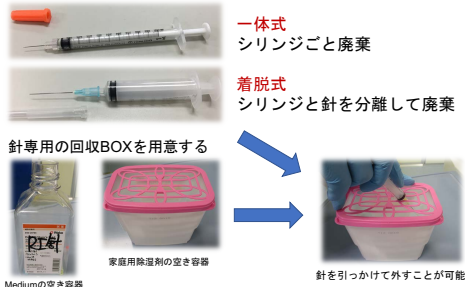


## R1針

### 針の種類



針専用の回収BOXを用意する

Mediumの空き容器

家庭用除菌剤の空き容器

針を引っかけて外すことが可能

日本放射線安全管理学会

## 動物の飼育と廃棄 - 飼育の注意点

### 被ばくの低減

シールドを利用する。  
換気を行い、放射性物質の滞留を防ぐ。  
使用量を厳守する。



例) 飼育ケージを鉛製の扉で囲う。

### 床敷き・餌・水の交換

すべて放射性として扱うこと！

### 糞・尿などの回収

施設の指示に従う。  
※ 放射性物質の飛散率に関係する。

日本放射線安全管理学会

## R1動物、床敷きや排泄物の廃棄

### 処理方法

死体、臓器、血液をまとめて袋・ポリ容器などに入れる。  
一般的には、「凍結→乾燥→R1廃棄物」の流れで処理を行うので施設の指示に従い、紙・綿類の混入を防ぐ。

### 床敷きの処理

核種別にゴミ袋にまとめる。  
床敷きは乾燥処理する場合があるので、紙・綿類の混入を防ぐ。  
量が多いので、無計画に廃棄すると廃棄物量が増える。  
→ R1と非R1の分類を徹底するほか、実験計画を綿密に。  
例)・ R1を投与した動物は別ケージに戻す。  
・ 飼育期間を必要最低限に設定する。

### 糞・尿などの処理

絶食用など床敷きを使わないケージでは、糞や尿がトレイに溜まる。  
これらはR1可燃物として処理するが、処理法は施設の指示に従う。  
決して排水口で洗い流してはならない。紙などで拭き取ること。

日本放射線安全管理学会

## オートクレープの使い方

・ R1で汚染の恐れのある使用済みのケージ・給水瓶は直接オートクレープ処理をせず、汚染検査及び除染を行ったうえで中性洗剤で洗浄後、エタノールまたはオートクレープで消毒を行うこと。

・ 廃棄の際、感染の恐れのあるものはオートクレープにより滅菌処理が必要となる。

・ 施設保管となるα核種廃棄物では、オートクレープ処理も実施する。

日本放射線安全管理学会

## PET4核種の扱い（核種別の分類）

特にPET用4核種とそれ以外の分類は重要  
PET用4核種： $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$ 、 $^{18}\text{F}$

定められた方法で製造されたPET診断薬( $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$ 、 $^{18}\text{F}$ の4核種のみ)であり、製造量が定められた数量以下の場合、他の物が入らないよう封及び表示をして7日間以上管理区域内で保管すれば、放射性汚染物としての取り扱いが不要。

ただし、以下の点に注意が必要。

- ・ 保管廃棄の際に他の長半減期核種の混入を避ける措置(密封および表示など)が行われていること。
- ・ 変更許可(承認)申請および放射線障害予防規程の変更が必要となる。
- ・ 廃棄物を7日間保管する場所については、規定する廃棄施設基準を満たしている必要があり、また、その旨を届け出る(変更届出)必要がある。

それぞれの事業所での取り扱いを確認しておくこと。

日本放射線安全管理学会

## α核種の廃棄

### 1. 使用数量の制限

・ α核種は人体に与える影響が大きいため、その使用量もできるだけ少なくするように実験を工夫する。

### 2. 廃棄物の処理

- ・  $^{223}\text{Ra}$ 以外は永久保管である。  
→ 他の核種の汚染物と区別する。
- ・  $^{223}\text{Ra}$ はα核種以外の核種と混じっても集荷して貰える。  
(但し、実験の都度出るR1廃棄物は他の核種の汚染物と区別する。)

**$^{223}\text{Ra}$ 以外のα核種が混入した廃棄物は施設保管になるため、分類が重要。**

同一日時に同一場所で他核種を使用しないなどの措置を取り、混入を防ぐ必要がある。 α核種： $^{211}\text{At}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ など

日本放射線安全管理学会

## $^{211}\text{At}$ 使用上の注意

・ 水溶液中で開放系で置いておくと飛散の可能性がある。  
→ 容器は必ず細口のキャップ付きのものを使用する。

・ 酸性の溶液中でテフロンに吸着しやすい。  
→ ディスポーザル容器、ガラス容器等を使用すること。

水溶液中で取り扱う場合は、アスコルビン酸が飛散防止剤になるので、必要に応じてアスコルビン酸の使用を検討すること。

### 器具の洗浄

吸着がみられた場合は、無理に取り除くことはせず減衰を待たほうが良い。  
器具の洗浄は最低2回は洗浄し、全てR1廃液とすること。  
基本的に廃液及び洗浄液は、排水しないこと。

日本放射線安全管理学会

## $^{223}\text{Ra}$ 使用上の注意

・  $^{223}\text{Ra}$ 自体に揮発性は無いが、娘核種に揮発性の $^{219}\text{Rn}$ がある。溶液中では、空気中への飛散の割合は大きくは無いが、フード内等の汚染が起こらない様に対応が必要。  
(汚染の場合は $^{219}\text{Rn}$ が壊変した $^{211}\text{Pb}$  ( $T_{1/2} = 36.1 \text{ min}$ )、 $^{211}\text{Bi}$  ( $T_{1/2} = 2.14 \text{ min}$ )を検出)

→ 容器は必ずキャップ付きのものを使用すること。  
容器とキャップの間にパラフィルムやテフロンシールを巻いたほうが良い。

### 器具の洗浄

器具の洗浄は最低2回は洗浄し、全てR1廃液とすること。  
吸着がみられた場合は、無理に取り除くことはせず、減衰を待つことも検討すること。  
基本的に廃液及び洗浄液は、排水しないこと。

日本放射線安全管理学会



## 225Ac使用上の注意

- ・ 225Acおよびその子孫核種には、飛散性も核種はほぼない。従って、通常非密封RIの使用と同じような点を気をつけて実験を行えばよい。

### 器具の洗浄

器具の洗浄は最低2回は洗浄し、全てRI廃液とすること。吸着がみられた場合は、無理に取り除くことはせず、減衰を待つことも検討すること。  
基本的に廃液及び洗浄液は、排水しないこと。

日本核種保安管理庁



## アルファ核種の排水に関する注意事項 (原則として排水には流さないこと)

第一欄	第六欄	第一欄	第六欄
放射性同位元素の種類 核種(半減期)	排水中又は排水中の濃度限度 (Bq/c m <sup>3</sup> )	放射性同位元素の種類 核種	排水中又は排水中の濃度限度 (Bq/c m <sup>3</sup> )
C-11 (20.4 m)	4 × 10 <sup>1</sup>	In-111 (2.8 d)	3 × 10 <sup>0</sup>
C-14 (5700 y)	2 × 10 <sup>0</sup>	I-123 (13.2 h)	4 × 10 <sup>0</sup>
F-18 (110 m)	4 × 10 <sup>1</sup>	I-124 (4.2 d)	6 × 10 <sup>-2</sup>
P-32 (14.3 d)	3 × 10 <sup>-1</sup>	I-125 (59.4 d)	6 × 10 <sup>-2</sup>
Ga-67 (3.3 d)	4 × 10 <sup>0</sup>	I-131 (8.0 d)	4 × 10 <sup>-2</sup>
Ga-68 (67.7 m)	8 × 10 <sup>0</sup>	Lu-177 (6.65 d)	2 × 10 <sup>0</sup>
Ge-68 (271 d)	7 × 10 <sup>-1</sup>	Ti-201 (72.9 h)	9 × 10 <sup>0</sup>
Sr-89 (50.5 d)	3 × 10 <sup>-1</sup>	At-211 (7.2 h)	7 × 10 <sup>-2</sup>
Zr-89 (78.4 h)	1 × 10 <sup>0</sup>	Ra-223 (11.4 d)	5 × 10 <sup>-3</sup>
Y-90 (64.0 h)	3 × 10 <sup>-1</sup>	Ra-226 (1600 y)	2 × 10 <sup>-3</sup>
Mo-99 (65.9 h)	1 × 10 <sup>0</sup>	Ac-225 (10.0 d)	3 × 10 <sup>-2</sup>
Tc-99m (6.0 h)	4 × 10 <sup>1</sup>		

告示別表第2

日本核種保安管理庁



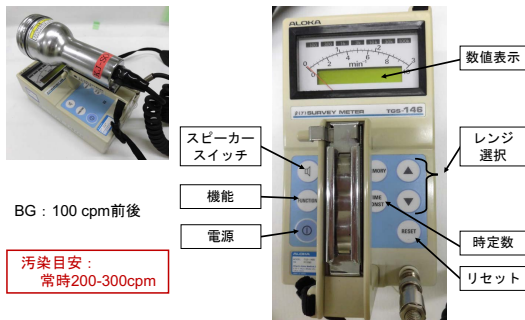
## 目次

- 1) 表面汚染の測定
  - GMサーベイメータの使用法
  - 場所の汚染検査 (直接法)
  - 場所の汚染検査 (スミア法・間接法)
  - 人の汚染検査
- 2) 汚染時の対応
  - 汚染拡大の防止
  - 除染するか減衰を待つか
  - 除染の方法
  - 様々な汚染物に対する除染例
- 3) α核種の測定 (汚染検査)
  - <sup>211</sup>Atの壊変と使用するサーベイメータ
  - <sup>223</sup>Raの壊変と使用するサーベイメータ
  - <sup>225</sup>Acの壊変と使用するサーベイメータ
- 4) 手袋等の汚染検査 (α核種)

日本核種保安管理庁



## GMサーベイメータの使用法



日本核種保安管理庁



## 短寿命アルファ放出核種の廃棄

使用後の廃棄物は、フード内や実験室内に放置しないこと!



廃棄物はチャック付きの袋に入れ、袋の表面にその性状(可燃、難燃、不燃、動物)、核種、数量等を書くこと。

密閉容器に入れた後、廃棄物保管室に運び、核種の減衰を待つこと。十分に減衰したら、所定の容器に移すこと。



### 注意!

放射性廃棄物は、一般ゴミと決して混合しないこと。廃棄の都度、廃棄の記録が必要になります。廃棄した日の当日に記録する。

日本核種保安管理庁



## 9. 汚染と除染に関する項目



## 1) 表面汚染の測定

### 実験開始前

- ・ 作業開始前に実験台の汚染検査を行う。
- ・ 共通機器や共通スペースを使用する場合、汚染している可能性を考える。

### 実験中

- ・ 実験中は、サーベイメータの電源は常に入れておく。
- ・ 手袋の表面、実験器具類の汚染検査は随時行う。
- ・ 汚染をさせた可能性がある場合 (RIサンプルの入ったチューブを落としなど) はすぐに汚染検査を行う。

### 実験終了後

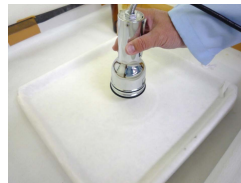
- ・ 手袋の表面、近くの実験器具、実験台、床面
- ・ 使用した共通機器や共通スペース
- ・ 管理区域から出るときは、ハンドフットクロスモニタによる汚染検査
- ・ 管理区域から持ち出す物品も

汚染を発見したら放射線管理室に相談する

日本核種保安管理庁



## 場所の汚染検査 (直接法)

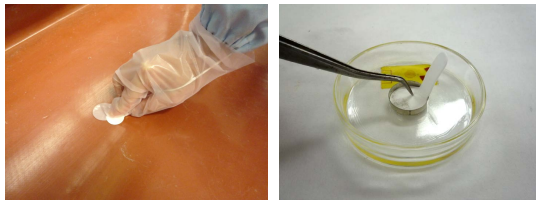


- ・ サーベイメータにより、直接汚染を測定する方法
- ・ 対象物から1cm程度離して、ゆっくりと移動させる。
- ・ 汚染検査の前にあらかじめBG計数率を測定しておく。
- ・ このとき、測定数の3倍程度の時間が経過した後計数率を読み取る。

日本核種保安管理庁



## 場所の汚染検査 (スミア法・間接法)



- 拭き取ったスミヤろ紙を、GM管や液体シンチレーションカウンタなどで測定する方法
- サーベイメータで測定できない核種や、バックグラウンドが高い状況で有効

日本放射線安全管理学会



## 2) 汚染時の対応

- ① 管理室への連絡
- ② 汚染拡大の防止
- ③ 汚染の除去  
(適切な除染法の選択)

日本放射線安全管理学会



## 除染するか減衰を待つか

- 早期除染を原則とするが、ポリ濾紙をかぶせて減衰待ちをすることもある。(管理者側の判断)
  - 短半減期核種の場合
  - 汚染が拡がるおそれがない場合
  - 外部被ばくを与える程の強い汚染でない場合
- その際、汚染箇所を明示するとともに、実験室の入口には、汚染の場所、状況について掲示しておくことが望ましい。

日本放射線安全管理学会



## 除染の方法

### 皮膚汚染の場合の処置

- 汚染が他の部位に広がらないように注意
- 直ちに温和な中性洗剤を汚染部位にふりかける
- 水で濡らしてハンドブラシ等で軽くこする
- 大量の流水で十分洗い流す

\* 温水の方が効果的

日本放射線安全管理学会



## 人の汚染検査

### ハンドフットクロスモニタ

管理区域からの退出時に

- Hand
- Foot
- Cloth

の汚染がないことをチェックする。  
(使用時にスリッパを着用するかどうかは施設に確認する事)

**汚染が発覚した場合は、施設の管理者の指示に従い、除染など適切な対応をとること。**



日本放射線安全管理学会



## 汚染拡大の防止

### 実験中にろ紙等に汚染が発見された場合の対応例

実験途中で、フード内の汚染が発見されたら**汚染拡大防止**の処置をとること



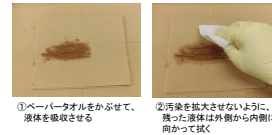
ろ紙上の汚染箇所の上に養生テープを貼るだけでも汚染拡大の防止には有効

日本放射線安全管理学会



## 除染の方法

### RIをこぼした時の処理方法(液体の場合)



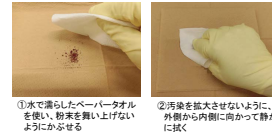
①ペーパータオルをかぶせて、液体を吸収させる

②汚染を拡大させないように、残った液体は外側から内側に向かって拭く

- ポリ濾紙を敷いていれば、汚染部分を切り取れば良い

- 切り取った部分は放射性廃棄物として廃棄する

### RIをこぼした時の処理方法(粉末の場合)



①水で濡らしたペーパータオルを使い、粉末を舞い上げないようにかぶせる

②汚染を拡大させないように、外側から内側に向かって静かに拭く

- 除染できない場合には削り取るようになるが、二次汚染に注意する

- 手が汚染した場合には、洗剤を使ってよく洗うこと

日本放射線安全管理学会



## 様々な汚染物に対する除染例

対象物	除染剤	除去法	備考
手・皮膚	中性洗剤粉末	粉末を汚染箇所にもりかけ、水で濡らして、ハンドブラシでこすりながら、大量の流水で洗い流す。	皮膚に対する作用が少ない
	酸化チタンペースト	ペーストを汚染箇所にもりつけ、ハンドブラシでこすり、中性洗剤をふりかけ、流水中で十分洗い流す。	酸化チタン粉末:0.1N塩酸=5:3 (重量比)
衣類類	中性洗剤(0.1~0.5%)	30~50℃の溶液で洗濯約20分間、水洗5分間3回	専用の密閉型洗濯機を用いる
	(切除補修)	汚染部位を切除し、補修布を当てる	汚染部位の高度の汚染の除去に適す
ガラス器具	中性洗剤と水 シュウ酸とEDTAなど	3~5%の塩溶液	
実験器具	中性洗剤と水 ステームクリーニング	機械的こすり作用を利用	
金属器具	希硝酸、10%クエン酸アンモニウムまたはフッ化水素酸アンモニウム溶液		最後の手段としてステンレス鋼に塩酸を使用
プラスチック	中性洗剤、クエン酸アンモニウム、EDTA、希酸		
ペーパー類 後面	10%リン酸ナトリウム溶液	溶解作用	
	濃厚アルカリ溶液(水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、水酸化カルシウム)	ペンキ軟化、除去(激しい方法)	

日本放射線安全管理学会





### 3) α核種の測定 (汚染検査)

#### ZnS(Ag)シンチレーション式サーベイメータ

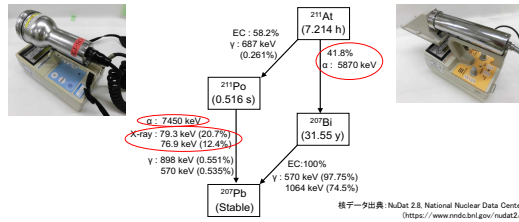
- α線測定専用
- 表面汚染検査用: cpm
- 他の測定器では測定しにくいα線を測定できる
- α線以外の測定ができない



日本核種安全管理学会



### <sup>211</sup>Atの壊変と使用するサーベイメータ

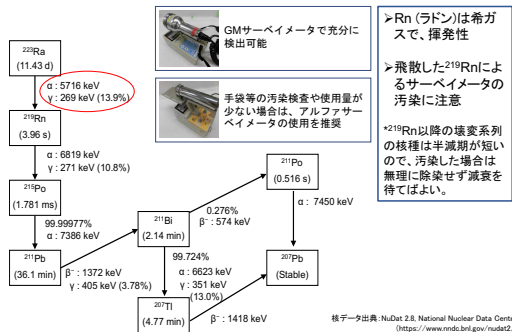


- 使用量が多い場合及び大まかに汚染箇所を特定する場合は、GMサーベイメータが良い
- 使用量が少ない場合、細かく汚染部位を特定する場合は、アルファサーベイメータを使用すること

日本核種安全管理学会



### <sup>223</sup>Raの壊変と使用するサーベイメータ



GMサーベイメータで充分に検出可能

手袋等の汚染検査や使用量が少ない場合は、アルファサーベイメータの使用を推奨

> Rn (ラドン)は希ガスで、揮発性

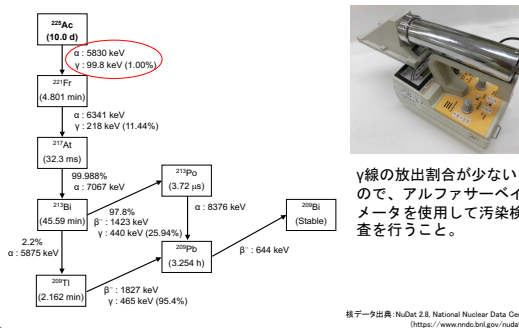
> 飛散した<sup>219</sup>Rnによるサーベイメータの汚染に注意

> <sup>219</sup>Rn以降の壊変系列の核種は半減期が短いので、汚染した場合は無理に除去せず減衰を待たせよ。

日本核種安全管理学会



### <sup>225</sup>Acの壊変と使用するサーベイメータ



γ線の放出割合が少ないので、アルファサーベイメータを使用して汚染検査を行うこと。

日本核種安全管理学会



### 4) 手袋等の汚染検査 (α核種)

指が一番汚染が起こりやすい。アルファ核種使用時は、頻りにアルファサーベイメータを用いて汚染検査を行うこと。



薄い窓になっているので、破らないように注意

サーベイメータ自身の汚染に注意すること

検出面をビニール袋等で覆わないこと



使用終了後は、検出面保護のために、カバー等をつけておくことが望ましい

日本核種安全管理学会



## 10. 法令・予防規程



### 目次

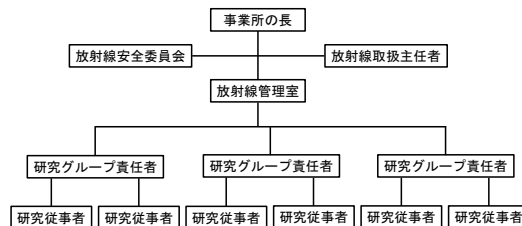
- 1) 安全管理体制
- 2) 関係法令
- 3) 法律の目的
- 4) 放射線業務従事者の義務
- 5) 線量限度
- 6) 管理区域の入退出記録
- 7) 管理区域内での作法
- 8) 核種ごとの使用場所
- 9) RIの管理
- 10) 緊急時の措置・連絡体制
- 11) 動物実験・PET4核種・α核種特有の法規制

日本核種安全管理学会



### 1) 安全管理体制

#### ・事業所の安全管理体制の例



日本核種安全管理学会



## 安全管理体制

### ◆放射線取扱主任者の選任

- ・事業所の監督者
- ・国家資格であり、非密封RI使用施設の場合、第一種放射線取扱主任者免状を持つ者が選任される。

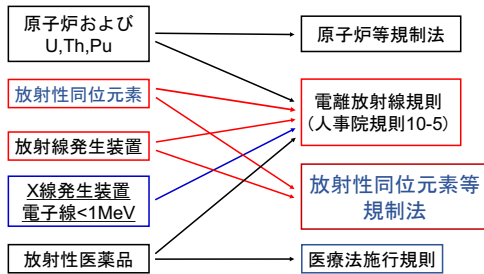
### ◆放射線障害予防規程の制定

- ・各事業所の実態に即したローカルルール
- ・定めるべき内容は法令に定められている。
- ・管理側が行うべき内容も多く定められているが、少なくとも登録手続き、RIの使用、廃棄などユーザーでも必要な部分は理解しておく必要がある。

日本放射線安全管理学会



## 放射線源別の法規制



日本放射線安全管理学会



## 4) 放射線業務従事者の義務

### 放射線業務従事者

- ・定義：RI等の取扱、管理又はこれに付随する業務に従事するために**管理区域に立ち入る者**
- ・以下の管理が必要
  - ・教育・訓練
  - ・健康診断
  - ・被ばく線量の測定・算定
  - ・記録の交付・保管
  - ・放射線障害のおそれのある者への措置

日本放射線安全管理学会



### 放射線業務従事者の義務 – 健康診断 –

#### 健康診断

- ・初めて管理区域に立ち入る前に実施
  - ・問診
  - ・血液・皮膚・眼等の検査
- ・立ち入り後は、1年を超えない期間ごとに実施
  - ・問診以外は、医師が必要と認めた場合に実施
- ・放射線障害を受けたおそれがある場合は、直ちに実施

- ◆電離則の規定では、期間が6月を超えない期間ごと、検査の省略規定など異なる点もある。
- ◆基本的には厳しい方に合せて実施されるので注意。

日本放射線安全管理学会



## 2) 関係法令

- ・1955年「原子力基本法」制定
  - ・「民主・自主・公開」の三原則
- ・1958年「原子炉等規制法」施行
  - ・原子炉や、U、Th、Pu(核燃料物質等)を規制
- ・1958年「放射線障害防止法」施行
  - 2019年「**放射性同位元素等規制法**」名称変更
    - ・放射性同位元素(核燃料物質等以外)や、放射線発生装置を規制
    - ・現在は原子力規制委員会が所管
- ・1971年「**電離放射線障害防止規則**」施行
  - ・「労働安全衛生法」に基づく規則：労働者が電離放射線を受けることをできるだけ少なくする
  - ・厚生労働省が所管

日本放射線安全管理学会



## 3) 放射性同位元素等の規制に関する法律の目的

### (目的) 第一条

この法律は、原子力基本法 の精神にのっとり、放射性同位元素の使用、販売、賃貸、廃棄その他の取扱い、放射線発生装置の使用及び放射性同位元素又は放射線発生装置から発生した放射線によって汚染された物(以下「放射性汚染物」という。)の廃棄その他の取扱いを規制することにより、これらによる**放射線障害を防止し、及び特定放射性同位元素を防護して公共の安全を確保**することを目的とする。

日本放射線安全管理学会



### 放射線業務従事者の義務 – 教育訓練 –

- ・放射線業務従事者の教育訓練の**最低時間数**が法令に定められている。
- ・具体的な時間・内容は、各事業所が実態に応じて決める。

	放射線の人体に与える影響	放射性同位元素等または放射線発生装置の安全取扱い	放射性同位元素及び放射線発生装置による放射線障害の防止に関する法令および放射線障害予防規程
初めて管理区域に立ち入る前	30分	1時間	30分
立ち入り後各年度ごと	時間の規定なし		

日本放射線安全管理学会



### 放射線業務従事者の義務 – 被ばく線量管理 –

#### 実効線量の算定(外部被ばくと内部被ばくの合算)

- ・外部被ばくの測定
  - ・個人線量計を着用、男子：胸部、女子：原則腹部
  - ・管理区域滞在中は継続して測定
  - ・1MeV未満のエックス線による被ばくを含める
  - ・医療・診療被ばくや自然被ばくを除く
- ・内部被ばくの算定(計算)
  - ・3か月を超えない期間ごと
  - ・妊娠中の女子：1か月を超えない期間ごと
  - ・誤って体内摂取した場合

日本放射線安全管理学会

## 5) 放射線業務従事者の線量限度

種類	定義および限度
実効線量限度	全身被ばくの限度 <ul style="list-style-type: none"> <li>100mSv/5年かつ50mSv/年</li> <li>女子：5mSv/3月</li> <li>妊娠中の女子：出産まで内部被ばく1mSv</li> </ul>
等価線量限度	特定組織の被ばく限度 <ul style="list-style-type: none"> <li>眼の水晶体：100mSv/5年かつ50mSv/年*</li> <li>皮膚：500mSv/年</li> <li>妊娠中の女子の腹部表面：出産まで2mSv</li> </ul>

\*2021年3月までは150mSv/年。

日本放射線安全管理学会

## 7) 管理区域内での作法

### 入域時

- 汚染検査室で管理区域内専用の実験着・履物に着替える
- 個人線量計を着用する
- 不必要な物は持ち込まない
- 飲食・喫煙・化粧なおし等をしない
- 薬の服用・点眼もしないこと

日本放射線安全管理学会

## 8) 核種ごとの使用場所

- 法令に定められている空气中濃度限度、線量限度などの基準を満たす必要があるため、それぞれの作業室で使用可能な核種および数量は異なる。
- 動物に投与する場合は、更に厳しい条件の場合もある。
- 使用前に必ず確認すること。

日本放射線安全管理学会

## 10) 緊急時の措置

- 災害による放射線障害のおそれ
    - 地震、火災、運搬中の交通事故
  - その他報告が必要な事項
    - 盗難・紛失・異常被ばく・管理下にない放射性同位元素の発見
  - 許可届出使用者は、
    - その旨を直ちに
    - 状況と講じた措置を10日以内に**原子力規制委員会に報告しなければならない**
- 発見者は、自分で判断するのではなく、まず放射線管理室(放射線取扱主任者等)に報告すること。

日本放射線安全管理学会

## 6) 管理区域の入退出記録

- IDカード(あるいは個人被ばく線量計など)を用いて自動ドアを解錠すると、自動的に入域時間が記録される。
  - 管理区域によっては、手書きで氏名、入退出日時を記入することもある。
- 退出時にもIDカード(あるいは個人被ばく線量計など)を用いて自動ドアを解錠すると、自動的に退域時間が記録される。
  - 管理区域によっては、ハンドフットクロスモニタと連動して、汚染検査を行わないと退出できないこともある。

日本放射線安全管理学会

## 管理区域内での作法

### 退域時

- 手を良く洗い、汚染検査を実施する
- 汚染がないことを確認
- 汚染があれば除染する
- 専用の実験着を脱ぐ、履物を履き替える
- 個人線量計を持ち出す

※これらの他、放射線障害予防規程に定められている事項もあるので必ず確認すること。

日本放射線安全管理学会

## 9) RIの管理

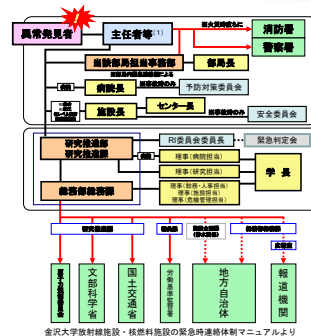


- すべてのRIは、RI施設の貯蔵室に保管される。
- 利用者は使用・保管・廃棄記録にRI使用量を記入し、RI原液バイアルから必要量だけ小分けし、原液バイアルは原則として、貯蔵室に戻す。
- 小分けしたRIを使って、割り当てられたRI実験室で実験する。
- 実験終了後、固体RI廃棄物は可燃物、難燃物、不燃物ごとに分類し、専用の容器に廃棄する。

日本放射線安全管理学会

## 緊急時の連絡体制(例)

◆各大学、各事業所によって異なるため、RIを使用する施設のものを必ずあらかじめ確認しておくこと。



金沢大学放射線施設・核燃料施設の緊急時連絡体制マニュアルより

日本放射線安全管理学会



## 11) 動物実験可能な作業室特有の注意点

- 原子力規制委員会への使用許可申請時に、空気中濃度限度算出のためRIの飛散率を求める必要がある。
  - 動物に投与する実験以外では、液体・固体の物性のRIの飛散率は1%（フード内でのみ取り扱う場合には0.1%）が使われることが多い。
  - 一方で、動物に投与した実験を行う場合、飛散率100%が使われることが多い。（ただし、糞尿を回収する場合には10%として良い）
- そのため、動物実験に使用できるRIの最大量は動物実験以外よりも少ない場合が多く、注意する必要がある。

日本放射線安全管理学会

## α核種特有の法規制

### 表面密度限度

- 放射線施設内の人が常時立ち入る場所において、人が触れる物の表面の放射性同位元素の密度が定められている。
- α線放出核種は10倍厳しい
  - α線放出核種：4Bq/cm<sup>2</sup>
  - それ以外：40Bq/cm<sup>2</sup>
- 管理区域からの持ち出しの場合
  - α線放出核種：0.4Bq/cm<sup>2</sup>
  - それ以外：4Bq/cm<sup>2</sup>

日本放射線安全管理学会

## 短寿命PET4核種特有の法規制

- 定められた方法で製造されたPET診断薬（<sup>11</sup>C, <sup>13</sup>N, <sup>15</sup>O, <sup>18</sup>Fの4核種のみ）であり、製造量が定められた数量以下の場合、他の物が入らないよう封及び表示をして7日間以上管理区域内で保管すれば、放射性汚染物としての取り扱いが不要。
- ただし、予め許可申請書に記載されていることが必要のため、それぞれの事業所での取り扱いを確認しておくこと。

日本放射線安全管理学会

## α核種特有の法規制

第一欄	第五欄	第六欄	第一欄	第五欄	第六欄
放射性同位元素の種類	排気中又は空気中の濃度限度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	排液中又は排水中の濃度限度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	放射性同位元素の種類	排気中又は空気中の濃度限度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	排液中又は排水中の濃度限度 (Bq/cm <sup>3</sup> )
C-11	7 × 10 <sup>-4</sup>	4 × 10 <sup>1</sup>	I-123	5 × 10 <sup>-4</sup>	4 × 10 <sup>0</sup>
F-18	4 × 10 <sup>-3</sup>	4 × 10 <sup>1</sup>	I-124	9 × 10 <sup>-6</sup>	6 × 10 <sup>-2</sup>
Ga-67	5 × 10 <sup>-4</sup>	4 × 10 <sup>0</sup>	I-125	8 × 10 <sup>-6</sup>	6 × 10 <sup>-2</sup>
Ga-68	2 × 10 <sup>-3</sup>	8 × 10 <sup>0</sup>	I-131	5 × 10 <sup>-6</sup>	4 × 10 <sup>-2</sup>
Ge-68	9 × 10 <sup>-6</sup>	7 × 10 <sup>-1</sup>	Lu-177	1 × 10 <sup>-4</sup>	2 × 10 <sup>0</sup>
Zr-89	2 × 10 <sup>-4</sup>	1 × 10 <sup>0</sup>	Tl-201	3 × 10 <sup>-3</sup>	9 × 10 <sup>0</sup>
Y-90	8 × 10 <sup>-5</sup>	3 × 10 <sup>-1</sup>	At-211	1 × 10 <sup>-6</sup>	7 × 10 <sup>-2</sup>
Tc-99m	6 × 10 <sup>-3</sup>	4 × 10 <sup>1</sup>	Ra-223	2 × 10 <sup>-8</sup>	5 × 10 <sup>-3</sup>
In-111	5 × 10 <sup>-4</sup>	3 × 10 <sup>0</sup>	Ac-225	2 × 10 <sup>-8</sup>	3 × 10 <sup>-2</sup>

排気・排水の濃度限度が厳しい

日本放射線安全管理学会

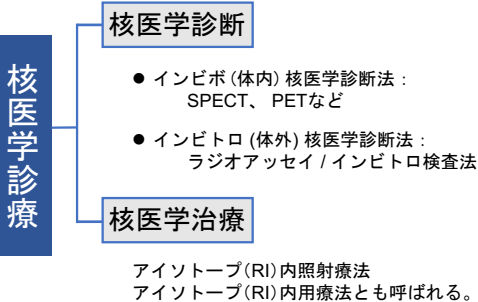
## 目次

- 放射線の特徴・性質
- インビボ核医学診療に使用される放射性核種
- インビボ核医学診断法  
SPECT用放射性医薬品/PET用放射性医薬品
- インビトロ核医学診断法
- 治療用放射性医薬品・アイソトープ内照射療法

日本放射線安全管理学会

## 11. 核医学診療の概要 (核医学診断と治療)

## 核医学診療



日本放射線安全管理学会

## 核医学診療：核医学診断と核医学治療

### 【核医学診断(検査)】

インビボ核医学診断法(インビボ核医学検査法)は、放射性核種で標識された“放射性医薬品”を体内に投与して、病巣に集積した放射性医薬品から出る放射線を体外の検出器で検出することで画像化する検査法である。

### 【核医学治療】

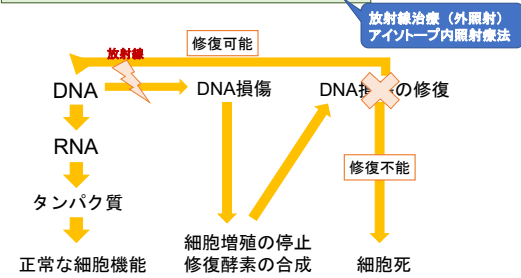
アイソトープ(RI)内照射療法  
アイソトープ(RI)内用療法  
核医学治療(アイソトープ内照射療法)は、放射性核種で標識された“放射性医薬品”を体内に投与して、病巣に集積した放射性医薬品から出る放射線の作用により、がんや機能亢進した細胞を殺傷、抑制する治療法である。



日本放射線安全管理学会

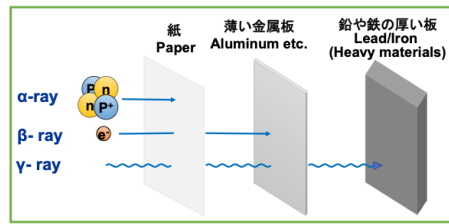
## 放射線の特徴 ～物質との相互作用～

### 放射線照射に対する細胞の応答



日本放射線安全管理学会

## 放射線の性質 ～透過力～

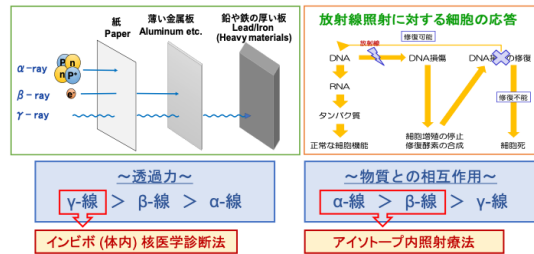


放射線には、物質を通り抜ける性質があり、種類やエネルギーによって通り抜けるものの厚さは異なる。この性質を透過と呼ぶ。

日本放射線安全管理学会

## インビボ核医学診療に使用される放射性核種

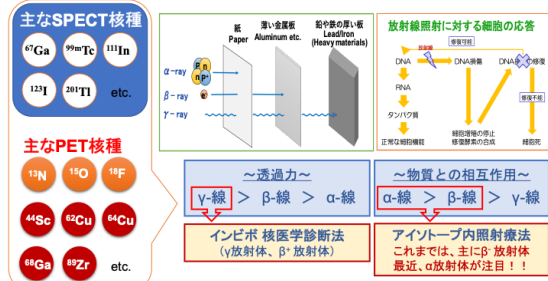
このような放射性核種・放射線の特徴を適切に利用して、核医学診断・治療が行われている。



- 診断にはγ放射体、β<sup>+</sup>放射体を使用される
- 治療にはα放射体、β<sup>-</sup>放射体を使用される

日本放射線安全管理学会

## インビボ核医学診断に使用される放射性核種



日本放射線安全管理学会

## インビボ (体内) 核医学診断法 SPECT、PETなど

### 核医学画像のできるまで

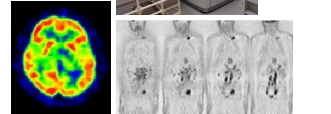
① 放射性医薬品の製造・品質管理



② 放射性医薬品の投与カメラ (PET/SPECT) による撮影 採血・放射能測定



③ データ処理・解析 医師による読影



日本放射線安全管理学会

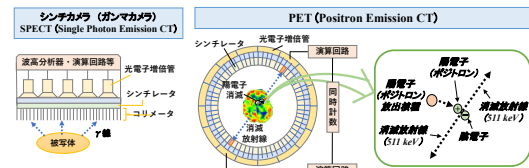
## 核医学診断法【PETとSPECT】

### ◆ SPECT (Single photon emission tomography) (ガンマカメラ・シンチカメラ)

単光子 (単光子、ガンマ線) を放出するアイトープで標識された標識化合物 (放射性医薬品) を投与し、この放射性医薬品が臓器に集まる様子を専用のカメラで撮像する検査。

### ◆ PET (Positron emission tomography)

ポジトロン (陽電子) を放出するアイトープで標識された標識化合物 (放射性医薬品) を投与し、この放射性医薬品が臓器に集まる様子を専用のカメラで撮像する検査。



日本放射線安全管理学会

## SPECT用放射性医薬品に使用される主な放射性核種の性質など

核種	半減期	壊変形式	主要γ線エネルギー (keV)	製造法	核反応
99mTc	6.01時間	IT	141	ジェネレータ (99Mo; 原子炉)	99Mo(n,γ)99mMo → 99mTc
111In	67.9時間	EC	171,245	サイクロトロン	112Cd(p,2n)111In
67Ga	78.3時間	EC	93,185,300	サイクロトロン	68Zn(p,2n)67Ga
201Tl	72.9時間	EC	135,167	サイクロトロン	203Tl(p,3n)201Pb → 201Tl
123I	13.2時間	EC	159	サイクロトロン	124Xe(p,2n)123Cs → 123Xe → 123I
133Xe	5.24日	β <sup>-</sup>	81	原子炉	132Xe(n,γ)133Xe

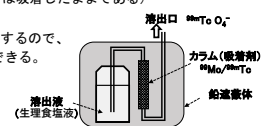
- β<sup>-</sup>: 中性子1個が陰電子を放出して陽子となるβ崩壊
- 崩壊後は原子量には変化無いが、陽子数が1増加する
- EC: 軌道電子捕獲 (陽子が核外にある軌道電子を捕獲して中性子となるβ崩壊の一種)
- 崩壊後は原子量には変化無いが、陽子数が1減少する
- IT: isomeric transition 核異性体転移 エネルギー準位間のγ転移によるγ線放射

日本放射線安全管理学会

## 99Mo-99mTcジェネレータ

### 【99mTcの溶出原理】

- 親核種である99Mo (半減期約66時間) と子孫核種99mTc (半減期約6時間) の間には過渡平衡が成立する。
- 99mTcの生成量は約23時間で最大となる。
- 99Moは99MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の化学形で吸着剤 (アルミナ) カラムに吸着している。
- 99mTcは生成後、99mTcO<sub>4</sub><sup>-</sup>の化学形で吸着剤 (アルミナ) カラムに吸着している。
- 真空バイアルをセットすると負圧が生じて、生理食塩液バイアル→吸着剤カラム→真空バイアルへと、生理食塩液が流れる。
- 99MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>と99mTcO<sub>4</sub><sup>-</sup>ではアルミナへの親和性が異なるため、生理食塩液により99mTcO<sub>4</sub><sup>-</sup>のみが溶出される。(99MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は吸着したままである)
- 99mTcO<sub>4</sub><sup>-</sup>が真空バイアルに回収される。
- 99Moが存在すれば、新たに99mTcが生成するので、繰り返し99mTcO<sub>4</sub><sup>-</sup>を溶出することができる。



日本放射線安全管理学会



## 放射平衡

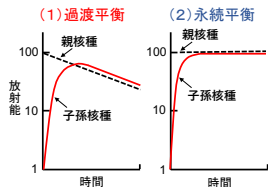
親核種と子孫核種が共に放射性であり、それぞれの壊変定数 $\lambda_1, \lambda_2$ が $\lambda_1 < \lambda_2$ のとき、すなわち親核種の半減期が子孫核種の半減期より長いとき、ある時間が経過すれば互いの核種の原子数の比が一定になるよう平衡が成立する。これを放射平衡という。

### (1) 過渡平衡

$\lambda_1 < \lambda_2$ の場合であり、見かけ上、子孫核種も親核種の半減期に従って減衰する。例としては $^{99m}\text{Tc}$ - $^{99}\text{Mo}$  (半減期: $^{99}\text{Mo}$ =66 h,  $^{99m}\text{Tc}$ =6 h)の場合がある。

### (2) 永続平衡

$\lambda_1 < \lambda_2$ の場合、すなわち親核種の半減期が子孫核種の半減期に比べて非常に長い場合、見かけ上の放射能の強さが等しくなる。親核種の半減期が非常に長いので、両核種の原子数はほとんど変化しない。例としては $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  (半減期: $^{90}\text{Sr}$ =29 y,  $^{90}\text{Y}$ =2.7 d)の場合がある。

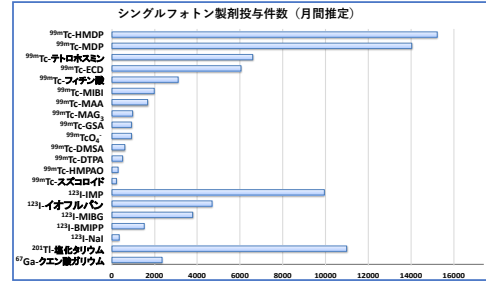


日本放射線安全管理学会



## 主なSPECT用放射性医薬品

シングルフォトン製剤による薬剤別月間検査件数 (2017年6月調査に基づく推定)  
RADIOISOTOPES, 67, 339-387(2018)

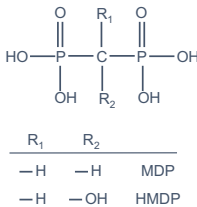


日本放射線安全管理学会

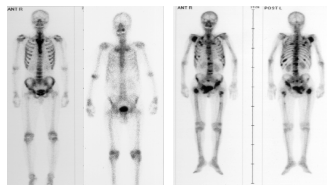


## インビボ核医学診断の例 (シンチグラフィ)

$^{99m}\text{Tc}$ -MDP/ $^{99m}\text{Tc}$ -HMDP



ハイドロキシアパタイトのリン酸カルシウム複合体との相互作用により骨に取り込まれる。



日本放射線安全管理学会



## PET用放射性医薬品に使用される主な放射性核種

小型サイクロトロンによる製造核種

放射性核種	半減期(分)	主なβ線エネルギー (MeV)	核反応
$^{18}\text{O}$	2.04	1.732	$^{14}\text{N}(d,n)^{15}\text{O}$ ; $^{15}\text{N}(p,n)^{15}\text{O}$
$^{13}\text{N}$	9.97	1.198	$^{16}\text{O}(p,\alpha)^{13}\text{N}$
$^{11}\text{C}$	20.4	0.96	$^{14}\text{N}(p,\alpha)^{11}\text{C}$
$^{18}\text{F}$	110	0.633	$^{18}\text{O}(p,\alpha)^{18}\text{F}$ ; $^{20}\text{Ne}(d,\alpha)^{18}\text{F}$

ジェネレータにより得られる核種

放射性核種	半減期(分)	親核種
$^{67}\text{Cu}$	9.7	$^{67}\text{Zn}$
$^{68}\text{Ga}$	67.7	$^{68}\text{Ge}$
$^{82}\text{Rb}$	1.27	$^{82}\text{Sr}$

\*キャリアフリー、\*\*キャリア添加

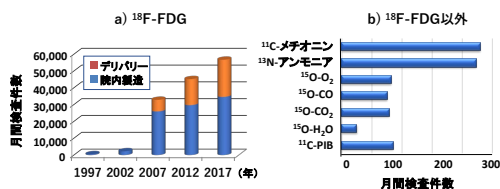
$\beta^+$ : 陽子1個が陽電子(ポジトロン)を放出して中性子となる $\beta$ 崩壊  
崩壊後は原子量には変化無いが、陽子数が1減少する  
陽電子が電子と結合して消滅し、0.511MeVの2本の消滅放射線となる

日本放射線安全管理学会



## 主なPET用放射性医薬品

主なポジトロン放射性医薬品の検査件数 (推定)  
(2017年6月調査に基づく推定) RADIOISOTOPES, 67, 339-387(2018)



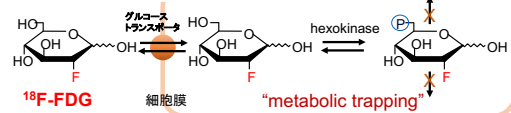
a)  $^{18}\text{F}$ -FDGの月間推定検査件数  
b)  $^{18}\text{F}$ -FDG以外の主なポジトロン放射性医薬品の月間推定検査件数

日本放射線安全管理学会



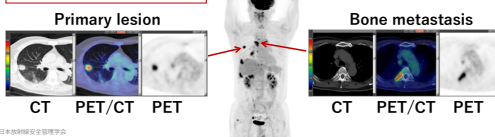
## インビボ核医学診断の例 (PET)

$^{18}\text{F}$ FDG (2-deoxy-2- $^{18}\text{F}$ fluoro-D-glucose)



・メタボリックトラッピングにより、放射能が組織内に滞留する。

肺がん患者におけるPET/CT



日本放射線安全管理学会

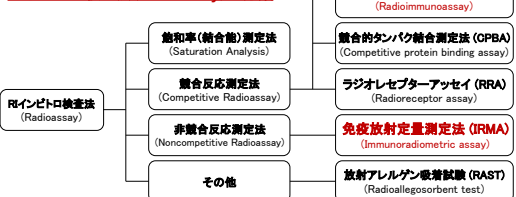


## インビトロ (体外) 核医学診断法

ラジオアッセイ / インビトロ検査法

採取された血液やその他の体液などの生体試料を対象として、これらの試料に含まれている生理活性物質や薬物の量を放射性核種で標識した化合物を用いて試験管内 (インビトロ) で測定する方法。

RI-インビトロ検査法 (radioassay) の分類



日本放射線安全管理学会



## 治療用放射性医薬品に使用される放射性核種

日本放射線安全管理学会

## アイソトープ内照射療法に用いられる 主な放射性核種の性質など

核種	物理的半減期	主なα線エネルギー (MeV)	最大飛程 (水中)	主なβ線エネルギー (keV)
$^{64}\text{Cu}$	81.8h	0.392(57%)	1.1 mm	185
$^{64}\text{Cu}$	12.7h	0.579(39%)	1.9 mm	511 (消滅放射線)
$^{131}\text{I}$	8.02d	0.606(90%)	2.0mm	364
$^{153}\text{Sm}$	46.3h	0.705(44%)	2.5mm	103
$^{188}\text{Re}$	90.6h	1.07(74%)	4.5mm	137
$^{89}\text{Sr}$	50.5d	1.49(100%)	6.8 mm	---
$^{32}\text{P}$	14.26d	1.71(100%)	7.9mm	---
$^{188}\text{Re}$	17.0h	2.12(71%)	10.2mm	155
$^{90}\text{Y}$	64.1h	2.28(100%)	11.0mm	---
$^{211}\text{At}$	7.2h	6.79(α線)	55-70μm	---
$^{223}\text{Ra}$	11.43d	5.7-7.4(α線)	<0.1mm	154, 269
オーグメント電子放出核種	$^{125}\text{I}$	59.4d	10nm	28

治療効果と副作用の関係から、適切な物理的半減期を持つ放射性核種が用いられる。

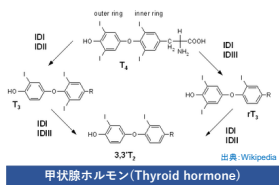
日本放射線安全管理学会

## アイソトープ内照射療法の例

### ヨウ化ナトリウム( $^{131}\text{I}$ )カプセル

#### ■効能・効果

- 1) 甲状腺機能亢進症
- 2) 術後残存甲状腺アブレーション(焼灼)
- 3) 分化型甲状腺癌の転移

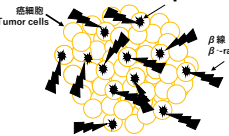


### 【放射性ヨウ素による治療の原理】

甲状腺組織や甲状腺分化癌はヨウ素を取り込む性質がある

放射性ヨウ素( $^{131}\text{I}$ )を取り込みβ線照射を受ける

### 標的治療(Targeted Therapy)



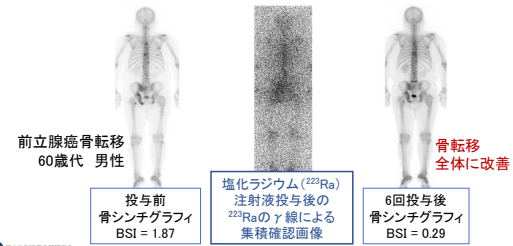
日本放射線安全管理学会

## アイソトープ内照射療法の例

### 塩化ラジウム( $^{223}\text{Ra}$ )注射液 ← α線放出核種

#### ■効能・効果

骨転移のある去勢抵抗性前立腺癌



日本放射線安全管理学会

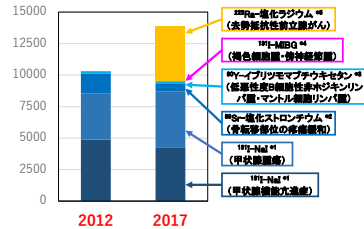
## 目次

- 1) ガイドライン作成の背景
  - ・従来からの非密封R I 使用許可のための評価方法
  - ・ガイドラインの必要性と概要
- 2) ガイドラインの適用対象となる放射線事業所とその範囲
- 3) ガイドラインで定義されている短寿命RI
- 4) ガイドラインの三本柱
  - ・短寿命RIの許可使用量を算定する際的评价方法
  - ・評価に対する信頼性を担保する方法
  - ・短寿命RI取扱の教育訓練

## アイソトープ内照射療法に用いられる 主な放射性医薬品

### 内用放射線療法による薬剤別年間治療件数

(2012, 2017年6月調査に基づく推定) RADIOISOTOPES, 67, 339-387(2018)

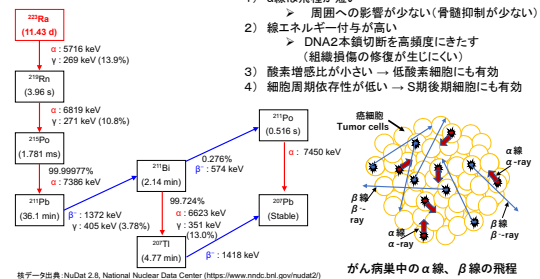


$^{131}\text{I}$ ヨウ化ナトリウム( $^{131}\text{I}$ )カプセル、 $^{223}\text{Ra}$ 塩化ラジウム( $^{223}\text{Ra}$ )注射液(2019年1月販売中止)、 $^{90}\text{Y}$ イソトープマブチオキセタン(遺伝子組み換え)注射液、 $^{131}\text{I}$ ヨウ化ナトリウム注射液(甲状腺癌、神経芽細胞腫、甲状腺癌の診断用放射性医薬品であり、治療に対する健康保険診療は未承認)、 $^{223}\text{Ra}$ 塩化ラジウム( $^{223}\text{Ra}$ )注射液

日本放射線安全管理学会

## アイソトープ内照射療法の例

### 塩化ラジウム( $^{223}\text{Ra}$ )注射液 ← α線放出核種



勝手に出典: NuDat 2.8, National Nuclear Data Center (https://www.nndc.bnl.gov/nudat2/)

日本放射線安全管理学会

## 短寿命の非密封放射性同位元素利用における安全確保のための使用許可の評価・信頼性担保・教育訓練等に関するガイドラインの内容

この資料は、短寿命RIの使用に関する教育訓練を実施する者(安全管理担当者、講師)が教育訓練実施前に参考するために作成されたものです

## 1) ガイドライン作成の背景

- 近年、短寿命のα線放出核種を利用した放射性治療薬が注目されている
- ・平成28年～  $^{223}\text{Ra}$ による去勢抵抗性前立腺がんの骨転移に対するα線核医学治療が実施
  - ・放射線発生装置で製造した $^{211}\text{At}$ を用いた核医学治療薬の開発研究
  - ・国外においては、 $^{225}\text{Ac}$ を用いた核医学治療薬開発が盛んに行われている今後、 $^{225}\text{Ac}$ の利用は日本国内でも高まることが予想される



## 従来からの非密封RI使用許可のための評価方法

従来、国内での非密封RIの使用許可申請は、モデルを元に放射線の量、空気中RI濃度、排気口における空気中RI濃度、排水中のRI濃度を計算し、評価されている。

基本的にほとんどの許可事業所は、平成12年10月の国際放射線防護委員会の勧告（ICRP Pub. 60）の取り入れ等による放射線障害防止法関係法令の改正について（通知）で示されている飛散率等の数値を用いて評価をしている。

これらの飛散率等の数値は、固体や気体、通常使用と動物実験といった、性状や使用方法に応じて、さまざまな形で分けられている。

従来から行われているモデル計算に基づく評価の方法は、施設・設備の能力についてのデータがあれば許可使用量を算定することが出来るため便利な方法である。

**改良すべき点**

現状の許可の評価では、飛散率等の数値は、定められた数値を使用する場合がほとんど。

使用方法を特定した場合には、特定の飛散率を使用して空気中RI濃度を評価する方法が合理的である

## 2) ガイドラインの適用対象となる放射線事業所とその範囲

ガイドラインの適用対象になる事業所

放射性同位元素等の規制に関する法律（RI規制法）に基づき、非密封RIの使用の許可を受けた放射線事業所が対象

ガイドラインはRI規制法に基づく規制を受ける範囲内に適用される

十分な教育体制が整っており、使用手順等を遵守できる放射線事業所が対象

評価の計算方法に実測に基づく数値を使用することに対して、その数値の信頼性をガイドラインの信頼性担保の方法を使用して担保し、教育及び訓練を通して、その手順を遵守させることによって、合理的かつ現実的な安全を確保する。

その施設で使用する全ての核種について、ガイドラインを適用させる必要があるわけではなく、通常の方法では使用できない量を使用した場合に限り、その核種に対してガイドラインの方法を適用する。

## 4) ガイドラインの三本柱

- ・ 短寿命RIの許可使用量を算定する際の評価方法
  - ・ 評価に対する信頼性を担保する方法
  - ・ 短寿命RI取扱の教育訓練
- 上記の項目は本ガイドラインの三本柱として、**確実に全てを実行する必要がある**

## 評価に対する信頼性を担保する方法

許可使用数量算定のための評価に飛散率等の実測に基づいた数値を取り入れることに関しても、許可事業所がIAEA基本安全原則のとおり安全のための一義的な責任をもって行うことが重要である。

実測に基づいた数値を評価に使用する場合は、各許可事業所で実際に試験を実施し、その数値の信頼性の担保の組織体制を構築する必要がある。

- ・ 責任体制の構築
- ・ 許可後に整備するマニュアル等

## ガイドラインの必要性と概要

短寿命RIは短期間で減衰し一定期間管理すれば消滅

一方、現状では長寿命のRIと同様の規制が行われており、研究や医療で利用する上で障害

→ この障害を取り除くため、現行のRI規制法内で安全性と許容性が認められる範囲内で合理的な評価、運用をする。

このためには、ガイドラインが必要

**ガイドラインの概要**

使用方法を特定し、特定の飛散率等を使用して、使用許可のための評価をし、その運用をするためのガイドライン

- ・ 短寿命RIの許可使用量を算定する際の評価方法
- ・ 評価に対する信頼性を担保する方法
- ・ 短寿命RI取扱の教育訓練の方法

IAEA基本安全原則では、「安全のための一義的な責任は放射線リスクを生じる施設と活動に責任を負う個人または組織が負わなければならない」とされている。

令和元年9月1日施行のRI規制法の改正にあたっては、事業者責務の取り入れが行われている。ガイドラインに記載されている評価方法とその評価に対する信頼性を担保する方法は、各許可事業所が安全のための一義的な責任をもって活動することを念頭に定められている。

## 3) ガイドラインで定義されている短寿命RI

**短寿命RIは半減期15日以内とする**

大量使用が期待されているRIは、医療を目的としたものである。

実際、医療での利用が期待されているα線及びβ線放出核種及びPET核種の大多数は半減期が15日以内である。

そこで、今後、利用の拡大が期待される<sup>225</sup>Acでは、その親核種である<sup>225</sup>Raからミルキングにより取り出すことを考え、<sup>225</sup>Raの半減期(14.9日)を考慮して必要性の観点重視して、ガイドラインの適用対象となる短寿命RIの半減期は15日以内とした。

半減期が15日以内の核種は、全てガイドラインが適用可能である。

なお、ガイドラインは医療以外の目的でも適用可能である。

数量告示別表1の「放射線を放出する同位元素の数量及び濃度」に放射平衡中の子孫核種を含むと記されているRIのうち半減期が15日以内のRIにおいては、単離されることがない限り、その子孫核種もガイドラインの適用対象である。

## 短寿命RIの許可使用量を算定する際の評価方法

原子力規制委員会への使用許可申請において、許可使用数量設定のための評価について、

科学技術庁原子力安全局放射線安全管理課長、「国際放射線防護委員会の勧告（ICRP Pub.60）の取り入れ等による放射線障害防止法関係法令の改正について（通知）」、  
<https://www.nsr.go.jp/data/000045569.pdf>  
 に示されているモデルに基づいて行われている

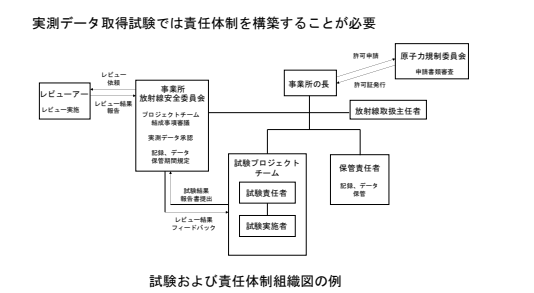
評価方法で用いた使用条件は、原子力規制委員会に申請する許可申請書に記載されている

- ・ 速い能力の評価
- ・ 人が常時立入る場所の空気中RI濃度の評価
- ・ 排気口空気中のRI濃度の評価
- ・ 排水中のRIの濃度の評価

上記の評価には、モデル計算式を使用するが、その計算式に実測の数値を適用可能にする

評価においては、物理的な半減期に基づく減衰を考慮可能にする

## 責任体制の構築例



## 許可後に装備すべきマニュアル等

特定の使用方法で得られた数値に基づいて受けているので、その手順の下で使用される必要がある

- ・許可の範囲内で使用できるように、使用手順を規定したマニュアル等を作成する
- ・信頼性担保の観点から、許可事業所は、マニュアル等に記載された使用手順に従って、実際に運用されていることがわかる記録簿等を整備しておく
- ・何らかの要因により、決められた手順通りに実施出来ない場合の対処法及び手順通りに実施出来なかったことが判明した場合の対処法についてマニュアル等を作成する  
その手順の下で取扱が出来なくなった場合に中止することをマニュアル等に明記するとともに、中止の方法等及び手順通りに実施出来なかったことが判明した場合の対処法を事前に決めておき、マニュアル等でまとめる必要がある。

業務の改善活動として、これらのマニュアルについて検証され、改良されることが望ましい

## 短寿命RI取扱の教育訓練

実測データに基づいた評価をしたRIについては、特定の手法での飛散率等のデータを評価に使用している  
そのため、業務従事者には、ガイドラインに基づいて許可を得た対象RIを使用するための手順を遵守させる必要がある

- ・教育訓練の位置づけ  
ガイドラインに基づいて使用許可を得たRIの安全取扱に関する教育及び訓練は、RI規制法に従った教育及び訓練として実施する  
使用前に教育訓練が実施される必要がある
- ・教育訓練の対象者  
ガイドラインに基づいて使用許可を得た短寿命RIを使用する業務従事者

## 短寿命RI取扱の教育訓練の内容

### 必須事項

- ・ガイドラインに基づいて使用許可されているRI
- ・ガイドラインに基づいて使用許可されているRIの使用の場所
- ・ガイドラインに基づいて使用許可されているRIの使用手順
- ・定められた手順どおりに実施出来ない場合の対処方法

必須事項ではあるが、一般の教育訓練をすでに受講済みであれば省略可能なもの

- ・RI使用時の放射線測定機器の操作方法
- ・ガイドラインに基づいて使用許可されているRIの保管の方法
- ・ガイドラインに基づいて使用許可されているRIの廃棄の方法
- ・ガイドラインに基づいて使用許可されているRIの記帳の方法
- ・緊急時の対応
- ・その他、施設特有の事項