

原高機構（J）第045号
平成25年9月24日

原子力規制委員会 殿

住 所 茨城県那珂郡東海村村松4番地49
名 称 独立行政法人日本原子力研究開発機構
代表者の氏名 理事長 松浦 祥次郎

住 所 茨城県つくば市大穂1番地1
名 称 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構
代表者の氏名 機構長 鈴木 厚人

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)

標記の件について、放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律第42条第1項及び同法施行規則第39条第1項の規定に基づき、別紙のとおり報告いたします。

先にご報告した「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）（平成25年8月12日付け原高機構（J）第035号）」の一部に記載の誤りがあつたため再提出いたします。

1. 件名

大強度陽子加速器施設 J – P A R C 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)

2. 事故発生の日時

平成 25 年 5 月 23 日 11 時 55 分頃

3. 事故発生の場所及び施設名

大強度陽子加速器施設 J – P A R C ハドロン実験施設

4. 事故の状況**4.1 事故が発生した施設の概要**

平成 21 (2009) 年 1 月に完成した大強度陽子加速器施設 J – P A R C ハドロン実験施設は、日本原子力研究開発機構東海研究開発センター原子力科学研究所（原研）の南端部に設置されている（図 4-1）。本施設は、ハドロン実験ホール、ハドロン搬入棟、ハドロン第 1 機械棟、ハドロンビームライン制御棟、ハドロン第 2 機械棟等から構成される。図 4-2 にハドロン実験施設、図 4-3 にハドロン実験ホールフロア平面図を示す。本施設では、50 GeV シンクロトロンより取り出された 1 次陽子ビームをハドロン実験ホール内の 2 次粒子生成標的に照射し、生成した K 中間子、π 中間子等の 2 次ビームを複数の実験エリアに輸送し、様々な実験が行われている。事故発生時は、2 次粒子生成標的として金標的を使用していた。

金標的は、図 4-4 に示すように、6 mm × 6 mm 角、長さ 66 mm の金を、熱除去用の冷却水配管付き銅ブロックに取り付けた構造をしている。標的の温度計測用に熱電対を備えており、図 4-5 に示す金標的容器に装荷されている。

4.2 事故の発生前

50 GeV シンクロトロンでは 5 月 13 日からハドロン実験施設への陽子ビーム供給運転（以下「ビーム運転」）を行っていた。発生当日は粒子数約 30 兆個 (3×10^{13} 個) の陽子を、6 秒に 1 回、2 秒間にわたって金標的に照射していた。加速器からこのようにビームを取り出す方法を、遅い取り出しという。

4.3 事故の発生時加速器からの異常なビーム取り出し

5 月 23 日 11 時 55 分頃、50 GeV シンクロトロンの遅い取り出し専用電磁石の電源が突然誤作動し、50 GeV シンクロトロンを周回していた約 30 兆個の陽子のうち約 20 兆個 (2×10^{13} 個) が、約 1000 分の 5 秒（5 ミリ秒）という短い時間に取り出され、ハドロン実験施設の金標的に照射された。

標的の損傷

通常 2 秒間かけて照射される陽子ビームが瞬時に照射されたため、照射された部分の金の温度が極めて高温になり、一部が溶融して大気中に流れ出たと考えられる。その結果、それまでのビーム運転により標的中に生成されていた放射性物質が大気中に飛散した。

加速器運転シフトリーダと当該電源担当者、ハドロン運転シフト員は、機器保護システム (MPS) の動作により加速器が停止した状況を調査し、異常を検出した全ての信号を確認した。異常を検知した機器に問題は認められず、それらの機器は通常の手続でリセットが行えたので、MPS をリセットした。このとき、加速器運転シフトリーダ、ハドロン運転シフト員は、金標的が損傷した可能性に思い至らなかった。加速器運転シフトリーダは最初に 1 発の試験ショットを行い、MPS リセット後にビームの軌道に問題が無いことを確認し、12 時 08 分頃、ビーム運転を再開した。

管理区域（一次ビームライン）への漏えい

放出された放射性物質が、コンクリート遮へい壁で囲まれた内部の空間（第 1 種管理区域としているハドロン実験ホールの一次ビームライン室の区域（図 4-6 参照）、以下一次ビームライン室）に広がっていった。

ハドロン実験ホールへの漏えい

一次ビームライン室にあった放射性物質が、遮へい壁の外（第 2 種管理区域としているハドロン実験ホールのフロア（図 4-6 参照））に漏れ出した。

5 月 23 日 13 時 30 分頃、ハドロン実験ホール内のガンマ線エリアモニタの線量率が通常運転時の約 10 倍 ($4 \mu \text{Sv}/\text{時}$) に上昇した（図 4-7 参照）。

ハドロン実験施設外への漏えい

5 月 23 日 14 時 26 分頃、ビーム運転を停止した。ハドロン運転シフト員はハドロン放射線発生装置責任者（高エネルギー加速器研究機構（KEK）のつくばキャンパスに出張中）と電話で協議し、ハドロン実験ホール内を排気することで線量率が下がる場合には放射化空気が原因であり、もしも線量率に変化が無い場合にはビーム軌道の異常やエリアモニタの動作の不具合等を検討する必要があると考えた。職員が 15 時 15 分頃から 15 時 32 分頃まで排風ファンの運転を行った。これによって、放射性物質がハドロン実験施設外に漏えいした。

15 時 32 分頃、線量率が低下したので排風ファンを停止した。線量率の上昇は異常なビーム軌道のために放射化した空気が一次ビームラインからハドロン実験ホール内に漏えいしていると判断した。空気の放射化を低減するため、ビーム運転を再開し、軌道の再調整を試みた。しかし、線量率が再度上昇したため、16 時 15 分頃、ビーム運転を停止した。

ハドロン実験施設の管理区域責任者は放射線取扱主任者（KEK つくばキャンパスに出張中）と電話で協議し、線量率が $25 \mu \text{Sv}/\text{時}$ （法令上の規制値 $1 \text{mSv}/\text{週}$ に相当）より十分低いので、管理区域外への影響が無いと考え、ハドロン実験ホール内の線量率を下げるために排風ファンを運転することにした。ハドロン運転シフト員等が 17 時 30 分頃に 2 回目

の排風ファンの運転を行った。これにより、再びハドロン実験ホールの放射性物質がハドロン実験施設外へ漏えいした。ハドロン実験ホール内の放射性物質の濃度は減少し、21時頃には通常の値に戻った。排風ファンは5月26日11時頃に止めるまで運転された。

作業者（実験利用者を含む放射線業務従事者）の被ばく

17時20分頃、ハドロン実験ホール内の空気500ミリリットルを採取した。17時30分頃、ハドロン実験施設の管理区域責任者はハドロン運転シフト員と協議し、放射性物質による汚染の可能性があると判断し、ハドロン実験ホール内にいる作業者をホール外へ退出させ始めた。退出した作業者は、身体汚染測定と除染のためハドロンビームライン制御棟（図4-2参照）及びその周辺に待機した。

17時40分頃、つくばにいるビーム取り出しシステム担当者からハドロン放射線発生装置責任者に、11時55分頃の異常なビーム取り出しによって、短時間に多量なビームが標的に入射されて、金標的が損傷した可能性があることが連絡された。

18時20分頃、空気サンプリングの結果から、放射線管理室員は空気の放射化由来以外の放射性核種の存在を確認した。ハドロン実験施設の管理区域責任者はホール内の床等の汚染測定を行い、表面汚染を確認した。19時頃から、放射線管理室員が人の汚染検査を開始した。20時頃、実験ホール及び実験ホール外のサーベイが終了した。放射線取扱主任者がJ-PARCに到着し、放射線取扱主任者代理及び放射線管理室長と今後の対応を協議した。実験ホールの汚染の解析結果から表面汚染は管理区域の表面密度限度（40 Bq/cm²）を超えていないと評価した。また、内部被ばくは、顔面サーベイの測定値である約4 Bq/cm²から、主な核種をナトリウム24と仮定し、数μSv程度と評価した。23時30分頃、作業者や職員の除染・身体サーベイが終了し、全員が管理区域から退出した。放射線取扱主任者の指示により、ハドロン実験施設を原則立入制限とした。

5月24日午後、ハドロン実験ホールで前日に作業を行っていた作業者4人について、原科研のホールボディカウンタ（WBC）での測定を行うこととした。5月25日午前1時頃、4名のWBC測定の結果が判明し、0.6～1.6 mSvの内部被ばくがあったことを確認した。

4.4 事故の発生後

管理区域外への放射性物質の漏えいの確認

5月24日17時30分頃、核燃料サイクル工学研究所（サイクル研）のモニタリングポスト及びモニタリングステーション群のうち、J-PARCに近い3局で、一時的に線量率が増加しているという観測結果の連絡を受けた（図4-8）。ハドロン実験施設の管理区域境界のエリアモニタの記録を精査した結果（図4-9）、排風ファンの作動時間と線量率増加に相関があることが分かり、放射性物質が管理区域外に漏えいした可能性があると判断した。21時10分にJ-PARCセンターから原科研の非常用電話に通報した。現地対策本部を設置し、22時15分頃に本件が法令報告事象（放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律（放射線障害防止法）・第42条（報告徴収）及び同施行規則・第39条（報告の徴収）第1項 第4号及び第5号）に該当すると判断し、22時40分に法令に基づき原子力規制委員会に対して、また、協定（茨城県原子力安全協定：原子力施設周辺の安全確保

及び環境保全に関する協定書 第17条(事故・故障等の連絡等)及び同運営要綱・第13条(事故・故障等)に基づき茨城県、東海村及び隣接及び隣々接地方自治体に対して第一報をFAXで発信した。

全加速器等の運転停止

法令報告事象かどうかの判断に必要な情報をJ-PARC内で共有することに手間取り、法令報告事象であるとの認識に至るまでに時間を要した。法令報告事象であるとの認識が無い中、結果として加速器の運転を継続した。5月24日21時10分に緊急連絡を行った後、5月25日0時46分、J-PARCセンター長より加速器運転シフトリーダに、全加速器及び物質・生命科学実験施設の運転停止が指示された。

4.5 通報の状況

放射線取扱主任者等は、5月23日の夕方以降、ビーム強度等の解析結果や空気サンプリングによる放射性核種の分析結果を受け、金標的の一部が破損し、ハドロン実験ホール内に放射性物質が漏えいし床等が汚染していること、また、作業者が放射性物質による内部被ばくをした可能性があることを認識した。しかし、管理区域内での汚染であり、被ばくも管理基準以下のものであると考え、今回の事故は法令報告には該当しないと誤った判断をした。

5月24日17時30分頃、サイクル研の観測結果の連絡を受けてハドロン実験施設の管理区域境界のエリアモニタの線量率記録を精査した結果、排風ファンの作動時間と線量率増加の相関が分かり、放射性物質が管理区域外に漏えいしたと認識した。21時10分、原科研の非常用電話に通報した。これらの経緯の結果、通報が遅れた。

4.6 時系列による判断の整理・分析

時系列による判断の整理・分析をまとめた表を別添に示す。

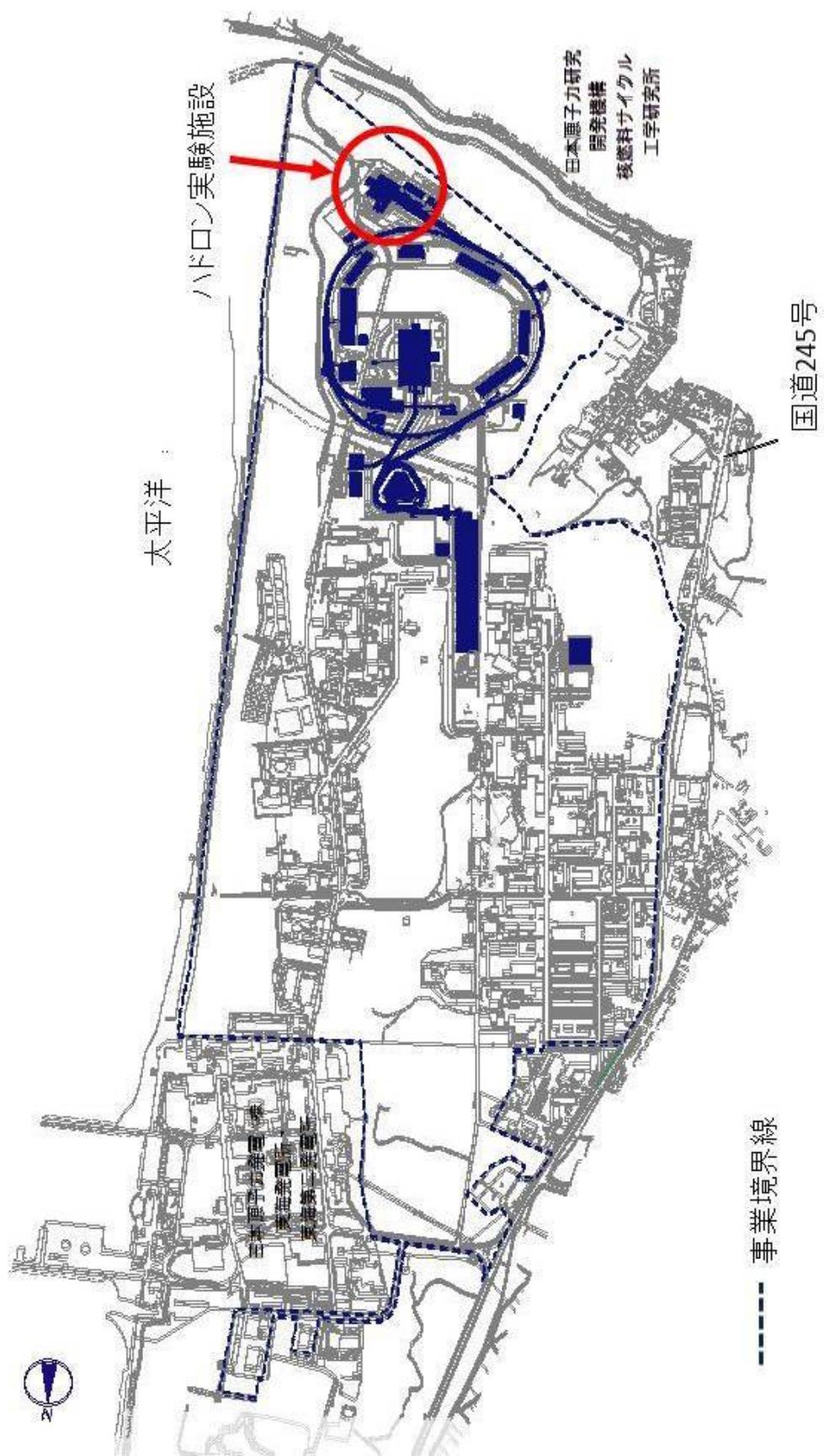


図4-1 ハドロン実験施設の配置図

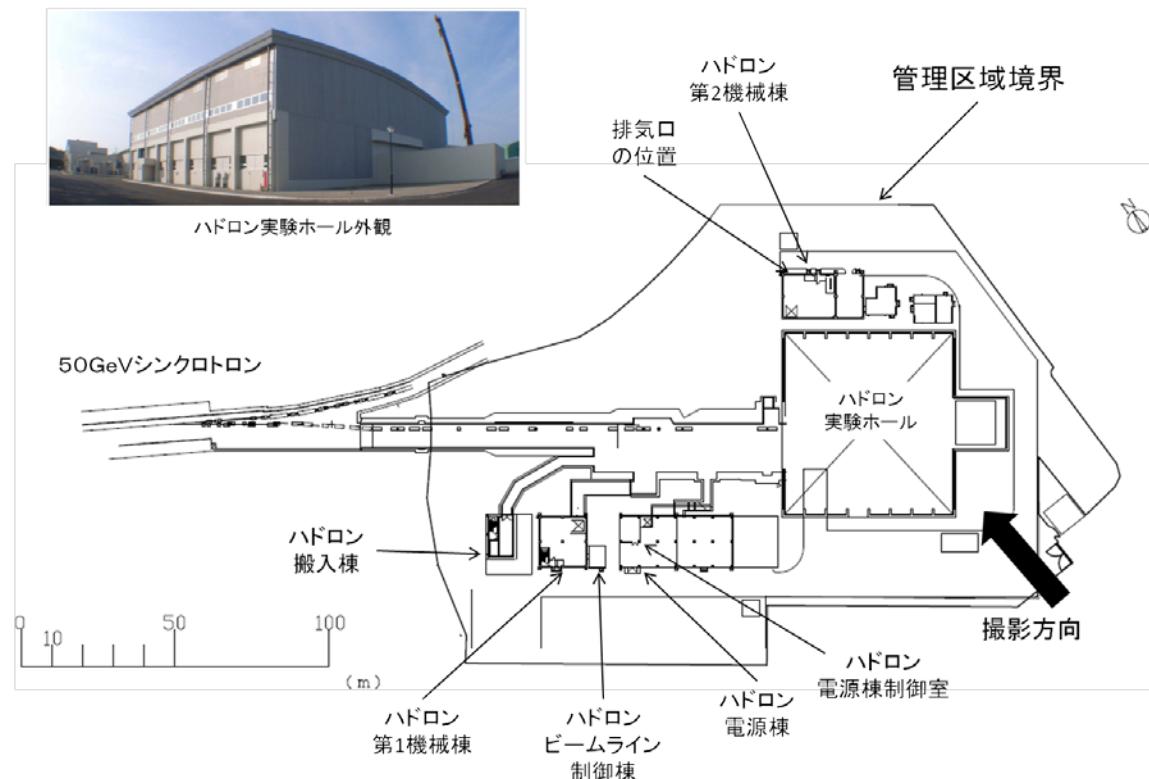


図 4-2 ハドロン実験施設

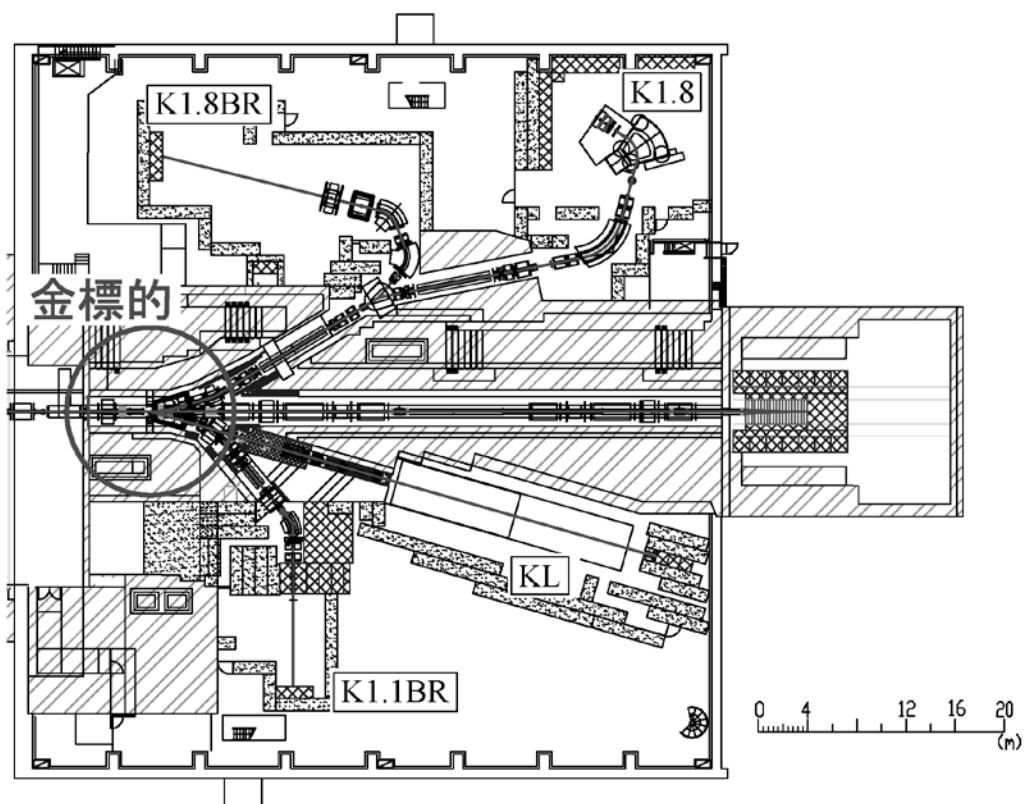


図 4-3 ハドロン実験ホールフロア平面図(2013 年)

設置前の金標的

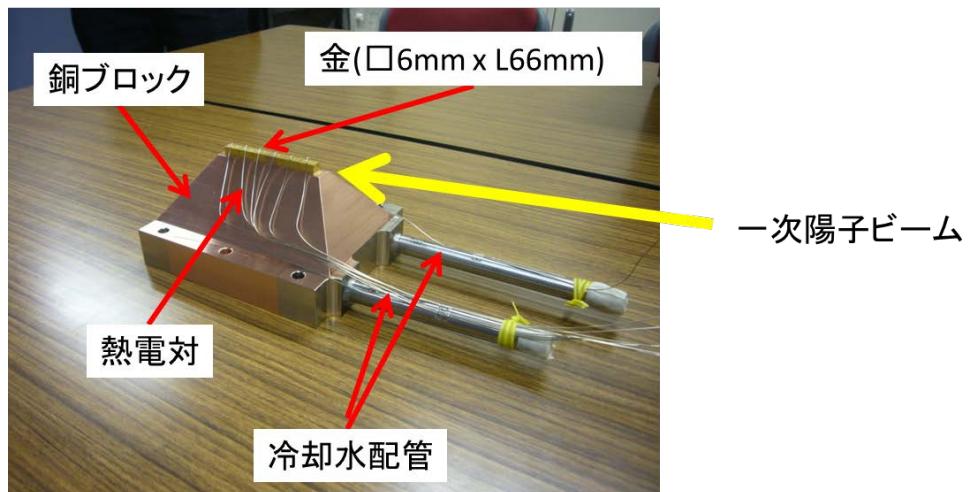


図 4-4 ハドロン実験施設で用いている金標的



図 4-5 金標的容器

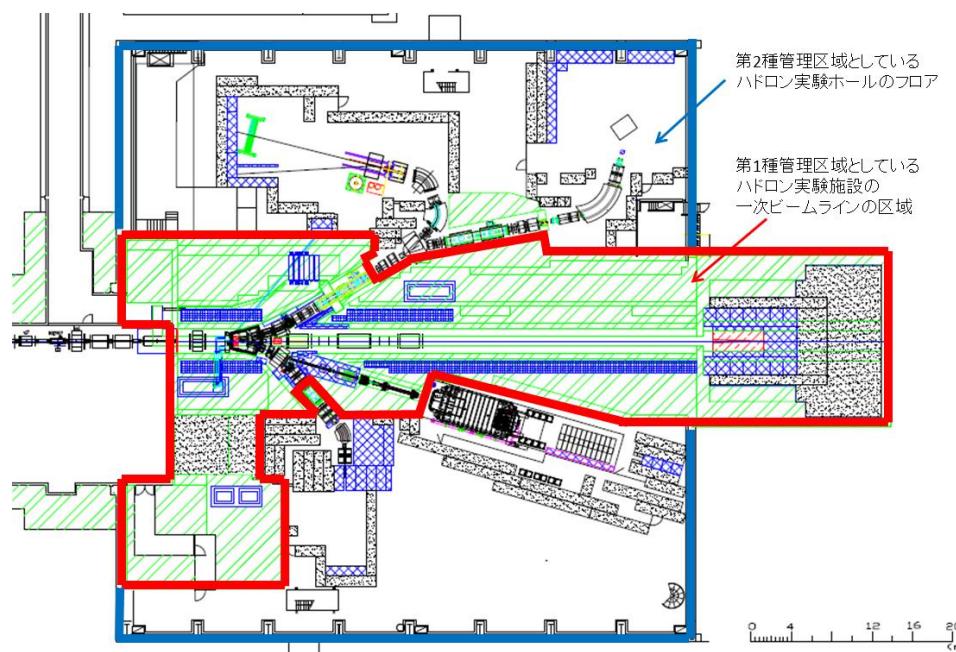


図 4-6 ハドロン実験ホール内の第1種管理区域と第2種管理区域

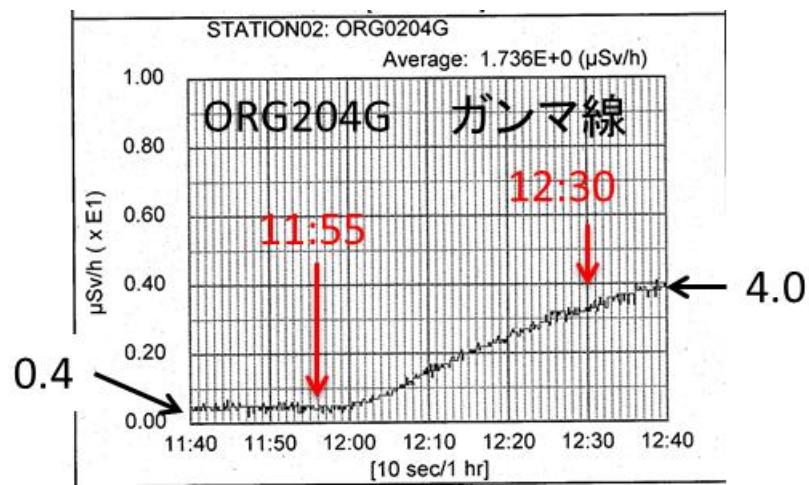


図 4-7 ガンマ線エリアモニタの線量率が約 10 倍 ($4 \mu\text{Sv}/\text{時}$) に上昇

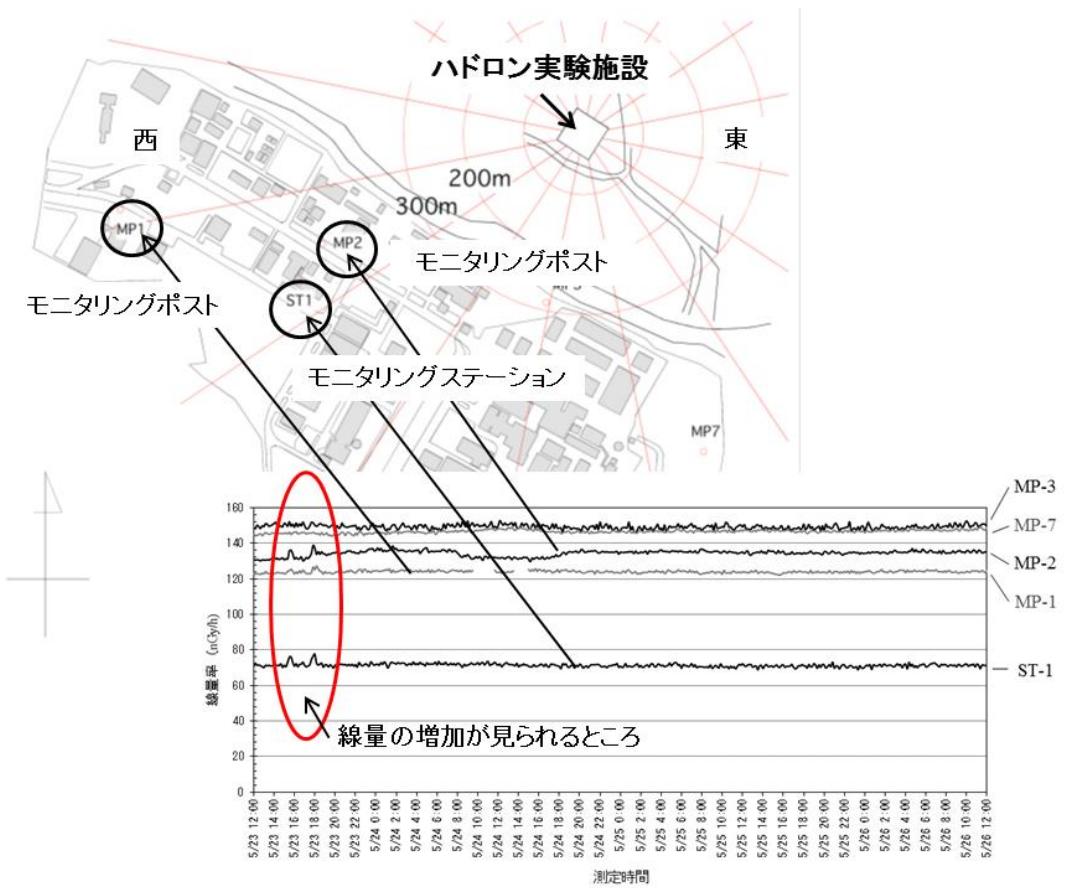


図 4-8 サイクル研のモニタリングポストとモニタリングステーションで観測された一時的な放射線量の増加

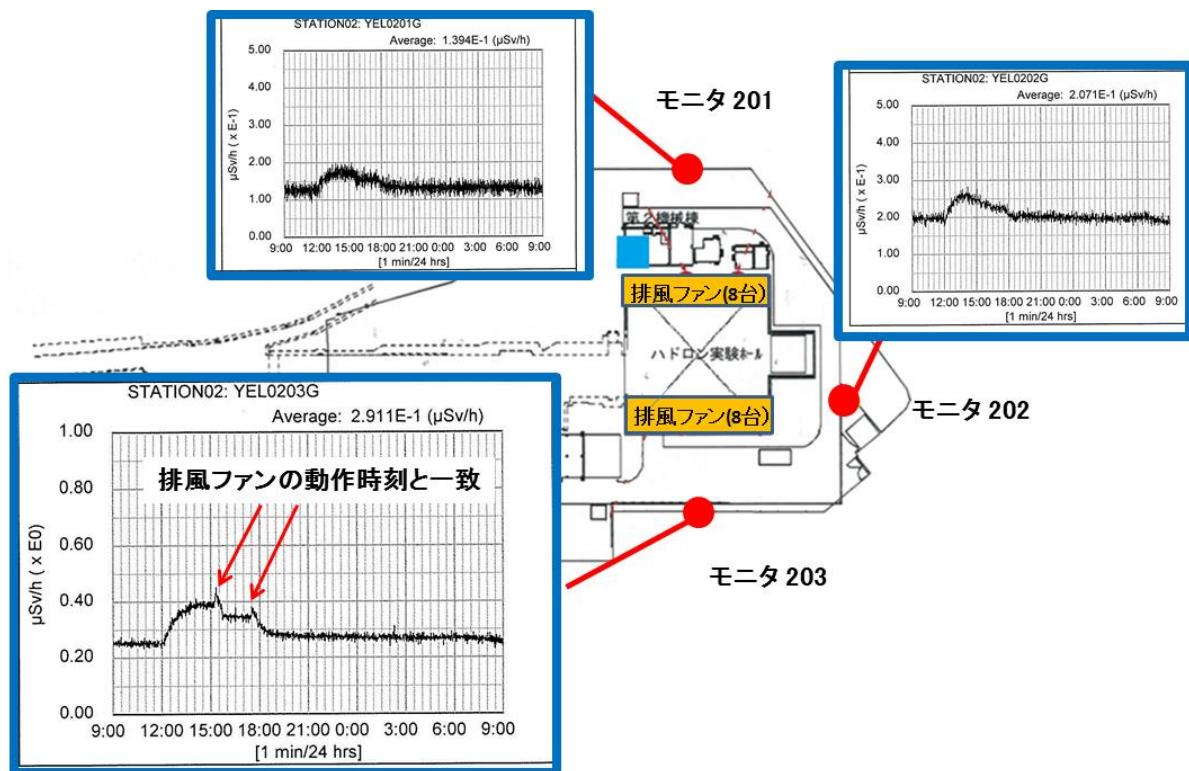


図 4-9 ハドロン実験施設周辺のエリアモニタでの放射線量の変化
(5月23日9時から5月24日9時まで)

5. 管理区域内での放射性物質の漏えいと作業者の被ばくの状況

放射性物質の漏えいの状況

ハドロン実験ホール内で採取した空気試料の放射性核種から放出されるガンマ線を、法令報告第一報での評価以降も継続して測定した。この測定により半減期解析等を併用した詳細な評価を行い、放射性核種の種類と放射能比を見直した。

得られた核種及び放射能比の空気がハドロン実験ホール全体に分布したと仮定し、粒子・重イオン輸送統合コードシステム（P H I T S）を用いてシミュレーションを行い、ハドロン実験ホール内に設置されているエリアモニタ周辺の空間線量率を計算した。計算結果と実際に測定されたエリアモニタの指示値とを比較し、ハドロン実験ホール内空気の放射能濃度を求めた。実際には、ハドロン実験ホール内空気の放射能濃度は排風ファンの運転で変化しているので、排風ファンの運転によるエリアモニタの線量率変化を考慮し、排風ファンで排気される前の最大濃度（5月23日14時20分時点）を求めた。これらの検討により、ハドロン実験ホール内に漏えいした放射性物質の総量は、約200億Bq（ 2×10^{10} Bq）であったと評価した。これらの評価で得た放射性核種の種類と核種ごとの放射能量を表5-1に示す。

ハドロン実験ホールの床等の汚染については、地下の実験フロアで最大値 21 Bq/cm²の場所（5月23日19時20分時点）があった。これは第1種管理区域の設定基準（4 Bq/cm²）を超えており、表面汚染が確認された時点で本来は第1種管理区域に変更すべきであった。

ハドロン実験ホール内一次ビームラインと 50 GeV シンクロトロンの隔壁に設置されているドアが気密性の高いものではなかったため、金標的から放出された放射性物質は 50 GeV シンクロトロントンネル内へも拡散した。6月末の測定でトンネル内にヨウ素125の存在を確認した。そこで、50 GeV シンクロトロントンネル内の空気を管理し、チャコールフィルタを用いヨウ素125の除去を実施している。排気は、濃度が十分下がった後、フィルタを通して行う。

作業者の被ばくの状況

事故発生以降（5月23日11時55分以降）にハドロン実験施設管理区域に入域していた者は見学者を含め 102 名であった。帰国した 2 名の外国からの作業者（実験利用者）を除く 100 名について、原研及びサイクル研にて WBC により内部被ばくの測定を行った。また、着用していた個人線量計の緊急測定を行い、外部被ばくを評価した。その結果、放射線業務従事者のうち 34 名の被ばくを確認した。これらの内部及び外部被ばくの合算の実効線量は 0.1~1.7 mSv で、内部被ばくの最大は 1.7 mSv、外部被ばくは 2 名で 0.1 mSv（個人線量計着用期間は 4/1 から 5/24）と評価した（表5-2）。なお、内部被ばくの測定において、実効線量に寄与する主な核種は水銀 197 及び水銀 195 m である。

これは、放射線障害防止法や電離放射線障害防止規則に定める放射線業務従事者の線量限度を超えるものではないが、内部被ばくが想定されていない場所における計画外被ばくであった。また、これら 34 名の者について健康診断を行い、いずれも異常がないことを確認した。健康診断については今後も必要に応じさらに実施していく予定である。

なお、帰国した 2 名の実験利用者の内部被ばくについても、帰国先で測定した結果、被

ばくは認められなかつたとの連絡を得た。

表 5-1 ハドロン実験ホール内に漏えいした主な放射性核種とその放射能の総量
(5月23日14時20分時点)

核種	半減期	放射能 (Bq)
¹²⁹ Cs	32.1 時間	3.2×10^9
²⁴ Na	15.0 時間	2.2×10^9
⁴² K	12.4 時間	1.6×10^9
¹²⁷ Cs	6.25 時間	1.6×10^9
¹⁸¹ Re	19.9 時間	1.3×10^9
⁴³ K	22.3 時間	1.2×10^9
⁸¹ Rb	4.58 時間	8.8×10^8
¹⁹² Au	4.94 時間	7.6×10^8
¹²³ I	13.3 時間	7.2×10^8
¹⁹¹ Au	3.18 時間	7.0×10^8
^{82m} Rb	6.47 時間	5.8×10^8
¹¹⁹ Te	16.0 時間	5.0×10^8
⁷⁷ Br	57.0 時間	4.8×10^8
^{193m} Hg	11.8 時間	3.9×10^8
^{195m} Hg	41.6 時間	3.6×10^8
⁷⁶ As	26.3 時間	3.3×10^8
¹⁹⁷ Hg	64.1 時間	3.1×10^8
⁹⁵ Tc	20.0 時間	3.0×10^8
¹⁸⁶ Ir	16.6 時間	2.9×10^8
¹²¹ Te	16.8 日	2.9×10^8
⁷² As	26.0 時間	2.7×10^8
⁹⁴ Tc	4.9 時間	2.6×10^8
⁹⁷ Ru	2.9 日	2.1×10^8
⁹⁶ Tc	4.28 日	2.0×10^8
⁸³ Rb	86.2 日	1.8×10^8
¹⁸³ Re	70.0 日	1.7×10^8
⁸⁴ Rb	32.8 日	1.4×10^8
^{119m} Te	4.70 日	1.2×10^8
⁷⁴ As	17.8 日	1.1×10^8
¹²⁵ I	59.4 日	1.0×10^8
⁷⁵ Se	120 日	4.8×10^7
⁷ Be	53.3 日	4.4×10^7
¹⁹⁰ Ir	11.8 日	4.1×10^7

表 5-1 ハドロン実験ホール内に漏えいした主な放射性核種とその放射能の総量
(5月23日14時20分時点) (つづき)

核種	半減期	放射能 (Bq)
^{72}Se	8.4 日	3.9×10^7
^{185}Os	93.6 日	7.7×10^6
^{192}Ir	73.8 日	7.2×10^6
^{22}Na	2.60 年	4.9×10^6
合計		2.0×10^{10}

表5-2 作業者（放射線業務従事者）34名の被ばく

身分	被ばく人数	実効線量 (mSv)	
		最小 (非検出は除く)	最大
K E K職員	11	0.1	1.0
J A E A職員・研究員	1		1.7
大学職員・研究員	2	0.1	1.5
その他研究機関職員・研究員	3	0.1	0.9
大学院生	11	0.1	1.7
外国人	4	0.1	1.0
業者	2	0.1	0.4
合計	34		

6. 管理区域外への放射性物質の漏えいと環境への影響

サイクル研のモニタリングステーション (ST-1)、モニタリングポスト (MP-1, MP-2) において、5月23日15時～19時頃に、通常の変動幅を超える一時的な線量率の上昇が2回観測された (図4-8 参照)。なお、この値は外部被ばく線量の値である。ST-1は他のモニタリングポストに比べて平常値が安定しており、ピークが明確に観測されている。このときのST-1の線量率を、次に述べる周辺環境の線量評価において、補正係数を求めるために使用した。

環境への影響については、拡散式評価法を用いて評価した。拡散式評価法は、拡散式を用いた解析的な評価法で、迅速かつ簡便に施設周辺の放射能濃度分布及び線量率分布の評価を行う方法である。第一報の提出後、本事故により放出した放射性核種と放射能比の詳細な分析結果 (表5-1 参照) が得られたため、この結果から放射性核種の組成比を求め、再評価を行った。

ハドロン実験ホール内の空気の核種分析で評価された組成比の放射性核種が単位放出量

で放出されたとして、当時の気象データ等を用いて計算を行い、大気中濃度分布及び線量率分布の相対値を算出した。排風ファンによる放射性物質の放出は2回行われており、1回目の放出時の風向は北東から東北東の風であり、2回目の放出時の風向は東から東南東の風であった。次に、モニタリングステーション ST-1 で測定された最大線量率（15 時 40 分の値）に一致するように補正係数を求めた。この補正係数を大気中濃度分布及び線量率分布の相対値に乘じて外部被ばく及び内部被ばくの線量を再評価した。

この事故における放射性物質の放出に伴う実効線量（外部被ばく線量と内部被ばく線量の合計）は、ハドロン実験施設に最も近い事業所境界において $0.17 \mu\text{Sv}$ と評価され、第一報で報告された $0.29 \mu\text{Sv}$ を超えるものではないことが確認された。

また、ハドロン実験ホール内へ漏えいした放射性物質の総量を排風ファンによって全て管理区域外へ放出したものと仮定すると、総放出量は約 200 億 Bq ($2 \times 10^{10} \text{ Bq}$) となる。排風ファンは排気設備には該当しないが、参考として、総放出量を排風ファンの定格風量（3か月間）で除して3か月間の平均濃度を試算した（表 6-1）。3か月平均の放射能濃度と法令で定められた排気中濃度限度との比を求め、表 6-1 の核種全てについて和を取ると 0.42 であった。

一方、ハドロン実験施設の排気設備であるハドロン第 2 機械棟の排気口（図 4-2 参照）における放射性ダストの放射能濃度と法令で定められた排気中濃度限度との比を計算し、表 6-2 の核種全てについて和を取ると 0.32 であった。

ハドロン第 2 機械棟の放射性希ガスについては、予防規程等に基づき事業所境界の外の空気中の濃度で管理しており、事業所外最大地点におけるアルゴン 4 1 換算の 4~6 月の 3 ヶ月間平均濃度と空気中の濃度限度との比は 0.002 以下と評価された。なお、放射性希ガスについては、ガスモニタ周辺のバックグラウンド放射線の上昇及び揮発性核種の混入により、実放出量を過大評価している。

表6-1：核種ごとの放射能濃度と排気中濃度限度との比（3か月平均4~6月）

核種	放射能濃度 (Bq/cm ³) 3か月平均 (4~6月)	排気中濃度限度 (Bq/cm ³)	排気中濃度限度との比 3か月平均 (4~6月)
¹⁹⁷ Hg	1.5×10^{-6}	3.0×10^{-5}	5.0×10^{-2}
^{195m} Hg	1.7×10^{-6}	2.0×10^{-5}	8.7×10^{-2}
^{193m} Hg	1.8×10^{-6}	4.0×10^{-5}	4.6×10^{-2}
¹⁹² Au	3.7×10^{-6}	1.0×10^{-3}	3.7×10^{-3}
¹⁹¹ Au	3.3×10^{-6}	2.0×10^{-3}	1.7×10^{-3}
¹⁹² Ir	3.4×10^{-8}	2.0×10^{-5}	1.7×10^{-3}
¹⁹⁰ Ir	2.0×10^{-7}	5.0×10^{-5}	3.9×10^{-3}
¹⁸⁶ Ir	1.4×10^{-6}	4.0×10^{-4}	3.5×10^{-3}
¹⁸⁵ Os	3.7×10^{-8}	8.0×10^{-5}	4.6×10^{-4}

^{183}Re	8.0×10^{-7}	4.0×10^{-5}	2.0×10^{-2}
^{181}Re	6.2×10^{-6}	5.0×10^{-4}	1.2×10^{-2}
^{129}Cs	1.5×10^{-5}	3.0×10^{-3}	5.1×10^{-3}
^{127}Cs	7.7×10^{-6}	6.0×10^{-3}	1.3×10^{-3}
^{125}I	4.8×10^{-7}	8.0×10^{-6}	6.1×10^{-2}
^{123}I	3.4×10^{-6}	5.0×10^{-4}	6.9×10^{-3}
^{121}Te	1.4×10^{-6}	2.0×10^{-4}	6.9×10^{-3}
$^{119\text{m}}\text{Te}$	5.6×10^{-7}	2.0×10^{-4}	2.8×10^{-3}
^{119}Te	2.4×10^{-6}	1.0×10^{-3}	2.4×10^{-3}
^{97}Ru	9.8×10^{-7}	1.0×10^{-3}	9.8×10^{-4}
^{96}Tc	9.4×10^{-7}	2.0×10^{-4}	4.7×10^{-3}
^{95}Tc	1.4×10^{-6}	1.0×10^{-3}	1.4×10^{-3}
^{94}Tc	1.2×10^{-6}	9.0×10^{-4}	1.4×10^{-3}
^{84}Rb	6.7×10^{-7}	1.0×10^{-4}	6.7×10^{-3}
^{83}Rb	8.5×10^{-7}	2.0×10^{-4}	4.2×10^{-3}
$^{82\text{m}}\text{Rb}$	2.8×10^{-6}	1.0×10^{-3}	2.8×10^{-3}
^{81}Rb	4.2×10^{-6}	3.0×10^{-3}	1.4×10^{-3}
^{77}Br	2.3×10^{-6}	1.0×10^{-3}	2.3×10^{-3}
^{75}Se	2.3×10^{-7}	1.0×10^{-4}	2.3×10^{-3}
^{72}Se	1.9×10^{-7}	4.0×10^{-5}	4.7×10^{-3}
^{76}As	1.6×10^{-6}	2.0×10^{-4}	7.9×10^{-3}
^{74}As	5.1×10^{-7}	6.0×10^{-5}	8.6×10^{-3}
^{72}As	1.3×10^{-6}	1.0×10^{-4}	1.3×10^{-2}
^{43}K	5.9×10^{-6}	8.0×10^{-4}	7.4×10^{-3}
^{42}K	7.9×10^{-6}	9.0×10^{-4}	8.8×10^{-3}
^{24}Na	1.0×10^{-5}	4.0×10^{-4}	2.6×10^{-2}
^{22}Na	2.4×10^{-8}	9.0×10^{-5}	2.6×10^{-4}
^7Be	2.1×10^{-7}	2.0×10^{-3}	1.1×10^{-4}
合計(比の和)			0.42

表 6-2 : ハドロン第 2 機械棟の排気口における排気濃度と排氣中濃度限度との比較
(3か月平均 4~6月)

核種	ハドロン第 2 機械棟 (Bq/cm ³)	排氣中濃度限度 (Bq/cm ³)	排気口における 濃度限度比
⁷⁷ Br	1.2×10^{-7}	1.0×10^{-3}	0.00
⁸² Br	7.5×10^{-8}	2.0×10^{-4}	0.00
¹²¹ I	6.1×10^{-9}	1.0×10^{-3}	0.00
¹²³ I	2.8×10^{-8}	5.0×10^{-4}	0.00
¹²⁵ I	4.9×10^{-7}	8.0×10^{-6}	0.06
¹³¹ I	7.3×10^{-9}	5.0×10^{-6}	0.00
¹⁹² Hg	3.8×10^{-7}	1.0×10^{-4}	0.00
^{193m} Hg	3.4×10^{-7}	4.0×10^{-5}	0.01
^{195m} Hg	1.6×10^{-6}	2.0×10^{-5}	0.08
¹⁹⁷ Hg	4.9×10^{-6}	3.0×10^{-5}	0.16
^{197m} Hg	2.0×10^{-7}	2.0×10^{-5}	0.01
合計 (比の和)	7.7×10^{-6}	-	0.32

7. 原因調査

本事故は、50 GeVシンクロトロンの遅い取り出し専用電磁石の電源が誤作動したことによってハドロン実験ホール内に設置された金標的の一部が損傷し、放射性物質がハドロン実験ホール内に漏えいした。また、排風ファンを運転したため、放射性物質が管理区域外に漏えいした。これらの事象の認識が遅れ、通報が遅れた。ここでは、その原因分析を行った結果を、施設及び機器並びに安全管理のそれぞれについて示す。

7.1 施設及び機器

施設及び機器面における原因分析を、7.1.1 から 7.1.4 に示す。分析は 4 つの領域に分けて行った。

7.1.1 ビーム取り出し装置における誤作動の原因

50 GeVシンクロトロンからハドロン実験施設へのビーム取り出しあは「遅い取り出し」法によって行う。陽子ビームはシンクロトロンの中でベータトロン振動とよばれる横振動をしながら周回している。遅い取り出しあは、この振動の共鳴現象を使ってビームサイズを広げ、広がったビームを外側から削り出すように徐々に取り出す手法である。精度のよい実験を行うためには取り出される陽子の数（ビーム強度）が取り出されている時間内で均等になる必要がある。このため、取り出されたビームの単位時間あたりの強度（ビームスピル）を測定しながら 2 種類の電磁石、EQ(Extraction Quadrupole) 電磁石及び RQ(Ripple Quadrupole) 電磁石をフィードバック制御して取り出し時間内のビーム強度を均等にする。本事故における金標的損傷の直接的原因は、この EQ 電磁石の電源系の誤作動である。

図 7.1-1 に、ビーム強度をフィードバック制御するデジタル信号制御ユニット (DSP) とその信号伝送系のブロック図を示す。取り出されたビーム強度の信号は、まず DSP に取り込まれる。このユニットは、内蔵されたコンピュータにより取り出しひーム強度を均等に保つために必要な EQ 電磁石電源及び RQ 電磁石電源に対する電流指令値を計算し、デジタル化された電流指令信号を出力する。電流指令信号は外部ノイズの混入を防止するために光信号に変換された後、各電源に送信される。

図 7.1-2 に EQ 電磁石電源の構成を示す。受信した光信号はデジタル電気信号に変換された後、EQ 電磁石電源の制御部に入力される。電源制御部の指令信号処理回路では受信したデジタル電気信号に基づいて電源出力部を動作させるために必要なアナログ電流指令値を発生する。出力電圧と出力電流値は常に監視され、過電圧・過電流等の異常が検知された場合は、制御コンピュータが電源を停止させるとともに電源の異常警報を外部に出力する。また、電流指令値と実際に流れた電流の差が大きい場合には、電源は停止しないものの「電流偏差異常」という異常記録を出力する。

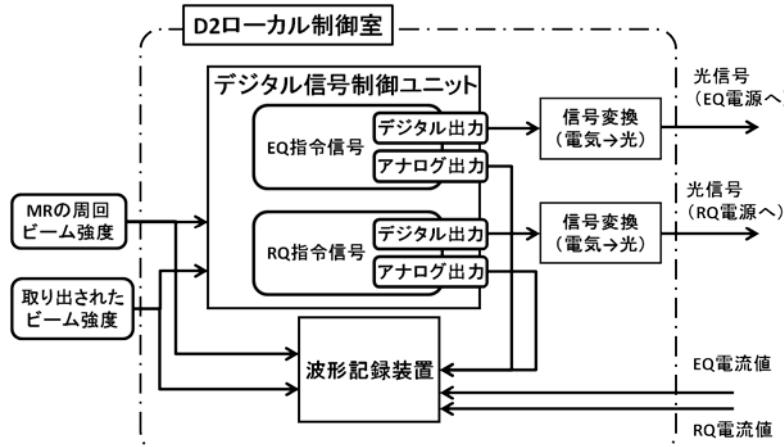


図 7.1-1 : デジタル信号制御ユニット (DSP) と信号伝送系

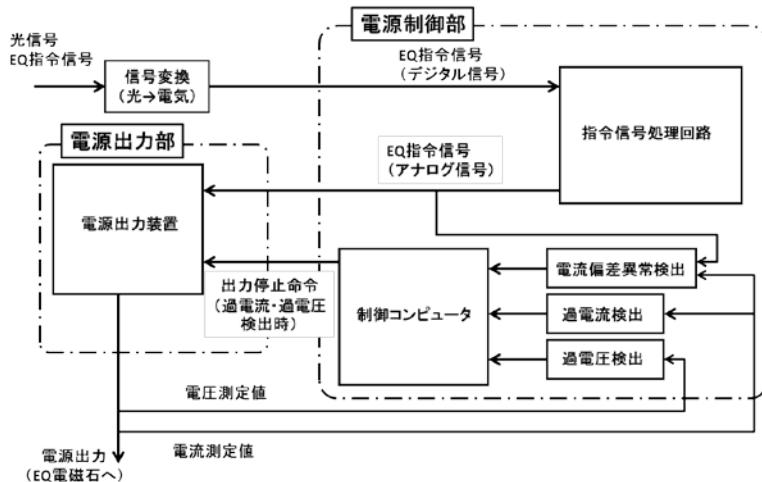


図 7.1-2 : EQ 電磁石電源の構成

正常な遅い取り出し運転では、6秒の運転周期の中で、加速終了後のフラットトップ（加速終了後にビームが周回している期間）2.93秒のうち約2秒間にわたってビームをビーム輸送系に取り出している。図7.1-3にフィードバック制御システムの波形記録装置の画面記録を示す。事故発生時、DSPのアナログ出力は正常な動作をしており、DSPは正しい指令値を生成していたが、一方、EQ電磁石電源の出力電流が全く流れない状態が約0.3秒続いた。この間にビームが全く取り出されないため、DSPは指令値を増大させ、より大きな電流を流すように動作した。電流指令値は通常は最大でも100A程度であるにもかかわらず、誤作動ショットでは指令値が159A付近まで上昇した。この瞬間に突如不具合が解消され、159Aの指令値に従った出力電流が急激に流れはじめた。この急激な電流増加により、ベータトロン振動が一気に共鳴条件に近づき、約5ミリ秒という短時間に 3×10^{13} 個の陽子ビームのうちの約2/3が取り出された。

このEQ電磁石電源システムの誤作動の原因を調査した結果、事故発生時のショットではDSP制御ユニットからの電流指令値がEQ電磁石電源の出力部に正しく伝送されず、電源出力部は159Aのステップ指令として応答していることが分かった。また、159Aのステップ指令を送るとEQ電磁石電源の応答は事故発生時の状況をよく再現することが確認され

た。なぜ電流指令値が EQ 電源の電源出力部に正しく伝送されなかつたのかについて、以下の 2 つに絞り込んでいる。

- (1) 電源制御部の指令信号処理回路は正しく信号を処理していたが、制御コンピュータの出力に何らかの原因で一時的な不具合が生じ、出力電流が流れない状態が続いた。その後、その異常が突然解消され指令値に向かって電流が流れ始めた。この場合、電流偏差異常は DSP が電流を流す命令を開始した直後に発生していたと思われる。
- (2) DSP と信号伝送系を含む電流指令系統に何らかの一時的不具合が生じ、DSP は電流を流す指令を送っているにもかかわらず、最終的に電源出力部が受け取る電流指令値はゼロのままだった。その後、不具合が突然解消され、その時点での電流指令値に向けて急激に出力電流が増加した。この場合、電流偏差異常が発生したのは電流が流れ始めた時点だと推定される。

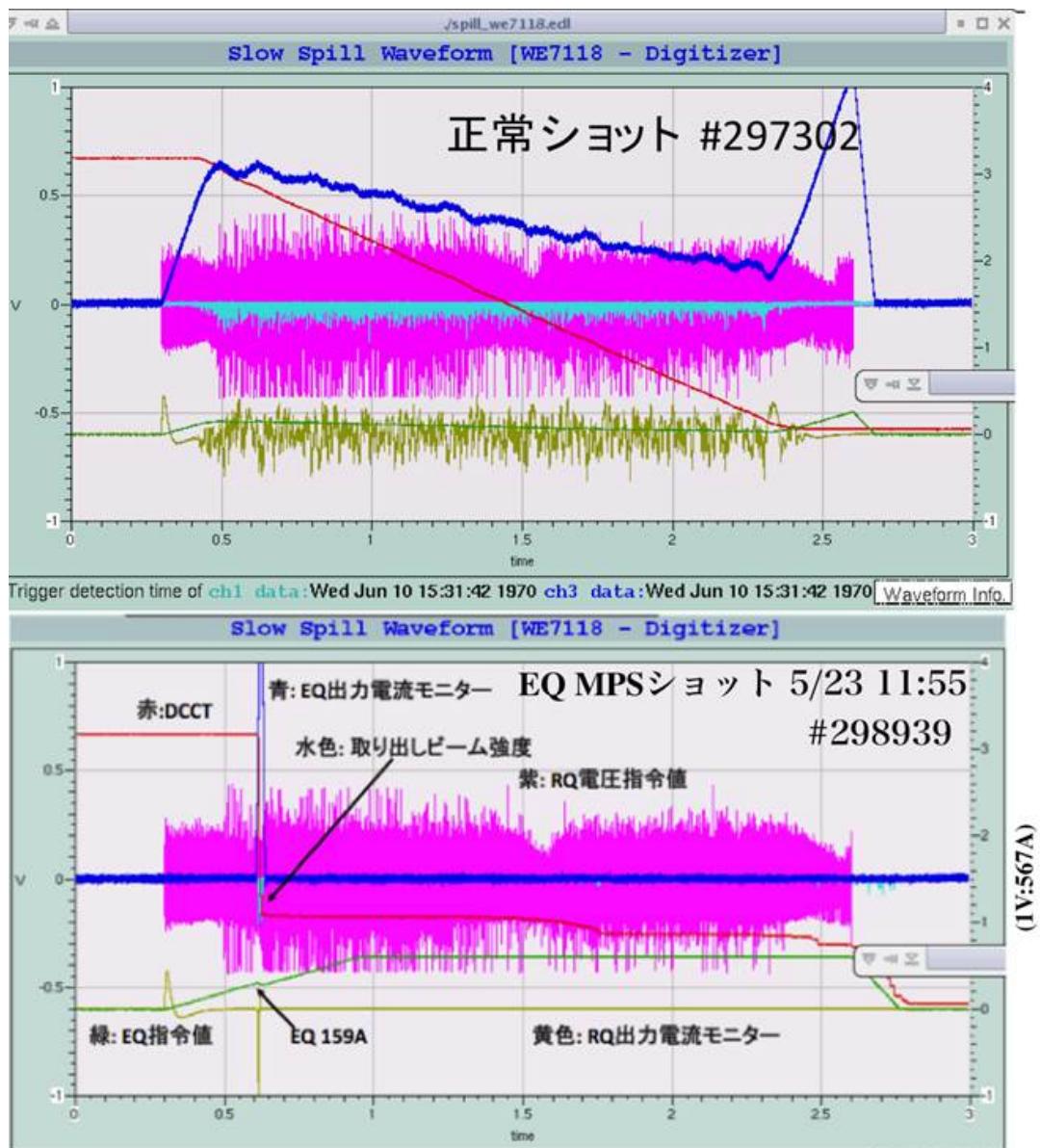


図 7.1-3：正常時（上）及び EQ 電源誤作動時（下）のフィードバック制御システムの波形記録：50 GeV シンクロトロン内の周回ビーム電流（赤線）、取り出しビーム強度測定値（シアン線）、EQ 電源出力電流（青線）、DSP からの EQ 制御信号モニタ値（緑線）、RQ 電源出力電流（鶯色線）及び RQ 制御信号モニタ値（桃色線）。

電源には本来このような不具合に対して、異常な電流を防ぐ安全装置が付加されているべきであった。その観点から考えると今回の事故を未然に防ぐことができなかつた問題点として次の 2 つが挙げられる。

- (1) 電源は過大な電流を出力した場合に過電流警報を発報し電源を停止する安全装置を備えているが、過電流の設定値が最大定格の 340A に設定されていたため、この安全装置は働かず、電源は最大 180A 程度の電流を出力した。
- (2) 電流設定値と実際の電源出力に偏差が生じた場合、電流偏差異常と呼ばれる警報を発報したが、電源を瞬時に停止する等の安全動作をするようにはなっていなかつた。

本事故の発生時に、加速器シフトリーダ及びハドロン運転シフト員の双方で異常な短パルスの陽子ビームが金標的に到達した事実を認識することができず、対応の遅れを招いた。その原因是、ハドロン実験施設側で今回のような異常なビームを想定していなかったため、ビームの時間的な変化を正しく測定できず、短パルスビームであることが確認できていなかったことにある。ただし、ビーム形状を測定するビームモニタ（ビームプロファイルモニタ）等によって、通常の3分の2の強度だがビーム形状は普段と変わりなく送られていることは確認されていた。金標的の約1m上流側に設置されたビームプロファイルモニタのデータから、金標的位置でのビーム形状は太さ0.6~1mmのほぼ円柱形状になると推測される。加速器側では、50GeVシンクロトロンを周回しているビームの強度の測定から、ビームが急激に失われたことは確認できていた。このような事象は、遅い取り出しで取り出しきれずに残ったビームを捨てるビームダンプへの速い取り出し（50GeVシンクロトロンを周回しているビームを一度に取り出す方法）を行うシステムが動作したときに起こる事象と良く似ている。このため加速器シフトリーダは、本事故はこの速い取り出しシステムが誤作動したと考え、事故発生時のビームがハドロン実験施設に取り出されたとは考えなかった。

7.1.2 金標的の損傷

ハドロン実験ホールの2次粒子生成標的には、2次ビームラインで利用できる2次ビーム強度をできるだけ増やすため、比重の大きい金が使用されている。金の部分は断面が6mm×6mm角、長さ66mmであり、長さ方向に6分割され、各ブロックの間にわずかな隙間がある。これに熱除去用の冷却水配管付き銅ブロックが取り付けられている。通常の30兆個の陽子が2秒にわたって取り出される運転では、標的は熱伝達によって十分に冷やされるためにその最高温度は300°C程度に収まっていた。これに対して、大強度の短パルスビーム（1000分の5秒に20兆個の陽子）が金標的にに入った場合は、熱伝達による冷却が間に合わないので、ビームサイズにもよるが、中心で2000°C以上の昇温を引き起こすことが熱計算により示されている（図7.1-4）。金標的には温度測定用の熱電対が設置されており、本事故時には異常な温度上昇を示した。ただし、測定間隔（1秒）が急激な温度変化に比して長かったため、測定値は実際の温度上昇に追従できず、記録された温度上昇は340°C程度にとどまり、警報を発報する400°Cを超えていた。

本事故直後のビーム運転では、ビームプロファイルモニタのデータから予想されるビーム軌道は通常時から変化していないにもかかわらず、2次粒子生成量は約40%に低下した。これは金標的が損傷し相当量の金が消失したことを示唆する。その後に行なったビーム軌道の調整によって、ビーム位置を1.3mm程度移動しているが、これによって2次粒子の収率が通常時まで回復している。従って、損傷部の大きさはこの移動範囲に相当すると考えられる。

本事故では、大強度の短パルスビームが金標的にに入ったため、金標的の温度が上昇し、標的の一部が溶融したと考えられるが、このような事故は設計段階では想定されていなかった。また通常の運転時でも、何らかの要因で冷却機能が喪失し、ビームが停止せず金標的を照射し続ければ、金標的の温度が上昇し標的の一部が溶融したと考えられる。これを防ぐために金標的の温度及び冷却水温を測定し、異常があればビームを停止するインターロックを設けていたが、金標的が溶融し放射性物質が飛散することは想定していなかった。標的及び標的容器の設計における事故想定が不十分であり、金標的を格納する容器は気密構造ではなかった。金標的で急激な温度上昇が起これば、標的内部で生成された放射性物質が一次ビームライン室に飛散する構造になっていた。

放射性物質のほとんどは、事故発生時の1ショットのみで発生したものと考えられる。このことは、事故発生後のビーム運転で、異常な標的温度の上昇（図7.1-5）や異常な2次粒子生成量の減少が観測されなかったことから推測される。また、ハドロン実験ホール内のエリアモニタの記録の時間変化も、その後の加速器の運転に対する明らかな相関は見られない。

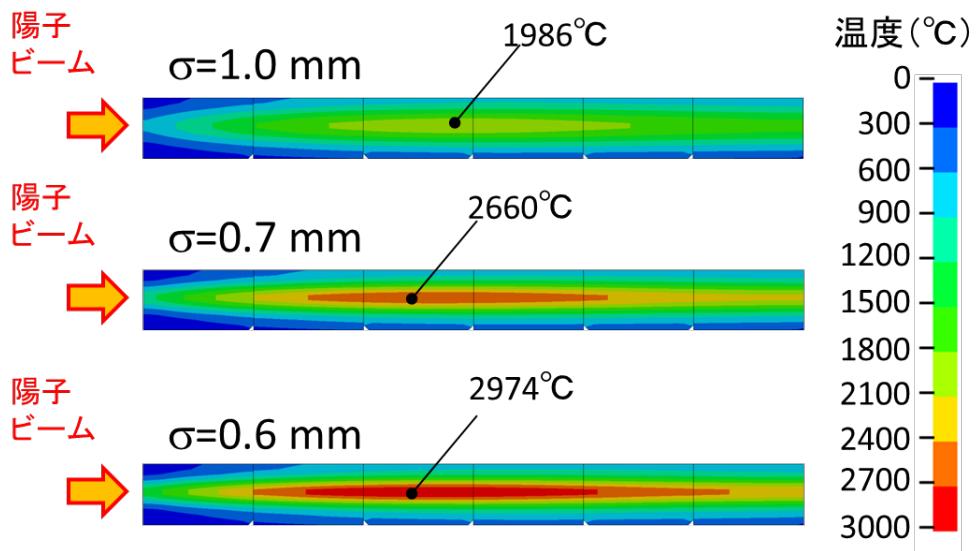


図 7.1-4：本事故のショットにおける標的昇温のシミュレーション結果。時間構造は異常時を模擬し、ビームサイズを変えた場合の結果を示す。金の融点は 1064°C (1気圧) なので金標的が一部溶融したものと推察される。

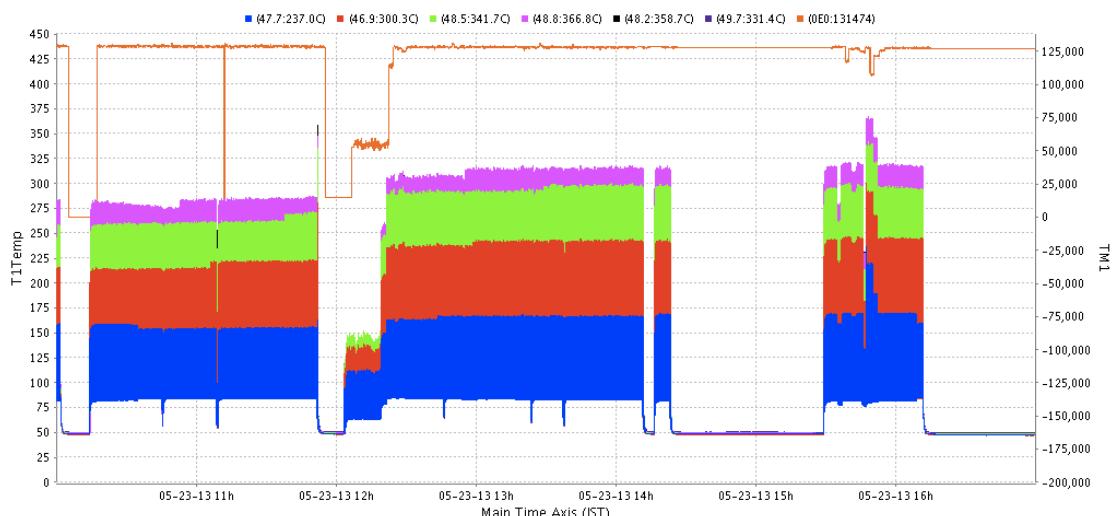


図 7.1-5：事故時 (11 時 55 分) 前後で測定された 2 次粒子の発生量 (上赤線) と標的各部の温度 (下各色)。事故時は 350°C 程度までの温度上昇が測定されている。ビーム再開 (12 時 08 分) 直後はビームによる温度上昇が小さく 2 次粒子の収量も低い。12 時 15 分頃からビーム調整を行い、標的温度は 300°C 程度まで上昇し、それに伴い 2 次粒子の収量も通常時とほぼ同じ値に回復した。ビーム調整終了 (12 時 30 分) 後の定常運転での温度は事故前の温度と比較すると 30°C ほど高いが標的損傷に至る温度ではない。

7.1.3 放射性物質のハドロン実験ホール内への漏えい

図7.1-6にハドロン実験ホールの放射線管理区域を示す。図中の赤線内の標的や最終的にビームを止めるビームダンプ等を含む領域は第1種管理区域で、表面汚染や空気の汚染が想定される領域である。この領域には図7.1-7に示される空調が第2機械棟に整備されている

が、主目的は一次ビームライン室内の機器から発生する熱の除去である。ビーム運転中、空調は循環運転されており、10 %がフィルタ（HEPAフィルタ）を通過する。しかし、循環運転中は放射性物質の濃度を監視しておらず、ビーム運転終了後の一次ビームライン室の排気は、放射線レベルの減衰を待って、放射性物質の濃度を監視しながらフィルタを通して行う設計及び実装である。ハドロン実験ホール内の第1種管理区域に含まれない領域は第2種管理区域で、表面汚染や空気汚染が管理区域設定基準を超えるおそれがあるとされる領域である。

今回の事故では、ハドロン実験ホールのコンクリート遮へい壁で囲まれた一次ビームライン室にあった放射性物質が遮へい壁の外に漏れ出た。コンクリート遮へい壁は主として標的やビームダンプで発生する中性子などが外部に出る量を減少させるための遮へいを目的としている。また、遮へい壁内部では中性子によって空気が放射化するため、コンクリートブロックを重ねる際は、間にゴムシートを挟む、配管ダクト等の貫通部をコーリングや粘土などで塞ぐなどの対策を取ることで、漏れ出ることを防ぐ設計及び実装がされていた。これらは、KEK-PS（KEKつくばキャンパスで1976年から2005年にかけて稼働していた陽子シンクロトロン）実験施設における経験に基づいて設計したもの。今回の事故に対しては、標的の損傷によって生成される放射性物質までは想定していなかったので、気密が十分でなく第2種管理区域に放射性物質の漏えいを引き起こした。また、ハドロン実験施設の第1種管理区域からの放射性物質の漏えいや汚染の程度を外部からモニタする手段が無かった。

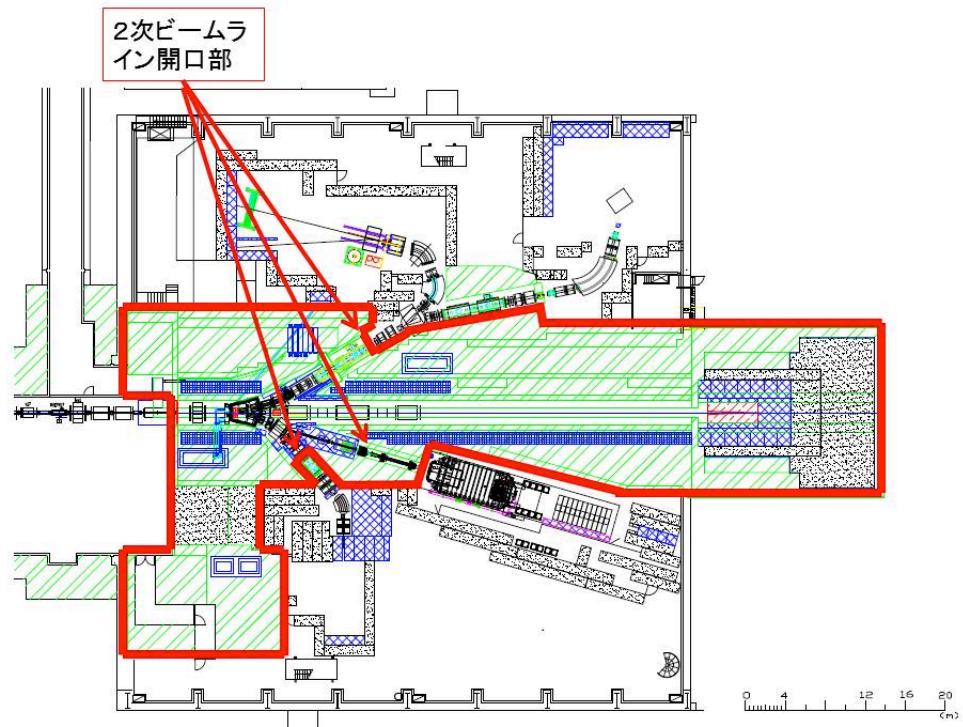


図7.1-6：ハドロン実験ホールの放射線管理区域

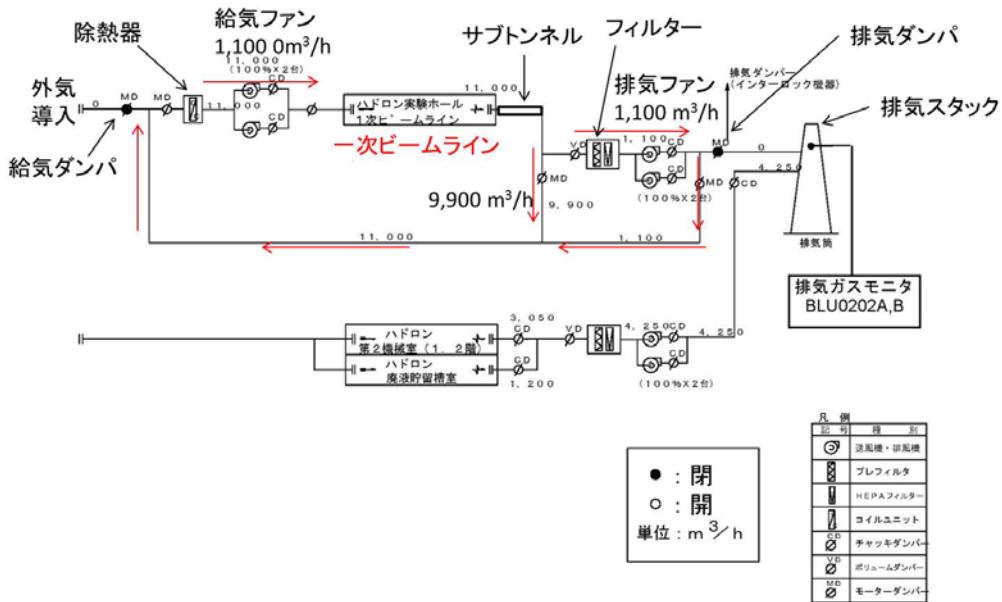


図7.1-7 ハドロン実験施設の一次ビームライン空調系統図

7.1.4 放射線安全管理システム

ハドロン実験施設に設けられた放射線モニタの配置と検出された線量のトレンドを図7.1-8に示す。一次ビームラインを除くハドロン実験ホールの空間は、本来放射性物質が漏れ出ることのない第2種放射線管理区域として設定され、5か所にエリアモニタが配置されている。さらに実験室建屋外に設定された第2種管理区域境界にも3か所のエリアモニタが設置されている。

管理区域内モニタは1時間当たり積算放射線量が $25 \mu\text{Sv}$ に達する時点でハドロン電源棟制御室に警報を発し、また線量率が $25 \mu\text{Sv}/\text{時}$ を超えた時は管理区域内モニタの警報が現場で吹鳴することになっている($25 \mu\text{Sv}/\text{時}$ は管理区域内における1週間(40時間)あたりの法的規制値 1mSv に対応する値)。他方、管理区域境界モニタは1時間積算値が $0.5 \mu\text{Sv}$ に達した時点でハドロン電源棟制御室に警報を出すとともに人の放射線障害防止のためのインターロックシステム(PPS)によりビームが停止する安全対策が取られている(管理区域境界については3か月あたり 1.3mSv が法的規制値)。エリアモニタ監視用の端末はハドロン電源棟制御室(図4-2参照)に設置されており、ハドロン運転シフト員が監視及び制御を行っているハドロンビームライン制御棟(図4-2参照)とは別の部屋であった。

図7.1-8に示す線量のトレンドを精査すると、全てのモニタが11時55分以降に上昇を開始し、その後もゆっくりと上昇を続けている。これは標的の損傷によりハドロン実験ホール内に漏えいした放射性物質が放出するガンマ線によるものである。このことは、排風ファンの稼働により線量が減少していることで分かる。全てのモニタが正常に放射線を検出していることから、モニタは十分な感度を持ち、数や設置位置についても問題が無かつたものと考えられる。管理区域境界モニタについても、区域内の事故に同期した上昇(ハドロン実験ホール内の放射性物質から直達した放射線による)が認められることから、境界モニタとしての機能は果たしていると判断される。ただし、警報レベルは今回の事故を検知するには高過ぎた。

これらの事実が現場における事故認識の不理解や対応の遅延につながった可能性が高い。

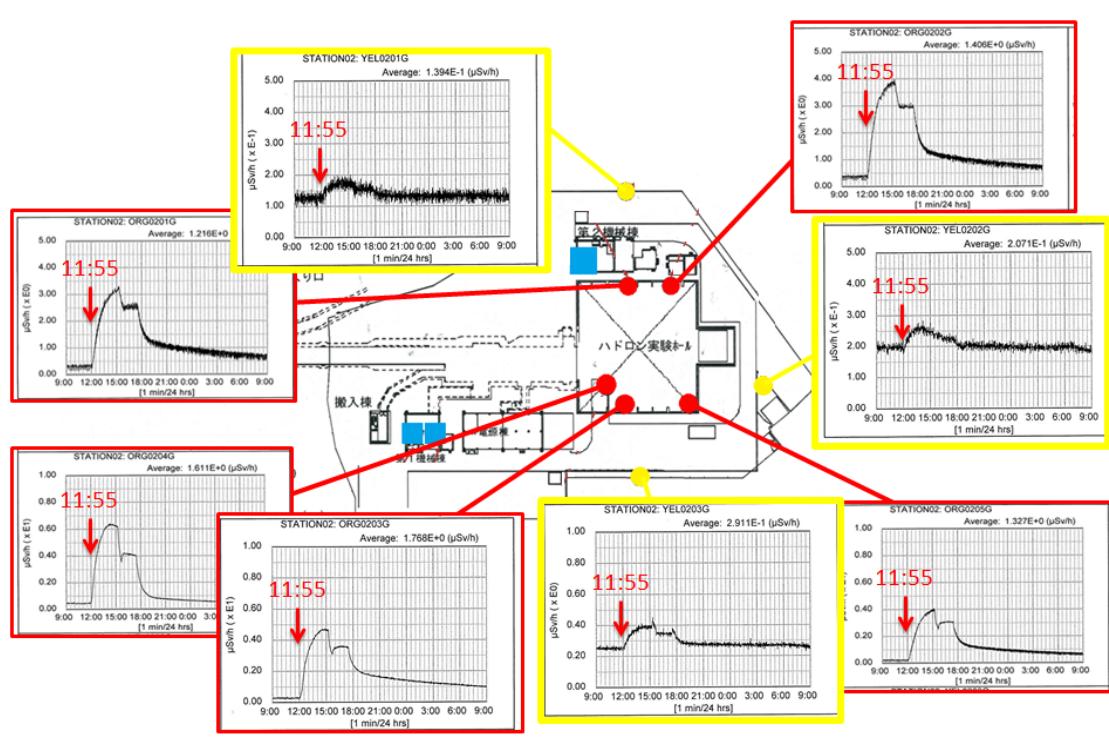


図 7.1-8：ハドロン実験施設のエリアモニタの配置と検出された線量のトレンド。
ハドロン実験ホール内には 5 カ所 (赤)、ハドロン実験ホール外の第 2 種管理区域境界には
3 カ所 (黄) にエリアモニタが設置されている。

7.1.5 調査結果のまとめ

今回の事故に関する現象と原因をまとめると以下のとおりである。

1. ビーム取り出し装置の誤作動

現象：EQ 電磁石電源の誤作動によるパルス状のビーム取り出し

原因：EQ 電磁石電源の誤作動に対する適切な措置の不足

2. 金標的の損傷

現象：パルス状のビームによる標的の温度上昇とそれに伴う損傷、放射性物質の漏えい

原因：標的及び標的容器のパルス状ビーム入射に対する適切な措置の不足

3. 放射性物質のハドロン実験ホール内への漏えい

現象：標的損傷により発生した放射性物質の一次ビームライン室からの漏えい

原因：一次ビームライン室の気密度及び第 1 種管理区域の放射線監視が不十分

4. 放射線安全管理システム

現象：異常認知の遅れと誤認

原因：早期の異常検知・発報と情報の共有が不十分な監視システム

7.2 安全管理

本事故の安全管理上の原因を明らかにするため、別紙に示した時系列による判断の整理・分析をまとめた表を基に原因分析した結果を表 7.2-1 に、安全体制に係わる規定や手引き等の総点検を行い、問題点をまとめたものを表 7.2-2 にそれぞれ示す。表 7.2-1 に示したとおり、問題点を以下の 4 つに分類できる。すなわち、①通報の遅れとそれに係わる判断基準への対応、②管理区域内への放射性物質の漏えいへの対応、③作業者の被ばくへの対応、④管理区域外への放射性物質の漏えいへの対応である。

7.2.1 通報の遅れとそれに係わる判断基準への対応

加速器、ハドロン実験施設、放射線管理部門及び実験利用者等関係者間での情報集約が不十分であったため、それぞれが断片的な情報に基づいて行動し、法令報告事象に該当するか否かの判断に時間を要した。それぞれの情報が早い時点で集約できていれば、総合的に考えて法令報告事象であると判断できた可能性が高い。

放射線取扱主任者等は、放射線障害防止法に対応する管理区域内への放射性物質の漏えいは法令報告事象に該当せず、ハドロン実験ホール周辺の屋外の管理区域（図 4-2 参照）においては表面汚染が無かったため、放射性物質は管理区域外へは漏えいしていないと考え、報告事象に該当しないという誤った判断を下していた。この判断や解釈が、通報の遅れが生じた主たる原因となった。法令上の報告義務に関する判断基準が J-PARC センターが定める運転手引等に明確に定められていなかったため、施設外への放射性物質の漏えい等に発展した事が判明するまで、法令報告事象に該当すると判断できなかった。

さらに、加速器、ハドロン実験施設、安全ディビジョン等で本事故の対応に責任を持つべき者が事故発生当時不在であったため、適切な指揮を執ることができなかつたことも遅れの原因の一つとして挙げられる。

7.2.2 管理区域内への放射性物質の漏えいへの対応

事故の原因究明が不十分のまま運転を再開したこと

加速器担当者は、大強度ビームが短時間で加速器用ビームダンプに入射されたと誤解していたのに対し、ハドロン運転シフト員は、ハドロン実験ホールの金標的にビームが来たことは認識していたが、加速器から異常なビーム取り出しがなされたことは認識できなかつた。加速器の運転を再開するに当たり、加速器自身の健全性は確認したものの、事故の発生原因の調査が不十分であった。さらに、誘発事象である標的の破損の可能性について、加速器シフトリーダとハドロン運転シフト員の間で検討がされなかつた。

ハドロン実験施設の標的に大強度ビームが短時間に打ち込まれたことを正確に把握し、情報共有ができていれば、それ以後に起こる事象に速やかに対処できた可能性が高い。

標的損傷の想定と安全対策が不十分であったこと

J-PARC センター内及び KEK、JAEA の下での放射線安全に関する評価過程において、標的の損傷に至るような重大事象が想定されておらず、それに関する安全対策が十分に審議されなかつたことが挙げられる。J-PARC 建設開始当初は、特定の課題を

検討するため、課題毎に設置された専門部会を頻繁に開催して技術的な問題を審議していたが、近年はほとんど開催されていなかった。標的が破損する可能性の評価、標的が破損しても放射性物質が拡散しない構造、一次ビームライン室内に放射性物質が充満したとしても実験ホールまで拡散しない構造等の適切な安全対策について、評価過程で十分議論すべきであった。

7.2.3 作業者の被ばくへの対応

ハドロン実験ホールは放射性物質の漏えいを想定した管理区域ではないため、ハドロン実験施設の運転手引等に、放射性物質漏えいなどの事象に対する避難基準が記載されていなかった。

また、放射線モニタ警報の設定値が法令に定められた規制値に対応した $25 \mu\text{Sv}/\text{時}$ となっていたため、そこに至る以前の段階、つまり、避難すべき基準に達した段階で放射線モニタの警報が出され、的確に行動できる基準の整備がなされていなかった。

さらに、加速器担当者、ハドロン実験施設担当者、放射線管理担当者、実験利用者が得ていた情報が互いに共有されなかつたことから、利用者は自主的に避難したり、実験ホールに留まり続けたりなど、まちまちな対応に終始し、適切な避難指示を出すことができず、作業者に被ばくをさせてしまう結果となった。

7.2.4 管理区域外への放射性物質の漏えいへの対応

ハドロン運転シフト員等は、排風ファンを作動させたことによりハドロン実験ホール内の空間線量が低下していることを確認しており、これにより放射性物質が屋外に漏えいしたことは明らかである。

排風ファンの運転に関して、放射性物質の漏えいなどの異常発生時を想定した手順や判断の基準が運転手引等に規定されておらず、また異常発生を想定した適切な管理区域の設定がなされていなかった。

7.2.5 安全管理の問題点の集約

上記に示したように、安全管理上の問題点である通報の遅れや、管理区域内へ放射性物質が漏えいしたときの安全管理対応、作業者の被ばくへの対応、管理区域外へ放射性物質が漏えいしたときの安全管理対応は、表 7.2-1 に示したとおり、異常時の対応体制の見直しと放射線安全評価体制の見直しに分類できる。すなわち今回の事故は、安全管理面で①異常事象に対応するための体制が十分ではなかつたこと、②放射線安全上の評価体制が十分ではなかつたことの 2 点に集約できる。

異常事象に対応するための体制が十分ではなかつたこと

現行の体制では、実際に発生し得る異常事象を十分に網羅できていなかつたことが主な問題点である。現行の事故活動要領、事故等通報マニュアルや各施設の運転手引に記載されている事故時の対応方法では「発見者が明らかに事故と判断できる事象」を想定しており、通報の判断に迷った場合には「施設管理責任者」あるいは「安全ディビジョン長」に

判断を委ねることとなっている。そのため、現行の事故時の対応方法では、今回の事故のように「複数の施設」(加速器施設とハドロン実験施設)に係わる事象には対応できないことが明らかとなった。特に、「複数の施設で構成されている多目的施設」、「多数の実験利用者が不定期に利用する施設」という J – P A R C の特徴が反映されていない。

加速器施設、特にビーム照射利用施設では、ビームの誤照射による被ばく事象は想定されていても、放射性物質の漏えいによる被ばく事象を想定しなかったという背景もあり、J – P A R C のような大強度加速器に特有の問題点も考慮されていなかった。

放射線安全上の評価体制が十分ではなかったこと

放射線安全上の評価体制については、各施設の特性やリスクを十分に理解した上で、総合的に従来の体制を見直し、技術的な安全確保に関する議論が十分なされるように構成、評価内容等を見直す必要がある。

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

表 7.2-2 「安全体制の総点検」から抽出した問題点*

- ・通報基準が不明確である。
- ・管理職位者の代理者の選任規定が不十分である。
- ・異常事象の想定が不十分である。
- ・ハドロン実験施設でハドロン運転シフトリーダのマニュアルが整備されていない。
- ・J-PARC 放射線安全検討会の在り方の見直し
- ・安全文化の醸成が不十分
- ・放射性物質の漏えいを想定した訓練を実施していない。
- ・教育において理解度評価を実施していない。

*：問題点は、時系列による判断の整理・分析表による問題点で網羅されている。

8. 再発防止策

ここでは再発防止策を、まずはハードウェアの観点から、続いて安全管理の観点からまとめる。ハードウェアにおける再発防止策の骨子となるのは（1）EQ 電磁石電源の誤作動対策、（2）標的の気密確保とハドロン実験ホールの排気管理、及び（3）放射線監視の強化である。電源の誤作動による短パルスビームの取り出しを防止することは非常に重要であり、本章に示すようにいくつかの有効な対策を施すが、リスクを完全に根絶することは困難である。そこで、万が一誤作動が発生しても放射線事故を引き起こさないようにするために、標的容器の気密を強化するとともに、ハドロン実験ホール内の空気の排気を放射線レベルを監視しながらフィルタを通して行うことができるようとする。このような多重の防護策をとることにより放射線事故のリスクを徹底的に低減することが再発防止策の要となる。

8.1 遅い取り出しシステムにおける再発防止策

50 GeVシンクロトロンの遅い取り出しにおける再発防止策としては、今回の事故の引き金となった EQ 電磁石電源の誤作動に関する防止策が最も重要である。さらに EQ 電磁石電源の誤作動以外の原因で短パルス大電力ビームが取り出される可能性もあるので、それらのリスクに対する予防策についても検討した。

8.1.1 EQ 電磁石電源誤作動の再発防止策

今回の誤作動のような急激な電流増加を引き起こすことを回避する対策案を基本方針とする。具体的な対策案は以下のとおりである。

（1）EQ 電磁石電源の過電流設定レベルは現状では 340 A（電源の最大定格）に設定されていたため、159 A を越える電流が流れた。今後は指令電流値の上限を利用運転において必要とされる電流最大値 120 A まで下げる。このことにより瞬時に取り出されるビーム量を抑制できる。

（2）現状では電源内部で電流偏差異常が起こったときは異常記録が出力されるが、軽故障の扱いであり電源の停止は行わない。今後は電流偏差異常が検出された場合は警報を出しあつ電源が停止するように変更する。また、フィードバック制御系からの電流指令値（図 7.1-1 の「アナログ出力」）と EQ 電磁石電源の出力電流値（図 7.1-1 の「EQ 電流値」）とを比較し、その間で偏差異常が検知された場合にも電源を停止する。

（3）現在は、電源制御部における異常の検知（インターロックの発報）から出力電流停止動作までにかかる時間は約 1000 分の 6 秒であり、異常なビーム取り出しがなされるのを防ぐのに十分な応答速度ではない。今後は、異常の判断と指令に PLC やリレーのような応答性の遅いものを介さない高速の信号処理回路を新規に製作し、この時間を 1000 分の 1 秒以下に短縮する。これにより今回のような異常が発生した際の EQ 電源の電流増加量を大幅に抑制し、短時間に取り出されるビームの量を少なくする。

以上の対策を原因と対比してまとめて表 8.1-1 に示す。

表 8.1-1 原因と対策

短パルスビーム取り出しの原因	対策（予防措置、改善処置）
事故のショットでは取り出し時間から 0.3 秒間にわたり EQ 電源が応答しなかったため、フィードバック制御系はさらに高い電流指令値を出力し続けた。その結果、応答が回復したときは従来（通常は 100 A 以下）よりかなり高い指令値（159A）になっており、その電流が急激に流れビームが短パルスで取り出された。	EQ 電磁石の最大電流値を 340 A から 120 A に変更し、短パルスビームが取り出されるリスクを低減する。
事故のショットでは電流偏差異常の状況が生じているがそれを検知して電源を停止するシステムになつていなかった。	電流偏差異常が発生した場合は、警報を出力するとともに電源、およびビーム運転を停止する機能を加える。さらに異常検知後、ただちに電源停止のプロセスに入れるよう、停止動作開始までの応答速度を現行の約 6 ms から 1 ms 以下に短縮する。

8.1.2 ハドロン施設に短パルスビームが取り出されるリスクに対する安全対策

遅い取り出しにおいて、機器の不具合等により短時間でビームが取り出される可能性を完全に無くすことは困難であり、実際に 50 GeV シンクロトロンや KEK-PS においても、通常よりも短い時間でビームが取り出される事象は発生している。ただし、いずれの場合もビーム強度が低いために標的の損傷にはつながらなかった。以下では、前節に述べた EQ 電磁石電源の誤作動以外の理由によって短パルスビームが取り出されるリスクと、それを回避するために実施する安全策を示す。

(1) 速い取り出しキッカー電磁石の誤作動

50 GeV シンクロトロンの遅い取り出しでは、約 2 秒間の時間をかけてゆっくりとビームが取り出されるが、100 % のビームを取り出すことはできず、一部が取り出されずに残る。残ったビームは、シンクロトロンの内部で失われると機器を放射化するおそれがあるため、通常は速い取り出し法 (Fast Extraction, FX) によってアボートダンプ (50 GeV シンクロトロンのトンネル内に設けられたビームダンプ) に捨てられる。速い取り出しには 5 台のキッカー電磁石を用いるが、もし 5 台のうちの 1 台が誤作動して本来のタイミングではない時刻に動作すると、ビームが遅い取り出し機器の一つである静電セプタムの位置で位相空間上の取り出し領域に蹴り出され、そのままハドロン一次ビームラインに取り出される可能性がある。その場合は 5 μ s の短パルス大強度ビームがハドロン実験ホールの標的に輸送されることも起こり得る。

キッカー電磁石は 6 秒の運転サイクルごとに充放電されるが、充電完了のタイミングを

現行の「遅い取り出し開始前」から「遅い取り出し終了直前」に変更する。この変更により、キッカ一電磁石の誤作動が生じた場合でも誤ってビームが取り出されるリスクを低減できる。

(2) 発散用四極電磁石の非常停止

遅い取り出しの過程で、何らかの理由で発散用四極電磁石が緊急停止すると、大強度の陽子ビームが短時間で取り出される可能性がある。実際、過去には1パルス当たり1.6兆個(1.6×10^{12} 個)の陽子が約2ミリ秒の間に取り出されてハドロン実験ホールの標的に輸送されていた事例がある。このときはビーム強度が低いため標的損傷には至っていないが、大強度ビームで同様なことが生じると標的の破損につながる可能性がある。そこで、発散用四極電磁石の電源で非常停止が発生した場合は停止信号を検知して、それに合わせて収束用四極電磁石の電源も同時に緊急停止させることとする。それによって遅い取り出しを停止して、短パルスビームがハドロン実験施設に取り出されることを防ぐことができる。

(3) ビーム調整時

遅い取り出しにおいてビーム強度を増強していくためには、ビーム強度の段階に応じて加速器の調整を重ねながら、その都度、連続運転が可能な設定を確立していく必要がある。設定が最適化されていない調整中の過程においては、短パルスのビームが取り出される可能性をゼロにはできない。また調整中には人の操作を介してビーム制御を行う場合もあるため、慎重を期したとしても人的ミスが発生する余地は残る。実際、加速器の調整中に遅い取り出し用電磁石電源の制御値の設定ミスにより1パルス当たり10兆個(1×10^{13} 個)の短パルスビームが取り出され、ハドロン実験ホールの標的まで到達した事例がある。このときはターゲットの損傷は確認されていないが、今後のビーム強度の増強に伴い、加速器スタディの際に大強度ビームが短時間に取り出されるリスクは増大することが予想される。対策として、加速器調整の際には、ハドロン実験ホール内の標的部分のビーム軌道を変える、または標的に駆動機構を設けてビームを避ける位置に標的を移動し、ビームを標的には当たず直接ビームダンプに導く。

8.2 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

ハドロン実験施設の管理区域の見直しを進めるとともに、施設や設備の改修を以下の方針に基づいて検討した。

(1) ハドロン実験ホールの一次ビームライン部分における放射性物質の閉じ込め

(2) ハドロン実験ホール内の空気の管理排気

この方針に基づいたハドロン実験施設における再発防止策について記す。

8.2.1 標的装置

標的が壊れた場合にも放射性物質を漏らさないことを第一とする。さらに、万が一漏れが発生した場合でも事態の把握と拡大を防ぐ手段を整備する。このため、以下の対策を行う（図 8.2-1）。

① 標的容器の気密化

標的本体を取り囲む容器を気密構造とする。

② ガス循環系とその監視装置の新設

標的容器の内部が通常の大気雰囲気であると、内部に窒素酸化物が発生し、標的及び周辺機器が腐食する恐れがある。このため、内部を不活性ガスで満たす。また、標的容器内ガスの循環系を新設し、ガス内の不純物を取り除くとともに、ガス内の放射性物質濃度を監視して、標的の異常を検知できるようにする。ガスの圧力を監視して、標的容器の異常も検知できるようにする。既存の冷却水循環系は、標的容器との接続部分で隙間が生じないように封止する。緊急バッグを設け、異常時に切り替えてガスをそこに溜めることができるようとする。

③ 標的の監視の強化

標的の温度測定の時間間隔を 1 秒から 0.1 秒以内に短くし、短時間での温度上昇を検知して一次ビームを停止できるようにする。また、発生する 2 次粒子の収量を監視して、標的の損傷による 2 次粒子数の減少、または異常な上昇を検知できるようにする。短時間にビームが取り出されたことが分かるビームモニタを設置する。

④ 標的の退避

加速器調整中に標的にビームが照射されないようにするために、標的本体を駆動装置により移動させる。又はビーム軌道を変更する。

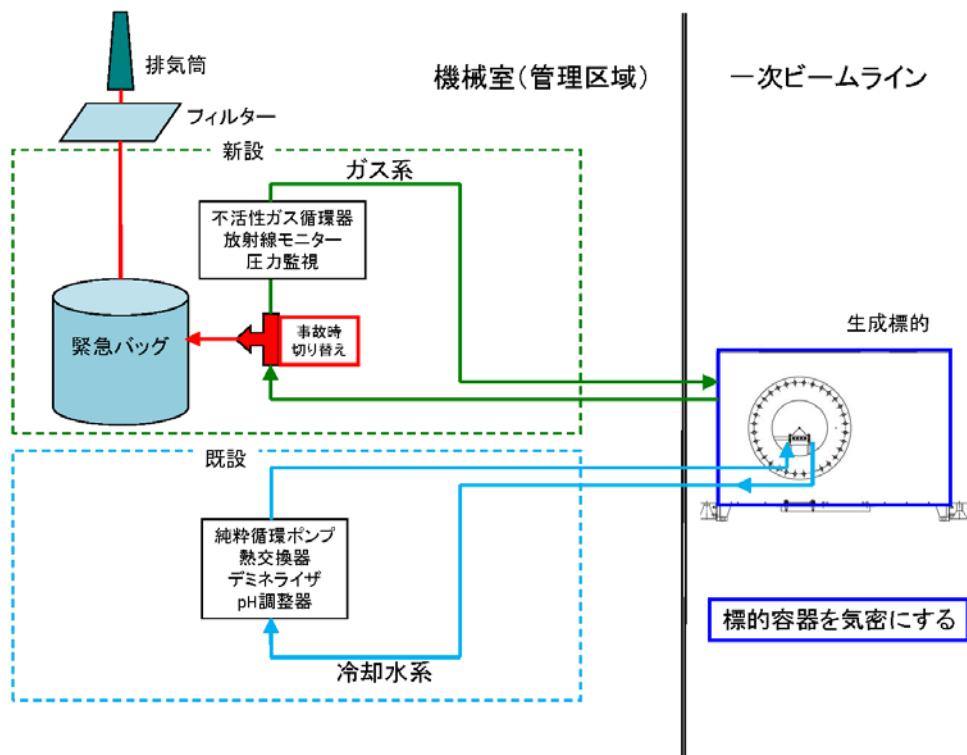


図 8.2-1：新標的システムの概念図

8.2.2 一次ビームライン室

コンクリート遮へい壁の内部空間である一次ビームライン室から実験ホールへの放射性物質の漏えいを阻止するために、次の対策を取る（図 8.2-2、8.2-3）。

① 一次ビームライン天井遮へい体の気密強化

一次ビームライン室天井部の遮へい体を全域にわたって二重に気密シートで覆う。

各気密シートと既設のコンクリート構造体との境界部は、コーリング材等でそれぞれ隙間なく気密処置を施す。

② 2次ビームライン開口部の気密強化（図 8.2-4）

2次ビームライン開口部の空気隔壁を二重化する。各隔壁は、前項の天井部遮へい体の気密シート及び既設のコンクリート構造体との境界部において、コーリング材等でそれぞれ隙間なく気密処置を施す。

③ ケーブル貫通口の気密強化

貫通ケーブルの出入口について、二重にコーリング材等でそれぞれ隙間なく気密処置を施す。

④ 放射線監視の強化

一次ビームライン室の空気の放射性物質濃度を監視するモニタを新設する。

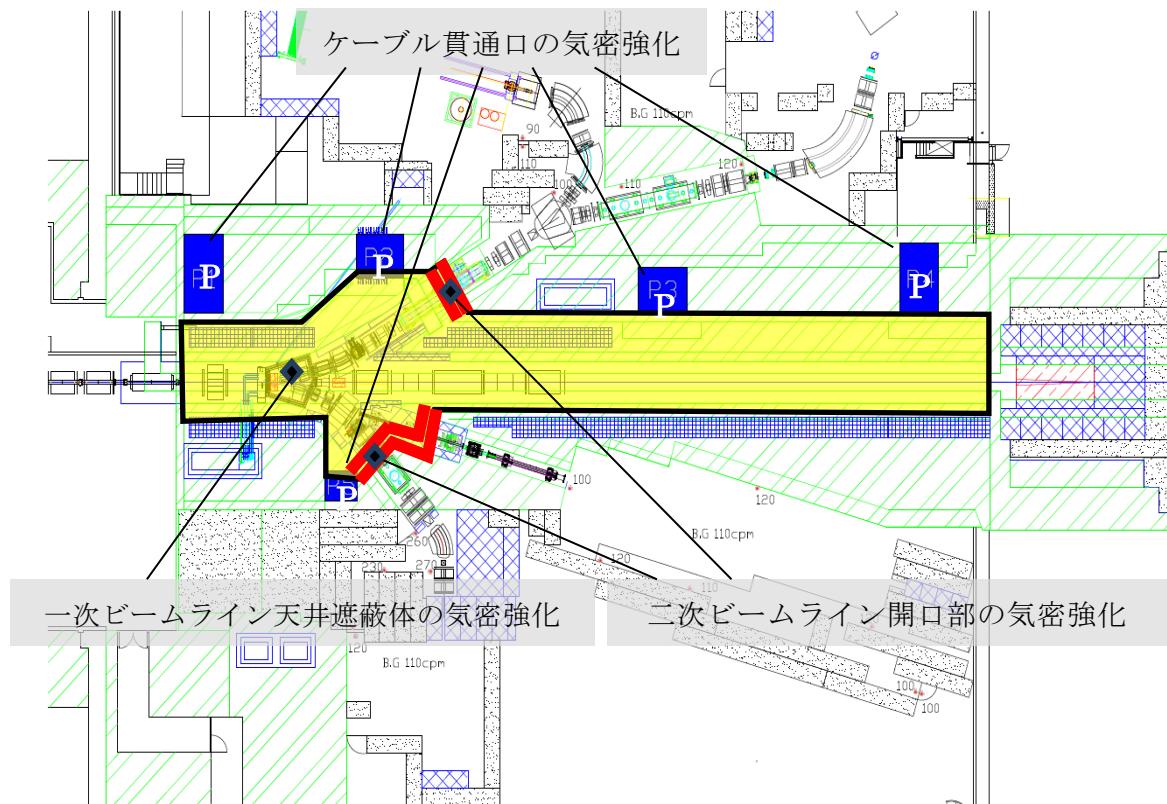


図 8.2-2 一次ビームライン室の気密強化案(平面図)

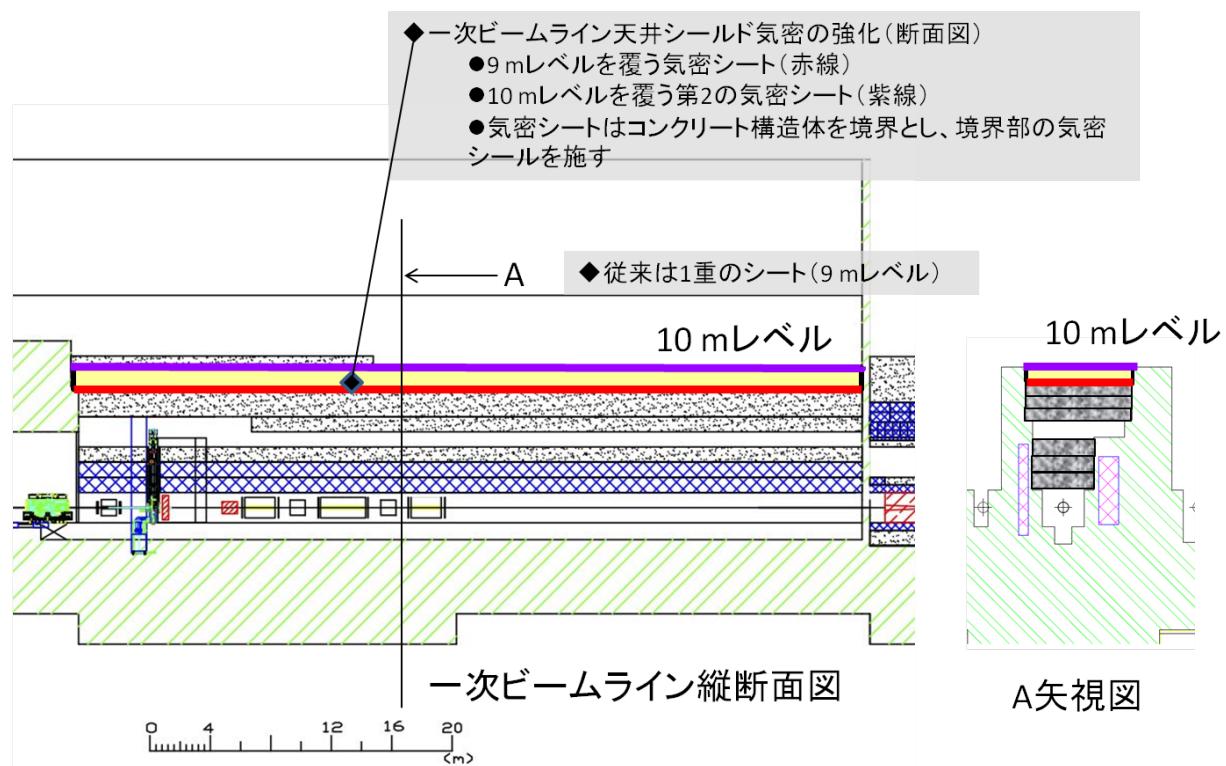


図 8.2-3 一次ビームライン室の気密強化案(断面図)

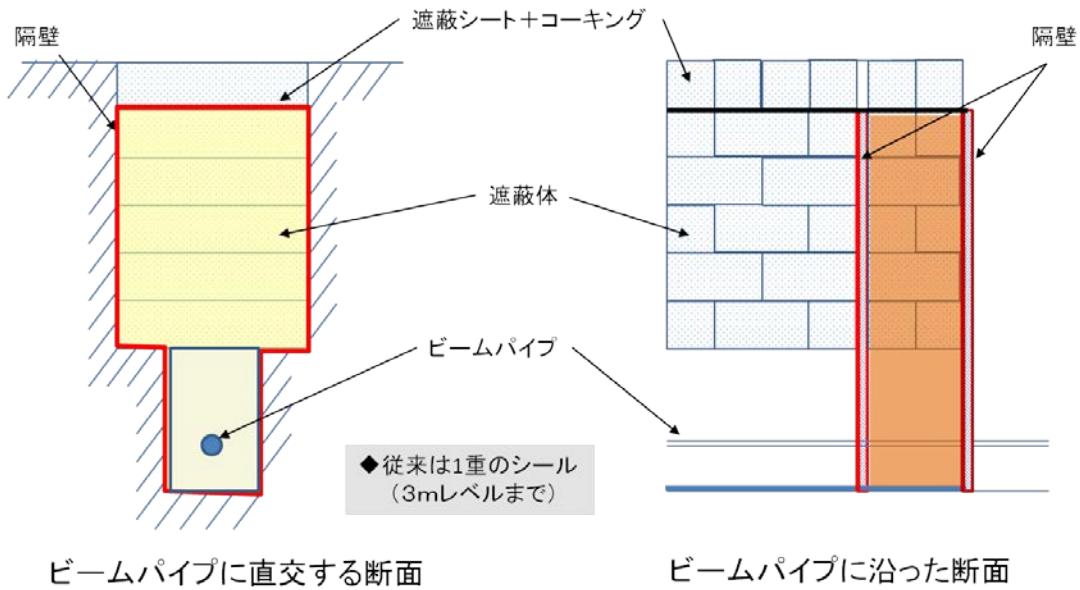


図 8.2-4 二次ビームライン開口部の気密強化案（断面図）

8.2.3 ハドロン実験ホール

ハドロン実験施設管理区域外の一般区域への放射性物質の漏えいを阻止するために、次の対策を取る。下記の対策を施したハドロン実験ホールの改修案を図 8.2-5 に示す。

① ハドロン実験ホール内空気の排気の管理

既設の排風ファンは全て封止する。

実験ホール内の空気の排気を、放射性物質濃度を監視しながらフィルタを通して排気筒から行うための排気管理設備を設ける。

② 実験ホール建屋の出入管理

作業者等が実験ホールから外へ退出する際に汚染検査を行える設備を設ける。

③ 放射線監視の強化

ハドロン実験ホール内に放射線モニタを増設するとともに、ハドロン実験ホール内空気の放射性物質濃度を監視するモニタを新設し、放射性物質の閉じ込め監視を強化する。

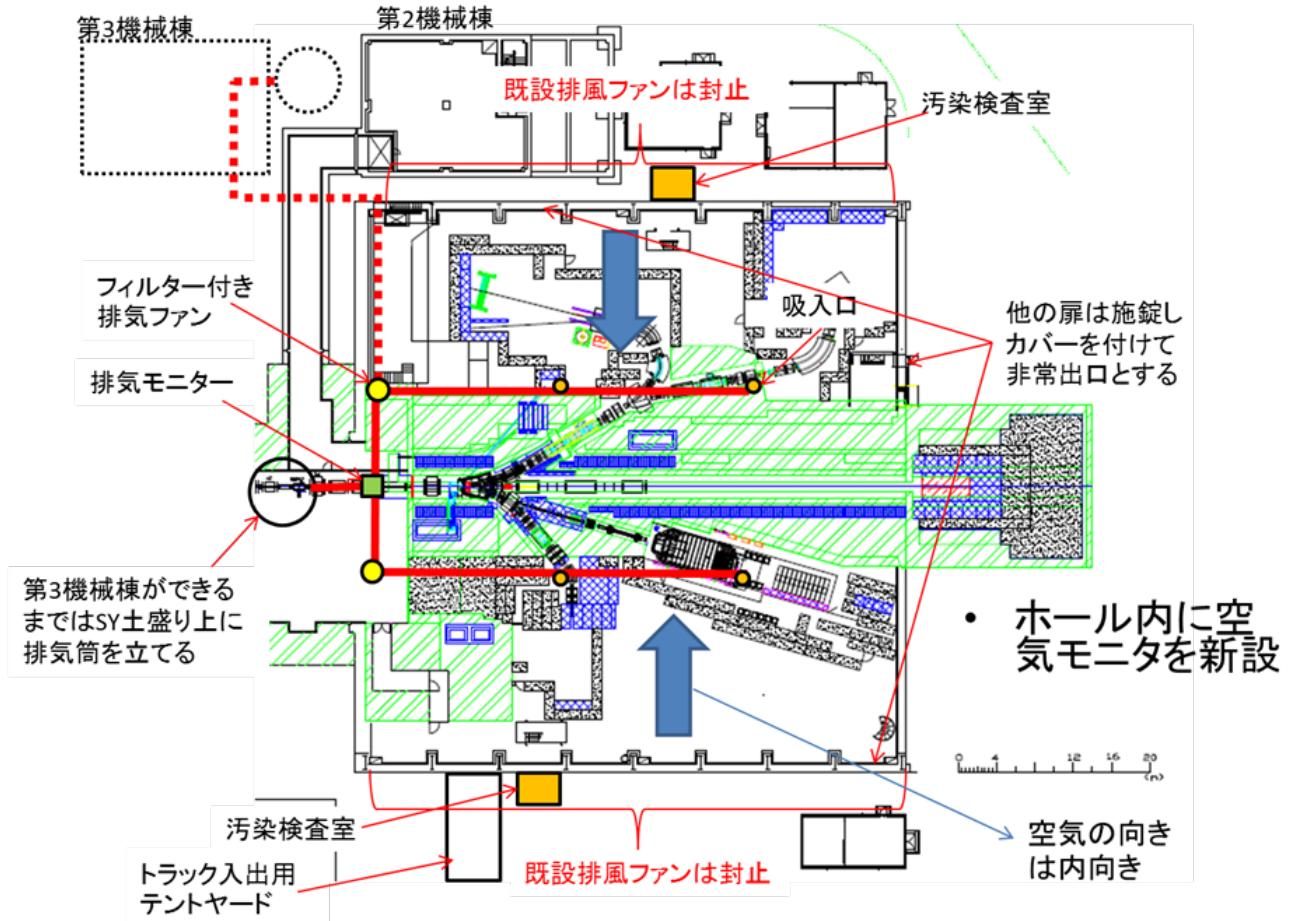


図 8.2-5 ハドロン実験ホール改修の一例

8.3 放射線情報の共有化

これまで、50GeVシンクロトロン、ハドロン実験施設等に設置した放射線モニタは、放射線管理室によって随時監視されていたものの、当該施設のシフト員が常駐する運転管理室では放射線モニタの指示値が確認できなかった。初動対応に必要な放射線モニタ情報の共有化が不十分であり、今回の事故に際して初動対応の遅れの要因となった。事態を繰り返さないために以下の対策を施す。

- (1) 放射線モニタ情報と各施設の安全系情報を同一の場所で確認できるよう、シフト員の常駐場所に放射線監視端末等の監視設備を整備する。
- (2) 放射線モニタの指示値上昇を早期に把握できる注意喚起警報を設定する。また、常時シフト員が放射線モニタ値のトレンドを確認できるようにする。図8.3に放射線モニタ値の共有化に係るイメージを示す。

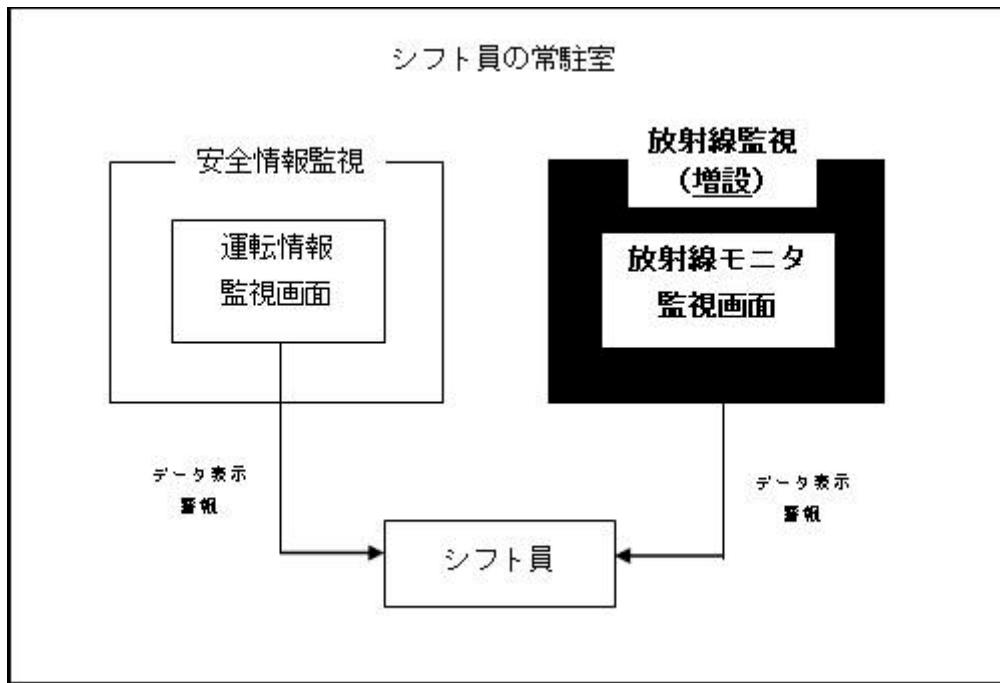


図 8.3 放射線モニタ値共有化のイメージ

8.4 施設及び機器面における原因と再発防止策のまとめ

施設及び機器面における事故の原因に対して、8.1章から8.3章で示した再発防止策を表8.4-1にまとめます。

表8.4-1 事象及び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"> EQ電磁石電源の最大設定電流の見直し 電流偏差異常の検出による電源停止 異常検出後の電源停止の高速化
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"> 標的の温度異常検知の高速化 (損傷の検知を強化) 調整中の標的退避、ビーム軌道の変更
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"> 標的容器の気密化 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)
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"> 一次ビームライン室境界を気密構造とする 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)
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"> 既設の排風ファンは封止 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
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"> 放射線モニタ情報の視認性の向上 注意喚起警報の設定

8.5 安全管理における再発防止策

7.2章で展開した、事故の安全管理上の原因分析の結果、再発防止策への課題は、情報管理体制の形成、法令や判断基準の教育、規定類の見直し、そして放射線安全評価体制の見直しであった。この課題の対する再発防止策は、

- (1) 現状の規定類を見直し、施設の隅々まで安全を浸透させる規定類（具体的想定事象に基づく行動基準を反映させた「マニュアル」「運転手引」）に改定すること。
- (2) これらの規定類に基づいた行動を実践するための教育及び訓練を実施すること。
- (3) 安全上の重要な設備の設計及び変更や、運転手引等の変更について、十分な審議をする放射線安全評価体制の強化を図ること。

である。

今回の事故を元にした今後の緊急時対応の検討策として、異常事象に対応するための体制を明確に定め、安全の規定類をその体制に対応させ、その体制を実践できる訓練を行うことが安全管理における再発防止策として集約できる。

そこで、異常事象に対応するための体制案、放射線安全上の評価体制案、教育訓練及び基準の定期的な見直し案について、以下に示す。

8.5.1 異常事象に対応するための体制

既存の異常事象への対応体制では、非常事態に至る前の「予兆現象」を的確に捉えることができない。また、J-PARCの最大の特徴である「複数の施設で構成される多目的施設」に特有の各施設間及び放射線管理室との「情報の共有」ができていなかった。さらに、「多数の実験利用者が不定期に利用する施設」に特有の利用者を含めた「避難体制」も組み込む必要がある。

これらの課題を解決する手段として、「基本体制」（通常の運転体制に相当）「注意体制」（今回の事故を元に新たに設ける「判断に迷う事象」や「複数の施設との情報共有が必要な事象」といった異常の兆候に対応する体制）、「非常体制」（現状の規定類で定められている直ちに通報事象であると判断できる体制）の3段階の体制を設定する。それぞれの体制で、指揮、情報収集、連絡等の役割を明確化し、どの体制においても各施設と放射線管理部門が情報を共有する。また、異常を検知するMPSについて、原因調査、誘発事象の確認、復帰方法等をマニュアル化し、運転員レベルで対応できるもの（低リスクMPSと定義）と、施設管理責任者を中心とした組織的な対応が必要となるもの（高リスクMPSと定義）に分類する。

それぞれの体制の概要を以下に示す。

①基本体制案（通常の運転体制）

状況：通常の運転状況

シフトリーダ初期対応：低リスクMPS発報時には、シフトリーダの判断でリセットする。リセットできない場合には、機器の故障が疑われる所以装置担当者に連絡し、支援を依頼する。

安全対策として以下の手順を追加する。

- ・MPS 発報の原因が特定できない場合、誘発事象の発生が疑われる場合、又は放射線異常が見られた場合には、「注意体制」に移行する。
- ・発見者が「通報事象」を認知した場合、「注意体制」を経ずに「非常体制」に移行すると同時に、非常用電話に通報する。
- ・ビーム運転再開に際しては、当該事象でのビームの最終的な行き先の確認、隣接施設での異常の有無の確認等により、誘発事象の有無の確認を行う。
- ・誘発事象が無いと判断でき、放射線異常が見られない場合のみ、シフトリーダが運転再開の指示を出す。

指揮者：シフトリーダ

指揮所：各施設

対応要員：運転員、装置担当者

運転再開の判断：シフトリーダ

②注意体制案

状況：高リスク MPS の発報や、PPS の発報等の「放射線被ばくまたは環境への影響の恐れがある」事象で、組織的対応が必要と判断された場合。

シフトリーダ初期対応：直ちに非常電話に通報し、施設管理責任者及び放射線管理責任者に連絡し、当該施設関係者を召集する。施設管理責任者が到着するまではシフトリーダは施設管理責任者の代行として現場を指揮し、情報収集を行うなどの活動を進めておく。

指揮者：施設管理責任者

指揮所：中央制御棟

対応要員：関連施設関係者、放射線管理部門

対応内容：加速器を含む各施設、放射線モニタ、設備のそれぞれについて組織的に情報を収集し、状況の認識と事象の内容を明確化するとともに、事故へ拡大する事を未然に防止するための初期対応を行う。人命に危険が生じ又はそのおそれのある場合には避難誘導を行う。「通報事象」に進展するおそれがあると判断される場合、もしくは既に進展している場合には速やかに「非常体制」に移行する。

運転再開の判断：施設管理責任者（放射線取扱主任者の同意）

③非常体制案

状況：「通報事象」が発生した場合。

指揮者：センター長

指揮所：現地対策本部

対応要員：現地対策本部要員、事故対策チーム員、事故現場係員

対応内容：施設管理責任者は速やかにセンター関係者に連絡する。また、現場から情報を収集してそれを一元管理するとともに、原因の除去、災害の拡大の防止及び人命救助等の現場で必要な活動を実施し、人命に危険が生じ又はそのおそれのある場合には避難誘導を行う。

運転再開の判断：センター長（放射線取扱主任者の同意）

以上を表 8.5-1 にまとめた。図 8-5.1 に表 8.5-1 に対応した異常事象に対応するための体制の移行の流れを示す。

表 8.5-1 異常事象に対応するための体制の移行案

体制	異常の内容	移行時の連絡 【連絡者】	指揮者 【指揮所】 対応要員	運転再開の判断
基本体制	・低リスク MPS の発報等		・シフトリーダ 【各施設】 ・運転員、 装置担当者	シフトリーダ
注意体制	・高リスク MPS の発報や、PPS の発報等	・非常用電話 ・施設管理責任者 【シフトリーダ】	・施設管理責任者 【中央制御棟】 ・施設関係者	施設管理責任者 (放射線取扱主任者の同意)
非常体制	・「通報事象」に該当する場合	・センター関係者 【施設管理責任者】	・センター長 【現地対策本部】 ・事故対策チーム員 ・事故現場係員	センター長 (放射線取扱主任者の同意)

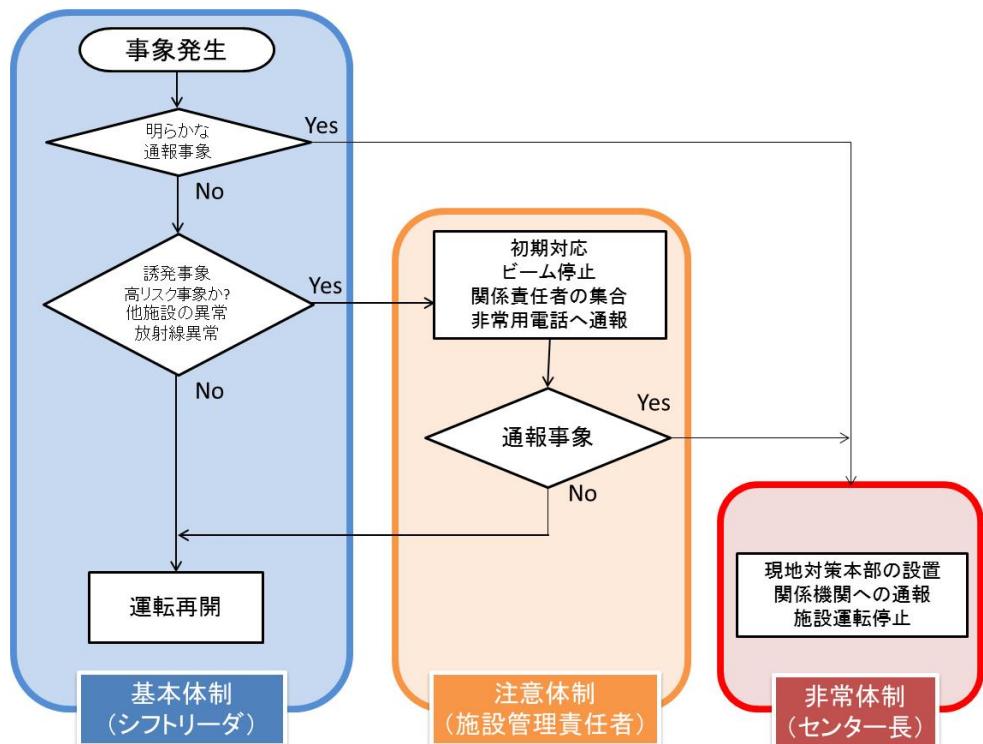


図 8.5-1 異常事象に対応するための体制案の移行の流れ

8.5.2 放射線安全上の評価体制

放射線安全にかかる検討・評価体制の現状と見直し案を図 8.5-2 に示す。

放射線安全上の評価過程において、放射線事故につながる機器の異常が発生しうるかどうかの判断は、各施設の構造、排気排水設備の構成と運転状態、ビームの特徴、各機器の詳細設計等を網羅したうえで検討されなければならない。現状の評価体制で、これらの情報が集約され、議論できる場は J-PARC 内部に設けられた放射線安全検討会である。

放射線安全検討会は開催頻度も少なく、その構成メンバーは、J-PARC センターのディビジョン長を中心とした役職指定者がほとんどで、議論を深める広い分野の専門家で構成されていなかった。そこで、メンバーに外部の有識者を含めた装置や安全の専門家を入れ、評価事項の基準を明確にし、安全上の重要な設備の設計及び変更や、運転手引等の変更について必ず審議することとし、チェック機能の強化を図る。さらに、必要に応じ専門部会を設置することにより、より深い評価を行えるようにして、J-PARC の安全審査の強化を図る。強化の象徴として放射線安全検討会の名称を放射線安全評価委員会に変更する。

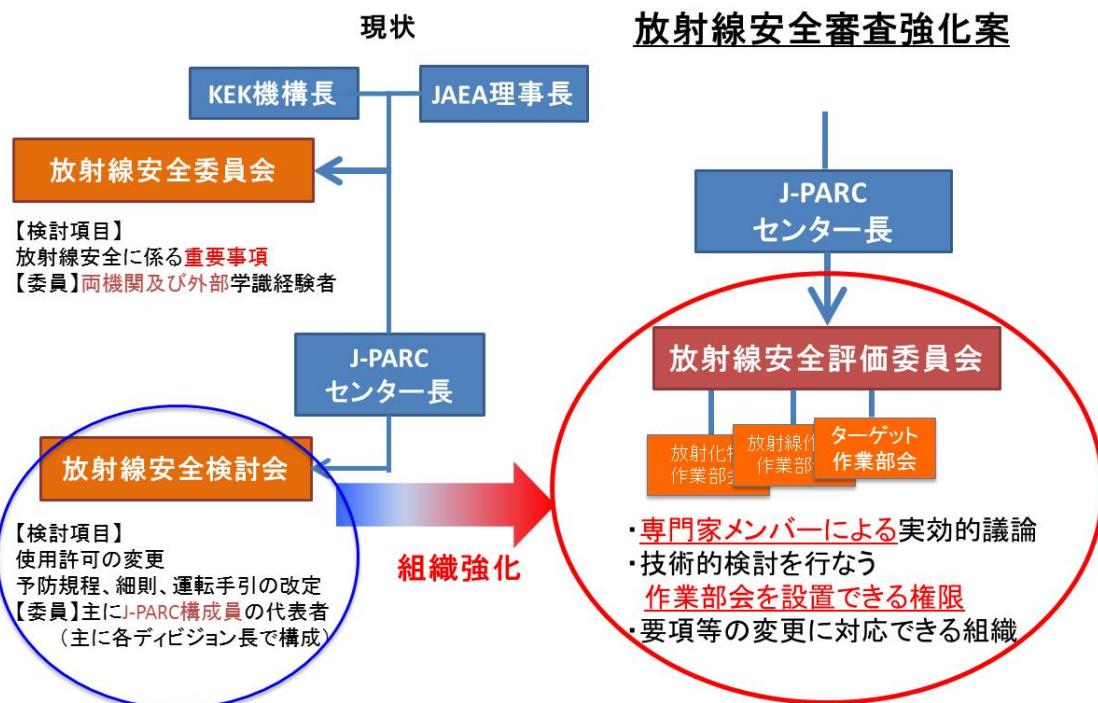


図 8.5-2：放射線安全に係わる検討・評価体制の現状と見直し案

8.5.3 教育訓練、基準の定期的な見直し

これらの体制を整備してもそれを担うのは人であり、各人の安全意識の維持・向上させるとともに、新たな体制を有効に機能させるためには、J-PARC 構成員と実験利用者に対する不断の教育・訓練の実施が不可欠である。特に、事故体制・対応に関する教育を実施することが重要である。また、今回の事故においても、放射線レベルの上昇を認識しながら、避難に至らなかった実験利用者が多数いたことを踏まえて、実験利用者に対して

も教育・訓練を実施し、安心して実験を進めることができる環境を提供する。

教育については、一方的な情報提供に終始するのではなく、理解度評価も含めた双方向的な周知徹底を進めるものとする。特に、通報基準を十分に理解して、的確な通報が実施できる体制を構築するとともに、実験利用者からの情報を汲み上げ、判断に利用できる仕組みも取り入れる。

訓練においては、新規に導入した「注意体制」を導入し、従来なされていなかった放射性物質の漏えい事象も想定して実施する。

J-PARCは未だ発展途上の施設であり、運転経験の蓄積によりリスクの低減が期待される一方で、ビーム強度の増大によってリスクは増大する。リスクに対応した警報の閾値や、注意体制に該当する要件に対する評価が変化するので、これらの基準の見直しを定期的に行う。これは、異常時に対応すべき手順がルーチンワーク化して、新たに導入した「注意体制」の機能を形骸化させないためにも必要不可欠である。

8.5.4 安全管理における再発防止策のまとめ

安全管理上の課題を解決するために、新たに設けた「注意体制」により施設管理責任者の指揮の下で組織的な対応を図る体制の構築と、技術的な審議を可能とするような放射線安全上の評価体制の見直しを行う。さらに、これらの安全管理面での見直しを有効に機能させるために、教育訓練と基準の定期的な見直しを行う。表8.5-2に問題点と対策をまとめる。これらについては、今後規定等を整備し、訓練等を行いながら改善を継続する。

表 8.5-2 安全管理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 ・通報遅れの防止 ・漏えい拡大の防止 ・被ばくの防止	・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
評価体制が不十分 ・設計や変更への十分な審議 ・潜在リスクへの事前対応	・委員を、外部有識者を含めた専門家とする ・審査事項の基準を定め、チェック機能を強化する ・必要に応じ専門部会を設置する ・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
教育訓練と基準の定期的見直しが不十分 ・異常対応への実践訓練 ・安全文化の醸成	・実験利用者も含めた不断の教育訓練 ・双方向的な教育と放射線事故を想定した訓練 ・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

9. ハドロン以外の施設における放射線安全確保の現状

9.1 加速器施設

J-PARC 加速器施設はリニアック、3 GeV シンクロトロン (RCS)、50 GeV シンクロトロンから構成されている。加速器トンネルにおいては、ビームがビーム輸送機器等に衝突して発生する中性子が空気を放射化し、大量の放射性物質が発生する可能性がある。それらを外部に漏えいさせないよう、全ての加速器において、加速器トンネルは第1種管理区域として気密管理されている。また加速器トンネルと、第2種管理区域及び一般区域との間には中間排気システムが設けられている。中間排気部は、その領域の排気を行うことによって外部に対する負圧を維持しており、その排気は加速器の運転中も放射性物質濃度を監視しながらフィルタを通して排気筒から行っている。加速器自身は標的を持たないので、高濃度で拡散性の放射性物質は発生することはない。万が一ビームの損失などによってトンネル内で放射性物質が発生したとしても、中間排気部を設けることにより加速器トンネル内で発生した放射性物質が外部に漏えいすることの無い構造になっている。

9.1.1 リニアック

リニアックでは、イオン源で生成した負水素イオンビームを直線状に並べた 34 台の加速空洞にて 181MeV のエネルギーに加速し、ビーム輸送系を経由して 3 GeV シンクロトロンにビームを入射する。リニアックの全体構造を図 9.1-1 に示す。

イオン源及び加速空洞は、地下 2 階の全長約 400 m の加速器トンネルに設置されている。加速空洞に大電力高周波を供給する高周波源は、1 階のクライストロンギャラリと呼ばれるエリアに設置している。リニアック棟の断面図を図 9.1-2 に示す。リニアック棟は、地下 1 階及び 2 階、地上 1 階及び 2 階の 4 階構造となっている。地下 2 階の加速器トンネルは第1種管理区域に、地上 1 階及び 2 階（吹き抜け構造となっている）のクライストロンギャラリは第2種管理区域にそれぞれ設定されている。その間に設けている中間トンネルは、第1種管理区域に設定し、負圧管理している。そのため、万が一、加速器トンネル内で放射性物質が発生した場合や、気密管理に不具合が生じた場合であっても、加速器トンネル内の空気が地上の第2種管理区域に漏えいすることはない。

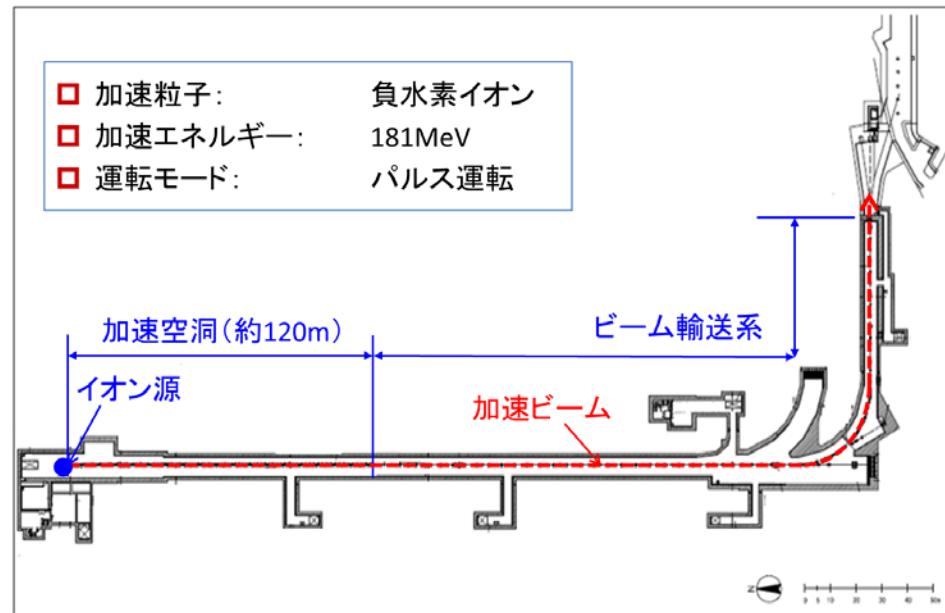


図 9.1-1: J-PARC リニアック全体構造図

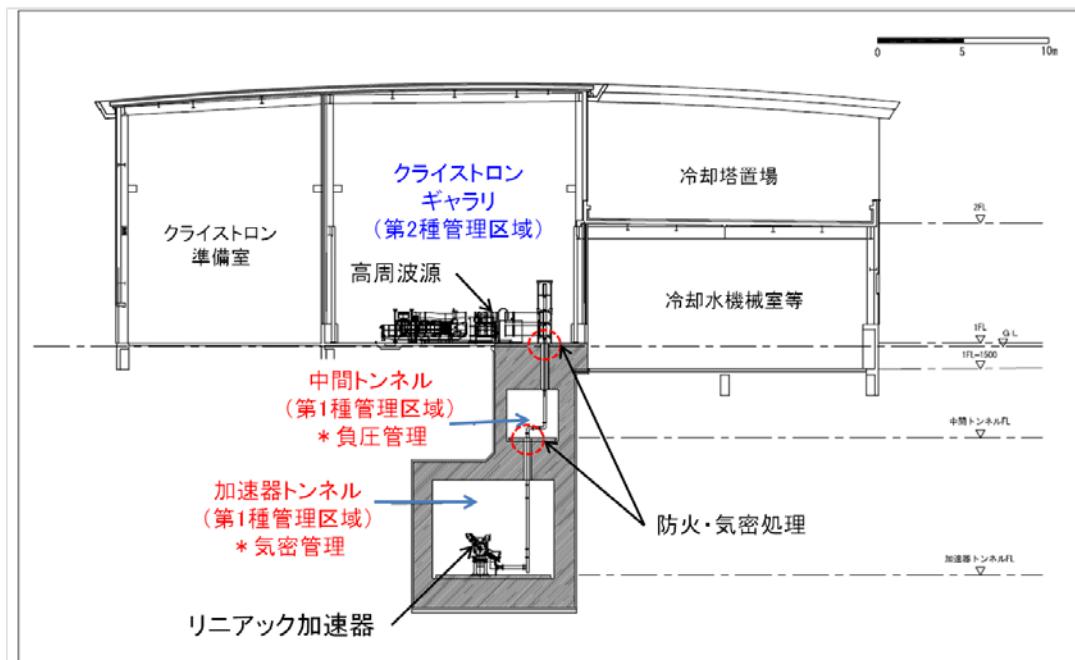


図 9.1-2: リニアック棟断面図

9.1.2 3 GeVシンクロトロン (RCS)

3 GeVシンクロトロン施設(RCS)は、3 GeVシンクロトロン棟 (RCS 棟)、主トンネル、及びサブトンネルから成る。RCS 棟は地上 1 階、地下 2 階からなり、主トンネルは地下 2 階部分、サブトンネルは地下 3 階部分にある。加速器本体は主トンネルに設置され、RCS 棟と主トンネルは気密扉で仕切られている。図 9.1-3 に RCS 施設の断面図を示す。図中の赤字は第 1 種管理区域を、青字は第 2 種管理区域を示す。主トンネル、サブトンネル、及び RCS 棟地下 2 階は第 1 種管理区域、地下 1 階は第 2 種管理区域、そして地上階は主に一般区域である (図 9.1-4 参照)。

図 9.1-4 に示すように、第 1 種管理区域は 3 系統（主トンネル系、サブトンネル系、ホット機械室系）の空調換気システムを有しており、三段階の負圧管理を実施している。また、放射線管理上 RCS に含まれる 3-NBT トンネル及び 3-NBT 電源機械棟の管理区域も RCS と同様の管理を行っている（図 9.1-5 参照）。これらの排気は放射能濃度を監視しながら、フィルタを通して排気筒から行われる。第 1 種管理区域の負圧管理状況を図 9.1-6 に示す。全系統で設置値通りの外部に対する負圧を維持しており、放射性物質が外部に漏えいすることはない。

ビーム運転中は、サブトンネル系とホット機械室系は連続排気による負圧管理をしており、その排気は放射性物質濃度を監視しながらフィルタを通して排気筒から行われる。主トンネル系は空気を閉じ込めた状態で循環運転を行っており、主トンネルで発生した放射性物質が外部に漏えいすることはない。またその排気は、ビーム運転終了後に放射線レベルの減衰を待って、放射性物質の濃度を監視しながらフィルタを通して排気筒から行う。

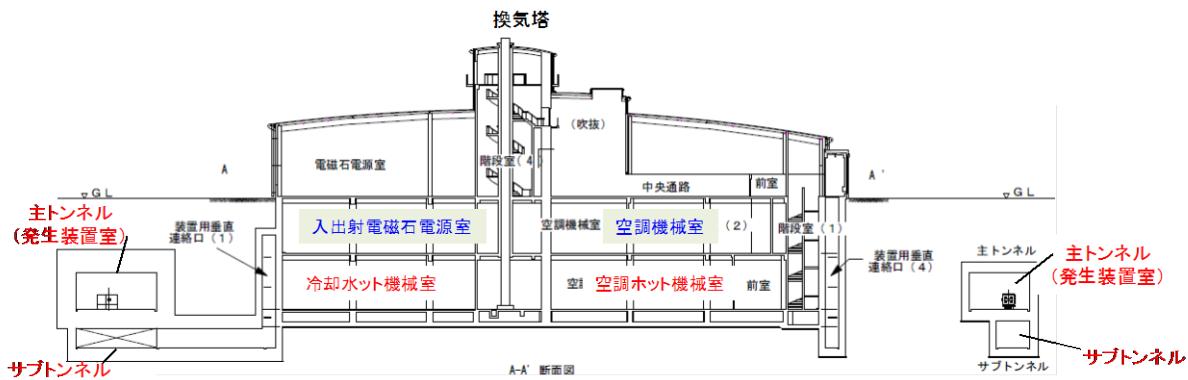


図 9.1-3 3 GeV シンクロトロン施設の断面図。主トンネル、サブトンネル、ホット機械室は第 1 種管理区域で気密管理されている。入出射磁石電源室、空調機械室は第 2 種管理区域でありサブトンネル側が負圧管理されている。

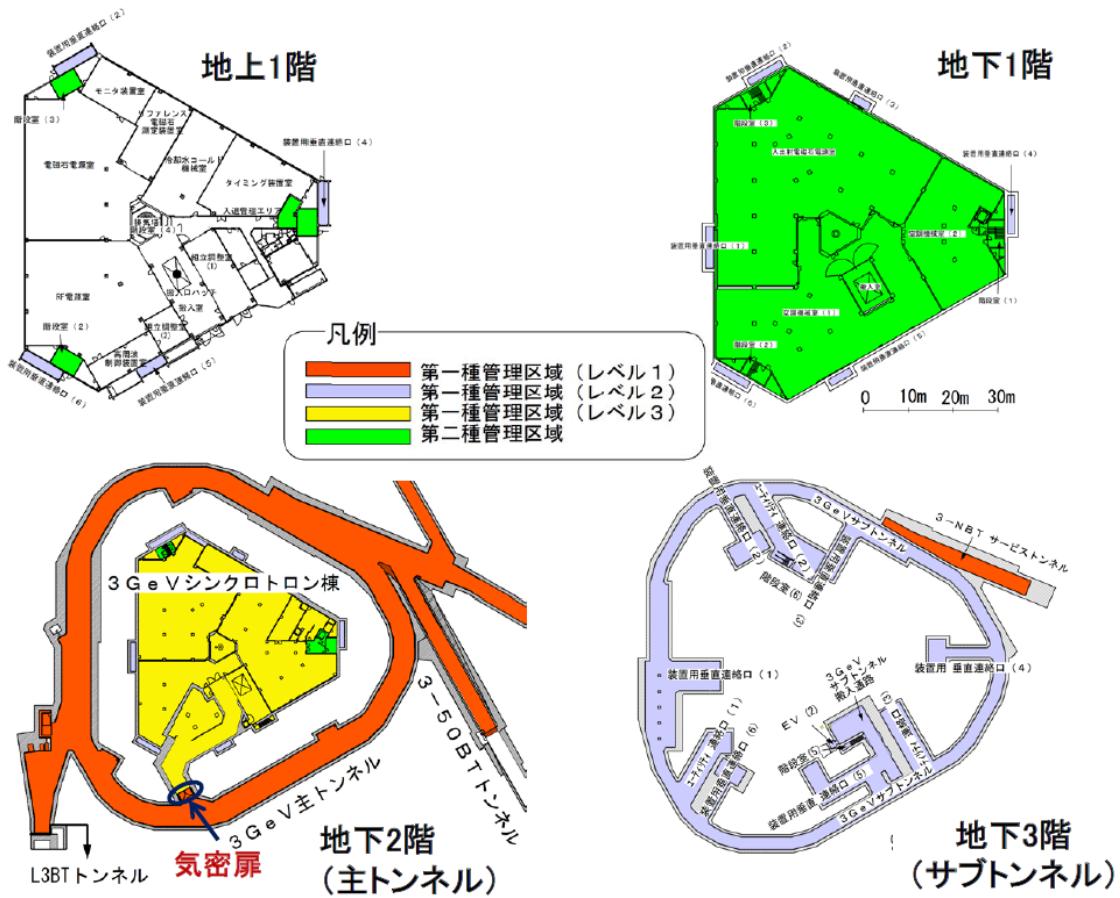


図 9.1-4 : 3 GeVシンクロトロン施設の管理区域区分。第1種管理区域は3系統の空調換気システムを有しており、三段階の負圧管理を行っている。

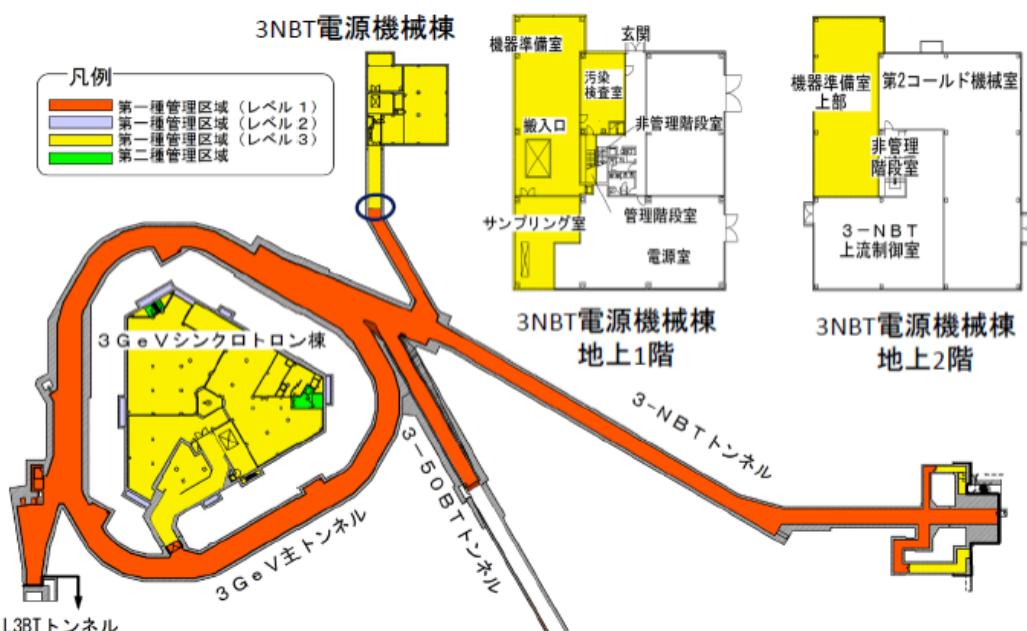


図 9.1-5 : 3-NBTトンネル、及び3-NBT電源機械棟の管理区域区分。

建家 名称	各系統	項目	機 器	負圧検知 場所	設定負圧 (Pa)	日 付	6月10日	6月11日	6月12日	6月13日	6月14日	6月15日	6月16日
					設定風量 (CMH)	時 刻	21:00	21:00	21:00	21:00	21:00	21:00	21:00
3GeV 棟	サブトン ネル系	負圧	dPT-1401	サブ トンネル	-25		-26	-25	-26	-27	-25	-26	-25
		排気風量	FT-1501		4000 (3000)		2996	2996	2990	2990	2994	2994	2996
	主トンネ ル系	負圧	dPT-2401	主トンネル	-30		-29	-27	-31	-27	-30	-25	-33
		排気風量	FT-2501		12800		12760	12800	12770	12760	12750	12760	12790
	ホット機 械室系	負圧	dPT-2601	汚染検査 室	-20		-20	-18	-21	-19	-20	-20	-21
		負圧	dPT-2701	空調ホット機 械室 (2)	-20		-20	-18	-21	-19	-20	-21	-20
		排気風量	FT-2801		33300		33300	33320	33480	33440	33420	33160	33260

図 9.1-6 : 3 GeVシンクロトロン施設の負圧管理

9.1.3 50GeVシンクロトロン(MR)

図 9.1-7 と図 9.1-8 に 50GeVシンクロトロン施設の地下部と地上部を示す。地下部は、RCS からのビームを MR に輸送するビームラインが設置されている 3-50BT トンネル、MR 本体が設置されている加速器トンネル、ハドロン実験施設にビームを輸送するビームラインが設置されているスイッチヤードトンネル、ニュートリノ生成ターゲットまでビームを輸送するためのビームラインが設置されているニュートリノ 1 次ビームライントンネル、及び各トンネルと付属建物との間を結ぶサブトンネル部から構成されている。加速器やビームラインが置かれたトンネルはすべて気密管理されている。

地上部は MR に付随した建物として、第 1、第 2 搬入棟 (一般区域)、加速器及び 3-50BT 用機器の電源やローカル制御室が置かれている第 1、第 2、第 3 電源棟 (一般区域)、空調や冷却水系が置かれている第 1、第 2、第 3 機械棟 (一部は第 1 種管理区域)、及び緊急時の避難口である第 1、第 2、第 3 脱出棟 (第 2 種管理区域) がある。さらに、スイッチヤードトンネルに付随して、ハドロン搬入棟 (第 1 種及び第 2 種管理区域)、ハドロン電源棟 (ハドロン電源棟制御室を除く。第 2 種管理区域)、ハドロン第 1 機械棟 (第 1 種管理区域) がある。また、ニュートリノ 1 次ビームラインに付随して、ニュートリノ入域管理棟 (一部は第 1 種管理区域)、第 1、第 2 設備棟 (一部は第 1 種及び第 2 種管理区域)、ニュートリノ搬入口 (一部は第 1 種管理区域) がある。これらの建物は加速器トンネルやビームライントンネルとサブトンネルで接続されているが、ニュートリノサブトンネル B と D-E には中間排気部が無いが、サブトンネル B は一般区域との境界をコンクリートブロックで封じきり、ブロックのつなぎ目とケーブル貫通部をコーティング処理することで、またサブトンネル D-E は対抗するサブトンネル DM が機械室への吸気ダクトになっていることにより、外部への漏えいを防いでいる。図 9.1-9 に MR に付随した 4 種類の建物における中間排気部を示す。

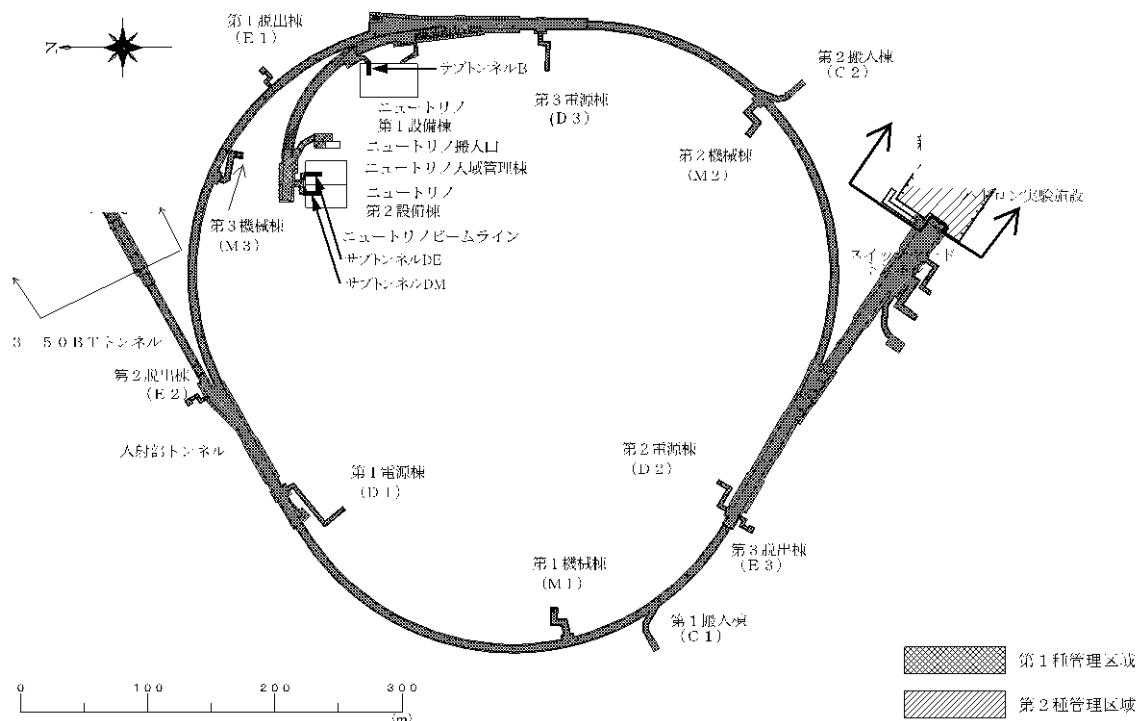


図 9.1-7: 50 GeVシンクロトロン施設の管理区域（地下部）。

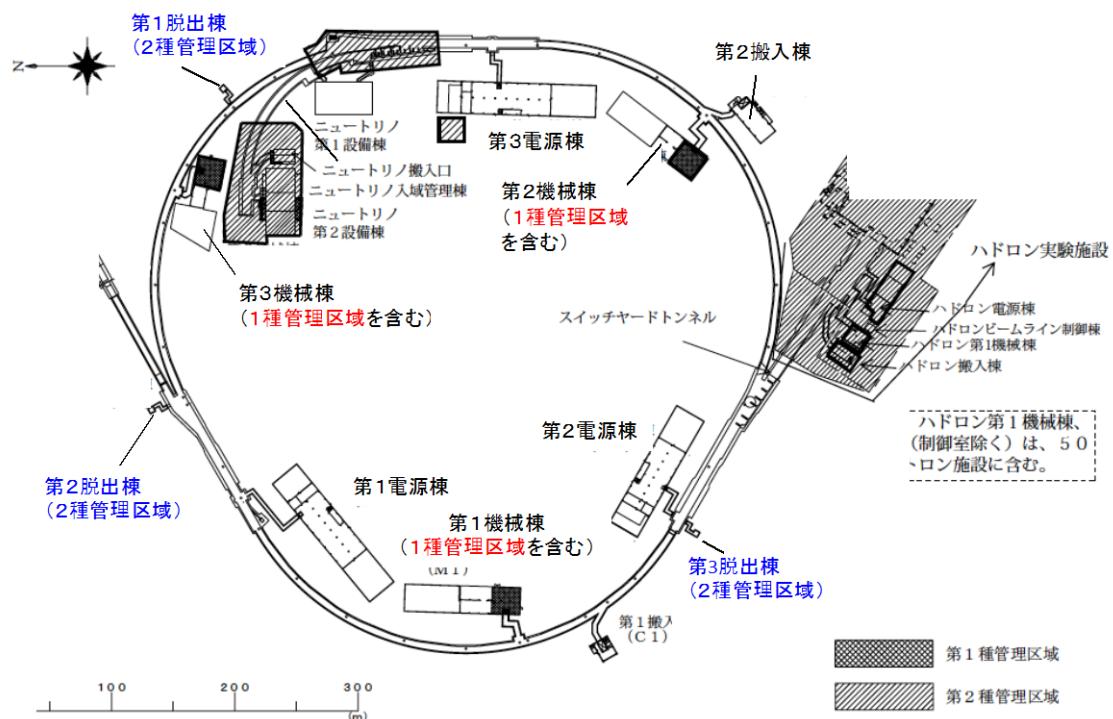


図 9.1-8: 50 GeVシンクロトロン施設の管理区域（地上部）。

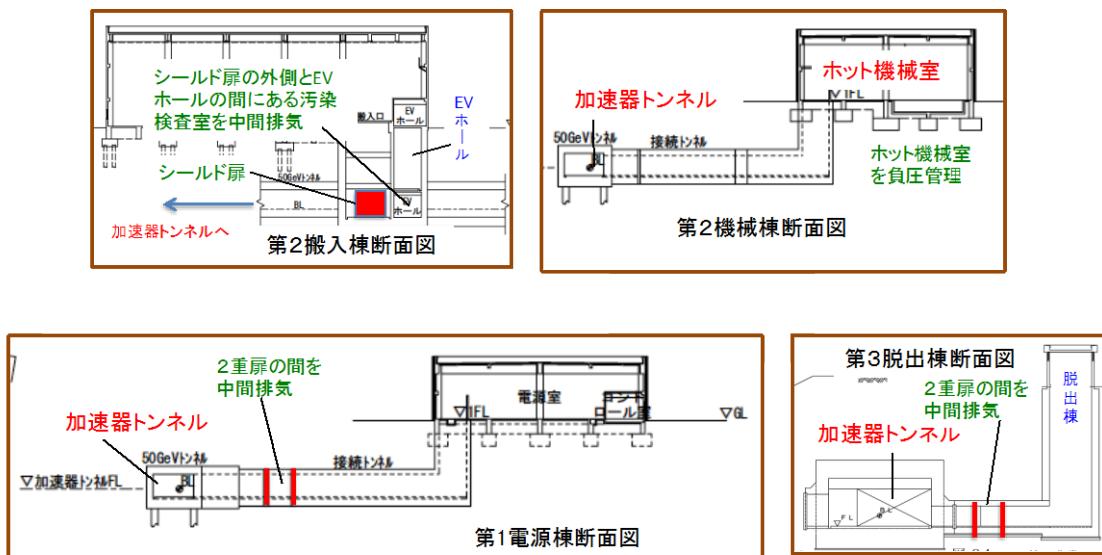


図 9.1-9: 50 GeVシンクロトロントンネルに付随した4種類の建物の負圧管理/中間排気区域。

9.2 物質・生命科学実験施設 (MLF)

9.2.1 管理区域

物質・生命科学実験施設 (MLF) には中性子生成標的 (中性子ターゲット) とミュオン生成標的 (ミュオンターゲット) を配置しその両翼に、標的で生成される中性子及びミュオンを用いて実験を行うエリアを配置している。これらは構造的に区画されている。(図 9.2-1 参照)

MLF では、陽子ビーム輸送ライン、ミュオンターゲット及び中性子ターゲットを含む「放射線発生装置室」と、放射化した機器を扱う設備、1 次冷却水を扱う設備、放射性ガス等を含む空気の管理排気設備を設置しているエリアを第 1 種管理区域としている。ミュオン及び中性子を引き出して実験を行う 2 次ビームラインを設置した「第 1・第 2 実験ホール」は第 2 種管理区域としている (図 9.2-2 参照)。

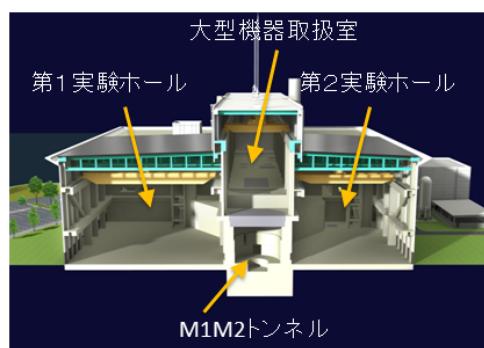


図 9.2-1：物質・生命科学実験室の断面

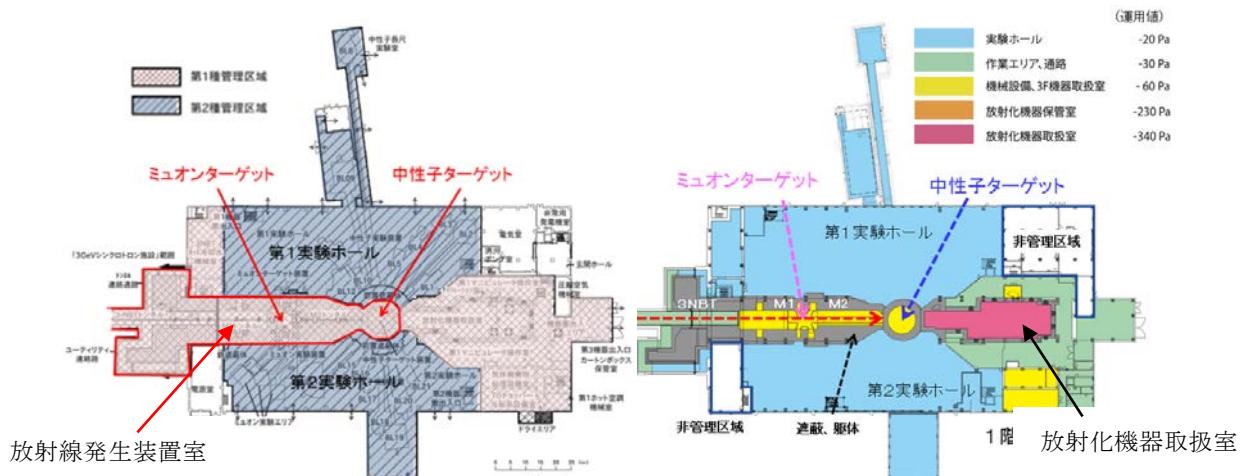


図 9.2-2：物質・生命科学実験室の管理区域区分（左）と負圧区分（右）

第1種管理区域のうち、上述の「放射線発生装置室」は、他のエリアに対して空気的に隔離しており、その空調は、ビーム運転中には排気を行わずに閉じ込め循環としている。他の第1種管理区域及び第2種管理区域はいずれも負圧管理している。特に、放射化機器取扱室の負圧度を最も高くするとともに、周辺の負圧度を段階的に弱くして汚染の拡大を防ぐ設計となっている（図9.2-2参照）。

管理区域から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MLFの排気筒から行っている。これにより、第1種管理区域から第2種管理区域への漏えいが生じないことを担保している。負圧管理を行っているエリアで負圧に異常が発生した場合は、負圧制御を監視している中央監視室から加速器運転シフトリーダへ通報し、ビーム運転を停止する措置を講じることとしている。さらに停電時など負圧が維持できなくなった場合は、給排気設備を停止し、給気側の自動ダンパ「閉」及び排気側の自動ダンパ「閉」となることで封じ込めを行う。

9.2.2 放射性物質の漏えい防御システム

a) 中性子ターゲット

中性子ターゲットには大強度のビームの熱負荷に対応するため水銀を用いている。水銀は容器（SUS316L 製）に内包し、この内で流動させる。水銀にはビームによって生成した大量の放射性物質が存在しており、厳重に閉じ込める必要がある。さらに、この容器が放射線損傷等によって破損し得ることを予め想定し、容器は図9.2-3に示す気密の多重防護構造を有する。すなわち、水銀を内包する「水銀容器」の外側を「保護容器」で覆っている。保護容器はその中に冷却水路を有するため、水銀に対しては三層の多重構造となっており、水銀容器が破損しても水銀ターゲット容器外へ放射性物質が流出することを防いでいる。水銀容器と保護容器の間はヘリウムを密閉できる構造とし、この層の放射性物質濃度を監視するシステムを設けている。水銀容器に破損が生じた場合には放射性物質濃度の変化を検知し、インターロックを作動させて漏えいが拡大する前にビーム運転を停止する。ヘリウム層には、電極の短絡によって水銀の流出を検出する水銀漏えい検知器も設置している。容器の温度や、陽子ビームの入射を受けたときの容器の振動速度も計測しており、

容器の状態は多重の検出器によって監視している。

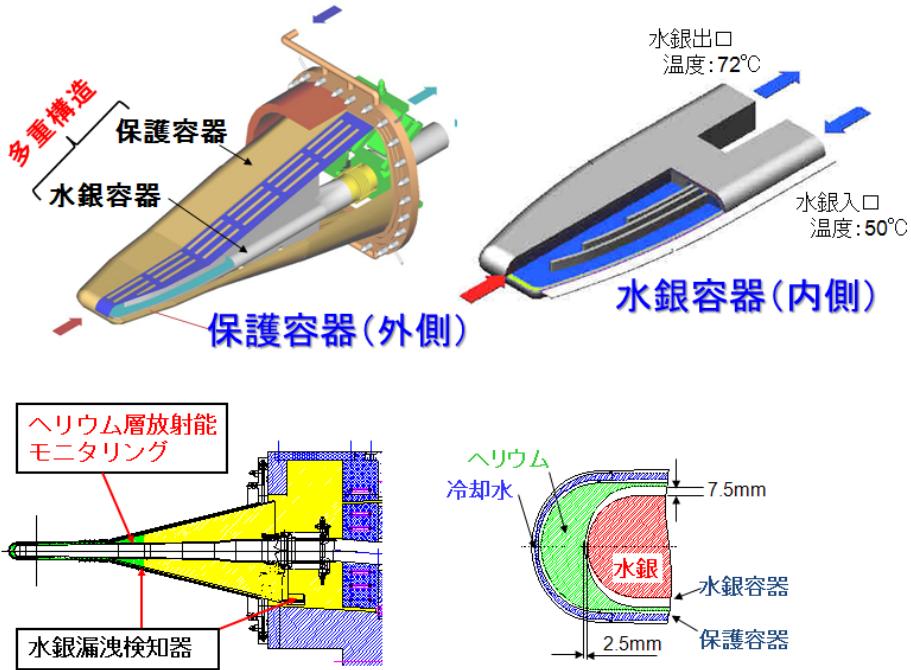


図 9.2-3：水銀標的容器の概要

図 9.2-4 に中性子ターゲット装置の概要図を示す。運転時、中性子標的は容器構造のヘリウムベッセル (SUS316L 製) に装着し、ビームを入射させる。ヘリウムベッセルでは陽子ビーム窓を介して上流の高真空ビームダクトと空気的に隔絶し、ターゲット容器のメタルシールで外側雰囲気と区画をなす。万が一水銀の保護容器まで破損して水銀がその外に流失することがあっても、ベッセルの外部には漏れない構造になっている。さらに、ヘリウムベッセルは周囲の遮へい体とともにアウターライナーとよばれる円筒形の容器 (炭素鋼製) の中に設置される。アウターライナーは上部の遮へい体部で外部とシールを取る構造であり、大型機器取扱室であるターゲットステーション上部 (図 9.2-1 参照) も、第 1 種管理区域として管理されている。このように中性子ターゲット外側にも多重の防護構造を有しており、中性子ターゲットが破損しても、放射性物質が第 2 種管理区域である実験ホールまで漏えいすることはない。

水銀の循環設備は標的台車の後方に搭載され、放射化機器取扱室に位置する。放射化機器取扱室の放射性物質濃度をモニタリングするシステムを設置し、いち早く漏えいの兆候を検知できるようにしている。台車上には水銀漏えい検知器を設置しているほか、液受けやドレンタンクを設け、万が一漏えいが生じた場合でもその拡大を防ぐ手段を講じている。

水銀の循環状態については、ポンプの入口と出口での圧力、水銀の流量、水銀タンクの水銀温度を監視し、異常が生じた場合はインターロックを作動させてビーム運転を停止する。水銀ターゲットの運転監視では、インターロックが作動する基準値より厳しい条件の値を設定し、この値が検知されると「注意報」を発報させ、事象をできるだけ早期に捉える手段も講じている。

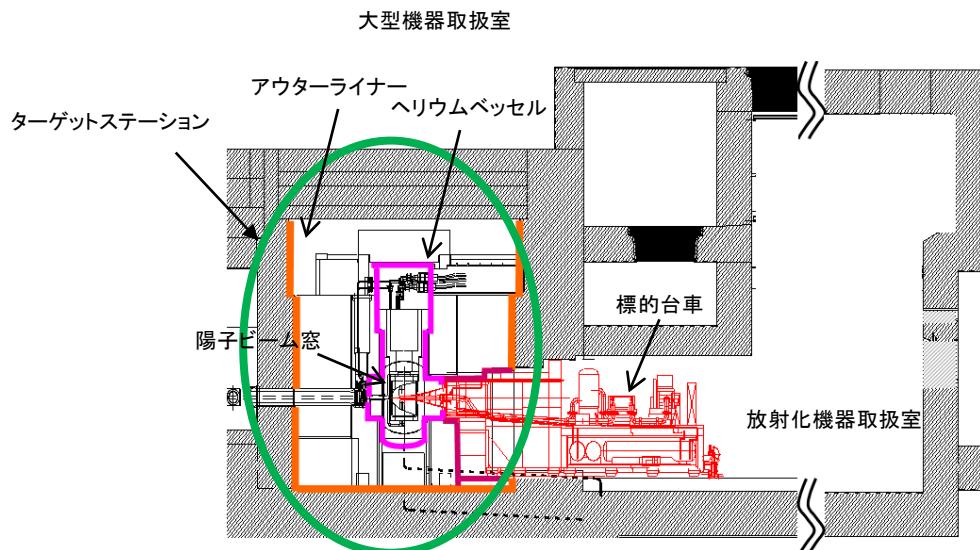


図 9.2-4：中性子標的装置概要図

b) ミュオンターゲット

ミュオンターゲット（標的）の概要を図 9.2-5 に示す。ミュオン標的は 2 センチメートル厚の黒鉛で、中性子ターゲットの上流約 30 メートルの位置に設置している。ミュオン標的には大量の放射性物質が蓄積されているため、ミュオン標的は気密容器に内包されている。この容器からミュオンビームを実験ホール側に引き出すミュオンビームダクトは、仕切り膜により実験ホールとは空気的に隔離されている。そのため、万一ミュオン標的が黒鉛の気化などによって破損しても、放射性物質が第 2 種管理区域である実験ホールまで漏れることはない。ビームラインの真空度が劣化した時は緊急遮断弁が動作し、各々の真空を分断とともに、インターロックによりビーム運転を即時停止する。

ミュオン標的に関しては、多数の標的温度計測システム、標的冷却水流量計及び標的位置モニタが取り付けられている。標的温度、冷却水の停止又は流量の減少、標的位置の異常があれば、これらを検知し、インターロックによりビームを停止する。

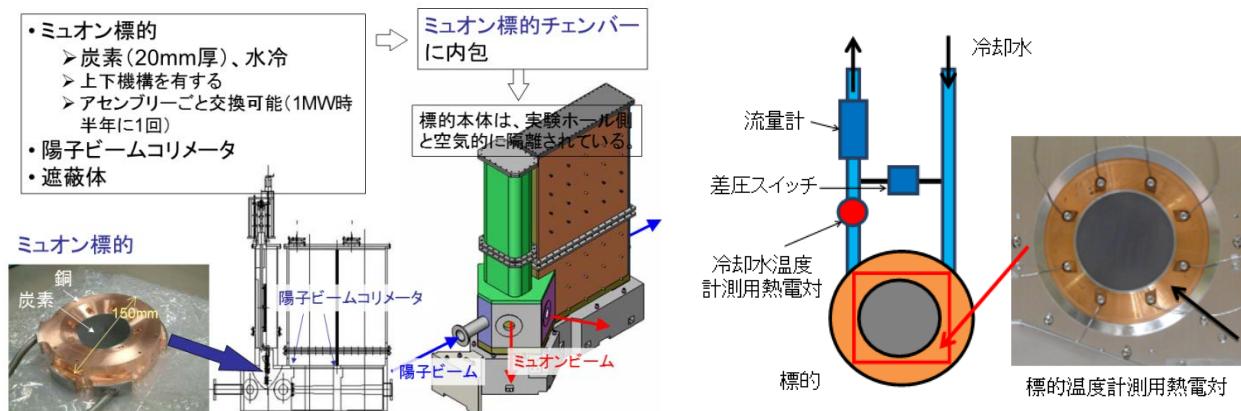


図 9.2-5：ミュオン標的の概要

標的チェンバ、陽子ビームライン、及びミュオンビームライン先頭部はM1、M2 トンネル部（ミュオンターゲット前後の陽子ビームライン用トンネル）に設置される。このトンネルとその上部の大型機器取扱室（第1種管理区域）とは遮へいブロック上部で目地を気密処理している。実験ホール（第2種管理区域）との間には気密はゴムパッキンで担保する構造の気密板を取りつけ、空気的に隔絶する。運転中はトンネル内から外部に通じるダクトのダンパを閉じ、空調は循環運転となる（図9.2-6参照）。

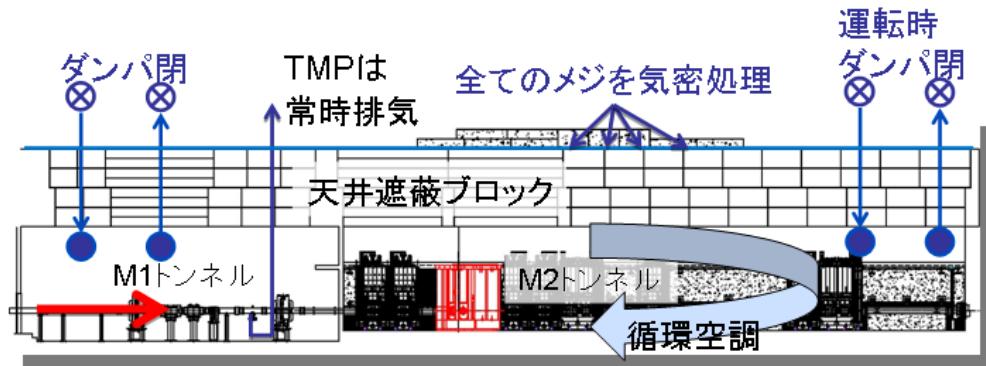


図9.2-6：M1M2 トンネル部の気密確保の概念図

9.2.3 陽子ビームの輸送ライン

陽子ビームをミュオン標的や中性子標的に輸送する3GeV陽子ビーム輸送ラインには、多数のビーム強度モニタとビーム形状診断装置、ビームロスモニタを設置している。何らかの原因で電流密度が上昇した場合、これらの診断装置で検知し、次の陽子パルスビームが来るまでの40ミリ秒以内にビームを停止することができる。電流密度が通常の2倍程度となる場合を異常と判断することとしている。このとき、異常を起こしたビームパルス1発がターゲットに入射することは想定しているが、水銀容器及び外側の保護容器における温度又は応力が増加しても、許容値を超えない評価しており、容器の健全性は保たれる。

9.3 ニュートリノ実験施設

9.3.1 管理区域

ニュートリノ実験施設では、陽子ビームを黒鉛の標的に照射し、発生する π 中間子が崩壊する際にミュオンとともにニュートリノが生成される。このニュートリノビームが295km離れた岐阜県神岡町にある実験施設に送られる。ビームが通過する地下部分はすべて第1種管理区域で、地上部分は、入域管理棟、ターゲットステーション棟、第2設備棟(NU2)機械室及び第3設備棟(NU3)が第1種管理区域である。その周辺地上部は第2種管理区域である（図9.3-1）。地下部と地上部の間は気密シート等により気密構造となっている。ビーム運転中は地下の空調は循環運転となり、地上又は屋外に排出されることは無い。その地上部は図9.3-2に示すように連続排気により負圧管理されており、その排気は放射性

物質濃度を監視しながら、フィルタを通して排気筒から行なっている。この概念は、ヘリウム容器終端部が地下にある第3設備棟(NU3)においても同様である。

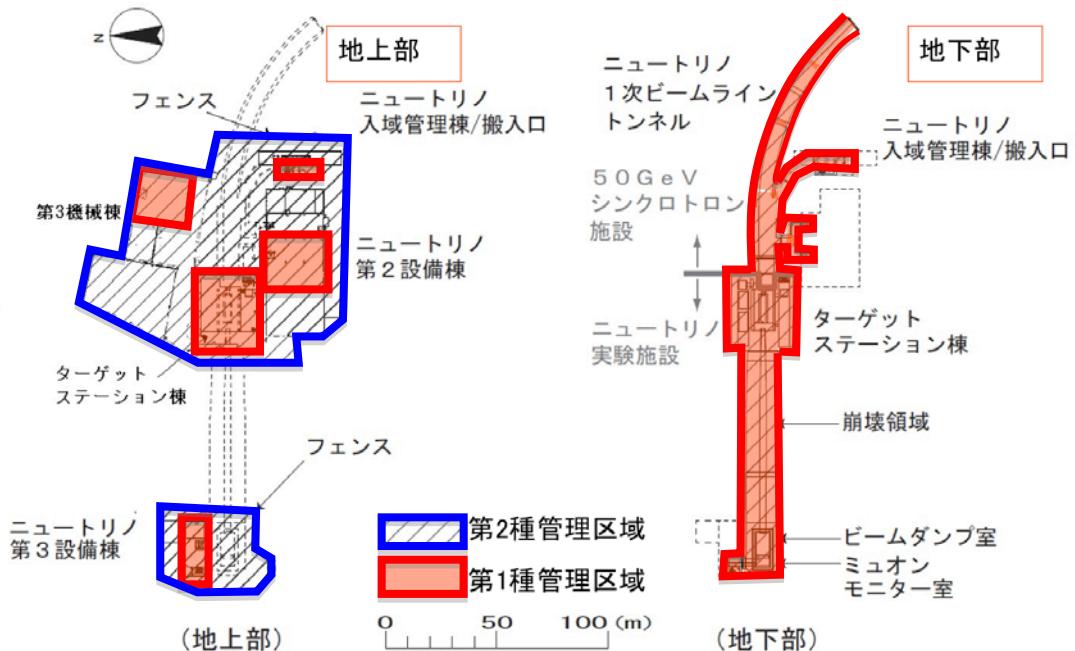


図9.3-1：ニュートリノ実験施設の管理区域

9.3.2 放射性物質の漏えい防御システム

ニュートリノ生成標的や電磁ホーンなどの、機器自身が高度に放射化する2次粒子生成機器は、ターゲットステーション棟地下部のヘリウムガスを封入した気密鉄容器(ヘリウム容器)内にすべて密閉されている(図9.3-2、図9.3-3)。また、第3設備棟地下にあるビームダンプも、同じヘリウム容器内に密閉されている。標的とヘリウム容器はそれぞれ専用のヘリウム循環装置で冷却されているが、その循環装置にはフィルタが設置されている。

ニュートリノ実験施設において想定しうる過酷事象は、高度に放射化した標的や電磁ホーンの破損やそれに伴う破碎片の飛散である。通常の運転においてはビームや冷却水の異常を検知するセンサーのインターロックによりビーム運転を停止し、標的の破損を防ぐ。万が一上記インターロックの異常などにより標的が破損ないし蒸発した場合は、 π 中間子が崩壊してできるミュオンをショット毎にモニタしているので、ミュオン生成量の変化から即座に標的の損傷を検知できる。また破損の形態によっては、冷却のためのヘリウムガスの流量、温度、圧損にも変化が現れる。これらの警報によりビーム運転を停止し、放射性物質を標的の気密容器内に閉じ込めることができる。仮に全ての標的監視システムが機能せず、標的冷却系気密容器をも破損した場合や、電磁ホーンやビームダンプ等の機器が破損した場合でも、放射性物質はヘリウム容器内にとどまり、管理区域外への汚染の拡大は無い。

ターゲットステーション地下及び第3設備棟地下の空気の放射能濃度も測定しており、

万が一、ヘリウム容器が破損して放射性物質が地下に漏えいした場合は、空気中の放射能濃度の変化として検知できる。この場合は、直ちにビーム運転を停止してヘリウム圧力を下げるによりヘリウム容器から地下空間への放射性物質の漏えいを抑制するとともに、地上部の排気を停止して、管理区域外への漏えいを防止する。

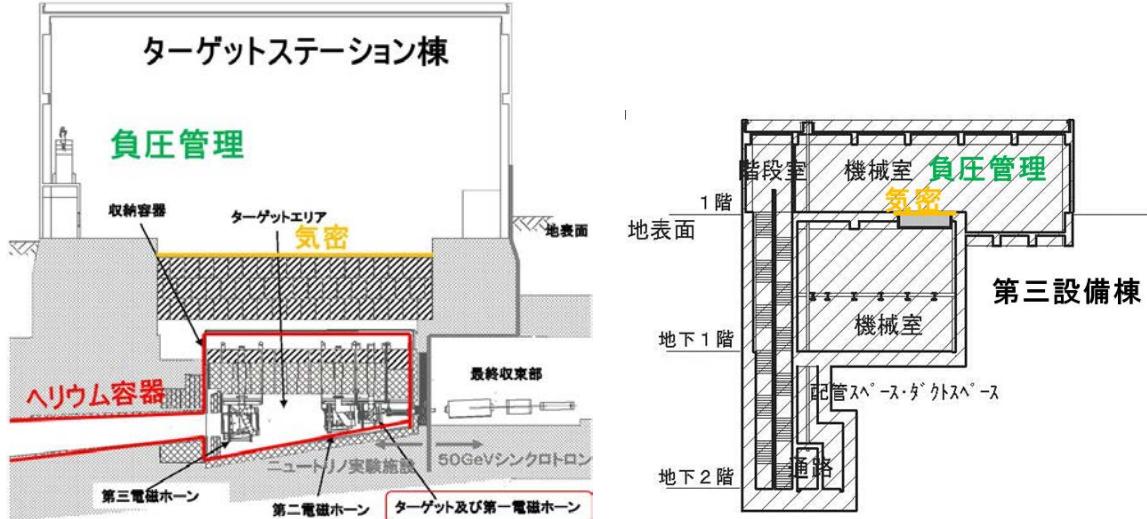


図 9.3-2：標的ステーション（左）及び第3設備棟（右）

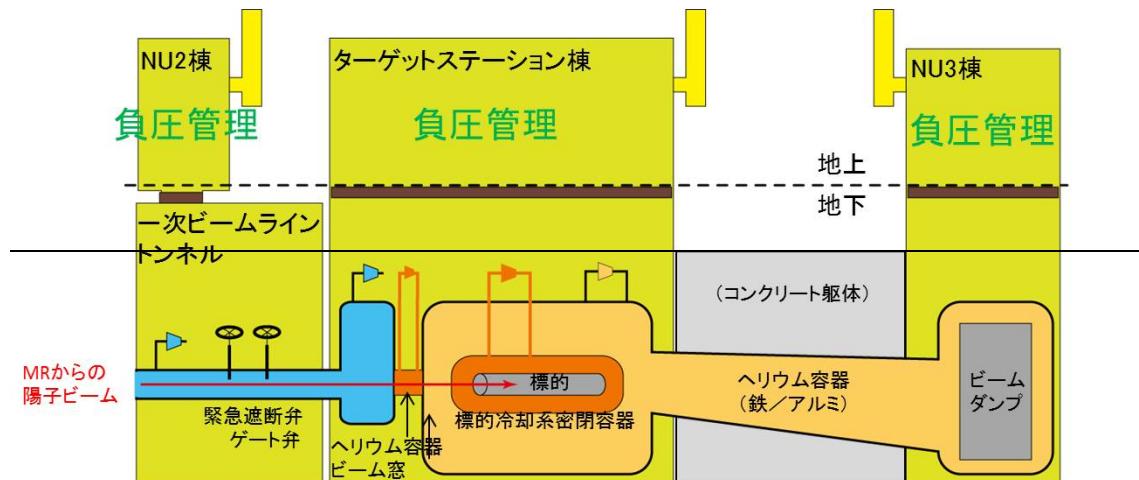


図 9.3-3：標的冷却系気密容器とヘリウム容器

9.3.3 陽子ビームの輸送ライン

ニュートリノ実験施設では 50 GeV シンクロトロンに蓄積された陽子ビームを全て一気に取り出すモードで運転しており、遅い取り出しのように設計よりも短時間に集中したビームが取り出される危険性は存在しない。

陽子ビームを標的に輸送する陽子ビーム輸送ラインには、多数のビーム強度モニタとビーム形状診断装置、ビームロスモニタを設置している。何らかの原因でビーム電流が変動した場合、あるいはビームの大きさや軌道が変化した場合はこれらの診断装置で検知し、次の陽子パルス 1 発が来るまでにビームを停止することができる。このとき異常を起こした 1 発のビームパルスがターゲットに入射することは想定しているが、標的本体、標的容

器及び電磁ホーンの温度、応力は許容値を超えない設計がされており、装置の健全性は保たれる。

9.4 加速器のビーム行き先制御

J-PARC は複合施設という特徴を持ち、施設毎の分離稼働の安全性が保証されている施設である。各施設の分離運転は PPS において担保されている。PPS によって加速器トンネルや一次ビームライン内に人がいないことを保証する「No Access」状態になって初めて、制御システムはその施設を「ビームの行き先」に組み込むことが可能となる。「ビームの行き先」に組み込まれていない施設にはビームは輸送されない。

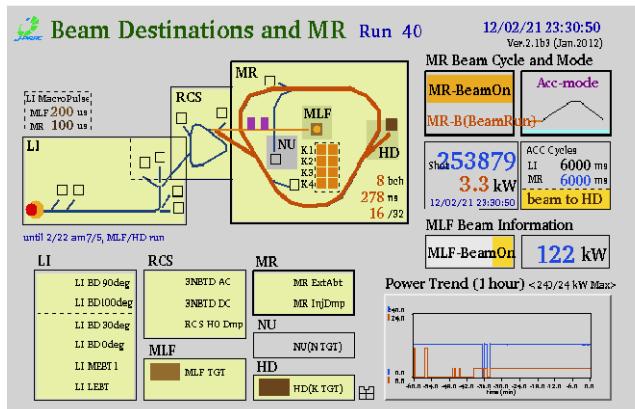
更に安全性を担保しているのは、各施設のビーム輸送系に設置された安全装置（ビームプラグと電磁石）である。各実験施設がビーム運転可能である「No Access」状態になっていなければ、PPS からの許可信号が出ず、それぞれの施設の安全装置への許可信号を出すことはできない。表 9-4-1 にそれぞれのビームの行き先に対応した安全装置への許可信号の一覧を示す。

表 9.4-1 ビームの行き先と安全装置への許可信号

ビーム行き先	MLF 安全装置	HD 安全装置	NU 安全装置
MLF Target	許可	不許可	不許可
Hadron Target	不許可	許可	不許可
Hadron Target & MLF Target	許可	許可	不許可
Neutrino Target	不許可	不許可	許可
Neutrino Target & MLF Target	許可	不許可	許可

図 9.4-1 は、利用運転における加速器の行き先制御画面の一例である。このような施設の分離稼働の安全性については、2008 年の運転開始以来、J-PARC は十分な実績を持っている。

ビームの行き先がMLFとHDの場合



ビームの行き先がMLFとNUの場合

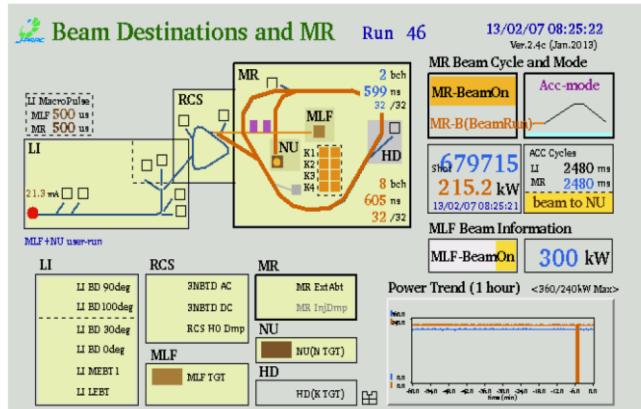


図 9.4-1：利用運転における「ビームの行き先」制御画面の例

9.5 ハドロン実験施設と他施設の放射線安全確保のまとめ

ハドロン実験施設の再発防止策と他施設の放射線安全確保の現状を示した。表 9.5-1 に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をまとめる。

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。

10. まとめ

本報告書は、これまで調査を進めてきた以下の項目の結果を取りまとめたものである。

- (1) 放射性物質漏えいに関する調査結果
- (2) 施設・機器面における事故発生の原因究明と再発防止策
- (3) 安全管理における原因の究明と再発防止策及び緊急時対応の検討策
- (4) ハドロン以外の施設における安全の現状の調査

放射性物質漏えいに関する調査結果では、漏えいした放射性物質の総量は約 200 億 Bq であり、放射性物質の放出に伴う実効線量（外部被ばく線量と内部被ばく線量の合計）は、ハドロン実験施設に最も近い事業所境界において $0.17 \mu\text{Sv}$ と評価され、第一報で報告された $0.29 \mu\text{Sv}$ を超えるものではないことが確認された。施設・機器面における事故発生の原因究明と再発防止策では、ビーム取り出し装置の誤作動原因及び対策や、金標的の温度解析を示した。そして、複数の原因を整理し、原因に対応する再発防止策として、多重の防護策を示した。安全管理における原因の究明と再発防止策及び緊急時対応の検討策では、時系列から行動の要因分析を実施しソフト面の問題点に関する原因を整理し、これらに対応した再発防止策を示した。そして、緊急時対応の検討策として異常事象に対応するための 3 つの体制案を示した。最後に、ハドロン実験施設以外の施設における安全の現状の調査では、物質・生命科学実験施設、ニュートリノ実験施設、加速器施設における安全に関する健全性を示した。

判断の整理・分析表

時系列番号	運転	時系列			操作者、対応者	判断をした者、判断根拠、判断内容 (誰が、どのような判断をしたのか)	対応する規則規定など	判断権者	問題点
		時刻	情報源	内容 (何が起きたか、何をしたか)					
	当日の状況			ハドロン24時間利用運転の予定。計4本のビームラインの内、3本でビーム利用実験中、残り1本は実験準備中であった。					
1	2013/5/23	11:55頃	zlog HDlog	MPS作動によりビーム停止 (検出信号) ・MR-EQ「過電圧」、「トランシングエラー」 ・MR-RQ「過電流」 ・MR-BLM ・HD実験施設BLM			該当なし		
2	2013/5/23	12:06頃	zlog 聞き取り	EQの異常について、加速器シフトリーダーは電源担当者に判断を仰いだ。ただちに電源担当者がCCRでEQの制御画面を確認、「トランシングエラー」の発生は初めてであり、その発生理由は特定できなかったものの、電源のMPS信号は通常の手続きでリセットできた。「EQ過電圧」は比較的頻度の高いMPS信号であり、通常は問題無く再スタートできる。	加速器シフトリーダー 電源担当者	電源担当者は電源が正常な状態に戻ったと判断した。	(加速器運転手引三章四節8項1) ・前項の手順により、その原因が明確になり再発防止の対策がなされたことを、シフトリーダーが確認し、 ・インターロックをリセットし、 ・ビーム運転開始手順に従って、運転を再開する。	加速器シフトリーダー	○原因究明、再発防止策が不十分なまま再開してしまったこと ○健全性確認の手順の不備 (詳細) 「トランシングエラー」が軽故障であるとみなしていたため、通常の立ち上げ手順に従って、立ち上げが行われた。主リングビーム強度の波形、ビームロス分布、キッカーの波形などを詳細に調べるべきであった。ビームがHDビームラインに取り出された可能性の検討が遅れた。
3	2013/5/23	12:06頃	zlog 聞き取り	電源担当者がRQ電磁石のMPS信号をリセットした。「RQ過電流」は比較的頻度の高いMPS信号であり、通常は問題無く再スタートできる。このときも問題なく再スタートできた。	電源担当者	電源担当者は電源が正常な状態に戻ったと判断した。			
4	2013/5/23	12:06頃	zlog 聞き取り	加速器シフトリーダーは、主リングのビーム電流が急速に失われたこと、ビームロスのMPSが発報したことから速い取り出しキッカーの誤作動によるものと考え、MR-BLM のMPS信号をリセットした。	加速器シフトリーダー	速い取り出しキッカーの誤作動は、これまで数ヶ月に一度程度の頻度で発生していたため、リセットすれば運転再開が可能と考えた。			
5	2013/5/23	12:06頃	zlog HDlog 聞き取り	HDシフトリーダーが陽子ビームラインの電磁石電源電流値、真空度などを確認し、HD放射線発生装置責任者(@つくば)に伝え、再開について合議の後ハドロンBLM MPSを解除、加速器シフトリーダーにビームラインが健全であることを報告した。	HDシフトリーダー HD放射線発生装置責任者 加速器シフトリーダー	HDシフトリーダーはロスの分布から上流(加速器)の問題と推測、陽子ビームラインは健全であると判断、MPSを解除した。	(HD運転手引2.1.1) HDシフトリーダーは、示された要因を確認し、解消のための指示を出す。要因が解消されたことを確認した後、中央制御室(CCR)のシフトリーダへ連絡しセットと陽子ビームの供給再開を依頼する。	HDシフトリーダ	○原因究明、再発防止策が不十分なまま再開してしまったこと ○健全性の確認の手順の不備 (詳細) 標準の温度のアラームを適切な閾値に設定していなかった。放射線レベルについて確認しなかった。HD管理区域責任者と協議しなかった。
6	2013/5/23	12:06頃	zlog HDlog 聞き取り	HDシフトリーダーの要請に応じ、加速器シフトリーダーはビームライン機器の健全性を確認するために、連続運転に先立ち、1パルスのみ出射した。陽子ビームプロファイルモニターのデータから取り出されたビームはハドロン標的まで正常に輸送されていることを確認した(これはMPS発報によるビーム停止の後で運転を再開するための通常の手順である)。	加速器シフトリーダー HDシフトリーダ	加速器シフトリーダーおよびHDシフトリーダは、ビーム軌道やビームロスが正常であると確認できたことから運転再開が可能であると判断した。	加速器運転手引 「シフトリーダは、施設管理責任者の権限のもとで、加速器の運転に関する情報を把握し、安全かつ適切な運転を行うための判断を行い、運転員に指示する。」 HD運転手引 「HDシフトリーダは、HDの設備の運転に関する情報を把握し、安全かつ適切な運転を行うための判断を行い、運転チームに指示をする。」	加速器シフトリーダ HDシフトリーダ	
7	2013/5/23	12:08頃	zlog HDlog 聞き取り	ビーム連続運転開始、ユーザー利用運転開始	加速器シフトリーダー HDシフトリーダ	加速器シフトリーダーとHDシフトリーダは運転再開が可能と判断し、連続運転を再開した。	運転手引き、シフトマニュアル等に、正常なビームであると判断するための基準の記載はない。		原因究明、再発防止策がなされないまま再開してしまった。
8	2013/5/23	12:15頃	HDlog	HDシフトリーダはKEK職員Aより、金標的からの二次粒子の収量が低下したとの報告を受け、実際に約4割に減少していることを確認、KEK職員Aとともにビーム調整を実施した。収量はほぼ元通りまで回復し、ビームラインの電磁石や真空度、金標的の温度等には異常がないことを確認した。	HDシフトリーダ KEK職員A,B	HDシフトリーダは二次粒子収量低下は取り出し軸がわずかにずれたためと判断し、ビームの水平方向の軌道調整を行うことにした。	収量減少時の対処について運転手引き、シフトマニュアル等に記載はない。		収量低下の原因究明が不十分であった。
9	2013/5/23	12:30頃	聞き取り	ターゲット調整終了。HDシフトリーダは実験グループへ、ビーム調整が終了したことを連絡した。	HDシフトリーダ	HDシフトリーダは、軌道調整により収量が回復したこと、ビーム軌道のズレが収量減少の原因であったと判断した。	該当なし		
10	2013/5/23	12:55頃	聞き取り	K1.8BR実験グループから、K1.8ビームラインの安全電磁石が励磁できない旨HDシフトリーダが報告を受けた。これはK1.8ビームラインの誤入射防止カウンターの一つで計数率がしきい値を越えた事による。その後安全電磁石は停止状態のまま。	HDシフトリーダ HD放射線発生装置責任者	HDシフトリーダはHD放射線発生装置責任者(@つくば)と相談し、ビーム軌道のずれやカウンターの誤動作を要因と推測した。	誤入射防止カウンターについてはHD運転マニュアル	HDシフトリーダ	計数率上昇の原因究明が不十分であった。
11	2013/5/23	13:15頃	聞き取り	HDシフトリーダは、上記「誤入射防止カウンター」計数率上昇の要因と方策をK1.8BRコンテナにて検討していたところ、実験グループからK1.8BR実験グループのシミュレーション検出器の計数率が12時5分頃から時間と共に増大している旨報告を受けた。誤入射防止カウンター計数率上昇とあわせ、ビーム起因の現象であることを疑い、対処を行つたためにハドロン制御棟へ戻り、調査を開始した。	HDシフトリーダ	HDシフトリーダは調査が必要であると判断した。	該当なし		原因は不明であったが、放射線レベル上昇の兆候が見られたこの時点でビームを止め、通報すべきであった。放射線モニタの指示値およびそのレンジがシフト室で一覧できる放射線監視端末等の監視設備がなかったため、事態の把握が遅れた。同時に発生する複数の問題に対処できる運転シフト体制ではなかった。
12	2013/5/23	13:30頃	聞き取り	HD実験ホール内エリアモニタの指示値が最大で4μSv/h(通常運転時の約10倍)となっていることをHDシフトリーダ、KEK職員Cなどが認めた。HDシフトリーダはHD放射線発生装置責任者(@つくば)に報告した。	HDシフトリーダ HD放射線発生装置責任者 KEK職員C	HDシフトリーダはHD放射線発生装置責任者(@つくば)と相談し、ビーム軌道再調整の必要性、放射化空気の漏洩、モニターの故障などの可能性を検討した。	該当なし		エリアモニタの表示値が異常な値を示しているのに運転を継続した。
13	2013/5/23	14時前	聞き取り	HDシフトリーダはHD管理区域責任者に、線量率上昇を連絡した。	HDシフトリーダ HD管理区域責任者	現場に赴いて調査が必要と判断した。	該当なし		
14	2013/5/23	14時頃	聞き取り	放射線レベルが約10倍高いことに気が付いたKEK職員Cらが、他の作業者の一部に自主的にHD実験ホールの外への退避を薦めた。	KEK職員C		該当なし		異常に対してユーザー・個人レベルで気付いたことを、すべてHDシフトリーダに連絡して集約したうえで、退避などの指示を施設として出すべきであった。組織としてそのように動くための体制がとられていないかった。

時系列番号		運転	時系列		操作者、対応者	判断をした者、判断根拠、判断内容 (誰が、どのような判断をしたのか)	対応する規則規定など	判断権者	問題点
			時刻	情報源					
15	2013/5/23	14:26頃	zlog HDlog 聞き取り	HDシフトリーダは、加速器シフトリーダへエリアモニタの線量上昇について報告し、ビーム運転停止を依頼。加速器運転シフトリーダが運転を停止した。	HDシフトリーダ 加速器シフトリーダ	HDシフトリーダは空間線量率の上昇が変化するか確認するため、ビームを一旦停止することを決定した。	HD運転手引 「HDシフトリーダは、HDの設備の運転に関する情報を把握し、安全かつ適切な運転を行うための判断を行い、運転チームに指示をする。」	HDシフトリーダ	加速器シフトリーダとHDシフトリーダの間で情報共有が十分ではなかった。現場のみで事態を收拾しようとしていた。
16	2013/5/23		聞き取り	HDシフトリーダは、HD実験ホール内ガンマ線モニタ値の上昇が収まり、中性子モニタ値がビーム停止と同時に減少した事を確認、HD放射線発生装置責任者(@つくば)に報告した。線量率上昇の原因是直達放射線によるものか、放射化空気の漏れによるものか、またはエリアモニタの不具合であるのか特定するための調査が必要であると協議した。	HDシフトリーダ HD放射線発生装置責任者	HDシフトリーダおよびHD放射線発生装置責任者は、排気することで線量が下がる場合には放射化空気が原因であり、もしくは線量に変化が無い場合にはビーム軌道の異常やエリアモニタの動作の不具合等を検討する必要があると考えた。	予防規程13条第2項 「施設管理責任者は、所管する放射線施設について、放射線障害の発生の防止に必要な措置を講ずるものとする。」	HD施設管理責任者	ビーム停止後即座にレベルが下がらないという観測から、線量の上昇がビーム運転に直接起因するものでないことが判断できたはず。この時点ではまだHD実験ホールフロア作業者に退避等の指示を連絡していない。
17	2013/5/23	15:00頃	聞き取り	ビーム取り出しシステム担当者(@つくば)は、zlogに、11:55にEQ他のMPSがあつたこと、環境放射線レベルが高いためビーム停止という記述を見つけ、調査を開始した。	ビーム取り出しシステム担当者		該当なし		HD施設と加速器との情報共有に問題が有り、問題検出までに時間がかかった。
18	2013/5/23	15:15頃	HDlog 聞き取り	KEK職員Bが、HD実験ホール内エリアモニタの動作健全性を確認するために、排風ファンを回して排気することをHD放射線発生装置責任者(@つくば)に提案した。KEK職員Bが排風ファンを起動した。	KEK職員B HD放射線発生装置責任者	HD放射線発生装置責任者、KEK職員BはHD実験ホール内のエリアモニターで測定された空間線量が通常の10倍といえ、排気を行っても環境には影響を与えない程度に十分に低いと考えた。	放射線障害防止法施行規則第十九条 一 気体状の放射性同位元素等は、排気設備において、浄化し、又は排気することにより廃棄すること。 二 前号の方法により廃棄する場合にあつては、次に定めるところにより行うこと。 イ 第十四条の十一第一項第四号ハ(1)の排気設備において廃棄する場合にあつては、当該設備の排気口における排気中の放射性同位元素の濃度を原子力規制委員会が定める濃度限度以下とすること。 ロ 第十四条の十一第一項第四号ハ(2)の排気設備において廃棄する場合にあつては、排気中の放射性同位元素の濃度を監視することにより、事業所等の境界の外の空気中の放射性同位元素の濃度を原子力規制委員会が定める濃度限度以下とすること。 ハ 第十四条の十一第一項第四号ハ(3)の排気設備において廃棄する場合にあつては、排気中の放射性同位元素の数量及び濃度を監視することにより、事業所等の境界の外における線量を原子力規制委員会が定める線量限度以下とすること。 予防規程第45条 気体廃棄物中の放射性同位元素の事業所外における3月間についての平均濃度は、告示第14条第1項各号に定める事業所等の境界の外の空気中の放射性同位元素の濃度限度以下でなければならない。	放射線取扱主任者 HD施設管理責任者	第2種管理区域に放射性物質が存在することがわかった時点で、それが管理区域外への漏えいにつながる可能性があるとの認識、さらには排風ファンの起動が放射性物質を積極的に外部へ放出することになるとの認識がなかった。 判断権者へ連絡がなされなかった。 排風ファン運転の手引きが整備されていなかった。
19	2013/5/23	15:15頃	聞き取り	HD管理区域責任者は、エリアモニタの健全性を確認するため、業者(放射線)Aに指示し、HD施設に向かわせ、エリアモニタ周辺の線量率測定を開始させた。	業者(放射線)A HD管理区域責任者	HD管理区域責任者が、線量率測定の必要があると判断した。	該当なし		測定結果が記録されておらず、適切な情報共有がされなかった。
20	2013/5/23	15:20頃	HDlog 聞き取り	排気によりHD実験ホール内エリアモニタによる線量が低下した。	HDシフトリーダ HD放射線発生装置責任者	HDシフトリーダ及びHD放射線発生装置責任者(@つくば)は、異常なビーム軌道のために放射化した空気が、一次ビームライン内からHD実験ホール内に漏洩していると判断し、ビーム軌道再調整が必要と考えた。(第1種管理区域への設定には思い至らなかった。)	予防規程第26条 放射線管理室長は、管理区域以外の区域又は第2種管理区域において、次の各号に掲げる場合であつて、一時的に当該区域の線量当量率、表面密度又は空気中の放射性同位元素の濃度が別表第2に掲げる基準に該当するときは、当該区域を同表に掲げる区分基準に応じて、第1種管理区域又は第2種管理区域に指定しなければならない。 (1) 排気設備及び排水設備の保守 (2) 放射線測定器の校正及び非破壊検査 (3) 被ばく低減のため放射性同位元素又は放射化物等を一時的に移動する等の措置等により隣接する場所の線量当量率が管理区域設定の基準に達したとき。 (4) 予期し得ない放射線又は放射化物等の漏洩等があつたとき、又はそのおそれが生じたとき。 2 放射線管理室長は、第1項の規定により指定した管理区域を解除しようとするときは、線量当量率の測定、表面密度の測定等必要な検査を行い、別表第2に掲げる基準に該当しないことを確認しなければならない。 3 放射線管理室長は、第1項の規定により管理区域に指定するとき、又は第2項の規定により管理区域を解除するときは、主任者の同意を受けなければならない。 4 放射線管理室長は、第1項の規定により管理区域に指定したときは、又は第2項の規定により管理区域を解除したときは、当該区域関係者に周知させなければならない。 予防規程細則第17条 施設管理責任者は、予防規程第26条に基づき一時的に第1種管理区域又は第2種管理区域の指定を受けようとするときは、次の各号に掲げる事項を明らかにして、放射線管理室長に申請しなければならない。ただし、放射線管理室長は、予防規程第26条第1項第4号にあたる場合は、申請を待たずに第1種管理区域又は第2種管理区域を指定することができる。 (1) 指定する期間 (2) 第1種管理区域又は第2種管理区域の区分及びその範囲 (3) 指定を必要とする理由 (4) 当該区域において取り扱う放射化物等の種類及び数量 (5) 指定する管理区域の放射線担当者の氏名 (6) その他放射線管理上必要な事項	放射線管理室長 放射線取扱主任者 施設管理責任者(素核Div長)	判断権者へ連絡がなかった。 HD実験ホール内に放射性物質が漏洩していることを認識しながら、ビームを停止すべきとの判断が出来なかった。
21	2013/5/23	15:30頃	HDlog 聞き取り	KEK職員Bが排風ファンを停止した。	KEK職員B HDシフトリーダ	ファンの運転により空間線量率が下がったため、HDシフトリーダがファン停止を決定した。	該当なし		
22	2013/5/23	15:32頃	HDlog 聞き取り zlog	HDシフトリーダが再調整のためのビーム運転再開を依頼した。	HDシフトリーダ 加速器シフトリーダ HD放射線発生装置責任者	HDシフトリーダとHD放射線発生装置責任者が協議し、排風ファンを元の状態に戻し、ビーム起因の放射化空気を減らすためビーム再調整を開始することを決定した。	HD運転手引 「HDシフトリーダは、HDの設備の運転に関する情報を把握し、安全かつ適切な運転を行うための判断を行い、運転チームに指示をする。」	HDシフトリーダ	HD実験ホール内に放射性物質が漏洩していることを認識しながら、ビームを停止すべきとの判断が出来なかった。 ビーム運転により原因究明を行おうとした。
23	2013/5/23		HDlog 聞き取り	HDシフトリーダとKEK職員Aがビーム軌道の再調整を行った。HDシフトリーダが水平方向と垂直方向の軌道調整を行ったが、収量の最高値に変化は無いくことを確認した。エリアモニターの指示値は下がらず、改善はみられないことを確認した。	HDシフトリーダ KEK職員A		該当なし		
24	2013/5/23	15:42頃	聞き取り	ビーム取り出しシステム担当者(@つくば)はHDシフトリーダに電話で状況を問い合わせた。EQ MPS後に収量が半分になり、ターゲッティングをし直して収量が回復したが、環境放射線レベルが上がり始めたので、ビームを停止して調査を行ったという説明を受け、MPS時の取り出しビームデータの解析を開始した。	ビーム取り出しシステム担当者		該当なし		

時系列番号		運転	時系列			操作者、対応者	判断をした者、判断根拠、判断内容 (誰が、どのように判断をしたのか)	対応する規則規定など	判断権者	問題点
			時刻	情報源	内容 (何が起きたか、何をしたか)					
25	2013/5/23	15:50頃	聞き取り	HD管理区域責任者は、業者(放射線)と、CCRでエリアモニターデータを検討、すべてのエリアモニタで指示値が上昇していることを確認した。	HD管理区域責任者 業者(放射線)	HD管理区域責任者は、エリアモニタの異常ではないと判断した。	該当なし			適切な情報共有がされなかった。
26	2013/5/23	15:59頃	聞き取り	HD管理区域責任者は、HD実験ホールに居る業者(放射線)から、エリアモニタの指示値とサーベイメータの指示値が合っているとの報告を受けた。	HD管理区域責任者 業者(放射線)	HD管理区域責任者は、エリアモニタの異常ではないことを強く支持する情報であると認識した。	該当なし			適切な情報共有がされなかった。
27	2013/5/23	16:00頃	HDlog 聞き取り	KEK職員DがHD実験ホール内空間線量率を測定し、エリアモニタ以外の場所でも高い線量率(4~6 μ Sv/h)が観測されることをHDシフトリーダに報告した。	KEK職員D HDシフトリーダ		該当なし			測定結果が記録されておらず、適切な情報共有がされなかった。
28	2013/5/23	16:00頃 ~17:00頃	聞き取り	ビーム取り出しシステム担当者(@つくば)は、独自にEQ-MPS発報時のデータを調べはじめた。現象としては、突然EQに電流が流れ、短時間でビームが取り出され、ターゲットにダメージがあった可能性があると思いついた。環境放射線が上がった理由は無理なビーム調整で軌道がずれ、ターゲットの下流でロスしたのではないかと推測した。上記の推測を説明するための資料をまとめはじめた。	ビーム取り出しシステム担当者		該当なし			
29	2013/5/23	16:15頃	zlog HDlog 聞き取り	ビーム停止	HDシフトリーダ	HDシフトリーダは、ビーム調整で線量率の改善がみられない事とKEK職員Dからの高い線量率の報告により、ビーム運転を停止し調査を行う事を判断した。	HD運転手引 「HDシフトリーダは、HDの設備の運転に関わる情報を把握し、安全かつ適切な運転を行うための判断を行い、運転チームに指示をする。」	HDシフトリーダ		
30	2013/5/23	17:00頃	HDlog 聞き取り	右の者は、HD実験ホール内等線量率の再測定を行い、局所的に線量率の高い部分を確認した。第2機械棟の空気フィルター(運転中はトンネル内の空気は排気されず封じ込められ循環されている。その循環ループに入っているフィルタ)ユニットの表面線量率が通常約17 μ Sv/h(24kW運転中)のところ約3mSv/hに上昇していることを確認した。	HDシフトリーダ KEK職員D HD管理区域責任者 業者(放射線)B,C		該当なし			測定結果が記録されておらず、適切な情報共有がされなかった。
31	2013/5/23	17:00頃	聞き取り	HD管理区域責任者は放射線取扱主任者(@つくば)に報告した。	HD管理区域責任者 放射線取扱主任者	放射線取扱主任者はHD管理区域責任者と電話で協議した。HD管理区域責任者は、HD実験ホール内の放射化した空気を排気することで空気中の放射能濃度を下げ、ユーザーへの曝露の可能性を低減するために排風ファンを運転することを提案した。放射線取扱主任者は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ないと考え、ホール内の空気中の放射能濃度を下げるため排風ファンを運転することを判断した。	放射線障害防止法施行規則第十九条 一 気体状の放射性同位元素等は、排気設備において、浄化し、又は排気することにより廃棄すること。 二 前号の方法により廃棄する場合にあつては、次に定めるところにより行うこと。 イ 第十四条の十一第一項第四号ハ(1)の排気設備において廃棄する場合にあつては、当該設備の排気口における排気中の放射性同位元素の濃度を原子力規制委員会が定める濃度限度以下とすること。 ロ 第十四条の十一第一項第四号ハ(2)の排気設備において廃棄する場合にあつては、排気中の放射性同位元素の濃度を監視することにより、事業所等の境界の外の空気中の放射性同位元素の濃度を原子力規制委員会が定める濃度限度以下とすること。 ハ 第十四条の十一第一項第四号ハ(3)の排気設備において廃棄する場合にあつては、排気中の放射性同位元素の数量及び濃度を監視することにより、事業所等の境界の外における線量を原子力規制委員会が定める線量限度以下とすること。 予防規程第45条 気体廃棄物中の放射性同位元素の事業所外における3月間についての平均濃度は、告示第14条第1項各号に定める事業所等の境界の外の空気中の放射性同位元素の濃度限度以下でなければならない。	放射線取扱主任者 HD施設管理責任者	放射線取扱主任者は、この時点でHD実験ホール内に放射性物質が漏れ出していることを推定できたにもかかわらず、排風ファンの運転を許可してしまった。 排風ファンを稼働せず、全員待避を指示すべきであった。 判断権者の一人であるHD施設管理責任者に連絡されなかった。 放射線取扱主任者に限らず、HD施設管理責任者、HD発生装置責任者などの責任者がつくばにより、現場にすぐ駆けつけることができなかった。そのため、現場から判断権者への連絡が、電話による会話で行われており、判断に必要な情報を的確に伝えることができなかった。 放射線取扱主任者が留守の場合、代理者への権限移譲するなどの手順が整備されていなかった。	
32	2013/5/23	17:18頃	聞き取り	HD放射線発生装置責任者(@つくば)はビーム取り出しシステム担当者(@つくば)に電話連絡した。11:55のビーム取り出し時に、瞬時に大強度ビームが標的に入射され、標的が損傷している可能性があることがHD放射線発生装置責任者に伝達された。	HD放射線発生装置責任者 ビーム取り出しシステム担当者					
33	2013/5/23	17:20頃	聞き取り	HD管理区域責任者と業者(放射線)B,CがHD実験ホール内の空気500mLをボリ瓶にサンプリングし業者(放射線)Bが放射線測定棟のGe検出器でエネルギースペクトル測定を開始した。	HD管理区域責任者 業者(放射線)B,C	HD管理区域責任者が、空気中の放射性物質の核種を調べる必要があると判断した。				本測定の結果について、23日の時点で十分な解析および情報共有がなされていなかった。
34	2013/5/23	17:30頃	HDlog 聞き取り	17:00頃の放射線取扱主任者(@つくば)の判断に基づき、排風ファンを運転した。	HDシフトリーダ KEK職員D		該当なし			第2種管理区域に放射性物質が存在する時点でそれが管理区域外への漏えいにつながる可能性があるとの認識、さらには排風ファンの起動が放射性物質を積極的に外部へ放出することになるとの認識がなかった。
35	2013/5/23	17:30頃	聞き取り	HD実験ホール内の作業者のホール外への退出を開始した。作業者はホール外で身体汚染測定、除染のために待機した。	HD管理区域責任者 HDシフトリーダ	HD管理区域責任者は、HDシフトリーダと協議し、退避が必要と判断した。	予防規程13条第2項 「施設管理責任者は、所管する放射線施設について、放射線障害の発生の防止に必要な措置を講ずるものとする。」	HD施設管理責任者	退避の判断が遅れた。	
36	2013/5/23	17:40頃	聞き取り	ビーム取り出しシステム担当者(@つくば)は、電話およびメールで11:55のビーム電流解析結果をHD放射線発生装置責任者(@つくば)に伝えた。	HD放射線発生装置責任者 ビーム取り出しシステム担当者		該当なし			
37	2013/5/23	17:45頃	聞き取り	HDシフトリーダ交代。 KEK職員AがHDシフトリーダになった。これまでのHDシフトリーダを以後KEK職員Eと呼ぶ。			該当なし			
38	2013/5/23	18:20頃	聞き取り	放射線管理室員Aが、サンプリングしたHD実験ホール内の空気のGe測定結果から空気由来以外の核種の存在を確認し、HD管理区域責任者に口頭で報告した。	放射線管理室員A HD管理区域責任者		該当なし			本測定結果について、23日の時点で十分な解析および情報共有がなされていなかった。

時系列番号	運転	時系列			操作者、対応者	判断をした者、判断根拠、判断内容 (誰が、どのような判断をしたのか)	対応する規則規定など	判断権者	問題点
		時刻	情報源	内容 (何が起きたか、何をしたか)					
39	2013/5/23		聞き取り	HD管理区域責任者の依頼により、放射線管理室員AがHD実験ホール内の床および机などの汚染測定を行い、表面汚染を確認した。	放射線管理室員A HD管理区域責任者	(第1種管理区域への設定には思い至らなかった。)	予防規程第26条 放射線管理室長は、管理区域以外の区域又は第2種管理区域において、次の各号に掲げる場合であつて、一時的に当該区域の線量当量率、表面密度又は空気中の放射性同位元素の濃度が別表第2に掲げる基準に該当するときは、当該区域を同表に掲げる区分基準に応じて、第1種管理区域又は第2種管理区域に指定しなければならない。 (1) 排気設備及び排水設備の保守 (2) 放射線測定器の校正及び非破壊検査 (3) 被ばく低減のため放射性同位元素又は放射化物等を一時的に移動する等の措置等により隣接する場所の線量当量率が管理区域設定の基準に達したとき。 (4) 予期し得ない放射線又は放射化物等の漏洩等があつたとき、又はそのおそれが生じたとき。 2 放射線管理室長は、第1項の規定により指定した管理区域を解除しようとするときは、線量当量率の測定、表面密度の測定等必要な検査を行い、別表第2に掲げる基準に該当しないことを確認しなければならない。 3 放射線管理室長は、第1項の規定により管理区域に指定するとき、又は第2項の規定により管理区域を解除するときは、主任者の同意を受けなければならない。 4 放射線管理室長は、第1項の規定により管理区域に指定したとき、又は第2項の規定により管理区域を解除したときは、当該区域関係者に周知させなければならない。 予防規程細則第17条 施設管理責任者は、予防規程第26条に基づき一時に第1種管理区域又は第2種管理区域の指定を受けようとするときは、次の各号に掲げる事項を明らかにして、放射線管理室長に申請しなければならない。ただし、放射線管理室長は、予防規程第26条第1項第4号にあたる場合は、申請を待たずに第1種管理区域又は第2種管理区域を指定することができる。 (1) 指定する期間 (2) 第1種管理区域又は第2種管理区域の区別及びその範囲 (3) 指定を必要とする理由 (4) 当該区域において取り扱う放射化物等の種類及び数量 (5) 指定する管理区域の放射線担当者の氏名 (6) その他放射線管理上必要な事項	HD管理区域責任者 放射線管理室長 放射線取扱主任者	測定の結果が記録されておらず、放射線管理室長などと適切な情報共有をすることができなかつたため、判断権者に判断する機会が与えられなかつた。 表面汚染が確認された時点で、第1種管理区域とする必要があつた。 この時点で、「通報事象」に該当すると認識して、速やかに通報を行うことができなかつた。
40	2013/5/23	18:35頃	聞き取り	HD管理区域責任者から放射線管理室長に管理区域内に表面汚染が広がっている旨報告した。さらに放射線管理室長は放射線取扱主任者(@つば)、主任者代理に状況を報告した。	HD管理区域責任者 放射線管理室長 放射線取扱主任者 放射線取扱主任者代理	放射線管理室長は応援要員(6名)の出動を決定した。放射線取扱主任者は、現場での指示が必要と判断、つくばからJ-PARCへ移動することを決定した。	該当なし		
41	2013/5/23	19:00頃	聞き取り	HD管理区域責任者の指示のもと、右の者9名でHD実験ホール内の詳細な線量測定と表面汚染測定を実施した。	HD管理区域責任者 KEK職員D、E、G 放射線管理室員(6名)		該当なし		
42	2013/5/23		聞き取り	放射線管理室員が人の汚染検査を開始した。これ以前は退出制限されておらず、汚染検査をうけないまま退出した者もいる。	放射線管理室員 HD管理区域責任者		該当なし		
43	2013/5/23	19:30頃	聞き取り	HD放射線発生装置責任者は、HD実験ホールに到着し、ビーム取り出しシステム担当者から5ミリ秒間に 2×10^{13} 個の陽子ビームが取り出された解析結果を受け取り、陽子ビームの軌道、ビーム強度検出器等のデータとつきあわせ、その結果から金標的が損傷した可能性が高いと考え、素核Div長に報告した。	HD放射線発生装置責任者 素核Div長	HD放射線発生装置責任者は金標的に損傷があつたのではないかとこの時点で推定した。	該当なし		
44	2013/5/23	20:00頃	聞き取り	HD実験ホール内の詳細サーベイとスマア、およびホール外のサーベイが完了した。	HD管理区域責任者 KEK職員D、E、G 放射線管理室員(6名)		該当なし		
45	2013/5/23	20:15頃	聞き取り	放射線取扱主任者がJ-PARCに到着した。主任者、主任者代理、放射線管理室長がサーベイ結果の報告をうけ今後の対応を協議した。	放射線管理室長 放射線取扱主任者 放射線取扱主任者代理		該当なし		
46	2013/5/23	21:00頃	聞き取り	KEK職員および放射線管理室員から、作業者の表面汚染の基準について放射線取扱主任者に問い合わせがあつた。	放射線取扱主任者 放射線管理室員	放射線取扱主任者が、 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 以下であれば管理区域から退出可能、それ以上の場合は除染が必要と判断した。	該当なし		
47	2013/5/23	21:41頃	聞き取り	放射線管理室長の指示により、放射線管理室員がHD実験ホール内でスマアした試料のGe検出器を用いたエネルギースペクトル測定を放射線測定棟で開始した。	放射線管理室長 放射線管理室員	放射線管理室長が汚染核種の同定が必要と判断した。	該当なし		
48	2013/5/23		聞き取り	右の者が放射線管理室員より新たにスマアのスペクトル分析結果を受けとつた。これまでのデータと合わせ分析評価し、表面汚染は管理区域内の基準($40\text{Bq}/\text{cm}^2$)を超えていないこと、また内部被曝は、顔面サーベイの測定値約 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ から、主な核種をNa24と仮定し、数 μSv 程度と評価した。今後の対応を協議した。	放射線管理室長 放射線取扱主任者 放射線取扱主任者代理 HD放射線発生装置責任者 HD管理区域責任者	一同は金由来と考えられる多数の核種が観測されたことを知り、「金標的に損傷」の傍証を得た。放射線取扱主任者は、安全裕度10倍を考慮しても内部被曝は数十 μSv を超えるおそれはないと考え、放射線管理室が定めた被ばく線量管理値(男子 $500\mu\text{Sv}/\text{日}$ 、女子 $300\mu\text{Sv}/\text{日}$)と比較して十分小さいと判断した。	放射線障害防止法施行規則第20条および予防規程細則第57条 内部被ばくに伴う実効線量の評価は、主任者が特に指示する場合を除き、第1種管理区域において作業をする者で4月1日を始期とする四半期ごとに、滞在時間及びその間の空気中濃度の平均値から告示第19条に規定する方法により計算で行うものとする。 2 ティビジョン長等は、作業者が放射性物質を体内摂取した場合、又はそのおそれがあると認めた場合には、放射線管理室長に連絡し、指示を仰がなければならぬ。 3 放射線管理室長は、前項の連絡を受け、内部被ばくに伴う実効線量の測定・評価を行った場合には、その結果を記録しなければならぬ。 4 放射線管理室長は、第2項の連絡を受けた場合、また前項の測定・評価を行った場合には、主任者に報告しなければならぬ。	放射線取扱主任者 放射線管理室長 素核Div長	内部被曝の推定値が過小評価であったため、判断権者は、予防規程細則57条による手続きを進めることができなかつた。

時系列番号	運転	時系列			操作者、対応者	判断をした者、判断根拠、判断内容 (誰が、どのような判断をしたのか)	対応する規則規定など	判断権者	問題点
		時刻	情報源	内容 (何が起きたか、何をしたか)					
49	2013/5/23	23時頃	聞き取り	右のメンバーが状況を確認した。	放射線取扱主任者 放射線取扱主任者 放射線取扱主任者代理 HD管理区域責任者 HD放射線発生装置責任者 加速器Div長 素核Div長	放射線取扱主任者は、汚染検査および詳細サーベイの結果を総合的に検討し、HD実験ホール内への放射性物質の漏洩があること、ホール内に汚染が認められたこと、汚染の範囲がホール内にとどまり、放射性物質が環境へ漏洩していないと考えられること、また推定される被ばく線量が想定内であることから報告事象には該当しないと判断した。それに異議は上がらなかった。	予防規程第56条 施設管理責任者は、所管する施設又は所掌する業務について、次の各号のいずれかに該当する事実があったときは、直ちにこれを放射線管理室長、主任者及びセンター長に報告しなければならない。 (1) 放射性同位元素及び放射化物等の盗取又は所在不明が生じたとき。 (2) 気体状の放射化物等を排気設備において浄化し、又は排気することによって廃棄した場合において、障防法施行規則第19条第1項第2号の濃度限度又は線量限度を超えたとき。 (3) 液体状の放射化物等を排水設備において浄化し、又は排水することによって廃棄した場合において、障防法施行規則第19条第1項第5号の濃度限度又は線量限度を超えたとき。 (4) 放射化物等が管理区域外で漏えいしたとき。 (5) 放射化物等が管理区域内で漏えいしたとき。ただし、次のいずれかに該当するとき(漏えいした物が管理区域外に広がったときを除く。)を除く。 イ 漏えいした液体状の放射化物等が当該漏えいに係る設備の周辺部に設置された漏えいの拡大を防止するための堰の外に拡大しなかったとき。 ロ 気体状の放射化物等が漏えいした場合において、空気中濃度限度を超えるおそれがないとき。 (6) 施行規則第14条の7第1項第3号の線量限度を超えるおそれがあるとき。 (7) 放射線発生装置等、放射性同位元素及び放射化物等の使用その他の取扱いにおける計画外の被ばくがあったときであって、当該被ばくに係る実効線量が業務従事者にあっては5ミリシーベルト、業務従事者以外の者にあっては、0.5ミリシーベルトを超えるおそれがあるとき。 (8) 業務従事者について実効線量限度若しくは等価線量限度を超えるおそれのある被ばくがあったとき。 J-PARCセンター事故等通報マニュアル(別添) 2. 通報等が必要な事象等 J-PARCセンター安全衛生管理規定 第63条(別添)	施設管理責任者(素核Div長) 安全Div長	管理区域境界のエリアモニターのトレンドを注意深く確認するべきであった。
50	2013/5/23	23:30頃	聞き取り	職員及びユーザーの除染・身体サーベイが終了し、全員管理区域から退出した。その後放射線取扱主任者の指示によりHD実験施設を原則立ち入り制限とした。	放射線取扱主任者 HD放射線発生装置責任者	放射線取扱主任者がHD施設管理区域を立ち入り制限とすることを判断した。	該当なし		
51	2013/5/24	7時頃	聞き取り	素核Div長から副センター長(KEK)に電話で詳しい報告をした。	素核Div長 副センター長(KEK)		該当なし		
52	2013/5/24	9時頃	聞き取り	安全Div長は、センター長、副センター長(JAEA)にHD実験ホール内への放射性物質の漏洩が有り、ホール内に汚染が認められたが、汚染の範囲がホール内にとどまり、放射性物質が環境へ漏洩していないと考えられること、また推定される被ばく線量が想定内であることから報告事象には該当しないと判断したこと、10時から詳細に報告することを口頭で報告した。	安全Div長 センター長 副センター長(JAEA)	センター長は午前中病院で診察を受けるため、10時からの打ち合わせの結果を午後報告するよう副センター長に指示した。	該当なし		安全Div長から口頭で「標的が損傷した」との報告されたが、センター長以下もそれが通報に該当するものと考えなかつた。
53	2013/5/24	9:00頃~	聞き取り	安全Div長は、HD実験ホール内への放射性物質の漏洩が有り、ホール内に汚染が認められたが、汚染の範囲がホール内にとどまり、放射性物質が環境へ漏洩していないと考えられること、また推定される被ばく線量が想定内であることから報告事象には該当しないと判断した旨、KEK機構長、J-PARC担当理事、安全・広報担当理事に報告した。	安全Div長 KEK機構長 KEK J-PARC担当理事 KEK 安全・広報担当理事	左記のKEK首脳部は、報告された情報に従うならば、即座に報告すべき事象ではないと考えた。しかし、確認が必要と判断し、追加情報等あれば報告を入れるべき旨、安全Div長に要請した。	該当なし		
54	2013/5/24	9:45頃	聞き取り	放射線取扱主任者の指示をうけHD管理区域責任者が業者(放射線)に、第1, 2機械棟内・管理区域境界の空間線量と汚染(スミア)の測定を依頼した。その結果、汚染が無いことを確認し、HD管理区域責任者に報告した。	放射線取扱主任者 HD管理区域責任者 放射線管理室員 業者(放射線)	放射線取扱主任者が、管理区域外のスミアが必要であると判断した。管理区域外に漏洩が検出されなかったことにより、報告事象に当たらないことを再確認した。	予防規程第56条 施設管理責任者は、所管する施設又は所掌する業務について、次の各号のいずれかに該当する事実があったときは、直ちにこれを放射線管理室長、主任者及びセンター長に報告しなければならない。 (1) 放射性同位元素及び放射化物等の盗取又は所在不明が生じたとき。 (2) 気体状の放射化物等を排気設備において浄化し、又は排気することによって廃棄した場合において、障防法施行規則第19条第1項第2号の濃度限度又は線量限度を超えたとき。 (3) 液体状の放射化物等を排水設備において浄化し、又は排水することによって廃棄した場合において、障防法施行規則第19条第1項第5号の濃度限度又は線量限度を超えたとき。 (4) 放射化物等が管理区域外で漏えいしたとき。 (5) 放射化物等が管理区域内で漏えいしたとき。ただし、次のいずれかに該当するとき(漏えいした物が管理区域外に広がったときを除く。)を除く。 イ 漏えいした液体状の放射化物等が当該漏えいに係る設備の周辺部に設置された漏えいの拡大を防止するための堰の外に拡大しなかったとき。 ロ 気体状の放射化物等が漏えいした場合において、空気中濃度限度を超えるおそれがないとき。 (6) 施行規則第14条の7第1項第3号の線量限度を超えるおそれがあるとき。 (7) 放射線発生装置等、放射性同位元素及び放射化物等の使用その他の取扱いにおける計画外の被ばくがあったときであって、当該被ばくに係る実効線量が業務従事者にあっては5ミリシーベルト、業務従事者以外の者にあっては、0.5ミリシーベルトを超えるおそれがあるとき。 (8) 業務従事者について実効線量限度若しくは等価線量限度を超えるおそれのある被ばくがあったとき。 J-PARCセンター事故等通報マニュアル(別添) 2. 通報等が必要な事象等 J-PARCセンター安全衛生管理規定 第63条(別添)	施設管理責任者(素核Div長) 安全Div長	

時系列番号	運転	時系列			操作者、対応者	判断をした者、判断根拠、判断内容 (誰が、どのような判断をしたのか)	対応する規則規定など	判断権者	問題点
		時刻	情報源	内容 (何が起きたか、何をしたか)					
55	2013/5/24	10:00頃	聞き取り	右の者で打ち合わせを開き、昨日以来の状況を確認、今後の対応について議論した。HD放射線発生装置責任者から標的が蒸発したと推定されること、放射線レベルが上がったこと、ファンを回したことなど23日の時系列にそって説明があった。J-PARCセンターからユーザーにたいして、ハドロン実験が数週間停止すること、ニュートリノ実験の準備を始めることをアナウンスする準備を開始した。	副センター長(JAEA) 安全Div長(放射線取扱主任者) 安全副Div長 放射線管理室長 HD放射線発生装置責任者 HD管理区域責任者 素核Div長 加速器Div長 素核副Div長(Skype経由) 素核Div員A,B,C	この時点では放射線取扱主任者は通報連絡に該当する事象とは考えなかった。参加者からも異議は唱えられなかつた。念の為、作業者の一部にWBC測定を受けてもらうことが放射線管理室長から提案され、了承された。これを受けて素核Div員が前日の入域者に対してWBC検査希望の有無を打診した。議論の結果、当面(最低数週間)はハドロン実験の再開は不可能と判断した。ユーザーにアナウンスを配信することを決定した。	予防規程第56条 施設管理責任者は、所管する施設又は所掌する業務について、次の各号のいずれかに該当する事実があつたときは、直ちにこれを放射線管理室長、主任者及びセンター長に報告しなければならない。 (1) 放射性同位元素及び放射化物等の盗取又は所在不明が生じたとき。 (2) 気体状の放射化物等を排気設備において浄化し、又は排気することによって廃棄した場合において、障防法施行規則第19条第1項第2号の濃度限度又は線量限度を超えたとき。 (3) 液体状の放射化物等を排水設備において浄化し、又は排水することによって廃棄した場合において、障防法施行規則第19条第1項第5号の濃度限度又は線量限度を超えたとき。 (4) 放射化物等が管理区域外で漏えいしたとき。 (5) 放射化物等が管理区域内で漏えいしたとき。ただし、次のいずれかに該当するとき(漏えいした物が管理区域外に広がったときを除く。)を除く。 イ 漏えいした液体状の放射化物等が当該漏えいに係る設備の周辺部に設置された漏えいの拡大を防止するための堰の外に拡大しなかつたとき。 ロ 気体状の放射化物等が漏えいした場合において、空気中濃度限度を超えるおそれがないとき。 (6) 施行規則第14条の7第1項第3号の線量限度を超えるおそれがあるとき。 (7) 放射線発生装置等、放射性同位元素及び放射化物等の使用その他の取扱いにおける計画外の被ばくがあつたときであつて、当該被ばくに係る実効線量が業務従事者にあつては5ミリシーベルト、業務従事者以外の者にあつては、0.5ミリシーベルトを超えるおそれがあるとき。 (8) 業務従事者について実効線量限度若しくは等価線量限度を超えるおそれのある被ばくがあつたとき。 J-PARCセンター事故等通報マニュアル(別添) 2. 通報等が必要な事象等 J-PARCセンター安全衛生管理規定 第63条(別添)	施設管理責任者(素核Div長) 安全Div長	
56	2013/5/24		聞き取り	会議の決定を受け、放射線管理室長が原科研にWBC測定を依頼した。	放射線管理室長		該当なし		
57	2013/5/24	12:30頃	聞き取り	副センター長(KEK)がKEK所長会議で報告した。	KEK所長会議メンバー		該当なし		
58	2013/5/24	14:00頃	聞き取り	副センター長(JAEA)からセンター長に10時の打ち合わせの資料に基づき詳細が報告された。つくばからJ-PARCに到着した副センター長(KEK)も同席した。	両副センター長 センター長	汚染の範囲がHD実験ホール内にとどまり、放射性物質が環境へ漏洩していないと考えられること、また推定される被ばく線量が想定内であるとの報告から、センター長は報告事態には該当しないと判断した。	予防規程第56条 施設管理責任者は、所管する施設又は所掌する業務について、次の各号のいずれかに該当する事実があつたときは、直ちにこれを放射線管理室長、主任者及びセンター長に報告しなければならない。 (1) 放射性同位元素及び放射化物等の盗取又は所在不明が生じたとき。 (2) 気体状の放射化物等を排気設備において浄化し、又は排気することによって廃棄した場合において、障防法施行規則第19条第1項第2号の濃度限度又は線量限度を超えたとき。 (3) 液体状の放射化物等を排水設備において浄化し、又は排水することによって廃棄した場合において、障防法施行規則第19条第1項第5号の濃度限度又は線量限度を超えたとき。 (4) 放射化物等が管理区域外で漏えいしたとき。 (5) 放射化物等が管理区域内で漏えいしたとき。ただし、次のいずれかに該当するとき(漏えいした物が管理区域外に広がったときを除く。)を除く。 イ 漏えいした液体状の放射化物等が当該漏えいに係る設備の周辺部に設置された漏えいの拡大を防止するための堰の外に拡大しなかつたとき。 ロ 気体状の放射化物等が漏えいした場合において、空気中濃度限度を超えるおそれがないとき。 (6) 施行規則第14条の7第1項第3号の線量限度を超えるおそれがあるとき。 (7) 放射線発生装置等、放射性同位元素及び放射化物等の使用その他の取扱いにおける計画外の被ばくがあつたときであつて、当該被ばくに係る実効線量が業務従事者にあつては5ミリシーベルト、業務従事者以外の者にあつては、0.5ミリシーベルトを超えるおそれがあるとき。 (8) 業務従事者について実効線量限度若しくは等価線量限度を超えるおそれのある被ばくがあつたとき。 (別添) J-PARCセンター事故等通報マニュアル(別添) 2. 通報等が必要な事象等 J-PARCセンター安全衛生管理規定 第63条(別添)	施設管理責任者(素核Div長) 安全Div長	センター長、副センター長も、本件が通報に該当するものと考えなかつた。
59	2013/5/24	14:30頃	聞き取り	WBC測定2名	原科研	J-PARCとして内部被ばくが少ないことを確認するために、WBC受診者を募ったところ、4名(職員2名、国内大学ユーザー2名)の希望者があり、時刻調整を行い2回に分けて検査を行った。	予防規程細則第57条 内部被ばくに伴う実効線量の評価は、主任者が特に指示する場合を除き、第1種管理区域において作業をする者で4月1日を始期とする四半期ごとにについて、滞在時間及びその間の空気中濃度の平均値から告示第19条に規定する方法により計算で行うものとする。 2. テイビション長等は、作業者が放射性物質を体内摂取した場合、又はそのおそれがあると認めた場合には、放射線管理室長に連絡し、指示を仰がなければならない。 3. 放射線管理室長は、前項の連絡を受け、内部被ばくに伴う実効線量の測定・評価を行った場合には、その結果を記録しなければならない。 4. 放射線管理室長は、第2項の連絡を受けた場合、また前項の測定・評価を行った場合には、主任者に報告しなければならない。	放射線管理室長 放射線取扱主任者 素核Div長	
59'	2013/5/24	14:47	zlog	MRの調整運転開始。加速は行わずビームモニタの調整を目的とした運転を行つた。	MRグループ	この運転は、遅い取り出し機器を停止したまで行う調整であり、ハドロン実験室にビームが取り出されることはないので、放射線取扱主任者、および加速器施設管理責任者は、問題はないと判断した。			放射線事故との認識がなかつた。
60	2013/5/24	15:00頃	聞き取り	WBC測定2名	原科研	J-PARCとして内部被ばくが少ないことを確認するために、WBC受診者を募ったところ、4名(職員2名、国内大学ユーザー2名)の希望者があり、時刻調整を行い2回に分けて検査を行つた。	時系列番号59に同じ	時系列番号59に同じ	

時系列番号	運転	時系列			操作者、対応者	判断をした者、判断根拠、判断内容 (誰が、どのような判断をしたのか)	対応する規則規定など	判断権者	問題点
		時刻	情報源	内容 (何が起きたか、何をしたか)					
61	2013/5/24	17:30頃	聞き取り	隣接する核サ研のモニタリングポストの一部で23日15時ごろ、および17時30分ごろに線量が上昇している件について、核サ研から放射線管理室員に問い合わせがあり、放射線管理室員からHD管理区域責任者、放射線取扱主任者に連絡した。	放射線管理室員 HD管理区域責任者 放射線取扱主任者	HD管理区域責任者はHD管理区域のエリアモニターの精査が必要と判断した。	該当なし		
62	2013/5/24	18:00頃	聞き取り	HD管理区域境界に設置したエリアモニター(γ線)の記録データがHD管理区域責任者から右の者に示された。23日の15時頃と17時30分頃に排風ファンの作動と同期して放射線レベルがわずかに増加していることが明らかになった。	HD管理区域責任者 放射線取扱主任者 副センター長(KEK)		該当なし		
63	2013/5/24	18:13頃	聞き取り メール	共通基盤施設長は規制当局への報告事象には該当しないとのセンターの判断を知り、副センター長(KEK)、安全・広報担当理事あてに、地元との協定に基づく報告事項に当たる可能性を指摘した。	KEK共通基盤施設長 副センター長(KEK) KEK安全・広報担当理事		該当なし		
64	2013/5/24	18:28頃	聞き取り メール	理研仁科センター安全業務室員から放射線取扱主任者、共通基盤施設長に、当日HD実験ホールで作業をし汚染検査開始以前に退出した理研の研究員について、本日13:40頃に汚染検査を実施したところ、表面汚染(靴裏で3kCPM)が検出され、靴を回収した旨メールにて通知された。この理研研究員は、23日中にホールでの汚染情報を得、汚染検査を受けることを考えたがすでに業務時間外になっていたため、翌日勤務先にて受けた。	理研仁科センター安全業務室員 放射線取扱主任者 共通基盤施設長		該当なし		HD退出者の汚染検査を開始する前にすでに退出していた者について、汚染検査、および退出後の行動調査が徹底されていなかった。
65	2013/5/24	18:34頃	聞き取り	理研からの情報が、共通基盤施設長から副センター長(KEK)とKEK安全・広報担当理事に知らされた。	共通基盤施設長 副センター長(KEK) KEK安全・広報担当理事		該当なし		
66	2013/5/24	19:00頃～	聞き取り	右の者がJ-PARCセンター会議室に集合し、最新のデータに基づき、定量的な検討を行った。	センター長 副センター長 安全Div長 加速器Div長 素核Div長 HD放射線発生装置責任者 放射線管理室長 HD管理区域責任者	センター長、副センター長、安全Div長は、状況及びデータを確認し、放射性物質が管理区域外に漏えいした可能性が高いので通報すべき事象にあたるかどうか協議した。またデータから、放射線漏洩や被曝の状況はすでに収束しているという共通認識が有った。	該当なし		
67	2013/5/24	21:10	対策本部 電子ログ	センター長の指示により安全Div長が原子力科学研究所の緊急連絡先に通報した。	センター長 安全Div長	センター長が緊急連絡が必要と判断した。	J-PARCセンター事故対策活動要領 4.3 事故時の通報要領 (1) 通報手段 事故発見時の通報は、原則として、施設内に対しては建室内放送設備で、施設外へは、火災・爆発事故及び人身事故の場合は、ひたちなか・東海広域事務組合消防本部「0119」に通報した後、非常用電話、その他の事故の場合は、非常用電話のみ行うものとする。 (3) 事故時の通報連絡系統図 事故時の通報連絡系統は、原則として、勤務時間内にあっては別図第2、勤務時間外にあっては別図第3によるものとする。		
68	2013/5/24	21:11	対策本部 電子ログ	現地対策本部が開設され、関係者が招集された。センター長が現場指揮所を開設した。	現地対策本部長代理 センター長		該当なし		
69	2013/5/24	21:19頃	対策本部 電子ログ	原子力規制委員会に連絡			該当なし		
70	2013/5/24	21:40頃	対策本部 電子ログ	茨城県に連絡			該当なし		
71	2013/5/24	21:43頃	対策本部 電子ログ	東海村に連絡			該当なし		
72	2013/5/24	22:15頃	対策本部 電子ログ	現地対策本部が法令報告に該当するものと判断した。		現地対策本部が法令報告に該当するものと判断した。	該当なし		
73	2013/5/24	22:15頃	聞き取り	KEK緊急対策室がつくばキャンパス内KEK安全・広報担当理事室に設置された。	J-PARC副担当理事 KEK広報・安全担当理事 総務係長		該当なし		
74	2013/5/24	22:40	対策本部 電子ログ	関係機関へ第一報の連絡。事故の概要(作業者人数30名程度)、施設の状況、汚染の状況、作業者の被ばくの状況(調査中)、環境への影響(放出は統していないこと)、一般公衆への影響はないと考えられることなどを報告した。			該当なし		
74'	2013/5/24	22:46	zlog	MRの調整運転終了	MRグループ	調整運転が終了し、MRグループのメンバーがビーム運転を停止した。			
75	2013/5/25	0:18	対策本部 電子ログ	第2報発信。第1報に加え、管理区域への入域87名という情報追加、核サ研データも示された。			該当なし		
76	2013/5/25	0:46	zlog	全加速器運転停止	加速器グループ MLFグループ	センター長が、総力で事故対策に臨むため決定した。	該当なし		
77	2013/5/25	1:00頃	聞き取り	4名のWBC測定の結果、最大1.7mSv の被ばくを対策本部が確認した。(J-PARCの加速器で生成される核種は一般的な原子力施設のものと異なり、エネルギーの異なるγ線が多数検出されたため、内部被ばく評価対象の核種同定に時間を要した。)	現地対策本部		該当なし		
78	2013/5/25	1:00頃	対策本部 電子ログ	県で直接説明、謝罪	副センター長(KEK) 放射線管理室長		該当なし		
79	2013/5/25	1:55頃	対策本部 電子ログ	第3報。装置付近に立ち寄った人数は55名。4名のWBC測定結果を報告した。			該当なし		
80	2013/5/25	2:51頃	対策本部 電子ログ	最終報。連絡が遅れた理由を修正した。			該当なし		
81	2013/5/26	11時頃	zlog 聞き取り	HD実験ホール排風ファンを停止した。	KEK職員F	24日18時頃ハドロン管理区域境界のエリアモニターの値を確認したところ、すでに通常値に戻っていたので、排風ファンを停止することはしなかった。26日になって排気を継続する理由がなくなったため止めることにした。	該当なし		23日17:30頃からこの時まで排風ファンを運転し続けていた。直ちに運転を停止すべきだった。

時系列番号	運転	時系列			操作者、対応者	判断をした者、判断根拠、判断内容 (誰が、どのような判断をしたのか)	対応する規則規定など	判断権者	問題点
		時刻	情報源	内容 (何が起きたか、何をしたか)					
82	2013/8/1現在		聞き取り	事故以降現在まで、MRおよび一次ビームラインエリアの排気はおこなっていない。		通常の運転時にくらべ高い放射線レベルが観測されていたこと、また放射性核種も未測定なため、排気すべきでないと放射線管理室長と放射線取扱主任者が判断した。			

注)安全Div長と放射線取扱主任者は同一人物である。

BLM:ビームラインロスマニター

CCR:中央制御棟

Div長:ディビジョン長

EQ:取り出し補正用四重極電磁石

HD:ハドロン

HDlog:HDグループビーム運転ログブック

K1.8、K1.8BR:ハドロン実験ホール内の二次ビームラインの名称

MPS:機器保護システム

MLF:物質・生命科学実験施設

MR:50GeVシンクロトロン

RQ:リブル補正用四重極電磁石

WBC:ホールボディカウンター

zlog: 加速器運転の電子ログ

核サ研:核燃料サイクル工学研究所

素核:素粒子原子核

トラッキングエラー:電流偏差の異常

「判断の整理・分析表」の別添資料

J-PARC センター事故等通報マニュアル

2. 通報等が必要な事象等

通報等が必要な場合は、茨城県原子力安全協定(以下、「安全協定」という)第 17 条による事象等、J-PARC センター安全衛生管理規定による事象等及びそれらに含まれない事象等が発生したときである。また、法令報告事象(通報等事象)かどうかの判断がつかない事象が発生した場合も、直ちに安全ディビジョン長に連絡する。

2.1 安全協定第 17 条第 1 項関連による通報等

第 17 条第 1 項関連の通報等は、以下の(1)から(4)に示す重大な事故等が発生したときである。

(1) 法令に基づく場合

法令に基づき通報等が必要な場合は、放射線障害防止法に定められている以下の事象等が発生したときである。

・放射性同位元素が異常に漏えいしたとき。

2.2 安全協定第 17 条第 2 項関連による通報等

第 17 条第 2 項関連の通報等は、以下の事象等が発生したときである。

⑬ 設備の故障、誤操作又は誤作動に伴い、放射線作業計画の範囲を超え、管理区域内が汚染した場合。

⑭ 設備の故障、誤操作又は誤作動に伴う計画外の被ばくがあった場合で、放射線業務従事者が 1mSv を超え 5mSv 以下の外部被ばくがあった場合。

⑮ 設備の故障、誤操作又は誤作動に伴う想定外の被ばくがあった場合で、放射線業務従事者以外の者が、一時的に管理区域内に立ち入った場合で、0.5mSv 以下の外部被ばくがあった場合。

⑯ 設備の故障、誤操作又は誤作動に伴い、予期しない内部被ばくが発生した場合で、被ばく評価後に実効線量が 5mSv 以下の場合。

2.4 J-PARC センター安全衛生管理規定による通報等

J-PARC センター安全衛生管理規定による通報等は、第 63 条に定められている以下の事象等が発生したときである。

⑰ 放射性物質が多量にもれ、こぼれ、又は散逸したとき。

⑲ 重大災害につながるおそれのある事故又は異常が発生したとき。

⑳ その他異常、故障、事故時の発生により、正常な業務が長時間にわたって中断さ

れるような事態が生じたとき。

J-PARC センター安全衛生管理規定

第63条 セクションリーダー等は、その所掌に係る業務に関し、次の各号に掲げる災害又は事故が発生したときは、直ちにディビジョン長及び安全ディビジョン長に報告しなければならない。

(12) 放射性物質が多量にもれ、こぼれ、又は散逸したとき。

(14) 重大災害につながるおそれのある事故又は異常が発生したとき。

(15) その他異常、故障、事故時の発生により、正常な業務が長時間にわたって中断されるような事態が生じたとき。

2 安全ディビジョン長は、前項の報告を受けたときは、速やかにセンター長を経由して両事業所の長に報告しなければならない。