

再発防止策の実施状況

2015年3月5日
J-PARCセンター

ハドロン実験施設

北

上流側

下流側

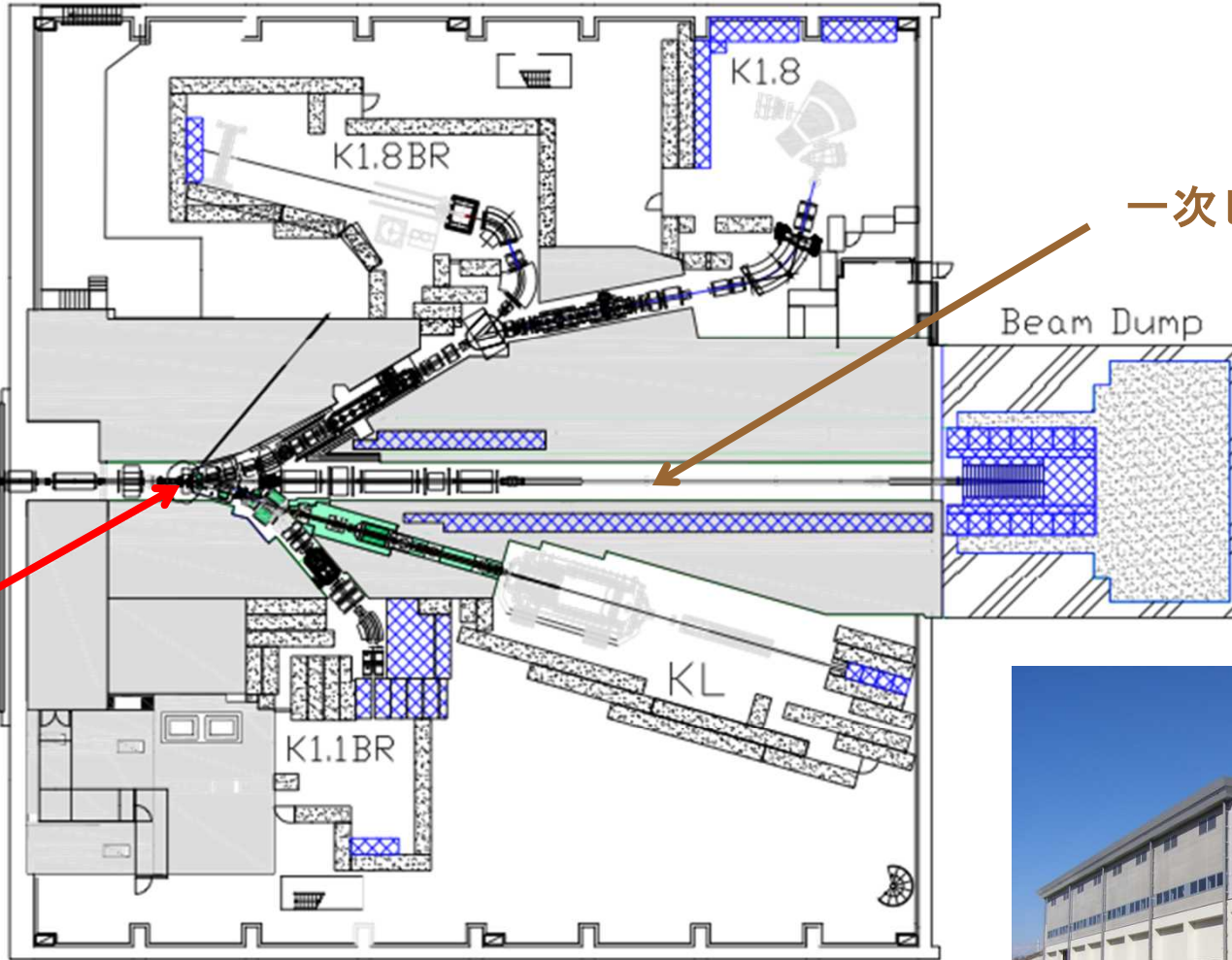
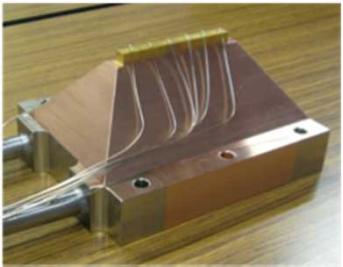
60m

30GeV
陽子ビーム
(遅い取り出し)

一次ビームライン

二次粒子
生成標的

Beam Dump



56m

南



放射性物質漏えいの発生と再発防止策

事故を5つの段階に分け、再発防止策を整理

- 第1段階: 異常なビームの取り出し
①EQ電磁石電源の誤作動対策
- 第2段階: 標的の損傷
②標的の交換
- 第3段階: 一次ビームラインへの漏えい
③標的容器の気密化
- 第4段階: 実験ホールへの漏えい
④一次ビームライン室の気密強化
- 第5段階: ハドロン実験施設外への漏えい
⑤実験ホールの改修

①EQ電磁石電源の誤作動対策

電流偏差異常の原因

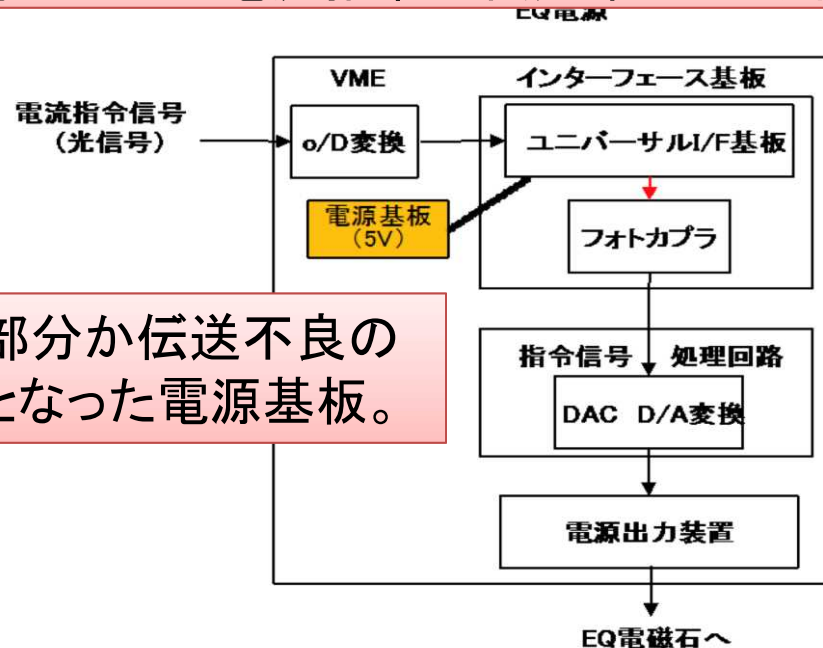
(平成25年11月11日発表済み)

当該電源基板に用いられている三端子正出力固定レギュレータの発熱対策が不十分であったために経年劣化が進み、今回の誤作動に至ったと考えられる。



発熱対策が強化された新しい電源基板に交換済み。

EQ 電源における電流指令の伝送系ブロック図



黄色部分が伝送不良の原因となった電源基板。

| 事象 | 事故時 | 対策後、現在 |
|------------------------------|--------|-----------------------|
| EQ電源での「電流偏差異常」の取り扱い | 警報のみ | 電源の非常停止 連続ビーム運転の停止 |
| フィードバックシステムとしての「電流偏差異常」の取り扱い | — | 電源の非常停止 連続ビーム運転の停止 |
| EQ電源の最大電流値 | 340 A | 120 A |
| 「電源非常停止」検知後の停止開始までの応答速度 | > 6 ms | < 1 ms |



たとえ誤作動が生じても、放射性物質の発生を最小限にする仕組みを設けました。

施設・機器の改修(“ハード面”)

| 年 | | | |
|------|-------|-------------------|------------|
| 2014 | 1月 -- | == 改修作業が本格化 == | 2013 年度 |
| | 1/10 | 排風ファンを撤去・封止 | |
| | 3/28 | ホールの排気設備を設置 | |
| | | == 改修作業を継続 == | 2014 年度 |
| | 9/19 | 旧標的を撤去 | |
| | 9/30 | 気密容器に入った新しい標的を設置 | |
| | 11/20 | 放射線モニタ関係の設備の強化を終了 | |
| | 12/28 | 気密強化の作業を終了 | |
| 2015 | 1/7 | == 改修作業を完了 == | |

②標的の交換

旧標的

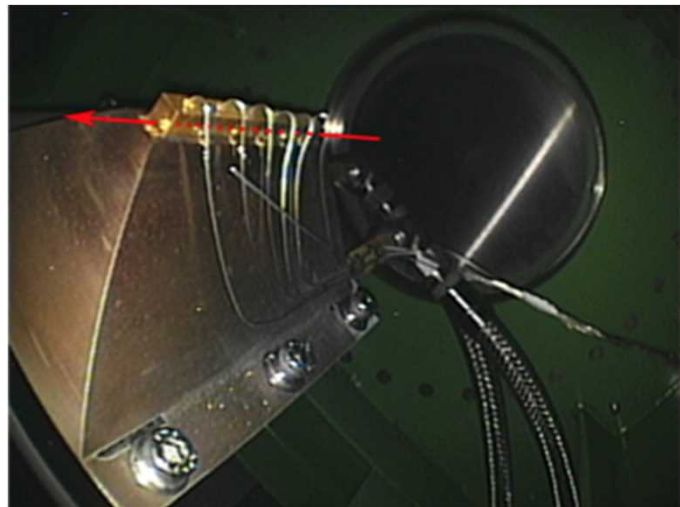
設置前の金標的と冷却用銅ブロック



旧標的が入った容器を撤去



保管容器へ収納



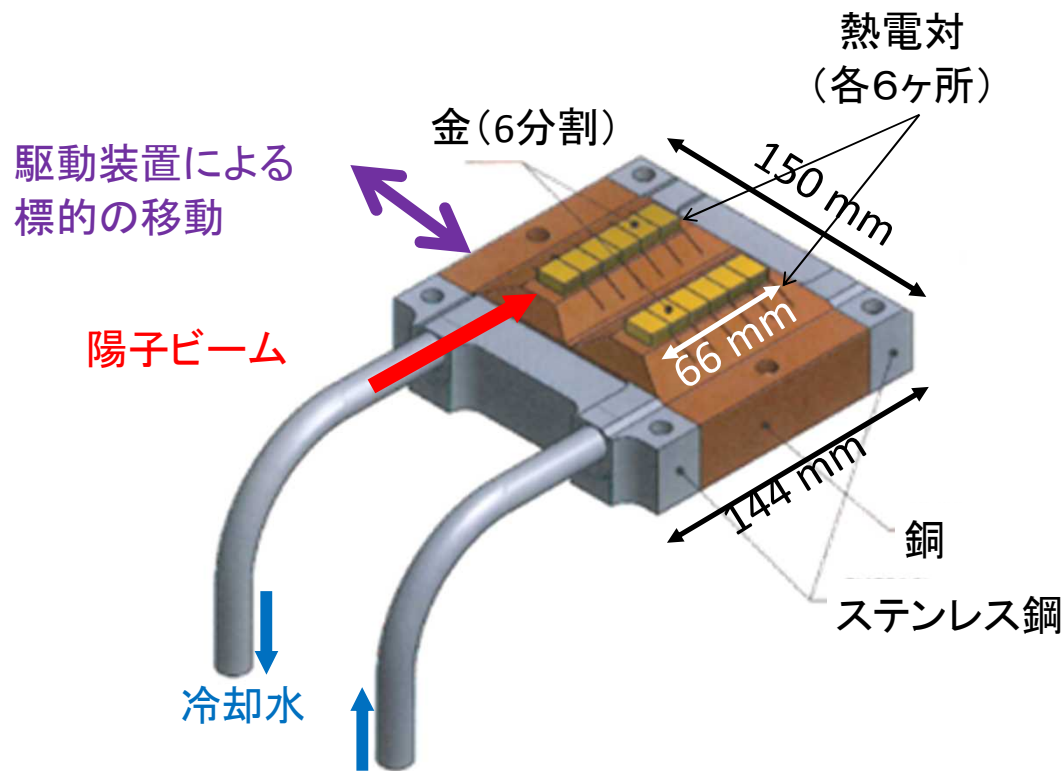
ファイバースコープによる
金標的の観察 (2013年12月)



保管容器を放射化物保管庫へ収納

金標的と容器を
9月19日に取り出して
放射化物保管庫に収納しました。

新しい標的



〔 事故時の装置からの改善点 〕

- 駆動装置により

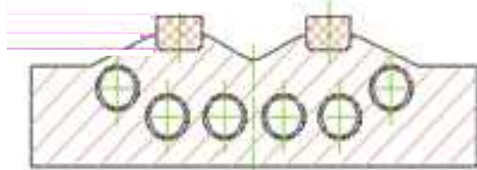
標的(二山)が移動します。

標的の温度をモニターしていて、運転中に、金標的と銅の部分の熱伝導が劣化した場合などは、駆動装置による標的交換を早めに行って故障に至らないようにします。

- 冷却水配管の位置を再検討し冷却効率を改善しました。

- 標的温度の読み出し間隔を1秒から0.1秒に高速化しました。

断面図



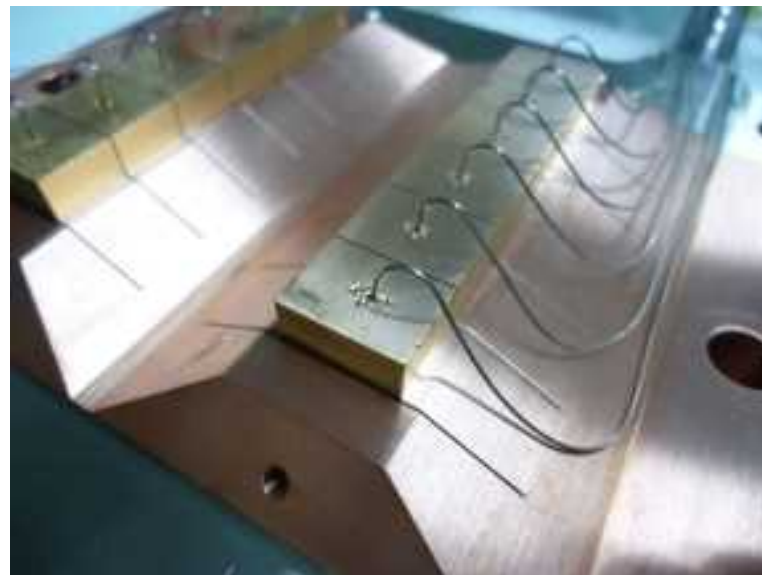
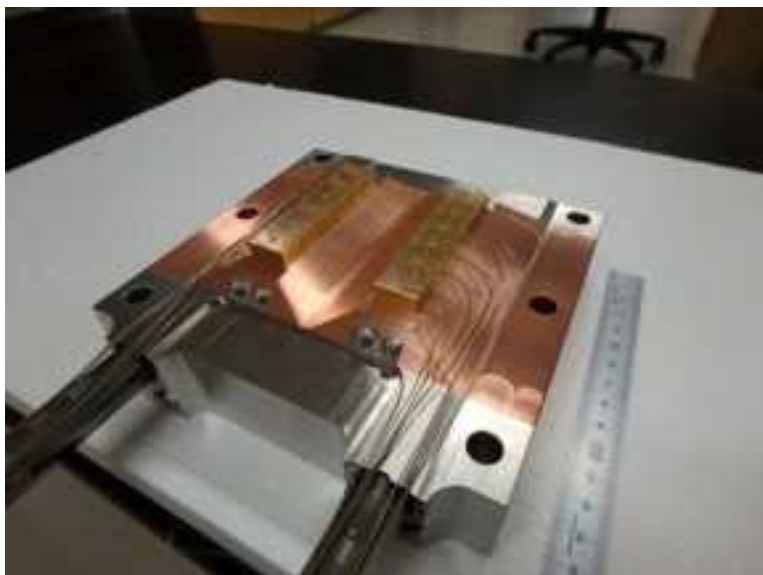
ビームの幅を広げます。

$$(\sigma_x, \sigma_y) = (0.6 \text{ mm}, 0.6 \text{ mm}) \rightarrow (2.5 \text{ mm}, 1.0 \text{ mm})$$

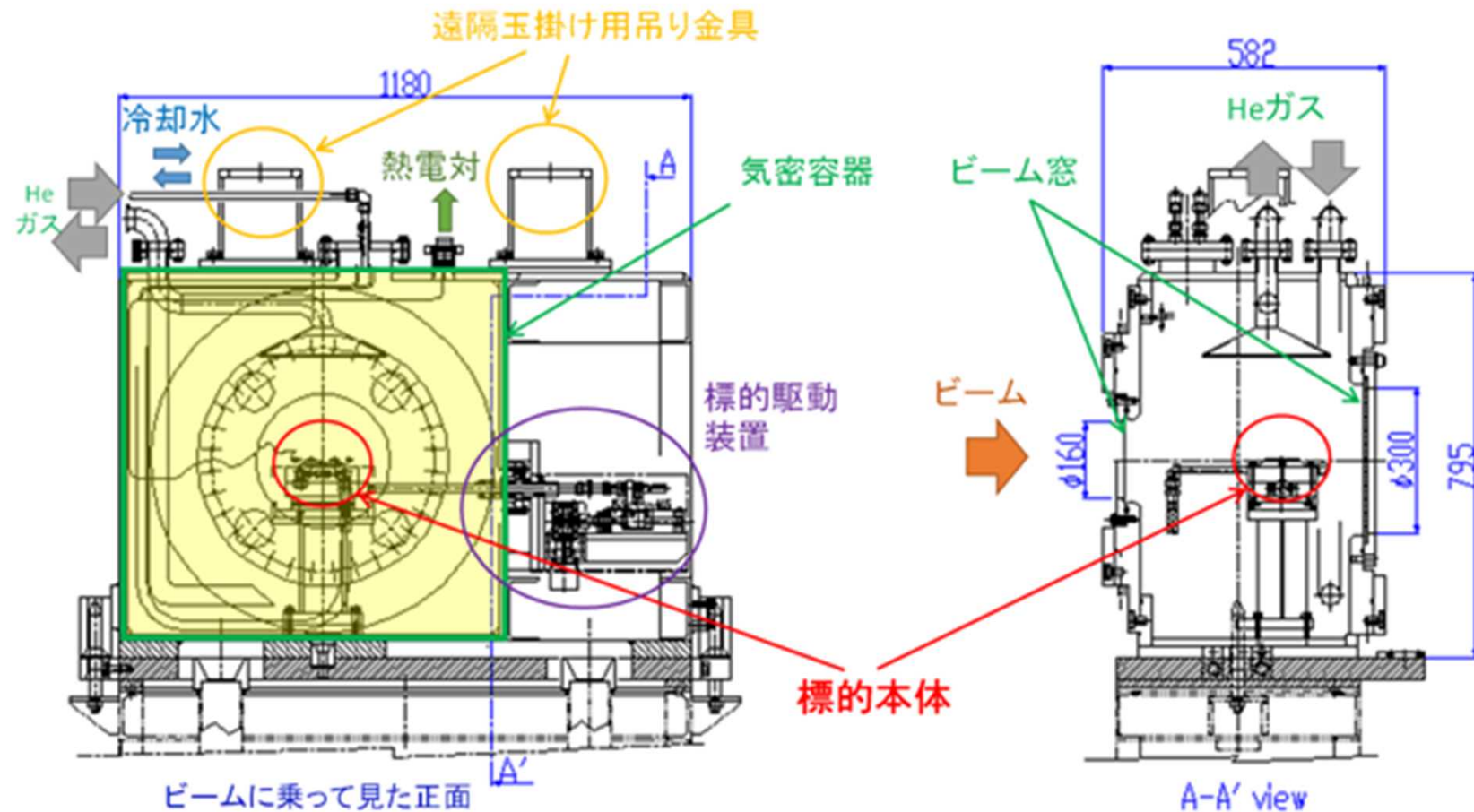
標的の断面積も広げています。

$$6 \text{ mm} \times 6 \text{ mm} \rightarrow 15 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}$$

新しい標的



③標的容器の気密化



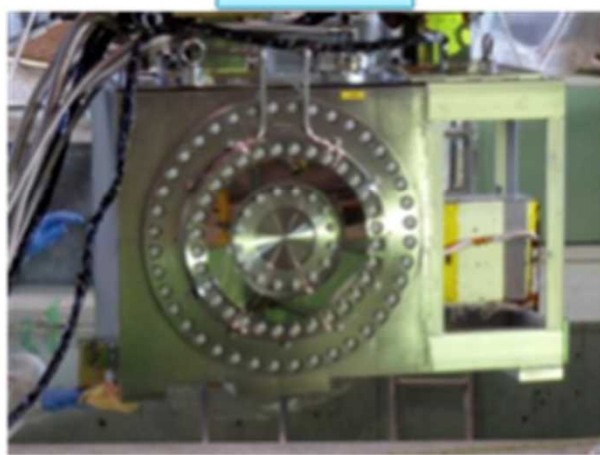
〔 事故時の装置からの改善点 〕

- Heガスが循環する気密構造としました。
- 遠隔玉掛け用吊り具を採用しました。

側面



上流面



下流面



標的容器の気密試験

標的容器

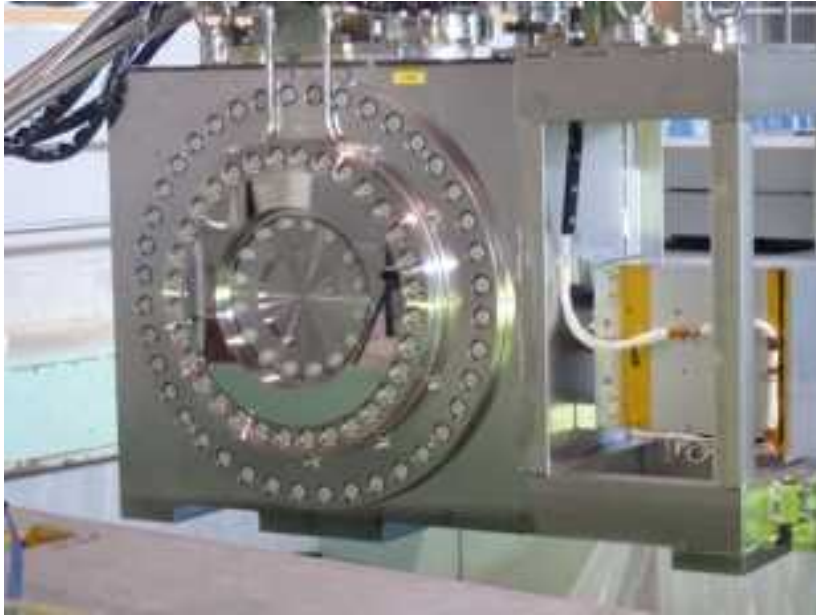


ヘリウムリーク検出器



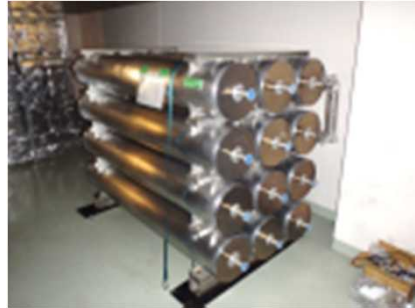
・試験名:
標的容器 気密性確認(ベーム搭載前後)
・試験内容: ヘリウムリーク試験
・日時: 2014/09/23

標的容器を真空引きし、ヘリウムガスを外部より吹きかけてヘリウムリーク量を測定しました。
→ 結果:リーク無し (1×10^{-10} Pa · m³/sec以下)



新しい標的が入った気密容器を
9月30日に設置しました。

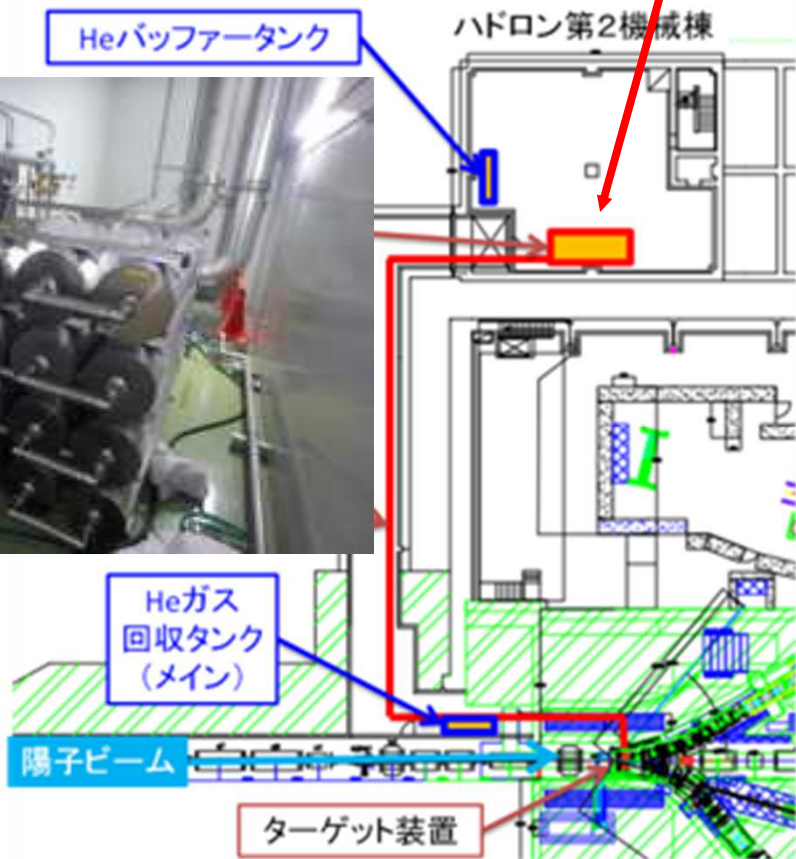




Heバッファータンク



Heガス
回収タンク
(メイン)



監視モニタ装置

Nal (TI) 検出器 計数率

Ge検出器 スペクトル

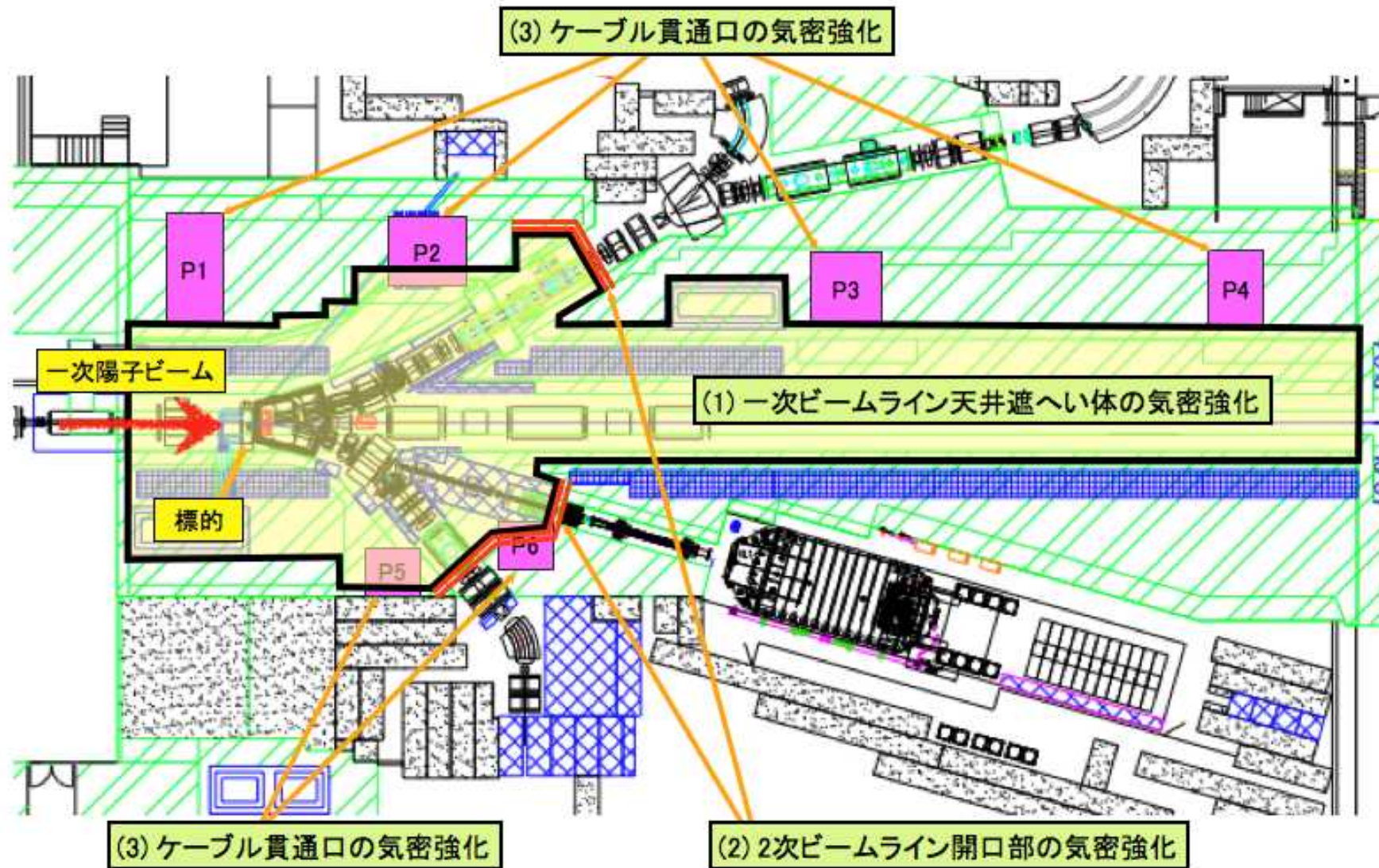
〔 Heガス循環装置の新設 〕

- Heガス回収タンク(メイン)で標的容器のガスを回収します。
- Heガスの放射能レベルを監視し、標的の異常を検知します。
- Heガス中の不純物や放射性物質をフィルタで除去します。

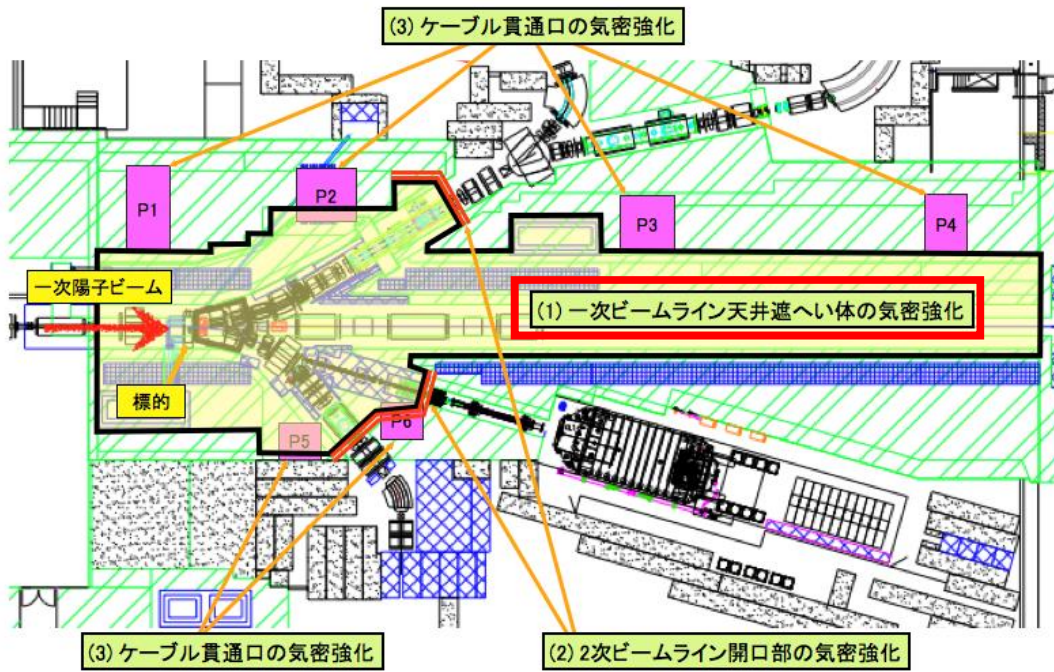
④一次ビームライン室の気密強化

上流側

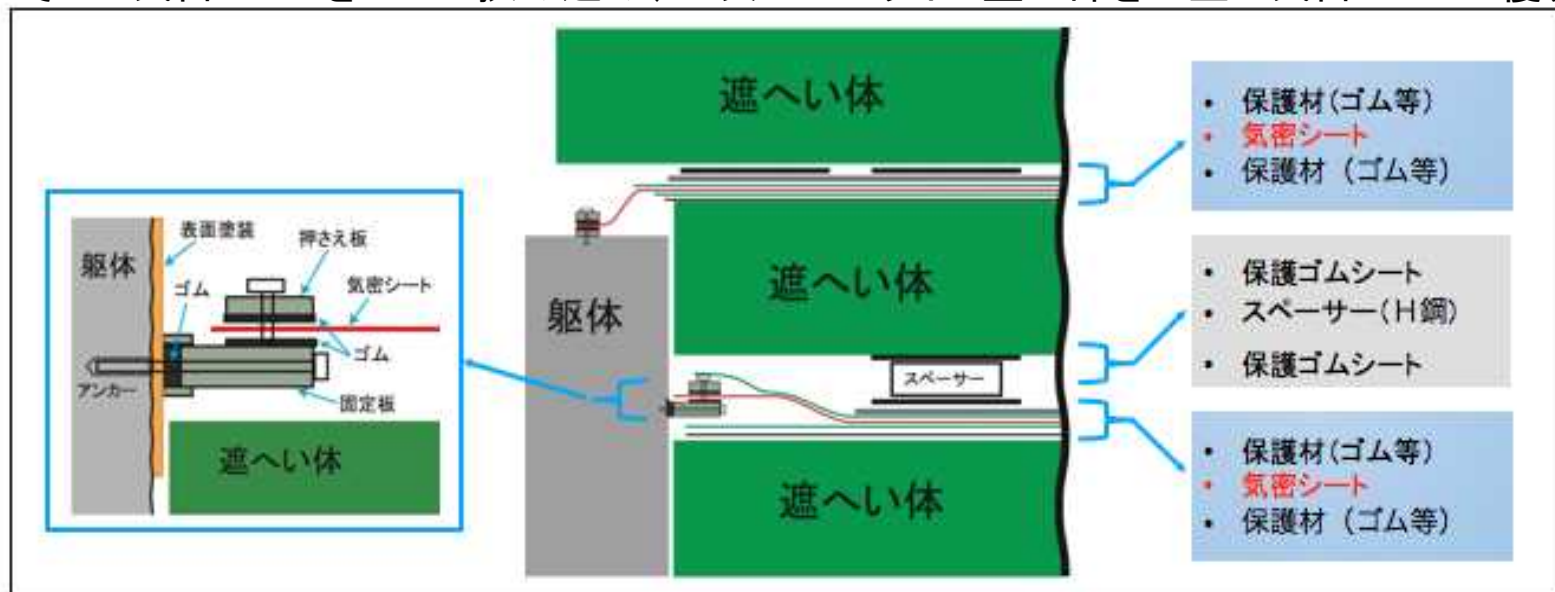
下流側



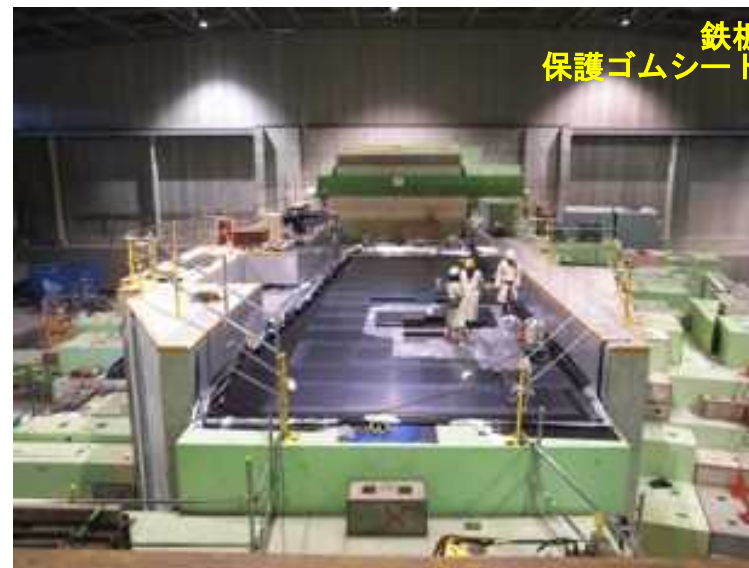
天井中流部（作業途中の写真）



コンクリート躯体の高さ9mと10mの二箇所に金属バーを取付け、そこで気密シートをゴムで挟み込み、一次ビームライン室上部を二重に気密シートで覆う。

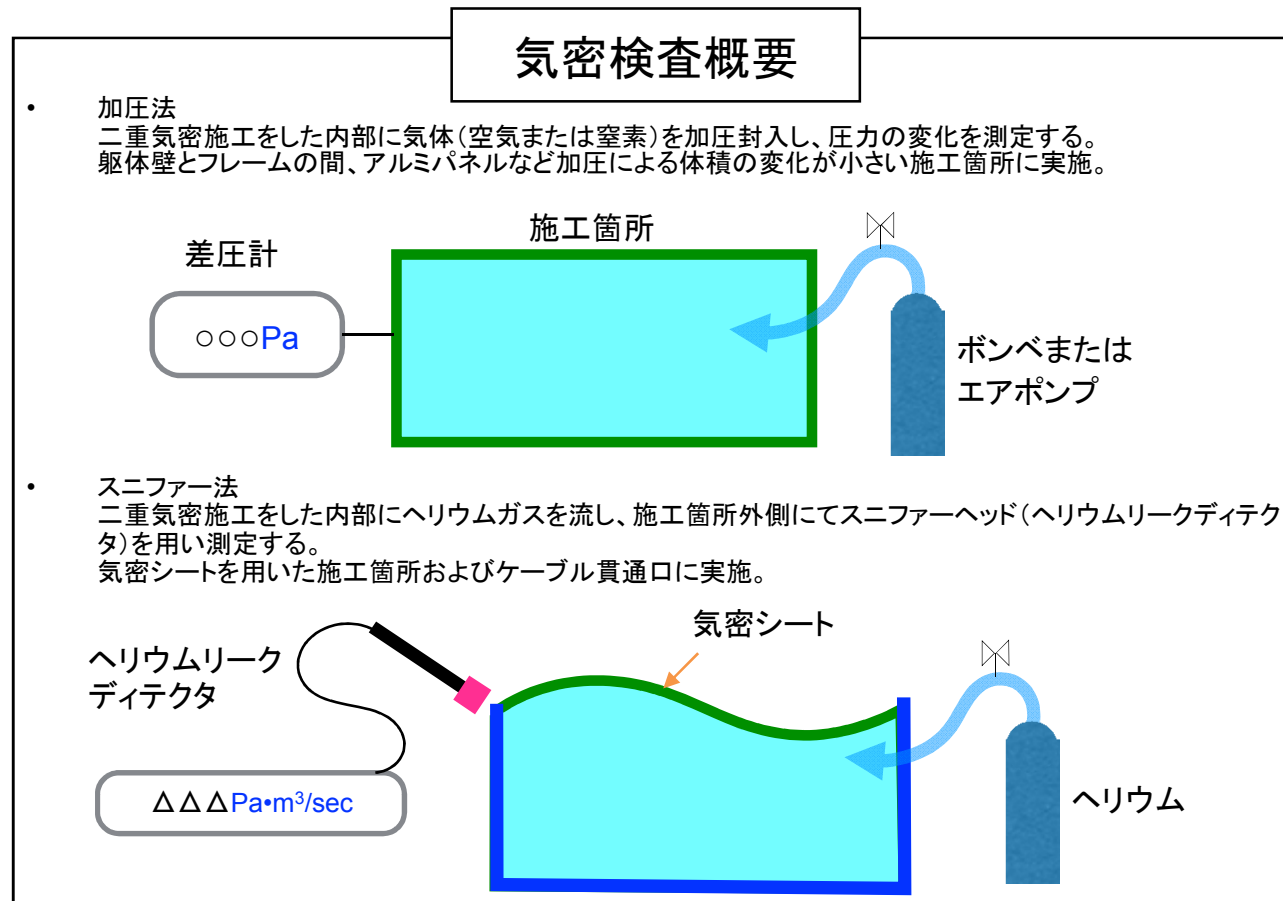


一次ビームライン室の気密強化：作業途中の様子(1)



各部の気密性能検査

- ・ 施工において、アルミパネル、気密シートなどの気密素材を設置し、既設遮へい躯体などへ固定施工した後、気密性能を検査しました。
- ・ 一次ビームライン室にて発生する気中の放射性核種が二重気密施工箇所を通過したと仮定して、この通過量がホール内の実験エリアに拡散する場合にも排気中濃度限度の1/10を超えないことを要求し、気密検査の基準値を $5 \times 10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ 以下（固定施工長1m辺り）としました。
- ・ 全ての施工箇所で合格しました。



一次ビームライン室の気密強化：作業途中の様子(2)

上流側

下流側

天井上流部



天井下流部



上流側

一次ビームライン室の気密強化:作業完了時(遮へい体の設置状況)

下流側

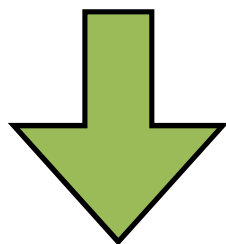
天井上流部



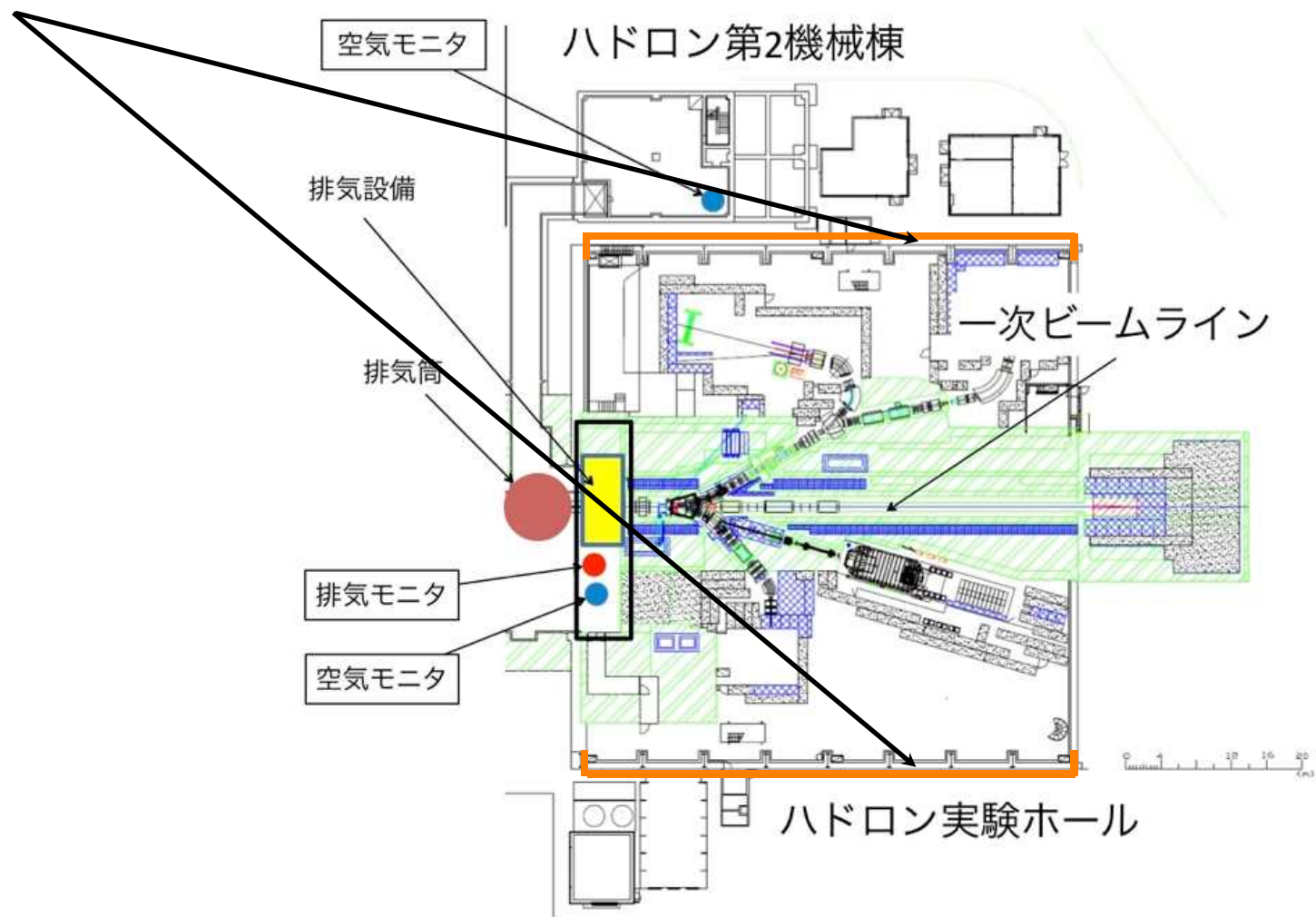
天井下流部



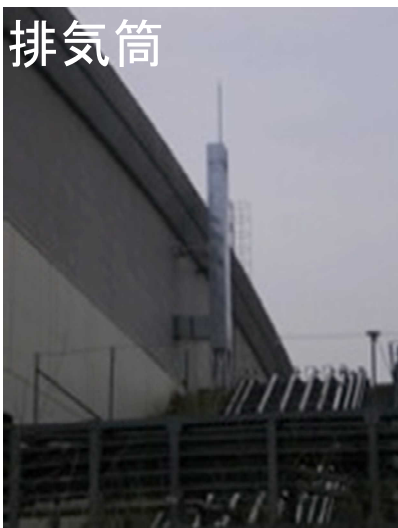
⑤実験ホールの改修



すべての排風ファンを
撤去・封止しました（2014年1月10日完了）。



排気筒

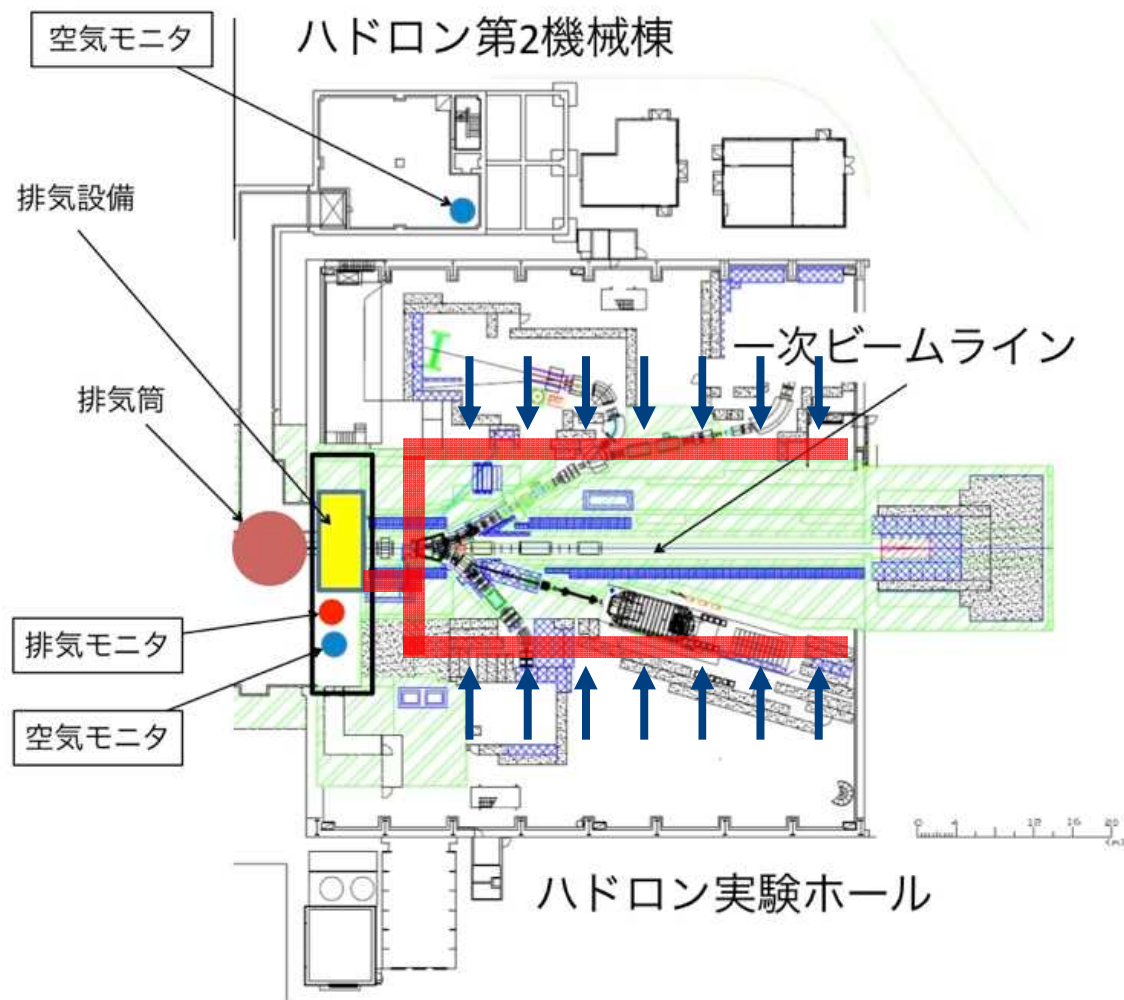


ホールに排気設備を設置(2014年3月28日)
→ ホールの空気を常に監視し、排気する場合は
フィルタを通す運用をしています。

フィルタユニットと
排風機 (10,000 m³/h)



排気ダクト



新設した空気モニタ

一次ビームライン中の
空气中放射能レベルを
監視します。



空気モニタ

ハドロン第2機械棟

排気設備

排気筒

排気モニタ

空気モニタ

一次ビームライン

ハドロン実験ホール

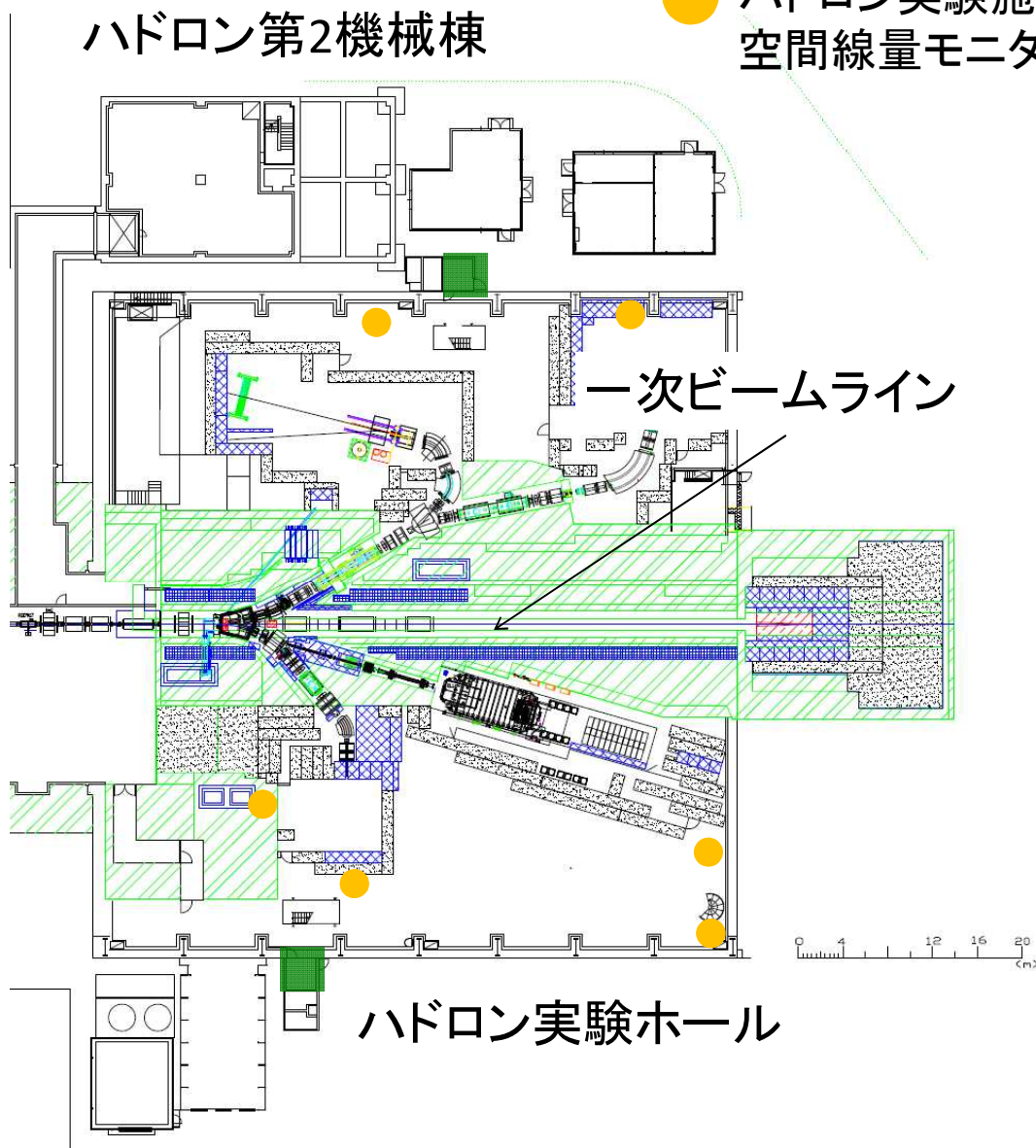
実験 ホール内の
空气中放射能レベルを
監視します。

汚染検査室と空間線量モニタ

■ 汚染検査室

● ハドロン実験施設内に設けている空間線量モニタの位置

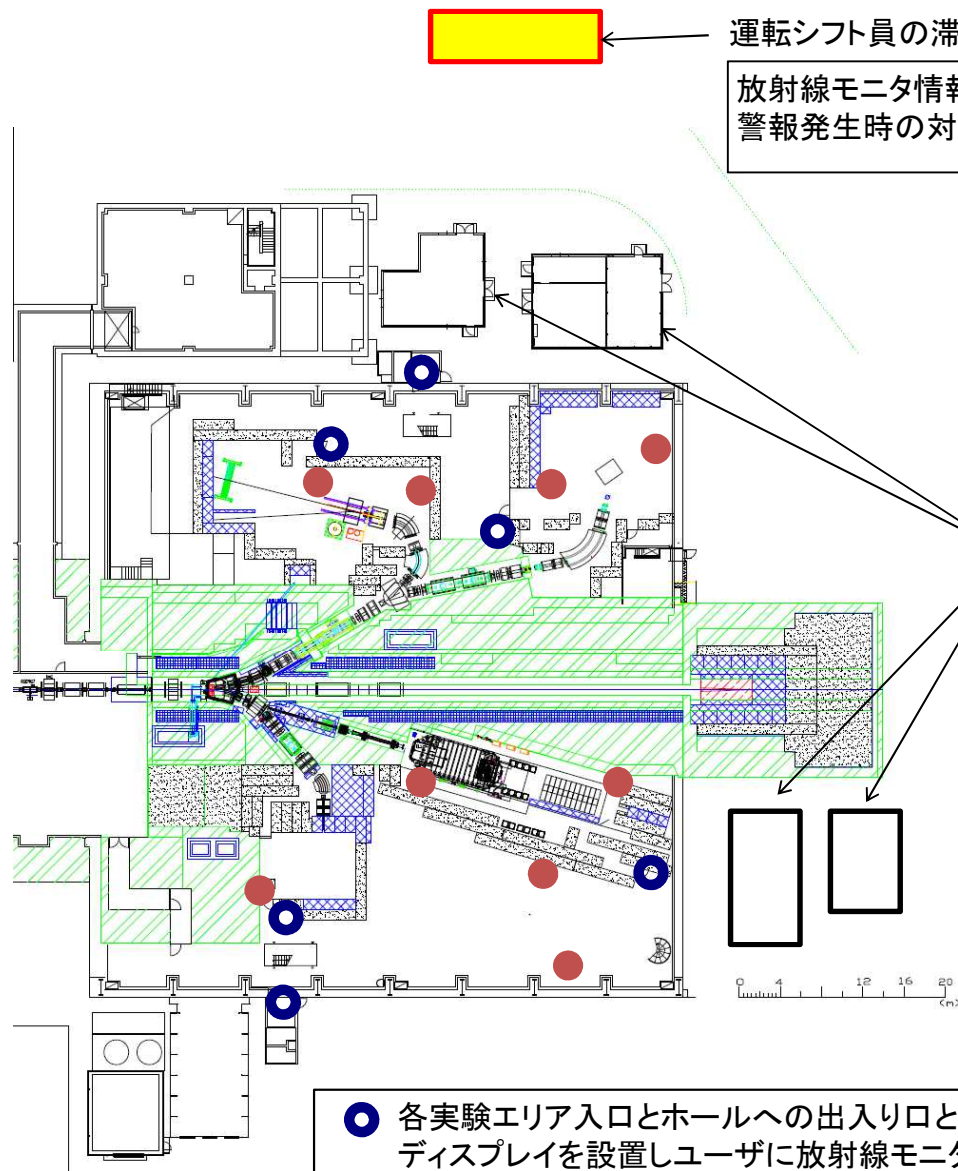
空間線量モニタ
(γ 線・中性子線)



放射線モニタ情報のユーザへの提供

中央制御棟にて
放射線モニタ情報を
集約します。
(全体監視)

● フラッシュランプと
スピーカを新設しました。



← 運転シフト員の滞在場所

放射線モニタ情報の監視、
警報発生時の対応を行います。

ユーザが滞在する
測定室のディスプレイにおいて
放射線モニタ情報の閲覧を
可能にします。



● 各実験エリア入口とホールへの出入り口となる汚染検査室に
ディスプレイを設置しユーザに放射線モニタ情報を提供します。
ディスプレイにはホール内の空気モニタと空間線量モニタ(6台)の
現在値とトレンドを表示します。

ハドロン実験施設での 再発防止策の実施状況 - まとめ

- ✓ 旧標的を撤去し、気密容器に入れた新しい標的を設置しました。
→ 標的で生成された放射性物質を閉じ込めます。
- ✓ 一次ビームライン境界の気密を強化しました。
→ 放射性物質を一次ビームライン室内に閉じ込めます。
- ✓ 実験ホールの空気を監視し、
排気する場合はフィルタを通す設備を設置しました。
→ 実験ホール内空気の排気を管理します。
- ✓ 実験ホール内に
ディスプレイ、フラッシュランプ、スピーカを設置しました。
→ 実験ホール内作業者に放射線モニタ情報を提供し、
事故発生時における迅速な退避を促します。