



資料 2

様式第 18

事故・故障等発生報告書

25 原機（海管）107
平成 25 年 8 月 12 日

茨城県知事 橋本 昌 殿

住 所 茨城県那珂郡東海村白方白根 2-4
事業所名 独立行政法人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
氏 名 所 長 近 藤 悟

原子力施設周辺の安全確保及び環境保全に関する協定第 17 条の規定により、原子力施設等における事故・故障等の発生について次のとおり報告します。

発 生 年 月 日	平成 25 年 5 月 23 日（木）
発 生 場 所	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
件 名	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）
状 況 原 因 対 策 環 境 へ の 影 響 等	別添のとおり

1. 件名

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)

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-PARC 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-PARC 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 (原科研) 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ーと当該電源担当者、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ー、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ーは最初に 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。

作業員（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して判断し、ハドロン実験ホール内にいる作業員をホール外へ退出させ始めた。退出した作業員は、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、短時間に多量の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 μ Sv程度と評価した。23時30分頃、作業員や職員の除染・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員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にした。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して判断した。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ーに、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。

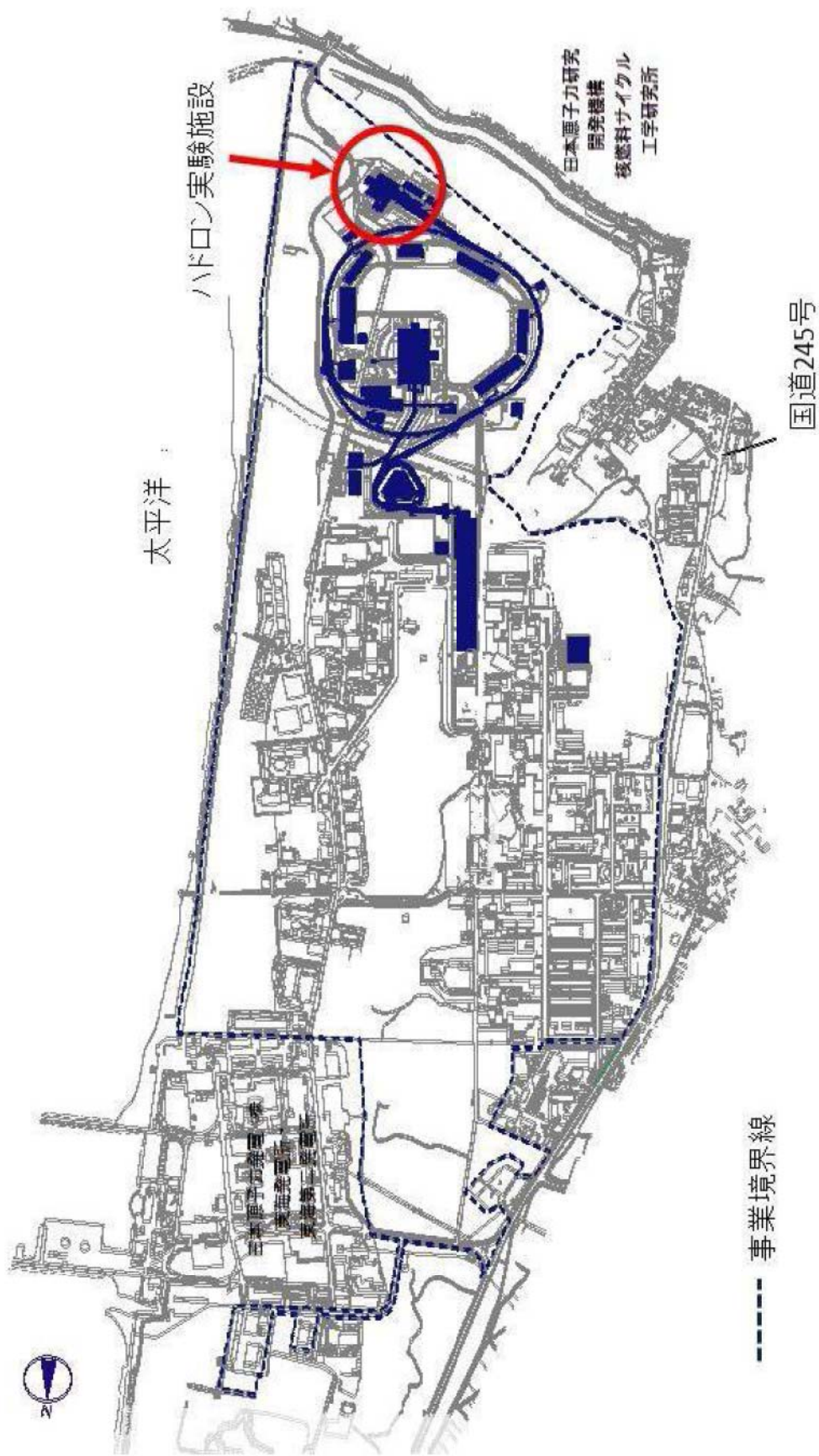


図4-1 ハドロン実験施設の配置図

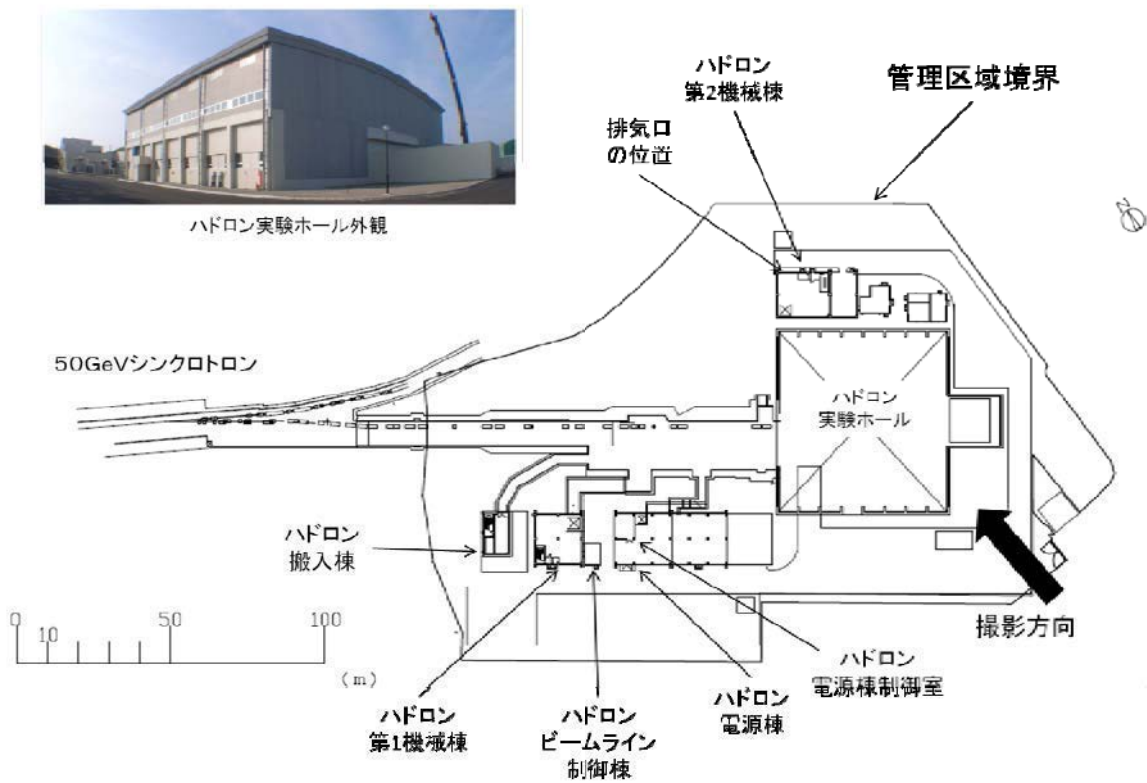


図 4-2 ハドロン実験施設

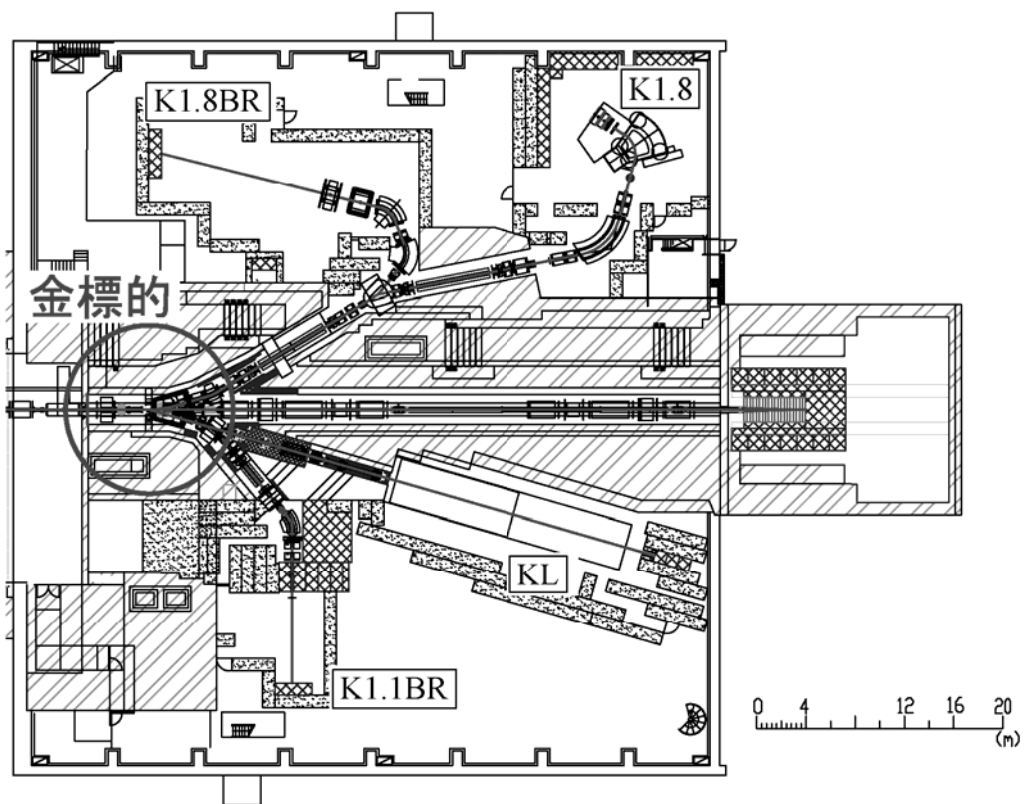


図 4-3 ハドロン実験ホールフロア平面図(2013年)

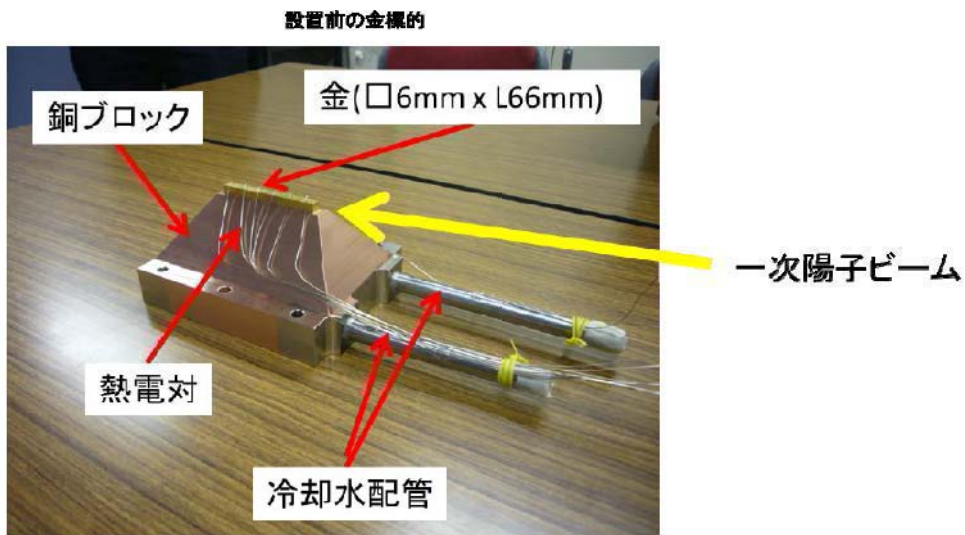


図 4-4 ハドロン実験施設で用いている金標的



図 4-5 金標的容器

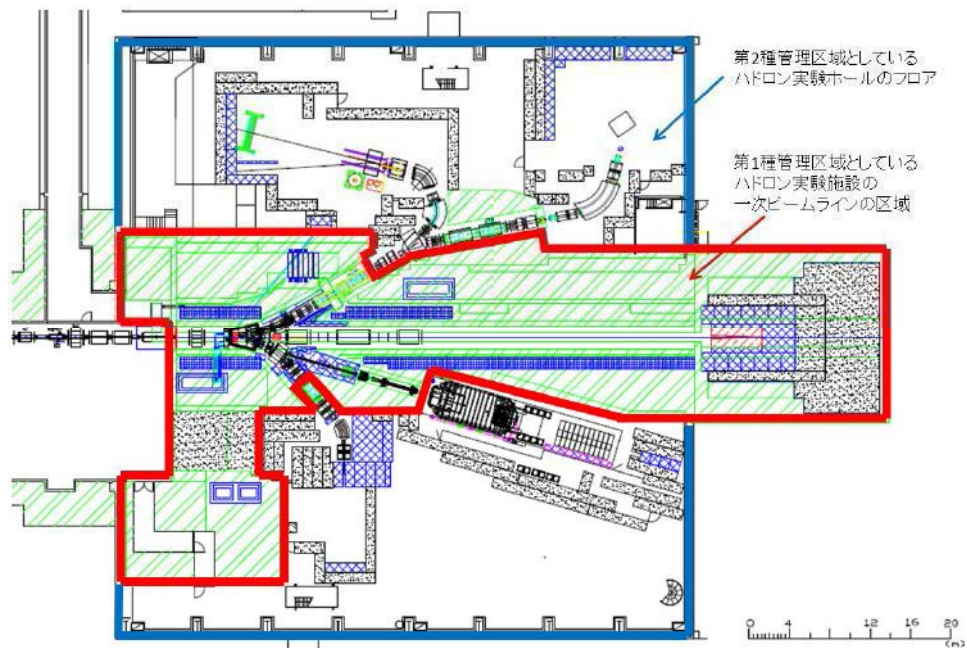


図 4-6 ハドロン実験ホール内の第1種管理区域と第2種管理区域

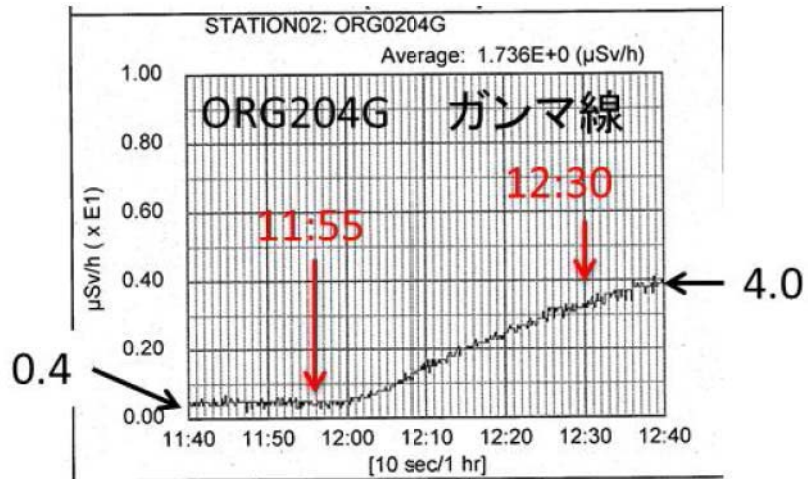


図 4-7 ガンマ線エリアモニタの線量率が約 10 倍 ($4 \mu\text{Sv}/\text{時}$) に上昇

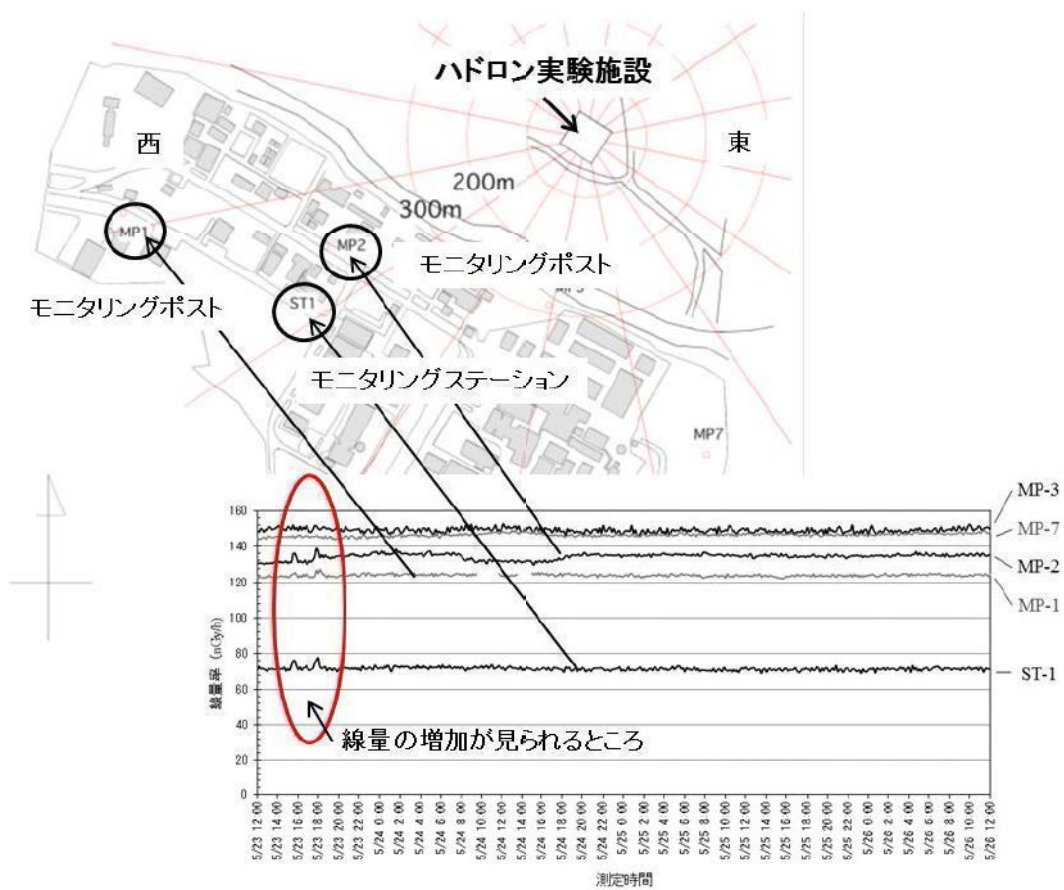


図 4-8 サイクル研のモニタリングポストとモニタリングステーションで観測された一時的な放射線量の増加

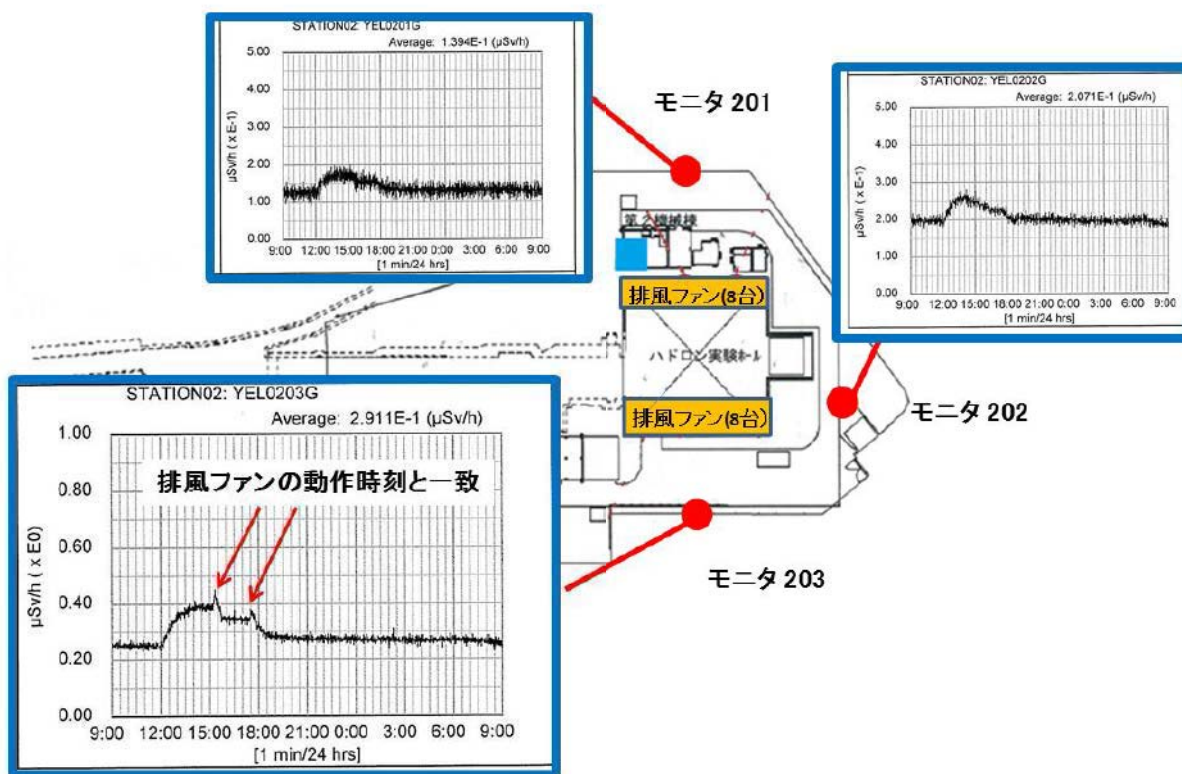


図 4-9 ハドロン実験施設周辺のエリアモニタでの放射線量の変化
(5月23日9時から5月24日9時まで)

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（PHITS）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ため、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エネルギーを表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（SPring-8）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員（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195m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て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ったとの連絡を得た。

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
$^{82\text{m}}\text{Rb}$	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
$^{193\text{m}}\text{Hg}$	11.8 時間	3.9×10^8
$^{195\text{m}}\text{Hg}$	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
$^{119\text{m}}\text{Te}$	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
^7Be	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 作業員（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
KEK職員	11	0.1	1.0
JAEA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 4-7 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乗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 μSv と評価され、第一報で報告された0.29 μSv 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 (2×10^{10} 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41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気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)	排気中濃度限度 (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シンクロトロンが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な原因は、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ビ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。

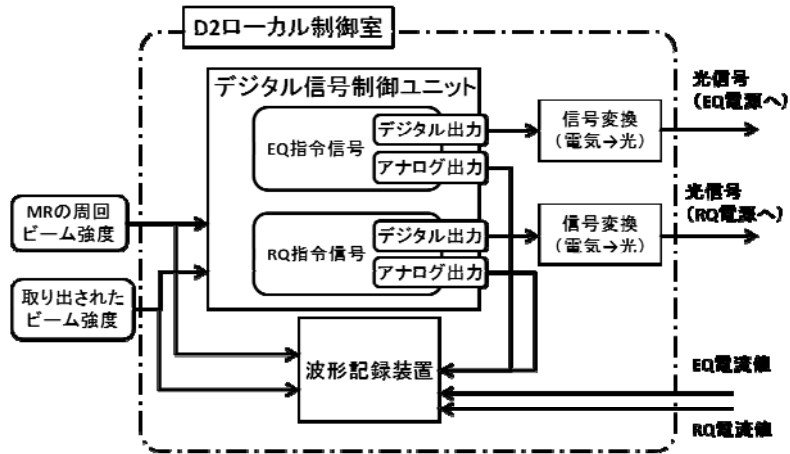


図 7.1-1 : デジタル信号制御ユニット (DSP) と信号伝送系

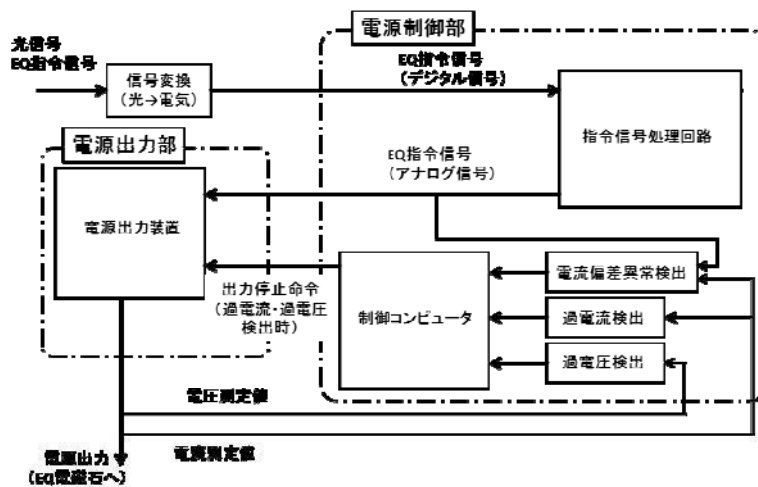


図 7.1-2 : EQ 電磁石電源の構成

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 100 A 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 159 A 付近まで上昇した。この瞬間に突如不具合が解消され、159 A 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atron 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 159 A 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、159 A 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ったのかについて、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な不具合が生じ、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。

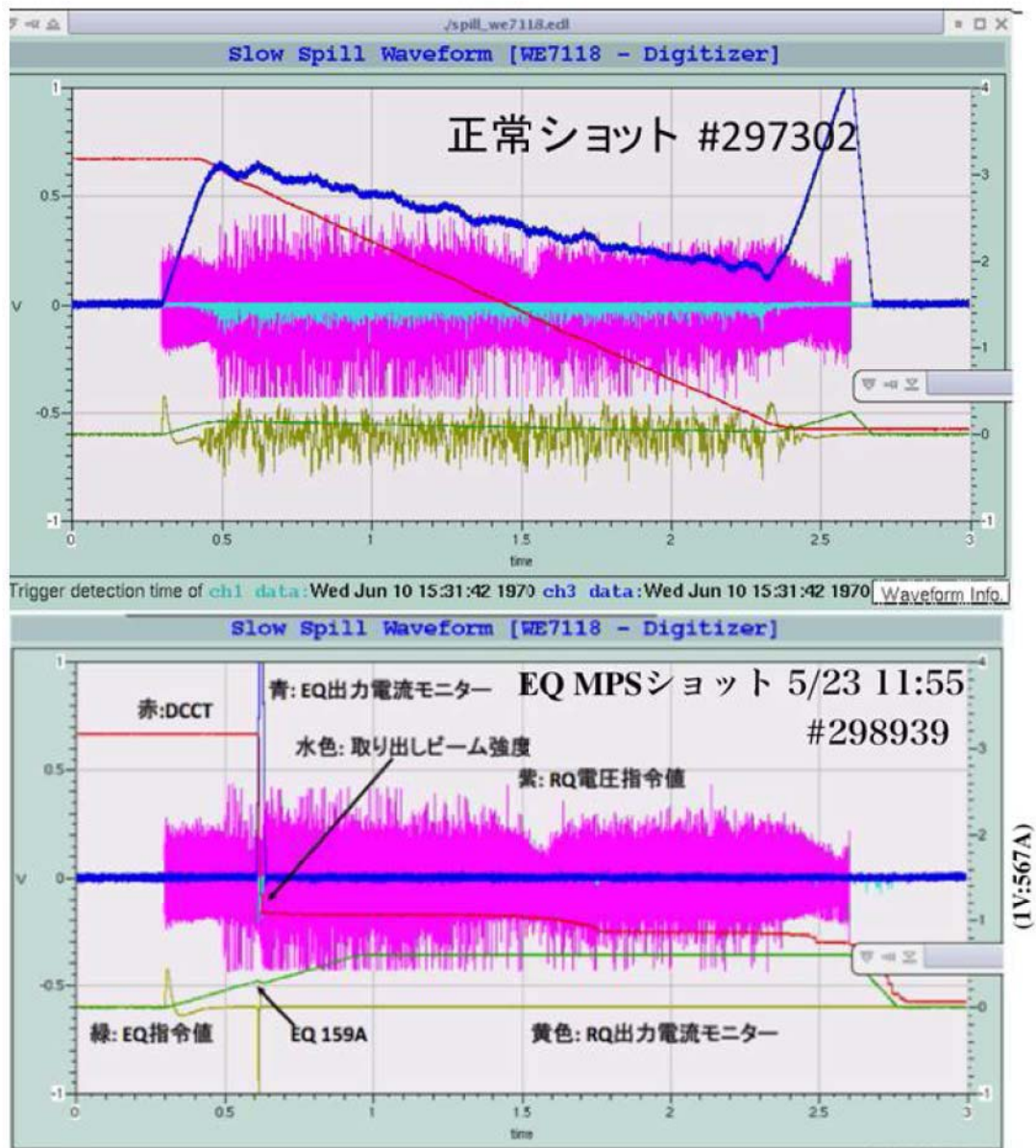


図 7.1-3 : 正常時 (上) 及び EQ 電源誤作動時 (下) のフィードバック制御システムの波形記録 : 50 GeVシンクロトロン内の周回ビーム電流 (赤線)、取り出しビーム強度測定値 (シアン線)、EQ 電源出力電流 (青線)、DSP からの EQ 制御信号モニタ値 (緑線)、RQ 電源出力電流 (鶯色線) 及び RQ 制御信号モニタ値 (桃色線)。

電源には本来このような不具合に対して、異常な電流出力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っ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った。

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。その原因は、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1 m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0.6～1 mmのほぼ円柱形状になると推測される。加速器側では、50 GeV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（50 GeV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6 mm×6 mm 角、長さ66 mm 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℃程度に収まることが分かっていた。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）が金標的に入った場合は、熱伝達による冷却が間に合わないで、ビームサイズにもよるが、中心で2000℃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7.1-3）。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℃程度にとどまり、警報を発報する400℃を超えなかった。

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。その後に行ったビーム軌道の調整によって、ビーム位置を1.3 mm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していなかった。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7.1-4）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。

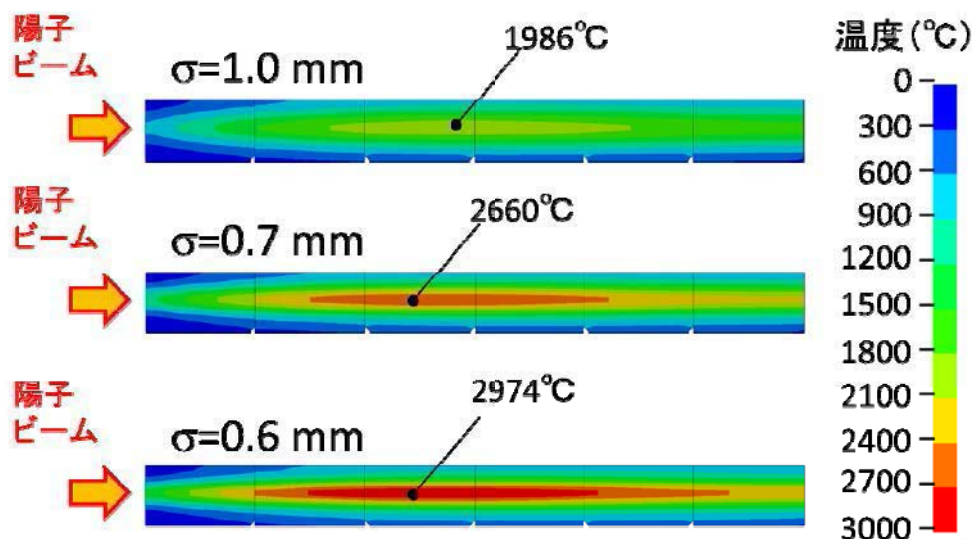


図 7.1-3：本事故のショットにおける標的昇温のシミュレーション結果。時間構造は異常時を模擬し、ビームサイズを変えた場合の結果を示す。金の融点は 1064°C（1 気圧）なので金標的が一部溶融したものと推察される。

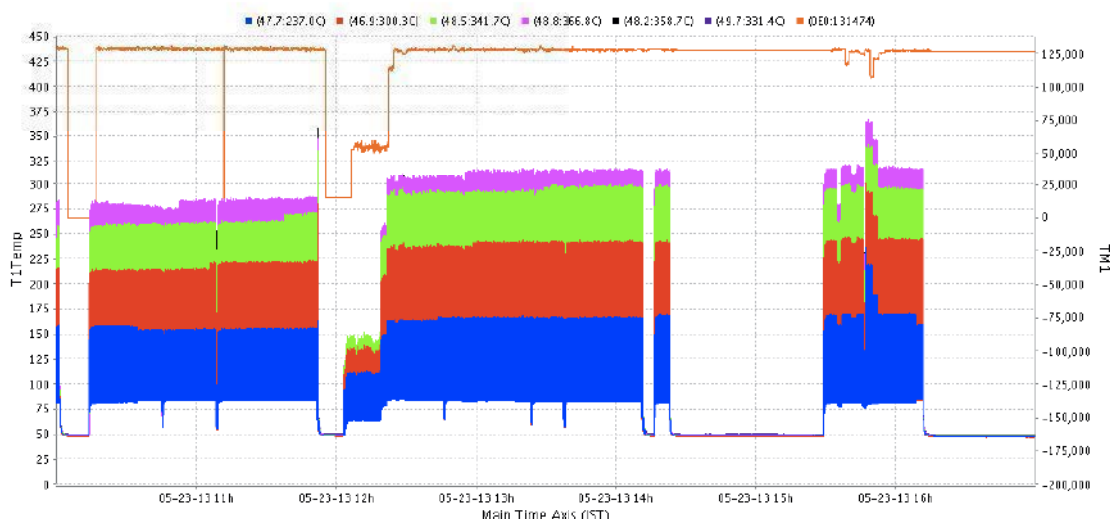


図 7.1-4：事故時（11 時 55 分）前後で測定された 2 次粒子の発生量（上赤線）と標的各部の温度（下各色）。事故時は 350°C 程度までの温度上昇が測定されている。ビーム再開（12 時 08 分）直後はビームによる温度上昇が小さく 2 次粒子の収量も低い。12 時 15 分頃からビーム調整を行い、標的温度は 300°C 程度まで上昇し、それに伴い 2 次粒子の収量も通常時とほぼ同じ値に回復した。ビーム調整終了（12 時 30 分）後の定常運転での温度は事故前の温度と比較すると 30°C ほど高いが標的損傷に至る温度ではない。

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 7.1-5 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 7.1-6 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ない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キ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ため、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。

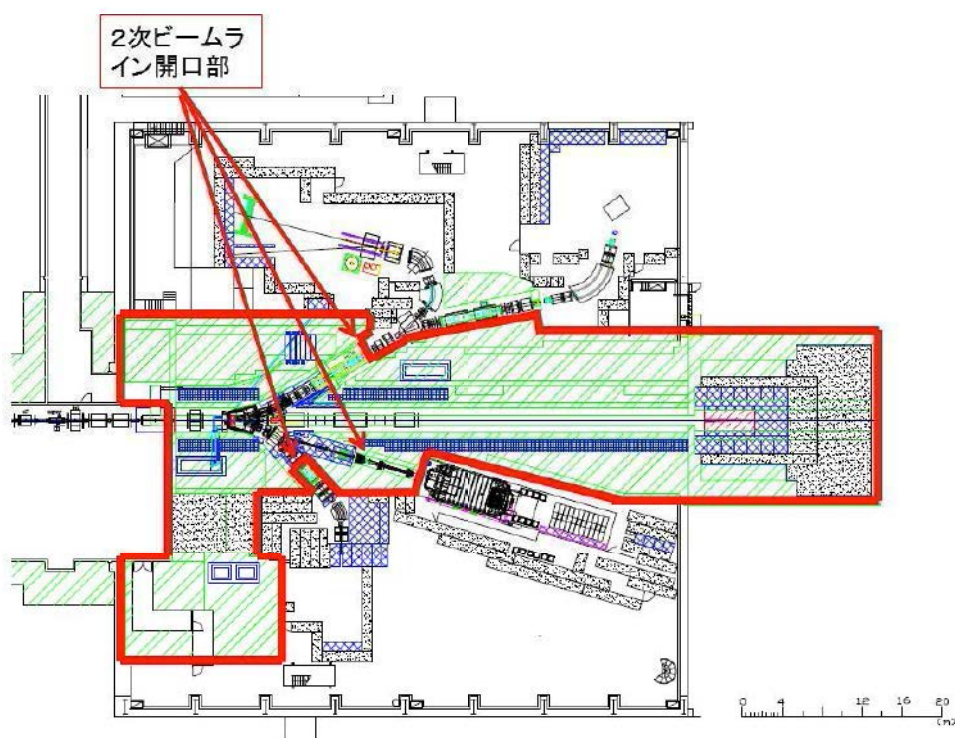


図7.1-5：ハドロン実験ホールの放射線管理区域

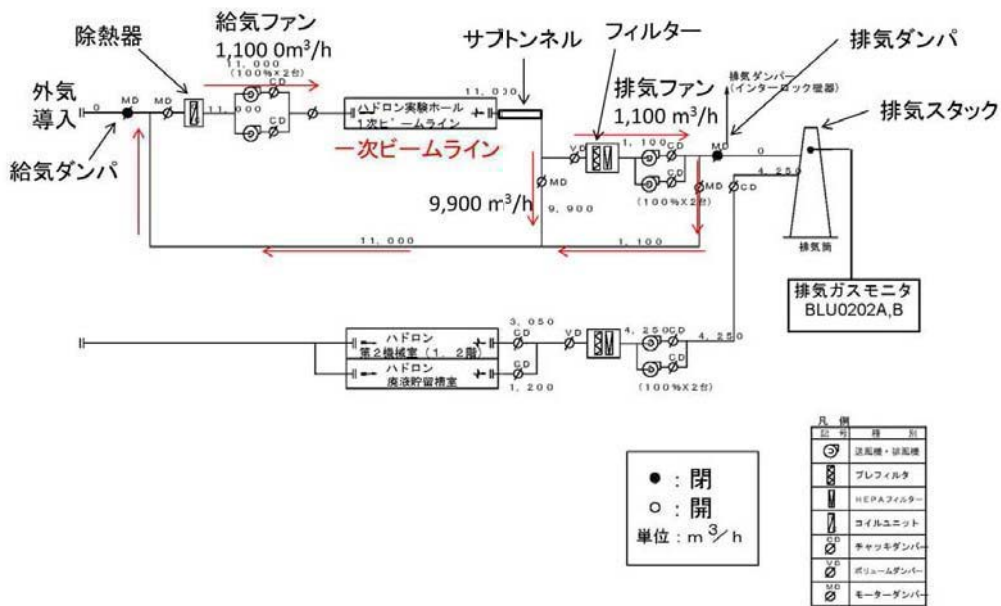


図7.1-6 ハドロン実験施設の一次ビームライン空調系統図

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7-1.7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 μSv に達する時点でハドロン電源棟制御室に警報を発生し、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1 mSv 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 μSv 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1.3 mSv 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7-1.7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っ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。

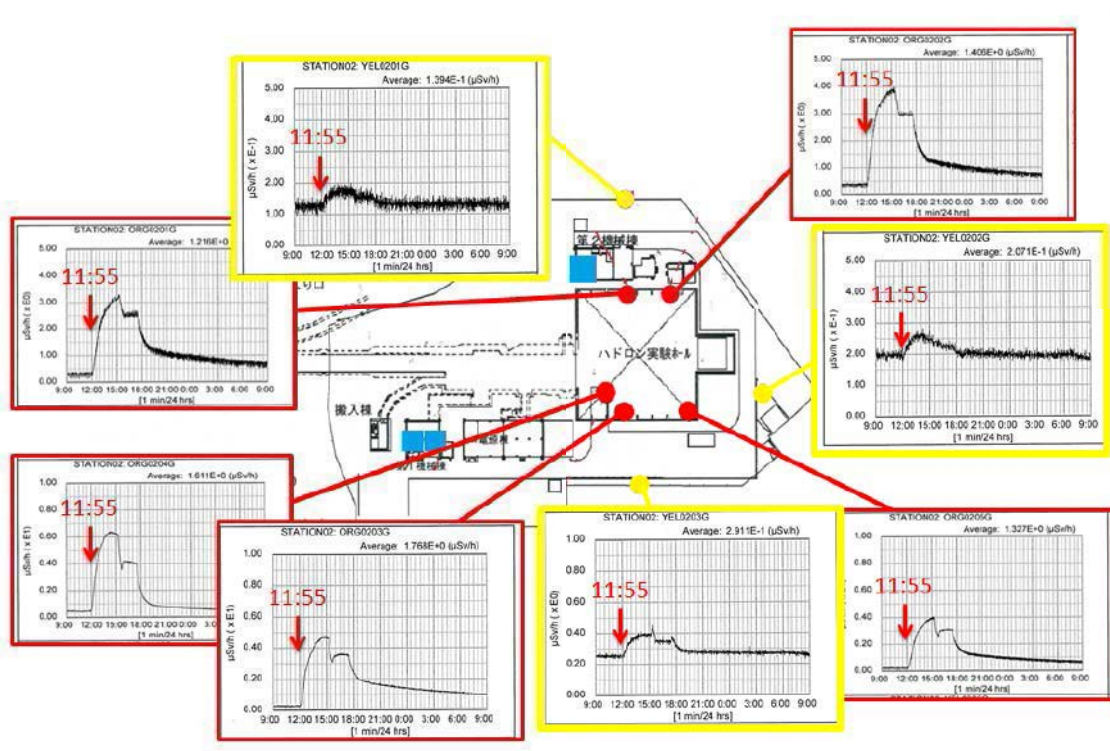


図 7.1-7 : ハドロン実験施設のエリアモニタの配置と検出された線量のトレンド。
ハドロン実験ホール内には 5 カ所 (赤)、ハドロン実験ホール外の第 2 種管理区域境界には
3 カ所 (黄) にエリアモニタが設置されている。

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作業員の被ばくへの対応、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っ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った。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ーとハドロン運転シフト員の間で検討がされなかった。

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っ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 $25\mu\text{Sv/時}$ 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ったことから、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ったこと、②放射線安全上の評価体制が十分ではなかったことの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ったこと

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っ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-PARC 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-PARC 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 style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">「判断に迷う事象」への対応体制</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">「判断に迷う事象」への対応体制</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">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
作業員の被ばく	<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 style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">「判断に迷う事象」への対応体制</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">「判断に迷う事象」への対応体制</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">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*

<ul style="list-style-type: none"> 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ー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。