

原子炉内燃料デブリ検知技術の開発 1号機測定結果速報

2015年3月19日

東京電力株式会社



東京電力

IRID

本資料の内容においては、技術研究組合国際廃炉研究開発機構（IRID）の成果を活用しております。

1 . 概要

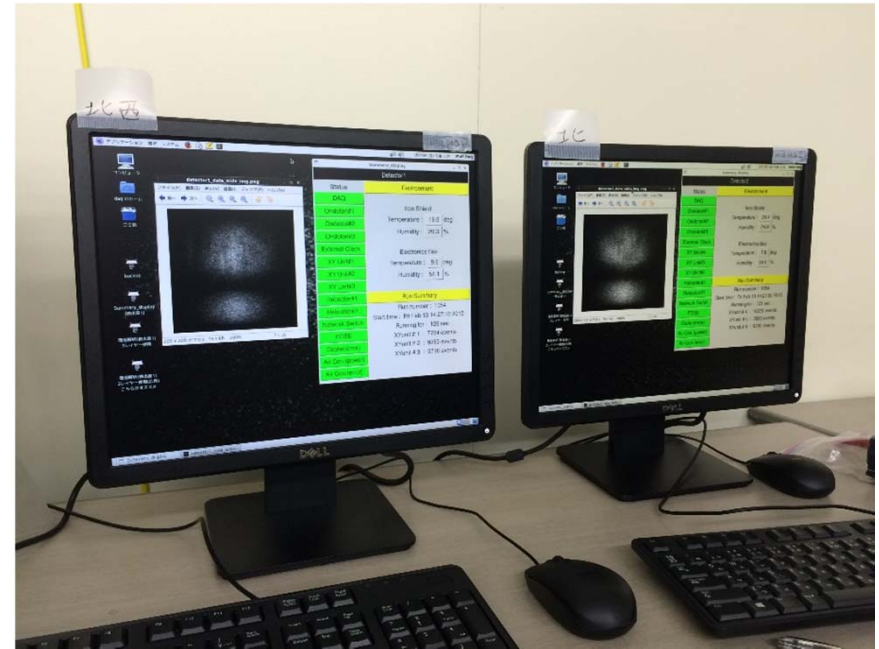
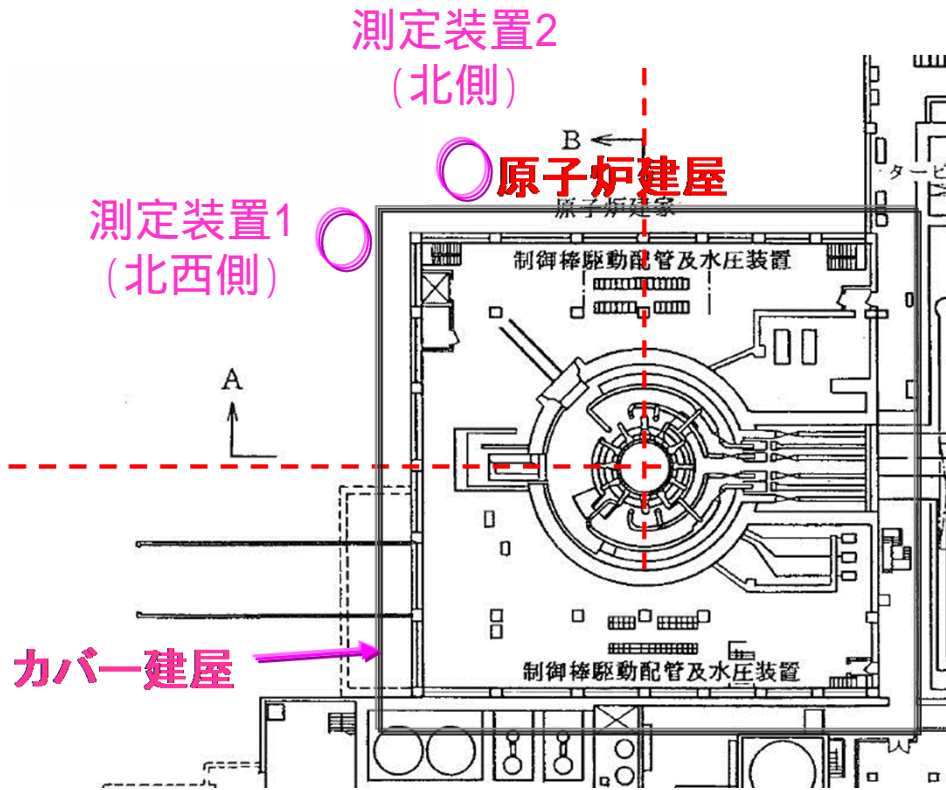
- 資源エネルギー庁の「平成25年度廃炉・汚染水対策事業費補助金」に係る補助事業（原子炉内燃料デブリ検知技術の開発）として、IRID及び高エネルギー加速器研究機構が、福島第一原子力発電所1号機において、ミュオンを用いた原子炉透視技術の開発が進められている
- 2月12日、測定装置の設置、電源・通信ケーブルのつなぎ込みが完了し、測定を開始している
- 以降、3月10日までのデータの蓄積を進めてきたところ、今回、約1ヶ月分（26日分）の蓄積データにて評価を実施した
- データの蓄積が大きい、視野の中心部分に存在する炉心位置については、情報が充実してきたため、速報として報告する

< 速報の結果 >

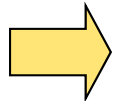
- 現時点では元々燃料が配置されていた炉心位置に、1mを超えるような大きな燃料の塊は確認できていない。この結果は、東京電力が公表している、原子炉・格納容器状態の推定と基本的に一致
- 今回の推定結果は、確実な廃炉作業の遂行のために必要な燃料デブリ位置の把握についての重要な情報である
- 多くの燃料が溶融して下方へ移動したことを示唆する結果が得られたことを踏まえ、今後は、原子炉下方の燃料デブリの分布状況を確認するため、ロボットを投入し、格納容器下部調査を実施していく予定である。これらの格納容器内部調査等の結果を組み合わせ、デブリ取出し計画の策定に反映していく。

2. ミュオン測定装置の設置完了

- 2月9日～12日にかけて設置作業を実施し、原子炉建屋の北側に測定器2、北西コーナーに測定器1を設置した



- 2月13日、測定開始から1日経過した時点で、確認作業を実施
 - 測定器1及び測定器2において安定的にミュオンを測定
 - ガンマ線による影響はほぼゼロ (設置地点は計画当初から線量が半減 (0.4 → 0.2 mSv/h))



測定装置に問題はなく、順調に測定が進んでいると判断

3 . 測定器1方向からの密度長分布イメージ（設計図面から作成）



図1 設計図面による測定器1方向からの密度長分布

密度の高い物質があるところで多くのミュオンが吸収されるため、黒くなる。
原子炉内の黒い部分は炉心位置（燃料は健全と仮定）

注：密度長とは、ミュオンの吸収されやすさの度合いを示すパラメータ

4 . 測定器 1, 2 による 2 6 日分の測定結果

- 設計図面により作成した図面ほどの精細さはないものの、様々な構造物・機器等が確認できるようになった

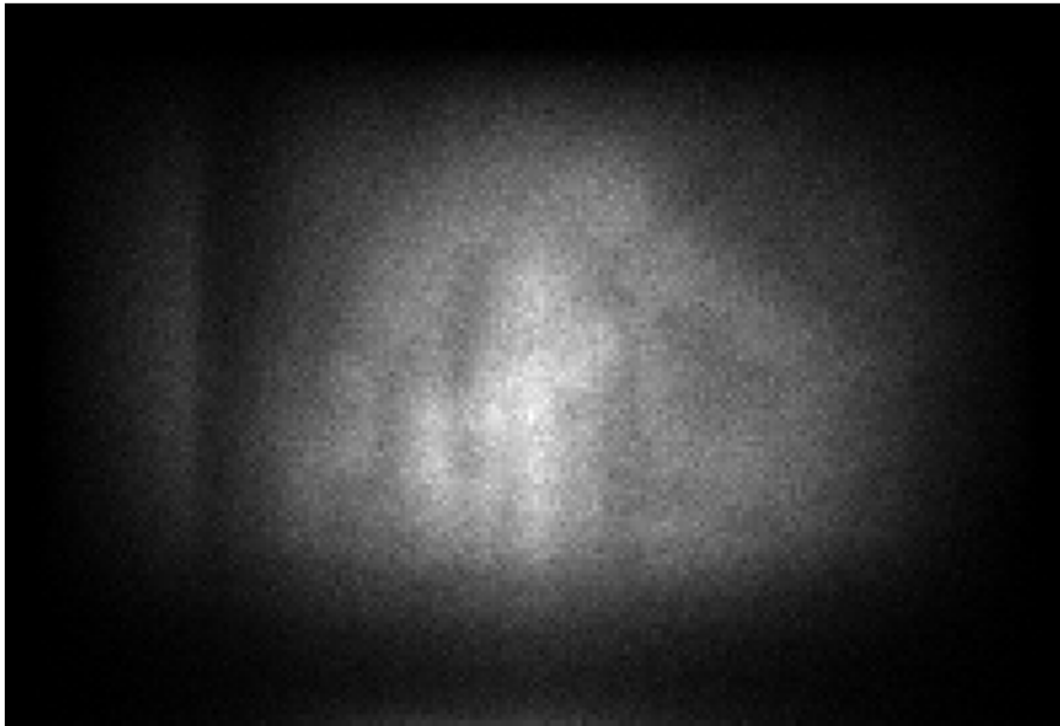


図2 測定器1(北西側)からの測定画像

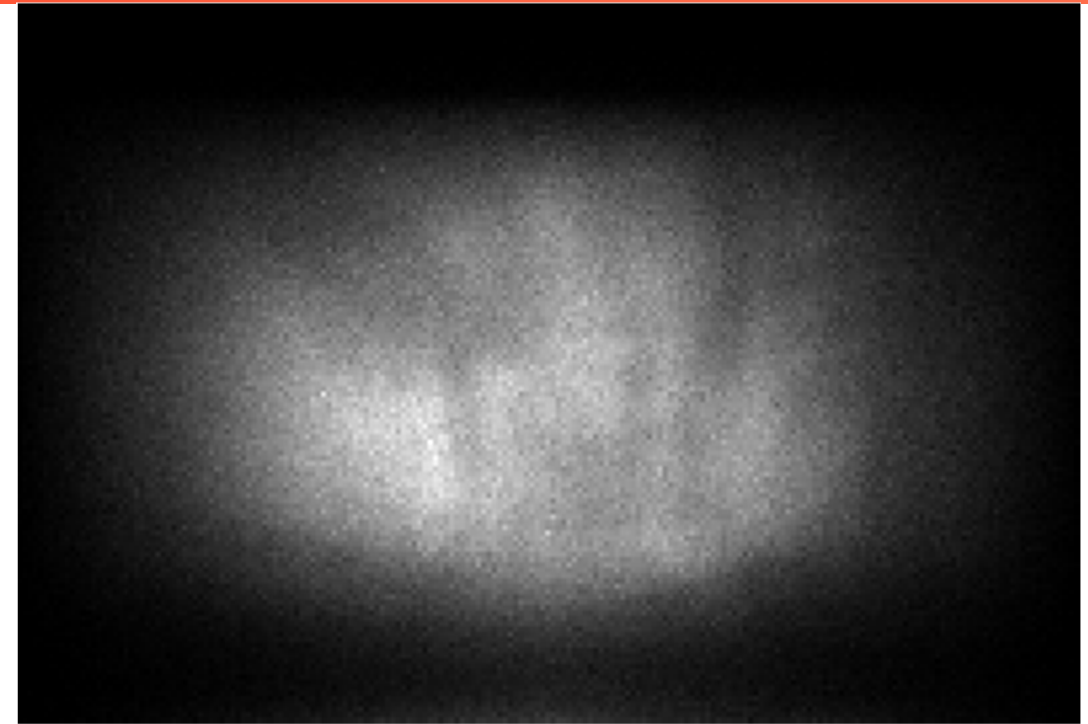
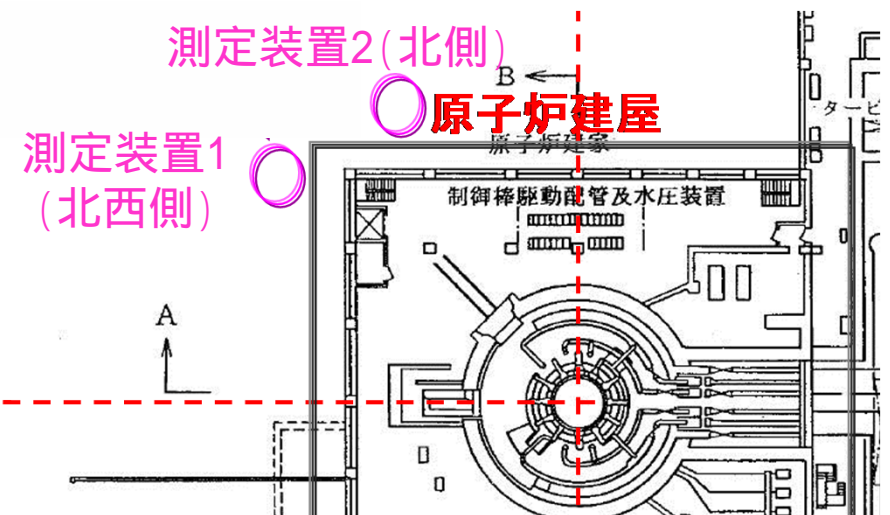


図1 測定器2(北側)からの測定画像



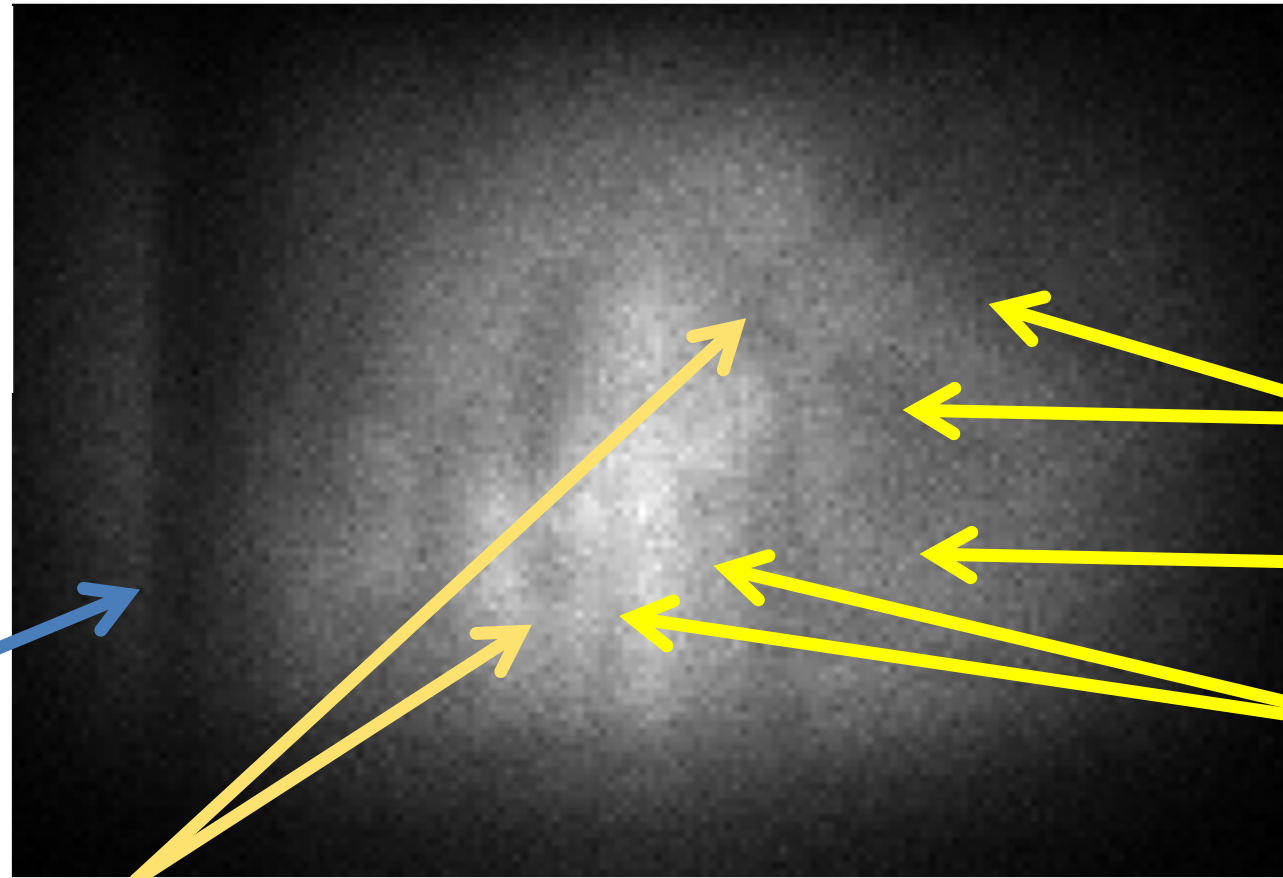
5 . 測定器 1 による 2 6 日分の測定結果の解釈

測定結果の1F1の実際の構造物・機器等との対応関係を示す



図1 設計図面から作成した

原子炉建屋
の北側壁



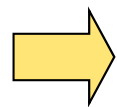
非常用
復水器(IC)

燃料プール

原子炉压力容器
と生体遮へい壁

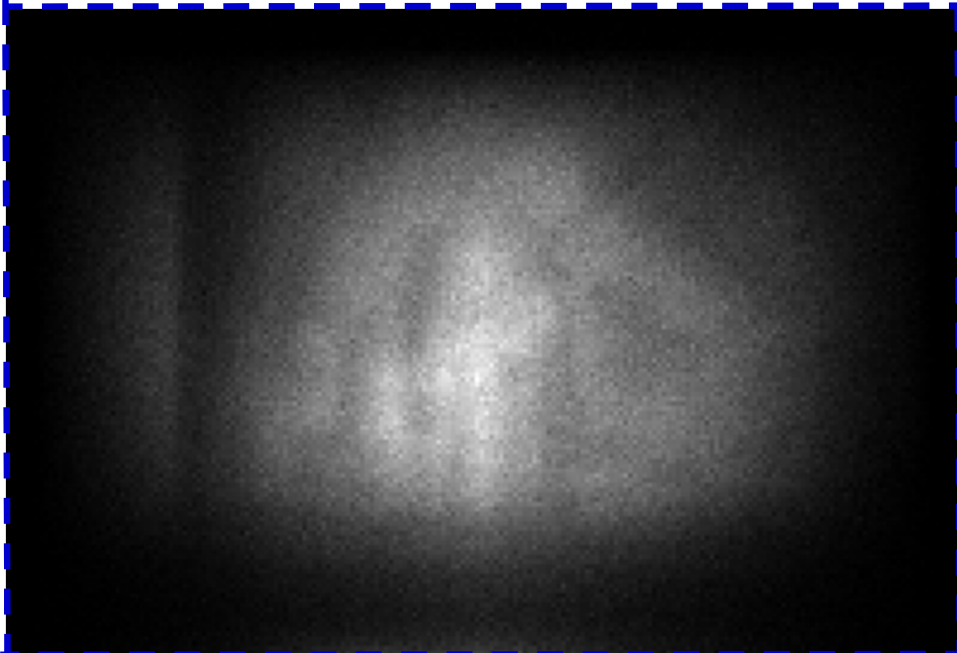
格納容器

図1 測定器1の測定結果とその解釈

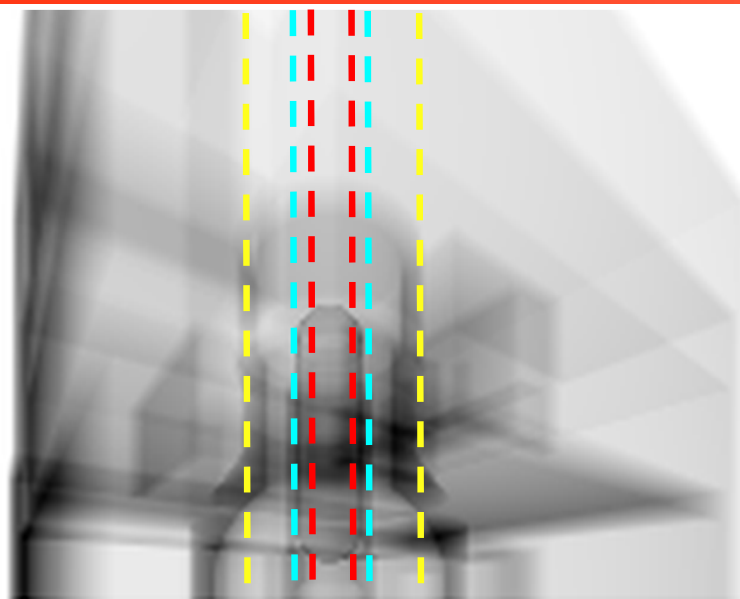


見えることが期待される大きな吸収体はかなり見えている
ただし、原子炉内には高吸収体は確認できず

6 . 設計図面画像と測定値比較によるデブリの位置推定（測定器1）



6 . 設計図面画像と測定値比較によるデブリの位置推定（測定器1）

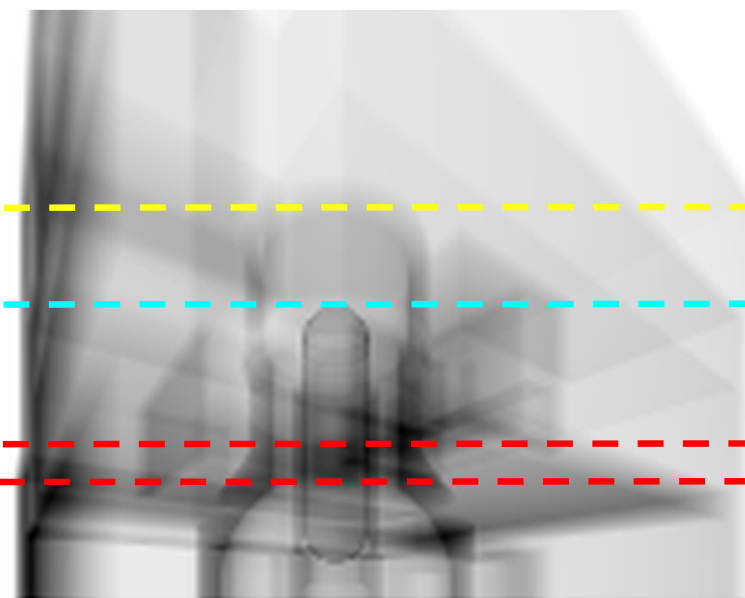
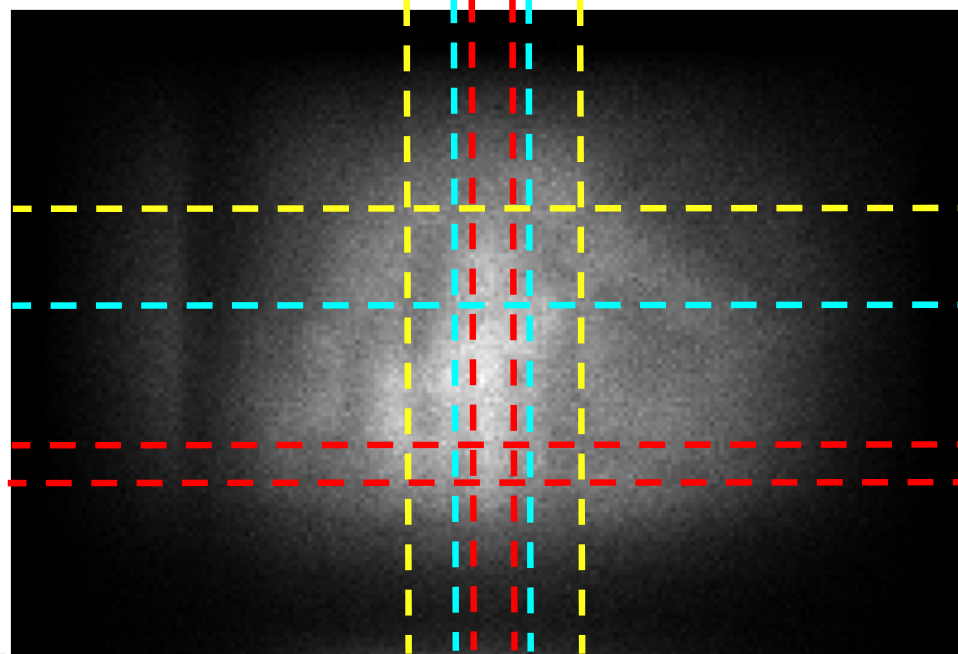


格納容器の境界

原子炉の境界

炉心の境界

- 鮮明ではないが、測定データでは、図面から予想される、見えるべき位置に機器等が確認できている
- また、格納容器・原子炉の境界も一致
- しかしながら、もともとの炉心位置には高密度物質（燃料）を確認することができない



7 . 測定器 1, 2 による26日分の測定結果（再掲）

測定器1(北西側)の結果からは
原子炉内の燃料は確認できないが
測定器2(北側)では、
原子炉内に何か存在している
ように見える

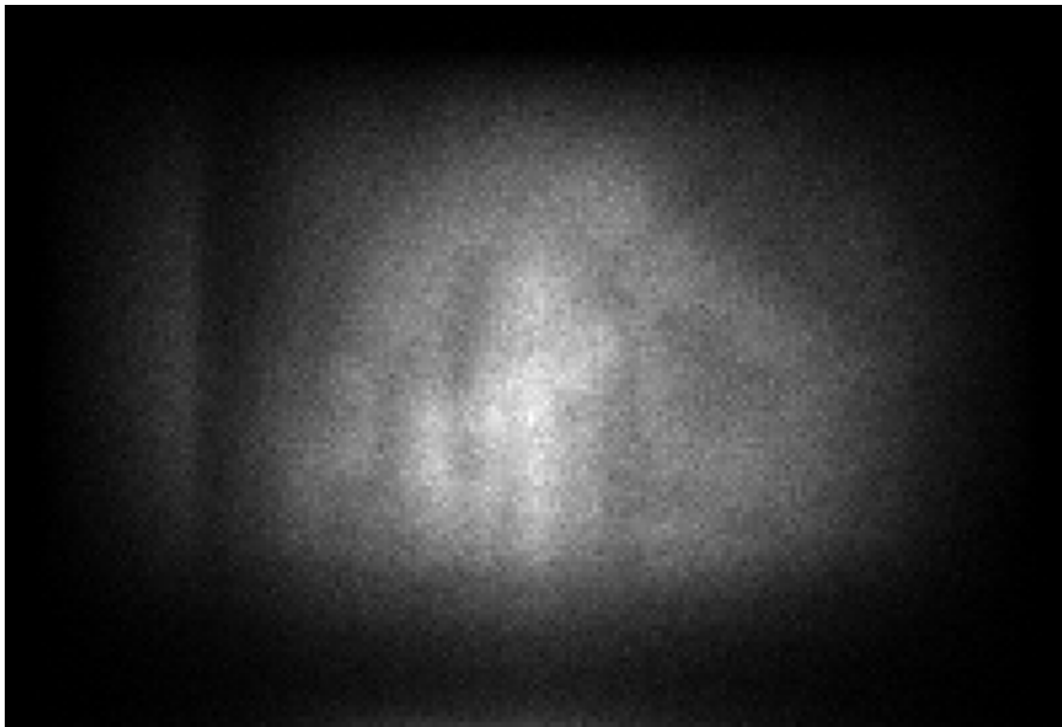


図2 測定器1(北西側)からの測定画像

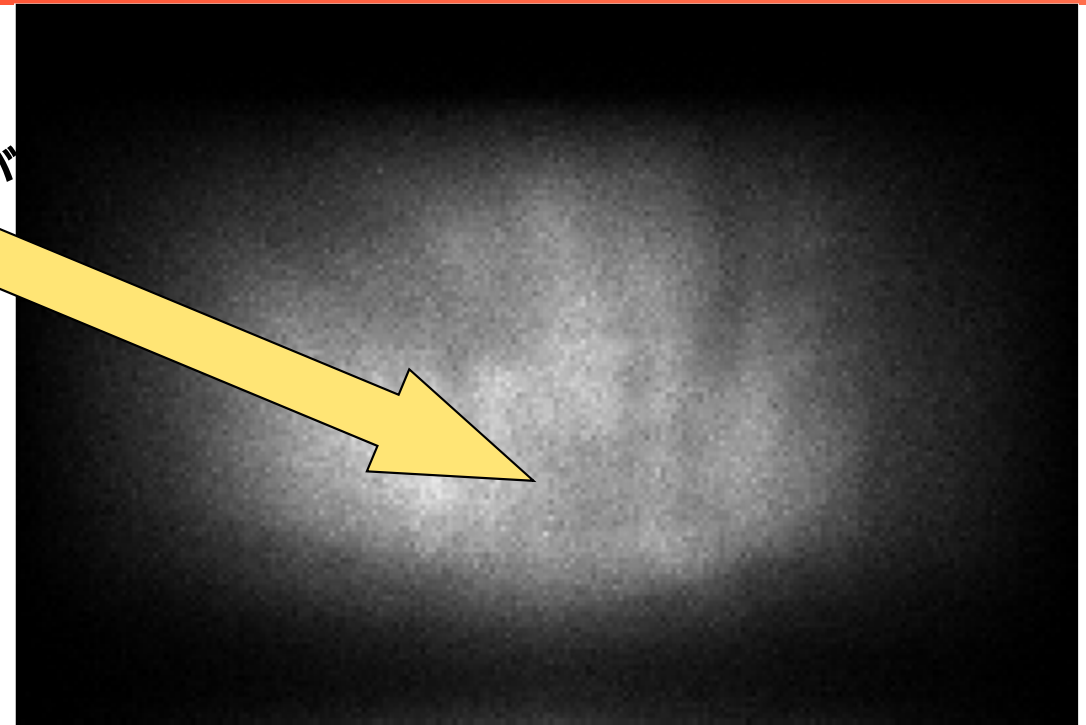
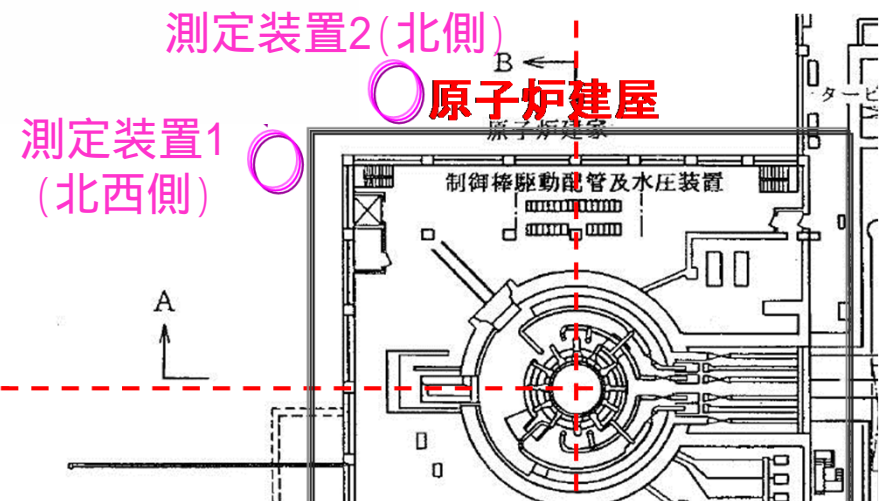
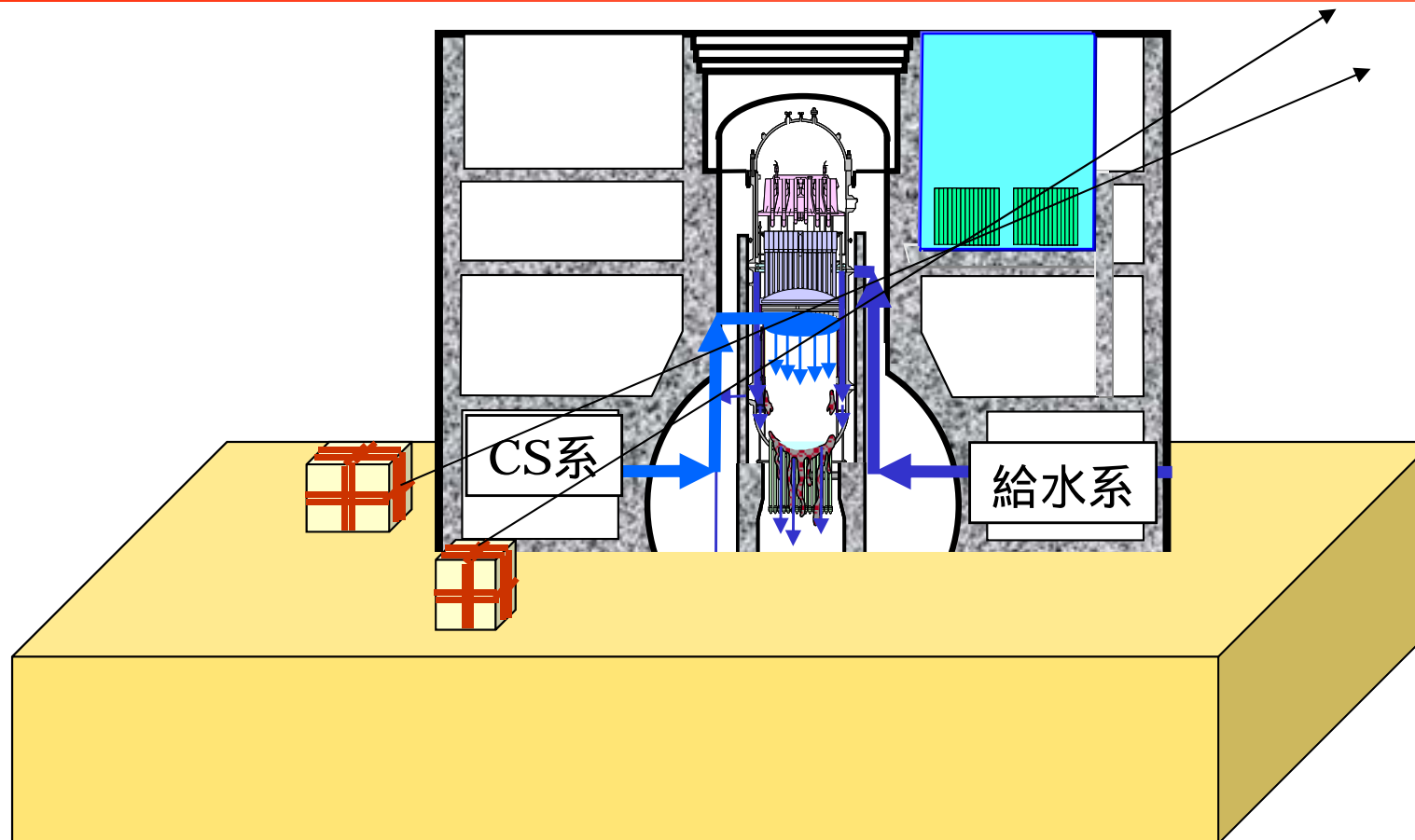


図1 測定器2(北側)からの測定画像



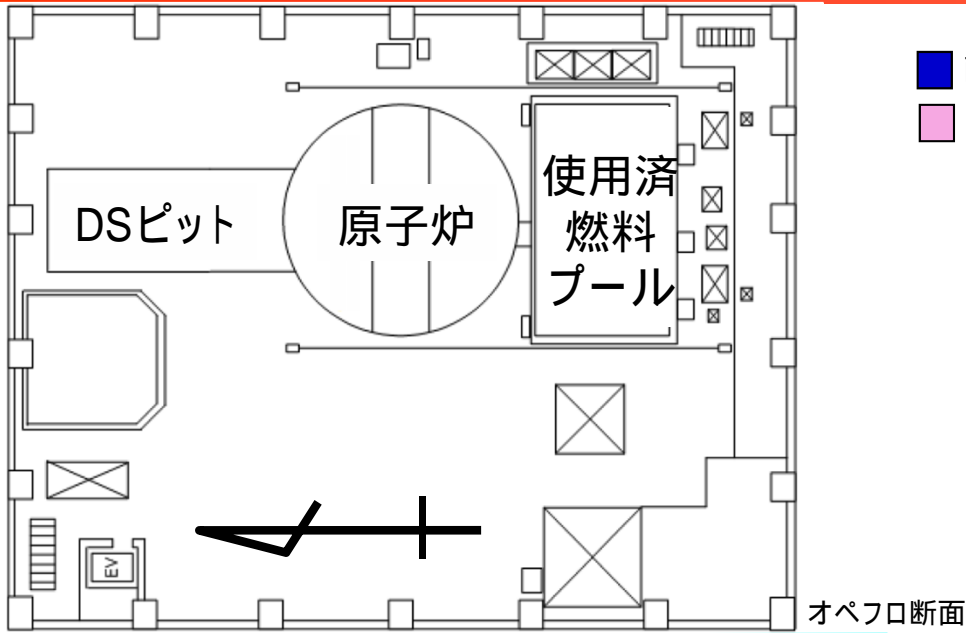
8 . 3 次元的な高吸収体位置の再構築の原理



透過法では、原理的に奥行き方向の位置の特定は出来ないが、2つの測定器を用いると、高吸収体のある方向(黒く見える向き)の交点を求めることで、3次元的な再構成が可能

➡ 測定器2(北側)で見えている原子炉方向に存在する黒い影について、3次元的な評価により推定する

9. 3次元評価による各断面での高吸収体の存在位置評価



- 両方の測定器が、高吸収体の存在を指すポイント
- 片方の測定器のみが、高吸収体の存在を指すポイント
(実際にはそのポイントに高吸収体は存在しない)

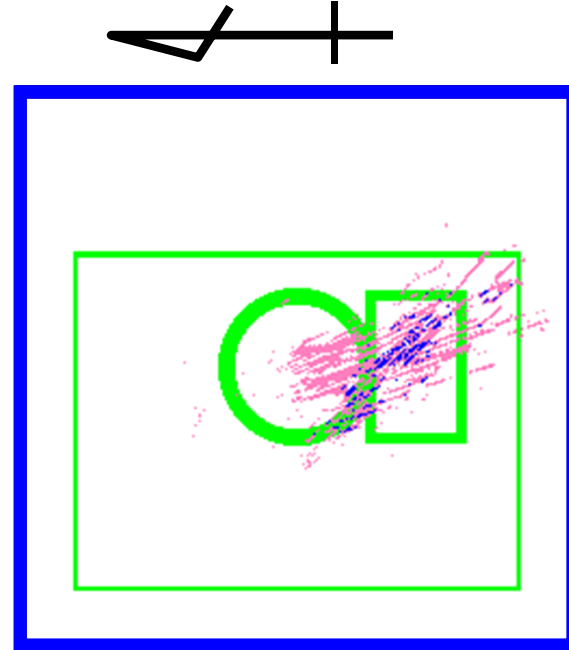


図3 SFP高さ断面
高吸収体の交点あり
(建屋の南側位置、
SFP内に相当)



図4 オペフロ断面
高吸収体の交点なし
(一部にノイズ有り)



図2 炉心高さ断面
高吸収体の交点無し

図1 原子炉建屋の配置図(上:5階オペフロ、下:断面図)

10 . まとめ

- 約1ヶ月のデータ測定からの推定結果は以下の通り
 - 格納容器、原子炉建屋壁、非常用復水器（IC）等の、燃料を除く吸収が大きな物質は、ミュオン測定により確認できた
 - 一方で、現時点では元々燃料が配置されていた炉心位置に、1mを超えるような大きな燃料の塊は確認できていない
 - 原子炉圧力容器の炉心部には水が溜まっていない可能性が高い
(参考：2011年5月に水位計水張りを実施し、その結果から炉心部には水が溜まっていないと推定)
 - 3次元評価から、SFPには燃料があると推定（大きさの推定は今後）

- この結果は、東京電力が公表している、原子炉・格納容器状態の推定と基本的に一致

- 統計的な処理を実施するため、十分なデータが蓄積されるまでの間、今後も測定を継続していけるよう、1F現場も含め、関係各所と調整

- 今回の推定結果は、確実な廃炉作業の遂行のために必要な燃料デブリ位置の把握についての重要な情報である。

- 多くの燃料が溶融して下方へ移動したことを示唆する結果が得られたことを踏まえ、今後は、原子炉下方の燃料デブリの分布状況を確認するため、ロボットを投入し、格納容器下部調査を実施していく予定である。これらの格納容器内部調査等の結果を組み合わせ、デブリ取出し計画の策定に反映していく。

(参考) 1号機における格納容器内部調査

【調査対象部位】: ペDESTAL(外) 地下階

【調査及び装置開発ステップ】

B1 B2 B3の順で段階的にペDESTAL外からの調査を進める。

(1) 接近可能なX-100B(100mm)からの調査

ペDESTAL外1階グレーチング上の調査(CRDレール使用可否の調査等)を計画。: B1(2015.4頃予定)

ペDESTAL外地下階及び作業員アクセス口の映像取得に特化した調査。: B2(2015~16年度計画)

(2) X-6からの調査

デブリ形状計測装置を搭載し更なる状況把握を行なう。: B3(2016~2017年度)

B1. ペDESTAL外1階グレーチング上状況調査
(2015.4頃予定): X-100B^パネ使用

B2. ペDESTAL外地下階及び作業員アクセス口状況調査 (2015
~16年度計画): X-100B^パネ

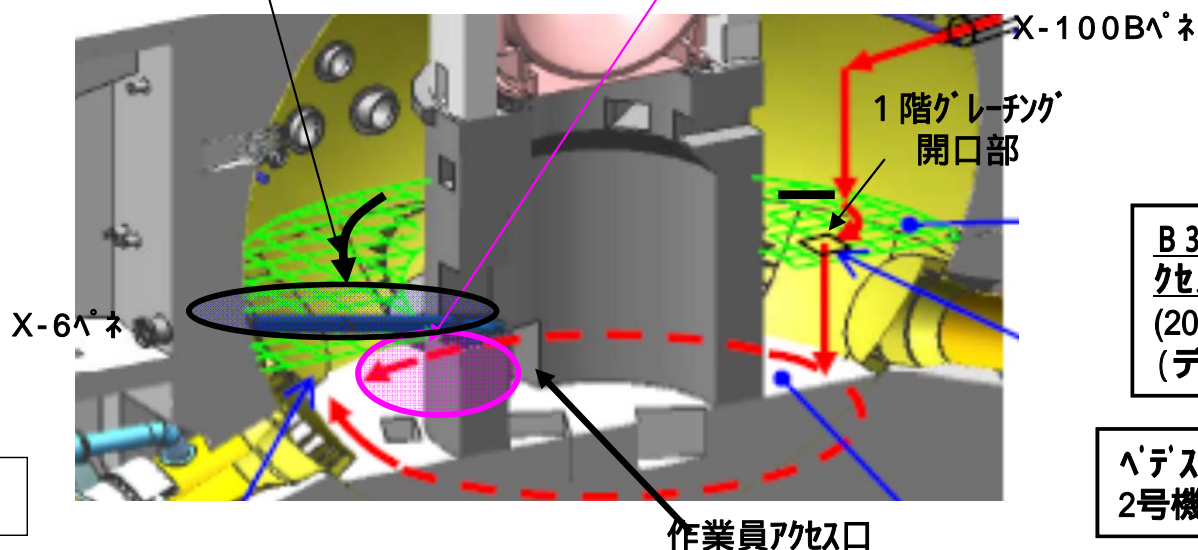
B2調査の結果を踏まえ
実施要否の検討

B3. ペDESTAL外地下階及び作業員
アクセス口状況調査
(2016~17年度予定): X-6^パネ使用
(デブリ計測装置を搭載)

ペDESTAL内部の調査については、
2号機の調査終了後の実施を検討。



B1装置の外観写真



現場状況、装置の開発状況次第では、
工程、調査方法変更の可能性あり