

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

国立大学法人 大阪大学
放射線科学基盤機構
鈴木智和

従事者が最低限行うこと

平成30年
4月1日改正

- **教育訓練**（規則第21条の2、平成3年科学技術庁告示第10号）
 - 放射線の人体に与える影響（立ち入り前：30分以上）
 - 放射性同位元素等又は放射線発生装置の安全取扱い（立ち入り前：1時間以上）
 - 放射線障害の防止に関する法令及び放射線障害予防規程（立ち入り前：30分以上）
 - 上記時間数は使用の目的及び方法が限定的な放射性同位元素装備機器又は放射線発生装置を1台しか使用していない許可届出使用者を念頭に置いて各項目の最低時間数として定めている。
 - 使用する放射性同位元素や放射線発生装置の種類並びにこれらの使用等の実態に応じて適切な時間数を各施設の放射線障害予防規定で定めることが要求されている(平成29年12月13日原規発第17121320号)。
 - 上記にかかわらず、同項第四号又は第五号に掲げる項目又は事項の全部又は一部に関し十分な知識及び技能を有していると認められる者に対しては、当該項目又は事項についての教育及び訓練を省略することができる。
- **健康診断**（規則第22条）
 - 健康診断の方法は、問診及び検査又は検診とする。
 - 問診は、次の事項について行うこと。
 - (イ)放射線（一メガ電子ボルト未満のエネルギーを有する電子線及びエックス線を含む。次の口及び第二十三条第一号において同じ。）の被ばく歴の有無
 - (ロ)被ばく歴を有する者については、作業の場所、内容、期間、線量、放射線障害の有無その他放射線による被ばくの状況
 - 検査又は検診は、次の部位及び項目について行うこと。ただし、イからハまでの部位又は項目（第一号に係る健康診断(注：立ち入り前のこと)にあつては、イ及び口の部位又は項目を除く。）については、医師が必要と認める場合に限る。
 - (イ)末しょう血液中の血色素量又はヘマトクリット値、赤血球数、白血球数及び白血球百分率
 - (ロ)皮膚
 - (ハ)眼
- **被曝の測定**（規則第20条第2項）
 - 外部被曝（ガラスバッジ、ルミネスバッジ、ポケット線量計などで測定する）
 - 内部被曝（非密封RIの使用量から計算されるか、作業環境測定での測定値から計算されることが多い）



基本的な考え方

放射性同位元素等の規制に関する法律

(注)平成29年4月14日公布、「原子炉利用における安全対策の強化のための核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律等の一部を改正する法律(平成29年法律第15号)」により「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」から名称変更

第1条 [目的] この法律は、原子力基本法（昭和30年法律第186号）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つて汚染された物（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。

放射性同位元素

放射線を放出する同位元素及びその化合物並びにこれらの含有物（機器に装備されているこれらのものを含む。）で、放射線を放出する同位元素の数量及び濃度がその種類ごとに原子力規制委員会が定める数量（以下「下限数量」という。）及び濃度を超えるものただし、以下の物を除く。

- (1) 核燃料物質及び核原料物質
- (2) 医薬品

(令第1条)

特定放射性同位元素

放射性同位元素であつて、その放射線が発散された場合において人の健康に重大な影響を及ぼすおそれがある物として核種ごとに定められた数量を超えるもの

(法第2条第3号)



放射線障害予防規程とは？

法第21条【予防規程】

許可届出使用者、届出販売業者（表示付認証機器等のみを販売する者を除く。以下この条において同じ。）、届出賃貸業者（表示付認証機器等のみを賃貸する者を除く。以下この条において同じ。）及び許可廃棄業者は、放射線障害を防止するため、原子力規制委員会規則で定めるところにより、放射性同位元素若しくは放射線発生装置の使用、放射性同位元素の販売若しくは賃貸の業又は放射性同位元素若しくは放射性汚染物の廃棄の業を開始する前に、放射線障害予防規程を作成し、原子力規制委員会に届け出なければならない。

2 原子力規制委員会は、放射線障害を防止するために必要があると認めるときは、許可届出使用者、届出販売業者、届出賃貸業者又は許可廃棄業者に対し、放射線障害予防規程の変更を命ずることができる。

3 許可届出使用者、届出販売業者、届出賃貸業者及び許可廃棄業者は、放射線障害予防規程を変更したときは、変更の日から30日以内に、原子力規制委員会に届け出なければならない。

第36条【放射線取扱主任者の義務等】

放射線取扱主任者は、誠実にその職務を遂行しなければならない。

2 使用施設、廃棄物詰替施設、貯蔵施設、廃棄物貯蔵施設又は廃棄施設に立ち入る者は、放射線取扱主任者がこの法律若しくはこの法律に基づく命令又は放射線障害予防規程の実施を確保するためにする指示に従わなければならない。

3 前項に定めるもののほか、許可届出使用者、届出販売業者、届出賃貸業者及び許可廃棄業者は、放射線障害の防止に関し、放射線取扱主任者の意見を尊重しなければならない。

放射線障害予防規程は法律と同じレベルで守らなければならない
(普通の内規ではない)

放射線障害予防規程に定められていること

規則第21条【放射線障害予防規程】 第1項

法第21条第1項の規定による放射線障害予防規程は、次の事項について定めるものとする。

- 1 放射性同位元素等又は放射線発生装置の取扱いに従事する者に関する職務及び組織に関すること。
- 1の2 放射線取扱主任者その他の放射性同位元素等又は放射線発生装置の取扱いの安全管理に従事する者に関する職務及び組織に関すること。
- 1の3 放射線取扱主任者の代理者の選任に関すること。
- 1の4 放射線施設の維持及び管理（第22条の3第1項の規定により管理区域でないものとみなされる区域に立ち入る者の立入りの管理を含む。）に関すること。
- 1の5 放射線施設（届出使用者が密封された放射性同位元素の使用をし、又は密封された放射性同位元素若しくは放射性同位元素によつて汚染された物の廃棄をする場合にあつては、管理区域）の点検に関すること。
- 2 放射性同位元素又は放射線発生装置の使用に関すること（第15条第2項の規定する場合における密封されていない放射性同位元素の数量の確認の方法に関することを含む。）。
- 3 放射性同位元素等の受入れ、払出し、保管、運搬又は廃棄に関すること（届出賃貸業者にあつては、放射性同位元素を賃貸した許可届出使用者により適切な保管が行われなかつたときの措置を含む。）。
- 4 放射線の量及び放射性同位元素による汚染の状況の測定並びにその測定の結果についての第20条第4項各号に掲げる措置に関すること。
- 5 放射線障害を防止するために必要な教育及び訓練に関すること。
- 6 健康診断に関すること。
- 7 放射線障害を受けた者又は受けたおそれのある者に対する保健上必要な措置に関すること。
- 8 法第25条に規定する記帳及び保存に関すること。
- 9 地震、火災その他の災害が起こつたときの措置（次号の措置を除く。）に関すること。
- 10 危険時の措置に関すること。
- 11 放射線管理の状況の報告に関すること。
- 12 廃棄物埋設地に埋設した埋設廃棄物に含まれる放射能の減衰に応じて放射線障害の防止のために講ずる措置に関すること（廃棄物埋設を行う場合に限る。）。
- 13 その他放射線障害の防止に関し必要な事項

法令改正により平成31年8月30日までに「平成29年12月13日文書番号原規放発第17121320号原子力規制委員会決定「放射線障害予防規程に定めるべき事項に関するガイド」」に準拠した新しい予防規程を作成することが要求されている



(参考) 予防規程に定めるべき事項

0-1) 予防規程に記載する放射性同位元素等及び放射線発生装置の管理方法は、使用者等における放射性同位元素等の利用形態に応じた管理方法を具体的に規定すること。

0-2) 予防規程は、工場若しくは事業所、届出販売業者若しくは届出賃貸業者又は廃棄事業所(以下「事業所等」という。)ごとに作成すること。

0-3) 予防規程に定める事項のうち、具体的な手順や方法、連絡先等を下部規程に委任する場合には、下部規程の名称を記載すること。

0-4) 各号に規定する事項の実施に際し、複数の者の承認を必要とする場合には、決定権者又は最終承認者を規定すること。なお、放射線取扱主任者(以下「主任者」という。)の承認等を受ける場合は、その旨も規定すること。

0-5) 予防規程は、必ずしも各号ごとに規定する必要はなく、複数の号で要求されている事項をまとめて規定した方が整理しやすい場合は統合しても良いこととする。

0-6) 予防規程に記載する各々の業務の「責任者」は、例えば、各々の業務の担当部署の長等の権限及び責任を付与された者を規定すること。

4-1) 使用に関する責任者を規定すること。

4-2) 放射性同位元素又は放射線発生装置の使用に関し、規則第15条第1項を踏まえ、許可届出使用者の実態に応じた、具体的な使用の方法を規定すること。

「放射線障害予防規程に定めるべき事項に関するガイドライン」による

責任体制、使用手続き手順を明確にした予防規程を平成31年8月31日までに作成することが求められる



事業者責任の明確化

放射性同位元素等の規制に関する法律

第38条の4 **許可届出使用者**（表示付認証機器使用者を含む。）、届出販売業者、届出賃貸業者及び許可廃棄業者は、この法律の規定に基づき、原子力の研究、開発及び利用における安全に関する最新の知見を踏まえつつ、放射線障害の防止及び特定放射性同位元素の防護に関し、業務の改善、教育訓練の充実その他の必要な措置を講ずる責務を有する。

事業者責務の明確化

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」とされており、原子炉等規制法と同様に、事業者の責務として、事業者が規制要求を満足させるために最新の知見を踏まえることや事業者の実態に即して安全性を向上させることを法律上に位置づけ

安全レベルが放射線取扱主任者の力量に左右されないように、組織として対応することが求められる→予防規程に責任者、手順等を書き込む



放射線取扱主任者の職務

(放射線取扱主任者)

第34条 許可届出使用者、届出販売業者、届出貨貸業者及び許可廃棄業者は、放射線障害の防止について監督を行わせるため、次の各号に掲げる区分に従い、当該各号に定める者のうちから、放射線取扱主任者を選任しなければならない。(以下略)

(放射線取扱主任者の義務等)

第36条 放射線取扱主任者は、誠実にその職務を遂行しなければならない。

2. 使用施設、廃棄物詰替施設、貯蔵施設、廃棄物貯蔵施設又は廃棄施設に立ち入る者は、放射線取扱主任者がこの法律若しくはこの法律に基づく命令又は放射線障害予防規程の実施を確保するためにする指示に従わなければならない。
3. 前項に定めるもののほか、許可届出使用者、届出販売業者、届出貨貸業者及び許可廃棄業者は、放射線障害の防止に関し、放射線取扱主任者の意見を尊重しなければならない。



放射線発生装置とは

・・・一般的に**加速器**と呼ばれている。

法令では以下のように定められている。

令第二条【放射線発生装置】法第2条第4項に規定する政令で定める放射線発生装置は、次に掲げる装置（その表面から10センチメートル離れた位置における最大線量当量率が**原子力規制委員会が定める線量当量率以下**であるものを除く。）とする。

1. サイクロトロン
2. シンクロトロン
3. シンクロサイクロトロン
4. 直線加速装置
5. ベータトロン
6. ファン・デ・グラーフ型加速装置
7. コッククロフト・ワルトン型加速装置
8. その他荷電粒子を加速することにより放射線を発生させる装置で、放射線障害の防止のため必要と認めて原子力規制委員会が指定するもの

1cm線量等量率について
600nSv/h以下のものを除く
(数量告示第2条)

荷電粒子を加速することにより放射線を発生させる装置として指定する件

(昭和39年4月9日科学技術庁告示第4号) 最終改正 平成元年4月17日 科学技術庁告示第3号

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施行令(昭和35年政令第259号)第2条第8号の規定に基づき、荷電粒子を加速することにより放射線を発生させる装置として次のものを指定する。

変圧器型加速装置、**マイクロトロン**及び**プラズマ発生装置**(重水素とトリチウムとの核反応における臨界プラズマ条件を達成する能力をもつ装置であって、専ら重水素と重水素との核反応を行うものに限る。)



放射線発生装置使用施設の安全の特徴

- 一般的にビーム発生中に使用室への立ち入りができない
- エネルギーの高い粒子が加速された場合、核反応により放射化する。
- 放射化物を加工しない限り表面汚染は発生しない。



- ビーム発生時に実験室に取り残されないこと
- 放射化物を管理区域外に持ち出さないこと
- ビーム照射直後に実験室に立ち入るときはどこが放射化しているかをサーベイすること

非密封RIも使用する施設では、それによる汚染も想定されるので管理区域入退域は非密封RIの場合に準ずる

非公開スライド

事故・トラブルに関するスライドは非公開とします。学術的な利用をされ、スライドを希望される方はご連絡ください。

加速器と加速原理

加速器発明前の核反応実験

- ラザフォードによる人類初の原子核の人工変換(1919)

- 天然ラジウムからのアルファ線を利用



- チャドウィックによる中性子の発見(1932)

- ポロニウムからのアルファ線を利用

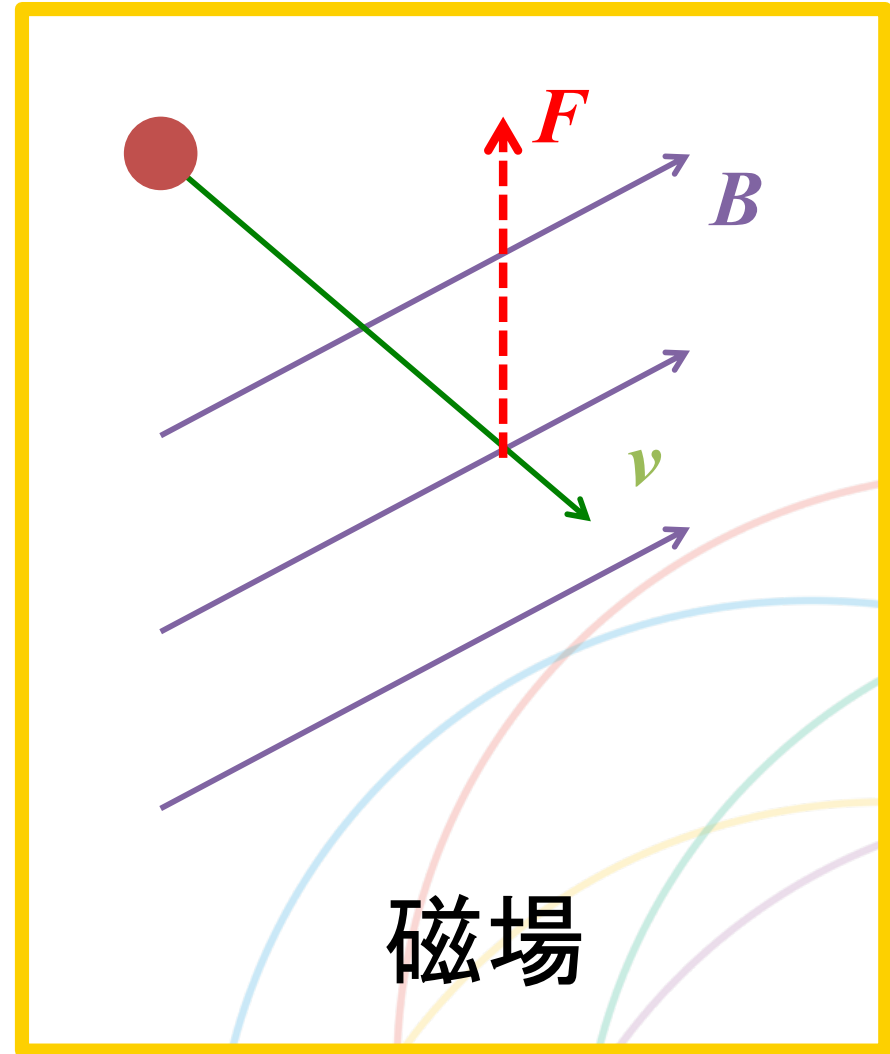
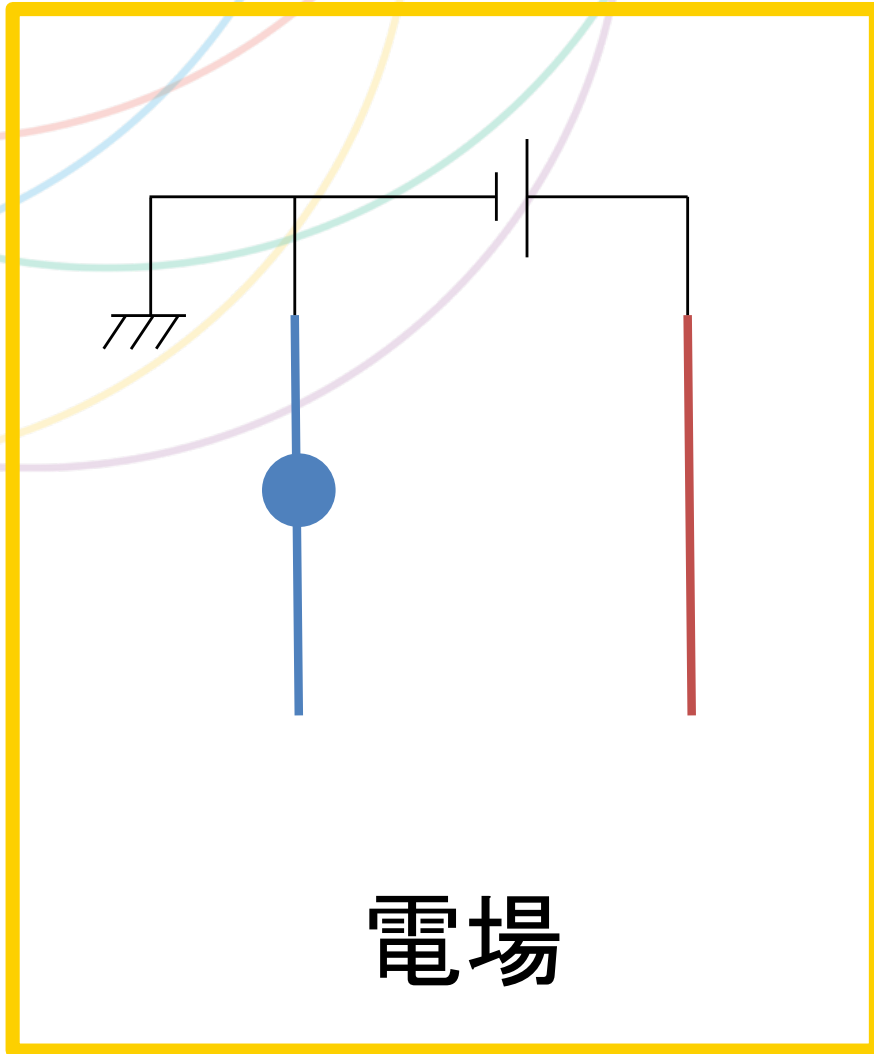


この反応は現代でも ^{241}Am などを利用して中性子源として使われる($^{241}\text{Am-Be}$)。

線源を用いた実験の欠点

- ビームエネルギーが決まっている
- 高いエネルギーのビームを作れない
- ビームの種類が限られる

電場中、磁場中の荷電粒子





大阪大学
OSAKA UNIVERSITY

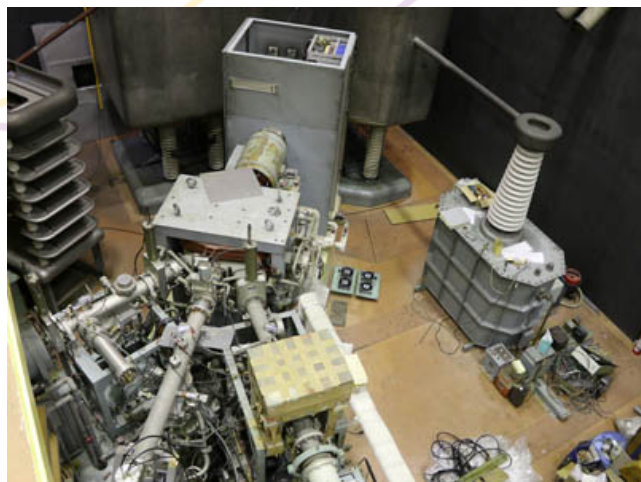


OPEN 2021

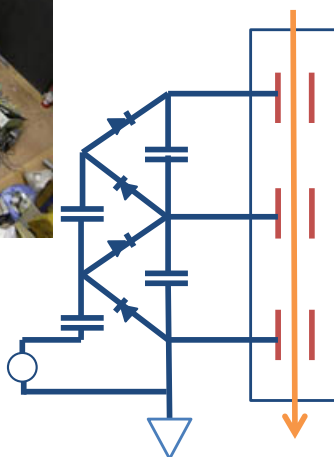
静電場のみを利用した加速器

コッククロフト・ウォルトン加速器

- 直流高圧回路を利用
- 加速電圧は1 MV程度
- 大電流を得られる

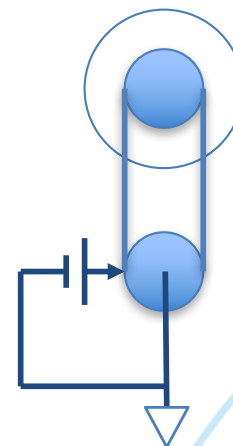


阪大・工 オクタビアン



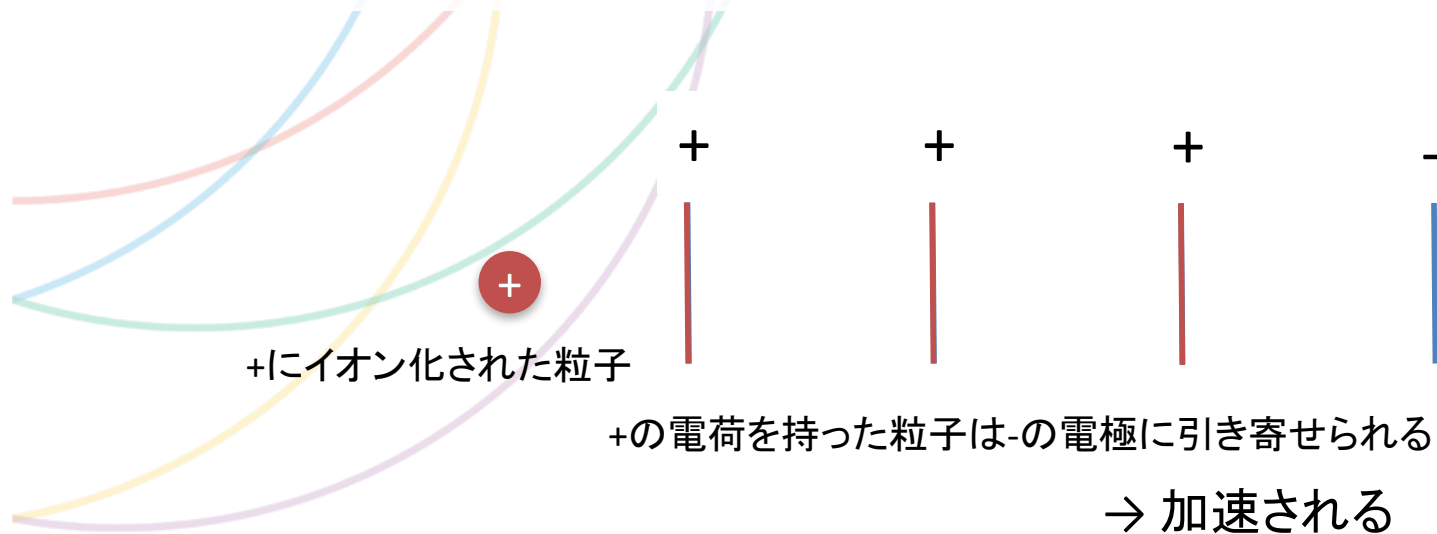
バンデグラフ型加速器・タンデム

- ベルトで電荷を運ぶことで高電圧を得る
- 現在ではVDGを2台組み合わせたタンデムが主流
- タンデムでは15MV程度の物もある



阪大・理 4.8MV VDG

直線加速器



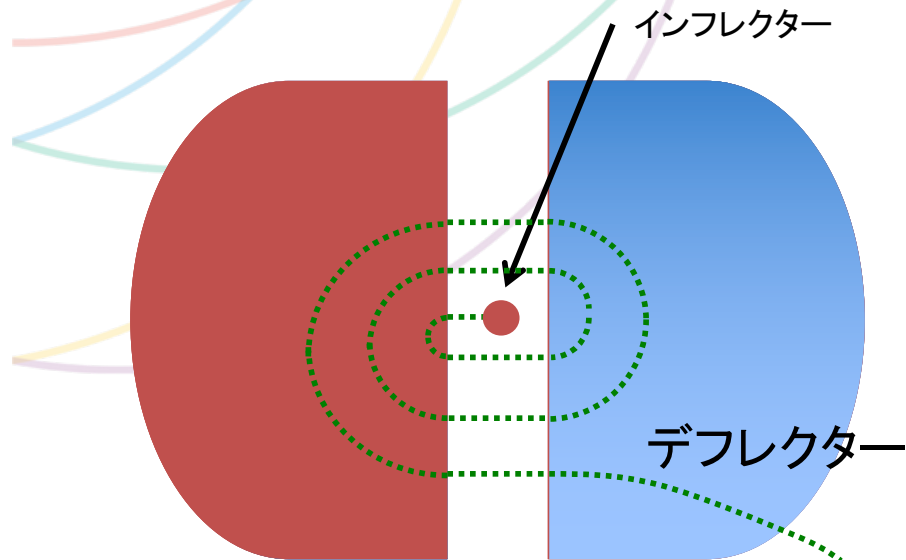
電極を直前状に並べた加速器 … 直線加速器 (Linac)

欠点: 加速エネルギーを高くしようとすると長くなる
小型化 → 円形加速器
(例) サイクロトロン、シンクロトロン



東北大学電子光物理学研究センター
電子線形加速器

サイクロトロンでの粒子の加速



一様磁場 H 中を円運動する粒子

$$\omega = \frac{He}{Mc} = \text{const.} \quad \text{サイクロトロンの等時性の原理}$$

陽子で 20 MeV を超えると相対論の効果で等時性原理が成り立たなくなる

$$\omega = \frac{Hec}{Mc^2} = \frac{Hec}{M_0c^2 + E}$$

等時性を成り立たせるために外側の磁場を強くする

→ AVF (azimuthally varying field) サイクロトロン

研究用大型サイクロトロン



大阪大学
OSAKA UNIVERSITY



OPEN 2021

阪大・リングサイクロトロン



2018/5/10



東北大・930型サイクロトロン



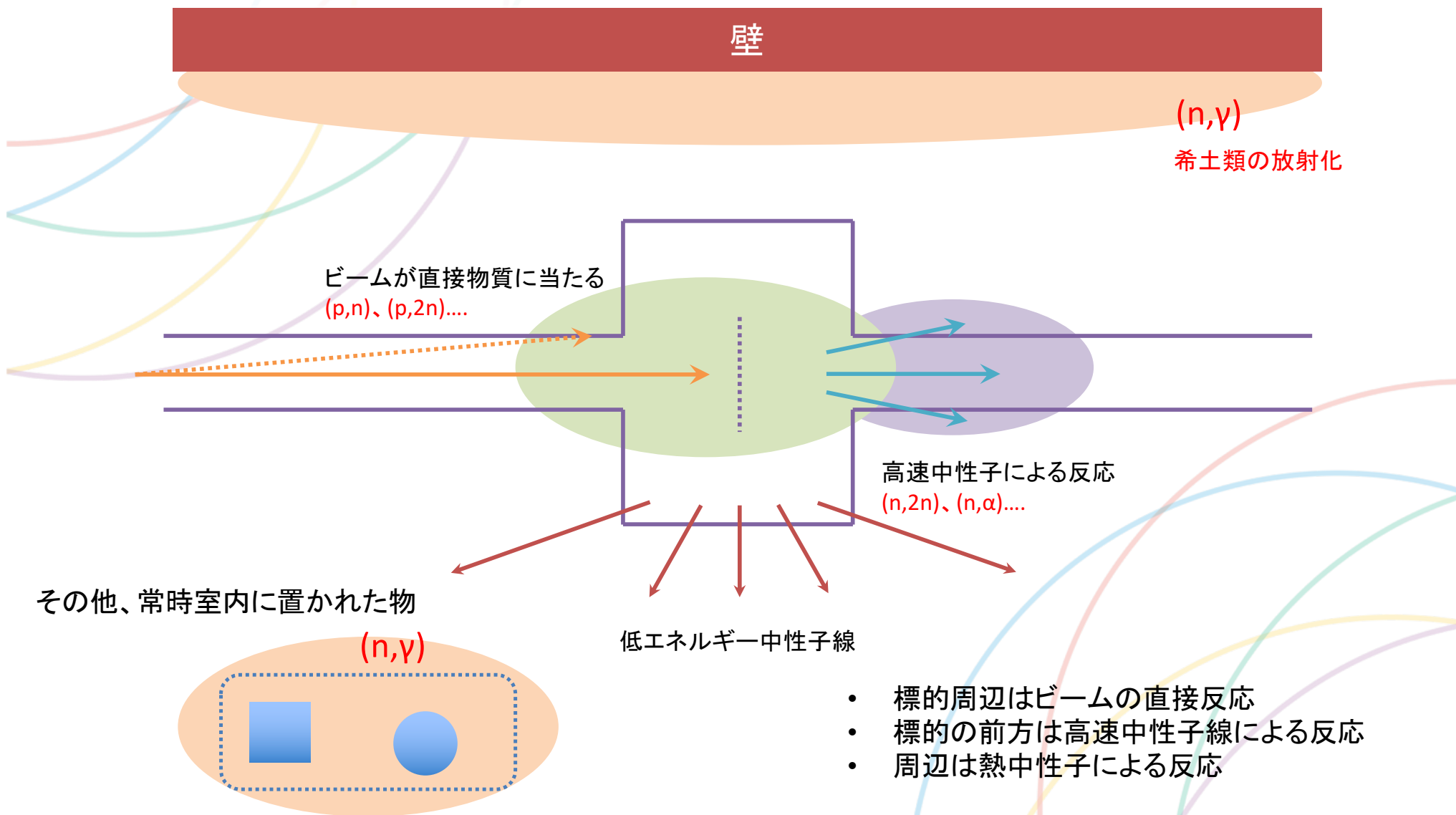
大阪大学
OSAKA UNIVERSITY



OPEN 2021

放射線発生装置と放射化物

加速器による放射化



規制される放射化物

- 法令上の用語の定義
 - 放射性同位元素等・・・放射性同位元素又は放射性汚染物（規則第1条第3号）
 - 放射性汚染物・・・放射性同位元素若しくは放射線発生装置から発生した放射線により生じた放射線を放出する同位元素によって汚染された物（規則第1条第2号）
 - 放射化物・・・放射線発生装置から発生した放射線により生じた放射線を放出する同位元素によって汚染された物（規則第14条の7第1項第7号の2）
- 放射化物の範囲（平成24年3月事務連絡 文部科学省科学技術・学術政策局原子力安全課放射線規制室）
 - 放射化物については放射線発生装置から取り外した地点からその管理が必要
 - 上記②～⑥以外の放射線発生装置及びその周辺設備等については、原則として放射化物とする。ただし信頼できる実測データ、計算結果等により放射化物として取り扱う必要がないことが確認できた物については放射化物としないことができる。
 - 放射化物として取り扱うか否かの判断は、放射性汚染物の確認制度の導入によって伴って告示として規定した放射能濃度及びその設定の考え方が参考となる。
 - 放射能濃度の基準・・・放射性汚染物の確認制度に係わる放射能濃度に基準は、数量告示第27条に定める放射能濃度とする。なお、この放射能濃度の基準は、放射性汚染物の確認制度の適用後の再利用適正処分の経路を想定して年間10マイクロシーベルトをベースに設定したものである。（年間10マイクロシーベルト=0.001 μ Sv/h）
- クリアランス制度
 - きわめて低レベルの放射性廃棄物については障害防止法の規制から免除し、産廃として処分できるようにする
 - 登録濃度確認機関による濃度確認対象物に含まれる放射性同位元素の濃度の測定及び評価が申請通りの方法で行われ、クリアランスレベルを超えていないことを認定が必要（手数料20トンまで515,900+1,430,100円）
 - 一度放射化物になると、クリアランスされるまで放射化物

「放射化物」と「放射化していない物」

- 「放射線発生装置から発生した放射線により生じた放射線を放出する同位元素によって**汚染された物**」は放射化物
 - 放射線発生装置から**取り外した地点**からその管理が必要
 - 放射線発生装置及びその周辺設備等については、**原則として放射化物**
 - 放射化物として取り扱う必要がないことが確認できた物については**放射化物としないことができる**
- 放射化物は**放射性汚染物**の一種（閾値がない）
 - クリアランス制度の濃度基準は、放射化物であるかどうかを判断するための閾値ではない
 - **検出されたら放射化物**
- 放射化していれば記帳管理していなくても放射化物
- 一度放射化物になった物は**クリアランスしない限り放射化物**
- 測定で「放射化していない」事を示すためには、**クリアランスの濃度基準を十分下回る検出感度が必要**



放射化によって生成される核種

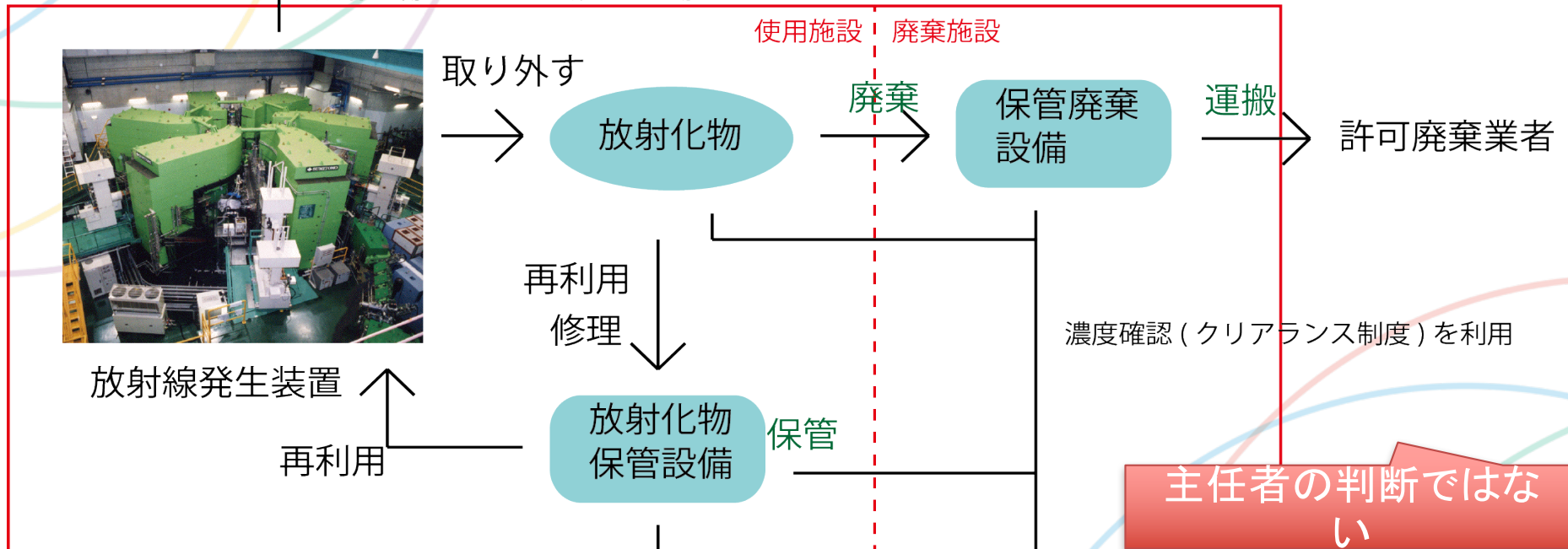
- 半減期が特に短い核種は考えない（特殊な場合を除く）
- 半減期が長い核種を管理する。結果的に不純物起因の核種の場合も多い。
 - 材質が鉄、銅、SUSの場合
 - Co-60(5.3y)、Co-56(77d)、Mn-54(312d)、Ti-44(59y)、Zn-65(244d)など
 - 材質がアルミニウムの場合
 - Na-22(2.6y)
- 熱中性子の吸収反応断面積が特に大きい核種に対しては、微量元素が放射化することがある。
 - Eu-152(13y) コンクリートなど
 - Ar-41(1.8h) 空気（作業者が吸うので、この程度の半減期でも管理が必要）
- アルミニウムでは主たる核種が測定時期によって変わってくる。
 - Na-24(15h) → Na-22 (2.6y) → Co-60 (5.3y)
- コンクリート(Co濃度10ppm)では、 10^{13} 個程度の中性子が照射されるとクリアランスレベルを超えるCo-60が生成される。(KEK梶本氏の研究による)

放射化物の流れ

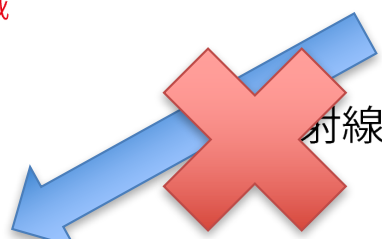
一般物として修理・廃棄

測定 ↑ 数量告示で定められた放射能濃度基準により放射化物でないと判断された場合

注:放射能濃度基準(クリアランスレベル)は放射化物か否かを判断する基準値ではない。放射化していないことを示すためには、クリアランスレベルを十分下回る検出限界値を保証した検出器を用いて、検出限界以下であることが必要。



放射線管理区域



放射化物としての輸出は不可

2018/5/10

譲渡された施設に放射化物保管設備がない場合、速やかに放射線発生装置に組み込む(相手方の責任)

平成30年度 神戸大学 放射線・RI講習会

放射化物の加工

- 敷物、受け皿その他の器具を用いることにより、放射線を放出する同位元素による汚染の広がりを防止すること。
 - 通常、放射線発生装置使用施設は汚染のリスクを想定しておらず、定期的な汚染検査は行われ~~ない~~。簡易ビニルハウスのようなものの中で作業を行う。
 - 放射化物の加工は放射線業務従事に当たる可能性がある。作業内容に応じては一時立入者としての作業は認められない。放射線発生装置自体の加工も放射化物の加工に準じる
 - 内部被ばくに注意（一時立入者の内部被ばくは法令報告対象）
- 作業終了後、当概作業により生じた汚染を除去すること。
 - 汚染除去が終了していることを放射線測定器により確認する必要がある。
 - 表面汚染の測定方法
 - 記帳義務はないが、記録が必要
 - 作業者は管理区域から出るときに、汚染検査を行う

RCNP予防規程第13条第3項第5号

退出する時は、汚染検査室において身体、衣服及び履物等の汚染の有無を調べ、汚染のあるときは、除染を行い、もし除染が出来ない場合は主任者の指示に従うこと。

表面汚染と放射化

表面汚染密度限度とクリアランスレベル

- 表面汚染密度限度(規則第1条第13項)
 - 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
 - アルファ線を放出する放射性同位元素:4Bq/cm²;アルファ線を放出しない放射性同位元素:40Bq/cm²(数量告示第8条、別表第4)
 - 放射性汚染物で、その表面の放射性同位元素の密度が表面汚染密度限度の1/10を超える物は**管理区域から持ち出してはいけない**(規則第15条第10項、数量告示第16条)
- 放射能濃度についての確認(クリアランス制度)
 - 放射能の影響が無視できるような極めて低い放射性汚染物について、その濃度が原子力規制委員会が定めた基準を超えないことを登録濃度確認機関により確認できた物を**障害防止法の規制から外すことができる**(法第33条の2)
 - 核種ごと、RIによって汚染されたか、放射線発生装置によって汚染されたかの違いにより定められている(数量告示第27条、別表第7)

表面汚染密度限度を超えない汚染物は、管理区域外を経由して他の管理区域へ運ぶことが可能。一般物にするためにはクリアランス制度を適用しなければならない。

表面汚染と放射化

表面線量(率)

表面汚染

拭き取り検査可能

放射化

拭き取り検査不可能

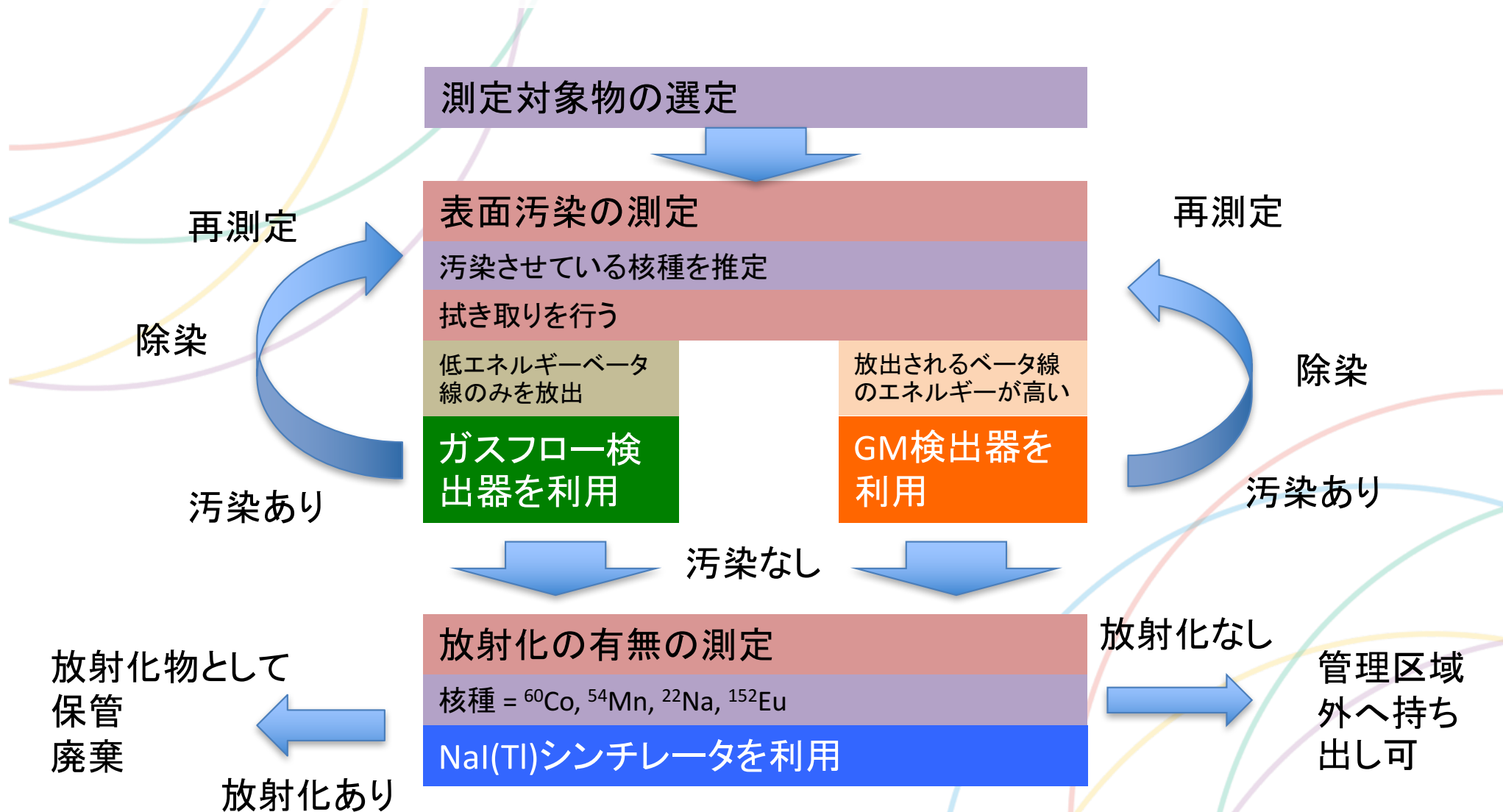
実験で使った機器



- 表面汚染は主に非密封RIの使用に伴う
 - 拭き取り検査可能
 - ベータ線が多い
 - 核種によっては低エネルギーベータ線のみを放出
 - サーベイメータでは放射化も同時に測定してしまう(表面線量率)
- 放射化は主に加速器の使用に伴う
 - 拭き取り検査不可能
 - ベータ線が少ない
 - ガンマ線を測定



表面汚染と放射化の測定手順





危険予知と汚染検査・放射化検査

- 放射線発生装置使用室に持ち込んでいないものは放射化しない
- ビーム照射中に放射線発生装置使用室に持ち込んでいないものは放射化しない
 - 放射化検査は不要
 - 放射化物を含んだオイルなどで床が汚染していると、床に置いたものが表面汚染する可能性がある
 - 汚染検査が必要
- ビーム使用中に放射線発生装置使用室内に持ち込んだもの、その履歴が不明なもの、実験室に持ち込んでいないことに対して確実性がないものは放射化している可能性がある。
 - 放射化の検査が必要
- 非密封RIのみの実験のために持ち込んだもの
 - 放射化の検査は不要
- 上記の判断が困難な場合
 - 放射化の検査、汚染検査の両方を行う。

インターロックと自動表示灯

インターロック

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施行規則

第14条の7 [使用の基準]法第六条第一号の規定による使用施設の位置、構造及び設備の技術上の基準は、次のとおりとする。

(1)~(5) 省略

(6) 原子力規制委員会が定める数量以上の密封された放射性同位元素又は放射線発生装置の使用をする室の出入口で人が通常出入りするものには、放射性同位元素又は放射線発生装置の使用をする場合にその旨を自動的に表示する装置を設けること。

(7) 原子力規制委員会が定める数量以上の密封された放射性同位元素又は放射線発生装置の使用をする室の出入口で人が通常出入りするものには、放射性同位元素又は放射線発生装置の使用をする場合にその室に人がみだりに入ることを防止するインターロックを設けること。

(7)の2~(9) 省略

- 放射線発生装置と400 TBq以上（数量告示第11条）の密封線源には自動表示装置が必要
- 放射線発生装置と100 TBq以上（数量告示第12条）の密封線源にはインターロックが必要

自動表示装置、インターロックは使用承認条件に含まれており、不完全な状態で放射性同位元素・放射線発生装置を使用する事はできない



インターロック・自動表示装置の例

リミットスイッチ

扉が完全に閉まっているかどうかを検知している。扉が少しでも開いているとビームを出せない。最近では電気錠を併用して、ビーム発生時には自動的に施錠する場合が多い。



安全キー・パーソナルキー

入室時に引き抜き、退室時に戻す。キーが全て返却されないとビームが出せないようになっている。実験室に入るときは1人1本ずつ抜く。



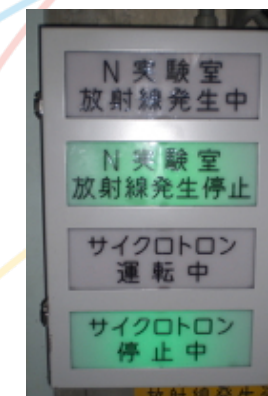
安全スイッチ

このスイッチを作動させるとビームを発生させることができない。



自動表示灯

室内にビームが出ていることを表示する。古い施設では蛍光灯の点灯式、新しい施設では電光板などが使われる。



入室時にはインターロックを故障や不十分な確認を想定して、可能な限り全て作動させる



大阪大学
OSAKA UNIVERSITY



OPEN 2021

非公開スライド

事故・トラブルに関するスライドは非公開とします。学術的な利用をされ、スライドを希望される方はご連絡ください。

放射線発生装置使用の承認例 (1)

種類	AVFサイクロトロン	リングサイクロトロン
台数	1台	1台
性能	陽子: $66 \text{ MeV} < E_p \leq 90 \text{ MeV}$ 3.0粒子 μA 重陽子: $E_d \leq 57 \text{ MeV}$ 6.0粒子 μA 重イオン: 35 MeV/核子 6.0粒子 μA 重陽子: $57 \text{ MeV} < E_p \leq 75 \text{ MeV}$ 3.0粒子 μA ヘリウム3: 170 MeV 6.0粒子 μA 陽子: $E_p \leq 66 \text{ MeV}$ 6.0粒子 μA α 粒子: 140 MeV 6.0粒子 μA	陽子: 440 MeV ヘリウム3: 560 MeV 重陽子: 220 MeV アルファ粒子: 440 MeV 重イオン: 110 MeV/核子 <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 10px;"> } ビーム電流 : 1.1粒子μA </div>
使用の目的	原子物理学の研究、及び加速ビームを用いた基礎科学の研究 放射性同位元素の製造及び販売を伴わない譲渡に係わる放射性同位元素の製造	原子物理学の研究、及び加速ビームを用いた基礎科学の研究 放射性同位元素の製造及び販売を伴わない譲渡に係わる放射性同位元素の製造
使用の方法	加速ビームの物質、又は生物学試料への照射(218 4時間/3ヶ月) リングサイクロトロンの入射器として使用	加速ビームの物質、又は生物学試料への照射(218 4時間/3ヶ月)
使用の場所	AVFサイクロトロン本体室、核分光学・エネルギー高分解能・核構造・核反応実験室 リングサイクロトロン本体室(ビーム輸送室を含む)、 西実験室、東実験室、中性子実験室	リングサイクロトロン本体室(ビーム輸送室を含む)、 西実験室、東実験室、中性子実験室

遮蔽計算: 放射線の発生点とビーム損失量

- ターゲットにあてられたビームは、ターゲットを貫通し、ターゲット後方にあるビームダンプでビームの全てを失う。
- ビームを失う箇所が放射線発生点となる
- 薄いターゲットを使用するときはターゲットで失われるビームは極めて少ない。
- それに加えて、ビーム引き出し用ディフレクターで0.03粒子 μA のビーム損失があるものとする
- 実験室内の空気の放射化の評価は、ビームダンプで発生した中性子により評価されている

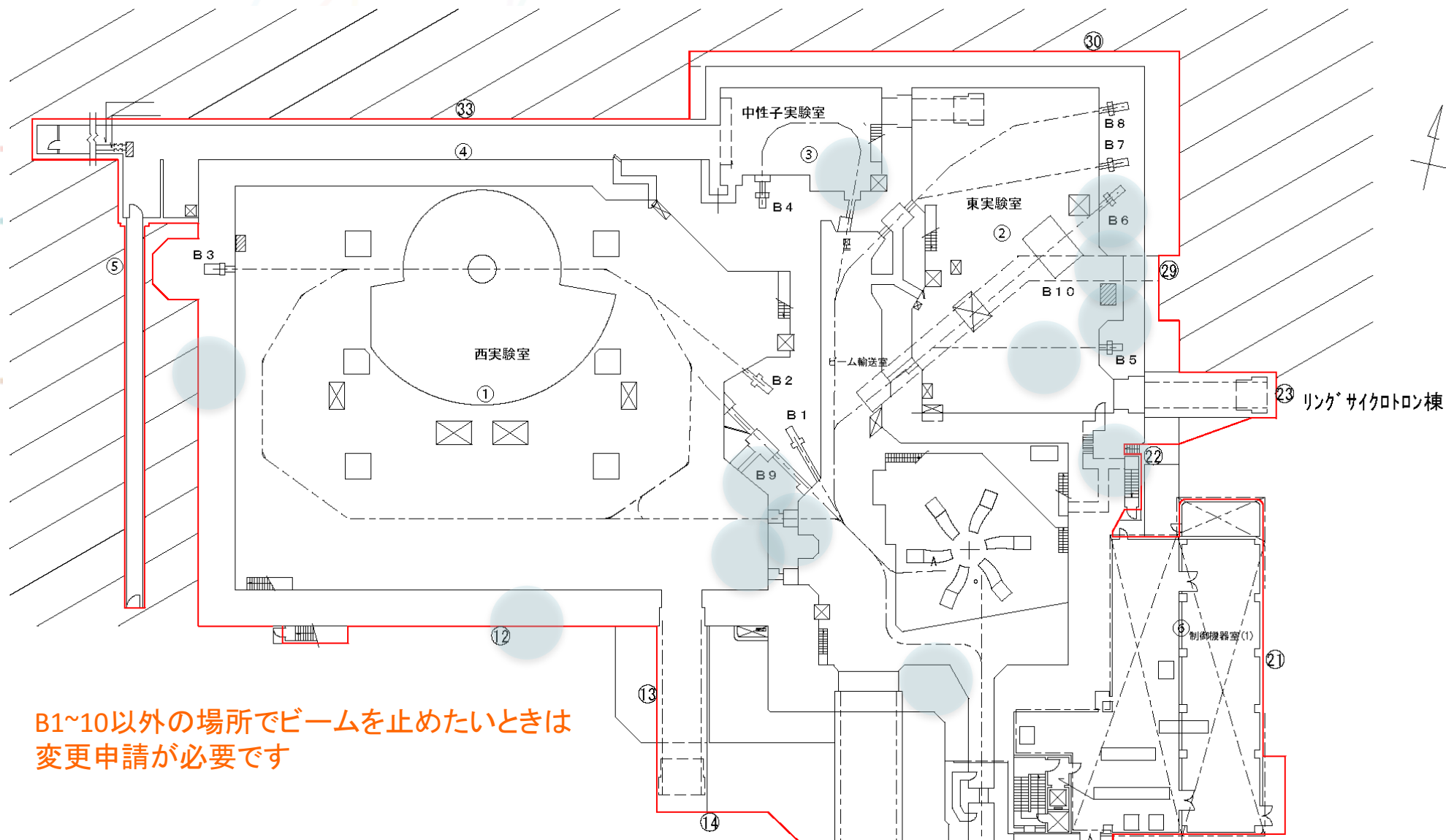
放射線発生装置使用の承認例(2)



大阪大学
OSAKA UNIVERSITY



OPEN 2021



B1~10以外の場所でビームを止めたいときは
変更申請が必要です



放射線発生装置使用上の安全・まとめ

実験中の実験室の入室時に注意

- インターロックを全て作動させる
- 放射化している場所を確認する。
- 放射化が強い場合はRI使用におけるコールドランに相当する練習を行う等、作業時間が短くなるような努力を行う
- ビームがでているときの入室は一般的には行われぬ。

管理区域からの持ち出し物に関する注意

- 放射化物はRI汚染物。下限数量は適用されない。
- ビームに直接接触しない物も放射化している可能性がある。
- 放射線発生装置のみの管理区域出口には汚染検査室が設置されていないが、作業内容に応じて汚染検査を行う。

放射化物の加工に関する注意

- 放射化物を加工する行為は、濃度の薄い非密封RIを使用しているのと同じ。汚染の拡大防止や内部被ばくの防止に努める必要がある。

使用の方法（使用承認）に関する注意

- 放射線発生装置の遮蔽計算には様々な仮定が含まれている。その仮定を著しく逸脱しない範囲で使用が可能である。