

# 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

1. 作業の経過
2. 放射性物質漏えいの発生と主要な原因
3. 安全管理体制の問題点

第2回有識者会議  
2013/07/05 KKRホテル東京

1

## 1. 作業の経過

---

### 第1回、第2回の作業部会での調査検討作業内容

#### ✓安全管理体制

問題点の抽出、法令報告が必要とは認識できなかった理由、  
通報手順、ユーザー対応、教育訓練等

#### ✓実験装置

加速器・ビーム輸送系、電源誤作動の詳細調査、標的設計  
の詳細と変遷の経緯、標的調査手順の検討、管理区域の実  
態と気密・排気の健全性、統合的な異常監視と制御等

#### ✓再発防止策

#### ✓他施設の健全性調査

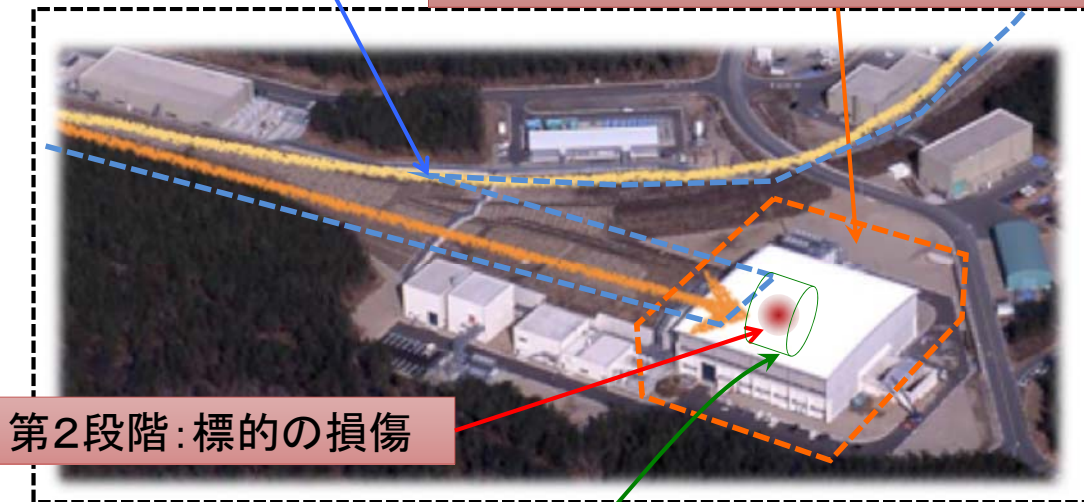
2

## 2. 放射性物質漏えいの発生と主要な原因

今回の漏えい事故を5つの段階に分け、主要な原因を整理

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

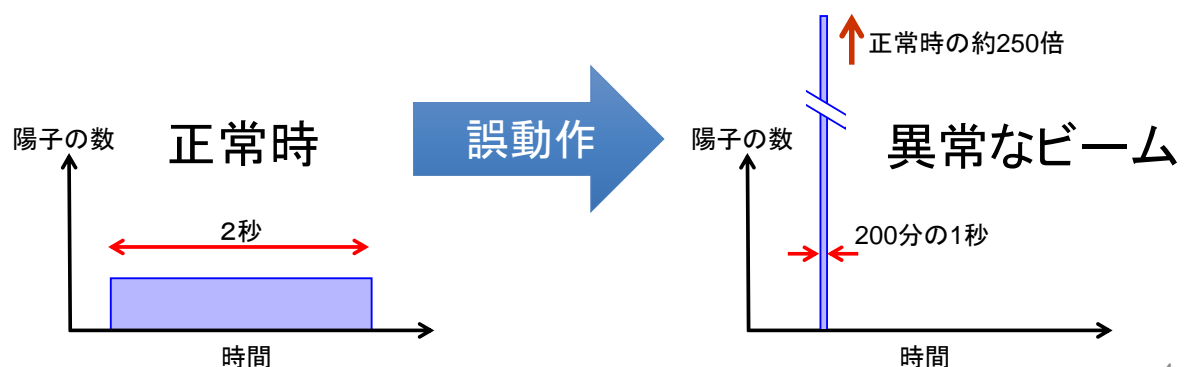
第5段階: ハドロン実験施設外への漏えい

3

## 2. 放射性物質漏えいの発生と主要な原因

### 第1段階: 異常なビームの取り出し

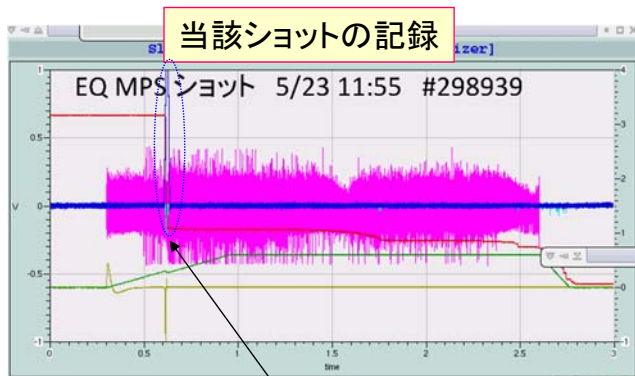
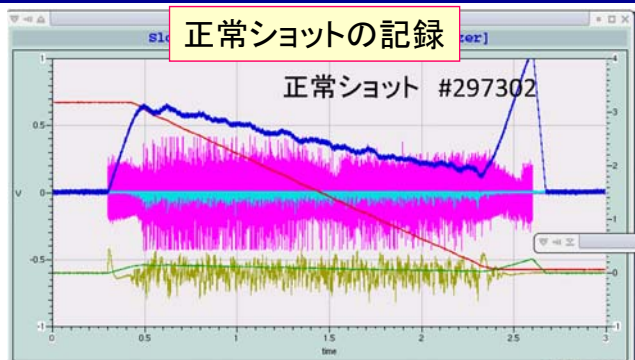
- 2013年5月23日11時55分頃、50GeVシンクロトロン(MR)の遅い取り出し専用電磁石の電源が正しく応答せず、リング中の大量の陽子が急激に取り出された。
- 2秒の間でゆっくり金標的に当てるべき約30兆個の陽子のうち、約20兆個が約200分の1秒という短い時間に一度に金の標的を貫通した。



4

## 2. 放射性物質漏えいの発生と主要な原因

### 第1段階: 異常なビームの取り出し



EQ:瞬間的な大電流出力  
ビーム取り出し用モニター画面

#### 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。

- 電源の異常とビームがリング周辺に散乱したことを検知して、加速器は自動的に停止。
- 加速器運転者は、速い取り出し電磁石の誤動作と誤認したが、ビームはハドロン標的に導かれていた。
- 加速器関係者は、特別の異変とは認識せず。標的が溶解するリスクを理解していなかった。

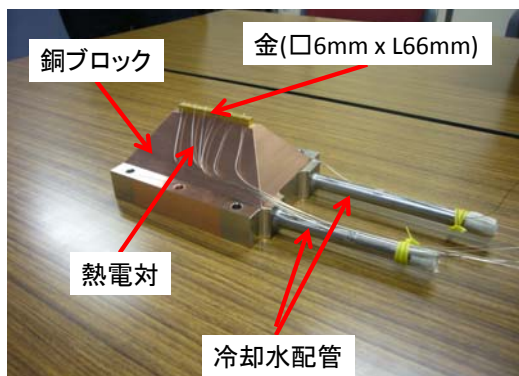
赤色線: 周回ビーム強度モニタ(DCCT)  
水色線: スpillモニタ  
緑色線: EQ電源の指令値  
青色線: EQ電源の出力電流  
桃色線: RQ電源の指令値  
鶯色線: RQ電源の出力電流

5

## 2. 放射性物質漏えいの発生と主要な原因

### 第2段階: 標的の損傷

金の標的の温度が上昇し、一部が溶解して大気中に流れ出て、生成された放射性同位元素が大気中に飛散した。



金標的部の拡大

#### 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的に非常に高温になった。

- 溶解した部分は太さ1mm、長さ40mmと推定される。
- シミュレーションと傍証による推測であり、標的の実態把握作業が必要。作業には、標的周辺の空气中放射能濃度の低減が必要。地元自治体、住民の理解が不可欠。
- 事故後の加速器の運転では、放射性物質の漏えいを増加させていない。

6

## 2. 放射性物質漏えいの発生と主要な原因

### 第3段階：一次ビームラインへの漏えい

放出された放射性物質がコンクリート遮蔽壁の内部空間に広がった。

#### 原因



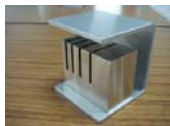


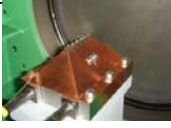




- 標的が密閉されていなかった。
  - 定格運転に備えて、**密封する**ニッケルの円盤状の標的を回転し冷却しながら使用することとされていた。
  - J-PARC運転開始当初は陽子ビーム強度が小さく、利用したいK中間子等の二次ビーム量を増やすために白金や金の固体標的を**密閉されていない室温大気中**で空冷または水冷して使用することに変更した。変更した標的について、破損を想定していなかった。
- 世界の高エネルギー陽子シンクロトン施設では、このような標的はまれではない。サイクロトンや大強度電子加速器では、ビームによる機器の損壊のリスクは認識されている。

7

## 2. 放射性物質漏えいの発生と主要な原因

### 第3段階：一次ビームラインへの漏えい

#### 使用したT1標的の変遷

| ビーム強度     | 1.2kW   | 5kW  |  | 50kW   |  |   |
|-----------|---|--|--|--|--|---|
| 運転期間      | 平成21年1月7日<br>-平成21年2月28日  | 平成21年10月1日<br>-平成22年3月2日   | 平成22年10月1日<br>-平成22年11月16日   | 平成24年1月7日<br>-平成24年7月2日  | 平成24年12月14日<br>-平成25年6月28日   |   |
| 標的        | ニッケル (54mm)   | プラチナ (60mm)<br>ニッケル(54mm)  | プラチナ(60mm)<br>ニッケル(54mm)   | プラチナ (60mm)  | 金(66mm)  | ニッケル (54mm)   |
| 冷却方法      | 空冷<br>回転円盤  | 空冷(対流)   | 空冷(対流)   | 間接水冷   | 間接水冷   | 直接水冷<br>回転円盤  |
| 外観形状      |  | <br> | <br> | <br> | <br> |  |
| 容器の気密性の考慮 | あり  | なし   | なし   | なし   | なし   | あり  |

8

## 2. 放射性物質漏えいの発生と主要な原因

### 第4段階：ハドロン実験ホールへの漏えい

コンクリート遮蔽壁の内部にあった放射性物質が、ハドロン実験ホール内に漏れ出た。

#### 原因

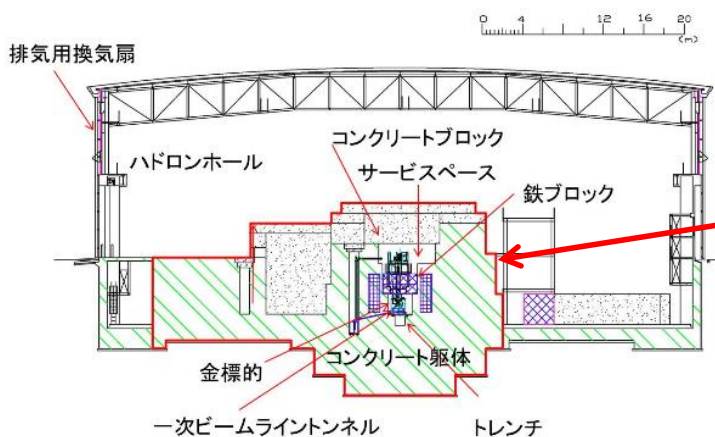
- 遮蔽壁の密封性が十分ではなかった。
  - コンクリートブロックの間にゴムシートを挟む、配管ダクトの貫通部を覆うなどの処置をしていた。
  - 通常運転時に空気が放射化して生じる濃度のアルゴン41などの閉じ込めには有効。
  - 当初設計のように標的が密閉されていれば、破損事故があっても許容できた。
  - 密閉されていない標的の破損事故には不十分。

9

## 2. 放射性物質漏えいの発生と主要な原因

### 第4段階：ハドロン実験ホールへの漏えい

#### ハドロン実験ホール内での遮蔽壁の様子



立面図



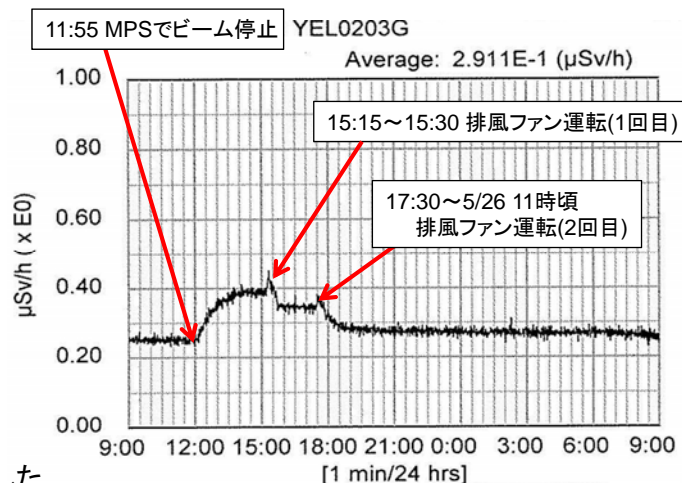
遮蔽壁の外観

10

## 2. 放射性物質漏えいの発生と主要な原因

### 第5段階: ハドロン実験施設外への漏えい

ハドロン実験ホール内の放射性物質が施設外へ漏洩した。



原因 排風ファンを回すことによって、漏えいした

- 排風ファンの起動
  - 1回目: ハドロン実験ホール内のエリアモニターの健全性を確認するため。
  - 2回目: ユーザーの被ばくを低減するため。
- ホール内の線量が法令上の規制値に達していないことなどから、管理区域境界での影響は無いと考えた。
- 判断材料(漏えいを監視するための放射線モニター、施設間の放射線モニターとの連携)が不足。
- 合理的な判断ができず、放射線被ばくと通報遅れを生じた。

11

## 3. 安全管理体制の問題点

### 人の動きの問題点

- ✓インターロック発報時: 機器の問題であり、放射線安全上の問題とは認識していなかった。
- ✓関係者間の情報の共有ができず、混乱した事故対応がみられた。
- ✓規定上の「発見者」(通報すべき人)が誰かということが認識されていなかった。
- ✓判断権者である安全ディビジョン長は、適切な判断が可能な場所にいなかった。
- ✓手順書も十分でなく、施設全体の情報の共有、判断体制ができていなかった。
- ✓日頃の教育訓練で放射性物質の漏えいを想定した訓練は行われていなかった。

12

### 3. 安全管理体制の問題点 放射線監視装置の配置の問題点

---

- ✓ 別々の場所で作業している関係者に対して、すべての情報を共有できるように設計されてなかった。
- ✓ 機器警報以上～放射線警報未満の中間状態において、放射線レベル上昇の情報を得にくいモニター画面になっていた。  
(機器異常の認識から、放射線異常への認識遷移が困難)
- ✓ 放射性物質漏えいのリスクが想定される場所に、監視モニターが設置されていなかった。

13

### 3. 安全管理体制の問題点 放射線照射事故と放射性物質漏えい事故

---

- ✓ KEKなどの加速器施設は、放射線障害防止法に関する事故に対応をしてきた。
- ✓ JAEAの施設は、同じ施設が原子炉等規制法と放射線障害防止法の両方の規制を受けるため、事故時には厳しい方に合わせた対応をしてきた。

#### KEKとJAEAが管理するJ-PARC

- ✓ 両者の経験と特徴を上手く調和させることにより、より有効な安全管理が可能。
- ✓ 情報の共有と連携が不十分だったので、加速器施設で放射性物質の漏えいが発生したときの関係者の行動が不適切であった。

放射線管理上の体制に関して、両機構とJ-PARCの関係の見直しを期待する。

14