



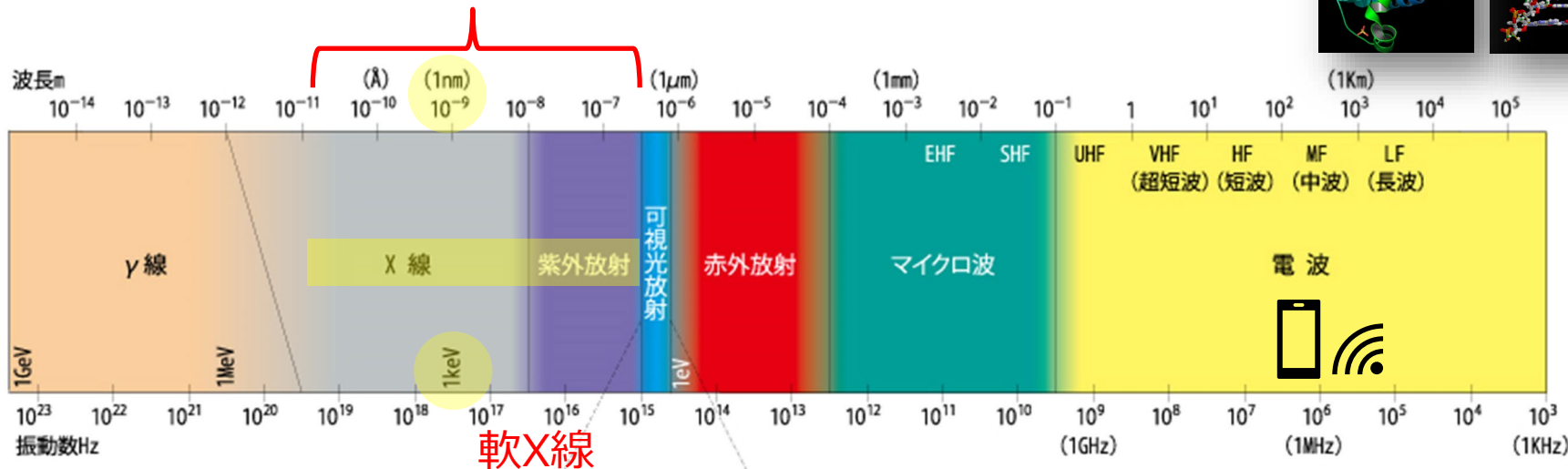
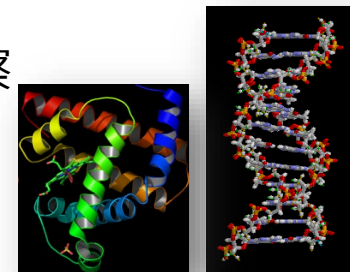
# NanoTerasu 3GeV 高輝度放射光施設 (ナノテラス)

国内放射光施設初の実験ホールの非管理区域化を目指した取り組み



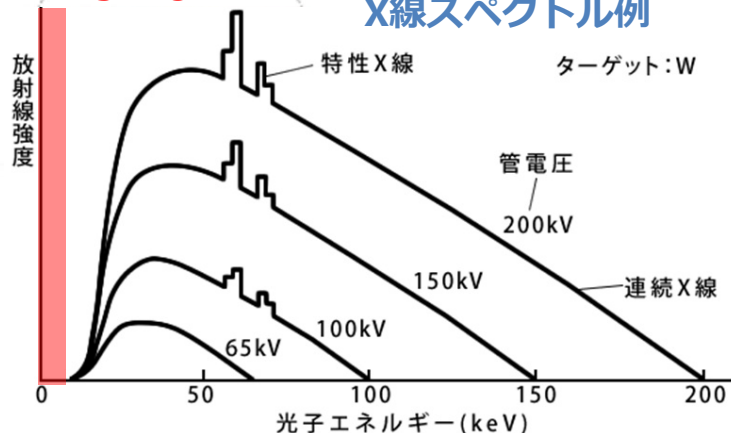
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 (QST)  
NanoTeasuセンター  
萩原 雅之

**X線分析**・・・電子との相互作用を使って原子配列や電子状態を観察  
 原子・分子（特に軽元素）の大きさを見るには、  
**nm 程度以下の波長の光 (0.1~5 keV) が必要**

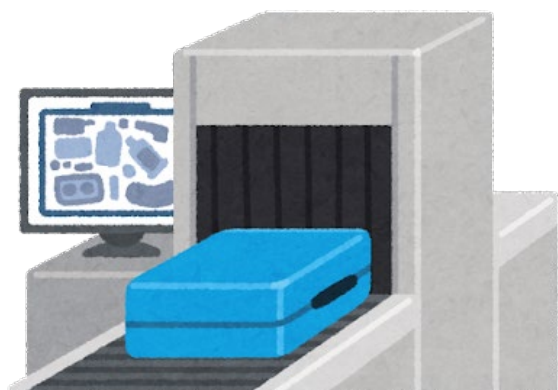


**軟X線**  
**0.1~5 keV**

身近なX線発生装置の  
 X線スペクトル例



NanoTerasuで  
 利用する光は  
 身近なX線発生装置  
 で発生するX線より  
 も低エネルギー

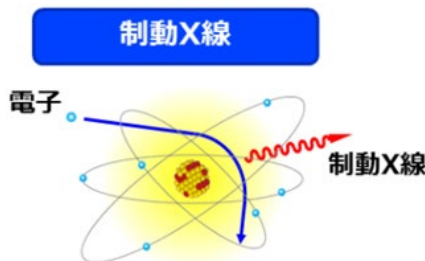
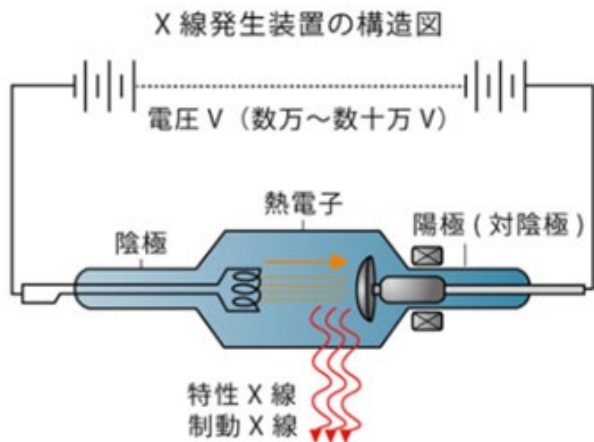


手荷物検査装置

参考：日立ヘルスケアX線入門

## 身近なX線発生装置

高速の電子を標的に打ち込み、標的中の原子核の電場によって進行方向を曲げられた際に放射される光を利用



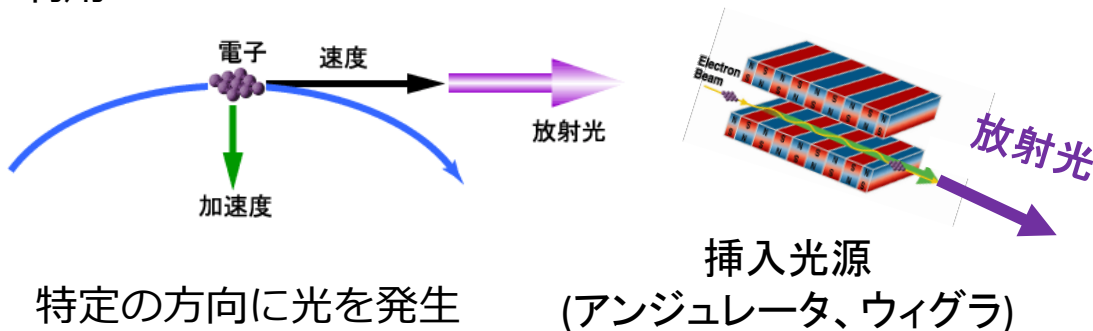
電子の曲げ方を制御できないためランダムな方向に光が発生

身近なX線発生装置で生成するX線のイメージ



## 放射光 (Synchrotron radiation) 施設

光速に近い速さ ( $\sim$ GeV) で周回する電子を一定の磁場で曲げ、電子の進行方向に放射される光を利用



特定の方向に光を発生

放射光施設で生成するX線のイメージ



密度が高い・・・高強度  
拡がり方が小さい・・・高輝度

微小 (ナノ) 領域を  
明るく照らす

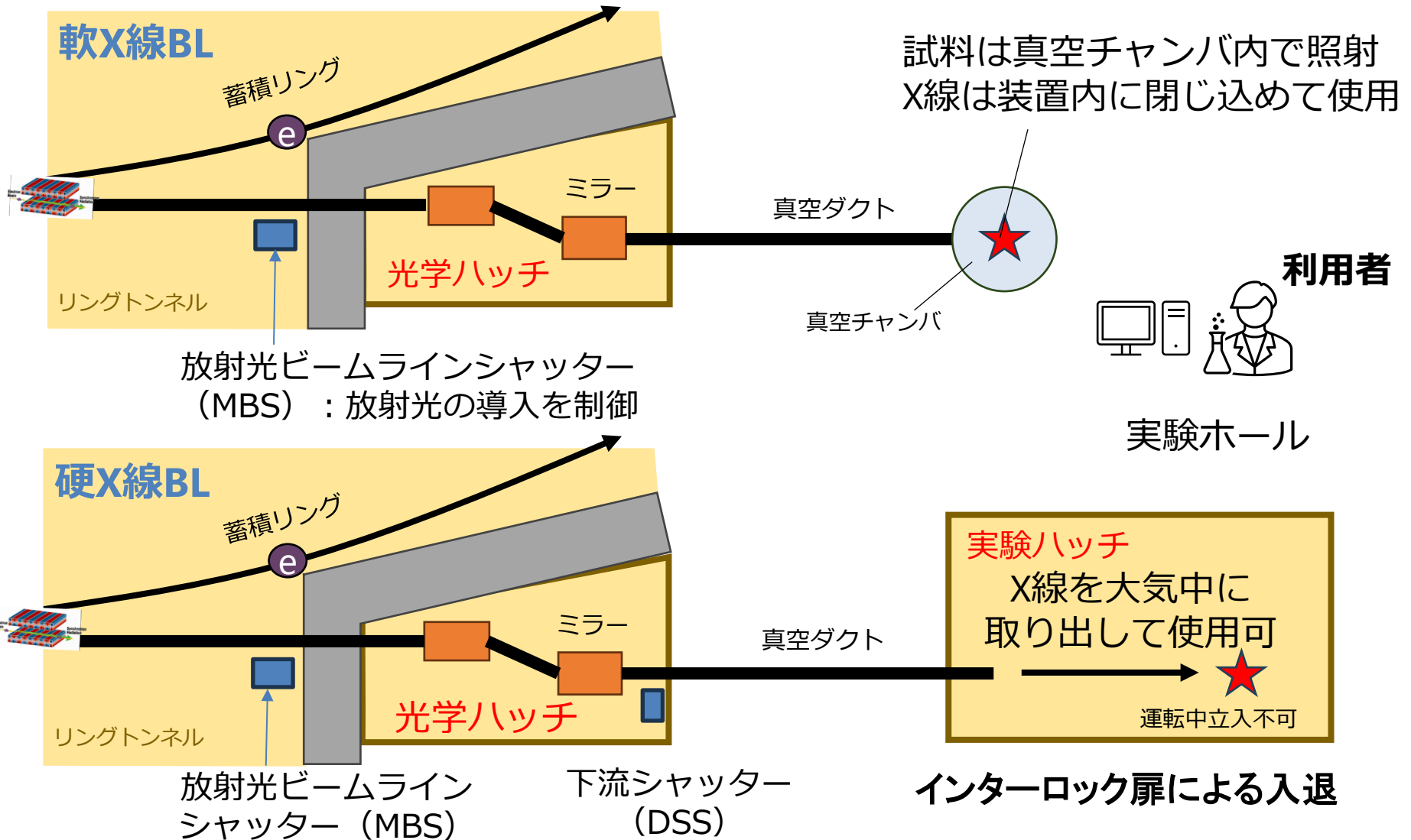


### NanoTerasuでの放射光生成

1. 全長110mの線型加速器（ライナック）によって電子を3 GeVに加速
2. 蓄積リング（シンクロトロン）で電子を蓄積
3. 挿入光源によって生成した放射光を実験ホールに取り出して10本のビームラインにて利用

# 2.2 放射光ビームライン

放射光ビームライン (軟X線BL : 6、硬X線BL : 4)



- 放射光利用の普及・拡大のさらなる推進
  - 産業分野でのさらなる利活用
  - 学際領域を含む新規ユーザーの開拓

「放射線業務従事者\*登録」が産業利用・新規利用の障害

\* **管理区域内**において放射性発生装置の取扱いに従事する者（RI規則第一条）

国内放射光施設の実験ホール（管理区域）でこれまでユーザーの被ばくなし

実験ホールの管理区域設定の見直し



NanoTerasu  
実験ホール

NanoTerasu基本方針：放射線業務従事者でなくても、可能な限り放射光実験に参加できるものとする。

表1 国外の放射光施設における放射線管理状況<sup>1)</sup>

区分	施設名
管理区域	SOLARIS(ポーランド), <b>BESSY-II</b> (独)*, <b>CLS</b> (加), <b>CHESS</b> (米), <b>SLRI</b> (タイ), <b>INDUS-1/2</b> (印) <u>既存の国内放射光施設(日本)</u>
非管理区域	ESRF(仏), <b>MAX-IV</b> (スウェーデン), Elettra(伊), ALBA(スペイン), ANKA(独), PETRA III(独), DIAMOND(英), SOLEIL(仏), SLS(スイス), APS(米), ALS(米), <b>NSLS-II</b> (米), SPEAR-III(米), UVX(ブラジル), <i>Sirius</i> (ブラジル), <b>TLS</b> (台), <b>TPS</b> (台), <b>PLS-II</b> (韓), SSLS(シンガポール), AS(豪), SESAME(ヨルダン) European FEL(独), LCLS(米)
不明	<b>CAMD</b> (米), <b>SSRF</b> (中), BSRF(中), <b>NSRL</b> (中)

**赤字** 線量計の着用を求めている施設

\* top-upとクライオU導入に依る試験期間中の措置。

1) 野村昌治, "放射光施設の放射線管理", 放射光 March 2019 Vol.32 No.2 pp.122-125

電子ビーム入射時の実験ホールの空間線量増加、煩雑な入退管理を懸念

# 3.3 実験ホールの放射線管理の違い

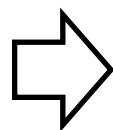
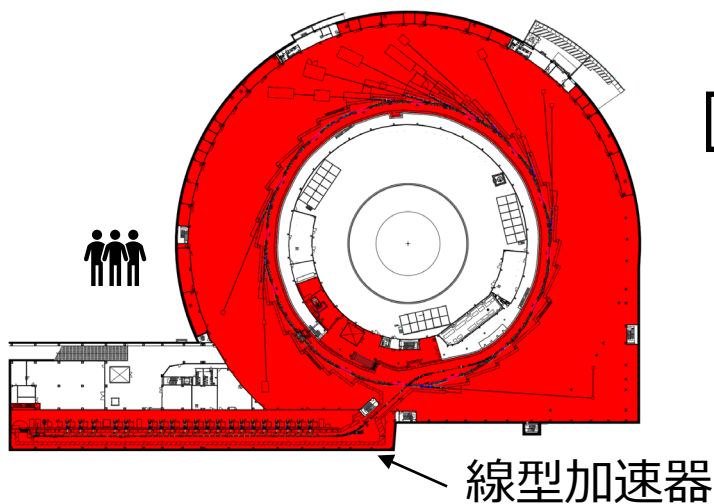
場所	RI法上の線量限度
管理区域内	1 mSv/週 (25 $\mu$ Sv/h)
管理区域境界	1.3 mSv/3月間 (2.6 $\mu$ Sv/h)

要：みだりに立ち入ることを防止する措置

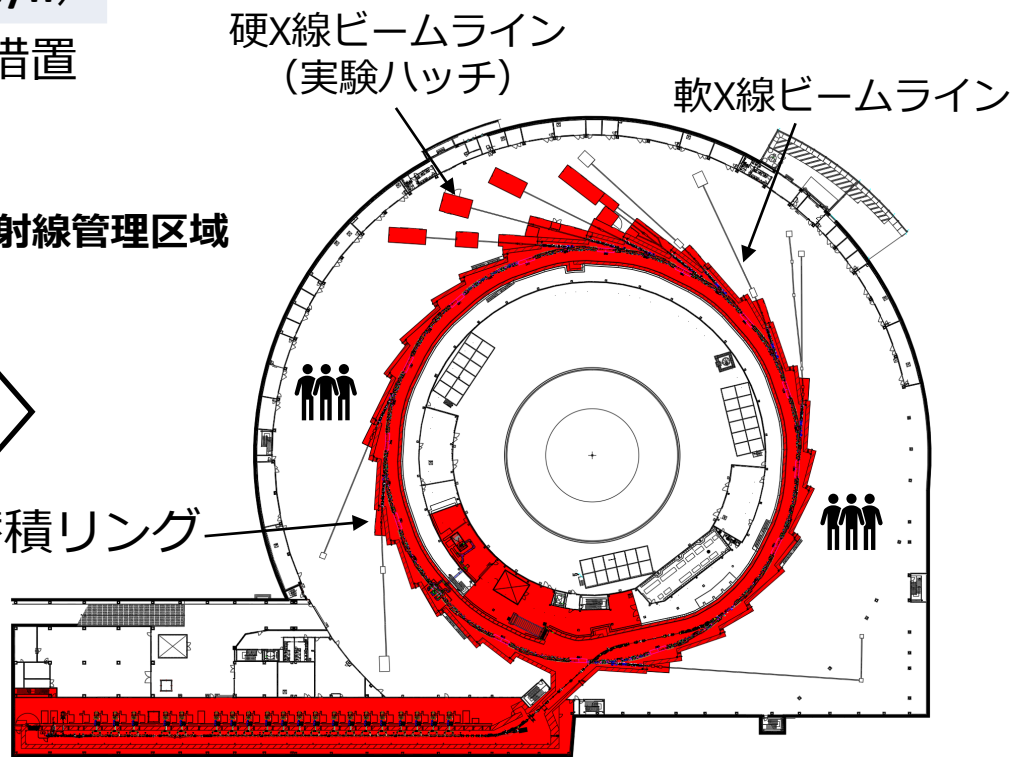
実験ホール非管理区域  
(ハッチを除く)

実験ホール全域管理区域

■ : 放射線管理区域



蓄積リング



○ 全てのユーザーが放射線業務従事者  
(放射線管理区域内での発生装置取扱)

- 実験ホールの線量限度 < 25  $\mu$ Sv/h
- 実験ホールの出入口 数箇所 (実験ホール)

○ 軟X線ユーザーはRI教育で利用可  
(放射線管理区域外での発生装置取扱)

- 実験ホールの線量限度 < 2.6  $\mu$ Sv/h
- 管理区域の出入口 数十箇所 (ハッチ毎)

1桁 厳しい遮蔽条件、ハッチの入域管理


- 次世代放射光施設放射線安全性検討委員会（技術面のレビュー）

委員長：東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター長

委員長代理：日本アイソトープ協会 常務理事

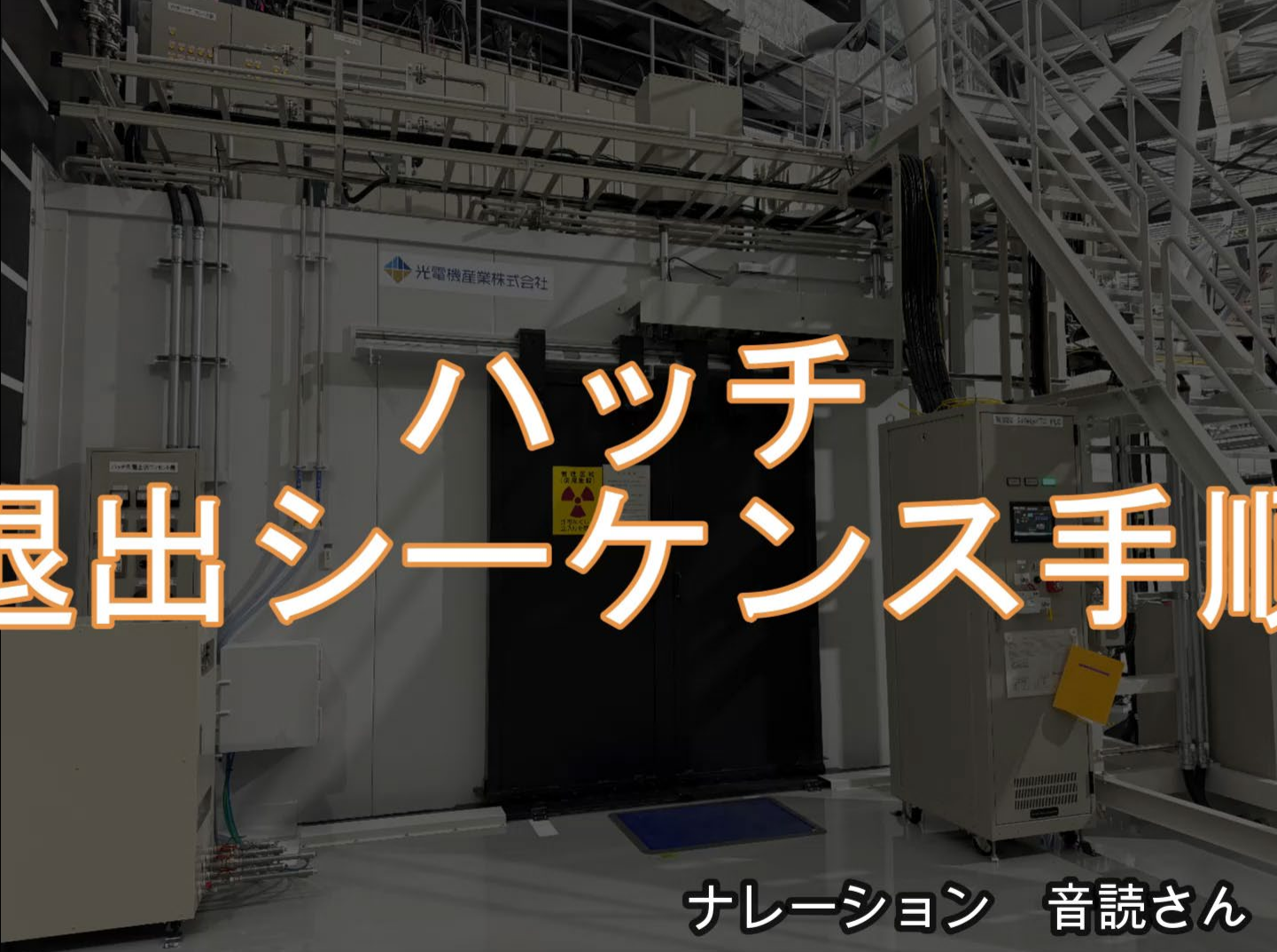
委員： J-PARC、SPring-8、理研、あいちSR、KEK、PhoSIC、東北大学、QSTの有識者

- 原子力規制庁、労働基準監督署（コンプライアンス面のレビュー）を受けて

- 
- ① 遮蔽：実験ホールは線量限度（1.3 mSv/3月間）を満たすように設計  
誘導放射能：法令基準値未満（排水・排気設備不要）
  - ② 放射線モニタ：管理区域・事業所境界の線量監視（ $> 2.6 \mu\text{Sv/h}$ で加速器停止）  
+ 受動型線量計による管理区域・事業所境界の線量監視
  - ③ 電荷計数計：運転許可粒子数を監視（ $>$ 許可粒子数 $\times 0.8$ で加速器停止）
  - ④ 加速器トンネル及びハッチ出入口扉のインターロック（施錠と閉位置）  
（扉閉状態を監視しビーム運転中の立入禁止）
  - ⑤ PK, 退避確認ボタン, 非常停止ボタン（インターロックエリア閉込防止）
  - ⑥ 管理区域扉の入退管理（個人認証により扉解錠）
  - ⑦ 軟X・硬X利用に関わらず、ユーザーはRI法教育訓練の対象  
（ただし管理区域内に立ち入らない者の線量管理は不要）
  - ⑧ 安全ルールの整備（予防規程、安全手引、NanoTerasu 合同事故対策規則）

## 加速器トンネル内への 入域手順

ナレーション 音読さん



# ハッチ 退出シーケンス手順

ナレーション 音読さん

従事する放射線管理区域(管理区域)、放射線取扱業務（取扱等業務）によって、3種類の従事者区分に分けられる。

- **放射線業務従事者**...管理区域に立ち入り、取扱等業務に従事する。
- **取扱等業務従事者**...管理区域外において、取扱等業務に従事する。
- **一時立入者**...管理区域に一時的に立ち入るが、取扱等業務はしない。

区 分	できること
放射線業務従事者	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 管理区域への立入りとその中での作業、実験ハッチの正常閉とその解除、シャッターの開閉操作等</li> <li>● X線ビームライン（実験装置を含む）の取扱い</li> </ul> <p><u>実験ハッチを利用するグループの実験責任者は、放射線業務従事者登録要</u></p>
取扱等業務従事者 (BL利用者)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 管理区域外からのX線ビームライン（実験装置を含む）の取扱い</li> </ul> <p>取扱等業務従事者が実験ハッチに立ち入るには、<b>一時立入者の手続きが別途必要。</b></p>
一時立入者	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 管理区域の見学等</li> </ul> <p>※ ただし、<u>放射線業務従事者による随行または監視が必要。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 実験ハッチの中での試料交換など、直接ビームラインの運転に係わらない実験補助作業</li> </ul>

- 2020年** 放射線安全性検討委員会、原子力規制庁、労働基準監督署ヒアリング  
(エックス線装置と分けずに、BLも放射線発生装置として一元的にRI法の下管理)  
3/28 使用許可申請書の提出
- 2022年** **10/7 使用許可：ライナック、蓄積リング（放射光BL含む）**  
12/22 労基署への届出
- 2023年**
- 2/1 放射線障害予防規程の施行（2/3 届出）  
放射線取扱主任者指名（2/3 届出）
  - 4/1 放射線障害予防規程細則、放射線安全手引き制定
  - 4/17 加速器運転前の施設検査（遮へい、インタロック、標識） → 適合**  
ライナック、蓄積リング（MBS閉とし放射光ビームラインを除く）
  - 6/19 ライナック運転時の施設検査（放射線測定） → 6/20付合格**
  - 7/24 変更許可申請（SR出射電荷数を3倍増+管理区域拡大） → **11/17付許可**
  - 11/29 放射光BL運転前検査（遮へい体、インターロック、標識） → 適合**
  - 12/7 BL調整運転において放射光の確認（ファーストビーム）
- 2024年**
- 3/15 蓄積リング（放射光BL含む）運転時検査（放射線測定） → 3/18付合格**

NanoTerasuは、適切な遮蔽設計や入退管理によって国内で初めて実験ホール全域（光学ハッチ、実験ハッチを除く）を非管理区域とした放射光施設

実験ホールを非管理区域とすることで、実験ハッチに立ち入らない軟X線ユーザー等は、放射線業務従事者登録が不要となり、NanoTerasuの法定教育訓練（e-learning）を修了することで放射光実験に参加可能

誤照射防止については、加速器運転キーやパーソナルキー（PK）、運転表示灯、加速器トンネル退避確認ボタン、非常停止ボタンなど、多層な安全対策。放射光BLハッチでは、インターロックシステムにより適正な手順以外による退出操作は放射光導入不可

2024年4月から使用開始

実験ホールにおいてICRP 勧告による公衆被ばくの線量限度（1 mSv/y）を超えない管理を継続

定期測定によって確認し、誘導放射能も問題なし