



Association for Nuclear Technology in Medicine

# 医用原子力だより

第23号



## 私と画像診断について

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団 評議員  
医療法人社団進興会 理事長  
森山 紀之

私は、父が外科医であった影響もあり、大学を卒業してからは消化器外科の教室に入局しました。伝統のある外科教室であり、食道外科、胃外科の世界的な実績を持つ教室でした。先輩の手術手技には、目を見張るものがあり、これこそ、まさに神の手と言えるものだと感じました。しかしながら、当時は、超音波検査、CT、MRIなどの診断機器はまだ存在しておらず、診断は単純撮影、胃、大腸の二重造影が主体であり、肝胆膵については1～3枚程度の血管造影撮影、経口的な造影剤による胆道系の検査、腹腔鏡などでした。リンパ節についてはリンパ管造影で診断をしていた時代でした。読影についても外科の主治医が各々自分で行っており、必ずしもすべての外科医が十分な診断能力を持っていたわけではなかった時代でした。このため、せっかくの神の手による手術手技自体は成功しても、診断の不十分さによる病変の取り残しや、手術術式の不適切などにより、結果として十分な結果、予後が得られないことが多々ありました。このため、診断をもう少し大学以外で勉強をして、また大学の外科に戻るつもりで国立がんセンターの放射線診断部に無給研修医として入局しました。当時のがんセンターには胃の二重造影の開発者の一人である市川平三郎先生が部長としておられました。最初の約2年間は朝、夕の画像読影カンファレンスで他の先輩スタッフとの読影競争で連敗続きでした。たぶん300連敗はしたと思います。医学部を卒業した同じ人間でありながらこれほどの実力の差を嫌というほど見せつけられたことは、今となっては、本物を知るという意味で良い経験だったと思います。この時、まず、画像からできるだけ多くの確かな所見を拾い出す能力、拾い出した所見を病変として組み立てる能力、組み立てられた病態から病変が何であるのかがわかる知識、病変の性質がなんであるかがわかった後どのように取り扱うのかの知識が必要であることを繰り返し指導していただきました。早期胃がんの2重造影の読影では、市川先生に「胃がんの輪郭を正確に示してみなさい」と言われ、指先で輪郭を示したところ「君は、そんな太い指で輪郭を示せると思っているのか、適当なことをするな」と怒られ、先のとがった鉛筆で輪郭を追うようにと鉛筆をわたされました。鉛筆の先で輪郭を追っていくとどうしても連続して輪郭の追えない

部分があり、そこで手が止まってしまいました。「君が最初に指で示したのは、詳細な所見を把握できずに推測と実際の所見とを混同していたために太い指でいい加減に輪郭を示していたのだ、鉛筆の先で輪郭を追うとはっきりとしない部分と確実に所見を拾えて輪郭のはっきりしている部分とがあるだろう、はっきりしている部分は実線で、不鮮明なところは破線で書いたスケッチを書いてあとで持ってきなさい」と指導を受け、所見を正確に拾い出すことの必要性和難しさを理解することができました。また、読影中は決して緊張感を切らさないための訓練が必要なことも教えていただきました。このことは、現在のCT、MRI、PET等の画像診断にも共通した大切なことだと思います。

その後CTの機器開発、読影に長くかかわる事となりましたが画像読影を始めるときには、必ずこのことを心の中で復習してから読影を始めるようにしています。

1992年、当時、病院併設型陽子線治療施設としては世界で2番目の施設としての国立がんセンター東病院の立ち上げにかかわることとなりました。これは、外科手術が主体であった日本のがん治療に放射線治療を普及させる国の方針に基づくものでした。

私自身は、放射線治療の専門家ではないので放射線診断部の責任者として働きたいとの申し出をしましたが、当時の院長の阿部薫院長から、「施設の立ち上げにはいろいろな問題が起こるのが当たり前だ、君には、放射線治療医としての働きなど全く期待していない、君の打たれ強さと決断力、後輩の考え方の育成に期待しているんだ」と言われ、放射線診断と治療の両方の仕事の管理をすることとなりました。この時、国立がんセンター中央病院放射線治療部に在籍していた荻野尚先生が志願して東病院で働くこととなりました。この時点では、放射線部は診断と治療を合わせて職員はたったの5人であり、治療は2人でした。荻野先生は孤軍奮闘で頑張り数年後には放射線診断部と治療部が分離することとなり私はやっとお役目御免となりましたが、この期間、海外への陽子線機器の販売促進、日本における粒子線治療普及に関する仕事など、自分の得意でない部門の仕事をいろいろ行ったことは大いに勉強になり、私自身の人生観、人間性にも大きな影響を与えてくれたと思います。その後は画像診断の分野に戻り、CTの機器開発の仕事、画像診断向上の仕事に携わり、現在も画像診断医として画像読影に日々精を出している毎日です。前立腺がんをMRIで発見した場合などは迷わず、放射線治療を患者さんに勧めています。自分の好きな仕事が今でも行えていることは幸せなことだと思います。

色々なことを教えていただいた大学の外科教室、国立がんセンターの指導者、放射線科の諸先輩の方々に感謝をいたしております。

## 事業活動報告

### ◆第 18 回共催講演会 「心と体にやさしい重粒子線がん治療」

令和 4 年 8 月 20 日（土）イイノホール（東京都千代田区）にて、第 18 回医用原子力技術研究振興財団講演会「テーマ：心と体にやさしい重粒子線がん治療」を国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（以下、「QST」）との共催で開催しました。

今回の講演会は、前回同様に新型コロナウイルス感染拡大の防止措置を講じたうえで、会場参加者 88 名に加え、Web オンライン参加者（オンラインへのアクセス数 671 件）によるハイブリッド開催で実施しました。

第一部「特別講演 I」では、当財団の垣添忠生理事長が登壇し「人はがんとどう向き合うのか」をテーマに「がんとはどのような病か、どうとらえるべき

か」「医療とは何をするものであるか」「人間とはどのような存在か」などについて、第一部「特別講演 II」では、国立大学法人東京医科歯科大学血液内科の坂下千鶴子特任助教が「がんになっても自分らしく生きるためには」と題して、ご自身ががンを患われ、重粒子線治療や抗がん剤治療などの経験をされ闘病生活を送った体験談について、それぞれ講演しました。続く第二部では令和 4 年度診療報酬改定にともない新たな疾患に保険適用が拡大された重粒子線治療について、山田滋 QST 病院長をはじめとする各疾患担当医より治療の実績等についてそれぞれ紹介がありました。

本講演会を通じて、がん治療の選択肢の一つとして重粒子線治療について多くの方に広く情報提供しました。

#### プログラム

- 挨拶 中野 隆志 QST 量子生命医学部門長  
辻井 博彦 公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団副理事長
- 第一部  
特別講演 I  
「人はがんとどう向き合うのか」  
垣添 忠生 公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団理事長
- 特別講演 II  
「がんになっても自分らしく生きるためには」  
坂下 千鶴子 国立大学法人 東京医科歯科大学血液内科特任助教
- 第二部  
講演 I 「重粒子線がん治療について」  
山田 滋 QST 病院長
- 講演 II 「前立腺癌に対する重粒子線がん治療について」  
石川 仁 QST 病院副院長
- 講演 III 「肝癌に対する重粒子線がん治療について」  
若月 優 QST 病院治療診断部長
- 講演 IV 「大腸癌再発に対する重粒子線がん治療について」  
山田 滋 QST 病院長
- 講演 V 「子宮癌に対する重粒子線がん治療について」  
村田 和俊 QST 病院治療診断部医長
- 講演 VI 「膀胱癌に対する重粒子線がん治療について」  
篠藤 誠 QST 病院重粒子線治療研究部グループリーダー
- 閉会挨拶  
山田 滋 QST 病院長



垣添理事長の特別講演 I



坂下千鶴子血液内科特任助教の特別講演 II



山田 QST 病院長の講演 II



講演会会場



会場受付

## ◆放射線医学オープンスクール～概要～

医師のキャリアパスを考える  
医学生の手帳 代表  
帝京大学 医学部 医学科

吉田 誠



令和4年9月2日、医用原子力技術研究振興財団主催、医学物理若手の会、医師のキャリアパスを考える医学生の手帳の共催により、「第14回放射線医学オープンスクール～君が描く未来予想図は？～」が開催されました。例年は、医学・医療系および理工系の大学生・大学院生が、施設見学や講義などを通して、最先端の放射線医学を現場体験していましたが、新型コロナウイルスの感染拡大に伴い、令和4年度はWebオンライン（参加者53名）で実施しました。

医用原子力技術研究振興財団副理事長の辻井先生、医師のキャリアパスを考える医学生の手帳の代表の吉田、医学物理若手の会会長の伊良皆先生からの挨拶から、本オープンスクールが始まりました。

第I部においては、4名の先生に講演して頂きました。五月女先生からは、自身の経歴や今までに取り組んできたことについてご紹介頂きました。放射線技師として現場で直接感じたやり甲斐と、放射線技師に対する世間でのイメージの乖離に向き合った事が、診療放射線技師と放射線科医の活躍を描く「ラ

### プログラム

#### 開会挨拶

辻井 博彦

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団  
副理事長

吉田 誠

医師のキャリアパスを考える医学生の手帳 代表  
伊良皆 拓

医学物理若手の会 会長

京都大学医学部附属病院 放射線治療科 特定助教

#### 第I部 講演 ～私のキャリアパス～

モデレーター

若月 優

量子科学技術研究開発機構

量子生命・医学部門

QST 病院 治療診断部 部長

#### 講演 1

「一周まわって、診療放射線技師って何する人？」

五月女 康作

福島県立医科大学 保健科学部

診療放射線科学科 准教授

#### 講演 2

「レイワの画像診断勉強法を考える～デジタル時代に合わせて～」

吉村 弘記

広島大学 医学部 医学科

#### 講演 3

「基礎物理研究者から医学物理士への道」

宇都宮 悟

新潟大学 大学院保健学研究科

放射線技術科学分野 准教授

#### 講演 4

「今が熱い！進化するがん治療の最前線へようこそ」

青木 秀梨

量子科学技術研究開発機構

量子生命・医学部門

QST 病院 治療課 医長

#### 第II部 ～先輩たちとのフリートーク～

ジェーションハウス」に関わるきっかけになったと伺いました。職業イメージを正しく認識してもらう事は、関わる学生が増え、結果として患者への医療の質の向上につながるのではないかと仰っていました。自身が携わっている研究活動についてもご紹介頂き、知らないことを学ぶことの楽しさ、見つける事の面白さと難しさなど、研究には奥深さがあると教えてくださいました。

講演2で発表した吉村様は、広島大学に通う医学生です。画像診断における学習法の課題や、その解決策として動画コンテンツの作成やアプリを開発した経緯を伺いました。放射線画像診断の従来の学習法は、一枚の画像についての説明文を読み、理解するという手法です。専門用語なども多いため、特に初学者にとっては敷居が高い場合があります。それらを解決するためには、文章の解説のみだけでなく、若い世代が慣れ親しんでいる動画サイト YouTube を有効に活用できると考え、画像の見方から診断までの道筋を学習する解説動画を作成した、というお話を聞きました。さらに、画像診断アプリ「Msta」(<https://mnist-msta.web.app>)の開発にも携わり、連続した画像を見ながら勉強する事を可能にしました。学生は、一般人から医療従事者になっていく途上にあるからこそ、見える世界や気づく事の出来る点があります。吉村様の行動力に驚かされるとともに、学生だからこそ気付ける視点は、患者や医学知識のない人にとっても分かりやすく、使いやすい、ツールに結び付けられるのだと勉強しました。

宇都宮先生からは、医学物理士・医学物理分野としてのキャリアについて講演して頂きました。宇都宮先生は、基礎物理や医学物理の研究、臨床業務の経験があり、基礎物理と医学物理では、目指すものや文化が根本的に異なるとお話されていました。基礎物理では様々な自然現象の原理・メカニズムを統一的に理解する事に主眼があるのに対して、医学物理は患者への医療にどう具体的な寄与をするかに主眼があるようです。そのため、医学物理においては、自分の専門分野が患者の利益にどう貢献できるかと常に考えておく事が重要であると学びました。また、放射線技師や理工系分野での経験はどちらも、医学物理士として活躍する上で、強みになる事を教えて

頂きました。

青木先生からは、放射線治療は高精度化しておりニーズが高まっている事や、治療医としての仕事についてお話を伺いました。がん治療における放射線治療の高精度化は、余計な照射を防げる事、低侵襲で機能温存も期待できる事など多くの利点があり、ニーズが高まっているようです。また、放射線治療医の仕事の魅力としては、若手でも活躍が期待できる事、扱う疾患が多く、他の科と共同作業ができる事、最先端のがん治療に触れることができる事、将来性がある事や、ライフステージに柔軟に対応できる環境など、多岐にわたる事を教えて頂きました。

第Ⅱ部の先輩たちとのフリートークでは、分野別に小グループに分かれて、講師、チューターを交えたフリートークを行いました。私は、青木先生と話すグループに参加し、治療医を志望したきっかけや、実際に働いた感想などを聞く、貴重な機会を頂きました。

以上のように、様々な視点から放射線診断や治療などについて学び、より身近なものとして感じる事が出来ました。それに加え、放射線診断や治療を行うためには、技師や物理士や医師や研究者や機器メンテナンスに関わる人など、患者への医療をよくするという共通の目的のもと、多くの方に支えられて成り立っている事を学びました。このような貴重な学びの場を提供してくださった皆様にこの場を借りてお礼申し上げます。

## ◆国際重粒子線がん治療研修コース 2022

当財団では、「国際重粒子線がん治療研修コース (International Training Course on Carbon-ion Radiotherapy) 2022」(以下、「ITCCIR」という)を今年度も Web オンライン・オンデマンドで開催しました。今年度で通算 10 回目、コロナ禍の影響により Web オンライン・オンデマンド開催は 3 回目の開催となりました。

会期は 2022 年 11 月 21 日から 12 月 4 日 (JST : 日本標準時正午) までの 2 週間の予定でしたが、参加者からの要望等により、さらに 12 月 12 日正午まで延長しました。

ITCCIRは、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）、群馬大学重粒子線医学研究センター及び当財団の共催として実施し、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機関に後援となっていたいただき、企画運営や資料動画のご提供など大きなご支援・ご協力をいただきました。

また、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、株式会社日立製作所、レイサーチ・ジャパン株式会社、株式会社ビードットメディカル、安西メディカル株式会社の6社からご協賛をいただいたほか、アルフレッサファーマ株式会社には広告参加していただくなど、民間企業にもご協力およびご支援をいただきました。

## 1. ITCCIR への期待と現状

計画を立案する今年度当初の企画運営委員会の場で、「コロナ禍の予測が難しいところ、オンライン・対面式での開催は難しい」との判断から、前年度に続き Web 開催を選択した上で、JASTRO 等の学会日程を避けて開催日を設定しましたが、結果的にPTCOG AOと開催期間が重なり、関連する先生や受講者の方々には大変なご負担をおかけしたものと思われまます。それでも、会期初日の11月21日には、ログイン件数が256回、視聴回数が956回と、待ちかねたかのように一気にアクセスが殺到しました。この数字は両方とも22日間の会期中の最高記録となりました。結果的に会期中の全ログイン件数は1,187回、視聴回数は6,559回、22日間の平均でそれぞれ約54回/日、約300回/日という結果となりました。これを月～金と土日の平均で比較すると、土日は月～金の半分程度の回数となり、受講者が職場・学校において、まさに研修として、あるいは業務として受講していたことが推察されます。

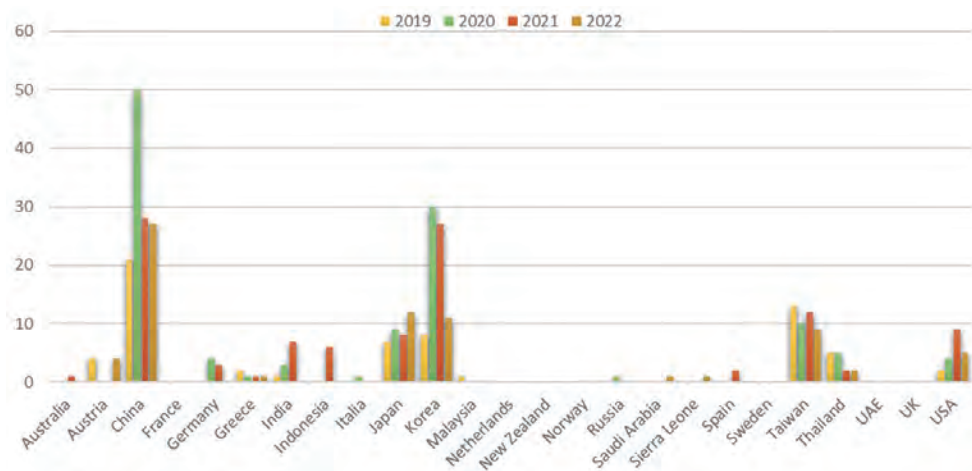
今回は、参加登録上で、韓国、中国、台湾、タイ、オーストリア、ギリシャ、サウジアラビア、シエラレオ

ネ、米国、日本の10ヵ国・地域、51機関から73名となりました。このうち中国27名、日本12名(国内在住の外国籍者も含む)、韓国11名、台湾9名が主な参加国・地域でした。また、職種別では、医学物理士が17名で最多で、医学物理士・教授が7名、放射線腫瘍医14名、放射線腫瘍医・教授が5名で、あわせて全体の約6割となります(図1参照)。勿論、技師や学生・大学院生ほかも参加していますが、如何に高度で専門的かつ学術的な研修コースであるかが理解できます。

昨年度のITCCIR2021には106名の参加登録がありました。今回はインド、インドネシアからの参加がなかったこと、韓国からの参加が大幅に減ったことが、減少の大きな要因と言えます。これはPTCOG AOが韓国済州島で同時期に開催された影響が無視できません。また、ITCCIRの初期段階では、人数は多くはなかったものの英、独、仏、スウェーデン、ノルウェーなど欧州諸国からの参加もありましたが、最近では減って、アジア中心になっていることも要因の一つといえるでしょう(グラフ1参照)。

01. Administrator	1
02. Biologist	1
05. Medical Dosimetrist	3
06. Medical Oncologist / Surgeon / Urologist	1
07. Medical Physicist	17
08. Medical Physicist Professor	7
10. Nurse / Nurse Practitioner	1
11. Patient Advocate / Medical Coordinator	1
13. Physics Engineer	3
14. Postdoctoral Fellow	2
15. Radiation Oncologist	14
16. Radiation Oncologist Professor	5
17. Radiation Therapist / Technologist / Technician	3
18. Resident / Fellow	2
19. Student / Grad Student	5
20. Others	7

図1 ITCCIR 2022 参加者属性



グラフ1 国ごとの参加者数推移 (2019-2022)

## 2. プログラムの工夫

昨年度の8カテゴリーによる分類を少し変更し、イントロダクション、生物、物理、臨床、診断、トピックス、国内外施設の臨床経験、国内施設紹介、ベンダープレゼンテーションの9カテゴリーとして、講義動画数は63(うち2つはPDFのみ)にしました。

今回、企画運営委員会にて辻井コースディレクターの提唱により、国内外施設の臨床経験について新規で加えることになりました。海外からはドイツのハイデルブルク大学病院のデブス博士による講義、イタリア国立ハドロセラピー腫瘍学センター(CNAO)のオルランディ博士による講義、オーストリアのEBG MedAustron社のフォサッティ博士による講義をお願いし、国内からは各重粒子線施設に講義をお願いし、海外3、国内7の合計10講義となりました。

アジア中心の受講者の反応としては、既にお馴染みとなった日本の施設より、欧州の施設の方が新鮮であったようで、視聴回数の平均が日本より多い結果となりました。逆に欧州から参加した受講者から、日本の施設への質問が2件出ていました。因みに10講義の中で視聴回数が最も多かったものは、ドイツ・ハイデルブルク大学病院のデブス博士による講義で125回でした。新しい試みのために、国内外の関連機関には、大きな負担をおかけしましたが、視聴回数を見る限りでは、他の分野に負けず劣らず有意義なものであったと推察します。

## 3. 様々な課題

今回のITCCIR2022の運営によって改めてみえてきた課題は、講師が多忙な中であって如何に有意義かつ魅力的な講義を準備していただけるかということ、重粒子線がん治療という特殊で狭い世界で如何に海外に広報し、海外から適切な人達に参加してもらえるかということ、この2点に集約されるものと思われまます。

講義内容に関しては、毎回尽力いただいている量研機構や群大といった共催機関および7つの後援機関等の講師のモチベーションを如何に維持するかも大きな問題です。講義動画の作成が大きな負担であることは間違いないところ、大半の講師は無償で講義を引き受けていただいています。勿論、ITCCIRの開催意義をご理解いただいております、決して経済的な理由だけがモチベーションになるわけではありません。そこで、閉講後、システム上のデータや受講者の意見などを元に、優秀な講師の表彰制度を設けています。分野などで偏りが生じないように、できるだけ広く公平かつ厳正に審査させていただきます。また、ここ数年は表彰対象の人数を増やしています。ITCCIRで表彰されたことが、講師のモチベーションとなり、キャリアの中で、プラスの評価につながることを願っております。そのためにも、ITCCIRの意義を世界で如何に高め定着させるかも、重要な課題となります。

重粒子線がん治療は特殊で狭い世界であり、従って潜在的ニーズや参加者も限定されることは否め

ません。しかし、個別ニーズは高く、今回 Website を公開する前から、中東の参加希望者から登録開始を催促する問い合わせが何度もありました。昨年度は JICA が仲介してインドからの複数の参加もありました。また、インドネシアからは、10,000 円の参加登録費は高いので、「生物分野」だけで良いので減額して欲しいという相談もありました。10,000 円という低額の設定は、大半の講師による無償の協力、協賛・広告企業の支援と当財団からの補填により実現しており、それにより海外の多くの受講者の参加を可能にしているもので、これに応じることはしませんでした。ITCCIR がさらに海外で魅力のある研修コースとして認知されるようになれば、このような潜在的ニーズも表に出てくるでしょう。これは Web 開催という手軽さのメリットでもあると言えます。従って、これまで同様にコアの専門家達のニーズに応えつつ、潜在的ニーズにも応えられる枠組みも検討し、海外広報ができればと思います。

#### 4. 来年度の展望

ITCCIR は、海外の粒子線施設、施設建設中・計画中の医師・医学物理士・放射線技師・生物研究者等を対象にして、粒子線がん治療の先進国である我が国の国際貢献の一端を担うことを目的として開催しております。主旨は変わりませんが、開催方法は柔軟に変えていくことができます。過去3年間は、コロナ禍により Web オンライン・オンデマンド開催でしたが、対面式での研修の復活を望む声が多くあり、今回は海外渡航の環境が許せば、コロナ禍前同様に量研機構・群大のオンサイト、対面式で実施することが可能になると推測します。IT 技術が如何に発達しようとも、オンサイトでの人的交流に勝るものはない、それによる人の輪＝連携がさらに ITCCIR を魅力的なものにすると考えられます。そのため適切なタイミングで、開催方法のいくつかの選択肢について議論していくことになると思われます。

### ◆令和4年度「粒子線がん治療に関する人材育成セミナー（入門編）」

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・技術を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。

令和4年度は、新型コロナウイルスの感染拡大が一時的に収まったタイミングで、3年ぶりとなる対面形式でのセミナーを開催することとし、感染対策を徹底して、下記のとおり上半期に入門コースを定員40名（最終的に37名参加）で行いました。

受講者の応募は募集開始から順調で、期待の高さが事前に感じられていましたが、感染の不安から医療現場にいる申込者数人が直前にキャンセルする一方で、医療機器関連企業からの参加が目立ちました。研修内容については概ね満足いただきましたが、質疑応答もさらに充実させて欲しいというご意見もありました。

#### ◇開催概要

開催日：令和4年7月23日（土）

場 所：大手町サンケイプラザ（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QA

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

三上恵子 量子科学技術研究開発機構  
人材育成センター教務課

##### (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の普及に係る課題・対策の分析・検討に資するとともに、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。

近年は、コロナウイルス感染症流行の影響から、研究会をオンライン形式の講演会の形態で実施していましたが、令和4年度より約3年ぶりに見学会および対面形式での講演会を再開しました。

### －令和3年度第3回研究会（オンライン講演会）－ 令和4年3月11日（金）実施

オンライン形式にて開催し、建設会社、設計会社、装置メーカー等から56名の参加がありました。

#### (1) 「粒子線治療の最新のエビデンス」

櫻井英幸

筑波大学医学医療系放射線腫瘍学 教授

筑波大学附属病院 陽子線治療センター部長

#### (2) 「強力なレーザーの技術と次世代重粒子線がん治療器への応用」

近藤公伯

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

関西光科学研究所 光量子科学研究部 部長

### －令和4年度第1回研究会（見学会）－ 令和4年6月30日（木）実施

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構（以下 QST）関西光科学研究所（京都府木津川市）においてレーザー駆動イオン加速型ビーム入射器の開発現場の見学会として開催し、建設会社、装置メーカー等から5名の参加がありました。

当日は、はじめに QST 関西光科学研究所の概要紹介があり、続いて 榊 泰直 同研究所 上席研究員からレーザー駆動イオン加速型ビーム入射器の開発について講義がありました。その後、実験棟内の

同装置を見学しました。

### －令和4年度第2回研究会（講演会）－ 令和4年10月21日（金）実施

AP 東京八重洲（東京都中央区）において対面形式で開催し、建設会社、設計会社、装置メーカー等から19名の参加がありました。

#### (1) 「情報アップデート：PET 装置開発の最先端」

山谷泰賀

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

量子医科学研究所 先進核医学基盤研究部 次長

#### (2) 「中部国際医療センターで目指す陽子線治療について」

不破信和

中部国際医療センター

陽子線がん治療センター 施設長

## ◆計測校正事業

### 1. 治療用線量計校正の実施状況

令和3年度は、当財団が線量計校正の標準場として使用する、量子科学技術研究開発機構内のコバルト60線源の更新が令和3年度末に実施され、約2か月間の校正休止期間があり、校正実績は例年より減少しました。その影響から令和4年度前半は依頼が増加しました。線源更新により1日当りの校正件数は増加しましたが、さらに例年より校正日数を増やして対応しております。年度後半にも継続して影響が見られ、引き続き解消に向けて対応に努めます。

これまで当財団ウェブサイトや案内状等でお知らせしてまいりましたが、令和5年4月より、一体校正の受付を終了し、分離校正へ完全移行いたします。

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。

当財団ウェブサイト分離校正の対象となる「受け入れ電位計一覧（電位計単体 JCSS 校正）」が掲載されております。ご確認いただきまして、分離校正への移行にご協力をお願いいたします。

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。

平成30年度の提供開始以降、校正依頼全体の8割強が分離校正に移行されており、電位計校正は3年に1回以上の校正実施が推奨されていることから、当財団が行う年間の電位計校正台数は年々減少しています。一方、電離箱校正は、新規による電離箱の校正依頼が増加しています。

令和4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1年度4月から令和4年度11月末まで）を図1に示します。

令和2年の新型コロナウイルス感染拡大防止対策、緊急事態宣言等の影響を受け、令和3年度は、年度の前半から例年より依頼が増加し、さらに年度末に実施されたコバルト線源の更新による校正休止前に、前倒しの依頼も継続して増加しました。また、令和4年度にもその影響が継続しており、線源更新後の1日当たりの校正件数の増加も伴い、令和4年度の校正実績はこれまでの最多実績を更新すること

表1. 年間校正数（水吸収線量校正開始の平24以降。○内の数値は対前年比。平30以降は一体分離校正の合計。令4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	
令4	300 (0.686)	1,145	548	1,693 (0.894)	2,089	2,241 (0.899)
令3	437 (0.698)	1,296	598	1,894 (0.821)	2,167	2,492 (0.817)
令2	626 (0.874)	1,562	745	2,307 (1.003)	2,097	3,052 (0.991)
令1	716 (0.740)	1,521	779	2,300 (0.920)	1,953	3,079 (0.923)
平30	967 (0.926)	1,664	836	2,500 (0.993)	1,990	3,336 (0.984)
平29	1,044 (1.005)	1,647	871	2,518 (1.007)	1,891	3,389 (1.01)
平28	1,039 (0.968)	1,646	854	2,500 (0.994)	1,927	3,354 (0.991)
平27	1,073 (1.190)	1,648	868	2,516 (1.200)	1,899	3,384 (1.192)
平26	902 (0.866)	1,354	742	2,096 (0.879)	1,825	2,838 (0.875)
平25	1,041 (1.136)	1,528	857	2,385 (1.134)	1,783	3,242 (1.135)
平24	916 (1.087)	1,350	753	2,103 (1.058)	1,793	2,856 (1.049)

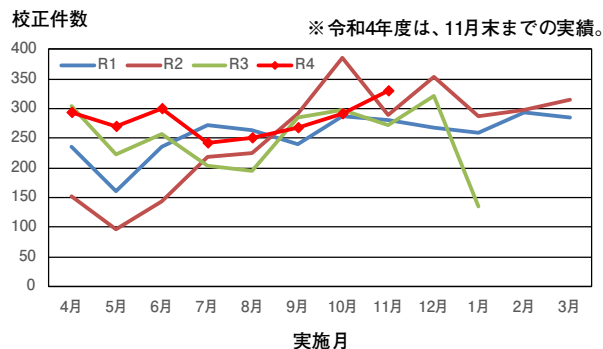


図1. 月別校正実施状況

が見込まれます。

## 2. 分離校正の実施状況

令和3年度の分離による電離箱校正の実施割合は全体の61%で、前年度比では15%の増加でした。令和4年度11月末時点では全体の75%、前年度比では11.3%増加しています。分離校正への移行は順調といえます。電位計校正では、令和3年度実績102台に対し、令和4年度11月の時点で116台と前年度を上回っています。電位計校正台数は、一体校正の申し込みの減少に伴って縮小傾向にあります。分離校正への完全移行後は、年間150台程度の実施で、当財団が校正頻度の3年間でを行う電位計校正の合計台数は450台前後になると思われます。

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、その校正した電位計と組み合わせて使用する電離箱の校正を当財団が受ける場合は、組み合わせ対象となる電位計の型式、シリアル No.、校正実施日をご連絡いただく必要があります。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、電離箱校正の受付を行っています。

なお、治療用線量計校正の申し込み手順などは、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を参照ください。

## 3. 出力線量測定の実施状況

令和3年度は、コバルト線源更新期間の2か月間もガラス線量計の運用を調整し、実施したことで例年と変わらず、実施施設数は212施設となりました。

令和4年度は、全体的に依頼が増加しており、11

月末の時点で3年サイクルの対象である令和1年度の同時期と比較して約1.5倍の実績となっています。年度末まで依頼状況の継続が予想されるため、これまでの最多実績となることを見込まれます。

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、ウェッジ条件、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月より開始した料金体形の1または4条件単位、および混在での申し込みなど、1施設当たりの申し込み条件数は、1条件から20条件と申し込み条件数も多様化しています。

出力線量測定の実施頻度は、3年に1回以上の実施が推奨されており、令和4年度は、令和1年度に実施した213施設が3年サイクルの実施対象となります。

令和1年度から令和3年度までの3年サイクル間で実施した施設数およびその内訳を表2および表3に示します。

表2. 令和1年度から令和3年度の3年間の実施施設数

	3年間の合計実施施設数(延べ数)	609	施設
内訳	がん診療連携拠点病院	396 (306)	施設
	一般病院	213 (187)	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3. 3年間の実施回数別の内訳

実施回数	がん診療連携拠点病院				一般病院			
	1回	2回	3回	4回	1回	2回	3回	4回
施設数	247	35	21	3	163	18	6	0
合計	306				187			

厚生労働省ウェブサイト掲載(令和3年8月1日更新)のがん診療連携拠点病院の施設数は403施設でした。令和1年度から3年度までの3年間で拠点病院の実施施設数は306施設であり、当財団での出力線量測定が未実施(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97施設の見込みです。

令和4年度11月末までの出力線量測定の実施数を表4に示します。また、表4にカウントしていない

い条件別ビーム、TomoTherapy、CyberKnifeの依頼状況を表5および表6に示します。

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いたしました。令和2年度実績は2施設2件、令和3年度実績は5施設8件となっており、令和4年度は6施設9件を見込んでいます。

IMRT郵送調査のお申し込み方法など財団ウェブサイトに掲載しておりますのでご参照ください。

#### 4. 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4年度は9月下旬に財団ウェブサイトにて公表しました。

なお、治療用線量計校正の公表は令和2、3年度のコロナ禍および線源更新に伴う影響を考慮し、公表対象を例年は過去2年間としておりますが、今回のみ過去3年間(令和1~3年度)での公表といたしました。

治療用線量計校正実施施設の施設名公表数を図2に示します。

治療用線量計校正では、令和1年度から令和3年度の3年間で校正を実施した863施設(医療施設815施設、研究・教育施設およびメーカー等48施設)のうち医療関係以外の施設を対象外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、各年度別の医療施設および研究・教育機関、メーカー等、全体での医療施設の施設名公表率は、令和1年度では97.4%、令和2年度では97.3%、令和3年度では97.2%とほぼ同等でした。令和2年度は施設統合により不同意が1件ありました。今回の公表対象施設のうち、各年度とも治療用線量計校正を実施した施設数は8割弱となっています。

出力線量測定実施施設の施設名公表数を図3に、都道府県別内訳を表7に示します。

出力線量測定では、過去3年間の令和1年度から令和3年度までの対象となる実施施設数493施設(がん診療連携拠点病院305施設、一般病院188施設)の全ての施設に同意いただきました。

表 4. 出力線量測定の間年実施数 (令和 4 年度は 11 月末迄。右列年度 Total は平成 19-24 年度を含む。)

		H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4	H19-R3 (Total)
施設数		71	145	163	140	152	203	213	183	212	183	1917
拠点病院数		57	113	129	104	103	149	140	124	132	122	1364
ビーム数	4MV	46	90	100	87	103	115	142	111	108	117	1164
	6MV	76	150	173	187	179	263	290	261	286	282	2325
	10MV	92	152	189	183	178	235	267	230	231	240	2233
	15MV	6	8	11	5	11	8	7	8	4	6	85
*2 照射野 条件	5 × 5	63	115	142	117	119	147	137	87	63	76	1194
	15 × 15	20	37	50	18	45	36	41	15	15	14	329
	20 × 20	42	128	134	90	93	133	101	79	56	60	1044
	25 × 25	17	12	26	16	19	17	26	15	6	18	188
*2 ウェッジ 条件	15°	35	57	45	41	34	43	30	21	16	11	407
	30°	40	60	54	36	42	31	32	21	18	20	416
	45°	18	13	20	17	20	15	11	6	4	8	158
	60°	23	15	23	20	33	41	43	19	9	16	261
Total		478	837	967	817	876	1084	1127	873	816	868	9804
*6 電子線 エネルギー 条件	4MeV	-	-	-	-	-	-	3	5	15	9	32
	5MeV	-	-	-	-	-	-	1	0	0	1	2
	6MeV	-	-	-	-	-	-	16	26	34	44	120
	8MeV	-	-	-	-	-	-	0	0	2	1	3
	9MeV	-	-	-	-	-	-	12	32	38	28	110
	10MeV	-	-	-	-	-	-	1	0	3	1	5
	12MeV	-	-	-	-	-	-	8	18	19	20	65
	14MeV	-	-	-	-	-	-	0	0	0	1	1
	15MeV	-	-	-	-	-	-	5	13	10	9	37
	16MeV	-	-	-	-	-	-	0	1	2	3	6
	18MeV	-	-	-	-	-	-	1	3	2	6	12
	20MeV	-	-	-	-	-	-	0	0	0	3	3
22MeV	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	
Total		0	0	0	0	0	0	47	98	125	126	396
照射 装置数	Elekta	12	28	36	28	39	49	64	53	69	46	448
	MITSUBISHI	6	12	8	3	3	2	5	1	2	4	77
	SIEMENS	12	34	32	23	14	27	21	20	12	11	263
	TOSHIBA	4	13	7	6	6	3	3	0	0	0	77
	Varian	63	95	125	113	118	154	147	135	138	117	1359
その他	5	8	9	12	22	31	38	41	47	31	250	
Total		102	190	217	185	202	266	278	250	268	209	2265

\*1: 平成 19 年度は、11 月から 3 月までの 5 ヶ月間の実績を示す。

\*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、再測定前の方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)

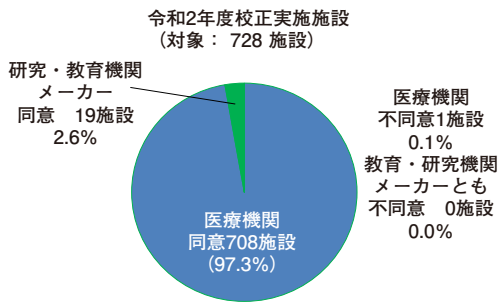
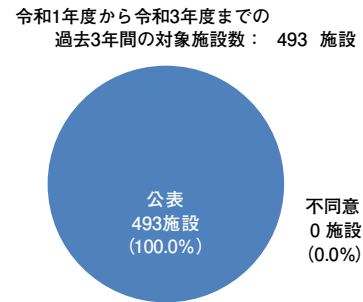
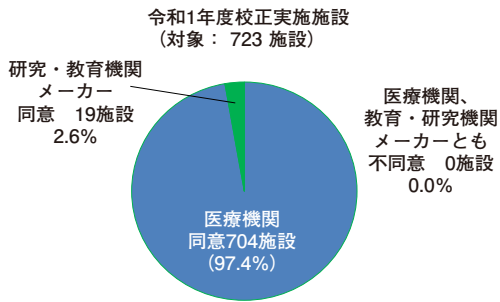
\*6: 令和 1 年 11 月より、電子線治療装置の出力線量測定を開始した。

表 5. 実施しているが、表 4 にカウントしていない条件別ビーム数 (R4 年度は 11 月末迄)

年度	ビーム数 (校正条件)			照射野条件 8cm × 8cm
	8MV	14MV	18MV	
H25	1	1	1	
H26	2		1	1
H27	1			
H28	9			
H29	6			
H30	7			
R1	9			
R2	7			
R3	6			
R4	9			
累計	57	1	2	1

表 6. TomoTherapy および CyberKnife での出力線量測定の依頼状況 (R4 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	13	8	6	1	28
累計	70	62	20	27	179



公表施設の拠点病院・一般病院の内訳

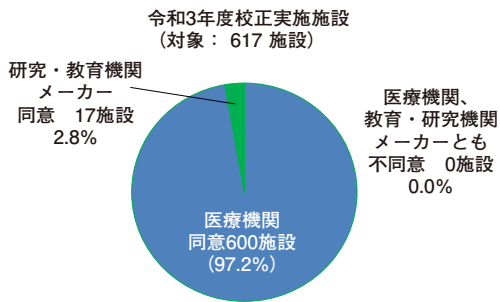
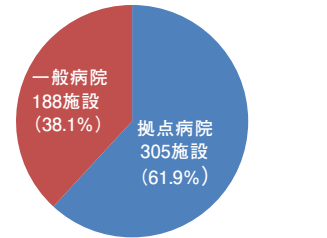


図3. 出力線量測定実施施設名公表数

図2. 線量計校正実施施設名公表数

表7. 対象施設数493施設の都道府県別内訳

北海道	24	長野県	6	岡山県	9
青森県	7	富山県	9	広島県	9
岩手県	6	石川県	6	山口県	4
宮城県	8	福井県	4	香川県	5
秋田県	6	愛知県	30	愛媛県	5
山形県	7	岐阜県	7	徳島県	3
福島県	9	静岡県	15	高知県	3
東京都	48	三重県	9	福岡県	20
神奈川県	22	大阪府	47	佐賀県	2
埼玉県	16	兵庫県	24	長崎県	7
千葉県	16	京都府	11	熊本県	8
茨城県	9	滋賀県	7	大分県	4
栃木県	7	奈良県	7	宮崎県	1
群馬県	9	和歌山県	4	鹿児島県	10
山梨県	4	鳥取県	3	沖縄県	4
新潟県	9	島根県	3		

また、令和3年度の新規での申し込み施設数は29施設(拠点病院9施設、一般病院20施設)でした。

なお、施設名公表については、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ください。

## 5. 今後の展望

線量計校正では、現在、一体校正および分離校正を並行して供給を行っておりますが、令和5年4月より分離校正への完全移行となります。財団ウェブサイト一体校正サービスの終了のご案内を掲載しております。また、令和3年11月1日以降に一体校正を実施した施設へ校正証明書の発送時に分離校正への移行のご案内を同封しております。

線量計校正のお申し込み方法につきましても、現

状の電話、FAX およびメールでの受付からWEB受付システムへ変更いたします。こちらは令和5年2月より(4月以降の校正分から)受付開始の予定です。別途、財団ウェブサイトおよびメール配信等にてご案内いたします。

出力線量測定では、電子線条件およびIMRT 郵送調査の依頼増加が見込まれております。当財団では、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。

## 認知症の診断、予防、治療に挑む

量子科学技術研究開発機構 量子生命・医学部門 量子医科学研究所  
脳機能イメージング研究部  
部長 樋口 真人



### はじめに：認知症のカギを握るタンパク質凝集塊

内閣府が発行する高齢社会白書によると、2012年の日本における認知症の罹患者数は450万人で、2025年には700万人に増加すると考えられている<sup>[1]</sup>。これは人口の高齢化を主因とすると考えられるが、年齢が増すと共に認知症の発症率が高まる主因は、加齢に伴って脳内に特定のタンパク質からなる線維性の凝集塊が沈着し、神経の障害を引き起こすことにある。認知症の大半を占める「神経変性型認知症」は、主としてアルツハイマー病、レビー小体型認知症、前頭側頭葉変性症からなり、これらは三大認知症とも称される。三大認知症の病態背景となるのは、アミロイドβ、タウ、αシヌクレイン、TDP-43の4種

類のタンパク質からなる凝集塊である(図1)<sup>[2]</sup>。疾患ごとに異なるタンパク質凝集体が、特徴的脳部位に沈着して中核病理を形成する。アルツハイマー病ではアミロイドβとタウが沈着し、レビー小体型認知症ではαシヌクレインの沈着が主病態と考えられている。前頭側頭葉変性症ではタウないしはTDP-43の沈着が中核病理変化となる。これらの凝集塊の脳内蓄積は、認知症発症の10-20年前より進展すると考えられ、凝集塊を生体脳で検出できれば、認知症の診断と鑑別を超早期に行えると見込まれる。また、凝集塊形成を抑制する薬剤が開発されれば、認知症の根本的な治療・予防法がもたらされると目される。

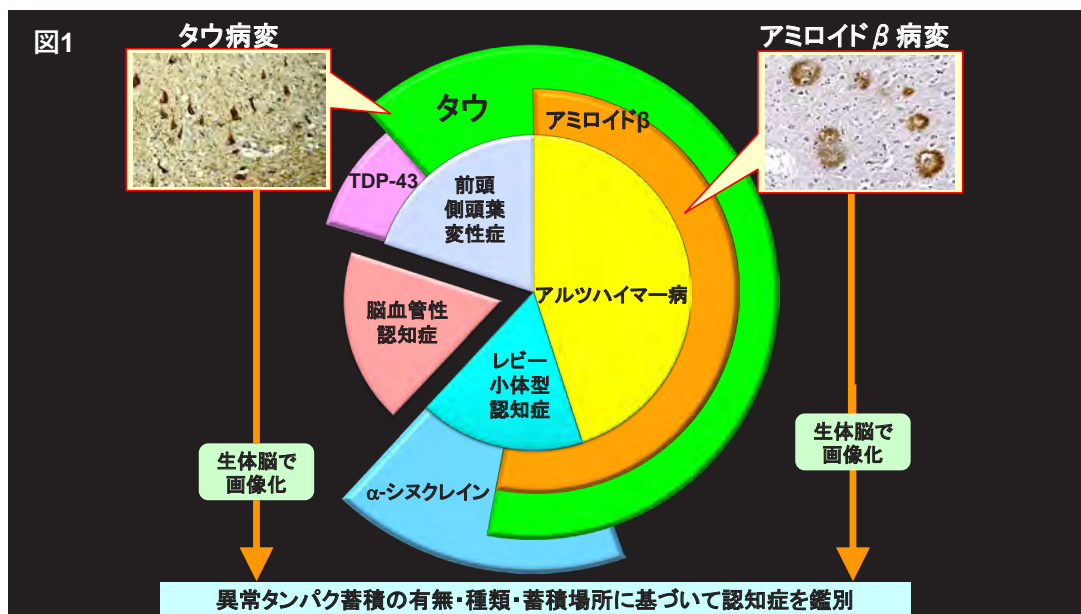


図1 三大「神経変性型」認知症で脳内に沈着する4種類のタンパク質病変と生体脳における病変画像化の有用性。

### アミロイドβを皮切りとする凝集塊の画像化

タンパク質凝集塊の可視化は、主にポジトロン断層撮影（PET）によって実現してきた。PET 検査においては、サイクロトロンで合成された<sup>11</sup>Cや<sup>18</sup>Fなどのポジトロン放出アイソトープでトレーサー前駆体となる化合物を標識し、これを被験者に静注して撮像を行う。その結果、トレーサーが結合する相手の分子が生体で可視化される。アミロイドβ病変を画像化するPETトレーサーは2000年代半ばに臨床応用され<sup>[3]</sup>（図2）、日本を含む各国で医薬品として製造販売が承認されており、企業によるデリバリーで利用可能である。日本の場合、院内でトレーサーを作るための合成装置も、医療機器として製造販売が承認されている。しかし未だに医療保険収載に至っていないのは、アミロイドβ病変を抑制する治療薬が実用化されていなかったからで、治療できなければ真に有効な診断ではないという観点に基づいていた。最近ではアミロイドβに対する抗体医薬が製薬企業によって開発され、日本においても近々医薬品として承認される見通しが強まっており、アミロイドβ病変PETも保険収載される可能性が高まっている。

エーザイ社・バイオジェン社が開発したレカネマブという抗アミロイドβ抗体の第Ⅲ相治験の結果が最近報告されたが<sup>[4]</sup>、そこでは早期アルツハイマー病およびその前段階の軽度認知障害の患者におい

て、同抗体の投与でアミロイドβ病変が5割以上減少することがPETで示された。その際に、認知機能障害の進行が約3割抑えられた。3割の障害抑制効果を高いとみなすか低いとみなすかは、議論の分かれるところであるが、被験者の背景病態により薬が効きやすい人と効きにくい人が混在していた可能性はある。イーライリリー社が開発したドナネバブという抗アミロイドβ抗体の第Ⅱ相治験では、被験者に対して後述するタウ病変PETを施行し、タウ沈着量が比較的少ない症例で認知機能障害を抑制する効果が高いことが示された<sup>[5]</sup>。従ってアミロイドβを標的とする疾患修飾療法においても、タウ病変PETの所見を指標として被験者を層別化し、薬効が最も期待される人々へ治療を適用するという戦略が有効と考えられる。

### タウ病変の画像化

タウ病変はアミロイドβ病変以上に、神経機能障害や神経細胞死と密接な関連性を有すると考えられており、上記のように抗アミロイドβ療法における層別化の指標として有用であるのみならず、タウ病変自体が治療標的として重要視される。タウ病変に結合選択性が高いPETトレーサーは、2010年代前半より臨床応用がなされている。筆者ら量子科学技術研究開発機構の研究グループは<sup>11</sup>C-PBB3というトレーサーを開発し、世界に先駆けてアルツハイ

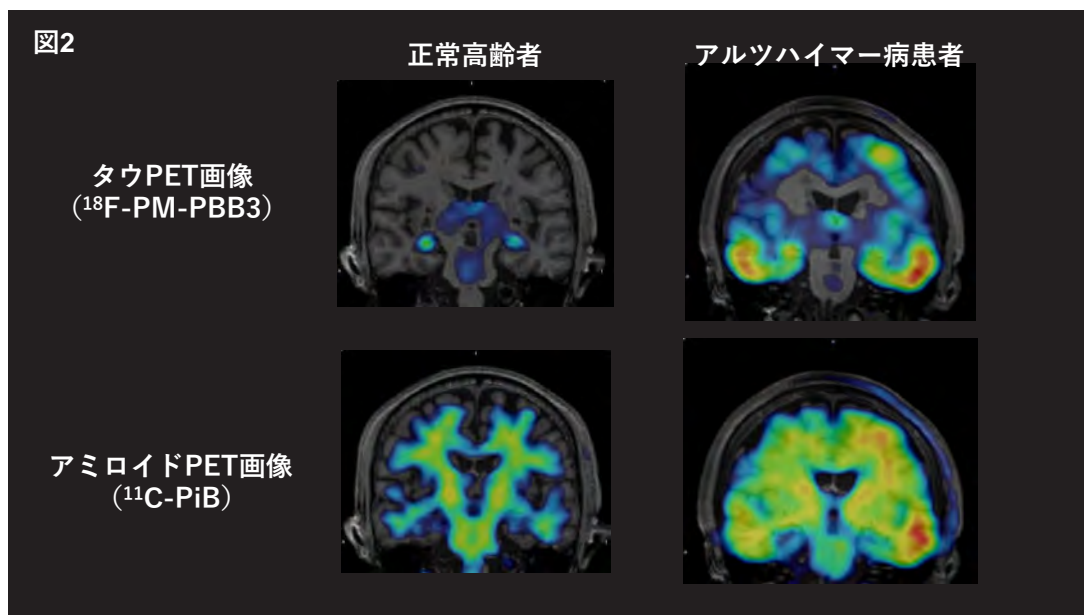


図2 健常高齢者およびアルツハイマー病患者における、<sup>18</sup>F-PM-PBB3を用いたタウ病変PET画像と、<sup>11</sup>C-ピッツバーグ化合物B（<sup>11</sup>C-PiB）を用いたアミロイドβ病変PET画像（文献[10]より改変して引用）。

マー病や前頭側頭葉変性症のタウ病変を画像化することに成功した<sup>[6]</sup>。ほぼ同時期に、イーライリリー社の子会社であるアヴィッド社の<sup>18</sup>F-T807<sup>[7]</sup>や、東北大学の<sup>18</sup>F-THK5351<sup>[8]</sup>というトレーサーも、アルツハイマー病のタウ病変を画像化しうることが示された。これらのトレーサーは「第一世代」のタウ病変PETトレーサーと称され、アルツハイマー病のタウ病変は高いコントラストで検出するが、前頭側頭葉変性症のタウ病変に対するコントラストが十分でないことや、タウ病変以外の脳内分子にも結合するなどの問題点を有していた。

アルツハイマー病のタウ病変に対するコントラストがさらに高く、脳実質内の非特異的結合が少ない「第二世代」トレーサーが、主に<sup>18</sup>F-T807の構造展開によって開発された。代表的なトレーサーとしてメルク社が開発した<sup>18</sup>F-MK6240<sup>[9]</sup>が挙げられ、多くの研究機関によって臨床研究で利用され始めている。一方、これらのトレーサーは前頭側頭葉変性症など非アルツハイマー病型のタウ病変への結合性は高くないことが示唆された。筆者らのグループは<sup>11</sup>C-PBB3の構造改変により代謝安定性を高めた<sup>18</sup>F-PM-PBB3を開発した。<sup>11</sup>C-PBB3は放射能半減期が約20分と短い<sup>11</sup>Cで標識された薬剤であったが、<sup>18</sup>F-PM-PBB3は半減期が約110分と比較的長い<sup>18</sup>Fで標識され、デリバリー薬剤としての普及性も高いと見込まれた。<sup>18</sup>F-PM-PBB3を用いた臨床PET研究は2017年に開始され、アルツハイマー病

のみならず前頭側頭葉変性症の各種サブタイプにおけるタウ病変も、高いコントラストで画像化しうることが明らかになった<sup>[10]</sup>(図2・3)。タウ病変が形成される前頭側頭葉変性症サブタイプとしては、大脳皮質基底核変性症、進行性核上性麻痺、ピック病の3種類が存在するが、これらのいずれにおいても特徴的な脳領域でトレーサーの集積増加を認めた(図3)。スキャンを実施した患者の脳の剖検もしくは生検では、それぞれのサブタイプに特異的なタウ病変が見出され、画像病理相関に基づき<sup>18</sup>F-PM-PBB3が生体脳で各種タウ病変に結合することが実証された<sup>[10]</sup>。

<sup>18</sup>F-PM-PBB3の大脳辺縁系・大脳新皮質における集積を指標として、アルツハイマー病患者と健常高齢者を感度および特異度100%で識別できた<sup>[10]</sup>。この指標は認知機能障害の強さと相関した<sup>[10]</sup>。また、脳深部にある視床下核という領域における<sup>18</sup>F-PM-PBB3の集積を指標として、進行性核上性麻痺患者と健常高齢者を感度および特異度約95%で識別可能であった<sup>[10]</sup>。この指標は運動障害の強さと相関した<sup>[10]</sup>。さらにタウ病変PET画像をAIで解析することにより、タウ沈着パターンの「アルツハイマー病らしさ」や「進行性核上性麻痺らしさ」をスコア化し、スコアに基づいて上記同様の感度・特異度で疾患の診断・鑑別を可能にした<sup>[11]</sup>。これにより、認知症の自動診断が将来的に実現しうることが示された。<sup>18</sup>F-PM-PBB3を含む特許のライセ

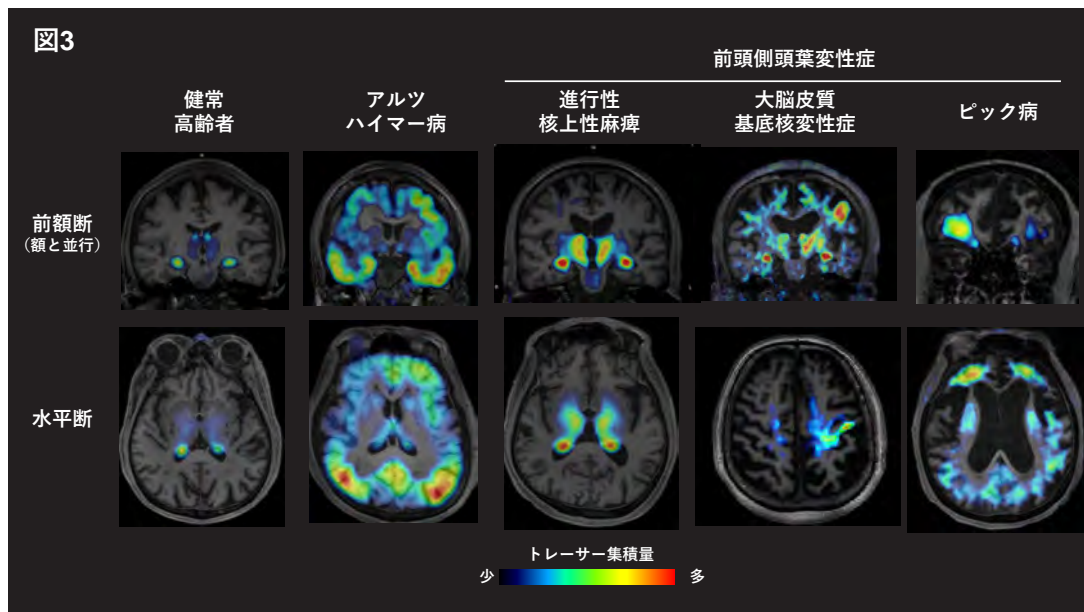


図3 <sup>18</sup>F-PM-PBB3をトレーサーとするタウ病変PET画像(文献[10]より改変して引用)。トレーサー投与後90-100分における画像を表示。



ンスはバイオベンチャーであるアプリノイア社に付与され、同社が主導する形で現在  $^{18}\text{F}$ -PM-PBB3（一般名称：florzolotau）の臨床試験第Ⅱ - Ⅲ相が米国、日本、中国などで進行中である。現在の臨床試験はアルツハイマー病を対象疾患としたものであるが、進行性核上性麻痺を対象とする試験も近々開始予定で、2年以内をめどにこれらの疾患の診断薬としての実用化を目指している。

アミロイド $\beta$ 病変PETと同様に、タウ病変PETもタンパク凝集塊病態を抑止する治療薬が実用化しなければ、真に有用とは言えず、保険収載の可能性も高くない。前述のように抗アミロイド $\beta$ 抗体医薬の適正使用において、タウ病変PETは有用性を発揮しうる。さらにタウ病変を標的とする疾患修飾薬として、抗タウ抗体医薬やタウの発現を抑える核酸医薬の治験が進んでいる<sup>[12]</sup>。治験で薬効を客観的に評価する上でタウ病態PETは重要な役割を担うが、治療薬の承認後も実臨床で適応となる患者の選択や層別化、病態修飾効果の確認に必要となる。

#### $\alpha$ シヌクレインおよびTDP-43病変の画像化

$\alpha$ シヌクレインの凝集塊は、パーキンソン病やレビー小体型認知症において、神経細胞内にレビー小体と称される封入体として沈着する。また、多系統萎縮症というパーキンソン症状や自律神経障害などを呈する疾患においても、 $\alpha$ シヌクレインはグリア

細胞の一種であるオリゴデンドロサイトの中に沈着する。TDP-43の凝集塊は、タウ沈着を来さない前頭側頭葉変性症で認められるが、筋萎縮性側索硬化症においても脳や脊髄で中核病理を形成する。 $\alpha$ シヌクレインやTDP-43の病変は、アミロイド $\beta$ やタウの病変に比して密度が低いと考えられ、画像化の難易度が高いことが想定された。筆者らが属する量子科学技術研究開発機構は、創薬標的としていかなる生体分子を可視化すべきかをアカデミアと製薬企業のニーズに基づいて協議し、重要視された標的に対するPETトレーサーを強調的に開発して、治療薬開発に役立てる産学アライアンスとして、「量子イメージング創薬アライアンス・脳とこころ」を2017年に設立した。10社近い企業が会員として参画し、 $\alpha$ シヌクレインやTDP-43の病変を可視化するトレーサー開発も進展中である。

特に $\alpha$ シヌクレイン病変PETトレーサーの開発においては、量子科学技術研究開発機構がエーザイ、武田薬品工業、小野薬品工業の3社と同時連携する形で有望な化合物 $^{18}\text{F}$ -SPAL-T06を見出し、2021年より臨床評価を開始した。多系統萎縮症患者脳では、 $\alpha$ シヌクレイン病変が豊富に存在すると考えられる大脳基底核、小脳深部、脳幹などの領域でトレーサーの集積増加が見出され、高コントラストの病変検出を可能にした世界初となる論文が学術誌に掲載された<sup>[13]</sup>（図4）。現在、量子科学技術研究開発機構で

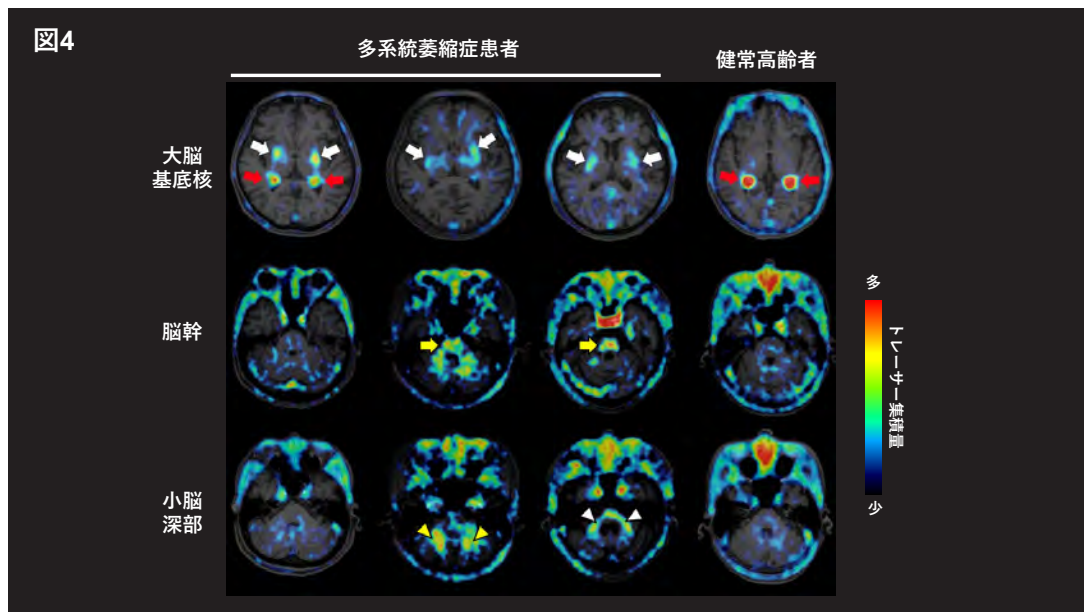


図4  $^{18}\text{F}$ -SPAL-T-06を用いたPETにより検出された、多系統萎縮症患者における $\alpha$ シヌクレイン病変（文献[13]より改変）。赤矢印は脈絡叢における非特異的なトレーサー集積。大脳基底核（白矢印）、脳幹（黄矢印）、小脳深部（白および黄矢頭）におけるトレーサー集積は病変へのトレーサー結合を反映。

は、<sup>18</sup>F-SPAL-T06 やそれに続くトレーサーをパーキンソン病やレビー小体型認知症に応用する試みを行っている。

#### 次世代の診療ワークフロー構築に向けた取り組み

4種類のタンパク凝集塊を網羅するPETトレーサー開発が進めば、疾患ごとに特徴的な病理変化に基づき、認知症の超早期診断が実現しうる。ただしPET検査のコストは大まかに1件当たり5-10万円程度と比較的高額なため、認知症のスクリーニングを目的とした高齢者の集団検診に適用することは困難である。脳病態を反映する血液検査で一次スクリーニングを行い、陽性者に対してPETで精密診断を実施し、結果に応じて疾患修飾薬を選択するワークフローが、次世代の認知症診療では求められる。量子科学技術研究開発機構は国内の研究機関が多施設連携で画像と血液のバイオマーカーを相互促進的に開発するMulticenter Alliance for Brain Biomarkers (MABB; マブ) という体制を2020年に構築し、PET画像をお手本に血漿中のタウや $\alpha$ シヌクレインを計測する技術開発を推進中である。現在18施設がMABBに参画し、サンプルやデータの集積を行っている。

これまで述べてきたように、認知症診断の革新的技術としてタンパク病変のPETイメージングが開発され、これと連動する形でタンパク病変の形成を抑える病態修飾薬の治験も進展している。一方、糖尿病、中年以降の高血圧や肥満、喫煙、うつ病、教育歴の短さ、身体活動の低下などの「修飾可能な危険因子」が、アルツハイマー発症の4割程度に寄与

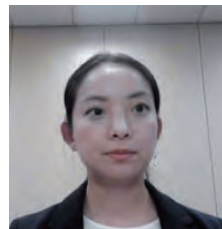
していると考えられている<sup>[14]</sup>。タンパク病変を標的とする疾患修飾薬で3-5割、「修飾可能な危険因子」への介入で3-4割の発症・進行抑制効果が得られれば、認知症の根本的な予防と治療が可能になると期待される。危険因子のみならず、タンパク病変形成を抑えたり神経回路の強靭さ(レジリエンス)を高めたりする予防因子も存在しうることから、PETや血液検査で病態を評価しながら、MABBのような多施設連携体制を活用して予防因子を同定することが必要となる。

#### 参考文献

- [1] 平成29年版高齢社会白書, 内閣府
- [2] 樋口真人, 最新医療情報誌 Cefiro 2022 35:22
- [3] Klunk, et al: Ann Neurol, 2004 55:306
- [4] van Dyck, et al: N Engl J Med, 2023 388:9
- [5] Mintun, et al: N Engl J Med, 2021 384:1691
- [6] Maruyama, et al: Neuron, 2013 79:1094
- [7] Johnson, et al: Ann Neuro, 2016 79:110
- [8] Harada, et al: J Nucl Med, 2016 57:208
- [9] Leuzy, et al: Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2021 48:2295
- [10] Tagai, et al: Neuron 2021 109:42
- [11] Endo, et al: Mov Disord, 2022 37:2236
- [12] Jadhav, et al: Acta Neuropathol Commun, 2019 7:22
- [13] Matsuoka, et al: Mov Disord, 2022 37:2159
- [14] Barnes & Yaffe: Lancet Neurol, 2011 10:819

# 日立の粒子線治療システム事業の国内外展開

株式会社日立製作所 ヘルスケア事業本部  
ヘルスケアイノベーション事業部スマートセラピー本部  
フロント戦略推進本部放射線治療事業推進部  
島田 真生子



## 1. 日立が目指す粒子線治療事業

### 1-1. 日立の2024中期経営計画の目標と方針

日立ではデータとテクノロジーでサステナブルな社会を実現し、人々の幸せを支えることを経営計画目標としており、事業を通じ『Planetary Boundary/ プラネタリーバウンダリー』：地球を守り社会を維持し、『Well Being/ ウェルビーイング』：一人一人が快適で活躍できる社会の実現を目指しています。ヘルスケア事業が属する事業セクター「コネクティブインダストリー」では当社のプロダクトを集結させ、データ、価値、産業そして社会をつなぎ、サステナブルバリュークリエイターとなることを目指しています。

ヘルスケア事業では『Innovating Healthcare, Embracing the Future』をスローガンに、誰もが安心・安全に暮らせる笑顔あふれる社会の実現を目指し、一人ひとりに最適なヘルスケアサービスを提供します。粒子線治療システムなどのコアプロダクトをベースにオペレーションテクノロジー（OT）とそれを支えるインフォマティクステクノロジー（IT）を融合させることで、複雑かつ複合的な課題へのソリューションを提供し患者のQoL（Quality of Life）向上に寄与します。

### 1-2. 初期の粒子線治療と日立

粒子線照射技術が医療に本格的に応用され始めたのは1980年代に遡ります。1983年に筑波大学で陽子線治療の臨床研究が開始され、1990年に米国ロマリダ大学で医療専用陽子線治療施設が開設されました。1994年には日立が加速器の主要設備を納めた放射線医学総合研究所にて重粒子線治療を開始、2001年に日立が筑波大学向けに製作した医療専用陽子線治療施設で臨床試験が開始されました。

さらにスポットスキニング照射技術を採用した陽子線治療システムが2007年に世界で初めてFDA（米国食品医薬品局）の販売認可を取得し、翌2008年には世界最大級のがん治療センターである米国テキサス州立大学MDアンダーソンがんセンター（The University of Texas MD Anderson Cancer Center）へ納入し、日本企業で初めて粒子線事業の海外展開を果たしました。

### 1-3. 粒子線治療システムの普及状況

粒子線治療は全世界で121施設が稼働中であり、そのうち陽子線治療施設が101施設、炭素線治療施設が14施設、両核種の使用が可能な施設が6施設あります（2022年10月時点）<sup>\*1</sup>。治療患者数は2021年末時点でおおよそ32万人に達しています<sup>\*1</sup>。日本国内では25施設が稼働中であり、陽子線治療施設が18施設、炭素線治療施設が6施設、両核種の使用が可能な施設が1施設あります<sup>\*2</sup>。治療患者数は2021年末時点で7万4,000人、うち陽子線が4万1,000人、炭素線が3万3,000人となっています<sup>\*3</sup>。

日本では2016年4月に陽子線の小児がん、炭素線の骨軟部への治療が保険収載されて以降、2018年4月に頭頸部悪性腫瘍、前立腺がんの一部へ、そして2022年4月に肝臓がん、膵臓がん、大腸がん、婦人科がんの一部にも保険収載が拡大されました。疾患によって公的医療保険を受けることが出来るため、患者の経済的な負担も軽減されてきています（図1）。

## 2. 日立の粒子線治療事業の国内外展開

粒子線治療の普及とともに、照射技術の高度化や装置のコンパクト化などの多様なニーズが生まれている中、日立では20年以上に亘り粒子線治療のソリューションをグローバルに展開してきました。

日立の粒子線治療システムを導入するお客様は年々増加傾向にあり、2018年の三菱電機株式会社との粒子線事業統合以降、2022年12月現在、海外16施設、国内19施設の計35施設にのびります（建設中を含む）（図2）。高い照射精度と高稼働率を背景に、これまで全世界で10万人を超える患者へ治

療を提供してきました。

日立では回転ガントリを有する陽子線治療システム、固定照射室を有する炭素線治療システム、両者を有するハイブリッド型治療システムを提供しています（図3）。



\*【令和4年度より追加で保険適用となる症例】

<重粒子線治療・陽子線治療>

- ・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）
- ・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肺癌
- ・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）

<重粒子線治療のみ>

- ・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

図1：粒子線治療の主な適用疾患

2022年4月に肝臓がん、膵臓がん、大腸がん、婦人科がんの一部にも保険収載が拡大された



図2：日立の粒子線治療システム導入実績  
 海外では北米、アジア、欧州に事業を展開中。世界的に名高い医療機関で採用され、国内ではシェアNo.1

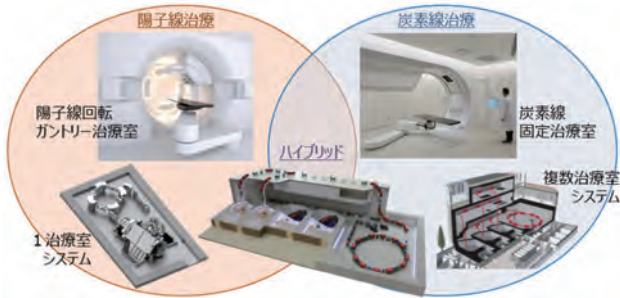


図3：製品ラインナップ 陽子線治療、炭素線治療、及び両者を備えたハイブリッドシステムを提供可能

### 2-1. 陽子線治療システム

陽子線治療システムでは、設置面積を低減し比較的安価に導入可能な1治療室のシステムから複数室のシステムに加え、拡張型システムも提供しており、国内をはじめアジア、欧米へ事業展開しています。

2016年に香港養和病院（Hong Kong Sanatorium & Hospital）へ回転ガントリー室2室を備えた陽子線治療システムを受注、シンガポール国立がんセンター（National Cancer Center Singapore）からは回転ガントリー室4室と固定照射室1室を備えた陽子線治療システムを受注しました。また、2019年にはイタリア国立粒子線がん治療センター（Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica）から1室の治療システムを受注しました。

拡張型システムでは初期導入時1治療室として納入し、治療運用後、あらかじめ建設していた建屋部に治療を停止せずに治療室を追加するものになります（図4）。この拡張型システムの初号機として、2020年4月スペインのナバラ大学病院（Clínica Universidad de Navarra）で稼働を開始しました（図5）。

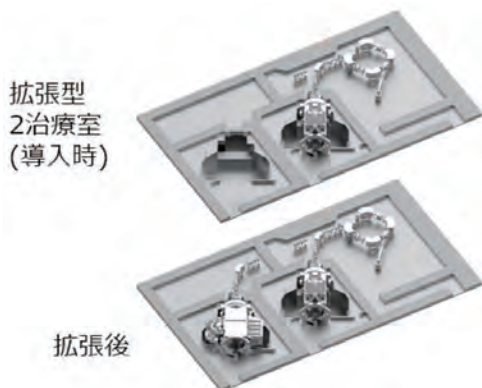


図4：拡張型システム 拡張後2室目の陽子線治療システムを設置可能



図5：ナバラ大学病院の治療室 拡張型システムの初号機として納入

### 2-2. 炭素線およびハイブリッド型治療システム

炭素線治療システムでは、全室スキャンニング照射技術を採用した重粒子線治療システムを大阪重粒子線センターに納入し、2018年10月より治療を開始しました。水平・垂直方向から照射可能な治療室を2室と水平・斜め45度方向から照射可能な治療室を1室備えています。同年4月には台湾初の重粒子線がん治療システムを台北榮民総医院（Taipei Veterans General Hospital）から受注しました。水平・垂直方向から照射可能な治療室を2室備え、大阪重粒子センターと同様にスキャンニング照射機能や動体追跡機能を搭載しており2022年6月に台湾で初となる重粒子線治療の臨床試験を開始しました。

ハイブリッドシステムでは一つの加速器から陽子線と炭素線の両方発生させることができ、患者の症状や部位に合わせた柔軟な治療が可能になります。2019年5月に中国江蘇省徐州市の中固病院管理（徐州）有限公司（Himed Hospital Management (Xuzhou) Co, Ltd.）より、2021年12月に美的集団（Heyou International Hospital Project Proton & Heavy Ion Center）からも受注しています。

1970年代に米国で重粒子線治療の研究が開始されて以降、北米には重粒子線治療施設はありませんでしたが、2019年に日立は世界的に著名な米国大手総合病院 Mayo Clinic よりハイブリッド型治療システムを受注しました。北米での炭素線治療システムの導入は初めてとなります。

### 2-3. お客様との長期パートナーシップ

国内では官民連携の元での長期にわたる陽子線事業にも取り組んでいます。施設の設計・建設から運転・保守・維持管理業務などを一括して行うものです。2008年に名古屋市の“安心して生活できる福祉・安全都市の実現”に向けた中核事業の一つとして陽

子線がん治療施設整備事業を受注しました。2013年に治療を開始しており、2031年までの運用を予定しています。

また、筑波大学附属病院陽子線センターでは2021年にPFI（Private Finance Initiative）方式による陽子線施設整備運営事業を受注し現在建設中です（図6）。筑波大学内の限られた敷地かつ複雑な形状の土地という条件のもと、加速器一式と回転ガントリ治療室2室をコンパクトに配置することで既存施設に隣接して新施設を建設します。筑波大学では2001年より日立の陽子線治療システムを用いた治療を開始しており、既存の陽子線がん治療施設から2基目を受注するのは国内で初めてとなります。

海外では米国テキサス州立大学MDアンダーソンがんセンターからも2基目の陽子線治療システムを受注しました。今後も長期的な事業パートナーとして更に強固な関係構築を目指します。



図6：筑波大学陽子線センター完成予想図 新陽子線治療施設（左）・既存陽子線治療施設（右）

### 3. 日立のソリューション開発

日立はお客様との協創を通じた社会価値、環境価値および経済価値の創出を目指して社会イノベーション事業を展開しています。粒子線治療事業においてもお客様の抱える様々な課題に対してこの3つの価値向上に配慮したソリューション開発に取り組んでいます。この章では日立の代表的なソリューション開発例を紹介します。

#### 3-1. 移動性臓器に対するソリューション

粒子線治療をより多くの患者に提供するため、患者数の多い肺がんなど移動性臓器に対する照射技術の開発を行っています。腫瘍の近くに埋め込んだ金マーカーの位置をX線透視画像で追跡することで動く腫瘍に、より正確に粒子線を照射することが可

能となりました。この技術は、北海道大学と共同で取り組んだ国家プロジェクトの最先端研究開発支援プログラム「持続的発展を見据えた『分子追跡放射線治療装置』の開発」の成果として日立開発のスキヤニング照射技術と北海道大学開発の動体追跡放射線治療技術を融合した移動性臓器対応スキヤニング照射技術を実用化したものになります。この共同開発は、2017年度全国発明表彰における最高賞となる恩賜発明賞に選ばれました。

#### 3-2. 治療システムのコンパクト化

世界的に陽子線治療システムの小型化への需要が拡大する中、当社では一治療室に特化した陽子線治療システム「PROBEAT-M1」を開発しました。機器の配置を最適化することで、従来システムと比較し設置面積を約70%に縮小するとともに、導入費用と期間を抑えることを可能にしました。本システムは高度な位置決めが可能なコーンビームCTや動体追跡システムなどの先進的技術も備え、小型化と高機能を両立しています。このシステムによる治療が2022年1月に、徳洲会グループの湘南鎌倉総合病院湘南鎌倉先端医療センターで開始されました。これまで同センターが立地する神奈川県には陽子線治療施設はありませんでしたが、設置面積を縮小した小型陽子線治療システムにより限られた敷地内への導入を可能としました（図7）。

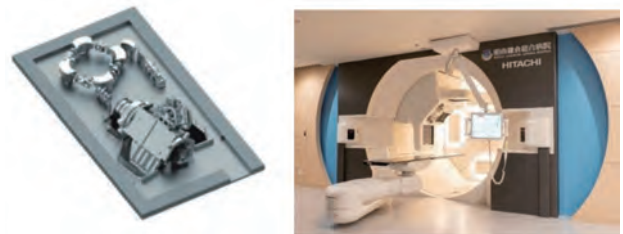


図7：湘南鎌倉総合病院へ納入した小型陽子線治療システム 従来システムと比較し設置面積を約70%に縮小した

#### 3-3. 座位システム

日立では現在、陽子線治療システムと英国レオキャンサーケア社（Leo Cancer Care）の座位治療システムを組み合わせた先進的な陽子線治療システムを開発しています。従来の粒子線治療では患者が治療台に横たわる姿勢が通常でしたが、より日常生活に近い、椅子に座る姿勢で治療を可能とすることで治療前の準備や治療後の次の患者への入れ替わりなど、ワークフローが改善され、治療時間が削減でき、患者の負担軽減が期待されます。また、回転ガ

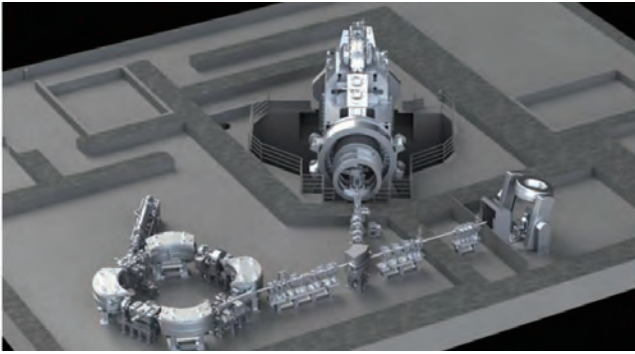


図 8：陽子線座位治療システム  
 (写真左) 回転ガントリ (中央) と座位システム (右) を備えた陽子線治療システムのイメージ  
 (写真右) レオ社の座位治療システムのイメージ

ントリ室を複数設置する場合よりも治療装置の設置面積が小さくすみ、建屋の容積を抑えるとともに導入費用の低減にも繋がるのが期待されています (図 8)。本システムは、米国の Wisconsin 大学病院 (University of Wisconsin Hospitals and Clinics Authority) が米国 Wisconsin 州マディソン市に新しく建設するイーストパークメディカルセンターに導入される予定です。

#### 4. 今後の展望

日立の幅広い事業領域とデータ活用に関する知見・技術を強みに、データを生かしてお客様の課題解決や事業の成長に貢献する LUMADA (ルマーダ: illuminate (照らす) と data (データ) を組み合わせた造語) を用いることで、社会やお客様へさらなる価値を提供していきます。粒子線治療におけるより一層の価値創出を実現するため、ビッグデータや AI の利活用をはじめ、IGRT (Image Guided Radio Therapy) 技術や Adaptive Therapy (即時適応治療) の開発に取り組みます。

また、これら照射技術へのデータ活用に加え、保守部品の管理やリモート保守においても積極的にデータ活用を推進しさらに稼働率の高いシステムのご提供を目指します。こうした高稼働率システムをベースに、治療準備を含めたシステム全体のスループットを高めお客様のニーズに合わせた経済性の高いシステムを提供していきます。

日立ではシステムを納入しているお客様と技術開発から臨床まで幅広くディスカッションする場とし

てユーザーズミーティングを 2013 年より始め、隔年で開催しています。2022 年 7 月には『HITACHI Users' Meeting 2022』を初めて完全オンライン形式で開催し、約 200 名のユーザーと最新情報を共有することが出来ました。会期中はユーザーの取り組み事例や日立の開発ロードマップのほか、近年業界で注目されている超高線量 (FLASH) 照射の研究報告もあり、活発な議論が繰り広げられました。ユーザーからのフィードバックを糧に今後も優れたソリューションの開発と施設の運用に努めます。

日立は今後もお客様との協創により新たな技術開発を進め、粒子線治療を必要としている患者にとってより治療が受けやすいシステムを提供すること、そして医療現場でシステムを使用される医療スタッフにとってより良いものを提供すること、施設の経営者にとって事業を継続しやすいものを目指すことを目指し、社会に貢献して参ります。

(出展)

- ※ 1 : PTCOG (Particle Therapy Co-Operative Group)  
PTCOG - Home
- ※ 2 : 公益財団法人医用原子力技術研究振興財団  
日本の粒子線治療施設の紹介 - 粒子線治療 (antm.or.jp)
- ※ 3 : 日本粒子線治療臨床研究会  
日本粒子線治療臨床研究会 / m3.com 学会研究会 (kenkyuukai.jp)

### 岡山大学中性子医療研究センターの紹介



岡山大学中性子医療研究センター  
副センター長 道上 宏之

#### 【はじめに】

1932年に英国のSir James Chadwick博士らによる中性子発見の4年後、1936年に米国のG.L. Locher博士らが現在のBNCT (Boron Neutron Capture Therapy ホウ素中性子捕捉療法) の基となる概念を提案した。BNCTは、B-10原子核の熱中性子捕獲反応、 $^{10}\text{B} (n, \alpha) ^7\text{Li}$ を利用した、細胞内完結可能ながん治療法である。多くの基礎研究の後、1950年代より米国を中心に盛んに臨床研究が行われたが、失敗に終わった。その原因として、腫瘍選択性の $^{10}\text{B}$ 豊富なホウ素薬剤が使用されなかった点、中性子ビームの品質不良が原因と報告されている。その後研究は世界に拡大し、特に日本におけるBNCT分野の研究発展は素晴らしい結果を示し、悪性脳腫瘍、悪性黒色腫、頭頸部癌等におけるBNCT臨床研究の成功が世界をリードした。その結果2020年3月、医療用となる加速器中性子照射システム(住友重機械工業社)が医療機器承認、ホウ素薬剤BPAであるステボロニン(ステラファーマ株式会社)が薬事承認され、2020年6月切除不能の進行頭頸部がんと再発頭頸部がんを対象に世界初の保険診療が開始された。そのような世界をリードする日本のBNCT分野において、成功と発展を更に加速すべく国立大学初のBNCT研究センターである岡山大学中性子医療研究センター(Neutron Therapy Research Center : NTRC)が誕生した。

#### 【全体概要】

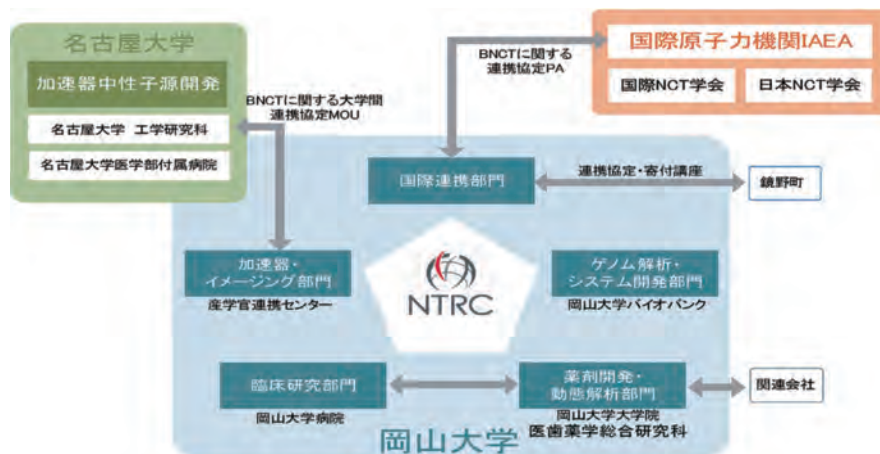
岡山大学の薬学、生物学、化学、医学、物理学等多くの分野における優れた力を結集し、世界を見据えた異分野融合組織として中性子医療研究センターを設置し、BNCT領域の研究拠点形成を行っ

ている。BNCT各分野の研究発展に貢献できる本学の教員をNTRCに集約し、更に国内外の世界一線級のBNCT研究者を招聘して、世界トップクラスの研究機関を目指し、研究業績を生み出している。国際連携機関と協力し、各分野間の連携・融合研究を推進し、創造的な知の成果と技の結実により新たなイノベーション創出と社会実装を目指すことで、将来的には新たな医療の創生や研究分野の開拓による次世代医療に寄与することを目指している。

#### 【設立経緯】

岡山大学における研究目標において、異分野融合科学や医療の分野を中心に、異分野融合科学や医療の分野を中心に卓越した研究機関との密接な連携を強力に推進し、世界トップレベルの研究拠点形成が目標として掲げられ、特に中性子医療研究を行う組織をグローバル最先端異分野融合研究機構のマネジメント機能により、分子イメージングコアと医学基礎研究コアを統合することにより中性子医療研究センター構想が立案された。更に岡山大学と国際原子力機関(IAEA)は、2016年10月にBNCTに関する連携協定(Practical Arrangement)を締結し、2017年2月岡山県鏡野町との中性子医療に関する連携協定を締結し寄付部門を設立することで、2017年4月岡山大学の全学センターとして中性子医療研究センターは運営をスタートさせた(図 センター組織図)。設立当初センターは5部門より構成され、大学間での連携・連合、BNCTに関する新たなミッションの再定義を踏まえた組織の見直し、大学教育の実質化、学術教育の先導、各学問分野における先進的な取組等を実現すべく各部門で連携を行い、ミッション実現を計画した。





「薬剤開発・動態解析部門」では新規薬剤開発に注力し、自己組織化ペプチド DDS (Drug Delivery System: 薬物輸送 (送達) システム) と BSH (disodium mercaptoundecahydrododecaborate ( $\text{Na}_2\text{B}_{12}\text{H}_{11}\text{SH}$ )) による新規ホウ素薬剤 OKD-001 の開発に成功し、特許化更に、研究開発を進めている。「国際連携部門」は、BNCT に関する国際ガイドラインの策定支援機関である IAEA との連携協力、BNCT に関わる国際研究者の招聘と共同研究、NTRC 活動における内外の資金獲得と共同研究、鏡野町の活動支援を行っている。「臨床研究部門」は、NTRC で開発する新規ホウ素薬剤による臨床試験へ向けた取り組みを計画しており、同時に学内の様々な診療科と協力しながら BNCT 分野の発展に取り組んでいる。「ゲノム解析・システム開発部門」は、がんゲノム医療を背景に従来ホウ素製剤の利用や新規ホウ素製剤開発に向けた、プレジジョン・メディスン (Precision Medicine) BNCT の実現に向けた研究を行う。臨床遺伝子医療学教室の協力を得て、同時にシステム開発における新たな暗号化技術の開発も行う事により、ゲノム解析で得られた患者情報を安全なデータ管理で行う事業の創出も行う。「加速器・イメージング部門 (名古屋大学産学連携講座)」は、名古屋大学で開発中の加速器中性子源装置開発を支援する。同装置は、コンパクトな設計であり、ガントリーなどの装置と組み合わせることが可能で、次世代が中性子装置として期待されており、中性子源を有さない岡山大学と BNCT 発展へ向けた新たなコンセプトに基づく BNCT を目指す。以上 5 部門による NTRC の活動と国内外の共同研究、資金獲得により新たな研究拠点形成を行っていった。

### 【連携体制】

放射線治療の世界芸技術基準を決定する国際原子力機関 (IAEA)、次世代型世界基準を目指す加速器中性子源研究開発中の名古屋大学、欧州の放射線がん治療の拠点であるドイツ Duisburg-Essen 大学、イタリアの Pavia 大学等の国内一線級の BNCT 研究者を招聘し、グローバルな研究教育の整備を行った。更に京都大学複合原子力科学研究所を始めとする中性子源を有する施設との連携による新規ホウ素薬剤の治療効果評価を通じての共同研究連携体制を構築している。

### 【現在の取組と今後の展開】

第一世代ホウ素薬剤の BSH は、細胞内導入能が無い事、腫瘍選択性がない事が薬剤開発における大きな問題であった。我々の新規ホウ素薬剤開発は、ペプチド DDS 担体とホウ素薬剤 BSH との複合体による新たな創薬研究分野の開拓に成功した。また、このペプチド DDS は、スリーディーマトリックス社にて、核酸医薬品として臨床試験を行っているツールであり、我々も共同研究契約を締結し、基礎研究より応用研究に至るまでの取組を行っている。本薬剤を利用した取り組みは、名古屋大学と協同で AMED のプロジェクト採択に至る成果を得ている。また、進行期メラノーマ患者に対する BNCT と免疫療法との組み合わせによる基礎研究より橋渡し研究についてステラファーマ株式会社との共同研究体制を構築しプレスリリースを行った。患者遺伝子に基づく BNCT に直結するプレジジョン BNCT へ向けて新たな創薬研究も進めている。

社会貢献における IAEA との連携は 2016 年 BNCT に関する研究教育の締結後、IAEA への職



員派遣など継続的な活動が行われ2022年9月26日IAEA本部（オーストリア ウィーン）にてBNCT分野におけるIAEA協働センター指定の協定が締結された（図 IAEA第66回総会時 写真左より引原毅 在ウィーン国際機関日本政府代表部特命全権大使、ナジャト・モクタール国際原子力機関（IAEA）事務次長、榎野博史 岡山大学 学長、那須保友 岡山大学 理事（研究担当）・中性子医療研究センター長）。国内外の加速器システムを用いたBNCTプロジェクトが次々と開始され、IAEAが事務局となり2019年10月28日～11月1日にBNCTに関する専門家会議、その後2020年7月27日～31日に技術者会議、2021年12月13日～17日に専門家会議、2022年3月14日～18日技術者会議を開催してBNCTに関する技術文書の策定を岡山大学中性子医療研究センターが支援しており、TECDOC（中性子捕捉療法に関する技術文書）の発刊に向けての取組に貢献している。地域貢献として、岡山県里庄町出身の日本の原子物理学の父である仁科芳雄博士ゆかりの生家や仁科会館との交流事業をスタートしている。これまでも地元の中学生们たちとの交流を行っていたが、中性子医療研究センターが岡山に設立された事を再度振り返り、仁科会館や財団と協議をしながら、新たなプロジェクトを推進している。

岡山大学におけるBNCTに関する大学院教育として、BNCTに対応ができる医学物理士養成を目指した大学院コース設置を岡山大学大学院保健学研究科と共に行った。このコースは、保健学研究科で既に開講している放射線技術科学分野の「がん放射線医療コース（医学物理士コース）」を基盤として、中性子医療

(BNCT)の臨床実施のための更なる知識と技術を学ぶことで、臨床を担保出来る高度専門職育成を目標とする。

### 【当センターの特色】

これまでのBNCT研究は、加速器開発や薬剤開発という一分野集中型のプロジェクトが主であった。その結果、世界初の保険医療としてのBNCTという現在の偉業は、多くの研究者らの業績の上に成立したものと実感している。岡山大学中性子医療研究センターは、がん治療の1つがBNCTであるという事に立ち返り、「BNCT生物学」、「プレシジョンBNCT」、「BNCT橋渡し研究」、等のがん治療に必要な様々な新しい研究発展を行う。同時に国際貢献や地域貢献といった社会貢献活動にも携わることにより、岡山からの発信を継続して行っていく。教育面においても、国内外の有識者のご意見を参考に中性子医療(BNCT)を担保できる高度専門職育成にも貢献していきたい。当初5部門でスタートした中性子医療研究センターは、「創薬開発橋渡し部門」「量子科学技術部門」「国際連携教育研究部門」「分子イメージング部門」と4部門に再編成し、更なる体制強化を行っている。異分野融合方式での研究ネットワークの構築は、我々の中性子医療研究センターの特色として、新たなBNCT開拓に繋がる取り組みである。より多くの国内外の研究者と協力して、センター一丸となって更なるBNCTの発展に貢献を続ける。



岡山大学中性子医療研究センターシンポジウムポスター

## 社会医療法人明陽会 成田記念陽子線センターについて

成田記念陽子線センター  
センター長 芝本 雄太



### 1. はじめに

成田記念陽子線センターは社会医療法人明陽会の一組織で、2018年4月に開院し、同年9月より陽子線治療を始めました(図1)。社会医療法人明陽会は1951年より約70年間地域の医療を担ってきましたが、現在は急性期から回復期そして在宅に至る総合的な医療を行っています。陽子線センターを立ち上げる契機は、2012年に成田記念病院が新築移転した際に、その旧病院跡地の利用を検討したことです。その後計画が着々と進み、2018年に東海地方で初となる民間施設としての陽子線治療センターを開院しました。



図1 成田記念陽子線センターの外観

### 2. 成田記念陽子線センターの概要

当センターは、東海道新幹線も乗り入れているJRと名古屋鉄道の豊橋駅から徒歩3分と交通至便な場所にあります(図2)。そのため治療患者さんは、豊橋市や近隣の市町村のほかには遠隔地からも来られています。筆者の名古屋市立大学時代からの繋がりもあって、鹿児島や高知から埼玉にかけての地域から当院を受診されています。当センターは陽子線治療専門の施設であり入院設備はありませんが、入院しながら治療することになれば、車で3分(徒歩4分)ほどの成田記念病院に送迎し治療を行っています。また、成田記念病院には温熱療法(ハイパーサーミア)、高気圧酸素療法の医療機器があり、それらを併用した陽子線治療も行っています。

当センターの現時点での基本データは、病床数0床、陽子線治療室数1、放射線科医師3名(うち放射線治療専門医2名)、診療放射線技師5名、医学物理士2名、看護師3名です(図3)。各診療科とのカンサーボードは毎週、成田記念病院で行っており、全例がこのカンサーボードで陽子線治療の適応について審査されます。



図2 成田記念陽子線センターの場所



図3 成田記念陽子線センターのスタッフ  
(後列中央が筆者)

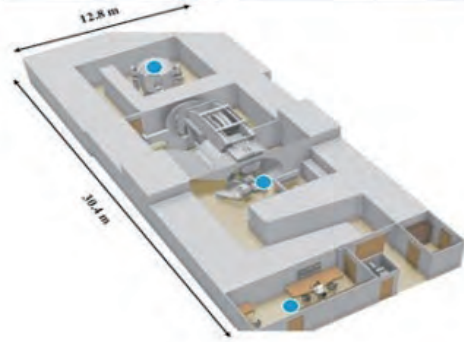


図4 超伝導陽子線治療装置 PROTEUS ONE  
(ベルギー IBA 社製)

### 3. 当センターの陽子線治療装置 PROTEUS ONE の特徴

この装置はベルギー IBA 社製で、スキャニング治療専用の装置です（図4）。1 加速器で 1 治療室です。国内では当センターと北海道大野記念病院の 2 施設で導入されています。アジアでは、ほかに台北とシンガポールにあります。世界で IBA 社の陽子線治療装置を導入しているのは約 40 施設で、IBA 社の陽子線治療装置は世界のトップシェアです。

スキャニング照射を用いるとより集中性の高い線量分布を作ることができますので、この技術はこれからの粒子線治療技術の本流になると考えられています。この装置では、4~6mm の細い陽子線ビームを用いてスキャニングをしながら、病巣を超高速でなぞるように撃ち抜いていきます。数ある陽子線装置の中でもピンポイント性をさらに高めた装置です。

### 4. 当センターの治療実績

2018 年 9 月以来、2022 年末までに 476 例の治療を行いました。年度別および治療部位別の内訳は表 1、2 の通りです。治療患者数は年々増加傾向です。

陽子線治療の適応が拡大された 2022 年 4 月からは、肝癌、膵癌を中心に明らかに増えています。2022 年 3 月までは前立腺癌患者が 74% を占めていましたが、2022 年 4 月以降は 56% となっています。

表 1 成田記念陽子線センター年度別治療件数

年度	治療人数
2018	47
2019	70
2020	114
2021	123
2022 (4~12 月)	122
計	476

表 2 治療部位別患者数（成田記念陽子線センター 2018 年 9 月～2022 年 12 月）

治療部位	患者数	%
前立腺	329	69.1
肝臓・胆管	39	8.2
膵臓	30	6.3
転移性腫瘍（肺・肝・リンパ節）	20	4.2
頭頸部	17	3.6
骨軟部	9	1.9
肺・縦隔	4	0.8
直腸（術後）	4	0.8
食道	2	0.4
小児腫瘍	2	0.4
その他	2	0.4
自由診療	18	3.8
計	476	100

### 5. 当センターでの治療の特徴

症例数が最も多い前立腺癌では、当初は低リスク群および中・高リスク群（NCCN 分類）に対して、それぞれ 76、78Gy(RBE)/38、39 回で治療を開始しましたが、その後、60、63Gy(RBE)/20、21 回に移行しました。2021 年からは、さらに治療回数を少なくした 51.6Gy(RBE)/12 回の照射を取り入れています。中・高リスク群にはホルモン療法を併用します。紹介元の泌尿器科と連携してホルモン療法を進める場合が多いですが、すべてこちらでやってほしいという要望が増えていますので、ホルモン療法を最初から最後まで当センターで行う場合も多いです。

す。これからはすべての限局性前立腺癌の治療は放射線治療が第一選択になると考えて（期待して）いますので、放射線治療医は前立腺癌のホルモン療法を自分達でも積極的に行うべきと考えています。

次に症例数が多くなった膀胱癌、肝細胞癌については、先進医療のプロトコールを引き継いで、60Gy (RBE)/20回、66または72.6Gy(RBE)/10または22回で治療しています。呼吸移動に対応した同期照射は2024年から対応可能になります。膀胱癌は可能な限り化学療法（ジェムザールまたはTS-1）を併用しています。金属ステントが入っている場合は、それをマーカー代わりに使用することが多いですが、ない場合は可能である限り、内視鏡下あるいはエコーガイド下に金属マーカーを留置します。

保険適用で治療が可能になっている頭頸部癌（鼻腔副鼻腔癌・非扁平上皮癌）、肝内胆管癌、大腸癌局所再発、軟部組織腫瘍、小児がんなども、紹介があり次第受け入れて治療を行っています。そのほか、先進医療で治療可能な肺癌や食道癌、転移性リンパ節なども同様です。肺癌については、呼吸同期照射が可能になれば、より積極的に取り組んでいく予定です。保険診療や先進医療の対象疾患以外で放射線治療の適応がある場合には、成田記念病院でのトモセラピーをお勧めしますが、どうしても陽子線治療を受けたいと希望される場合は、自費診療にて陽子線治療を提供いたします。

併用療法としては可能なかぎり化学療法を行いますが、放射線増感治療として、前述のように高気圧酸素療法と温熱療法を取り入れています。陽子線治療単独では制御が難しそうな、大きくて低酸素領域を多く含んでいると思われる腫瘍には適していると考えられます。3つの治療を併用して、高気圧酸素療法（毎治療日）→陽子線治療→温熱療法（週1回）の順に行う症例が増えています。

## 6. 今後の展望について

現在の患者数では、導入の際のコストや維持費を考えると、採算がとれているとはいえません。さしあたっては、年間250例の治療患者数を目指しています。患者数が増えることは、陽子線適応の方がより適切に治療を受けられていることを意味しますので、医療全体を考えても望ましいことです。特に前立腺癌は手術から粒子線治療への移行を目指していますので、さらに患者数が増えることを願っています。

2023年現在の当施設の状況としては、まだコンビームCTや呼吸同期対策のUniversal Beam Triggering Interface(UBTI)が装備されていません。そのため、位置確認のためにマーカーの刺入が必要であったり、呼吸性移動の大きい腫瘍への照射野が少し大きくなったりといった改善すべき点がありますが、この2点は2024年度前半から解決に向かう予定です。その後は、さらに患者さんにやさしく精度の高い治療が提供できることを願っています。

最後に現在放射線治療でのホットトピックである超高線量率照射（フラッシュ治療）については、近い将来の臨床応用を目指してメーカー側と協議を進めています。フラッシュ治療の実用化によって、陽子線治療の成績がさらに向上することを期待しております。

## 7. 当センターの連絡先

病診連携室 TEL：0532-31-2528

FAX：0532-31-2279

セカンドオピニオン TEL：0532-33-0033

（成田記念陽子線センター）

外来診療日 平日 8:30～11:30、13:30～17:30

土曜日8:30～11:30(第1・第3のみ)

詳しくは：HP <http://www.meiyokai.or.jp/proton/>

# 第 18 回日本中性子捕捉療法学会学術大会の報告

筑波大学医学医療系 陽子線医学利用研究センター  
准教授 熊田 博明



### 【第 18 回学術大会の概要】

日本中性子捕捉療法学会の学術大会として 18 回目となった本大会は、2022 年 10 月 29 日（土）、30 日（日）の 2 日間、つくば市のつくば国際会議場で開催されました。このつくば国際会議場での開催は、第 2 回大会（2005 年）と第 9 回大会（2012 年、第 15 回国際中性子捕捉療法学会・学術大会との併催）以来、10 年ぶり 3 回目の開催となりました。BNCT 研究に長く携わっている先生方にとっては、「またここでやるのか・・・」と、すっかりお馴染みの場所での開催だったと思います。しかし今回の大会は、2019 年に京都大学で開催された第 16 回大会以来、実に 3 年ぶりに完全現地開催での実施とさせて頂きました（新型コロナウイルスの感染拡大により、2020 年に予定されていた第 17 回大会は中止→1 年延期となり、2021 年 7 月に開催された同大会は Zoom によるオンライン接続と主要セッションのみ現地（熱海）開催でのハイブリッド開催でした）。本大会は 2021 年末あたりから企画、会場確保等の準備を進めていましたが、予算と運用体制等の関係から本大会は、完全現地開催で実施するものとし、もし新型コロナウイルスの感染ピークと大会期間がぶつかってしまった場合は、現地開催は取りやめて完全オンラインに切り替えて実施する、という方針としました（ハイブリッド開催する場合は、予算も約 2 倍、準備と発表対応等も 2 倍必要になってしまうため）。本大会の準備を通じて改めて実感したのは、前回大会を主催した国立がん研究センターの皆様は、この大変な状況の中でハイブリッド大会を開催し、大会を成功させたことに驚きを感じるとともに、伊丹先生はじめ、同センターの多くの先生方、スタッフのご尽力あっての大会開催だったのだな、と強く感じました。幸い第 18 回大会は、開催



図 1 大会長挨拶の様子

時期（2022 年 10 月末）が新型コロナウイルスの感染拡大期間の谷間になったことで、現地開催で行うことができました。図 1 は、開会式での大会長挨拶の様子です。

治療に大強度の中性子が必要となる BNCT は、1936 年に治療の基本原則が提唱されて以来、21 世紀初頭まで研究用原子炉を使って臨床研究が行われてきました。そして 2020 年にこの分野で最大級のブレイク・スルーが起きました。住友重機械工業（株）製の加速器ベース BNCT 用治療装置：NeuCure® とステラファーマ（株）のホウ素薬剤：ステボロン® のそれぞれの薬事登録、そして、これらを組み合わせての再発頭頸部がんに対する BNCT の保険適用です。これにより 2020 年 6 月から国内の 2 つの医療機関で BNCT の治療が始まったのです。原理が提唱されてから 80 年以上の年月を経て、ついにこの治療法が一般の病院で保険治療として受けられるようになったのです。しかし、これはゴールではありません。今後はこの治療法をさらに発展さ



図2 ほぼ満席となった会場の様子

せ、より多くのがんに対して保険適用化、先進医療化が求められます。先行装置である NeuCure® に続いて多くの加速器ベースの治療装置の開発、そして、治験も実施されています。新しいホウ素薬剤の研究もさらに加速するでしょう。BNCT は、一般のがん治療として確立、普及するための新たなステージに向けたスタート・ラインに立ったのです。これらの節目を迎えた BNCT の状況を踏まえ、本学術大会のテーマは「BNCT2.0 一次なるステージへ」とさせて頂きました。

前述のとおり本大会は、つくば国際会議場で開催しましたが、会場確保の予約段階では新型コロナウイルスの感染状況が分からず参加者数も見通せなかったため、同会議場の 101 号室、102 号室の 2 つの大会議室を確保しました。通常であればこの 2 つの会場の定員は、スクール形式で約 300 人の会議室でしたが、新型コロナウイルスの感染拡大防止の観点から、同会議場からは 1 席ずつ間を空けて使用することが薦められ、実質の定員は約 150 人でした。新型コロナウイルスの状況を考えると、現地開催で 150 人集まることはないだろうと判断し、会場はこれで十分とっていました。しかし実際にフタを開けてみると、たいへん多くの研究者、企業の方々が現地に足を運んでくださいました。特に 1 日目は、会場はほぼ満席状態（1 席おきに間隔は空けている）の大盛況での開催となりました（図 2 参照）。最終的に本大会の参加登録者数は約 170 人、と多くの方に参加、出席して頂きました。

### 【一般演題】

今回の大会では、現地開催での実施ということで、

一般演題では口頭発表だけでなくポスター発表も設定することができ、より多くの研究発表を行うことができました。一般演題（口頭発表、ポスター発表）では、物理工学、化学、生物学、臨床医学の 4 つの分野に別け、口頭発表では分野毎にセッションを設定し、申請された演題数に応じて、物理学は 16 演題を 3 セッションで、化学は 8 演題を 2 セッション、生物学と臨床医学は、それぞれ 5 演題、1 セッションで発表して頂きました。なお、本大会では平行・セッションは設定せず、すべてプレナリー・セッション形式としました。また、ポスター発表では、物理工学：11 演題、化学：4 演題、生物学：4 演題、臨床医学：2 演題、その他（プロジェクト紹介など）：2 演題、の計 23 演題の発表がありました。

発表申請・内容の全体の印象として、物理工学の演題が多く、この傾向は過去の大会も同様でしたが、以前は治療装置本体（加速器中性子源）に関する研究開発の発表が多かったのですが、本大会では装置本体の発表はほとんどなくなり、治療に必要な放射線計測機器（中性子線、 $\gamma$ 線）と、治療計画／線量評価に関する線量計算アルゴリズムなど、周辺機器の開発研究に関する発表が多くなりました。この理由としては、加速器ベース治療装置の開発が一段落し、実際の患者に対する治験を実施するフェーズに移行していることと、この治療法を放射線治療として確立していくためには、計測技術、線量評価技術を高度化して確立することが不可欠であることが、大学、研究機関の研究開発現場で、より強く認識されたものと思われます。この傾向は、後述するランチョンセミナーにも反映されていました。そしてもう 1 つの大きな傾向は、加速器ベース治療装置を用いた臨床、治療に関連する発表演題があったことです。過去の大会では原子炉での臨床研究の発表が中心でしたし、加速器ベースの治療装置では治験が行われていたため、その情報の開示は限定的でした。しかし前述したとおり 2020 年から加速器ベースの治療装置とホウ素薬剤が薬事承認され、保険治療として BNCT が開始されたことから、治験時の臨床研究の情報や実際の治療施設での治療に関する情報、知見も蓄積され始めたためと考えられます。この流れを踏まえて本大会では、基調講演（後述）として臨床研究に関するセッションも設定して、より詳細な発表を行って頂きました。

### 【基調講演、ランチョンセミナー、特別共催講演】

一般演題に加えて本大会では、基調講演とランチョンセミナーをそれぞれ2セッション、そして、特別共催講演を1セッション、設定しました。前述したように2日目の基調講演では加速器ベース治療装置による臨床、治療に関連する演題を4つ集めて、それぞれご講演を頂きました。大阪医科薬科大学の宮武伸一先生から、再発難治性高悪性髄膜種に対するBNCTとして、原子炉時代からの取り組みから現在の加速器ベースBNCT治療装置での治験に関連する情報を提供頂きました。また、将来の適応拡大に向けた取り組みとして、乳腺および胸壁腫瘍に対するBNCT実施の関する検討について、国立がん研究センター中央病院の竹森望弘先生からご報告を頂きました。さらに、大阪医科薬科大学の栗飯原輝人先生と南東北BNCT研究センターの廣瀬勝己先生からは、それぞれのBNCT施設で実施されている再発頭頸部がんに対する治療に関連する最新の状況等について情報提供頂きました。このがん種に対するBNCTは、今後さらに多く患者さんに治療が行われて発展、普及するでしょうし、近い将来には新たな装置、施設での治療も開始されるでしょうから、今回の発表は今後追従するグループ、企業にも大変参考になったと思います。各演題に対して、発表後もとても活発な質疑応答が行われました。日本では原子炉での臨床研究が行われなくなり、また、加速器ベース治療装置の開発と治験を行われていた期間は、この臨床医学分野の発表や議論が少し寂しくなっていた印象でしたが、今回の臨床医学に関する発表や質疑応答を見る限り、この臨床医学分野が再び、いや、以前にも増して活発になるものと実感しました。

本大会ではランチョンセミナーを2回設定し、1日目のセミナーでは装置が発生する中性子と $\gamma$ 線の計測に関する機器の開発研究に関する3つの演題が紹介されました。また、協賛企業による特別共催講演でも治療装置の特に制御系ソフトウェアに関する開発状況の紹介が行われました。前述したように理工学分野の研究開発は、加速器および中性子源の開発から、周辺装置の分野に移行してきており、今後、この分野で重要になってくることが印象付けられました。2日目のランチョンセミナーでは、高エネルギー加速器研究機構の内藤富士雄先生から加速器技術とそのBNCT治療装置への応用に関する講演と、筑波大学の中井啓先生による原子炉時代から

加速器時代の臨床研究について、懐かしいスライド、写真なども交えてご紹介頂きました。

### 【教育講演、および、シンポジウム】

本大会のプログラム構成において、大会長、及び、大会実行委員会としても重要なセッションとして設定したのが、2日目の午前中に設定した2つのセッション：「教育講演」と「シンポジウム」です。まず背景として、前述したように2020年に治療装置とホウ素薬剤がそれぞれ薬事承認され、再発頭頸部がんに対するBNCTが保険適用となりました。しかしBNCTの今後の課題は、治療の対象となるがん種の適応拡大を進め、より多くのがん種に対する治療法として確立、普及することです。現在、異なるグループ、メーカーによって複数の加速器ベースBNCT用治療装置の開発が行われ、治験も実施されています。しかし現状では、異なる装置が発生する中性子ビームの特性が若干異なる場合、同じホウ素薬剤を組み合わせても治療効果と影響が異なるかもしれない（同じかもしれないが分からない）という懸念から、既に先行装置が承認されているがん種（再発頭頸部がん）に対しても同じホウ素薬剤（ステボロニン®）を組み合わせる場合でも、先行装置と同等の治験を実施して薬事承認申請しなければならない、という状況にあります（一般のX線治療、粒子線治療では、異なるメーカーの装置であっても同じがん種に対して治験を実施しなくても承認されます）。このような状況では、BNCTの普及は進みませんし、新規で装置製造や薬剤開発に参入する企業、グループもいなくなってしまう。そこでこの状況を改善するため、2021年に日本中性子捕捉療法学会に「中性子ビーム特性評価ガイドライン策定委員会」が設置されました。この委員会の活動目的は、各治療装置（加速器ベース中性子源）が発生する中性子ビームの特性を客観的、かつ、できるだけ簡易的に測定、評価することのできる方法、手順等を策定することです。この委員会には物理グループ、放射線生物学グループ、臨床グループの3つの活動グループが設置されており、それぞれの観点から各装置の中性子ビームの物理学的、生物学的特性や、患者に対する安全性、治療への適用性と効果等を評価する手順、方法が検討されています。この方法が確立できれば、異なる装置のビーム特性を比較し、既に薬事承認されている先行装置が発生する中性子ビームと同等であると示せれば、後発の装置は





図3 PMDA 高橋豊先生による教育講演

治験を実施することなく（もしくは最小限の試験で）、そのがん種に対して薬事承認を得ることができるようになるかもしれません。これは既に承認されている再発頭頸部がんだけでなく、今後、承認されることが期待される他のがん種に対しても適応できると考えられます。これらの背景を踏まえて、本大会では、この活動に関連した2つのセッションを設定しました。まず「教育講演」して（独）医薬品医療機器総合機構（PMDA）のBNCT関連の医療機器などを担当されている高橋豊先生に「医療機器審査の現状とレギュラトリーサイエンスに基づく審査の展望」なるタイトルでのご講演を頂きました。高橋先生からは、タイトルにもあるように放射線治療を含めた医療機器に関する薬事承認申請の現状や同申請に対する審査の状況、観点と、今後の動向、展望などについてご紹介を頂きました。図3は、高橋先生のご講演の様子です。高橋先生の教育講演に続いてシンポジウムでは、中性子ビーム特性評価ガイドライン策定委員会の3つのグループのこれまでの各活動に関する報告が行われました。同委員会では、BNCT用治療装置の薬事承認に関する審査において参考として適用されるガイドラインをできるだけ早期に策定し、2023年度内に関連学会等を通じて公開することを目指していることが報告されました。さらにこのシンポジウムの後半では、3つのグループの報告者と、PMDAの高橋先生に登壇頂き、今後の活動方針と見通しなどについて討論するとともに、会場からの質疑に対して対応して頂きました。図4は登壇頂いた4名の先生方と司会（熊田）による討論、質疑応答の様子です。とても活発な議論が行われ、やはりこの活動の重要性と期待の高さ



図4 シンポジウムでの総合討論の様子

が良く分かるセッションとなり、有意義なシンポジウムを開催できたと思っています。

#### 【おわりに】

本大会は、先に紹介したようにつくばでの完全現地開催と約170人の参加登録者により盛大に開催することができました。本大会の開催、運用は、大会実行委員会として筑波大学の櫻井英幸先生を筆頭に、中井啓先生、松本孔貴先生、そして、群馬県立県民健康科学大学の高田健太先生にご尽力頂きました。さらに大会当日は、大会実行委員の先生方に加えて、筑波大学の諸先生方、筑波大学附属病院放射線腫瘍科スタッフ、大学院生等の多くの方のご協力により、会場設置から各セッションの運用までを行って頂き、無事、大きなトラブルなく終了することができました。また、多くの協賛企業、後援機関によるご支援、ご協力により、つくば国際会議場という素晴らしい学会場で開催し、魅力的なセッションを複数、プログラムに入れることができました。改めてこの報告をもって関係者、企業、機関、及び、参加して頂いた皆様に深く感謝したいと思います。誠にありがとうございました。

次回の第19回学術大会は、横浜市立大学の山本哲哉先生が大会長となって2023年7月14日（金）、15日（土）に、横浜市（会場：横浜シンポジア）で開催される予定です。今回の大会と同じく新型コロナウイルスの感染拡大の波がうまく回避され、この研究分野に携わっているより多くの方々と現地で直接お目にかかれることを願って、本大会の報告を終わりにしたいと思います。

## お知らせ

### ◆当財団発行の小冊子・テキスト等のお知らせ

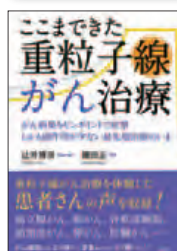
当財団では、粒子線治療（陽子線・重粒子線）に関する以下の小冊子・書籍・テキストを販売しております。購入希望の方は、メール・電話にて、当財団までお問い合わせ下さい。



#### ・小冊子「体にやさしい粒子線がん治療」(改訂版)

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、国内の粒子線施設への問合せ先や問合せ方法についても記載しています。(令和3年11月改訂・発行)

A5版カラー 26頁 1冊：300円(税込・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



#### ・書籍「ここまできた重粒子線がん治療」

本書は、重粒子線がん治療について、患者さんや一般の人にわかりやすく、やさしく解説した案内本です。各部位別がんの解説や治療を受けた患者さんの貴重な体験記も多く掲載しており、最新の知見や技術動向も出来る限り盛り込んでおります。(平成29年5月発行)

A5版カラー 275頁 1冊：2,200円(税込・送料実費)  
著者：辻井博彦、鎌田正 取扱者：公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団

\*内容は、「今や国民病になった、がんという病気」「重粒子は放射線がん治療の大きな武器となる」「患者さんに優しい重粒子線がん治療」「重粒子線は、治療が難しいがんにも立ち向かう」「重粒子線治療を受けて患者さんたちの声」「重粒子線治療は、さらに前へ」で構成しています。



#### ・テキスト「粒子線がん治療に関する人材育成セミナー入門コース」(改訂版)

粒子線がん治療に関わっている初心者、また今後関わっていききたい方々を対象にしたセミナー「入門コース」用のテキストです。(平成26年7月発行)

A4版カラー 64頁 1冊：5,000円(税込・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

\*内容は、「粒子線治療の基礎」・「粒子線治療装置」・「粒子線治療の流れとQ A」・「粒子線治療の実例」の4章から構成されており、一般の方々、さらに医療機器関連企業担当者、先進医療保険販売担当者、放射線治療分野の初任者、看護師、専門学校生、大学生等向けにわかりやすく説明したテキストです。



#### ・テキスト「粒子線がん治療に関する人材育成セミナー専門コース」(改訂版)

粒子線がん治療に関わる医師、診療放射線技師、医学物理士、関連技術者等の新規育成と定期的なフォローアップ教育を含めた専門性の高い内容を扱う方々を対象にした人材育成セミナー「専門コース」用のテキストです。(平成28年7月発行)

A4版カラー 246頁 1冊：10,000円(税込・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

\*内容は、「粒子線治療の概要」・「がんの診断と治療」・「粒子線治療物理」・「放射線生物学概要」・「粒子線治療装置」・「粒子線治療の流れとQ A」・「粒子線治療(陽子線・重粒子線)の実例」・「建屋設計と放射線管理」の8章から構成されており、粒子線がん治療に関わっている医師・診療放射線技師・医学物理士等をはじめ医療機器関連企業技術者、建築関連企業設計技師、大学院生・看護師、専門学校生、大学生等向けにわかりやすく説明したテキストです。

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団体・企業様<sup>(50音順)</sup>

令和5年1月現在

安西メディカル株式会社  
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  
株式会社日立製作所  
株式会社ビードットメディカル  
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23号

令和5年3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

