



J-PARCハドロン実験施設における
事故について
平成25年6月21日
第1回 有識者会議

J-PARCセンター
齊藤 直人

事故対応の問題点

- ① 放射性物質を施設外及び周辺環境に漏えいさせたこと
- ② 国・自治体等の関係機関への通報連絡及び公表が遅れたこと
- ③ ハドロン実験ホール内で作業者が放射性物質を吸入し内部被ばくしたこと
- ④ 事故後の情報開示について

J-PARCとは

- 日本原子力研究開発機構(JAEA)と高エネルギー加速器研究機構(KEK)が共同運営する研究施設
- 宇宙誕生の謎から医薬品の研究開発まで、幅広い分野の研究が行われ、世界中の研究者が利用

リニアック
(JAEA)

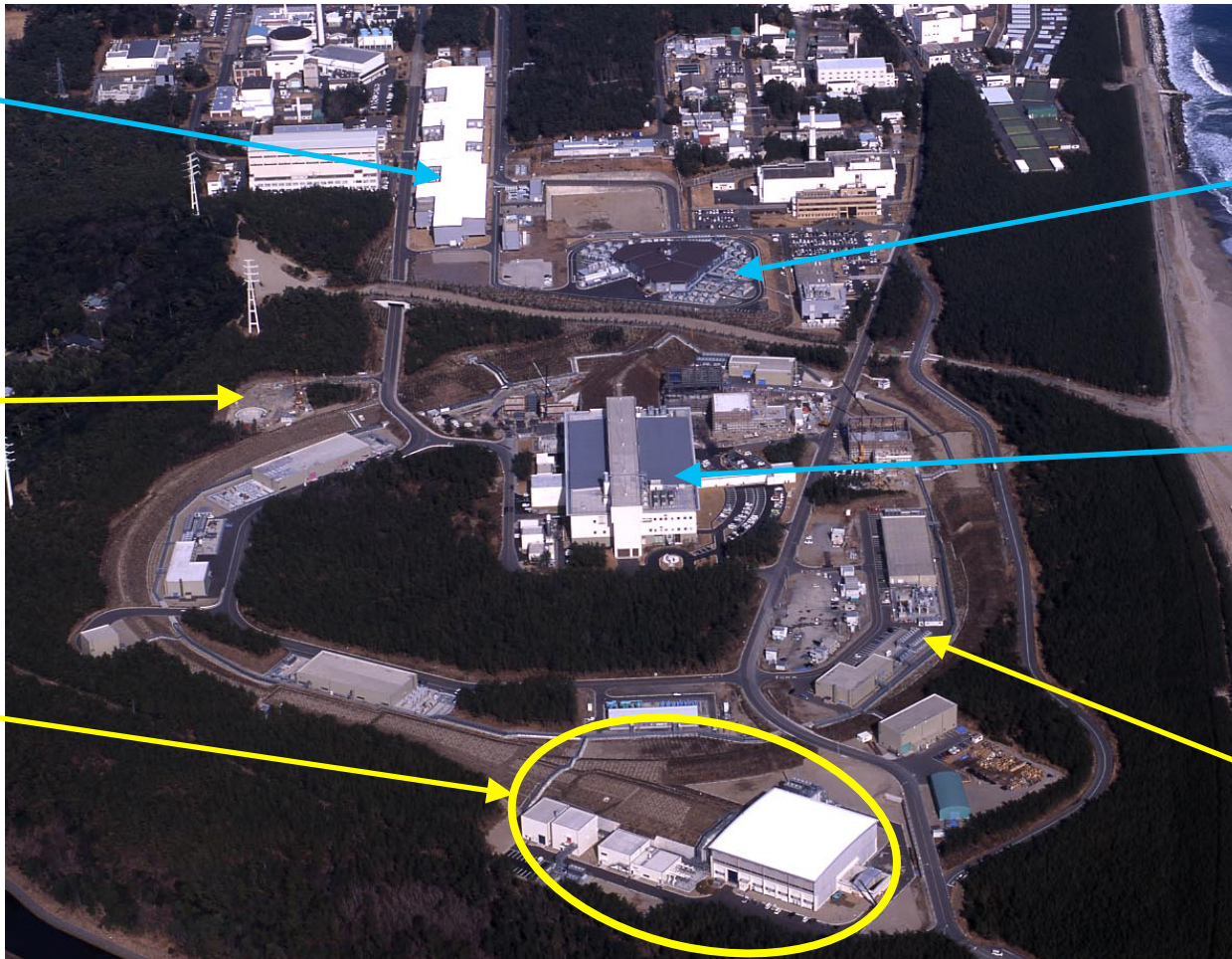
ニュートリノ
実験施設
(KEK)

ハドロン
実験施設
(KEK)

3GeV
シンクロト
ロン(JAEA)

物質・生命
科学実験
施設(JAEA)

50GeV
シンクロト
ロン(KEK)



ハドロン実験施設とは

- 万物の根源が何かを調べる、素粒子や原子核の研究施設
 - 万物を構成する究極の要素が何であるか？
 - どのような力でそれらが結びつけられているか？
- 平成16(2004)年度から建設を開始
平成21(2009)年1月に完成、陽子ビームの受け入れを開始
調整作業の後、平成22(2010)年1月から本格的に実験を開始

施設外観



ハドロン実験ホール

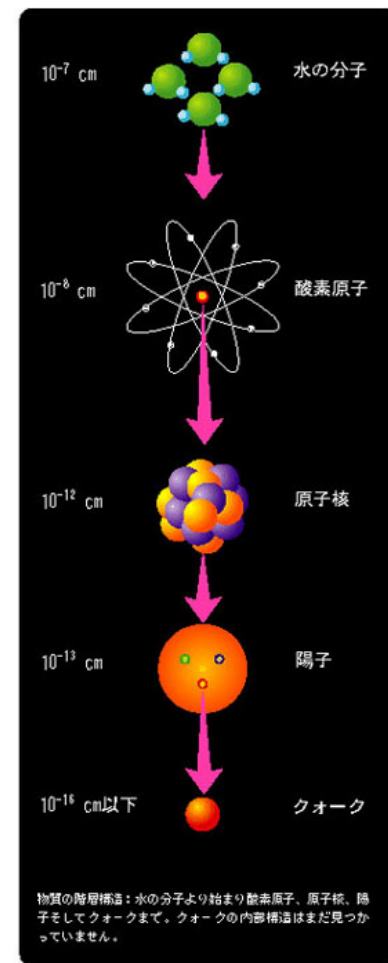


機械棟

電磁石電源棟

電源棟

ハドロン実験
ホール



ハドロン実験ホール:

実験が行われる建物のことで、幅60m、長さ56m、高さは地上16m、地下6mの半地下構造

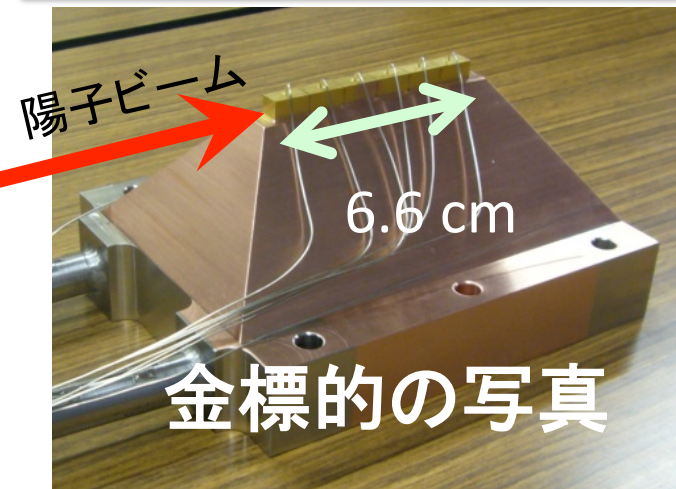
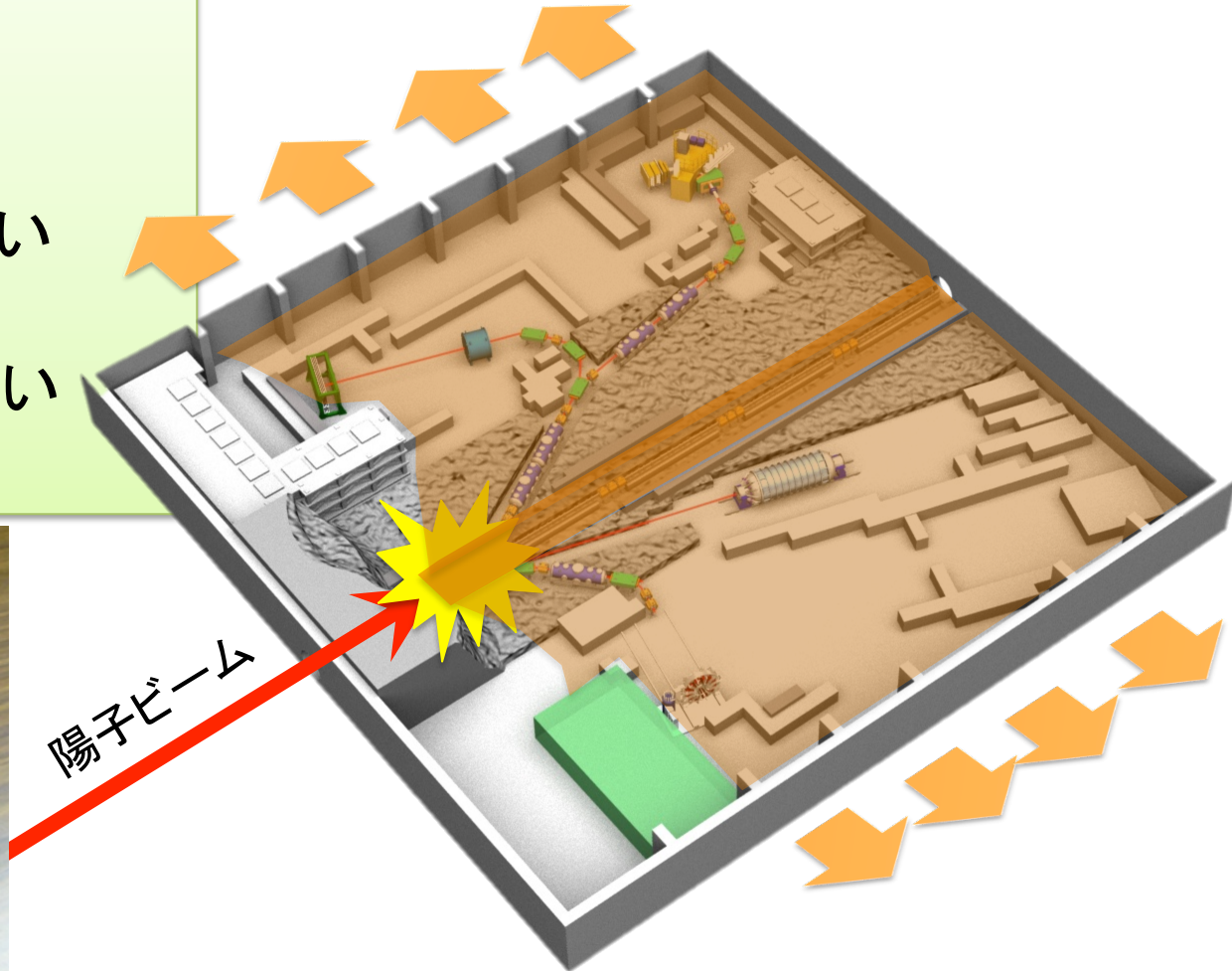
ハドロン実験施設:

ハドロン実験ホールを中核として、付属する機械棟、電源棟などを含めた全体を指す

事故のあらまし

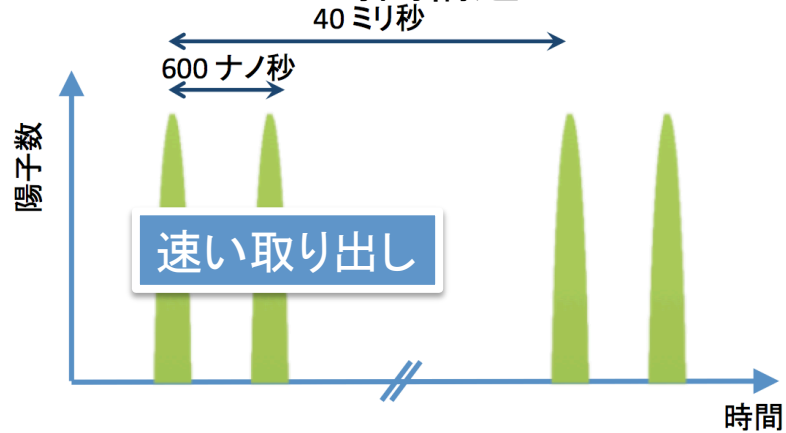
5月23日 11時55分

- ・ 異常なビーム
- ・ 標的が異常な高温に
- ・ 放射性物質の発生
- ・ 実験ホールへの漏えい
→ 作業者の被ばく
- ・ 実験施設外への漏えい
→ 管理区域外へ

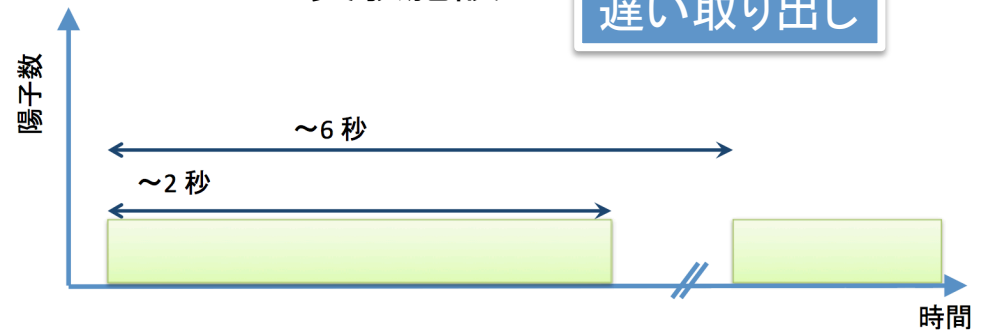


J-PARC加速器と取り出しビーム

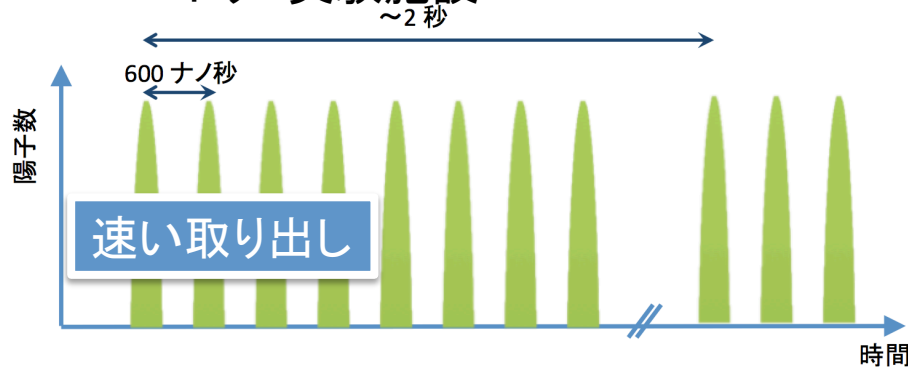
MLFでのビームの時間構造



ハドロン実験施設



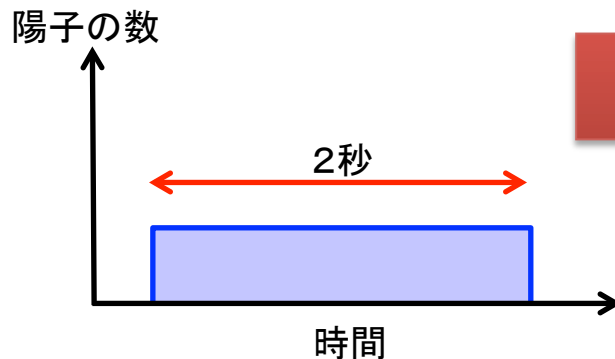
ニュートリノ実験施設



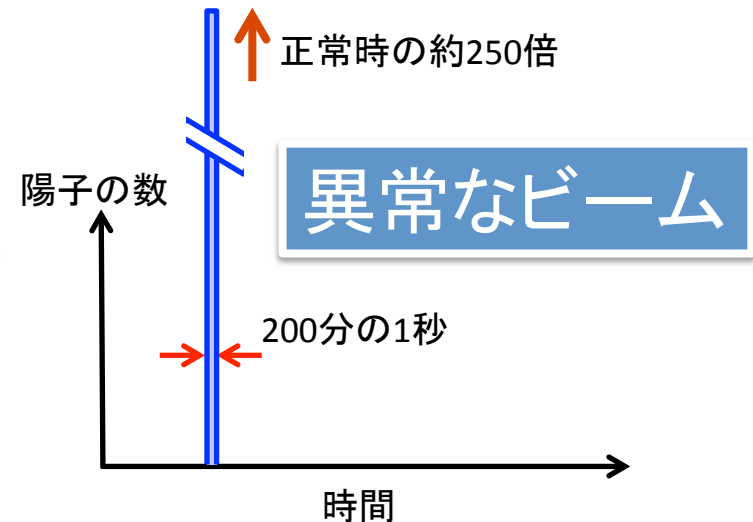
異常なビーム

- 23日11時55分頃、専用電磁石の電源が誤動作
→ 2秒の間にゆっくり金標的に当てるべき約30兆個の陽子のうち、約20兆個が約200分の1秒という短い時間に一度に金の標的に当たった

正常な遅い取り出し

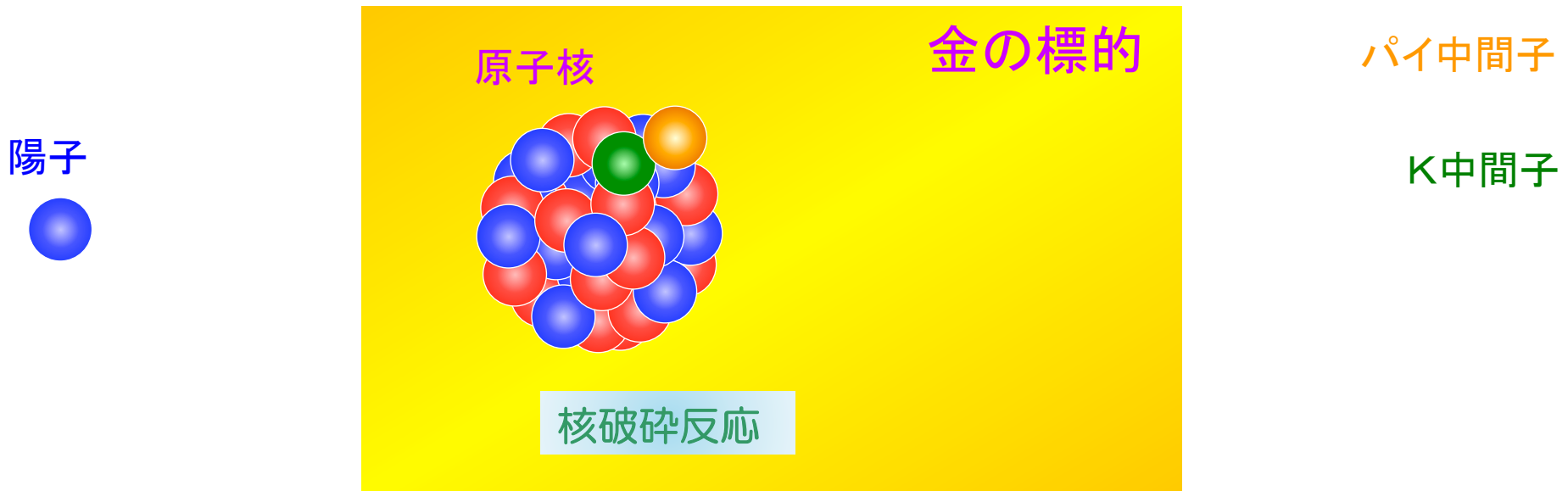


誤動作



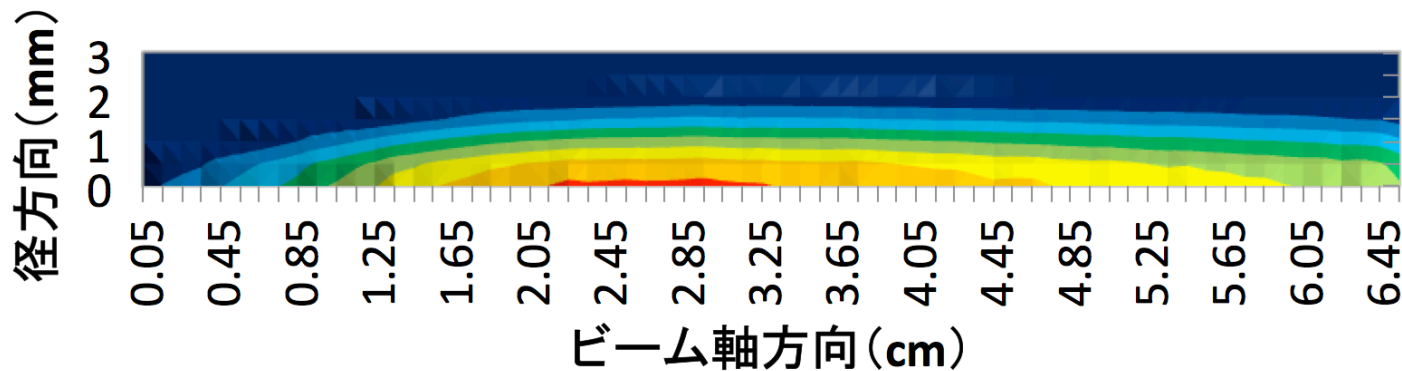
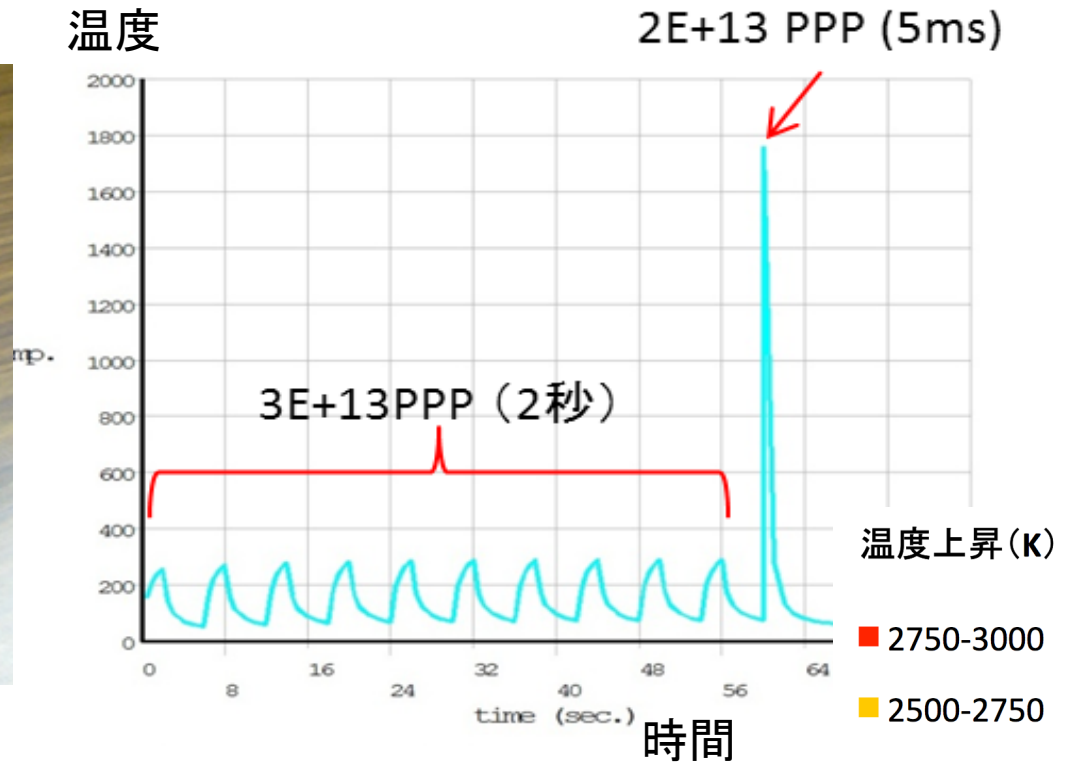
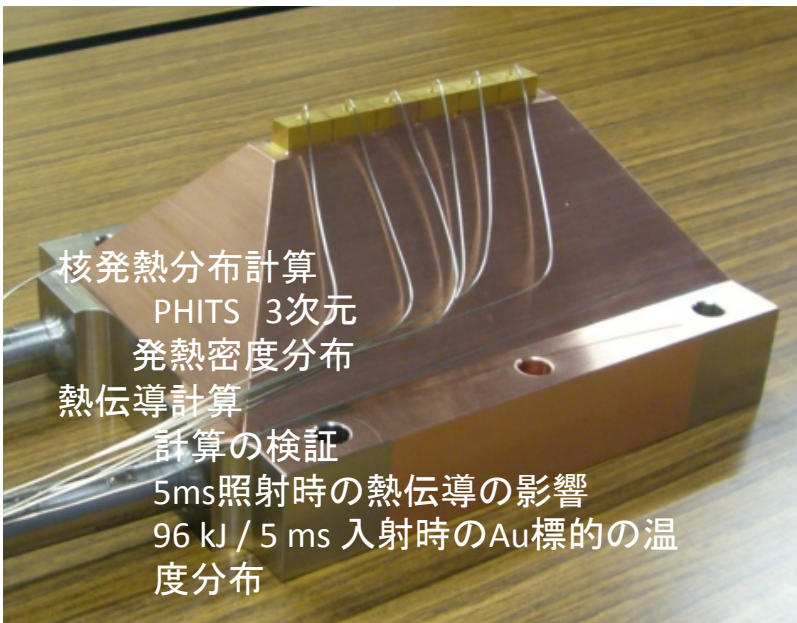
金標的の役目

- 金の標的に高速の陽子を当ててできる中間子を使って研究
 - 同時に金の原子核も壊れ、放射性物質ができる
 - 放射性物質は金の標的の中に留まる
 - 陽子ビームが止まれば、新しく放射性物質は作られず、減っていく



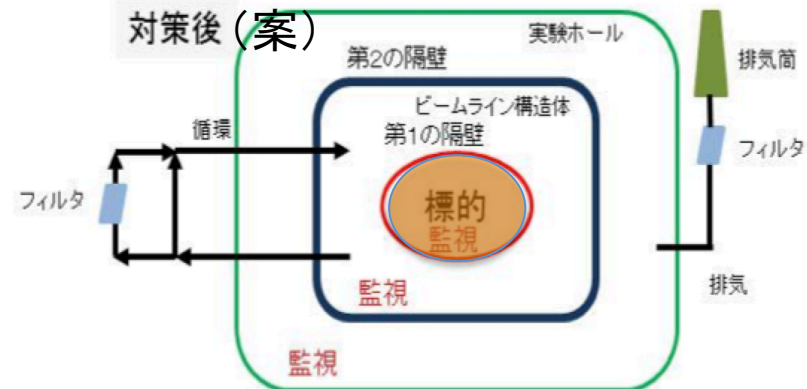
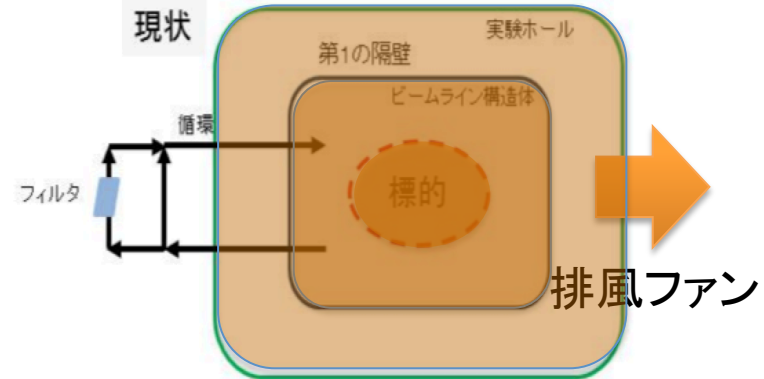
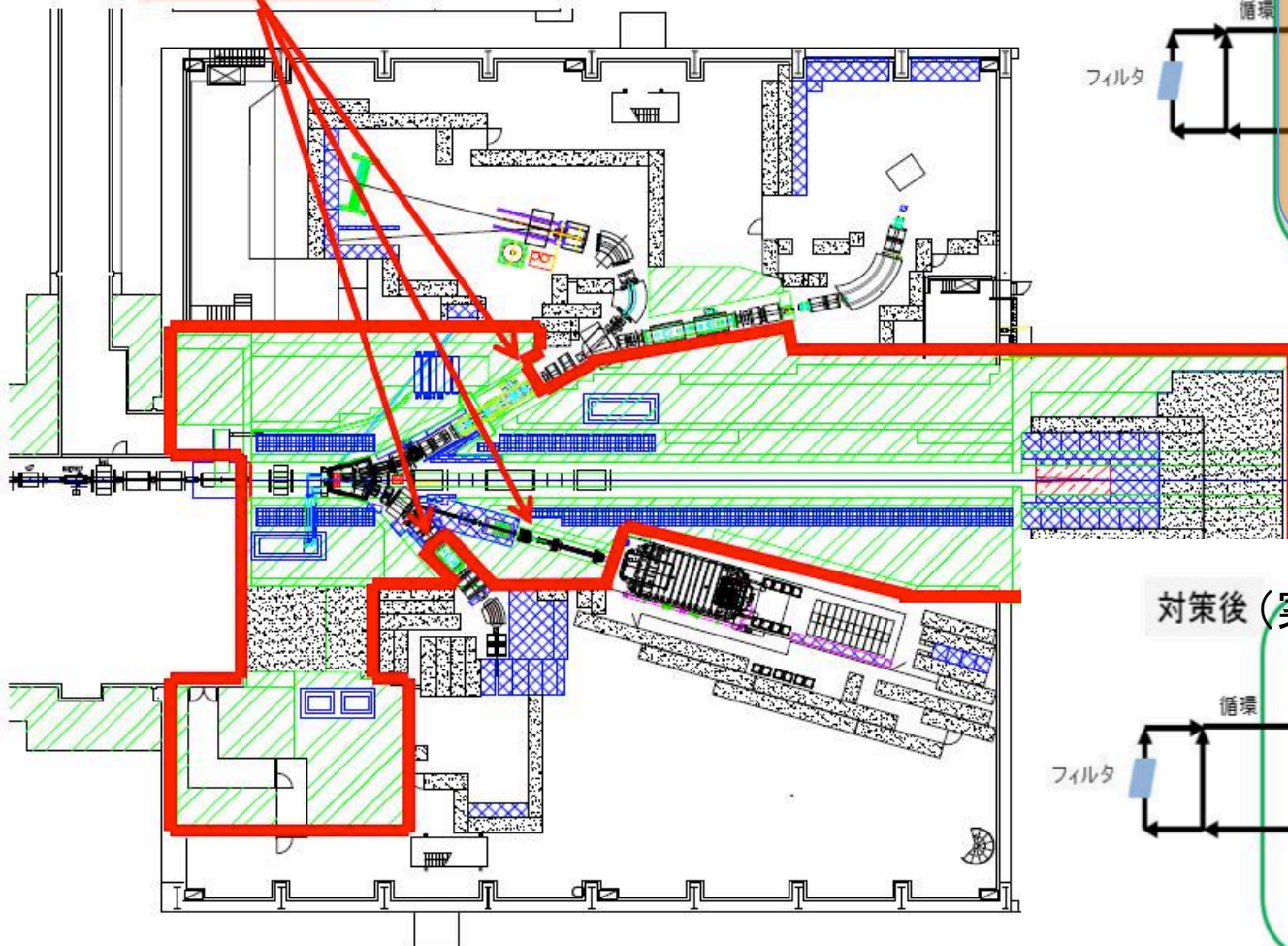
- 原子炉で使われているウランとは違い、金は放射性物質ではない
 - 核分裂連鎖反応は起こらない
 - 金の原子核が壊れてできる放射性物質から放射線は出る

標的溫度(シミュレーション)



ハドロンホール

2次ビームライン開口部



事故発生の際緯

【5月23日(木)】

- 11:55頃 加速器の電磁石電源装置の異常信号によりビーム自動停止
- 12:08頃 その電源装置をリセットし、正常に動くことを確認してビーム運転を再開
- 13:30頃 ハドロン実験ホール内のガンマ線モニタの線量率上昇を確認(通常時の約10倍)
- 15:15頃 ハドロン実験ホール内の排風ファンを運転、ガンマ線モニタの線量率低下を確認
- 17:00頃 ハドロン実験ホール内の線量率を測定、局所的に線量率の高い部分が判明
- 17:30頃 ハドロン実験ホール内の線量を下げるため、排風ファンを運転
- 23:30頃 施設から全員退去後、ハドロン管理区域を閉鎖(入域禁止)

【5月24日(金)】

- 10:00～ 関係者による対応協議、この時点で通報連絡の該当事象とは考えず
- 17:30頃 核燃料サイクル工学研究所から、モニタリングデータについて問い合わせ
- 18:00頃 ハドロン実験施設管理区域境界のエリアモニタ(ガンマ線)の記録データを調査、放射線レベルの増加とハドロン実験ホールの排風ファンの動作時刻(23日15時過ぎと17時30分頃)の一致を確認
- 21:10 原子力科学研究所の緊急連絡先に通報、現地対策本部・現場指揮所を開設
- 22:40 原子力規制委員会、茨城県、東海村及び地方自治体などに報告を発信

【5月25日(土)】

- 1:00頃 ホールボディカウンターで作業者の被ばくを確認

事故による環境への影響①

- 観測されたデータをもとに評価
 - 核燃料サイクル工学研究所のモニタリングポスト等での線量率上昇の量
 - ハドロン実験ホール内で採取された空気中に含まれていた放射性物質の種類と量
 - 放射性物質が放出された23日の時間帯の風向と風速のデータ
- 2つの異なる方法で慎重に計算
 - 放射性物質の拡散式を用いた解析
 - 計算シミュレーションコード WSPEEDI-Ⅱ による評価

ハドロン実験ホール内の空気中の放射性物質

放射性物質	半減期	放射能 (ベクレル)
^{43}K (カリウム)	22.3時間	64.0
^{24}Na (ナトリウム)	15.0時間	63.5
$^{199\text{m}}\text{Hg}$ (水銀)	42.6分	61.0
^{197}Hg (水銀)	64.9時間	39.5
^{76}Kr (クリプトン)	14.8時間	32.4
^{131}I (ヨウ素)	8.02日	28.6
^{82}Br (臭素)	35.3時間	19.5
$^{195\text{m}}\text{Hg}$ (水銀)	41.6時間	18.4
^{123}I (ヨウ素)	13.3時間	17.2
^{95}Nb (ニオブ)	35.0日	9.10
合計		353

(5月23日17時20分頃にハドロン実験ホール内で採取した空気500cm³中の放射能)

事故による環境への影響②

- 放出された放射性物質による影響は、ハドロン実験ホールからほぼ西方向の狭い範囲に限定
- 一般環境における最大線量は実験ホールの最も近い所
23日に放出した時間帯全体で、0.29マイクロシーベルトと評価



- 周辺4か所で土壌を採取し、測定
→ この事故による放射性物質は、どの地点でも検出されず

通報連絡及び公表の遅れ

【5月23日】

調査の結果、以下のことが判明

- 金標的の一部が破損し、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
- 実験ホール内の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
 - ← 放射線管理区域内での汚染であり、被ばくも想定内のものであると考え、今回の事象は法令報告には該当しないと判断

【5月24日】


18時頃に放射線管理区域境界に設置したモニターの記録を確認したところ、実験ホールの排風ファンを動かした23日15時過ぎ及び17時30分頃に、放射線量率が上昇していたことを確認

- 放射性物質の一部が放射線管理区域外に漏えいしたと判断し、21時10分に原子力科学研究所の緊急連絡先に通報

被ばくについて

事故発生後にハドロン実験施設の放射線管理区域に入った作業者を対象に内部及び外部被ばく量を測定

- 検査対象者：102名
- 被ばくを確認：34名（全員が放射線業務従事者）
被ばく量は0.1～1.7ミリシーベルト
- 被ばくが無かった：66名
残り2名の外国人研究者は帰国し、本国で測定

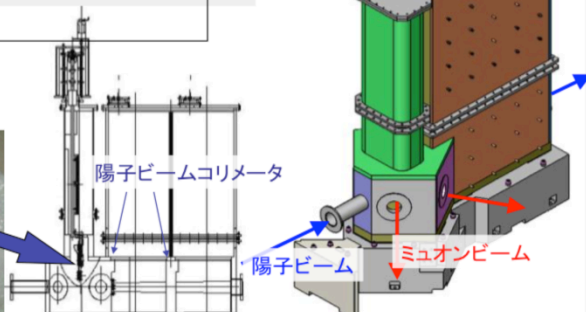
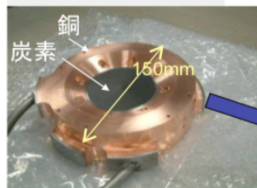
An aerial photograph showing a coastal landscape. In the foreground, a wide, light-colored sandy beach stretches along the bottom right, meeting the dark blue ocean with white surf. Behind the beach is a dense green forest. Further inland, there are several large, rectangular industrial or commercial buildings with light-colored roofs, some surrounded by parking lots. The background shows a mix of more forested areas and scattered residential or commercial buildings under a slightly hazy sky.

J-PARCの他施設について

物質・生命科学実験施設

- ・ミュオンターゲット
 - 炭素(20mm厚)、水冷
 - 上下機構を有する
 - アセンブリーごと交換可能(1MW時半年に1回)
- ・陽子ビームコリメータ
- ・遮蔽体

ミュオンターゲット



ミュオン防護容器
に内包

ターゲットは、実験ホール側
と空氣的に隔離されている。

多重構造

保護容器

水銀容器

保護容器(外側)

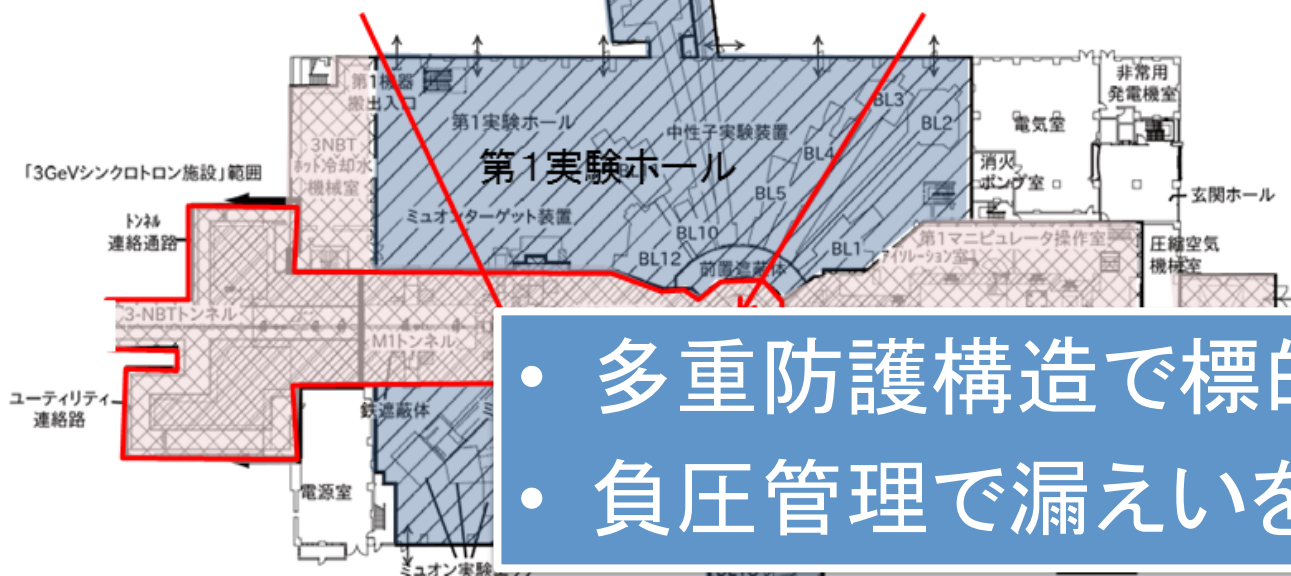
水銀出口
温度:72°C

水銀入口
温度:50°C

水銀容器(内側)

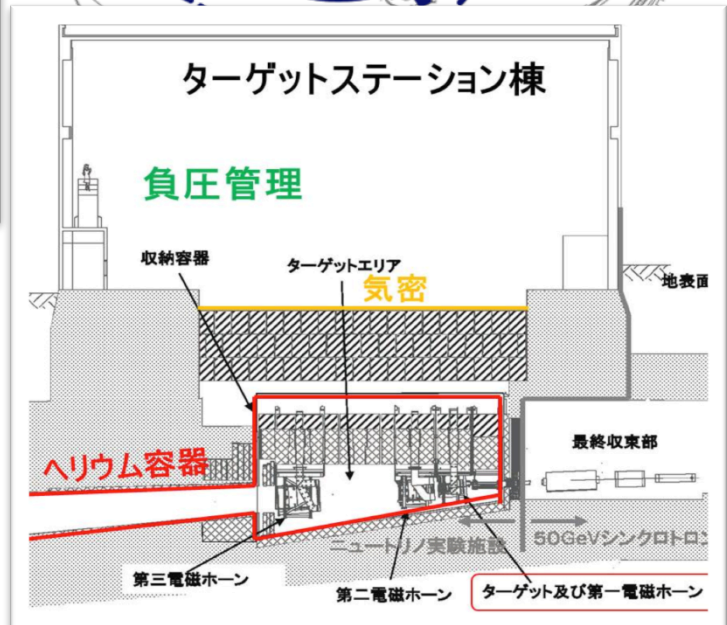
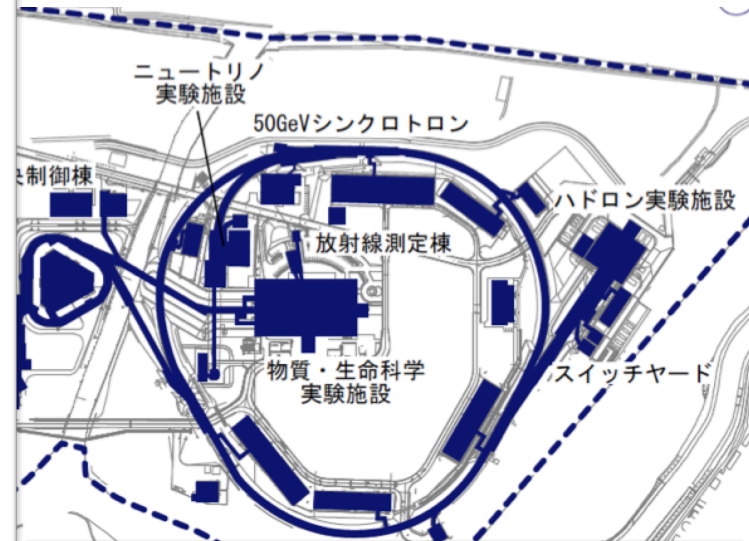
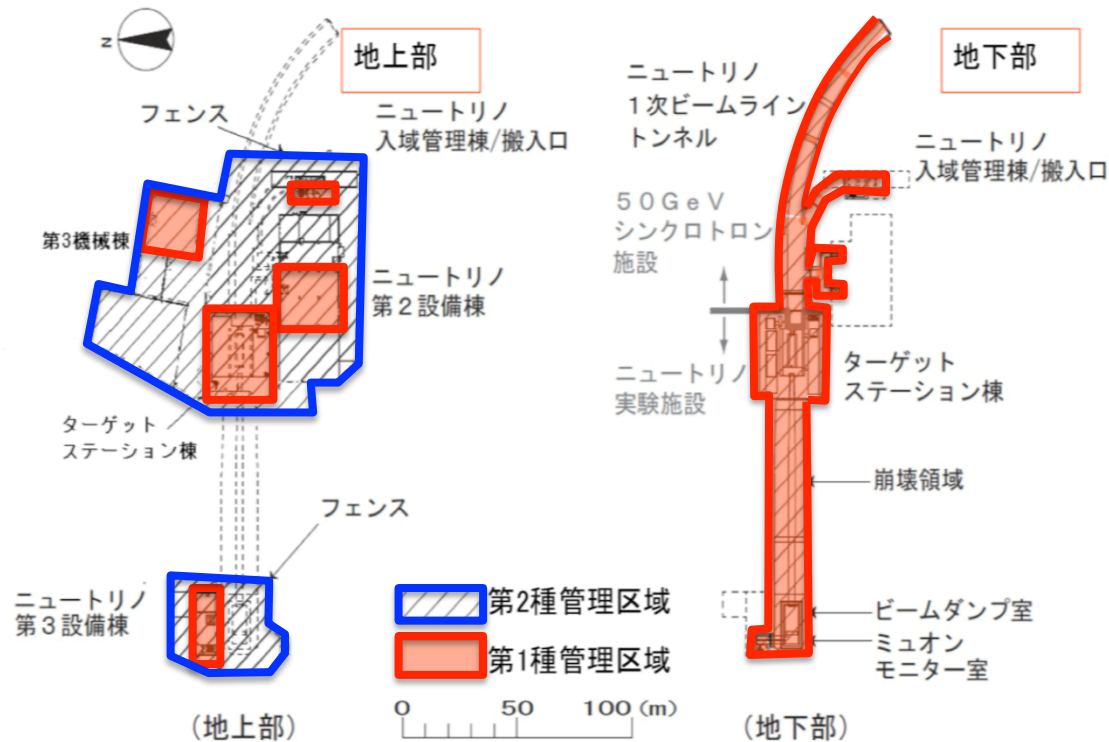
ミュオンターゲット

中性子ターゲット



- ・ 多重防護構造で標的を守る
- ・ 負圧管理で漏えいを防ぐ

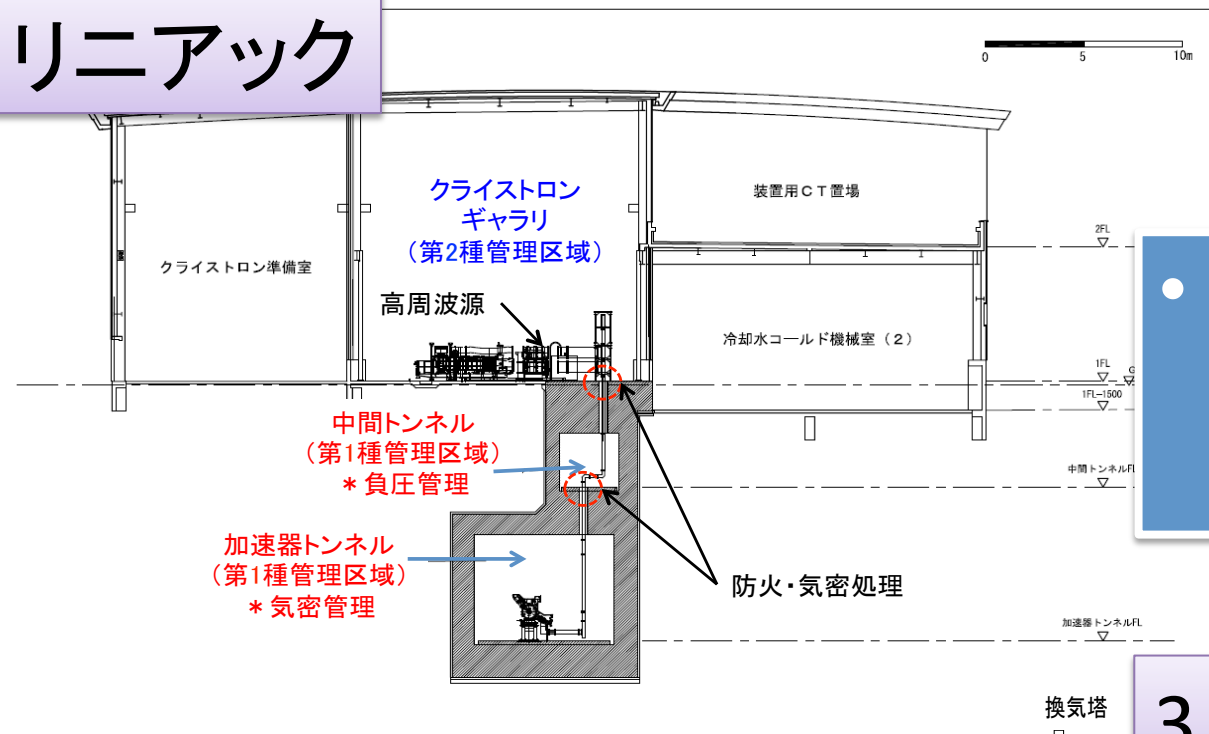
ニュートリノ実験施設



- 中間排気と負圧管理で漏えいを防ぐ

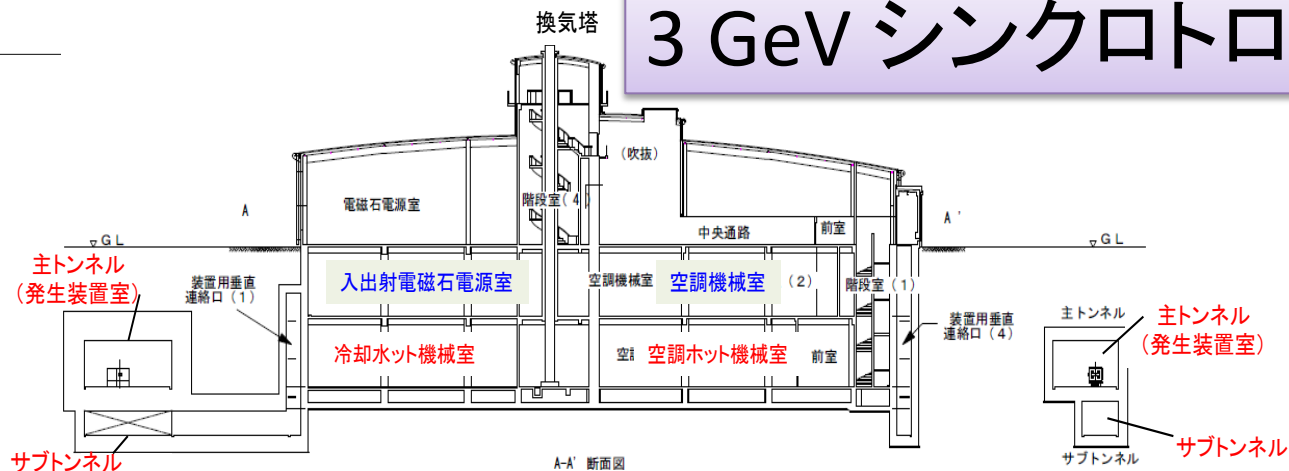
加速器施設

リニアック



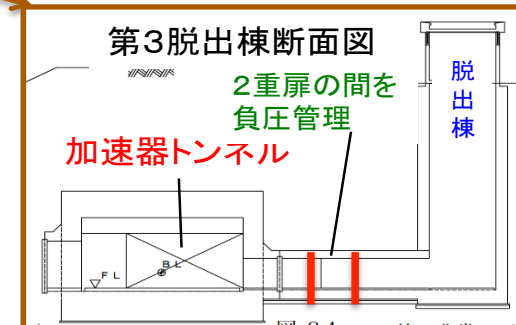
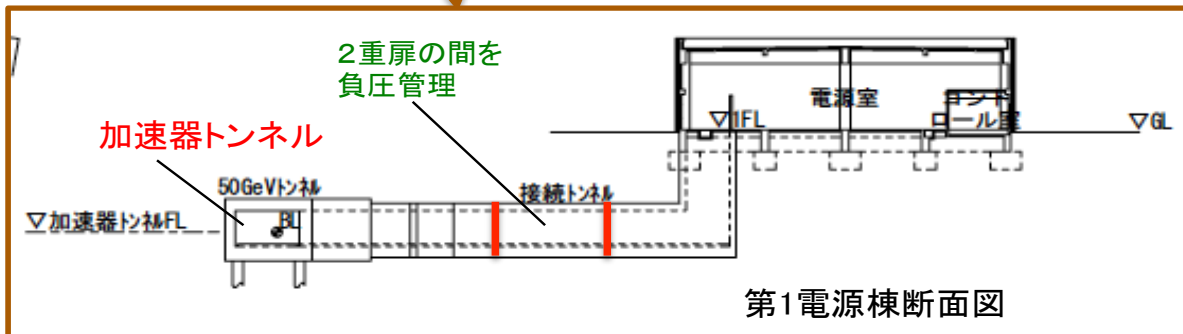
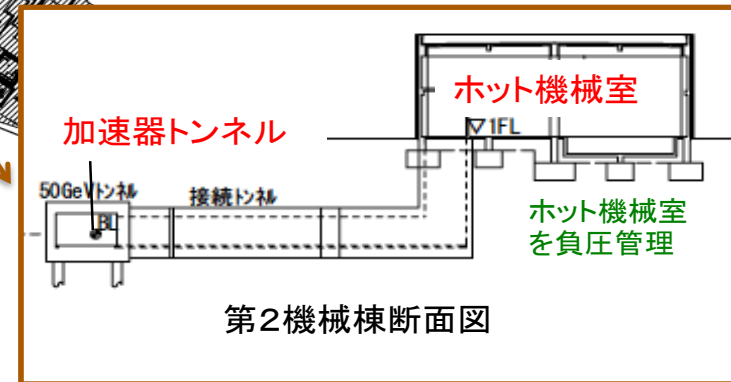
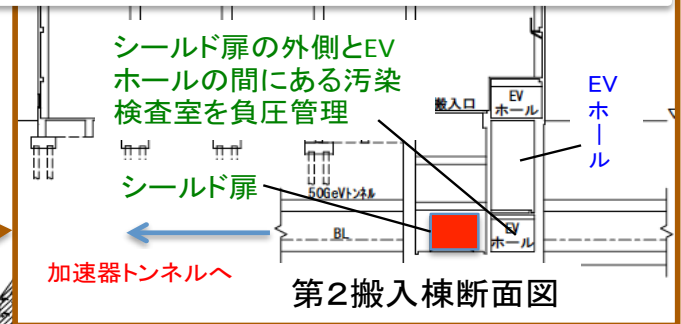
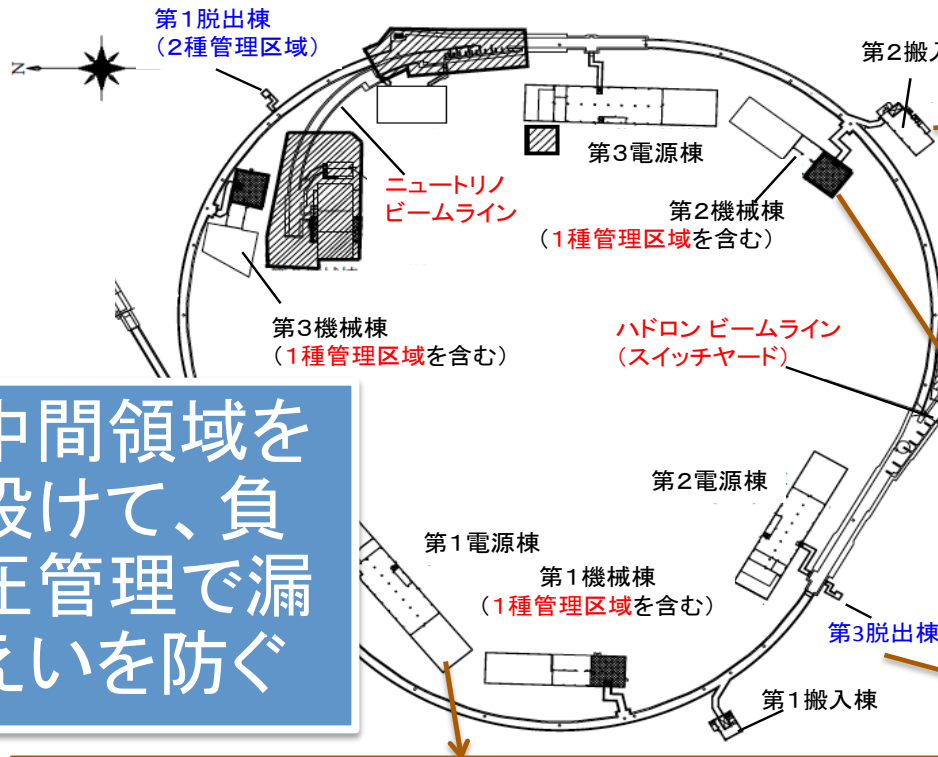
- 二重防護と中間排気で漏えいを防ぐ

3 GeV シンクロトロン



加速器施設

- 中間領域を設けて、負圧管理で漏えいを防ぐ



今後の作業予定

- 施設・機器の調査
 - ハドロン実験施設の標的領域
 - “異常なビーム”の要因電源

原因究明と再発防止策の策定

- 漏えいした放射性物質の総量評価
 - ハドロン実験施設内の空気サンプルの測定結果の詳細解析
 - ハドロン実験施設で測定された放射線量を再現するシミュレーション

環境への影響評価確定

有識者会議における評価の視点

■ 事故対応全般の妥当性、取り組み体制を含む

- 事故解明, 汚染・被爆調査, 周辺への影響評価

■ 対策・措置の妥当性の評価

- 再発防止策、施設の管理区域の見直しを含む
- 安全管理体制の見直し

■ J-PARC運営母体組織

- KEK / JAEAの共同運営組織J-PARCセンターと事故の関係

■ その他、安全意識醸成への取り組みについて

有識者会議体制案

高エネルギー加速器研究機構

日本原子力研究開発機構

第3者委員会（有識者数名）

J-PARCに係る以下の事項の確認

- ・安全管理体制
- ・緊急時に実施すべき手順、等

作業部会

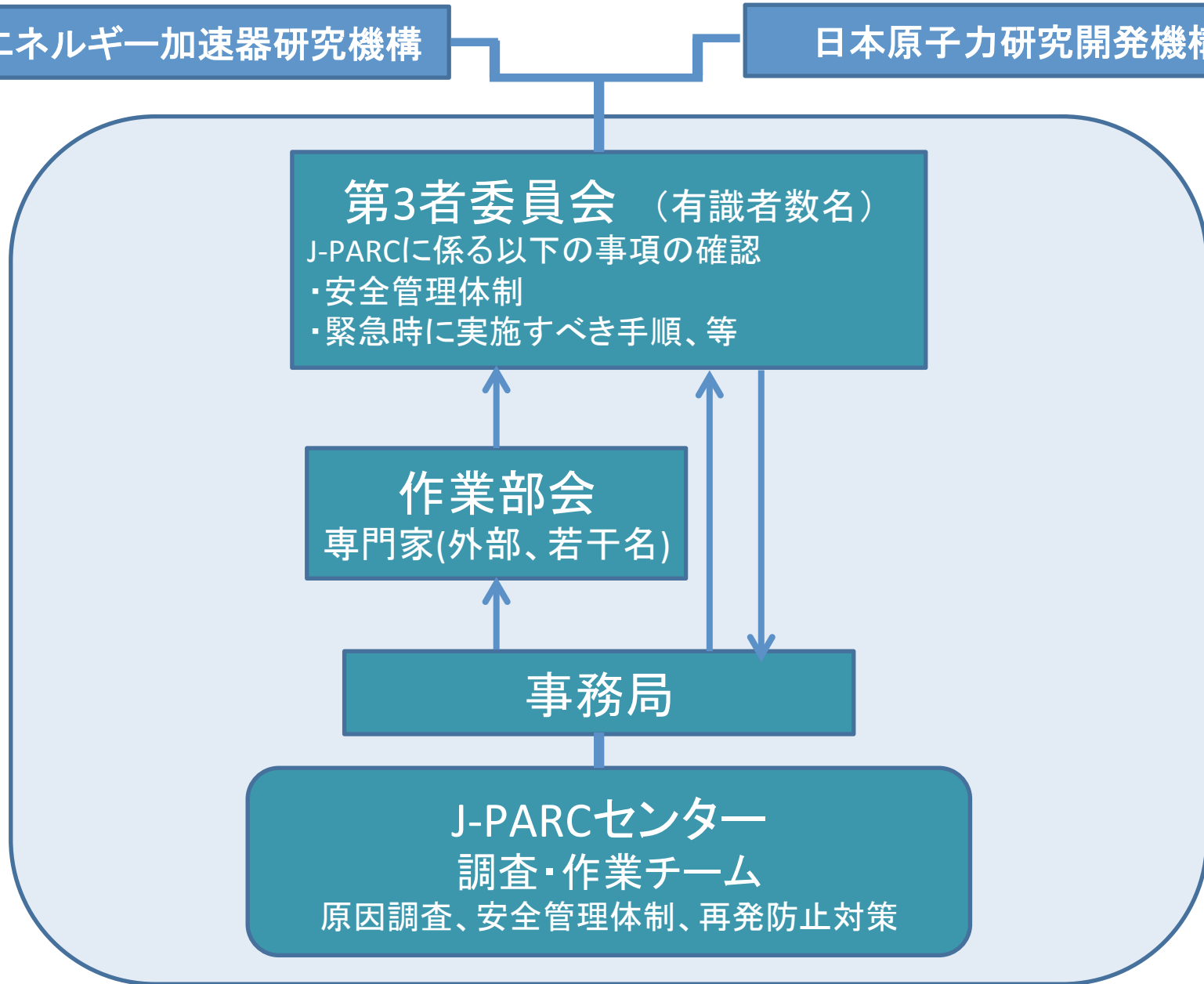
専門家(外部、若干名)

事務局

J-PARCセンター

調査・作業チーム

原因調査、安全管理体制、再発防止対策



参考

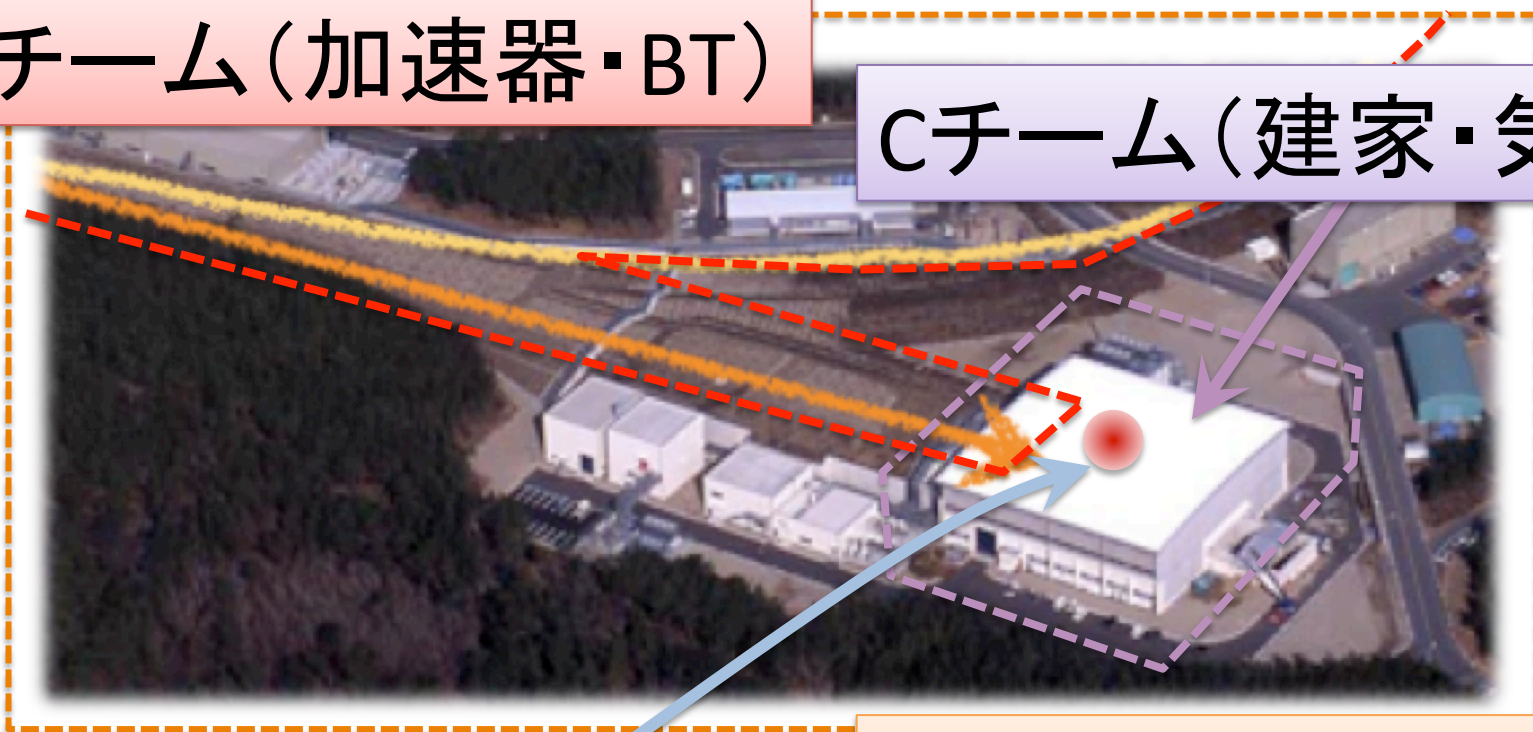
原因調査・対策作業チーム

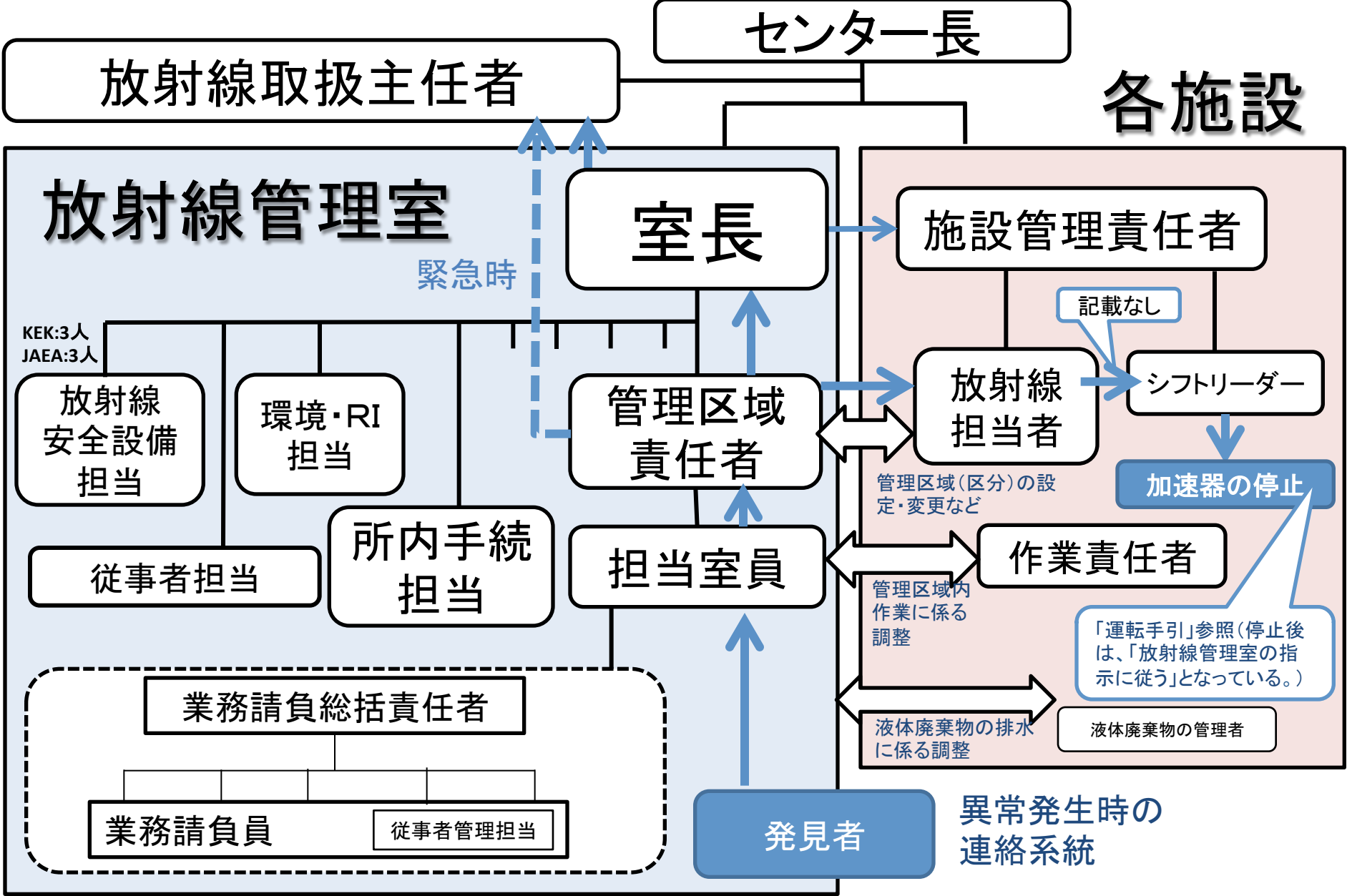
Aチーム(加速器・BT)

Cチーム(建家・気密)

Bチーム(標的)

Dチーム(制御・安全)





- 管理室の人員不足？⇒例:「区域責任者」と「設備担当」を兼務
- 異常時の「加速器停止」までの手順？、誰が加速器の停止を判断するのか？

事象の時系列分析

判断の整理・分析表

2013. 6. 17

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)
			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」、「トラッキングエラー」 ・MR-RQ「過電流」 ・MR-BLM ・HD実験施設BLM		
2			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、「トラッキングエラー」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。
3			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			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減少したことから速い取り出しキックを考え、MR-BLM のMPS信号をリセットした。		
5			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を確認し、HD放射線発生装置責任者(@つくば)に伝え、再開ハドロンBLM MPSを解除、加速器シフトリーダーにビームを報告した。		
6			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健全性を確認するために、連続運転に先立ち、1パルスのビームプロフィールモニターのデータから取り出されたビームで正常に輸送されていることを確認した(これはMPS発生後で運転を再開するための通常の手順である)。		
7			12:08頃	zlog 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	加速器シフトリーダーとHDシフトリーダーは運転再開が可能と判

事象、操作や判断、その根拠など

異常ビームの発生

金標的の損傷？

実験ホール内汚染

(排風ファンによる)放射性物質の漏えい

報告の遅れ／事故後の運転継続

排風ファンの停止(66時間後)

まとめ

- 事故の概要
 - 発生、ホールの汚染、被ばく、施設外への漏えい、事故後の対応
- 他施設の状況
- 調査の状況
 - 施設・機器などハードウェア
 - 安全管理体制などのソフトウェア
 - 作業部会と事務局、調査チーム
- 必要な情報は、全て提供いたしますので、J-PARCの改善に向けて、ご指導をお願いいたします。