



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	がんの放射線治療の歴史と最先端技術：健やかに人間らしく生きるために
Author(s)	白土，博樹
Relation	特別講演会「がんの放射線治療の歴史と最先端技術」．2011年10月22日（土）．北海道大学総合博物館1階「知の交流」コーナー．
Issue Date	2011-10-22
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/47704
Type	conference presentation
File Information	shirato.pdf





北海道大学
HOKKAIDO UNIVERSITY

サステイナブリテイ・ウィーク2011 市民公開講座

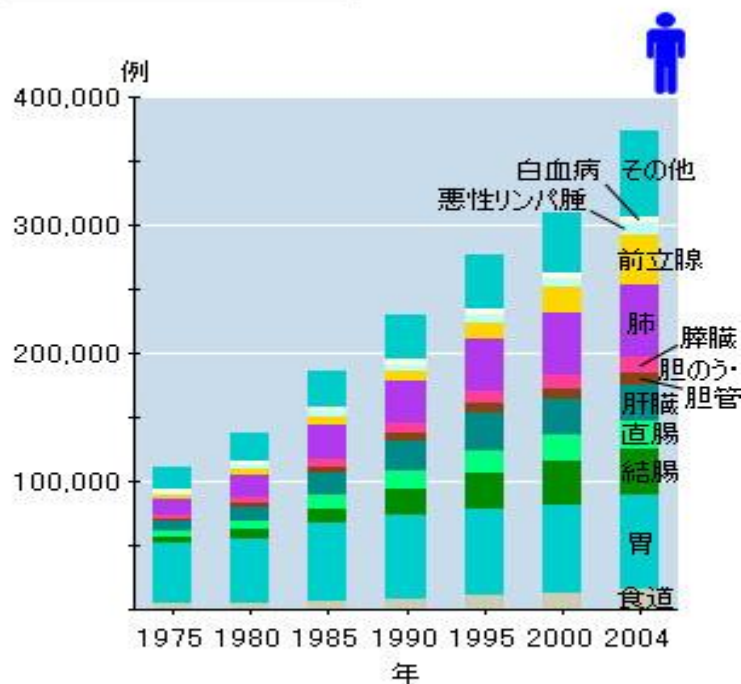
がんの放射線治療の歴史と最先端技術 ～健やかに人間らしく生きるために～

北海道大学大学院医学研究科
放射線医学分野教授 白土博樹
201.10.22(土)

1-①: がんのトレンド<罹患数・死亡数>

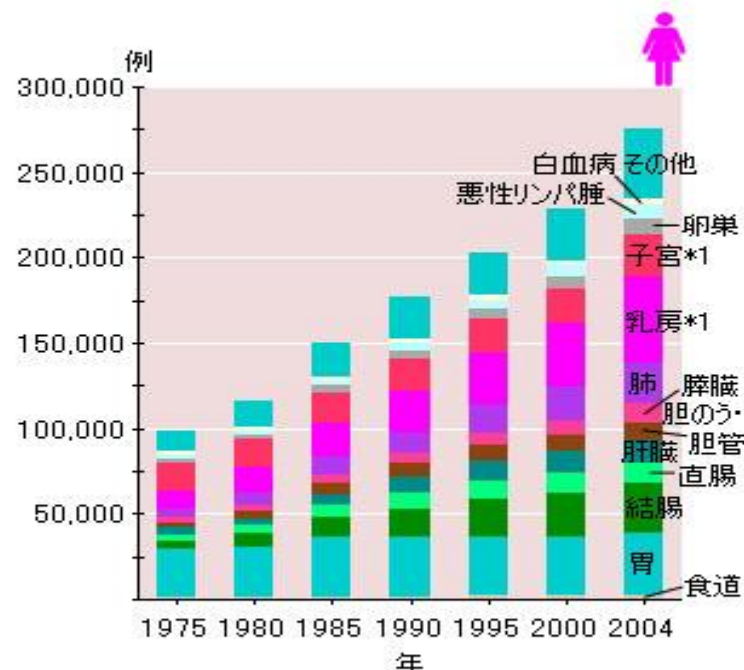
- ◆男女とも、**がんの罹患数・死亡数は増加**し続けている。
- ◆2008年のがん死亡数は、1975年の**約2.5倍**。
- ◆がん死亡数の増加の主な**原因は人口の高齢化**。

部位別がん罹患数の推移
(男性)
[全年齢 複数年]



資料: 国立がんセンター がん対策情報センター
Source: Center for Cancer Control and Information Services,
National Cancer Center, Japan

部位別がん罹患数の推移
(女性)
[全年齢 複数年]

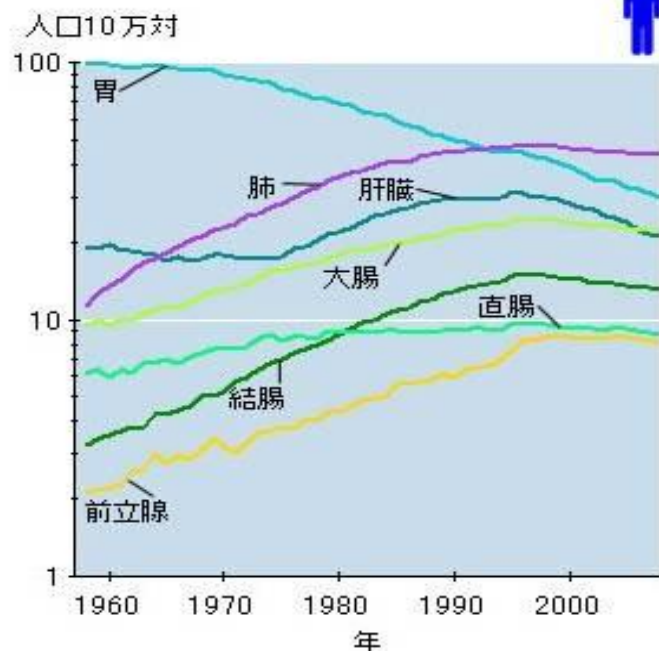


*1乳房と子宮頸部は上皮内がんを含む。
※子宮は、子宮頸部および子宮体部の他に「子宮部位不明」を含む。
資料: 国立がんセンター がん対策情報センター
Source: Center for Cancer Control and Information Services,
National Cancer Center, Japan

1-②: がんのトレンド<部位別死亡率>

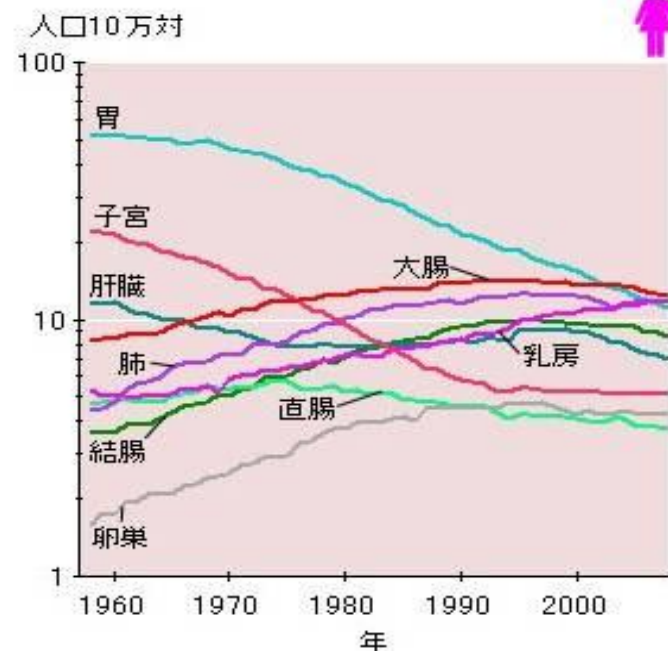
- ◆全体として胃がん直腸がんが減少。肺、大腸、結腸がんが増加。
- ◆男性は前立腺がん・・・60歳後半から増加。
- ◆女性は乳がん・・・特に50歳代で増加。

部位別がん年齢調整死亡率の推移
(主要部位・対数)
[男 1958年～2008年]



資料: 国立がんセンター がん対策情報センター
Source: Center for Cancer Control and Information Services,
National Cancer Center, Japan

部位別がん年齢調整死亡率の推移
(主要部位・対数)
[女 1958年～2008年]



※子宮は、子宮頸部および子宮体部の他に「子宮部位不明」を含む。

資料: 国立がんセンター がん対策情報センター
Source: Center for Cancer Control and Information Services,
National Cancer Center, Japan

2. 現状の治療方法と 今後の方向性

がん治療の三本柱(外科、放射線、化学)と治療の方向性

2-①: 現状の治療方法＜3大療法の特徴＞

- ◆3大療法にはそれぞれ長所・短所がある。
- ◆患者様と医療側の判断により、これらを組み合わせて治療することも多い。
- ◆高齢化社会に向け、患者様の負担を極力排した治療が必要不可欠。

（外科療法）

転移がない場合に**ガン細胞を確実に切り取れる可能性が高い**。
一方、患部の機能を損なう場合や、長期入院が必要な場合もある。

（放射線療法）

臓器や臓器の機能を温存でき、1回の治療時間が短く、通院で治療が可能。一方、放射線が効きにくいがんの存在、体内での動きへの対応に課題がある。

（化学療法）

全身を巡るがんに関しては**抗がん剤治療が有効**。肺がんなど固形がんでは**補助的**。一方、副作用を伴うこともある。

放射線治療が適応となる代表的疾患

I. 治癒を得る目的(根治治療)

1. 子宮頸癌
2. 前立腺癌
3. 膀胱癌
4. 食道癌
5. 乳癌
6. 肺癌
7. 頭頸部癌
8. 脳腫瘍・脳動静脈奇形

II. 症状を和らげる目的(緩和医療)

1. 転移性骨腫瘍
2. 転移性脳腫瘍

日本人のがんの変化と放射線治療

- 日本人のかかるがんの傾向も大きく変わった。1960年に半数を占めた胃がんは減少し、食習慣などの変化で、肺がんや大腸がんなど欧米に多いがんが急増している。
- 放射線治療が有効な肺がんや前立腺がんが増えているのに、放射線治療を受ける患者はわずか25%。
- 米国65%、ドイツ60%などに比べ、遅れは否めない。

（2006年6月17日 読売新聞）

- 「放射線腫瘍医は全国に約500人で、米国の10分の1。それぞれ10万人ずついる内科医や外科医と比べ、いかにも少ない」。
- 日本のがん医療は「構造改革」を迫られているといっても過言ではない。

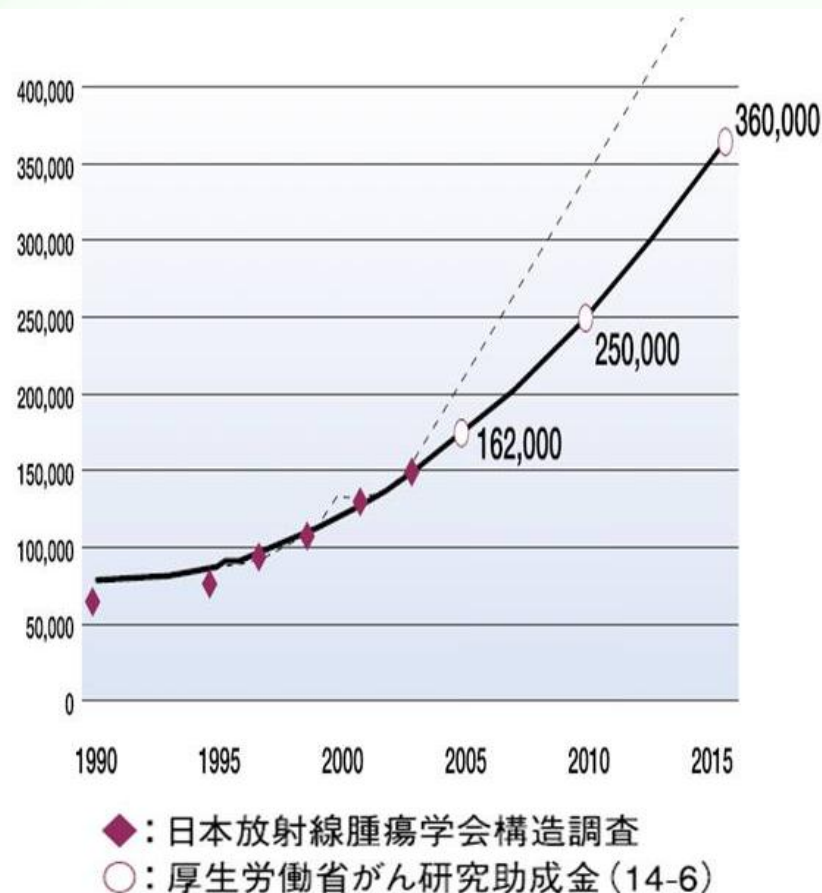
（2006年6月17日 読売新聞）

テーラーメイド医療に適した放射線治療

- ◆ 治癒できる局所癌治療＝放射線制御により、がんをピンポイントに治療！
- ◆ 患部の形態・機能を温存＝切らなくて済む！
- ◆ 治療時間が短く高齢者にも対応＝日常生活を楽しみながら通院治療が可能！
- ◆ 体のどの部分の癌にも適応＝難治療がんへも対応！

放射線治療の動向

- ・ 世界の先進国：癌患者の60%
- ・ 日本：25%→急増中で40%へ
- ・ 95%はX線による治療
- ・ 粒子線治療希望患者の増加



放射線治療の臨床の原則

- できるだけ、癌のある部分だけに電離現象を起こし、正常組織の線量を減らす。
- 電離現象の密度分布は、 $\pm 1\%$ の精度で予測できるように測定技術が進歩しているので、CT画像などで精密な治療計画を立てる。

放射線治療で、かえって癌が出来てしまう二次癌発生率<0.5%

数	子宮癌	乳癌	頭頸部癌	その他	計
発生数	106	32	79	31	248
治療患者数	49, 007	27,971	48,505	96,405	221,888
割合	0.22%	0.11%	0.16%	0.03%	0.11%
5年生存者	24,503	15,384	12,126	24,102	76,115
割合	0.40%	0.19%	0.61%	0.12%	0.30%

放射線療法・放射線治療の種類

(Radiotherapy, Radiation Treatment)

1. 小線源治療(Brachytherapy)、密封小線源治療(Sealed source radiotherapy)

体の内腔や組織内に放射線源を挿入
刺入して照射する治療。

2. 外部照射治療(External beam radiotherapy)

体の外から、放射線を照射する治療。

3. 非密封放射線同位元素治療(核医学分野)

薬品として体内にアイソトープ投与

1. 小線源治療(Brachytherapy)、密封小線源治療(Sealed source radiotherapy)

体の内腔や組織内に放射線源を挿入
刺入して照射する治療。

2. 外部照射治療(External beam RT)

1895年11月 Roentgen が x-rayを発見。

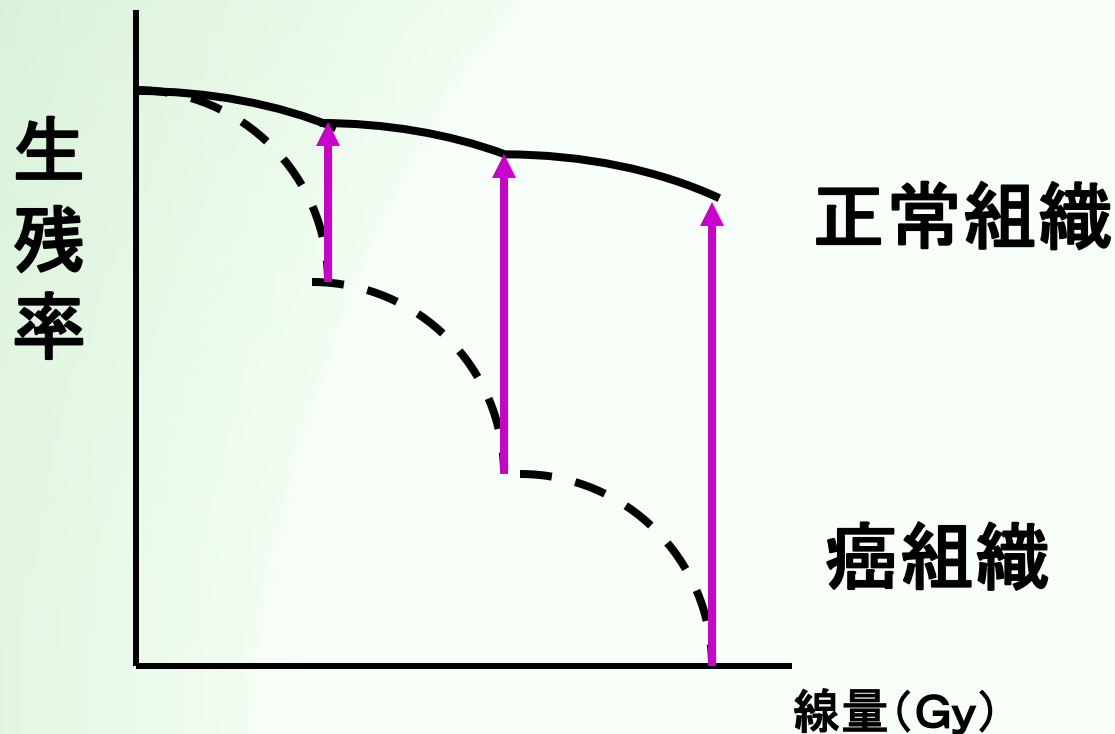
1896年2月 Emil Grubbeが乳癌患者にX線治療を行う。

1910－1930年 Claude Regaud(パリ)が**分割照射**を発見。

1934年 Henri Coutard(フランス)が喉頭癌で声帯温存治療発表。

一回照射より分割照射(約30回)
が用いられることが多い。

分割照射により、照射と照射の合間に正常組織は回復するが、癌細胞は回復しないことが多く、結果として正常組織は元にもどり、腫瘍は消え去る。



- 1950ー X線による治療普及(Pattersonら)
- 1960ー コバルト γ 線外照射装置普及
X線による原体照射の開発(高橋)
- 1970ー 高エネルギーX線装置普及

3次元高精度外部照射

- 1990— 3次元原体放射線治療
定位放射線治療
- 2000— 強度変調X線治療
画像誘導X線治療
- 2000— 陽子線治療
炭素線治療

体幹部定位放射線治療

(*Stereotactic Body Radiation Therapy*)

- 直線加速器による定位放射線治療とは、直線加速器により極小照射野で線量を集中的に照射する治療法であり、照射中心の固定精度が2mm以内であるものを言う。
。
- 体幹部に対する治療にあっては、照射中心の固定精度が5mm以内であることを毎回の照射時に確認するものを言う。

画像誘導放射線治療

(IGRT; image-guided radiotherapy)

- 外照射において、治療患者台の上に患者がいる状態で、画像情報をもとに、治療前あるいは治療中の患者の位置誤差を補正しながら、正確に治療をおこなう技術。
- 治療室内に設置した、2方向以上の透視が可能な装置、CT装置、超音波装置などが使われる。

4次元外部照射

- 2000－ 4次元X線治療
動体追跡放射線治療
- 2010－ 4次元陽子線治療
分子追跡放射線治療

4次元放射線治療装置



動体追跡放射線
治療装置

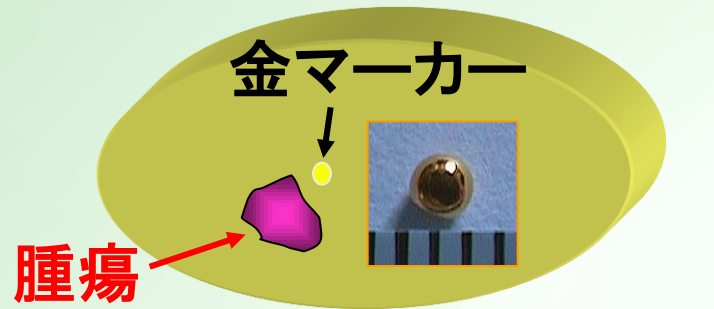
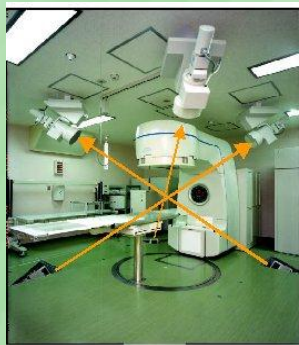
1998年

北海道大学発明

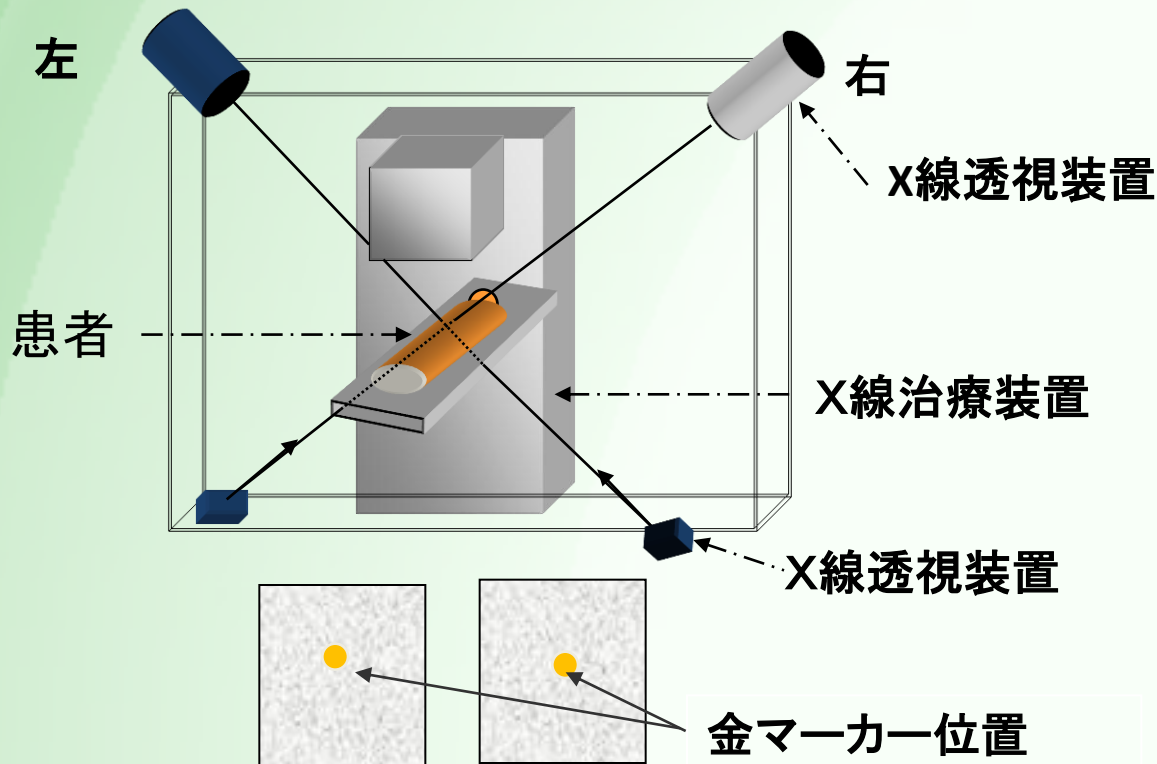
治療中の位置も照合
できる唯一の装置

世界をリードする動体追跡照射技術(1)

◆がん細胞の近くに金マーカーを刺入、マーカーの動きを追跡。3次元の位置情報を把握。



腫瘍近傍に金マーカーを
刺入し、CTで予め腫瘍
中心との関係を把握



金マーカーを2台の透視
画面からパターン認識技
術にて自動抽出



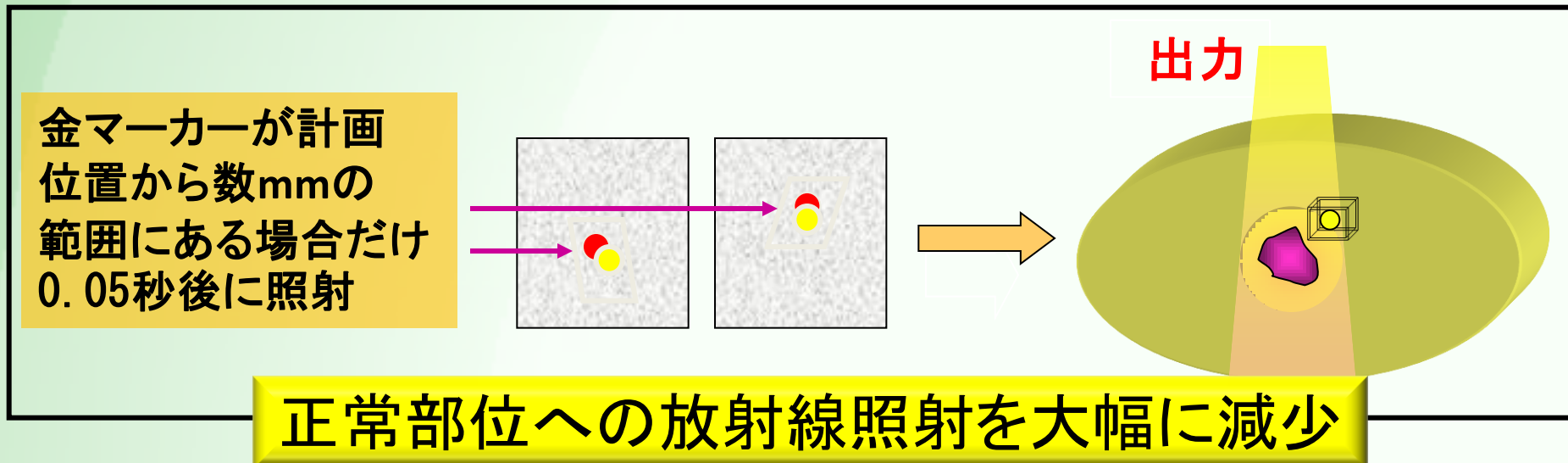
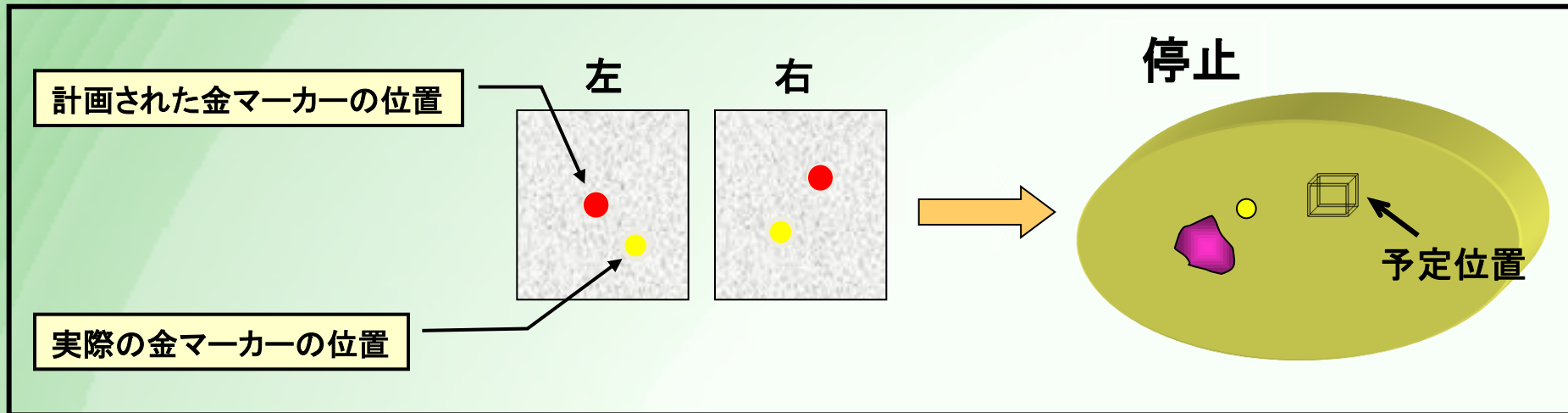
3次元位置を0.033秒毎
(30Hz)に繰り返し計算

世界をリードする動体追跡照射技術(2)

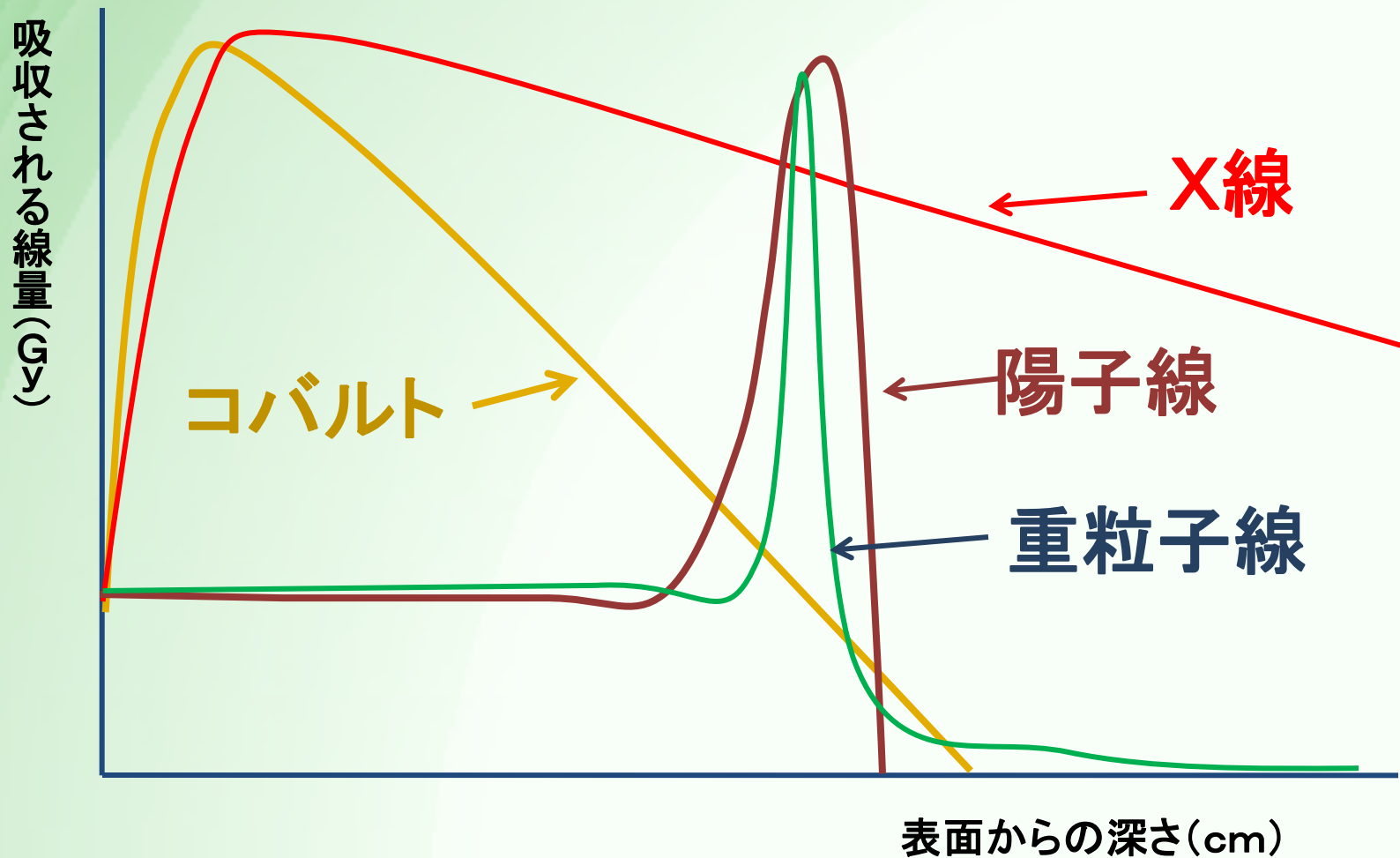
◆金マーカーの位置情報を把握し、がん細胞にのみタイミング良く放射する北大特許技術。

透視画像

治療ビーム

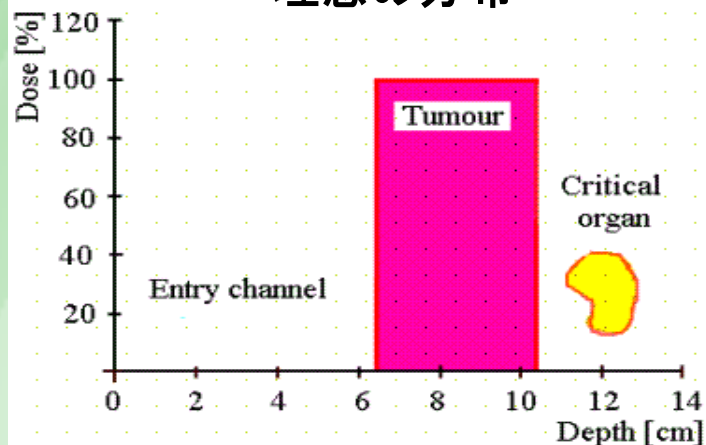


陽子線治療・重粒子線治療

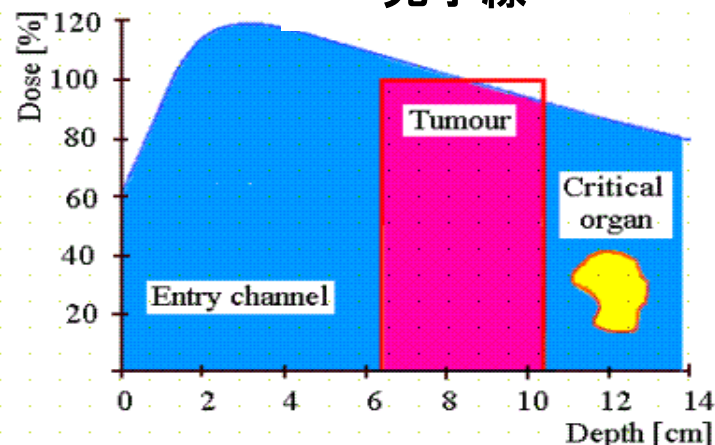


粒子線治療と光子線治療の線量分布

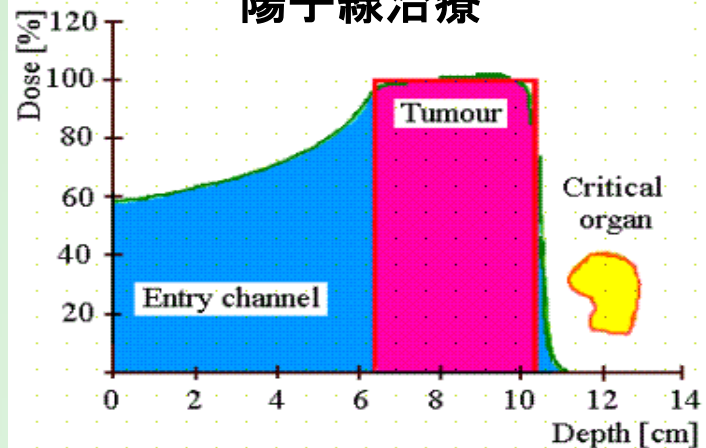
理想の分布



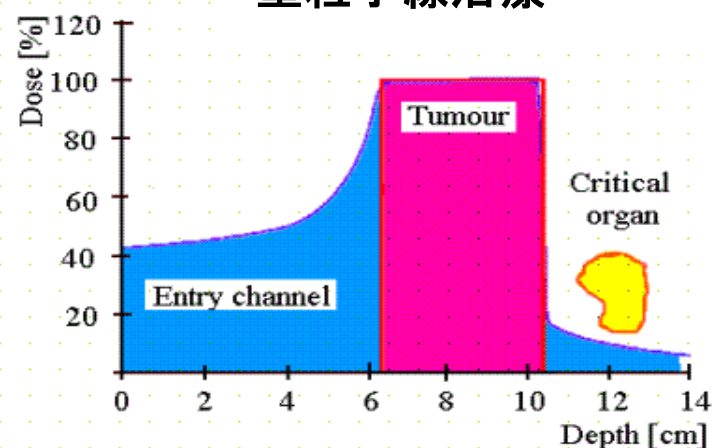
光子線



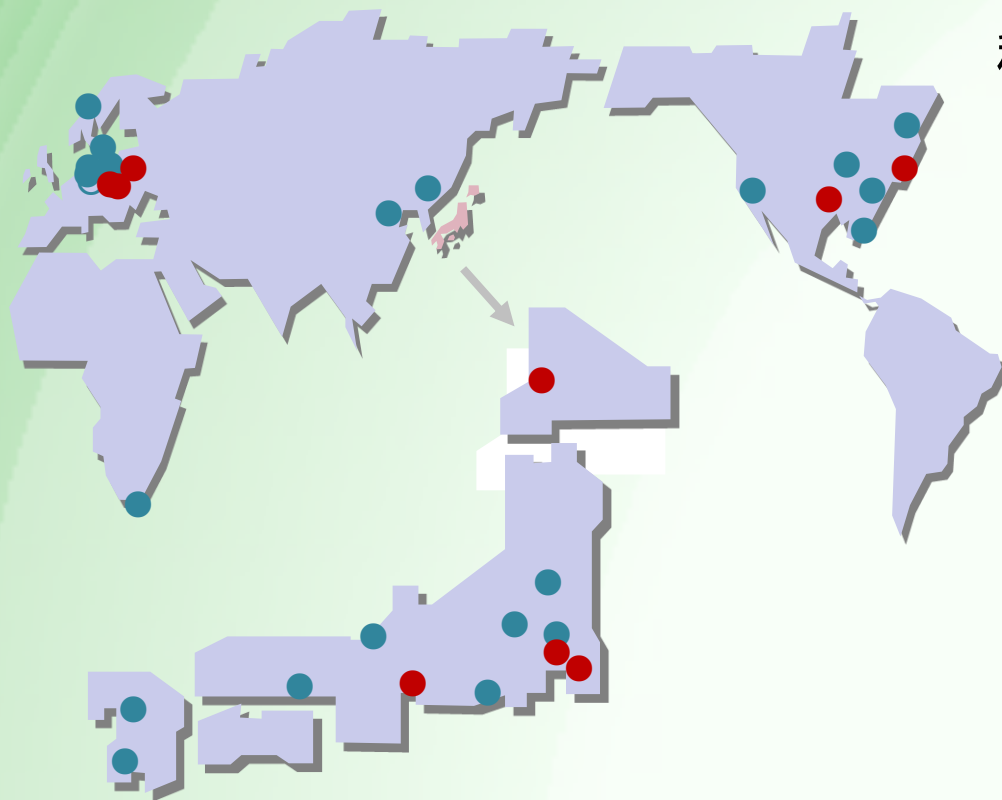
陽子線治療



重粒子線治療



世界の粒子線治療施設



稼動中/建設中の粒子線治療施設

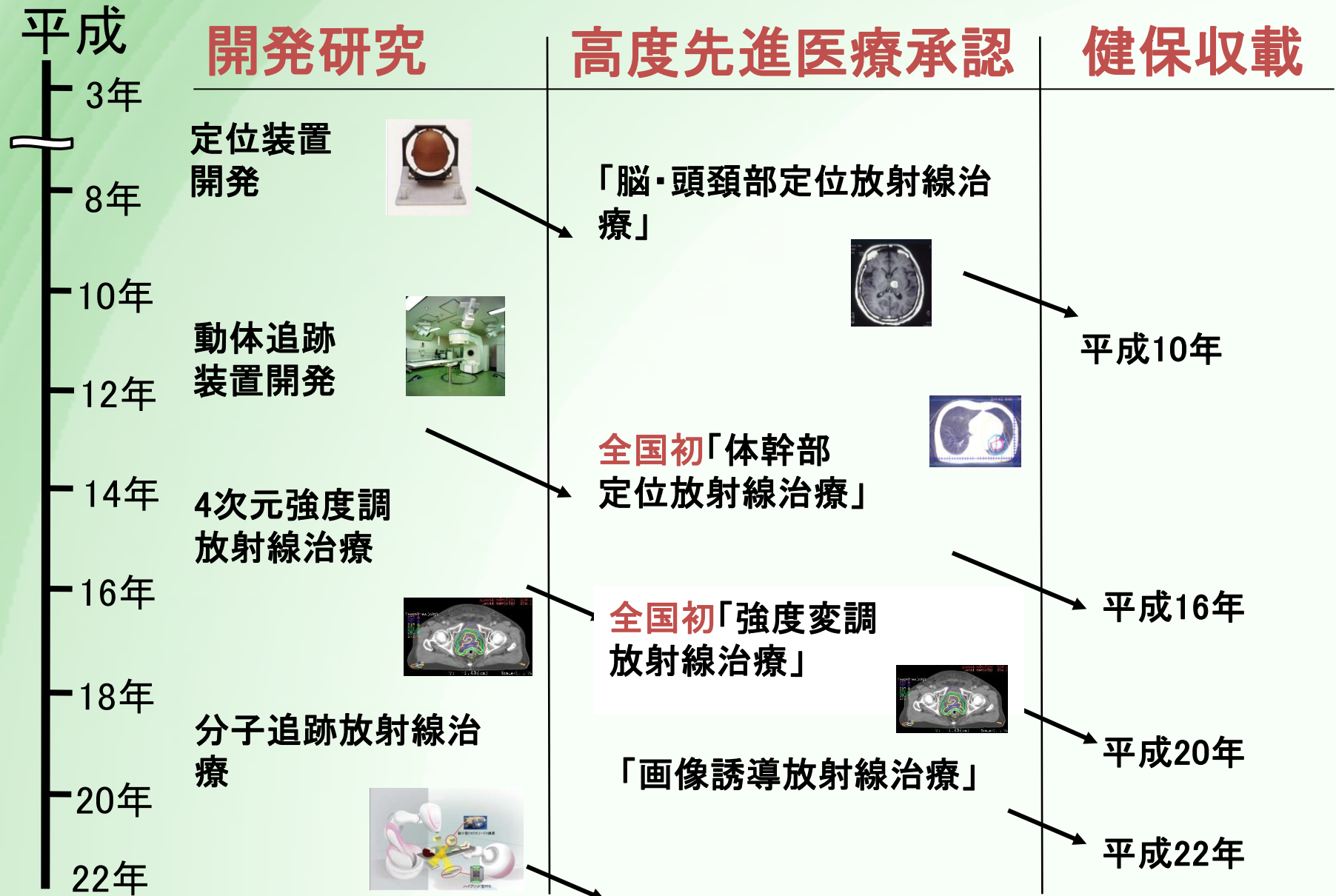
- 散乱体法のみ : 18 (●)
- スキャニング使用: 5 (●)
米国: M.D.アンダーソンがんセンター,
マサチューセッツ総合病院
欧州: PSI(スイス), HIT(独),
リネカー(独)
- スキャニング開発中: 7以上 (●)
国内: 北大, 名古屋市,
放医研, がんセンター柏
米国: ペンシルバニア大
欧州: エッセン大ほか2施設(独)



北海道大学の 先端放射線治療開発への 貢献



北海道大学での橋渡し研究

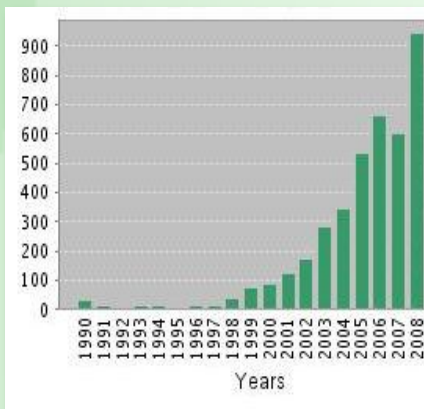


世界をリードする北海道大学の研究

北海道大学の世界の 最先端放射線治療科学における位置づけ

関連研究開発分野の論文引用数で**世界1～2位**

論文被引用数



研究開発分野
(キーワード)

論文被引用数
世界ランク

分野
論文数

分野論文
数の推移

画像誘導
放射線治療

1～2位

1641

腫瘍の動き

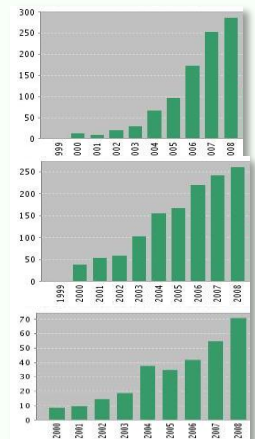
1位

1682

脳定位手術的照射
(2005 -)

1位

1758

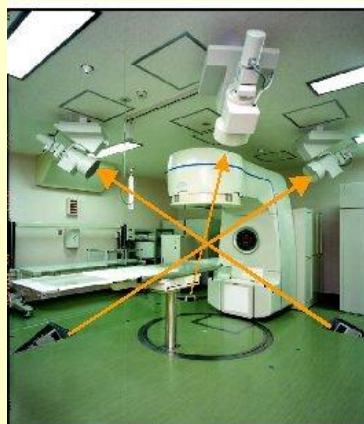


分子追跡陽子線治療装置(1)

◆北大と日立の技術の融合により、世界最小・最高精度の装置が北大に完成予定。

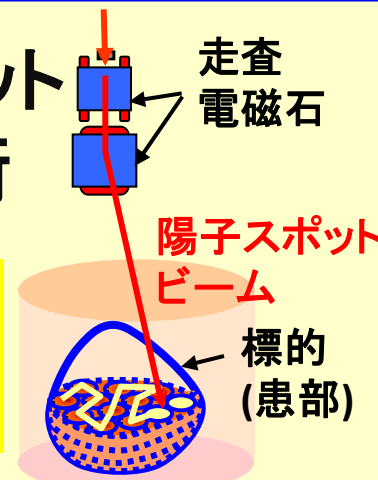
動体追跡 照射技術

臓器の動きに対す
る日本の世界最先
端技術(北大)

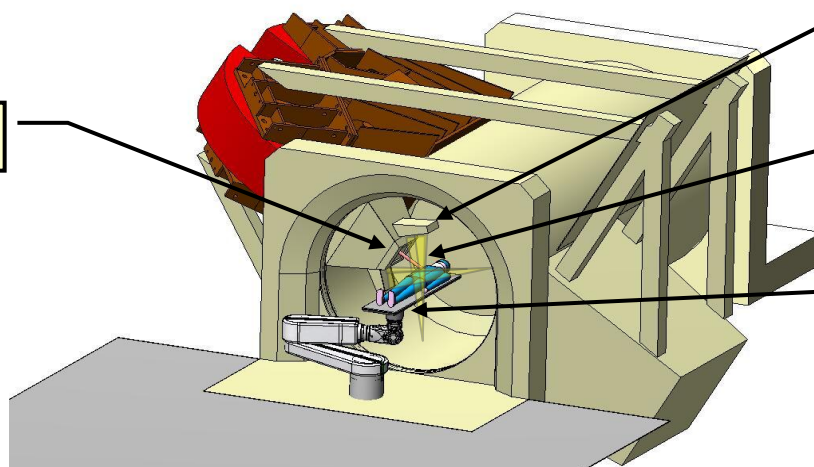


陽子線スポット スキャン技術

大型の癌治療対
する日本の世界最
先端技術(日立)



陽子スポットビーム



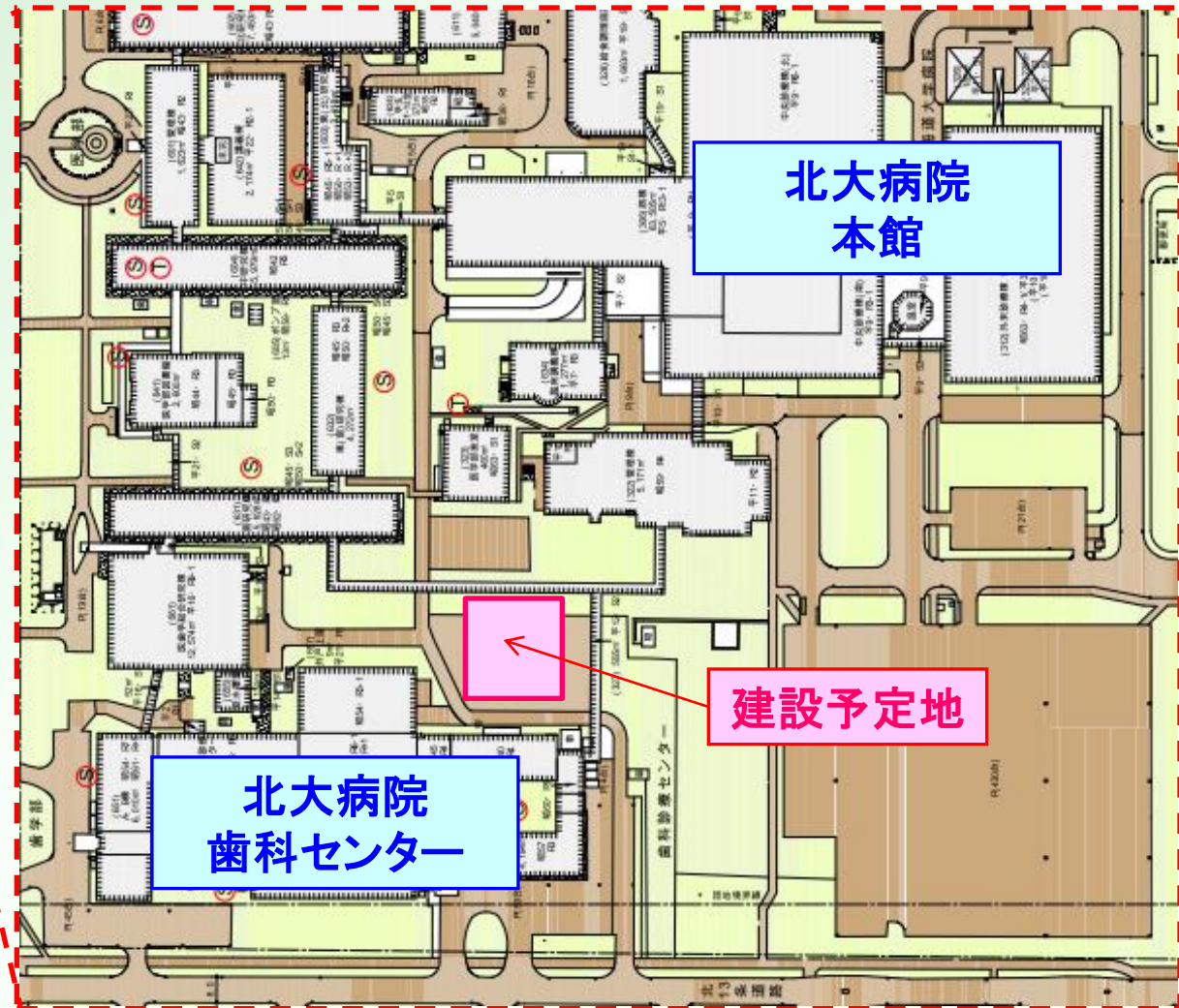
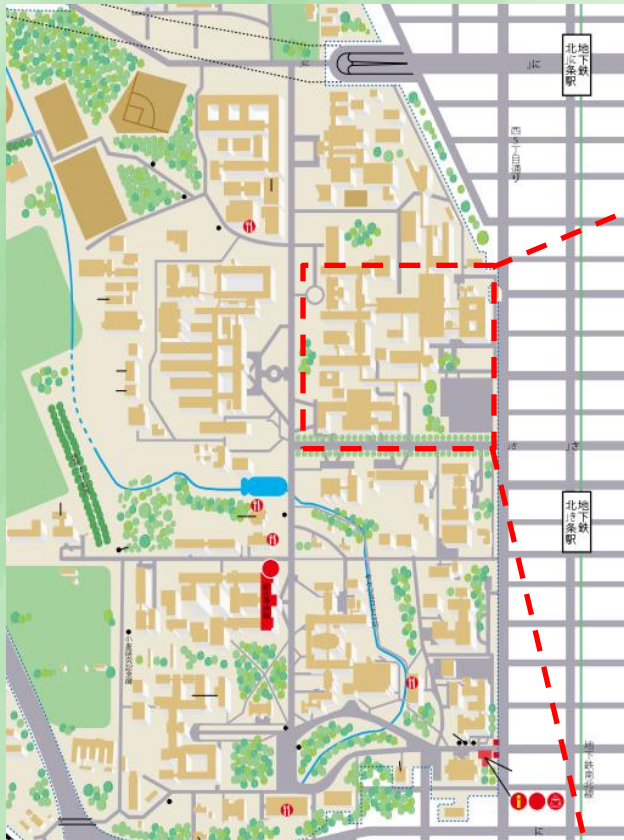
X線受像機

動体追跡用X線

治療台

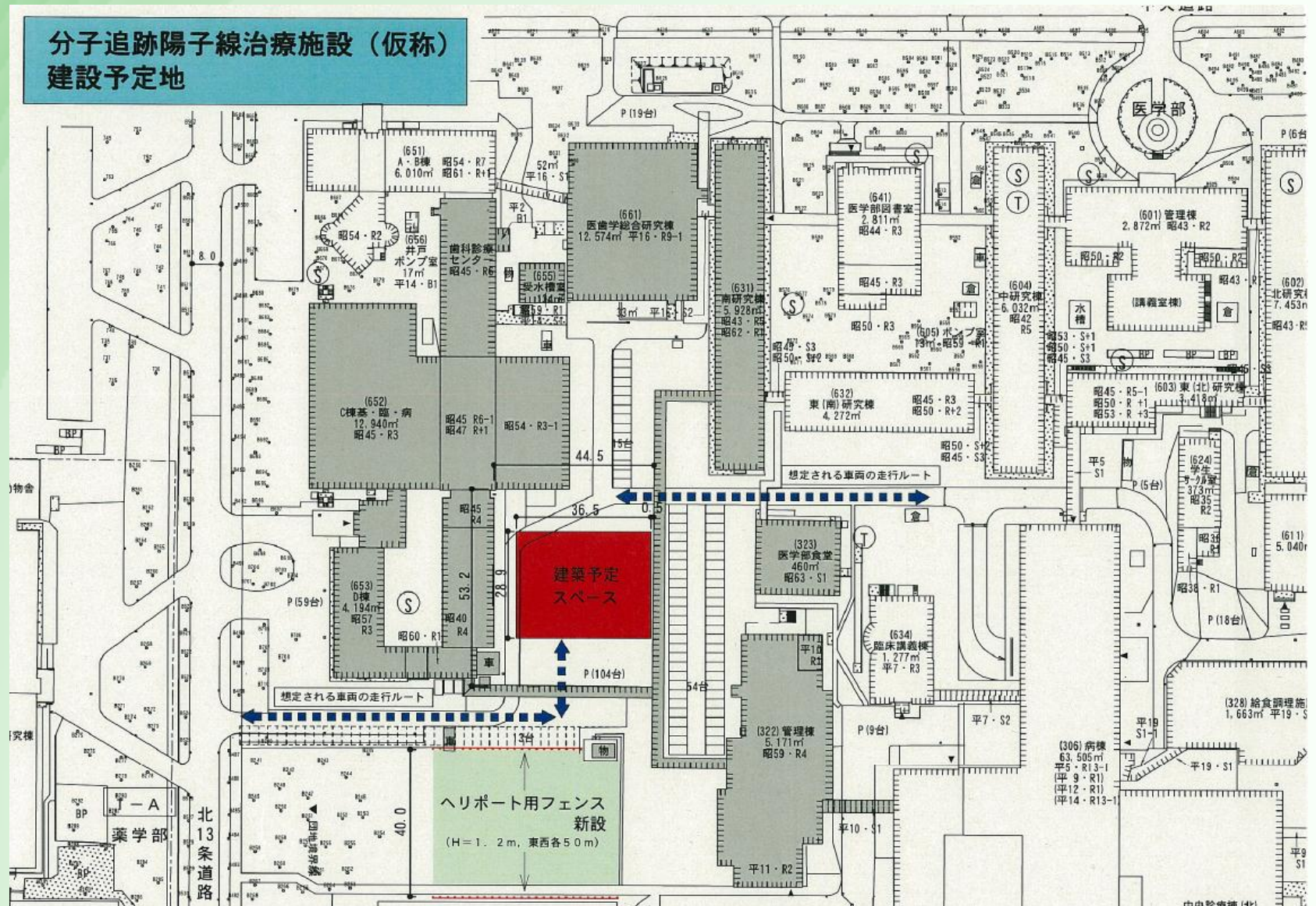
動く臓器の大型の癌の治療が可能に

分子追跡陽子線治療装置 建設予定地



北海道大学病院内 (36x 29 m)に平成25年度
治療開始予定の小型陽子線治療装置

分子追跡陽子線治療施設（仮称）
建設予定地



分子追跡陽子線治療装置の開発

3

国家PJ「最先端研究開発支援プログラム」

がんの
「サイズ」
「体内での動き」
「放射線感受性」
に合わせた
テーラーメイド
放射線治療の実現

次世代最先端
放射線治療装置の
世界標準を目指し
日本の医療機器
研究開発の
持続的発展を実現



FIRST 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

[サイト内検索](#)
[大](#) [中](#) [小](#)
[口 貴道の取り扱いについて](#) [口 サイトマップ](#) [口 リンク](#) [Japanese](#) [English](#)

[トップページ](#) [プロジェクト紹介](#) [プロジェクト体制](#) [プロジェクト実績](#) [報告書](#) [お問合せ](#)

がん治療の新たな地平へ

北海道大学と京都大学は、体内を移動するがんを自動的に追跡して治療する最先端の放射線治療装置を開発します。
がん治療率の向上と我が国の医療産業の復興を目指し、世界に誇る日本の先進技術がここに集結しました。
世界トップのがん治療プロジェクトがいま始動します。



[一般の方へ](#) [医療関係者の方へ](#) [研究者・学生の方へ](#)

プロジェクト紹介

- ◆ ご挨拶
- ◆ プロジェクト概要
- ◆ 研究開発の背景
- ◆ 分子追跡陽子線治療装置の開発研究
- ◆ 分子追跡X線治療装置の開発

プロジェクト体制

- ◆ 研究開発体制
- ◆ 研究支援機関

プロジェクト実績

- ◆ セミナー・シンポジウム

[報告書](#)

特集



2011/08/26 **NEW**
本日の陽子線治療施設建設工事の様子
毎日大きなクレーンが行き来し、杭工事が進められています。午前中の大雨で作業がどうなるかと心配しましたが、午後には晴れ渡った空の下、予定通り作業を進めることができました。この作業は9月末まで続きます... [口 続きを見る](#)

お知らせ

2011/08/08 2011 JOINT AAPM/COMP MEETINGに北大高松先生が参加しました

2011/07/25 北海道大学陽子線治療施設の起工式が行われました。

2011/07/12 分子追跡陽子線治療装置開発ニュースレター第4号を掲載しました

2011/06/21 「FIRSTサイエンスフォーラム〜トップ科学者と若者で切り拓く未来〜」のご報告



分子追跡陽子線治療装置イメージ図



分子追跡X線治療装置イメージ図

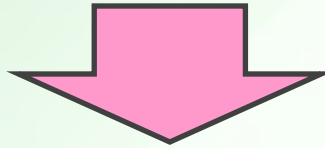


北海道大学

放射線治療の今後

放射線治療へのニーズの増加

一方、がんには“放射線感受性(＝効きやすさ)”、“呼吸などによる体内での動き”、“形状・サイズ”など、様々なタイプが存在。



タイプに合わせた治療機器開発の重要性が増大

既存病院施設に設置できる小型粒子線治療機器のニーズ増大

<粒子線治療のメリット>

- ◆正常組織への損傷が少ない。
- ◆放射線の影響を受けやすい器官の近くにあるがん細胞にも照射可能。
- ◆患者様の負担が減り、高齢者にもやさしい治療法。
- ◆治療後の社会復帰に支障をきたさない治療法。

模型写真: 建屋概観/主要装置



北海道大学分子追跡
陽子線治療施設
建屋概観

北海道大学分子追跡
陽子線治療施設
建屋内部(加速器、回転ガントリー)



分子追跡陽子線治療施設完成予想図/建屋概観 6



分子追跡陽子線治療施設完成予想図/内部概観

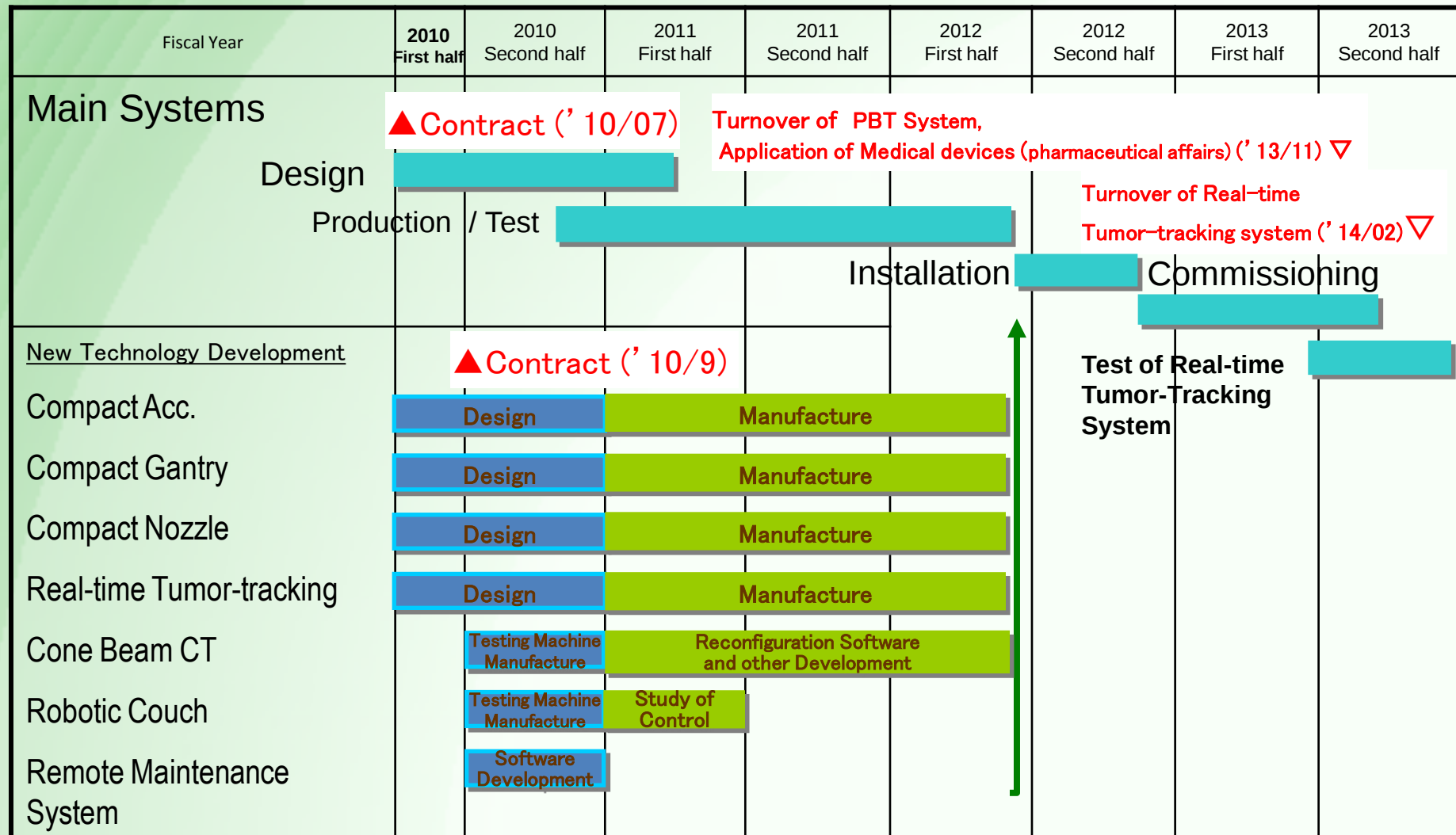
7



北海道大学

Project Schedule

8



研究開発成果とその波及効果

癌の治癒率向上、副作用軽減、施設費削減

- 体内で動く、大きながんの**治癒率向上**。
肺がん ・ 肝がん ・ 前立腺がん
- **晩期障害のリスク回避**をさらに徹底。
小児がん ・ 頭蓋内腫瘍 ・ 肉腫
- 小型化により病院内設置を可能とし、**施設費・維持費を削減**
→ **粒子線治療の普及**へ。

放射線を利用して助けられる社会へ



主な参考文献(公開資料)

10

高度情報科学技術研究機構
原子力百科事典ATOMICA

<http://www.rist.or.jp/atomica/>

総合科学技術会議
最先端研究開発支援プログラム

<http://www8.cao.go.jp/cstp/sentan/index.html>

分子追跡放射線治療装置の開発

<http://rtpbt.med.hokudai.ac.jp/>

未来創薬・医療イノベーション
拠点形成

<http://www.cris.hokudai.ac.jp/cris/innovahome/>

重粒子医科学センター
放射線医学総合研究所

<http://www.nirs.go.jp/rd/structure/rccpt/index.shtml>

