

重粒子線がん治療をご希望される方へ

QST病院での重粒子線治療をお受け頂くためには、病状についていくつかの適応条件を満たしていることが必要です。詳しくはQST病院のホームページをご覧ください、以下の方法によりご確認ください。



● 初診予約について

初診予約受付：紹介元の医療機関より、患者さんの診療情報提供書をFAXにてお送り頂き、重粒子線治療の適応について担当医が判断し、FAXにてお返事致します。診療情報提供書と画像CD-Rの2点がそろえば、患者さんご自身から郵送での初診予約も可能です。
FAX送信先：043-206-3345

● 治療に関するご相談について

1. 電話相談：TEL:043-284-8852
月～金(祝日、休日年末年始は除く)
平日9:30～11:30、 12:30～15:00

2. セカンドオピニオン(医療相談)

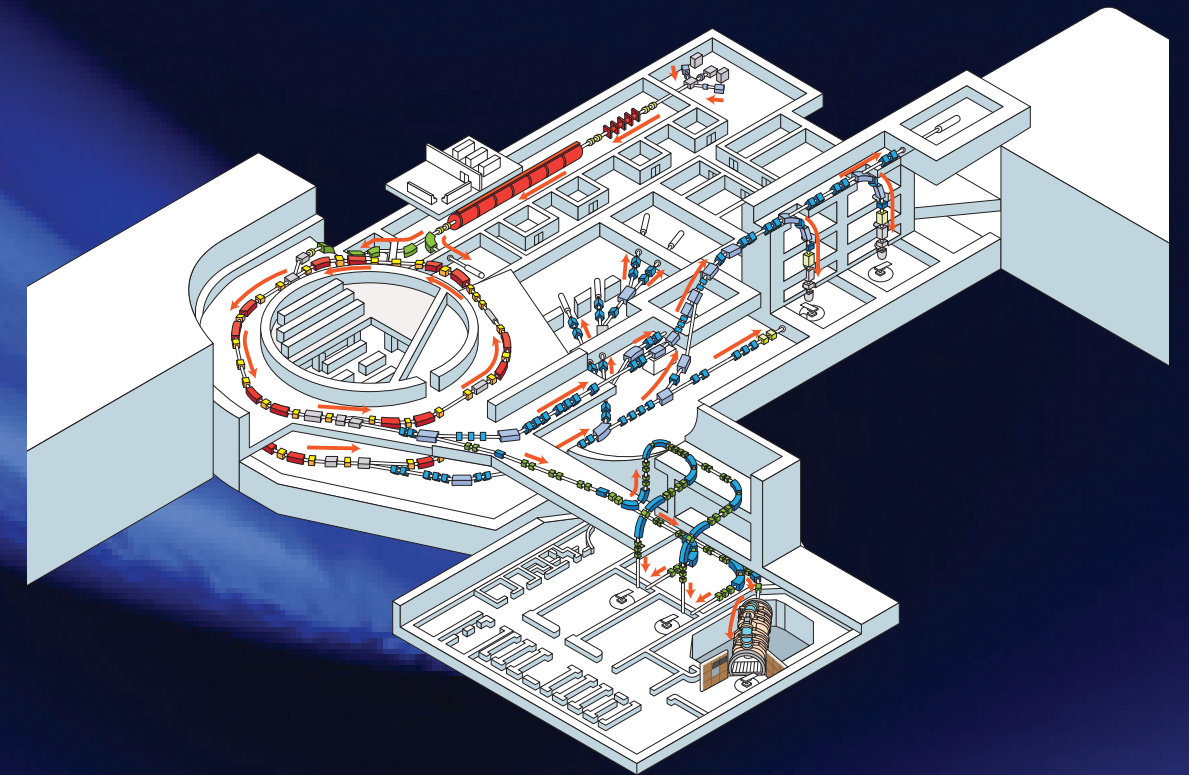
放射線専門医より、重粒子線治療やX線治療など放射線治療の説明をきいていただくことができます。
医療機関からの紹介予約制です。
60分以内：20,000円(税込)

最先端の放射線医学
固形がんの治療で世界をリードする

重粒子線がん治療装置

HIMAC

- Heavy Ion Medical Accelerator in Chiba -




難治がんの治療
短期間の治療
高いQOL



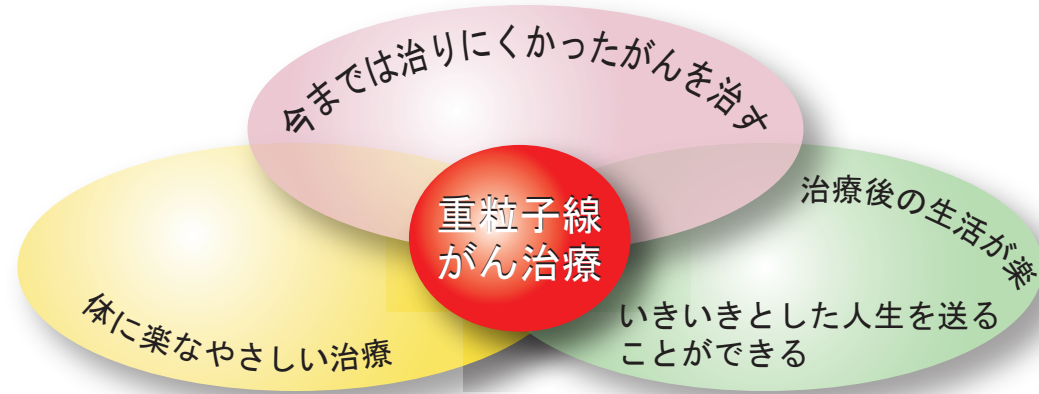
国立研究開発法人
量子科学技術研究開発機構

〒263-8555 千葉県千葉市稲毛区穴川4丁目9番1号
Eメール qlm-info@qst.go.jp

 QST 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構



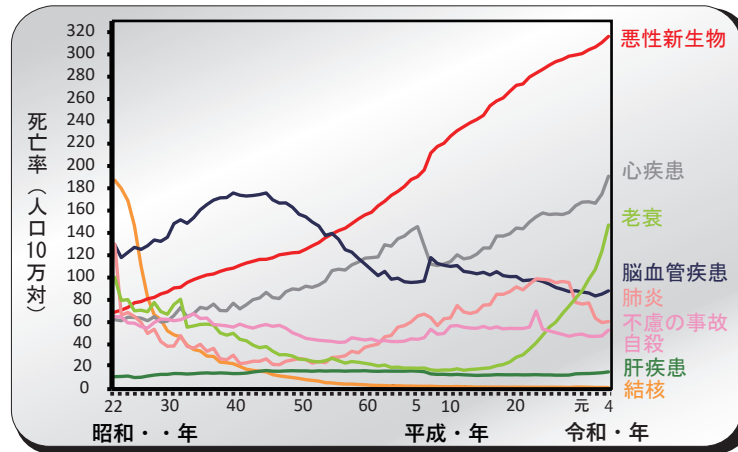
重粒子線がん治療の原理と利点



国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構(QST)量子生命・医学部門では、世界で初めて重粒子線がん治療専用装置HIMACを開発・建設し、保険診療・先進医療・臨床試験として治療を行い、高い成果をあげています。

● 死亡原因第1位のがん・治療の決め手は放射線

近年、がんにかかる人、がんで亡くなる人が増えています。2021年には1年間の死亡数約38万人、総死亡の約27%となっています。



主な死因別にみた死亡率の年次推移
資料：厚生労働省令和4年度人口動態統計(概数)より

放射線治療とは

放射線治療=切らずに治る：痛くない、熱くない。

放射線治療とは、放射線で細胞核の中のDNA(デオキシリボ核酸)に分子レベルの傷を付け、もうそれ以上細胞分裂ができないようにして、がん細胞を死滅させる治療法です。

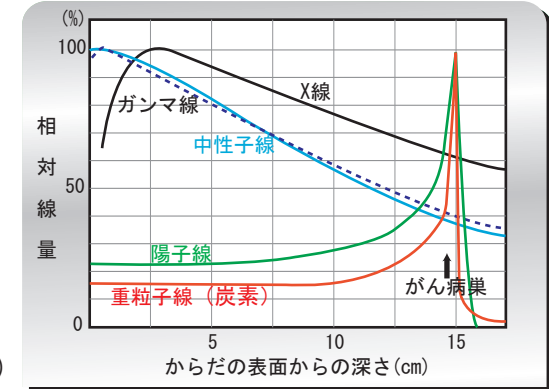
がんの治療法

	長所	短所
局所療法		
手術療法	<ul style="list-style-type: none"> がんを制御する効果が高い 転移がなければ完治の可能性が高い がんの広がりを目で直接確認することができる 	<ul style="list-style-type: none"> 体への負担が大きい 回復に時間がかかる 仕事を休む必要がある
放射線療法	<ul style="list-style-type: none"> 体の負担が少ない 回復が早い 通常生活を継続しながら治療を受けることが可能 	<ul style="list-style-type: none"> がんを抑制する効果が手術に劣る 皮膚の赤みや疲労感、倦怠感といった副作用が出現することがある
全身療法		
薬物療法	<ul style="list-style-type: none"> 全身に回ることから、がんの場所にかかわらず小さな転移にも効果がある がんを小さくしたり予防する効果がある 	<ul style="list-style-type: none"> がん以外の正常組織にもダメージを与える 吐き気、食欲不振、倦怠感などの副作用が現れることがある

重粒子線の物理・生物的特徴

重粒子線がん治療の特徴：難治がんの治療、短期間の治療、高いQOL
手術しにくいがん、従来の放射線が効かないがんを治す

右の図から読み取れるように、X線は体の中を進んでいく内にどんどん効果が低下してしまうため、体の奥にあるがんを治療するために、多方向からの照射により線量を集中させます。これに対して重粒子線は、がん病巣に届くまでは、あまり細胞を殺す力はありませんが、がん病巣のところで止まる時にだけ大きな効果を発揮するので、体の奥にあるがんを治すのに適しています。



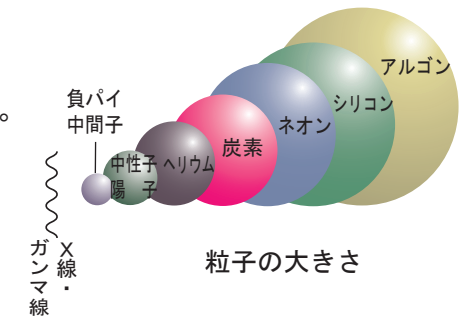
各種「がん治療用」放射線の生体内における線量分布

重粒子線とは

- 重粒子線：炭素(C)、ネオン(Ne)、シリコン(Si)、アルゴン(Ar)などのイオンが超高速で飛んでいるものです。HIMACでは重イオン(炭素イオン)線のがん治療に利用しています。

その他の放射線

- 陽子線：水素(H)の原子核(陽子)が超高速で飛んでいるものです。
- 光子線：光子とは高エネルギーの光の粒子です。光子線は光子が光の速さで飛んでいるものです。X線もガンマ線も光子線です。



※)これらの放射線を治療に用いる時は非常に多くの放射線の向きを揃え、束(ビーム)にして患部に照射します。

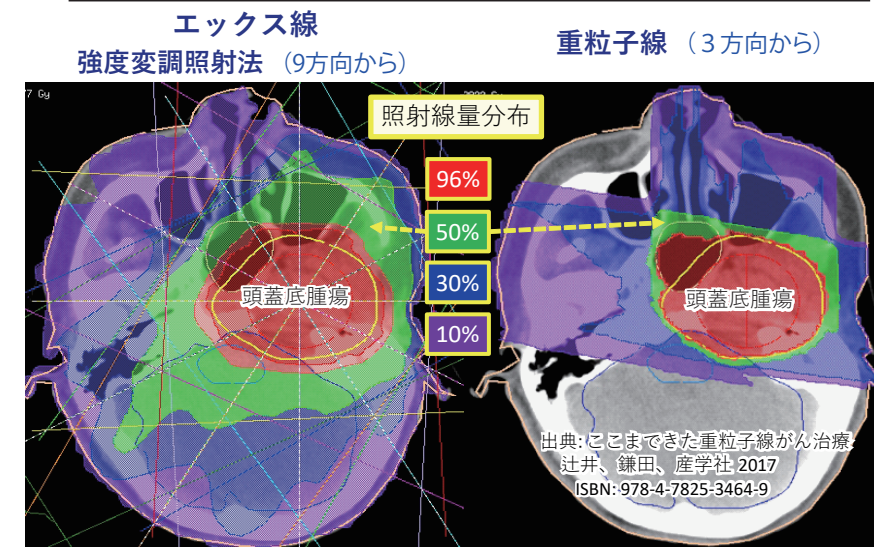
重粒子線の物理的特徴

- 体内で止まる深さがピッタリと決まる。
- 止まる時にだけ強い効果が出る。

重粒子線の生物的特徴

- 同じ線量で比べて、効果がX線よりも強い。

エックス線と重粒子線の線量分布の比較

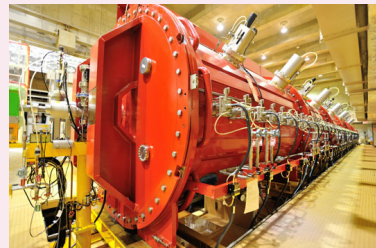


重粒子線は体に入る時のエネルギーによって、決まった深さでピッタリと止まります。しかも、細胞を殺す力は止まるところで最も強いという特徴があるので、止まる場所をがんに合わせておくことによって、がん細胞に集中してダメージを与えることができます。結果として、正常組織の照射範囲、照射線量を抑えることができます。

重粒子線がん治療装置

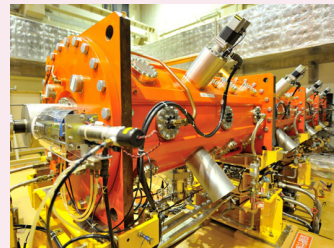
世界初の重粒子線がん治療装置HIMAC

HIMACは、世界に先がけて建設された重粒子線がん治療研究のための専用装置です。HIMACの使命は、重粒子線がん治療の有効性と安全性を証明し、新しい治療法を開発することです。HIMACは下図のような様々な装置の組み合わせで作られています。



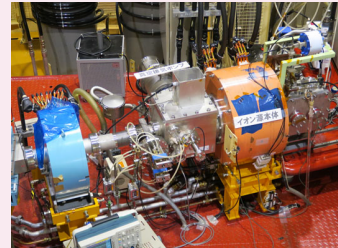
③ アルバラライナック

アルバラライナックは、直径2.2m、長さ約24mの線型加速器です。6MeV/核子（光速の約11%）まで加速します。



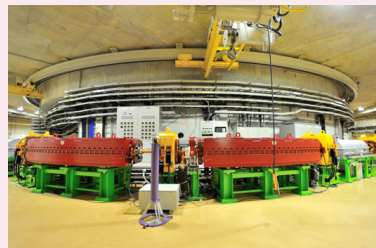
② RFQライナック

RFQライナックは、直径0.6m、長さ約7.3mの線型加速器です。800keV/核子（光速の約4%）まで加速します。



① ECR型イオン源

原子から電子を剥ぎ取って多価イオンを作ります。



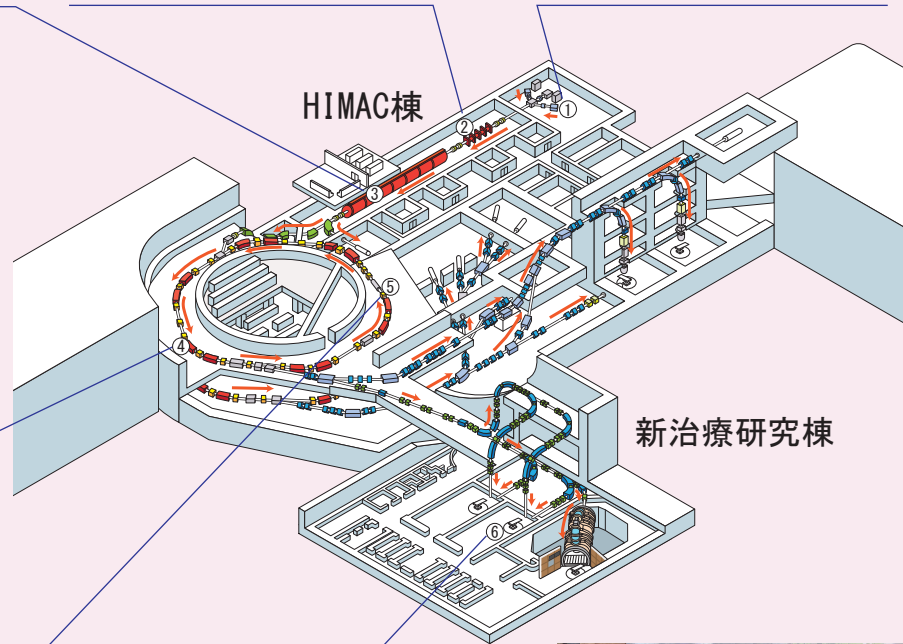
④ 主加速器偏向電磁石

重粒子をシンクロトロン周回軌道に保つために偏向させるための電磁石で、加速エネルギーに応じて磁場強度を変化できる交流電磁石です。



⑤ 高周波加速空洞

シンクロトロンでは、加速空洞の高周波電場で粒子を加速します。6MeV/核子のエネルギーで入射した重粒子は、この加速空洞で少しずつ加速され、数十万回転する間に最高エネルギーは800MeV/核子（光速の約84%）になります。



⑥ 治療室

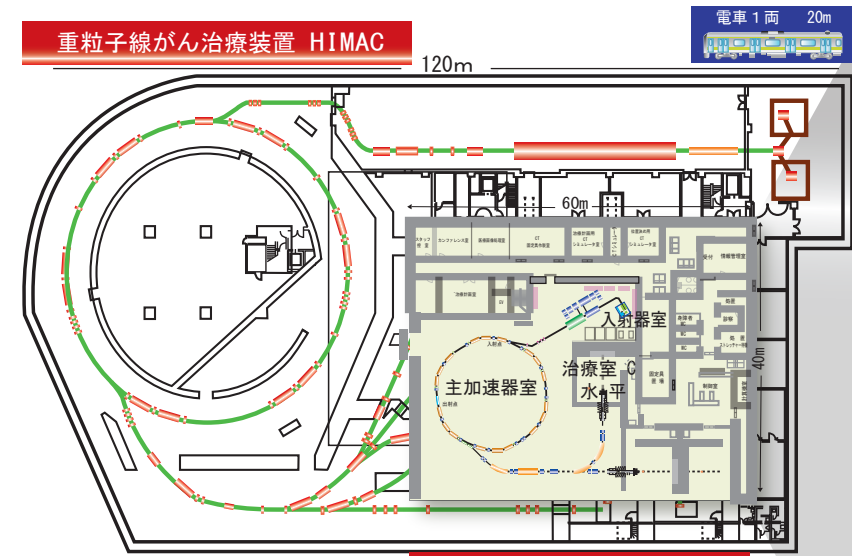
重粒子のビームを効率的に利用するために、3つの治療照射室があります。特に治療照射室Gには、回転ガントリー装置があり、患者さんに対し360度任意の方向から重粒子線を照射することができます。



重粒子線がん治療の沿革

1957年 昭和32年	1984年 昭和59年	1986年 昭和61年	1988年 昭和63年	1993年 平成5年	1994年 平成6年	2001年 平成13年	2003年 平成15年	2004年 平成16年	2006年 平成18年	2010年 平成22年	2011年 平成23年	2016年 平成28年	2017年 平成29年	2018年 平成30年	2019年 令和元年	2022年 令和4年
放射線医学総合研究所 発足	国の「第1次対がん10ヶ年総合戦略」の一環として、重粒子線がん治療装置HIMACの建設計画スタート	HIMACの基本設計開始	HIMACの建設を開始	HIMAC完成 組織を改編し、重粒子線治療センターを設置	重粒子線がん治療の臨床試験開始 HIMACの高度化等の研究開発開始	治療患者累計1,000名を突破 重粒子線医学センターを設置	重粒子線がん治療が、厚生労働大臣より高度先進医療（現：先進医療）として承認される	治療患者累計2,000名を突破 普及型小型化研究開始	次世代照射システムの研究開発開始	群馬大学に普及型1号機を建設、治療開始	次世代スキャンニング照射の臨床試験開始	切除不能骨軟部腫瘍について保険適用が開始	回転ガントリーの臨床試験開始	頭頸部がん、前立腺がん、子宮頸部がんが拡大	X線治療に比べて重粒子線による前立腺がん治療後の二次がん発生率が少ないことが判明	肝細胞がん、肝内胆管がん、膵臓がん、大腸がん（術後再発）、子宮頸部がんが拡大

普及のための小型化研究開発



HIMACは、研究用に作られたので、サッカーコートほどの大きさがあります。普及型は、治療に目的を絞って重粒子の種類とエネルギーを選び、新たに小型の機器も開発したので、施設の大きさも建設費も3分の1になりました。普及型は群馬大、佐賀県、神奈川県、大阪府及び山形大で稼働しています。

次世代照射システムの研究開発

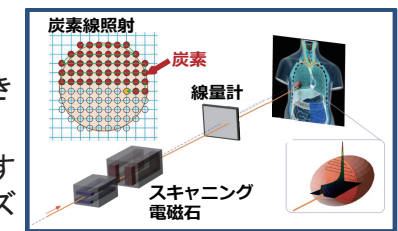
新しい照射法の開発のため、2010年にHIMACの増築を行いました。

【呼吸同期3次元ビームスキャンニング照射法の開発】

重粒子線の効き目をさらに患部に集中させることによって副作用をおさえ、治療効果を高めるために、呼吸同期照射法と3次元スキャンニング照射法を開発しました。

【回転ガントリー開発】

患者さんが楽な姿勢で治療が受けられるように、360度どのような方向からでも重粒子線が照射できる回転ガントリー装置を開発しました。
重粒子線用ながら、世界で初めて超伝導技術を活用することで全長13m、重量300トンとコンパクトなサイズを実現しました。



呼吸同期3次元ビームスキャンニング照射法



回転ガントリー装置



量子メスプロジェクト

量子メス：小型・高性能な重粒子線がん治療装置

QST が目指す「がん死ゼロ健康長寿社会」の実現のためには、重粒子線がん治療のような高いQOLを維持でき、患者にやさしい治療を一般に普及させる必要があります。そのために、QSTは2016年度より、小型・高性能な次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ます。

● 適応となるほぼ全てのがんで働きながらの治療を可能に

炭素イオンに加え、ネオン、酸素、ヘリウムを組み合わせたマルチイオン照射で治療効果を高めるとともに、副作用を低減し、照射回数を減少させることで、多くのがんで働きながらの治療を可能にし、個人の自分らしい生き方を可能にする医療の実現を目指します。

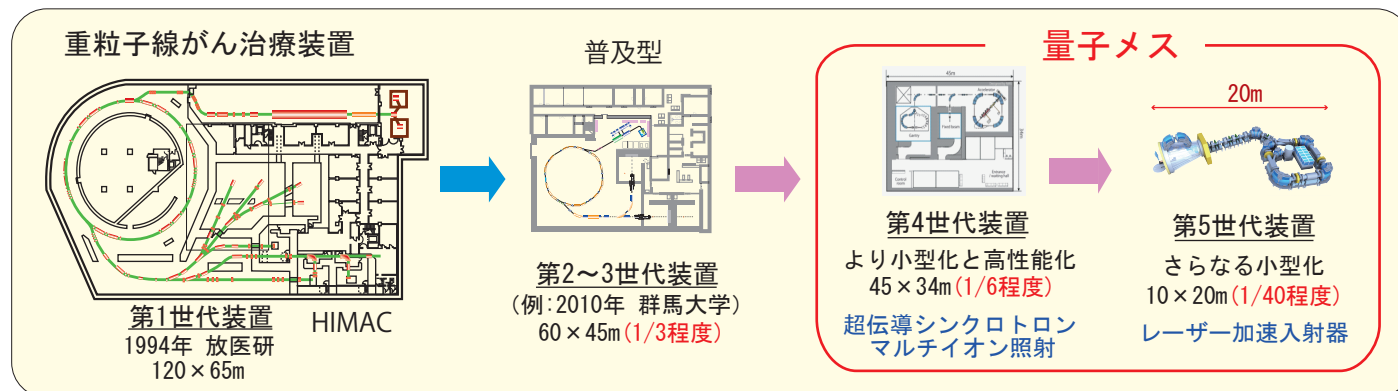
● 既存の病院建物内に設置可能なサイズを実現

高強度レーザー技術と超伝導電磁石技術により、入射器、シンクロトロン、回転ガントリーの小型化を実現します。装置のサイズとコストを抑えた「量子メス」の普及によって、より多くの病院で重粒子線がん治療を受けられる社会を目指します。

● がん以外の疾患に適用を拡大

量子メスプロジェクトでは、がんだけでなく、不整脈のような心疾患の治療に向けた研究開発も進めます。また、治療ビームのサイズを1~3mmまで細くし、神経疾患などの微小な病変部位に高精度照射を行うマイクロサージャリー技術の開発にも取り組んでいます。

量子メスに至る装置開発の流れ



年(西暦)	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
超伝導シンクロトロン		要素技術開発			設計			治療実証機製作・試験		
マルチイオン照射		要素技術開発				臨床試験				
レーザー加速入射器		技術実証機建設				技術実証機高度化				

第4世代治療器の薬機承認・普及

第5世代治療実証機の建設

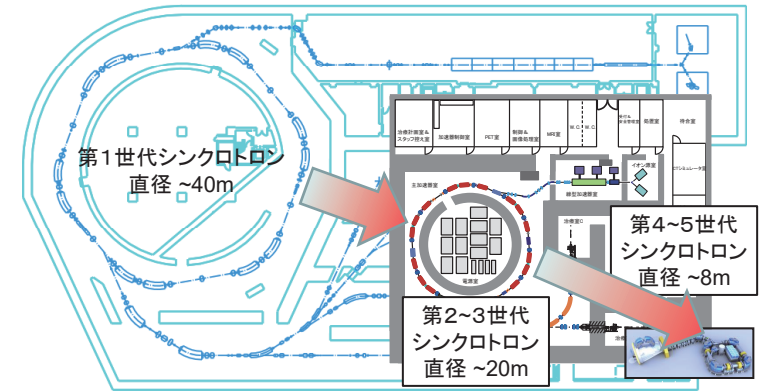
量子メスの技術開発

● 超伝導シンクロトロン

高い磁場を作ることが可能な超伝導電磁石技術を用いることにより、既存の重粒子線治療装置の円形加速器(直径~20m)で大きなスペースを占めている電磁石を大幅に小型化し、設置面積を1/10程度にします。



量子メス実証機向け超伝導シンクロトロン加速器製造開始(2023年4月13日プレス発表)



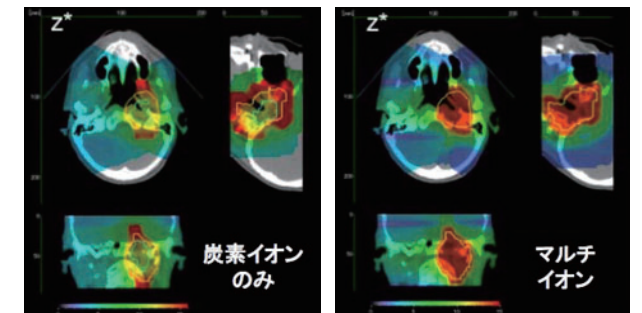
● マルチイオン照射

炭素より重い酸素やネオンを照射することで放射線抵抗性の難治がんの治療成績をより向上させるとともに、正常な臓器に近い部分には炭素より軽いヘリウムを照射することで、副作用を軽減し、照射回数の減少につなげます。



量子メス実証機製作着手、マルチイオン源の開発に成功(2022年5月23日プレス発表)

がんに対する生物学的効果の強度分布



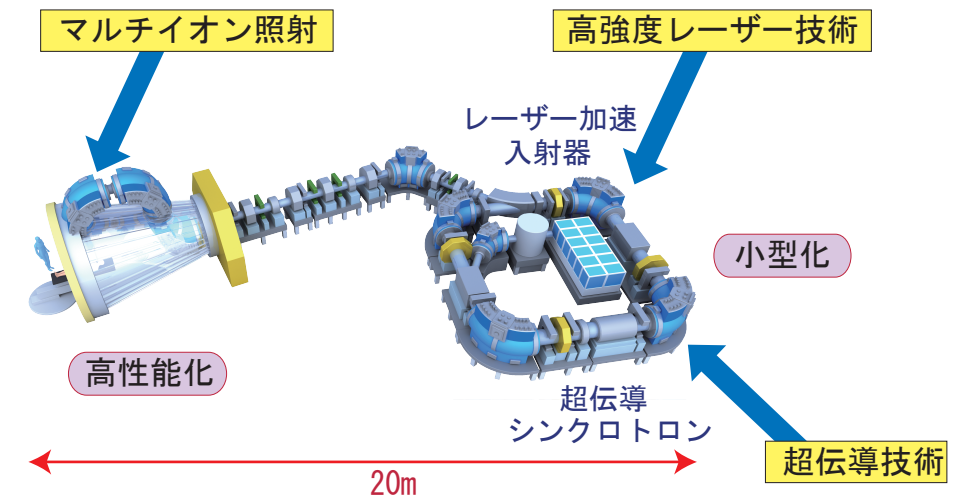
マルチイオンでは、がん領域(黄色線)内の生物学的効果が一様に高い

● レーザー加速入射器

レーザー駆動イオン加速技術を用いることで、長さ15m程度ある既存の入射器(イオン源+線形加速器)を、5m程度に小型化します。QST関西光量子科学研究所では、JST未来社会創造事業による支援のもと、このレーザー加速入射器のデモンストレーションのため、実証実験に取り組んでいます(右図)。



チタンサファイアレーザー



量子メス第5世代装置