

**東京大学理学部**

**Radiation Safety Course, School of Science, University of Tokyo**

**放射線取扱者講習会**

**(一般講習会)**

**粒子線がん治療**

**加速器・放射光施設の安全利用**

**密封線源・エックス線装置の安全取扱**

**Ion-Beam Cancer Therapy**

**Safety at Accelerator & Synchrotron Radiation Facilities**

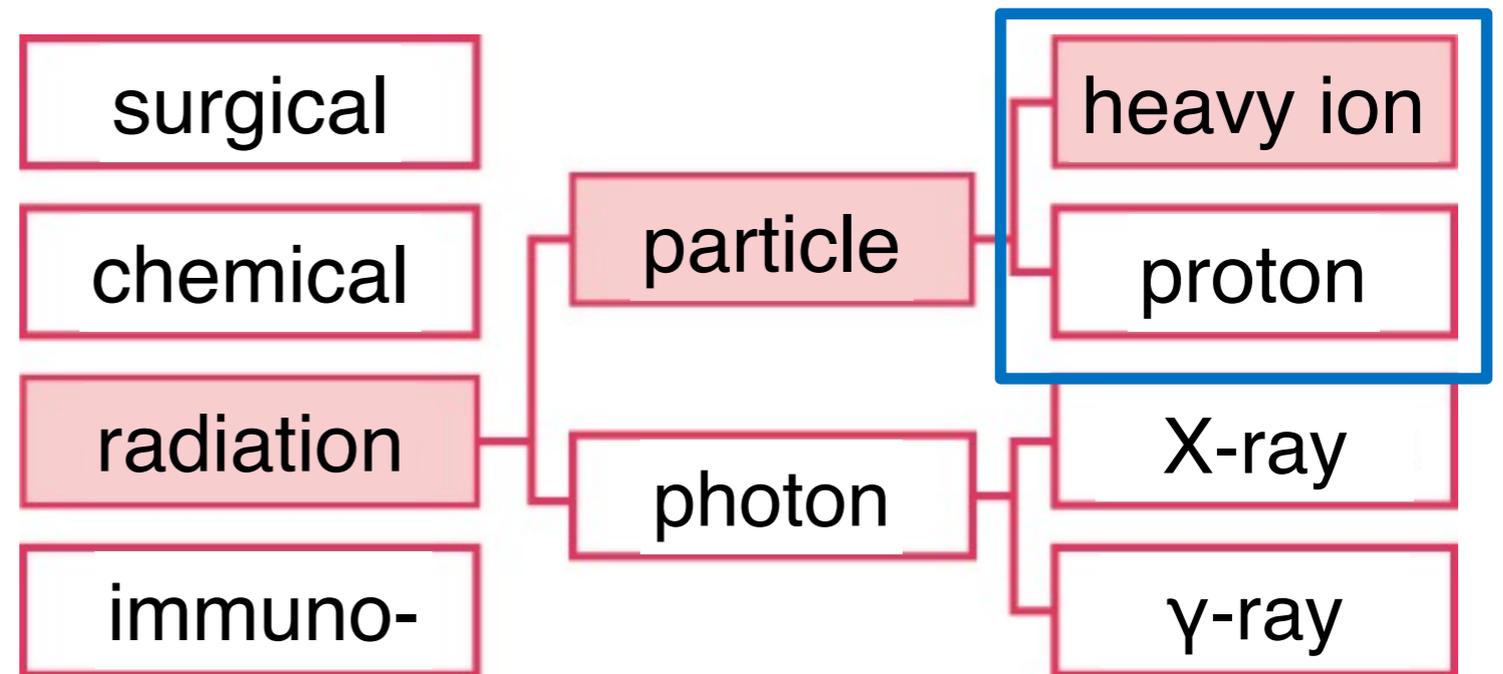
**Safe Handling of Sealed Sources & X-ray devices**

**2022年度**

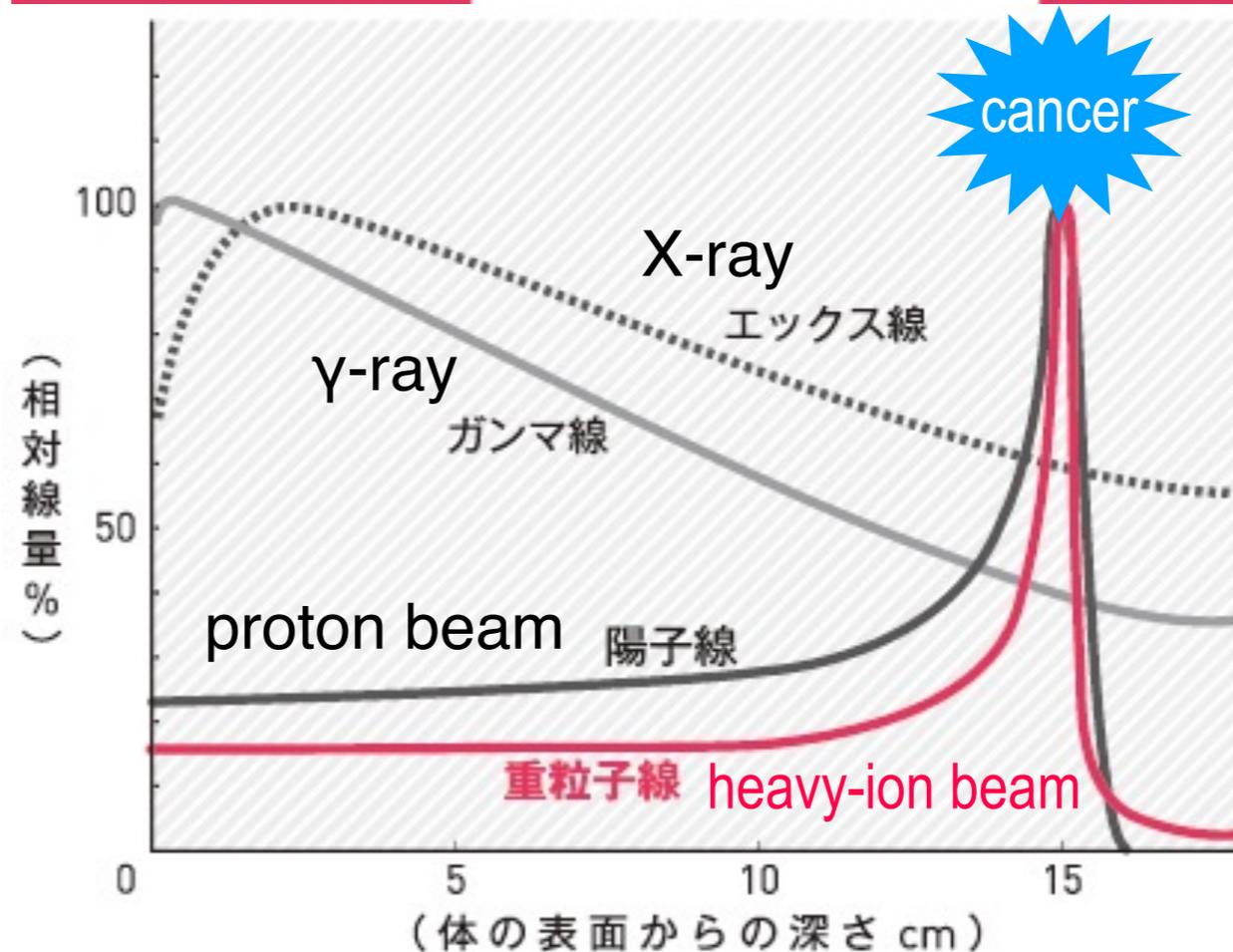
**School Year 2022**

# Ion-Beam Cancer Therapy

## 1. Cancer Therapy



## 2. Advantages of ion beams



## 3. Current status in Japan

Citation : <https://www.saga-himat.jp/actual.html>

# Ion-Beam Cancer Therapy Centers in Japan

| 重粒子線 | 陽子線 | 都道府県 | 施設名称                        |           |
|------|-----|------|-----------------------------|-----------|
|      | ●   | 北海道  | 北海道大学病院陽子線治療センター            | Hokkaido  |
|      | ●   | 北海道  | 札幌禎心会病院陽子線治療センター            | Hokkaido  |
|      | ●   | 北海道  | 北海道大野記念病院 札幌高機能放射線治療センター    | Hokkaido  |
| ●    |     | 山形県  | 山形大学医学部東日本重粒子センター           | Yamagata  |
|      | ●   | 福島県  | 南東北がん陽子線治療センター              | Fukushima |
| ●    |     | 群馬県  | 群馬大学医学部附属病院 重粒子線医学研究センター    | Gumma     |
|      | ●   | 茨城県  | 筑波大学附属病院 陽子線医学利用研究センター      | Ibaraki   |
|      | ●   | 千葉県  | 国立がん研究センター東病院               | Chiba     |
| ●    |     | 千葉県  | 量子科学技術研究開発機構QST病院(旧放医研病院)   | Chiba     |
| ●    |     | 神奈川県 | 神奈川県立がんセンター 重粒子線治療施設        | Kanagawa  |
|      | ●   | 長野県  | 相澤病院 陽子線治療センター              | Nagano    |
|      | ●   | 静岡県  | 静岡県立静岡がんセンター                | Shizuoka  |
|      | ●   | 愛知県  | 社会医療法人明陽会 成田記念陽子線センター       | Shizuoka  |
|      | ●   | 愛知県  | 名古屋陽子線治療センター                | Aichi     |
|      | ●   | 京都府  | 京都府立医科大学 永守記念最先端がん治療研究センター  | Kyoto     |
| ●    |     | 大阪府  | 大阪重粒子線センター                  | Osaka     |
|      | ●   | 大阪府  | 大阪陽子線クリニック                  | Osaka     |
|      | ●   | 奈良県  | 社会医療法人 高清会 陽子線治療センター        | Nara      |
|      | ●   | 福井県  | 福井県立病院 陽子線がん治療センター          | Fukui     |
| ●    | ●   | 兵庫県  | 兵庫県立粒子線医療センター               | Hyogo     |
|      | ●   | 兵庫県  | 兵庫県立粒子線医療センター附属神戸陽子線センター    | Hyogo     |
|      | ●   | 岡山県  | 岡山大学・津山中央病院共同運用 がん陽子線治療センター | Okayama   |
| ●    |     | 佐賀県  | 九州国際重粒子線がん治療センター            | Saga      |
|      | ●   | 鹿児島県 | メディポリス国際陽子線治療センター           | Kagoshima |

Citation :

[https://www.antm.or.jp/05\\_treatment/04.html](https://www.antm.or.jp/05_treatment/04.html)

# Numbers of registered patients (FY2020)

| 重粒子線 | 陽子線 | 都道府県 | 施設名称                        |           | Number of registered patients |
|------|-----|------|-----------------------------|-----------|-------------------------------|
|      | ●   | 北海道  | 北海道大学病院陽子線治療センター            | Hokkaido  | 209                           |
|      | ●   | 北海道  | 札幌禎心会病院陽子線治療センター            | Hokkaido  | 369                           |
|      | ●   | 北海道  | 北海道大野記念病院 札幌高機能放射線治療センター    | Hokkaido  | 33                            |
| ●    |     | 山形県  | 山形大学医学部東日本重粒子センター           | Yamagata  |                               |
|      | ●   | 福島県  | 南東北がん陽子線治療センター              | Fukushima | 515                           |
| ●    |     | 群馬県  | 群馬大学医学部附属病院 重粒子線医学研究センター    | Gumma     | 731                           |
|      | ●   | 茨城県  | 筑波大学附属病院 陽子線医学利用研究センター      | Ibaraki   | 473                           |
|      | ●   | 千葉県  | 国立がん研究センター東病院               | Chiba     | 335                           |
| ●    |     | 千葉県  | 量子科学技術研究開発機構QST病院(旧放医研病院)   | Chiba     | 727                           |
| ●    |     | 神奈川県 | 神奈川県立がんセンター 重粒子線治療施設        | Kanagawa  | 542                           |
|      | ●   | 長野県  | 相澤病院 陽子線治療センター              | Nagano    | 140                           |
|      | ●   | 静岡県  | 静岡県立静岡がんセンター                | Shizuoka  | 156                           |
|      | ●   | 愛知県  | 社会医療法人明陽会 成田記念陽子線センター       | Shizuoka  | 114                           |
|      | ●   | 愛知県  | 名古屋陽子線治療センター                | Aichi     | 637                           |
|      | ●   | 京都府  | 京都府立医科大学 永守記念最先端がん治療研究センター  | Kyoto     | 253                           |
| ●    |     | 大阪府  | 大阪重粒子線センター                  | Osaka     |                               |
|      | ●   | 大阪府  | 大阪陽子線クリニック                  | Osaka     | 49                            |
|      | ●   | 奈良県  | 社会医療法人 高清会 陽子線治療センター        | Nara      |                               |
|      | ●   | 福井県  | 福井県立病院 陽子線がん治療センター          | Fukui     | 177                           |
| ●    | ●   | 兵庫県  | 兵庫県立粒子線医療センター               | Hyogo     | 256                           |
|      | ●   | 兵庫県  | 兵庫県立粒子線医療センター付属神戸陽子線センター    | Hyogo     | 228                           |
|      | ●   | 岡山県  | 岡山大学・津山中央病院共同運用 がん陽子線治療センター | Okayama   | 86                            |
| ●    |     | 佐賀県  | 九州国際重粒子線がん治療センター            | Saga      | 1131                          |
|      | ●   | 鹿児島県 | メディポリス国際陽子線治療センター           | Kagoshima | 546                           |

Citation :  
[https://www.antm.or.jp/05\\_treatment/info/ryuusisen-kanja\\_2021.pdf](https://www.antm.or.jp/05_treatment/info/ryuusisen-kanja_2021.pdf)

# Heavy Ion Cancer Therapy Center, Yamagata University Hospital

- Japanese 7th heavy-ion therapy center which started operation in 2021.
- Specialized in  $^{12}\text{C}$  heavy ions beams
- Beam from every angle using a rotating-gantry



H-4 固定照射室

回転ガントリー本体

回転ガントリー照射室

「医用原子力だより」第21号 2020年12月(発行:医用原子力技術研究振興財団)

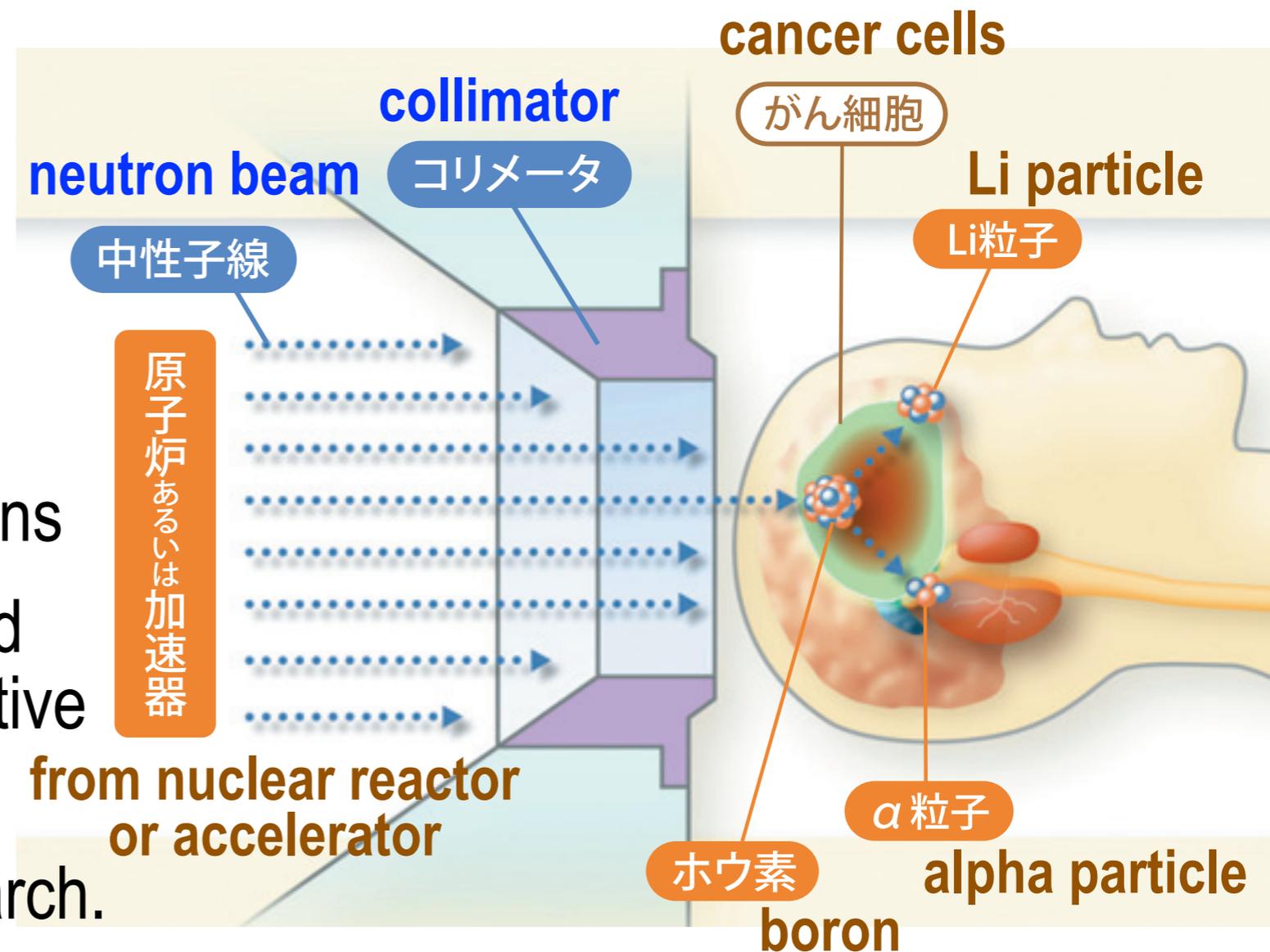
[https://www.antm.or.jp/08\\_news/data/koho/antm\\_news21.pdf](https://www.antm.or.jp/08_news/data/koho/antm_news21.pdf)

# ホウ素中性子捕獲療法 (BNCT)

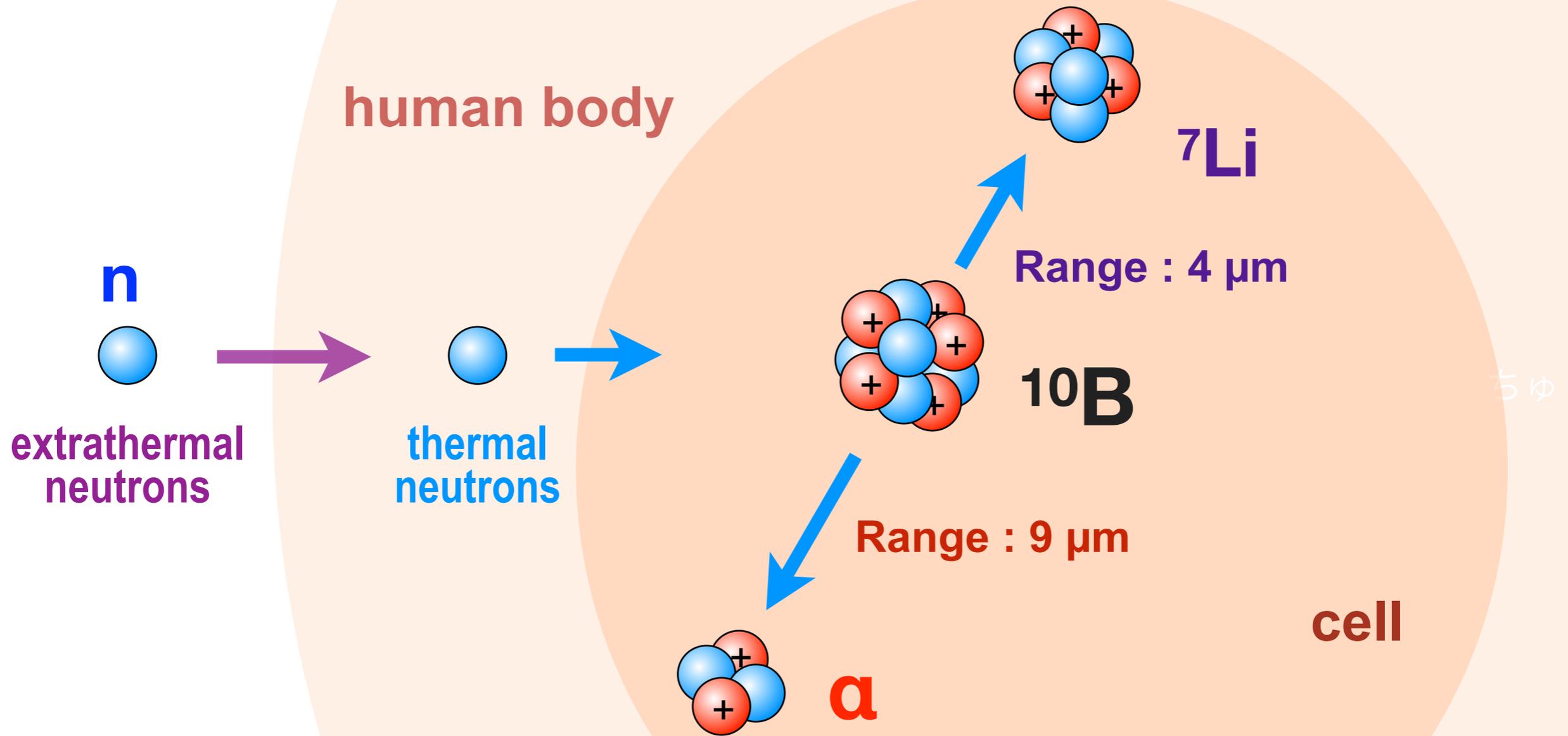
## Boron Neutron Capture Therapy

Cancer therapy which uses particle beams generated by the nuclear reaction  $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$ .

- Boron compounds are administered into the patient body
- Boron nucleus has a high capture cross section for low-energy (thermal) neutrons
- Ranges of alpha-particle and  $^7\text{Li}$  nucleus are small. Selective treatment to cancer cells.
- At the stage of clinical research.



# Boron Neutron Capture Therapy (BNCT)

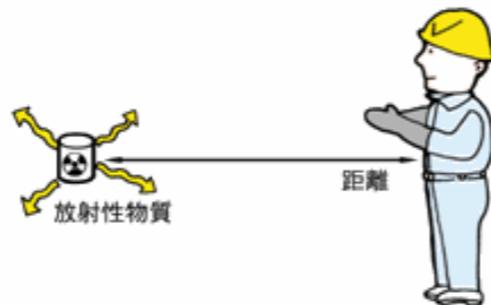


A neutron is captured by boron nucleus resulting in nuclear reaction, and a high-energy alpha particle is emitted, which gives its energy to tumor cells and kill them.

# Radiation protection

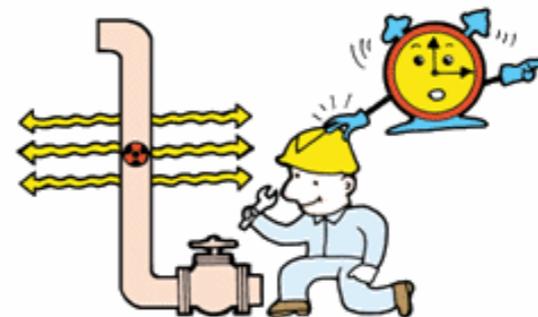
## • distance

$$[\text{線量率}] = [\text{距離}]^2 \text{に反比例}$$

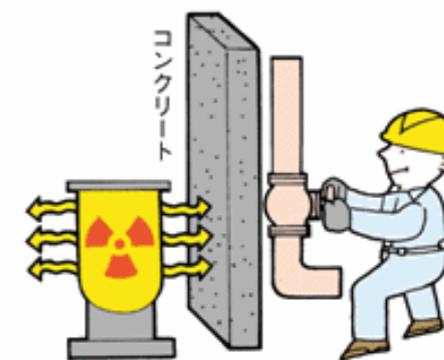


## • time

$$[\text{線量}] = [\text{作業場所の線量率}] \times [\text{作業時間}]$$



## • shielding



Prevent deterministic effect.

Reduce stochastic effect.

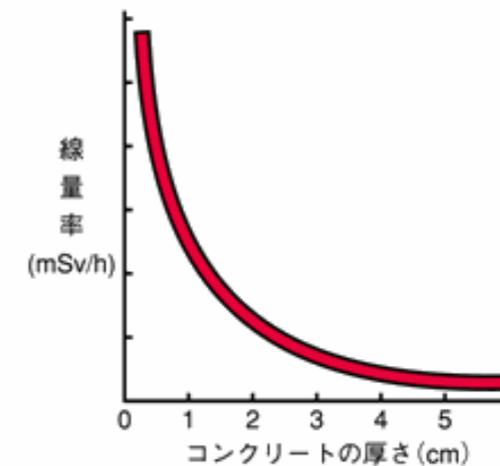
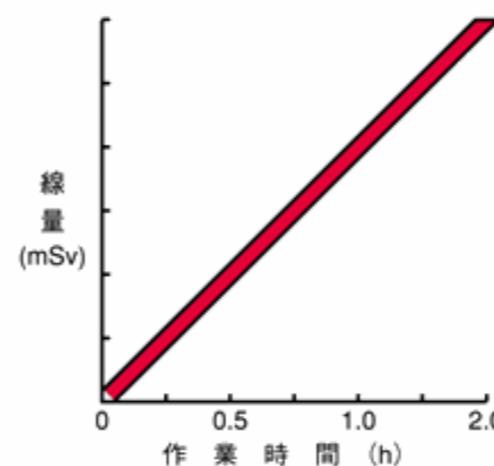
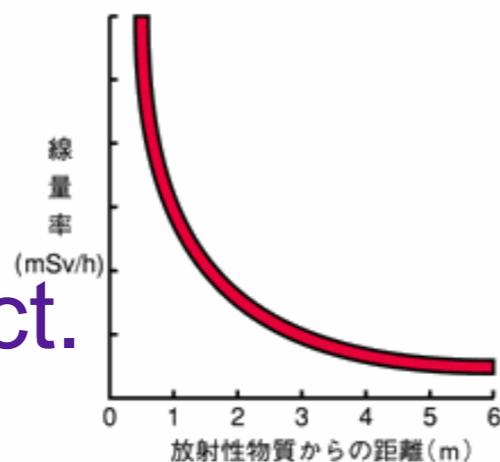


図1 遮へい3原則の図

[出典] 電気事業連合会:「原子力・エネルギー」図面集2003-2004、p.130

Optimization : all exposures shall be kept as low as reasonably achievable, economic and social factors being taken into account.

(**ALARA** principle = As Low As *Reasonably Achievable*)

Dose limit : **1 mSv/yr** for general public (in addition to natural BG).

100 mSv/ 5 yrs and 50 mSv/yr max. for male radiation workers.

# Dose limit for individuals

## Occupational exposure for Radiation workers

|                                      |                                    |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| Effective dose                       | 100 mSv / 5 yrs<br>and 50 mSv / yr |
| women                                | 5 mSv / 3 mo.                      |
| pregnant women                       | 1 mSv / period<br>of pregnancy     |
| Equivalent dose                      | 100 mSv / 5 yrs<br>and 50 mSv / yr |
| eye lens                             | 500 mSv / yr                       |
| skin                                 | 2 mSv / period<br>of pregnancy     |
| abdomen surface<br>of pregnant women |                                    |

## Public exposure for General public

|                 |            |
|-----------------|------------|
| Effective dose  | 1 mSv / yr |
| Equivalent dose |            |
| eye lens        | —          |
| skin            | —          |

## Protection by Jpn domestic law

## 線量限度の一覧表 (作業者)

|          | 1990勧告                 | 1977勧告                 |
|----------|------------------------|------------------------|
| 実効線量     | 20mSv/年 (5年平均)         | 50mSv/年                |
| 水晶体等価線量  | 150mSv/年               | 150mSv/年 <sup>2)</sup> |
| 皮膚等価線量   | 500mSv/年 <sup>1)</sup> | 500mSv/年               |
| 手・足の等価線量 | 500mSv/年               | 500mSv/年 <sup>3)</sup> |
| その他の組織   | —                      | 500mSv/年               |

1) 被ばく部位に関係なく、深さ7 mg/cm<sup>2</sup>、面積1 cm<sup>2</sup>の皮膚についての平均線量に適用される。

2) 1980年のブライトン声明で300mSv (18歳から65歳までの就業期間の被曝の場合で、65歳までのリスクの最大値)

**Annual Risk 1/1000**

## 線量限度の一覧表 (一般公衆)

|         | 1990 勧告                | 1977 勧告                                 |
|---------|------------------------|---|
| 実効線量    | 1 mSv/年                | 5 mSv/年 <sup>1)</sup> , 1 mSv/年 (生涯の平均) |
| 水晶体等価線量 | 15 mSv/年               | 50 mSv/年                                |
| 皮膚等価線量  | 50 mSv/年 <sup>3)</sup> | 50 mSv/年                                |
| その他の組織  | —                      | 50 mSv/年 <sup>2)</sup>                  |

1) 1985年のパリ声明で主たる限度を1年につき1 mSvとして、補助的な限度を5mSv/年とした。

2) 1985年のパリ声明で実効線量当量の制限によって不要になった。

**Annual Risk 1/10,000** ICRP recomm.  
(毎年被曝の場合、65歳までの最大値)

(出典) (1990年ICRP新勧告と1977年ICRP勧告における線量限度値対照表)

「ICRP1990年勧告-その要点と考え方-」、草間朋子編、日刊工業新聞社、50ページ]

# 他機関施設でのバッジの使用（加速器・放射光など）

## Using Your Radiation Badge (at accelerators, SR facilities)

- **国内**の放射線施設を利用する場合 **at domestic facilities**
  - 東大理学部のパッジも**持参する**ことを原則とする  
Bring your UTokyo-Sci. badge to domestic radiation facilities.
  - 飛行機での**手荷物検査**によるバッジの被曝に留意  
Try to avoid X-ray survey of your badge.
- **海外**の放射線施設を利用する場合 **abroad**
  - 特に不要であれば、東大理学部のパッジはむしろ**持参しない**ことを推奨する  
We recommend that you do not bring your badges abroad, As long as the facility abroad takes care of your radiation protection.
  - 持参する必要がある場合、**手荷物検査や機内での被曝**については、後から記録の修正が必要な場合がある  
If you need to bring it abroad, give us reports on possible radiation exposure of your badge at X-ray survey and during your flights.

# Radiation control area

放射線管理区域

管理区域  
(使用・貯蔵施設)



許可なくして  
立ち入りを禁ず

放射性同位元素  
使用室



第 2 種

←開閉→

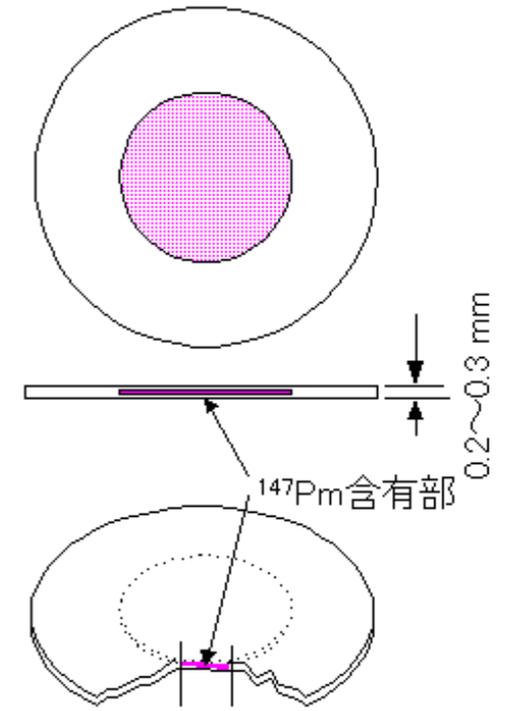


# Sealed sources

密封小線源

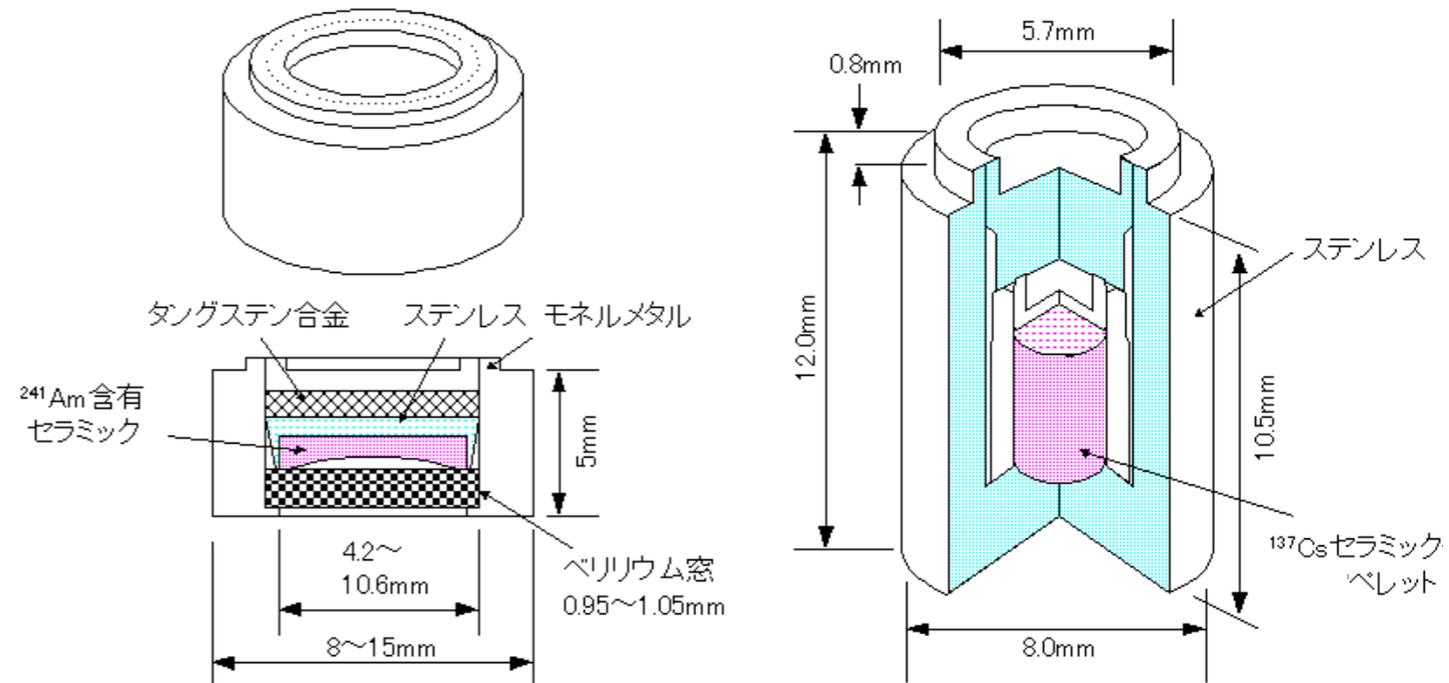
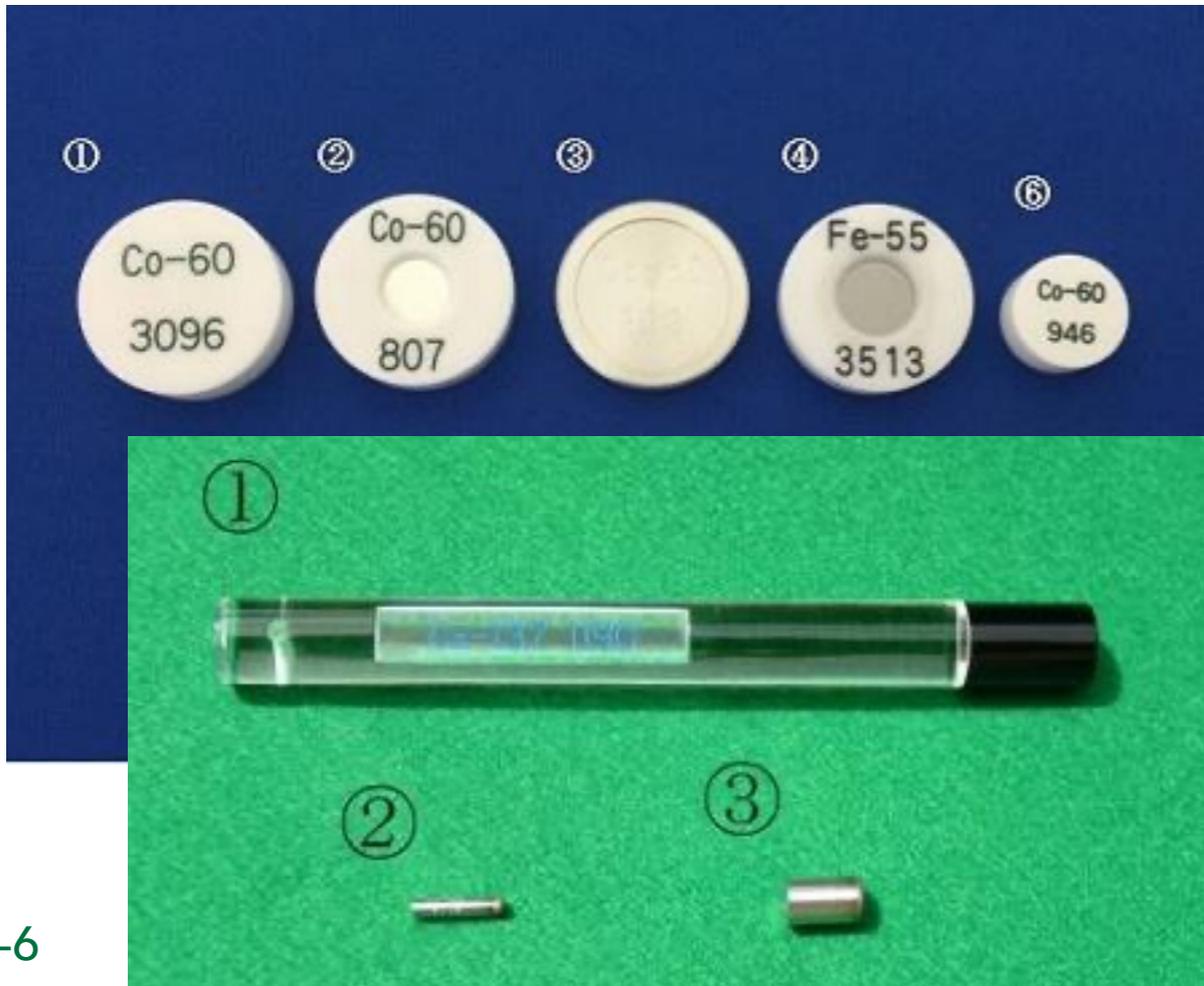


$\beta$ -ray source



$\alpha$ -ray source

$\gamma$ -ray source



# Safe Usage of X-ray devices

## エックス線装置の安全取扱



①X線警告灯（黄色）

X線の発生を防X線カバーのX線警告灯の黄色LEDで表示します。

②防X線カバー（側面）

防X線カバーにより、ゴニオメータ等の光学系部が覆われています。

③防X線カバーの扉（インターロック） **Interlock**

前面パネルにロック機構が付いており、「DOOR」ボタン（黄色）が消灯している時は扉ロックが掛かり、防X線カバーは開けることができません。

④「DOOR」ボタン

防X線カバーを開ける時に使用します。

⑤HV ENABLE キー

キーを右に回し、装置ロックを解除しPOWER ONを可能な状態にします。

東京大学における  
エックス線装置の分類

Classification of X-ray devices at UTokyo

|                           |   |                                |
|---------------------------|---|--------------------------------|
| 密閉型<br>closed system      | A | Completely sealed              |
|                           | B | Interlock used all the time    |
| 非密閉型<br>non-closed system | C | Interlock used appropriately   |
|                           | D | Equipments installed in a room |
|                           | E | Not fixed / mobile             |

# エックス線装置の安全取扱

## Safe Usage of X-ray devices

Check open/close of the shutter with multiple indicators.

複数の表示でシャッターの開閉状態を意識して確認する。

C分類でインターロックを解除するときは十二分に確認する。

Be extremely careful when you unlock the interlock

ビームの調整やメンテナンス等では、装置の電源を切り、シャッターが閉じていることを確認する。

Turn off the power of the device before beam adjustment and/or maintenance.

使用記録を作成し、整備すること。

Make records of usage

装置内部管理区域型

装置外部管理区域型

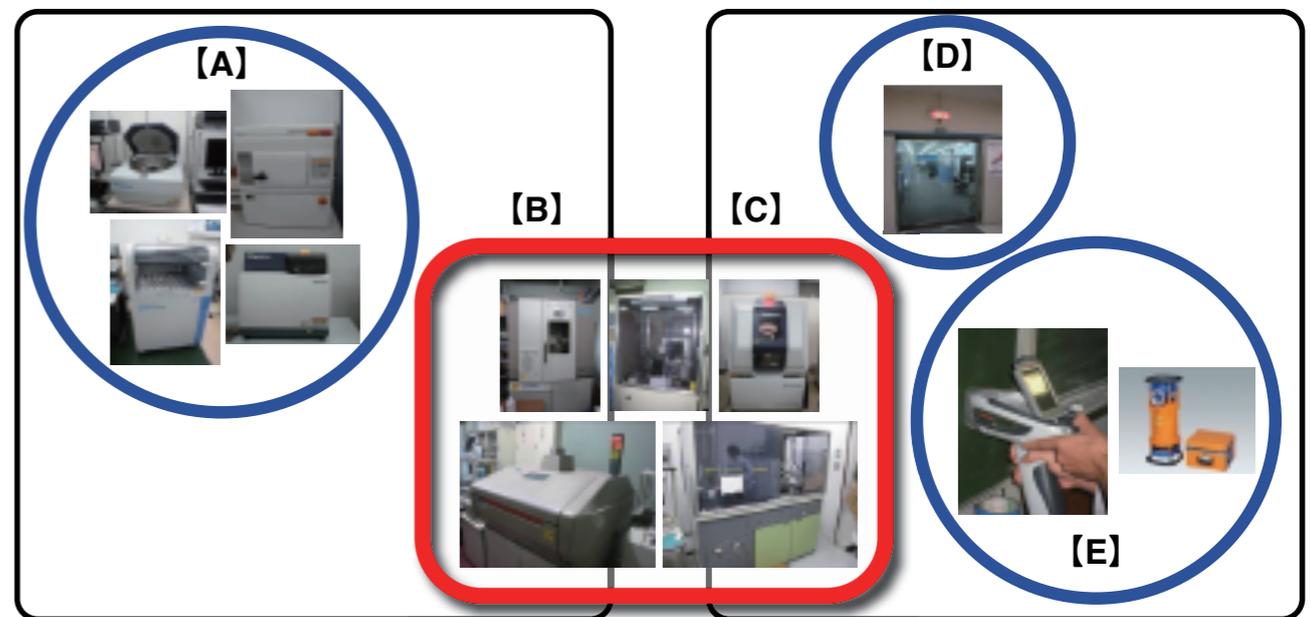


図1 東京大学における研究用エックス線装置の分類

## 東京大学におけるエックス線装置の分類

|                           |   |                                |
|---------------------------|---|--------------------------------|
| 密閉型<br>closed system      | A | Completely sealed              |
|                           | B | Interlock used all the time    |
| 非密閉型<br>non-closed system | C | Interlock used appropriately   |
|                           | D | Equipments installed in a room |
|                           | E | Not fixed / mobile             |

## Classification of X-ray devices at UTokyo

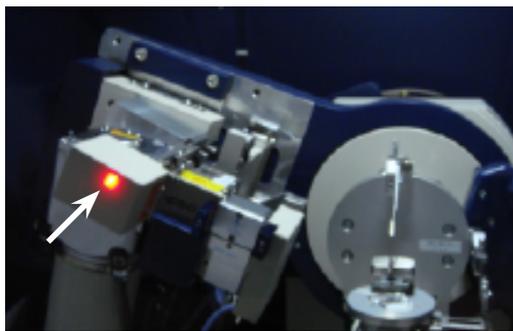


図2 シャッター付近の照射ランプ



図3 外部照射ランプ



図4 PC上のシャッター状況



図5 装置制御板上の表示

# Quiz #3

Choose a wrong sentence regarding use of X-ray devices:

- Learn from the device manager about safe operation before the first use.
- Keep records of use
- Check open/close of the shutter with multiple indicators.
- Check if the interlock can be unlocked during beam irradiation.
- Turn off the power of the device before beam adjustment and/or maintenance.

You just need to write the underlined phrase for your answer in the attendance sheet.

# Summary of Quizzes

- #1** : After you have fulfilled necessary conditions, you will ask for authorization as a radiation worker by
- (A) loggin-in to the UTRadMS system and submit your application for authorization online.
  - (B) asking the Laboratory Radiation Manager in your lab. to submit an application for authorization for you to the Radiation Management Office.
- #2** : Hereditary effects of radiation exposure for human beings are scientifically proven. — True or False ?
- #3** : Choose a wrong sentence regarding use of X-ray devices:
- Learn from the device manager about safe operation before use.
  - Keep records of use
  - Check open/close of the shutter with multiple indicators.
  - Check if the interlock can be unlocked during beam irradiation.
  - Turn off the power of the device before beam adjustment and/or maintenance.

**Write your answers in the Google Form  
for submission of your Attendance Sheet**