



粒子線治療にかかる思い出と期待

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団 理事
公益社団法人 日本アイソトープ協会 専務理事
上 菟 義 朋

筆者が大学を卒業してすぐに就職した放射線医学総合研究所（放医研）では、サイクロトロンを用いた速中性子照射によるがん治療の研究が一段落し、表在性のがんに対する粒子線治療の研究が始まったころであったと思う。筆者自身は原子核工学の出身であり、加速器の放射線防護を目的に遮蔽や中性子計測の研究をしていたが、在籍した養成訓練部の上司が物理研究部から来られた加藤義雄先生であったため、日本医学放射線学会・物理部会の大会、研究会に連れて行っていただいた。そこでは粒子線治療、パイオン治療、BNCTなどの最先端の話題に触れ、これらは原理的に非常に優れた技術であり、面白そうだと感じていた。

その後しばらくして移籍した東京大学・原子核研究所（核研）では、加速器の利用範囲を応用研究まで広げ始めた時期であり、筆者には陽子線治療の基礎研究として、40 MeVのサイクロトロンビームを使って、医師や関係する物理屋（当時はまだ医学物理士の言葉は一般的ではなかった）が持ち込む培養細胞やマウスなどの照射のお手伝いが始まった。当時、東大・医科学研究所（医科研）におられた伊藤彬先生に教わりながら、線量計や照射装置を手探りで製作した。線量計はだいたいの設計図をいただいたので、方眼紙に製作図面を描き、工作者さんに部品を作ってもらって組み立てた。校正は医科研の ^{60}Co 照射装置を使わせていただき、伊藤先生の研究生に教わりながら実施した。そこで2次電子平衡や気温気圧補正など、電離箱の基礎を勉強させていただいた。伊藤先生はたいへん器用な方で、当時出始めたPC98につないだプロッタに、ペンの代わりに様々な厚さのルサイト板を取り付け、ブラッグカーブの測定を加速器の制御室から遠隔で行えるように指導してくださった。取得したブラッグカーブから、SOBPを形成する回転ホイールを作ってマウスや細胞の照射が始まったが、SOBPというのは吸収線量で平坦ではだめで、生物効果で平坦にする必要があることなど、大変勉強になった。生物効果のデータをもらって回転ホイールの厚さの分布を計算し、翌日の照射に間に合うように半徹

夜でプラスチックの薄板とカッターで奮闘したことを思い出す。伊藤先生に教わったプロッタ
は他にも役立った。パルスモータに行く信号を取り出して、細胞やマウスを数匹並べて遠隔で
移動させて次々と照射する装置も作製し、実験の効率が上がった。しかし原子核物理の研究者
ばかりの研究所でマウスやラットを扱うのは結構風当たりが強く、臭い、病気は大丈夫か、な
どの声を聞いた。臭気対策に飼育箱を作って排気設備につなげたところ、マウスを持ち込む研
究者からは、箱に入れるとマウスの体調が悪くなって良いデータにならなかったと言われ、難
しかった。当時は高エネルギー物理学研究所のブースターシンクロトロンからのビームを利用
した陽子線治療が筑波大学で始まったころであった。

放医研に粒子線治療目的の加速器である HIMAC ができたことは画期的であった。その後、
粒子線治療が大きく発展するけん引力になったことはもちろんであるが、筆者にとっては、移
籍した理化学研究所で始まっていた大強度重イオン加速器施設 RIBF の遮蔽設計への寄与が大
きい。HIMAC は RIBF の加速エネルギーをほぼカバーするため、RIBF の遮蔽設計の基礎とな
る重イオンによる中性子生成のデータを HIMAC で測定することができたのである。稼働し始
めて間もない HIMAC で、治療が終わった後の夜間と週末に、東北大学の中村尚司先生の研究
室の学生さんたちと貴重なデータをとることができた。中村先生は、世界のどこにもデータが
ない中で手探りで HIMAC の遮蔽設計をされたのであるが、RIBF では測定された中性子生成
データをもとに、精密な計算によって確実な設計が可能になった。HIMAC は核研から移られた
平尾泰男先生が中心になって建設されたのであるが、平尾先生には別の面でも恩義を感じてい
る。筆者は核研にいたときから放射線管理を担当していたが、科学技術庁の立ち入りがあった
際に、平尾先生がいると途中から検査官への説教が始まり、大いに心安く対応することができた。

粒子線治療は、その原理から大変優れた手法であることは理解していたが、それを実感した
ことがある。研究所の同僚に前立腺癌が見つかり、HIMAC で治療を受けることになった。治療
期間中に研究所で一般公開があったが、週末で治療がなかったとのことで、なんと大勢の見学
者を前に予定通り講演をしていた。聞くと、治療日でも空いた時間には放医研の友人の机を借
りて仕事もしているとのことであった。普通の生活を送りながら、苦痛もなく治療ができるの
は本当に素晴らしいことである。彼とはその後も、飲み会はもちろん、一緒にスキーにも行った。
粒子線治療が可能な疾患ならば最初の選択肢になり、QOL の高い治療後の生活を楽しむのが常
識になることを願っている。

事業活動報告

◆第 20 回市民向け公開講演会

「重粒子線がん治療の実際と今後の可能性」

令和 6 年 12 月 15 日（日）、山形テルサ（山形市）にて第 20 回市民向け公開講演会「重粒子線がん治療の実際と今後の可能性」を開催しました。404 名の参加者を得て、国立大学法人山形大学との共同主催、および株式会社山形新聞社の共催により実施しました。

第 1 部では、基調講演として重粒子線治療センター長の小藤昌志氏より、日本のがんの状況、重粒子線治療の概要、治療例、保険医療の拡大により身近な治療法になったこと、および山形大学方式のがんの集学的治療体制について講演がありました。続いて、

東日本重粒子センター副センター長佐藤啓氏より、治療実績、適応となる対象疾患、および保険適用の拡大による治療費についての報告がありました。

第 2 部では、臓器別シンポジウム「重粒子線がん治療に期待すること」を行いました。東日本重粒子センター副センター長元井冬彦氏がモデレーターを務め、具体的な治療事例、最新の情報、今後の展望について 7 名のシンポジストより詳しく紹介がありました。

今回の第 20 回講演会では、重粒子線治療に関する最新の知見が共有され、治療法の普及に向けた一般市民の意識の高まりが見られました。今後も、地域医療への貢献がさらに進むことが期待されます。

ープログラムー

開会挨拶

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団理事長
国立大学法人 山形大学学長

垣添 忠生
玉手 英利

第 1 部 基調講演とご報告

基調講演「身近になった重粒子線治療」

山形大学医学部附属病院 放射線治療科長／教授・重粒子線治療センター長

小藤 昌志

ご報告「重粒子線がん治療の適応と東日本重粒子センターの診療実績」

山形大学医学部附属病院 放射線治療科准教授・東日本重粒子センター副センター長

佐藤 啓

第 2 部 臓器別シンポジウム「重粒子線がん治療に期待すること」

○モデレーター

山形大学医学部附属病院 第一外科長／教授・東日本重粒子センター副センター長

元井 冬彦

○シンポジスト

前立腺がん……………日本海総合病院 泌尿器科 診療部長（兼）泌尿器科部長

川村 裕子

肝臓がん……………山形市立病院済生館 消化器内科 主任医長

西瀬 雄子

大腸がん……………山形大学医学部附属病院 第一外科 助教

岡崎 慎史

婦人科がん……………山形大学医学部附属病院 産科婦人科 准教授

太田 剛

肺がん……………山形大学医学部附属病院 第二外科 副科長・准教授

塩野 知志

頭頸部がん……………山形大学医学部附属病院 耳鼻咽喉科・頭頸部外科 講師

千田 邦明

放射線治療専門医の立場から…山形大学医学部附属病院 放射線治療科 助教

萩原 靖倫

膵臓がん、議論のまとめ…モデレーター

元井 冬彦

閉会挨拶

山形大学医学部長

永瀬 智



公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団理事長
垣添 忠生 開会挨拶



国立大学法人 山形大学学長
玉手 英利 開会挨拶



山形大学医学部附属病院 放射線治療科長／教授・重粒子線治療センター長
小藤 昌志 基調講演



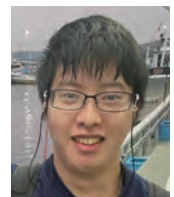
講演会会場の様子

◆放射線医学オープンスクール～概要～

放射線医学オープンスクールは、医学・医療系および理工学系学生が、普段なかなか接することの出来ない最先端技術である放射線医学の現場の見学により、取り巻く状況に関心を持ち、その面白さ・素晴らしさに触れていただくことを目的として、平成20年度よりほぼ毎年開催しています。本事業は、参加者が将来同分野を進路の選択肢とするだけでなく、よき理解者、支援者となることで、幅広い分野の人材および情報交流ならびに技術展開を促進することにつなげ、放射線医学分野の裾野が広がることを期待しています。第16回目となる本年は、医学物理若手の会との共催で実施し、17校・38名の参加がありました。以下に参加した岡田磨弦（おかだまいと）さんの見学記録を掲載します。

大阪公立大学大学院

理学研究科 博士前期課程2年
物理学専攻 岡田 磨弦



この度は「第16回放射線医学オープンスクール～先端医療の舞台裏～」に参加する機会をいただきました。私がこのオープンスクールへの参加を決めた理由の一つは、医学物理学の研究をしている友人から放射線・粒子線治療の話をよく聞いており、個人的に強い関心を持っていたからです。また、私の専門は原子核理論ですが、原子核の基礎研究には触れる機会が多いものの応用研究に触れる機会は多くはありませんでした。そのため、オープンスクールを通じて、応用研究について知ることが自分にとって有意義であると考え、参加を決断しました。

プログラム

2024年8月21日(水)

集合 JR新大阪駅

大阪重粒子線センター

講義 鈴木修 先生
DVD視聴
施設概要(講義) 藤元治朗 先生
施設見学(模型、治療計画室、加速器制御室、治療ホール、コントロールルーム)
カンファレンス見学及び大阪重粒子線センタースタッフとの懇談

懇親会

2024年8月22日(木)

大阪大学

講義 放射線治療の概要 小川和彦 先生
講義 医学物理研究 八木雅史 先生
講義 放射線生物学研究 皆巳和賢 先生
講義 多職種・産学連携 清水伸一 先生
施設見学(放射線治療装置、治療計画装置等)
講義 超小型陽子線がん治療装置の開発
(株)ビードットメディカル 加瀬優紀 先生

グループディスカッション医学物理若手の会

特別講演「放射線治療の魅力と将来展望」
小泉雅彦 先生

解散 JR新大阪駅

1日目は大阪重粒子センターを訪問し、講義や施設見学などを行いました。講義では、粒子線・重粒子線治療と手術による治療効果の違いについて、具体的な5年生存率などのデータを示しながら丁寧に説明していただきました。また、粒子線治療が保険適用される疾患が段階的に増えてきている一方で、粒子線治療が効果的だと考えられているものの未だ保険適用外である疾患があることも学びました。特に印象に残ったのは、がん治療において治療後の生存率のみならず患者の生活の質(QOL)も強く重要視されている点です。粒子線・重粒子線治療がこ

のQOL向上に大きく寄与しているという話を聞き、深く考えさせられました。

夕方には宿泊施設に移動し、懇親会が行われました。理工系や医療系など、さまざまな分野から医学物理学に進む方々がいると聞いていましたが、参加者や講師の先生方も多様なバックグラウンドを持っており、普段関わる機会の少ない他分野の方々と交流できたことは非常に刺激的でした。特に、先生方が積極的に声をかけて下さり、私の質問にも丁寧に答えてくださったおかげで、充実した時間を過ごすことができました。

2日目は大阪大学の吹田キャンパスで、講義やグループディスカッションなどが行われました。午前中には4人の先生による各30分の講義がありました。その中で最も印象的だったのは「放射線生物学研究」の話です。放射線治療における物理・化学的過程である直接作用・間接作用、さらに細胞周期によって放射線の感受率が異なるという生物学的過程について学び、放射線治療がさまざまな分野の知見によって発展していることを再確認しました。

株式会社ビードットメディカル様の講演では、粒子線治療の課題の一つであるガントリーの小型化や、治療装置の低コスト化に向けた取り組みについての話を伺いました。粒子線治療の普及には、治療の有効性だけでなく、このような技術的・経済的課題の解決も不可欠であると考えているのでこれからのさらなる進展にも非常に期待しています。

グループディスカッションでは、分野の近い人同士でグループを組み、自己紹介やオープンスクールへの参加理由を話した後、今後の放射線治療に期待することなどについて議論しました。近い分野でも多様な意見が飛び交ったため、他分野の参加者とも意見交換をしてみたいという気持ちがわきました。

最後に行われた小泉先生の特別講演では、「放射線は生体を酸化する？」というキーワードが出てきました。これは電離放射線の作用が電子の授受であることからいわゆる酸化還元反応であるという話で、私がこれまで持っていなかった視点だったため印象的でした。また、小泉先生の講演でも放射線治療は治療効果を高め、副作用を最小限に抑えることを目指しているということをお話されており、今後の

放射線治療のさらなる発展に期待を抱きました。

全体を通して、講義では質問時間が足りないほど参加者の皆さんが積極的に質問し、意欲的に参加していることが印象的でした。最後に、今後も多様な分野の学生が放射線医学分野に参入していくことはもちろん、分野を横断する勉強会・研究会などを通して各分野の研究者同士のつながりを深めて放射線医学分野がさらに発展していくことを強く期待します。

◆国際重粒子線がん治療研修コース 2024

2024年11月11～16日、第12回「国際重粒子線がん治療研修コース（International Training Course on Carbon-ion Radiotherapy）2024」（以下、「ITCCIR」という）を開催しました。2024年度も、昨年度同様にオンサイト対面式で実施しました。

ITCCIR2024は、前半3日間を国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（以下、量研機構という）主催、後半3日間を群馬大学重粒子線医学研究センター主催として、当財団が事務局を担いました。さらに（北から）北海道大学病院陽子線治療センター、山形大学医学部東日本重粒子センター、筑波大学附属病院陽子線医学利用研究センター、神奈川県立がんセンター、大阪重粒子線センター、兵庫県立粒子線医療センター、九州国際重粒子線がん治療センターの7機関に後援となっただき、企画運営や講演の協力など、大きなご支援・ご協力をいただきました。

また、アルフレッサファーマ(株)(広告)、安西メディカル(株)、Cosylab(株)、住友重機械工業(株)、東芝エネ

ルギーシステムズ(株)、Normandy Hadrontherapy(株)日立製作所、(株)ビードットメディカル、レーザーチ・ジャパン(株)、の9社からご協賛をいただき、研修コース運営全体の経済的支援をいただいたことで、受講料の軽減もでき、さらに企業セミナーを開催することで、ご協賛各社の情報をこれまで以上に詳しく受講者に伝えることもできたと思われま

1. ITCCIR2024 開催の課題と体制

2024年度当初の計画立案の段階で、主な議題となったのは、急激な物価上昇による受講料の見直し、講演者のモチベーション、受講者の視点でのプログラムの検討などでした。

まず、急激な物価上昇によるホテル代や飲食費の高騰、2024年問題と言われる運転手不足などによるバス確保の困難・コスト増により、昨年より3割ほど支出増が想定され、受講料のアップが検討されました。円安傾向が続いている状況にあり、昨年の15万円から2割増の18万円でも、受講者の負担感の増大は軽減されるであろうとの結論となりました。

講演者のモチベーションという課題は、通常業務に忙しい医師・研究者が、秋の学会シーズンの合間を縫って行うため、長年の課題です。しかも英語での講演はさらに負担になります。自動翻訳システムの導入なども検討しましたが、コスト的に対応できませんでした。2024年度に改めて、前半は量研機構主催、後半は群大主催として、共催の弊財団を事務局として明記したのは、講演者に両機関が主体であることを改めて理解してもらうためでした。



量研機構・大会議室にて



群馬大学・刀城会館にて

2024年度、プログラム構成上で大きく変わったのは、協賛企業が増えて有り難い一方で、1社に割り当てられるバンダープレゼンテーションの時間が短くなってしまったことを改善すべく、ランチセミナー、アフタヌーンセミナーとしてプレゼンの時間を長くしたことです。ランチセミナーは受講者が弁当を食べながらになるものの、協賛企業には自由にプレゼンをしてもらうこととしました。当初は、バンダープレゼンテーションの改善だけでなく、講演数が多くプログラムがギュウギュウで期間も長いという受講者からの意見を考慮して、プログラム全体を軽減する意図もありましたが、返って昼時間が全て拘束される結果となりました。しかし、企業セミナーを分散させ、群大パートのプログラムを見直し、さらに最終日の群馬大学重粒子線医学研究センター（GHMC）の見学をオプションとすることで、全体的に軽減できたともいえます。

2. 受講者とプログラム

ITCCIR への海外からの受講者は、中国、韓国、台湾が中心ですが、今回はカナダから初めて参加があったほか、前回に続いてオーストラリアからの参加もありました。また、今回は協賛企業から各社1名の聴講者も認めたことで、全体で受講者が40名以上となりました（群大院生は含まず）。派遣元は協賛企業も入れて22機関となりました。

受講者の職業を見ると、2023年とほぼ同様で、**図1**のとおり放射線腫瘍医や医学物理士等が中心となっています。プログラムも、前述の企業セミナーの新規導入以外では、前回同様にイントロダクション、生物、物理、臨床、診断、トピックス、施設見

学、ケーススタディ、粒子線施設紹介の科目構成の中で、臨床が14講座、物理が9講座と相応に充実したものでした。

特に群大では、前回も高評価であったケーススタディを、今回は臨床講座の直後にセットで実施して、

職業	人数
1. Administrator	1
2. Biologist	0
3. Clinical Educator	0
4. Diagnostic Radiologist	0
5. Medical Dosimetrist	1
6. Medical Oncologist / Surgeon / Urologist	1
7. Medical Physicist	8
8. Medical Physicist Professor	3
9. Nuclear Medicine Physician	0
10. Nurse / Nurse Practitioner	0
11. Patient Advocate / Medical Coordinator	0
12. Physician Assistant (PA)	0
13. Physics Engineer	3
14. Postdoctoral Fellow	0
15. Radiation Oncologist	10
16. Radiation Oncologist Professor	3
17. Radiation Therapist / Technologist / Technician	5
18. Resident / Fellow	1
19. Student / Grad Student	0
20. Others	0
合計	36

図1

より双方向で理解を深めるものになったと思われ
ます。

群馬のプログラムにおいては、千葉から群馬への
移動日の14日に、1週間のプログラム中盤でのリ
フレッシュも兼ねて、群大でのプログラムを早めに
切り上げて、伊香保温泉に一行を案内しました。紅
葉、温泉、日本料理などを堪能して、このイベント
は概ね高評価でした。

正式なプログラムの最終日である15日（金）の
最後の取りまとめセッションでは、受講者から様々
な意見やコメントがありました。過去にも同様な意見
がありましたが、総括すると、様々な分野の受講
者がいるためグループを分けたセッションを設ける
べきという意見や、逆に受講者同士の交流の必要性
であったり、もっと広くITCCIR関係者の交流の
場を設けるべきとか、そのためにソーシャルネット
ワークを活用することを提唱する、等々でした。

また、講座ごとに取ったアンケート結果を見ても、
個々の講座への評価は高く、研修コース全体につい
て満足いただいたものと理解しています。

3. 優秀講座の表彰

今回も講座ごとのアンケート結果を集計して、評
価の高かった講師への表彰が行われました。評価項
目は、内容、時間管理、理解しやすさ、講習スタイ
ルで、受講者の評価点の合計と平均値を用いて、コ
ースディレクターによる協議及び総合評価の結果、最
最終的に次のとおり決定されました。

1. 最優秀賞

瀧山 博年 先生

演題「Locally recurrent Colorectal cancer」

2. 優秀賞

稲庭 拓 先生

演題「Biological models in CiRT」

水島 康太 先生

演題「Accelerator for CIRT」

3. 奨励賞

篠藤 誠 先生

演題「Pancreas Cancer」

小林 なお 先生

演題「Carbon Ion Radiotherapy for Choroidal
melanoma」

Maria Varnava 先生

演題「Dose-volume constraints in carbon ion
radiation therapy」

4. コースディレクター賞

今井 礼子 先生

演題「Carbon ion radiotherapy for bone and
soft tissue sarcomas」

渋谷 圭 先生

演題「Liver」

佐藤 浩央 先生

演題「Immunotherapy and Radiotherapy」

上記の受賞された講演者の先生方に限らず、貴重
な時間を割いてご準備、ご講演いただいた全ての講
演者の皆様にここで改めて御礼申し上げます。

4. 今後の展望

2023年度にオンサイト対面式を再開して、今回
は2回目となります。コロナ禍にWeb開催方式と
いう選択肢が増えたものの、海外の関係者の中には
重粒子線がん治療に関する興味と、日本へ来たいと
いうモチベーションが未だあり、ITCCIRへのニー
ズがあることも分かりました。

一方で、コロナ禍明けの2023年度からさらに事
業実施の環境は厳しくなっています。海外から
の観光客の増加や、円安などによる諸物価の高騰、
運転手の2024年問題など、ホテルやバスなどロジ
面の運営が益々厳しい状況です。そのため開催規模
（定員）を大きくすることは少し難しい課題です。

さらに受講者からの様々な要望を新たに取り上げ
ていこうとすれば、コストはさらに増大しますし、
関係者の負担もさらに増えると想像されます。コス
ト負担軽減のために、協賛企業のご支援に大きく期
待することも無理があります。新たなニーズへの対
応と、そのコスト・負担も念頭に入れながら、プロ
グラム構成を含めて、受講者、講演者、企業、主催

者にとって良い、現実的な解決策を探っていくしかないと思われます。

◆令和6年度「粒子線がん治療に関する人材育成セミナー・入門コース」

当財団では、将来にわたって医用原子力技術を担い継承していく人材育成のため、専門的知識・技術が必要とする粒子線治療施設の人材育成事業として、平成26年度より粒子線がん治療に関する人材育成セミナー（入門コース、専門コース）を開催しています。通常、入門コースは上半期の夏、専門コースは下半期の冬に開催しています。

令和6年度の入門コースは下記要領にて開催し、30名の方が受講されました。全国各地から関連施設だけでなく、新規導入を検討されている施設、関連企業の技術職などが参加されていました。

アンケートの参加者の属性、関心度、関心項目、参加のきっかけ、コメントなどから受講者の興味や要望を読み取ると、粒子線治療関連施設や関連企業が人材育成のために基礎的な内容を習得できる機会（研修の場）として期待し、活用していただいていることがわかります。さらに、毎回、入門コース受講者が、専門コースにも続けて参加されることがあり、一定以上の評価をいただいているものと自負しています。

◇開催概要

開催日：令和6年8月3日（土）

場 所：日本生命丸の内ガーデンタワー 3F
（東京都千代田区）



- (1) 粒子線治療の基礎知識
遠藤真広 医用原子力技術研究振興財団
常務理事
- (2) 粒子線治療の流れとQ A
佐藤弘史 九州国際重粒子線がん治療センター
医療技術部長
- (3) 粒子線治療の看護
村田亜季 量子科学技術研究開発機構
QST 病院
- (4) 放射線治療の基礎知識
佐々木良平 神戸大学医学部附属病院
放射線腫瘍科教授
- (5) 陽子線治療の実例
村山重行 静岡県立静岡がんセンター
陽子線治療科部長
- (6) 重粒子線治療の実例
小林大二郎 群馬大学医学部附属病院
放射線科

◆粒子線がん治療等に関する施設研究会

当財団では、粒子線がん治療施設を主とした放射線医療施設に係る技術的課題・対策の分析・検討に資するとともに、関係組織相互の情報共有化をはかり、専門知識を有する人材育成をはじめ関連産業の育成・発展に寄与することを目的に「粒子線がん治療等に関する施設研究会」を設置しています。本研究会では、国内外における放射線がん治療等に関する医療情報、研究・技術開発動向、ならびに関連法令、技術基準の動向などの現状、将来見通し、課題・対策などに関して、講演会および施設見学会を通じ情報交流を行っています。

— 令和6年2月22日（木）実施

— 令和5年度第3回研究会（講演会） —

丸ビルホール&コンファレンススクエア（東京都千代田区）において講演会として開催し、建設、設計、装置メーカー等から15名の参加がありました。

- (1) 「山形大学医学部東日本重粒子センターの計画から治療開始まで」

山形大学医学部東日本重粒子センター

センター長 岩井岳夫 先生

(2) 「MR リニアックによる適応放射線治療の現在とその将来」

千葉大学大学院医学研究院 画像診断・放射線腫瘍学

教授 宇野 隆 先生

— 令和6年6月28日（金）実施

令和6年度第1回研究会（見学会）—

中部国際医療センター 陽子線がん治療センターにおいて陽子線治療装置の見学会として開催し、建設、設計、装置メーカー等から18名の参加がありました。

当日は、中部国際医療センター副病院長 山田実

貴人先生の挨拶の後、放射線技術部 医学物理士の田野倉亮先生の講演「ProBeam 360°の初期経験」があり、続いて陽子線がん治療センター 施設長 不破信和先生より「中部国際医療センターの目指す陽子線治療」の講演がありました。

その後、陽子線治療装置 ProBeam360°、およびX線強度変調放射線治療（IMRT）など高精度放射線治療に特化したリニアック HALCYON 等を見学しました。

— 令和6年10月28日（月）実施

令和6年度第2回研究会（見学会）—

医療、育種、宇宙開発、およびレーザー技術の4分野に重点を置いて実用化に向けた研究開発を推進



中部国際_リニアック HALCYON



WERC_シンクロトロン



中部国際_陽子線治療装置 ProBeam360°



WERC_タンデム加速器

している公益財団法人 若狭湾エネルギー研究センター（福井県敦賀市）の見学会として開催し、建設、設計、装置メーカー等から9名の参加がありました。

当日は、はじめに所長 野田耕司先生より挨拶および同センターの概要（陽子線治療の概要含む）の紹介があり、続いて、研究開発部次長 久米恭先生より陽子線治療の詳細（①過去の研究と県立病院陽子線治療センターの仕様の反映②陽子線治療について現在行っている研究③その他のトピックなど）について説明がありました。その後、放射線研究棟のタンデム加速器、シンクロトロン、照射室等を見学しました。

◆計測校正事業

1. 治療用線量計校正の実施状況

令和5年度は、4月より線量計校正の依頼形態が分離校正へ完全移行され、以降、安定して実施されております。依頼状況はコロナ禍以前の状況に戻り、年度前半は依頼が少な目であり、年度の中盤から後半では1日当りの校正件数は増加しました。令和6年度も同様の傾向となっており、年度実績も同程度になることが見込まれます。

また、線量計校正の申し込み方法が令和5年4月実施分の申し込みから、ウェブによる受付となりました。申し込みサイトからユーザー登録を行うことで基本的には受付残数に空きがあれば、随時、申し込みを行うことができるシステムとなっています。

分離校正では、電位計と電離箱は、それぞれの校正に対して校正定数が与えられるため、任意の組み合わせで使用可能です。

分離校正における電位計校正では、日本医学物理学会が発行する「放射線治療用線量計に用いられる電位計のガイドライン」に準拠した電位計が校正対象となります^(注1)。

電位計校正は3年に1回以上の校正実施が推奨されることから、分離校正を開始以来、当財団での電位計校正台数は年々減少し、令和6年度以降は年間150台前後に落ち着くと見込んでおりましたが、令和6年度は新規購入分による影響と思われる増加があり、180台前後となる見込みです。電離箱校正に

つきましても新規での電離箱の依頼が増加しています。

分離校正を開始した平成30年度から令和6年度11月末までの年度別校正数を表1に示します。

月別の校正実施状況（令和3年度4月から令和5年度11月末まで）を図1に示します。

令和3年度は、コバルト60線源更新による休止の影響を受け、校正件数は減少しましたが、令和4年度は令和3年度の休止による減少分が増加要因となり、安定して供給を行った結果、年度実績は過去最多となりました。令和5年度は、申込み状況がコロナ禍以前に戻り、依頼状況は、年度前半は少な目であり、年度後半に向けて増加傾向となっています。令和6年度も同様であり、年間校正件数はコバルト線源更新後3年間の平均件数3,300件より僅かに少

表1. 年間校正数（分離校正開始のH30以降、（）内の数値は対前年比。H30～R4は一体・分離校正の合計。R5以降は分離校正のみ。R6は11月末迄。）

年度	電位計	電離箱				校正件数
		① 円筒	② 平行平板	合計	①/②	
H30	967 (0.926)	1,664	836	2,500 (0.993)	1,990	3,336 (0.984)
R1	716 (0.740)	1,521	779	2,300 (0.920)	1,953	3,079 (0.923)
R2	626 (0.874)	1,562	745	2,307 (1.003)	2,097	3,052 (0.991)
R3	437 (0.698)	1,296	598	1,894 (0.821)	2,167	2,492 (0.817)
R4	456 (1.043)	1,809	856	2,665 (1.407)	2,113	3,521 (1.413)
R5	212 (0.465)	1,687	776	2,463 (0.924)	2,174	3,239 (0.920)
R6	125 (0.590)	1,117	501	1,618 (0.657)	2,230	2,119 (0.654)

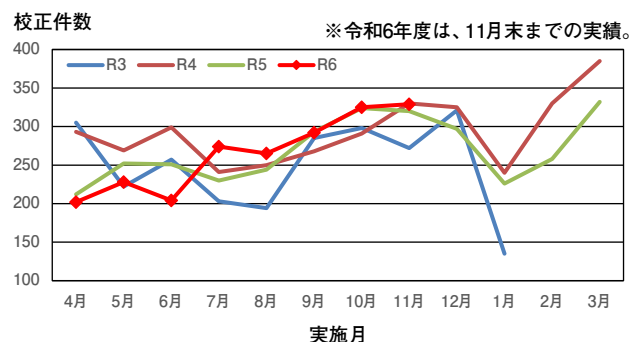


図1. 月別校正実施状況

表2. 出力線量測定の間年実施数 (令和6年度は11月末迄、右列年度Totalは平成19-24年度を含む。)

		R1	R2	R3	R4	R5	R6	H19-R6 (Total)
施設数		213	183	212	282	232	145	2393
拠点病院数		140	124	132	180	151	88	1661
ビーム数	4MV	142	111	108	185	140	87	1459
	6MV	290	261	286	424	357	248	3072
	10MV	267	230	231	371	286	198	2848
	15MV	7	8	4	7	3	3	92
照射野 条件 ※2	5×5	137	87	63	121	89	54	1382
	15×15	41	15	15	22	22	6	365
	20×20	101	79	56	102	59	25	1170
	25×25	26	15	6	29	14	11	224
ウェッジ 条件 ※2	15°	30	21	16	17	27	1	441
	30°	32	21	18	30	28	5	459
	45°	11	6	4	11	11	1	173
	60°	43	19	9	22	17	9	293
Total		1127	873	816	1341	1053	648	11978
電子線エネルギー 条件 ※6	4MeV	3	5	15	13	9	9	54
	5MeV	1	0	0	1	0	1	3
	6MeV	16	26	34	65	54	33	228
	8MeV	0	0	2	1	1	3	7
	9MeV	12	32	38	49	54	30	215
	10MeV	1	0	3	1	0	2	7
	12MeV	8	18	19	26	33	24	128
	14MeV	0	0	0	1	0	1	2
	15MeV	5	13	10	11	19	16	74
	16MeV	0	1	2	3	1	2	9
	18MeV	1	3	2	8	9	8	31
	20MeV	0	0	0	3	0	3	6
22MeV	0	0	0	1	0	0	1	
Total		47	98	125	183	180	132	765
照射 装置数	Elekta	64	53	69	81	70	48	601
	MITSUBISHI	5	1	2	6	2	0	81
	SIEMENS	21	20	12	14	11	2	279
	TOSHIBA	3	0	0	0	0	0	77
	Varian	147	135	138	212	154	100	1708
	その他	38	41	47	52	63	35	369
Total		278	250	268	365	300	185	3115

- ※1: 平成19年度は、11月から3月までの5ヵ月間の実績を示す。
- ※2: 平成22年度より、照射野条件およびウェッジ条件での測定を開始した。
- ※3: データ解析結果が不適切で再測定実施の場合は、再測定前の分はカウントしていない。
- ※4: 平成25年度以降、実施しているがカウントしていない条件別ビームあり。(表5参照)
- ※5: 平成28年度以降、ビーム数にTomoTherapy およびCyberKnifeの測定カウントを含む。(表6参照)
- ※6: 令和1年11月より、電子線治療装置の出力線量測定を開始した。

表3. 令和3年度から令和5年度 3年間の実施施設数

	3年間の合計実施施設数(延べ数)	731	施設
内訳	がん診療連携拠点病院	462 (362)	施設
	拠点病院以外の病院	269 (234)	施設

※()内は複数回実施の施設を1施設とした場合の施設数を示す。

表4. 3年間の実施回数別の内訳

	がん診療連携拠点病院				拠点病院以外の病院			
	1回	2回	3回	4回	1回	2回	3回	4回
実施回数	1回	2回	3回	4回	1回	2回	3回	4回
施設数	289	47	24	2	212	12	8	2
合計	362				234			

表5. 拠点病院の年度別実施施設と新規実施数 (R6年度は11月末まで)

年度(拠点)	実施	内 新規	新規/実施
H26	113	74	65.5%
H27	129	50	38.8%
H28	104	29	27.9%
H29	103	18	17.5%
H30	149	31	20.8%
R1	140	23	16.4%
R2	124	9	7.3%
R3	132	7	5.3%
R4	180	10	5.6%
R5	151	6	4.0%
R6	88	4	4.5%

表 6. 拠点病院以外の年度別実施施設と新規実施数
(R6 年度は 11 月末まで)

年度 (拠点以外)	実施	内 新規	新規 / 実施
H26	34	27	79.4%
H27	34	26	76.5%
H28	36	20	55.6%
H29	49	24	49.0%
H30	54	32	59.3%
R1	73	40	54.8%
R2	60	20	33.3%
R3	80	36	45.0%
R4	104	27	26.0%
R5	85	18	21.2%
R6	58	9	15.5%

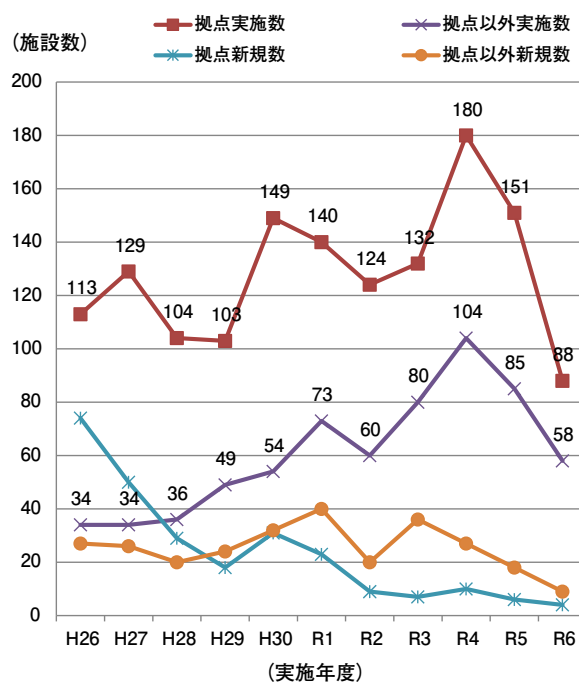


図 2. 年度別実施施設数と新規施設数の実績

な目となる見込みです。

分離での電位計校正は、電位計製造メーカーでも行われておりますが、当財団以外で校正した電位計と組み合わせて使用する電離箱につきまして、新規で当財団にて校正を受ける場合は、組み合わせ対象となる電位計の型式、シリアル No.、校正実施日をご確認させていただく場合があります。校正を申し込まれたユーザーが組み合わせる電位計を所有していることを確認の上、電離箱校正を受け付けることとしています^(注2)。

2. 出力線量測定の実施状況

令和 5 年度は、休止を伴う影響もなく安定した供給が行えており、実施施設数は前年比では少な目ですが、推奨される実施頻度は 3 年に 1 回以上で、その 3 年サイクル比では 49 施設増加となる 232 施設でした。

令和 6 年度は、前年比では少なめですが、11 月末の時点で 3 年サイクル（令和 3 年度）の同時期の比較では約 1.3 倍となっており、近年は年々増加傾向にあります。出力線量測定の実施数を表 2 に示します。

出力線量測定の種類別の申し込み状況は、X 線

のエネルギー別校正条件と照射野条件、ウエッジ条件、TomoTherapy および CyberKnife、電子線条件の各エネルギー別の組み合わせとなっており、令和 2 年 2 月より開始した 1 条件単位、4 条件単位および混在での申し込み形態により、1 施設当たりの申し込み条件数は、1～24 条件と申し込み条件数も多様化しています。令和 6 年度末では、施設数 235 施設、条件数は 1,150 条件前後を見込んでいます。

令和 3 年度から令和 5 年度までの 3 年サイクル間で実施した拠点病院および拠点病院以外の施設数およびその内訳を表 3 および表 4 に示します。

厚生労働省ウェブサイト掲載（令和 5 年 4 月 1 日更新）のがん診療連携拠点病院の施設数は 409 施設でした。令和 3 年度から 5 年度までの 3 年間で拠点病院の当財団での出力線量測定の実施施設数は 362 施設であり、未実施（もしくは別の第三者機関での評価を実施など）の拠点病院は 47 施設の見込みです。

拠点病院および拠点病院以外の実施施設数および新規実施施設数の年度別集計を表 5、6 および図 2 に示します。

拠点病院および拠点病院以外の実施施設数はおよ

表7. TomoTherapy および CyberKnife での出力線量測定
の依頼状況 (R6年度は11月末迄)

年度	TomoTherapy		CyberKnife		Total
	1条件のみ	別条件と同時	1条件のみ	別条件と同時	
H28	3	2	3	1	9
H29	6	10	1	3	20
H30	10	8	1	6	25
R1	11	8	3	4	26
R2	12	13	2	5	32
R3	15	13	4	7	39
R4	17	13	9	1	40
R5	19	18	4	8	49
R6	10	7	1	6	24
累計	103	92	28	41	264

そ3年周期に則って増加傾向になっています。なお、令和4年度はコバルト線源更新後に伴う一時的な申し込み増加により年度実績が増加していますが、令和5年度以降は、例年並みに戻っています。近年、申込施設数はある程度落ち着いてきており、新規申し込み施設数も拠点病院、拠点病院以外の病院それぞれで10施設前後となっています。

また、TomoTherapy、CyberKnifeの依頼状況を表7に示します。

どちらの治療装置も年々僅かながら増加傾向にあります。

当財団では、令和2年4月よりIMRT（強度変調放射線治療）郵送調査の第三者評価について事業を開始し、年間10～20件程度を計画して実施しております。令和5年度は年間17件実施しました。令和6年度は11月末現在で9件を実施し、年度末までに合計14件の実施を見込んでいます^(注3)。

3. 施設名公表について

当財団では、治療用線量計校正および出力線量測定を実施した施設について、施設名公表を行っており、令和6年度は9月中旬に財団ウェブサイトにて公表しました。

治療用線量計校正実施施設の施設名公表数を図3に示します。

治療用線量計校正の公表は、例年は過去2年間としておりますが、令和3年度のコバルト線源更新に伴う影響を考慮し、公表対象を過去3年間（令和3

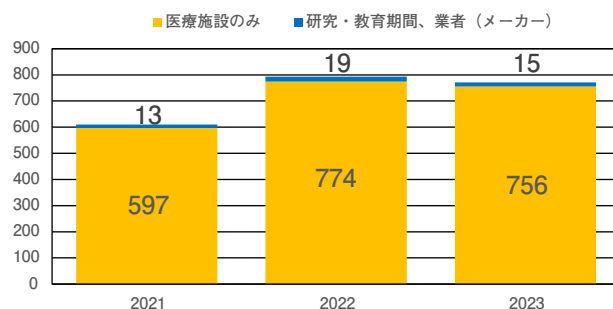
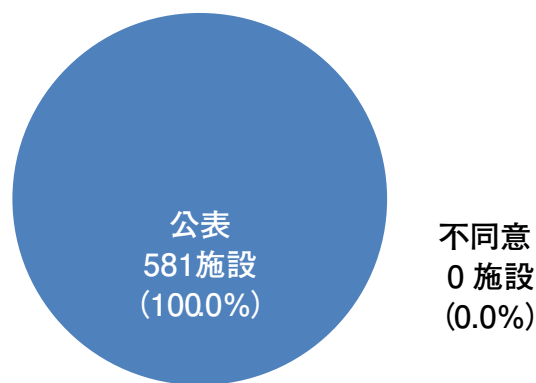


図3. 治療用線量計校正実施施設名公表数

令和3年度から令和5年度までの
過去3年間の対象施設数： 581 施設



公表施設の拠点病院・一般病院の内訳

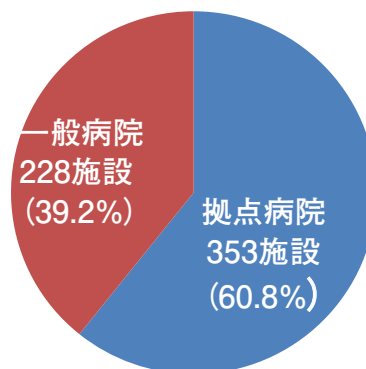


図4. 出力線量測定実施施設の施設名公表数

～5年度)での公表といたしました。

校正を実施した医療関係864施設（研究・教育施設およびメーカー等医療関係外を除く）を対象として、公表の同意が得られた施設について施設名公表を行いました。また、令和3～5年度とも不同意は無く全施設の公表となりました。

出力線量測定実施施設の施設名公表数を図4に、

都道府県別内訳を表8に示します。

出力線量測定は、3年以内に1度実施することが推奨されており、過去3年間の令和3年度から令和5年度までの対象となる実施施設数では581施設(がん診療連携拠点病院 353施設、一般病院 228施設)の全ての施設に同意いただきました。

また、令和5年度の新規での申し込み施設数は24施設(拠点病院6施設、拠点病院以外の病院18施設)でした^(注4)。

4. 今後の展望

線量計校正のお申し込み方法がウェブ受付システムへ移行したことにより、線量校正センターの業務時間外でもお申し込みが可能となりました。また、出力線量測定のお申し込みにつきましても、ウェブ受付システムに移行する予定であり、令和7年2月より、令和7年度4月以降の実施分につきまして申し込み受付を開始する準備を行っております。

出力線量測定では、電子線条件およびIMRT郵送調査の依頼の増加が見込まれております。当財団では、より円滑な業務を行うため、人員および環境整備に努め、準備を進めております。

さらにガンマナイフ治療および小線源治療への対応についても検討しています。

表8. 対象施設数 581 施設の都道府県別内訳

北海道	27	長野県	9	岡山県	11
青森県	7	富山県	8	広島県	11
岩手県	8	石川県	7	山口県	10
宮城県	8	福井県	5	徳島県	5
秋田県	10	愛知県	32	香川県	6
山形県	7	岐阜県	11	愛媛県	7
福島県	10	静岡県	18	高知県	3
東京都	51	三重県	8	福岡県	25
神奈川県	31	大阪府	49	佐賀県	4
埼玉県	22	兵庫県	24	長崎県	7
千葉県	21	京都府	13	熊本県	9
茨城県	10	滋賀県	7	大分県	5
栃木県	10	奈良県	8	宮崎県	4
群馬県	10	和歌山県	5	鹿児島県	10
山梨県	3	鳥取県	4	沖縄県	6
新潟県	12	鳥根県	3		

注1 当財団ウェブサイト「受け入れ電位計一覧(電位計単体 JCSS 校正)」を参照。

注2 当財団ウェブサイト「放射線治療品質管理」の治療用線量計校正事業を参照。

注3 IMRT 郵送調査のお申し込み方法は、財団ウェブサイトを参照。

注4 施設名公表は、当財団ウェブサイト「放射線治療品質管理」の治療用線量計校正事業または治療用出力線量測定事業の各ページを参照。

令和6年度診療報酬改定に伴う粒子線治療の保険適用拡大について

医用原子力技術研究振興財団

1. はじめに

陽子線治療は平成13年7月1日より、重粒子線治療は平成15年11月1日より、それぞれ先進医療*¹として、20年以上にわたり実施されてきました。令和5年12月7日に開催された第127回先進医療会議の議題「令和5年度先進医療技術の実績報告等について」の参考資料1によれば、陽子線治療、重粒子線治療の先進医療Aでの年間実施件数は、それぞれ824件、462件でした。

一方、粒子線治療に対する公的保険の適用状況については、平成28年度、平成30年度及び令和4年度の診療報酬改定を経て、重粒子線治療は、手術による根治的な治療法が困難である限局性の骨軟部腫瘍、頭頸部悪性腫瘍（口腔・咽喉頭の扁平上皮癌を除く。）、手術による根治的な治療法が困難である肝細胞癌（長径4センチメートル以上のものに限る。）、手術による根治的な治療法が困難である肝内胆管癌、手術による根治的な治療法が困難である局所進行性膀胱癌、手術による根治的な治療法が困難である局所大腸癌（手術後に再発したものに限る。）、手術による根治的な治療法が困難である局所進行性子宮頸部腺癌又は限局性及び局所進行性前立腺癌（転移を有するものを除く。）に対して根治的な治療法として行った場合、また陽子線治療は、小児腫瘍（限局性の固形悪性腫瘍に限る。）、手術による根治的な治療法が困難である限局性の骨軟部腫瘍、頭頸部悪性腫瘍（口腔・咽喉頭の扁平上皮癌を除く。）、手術による根治的な治療法が困難である肝細胞癌（長径4センチメートル以上のものに限る。）、手術による根治的な治療法が困難である肝内胆管癌、手術による根治的な治療法が困難である局所進行性膀胱癌、手術による根治的な治療法が困難である局所大腸癌（手術後に再発したものに限る。）又は限局性及び局

所進行性前立腺癌（転移を有するものを除く。）に対して根治的な治療法として行った場合、それぞれ点数加算の対象とされてきました。

令和6年度の診療報酬改定にあたっては、令和6年2月14日開催の第584回中央社会保険医療協議会（中医協）総会において、新たに重粒子線治療に対し、早期肺癌（Ⅰ期～ⅡA期）、大型の局所進行子宮頸部扁平上皮癌、婦人科領域悪性黒色腫に係るものについて、また陽子線治療に対し、早期肺癌（Ⅰ期～ⅡA期）に係るものについて、それぞれ切除不能のものに限り保険導入を行うとの内容を含む答申が厚生労働大臣になされました。

この結果、令和6年3月5日「診療報酬の算定方法の一部を改正する告示」（令和6年厚生労働省告示第25号）および「診療報酬の算定方法の一部を改正に伴う実施上の留意事項について（通知）」（保医発0305第4号）により、令和6年6月1日より次のとおり新たな疾患が保険適用される運びとなりました。

重粒子線治療に対しては、手術による根治的な治療法が困難である早期肺癌（日本肺癌学会が定める「肺癌取扱い規約」におけるⅠ期からⅡA期までの肺癌に限る。）、手術による根治的な治療法が困難である局所進行性子宮頸部腺癌、手術による根治的な治療法が困難である局所進行性子宮頸部扁平上皮癌（長径6センチメートル以上のものに限る。）、手術による根治的な治療法が困難である悪性黒色腫（婦人科領域の臓器から発生した悪性黒色腫に限る。）

陽子線治療に対し、手術による根治的な治療法が困難である早期肺癌（日本肺癌学会が定める「肺癌取扱い規約」におけるⅠ期からⅡA期までの肺癌に限る。）

* 1：承認日時点では先進医療の前身である高度先進医療

そこで本稿では、厚生労働省の公開資料を基に、このたびの粒子線治療の保険適用拡大について、先進医療会議での経緯、保険適用範囲および負担額ならびに今後の課題について紹介いたします。

2. 先進医療会議での経緯

厚生労働省のホームページでは、先進医療の概要について図1の通り紹介されています。そのポイントとしては、将来的な保険導入のための評価の実施が前提であること、そのために当該技術と保険診療との併用（いわゆる混合診療）が、厚生労働大臣が定める評価療養として特別に認められていること、の二点があげられます。

先進医療に係る技術の評価は、先進医療会議で実施されます。特に保険導入のための評価は、先進医療を実施する保険医療機関からの実績報告に基づき、診療報酬改定の時期に先立ち年末ごろに行われるのが通例です。令和6年度診療報酬改定に向けては、令和5年12月7日および翌年1月11日に第127回および第128回先進医療会議がそれぞれハイブリッド形式にて開催され「先進医療技術の科学的評価等について」という議題の資料がインターネット

トで公開されています。

図2には、第127回先進医療会議資料から「令和6年度診療報酬改定に向けた先進医療の保険導入等及び施設基準の見直しイメージ」を示します。先進医療会議では、それぞれの技術ごとに、「十分な科学的根拠がある」、「一定の科学的根拠がある」、「科学的根拠無し」の三つのうちのどれに該当するかという形で評価が行われます。その結果は中医協に報告され、前二者については医療技術評価分科会（医技評）での保険導入可否の検討を経て、中医協より厚生労働大臣に答申がなされ、保険収載や先進医療の告示へ反映されます。

では、粒子線治療について、このたびの先進医療会議での評価結果はどのようなものだったのでしょうか。粒子線治療に対しては、評価の検討にあたり先進医療技術に一律に提出が求められている実績報告等に加え、公益社団法人日本放射線腫瘍学会が提出した「先進医療として実施した粒子線治療と既存の放射線治療との比較」という報告書がエビデンスとして使用されました。以下に令和6年1月11日に開催された第128回先進医療会議の資料「先—2」を掲載します。



図1 厚生労働省ウェブサイト「先進医療の概要について」

https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/iryuuhoken/sensiniryoo/index.html
 (ここより先進医療会議のページにリンクが張られており、会議資料等が閲覧できます)

令和6年度診療報酬改定に向けた 先進医療の保険導入等及び施設基準の見直しイメージ

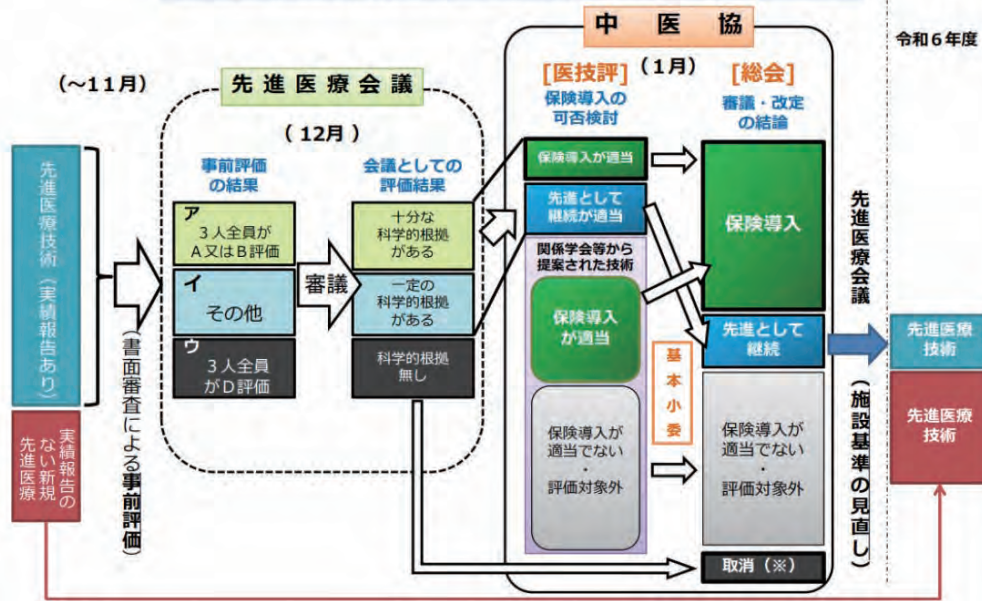


図2 「令和6年度診療報酬改定に向けた先進医療の保険導入等及び施設基準の見直しイメージ」
(第127回先進医療会議 資料 先-3-1より抜粋)

【第128回先進医療会議 資料「先-2」】

粒子線治療に対する科学的評価について

1. 背景

- 第127回先進医療会議（令和5年12月7日開催）において、診療報酬改定に向けた粒子線治療の科学的評価として、全適応症を対象としたものについては、総合Iib^{*2}と評価がされたところ。
- 他方で、事前評価において、
 - ・従来の治療法との比較による前向き臨床研究の実施が望ましく、エビデンスの精査が必要。
 - ・一部の適応症について一定の科学的根拠があるが、科学的根拠の乏しいものも存在する。
 等の指摘がされていることを踏まえ、適応症毎のエビデンスを、第128回先進医療会議において検討することとした。

2. 検討にあたり使用するエビデンスについて

- 日本放射線腫瘍学会（以下、「学会」という。）より提出がされた「先進医療として実施した粒子線治療と既存の放射線治療との比較」（以下、「報告書」という。）においては、適応症毎に解析結果がまとめられている。
- ※ 解析結果の要約として、別添のとおり、適応症毎に「問」と「回答」が作成されている。

*2：3名の評価者の事前評価結果で、主担当がC評価であり、副担当の評価1人以上がA又はB評価である技術。（ただし、D評価がある場合を除く。）ここでA、B、CおよびDは、それぞれ、「十分な科学的根拠を有する」、「一定の科学的根拠を有する」、「科学的根拠が十分でなく、継続することが適当」および「取り消すことが適当」との評価を指す。

3. 粒子線治療に対する適応症毎の評価について

- 今般、学会より提出された報告書の内容を踏まえ、以下のとおり評価し、医療技術評価分科会へ報告することとする。
 - ① 既存治療（X線治療等）と比較して、生存率等の臨床的アウトカムの改善が明示的に示された以下の適応症については、「十分な科学的根拠があるもの」として、評価することとする。
 - ・ 早期肺癌（Ⅰ期～ⅡA期）
 - ・ 大腫瘍径の局所進行子宮頸部扁平上皮癌（重粒子線治療のみ検討対象）
 - ・ 婦人科領域悪性黒色腫（重粒子線治療のみ検討対象）
 - ※ いずれも、切除不能のものに限る。
 - ② 既存治療（X線治療等）と比較して、生存率等の臨床的アウトカムの改善が明示的に示されず、引き続きエビデンスの集積が望ましいと考えられるその他の適応症については、「一定の科学的根拠があるもの」として、評価することとする。
- 先進医療会議における評価結果を医療技術評価分科会へ送り、審議の結果、保険適用が妥当とされた適応症については、先進医療告示から削除することとする。
- また、その他の適応症については、先進医療A又は先進医療Bとして継続することとしつつ、今後の対応方針について改めて議論することとする。
- なお、第128回先進医療会議においては、食道癌については、例えば心肺毒性の低減を評価することを主要評価項目に設定した臨床試験を計画し、有効性・安全性の評価を行ってはどうかという意見があった。

【学会より提出された報告書「先進医療として実施した粒子線治療と既存の放射線治療との比較」より抜粋】

問：原発性肺癌において、既存のX線を用いた放射線治療と比較して粒子線治療は有用か？

早期肺癌

- ・ 粒子線治療は、SBRTと比較して全生存割合、無増悪生存割合において優越性が示唆され、根治手術拒否例では手術成績に匹敵する結果であった。
- ・ 間質性肺炎合併例での肺臓炎発生日リスクは、SBRTより有意に低下することが示唆された。

局所進行肺癌：

- ・ 粒子線治療は、X線と比較して無増悪生存割合において優越性が示唆された。
- ・ X線による根治照射不能例に対する粒子線治療は全体と同程度の生存割合を示し、根治を目指した治療が可能であることが示唆された。

問：食道癌に対して、既存のX線を用いた放射線治療と比較して粒子線治療は優れているか？

- ・ 食道癌に対する粒子線治療は、X線治療と比べて生存率では良好な傾向を認め、照射中のリンパ球数の減少を抑制するとともに、照射後の心肺毒性を明らかに軽減できる治療として期待できる。

問：脈管侵襲を伴う肝細胞癌や肝機能不良な肝細胞癌において、既存のX線を用いた放射線治療と比較して粒子線治療は有用か？

- ・ 脈管侵襲を伴う肝細胞癌に対する粒子線治療は、SBRT や 3 DCRT と比較して生存率において優越性が示唆された。
- ・ 肝機能不良な肝細胞癌に対する粒子線治療は、生存率において 3 DCRT と比較して優越性が示唆され、SBRT と比較して優越性を示唆する傾向を認めた。

問：胆道癌（肝内を除く）において既存の X 線を用いた放射線治療と比較して粒子線治療は有用か？

- ・ 胆道癌（肝内を除く）に対する粒子線治療は、X 線治療（3 DCRT, IMRT および SBRT）と比較して生存率において優越性が示唆された。

問：婦人科癌（大腫瘍径の局所進行子宮頸部扁平上皮癌，婦人科領域悪性黒色腫）において，既存の X 線を用いた放射線治療と比較して粒子線治療は有用か？

- ・ 大腫瘍径（6.0cm 以上）の局所進行子宮頸部扁平上皮癌に対する重粒子線治療は、同病態での X 線治療と比較して生存率において優越性が示唆された。
- ・ 婦人科領域の手術非適応悪性黒色腫に対する重粒子線治療は、X 線治療と比べ生存率において優れている可能性が示唆された。

問：転移性肝腫瘍，転移性肺腫瘍，リンパ節転移において既存の X 線を用いた放射線治療と比較して粒子線治療は有用か？

- ・ 転移性肝腫瘍について：大腸癌からの少数転移性肝腫瘍に対する粒子線治療は、同病態での SBRT（stereotactic body radiotherapy：定位放射線治療）と比較して、全生存率、局所制御率において優越性が示唆された。
- ・ 転移性肺腫瘍について：大腸癌からの少数転移性肺腫瘍に対する粒子線治療は、同病態での SBRT と比較して、全生存率、局所制御率において優越性が示唆された。
- ・ 転移性リンパ節について：子宮癌からのリンパ節転移に対する粒子線治療は、同病態での IMRT（intensity modulated radiotherapy：強度変調放射線治療）および SBRT と比較して、全生存率、局所制御率において優越性が示唆された。

問：粒子線治療は既存の放射線治療に比べ，費用対効果は優れているか？

- ・ 粒子線治療と既存の放射線治療間の費用対効果分析研究は日本を含め世界各国で行われており、粒子線治療の費用対効果は優れていたとする報告は多い。一方で背景となる医療費は国や地域で異なっており、また報告における比較項目が治療効果のみのものもあれば、副作用・QOL などを含んでいるものもある。そのような背景もあり、粒子線治療の費用対効果が高いと断言はできず、今後も研究が必要である

3. 保険適用範囲および患者負担額

前述の通り、重粒子線治療については、手術による根治的な治療法が困難である早期肺癌（日本肺癌学会が定める「肺癌取扱い規約」におけるⅠ期からⅡA期までの肺癌に限る。）、手術による根治的な治療法が困難である局所進行性子宮頸部腺癌、手術による根治的な治療法が困難である局所進行性子宮頸部扁平上皮癌（長径6センチメートル以上のものに限る。）、手術による根治的な治療法が困難である悪性黒色腫（婦人科領域の臓器から発生した悪性黒色腫に限る。）が、陽子線治療については、手術による根治的な治療法が困難である早期肺癌（日本肺癌

学会が定める「肺癌取扱い規約」におけるⅠ期からⅡA期までの肺癌に限る。）が、それぞれ令和6年6月1日より新たに保険適用されました。

では、患者負担額はどの程度となるのでしょうか。「診療報酬の算定方法の一部を改正する告示」（令和6年厚生労働省告示第57号）別表第一（医科点数表）によれば、粒子線治療の診療報酬の算定は次に依ります。

M001-4 粒子線治療（一連につき）

- 1 希少な疾病に対して実施した場合
- イ 重粒子線治療の場合 187,500 点

- 陽子線治療の場合 187,500点
- 2 1以外の特定の疾病に対して実施した場合
 - イ 重粒子線治療の場合 110,000点
 - 陽子線治療の場合 110,000点

注1 別に厚生労働大臣が定める施設基準に適合しているものとして地方厚生局長等に届け出た保険医療機関において、別に厚生労働大臣が定める患者に対して行われる場合に限り算定する。

- 2 粒子線治療の適応判定体制に関する別に厚生労働大臣が定める施設基準に適合しているものとして地方厚生局長等に届け出た保険医療機関において、粒子線治療の適応判定に係る検討が実施された場合には、粒子線治療適応判定加算として、40,000点を所定点数に加算する。
- 3 別に厚生労働大臣が定める施設基準に適合しているものとして地方厚生局長等に届け出た保険医療機関において、放射線治療を担当する専従の医師が策定した照射計画に基づく医学的管理を行った場合には、粒子線治療医学管理加算として、10,000点を所定点数に加算する。

また、診療報酬の算定方法の一部改正に伴う実施上の留意事項について（通知）（令和6年3月5日「保医発0305第4号」の別添1（医科点数表）には、適用疾患等について次のような記載があります。

MO01-4 粒子線治療（一連につき）

- (1) 重粒子線治療とは、炭素原子核を加速することにより得られた重粒子線を集中的に照射する治療法であるものをいう。
- (2) 陽子線治療とは、水素原子核を加速することにより得られた陽子線を集中的に照射する治療法であるものをいう。
- (3) 重粒子線治療は、手術による根治的な治療法が困難である限局性の骨軟部腫瘍、頭頸部悪性腫瘍（口腔・咽喉頭の扁平上皮癌を除く。）、手術による根治的な治療法が困難である早期肺癌（日本肺癌学会が定める「肺癌取扱い規約」におけるⅠ期からⅡA期までの肺癌に限る。）、手術による根治的な治療法が困難である肝細胞癌（長径4センチメートル以上のものに限る。）、手術による根治的な治療法が困難である肝内胆管癌、手術による根治的な

治療法が困難である局所進行性膵癌、手術による根治的な治療法が困難である局所大腸癌（手術後に再発したものに限る。）、手術による根治的な治療法が困難である局所進行性子宮頸部腺癌、手術による根治的な治療法が困難である局所進行性子宮頸部扁平上皮癌（長径6センチメートル以上のものに限る。）、手術による根治的な治療法が困難である悪性黒色腫（婦人科領域の臓器から発生した悪性黒色腫に限る。）又は限局性及び局所進行性前立腺癌（転移を有するものを除く。）に対して根治的な治療法として行った場合にのみ算定し、数か月間の一連の治療過程に複数回の治療を行った場合であっても、所定点数は1回のみ算定する。

- (4) 陽子線治療は、小児腫瘍（限局性の固形悪性腫瘍に限る。）、手術による根治的な治療法が困難である限局性の骨軟部腫瘍、頭頸部悪性腫瘍（口腔・咽喉頭の扁平上皮癌を除く。）、手術による根治的な治療法が困難である早期肺癌（日本肺癌学会が定める「肺癌取扱い規約」におけるⅠ期からⅡA期までの肺癌に限る。）、手術による根治的な治療法が困難である肝細胞癌（長径4センチメートル以上のものに限る。）、手術による根治的な治療法が困難である肝内胆管癌、手術による根治的な治療法が困難である局所進行性膵癌、手術による根治的な治療法が困難である局所大腸癌（手術後に再発したものに限る。）又は限局性及び局所進行性前立腺癌（転移を有するものを除く。）に対して根治的な治療法として行った場合にのみ算定し、数か月間の一連の治療過程に複数回の治療を行った場合であっても、所定点数は1回のみ算定する。
- (5) 「1」に規定する希少な疾病とは、小児腫瘍（限局性の固形悪性腫瘍に限る。）、手術による根治的な治療法が困難である限局性の骨軟部腫瘍、頭頸部悪性腫瘍（口腔・咽喉頭の扁平上皮癌を除く。）、手術による根治的な治療法が困難である早期肺癌（日本肺癌学会が定める「肺癌取扱い規約」におけるⅠ期からⅡA期までの肺癌に限る。）、手術による根治的な治療法が困難である肝細胞癌（長径4センチメートル以上のものに限る。）、手術による根治的な治療法が困難である肝内胆管癌、手術による根治的な治療法が困難である局所進

行性膀胱癌、手術による根治的な治療法が困難である局所大腸癌（手術後に再発したものに限る。）、手術による根治的な治療法が困難である局所進行性子宮頸部腺癌、手術による根治的な治療法が困難である局所進行性子宮頸部扁平上皮癌（長径6センチメートル以上のものに限る。）又は手術による根治的な治療法が困難である悪性黒色腫（婦人科領域の臓器から発生した悪性黒色腫に限る。）のことを指し、「2」に規定する「1」以外の特定の疾病とは、限局性及び局所進行性前立腺癌（転移を有するものを除く。）のことを指す。

- (6) 粒子線治療について、位置決めなどに係る画像診断、検査等の当該治療に伴う一連の費用は所定点数に含まれ、別に算定できない。
- (7) 「注2」の粒子線治療適応判定加算は、当該治療の実施に当たって、治療適応判定に関する体制が整備された保険医療機関において、適応判定が実施された場合に算定できるものであり、当該治療を受ける全ての患者に対して、当該治療の内容、合併症及び予後等を文書を用いて詳しく説明を行い、併せて、患者から要望のあった場合、その都度治療に関して十分な情報を提供すること。なお、患者への説明内容については文書（書式様式は自由）で交付し、診療録に添付すること。
- (8) 「注3」に規定する粒子線治療医学管理加算は、粒子線治療に係る照射に際して、画像診断に基づきあらかじめ作成した線量分布図に基づいた照射計画と照射時の照射中心位置を、三次元的な空間的再現性により照射室内で画像的に確認・記録するなどの医学的管理を行った場合に限り算定する。
- (9) 粒子線治療の実施に当たっては、薬事承認された粒子線治療装置を用いた場合に限り算定する。

この算定方式に従い、1点=10円で計算した場合、粒子線治療の診療報酬（医療費）は、陽子線、重粒子線の種類によらず、上記の（5）に記載されている希少な疾病に対して実施した場合、最大237万5千円となりそれ以外の特定の疾病（限局性及び局所進行性前立腺癌（転移を有するものを除く。））に対して実施した場合、最大160万円と算定されます。窓口で患者の支払う金額は、公的保険制度により多くの場合このうちの1ないし3割に相当することか

ら、それぞれ多くて71万2千5百円、48万円となります。また高額療養費制度により、窓口で支払った額が所得に応じて決められた上限額を超えると、超過分は公的医療保険が負担してくれます。例えば、年収が約370万円～約770万円の方の場合、毎月の上限額は次の通り計算されます。

$$80,100 \text{円} + (\text{医療費} - 267,000 \text{円}) \times 1\%$$

この場合、一連の粒子線治療のみを同じ月内で実施したとすれば、実質的な自己負担額は稀少がんに対し約10万円余り、それ以外の対象疾患で9万3千円余りになると試算できます。さらに世帯合算や多数回該当といった負担軽減のしくみもあります。なお、令和7年8月に上限額引き上げの方針との報道があったことから、今後の高額療養費制度の上限額に係る動向には注意が必要です。詳細は被保険者証に記載されている公的医療保険にお問い合わせください。

いずれにしましても保険適用前の先進医療ではおよそ300万円程度の自己負担を必要としていたことを考えれば、これらの疾患に対する粒子線治療の保険適用拡大は、患者にとって大きな福音になるといえます。

4. 今後の課題

今般、粒子線治療の新たに重粒子線治療で4疾患、陽子線治療で1疾患に対して保険適用の拡大がなされる運びとなりました。同時に、それ以外の疾患については引き続き先進医療の枠組みの中で継続され、保険導入のための評価に足りる、施設横断的な科学的エビデンスの蓄積および解析の継続が課題となることでしょう。また国立がん研究センターの長期予測によれば、「がん罹患では、2015-2019年の年平均罹患数は男性57万人、女性は41万人である一方、2035-2039年平均では男性は64万人、女性は53万人と推計され、罹患数は男性で13%、女性で29%増加する見込み」とされていますが、粒子線治療の恩恵を受けられるのは、まだそのごく一部と言えましょう。

こうした課題を解決するには、関係する医療機関が一体となって症例数を積み重ねていくとともに、治療装置の小型化や低価格化を通して、粒子線治療が普及し、がんの標準治療の一つとして認められ社会実装が進んでいくことが重要です。わが国が世界を主導する医療技術の一つとして、粒子線治療の今後のさらなる発展のために、各施設の努力はもとより一層の関係機関の協力や支援が望まれるところです。

次世代陽子線治療システムの開発

住友重機械工業株式会社 産業機器事業部
医療・先端機器統括部 設計部
主任技師 佐々井 健蔵



1 住友重機械について

住友重機械は1972年に初めてサイクロトロン型粒子加速器を開発し、その技術を利用して1997年には国立がん研究センター東病院に日本初の陽子線治療システムを納入しました。医療機器事業では、がんになっても健康で長生きできる社会を作ることを目指し、医療用加速器の技術を活かしてがんの診断と治療に貢献しています。これまでに当社は陽子線治療システムを日本、台湾、韓国に合計7システム、15の治療室を納入し、臨床で使用されています。

2 陽子線治療について

2.1 日本で公的な医療保険が適用される疾患

日本で陽子線治療に対して公的な医療保険が適用される疾患は以下の通りです(2024年12月時点)⁽¹⁾：

- 頭頸部悪性腫瘍(口腔・咽喉頭の扁平上皮癌を除く)
- 早期肺癌 (I - II A 期) *
- 肝細胞癌* (長径4cm以上)
- 肝内胆管癌*
- 局所進行性膀胱癌*
- 局所大腸癌* (手術後に再発したもの)
- 限局性及び局所進行性前立腺癌 (転移を有するものを除く)
- 限局性の骨軟部腫瘍*
- 小児腫瘍 (限局性の固形悪性腫瘍)
- (*手術による根治的な治療が困難であるものに限る)

これらの疾患の中で、肺癌、肝細胞癌、肝内胆管癌、膀胱癌は、患者の呼吸によって移動する臓器に生じる癌です。陽子線治療は、呼吸性移動臓器に対しても高い精度で治療を行うことが求められます。

3 陽子線治療の課題

陽子線治療は、従来の高エネルギー X 線を照射

する放射線治療と比べて、優れた線量分布を提供可能な一方で、陽子線治療をより多くの患者に提供するにはいくつか課題があります。最近の陽子線治療では、癌の形状に合わせて、直径数 mm の細い陽子線を走査しながら照射するスキニング照射が主流です。しかし、スキニング照射では陽子線の照射位置が時々刻々と変わるため、肺癌などの呼吸性移動臓器を照射する場合、治療の精度が低下するおそれがあります。治療の精度を維持するために、複雑な手技の導入や治療時間の延長が必要となり、一日で治療可能な患者数が減少します。治療可能な患者数は、陽子線治療システムを導入する病院の事業性に大きく影響します。

4 次世代陽子線治療システム

住友重機械工業は、これらの課題を解決するために次世代陽子線治療システムを開発しました。その特徴は以下の通りです：

- 超高速スキニングによる短時間照射
- 治療室数に応じて最適化された装置レイアウトによる建屋体積の低減
- 360度回転ガントリと大視野コーンビーム CT による患者位置決めの特化
- 超伝導サイクロトロンによる省電力化と電気代削減

4.1 超高速スキニングによる短時間照射

陽子線のスキニング照射では、癌の形状に合わせて、直径数 mm の細い陽子線を照射位置や照射深さを走査して変えながら照射します。この走査速度を当社従来比5倍に高速化しました。この高速化によって、照射時間は大幅に短縮され、肝細胞癌のような大きな癌でも6秒で、肺癌のような小さな癌では2秒で照射を完了する見込みです。照射時間が

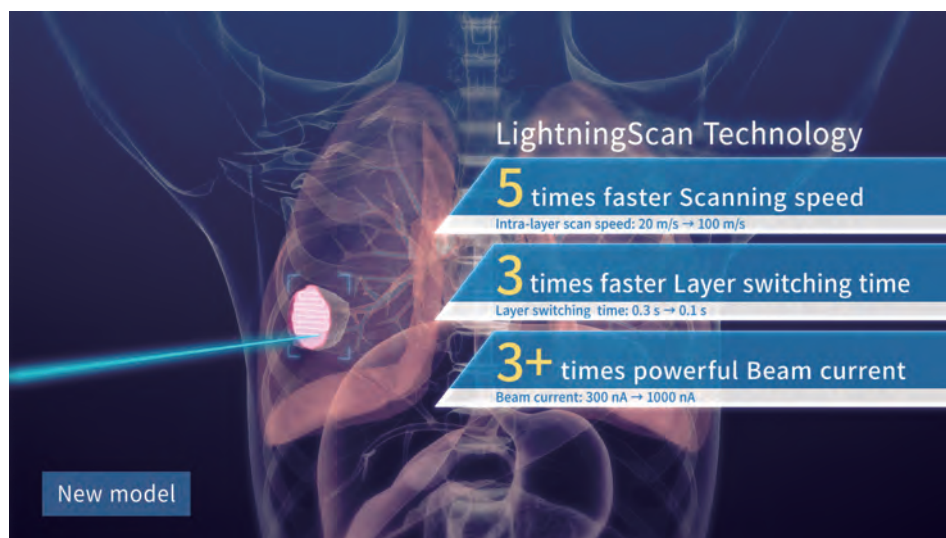


図 1 超高速スキャン照射のイメージ。

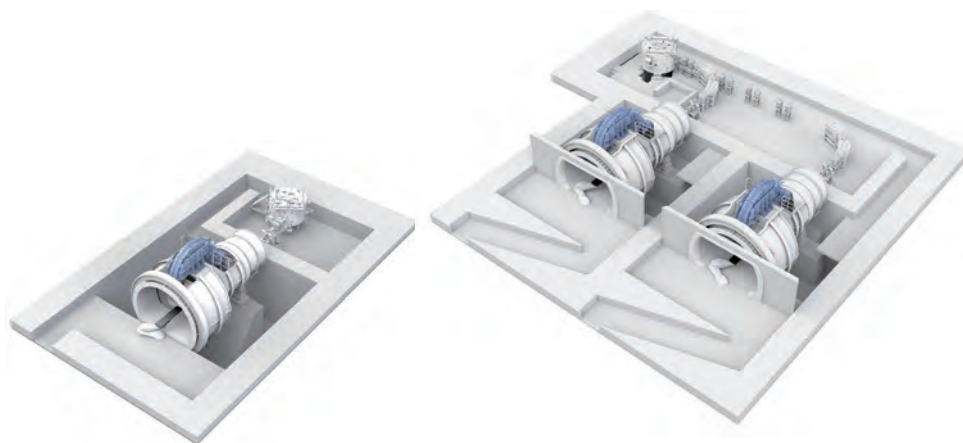


図 2 1 治療室タイプ(左)と2 治療室タイプ(右)の装置レイアウト。

数秒まで短縮されることで、複雑な手技が必要なくなり、治療時間も短縮され、医療従事者や患者の負担が軽減します。治療可能な患者数も増加します。

4.2 治療室数に応じて最適化された装置レイアウトによる建屋体積の低減

これまでの陽子線治療システムは、治療室が1室に限定されたり、治療室が2室以上になると建屋が大型になる課題がありました。当社の次世代陽子線治療システムでは、治療室数を自由に選べるように、治療室数に応じて最適化された装置レイアウトを導入しました。これによって、陽子線治療システム用の建屋体積を約30%低減することが可能になりました。建屋体積の低減によって、建屋建設費の低減、工期短縮も期待されます。

4.3 360度ガントリと大視野コーンビームCTによる患者位置決めの特長

陽子線治療では、癌に陽子線の線量を集中させるために、癌の位置を高精度に位置決めする必要があります。そのため患者位置決めにかかっていた時間がかかっていました。例えば、180度しか回転できない回転ガントリでは、照射方向を変えるたびに患者を再位置決めする時間がかかり、治療室内に備えられたオンレールCTで画像誘導する場合は、インルームCTからガントリへの寝台の移動にかかっていた時間がかかっていました。次世代陽子線治療システムでは、360度回転ガントリを採用し、新たにガントリ搭載型の大視野コーンビームCTを開発しました。これらによって、治療時間の短縮と一日で治療可能な患者数の増加が期待されます。



図3 360度ガントリを備えた治療室。



図4 超伝導サイクロトロン。

4.4 超伝導サイクロトロンによる省電力化と電気代削減

陽子線治療システムでは多くの電磁石を使うため、電気代も課題でした。次世代陽子線治療システムでは、加速器として超伝導サイクロトロンを開発しました。これにより、加速器の消費電力を当社従来比約40%削減することに成功しました。

4.5 今後の展開

当社の愛媛県西条工場に次世代陽子線治療システムの試験機を設置し、2022年には性能の実証を完了しました。次世代陽子線治療システムの第一号機は、2025年から台湾の台中榮民総医院で据付が開始される予定です。⁽²⁾

5 さらなる開発

陽子線治療の臨床的有用性をさらに拡大するため

に、超高線量率照射（FLASH照射）の開発に取り組んでいます。西条工場の次世代陽子線治療システムの試験機などを利用して、各研究機関と協力して細胞試験や小動物試験を実施しています。⁽³⁾ 将来的には陽子線FLASH照射のヒトへの適用を目指しています。

住友重機械は、陽子線治療の有用性の拡大と事業性の改善を通して、患者、医療従事者、そして社会に貢献していきます。

6 出典

*1: https://www.jastro.or.jp/medicalpersonnel/particle_beam/2022/07/post-10.html

*2: <https://www.shi.co.jp/info/2022/6kgpsq000000ls2f.html>

*3: <https://www.shi.co.jp/info/2024/6kgpsq000000nlgp.html>

がん放射線治療患者の経験する経済毒性と両立支援 —高精度放射線療法から高価値放射線療法へ—



北海道大学大学院医学研究院
医理工学グローバルセンター
教授 白土 博樹

はじめに

近年、がんの効果的な薬剤が超高額であるため、保険者の経済的負担が深刻化していることは良く知られている。また、国民皆保険制度のない米国で、患者自身が経済的破綻に陥る事象は理解しやすい。しかし、国民皆保険制度と高額療養費制度を有するわが国でも、米国と同程度にがん治療により深刻な経済的負担が発生していることは理解されていない¹⁾。なぜ、日本で？それに関する詳細な解析・出典は、筆者も参加した令和3年度厚労省科研費研究の報告書¹⁾に譲るが、以下、最近の動向を含めて概要をお伝えしたい。

結論から言えば、その答えは、日本でも「がんになって仕事ができなくなる事象」が発生するからである。特に住宅ローンや教育費がかさむ働き盛りの患者は、長期的治療に伴い、職場からの長期離脱や失職で、収入・純資産が減少し、不安と精神的な苦しみが増え、時に服薬や放射線治療を断念し、生存率や生活の質に悪影響を及ぼすこともある。現代のがん治療チームは、がん治療を受けている患者の経済的負担を早めに察知し、治療と仕事の両立支援の知識・技能を身に着ける必要がある。

がん治療の経済毒性 (FT)

患者が、療養に伴う経済的負担で、患者・家族に及ぼす悪い影響のことを「経済毒性 Financial Toxicity, FT」と言うことは、かなり普及してきた。FTは、(1) 治療による支出の増加、(2) 収入と純資産の減少、(3) 不安と苦しみからなる (図1)。FTの評価基準としてCOST (Comprehensive Score for Financial Toxicity) という簡単な評価法が検証され (表1)、米国はもちろんのこと、国民皆保険制度を持つ国々でも深刻なFTが発生していることがわかった。COST (44点満点) は低スコアほどFTが強いのであるが、我が国の抗がん剤治療を受けたがん患者のCOSTの評価では、中央値21点 (範囲0-41)、平均±標準偏差 21.1 ± 8.45 で、米国の研究の中央値23点 (範囲0-44)、平均±標準偏差 22.23 ± 11.89 と大差なかった¹⁾。

平成30年度に国立がん研究センターから発行されたのべ22000人のがん患者の調査に基づく患者体験調査²⁾でも、がん治療が就労状態と深く関係していた。がん診断時に収入のある仕事をしていた人のうち「がん治療のため退職・廃業」は19.8%、「がん治療のため休職・休業」は54.2%であった。「貯金を切り崩し」が20.0%(若年者(診断時19歳以上40歳未満):

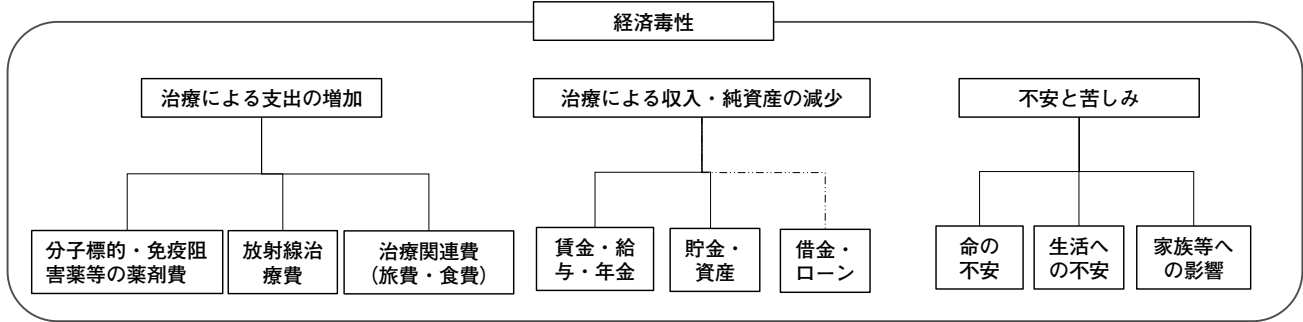


図1 がん治療患者・家族の経済毒性

表1 日本語版 COST

	全く 思わない	少し そう思う	そう思う	かなり そう思う	とても そう思う
ここ7日間に当てはまるものを一つ選んでください					
治療にかかるお金を支払うのに十分な貯蓄、年金や資産を持っていると思う。	0	1	2	3	4
治療にかかるお金は予想していたよりも多い。	0	1	2	3	4
病気や治療による、将来の経済的な問題を心配している。	0	1	2	3	4
治療などにかかる金額に仕方がないと思う。	0	1	2	3	4
以前のように会社や家庭で働けないことにながっかりしている。	0	1	2	3	4
現在の経済状態に納得している。	0	1	2	3	4
毎月の出費に対処することができる。	0	1	2	3	4
経済的に苦しいと感じている。	0	1	2	3	4
自分の仕事や収入、あるいは家庭での役割が維持できるか、気にかかる。	0	1	2	3	4
病気や治療のせいで、自分の経済状態に対する満足度が減った。	0	1	2	3	4
自分の経済状態をコントロールできていると思う。	0	1	2	3	4

33.4%)、「食費、医療費を削った」が8.0% (若年者17.9%)、「金銭的援助を受けた(借金を含む)」3.6% (若年者16.9%)、「主治医に処方箋や治療法を安価なものに変更してもらった」2.5% (若年者4.2%)、「家族が仕事を増やした、あるいは働くようになった」1.8% (若年者6.3%) となっており、米国と同じく、特に若年者でFTが強い。がん治療に起因する失職等による収入・貯金の減少は、国の医療制度の差ではなく、がん治療そのものに原因がある、すなわちがん治療による「有害反応」なのである。

放射線治療の経済毒性

放射線治療法のFTに関係する研究も増えつつある。

米国の研究で、頭頸部癌への化学放射線治療では、FTが患者の生存率に影響していた。放射線治療を受けた284例(237例が化学療法を併用)において、41例(14.4%)にFTがあり、多変量解析でFTの存在は総生存率(ハザード比1.75(95%信頼限界1.05-2.94))、癌特異的生存率(同2.28(1.31-3.96, p=0.003))の低下に関連していた¹⁾。

米国のPalmerらは、157名の放射線治療を受けた患者へのアンケート調査を行い、34名(21.7%)が何等かのFTを経験したこと、その内訳は職を失った(28%)、収入を失った(24%)、家賃を払うことが困難になった(20%)、治療に来るための交通費を払うことが困難になった(15%)、食費を払うことが困難になった(13%)であったと報告した。51-60歳が最頻で、低所得、借金5000USD以上に

FTが多かった。

わが国では、上記の令和3年度厚労省科研費研究にて、転移性骨腫瘍患者への緩和的放射線治療を行った場合の就労に関する患者報告調査が前向きに行われた³⁾。224人の患者のうち、治療開始時に108人はがんとは無関係の理由で退職済、43人はがんに関連した理由で退職済、31人は休職中、2人は治療開始直前に失職。業務に従事していた者は、治療開始時に40人、2か月後に35人、6か月後に24人であった。年齢が若い患者、全身状態が良好な患者、歩行可能な患者、痛みの数値評価スケールのスコアが低い患者は、登録時に業務従事者である可能性が高かった。以上より、骨転移患者の多くは放射線治療の開始時に既に退職済だが、まだ働いている患者の数も無視できないことがわかり、放射線腫瘍医は緩和医療目的の患者であっても就労状況を把握し、適切なサポートを提供する必要があることが示された。

粒子線治療が、患者のFTに繋がるリスクも報告されている。スイスでは、強制加入医療保険が陽子線治療の費用をカバーしているが、相当数の患者が治療関連費(旅費・食費)の増加によりFTを経験していた⁴⁾。146名の患者のCOST中央値は29.9(IQR: 21.0~36.0)で、家から施設までが100kmを超える毎に3.7(95%CI: 1.95~5.7)低下し、移動・宿泊・外食の負担が増え、特に既婚成人のCOSTが低かった。

放射線治療の経済毒性の軽減策

図2に、以前に発表した総説⁵⁾を基に、日本の

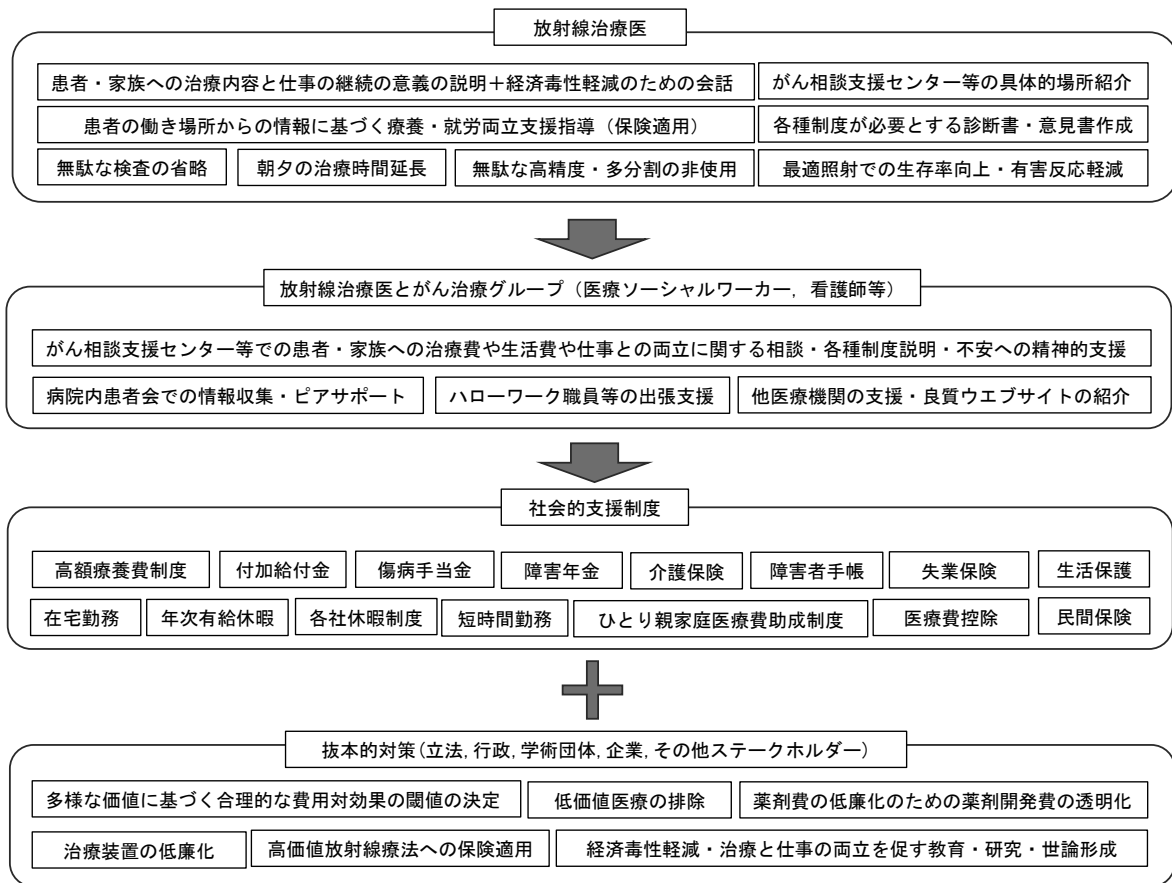


図2 放射線治療を受ける患者の経済毒性軽減のための階層別具体策

国民が国内で放射線治療を受ける場合の経済毒性の軽減策を階層毎に挙げた。患者のFTの軽減は、現場の放射線腫瘍医や病院の経営陣にとって、時に利益相反的に見えるが、この図を見れば、自分がどの立場でFTの問題に関わっているかを自覚することで、行動すべき内容がわかると思う。放射線腫瘍医、看護師、医療ソーシャルワーカー、社会的支援制度に関わる事務員、抜本的対策に関与するステークホルダーが、それぞれの任務を果たしていくことで、患者のFTを減らすことができる。また、この図を患者側にご説明し、患者自ら申請すべき社会的支援制度を知っていただき、医療に参加していただくことも、FTを軽減する。

重ねて強調したいのは、FTを軽減するためには、治療と仕事の両立支援の重要性が極めて大きいことである。がんで仕事をやめると、賃金収入が減るだけでなく、使える社会的支援制度が大きく減る。我が国では治療と仕事の両立支援が重要な国策として取り入れられ、厚生労働省が中心となって「治療と仕事の両立支援のマニュアル」⁶⁾や「企業・医療機関連携マニュアル」や「医療機関における治療と仕事の両立支援導入ガイド」を作成し、両立支援体制を改善した企業も増えつつある。さらに、企

業から提供された勤務情報を利用する「療養・就労両立支援指導料」が保険収載されている点は、わが国が誇るべきFT対策であると思う。では、どの程度の医療者が、FT軽減策を理解し実行しているであろうか？

前出の平成30年のがん患者の体験調査では、就労の継続について、いずれかの医療者から何らかの説明を受けたと回答した人は39.5%にとどまっていた³⁾。令和3年度厚労省科研費研究では、放射線腫瘍医側に対して「がん放射線治療と仕事の両立支援に関するアンケート調査」が行われ、150施設の回答の解析が行われた¹⁾。施設の内訳は、都道府県がん治療連携拠点病院（18.7%）、地域がん診療連携拠点病院（53.3%）、地域がん診療連携協力病院（9.3%）、その他（18.7%）であった。同アンケート調査で、放射線治療施設150のうち、両立支援を意識した診療をしていると答えた医師は142（92.7%）に上ったが、がん相談支援センター等での就労相談を行ったことがあるのは56（27.1%）、患者の働く企業から提供された勤務情報を記載した文書に基づく「療養・就労両立支援指導」（保険収載）をしていた施設数は8（3.8%）のみであった。

放射線治療そのものに関するFTは放射線腫瘍医

がその軽減に努めるべきであるが、忙しい外来作業中にどう行うべきか。Prasadらは、放射線治療を受ける前に、①年齢、②負債額、③自己負担に対する不安の3つの質問だけで、忙しい放射線治療外来においても、短時間でFTのリスクの高い患者をスクリーニングできる可能性を示した¹⁾。しかし、放射線腫瘍医はがんの診断初期には患者に接する機会が少ないことから、実際には全病院的な対応が望ましい。今や、がん診療拠点病院の指定要件に「療養・就労両立支援指導の実施」を加えるべき時期に来ていると考える。

患者のFT軽減のために、放射線治療の開始時間や回数を調整することも重要である。令和3年度の厚生省科研費研究のアンケート調査では、治療時間や治療日時の調整は62.6% (94/150)、分割回数の調整は55.3% (83/150)の病院で、保険診療の枠内で工夫がされていた。就労支援のために、平日の8:30-17:00以外の診療時間以外での治療を行っている施設は10.6% (16/150)であった。米国では放射線腫瘍学会ASTROも加わったChoose Wiselyのプロジェクトにおいて、転移性骨腫瘍において1~10回照射を推奨しそれを超える分割照射にはエビデンスがないこと、分割照射によりFTの発生するリスクの高い患者には、1回照射を含む短期分割照射が賢明な選択であることが示されている。わが国の上記のアンケート調査では、転移性骨腫瘍への外来通院での一回照射の選択は46.0% (69/150)で行われていた。

高精度放射線療法から高価値放射線療法へ

図2の「抜本的対策」にある「高価値放射線療法への保険適用」について説明したい。超高額薬剤の出現で、がん治療の指導理念は「全薬剤が保険でカバーされる」制度を聖域化する考えから、財政状況を考慮した最適な医療システムを維持することに変化し、「高価値医療 (high-value healthcare)」制度の考えに移行した⁷⁾。高価値医療の特徴は、①エビデンスに基づく治療、②患者のニーズや価値観を尊重した患者中心の医療 (患者自身の治療選択への積極的関与)、③高い費用対効果 (ジェネリック薬品の使用)、④予防医療である。医師や専門家が価値有りと思う検査や治療でも、根拠が不十分だったり、患者の健康結果が同じであれば、過剰な検査や治療とみなされ、費用対効果が低い「低価値医療 (Low-value healthcare)」と判断される。この理念を放射線治療に当てはめると、放射線関係者が価値が高いと考えてきた「高精度適合X線治療」や「高精度粒子線治療」は、「高精度」を医療者側で定義するのではなく、患者個人・社会にとって、どの放射線治療が最も「高価値」であるかを競うことになる。

「高価値放射線療法」の評価軸を決めるためのフ

レームワークが2019年に欧州から発表され⁸⁾、1. イノベーションには段階的(治療装置開発等)と漸進的(患者固定法等)がありどちらにも対応すべきであること、2. (薬物とは異なり)無作為ランダム化試験の結果だけではなく、非劣勢試験、モデルベース、前向き非ランダム化、観察コホート研究、リアルワールドエビデンスなども活用すること、3. エイドポイントは急性期障害と晩期障害に分けること、4. QOLや患者申告の調査に、経済的視点、就労状況を加えること、などが提言された。また、治療に必要な電気代などのエネルギーが少ない治療装置は、患者を含む社会全体に対して価値が高いものとして、高く評価されるようになってきた⁹⁾。近年、日本のグループから「早期非小細胞肺がんは、手術可能例において、手術摘出よりも体幹部定位X線治療のほうが、費用対効果が優れている」という詳細な報告が国際誌にあり、高精度X線治療が「高価値放射線療法」でもあることが強く示唆された¹⁰⁾。

今後の放射線療法は、健康結果 (症状の改善・生存率・機能回復)、患者側の評価 (アンケート)、生活の質 (QOL)、費用対効果 (QALY、ICER)、治療の持続可能性 (再治療率)、患者の生活環境・価値観に基づく選択肢、待機時間、アクセスのしやすさ、社会的・精神的サポート、未来の人類への影響等を考慮して「高価値」であるものが保険適用されていくであろう。医用原子力に関わる科学技術を人類のために正しく利用していくためには、従来の「高精度放射線治療研究」一本槍ではなく、放射線治療機器のコストダウンを図る研究や、適切な放射線治療機器・施設の迅速な選択法を推進する研究、患者側の経済毒性を減らす両立支援AIシステム研究、二次発がんの軽減研究等、「高価値放射線療法研究」の重要性がいつそう高まっていくであろう。

参考文献

1. 厚生労働省. https://mhlw-grants.niph.go.jp/system/files/report_pdf/202108007A-buntan_0.pdf
2. 厚生労働省. <https://www.mhlw.go.jp/content/10901000/000860132.pdf>
3. Shirato H, et al. *Adv Radiat Oncol*. 2023;8:101205.
4. Bachtiry B, et al. *Cancers (Basel)*. 2023;15:5498.
5. 白土博樹. *癌と化学療法* 2022;49:499-503.
6. 厚生労働省. <https://chiryoutoshigoto.mhlw.go.jp/formedical/>
7. Porter ME, et al. *Redefining Health Care - Creating Value-Based Competition of Results*. 2006; 1-507.
8. Lievens Y, et al. *Lancet Oncol* 2019;20:e112-e123.
9. Baniel CC, et al. *Semin Radiat Oncol* 2024;34:426-432.
10. Igarashi A, et al. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2024.

「夢の粒子線」



“ガンに勝つ会”
代表 山崎 光則

〈思いもせぬ“ガン”〉

あれから7年が経ちました。

思いもしなかったガンが見つかったのは、76歳の春3月の中頃でした。日頃は息子の小さな会社で、清掃、除草、倉庫の整理整頓や機械工具などの点検をしながら過ごす日々でした。また毎週日曜日には趣味のゴルフをするというパターンで暮らしていました。持病は高血圧と糖尿で、少しばかり数値が高く薬は飲んでいました。そんな月曜日の夜、右背中の筋肉痛を感じました。「昨日のゴルフのせいかなあ〜」と様子を見ました。しかし、金曜日には普通ではないと思い、掛かり付け医に行くと、エコーで大きなガンが見つかり、近くの国立医療センターに入院治療となりました。

私は、日頃病気は気力体力で頑張る方でしたからガンに対する知識は全くなく、軽く考えておりました。しかし入院して4人部屋なので周りの患者さんの様子を目の当たりにし、心配と怖さを感じながら抗がん剤との闘いとなりました。学生時代に体育会でスパルタ教育を耐え抜いた根性もすっ飛び全く異次元の世界でした。ある患者は「こんな辛い目はしたないわ!!!」とスタッフと激しく喧嘩して病院を脱走していました。

そして、私にもいよいよその辛さが訪れました。愚かな事に家族もガンの知識がありません。担当医の説明もお任せ状態で事が進んで行きました。点滴中に5時間程寝返りも出来ず耐えるのが大変な時もありました。「えらい病気になってしまったなあ〜、この先どないになるのだろうか」と悲しく不安だらけになり落ち込みました。そして、“抗がん剤”が始まると、痛みよりも気持ち悪さが強烈で、生きた心地がしない苦しみを味わいました。3日間闘い、やっとプリンが食べられようになり、2週間治療し

た4月末に、ここでの治療を終了して大学病院を紹介されました。

〈余命4か月・・・〉

5月7日に大学病院の放射線科を受診したところ、10日に家族と一緒に来る様に言われ、妻と息子と一緒に面談になりました。そして結論は「治らない、余命4か月」と宣告されました。肝臓がんが10cm程で門脈まで浸潤しているとのことでした。ここに来たら治ると思っていた愚かさ、ショックでしたが仕方ないなあ〜の気持ちでした。妻は不安と心配に見舞われて暫く沈黙が続きましたが息子に励まされ3人で前向きに進むことにしました。

〈夢の粒子線〉

5月21日に道が開けました。兵庫県立粒子線医療センターです。行って見なければわからない期待と不安のなかで検査入院し、3日間の検査結果で治療可能と報告をいただき、固定金具の作成などの準備が進んで行きました。部長の寺嶋先生が担当医で、28日に妻と息子を交えて今後についての説明がありました。私の場合は、重粒子線治療をされるとのことでした。渡されたプリントは10枚位で、治療内容の日程表でした。一日一日の内容を丁寧に説明して下さいました。「明日リハーサルを致します。明後日5月30日に一回目の治療です。月火水木と週4回、5週行くと7月3日が20回目で、あなたは根治して退院です。」ということでした。夢のようなお言葉をいただき、親子3人で抱き合いました。天にも昇る気持ちになりなお一層治療に専念するよう心がけました。それにしても、寺嶋先生の説明は丁寧に解りやすく、優しい先生だと感じました。でもあまりにも夢のようで「7月3日根治退院」と



寺嶋先生と

という言葉がピンと来ませんし、訳がわからん状態になりました。

余命4か月を抱かえ半信半疑で30日となりました。その前にする事だけはせねばと 思い、“戒名”は数年前に作ってあったので、昔からの古い墓を専門業者に改修してもらいました。デスノートも書き納めました これもガンという恐ろしい病が日を追って迫り来たゆえんです。期待していた第1回目の治療は、ナースステーションでカードキーをもらい照射棟へ向かうと、何やらSFの世界に紛れ込んだようでした。固定金具の設定に15分程かかった後、上からと横からで各3分程の照射で完了しましたが、まさに“痛くもかゆくもない治療”で、いとも簡単に終わりました。

〈まるで、リゾートホテル〉

6回目の照射を終えた木曜日、熱もなく体調も良好なので、主治医の寺嶋先生から外泊許可が出ました。すごく有り難く嬉しかったです。好きなゴルフの許可も出て、早速日曜日のメンバータイムに組んでもらいました。木曜日の4時ごろ医療センターを出発して帰宅し、金・土曜日は野暮用があって、日曜日はゴルフをして月曜日の朝8時に出発して13時までセンター着という流れで過ごした。ある時近くのコンビニへコピーをしに行きました。そこで店長さんと話しをしていましたら「粒子線に来られた方は、みんな治って帰られる」と言われました。その言葉を聞いた時、気持ちが大変高揚しました。地元の人から、このような話を聞かされますと より一層「治るんだ！」という思いになり「頑張ろう！頑張ろう！」と心の中で叫びました。

週4回の痛くも痒くもない「粒子線治療」は、何

の問題もなく進んでいきました。主治医の寺嶋先生が、いつも月・水曜日の6時頃になると病室にいられてお話しをされました。優しく品位があり、患者の気持ちがすごくわかる先生で大好きになりました。信頼でき、何も心配すること無く安心して治療に向かうことができました。

6月、周囲の木々の若葉が青々としてきました。部屋から外へ出て散歩もできました。自然の中でいい空気をいっぱい吸い、入院していると言うより、リゾートホテルに来ている感じでした。食事は受付機にカードを通すと献立の記された食券が出て、それを手にして待っていれば出来上がってきました。また、希望者（予約制）は週に1度500円アップすれば、ちょっとしたディナーを頂きました。そして、週の中頃に“音楽の夕べ”と言って、ホールで先生たちの楽器演奏があり、患者さんたちの歌会になりました。

治療時間以外はフリータイムで、外出が出来てゴルフにも行けました。センター内にはテニスコートもあり、大きなお風呂の向かい側にはシャワールーム、ランドリーがあり、ホールには大きな円テーブルが5台、座敷もありました。そこでは明るい声や笑い声が飛び交っていました。それは、無傷で治って帰られる幸せな世界が有るからだと思います。高校受験を控える中学生、お風呂上がりの方、コーヒーを飲んでくつろぐ人、肝臓がんで4回の治療だけで根治して退院して行く人、いろいろな人たちの団らんを目にしました。

粒子線治療が10数回となった6月中頃の月曜日の朝、妻に見送られ自宅を出ようとしたら、電線が大きく揺れていました。大きな地震でした。津インターから伊勢道、亀山ジャンクションから新名神、出発して90分程で名神の草津パーキングにたどり着きました。しかし、満車で身動き取れず、さらに1時間で名神に合流したものの動きが鈍くて、そこから先の大阪地域は被害を受けていて、兵庫にはとても行けそうにない状況でした。そこで大津インターを出て、一般道を一旦引き返し、粒子線センターに連絡して自宅に着いたのが15時30分でした。結局、その週は金曜日に治療して当初の日程に戻れました。思わぬ出来ごとでしたが、希望に満ちた治療は続き、看護師さんたちとも慣れ親しみ、いつも笑顔で優しくしていただき、ほかのスタッフの方たちも親切で丁寧でした。皆、ガンを治して退院していかれるから“やりがい”が有るのだろうと感じました。

私の治療も終盤になってきました。肺がん患者が

2回の治療で退院して行ったという話を耳にしました。誰しもが「すごいな！すごいな！」と感じ、治ると信じていました。やがて、私にも幸せな日が訪れました。5月末に始まり計画書通り7月3日のカンファレンスで「根治、退院です」と、先生は当たり前のように仰いました。私は、泣きながら深々と頭を下げました。

〈ガンに勝つ会〉

3月に見つかり、余命4か月と宣告された肝臓ガンが消えてなくなり、後遺症もなく薬や治療と“おさらば”しました。あとは3か月に一度の経過観察で、三重大学病院の豊増先生にお世話になることになりました。血液検査とCT画像の診断結果は兵庫県立粒子線医療センターの寺嶋先生にもデータが送られ、定期的にオンライン診療を受けて、お二人の先生に確認してもらっています。

寺嶋先生とも親しくなり ガンの恐さと粒子線治療の素晴らしさを教えていただきました。夕方になると病室に来られ、親身にお話ししていただいたことは身に余ります。「私にはこのような立派な先生が身近におられる。これも神さまから与えて頂いた運命だ。」と思い、貴重な体験を知人や友人に知ってもらいたいと思いました。そこで、ゴルフ仲間の中で親をガンで失ったり、夫または妻、そして子を亡くしたりした方など7人が集まり“ガンに勝つ会”を作りました。また、私の息子は10数カ所でボランティア活動をしており、啓蒙活動に適しているので参加しています。この仲間たちの友人知人に粒子線のことは元より“早期発見”の重要性を訴えて行く活動になりました。しかし、この7年間には新型コロナウイルスの流行があり活動できず、昨年やっと再開することになりました。

中年層から高齢者になった高校教師時代の教え子、少年野球リトルシニアの総監督の時に教えた子供そして父兄なども対象にしています。また、敬老



ガンに勝つ会

会や自治会にも行っています。私の願いは、将来のある“子どもや孫の命を守る”ことです。粒子線治療をがん治療の選択肢の一つとして紹介していると、「そんなにいい“医療施設”を三重県にも欲しい」と皆が言ってくれます。しかし、三重県に隣接する府県に粒子線治療施設があるにもかかわらず、三重県にはありません。なぜ三重県は取り残されているのでしょうか。命の尊さがわかる指導者が現われて、早く開設されることを願うばかりです。

〈神さまの様に・・・そして、感謝〉

想像すら出来なかった、素晴らしい最高の“粒子線治療”に係わる方々の気高さに感動と感謝で一杯です。私が現在元気で頑張っていることが、「私たちの励み」とお二人の先生が仰ってくださいました。入院中お世話になった兵庫県立粒子線医療センターの寺嶋先生は、患者の立場になって親身になって下さり、お陰様で強く生きて行く力が湧きました。退院後も家族の様に見守って下さり、心に残る先生でいつも思い出されます。7年経過した今でもメールをすれば必ずお返事を下さる心温まる“スーパードクター”です。少しでも、寺嶋先生の心豊かな人間性に近づく様に頑張ってお返ししていきます。私たちには“神さま”のような存在です。

そして、身近におられる三重大学病院放射線科医師の豊増先生は“天の神さまの使い”の様に感じました。優しく接していただいて心に残る先生です。家族の様に見守っていただいて親しみの持てる暖かい先生で、「この様な“スーパードクター”ばかりだといいのになあ～」と思います。豊増先生とのめぐり逢いが有って今が有ります。

そして神様仏様に毎朝感謝を込めて手を合わせ祈っております。

夢の「粒子線治療」に感謝、感謝、感謝です。



オンライン診療

江戸川病院における中性子捕捉療法 今までとこれから



社会福祉法人 仁生社
江戸川病院 放射線科
部長 黒崎 弘正

はじめに

ホウ素中性子捕捉療法（BNCT）は1950年代にはすでにアメリカで行われた歴史ある治療法であるが、原子炉が必要・ホウ素製剤の問題で長い停滞がみられたことは周知の事実である。

私は江戸川病院に2021年9月に転職してBNCTを含めて初めて粒子線治療を担当・経験することになった。ただ、正直かなりいろいろ苦労して臨床にたどり着き、そして特定臨床研究・自由診療へ進みつつある。

「医用原子力だより」にこの3年を振り返るチャンスを得たのでここに報告したい。



江戸川病院外観

江戸川病院における放射線治療

江戸川病院はもともと結核病院として誕生し、90年以上の歴史がある病院である。先代の病院長である加藤隆弘先生の主導でトモセラピーが2007年に本州で初めて導入された。当初は前立腺がんを中心にっており、そのころの患者台帳をみると、年間250名ほどの前立腺がんを治療していた。また当初から夜10時まで照射を行っており、昼間は仕事して夜はがん治療、ということができ、私が知っている限り日本で唯一の放射線治療施設である。

今までにトモセラピー4台を購入、現時点では最新モデルのRadixact2台を含めて3台が稼働している。また、MRI誘導放射線治療装置のMRIIdianが国立がん研究センターに次いで導入された。導入当初はコバルト60を用いて治療していたが、国立がん研究センターより先にライナック化をおこなったため、日本で初めてライナックによるMRI誘導放射線治療を行った医療機関となっている。そのため私が着任する2021年8月までに15,706部位に対して強度変調照射を用いた治療しており、ハイボリュームセンターの一つと言っても過言ではないだろう。

BNCTの導入：困難だらけ

2009年よりBNCTプロジェクトが始まり、2011年に具体化し、2013年に江戸川病院の隣接地（現在は渡り廊下で一体化済）に建築開始された。2015年には竣工し、ここまでは順調であったと思われるが、なかなか中性子線が安定せず、臨床稼働までそこからなんと8年かかることになった。

2016年の江戸川病院院内報にBNCT開始の見込み、と幹部職員が書いているように、病院としてもいわゆる大本営発表があったといわれても仕方が無い状態であった。また、このプロジェクトを推進した病院長が2016年に亡くなったことも混乱に拍車をかけたことに間違いない。これらのこともあり、私が着任した時には、何度も裏切られてきたBNCTに対して多くの職員には諦めもある状態であったことは否めない。またこのプロジェクトの遅れにて特定臨床研究法の策定や免疫チェックポイント阻害薬の登場など大きく医療も変革が行われ、病院上層部が考えていた疾患なども大きく変わるようになった。

ただ、着任した2021年9月にはすでに国立がん

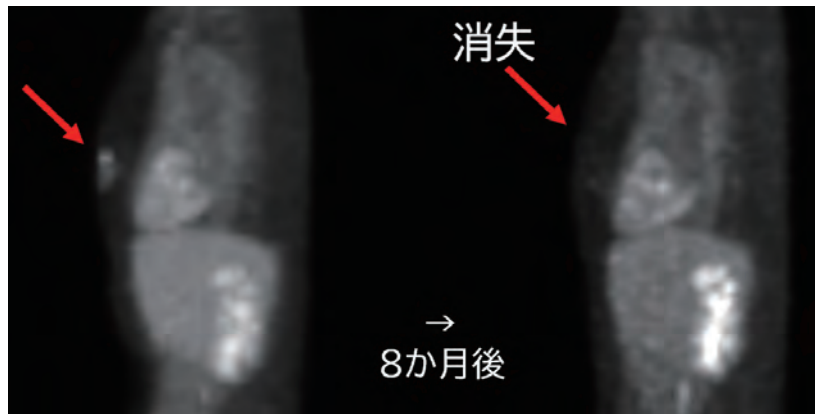


図1 FDG-PET 陽性の乳がん再発でCRとなった例

研究センターのCICS-1で臨床応用が始まっており、江戸川病院のCICS-2もようやく中性子線が安定してきたところであった。

着任してみるとまずはかなりの放射線治療患者数とフォローアップ患者数が多く、かなり辛い数か月間を過ごした。先代の部長からかなり突然交代したこと、また先代の部長は照射後10年経過をみますということのでかなりのフォローアップ患者さんがいて、まずはそれを減らすもしくは非常勤医師に依頼するを行い、その数か月間はBNCTの勉強に時間をなんとか割くことにした。まずはいろいろ教えてくれた筑波大学腫瘍放射線科医会員の皆さんにここに謝意を示したい。

乳がんに対する特定臨床研究

国立がん研究センター中央病院ではCICS-2と同型のCICS-1を用いて血管肉腫およびメラノーマで特定臨床研究を行っていた。院内の会議でもBNCTを始めるあたり、喧々諤々様々な意見があったが今後のBNCTの展開を考えて、頭頸部腫瘍・皮膚腫瘍でない疾患にて特定臨床研究を行うこととした。また、住友重機械工業製のNeuCure[®]では横方向にビームが出る一方、CICS社は縦方向であり、それを生かす疾患として乳がんを選択した。当院では東京23区の一つの江戸川区でもっとも大きな病院であるが、臨床病院であり、研究する体制が全く整っておらず、そちらも含めて体制を整えることが必要であった。

このように特定臨床研究するにもかなりの困難が伴ったが、書類はどんどん書き上げて、QST特定臨床倫理委員会に2022年7月に「放射線治療後再発乳がんを対象としたホウ素中性子捕捉療法(BNCT)のパイロット試験」を申請した。その時

点ではまだいろいろな物品が完全に整ったわけではなかったが、「黒崎が着任して遅れることばかりだったBNCTプロジェクトが初めて予定より早く進んだ」という印象を江戸川病院全体に広めることになった。2022年9月に承認、それから準備が加速していった。

このように苦節14年、2023年7月に1例目を施行した。この特定臨床研究は2025年秋までという予定であったが、毎月のように行い、2024年3月までに90日の経過観察期間を含めて5例全て終了するという順調な経過となった。

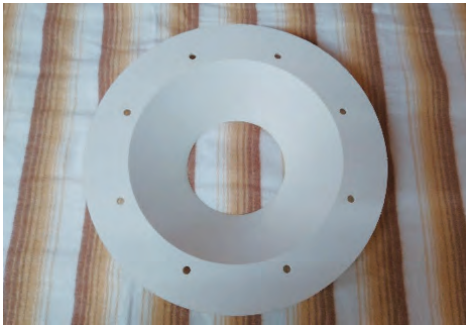
図1は再発病変の周りに触診やCTでは捉えられない播種がFDG-PETで認められた例である。このような再発は乳がんではよくある病態であるが、どこまでが病気だかわかりづらく、X線や陽子線・重粒子線では対応不能な例である。BNCT後8か月のFDG-PETではCRとなっている。

また、加速器型BNCTによる世界初の胸部照射であったことから肺への影響があるのではないかと多くのBNCTに携わっている医師から質問があったが、いずれの例でも経過観察中に放射線肺臓炎の発症は認められていない。

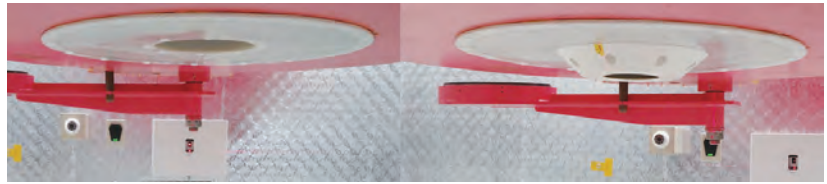
日本ハイパーサーミア学会第41回大会

当方が今年度の日本ハイパーサーミア学会の大会長だった関係で、エクスカッションで江戸川病院BNCTツアーを行った(2024年9月7日)。私自身はその時間帯に市民公開講座の座長を務めていたため現場にいたわけではなかったが、47名も参加していただき、大好評であった。

放射線腫瘍医の多くがBNCT装置をみたことが無く、BNCTを広めていくためには実機をみてもらうというのが一番だと思っている。またハイパー



江戸川病院で開発されたコリメーター



左：未装着

右：12cm φコリメーター装着

図2

サーミア学会員の1/3は理工学の方であり、「巨大なマグネトロンと導波管・加速器を拝見し、消費電力が500～600kWと伺い、やはり尋常ではない規模の設備だと実感した」と感想を頂いている。

この2年間は出身高校（栃木県立宇都宮高校）の首都圏研修を担当している関係で15～20名の高校生が江戸川病院を訪問する。その際にBNCT見学を行っており、大変好評である。高校生だと病院と言えば手術とか思うところ、物理・化学を学ぶことと医療のつながりを見せてくれた、と先生からも好評価である。また、徐々に海外からも見学者が来るようになっており、BNCTに対する期待をひしひしと感じるこの頃である。

FDG-PET 陽性腫瘍に対する特定臨床研究

乳がんに対する特定臨床研究では図1の1例を含めて5例中4例で効果が認められたと考えられた。全例にFDG-PETが施行されたわけではなかったが、効果が無かったと考えられた1例ではFDGの取り込みが認められない例であった。

そもそもBNCTの効果がある条件として悪性細胞にホウ素が取り込まれる必要がある。FDGはブドウ糖代謝をみているわけであるが、そもそも血流がなければ集積しなくなるのは自明の理である。そこで特定臨床研究の第2弾はFDG-PET陽性の表在性腫瘍を対象に行うこととした（10例）。

この特定臨床研究は8月から開始し、すでに5例行っている。乳がん3名、菌状息肉腫、子宮頸がんがエントリーされ、最初の1例ではCRの効果をj得られている。

江戸川病院におけるBNCTの今後

当院におけるBNCTの今後について少々述べたい。最初に当院ではサイクロトロンを持たないため、アミノ酸代謝をみるFBPA-PETを施行することができない。したがってFBPA-PETの必要性をみる研究はできない。ただFDG陽性の腫瘍の多くで効果があるとすれば、FDG-PETの汎用性から考えて意味があると考えている。ただ、我々の研究が成功しても、FBPA陽性でFDG陰性の腫瘍に対しては取りこぼしが出てくる可能性があると考えている。

乳がんに対する特定臨床研究では胸部照射されたのだが、大なり小なり脱毛が認められた。その原因として24cmφの照射口に問題があるということjで、コリメーターを自主開発した（図2）。現時点ではCICS-1とCICS-2の唯一かつ最大の違いと考えている。実際にFDG-PET陽性の特定臨床研究で臨床使用を行っている。

最後に

以上、この紙面を借りて、著者の3年の振り返りをしながら江戸川病院のBNCT今までとこれからについて説明を行った。

またBNCT装置および建屋が高額であることから、民間病院である江戸川病院では今後自由診療も行っていく予定である。きちんとコストを計算して自由診療を行うべきと考えて本年大阪で開かれた日本中性子捕捉療法学会では「外保連試案に基づく中性子照射の診療報酬額について」を発表した。実際問題としてはそのコストより低い額で開始する予定であり、本当にそういう医療が正しいのかどうか悩む今日この頃である。

神奈川県立がんセンター 重粒子線治療施設 (i-ROCK) について

地方独立行政法人 神奈川県立病院機構
神奈川県立がんセンター 医学物理工学科
科長 草野 陽介



1. はじめに

放射線治療の1つである重粒子線治療（炭素線）は1994年6月より放射線医学総合研究所（現在の量子科学技術研究開発機構）にて開始され、現在では国内7カ所で治療が実施されています。神奈川県立がんセンターのi-ROCK（ion-beam Radiation Oncology Center in Kanagawa）は日本国内5番目の重粒子線治療施設であり、がんセンター内に設置された治療施設としては世界で初めてとなります。i-ROCKの導入は神奈川県が掲げる「がんへの挑戦・10か年戦略（2005年3月）」に従って決定しました。導入決定後、2008年度に調査設計、2009年度に基本構想の策定、2011年度までに建屋の基本設計および治療装置の仕様検討、2012年度に建屋の実施設計を実施し、2014年10月に重粒子線治療棟が竣工、2015年12月より治療を開始しました。ここでは、当院の重粒子線治療施設について紹介します。

2. 神奈川県立がんセンターの概要

神奈川県立がんセンターの前身である成人病センターは1963年に発足し、主にごんを中心にごんを

症、糖尿病などの成人病患者を対象に診療を行ってきました。成人病センターでは1966年1月より放射線治療を開始しました。時代の移り変わりとともに、三大成人病の増加傾向が目立つようになり、成人病センターをがん診療の中核的機関として機能させるため、1986年4月より神奈川県立がんセンターと名称を変更し、悪性腫瘍患者の診断と進行がんの集学的治療を行うことになりました。2010年4月からは地方独立行政法人神奈川県立病院機構5病院の1つとして日々診療を行っています。2013年11月には新病院へ移転し、2024年12月時点で病床数は415床となります。今回紹介するi-ROCKは病院移転にあわせて建設されました（図1）。

3. 重粒子線治療施設 (i-ROCK)

神奈川県立がんセンターは神奈川県横浜市（二俣川）に所在し、神奈川県内全域および東京都南部ならびに西部からの交通の便がよく、外来での通院治療が可能な立地条件を有しています。この立地条件を生かし、通院可能な患者さんについては外来で重粒子線治療を行っています。また、がんセンターと



図1 神奈川県立がんセンター（左：旧病院棟、右：現在の病院棟）



図2 i-ROCK (左：全景, 中：正面玄関, 右：待合室)

表1 治療・診察エリアの設備

項目	基本仕様
線種	炭素
加速エネルギー	140 ~ 430MeVu (可変)
最大照射野	20 × 20 cm ²
最大線量率	2 Gy/min
ビーム強度	1.2 × 10 ⁹ pps
照射方法	スキャンニング照射
IGRT (治療室)	正側 X 線, 斜め X 線, In-room CT 撮影装置
治療室	水平 2 室, 水平 / 垂直 2 室

一体型の施設（病院併設型）となることから、各診療科のがん専門医と協力して、高度ながん診療を提供しています。

i-ROCK は地下1階、地上2階の3階建てで、病院棟の横に建設されました（図2）。病院棟とは地下1階の通路（イオンストリート）でつながり、地下1階は治療・診察エリアとなります。同フロアには、治療ビームを作り出す加速器が配置されています。1階は重粒子線治療装置の機械室、2階は治療計画室、カンファレンス室、居室となります。診察エリアには、診察室5室、処置室3室、待合ホール

が3カ所に配置されています。患者さんへの配慮として、地下空間を感じさせないための工夫として太陽光と外気を上手に取り込み、病院と感じさせない試みとして内壁には琉球石灰岩を使っています。治療エリアには、固定具作成室1室、位置決めCT撮影室（治療計画用）1室、治療室4室、個室待合室8室が配置されています。現時点で常勤医師8人（いずれも光子線治療を兼務）、看護師4人、医学物理士4人、診療放射線技師13人で重粒子線治療を実施しています。

表1にi-ROCKの主な仕様を示します。本院の重粒子線治療装置は東芝製CI-1000で、放射線医学総合研究所（現在の量子科学技術研究開発機構）で開発された3次元高速スキャンニング照射技術が採用されています。治療照射を効率的に実施するため、4つの治療室（水平固定ポートを持つ治療室を2室、水平/垂直固定ポートを持つ治療室を2室）を配置しました（図3）。水平と垂直のポート数は基本構想時の重粒子線治療適応患者数（推定値）と重粒子線治療プロトコルをもとに決定しました。すべての治療室内には骨照合を目的とした正面・側面2対のX線撮影システム、治療計画CT撮影装置と同型の自走式CT撮影装置（in-room CT）が設置されています。さらに、水平/垂直固定ポートを持つ2つ



図3 i-ROCK (左：ビームライン構成, 中：加速器室, 右：治療室)



図4 in-room CT撮影（左：正面・側面のX線による骨照合，右：CT撮影）

の治療室には、X線透視撮影が可能な2対の斜めX線撮影システムが設置されています。

4. 当院で実施する重粒子線治療の特徴

先にも述べた通り、全ての治療室にin-room CT撮影装置が設置されています。当院での患者位置照合は骨を基準として実施し、治療時の状態を保持したin-room CT撮影を治療期間中に定期的に行っています（図4）。そして、得られたCT画像をもとに腫瘍や正常臓器の位置確認、線量分布評価を行っています。呼吸性移動を伴う臓器については、初回治療時は4DCT（Four-dimensional CT）を撮影し、照射タイミング間での体型変化、治療当日の腫瘍および正常臓器の位置での線量分布を評価しています。腫瘍の位置や大きさ、正常臓器の位置に変化が見られる場合は撮影頻度を増やし、必要に応じて治療計画の修正や腫瘍合わせを実施しています。

5. 治療装置の稼働状況

表2に2023年度までのi-ROCKの稼働状況を示します。治療業務時間帯での稼働率は2023年度で97.9%と高い水準を確保できました。しかし、前年

度までと比べてわずかながら低下しており、今後の状況を注意深く観察し、日常点検および定期点検へ反映する必要があると考えられます。2023年度に治療時間帯に発生したトラブルは125件でした。そのうち、10分以内（大半が1～2分程度）で復旧したトラブルが110件、復旧に10分以上の時間を要したトラブルが14件でした。このうち、治療中止となったトラブルは2件で、その1件は通信ユニット故障の復旧に長時間かかることが判明し、中止となりました。もう1件は停電と落雷が長時間にわたり散発的に発生したため、安全に治療が実施できないとの判断のもと中止となりました。この様にトラブルは発生していますが、非常に安定して治療が実施できていると言えます。

6. 治療実績

図5に四半期ごとにまとめた治療実績を示します。途中、新型コロナウイルス流行の影響を受け治療件数の減少が見られましたが、治療件数は右肩上がりに増加しています。2023年度は764件の治療を実施しました。その内訳は、前立腺538件、骨軟部腫瘍28件、頭頸部10件、肺16件、肝臓66件（4

表2 治療装置（i-ROCK）の稼働状況

項目	年度					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1年間の総運転時間 [h]	2920.0	2907.0	3056.5	2935.7	3098.6	3272.9
1年間の総治療業務時間 [h]	2327.5	2314.5	2359.0	2288.5	2425.3	2881.7
1日あたりの平均治療業務時間 [h]	11.4	11.3	11.5	11.1	11.5	11.7
1年間の不具合修復時間 [h]	18.3	25.9	42.4	23.2	22.0	50.6
治療業務時間帯の稼働率 [%]	99.2	98.9	98.2	99.0	99.1	97.9

※治療業務時間にはビーム調整およびQAQCの時間が含まれます。

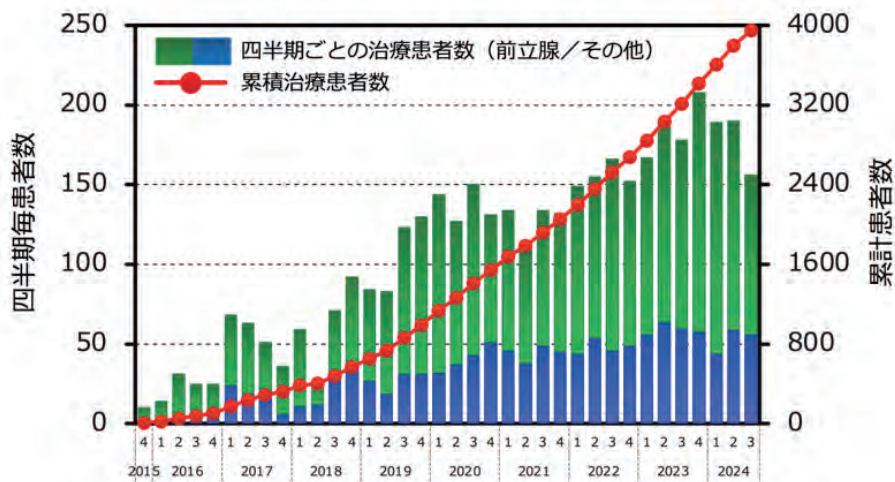


図5 治療件数の推移

回照射：60%，12回照射：40%）、膵臓57件、食道3件、直腸（術後）8件、婦人科16件、転移性腫瘍22件となります。現在は2024年度の診療報酬改定により、肺と婦人科の治療件数が増加傾向にあります。

先にも述べた通り、当院には4つの治療室があり、2018年度までは2室、2019年から2022年度までは3室、2023年度より4室で治療を実施しています。2023年度の1日あたりの平均治療時間は7.6時間（in-room CT撮影時間を含む、2018～2023年度の平均：7.5時間）、平均照射件数は43.3件、平均照射門数は45.8ポート（1日2門照射で治療を実施する肝臓4回照射の影響が大きい）、平均呼吸同期照射件数は8.3件でした。骨軟部腫瘍の治療計画では2門照射での照射野形成の割合が60%、3門照射が16%、4門照射が19%、5門照射以上が5%でした。この様に、従来と比べて1日あたりの照射門数、照射野形成時に必要となる門数が減った理由は、スキャン法の優れた照射野形成が影響していると考えられ、治療効率化に大きく貢献していると言えます。また、従来は治療台上での患者固定に使い捨てのモールドケアが使用されてきましたが、当院では治療開始時より内部に特殊ポリスチレン球が封入された吸引式固定バッグを使用しています。この

固定バッグは再利用が可能であることから、治療コストの削減および環境に配慮した治療が実現できていると考えられます。

7. 今後の展開

近年、量子科学技術研究開発機構にて線エネルギー付与（LET）を照射野内で調整する照射法であるLET paintingでの治療が検討されています。最先端の技術を取り入れつつ、神奈川県民および周辺地域の方々へ安全かつ高精度な重粒子線治療を提供していきたいと考えています。

参考文献

神奈川県立がんセンター年報，第22号～38号
 Furukawa T, Inaniwa T, Sato S, Shirai T, Takei Y, Takeshita E, et al. Performance of the NIRS fast scanning system for heavy-ion radiotherapy. Med Phys (2010) 37:5672-82.
 Inaniwa T, Kanematsu N, Noda K, Kamada T. Treatment planning of intensity modulated composite particle therapy with dose and linear energy transfer optimization. Phys Med Biol (2017) 62:5180-97.

第 20 回日本中性子捕捉療法学会 (JSNCT) 学術大会 開催報告

大阪医科薬科大学 放射線腫瘍学教室 教授
関西 BNCT 共同医療センター センター長
二瓶 圭二



この度、第 20 回日本中性子捕捉療法学会の大会長を拝命し、令和 6 年 7 月 26 日~27 日に大阪府高槻市にある本学看護学部講堂にて開催いたしましたのでご報告いたします。ご存知のようにホウ素中性子捕捉療法 (BNCT: Boron Neutron Capture Therapy) は、2020 年 6 月に局所進行又は局所再発頭頸部癌に対する保険診療が始まり、現在本学と南東北 BNCT 研究センターの 2 カ所で実施されています。特に本学は加速器 BNCT を実施する国内唯一のアカデミアであり、その臨床、研究、教育の中心となるべく全学を挙げて BNCT を推進しています。

日本中性子捕捉療法学会 (JSNCT: Japanese Society of Neutron Capture Therapy) は、日本中性子捕捉療法研究会として発足し、2003 年に第 1 回学術集会が開催されました。2006 年に日本中性子捕捉療法学会と改名され、以降毎年学術集会を開催してきました。さらに、本年 1 月には一般社団法人となり、今回は法人化後の最初の学術大会となりました。

今大会のテーマは「Integration of Research for Patients」としました。中性子捕捉療法 (NCT) は、医学、物理学、生物学、化学、薬学、工学など多岐にわたる分野の叡智を結集した学際的な領域です。各分野における先人の献身により、BPA (Boronophenylalanine) の開発、熱外中性子の利用、加速器の開発など、いくつかのブレイク・スルーを経て 2020 年に保険医療となりました。一方で、保険診療の開始から 4 年が経過し、さらなる適応腫瘍の拡大、中性子利用効率の改善、照射方法の多様化、ホウ素濃度と腫瘍線量の解明、新規薬剤開発など、多くの課題が浮き彫りになる等、BNCT は最先端でありながらまだまだ発展途上の医療です。患者に

提供可能な保険診療となった今、BNCT に関わる全ての研究者が「For Patients」という原点に立ち返り、同じ方向に向かって議論を深めることにより、それぞれの研究成果を発展的に統合することが希求されています。今回のテーマにはそのような思いを込めました。

プログラムは、学会テーマを冠した 3 つのシンポジウム「Integration of Research for Patients: From Clinical Medicine」, 「Integration of Research for Patients: From Pharmaceutical Sciences」, 「Integration of Research for Patients: From Medical Physics」を中心に、生物学、線量測定等の他分野を含む一般口演 11 セッション (43 演題)、ポスターセッション (32 演題)、理事長講演、ランチオンセミナー等で構成しました。「For Patients」すなわち、いかに BNCT を患者に届く治療にするかを意識した活発な質疑応答がなされ、さらに、本学会の伝統である一堂に会した学際的な議論により「Integration of Research」を図ることができました。

1 日目には、関西 BNCT 共同医療センターの見学と懇親会が開催され、さらに議論と親交を深めることができました。懇親会では、第 1 回学術大会会長の本学 BNCT 共同臨床研究所所長小野公二先生による本学会 20 年の歴史を振り返るプレゼンテーションがあり、本学会のこれまでの歩みと今後のさらなる発展に思いを馳せる時間となりました。

参加者は、放射線腫瘍医の他、頭頸部外科医、脳外科医、医学物理士、放射線技師、看護師、薬学者、化学者など多分野から、また海外からの参加も含め、300 名近くに上りました。今後、適応疾患拡大や BNCT 普及を推進するには、X 線治療、粒子線治療等の臨床経験が豊富な放射線腫瘍医や医学物理士の関与が極めて重要と考えています。BNCT

日 程 表

	7月26日 金 第1日目	7月27日 土 第2日目
8:00	大阪医科薬科大学 看護学部講堂	大阪医科薬科大学 看護学部1階
9:00	8:50~9:00 開会式 9:00~9:40 一般演題・臨床1 1-1~1-4 座長：川端 賢司	8:30~10:00 ポスター 貼付
10:00	9:50~11:10 シンポジウム1 Integration of Research for Patients: From Clinical Medicine S1-1~S1-5 座長：井坂 浩、高井 良寿	10:00~13:00 ポスター 閲覧
11:00	11:20~12:00 一般演題・Boron carrier 1 1-5~1-8 座長：中村 浩之	11:00~12:00 シンポジウム3 Integration of Research for Patients From Medical Physics S3-1~S3-4 座長：田中 浩基、野 尚雄
12:00	12:00~13:00 ランチョンセミナー1 座長：鈴木 実 演者：井坂 浩 共催：住友重機械工業株	12:00~13:00 ランチョンセミナー2 座長：二瓶 圭二 演者：河田 了 共催：ステラファーマ株
13:00	13:00~13:50 ポスター 自由閲覧	13:00~13:40 総 会
14:00	13:50~14:30 一般演題・Boron carrier 2 1-9~1-12 座長：服部 龍美	13:40~14:20 三嶋記念化学賞 座長：中村 浩之
15:00	14:40~15:10 一般演題・Neutron source 1-13~1-15 座長：田中 浩基	14:20~15:20 一般演題・Dosimetry 3 2-12~2-17 座長：納富 昭弘 熊田 博明
16:00	15:20~16:20 シンポジウム2 Integration of Research for Patients: From Pharmaceutical Science S2-1~S2-4 座長：市川 寿吾、金井 泰和	15:20~16:00 一般演題・Biology 2 2-18~2-21 座長：道 E. 宏之
17:00	16:20~17:00 一般演題・臨床2 1-16~1-19 座長：柏原 大朗	16:00~16:30 一般演題・Others 2-22~2-24 座長：柳野 誠
18:00	17:00~18:00 関西BNCT共同医療 センター見学	16:30~16:40 閉会式
19:00	18:00~ 懇親会 会場：大阪医科薬科大学 本館地下食堂	15:00~16:00 ポスター 撤去

をがん治療の一つのモダリティとして確立するために、ぜひ多くの方々に興味を持っていただき積極的に関与していただきますようお願いいたします。

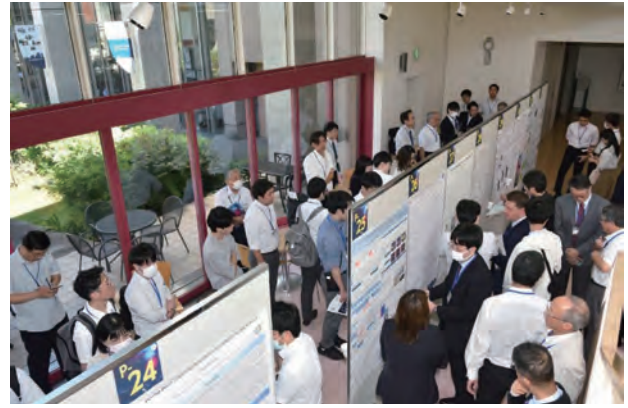
大会後の翌日には、高槻城公園文化芸術劇場に場所を変えて、市民公開講座を開催しました。BNCTが普及するためには、一般の方々にBNCTを癌治療のひとつとして認識していただくことが必要で

す。本公開講座では、BNCT 関連企業によるこれまでの医薬品、医療機器の開発の経緯、また、現在BNCT を実施している各施設における取組について分かりやすく説明がなされ、市民の方々に理解を深めていただくことができました。

本大会は、BNCT 保険診療を実施する唯一のアカデミアである本学での開催にこだわり、臨床の



会場の様子（大阪医科薬科大学看護学部講堂）



ポスターセッション



スタッフ一同



市民公開講座（高槻城公園文化芸術劇場）

現場を強く意識した構成にしました。本大会を通して、学会テーマである「Integration of Research for Patients」の一つの方向性を示すことができたと確信しております。会場を提供して頂いた本学の関係者、大会実行委員長の栗飯原医師をはじめ当センターおよび放射線腫瘍学教室の方々、また、何より本大会にご参加いただき活発かつ建設的な議論を繰り広げていただいた皆様、また、協賛企業等のご

協力いただいたすべての関係の皆様、この場を借りて心より感謝を申し上げます。次回は長崎大学医歯薬学総合研究科益谷美都子先生のもと、令和7年7月25日-26日長崎にて開催されます。さらに多くの臨床医、研究者が集い、BNCTの新たな地平が開かれることを期待しています。関係の皆様のご健勝と、今後のBNCTのさらなる発展を祈念して本報告を終えたいと思います。

事務所所在地・アクセス

◆本部

〒 103-0001

東京都中央区日本橋小伝馬町 7-16

ニッケイビル 5階

TEL : 03-5645-2230 FAX : 03-3660-0200

E-mail : info@antm.or.jp

- 交通 : ・地下鉄日比谷線「小伝馬町」下車、2番または4番出口から徒歩約2分
・JR 総武線快速「馬喰町」下車、2番出口から徒歩約5分・JR 山手線 / 地下鉄銀座線「神田」下車、東口から徒歩約10分



◆線量校正センター

〒 263-0041

千葉県千葉市稲毛区黒砂台 3-9-19

TEL : 043-309-4330 FAX : 043-309-4331

E-mail : info-kosei@antm.or.jp

- 交通 : ・JR 総武本線「稲毛駅」下車 東口から徒歩 10 分



お知らせ

◆当財団発行の小冊子のお知らせ



・小冊子「体によさしい粒子線がん治療」(2024年7月版)

小冊子の前半では、粒子線がん治療に関して、その概要、また公的保険の適用範囲および治療費についてもやさしく解説しています。後半では、Q&A形式で、よくある質問(10問)に対する回答を掲載しており、国内の粒子線施設の問合せ先や問合せ方法についても記載しています。

A5版カラー 26頁 1冊：300円(税込み、送料実費)

発行者：公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団

◆当財団開催の講演会・セミナー等の年間予定

2025年(令和7年)	5月	粒子線がん治療等に関する施設研究会(見学会)
2025年(令和7年)	7月	粒子線がん治療に関する人材育成セミナー・入門コース
2025年(令和7年)	8月	放射線医学オープンスクール(1泊2日)
2025年(令和7年)	10月	粒子線がん治療等に関する施設研究会(見学会)
2025年(令和7年)	11月	国際重粒子線がん治療研修コース(ITCCIR)
2026年(令和8年)	1月	第21回共催講演会「心と体によさしい重粒子線がん治療」
2026年(令和8年)	1-2月	粒子線がん治療に関する人材育成セミナー・専門コース
2026年(令和8年)	2月	粒子線がん治療等に関する施設研究会(講演会)

※実際の開催日は前後する可能性があります。

当財団では、賛助会員および施設研究会会員の皆様の会費および事業収入によって、事業活動を行っておりますが、今後さらに活動内容の充実・拡大を図るため、法人個人を問わず広く寄付金等によるご支援を募っております。
ご協力いただきました寄付金・協賛金等は、特定の事業に使用するものや医用原子力技術の推進および普及全般のため、適切かつ有効に活用させていただきます。

今年度、協賛金をいただいた個人・団体・企業様^[50音順] 令和7年1月現在

中島英男様(神奈川県川崎市)
安西メディカル株式会社 Cosylab Japan 株式会社
住友重機械工業株式会社 東芝エネルギーシステムズ株式会社
Normandy Hadrontherapy 株式会社日立ハイテク
株式会社ビー dotted メディカル レイサーチ・ジャパン株式会社

ご協力くださった皆様に感謝申し上げます。

「医用原子力だより」 第25号

令和7年2月発行

編集・発行

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団

〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町7-16
ニッケイビル5階

電話(03)5645-2230 FAX(03)3660-0200

E-mail: info@antm.or.jp

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

