



## 医用原子力への期待

財団法人 原子力安全研究協会 理事長  
松浦 祥次郎

全く個人的なことで恐縮ですが、私は医用原子力に因縁を感じております。私の祖母は1920年頃、舌癌に罹患してRa針での照射治療を受けていたと母から聞いたことがあります。また、私自身国民学校3年生の時（1944年）白癬菌による難治のシラクモにかかり、父の命令でX線照射による治療を受けました。一時は頭髮がすっかり抜け「チャビン」という綽名を付けられましたが、お蔭で完治し、今もかなりしっかりと頭髮を保っております。このことが後に原子力を職業とするきっかけであったようにも思っております。このような事情で、医療への原子力利用には思い入れと言うか、強い期待を抱いております。

近年の我が国における放射線利用による診断及び治療施設の普及と利用技術の進歩にはまさに瞠目させられます。現在、広い分野において原子力科学技術は国民の生活レベル向上に大きく貢献していると理解していますが、医用原子力の貢献の伸長振りはその中でも最速ではないかと思われるほどです。特に陽子線、重粒子線、中性子線など粒子線を照射に用いる機器の設置台数の増加振りと治療実績の着実な累積は、その分野の世界水準を我が国が押し上げているのであろうと見られるくらいです。この分野の進展は、今後加速器技術が進歩するに応じて益々適用範囲も拡大してゆくことでしょう。

さらに近年開発が進んだ分子イメージングや分子標的薬の技法が一層拡大、精緻化され、かつ放射線治療と結合されるように発展すれば、患者の身体的負担が軽く、医療効果も大きい放射線治療可能領域が広く開拓されるであろうと期待が膨らみます。まさに、新しい技術と知恵で新しい価値を社会にもたらす医療分野のイノベーション、挑戦と考えます。

しかし、どのような挑戦にも課題は付き物です。私が携わって来た原子力エネルギー利用分野で遭遇している諸課題から類推しますと、今後の医用原子力展開にも多くの課題が予想され、そのそれぞれにイノベーションを実現し、全体的に良好なガバナンスが機能するよう目指す必要があるでしょう。診断・治療や機器改良・開発には当然イノベーションの努力が集中されるでしょうが、そのほか例えば医療保険制度、規制行政、関連分野の人材育成、知識共有と継承、関連基礎研究、人体影響に関する各種放射線の核・原子・分子反応などの基礎データベース作成・維持などのような事項に関する各システムのイノベーションも不可欠でしょう。また、ぜひとも見過ごしのない事を願うのは、照射により患者が受ける様々な心身的ストレスの軽減への配慮です。これにより患者が元気付けられれば回復にかなりな効果があるのではないかと期待されます。

我が国の一般市民は、原子力エネルギー利用に対する受容の厳しさに比較して、原子力の医療利用の受容については驚くほどの寛容さを有しています。これは大変重要な社会的資源といえるものです。これを関係各位は深く理解されて、上記のイノベーションに挑戦され、世界最高の医用原子力システムを構築されることを何よりも期待しています。

## 事業活動報告

### ◆《市民公開講演会》第7回医用原子力技術研究振興財団講演会

平成22年11月13日（土）、山形テルサ内テルサホール（山形県山形市）にて、当財団主催の第7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～人にやさしい放射線治療～」が、山形大学、山形県医師会との共催で開催されました。

同講演会では347名の参加者に、がんの検診と診断技術の進歩、がんの放射線治療について平易かつ啓発的に広く一般の方々に紹介されました。



平尾 泰男 常務理事

当財団の平尾泰男常務理事の挨拶で開始された第7回講演会は、以下の3部構成のプログラムで進行し、山形大学の結城章夫学長の挨拶で閉会となりました。



講演会場内



結城 章夫 山形大学学長

### ■ ■ ■ プログラム ■ ■ ■

#### 第1部 がんの検診と診断技術の進歩

座長：山形大学医学部附属病院

病院長 久保田 功 氏

##### 1) 「もっと胃がん検診を受けましょう」

山形県庄内保健所

所長 松田 徹 氏

##### 2) 「乳がん検診のすすめ

－やさしい乳がん検診の話－

山形大学医学部附属病院放射線診断科

助教 朽木 恵 氏

##### 3) 「PET 検査によるがん検診」

仙台厚生病院

副院長兼先端画像医学センター長

山口 慶一郎 氏

#### 第2部 がんの放射線治療

座長：山形大学医学部放射線腫瘍学講座

教授 根本 建二 氏

##### 4) 「ここまできた放射線治療」

東北大学病院がんセンター 放射線治療科

センター長 教授 山田 章吾 氏

##### 5) 「体にやさしい放射線治療」

放射線医学総合研究所

理事 辻井 博彦 氏

#### 第3部 質問コーナー

(参加者より寄せられた質問に講師陣が回答)

座長：山形大学医学部附属病院

病院長 久保田 功 氏

山形大学医学部放射線腫瘍学講座

教授 根本 建二 氏

### ◆平成22年度（第15回）「医用原子力技術に関する研究助成」贈呈式

平成22年度（第15回）「医用原子力技術に関する研究助成」贈呈式を平成22年7月2日（金）に航空会館（東京都港区新橋1-18-1）において行ないました。森亘理事長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。

今年度の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Ⅰ：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上田真史氏（京都大学医学部附属病院 助教）「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

②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 研究員）「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」

テーマⅡ：IGRT に関する基礎的・臨床的研究

①三上麻里氏（国立病院機構大阪医療センター 放射線科 診療放射線技師）「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」

②木村智樹氏（広島大学病院 放射線治療科 助教）「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」

テーマⅢ：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田中浩基氏（京都大学原子炉実験所 助教）「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」



（写真提供：原子力産業新聞）

前列左より田中氏、木村氏、三上氏、森 亘 理事長、金山氏、上田氏

後列左より佐々木 康人 氏（(社) 日本アイソトープ協会 常務理事）、井上 俊彦 氏（大阪大学 名誉教授）、阿部 光幸 氏（兵庫県立粒子線医療センター 名誉顧問）、平尾 泰男 常務理事

◆第 14 回「医用原子力技術に関する研究助成総合報告会」

第 14 回「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 22 年 7 月 2 日（金）に航空会館（東京都港区新橋 1-18-1）にて開催しました。参加者は約 50 名でした。



森 亘 理事長

森亘理事長の挨拶で始まり、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、発表後に会場内の参加者と発表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、鎌田正氏（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長）による特別講演「HIMAC がん治療 15 年の歩み」が行われました。

平尾泰男常務理事による挨拶で閉会となりました。

課題テーマ別に行われた昨年度の研究助成対象者による研究発表は以下のとおり。

座長：久保 敦司 氏（国際医療福祉大学）

I. 機能 / 形態融合画像の臨床的有用性に関する研究  
(1) 「 $^{11}\text{C}$ -methionine PET と MRI 拡散テンソル画像の融合画像を用いた悪性グリオーマに対する IMRT 治療計画における有用性の検討

（大阪大学医学部附属病院 木下 学 氏）

III. 中性子捕捉療法の更なる展開に関する研究

(2) 「ホウ素含有 Lipo-peptide を用いた新規ホウ素送達システムの開発」

（筑波大学大学院人間総合科学研究科 中井 啓 氏）

座長：山田 章吾 氏（東北大学病院がんセンター）

II. IMRT の QA/QC に関する研究

(3) 「呼吸同期 IMRT における QA/QC の確立」

（京都大学大学院医学研究科 中村 光宏 氏）

(4) 「強度変調放射線治療におけるガラス線量計を用いた吸収線量測定法に関する研究」

（首都大学東京大学院人間健康科学研究科 橋本 慎平 氏）



研究助成総合報告会場内

### ◆粒子線がん治療等に関する施設研究会

#### ●見学会

「福井県陽子線がん治療センター(仮称)」の見学会を平成22年5月7日(金)に行いました。「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」のメンバーも加わり、約20名の参加がありました。

#### ●合同勉強会

「第23回粒子線がん治療等に関する施設研究会」と「第32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22年8月23日(月)、日本消防会館5階大会議室にて開催され、約30名の参加がありました。

同勉強会では「医療経済学として見た粒子線治療」をテーマとして以下の講演が行われました。

#### 講演1：

2025年における日本の高齢者肺癌の診療戦略  
—放射線と外科の役割変化—

宮本 忠昭氏

(放射線医学総合研究所 名誉研究員)

飯沼 武氏

(放射線医学総合研究所 名誉研究員)

日本でがん死亡No.1である肺癌は、特に75歳以上で罹患数が急増しています。外科手術と放射線との共同作業による高齢者肺癌の治療戦略について、宮本氏、飯沼氏よりご講演いただきました。

宮本氏からは、肺癌の分類、診断法、病期と治療法、重粒子線治療と外科切除例との対比、重粒子線による肺癌一回照射法が解説されました。



宮本 忠昭氏

飯沼氏からは、早期発見(CT検診)と治療(外科手術、重粒子線一回照射をはじめとする放射線の組み合わせ)による肺癌死亡低減に向けた戦略が、罹患数やコストなどの具体的な数字を基に解説されました。



飯沼 武氏

#### 講演2：

重粒子線がん治療等の先進医療の医療経済的評価

川渕 孝一氏

(東京医科歯科大学大学院医療経済学分野教授)



川渕 孝一氏

粒子線治療の保険導入や、新たな施設計画が全国に拡大する中で、粒子線治療を経済面から評価することは非常に重要であり、川渕氏からは、医療を経済評価する際の調査方法や比較検討方法、評価のために欠かせないデータが不足していることなど、現状の課題も含めてご講演いただきました。これまでとは角度の違った分野からの評価に、参加者からは「大変面白かった」「新鮮で良かった」という声が聞かれました。

締めくくりとして、CERN(欧州原子核研究機構)製作による、欧州の重粒子線治療施設(HIT=独ハイデルベルグ、CNAO=伊パヴィア)の紹介動画3本が上映されました。参加者は、治療室や加速器に関する施設関係者へのインタビューなどで構成された動画に興味深そうに見入っていました。閉会後には、参加者から「今後も継続して海外の最新情報を報告してほしい」という声も聞かれ、好評でした。

今回、合同勉強会終了後にアンケート調査を実施しました。皆様からいただいた貴重なご意見は、今年が本研究会設置 10 年の節目を迎え、今後の活動をより充実させるための参考資料とさせていただきます。

《会場アンケートより》

●見学したい施設

・群馬大学重粒子線医学研究センター、メディポリス医学研究財団がん粒子線治療研究センター（鹿児島）、放射線医学総合研究所、HIT（ドイツ）

●取り上げてほしいテーマ

・施設について…放射化防止、遮蔽技術、治療室のデザイン  
・加速器について…装置コスト、スペース  
・その他…海外施設の情報、他のがん治療法との横断的な比較、地域振興、保険、単独施設の医業収支



合同勉強会場内

◆線量校正事業

第 100 回日本医学物理学会学術大会学会初日の平成 22 年 9 月 24 日（金）、学術総合センター中会議室において、当財団の線量校正事業に関するランチョンセミナー・企画演題（QA）を実施しました。

●ランチョンセミナー（12：00～13：00）

座長：西臺 武弘氏

・放射線治療での品質管理の必要性について  
池田 恢氏

・我が国における治療用線量の標準供給  
（線量校正センターの実績と将来展望）  
佐方 周防氏

参加された皆様はセミナー中に退室する人は殆どなく、セミナー時間終了まで報告に熱心に耳を傾ける様子が伺えました。（参加者は約 280 名）



ランチョンセミナー会場内

●企画演題（QA）（13：00～15：00）

座長：福村 明史氏

・産総研における水吸収線量一次標準と国際状況  
齋藤 則生氏  
・国内におけるリニアック出力線量調査のあゆみ  
水野 秀之氏  
・放射線治療施設の吸収線量についての訪問調査と相違の原因について  
新保 宗史氏

ランチョンセミナー終了後、退室せずに引き続き参加された方も多数見られ、企画演題（QA）にも関心がある様子でプレゼン画面を見ながらメモを取っている参加者も目に付きました。

報告時間の最後まで席を立つ人は殆どなく大盛況の内に閉会となりました。（参加者は約 160 名）

◆平成 22 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」

●第 1 回基礎研修

「基礎研修」は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の習得を目的とする講習会であるが、今回は一般参加者の募集を行い、平成 22

年4月19日（月）から23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、本プログラム研修者7名を含む23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7名、診療放射線技師5名、医学部物理士1名、その他10名でした。



第1回基礎研修会場内

### ●第2回基礎研修

今回も一般参加者の募集を行い、平成22年8月2日（月）から6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30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2名、診療放射線技師7名、医学部物理士2名、その他19名でした。



第2回基礎研修会場内

### ●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、次年度公募する「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々に広報する目的で平成22年7月3日（土）、名古屋国際センターホール（名古屋市）にて開催しました。

参加者は107名で、その内訳は、医師35名、診療放射線技師9名、医学物理士1名、その他62名でした。



第1回粒子線がん治療入門セミナー会場内

### ●第2回粒子線がん治療入門セミナー

平成22年12月4日（土）日本科学未来館7階みらいCANホール（東京都江東区）にて開催しました。

参加者は71名でその内訳は医師6名、診療放射線技師22名（内医学物理士1名）、看護師1名、学生9名、その他33名でした。

### ◆医学生が放射線医学の魅力を体感！

#### ～「第3回放射線医学見学ツアー」～

医師のキャリアパスを考える医学生の会  
慶應義塾大学医学部3年生  
根木 沙良子

医師のキャリアパスを考える医学生の会では8月17日から18日にかけて、「放射線医学見学ツアー」を主催しました。

本ツアーは癌研究所顧問の土屋了介先生が、放射線医学研究所の村山秀雄先生のご講演に感銘を受け

たことから始まりました。ツアー第3回目となる今回は、青森から長崎まで全国から28名の医学生(2～5年生)が集まりました。

ツアー1日目は癌研有明病院に伺い、先生方によるレクチャー(癌研究会や日本の放射線治療の歴史・画像診断・核医学・治療機器)や病院見学を行いました。参加者に最も好評だったのが、治療計画プログラムでした。癌研有明病院で実際に使われている3次元放射線治療計画システム「Eclipse」を使い、コンピューター上で画像診断を行い、放射線を当てる角度などを考えながら肺癌の治療計画を立てました。放射線を当てる角度や線量を可能な限り考え抜き、それを逐一評価するという作業は、非常に気の遠くなる作業ですが、「『ベスト』というよりも『ベター』な照射を出来る限り探して求めていく。」という先生の言葉が印象的でした。

また特別講演として、京都大学大学院医学研究科放射線腫瘍学・画像応用治療学教授の平岡真寛先生にお話をいただきました。国民病の代表でもあるがんに対して、治療効果の高さと侵襲性の低さから、放射線治療を受けるがん患者さんは年々増える中、放射線治療専門医のマンパワーは600名と圧倒的に不足している現状について学びました。また欧米では臨床で大勢活躍している医学物理士も、日本では150名程、それも正式な国家資格ではありません。その他、日本には本来がん治療の礎となる腫瘍学(oncology)が欠けていることなど、海外と日本の意識の差を見せつけられました。

IMRT(強度変調放射線治療)などの新しい技術や分子生物学による発見の数々にも驚かされ、私が臨床に出て働く頃には、また新たな放射線治療の形



ツアー1日目：癌研有明病院にて治療計画作成を実体験

が出来ていくのだろうと、興味深く聞かせていただきました。

ツアー2日目は放射線医学総合研究所に伺いました。重粒子線治療のレクチャーの後、実際に緊急被ばく医療施設などの4施設を見学しました。中でも重粒子線棟はサッカー場ほどの大きさで、「治療室の裏でこんなに大掛かりな機械が動いているなんて、患者さんは想像もつかないだろうなあ」と思いました。1日目の癌研有明病院でも、リニアックをはじめ、サイズもコストもインパクトの大きな機器を沢山見せていただきましたが、放射線治療は機械があつてこそその医療だと改めて感じました。

私たちは、治療というどうしても「对患者さん」の場面だけに注目してしまいがちです。しかし放射線治療の場合は特に、治療機器のメンテナンスを行う人や医学物理士のように、医学とは少し違う角度から放射線治療に携わる専門家も、今後求められてゆくでしょう。技術の進歩のみならず、それを管理する人、そのサポートを受けて治療を行う医師など、全てがかみ合つて放射線医学は発展していくべきと感じました。

2日間のプログラムを終えて、参加者の放射線医学に対するイメージは大きく変わりました。ツアー前は「放射線治療は副作用が危険な印象」あるいは「放射線と言えば原爆のイメージ」というものでしたが、ツアー後には「今後がん患者が増える中で、優しい治療ができる放射線治療に魅力を感じた」とかなりプラスの印象に変わったようでした。一方で、マンパワー不足や機器などの環境を考えると、「(将来放射線医になることを考えた時、)充実した研修プログラムが受けられるかと思うとためらう。」との意見もありました。



ツアー2日目：放射線医学総合研究所にて重粒子線治療棟を見学

日本の放射線医学の未来が拓かれるためには、たしかに治療機器やマンパワーなど、あらゆる環境が整備される必要があります。しかし今回のツアーにより、今まで放射線についてあまり考えたことのない学生が放射線医学に対して強く興味を持ち、これから学んでいこうという意識が芽生えました。未来の医療を担う学生の、放射線医学に対するモチベーションを上げること、これが実現できたことは、今後の日本の放射線医学の発展に大きく貢献すると信じています。

最後となりましたが、このような素晴らしい機会を与えてくださった医用原子力技術研究振興財団の皆様、癌研有明病院の皆様、放射線医学総合研究所の皆様、ご講演やご挨拶をくださった先生方に心より感謝いたします。



参加者集合写真

医師のキャリアパスを考える医学生の会は医学生  
の立場から自らのキャリアについて学び、考え、発信するネットワークである (<http://student.umin>)。  
会員は、全国に69大学530名(10月1日現在)。

## 体験談

# 我が肝ガン — 雨後の筍 —

男性、74歳、無職（匿名希望）

雨後の筍（タケノコ）は雨の降った後に次々と生え出てくることから物事が続けざまに発生することのたとえとして用いられている語句である。肝ガンの内で統計的に最多であるC型肝炎のあと肝硬変を発症しているタイプは約8割を占めるそうである。現在の肝ガン治療は抗癌剤の内服、注射以外に外科的肝切除があるが手技的熟練を要し且つ肝ガン病巣に対してむしろ多発的再発を起こし易いそうである。肝動脈塞栓術と呼ばれる方法もよく行われるがこれも手技的に難しいことが少なくないそうで、また近年最も多くなされている局所療法はエタノール注入術である。症例によっては疼痛が激しく50%生存率は約4年と聞いている。最近簡便で多く採用されているのはラジオ波焼灼凝固療法であるがいずれも病巣が3cm以上の大きなガン病巣には不向きとのことである。インターフェロン注射は肝硬変の進行を防ぐことで肝ガン発症抑制効果が認められて

いるそうだが色々な副作用も少なくないようである。放射線治療も長年試行されてきて改良の加えられた高エネルギーX線照射が一般的（肝ガン以外の悪性腫瘍に対しても）となりつつある。しかしガン病巣周辺の正常組織に対して影響を最小限に抑えてピンポイント的に集中照射が可能である粒子線照射治療の実用化は1980年代の初頭からである。それは原子核の陽子を利用し陽子が一価の水素原子や四価以上の原子の内から炭素が採用されそれらが加速されて得られたものが治療として研究され臨床に應用されるに至った。慣用的に前者を陽子線、後者を炭素イオン線（＝重粒子線）と呼称されているが、区別せずに粒子線と総称されている。

自分自身については抗癌剤（5-Fu）内服で腎機能の低下を招いた。出血し易いので外科的手術は不適と判断したベテラン消化器外科医師によって粒子線医療を紹介されて6年前に始めることになっ

た。肝動脈塞栓術、エタノール注入、ラジオ波焼灼術もそれ以前に受けたが良好な結果を得られなかったからでもある。粒子線療法は兵庫県立の粒子線医療センター（たつの市）で表に一括した如く計7回我が肝ガンは照射を受けた。（詳細は解説の表1参照）医師、医学物理士、放射線技師らメディカル、コメディカルのスタッフが一致協力してより正確に、より適切な判断を症例毎に指示している。お陰で前例をみない頻回の照射を経て正常な日常生活に戻ることが出来た。粒子線医療は短い照射時間で済むこと、何ら苦痛も伴わずに体力を消耗することも全く無く適確な治療効果が得られる理想的方法といえよう。個人的には肝硬変を示唆する血中アルブミンの低値、血小板減少が継続しているので、次の肝ガンや以前の照射部位に雨後の筍の如く芽生える再発が万一あれば痛みやその他の辛い副作用を伴う医

療は避けて、さらなる粒子線医療を村上先生（兵庫県立粒子線医療センター院長）にお願いするしかないと思っている。



兵庫県立粒子線医療センター

### 【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。

年2回発行の「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いたします。

## 解説

# 5年間にわたり7個の原発性肝癌に対し陽子線または炭素イオン線治療を行い、著効を示した一例

兵庫県立粒子線医療センター

丹羽 康江、美馬 正幸、出水 祐介、寺嶋 千貴、藤井 収、村上 昌雄

### >病歴および治療歴（表1）<

約20年前HCV陽性が判明、近医にて経過観察されていた。7年前、肝S6にφ2cm、S3にφ1cmの肝腫瘍を指摘され、初発原発性肝癌として肝動脈塞栓術（TACE）が施行された。その後2ヶ月目にはLipiodolのwashoutがみられ再発と診断された。再発S3病変はラジオ波焼灼術（RFA）が行われたが、再発S6病変に対しては粒子線治療を希望された。

### 陽子線治療①：

再発S6の腫瘍に対し、陽子線治療を実施した。

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。

### 陽子線治療②③：

S2病変に対する繰り返し行ったPEITとRFAは

結局奏効せず残存し、さらにS6に新規病変を認めため、再度粒子線治療を検討することとなった。RFAおよびPEIT後の再発S2病変、およびS6病変にそれぞれ陽子線治療②③を行った。

#### 陽子線治療④：

初回治療から2年5ヶ月目にS5に新規病変を指摘され、陽子線治療④を行った。この腫瘍は消化管に近接しており、照射分割回数の多いプロトコルを採用した。

#### 陽子線治療⑤：

前回（治療②）の照射野に近接したS2内に新規病変を認め、続けて陽子線治療⑤を実施した。前回照射部との重なりを考慮しなければならず、治療計画に苦慮した。

#### 陽子線治療⑥：

初回治療から4年10ヶ月後、新規再発病変をS2に指摘された。腫瘍は肝左葉末梢の肝表面にあり、背部に胃壁が近接していたため、いったんは粒子線治療不適応との判断をした。しかし本人が粒子線治療を強く希望され、検討の結果、肝と胃の間へ大網を充填することで距離を確保するスペーサー手術を行った上でならば治療可能と判断され、粒子線治療に先んじて神戸大学肝胆膵外科にてスペーサー手術を施行した。肝機能は若干変動し、腹水も出現していたが、術後の回復を待ち、術後21日後に陽子線治療⑥を実施した。こちらも前回S2への照射野と近接していたが、入射角の工夫により安全に照射ができた。

#### 炭素イオン線治療⑦：

初回治療から5年10ヶ月後にはS6に新規病変出現した。前回粒子線治療①および③の近傍であったが、炭素イオン線を用いたことで良好な線量分布を得られ、炭素イオン線治療⑦が行われた。

以後、1年再発無く経過しているが、腫瘍マーカーは最終の粒子線治療以後はじめて正常値化し、現在も維持している。照射した全ての腫瘍は順調にいずれも縮小している。中でも、最初に陽子線治療を行った再発S6の腫瘍の臨床経過を図1に示す。

かつて肝機能異常が指摘され、粒子線治療によりその悪化が懸念されたが、現在は改善しており正常値を示している。現在70歳半ばながら現役で勤務されている。

粒子線による副作用は、照射野皮膚において線量分布が高かった範囲、複数回治療で照射野が重なった範囲でやや強い皮膚萎縮と皮下硬結を認める（図2）他には、重篤、かつ日常生活を制限するような症状は認めていない。

### >本症例の特性<

当症例は合計7回の粒子線治療を行った。これは当センターで行った原発性肝癌症例中、最多の照射部位数である。いずれの照射部位も再発することなく、粒子線治療の原発性肝癌に対する高い制御率を実感できた。と同時に、C型肝炎または肝硬変に合併して原発性肝癌が多発することを理解はしていたものの、治療を提供する側として度重なる経過で悩まされたのは、やはり正常組織の保護・温存であった。

当症例は治療開始時にすでに慢性肝炎の状態であり肝予備能が低下していた。粒子線の治療計画の際、画像上同定される肉眼的標的体積（GTV）に対し、臨床的に腫瘍の進展が考えられる5mmのマーヅンをつけた臨床的標的体積（CTV）、さらに照射時の呼吸性移動やセッティング時の誤差をマーヅンとした計画標的体積（PTV）を定義し、PTVに処方線量を投与することになる。PTVは実際の腫瘍GTVの周囲に正常な肝実質を含み、このPTV—GTVの領域が照射により障害を受ける肝実質となる。ブラッグピークという物理学的特性を持つ粒子線治療でも、照射は体外から照射されるため、入射経路となる肝実質もある程度照射され、肝障害の原因となる可能性はある。

そもそも肝実質はX線に感受性が高く、高線量を受けた肝実質は非可逆的障害となり、画像上も同部位は著明に萎縮する（図1-b、1-c）。しかし、肝臓は残存した肝実質が代償的に肥大するという有利な特性も併せ持つため、全体として肝機能を改善・維持させる能力を持つ。照射体積にもよるが、小さな照射範囲ではすぐに肝機能の低下を呈することは少なく、画像上変化がみられても採血結果上では変動がみられない症例も多い。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。これは高線量を照射された肝実質の障害あるいは萎縮が顕在化するとともに、それに反応して代償性肥大を呈する経過を反映したと考えられる。

この症例では、合計7回の照射により非可逆的障害を生じうる正常肝実質の体積は非常に大きい。1回の照射で同等の肝体積を照射すれば、おそらく治療後数日で非常に強い肝機能障害を呈し、元来のC型肝炎、肝硬変から肝不全を引き起こすことは容易に想定できる。毎回の照射毎に残存した正常の肝実質が代償性肥大を繰り返し回復したことで、これほどの照射回数に耐えられたものと考えられる。

このように再発を繰り返す症例においても、非照

射野の肝実質は元の肝機能が回復でき、結果的に複数回の粒子線治療でも安全に確実な治療ができる点において、肝動脈塞栓術などの抗がん剤治療よりも有利な点であろう。

局所治療として比較するならば、RFA や PEIT と比べ正常肝実質の障害の範囲は多いが、これらの治療ではサイズや血管、手技上の制限があること、さらに粒子線治療では治療実施時に本人の苦痛がほとんどない点で、粒子線治療の原発性肝癌治療への適応範囲の広さが、本人の自覚とともに、我々も実感できた。

粒子線が唯一不適合となりうる、近接した消化管がある症例へのアプローチも、この症例のようにスパーサーを活用できれば照射可能となり、さらに適応症例が広がるものと思われる。

もう一つの重要な正常組織として皮膚があげられる。入射経路として必ず皮膚を通過する性質上、再発をきたしやすいウイルス性肝硬変症例では、前の照射部位にごく近接して新規病変が再発することもある。実際、再発部位によっては治療が難しいことも経験している。この症例では S2 領域に 3 回の照射を行った。照射方向、照射方法を工夫することによりうまく強い皮膚障害を回避できた (図 2)。この成果は、再発部位に恵まれていたこと、本人の回復力に大きく依存しているが、前治療との重なりを丹念に慎重に比較し計画したことでこのような良好な結果を得られたものと、当時の治療計画グループの努力を賛頌したい。

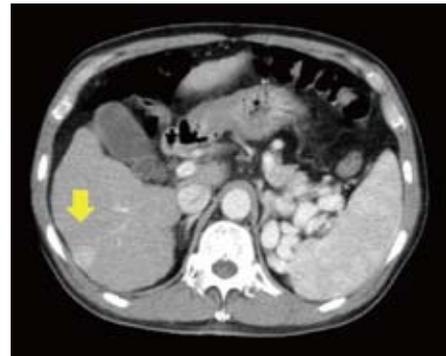
また、本人の見解にもあるが、陽子線で 6 回の治療を行い再発してきたのに、スパーサーという侵襲的な治療を行ったことで一過性に免疫状態が悪化していただろうにもかかわらず、最終の炭素イオン線治療後、腫瘍マーカーは長期にわたり低値を維持し、再発を認めない。肝機能の正常化も同時期に得られていることから、炭素線治療に何かしらの免疫賦活機序が潜在するのではないかとも思わせる。今後の基礎的研究の成果にも期待する。

また当症例が幸運に恵まれていたことに、この経過の中で肝臓の MRI 撮像ならびに造影剤の技術がめざましい発展を成し遂げ、ごく小さな病変のうちに新規病変を指摘できるようになったことも大きいだろう。経過とともに腎機能が悪化しており、通常の CT 造影剤を使用できない状態となっていた。かつてはこのような症例では単純 CT、単純または造影 US でしかフォローできず、おそらく発見が遅れたであろう。時代の流れにも恵まれた、まさに奇跡の症例である。

このことは、いかに再発をくりかえしうるウイルス性肝炎、肝硬変症例であっても、病変が小さなうちに病巣を完治できる早期発見早期治療をすることで、局所治療としての粒子線治療の可能性を広げた、ともいえる。

医学的に非常に奥の深い症例である。今後も現役として活躍され続ける姿を切に期待する。

<図 1>腫瘍の照射による画像上変化



1-a: 粒子線治療①の治療前 dynamic 造影 CT (動脈～門脈相)。肝 S6 の肝表面に約 2cm 大の濃染腫瘍を認める。

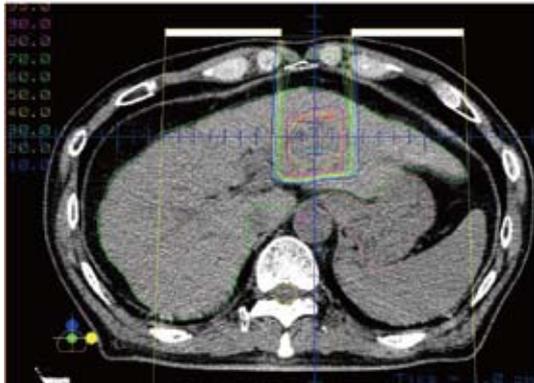


1-b: 粒子線治療①照射後 15 ヶ月時の dynamic 造影 CT (後期相)。腫瘍は消失している。高線量域の肝実質は萎縮し、持続性濃染が認めら、典型的な照射後の肝実質の変化を呈す。

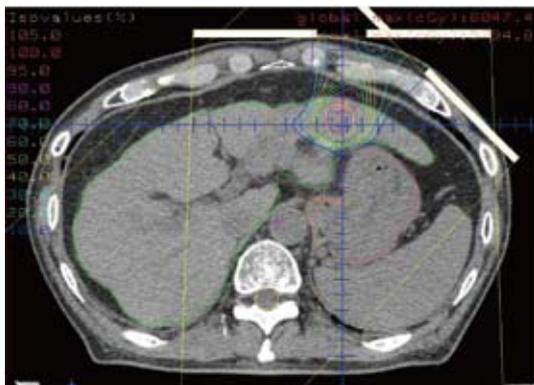


1-c: 粒子線治療①照射後 24 か月時 dynamic 造影 CT (後期相)。腫瘍は消失のまま。肝実質の萎縮がさらに進行し肝表面が陥凹している。

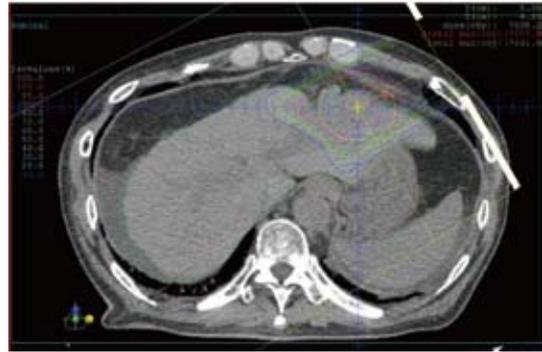
<図2> S2領域への3回の粒子線治療の治療計画図：若干の重なりはあるが、高線量を免れた。再発した腫瘍の部位にも恵まれていただろう。



2-a：粒子線治療②



2-b：粒子線治療⑤



2-c：粒子線治療⑥



2-d：②照射後4年3ヶ月目の皮膚の状態。1-aの照射野の皮膚癒痕がもっとも明瞭にみられる。下方にはスパーサーの術創が見られる。

<表1>

<治療歴>		発病/病変	TAI/E	RFA	PEIT	粒子線治療
初回治療から						
15年前		HCV (+)				
0年	0ヶ月	S6およびS3	○			
	2ヶ月	再発S3		○		
	4ヶ月	再発S6				① 陽子線 76GyE/20fr
	10ヶ月	S2			○×4	
1年	4ヶ月	S2		○	○×5	
	7ヶ月	再発S2				② 陽子線 60GyE/10fr
		S6				③ 陽子線 60GyE/10fr
2年	5ヶ月	S5				④ 陽子線 76GyE/20fr
	8ヶ月	S2				⑤ 陽子線 60GyE/10fr
4年	10ヶ月					<b>スパーサー手術</b>
	11ヶ月	S2				⑥ 陽子線 66GyE/10fr
5年	10ヶ月	S6				⑦ 炭素イオン線 76GyE/20fr
7年	0ヶ月	無病生存				

## トピックス

### ◆国内の粒子線施設建設の進捗状況

#### ・福井県陽子線がん治療センター（仮称）

本年5月より加速器ビーム調整がスタートし、工程は計画通り進んでいます。9月には放射線障害防止法に基づく原子力安全センターによる施設検査を受け、合格しました。

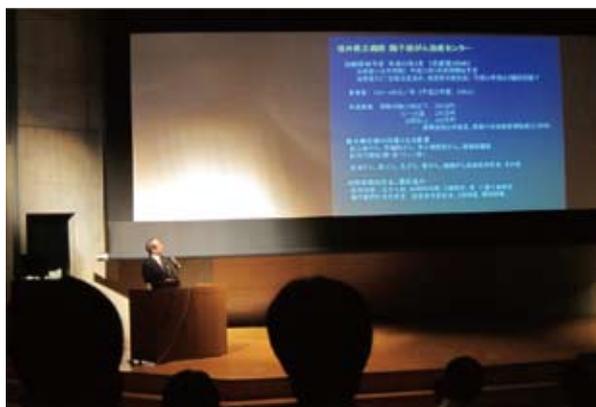
現在は、平成23年3月からの治療開始に向け、継続してビーム調整を実施中です。

年内には治療計画装置、MRI、PET/CT装置などの機器が搬入され、いよいよ治療体制が整います。

治療予約受付は、まず前立腺がんに対して12月から開始します。治療費は240～260万円に設定しました。

一方で陽子線治療の県民への普及活動も継続しており、10月16日（土）には日本粒子線治療臨床研究会のご協力のもと、福井県立大学で公開講座を開きました。当日は320人の参加があり、県民の関心の高さがうかがえました。

(<http://www.fukui294.info/youshisen/>)



福井県立大学での公開講座

#### ・名古屋市陽子線がん治療施設整備事業

9月末には地下1階ガントリー部、床、壁のコンクリート打設が終わり、10月からは、1階基礎耐圧版、床のコンクリート打設を行っています。

現在、ビームライン用遮蔽体の設置が行われており、10月末からはガントリー部1階壁のコンクリート打設を行う予定です。



平成22年10月初旬の建設状況

#### ・財団法人 メディポリス医学研究財団 がん粒子線治療研究センター

平成19年9月に土地開発造成工事に着手した「がん粒子線治療研究センター」は装置設置後、平成22年10月5日には原子力安全技術センターの立ち入り検査も無事終了し、現在は最終調整作業に入っております。

平成23年春の本格稼動開始に向け順調に整備が進んでいます。



写真1 ガントリー



写真2 シンクロトロン

## ・九州国際重粒子線がん治療センター

治療装置の整備、治療、人材育成などを担う佐賀国際重粒子線がん治療財団は、7月8日付けで公益財団法人の認定を受けました。公益認定を受けたことにより、財団の社会的信用力が向上するとともに、財団に寄附をいただいた個人及び法人に対しては、寄附金控除や損金算入などの面で税制上の優遇措置が適用されることになりました。財団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/kifu.htm> へ。

また、9月1日付けで、財団と三菱電機株式会社はサガ・ハイマツトに導入する重粒子線がん治療装置に関する契約を締結し、装置の製作に着手しました。装置の概要は次のとおり。

- (1) 製品名：粒子線治療装置  
(炭素イオンタイプ)
- (2) 医療機器製造販売承認番号：  
22200BZX00233000
- (3) 仕様  
ビーム種：炭素線  
エネルギー：140～400MeV/U  
主加速器：シンクロトロン
- (4) 照射室：水平／垂直照射室、水平／45度照射室  
※なお、照射室については、開院後に次世代型の3次元ビームスキャン照射室（水平／垂直）1室の増設を計画
- (5) 対象がん：脳腫瘍及び固形がん



九州国際重粒子線がん治療センター  
(サガ・ハイマツト) のイメージ

## ◆第7回日本中性子捕捉療法学会学術大会報告

学習院大学理学部 教授  
中村 浩之

2010年8月5～6日の2日間、学習院大学目白キャンパス（東京都豊島区）にて第7回日本中性子捕捉療法学会学術大会を開催いたしました。この厳しい経済状況が続く中にも関わらず、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、お陰様で172名の方々にご参加頂き、盛会裡に無事終了することができました。これも偏に皆様のご支援、ご協力の賜物と、ここに深く感謝申し上げます。

京都大学では、2008年より医療特区の1事業として「世界初の加速器による中性子捕捉療法機器の開発」が進められており、BNCT用加速器の開発状況に基づき、本大会は、「加速器BNCT元年」というテーマの元に、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、医学分野から一般公募でお寄せ頂いた42演題ならびに教育講演、特別講演、ランチョンセミナーの分野を超えた熱気あふれる発表と討論を行っていただきました。

招待講演には、教育講演として金田安史先生（大阪大学大学院医学系研究科教授）に「新たなDDSの開発とがん治療への応用」について21年度より始められましたセンダイウィルスエンベロップの臨床研究についてご講演いただきました。

特別講演には Sang Ook Kang 先生（Korea 大学化学科教授）に「BNCT Prospective in Korea」を、



ランチョンセミナー風景

成相直先生（東京医科歯科大学脳神経外科講師）に「ホウ素中性子捕捉療法とPET」についてご講演いただきました。

ランチョンセミナーには、小野公二先生（京都大学原子炉実験所教授）に「加速器 BNCT が拓くガン放射線治療の新たな地平」という演題で加速器 BNCT 元年に相応しいご講演をいただきました。

また、8月6日、学術大会終了後、午後2時より本学会が主催しました公開市民講座学際生命科学「東京コンソーシアム」シンポジウムでは、「医学といのち」をテーマに開催いたしました。



公開市民講座「医学といのち」の風景

本シンポジウムでは、中川義信先生（国立香川小児病院・院長）、宮武伸一先生（大阪医科大学・准教授）、平塚純一先生（川崎医科大学・教授）、福田寛先生（東北大学加齢医学研究所・所長）に講演いただきました。東京都内外から80名を超える一般市民の参加者がありました。本シンポジウムを通して「中性子捕捉療法」が次世代放射線療法としてその開発が進んでいることを一般市民にも広く伝えられたと思っております。

次同学術大会は、徳島大学医学部脳神経外科学分野・影治照喜准教授が大会長として2011年9月16～17日に徳島大学長井記念ホールで開催することとなりました。

また、第9回については、第15回国際中性子捕捉療法学会の松村明会長が、2012年9月9～15日につくば国際会議場で行われます国際学会と合同で開催することとに決まりました。

がん治療では外科手術・化学療法・放射線療法のコンビネーションにより各々の患者さんに適した治療が行われています。放射線療法を取り上げますと実に年間18万人もの患者さんが受けていらっしゃいます。加速器 BNCT が日本のみならず世界の放射線療法を変えてくれるものと確信いたし学会報告とさせていただきます。



懇親会（フォーシーズンズホテル・椿山荘）

#### ◆「重粒子線がん治療推進協議会」設立

重粒子線がん治療の国内、海外への普及・展開を目指して平成22年9月9日（木）衆議院第二議員会館会議室で「重粒子線がん治療推進協議会」（理事長 平尾 泰男 東京大学名誉教授）の設立総会が開かれました。

同協議会は、我が国の独自技術として開発された重粒子線がん治療を我が国すべての国民の医療分野に於ける財産として共有し、我が国のみならず世界の人々が重粒子線がん治療技術の恩恵を享受できる環境を整えて行くことを目的として設立されました。

また、同協議会は、重粒子線がん治療が国の成長戦略（医療に関して）の大きな柱としての①医療ツーリズム、②先端医療の産業化の目玉の一つとして位置づけられており、産業としての医療分野の確立を目指し政・官・民一体となって進める民間組織として設立されました。

設立総会には、政府側から大畠章宏議員（現経産相）、中山義活議員、樋口俊一議員、官庁側からは経産省、厚労省、文科省をはじめ内閣官房秘書官が

オブザーバーとして出席し、政・官が本協議会に強力にバックアップしていくことが示されました。

なお、同協議会では、今後も必要に応じて理事を追加していくこととし、具体的な作業部会の早急な立ち上げを予定しています。



重粒子線がん治療推進協議会

### ◆お詫び

・前号巻頭言において「故島中 坦」先生のお名前が「故島中 担」先生となっております。お詫びして訂正させていただきます。

・前号 15 ページ◆海外の粒子線がん治療実施状況の「世界の地域別粒子線治療統計」において次の誤記がありました。お詫びして訂正させていただきます。

### 編集後記

当財団は、新公益法人制度に対応するため、前段階である新法適合機関「評議員設置特例財団法人」に移行し、最終的に新法人に移行する予定でしたが、主務官庁の suggestion もあり、現在予定されていた 2 段階方式ではない 1 段階方式での新公益認定を目指すこととなりました。

この度の公益法人制度改革は明治 31 年に施行された法律に基づく制度を抜本的改革した訳ですからなかなか予定通りにはいきません。公益認定の申請は来年度を予定しております。

平尾 泰男

(誤)：前述 (1) から (4) の地域 27 施設の陽子線治療統計は 50,902 件であり、これに対して重粒子線治療の地域別治療統は 6,970 件である。これらをまとめて図 2 に示す。

(正)：前述 (1) から (4) の地域 27 施設の陽子線治療統計は 52,206 件であり、これに対して重粒子線治療の地域別治療統は 6,498 件である。これらをまとめて図 2 に示す。

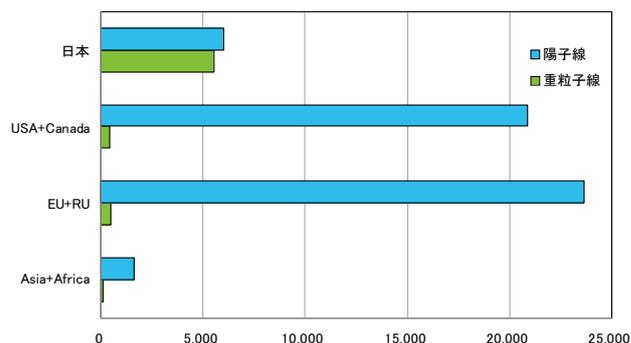


図 2 世界の粒子線治療施設の地域別統計

・前号 16 ページの「表 3 世界で計画中の粒子線治療施設」の下から 3 行目「SJFH, Beijing」の [MAX, CLINICAL ENERGY (MeV)] 欄、[START OF TREATMENT PLANNED] 欄に以下の誤りがありました。お詫びして訂正させていただきます。

(誤)：

SJFH, Beijing, ..., 250 synchrotron, 2, 2010

(正)：

SJFH, Beijing, ..., 230 cyclotron, 2, ?

### 「医用原子力だより」 第 11 号

平成 22 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

次号は平成 23 年 5 月に発行予定です。