

## 大強度陽子加速器施設 J-PARC ハドロン実験施設における放射性物質の漏えいについて（第三報）の概要

大強度陽子加速器施設 J-PARC（茨城県東海村）を共同運用している日本原子力研究開発機構（JAEA）と高エネルギー加速器研究機構（KEK）は12日、放射性物質漏えい事故（5月23日発生）に関する報告書（第三報）を原子力規制委員会に提出しました。第二報（6月18日）以降に調査・判明した事実などに加え、事故検証のための有識者会議で審議いただいている内容を反映させたハード、ソフト両面にわたる再発防止策について盛り込んでいます。

概要は以下の通りですが、詳細については報告書本文を参照して下さい。

### ■事故の発生・進展状況（本文4章）

- J-PARCの50GeVシンクロトロンของビーム取り出し用電磁石の誤作動により、わずか1000分の5秒間という短時間に約20兆個の陽子が取り出され（本来は2秒間かけて約30兆個）、ハドロン実験施設内の金標的（6mm×6mm×66mm）に照射された。
- 金標的は冷却水で除熱される仕組みになっていたが、瞬時の大量陽子照射で除熱が間に合わず、シミュレーションによれば標的中心部の温度は2000℃を超えたと推測された。（本文7.1.2章）
- 金標的の一部が損傷し、標的中の放射性物質が大気中に飛散したと考えられる。標的容器は気密性がなかったため、これら放射性物質が一次ビームライン室に拡散した。
- 一次ビームライン室の気密が不十分だったため、放射性物質がハドロン実験ホール内に漏えいし、作業員が被ばくした。（実験ホール内に漏えいした主な放射性核種と放射エネルギーを精査したリストは表5-1参照）
- ハドロン実験ホールの排風ファンを運転したために、ホール内の放射性物質を管理区域外に漏えいさせた。
- 管理区域内にとどまる汚染であり、被ばくも管理基準以下であるため、報告事象ではないと誤った判断をした。このため、翌日に管理区域外への漏えいが確認されるまで通報が遅れた（これらの経過の詳細は別添の時系列による判断分析表参照）。

### ■管理区域内での放射性物質漏えいと作業員の被ばく（本文5章）

- ハドロン実験ホール内で採取した空気試料を継続して測定しており、半減期解析等を併用して詳細にデータを解析し、放射性核種と放射能比を見直した。更に、ハドロン実験ホール内エリアモニタの実測値を基に、シミュレーションコードを用いてハドロン実験ホール内に漏えいした放射性物質の総量を約200億Bq（ $2 \times 10^{10}$  Bq）であったと見積った（表5-1参照）。
- ハドロン実験施設内の管理区域内には見学者も含めて102人が立入っていた。これらのうち放射線業務従事者34人が放射線に被ばくしたことを確認した。内部、外部被ばくの合算推計線量は0.1～1.7mSvで、いずれも法令が定める値以下であった（表5-2参照）。被ばく者に対して健康診断を行い、いずれも異常がないことを確認した。

### ■管理区域外への放射性物質の漏えいと環境影響（本文6章）

- ハドロン実験施設にもっとも近い事業所境界での実効線量（内部、外部被ばくの線量合計）は、表 5-1 で示した放射性核種と放射能比の分析結果を基に、拡散式を用いた評価法により、0.17  $\mu\text{Sv}$  と再評価され、第一報で報告した 0.29  $\mu\text{Sv}$  を超えるものではないことを確認した。

## ■原因調査（本文 7 章）

### ①施設や機器

- 金標的が気密容器に入っていなかったことや一次ビームライン室の気密性が不十分だった点等、原因と課題を整理した（詳細は本文 7.1 章参照）。

### ②安全管理

- 通報の遅れ、作業員の被ばく、管理区域外への放射性物質の漏えいなど様々な問題点と課題を整理した。その概要は下表の通り（詳細は本文 7.2 章参照）。

表 7.2-1 時系列による判断の整理・分析表による問題点と課題のまとめ

問題点	原因	課題
通報の遅れ	<ul style="list-style-type: none"> <li>情報集約が不十分</li> <li>誤った判断</li> <li>不明確な判断基準</li> <li>責任者が不在</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>情報管理体制の形成</li> <li>法令や判断基準の教育</li> <li>規定類での判断基準の見直し</li> <li>規定類での責任者の代理者設定</li> <li>↓</li> <li>「判断に迷う事象」への対応体制</li> <li>↓</li> <li>異常事象に対応するための体制教育・訓練</li> </ul>
管理区域内への放射性物質の漏えい	<ul style="list-style-type: none"> <li>原因究明が不十分のまま運転再開</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>規定類の運転再開手順の見直し</li> <li>情報管理体制の形成</li> <li>↓</li> <li>「判断に迷う事象」への対応体制</li> <li>↓</li> <li>異常事象に対応するための体制教育・訓練</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>十分な設計検討の不足と標的損傷の想定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射線安全評価体制の見直し</li> </ul>
作業員の被ばく	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難基準が不明確</li> <li>情報共有なし</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>規定類での避難基準の見直し</li> <li>情報管理体制の形成</li> <li>↓</li> <li>「判断に迷う事象」への対応体制</li> <li>↓</li> <li>異常事象に対応するための体制教育・訓練</li> </ul>
管理区域外への放射性物質の漏えい	<ul style="list-style-type: none"> <li>排風ファンによる排気</li> <li>エリアモニタの確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>規定類（マニュアル）の見直し</li> <li>規定類の見直し</li> <li>↓</li> <li>「判断に迷う事象」への対応体制</li> <li>↓</li> <li>異常事象に対応するための体制教育・訓練</li> </ul>

## ■再発防止策（本文8章）

- 今回の事故で浮き彫りとなった課題から、施設や機器（ハード面）と安全管理（ソフト面）の両面から再発防止策を検討した。また、「基本体制」と「非常体制」の間に、判断に迷う事象や複数の施設間で情報共有が必要となる事象等、異常の兆候に対応する「注意体制」を設けることとした（表 8.5-1 参照）。その概要は下表の通り（詳細は本文 8.4 章および 8.5 章）。

表 8.4-1 原因と再発防止策の対応表

事象と原因	再発防止策
事象：異常なビーム取り出し 原因：ビーム取り出し装置の誤作動	<ul style="list-style-type: none"> <li>EQ 電磁石電源の最大設定電流の見直し</li> <li>電流偏差異常の検出による電源停止</li> <li>異常検出後の電源停止の高速化</li> </ul>
事象：標的の損傷 原因：大強度の短パルスが金標的を照射	<ul style="list-style-type: none"> <li>標的の温度異常検知の高速化（損傷の検知を強化）</li> <li>調整中の標的退避、ビーム軌道の変更</li> </ul>
事象：一次ビームラインへの漏えい 原因：金標的が気密容器に入れられていなかった	<ul style="list-style-type: none"> <li>標的容器の気密化</li> <li>ガス中の放射性物質濃度や圧力の監視（漏えいの検知を強化）</li> </ul>
事象：ハドロン実験ホールへの漏えい 原因：一次ビームラインの空気遮へい部の気密度が十分でなかった	<ul style="list-style-type: none"> <li>一次ビームライン室境界を気密構造とする</li> <li>空気の放射能モニタを設置し異常検知時にビーム停止（異常の拡大の防止）</li> </ul>
事象：施設外への漏えい 原因：排風ファンを動作し排気	<ul style="list-style-type: none"> <li>既設の排風ファンは封止</li> <li>ハドロン実験ホール内の排気は監視しながらフィルタを通して行う</li> </ul>
事象：放射線モニタ情報の共有化不足 原因：モニタ端末の設置場所や警報レベルが適切でなかった	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射線モニタ情報の視認性の向上</li> <li>注意喚起警報の設定</li> </ul>

表 8.5-2 安全管理面及び緊急時に実施すべき手順等の問題点と対策

原因から抽出された課題	対 策
異常に対応する体制が不十分 <ul style="list-style-type: none"> <li>通報遅れの防止</li> <li>漏えい拡大の防止</li> <li>被ばくの防止</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>異常事象に対応する体制として「基本体制」「注意体制」「非常体制」を設け、明確な指揮者の下で、情報収集と共有、通報連絡、現場対応及び避難誘導を行う</li> </ul>
評価体制が不十分 <ul style="list-style-type: none"> <li>設計や変更への十分な審議</li> <li>潜在リスクへの事前対応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>委員を、外部有識者を含めた専門家とする</li> <li>審査事項の基準を定め、チェック機能を強化する</li> <li>必要に応じ専門部会を設置する</li> <li>放射線安全検討会を放射線安全評価委員会に改組し、安全評価の強化を図る</li> </ul>
教育訓練と基準の定期的見直しが不十分 <ul style="list-style-type: none"> <li>異常対応への実践訓練</li> <li>安全文化の醸成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実験利用者も含めた不断の教育訓練</li> <li>双方向的な教育と放射線事故を想定した訓練</li> <li>基準、手順等の定期的な見直しを行い、対応のルーチンワーク化を防止</li> </ul>

■ハドロン施設以外の施設における安全確保（本文9章）

- J-PARCには事故を起こしたハドロン実験施設以外に、物質・生命科学実験施設、ニュートリノ実験施設、加速器施設があるが、これらの施設についても安全性の検証を行った。その概要は下表の通り。

表 9.5-1 対策前後のハドロン実験施設及び他施設における事故リスク項目に対する対応

事故リスク項目	ハドロン実験施設 (対策前)	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
	(対策後)			
予期しない短パルスビームの導入	考慮せず 異常兆候、または異常が小さい状態でビーム停止	加速器の最短パルスを利用しているので今回の事故のような異常は生じない。	同左	常に運転時の最短パルスで動作。今回の事故のような異常は生じない。
標的損傷による第1種管理区域への放射性物質漏えい	標的容器は気密でない 標的を気密容器に設置し、損傷しても漏えいを容器内にとどめる。	標的は多重の気密容器に設置。	同左	標的はない。（ビームは常に真空容器内に閉じ込められている。）
第1種管理区域から第2種管理区域への漏えい	放射化空気を閉じ込めるための気密性 第1種管理区域から実験ホールへの気密性を強化。	第1種管理区域の負圧の方が第2種管理区域の負圧よりも深い。	第1種管理区域は負圧制御（建屋に第2種管理区域はない。）	第1種管理区域と第2種管理区域への間に中間領域を設け、そこを負圧で制御。
管理区域から管理区域外への漏えい	考慮せず 実験ホールの排気は監視しながらフィルタを通す。	実験ホールは負圧管理。排気は監視しながらフィルタを通す。	実験ホールはない。第1種管理区域の機械室は同左。	実験ホールはない。第1種管理区域の機械室は同左。中間領域は負圧制御で担保。

注：陽子ビームラインの第1種管理区域はビーム運転中、密閉され、その中の空気はフィルタを通して循環している。運転後の排気は放射能の減衰の後、放射線レベルを監視しながら、フィルタを通して行う。