

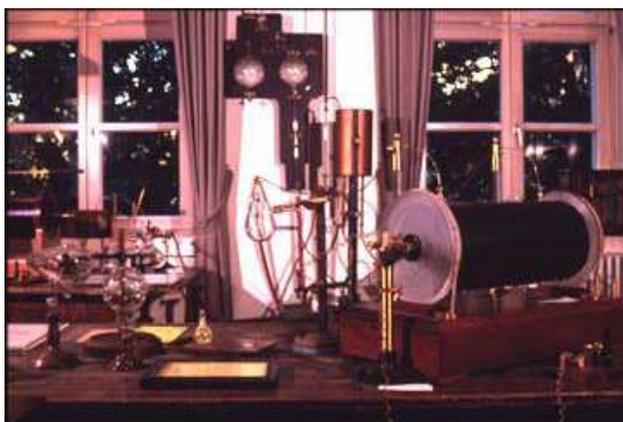
放射線同位元素等及び放射線発生装置 の安全取扱い

(公財)科学技術交流財団
あいちシンクロトロン光センター

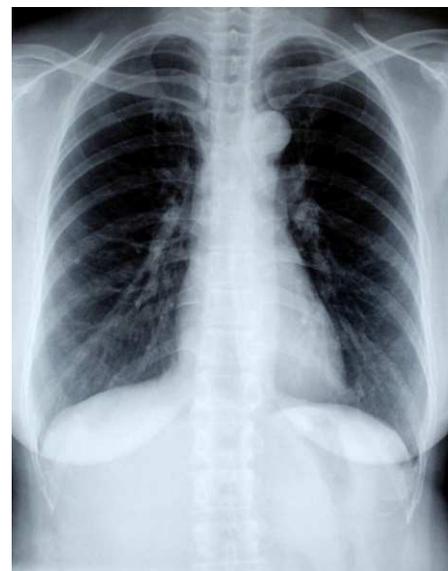
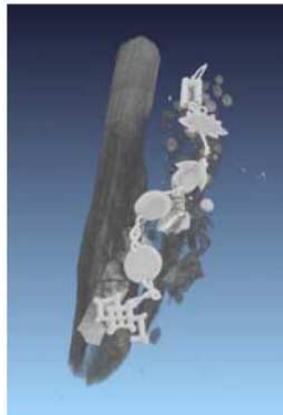
放射線の基礎知識

X線の発見

- 発見：1895年11月8日
 - 第1報：1895年12月28日
 - ヴュルツブルク物理学-医学協会報
 - 『放射線の新種について（予報）』



<http://www.fh-wuerzburg.de/rentgen/>



https://www.jsps.go.jp/j-grantsinaid/32_case/data/jinsya/05_kusunoi.pdf

放射線の発見

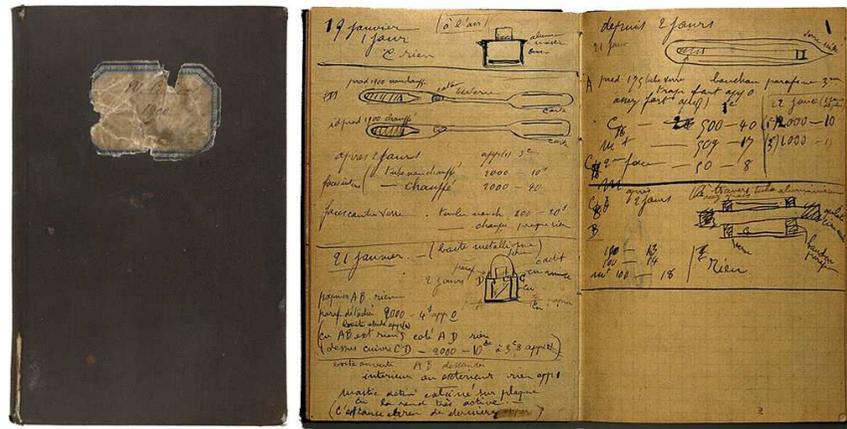
1896年 ウラン化合物の放射線を発見

放射能の単位であるベクレル (Bq) は彼の名前に由来している

X線が発見された当初は、放射線が人体に影響を及ぼすことは知られていなかった。しかしそれから間もなく多くの障害が出るようになり、生物への影響の研究も進んできた。



マリー・キュリー
66歳で白血病が
原因で死亡



マリー・キュリーの研究ノート
いまだに放射線が検出される

実験室でのキュリー夫妻

<http://blog-ings-48.fc2.com/s/i/1/silvermoon2010/sklodowska-curie.jpg>

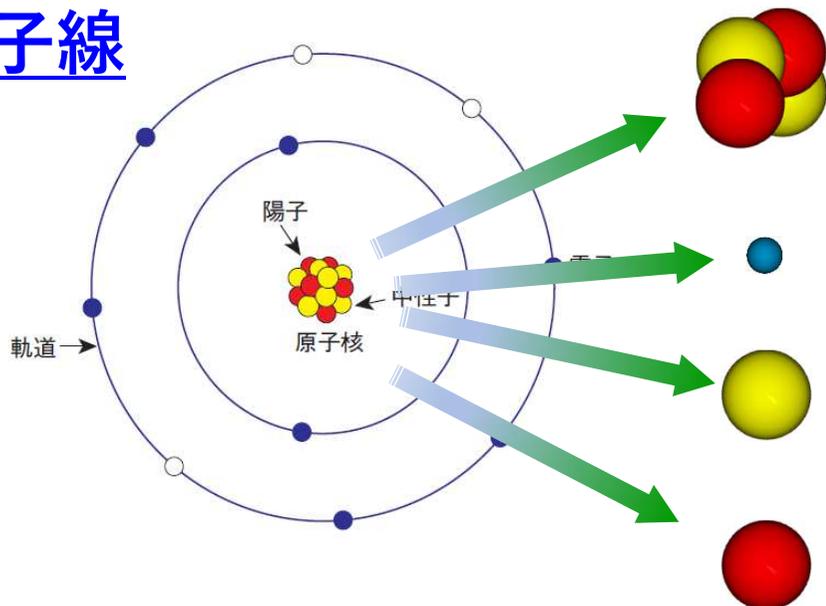
<https://gigazine.net/news/20150802-marie-curie-paper-still-radioactive/>

放射線に関する出来事

	放射線に関わる出来事	日本の出来事
1894年		日清戦争
1895年	レントゲン博士によるエックス線の発見	下関条約
1896年	ベクレル博士がウランから不思議な光線が出ているのを発見	国産の装置によりエックス線撮影に成功
1898年	キュリー夫妻がポロニウムとラジウムを発見	
1899年	ラザフォード博士がアルファ線、ベータ線を発見	長距離電話が開通（東京ー大阪）
1900年	ヴィラール博士がガンマ線を発見	

放射性物質から放出される放射線

粒子線



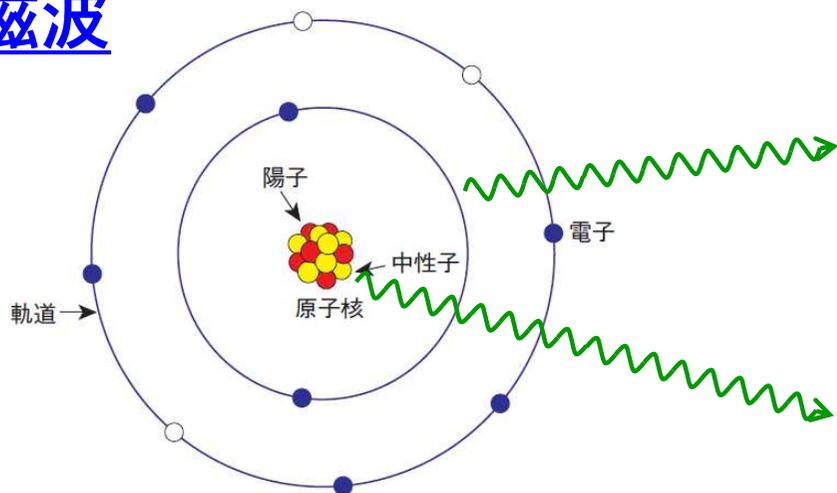
α 線：原子核から飛び出るヘリウムの原子核

β 線：原子核から飛び出る電子

中性子線：原子炉、加速器などから作られる

陽子線：原子炉などから作られる

電磁波

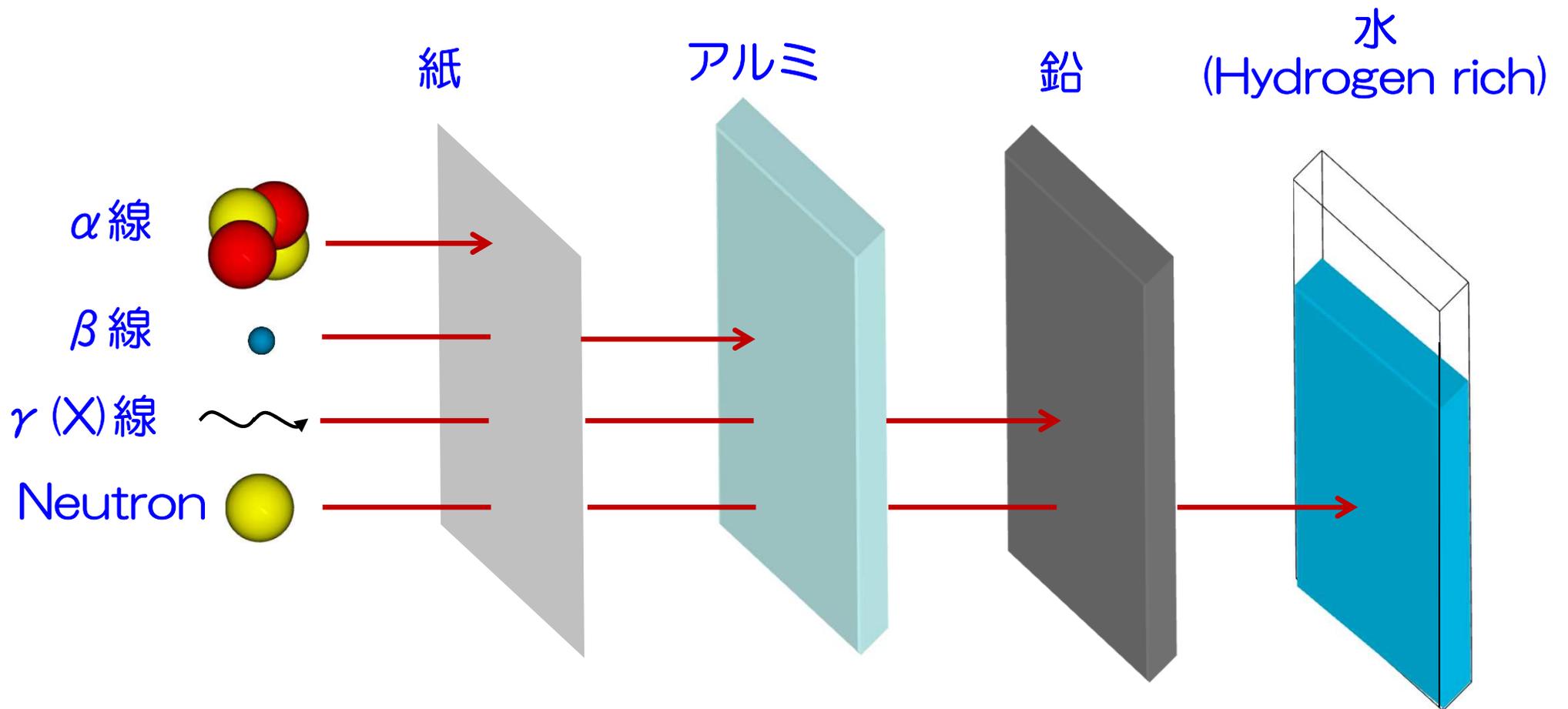


X線：原子核の外で発生
* 電子の軌道間の移動から生成された電磁波を特性X線という

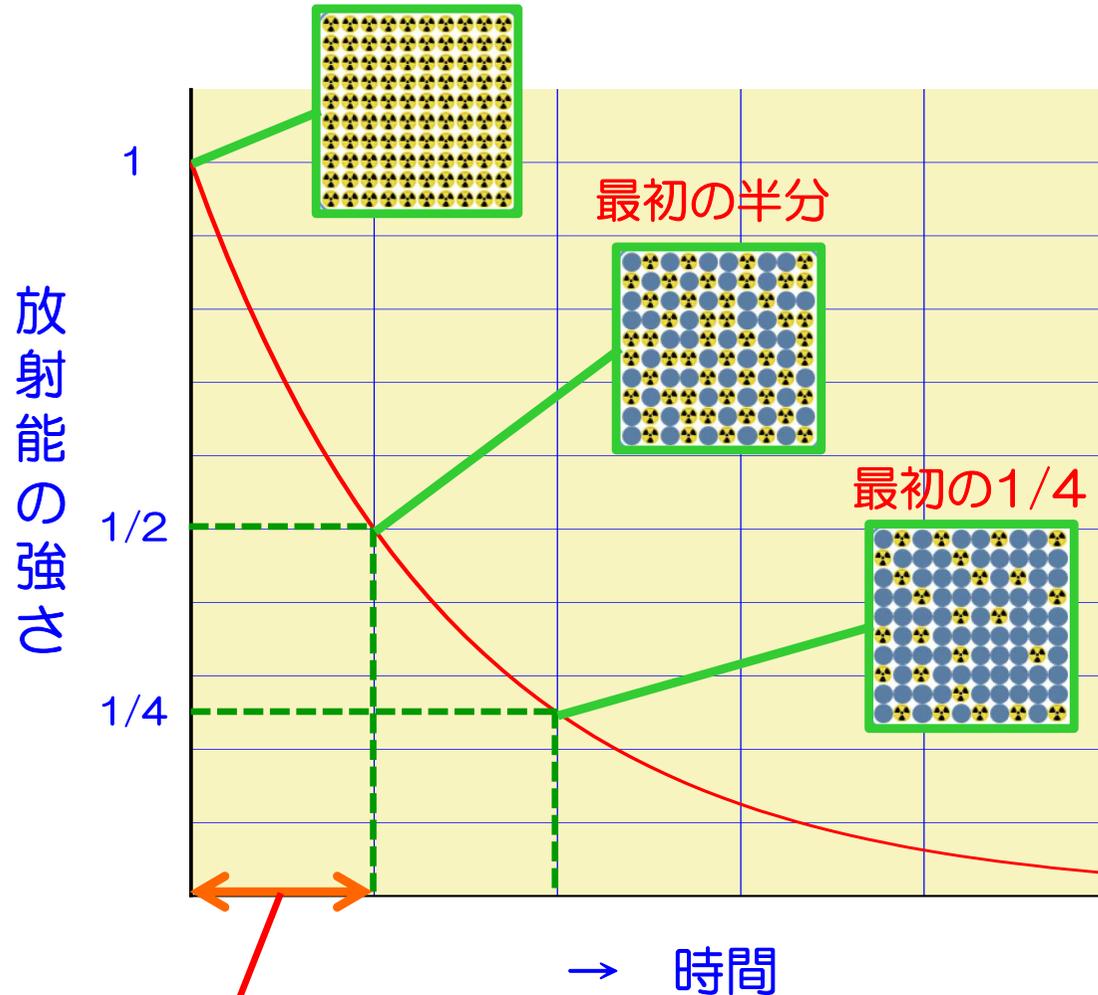
γ 線：原子核から放出

放射線は五感（見る、聞く、嗅ぐ、味わう、触る）に感じない

放射線の透過力



半減期と放射能の減衰



放射性物質の量が半分になる時間
= (物理学的)半減期

(例)

核種		半減期
ナトリウム24	^{24}Na	15.0時間
ラドン222	^{222}Rn	3.8日
ヨウ素131	^{131}I	8.0日
コバルト60	^{60}Co	5.3年
セシウム137	^{137}Cs	30年
ラジウム226	^{226}Ra	1,600年
プルトニウム239	^{239}Pu	2.4万年
ウラン238	^{238}U	45億年

長い半減期の原子核

例

宇宙の誕生と共に放射性物質が誕生し、地球が生まれた時に取り込まれた放射性物質



系列

放射性の原子核から安定な原子核になるまで、次々に核種が変化しながら壊変する

- ウラン238 : 45億年
- トリウム232 : 140億年
- ウラン235 : 7億年

非系列

放射性の原子核から直接安定な原子核に壊変する

- カリウム40 : 45億年
- ルビジウム87 : 140億年

宇宙線生成放射性核種の例

- 地球に降り注ぐ宇宙線によって、常に放射性核種が生成される。
- これらは、固有の半減期で他の元素に変わって行くので、環境には生成量とバランスしたほぼ一定量が存在する。

名前	記号	半減期	主な生成反応
トリチウム	${}^3\text{H}$	12.3年	窒素の破砕反応 ${}^{14}\text{N} (n, {}^{12}\text{C}) {}^3\text{H}$
ベリリウム7	${}^7\text{Be}$	53.3日	酸素や窒素の破砕反応
炭素14	${}^{14}\text{C}$	5,730年	窒素の破砕反応 ${}^{14}\text{N} (n, p) {}^{14}\text{C}$
ナトリウム22	${}^{22}\text{Na}$	2.6年	アルゴンの破砕反応

人工放射性核種

- 核実験に起因する放射性核種

- ^3H 、 ^{14}C 、 ^{137}Cs 、 ^{95}Zr 、 ^{90}Sr 、 ^{106}Ru 、 ^{144}Ce 、...

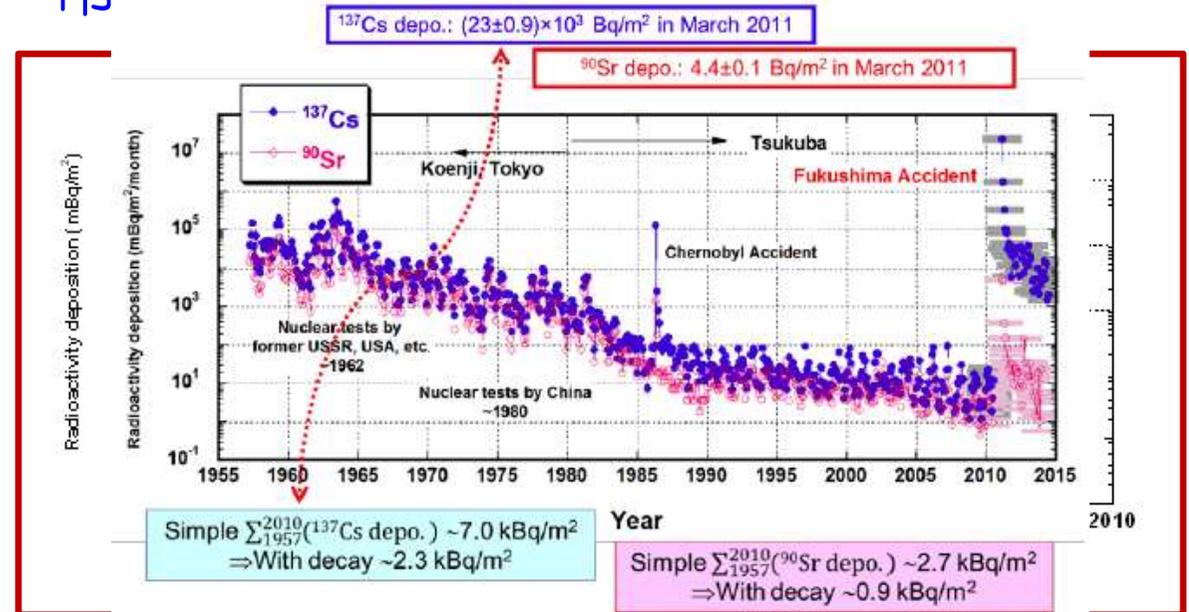
1945-1980：大気圏核実験 計423回

- 核燃料サイクルに起因する放射性核種

- ^{222}Rn 、 ^3H 、 ^{14}C 、希ガス、ヨウ素、...

- その他の放射性核種

- 一般消費財



放射線発生装置

放射性同位元素 (Radioisotope)



装置で発生させた放射線を照射するもの

密封されていて、出てくる放射線を照射するもの

瓶などに入れられていて、取り出して使うもの

被ばくの可能性 : 有
汚染の可能性 : 無

被ばくの可能性 : 有
汚染の可能性 : 無

被ばくの可能性 : 有
汚染の可能性 : 有

取扱の注意：
使用するときのみ

取扱の注意：
使用するとき、
決められた場所で保管

取扱の注意：
使用するとき、
決められた場所で保管
決められた方法で廃棄

「被ばく」と「汚染」

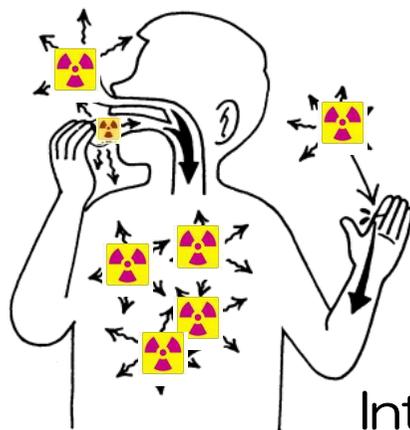
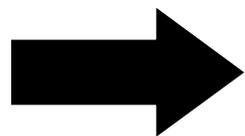
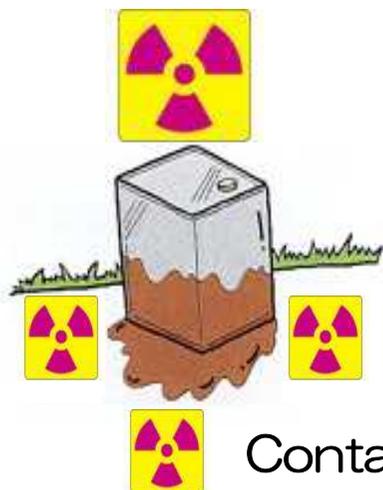
人が放射線を浴びる = 被ばく（外部被ばく）



しゃへい，距離，時間

対処が容易

放射性物質が付着（汚れる） = 汚染 → 内部被ばく



放射性物質が体の中に入る（内部被ばく）

対処困難

外部被ばくと内部被ばく

Types of Radiation Exposure

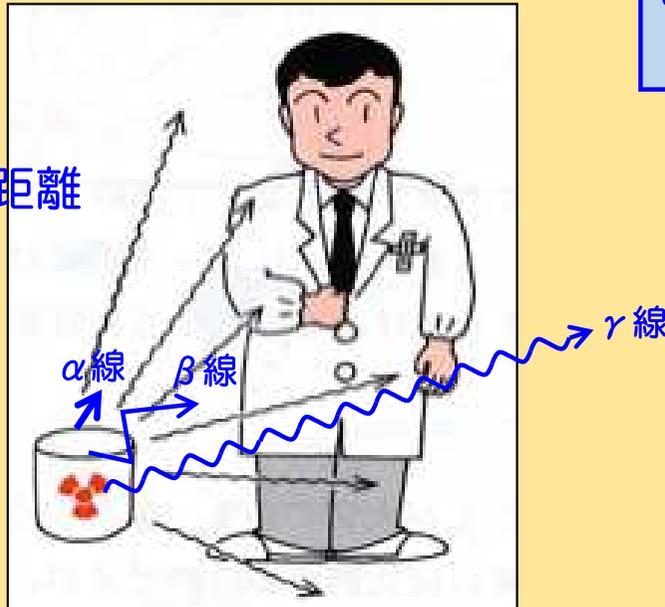
外部被ばく

External Exposure

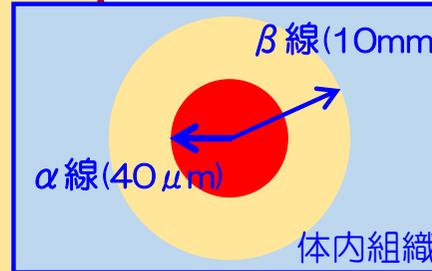
大気中の到達距離

α 線：45mm

β 線：1m

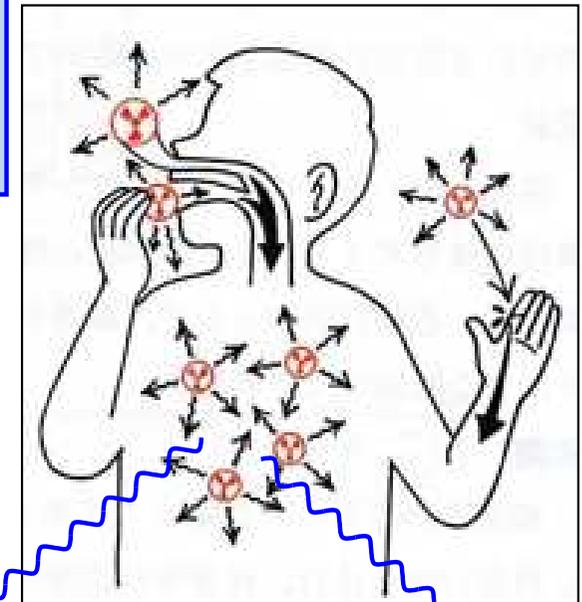


The radiation source is outside the human body.



内部被ばく

Internal Exposure



The radiation source is inside the human body.

シンクロトロン光の利用で考える被ばく

放射性核種の実効半減期 (T_e)

生体内の残留放射能が半減するまでの時間

RI	^3H	^{32}P	^{45}Ca	^{90}Sr	^{131}I	^{226}Ra
親和性臓器	全身	骨	骨	骨	甲状腺	骨
物理学的 半減期： T_p	12年	14日	152日	28年	8日	1622年
生物学的 半減期： T_b	19日	3.2年	49年	35.6年	130日	55年
実効半減期 ： T_e	19日	14日	151日	17.5年	7.5日	43年

T_p ： 物理学的半減期放射性壊変によって半減するまでの時間（核種固有）

T_b ： 生物学的半減期生理的排泄によって半減するまでの時間

放射線の発見と放射線障害の歴史

1895年	W.C.レントゲン	エックス線の
1896年	アンリ・ベクレル	放射能の発見 放射線障害に
1896年	ダラー（トーマス・エジソンの助手）	公開エックス 水泡・潰瘍、

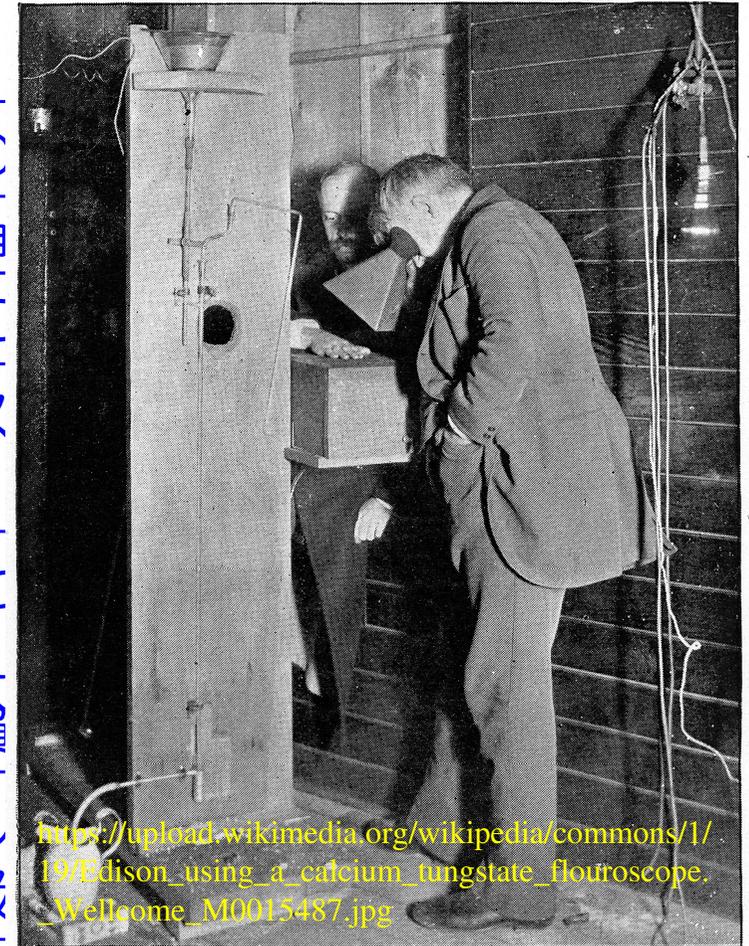


https://www.libraries.rutgers.edu/history_of_medicine/manuscripts/us_radium_corporation

ポロニウムと
マリー・キュ
再生不良性貧

シュネーベル
変生成物の吸

ラジウムダイアルペインターの女工に
白血病や骨肉腫が多発することを確認



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/19/Edison_using_a_calcium_tungstate_flouroscope._Wellcome_M0015487.jpg

放射線障害防止法の制定

1921年	X線及びラジウム防護委員会	イギリス
1928年	国際X線ラジウム防護委員会 (IXRP)	第2回国際放射線医学会議 (ストックホルム)
1950年	IXRPは、国際放射線単位・測定委員会 (ICRU) と国際放射線防護委員会 (ICRP) に改称	
1955年	原子放射線の影響に関する国連科学委員会 (UNSCEAR)	
1955年	原子力基本法 (Atomic Energy Basic Act)	
1957年	放射線障害防止法 (Act on Prevention of Radiation Hazards due to Radioisotopes, etc.)	
関係法令の一部改正, 全面改正, ICRP勧告の法令への取り入れ		
1988年	1977年勧告取り入れ	
2000年	1990年勧告取り入れ	
2019年	放射線規制法	

ICRP（国際放射線防護委員会）勧告

Recommendations of International Commission on Radiological Protection

- 勧告は国際的な放射線防護の標準
 - ✓ 勧告に基づき法令の改正がおこなわれる
- 放射線防護の目標
 - ✓ 放射線利用のメリットを不当に制限することなく、放射線防護のための適切な標準を与えること
 - ◆ 確定的影響を防止し、確率的影響を制限する。
- 放射線防護の基本原則の導入（1977年勧告）
 - ✓ 行為の正当化
 - いかなる行為も、その導入が正味でプラスの利益を生むのでなければ、採用してはならない
 - ✓ 防護の最適化
 - すべての被ばくは、経済的及び社会的な要因を考慮に入れながら、合理的に達成できる限り低く保たねばならない
 - …ALARA (as low as reasonably achievable)
 - ✓ 個人の線量限度
 - 個人に対する線量は、委員会がそれぞれの状況に応じて勧告する限度を超えはならない。

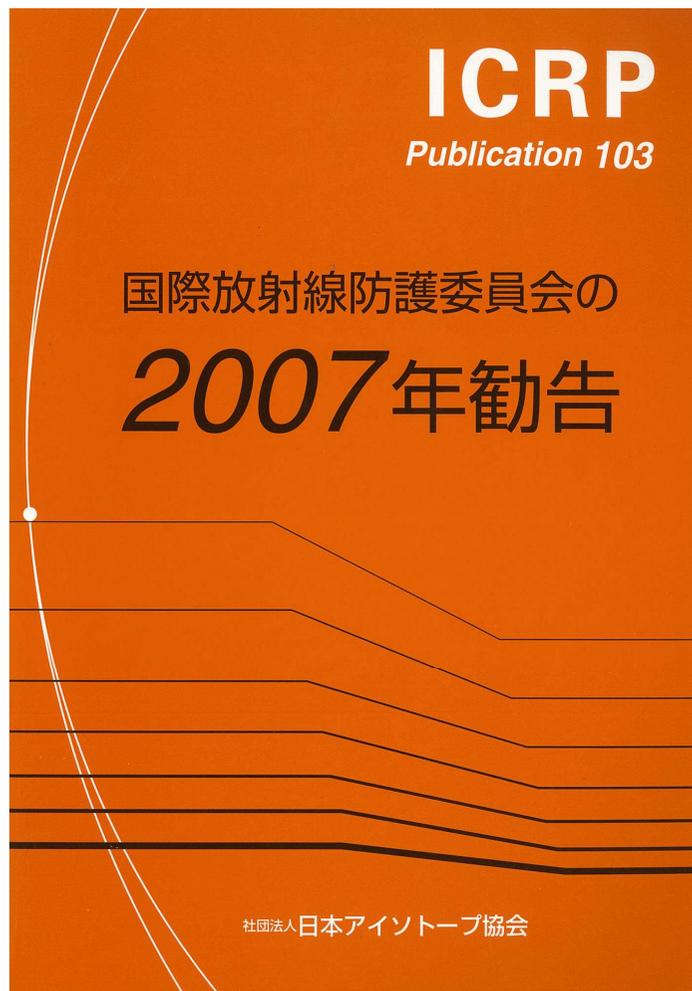


表8 1990年勧告と2007年勧告の防護標準の比較

被ばくのカテゴリー（刊行物番号）	1990年勧告とその後の刊行物	今回の勧告
■ 計画被ばく状況		
	個人線量限度^{a)}	
回復作業(96)を含む職業被ばく(60, 68, 75)	規定された5年間の平均20 mSv/年 ^{c)}	規定された5年間の平均20 mSv/年 ^{c)}
— 眼の水晶体	150 mSv/年 ^{b)}	150 mSv/年 ^{b)}
— 皮膚	500 mSv/年 ^{b)}	500 mSv/年 ^{b)}
— 手と足	500 mSv/年 ^{b)}	500 mSv/年 ^{b)}
— 妊娠女性（申告後、残りの妊娠期間）	腹部表面へ2 mSv, 又は放射性核種の摂取による1 mSv	胚/胎児に対し1 mSv
公衆被ばく(60)	年間1 mSv	年間1 mSv
— 眼の水晶体	15 mSv/年 ^{b)}	15 mSv/年 ^{b)}
— 皮膚	50 mSv/年 ^{b)}	50 mSv/年 ^{b)}
	線量拘束値^{a)}	
職業被ばく(60)	≤ 20 mSv/年	≤ 20 mSv/年
公衆被ばく(77, 81, 82)		状況に応じ、1 mSv/年以下で選択状況に応じ
— 一般	—	≤ 0.3 mSv/年
— 放射性廃棄物処分	≤ 0.3 mSv/年	≤ 0.3 mSv/年
— 長寿命放射性廃棄物処分	≤ 0.3 mSv/年	≤ 0.3 mSv/年
— 長期被ばく	< ~1 及び ^{b)} ~ 0.3 mSv/年 ^{d)}	< ~1 及び ^{b)} ~ 0.3 mSv/年 ^{d)}
— 長寿命核種からの長期成分	≤ 0.1 mSv/年 ^{b)}	≤ 0.1 mSv/年 ^{b)}
医療被ばく(62, 94, 98)		
— 生物医学研究の志願者。		
社会への便益が以下の場合：		
少ない	< 0.1 mSv	< 0.1 mSv
中間	0.1 ~ 1 mSv	0.1 ~ 1 mSv
それほど大きくない	1 ~ 10 mSv	1 ~ 10 mSv
大きい	> 10 mSv	> 10 mSv
— 介助者と介護者	1事例当たり5 mSv	1事例当たり5 mSv
■ 緊急時被ばく状況		
	介入レベル^{a,d,g)}	参考レベル^{a,d)}
職業被ばく(60, 96)		
— 救命活動（情報を知らされた志願者）	線量制限なし ⁱ⁾	他の者への便益が救命者のリスクを上回る場合は線量制限なし ^{k)}
— 他の緊急救助活動	~ 500 mSv ; ~ 5 Sv（皮膚） ^{d)}	1,000 又は 500 mSv ^{k)}
— 他の救助活動	…	≤ 100 mSv ^{k)}
公衆被ばく(63, 96)		
— 食料	10 mSv/年 ^{d)}	
— 安定ヨウ素の配布	50 ~ 500 mSv（甲状腺） ^{b,d)}	
— 屋内退避	2日で5 ~ 50 mSv ^{d)}	
— 一時的な避難	1週間で50 ~ 500 mSv ^{d)}	
— 恒久的な移住	初年度に100 mSv 又は 1,000 mSv ^{d)}	
— 1つの全体的な防護戦略に統合されたすべての対策	…	計画では、状況に応じ一般的に20 mSv/年から100 mSv/年の間 ^{e)}

あいちSRにおける放射線の安全取扱

光源（加速器）の構成

電子蓄積リング

周長 72.0 m
最高電子エネルギー 1.2 GeV

ブースターシンクロトロン

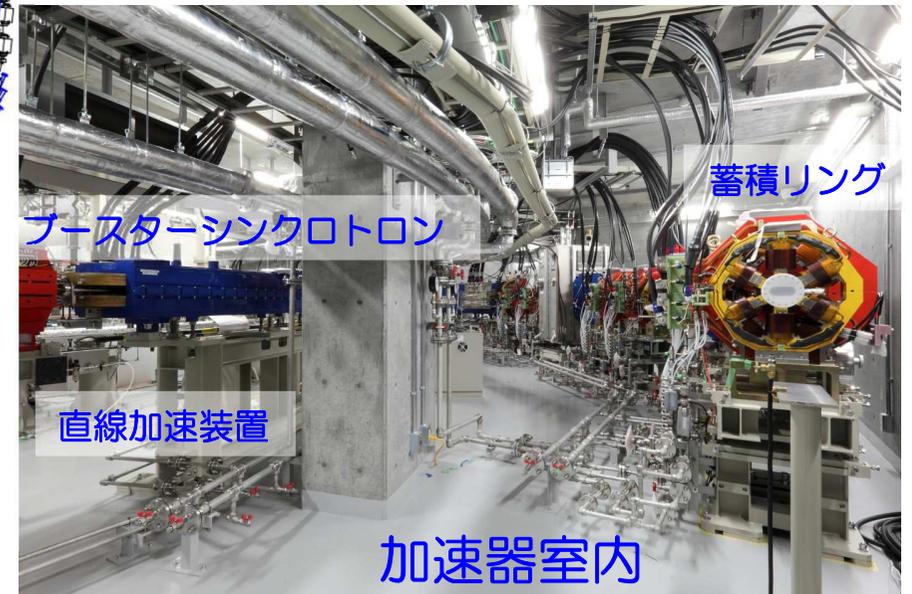
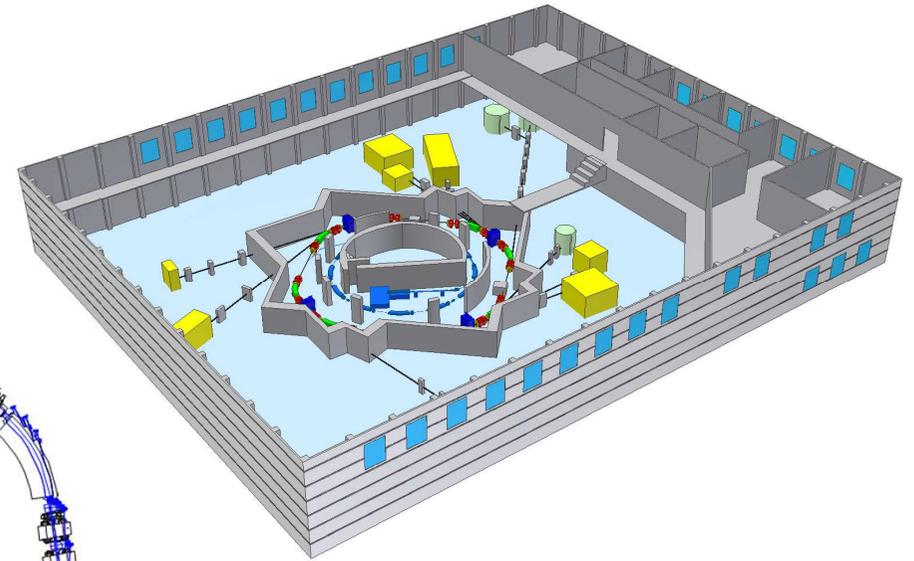
周長 48.0 m
最高電子エネルギー 1.2 GeV

直線加速器

全長 約7 m
電子エネルギー 50 MeV

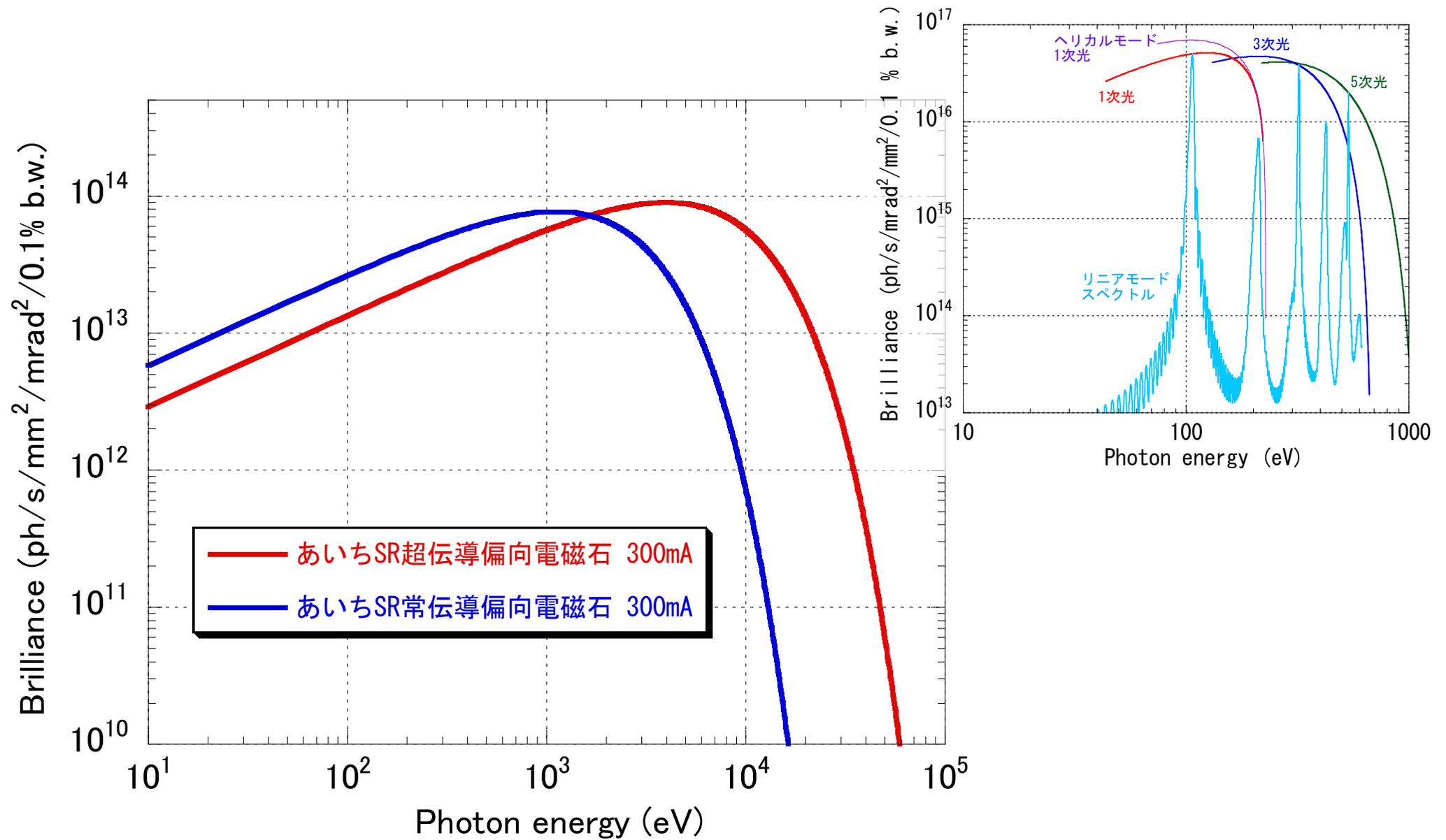
常伝導偏向電磁石

超伝導偏向電磁石



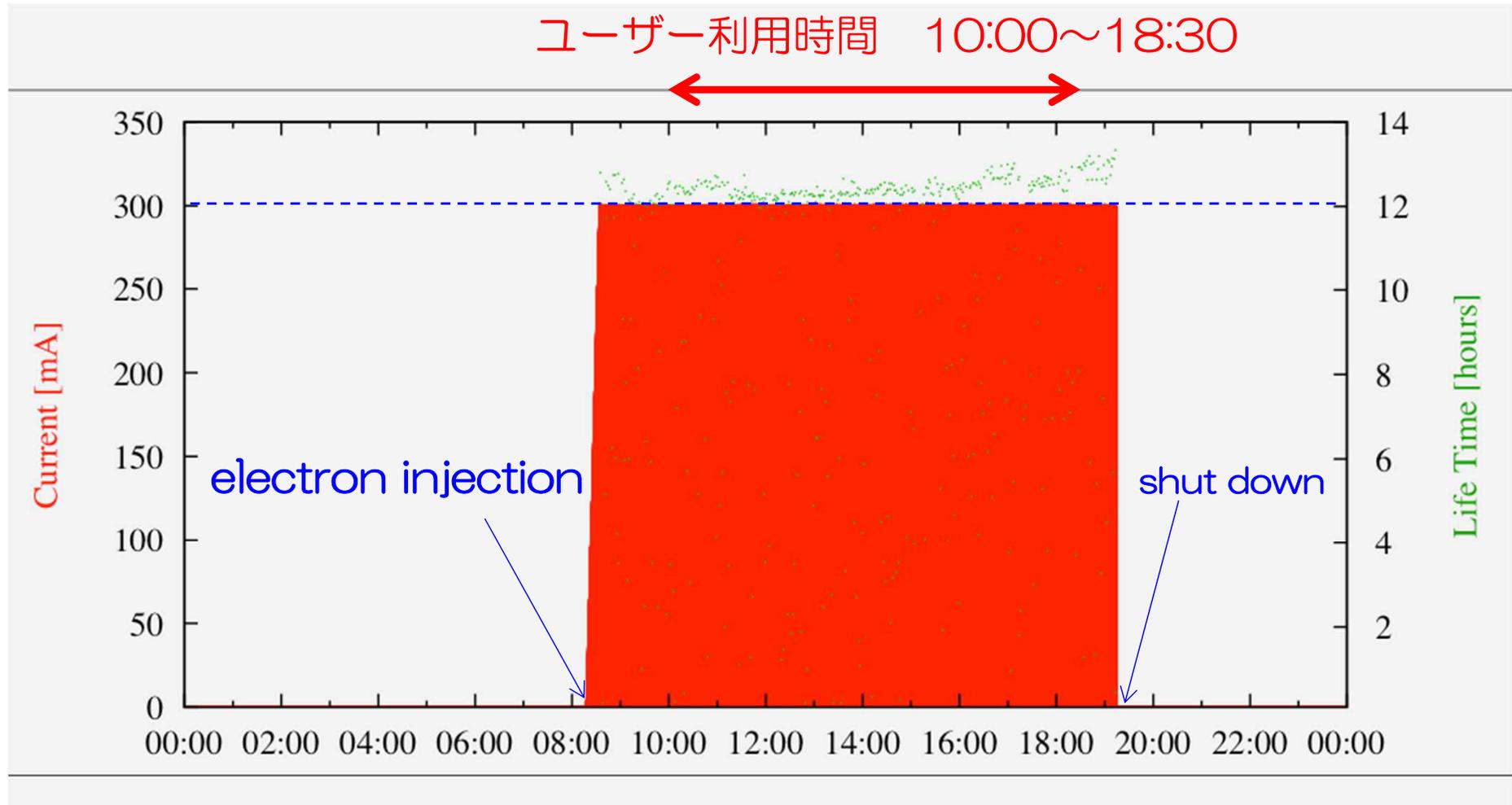
加速器室内

光源のスペクトル分布



電子蓄積リングの運転

Top up運転

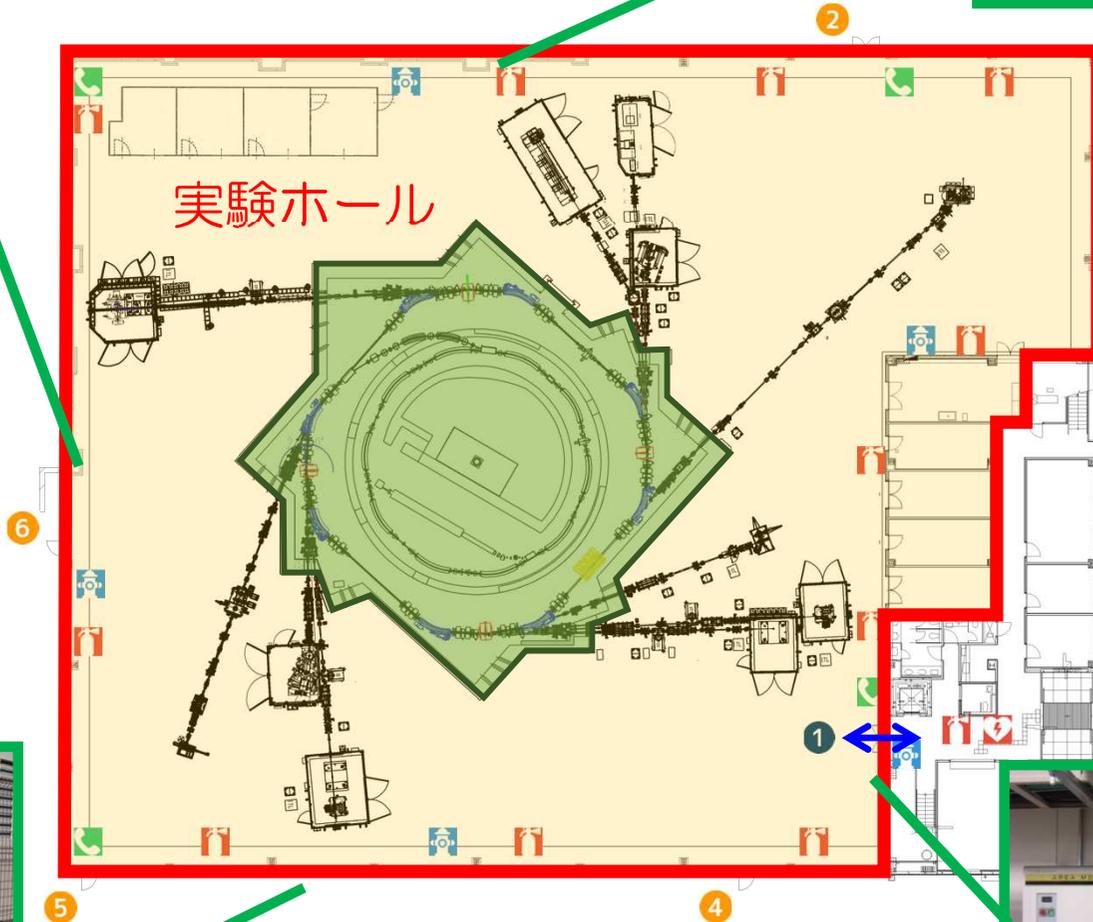


空間線量の測定

The radiation-controlled area at the 1st floor

実験ホール1F平面図

Plane view of the experimental hall (1st floor)

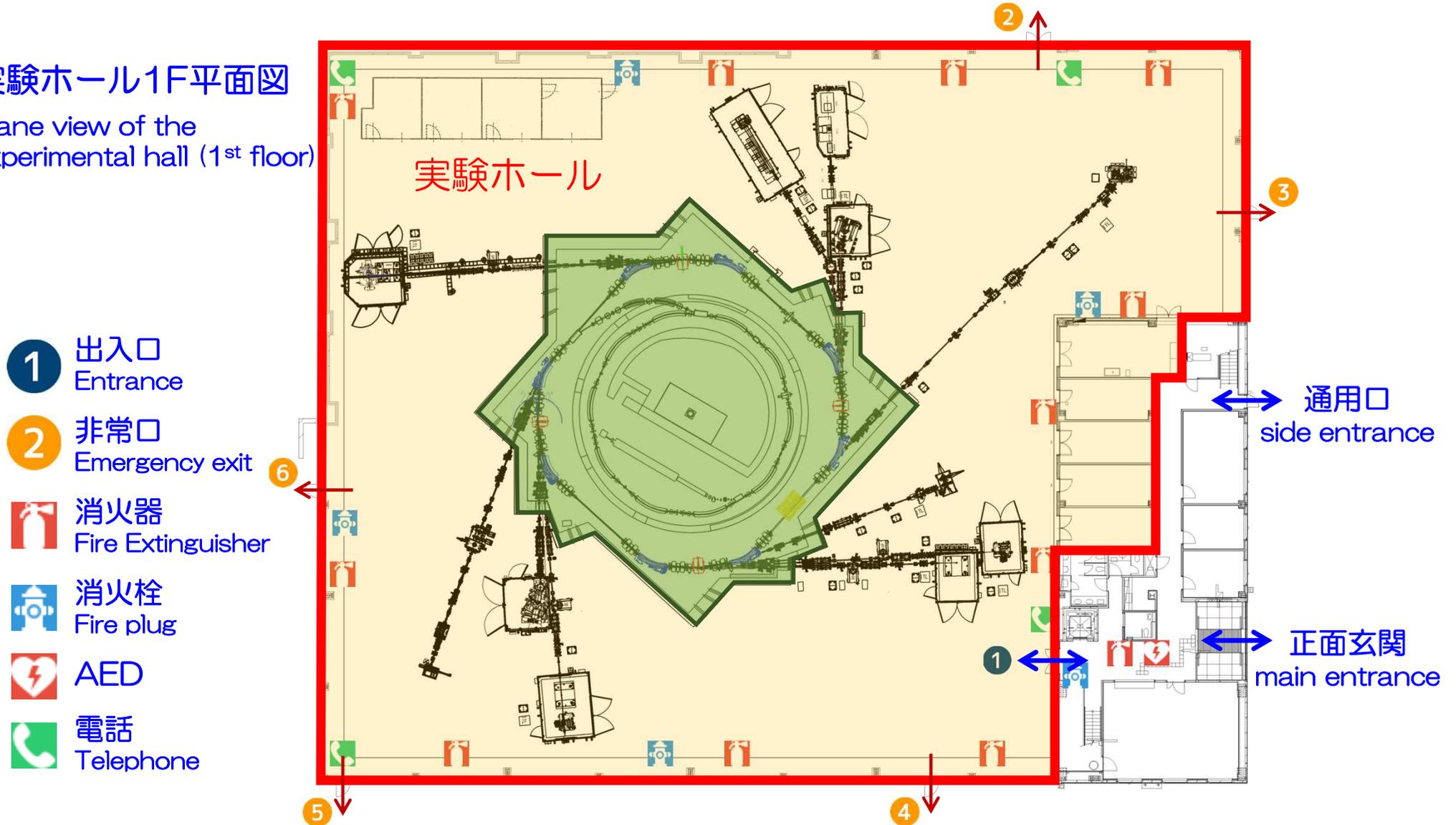


管理区域（1階）と非常口

The radiation-controlled area at the 1st floor and its emergency exits

実験ホール1F平面図

Plane view of the experimental hall (1st floor)



管理区域には**通常時の出入口が1箇所**、**非常口が5箇所**あります。非常口は外側からは常時閉鎖していますが、万一に備えて内側からは手動で開閉できます。緊急時には最寄りの非常口から避難して下さい。

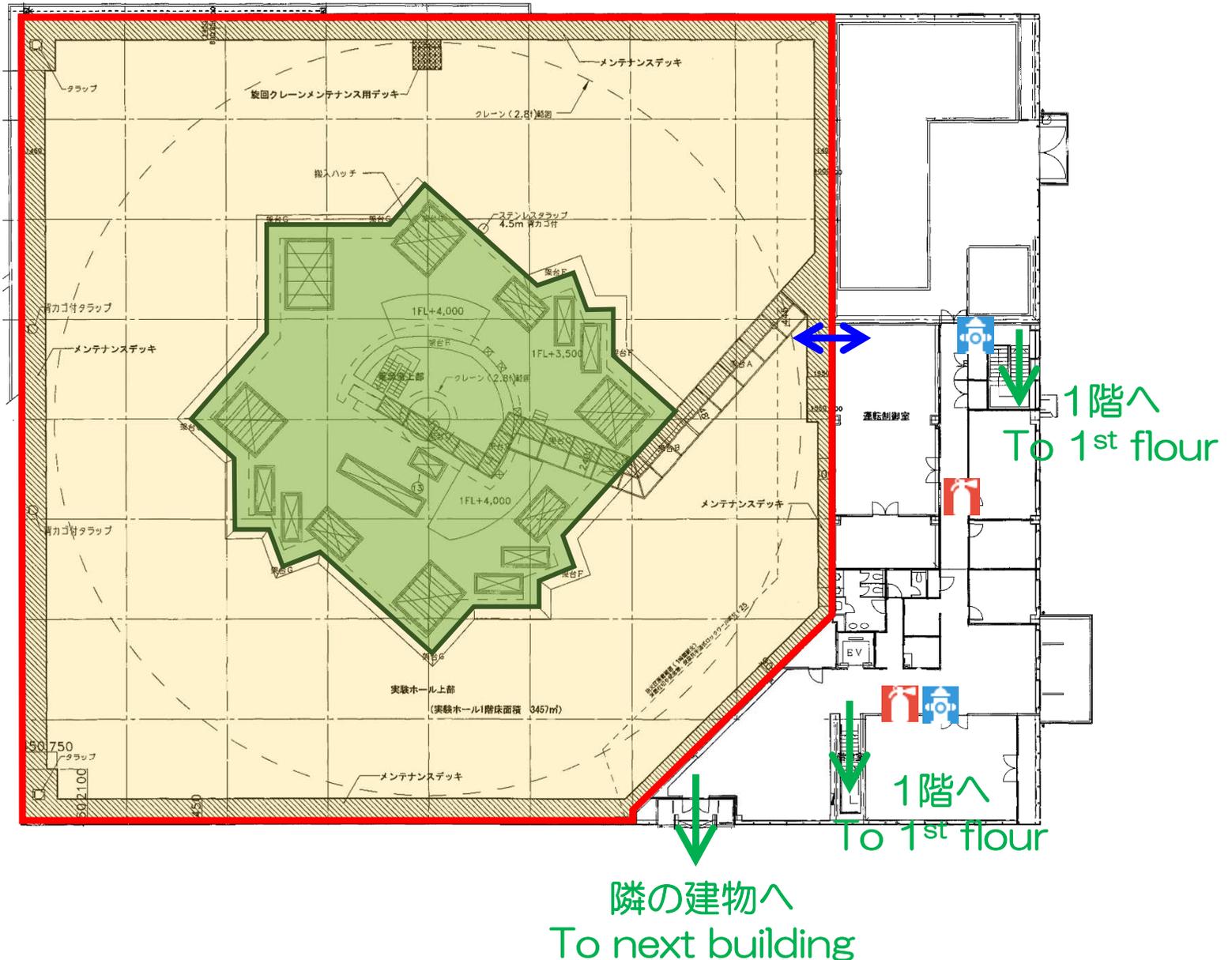
管理区域（2階）と非常口

The radiation-controlled area at the 2nd floor and its emergency exits

実験ホール2F平面図

Plane view of the experimental hall (2nd floor)

-  1 出入口
Entrance
-  2 非常口
Emergency exit
-  消火器
Fire Extinguisher
-  消火栓
Fire plug
-  AED
-  電話
Telephone



管理区域への入退室

Entrance and exit control for the radiation controlled area



- The time of getting in and out of the controlled area for each radiation worker is automatically recorded.

禁止事項

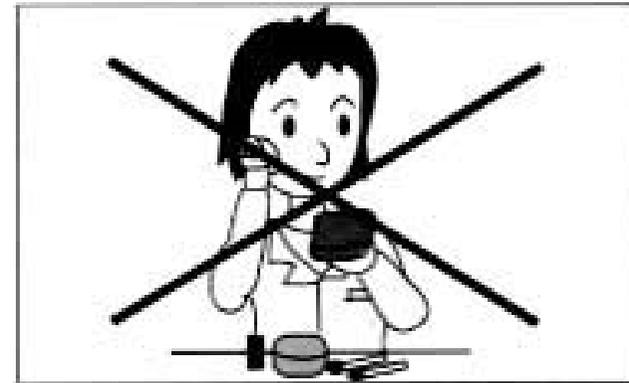
Prohibited matters

飲食

Eating or drinking



喫煙
Smoking



化粧
Wearing make-up

事故に遭遇したら



In case of accident



1. まず、自分の安全を確保してください。

At first, think and act to save yourself.

- ✓ 安全な場所に脱出 (Escape to a safe place)
- ✓ 大きな声で周りの作業者に知らせる (Notify other workers in a loud voice)

2. 余裕があれば、初期消火など事故の拡大を防ぐ行動を取ってください。

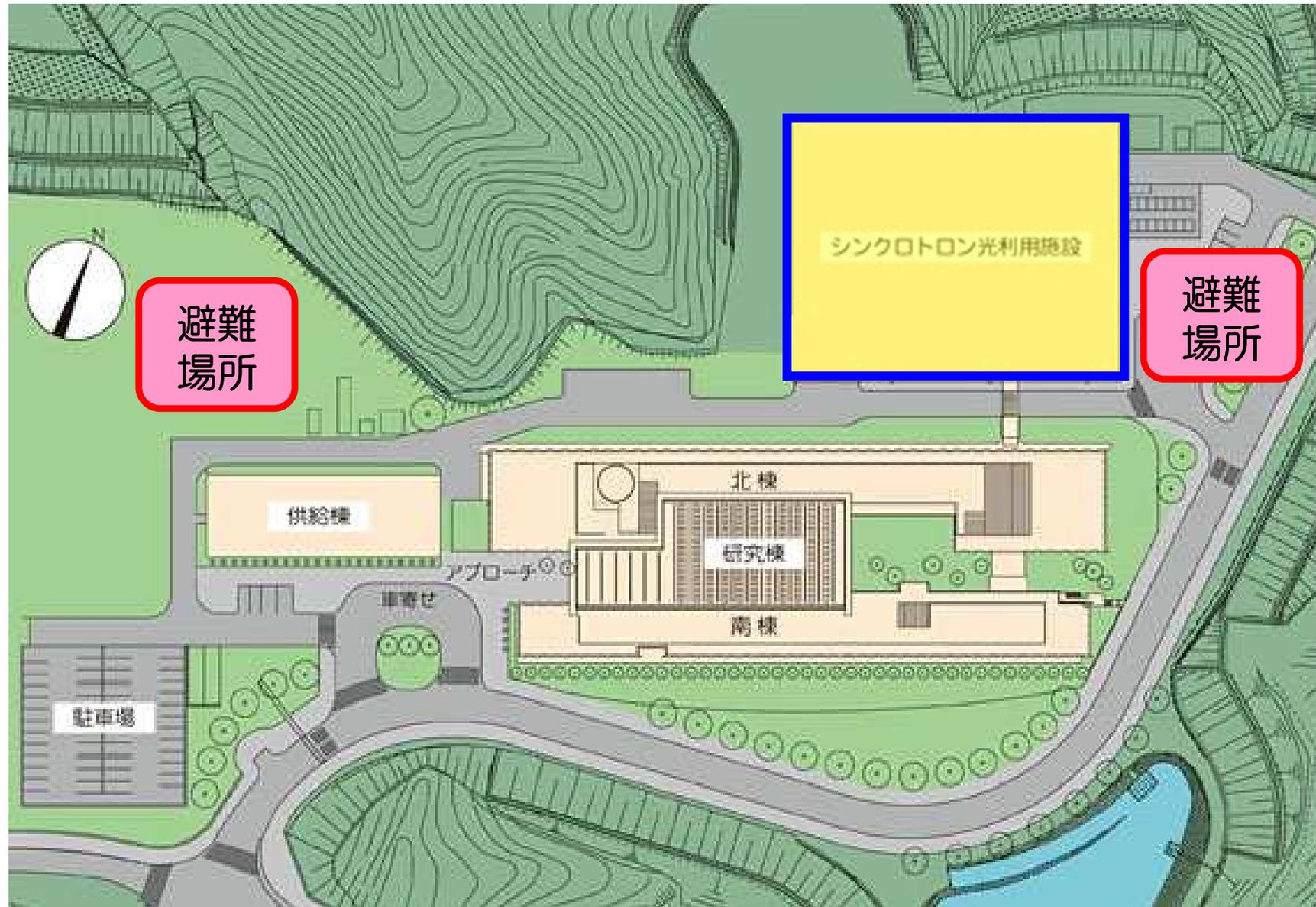
If time allows, take action to prevent expansion of the accident as to extinguish the fire at an early stage.

3. 放射線取扱主任者または施設スタッフに知らせてください。

Notify the radiation protection supervisor or radiation protection staff members.

緊急時集合場所（避難場所）

Evacuation Area, Gathering Area

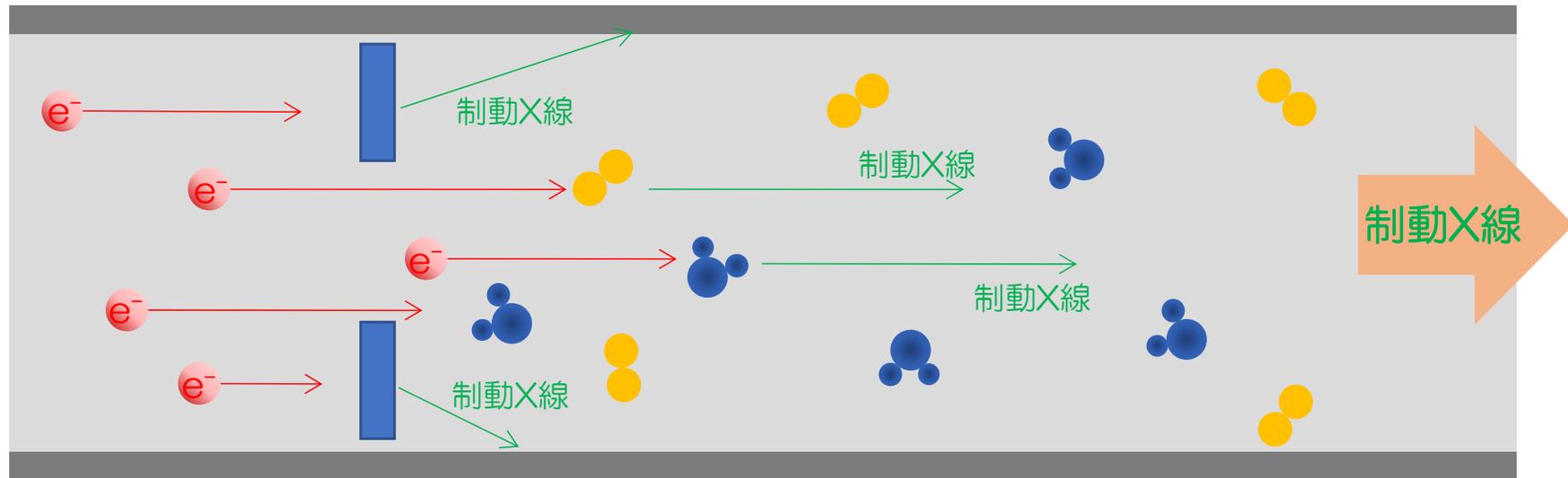


電子線加速器における放射化

制動放射（X線）線と放射化（放射化のメカニズム）

- $\sim 10\text{MeV}$ 以上の電子線加速器における (γ, n) 反応による放射化
 - A （安定核） + $h\nu$ （光子） \rightarrow B^* （放射性核） + n （中性子）
 - C （安定核） + n （中性子） \rightarrow D^* （放射性核） + $h\nu$ （光子）

A (γ, n) B*反応



A (γ, n) B*反応 \rightarrow C (n, γ) D*反応

主な放射性核種

コンクリート中

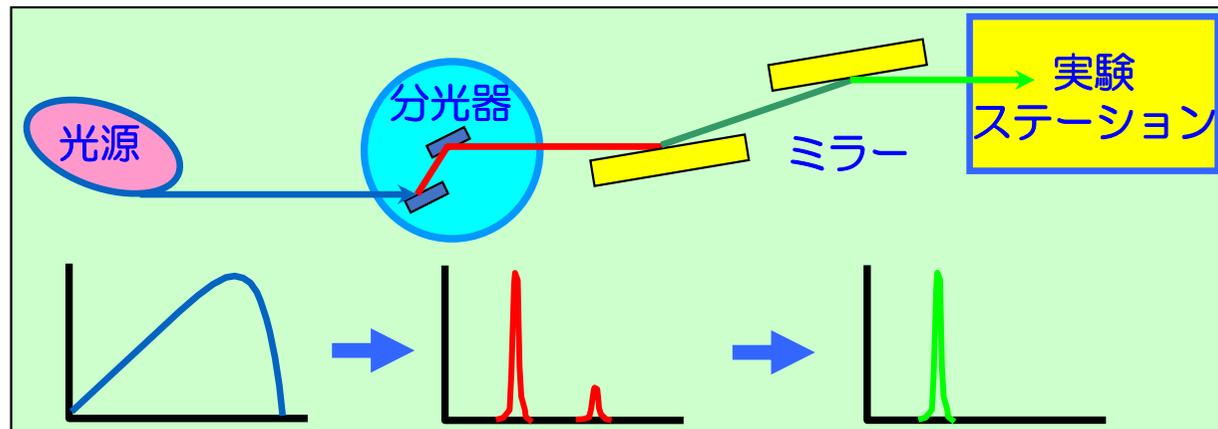
- ^{60}Co (^{59}Co から, 半減期: 5.271年)
- ^{152}Eu (^{151}Eu , 13.54年)
- ^3H (^6Li , 12.33年)
- ^{22}Na (^{23}Na , 2.602年)
- ^{54}Mn (^{54}Fe , 312.1日)

ステンレス中

- ^{60}Co (^{59}Co から, 半減期: 5.271年)
- ^{55}Fe (^{54}Fe , 2.73年)
- ^{59}Fe (^{58}Fe , 44.5日)
- ^{54}Mn (^{54}Fe , 312.1日)
- ^{58}Co (^{58}Ni , 70.8日)
- ^{65}Zn (^{64}Zn , 244.3日)

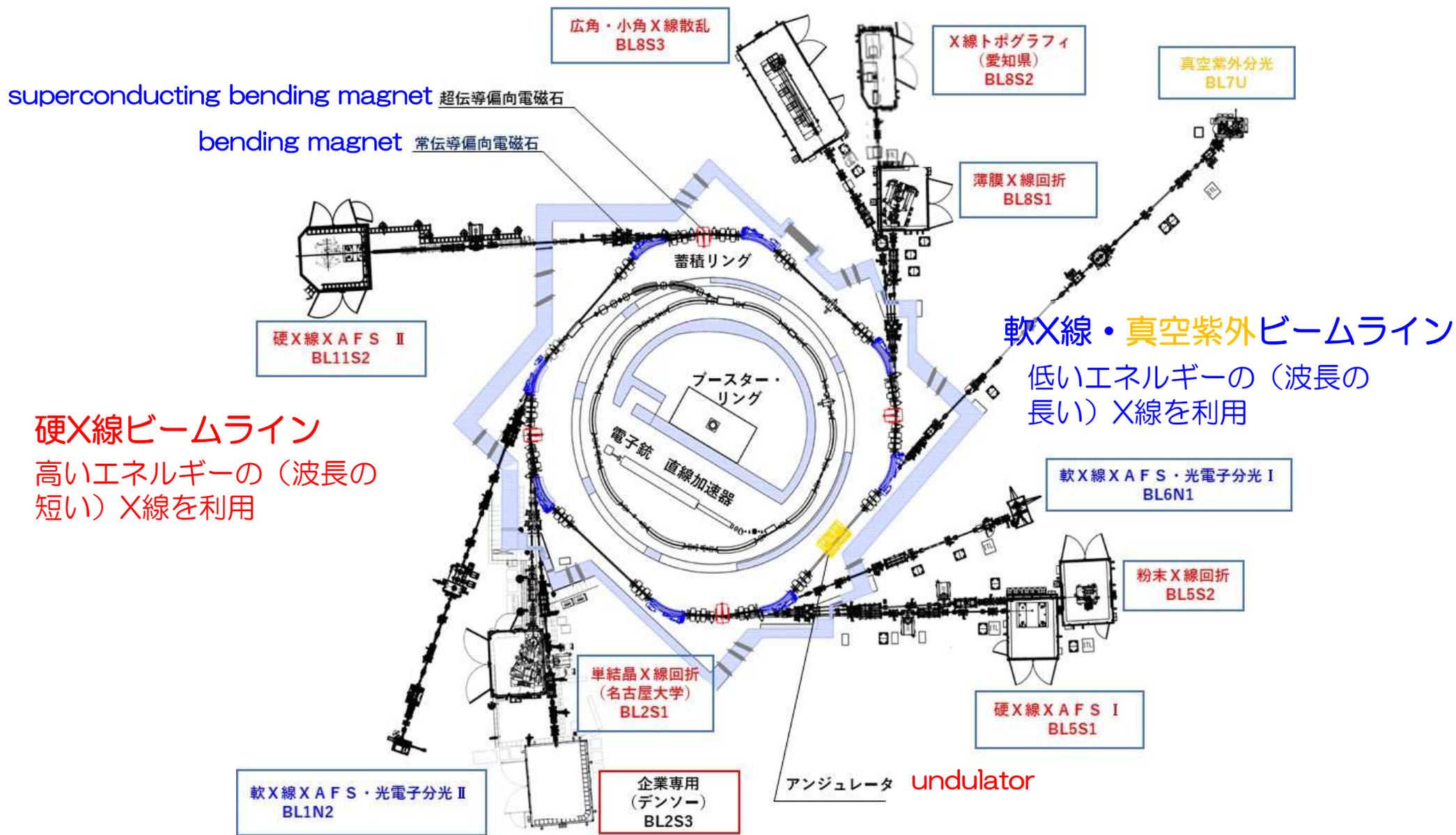
ビームラインの役割

- 偏向電磁石や挿入光源から放射されるシンクロトロン光に対して、光子エネルギー、エネルギー幅、空間および広がりなどを選択して、利用者の望むシンクロトロン光を実験ステーションに導く



- 蓄積リングから放射される放射線から利用者の被ばくを防ぐ
- 蓄積リングの真空を保護する

あいちSRに設置されたビームライン



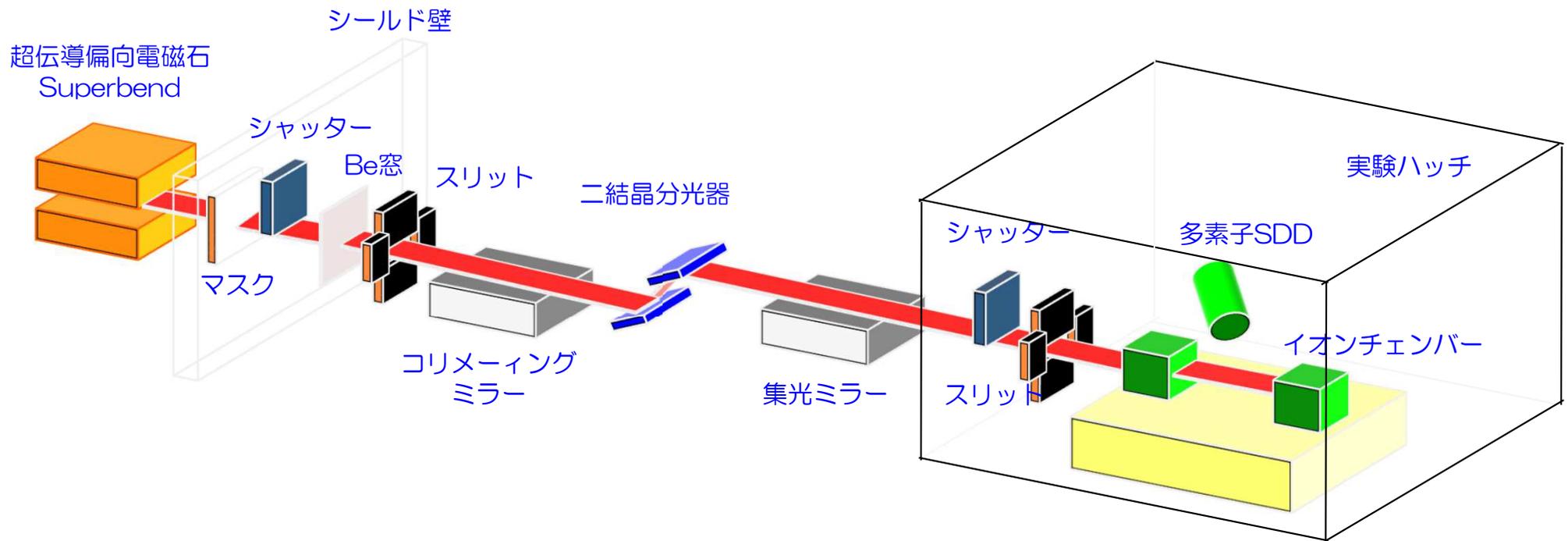
X線の波長の違いにより遮へいの考え方が異なる

波長の短いX線：大気中を遠くまで伝搬する

波長の長いX線：大気ですぐに吸収される

ビームラインの例 BL5S1

材料化学状態・構造分析 I (硬X線XAFS)



- 光エネルギー：5~20 keV (0.25~0.06 nm)
- X線吸収微細構造分光 (XAFS) 法
 - ✓ 材料中の原子の化学結合状態や局所構造を解析

事故・トラブルの事例から

管理されていない放射性物質の重大事故

1987年9月 ブラジル ゴイアニア

廃病院から盗まれた治療用放射線源（Cs-137 50.9TBq）が知識のない者によって解体され249名被ばく，4名が死亡

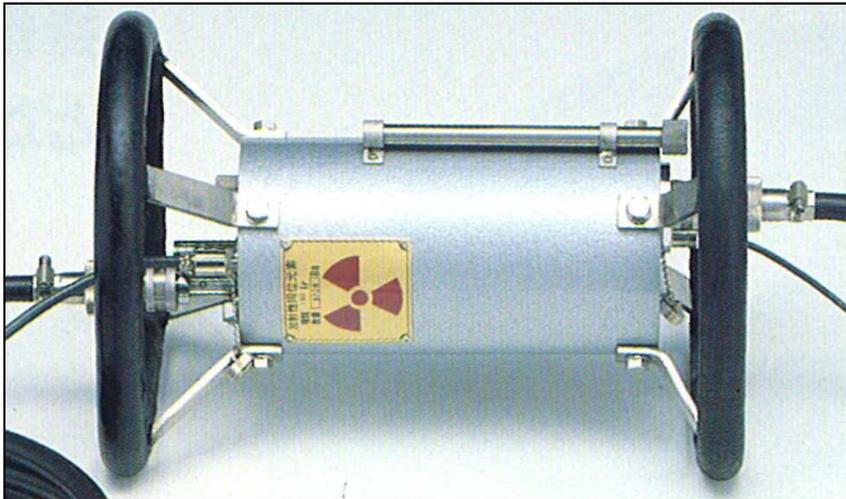


出典 : IAEA : The Radiological Accident in Goiania

密封線源の盗難

2008年 4月 千葉県

非破壊検査事業所に保管されていた装置 (Ir-192 370GBq)
が盗難, 約1ヶ月後に神奈川県の川から発見, 犯人確保



出典 : 文部科学省原子力・放射線の安全確保ホームページ

安全な装置の重大事故

2000年 6月 某電子部品工場

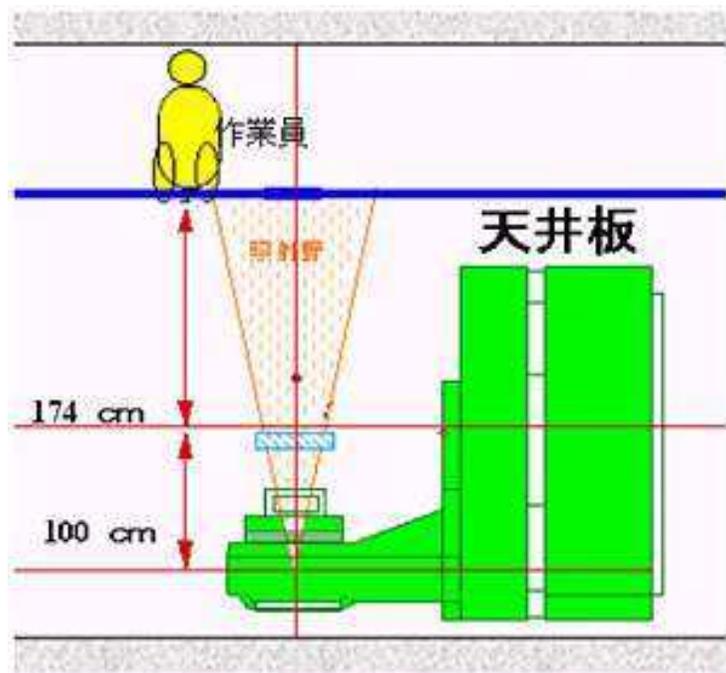
軟X線照射装置のインターロックを解除して非破壊検査を行っていた作業員3名が右手の被ばく（40～60Gy），放射線熱傷



- **安全装置**により，本来は被ばくのおそれがない。
- 管理区域の設定が不要ない装置。
- ルールや正常な手順を知らない，知っていても理由がわからない。

加速器による想定外の被ばく

メーカーによるリニアックの据付調整中に作業員が被ばく
・・・作業員が天井裏にいたことに気づかず放射線照射テスト実施



- 直接の原因は連絡・確認不足
 - インターロックなし
 - 入退室管理なし
- ➡ アラーム線量計などの携行を



出典 : 文部科学省原子力安全課 緊急被ばく医療 REM net

密封線源による想定外の被ばく

非破壊検査実施中，放射線源（Ir-192 370GBq など）が容器内に収納されていないことに気づかず，近づいて被ばくする事故が多発（線量限度を超えることも）



放射線は目に見えない



最近の事故の発生状況

—法令報告—

型別 \ 年度	27	28	29	30	31/1
紛失・誤廃棄・盗取	1	3	1	4	3
被ばく	0	0	0	0	1
汚染・漏えい	1	0	1	3	1
その他	0	1	0	0	0
計	2	4	2	7	5

原子力規制委員会HP, 規制の現状 (http://www.nsr.go.jp/activity/ri_kisei/kiseihou/kiseihou4-1.html)

【表9】最近の事故の発生状況より抜粋

原因の究明

- (1) 線源容器へ線源ホルダーを戻すことを失念し、線源ホルダーがコリメータ先端部に残ったまま近づき撮影方向の配置換えを行った。

・当社基本ルールでは、線源へ近づく場合は線源ホルダーを線源容器に確実に収納し、操作器の距離メータ "000"点の確認・格納ランプ点灯確認・ロック確認・個人線量計で低線量であることの確認・入域後の線源ホルダーが完全に戻っているかの確認を行い撮影箇所へ近づく事になっている。それを怠り、線源が残ったままのコリメータ先端部に近づいた。

・開発中装置を使用する検査手順は特殊であったが、従事者全員への検査手順前教育が不十分であった。

- (2) 過大被ばくを防ぐため、社基本ルール通り線源容器にブリーパーⅢ(注1)を取り付けていたが、コリメータ内に線源ホルダーがあった状態のため線源容器の位置ではブリーパーⅢの警告音の間隔は長く、異常を示す警告音機能が発揮されていなかったため、線源ホルダーは線源容器内へ収納されていると思い込んだ。

(注1)ブリーパーⅢとは、放射線を感知すると、アラームを発するもので、放射線の量が多くなるにつれて、音間が短くなり異常を知らせるもの。

- (3) ポケット線量計機能を有する個人線量計：RadEyeG10 を携帯していたが、異常を知らせるアラーム・バイブレーション機能設定が購入時の閾値 $5 \mu\text{Sv/h}$ のままであった。このため常態的に警告振動を発生させていたため、現場は正常な状態と勘違いし、作業を進めてしまった。(プラント内の装置稼働音が大きかったため、アラーム機能を解除していた)。
- (4) 手順が特殊な開発中装置を使用した検査であったが、放射性同位元素の出し入れ操作と、PC によるデータ取得操作の二つの作業を一人で行い、慌ててしまい放射線同位元素の収納動作を失念してしまった。

③ 【操作器】(確認ボタン・格納ランプ)

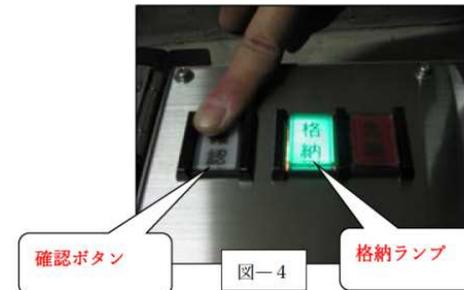


図-4

【操作器】(距離メータ)



図-5

操作器の確認ボタン及び距離メータが"000"であることで、線源位置(線源容器に格納されていること)がわかる。

(2) 個人被ばく線量測定用具

【個人線量計：RadEyeG10】

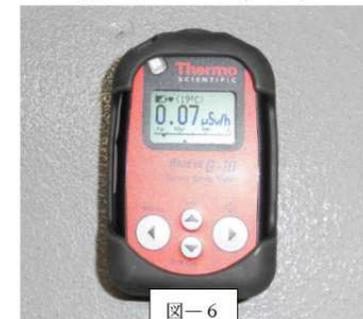


図-6

サーモフィッシャー社製で積算線量及び線量等量率が測定できる。ポケット線量計としても活用できる。

事故事例 ② (紛失)

事故の発生と報告

- 令和元年 8 月 14 日 9 時半頃、研究用の放射線検出器の校正に使用される密封線源（表示付認証機器、コバルト 57、3.7 メガベクレル以下）1 個が所定の位置にないことを、同大学職員からの連絡により確認した。
- また、同大学で所有する密封線源（表示付認証機器、コバルト 57 以外を含む）9 個のうち、8 個については同大学医学部 RI 研究棟において保管されていることを確認した。
- 最後に当該線源を使用したのは平成 26 年 3 月 8 日であり、保管場所及び使用場所並びにそれらの周辺において所在の確認を行ったが本日まで発見には至っていない。
- 以上の状況を踏まえ、本日 10 時 11 分に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第 31 条の 2 の規定に基づく法令報告事象（放射性同位元素の所在不明）に該当すると判断し、原子力規制庁へ報告した。
- なお、当該線源から 1 メートル離れた場所における線量率は、バックグラウンドレベルである。
- また、本日 10 時 20 分に当該線源の所在不明について、警察へ届け出た。

<https://www.nsr.go.jp/data/000281318.pdf>



線源

材質：イオン交換樹脂ビーズ
寸法：直径 1mm

カプセル

材質：プラスチック樹脂
寸法：直径 25mm、厚さ 3mm

<https://www.nsr.go.jp/data/000281317.pdf>

原因の究明

【使用に関する条件】（使用上の注意）

認証条件：表示付認証機器の取扱いは放射線について十分な知識を有するもの
が行い、作業者の被ばくだけでなく、周囲にいる人の被ばくにも十分に注意を払う
こと。

認証条件に従っていなかった点：表示付認証機器の管理を担当している医学物
理士は、放射線取扱主任者の指示を仰ぐことはなく、自らの判断により使用管理し
ていた。実験の際セシウム 137 の回収を失念するといった事例からも周囲にいる
人の被ばくについて十分に注意が払われていなかった。

【保管に関する条件】

認証条件：「放射性」又は「Radioactive」の表示が付した専用の容器で保管する
こと。また、保管中は、保管する部屋の出入口に施錠するなどみだりに持ち運ぶこ
とができないような措置を講じること。

認証条件に従っていなかった点：「3. 事象」で述べたとおり、所有していた
9個の表示付認証機器を、法令で定められた表示が記されている購入時の個々の
製品容器に入れて保管管理しておらず、「放射性」又は「Radioactive」の表示が付
されていない鉛容器と一緒に入れ保管していた。また、保管場所は、医学部 RI 研
究棟 RIA 実験室の流しの下に施錠されていない棚であった。実験室を含む管理区
域はカードキーによる入退出管理が行われていたが、施錠管理が不十分であった。

組織として使用者に対す
る教育指導が不十分で
あった

<https://www.nsr.go.jp/data/000311004.pdf>

不安全行動とルール違反

- 不安全行動
 - 安全に関わる意図的なリスクテイキング行動
 - その多くは安全に関するルール違反
- ルール違反の理由
 - ルールに納得できない，違反しても危険は小さいと思う。
 - ルールを守るデメリットが大きい。
 - みんなも守っていない。
 - 違反しても罰を受けないか，罰が小さい。

決められた手順の逸脱・省略は安全対策を無意味にし，重大事故のリスクを高める。

身近な「不安全状態」

- 事故後の対策は容易，隠れた危険の察知は非常に困難
 - 不安全行動・ルール違反
 - 人手不足，多忙（業務過多）
 - ベテランの移動，引退
 - 新しい装置や技術，手技から発生するトラブル
 - メンテナンス時
- 安全管理を主任者や特定の人に一任しない
- 『事故にならず（検査等で指摘されず）よかった』で終わらせない

おわり

End of Slides