

第5世代重粒子線治療装置「量子メス」でがん死ゼロ健康長寿社会の実現を目指す

画期的ながんの治療法として期待されてきた重粒子線治療だが、いくつかの問題点を内包していた。まず装置が巨大で、高額なことだ。研究開発が進められ、現在は第3世代の装置が実用化しているが、専用の建屋が必要なほど大きく、価格も100億円をはるかに超えている。昨年発足した「量子科学技術研究開発機構(QST)」は、10年後を目標に、病院内に納まるほど小型化し、たった1回の照射でがんを治療する高性能の第5世代重粒子線がん治療装置「量子メス」の開発に取り組んでいる。5月24日開催の本会では、QST理事長を務める平野俊夫氏に、量子メスで拓かれる未来について語って頂いた。



挨拶

富岡勉・自民党衆議院議員(医師)「私は以前、長崎大学病院の消化器外科に在りて、肝胆膵を専門にしておりました。膵臓がんは手術してもなかなか救命出来ませんが、重



自民党衆議院議員、医師
富岡 勉氏

粒子線を照射した後に手術すると、5年生存率が大幅に高まるようです。重粒子線治療装置は、日本の医療水準を示す良い指標になっているのではないかと注目しています。国としても、こういう技術を後押ししていきます」

原田義昭・「日本の医療と医薬品等の未来を考える会」国会議員団会長(自民党衆議院議員)「かつて知人が重粒子線治療を受けたことがありますが、顔のがんを完全に治すことが出来ました。この分野は日進月歩で技術が進歩して



「日本の医療と医薬品等の未来を考える会」国会議員団会長
自民党衆議院議員
原田義昭氏

います。開発に関しては産業政策に通じる観点が必要で、どのような方法でやっていくべきなのか、企業の方々にも考えて頂くといいでしょう」

第5世代重粒子線がん治療装置「量子メス」研究開発プロジェクト

■QST誕生と「QST未来戦略2016」

量子科学技術研究開発機構(QST)は、放射線医学総合研究所(放医研)と、日本原子力研究開発機構(JAEA)の核融合部門と量子部門が再編統合され、昨年4月に発足しました。究極のエネルギーである核融合研究開発、量子材料・物質科学による新産業創成イノベーション、重粒子線など放射線医学に関する研究開発といったことを、量子科学技術を基盤に行っている研究機関です。公共指定機関としての役割もあり、放射線の人と環境への影響の研究、福島復興支援、緊急被災医療支援チーム(REMAT)の活動にも従事しています。

昨年、「QST未来戦略10箇条」を作りました。「量子科学技術による『調和ある多様性の創造』により、平和で心豊かな人類社会の発展に貢献する」という理念の下、「QSTの強みをさらに強化しつつ、拠点や研究分野の壁を乗り越え、研究開発における『調和ある多様性の創造』をQST内に実現する。『量子エネルギー工学』『量子材料・物質科学』『量子生命科学』『量子医学・医療』そして安全・安心を支える『放射線影響研究』等の分野で世界を先導し、世界トップクラスの量子科学技術研究開発プラットフォーム構築を志す」といった内容です。

量子医学・医療分野では、次世代重粒子線装置である「量子メス」などの研究開発を推進し、健康長寿社会に貢献していくことになります。

■重粒子線がん治療の歩みと実績

1984年に「第1次対がん10か年総合戦略」の一環として、重粒子線がん治療装置HIMACの建設計画がスタートし、93年に完成、94年から臨床研究が始まっています。現在までに1万人を超える患者さんを治療してきました。

現在、日本では5施設で重粒子線治療を行っています。従来の治療法では治せなかったがんを治

せたという例もあります。また、手術不能局所進行膵臓がんの治療では、2年生存率が約60%という優れた実績を上げています。他の放射線治療に比べ、照射回数が少ないのも特徴です。I期の肺がんでは、たった1回の照射で手術と同等以上の成績を上げています。前立腺がんでも照射回数を減らしてきて、現在は12回まで減っています。

少ない回数でいいのは、腫瘍への効果が高く、正常組織の被曝量が少ないからです。エックス線やガンマ線は、体表近くで線量が最大になり、深くなるほど線量が低下します。ところが重粒子線は、特定の深さに線量のピークを作ることが出来ます。進行方向から横への散乱が非常に少ないという特徴もあります。この二つの特性で、線量が腫瘍に集中し、正常組織の被曝量が少なくなるのです。

さらに、重粒子線はDNAを複雑に切断するため、エックス線や陽子線より、がん細胞を死滅させる生物学的効果が大きいという特徴もあります。そのため、放射線治療が効きにくい放射線抵抗性腫瘍にも治療効果を発揮します。

2015年に、肝がん、早期肺がん、局所進行膵臓がん、前立腺がんが「先進医療B」の適用となり、16年に非切除骨軟部肉腫が保険収載されました。

■がん死ゼロ健康長寿社会実現のための6条件

がん死ゼロのために必要なのは、「原発腫瘍塊制御」と「転移巣制御」です。これを完全に行えれば、がんで死亡することは無くなります。ただ、治療の副作用で体がガタガタになってしまったり、会社に行けなくなったりしたのでは、健康長寿とは言えません。健康長寿の実現には、「QOL維持」が必要です。さらに健康長寿社会を実現するには、いくら良い治療でも、一部の人が受けられないのではいけません。社会に普及させるための「経済性」も必要です。これらを満たして、初めて「がん死ゼロ健康長寿社会」を実現出来るのです。

最近、免疫チェックポイントがん治療が注目されていますが、これは免疫のブレーキを抑制することで、



国立研究開発法人
量子科学技術研究開発機構 理事長
平野俊夫氏

結果的にアクセル全開の状態にする治療法です。この治療法の登場で、がん治療でも免疫が重要であることが分かってきました。「免疫機能温存」や「免疫機能活性化」する治療の組み合わせが、がん治療の主流になると考えられます。

つまり、原発腫瘍塊制御、転移巣制御、免疫機能温存、免疫機能活性化により、がん死ゼロを達成し、さらにQOL維持、経済性が加わることで、「がん死ゼロの健康長寿社会」が実現するのです。

重粒子線治療は免疫を活性化する可能性もあります。上行結腸がん術後腹部再発例に対し、腹部の再発部位に重粒子線を照射したところ、その部位のがんが縮小するだけでなく、照射していない肺転移巣も縮小したのです。おそらく免疫が活性化したことで起きた現象だと考えられます。

QSTが目指しているのは、次世代重粒子線治療の「量子メス」で原発腫瘍塊を治療し、転移巣に対しては分子標的薬や標的アイソトープ治療を行い、さらに免疫制御治療を併用するというものです。

次のような例もありました。膵臓がんの術後腹部再発で、オブジーボで改善しなかった患者に対し、腹部再発部位への重粒子線治療を行ったところ、腹部の腫瘍だけでなく、肺の転移巣も縮小したのです。これは、活性化された免疫とオブジーボの両方が効いているのだと推測できます。

■第5世代重粒子線がん治療装置「量子メス」

重粒子線治療は進歩を続けてきました。がんを塗りつぶすように照射する「スキニング照射法」や、様々な方向から照射出来る「回転ガントリー」が開発され、「強度変調イオン照射(IMIT)」も実用化に至っています。ただ、決定的な欠点がありました。

施設が巨大で高額なことです。第1世代のHIMACは、120m×65mの大きさで320億円。現在の第3世代でも、60m×45mで140億円です。専用の建屋が必要ですし、高額過ぎます。性能は向上していますが、まだ1回照射で全てのがんを治療出来るところまではいっていません。

大きさは、第4世代で45m×34m、第5世代では10m×20mまで小型化し、病院の2部屋程度で入る大きさにします。さらに、全てのがんを1回照射で治療出来る高性能を目指します。これが第5世代重粒子線がん治療装置「量子メス」です。

小型化のためには、超伝導技術によるシンクロトロン的大幅な小型化と、レーザー加速技術による入射器の小型化が必要です。さらに、炭素以外のイオンも照射するマルチイオン照射により、治療効果を向上させることが出来ます。

この量子メスを研究開発するため、QSTは三菱電機、日立製作所、東芝、住友重機の4社と包括協定を結びました。93年に完成したHIMACは、4社連合と放医研によって開発に成功しました。現在、この4社は競争関係にありますが、QSTは4社と技術研究組合を作り、共同開発をしていきます。

毎年国内で約100万人が新たにがんを発症しています。量子メスの小型化・低価格化・高性能化が成功すると、25%程度まで量子メスの適用が拡大すると考えられます。1台で年間750人を治療出来たとすると、国内に330台の量子メスが必要です。海外も含めると毎年1400万人ががんを発症し、今後20年で2200万人まで増加すると考えられています。その25%に適用とすると、量子メスが7300台必要。耐用年数が15年なら、毎年500台程度の出荷が見込まれます。1台が20億円なら1兆円、50億円なら2.5兆円の市場となります。

量子メスの研究開発は、6年後くらいに超伝導シンクロトロンとマルチイオン照射を実現させ、第4世代を導入出来るようにします。10年後くらいを目標に、レーザー加速入射器を完成させ、第5世代の量子メスを世に送り出す予定です。

質疑応答

土屋了介・地方独立行政法人神奈川県立病院機構理事長「マルチ照射を行うとのことですが、1970～90年代にアメリカでアルゴンやネオンを試していて、うまくいきませんでした。マルチ照射ではアルゴンやネオンが使われるのですか」

鎌田正・QST放射線医学総合研究所病院病院長「ネオンやアルゴンは少し重過ぎます。入る部分とピーク部分にあまり差がなく、腫瘍に届くまでの間で効果を発揮してしまいます。我々が今考えているのは、炭素よりちょっと重い酸素と、ちょっと軽いヘリウムを組み合わせるマルチイオンです」

土屋「肺がんは1回照射が可能なのに、前立腺がんが出来ないのはなぜですか」

鎌田「将来的には、前立腺がんなどでも可能だと思っています。現在出来ていないのは、尿道にかかる線量も、がん組織にかかる線量も同じだからです。1回照射を行うためには、尿道の耐用線量を



地方独立行政法人
神奈川県立病院機構理事長
土屋了介氏



量子科学技術研究開発機構
放射線医学総合研究所病院病院長
鎌田正氏

を探る必要があります。尿道の線量がある程度下げる必要があると思いますが、スキヤニングを使うことで、それは可能です」

土屋「半導体や太陽光発電を開発した時、日本のシェアは90%くらいでしたが、5～6年経つとゼロに近くなってしまいました。会社が潰れていきました。最初から各社が協力して1社にした方が、開発のスピードも速く、価格も安く出来て世界を席卷出来るのではないかと思います」

平野俊夫「私もそう思っています。落ち目になっ

てから一緒になるより、勢いがある時に一緒になった方が力になります。また、まとめて1社になったとしても、ハードだけやっていたら、いずれ負けると思います。やはりシステムとして、ソフト的なものも含めてやらないといけない」と

原田義昭「産業政策一般に通じる話ですね。健全な競争環境を守った方が伸びるという考えもあるし、全体のマーケットを見ながら一緒に協力した方がいいという考えもあります。確かにソーラービジネスは、5～6年前までは圧倒的に日本企業が優位でしたが、状況が変わってしまいました。量子メスに関しては、産業政策としてどのようにすべきか、考えて頂くといいでしょう」

関川浩司・社会医療法人財団石心会第二川崎幸クリニック院長「外科は手術でがんを取り除き、重粒子線治療ではがんを焼くわけですが、同じような治療法だと思います。将来的には実質臓器の固形がんは全て治療出来るのでしょうか。私は消化管の外科を専門にしていますが、消化管は駄目だろうと思うのですが」

平野「消化管は難しいと思います。ただ、外科とこの治療で根本的に何が違うのかというと、外科では腫瘍を取り除きますが、重粒子線治療では残すわけです。死んだ腫瘍が残ると、それが免疫抗原となり、免疫が活性化される可能性があります」

関川「血管に接している腫瘍は、外科医は悩むところですが、重粒子線は安全に照射出来るのですか」

鎌田「それについては経験を積んでいます。適応



社会医療法人財団石心会
第二川崎幸クリニック院長
関川浩司氏



神奈川県立病院機構
神奈川県立がんセンター病院長
大川伸一氏

にならないケースもありますが、かなり安全に照射することが出来ます」

大川伸一・神奈川県立病院機構神奈川県立がんセンター病院長「切除出来ない局所進行膵臓がんの患者が増えていますが、薬の進歩で1年以上生存する方が増えてきました。医療費を計算してみると、1年で1000万円余りになります。薬だけでなく、入退院を繰り返すためです。85歳の方が数年前に放医研で重粒子線治療を受けました。最初に314万円必要でしたが、今は3カ月に1回のCTと採血だけなので、年間20万円程度でしょう。手術出来ない膵臓がんの治療手段として、特に高齢の人には、体に優しい治療ですので、もっと重粒子線治療をアピールしていく必要があると思います」

平野「私は、がん死ゼロだけでなく、健康長寿社会と言っています。医療経済を考えないと『社会』とは言えません。そして、健康長寿というからには、副作用が軽くQOLが維持される必要があります」

大川「膵臓がんをオプジーボで治療していて、重粒子線治療を行ったら、良い結果が得られたという症例がありました。将来、免疫治療と重粒子線を絡めた臨床試験が出来ればと思いました」

鎌田「オプジーボを個人輸入して使っていた膵臓がんの患者さんが、重粒子線治療を受けに来た

というケースでした。将来的にどうなるか分かりませんが、一つの可能性が示されていると思います」

邱実・QUEST-ETERNAL GROUP会長「上海の病院が200億円くらいで重粒子線の機械を買いましたが、うまく使えず、そのまま置いてあるようです。機械が高額なので、治療費も高額になります。中国の一般庶民は、いつになったら日本のような治療を受けられるのでしょうか」

鎌田「上海の復旦大学ですね。ドイツ製の装置を入れたのですが、企業が製造を止めてしまいましたし、性能も日本の装置に比べると劣ります。日本と同じレベルの重粒子線治療を行うのは、難しいと思います。最近では、中国の各地から、日本製の装置を購入したいという話があるようです」

平野「今でも日本では300万円ほどで治療しています。将来、量子メスが開発され、量産体制に入れば、30万円、あるいは20万円ほどで治療を受けられるようになると思っています」



QUEST-ETERNAL GROUP会長
邱実氏

勉強会&懇親会スナップ

※本文中に記載のある方々のご氏名は敬称略とさせていただきます。ご氏名は写真左側から。



平野、田島、野田、平野、田島保英・量子科学技術研究開発機構理事、野田耕司・放射線医学総合研究所長、鎌田



宮崎瑞穂・前橋赤十字病院名誉院長



川上正壽・練馬光が丘病院病院長、北村唯一・親水クリニック院長、尾尻佳津典・「日本の医療と医薬品等の未来を考える会」代表



植田宏幸・第二川崎幸クリニック事務長、関川、本田宏・NPO法人医療制度研究会副理事長



萩原剛・東芝原子力事業部参事、平野、平田寛・東芝原子力事業部新技術応用プロジェクト部長、伊丹博幸・日立製作所事業部長兼粒子線治療システム本部部長、秋山浩・日立製作所放射線治療システム事業部主管技師



康井制洋・神奈川県立病院機構副理事長、大川、土屋、小林寿光・神奈川県立がんセンター臨床研究所長