

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

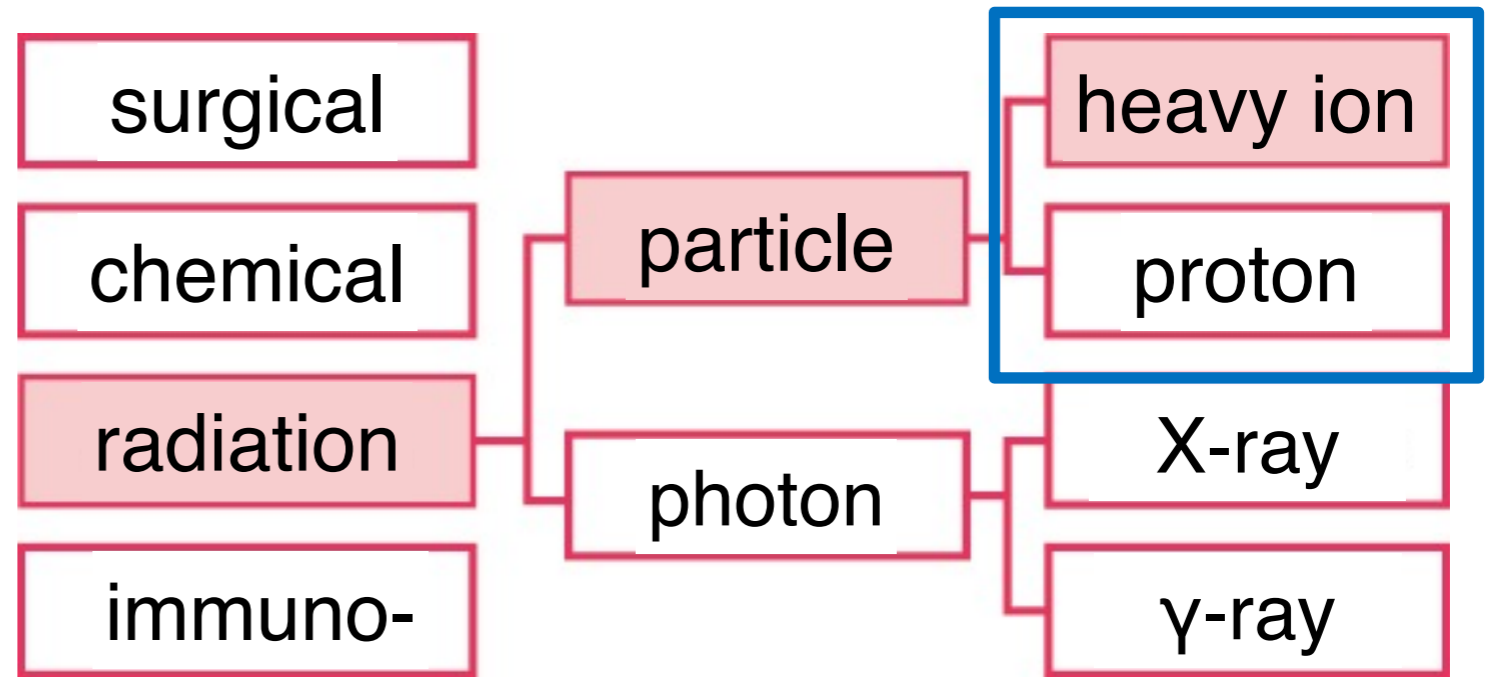
Safe Handling of Sealed Sources & X-ray devices

2022年度

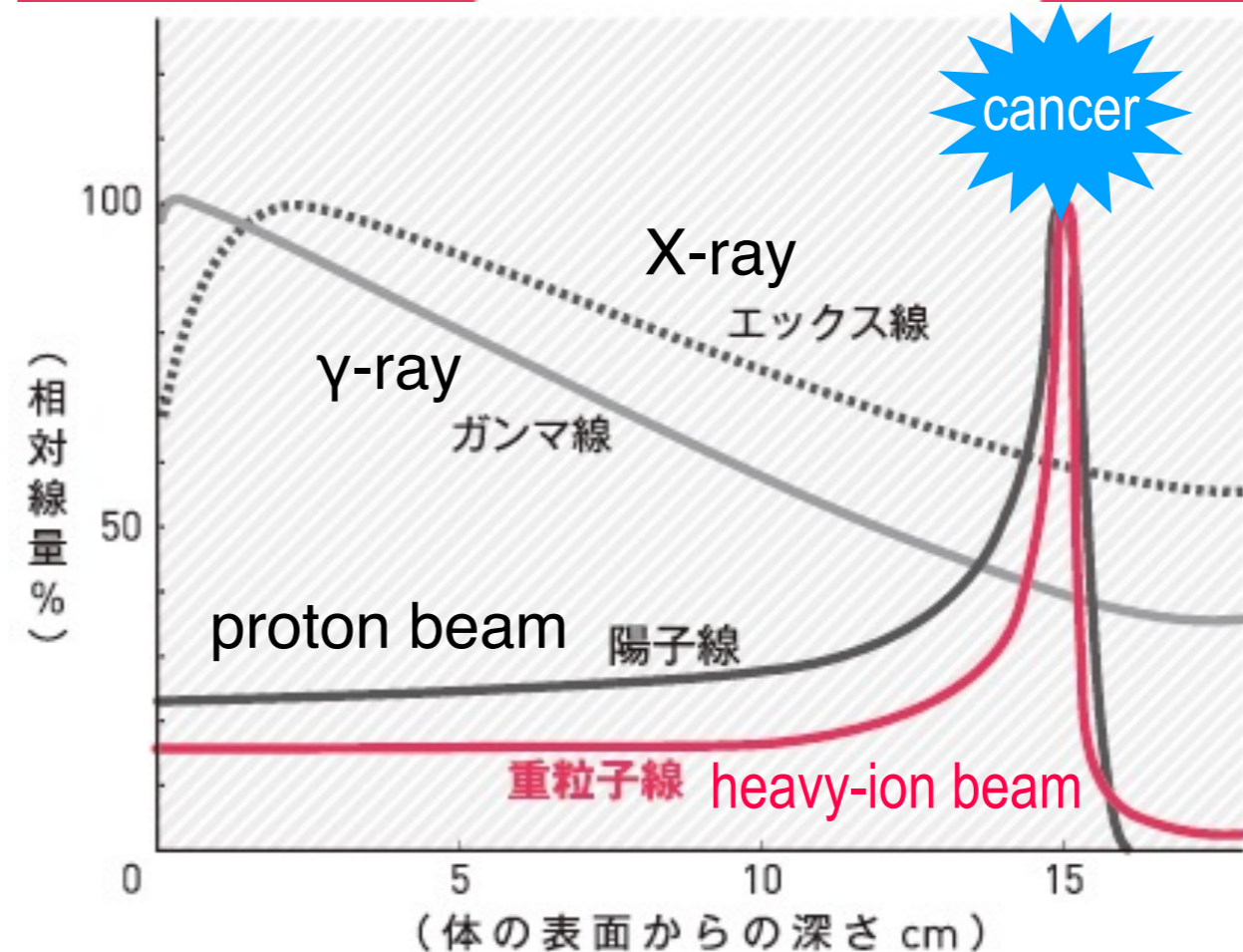
School Year 2022

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

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

Heavy Ion Cancer Therapy Center, Yamagata University Hospital

- Japanese 7th heavy-ion therapy center which started operation in 2021.
- Specialized in ^{12}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)

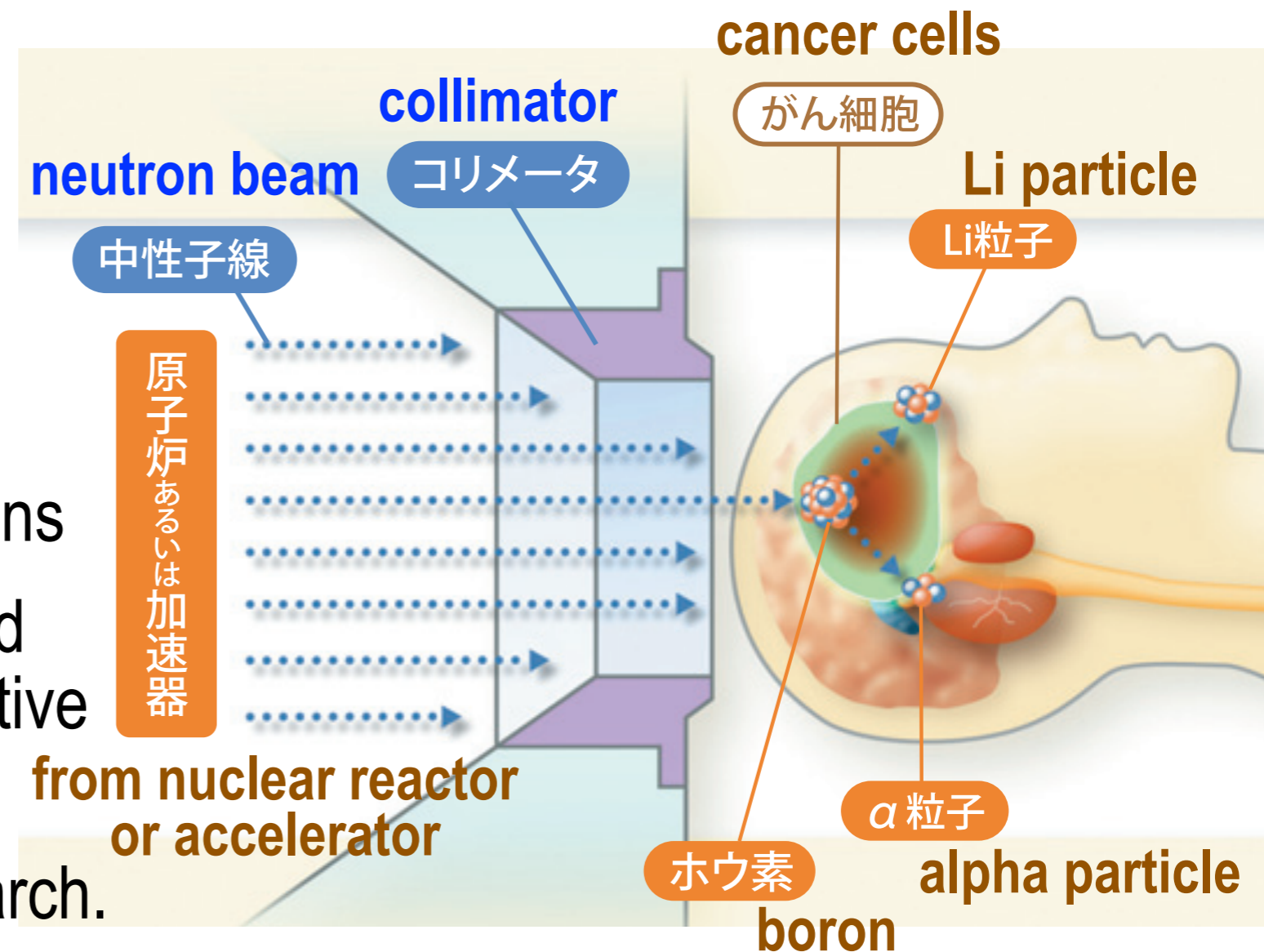
https://www.antm.or.jp/08_news/data/koho/antm_news21.pdf

ホウ素中性子捕獲療法 (BNCT)

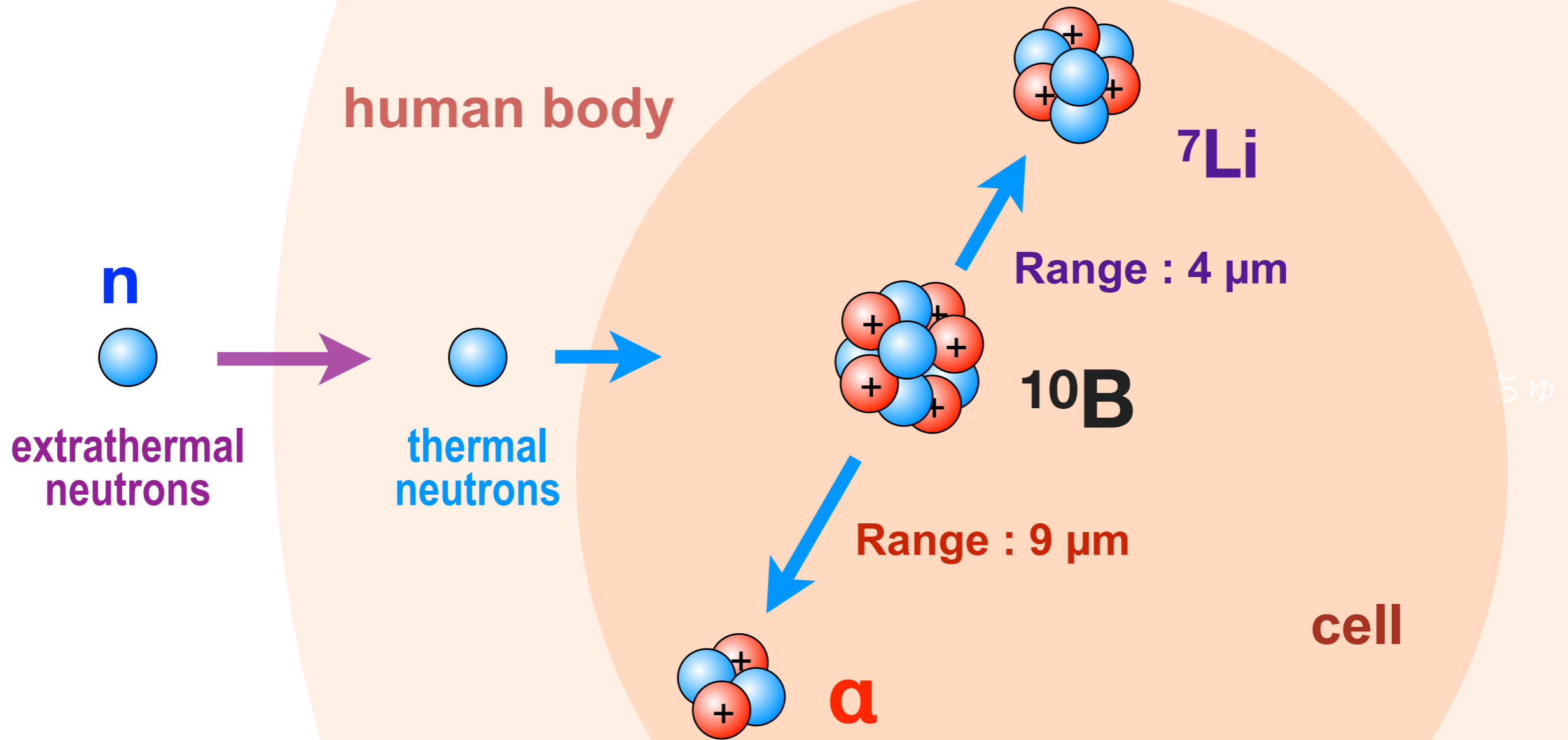
Boron Neutron Capture Therapy

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 ^7Li nucleus are small. Selective treatment to cancer cells.
- At the stage of clinical research.



Boron Neutron Capture Therapy (BNCT)

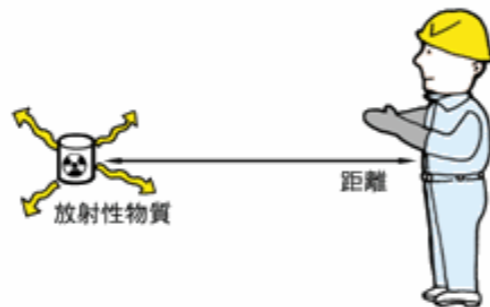


A neutron is captured by boron nucleus resulting in nuclear reaction, and a high-energy alpha particle is emitted, which gives its energy to tumor cells and kill them.

Radiation protection

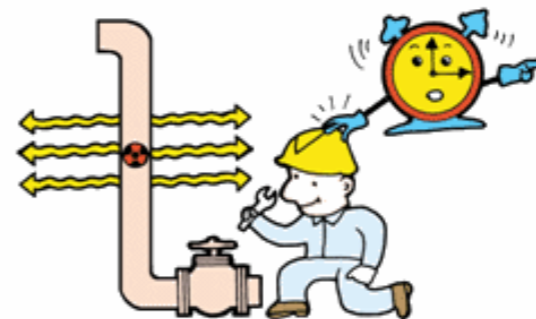
• distance

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

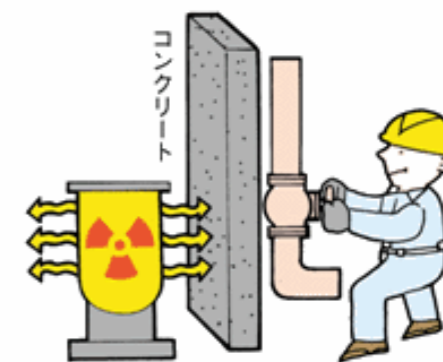


• time

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



• shielding



Prevent deterministic effect.

Reduce stochastic effect.

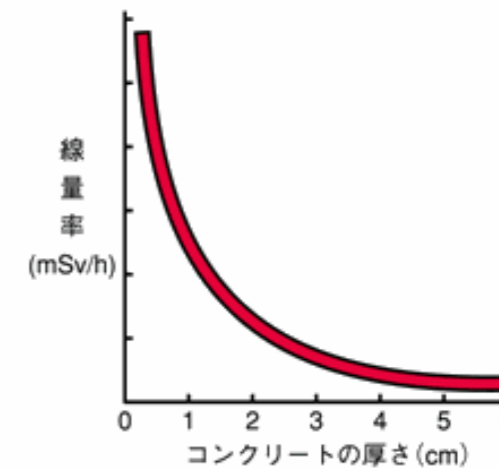
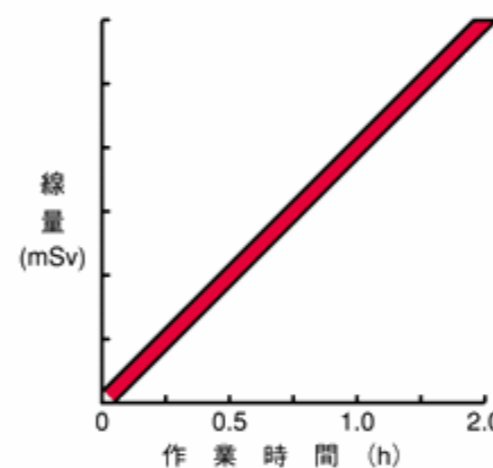
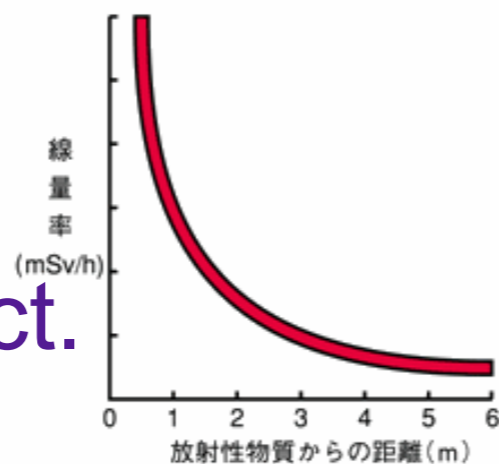


図1 遮へい3原則の図

[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 and 50 mSv / yr
women	5 mSv / 3 mo.
pregnant women	1 mSv / period of pregnancy
Equivalent dose	100 mSv / 5 yrs and 50 mSv / yr
eye lens	500 mSv / yr
skin	2 mSv / period of pregnancy
abdomen surface 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 ²⁾
皮膚等価線量	500mSv/年 ¹⁾	500mSv/年
手・足の等価線量	500mSv/年	500mSv/年 ³⁾
その他の組織	—	500mSv/年

1) 被ばく部位に関係なく、深さ7 mg/cm²、面積1 cm²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 ¹⁾ , 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 ³⁾	50 mSv/年
その他の組織	—	50 mSv/年 ²⁾

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**によるパッジの被曝に留意
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→

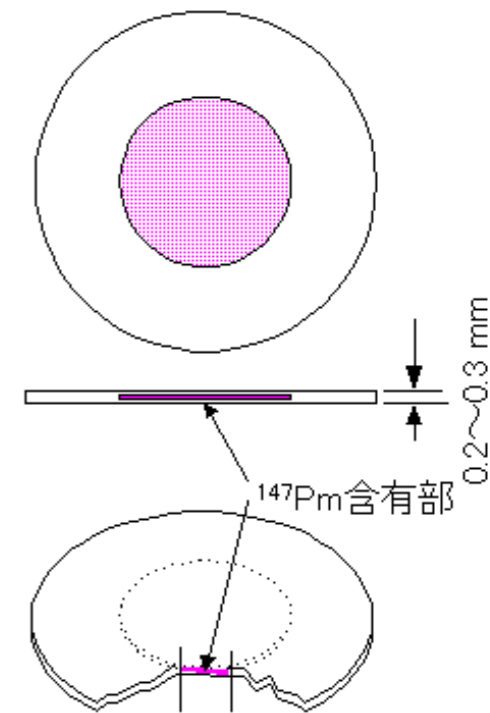


Sealed sources

密封小線源

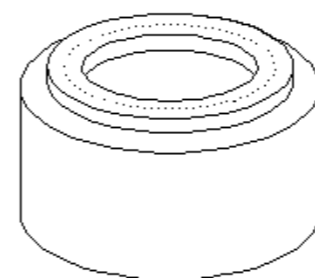


β -ray source



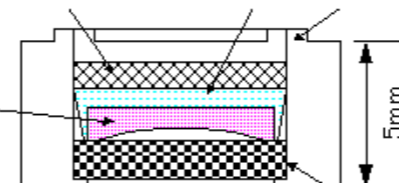
α -ray source

γ -ray source

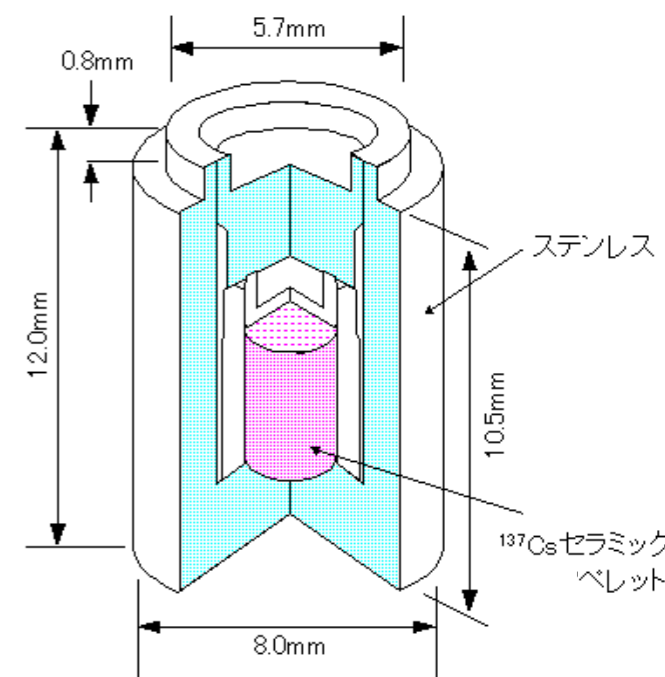


タングステン合金 ステンレス モネルメタル

^{241}Am 含有セラミック



ベリリウム窓
0.95~1.05mm



ステンレス

^{137}Cs セラミックペレット

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 closed system	A	Completely sealed
	B	Interlock used all the time
非密閉型 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に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

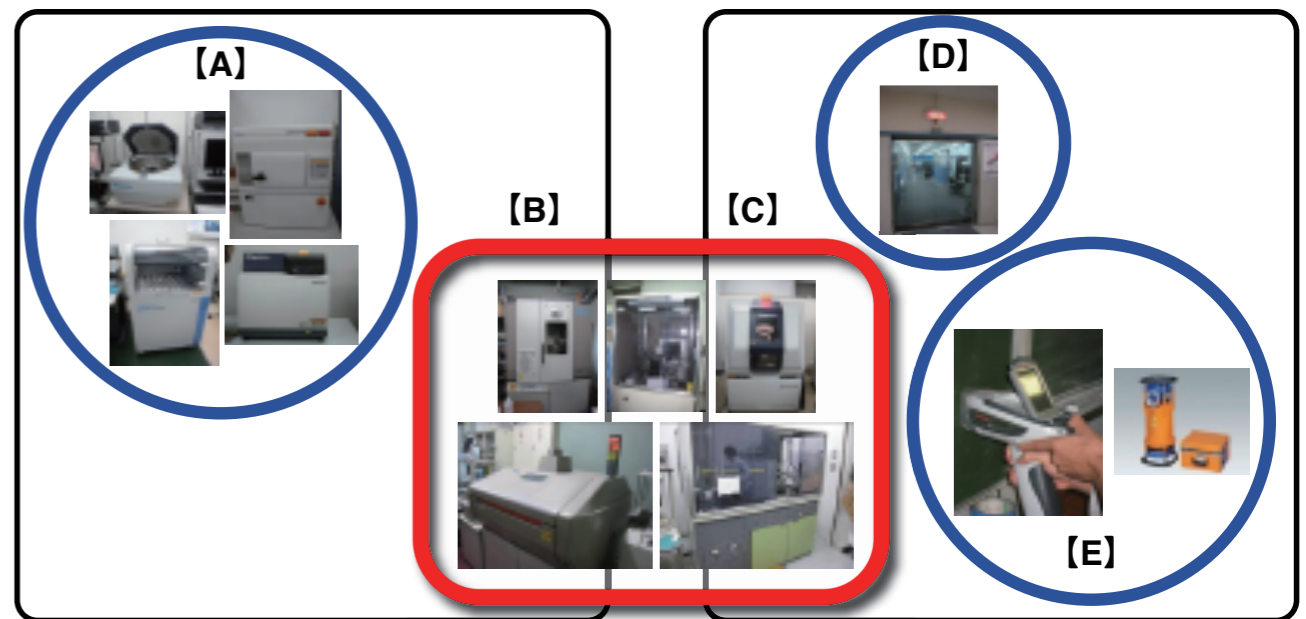


図1 東京大学における研究用エックス線装置の分類

東京大学におけるエックス線装置の分類

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

Classification of X-ray devices at UTokyo

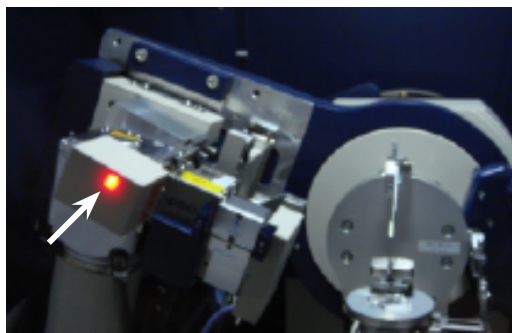


図2 シャッター付近の照射ランプ



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**