

# 「国産原子カイノベーション医学応用資産」 継続発展型プラットフォームの必要性

令和8年第25回原子力委員会  
資料第1号



日立ハイテク・陽子線治療装置



日立ハイテク・重粒子線治療装置



住友重工・陽子線治療装置



東芝・重粒子線治療装置

北海道大学医学研究院  
医理工学グローバルセンター  
白土博樹

# ご協力頂いている研究者

北海道大学医学研究院 放射線治療学教室	青山英史
北海道大学医学研究院 医理工学グローバルセンター	橋本孝之・小橋啓司
北海道大学工学研究院 応用量子科学部門	
量子生命工学分野量子ビーム応用医工学研究室	
	高尾聖心・宮本直樹・松浦妙子・梅垣菊男・鬼柳善明
原子力環境材料学研究室	渡辺直子・小崎 完
北海道大学理学研究院国際理学連携研究センター	合川正幸
北海道大学病院長	南須原康行
北海道大学医学研究院長・前研究院長	田中伸哉 畠山鎮次
北海道大学総長	寶金清博

# COI

2006-2018:

日立と陽子線治療等に関する共同研究

現在：

企業との共同研究等なし

# 「原子カイノベーション医学応用資産」

## アイソトープ（核医学）治療：

At-211 と Ac-225 を中心とする $\alpha$ 線内用療法等

## 外部放射線治療：

X線・陽子線・重粒子(炭素)線など、加速器由来の外部照射

# わが国の放射線発生装置

機 関 発生装置	総 数	医療機関	教育機関	研究機関	民間企業	その他の機関
	構成比 (%)					
総 数	1,747	1,310	65	174	165	33
構成比 (%)	(100%)	(75.0%)	(3.7%)	(10.0%)	(9.4%)	(1.9%)
サイクロトロン	246	162	4	24	54	2
シンクロトロン	49	16	3	26	4	-
シンクロサイクロトロン	2	2	-	-	-	-
直線加速装置	1,309	1,130	27	67	54	31
ベータトロン	2	-	1	1	-	-
ファン・デ・グラーフ加速装置	31	-	12	18	1	-
コッククロフト・ワルトン加速装置	89	-	16	29	44	-
変圧器型加速装置	12	-	-	5	7	-
マイクロトロン	5	-	2	2	1	-
プラズマ発生装置	2	-	-	2	-	-

「放射線利用統計(2019)」 (日本アイソトープ協会)

# 外部放射線治療



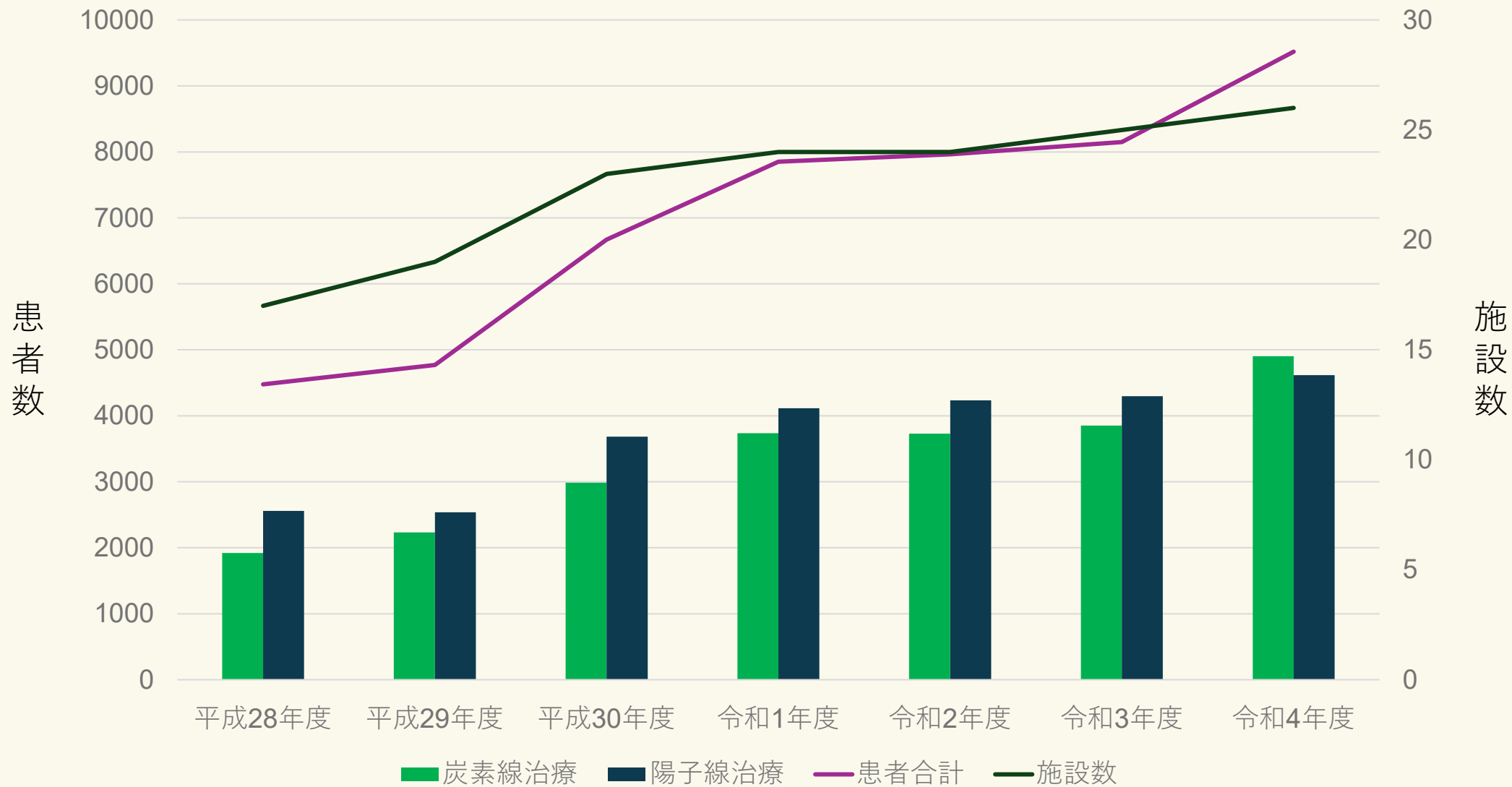
# 陽子線・重粒子線治療保険収載疾患

1. 小児腫瘍(陽子線治療のみ)
2. 骨・軟部組織腫瘍
3. 頭頸部腫瘍(扁平上皮癌を除く)
4. 前立腺癌
5. 大型の肝細胞癌(4cm以上)
6. 膵癌
7. 肝内胆管癌
8. 大腸癌術後局所再発
9. 早期肺癌(I期～IIA期)
10. 婦人科領域の悪性黒色腫(重粒子線治療のみ)

引き続き先進医療

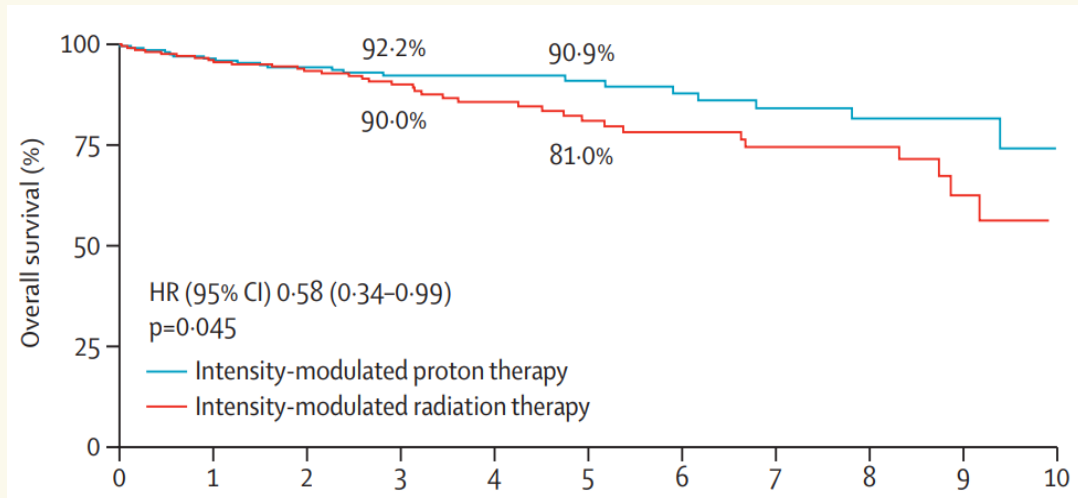
食道癌、脳腫瘍、など

# 我が国の年度別粒子線治療患者数

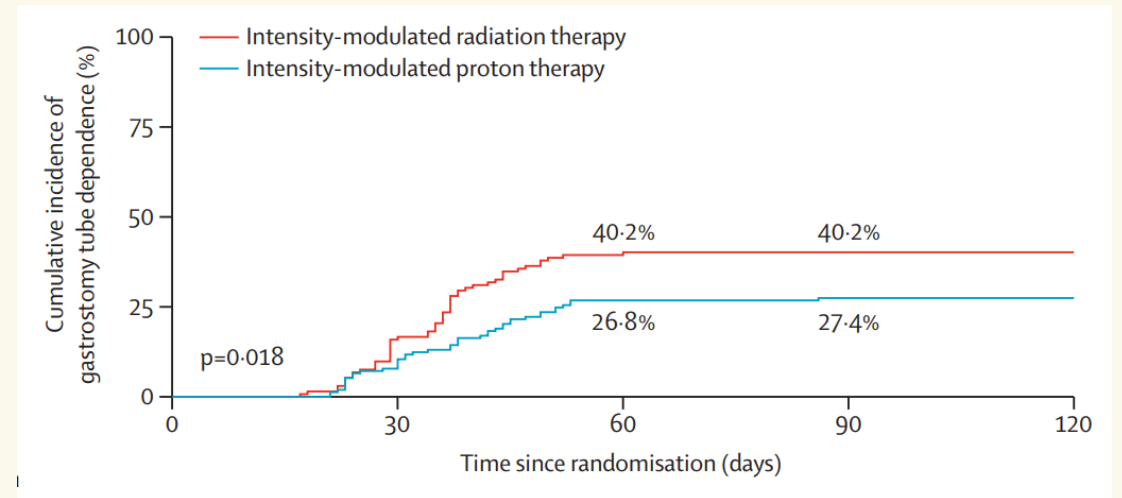


資料：医用原子力技術研究振興財団「各粒子線施設における治療の登録患者数（年度別）」2025年度版（2026年4月更新）

# 中咽頭がんへのX線と陽子線の 強度変調治療の多施設無作為化比較試験結果



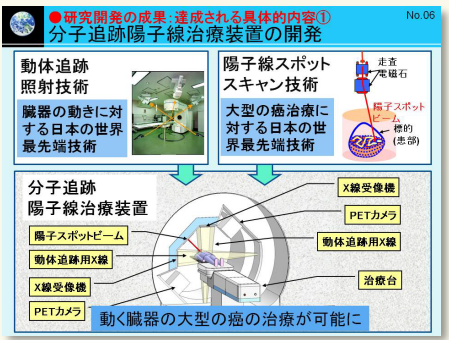
**X線IMRTに比べて、陽子線IMPTのほうが、  
総生存率が有意に良かった(p=0.045)**



**X線IMRTに比べて、陽子線IMPTのほうが、  
急性期有害事象 (> Grade 3) が有意に少  
なかった(p=0.018)**

# FIRST後に日立が納入・受注した粒子線治療装置 国内外19施設

内閣府  
最先端研究開発  
支援プログラム  
FIRST  
(2009-2013)



# 住友重工が導入・受注した陽子線治療装置 (国内外 9 施設に導入・受注)

No.	国・地域	医療機関・施設名 (公表ベース)	ステータス
1	日本	国立がん研究センター東病院	納入・稼働
2	日本	相澤病院	納入・稼働
3	日本	札幌禎心会病院	納入・稼働
4	日本	高井病院	納入・稼働
5	台湾	長庚紀念病院	納入・稼働
6	台湾	台中榮民總醫院	導入中
7	韓国	サムスンメディカルセンター	納入・稼働
8, 9	タイ	バンコク病院・ワタノットがん病院	建設中・契約済

# 東芝が国内外で導入・受注した 重粒子線治療7施設

No.	国	医療機関名（英名）
1	日本	QST病院 新治療研究棟（量子科学技術研究開発機構病院）
2	日本	神奈川県立がんセンター 重粒子線治療施設
3	日本	山形大学医学部 東日本重粒子センター
4	韓国	延世大学校医療院
5	韓国	ソウル大学病院
6	韓国	アサンメディカルセンター
7	UAE	Cleveland Clinic Abu Dhabi

# 世界シェアの大きい国産資産が、更新計画の欠如により崩壊の危機

## 日本の技術的優位性



陽子線治療装置：世界シェア 1/3 (日立ハイテク、住友重工)

炭素線治療装置：世界シェア 2/3 (日立ハイテク、東芝)

## 現場の悲鳴 (撤退と縮小)

高額な更新費用



解体・建設費の高騰

相澤病院：2026年3月31日 休止

兵庫県立粒子線医療センター：廃止検討

⚠️ 原因：廃棄・更新の合理的な仕組み (Exit Strategy) の欠如

# (例) ある病院での陽子線治療装置の維持・更新費

ある病院の装置購入10年後に提示された11～20年目の維持・更新費。20年目以降の更新に関しては未記載となっており、更新に必要な金額は記載されていない。病院としては、この金額も想定した事業計画が必須。

No.	項目	11年目	12年目	13年目	14年目	15年目	16年目	17年目	18年目	19年目	20年目	合計(百万)
1	直線加速器部分			●								140
2	電磁石電源		●	●								149
3	照射装置	●										26
4	ビーム位置測定器	●										7
5	サーバ/照射制御盤他		●	●								484
6	X線撮像装置			●								74
7	バーコードリーダー/ 治療ソフトウェア			●					●			302
8	治療計画システム	●					●					84
9	治療台	●	●									91
10	加速器機器											0
合計												1357

●：同項目の部分的交換・更新

# 国内の粒子線治療装置は、5年(令和13年)以内に5割、10年(令和18年)以内に8割が耐用年数を超え、更新時期を迎える。

都道府県	施設名称	粒子線種別	開始年(推定)	更新推奨時期(目安年)
北海道	北海道大学病院陽子線治療センター	陽子線	2014	2029
北海道	札幌禎心会病院陽子線治療センター	陽子線	2016	2031
北海道	札幌孝仁会記念病院 札幌高機能放射線治療センター	陽子線	2018	2033
山形県	山形大学医学部東日本重粒子センター	重粒子線	2021	2041
福島県	南東北がん陽子線治療センター	陽子線	2008	2023
群馬県	群馬大学医学部附属病院 重粒子線医学研究センター	重粒子線	2010	2030
茨城県	筑波大学附属病院 陽子線治療センター	陽子線	2001	2016
千葉県	国立がん研究センター東病院	陽子線	1998	2013
千葉県	量子科学技術研究開発機構QST病院(HIMAC)	重粒子線	1994	2014
千葉県	量子科学技術研究開発機構QST病院(回転ガントリー)	重粒子線	2017	2037
神奈川県	神奈川県立がんセンター 重粒子線治療施設	重粒子線	2015	2035
神奈川県	湘南鎌倉総合病院先端医療センター陽子線治療室	陽子線	2022	2037
長野県	相澤病院 陽子線治療センター	陽子線	2014	2029
岐阜県	中部国際医療センター 陽子線がん治療センター	陽子線	2024	2039

都道府県	施設名称	粒子線種別	開始年(推定)	更新推奨時期(目安年)
静岡県	静岡県立静岡がんセンター	陽子線	2003	2018
愛知県	社会医療法人明陽会 成田記念陽子線センター	陽子線	2018	2033
愛知県	名古屋市立大学医学部附属西部医療センター 名古屋陽子線治療センター	陽子線	2013	2028
京都府	京都府立医科大学附属病院 永守記念最先端がん治療研究センター	陽子線	2019	2034
大阪府	大阪重粒子線センター	重粒子線	2018	2038
大阪府	大阪陽子線クリニック	陽子線	2017	2032
奈良県	社会医療法人 高清会 陽子線治療センター	陽子線	2018	2033
福井県	福井県立病院 陽子線がん治療センター	陽子線	2011	2026
兵庫県	兵庫県立粒子線医療センター(重粒子線)	重粒子線	2005	2025
	兵庫県立粒子線医療センター(陽子線)	陽子線	2003	2018
兵庫県	兵庫県立粒子線医療センター付属神戸陽子線センター	陽子線	2017	2032
岡山県	岡山大学・津山中央病院共同運用 がん陽子線治療センター	陽子線	2016	2031
佐賀県	九州国際重粒子線がん治療センター	重粒子線	2013	2033
鹿児島県	メディポリス国際陽子線治療センター	陽子線	2011	2026

「開始年(推定)」は、施設公表資料・review論文などに基づく治療開始年を採用しています。

「更新推奨時期(目安年)」は、陽子線：開始年+15年、重粒子線：開始年+20年で単純計算した理論値であり、実際の延命改修・リプレース時期とは必ずしも一致しません。

全世界でも、陽子線治療装置は、5年(令和13年)以内に5割、10年(令和18年)以内に8割が耐用年数を超え、更新時期を迎える。

### 陽子線治療装置 (Proton)

- 施設総数 (開始年が読めるもの) : 124施設
- 今から5年以内 (~2031年末まで) に更新が必要 : 56施設 (45.2%)
- 今から10年以内 (~2036年末まで) に更新が必要 : 97施設 (78.2%)

重粒子線(炭素線)治療装置は、世界的にまだ新しい装置が多く、5年(令和13年)以内に1.5割、10年(令和18年)以内に5割が耐用年数を超え、更新時期を迎える。

### 重粒子線 (炭素線) 治療装置 (Carbon ion)

- 施設総数 (開始年が読めるもの) : 13施設
- 今から5年以内 (~2031年末まで) に更新が必要 : 2施設 (15.4%)
- 今から10年以内 (~2036年末まで) に更新が必要 : 7施設 (53.8%)

# エグゼクティブ・サマリー

## 課題 (The Crisis)

日本の最先端粒子線治療施設は、高額な更新費用と未整備な廃棄計画により「存続の危機」にある。

相澤病院(2026年4月休止)がすでに撤退を表明。各都道府県を代表するがんセンターなどの中核病院も更新を逡巡。



## 提案 (The Solution)

日本の医療応用市場の技術基盤を堅持し、原子力産業全体の空洞化を防ぐ。

政策・制度3本柱と2つの基盤からなる「国産原子力イノベーション医学応用資産」の継続発展型プラットフォームの構築



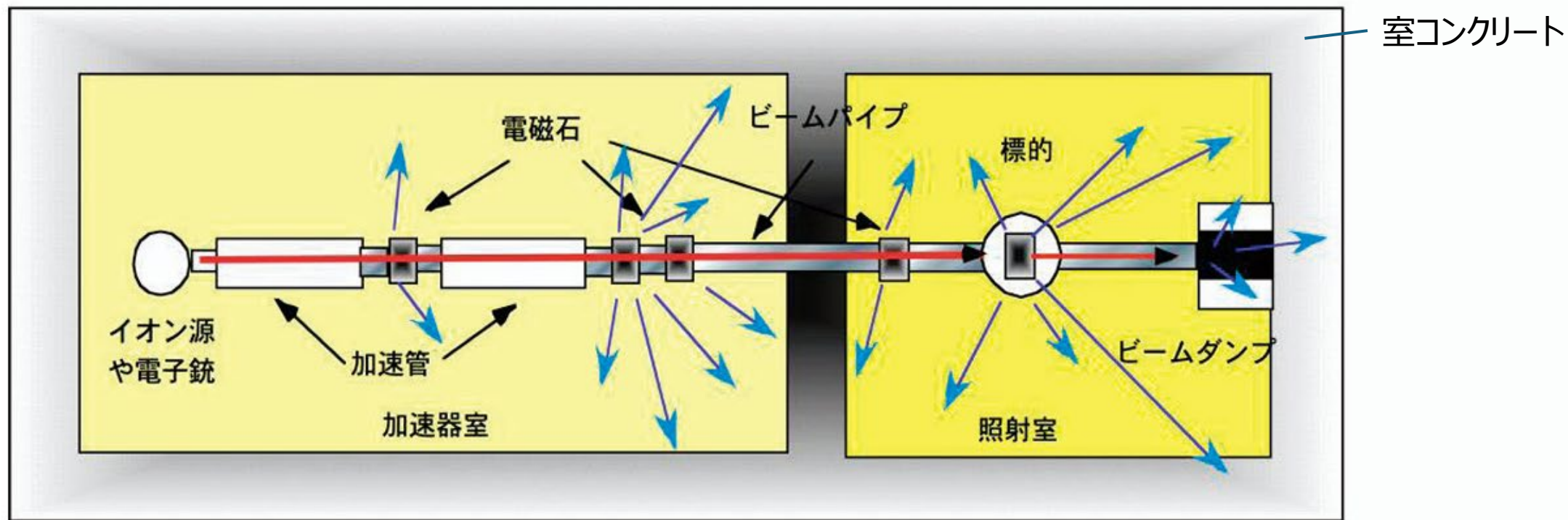
## 目標 (The Goal)

「ビルド&スクラップ方式」から「エコサイクル方式」への転換。

- ①技術革新
  - ②経済安全保障
  - ③財務計画
- ◆ 学術基盤
  - ◆ 人材基盤



# 加速器内の金属と室コンクリートの放射化を 旧装置の廃棄や旧施設の再利用で考慮する必要あり



加速粒子 (→) の衝撃による高い放射化の発生部位；ビームパイプ、電磁石、標的、ビームダンプ  
2次粒子 (→) の散乱による低い放射化の発生部位；加速器室内、照射室内の床、壁、天井、加速器周辺機器（真空ポンプ、電源）

# 粒子線治療施設の更新の方法

## 1. 建屋ごと新設 + 休止・廃棄（ビルド&スクラップ）方式

- ・新しい建物・加速器・ガントリを導入し、旧装置の運用を休止し、時間をおいて装置廃棄へ

## 2. エコサイクル方式

- ・主要構造物（建屋・遮蔽体・ガントリ鉄構など）は再利用し、加速器付帯設備・照射システム・制御ソフトウェア等を全面更新
- ・建屋自体は40 - 50 年程度の寿命。装置の寿命が20-30年であるため、2サイクルを想定。

# 更新方法と廃棄の関係

更新

## 「新設＋休止・廃棄」方式

- ・旧建屋やインフラが十分に使用可能な状態のまま残ると、投下資本の活用という観点では効率性に課題が残る。

## 「エコサイクル」方式

- ・技術的ハードルは高いが、既存建屋・遮蔽体等を計画的に活用できれば、更新の効率化とコスト抑制が期待できる。

廃棄

## いずれの更新方法でも

- ・旧装置・施設の放射化部分については、適切な評価と「廃棄・処分」の計画的な実施が不可欠である。

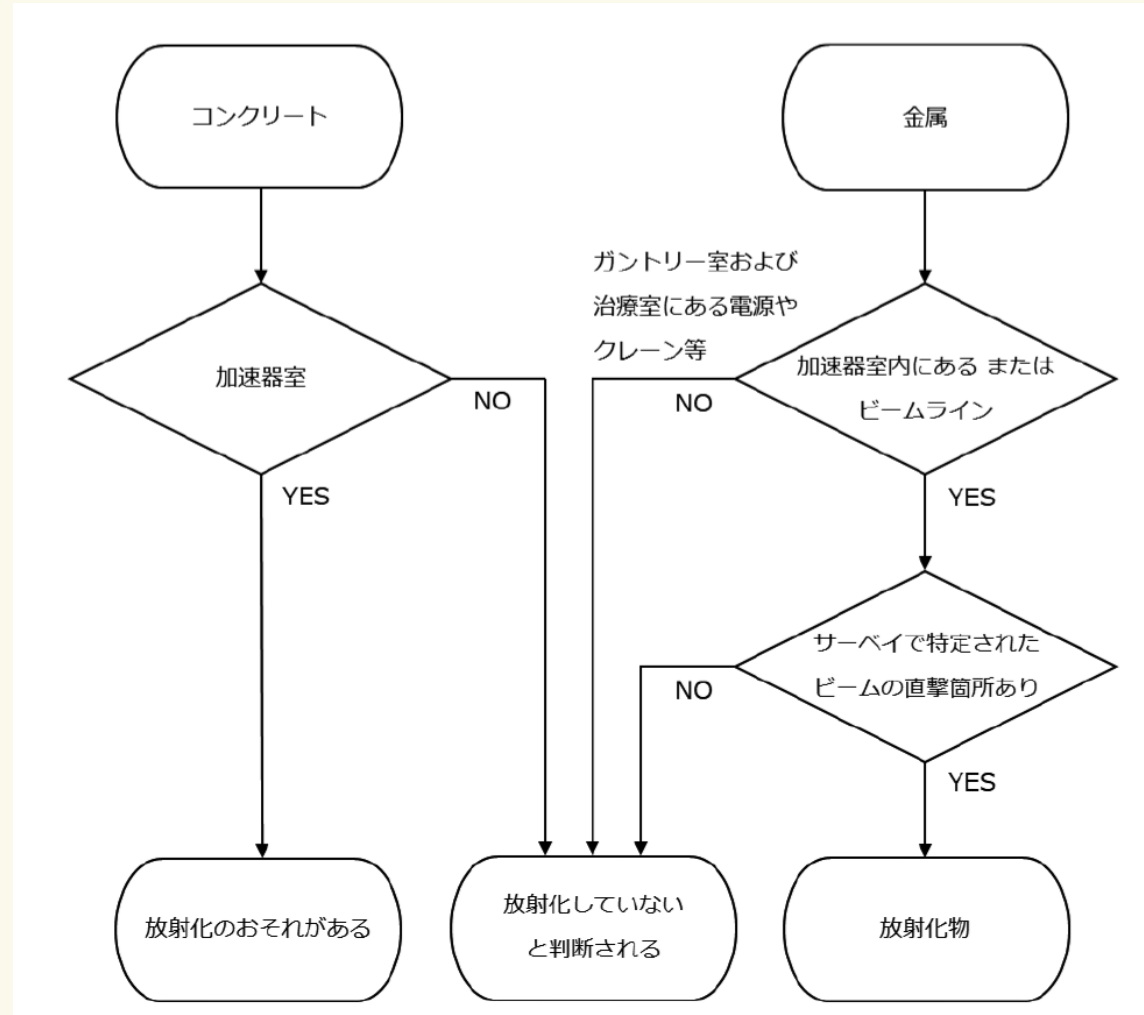
## 解体や用途変更が進まない場合

- ・旧施設が長期にわたり未利用となり、安全管理・景観・地域利用の観点から望ましくない状況が生じる。

# 国際標準 (IS 8939:2025) に示された サイクロトロン型粒子線治療装置・施設の解体・廃棄方法

サイクロトロンまたはシンクロサイクロトロン型陽子線治療装置

代表核種  
金属部分：  
 $^{60}\text{Co}$   
コンクリート：  
 $^{60}\text{Co}$  と  $^{152}\text{Eu}$



ある一定のクリアランスレベルに照らして、放射化/非放射化領域を判断する。

# (例) 医用PET用サイクロトロン廃棄

国立精神・神経医療研究センター  
医療用小型サイクロトロン解体作業報告

伊藤 公輝\*\*\* 中田 安浩\* 松田 博史\*\* 佐藤 典子\*

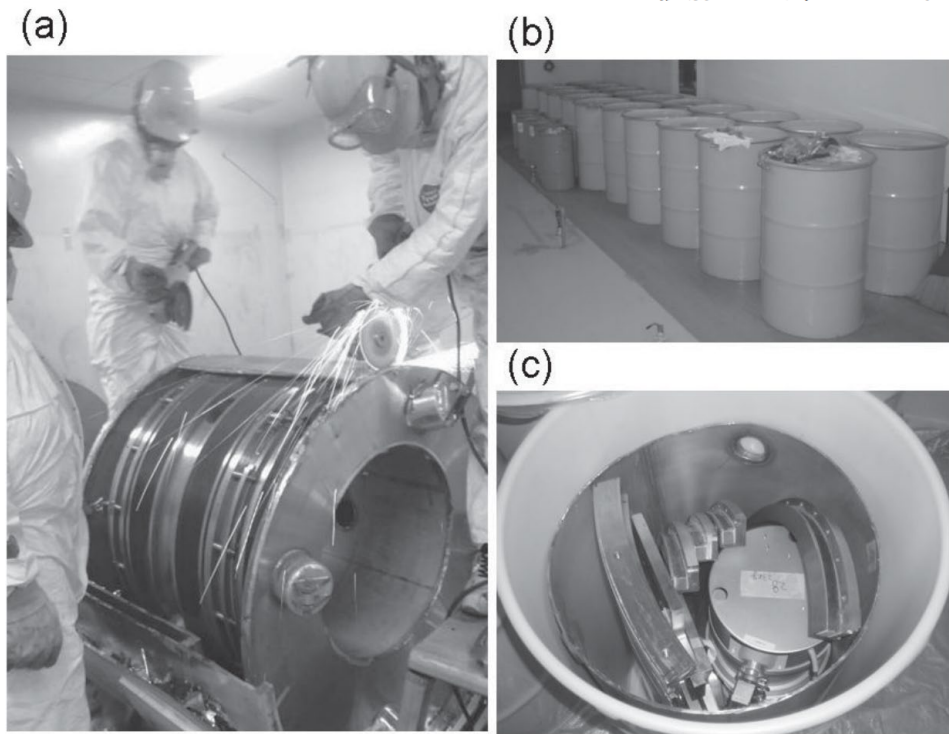


Fig. 4 (a) The worker wore a protective suit and cut out the cyclotron with a hand saw. (b) Containers for the radioactive waste (200 l can and 50 l can). (c) contained radioactive waste.

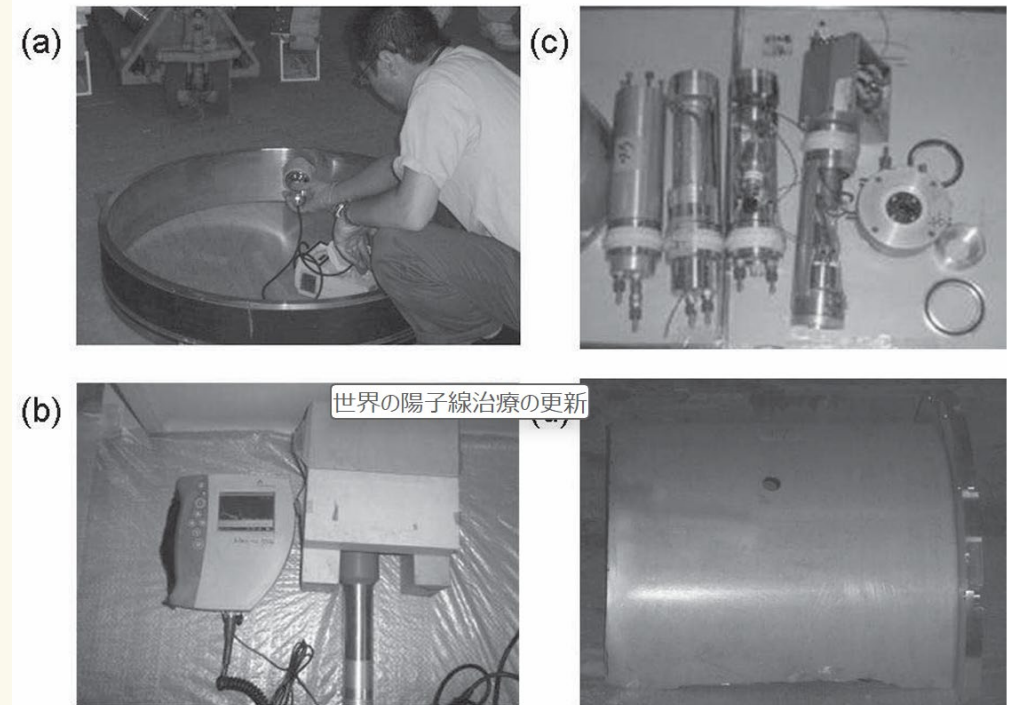


Fig. 6 (a) Direct measurement of radioactivity. (b) Measurement of gamma ray spectrum. (c), (d) Radioactive materials of parts of target, and barrel.

# サイクロトロン式陽子線治療装置での廃棄試算

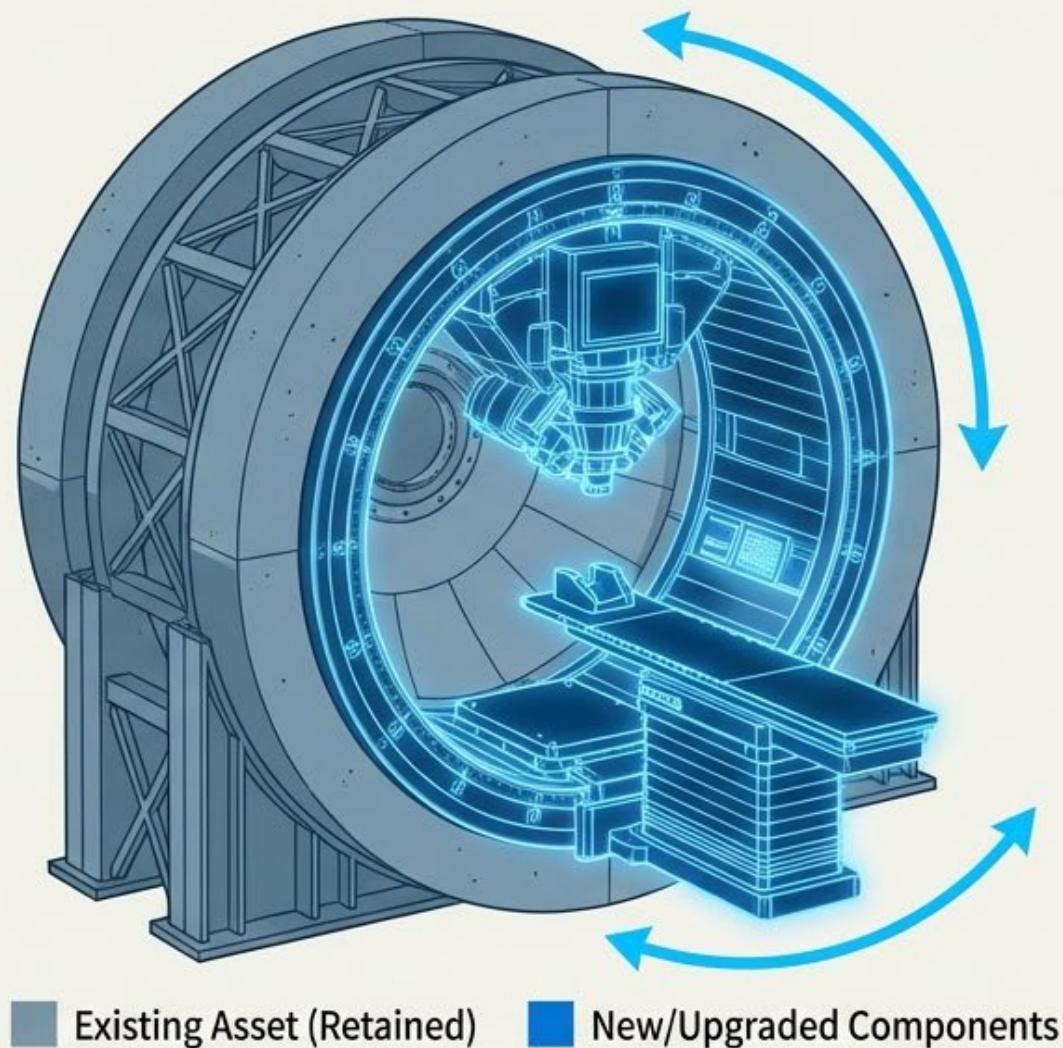
(ヒアリングに基づく発表者による概算)

1. 参考：PET施設の試算：ドラム缶50万円/個×160個 = 8千万円。  
\* クリアランスレベルを参考に放射能減衰を待つとドラム缶は減らせるが、その間は解体ができない。
2. ガントリー 2 室の施設で計算内訳例：  
放射化物 200tとしてドラム缶50万円/個×1600個 = 8億円。  
解体費用総額 = 30億円弱。  
\* 解体中の陽子線治療ができないことによる減収がそれに加わり、医療機関には著しい経済的負担となる。

# 国内外の粒子線治療施設の更新状況

国	施設	更新方法	コスト（概算）
米国	M D アンダーソン病院	新設 + 旧施設利用中	1億5,99万米ドル
	ペンシルベニア大学病院	新設 + 旧施設利用中	2億2400万米ドル
	<b>ハーバード大学 マサチューセッツ総合病院</b>	<b>エコサイクル方式 (Total System Restoration, TSR)</b>	<b>8000-1億米ドル</b>
スイス	PSI	新設 + 旧施設利用中	非公表
ドイツ	HIT ハイデルベルグ	新設 + 旧施設休止	3500-4500万ユーロ
日本	筑波大学病院	新設 + 旧施設休止	150-200億円
	福井県立病院	従来装置の段階的更新	約37億円
	兵庫県立粒子線治療センター	更新断念	
	相澤記念病院	更新断念	

# ハーバード大学のTSRの概念



1. 施設は解体せず、装置を全面的に最新化する(2023年～)
2. 最新世代のPencil Beam Scanningノズルへ全面換装
3. 電源・ケーブル全面刷新
4. 患者台と位置決め装置更新
5. 最新ソフトウェアへグレードアップ
6. サイクロトロン・ガントリー構造・磁石類を修理・改修（流用）
7. コストを削減

# 英国での陽子線治療体制

年度	センター開設	NHSでの位置づけ
2018年度	The Christie NHS Foundation Trust (マンチェスター)	National PBT serviceの第1拠点
2021年度	University College London Hospitals (ロンドン)	2 拠点全国センター体制が完成

\* その他、個人支払い・民間保険で受けられる陽子線治療センターがLondonに1施設ある。

# 陽子線・重粒子線治療 保険・公的医療制度側の負担額

国	保険制度	診療報酬額	保険側負担 (1患者あたり)	患者負担・出典
日本	国民皆保険（保険適用疾患）	160～237.5万円	約135～235万円	1.8～27万円 <a href="#">kouseikai-proton</a>
英国	NHS	推定800～1,700万円相当	ほぼ全額（実質1,000万円超と推定）	0円 <a href="#">brainstrust</a>
米国	Medicare（公的）	2,000～2,800万円	約1,600～2,200万円	約400～560万円（20%） <a href="#">medicalnewstoday</a>

患者負担は英国も低いですが、診療報酬総額は日本が著しく低い。

# 英米の診療報酬額には実質的に 減価償却・更新費用が組み込まれている と推定される

項目	日本	英国	米国
診療報酬額	160～237.5万円	約800～1,700万円相当	約2,000～2,800万円
施設整備費の回収	+	+++	+++
更新費用の積立	-	+++	+++
廃棄・解体費用	-	+++	+++

日本の陽子線治療・重粒子線の保険収載は現在、  
二つの異なる国のモデルの組み合わせた状態にある。

【米国式を採用している部分】

(利点) 施設整備・参入に国の規制が少なく、自由度高い。

(課題) 病院によっては稼働率が低い。

【英国式を採用している部分】

(利点) 国民皆保険制度でアクセスしやすい。

(課題) 一人当たりの診療報酬額は抑制気味。



【結果】 患者には良い治療がされている + 更新費用が積立てられない

# 日本の国民皆保険制度との関係

- 英国では日本よりも患者負担が少ないのであるから、日本の国民皆保険制度が悪いわけではない。
- 日本では、診療報酬額の算定において、施設整備費の更新・廃棄費用が、系統的に計上されていないため、高額医療インフラの更新期に安定的な財源が確保できないことが課題である。

# 現 状

医療現場や関連医療機器メーカーでは、日々の運営や当面の課題への対応が優先されやすく、将来の更新を見据えた改善策について十分に議論する余裕を持ちにくい。

# 中国の陽子線・重粒子線治療装置配置計画数

省・直轄市(区・市)	陽子線・重粒子線放射線治療システム	
	計画総数	うち第14次5カ年計画分
<b>合計</b>	<b>60</b>	<b>41</b>
北京	4	2
上海	4	2
江蘇	4	4
広東	4	3
山東	3	2
湖北	3	1
四川	3	1
天津	2	1
河北	2	1
遼寧	2	1
吉林	2	1
浙江	2	2
福建	2	2
安徽	2	1
河南	2	1
重慶	2	1
陝西	2	1
甘肅	2	1
山西	1	1
内モンゴ	1	1
黒龍江	1	1
江西	1	1
広西	1	1
海南	1	1
貴州	1	1
雲南	1	1
西藏	1	1
青海	1	1
寧夏	1	1
新疆	1	1
兵団	0	0

## 1. 中国全体： 総数60 台

## 2. 中国系 重粒子線・陽子線治療装置企業 (例)

- A. CAS Ion Medical Technology (CASHIM, 国科离子)
- B. 合肥中科离子医学技术装备有限公司 (HFCIM、中科离子)
- C. 上海艾普强粒子设备有限公司 (APACTRON)
- D. 艾立离子 (上海) 医疗科技有限公司 (Ion Nova)

## 3. 中国系の現状

- ① 治療施設が急増
- ② 国産化
- ③ 欧州・日本とともに、国際プレーヤー化しつつある。

# 2026年 国際粒子線治療学会 スポンサー企業：白は日本、赤は中国

**DIAMOND**  
Iba

**GOLD**  
NHa, RaySearch Laboratories

**SILVER**  
COSYLAB, LEO, MEVION, SIEMENS Healthineers

**BRONZE**  
CASHIM, HITACHI

**SUPPORTERS**  
AXBEAM SOLUTIONS, Vinaver

**EXHIBITORS**  
Acoustic Range, AXBEAM SOLUTIONS, AxonV, CASHIM, Baclesse, COSYLAB, CG MEDICAL, C-RAD, DETECTOR, sfro, 中核電子 (CAG-ION APPLICATOR), HE-RO, HITACHI, Iba, LEO, LinearBeam, MEDCOM, MEVION, NHa, orfit, CURE, Penn Medicine, PTCOG ECR, TROGAD, PTW, RaySearch Laboratories, SIEMENS Healthineers, TERAPET, The James, TOSHIBA, Vinaver, visionrt

もし、格安の装置が販売されれば、日本内の装置も海外製に代わる可能性が高まる。

# 世界の潮流に取り残されそうな日本： 「更新を見据えた欧米」と「急増する中国製」

## 欧米 (USA/EU)

### TSR (Total System Restoration)



- MGH (ハーバード) × IBA (ベルギー)
- 解体せず、中身を最新化
- コスト・CO2の大幅削減

## 日本 (Japan)

### 現状維持 (立ち往生)



- 明文化された Decommissioning Policy なし
- 選択肢は高額な「全廃棄・新設」のみ
- 結果：国産資産の消滅危機

## 中国 (China)

### 後発同等性能・低価格の脅威



- 急速な国産装置台数の増加
- 60施設への建設許可
- Scrap & Buildのコスト競争力

# 小 括

- ① わが国では、「更新・廃棄」についての費用に関しては未解決のまま、粒子線治療機器・施設導入が認められ、保険収載がなされた。
- ② どの施設も企業も、「更新に繋がる道」を見つけられていない。
- ③ 健康医療安全保障の観点から、わが国の粒子線治療を荒廃させないために、様々な施策を考えるべきである。

# 「更新に繋がる道」

① 技術革新

② 経済安全保障

③ 財務計画

# (例) Space X 宇宙「更新の科学」

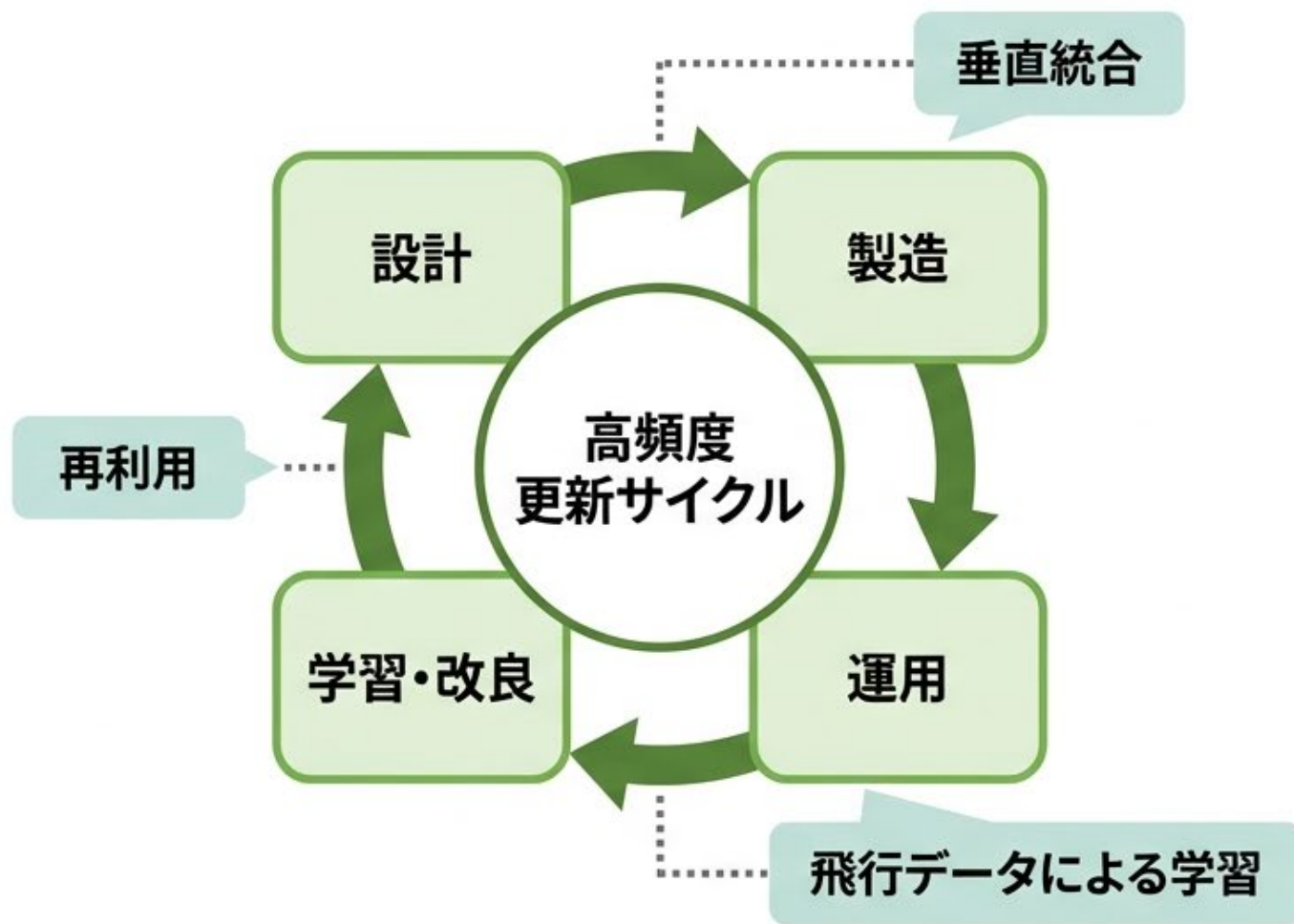
## ① 技術革新



ロケット産業も、かつては国家主導・1本ごとに数億～数十億ドル・年数回の打上げという「超高コスト・低更新産業」

「政府契約」という形で、国が民間委託し、SpaceXは受注先のひとつ。

# SpaceXが変えたのは、ロケットそのものより「更新の仕組み」だった



従来型産業	更新型産業
一品生産	反復設計
使い捨て	再利用
低頻度運用	高頻度学習
更新が遅い	改善が累積する

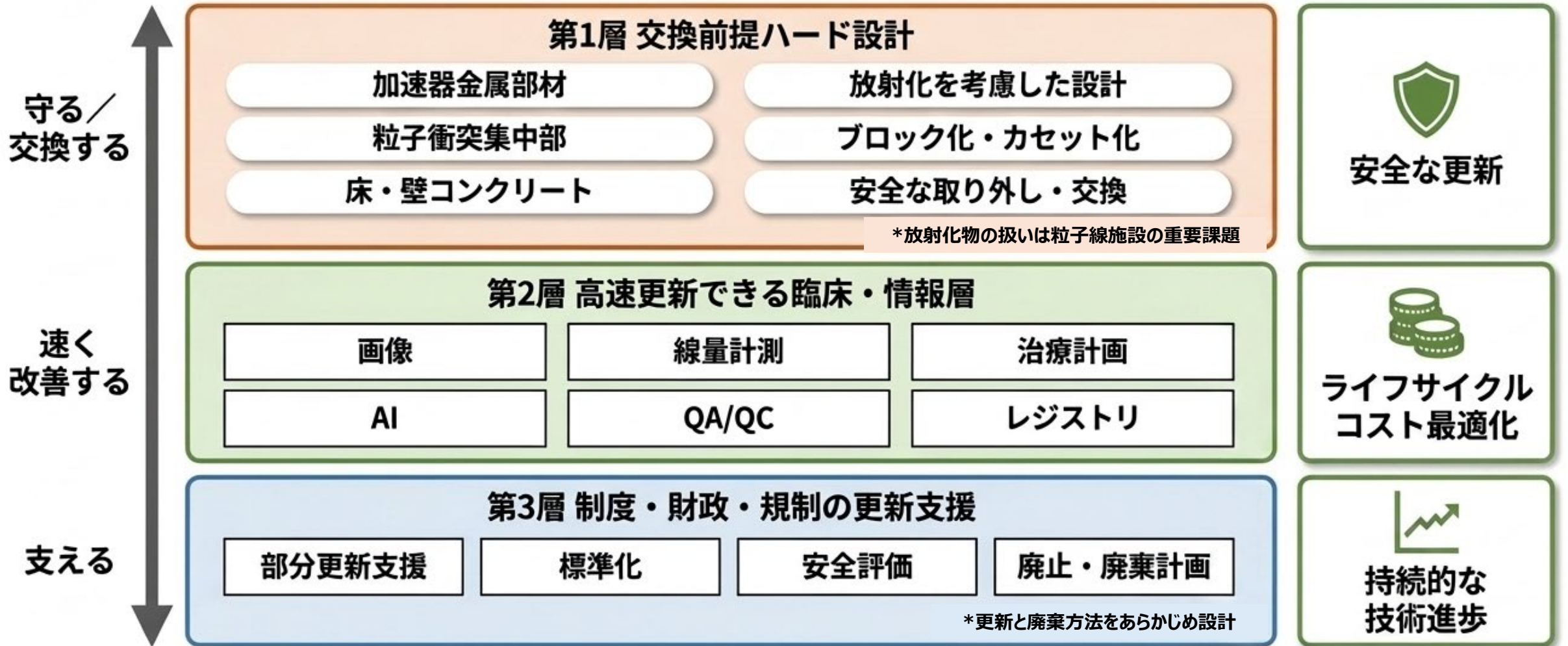
医療で学ぶべきは“失敗の容認”ではなく、“更新を前提とした設計・運用・学習”の仕組み”である

# 粒子線治療装置は「導入の科学」から「更新の科学」へ



寿命の異なる要素を、一体物として扱ってはいけない

# 医療版SpaceX：粒子線治療における「更新の科学」



更新と解体を見据えた粒子線治療の  
民間事業者への戦略的かつ弾力的な資金供給の強化

# 医療版SpaceX：粒子線治療における「更新の科学」

## — 実現可能な技術パッケージ —

守る/  
交換する

速く  
改善する

支える

### 第1層 交換前提ハード設計<交換可能設計+放射化知識基盤の整備>

- 放射化集中部 (degrader, collimator, beam dump, nozzle先端部) のブロック化・カセット化
- 加速器金属部材・床壁コンクリートの安全な取り外し・部分交換を前提とした設計
- 実施施設の運用実績に基づく放射化の管理・予測技術の確立
- 放射化の量・範囲の実測, 放射化物インベントリ整備, 運転履歴管理
- 三次元放射化シミュレーションモデルの構築と、将来的な放射化予測
- 実測・運転履歴・シミュレーションを統合したライフサイクルツインの構築



安全な更新

### 第2層 高速更新できる臨床・情報層<ハードを変えず、ソフト更新で性能向上・効率化>

- 画像・線量計測・治療計画・AI・QA/QC・レジストリのベンダ中立的な更新可能構造
- ハードは変更せず、ソフト更新による機能強化・機能追加
- 運用実績を踏まえた装置QAの頻度・内容の最適化
- 消耗品寿命予測と交換頻度最適化による運用コスト低減
- 患者QAの一部を、実測中心から計算QA (simulation-based QA) へ移行
- その結果としての、施設運用の効率化・停止時間短縮・運用費低減



ライフサイクル  
コスト最適化

### 第3層 制度・財政・規制の更新支援<更新を可能にする社会実装基盤>

- 部分更新支援を可能とする制度設計
- 更新・解体を前提とした標準化と安全評価
- 導入時からの廃止・廃棄計画の組込み
- 更新引当金・LCC評価・廃棄拠出金などの財務的仕組み
- 更新と解体を一体で設計する政策・規制フレーム



持続的な  
技術進歩

更新と解体を見据えた粒子線治療のために、「ハード改革」+「ソフト運用改善」+「制度支援」を一体で整備する。

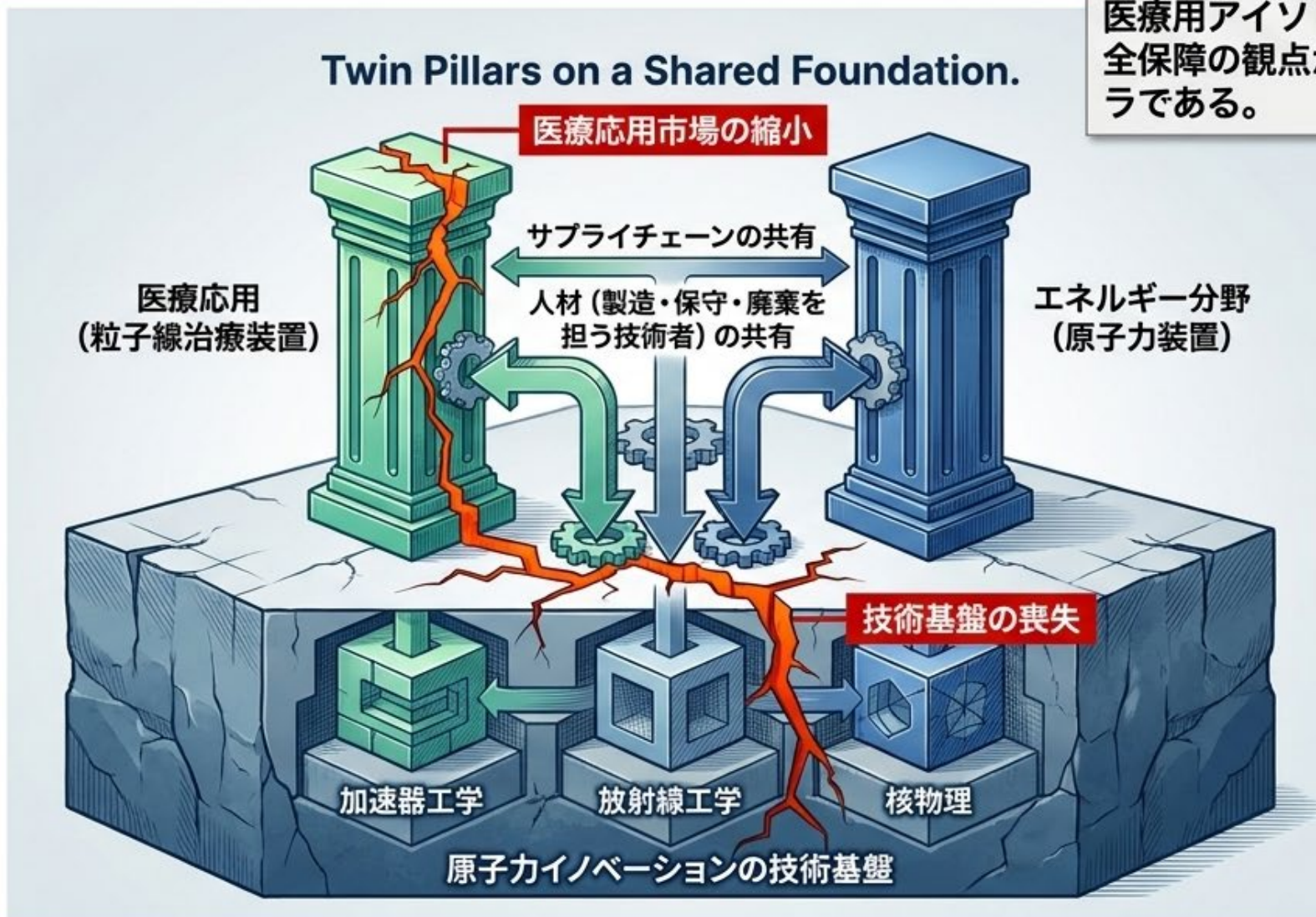
② 経済安全保障

ダンピングの禁止

地政学的安定化推進

## ② 経済安全保障：原子力産業基盤との不可分性

粒子線治療装置は通常の医療機器とは本質的に異なる位置付けを持つ。医療用アイソトープと同様に、経済安全保障の観点から極めて重要なインフラである。



医療応用市場の縮小は、原子力産業全体の空洞化に直結する

## ② 経済安全保障：ライフサイクルコストに基づくダンピング防止

⚠ 従来の調達手法（初期価格ダンピングの危険性）

初期価格のみの提示  
(ダンピング)

ライフサイクルコストを  
度外視した、見えない  
維持・更新・廃棄コスト

購入契約時の  
見積提示義務化

🛡 拡大生産者責任（EPR）に倣う新制度

OECDの拡大生産者責任(EPR)制度の考え方を応用

廃止・廃棄

運用・更新

初期導入

全期間を  
通じた  
総コストの  
可視化と  
適正評価

装置購入時にライフサイクル総コストを含んだ見積もり提示を義務付ける

# OECD/NEAの医療RIの考え方を、粒子線治療装置にも応用できないか

廃棄まで含めたfull-cost recoveryとEPR的発想による、持続可能な国際ルール形成



## 医療RIで確認されていること

### ① OECDはEPRを整理している

OECDは、使用後段階まで含めて廃棄物管理コストを内部化する政策としてExtended Producer Responsibility (EPR) を整理している。

### ② OECD/NEAは医療RIでfull-cost recoveryを重視

医療用RI供給については、OECD/NEAのHLG-MRが、長期安定供給のために廃棄物管理を含むfull-cost recoveryを求めている。

### ③ ダumping防止の考え方に近い

廃棄費用を価格に織り込まない供給は、持続可能性を損ない、結果として過小価格競争を招きうる。

応用 /  
概念の拡張



## 粒子線治療装置への展開

### ④ 粒子線も同じ構造を持つ

粒子線治療装置も、導入費だけでなく、更新・放射化対策・廃止措置まで含めて評価すべき高額医療インフラである。

### ⑤ OECD/NEAで検討すべき論点

装置価格だけでなく、更新費・廃止措置費・放射化物管理費を含めた国際的な費用内部化の原則を議論する。

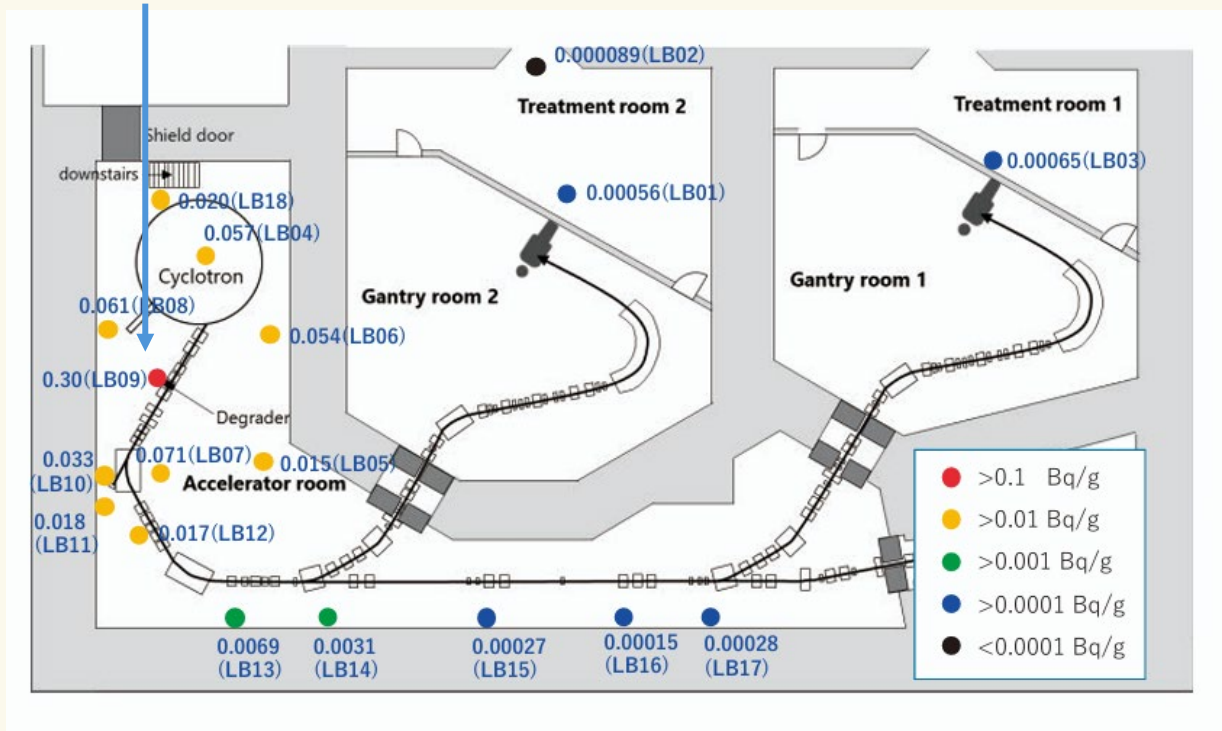
### ⑥ 日本から提案しうる

医療RIでのfull-cost recoveryの議論を参照しつつ、粒子線治療装置についてもEPR的な国際枠組みを提案しうる。

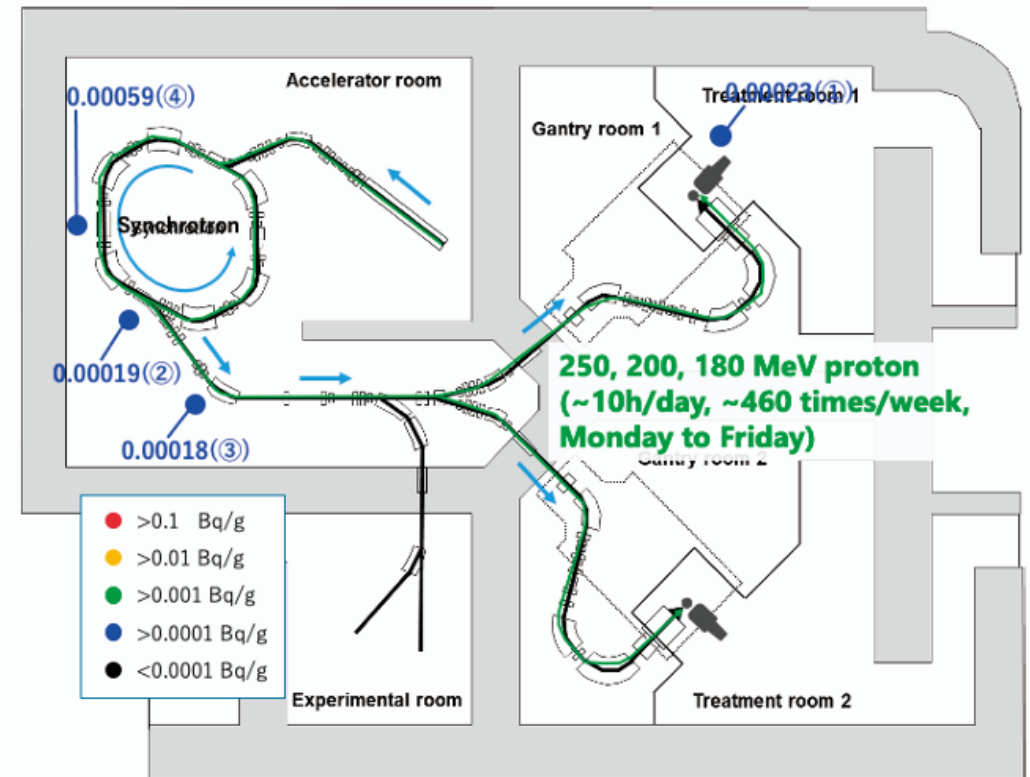
医療RIで確認された「廃棄まで含めた費用内部化」の考え方を、粒子線治療装置の更新・廃止措置にも拡張し、OECD/NEAでの国際的議論につなげるべきではないか。

# (例) サイクロトロン式とシンクロトロン式の陽子線治療装置と周辺床コンクリートの放射化の比較

Degrader (金属) とその周辺の放射化が著しい



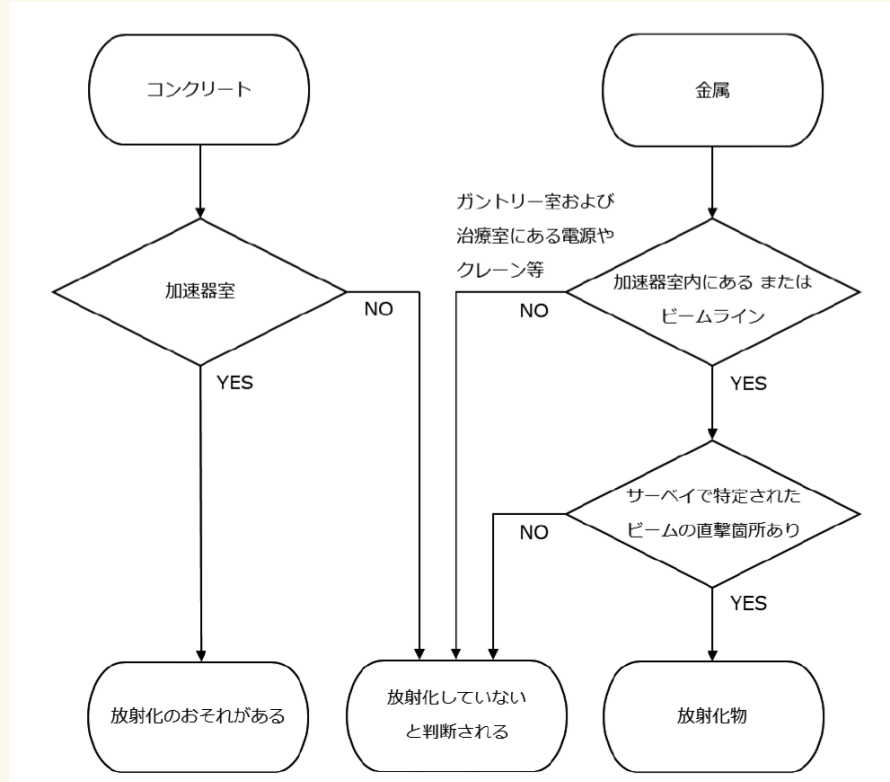
サイクロトロン式



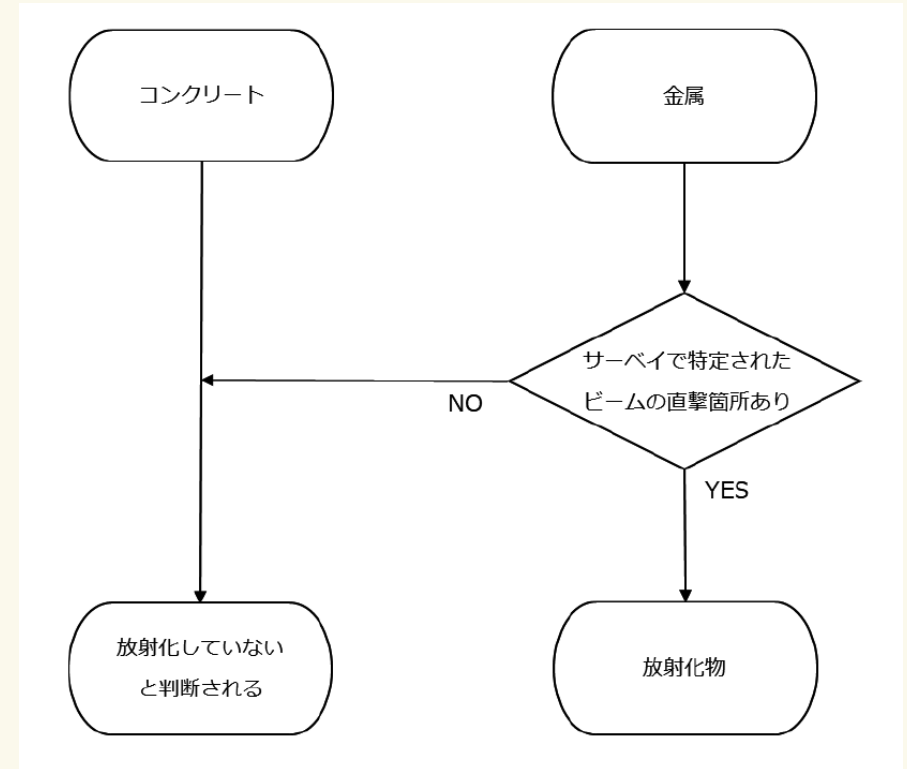
シンクロトロン式

# 日本のマニュアルに示された 粒子線治療装置の廃棄方法

## サイクロトロン型(含むクロサイクロトロン型) 陽子線治療装置



## シンクロトロン型 陽子線治療装置及び重粒子線治療装置



購入時は、シンクロトロン型装置よりサイクロトロン型が低額なのですが、  
今後は更新・解体費を加えた初期費設定がフェアであろう。

## ② 経済安全保障（地政学的安定化推進）

### 【制度・国際ルール層】



#### 特定重要物資・技術への指定検討

「医療（放射線・アイソトープ等）」と「原子力技術」の不可分性を根拠に、国の特定重要物資または特定重要技術への指定を推進。



#### WTO/GATT安全保障例外の適用

粒子線治療産業の国内喪失がもたらす医療・原子力リスクを調査。WTO補助金協定およびGATT第21条適用のため国際法的な根拠を確立。

### 【産業基盤・エコシステム層】



#### 国内製造・保守拠点への税制優遇措置

先端的重要技術の支援・安定供給確保の観点から、国内に製造・保守拠点を持つ企業（条件を満たす外資系企業含む）へのインセンティブを付与。



#### 部品共同プールとサプライチェーン創設

各社個別の保守体制から脱却し、業界全体で部品プールを共有。地政学的リスクへの耐性向上と、維持コストの大幅な圧縮を同時実現。

【医療と原子力の不可分性を前提とした、地政学的安定化とコスト圧縮の両立】

③  
財務  
管理

ライフサイクルコスト管理

需給のガバナンス

### ③ 財務管理(ライフサイクルコスト(LCC)加算制度)

#### 回収メカニズム

診療報酬の技術料に、  
ライフサイクルコスト加  
算を設ける。

(装置+施設の減価償却・  
更新積立費・解体費)

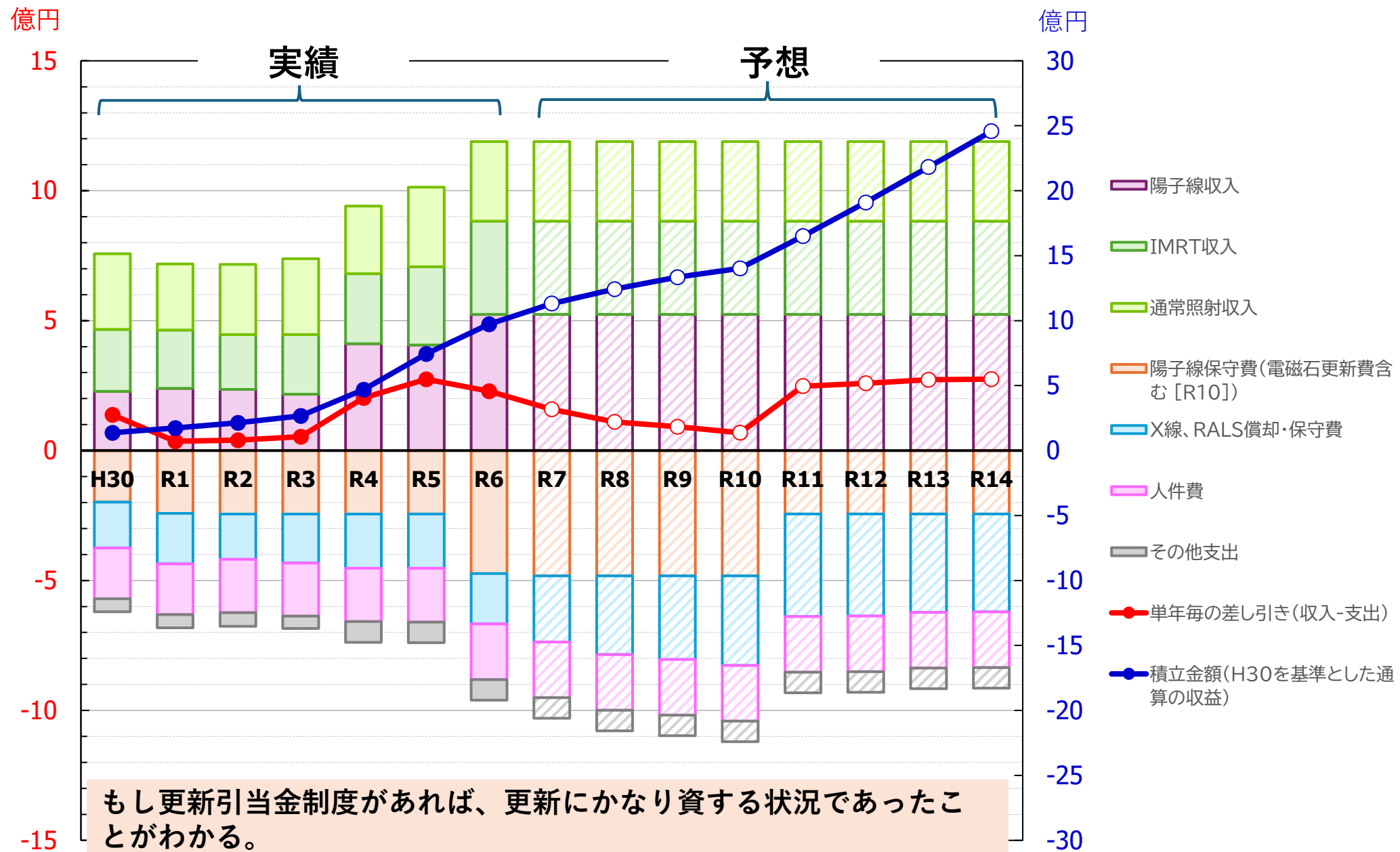
回収した  
更新費相当額

#### 保管&公開メカニズム

病院会計準則および医療  
法人会計基準の改正に  
より、各施設の『粒子線  
治療装置/施設更新引当  
金』として計上・開示さ  
せる。

ライフサイクルコスト加算による資金回収と引当金計上の  
義務化により、持続可能な更新体制を構築する

# ある病院の実績とシミュレーション

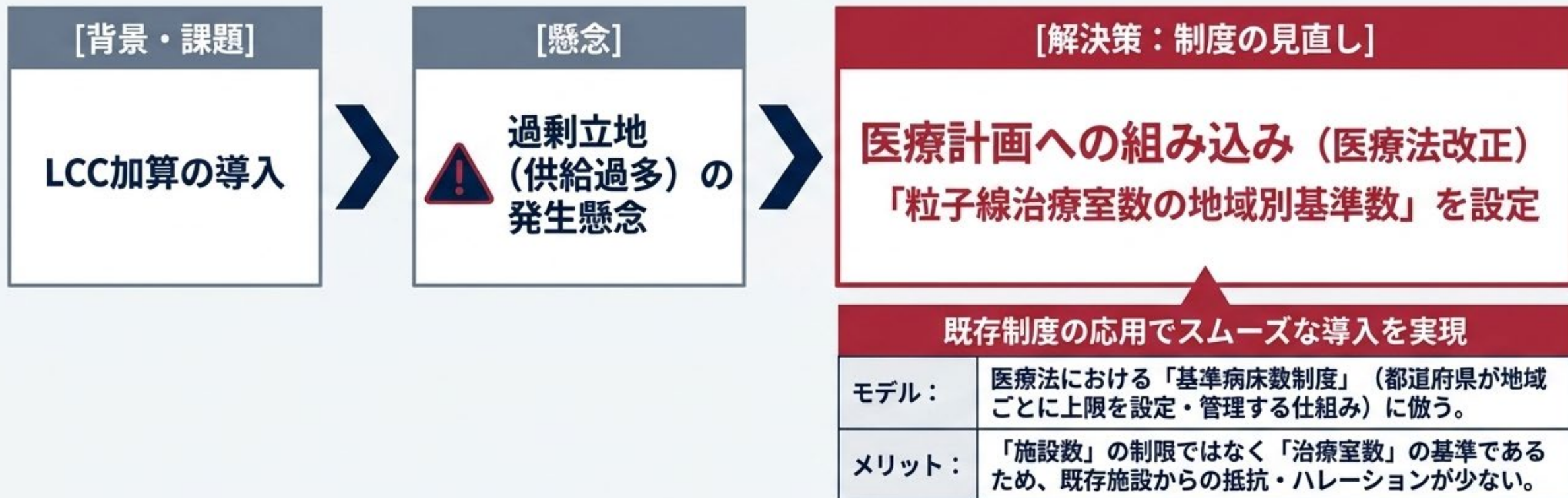


### ③ 財務管理（粒子線治療装置/施設更新引当金制度）



新たな立法を要さない、厚労省「通知」による迅速な制度設計で、早期の課題解決を実現する

### ③ 財務管理（需給のガバナンス）



LCC加算と連動した、過剰立地を防ぐ地域別の治療室数基準の導入

### ③ 財務管理（廃棄拠出金制度）

#### 【拠出】

各施設（病院）

院内での内部留保ではなく、外部へ拠出



毎年「廃棄拠出金」  
を拠出



#### 【管理】

外部の管理機関（基金）

一般財団法人・業界団体等による  
第三者管理での外出し積立



装置廃棄・解体時に  
費用交付



#### 【交付】

確実な廃棄・解体の実行



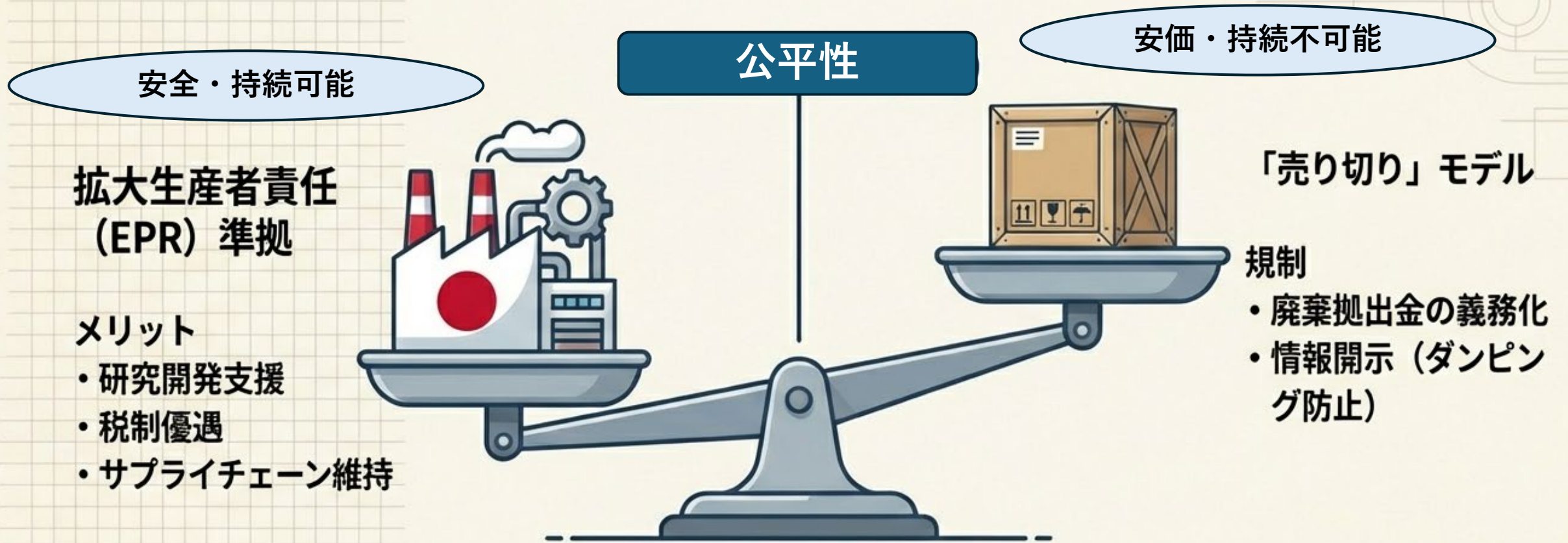
産学官連携による管理団体支援  
（経済安全保障の目的）

他分野の確立された預託制度に倣い、  
確実な資金担保を実現

・原子力発電所の廃炉費用積立制度  
（発電会社→原子力発電環境整備機構等）

第三者機関による廃棄費用の外部積立と、産学官連携による支援体制の構築

# 競争条件の平等化



安価・持続不可能な装置の売買を排除し原子力関連技術・産業の衰退を防ぐ

# 他治療法との平等性

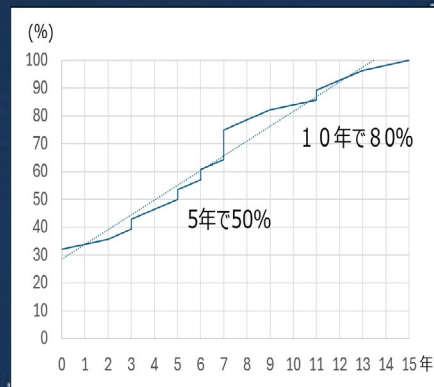
粒子線治療以外の技術との比較において、粒子線治療装置だけにLCCやEPRの考えを取り入れることのリスクも考える必要もあるのではないか？

# ① 診療報酬だけでは解けない

高額医療機器・専門施設の更新問題は、既存の医療サイクルの財源だけでは限界がある。

# ② 更新期がすでに目前にある

国内の粒子線治療装置の更新時期が迫る。



逆転の発想

# ③ 粒子線だけの問題ではない

今後、PET用サイクロトロン、X線治療、MRI、手術用ロボット、再生医療施設等にも共通する。

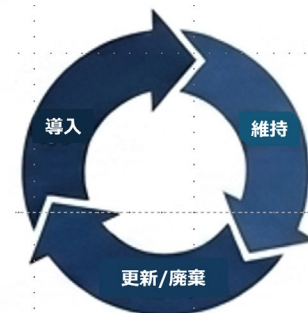
# ④ 更新課題とニーズが、時間軸・規模ともに最も具体化している粒子線をモデルケースとする。

放射化対策、部分更新、更新財源設計、廃棄措置を先行的に制度化。



# ⑤ 「更新の科学」の推進

導入だけでなく、更新/廃棄まで含めたLCC評価、標準化を進める。



# ⑥ 経済安全保障・健康医療安全保障

国産医療機器、加速器、保守・解体技術、人材基盤を守る医療インフラ改革と捉える。



粒子線治療装置・施設の更新・廃棄を、医療インフラ改革のフロントランナーとするべきではないか

# ◆ 学術基盤

## (「更新の科学」の学問領域化)

- 日本が原子力イノベーションの医療応用において『更新の科学』の研究・教育を世界に先駆けて推進できれば、世界中の粒子線治療施設の更新に関して、日本が規範を提示するソフトパワーとなる。
- 『更新の科学』は、「粒子線治療装置のエコシステム」を推進し、延いては、わが国の原子力産業と関連産業の発展を促進する。

# ◆ 人材基盤

## (要員の国家資格化・配置義務化)

- 原子力発電所に原子炉主任技術者の配置が義務付けられているように、放射線治療・核医学治療を行う医療施設に、専門職による体系的な関与が求められ、国家資格として制度的に位置付けることにより、その責任と権限の所在を明確にするべきである。
- 原子力科学専門の要員の配置を制度的に義務付けることは、保健医療安全保障だけでなく、先端的重要な技術の支援の観点からも、費用対効果の高い政策投資と考えられる。

# 「国産原子カインノベーション医学応用資産」 継続発展型プラットフォーム

## ③ 財務計画

- ・ LCC管理
- ・ 更新引当金制度
- ・ 需給管理

## ② 経済安全保障

- ・ ダumping防止
- ・ 地政学的安定化

学術基盤  
人材基盤

バランスの取れた  
推進・支援

## ① 技術革新

- ・ 更新の科学へ
- ・ SpaceX的発想
- ・ 国家的支援