

# 医療用等ラジオアイソトープ 製造・利用推進アクションプラン 進捗状況概要

公益社団法人日本アイソトープ協会

医薬品部医薬品・試薬課 北岡 麻美  
専務理事 畑澤 順

# 内容

1. 最近の放射性医薬品の供給状況  
(SPECT、 $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、PET、治療)  
海外原子炉トラブルによる影響
2. 重要ラジオアイソトープの国内製造  
( $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ 、 $^{211}\text{At}$ )
  - 2-1. 原子炉分野
    - ①JRR-3
    - ②常陽
    - ③福井新試験研究炉
  - 2-2. 加速器分野
3. 核医学診療における医療環境の整備  
診療施設の拡充・普及  
診療施設の汚染防護・安全性改善の取組
4. 特別措置病室
5. トリウム関連
6.  $^{68}\text{Ga}$ -PET製剤化の形態
7. 医学系関連学会での取組み  
日本核医学会  
日本医学放射線学会  
日本放射線腫瘍学会
8. 国民への広報・提言  
標的アイソトープ治療研究に関する検討会  
がん対策推進基本計画(第4期)  
日本学術会議、日本学術振興会
9. 人材育成  
主任者、管理者、看護師、女性、理工系等  
国際人材育成(コンソーシアム、研修)  
医学物理領域
10. 医療由来の放射性廃棄物
11. まとめ  
  
(スライド中の人名は一部敬称略、  
機関名は一部略称)

# 1. 最近の放射性医薬品の供給状況

## 核医学画像診断 (SPECT) 供給量推移

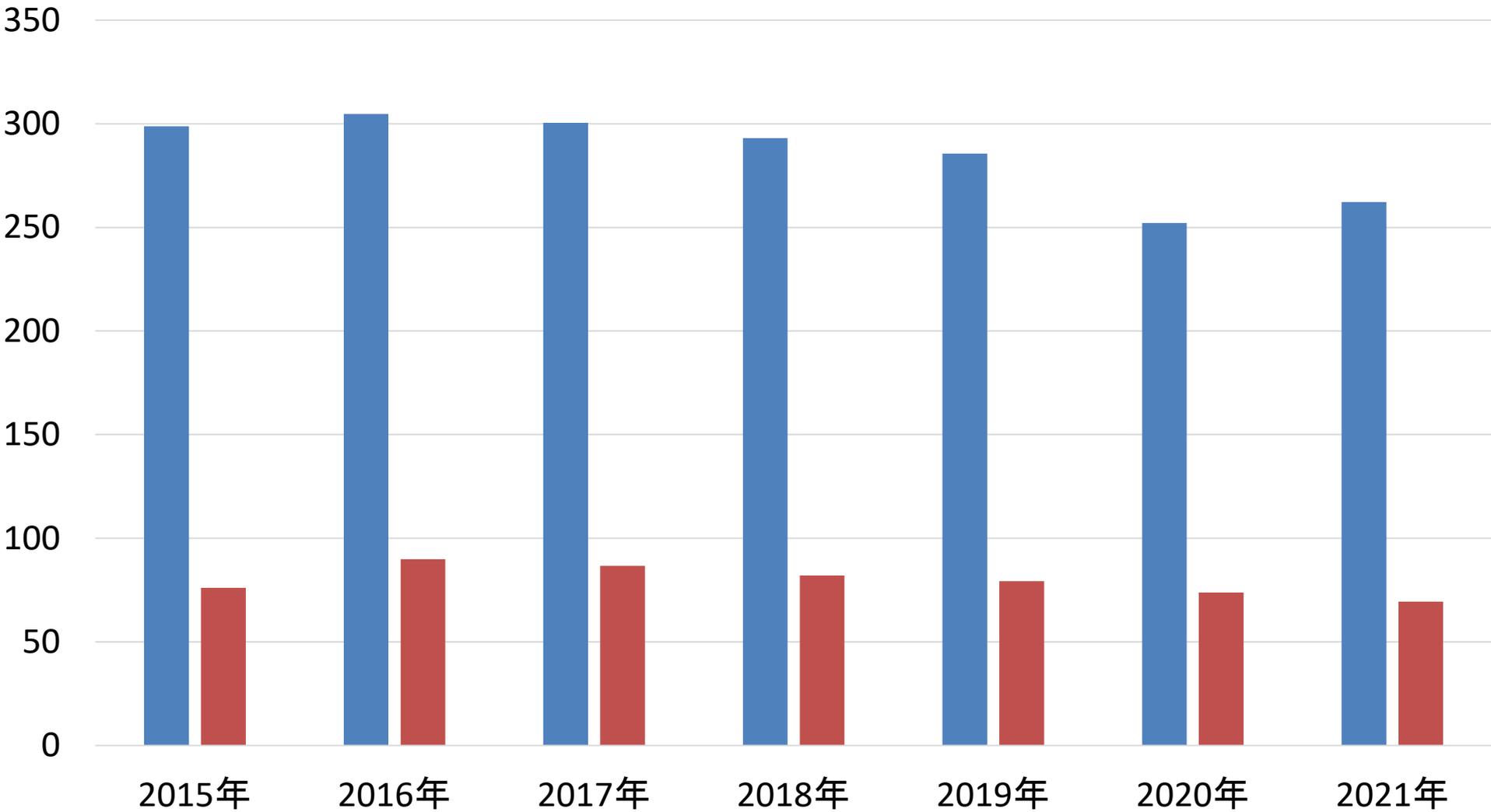
(MBq)

	2017	2018	2019	2020	2021
$^{99m}\text{Tc}$	300,495,882	293,085,756	285,604,434	252,129,322	262,223,304
$^{123}\text{I}$	34,987,358	34,902,199	34,836,349	31,169,336	33,013,154
$^{201}\text{Tl}$	13,234,456	12,987,861	12,268,016	10,901,828	10,789,607
$^{67}\text{Ga}$	2,411,290	2,100,860	1,891,921	1,627,926	1,486,734
$^{111}\text{In}$	340,545	370,057	385,300	321,315	369,265
$^{99}\text{Mo}-^{99m}\text{Tc}$	86,688,375	82,068,895	79,314,015	73,796,020	69,444,375
$^{81}\text{Rb}-^{81m}\text{Kr}$	620,490	622,525	612,720	589,225	602,545

 アイソトープ等流通統計2022  
 (公社)日本アイソトープ協会

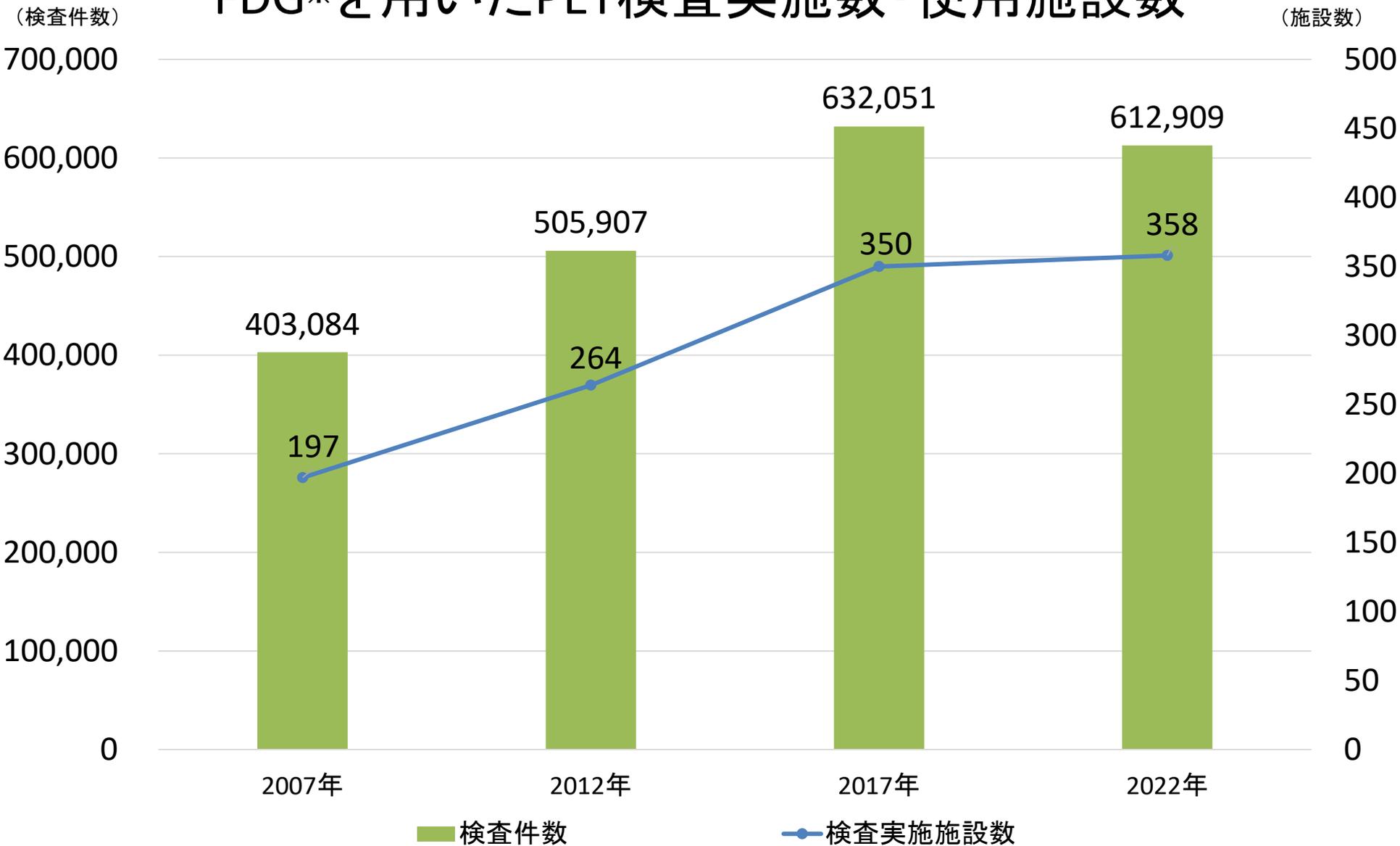
# $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ 供給量

(TBq)



■ Tc-99m ■ Mo-99/Tc-99m

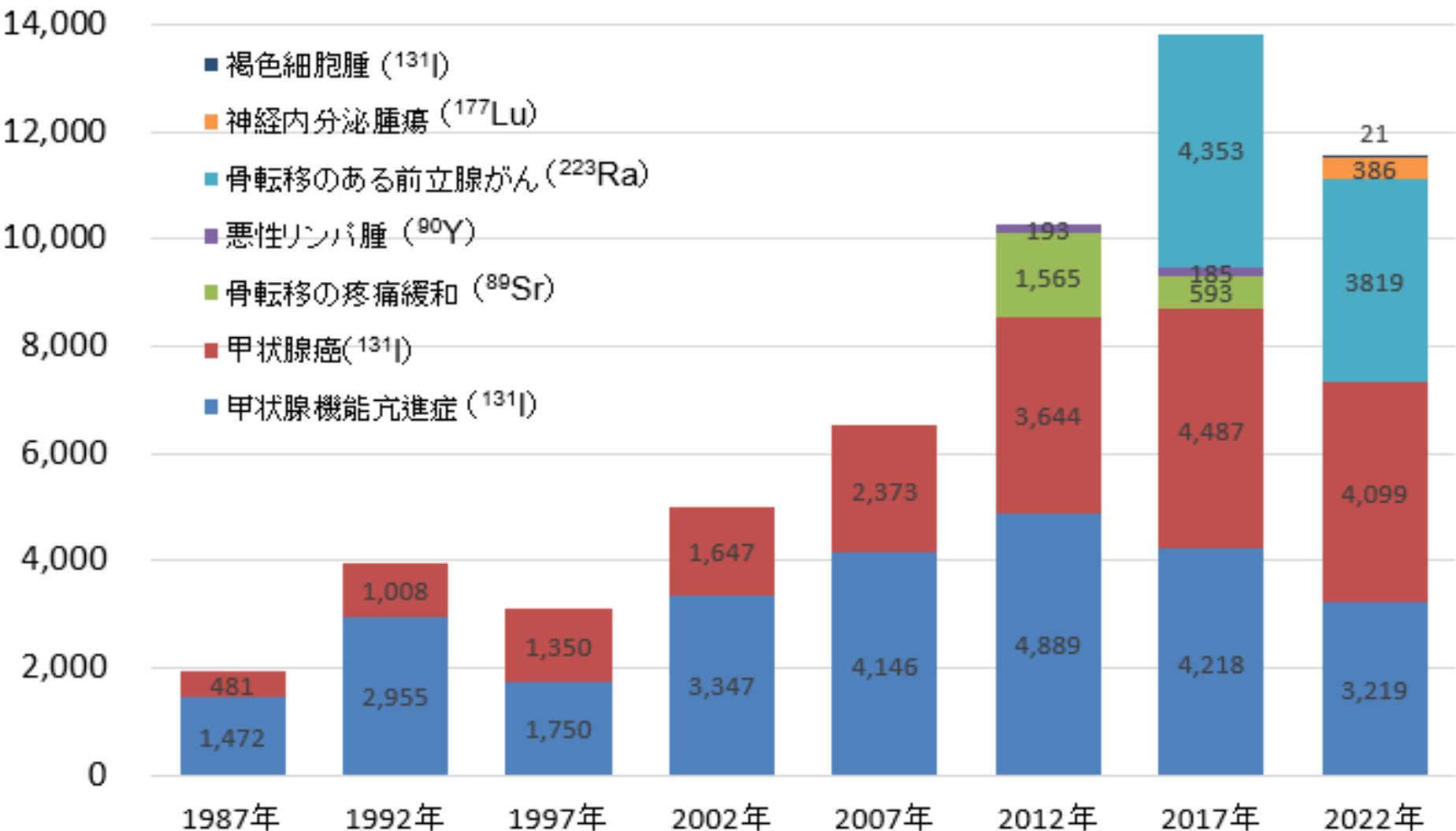
# FDG※を用いたPET検査実施数・使用施設数



※FDG ( $^{18}\text{F}$ -フルオロデオキシグルコース:ブドウ糖類似体)

# 非密封放射性核種による年間治療件数の推移

(件数)

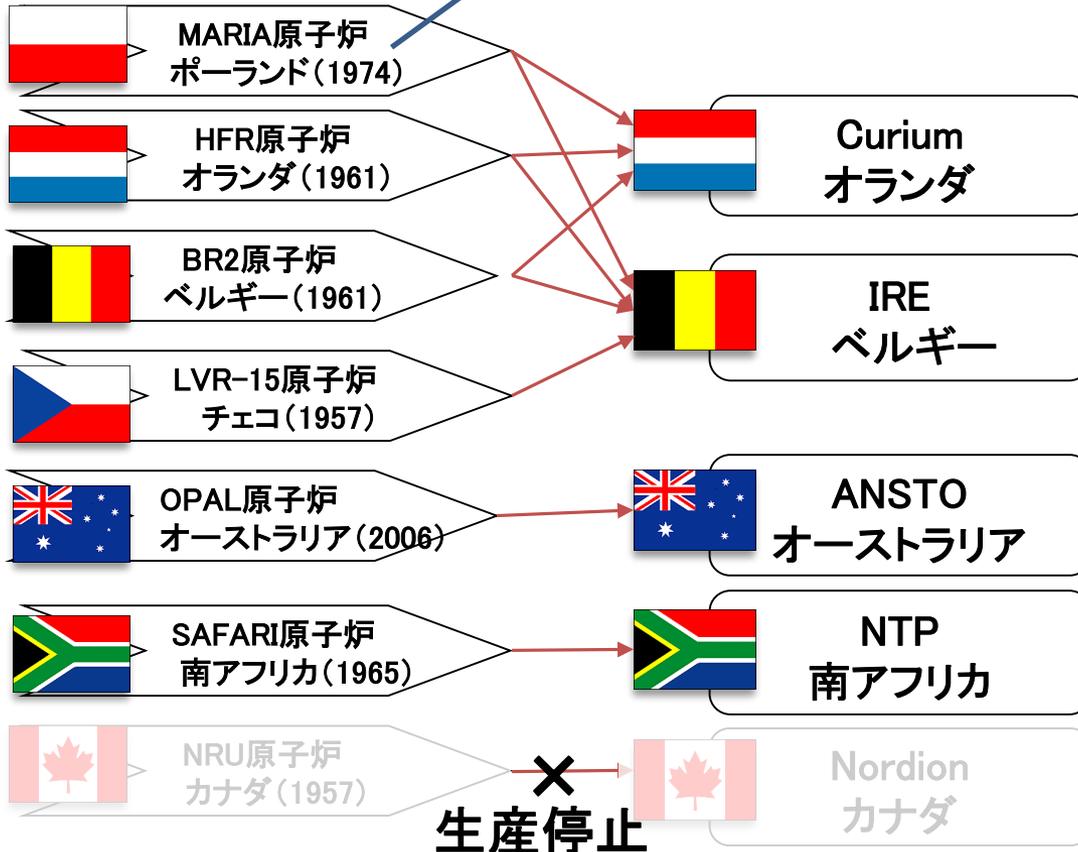


# $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ のサプライチェーン

カッコ内は稼働を開始した年

原子炉

精製施設



各国の医薬品供給  
メーカーへ

- 短半減期のため、空輸になり、自然環境の変化、テロ等の影響を受けやすい。
- 製造している多くの原子炉が老朽化しており、供給不安がある。

(※) カナダNRU炉は、2016年10月末で $^{99}\text{Mo}$ の生産を停止

# 最近の海外原子炉トラブルに起因する国内影響

## ◆供給欠品期間: 2022年11月7日～12月3日

海外原子炉の計画外停止及び定期点検による $^{99}\text{Mo}$ 原料供給不足により国内にてジェネレータ及び $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 製剤の欠品が発生した。

## ◆当該期間における各原子炉の稼働状況

HFR炉(オランダ): 定期検査～11/23再開

LVR-15炉(チェコ): 定期検査～11/18再開

OPAL炉(オーストラリア): 定期検査～11/5再開

SAFARI炉(南アフリカ): 当初11月12日開始が予定されていた定期検査を延長し  
11月19日まで稼働、その後定期検査を開始

BR-2炉(ベルギー): 機械的な不具合が発生し、計画外の稼働停止  
11/18再開予定×→12/20再開

MARIA炉(ポーランド):

大規模メンテナンス2022年9月から2023年2月(6月末まで延長)

→ $^{131}\text{I}$ 製剤の欠品も発生している。一部製剤は用量の違うカプセルで対応するも、高用量カプセルが必要な患者への投与を延期する措置が取られている。

## 2. 重要ラジオアイソトープの国内製造

- $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$

「可能な限り2027年度末に国内需要の約3割を製造し、国内へ供給する」

「2025年度までに製薬企業に対してJRR-3で製造したRIの供給を開始する」

- ・JRR-3で製造したラジオアイソトープを医薬品の原料として利用できるように分離、抽出、濃縮等における技術的課題の解決を推進。

→ステークホルダーの検討

原料調達、照射、精製、輸送、販売、購入

→ステークホルダーによる会合

JRR-3を利用した $^{99}\text{Mo}$ 国産化全体会合の開催

- $^{225}\text{Ac}$

「創薬の研究開発で必要となる一定量の確保・供給に向けた体制構築を図る」

- ・常陽を用いた製造に向けた研究開発、製造実証のための検討

- ・加速器を用いた製造の検討

- $^{211}\text{At}$

- ・加速器による供給状況

## 2. 1原子炉分野

### ①JRR-3を利用した<sup>99</sup>Mo国産化全体会合報告

#### 【第1回全体会合】

1. 日時 : 2022年8月1日(月)16:00~17:45
2. 参加者: 日本アイソトープ協会、日本放射性医薬品協会、  
日本原子力研究開発機構、内閣府※オブザーバー
3. 主な内容と今後の進め方
  - ・ <sup>99</sup>Mo/<sup>99m</sup>Tc国産化に係るシナリオ確定と実施体制について
  - ・ 核分裂法と放射化法は異なった製法であるため、輸入<sup>99</sup>Mo原料の基準とは異なるが、製薬メーカーが受け入れられる<sup>99</sup>Mo原料を基準とする。
  - ・ 溶媒抽出法とカラム法で評価を行っていくが、調査結果に基づいて、全体スキームを決めていく。

#### 【第2回全体会合】

1. 日時 : 2022年12月5日(月) 15:30~17:30
2. 参加者: 日本アイソトープ協会、日本放射性医薬品協会、  
日本原子力研究開発機構、内閣府※、文部科学省※オブザーバー
3. JAEAからのインプット情報
  - ・ 水力照射孔で照射した場合、照射直後で比放射能0.5Ci/g-Mo以上。
  - ・ 製造計画は7日間照射の場合1サイクルに3回、年間21回の出荷が可能。
4. 主な内容と今後の進め方
  - ・ 照射した<sup>99</sup>Moの品質確認が必要であるため、溶媒抽出法、カラム法で抽出した<sup>99m</sup>Tcの品質確認スキームを整理する。

## JRR-3現地視察

1. 日時 : 2023年2月17日(金) 13:30~16:30
2. 参加者 : 日本アイソトープ協会、日本放射性医薬品協会
3. 説明者 : 日本原子力研究開発機構
4. 見学箇所 : JRR-3(展示室)、ラジオアイソトープ製造棟
5. 意見交換
  - ・医薬品メーカーが受け入れられる原料となりうるための精製方法
  - ・海外原料と比放射能が異なるため、受入れ側で新たな設備が必要となる可能性について
  - ・国内でのB型輸送について 等

# 放射性輸送物の種類

放射性輸送物は、放射能量 (Bq) 及び輸送物からの放射線量により、L型、A型、B型輸送物に区分されている。

L型輸送物：危険性が極めて少ないRI等として、原子力規制委員会が定めるものかつ表面で5μSv/h以下

A型輸送物：原子力規制委員会が定める放射能量 (A<sub>1</sub>値、A<sub>2</sub>値) を超えない量の放射能を有するRI等

B型輸送物：原子力規制委員会が定める放射能量 (A<sub>1</sub>値、A<sub>2</sub>値) を超える量の放射能を有するRI等



## B型輸送物

A型輸送物よりも過酷な事故を想定した容器の試験要件が定められており、容器ごとに当局の承認が必要。(容器設計承認、容器承認)

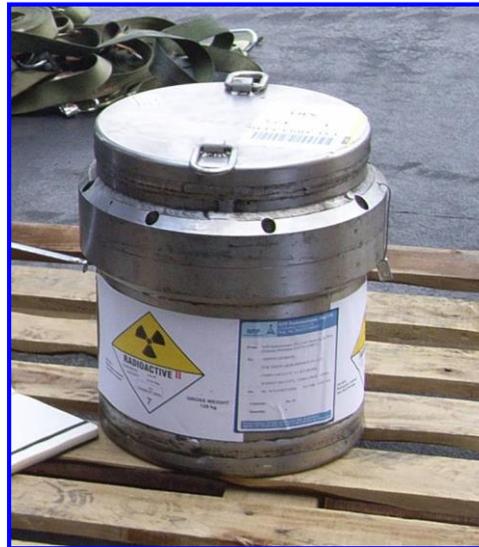
輸送にあたっては事前に関係当局に申請が必要。

(運搬物確認、運搬方法確認 (3週間前)、運搬の届出 (2週間前))

# 国内輸送用モリブデンB型容器の開発課題

海外から輸入される $^{99}\text{Mo}$ 原料  
輸送容器例

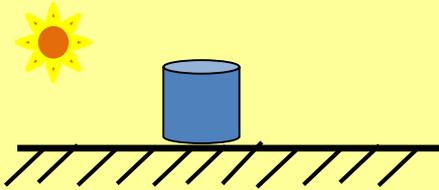
直径 : 333mm × 高さ 400mm  
重量 : 126kg  
遮蔽体 : 劣化ウラン



- ✓ 市販容器の場合、 $^{99}\text{Mo}$ 溶液を収納する内部容積(～75ml)が小さく、容量が多くなる見込みの国産 $^{99}\text{Mo}$ 溶液(JAEA試算～2L)を収納することはできない。
- ✓ 新規に国産容器を開発する場合、設計からプロトタイプによる実証試験、承認を得るまで相当の期間(3年～?)及び高額な費用がかかる。
- ✓ 国内で実証試験、特に耐火試験(800°C30分)と落下試験(9m落下)、更に浸漬試験(深さ15mの水中で8時間)が可能か?
- ✓ RI法で規定されるB型輸送容器の設計、試験、承認が必要となる。

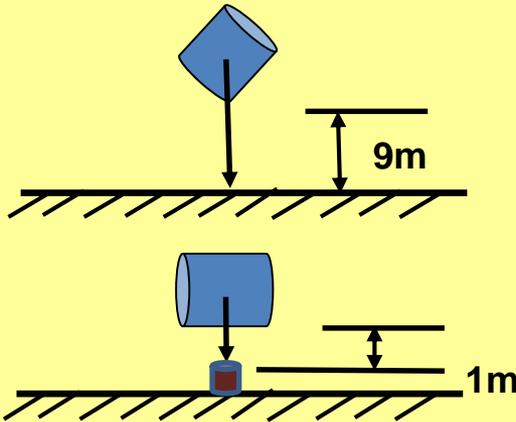
# B型輸送物試験条件

## ○一般の試験条件



日光の直射を受ける条件下で、  
38℃の環境に1週間放置

## ○特別の試験条件



### 落下試験1

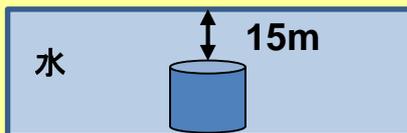
9mの高さから最大の衝撃を受けるように落下

### 落下試験2

直径15cm、長さ20cmの棒状ステンレス鋼への  
落下

### 耐火試験

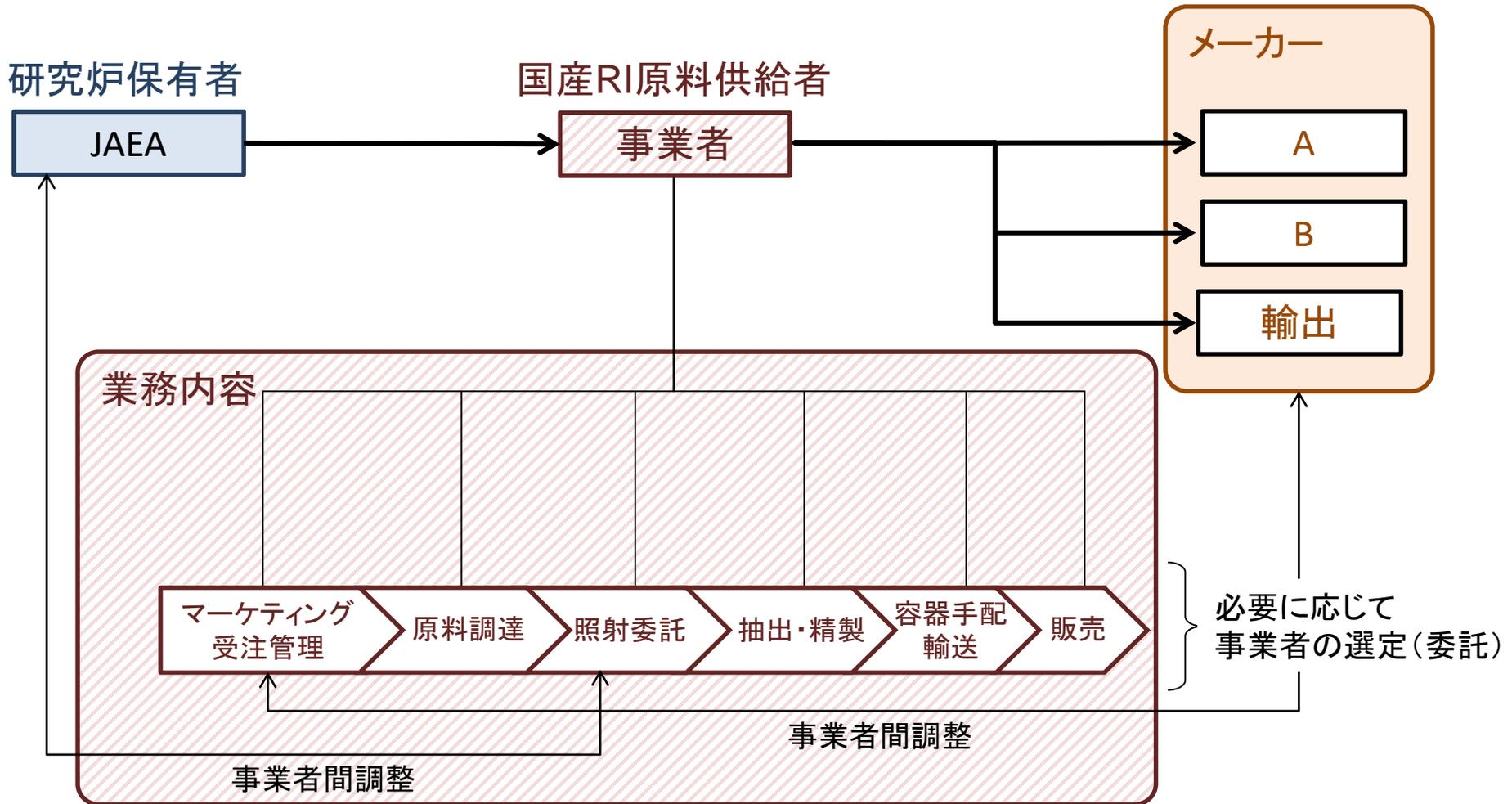
800℃、30分



### 浸漬試験

10<sup>5</sup> × A<sub>2</sub>値以上を収納の場合は、200mの深さ  
で1時間の試験を追加

# 原子炉による国産医療用RIのサプライチェーン(案)



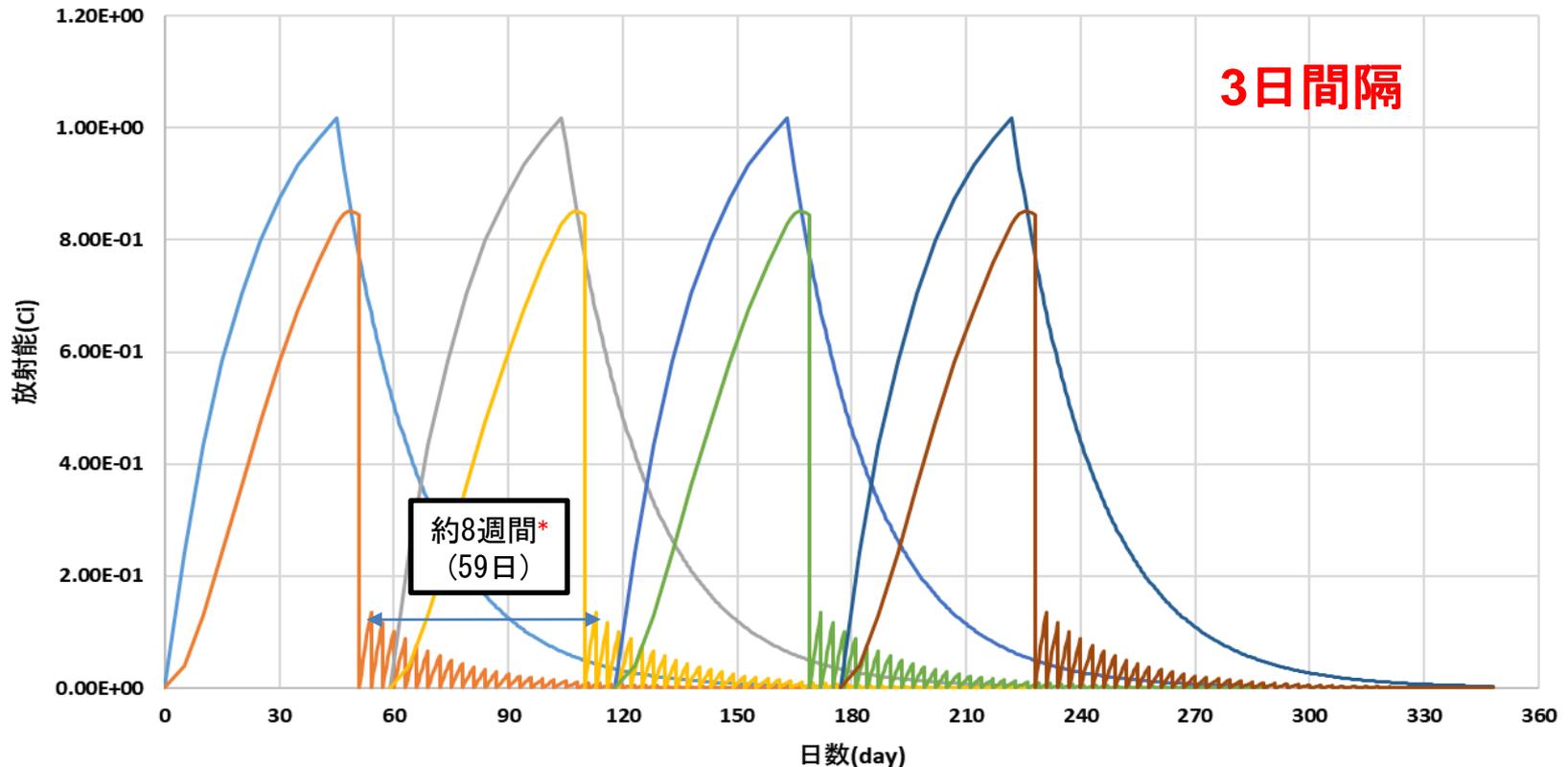
## JRR-3を利用したMo-99製造における今後の検討課題

- $^{99}\text{Mo}$ の製造放射能の増量
- 製薬メーカーとして受入れ可能な $^{99}\text{Mo}$ の品質確認
- $^{99}\text{Mo}$ から高濃縮 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ を抽出する方法の検討  
(溶媒抽出法、カラム法他)
- 国産 $^{99}\text{Mo}$ 原料に係るコスト試算
- 国内輸送における原料輸送容器の調達と課題整理
- 国産医療用RIのサプライチェーンの在り方

## ②常陽による $^{225}\text{Ac}$ の製造と供給計画(案)

医療側の要求:

1患者当たり8週間毎に5MBqの $^{225}\text{Ac}$ を4回投与する



解析条件

$^{226}\text{Ra}$ : 1g(1Ci) × 4 合計4g(4Ci)

照射:45日+移送・解体:6日+ミルク40回(3日間隔) × 4回/年(サイクル間は2週間)

合計運転日数:180日(定格日数60日で3サイクル相当)

資料提供: 日本原子力研究開発機構 大洗研究所 高速実験炉部

## ③福井県もんじゅサイトに設置する 新たな試験研究炉

### 文部科学省委託事業

### 「もんじゅサイトに設置する新たな試験研究炉の概念設計及び運営の在り方検討」 コンソーシアム委員会

原子炉の出力と利用目的: 熱出力10MW級の中性子ビーム炉(文部科学省提案)  
炉心概念検討、運転計画検討に向けた予備検討  
地質調査およびもんじゅ敷地内における建設候補地の検討

- ・中性子ビーム利用を主目的、実験装置群、照射利用を検討
- ・照射利用ニーズ
  - 1 放射化分析: 非破壊微量元素分析
  - 2 RI製造: 特に<sup>99</sup>Moや<sup>177</sup>Lu等の医学利用RI製造(開発含む)
  - 3 材料照射 4 陽電子ビーム 5 生物照射

「医薬利用RI製造は強いニーズがあり、研究炉の特長も活かす。ただし課題もあり、どのレベルまで実現できるのか、今後の詳細な検討が必要」

### RI製造に関する勉強会(2022年9月29日, 10月24日, 12月2日, 2023年1月27日)

- ・ 国内におけるRIの現状 (日本原子力研究開発機構 新居)
- ・ 医療用RIの需要と供給について (日本アイソトープ協会 北岡)
- ・ 製薬会社におけるRI事業の現況 (日本放射性薬品協会 片倉)
- ・ JRR-3におけるRI製造の実績、経験 (千代田テクノル 河内)
- ・ 内閣府における医療用RIに関する政策推進について (内閣府 笹川)

## 2. 2 加速器分野 (I)

### 理化学研究所 仁科加速器科学研究センター

超伝導大型加速器・直線加速器  $^{211}\text{At}$ を阪大の治験に供給

### 大阪大学 核物理研究センター

大型サイクロトロン 短寿命RI供給プラットフォーム 現在改修中

### 量子科学技術研究開発機構 (QST)

大型サイクロトロン  $^{225}\text{Ac}$ 、 $^{211}\text{At}$ の供給 現在停止中

### 東北大学 サイクロトロンRIセンター

大型サイクロトロン重陽子加速・中性子源による  $^{64}\text{Cu}$ などの製造

### 福島県立医科大学 先端臨床センター

大型サイクロトロン  $^{211}\text{At}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ などの製造、自施設の治験に供給

### 東北大学 電子光物理学研究センター

電子直線加速器  $^{225}\text{Ac}$ などのアルファ線放出核種製造、企業と協働

### 量子科学技術研究開発機構 (QST) 六ヶ所研究所

核融合中性子源による $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ 製造の可能性、  
派生技術(照射体の溶解および精製技術)の技術移転を計画

## 2. 2 加速器分野(II)

**早稲田大学 先進理工学研究科電気・情報生命専攻**

加速器分野の施設・研究者ネットワークについて

高温超電導空芯型サイクロトロンによる $^{211}\text{At}$ の製造を目指す

**大阪大学 核物理研究センター**

小型サイクロトロンによる $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ 製造と精製技術(MEK法)の開発

**高エネルギー加速器研究機構**

超伝導加速器による $^{99}\text{Mo}$ の製造に成功、企業と協働し社会実装

**日本メジフィジックス株式会社**

大型サイクロトロンによるアルファ線放出核種の自社製造

### ✓ 加速器分野の課題

医療用RI製造における加速器利用の重要性は共通認識されている。

サイクロトロンと電子直線加速器の二つのタイプがある。

濃縮モリブデン( $^{100}\text{Mo}$ )利用のため、原材料が高価。原子炉と比較してコスト高。

ニーズを把握し製造調整する一元的な仕組み(加速器サイト、医薬品企業)が必要。

多施設による製造サイト間の品質の標準化。

# 加速器による国産医療用RIのサプライチェーン(案)

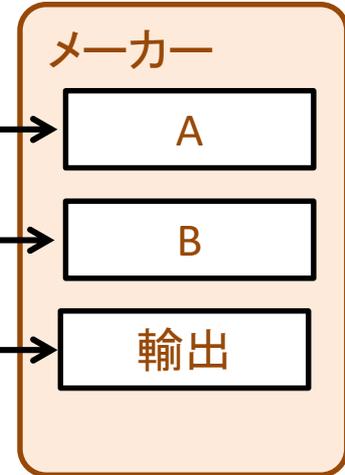
供給実績のある大型  
加速器施設



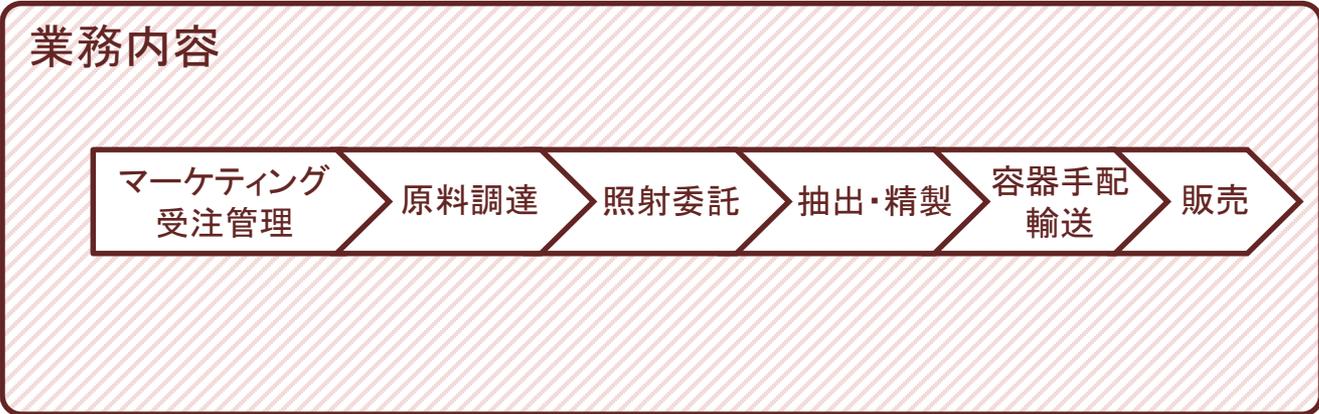
国産RI原料供給者



医療機関からの受注  
原子炉製造 - 加速器製造の調整  
加速器製造施設間の調整  
照射後ターゲットからの抽出物・  
一次精製物の品質保証



RI製造可能な  
加速器施設



### 3. 核医学診療における医療環境の整備

#### 診療施設の拡充・普及 トレーラハウス型核医学診療施設

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構はアルファ線を放出する $^{225}\text{Ac}$ を用いた標的アイソトープ治療が可能なトレーラハウス型RI施設を世界で初めて設計・製作し、原子力規制委員会から放射線管理区域としての使用が許可された。 $^{225}\text{Ac}$ 使用時の空气中濃度や空間線量の測定、臨床模擬試験を予定、3年後の実用化を目指す。  
(2022年7月7日プレスリリース、量研ホームページ)

#### 診療施設の汚染防護・安全性改善の取組

$\text{Na}^{211}\text{At}$ による甲状腺がん治療の治験が行われている。そのガイドラインには $^{211}\text{At}$ による汚染を避ける目的で、ポリエチレン濾紙を利用することが推奨されている。一方、ポリエチレン濾紙は $^{211}\text{At}$ を容易に通過させることが明らかにされた。より安全な診療を行うために、濾紙の改善が必要。

Ohnuki K, Takenaka Y, Yoshimoto M, Fujii H.  
The safe handling of  $^{211}\text{At}$  compounds.  
Annals of Nuclear Medicine 2022 36:842-843

## 4. 特別措置病室

### 【医療関係者への周知】

- ✓ 第62回日本核医学会学術総会における日本アイソトープ協会ブースでのパネル展示
- ✓ 医療RI通信(日本アイソトープ協会発行)にて特集
  - No.141 特別措置病室に関する規制等改正について
  - No.142 特別措置病室の使用に伴う留意事項等を示す通知改正について
  - No.143 特別措置病室に係る基準、管理・運用及び行動規範に関するマニュアルについて
- ✓ 核医学診療推進国民会議 会報誌Vol.7にて特集

### 【利用状況】

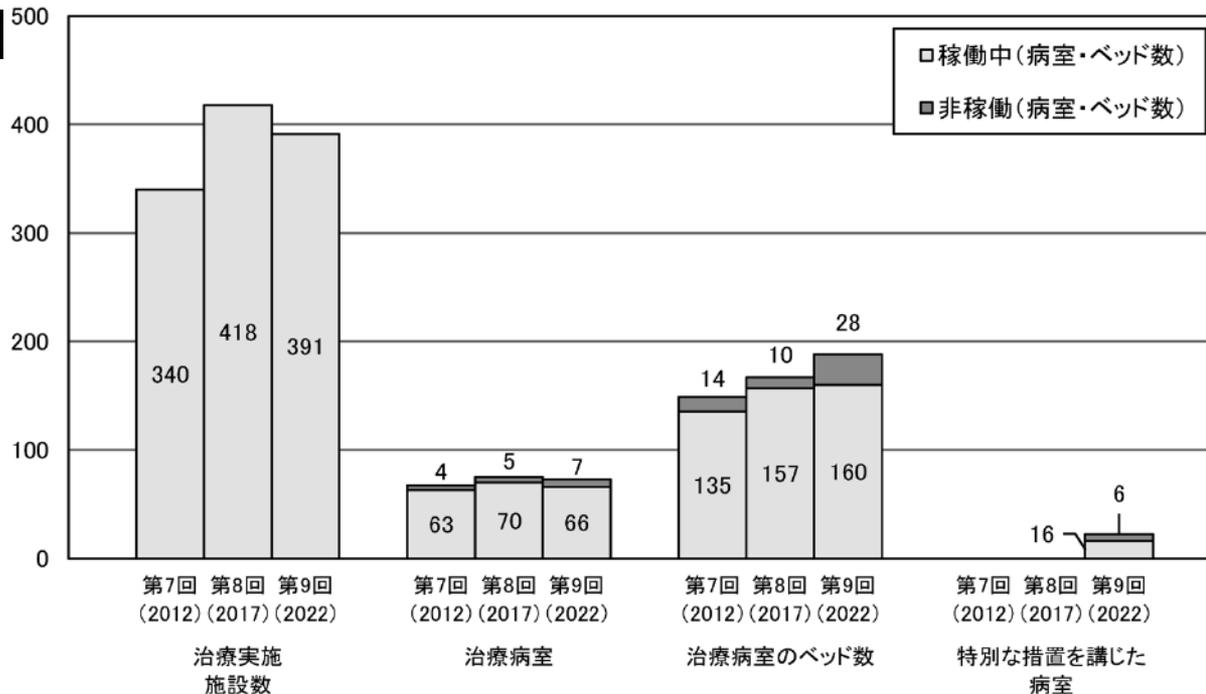


図11 非密封 RI を用いた核医学治療の実施状況

## 5. トリウム関連

### ✓ $^{227}\text{Th}$ 医薬品の開発状況

これまで世界的に進められていた $^{227}\text{Th}$ 医薬品の開発が断念された。  
但し、他のトリウム医薬品の開発が今後ありえないわけではない。

### ✓ 原料及び生成物の不純物としてのトリウム

アルファ線放出核種の製造工程にはトリウムが系列に存在しうる。  
 $^{225}\text{Ac}$ 製造において、異核種としてトリウムが混入しうる。

Ac-225 供給源	ジェネレータ	加速器法			原子炉法
	Th-229→Ra-225 →Ac-225	Ra-226の核変換 Ra-226(p,2n)Ac-225	Ra-226の光核反応 Ra-226( $\gamma$ ,n)Ra-225 →Ac-225	Th-232の核破碎 Th-232(p,spall)Ac-225	Ra-226の核変換 Ra-226(n,2n)Ra-225 →Ac-225
製造所	輸入 アメリカ(ORNL) ドイツ(JRC) ロシア(IPPE)	国内製造 サイクロトロン (QST+日本メジフィ ジックス)	国内製造 線形加速器 (日立+東北大ELPH、 東大+東北大ELPH)	輸入 カナダ(TRIUMF)	国内製造 常陽
Th 同位体	親核種である Th-229の混入	異核種Ac-226混入 (Th-226の混入)	Thの混入無し	ターゲットである Th-232の混入	異核種Ac-227混入 (Th-227の混入)

### ✓ 海外における利用状況の調査

令和5年度 海外の医療用トリウム規制に関する調査

原子力規制庁による一般競争入札/契約締結日～令和6年3月29日

## 6. $^{68}\text{Ga}$ -PET製剤化の形態

使用施設	サイクロロン室/ホットラボ			陽電子使用室
行為	RI製造	薬剤合成	品質試験	投与準備
規制法令	R法			医療法
$^{68}\text{Ga}$ PET用 院内製剤(自動 合成装置)	ジェネレータ 北大、AMS企画	$^{68}\text{Ga}$ → 自動合成装置	$^{68}\text{Ga}$ -PSMA → 	$^{68}\text{Ga}$ -PSMA → 
	サイクロロン 福島県立医大、北大ら	$^{68}\text{Ga}$ → 自動合成装置	$^{68}\text{Ga}$ -PSMA → 	$^{68}\text{Ga}$ -PSMA → 
規制法令	医療法			
$^{68}\text{Ga}$ -PSMA 院内製剤(キット 製剤)	ジェネレータ テリックスファーマ他	$^{68}\text{Ga}$ → コールドキット 	$^{68}\text{Ga}$ -PSMA → 	$^{68}\text{Ga}$ -PSMA → 
	放射性医薬品			

- ✓ ジェネレータが医薬品扱いとなる場合、使用後の海外返却が課題
- ✓  $^{68}\text{Ga}$ は、7日間ルールが適用できるPET4核種に該当しない

## 7. 医学系関連学会での取組み

### 第62回日本核医学会学術総会・第42回日本核医学技術学会総会学術大会

合同企画「放射線核種 国内製造に向けた活動」

座長 畑澤順、細野眞

演者 三浦信祐、秋野公造、進藤和澄、佐々木健

### 第13回世界核医学会シンポジウム

「PSMA以外の標的核医学治療」

東達也, F. Giesel, 吉井幸恵, A. Scott, G. Gnanasegaran

### 第82回日本医学放射線学会総会

シンポジウム「魅力を語ろう内用療法」 座長 絹谷清剛、溝脇尚志

### 第35回日本放射線腫瘍学会学術大会

シンポジウム「進化するRI内用療法:最新の動向と将来展望」 中村和正、細野眞

### 第23回日本核医学会春季大会 核医学基礎セミナー 2023年5月

看護師コース 看護師アドバンスコース 学部学生・初期研修医コース

## 8. 国民への広報・提言

### がん対策推進基本計画(第4期)〈令和5年3月28日 閣議決定〉

内閣府原子力委員会において策定された「医療用等ラジオアイソトープ製造・利用推進アクションプラン」(令和4(2022)年5月31日)では、今後10年の間に実現すべき目標として「国産ラジオアイソトープによる核医学治療の患者への提供」等が掲げられ、その実現に向けた具体的取組として、RIを用いた診断・治療の研究開発に対する支援等を推進すること等が示されている。

**日本学術会議 総合工学委員会・臨床医学委員会合同放射線・放射能の利用に伴う課題検討分科会 核医学分野の大型計画検討小委員会**  
「放射性薬剤の研究開発・製造拠点の整備」 論点整理中

**日本学術振興会 産学協力連携委員会「放射線の利用と生体影響第195委員会」**  
産業界委員、学術界委員が協働し、加速器による医療用テクネチウム製造を検討。  
内閣府科学技術・イノベーション推進事務局「医療用ラジオアイソトープ製造・利用専門部会」に提言。

加速器による医療用 $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ の製造モデルを、技術、バリューチェーン全体、経済性などの観点から検討、各モデルを実行する際の障壁や問題点を整理した上で、実現性の高いモデルを提案する。

提案 1) 電子線形加速器を用いて $^{100}\text{Mo}$ を照射し得られた $^{99}\text{Mo}$ を製薬企業に頒布するモデル  
2) 加速器製造モデルでは照射ターゲットとして $^{100}\text{Mo}$ を想定。国内濃縮が必要 27

# 標的アイソトープ治療研究に関する検討会2023年報告書 2023年(令和5年)3月31日(量研機構ホームページで公表)

本報告書は、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構が、令和3年(2021年)度より開始した第2期「標的アイソトープ治療」若しくは「Targeted Radioisotope Therapy (TRT)」と称する先端的ながん治療法の開発(以下「TRT」という)に関する有識者検討会(以下「検討会」という)の活動記録を取りまとめ、若干の加筆・修正を加え、TRT関係分野の国内有識者によるTRT研究開発推進のための提言として公表。

畑澤順	大阪大学核物理研究センター特任教授(代表)
岩田錬	東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター 名誉教授・研究教授
上原知也	千葉大学薬学部/大学院薬学研究院・教授
宇野隆	千葉大学大学院医学研究院・画像診断/放射線腫瘍学・教授、日本放射線腫瘍学会推薦委員
織内昇	福島県立医科大学ふくしま国際医療科学センター・先端臨床研究センター・教授
絹谷清剛	金沢大学医薬保健研究域医学系核医学・教授、日本核医学会内用療法戦略会議委員長
高木直行	東京都市大学大学院共同原子力専攻/理工学部原子力安全工学科原子力システム研究室・教授
中野貴志	大阪大学・核物理研究センター・センター長・教授
羽場宏光	理化学研究所仁科加速器研究センター加速器基盤研究部・RI応用研究開発室・室長
蜂須賀暁子	国立医薬品食品衛生研究所・生化学部・第一室長
東達也	量子科学技術研究開発機構・量子医科学研究所・分子イメージング診断治療研究部・部長
細野眞	近畿大学医学部放射線医学教室・高度先端総合医療センター・教授
山下俊一	量子科学技術研究開発機構・量子生命医学部門・放射線医学研究所・所長
山下孝	一般社団法人日本医用アイソトープ開発準備機構・理事長
渡部直史	大阪大学医学部附属病院核医学診療科・助教
辻厚至	量子科学技術研究開発機構・量子医科学研究所・分子イメージング診断治療研究部(事務局)
大島康宏	量子科学技術研究開発機構・高崎量子応用研究所・放射線生物応用研究部(事務局)

## 9. 人材育成

### 放射線取扱主任者、放射線施設管理者、放射線医療従事者を対象とした事業

- 令和4年度(春期)放射線障害防止中央協議会 (2023年2月)  
特別講演「我が国の原子力政策と放射線利用」 内閣府原子力委員会委員長 上坂充

### 核医学診療を担う看護師人材の育成

- 核医学診療看護師を対象にした研修(2023年度新規開始予定)  
公益社団法人日本アイソトープ協会
- 日本核医学会核医学看護分科会  
核医学看護フォーラム(第62回日本核医学会 2022年9月)  
鹿島文, 島田貴子, 山田雅子, 鈴木路布, 影石由喜恵

### 女性医療人材を対象にしたシンポジウム

- 日本核医学会 なでしこの会  
「Diversity推進・学会の目指すところ」(第62回日本核医学会 2022年9月)  
大野和子, 内山眞幸, 相田典子, 川瀬和美, 志田原美保

### 理工系人材育成

- 東北大学電子光研究拠点共同利用成果報告会(2023年3月2日 仙台)  
「原子の力を医療へ: 医療用RI供給の現状と新しい核医学がん治療」 畑澤順

## 国際人材育成

国際原子力機関と国内11大学・医療機関コンソーシアム間で、核医学診療に関わる国際的な専門家育成のPAを締結。期間は5年間。2023年7月3-4日に東京でcoordination meetingを予定。

### コンソーシアム国内参画機関

北海道大学、東北大学、(公財)脳疾患研究所、国際医療福祉大学、国立がん研究センター、金沢大学、湘南鎌倉病院、藤田医科大学、京都大学、大阪大学、香川大学

国際原子力機関の研修コース開催 2022年9月(京都大学 中本祐士)

RAS6093 Strengthening Capacity to manage Non-communicable disease using imaging modalities in Radiology and Nuclear Medicine

バングラデシュ、カンボジア、中国、フィジー、インド、インドネシア、マレーシア、モンゴル、ミャンマー、ネパール、パキスタン、フィリピン、シンガポール、タイ、ベトナムから計24名

核医学診療人材育成(日本からの遠隔教育)

カザフスタン大統領府医療センター(アスタナ)2023年2月15日/3月24日

第2回アラブ核医学会(バイルート)講演 2022年11月24日

第18回Hwasun Optical Imaging Workshop (光州)2022年11月25日

ソウル大学核医学セミナー(ソウル)2022年12月8日

# 医学物理士の養成

## 核医学診療における医学物理士の必要性とその意義に関する意見交換(2022年6月11日)

日本核医学会 絹谷清剛理事長 医学物理士認定機構 唐澤久美子代表理事  
日本医学物理士会 福士政広代表理事 日本医学物理学会 福田茂一会長/代表理事

**背景:** 核医学治療の高度化、特にアルファ線放出核種の利用が導入されつつある今、画像情報に基づく治療前の線量予測、治療時の画像による実測情報による線量評価が必要になる。医学物理士による精度の高い線量評価により、治療効果の最大化、副作用の最小化が期待されている。

**対応:** 医学物理士教育では、診断、治療、核医学の3分野の基本的学識が医学物理士認定の要件。2025年から新試験制度に移行。その際に医学物理士に核医学分野の教育が十分行うことができるよう核医学分野の講習会等が必要。線量評価など、医学物理士が積極的に核医学診療にかかわれる環境作りを進めたい。

## 核医学分野の教育研修コンテンツの準備(2022年8月2日)

大阪大学大学院医学系研究科保健学専攻 西尾禎治教授(日本医学物理学会副会長/代表理事)  
福島県立医科大学放射線医学講座 伊藤浩教授(日本核医学会理事)  
福島県立医科大学ふくしま国際医療科学センター 先端臨床研究センター 鷲山幸信准教授  
大阪大学核物理研究センター/日本アイソトープ協会 畑澤順

医学物理士認定機構、日本医学物理士会、日本医学物理学会等が中心となって行う医学物理士教育コースの中で、核医学分野の教育コンテンツの作成、講演会等の企画などについて協議し、積極的に協力することを申し合わせた。

## 応用物理学会放射線分科会講演(東京都立大学)(2022年11月)

「計測が医学を進歩させる」畑澤順

## 10. 医療由来の放射性廃棄物

- ✓ 医療由来の放射性廃棄物は、医療法の下で管理され、原子炉等規制法、RI等規制法から独立している。最終処分について法規制の議論はまだ行われていない。
- ✓ 日本アイソトープ協会が指定業者となり、全国の医療機関から放射性廃棄物の集荷を行っている。医療由来の放射性廃棄物の処理（減容、焼却など）は、岩手県の滝沢研究所で行われており、主に同所に保管されている。
- ✓ 核医学治療ではアルファ線放出核種の利用が増加していることもあり、日本アイソトープ協会では将来的に医療由来の放射性廃棄物の処理能力の強化が必要と認識している。

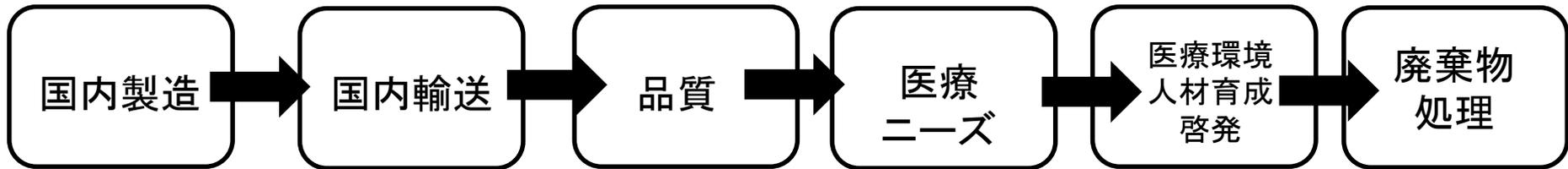
### 課題

- 既存施設周辺の住民の理解促進
- RI法放射性廃棄物と医療由来の放射性廃棄物の最終処分についての議論

# 11. まとめ

## 進捗

<sup>99</sup> Mo/ <sup>99m</sup> Tc JAEA JRR3 照射計画策定	<sup>99</sup> Mo/ <sup>99m</sup> Tc JAEA JRR3 から企業の 標識サイトに陸送	<sup>99</sup> Mo/ <sup>99m</sup> Tc <sup>99m</sup> Tcの品質評価 <sup>99m</sup> Tc標識医薬品	<sup>99</sup> Mo/ <sup>99m</sup> Tc 高い医療ニーズ持続 (2022年実態調査)	日本核医学会 日本医学放射線学会 日本放射線腫瘍学会 日本医学物理学会	放射性廃棄物 処理施設の拡充
<sup>225</sup> Ac JAEA常陽 照射計画策定	<sup>225</sup> Ac 実験レベルの量の 輸送実績あり	<sup>225</sup> Ac 腫瘍増殖抑制効果 を確認		医学物理士、看護師 人材育成の取組開始	日本アイソトープ 協会滝沢研究所 (現行)
<sup>211</sup> At 治験への供給開始 国際協働組織に参画	<sup>211</sup> At 臨床レベルの量の 輸送実績あり	<sup>211</sup> At 治験進行中 ・Na <sup>211</sup> At ・ <sup>211</sup> At-MABG	<sup>211</sup> At <sup>225</sup> Acの代替アルファ 核種として期待大	がん対策推進基本 計画(第4期)	医療由来の放射性 廃棄物処理能力・ 保管容量の強化が 必要



## 課題

<sup>99</sup> Mo/ <sup>99m</sup> Tc 原子炉と加速器製造 の価格差 原子炉停止中の調整 加速器製造の際の <sup>100</sup> Mo調達	<sup>99</sup> Mo/ <sup>99m</sup> Tc B型輸送容器が必要 現在は海外製品 国内開発が必要 ・経費 ・法令 ・開発環境の整備	<sup>99</sup> Mo/ <sup>99m</sup> Tc 中性子照射法 <sup>99m</sup> Tc 標識医薬品の薬機 法承認  最終製剤製造用の 新規ホットラボの 設置	<sup>99</sup> Mo/ <sup>99m</sup> Tc 不安定な供給は 医療現場からの 信頼性を損なう  <sup>225</sup> Ac 海外渡航先医療 機関での診療制 限(COVID19、 <sup>225</sup> Ac不足)	女性人材育成 広報活動  医療環境の整備 最適化	医療由来の放射性 廃棄物の最終処分 について議論
<sup>225</sup> Ac <sup>226</sup> Raの調達					
<sup>211</sup> At 臨床的有用性を検証中					