通常のX線を用いた放射線治療では、片肺全体に放射線肺臓炎が広がり、致命的な副作用を引き起こしてしまいます。BNCTでは、正常肺への放射線の量を重篤な副作用を引き起こすことなく、中皮腫に対して治療効果が期待できる放射線の量を照射することが可能です。世界初の症例となる中皮腫をBNCTで治療した症例における治療前と治療後のCT画像を図6に示します⁶⁾。本症例では、腫瘍の縮小が認められたのみならず、照射後速やかに胸

部の痛みと呼吸苦が和らぎ、著しいQOLの改善が得られました。

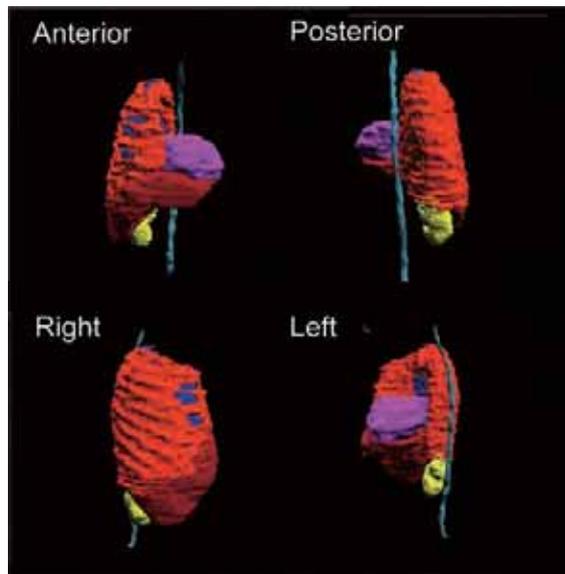


図5 悪性胸膜中皮腫の治療計画における3次元再構成画像の1例

中皮腫(赤)は右正常肺全体(青)を包み込むように拡がり、後方からのviewでは、肝臓(茶)の大部分が、腫瘍により隠れてしまっている。

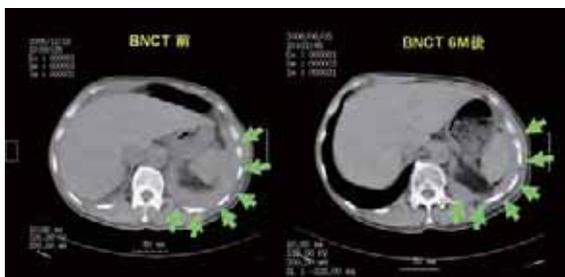


図6 世界初の悪性胸膜中皮腫に対するBNCT

BNCT施行6ヶ月後、左下肺の中皮腫の腫瘍()に縮小が認められた。(参考文献6より一部引用)

現在、京都大学原子炉実験所では中皮腫に対する多施設共同臨床試験を実施中です⁷⁾。この臨床試験は、正常肺組織に対するBNCTへの影響、中皮腫に対するBNCTの治療効果を明らかにすることを目的としています。

5. 加速器中性子源によるBNCTの開発

現在、BNCT専用のサイクロトロン中性子照射システムが京都大学原子炉実験所に設置されており、治験の準備中です⁸⁾。加速器BNCTシステムは、既存の病院に併設可能です。今後、BNCTは、加速器

BNCTの普及により、現在原子炉で治療している症例より、はるかに多くの症例をBNCTで治療することが可能となります。

我々は、原子炉BNCTから加速器BNCTへスムーズに移行できるよう、肺腫瘍、乳癌、肝腫瘍など、罹患率の高い悪性腫瘍へのBNCTの取り組みを積極的にすすめております。数年後に、この紙面で肺腫瘍に対するBNCTの治療成績を報告できるよう最大の努力をしていきます。

文献

- 1) 鈴木 実、菓子野元郎、木梨友子他：硼素中性子捕捉療法 (Boron Neutron Capture Therapy; BNCT) の現状と将来展望 - 癌細胞選択照射がもたらす Whole Organ Radiotherapy の可能性 - 映像情報 Medical 39:1126-1135, 2007
- 2) Miyatake S, Kawabata S, Yokoyama K, et al. Survival benefit of Boron neutron capture therapy for recurrent malignant gliomas. J Neurooncol (2009) 91:199-206, 2009
- 3) Kato I., Fujita Y., Maruhashi A. et al, E ectiveness of boron neutron capture therapy for recurrent head and neck malignancies. Appl. Radiat. Isot. 67:537-542, 2009
- 4) Aihara T., Hiratsuka J., Morita N., et al: First clinical case of boron neutron capture therapy for head and neck malignancies using ¹⁸F-BPA PET. Head Neck.28:850-855, 2006
- 5) Ariyoshi Y., Miyatake S., Kimura Y., et al: Boron neutron capture therapy using epithermal neutrons for recurrent cancer in the oral cavity and cervical lymph node metastasis. Oncol. Rep. 18:861-866, 2007
- 6) Suzuki M, Endo K, Satoh H, et al. A novel concept of treatment of di use or multiple pleural tumors by boron neutron capture therapy (BNCT) Radiother. Oncol. 88:192-195, 2008
- 7) <https://upload.umin.ac.jp/cgi-open-bin/ctr/ctr.cgi?function=brows&action=brows&type=summary&recptno=R000006497&language=J>
- 8) Tanka H., Sakurai Y., Suzuki M., et al: Characteristics comparison between a cyclotron-based neutron source and KUR-HWNIF for boron neutron capture therapy. Nucl. Instrum. Meth. B 267:1970-1977, 2009

ホウ素中性子捕捉療法（BNCT） - 医療機関と窓口 -

下記の医療機関にお問い合わせください。

医療機関	適応症例	治療医	連絡先	所在地
筑波大学 脳神経外科 放射線腫瘍科	・脳腫瘍 ・頭頸部癌	山本 哲哉 松村 明 奥村 敏之 中井 啓	(029) 853 - 3220	〒305-8575 茨城県つくば市天王台1-1-1
京都大学 原子炉実験所 粒子線腫瘍学研究センター	・脳腫瘍 ・頭頸部癌 ・肝臓癌 ・肺癌 ・中皮腫 ・骨・軟部肉腫など	小野 公二 増永慎一郎 鈴木 実 近藤 夏子	(072) 451 - 2475	〒590-0494 大阪府泉南郡熊取町朝代西2
大阪医科大学 脳神経外科	・脳腫瘍	宮武 伸一 川端 信司	(072) 683 - 1221	〒569-8686 大阪府高槻市大学町2-7
徳島大学 脳神経外科	・脳腫瘍	影治 照喜 溝渕 佳史	(088) 633 - 7149	〒770-8503 徳島県徳島市蔵本町2-50-1
香川小児病院 脳神経外科	・脳腫瘍	中川 義信	(0877) 62 - 0885	〒765-8501 香川県善通寺市善通寺町2603
大阪大学 第二口腔外科	・頭頸部癌	加藤 逸郎	(06) 6879 - 2941	〒565-0871 大阪府吹田市山田丘1-8
川崎医科大学 放射線科（治療）	・頭頸部癌 ・皮膚癌	平塚 純一 栗飯原輝人 牧野 英一	(086) 462 - 1111 (代表)	〒701-0192 岡山県倉敷市松島577

（敬称略）

* 小冊子「体にやさしい究極のがん治療 - ホウ素中性子捕捉療法」（発行元：医用原子力技術研究振興財団）より同小冊子及び「“BNCT 基礎から臨床応用まで” - BNCT を用いて治療にかかわる人のためのテキスト - 」を入手希望の方は当財団までお問い合わせください。

次世代型の加速器 BNCT 照射システム - 統合的な放射線治療法をめざして -

京都大学原子炉実験所 准教授 古林 徹

統合的な放射線治療法の展開

放射線を用いる治療法では、一般的に生体内の物理的な投与線量の空間的な制御性が、その放射線療法の実用限界を決定する側面を持っている。現在までに治療に用いられたX線（線）、電子線、粒子線（中間子線、陽子線、炭素線、高速中性子）は、多門照射によって患部に線量を集中させることから、その空間的な制御限界はmmオーダー（組織レベル）である。一方、BNCTは、以下に述べるように、原理的にはμmオーダー（細胞レベル）の選択性を持っているが、現在の所、表面から5cm以内しか治療できないことが課題である。これがBNCTと他の放射線療法を組み合わせる統合的な放射線療法にすることが期待されている背景である。

BNCT治療は、研究用原子炉を用いて十分な強度の中性子照射が可能になった1951年から米国のブルックヘブン国立研究所（BNL）において悪性脳腫瘍に対して世界で初めて実施された。研究用原子炉はBNCTに必要な強度とその安定性を確保できる中性子源として用いられているが、BNCTが注目を集め始めた1980年頃から使い勝手に優れた加速器を用いたBNCT照射システムが医師の間では熱望されていた。

加速器BNCT照射システムは、BNCTに必要な強度が確保できる加速器技術に目処がついた2005年から実用化に向けての具体的なプロジェクトが日本でスタートした。現在は、医学利用に不可欠な信頼性の確認が残っているが、実用化直前の段階になっている。その現状を踏まえて、加速器BNCT照射シ

テムの必要性や今後の見通しについて述べる。

1. ホウ素中性子捕捉療法 (BNCT)

中性子捕捉療法 (NCT: Neutron Capture Therapy) の原理は、中性子が 1932 年に発見された 4 年後の 1936 年に米国の物理学者により提唱された。1940 年代に加速器からの中性子を利用して細胞や小動物を用いた基礎研究が行われ、熱中性子や熱外中性子などの低エネルギー中性子とホウ素-10 (^{10}B) の核反応を利用するホウ素中性子捕捉療法 (BNCT: Boron NCT) が推奨された。

BNCT の原理は、 ^{10}B (n, α) ^7Li 反応によって発生する α 粒子と ^7Li 核が、生体内でそれぞれ約 $10\mu\text{m}$ と $5\mu\text{m}$ の範囲にエネルギーを付与することから、細胞の大きさ (球に換算して直径 $10 \sim 15\mu\text{m}$) と同程度の範囲だけを破壊することを利用する。(図 1 参照)

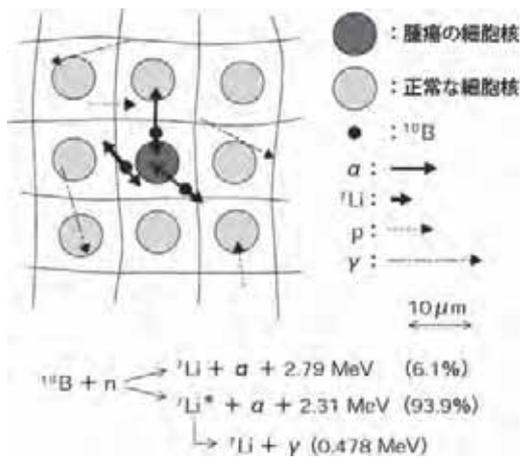


図 1 ホウ素中性子捕捉療法の原理図

治療では、がん細胞に予め特異的に ^{10}B を取り込ませておき、 ^{10}B と大きな反応断面積を持つ低エネルギー中性子を体外から照射し、体内で発生する重荷電粒子を用いることから、体外照射と体内照射の長所を組み合わせたユニークな放射線療法といえる。BNCT に関係する主な 3 つの研究分野は、中性子照射システムや線量評価を担当する物理工学、ホウ素薬剤を担当する化学薬学、生体への影響を評価する医学生物学である。(図 2 参照)

各分野の研究課題は相互に関係するが、端的に言えば、本療法が原理的に持っている細胞レベルの選択性をいかに効率よく実現するかである。

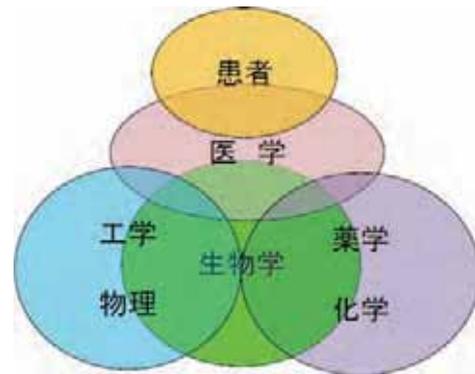


図 2 中性子捕捉療法における役割分担

歴史と現状

1951 年から 1961 年にかけて米国は合計 63 例の悪性脳腫瘍の治療を行ったが、結果が思わしくなく一時中断を余儀なくされた。日本では 1968 年以降、畠中他により行われた悪性脳腫瘍の治療成績に大きな改善が見られた。主な理由は、新たなホウ素化合物、通称 BSH を用いて実施したことである。なお、悪性黒色腫 (メラノーマ) に対しては、三島他が 1971 年から基礎研究を行い、通称 BPA を用いて、1987 年に世界に先駆けて治療照射を実施した。米国は 1994 年から BNL と MIT で治療照射を再開し、欧州共同体も 1997 年より開始した。その後もフィンランド (1999)、チェコ (2000)、スウェーデン (2001)、イタリア (2002)、アルゼンチン (2003)、台湾 (2010) などが参入してきている。世界の BNCT 治療の累積数は、現在 1,000 人を越えており、そのうち、日本で約 600 例が行われている。治療部位は脳腫瘍、メラノーマ、頭頸部腫瘍が主なものであるが、近年、肺や肝臓などへの適応拡大が模索されている。

米国が 1994 年に熱外中性子を利用して BNCT を再開するまでは、全て熱中性子照射場を利用していた。なお、1997 年以降に参入した所は全て熱外中性子照射場を利用している。日本でも KUR と JRR-4 が BNCT 専用照射場を 1996 年と 1998 年にそれぞれ整備したが、熱中性子場、熱および熱外中性子の混合場、熱外中性子場、の 3 種類中性子照射場を利用可能にした。特に KUR は、世界で初めて原子炉連続運転中に、中性子エネルギースペクトルの変更及び照射室への患者の出し入れ、を可能にするなど、性能および基本的な使い勝手を飛躍的に向上させた。

熱外中性子照射は、体内で減速させて深部の熱中

中性子強度を増やす方法であり、深さに応じて変化する中性子スペクトルを考慮した吸収線量評価が不可欠である。現在、米国で開発された SERA や原研で開発された JCDS という治療計画プログラムを用いて、事前に吸収線量を評価して治療照射を行っている。

2. 加速器 BNCT 照射システム

加速器 BNCT 照射システムが実現を目指すのは BNCT 用熱外中性子照射場である。 ${}^7\text{Li}(p,n){}^6\text{He}$ 反応中性子の利用方法は以下の 2 つが可能である。なお、他の中性子発生反応を利用する場合は全て減速利用法である。

減速利用法：入射陽子エネルギー 2.5 MeV 前後の ${}^7\text{Li}(p,n){}^6\text{He}$ 反応で発生する中性子（最大エネルギー 800keV、平均 500keV）を、減速体系で中性子エネルギーを調整して利用する。今まで用いてきた原子炉中性子照射場の特性に近いという安心感がある。

直接利用法：しきい値近傍の ${}^7\text{Li}(p,n){}^6\text{He}$ 反応の中性子（平均エネルギー約 40keV）を直接利用する。長所は、前方向に放出される低エネルギー中性子を利用することから、中性子コリメータや減速体系を簡素化でき、コンパクトな照射設備が得られることである。一方、短所は、陽子エネルギーの変動による発生中性子数の変化が大きいため、また、混在する線が多いことであるが、これらは工夫により解決できる。

ここでの設計基準は、照射時間や ${}^{10}\text{B}$ 濃度などの条件から、体内の照射位置での熱中性子束を $1 \sim 10 \times 10^9 \text{ n/cm}^2/\text{sec}$ 、照射場に混在する線量は、BNCT 治療時に生体から発生する線量の 1/10 以下、混在する高速中性子は可能な限り少なくするであり、原子炉中性子照射場の設計基準と同じである。

中性子発生ターゲットの重要性

加速器から発生する中性子を BNCT に適用する研究は、1980 年代初頭から始まった。まず、BNCT に適したエネルギーの中性子を必要な強度で確保できる中性子発生反応として、 ${}^7\text{Li}(p,n){}^6\text{He}$ 、 ${}^2\text{D}(d,n){}^3\text{He}$ 、 ${}^2\text{D}(t,n){}^3\text{He}$ 、 ${}^9\text{Be}(p,n){}^9\text{B}$ 、 ${}^9\text{Be}(d,n){}^{10}\text{B}$ 、陽子による核破砕などが検討された。加速器の性能も加味して、 ${}^7\text{Li}(p,n){}^6\text{He}$ が第一候補、 ${}^9\text{Be}(p,n){}^9\text{B}$ が次候補に選ばれた。

${}^7\text{Li}(p,n){}^6\text{He}$ 反応の実用化の検討の過程で、必要な

強度を得るための条件では、ターゲットで数十 kW の発熱と無視できない放射線損傷が起こることから、固体 Li ターゲットの冷却性能の安定性とターゲットとしての使用可能時間が問題になった。これらは液体 Li ターゲットで解決できるが、その利用見通しが付かなかったこともあり、固体で利用できる可能性のある次候補の ${}^9\text{Be}(p,n){}^9\text{B}$ 反応の実用化も平行して検討された。

BNCT 用液体 Li ターゲット開発は 2007 年から日本で始まり、基礎実験によって見通しを得た後、2011 年中に実用レベルの装置による技術的な確認を行う段階である。2012 年以降に加速器と結合した最終確認を行い、少しでも早く液体 Li ターゲットを用いた加速器 BNCT 用中性子照射場の実現を目指す予定である。恐れず言えば、液体 Li ターゲットの成否が加速器 BNCT 照射システムの成否を左右すると感じている。

実用機開発の課題

2005 年以降、日本で実用化を目標にした 3 つのプロジェクトがスタートしたが、京大・住重プロジェクトだけが 2009 年 1 月に照射システムを完成させた。（表 1 参照）

表 1 加速器 BNCT 照射システム開発の概要と経緯

開発期間	2005～2007 年	2005～2008 年	2007～2009 年
推進組織	Method-IBA	筑波大学 - NEDO	京大 - 住重
加速器	ダイナミトロン	F F A G	サイクロトロン
ターゲット元素	Li-7	Be-9	Be-9
入射粒子とそのエネルギー	3 MeV 陽子	11 MeV 陽子	30MeV 陽子
最大中性子エネルギー	～ 1MeV	～ 9MeV	～ 28MeV

現在は、細胞や小動物を用いた基礎実験も終わり、加速器による世界初の BNCT 治療を実施する直前の段階である。なお、このシステムには、最高約 28MeV の中性子が発生するため、患者の全身被ばくや、照射場の残留放射能による従事者の被ばくの問題などが内在している。しかし、医師の強い念願であった原子炉から加速器に切り替わることから、BNCT 関係者の強い期待を背負っている。（図 3 参照）

一般的に、技術的に実用レベルに達した後の研究開発目標は、将来的に長く使用されるためのシステ

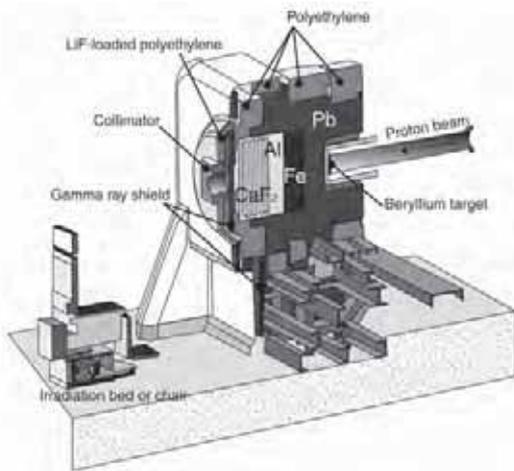


図3 京大-住重プロジェクト

ム開発になる。BNCT 照射システムでは、作業従事者の被ばく低減、患者の全身被ばく低減などの性能面に加えて、設置場所周辺に対する安全性、さらに保守性能や使い勝手の良さも含めたシステム全体として総合的な高い信頼性が求められる。その評価基準は、経済的なことも加えた社会が受け入れやすい実用機の提供である。なお、加速器は、必要なエネルギーの入射粒子とその電流強度を満たせば、加速器の形状や方式（円形 - 線形、RF 型 - 静電型）などを問わないが、安定して運用できることが重要である。

3. 次世代型加速器 BNCT 照射システム

BNCT は原理的にがん細胞を選択的に治療可能なことから、外科手術や他の放射線と併用することによって、放射線治療法分野をさらに大きく切り開く可能性を持っている。このような背景から、次世代 BNCT 照射システムは、加速器を利用した病院併設型の術中照射 BNCT も可能なシステムになる。手

術をしない BNCT 照射はがんの転移防止などの観点からも理想的であるが、現実的には外科的な手術を中心とした治療法は不可欠との判断がある。このシステムには、自由に照射角度や照射部位に柔軟に対応できる ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$ 反応中性子の直接利用法の加速器 BNCT 照射システムが優れている。勿論、このシステムは手術をしない中性子捕捉療法にも使用できる。

本療法をさらに高度な治療法とするためには、各種腫瘍に特異的に集積するホウ素薬剤の開発、各種腫瘍への BNCT 適応拡大の開発が合わせて求められている。物理工学が担当している次世代型 BNCT 照射システムでは、1 年中いつでも利用可能な安定した加速器中性子照射システム、及び、現在実現していない治療照射中のオンライン線量測定評価システムが重要な役割を果たす。（図 4 参照）

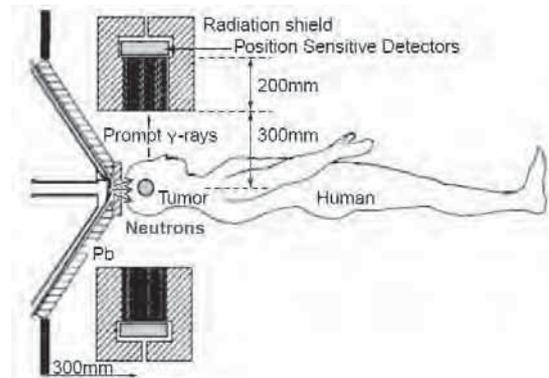


図4 次世代型加速器 BNCT 照射システム

なお、「特集 - 岐路に立つホウ素中性子捕捉療法」エネルギーレビュー誌 11月号(2011) pp.6-22. には、これに関係する各研究分野からの詳細な報告がなされており、参照されることをお勧めしたい。（図 1 ~ 4、表 1 は、同誌から転用）

統計

日本及び海外の粒子線治療施設に関する統計データ

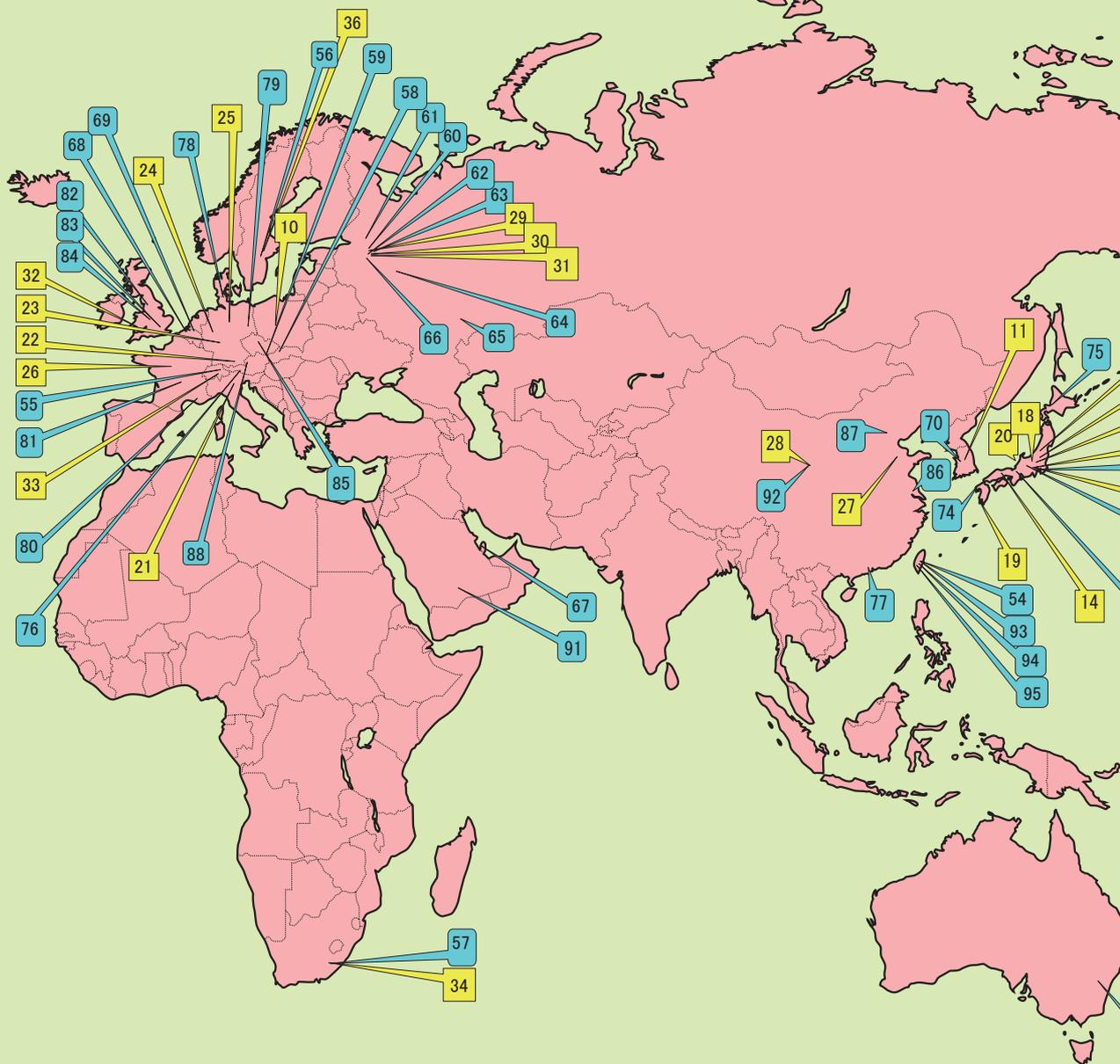
1. 世界の粒子線治療施設について

図 1 は世界の粒子線治療施設について最新情報を網羅したものです。

世界で現在稼働中の粒子線治療施設は 34、計画段階の施設数は 63 あります。

なお、図 1 において、稼働中の施設は「黄色」で、計画段階あるいは建設中の施設は「青色」で示しました。

【参考】原子力 eye 2011 年 Vol.57 No.7 p15-p21 「活発化する内外の粒子線がん治療施設建設」に詳しい解説が掲載されています。

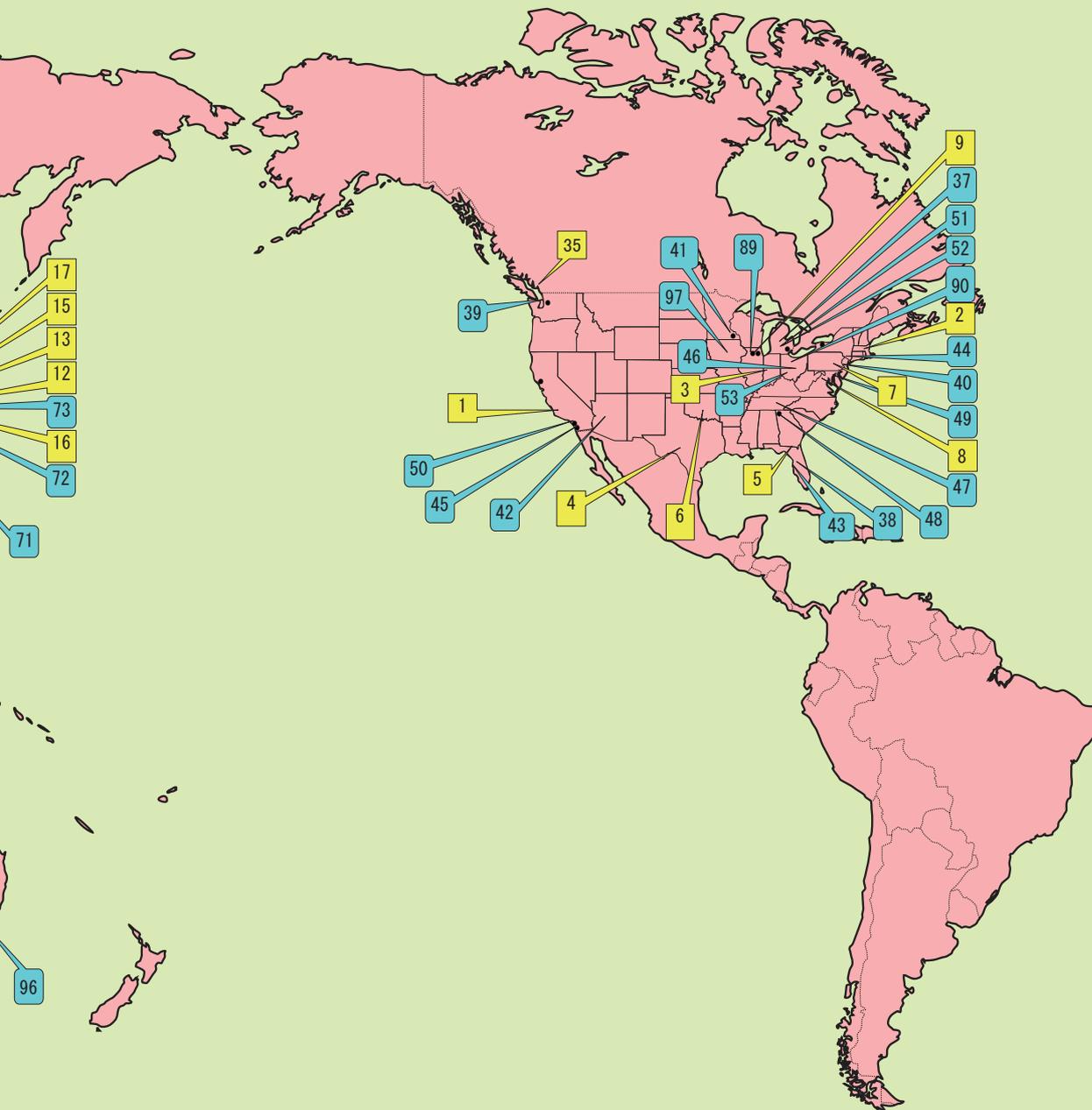


稼働中
 建設中・計画段階

1	Loma Linda	USA	14	HIBMC, Hyogo (p,C)	Japan	27	WPTC, Zibo	China	40	ProCure NJ, Somerset	USA
2	NPTC, MGH, Boston	USA	15	PMRC, Tsukuba	Japan	28	IMPCAS, Lanzhou	China	41	Mayo Rochester	USA
3	MPRI, Bloomington	USA	16	Shizuoka	Japan	29	St.Petersburg	Russia	42	Mayo Phenix	USA
4	MD Anderson, Hous.	USA	17	STPTC,Fukushima	Japan	30	ITEP,Moscom	Russia	43	Mayo Florida	USA
5	FPTI, Jacksonville	USA	18	Gunma, Maebashi (C)	Japan	31	Dubna	Russia	44	NY PC ,Manhattan	USA
6	ProCure, Oklahoma	USA	19	MPTRC,Kagoshima	Japan	32	Clatterbridge	England	45	SPTC,San Diego	USA
7	Upenn, Philadelphia	USA	20	Fukui Prefecture	Japan	33	PSI,Villigeb	Switzerland	46	ASHS Dayton, Ohio	USA
8	HUPTI, Hampton, VA	USA	21	CNAO, Pavia (p,C)	Italy	34	iThembaLab	South Africa	47	Tennessee Knoxville,	USA
9	ProCure, CDH	USA	22	RPTC München	Germany	35	TRIUMF Vamcouver	Canada	48	GPTC Atolanta Emory	USA
10	Univ. Hospital, Krakow	Poland	23	HIT, Heidelberg (p,C)	Germany	36	Uppsala	Sweden	49	Maryland Baltimore	USA
11	NCC, Iisan	Korea	24	WPE, Essen	Germany	37	ProCure MI, Detroit	USA	50	UCSD CA	USA
12	HIMAC, Chiba (C)	Japan	25	PTC, Marburg (p,C)	Germany	38	ProCure Florida	USA	51	McLaren PC,Flint Michigan	USA
13	NCC, Kashiwa	Japan	26	CPO, Orsay	France	39	SCCA WA, Seattle	USA	52	William Beaumont MI	USA

(C) : 炭素イオン線 (p,C) : 陽子線と炭素イオン線 表示なし: 陽子線

図 1 世界の粒子線治療施設



53	KMC,Boulevard Ohio	USA	66	Pushino	Russia	79	Dresden Tech.Univ,	Germany	92	HITFil Lamzhou (C)	China
54	Chang Gun, Taipei	Taiwan	67	Doha	Qatar	80	CAL, Nice	France	93	VGH-Taipei (C)	Taiwan
55	PTCS ,Galgenen	Switzerland	68	HollandPTC, Randstad	Netherlands	81	ETOILE (p.C)	France	94	NTUCC	Taiwan
56	Skandion, Uppsala	Sweden	69	UMCG, Groningen	Netherlands	82	NHS ,Manchester	England	95	E-da CH	Taiwan
57	iThemba Labs	South Africa	70	Samsung Hospital	Korea	83	Univ College London	England	96	PT-Australia Sydney	Australia
58	CMHPTC,Ruzomberok	Slovak Rep.	71	Nagoya City	Japan	84	NHS Birmingham	England	97	SitemanC.C St.Louis	USA
59	CCSR, Bratislava	Slovak Rep.	72	Aizawa Hospital	Japan	85	PTC Czech	Czech Rep	98		
60	PMHPTC, Protvino	Russia	73	Kanagawa (C)	Japan	86	Fudamu Shanghai (p,C)	China	99		
61	JINR Dubna	Russia	74	Saga Pref. Tosu (C)	Japan	87	SJFH, Peking	China	100		
62	INR Troitsk	Russia	75	Univ. Hokkaido	Japan	88	Med-Austron (p.C)	Austria	101		
63	ITEP Moscow	Russia	76	Trento	Italy	89	NIPTRC, Chicago	USA	102		
64	Nijni Novgorod.	Russia	77	Hong Kong	Hong Kong	90	Seidman C.C. OH	USA	103		
65	Dimitrovgrad,	Russia	78	NRoCK, Kiel (p.C)	Germany	91	KFSH&RC	Saudi Arabia	104		

2. 日本国内の粒子線治療施設と導入計画に関する主なニュース発信元について

図2は、日本国内で稼動している粒子線治療施設（9施設）と導入決定または建設中（5施設）および計画段階のものをニュース発信元と共に地図上に示したものです。

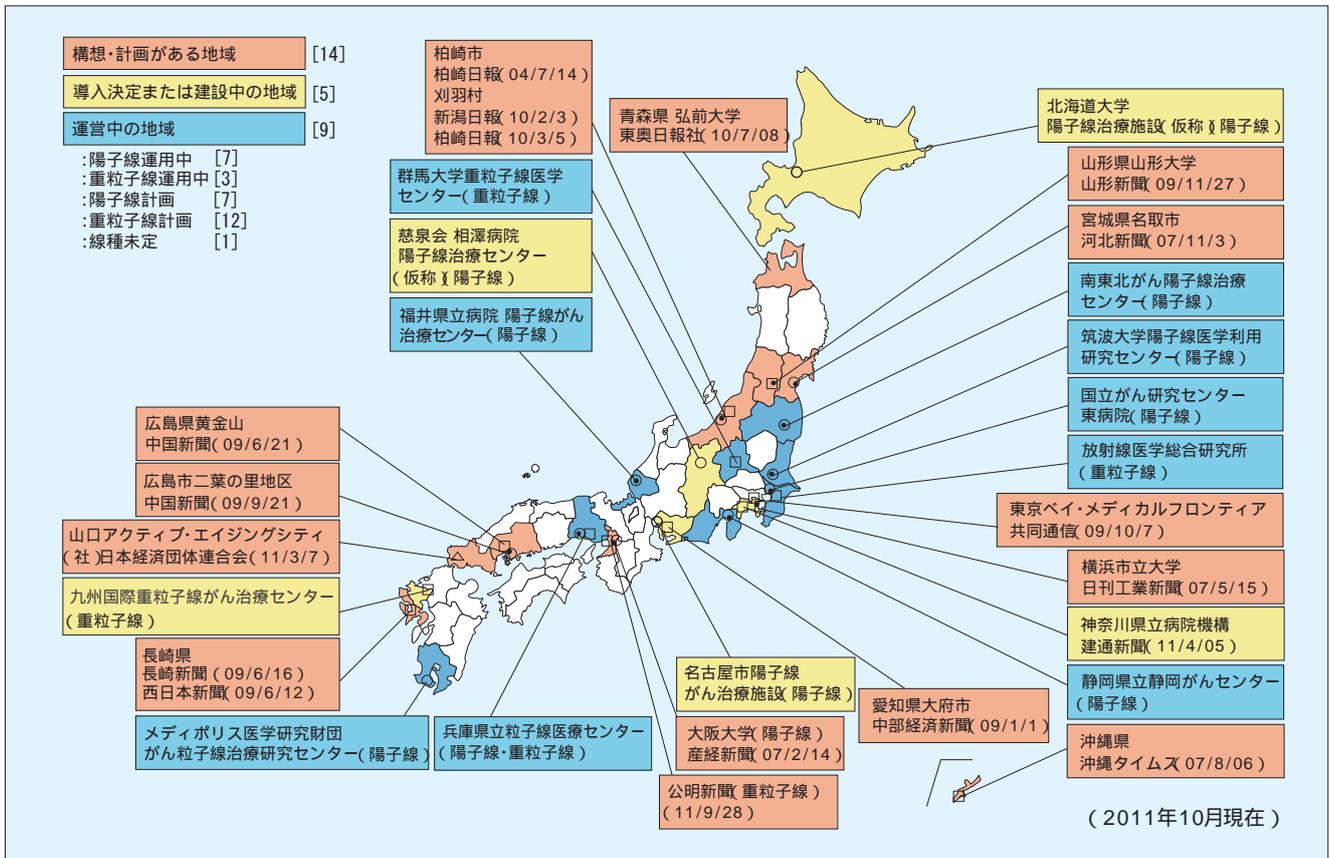


図2 日本国内の粒子線治療施設と建設構想・計画地域

3. 日本国内の陽子線治療施設、重粒子線治療施設の最近の治療件数について

表1は、日本国内の陽子線治療施設、重粒子線治療施設の最近の治療件数について施設別にまとめたものです。

- (1) 日本の陽子線治療件数 9,691件
- (2) 日本の重粒子線治療件数 7,702件
- 総計 17,393件

表1 国内の粒子線治療施設別治療実績

施設名	患者数累計	治療ビーム線種	統計年月
放射線医学総合研究所 重粒子医科学センター	6,157	炭素イオン線	~ 2011/8
国立がん研究センター 東病院	908	陽子線	~ 2011/10
筑波大学附属病院 陽子線医学利用研究センター(*1)	2,832	陽子線	~ 2011/8
静岡県立静岡がんセンター	1,138	陽子線	~ 2011/9
兵庫県立粒子線医療センター	3,246	陽子線	~ 2011/9
	1,331	炭素イオン線	~ 2011/9
南東北がん陽子線治療センター	1,311	陽子線	~ 2011/10
群馬大学重粒子線医学センター	214	炭素イオン線	~ 2011/9
メディボリス医学研究財団 がん粒子線研究センター	137	陽子線	~ 2011/11/1
福井県立病院陽子線がん治療センター	63	陽子線	~ 2011/9
若狭湾エネルギー研究センター(*2)	56	陽子線	~ 2009/12

*1 筑波大学附属病院陽子線医学利用研究センターの累積数値は新旧施設の合計です。

*2 若狭湾エネルギー研究センターは2010年3月末で臨床を終了しています。

4. 日本及び海外のホウ素中性子捕捉療法（BNCT）の治療件数

表2は日本でホウ素中性子捕捉治療が始まって以来の国内の施設別の治療件数をまとめたものです。

2011年8月までの日本国内の治療件数は591件です。

また、表3は世界のホウ素中性子捕捉治療の施設別統計データです。

2011年8月までの世界の治療件数は508件です。

表2 国内における中性子捕捉療法の治療実績

原子炉	施設	脳	皮膚	その他	合計	治療期間
HiTR	日立製作所	13	0	0	13	1968～1974
JRR-3	日本原子力 研究開発機構	1	0	0	1	1969
MuITR	武蔵工業大学	99	9	0	108	1977～1989
KUR	京都大学 原子炉実験所	47	14	0	61	1974,87,90～95
KUR-M		97	8	105	210	1996～2006
		30	4	24	58	2010～2011
JRR-2	日本原子力 研究開発機構	33	0	0	33	1990～1996
JRR-4(*)		62	2	35	99	1999～2007
		7	1	0	8	2010～
合計		389	38	164	591	

* JRR-4は2007年に炉心破損で停止するまでに99症例施行。
再開後、2011年3月までに8例施行。
2011年8月においてJRR-2、JRR-3、JRR-4の総数は141症例。

2011.9.7 ANTM

表3 海外の中性子捕捉療法照射設備及び治療実績

国名	施設名	線質	累積患者数	部位名	統計年
米国	研究炉(BGRR *1)	熱	28	脳	1951～58
	研究炉(BMRR *2)	熱	17	脳	1959～61
	研究炉(BMRR-M *3)	熱外	54	脳	1994～99
	マサチューセッツ工科大学炉(MITR)	熱	18	脳	1959～61
熱外		24	脳(18)/皮膚(6)	1994～	
オランダ	研究炉(HFR Pettern)	熱外	22	脳	1997～2002
フィンランド	研究炉(FiR-1)	熱外	272	脳/頭頸部	1999～
チェコ	LVR-15 REZ	熱外	2	脳	2000～
スウェーデン	研究炉(R2-0)	熱外	52	脳	2001～05
イタリア	研究炉	熱外	2	肝臓	2002～
アルゼンチン	研究炉(RA-6)	熱外	7	メラノーマ	2003～
台湾	研究炉	熱外	10	*4	2010～

*1 BGRR Brookhaven Graphite Research Reactor
*2 BMRR Brookhaven Medical Research Reactor
*3 BMRR-M 熱外中性子照射場を設置
*4 台湾 ICNCT2010 口頭発表、部位については不詳

2011.9.7 ANTM

選んだ人、選ばれた人 - 臨床試験者として重粒子線治療を受けて -

加藤 博司（入院時 51 歳）



現在、わが国では 2 人に 1 人ががんになり、3 人に 1 人はがんで亡くなる時代といわれています。

日頃、「がん保険」を薦めている側の人間ですので、認識はして

いるのですが、医師から「がんです」と宣告された時には、大変ショックでした。「来るべきものが来たのかな」と思いました。

それは今年の 3 月 31 日、黄疸で T 医科大学病院を受診した時のことです。検査結果として、「黄疸の原因としては、腫瘍もしくは胆石のような石が考えられますが、CT で見る限りでは石は見えないので腫瘍です」と伝えられました。「腫瘍」と聞いた瞬間に「悪性腫瘍である」と感じましたが、実際にその通りでした。

私は、昨年 9 月末に脳梗塞を発症し、生きるか死ぬかというような状態を既に経験しましたので（幸いにも、顕著な後遺症はありませんでしたが）、悪性腫瘍かもしれないということを聞かされた時は、「ジタバタしてもしょうがないので、受け入れるしかない」と本当に思いました。

また、家族のことも考えました。仕事柄、生命保険には加入しておりますので、自分が亡くなったとしても死亡退職金もしくは死亡保険金で十分暮らすことができるものは用意されていますから、経済的な心配はないだろうと。

そして、以前、「生命保険修士会」のセミナーで講師の平尾泰男先生（医用原子力技術研究振興財団常務理事）から重粒子線がん治療についての講演を聞き、がんになったらどんなことがあっても重粒子線治療を受けようと思っていましたので、治療方法

として重粒子線治療を思い出しました。

T 医科大学病院を受診した当時は黄疸がひどく、同院に緊急入院となりました。黄疸に対する治療が優先されました。即入院という状況でしたので、いろいろと悩む時間はありませんでした。110 日間の長期入院でした。入院中に何度か重粒子線治療を希望していることを主治医に申し上げましたが、その都度、一般的な抗がん剤治療を薦められました。理由として、健康保険が適応となり患者の経済的負担が少なく済むこと、症例数が多く実績があることを挙げていました。一方、重粒子線治療の場合はまだ先進医療であり、膵臓がんの場合には特に症例数が少ないという説明も受けました。私は、その都度、切らずに治す重粒子線治療の治療後の QOL の優位さを挙げ、重粒子線治療を受けたい旨申し上げました。ただし、治療費については非常に困っていました。私が参加した『生命保険修士会』のセミナーでは、1 回につき治療費は約 300 万円、4 回治療を受けるということでしたので、約 1,200 万円が必要と書いていたのですが、残念ながらその時には用意できていなかったからです。なお、後日談ですが、約 1,200 万円は私の誤解であったことがわかり、通常は一連の治療に対して重粒子線治療費として 314 万円が請求されますが、私の場合には臨床試験でしたので重粒子線治療費は請求されませんでした。（ ）

[編集注] 臨床試験の場合は、重粒子線治療期間の診療は無料になりますが、治療期間外の診療費（入院費、検査費、薬剤費など）は費用が発生します。

また、重粒子線治療を受けられるかどうか心配でしたので、4 月 13 日に入院先の主治医の紹介状と検査データを持ち、放射線医学総合研究所重粒子医学センター病院を受診しました。結果は、「残念ですが重粒子線治療はできません」というものでした。おもな理由として、手術ができる場合には手

術して切除すること、悪性腫瘍のある部位が重粒子線により穴の開くおそれがあることでした。T医科大学病院では手術の可能性としては五分五分との見解であること、実験台になってもかまわないので重粒子線治療を受けたいということを伝えたのですが、結果が覆ることはありませんでした。

理由への対応として、重粒子線治療における倫理委員会のメンバーである国立がん研究センター東病院を紹介され、手術ができるかできないかのセカンドオピニオンを求め、同院を4月28日に受診しました。同院でも丁寧な説明を受け、私の場合には腓頭部に腫瘍ができており血管に腫瘍が噛みつくような状態です。外科的な処置はできません、残念ですが“手術はできません”というお墨付き(?)をいただきまして、解決しました。その上、「重粒子線治療を受けるためにはまだ時間がかかりますが、頑張ってください」という励ましのコメントまでいただきました。

他方、理由の件ですが、重粒子線により穴の開くおそれがある腓嚢胞に関して、T医科大学病院では内視鏡手術により腓嚢胞を取る方法を採用していましたので、開腹手術に比べるとはるかにダメージが少ない治療が行われていたことも私にとっては幸いでした。

しかし、新たな問題も浮上してきました。脳梗塞発症後、血液をサラサラ状態にする薬を服用していた関係で、術中の出血への対策が必要となり10日間の事前処置が施されました。

5月17日の3回目の処置により腓嚢胞を取るための管が刺入されましたが、その2~3日後に撮影したCTでは、しぼんではいませんでした。どうやら、液体は体外に排出されましたが、ゼリー状の濃厚なものが残っていたようで、最低でも3~4ヶ月かかるという診断でした。私は、更に3~4ヶ月も悪性腫瘍に対して何ら治療ができないという結果に焦りを感じ、当初熱望していた重粒子線治療を諦め始めた時期でもありました。

入院先のT医科大学病院では免疫療法の臨床試験を実施していました。臨床試験として、自分の白血球を取り出し、培養して体の中に戻す方法、自分の免疫を増やしたものを直接腓臓がんの内視鏡を

使って注入(注射)する方法があります。同院では両方法で治療できるという恵まれた環境にありましたので、5月23日に1サイクル3ヶ月で臨床試験を承諾する旨の署名をしました。

重粒子線治療を半ば諦めていた私ですが、頭の片隅には、“腓嚢胞が無くなれば重粒子線治療受けられるはず”との思いが、常にありました。私にとってはいつ腓嚢胞が破裂するかわからないリスクを負っての毎日でしたので、腓嚢胞がどうなっているかをCT画像で確認したいということを主治医に相談し、5月30日にCT検査を受けました。

その結果は、驚くことに腓嚢胞が無くなっていました。これには主治医も驚いていました。あきらめていたので良い結果になったのかもしれませんが、自己免疫力のおかげかもしれないし、がん治療は一切していないので、体調が良かったためかもしれません。自分の意志の力、必ず治すという力が働いたのかもしれません。

黄疸症状はでていませんが、がんは残っています。がんが増えてしまうのではないかと毎日心配していました。この時点で、もう1度チャンスが巡ってきたと思いましたので、6月1日に検査データを手に、再度、放射線医学総合研究所重粒子医科学センター病院を受診しました。今回は課題が解決していますので、重粒子線治療の承認は容易に得ることができました。

承認は得ましたが、重粒子医科学センター病院は重粒子線治療を受けるために全国から来院しますので、待機期間が心配です。特に当時は、福島第一原子力発電所の作業員の内部被ばく事故が起きた場合の受入機関に同病院がなっていた関係で、100床のベッドの内、事故時対応で50床が空いている状態でした。しかし、ベッドが空いている関係からか、「万が一、内部被ばく事故が起きたならば、治療を継続することはできますが、他の病院に移って頂く可能性があります」という説明を受け、承諾後、幸運にも待機なしで、すぐに入院することができました。

がんの確定診断時から同院に入院するまでにいろいろとありました。入院後も再検査、精密検査が行われ、治療条件をクリアしない結果になった場合は、その時点でお帰り願いますと病院から言われていま

したが、1週間後にやっと治療が始まりました。治療は、検査終了後の6月10日から月末までの20日間、12回の重粒子線照射と100ccの抗がん剤を点滴で3回入れる、世界標準といわれる化学療法を受けました。なお、私のトータル線量は55.2GyE(グレイ・エクイバレント)でした。これを12回に分けて照射しますので、1回の照射は4.6GyEでした。

治療後4ヶ月が経過しました。今のところ転移、再発もありませんし、これまで6ヶ月程入院と自宅療法でしたので、体力がない、落ちているという程度の健康状態です。お酒も8月から許可も出ていますし、他にスポーツ、旅行、なんでもOKです。普通の生活をおくる上で何ら問題はありません。

最後に、今回重粒子医学センター病院で重粒子線治療を受けましたが、私は同院で膵臓がんの最後の方の臨床試験者のようです。膵臓がんの臨床試験対象者となるには、手術ができないこと、がんの

ステージ(病期)等多くの条件があり、それらすべてを満たさないと重粒子線治療を受けることができません。まさに、選ばれた人、選んだ人しか受けることができないものと私は認識しています。

同病院の臨床試験も約10年かかっているようで、治療開始時に世界で初めての線量で私を治療することを伝えられて、その意味からも頑張ってくださいと言われました。ですから、私が生きていれば生きている程、そのデータが今後の治療に役立つはずで

線量が高ければ高い程、がんの死滅する割合も上がっていきます。当然、人間の体もダメージを受ける割合が上昇していくことでしょう。どこが限界点なのかを臨床試験しています。私の場合は55.2GyEまで耐えられるか確認するということです。

私が長く生きれば生きるほど皆さんの力になるし、励みになるわけですから、できるだけ長生きして私のデータを役立てていただきたいと思います。

【粒子線治療を受けた患者さんの体験談募集】

当財団では粒子線治療を受けた患者さんの体験談を募集しています。

匿名希望でも結構です。投稿希望の方は当財団事務局までご連絡ください。

「医用原子力だより」への掲載分には、当財団の規定により原稿料をお支払いたします。

トピックス

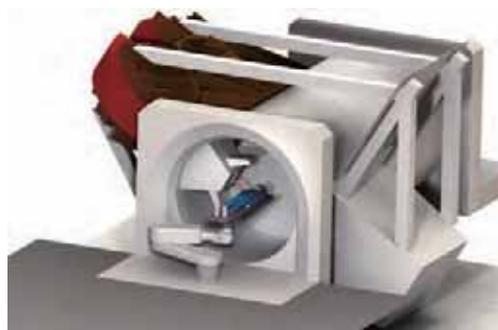
国内の建設中の粒子線施設から

・北海道大学陽子線治療施設(仮称)

北海道大学では、大型国家プロジェクト「最先端研究開発支援プログラム」の採択を受け、世界初となる「分子追跡陽子線治療装置」を開発しています。この装置は、今後の陽子線治療の柱となる「スポットスキャン照射技術」と体内で動いているがんを狙い撃ちできる「動体追跡照射技術」を組み合わせたもので、実現すれば従来は困難であった「大型で動きのあるがん」の治療も可能になります。

また、スキャン照射を用いて陽子線の利用効率を大幅に向上することで、加速器や回転ガントリーのサイズを小型化すると共に、遮蔽の負担を減らし、施設の敷地面積を従来の約70%程度に縮小することに成功しました。このような技術を確認することで、世界のがん拠点病院が将来的に導入しやす

い小型で高性能な次世代陽子線治療装置の実現と普及を目指しています。



回転ガントリー 完成予定図

さらに、がんの放射線抵抗性が高いといわれている低酸素細胞領域の把握に分子イメージング技術を活用して、線量分布の最適化を可能にする陽子線治療計画システムの開発も並行して進めています。

現在は、装置設計、製作と共に、北海道大学病院の敷地内に治療建屋の建設を進めています。来年秋から装置搬入、ビーム試験等が行われ、治療開始は平成 26 年 4 月を予定しています。

2012 年 2 月 16 日、17 日には京都国際会館で本プロジェクト主催の国際シンポジウムを開催します。プロジェクトの概要や最新情報は下記ホームページに掲載しておりますので、どうぞご覧ください。

(<http://rtpbt.med.hokudai.ac.jp>)



北海道大学陽子線治療施設（完成予定図）



施設 1 階部分鳥瞰図（模型）

加速器室・加速器制御室・回転ガントリー室・診察室等

・相澤病院陽子線治療センター（仮称）

相澤病院では平成 25 年の稼働を目指し、陽子線治療センターの開設準備を進めています。

治療スタッフは山梨大学・信州大学・国立がん研究センター東病院（NCCE）のご協力により充足され、現在兵庫県立粒子線医療センター・NCCE・静岡がんセンターで研修を行っています。

建屋は世界初となる加速器（サイクロトロン）- ガントリー垂直配置と小型回転ガントリーを採用し、地下 2 階地上 2 階建て延べ 1,340m²（世界最小）となっております。

照射室は 1 室ですが、スキャンニング照射ノズル・6 軸ロボット寝台・2 方向 DR・CBCT・Online PET・In Room CT を装備し、高精度照射に対応可能なシステムとなっております。



完成模型

6 月 20 日に着工して現在 - 15m まで掘りすすんでおり、11 月より本体工事に入って平成 24 年 7 月竣工予定です。



平成 23 年 11 月 2 日 現場写真

その後ビーム調整・データ取得を実施、平成 24 年 12 月に薬事法医療機器一部変更申請を行いたいと考えています。

・名古屋市陽子線がん治療施設

東海三県初となる「陽子線がん治療施設」の現地工事が順調に進んでいます。

本施設は、平成 20 年 12 月に、(株)日立製作所と事業契約を結び、平成 22 年 3 月に建物工事に着工し、平成 23 年 9 月末時点で、建物工事は、約 90%完了し内装工事を行っています。陽子線がん治療装置の据付工事は約 85%完了し、ケーブルの接続工事を行っています。

建物は平成 24 年 3 月、装置は試運転後 2 回に分けて引渡しを受ける予定で、平成 24 年度中の治療開始を予定しています。



航空写真



シンクロトロン



回転ガントリ治療室（完成イメージ）

・九州国際重粒子線がん治療センター

平成 23 年 1 月、九州新幹線「新鳥栖駅」前で、九州国際重粒子線がん治療センター（愛称：サガハイマツト）の新築工事の安全祈願祭が行われました。平成 22 年 9 月に治療装置製造の契約締結とあわせ



平成 23 年 10 月初旬の建設状況（地上躯体工事段階）

て、開設に向けた取り組みが進められています。

平成 24 年 10 月に完成予定の建屋工事の進捗にあわせて治療装置の据付、調整を行い、平成 25 年春の開設に向けた準備が進んでいます。

また、サガハイマツトの運営や治療装置の整備などを行う公益財団法人佐賀国際重粒子線がん治療財団では、広く全国からの寄附を呼びかけています。

詳しくは、<http://www.saga-himat.jp/please.php> へ。

14th International Congress of Radiation Research における BNCT サテライトシンポジウム報告記

国際中性子捕捉療法学会理事長
筑波大学医学医療系
脳神経外科学 教授
松村 明

2011 年 8 月 28 日～9 月 1 日の期間にポーランドのワルシャワで開催された 14th International Congress of Radiation Research（以下、ICRR）において、ICRR の歴史としては初めてホウ素中性子捕捉療法（以下、BNCT）のサテライトシンポジウムが開催されました。本シンポジウムの開催にあたっては台湾の清華大学の Yuan-Hao Liu 氏が ICRR 側と交渉を開始し、国際中性子捕捉療法学会（International Society for Neutron Capture



Fig.1: 会場となった Palace of Culture & Science。ワルシャワ市内の中心部でシンボルタワーとしてかなり目立つ建物であり、中央駅のすぐ近くで便利な場所にある。

Therapy: 以下 ISNCT) の公式行事として主催をしました。これまで過去の ICRR では BNCT 関係の発表はあまりなかったようですが、今回はポスターセッションでも BNCT の発表だけで 1 セッション組まれており、BNCT の存在がかなりクローズアップされてきました。

プログラムの内容については事前に

ISNCT の理事の間で企画を行い、これまで BNCT についてあまり知らない多くの ICRR のメンバーに対しての教育・啓発を行おうということで各演者には自データを発表するだけでなく、それぞれの分野における総説的な内容を多く含むように依頼をしました。プログラムの内容は、

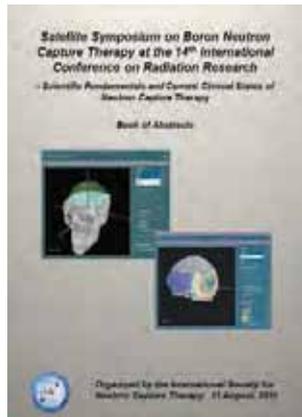


Fig.2: ICRR で行われた BNCT シンポジウム抄録集の表紙

Fig.2、Tab.2 に示したとおりであり、2 時間のシンポジウムが組みられ、熱心な質問や議論が交わされた。

Chairperson: Akira Matsumura and Natalia Golnik		
Time*	Topic	Speaker
10:00 10:10	Boron Neutron Capture Therapy (BNCT) - past, present and subjects in the future	Koji Ono
10:10 10:32	Epithermal neutron beams, present status and future developments	Yuan-HaoLiu, David Nigg
10:32 11:54	Radiobiological principles applied to BNCT	John Hopewell
10:54 11:16	Present status of boron compounds for use in BNCT - the potential advantages of their use in combination	Amanda Schwint
11:16 11:38	Review of BNCT studies related to treatment of GBM	Shin-Ichi Miyatake
11:38 12:00	Review of BNCT studies related to the treatment of Head & Neck cancer	Leena Kankaanranta

Tab.1: 当日のプログラム。世界各国から BNCT の専門家が出席。

ICRR 本体の学会の中でも「combined therapy」というキーワードが注目を浴びており、放射線治療に化学療法・免疫治療などを組み合わせることによる併用効果についての発表が数多くみられており、その意味では BNCT は腫瘍細胞に的を絞って粒子線治療を行うことのできる究極の「combined therapy」であると言えよう。ポスター会場でも熱心な討議が繰り広げられ、今回の ICRR で BNCT の存在価値が高まったとの印象を受けた。



Fig.3: 当日のシンポジウムの会場の様子。放射線生物学の Oxford 大学 Hopewell 教授、アルゼンチン原子力研究所の Dr.Amanda Schwindt が会場を確認中。後方の座席には大阪医大の宮武先生、京大の桜井先生も写っている。

次回の ICRR は 4 年後に京都で開催予定であり、その時には BNCT の発表がさらに増え、注目度が増すことが期待される。

また、ICRR 学会中に ISNCT と国際原子力機関 (International Atomic Energy Agency: 以下、IAEA) の代表者が話し合いをもった。その中で 2000 年に IAEA で作成された “Current status of Neutron capture therapy, IAEA-TECDOC-1223” という中性子捕捉療法のガイドラインともいえる出版物の内容が、近年の BNCT の発展に伴って古くなっている現状から、改定版の発行を目指した活動を開始することが合意された。現在、2012 年のつくばでの国際中性子捕捉療法会議にて ISNCT と IAEA の合同会議開催を目指した準備が開始されている。

第 14 回中性子捕捉療法国際会議レポートと第 15 回会議のお知らせ

筑波大学医療医学系脳神経外科
講師 山本哲哉

第 14 回中性子捕捉療法国際会議が、2010 年 10 月 25 日 - 29 日にアルゼンチンの首都ブエノスアイレスの会場 Centro Cultural Borges で、世界各国より参加者 200 名を集めて開催されました。会長は National Atomic Energy Commission の Sara J. Liberman 博士、大会のテーマである “新たな挑戦” にふさわしい最新の研究成果が数多く報告されました。これまで日本は中性子捕捉療法研究を牽引してきましたが、その功績が認められ、本会議の最高賞 Hatanaka award

に3名の日本人研究者 小野公二氏(京都大学)、古林徹氏(京都大学)、松村明氏(筑波大学)が選ばれました。

放射線生物学分野では、これまで研究されてきた脳腫瘍やメラノーマに加え、肝や甲状腺などの癌でのホウ素化合物取り込みの修飾や他の治療法との併用効果に関する研究が報告されました。ホウ素の測定やイメージングを含めた基礎研究では、今回第14回の開催国アルゼンチンと前回第13回の国際会議の開催国イタリアからの研究が数多く報告され目を引きました。両国には若手の研究者が育っており、今後の研究の発展とさらなる貢献が期待されます。開発に長期間を要するホウ素化合物開発の分野では、日本をはじめとした各国の開発研究が継続されています。従来報告のあったホウ素ポルフィリンや既存化合物の修飾等の報告に加えて、ナノテクノロジーを使った薬剤開発の成果が示され、また、アミノ酸やLDLトランスポータの修飾によるホウ素薬剤の取り込み増強の研究成果が報告されました。

本学会の“新たな挑戦”に最も重要なのが中性子源の開発研究です。原子炉中性子源の設計理論や測定結果に加え、イタリア、ロシア、アルゼンチン他から加速器をベースとした中性子源に関する研究開発・設計が報告されました。加速器ベースの治療システムでは都市型で病院に併設可能な治療施設が提唱されていて、マシンタイムの確保や安全性、利便性が飛躍的に改善されるばかりでなく、分割照射や多方向照射による治療効果や適応拡大の面でもその有用性が期待されています。この分野で唯一臨床研究直前の秒読み段階に入っているのが京都大学のグループで、次回大会での初期治療成績の報告に世界が注目しています。

各国からの臨床研究の報告では良好な成績が示されました。近年治療対象となっている再発頭頸部癌は今後も継続して治療法の改良が進み、効果が明らかにされるとともに、他の癌腫へ適応が拡大されることでしょう。フィンランド(頭頸部癌、脳腫瘍)、スウェーデン(脳腫瘍)の報告のほか、新たに台湾から頭頸部癌の初期治療成績が報告されました。日本からは大阪医科大学、大阪大学、川崎医科大学、

京都大学、筑波大学、徳島大学より臨床成績が示されました。

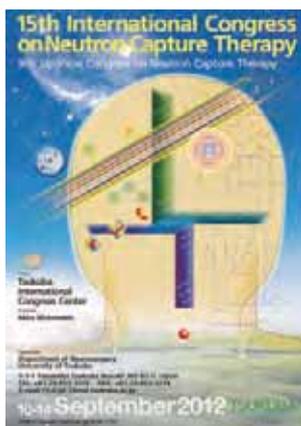


第14回中性子捕捉療法国際会議 会場 Centro Cultural Borgesにて

次の第15回中性子捕捉療法国際会議(ICNCT-15)は、茨城県のつくば国際会議場「エポカルつくば」に於いて2012年9月10日-14日の日程で開催予定です。ICNCT-15のポスターは、UNICEFのポスターや科学雑誌「Newton」のイラストレーションも手掛けた福澤郁文氏(design FF、東京)の制作によるものです。家族が脳腫瘍で重い症状を持ちながら今も苦闘されていて、人体に創り出される未だ解明されないガンの存在が宇宙の暗く深いブラックマター領域のイメージと重なるとのこと。中性子捕捉療法の特徴的な治療理論は氏にとって地球生態圏にこれまでなかった異技術であり、未来のガン克服に明るい光であうようにという強い期待が込められています。各研究分野の専門家による最新の成果が結集され、医療現場での治療成果に一日も早く繋がることを、心から期待いたします。



右より筆者、次会(第15回)会長 松村 明氏、次々回(第16回)会長 Leena Kankaanranta 氏



ICNCT-15 ポスター

<http://square.umin.ac.jp/ICNCT15/>

第 8 回日本中性子捕捉療法学会学術大会報告

徳島大学病院 地域脳神経外科診療部 特任教授
影治照喜

2011 年 9 月 16 日～ 17 日の 2 日間、徳島大学蔵本キャンパス長井記念ホールにて第 8 回日本中性子捕捉療法学会を開催いたしました。大会の開催が徳島という地方での開催であり、さらに東日本大震災の直後の学術大会に、どれだけの方に参加していただけるのか非常に不安でしたが 130 名の方々に参加していただきました。また現在の厳しい経済状況にもかかわらず医用原子力技術研究振興財団をはじめ多くの企業等から協賛を賜りました。皆様方のおかげをもちまして学術大会を無事に終えることができましたことを深く感謝申し上げます。

3 月 11 日 14 時 46 分、三陸沖にマグニチュード 9.0 の超巨大地震から生じた津波が東北地方沿岸部を襲い多くの人々が犠牲になりました。津波被害だけでなく世界を震撼させているのは津波による福島第一原発の事故です。原発は水素爆発により建屋は破壊され外部に漏出した放射線は人々を恐怖に陥れ、未だなお多くの人々は避難を余儀なくされ、国家存亡の危機に直面しています。国の原発依存のエネルギー政策は大きく転換しようとしています。

従来、中性子捕捉療法は中性子源として研究用原子炉を用いてきました。日本全体が「脱原子炉」に向かっている現状では原子炉を用いての中性子捕捉療法の継続は国民の理解が得られにくいと思

ます。2010 年の本学術集会は「加速器元年」と銘打って開催され多くの議論がなされました。今後、BNCT の命運は加速器の臨床的実用化にかかっているといっても過言でないと思われます。すなわち、加速器の実用的開発がなされなければ BNCT はおのずと衰退し消滅していくでしょう。したがって第 8 回の本学術集会の主題は「1 日でも早い加速器の臨床的実用化に向けて」というテーマで開催いたしました。2 日間にわたり、化学・薬学分野、物理学分野、医学分野から 42 演題の一般演題を頂きました。特別講演としては、主題の「1 日でも早い加速器の臨床的実用化に向けて」を深く議論するために加速器分野でのエキスパートである服部俊幸先生（放射線医学総合研究所）、松村明先生（筑波大学大学院人間総合科学研究科）、小野公二先生（京都大学原子炉実験所）の 3 人の先生方に BNCT 専用加速器についての現状と問題点、さらには将来展望についてご講演して頂きました。

特別講演の先生方



左から 小野公二先生、松村明先生、服部俊幸先生

大会に参加された方々は加速器の臨床応用がいよいよ秒読み段階に入ったことを知り現状を鑑みて心の高まりと緊張感に包まれたことと思います。またランチョンセミナーでは BNCT の温故知新を中川義信先生（香川小児病院）に語っていただきました。先人たちの今までの BNCT 開拓の努力と英知を知ること益々、これからの原動力になったと思います。

本学術大会では応募いただいた一般演題の中から研究と発表内容が優れていた、40 歳未満の若手研究者を対象にしてベストプレゼンテーション賞を設けました。厳正なる審査の結果、服部能英先生（大阪府立大学）、平松亮先生（大阪医科大学）、近藤夏子先生（京都大学原子炉実験所）の 3 名の先生方が受

賞されました。おめでとうございます。

ベストプレゼンテーション賞を受賞された先生方



服部能英先生（大阪府立大学）



近藤夏子先生（京都大学原子炉実験所）



平松亮先生（大阪医科大学）

今回の第9回は第15回国際中性子捕捉療法学会を主催される筑波大学松村明会長のもとで合同開催されます。第10回は岡山にて岡山大学大学院医歯薬学総合研究科細胞生理学 松井秀樹教授のもとで開催されることが決まりました。

懇親会では大会の疲れを忘れるために徳島の郷土料理と阿波踊りを楽しんでいただきました。



懇親会での阿波踊り

悪性腫瘍に苦しむ患者さんたちの多くがまだBNCTを受けられる状況にはありません。病魔に苦しめられている患者さんには時間が無いのです。震

災後の日本を復興させるためにも、この治療にかかわるすべての人々が一致団結して、皆の情熱と英知を結集して、是非とも加速器 BNCT を1日でも早く臨床応用させ、日本から世界を変える日が近いうちに来ることを切に願って、第8回学術大会の学会報告とさせていただきます。

お詫び

前号解説において以下の誤りがありましたので、お詫びして訂正させていただきます。

9 ページ右段下から6行目

(誤) 初回治療から10ヶ月目にS2へ新規病変を認め、PEITを4回実施し、1年4ヶ月目に新たに肝S2に新規病変が出現し、RFAおよびエタノール経皮的エタノール注入療法(PEIT)を計5回実施された。

(正) 初回治療から10ヶ月目にS2へ新規病変を認め、エタノール経皮的エタノール注入療法(PEIT)を4回実施し、1年4ヶ月目に新たに肝S2に新規病変が出現し、RFAおよびPEITを計5回実施された。

10 ページ左段下から7行目

(誤) 現在70歳半ばながら現役で勤務されている。

(正) 現在70歳半ばながら現役を思わせるほど、意欲的に様々な活動をされている。

10 ページ右段下から13行目

(誤) さらに、当センターで実施した600名以上の原発性肝癌の患者さんは、ほとんどの症例が肝機能の低下が見られても一過性であった。

(正) さらに、当センターで実施した600名以上の原発性肝癌のほとんどの症例が肝機能の低下が見られても一過性であった。

11 ページ右段上から6行目

(誤) 今後も現役として活躍され続ける姿を切に期待する。

(正) 今後もお元気に活躍される姿を切に期待する。

「医用原子力だより」第12号

平成23年12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