

粒子線治療等高度医療に関する調査研究会 会議録

1 日 時 平成29年2月9日（木）午後4時～午後5時30分

2 場 所 山梨県庁本館 特別会議室

3 出席者

・委員

佐藤 弥 （山梨大学医学部教授）
大西 洋 （山梨大学医学部教授）
中澤 良英 （山梨県医師会理事）
寺本 勝寛 （山梨県立中央病院院長）
井出 仁 （山梨県福祉保健部医務課長）
岩佐 景一郎（山梨県福祉保健部健康増進課長）

・講師

野田 耕司（国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
放射線医学総合研究所 所長）

・事務局

福祉保健部医務課 総括課長補佐 下川 和夫
福祉保健部医務課 高度医療企画監 一瀬 富房
福祉保健部医務課 高度医療推進担当 副主幹 久保嶋 昌史
福祉保健部医務課 高度医療推進担当 主任 大瀬 信介
福祉保健部医務課 高度医療推進担当 職員 中澤 聡志

4 会議次第

- (1) 開 会
- (2) 福祉保健部次長あいさつ
- (3) 委員長あいさつ
- (4) 「第五世代量子線がん治療装置の開発について」
講師：国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構
放射線医学総合研究所 所長 野田 耕司 氏
- (5) 意見交換
- (6) 閉会

5 概 要

野田所長

ただ今ご紹介に与りました放医研の野田でございます。今日は第5世代量子線がん治療装置開発プロジェクトということで、今年の4月から企画して、大急ぎで立ち上がっているところでございます。これについてお話したいと思っております。ご存知かもしれませんが、これが放医研の中のHIMACといわれます。これが1994年から炭素線を使ったがん治療を行っている棟でありまして、この地下にHIMACがあります。ここが病院棟でございます。ベッド数は100床でございます。重粒子線がん治療のために作られた病院ではなくて、福島のような原発事故で大量被曝をされた方の対処をするための病院であるということでもあります。あのような事故や事件はなかなか起きるわけではないので、その間他の治療を行っているところが正しい病院の使い方になっているところがございます。

今日のお話ですけど、初めのイントロダクションの後にですね、これまで、我々は1994年から炭素線治療を20数年行ってきたところですけども、その間の技術開発についてお話します。その後、今後の研究開発計画、第5世代ですね、我々は量子メスと呼んでいますけど、それについてお話します。最後にまとめと今後の課題についてお話したいと思います。

ご存知かもしれませんが、粒子線がん治療というのは、ロバート・ウィルソンが1946年に荷電粒子の、物質内でのエネルギーの放出の仕方、ブラッグカーブといいますけど、それを利用してがん治療ができるんじゃないかという提案を受けたのが最初になっています。ロバート・ウィルソンは、元々は原子核の物理学者なんですけど、戦中、マンハッタン計画に携わったということもあり、戦後は、原子核物理の研究はやめて、がん治療用の加速器の建設を行いました。戦中は、マンハッタン計画で、不幸にも広島、長崎に原爆が落とされて、大量に死者が出たということもあって、戦後は人を救うための仕事をしたいということで、自分の研究をなげうって治療のための装置開発を行ったという人でございます。粒子線がん治療の物理的な特長なのですが、高速の荷電粒子線を体内に入れますと、ブラッグカーブ、ピークというのがあります。止まるところで非常に大きなエネルギーを発生する。これが中性子線、エックス線と違うところがございます。中性子線、エックス線というのはエネルギーを放出するのは一番表面、つまり、人間の体でいうと皮膚表面が一番多くて、深くなると、どんどん少なくなっていくものがございます。それとは逆に、荷電粒子線は止まるところで、エネルギーを大きく放出する、つまり、

進行方向の線量集中性が非常に高いということであり、さらに、横方向におきましても、エックス線と比べて、あるいはプロトンと比べて、赤いのはカーボンですけれども、重くなると散乱の影響が小さくなりますので、横方向にも線量集中性が高いということになります。合わせまして、三次元的に非常に高い線量集中性があるというのが、大きな物理学的特長でございます。さらに、粒子線の生物学的効果、特に重粒子線におきましては、非常に高い生物学的効果が期待されているところでございます。このグラフの横軸にはLETといたしまして、単位長さあたりに放出するエネルギーの量を書いております。1 μ あたり、何KeVのエネルギーを放出したかというのを書いております。縦軸は、緑の線がRBE、相対的な、生物学的な効果を表しまして、OERは酸素増感比を表しております。水素の場合ですと、深いところ、ブラッグピークのところでも、平均して1.1で、つまり、エックス線の1.1倍の強さがあるということになります。カーボンになりますと、表面のところ、エックス線の1.4から1.5倍、深いところで、3倍近くの効果があると。重くなればなるほどいいかということそうでもありませんで、オーバーキルの問題ですとかありますので、大体、カーボンとか酸素がいいところにあるだろうといわれています。一方で、OER、酸素の濃度が高いところには、非常に放射線の感受性が高いというのがあるんですけど、重いイオンになりますと化学的な効果というよりは直接、物理的にDNAを破壊するというので、だんだんOERが下がってきまして、酸素濃度の状態によらないがん細胞の殺傷が可能になってきます。こういうことを加味しまして、生物学的線量分布を各イオンで書きますと、例えば、カーボンでは290 μ ぐらいの体内の深さで想定して計算しますと、要するに、正常組織とがん組織での生物学的線量分布の比、コントラストが、いかに大きいか、大きな粒子ほど効果が高いということがいえますので、こういった観点で見ますと、カーボンあたり、あるいは酸素あたりがちょうどいいところになっているといえるわけでございます。これらが生物学的効果でございます。

ここで、HIMACの運営についてお話しますと、HIMACは1984年から始まりまして、対がん10ヵ年計画、1981年に日本人の死因第1位にがんがおどり出たということもありまして、国の方でなんとかしないといけないということで、1984年から対がん10ヵ年計画が始まったわけですけども、それに対して、10年計画で作られたものでございます。大きさが120m弱、70m弱で、面積として、サッカー場ぐらいの大きさであります。建設費が326億円ということでありまして、1994年から治療を始めまして、2003年の11月ですかね、高度先進医療、今でいうと先進医療に認められま

したので、赤いところが患者数でございまして、患者さんからお金がもらえる、医療の一つに加えることができたという状態になっています。大体、今年の夏ぐらいで累計1万人の治療が終わったところでありまして。一番大きいところで、1年間に1000人ぐらいの治療を行っています。1日に大体、100ショット行っています。部位としましては、消化器系のがん、血液のがん、全身に広がったがん以外は、大体カバーしているということになります。治療は、火曜日から金曜日の昼間、治療専用でやります。国内、海外の共同利用研究、国内外の研究者が集まって、物理研究室とか生物研究室で、実験をするわけですが、これが大体、月曜日から土曜日の夜間、日曜日の朝までやります。結果、月曜日から日曜日の朝まで24時間動いているという状態です。稼働率としては、30分以上止まっている故障率が0.5パーセントということで、この種の装置としては非常に安定な稼働を続けているところがございます。私は、お医者さんではないのですが、臨床研究成果として得られたのは、小分割の短期治療が可能になっているという例でございます。これは、非小細胞肺癌の4門1回照射、要するに、患者さんがこういう状態で、こちら側とこちら側、または逆の方向に寝かせまして、こちら側とこちら側、最初は2時間かかったんですけども、1日で終わってしまう照射でございます。肝臓がんは2回で終わります。前立腺は12回ですけども、他の陽子線と比べると、はるかに短期照射が可能になっております。これも生物効果が高いためだろうと思っております。もう一つは、放射線抵抗性、従来のエックス線などの抵抗性の腫瘍に対しての効果が大きかったということでございます。これは骨盤のがんなんかと思うんですけど、15歳の少年だったんですけども、手術ができなかったんだと思うんですけども、そういう例を重粒子線で治療しますと、なくなると同時に加骨化といまして、新しい組織ができて、ちょっと皮膚のダメージが残ってはいまですけども、普通に歩いたり、飛んだりすることができます。彼は今35歳ぐらいですが、先年結婚されたということで、小学校の先生をしています。こういう骨肉腫のがんは若い人に発現することが多いので、大変有望な治療だということで、昨年4月から保険収載されたところがございます。まとめますと、初期の肺がんのような1回4門照射とか肝臓がんの2回照射というような短期照射が可能になってきます。放射線抵抗性の腫瘍に対する効果的治療が可能になったというのが、我々の臨床試験で得られた知見であるとまとめることができると思います。

これまでの粒子線治療はこういう結果が得られるまでにかかなり開発してきたんですけど、それについて簡単にお話します。HIMACは、ここの長さが120m弱、こちらが60数m、高さというか深さが20mぐらいあります。イ

オン種は、設計当初はヘリウムからアルゴン、ハイ L E T の粒子を供給するというのでこうなったんですけど、実際に動かしてみると、共同研究、物理研究、生物研究の要請で、今ではプロトンからキセノンまで非常に重いところまで供給することができます。特に鉄の供給においては、アメリカの N A S A から、毎年実験に来ているところがございます。飛程としましては、体内の飛程が 30 センチなので、これに対応するシリコンイオンのエネルギーが各射あたり 800 MeV ということで、これが最大エネルギーになっております。最大照射は $22\text{ cm}\Phi$ と書いていますけど、これはマルチリフで切った 15 cm 角というのがマルチリフが回ることで 22 cm 対応できるという風になっています。最大線量率は 1 分間に 5 Gy Eq ということで。治療室は A、B、C の 3 室で、A 室は垂直ポート、B 室は垂直と水平の 2 ポート、C 室は水平ポート、つまり 3 室と 4 ポートで治療をしているということになります。どうやって治療するかということで、施設の概略をご説明いたします。これは 10 GHz の ECR イオン源といたしまして、普通のイオン源と違ってフィラメントがないと。イオン源は電球に例えられるんですけど、昔の白色電球はフィラメントがあっては時々切れている。治療中に切れられるとあまり洒落にもなりませんので、これはマイクロ波でイオンを作ると。重イオンに向いているイオン源です。マイクロ波といっても馴染みがないわけではなくて、我々のところでは電子レンジです。電子レンジと同じ原理で発生したマイクロ波で、家庭の電子レンジは周波数が 2.45 GHz ですが、これは 10 GHz です。パワーは大体 1 KW なので同じようなものです。これが常時スタンバイしてまして、炭素線治療専用にあります。他にもイオン源はあるんですけども。実際 10 年以上、電源は別ですけど、イオン源本体はメンテナンスフリーだったんですけど、10 年間ぐらいするとどこかで水漏れをして修理をしたということはあるんですけど、逆に言いますと、10 年間ぐらいは全然大丈夫ということでございます。これで作られたカーボン 2 プラスが次の線型加速器で加速されるわけですけどもこれは RFQ 型の線型加速器といたしまして、各射あたり 8 KeV から 800 KeV、だから 100 倍に加速するわけです。ところが線形加速器というのはだんだんエネルギーが上がるにつれて、どんどん長くなるので、次の加速器、これが 8 m 弱あるんですけど、これが 20 数 m あるわけですけど、これが 0.8 MeV から 6 ミリオンですので、8 倍ぐらいしか加速しない。こっちが 100 倍でこっちが 8 倍ぐらいの加速をする。これは非常に大きなもので、直径が 3 m 近くありまして、長さが 23 m あります。ここままで光の速度の 11 パーセントまで加速します。イオン源からいうと 40 m ぐらいあります。その後、シンクロトロン、主加速器に入れますが、ここで大体 100 万回ぐらい回しますと所定の

430ミリオンぐらいのエネルギーになりまして、その後ビームをビーム輸送系でゆっくり持ってくると。これは横から撃っていると思うんですけど、照射して治療しているということになります。これが大体治療の概略になります。この辺が先ほどいいました、夜間実験する物理研究実験室でありまして、ここが生物実験室になっております。こういうものを受けまして、我々は新治療研究棟というものを作りました。これは何かといいますと、今までは、ブロードビームといって、ビームを広げていいところだけ取って治療する方法だったんですけど、今度は、昔のテレビと同じようにがんを塗りつぶす、お絵かきをして塗りつぶすようにしてやる方法。精度がいいのでそちらを研究するというところで、そのための臨床をやるということで、新しい研究棟を建てました。この研究棟は2つの固定ビームポート、水平と垂直を備えた固定ビームポートの2室と回転ガントリーの1室となっております。固定ポートは水平と垂直から来るわけですけど、ここにスキャニングマグネットがあつて、これでビームをスキャンすると。これはモニターになっております。ここでビーム照射方法をご紹介します。1994年から今まで使ってきた拡大ビーム照射法、ワブラーやリッジフィルターを使った方法であります。これはビームが来ると、ここでぐるぐると振って、スキャッターでビームを散乱させて広げて、コリメーターでということです。深さ方向には、リッジフィルターでブラッグピークを広げまして、それをボラスとコリメーターで形に合わせるという方法をやります。先ほども申し上げたように、いい点はですね、線量分布をこの辺で一点測っていますと、あとはコリメーターで切りますから、かなり正確に線量がわかるということで、線量管理が非常に楽だということになります。もう一つはですね、加速器の性能が悪くなくてふらふらしていても、どうせ散乱させますので、加速器の性能があまり良くなくてもさっさと治療ができるということになります。我々、HIMACの場合でも、この方法を取ったので、建設終了、試験が始まったのは1993年の11月ですけども、その半年後にはもう治療が始められたということがありまして、そういう意味では非常に簡便な方法であります。ただですね、切るということで、どれぐらい切るかということ、8割とか9割を切ってしまう。使っているのは10パーセント、20パーセントなので、その後ですね、当たったところから余計な中性子が出るとかエックス線が出るとかということがありまして、特に小児がんの治療には向いていません。二次中性子による二次発がんというのが懸念されませんので向いておりません。一方、スキャニングというのはこういうのがありませんので、エネルギーを変えながら塗っていくだけなので、余計な中性子を発生しないし、そのままがんを塗りつぶすので、原体照射が可能であるということで、非常に注目される方法でござ

います。一方で我々はエネルギーの可変化というのをやっております、これは、高速にスライスを移動させるなどビームサイズの増大を抑制させるなど、二次中性子の抑制で小児がんの適応ということがあります。スキャニングでも、加速器でエネルギーを変えられることができるようになると非常に有望になります。これは、我々が最初というわけではなくて、最初に始めたのはドイツのG S Iというところで、ハイデルベルクに実証機がありますけども、そういうやり方です。最初のここでビームを入れて加速して、ここで取り出して高いエネルギーのビームを供給する。次のサイクルでは少し低くして、さらにどんどん低くしてこうやっていくというやり方をしていました。我々は少し違いました、一旦全治療分、一回の照射分カーボンを入れまして、加速して、好きなところでビームを出したり、あるいは止めたり、色々なことをしたり、このサイクルでなくこうやります。これを多段エネルギー法と私たちは呼んでいますけど、何が違うかという、この方法ですと、加速する、減速する間はビームが出ない。そうすると、使っている時間の最大でも50パーセントぐらいしか使わないということになります。そうすると、例えば、呼吸同期なんかだと、10分かかる照射が6分ぐらいで終わる、早い治療が可能になるということがあります。これが3mmステップで変わっていくんですけども、こういうあれでエネルギーが段々変わるというのはシンクロトロンでは考えられなかった照射方法になってございます。今ですね、放医研の方では201段のエネルギーステップ、山形だと600段のエネルギーステップでやることになっていまして、山形の600段はすでに試験が終わっているところでございます。山形大学で終わっているわけではなく、我々のところで終わっているということです。これが新治療研究棟の治療の様子でございます。患者さんがここに乗っていると、自動的にエックス線の透視装置が降りてきまして、透視画像を撮って、あらかじめ撮っておいたリファレンス画像とどう違うかと自動的に計算しまして、ロボットコーチをそれに合わせていくということをやっております。それと、先ほどいいました、ボーラスやコリメーターのようなツールがいりませんので、セットアップもいりません。そういうことを考えますと、従来型のH I M A Cでは患者さんが治療室に入ってから出るまで、20分から25分だったのが、今は平均で13分、前立腺なんかは10分切る、8分とか9分とかいいますけども、それができるようになっております。これが実際にスキャニングをやっている、モニターからの出力でございまして、ばーっとしているように見えますけど、一点一点全部管理しております、ビームのサイズ、ビームの強度を含めて管理しております。ここに出ているのがある一面での粒子の分布を出しているところでございます。これは呼吸同期スキャニングの付近で、こ

のオレンジのところ、腫瘍がここに来たときだけ撃つということになっています。大体30パーセントから40パーセントの割合でここに入ってきます。出たら止めると。全体が出たら止めます。入ったら撃つというようなことをやっています。今まではですね、肺がんなら肺がんの肺のところ、ターゲットのところに赤外線センサーをつけて、呼吸での外表面の動きを見て照射していたんですけど、実際の臓器を見るというのが肝心だろうと、違うこともある、あるいは、患者さんがリラックスしてくると筋肉が緩むせいとか、外部のセンサーの信号がどんどん下がっていくということがありまして、こういうことが必要になるということで、数年かけて開発したものでございます。

次に、重イオンの回転ガントリーですけども、先ほどからご紹介しました、肺がんの1回治療の絵を、我々物理の人はですね、炭素線というのは重イオンで線量分布がいいので、ガントリーはいらないのではないかと考えていました。うちのお医者さんも遠慮深いのであまり強くも言わなかったんですが、2000年、21世紀の初め頃というんですかね、こういう絵を見せられまして、これで2時間この体勢をとるというので、これはあまりじゃないかなと反省しまして、患者さんは普通の位置にいて、色々な方向から撃つ回転ガントリーが必要なんじゃないか、という風になりました。ただ、回転ガントリーは非常に大きなもので、陽子線でも10m×10mぐらいの大きさと、重さが100数十トンあるんですけども、炭素線は陽子線に比べて3倍曲がりにくいということがあります。ドイツで最初に作られたんですけど、ここが18mぐらい、長さが25mで、重さが650トン。我々は、ちょっと工夫しまして、直径15mぐらいの球体にして、重さが450トンでこういうものができれば患者の負担が軽減するし、患者さんを傾けることで臓器の移動があるので、治療計画が面倒ということもなくなります。あるいは、三次元スキヤニングと回転ガントリーを組み合わせることで、濃淡のある分布を、色々な方向で撃つことで、最終的に重要臓器を避けながら線量集中性を高めることができ、治療期間の短縮化につながるのではないかとということで、国に建設をネゴシエーションしたんですけど、当時の文部科学省の人が言うには、だめですと。何でだめかという、どうせ二番煎じじゃないですかと。はあ。あなたたち軽いというけど、450トンは普通の人には軽いと言わない。顔洗って出直してこいと言われてました。顔洗ってどうしようかなと思ったところで、超伝導の業界の人がやってきました。見学に来たんですよね。HIMACの見学に来て、ものすごく大きな装置にびっくりして、これだったら磁石を小さくしないといけないから、我々の、超伝導業界の、超伝導の技術を使うべきだということで、ちょうどガントリーで困っていたので、これでできるかどうかということをして1、2年議論しま

して、いけるんじゃないかということで、それで国に要求して、それならばということでお金がついたということになりますけど、3年ぐらいかかって作りまして、1年半ぐらい前から、これをやっております。この青いのが超伝導盤、磁石になります。これはですね、我々が一番最初にトライしたわけではなくて世界的には、フランスのサクレという、日本でいうと原研みたいなところなんですけど、そこが最終段階だけ超伝導にして、ガントリーをやろうとしてたんですけど、動かした瞬間にクエンチというか、超伝導状態が崩れるというようなことが。我々のときは何で起きないかという、巻き方が非常に上手。上手なのはこの会社の人たちなんですけど。何で上手かといいますと、この前、CERNでヒッグス粒子を見つけたとノーベル賞取りましたよね。検出器というのは超伝導のソレノイドなんですけど、それを開発するのにこの会社は20年ぐらい前からずっと巻き方の研究をしてきて、熟練しているということです。さらにそれより難しいんですよ。超伝導子は真っ直ぐじゃなくて曲がっているんで、0.1mmの精度ぐらいで巻いていくというのはかなりの職人芸です。この会社の人と言うには、超伝導磁石コイルを巻ける人は何人かいるんですけど、これができる人は1人しかいない。1人しかいないということは、こうやって巻きなさいよ、というマニュアルみたいなものは共通でみんな習得しているはずなんですけど、それを超える職人芸がいるらしくて巻けません。そうになると、他社も、普通は自分のところでもできるというんですけど、これに対しては言わない。売ってほしいと言う。今、独壇場になっているところですけども。この技術がありまして、これは完成したということになります。今は薬器承認の申請中なので、薬器承認が下りれば、来年度早々、4月か5月からは治療ができます。これが治療室の写真でありまして、これはロボット治療台。これは固定室の問題ですけど、ここからビームが出て、これでぐるぐるぐる回るということになっております。ただ、これが臨床にてきぱき使えるようになるまでは、何年もかかると思っております。

次にですね、今後の研究開発ですけども、これまではHIMACを作りました。これの知見をもとに、標準バージョン、小型化バージョンというので、群馬大学にカーボン専用の実証機を作りました。そして、ほぼ同じ時期、研究を始めたのは2004年、2005年で、群馬大学の建設は2006年度から始まって、2010年3月、2009年度の終わりから治療を始めたんですけども、それと時を同じくしまして、放医研では新治療研究棟のスキヤニングの研究を行っていたところなんです。今はですね、これを合わせたスタンダードバージョンということで、例えば神奈川県立がんセンターの重粒子線装置というのはオールスキヤニングですし、佐賀もですね、3室あるうちの2室は拡大ビーム

照射法なんですけども、1室はスキヤニングで今も建設中です。そろそろできあがる。山形あたりもスキヤニングが主になるんですけども、そういうことで、発展型のスタンダードバージョンというのを建設しているところのございですが、さらに放医研は、研究所なので、次をいかないといけないということになります。次に行くモチベーションになったのが、切除不能の、手術ができない膵がんの炭素線治療ということで、GEMと併用しているわけですけど、このように2年生存率で5割ぐらいとかなりいい成績を収めているんですけど、これで満足することなくもうちょっと上げていかないといけない。ぱっと気づくのがですね、線量が55 Gyぐらいで、すい臓がんみたいな抵抗線のがんにしては低いんじゃないかなと。前立腺でも65 Gyぐらい入れますので。ということ、お医者さんに聞いたんですよ。もうちょっと上げたら良くなるんじゃないですかと聞いたら、これ以上上げると周辺の重要臓器に障害が出る恐れがあるから上げられないと、というのが答えでした。僕はお医者さんじゃないのでよくわかりませんが、こういう絵を見ると、がんの治療前、治療後、だんだんよくなっていることが見えてくるんですけども。聞いたら周りに非常に重要な臓器があって、ここを狙いすましてやらないとうまくいかない、ということだそうです。それでですね、我々、物理サイドからできることはないかと考えてみました。これはターゲットのボリュームなんですけども、クリアランス、余裕を持ったものなんですけども。今どうやっているかということ、こっち方向から撃って、これがLETの分布ですが、止まるところで当然LETは上がる、つまり、LETが上がるとRBEも上がれば、RBEの分だけ粒子数を少なくして、線量を一定にしているんですけど、OERの観点からいうと、威力は強くなる。がん細胞だけに当たっていればいいんですけど、がん細胞が侵入していることもあって、大きめにやって当てることもあるし、患者さんの状態によってはもうちょっと深く当てることもあるので、境界あたりでOERも含めた生物学的効果が高いというのは、ひょっとしたらまずいことなのかもしれない。今、対向二門でこうやって、線量分布は一定だけど、境界部分が非常に。これだと、ちょっとまずいかなということがあります。プロトンで経験のある先生とかエックス線の先生というのはここに余裕があっても穴が開くみたいな話はあまりないとおっしゃっていたので、うちの若い物理屋さんがちらっと計算して、こうしたらどうですかと、真ん中で止めましょうと。反対側から真ん中でやると線量分布は一定になって、真ん中が生物学的効果が高い。これだったら、端はそんなに高くないから線量は一定だけど、OERも含めた生物学的効果が高くないから、障害も少ないかもしれません。ということで、これは対向二門なので、こうできるんですけど、ガントリーを使って色々な方向からやると、一

一般解ではない。一般解というのは、方向によって、あるいは止まる場所によって粒子を変えるというのが一番簡単にできる。これは線量分布も一定になって、RBE、生物学的効果も一定になっているということですが、一定になっているのも、1.1から2.4まで色々な方向に自在に変えられます。という治療計画の発展版というのを勘定して、今、論文が通ったところですが、つまり、ヘリウムとか酸素とかカーボンとか窒素とかを混ぜて使って、色々な方向から、それで強度を変えてやることで、RBEを変えることもできるということが計算上は証明されている。これを実際にやったらどうかというのが、我々が言うマルチオン照射ということになります。

もう一つがですね、今日の話の第5世代の量子線がん治療装置ですね。マルチオンで治療効果をあげると同時に、大きくて高いと普及しない。装置代が高い、維持費が高いとですね、一人当たりの治療費が高くなるので、こんなものは、ばんばんできやしない、小さくして安くしないといけないという話で、これは今言っている話ではなくて、十年以上前からHIMACの326億円から大きき3分の1、値段3分の1にしなさいよということで、群馬の例がありますけど、HIMACの延べ床面積21000㎡、群馬が6800㎡で大体大ききが3分の1ぐらいです。お値段がですね、土地代はありませんが、建設費入れて125億円ぐらいなので3分の1弱ぐらいまでになっております。さらに簡便にできないかということでは言われているのは、超伝導ガントリーと固定ポートですね。ハイリスクの前立腺の患者さんというのは多いですけども、対向二門ですので、ガントリーがいらず、固定ポート、水平一門あれば、大体揃っているんで、数が多くて、単純な照射はここでやりましょう。難しい照射、色々な角度から撃たなければいけない治療はガントリーでやりましょうということで、水平とガントリー、超伝導ガントリーですけども、加速器は群馬、佐賀、神奈川と同じものを使いましょうというバージョン、これはサードジェネレーションと書いていますけども、これの配置を変形したものが山形大学です。私の適当な計算によると、1年240日稼動すれば1000人ぐらいが治療できる。さらに、シンクロトロンを超伝導化して小さくすると、3分の1じゃなくて、HIMACの6分の1ぐらいになりますね。さらに、超伝導シンクロトロンを小さくして、ガントリーを小さくするとひょっとしたら、10m×20mに入るんじゃないかということになります。これは、サッカー場からバレーボールコートぐらいの大きさにするということになります。超伝導シンクロトロンをもうちょっと磁場を上げて第4世代よりも小さくするんですけど、一番は入射器が超伝導化というわけにはいかないんで、小さくならないということで、パワーレーザーでイオンを出すという入射器を開発して、それを使うと大

体この大きさにいくかもなというところで、変わらないかもしれないですが、これを目標にしました。これを我々は第5世代の量子線がん治療装置と呼んでいます。こういうものを使うと、生物学的効果を一層上げたマルチイオン照射を可能にした量子メス、小型化したことも含めて、量子メスというものを使うと固形がんの大体は取れちゃう、殺すことができます。がんが見つかったとき、さらに転移しているがんがあるとき、あるいは治療中に転移したものに対しては、我々、放医研では標的アイソトープ治療でもって、お薬にアルファ線を出すR Iをラベリングしまして、それでやっつけると。ハイLETの治療になりますけど、それでやっつけるというのを我々のスキームにしておりますが、他にはですね、分子標的剤とか標的治療とかありますし、最近、話題のオプジーボのような免疫制御の治療が可能になってくる。特に我々、原研の一部と放医研と一緒に量研機構になったときに新しい理事長が来たのですが、新しい理事長は免疫の先生なものですから、外科と放射線治療はよく似ていると、がんをぐるっと取り除くという意味で似ているんですけども、免疫学的にいうと違うというのは何が違うかという、外科は取り除いて外にぽいしますが、あるのでそこに、抗原になり得る。抗原になると免疫の温存、あるいは活性化するんじゃないかと。その役割がちょっと足りない人にオプジーボみたいなものをちょっとやってやると効くんじゃないかと。まだ何のエビデンスもありませんけども。そういうことがあるかもしれない。現に、がんの種類、あるいは人によっては、転移しているというか、よそにあるがんもここに照射することでここが消える例があるらしいです。粒子線だけじゃないかもしれないけど、そういうものもありますし、エックス線と比べて炭素線を入れると免疫機能を高めるような物質が出てくるだとか、そういう実験結果もあって、これをうまくやるとがん死ゼロも夢じゃなからうと、夢かもしれないですけど、こういうのを目指したらどうだろうと、いうのが我々の提案になっています。この量子メス医療が可能になると、がんになったからといって、やめなくてもいいし、働きながら、歯医者さんに行くような感覚でできるようになるし、一回で終わりますので、年間で治療できる患者さんの数が、患者さんがいないといけませんけど、増えますので、一人当たりの治療費の抑制ができるんじゃないかと。結果、健康長寿社会への貢献というのができるんじゃないかというのが我々の第5世代量子メスの提案でございます。これに向かってやっていくわけですけど、量子メスの開発を目指して何をやるかという、ソフトウェア的にはマルチイオンの生物学的効果、今、カーボン患者さんに当てて、何とかがんのどこの細胞がどれだけ死ぬだとか、例えば、目だと、視神経に60グレア以上当たると失明してしまうだとか、色々な知見が得られているんですけど、他のイオンに

については、細胞実験をやっているイオンもあるんですけども、実際の組織に当ててやっているということはないので、そういう生物学、医学的研究をやらなければならない。RBEペインティングをするために、どこにどれだけ強く入れないといけないか、例えば、酸素濃度が高いほど敏感である、低いほど感受性が弱いというのは炭素線でも全く無視してやれるわけではなくて、そういう傾向は残る。ということは、どこが酸素濃度が高くて、どこが低いかみたいなものを、ちゃんと診断して、そこに一杯当てましょうということをやらないといけない。それに関連した治療計画の開発がいる。ハードウェア的には超伝導技術によって超伝導シンクロトロンを開発しないといけないし、レーザー入射器によって、8 MeVだとか、もっと低くてもいいですけど、10の10乗個ぐらい出さないといけない入射器を開発しないといけないということになります。これは、そんなに簡単ではございません。これは、これに比べたらちょっと簡単ですけど、そういうハードルを乗り越えていかないといけないということでございます。これが、非常に大雑把に書いたタイムスケジュールで、28年度から我々、量研機構になったわけでございます、28、29、30、この年で中間評価がありまして、これが最終年度、1、2、3、4、5、6、7年目で今の中期計画が終わるところで、ここまでで、超伝導加速器の第4世代の製造試験というのをやっていく。マルチイオンビームというのは、生物研究や照射装置の設計など色々ありますけど、さらに2年足して9年ぐらいまでに。第5世代、レーザーが一番ですけど、レーザー入射器は10年仕事になりますので、それぐらいのタイムスパンでやる。トータルで試作機ができるのが10年目、11年目ぐらいと予想しています。うちの理事長の任期がここまでしかないので、なんとかここまでやれといわれていますけど、予算との関係もありますけども、大体技術的にはそんなに簡単ではないだろうといわれています。

もう一つが薬器承認、国の制度とのあれになるわけです。たらたらと厚労省に文句を言っているわけです。言っているだけなんです。今でも薬器承認申請には、億単位のお金と年単位の時間を要して、それを製造販売する会社のものすごい負荷になります。結果、それをコストに乗せますから、お客さんというか、それを使う人にも普及という面で妨げになるということになります。薬器上の品目としては加速器も何もかも入れて、一つの装置として言われるので、例えば、ここに新しい一室をつけてもやり直しみたいな話になるので、非常に困るだということがあります。色々あるんですけども、解決策というのは厚生労働省様に、こういうことが特例でできませんかというお願いのようなものですね。我々みたいな研究開発拠点で開発された機器をその拠点において臨床を要する場合に限り、薬器対象範囲を、患者の安全に直接関係する部分、治療室

ですね、この辺のところ限定してほしいと。例として、薬器承認機器の追加導入、要するに中を変えたら強度が上がった、ここを変えたら質が上がったみたいな改良開発については、安全を担保できれば、改良機器で治療ができる、つまり承認が降りるまで休んでなさいといわれると非常に辛い、という意味でございます。もう一つは、何社かがマルチベンダーで作っちゃうと、わけのわからない薬器承認になっている。今、三菱電機の機械に対しては三菱電機が薬器承認を受けて三菱電機の製品として売ると。だから、お薬と同じで、どこかの会社を作って、販売することを認める代わりにちゃんと安全を担保するという事で、厚生労働省の、PMDAの承認を受けなさいということだと思んですけども、そういうことがいえるんですが、マルチベンダーでも、例えば、放医研がこういう、こうこうで臨床的に安全ですよとか、機械は安全ですよということになれば、この研究開発拠点では使ってもいいという風に言ってくれませんかというお願いですね。最後に、先進医療Bで保険収載された未承認機器の保険診療を可能とするというお願いをすることによって、イノベーションの促進、実用化促進と普及というのがありますし、医療機器の国際競争力強化に資するのではないかというお願いをしていこうかなと思っているところでございます。以上でございます。ちょっと長くなりましたけど。

佐藤委員長

野田先生ありがとうございました。結構難しい。頭の中が今、ごちゃごちゃしていますけど、すいません。質問といっても大西先生ぐらいですかね。まず最初に。

大西委員

確かに、放射線治療に特化した部分を少し言われていたので、他のメンバーの先生方にちょっとゆっくり説明しないとわかりにくいところが、用語の説明とかですね、それがなかなかわかりにくかったかもしれないんですけども。要は、線量集中性がより高い装置をより小型化して臨床を並行して進めて、厚生労働省の承認もそれにつけてということで、様々な課題がいくつかあると思うんですけど、原理的にエックス線と比べて、間違いなくいいことは、生物的にも物理的にも明らかなんです。あとは、ある意味、厚生労働省がいうようなエックス線と粒子線の比較試験をやってエビデンスを出せという部分もあるんですけど、それも必要ない、要するに、圧倒的な差があるものをあえて比較する必要は恐らくない、というのが臨床試験の考え方であるので、そういうところもありますから、いいものはいいので、あとは価格、コストですね、コストと、

スペースの問題と、これが、保険診療、オブジーボの問題もそうですけど、高額医療の一部になっていきかねないので、これを保険診療でどこまでやっていくのか、国の政策にも影響すると思いますし、様々な課題が含まれた、良い治療であるんですけど、これを今後検討して、どう導入していくかというのを考えていくのは、多くの視点がありますので。

質問としては、ぜひ野田先生にお伺いしたいのは、技術的にはある程度タイムスケジュールに沿ってできるだろうというような想定といますか、ある程度余裕を持ったスケジュールなのか、まだ夢の部分が多少盛り込まれているのか。

野田所長

一番難しいのは、レーザー加速器。レーザー加速器は何もできていないわけではなくて、十年以上前から、関西原研が取り組んでまして、私なんかも関わってきたんですけど、プロトンですと、非常に高いエネルギーの、例えば、100ミリオンぐらい出ますけど、何が困るかという、エネルギーが上がってくると、個数が減ると。再現性がない、ばらつく。ビームが出るまで、長時間を要する。何でかといいますと、レーザーの調整をするのにもすごい時間がかかる。レーザーの調整を始めますと、鏡で持っていくんですけど、レーザーがハイパーになればなるほど、熱くなるので、歪むんですね。そういう、実験室レベルでは、高エネルギーのイオンが発生するのはわかっているんですけど、それをいかに実用化するというのは、なかなか大変だということでもあります。それで、いきなり入射器そのもの、各射あたり8ミリオンみたいな炭素線だとか酸素線だとかを出すことをレーザー屋さんに言うと、これで治療器として使えますよみたいな話しをすると、戦意を喪失しますので、入射器というのは何段階かに分かれまして、一番低い、例えば、0.6ミリオンでいいからやってみてみたいな話から始めていくので、最終的に第5世代のような話になるのは、今のところ自信があっているわけでございます。一方で、超伝導化の方は、今、超伝導ガントリーを作って、ビームを輸送するだけなので、そんなに磁場分布の均整、空間分布の良さというのは、そんなに求められなかったんですけど、やってみると意外と良かったんですね。これだと、シンクロトロンでももうちょっと頑張れば、いけるかもしれないということで、これはですね、モデルマグネットを作って、ちょっと工夫をすればいけるだろうとは思っています。そうすると、第4世代まではかなり近いんですけど、第5世代はちょっと良くわからない。

大西委員

コストはいかがですか。もちろん汎用機になるかどうかにもよりますが、最初の、例えば、326億が125億まで、3分の1に第3世代で下がったということですけど。

野田所長

超伝導シンクロトロンは今の佐賀だとか、そういうところのシンクロトロンに比べて、最初の1号機は高くなります。あまりペラペラ喋ると、メーカーの人に怒られるんですけど、今ですね、佐賀あたりは、シンクロトロンそのものは、多分20億円しないです。30億円ぐらいになります。入射器はですね、レーザーなんていらなくて普通のでいいよとなると10億円しませんから、合わせて40億円、ガントリーが30億円、70億円です。それで、建屋を入れると100億円ぐらいかなという感じではあります、ただ、他に治療計画ですとか、医療情報ですとか、ソフト面を入れると、もうちょっとプラスアルファがあるということで、びっくりするほど安くはなりません。一番あれなのはですね、私、大昔、PET用のサイクロトロン、診断システムをやっていましたけど、当時はですね、相当前ですけど、秋田県立脳血管研究センターに入れたんですけど、サイクロトロンと合成装置入れて3億円で、製造原価が2点何億円で、3億円で売っていて、結構いい商売になったんですけど。住友重金というかライバルと叩きあいになってやるんですけど、一番の叩きあいは外国メーカーが入ってきまして、結局最終的にいくらになったかというのと、大体3億円の6割方、2億円しない。サイクロトロンなんか1億円で、諸々入れて1.5億円。機能も色々上がったんですけど、製造原価はそこまで、要するに、何台も同じものを作り出すと、究極的には6割ぐらい。先生方をご存知だと思うんですけど、神奈川がいくらで入れたかとか、佐賀がいくらで入れたかというのはご存知だと思うんですけど、あれはかなり競争、戦略的にやっているの、ダンピングされているんですが、大体ですね、彼らが外国に出すときいくらで出すのか。150億円とか160億円。ばかたれとか色々なこと言って、100億円です。その6掛けというのが60億円。それまでは、多分。同じものを作っていくと、それぐらいまでいくと。うん、とは言いませんよ。野田さんがそう言っていたよといってもそんなことはないと言われるんですけども。

大西委員

第4世代や第5世代を色々な企業が競争するぐらいに開発していくことになっていくんでしょうかね。最後、値段交渉になっていくぐらいまで。

野田所長

僕自身の個人的な考えでは、わが国には、プロトン、粒子線のメーカーは4社あるんですよ。住重、東芝、日立、三菱電機。今、撤退しましたけど、ヨーロッパではどれだけあったかという、IBAとシーメンスです。アメリカにあったのはバリアン。アメリカだけで、バリアン。この狭い日本で4社もあって、それで競争しているのは、多分もたないんだと思います。バリアンとかIBAというのは結構安いですから、国内の競争より海外と競争するために日本は1社にしないとまずいと思う。そのときに、小型にするだとかそういうのは非常に競争力を高めるということになります。

中澤委員

よろしいですか。小型化でしかもコストが安くなって、いわゆるイニシャルコスト、初期投資で建設はいいんですけど、非常に安定的だし、持つものだと先ほど先生がおっしゃったんですけど、いわゆる耐用年数とかランニングコストはどうなんでしょう。

野田所長

放医研のHIMACは1994年から動かし始めて20数年経ちますが、定期的に色々な部品を交換していますので、非常に安定、新品同様といったらいいすぎですけども、そういうことになっています。ああいう大型の加速器は外国では40年50年使うのはそんなに珍しくないです。換えていかなければならないのは治療室の中ですね。例えば、先ほど言いました、昔は患者一名治療するのに、II管というImage intensifierという、このエックス線が当たると一杯電子を出すような薬を塗ったようなもので光を差して画像としてたんですけど、これだと薬が切れると段々ぼけてくるわけですね。今、フラットパネルディスプレイですから、いつまで経っても。これはもう変えていっているわけですし、もうちょっとすると、透視画像を見ながら照射するという方法が入ってくるでしょうし、位置決めだって、最初の頃は技師さんが画像を見ながら自分の手で合わせていたのが、今は自動になっているとか、そういう治療室の中では色々発展していく可能性があるんですけど、加速器そのものは今のやり方で、大体いくと思われているような気がします。

ランニングコストに関しては、放医研は実験もやるので非常に高いんですけど、群馬の場合ですと、銀行からお金を借りて作っているわけじゃないんですけど、600人治療すると、とんとんだと言っていました。神奈川は、800

人と言っていました。300万の800人とか600人ですから、20数億円あるといいんじゃないのという話だと聞きました。HIMACが治療を始めるときに、うちの一番偉い先生がこれで800人治療すると文科省、当時の科技厅に宣言して、みんなばかやろうと思ったんだけど、実際になるようになりまして、そんなに800人というのは、今、忙しくなくなっちゃったですね。自動位置決めとかやると倍ぐるぐる回りますから。そういうソフト的な進歩というのがここ10年あって、稼働率、回転率も上がってきたということなので、単価というのは下げられる可能性はあるんですけども、厚労省的には、普通のエックス線と同じぐらいの値段にしてほしいと。去年も大分いじめられたんですけど。結局、色々な加点をして、骨肉腫は250万円とか260万円、314万円が1割、2割減ぐらいになっていましたけど。最終的には150万円にしてほしいみたいなことを言っていました。それに耐えられるようなイニシャルコストと運営費にしないといけないんですが、150万円で全部やられると結構きついかもしれません。600人じゃなくて1200人とか1500人治療して、ペイしていく。マシンのキャパシティだけじゃなくて、お医者さんも1500人の患者さんを治療しようと思ったら、その何倍かを診断するという話になりますし、そもそもここら辺にそれだけ候補者がいるかという話も、色々難しいところですよ。

大西委員

ランニングコスト、電気代とかそういうので数億円、それプラス人件費で一施設についてそれぐらいかかってしまうという。

野田所長

ということなんですけど、超伝導になると、電気代がなんとかなりますけど、今、群馬では2億円しないと言っていました。超伝導になると、その半分ぐらいになるので、数千万円ぐらい。プロトンと同じぐらい。あと、オペレーターを雇うんだとか、治療補助員を雇うんだとか、人件費的なものと、交換部品、我々のところでいうと、最低2億円ぐらいかかる、毎年、毎年交換していると。例えば、電気代が1億円でみたいな話をして、人件費がとか、あとお金を借りてきましたと、金利を返さないといけませんとか、減価償却を考えますとかいうと、その何倍かということになりますので、600人とか800人とかの話になると。

佐藤委員長

運営費の問題に関しては、今回それを言い出すと初めから話がないので、例えば、それが準備できたとして、どのぐらい、山梨県なり関東地区で必要なのか、今1000人ぐらいやられていますよね、今、関東圏にあるのは、千葉と群馬ですから、重粒子線に関しては、集まると思うんですが、どのぐらいのレベルで。

野田所長

神奈川のときも同じような議論をやって、あそこは人口が多いんですけど、放医研、HIMACでの統計ですと、これはもう重粒子線じゃないと困ると言うがんの患者さんが7%ぐらいだったんですよ、全体の。がんの7%ぐらいが重粒子の適合です。そして、今、100万人ぐらいいますから、7%、7万人。神奈川県で300万人ぐらいいたんですよね。そうすると、2000人ぐらい。2000人というのは、ちょっと話半分にしとけというので、1000人できる施設にしましょうというような設計をされた。7%というのは、我々が治療してきて、統計として、このがんに対してはこういう人がこう、あれだねと、それで何%みたいなものを全部、大体洗い出しているの、そんなにめちゃくちゃではないんですけど、キャパシティとしては神奈川は半分、1000人を目標にしていると。山梨県だけで神奈川の人口比と同じぐらいで、人口比でそのまま語ることができれば、いくらぐらいとか。

佐藤委員長

多分、500人切っている。

寺本委員

そうですね。山梨でもしやろうとしたら。

佐藤委員長

人口83万人ですから。

寺本委員

神奈川の10分の1の人口ですから。

佐藤委員長

10分の1。4分の1ぐらいですね。

野田所長

500人ぐらいですかね。

佐藤委員長

アッパーで見て500人ぐらいですかね。

野田所長

7%というのは重粒子だけで、実は競合する部分があるんですね。手術してもいいけど、重粒子でもいいんじゃないの、あるいはプロトンでもいいんじゃないの、みたいなものを入れると15%、かつ日本の放射線治療の割合は25%から30%ぐらいで欧米の半分で、どんどん増えていくんだと思うんですけど、そこまで考えると結構対象の患者さんは増えるだろうとは思いますが、県で導入するとなると、県の財政とか県の人口で考えますから、そうすると500名というのは。沖縄のときも、200人とか300人ぐらいかね、みたいな話をしていました。ということではありますけど、民間なんか、例えば、指宿の施設なんかは、半分民間が入っていますから、結構シビアな問題で、集患に非常に努力されていると聞きました。鹿児島県のあの辺だけじゃなくて、色々周りの。ここもリニアモーターカーがつながると、首都圏からも取り込んでくれる。東京の人が神奈川に行くのか、ここに来るのか、放医研に行くのか、群馬に行くのかというのはわかりませんが。

大西委員

問題は、小型化しちゃうと、東京にもできる可能性があって、東京にできてしまう。リニアが通れば、時間的には東京から一番近いのはここになると思います。リニアさえ通れば。そのとき東京にあったらどうなるか。いいものはいいんですけど。

今、山梨県内にエクス線で治療している患者さんは年間で約2000人なんです。県内全体です。本当は、もうちょっと適用患者さんはさらにその1.5倍ぐらいはいるので、3000人としても、そのうちの7%ぐらいいてもせいぜい200人ですね。適用自体は、全部入れると、2割ぐらいがマックスの適用になり得るだろうという説もあるんですが、それでも600人なので、県民だけではペイしないだろうというのが、どうしてもあるし、あとは、保険適用がどんどん、今は、骨軟部腫瘍と小児がんだけですが、次回の改定で拡大要望するんですけど、なかなか全員が全員受けるかということ、お金がある人しか受けられないということになると厳しいところも、現時点の発想では厳

しいので、将来それがどんどんというのはありますし、オブジーボが肺がん全体に拡大しているのを見ると粒子線なんかかわいいものですよ。年間2000万ですからね、オブジーボは。本当にかわいい治療なんですけども。もっと本質的な問題もあるんですけど。

佐藤委員長

オブジーボは効くやつだったらいんですけど、2割ぐらいしか効かない。重粒子線のいいところというのはがんのところを全部殺しちゃうところですね。そうすると、まばらにあるようながんはちょっとどうなんだろう、というのは一個、ちょっとした疑問です。

大西委員

最後に言われた、全身がんでも効くという、最後の話題でも出てきたと思いますが、局所的な治療ではないということです。まだこれは研究段階ですが。

佐藤委員長

まだ研究段階なので、あれなんですけど、もともとのやつでがん細胞が集中して、がん細胞だけ、というところのがっちりあればいいんですけど、その中に部分的にとかばらばらにいいのと悪いのが混在しているようながんに対してはどうなんですか。

野田所長

どう処方するのは難しいところがあると思います。

患者数のことでいうと、群馬県ってあまり人口多くないですよ。

佐藤委員長

山梨の2倍ぐらいですね。

野田所長

今、減っているんですけど、減っているのは別の原因で、色々なことがあったので減っているんですけど、彼らが言うには、群馬県だけではなくて、新潟の方からも来るらしいです。文化的につながっているところからやってくるというのがあるので、県の人口だけではありませんよ、みたいなことは言っております。

中澤委員

先生のお話聞いていて、例えば、一回照射でオーケーということは、その人の、いわゆるリビングウィルというか、社会的な、その人にとっての貢献とか、仕事復帰とか、そういった点でのある意味、副次的な効果というのは素晴らしいものがあるんじゃないかなと思います。放射線治療が日本でなぜ普及したのか、先生はよく言われるけど。

大西委員

おっしゃる通りです。

野田所長

去年、先進医療会議とか厚労省とか裏で怒られたというかいじめられたと思っているんですけども、そのときに費用対効果がだめじゃないのという言い方をされるんですけど、でも、普通の手術をして、何か月も入院してということ考えると、3週間で出てきて、働けるようになったら、2か月の効果というのは考えられないんですか、と言ったら、厚生労働省的にはないね、と言われるわけです。オーバーホールにはそういう効果が非常にあって、短期の治療というのは、そういう効果があるし、身体的に負担が少ない、すぐ働けますからね。

大西委員

先生がおっしゃるように、クオリティーオブイヤーと費用対効果を合わせて持って来れば検討する、徐々に今年は厚労省にということで、どうですか岩佐先生、そうやってきてると思うんですけど。

佐藤委員長

厚労省的にはどうなんですか。

岩佐委員

すいません、ちょっと、今、私が厚労省の立場でお話することは、あまり言えないんですけど。

ちょっとそしたら、まず、初歩的な質問からしてもいいですか。重粒子線治療で、今後も含めて、どういうがんに対して、一番効果が上がってくるか、どういう人達をターゲットにするのか、それは手術とか他の、抗がん剤治療は、

先ほど一緒に併せてやるということも言っておられましたけど、そこでの棲み分けて今後どうなっていくんでしょうね、という辺りでいかがでしょう。

野田所長

私はお医者さんではないので、このがん、あのがんとはなかなか言えないんですけど、先ほども言いましたように、これは重粒子の適用だというのが、うちのお医者さん達の見解でいうと、7%ぐらいあって、例えば、骨軟部腫瘍というのは、それでもう保険になったと思うんですけども、頭頸部のメラノーマみたいなものは非常に効果があって、次の候補じゃないかと言っていますし、すい臓がんも、先進医療Bが始まったところですけど、他と比べて、今までよりも期待が持てそうですとか、そういうところですかね。

大西委員

エックス線の方が安価なので、エックス線では治せないがん、それからエックス線だと合併症、副作用が出てしまうがん、この2つの言い方で切り取れると思うんですが、エックス線では治しきれないがんはたくさんありますし、例えば、肝臓がんなんかはエックス線でも治せるんですけど、どうしても肝硬変が助長されて亡くなってしまうので、粒子線だと、そこだけに照射されて、肝硬変が助長されないので圧倒的にいいと思いますし、そういう意味では、そういうのを全部含めると2割ぐらいのがんが適応、残りの8割はエックス線でいいと思いますけど、2割が粒子線のメリットが圧倒的に大きいという風にはいわれております。

岩佐委員

それは、放射線療法をするうちの2割という意味ですか。

大西委員

そうですね。ただ、手術しても治せるがん、例えば、肺がんとか、食道がんとかいくつもあると思いますけど、それをクオリティーとかを考えたり、手術後の様々な合併症に対する医療費も含めると、さらに適応は広いといえると思います。手術をやっているがんも粒子線のようなもので、置き換えるというような適応の拡大はあり得ると思います。エックス線の中での2割ですね。

岩佐委員

今、あまりエックス線では治療されないようなやつであっても、要は、上皮がんとかでもいけるという。

大西委員

そうです。上皮がんでも検討していいと思います。

岩佐委員

検討していいというか、どちらがより治療法として優れているのかと、今後考えていくときに、勝ち目がありそうな感じなんですか。

大西委員

コストがどこまで下がるか次第だと思われます。あとは、クオリティーをどのように評価して、判断するかということだと思います。

岩佐委員

手術の方でも、クオリティーはかなり良くなってきておりますので、今は、胃がんとかは、大体一週間ぐらいで退院していきます。かなり、戦うのはつらくなってくるのかなと。

大西委員

胃がんとか肺がんの初期は確かに一週間で退院できますけど、膣がんとか食道がん、この辺りだと思います。

佐藤委員長

どうしても、費用対効果を考えてしまうから、その話になっちゃうんですけど、確かにいいのはいいんですよ。いいのはいいんですけど、それが全部取って代わるのかという。安くなったら放射線治療しているところが、リニアックが全部これに代わるのかという、極論ですよ。そうはならないと思うので、そこまでは多分安くならないだろうし、安くなれば適応は広がっていく。オプジーボ使って、非小細胞がんですけど、小細胞がんには効くんですか。

野田所長

やったことがないと言っていました。一例やったと言っていました。

大西委員

小細胞がんはあまりやる必要がないので。

野田所長

この辺にばーっとできたようなものではなくて、ちょっと末梢にできたものを一例やったことがあると言っていました。大体同じようなあれで、エックス線で効いて、一回目にばーっとなくなってもう一回出てくるみたいな話はあるんですけど、重粒子の適応ではないだろうなど。

大西委員

もちろん効きます。効きますけど、エックス線で大体治せているので、ということですよ。

佐藤委員長

では、あまりいらぬ。

大西委員

エックス線を一回当てた後に、また再発すると、二度エックス線を当てられないので、そのときは重粒子線です。

寺本委員

結局、ランニングコストとか色々考えたときに、今のままで、導入していくのはなかなか難しいというのは現実問題だと思うんですよ。だから、適応が拡大されていくのはぜひして欲しいんですけど、現実問題としては、例えば、120億円ぐらいになったとしても難しいんじゃないのかなという感じは受けますけどね。

野田所長

陽子線は安いものは、例えば、アメリカのメビオン社みたいに、ガントリーに加速器を載せてそのままというのもあり、一機20億円とか25億円とか。二室で50億円とかいわれるんですけど、結局ですね、施設を作ろうと思ったら照射装置、加速器とかだけじゃなくて、周りの機械が必要になってきますので、多分、我々が150億円とか120億円とかいっているのは、全部施設の中になってて、陽子線は、今あるところに作りましょうとか横に作りましょうとかいうのだから、装置の値段で、例えば、45億円とか50億円とかいうんですけど、建物とかをやると80億円ぐらいなんですよ、日本でいうと、陽子

線。だから、その値段まで重粒子も下りてくれば、まあまあ第一段階かなと思います。そこが一つの値段的な目標にしているところではあります。ランニングコストの大きな要素の電気代みたいなものも、超伝導にすることで、冷やさなければならぬのでゼロにはなりませんけど、半分ぐらいになるとすればプロトンに近くなるかと。使っている機器が高価かなといっても、高価ではあるんですけど、所詮は加速器の塊ですから、使っている部品は同じなんですね。パワーが違うだけ。そうするとメンテナンスフィーがプロトンに比べて圧倒的に高いということは、多分ないんだと思いますね。部品は同じです。ただ、何億円かいるのは確かです。例えば、兵庫県なんかは、プロトンとカーボンと6室か5室あるんですけど、運転を入れて、6.5とか7億円と非常に高いんですけど、それは県の予算でやったものですから、標準価格みたいなことですよ。普通のところだと、その3分の2とか、運転も入れて4億円とか。色々なものが入ってなければならぬし、佐賀の場合には病棟を持っていないので、施設の全体の運営費の勘定の仕方が違うとか。施設によって違うんですけど、建設費、ランニングコストを考えて、何人を治療するためのキャパシティ、ハードウェアだけじゃなくて、お医者さん、医療スタッフも含めてよく検討するというのが重要だと思っていますけども。あと、お金を借りると金利がかかってくる。

佐藤委員長

今の段階だと、東北ブロックとか関東ブロックとかそういうブロックに一個か二個、多くて二個でしょうね、東京とか近郊にあれば。そのぐらいで何とか耐えられると思うんですけど、もう少し安くなればもうちょっと増えていく、各県一個になるか、二県で一個ぐらいのレベルになってくるのかなという気がするんですけど、確かに放射線療法よりも、僕の今までの放射線療法の古いイメージしかないんですけど、そういう意味では絶対的な優位性があるのは、みなさんの話で確かなんですけど、今後、第5世代になってどうなのかなというぐらいかなと、山梨県の力としてはですね、多分そのぐらいのレベルですか。先生、終わっちゃいます。

大西委員

平成34年が第4世代ですよ。それで、第5世代となるとこの絵ですら10年先、恐らく、保険だとかその辺を含めると15年、20年の話になってくるのかということですので、第4世代にどれだけのコストダウンと、小スペー

スになって、そのときの医療環境ですとかね。山梨県の人口が200万人ぐらいになればいいんでしょうけど。

佐藤委員長

確かにそうなんですけど。色々お話がありますけど、大体、想定内というか、いいのはわかっているけど、という話が一つと第5世代に期待したいということで、この辺りで話を締めたいと思います。どうもありがとうございました。各委員の皆様、どうもご苦勞様でした。それでは、以上を持ちまして、議事を閉じさせていただきます。