

資料 4.2. 短寿命放射性核種の安全取り扱いに関する教育資料

短寿命放射性核種の 安全取扱に関する教育資料



日本放射線安全管理学会

1. はじめに

本教育資料は、放射線安全規制研究戦略の推進事業「JPJ007057」（短寿命アルファ線放出核種等の合理的な安全規制のためのガイドライン等の作成：代表・大阪大学放射線科学基盤機構附属ラジオアイソトープ総合センター・吉村 崇）より、一般社団法人日本放射線安全管理学会（会長・中島 寛）が「短寿命放射性核種の安全取扱に関する教育資料作成」事業を受託し、作成したものです。

日本放射線安全管理学会は、本教育資料作成のため「短寿命放射性核種の安全取扱のための教育資料作成アドホック委員会」を設け、本委員会を中心に資料作成を行いました。

- なお、本教育資料は、以下の各点に留意して作成しました。
- ① α線放出核種を中心に医療利用を目的とする短寿命核種の利用者を対象とした教育資料を作成すること。また、適宜、放射線管理担当者等に有用な情報も加えること。
 - ② 上記短寿命核種の利用者だけでなく、多くの非密封放射性核種の利用者にも有用な資料とすること。
 - ③ 基本的な項目に加えて、既存の資料にはない細かな取り扱い方法や防護の具体的方法などを充実させること。
 - ④ ヒヤリ・ハット事例などを含めること。
 - ⑤ 講義・プレゼンテーションに活用しやすい資料を作成すること。

2. 用語の説明

番号	語句	説明
1	放射性物質	放射性同位体を含む物質
2	同位体	原子番号が等しく、質量数が異なる原子、すなわち、原子核の陽子数が同じで、中性子数が異なる原子を互いに同位体という。原子と元素の関係と同様、同位体を粒子、同位元素を種類として区別されることもある。
3	放射性同位体	同位体のうち、放射線を放出する同位体を放射性同位体いう。英名(Radioisotope)から、RIと略される。
4	放射性同位元素	放射性同位体と同義で使用される。また法令、放射線管理などで使用される。法令では、放射線を放出する同位元素及びその化合物並びに含有物であって、定められた半減期を超えるものとされる。 * その濃度および数量が核種ごとに放射性同位元素等の規制に関する法律施行令及び放射性同位元素等の規制に関する法律施行規則の規定に基づき、放射線を放出する同位元素の数量等を定める件（平成12年10月23日科学技術庁告示第5号）で定められた値。
5	核異形体	同一の原子番号および質量数を持つが、エネルギー状態が異なる原子核をいう。

目次

1. はじめに
2. 用語の説明
3. 放射能・放射線の基礎に関する項目
4. 防護に関する項目
5. 取り扱いに関する項目（一般的事項）
6. 取り扱いに関する項目（動物）
7. 測定に関する項目
8. 廃棄物の取り扱い
9. 汚染と除染に関する項目
10. 法令・予防規程
11. 核医学診療の概要

3. 本教育資料が、短寿命放射性核種の安全取扱のための教育、短寿命放射性核種を用いる研究や医療の発展に貢献できれば幸いです。

本教育資料が、短寿命放射性核種の安全取扱のための教育、短寿命放射性核種を用いる研究や医療の発展に貢献できれば幸いです。

当資料をご利用いただく際には、下記のとおり出典の記載をお願いいたします。

出典：「短寿命放射性核種の安全取扱に関する教育資料 令和2年度版（日本放射線安全管理学会）」

なお、日本放射線安全管理学会以外の出典元が明記されている図表等の著作権は出典元に帰属しますので、出典元を明記の上、使用してください。

一般社団法人日本放射線安全管理学会
「短寿命放射性核種の安全取扱のための教育資料作成アドホック委員会」
委員長：久下裕司（北海道大学アイソトープ総合センター）
委員：右近直之（福島県立医科大学 先端臨床研究センター）
大江一弘（大阪大学大学院医学系研究科）
柴和弘（金沢大学学際科学実験センター）
西弘大（長崎大学原爆後障害医療研究所）
松田正吾（東京大学アイソトープ総合センター）
古澤 哲（東京ニュークリア・サービス株式会社）
渡辺茂樹（量子科学技術研究開発機構高崎量子応用研究所）
渡部浩司（東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター）

4. 本教育資料が、短寿命放射性核種の安全取扱のための教育、短寿命放射性核種を用いる研究や医療の発展に貢献できれば幸いです。

番号	語句	説明
6	放射性核種	核種は、陽子数（原子番号）・質量数・エネルギー状態によって特徴づけられる原子核あるいは原子の種類をいう。放射線を放出する核種を放射性核種という。
7	RI規制法	放射性同位元素等の規制に関する法律（令和元年9月1日施行）。RI規制法あるいはRI法などと略される。旧名称は放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律(放射線障害防止法、障防法)。
8	放射線防護	一般的には、被ばく防止・放射線の安全取扱（Safety）を意味するが、RI規制法では放射線に関する犯罪の防止（Security）を意味する。
9	加重係数	従来、加重係数と表記していたが、ICRP2007年勧告の翻訳より表記が変更された。
10	確定的影響（組織反応）	ICRP2007年勧告において、「確定的影響」に代わる用語として（または同意語として）「組織反応（tissue reactions）」が採用された。
11	放射線被曝、放射線被曝、放射線被ばく	「放射線被曝」は、放射線に曝（さら）されることを意味する。一方、「放射線被曝」は、爆発・爆撃によって放射線被曝を受けることを意味する。したがって、実験研究等の通常の放射線取扱で放射線を受ける（浴びる場合は放射線被曝である。ただし、「曝」という漢字が常用漢字ではないため、「放射線被ばく」と表記されることが多い。
12	核医学治療	アイソトープ(R)内照射療法、アイソトープ(R)内用療法、アイソトープ治療などとも呼ばれる。

3. 放射能・放射線の基礎

目次

- 1) 放射線と放射能の発見
- 2) 放射線の種類
- 3) 放射性同位体と放射性壊変
- 4) 放射性同位体の性質
- 5) 放射線と物質との相互作用
- 6) 放射性同位体（放射性核種）の種類

1) 放射線と放射能の発見

<p>放射線 (エックス線)</p>  <p>1895年 ウィルヘルム・レントゲン エックス線の発見</p>	<p>放射能 (放射性物質¹⁾)</p>  <p>1896年 アンリ・ベクレル ウラン鉱石から放射能を発見</p>	<p>放射性同位体²⁾ (放射性同位元素³⁾・放射性核種⁴⁾)</p>  <p>1898年 マリー・キュリー・ピエール・キュリー 放射能を放出するウラン、 トリウム、ポロニウムの単離</p>
--	--	--

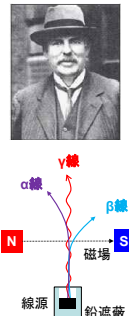
1-4)：用語集を参照

放射線と放射能の違い

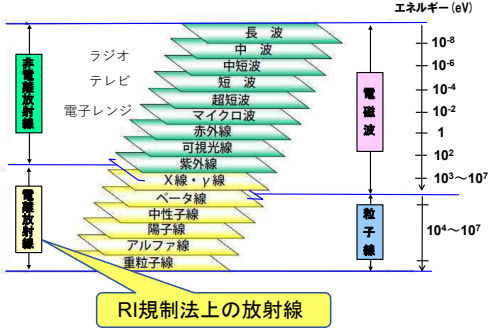
2) 放射線の種類

発見

- 1899 α線(2+)、β線(1-)の発見
- アーネスト・ラザフォード
- 1900 γ線の発見
- ポール・ヴィラール
- ただし、正体が電磁波ということに気がついたのはラザフォード

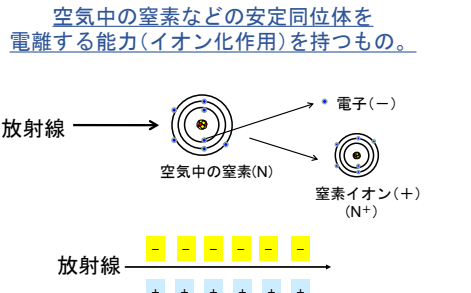


放射線の仲間



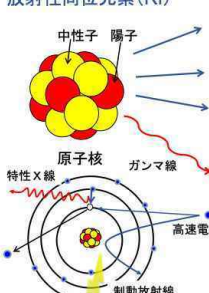
電離放射線

空気中の窒素などの安定同位体を電離する能力(イオン化作用)を持つもの。



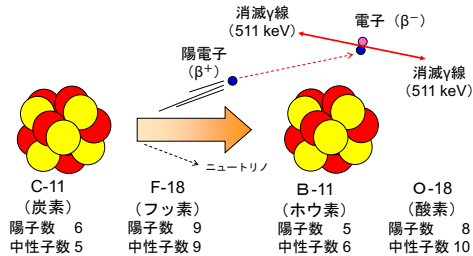
電離放射線

放射性同位元素 (RI)



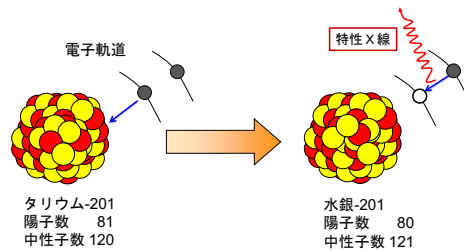
粒子放射線	ヘリウム核(2+)	アルファ線 (α線)	荷電
	電子(1-)	ベータ線 (β線)	
	中性子(0)	中性子線	
電磁放射線		ガンマ線 (γ線)	非荷電
	電磁波(0)	特性X線	
		制動放射線	

ベータ (β+) 壊変



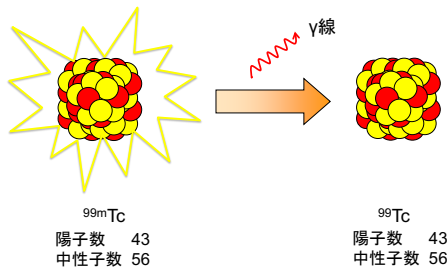
β⁺壊変に伴って放出される陽電子は物質中の電子と衝突して消滅
消滅放射線 (511keVの電磁波2本) を放出する

軌道電子捕獲 (EC) 壊変



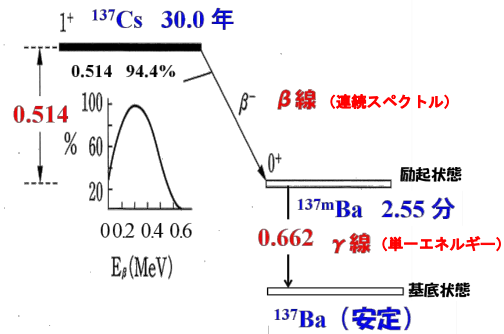
EC壊変に伴ってγ線や生成核の特性X線が放出されることがある

核異性体転移 (γ線放出)



日本放射線安全管理学会

放射性同位体の壊変図式



日本放射線安全管理学会

人工的に作られる放射線

X線 X線は、放射性同位体が壊変する過程で発生する。γ線と同様に波長の短い電磁波 (光子) であるが、その発生機構が異なる。
→X線とγ線の違いは波長ではない

主なX線の発生機構

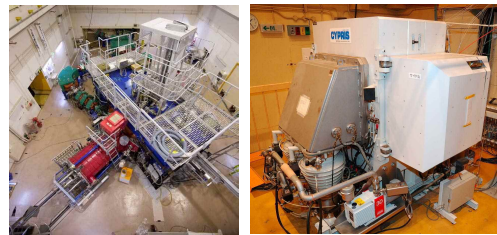
- ① 電子の励起準位の差 (特性X線)
X線発生装置、蛍光X線分析装置、クルックス管 etc.
- ② 荷電粒子の加速度変化 (制動X線)
加速器、X線発生装置 etc.
- ③ 熱による発生
プラズマX線源 etc.



日本放射線安全管理学会

加速器 (放射線発生装置)

加速器：電子、陽子、重粒子などの荷電粒子を加速させて、大きな運動エネルギーを持った放射線束を作り出す装置

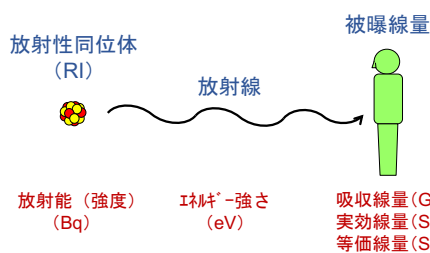


東北大学 サイクロトロンラジオアイソトープセンター
AVサイクロトロン(左)と小型サイクロトロン(右)

日本放射線安全管理学会

4) 放射性同位体の性質

放射能・放射線の単位 ①



日本放射線安全管理学会

放射性同位体の性質

放射能・放射線の単位 ②

放射性同位体 (RI) 放射能 電離放射線

α線、β線、γ線

○ 放射能の量 (ベクレル (Bq))
1 kBq = 1,000 Bq
1 MBq = 1,000,000 Bq
1 GBq = 1,000,000,000 Bq
1 TBq = 1,000,000,000,000 Bq

○ エネルギーの強さ (エレクトロボルト (eV))
放射線エネルギー
10⁴~10⁸ eV 程度
(10 keV~100 MeV)

・ [Bq]は放射能のSI単位で1秒あたりの放射性壊変数を表す。

可視光線のエネルギー
1~数十 eV 程度

日本放射線安全管理学会

励起作用を利用した測定器 ①

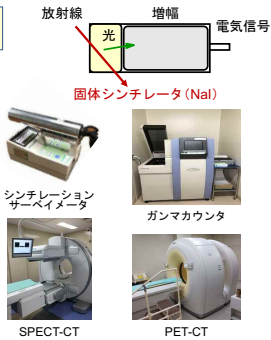
ガンマ(γ線)の測定

研究用

- ・シンチレーションサーベイメータ
- ・ガンマカウンタ

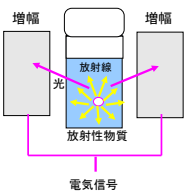
臨床用

- ・SPECT-CT
- ・PET-CT



励起作用を利用した測定器 ②

液体シンチレーションカウンタ (ベータ(β)線の測定)

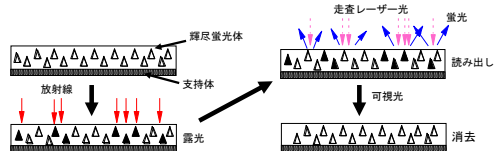


液体シンチレーションカウンタ

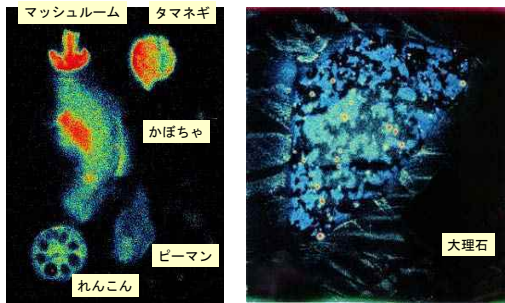
励起作用を利用した測定器 ③

イメージングアナライザの原理

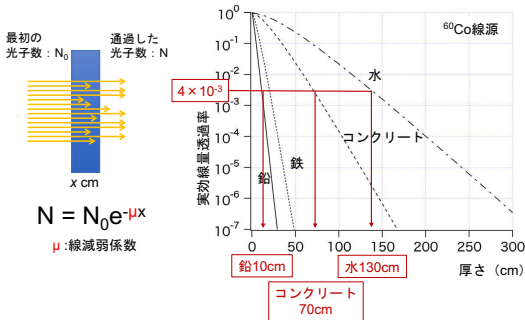
- ・輝尽蛍光体 (BaFX(X:Cl,Br,I;Eu²⁺) の粉末を塗布したイメージングプレートを利用)
- ・輝尽蛍光体は放射線エネルギーにより励起(一次励起)し、これを一度記憶する。
- ・可視光により再度励起(二次励起)すると一次励起の強さに応じた発光(蛍光)を生じる。
- ・写真フィルムの数十倍~百倍以上の感度がえられること、定量性に優れていることです。また、IPは何度でも繰り返し使用することが可能で、通常1,000回は使えます。



イメージングアナライザによる画像



γ線の遮へい



線エネルギー付与 (LET: Line Energy Transfer)

▶ 放射線が単位長さあたりに損失するエネルギー: J/m

LET	放射線の種類
高LET	中性子線・α線・陽子線・重粒子線
低LET	ガンマ線・X線・β線

LETが高い → エネルギーを失うのが早い
 → 物質に与える影響が大きい

6) 放射性同位体 (放射性核種) の種類

In Vitro RI実験で利用される主な放射性核種

核種	半減期	エネルギー (keV)	測定機器	
			汚染検査	研究
β線放出核種	³ H	12.3 y	18.6	液体シンチレーションカウンタ (濃シ)
	¹⁴ C	5700 y	156	GMサーベイメータ (2%) ¹⁴ Cサーベイメータ (20%) 濃シ
	³² P	14.2 d	1710	GMサーベイメータ (20%)
	³³ P	25.3 d	248	GMサーベイメータ (4%)
	³⁵ S	87.4 d	167	¹⁴ Cと同じ
γ線放出核種	⁵¹ Cr	27.7 d	320	¹⁰² 専用NaIシンチレーションサーベイメータ (0.2%)
	¹²⁵ I	59.4 d	35.5, 27.5, 27.2	¹²⁵ 専用NaIシンチレーションサーベイメータ (20%) GMサーベイメータ
	¹³¹ I	8 d	364, 637	シンチレーションサーベイメータ GMサーベイメータ

*:計数効率

RI動物実験で利用される主な放射性核種

核種	半減期	エネルギー (keV)	測定方法	
			前処置	測定
β線放出核種	³ H	12.3 y	18.6	液シ
	¹⁴ C	5700 y	156	オートラジオグラム
γ線放出核種	^{99m} Tc	6 h	141	組織取出 組織切片作製
	¹²⁵ I	13 h	159	
	¹²⁵ I	59.4 d	35.5, 27.5,	
	¹³¹ I	8 d	365 (γ), 606 (β)	
ポジトロン放出核種	¹¹ C	20 m	511	組織取出 組織切片作製
	¹⁸ F	110 m	511	
α線放出核種	²¹¹ At	7.2 h	5870	組織取出 組織切片作製
	²²³ Ra	11.4 d	5716	
	²²⁵ Ac	10. d	5830	