



3) 最大使用数量

最大使用数量を超えて使用できない

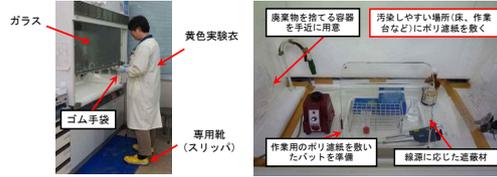
- ・法令で定められた項目：1日、3か月間、年間
- ・核種ごと(施設によっては群別)、作業室ごとに定められている。
- ・動物実験の最大使用数量は、動物実験以外よりも少ない場合が多く、注意する必要がある。
- ・最大使用数量をあらかじめ確認し、購入・実験計画を立てる。
- ・使用頻度が多い核種は、3か月間、年間最大使用数量を超えないよう計画を立てておく。
- ・RI使用記録を速やかに、正確に記載することが重要である。
- ・その他、使用量にあたっては各施設の指示に従う。

日本放射線安全管理学会



非密封RIの取扱い

- ・黄色実験衣、専用靴(スリッパ)、ゴム手袋、線量計等を装着する。
- ・原則2人以上(1人は補助)で実施する。
- ・サーベイメータを近くに置き、適宜汚染検査を実施する。
- ・非密封RIの入っている容器には「放射性」の表示をし、核種名・数量・日時・取扱者などを明示する。
- ・RI廃棄物は実験後、施設の指示に沿って直ちに処置する。



日本放射線安全管理学会



2) RIの使用記録

あらかじめ必要な記録事項を確認しておき 実験終了後速やかに記録する。

法令上、必要となる記録内容

- ・放射性同位元素の購入・保管記録
- ・使用記録
(核種・数量・年月日・目的など)
- ・譲渡譲受記録(譲渡書・譲受書)
- ・廃棄記録
(核種・廃棄量・廃棄区分など)

必要に応じて

- ・管理区域への入退出記録
- ・持出物品の汚染検査記録
- ・運搬記録(事業所内外)
- ・機器の使用記録 など

RI使用記録の例

日本放射線安全管理学会



最大使用数量

要求される項目	線量限度基準値	決定要因	決定される数量
業務従事者の実効線量	外部被ばく+吸入による内部被ばくで1mSv/週	人が常時立ち入る区域の外部放射線量 +作業室の空気中濃度	1日最大使用数量(3月間使用数量) 行旅数量 保管廃棄量(年間使用数量)
人が常時立ち入る区域の外部放射線量	1mSv/週	遮蔽能力	1日最大使用数量
作業室の空気中濃度	空気中濃度限度(吸入による内部被ばくで1mSv/週)	排気設備の能力 フードの有無 動物の教養の回収	1日最大使用数量
排気中濃度	排気中濃度限度(公衆の吸入による被ばく250μSv/3月)	排気設備の能力 フィルターの有無 動物の教養の回収	3月間使用数量 最大廃却数量
排水中濃度	排水中濃度限度(公衆の経口による内部被ばく250μSv/3月)	排水設備の容量(10倍希釈まで) 動物の教養の回収	1日最大使用数量(3月間・年間使用数量) 最大廃却数量
管理区域境界(病室)の外部線量率	1.3mSv/3月	遮蔽能力 使用施設・貯蔵施設・保管廃棄施設からの距離	3月間使用数量 密封線源の使用時間 貯蔵数量 保管廃棄量
事業所境界(居住区域)の外部線量率	250μSv/3月	遮蔽能力 管理区域からの距離 法人内の他施設の外部線量	3月間使用数量 密封線源の使用時間 貯蔵数量 保管廃棄量

法令基準を守るために、最大使用数量が定められる。

日本放射線安全管理学会



4) 作業環境

- ・非密封RIの取扱いはフード(ドラフトチェンバー)内で行う。
- ・揮発性・飛散性RIを取扱う時は、グローブボックスや簡易フードなどを使用することで飛散を防止できる。
- ・放射性医薬品取扱や細胞実験は安全キャビネット内で行う。
- ・作業の安全化、短時間化の観点から整理整頓に努める。



フード(ドラフトチェンバー)



安全キャビネット



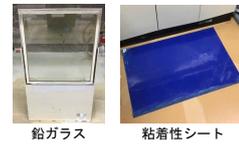
グローブボックス

日本放射線安全管理学会



5) 安全取扱器具

- ・被ばく低減
トンク、鉗子など(遠隔操作)
アクリル板・鉛ブロック(遮へい)
鉛容器(一時保管)
活性炭マスク(内部被ばく対策)



- ・汚染拡大防止
マイクロピペット、安全ピペット、粘着性シート(フード前の汚染拡大防止)
ループ付スクリーチューブ(キャップが一体のもの)



- ・転倒防止
クランプ、チューブラックなど(片手で開閉できるものと汚染拡大防止にもなる)

ループ付スクリーチューブ チューブラック

日本放射線安全管理学会



6) 汚染防止策

「汚染は起こるもの」との意識を持つ

- ・作業室入口などエリア毎に専用スリッパに履替えることで、汚染拡大を防止できる。
- ・取扱場所(フードやバットなど)、ドラフト前面等にポリエチレン紙などを敷く。
- ・特に汚染が予想される場所は二重に敷き、実験の都度表層側を交換する。
- ・マイクロピペットなどの実験器具は核種ごとに専用にする。



日本放射線安全管理学会



汚染防止策

- ・専用実験着・手袋(袖も覆い隠すように)・保護メガネを装着する。
- ・RIの特性に応じてマスク・腕カバーなどを装着。
- ・特に汚染の可能性が高い作業は二重手袋で行う。
- ・線源をバットの上に置き、転倒しやすきものには転倒防止対策を講じる。
- ・作業中は随時汚染検査を行い、早期発見に努める。
- ・手袋をしたまま触れる時は、ペーパータオル等を介在させる。
- ・作業終了後も作業場所とその周辺、身体の汚染検査を行う。



実験着の袖をしっかりと伸ばして、袖部についての紐を親指にかけ、手袋の裾はなるべく伸ばし、実験着の袖の部分をなるべく覆い隠すようにする。

日本放射線安全管理学会



7) α核種の取扱い

α線の人体に与える影響を考慮して注意しながら使用する。特に内部被ばくの防止に十分留意。

- 使用量ができる限り少なくなるよう特に工夫する。
- 使用場所を限定し、使用しない人に配慮する。
- 実験専用着に加え、活性炭入りマスク、腕カバー、二重手袋の着用を推奨。また、特性に応じてヘアキャップなども活用する。
- フード内で取扱い、フード外に持出す場合は飛散防止対策を行う。
(チャック付きの袋に入れる、など)
- 他の核種に混入しないよう注意を払う。(廃棄物は回収しないため)
- 線量に応じて適切な遮へいを用いる。

● 日本放射線安全管理学会



8) α核種の汚染検査

- αサーベイメータを用いて頻繁に汚染検査を行う。
- 特に指の汚染が起こりやすいので、注意。
- 器具等の汚染検査にはスマヤ法も活用する。
- αサーベイメータの取扱いに注意。



薄い箔になっているので、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。

● 日本放射線安全管理学会



10) ²¹¹At使用上の注意

- ²¹¹Atは、**溶液の種類やpHによって揮発性が変わるため**、フード内等の汚染に注意しながら作業する。
- 水溶液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、減衰を待つ。
器具の洗浄は最低2回は洗浄し、全てRI廃液とすること。
洗浄液は流しに流さない。

● 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。
洗浄液は流しに流さない。
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。

● 日本放射線安全管理学会



α核種の取扱い



活性炭入りマスク
内部被ばくの防護



腕カバー、二重手袋
手、袖口、肘周辺の汚染対策



実験中は常にサーベイメータをそばに置き、手や実験スペースの汚染を確認

●

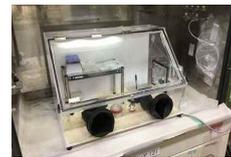


9) α核種の作業環境

- 非密封RIを取扱う作業環境に加え、チャコールフィルター付簡易フードやグローブボックスの中で取扱うとよい。
- 必要に応じて移動型α線ダストモニタなども活用する。



チャコールフィルター付簡易フード



グローブボックス

● 日本放射線安全管理学会



²²³Ra使用上の注意

- ²²³Raに揮発性は無いが、娘核種に**揮発性の²¹⁹Rn**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²¹⁹Rnが壊変した²¹¹Pb ($T_{1/2} = 36.1 \text{ min}$)、²¹¹Bi ($T_{1/2} = 2.14 \text{ min}$)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RI廃液とすること。
洗浄液は流しに流さない。
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。

● 日本放射線安全管理学会



11) ヒヤリハット事例 ①

- ✓ ²¹¹Atの取扱い後、肘のあたりまで汚染していた。
- ✓ ²¹¹At溶液をエッペンチューブで保管した際、液体部分に触れていない。蓋に触れただけで手袋が汚染した。
→ ²¹¹Atが飛散したためと考えられた。
(Atは塩基性でも化学形によっては飛散が起こる。)
- キャップ付のチューブを使用する。ただしチューブ開封時の汚染にも十分注意する。
- 思わぬ飛散に備え、必要に応じて肘まで覆う長手袋、ヘアキャップなどを使用する。

● 日本放射線安全管理学会



ヒヤリハット事例 ②

- ✓ プレートリーダーを用いて測定を行ったところ、試料台付近で汚染が発見された。
 - ・プレートリーダー自体をグローブバッグに入れて使用する。
- ✓ ^{211}At を吸着させた樹脂を遠心分離させたところ、遠心分離機の排気口付近のカウン트가高くなった。
 - ・大量に取扱う場合、遠心分離機をフード内に設置する。



日本放射線安全管理学会



ヒヤリハット事例 ③

- ✓ ^{211}At を取扱い後、手袋が破損していた。
- ✓ 大量の ^{211}At をグローブボックス内で取扱い後、手袋が汚染していた。
 - 大量の ^{211}At を長時間使用するとゴム手袋を浸透する可能性がある。
 - ・常に汚染の可能性を考え手袋は二重で使用し、適宜汚染検査を実施する。
- ✓ ^{223}Ra を使用中、サーベイメータを汚染させてしまった。
 - 揮発性の ^{219}Rn (希ガス)が飛散した結果汚染したと考えられた。
 - ・壊変系列中に希ガスが生じる核種では飛散に注意する。

日本放射線安全管理学会



目次

- 1) 動物へのRI投与
- 2) RI動物の飼育
- 3) 動物実験の諸注意
- 4) RI動物の解剖
- 5) RI動物の臓器の測定・保管
- 6) 動物実験のヒヤリハット

日本放射線安全管理学会

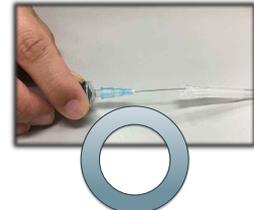


動物へのRI投与

✓ 針刺し事故の防止



針とキャップを手で持つ



台に置いたキャップを針で引っかける

日本放射線安全管理学会



1) 動物へのRI投与

✓ 針の種類

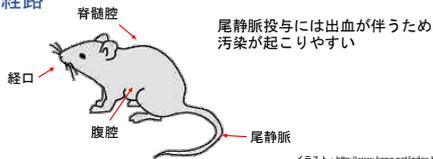


針とシリンジが着脱式のもの



針とシリンジが一体式のもの

✓ 投与経路



尾静脈投与には出血が伴うため汚染が起こりやすい

日本放射線安全管理学会

イラスト：http://www.kanq.net/index.html



2) RI動物の飼育

✓ 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

✓ 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



例) 飼育ケージを鉛製の屏で囲う

日本放射線安全管理学会



3) 動物実験の諸注意

✓ 動物実験には「慣れ」が必要

→ Cold Runを行って作業の所要時間や流れを把握する。

✓ 比較的時間がかかる作業 = 被ばくする作業

- ・解剖
- ・薬剤の分注～放射能測定
- ・薬剤の投与
- ・イメージング装置上でのセッティング

これらを短時間で行うには熟練を要する。

✓ 実験開始前に必要な物が揃っているか確認する

- 特に動物ケージは1つ多めに。
- すぐに使用できる場所に置き、緊急時に備える。
- 手に届く範囲に脱脂綿を。
- 急な出血や失禁の際にすぐ対応する。

日本放射線安全管理学会



動物実験の諸注意

✓RI飛散への対処

- 動物実験中は、**失禁・排泄・出血によるRI飛散**が特多い。
- ・これらは必ず生じるため、素早く適切な処置をすることが重要。
- ・失禁に対しては、あらかじめ尿道口に脱脂綿を置くことで、RIの飛散を防止できる。
- ・出血は注射時に頻発するが、手技の習熟によって低減できる。

✓脱走の防止

- 動物は常に逃げようとする。
- 動物を正しく持つ、固定する、麻酔深度を確認する。
- ・動物を持ったまま他の作業をしない。
→ 面倒でも逐一ケージに戻す。
- ・動物から目を離さない。

日本放射線安全管理学会



4) RI動物の解剖

✓作業場所の準備

- ・作業台にポリろ紙を貼る。(既に貼ってある場合が多い)
- ・さらに使用する作業スペースにポリろ紙を敷き、2重にする。
→ 汚染時の紙交換を簡便にするため。
- ・器具洗浄用にビーカー等の容器に水を入れておく。

✓作業中の注意

- ・作業はポリろ紙を敷いたバット内で行うのが望ましい。
- ・血液や尿、洗浄用生食が跳ねることがあるので防護メガネを着用する。
- ・RIの揮発が予想される場合は、活性炭マスク、場合によってはヘアキャップの着用を推奨する。
- ・退出基準が厳しいα核種の取扱いは、より厳重な身体汚染防止処置が望ましい。(エプロン、腕カバーの着用や手袋を二重にするなど)
- ・解剖器具を手放す時はビーカー等の器具洗浄用容器に入れる。
→ バット内や作業台上に直に置かない。

日本放射線安全管理学会



5) RI動物の臓器の測定・保管

✓臓器の測定

- ・測定器に合致した容器に臓器を封入する。
- ・容器の外側を汚染させない。
- 容器の汚染は測定機器の汚染につながる!



✓臓器の保管

- ・内容物に含まれる核種および保管開始年月日を明記する。
- ・廃棄の際は通常の動物と同様に処理する。
- ・容器にはフタをし、内容物の漏出を防ぐ。
- ・保管場所、保管期間などは施設の方針に従う。

日本放射線安全管理学会



6) 動物実験のヒヤリハット

- ✓ RIを投与したマウスに触れた際、体表面に付着していたRIに気付かず手袋が汚染した。
→ マウスの体表面は糞尿等で汚染されやすいため、投与した動物に触れた際には必ず手をサベイス。
- ✓ RIを投与したマウスを撮像装置まで移動する際、マウスが失禁し汚染が発生した。
→ 投与後の生体の取り扱いには十分に注意を払う。
- ✓ RI投与中マウスが暴れて注射針が尻尾から抜けた結果、注射液が飛び散って汚染した。
→ 投与中は動物が暴れることが多いのでしっかり固定する。
- ✓ RI投与後にマウスを保定する際にマウスに噛まれた。
→ 動物を正しく持つ。対象がラットの場合は噛み付き防止の手袋を使用も検討する。
- ✓ イメージング中に麻酔チューブが外れ、マウスが機械内に脱走した。
→ 麻酔深度は常に確認する。
吸入器の固定、麻酔チューブの捻れなどはイメージング開始前に必ず確認する。

日本放射線安全管理学会



目次

- 1) 放射線の測定
 - ・実験中の放射線モニタリングに用いられる検出器
 - ・ハンドフットクロスモニタ
 - ・測定器使用時の諸注意
- 2) α線核種の測定
 - ・α線測定の注意点
 - ・α線測定可能な検出器
 - ・γ線等を利用したα線核種の測定
 - ・その他のα線測定器
- 3) 短寿命核種測定時の注意点

日本放射線安全管理学会

7. 放射線の測定



1) 放射線の測定

放射線は人間の五官では検知できない。



物質との相互作用を利用して測定する。

- ◆電離効果・・・GM計数管、半導体検出器等
- ◆発光現象・・・シンチレーションカウンタ等
- ◆照射効果・・・飛跡検出器、化学線量計等

測定したい放射線、測定したい物理量、測定目的等に合わせて検出器を選択。

日本放射線安全管理学会



実験中の放射線モニタリングに用いられる検出器

- ・GMサーベイメータ・・・β線、γ線測定
バックグラウンド計数率：50-100 cpm
- ・NaIシンチレーションサーベイメータ・・・γ線測定
バックグラウンド線量率：0.1 μSv/h程度
- ・ZnS(Ag)シンチレーションサーベイメータ・・・α線測定
バックグラウンド計数率：ほぼゼロ
(空気中のラドンに時折反応)

- ・被ばく低減のための実験環境中の放射線量のチェック
- ・作業中の放射能汚染のチェック
- 有意な計数があればすぐに除染

日本放射線安全管理学会



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



測定器使用時の諸注意

- ・使用する核種の放出放射線に対応した測定器を使用

α線・・・ZnS(Ag)サーベイ、Si検出器等
β線・・・GMサーベイ、液体シンチレーションカウンタ等
γ線・・・GM、NaIサーベイ、Ge検出器等



- ・線源の強さに応じた適切な測定距離等を考慮

→ 例: GMサーベイメータは線源が強すぎる場合、
窒息現象により計数値が急にゼロになる

日本放射線安全管理学会



測定器使用時の諸注意

- ・使用する測定器のバックグラウンド計数値の把握

→

- ・線源のない状態での計数値はどれくらいか
- ・測定を妨害する天然由来の放射線はないか
- ・思わぬところに線源が置かれていないか、等

- ・測定値のばらつきを考慮

→

- ・放射壊変は確率現象
- ・安定した測定結果を得るため、適切な測定時間、
必要なカウント数等を念頭に置く。

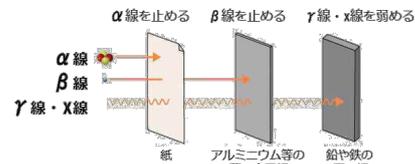
- ・検出器の汚染防止

→ 例: GMサーベイメータの検出面をポリ袋やラップで保護
汚染してもラップ等の取り換えて済むように。

日本放射線安全管理学会



2) α線核種の測定・α線測定の注意点



α線・・・非常に透過力が弱い

→

- ・紙一枚で止まる
- ・空気中で数cm程度の飛程

→

- ・検出器を線源に密着させる
- ・真空中での測定を行う
- ・自己吸収に注意する、等の工夫が必要

環境省「放射線による健康影響等に関する統一した基礎資料
(平成30年度版)」より

日本放射線安全管理学会



α線測定可能な検出器

ZnS(Ag)シンチレーション式サーベイメータ



- ・α線測定専用のサーベイメータ
バックグラウンド計数はほぼゼロであり、
時折空気中のラドンに反応する程度。
(バックグラウンド計数率は把握しておくこと)

→

- ・非常に高感度で極微量の汚染でも
検出可能。
- ・弱くとも継続的なカウントは汚染
を意味する。



- ・検出面は、硫化亜鉛の微粉末が透明な基板上
に塗布されて薄膜で遮光されている。

→ 薄膜は非常に破れやすいため、
取り扱いに注意すること。

日本放射線安全管理学会



α線測定可能な検出器

液体シンチレーションカウンター



- ・測定試料を液体シンチレータに
溶解して測定
- ・4π検出により非常に高効率
- ・試料による自己吸収がない
- ・共存物によりクエンチングが
起こり、検出効率が低下する
ことがあることに注意。

日本放射線安全管理学会



α線測定可能な検出器

αスペクトロメータ



- ・Si検出器を用いて真空中で測定を行うこと
でα線のスペクトロメトリーを行う測定器
- ・高効率、高エネルギー分解能、低バックグ
ラウンドでのα線測定が可能。
- ・固体サンプルが測定に用いられ、蒸発乾固
試料や電着試料等が用いられる。

→ α線は透過力が弱いため、サンプル
の自己吸収に気を付け、薄い線源を
作製する必要がある。

日本放射線安全管理学会



α線測定可能な検出器

イメージングアナライザ



- ・輝尽蛍光体 (BaF(X:Cl,Br,I):Eu²⁺)の粉
末を塗布したイメージングプレート(IP)
を利用。
- ・IP上で放射線が照射された部分が(一次)
励起し、場所や放射線強度が記憶される。
- ・可視光により再度励起すると一次励起の
強さに応じた発光(蛍光)を生じること
から放射能分布等の画像を読み取るこ
とができる。
- ・α線、β線、γ線等、種々の放射線に感度
があり、α線核種を用いた画像の取得も
可能。



²¹¹Atの薄層クロマトグラフィー画像

日本放射線安全管理学会

