

### 3. ハドロン施設以外の施設の健全性

原因	対策	ハドロン実験施設以外の施設		
		加速器施設	MLF	ニュートリノ
50GeVシンクロトロンでの「遅い取り出し」システムにおけるビーム取り出し装置(EQ電磁石)の誤作動	①EQ電磁石電源の最大設定電流の見直し(340A→120A) ②電流偏差異常の検出による電源停止 ③異常検出後の電源停止動作開始の高速化(6msec→1msec)	リニアック、3GeVシンクロトロンには、EQ電磁石はありません。 50GeVシンクロトロンは、EQ電磁石以外は問題ありません。	遅い取り出しを用いない最短パルスでの照射であり、ハドロン実験施設で起こった事象は原理的に発生しません。	
大強度の短パルスの照射	① ターゲット温度検知の高速化(1→0.1sec 以内) ② 加速器調整中のターゲット退避、ビーム軌道の変更	—	ビーム強度が異常に上がると 0.04 sec 以内でビームを停止します。 調整時も運転時と同じ最短パルス幅のビーム照射であり、水銀ターゲットは退避させません。ただし、ミュオンターゲットにおけるビーム散乱等の影響を最小に抑えるという観点から、調整時はミュオンターゲットは退避させています。	ターゲットを冷却するヘリウムガスシステムにおける温度異常のインターロックは 0.1 秒で発報します。 ターゲットの退避は行いません。50GeVシンクロトロンは、「遅い取り出し」専用のアポートダンプを持ち、ニュートリノターゲットは使用しなくても調整が可能です。
ターゲットが気密容器に入っていない	①ターゲット容器の気密化 ② ガス中の放射性物質濃度及び圧力の監視	—	○水銀ターゲットは水銀容器、保護容器を3重容器構造としています。 ○ミュオンターゲット(黒鉛)はターゲットチャンバーに収納されています。 ○水銀：水銀容器と保護容器の間の放射性物質を監視しています。 ○ミュオンターゲットを収納した真空の圧力(真空度)を監視しています。	ヘリウム容器に収納しています。 ヘリウム容器が破損した場合を想定し、空気中の放射線濃度の変化を検知できる構造としています。
1 次ビームラインの空気通へい部の気密度が不十分	① 1 次ビームライン境界を気密構造(2 重の気密シート、開口部のコーキング材処理) ③ 空気の放射能モニタを設置し異常検知	—	中性子発生エリアでは、気密容器に水銀ターゲットを装着し、さらに外側の実験ホールとの接続箇所がゴムパッキンによる気密処理を行い多重の気密対策としています。 ミュオン発生エリアでは、ターゲットを気密容器に収納し、さらに外側の実験ホールとの接続箇所を気密板で閉じて、ゴムパッキンで気密を取った構造になっています。 空気の放射能モニタシステムが設置されており、放射線濃度を計測しています。	ビームは気密のヘリウム容器内を通過します。そのヘリウム容器は地下に有り、地上と地下はコーキング及び気密シートで気密処理されています。さらに地上部は第1種管理区域として負管理しており、多重の気密対策が施されています。 ターゲットステーションの各部屋の空気中放射線物質濃度を計測しています。
排風ファンの作動	① 既設排風ファンの封止 ② ハドロンホールの空気を監視しながら排気	排風ファンはありません。 サブトンネル及びホット機械室は負管理されています。主トンネルの排気は、運転停止後、放射性物質の濃度を監視しながらフィルタを通して行います。	排風ファンはありません。 管理区域の空気の排気は、放射性物質の濃度を監視しながら、排気設備のフィルタを通して行います。	
モニタ端末の設置場所及び警報レベルの不適切	①放射線モニタ情報の視認性の向上 ② 注意喚起警報の設定	50GeV シンクロトロン、ニュートリノについては、モニタ情報の視認性向上(モニタ端末増設、情報表示方法の改善等)を行います。リニアック、3GeV シンクロトロン、MLF については現状でもモニタ端末は揃っていますが情報表示方法等を改善します。 リニアック、3GeV シンクロトロンについては事故前より機能及び設定があります。 50GeV シンクロトロンについては機能追加、設定予定です。	事故前より機能及び設定があります。	機能追加、設定予定です。

### 3. ハドロン施設以外の施設の健全性

#### 3-1. 物質・生命科学実験施設

49

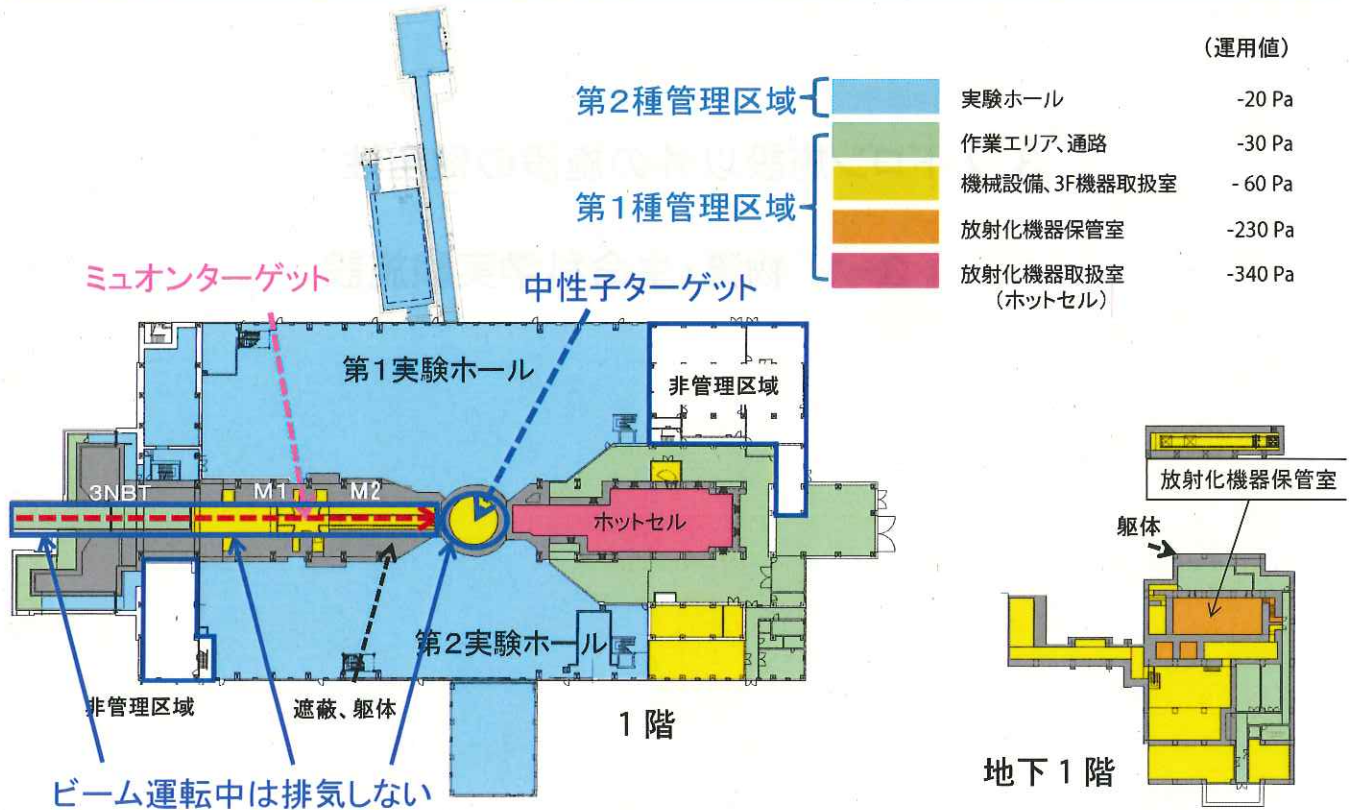
## 物質・生命科学実験施設

---

- 放射線管理区域区分
  - ターゲット部: 第1種管理区域
  - 実験ホール: 第2種管理区域
- 区域境界の漏えいに対する防護
  - ターゲット部と実験ホールの間は躯体による遮蔽
  - 放射線管理区域に段階的な区分を設けて負圧管理
  - 排気は排気筒からフィルターを通して、放射線レベルを監視しながら実施
- 中性子ターゲット損傷による漏えいに対する防護
  - 破損する前に計画的に交換
  - 破損への対処(過酷事象)
    - 水銀漏えいに対する多重防護、早期検知システム
    - 排気を停止し放射性物質を閉じ込め
- ミュオンターゲット損傷による漏えいに対する防護
  - 標的は真空チャンバー内に設置(過酷事象)
  - 真空排気ラインの遮断弁閉止機能、真空ポンプ停止

50

# 物質・生命科学実験施設の負圧管理

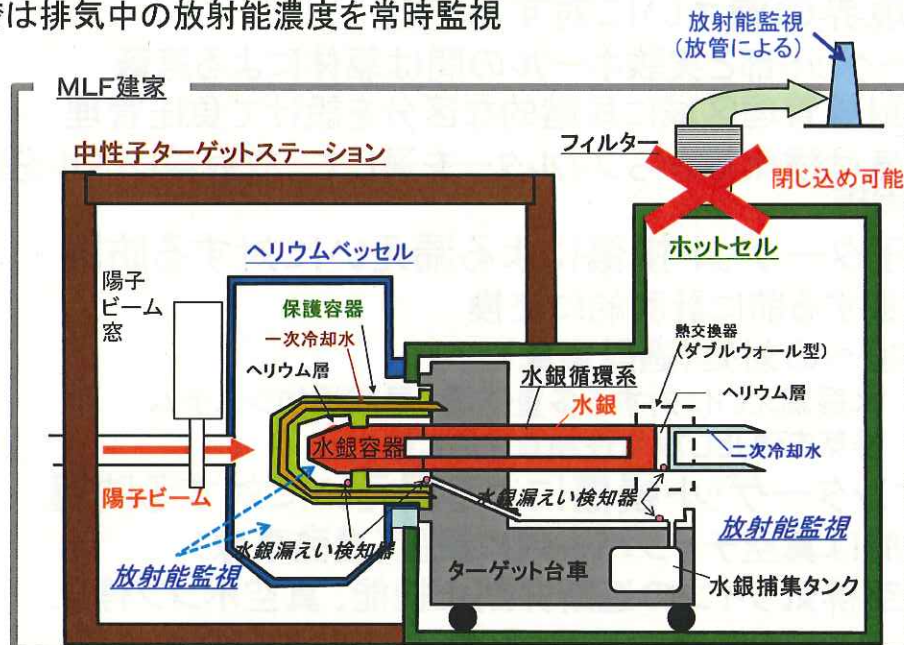


2階、3階部も同様に段階的な負圧区分を設定して運用。

51

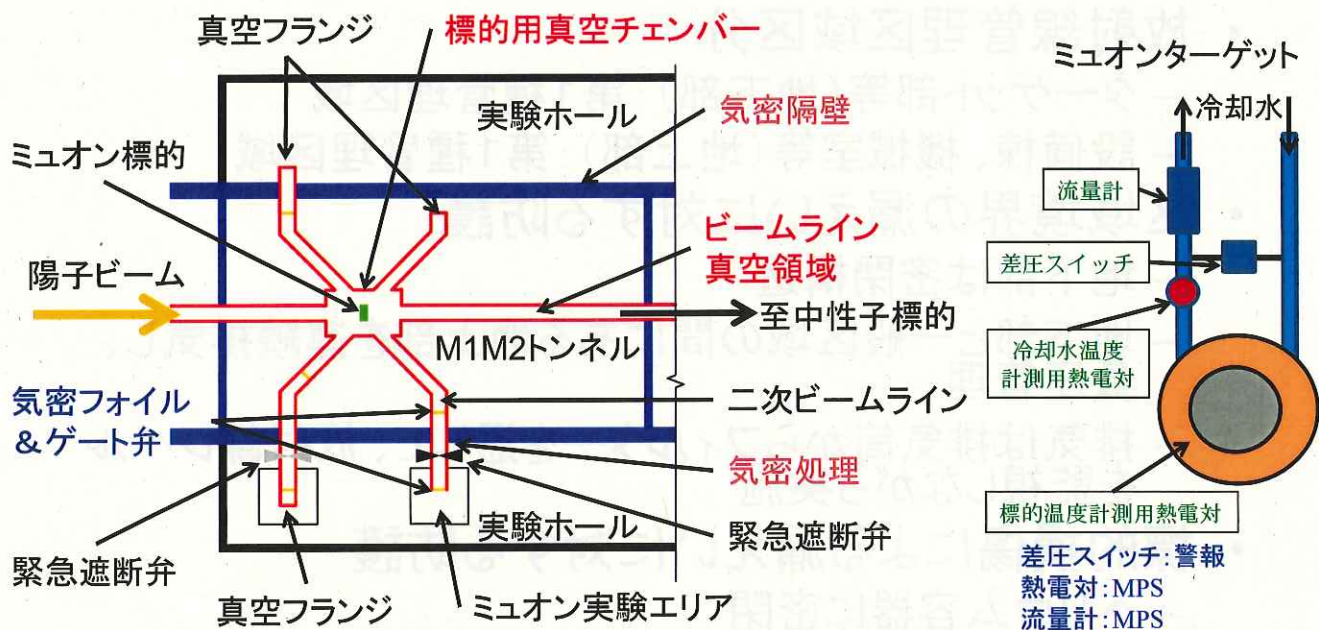
## 水銀ターゲットの多重防護

- 水銀ターゲット容器は水銀容器とこれを覆う保護容器からなる多重構造
- 水銀ターゲット容器は鉄鋼製のヘリウムベッセルに装着 (内包) され、さらに外側にはライナーや気密板からなる中性子ターゲットステーションでバリアを構成
- 水銀循環系側は負圧管理されたホットセルに設置
- 放射能監視装置や漏えい検知器による多重の検知機能を設置
- 排気筒では排気中の放射能濃度を常時監視



52

# ミュオンターゲットの多重防護



- ミュオンターゲット(2cm厚の黒鉛)は**標的用真空チェンバー**内に収納
- 真空劣化時には緊急遮断弁及びゲート弁が閉
- M1M2トンネル境界は**気密処理**

## 3. ハドロン施設以外の施設の健全性

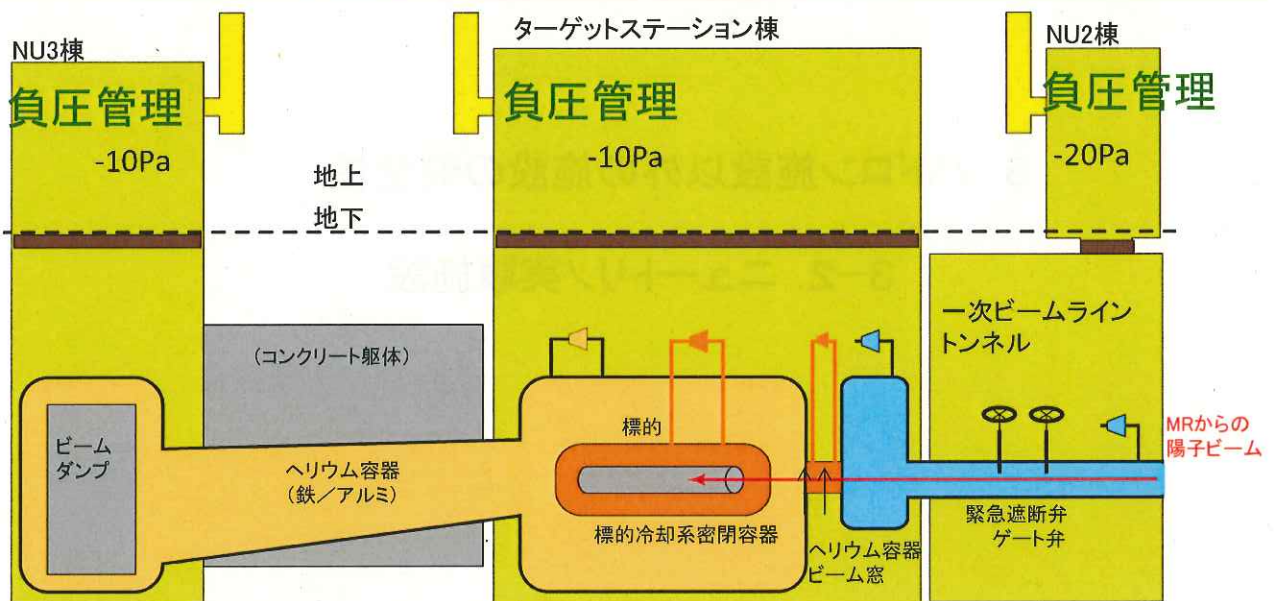
### 3-2. ニュートリノ実験施設

# ニュートリノ実験施設

- 放射線管理区域区分
  - ターゲット部等(地下部): 第1種管理区域
  - 設備棟、機械室等(地上部): 第1種管理区域
- 区域境界の漏えいに対する防護
  - 地下部は密閉構造
  - 地下部と一般区域の間にある地上部を連続排気し、負圧管理
  - 排気は排気筒からフィルターを通して、放射線レベルを監視しながら実施
- 標的損傷による漏えいに対する防護
  - ヘリウム容器に密閉
  - ヘリウム容器からの放射性物質漏えいを監視

55

## ニュートリノ実験施設の多重防護

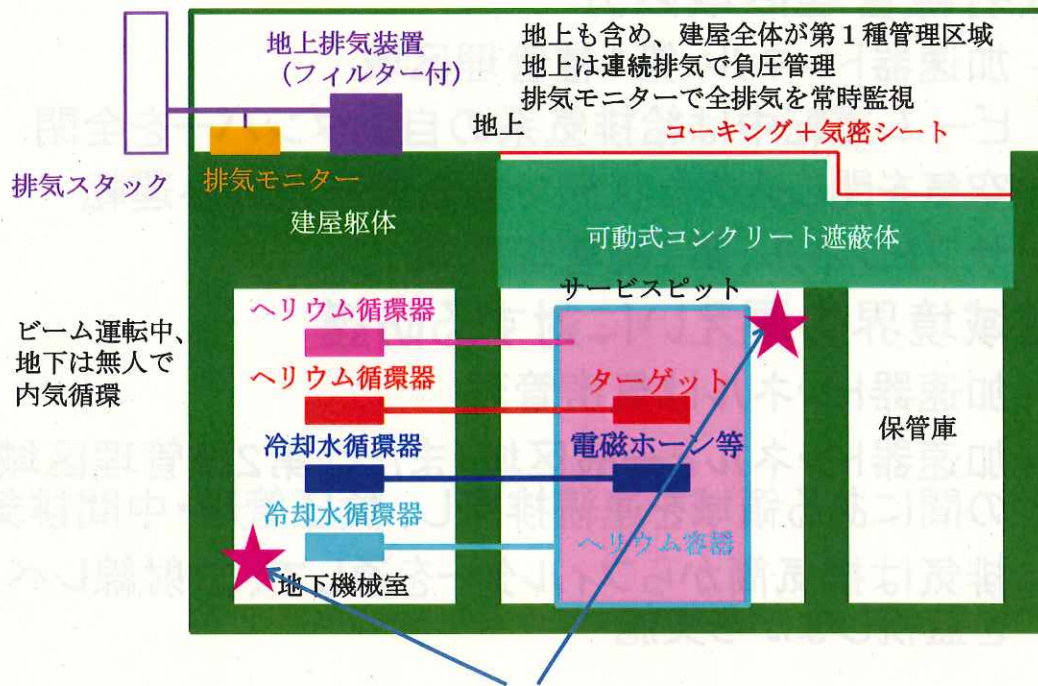


- 多重の気密策:
  - ヘリウムタイトな標的容器、ヘリウム容器
  - 地下と地上の空気隔離
- 地上部の負圧管理と管理排気
  - 規準負圧 -10Pa (TS/NU3)、-20Pa (NU2)
  - HEPAフィルターを通し放射性物質濃度測定後連続排気
- 標的、ホーンが壊れることを想定した漏えい防護システム設計(過酷事象)

ヘリウム容器のTS/BD部は100~200mm厚さの鋼板を溶接した構造であり、DV部では16mm厚さ+6m厚さのコンクリートで保持したもの。耐震設計は650ガルを仮定しており、東日本大震災でも何ら影響は見られなかった。

56

# ターゲットステーションの漏えい防護



空気モニター  
(万が一ヘリウム容器から放射性物質漏えいが有った場合検知できる)

## 3. ハドロン施設以外の施設の健全性

### 3-3. 加速器

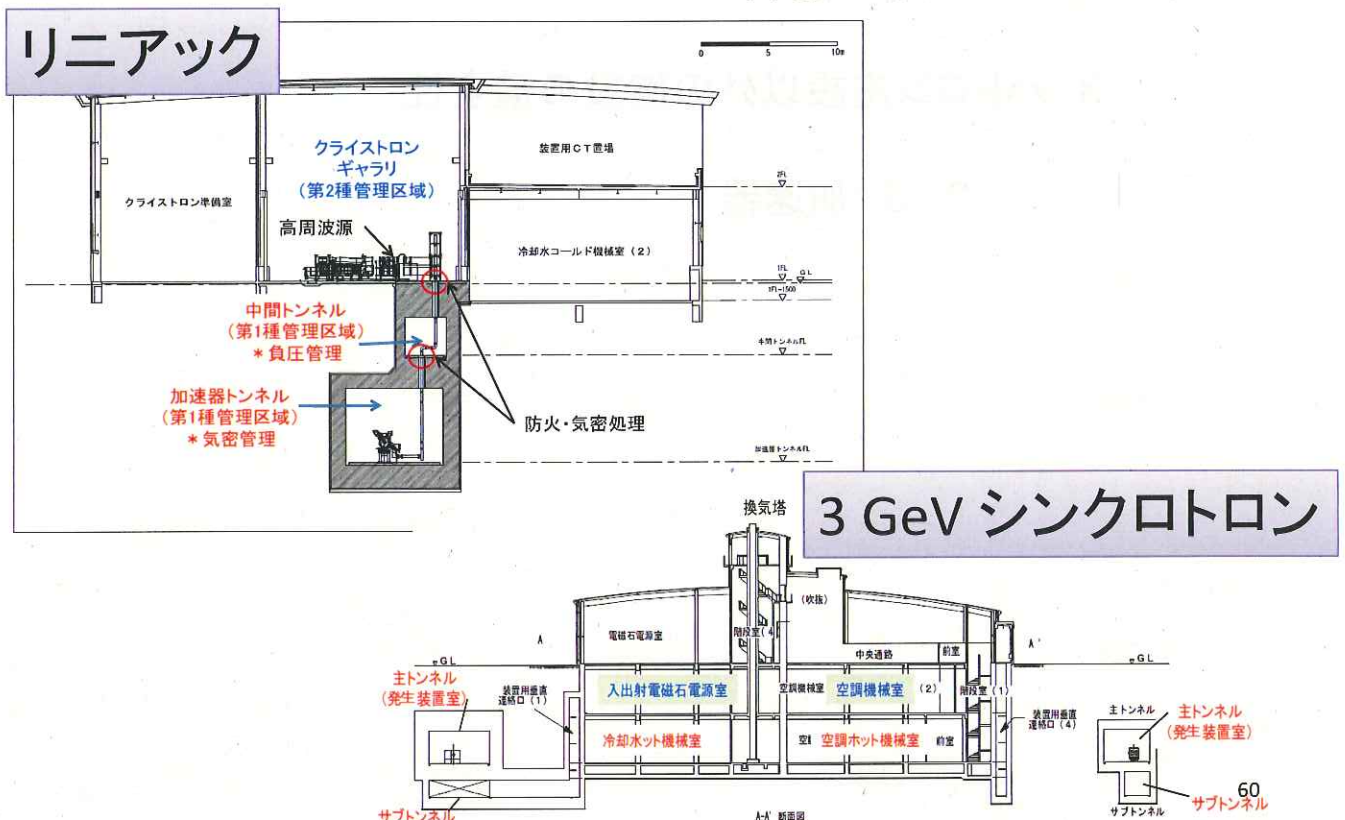
# 加速器施設

- 放射線管理区域区分
  - 加速器トンネル: 第1種管理区域
    - ・ ビーム運転中は給排気系の自動ダンパーを全閉
    - ・ 空気を閉じ込めた状態で再循環システムのみ運転
  - サブトンネル: 第1種管理区域
- 区域境界の漏えいに対する防護
  - 加速器トンネルは気密管理
  - 加速器トンネルと一般区域(または第2種管理区域)の間にある領域を連続排気し、負圧管理・中間排気
  - 排気は排気筒からフィルターを通して、放射線レベルを監視しながら実施

59

## 加速器施設の漏えい防護: リニアック、3 GeVシンクロトロン

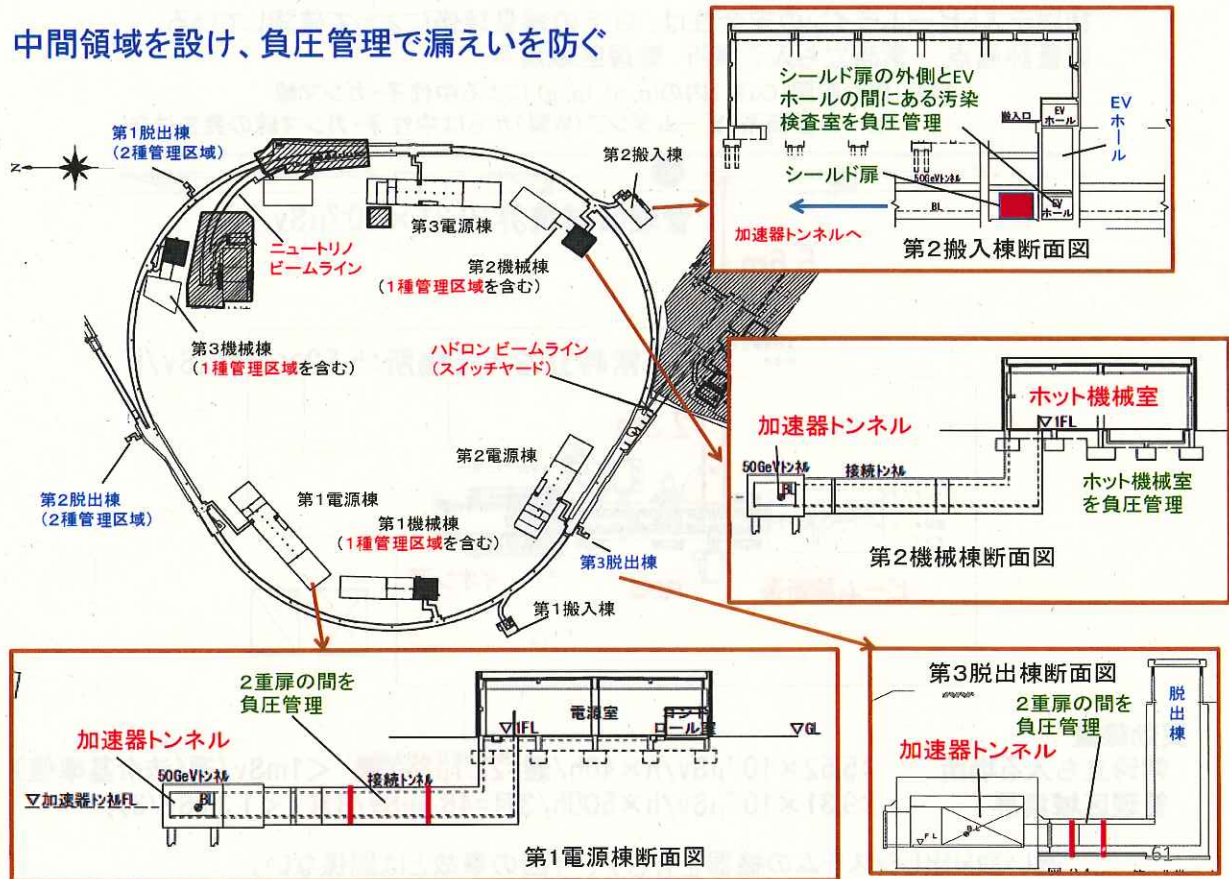
中間排気と負圧管理で漏えいを防ぐ



60

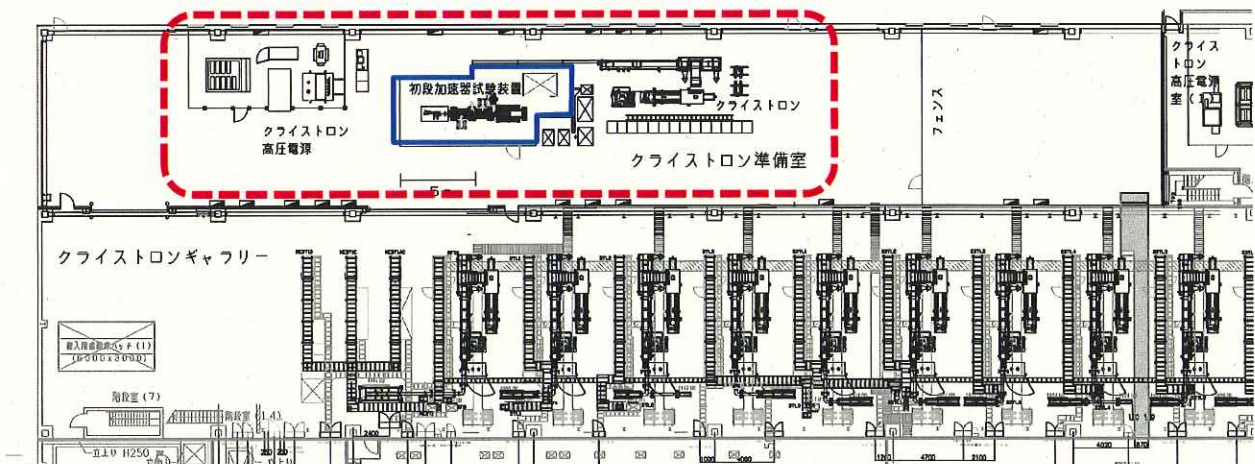
# 加速器施設の漏えい防護:50 GeVシンクロトロン

中間領域を設け、負圧管理で漏えいを防ぐ



## 加速器施設に設置された初段加速部試験装置

2014年度に計画されているビームパワー増強計画(ビーム電流を30 mAから50 mAに)の開発用に、リニアック棟クライストロン準備室に「初段加速部試験装置(通称:RFQテストスタンド)」が整備されている。50 mA仕様の新型イオン源、および新しいRFQのビーム試験を行う事が目的である。これは構成としてはJ-PARCリニアックの最上流部分と同じだが、J-PARC加速器本体とは完全に分離された独立した試験装置で、ビームエネルギーは3 MeVと十分低い。



J-PARCリニアック棟 クライストロン準備室及びギャラリー(一部)

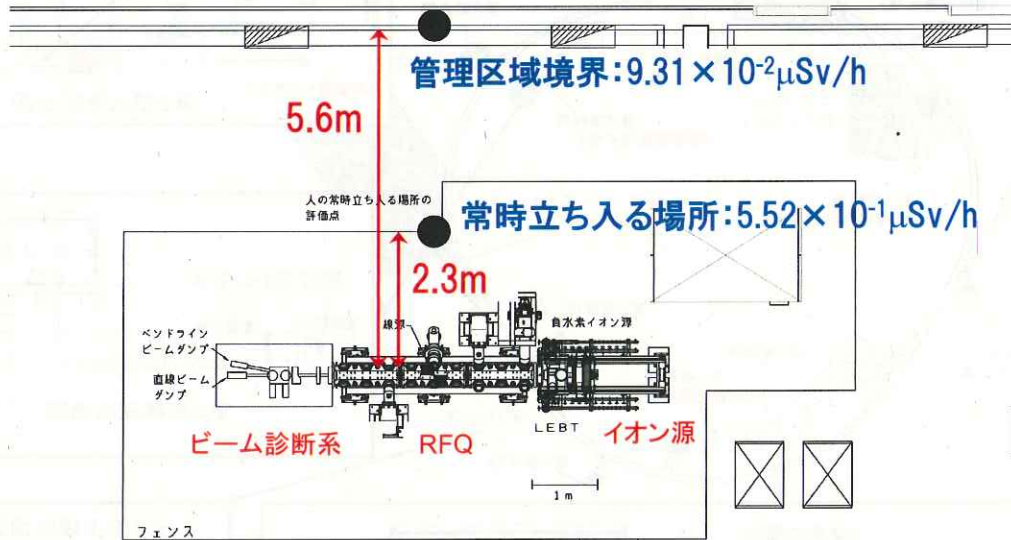


## 初段加速部試験装置の安全性

初段テストビームラインの安全性は、以下の線量評価によって確認している。

線量評価点：常時立ち入る場所、管理区域境界

線源：RFQ空洞(Cu製)内の(p, n), (p, g)による中性子・ガンマ線  
 ビーム診断系・ビームダンプ(W製)からは中性子・ガンマ線の発生はなし



実効線量

常時立ち入る場所 :  $5.52 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h} \times 40\text{h/週} = 22.1 \mu\text{Sv/週} < 1\text{mSv/週 (法令基準値)}$

管理区域境界 :  $9.31 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h} \times 500\text{h/3月} = 46.6 \mu\text{Sv/3月} < 1.3\text{mSv/3月}$

遅い取り出しシステムの機器を有さず、今回の事故とは関係ない。

63

## 4. 今後の対応 一当面の作業一

## 4. 今後の対応 ー当面の作業ー

### 4-1. ハドロン標的の調査

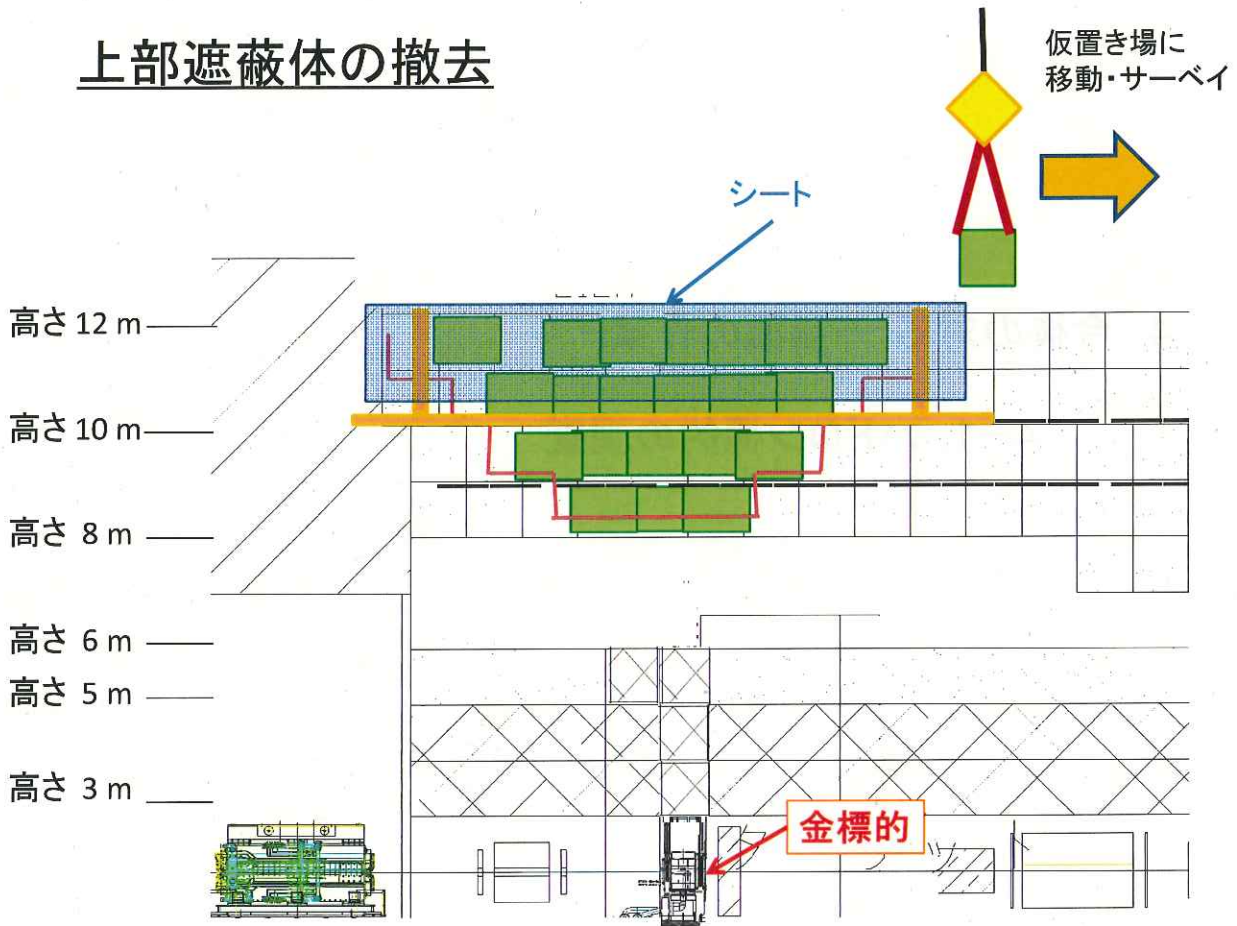
65

# ハドロン標的の調査

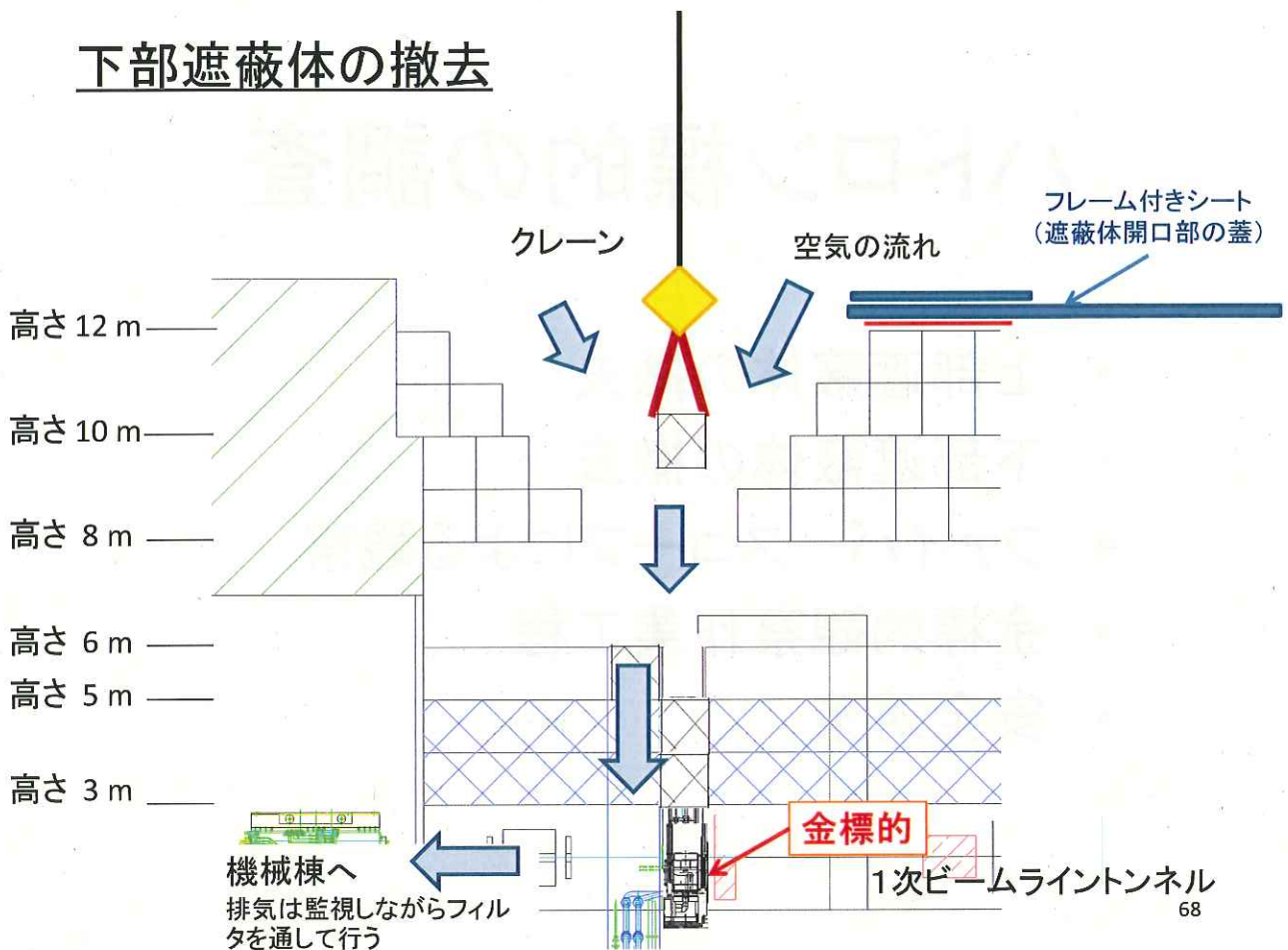
- 上部遮蔽体の撤去
- 下部遮蔽体の撤去
- ファイバースコープによる観察
- 金標的観察作業工程
- 安全対策

66

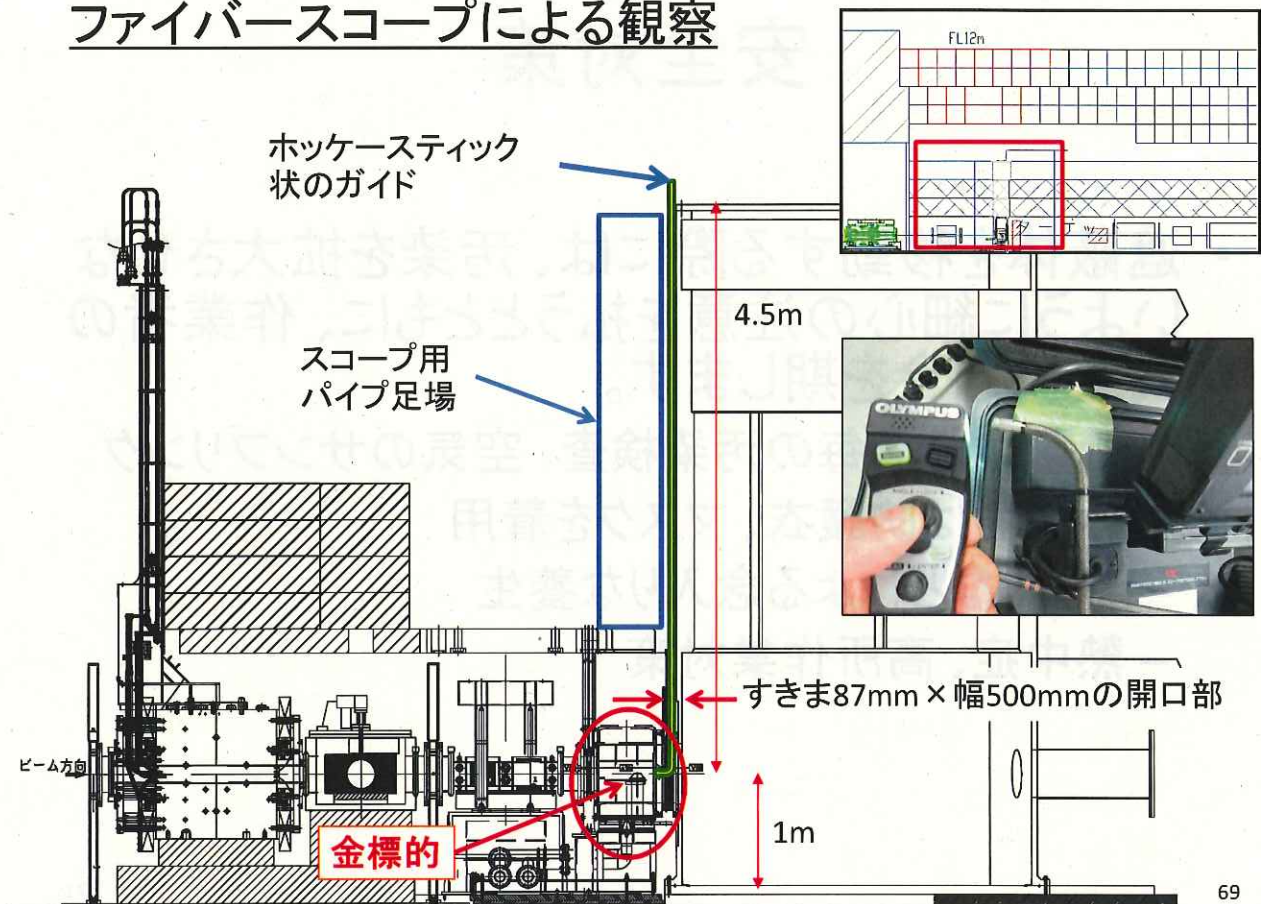
## 上部遮蔽体の撤去



## 下部遮蔽体の撤去

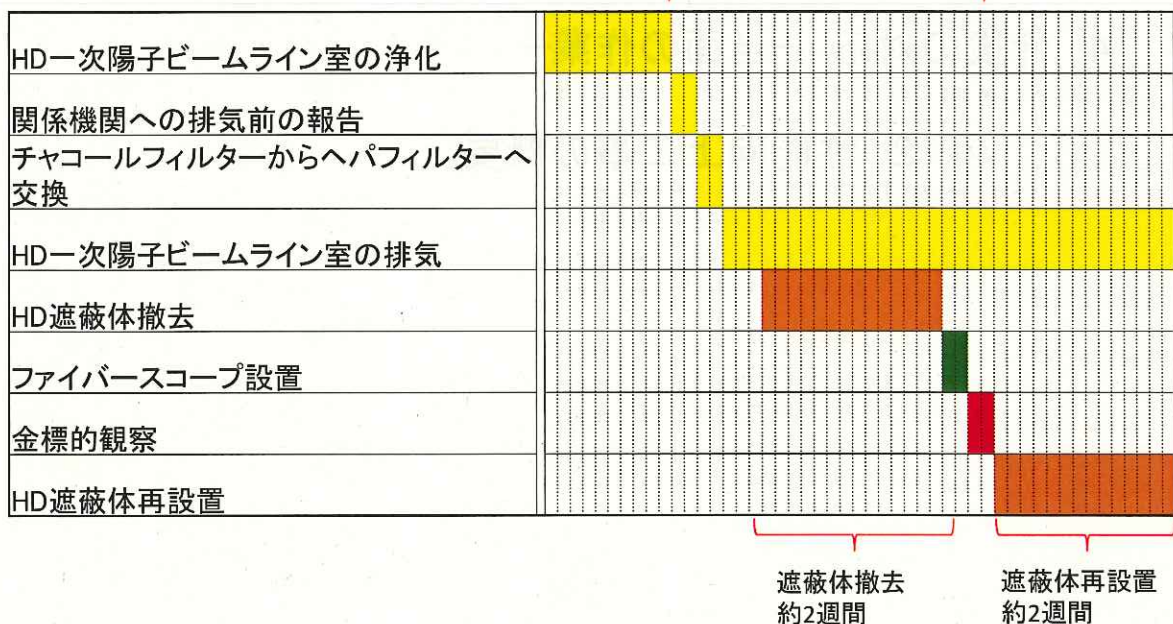


# ファイバースコープによる観察



## 金標的観察作業工程

排気前の報告から標的観察まで約3週間



慎重に準備を進めており、9月中には着手できる予定です。  
作業状況によって、工程が変わることがあります。

# 安全対策

- 遮蔽体を移動する際には、汚染を拡大させないように細心の注意を払うとともに、作業者の安全に万全を期します。
  - 遮蔽体一層毎の汚染検査、空気のサンプリング
  - 作業者は防護衣、マスクを着用
  - シートなどによる念入りな養生
  - 熱中症、高所作業対策

71

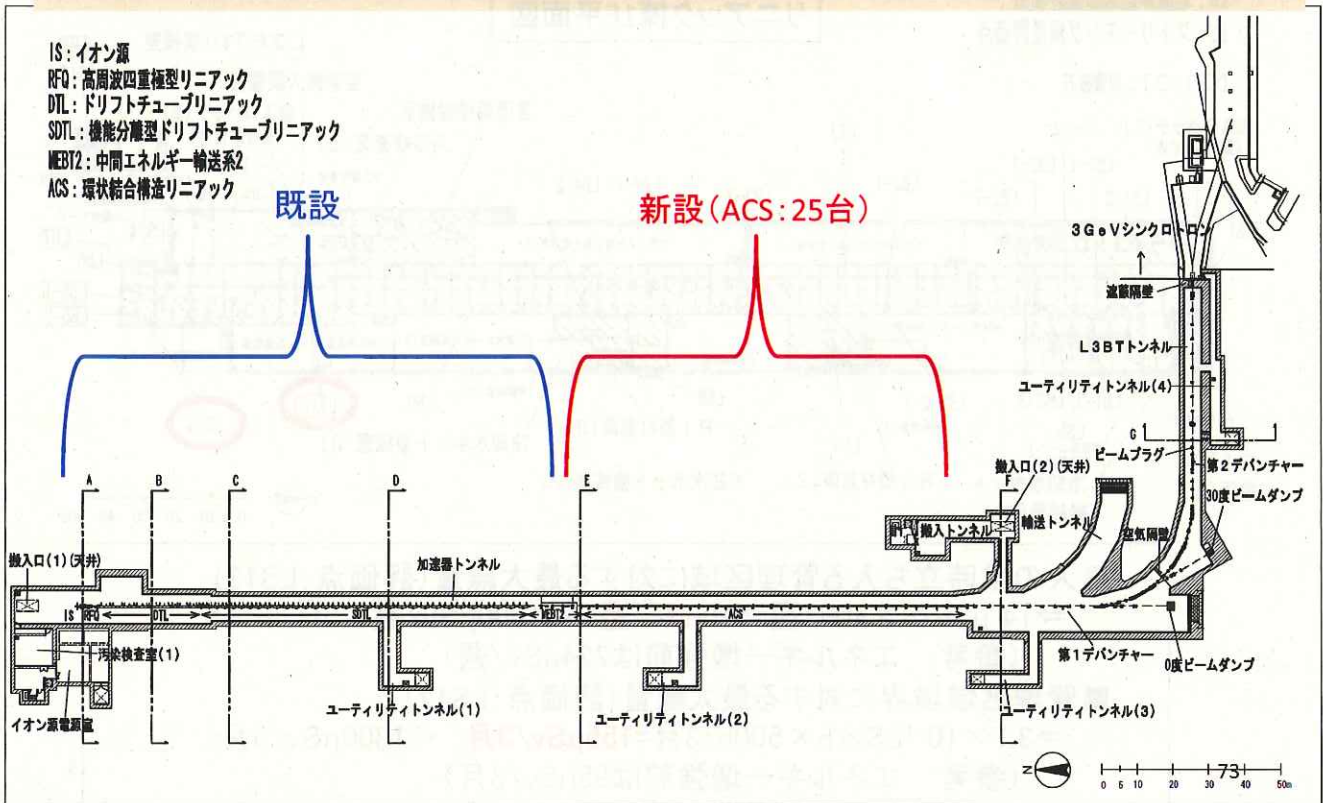
## 4. 今後の対応 ー当面の作業ー

### 4-2. 性能向上工事の概要

72

# J-PARCリニアックのエネルギー増強

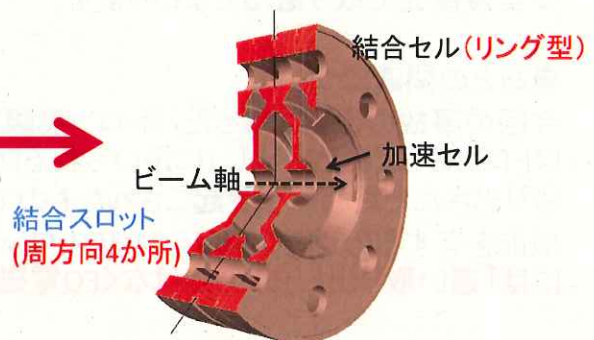
リニアックにおける既設のシステムの下流側に、新たにACS空洞25台を設置し、ビームエネルギーを現行の181MeVから400MeVに増強します。この増強は、J-PARCにおいて建設開始当初から計画されていたものであり、現在のリニアック建屋の放射線遮蔽構造は400 MeVを想定して設計されています。



## ACS (annular-ring coupled structure)



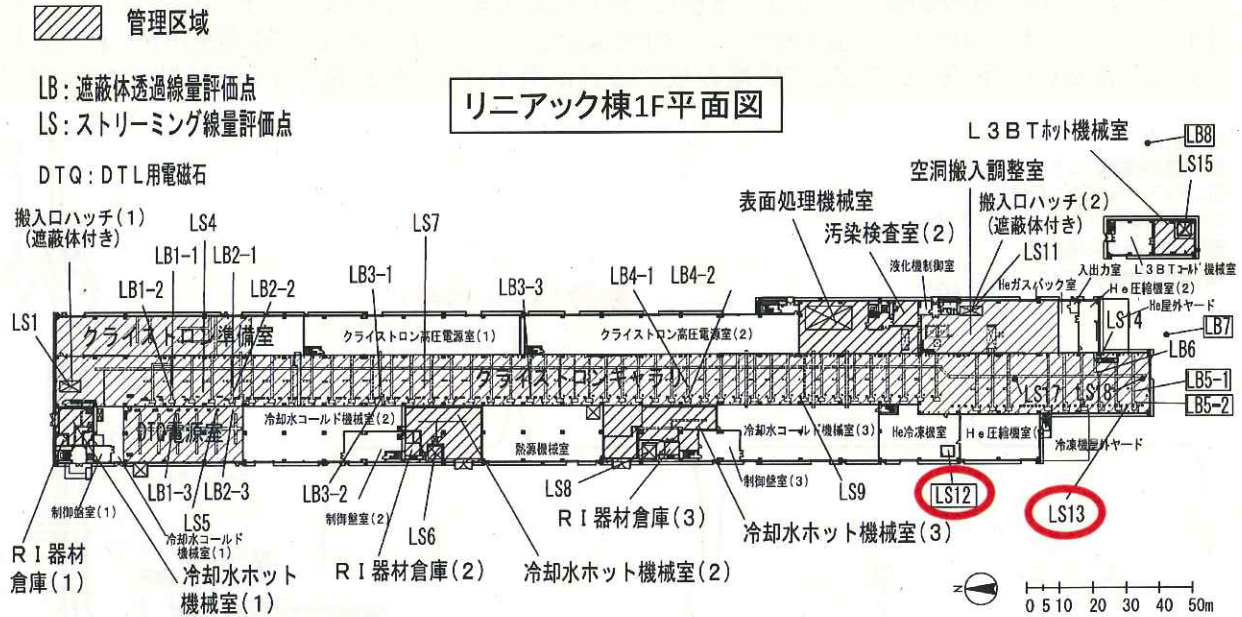
ACS空洞写真



J-PARCのような大強度陽子加速器では、ビーム損失の低減は重要な問題です。ビーム損失は、リニアックの陽子ビームエネルギーを高めることにより低減することが可能です。そこでJ-PARCでは、リニアックのエネルギーを現在の181 MeVから400 MeVへ増強することを計画しています。このビーム加速のために開発した加速空洞がACS型加速空洞です。

ACS型加速空洞は、他の空洞と比べ陽子ビームの広がりを抑えることができるため、ビーム損失を低減しつつ入射エネルギーを増強することが可能となります。

# エネルギー増強時の実効線量評価値



- 人の常時立ち入る管理区域に対する最大線量 (評価点: LS13)  
 ⇒  $14 \mu\text{Sv/h} \times 40\text{h/週} = 560\mu\text{Sv/週} < 1000\mu\text{Sv/週}$   
 (参考: エネルギー増強前は  $224\mu\text{Sv/週}$ )
- 管理区域境界に対する最大線量 (評価点: LS12)  
 ⇒  $3.1 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h} \times 500\text{h/3月} = 155\mu\text{Sv/3月} < 1300\mu\text{Sv/3月}$   
 (参考: エネルギー増強前は  $95\mu\text{Sv/3月}$ )

## 作業の安全性について:

リニアックのエネルギー増強作業の内容は、ACS空洞25台の据え付けと高周波源との接続、ビーム収束用の四極電磁石21台、軌道補正用ステアリング磁石16台の据え付け、および関連する配線、配管などです。また、3GeVシンクロトロンでは入射エネルギーがかわりますので入射バンプ電源の交換を行います。これらの作業は、ビーム運転を行うものではありません。また、作業にあたっては、職員の安全意識の向上を図りながら、安全最優先で取り組んでまいります。

## 事故との関連について:

今回の事故の原因となったハドロン実験施設における金標的の損傷は、50GeVシンクロトロン「遅い取り出し」に用いられるEQ電磁石の誤作動によって短パルスビームが取り出されたために引き起こされたものです。J-PARCの加速器の中で「遅い取り出し」の機能を有するのは50GeVシンクロトロンだけであり、リニアックや3GeVシンクロトロンには「遅い取り出し」の機能はなくEQ電磁石に相当する機器も存在しません。

## 国への変更申請について:

今回のエネルギー増強では法令(障害防止法)に基づき国に対してエネルギーの変更申請を行います。ただし、リニアック棟の遮蔽体はもともと400 MeVを想定して設計されているため遮蔽体を変更する必要はありません。法令によると遮蔽体構造に変更がない場合は施設検査の対象にはならないため、今回のエネルギー増強も施設検査の対象にはなりません。

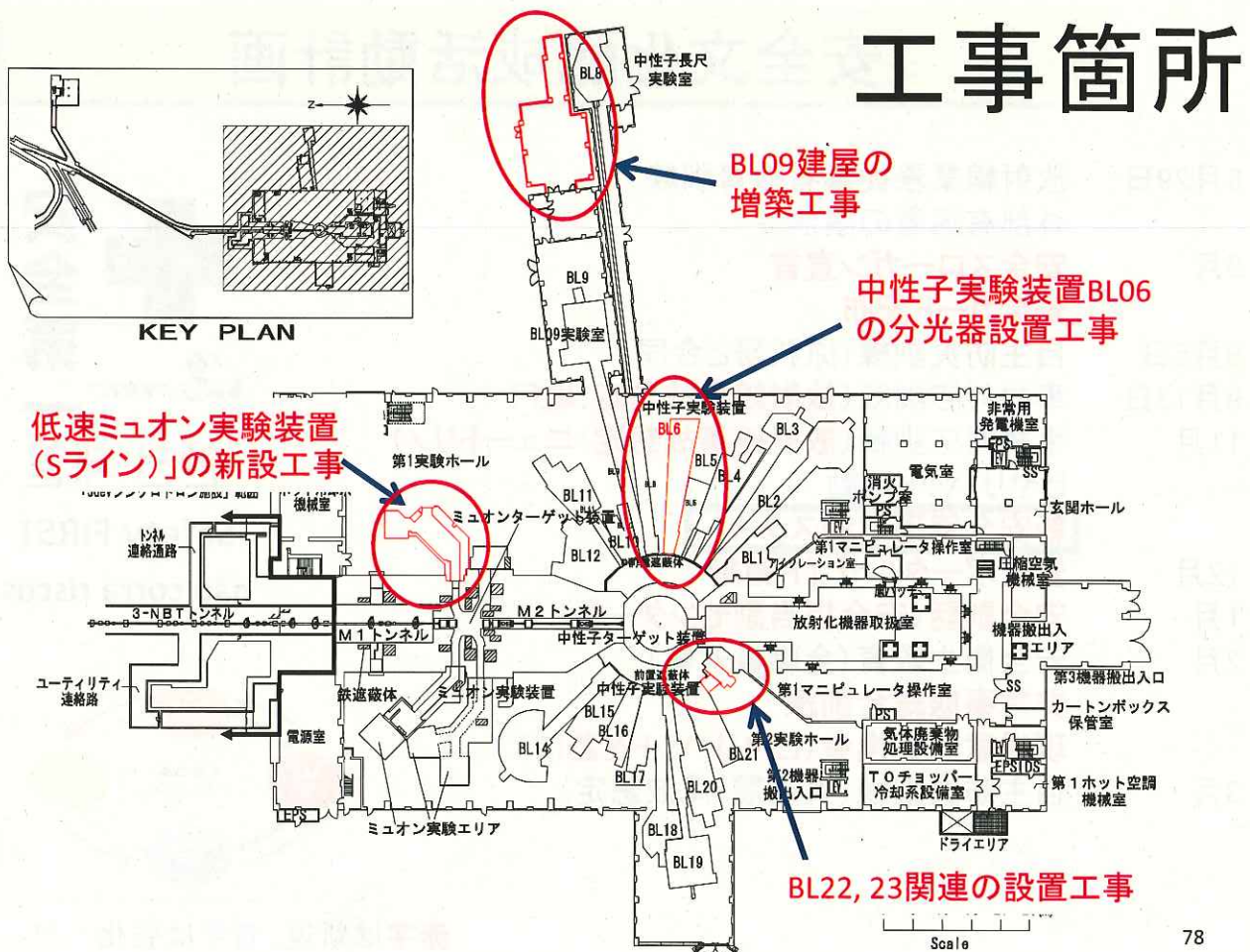
# H25年度のMLFでの主な工事案件

- 1) 低速ミュオン実験装置の新設工事
- 2) 中性子実験装置BL06の分光器設置工事
- 3) 中性子実験装置BL22のビームライン設置工事
- 4) 中性子実験装置BL23の分光器設置工事
- 5) BL09建屋の増築工事

上記工事は、全てビーム運転停止期間中に二次ビームラインに関して実施するものであり、さらにシャッターやブロッカーにより放射線源から完全に遮断した状態で実施する。

従って、放射線安全上問題のない工事である。

77



78



#### 4. 今後の対応 ー当面の作業ー

##### 4-3. 教育訓練の実施計画, 組織体制の構築

79

## 安全文化醸成活動計画

- 8月29日 放射線業務従事者教育訓練  
外部有識者の講演会
- 9月 安全スローガン宣言  
安全カード配布
- 9月5日 自主防災訓練(原科研と合同)
- 9月13日 事故対応訓練(放射線事故想定:MLF)
- 11月 事故対応訓練(放射線事故想定:ニュートリノ)  
ヒヤリハット活動  
**新安全管理体制スタート**
- 12月 安全ポータルサイト開始
- 1月 安全訓話(安全担当副センター長)
- 2月 安全衛生教育(全職員対象)  
非常事態総合訓練  
現場意見交換会(ヒヤリハットを基に)
- 3月 自主防災訓練(大地震・津波想定)



안전 제일  
Safety FIRST  
não corra riscos




# 安全スローガン・安全カード

再生J-PARCは、新しい安全管理体制と安全審査体制を構築し、「安全無くして研究無し」という基本理念のもと、ユーザと共に

## 「安全な実験環境と世界的研究成果の創造」

を目指します。



### 安全カード

- + 放射線はクローズ、情報はオープン
- + 迅速な行動／決断は日頃の備えから
- + “オープンマインド”は研究と安全の基本
- + ひとりひとりの危機意識・みんなの安全

81

## J-PARC安全ポータル

常に安全情報を発信し、組織全体に安全意識浸透をさせるために、職員及びユーザーが安全情報を確認できる安全ポータルサイトを新たに開始

新着情報	ガイダンス	規定類	事故、トラブル事	講演、教育	eラーニング	外部リンク
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 平成25年度第1回J-PARC放射線障害予防規程に基づきJ-PARCの放射線業務従事者               <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 日時: 平成25年8月29日</li> <li>・ 会場: 原子力科学研究所</li> <li>・ 対象: ①JAEA職員の場合           る者           ②KEK職員の場合           者として認定されている者</li> <li>・ 講義項目: ……</li> </ul> </li> <li>● J-PARC事故対応訓練を実施 平成25年度のJ-PARC事故対応訓練を実施します。               <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 日時: 平成25年9月13日(金)</li> <li>・ 発災場所: 物質・生命科学実験施設</li> </ul> </li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>放射線</li> <li>電気</li> <li>化学</li> <li>……</li> <li>ヒヤリ・ハット</li> <li>データベース検索</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>教育訓練を実施</li> <li>教育訓練を以下の通り行いますので、 ください。</li> <li>放射線業務従事者として認定されている者、J-PARCセンターで放射線業務従事</li> </ul>		

82

# 安全教育・訓練

## ・安全教育

放射線安全:放射線業務従事者対象  
法に定める事項

安全衛生:全職員対象

電気保安、クレーン、高圧ガス等

失敗学、ヒヤリハット(意見交換会)等

理解度確認

ユーザーを含めた教育



外部有識者講演会(昨年度)

## ・訓練

放射線事故想定

火災想定

大地震、津波想定

ユーザーを含めた訓練



津波避難訓練(昨年度)



火災想定訓練(昨年度)

赤字分が今回の事故を踏まえて新規に行う教育・訓練