



2018年9月に稼働を開始した陽子線治療装置「Proteus ONE (IBA)」。テニスコート1面程度の敷地で加速器や治療室等の設置が可能。コンパクトながら、大型装置と遜色ない高出力・高精度のビームを照射することが可能な装置である

## 愛知県 成田記念陽子線センター

2018 DECEMBER Cover Story

# 地域医療を担ってきた民間医療機関が、勇躍、次世代型陽子線治療装置を導入し、最先端の高精度治療を三河の地で開始

1951年より約70年間、三河の中心都市、豊橋の地域医療を支えてきた名門たる社会医療法人明陽会。2018年4月には、更なる医療の質向上を目指し粒子線治療施設「成田記念陽子線センター」を開設。同センターでは、海外で豊富な診療実績を有する次世代型の小型陽子線治療装置およびシステムを導入。2012年の新築移転を機に機能を高めた同法人の中核、成田記念病院とともに、総合的ながん診療に取り組む。同センター開設の経緯と診療の現況について、明陽会理事長の成田 真氏と同院長の柳 剛氏に聞いた。

社会医療法人明陽会 理事長兼  
成田記念病院 院長  
**成田 真氏**に聞く

——明陽会の沿革と概要からお聞かせください。

明陽会は、1951（昭和26）年に産声を上げて以来、約70年、豊橋の地域医療を担ってきました。現在は2つの病院と1つのクリニック、老健施設や健康管理センター、看護専門学校を有し、急性期から回復期、そして在宅に至るまで、総合的な医療を展開しています。

2012年には、中核施設である成田記念病院が新築移転を果たしています。なお、同院は、この東海地域で危惧されている将来の災害を想定し、十分な耐震性と機能を持たせてあり、災害発生時には拠点病院としての責務が果たせるようになっています。

成田記念病院では、名古屋市立大学放射線医学教室のご協力を得て、約30年前から放射線治療および核医学による画像診断を実施してきましたが、新病院への移転に際しては、その目玉としてPET-CTなど、がんの早期発見・早期治療に貢献する先進の医療機器導入を実施しました。中でも、高精度放射線治療を実施

するため、IMRTに対応した治療装置トモセラピーを導入しました。おかげさまで、高性能な装置が導入されたということで、近隣施設から多くの患者さんをご紹介いただけるようになっていました。

——18年に開設した陽子線治療センター設立の経緯についてお聞かせください。

プロトンを使用した放射線治療装置については、実は10年以上前から情報収集をしてきました。当時は、東北に民間の陽子線治療センターが開設された頃でした。私たちも、今のリニアックにとつて代わるような革新的な装置であると大いに期待して、いつかその導入を果したいと思うようになっていました。

陽子線センターを立ち上げる契機は、新病院移転が一段落し、旧病院跡地をどのように利用するかを検討したときです。そこで、本格的に陽子線治療装置導入に取り組むことになったのです。名古屋市立大学の全面的な支援を受け、医師をはじめ診療放射線技師など医療スタッフを揃えることができた点は、当センター開設に際して極めて大きな力となりました。

そして、2018年4月に陽子線センターのオープンに至り、同年9月より陽子線治療装置による放射線治療を始めました。——陽子線治療装置の選定についてお聞かせください。

建設予定地の敷地面積は約2000㎡と限られており、このスペースに陽子線治療棟と付随する設備、およびクリニック機能を収めることができるかが大きなポイントでした。

国内メーカーの陽子線治療装置はいずれも大型で、建設予定地に収めることは難しく、海外メーカーであるMEVION社とIBA社の装置をそれぞれ検討しました。その結果、装置がコンパクトであることに加え、世界中に40施設以上の導入施設を有し、治療実績も豊富である上、加速器に超電導のシンクロサイクロトロンを採用して高価と言われる電気料を抑えることが可能であること、ベンシールビーム・スキヤニングによる精度の高い照射ができる点などを評価し、IBA社の「Proteus ONE（プロテウスワン）」を選ぶことにしたのです。

——開設から半年経ちましたが、診療の現況についてお聞かせください。

2018年の診療報酬改定により、前立腺がんに対する陽子線治療が保険収載されたこともあり、豊橋市を中心に多くの患者さんが来院され、患者数は順調に推移しています。一方で、保険点数はやや低めに抑えられているので、その分、患者さんをできるだけ多く集める必要があることは、これからの課題でもあります。

——今後の展望をお聞かせください。

まだ、スタートしたばかりなのでスタッフは最低限の人数に抑えています。今後の患者数の推移等を見て、人手を増やしたいと考えています。

開院前から、市民公開講座など、啓発活動に努めており、周辺の医療機関との連携も深めてきましたが、今後このような取り組みを続けて患者数増につなげたいと考えています。

また、がんの患者さんに対する総合的なアプローチも考えなければなりません。将来的には、精神的なケアや緩和ケアなどにも取り組んでいきたいですね。



**成田 真**（なりた・まこと）氏  
1957年愛知県生まれ。1982年昭和大学医学部卒。同年名古屋市立大学第2内科（消化器内科）入局。名古屋第二赤十字病院、菟野厚生病院を経て、1994年より成田記念病院勤務、現在同院病院長兼社会医療法人明陽会 理事長を務める

■成田記念陽子線センター  
コンパクトで経済性が高い次世代型陽子線治療装置を導入  
高精度なX線放射線治療も含め、遠方の患者にも訴求する

院長  
成田記念陽子線センター  
柳剛氏に聞く



柳剛 (やなぎ・たけし)氏

1993年名古屋大学医学部卒。名古屋第二赤十字病院、県立愛知病院、放射線医学総合研究所重粒子医学センター病院、名古屋市立西部医療センター、名古屋市立大学病院等を経て、2018年より現職

まずホルモン療法を先行させ、その後、9月の稼働から順次、陽子線治療を開始しました。現在は、1日16件の陽子線治療を実施しています」  
現在、患者は同センターの所在地である豊橋市から41%、同市を除く東三河地域の豊川市、新城市、田原市から33%が来院するのに加え、他にも西尾市や安城市、岡崎市、遠くは静岡県浜松市など近隣地域からも来院するという。同センターは、JR豊橋駅から徒歩3分程度の場所にあり、東は静岡や東京、西は名古屋などからも通院可能な好立地にあることから、さらに広範囲での通院患者を見込んでいるという。

陽子線治療装置「Proteus ONE」  
中規模施設に最適な小型化を実現  
ペンスルビームによる高精度治療

同センターが導入した「Proteus ONE」は、ベルギーIBA社の最新型陽子線治療装置である。小型化した加速器によるコンパクト設計により広い敷地を必要とせず、テナスコート上面と同程度のスペースに、加速器や治療室等の設備を設置することができる。また、最新のペンスルビーム・スキヤニング照射技術により、腫瘍への線量集中と正常組織への線量低減を同時に実現している。「Proteus ONE」の特徴について、柳氏はつぎのように話す。「当センターが導入した「Proteus ONE」は、

他メーカーの装置と比べて小型化されている点が最大の特徴と言えます。当センターのように狭小なスペースでも、加速器や治療室等、陽子線治療に必要な設備を設けることができます。特に加速器は直径2.2m、重量約50tと、従来のものに比べると非常にコンパクト・軽量の装置です。陽子線治療施設としての建設コストも、既存の施設に比べて、基礎工事費用など大幅に抑えられています。さらに、運用面でも、小型加速器ゆえに従来型に比べ電気代も省コストになっています」

さらに、設置から稼働まで短期間で稼働することができた点も「Proteus ONE」の有用性だと柳氏は話す。「昨年の夏に加速器やガントリを設置し、当センター側に引き渡されるまでわずか

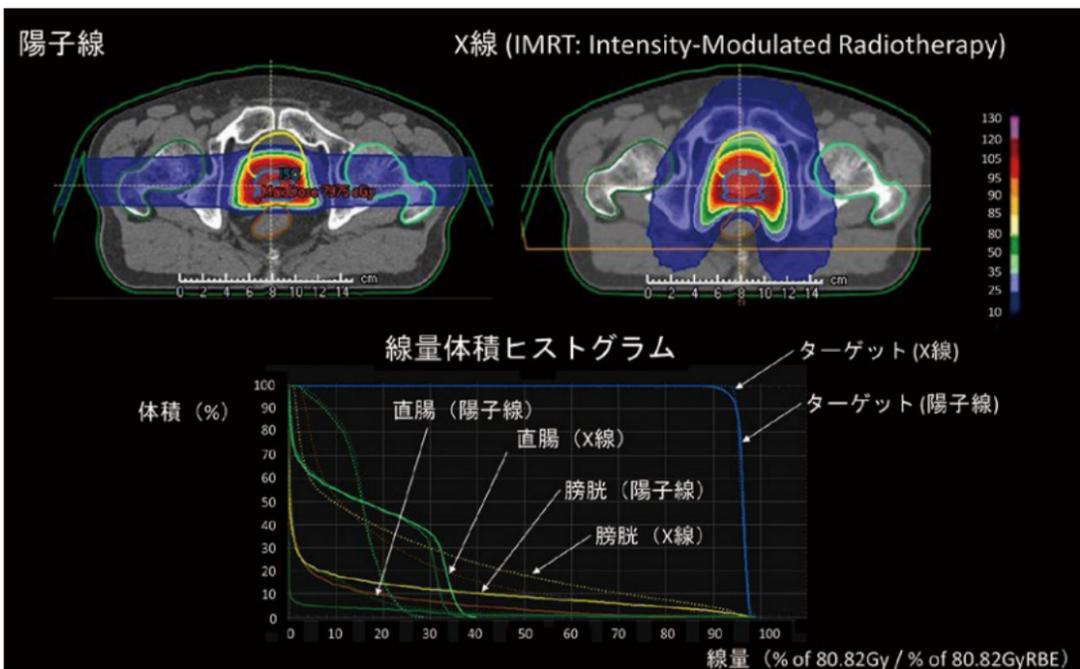


成田記念陽子線センター受付フロア。通院する患者に喜んでもらえるよう内装に気を配り、上質な院内を演出している

成田記念陽子線センター外観。東三河の交通の拠点であるJR豊橋駅より徒歩3分の好立地に立ち、新幹線も停車することから浜松や名古屋などからの遠隔地からの通院も可能



来院患者やその家族が自由に利用可能なシアタールーム。この他、センター内には無料Wi-Fiを設置するなど、さまざまな配慮が施されている。



陽子線治療とX線治療 (IMRT: Intensity-Modulated Radiotherapy) の線量分布の比較 (前立腺がん)。上段左図は陽子線治療、右図はX線治療である。下段の線量体積ヒストグラムでは、陽子線 (実線) ではX線治療 (点線) と比較し、上図中の膀胱 (黄色) や直腸 (茶色) が照射される中線量・低線量域の照射体積が少ないことがわかる

のではないのでしょうか」  
コンパクトさに加えて同装置の大きな特徴は、従来の施設で見られるブロードビーム照射を行わずに、ペンスルビームによるスキヤニング照射のみを実施している点にある。

ペンスルビームは、従来装置に多いブロードビームに対して、よりシャープな辺縁と緻密な線量分布作成が可能となり、腫瘍に対して陽子線を集中させることができ、より高精度な陽子線治療が可能である。

「Proteus ONE」の陽子線治療における有用性について、柳氏はつぎのように話す。「加速器は小型ですがビームの出力は大きく、身体の深部にも十分陽子線を照射することができま

す。もともと、陽子線はブラッグピークを生かして腫瘍に集中的に照射させることができるというメリットがありますが、それに加えてペンスルビームによるスキヤニング照射ができるということも大きな武器です。ポラスやコリメータといった器具が不要となり、そのことが治療開始までの準備時間の短縮と放射性廃棄物の減少等のランニングコスト軽減にもつながり、治療の安全性の向上も期待できます」

また、同装置はスキヤニング照射技術を利用したIMPT (Intensity-Modulated Proton therapy) 強度変調陽子線治療) にも対応し、腫瘍への線量集中性と正常組織への線量低減が同時に実現できるとい

本院とセンターとの連携  
X線と陽子線それぞれのメリットを活用、用途を使い分けて放射線治療を実施

前立腺がんの治療は、本院でもIMRTによる放射線治療を実施している。センターと本院との治療の棲み分けについて、柳氏はつぎのように話す。「例えば前立腺がんの治療でも、骨盤部の照射が必要な患者さんに対しては、本院でIMRTによる照射を行ったりしています。逆に本院で紹介された患者さん

陽子線治療は、局所における限局性が人の治療を得意としているのに対し、X線は多発病巣や緩和治療、体動を止めることができにくい患者さん、そして、予防的広範囲照射などについてより適しています。また、治療内容においても、陽子線とX線双方を用いる治療プロトコルを持つ疾病もありますし、せっかくの高性能装置ですので、うまく使い分けていきたいですね」

今後の展開について、柳氏はつぎのように話す。「現在は前立腺がんの患者さんの治療がほとんどですが、他のがん患者さんからの問い合わせも増えています。今後の予定としては年明けに頭頸部がんへの治療に取り組みつもりです。

また、成田記念病院は消化器系の臨床に実績があることから、当該領域への期待も大きいですし、個人的には肝がんや膵がんなどにも取り組んでいきたいと考えています」  
今後の課題として、保険取載への対応を柳氏は挙げる。

「今年の診療報酬改定で大幅に適応範囲が広がった陽子線治療ですが、今後の保険適応については、私たちも含めた全ての陽子線治療施設が、がん治療における陽子線治療の費用対効果などを示していかなければなりません。陽子線治療施設が作られても、経営的に運営できないでは困ります。今後は当センターも、学会発表等を通して陽子線治療の実績や有用性をアピールしていきます」

成田記念陽子線センター  
診療放射線技師／陽子線治療室主任

高石義幸氏  
医学物理士

富田真司氏に聞く



「オブリーク画像による斜めからの位置合わせは思ったより扱い易く、『Proteus ONE』の操作性は高い」と話す診療放射線技師の高石義幸氏

成田記念陽子線センターには、前掲のように診療放射線技師5名と医学物理士1名が、陽子線治療装置「Proteus ONE」の運用に携わっている。診療放射線技師で陽子線治療室主任を務める高石義幸氏は、成田記念病院から同センター開設を機に同施設に移籍し、陽子線治療に取り組んでいる。

「陽子線治療の導入・運用に携わるため、海外の『Proteus ONE』導入施設に見学に行ったり、国立がん研究センター東病院と名古屋陽子線治療センターで研修したりして、陽子線治療に関する勉強をしました。」

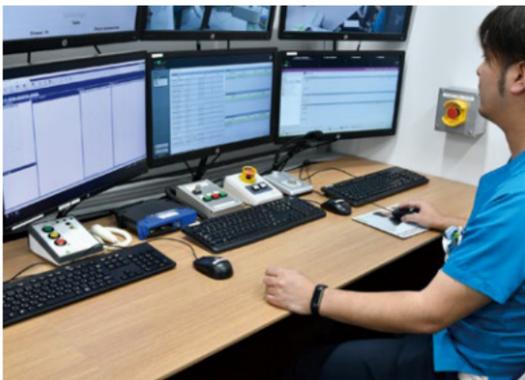
5名の診療放射線技師は、本院とのローテーション等はなく、当センター専属となっており、より専門性を高めるようにしています。メーカーの担当者にも常駐してもらっており、今、懸命に運用を習熟するべく努力しているところです。

「位置合わせだけでなく、『Proteus ONE』は操作卓も扱い易いです。ほとんどの操作はマウスを扱うだけでできますし、治療室もそうですが、コンソールも洗練されたデザインで恰好良いと感じています。」

### 「治療計画システム」[RayStation] 陽子線治療にも対応し 高精度なビーム照射を実施

医学物理士として、1年半前から同センターの開設準備に携わってきた富田真司氏は、「Proteus ONE」の印象をつぎのように話す。

「私も海外施設の見学に加えて、国内の陽子線治療施設で4カ月間、研修して、陽子線治療装置の運用に取り組みました。その経験からの印象では、国内の他施設と異なり、装置が非常に小型で、リニアッ



「Proteus ONE」の操作卓。「マウス1つで治療装置に対するさまざまな操作が可能なので、とても便利」と言う

現在、1人30分の枠を設けて治療業務を行っています。先日、実際に患者さんが入室から退出するまでの時間を計測したところ、平均20分程度でした。1日16件の治療を実施しているのですが、1人30分の枠を16件で合計8時間、毎日支障なく診療を実施しています。今のところ、ある程度余裕をもって運用できています」

### 「治療計画用CT」

#### オープンボアの64列CTを採用 治療計画や治療効果判定に活用

また、同センターには、治療計画用のCTとしては64列マルチスライスCT「Definition AS OPEN（シーメンス）」を設置している。同CTについて、高石氏はつぎのように評価している。

「治療計画用に64列マルチスライスCTを導入しています。このCTはオープンボアで撮影がしやすい上に、呼吸同期撮影の再構成技術にも長けており、大変有用な装置であると感じています。」

なお、現在、CTは治療計画用の他に治療効果の判定や、一部外来での検査にも使っており、1日約3名の検査を実施しています」

### 「陽子線治療」

#### 「adAPT」プラットフォームで 効率的に陽子線治療業務を実施

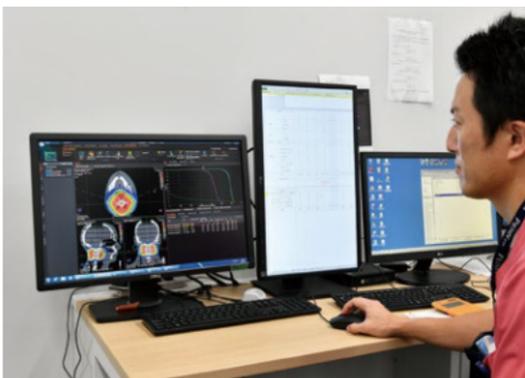
「Proteus ONE」の運用上の印象を、高石氏はつぎのように話す。

「『Proteus ONE』は、研修先の施設の装置とは異なりますし、位置合わせや照射法なども違うので、稼働前は不安を抱い

クより大きめといった感じでしかなく、その物理的イメージを含めて、運用に際して精神的な負荷が少なく感じますね。メーカーの担当者が常駐してくれている点に加え、『Proteus ONE』を使用している海外のサイトの担当者や連絡や相談をすることができるので、装置の運用について具体的なアドバイスをもらえる点があります」

同センターでは、医学物理士である富田氏と診療放射線技師1名の2名で治療計画の立案補助業務に取り組んでいる。

同センターでは、治療計画システムとしてスウェーデンに本社を持つRaySearch Laboratories社の「RayStation」を導入し、陽子線治療を実施している。「RayStation」は、さまざまな放射線治療装置に対応し、3D・CRT、IMRT、VMAT、4DART（Adaptive Radiation Therapy）



治療計画を立案する富田真司氏。治療計画システムには「RayStation」を使用。同システムは陽子線治療の実績が豊富で、扱い易いと富田氏は話す



治療計画・治療効果判定用に設置した64列CT「SOMATOM Definition AS」。治療用と同じカウチを設置し、陽子線治療の精度向上に貢献している

ていました。しかし、実際に運用してみると、他の施設と比べても照射の精度が高く、オブリーク画像を用いた斜めからの位置合わせも慣れると合わせやすく、大変扱い易い装置だと感じています」



「ブラッグピークの特性を把握して治療計画を立てることが、陽子線治療における最大のポイント」と語る医学物理士の富田真司氏

適応放射線治療）など、幅広い治療を実現する。また、IBA社の陽子線治療装置についても、運用実績を豊富に有している。同システムの有用性について、富田氏はつぎのように話す。

「陽子線治療における治療計画立案では、X線と比べて陽子線治療装置は計画を立てやすいですが、一方で良くも悪くもブラッグピークによる深さ方向への不確実性について、どのように対応するかがポイントとなります。『RayStation』は、治療時の位置と飛程の不確かさに関するシミュレーション機能があり、最適な治療計画の立案に貢献します。なお、現在は、1日1名の治療計画を立てるというペースで業務を行っているところです」

### QA・QC業務

#### 推奨測定機器と使用法が確立 精度管理業務の効率化を実現

「Proteus ONE」のQA・QC業務も、標準化されて簡便であると富田氏は話す。「QA・QCに関しては、IBA社から推

奨する測定機器とその使用法がレクチャーされており、それに従って業務を実施することで非常に精度管理がしやすくなっています」

本格稼働は国内初となる同装置だが、メーカーのバックアップ体制にも助けられていると富田氏は話す。

「陽子線治療装置は一般的なモダリティと異なり装置がデリケートなので、1つのトラブルが大きな問題を引き起こします。当センターにはIBAの担当者が常駐していますし、私のように陽子線治療が初めての者でも、前述のとおり、海外の『Proteus ONE』ユーザーに質問を気軽にできるのも、大変助かっています」

今後の同装置の運用について、富田氏はつぎのように話す。

「まだ稼働して間もないため、現在は装置の運用に慣れている段階です。まずは『Proteus ONE』を安定的に稼働させ、品質管理業務のルーチン化を進めて、その後に治療の適応を広げていきたいと考えています」

### 社会医療法人 明陽会



2012年に新築移転した成田記念病院

1947年に成田真・現理事長の祖父が開設した診療所を嚆矢とする明陽会は、1984年に診療所から総合病院である成田記念病院に拡張。地域の急性期医療を担う中核病院として機能してきた。1983年にCT、1991年にMRI、2012年にはPETなどの高度な診断装置を導入するなど、質の高い医療を提供してきた。2005年には回復期リハビリテーション病院である「第二成田記念病院」(96床)を開設。老健施設等を併せて、急性期から在宅まで患者の回復段階に合わせた包括的な医療を提供できる体制を整備して、2010年に社会医療法人明陽会として承認を得た。2012年には、成田記念病院を新築移転し、跡地に2018年4月、成田記念陽子線センターを開設。今後も豊橋市を中心とした地域の医療に貢献し続けている。

所在地：豊橋市羽根井本町134番地  
理事長：成田真