



加速器の種類

SHI

代表的な加速器

加速器の種類	加速電場	ビーム軌道
コッククロフト・ウォルトン型加速器	静電場	直線
バンデグラーフ型加速器	静電場	直線
サイクロトロン	高周波	螺旋
ベータトロン	高周波	円
シンクロトロン	高周波	円
線形加速器	高周波	直線

◆ Sumitomo Heavy Industries, Ltd. 8

サイクロトロンの歴史



Ernest Orlando Lawrence
1939年、ノーベル物理学賞
「サイクロトロンの開発および人工放射性元素の研究」

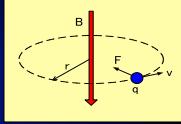


世界初のサイクロトロン
1931年1月

SHI

$$F = -qv \times B$$

$$F = qvB$$



遠心力とローレンツ力が釣り合う

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{qB}{m}$$

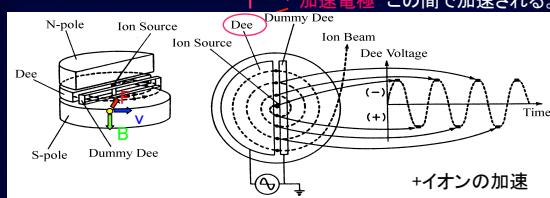
一様な磁場中では荷電粒子の回転周波数は、粒子の速さによらず一定(等時性)

加速電圧の周波数(RF周波数)を ω に合わせれば、粒子を連続して繰り返し加速できる。
→ サイクロトロン

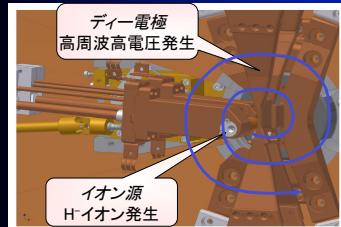
◆ Sumitomo Heavy Industries, Ltd. 9

サイクロトロンの原理

SHI



加速電極 この間で加速される。



ディー電極
高周波高電圧発生



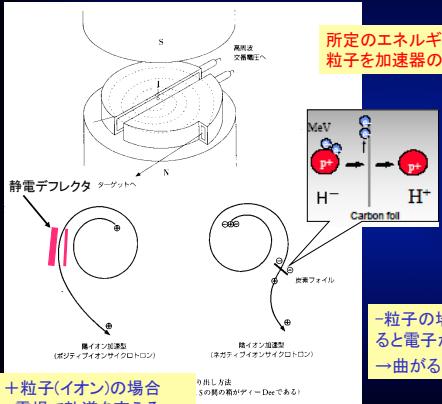
中心領域
高周波電界部の材質は銅

◆ Sumitomo Heavy Industries, Ltd. 10

サイクロトロンの原理 「加速イオンの取り出し」

SHI

所定のエネルギー(速度=半径)に到達した
粒子を加速器の外に引き出す仕組みが必要



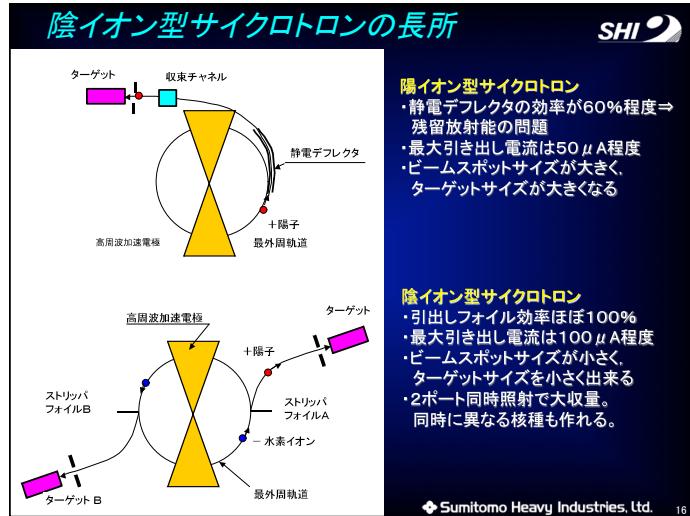
+粒子(イオン)の場合
、電場で軌道を変える

◆ Sumitomo Heavy Industries, Ltd. 11

加速器の利用

SHI

◆ Sumitomo Heavy Industries, Ltd. 12



PET用小型AVFサイクロトロン(12MeV)



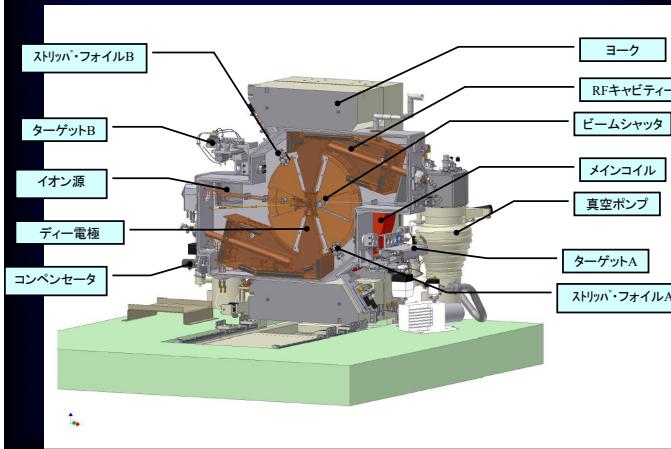
『CYPRIS-HM12S』(自己シールドタイプ)



K値=12 陽子を12MeV、重陽子を6MeVまで加速。全重量は60トン

◆ Sumitomo Heavy Industries, Ltd. 17

サイクロトロンの構成

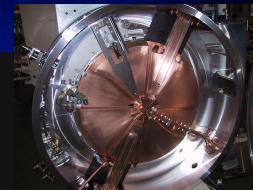
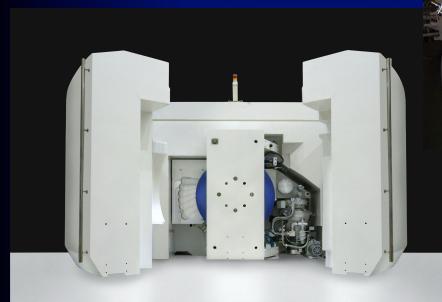


18

PET用小型AVFサイクロトロン



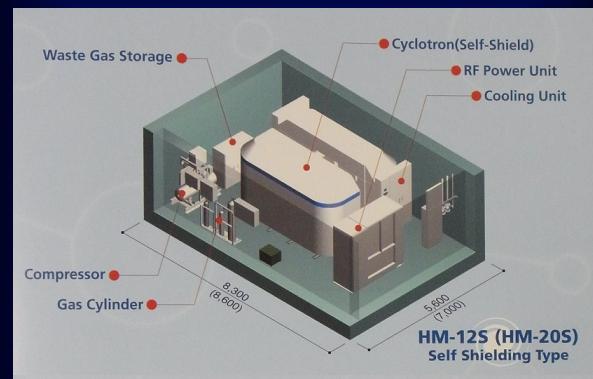
PET用小型AVFサイクロトロン 『CYPRIS-HM10』



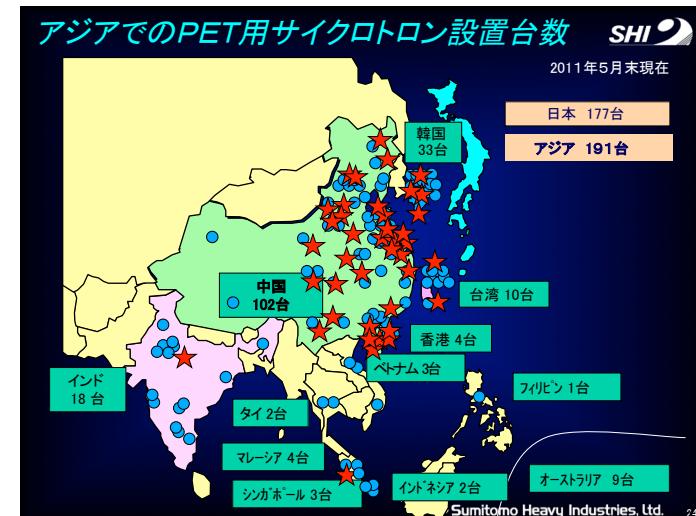
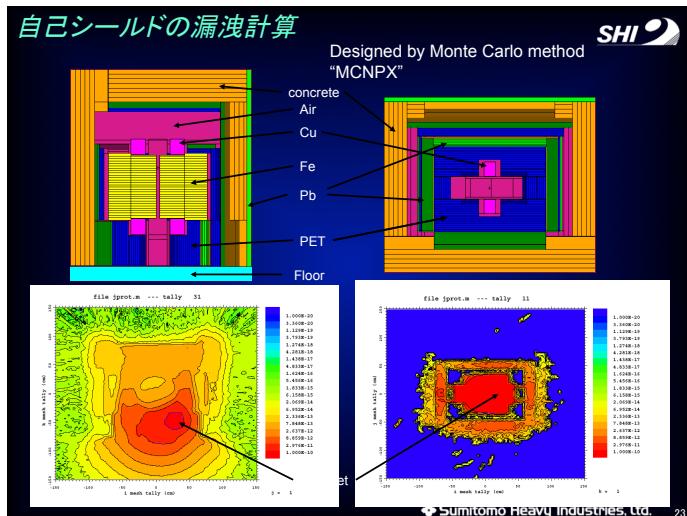
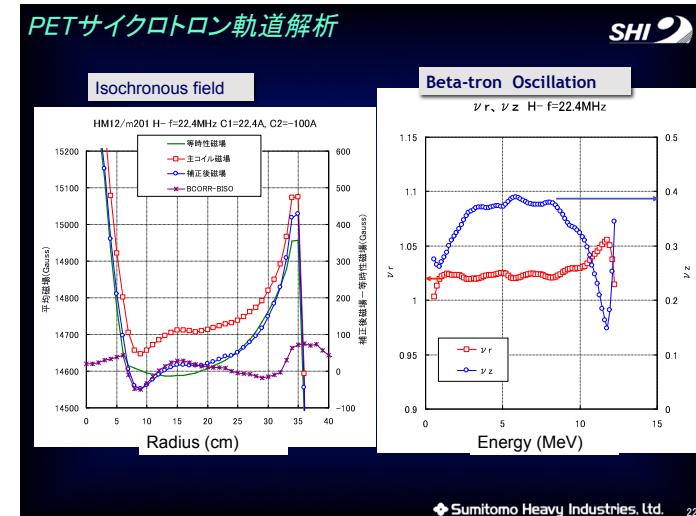
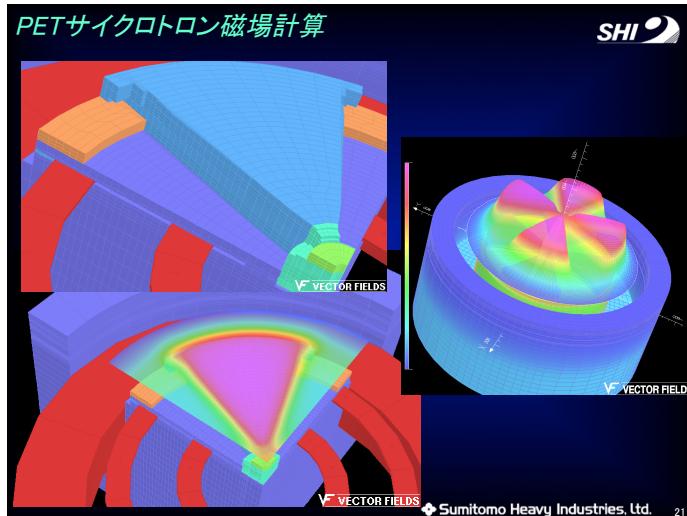
K値=10 陽子を10MeVまで加速。重量は50トン

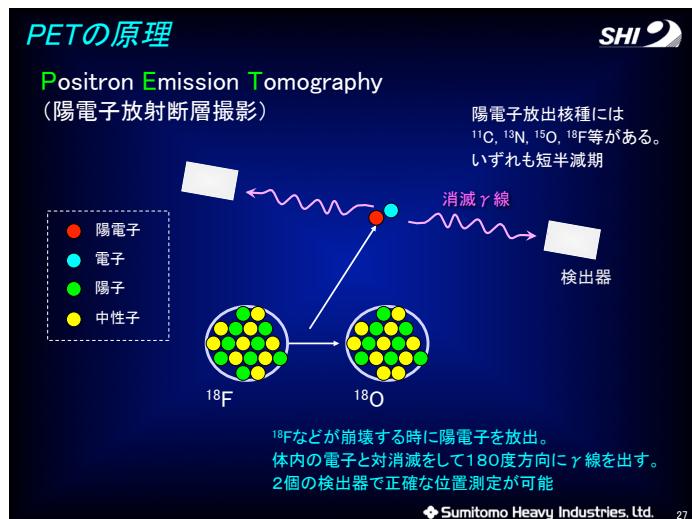
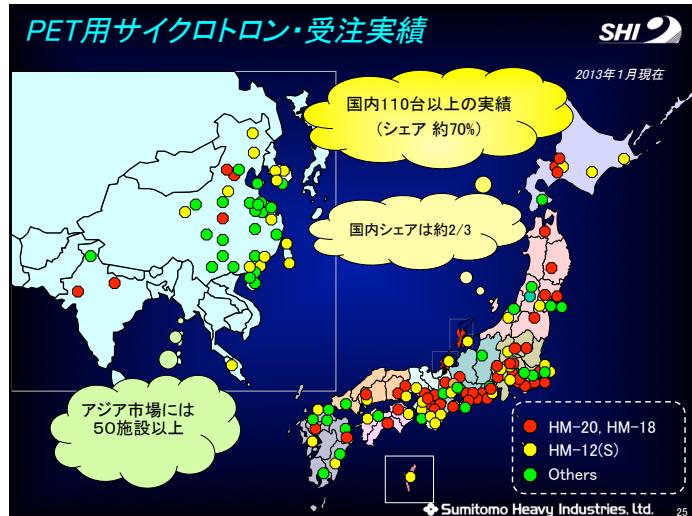
◆ Sumitomo Heavy Industries, Ltd. 19

自己シールドの効果(省スペース)



◆ Sumitomo Heavy Industries, Ltd. 20



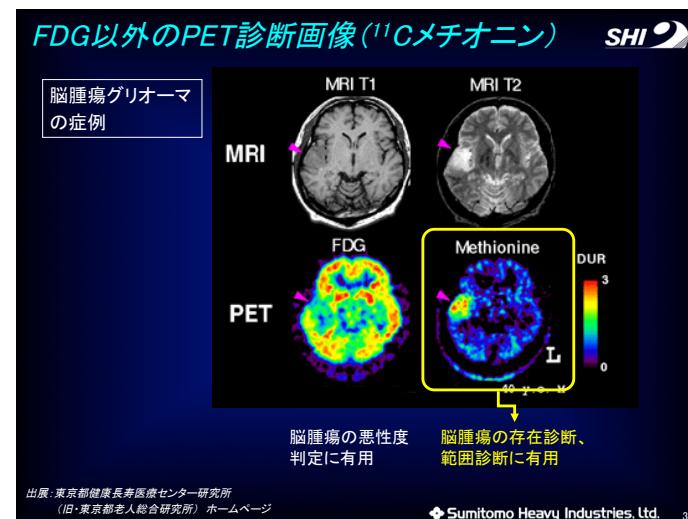
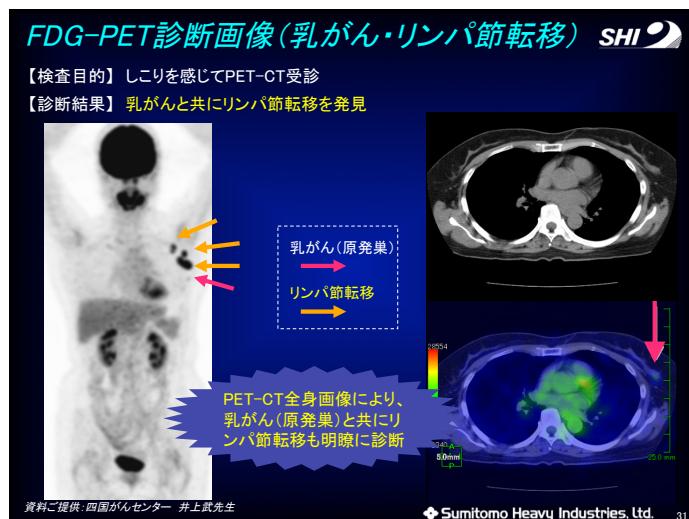
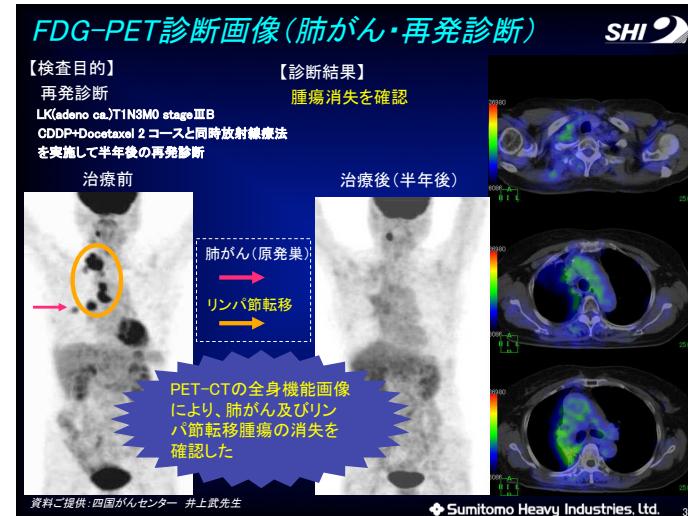
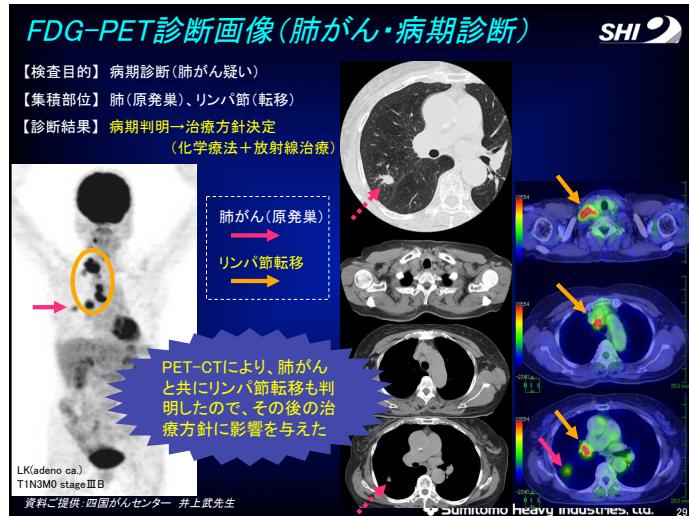


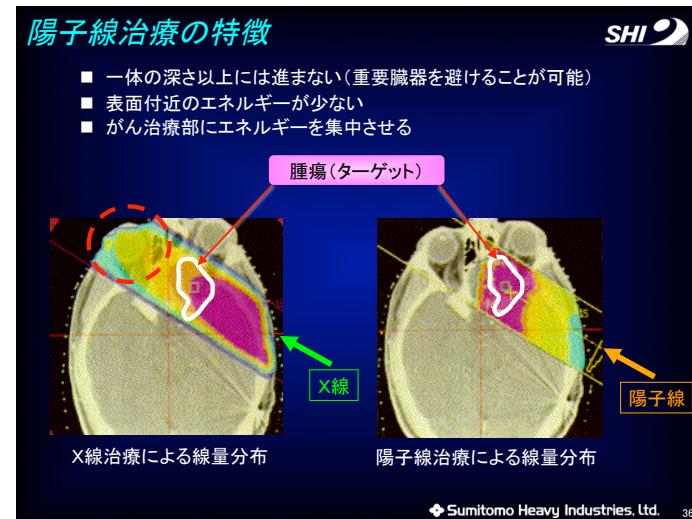
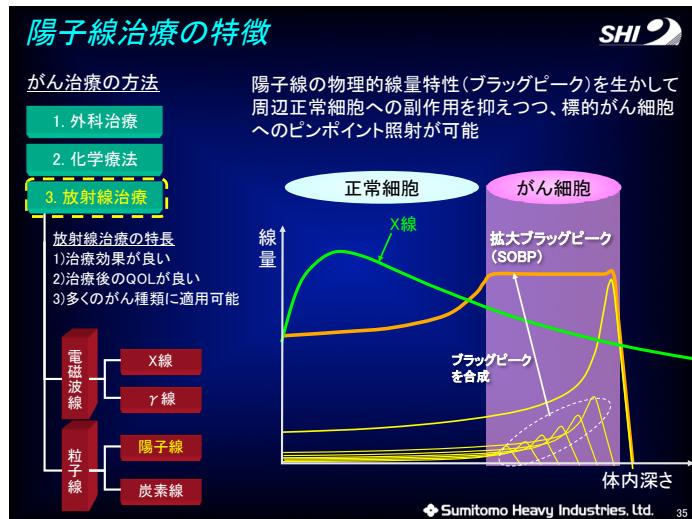
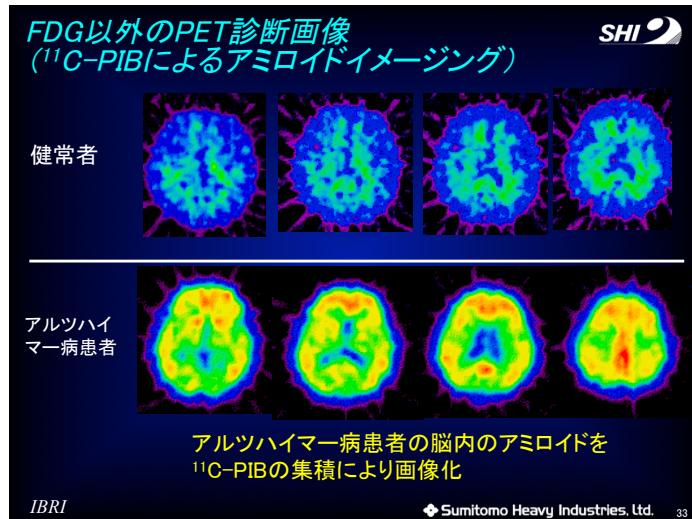
PET検査で使用する放射性薬剤

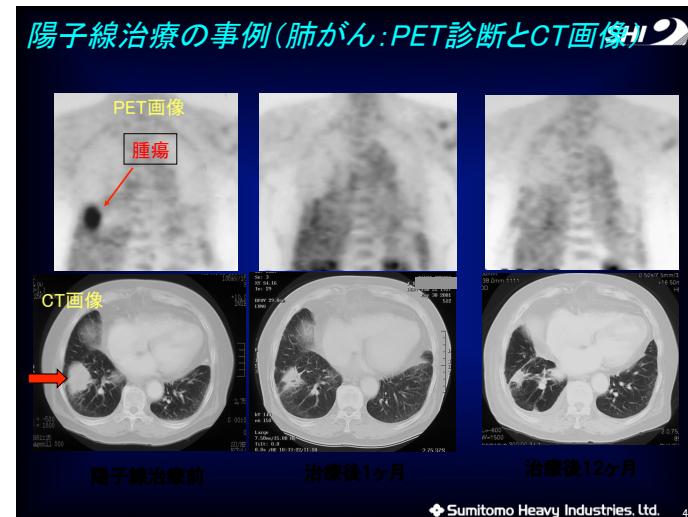
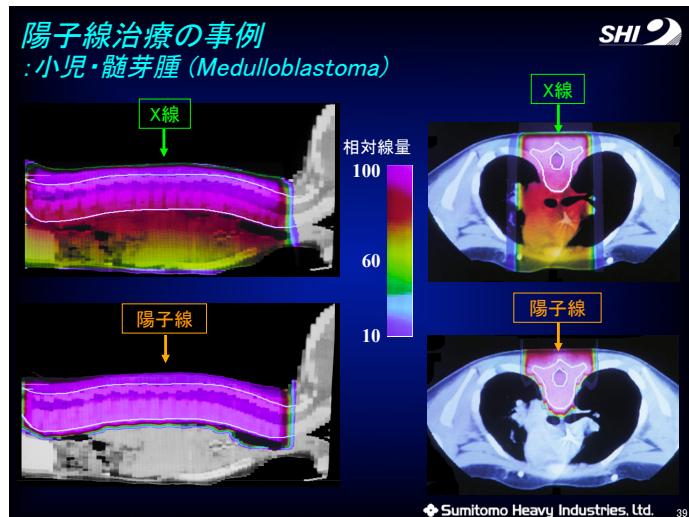
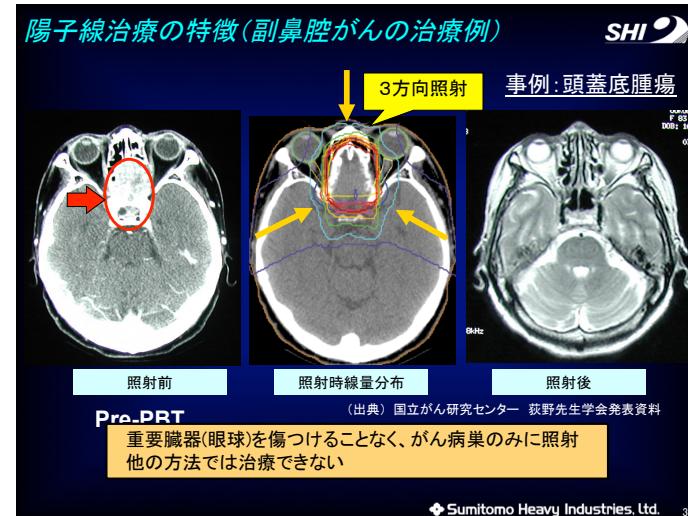
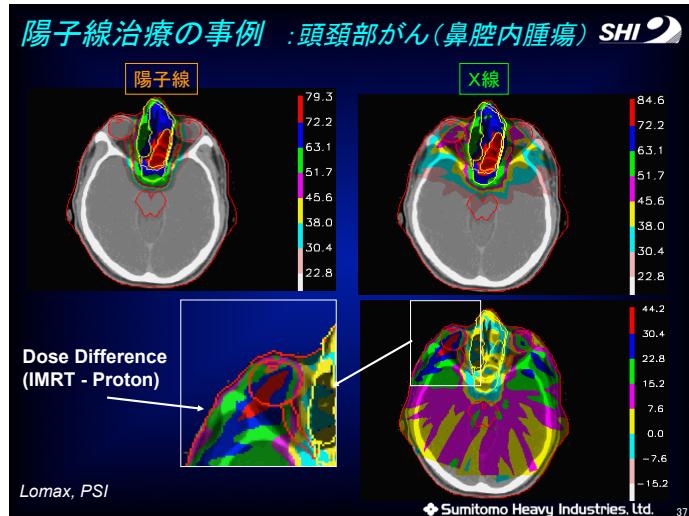
→ 保険適応

対象疾患	測定対象	使用核種			
		¹⁸ F (半減期110分)	¹¹ C (半減期20分)	¹⁵ O (半減期2分)	¹³ N (半減期10分)
腫瘍	ブドウ糖代謝	FDG			
	アミノ酸代謝	FMT	メチオニン		
	核酸代謝	FLT			
	低酸素領域	FMISO			
	コリン代謝		コリン		
骨	Hydroxyapatite	NaF			
脳	認知機能	FDG, AV45	PIB		
脳・心臓	血液量			CO, CO ₂ , H ₂ O	
	酸素代謝			O ₂	
心臓	心筋血流				アンモニア
	心筋好気性代謝		酢酸		
神経疾患	ドーパミン代謝	FDOPA			
	D2レセプター	D2レセプター	ラクロブライド, メチルスピベロ		

◆ Sumitomo Heavy Industries, Ltd. 28







5-12. 世界の粒子線治療施設



住友重機械の陽子線治療システム



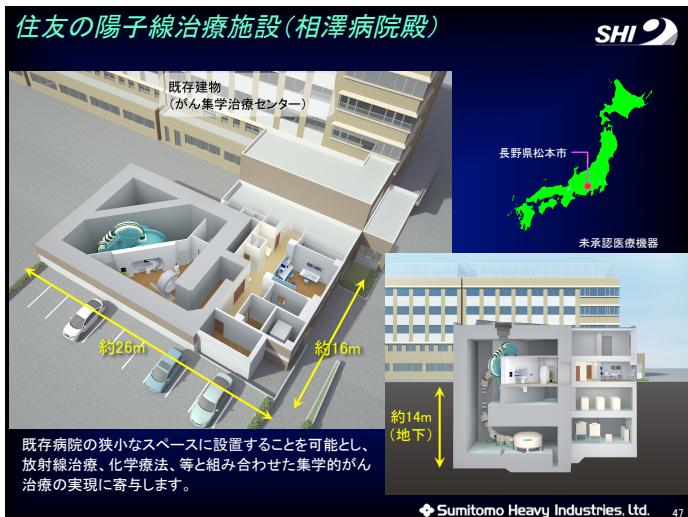
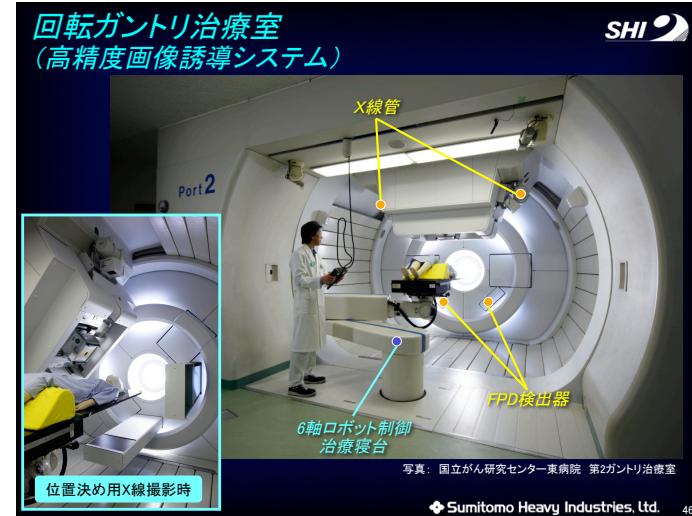
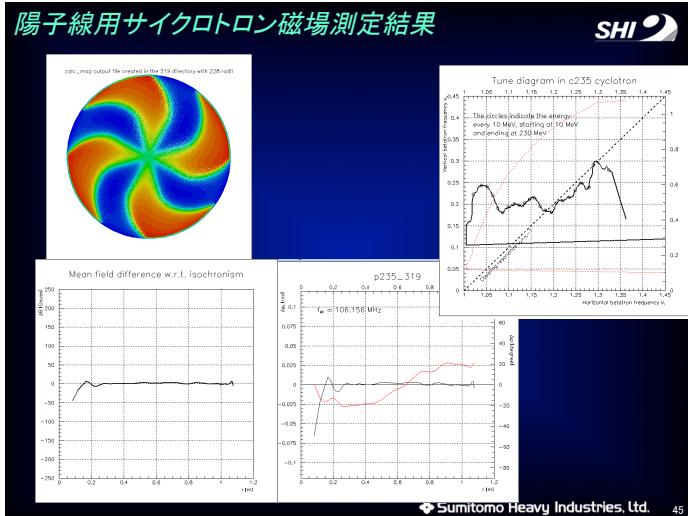
陽子線治療システム
(国立がん研究センター東病院)



230 MeV サイクロotron



- 大強度ビーム
 - 連続ビーム
- ◆ 呼吸同期照射(肺・肝臓など)
- ◆ ベンシリビームスキャニング照射
- ◆ 治療時間短縮・分割回数低減
- 深さ方向の調整が容易
 - コンパクトな装置
 - シンプルな機器構成
- ◆ Sumitomo Heavy Industries, Ltd. 44



住友の陽子線治療施設(相澤病院殿)

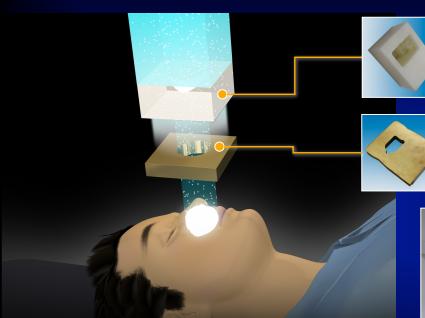
SHI



◆ Sumitomo Heavy Industries, Ltd. 49

陽子線照射イメージ(照射野成形方法)

SHI



鼻腔がんに対する陽子線照射イメージ
(拡大ビーム照射法)



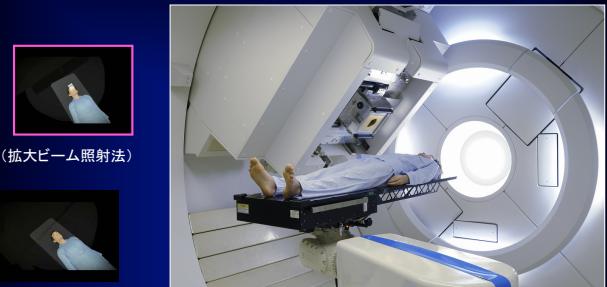
均一に広げた陽子線をコリメータ、ボーラスにより
標的がん細胞の形状に合わせて照射します。

写真：国立がん研究センター東病院

◆ Sumitomo Heavy Industries, Ltd. 50

陽子線照射イメージ(照射野成形方法)

SHI



(拡大ビーム照射法)

陽子線照射時の体勢

写真：国立がん研究センター東病院

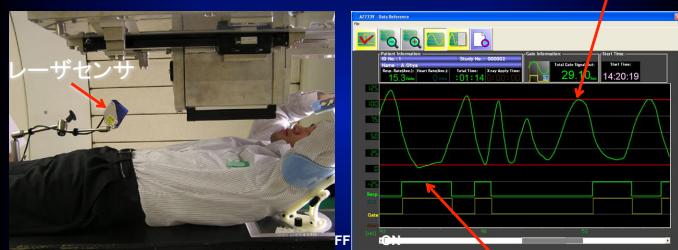
◆ Sumitomo Heavy Industries, Ltd. 51

呼吸で動く臓器への照射法(呼吸同期照射)

SHI

肺、肝臓など、体幹部に存在するがんは、
呼吸性移動を考慮し、ビームON/OFFする必要あり

呼吸波形



ビームゲート信号

◆ Sumitomo Heavy Industries, Ltd. 52

呼吸で動く臓器への照射法(呼吸同期照射)



呼吸同期システムにより体表面の動きをレーザーセンサーにて呼吸信号に変換し、一定の呼吸位相時のみに照射します。



サイクロotronの連続かつ大線量のビーム特性により、呼吸で動く臓器に対しても短時間で正確な照射を行うことが可能（1門あたり照射時間：1～3分程度）

◆ Sumitomo Heavy Industries, Ltd. 53

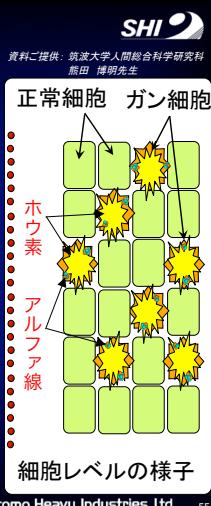
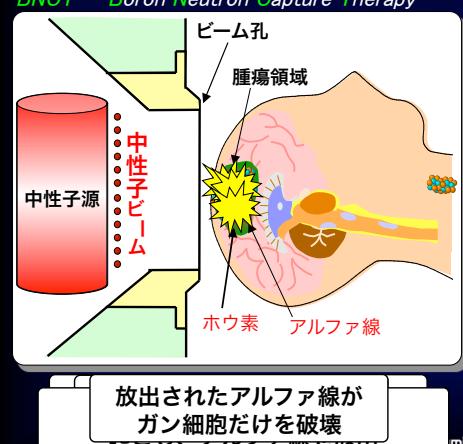
ホウ素中性子捕獲療法 (BNCT)



◆ Sumitomo Heavy Industries, Ltd. 54

ホウ素中性子捕獲療法(BNCT) BNCT...Boron Neutron Capture Therapy

資料ご提供：茨城大学人間総合科学研究所
熊田 博明先生



BNCT実施症例(再発耳下腺がん)



資料ご提供：京都大学原子炉実験所 小野公二先生

◆ Sumitomo Heavy Industries, Ltd. 56

