

文科省 原子力人材育成事業

大線量放射線の取扱

大阪府立大学 放射線研究センター
秋吉 優史

講義内容

- **放射線、放射能の利用**
- **放射線防護、外部被ばく**
- **内部被ばく**
- **管理区域と放射性同位元素等の取扱い**
- **放射線研究センターの施設**

- **放射線、放射能の利用**
- 放射線防護、外部被ばく
- 内部被ばく
- 管理区域と放射性同位元素等の取扱い
- 放射線研究センターの施設

放射線の利用

放射線の工業利用

材料改質、重合反応、微細加工、イオン注入、非破壊検査

放射線の医療応用 ～診断～

透過X線撮影、CT、PET、血管造影、SPECT(単一光子放射断層撮影)

放射線の医療応用 ～滅菌～

手術器具、注射針、手袋、マスク、ガーゼ、チューブ、バッグ、医薬・化粧品原料など

放射線による年代測定

C-14 年代測定法、カリウム-アルゴン年代測定法など

放射線による計測

X線、 γ 線、中性子線透過撮影、X線回折、電子顕微鏡、EDX・オージェ電子分光・PIXE等による元素分析、WDX・EELS 等による化学状態測定、放射化分析、煙感知器、中性子水分計、陽電子消滅測定など

放射線の医療応用 ～治療～

X線、 γ 線による体外照射、小線源挿入による体内照射、放射性ヨウ素による甲状腺治療、陽子・重粒子線ガン治療、BNCT(ホウ素中性子捕捉療法)、ガンマナイフ

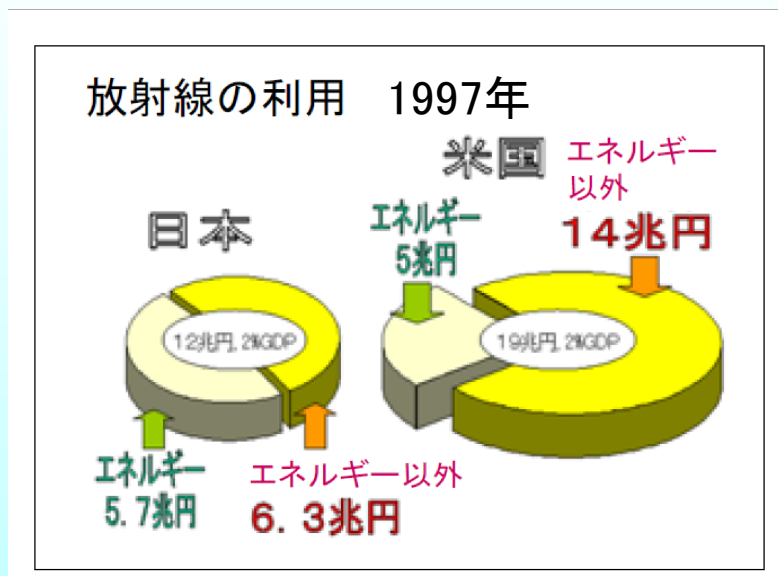
放射線の農業利用

品種改良、不妊化による害虫駆除、ジャガイモの芽止め、香辛料などの殺菌(国外)、RIによるトレーサー研究など

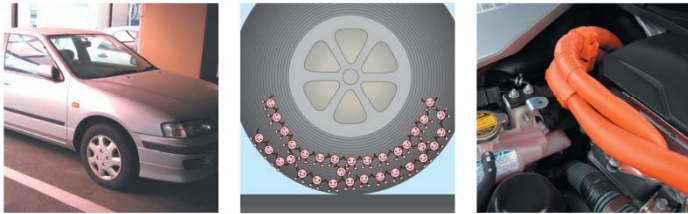
発電以外の原子力利用

1997年に行われた調査では、原子力の発電としての利用の経済規模は5.7兆円なのに対して、工業・農業・医療での放射線利用の経済規模は6.3兆円となり、発電の経済規模を上回っていた。

その後、2005年頃に再度調査が行われたが、やはり発電以外の利用は発電と同等かそれ以上であった。

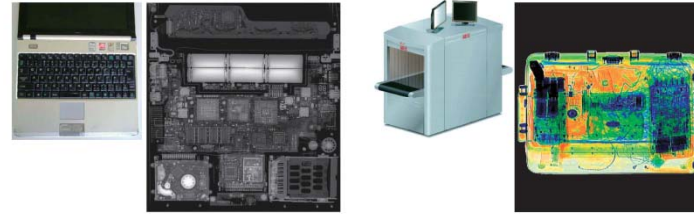


車で使われる放射線技術



車のさまざまなパーツには放射線による加工技術が使われています。
 高速回転により地面と擦れるタイヤは放射線をあてて強くなったゴムで作られています。
 また、エンジンルーム等高温になるところのコードも
 放射線によって熱に強くしたコードが使われています。

壊さないで中を調べる



放射線を使って撮影すると物を壊さずに中身を調べる事ができます。
 この技術は、空港で行われている手荷物検査や、
 金属に欠陥がないかを調べる検査にも利用されています。

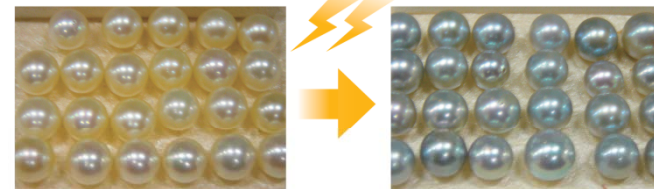
放射線で変化する繊維



電子線(放射線)を繊維(服の生地)にあてて、
 機能を高める技術が開発されています。
 抗菌・消臭・防炎などの機能を天然繊維にもたせることができます。

色を変えて美しくする

放射線をあてると



【照射前】

【照射後】

真珠やダイヤモンドに放射線をあてて色を変えたり、美しくする事ができます

※放射線は物を通り抜けるため、放射線をあてた真珠やダイヤモンドに放射線が残ることも、
 真珠やダイヤモンドそのものから放射線を出すようになることもありません。

食品を殺菌する

放射線を照射することによって、食品を健全な状態で長い期間保存できる技術を**食品照射**といいます。

昔から人々は、食品を長く貯えるために、塩漬けや干物などの工夫を行ってきました。最近では保存料などの薬剤も広く使用されています。しかし、それらの中には私たちの健康に害を与えたりするものもあってきました。そこで人の健康に害がない方法として食品に放射線をあてる「食品照射」が世界各国で使われるようになってきました。

※現在、日本ではジャガイモへの照射のみが認可されています。



冷凍や生のまま、O157、サルモネラ菌など大部分の食中毒菌を殺菌できます。

※照射された放射線は食品を通り抜けてしまうため、照射した食品に放射線が残ることはありません。

新しい品種を生み出す

農作物に放射線を照射してできた突然変異種を利用することで、有用な品種の改良を行うことができます。



「レイメイ」

耐寒性があり寒い所で育つのに適していたが、育が高く、少しの風で倒れちゃう品種「フジミノリ」に放射線を照射して、本来の耐寒性に加えて背の低い倒れにくい品種「レイメイ」を作り出しました。



「ゴールド二十世紀」

鳥取県産の「二十世紀ナシ」はナシ黒斑病という病気にとってもかかりやすく、予防に多くの費用がかかっていましたが、放射線を照射した子孫の中から病気に強い新品種が誕生し、産地で急速に生産が普及しています。



「カーネーションの新種」

ピンク色のカーネーション「ビタル」に放射線を照射して、黄色、淡ピンク、濃紅色などの花色や花弁の形と数などで、変わった品種が得られています。

※照射された放射線は作物を通り抜けてしまうため、照射した作物やその子孫に放射線が残ることはありません。

農作物の害虫防除

南西諸島で大きな農業被害を与えていたウリミバエを根絶するために放射線がつかわれました。



ウリミバエ

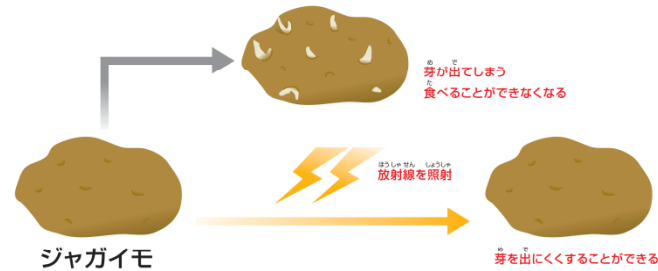


ゴーヤ・マンゴーなど

人口飼料で飼育したウリミバエを産卵させ、卵から幼虫を経て変身した何百万匹ものさなぎに放射線を照射して、不妊化(子供ができないようにすること)します。こうしてつくられた不妊虫を地上に放し、野生のウリミバエのメスと交尾させます。そのようにして生まれた卵はふ化しないので次の世代が育たず、ついに根絶します。

この結果、ゴーヤなど南西諸島の農作物が本土で食べられるようになりました。

ジャガイモの芽止め



日本では北海道・士幌町でジャガイモへの照射が実施されています。ジャガイモは収穫後、しばらくすると芽が出て食べられなくなります。発芽前のジャガイモに放射線を照射することで発芽を抑え、新鮮でおいしく食べられる期間を何ヶ月も伸ばすことができます。

※照射された放射線はジャガイモを通り抜けてしまうため、照射したジャガイモに放射線が残ることはありません。

放射線を用いた滅菌



	ガンマ線	電子線	エチレンオキシド	高压蒸気
設備	大型	大型	小～大型	小～中型
透過力	大（梱包可）	小（梱包可）	密閉不可	密閉不可
材料選択	耐放射線性	耐放射線性	耐圧性	耐熱・耐水性
滅菌温度	常温	常温	40～60℃	121℃
処理方法	連続式	連続式	バッチ式	バッチ式
処理時間	数時間	数十分	数時間	数時間
後処理	不要	不要	ガス抜き	乾燥
残留物	なし	なし	残留ガス	なし
滅菌確認	線量確認	線量確認	BI無菌試験	BI無菌試験

表1 滅菌法の特性比較

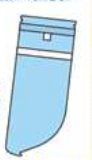
特性	滅菌法			
	γ線	電子線	EO(エチレンオキシド)	高压蒸気
放射線エネルギー	電子線より小	γ線より大	-	-
放射線透過力	電子線より大	γ線より小	-	-
処理量/時	電子線より小	γ線より大	-	-
対象の材質	プラスチック, 繊維, 金属	プラスチック, 繊維	プラスチック, 繊維, 金属	耐熱性(～130℃)プラスチック, 繊維, 金属
対象の適合性	寡品目, 大量処理	寡品目, 大量処理 多品目, 少数処理	寡品目, 大量処理	寡品目, 大量処理
包装形態	最終包装状態で滅菌操作可能	最終包装状態で滅菌操作可能	EOガスの脱出が必要で、その後包装を完了する	蒸気の脱出が必要で、その後包装を完了する
制御要因	線量(コンベア速度に依存)	線量(コンベア速度, 電圧などに依存)	温度, 時間, 湿度, 濃度, 圧力	湿度, 圧力, 時間
工程保守管理	容易	γ線より容易	複雑	EOガスより容易
製品の安全性	残留物なく安全	残留物なく安全	EOガス残留の可能性あり	残留物なく安全
滅菌コスト	高価	γ線より安価	蒸気より高価	最も高価
設備コスト	最も高価	高価	かなり高価	比較的安価
対外関係	施設周辺の理解に幅がある	施設周辺の理解が得やすい	施設周辺の理解に幅がある	とくに問題はない



カネソン独自のインフレーション製法が、大切な母乳をしっかりと守ります。

カネソン母乳バッグは製造過程において、内部を一度も外気に触れさせない独自のインフレーション製法で製造しています。さらに、母乳を衛生的に保てるようガンマ線滅菌を施し、徹底した安全性を追求。この安全性のこだわりこそが、「冷凍母乳といえばカネソン母乳バッグ」の高い評価をいただいています。

フィルム素材を筒状に成型し、直後に外気に触れることなく真空状態に圧着。2枚重ね製法に比べ、内部を外気にさらすことがないので、異物や雑菌が入りにくいカネソン独自の製造方法です。



【出典】(社)日本アイントップ協会(編集、発行):放射線滅菌の現状と展望、1998年9月25日、p10

- 放射線、放射能の利用
- **放射線防護、外部被ばく**
- 内部被ばく
- 管理区域と放射性同位元素等の取扱い
- 放射線研究センターの施設

ICRPの放射線防護体系

国際放射線防護委員会 ICRP の勧告

放射線防護の基準を決める三つの原則

正当化 Justification

リスクを上回る利益がなければならない

防護の最適化 Optimization

できるだけ被ばくを抑える(経済、社会的な要因の考慮)

ALARA(as low as reasonably achievable)の原則

線量限度 Dose Limit

線量限度を超えてはならない(緊急時と医療を除く)

線量限度について

区分		実効線量限度(全身)	等価線量限度(組織・臓器)
放射線業務従事者	平常時	100mSv/5年 ^{※1} 50mSv/年 ^{※2} 女子 5mSv/3月間 ^{※3} 妊娠中の女子 1mSv (出産までの間の内部被ばく)	眼の水晶体 150mSv/年 ^{※2} 皮膚 500mSv/年 ^{※2} 妊娠中の女子 2mSv (出産までの間の腹部表面)
	緊急時	100mSv ^{※4}	眼の水晶体 300mSv 皮膚 1Sv ^{※5}
一般公衆	平常時	1mSv/年 ^{※2}	眼の水晶体 15mSv/年 ^{※2} 皮膚 50mSv/年 ^{※2}

(注) 上記表の数値は、外部被ばくと内部被ばくの合計線量
自然放射線による被ばくと医療行為による被ばくは含まない

※1 平成13年4月1日以後5年ごとに区分

※2 4月1日を始期とする1年間

※3 4月1日、7月1日、10月1日、1月1日を始期とする各3月間

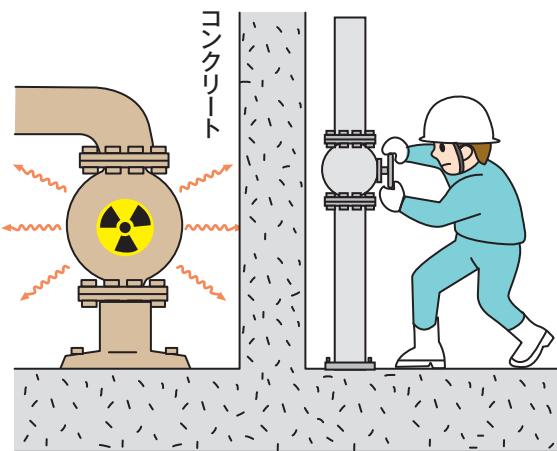
※4 平成23年3月14日に福島第一原子力発電所の緊急作業に従事する者は、250mSvに引き上げられた(平成23年12月16日廃止)

※5 1Sv(シーベルト) = 1,000 mSv(ミリシーベルト) = 1,000,000 μ Sv(マイクロシーベルト)

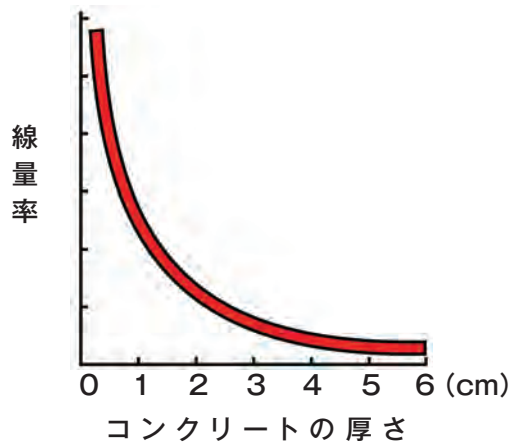
放射線防護の基本

1. 遮へいによる防護

(線量率) = 遮へい体が厚い程低下

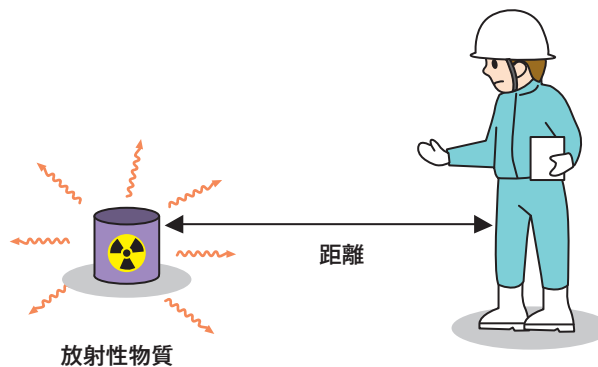


(mSv/h)

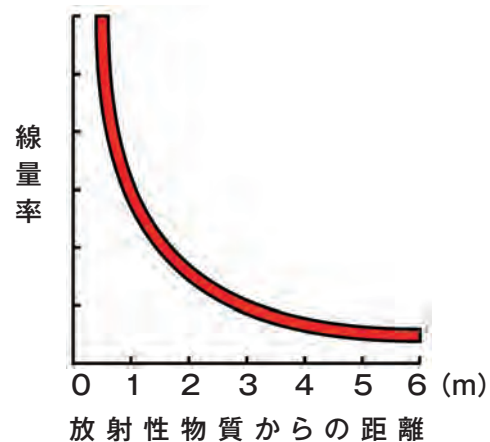


2. 距離による防護

(線量率) = 距離の二乗に反比例

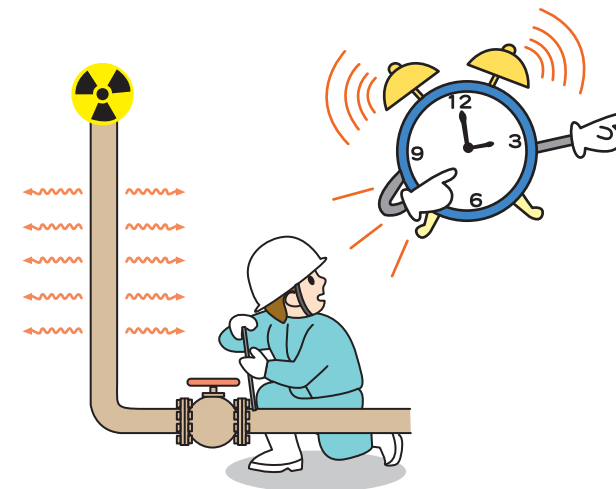


(mSv/h)

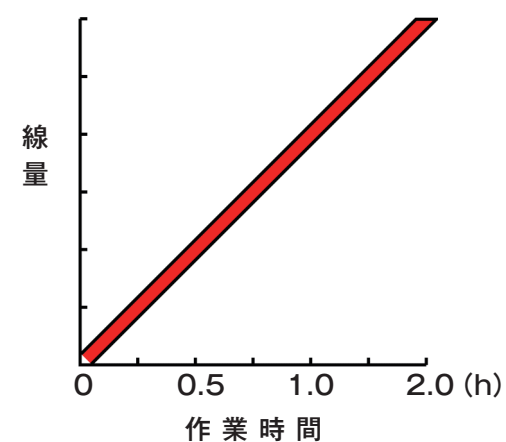


3. 時間による防護

(線量) = (作業場所の線量率) × (作業時間)



(mSv)



RI取扱時の遮蔽



鉛ブロック



鉛ガラス

RIと作業者の間に適切な遮蔽を行い、被曝線量を可能な限り低減する。

→ 作業時間が多少長くかかっても、遮蔽による低減を行った方が有効な場合が多い

→ 事前に作業内容を良く確認して適切な遮蔽体の配置を検討する

遮蔽

α 線

空気中の α 線の飛程 = $3.18E^{3/2}$ ($E(\text{MeV})$) mm

→たかだか数cm程度、0.25mmのゴム手袋で止まる

β 線

$R=0.407E^{1.38}$ ($0.15\text{MeV} < E < 0.8\text{MeV}$)

$R=0.542E-0.133$ ($0.8\text{MeV} < E$)

R は g/cm^2 の単位で、遮蔽体の密度で割って飛程を求める

・エネルギーが大きい β 線を、重元素で遮蔽する場合は、制動放射X線が出やすいので注意する(転換率はエネルギーと原子番号に比例)。

遮蔽

γ 線、X線

細いビーム状に絞られて強度 I_0 で物質に入射する場合、

$$I = I_0 \exp(-\mu x)$$

μ : 物質の線減弱係数、 x : 入射後の距離 で減衰していく。

ただし、入射光が細いビーム状でない場合、広がっていった入射光の散乱線が測定位置に戻ってくる、ビルドアップが考えられるため、ビルドアップ係数 $B \geq 1$ を用いて $I = I_0 B \exp(-\mu x)$ と表わされる。

μ は物質、エネルギーによって異なる。物質を透過する間にコンプトン散乱によりエネルギースペクトルが変化して、実際には単純に指数関数的には減少しないため、数表などを用いて計算を行う必要がある。

γ線・X線の減衰

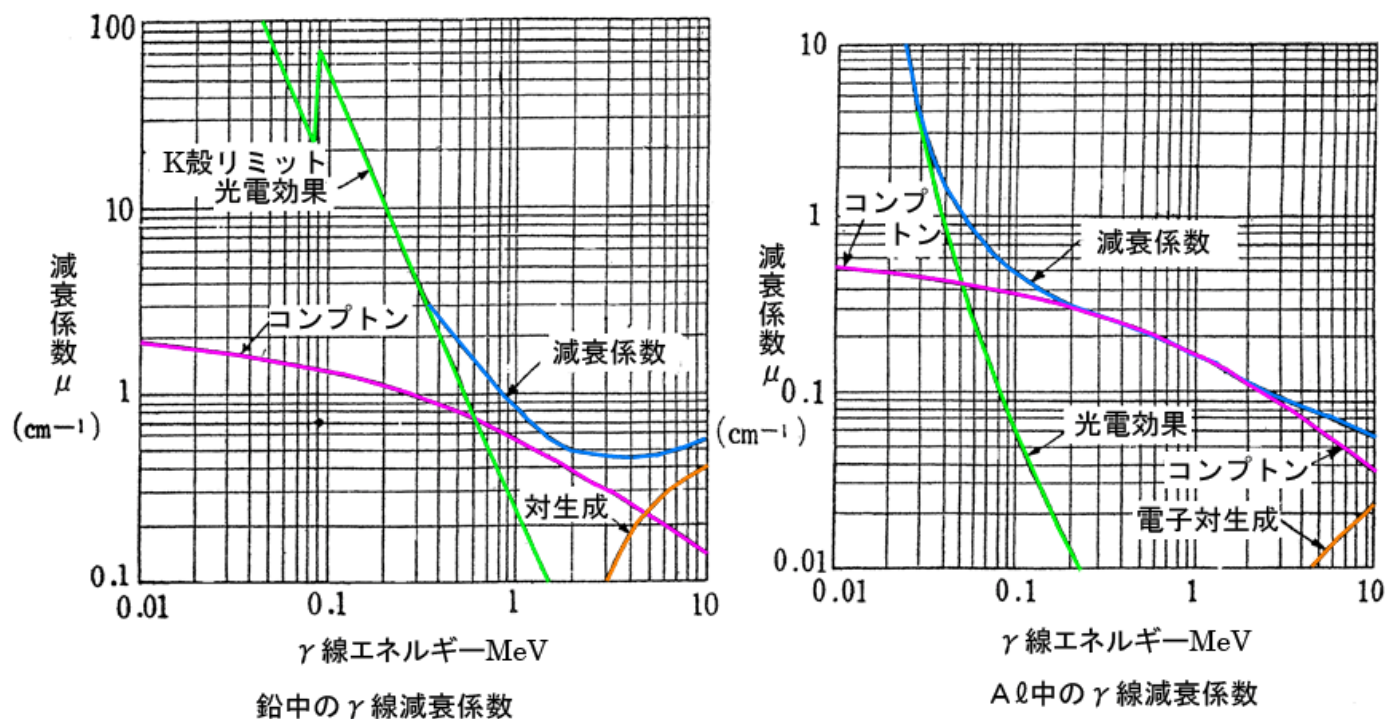


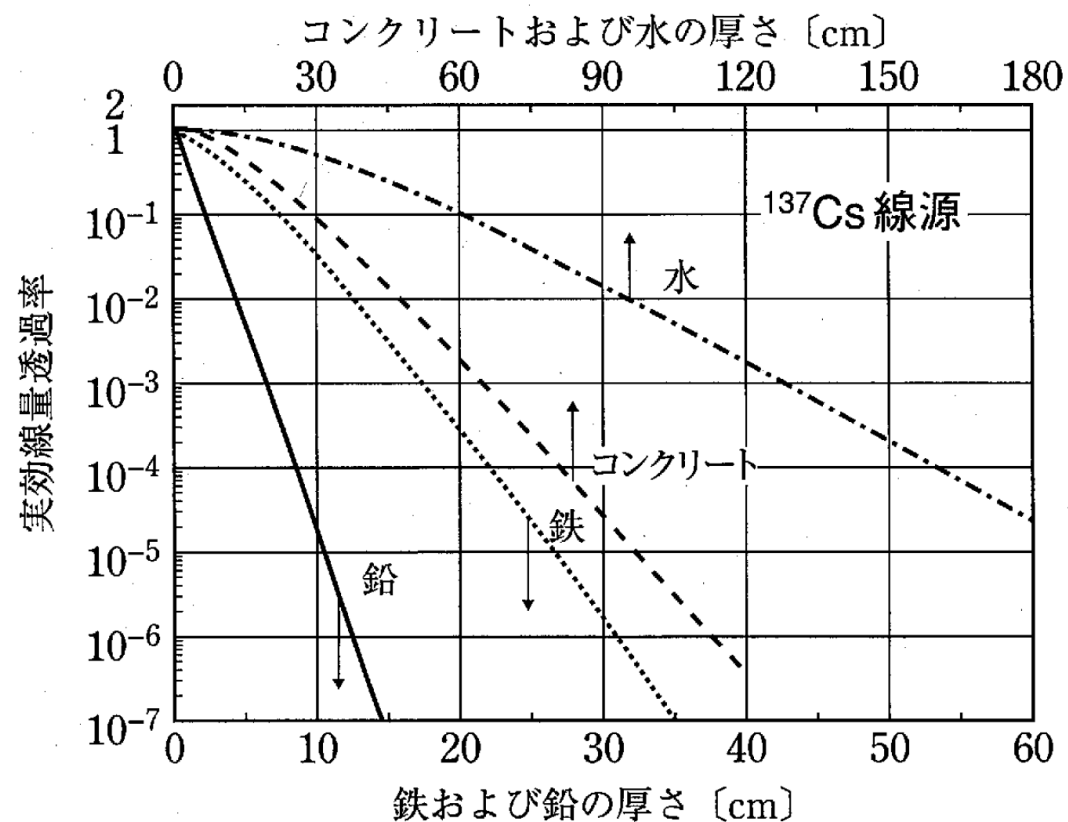
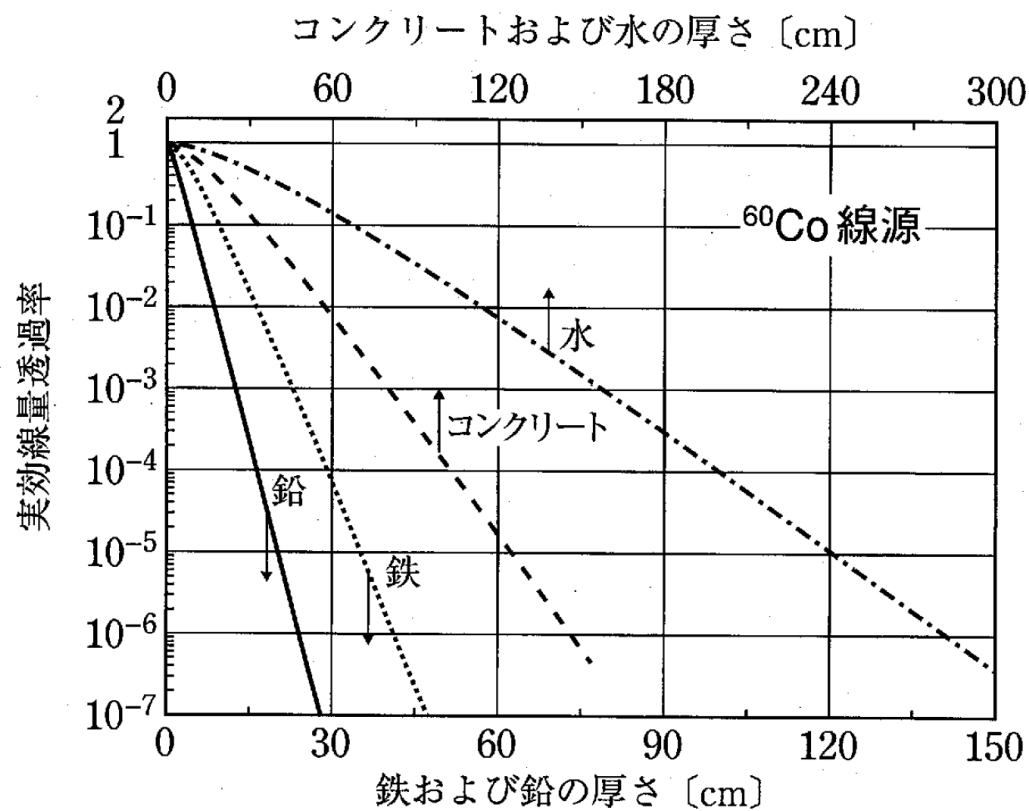
図3 γ線のコンプトン効果

[出典] 三浦 功、菅 浩一、俣野恒夫:「放射線計測学」、裳華房、p.21

ターゲットとなる物質の原子番号 Z の増加と共に、線源弱係数は
 光電効果 $Z^4 \sim 5$ に比例
 コンプトン効果 Z に比例
 電子対生成 $Z(Z+1)$ に比例
 となって Z が大きくなると急激に遮蔽能力が高くなる。

入射光子のエネルギー増加と共に、物質との相互作用を起こす効果が変わっていく。比較的低エネルギーではレイリー散乱、光電効果が主であり、次第にコンプトン散乱が支配的となる。高エネルギーでは電子対生成が主となる。光核反応は12-24MeV 付近で最大断面積となるが μ への寄与は5%程度である。また、低エネルギーではK殻電子やL殻電子の電離エネルギー以上になると光電効果を起こせるがそれ以下では起こせないため、光電効果の効率が不連続に変化する。これをK吸収端、L吸収端と呼ぶ。

代表的な γ 線源の実効線量透過率



被ばく管理に用いられる量(外部被ばく)

実効線量率定数 Γ effective dose rate constant,
 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$

γ 線源 実効線量率定数 Γ ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	^{241}Am	^{137}Cs	^{192}Ir	^{226}Ra	^{60}Co
	0.00576	0.0779	0.117	0.217 娘核種を含む	0.305

実効線量率定数が Γ である核種の放射能を Q (MBq)としたとき、距離 r (m) における実効線量率 \dot{E} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) を以下の様に求められる。

$$\dot{E} = \Gamma \times Q / r^2$$

Γ は、線源が放出する γ 線のエネルギー、本数、放出確率を加味している。
 γ 線のエネルギーと線束が求まれば実効線量率は一義的に求められる。
Bq とは、一秒間の壊変数であり放射線の放出回数ではないことに注意。

例題(外部被ばく量の計算)

Q1: 74MBq のCs-137 密封線源を 50cm の距離で2時間、遮蔽無しで取り扱った場合の被ばく線量を評価せよ。また、被ばく線量を1/10に減らすために必要なしゃへい体の厚さと、1cm²あたりの重さを鉛、鉄、コンクリートでそれぞれ求めよ。

(しゃへい体の密度: 鉛 11.4g/cm³, 鉄 7.9g/cm³, コンクリート 2.3g/cm³ で計算せよ)

Q2: 1.6PBq の Co-60 密封線源を3mのプールに沈めて使用する場合、水面での実効線量率を求めよ。

Q3: 鉛でしゃへいを行う場合に、80keV のX線よりも100keV のX線の方が透過率が小さかった。これは何故か。

例題(外部被ばく量の計算)

A1:

$$74 \times 0.0779 \times 1 / 0.5^2 \times 2 = 46 \mu \text{ Sv}$$

実効線量透過率1/10に相当するしゃへい体厚さは、グラフから、鉛: 2cm, 鉄: 7.5cm, コンクリート: 30cm程度となる。

1cm²あたりの重さはそれぞれ22.8g, 59.3g, 69g となる。

A2:

$$1.6 \times 10^6 \times 0.305 \times 1/3^2 \times 3 \times 10^{-7} = 0.016 \mu \text{ Sv/h}$$

A3:

鉛のK殻電子を電離するのに必要なエネルギーは88keV程度であり、その前後で透過率が大きく変化するため(K吸収端)

- 放射線、放射能の利用
- 放射線防護、外部被ばく
- **内部被ばく**
- 管理区域と放射性同位元素等の取扱い
- 放射線研究センターの施設

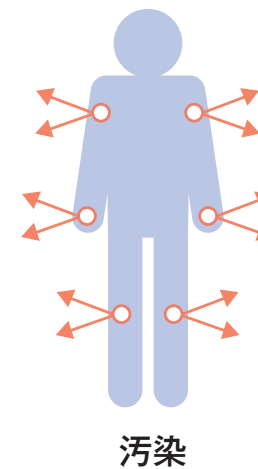
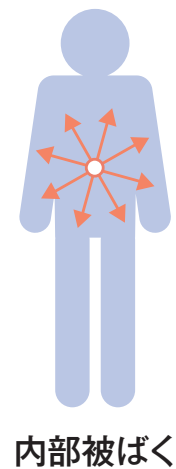
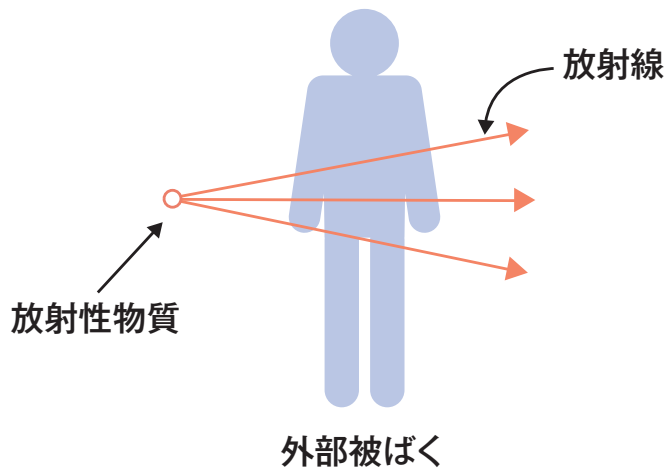
被ばくと汚染の違い

被ばく

放射線を受けること

汚染

放射性物質が皮膚や衣服に付着した状態



被ばく管理に用いられる量(内部被ばく)

預託線量 committed dose, Sv

体内に取込んだ放射性物質により内部被曝する場合、取込んでから50年間(子供に対しては70年間)先まで被ばくする線量を時間積分して、取込んだ時点にいったん被ばくしたとして被ばく管理を行う。線量として等価線量を用いると預託等価線量、実効線量を用いると預託実効線量である。

ここで被ばくする線量は、物理的な壊変や生物学的な排泄などにより時間と共に減少していき、簡単に求めることが出来ない。放射する線質、壊変速度や化学的性質から、核種ごとに**実効線量係数**(Sv/Bq)が求められており、取込んだ放射能から預託実効線量を求めることが出来る。経口及び吸入摂取についてそれぞれ定められている。

被ばく管理に用いられる量(内部被ばく)

ベクレルからシーベルトへの変換

実効線量率定数 effective dose rate constant

- ・放出される放射線の種類と、エネルギー
- ・放出確率

外部
被ばく

実効線量係数 effective dose coefficient

上記二つに加えて、

- ・物理的半減期
- ・生物的半減期
- ・特異臓器集積と組織加重係数

内部
被ばく

内部被ばく線量（預託線量）への換算方法

$$\text{預託線量 (mSv)} = \text{飲食物摂取量 (kg/日)} \times \text{摂取日数 (日)} \times \text{実効線量係数 (mSv/Bq)} \times \text{放射性核種の濃度 (Bq/kg)}$$

放射性核種	半減期	1Bqを経口または吸入摂取した場合の成人の実効線量係数 (mSv/Bq)	
		経口摂取した場合	吸入摂取した場合
プルトニウム239	2.4万年	2.5×10^{-4}	1.2×10^{-1}
セシウム137	30年	1.3×10^{-5}	3.9×10^{-5}
ヨウ素131	8日	2.2×10^{-5}	7.4×10^{-6}
ストロンチウム90	28.8年	2.8×10^{-5}	1.6×10^{-4}
トリチウム	12.3年	4.2×10^{-11}	2.6×10^{-10}

(注) 市場希釈係数（評価対象者の当該食品摂取量に対する汚染された食品の摂取割合）および調理等による減少補正については1としている
化学形等により複数の値が示されている核種については最も大きい実効線量係数を示す

例題(内部被曝量の評価)

・精米された状態で1kg あたり Cs-137 を 100Bq 含む米を毎日食べた場合、1年間でどれだけ内部被ばくすることになるか計算せよ。

ただし、一食あたり1合(精米で150g、炊きあがりでは330g)食べるものとし、一日三食、365日毎日食べたとして計算せよ。

A:

$$0.15\text{kg} \times 3 \times 365 \times 100\text{Bq/kg} \times 1.3 \times 10^{-5} \text{ mSv/Bq} \\ = 0.21\text{mSv}$$

- 放射線、放射能の利用
- 放射線防護、外部被ばく
- 内部被ばく
- **管理区域と放射性同位元素等の取扱い**
- 放射線研究センターの施設

管理区域とは

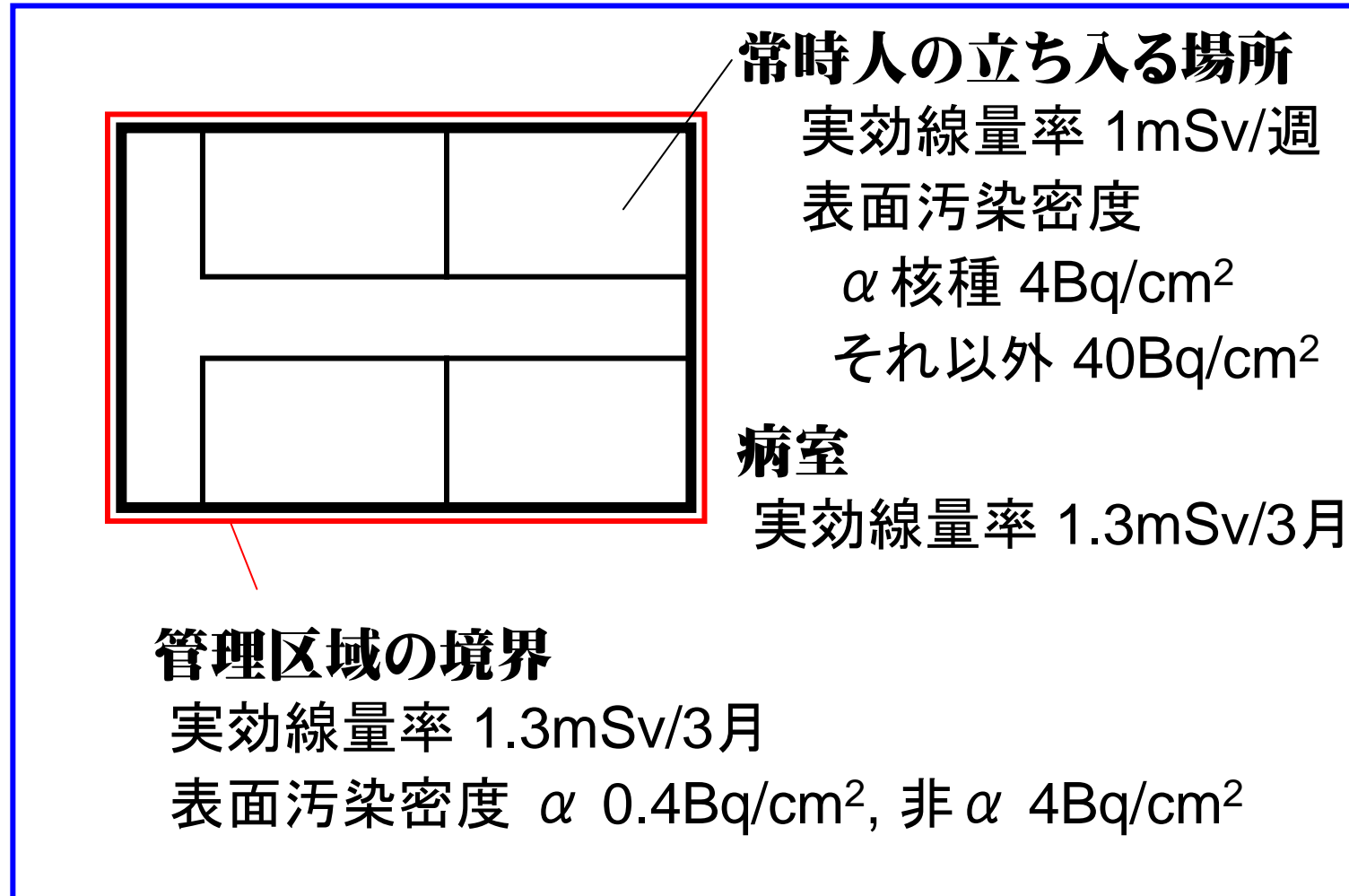
放射線を放出する同位元素の数量等を定める件 第四条

- (1) 外部線量 1.3 mSv/3月以上
- (2) 空気中のRIの3月間平均濃度が空気中濃度限度の10分の1以上
- (3) RIの表面密度が表面密度限度の10分の1

を超えるおそれのある場所

- (1)、(2)が複合する場合は、それぞれの割合の和が1を超えるおそれのある場所

空間線量率の測定、表面汚染の測定



事業所の境界 250 μ Sv/3月

1週 = 40h (8h × 5day)

3月 = 500h

Radiation?

空間線量率が問題か、

or

表面汚染が問題か？

Contamination?

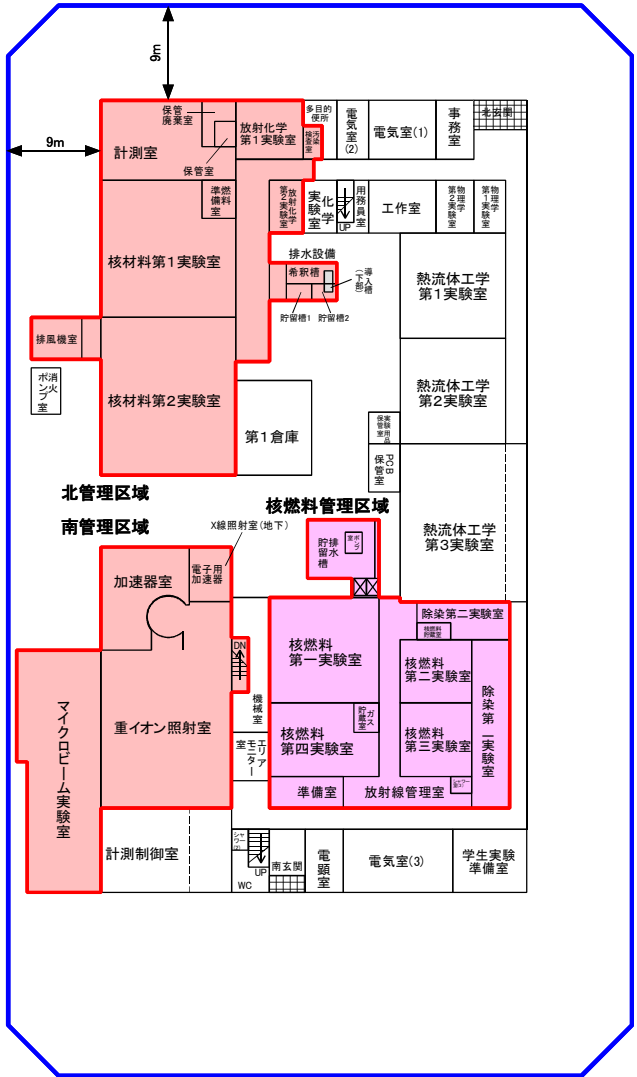
非密封の RI を使用する実験で、
GM サーベイメーターや、NaI シンチレーションカウンターなどで
空間線量率を測定して大した値でなければ問題無い、というのは

大間違い!

表面が少しぐらい汚染されていても空間線量率は大して変わらないが、
汚染によって内部被ばくの危険があり、RIを「管理」して使用する施設で
有ってはいけないところに汚染が広がると、大問題!

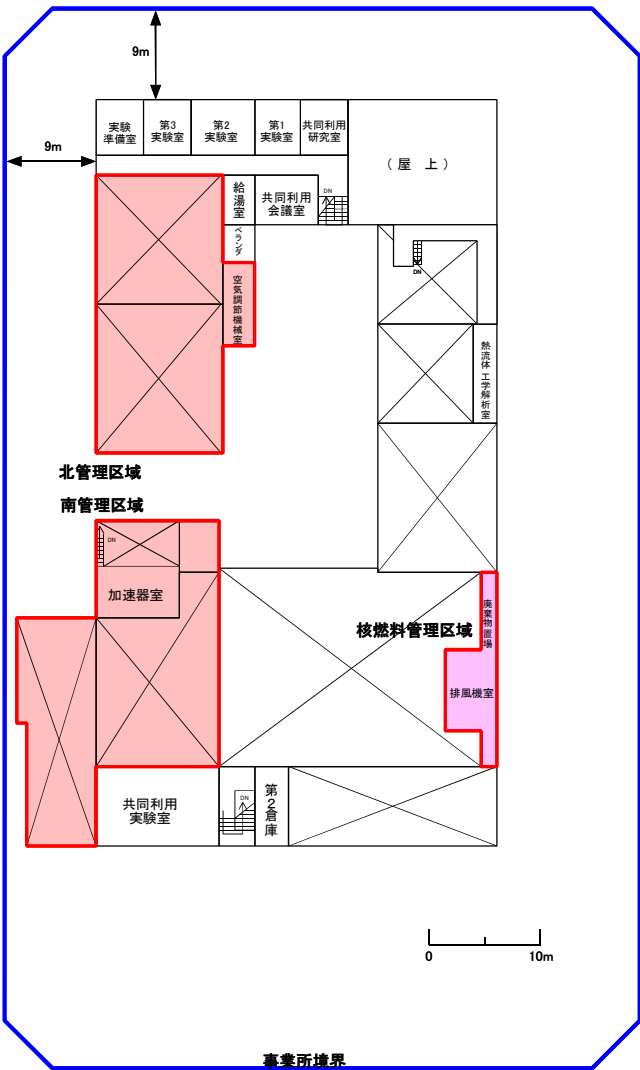
放射線取扱施設の例

1F



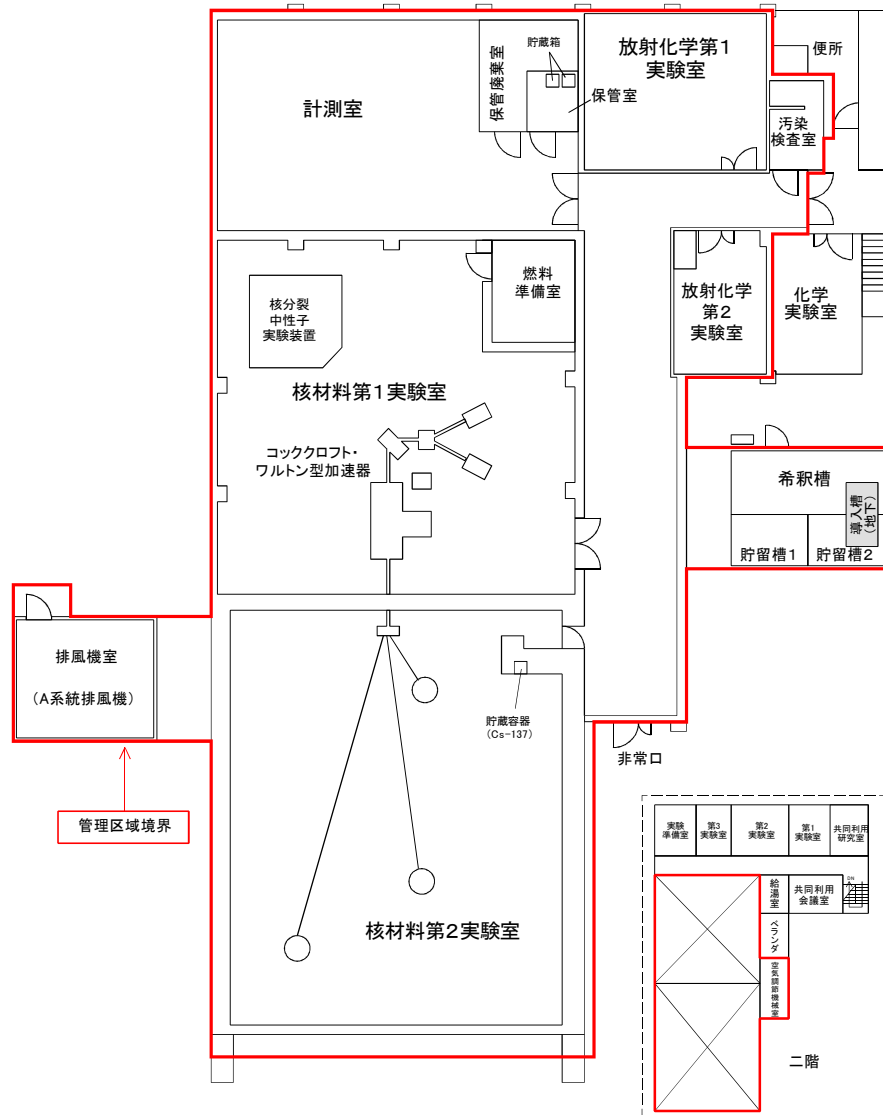
事業所境界

2F



事業所境界

放射線取扱施設の例



主要な施設

- ・管理室
- ・汚染検査室(シャワー室)
- ・測定室
- ・作業室
- ・貯蔵室 もしくは 貯蔵箱
- ・汚染除去室
- ・廃棄物保管室
- ・機械室
- ・貯留槽
-
- ・給排気設備、空気浄化装置
- ・フード(ドラフトチャンバー)、グローブボックス

放射線管理区域標識



代表的なRI

- ・**Sr-90 / Y-90**: 永続平衡の代表例。ミルクキングによりY-90を分離して使用できる。Y-90は2.28MeVの強い β 線源。
- ・**Cs-137 / Ba-137m**: Cs-137 は662keVの γ 線を出すことで有名であるが、実はBa-137mからのもので、永続平衡の代表例である。
- ・**Mo-99 / Tc-99m**: Mo-99 を吸着させたアルミナカラムから食塩水でミルクキング出来る(Tc-99mジェネレーター)。過渡平衡の代表例。核異性体転位(IT)に伴う γ 線だけを放出するため β 線を放出せず、核医学で重要。
- ・**Ba-140/La-140**: 過渡平衡の代表例の一つ。
- ・**I-131**: ヨウ素の揮発性、甲状腺に集まるという性質が重要。
- ・**H-3(トリチウム)、C-14**: 低エネルギー β 核種の代表
- ・**K-40**: 天然RIの代表。岩石の年代測定に用いられる。
- ・**²⁴¹Am-Be**: 代表的な中性子源。**²²⁶Ra-Be** と比べ γ 線が少なく安価。
- ・**Cf-252**: 自発核分裂に伴う中性子源
- ・**P-32, S-35**: 代表的なトレーサー核種

非密封 RI の安全取扱・管理

・取扱い前

- ・事前の Cold 試験での問題点の抽出
- ・遮蔽体や、除染器具、放射線測定器の準備など
- ・実験内容の周知、使用する RI 数量の確認

・取扱い時

- ・基本的に二人以上で作業を行う
(記録などは直接 RI を取り扱う作業者以外が行う)

・取扱い後

- ・線源の管理、廃棄物の処理、記帳
- ・汚染検査(作業場所及び作業者)と除染

RIの保管

- ・液体RIはこぼれにくく、浸透しにくい容器に入れる
- ・気体や、揮発しやすいRIは気密容器に入れる
- ・破損する恐れのある容器は、受け皿、吸収材等を設ける
- ・濃度の高い液体RIは
 - ・容器に吸着されやすい
 - ・有機物などが放射線分解しやすい

ため、可能な範囲で濃度を低くして保管することが望ましい

- ・有機物は特に分解しやすいため、スカベンジャー(遊離基捕獲剤)を加えたり、低温で保管するなどする必要がある。

RIの廃棄

- ・固体、液体の廃棄物: 保管廃棄室で**保管廃棄**を行い、日本アイソトープ協会に引き渡す
 - 可燃、難燃、不燃、非圧縮不燃、動物、有機液体、無機液体、焼却型/通常型フィルターなどの区分がある。
 - Sr-90, Tc-99など核種によっては分類が異なる。
 - 液シン廃液以外の有機液体(オイルなど)、 **α 核種**などは受入れてもらえない。
- ・気体、ごく薄い液体: **排気、排水設備**から濃度限度以下であることを確認の上廃棄
- ・密封線源: **下限値以下の小線源**や表示付認証機器などについても製造元もしくは販売業者に引き渡す。

管理区域からの物品の持出し

- ・管理区域に持ち込んだ物品は、非密封のRIを取り扱わないエリアでしか使用していないなど、明らかに汚染していない場合を除いて、適切な方法でサーベイを行い、汚染がないことを確認する必要がある。
- ・管理区域→管理区域の移動など、**一時的な持出し**に対しては、 4Bq/cm^2 (α 核種は 0.4Bq/cm^2) 以下という基準がある。
- ・しかし、持ち出して管理区域外で使用したり廃棄したりする場合は、**「有意な汚染がないこと」**を確認する必要がある
- ・**「有意な汚染がないこと」**の確認は難しく、十分高い精度を持つ測定方法で、統計的にバックグラウンドの変動の範囲内に入っていることを確認する必要がある。また、表面だけでなく、**機器内部**についても確認が必要。
- ・**不必要な物品は持ち込まないことが重要**

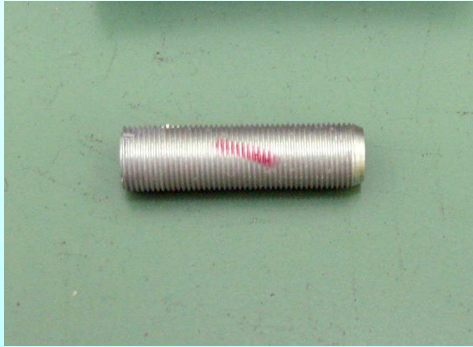
密封RIの安全取扱・管理

密封線源とは

- ・正常な使用状態では、開封または破壊される恐れがない
- ・密封された放射性同位元素が漏えい、浸透等により逸散して汚染する恐れがない

線源であるが、 α 線源や低エネルギーの β 線源などは、容器に密封すると α 線を取り出せないため、極薄い金属箔で覆ったり、表面に電着してあるだけであり、取扱を誤ると放射性同位元素が漏出する恐れがあるため注意する。

様々な密封線源



放射線発生装置の安全取扱・管理

放射線発生装置

- ・核反応による中性子の発生
- ・制動放射エックス線の発生
 - 光核反応による中性子の発生
- 放射性同位元素(放射化物)が発生する

照射ターゲットだけでなく、照射室の空気や冷却水も放射化する

加速器放射化物の取扱(2012年4月1日改正法の施行)

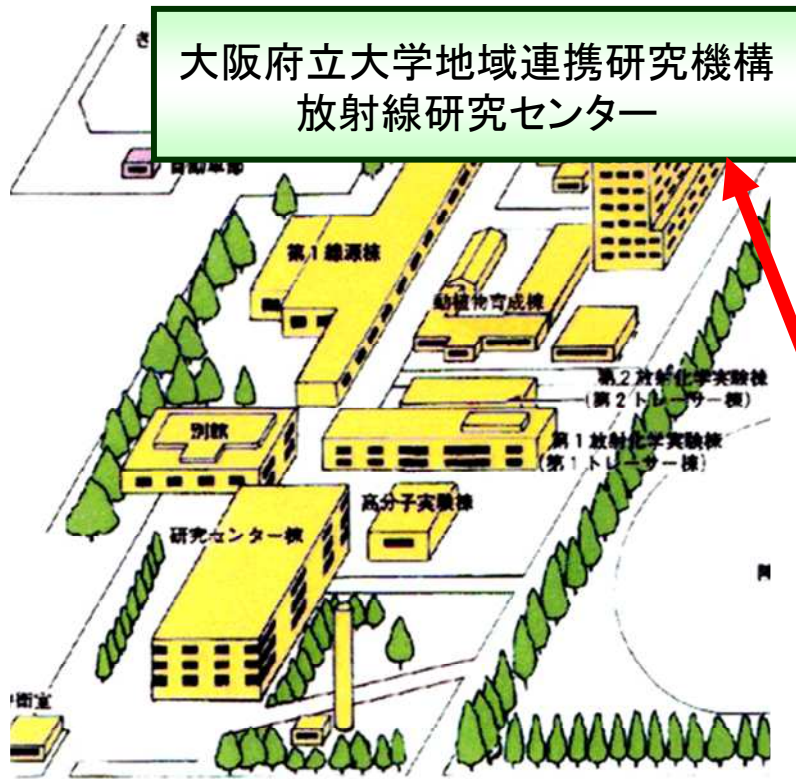
管理、保管、運搬、使用、廃棄について、
密封・非密封RIに準じた取扱が求められる

(核子あたり2.5MeV未満のイオン加速器、

6MeV以下の電子加速器は対象外)

- 放射線、放射能の利用
- 放射線防護、外部被ばく
- 内部被ばく
- 管理区域と放射性同位元素等の取扱い
- **放射線研究センターの施設**

放射線研究センターと活動



2009

センター今昔

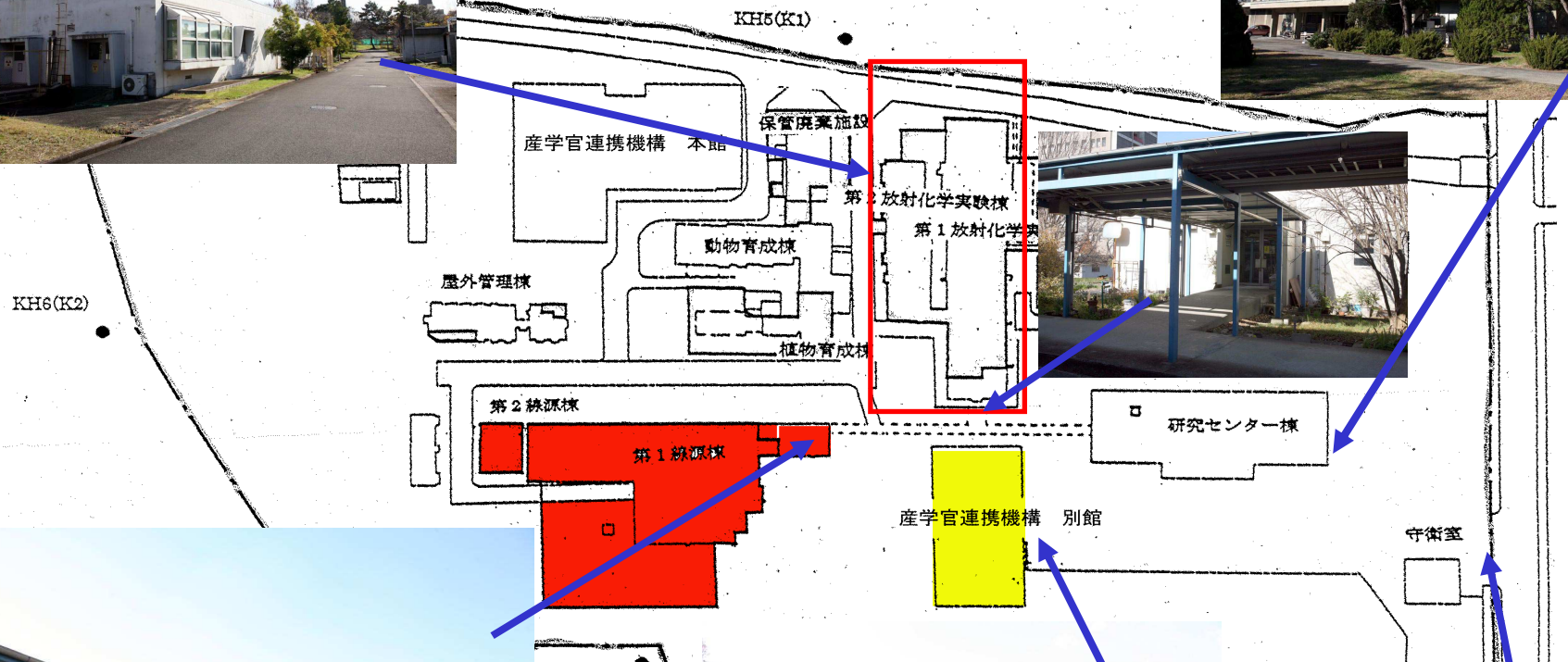


- 1959年 大阪府立放射線中央研究所（大放研）発足
- 1962年 大放研電子ライナック設置
- 1990年 附属研究所発足（大阪府立大学に統合）
- 1995年 先端科学研究所（先端研）発足
- 2000年 放射線総合科学研究センター発足
- 2005年 大阪府立大学の法人化 産学官連携機構
放射線研究センター発足
- 2011年 地域連携研究機構 放射線研究センター発足
- 2013年 大阪府立大学工学研究科量子放射線系専攻新設
(放射線研究センター教員担当)

1959

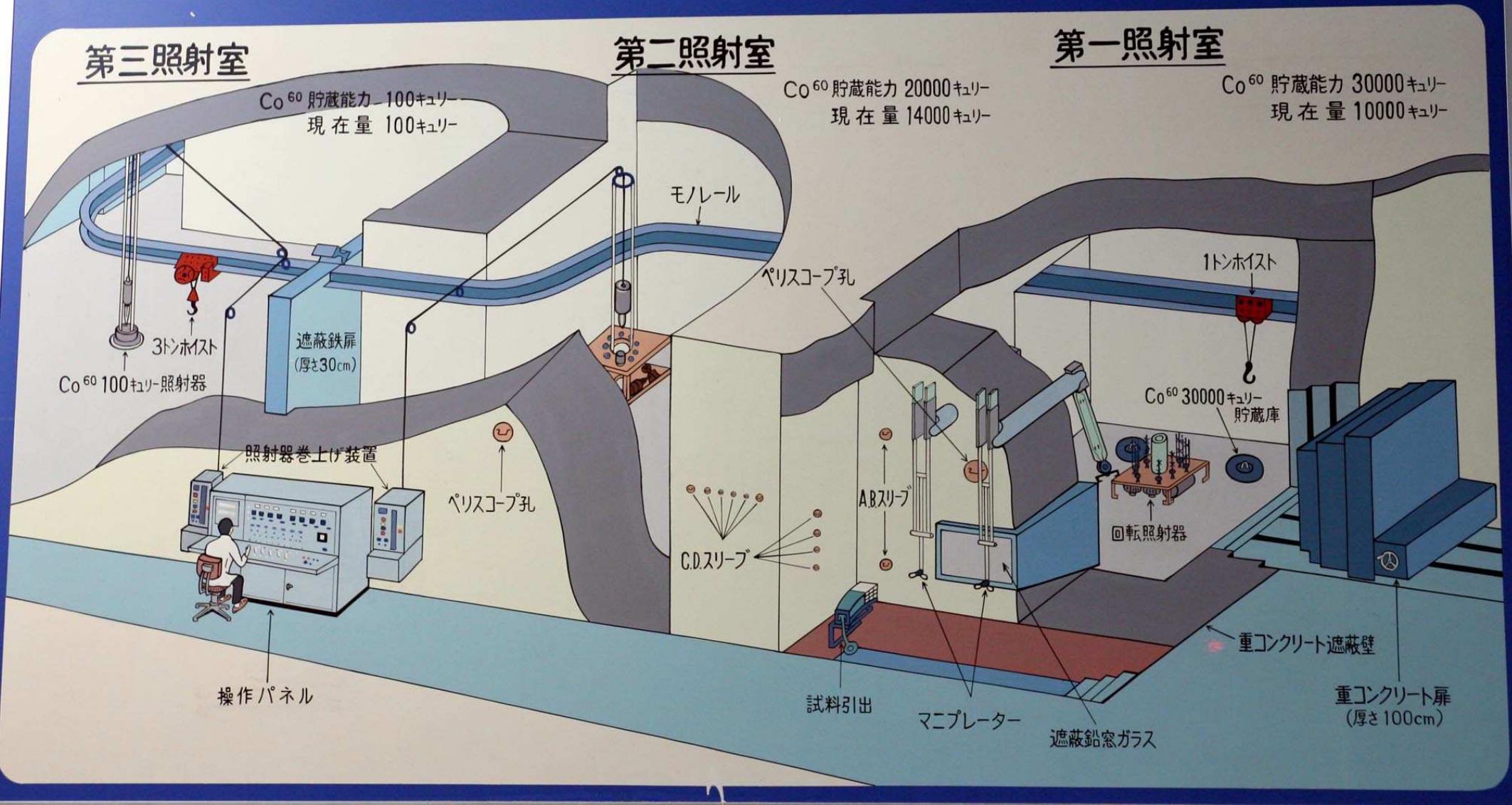


線源棟とトレーサー棟

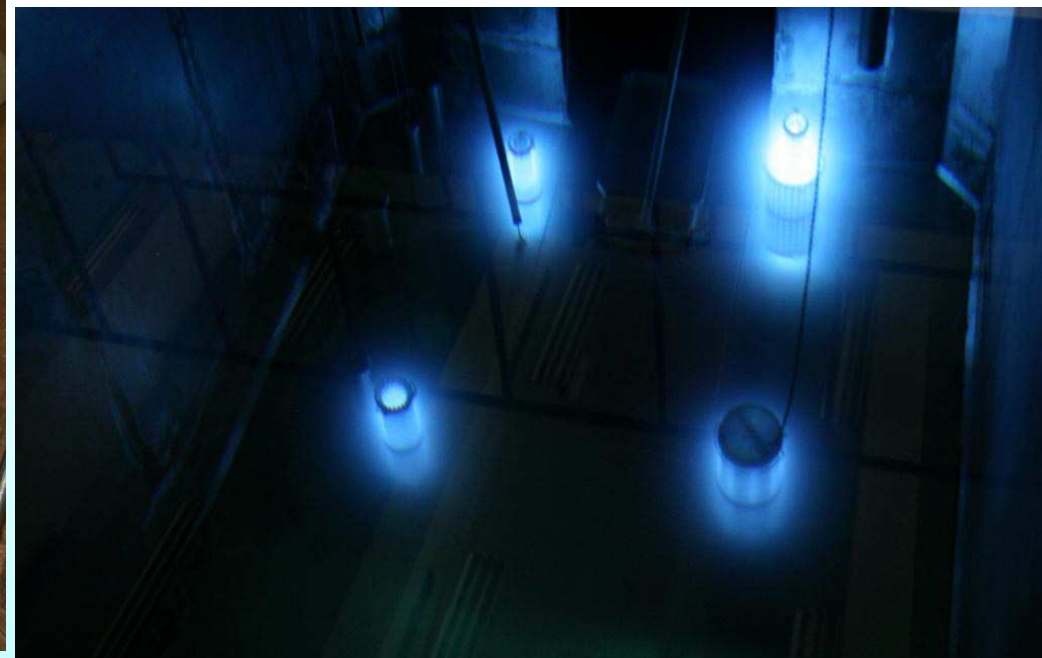
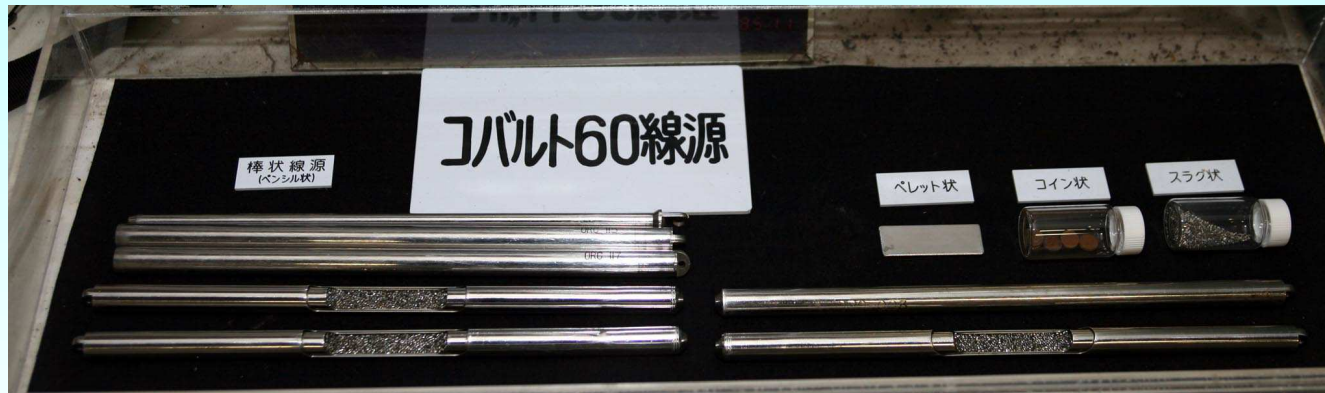


放射線研究センターの γ 線照射装置

線源棟 Co^{60} 照射室



放射線研究センターの Co-60 密封線源



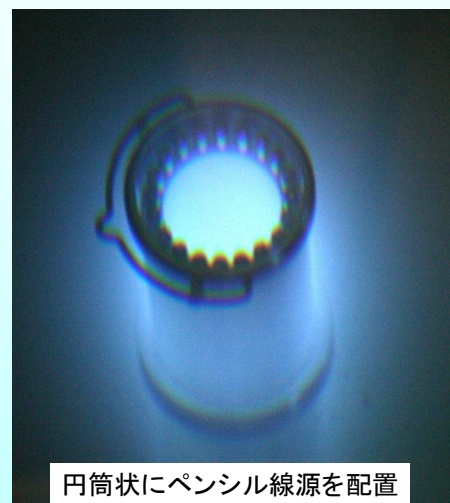
放射線研究センターの γ 線照射装置

日本国内における研究用ガンマ線照射施設一覧

施設	線源強度 (TBq)	最大線量率 (Gy/h)	核種	照射室
大阪府立大学 地域連携研究機構 放射線研究センター コバルト60ガンマ線照射施設	98	100	Co-60	第1照射室
	79	100		第2照射室
	1	1		第3照射室
	1,623	1,000		第4照射室
		50,000		照射プール
独立行政法人 日本原子力研究開発機構 高崎量子応用研究所 コバルト60照射施設	10,453	5,000	Co-60	コバルト1棟 第1照射室
		15,000		コバルト1棟 第2照射室
		5,000		コバルト1棟 第3照射室
	10,145	15,000		コバルト2棟 第6照射室
		5,000		コバルト2棟 第7照射室
	2,206	30		食品棟 第1照射室
5,000		食品棟 第2照射室		
大阪大学産業科学研究所 附属放射線実験所 コバルト60ガンマ線照射装置	179	55	Co-60	A照射室(6m ²)、B照射室(10m ²)および貯蔵兼照射用プール。線量率は距離1mでの値。
	45	14		
	4	1		
東京工業大学 放射線総合センター コバルト照射施設	94	6,704	Co-60	12本のペンシル線源を円筒状に配置
京都大学原子炉実験所 コバルト60 ガンマ線照射装置	140	12,271	Co-60	照射室は30 m ² 程度1室
国立研究開発法人 産業技術総合研究所 放射線標準研究グループ γ 線照射施設	121	(公開情報無)	Co-60	大 γ 線源照射室と小 γ 線源照射室(Co-60)
	34	(公開情報無)	Cs-137	185GBq以下3個、Cs-137 222GBq以下3個)
名古屋大学 コバルト60照射室		1,937	Co-60	照射室は1つ
九州大学 加速器・ビーム応用科学センター コバルト60ガンマ線照射装置	34	2,447	Co-60	照射室は1つ
長崎大学 先端生命科学研究支援センター アイソトープ実験施設 ガンマ線照射装置	148 (基準日不明)	(公開情報無)	Cs-137	照射室は1つ
国立研究開発法人 農業生物資源研究放射線育種場 ガンマフィールド	88	(公開情報無)	Co-60	ガンマフィールド(半径100 mの円形圃場)照射塔
	44	(公開情報無)		ガンマールーム

日本国内の研究用照射施設としては最高の線量率を得ることが出来る。

原研高崎に次いで西日本最大で、大学としては群を抜いた最大の照射施設である。



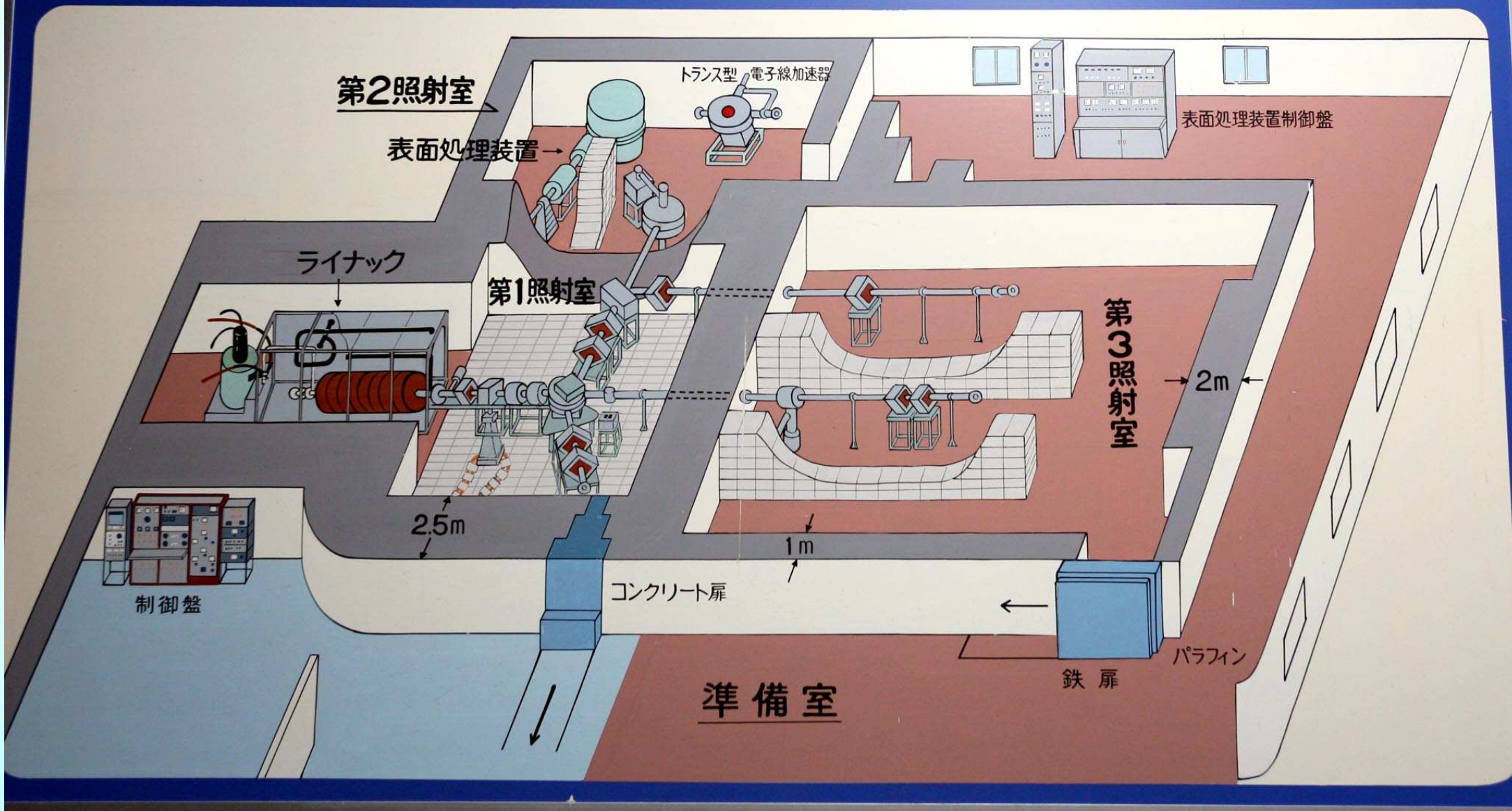
円筒状にペンシル線源を配置することで均一な照射が可能



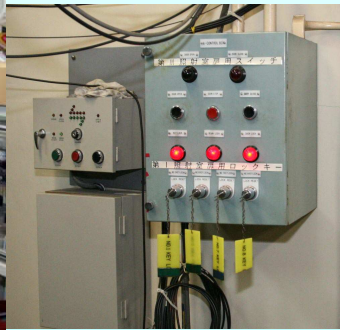
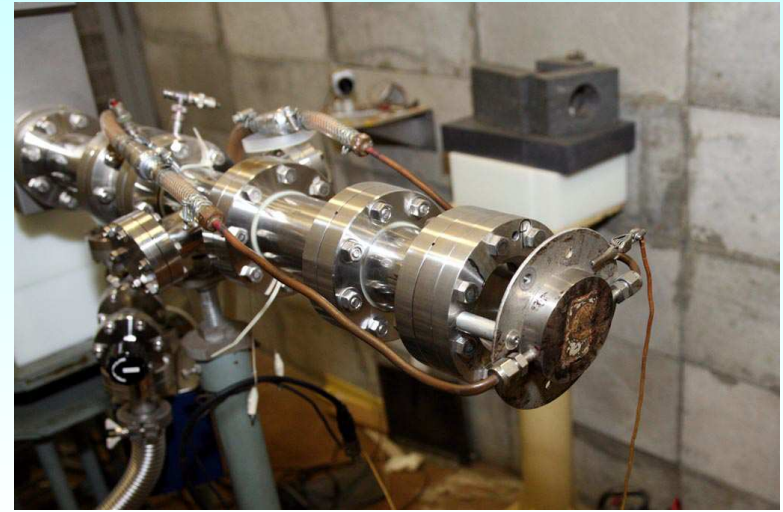
線源強度、線量率は公開情報を基に 2016/4/1 時点の値に補正している。
ただし、JAEA高崎の線量率は放射線利用振興協会のサイトを参照し、減衰補正していない。

放射線研究センターの電子線加速器

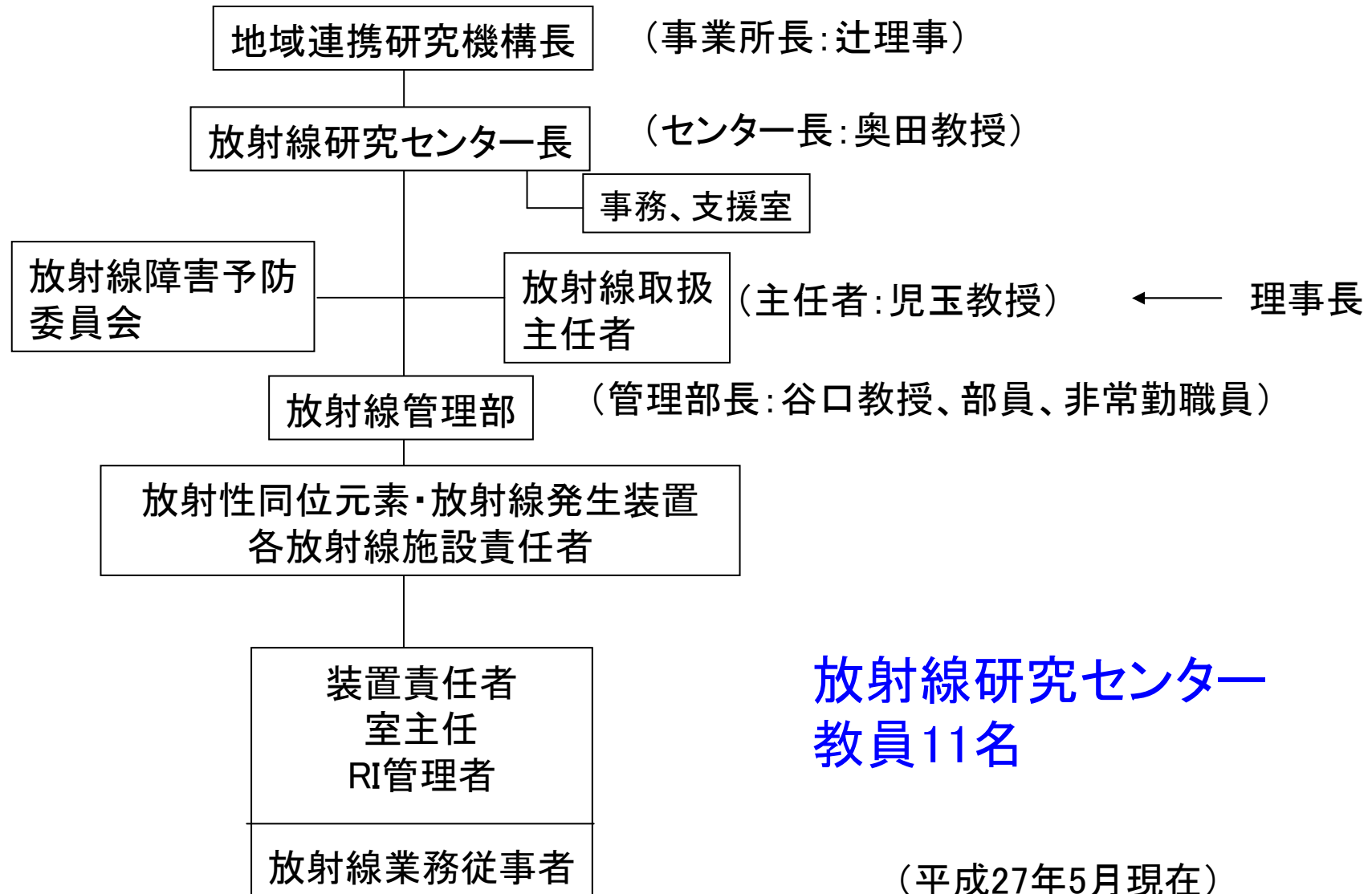
ライナック及び表面処理装置 照射室



放射線研究センターの電子線加速器



放射線安全管理組織と体制



放射線研究センター
教員11名

(平成27年5月現在)

地域連携研究機構の放射線障害予防規程より

教育及び訓練

第21条 センター長は管理区域に立ち入る者及び取扱等業務に従事する者に対し、本予防規程の周知等を図るほか、放射線障害の発生を防止するために必要な教育及び訓練を実施しなければならない。

2 前項の規定による教育及び訓練は次の各号の定めるところによる。

(1) 実施時期は次のとおりとする。

イ 初めて管理区域に立ち入る前及び取扱等業務に従事する前

ロ 管理区域に立ち入った後又は取扱等業務の開始後にあつては1年を超えない期間ごと

(2) 前号イについては次に掲げる項目及び時間数を又ロについては次に掲げる項目について実施すること。

イ 放射線の人体に与える影響 30分間以上

ロ 放射性同位元素の安全取扱 4時間以上

ハ 放射線障害防止に関する法令 1時間以上

ニ 放射線障害予防規程 30分間以上

ホ その他放射線障害防止に関して必要な事項

予防規定の遵守

- 前条の規定により指定された業務従事者は、本規程に定める事項を遵守して放射線業務を行わなければならない。
- センター長は管理区域に立ち入る者及び取扱等業務に従事する者に対し、本予防規程の周知等を図るほか、放射線障害の発生を防止するために必要な教育及び訓練を実施しなければならない。

実験を行う為には

各施設で定められた規則・手順を守る

各施設の担当者の指示に従う(わからない点は質問する)

周りの作業状況に注意を払う

	密封放射線同位元素 ・放射線発生装置	非密封放射性同位元素
取り扱う者	訓練を受けた専門の運転者であることが多い	実験者自身を取り扱うことが多い
誤って被ばくした場合の線量	短時間でも大線量被ばくになる場合がある	短時間では大線量被ばくになる場合は少ない

線源棟の入退室法

管理棟管理区域内に入るときは線源棟入棟簿に必要事項を記入すること。

線源棟管理区域内に入室する場合、管理区域入り口で、管理区域内**専用スリッパ**に履き替えること。

線源棟管理区域内での行動は加速器担当者およびコバルト照射担当者の指示に従うこと。

管理区域内での**飲食および喫煙は禁じられている。**

管理区域内から退出する場合、線源棟入棟簿に退出時間を記帳すること。

線源棟への入退室



注意事項

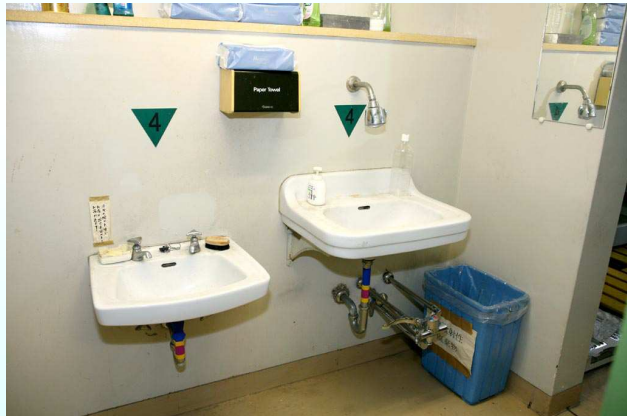
1. 入棟者名簿に必要事項を記入すること
2. 入口で所定のはきものにはきかえること
3. 照射室に立ち入る場合は室主任又は運転者の指示に従うこと
4. 照射室に立ち入る者はインターロックのセーフティキーとサーベイメーターを携帯すること
5. RI及び核燃料物質を取り扱うときは定められた手続、取扱い方法によること
6. 施設内に立ち入る者は、放射線業務従事者の指示に従うこと
7. 施設内の物品、装置等に許可なくみだりに触れないこと
8. その他詳細については「使用心得」に従うこと



- ・鉛筆などで記入せず、ボールペンなどの消えない筆記具で記入すること。
- ・氏名は、フルネームで記入すること
- ・所属はどこの誰だか分かるように記入する



トレーサー棟への入退室



使用・保管・廃棄記録簿

貯蔵庫から RI を出し、使用又は減衰により数量が変化し、廃棄物として保管廃棄した量がどうなったのかという、RI の流れが分かるように、使用することにより記録を行う。

様式第6号の2

RI使用・保管・廃棄記録簿

主任者	管理部長	施設責任者

RI登録番号		核種	
保管者名		化学状態	
保管場所		物理状態	
保管方法	冷凍・冷蔵・室温	使用の目的	

使用・保管・廃棄記録							
年 月 日	保管量 (MBq)	使用量または減衰量 (MBq)	使用場所	使用者	保管廃棄		備考
					性状	数量	
							(保管開始日)
					難燃物		
					不燃物		
					可燃物		
					無機液体		
					有機液体		
					難燃物		
					不燃物		
					可燃物		
					無機液体		
					有機液体		
					難燃物		
					不燃物		
					可燃物		
					無機液体		
					有機液体		
					難燃物		

緊急時の対応

線源棟には、様々な種類の警報装置が設置されている。それらが警報を発している場合は、すみやかに避難し、もよりの職員に連絡してください。

注) 本当に重大な事故の場合は、これらの警報装置が一斉に作動する。この場合は、とにかく逃げること！