



# 放射線照射事故とその背景 －現況と展望－

2006.4.11.原子力委員会  
国立がんセンター中央病院放射線治療部  
池田 恢

# 本日の講演内容

放射線治療とは  
放射線照射事故(過剰・過少)と  
その背景

QA/QCとリスクマネジメントのシステム  
放射線治療の構造と実態調査の結果  
医学物理士・品質管理士  
今後の展望

# 放射線治療とは

がんに対する 3 大治療法の 1 つ  
周囲の正常組織には少ない線量を、  
標的である腫瘍部分には線量を集中させる  
形態・機能を温存できる治療法である。

舌癌組織内照射、咽頭癌治療、乳房温存療法など  
我が国全悪性腫瘍患者の 20% に適用  
(米国：60%、スウェーデン：47%)

**96 yo. Female, T4N0M0, well differentiated squamous cell carcinoma  
15 months disease free survival after radiation therapy (54 Gy)**



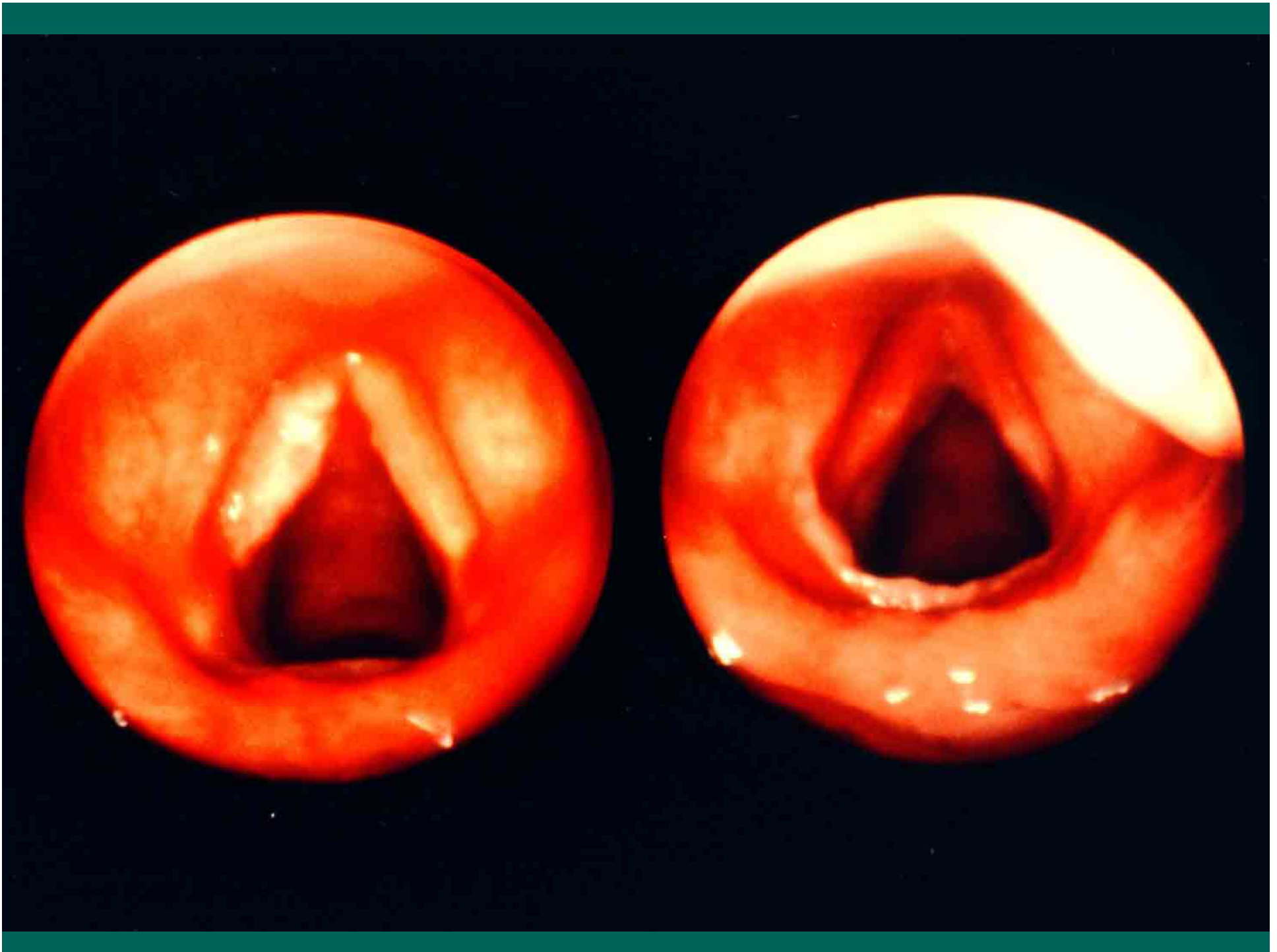
**At the diagnosis**



**At the end of XRT**



**Two months after**





# リニアック

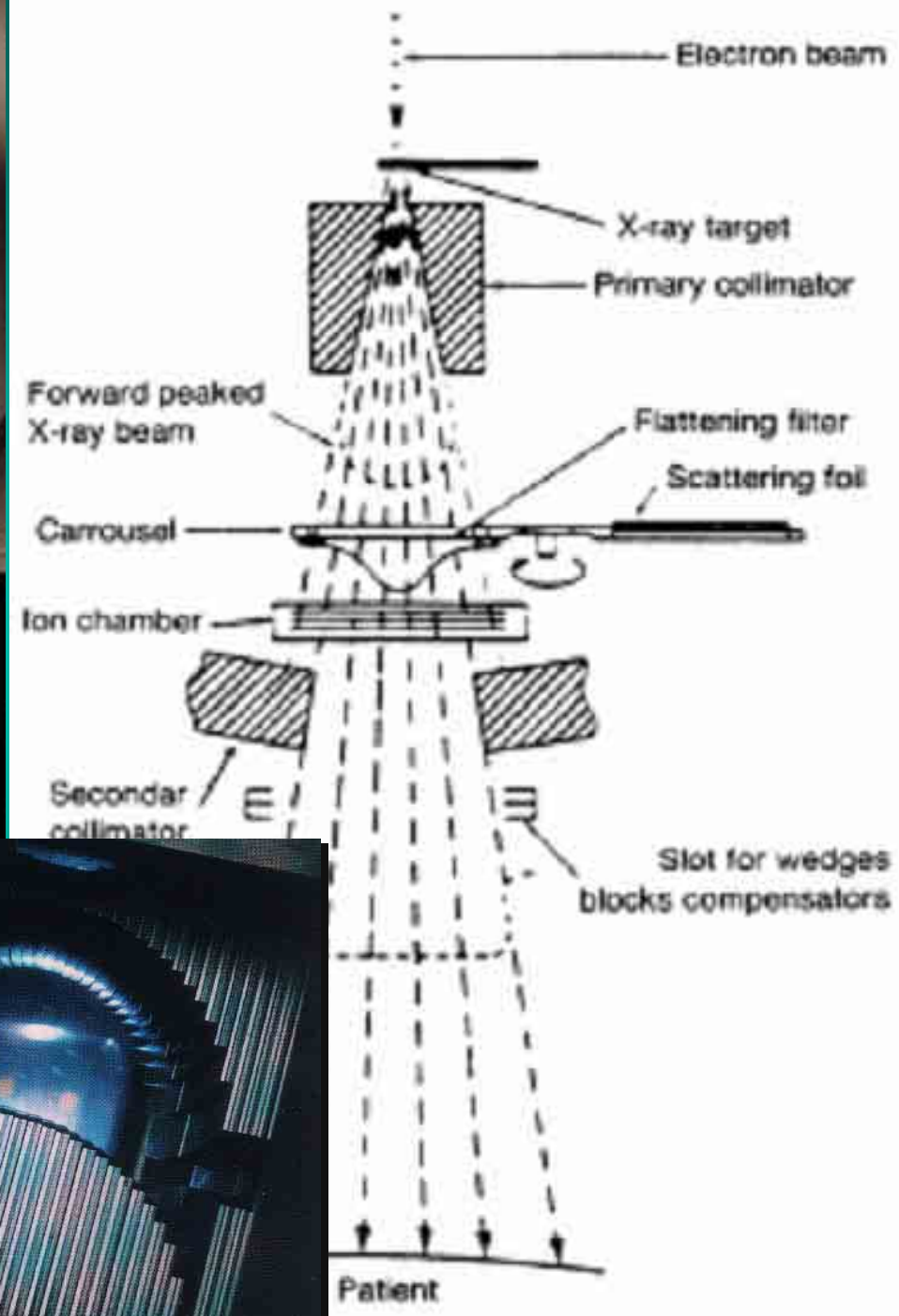
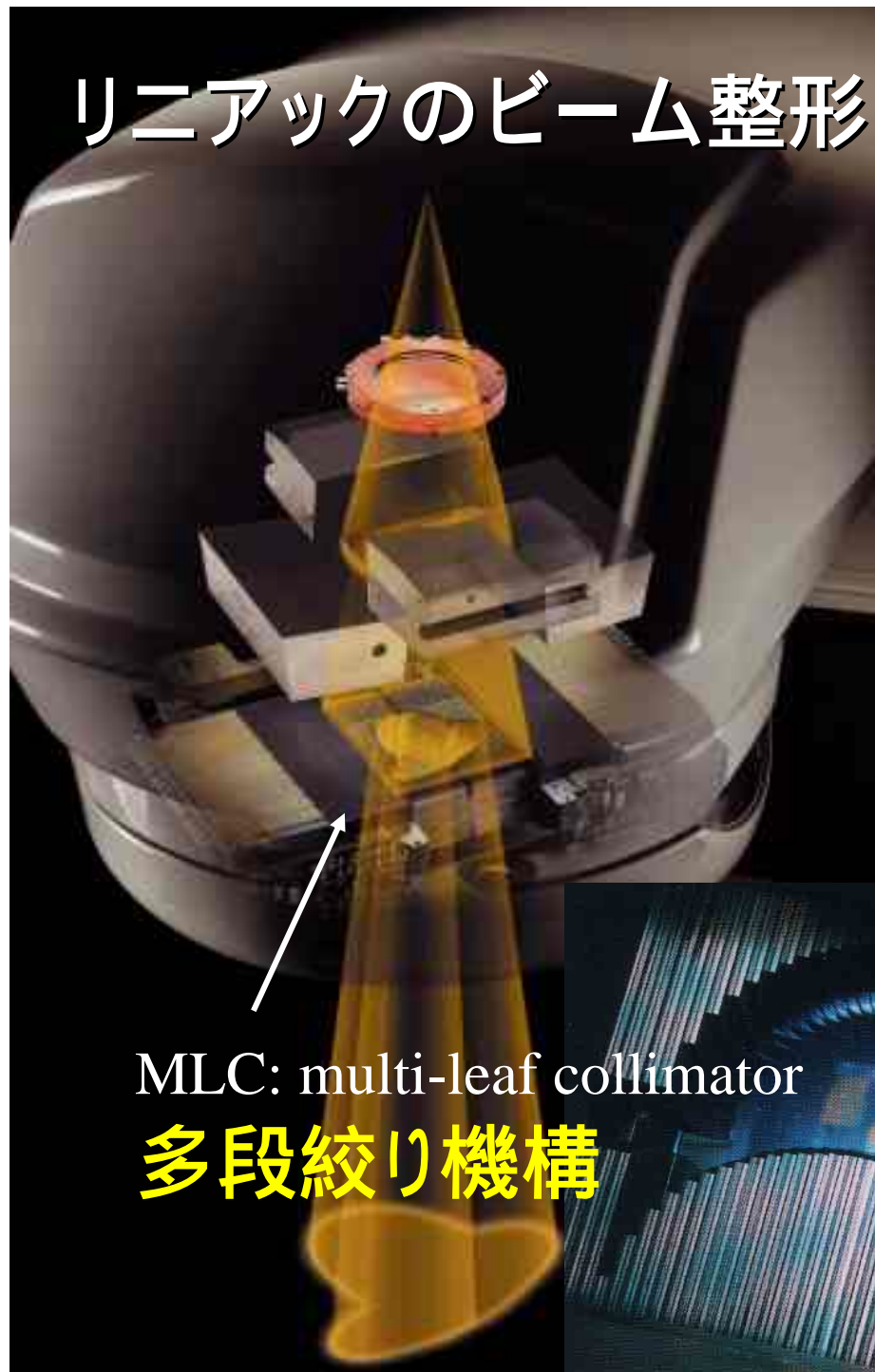
ライナック  
(電子線直線加速装置)



電子を光速に近くまで加速する

高エネルギーのX線  
あるいは電子線治療  
が可能

# リニアックのビーム整形



# 外照射の実際

- ・治療計画に従って患者の位置設定を行い、照射線量など各種パラメータを入力の後には放射線が照射される



リニアック





# 治療計画(シミュレーション)

- ・治療開始前に最適な照射範囲やビーム方向を決める
- ・X線シミュレータ/CTシミュレータを用いる
- ・これらの画像データとリニアックのビームデータを用いて、治療計画用コンピュータで線量分布を計算する

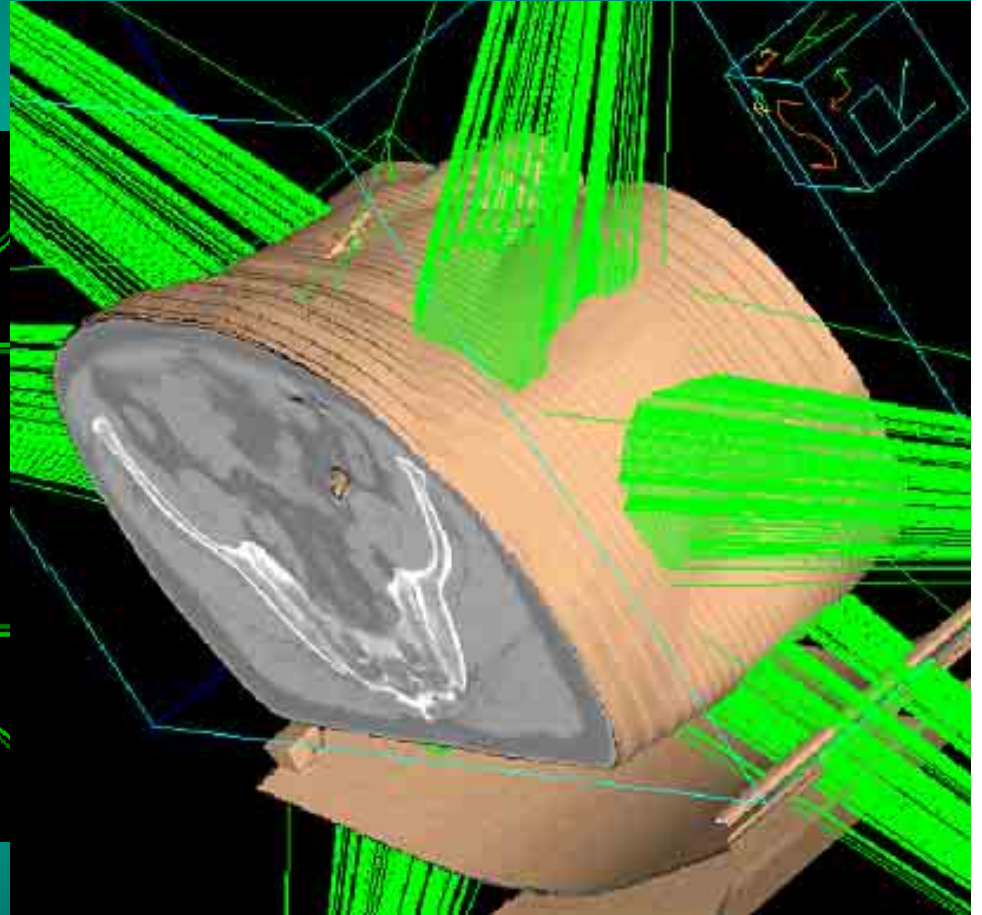
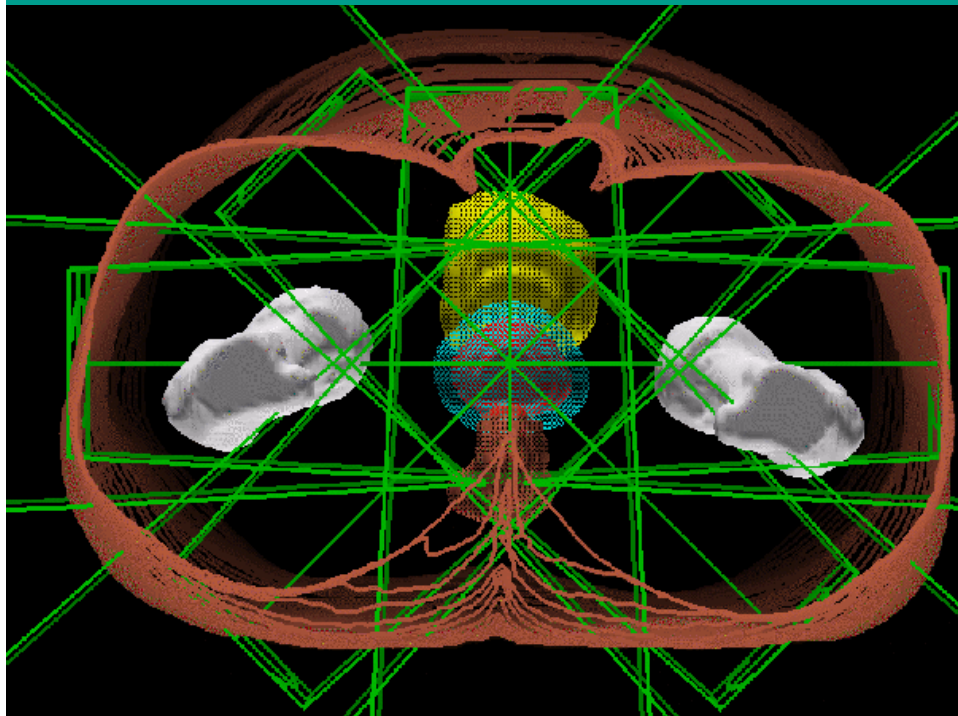
X線シミュレータ



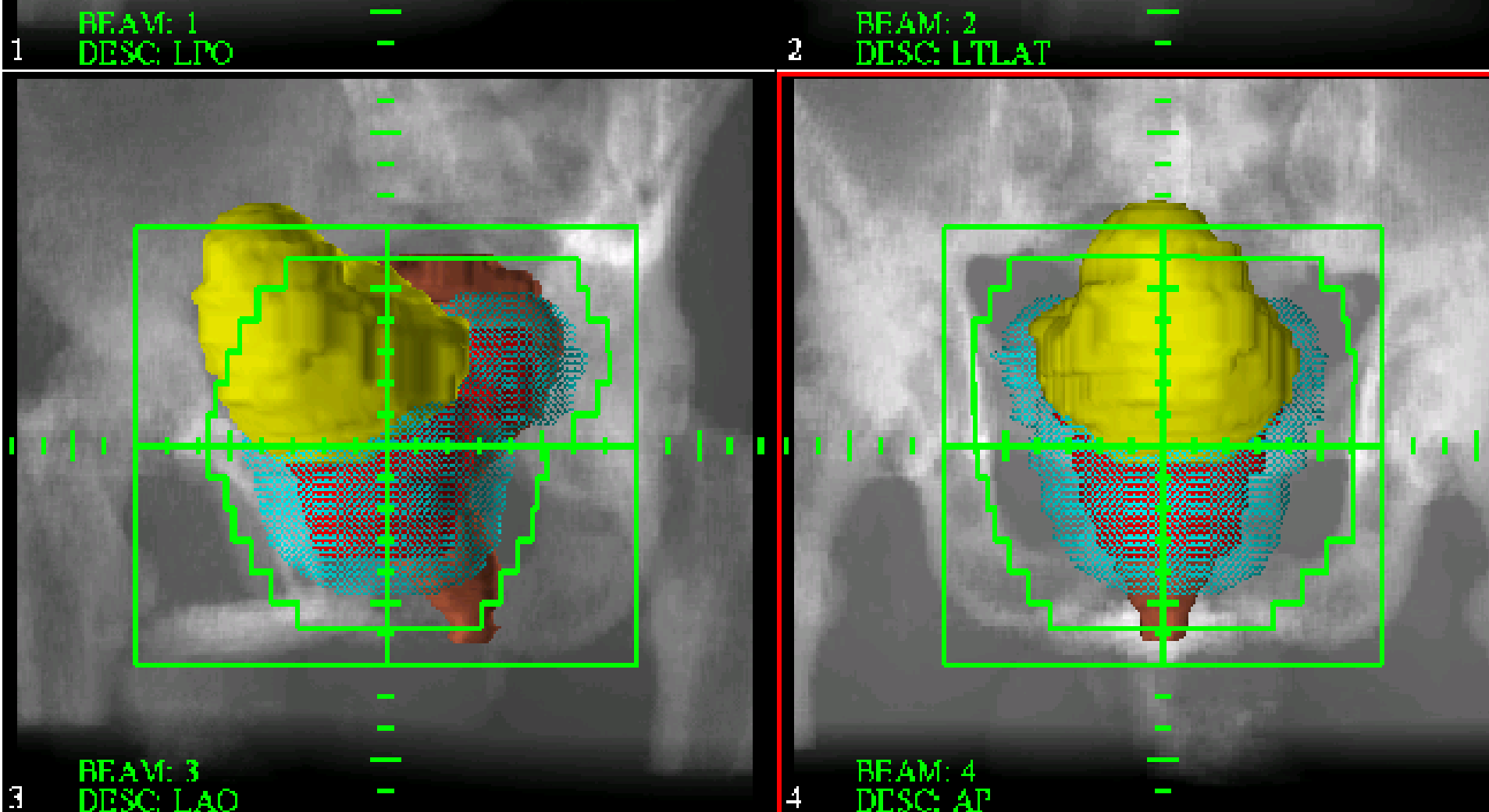
CTシミュレータ



# 照射方向の決定



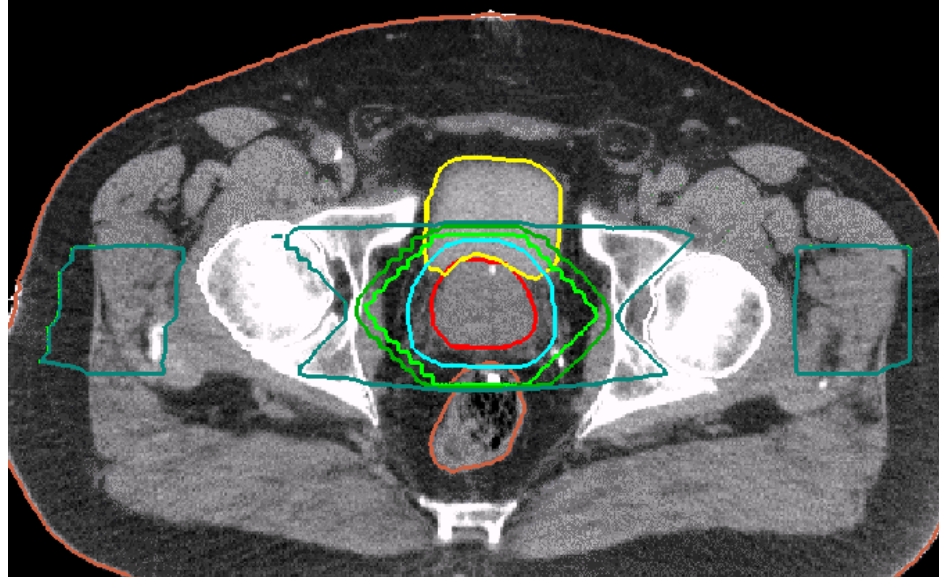
# 照射野表示 (beam's eye view)



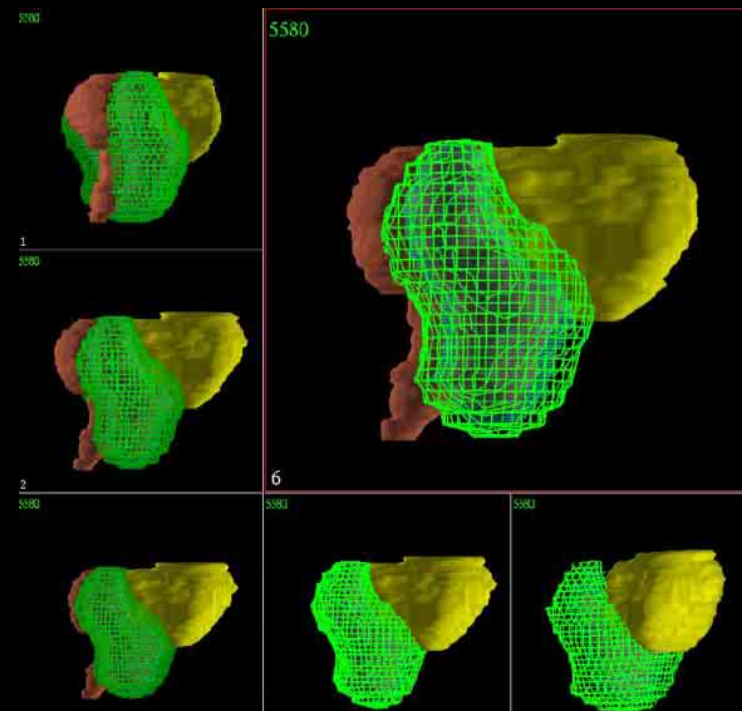
# 線量分布の表示

7400  
6400  
5400

2D表示

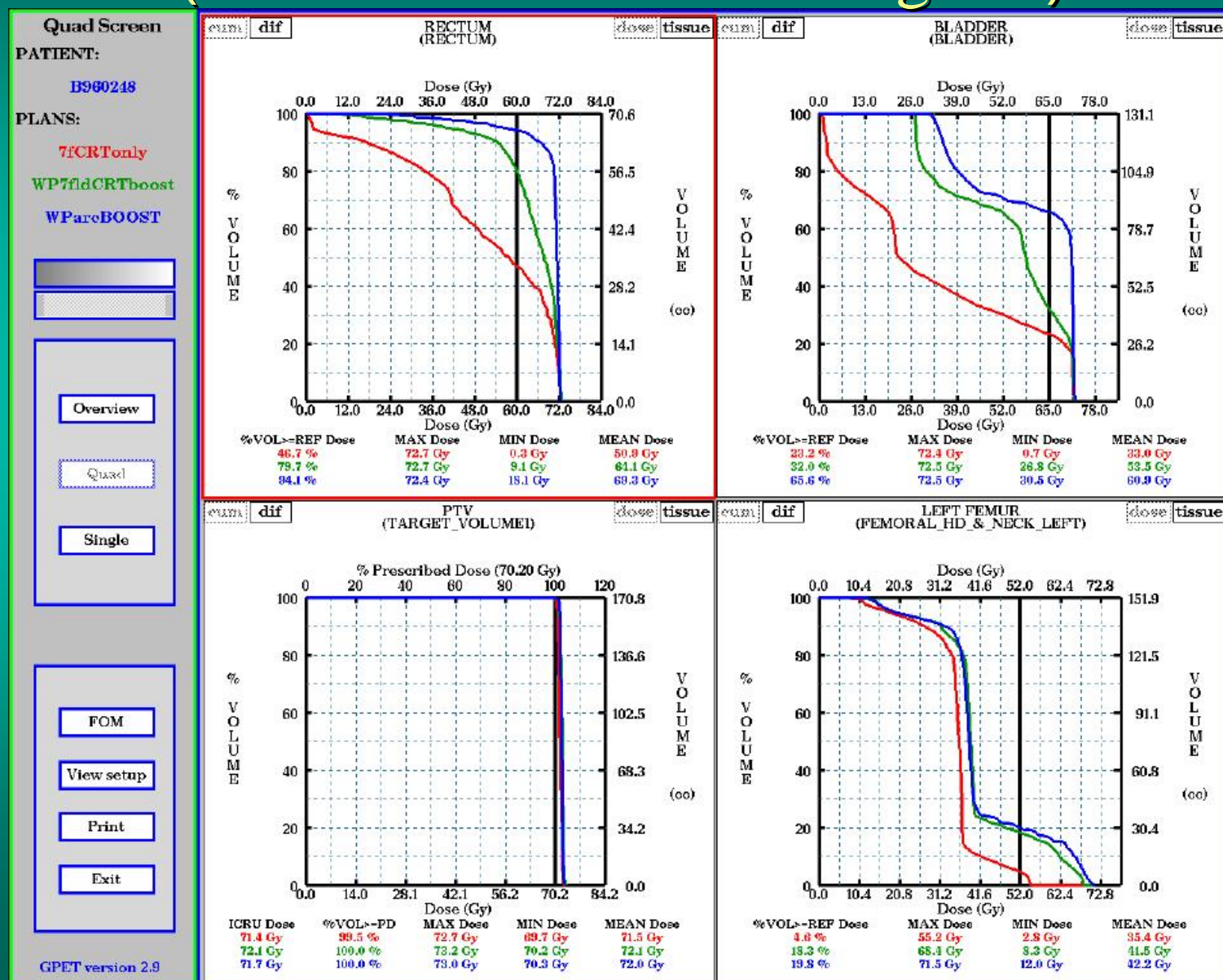


3D表示





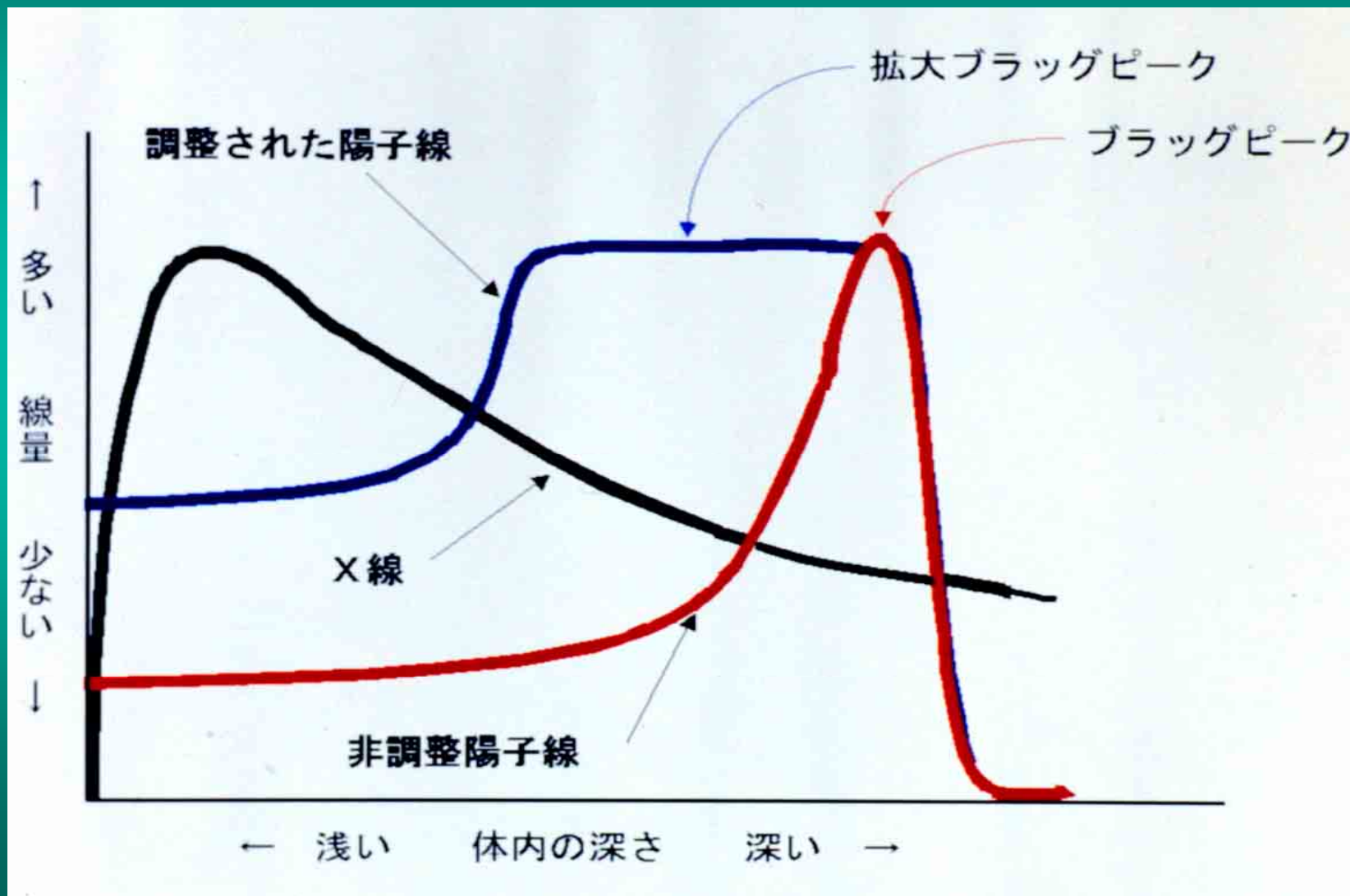
# 治療計画の定量評価 (DVH: dose volume histogram)



# 最新の放射線治療

- 3次元原体照射
- 定位放射線照射・治療(ガンマナイフ、など)
- 体幹部定位放射線治療
- 動体追跡放射線治療(4次元放射線治療)
- IMRT
- 粒子線治療(陽子・重粒子)
- 小線源治療(前立腺癌に対するI-125)

# 粒子(陽子)線の深部率曲線

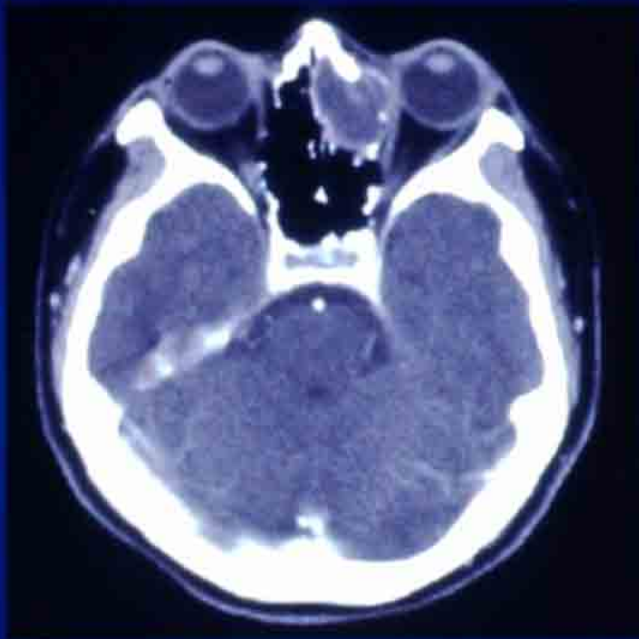




回転ガントリー照射室



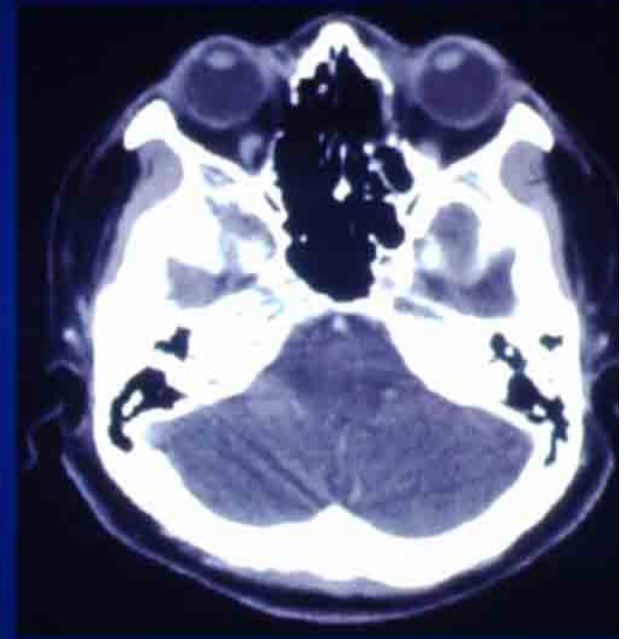
# Ethmoid Sinus Ca.



**Pre-PRT**  
**(Feb 1999)**



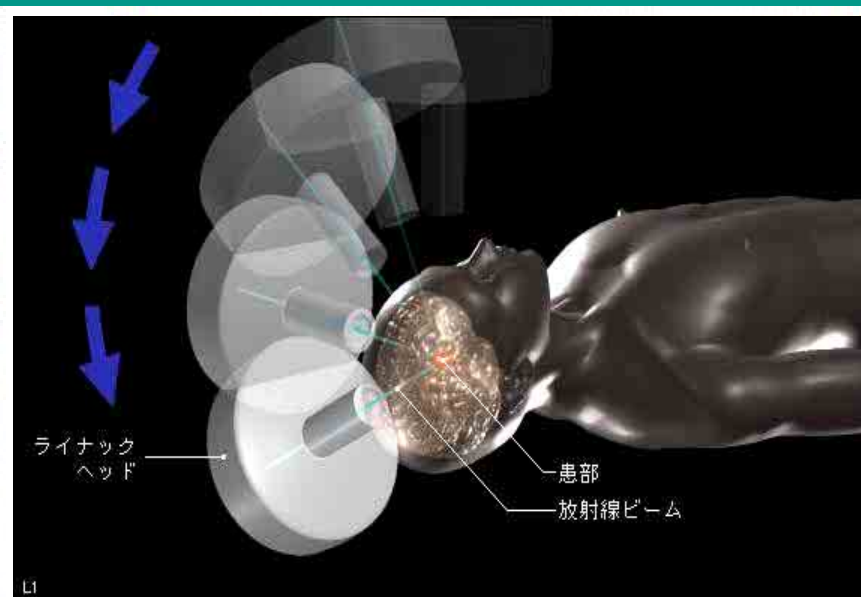
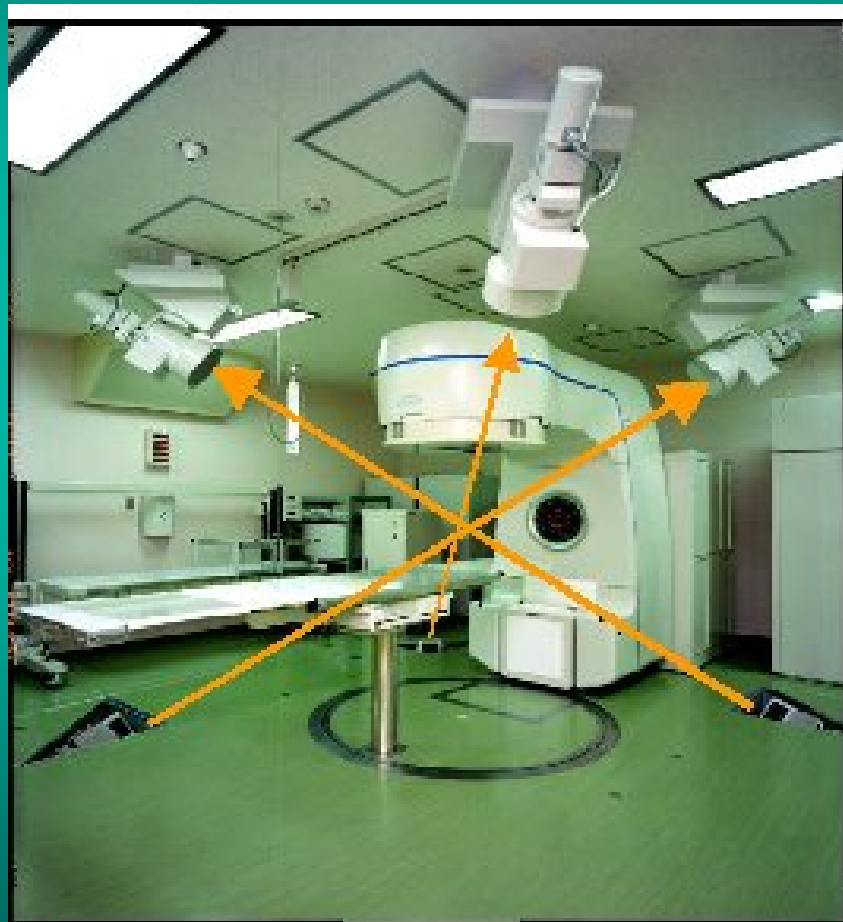
**Isodose Curve**



**Post-65 GyE PRT**  
**(May 1999)**

## 体幹部定位放射線治療：定位放射線治療を脳以外に応用したもの

JCOGでは「T1N0M0非小細胞肺癌に対する体幹部定位放射線治療第 Ⅲ 相試験」  
(JCOG0403 平岡班)を行っている



脳腫瘍だけでなく、肺がんなど  
体幹部の腫瘍に線量を集中させる。  
技術的にはわが国が世界で  
最も進んでいる。

# 254人に放射線過剰照射

## 国立弘前病院 計算ミスで7年余

### 7人副作用の疑い

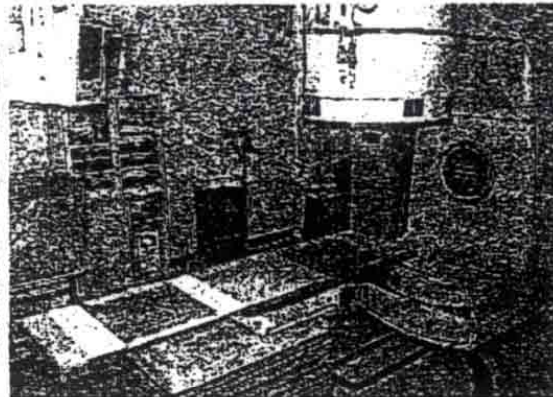
弘前市の国立弘前病院で一九八八年七月から九九年十月にかけて通算七年四月、がんなどの放射線治療をした患者計百五十四人に対し、技師の計算ミスから過剰な量の放射線を照射していたことが三日、分かった。今年八月、患者の一人が過剰照射の副作用と疑われる直腸炎を発症し、過去の診療記録からミスが発覚。その後の調査で現在までに、乳房癌形やうつ骨骨折など計七人に副作用が疑われている。病院は「古い機械を使っていた時期にミスがあったと認めており三日後、記者会見を開き謝罪。弘前市に医療事故として届けた。

病院側は、過剰照射しで負担する。

た患者全員に連絡、副作用がなかったかなど健康状態の把握を行い、障害の疑われる人や照射線量の多い人には医療機関で受診するように依頼する。治療に要する費用は病院、同病室によると、今年

八月、放射線照射の影響とみられる直腸炎を発症した男性患者に人工肛門を付ける手術を実施。治療記録を調べると、九七年の国立弘前がん治療で高エネルギーエックス線装置（リニアック）を使用した際の放射線量が適正量を超えていたことが分かった。

その後、当時の放射線治療の記録を厳密に調べた結果、八八年七月―九九年十月（九一年四月―九五年三月を除く）の期間に、二百五十四人、計三百二十七回の過剰照射が判明した。一人の診療放射線技師が放射線量の計算方法を誤り、放射線科医が指示した照射量の一一・一一―二八倍の照射が行われていた。七人の患者に、直腸炎、ろつ骨骨折、乳房癌形などの副作用が疑われている。副作用が分かったのは約三十人ほどと



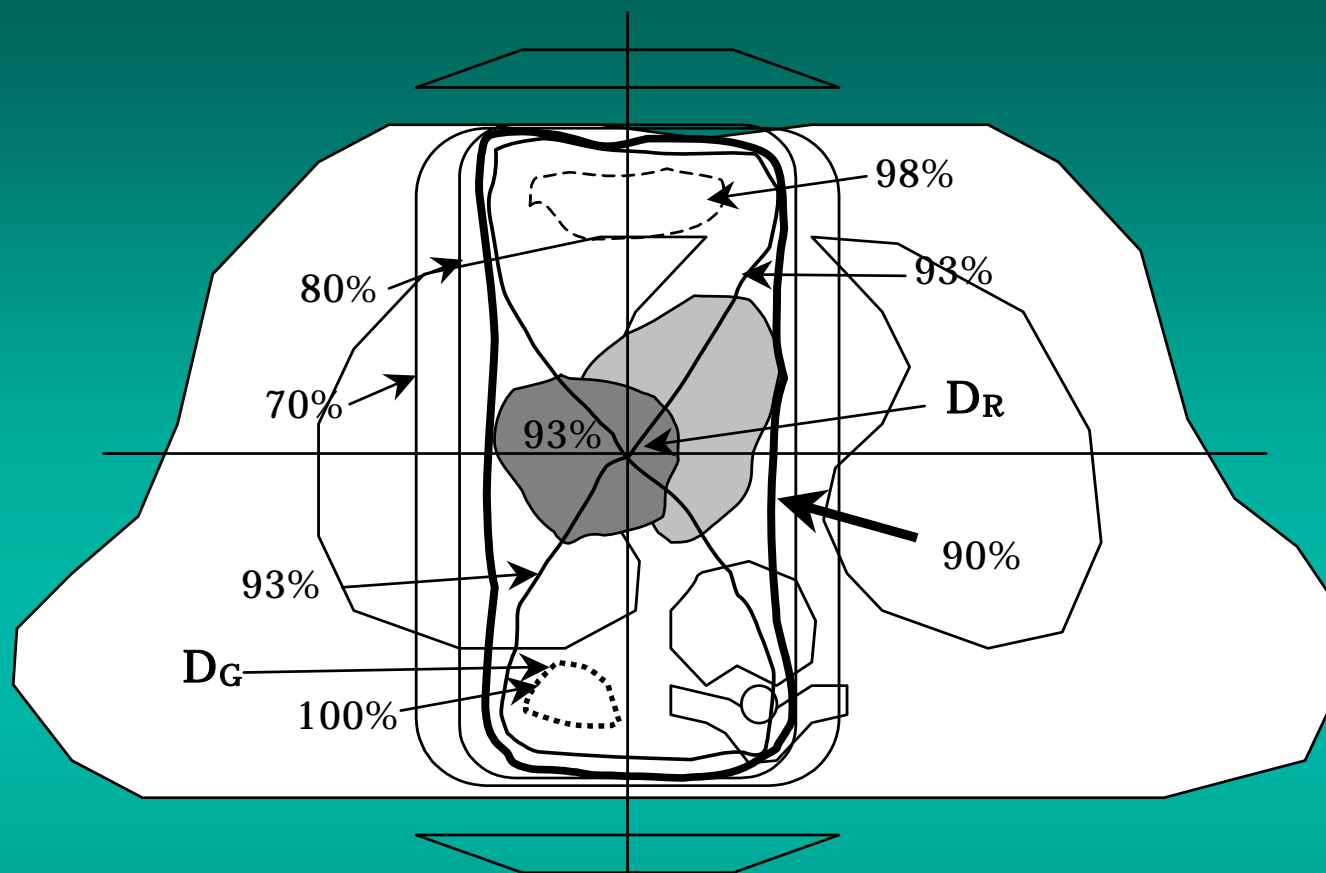
技師が治療ミスを起こした機械が設置されていたリニアック治療室（機器は新調）  
二三年午後二時二十分、国立弘前病院

国立弘前病院  
一九八七年、弘前盛成（せいじ）病院として創設し、後に弘前盛成病院と改称。一九八五年、国立弘前病院として独立。診療科16科を備えた総合病院で、がんや肉腫、医療の指定専任施設。がんや肉腫、患者の治療が主。ロイドなどに

# 国立H病院の過剰照射事故

- 平成7年4月－平成11年10月のできごと
- 医師1名、技師1名で診療(放射線治療)
- 医師と技師との間で線量評価法が異なった。それを長い間お互いに気付かなかった
- (医師・技師双方の責任)
- 障害:死亡(?)例あり。乳癌では39名のうち肋骨骨折14、肺線維症21、胸郭変形15、
- 皮膚硬結16など





## 前後対向2門照射の線量分布 (原発巣とリンパ節をターゲットとする)

担当医師と担当技師の間に線量評価の考えに違いがあった

# Y大学病院での過小照射

- 連絡協議会メンバー7名による調査:2004.3.8.
- 本件の直接原因：放射線治療計画装置 FOCUSへの、4MVX線,15cm×15cmの**出力係数(TSCF)に関する入力ミス**。(1.032と入力すべきを1.320に誤入力)
- 入力は納入業者の技術者により徹夜で敢行。
- 大学側は長期に亘りRTPに入力されたデータの確認を怠ってきた。
- **コミッショニング**でのエラーが典型的に出た

# Y大学病院過小照射事故

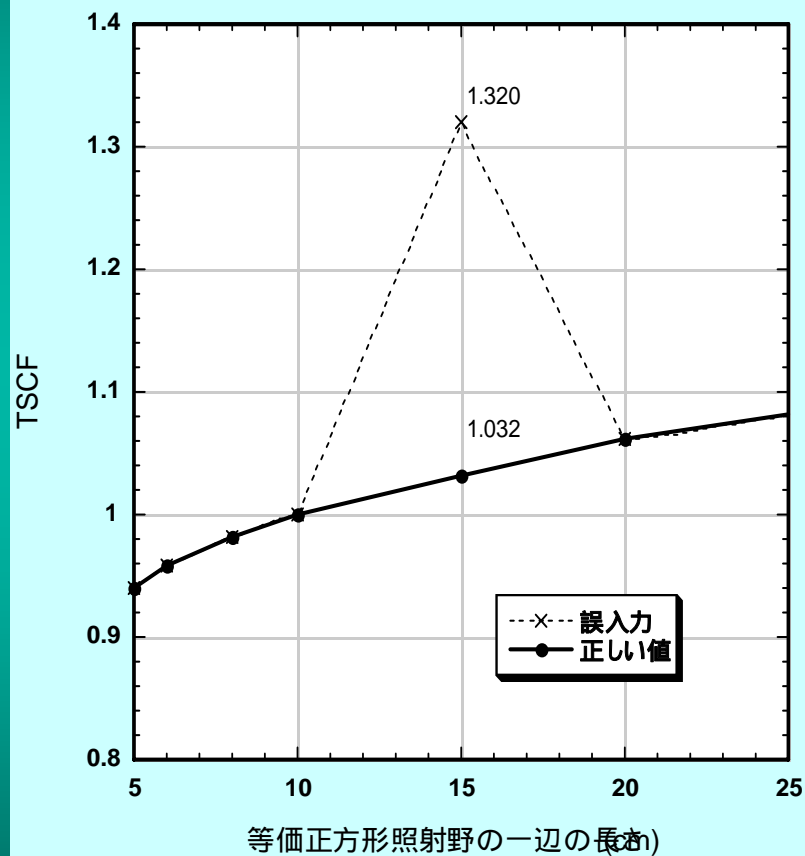


表1 処方線量に対する実投与線量の比と該当患者数

実投与線量 / 処方線量	患者数
1.00 ~ 0.95	27
0.95 ~ 0.90	14
0.90 ~ 0.85	8
0.85 ~ 0.80	9
0.80 ~ 0.75	0
臨床的除外	5
計	63

# Y大学病院過小照射事故

表3 患者のクラス分類（平成16年3月 現在）

クラス	患者数（うち死亡者数）
IA	0（0）
IB	31（15）
II	27（11）
臨床的除外	5（2）
計	63（28）



# W大学病院放射線治療事故調査団

平成16年8月17日

メンバー： 医学物理連絡協議会から早渕 尚文(団長)、  
遠藤 真広(副団長)、他4名

経過：下咽頭癌の患者に1回2.5Gyで62.5Gy照射後の追加照射に10Gy(4分割)を担当医が指示するところを、1回10Gyと指示ミスをした。担当技師は1回10Gyを2回行った。

数ヶ月後、過剰照射部位の壊死、動脈性の出血、誤嚥で窒息死した。

背景：1. 治療装置と治療計画装置のソフトの欠陥  
2. 治療担当の放射線技師が毎日他部署との交替で専門性ができず、治療技術が未熟であった。

早渕

# わが国の最近の放射線治療事故

患者に影響を与えたもの

	病院名	公表日	事故の期間	事故内容と対象患者数
1	都内T病院 *	2001.4.	1998.7. - 2000.12 2 年半	ウェッジファクターの入力ミス、過剰照射、対象患者:23名
2	K大学病院	2002.7.	2000.6. - 2002.7. 2年 余	ウェッジファクターの入力ミス、過剰照射、対象患者:12名
3	国立H病院 *	2003.10.	1995.4. - 1999.10. 4年半	治療担当医師と技師の線量評価の相違、過剰照射、対象患者:276名
4	Y大学病院 *	2004.2.	2003.11.まで 4年半	照射野係数の入力ミス、過小照射、対象患者:32名
5	Y市立病院 *	2004.3.	2003.2. - 2004.3. 1年余	シャドウトレイがないのにあるとして計算。過剰照射、対象患者:25名
6	T総合病院 *	2004.4.	1999.3. - 2004.4. 約4年	補正係数をルーチンの線量測定に使用(?), 過小照射、対象患者:256名
7	W医科大学病院 *	2004.5.	2003. 9. 2日間	ブーストとして10Gy/4回追加予定が10Gyを2回追加した。対象患者:1名。患者は9ヶ月後、局所感染、fistula形成、出血と誤嚥で死亡。
8	I医科大学病院	2004.5.	1998.9. - 2004.5. 約5年半	ウェッジファクタの入力ミス、過剰照射、対象患者:111名。

# 事故の原因 / 背景

- ・事例ごとに個々の原因がある
- ・熟練者でも陥る / 十分な教育研修の欠如  
(人手不足が原因 = どの施設でも陥りかねない)
- ・多くは放射線治療計画装置が絡んでいる  
(8件中7件まで)  
またその導入時(受入れ試験、コミッショニングの際)に生じる(8件中4件)  
(受入れ試験、コミッショニングの重要性)
- ・検証システムがない  
品質管理担当者の重要性が改めて認識された。

# 医学放射線物理連絡協議会の 反省と勧告

放射線治療の品質管理担当者(欧米の医学物理士)がほとんどの放射線治療施設に居ないため、装置納入時には業者任せであった。

「3) 治療担当の**医師**および**診療放射線技師**は、**個々の線量計算**について**習熟**しておく必要があります。また**二重、三重のチェックシステム**を構築してください。」

(東京都内病院の事故に関連した医学放射線物理連絡協議会の勧告、2001年11月)

# 世界各国から報告されている 放射線治療における重大事故

国	年	患者数	主たる原因
USA	1974-76	426名	$^{60}\text{Co}$ 照射装置の線量計算に、間違った減衰率表を使用（過剰線量） 独立した線量計算のチェックを行わず、2年以上出力測定も怠る
Germany	1986-87	86名	$^{60}\text{Co}$ 照射装置で異なる線量表を使用（過剰線量） 独立した線量率のチェックを行わず
UK	1988	207名	$^{60}\text{Co}$ 照射装置で出力測定を誤り、25%の過剰線量 独立した出力測定のチェックを行わず
UK	1988-89	22名	Cs-137 小線源の出力測定を誤り、-20% ~ +10%の誤差 独立した出力測定のチェックを行わず
Spain	1990	27名 (死亡18名)	ライナックの保守作業における過失 保守要員と物理士との間の情報伝達が不良 警報と表示を十分分析せず、定期的ビームデータのチェックが実施されないか不十分であった（200% ~ 700%の過剰線量）
UK	1982-91	約1,000名	治療計画装置の不適切な受入時データ取得（5-30%の線量不足）
USA	1992	94名（死亡1名）	患者体内に高線量率線源が残留 ケーブル破損により線源が脱落 エリアモニターと制御装置の表示を誤作動と誤認
Costa Rica	1996	115名 (死亡17名)	$^{60}\text{Co}$ 照射装置で出力計算を誤る 独立した出力測定のチェックを行わず、外部監査のQA勧告を無視 約60%の過剰線量



# 放射線治療品質管理士の制定

- 連絡協議会による検証作業から、放射線治療施設での品質管理の重要性が明らかになった。
- 医学物理士、品質管理担当者がいない
- 医学物理士、および4年制保健学科卒業生に一定講習を受けた後、品質管理士称号を与える(2005年1月より発足)
- 授与機関:放射線治療品質管理機構

品質管理士

```
graph BT; A[品質管理士] <-- B[共同認定放射線治療専門技師]; A <-- C[医学物理士]; B --> D[技師会技能認定]; B --> E[技術学会専門技師]; B --> F[JAS-TRO 認定技師]; C --> G[日本医学放射線学会の認定];
```

共同認定放射線治療専門技師

技師  
会  
技能  
認定

技術  
学会  
専門  
技師

JAS-  
TRO  
認定  
技師

医学物理士

日本医学  
放射線学  
会の認定

# 品質管理活動：ファントム設置状況



- 訪問調査の実施
- 京都大学測定時
- ファントム位置確認中

# がん医療としての問題点と方向

- 腫瘍内科医、放射線治療医や医学物理士が少ない
- がん登録、情報支援センター構想、がん医療の均てん化、拠点病院構想、緩和医療・教育の充実、検診の普及
- 近年、患者の要望が急激に盛り上がり、強くなっている **がん対策推進法(案)**へ

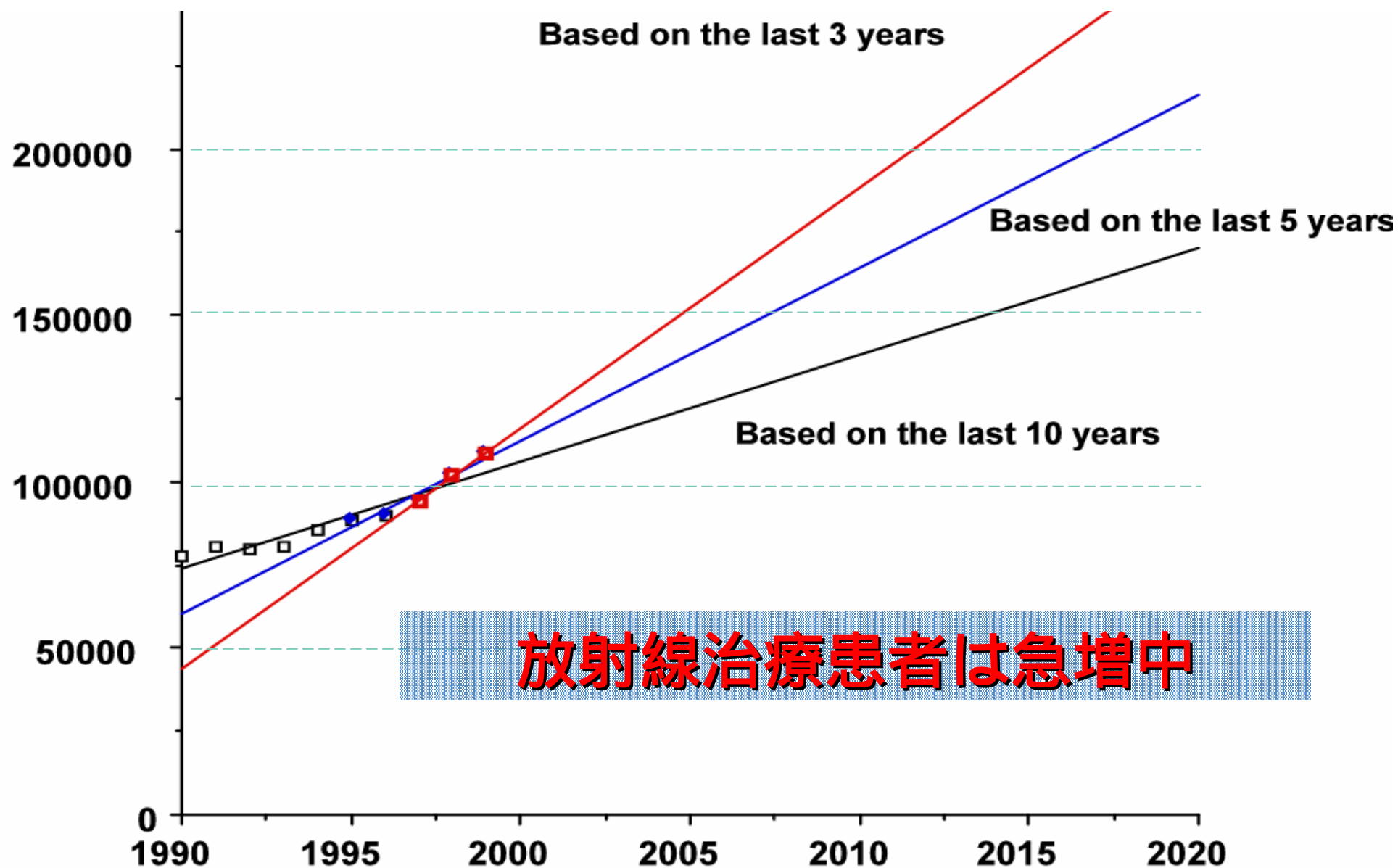
# 治療環境の日米比較と問題点

	日本	米国	問題点
施設数	700	1400	施設により患者数に開きが大きい
ライナック	800	1900	施設により患者数に開きが大きい、基幹病院に少ない
新患者数	14万人	60万人	高齢患者、適応患者の増加
放射線腫瘍医	500名	2300名	常勤医師いない施設あり
医学物理士	40名	5000名	放射線治療計画装置の演算・管理、装置のQAに必須の
治療専任技師	1000名	多数	診断との兼務 <sup>人</sup> でなく、治療特化の技師が必要

施設設備は充足、人がいない



# 放射線治療を受ける患者総数



# まとめ

- わが国の放射線治療技術は世界に誇れるトップレベルである
- 過剰照射・過少照射事故の背景：医学物理士など専門従事者が少ない
- 解決すべき問題：国家資格でない、医療費上での保障、ポストの保障、など
- がん医療の重要な柱である

放射線治療を支えていただきたい！