

有識者会議（第2回）の主なポイントと宿題項目

2013/07/19 r23

1. 重要な宿題

1-① 安全管理体制と緊急に実施すべき手順、事故対策計画を J-PARC から提示すること。

(矢野委員長)

この両方について、評価することが有識者会議のミッションである。

安全管理体制について、どのような体制の改善をいつ行うか、どういう風にしたい、通報するか、について洗い直したものを報告して欲しい。 (矢野委員長)

1-② ハドロン以外の各施設（加速器、物質・生命科学実験施設、ニュートリノ実験施設）

の第1種管理区域がどうなっているか、しっかり検証すること (矢野委員長)

1-③ 標的の観察について次回の委員会で議論する。 最終的には見るにしても、見るよりもしっかり放射線レベルを下げることが大事。 (矢野委員長)

- 密封性が保たれていないことが問題となっているのに、周辺の環境を壊してしまうのが本当に効率的かつ安全なのか。本当に必要なのかを考えて頂きたい。(中野委員)
- 事故全体の様相を調べるには標的を見る必要がある。スケジュールの中に適切に作業を組み込むよう検討することを J-PARC センターに要請したい。(井上部会長)

2. 事象に関連して

2-① 事故や故障は避けられないが、その先に起りうることを物理学者は想定できたはず。 想定できたはずの部分をきちんとレビューすること。今回の事故のみの対策ではなく、今後起こりうることを十分見越した上での安全対策を取って欲しい。次にまた想定外のことが起きてしまう恐れがある。 (永原委員)

→最大想定事象の検討

2-② 標的については、本来は密閉すべきである。少々乱暴なことをしても大丈夫なものを提供して欲しい。第1種管理区域の不備が一番の原因ではないか。

→再発防止策に取り込み

2-③ 2秒間でビームが取り出されるシステムで、5ミリ秒で取り出された原因の究明が最初にあるべき。原因が究明されれば、異常が起こってもビームが出ないようなフェールセーフ機能を構築できる。リスクアセスメント、FMEAをやっていただきたい。連続系なので、できれば HAZOP も。(高野委員)

→ハドロン施設の設計の評価として検討

2-④ (関連して、原因究明について) 小関氏が、電源の異常動作の原因は調査中である、と回答。今回起きた特殊なことが何故起こったかは調査中。その結果を報告する必要がある。

→ 当該ショットにおいては、電源は取り出し開始から 0.3 秒後に 159 A のステップ的な応答をしたことが確認されており、その際に電源では偏差異常(トラッキングエラー)と過電圧が発報している。原因調査の中でステップ応答の再現試験を行った結果、事故時と同じ 159A のステップ指令を与えるとエラーの発報も含め全く同様の応答をすることが確認されている。

電源内でステップ指令が出る可能性としては (1) 電源へのデジタル入力にエラービットが立った場合、および (2) 電源の出力許可信号がショット中に ON/OFF された場合がある。(1) については、電源がスピルフィードバックシステムから入力データを受け取るときに OE 変換で不具合が生じるとエラービットが立つ可能性がある。ただし、事故の当該ショットでエラービットが立っていたかどうかデータが残っていないためもはや確認できない。(2) の可能性は 100% 排除することはできないが、ショット中に出力許可信号が ON/OFF されることには現実的には極めて小さい可能性である。

以上のように、現状では当該ショットにおいてステップ的な指令となった原因はまだは明らかではない。電源へのフィードバックシステムからのデジタル入力に問題がなかったかについても調査を行っているが、今のところ原因となるような不具合は確認されていない。現在は、6 秒運転周期で長時間連続通電試験を継続しているところである。

2- ⑤ 放射線モニターの情報を適切に共有できるように、体制の整備と並行に進めるべ

き。（馬場作業部会委員）

→放射線安全、施設の安全系を同一箇所で確認できるよう監視設備を整備すると共に、放射線モニタの線量率增加を早期に把握できるような注意報を設定するなどの改善を図る。対応する作業グループを作り検討を開始した。

2-⑥ 自主的に避難した実験グループがある。そのグループがどういう経緯で、どういう情報を得て判断をして避難したか。その判断をどうして共有できなかったのかを調査して欲しい。（中野委員）

Q.それはどういう情報をもとに

まずは、ビーム使用の優先権を持っている実験グループからの、「ビームライン線量が高いためビームを止めて調べたい」という申し出があり、「何かが起こっている」という印象を持った。その後、フロア階および地上搬入ステージにあるエリアモニターで γ 線レベル（のみ）が異常に高い（ $4 \sim 6 \mu \text{Sv/h}$ ）ことを確認した。これが決め手となった。

Q.どう判断して、

γ 線レベルが高いため、用がない限りは外へ出たほうが良いだろと判断した。ただし、これが内部被ばくにつながっていると認識できる（放射性物質が飛び交っていると認識する）のは、ずっと後になった。中性子レベルが異常値を示していない（ほとんど0だった）ことも一緒に判断材料とすべきであったが、そこまで思いが至らなかった。

Q.どう情報を共有したか（しなかったか）、

とにかく目に付く人にはレベルが高いので外に出ようと働きかけた。また働きかけはホールの南側の人に限定され、北側の人にまで呼びかけに行かなかったのは、やはり事故を軽く見ていたことを否めない。また、しばらくハドロンホール外のコンテナで待機したが、そこへ来た人には線量が高いのでとどまらないほうが良い、と伝えた。

3. 安全管理体制の中で回答する項目

3-① 責任者の代理に権限移譲する体制になっていなかった。（井上部会長、高野委員の質疑の中で）

→新たな危機管理体制の中では、「注意レベル」での体制において、セクションレベルもしくはディビジョンレベルでの組織的な対応体制をとる。その中で、責任者不在時の権限移譲を明確にする。(安全管理体制、緊急時に実施すべき手順等の再確認)

3-② 安全文化上では、価値を共有することが大事。外に放射性物質を出さないことと余計な被ばくをさせないことが重要なポリシー。その基盤にあって良い実験がある。異常があったときに疑問に思う態度が重要。(高野委員)

→放射線障害予防規定、同細則、各施設運転手引に安全上のポリシーを明記する。「注意レベル」の体制を危機管理体制に組み込むことにより、兆候レベルでの組織的な対応をとる。(安全管理体制、緊急時に実施すべき手順等の再確認)

3-③ 不特定多数のユーザーが出入りする施設では、単純な組織と違う特殊性に応じた仕組みを考えないといけない。現場の責任者の権限を強くすべき(永原委員)

(関連) ユーザーからの情報が集まりやすいように。(中野委員)

→新たな危機管理体制の中では、各体制での指揮者がユーザー対応(情報共有、避難体制)を指揮する。(安全管理体制、緊急時に実施すべき手順等の再確認)

3-④ 運転するかの権限は加速器側でなく放射線安全管理の側にあるべき。実験者、加速器、放射線安全の体制はあり得ない。(矢野委員長)

→新たな危機管理体制の中では、各体制での指揮者ならびに運転再開判断者として放射線管理側(管理区域責任者、放射線管理室長)を組み込む。(安全管理体制、緊急時に実施すべき手順等の再確認)

3-⑤ 情報の共有と、その判断を全員が共有できるシステムを構築する(高野委員)

→新たな危機管理体制の中では、各体制での指揮者に情報を集約し、共有できる体制とする。(安全管理体制、緊急時に実施すべき手順等の再確認)

3-⑥ 警報処理手順を考えて欲しい。普段鳴らないことが鳴ったらどう対応するか、ということ(高野委員)

兆候を元に対応できる仕組みが必要。兆候が集まったときに情報が上に上がり、そこで判断する人が対応できる。ページングのような全館一斉に情報共有できる設備が必要。(高野委員)

→新たな危機管理体制の中では、「注意レベル」の体制を危機管理体制に組み込むことにより、兆候レベルでの組織的な対応をとる。(安全管理体制、緊急時に実施すべき手順等の再確認)

4. 周辺自治体との関連について

- 4-① 住民に対して「検討する」と答えたが、どういう検討をしたのかをすべて外部に説明できなければいけない。住民の納得を得られるように、一緒に考えていく姿勢が必要。
(内村委員)

→放射能の放出量を評価中。住民説明会での検討内容、状況を提示（別紙）。

以下はセンターの取組として検討する内容

- 4-② 村民に早く知らせる仕組みになっていなかったのか。風評被害を心配している。
J-PARC と村が共同で安全文化を築いてゆきたい。有識者会議で議論されている内容と、住民の理解に隔たりがあるように見える。信頼回復のためには、情報をどう正しく住民に伝えるかが課題である。（佐藤委員）
- 4-③ 村との情報共有の改善を。J-PARC と村長の間のホットラインも検討して欲しい。トップの姿勢が住民の安心感に大事。（佐藤委員） → 検討したい（池田センター長）

住民説明会で「検討する」「対応する」と回答した主な項目

項目	対応状況	備考	審議事項
モニタリングポストの増設	検討中	増設は出来ないが、現システムのデータや核サ研データとの有効リンクを検討中。	
エリアモニタの警報レベルの見直し	立案中	2段階警報の実装の方向で立案中。	▼
建物の改修、排風ファンの撤去、負圧管理	立案中	基本方針案を策定中。	▼
ターボバッテリシステムの気密化等の漏えい防止策の構築	立案中	基本方針案を策定中。	▼
通報基準の見直し、明確化、その周知徹底	立案中	基本方針案を策定中。	▼
手順書、マニュアル、MPSの対応等の見直し	立案中	基本方針案を策定中。	▼
安全管理体制の見直し、安全意識の向上、放射線に係る訓練、教育の徹底	立案中	基本方針案を策定中。	▼
大強度ピームを扱うことの理解、認識の樹立	検討中	どのような方法が良いのか検討中。	▼
リアルタイムに危険を住民に素早く知らせるシステム	検討中	どのようなシステムがあり得るのか、どのような情報が出来るのか検討中。	
地元自治体や国へ素早く通報できるシステムへ改善	立案中	基本方針案を策定中。6222を素早く。	▼
情報公開(事故原因、再発防止策・安全管理体制の構築など)の透明性を高めよ	検討中	どのような方法が良いのか検討中。	▼
これ以前のJ-PARCでの事故・トラブル情報を公表せよ	調査中	過去にさかのぼって集計中。	
説明会の追加開催、チラシや動画での説明、説明会に来られない人の説明、説明会の質疑の公開	一部実施	住民とのホットラインを実施する。未実施項目についてはどのような方法が良いのか検討中。	
インターネットを使わない人や自治会に入っていない住民への十分な情報伝達	試行中	東海村のコミュニティセンター(6か所)や図書館等に、事故に係る公表資料を備え付け、誰でも自由に閲覧できるようにした。	
素早い地元への説明、公表等の対応	検討中	どのような方法が可能なのか検討中。	

審議事項 有識者会議、作業部会で検討している項目

未検討	まだ検討に着手していない。
検討中	出来ないか検討しているが、まだ方針が出来ていない。
立案中	基本方針案を作っているところ。
調査中	実施を決定し、調査している。
準備中	案が出来て、実施の準備をしている。
試行中	案を試行している。
実施	実施方法が確定し、実施している。

作業部会長からの報告

J-PARCハドロン実験施設における放射性物質漏えい
事故検証に係る有識者会議

作業部会

事故対策計画 (再発防止策)

第3回有識者会議
2013/07/20 KKRホテル東京

1

放射性物質漏えいの発生と再発防止策

今回の漏えい事故を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

第4段階：ハドロン実験ホールへの漏えい

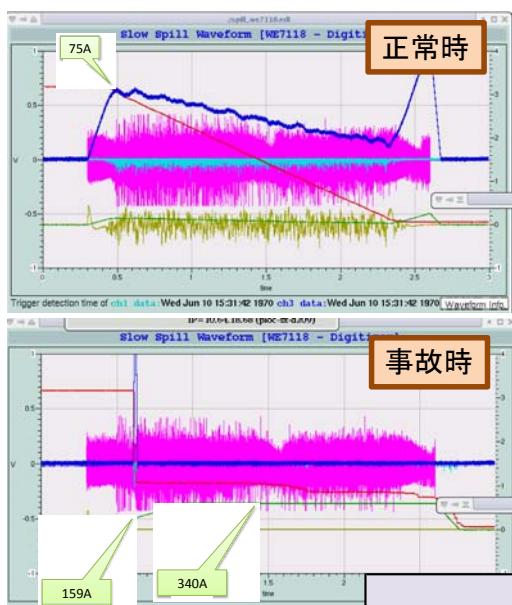
第2段階：標的の損傷

第3段階：一次ビームラインへの漏えい

第5段階：ハドロン実験
施設外への漏えい

2

第1段階: EQシステムの誤作動に関する再発防止策



○原因

遅い取り出し用電磁石電源が、指令信号に正しく応答せず、しばらくして突然大電流を電磁石に流した。

○事故時のEQ電源の振る舞い

- ・取り出し開始から約0.3秒間、指令値に応答せず。
- ・約0.3秒後に応答が回復。電源制御部は159 Aのステップ指令として応答。その際、過電圧と電流偏差異常(トラッキングエラー)が発報。
- ・その後の調査で、159 Aのステップ指令を送ると電源の応答は事故時を再現することを確認。
- ・最初の0.3秒間に指令値に応答しなかった原因を引き続き調査中。

○再発防止案

事象	現行	対策後
「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
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

偏差異常: 出力電流値の設定電流値からの逸脱

短パルスで取り出されるリスクに対する安全対策

事象	対策
連続運転時: FXキッカーの誤作動	FXキッカーの充電完了タイミングを以下の通り変更する。 取り出し開始前 → 取り出し終了直前
連続運転時: 発散用四極電磁石の非常停止	非常停止信号を検知したら 収束用四極電磁石を緊急停止 する。
加速器のビームスタディ	スタディ中はビームを ターゲットに当てず にビームダンプに導く。

FXキッカー: 速い取り出し用キッカー電磁石
(取り出しきれずに残るビームを捨てるために用いる)

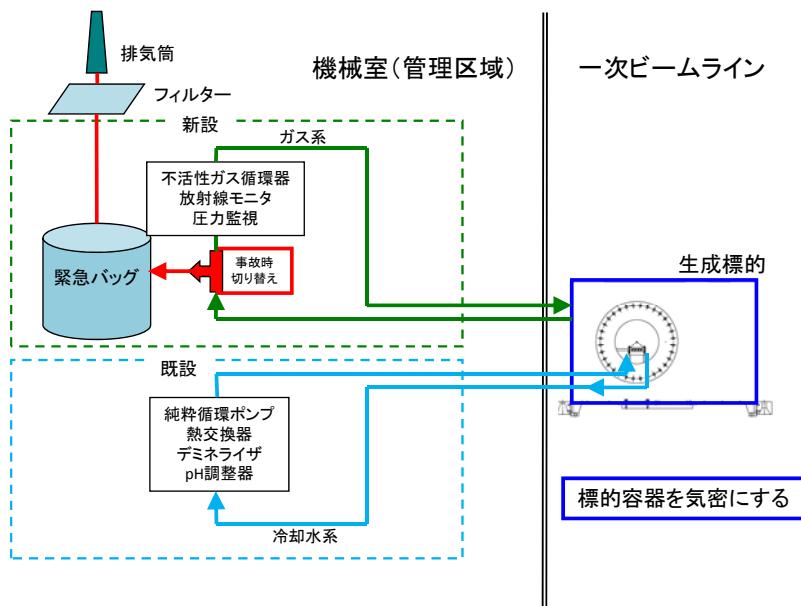
第2段階：標的の損傷、 第3段階：一次ビームラインへの漏えい

原因

- 太さ約1mmのビームが標的を貫通したことにより、5ミリ秒という短時間に大量のエネルギーが持ち込まれ、ビーム貫通部の金が瞬間に非常に高温になった。
 - 標的が密閉されていなかった。

再発防止策

- 標的容器を気密化する。
 - 標的容器内を不活性ガスで満たし、ガス循環系を新設する。
 - ガスの放射性物質濃度や圧力を監視する。
 - 標的の温度測定の時間間隔を短くし、しきい値を適正に見直す。
 - 二次粒子の収量を監視する。
 - 加速器調整中は標的を退避する。
 - 監視装置を拡充し、異常検知時にはビームを停止する。



標的装置の模式図

5

第4段階：ハドロン実験ホールへの漏えい

原 大

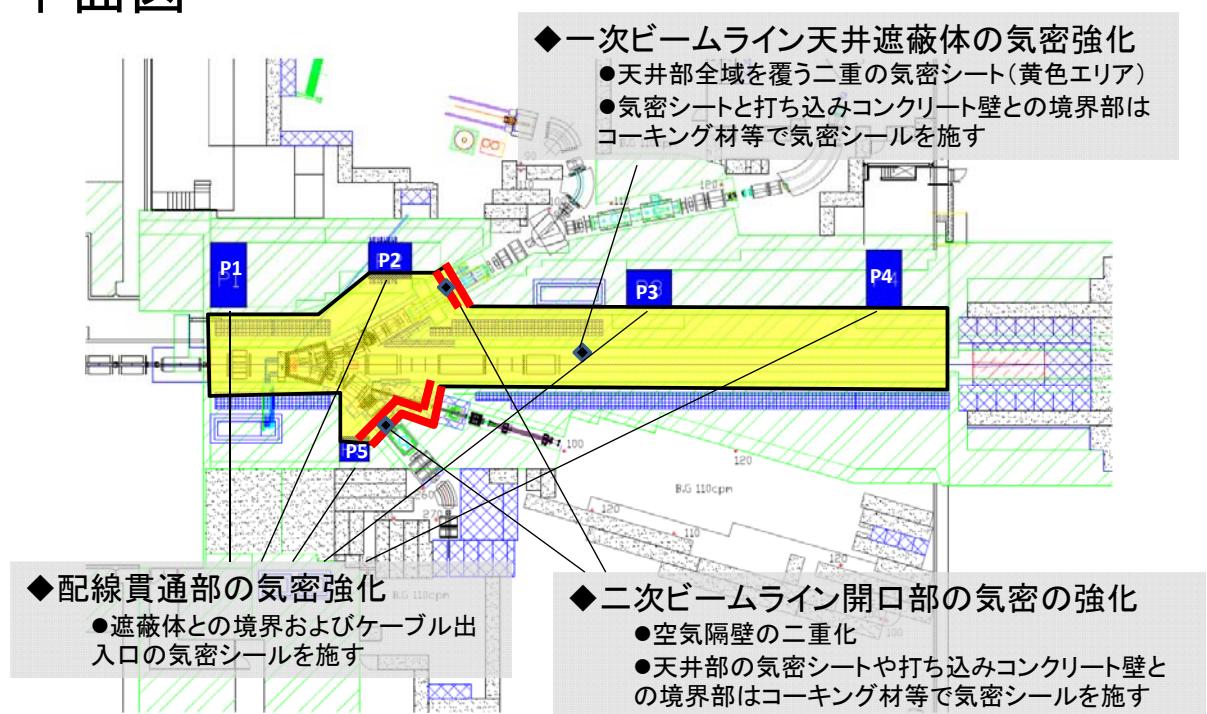
- 遮蔽壁の密封性が、放出された放射性物質の濃度に対して十分ではなかった。

再発防止策

- 一次ビームラインの空気遮蔽部の気密性能の強化
 - ✓ 一次ビームライン天井部気密シートの広域施工と二重化
 - ✓ 二次ビームライン開口部の空気隔壁の二重化
 - ✓ ケーブル貫通部の気密性能の強化と二重化
 - 一次ビームライン空気の放射能モニタの設置
 - ✓ 異常検知時にはビーム停止

第4段階:一次ビームライン室の気密強化

・平面図



7

第5段階:施設外への漏えい

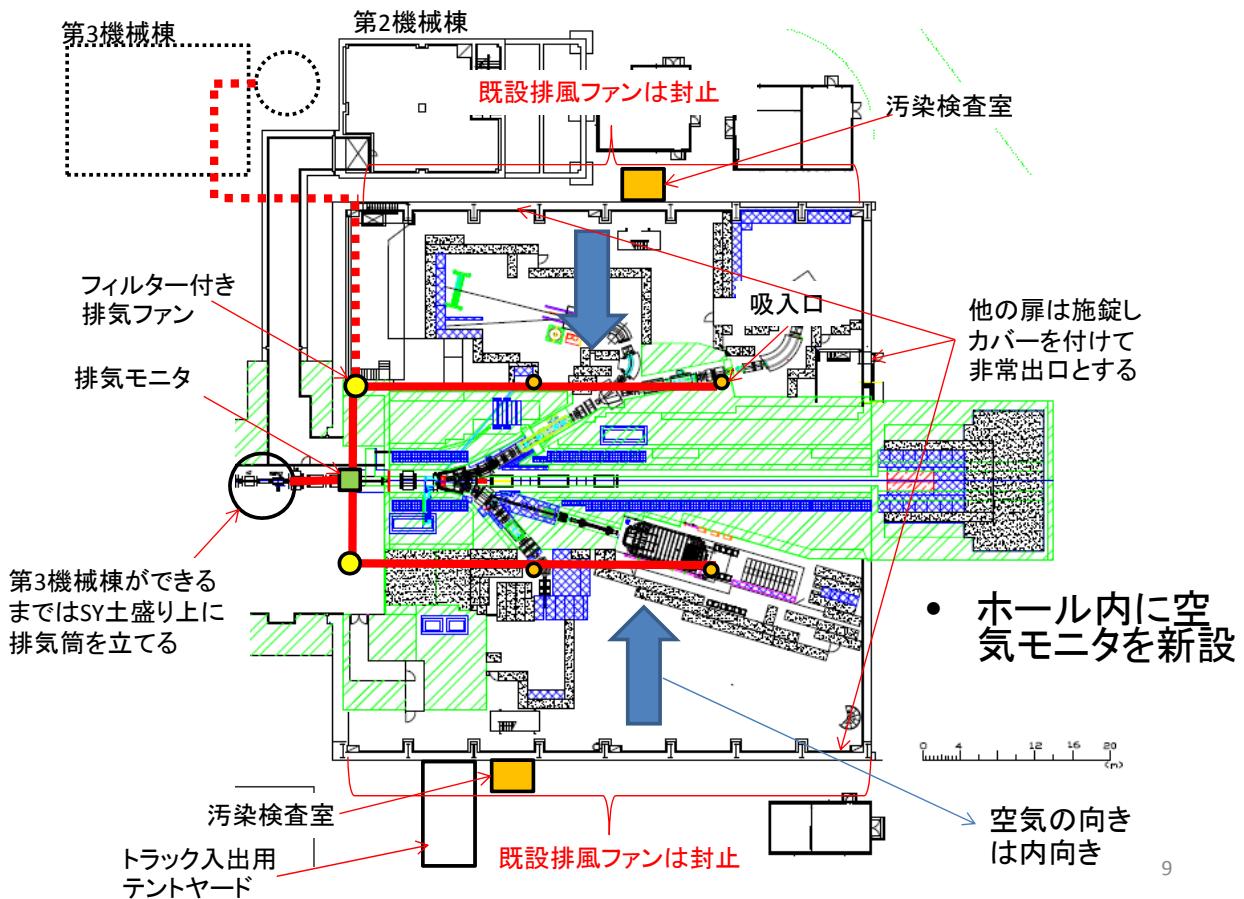
原因 排風ファンを回すことによって、漏えいした

再発防止策

- ・既設の排風ファンは封止。
- ・ホール内空気はフィルターを通してモニタしながら排気筒から排気。
- ・実験ホールに空気の放射能モニタを設置して、異常検知時にはビームを停止(ラドンなどの誤検出との区別が重要)。

8

第5段階：実験ホール建屋設備の改修



9

放射線安全管理設備の改善

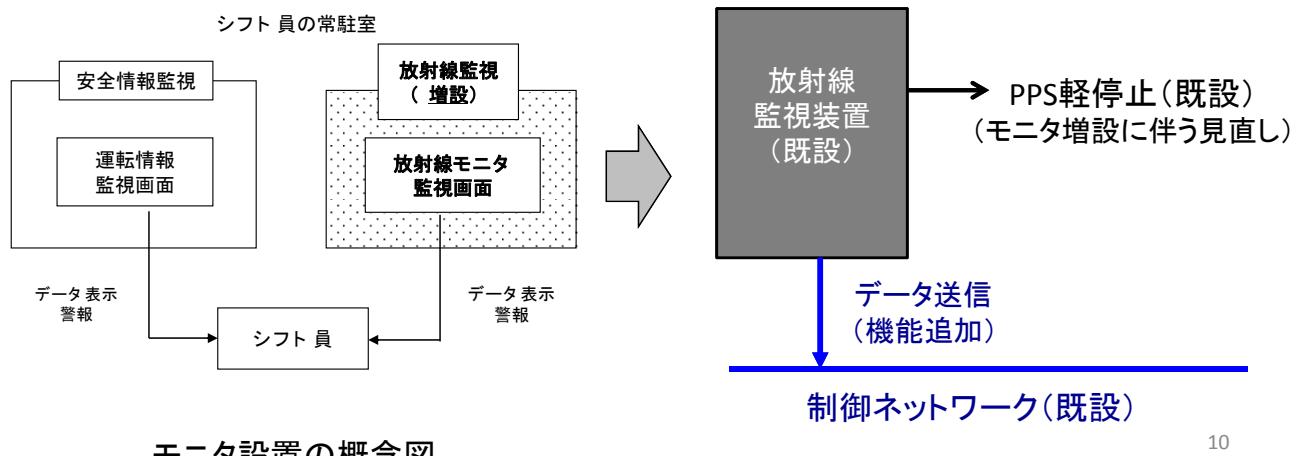
当面の対応(案)

- KEK側モニタにも警報機能を追加。
- 表示端末を必要箇所に増設し、シフト員等にモニタ情報を提供する。

中期的対応(案)

- 制御ネットワーク上でのモニタデータ提供について、各施設と協力して検討を進める。

データ提供スキームの例



10

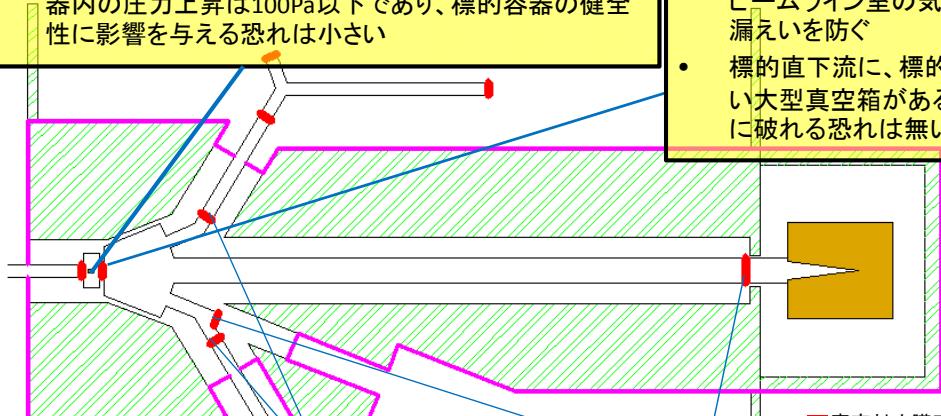
ハドロン最大想定事象

①瞬間に大強度のビームが照射されて標的金属が融解・蒸発した場合

- 標的容器の気密構造により一次ビームライン室への漏えいを防ぐ
- 標的金属が全部蒸発したという極端な想定でも標的容器内の圧力上昇は100Pa以下であり、標的容器の健全性に影響を与える恐れは小さい

②同時に標的容器の真空膜が破れた場合

- 一次ビームラインの真空ダクト内に放射性物質が漏えい
- 真空ポンプの電磁弁を閉じることにより一次ビームライン室への漏えいを最小限に食い止め、一次ビームライン室の気密構造により実験ホールへの漏えいを防ぐ
- 標的直下流に、標的容器より1ケタ以上容積の大きい大型真空箱があるため、その先の真空膜がさらに破れる恐れは無い



万が一、複数の真空膜が破れるというようなことが起きたとしても、放射性物質は一次ライン室内に閉じ込められる

③(a)さらにK1.8、K1.1の真空仕切り膜が破れた場合

- 二次ビームライン下流側の真空ダクト内に放射性物質が漏えい
- 真空ポンプの排気を一次ビームライン室へ返すことで、実験ホールへの漏えいを防ぐ

③(b)さらにKLもしくはダンプ前の真空封止膜が破れた場合

- 一次ビームライン室、ダンプ室に放射性物質が漏えい
- 一次ビームライン室、ダンプ室の気密構造により実験ホールや外への漏えいを防ぐ

11

事故対策計画 まとめ

今回の事故を受け、各段階における安全対策を計画

- 第1段階:異常なビームの取り出し
 - EQ電磁石への再発防止策
 - ・過大な電流が出ないようにする、異常をより厳しく検知する、他
 - ・短パルスで取り出される潜在的リスクに対する安全対策
- 第2段階:標的の損傷、第3段階:一次ビームラインへの漏えい
 - 標的容器の気密化、標的容器内のガス循環系の新設
 - ガスの放射性物質濃度や圧力監視
 - 標的の温度測定の時間間隔を短くする、他
- 第4段階:ハドロン実験ホールへの漏えい
 - 一次ビームラインの空気遮蔽部の気密性能の強化
 - 空気の放射能モニタの設置 → 異常検知時にビーム停止
- 第5段階:施設外への漏えい
 - 既設の排風ファンは封止
 - ホール内空気はフィルターを通してモニタしながら排気、他
- 放射線安全管理設備の改善による監視画面の一元管理

12

作業部会長からの報告

J-PARCハドロン実験施設における放射性物質漏えい
事故検証に係る有識者会議

作業部会

安全管理体制及び緊急時に実施すべき手順等の問題点

第3回有識者会議
2013/07/20 KKRホテル東京

1

第2回有識者会議での指摘事項

- **異常の兆候**を見逃さずに対応する体制を構築すること
 - 「兆候ベース」の対応を
 - いつもとちょっと違うと疑問に思うことが非常に重要
- 「想定外」のない安全対策を
- **情報とその判断**を全員が**共有**できるシステムを構築すること
- 施設運転の判断は加速器側でなく**放射線安全管理**の側にあるべき
- **現場責任者の権限**を強化すること
 - 多数のユーザーが出入りする施設であることを鑑みよ
- 責任者が不在の場合の**権限移譲**を明確に

2

ハドロン事故対応の問題点

- 初期に発生した数々の「異常の兆候」を見逃した。
 - ターゲット損傷とそれに伴う放射線事故の想定がされていなかった。
 - 兆候段階での組織対応が定められていなかった。
 - 関係者間で情報を共有する体制がなかった。
- 事故の認識が遅れ、通報の遅れをまねいた。
 - 通報に関する基準があいまいだった。
 - 通報に関する判断を安全ディビジョン長のみに負わせていた。
- 実験ユーザー等の避難に対する、指揮体制がとれていなかった。
- 施設管理責任者等が現場に不在だった。

J-PARCハドロン実験施設における放射性物質漏えい
事故検証に係る有識者会議
作業部会

安全管理体制及び緊急時に実施すべき手順等の改善策
(作業部会からの指摘を受けて)

第3回有識者会議
2013/07/20 KKRホテル東京

1

新しい安全管理体制

- 「異常の兆候」に組織として対応するための「注意体制」を新たに設定するとともに、「非常体制」における安全統括機能を強化する。
- 初期事象のレベルに応じて、3段階で指揮、情報収集、連絡等の体制を構築する。
 - ① 基本体制
 - 通常の運転体制
 - シフトリーダー(運転員のリーダー)が指揮
 - ② 注意体制
 - 「異常の兆候」があった場合の体制
 - 「施設管理責任者」が指揮
 - 安全ディビジョン長ではなく、各施設管理責任者が指揮をとる体制に変更
 - ③ 非常体制
 - 事故等が発生した場合の体制
 - 安全統括機能の強化
 - 緊急対策本部を設置し、センター長が指揮

2

新体制によるハドロン事故時の初期対応

事故発生時の実際の初期対応		新体制における初期対応(想定)		
～11:55	加速器の電磁石電源装置の異常信号によりビーム自動停止		～11:55	加速器の電磁石電源装置の異常信号によりビーム自動停止。運転員らは運転画面など*で、あらかじめ想定された「注意レベル」に相当する異常であることを認識。 *ハードの部分的な改良を前提
～12:08	電源装置をリセットし、正常に動くことを確認してビーム運転を再開 この間、数種の異常の兆候を示す事象あり。	基本体制	～11:56 ～12:10 ～12:20 ～12:30 ～12:50	運転員らは、関係施設と放射線安全の各責任者に連絡。 連絡を受けた責任者等が中央制御室に集まる。ハドロン施設管理責任者の指揮の下、情報の集約・分析を行う。 ターゲットが損傷し、一部の放射性物質が漏えいした可能性を認識。ハドロン施設管理責任者の指示の下、実験者の避難誘導を開始。 緊急連絡先に通報、現地対策本部・現場指揮所を開設 原子力規制委員会、茨城県、東海村及び地方自治体などに報告を発信
～13:30	ハドロン実験ホール内のガンマ線モニタの線量率上昇を確認			

注意体制について

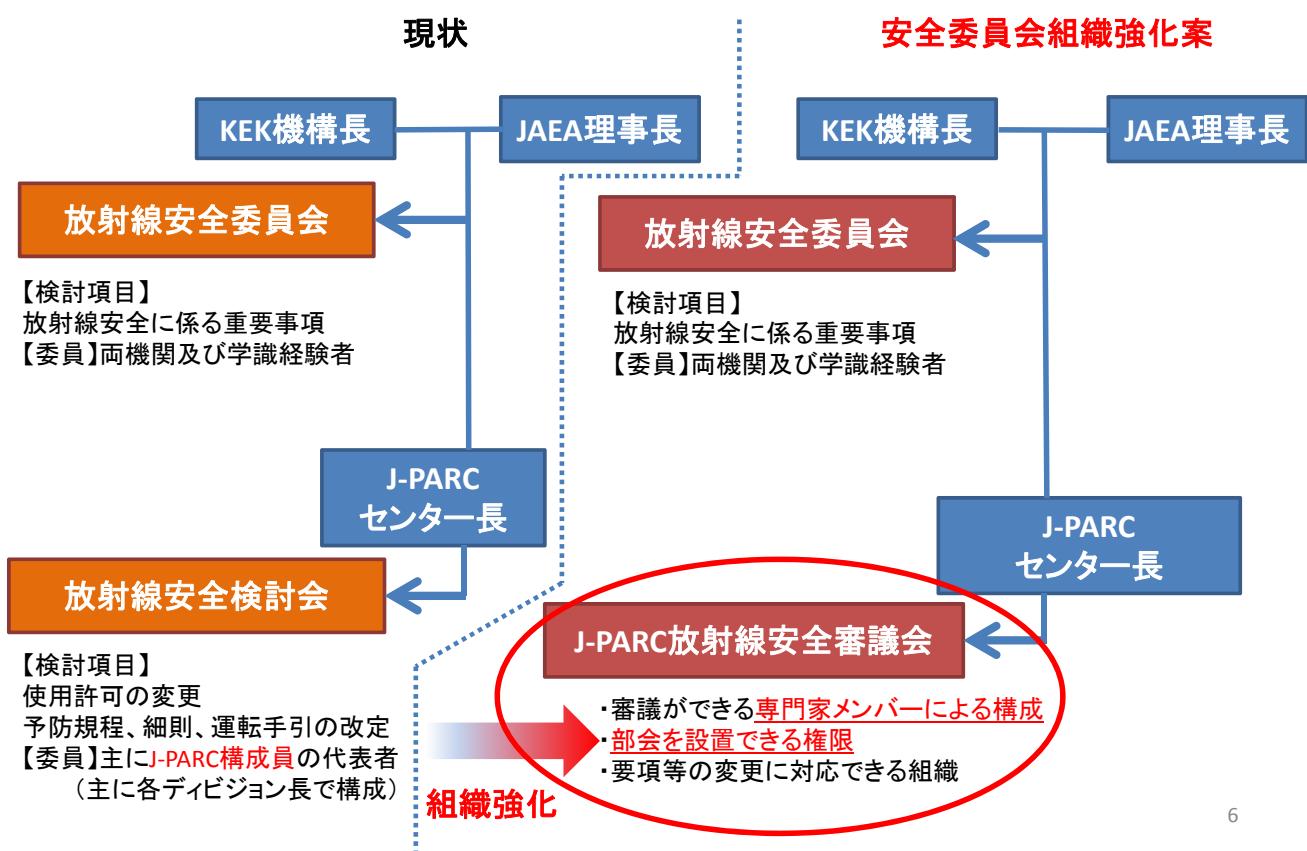
- 異常の兆候が発生した場合、シフトリーダーは「注意体制」を立ち上げるために、**施設管理責任者**および**放射線管理責任者**を制御室に招集する。
 - 異常に対する**想定**を十分行い、運転員が「注意レベル」の異常の発生を即座に把握できるシステムをハード・ソフト両面で準備する。
 - 施設管理責任者等は、即座に招集に応じられるようにする。
 - 不在時に備え**代理者の指名順位**を明確にしておく。
- 施設管理責任者が全体を指揮する。**
- 施設管理責任者と放射線管理責任者は、制御室において**情報を共有**するとともに、協力してそれらの集約・分析にあたる。
 - 運転の再開にあたっては、**放射線管理責任者の同意**を必須とする。
- 情報集約・分析の結果、放射線事故等につながる異常に相当すると判断された場合は、**即座に非常体制に移行**する。
 - 判断の責任は、施設管理責任者が負う。**
 - 施設管理責任者は、必要に応じて**ユーザーの避難誘導**の指揮をする。

「運転手引」の改定

- 施設管理責任者は、新しい「安全管理体制」に従って、運転手引を改定する。
 - 異常に関する想定・評価を行った上で、「注意体制」となる事象について明記する。
 - 責任者不在時の代理者の指名順位を明確にする。
 - 非常体制に移行するための通報に該当するかどうかの判断基準を明記する。
- 改定内容については「放射線安全審議会(仮)」で審査・検討する。
 - その際、現行の審査体制を大幅に見直し強化するものとする。

5

放射線安全に関わる検討・審査体制の強化



6

まとめ

- ・緊急時に実施すべき手順等

- 異常の兆候に組織的に対応するために、新たに**注意体制**を構築する。
 - 注意体制における指揮者を**施設管理責任者**とし、非常体制への移行、通報、ユーザーの避難誘導等に関する責任をもつ。

- ・安全管理体制

- 安全に関して強力な権限をもつ**安全統括部門**を新設する。
 - 放射線安全に関する**検討会等**の在り方を見直して、実質的な審査・検討ができる**体制に強化**する。

作業部会長からの報告

J-PARCハドロン実験施設における放射性物質漏えい
事故検証に係る有識者会議

作業部会

ハドロン以外の施設の健全性の評価

- ・物質・生命科学実験施設
- ・ニュートリノ実験施設
- ・加速器施設

第3回有識者会議
2013/07/20 KKRホテル東京

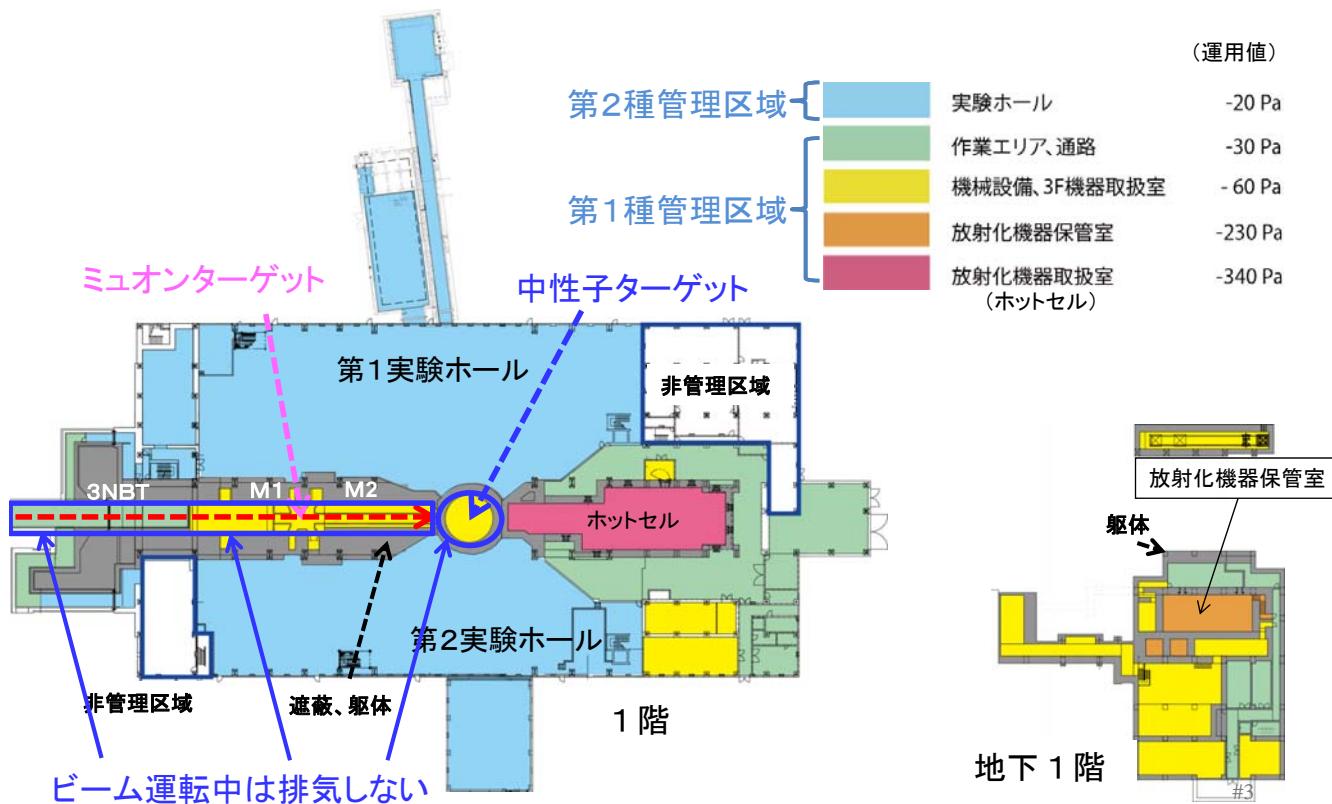
1

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(最大想定事象)
 - 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
 - 標的是真空チャンバー内に設置(最大想定事象)
 - 真空排気ラインの遮断弁閉止機能、真空ポンプ停止

2

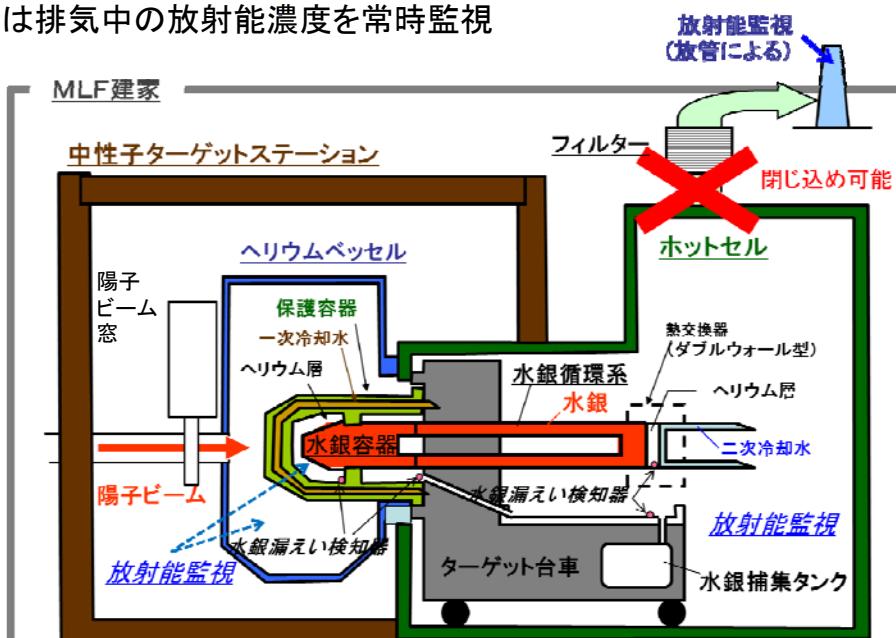
物質・生命科学実験施設の負圧管理



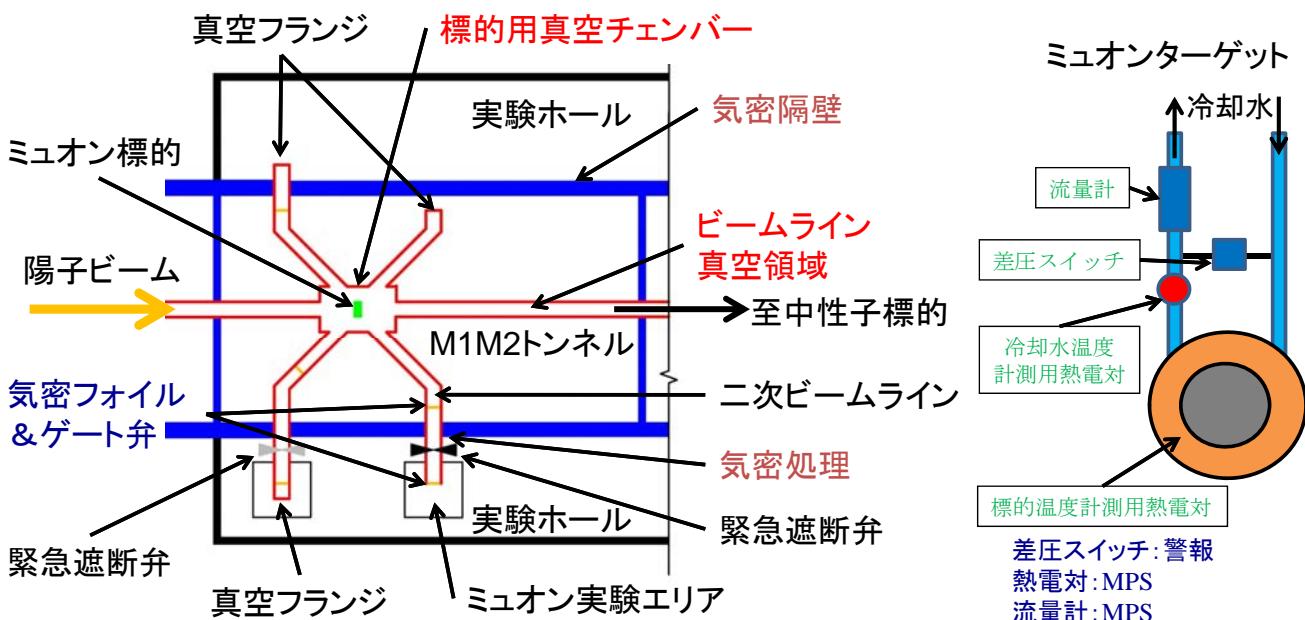
2階、3階部も同様に段階的な負圧区分を設定して運用。

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



ミュオンターゲットの多重防護

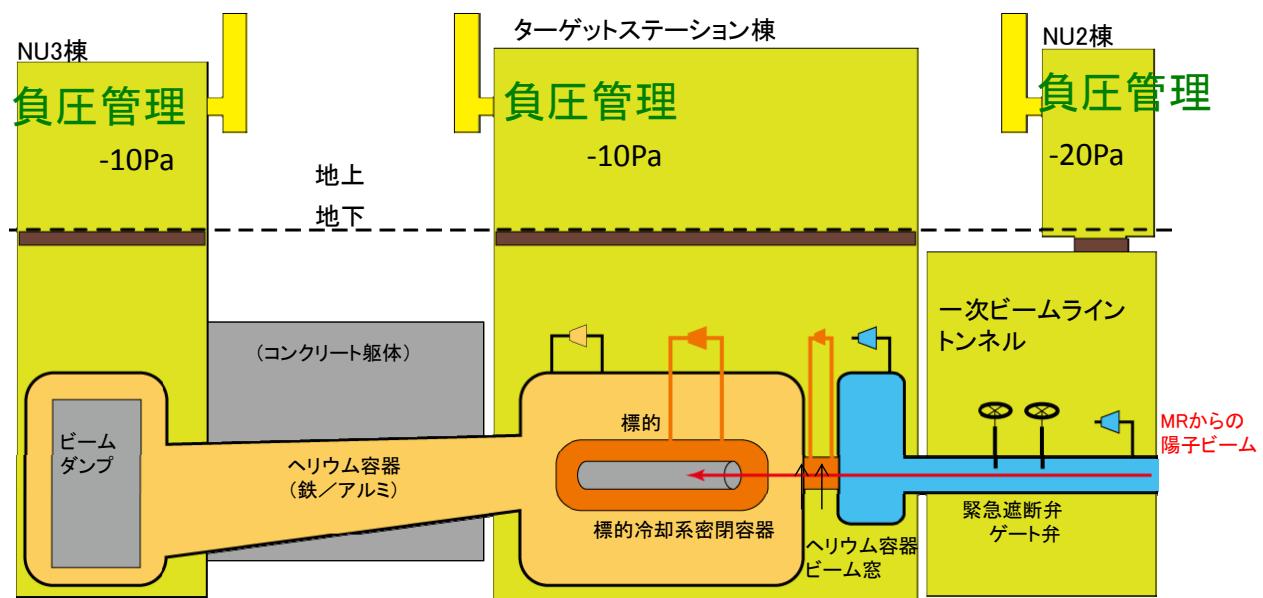


- ミュオンターゲット(2cm厚の黒鉛)は**標的用真空チャンバー**内に収納
- 真空劣化時には緊急遮断弁及びゲート弁が閉
- M1M2トンネル境界は**気密処理**

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

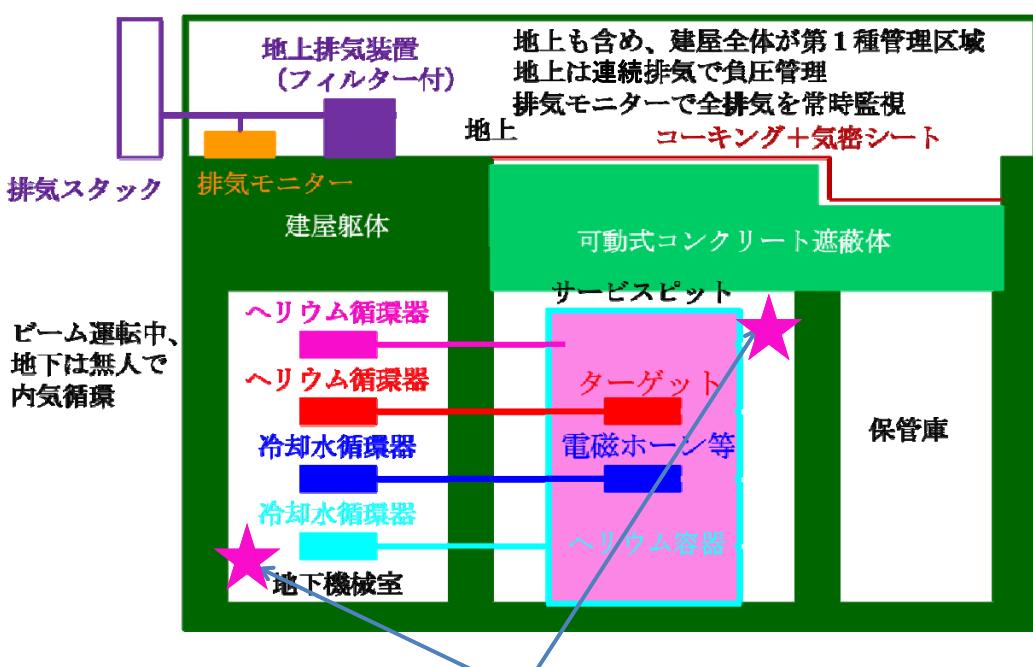
ニュートリノ実験施設の多重防護



- 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(最大想定事象) 7

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。

ターゲットステーションの漏えい防護



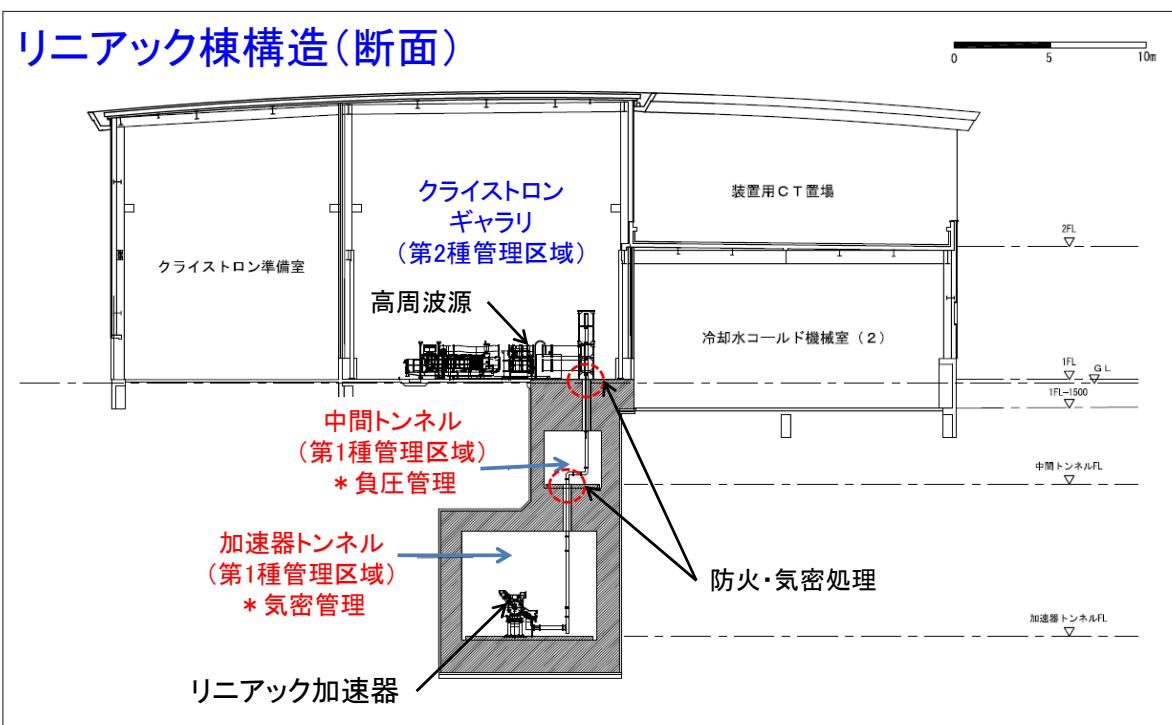
空気モニター
(万が一ヘリウム容器から放射性物質漏えいが有った場合検知できる)

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系統のみ運転
 - 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

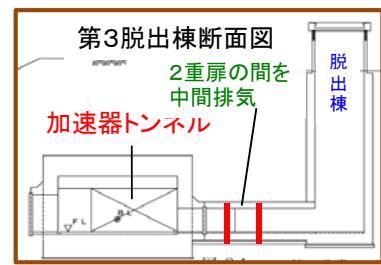
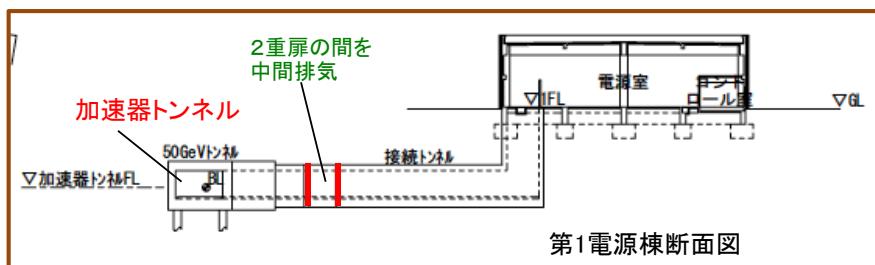
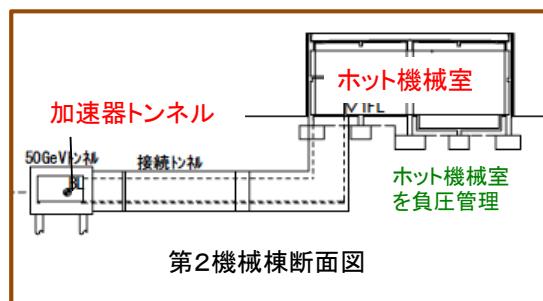
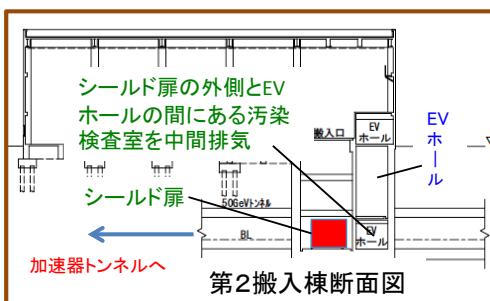
9

リニアックの漏えい防護



3GeVシンクロトロンでも同様の区域境界、負圧管理を実施

50GeVシンクロトロンの漏えい防護



その他の境界でも同様の負圧管理・中間排気を実施

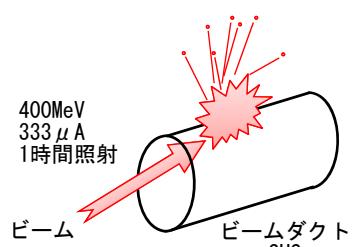
11

リニアックにおいて、ビーム運転中に発生すると想定される重大事故

● 想定事象

LinacにおいてビームをSUS製のビームダクトに照射し続け、放射化したビームダクトの一部が昇華して加速器トンネル内に放出した。それに気付かず、ビーム停止2時間後に排気を開始した。

ビームエネルギー	: 400MeV
平均電流	: $333 \mu A$
照射時間	: 1時間
冷却時間	: 2時間
漏えい場所	: L3BT トンネル ($2500m^3$)
ビームダクト材質	: SUS



生成核種、濃度、法で定める排気中濃度限度との比、及びその合計（ビーム照射2時間後）

代表的な生成核種	濃度 (Bq/cc)	法令値との比	各生成核種の法令値との比の合計
Mn 56	4.7×10^{-4}	4.7×10^{-1}	
Fe 52	7.1×10^{-6}	3.6×10^{-2}	
Mn 52	3.1×10^{-6}	3.5×10^{-2}	
etc.	---	---	$7.0 \times 10^{-1} < 1$

仮に1回の排気だけで生成された全ての放射性物質を管理区域外に放出したとしても、生成核種ごとの濃度と法で定める排気中濃度限度の比は1を下回る。また、すべての核種の比を合算しても、1を下回る。

12

ハドロン以外の施設の健全性の検証

まとめ

➤ 物質・生命科学実験施設

- ・放射線管理区域区分: ターゲットは第1種管理区域
- ・区域境界の漏えいに対する防護
 - 放射線管理区域に段階的な区分で負圧管理
- ・中性子ターゲットの損傷(破損)による漏えいに対する防護(最大想定事象)
- ・ミュオン標的損傷による漏えいに対する防護(最大想定事象)

➤ ニュートリノ実験施設

- ・放射線管理区域区分: ターゲットは第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は連続排気・負圧管理
- ・標的損傷による漏えいに対する防護(最大想定事象)

➤ 加速器施設

- ・放射線管理区域区分: 加速器トンネルは第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の間の領域を連続排気、負圧管理

以上、放射線管理区域区分、区域境界の漏えいに対する防護、標的損傷に対する漏えい防護に対し、健全性を検証した。

作業部会長からの報告

J-PARCハドロン実験施設における放射性物質漏えい
事故検証に係る有識者会議

作業部会

標的の観察について

- ・標的の直接観察が必要な理由
- ・空気中のヨウ素除去の状況

第3回有識者会議
2013/07/20 KKRホテル東京

1

標的の直接観察が必要な理由

1. 今後の対策を考える上で、「短時間に大量の陽子ビームが入射したことにより、金の内部で急激な温度上昇が発生し、一部に融解・蒸発が起こり、標的内に蓄積されていた放射性物質が放出された」という原因の解析・推定が正しいことを確認し、特に以下の点に留意して直接観察を行い、再発防止の詳細設計に役立てる。
 - 金標的下流側の損傷状況（損傷範囲の確認）
 - 金部分に設けられたスリット部の状態（標的からの放出経路）
 - 金と銅ブロックの接合部分の状態
 - 標的容器内部や周囲の状況（融解・蒸発の痕跡・漏えい経路）
 - 下流側ベリリウム膜の状態（損傷の可能性）
2. 標的近傍および周辺の汚染状況を調査し、漏えい経路についての知見を得、今後の再発防止策に役立てる。

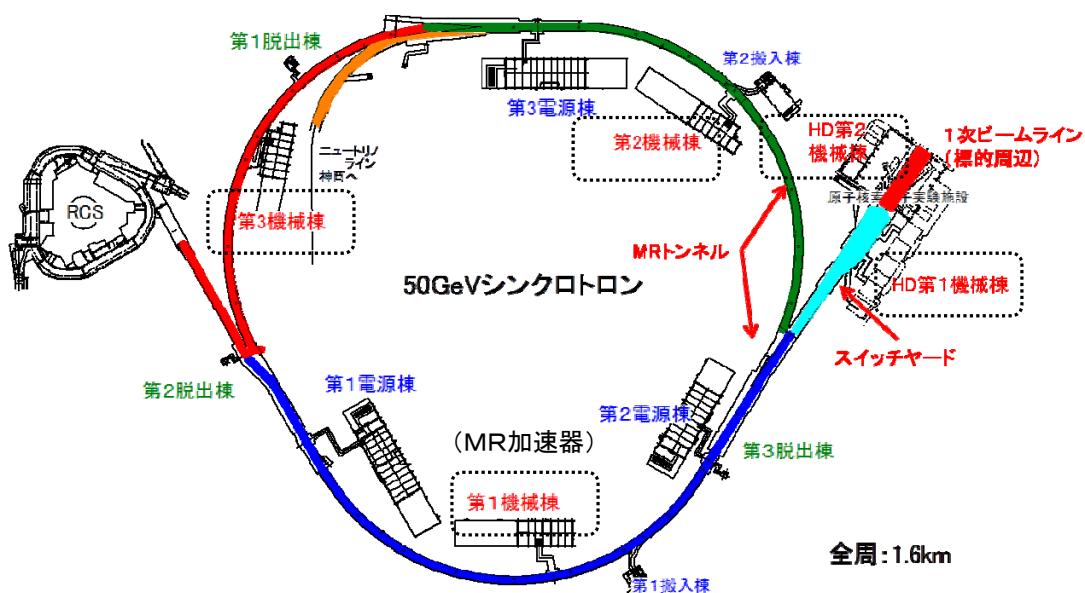
2

空気中のヨウ素除去の状況

金標的の調査を進めるにあたり、放射性物質の拡散防止等の観点から、空気中の放射性物質の濃度の低減を図る。このため、チャコールフィルタを設置し、トンネル内の空気を循環させて濃度の低減状況を測定した。

3

機械棟の配置図



- 2013/07/11 ハドロン第1機械棟のHEPAフィルターをチャコールフィルターに交換
- 2013/07/14 他の機械棟のHEPAフィルターをチャコールフィルターに交換

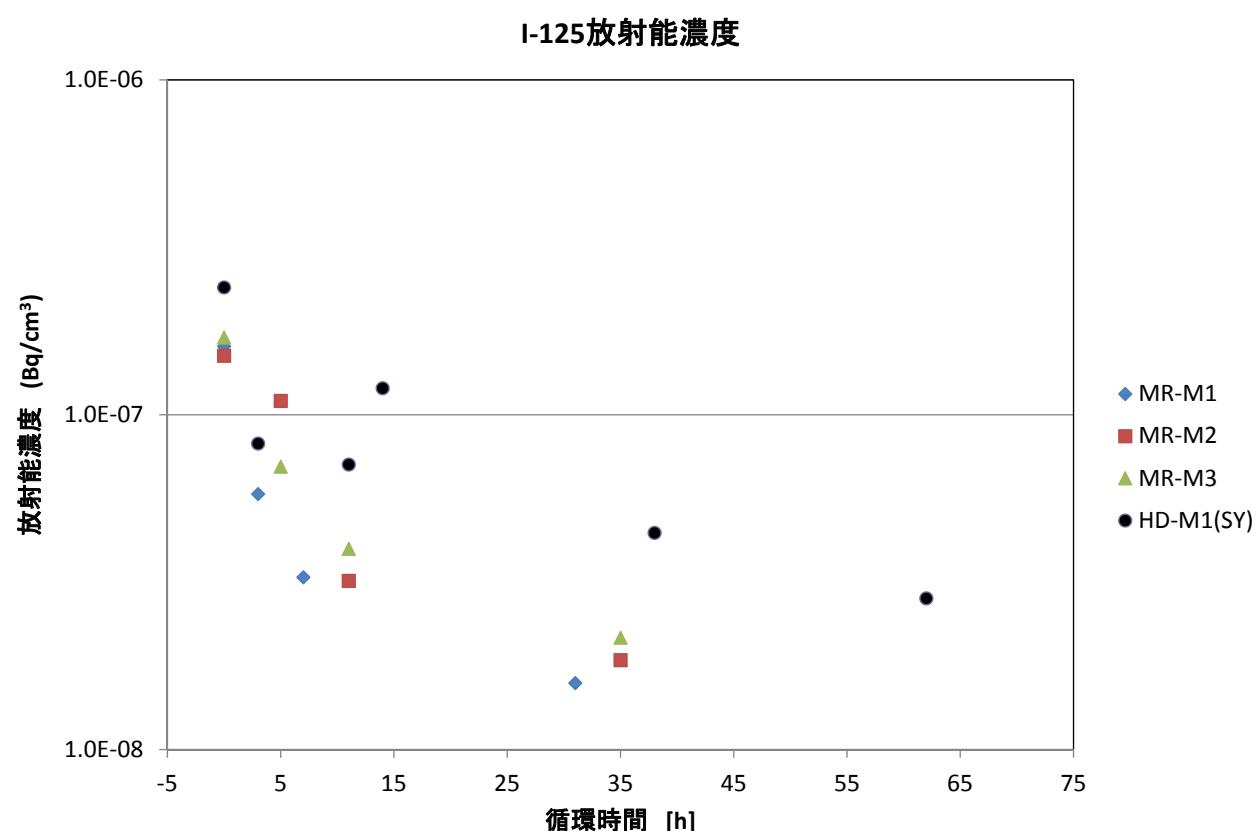
4

サンプリング空気中放射能濃度(I-125, [Bq/cm³])

	MR-M1	MR-M2	MR-M3	HD-M1
交換前	1.6×10^{-7} (2013/07/10)	1.5×10^{-7} (2013/07/09)	1.7×10^{-7} (2013/07/09)	2.4×10^{-7} (2013/07/08)
2013/07/11	—	—	—	8.2×10^{-8} (3時間循環)
2013/07/12	—	—	—	7.1×10^{-8} (11時間循環)
2013/07/16	5.8×10^{-8} (3時間循環)	1.1×10^{-7} (5時間循環)	7.0×10^{-8} (5時間循環)	1.2×10^{-7} (14時間循環)
2013/07/17	3.3×10^{-8} (7時間循環)	$<1.8 \times 10^{-8}$ (11時間循環)	4.0×10^{-8} (11時間循環)	4.4×10^{-8} (38時間循環)
2013/07/18	1.6×10^{-8} (31時間循環)	1.9×10^{-8} (35時間循環)	2.2×10^{-8} (35時間循環)	2.8×10^{-8} (62時間循環)

・チャコールフィルターに交換した効果が十分に得られている。

* 循環時間はフィルター交換後トータルの時間



J-PARC ハドロン実験施設における放射性物質漏えい事故検証に係る有識者会議
作業部会報告書 目次 (案)

要約

はじめに

報告書本文

1. 放射性物質漏えい事故発生の概要

2. 事故原因

2. 1. 事故の経緯と原因 (ハードウェア)

2. 1. 1. MRからハドロンホールへの予期せぬ短パルスビームの照射

2. 1. 2. 二次粒子発生用標的の損傷

2. 1. 3. ハドロンホール建屋内の放射線管理にかかるハードウェア

2. 1. 3. 1. 管理区域の種別

2. 1. 3. 2. 漏えいの原因

2. 1. 3. 3. 遮蔽壁の密閉性

2. 1. 3. 4. 換気設備の妥当性

2. 1. 4. 第2種管理区域内のエリアモニタおよび区域境界のモニタリングポストについて

2. 1. 4. 1. 放射線検出に係わる経緯

2. 1. 4. 2. ハドロン実験室の放射線監視設備と検出記録

2. 2. 安全管理体制面

2. 2. 1. 国への法令報告の遅れとそれに係わる判断基準

2. 2. 2. 管理区域内への放射性物質の漏えいへの対応

2. 2. 3. 作業員の被ばくへの対応

2. 2. 4. 管理区域の外部への放射性物質の漏えいの対応

2. 2. 5. 課題の抽出

3. 汚染および被ばく

4. 周辺への影響評価

4. 1. 空気試料中の放射性核種分析

4. 2. 総放出量評価

4. 3. 周辺環境の線量評価

5. 再発防止策

- 5. 1. 遅い取り出しビームスピル整形 EQ 磁石電源の再発防止策
 - 5. 1. 1. EQ 電磁石の役割と EQ 電磁石電源系の構成
 - 5. 1. 2. EQ 電磁石電源系の誤動作
 - 5. 1. 3. EQ 電源系の誤動作調査から推定される誤動作の推定
 - 5. 1. 4. 再発防止策
- 5. 2. ハドロン実験施設における放射性物質漏えいの再発防止策
 - 5. 2. 1. 標的装置
 - 5. 2. 2. 一次ビームライン室
 - 5. 2. 3. 実験ホール
- 5. 3. 放射線情報の共有化

6. 他施設の健全性の検証

- 6. 1. 加速器施設
 - 6. 1. 1. リニアック
 - 6. 1. 2. 3 GeV シンクロトロン (RCS)
 - 6. 1. 3. 50 GeV シンクロトロン (MR)
- 6. 2. 物質・生命科学実験施設
 - 6. 2. 1. 管理区域
 - 6. 2. 2. 放射性物質の漏えい防御システム
 - 6. 2. 3. 陽子ビームの輸送
- 6. 3. ニュートリノ実験施設

7. 安全管理体制および緊急時対応に係る問題点と対策方針

- 7. 1. 異常対応体制の再構築
- 7. 2. 放射線安全上の審査体制の見直し

8. おわりに