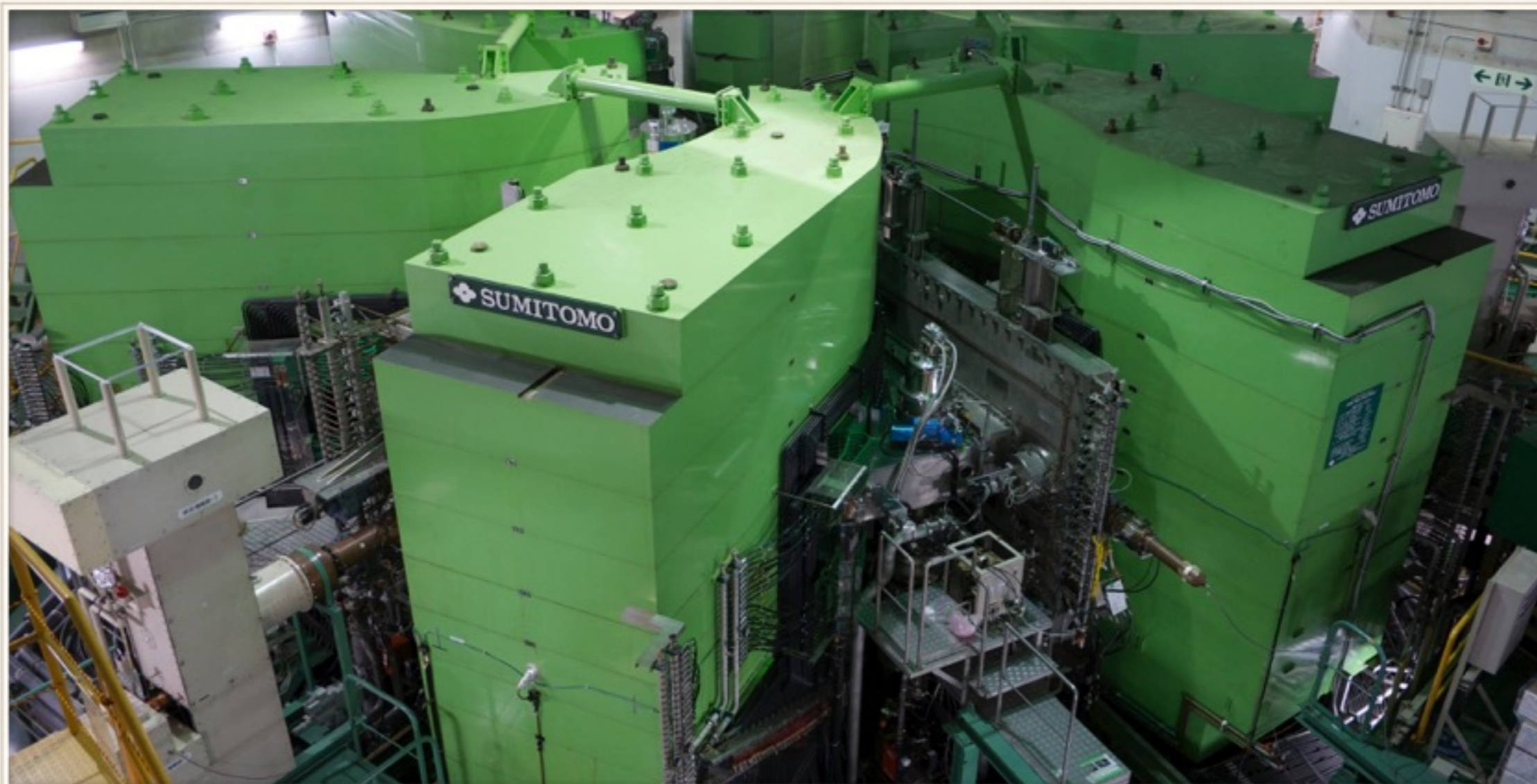


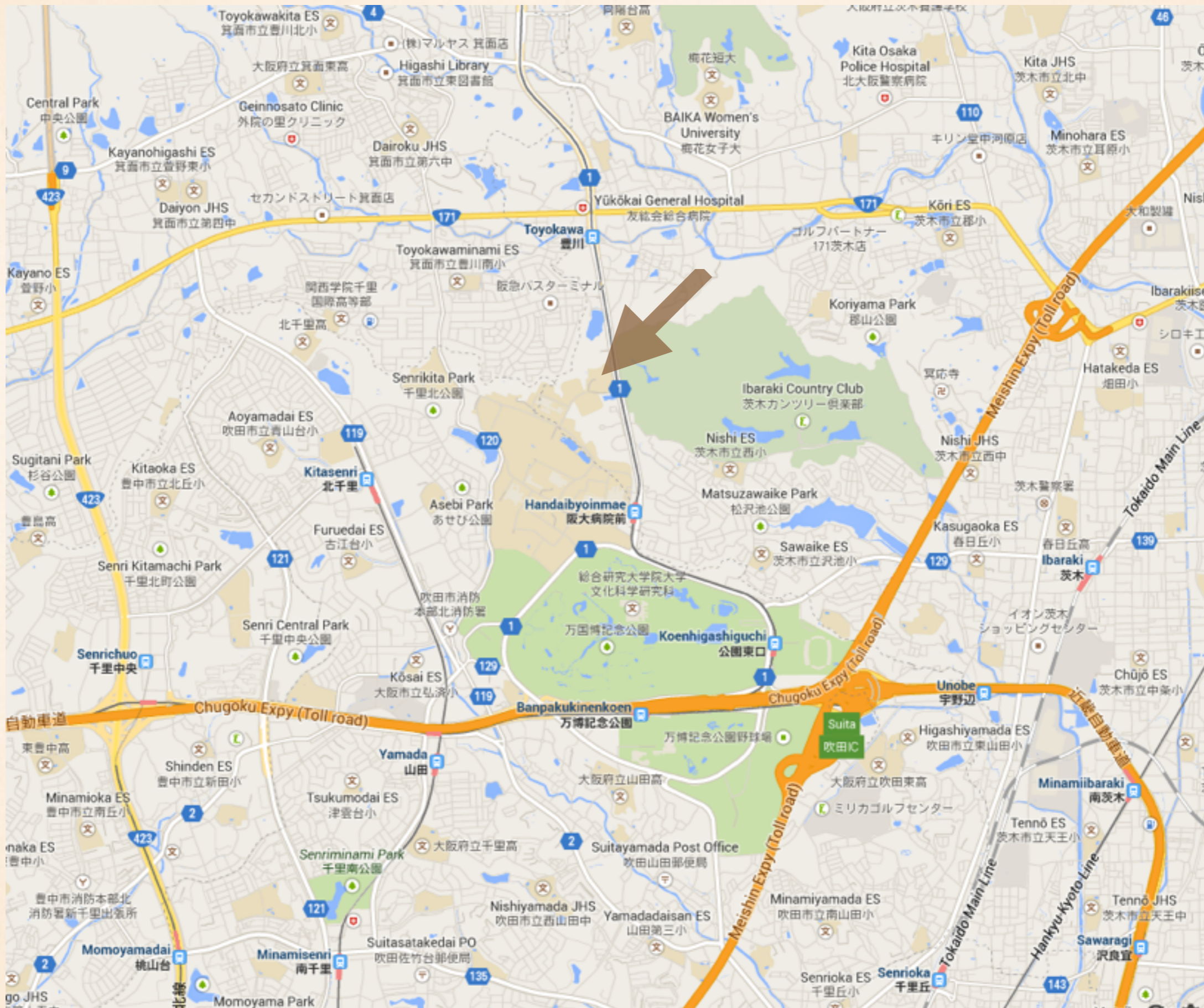
# 放射線障害防止に関する法令について

(神戸大学 放射線・R I 講習会)

大阪大学核物理研究センター 鈴木智和





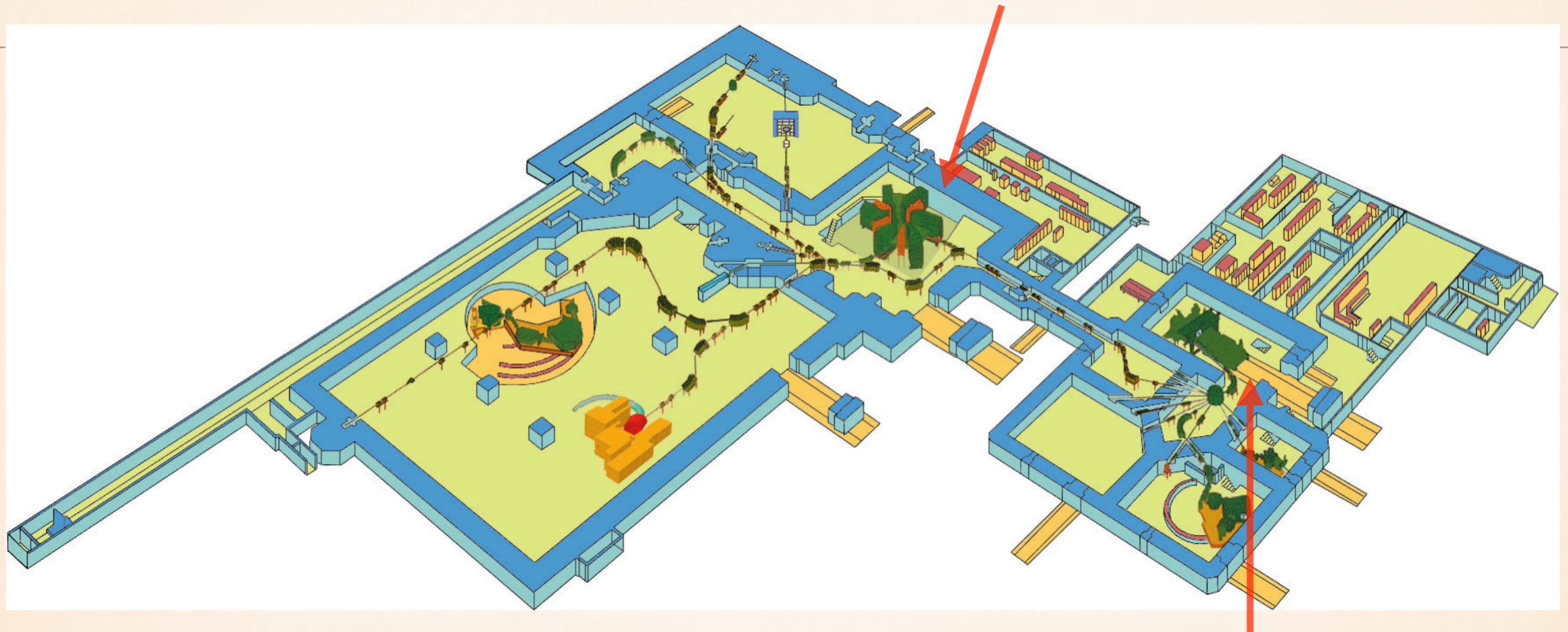




# 大阪大学 核物理研究センター

## K=400 リングサイクロトロン

陽子 440 MeV, 重陽子 220 MeV, He-3 560 MeV,  $\alpha$  440 MeV,  
重イオン 110MeV/nucl. ビーム電流 1.1 pA



## 密封及び非密封RI

非密封 許可核種1909 核種

(貯蔵能力は下限数量の10万倍との比が0.91)

密封 許可核種 14 核種29 個(すべて10 TBq 未満)

## K=130 AVFサイクロトロン

陽子  $E_p \leq 66$  MeV 3 uA,  $66 < E_p \leq 90$  MeV 1uA

重陽子  $E_d \leq 57$  MeV 6 pA,  $57 < E_d \leq 75$  MeV 3 pA

重イオン 35 MeV/nucl. 6pA

He-3 170MeV 6pA

$\alpha$  140 MeV 6pA



# 放射線に関する法律

厚生労働省（労働基準監督署）

労働安全衛生法

電離放射線障害防止規則

労働者を守るための規制

原子力規制委員会

放射線障害防止法

RI、放射線発生装置  
に関する規制

原子力規制委員会

原子炉等規制法

核燃物質、原子炉  
に関する規制

厚生労働省（自治体）

医療法

薬事法

医療機器、医薬品に  
対する規制



# 放射線に関する法律

厚生労働省（労働基準監督署）

労働安全衛生法

電離放射線障害防止規則

労働者を守るための規制

原子力規制委員会

放射線障害防止法

RI、放射線発生装置  
に関する規制

原子力規制委員会

原子炉等規制法

核燃物質、原子炉  
に関する規制

厚生労働省（自治体）

医療法 薬事法

医療機器、医薬品に  
対する規制



# 放射線に関する法律

厚生労働省（労働基準監督署）

労働安全衛生法

電離放射線障害防止規則

労働者を守るための規制

原子力規制委員会

放射線障害防止法

RI、放射線発生装置  
に関する規制

原子力規制委員会

原子炉等規制法

核燃物質、原子炉  
に関する規制

厚生労働省（自治体）

医療法 薬事法

医療機器、医薬品に  
対する規制

# 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 (昭和32年6月10日法律第167号)

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**その他の取り扱い、**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**廃棄その他の取り扱い**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、公共の安全を確保**することを目的とする。



# 原子力基本法

## (昭和30年12月19日法律第186号)

第1条（目的） この法律は、原子力の研究、開発及び利用を推進することによって、将来におけるエネルギー資源を確保し、学術の進歩と産業の振興とを図り、もって人類社会の福祉と国民生活の水準向上とに奇与することを目的とする。

第3条（定義） この法律において次に掲げる用語は、次の定義に従うものとする。

- (1) 「原子力」とは、原子核変換の過程において原子核から放出されるすべての種類のエネルギーをいう。
- (2) (省略)
- (3) (省略)
- (4) (省略)
- (5) 「放射線」とは、電磁波又は粒子線のうち、直接又は間接に空気を電離する能力をもつもので、政令で定めるものをいう。

第20条 放射線による障害を防止し、公共の安全を確保するため、放射性物質及び放射線発生装置に係る製造、販売、使用、測定等に対する規制その他保安及び保健上の措置に関しては、別に法律で定める。

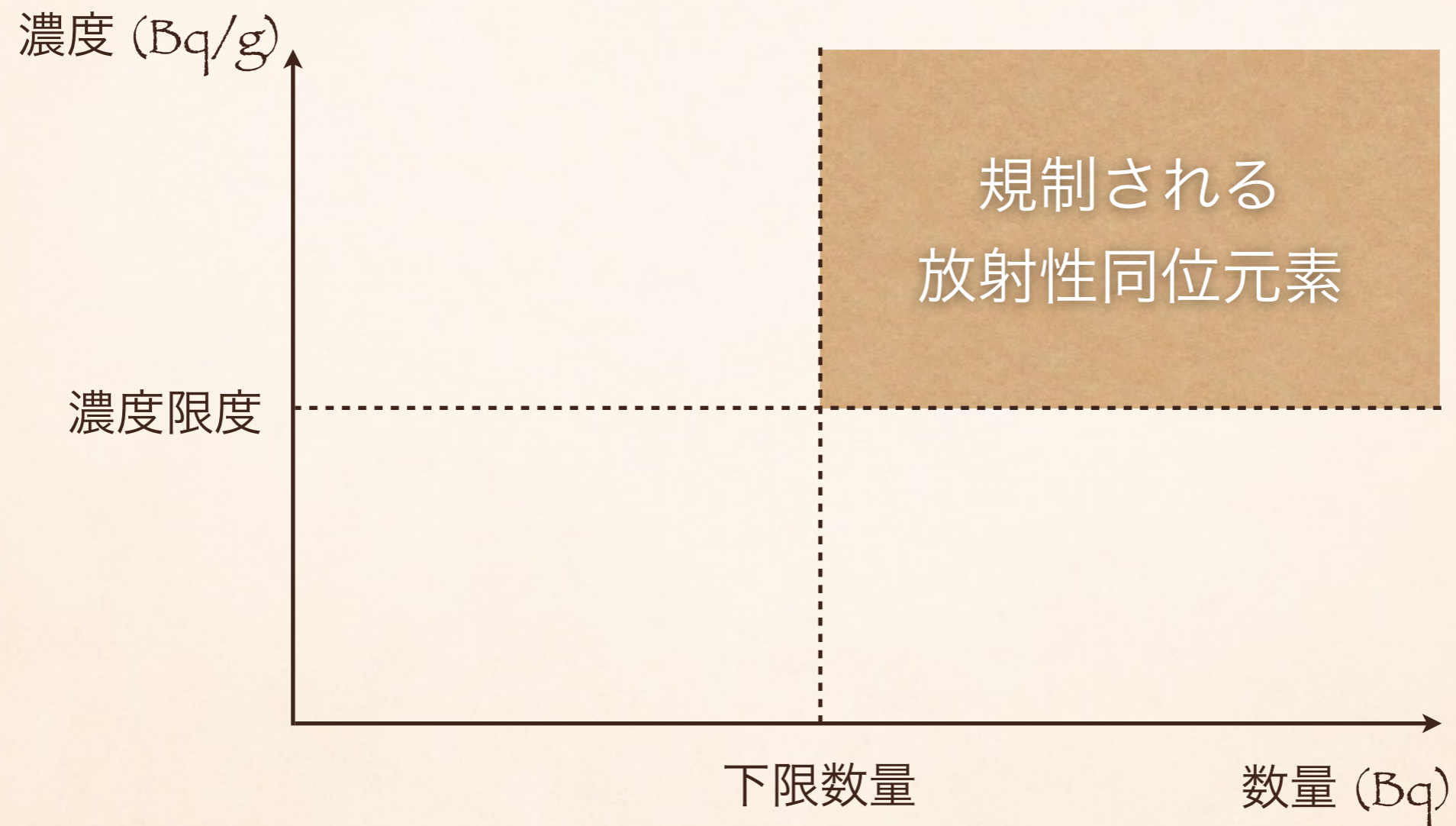


# 放射性同位元素の定義

- ◆ 放射性同位元素等による放射線障害防止に関する法律施行令第I条
  - ◆ ・ ・ ・ 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で、
  - ◆ 放射線を放出する同位元素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とする。（数量告示別表第I）
- ◆ 放射線を放出する同位元素の数量等を定める件
  - ◆ 密封されたもの ・ ・ ・ I個（一式）
  - ◆ 密封されていないもの ・ ・ ・ 容器I個に入っているもの



# 放射性同位元素の定義





# 下限数量の例

第1欄		第2欄	第3欄
放射線を放出する同位元素の種類		数量 (Bq)	濃度 (Bq/g)
核種	化学形等		
$^3\text{H}$		$1 \times 10^9$	$1 \times 10^6$
$^{35}\text{S}$	蒸気	$1 \times 10^9$	$1 \times 10^6$
$^{35}\text{S}$	蒸気以外のもの	$1 \times 10^8$	$1 \times 10^5$
$^{90}\text{Sr}$	放射平衡中の子孫核種を含む	$1 \times 10^4$	$1 \times 10^2$

(数量告示別表第1)



# 放射線発生装置の定義

- ◆ 放射線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（第2条）
    - ◆ サイクロトロン
    - ◆ シンクロトロン
    - ◆ シンクロサイクロトロン
    - ◆ 直線加速装置
    - ◆ ベータトロン
    - ◆ ファン・デ・グラーフ型加速装置
    - ◆ コッククロフト・ワルソン型加速装置
    - ◆ 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を認めて原子力規制委員会が指定するもの
      - ◆ 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（告示）
- 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）



# 従事者が最低限行うこと

## ◆ 教育訓練 (規則第21条の2)

- ◆ 放射線の人体に与える影響
- ◆ 放射性同位元素等又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
- ◆ 放射線障害予防規程

## ◆ 健康診断 (規則第22条)

- ◆ 放射線の被曝歴の有無 (有：作業の場所、内容、期間、線量、放射線障害の有無 他)
- ◆ 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
- ◆ 皮膚
- ◆ 眼

## ◆ 被曝の測定 (規則第20条第2項)

- ◆ 外部被曝
- ◆ 内部被曝



# 用語

## ◆ 放射性同位元素等

- ◆ 放射性同位元素または放射性汚染物（規則第I条第3項）

## ◆ 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I条第2項）

## ◆ 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I4条の7第I項第7号の2）



# 用語

## ◆ 放射性同位元素等

- ◆ 放射性同位元素または放射性汚染物（規則第1条第3項）

## ◆ 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項）

## ◆ 放射化物

放射線発生装置の使用に伴って、放射化させることを目的とせず有意の放射能が認められるに至った放射線発生装置及び実験機器（平成10年課長通達）

# 用語

## ◆ 放射性同位元素等

- ◆ 放射性同位元素または放射性汚染物（規則第I条第3項）

## ◆ 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I条第2項）

## ◆ 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I4条の7第I項第7号の2）



# 放射性同位元素等の受入れ・保管・払出し

- ◆ 非密封RIの場合、貯蔵能力を超えて保管できない
- ◆ 密封RIの場合、許可内容に個数が含まれる。
- ◆ 放射化物は放射線発生装置許可使用者しか保管できない。
  - ◆ 放射線発生装置許可使用者にしか払出せない（輸出できない）。
  - ◆ 非密封RIにしてしまえば（加速器でRI製造したことになる）非密封RIとして払出しが可能（両者にそのRIの許可が必要）。
- ◆ RIは貯蔵施設で、放射化物は放射化物保管設備で保管。
- ◆ 放射性同位元素等の運搬にも基準がある。
- ◆ 管理区域外への物の持ち出しには表面汚染と放射化のチェックが必要

# 放射性同位元素等・放射線発生装置の使用・廃棄

- ❖ 非密封RIは使用量で管理される。
- ❖ 密封RIは許可された線源について、使用時間で管理される。
- ❖ 放射線発生装置はビーム電流と使用時間で管理される。
- ❖ 放射化物には「使用」という法的行為がないが、放射化物の加工を行うときは非密封RIを使用していると考えた方がよい。
- ❖ 放射性汚染物の廃棄は、決められた区分に従ってドラム缶に入れて記帳する。一度廃棄した物は再使用できない。
- ❖ 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クリアランス制度を利用することも可能（認定機関による手続きが必要）
- ❖ 密封線源（下限数量以下の物を含む）はドラム缶に廃棄するのではなく、購入業者に引き取ってもらう。



# 線量限度

## ◆ 実効線量限度

- ◆ 100 mSv/5年
- ◆ 50 mSv/年
- ◆ 女子については5 mSv/3月
- ◆ 妊娠中である女子 1 mSv (管理者が妊娠を知ったときから出産までの間につき)

## ◆ 等価線量限度

- ◆ 目の水晶体 150mSv/年
- ◆ 皮膚 500 mSv/年
- ◆ 妊娠中である女子の腹部表面 2 mSv

## ◆ 緊急作業に係る線量限度

- ◆ 放射線業務従事者 (女子\* を除く) の線量限度は実効線量について100mSv、目の水晶体の等価線量について300mSv及び皮膚の等価線量について1Svとする。(女子\*: 妊娠不能と診断された者及び妊娠の意思のない旨を使用者等に書面で申し出た者を除く。)

この講演では、加速器を使った実験を紹介しながら放射線障害防止法について考えることにします。



# 加速原理



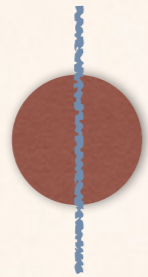
粒子を  
イオン化

+にイオン化された粒子は-の電極に引かれる

電極を直線上に並べる → 直線加速器

(Linac、リニアック、ライナック、リナック)

# 加速原理



粒子を  
イオン化

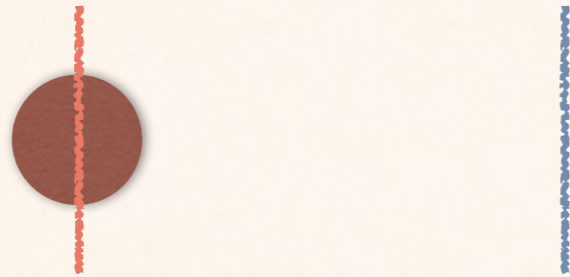
+にイオン化された粒子は-の電極に引かれる

電極を直線上に並べる → 直線加速器

(Linac、リニアック、ライナック、リナック)



# 加速原理



粒子を  
イオン化

+にイオン化された粒子は-の電極に引かれる

電極を直線上に並べる → 直線加速器

(Linac、リニアック、ライナック、リナック)

# 加速原理

粒子を  
イオン化



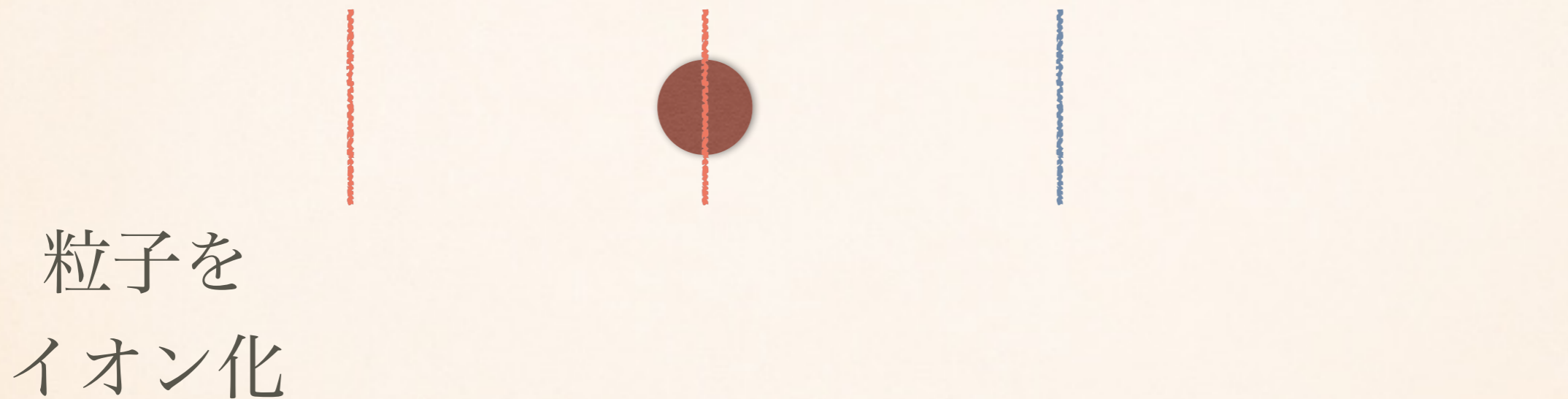
+にイオン化された粒子は-の電極に引かれる

電極を直線上に並べる → 直線加速器

(Linac、リニアック、ライナック、リナック)



# 加速原理



電極を直線上に並べる → 直線加速器

(Linac、リニアック、ライナック、リナック)

# 加速原理

粒子を  
イオン化



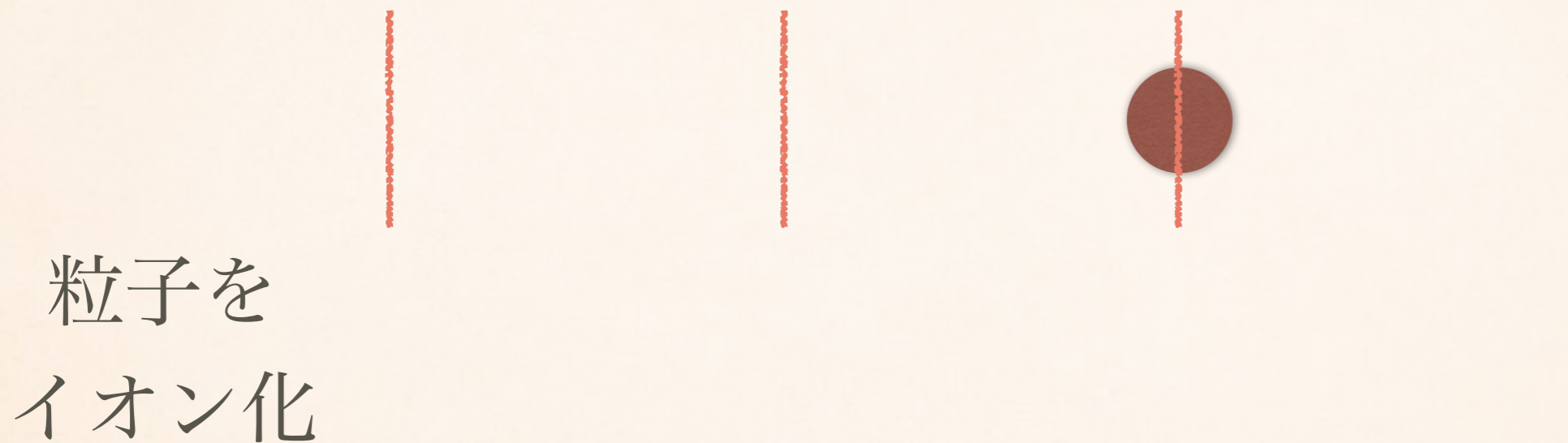
+にイオン化された粒子は-の電極に引かれる

電極を直線上に並べる → 直線加速器

(Linac、リニアック、ライナック、リナック)



# 加速原理



+にイオン化された粒子は-の電極に引かれる

電極を直線上に並べる → 直線加速器

(Linac、リニアック、ライナック、リナック)

# 加速原理

粒子を  
イオン化



+にイオン化された粒子は-の電極に引かれる

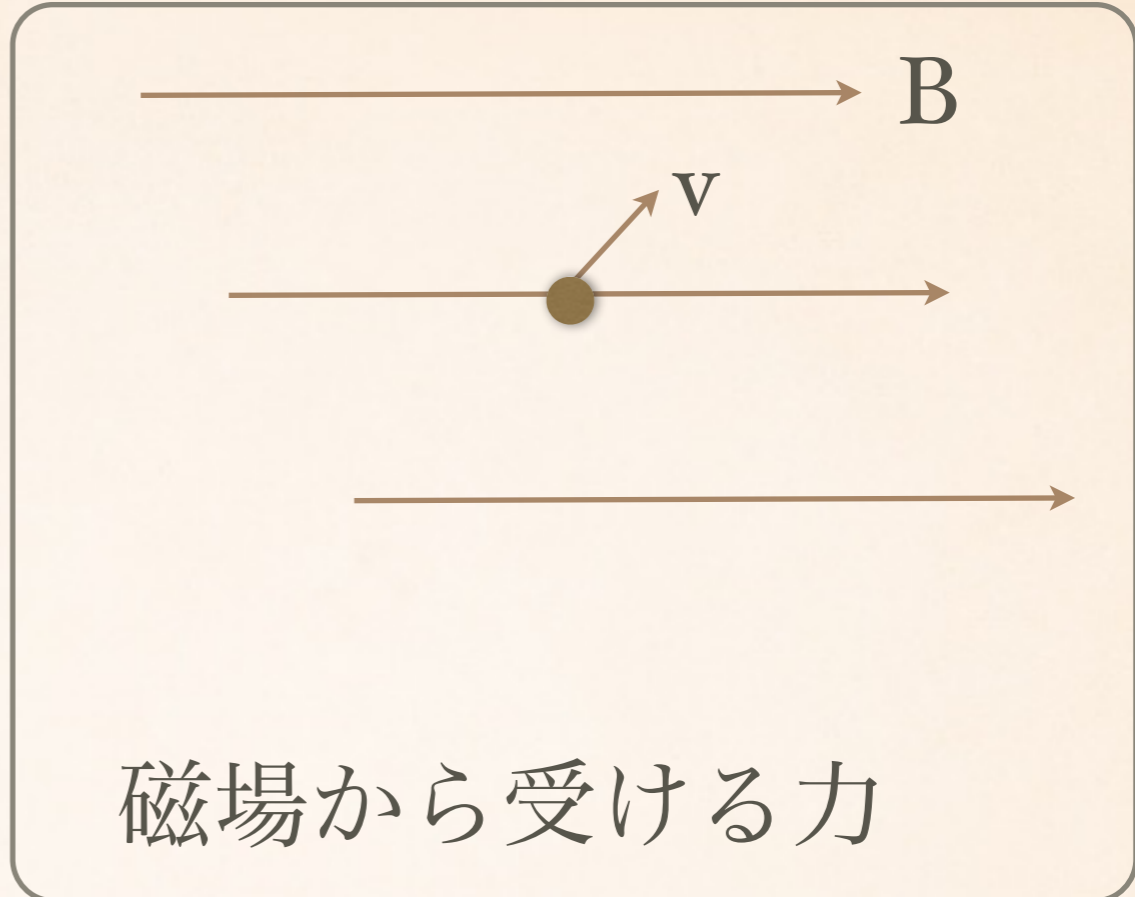
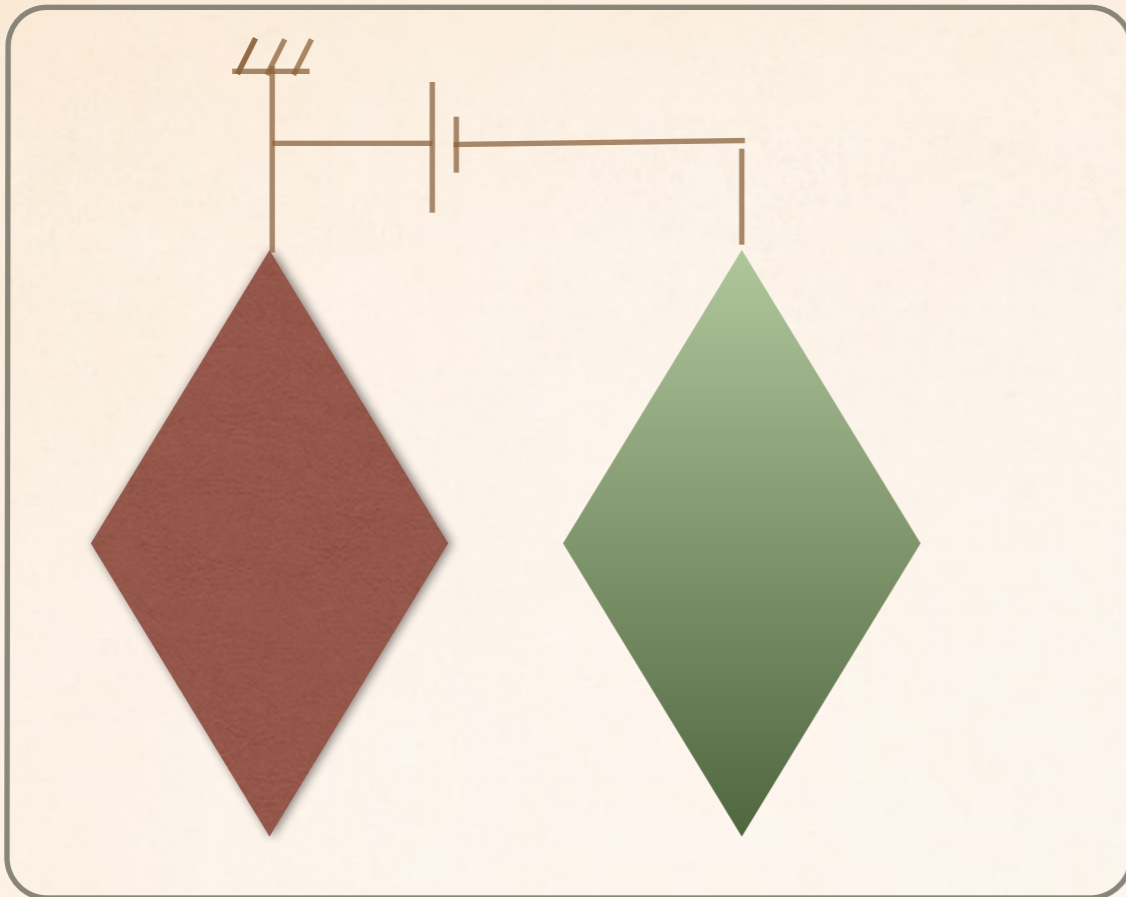
電極を直線上に並べる → 直線加速器

(Linac、リニアック、ライナック、リナック)



# 円形加速器

- ◆ 直線加速器のデメリット
  - ◆ エネルギーを高めようとすると長くなる
- ◆ 小型化
  - ◆ サイクロトロン
  - ◆ シンクロトロン



## 磁場から受ける力

一様磁場  $H$  中を円運動する粒子

$$\omega = \frac{He}{Mc} = \text{const.}$$

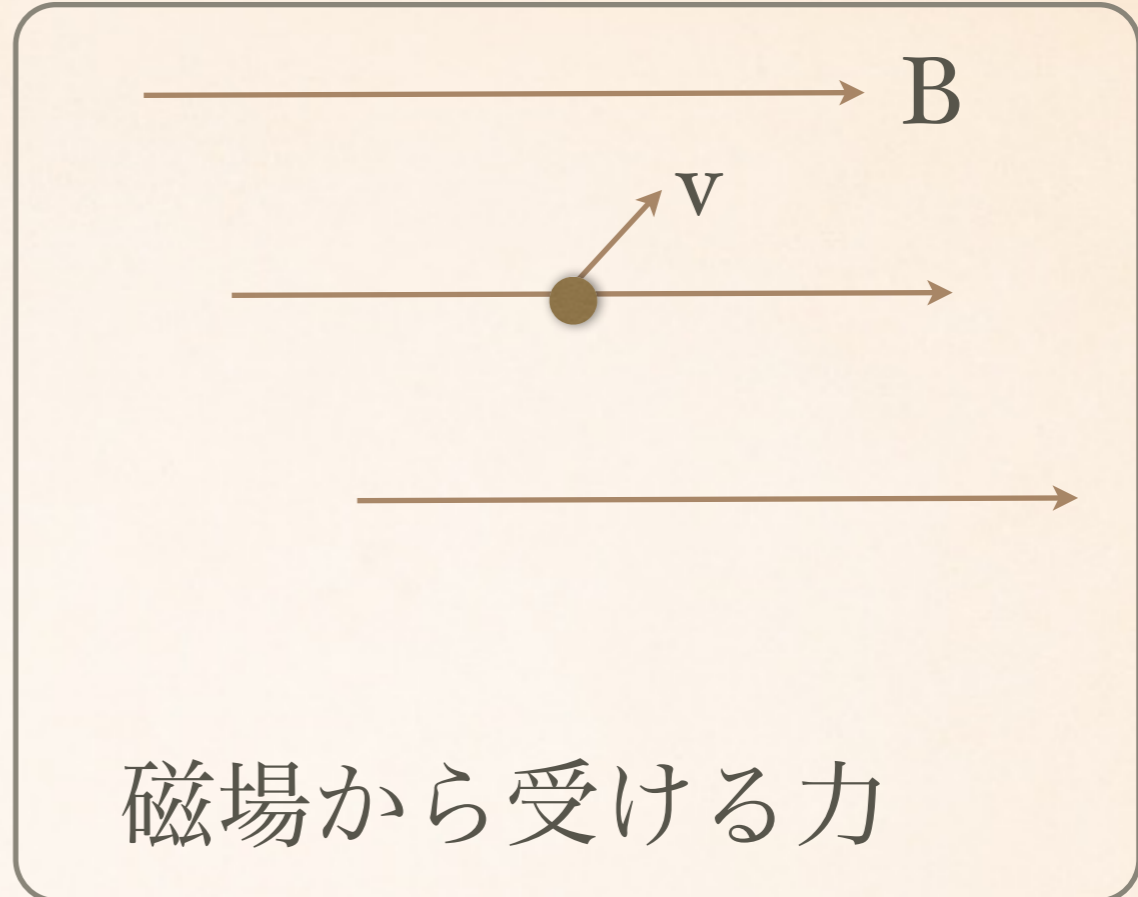
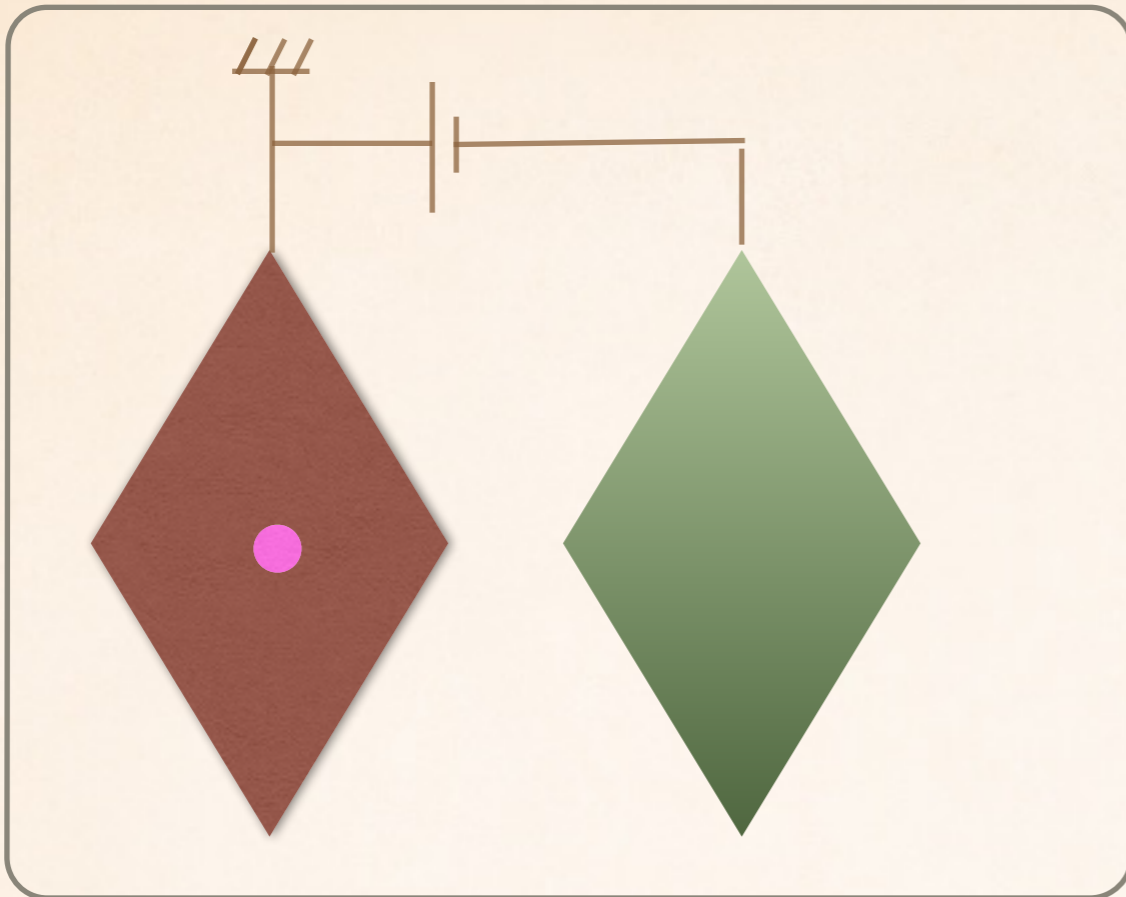
サイクロトロン  
の  
等時性の原理

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





## 磁場から受ける力

一様磁場  $H$  中を円運動する粒子

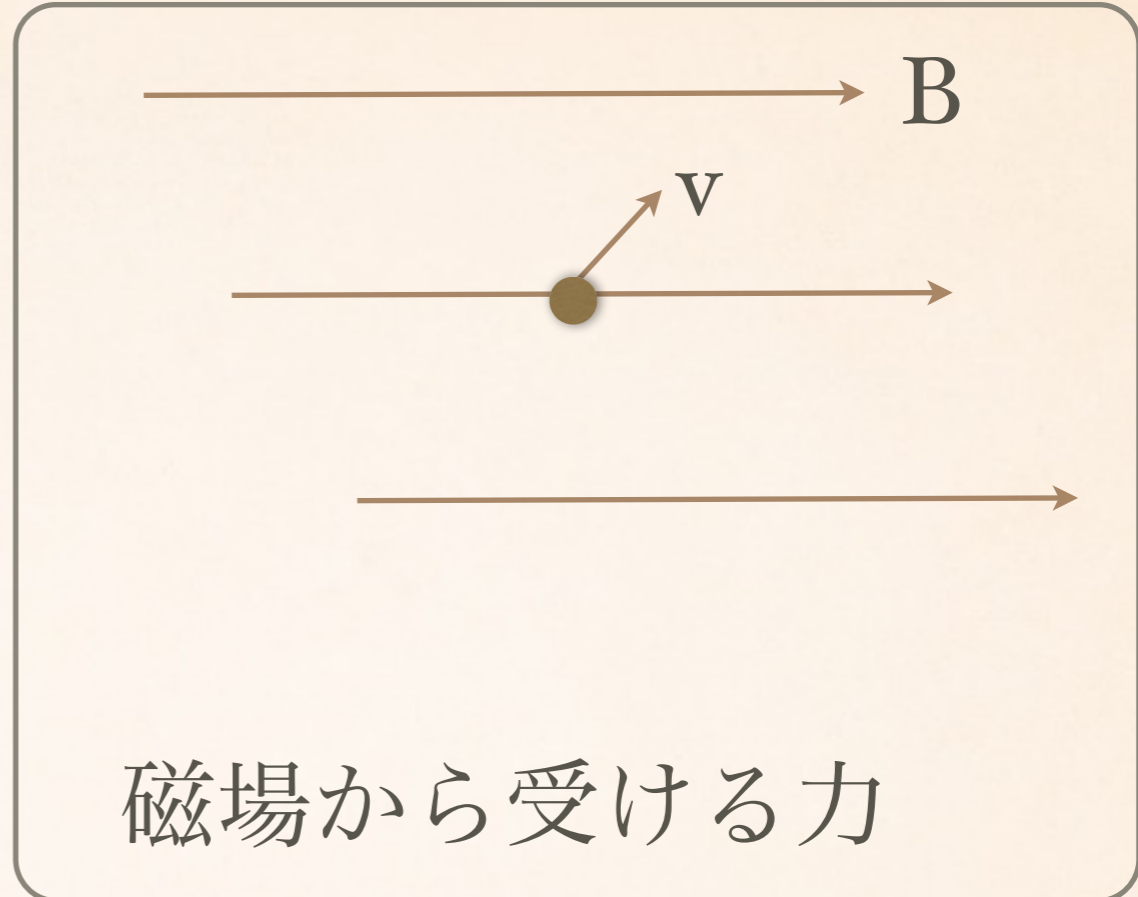
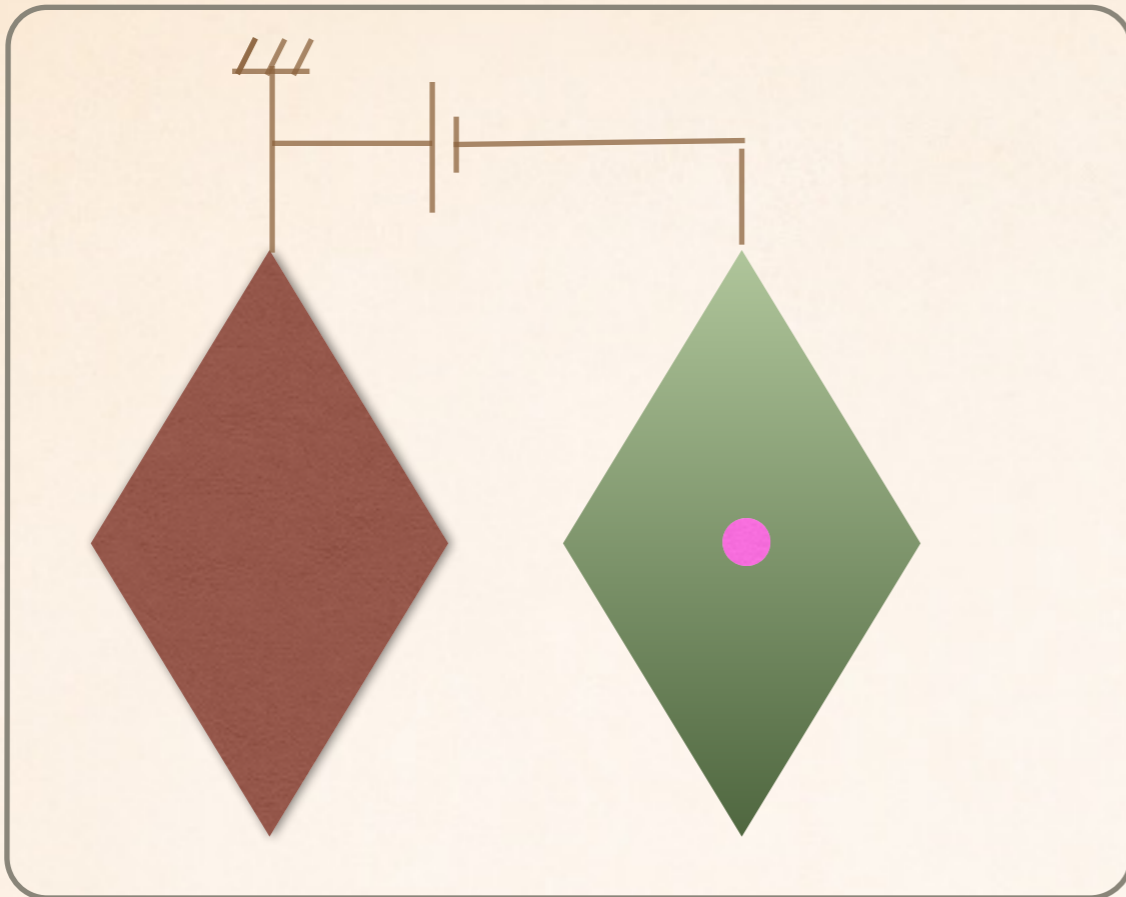
$$\omega = \frac{He}{Mc} = \text{const.}$$

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



## 磁場から受ける力

一様磁場  $H$  中を円運動する粒子

$$\omega = \frac{He}{Mc} = \text{const.}$$

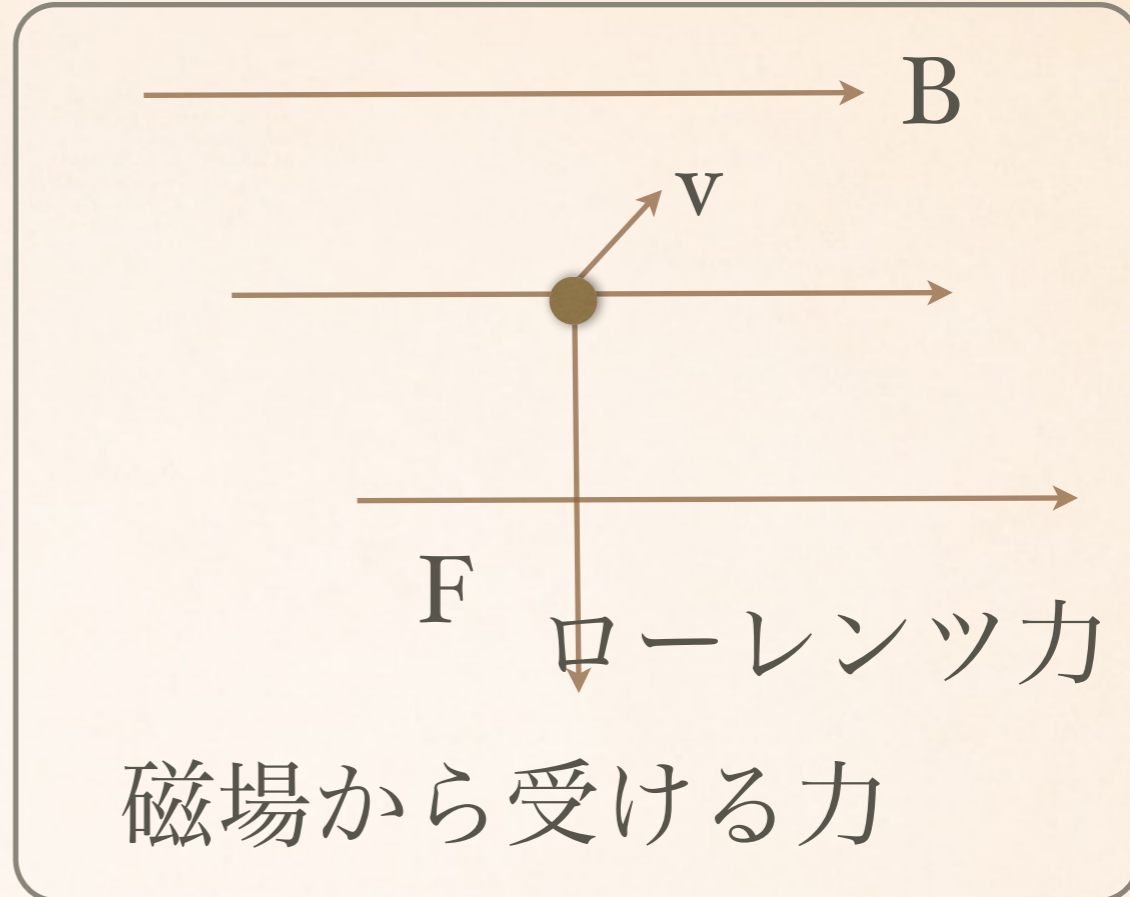
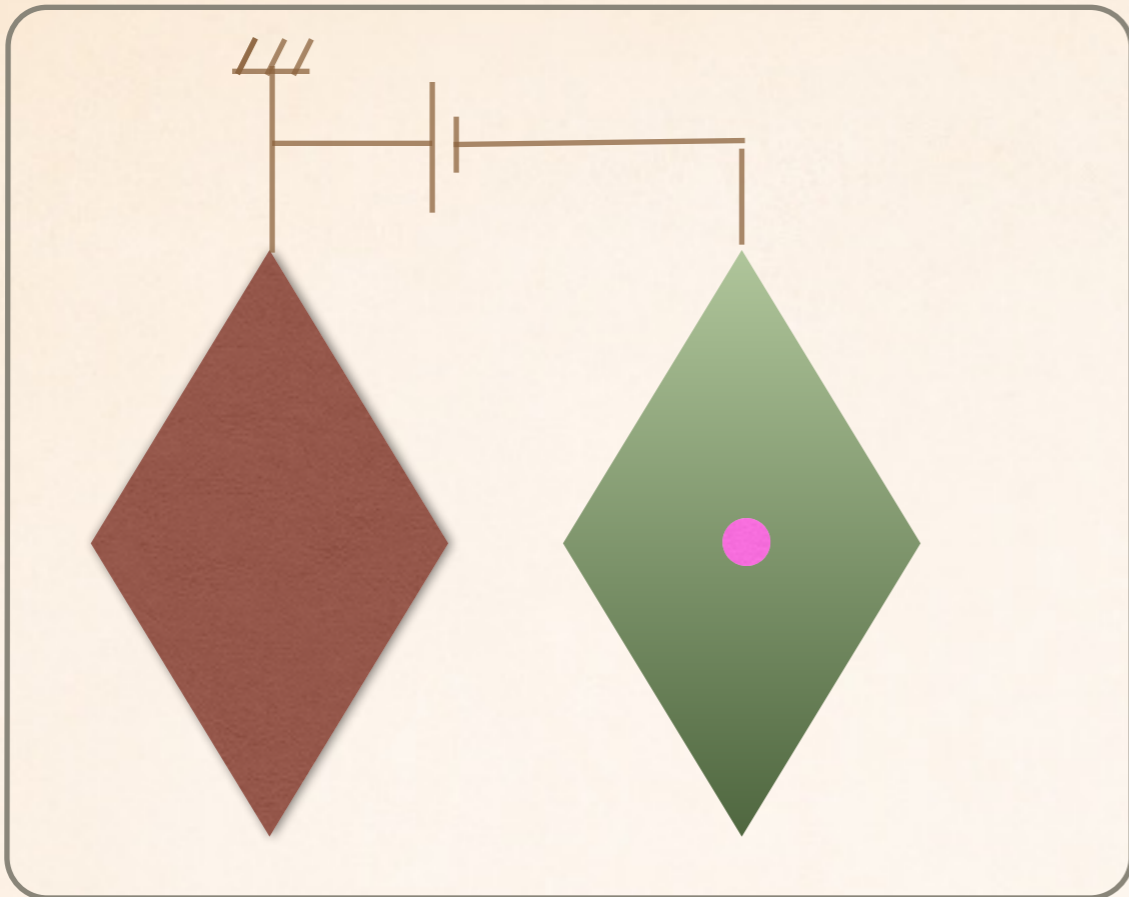
サイクロトロン  
の  
等時性の原理

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





一様磁場  $H$  中を円運動する粒子

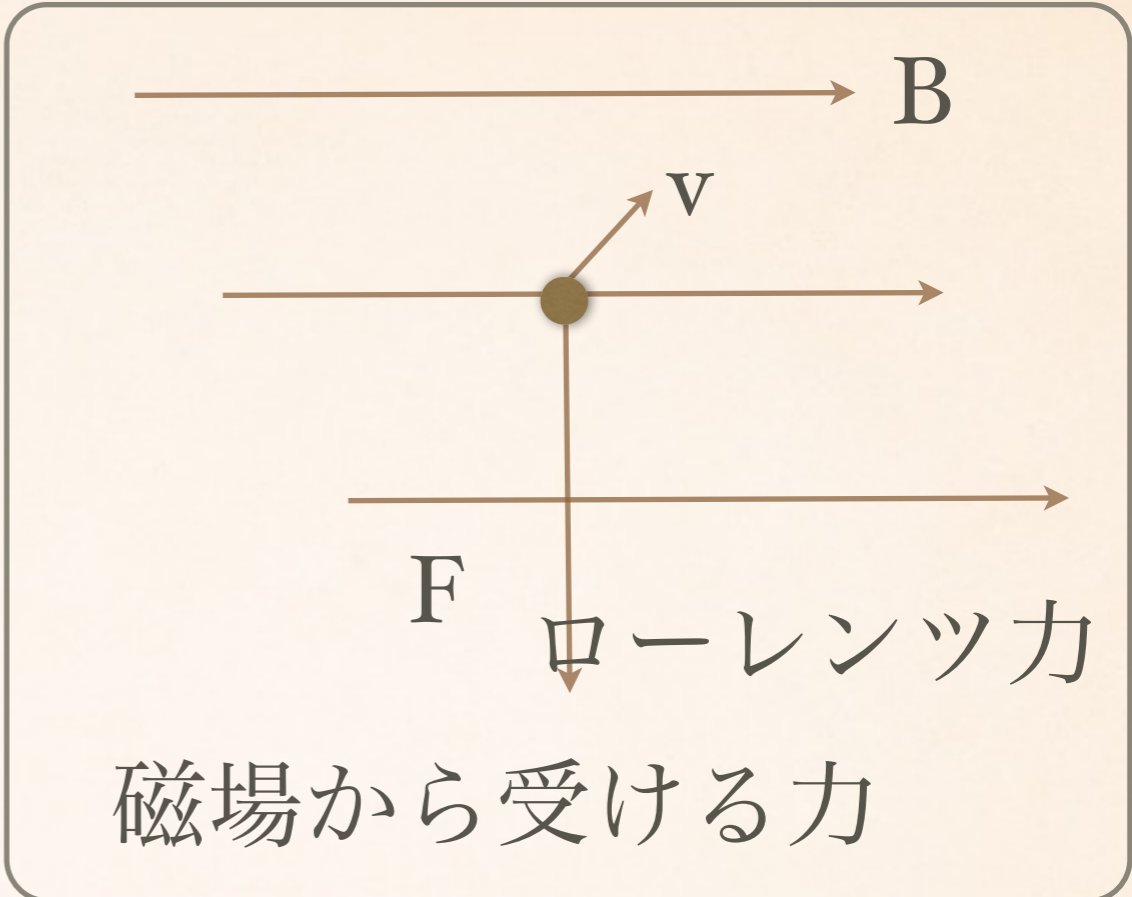
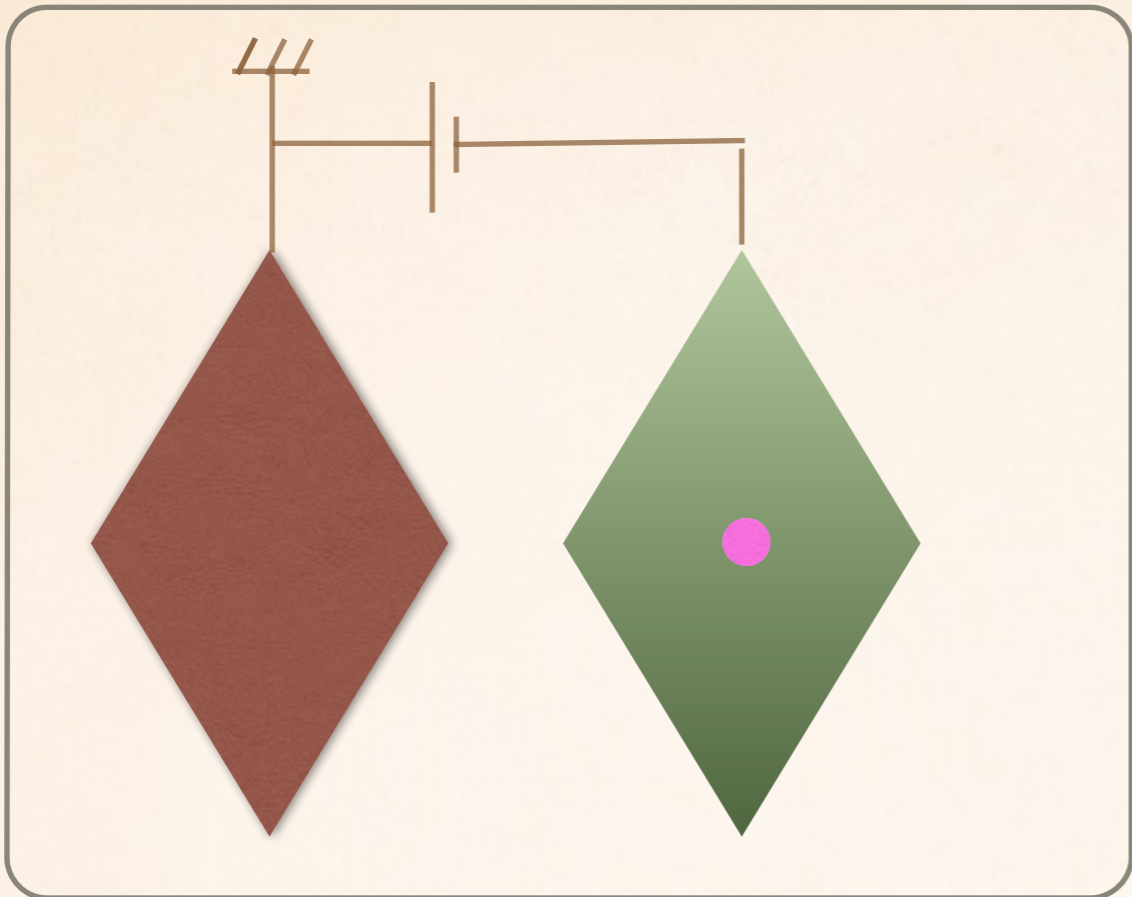
$$\omega = \frac{He}{Mc} = \text{const.}$$

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



一様磁場H中を円運動する粒子

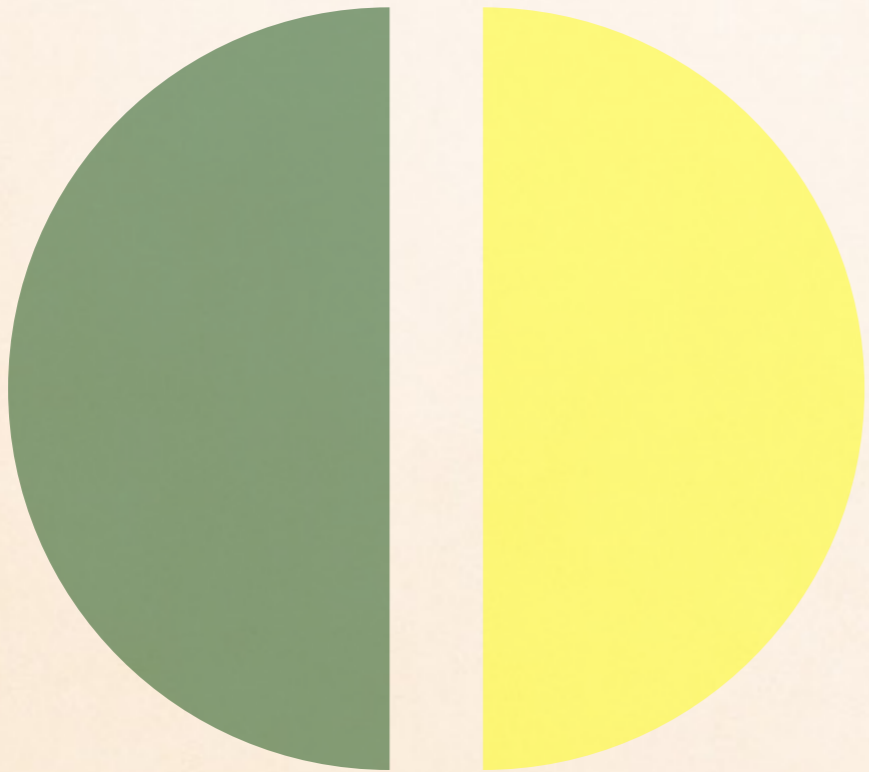
$$\omega = \frac{He}{Mc} = \text{const.}$$

サイクロトロン  
の  
等時性の原理

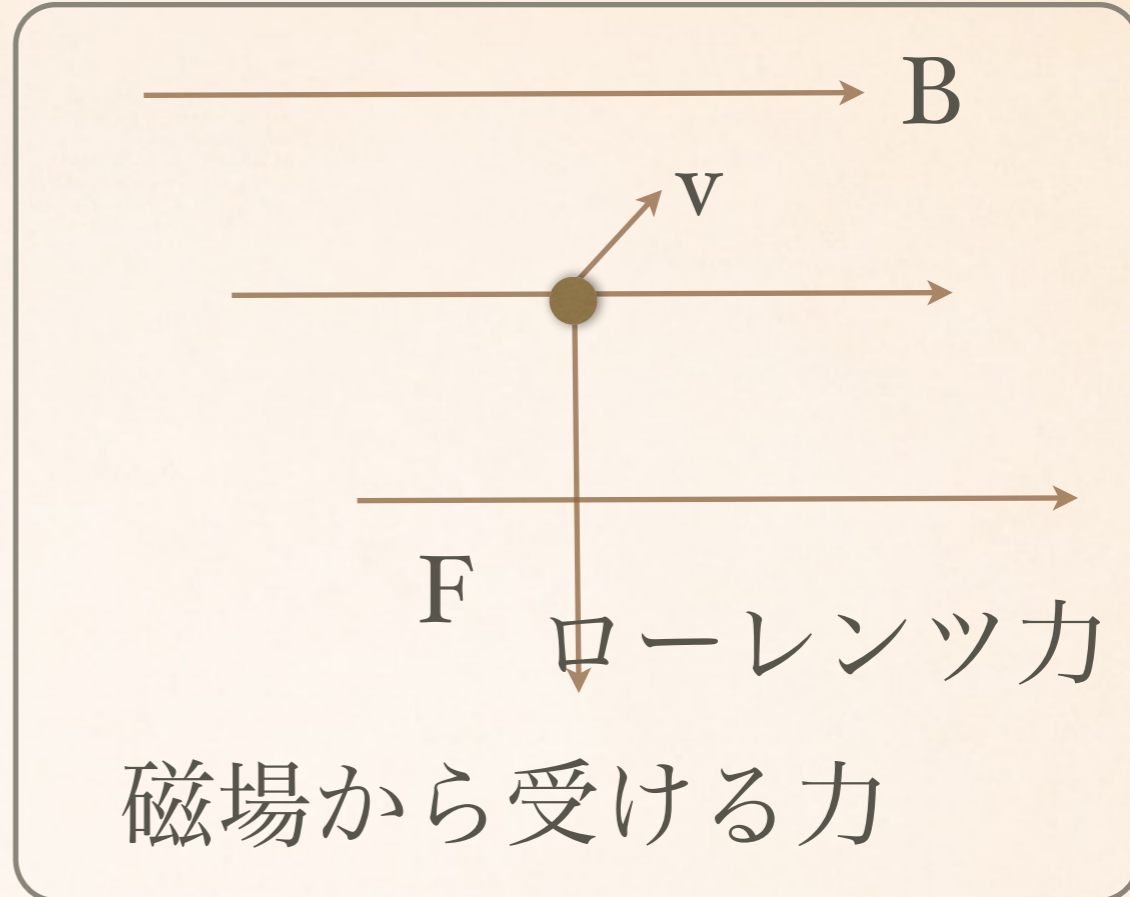
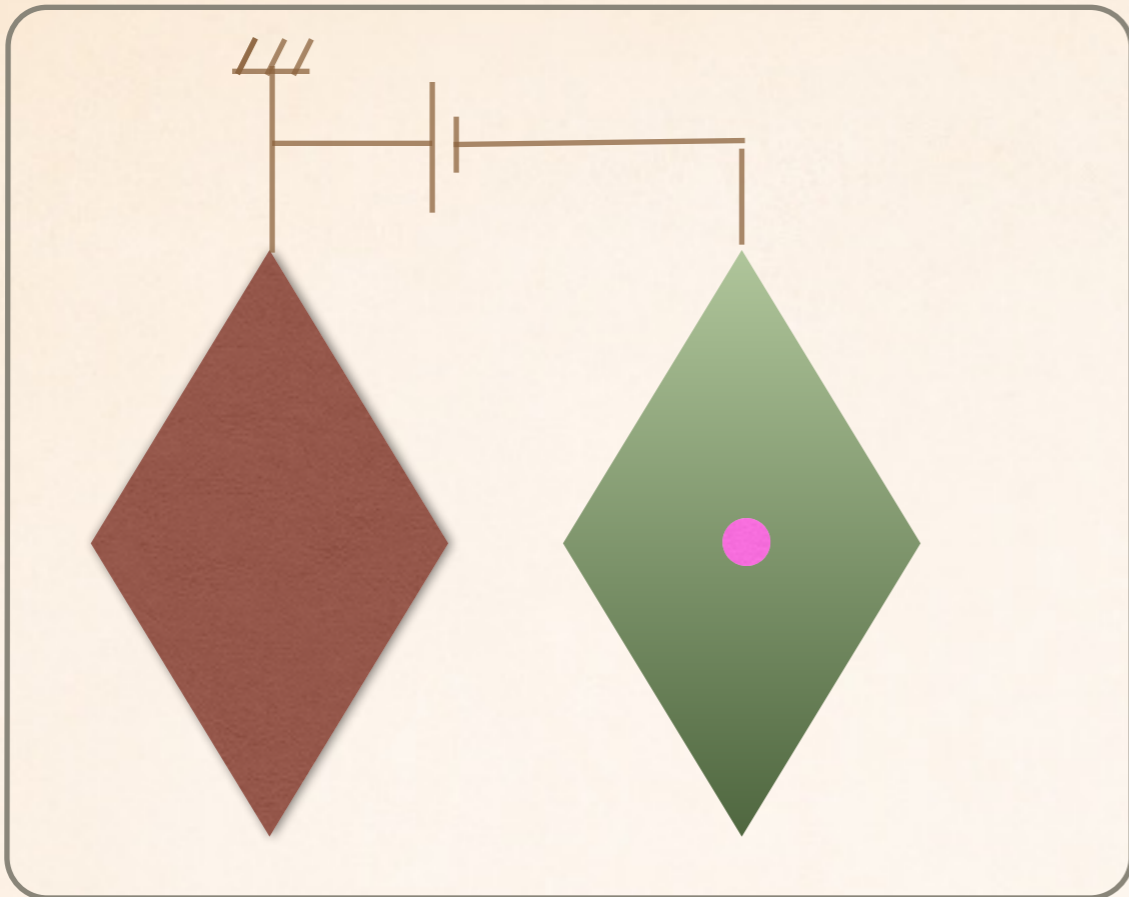
陽子で20 MeVを超えると相対論の効果で  
等時性原理が成り立たなくなる

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

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







一様磁場H中を円運動する粒子

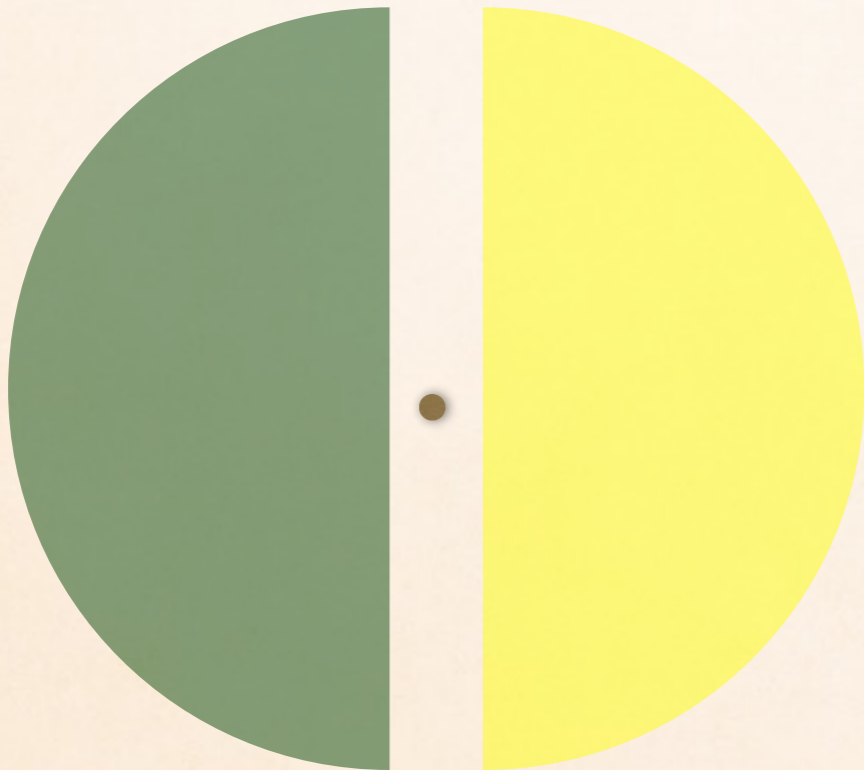
$$\omega = \frac{He}{Mc} = \text{const.}$$

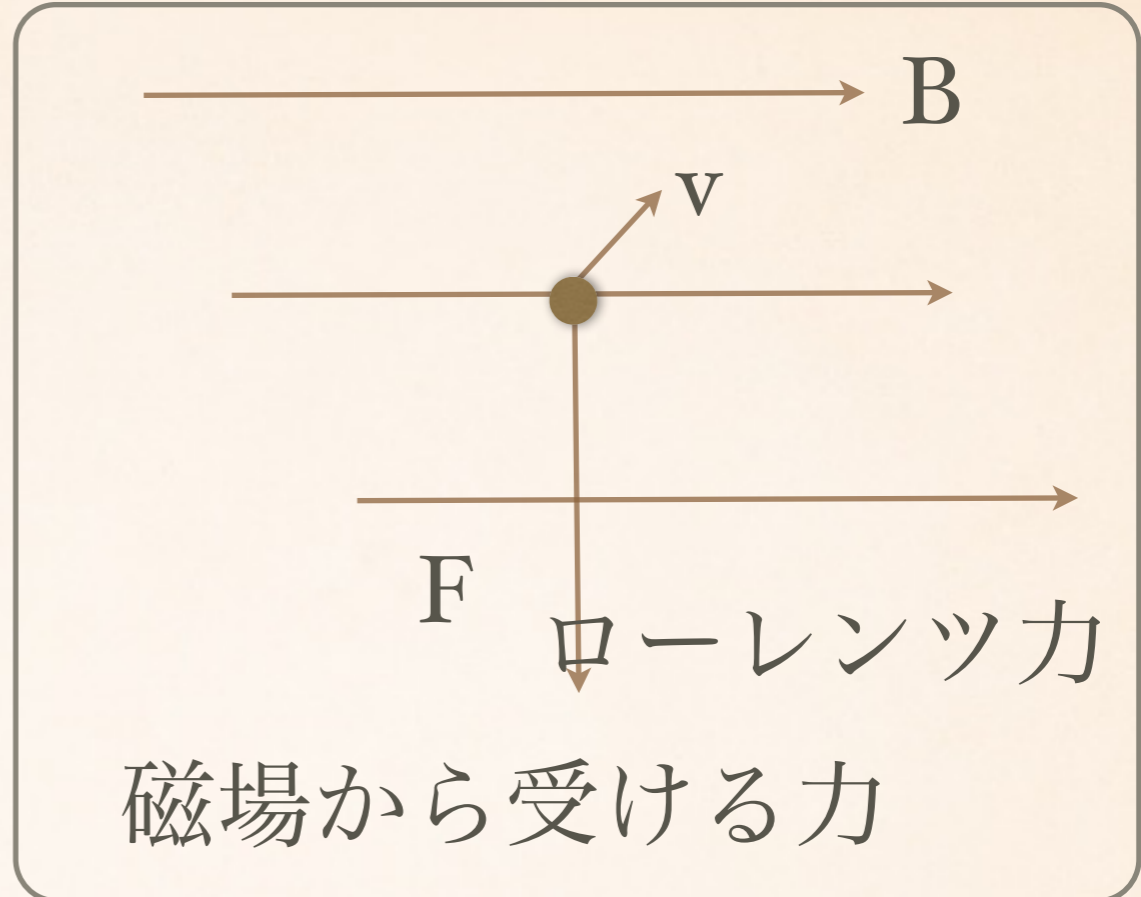
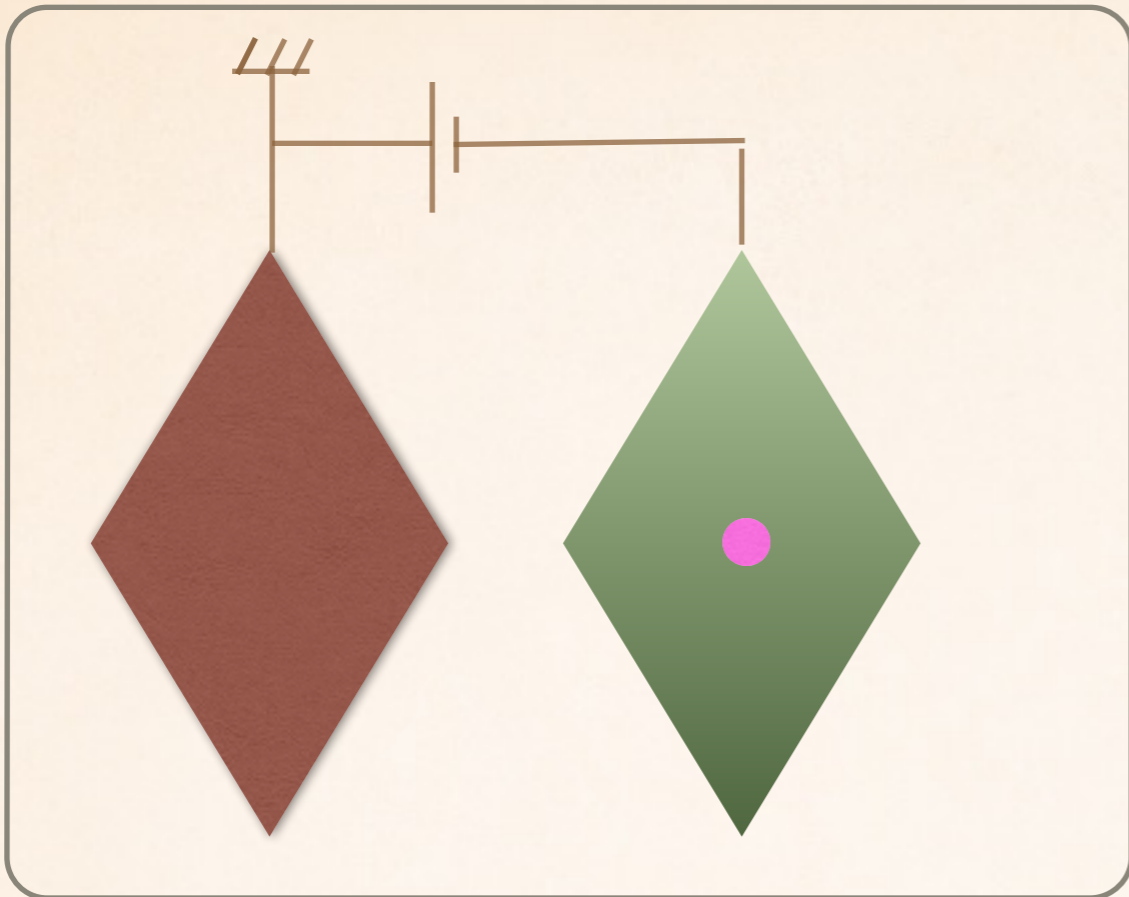
サイクロトロンの  
等時性の原理

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





一様磁場H中を円運動する粒子

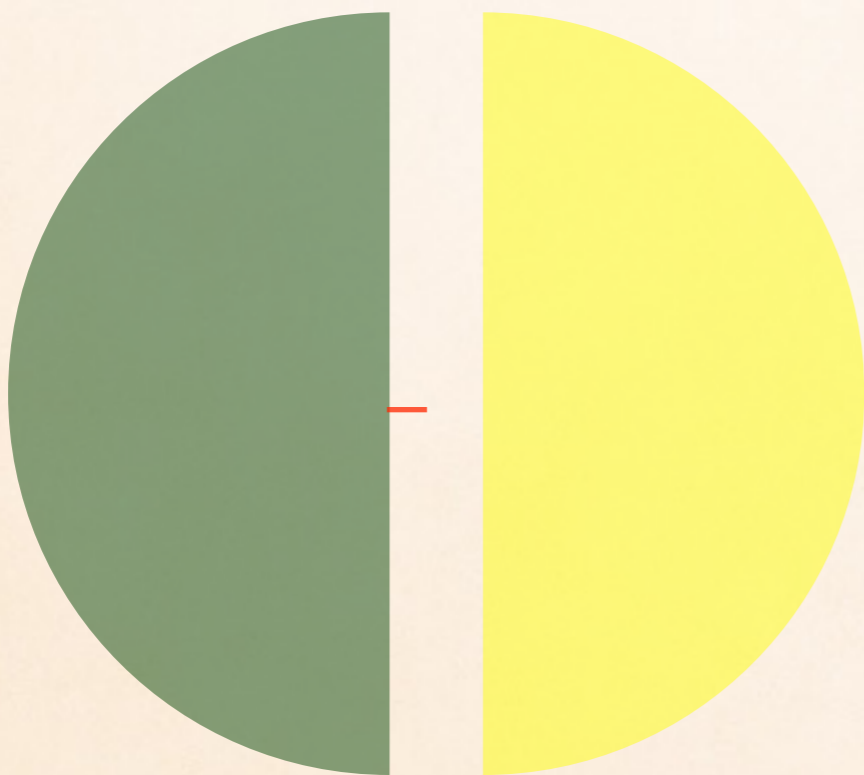
$$\omega = \frac{He}{Mc} = \text{const.}$$

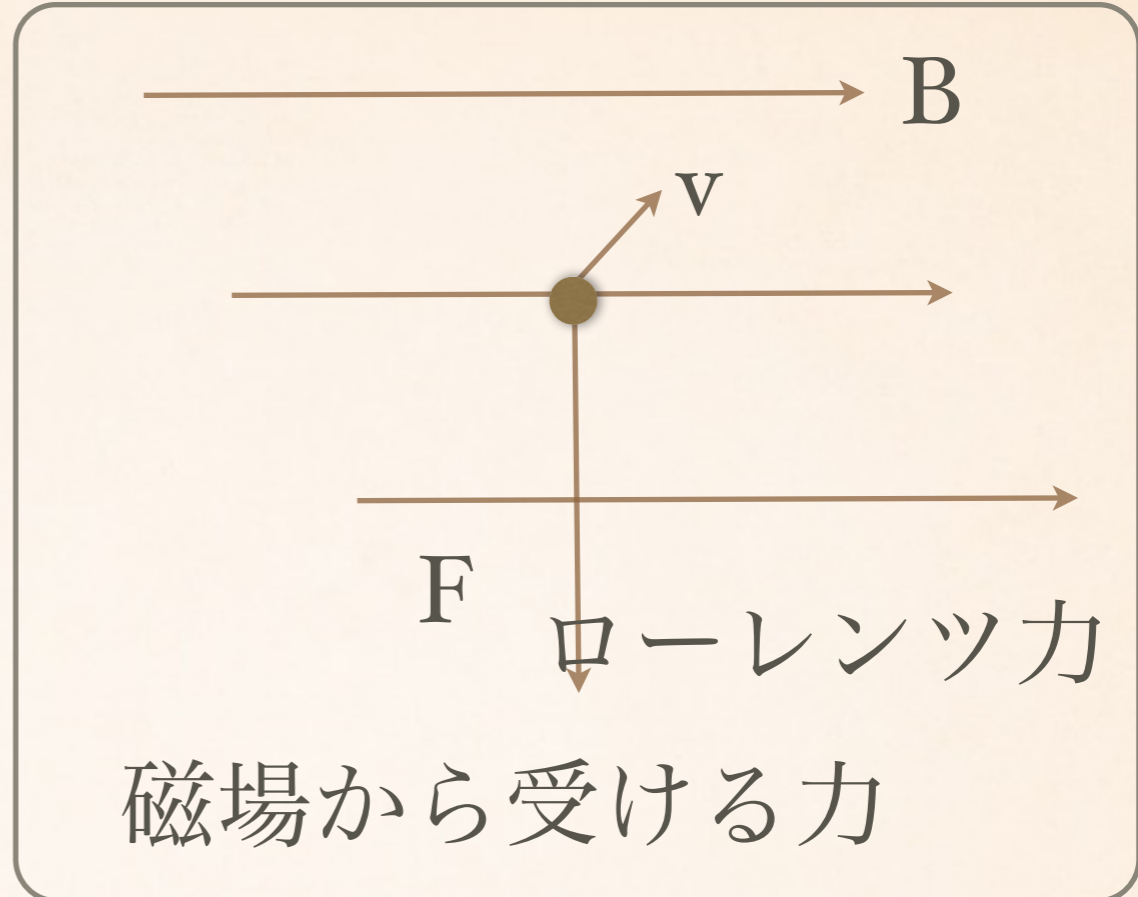
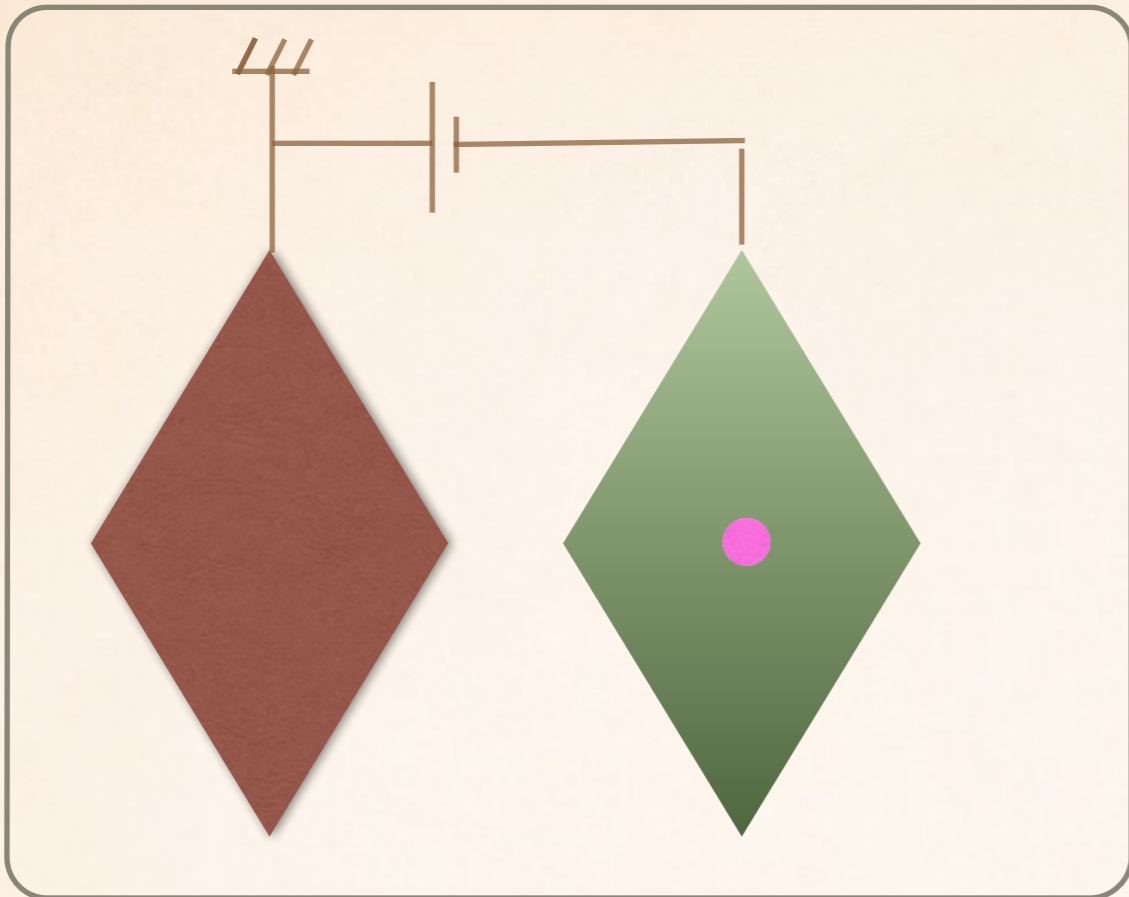
サイクロトロン  
の  
等時性の原理

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





一様磁場H中を円運動する粒子

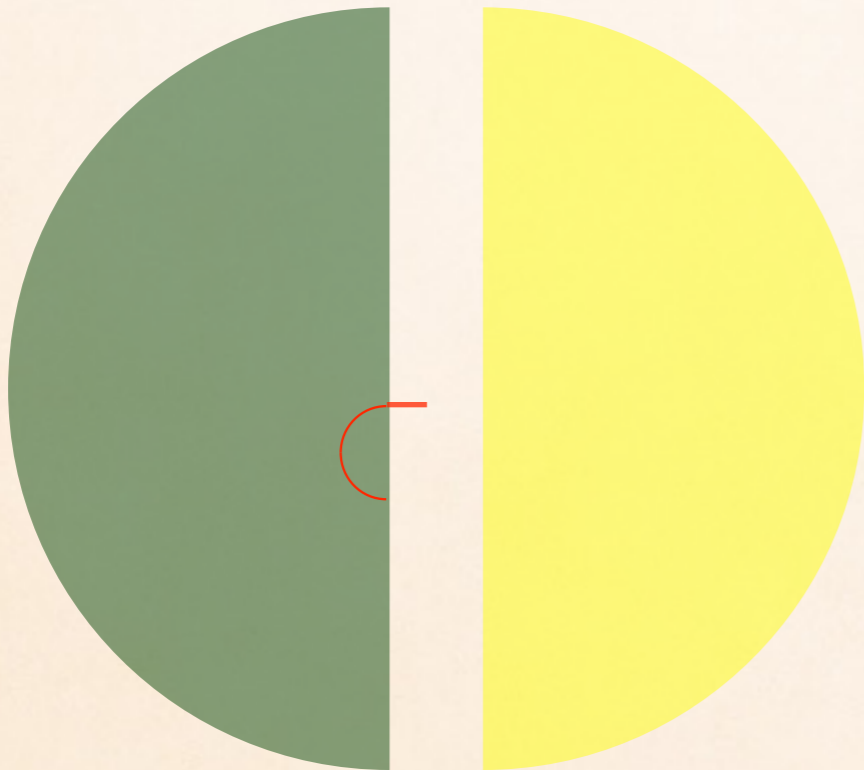
$$\omega = \frac{He}{Mc} = \text{const.}$$

サイクロトロン  
の  
等時性の原理

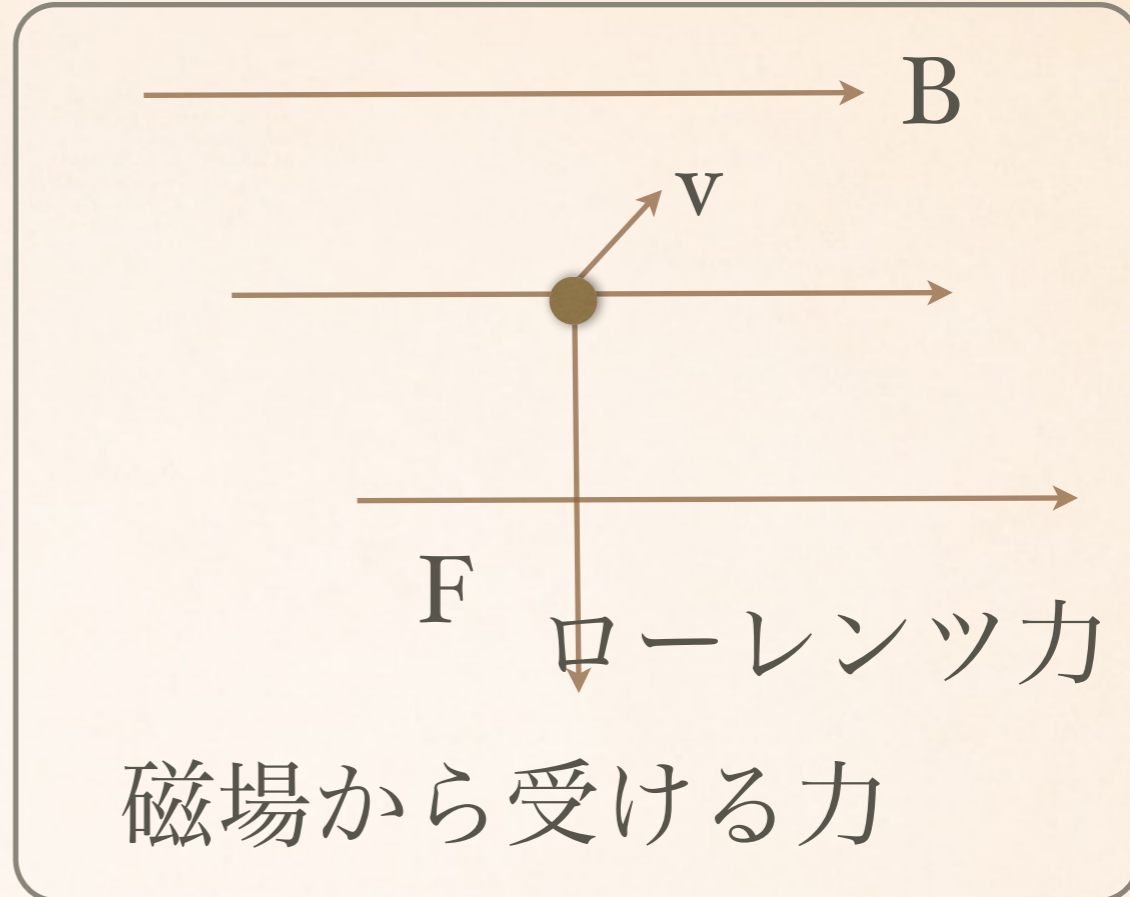
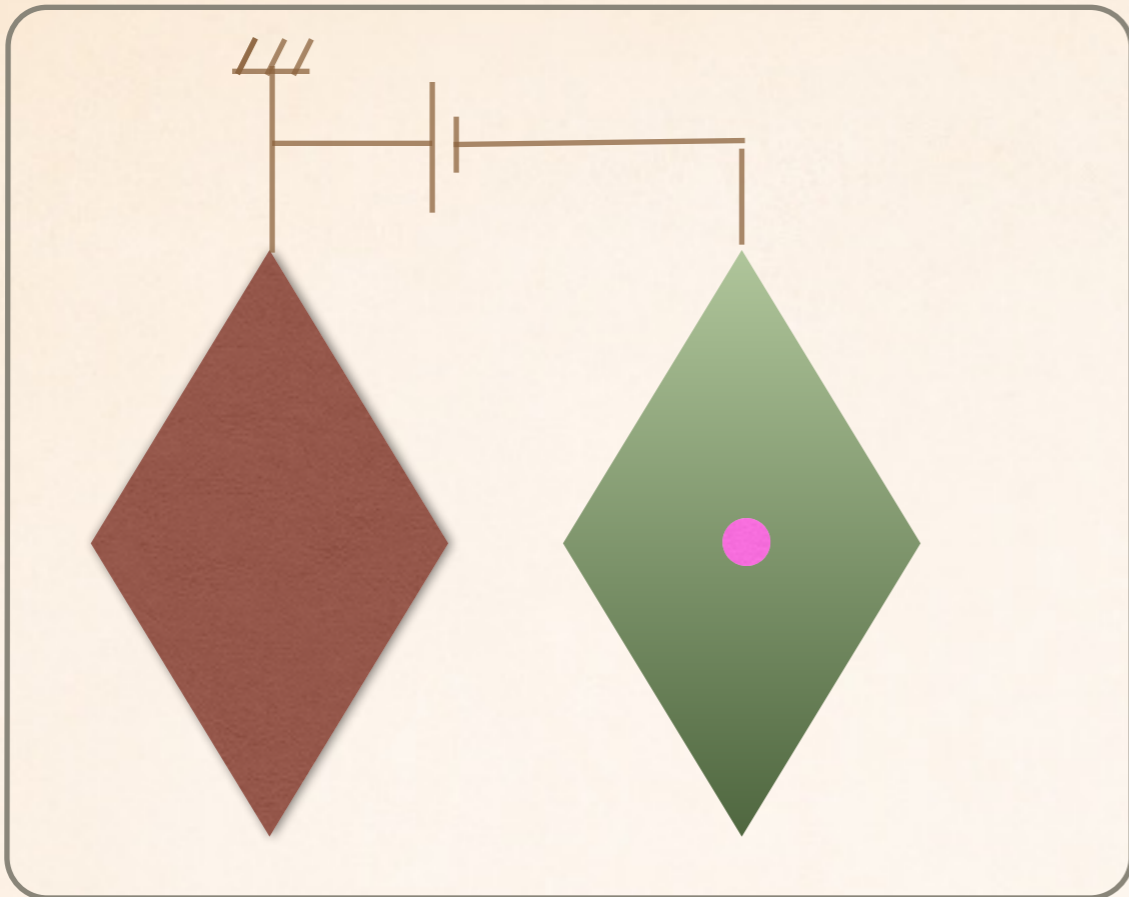
陽子で20 MeVを超えると相対論の効果で  
等時性原理が成り立たなくなる

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

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







一様磁場H中を円運動する粒子

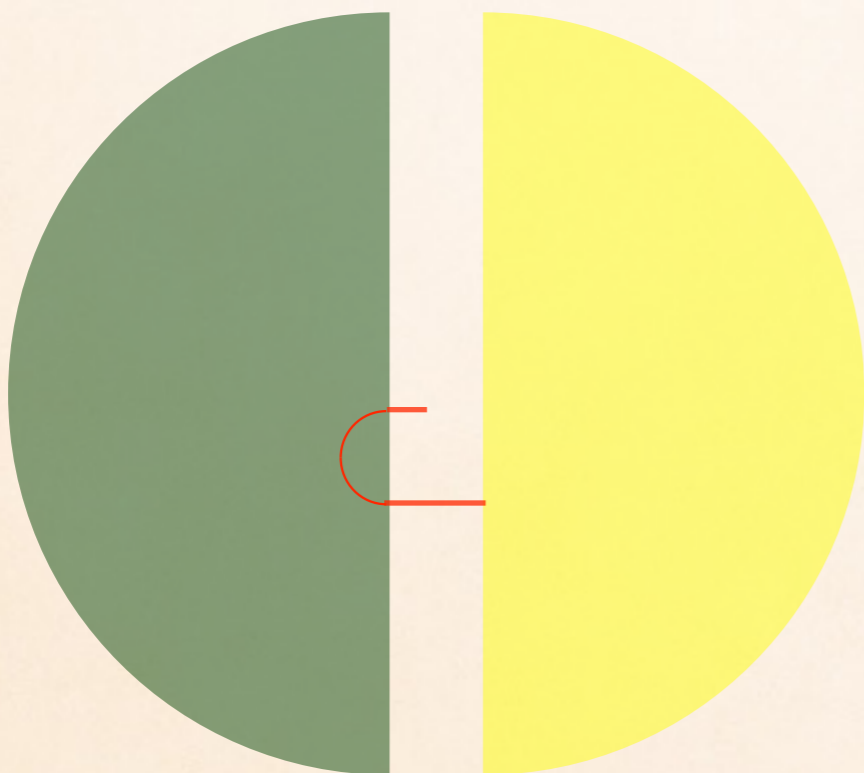
$$\omega = \frac{He}{Mc} = \text{const.}$$

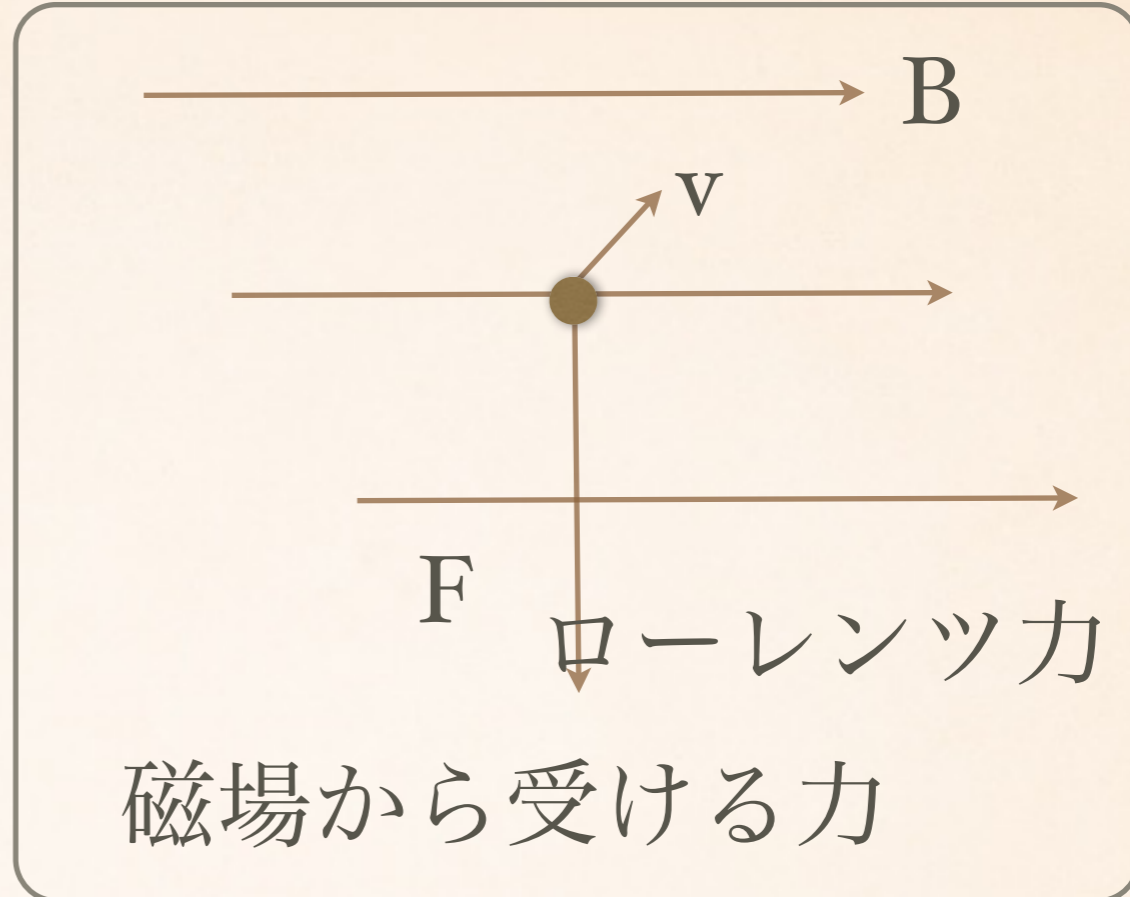
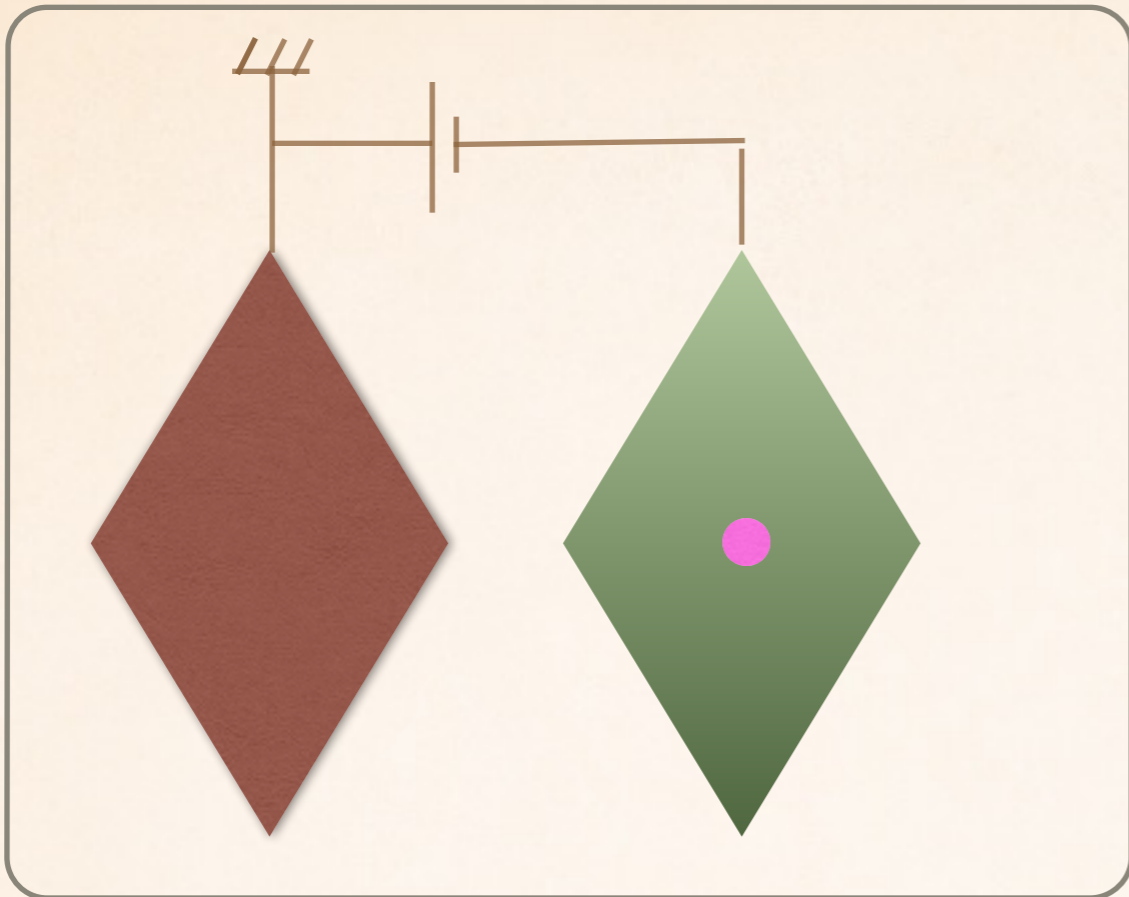
サイクロトロン  
の  
等時性の原理

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





一様磁場H中を円運動する粒子

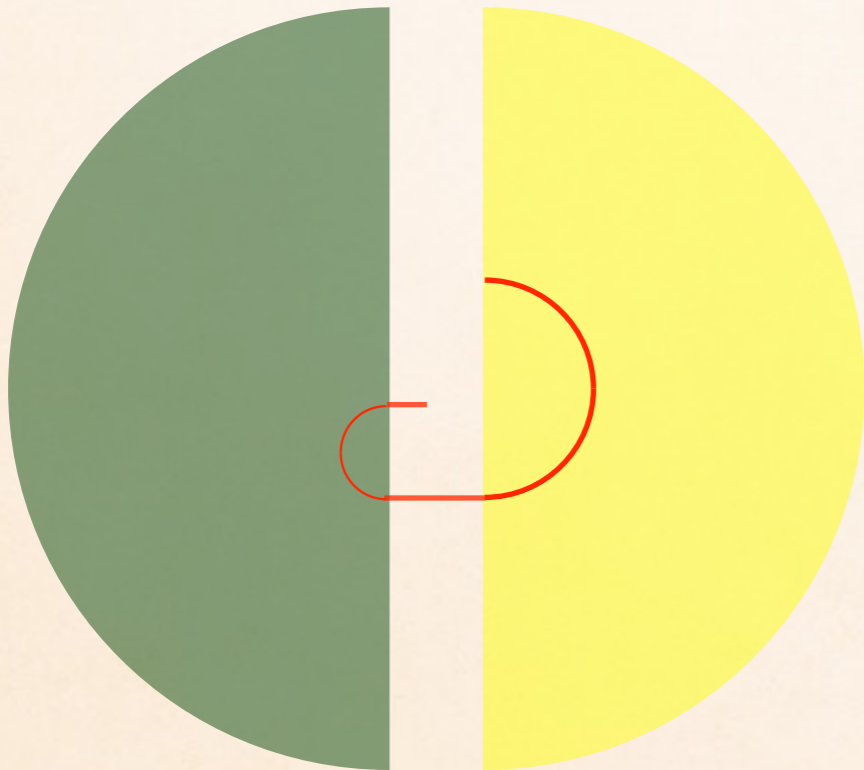
$$\omega = \frac{He}{Mc} = \text{const.}$$

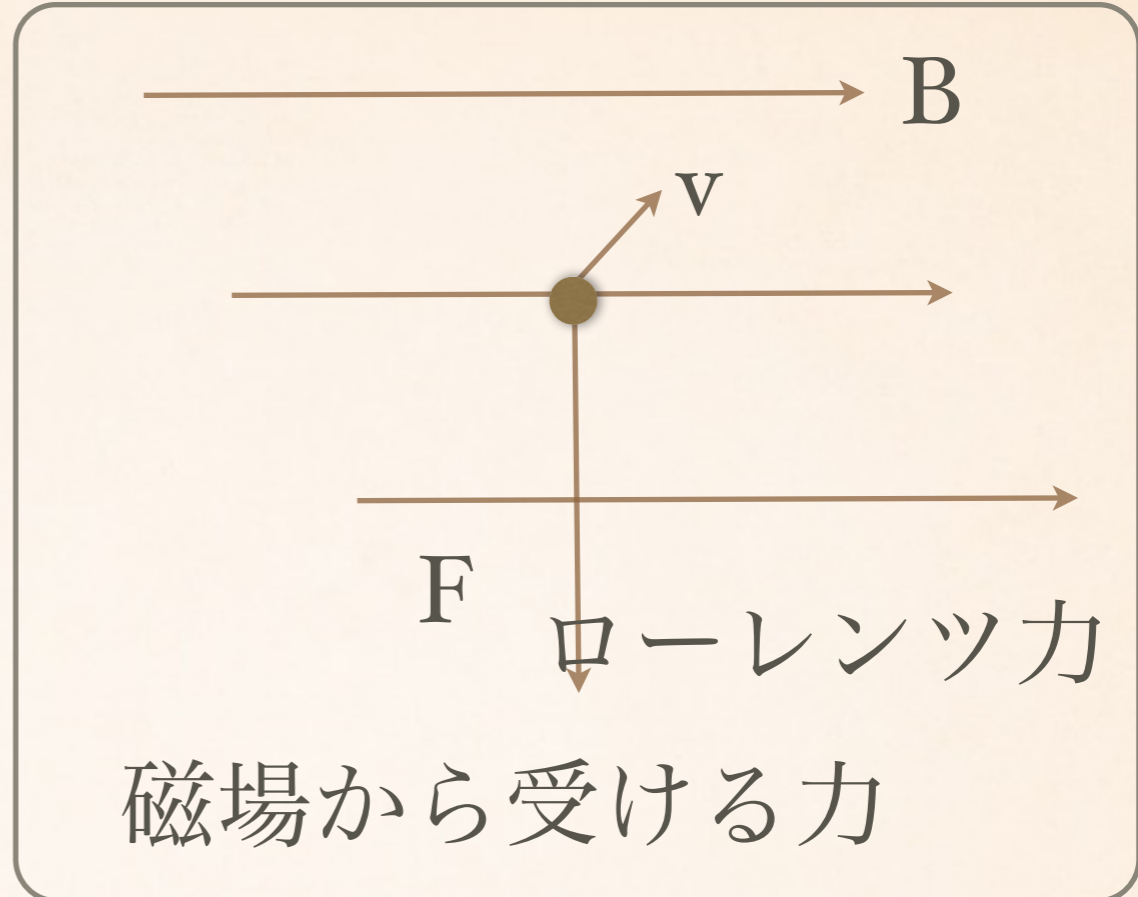
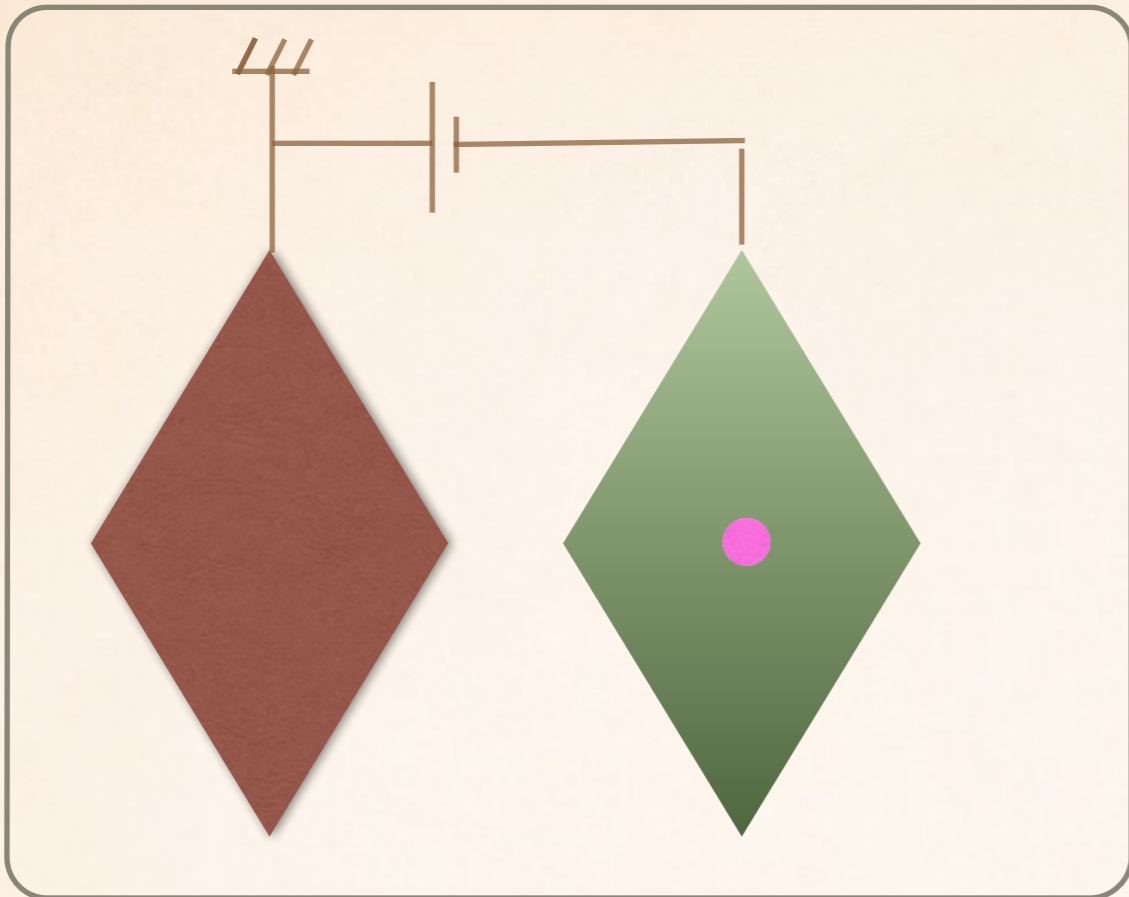
サイクロトロン  
の  
等時性の原理

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





一様磁場H中を円運動する粒子

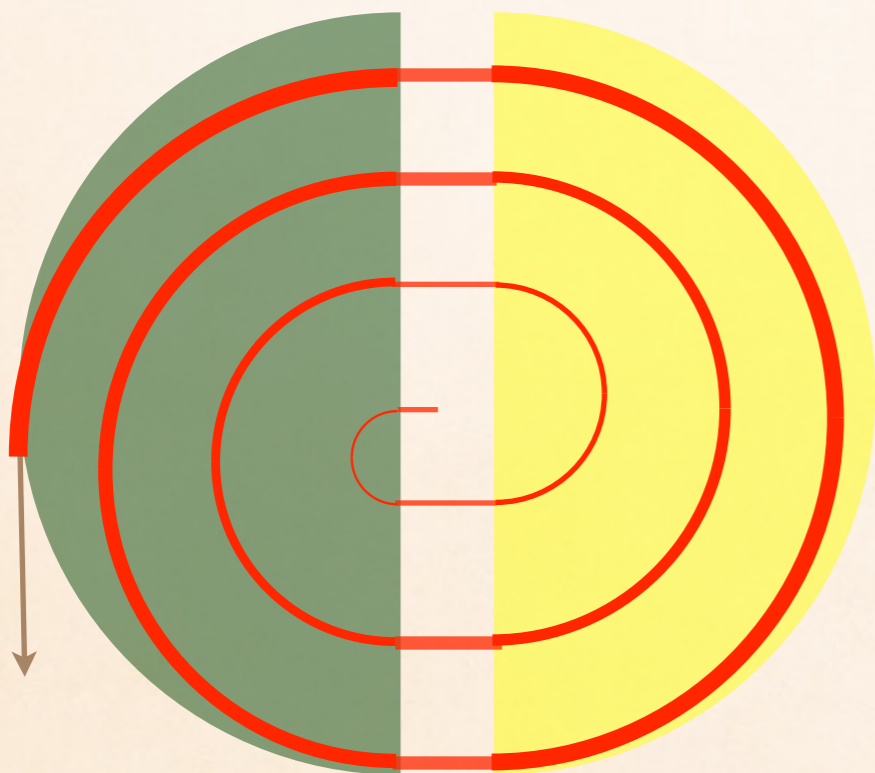
$$\omega = \frac{He}{Mc} = \text{const.}$$

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



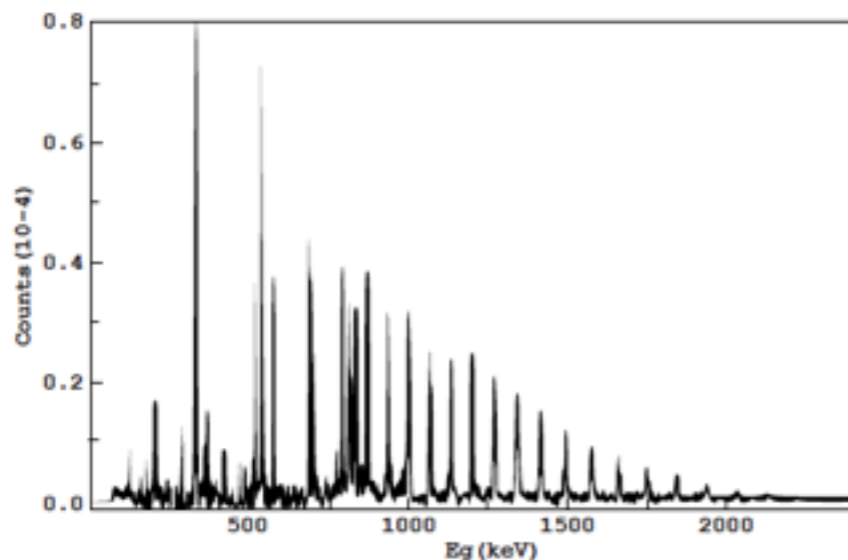


# 加速器を利用した研究例 インビームガンマ線核分光

## 回転スペクトル

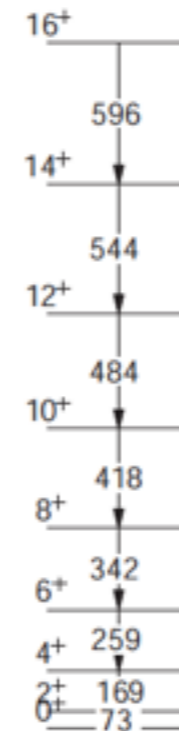
観測されるスペクトル

$$H_{\text{rot}} = \frac{\hbar^2}{2\mathcal{J}} I(I+1)$$

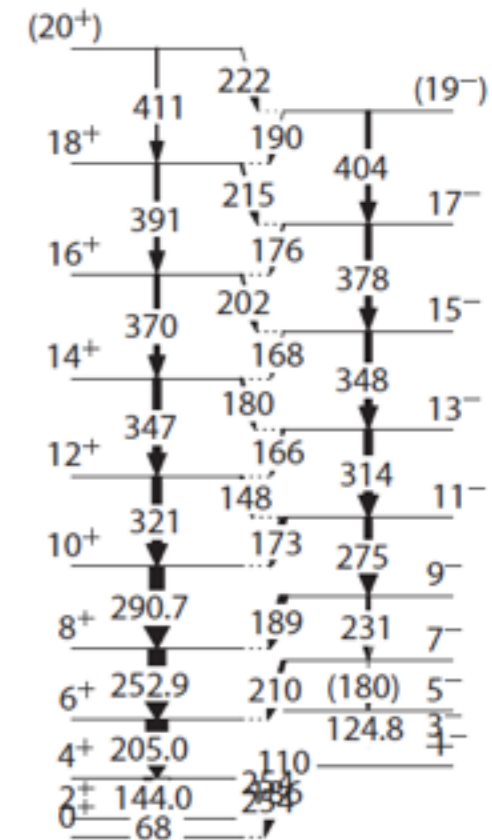


( $^{132}\text{Ce}$ の回転スペクトル、Liverpool大学Webサイトより)

$$\frac{E(I=4)}{E(I=2)} = 3.33 \text{ (ex. } ^{168}\text{Er; } \frac{264.081}{79.800} = 3.31)$$

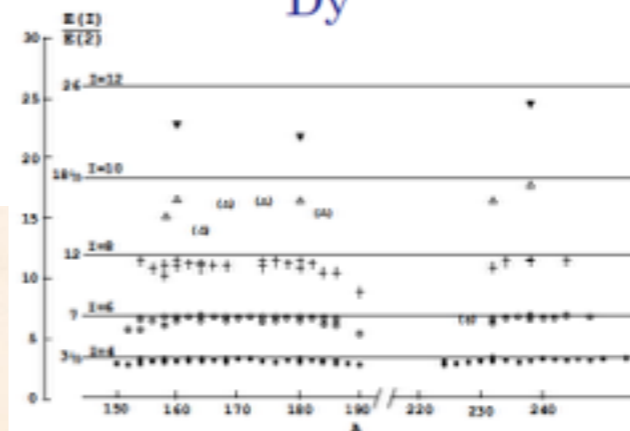


回転バンド  
 $^{164}\text{Dy}$



パリティ二重項  
 $^{226}\text{Ra}$

From <http://radware.phy.ornl.gov/>



# 高スピン状態の作り方と ガンマ線検出器

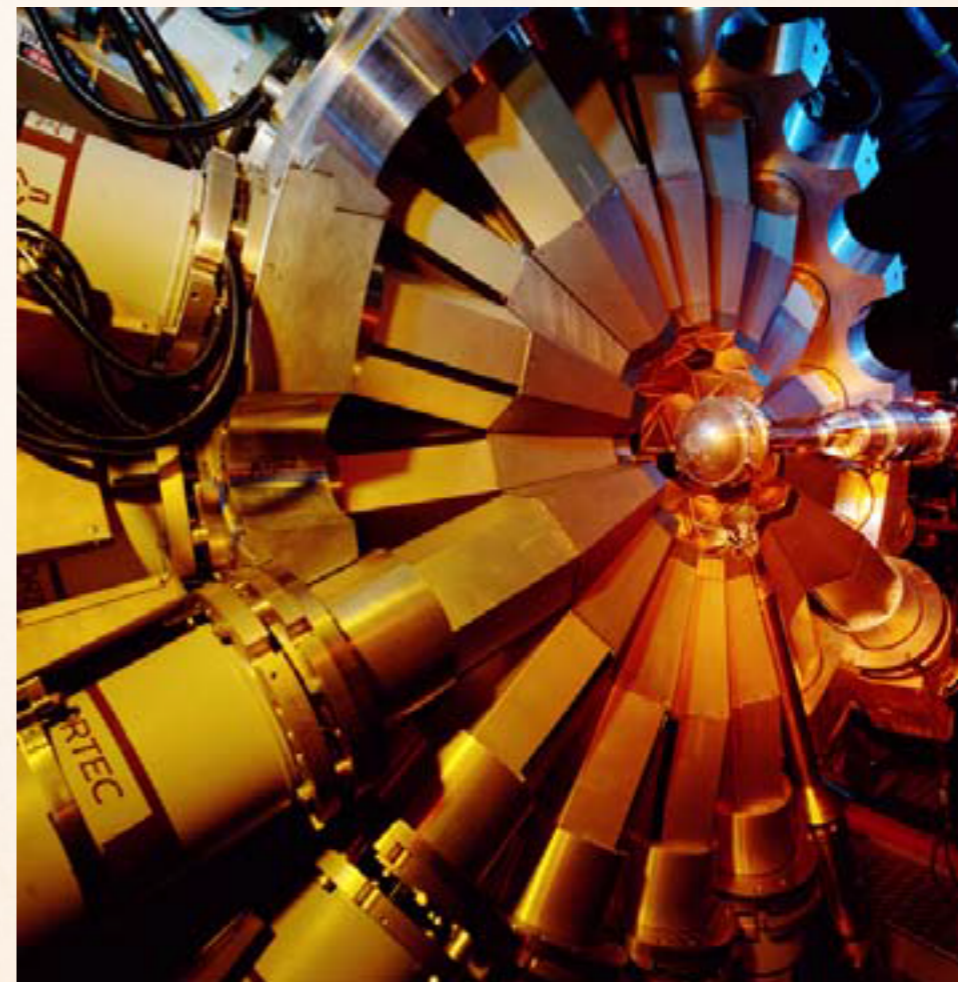
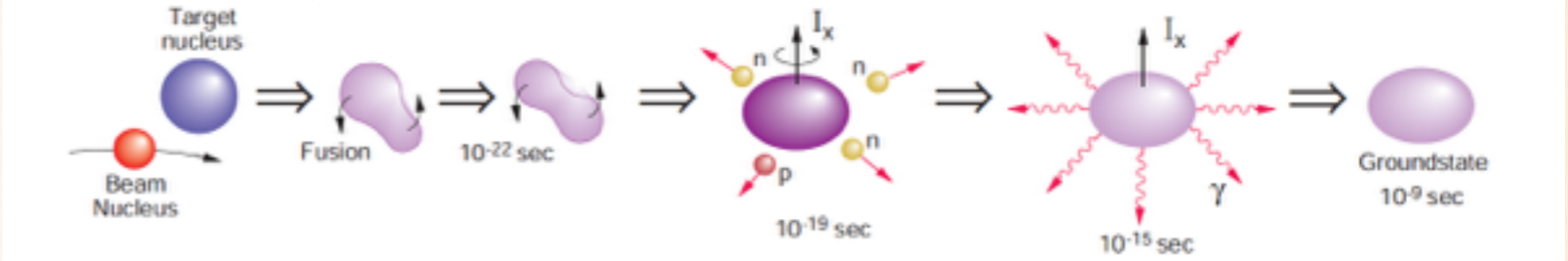
## ◆ Gammasphere (ANL)

◆ 世界最大のGe検出器  
アレイ

◆ 110台、角度17点

◆ 検出効率10%

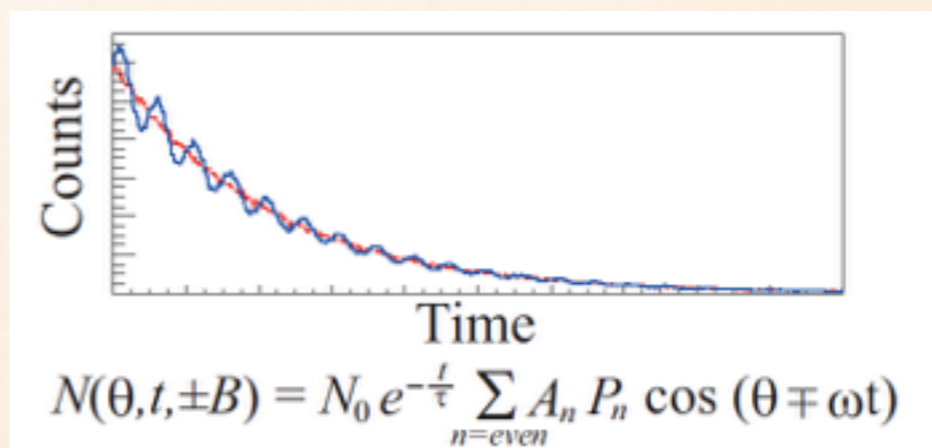
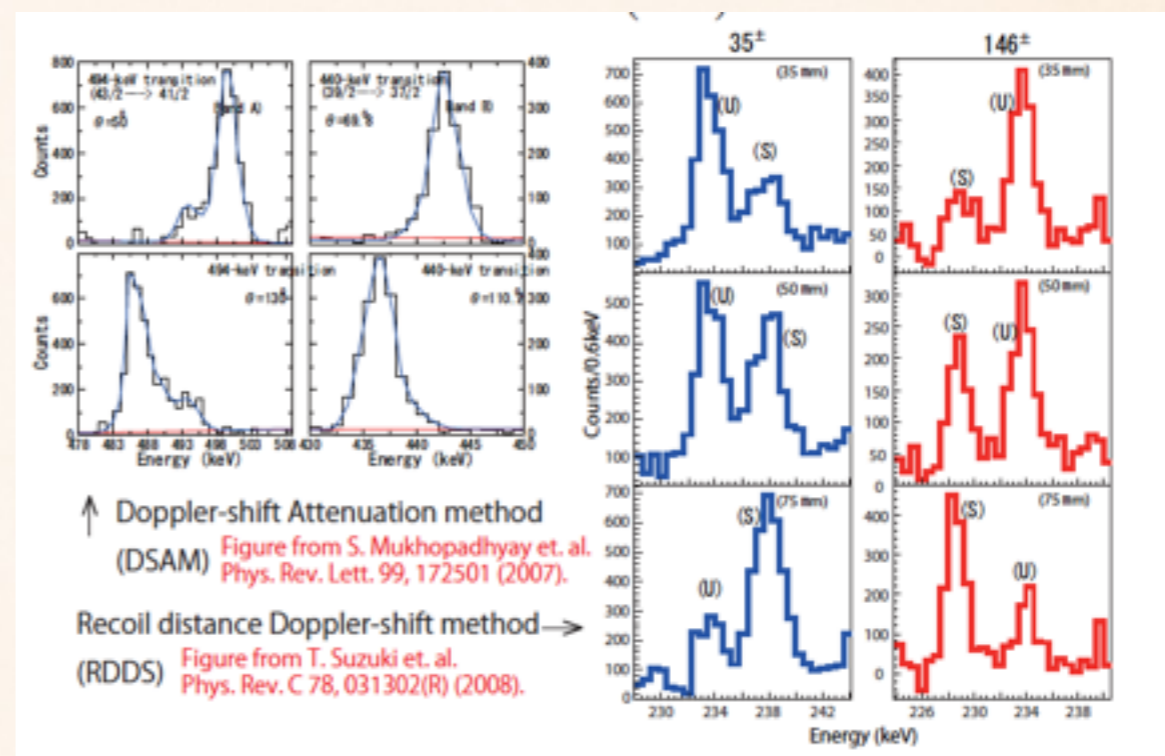
## 重イオン核融合反応





# インビームガンマ線分光からわかること

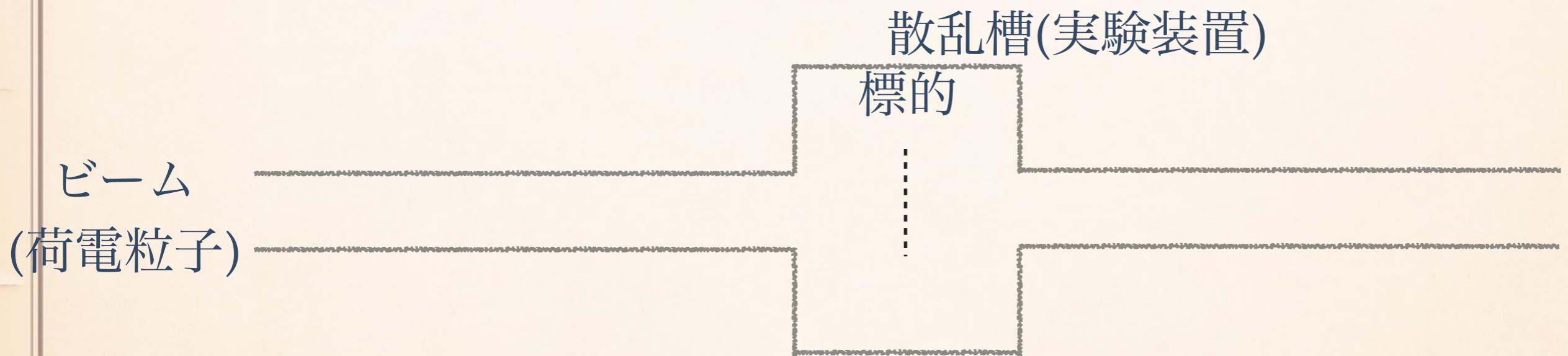
- ◆ エネルギー測定、核分布
  - ◆ レベルスキーム
  - ◆ (相対的に) スピン、パリティ
- ◆ 寿命測定 (ドップラーシフトを利用)
  - ◆ (換算) 遷移確率
- ◆ 磁気能率 (磁場中で測定)
  - ◆ 単一粒子配位





# サイクロトロンでの放射化

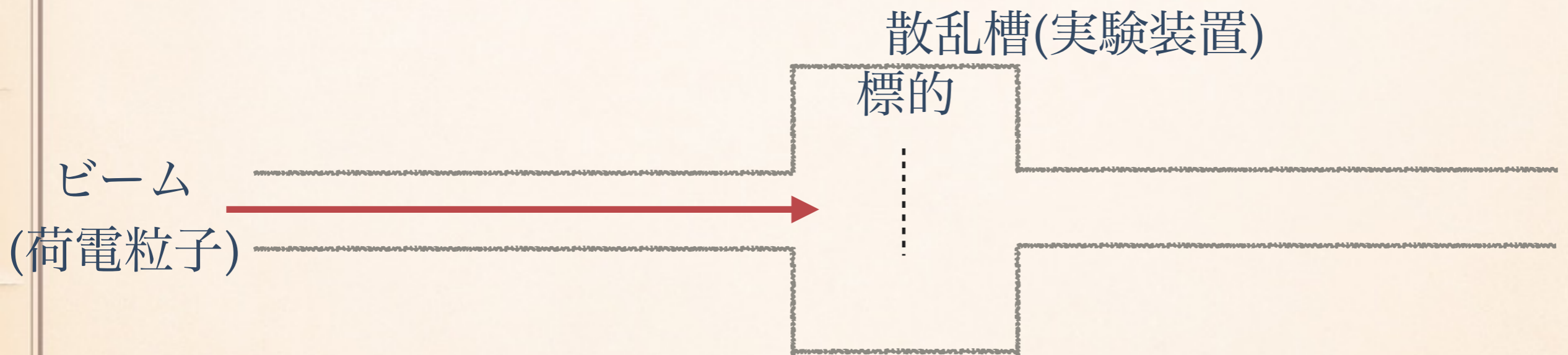
壁



その他、常時室内に置かれている物

# サイクロトロンでの放射化

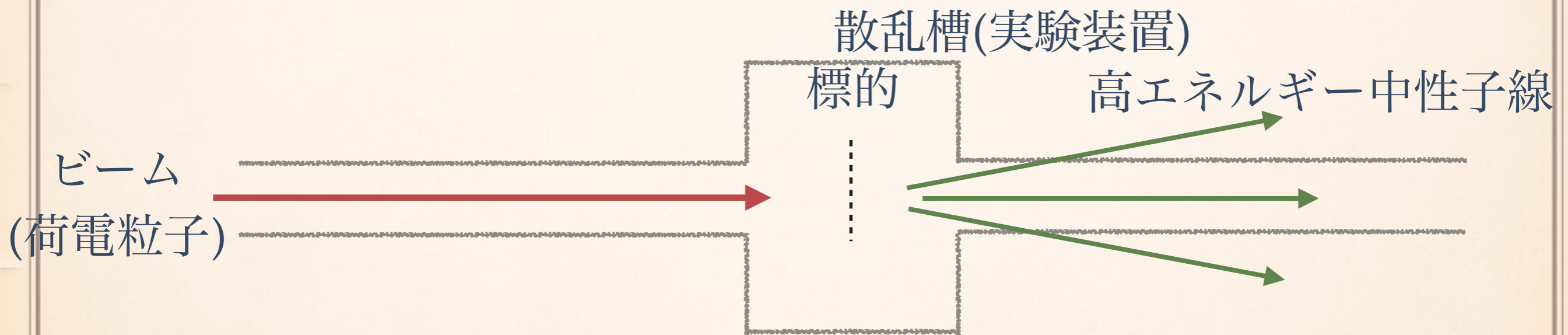
壁



その他、常時室内に置かれている物

# サイクロトロンでの放射化

壁

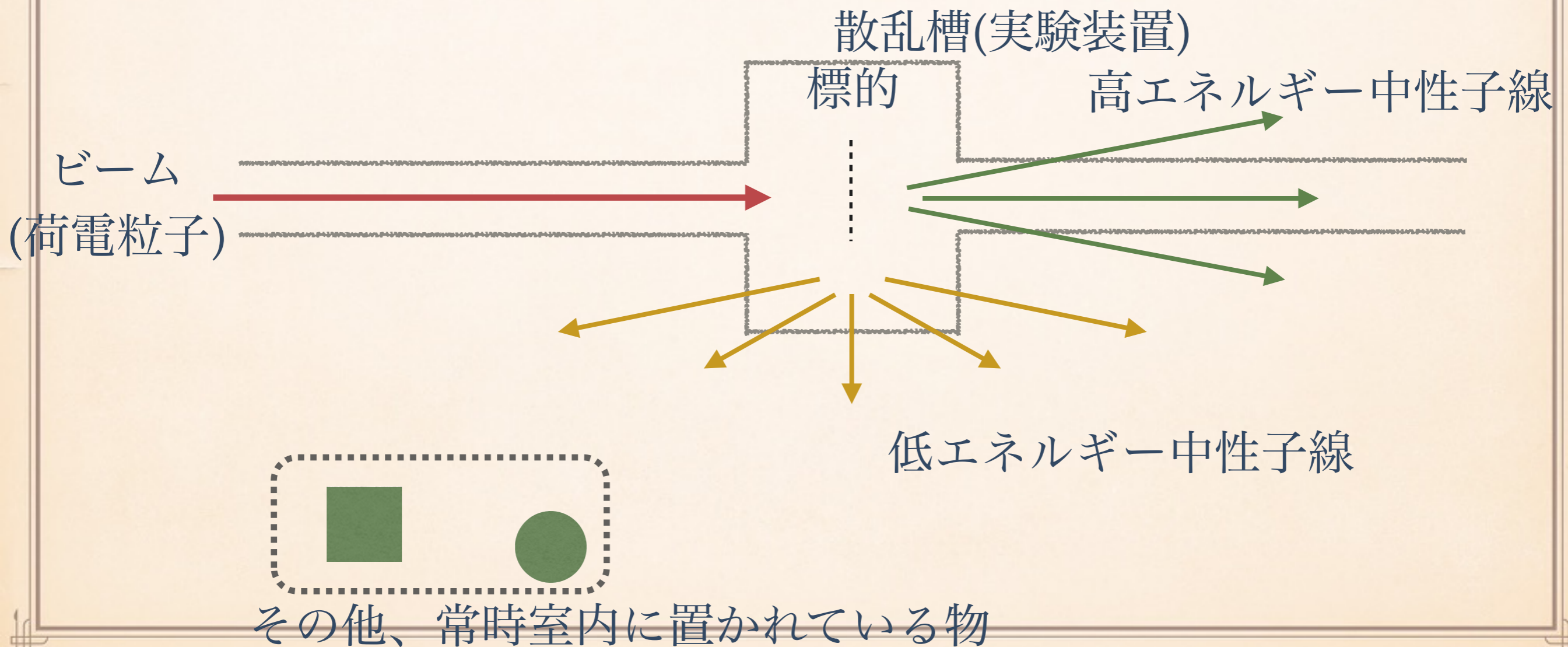


その他、常時室内に置かれている物



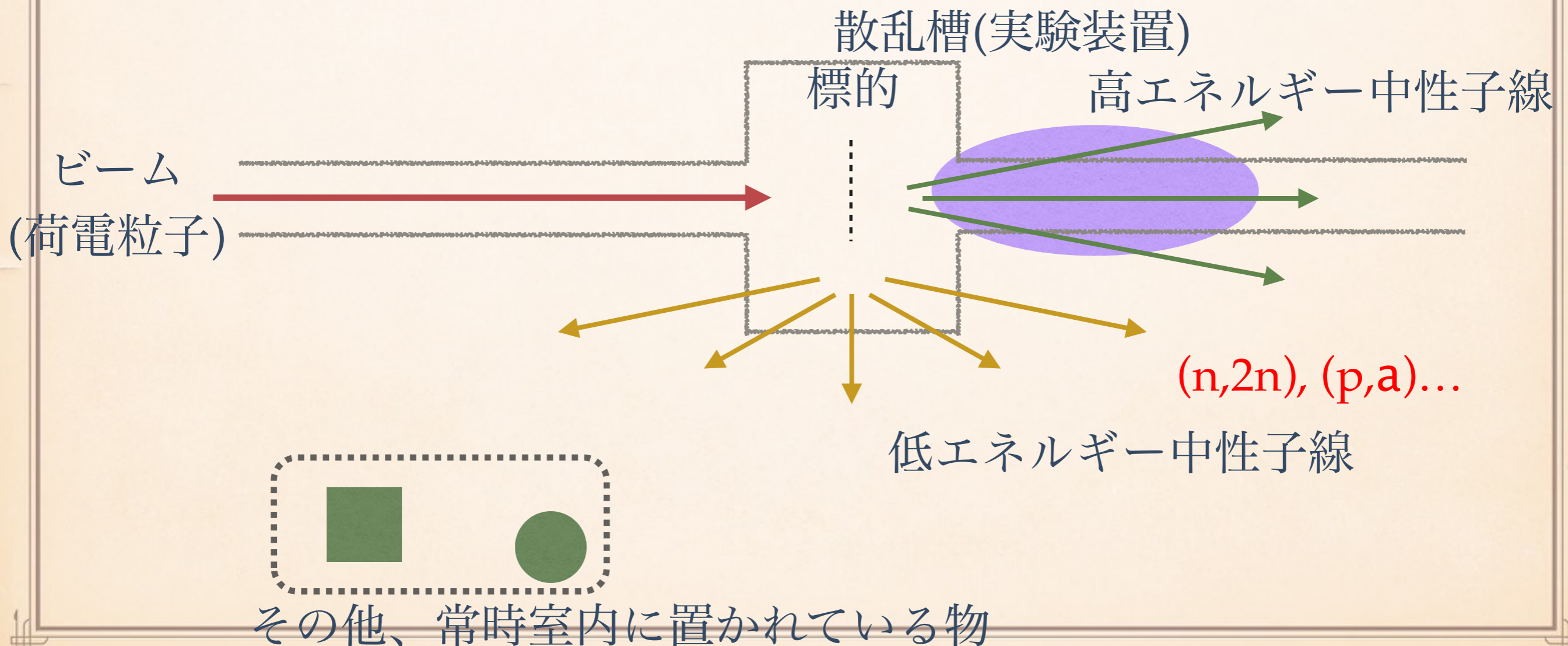
# サイクロトロンでの放射化

壁



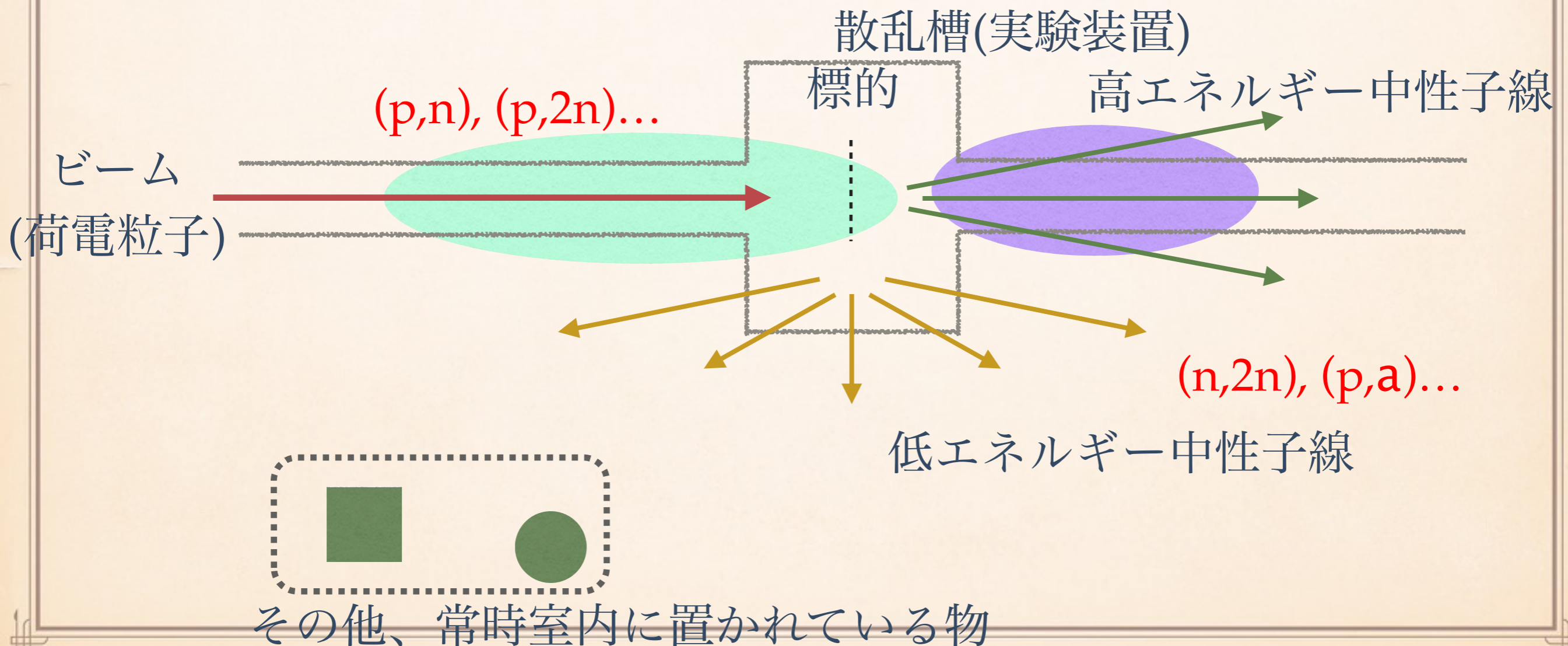
# サイクロトロンでの放射化

壁



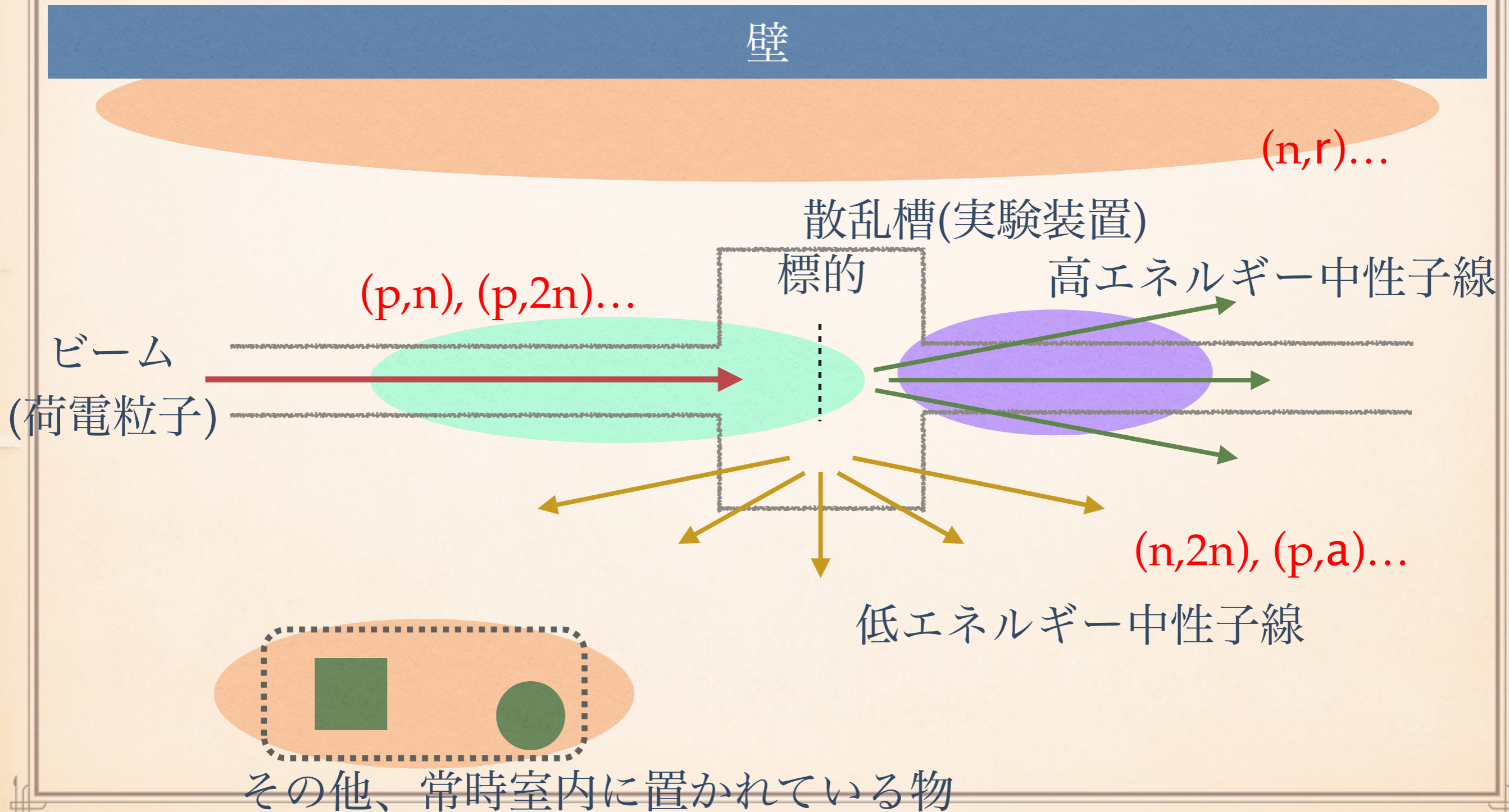
# サイクロトロンでの放射化

壁





# サイクロトロンでの放射化



# 管理対象の放射化物

- ❖ 放射化物については、放射線発生装置から取り外した時点からその管理が必要となる。
- ❖ 核子当たりの最大加速エネルギーが2.5MeV未満のイオン加速器（ただし、重水素とトリチウムの核反応などを用いて中性子を発生させる目的で使用される加速器を除く。）及び最大加速エネルギーが6MeV以下の電子加速器（医療用直線加速装置のうち、X線の最大エネルギーが6MeV以下のものを含む。）については、当該加速器の本体及び遮蔽体などの周辺設備等は放射化物としての管理は不要である。
- ❖ 医療用直線加速装置のうち、X線の最大エネルギーが6MeVを超えるものについては、「(2) 表I 医療用直線加速装置における放射化物として扱う特定の部品等」に示す特定の部品等以外のものは放射化物としての管理は不要である。
- ❖ 医療用直線加速装置のうち、X線の最大エネルギーが10MeV以下のものについては、空気及び水の放射化の考慮は不要である。また、医療用直線加速装置のうち、X線の最大エネルギーが15MeV以下のものについては、これまでの調査の結果から排気設備の設置は不要である。
- ❖ 工業用直線加速装置については、装置の基本的な構造や使用の方法等が医療用直線加速装置と同様である場合は、②～④が参考となる。
- ❖ 自己遮蔽を備えた医療用サイクロトロンについては、自己遮蔽の内側にあるサイクロトロン本体、周辺機器、遮蔽体及び床材は放射化物であり、自己遮蔽の外側にあるものについては、放射化物としての管理は不要である。
- ❖ 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※Iできたものについては、放射化物としないことができる。

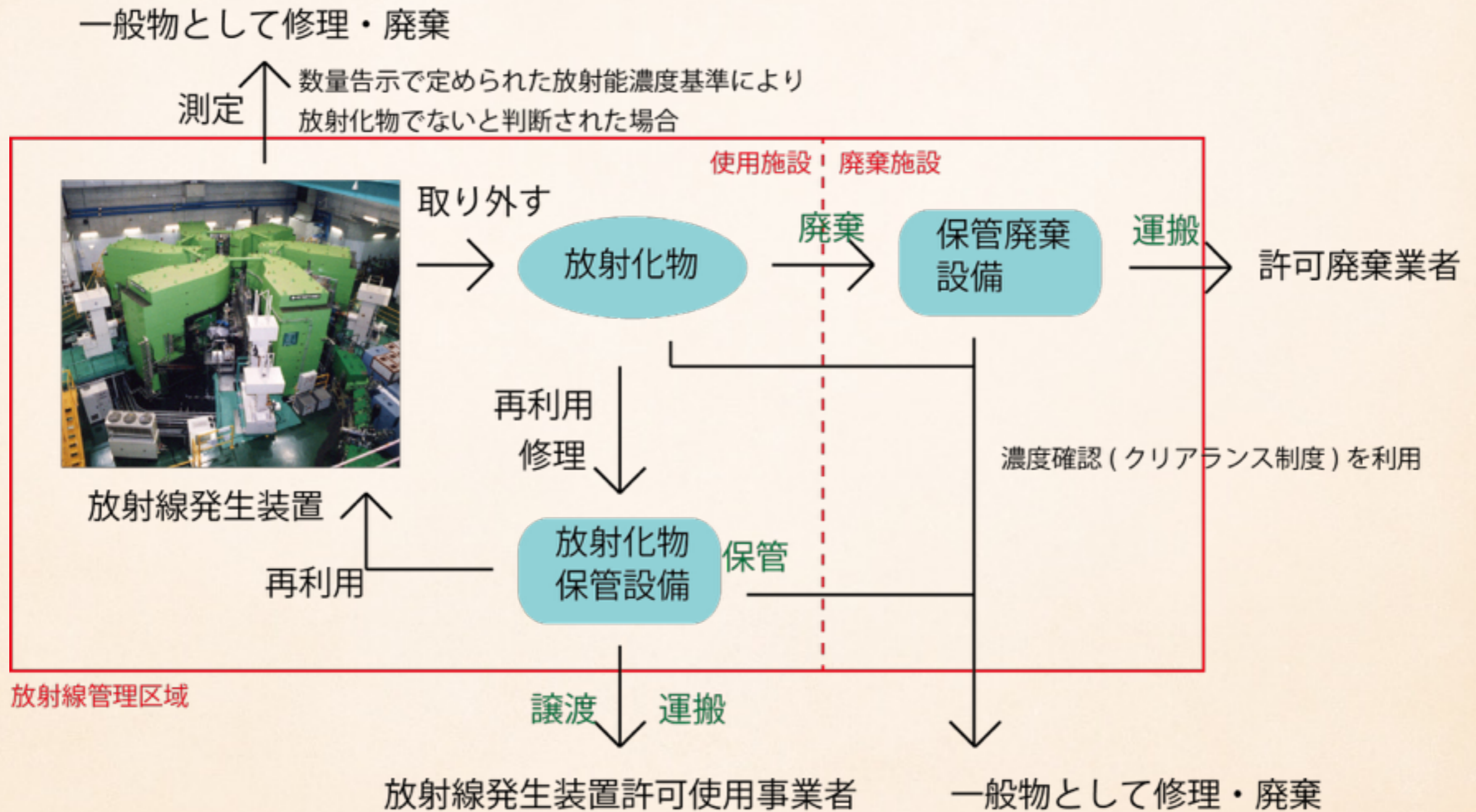
※1：放射化物として取り扱うか否かの判断は、放射性汚染物の確認制度の導入に伴って告示として規定した放射能濃度及びその設定の考え方が参考となる。



一般的構造名	バリアン社	エレクトラ社	シーメンス社	三菱電機社	
ターゲット	ターゲット	ターゲット（フライトチューブと一体のもの）	ターゲット	ターゲット（一次散乱体と一体のもの）	
ターゲット極近傍部品	1次コリメータ・バキュームチェンバー・入射コリメータ（一体のもので、ベンディングマグネット内のシールドを含む。）	フライトチューブに固定されるシールド、ターゲット極近傍のシールド、1次コリメータ	ターゲットホルダー・散乱箔（一体）、エンベロープ、10MeV 1次コリメータ（横のシールドを含む）、偏向電磁石内の炭素鋼、偏向電磁石内三日月型シールド	ビームダクト、偏向電磁石内シールド（コイル・ヨーク間、コイル内、電磁石間鉄）	
フィルタ部	散乱箔、カルーセル中央部、フラットニングフィルタ	1次・2次フィルタ、フィルタベース	フラットニングフィルタ	フラットニングフィルタ	
2次コリメータ	上段：アッパーJAW 下段：ローワーJAW	MLC	上段：アッパーJAW 下段：ローワーJAWあるいはMLC	上段：アッパーJAW 下段：ローワーJAWあるいはMLC	上段：アッパーJAW 下段：ローワーJAW
3次コリメータ	MLC	ダイアフラムI/II			MLC
ヘッド部シールド	シールド	シールド	シールド	シールド	



# 放射化物の流れ



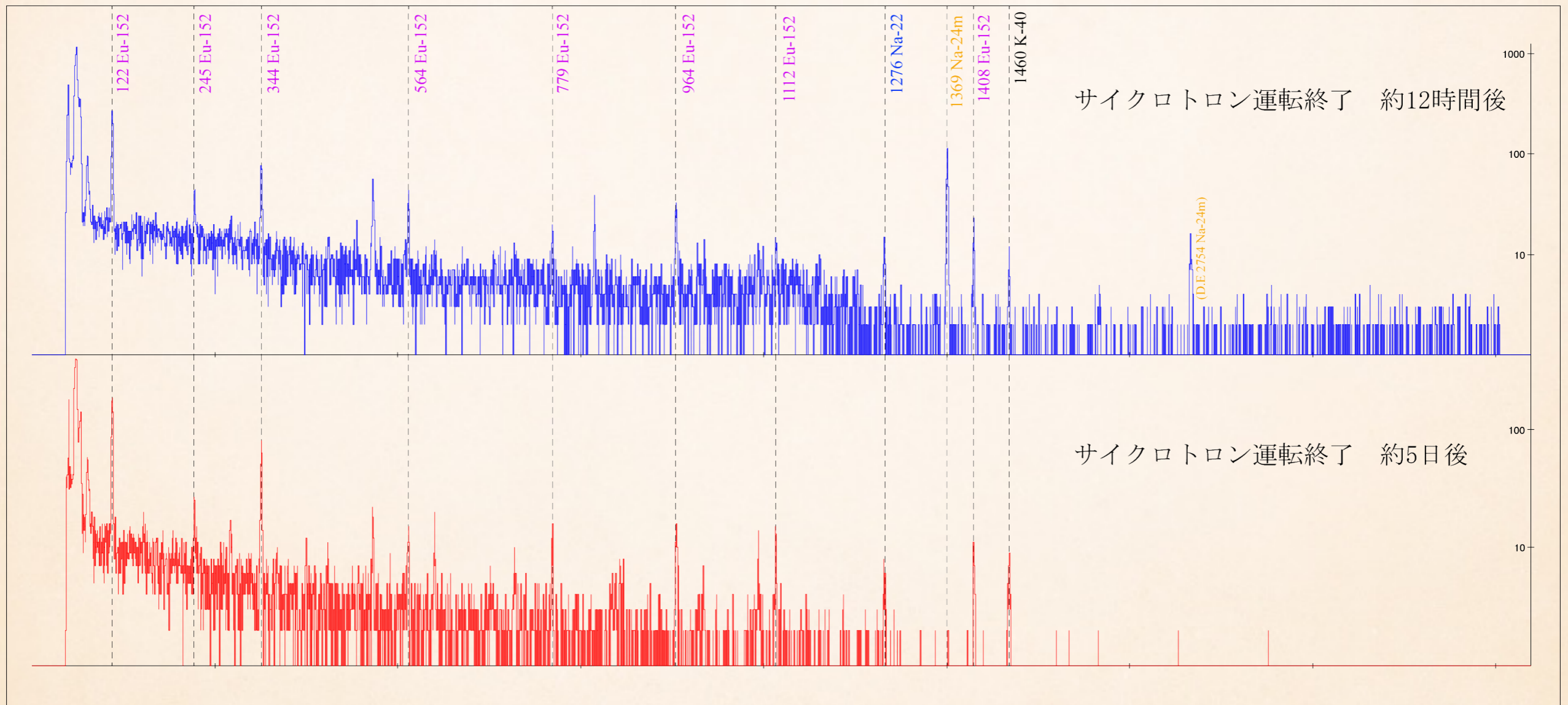
自動的にクリアランスされるのはPET核種のみ

# 濃度確認に関する濃度限度

第一欄	第二欄	第三欄	RI
濃度確認対象物	評価対象放射性同位元素の種類	放射能濃度(Bq/g)	濃度限度(Bq/g)
二 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であって金属くず又はコンクリート破片	$^{22}\text{Na}$	0.1	10
	$^{54}\text{Mn}$	0.1	10
	$^{56}\text{Co}$	0.1	10
	$^{57}\text{Co}$	1	100
	$^{58}\text{Co}$	1	10
	$^{60}\text{Co}$	1	10
	$^{152}\text{Eu}$	0.1	10
	$^{195}\text{Au}$	10	100
	$^{203}\text{Hg}$	10	100

# 蛍光灯の放射化

AVF本体室 0コース 蛍光灯





# 大阪大学で使われている蛍光灯

- ◆ 3波長型昼白色・・・蛍光材にEuが使われている
- ◆ NaI(Tl)サーベイメータの測定値と放射能の関係を調査
- ◆ 放射化していない蛍光灯を砕いて、1 kBqのEuCl<sub>3</sub>溶液5ccとともにU8容器に入れ校正用線源とした
- ◆ 放射化した蛍光灯は砕いてすべてをU8容器に入れた
- ◆ ゲルマニウム検出器で測定



# RCNPにおける蛍光灯の放射化

- ◆ 本体室内の蛍光灯はNaI(Tl)サーベイメータの測定で0.01 - 0.03 uSv/h程度に放射化している。
- ◆ 蛍光灯一本あたりの放射能は0.7-1.3 kBqであった。
- ◆ 濃度は~10 Bq/g程度となりEu-152のクリアランスレベルを大きく上回る

# リングサイクロトロン冷却水の放射化

- ◆ 放射化により生成される核種・・・H-3
- ◆ 液体シンチレータで測定
  - ◆ アロカ標準線源で校正・・・検出効率93%?
  - ◆ この検出効率を信じると 1.64 Bq/cc
  - ◆ 通常液体シンチレータのH-3に対する効率は60%程度で、実際にその通りならば3 Bq/cc
- ◆ H-3/C-14サーベイメータでは検出できない。
- ◆ 密封されていない放射性同位元素としてH-3の排水中濃度限度は60 Bq/cc
- ◆ H-3によって汚染されたもののクリアランスレベルは100 Bq/g



# サーベイメータの種類

γ線用（放射化物測定に向いている）



電離箱式サーベイメータ



NaI(Tl)サーベイメータ



コンパクトサーベイメータ

β線用（R I による表面汚染測定に向いている）



GMサーベイメータ



プラスチック



ラギッド

シンチレーションサーベイメータ

# NAI(TL)サーベイメータの使い方

## ◆ 時定数

- ◆ 0.3 uSv/hレンジでは30秒、1uSv/hレンジでは10秒・・・に設定してください (TCS-172Bマニュアル)

## ◆ 測定限界 (RI棟廊下の場合)

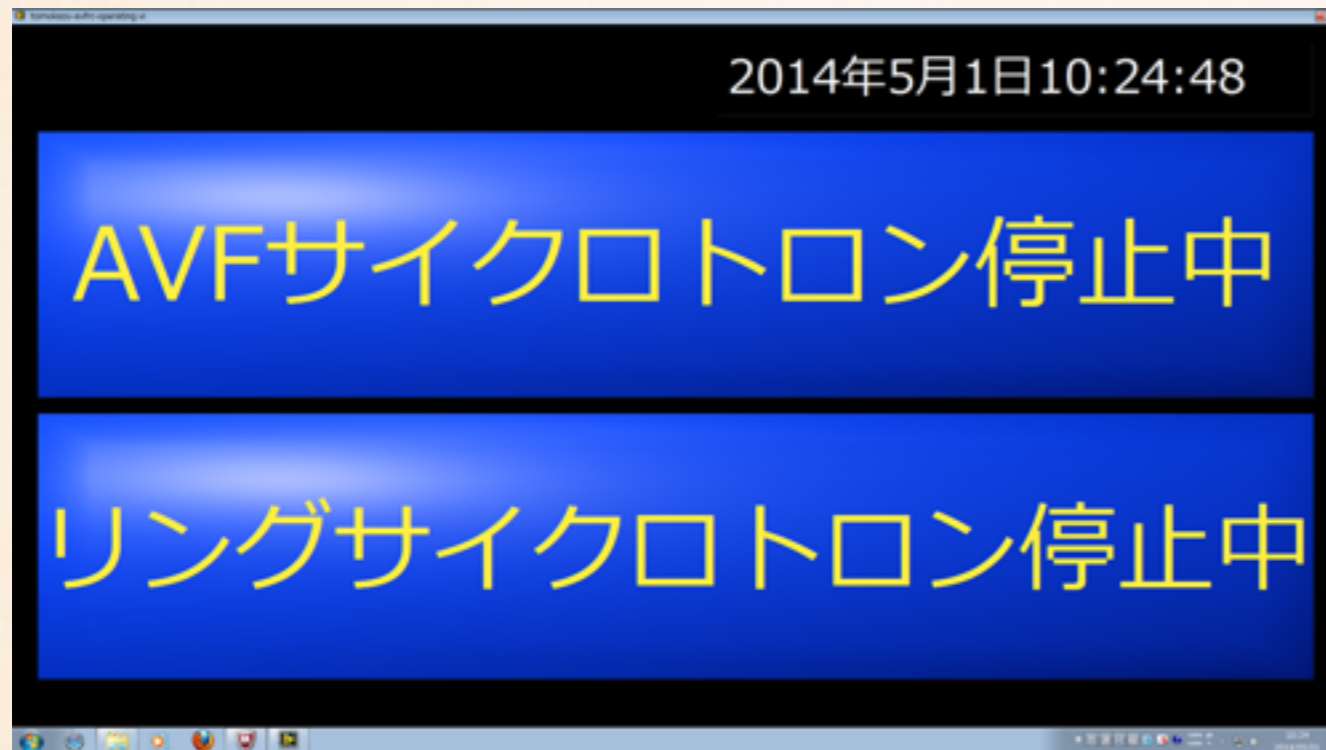
- ◆ BGが0.088 uSv/h、31.9 cps
- ◆ 時定数30 sでは9 nSv/h
- ◆ 時定数10 sでは15 nSv/h
- ◆ 時定数3 sでは29 nSv/h
- ◆ コンクリートや鉄10 kgがクリアランスレベル程度に放射化する22-43 nSv/hになる (上蓑義朋 日本放射線安全管理学会誌Vol.12 No.1 p.36 (2013))

# インターロック

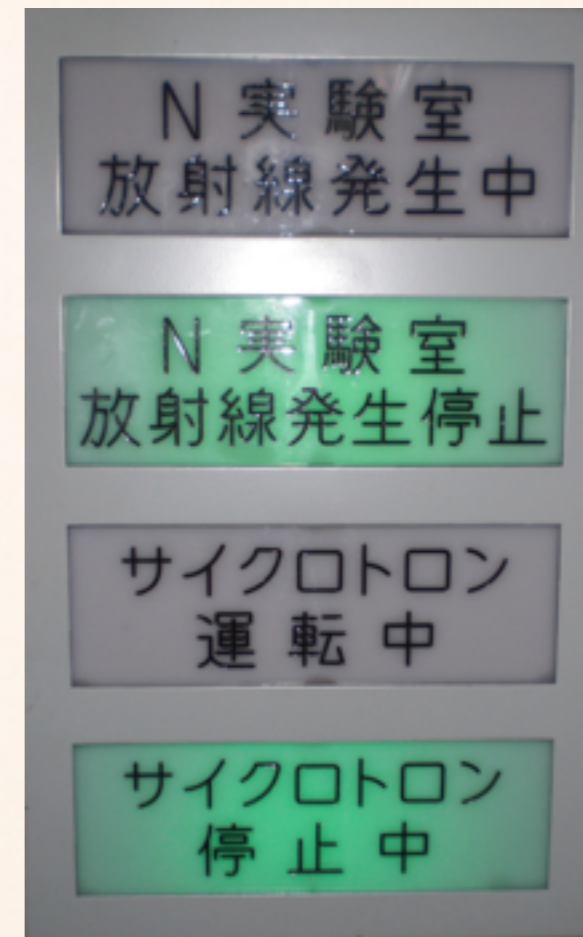
- ◆ 原子力規制委員会が定める数量以上の密封された放射性同位元素又は放射線発生装置の使用をする室の出入口で人が通常出入りするものには、放射性同位元素又は放射線発生装置の使用をする場合に**その旨を自動的に表示する装置**を設けること。（規則第14条の7第6項）
- ◆ 原子力規制委員会が定める数量以上の密封された放射性同位元素又は放射線発生装置の使用をする室の出入口で人が通常出入りするものには、放射性同位元素又は放射線発生装置の使用をする場合にその室に**人がみだりに入ることを防止するインターロック**を設けること。（規則第14条の7第7項）



# 自動的に表示する装置 (規則第14条の7第6項)



AVFサイクロトロン棟玄関



実験室入口

# 人がみだりに入ることを防止するインターロック (規則第14条の7第7項)



安全キー



安全スイッチ

- ❖ 入退認証システムが設置されている施設の場合、扉が開いても認証する
- ❖ 安全キーや安全スイッチなどの安全装置はすべて作動させる
- ❖ 実験室内に取り残されて、ビームがでたときの対応をシミュレーションしておく







ウィキペディア  
フリー百科事典

メインページ  
コミュニティ・ポータル  
最近の出来事  
新しいページ  
最近の更新  
おまかせ表示  
練習用ページ  
アップロード (ウィキメディア・コモンズ)

## ▼ ヘルプ

ヘルプ  
井戸端  
お知らせ  
バグの報告  
寄付  
ウィキペディアに関するお問い合わせ

## ▶ ツール

ページ ノート

閲覧 編集 履歴表示

検索

# J-PARC放射性同位体漏洩事故

座標:  北緯36度26分40秒 東経140度36分17秒

**J-PARC放射性同位体漏洩事故**（ジェイパークほうしゃせいどういたいろうえいじこ）とは、日本標準時2013年5月23日11時55分、茨城県那珂郡東海村にある大強度陽子加速器施設J-PARCの施設の1つであるハドロン実験施設で発生した放射性同位体の漏洩事故である。装置の誤作動に起因する放射性同位体の拡散と、事故発生後の対応が誤っていた事によって、当時施設内にいた作業員や研究者102人のうち34人が被曝したほか、管理区域外にも微量の放射性同位体が漏洩した<sup>[1][2][3][4][5]</sup>。原子力規制委員会は、本事案を暫定的に国際原子力事象評価尺度レベル1（逸脱）に相当する事象と評価した<sup>[6]</sup>。

## 目次 [非表示]

- 1 事故の経緯
- 2 原因
- 3 結果
- 4 反応
- 5 脚注
  - 5.1 注釈
  - 5.2 出典
- 6 関連項目

## J-PARC放射性同位体漏洩事故

日付	2013年5月23日
時間	11時55分 (JST)
場所	J-PARC ハドロン実験施設
座標	<span><span><span><span><span></span></span></span><span><span></span></span></span> <span>北緯36度26分40秒 東経140度36分17秒</span></span>
結果	INESレベル1の事象発生 放射性同位体の管理区域外漏洩 最大1.7mSvの被曝
負傷者	34人
ウェブサイト	<a href="http://j-parc.jp/">http://j-parc.jp/</a> <span><span></span></span>

テンプレートを表示





ウィキペディア  
フリー百科事典

- メインページ
- コミュニティ・ポータル
- 最近の出来事
- 新しいページ
- 最近の更新
- おまかせ表示
- 練習用ページ
- アップロード (ウィキメディア・コモンズ)

- ヘルプ
  - ヘルプ
  - 井戸端
  - お知らせ
  - バグの報告
  - 寄付
  - ウィキペディアに関するお問い合わせ

- ツール

ページ ノート

閲覧 編集 履歴表示

検索

# J-PARC放射性同位体漏洩事故

標: 北緯36度26分40秒 東経140度36分17秒

**J-PARC放射性同位体漏洩事故**（ジェイパークほうしゃせいどういたいりゅうえいじこ）とは、日本標準時2013年5月23日11時55分、茨城県那珂郡東海村にある大強度陽子加速器施設J-PARCの施設の1つであるハドロン実験施設で発生した放射性同位体の漏洩事故である。装置の誤作動に起因する放射性同位体の拡散と、事故発生後の対応が誤っていた事によって、当時施設内にいた作業員や研究者102人のうち34人が被曝したほか、管理区域外にも微量の放射性同位体が漏洩した<sup>[1][2][3][4][5]</sup>。原子力規制委員会は、本事業を暫定的に国際原子力事象評価尺度レベル1（逸脱）に相当する事象と評価した<sup>[6]</sup>。

## 目次 [非表示]

- 1 事故の経緯
- 2 原因
- 3 結果
- 4 反応
- 5 脚注
  - 5.1 注釈
  - 5.2 出典
- 6 関連項目

## J-PARC放射性同位体漏洩事故

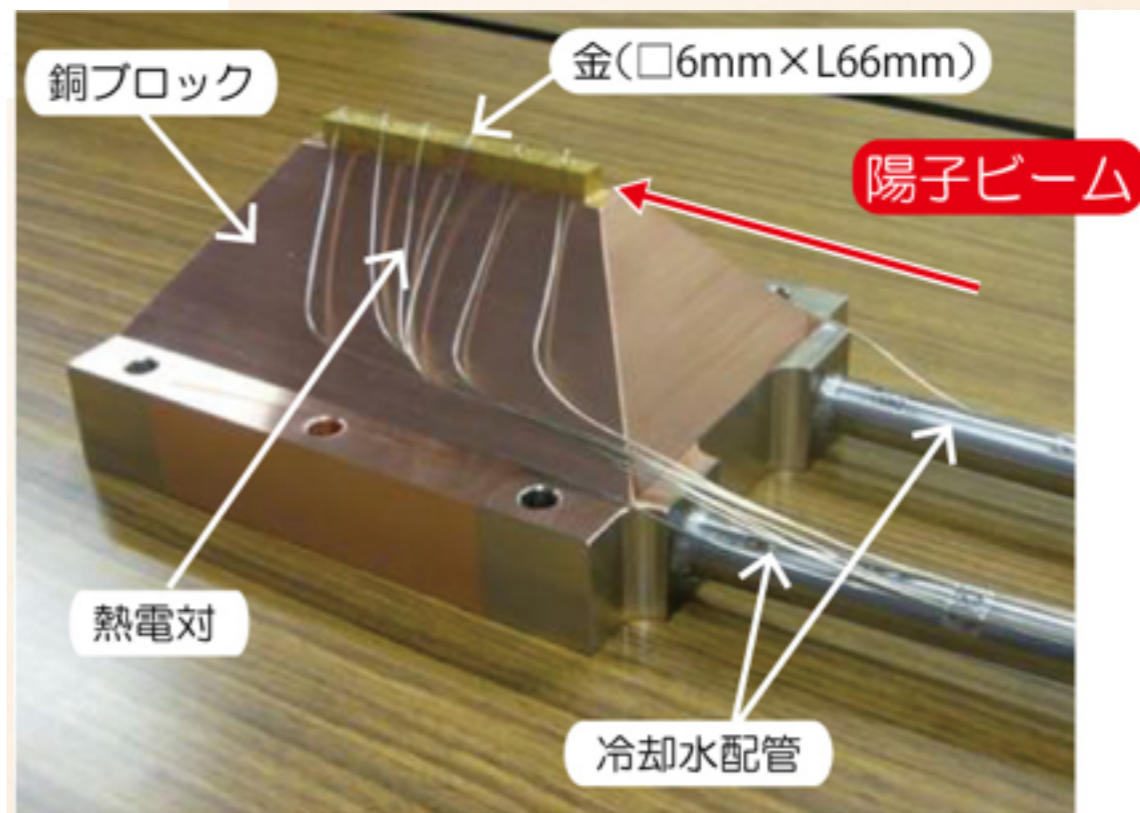
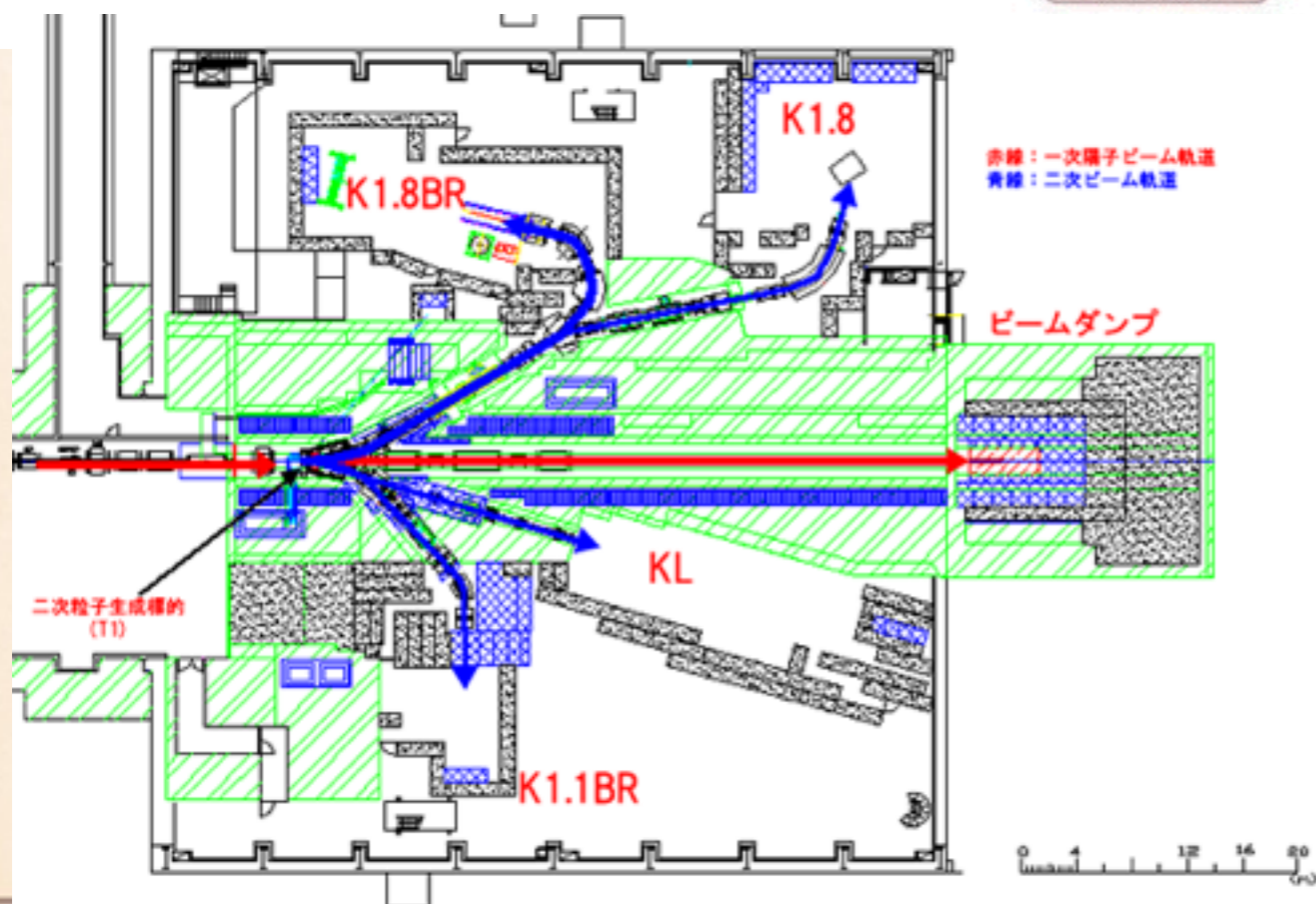
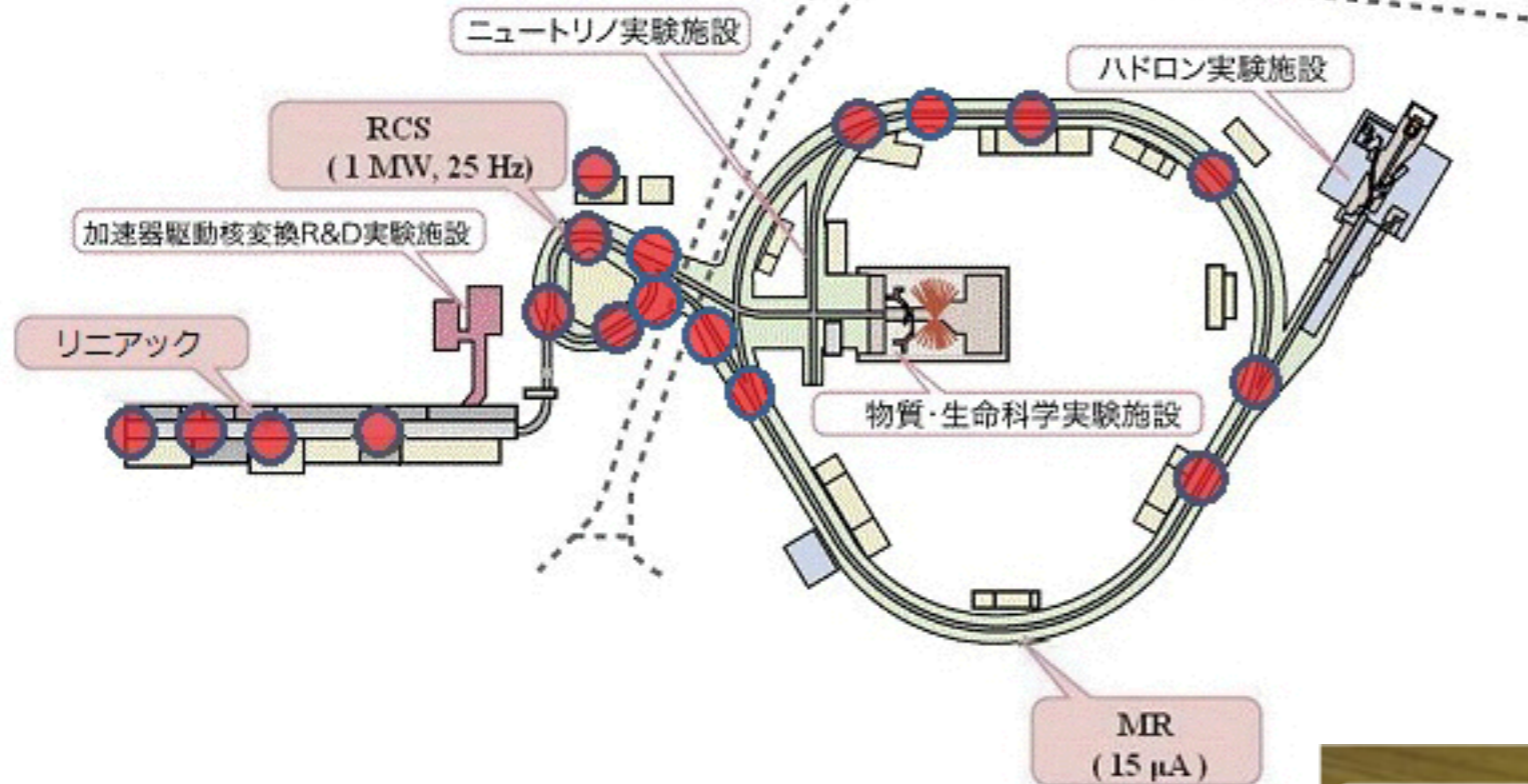
日付	2013年5月23日
時間	11時55分 (JST)
場所	J-PARC ハドロン実験施設
座標	<span><span><span><span><span>北緯36度26分40秒</span> <span>東経140度36分17秒</span></span></span><span><span>﻿</span> / <span>﻿</span></span><span><span>北緯36度26分40秒 東経140度36分17秒</span><span><span>﻿</span> / <span>﻿</span></span><span><span>36.444444444444°N 140.60555555556°E</span><span><span>﻿</span> / <span>36.444444; 140.605556</span></span></span></span></span></span>
結果	INESレベル1の事象発生 放射性同位体の管理区域外漏洩 最大1.7mSvの被曝
負傷者	34人
ウェブサイト	<a href="http://j-parc.jp/">http://j-parc.jp/</a>

テンプレートを表示

加速器は電湯だ



太平洋



設置前の金標的と冷却用銅ブロック



# 加速器施設での線量変化の特徴

## ◆ 空間線量

- ◆ 中性子の空間線量はビームのON/OFFに敏感に反応する（ビームOFFでほぼ0）。
- ◆ ガンマ線の空間線量はビーム停止直後にまず急激に減少、その後徐々に減少する。

## ◆ 空气中RI濃度

- ◆ 標的が真空中に設置され、非密封RIを使用しない場合
  - ◆ ほとんど上昇しない。RCNPの場合、陽子400MeV、100nAで加速器運転中にリングサイクロトン本体室でわずかに上昇。
- ◆ 空气中に標的を置く場合は空気の放射化を考える必要がある
  - ◆ N、O、Cの同位体は半減期が長くて数分
  - ◆ Ar-41 半減期1.8時間



# J-PARC事故から学んだこと

- ◆ 加速器の技術が発達して、大電流が出せるようになった反面、標的溫度が蒸発して実験室内が汚染する恐れを想定しなければならなくなった
  - ◆ 閉じ込める
  - ◆ 測定する
- ◆ 放射化物が拡散するような事態が起こりうる。  
そのときは加速器の運転を停止しても防げない。

# J-PARC事故で法令違反はあったか？

- ❖ 事故を起こしてはいけない
- ❖ 実験ホール内に換気扇を付けてはいけない
- ❖ 管理区域の空気を排気設備を通さずに排気してはいけない
- ❖ 線量限度（管理区域境界、事業所境界）、排気中RI濃度
- ❖ 放射線発生装置の使用に関わる排気設備は、当概放射線発生装置の運転を停止している期間における・・・（規則第14条のII第4号ロ）
- ❖ 次のいずれかに該当するときは、その旨を直ちに報告しなければならない（規則第39条）
  - ❖ 放射性同位元素等が管理区域内で漏えいしたとき。以下を除く。（第5号）
    - ❖ 気体状の放射性同位元素が漏えいした場合において空气中濃度限度を超える恐れがないとき（ロ）



## 高エネルギー加速器研究機構の放射線管理区域からの銅線材の盗難について

12月13日深夜から14日正午にかけて、放射化物使用施設に保管中の加速器で使用した銅線材（1巻約4.6kg、直径約30cm）192個（うち2個は構内で発見）が盗難の被害にあったことが確認されました。

この銅線材は加速器の部品として使用したもので、加速器改修のために取り外し、保管していたものです。この銅線材の放射化のレベルは軽微であり、放射線障害が発生する恐れはありません。

この銅線材を発見した場合は警察またはKEKまでご連絡ください。

高エネルギー加速器研究機構では日頃から放射線管理及び安全については最大限の努力をしていたにも関わらず、今回のような盗難が起きたことは誠に遺憾であり、今後、盗難防止の体制強化に努めていきます。



盗難被害にあったものと同型の銅線材

**【本件に関する問い合わせ】** 高エネルギー加速器研究機構  
広報室長  
森田 洋平  
TEL：029-879-6047

# 障害防止法で規制されない線源など

- ◆ X線発生装置、下限数量以下の線源は放射線障害防止法の規制を受けない
  - ◆ 電離則（労基）の規制は受ける
    - ◆ 健康診断
    - ◆ 被ばく測定
    - ◆ X線作業主任者の選任
  - ◆ X線作業主任者の免許
    - ◆ 第1種放射線主任者免状があれば申請すればとれる
    - ◆ 第2種放射線主任者免状があれば一部課目が免除される



# 最後に

- ◆ 法律は管理者だけ知っていれば良いか？
- ◆ 違反行為があったときに罰せられるのは誰？
- ◆ 放射線取扱主任者
  - ◆ (主任者は)誠実にその職務を遂行しなければならない(法第36条第1項)
  - ◆ (使用者は)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(法第36条第2項)
  - ◆ (使用者は)放射線障害の防止に関し、放射線主任者の意見を尊重しなければならない(法第36条第3項)
- ◆ いつもと違うことが起きたらおかしいと思ってください。