

# 東京電力福島第一原子力発電所における 事故の分析に係る検討会 第27回会合

## 議事次第

1. 日 時 令和3年12月21日(火)14:00 ~ 18:00

2. 場 所 原子力規制委員会 13階BCD会議室

### 3. 議題

- (1) 2号機シールドプラグ調査並びに1号機及び3号機原子炉建屋内調査等の状況について
- (2) 2021年度の調査・分析の状況について
- (3) その他

### 4. 配布資料

資料1：議事次第

資料2-1：現地調査の実施状況について（2号機シールドプラグ調査）

別添1：2号機シールドプラグでの新たな穴内部での測定

別添2：2号機シールドプラグの形状測定

資料2-2：現地調査の実施状況について（1号機及び3号機原子炉建屋内調査等）

資料2-3：1, 2号機SGTS配管内汚染の分析

資料3-1：東京電力福島第一原子力発電所の事故分析に関する調査・分析の状況  
(2021年度)

資料3-2：東京電力福島第一原子力発電所事故の調査・分析(2021年度)の整理の  
項目案

資料4-1：JAEAにおける試料分析の状況[国立研究開発法人日本原子力研究開発  
機構]

資料5-1：2号機オペフロ内シールドプラグ穿孔部調査について[東京電力ホールデ  
ィングス株式会社]

資料5-2：ケーブル及び保温材の可燃性ガス発生量評価予備試験速報[東京電力ホー  
ルディングス株式会社]

資料5-3：福島第一原子力発電所事故調査の中長期計画[東京電力ホールディングス  
株式会社]

# 現地調査の実施状況について

( 2号機シールドプラグ調査 )

2021年12月21日

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

# ( 1 ) 2号機シールドプラグ調査について

## ( 2021年12月6,7,8,13,14,15日 )

## ( 1 ) 2号機シールドプラグ調査について

### ( 1 ) 目的

これまでの現地調査等において、2号機原子炉格納容器の上部に設置されているシールドプラグ上で高い線量当量率が確認されており、シールドプラグの下面には大量(20～40PBq)の放射性物質が存在していると考えられる。

本年8月から10月にかけて実施した調査により、シールドプラグ下面には放射性物質が存在し、シールドプラグ上の高い線量当量率の原因と推定されること、またその放射性物質は一様に存在するものではなく強い偏在性があることが明らかとなってきた。

引き続き、シールドプラグの汚染量の特定及び分布状況の把握、シールドプラグに関する汚染のメカニズムを特定していくために、東京電力が新たに穿孔した箇所の放射線量の調査・分析を実施した。

### ( 2 ) 場所

2号機原子炉建屋5階オペレーティングフロア等

## ( 1 ) 2号機シールドプラグ調査の実施概要

### ( 3 ) 調査日

2021年12月6, 7, 8, 13, 14, 15日

### ( 4 ) 調査実施者

2021年12月6日 原子力規制庁職員 2名(事前準備)

2021年12月7日 原子力規制庁職員 4名

2021年12月8日 原子力規制庁職員 3名(測定結果分析)

2021年12月13日 原子力規制庁職員 3名(事前準備)

2021年12月14日 原子力規制庁職員 5名

2021年12月15日 原子力規制庁職員 4名(測定結果分析)

## ( 1 ) 2号機シールドプラグ調査の実施概要

### (5) 被ばく線量

2021年12月6日 最大: 0 mSv、最小: 0 mSv (事前準備のみ)

2021年12月7日 最大: 0.2 mSv、最小: 0.2 mSv (免震棟の2名を除く)

2021年12月8日 最大: 0 mSv、最小: 0 mSv (測定結果分析のみ)

2021年12月13日 最大: 0 mSv、最小: 0 mSv (事前準備のみ)

2021年12月14日 最大: 1.3 mSv、最小: 1.0 mSv (免震棟の2名を除く)

2021年12月15日 最大: 0 mSv、最小: 0 mSv (測定結果分析のみ)

被ばく線量[mSv]の最大、最小は、調査実施者のうち、最も被ばく線量の高い人の値と低い人の値を1日の合計値として示した。

## ( 1 ) 2号機シールドプラグ調査の実施概要

### ○これまでの2号機シールドプラグ調査の実施概要

2021年3月5日以降

2号機シールドプラグに新規に13箇所の穴を穿孔（直径50mm、深さ100mm）し、当該穿孔した穴内部での線量率分布を測定。【今回の調査（詳細は資料2-1（別添1）及び（別添2）を参照】

2号機シールドプラグ下面の放射性物質の偏在性の有無を確認するため、シールドプラグ上の多数の点（63箇所）における表面（床面から3cmの高さ）の周辺線量当量率の測定並びに原子炉格納容器から放出された気体の経路となり得るシールドプラグ周囲部及び継ぎ目部の周辺線量当量率の測定 【シールドプラグ下面の放射性物質の存在及び偏在性を示唆】

2014年に国際廃炉研究開発機構（IRID）が2号機のシールドプラグのコアサンプル採取のために穿孔した既存の穴（直径50mm、深さ70mm）内部での線量率分布を測定。【シールドプラグ下面の放射性物質の偏在の可能性を示唆】

東京電力において、2号機原子炉キャビティ差圧調整ラインを用いた2号機シールドプラグ下部の原子炉ウェル内調査を実施。【最大で530mSv/hの線量当量率を確認】

2021年3月5日まで

**【検討結果】** 2号機シールドプラグ1層目（頂部カバー）の下面に少なくとも20～40PBq以上のセシウム137による汚染が推定される。

鉛製コリメータ（厚さ60mm）付きのγ線線量計による周辺線量当量率（床面から305mmの高さ）の測定  
2号機のシールドプラグ及び周辺の表面（床面から約1.5mの高さ）における周辺線量当量率の測定

# 現地調査の実施状況について

(2号機シールドプラグ調査(2021年10月7日)について)

2021年10月19日

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

## (1) 2号機シールドプラグ調査の実施概要

### (1) 目的

これまでの現地調査等において、2号機原子炉格納容器の上部に設置されているシールドプラグ下面には放射性物質が存在し、シールドプラグ上の高い線量当量率の原因と推定されている。このシールドプラグ下面の放射性物質については、シールドプラグ下面(半径約6m)に一様に存在するのではなく、強い偏在性がある可能性が、前回までの調査結果から、指摘されていた。

今回、シールドプラグ下面における放射性物質の偏在性の有無についての追加情報を得るため、東京電力HDとの協働作業により、ロボットを用いてシールドプラグ上面の線量率をシールドプラグ上の多数の地点で測定し、線量分布を把握する調査・分析を実施した。

また、PCVから放出された気体がシールドプラグ上面に至る経路については、シールドプラグの継ぎ目ではないかと調査チームは推測してきたが、周囲部ではないかとの意見も根強くあった。このため、継ぎ目部及び周囲部の線量率測定を併せて実施した。

この他、予備調査として、2号機SGTSフィルレタトレインの調査・分析手法の検討及び1／2号機SGTS配管の撤去配管の調査・分析手法の検討のため、現場確認を実施した。

## (1) 2号機シールドプラグ調査の実施概要

### (2) 場所

2号機原子炉建屋5階オペレーティングフロア(調査日:2021年10月7日)

4号機原子炉建屋等(予備調査:2021年10月7,8日)

### (3) 調査日

2021年10月7日

2021年10月8日(予備調査)

### (4) 調査実施者

2021年10月 7日 原子力規制庁職員 5名

2021年10月 8日 原子力規制庁職員 5名(予備調査)

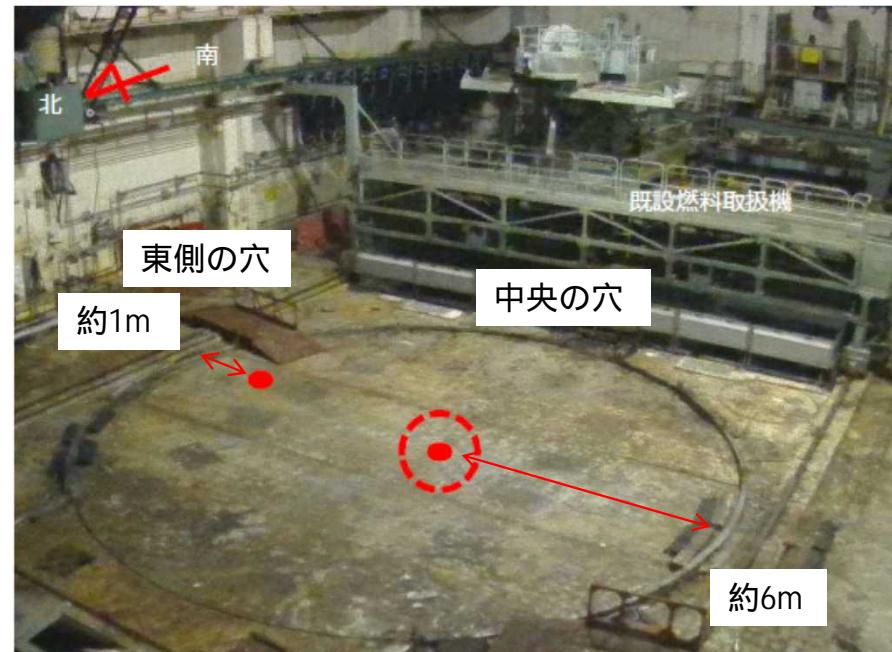
### (5) 被ばく線量

2021年10月 7日 最大:0.27 mSv、最小:0.21 mSv(免震棟の3名を除く)

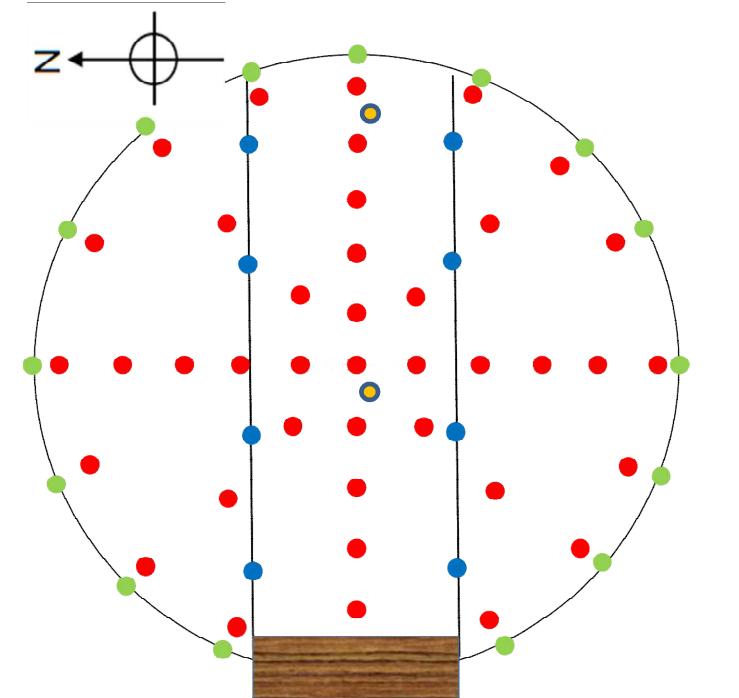
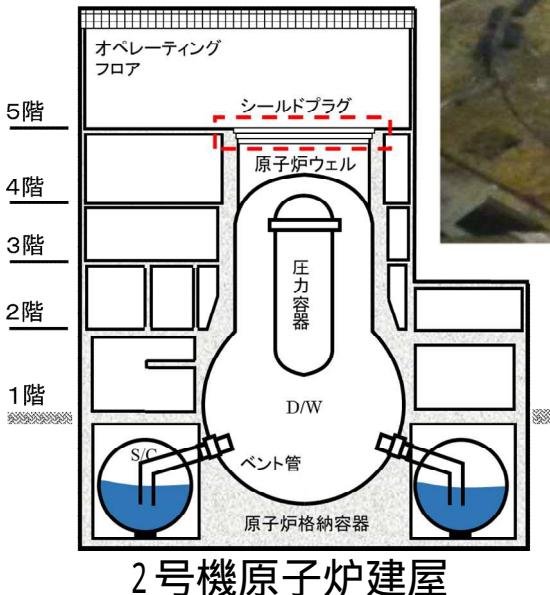
2021年10月 8日 最大:0.01 mSv、最小:0.01 mSv(予備調査)

被ばく線量[mSv]の最大、最小は、調査実施者のうち、最も被ばく線量の高い人の値と低い人の値を1日の合計値(同日に複数の調査を実施した場合は、他の調査による被ばく線量との合算値)として示した。

## 2号機シールドプラグ上面の線量率測定点



既存穿孔箇所配置 ●: 既存穿孔箇所



- : シールドプラグ上の測定点(40箇所)
  - : シールドプラグとオペフロの隙間上の測定点  
(15箇所)
  - : シールドプラグ1層目の継ぎ目上の測定点  
(8箇所)
  - : シールドプラグ既存穿孔箇所(2箇所)

## シールドプラグ周辺の構造と線量場

1. 2号機ではコリーメータ付き $\gamma$ 線線量計の測定からは、1.5 mでの周辺線量当量率からは100 PBq程度、0.3mでの測定で隙間全体で40PBq程度の汚染量が算定されている。(オペフロ表面の線量調査)しかし、本手法はいずれも、オペフロ床面の影響を除かなければならないという不確かさがある。
2. 1. 手法の不確かさを低減するために、シールドプラグ上の表面汚染とその他の表面汚染の状況を、周辺のBGの影響を受けにくいセシウム137由来の $\beta$ 線を計測し、全体の床面において大きく変わらないことを確認した。(平均で30mSV/h程度)また、シールドプラグ上のガンマ線も他の部分に比べて高く、シールドプラグ下部隙間からの寄与であることを確認した。
3. シールドプラグ上段と中段の隙間に大量のCs-137が沈着していることは確定。(ボーリング孔内の線量調査)
4. 3. での2か所の測定(中央及び東側)による領域(隙間1mφ円内)の汚染密度は、隙間の汚染が均一の濃度で分布していると仮定した濃度に比べて、中央で約10倍、東側で約3倍高い状況であった。よって、1. で推定した汚染量が全体の汚染量とすると、隙間の汚染は相当の濃淡の分布が存在すると強く推定された。
5. 4. の考察を踏まえ、10月7日での測定では、シールドプラグ上の $\gamma$ 線分布(表面上3cm程度で出来るだけ測定位置に対する近傍の汚染影響を受けない位置)を細かく測定し、汚染の濃淡分布を把握する。(あくまで表面線量20~30mSv/hを超える箇所)今回、検出器を表面に近接させることでシールドプラグの溝(中央縦2箇所及び円周部)からの寄与を測定出来る可能性があることから測定を試みる。(下部からの蒸気の連通部を意識する)



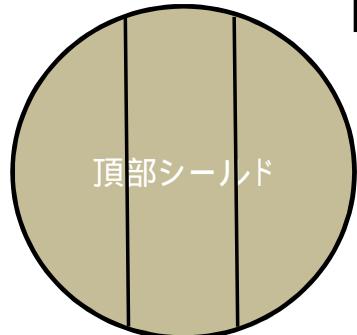
今回の測定のターゲット

## 前回の調査

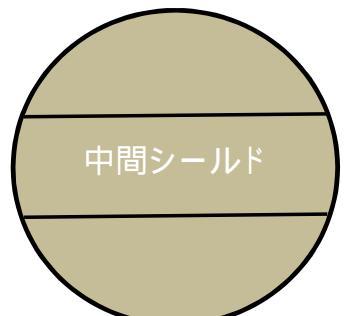
ボーリングした穿孔内の線量調査

### 手法の特徴

- ・線源の具体的な位置の確認が可能
- ・汚染量の定量化に有利
- ・局所的にしかデータが得られない

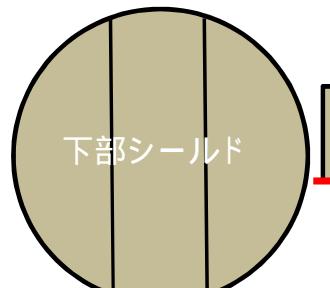


約12m



中間シールド

中央



下部シールド

構造イメージ

検出器

約1m

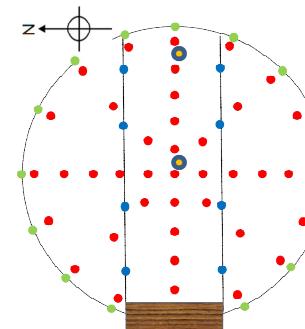
深さ4.2cm位置で約1.2Sv/h

## 今回の測定

表面上(約3cm高さ)における線量調査

### 手法の特徴

- ・検出器を近接させることで背景の放射線影響を低減
- ・ローダー等を用いた広範囲でのデータ取得が可能
- ・分布、全体の大凡の汚染量の把握に有利
- ・表面汚染及び近傍瓦礫、溝部分の汚染の影響を受ける



検出器

3cm

検出器

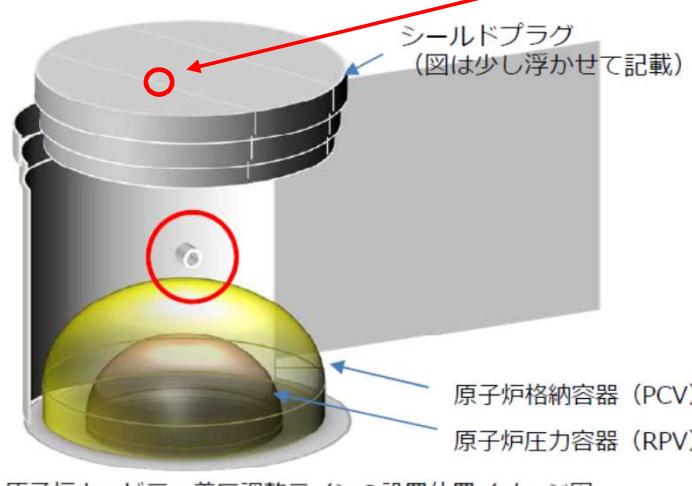
周辺線量当量率

溝 1.6-2cm

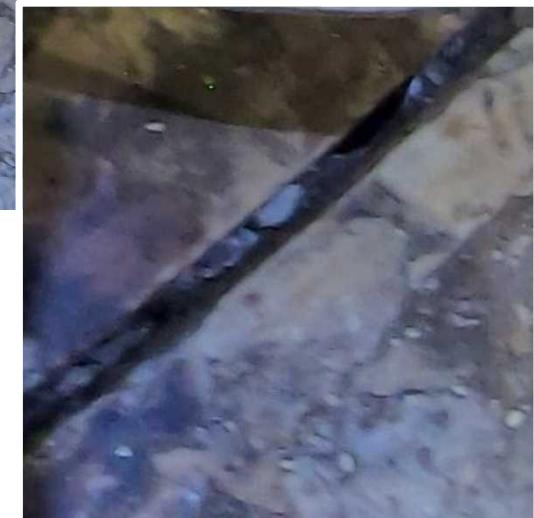
- ↑ 表面 約30mSv/h
- ↑ 溝部分
- ↑ 1-2層目隙間

## ○2号機シールドプラグ隙間の状況

シールドプラグは、  
頂部カバー、中間カバー、底部カ  
バーの3段構成であり、各カバー  
は3ブロックに分割、ブロック間に  
隙間が存在している。

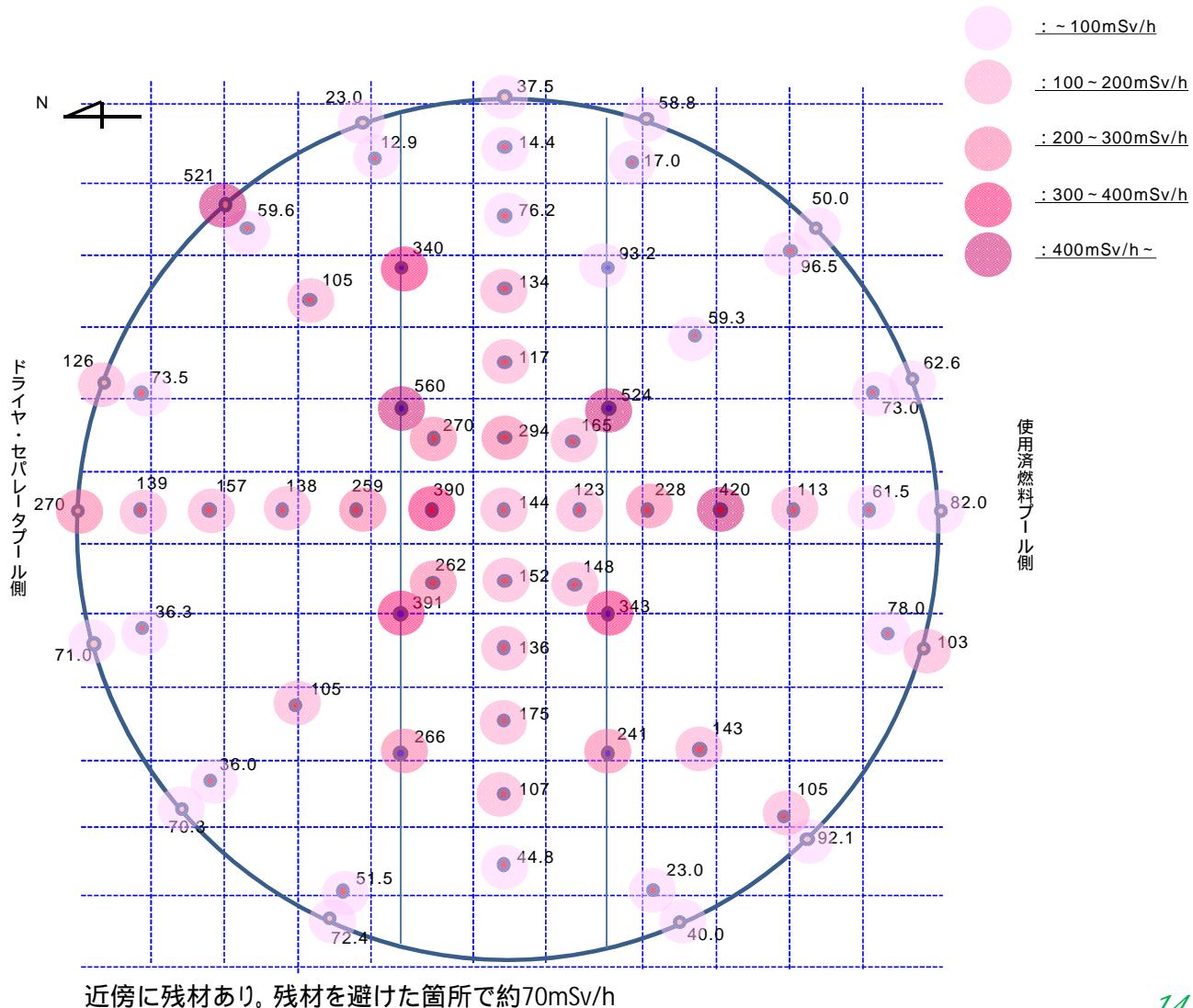
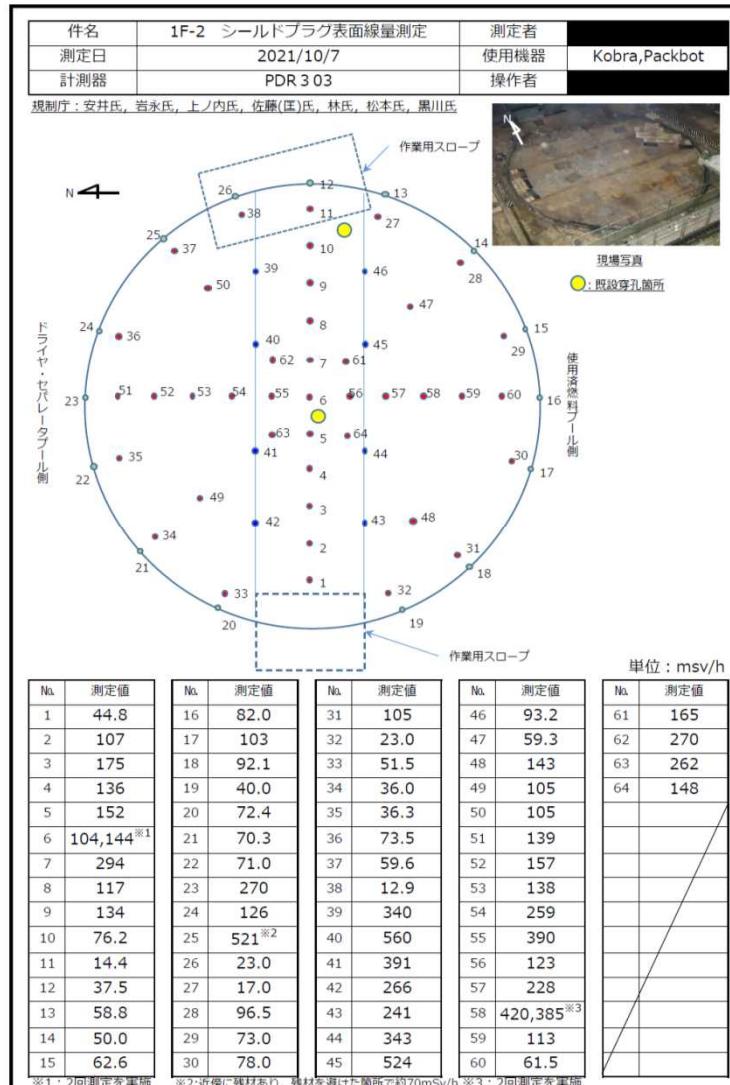


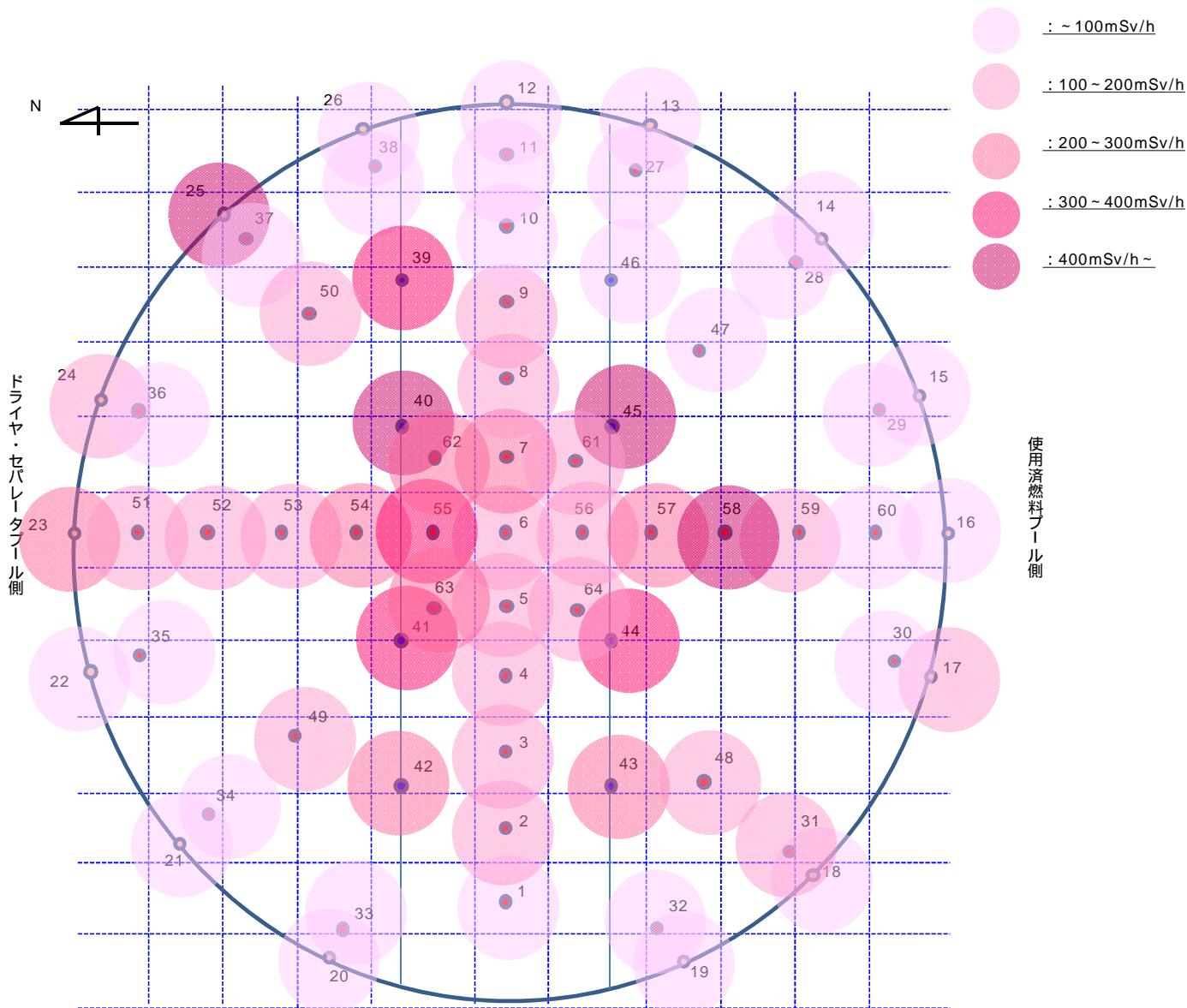
2号機シールドプラグ高濃度汚染への対応状況について  
2021年7月8日東京電力ホールディングス株式会社より  
一部抜粋、加工

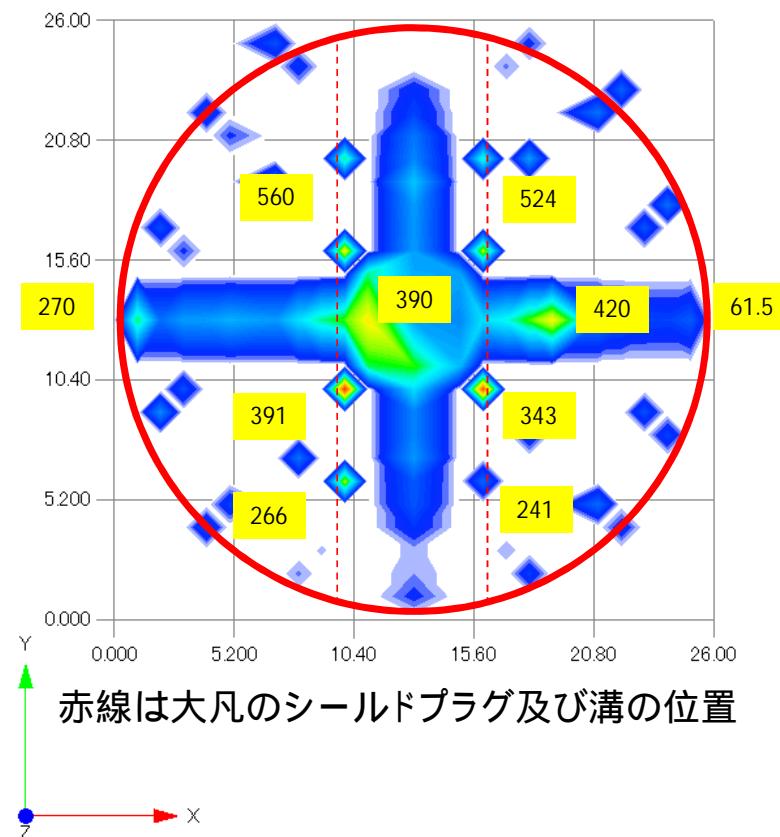
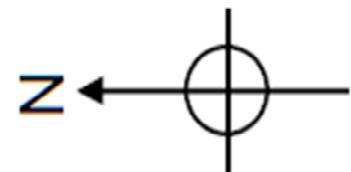




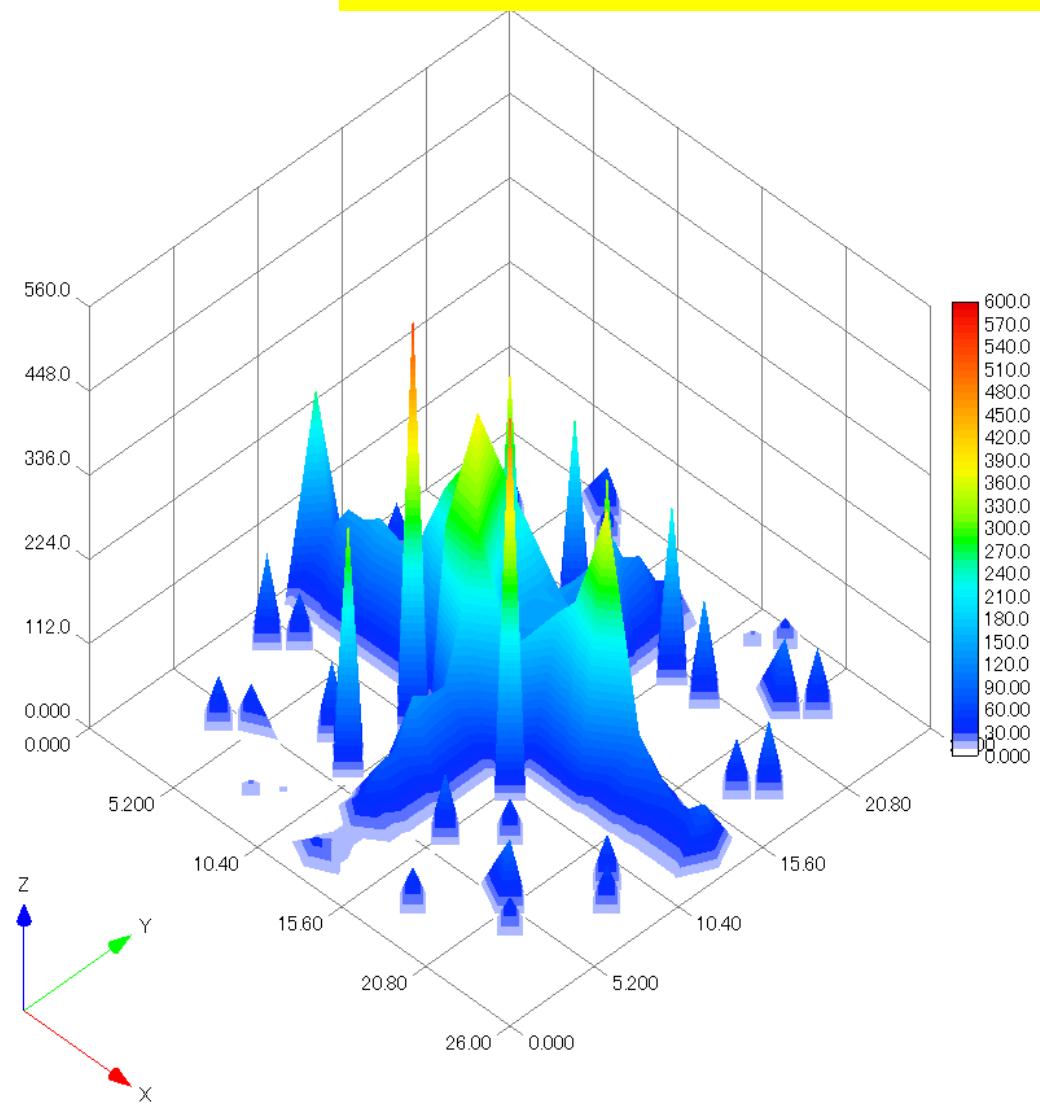
1F-2号機 オペラタ線量測定記録 (規制庁協働調査)



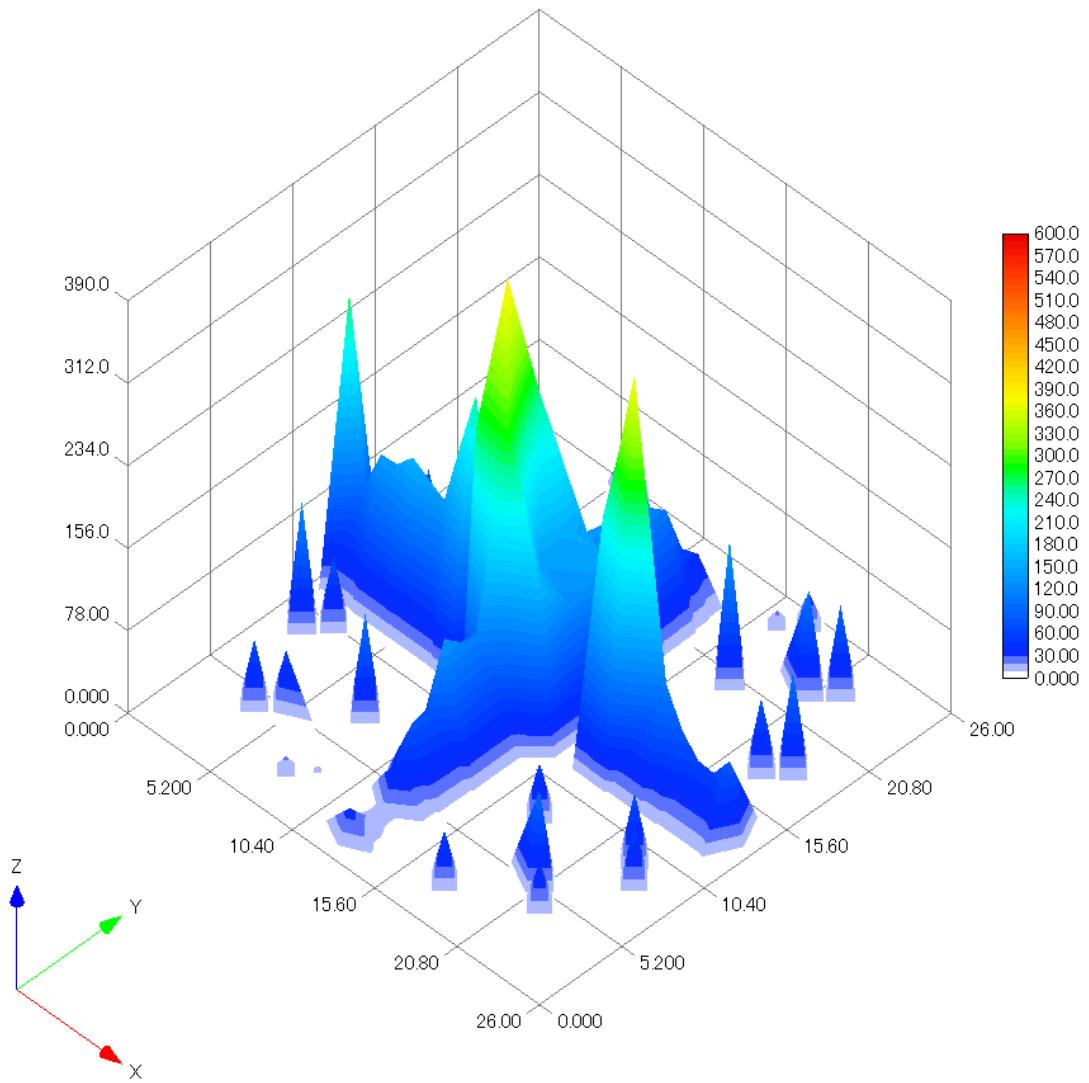
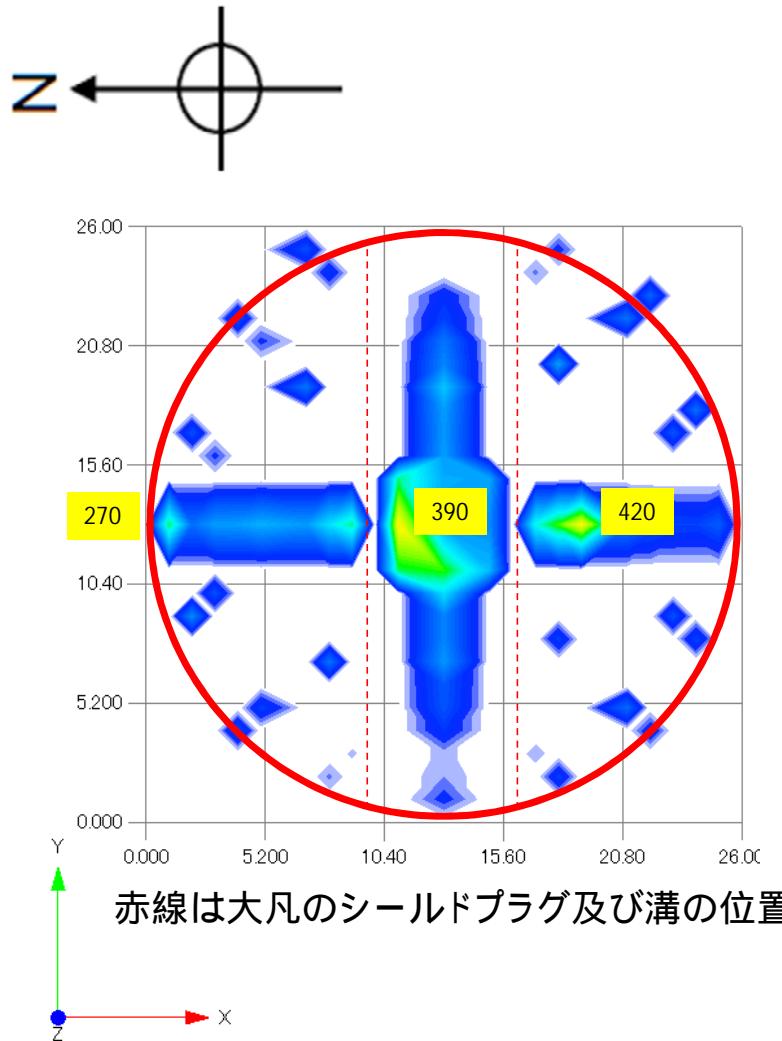


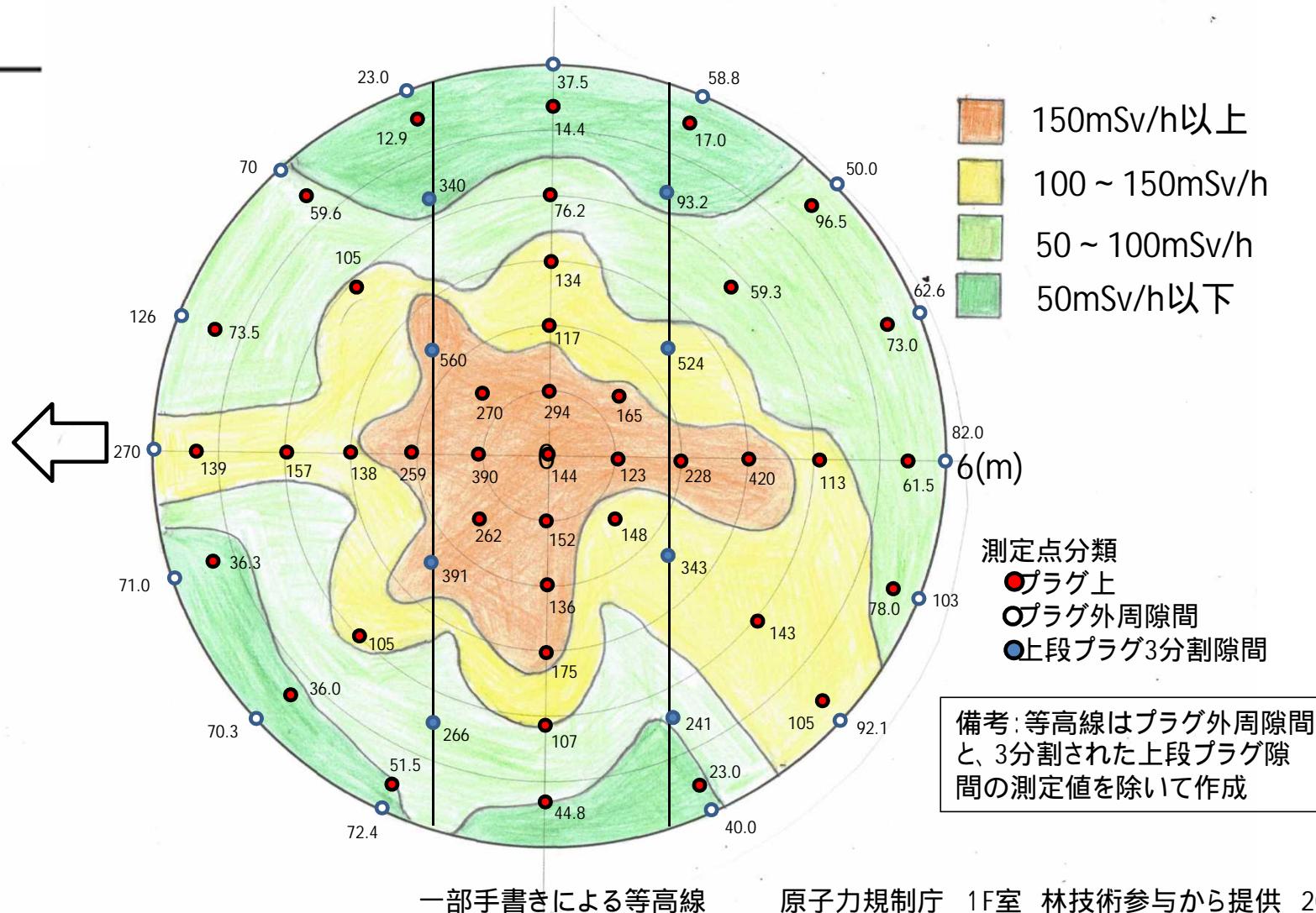
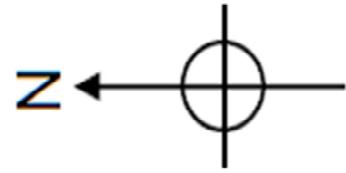


シールドプラグ上の溝(幅16-20mm) 単位mSv/h



シールドプラグ上の溝データを除く 単位mSv/h





# 測定結果について

得られた表面線量率分布から、以下のことが見てとれる。

- ・全体として中心部が高く、端に近づくに従い低くなる
- ・中心部においても、南北方向に高めの傾向があり、東西方向の端は南北方向の端より低い
- ・数値でみると、12.9 ~ 420mSv/hの範囲で広がっている。

各測定点は、シールドプラグ下面直下の直径1m程度の円の汚染密度を反映していることから、できるだけ多くの穴内での測定が望まれる。仮に直径12mのシールドプラグ全体の分布を穿孔穴内の測定だけで評価するなら概算で144個以上の穴が必要となる。測定点は以下の2つの目的に応じて設定しており、それぞれの測定結果の解釈を以下にまとめる。

## (1) 新たな穿孔箇所の検討のための測定点と線量率の傾向

底部汚染の特定のために、プラグ外周隙間と分割部を除くシールドプラグ上の測定点41点を設定した。全体に中心付近(測定点No.7、62、63)が高く周辺が低い傾向であった。また、No55、58は周囲の傾向と異なり高い線量であった。両箇所とも表面線量が特異的に高くなるような要因は見受けられなかった。

## (2) 事故時セシウムを含む蒸気が通過した痕跡の検討のための測定点と線量率の傾向

事故時セシウムを含む蒸気が通過した痕跡の可能性がある測定点として、プラグ外周隙間15点と分割部の隙間8点を測定点を測定した。プラグ外周隙間部及び上段プラグ分割部の線量率は、近傍の表面より線量率が高く、特に上段プラグ分割部と中段プラグ以下の分割部が交差していると思われる4点は非常に高い線量率となっていた。

シールドプラグ分割部及び外周部の隙間部の底には汚染している砂状物質の存在が認められたが、砂状物質だけで測定された線量を説明することは困難であり、放射線ストリーミングや固着した汚染の影響も考えられる。

## 今後のシールドプラグ調査について

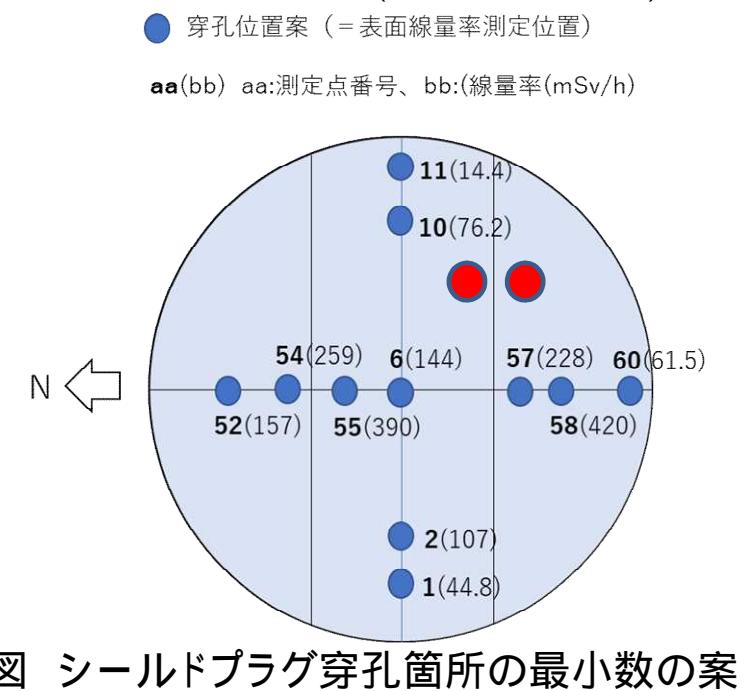
今回、表面線量率を測定したデータをもとに、新たな穿孔位置及びその穴内測定を組み合わせて汚染量および分布を評価する方法を以下に示す。

- ・今回の測定点の中から最大と最小の線量率範囲がカバーできる数点の測定点を選ぶ。(測定された線量の確認)
- ・その点を穿孔し、穴内線量率測定によりシールドプラグ下面の隙間の汚染量を評価する。(表面汚染との対応)
- ・その他の場所についてはこれらの相関を使って、汚量マップを作成し、汚染量総量を把握する。(汚染量の算定)

具体的には測定された線量率範囲を目安にし、南北と東西の汚染量分布、隙間以外でも特に高い12点(No.55, No.58)の直下の汚染量を得ることも考慮して、選定した測定点とその線量率を表に示す。また穿孔箇所(測定点位置に同じ)の案を図に示す。あと分割部の影響を調査も合わせて行う。赤

規制庁としては、上記の測定を実施することでシールドプラグの汚染量の特定及び分布、シールドプラグ分割部の隙間等をセシウム等を含む蒸気が通過することで生じた汚染のメカニズムを特定していく。

| 測定点 | 線量率(昇順)<br>(mSv/h) |
|-----|--------------------|
| 11  | 14.4               |
| 1   | 44.8               |
| 60  | 61.5               |
| 10  | 76.2               |
| 2   | 107                |
| 6   | 144                |
| 52  | 157                |
| 57  | 228                |
| 54  | 259                |
| 58  | 420                |
| 55  | 390                |



## シールドプラグ周辺の構造と線量場の理解

天井

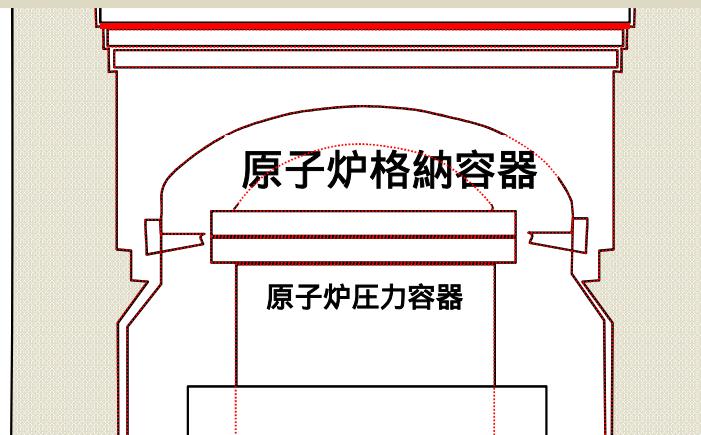
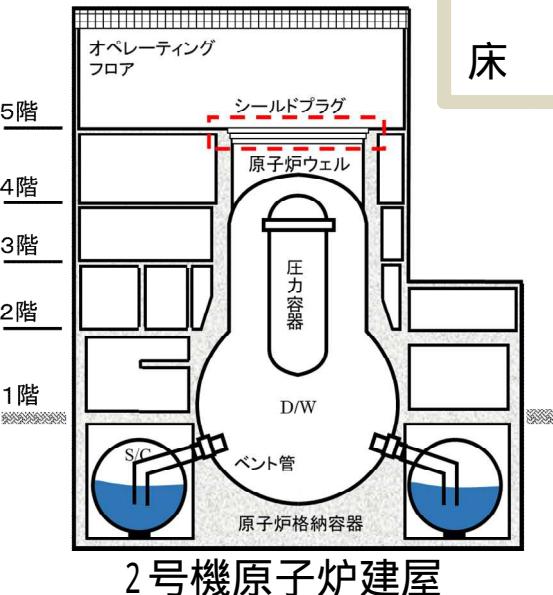
### 作業環境としての線量場の構築

- ・使用済燃料の取扱い
- ・燃料デブリ回収 etc

今後のあらゆる作業についてアクセス性を確保するための必須事項

壁面

床



2号機原子炉建屋

# 2号機シールドプラグでの 新たな穴内部での測定

2021年12月21日

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

平山 英夫、林 克己、岩永宏平

# 測定の目的と実施内容

- IRIDの穴での測定結果を踏まえ、シールドプラグ表面での線量当量率(以下、「表面線量率」という。)と、シールドプラグ上段と中段の隙間のCs-137汚染密度の関係を求める
  - 両者の比例関係があれば、表面線量を用いて上段と中段の隙間のCs-137放射能を推定できる
- 東京電力ホールディングス株式会社(以下、「東電」という。)が新たにドリリングした13箇所の穴内部で線量当量率の測定を行った

## 11月30日と12月1日の測定

- 11月30日の測定では、AT2533線量計(以下、「AT2533」という。)を高線量率モード(100 mSv/h以上対象の「Fof」モード)にして測定を行った
  - 当初の予想と異なり、ほとんどの測定結果が100 mSv/h以下であることを示す「L99」となった
- 12月1日に、IRIDの中央穴での測定と新たな穴(No.5)で測定を行い、データロガーの「表示」とデータロガーのデータは対応していることを確認した
  - 新たにドリリングした穴内部での線量率分布が、IRIDの穴内部の分布と異なることが分った
- 穴の周辺に遮蔽効果を高める物質が存在する可能性
  - シールドプラグ表面から10 cmの位置に直径2.54cmの鉄筋
  - 東西方向の鉄筋は15 cm間隔で、南北方向の鉄筋は 20 cm 間隔

## 12月6日と12月7日の測定

- 有意な線量率を得るために、AT2533を線量率により「GM検出器、表面から5 cmの位置(130 mSv/h以下)」または「Siセンサー、線量計表面から1.5 cmの位置(130 mSv/h以上)」に切り替わる「FoN」モードで測定を実施した
- 測定された線量率は、ほとんどが130 mSv/h以下であった
  - 床面から4.7 cmより浅い位置(10 cmまで挿入できた場合)であるが、すべての穴で線量率情報を測定することができた
- 穴の底での線量率を測定すること、鉄筋等遮蔽能力の高い物質の影響を確認するために
  - 線量計の切り替えが低い「Polimaster」線量計を使用
  - 床面の高さ(線量計の位置は、床面から1.5 cm)で穴の上部と東西南北を測定

# 12月14日の測定

- ドリリングした13本の表面での線量当量率の測定
  - 4番: 3 mSv/h、6番: 1.6 mSv/h (シールドプラグ中心)、12番: 870  $\mu$ Sv/h (プラグ継ぎ目)、13番: 520  $\mu$ Sv/h (表面での線量当量率が特異に高い箇所)以外は、周辺のBG (200  $\mu$ Sv/h) 程度
  - 表面の汚染密度は一番高い4番で、 $5 \times 10^5$  Bq/cm<sup>2</sup>で、従来の床表面の推定値 $10^6$  Bq/cm<sup>2</sup>の範囲内
    - 床表面の汚染が、新しい穴内部の線量分布の原因ではない
- Polimasterによる測定は、表示値を読み取ることにより行った
  - IRIDの穴を含むすべて穴内部での線量率が得られた
  - IRIDの穴以外は、床からの距離の増加に伴い、線量率がほとんど変わらないか、減少する傾向
- IRIDの2箇所を含む15箇所で、穴内部と表面の5箇所の測定は、状況を理解する上で、非常に有益であった
  - 床面の穴の上部と東西南北の分布が、IRIDの穴と新しい穴で明確に異なった
  - 鉄筋との位置関係が影響していると思われる

## シールドプラグ表面に高密度の汚染が存在する可能性はない

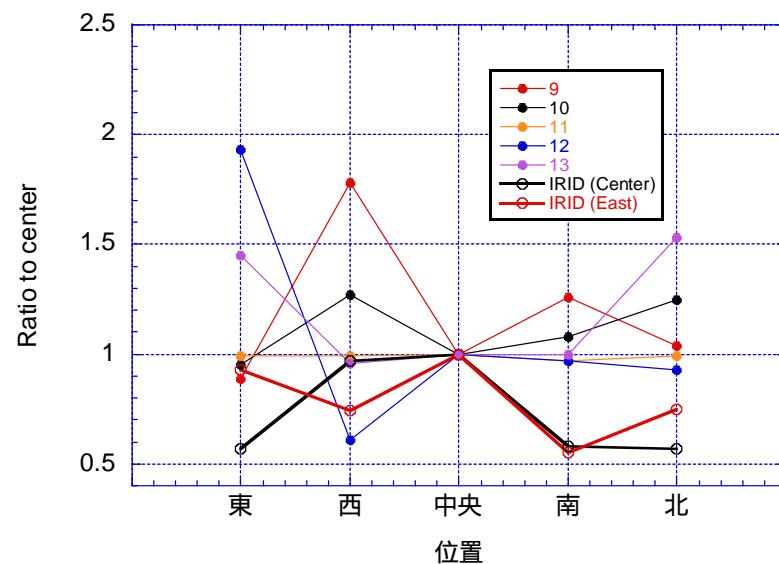
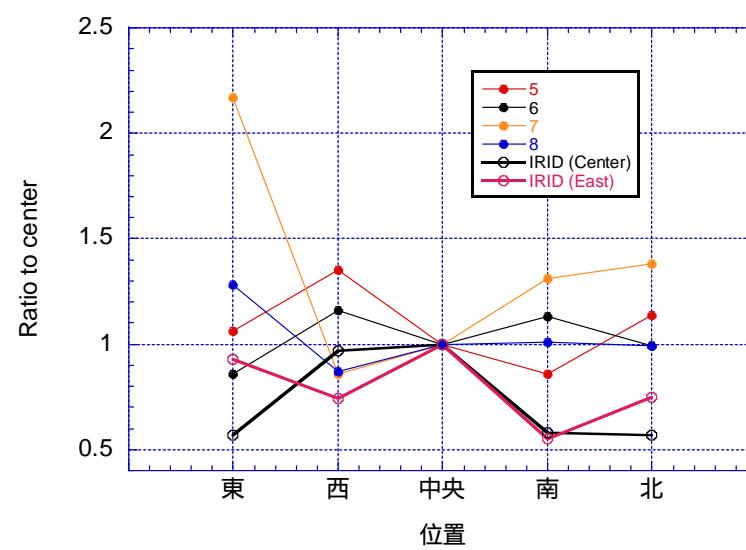
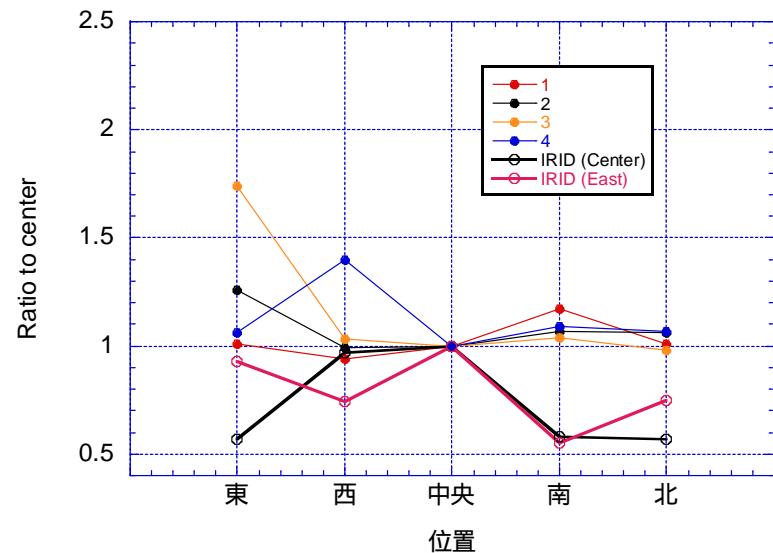
- ドリリングした13箇所のコア表面に顕著に線量当量率が高いものはなかった
  - 最大は、4番の3 mSv/h
- コア表面中心にPolimasterを密着して測定したので、表面から1 cm の位置で測定したとすると、4番で、コア表面の汚染密度は $5 \times 10^5$  Bq/cm<sup>2</sup>
- 従来の床表面の推定値 $10^6$  Bq/cm<sup>2</sup>の範囲内
- 床表面に局所的に高濃度の汚染が存在していることが穴内部の線量当量の原因とは考えられない

# IRIDの穴での高線量率が穴内部の汚染による可能性は無い

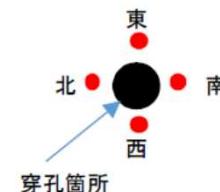
- 高線量率に対応する汚染密度の点から
  - 中央付近の穴：底から1.8 cmで、1,015 mSv/hとなる汚染密度は  $6.0E+08 \text{ Bq/cm}^2$
  - 東側の穴：底から1.8 cmで、255 mSv/hとなる汚染密度は  $8.2E+07 \text{ Bq/cm}^2$
  - オペフロ床面の汚染密度は  $1E+06 \text{ Bq/cm}^2$  程度であることを考えると、取り残された砂状物質の汚染密度がこの様な高濃度となることは考えにくい
- 穴内部の線量当量率の変化から
  - 底からの距離が1.8 cm から 5.8 cmになると、 $1/6$ 以下になるが、実際の変化は中央の穴の場合で  $1/1.7$ 程度と大きく違っている
  - 東側の穴でも同様
- 穴の底の汚染が原因とは考えられない

# 測定結果の検討

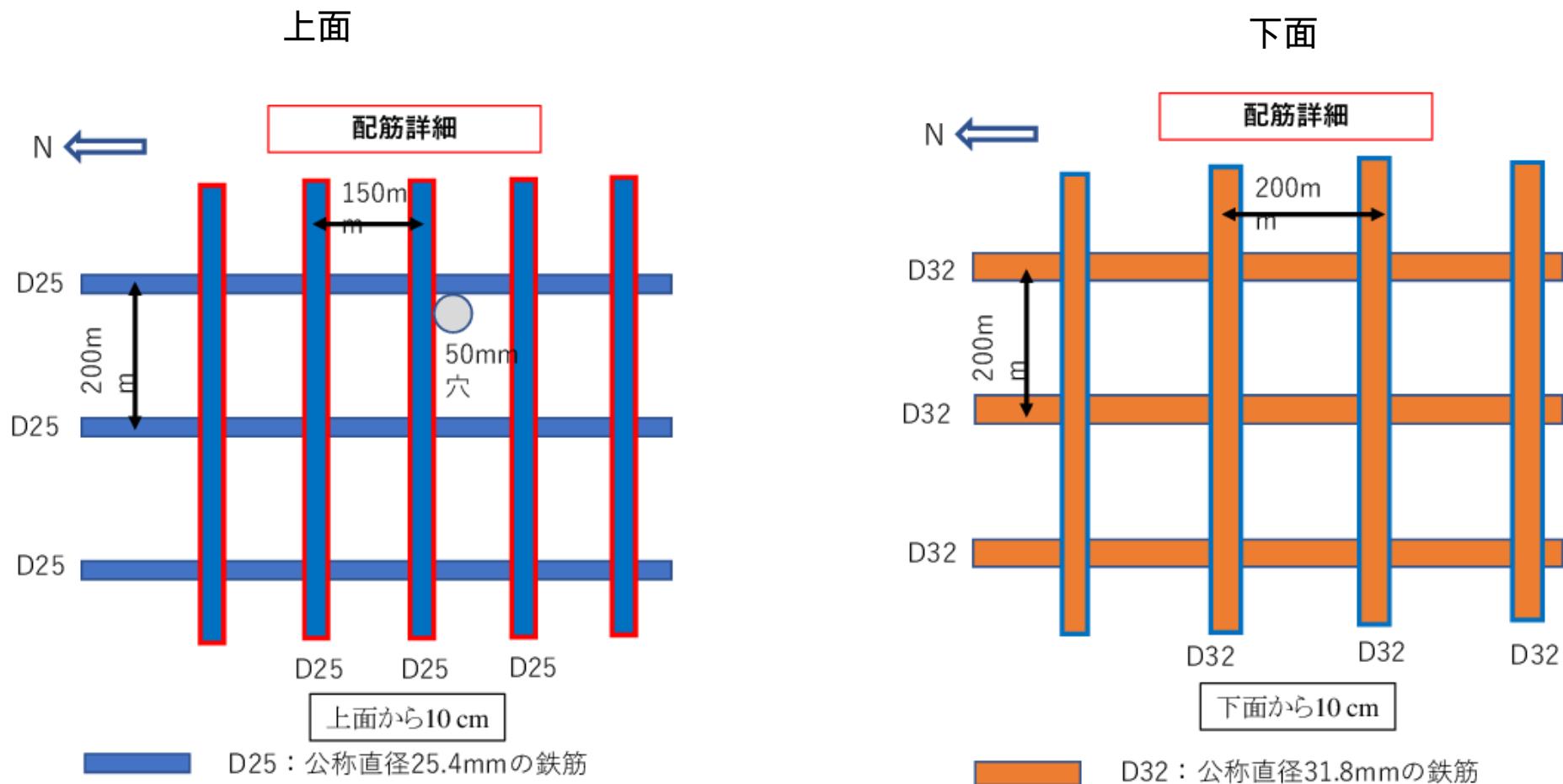
- ・シールドプラグ表面(床面から1.5 cm)での穴の「中央」、及び周辺の「東西南北」5箇所での比較から、穴下部のコンクリート中の状況が均一とは考えにくい
  - ・穴の周辺(線量計の位置は、穴中心から 5 cm)の狭い領域での測定なので、内部が均一であれば、コアが除かれた「中央」が最も高く、周辺の東西南北はほぼ同じで、中央よりも低い線量当量となる
  - ・測定結果は、明らかに異なっている
- ・表面からの深さと共に、線量当量率が増加するというIRIDの穴で見られた傾向がなかった
  - ・穴の底に近い位置にコンクリート以外の物質があると、表面から深い位置の方が、影響が大きくなる。
- ・床表面から10 cm 深さにある鉄筋が影響している可能性が高い



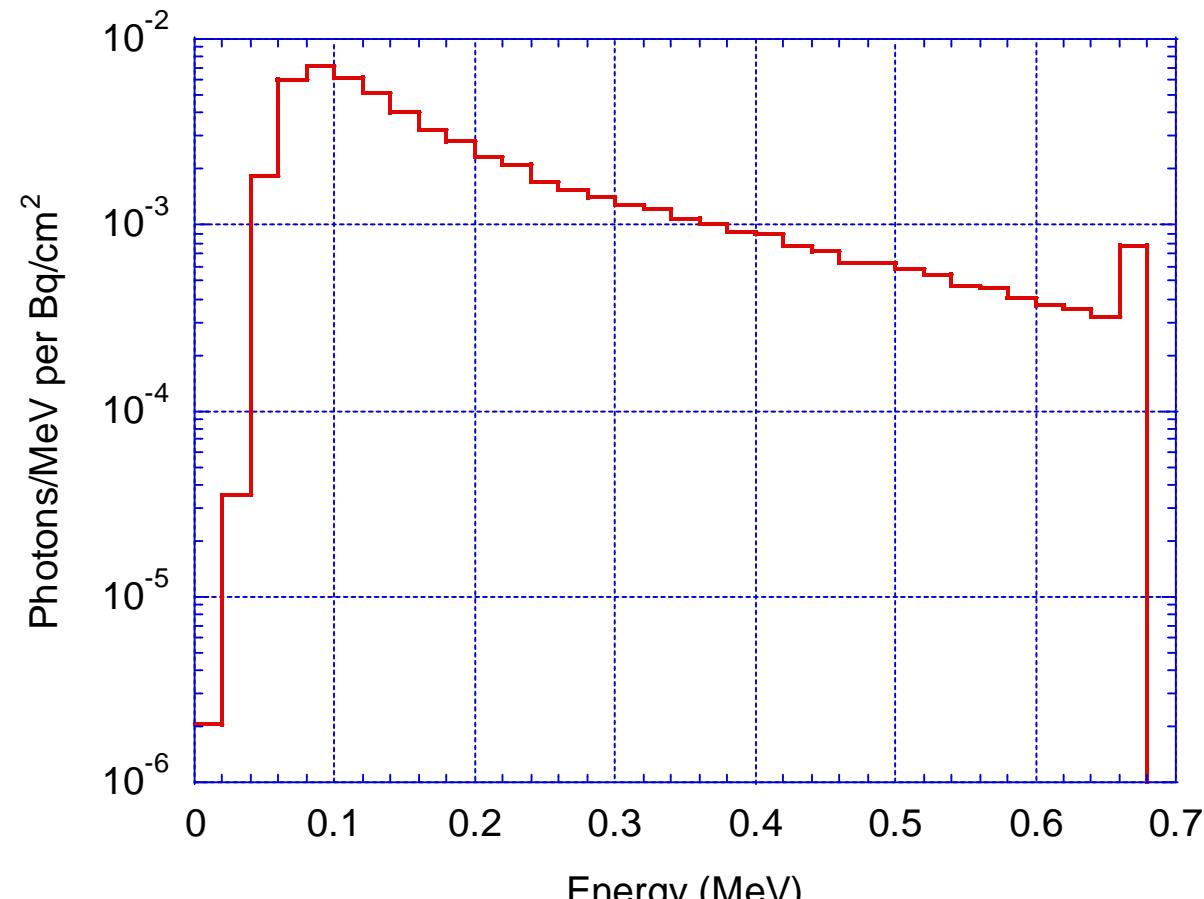
IRIDの穴では、穴の上部が一番高く、東西南北が低いが、他の穴では逆の傾向と位置による大きな違いが見られた



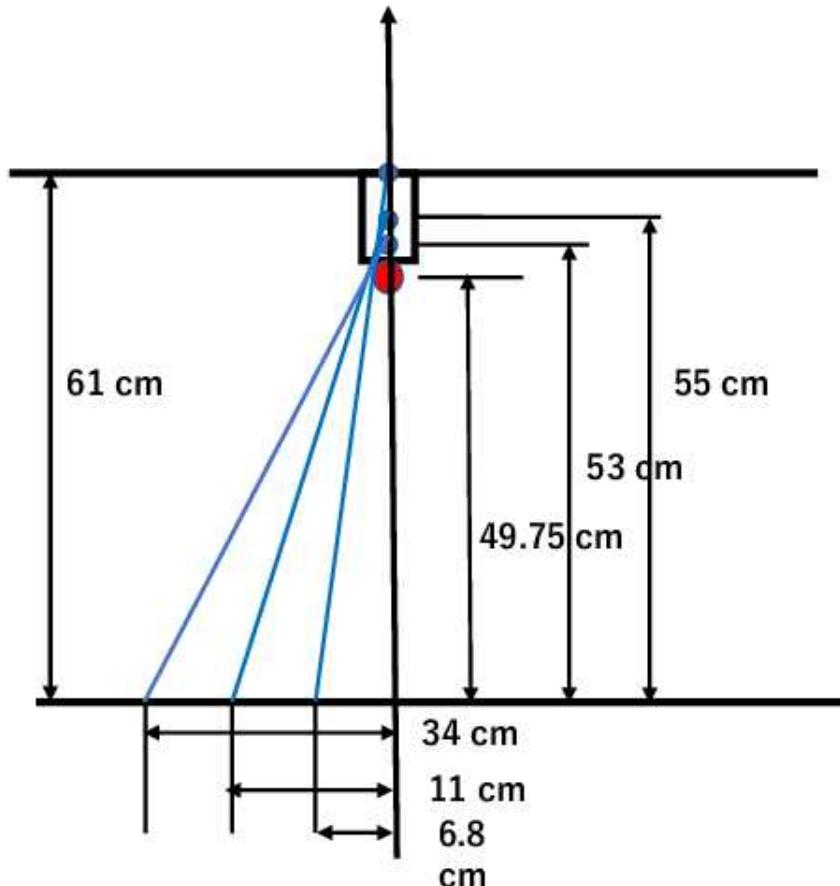
# シールドプラグ中の鉄筋



上面の鉄筋位置に到達するのは散乱線が中心の低エネルギー光子であるので、鉄筋の影響を受けやすい



Cs-137の面線源上部の50 cmコクリート透過後の光子スペクトル



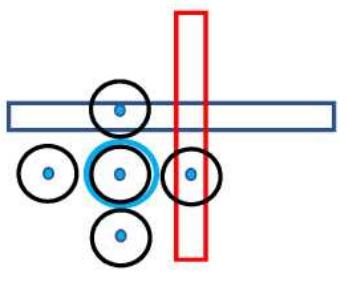
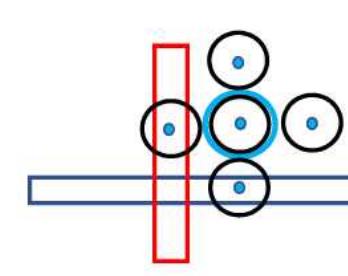
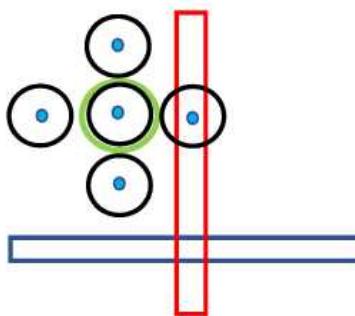
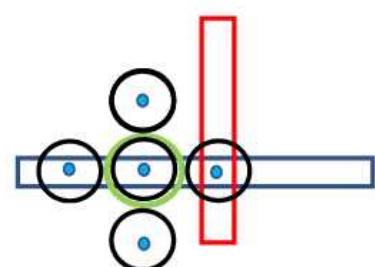
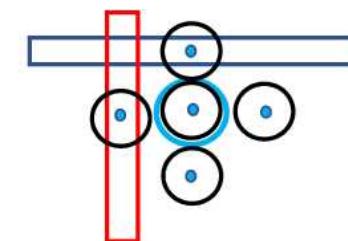
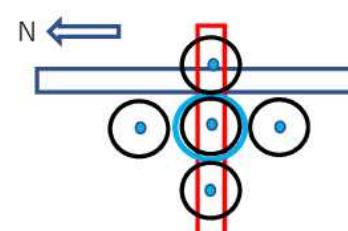
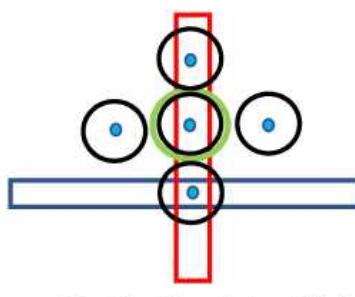
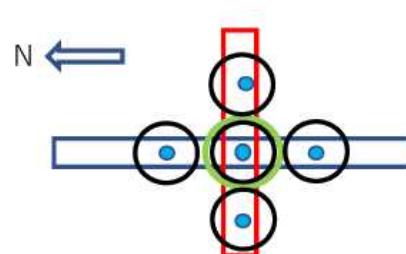
穴の真下に鉄筋がある場合

鉄筋との距離が近いほど、  
鉄筋の影響がある領域  
面積が広くなる

上部から見た配置の典型的な場合でも、以下の様なケースが考えられる。

実際は、この中間的な状況が多いのではないかと考えられる。

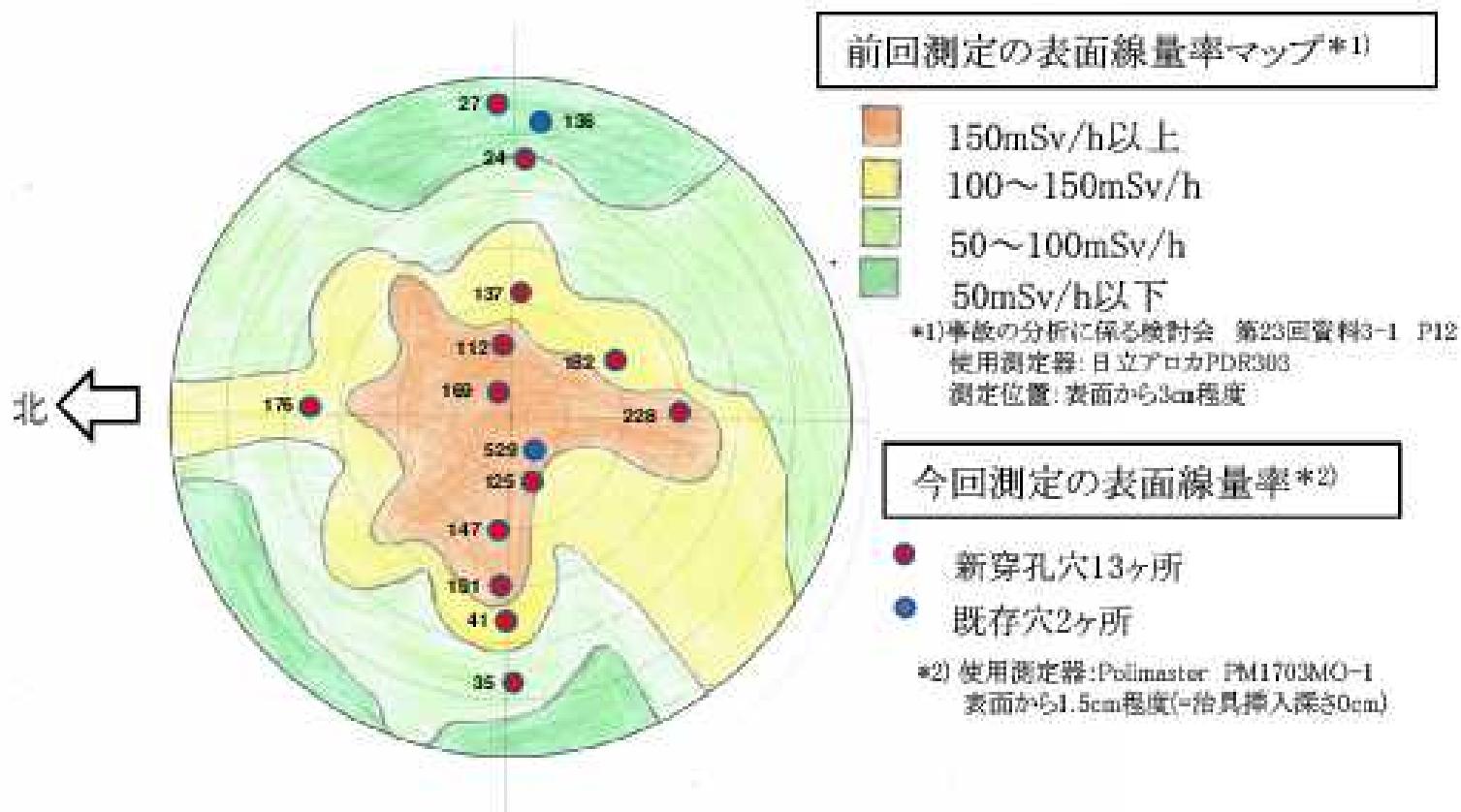
鉄筋の影響が小さい場合(15 cm × 20 cm の中心近くに穴がある場合)には、穴の中央の線量率が東西南北よりも高く、東西南北はほぼ同じ線量率になると思われる。



# 測定結果からシールドプラグ上段と中段のCs-137総汚染量の推定

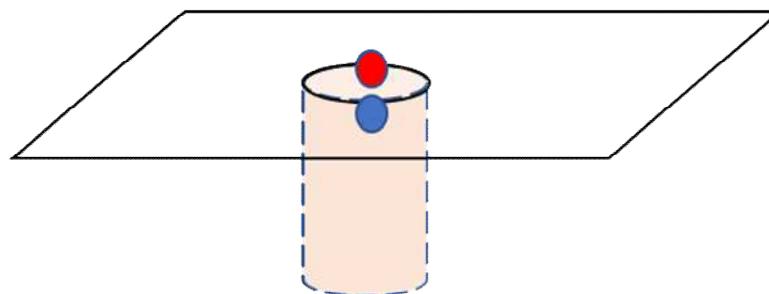
- 鉄筋の位置(鉄筋の上部が表面から10 cm)から。表面に近く穴の底からの距離が高い位置の方が鉄筋の影響が少ないと考えられる
  - 治具の底が表面から2 cm(線量計の位置は表面から0.5 cm) の測定結果を使用
  - 線量率と汚染密度の関係は、鉄筋を考慮しない密度  $2.1 \text{ g/cm}^3$ のコンクリートについてegs5で計算した結果を使用して穴下部の半径50 cm の領域の汚染密度を求める
  - 鉄筋があると、 $1 \text{ Bq/cm}^2$ 当たりの線量当量率が低くなるので、得られた汚染密度は実際よりも小さい
- 実際のドリリング位置は、設定場所に近いが厳密に同じではないこと、東西南北で線量率に大きな違いが見られた場所が多かったので、穴の上部の床面から 1.5 cmの測定結果を「表面線量率」とする
  - 直径 5 cmで深さ10 cmのコンクリートが無い状態での測定なので、ドリリング前の線量率よりは高い
- 表面線量率とシールドプラグ上段と中段の汚染密度(穴の中心から大凡半径50 cmの領域)の関係を調べた
  - 比較のために、IRIDの2つの穴での同様の関係を調べた

## 前回(10/7)測定線量率マップと今回(12/14)測定結果(穴上部)の比較



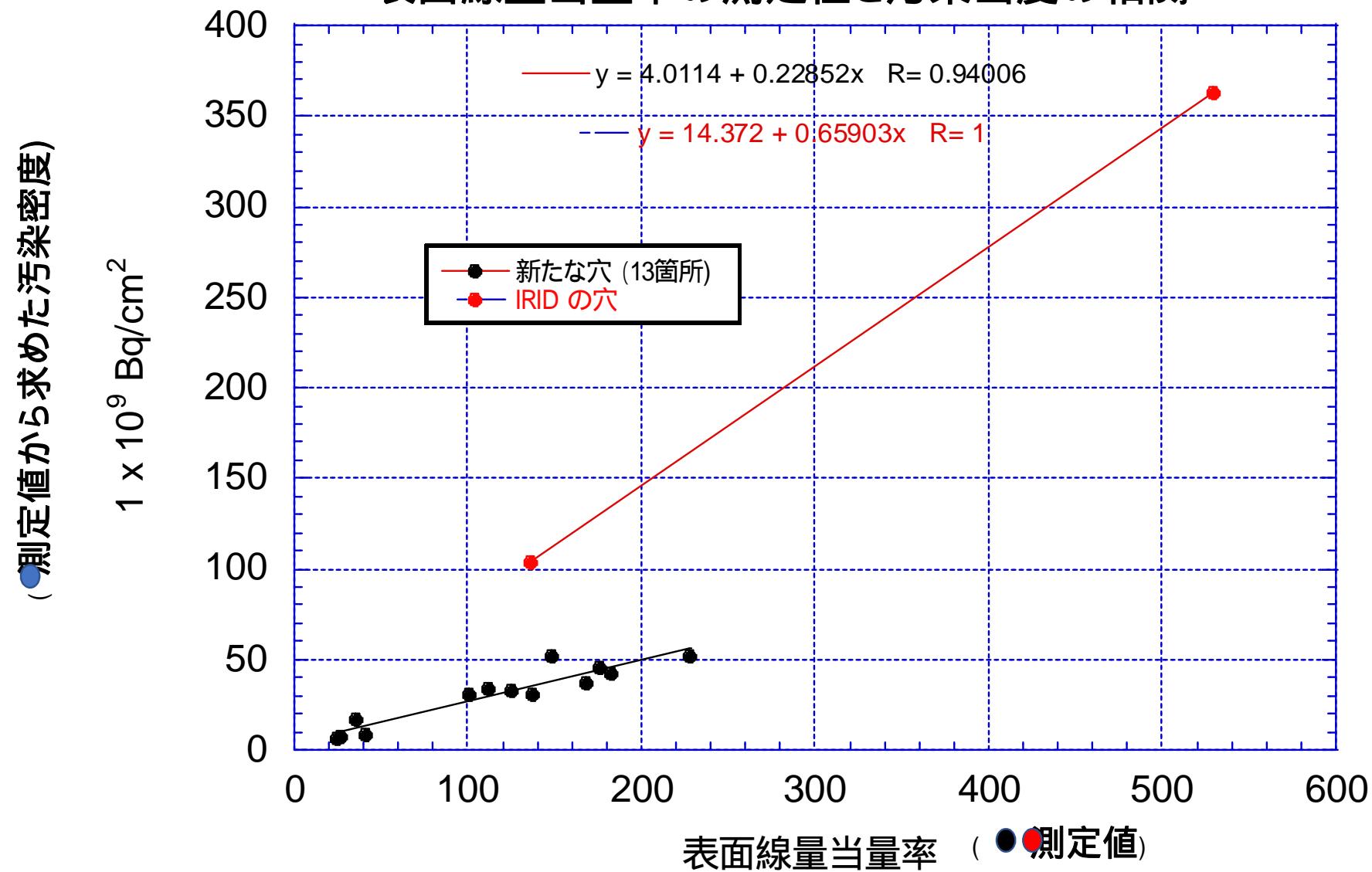
# シールドプラグ表面線量率と上段中段間の汚染密度の相関式導出

1. 今回(12/14)のPolymasterでの線量率  
床上1.5cm ●と穴中床下0.5cm ●の値を使用

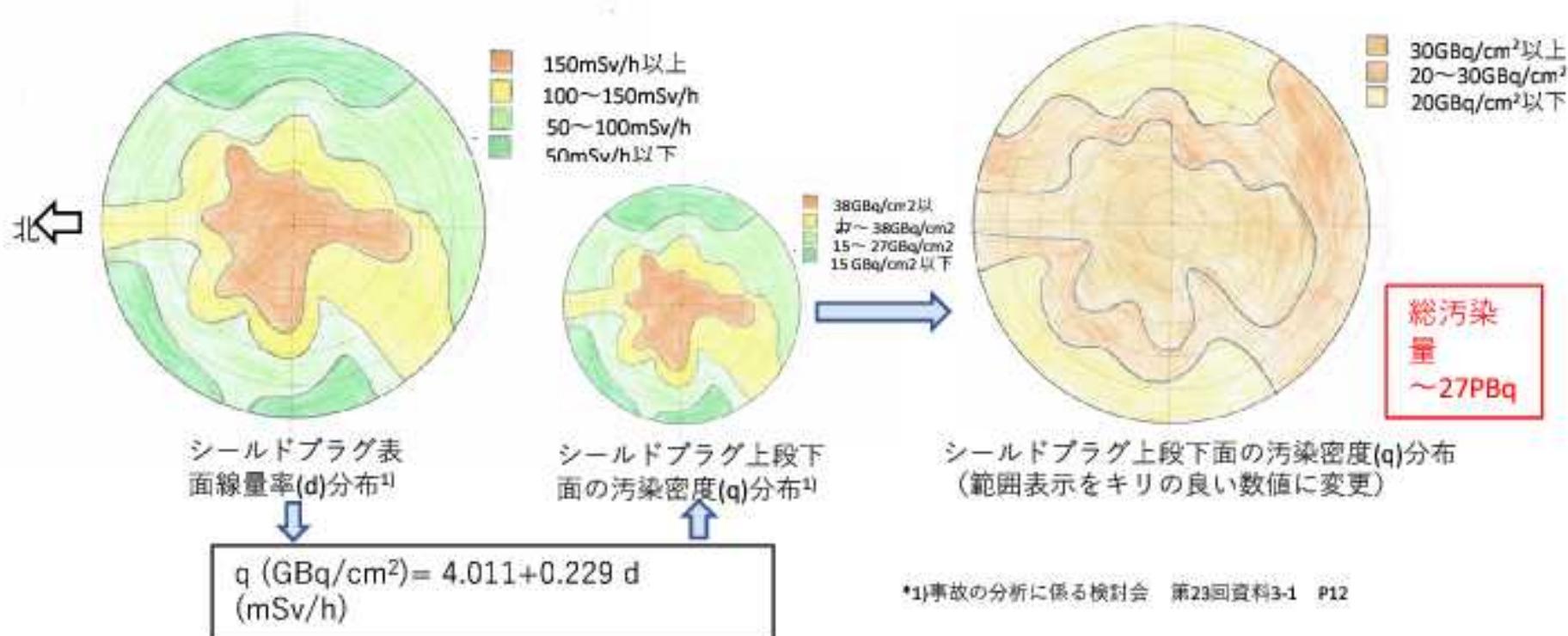


2. 上段中段間の汚染密度と線量率の関係  
egs5による穴中床下0.5cm線量率 ●と汚染密度の換算
3. 今回の床上測定値と汚染密度の相関グラフ作成  
横軸：床上1.5cm ●表面線量率  
縦軸：穴中床下0.5cm ●の線量率で求めた上段中段間  
の汚染密度
4. 床上線量率測定値と汚染密度の相関式を導出  
 $q \text{ (GBq/cm}^2\text{)} = 4.011 + 0.229 d \text{ (mSv/h)}$

## 表面線量当量率の測定値と汚染密度の相関



## シールドプラグ表面線量率から汚染密度への変換



\*1)事故の分析に係る検討会 第23回資料3-1 P12

# シールドプラグ上段中段間の汚染総量の評価

- 穿孔した穴の12月14日の測定値と10月4日に測定した表面線量率から上段中段間の総汚染量 27 PBqが得られた。
- この総汚染量に関しては以下の過小評価要因がある。
  - 上段中段間の汚染密度と線量率の関係をegs5で求めるときに、材質はコンクリートとした。実際は上面側にD25、下面側にD32の鉄筋が格子状に入っており、換算係数を低めに見積もっている。(この効果は計算中)
- 今回新たに穿孔した穴13個の測定値のみ使用して換算係数を求めたが、既存のIRIDの穴では換算係数が3倍になる。(この原因は検討中)
- 換算係数に関するこれらの要因は今後検討を行ない、総汚染量評価値の変動範囲を求める予定である。

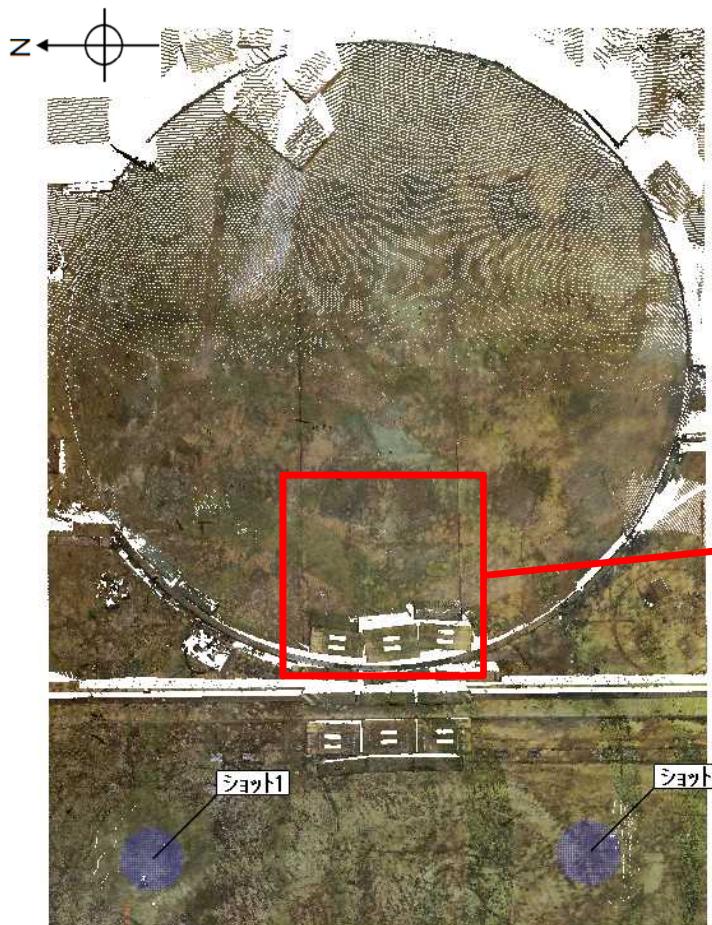
# 鉄筋を含めたegs5の計算

- ・鉄筋を含めた形状は複雑なので、従来使用していた「衝突確率法」(各散乱点からの寄与を積算する方法)は適用するのが難しい
- ・線源から 40 cm の位置まで到達した粒子情報を記録し、40 cm の位置から記録された粒子情報を用いて、検出器での線量当量率を計算する「接続計算」を試みている

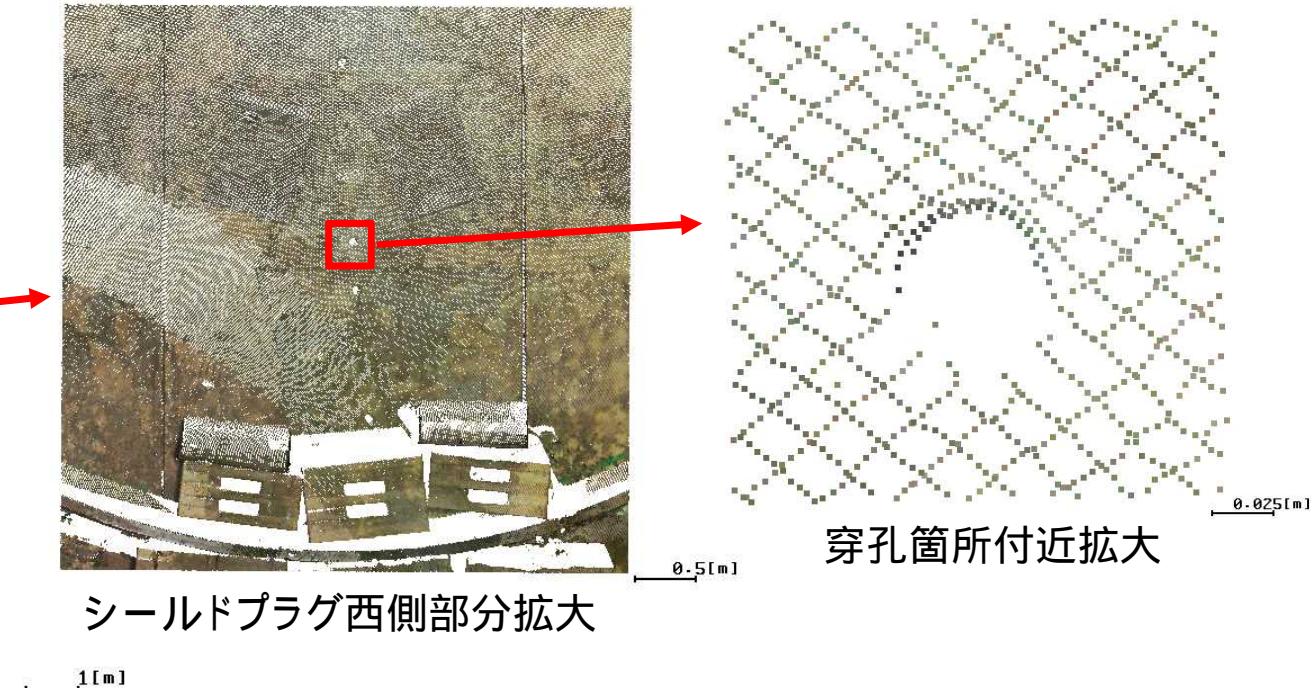
## 2号機シールドプラグの形状測定

2021年12月21日  
東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

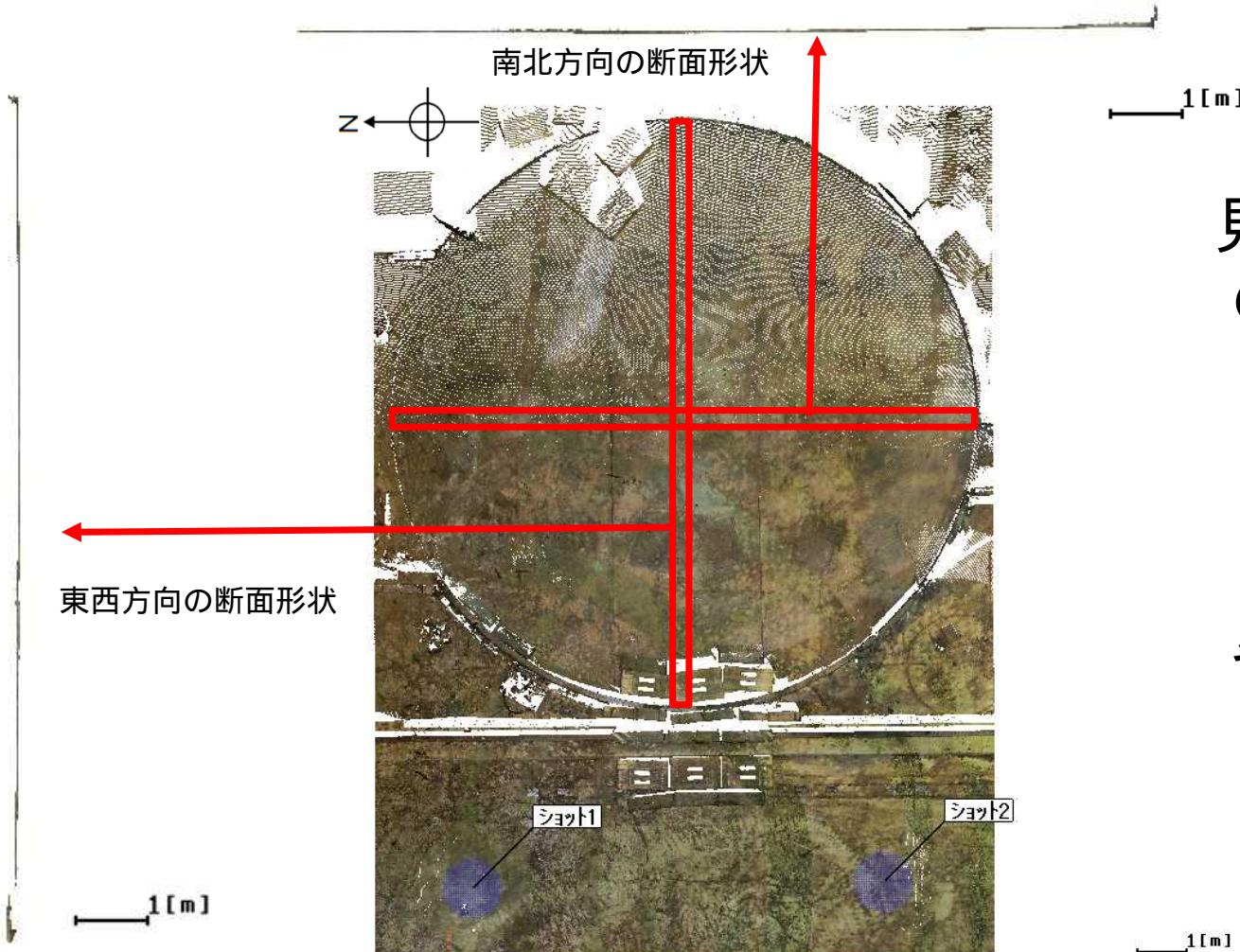
## 2号機シールドプラグの形状測定



- シールドプラグのゆがみの有無等を確認するため、3Dレーザースキャナ(FARO社製)を用いた測定を実施。



## 2号機シールドプラグの形状測定(断面形状)



見た目では、ゆがみ  
の有無及び程度の  
判別が困難



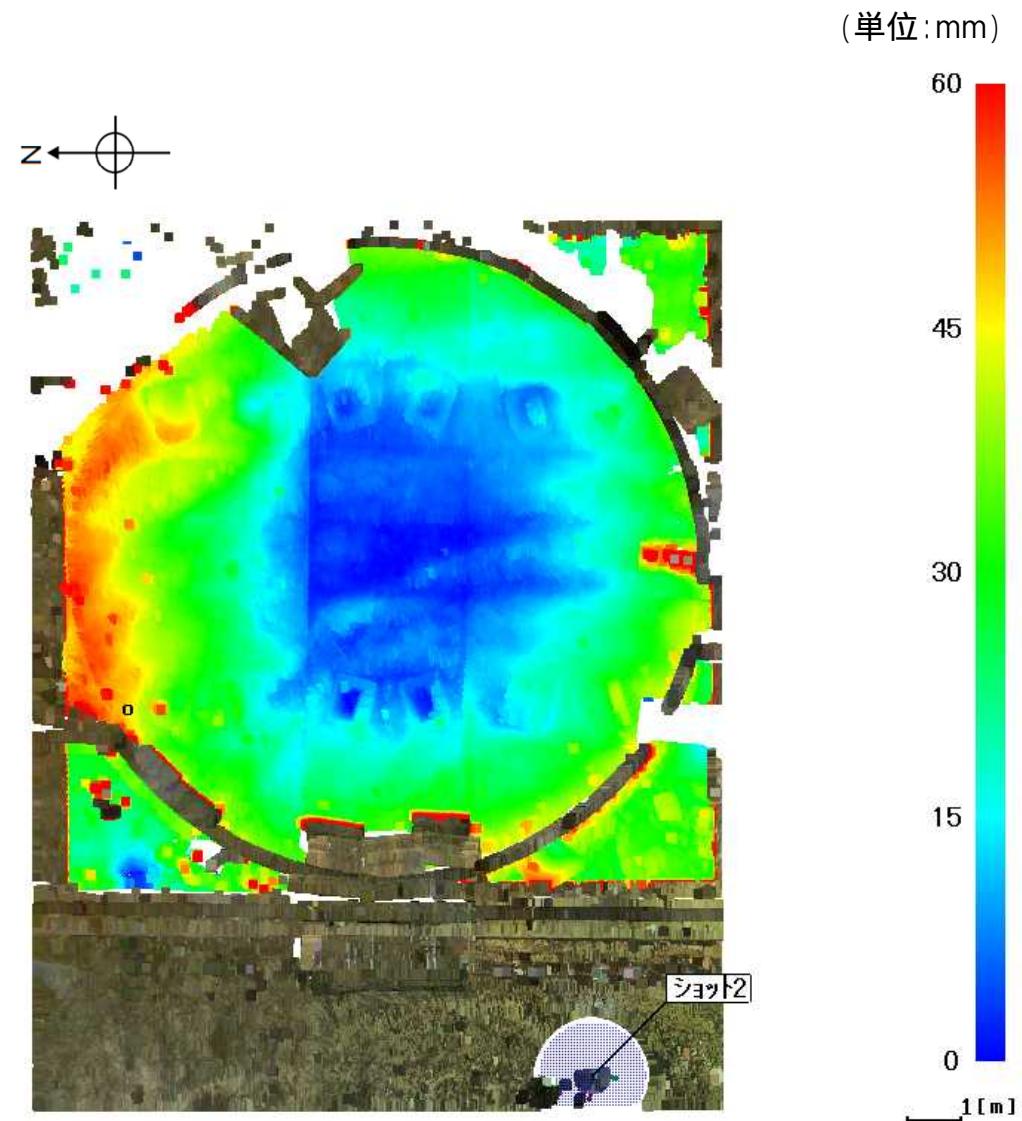
各測定点の高低差  
による分析を実施  
(次ページ)

## 2号機シールドプラグの形状測定 (各測定点の高低差による分析)

シールドプラグの中心を基準点として、  
高低差を分析

- 端部から中心部に向けて落ち込みが見られる。
- 東西方向よりも南北方向の方が落ち込みの程度が大きい。(東西方向は概ね3cm程度の落ち込みに対して、南北方向は概ね6cm程度の落ち込み)

株式会社富士テクニカルリサーチの協力の下、「Galaxy-Eye」により分析

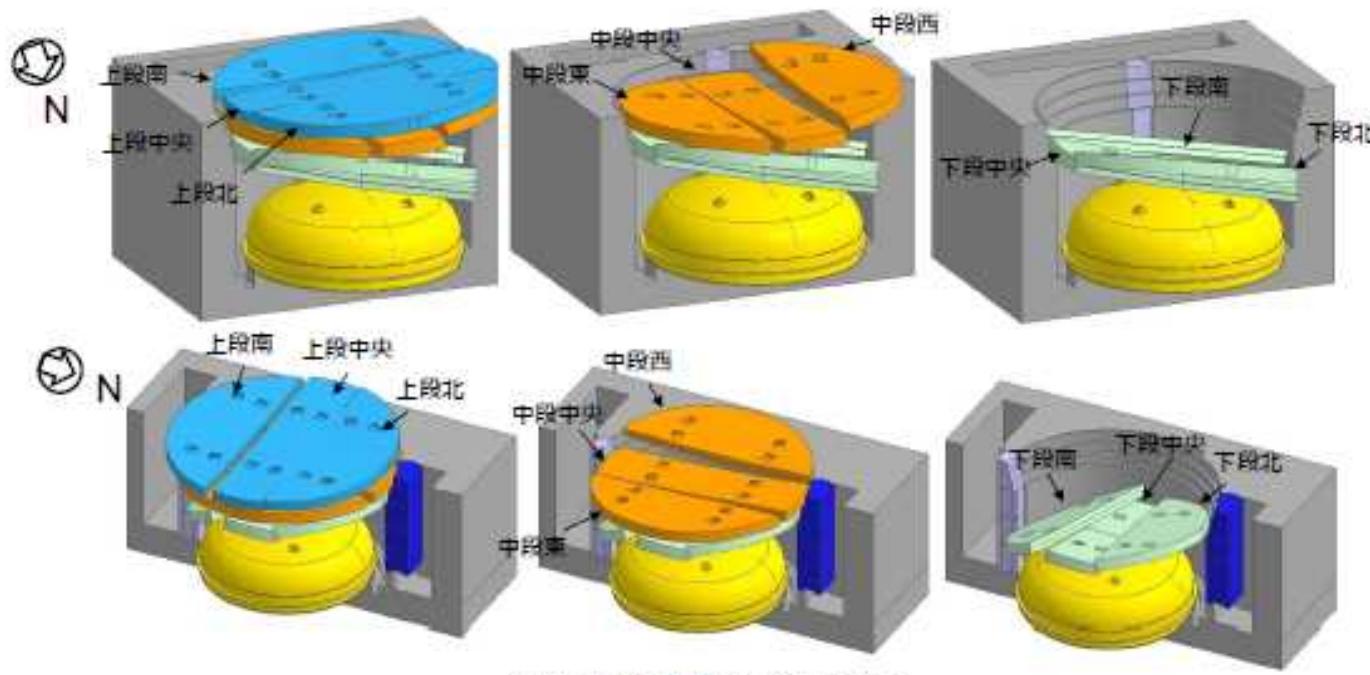


# 1号機シールドプラグの変形(東京電力HDによる調査内容)

## 3-2 ウェルプラグ調査結果（3D計測）

TEPCO

- プラグの保持状態の確認を目的として3D計測を実施し、上段プラグ下面、中段プラグ上面及び下段プラグ西側の一部について、可能な範囲で寸法情報を取得した結果、プラグにたわみ等の変形があることを確認した。
- 今後、得られた結果に基づいて、ウェルプラグの処置について検討していく。



5

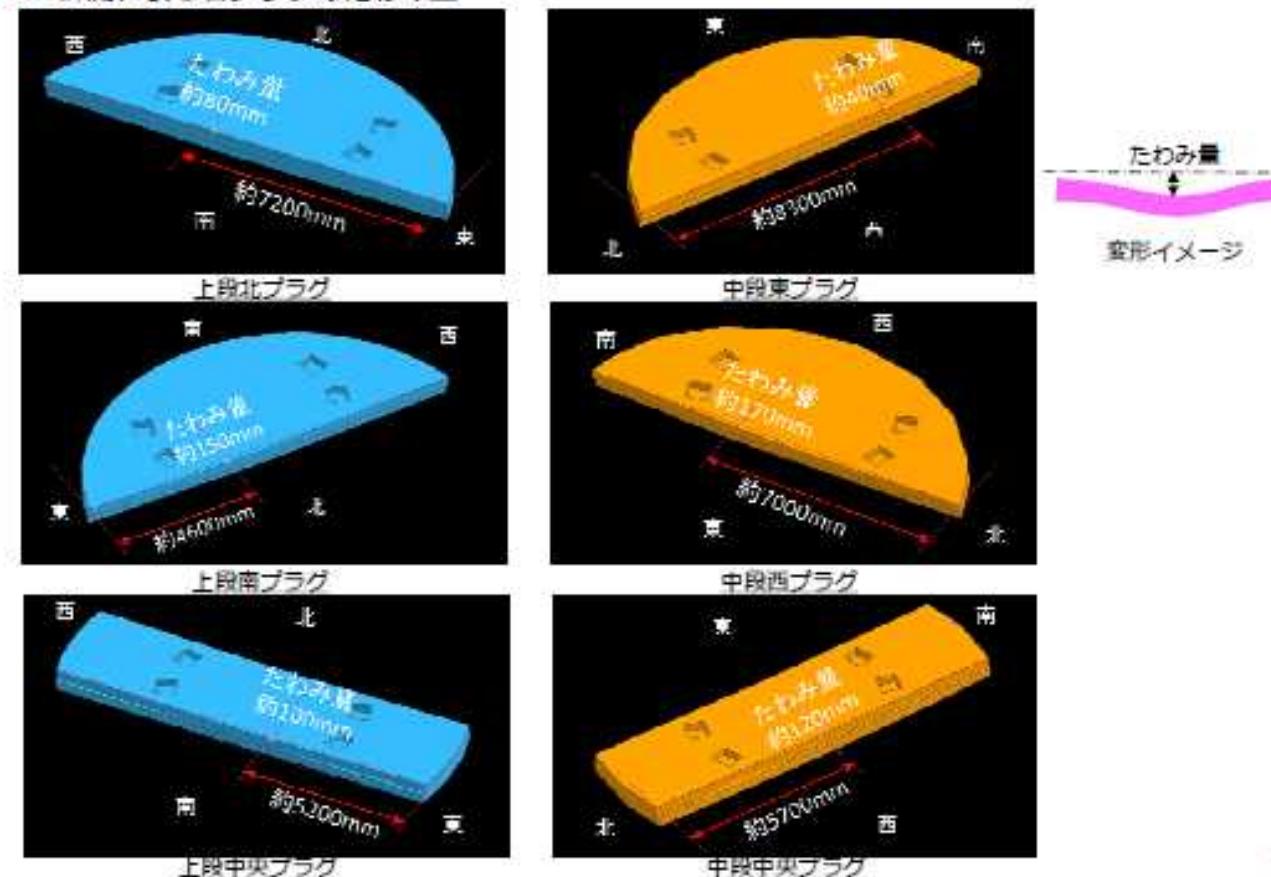
出典: 1号機原子炉建屋ガレキ撤去関連調査結果及び北側屋根鉄骨の切断開始について(2019/9/26 東京電力ホールディングス株式会社)

# 1号機シールドプラグの変形(東京電力HDによる調査内容)

【参考】ウェルプラグ調査各プラグのたわみ量

TEPCO

■ 3D計測による各プラグのたわみ量



18

出典: 1号機原子炉建屋ガレキ撤去関連調査結果及び北側屋根鉄骨の切断開始について(2019/9/26 東京電力ホールディングス株式会社)

6

## 3号機シールドプラグの変形(東京電力HDによる調査内容)

### 添付資料2. シールドプラグの変形について

#### ●状況

- ・除染作業開始前はシールドプラグ上に小がれきが堆積しており、詳細な状況確認ができなかった
- ・小がれきの集積撤去、吸引作業後にシールドプラグ上を調査したところ、シールドプラグ中央部に変形（約300mm）が確認された



# 3号機シールドプラグの変形(東京電力HDによる調査内容)

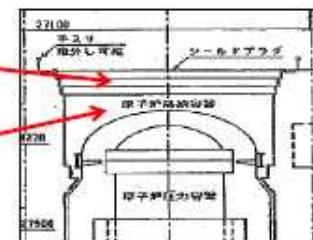
## 添付資料2. シールドプラグの変形について

### ●変形の原因推定

原因として「水素爆発」「天井クレーン等の落下」が考えられるが、シールドプラグ周囲の床スラブ（厚さ:30cm,60cm）が損傷を受けていないことから、水素爆発でシールドプラグ（鉄筋コンクリート製、厚さ約60cm×3層）が変形したとは考え難い。また、落下後の天クレ本体は直接シールドプラグに接していなかったものの、プラグ上部にはトロリーがあり主巻フック等の衝突によるものと推定される。

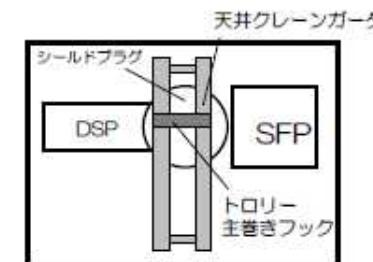
シールドプラグは3枚構成  
1枚の厚み=約600mm  
プラグ間隔=約10mm

シールドプラグと  
PCVヘッドの距離  
=約1,200mm



シールドプラグ断面図

PN



天井クレーンガーダの落下状況

### ●リスク想定

リスクとして、下記が想定されるが考察を次頁以降に示す。

- ①シールドプラグの変形進行、落下
- ②落下物による更なるシールドプラグの損傷
- ③PCV損傷 ④線量率増加 ⑤ダスト濃度上昇

# 現地調査の実施状況について

(1号機及び3号機原子炉建屋内調査等)

2021年12月21日

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

## (2) 1号機及び3号機原子炉建屋内調査等について (2021年12月16,17日)

## (2) 1号機及び3号機原子炉建屋内調査等について

### (1) 目的

事故時に発生した水素爆発について、爆発が発生した状況や影響等に関してより詳細な検討を行うため、水素爆発の痕跡の有無を確認するために、3号機原子炉建屋内部の調査を実施した。

また、1号機については、SGTSフィルタ - トレインの汚染状況を調査するため、遠隔調査用ローダーによるSGTS室内の調査を行った。

### (2) 場所

1号機原子炉建屋(SGTS室)

3号機原子炉建屋2階

### (3) 調査日

2021年12月16日(1号機)、17日(3号機)

## ( 2 ) 1号機及び3号機原子炉建屋内調査等の実施概要

### ( 4 ) 調査実施者

2021年12月16日 原子力規制庁職員 2名

2021年12月17日 原子力規制庁職員 3名

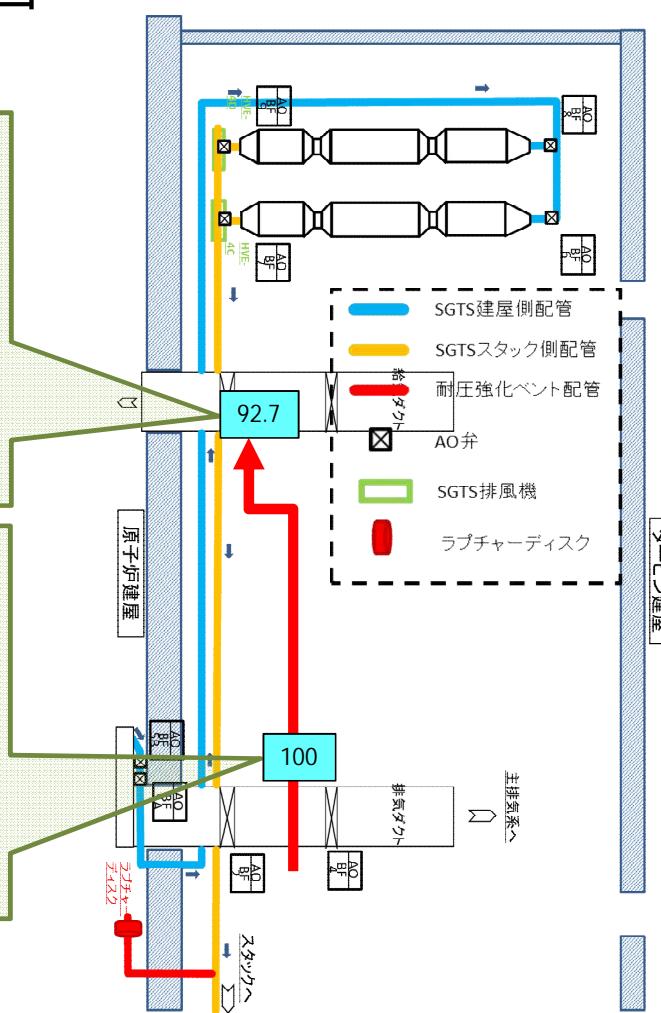
### ( 5 ) 被ばく線量

2021年12月16日 最大:2.8 mSv、最小: 2.6 mSv

2021年12月17日 最大:2.1 mSv、最小: 1.9 mSv

被ばく線量[mSv]の最大、最小は、調査実施者のうち、最も被ばく線量の高い人の値と低い人の値を1日の合計値として示した。

## 1号機SGTS室内概要図

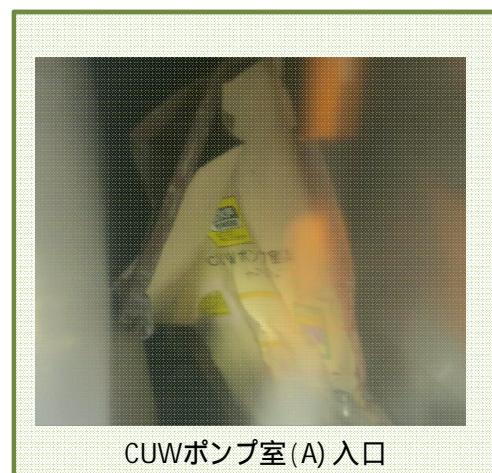


: 原子力規制庁による測定結果 (mSv/h)

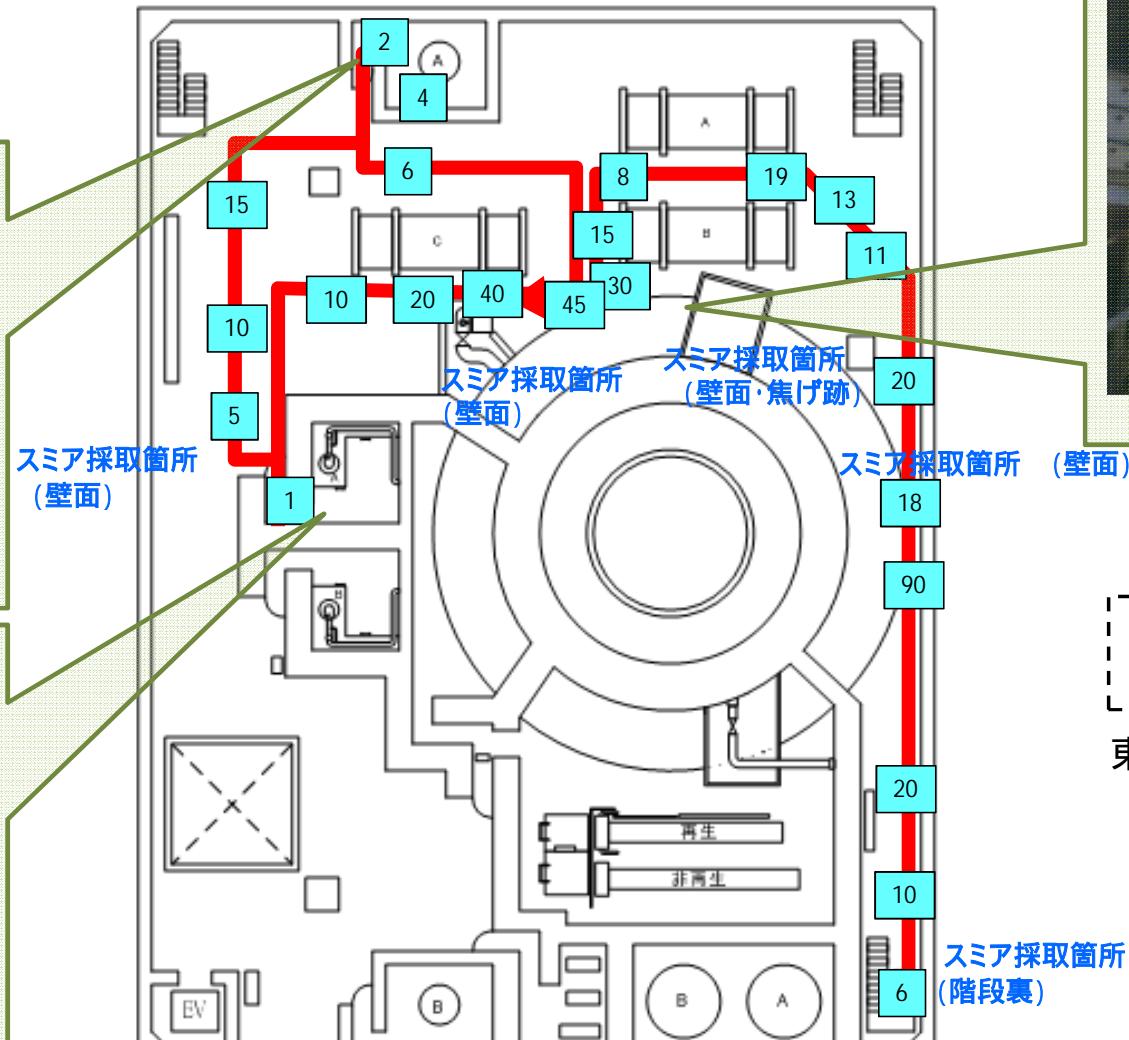
## 調査結果概要 (3号機2階)



RHR熱交換器室入口



CUWポンプ室(A)入口



焦げ跡

現地調査ルート  
(令和3年12月17日)

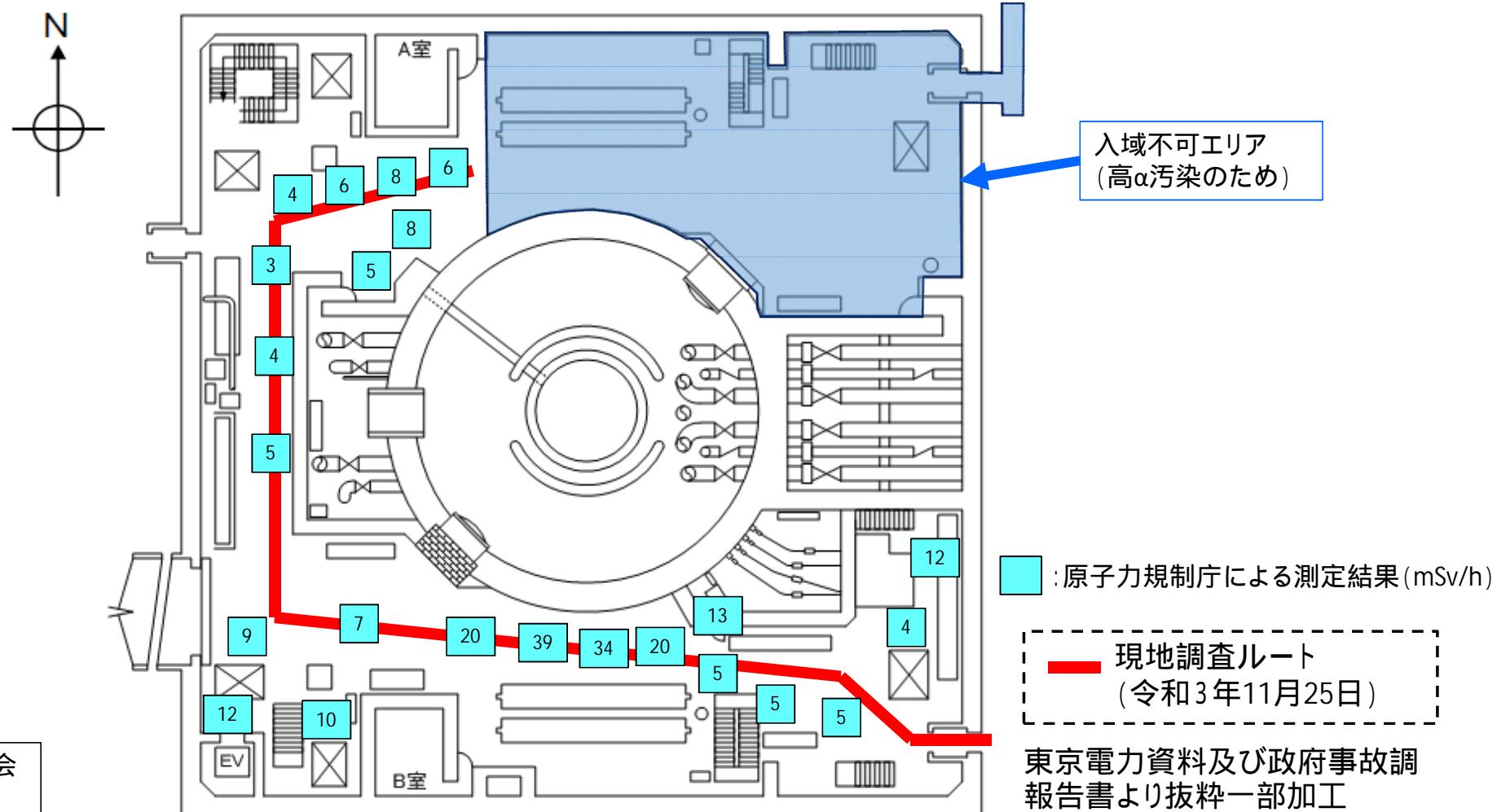
東京電力資料より抜粋一部加工

:原子力規制庁による測定結果(mSv/h)

# ( 3 ) 1号機及び3号機原子炉建屋内の線量測定結果 の追加

( 2021年11月25,26日 )

## 線量測定結果(3号機原子炉建屋1階)



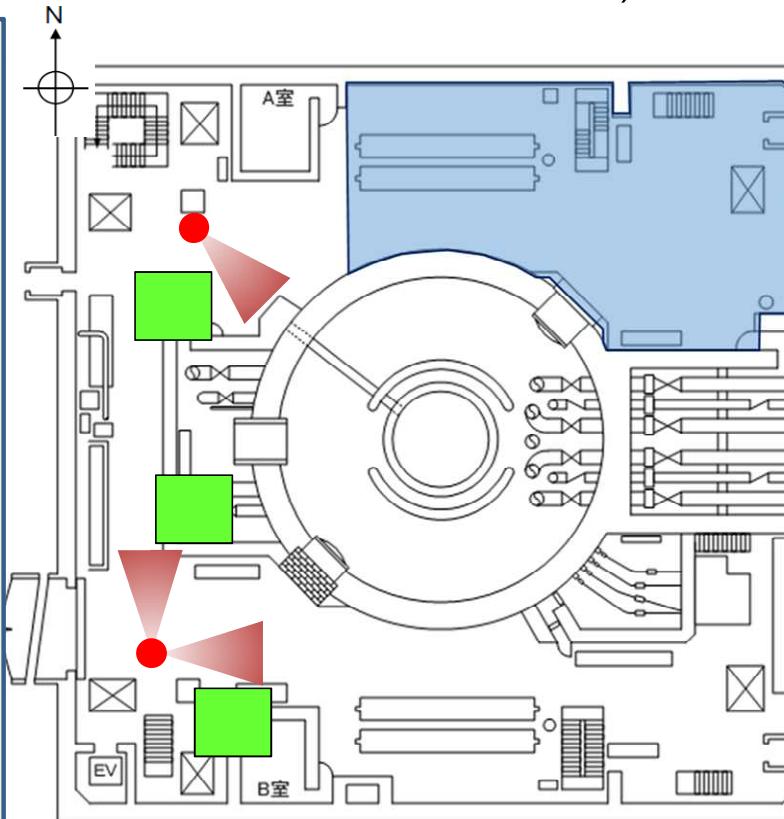
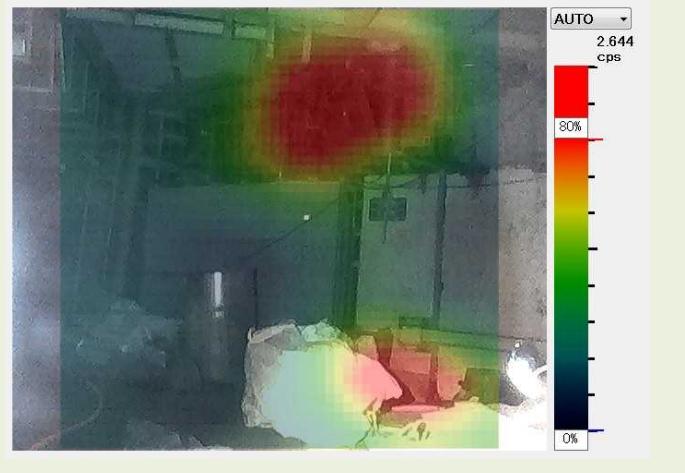
## 調査結果概要

(3号機原子炉建屋1階: ガンマカメラによる測定結果)

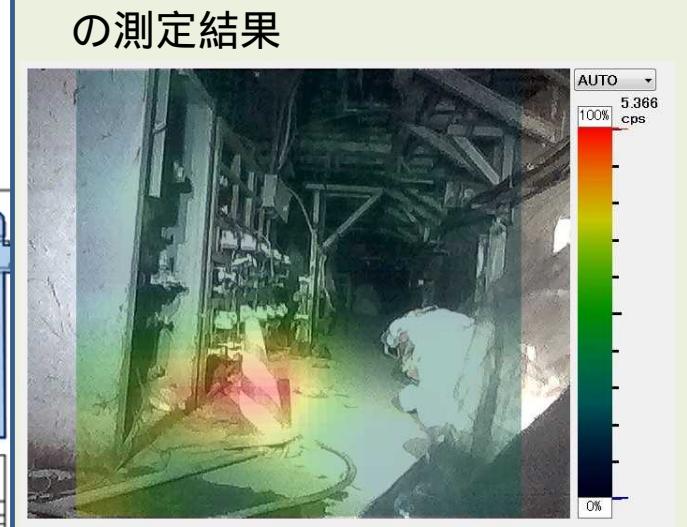
の状況



の測定結果



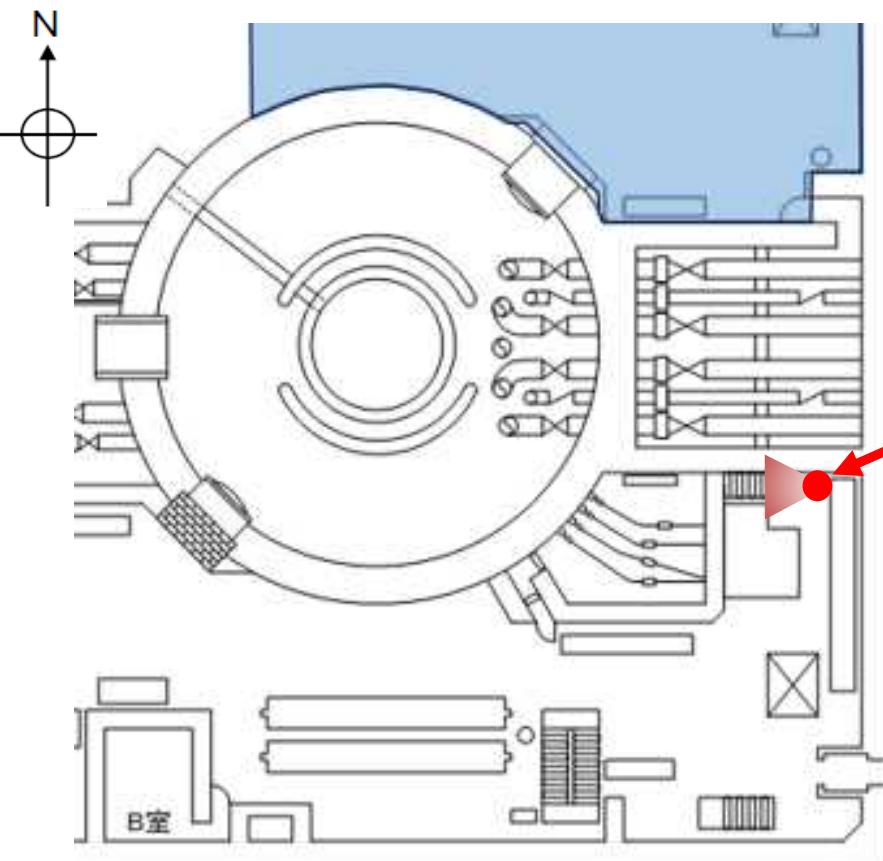
の測定結果



の測定結果



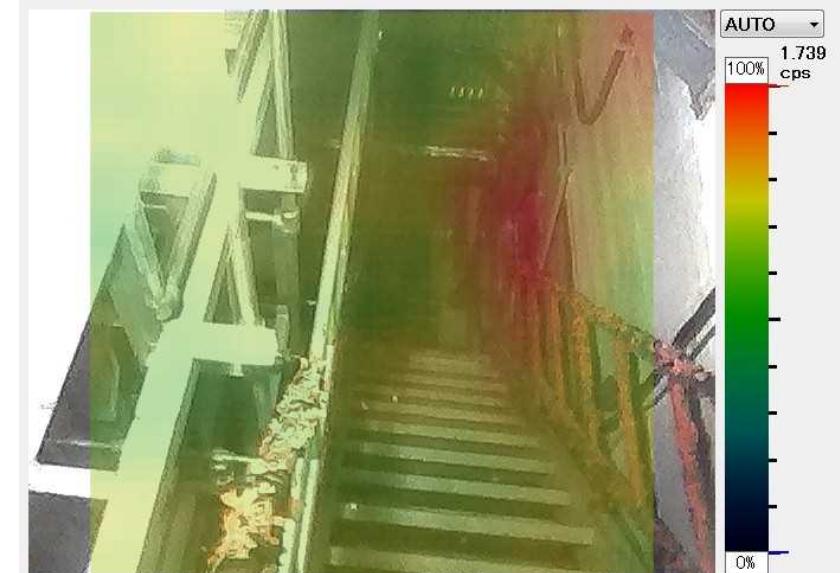
## 調査結果概要 (3号機原子炉建屋MSIV室側壁部)



測定箇所の状況



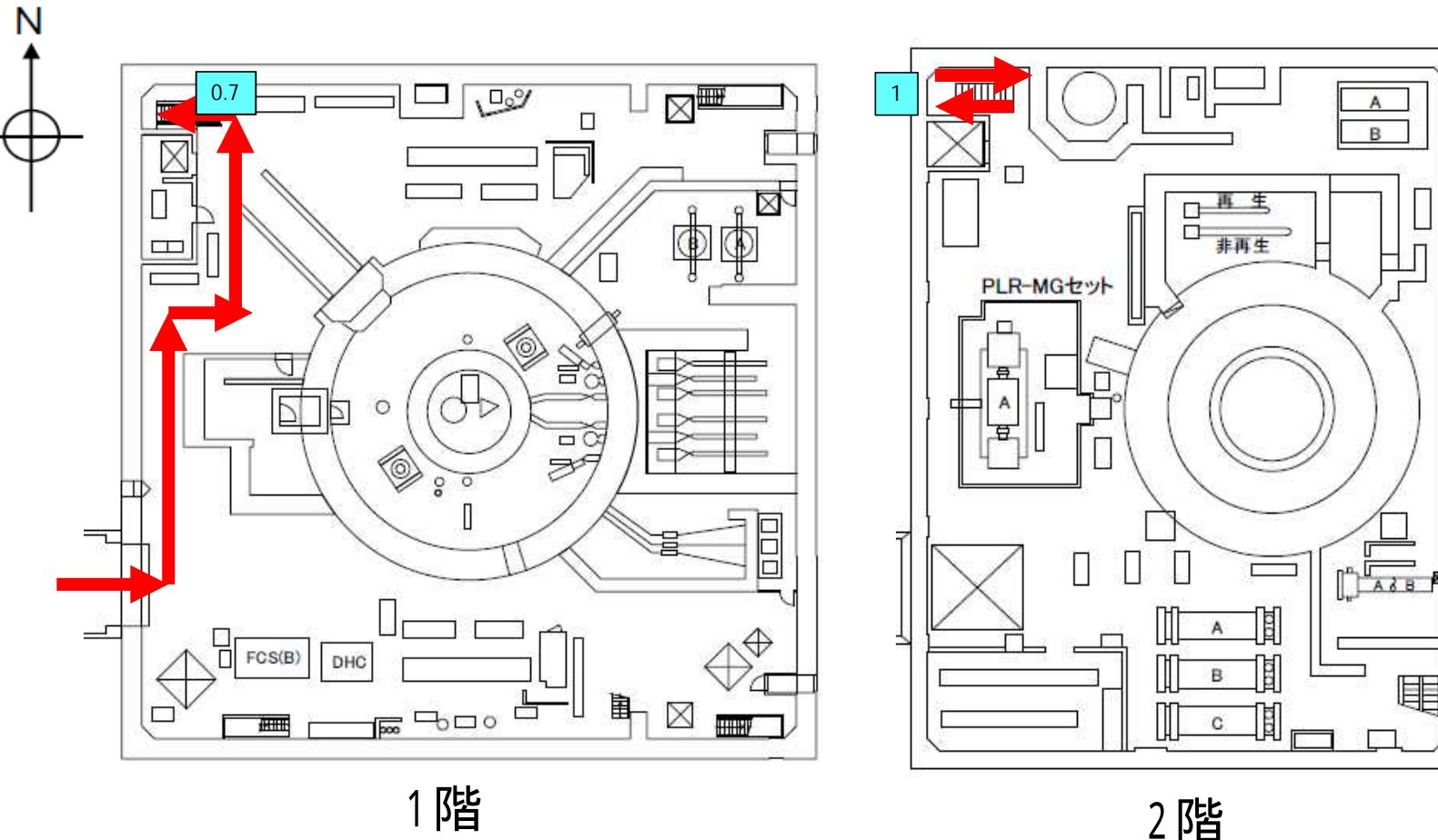
ガンマカメラによる測定結果



第26回事故分析検討会資料3-1を一部修正

## 線量測定結果(1号機原子炉建屋1階及び2階)

■ : 原子力規制庁による測定結果(mSv/h)

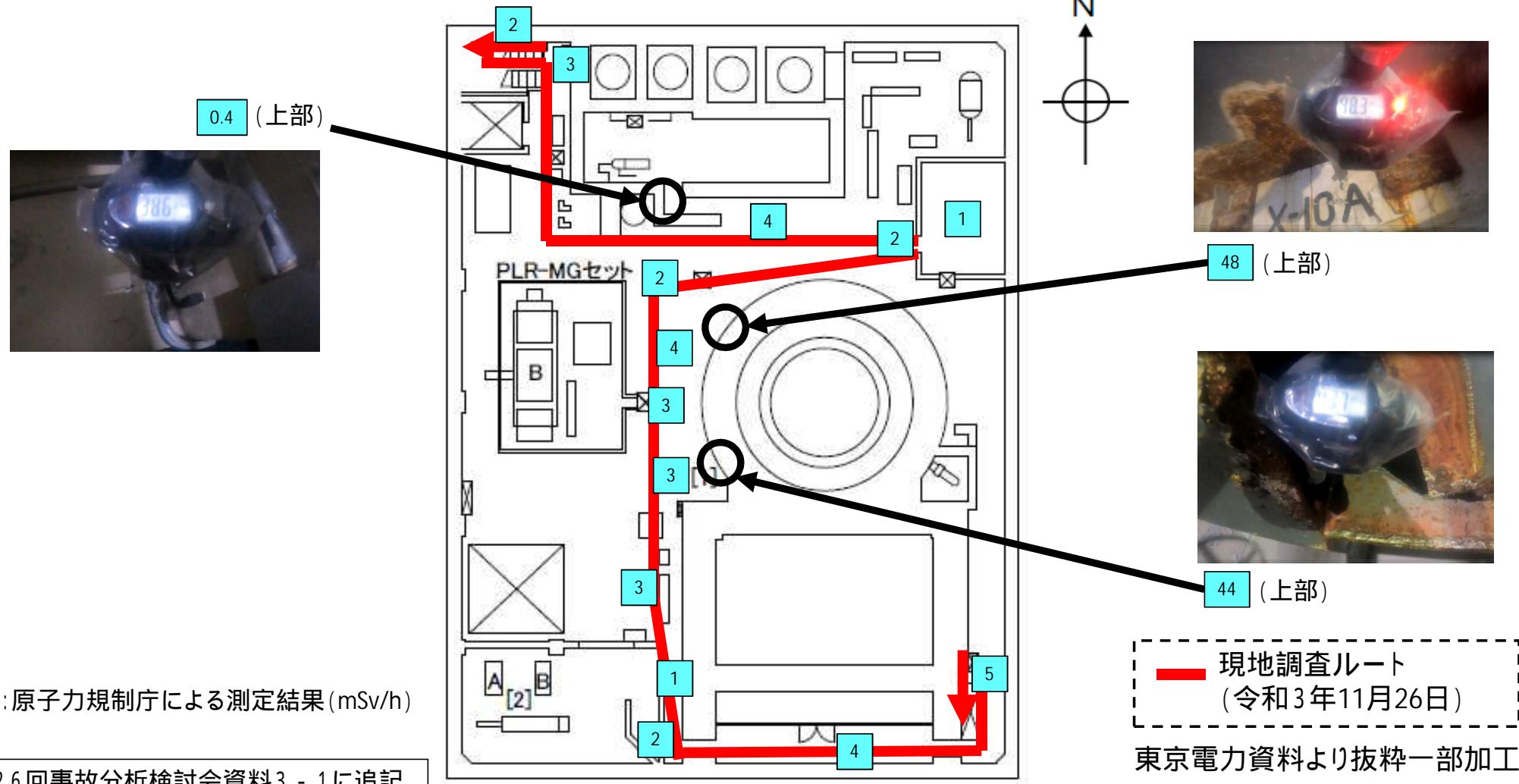


現地調査ルート  
(令和3年11月26日)

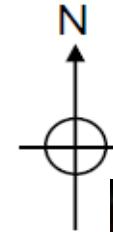
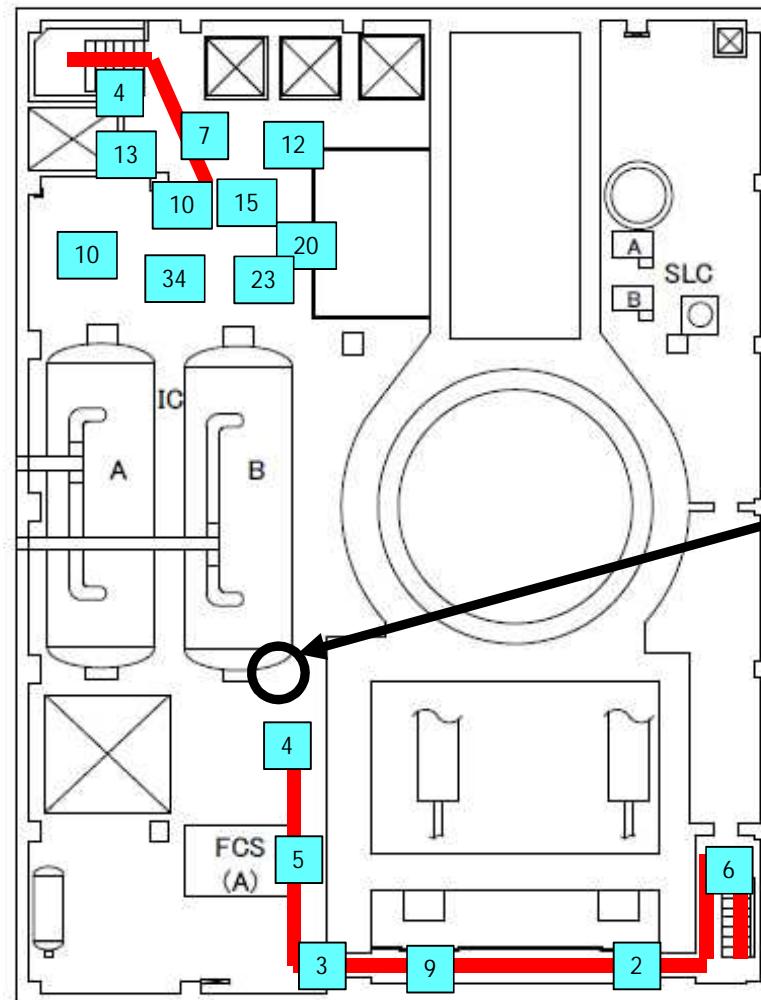
第26回事故分析検討会資料3 - 1に追記

東京電力資料より抜粋一部加工

## 線量測定結果(1号機原子炉建屋3階)



## 線量測定結果(1号機原子炉建屋4階)



6 (上部)

■ : 原子力規制庁による測定結果 (mSv/h)

■ : 現地調査ルート  
(令和3年11月26日)

東京電力資料より抜粋一部加工

第26回事故分析検討会資料3-1に追記

# 1,2号機SGTS配管内汚染の分析

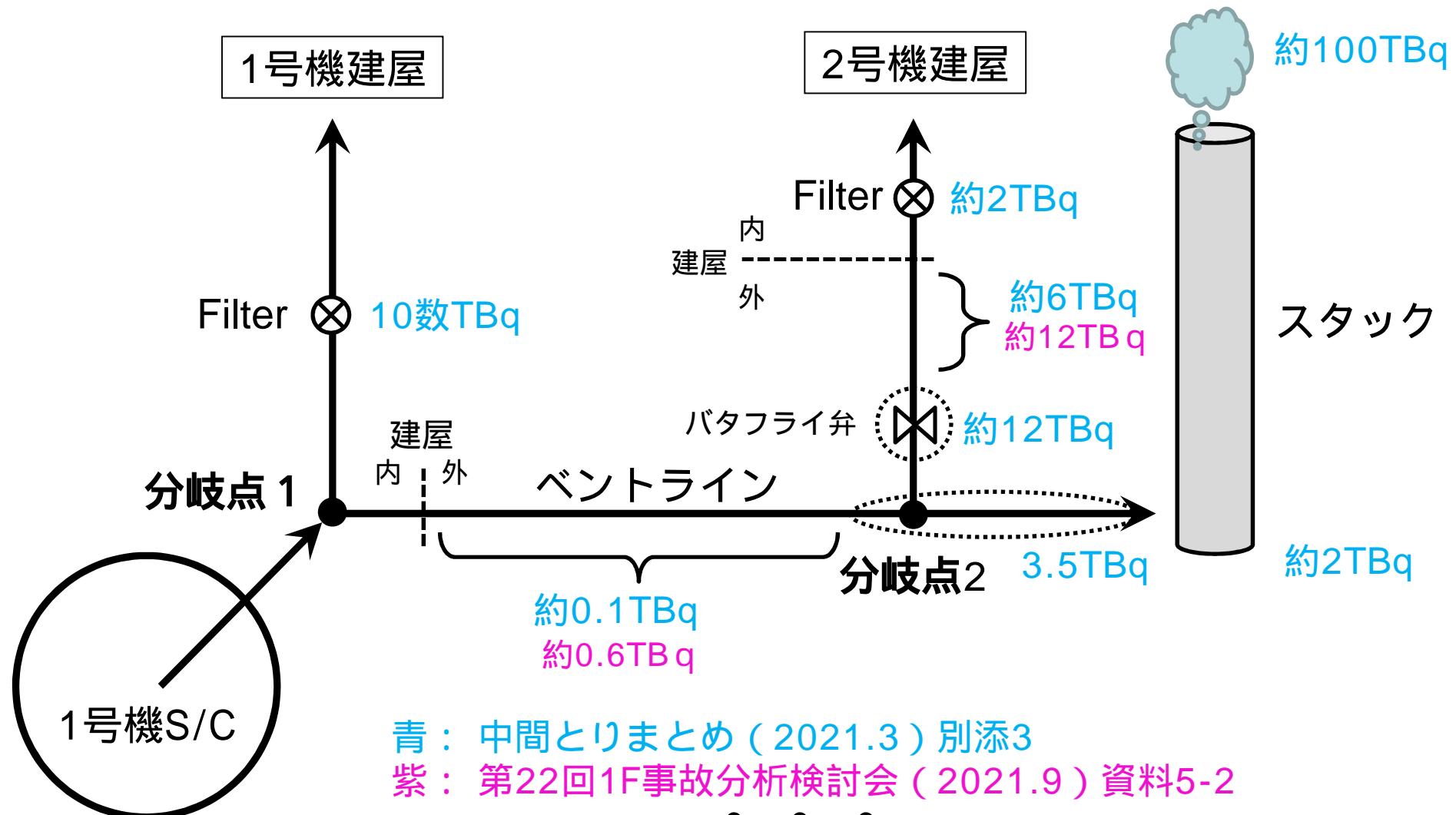
原子力規制庁長官官房技術基盤グループ  
システム安全研究部門

令和3年12月21日

# はじめに

- 1,2号機SGTS配管の線量測定により、セシウム（Cs）の残留分布が推定されてきた
- 大半のベントガスが通過したベントラインが低汚染な一方で、1,2号機のSGTS配管・フィルタで高汚染となる等、その分布に至る原因が解明されていない
  - 昨年度JAEAが熱流動解析による検討を行ったが解明には至らず
- NRAで、RELAP熱流動解析による原因分析を継続
  - 検討 流量配分の再現解析
  - 検討 凝縮と汚染分布の対応
  - 検討 時間変化（流動状態とCs濃度）を考慮した解析
- 検討結果を踏まえ、今後の現場測定に期待すること

# 測定結果に基づく推定Cs分布



# この検討で解決したい問題

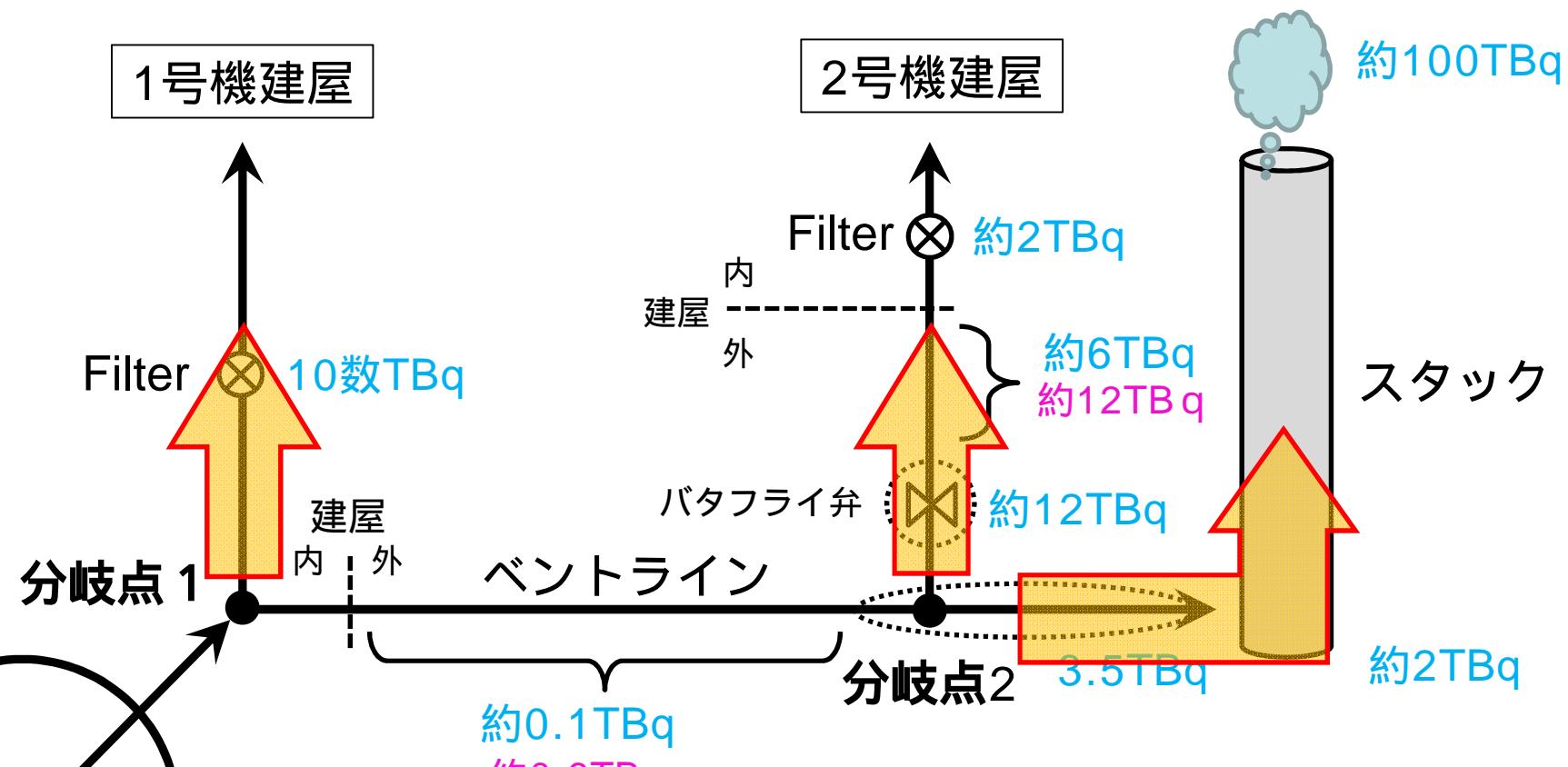
- ベントガスが1,2号機SGTS配管へと逆流した原因是?  
( 1,2号機SGTSの状態がどうであったか? )
  - 昨年度のJAEAの検討では、グラビティダンパ ( GD ) が公称値どおり機能すれば十分な逆流が生じないこと、GDの漏えい面積を変化させることで十分な逆流が生じうることを確認した
  - 検討 : 熱流動解析で、測定結果から推定される逆流量となるような条件を評価し、GD等の状態について推定を行う
- なぜ大半のベントガスが通過したベントラインよりも2号機SGTS配管の方が高汚染となったか?
  - 昨年度のJAEAの検討では、沈着速度モデルによる汚染分布の評価等を行い、測定結果とは整合しないことを確認した
  - 検討 : 蒸気凝縮の発生位置と汚染分布との対応を確認
  - 検討 : ベント中に流動状態とCs濃度が時間変化するシナリオで再現できないか検討

# 検討 流量配分の再現解析

# 流量配分の再現解析（1 / 4）

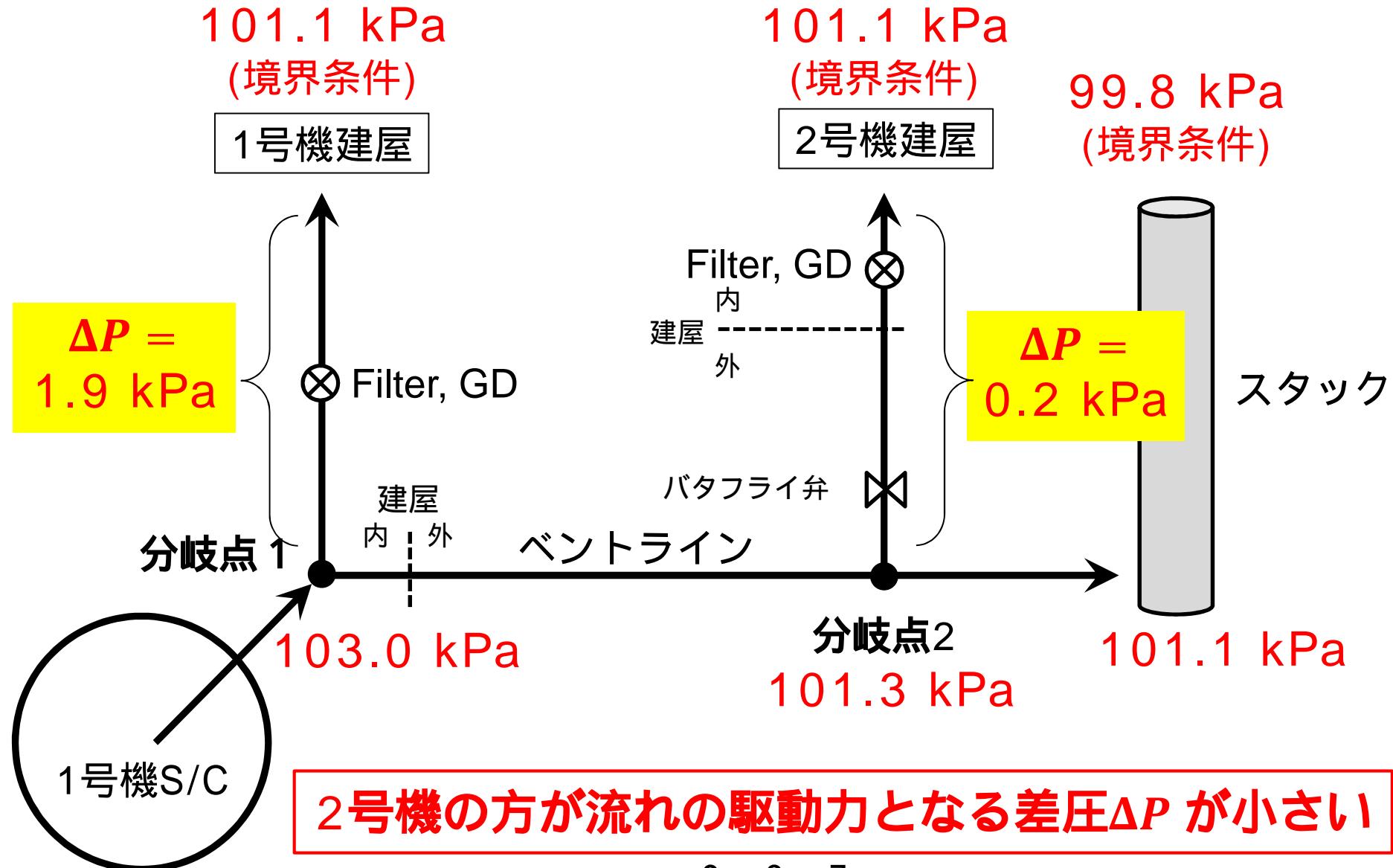
7.7%  
(10TBq)

15.4%  
(20TBq) 76.9%  
(100TBq)



各経路上の残留Cs量合計に流量が比例すると仮定

## 流量配分の再現解析（2 / 4）



# 流量配分の再現解析（3 / 4）

- JAEAのRELAPインプットを用いて解析（一部修正）
- 各経路への流量を決める要素
  1. 流れの駆動力となる圧力差
    - 出口圧力と分岐点圧力との差
    - 出口圧力の変動要因
      - 1号機建屋の高圧化
      - 2号機建屋の負圧維持
    - 分岐点圧力はスタックの圧力損失（圧損）とベントラインの圧損で決まる
      - スタックで大きな流動抵抗（圧損係数）が生じた可能性あり
  2. 経路上にある流動抵抗
    - 1,2号機SGTS : GDとSGTSフィルタの圧損が支配的
    - ベントライン : 配管壁での摩擦圧損（=分岐点1と2の圧力差）
- **流量配分を再現する圧損係数（GD + SGTSフィルタ）を評価**
  - 1,2号機SGTSの状態の推定につながる情報
  - 不確かさ要因（出口圧力、スタック圧損）を変えた感度解析も実施

$$\text{圧損係数 } K: \Delta P = \frac{1}{2} K \rho V^2$$

(密度  $\rho$ , 流速  $V$ )

# 流量配分の再現解析（4 / 4）

- 1,2号機GD+SGTSフィルタの圧損係数の評価結果

| 仮定                | 1号機  | 2号機 |
|-------------------|------|-----|
| ノミナル条件            | 3460 | 47  |
| 1号機建屋圧力 +1 kPa    | 977  | 47  |
| スタック圧損係数10倍       | 5102 | 865 |
| 2号機建屋圧力 -0.06 kPa | 3460 | 116 |

GD圧損係数の設計値: 1号機 $2.8 \times 10^4$ , 2号機 $1.1 \times 10^5$

- SGTSへの十分な逆流: GDが設計値どおり機能しない
- 2号機の方が圧損係数が1~2桁小さい
  - 2号機のGDの方が1号機より流れやすい状態であった可能性
  - GDの圧損係数が1,2号機で同程度だとすると、1号機でフィルタの目詰まり等のGD以外の圧損要素が生じていた可能性
  - 出口圧力、スタック圧損を変えても、2号機の圧損係数が小さい

# 検討 凝縮と汚染分布の対応

# 凝縮と汚染分布の対応（1/3）

- 検討では、ペントラインからSGTSへの逆流量のみに注目
- ペントガス中のCsが経路途中に残留した原因として、蒸気凝縮で発生した水が影響した可能性がある
  - RELAP解析で蒸気凝縮の発生位置・量、凝縮水の移動を評価
  - 高汚染箇所と凝縮との対応を確認する

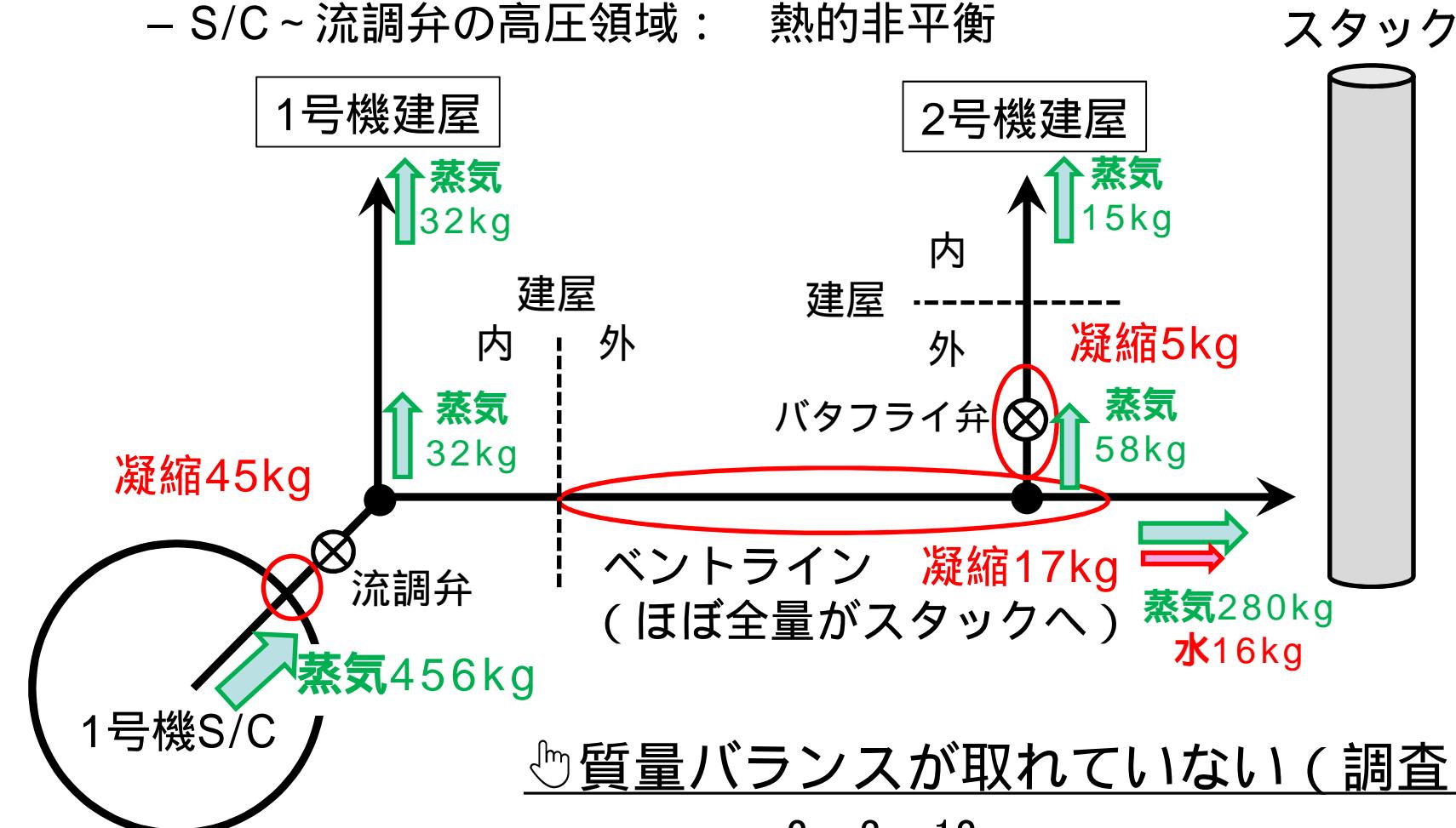
## 凝縮と汚染分布の対応（2/3）

- 凝縮の発生位置・量（下図：RELAP解析の結果）

– 建屋外の配管： 2号機バタフライ弁前後、ベントライン

➢ ベントラインで凝縮した水はほぼ全量スタックへ流出

– S/C～流調弁の高压領域： 熱的非平衡



# 凝縮と汚染分布の対応（3/3）

- 高汚染の2号機SGTSと低汚染のベントラインで凝縮が発生
  - いずれも建屋外（配管外側が低温）
  - 「凝縮発生位置 = 高汚染位置」とは言えない
  - ベントラインの凝縮水はスタック方向に流されており、最終的な凝縮水の位置と高汚染位置とが対応している可能性あり
- S/C～流調弁で凝縮が発生
  - 凝縮水のたまり場があれば高線量となっている可能性あり
- 質量バランスが取れていない
  - 主成分である非凝縮性ガスの質量バランスは崩れていらず、流量配分の再現解析の結果には大きく影響ないと考える
  - 凝縮量の絶対値は信用すべきでないが、凝縮発生位置や発生量の相対関係といった定性的な傾向確認に使うことは可能と考える
  - 旧バージョンのRELAPでは質量バランスが取れている

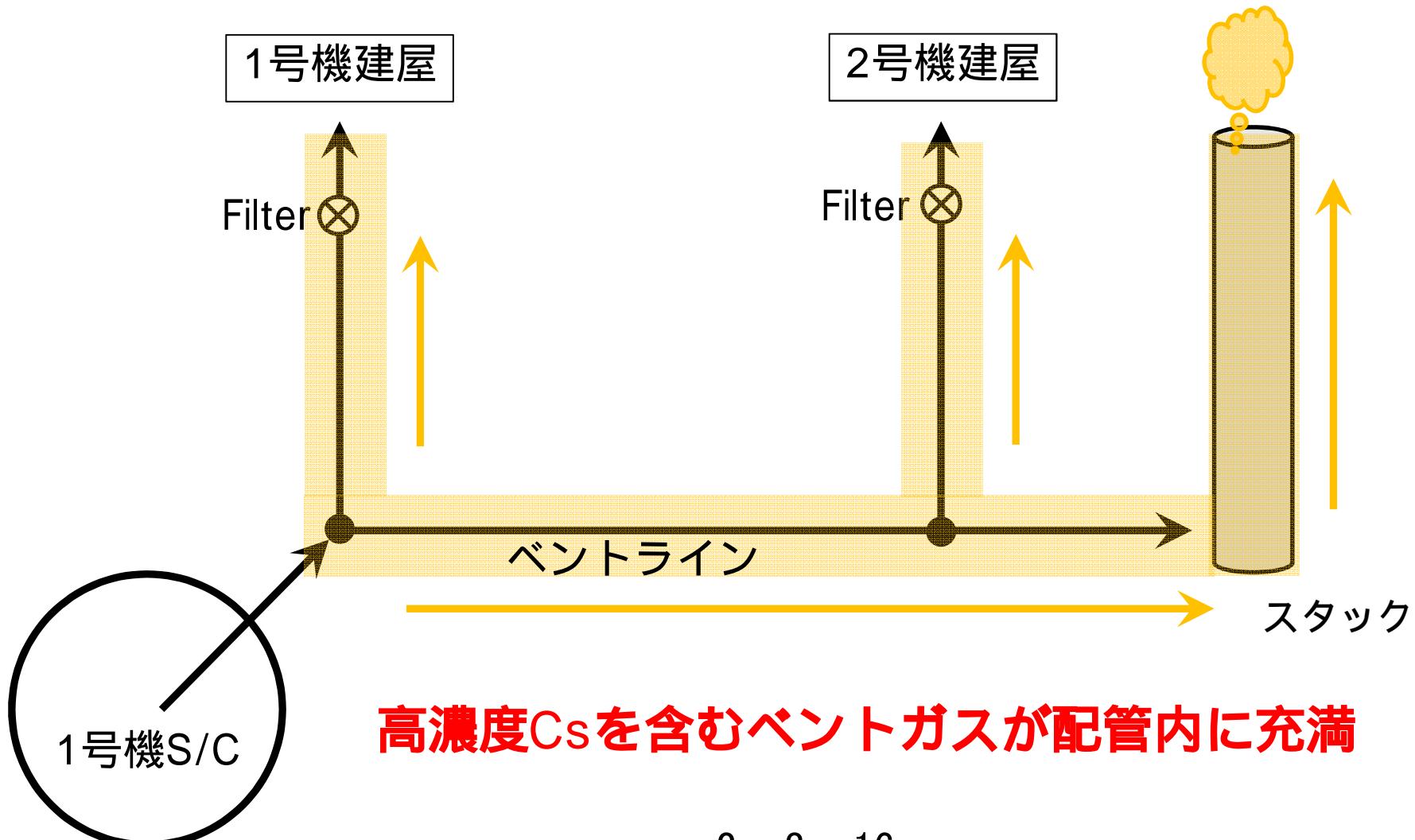
# 検討 時間変化（流動状態とCs濃度） を考慮した解析

# 時間変化を考慮した解析（1/5）

- 流動状態とCs濃度は時間変化する
  - SGTSのフィルタライン（HEPAフィルタ）に蒸気が流入すると、水で目詰まりを起こし得る
  - Cs濃度はベント直後は高く、その後低下する
    - S/CにたまっていたCsがベント初期に放出されるため
- 2つの時間変化の組合せを考慮することで、ベントラインよりも2号機SGTSの方が高汚染となり得る
  - ベント中に蒸気でSGTSフィルタが目詰まりが起きれば、SGTSへの逆流が止まる
  - 初期の高濃度CsがSGTSに残留し、ベントラインは後半の低濃度ガスで置換された可能性はないか？

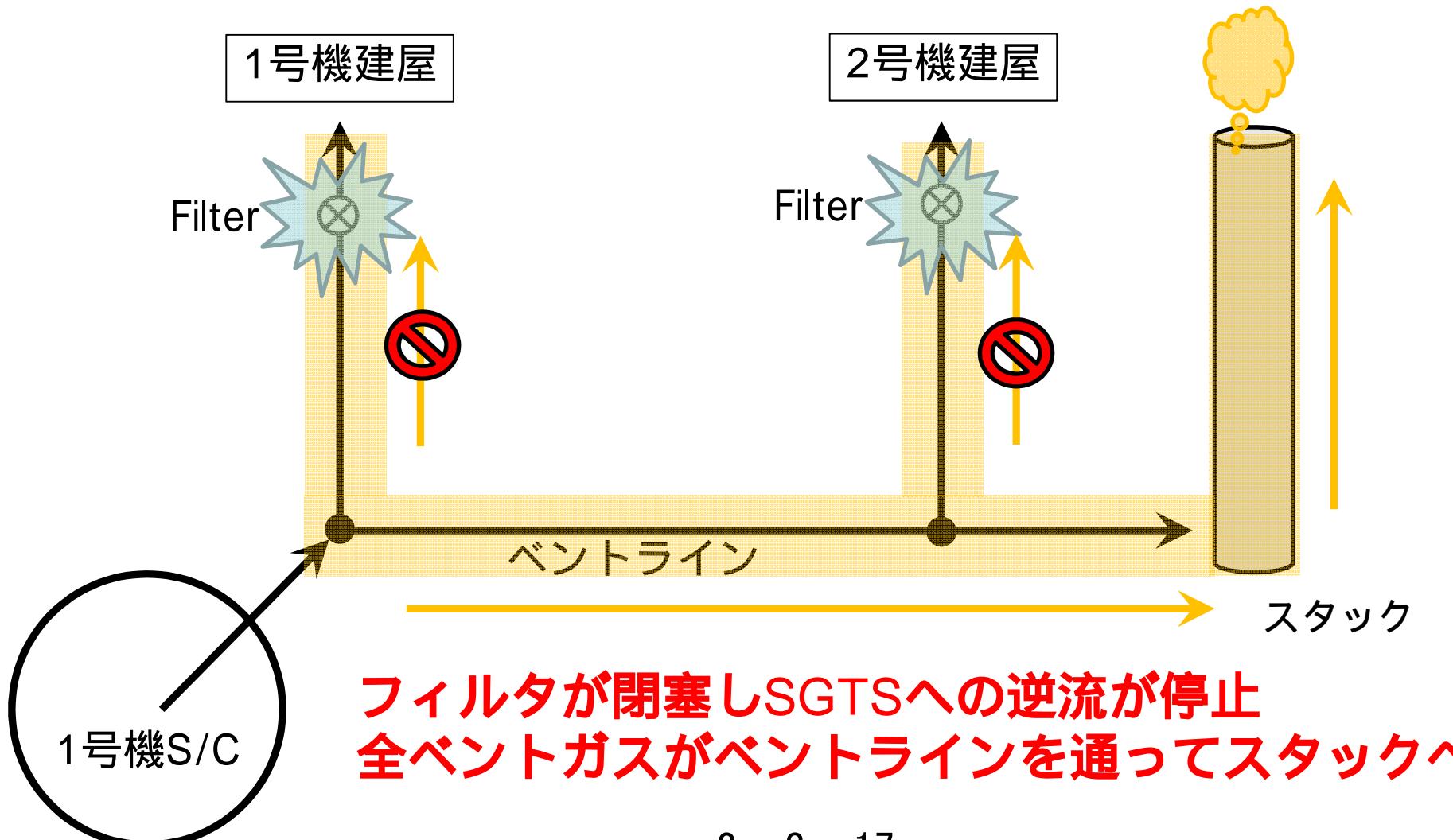
## 時間変化を考慮した解析（2/5）

ベント初期



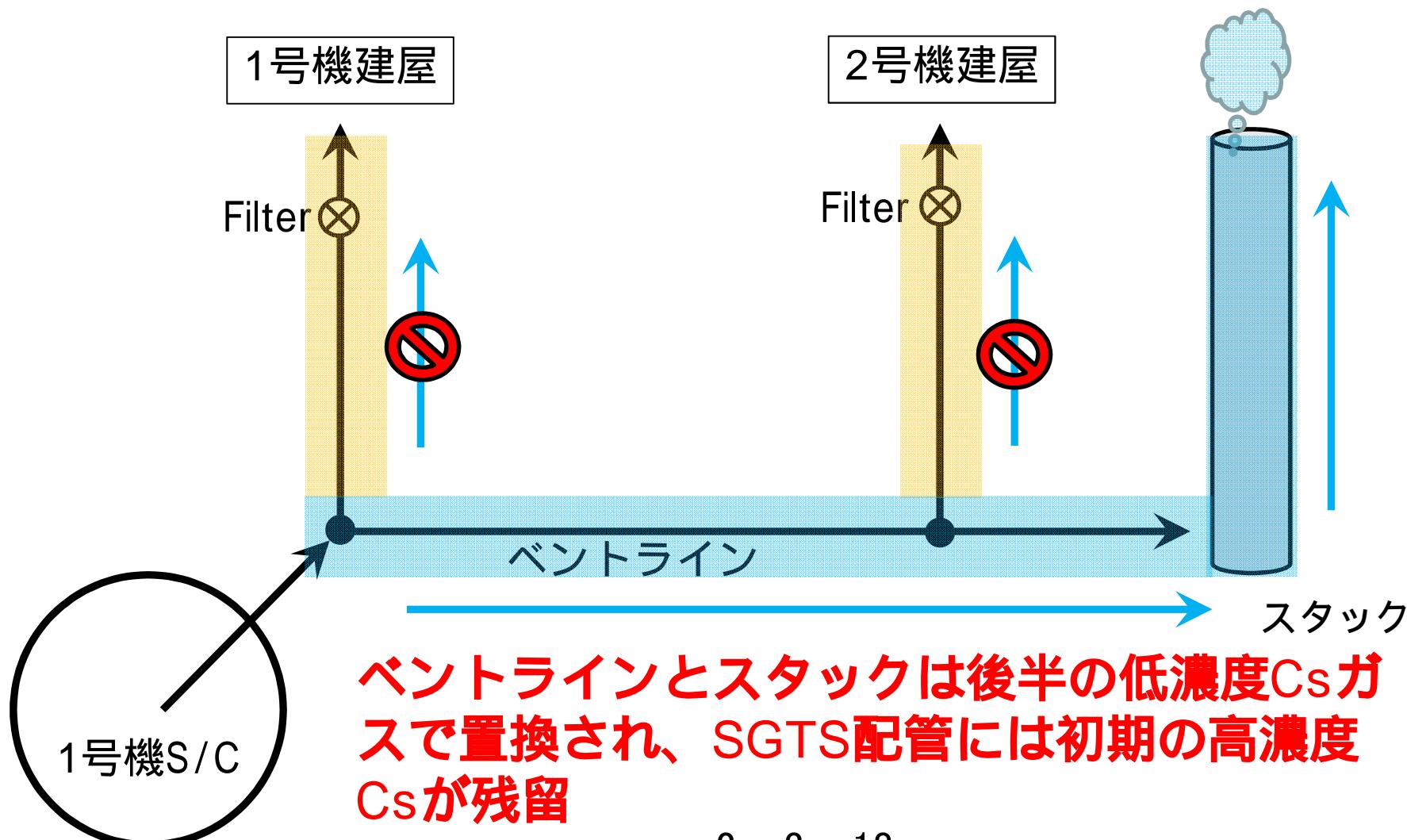
## 時間変化を考慮した解析（3/5）

### フィルタが水で目詰まり



## 時間変化を考慮した解析（4/5）

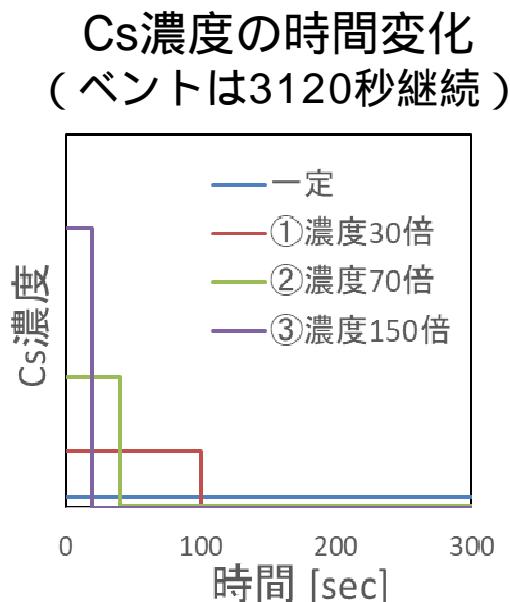
ペント後半



ペントラインとスタックは後半の低濃度Csガスで置換され、SGTS配管には初期の高濃度Csが残留

# 時間変化を考慮した解析（5/5）

- Cs濃度を時間変化（3パターン、左下図）
- 一定量の蒸気がフィルタに到達したら完全閉塞と仮定
- ベントラインよりも2号機SGTSの方が高汚染という状況を再現（下表）
  - SGTS配管内のCsを維持するためには、フィルタを早く閉塞する必要あり（0.1 kgの蒸気がフィルタを通過したときに完全閉塞としている）
  - このシナリオが正しいとすると、S/C～分岐点1も低汚染となるため、その領域の線量測定でシナリオ成立性を確認できるかもしれない



RELAP結果： Csの分布 [TBq]

| 場所(測定)<br>↓条件 | ベントライン<br>(0.1TBq*) | 1号配管<br>(測定なし) | 1号フィルタ<br>(10 TBq) | 2号配管<br>(18 TBq) | 2号フィルタ<br>(2 TBq) |
|---------------|---------------------|----------------|--------------------|------------------|-------------------|
| 濃度一定          | 0.12                | 0.04           | 10.0               | 0.26             | 19.8              |
| 濃度30倍         | 0.07                | 0.23           | 0.9                | 4.52             | 2.6               |
| 濃度70倍         | 0.17                | 0.54           | 2.0                | 3.78             | 5.5               |
| 濃度150倍        | 0.34                | 1.14           | 4.4                | 2.37             | 6.6               |

\* 配管合流部を除く

# RELAP熱流動解析の結論

## 流量配分の再現解析

- 十分な逆流：1/2号機GDが設計値どおりに機能しない
- 2号機SGTSの方が1号機より圧損係数が1~2桁小さい
  - 2号機SGTSの駆動力（圧力差）が小さいことに起因

## 凝縮と汚染分布の対応

- 建屋外にあるベントラインと2号機SGTSで凝縮発生
  - 凝縮が発生しているベントラインは低汚染であり、「凝縮発生位置 = 高汚染位置」は成り立たない
  - ベントラインの凝縮水はスタックに流されており、最終的な凝縮水の位置と高汚染位置とが対応している可能性はあり
- S/C ~ 流調弁でも凝縮発生：残留凝縮水があれば高線量の可能性

## 時間変化（流動状態とCs濃度）を考慮した解析

- 初期にCsが高濃度、フィルタが蒸気で完全閉塞するとして解析
- ベントラインよりも2号機SGTSが高汚染という状況を再現

# 現場測定に期待すること

# 汚染分布の分析状況

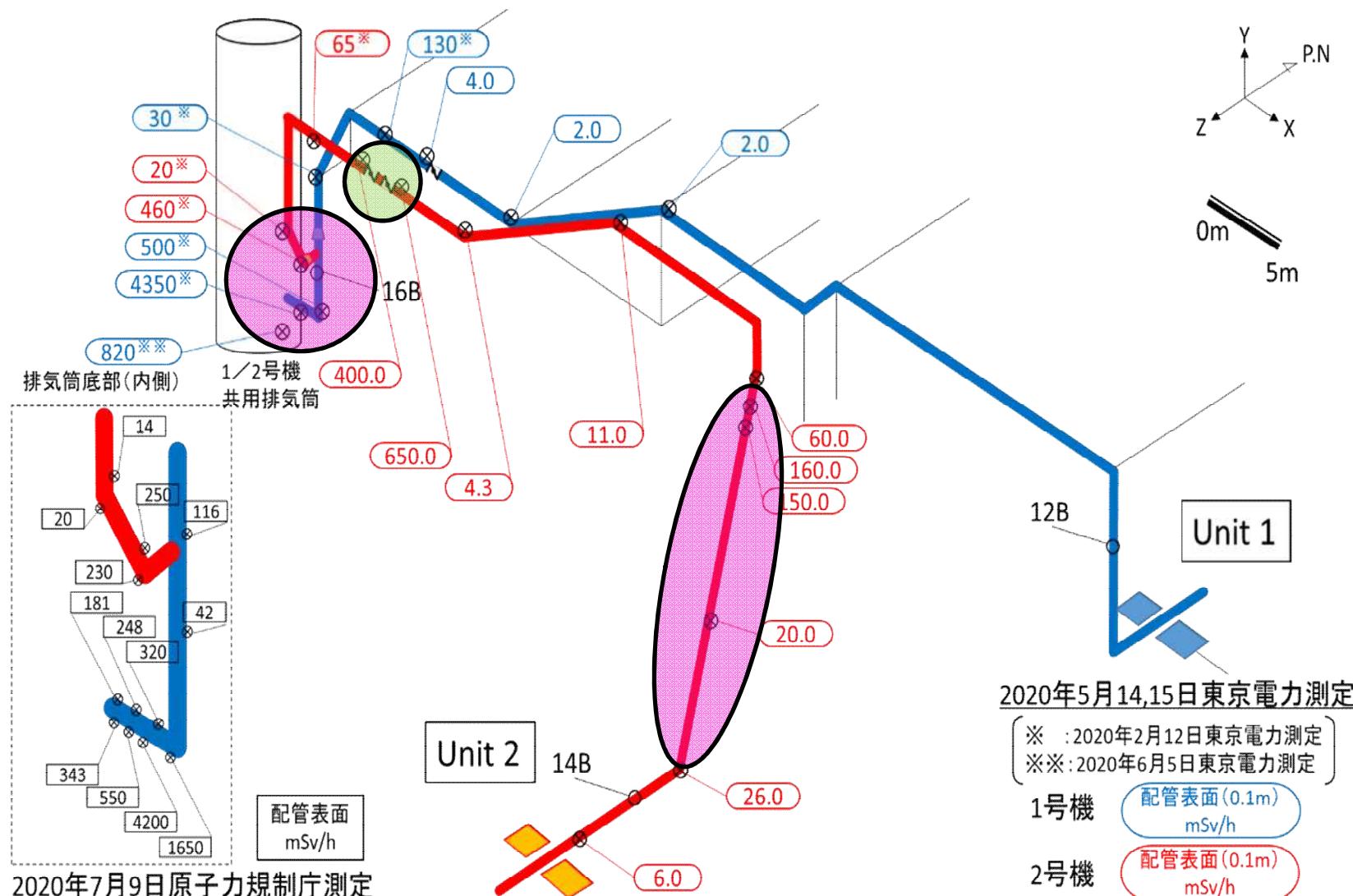
- 中間とりまとめ（2021.3）での検討結果

- 線量測定値や放射能の推定分布を提示（中間とりまとめ別添3）
- 汚染分布に対する分析・整理（中間とりまとめ1.2(2)）
  - ベントに成功していない2号機SGTS配管の下流部分（SGTS配管合流部に近い配管）の方が、ベントに成功した1号機のSGTS配管（SGTS配管合流部に近い配管）よりも汚染の程度が高い
  - 1号機SGTSフィルタトレインは、2号機SGTSフィルタトレインよりも汚染の程度が高い
  - 1,2号機共用排気塔（スタック）の底部の汚染の程度が高い

- 測定結果から線量分布を再整理（次ページ以降）

- 高汚染箇所の特徴
- 高汚染箇所と低汚染箇所との相違点 等

## 中間取りまとめ 別添3図3



# 汚染分布の特徴

- 高線量箇所（3か所）の整理

- 2号機バタフライ弁

- 低線量の1号機のバタフライ弁との違い

- 流速： 1号機 30m/s、2号機 4m/s

- 弁数： 1号機 1弁、2号機 2弁

- ディスクの向きは1,2号機で同じか？（衝突面積の差）

- L字管（下降流 水平流）

- 1・2号機の合流部～スタック接続部

- 流速20~30m/s、落差5m

- 水平管の上側より底部で線量が高い

- 2号機配管

- 流速 4m/s、落差1.2m

- 下流に向けて線量が指数関数的に減衰



- 上記以外では薄く均質に汚染

- 測定：ベントラインで約0.01TBq/m、2号機SGTSで約0.02TBq/m

- JAEA沈着速度評価：ベントライン0.024TBq/m, 2号0.007TBq/m

- オーダー一致：SAコードの汎用的な計算モデルで評価できる可能性あり

# 今後の測定で期待すること

- ここまで検討から、今後の調査で期待する測定場所

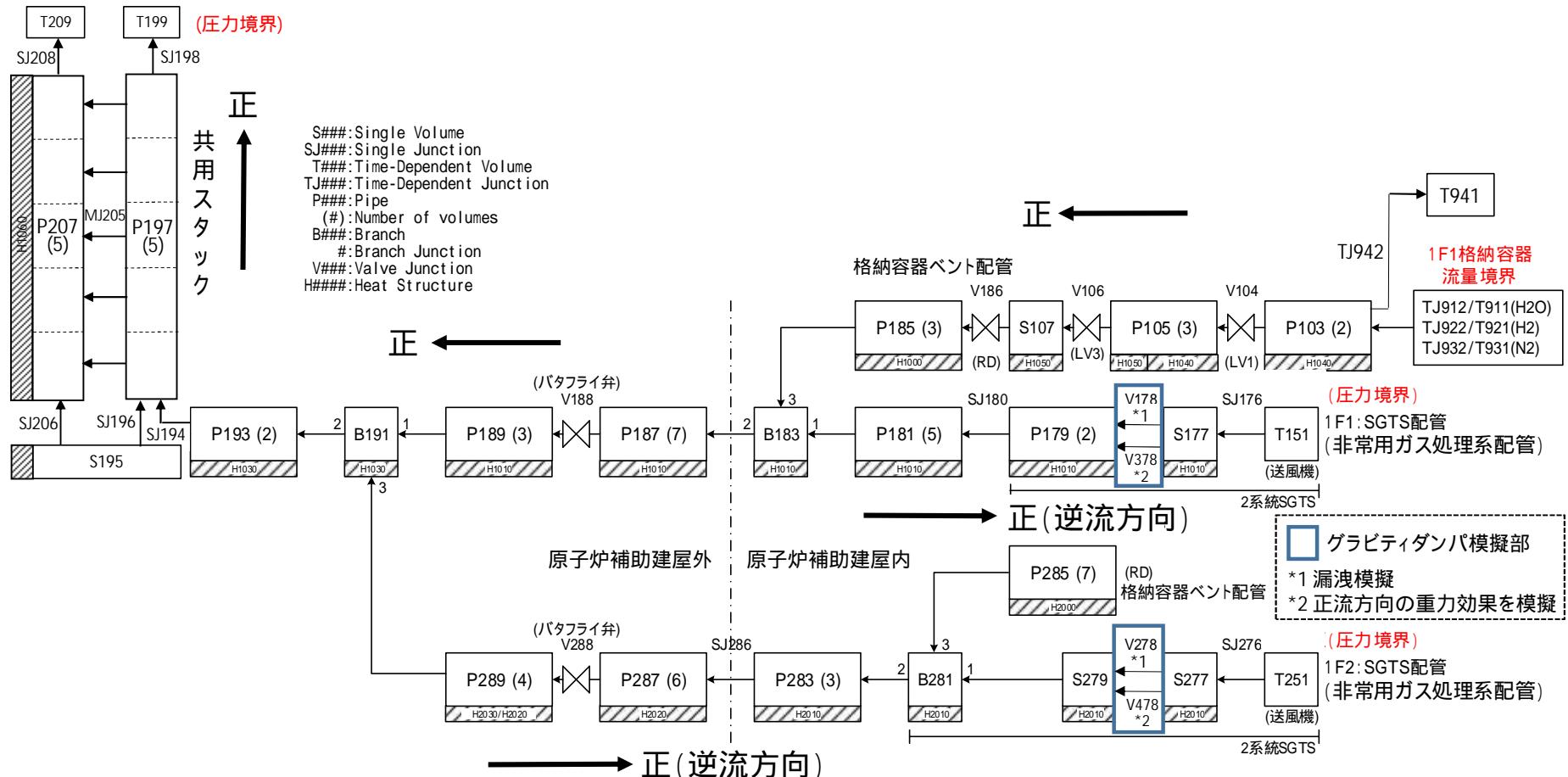
- GD
  - 1号機と2号機とでGDの状態に違いがあるか
  - 本当に十分な逆流を許してしまうような状態であるのか
  - GDの汚染状況
- SGTSフィルタトレイン
  - 水がたまっているかどうか（水による目詰まりの可能性）
- 1,2号機バタフライ弁
  - 1,2号で開状態（ディスクの向き）に違いがないか
  - 2号機の汚染状況（どちらの弁が高汚染か等）
- 2号機SGTS配管のL字管（下降 水平）
  - 水平部の上部と底部での汚染の差異
- 1号機のS/C～流調弁（分岐点1）
  - RELAP解析では大量の凝縮が生じており、残留した凝縮水による高汚染の可能性
  - 時間変化考慮のシナリオが正しいとすると、この領域は低汚染のはず

# 参考

# 昨年度のJAEA解析の概要

- RELAP5コードで耐圧強化ベントラインの熱流動解析を実施
  - THALES2のベント流の解析結果（流量と組成）を境界条件に設定
  - 配管径、長さ、高さの幾何形状、配管曲がりの圧損係数を入力
  - GDの動圧を圧損とし、漏えい面積で流路抵抗を表現
    - 漏えい面積Aと圧損係数Kとの関係：
$$\Delta P = \frac{1}{2} K \rho V^2, \quad K = \left( \frac{A}{A_{100\% \text{open}}} \right)^{-2}$$
 例えば、漏えい面積1%のとき  
 $K=10000$ となる計算
  - 地表面高さを大気圧とし、境界位置高さで補正した圧力境界
  - スタック内の上昇流と下降流を模擬するため2流路でモデル化
    - 1流路ではスタック内に軽いガスが充満し静圧が下がるため2号機へ流れない
  - ベント開始からベント閉止して約1時間後までを解析
- JAEAの熱流動解析の結論
  - 1,2号機のGDの漏えい面積を設計値の3倍、11倍とすることで、1号機建屋への流量配分は測定結果を再現、2号機は測定の1/3
    - GDが設計から想定されるよりも漏えいしていたことが明らかとなった

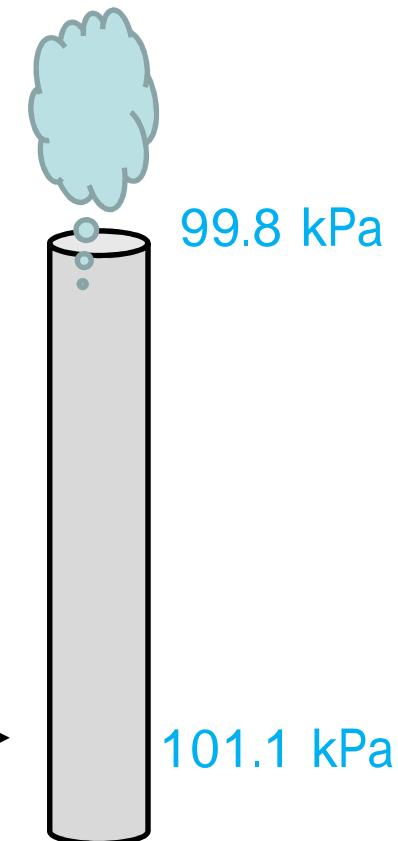
# RELAP解析のノーディング図



- JAEAの解析インプットを確認し、設定の詳細などを確認
- NRAでもJAEAデータを利用

# JAEA解析の結果 (基本ケース)

流量分配 99.1%  
(測定 76.9%)



流量分配 0.6%  
(測定 7.7%)

101.1 kPa

GD 0.6%開  
(設計0.6%)

1号機S/C

流量分配 0.3%  
(測定 15.4%)

2号機建屋

ベントライン

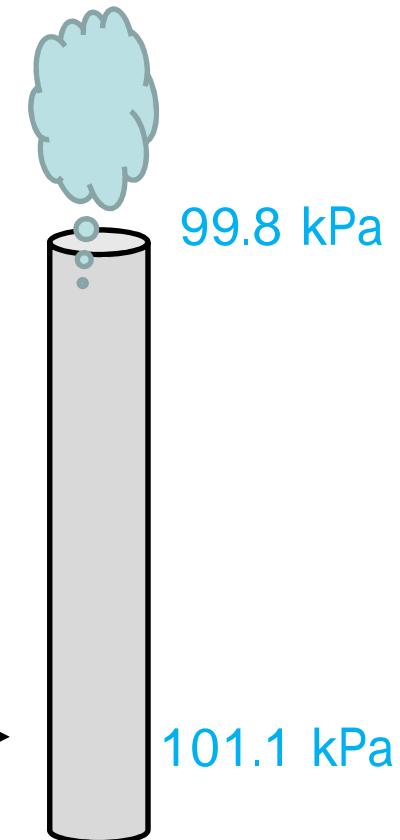
103 kPa

1/2号機建屋への流量が明らかに小さい

1号機建屋に10TBq, 2号機建屋に20TBq, スタックに100TBqと想定

# JAEA解析の結果 (感度計算 1 )

流量分配 87%  
(測定 76.9%)



流量分配 8%  
(測定 7.7%)

1号機建屋

101.1 kPa

GD

1.8%開  
(設計0.6%)

流量分配 5%  
(測定 15.4%)

2号機建屋

101.1 kPa

GD

3.4%開  
(設計0.3%)

1号機S/C

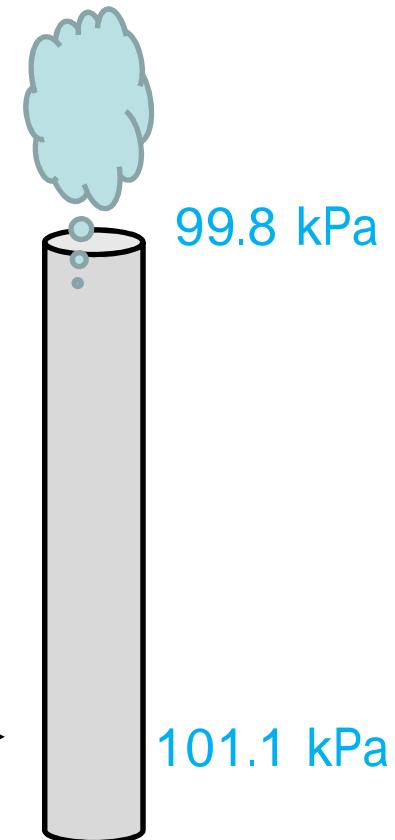
ベントライン

1号機側は再現するが、2号機側が小さい

1号機建屋に10TBq, 2号機建屋に20TBq, スタックに100TBqと想定

# JAEA解析の結果 (感度計算2)

流量分配 81%  
(測定 76.9%)



流量分配 14%  
(測定 7.7%)

1号機建屋

101.1 kPa

GD

3.4%開  
(設計0.6%)

流量分配 5%  
(測定 15.4%)

2号機建屋

101.1 kPa

GD

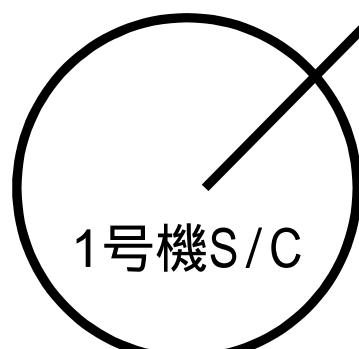
3.5%開  
(設計0.3%)

ベントライン

103 kPa

101.3 kPa

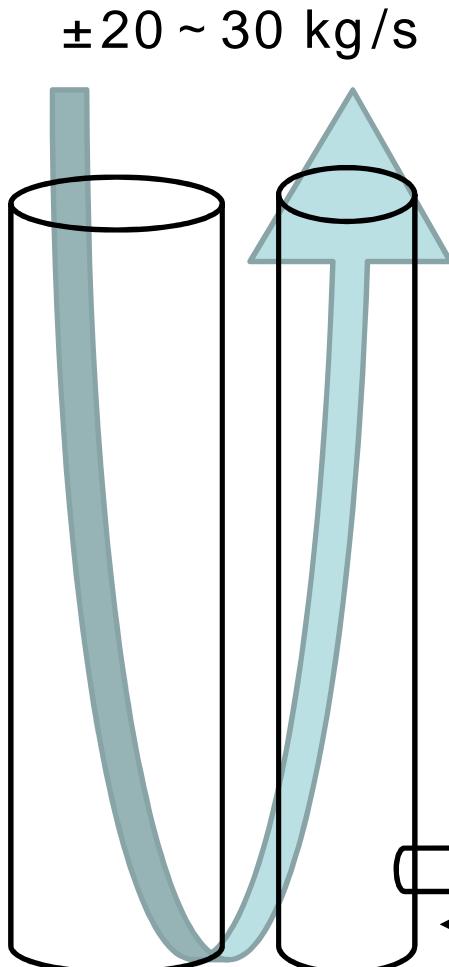
同程度の開度だと 1号機は2号機の約3倍



1号機建屋に10TBq, 2号機建屋に20TBq, スタックに100TBqと想定

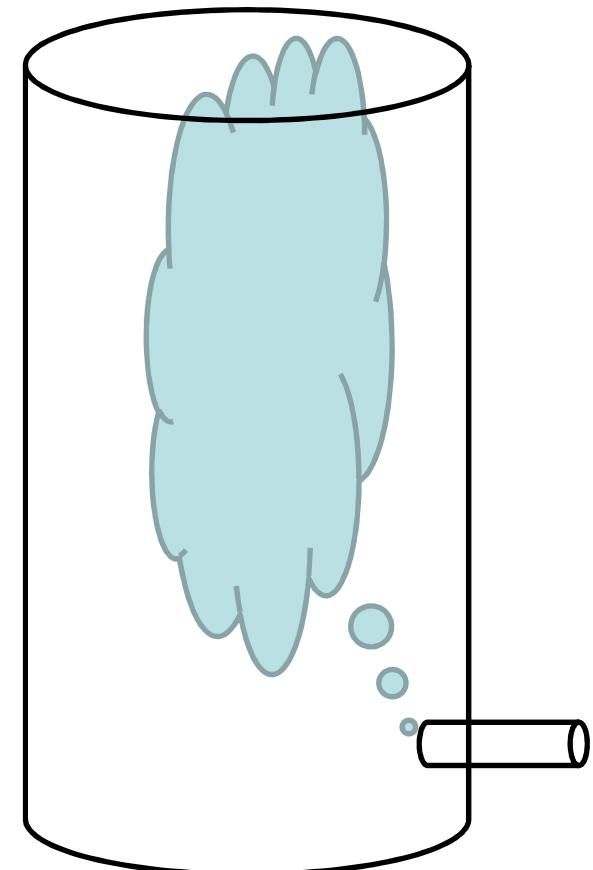
# JAEA解析の結果（スタック内の流れ）

## 【RELAP解析の結果】



- ベント流の20倍以上の流量で片方は上昇流、他方は下降流
- スタック内は外の空気とほぼ同じ組成、温度になっており、ベントガスは直ちに外へ排出される（中間とりまとめ資料に記載のように排出に10分からない）

実際は？



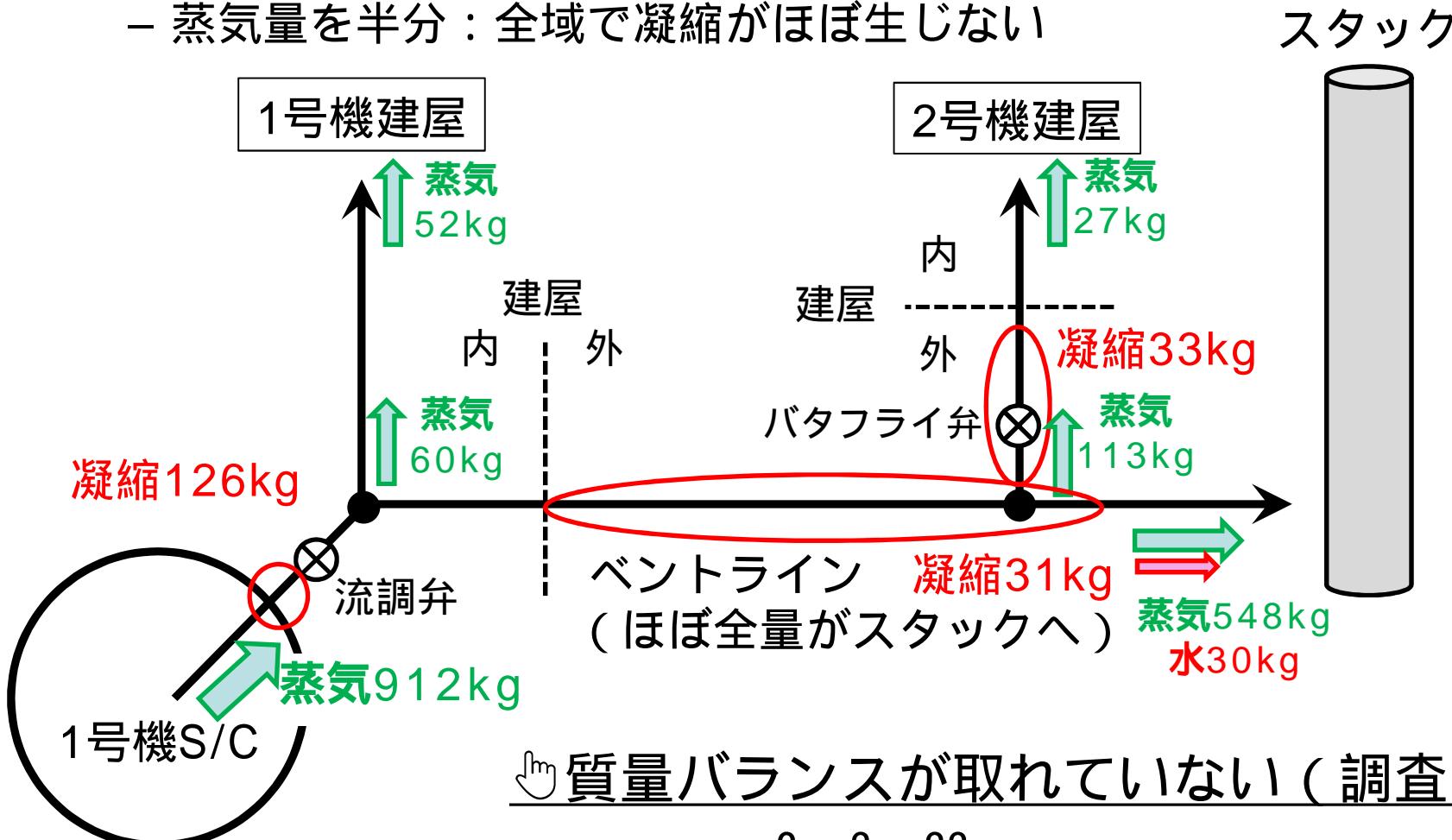
# 凝縮の流入蒸気量に対する感度

- S/Cからの蒸気量を変化

- 蒸気量を2倍（下図）：凝縮範囲広がる、凝縮量増加

➤ 2号機SGTS配管での感度が特に大きい

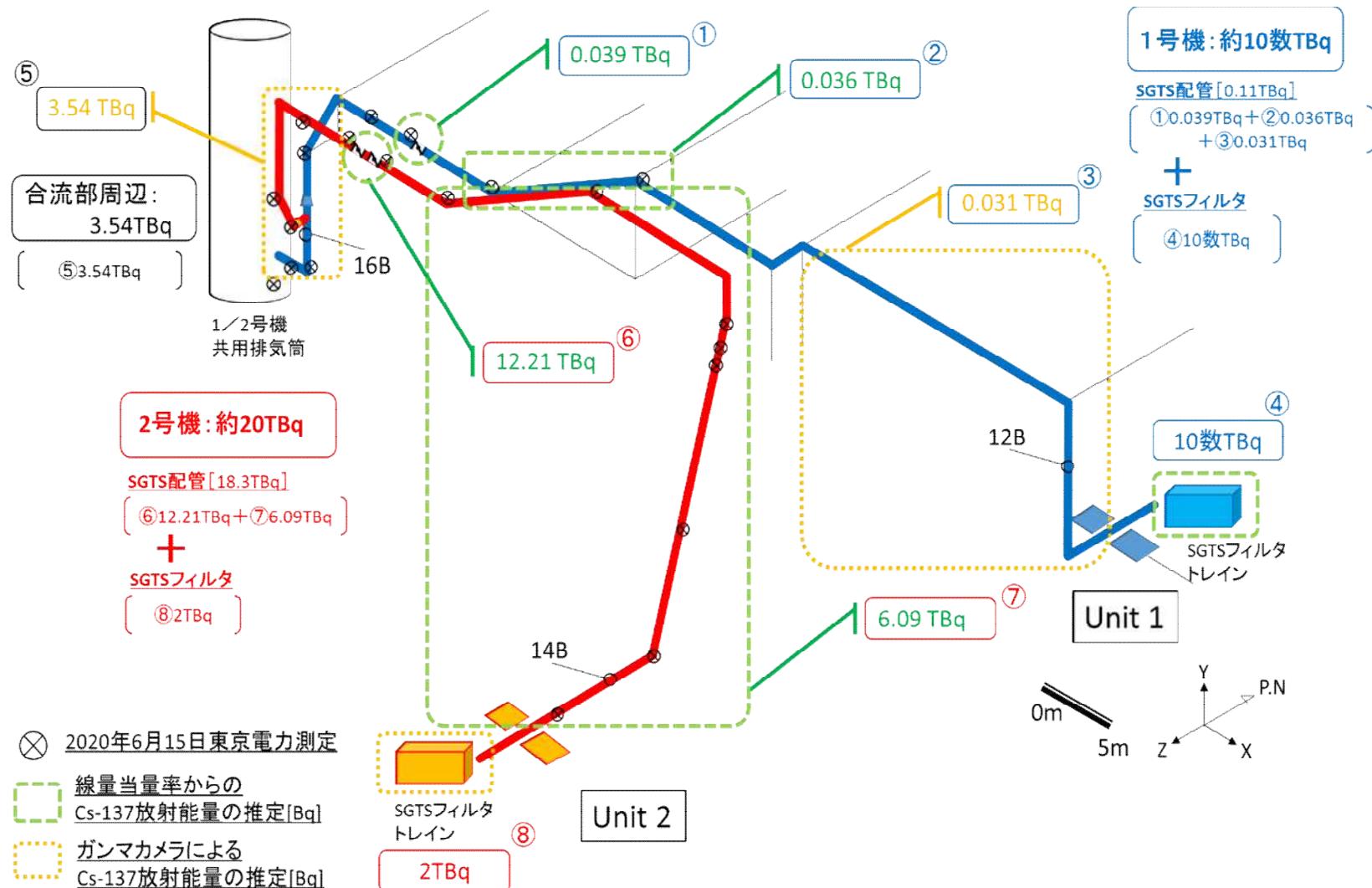
- 蒸気量を半分：全域で凝縮がほぼ生じない



# 昨年度のJAEAの汚染評価

- RELAPの解析結果とSAコード（THALES2, MELCOR等）のモデルで算出した沈着速度 $v_{dep}$ から配管内の汚染量を評価
  - 沈着速度を算出するにあたり、THALES2解析結果からエアロゾル径を1μmと仮定し、各経路ごとに評価
    - ベントライン： $v_{dep} = 0.4 \text{ mm/s}$ （乱流沈着、温度泳動）
      - 経路に流入したCs の2% (=2 TBq) が配管内に付着
      - 測定結果 (0.1 ~ 0.6 TBq) よりも過大な評価結果
    - 分岐点1 1号機送風機： $v_{dep} = 0.1 \text{ mm/s}$ （重力沈降、温度泳動）
      - 経路に流入したCs の2% (=0.2 TBq) が配管内に付着
      - 測定結果なし
    - 分岐点2 2号機送風機： $v_{dep} = 0.12 \text{ mm/s}$ （重力沈降、凝縮拡散泳動）
      - 経路に流入したCs の5% (=0.4 TBq) が配管内に付着
      - 測定結果 (18 TBq ~ 24 TBq) と整合しない
- 昨年度のJAEA汚染評価の結論
  - 沈着速度による評価では汚染状況を説明できない
  - スタック内に滞留したCsがベント閉止後に2号機SGTSへ逆流と考察

# 中間取りまとめ 別添3図2



# 配管曲がりでの汚染

**下降 水平** (配管曲がりによる流れの向きの変化)

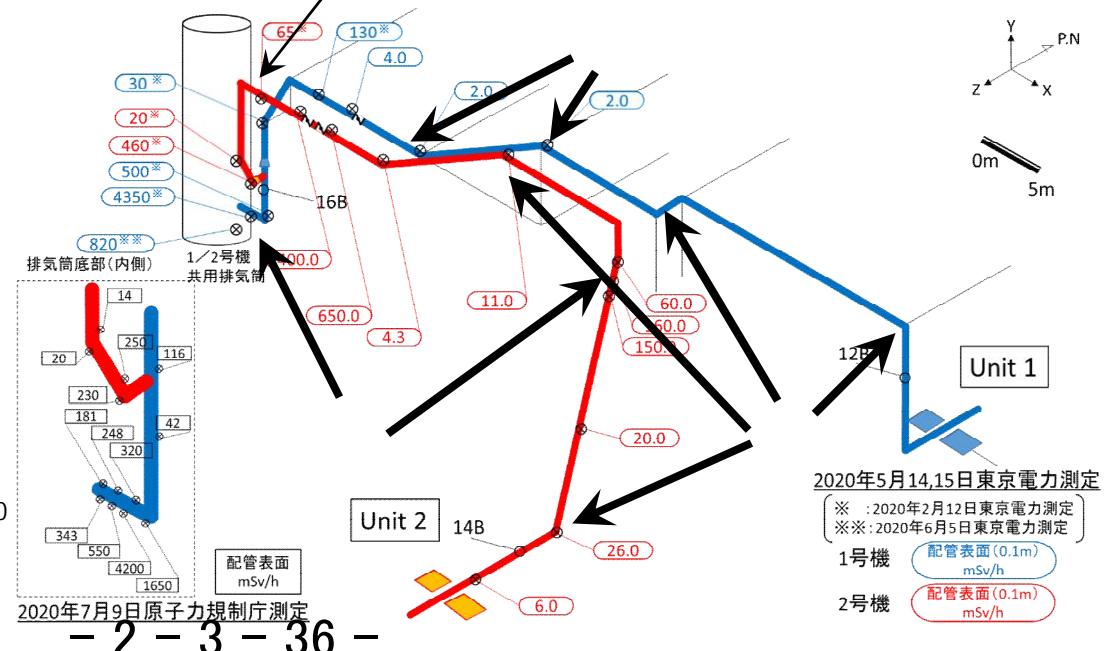
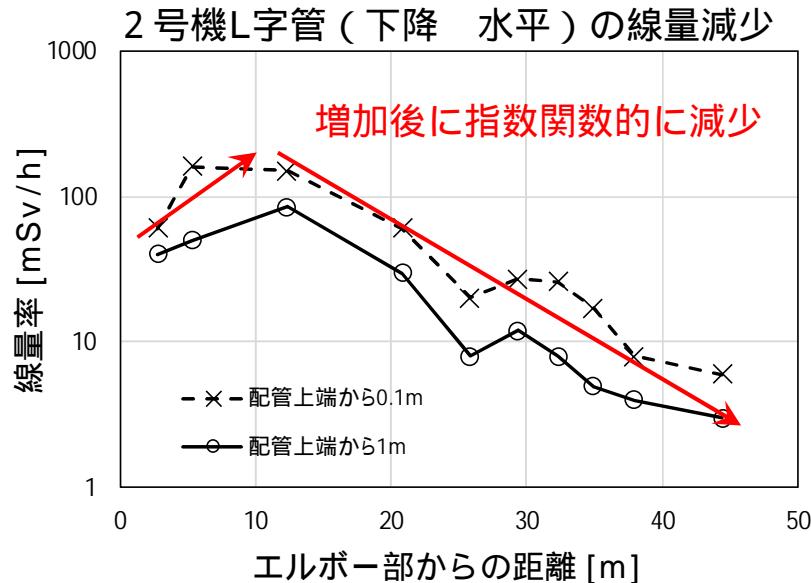
- 顕著な線量增加、上部より底部に汚染（合流部のみ測定あり）
  - 線量の位置依存（2号機、左下図）： 増加後に指数関数的な減衰

**斜め下降 水平、水平 斜め下降、水平 斜め上昇**

- 線量增加は見られない(むしろ減少?)

**水平 水平、斜め上昇 水平、上昇 水平**

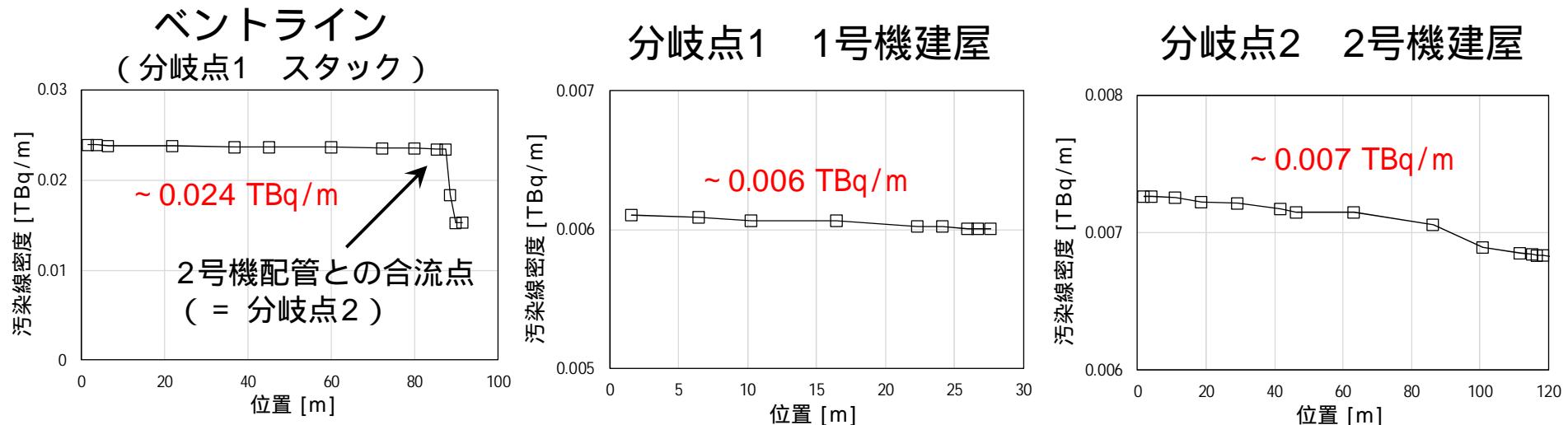
- 目立った線量増加は見られない(ただし、2号機合流部近くは微妙)



# JAEA評価の沈着速度による汚染分布

- 単位長さ当たりの付着放射能を算出 :  $-\frac{dN}{dx} = \frac{4\nu_{dep}}{D\nu_g} N$

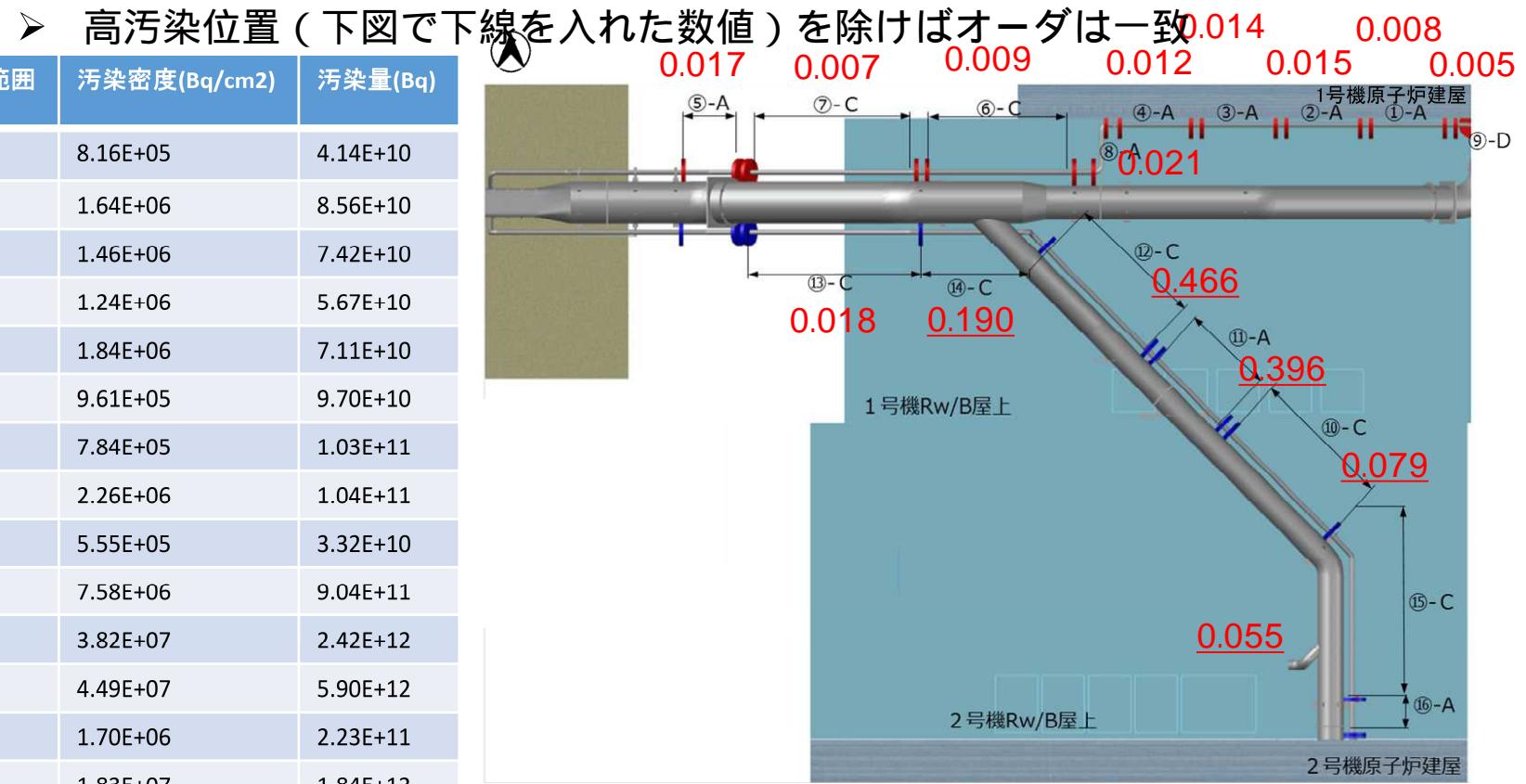
- JAEA評価の沈着速度 $\nu_{dep}$ 、RELAP解析の気相流速 $\nu_g$ 、配管径 $D$ 、 $N(x = 0)$ として推定Cs量(100 TBq, 10 TBq, 20 TBq)を使用
- 分岐点( $x = 0$ )からの距離と $-dN/dx$ の関係を以下に図示 :



- 沈着速度は各流路の中で一定としたため、変化は小さい
  - 沈着や分岐による $N$ の変動等による変化のみ
  - 測定で見られた局所的な汚染は当然ながら再現できない

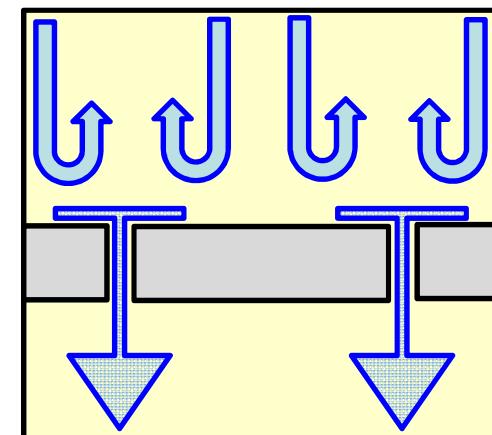
# 第22回事故分析検討会 資料5 - 2

- 東京電力が線量率の測定結果から汚染密度を算出
  - 線密度[TBq/m]に換算（下図の赤字の数値）
  - JAEA沈着速度による評価： 1号機側0.024 TBq/m, 2号機側0.007 TBq/m



# GDの汚染状況は？

- GDでは気体がせまい隙間を通過したと考えられる
  - L字管（下降 水平）同様に高汚染となっていないか？
    - L字管と同じく、GDでは下降流が壁に遮られ大きく流れが乱れる
    - GDでは、気体とエアロゾルはせまい隙間を通らないと通過できない。通過できなかった粒子が壁上に堆積すれば高線量の原因となる
  - 高線量でない場合、考えられる原因
    - 流れの乱れが大きい： 粒子が壁上に大人しく堆積しない
    - 建屋内は低温ではなく凝縮水がない： 粒子を壁上に留められない
    - 隙間を通る流れが速い： 通過流に巻き込まれた粒子が一気に通過
- GDの線■測定は？？
  - L字管との共通点・差異の分析が高汚染の原因追及の材料となりうる



## 東京電力福島第一原子力発電所の事故分析に関する調査・分析の状況(2021年度)

凡例 :現場調査、:解析、:分析等、:実験等 (赤字:2021年度の主要な調査・分析事項、青字:追加項目) → 調査・分析(2021年度)の整理の項目案

| 調査・分析事項               |                                       | ~2020年度   | 2021年度        | 2022年度~            | 備考                          |
|-----------------------|---------------------------------------|-----------|---------------|--------------------|-----------------------------|
| (1)放射性物質の放出経路         | ペントラインの汚染メカニズムの解明                     |           |               |                    |                             |
|                       | 1 / 2号機SGTS配管の汚染メカニズムの検討 【分析等】        | 分析・検討     | 実施検討          |                    |                             |
|                       | がれき、サンプル水等の試料分析 【分析等】                 |           | 試料採取・分析【JAEA】 |                    | 継続的に実施                      |
|                       | SGTSフィルタトレイン内部の溜まり水の核種分析 【分析等】        |           | 試料分析【東電】      |                    |                             |
|                       | SGTS配管内流動解析・FP沈着検討 【解析】               | 解析1【JAEA】 | 解析2【規制庁】      |                    |                             |
|                       | ペントガス中のCs - 水素 - 水蒸気の濃度、挙動の分析 【分析等】   |           | 実施検討          |                    |                             |
|                       | 1 / 2号機SGTSフィルタトレイン、不活性ガス系の汚染状況調査 カメラ |           | 汚染状況調査        |                    |                             |
|                       | ペントライン、SGTS、排気筒等の総量率測定 カメラ            |           | 汚染状況調査        |                    |                             |
|                       | 原子炉建屋内空調ダクト等の汚染分布調査 スミア・ カメラ          |           | 実施検討          |                    |                             |
|                       | 1 ~ 3号機シールドプラグの汚染量の確定                 |           |               |                    |                             |
| (2)水素爆発等              | 1 ~ 3号機シールドプラグ裏面、原子炉ウェル等の汚染状況調査       | 汚染状況調査    | 追加汚染調査        |                    | 2号機シールドプラグ穿孔調査              |
|                       | FP付着シミュレーション 【解析】                     | 実施検討      |               |                    | 2号機シールドプラグの汚染状況             |
|                       | 核種放出のタイミングとメカニズムの分析                   | MP等データ整理  | 実施検討          |                    | 引き続きデータ整理、検討が必要             |
| (3)AM策等の機器の設計方針等      | 水素燃焼の物理・化学的検証                         |           |               |                    | ケーブル加熱試験等の内容と結果             |
|                       | 水素爆発時の炎色、噴煙、凝縮波の検討 【分析等】              | 映像分析      |               |                    |                             |
|                       | 水素爆発時のガス組成の検討 【分析等】                   |           | ガス発生源検討       | ケーブル等加熱試験【JAEA/東電】 | PCV内の可燃性ガスの発生が考えられるケーブル等を調査 |
|                       | 水素-水蒸気-可燃性ガス混合気体の燃焼実験 【実験等】           |           | 実施検討          | ケーブル等加熱試験【JAEA/東電】 |                             |
|                       | 3号機原子炉建屋火災への可燃性ガスの影響分析 【分析等】          |           | 実施検討          | 水素燃焼実験等の実施検討       |                             |
| (4)その他                | 1号機シールドプラグ等のずれ・破損シミュレーション 【解析】        | 実施検討      |               |                    |                             |
|                       | 耐圧強化ペントによるPCV破損防止の設計確認                | 状況調査      | 設計確認等         |                    | 発電用原子炉設置者の見解等を確認            |
|                       | 耐圧強化ペントの系統構成に係る設計確認 【分析等】             |           |               |                    |                             |
| 1号機非常用復水器(IC)の運用変更の確認 | 1号機ICの設計・運用等の確認 【分析等】                 | 実施検討      | インターロック等の検討   |                    | 発電用原子炉設置者の見解等を確認            |
|                       |                                       |           | 設計確認          |                    |                             |
| (4)その他                | 現場情報のアーカイブ化                           |           |               |                    | 現地調査等による情報収集                |
|                       | 3Dレーザースキャナーによる損傷状況調査 レーザースキャナー        |           | 損傷状況調査        |                    | 継続的に実施                      |
|                       | 原子炉建屋内の汚染状況調査 スミア・ カメラ等               |           | 汚染状況調査        |                    | 継続的に実施                      |
|                       | 事故分析項目のマトリクス                          |           |               |                    | 参考 今後の調査・分析対象の検討            |
|                       | 各種報告書等の調査・分析項目の整理等                    |           |               |                    |                             |
| 設計、運転記録等の基礎情報         |                                       |           |               |                    |                             |
|                       | 設計図面、運転記録等の確認(旧事務本館、情報棟)              |           |               |                    |                             |

東京電力ホールディングス株式会社における廃炉作業及び福島原子力事故における未確認・未解明事項の調査・検討等の進捗に応じて、原子力規制庁におけるIF事故分析検討会及び現場調査等についても見直し予定。

東京電力福島第一原子力発電所  
事故の調査・分析（2021年度）  
の整理の項目案

2021年12月21日

原子力規制庁  
事故分析調査チーム

## 目次

### 第1章 原子炉格納容器からの放射性物質等の放出又は漏えい経路・箇所

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| 1 . 2号機シールドプラグの汚染状況       | · · · · · |
| 1.1 2号機シールドプラグの汚染状況調査     | · · · · · |
| 2 . ベントラインの汚染メカニズム        | · · · · · |
| 2.1 1 / 2号機 SGTS 配管内流動解析  | · · · · · |
| 2.2 2号機原子炉建屋内のスミア試料分析     | · · · · · |
| 2.3 1 / 2号機 SGTS の撤去配管の調査 | · · · · · |

### 第2章 3号機原子炉格納容器内での有機ガス発生の可能性

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| 1 . 3号機原子炉格納容器内の有機ガスの検討  | · · · · · |
| 1.1 有機ガスの発生源の検討          | · · · · · |
| 1.2 ケーブル加熱実験等の内容と結果      | · · · · · |
| 1.3 3号機原子炉建屋における「火災」との関係 | · · · · · |

### 第3章 現地調査により情報収集した項目

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| 1 . 原子炉建屋内調査等(1号機、2号機、3号機) | · · · · · |
|----------------------------|-----------|

参考1 現地調査等の実施実績

参考2 今後の調査・分析対象の検討

東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会第20回会合から第26回会合において検討した主な事項を事故分析調査チーム<sup>1</sup>として以下のとおり整理した。

## 第1章 原子炉格納容器からの放射性物質等の放出又は漏えい経路・箇所

### 1. 2号機シールドプラグの汚染状況

東京電力福島第一原子力発電所事故の調査・分析に係る中間取りまとめ（2021年3月5日）<sup>2</sup>（以下、「2020年度の調査・分析」という。）では、2号機のシールドプラグ及び周辺の表面（床面から約1.5mの高さ）における周辺線量当量率の測定結果並びに厚さ60mmの鉛製コリメータ付きの線量計を使用した周辺線量当量率（床面から305mmの高さ）の測定結果から、2号機シールドプラグ1層目（頂部カバー）の下面に少なくとも20~40PBq以上のセシウム137による汚染が推定されることが確認された。

#### 1.1 2号機シールドプラグの汚染状況調査

##### 議論の概要

- ・2020年度の調査・分析では、2号機のシールドプラグ調査は、シールドプラグ及び周辺の表面における周辺線量当量率の測定結果から、シールドプラグ頂部カバーの下面のセシウム137の汚染密度を推定し、シールドプラグ頂部カバーの下面に一様に存在すると仮定して算出した。
- ・今回、2号機シールドプラグの汚染状況をより詳細に把握するため、東京電力との協働調査として、以下の調査を行った。

2014年に国際廃炉研究開発機構（IRID）が2号機のシールドプラグのコアサンプル採取のために穿孔した穴（直径50mm、深さ70mm）内部での線量率分布の測定

2号機シールドプラグ下面の放射性物質の偏在性の有無を確認するため、シールドプラグ上の多数の点（63箇所）における表面（床面から3cmの高さ）の周辺線量当量率の測定並びに原子炉格納容器から放出された気体の経路となり得るシールドプラグ周囲部及び継

<sup>1</sup> 原子力規制庁 原子力規制部 東京電力福島第一原子力発電所事故対策室の職員を中心として現地調査及びその結果の整理等を実施している。ここでは、当該業務を主として行ったチームを「事故分析調査チーム」と言う。

<sup>2</sup> 東京電力福島第一原子力発電所事故の調査・分析に係る中間取りまとめ～2019年9月から2021年3月までの検討～ 2021年3月5日 東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会

### ぎ目部の周辺線量当量率の測定

2号機シールドプラグに新規に13箇所の穴を穿孔（直径50mm、深さ100mm）し、当該穿孔した穴内部での線量率分布の測定

東京電力では、2号機シールドプラグの高濃度汚染への対応として、2号機原子炉キャビティ差圧調整ラインを用いた2号機シールドプラグ下部の原子炉ウェル内の調査（最大で530mSv/hの線量当量率を確認。）

- ・今回の調査結果から、2号機のシールドプラグ表面に高密度の汚染が存在する可能性はないこと、新規に穿孔した穴（13箇所）については、穴の周辺に遮蔽効果を高める鉄筋が存在する可能性が指摘され、過小評価の要因となりうるが、調査結果から2号機シールドプラグ頂部パバー下面の総汚染量は27PBqと推定された。

### 未終結事項、或いは、継続取り組み事項

- ・新規に穿孔した穴（13箇所）と既存のIRIDの穴（2箇所）では、線量率分布の傾向が異なっており、総汚染量の推定に用いる換算係数に差があるため、換算係数に関するこれらの要因の検討が引き続き必要であり、総汚染量の評価値の変動範囲を求める予定。

## 2. ベントラインの汚染メカニズム

2020年度の調査・分析では、現地調査の結果、耐圧強化ベントに成功していない2号機の非常用ガス処理系（SGTS）配管の方が耐圧強化ベントに成功した1号機のSGTS配管よりも汚染の程度が高いこと、一方で1号機SGTSフィルタトレインは、2号機SGTSフィルタトレインよりも汚染の程度が高いこと、1／2号機共用排気筒については、当該排気筒の底部の汚染の程度が高いことなどが確認され、これらの汚染状況を発生させたメカニズムの検討が行われた。

### 2.1 1／2号機 SGTS配管内流動解析

#### 議論の概要

- ・2020年度にJAEAが実施したSGTS配管系及び共用排気筒内におけるベントガスの挙動に関するシミュレーションでは、局所的な高汚染、1,2号機間の汚染状況の違い等の観測された配管系の汚染状況を発生させたメカニズムを十分に理解することができなかった。
- ・今回、現地調査から推定されるCs分布に基づく、ベントガスの3つの排出先（1号機SGTS, 2号機SGTS, スタック）への流量配分を熱流

動解析で再現（RELAP 熱流動解析）することを試みた。

- ・流量配分を再現する条件設定を算出することで、事故時の状況の推定に活用できると考えられる。

#### 未終結事項、或いは、継続取り組み事項

- ・SGTS 配管系で確認された汚染分布について、ベントガスに含まれる蒸気の凝縮を考慮した解析及び時間変化（流動状態と Cs 濃度）を考慮した解析を行ったが、これらの解析から残留した凝縮水による高汚染の可能性がある耐圧強化ベントの流量調節弁周辺の線量率測定等が期待される。

### 2.2 2号機原子炉建屋内のスミア試料分析

#### 議論の概要

- ・2号機原子炉建屋の壁、床、階段裏から採取されたスミア試料（14 試料）、1/2号機 SGTS 配管内部から採取されたスミア試料（1 試料）及び3号機 SGTS フィルタトレインから採取されたスミア試料（23 試料）について、線分析及び溶液中核種濃度分析を実施した。
- ・同一号機における異なる位置での比較により、格納容器から建屋への漏洩経路や建屋内の移行経路を推定するための情報が得られると考えられる。

#### 未終結事項、或いは、継続取り組み事項

- ・線分析において、Sb-125 の検出量が他と比べ多かった 5 階壁面・床面試料を、また 3 号機 SGTS フィルタトレインの試料については、フィルタトレインの最上流、最下流の試料を優先的に分析しており、他の試料についても引き続き分析を進める必要がある。

### 2.3 1 / 2 号機 SGTS の撤去配管の調査

#### 議論の概要

- ・1号機及び2号機非常用ガス処理系配管（以下、SGTS 配管）のうち屋外に敷設されている配管については、1/2号機廃棄物処理建屋雨水対策工事及び1号原子炉建屋大型カバー設置工事に干渉することから配管の一部撤去が実施される。
- ・当該廃炉作業に伴い、大型クレーンを用いた放射線量率測定を行うとともに、切断後の配管のガンマカメラ測定、配管の内部確認、配管内部のスミア採取及び配管サンプル採取を行う。

### 未終結事項、或いは、継続取り組み事項

- SGTS 配管の切断に使用する大型クレーンの故障により、当該作業が遅れており、切断後の配管のガンマカメラ測定等の調査は 2022 年 2 月頃の予定となっている。

## 第 2 章 3 号機原子炉格納容器内での有機ガス発生の可能性

### 1 . 3 号機原子炉格納容器内の有機ガスの検討

2020 年度の調査・分析では、3 号機水素爆発時の映像を確認した結果、火炎や噴煙の色、噴出状況（噴煙と火炎が同時に複数箇所で確認される、噴煙と破片等が比較的同じ速度で上昇など）から、水素以外の可燃性ガスが相当量寄与していたと推定された。

#### 1.1 有機ガスの発生源の検討

##### 議論の概要

- 原子炉格納容器内で可燃性有機化合物の発生源となる物質の検討のため、福島第一原子力発電所 5 号機原子炉格納容器（PCV）内の調査を行うとともに、可燃性有機化合物の発生源となると考えられる物質として、原子炉圧力容器（RPV）の保温材・断熱材、配管系の保温材、制御棒駆動機構の制御ケーブル・電源ケーブル、PCV 内側の塗料などが確認された。これらは、PCV 内の設置位置等によって温度環境に差があるものと考えられる。
- 東京電力では、RPV 及び PCV 周辺で可燃性有機ガスの発生源となり得る物について過去の調査結果から得られた情報を整理している。また、可燃性有機ガスは高温環境下で発生したと推測されることから、過去の調査結果から事故当時の RPV 及び PCV 周辺の雰囲気温度推定に関する情報を整理している。その結果、可燃性有機ガスの発生源となり得る物としてケーブル被覆等を抽出し、過去の調査結果からこれらの状態に関連する情報並びに事故当時の PRV 及び PCV 周辺の事故当時の温度パラメータ等の情報を整理している。

### 未終結事項、或いは、継続取り組み事項

- 可燃性有機化合物の発生源となると考えられる各物質が、福島第一原子力発電所事故時にどのような温度環境・温度条件にあったのか、PCV 内に総量としてどの程度存在するのか、また、可燃性有機化合物をどの程度発生させるのかの十分な知見は得られていない。

## 1.2 ケーブル加熱実験等の内容と結果

### 議論の概要

- ・ JAEA 及び東京電力では、PCV 内での使用量が多く、可燃性有機ガスの発生が考えられるケーブル、保温材等の昇温試験を行い、発生ガス中の可燃性有機ガスの同定及び定量分析を行うこととしている。温度条件として、PCV 内全域を想定した原子炉格納容器の限界温度となる 200 から RPV 下部での溶融炉心との接触を想定した試験装置の限界温度となる 1000 までの範囲で加熱する計画である。

### 未終結事項、或いは、継続取り組み事項

- ・ 東京電力において、当該昇温試験に用いる試料として、福島第一原子力発電所 3 号機で使用されているケーブル及び保温材の同材品及び類似品である、柏崎刈羽原子力発電所 7 号機で使用されているケーブル、保温材及び塗料を調達するとともに、ケーブル及び保温材については、JAEA における試験のために試料提供があった。
- ・ JAEA 及び東京電力において、同じ試料を用いた昇温試験を引き続き実施する予定である。

## 1.3 3 号機原子炉建屋における「火災」との関係

### 議論の概要

- ・ 3 号機原子炉建屋では、3 月 14 日の水素爆発以降、3 月 21 日の 15 時 55 分頃にやや灰色がかった煙の発生や、同月 23 日の 16 時 20 分頃に黒煙の発生など火災が確認されている。一方、これらの火災が確認された原子炉建屋南東側などには可燃物の存在が想定されないことがから、PCV 内で発生した有機ガスとの関係について検討する必要がある。

### 未終結事項、或いは、継続取り組み事項

- ・ これまでの調査・分析では、有機ガスと 3 号機原子炉建屋で確認された火災との関係については議論していないため、PCV 内で発生する有機ガスの同定及び定量分析と併せて引き続き検討する必要がある。

## 第 3 章 現地調査により情報収集した項目

### 1. 原子炉建屋内調査等（1 号機、2 号機、3 号機）

事故時に発生した水素爆発について、爆発が発生した状況や影響等についてより詳細な検討を行うため、水素爆発の痕跡等を調査する原子炉建屋内調

査（ガンマカメラによる汚染密度測定を含む）を1号機及び3号機で実施した。また、2号機及び3号機のSGTS室については、汚染の調査を実施するとともに、1号機のSGTS室については、遠隔調査用ローダーによる調査等を実施し、今後の検討に資する情報収集を行った。

## 参考 1 現地調査等の実施実績

| 2021年 |         |   |
|-------|---------|---|
| 回数    | 月       | 日及び実施内容   |
| 17    | 12<br>月 | 16, 17 日 1号機 SGTS、3号機 原子炉建屋                     |
| 16    |         | 13, 14, 15 日 2号機シールドプラグ調査                       |
| 15    |         | 9 日 ケーブル加熱試験[東京電力経営技術戦略研究所]                     |
| 14    |         | 6, 7, 8 日 2号機シールドプラグ調査                          |
| 13    |         | 1 日 2号機シールドプラグ調査                                |
| 13    | 11<br>月 | 29, 30 日 5号機 SGTS、2号機シールドプラグ調査                  |
| 12    |         | 25, 26 日 1号機原子炉建屋、3号機原子炉建屋<br>[ガンマカメラによる汚染密度測定] |
| 11    |         | 18, 19 日 2, 3号機 SGTS [汚染調査]                     |
| 10    | 10<br>月 | 7, 8 日 2号機シールドプラグ調査                             |
| 9     | 9<br>月  | 9 日 2号機シールドプラグ調査                                |
| 8     | 8       | 26, 27 日 2号機シールドプラグ調査                           |
| 7     | 月       | 5, 6 日 2号機シールドプラグ調査                             |
| 6     | 7       | 29, 30 日 2号機 SGTS                               |
| 5     | 月       | 20, 21 日 4号機 原子炉建屋 [3D レーザースキャナによる構造測定]         |
| 4     | 6       | 24, 25 日 2号機 SGTS、4号機 原子炉建屋                     |
| 3     | 4       | 13, 14 日 2号機シールドプラグ調査                           |
| 2     | 1       | 28, 29 日 1, 2号機共用排気筒の解体片 [ガンマカメラによる汚染密度測定]      |
| 2020年 |         |   |
| 回数    | 月       | 日及び実施内容   |
| 1     | 12<br>月 | 24, 25 日 1, 2号機共用排気筒の解体片 [ガンマカメラによる汚染密度測定]      |

2021年12月21日時点。

## 参考2 今後の調査・分析対象の検討

今後の調査・分析対象の検討の参考として、これまでに一般や各機関等から指摘された事項について、以下のように整理した。

### 1. パブリックコメント等において、一般から指摘された項目例

東京電力福島第一原子力発電所事故の調査・分析に係る中間取りまとめ(2021年3月5日)において、一般から指摘された調査・分析対象については、大きく下記のものが挙げられる。

○「東京電力福島第一原子力発電所事故の調査・分析に係る中間取りまとめ」の取りまとめ及びこれに対する意見募集の結果について（令和3年3月10日 原子力規制庁）

- 1 ) 原子炉格納容器内圧が設計の2倍付近まで上昇した際のSRVの動作
- 2 ) 自動減圧系の窒素ガス供給圧力の設定値
- 3 ) 三方向電磁弁の動作への格納容器圧力の影響
- 4 ) 真空破壊弁が水没した場合の影響
- 5 ) 多段階事象説に関する水素爆発の試験研究等
- 6 ) 1号機原子炉建屋内部の状況（1号機原子炉建屋4階での水素爆発）
- 7 ) 「諸団体が提起した未解明項目」に関するリスト

### 2. 未確認・未解明事項として、各機関等から指摘された項目例

これまで各機関等において、東京電力福島第一原子力発電所事故に係る事故調査の報告書（各種事故調報告書）が取りまとめられている。日本原子力学会及び東京電力では、これらの報告書等を整理し、未確認・未解明事項<sup>3 4</sup>を提示している。未確認・未解明事項として指摘された調査・分析対象については、大きく下記のものが挙げられる。

<sup>3</sup> 福島第一原子力発電所事故：未解明事項の調査と評価（2018年1月 日本原子力学会）では、「『事故進展に関し今後より詳細な調査と検討を要する事項』に加えて、事故進展に関しさらに検討すべき事項を改めて公開文献により幅広く調査した上で、これらの検討すべき事項（以下、「未解明事項」と言う）』としている。

<sup>4</sup> 福島第一原子力発電所事故における未確認・未解明事項の調査・検討（東京電力ホールディングス株式会社）では、「福島原子力事故調査報告書でまとめられたデータや調査結果を基に、現時点で検討が必要な課題として整理した、1～3号機の炉心・格納容器の状態に直接的・間接的に関係する約50件の課題」としている。

【日本原子力学会 未解明事項】

| 番号 | 対象号機      | 未解明事項  | 事故分析<br>検討会で<br>の検討 |
|----|-----------|--|---------------------|
| 1  | 共通        | 消防車による代替注水開始直後における注水量の時間変化                         | -                   |
| 2  | 共通        | 津波による建屋および設備の被害状況の再現性                              | -                   |
| 3  | 共通        | 海水注入による圧力容器内および格納容器内の塩分蓄積量<br>海水冷却時の除熱効果           | -                   |
| 4  | 共通        | 炉心がドライ状態であった場合の ヒーティングによる発熱の分散効果                   | -                   |
| 5  | 共通        | (酸化)ジルコニウムの高温挙動                                    | -                   |
| 6  | 1 , 2 , 3 | DCH、シェルアタック、水蒸気爆発などの可能性                            | -                   |
| 7  | 1 , 2 , 3 | 溶融燃料の性状と炉心下部への移行挙動                                 | -                   |
| 8  | 共通        | 燃料の損傷状況、溶融および落下した燃料デブリの圧力容器内および格納容器内の分布状況          | ○                   |
| 9  | 共通        | PLR メカニカルシールからの冷却材漏洩の可能性                           | -                   |
| 10 | 共通        | 圧力容器および制御防駆動機構を含む炉心内構造物および圧力バウンダリの損傷状況             | -                   |
| 11 | 共通        | D/W、ペデスタル、S/C の損傷状況                                | ○                   |
| 12 | 共通        | 格納容器からの気相(水素・蒸気含む)の漏えいメカニズムおよび漏えい経路。また、漏えい量の時間的变化。 | ○                   |
| 13 | 共通        | 格納容器からの液相の漏えいメカニズムおよび漏えい経路。また、漏えい量の時間的变化。          | -                   |
| 14 | 共通        | 気相として格納容器から原子炉建屋、さらに環境中に放出された放射性物質の量と時間変化、化学形態     | ○                   |
| 15 | 共通        | 液相として格納容器から原子炉建屋、さらに環境中に放出された放射性物質の量と時間変化、化学形態     | -                   |

|     |           |  |   |
|-----|-----------|--|---|
| 1 6 | 共通        | ウェットベント時の S/C における放射性物質除去性能  | ○ |
| 1 7 | 共通        | 放射性物質の放出とモニタリング結果で見られる大きな放射線量のピークの関連、特に 3 月 15 日 10 時頃、3 月 15 日 23 時頃、3 月 16 日 11 時頃の大きなピークの原因、および 3 月 20 日前後のピークの原因 | ○ |
| 1 8 | 共通        | 圧力容器内で発生した水素が、格納容器から建屋内に放出される主な経路、格納容器内および建屋内の水素濃度の時間変化および爆発の進行過程の詳細   | ○ |
| 1 9 | 共通        | 燃料プール内の状況  | - |
| 2 0 | 共通        | RPV, DW, S/C 圧力と温度の計測値の信頼性   | ○ |
| 2 1 | 1 , 2 , 4 | 直流電源と交流電源の喪失の時間差（津波襲来時）  | - |
| 2 2 | 2 , 3     | 正門付近での中性子の検出（3/13, 14）   | ○ |
| 2 3 | 1         | IC 配管の格納容器内側弁の開度   | - |
| 2 4 | 1         | 格納容器外隔離弁の「閉」状態   | - |
| 2 5 | 1         | 原子炉建屋二重扉で通常より高い放射線レベルが検出された理由（3/11 17:50 頃）  | ○ |
| 2 6 | 1         | 1 号機原子炉圧力の低下のメカニズムと時間変化、同じ時間帯における格納容器圧力の時間変化（3/11 夜頃）  | ○ |
| 2 7 | 1         | RPV、格納容器の内圧および温度などのプラントパラメータの変化とモニタリングポスト指示値の変化の関係（3/12 早朝）  | ○ |
| 2 8 | 1         | SGTS 配管の高線量汚染  | ○ |
| 2 9 | 2         | 直流電源が失われた状態における RCIC の駆動メカニズム（津波襲来～3/14 13:25 頃）   | - |
| 3 0 | 2         | RCIC が停止した理由（3/14 13:25 頃）   | - |
| 3 1 | 2         | 原子炉強制減圧後の原子炉圧力の上昇（3/14 20 時頃～3/15 1 時頃）  | - |

|     |   |  |   |
|-----|---|--|---|
| 3 2 | 2 | SRV 経由の非凝縮性ガス移行が S/C の健全性に及ぼす影響 (3/14 21 時頃) | - |
| 3 3 | 2 | D/W 圧力の低下原因 (3/15 7:20 11:25)                | - |
| 3 4 | 2 | ラプチャーディスクの作動状況                               | ○ |
| 3 5 | 3 | 原子炉圧力の変化 (3/13 9 時頃から 12 時頃)                 | ○ |
| 3 6 | 3 | 機器ハッチの損傷メカニズムおよび生体遮蔽が移動していた理由                | - |

「 - 」: 未検討 「○」: 関連情報あり

【東京電力 未確認・未解明事項（52項目）】

| 番号 | 課題番号    | 未確認・未解明事項<br>調査・検討結果の進捗報告                       | 事故分析<br>検討会での検討 |
|----|---------|---|-----------------|
| 1  | 共通 - 1  | 炉心損傷後の SRV の動作 第4回進捗報告                          | ○               |
| 2  | 共通 - 2  | 消防車による原子炉注水量の推定精度向上 第1回進<br>捗報告 第2回進捗報告 第5回進捗報告 | -               |
| 3  | 共通 - 3  | 水位計の基準面器配管の水の蒸発挙動 第3回進捗報<br>告 第5回進捗報告           | ○               |
| 4  | 共通 - 4  | PLR メカニカルシールからの漏えい                              | -               |
| 5  | 共通 - 5  | コア・コンクリート反応                                     | -               |
| 6  | 共通 - 6  | 溶融炉心の下部プレナム落下挙動 第4回進捗報告                         | ○               |
| 7  | 共通 - 7  | 放射性物質の大気放出のタイミングとモニタリングテ<br>ータの関連 第5回進捗報告       | ○               |
| 8  | 共通 - 8  | ベント時の格納容器からの放射性物質の放出挙動                          | ○               |
| 9  | 共通 - 9  | 3月20日前後の線量上昇 第3回進捗報告                            | ○               |
| 10 | 共通 - 10 | 炉心損傷状況とデブリ位置 第5回進捗報告                            | -               |
| 11 | 共通 - 11 | 原子炉建屋の水素爆発 第5回進捗報告（1号機）                         | ○               |
| 12 | 共通 - 12 | 巨大連動型地震及び巨大津波発生に関する知見                           | -               |
| 13 | 共通 - 13 | 福島県浜通り南部地域における地震活動の活発化                          | -               |
| 14 | 共通 - 14 | 津波の福島第一主要建屋への詳細な到達時刻や浸水経<br>路 第1回進捗報告 第5回進捗報告   | -               |
| 15 | 共通 - 15 | 津波の波力による影響                                      | -               |

|     |          |   |   |
|-----|----------|---|---|
| 1 6 | 共通 - 1 6 | ヒューマンファクターの観点からの検討                        | - |
| 1 7 | 1号機 - 1  | 1号機水素による IC の除熱劣化 第3回進捗報告                 | - |
| 1 8 | 1号機 - 2  | 1号機 IC 動作の場合の挙動 第3回進捗報告                   | - |
| 1 9 | 1号機 - 3  | 1号機指示不良後の原子炉水位計指示値の挙動 第3回<br>進捗報告         | ○ |
| 2 0 | 1号機 - 4  | 1号機地震の影響による LOCA の可能性 第1回進捗報<br>告 第4回進捗報告 | - |
| 2 1 | 1号機 - 5  | 1号機原子炉圧力容器の気相漏えい                          | ○ |
| 2 2 | 1号機 - 6  | 1号機格納容器の気相漏えい                             | ○ |
| 2 3 | 1号機 - 7  | 1号機 3月 11 日の原子炉建屋内の線量上昇                   | ○ |
| 2 4 | 1号機 - 8  | 1号機原子炉建屋 1階南東エリアの高線量汚染の原因の<br>特定          | - |
| 2 5 | 1号機 - 9  | 1号機 RCW 配管の高線量汚染の原因の特定 第4回進<br>捗報告        | - |
| 2 6 | 1号機 - 10 | 1号機 SGTS 配管周辺の高線量汚染                       | ○ |
| 2 7 | 1号機 - 11 | 1号機消防車による注水条件の変更 第2回進捗報告                  | - |
| 2 8 | 2号機 - 1  | 2号機制御電源喪失後の RCIC 流量 第1回進捗報告               | - |
| 2 9 | 2号機 - 2  | 2号機 RCIC の停止原因                            | - |
| 3 0 | 2号機 - 3  | 2号機 3月 14 日 21 時以降の S/C 圧力計の挙動            | - |
| 3 1 | 2号機 - 4  | 2号機津波到達後の RHR 系統の状況 第1回進捗報告               | - |
| 3 2 | 2号機 - 5  | 2号機 14 日 13 時頃からの格納容器圧力挙動 第1回進<br>捗報告     | - |
| 3 3 | 2号機 - 6  | 2号機 SRV 強制開時の PCV 圧力 第2回進捗報告              | - |

|     |          |   |   |
|-----|----------|---|---|
| 3 4 | 2号機 - 7  | 2号機強制減圧後の原子炉圧力の上昇<br>第2回進捗報告<br>第3回進捗報告                                 | - |
| 3 5 | 2号機 - 8  | 2号機原子炉圧力容器の気相漏えい<br>第3回進捗報告   | - |
| 3 6 | 2号機 - 9  | 2号機ラプチャーディスクの作動の有無<br>告<br>第3回進捗報告<br>第4回進捗報告<br>第5回進捗報<br>告            | ○ |
| 3 7 | 2号機 - 10 | 2号機水素リッチな蒸気を放出した際の凝縮挙動<br>第3回進捗報告<br>第4回進捗報告                            | - |
| 3 8 | 2号機 - 11 | 2号機原子炉格納容器の気相漏えい  | - |
| 3 9 | 2号機 - 12 | 2号機 15日のCAMS指示値の急上昇<br>第3回進捗報告<br>第4回進捗報告                               | - |
| 4 0 | 2号機 - 13 | 2号機水素爆発がおきなかつたこと  | - |
| 4 1 | 3号機 - 1  | 3号機RCICの停止原因<br>第2回進捗報告   | - |
| 4 2 | 3号機 - 2  | 3号機指示不良後の原子炉水位指示値の挙動<br>第5回進<br>捗                                       | ○ |
| 4 3 | 3号機 - 3  | 3号機圧力抑制プールの温度成層化<br>第4回進捗報告   | ○ |
| 4 4 | 3号機 - 4  | 3号機HPCI運転中の原子炉水位の挙動<br>第1回進捗報<br>告                                      | ○ |
| 4 5 | 3号機 - 5  | 3号機HPCI停止後の原子炉水位の挙動<br>第1回進捗報<br>告<br>第2回進捗報告<br>第4回進捗報告<br>第5回進捗報<br>告 | ○ |
| 4 6 | 3号機 - 6  | 3号機13日9時頃の原子炉圧力の急速減圧挙動<br>第1回進<br>捗報告<br>第4回進捗報告                        | ○ |
| 4 7 | 3号機 - 7  | 3号機13日急速減圧後の原子炉圧力の挙動<br>第1回進<br>捗報告<br>第4回進捗報告                          | ○ |
| 4 8 | 3号機 - 8  | 3号機ベント操作時の格納容器圧力の挙動<br>第4回進捗<br>報告                                      | ○ |
| 4 9 | 3号機 - 9  | 3号機原子炉圧力容器の気相漏えい  | ○ |
| 5 0 | 3号機 - 10 | 3号機格納容器の気相漏えい<br>第4回進捗報告  | ○ |

|     |          |  |   |
|-----|----------|--|---|
| 5 1 | 3号機 - 11 | 3号機原子炉建屋上部からの大量の蒸気発生<br>第4回進<br><b>抄報告</b> | ○ |
| 5 2 | 3号機 - 12 | 3号機消防車による注水条件の変更                           | - |

「-」: 未検討 「○」: 関連情報あり

- 福島第一原子力発電所事故 : 未解明事項の調査と評価 2018年1月 日本原子力学会福島第一原子力発電所廃炉検討委員会 [学会未解明事項]  
[https://www.aesj.net/aesj\\_fukushima/fukushima-decommissioning](https://www.aesj.net/aesj_fukushima/fukushima-decommissioning)
- 福島第一原子力発電所事故における未確認・未解明事項の調査・検討 東京電力ホールディングス株式会社 [東電 HD 未確認・未解明事項]  
 2017年12月25日 第5回進抄報告  
 2015年12月17日 第4回進抄報告  
 2015年5月20日 第3回進抄報告  
 2014年8月6日 第2回進抄報告  
 2013年12月13日 第1回進抄報告  
[https://www.tepco.co.jp/decommission/information/accident\\_unconfirmed/](https://www.tepco.co.jp/decommission/information/accident_unconfirmed/)

#### 【各種事故調報告書】

- 最終報告書 平成26年3月 日本原子力学会東京電力福島第一原子力発電所事故に関する調査委員会 [学会事故調査報告書] 書籍
- 最終報告 平成24年7月23日 東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会 [政府事故調報告書]  
<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/icanps/index.html>
- 報告書 平成24年7月5日 東京電力福島原子力発電所事故調査委員会 [国会事故調報告書]  
<https://dl.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/3514600?tocOpened=1>
- 福島原子力事故調査報告書 平成24年6月20日 福島原子力事故調査委員会 [東電事故調報告書]  
[https://www.tepco.co.jp/decommission/information/accident\\_investigation/index-j.html](https://www.tepco.co.jp/decommission/information/accident_investigation/index-j.html)

## JAEAにおける試料分析の状況

- ・2号機原子炉建屋スミヤ試料
- ・1/2号機SGTS配管内部スミヤ試料
- ・3号機SGTS室フィルタースミヤ試料

2021年12月21日

日本原子力研究開発機構  
安全研究センター

## スミヤ試料分析のねらい

原子炉建屋等の床面や壁面に付着した核種の組成に関するデータを取得する。



- 同一号機における異なる位置での比較により、格納容器から建屋への漏洩経路や建屋内の移行経路を推定するための情報を得る。
  - 建屋各階の比較
  - SGTSフィルタ上流側と下流側の比較(格納容器ベントにより放出された気体中に含まれる核種特性の把握)
- 号機間の比較により、炉心損傷進展時における雰囲気条件等の違いを推定する。

# 分析対象の核種

## 着目核種

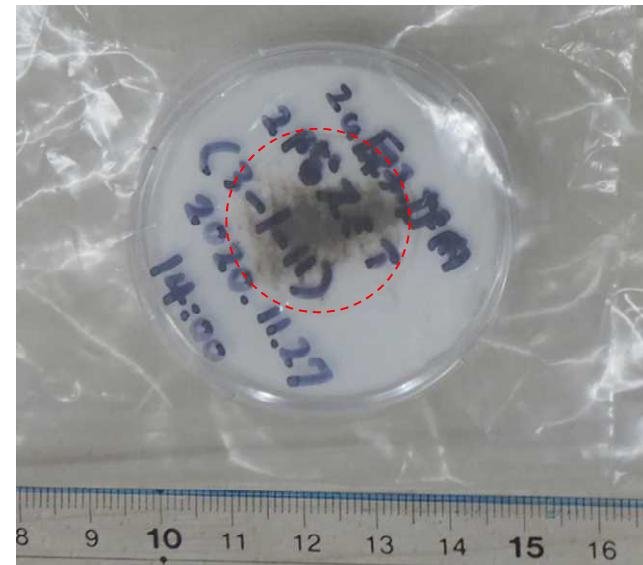
Cs-134/137、Sr-90、Tc-99、Mo同位体、I-129、核種(U等)、他

- Csの化学形は原子炉容器内の雰囲気に依存し得る(原子炉容器内に水蒸気が十分にある酸化雰囲気条件下で事故が進展した場合、Moが燃料から放出されやすくなり、 $\text{Cs}_2\text{MoO}_4$ がCsの主要な化学形になる可能性がある)。
- MCCIにより中・難揮発性の放射性物質(Srや核種)がエアロゾルとして放出される可能性がある。
- I-129(長半減期)を分析することにより、健康影響評価上重要なI-131(短半減期)の放出挙動を概略評価できる可能性がある。

# 試料の概要(1)規制庁採取試料

2号機原子炉建屋の壁、床、階段裏から採取されたスミヤ試料(2020/11/27採取)：14試料

| 試料番号     | 採取場所   |
|----------|--------|
| U2RB-5FW | 5階壁面   |
| U2RB-5FF | 5階床面   |
| U2RB-4FW | 4階壁面   |
| U2RB-4FF | 4階床面   |
| U2RB-4FS | 4階階段裏面 |
| U2RB-3FW | 3階壁面   |
| U2RB-3FF | 3階床面   |
| U2RB-3FS | 3階階段裏面 |
| U2RB-2FW | 2階壁面   |
| U2RB-2FF | 2階床面   |
| U2RB-2FS | 2階階段裏面 |
| U2RB-1FW | 1階壁面   |
| U2RB-1FF | 1階床面   |
| U2RB-1FS | 1階階段裏面 |



## 赤字で示した4試料を優先的に分析

- ・5階壁面 / 床面試料：トップヘッドフランジからの核種放出を考慮
- ・1階床面試料：1階貫通部等(p15参照)からの核種放出を考慮
- ・4階床面試料：上記試料との比較

## 試料の概要(2)東京電力採取試料

- ・1/2号機SGTS配管内部から採取されたスミヤ試料: 1試料

| 試料番号   | 採取場所          |
|--------|---------------|
| U12SGS | 1/2号機SGTS配管内部 |

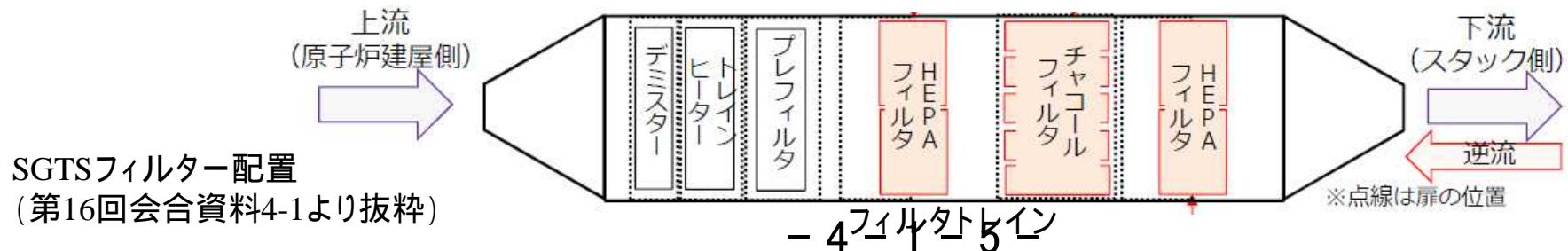
赤字で示した3試料を優先的に分析

・SGTS配管内部

・フィルタトレインの最上流、最下流

- ・3号機SGTS室のフィルターから採取されたスミヤ試料: 23試料

| 試料番号       | 採取場所(SGTS A系)      | 試料番号       | 採取場所(SGTS B系)      |
|------------|--------------------|------------|--------------------|
| U3SGF-A1-1 | 高性能フィルター上流 -1      | U3SGF-B1-1 | 高性能フィルター上流 -1      |
| U3SGF-A2-1 | チャコールフィルター最上段上流 -1 | U3SGF-B2-1 | チャコールフィルター最上段上流 -1 |
| U3SGF-A2-2 | チャコールフィルター最上段下流 -2 | U3SGF-B2-2 | チャコールフィルター最上段下流 -2 |
| U3SGF-A2-3 | チャコールフィルター最下段上流 -3 | U3SGF-B2-3 | チャコールフィルター最下段上流 -3 |
| U3SGF-A2-4 | チャコールフィルター最下段下流 -4 | U3SGF-B2-4 | チャコールフィルター最下段下流 -4 |
| U3SGF-A3-1 | 高性能フィルター上流 -1      | U3SGF-B3-1 | 高性能フィルター上流 -1      |
| U3SGF-A4-1 | プレフィルター上流 -1       | U3SGF-B4-1 | プレフィルター上流 -1       |
| U3SGF-A4-2 | プレフィルター下流 -2       | U3SGF-B4-1 | プレフィルター下流 -2       |
|            |                    | U3SGF-B5-1 | トレインヒーター機器表面       |
| U3SGF-A6-1 | デミスター上流 -1         | U3SGF-B6-1 | デミスター上流 -1         |
| U3SGF-A6-2 | デミスター下流 -2         | U3SGF-B6-2 | デミスター下流 -2         |
|            |                    | U3SGF-B7   | チャコールフィルター表面       |
|            |                    | U3SGF-B8   | プレフィルター表面          |



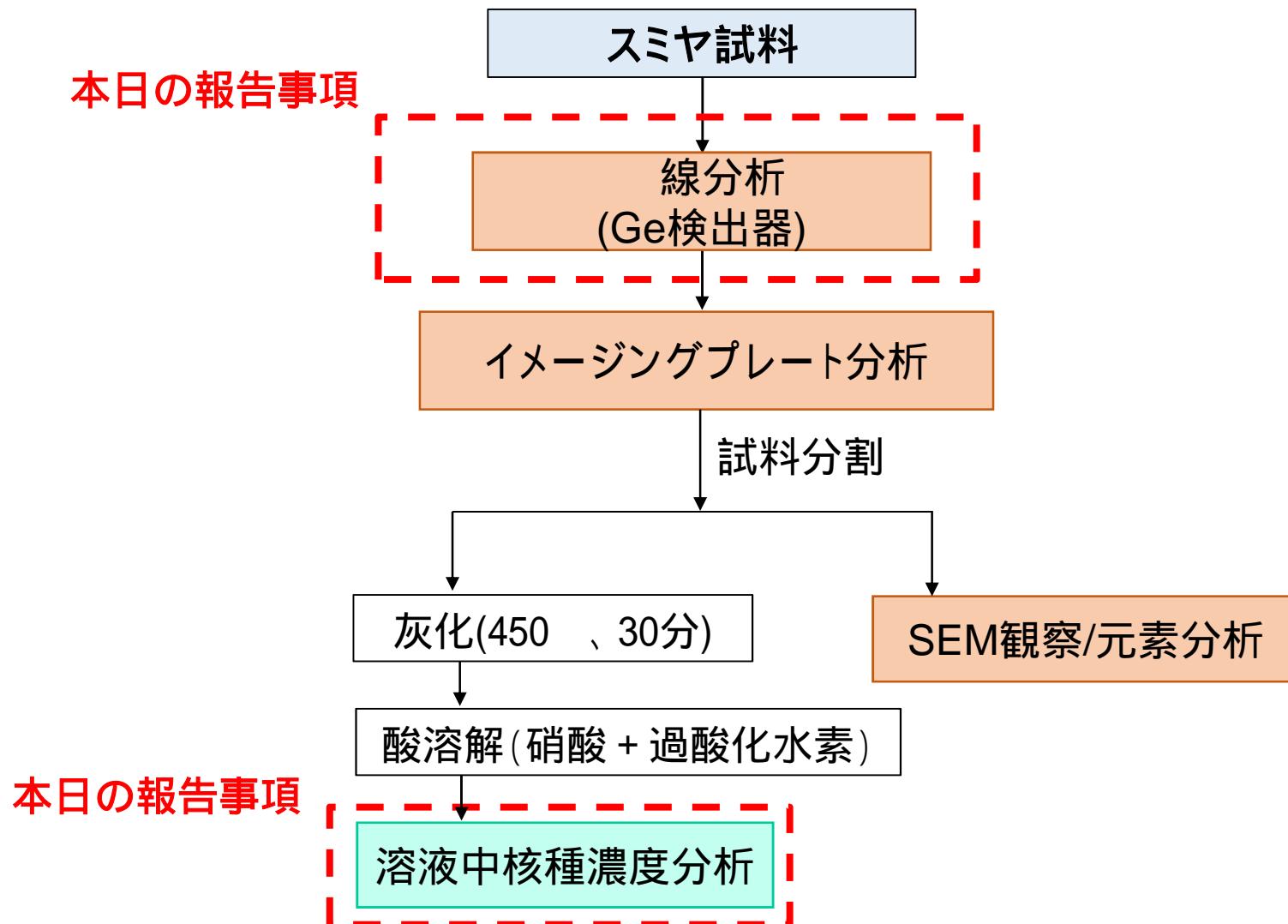
# 報告内容

---

---

- (1) 2号機原子炉建屋スミヤ試料の分析結果
- (2) 1/2号機SGTS配管内部スミヤ試料の分析結果
- (3) 3号機SGTS室フィルタースミヤ試料の分析結果  
( $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{99}\text{Tc}$ 、Mo同位体)

# 分析の流れ

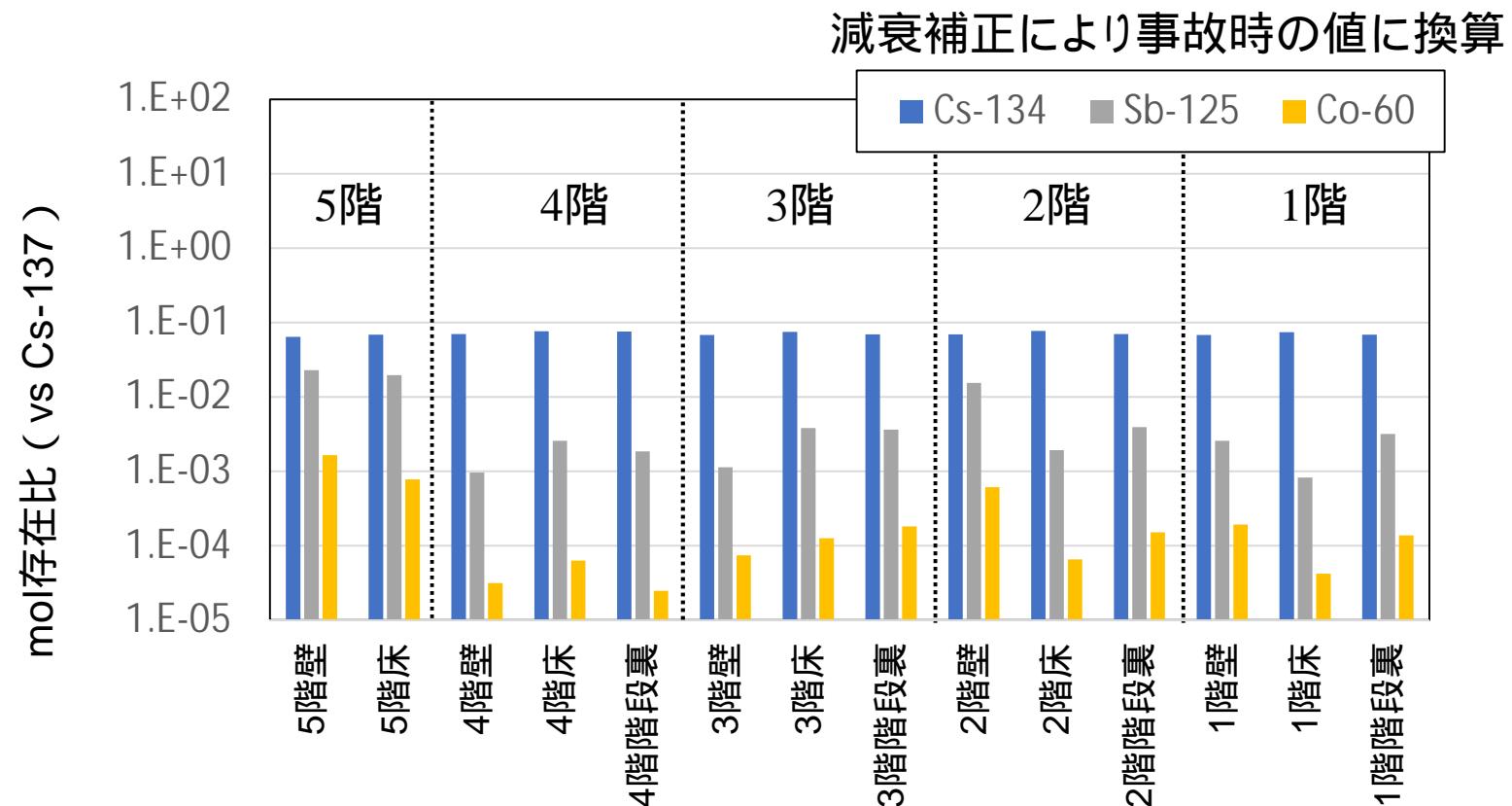


# ろ紙試料の 線分析結果(1/2)

(Cs-134、Sb-125、Co-60のCs-137に対する存在比)

## ・2号機原子炉建屋スミヤ試料

mol存在比 = [核種のmol量] / [Cs-137のmol量]

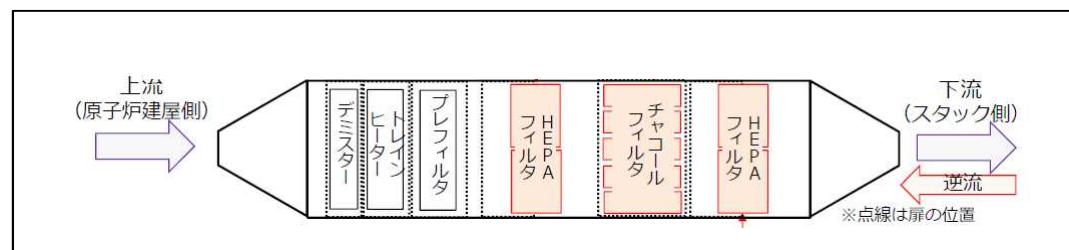
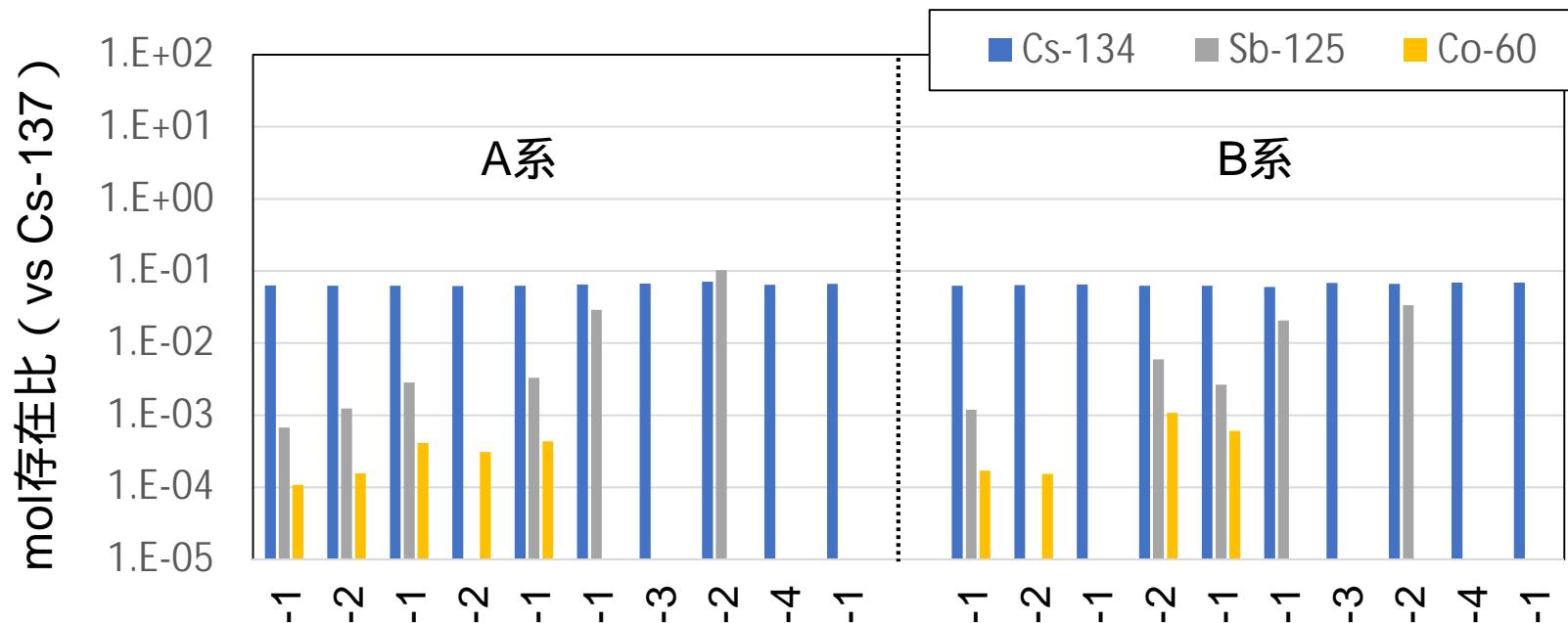


# ろ紙試料の 線分析結果(2/2)

(Cs-134、Sb-125、Co-60のCs-137に対する存在比)

・3号機SGTS室フィルタースミヤ試料

減衰補正により事故時の値に換算

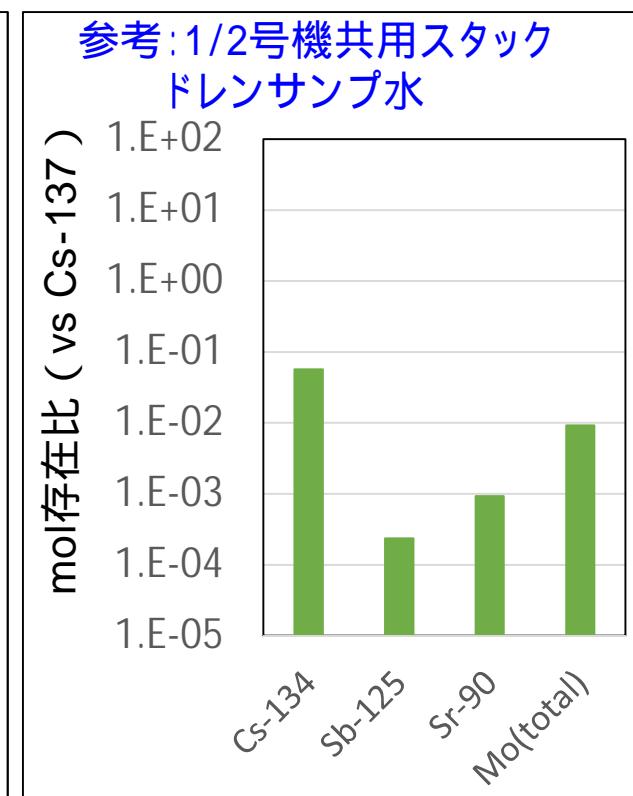
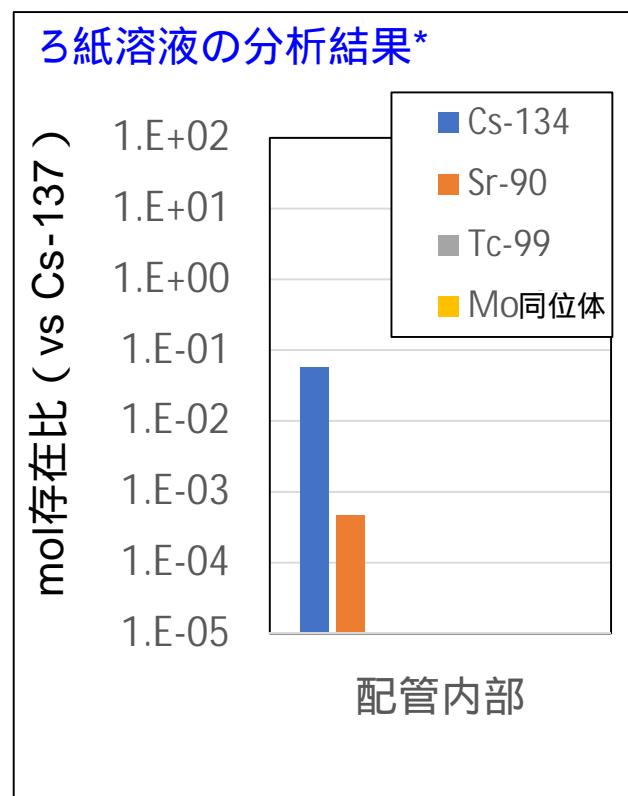
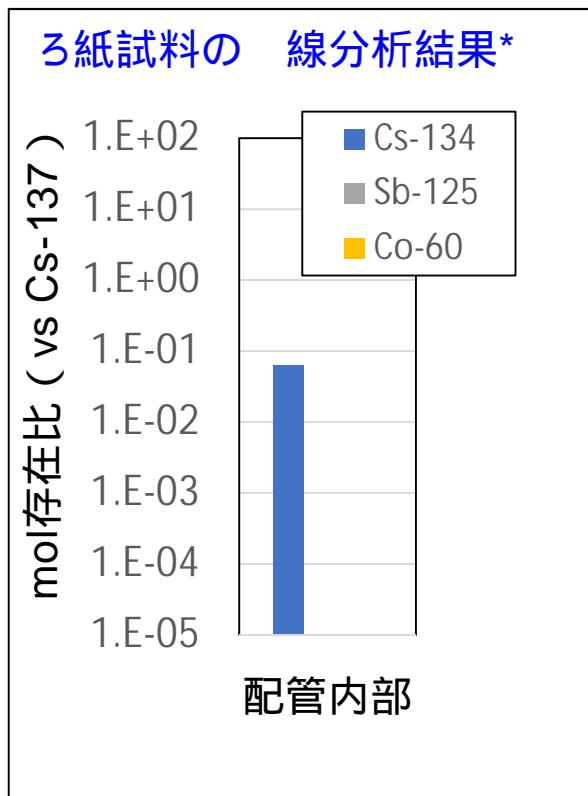


# 分析結果 (1/2号機SGTS配管内部スミヤ試料)

(Cs-134、Sb-125、Co-60、Sr-90、Tc-99、Mo同位体のCs-137に対する存在比)

## ・1/2号機SGTS配管内部スミヤ試料

減衰補正により事故時の値に換算



試料採取位置 : p16参照

✓ 1/2号機SGTS配管内部は1/2号機共用スタックドレンサンプ水と同様に、  
Cs-137に対するSb-125、Sr-90及びMo同位体(5核種)の割合が小さい結果

\* 1/2号機共用スタックドレンサンプ水と同等の割合でSb-125及びMo同位体が存在したとしても検出限界以下

# ろ紙溶液の分析結果

(Cs-134、Sr-90、Tc-99、Mo同位体のCs-137に対する存在比)

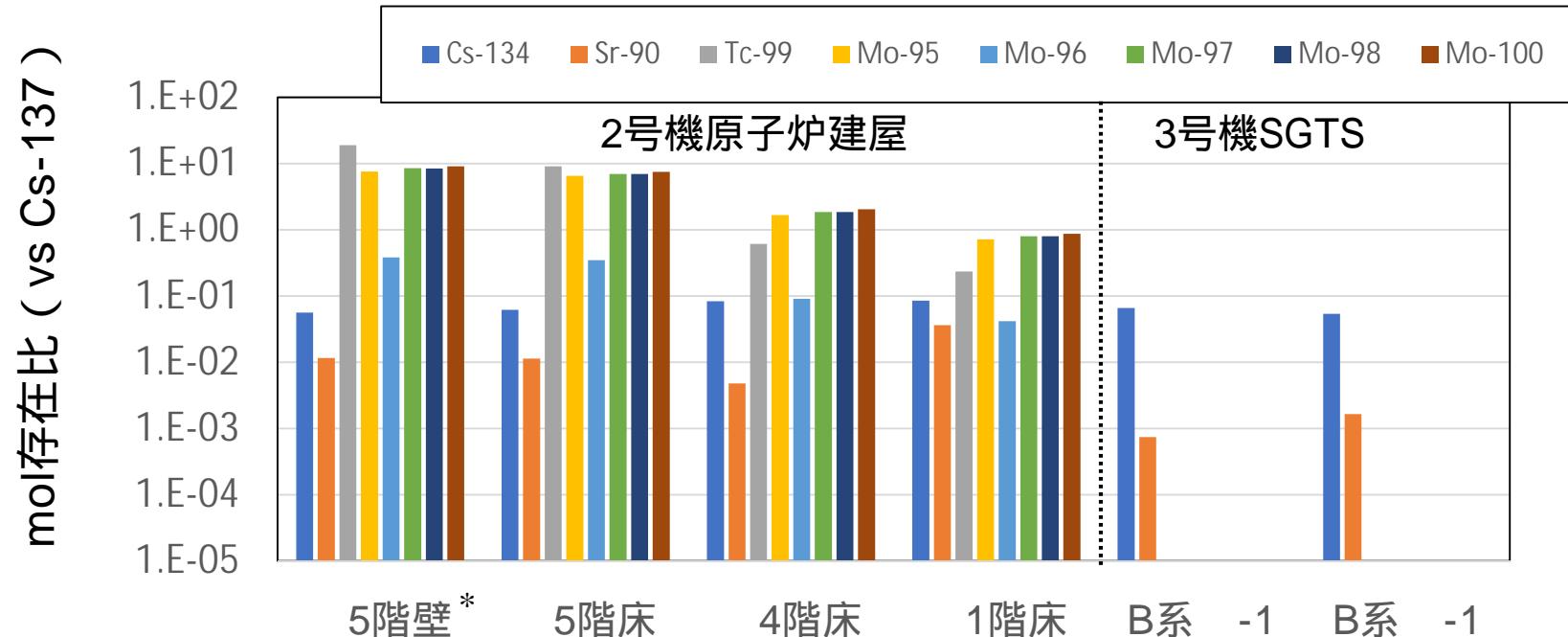
・2号機原子炉建屋スミヤ試料

・3号機SGTS室フィルタースミヤ試料

・減衰補正により事故時の値に換算

・Mo同位体：原子炉由来の値

(天然成分を差し引いた値)



2号機原子炉建屋では、1/2号機SGTS配管内部(1号機由来)及び  
3号機SGTSフィルターに比べ、  
 ✓ Sr-90の割合が1桁程度高い。  
 ✓ 酸化物になると放出されやすいTc及びMoの割合が著しく高い。

\*: 5階壁面試料の溶解においては、他の試料と比べ不溶性残渣が多く存在した

# まとめ

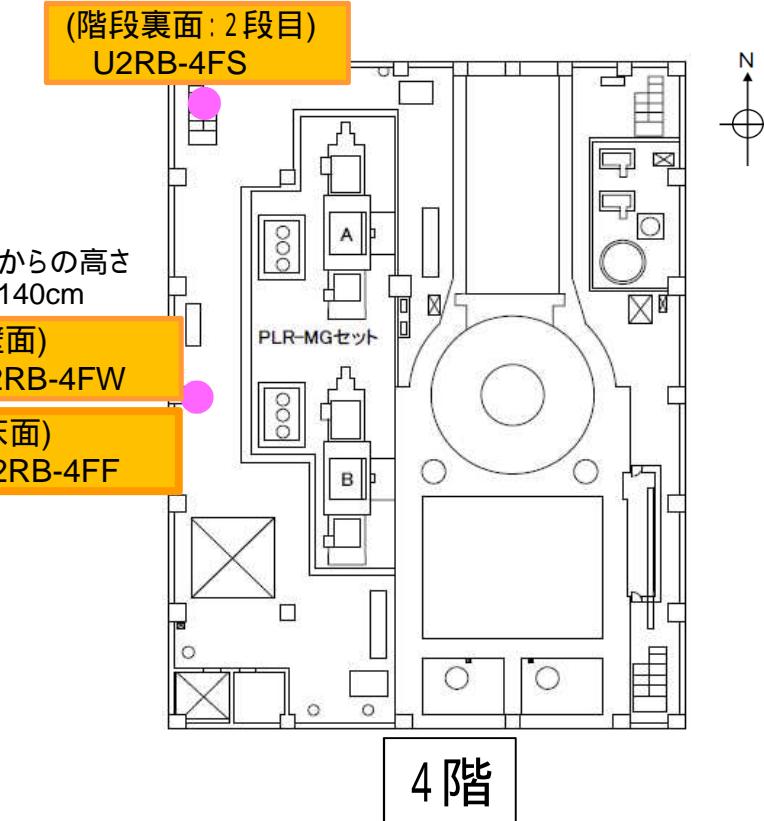
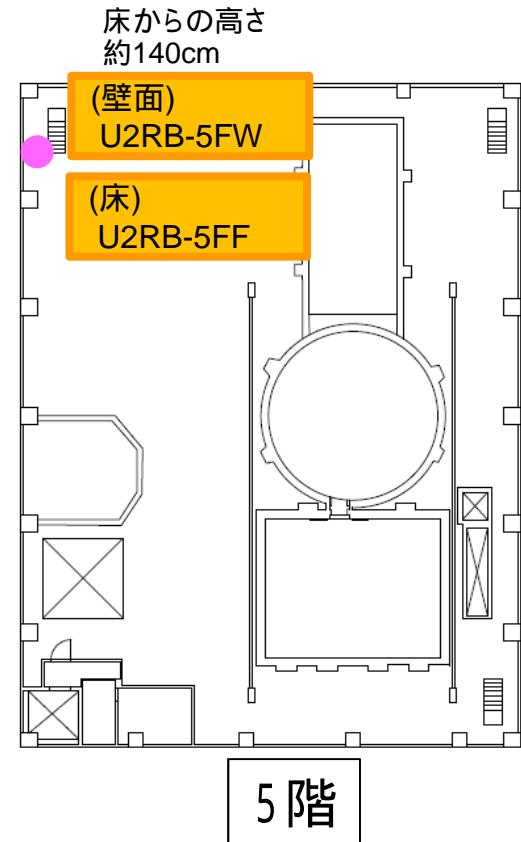
- 2号機原子炉建屋スミヤ試料（全14試料のうち4試料を選定して溶解）
- 1/2号機SGTS配管内部スミヤ試料（全1試料のうち1試料を選定して溶解）
- 3号機SGTS室フィルタースミヤ試料（全23試料のうち2試料を選定して溶解）
- 上記の全試料に対して 線分析による $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{125}\text{Sb}$ 、 $^{60}\text{Co}$ の定量を実施した。
- さらに、優先度の高い計7試料を選定し、酸溶解後の 線分析、線分析及び質量分析により、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{99}\text{Tc}$ 、Mo同位体を定量した。
- 2号機原子炉建屋スミヤ試料の結果と他の2試料の結果が大きく異なった。
  - ◆ 2号機原子炉建屋スミヤ試料において、Sr-90、酸化物になると放出されやすいTc-99及びMo同位体が高い割合で存在
- 引き続きSEM/EDX分析及びろ紙溶液中核種濃度分析を進める。

---

---

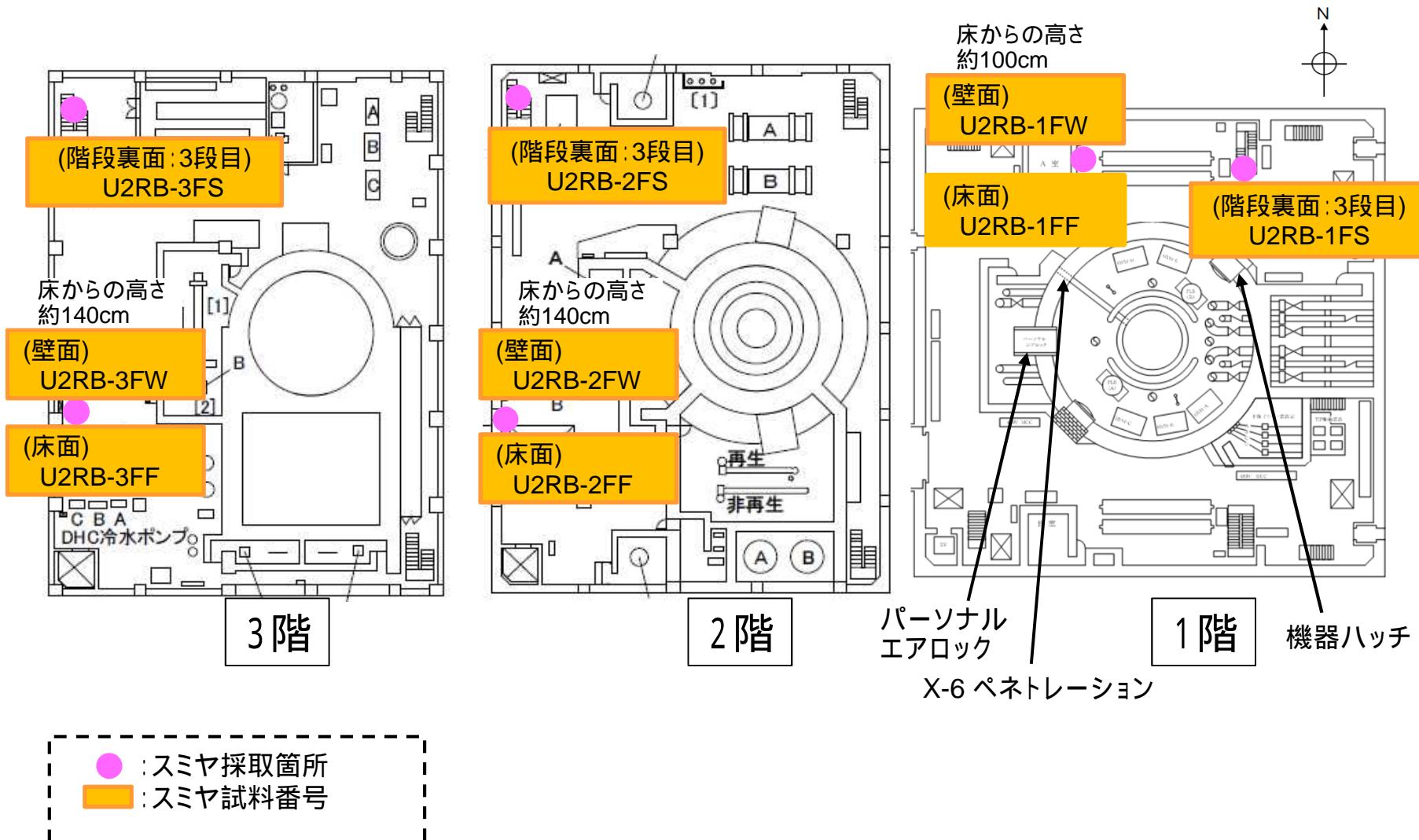
## 以下、参考資料

# 2号機原子炉建屋スミヤ試料 採取位置(1)



● : スミヤ採取箇所  
■ : スミヤ試料番号

## 2号機原子炉建屋スミヤ試料 採取位置(2)

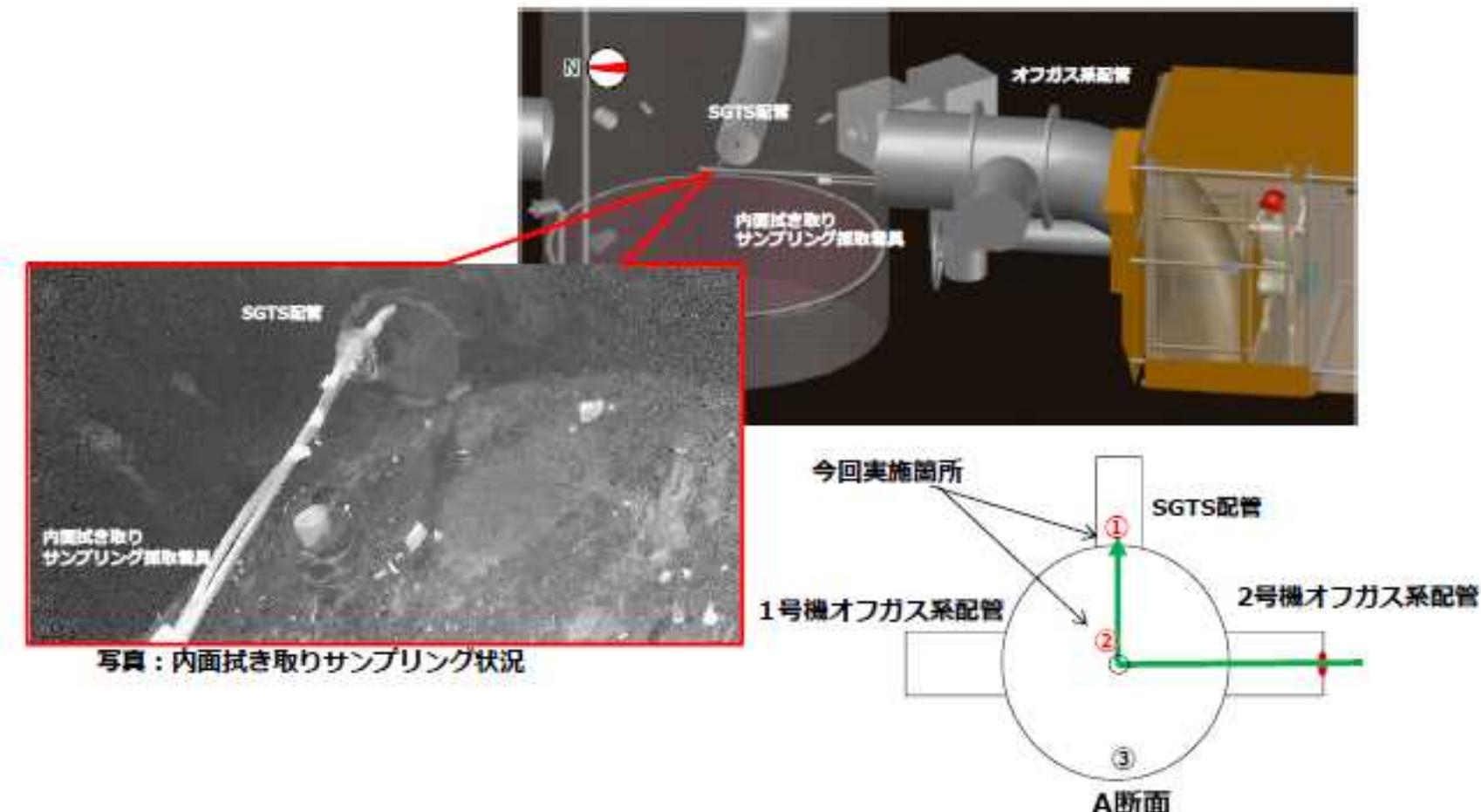


## 6. SGTS配管内部調査について

TEPCO

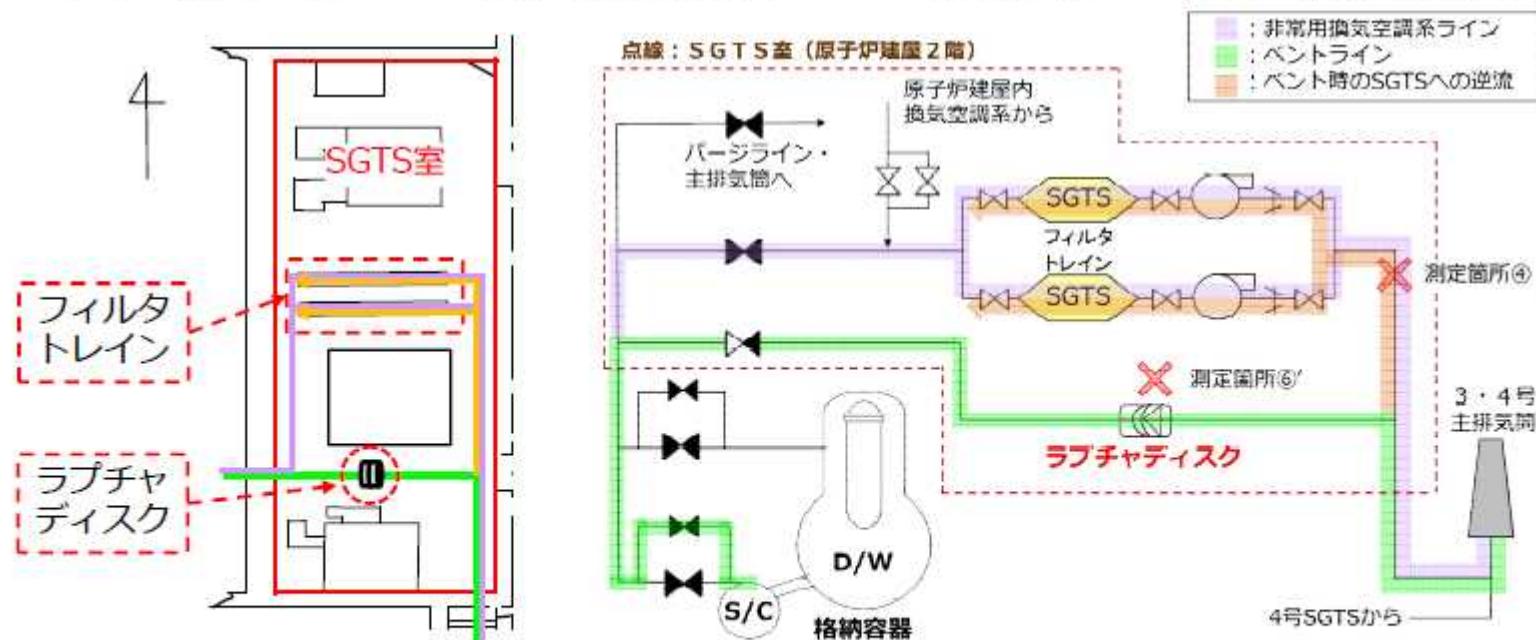
### (1) 内面拭き取りサンプリング

- 配管穿孔箇所（直径約10cm）より操作ポールを排気筒内部へ挿入し、SGTS配管内面の拭き取り（スミヤロ紙による）サンプリングを実施。



## 1. 概要

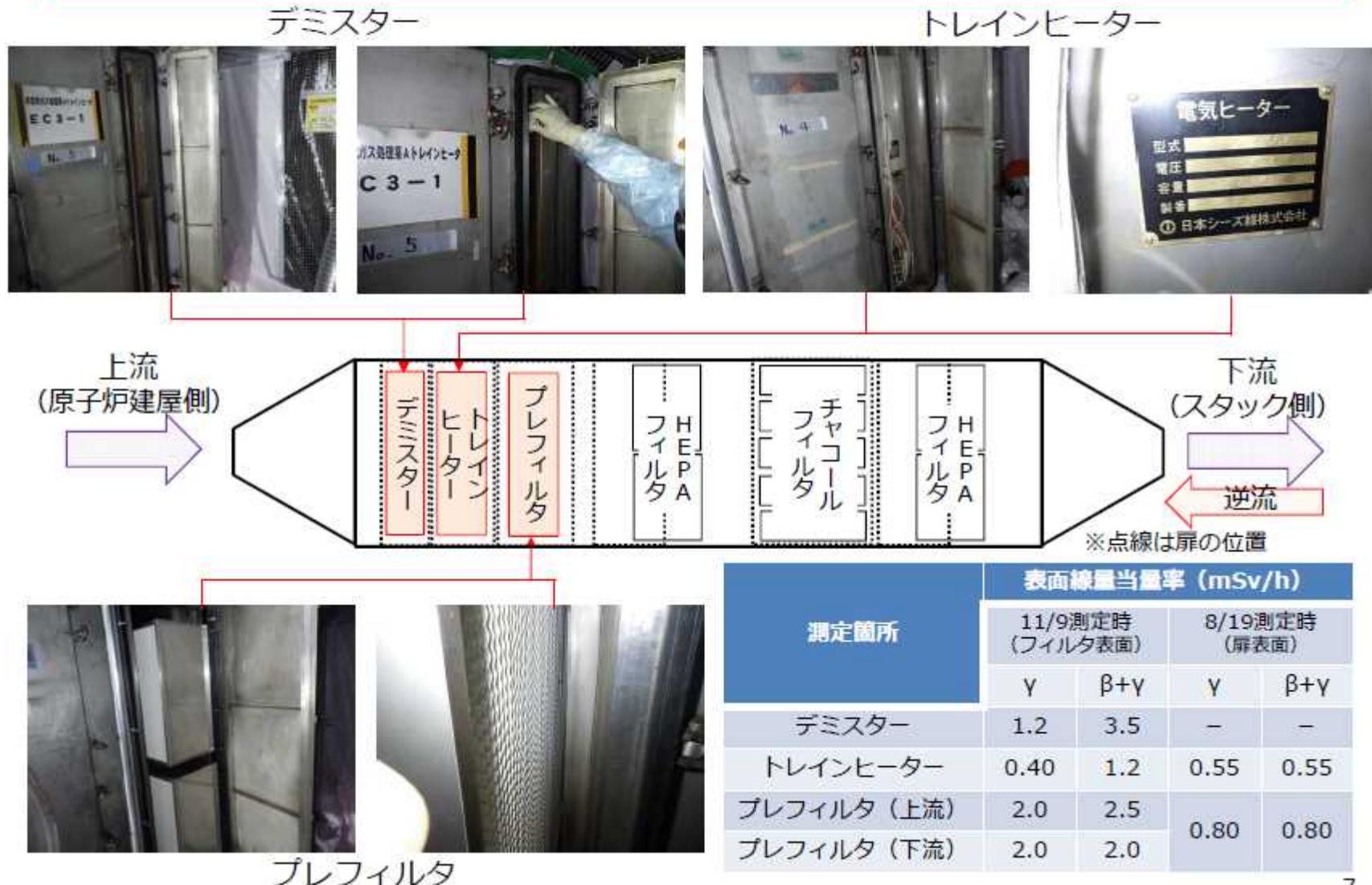
- 当社は「福島第一原子力発電所1～3号機の炉心・格納容器の状態の推定と未解明問題に関する検討」として、事故進展の解明にかかる取組みを継続。
- 事故進展にかかる多くの情報は廃炉作業の進捗とともに取得していくが、それに加え事故の痕跡を留める場所の調査を行うことで、検討に役立てることを計画。
- 1～4号機の非常用ガス処理系（SGTS）室内の機器や配管は、事故時の状態を留めており、現在廃炉作業との干渉が少ない。格納容器ベントに伴う放射性物質の放出挙動と関係している、当該室内の機器や配管を詳細に調査することを計画。
- 今回、調査の進んだ3号機の調査結果について報告。（1、2号機予備調査結果含む）



3号機SGTS室内の配管引き回し（左）と概略系統構成（右）

1

## 5. 3号機SGTSフィルタトレインA系内部① (11/9撮影)



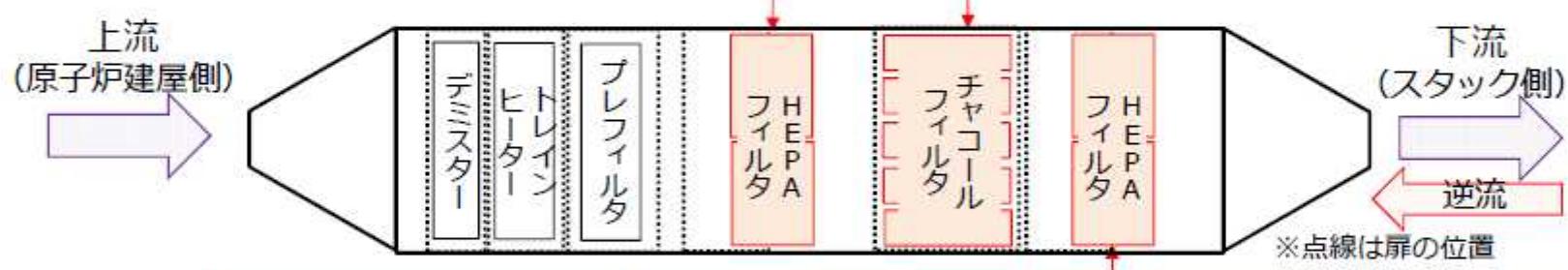
7

## 5. 3号機SGTSフィルタトレインA系内部② (11/9撮影)

HEPAフィルタ (No.3)



チャコールフィルタ



HEPAフィルタ (No.1)

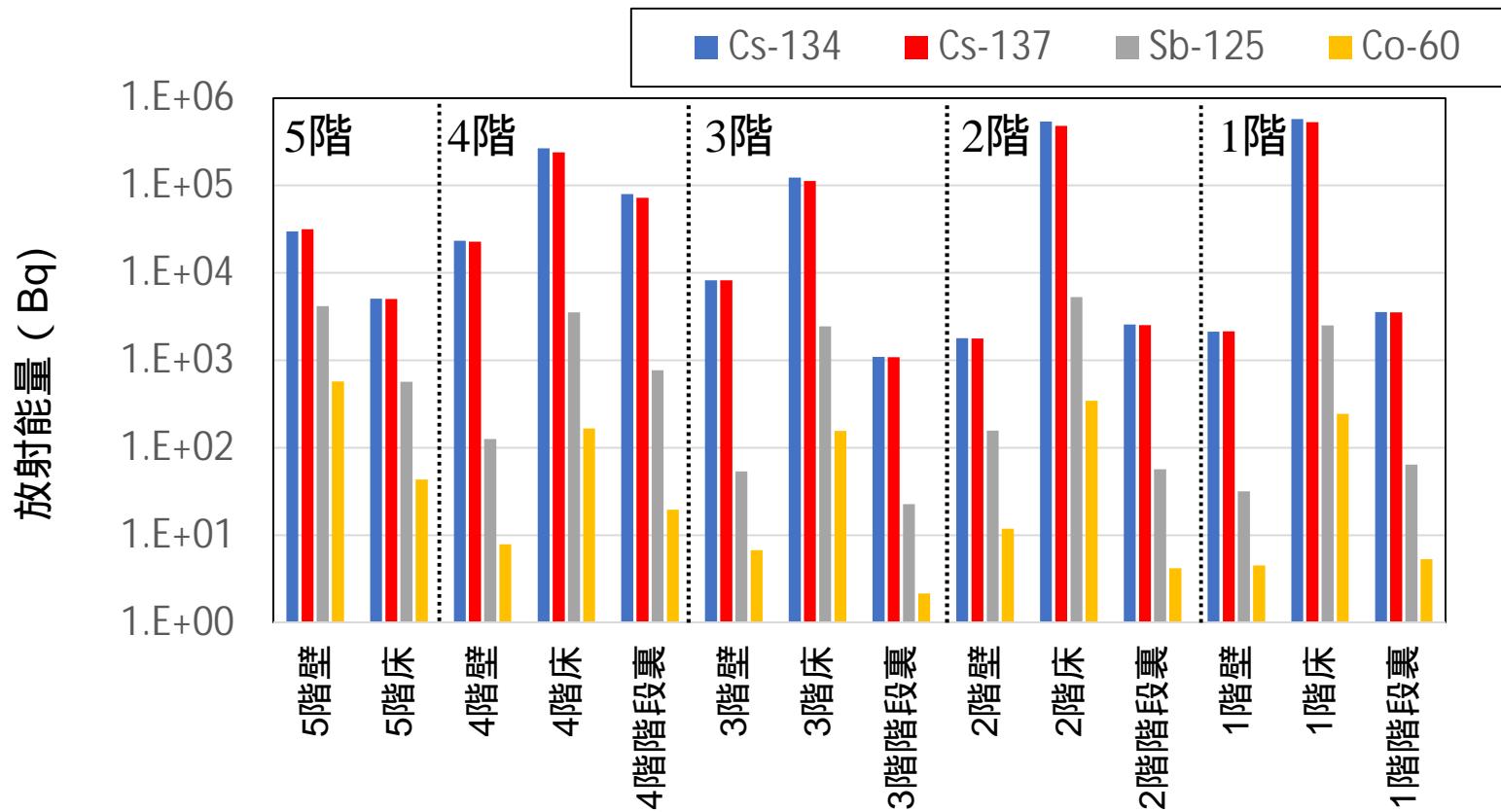
| 測定箇所              | 表面線量当量率 (mSv/h)    |                |                  |                |
|-------------------|--------------------|----------------|------------------|----------------|
|                   | 11/9測定<br>(フィルタ表面) |                | 8/19測定時<br>(扉表面) |                |
|                   | $\gamma$           | $\beta+\gamma$ | $\gamma$         | $\beta+\gamma$ |
| 高性能フィルタ<br>(No.3) | 4.0                | 4.0            | 1.1              | 1.1            |
| チャコールフィルタ         | 0.50               | 1.0            | 0.30             | 0.30           |
| 高性能フィルタ<br>(No.1) | 1.0                | 4.0            | 0.40             | 0.40           |

8

## ろ紙試料の 線分析結果(1/2)

・2号機原子炉建屋スミヤ試料

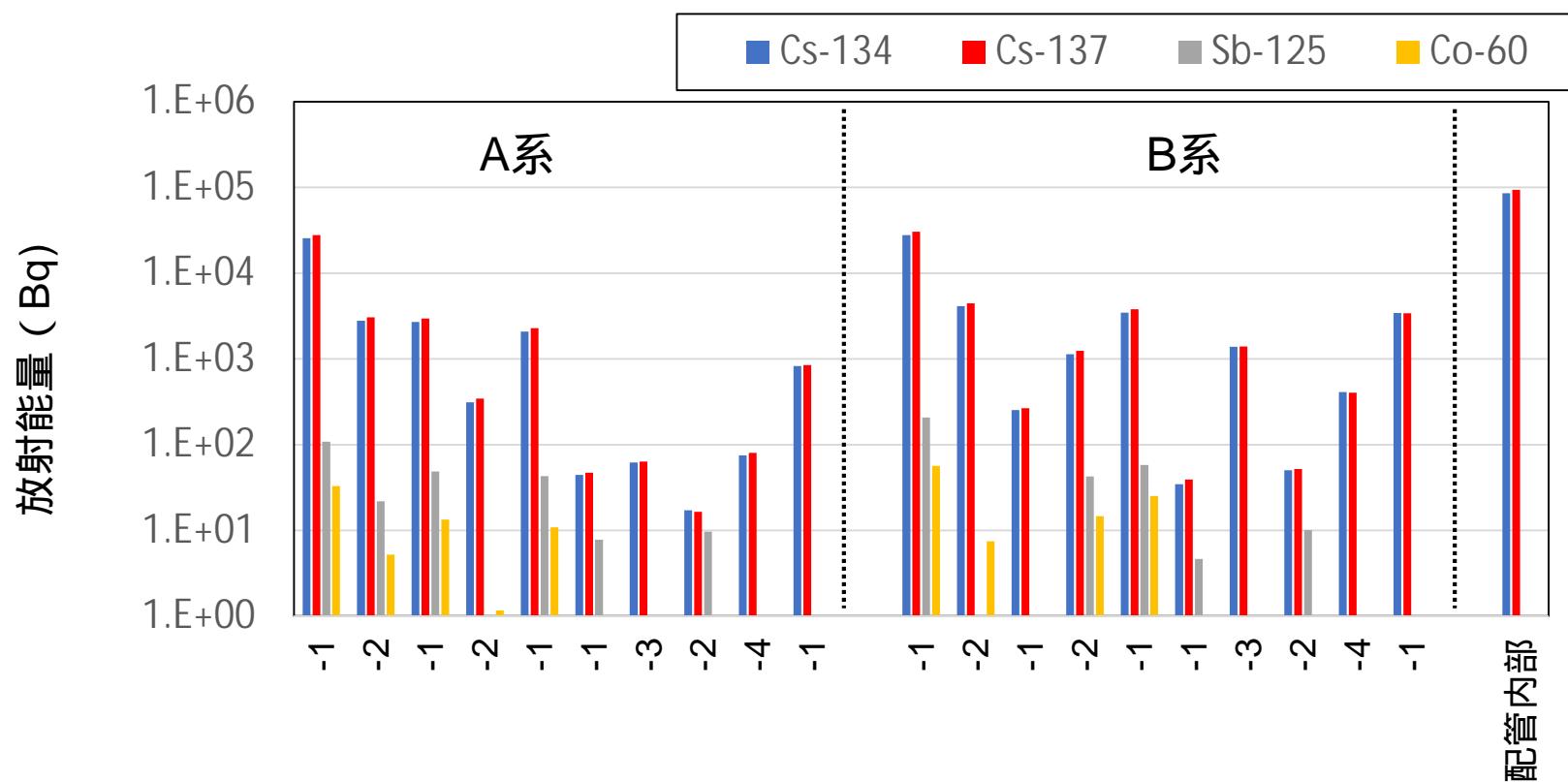
減衰補正により事故時の値に換算



## ろ紙試料の 線分析結果(2/2)

- ・3号機SGTS室フィルタースミヤ試料
- ・1/2号機SGTS配管内部スミヤ試料

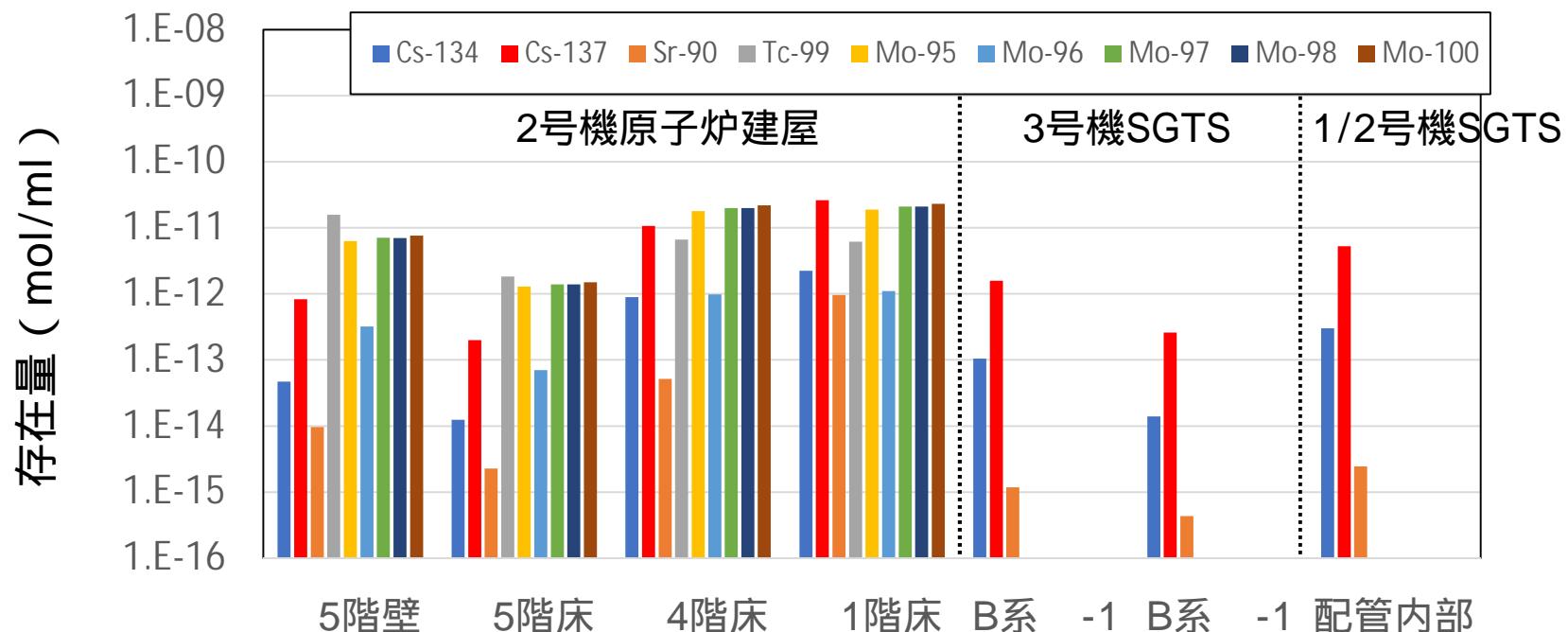
減衰補正により事故時の値に換算



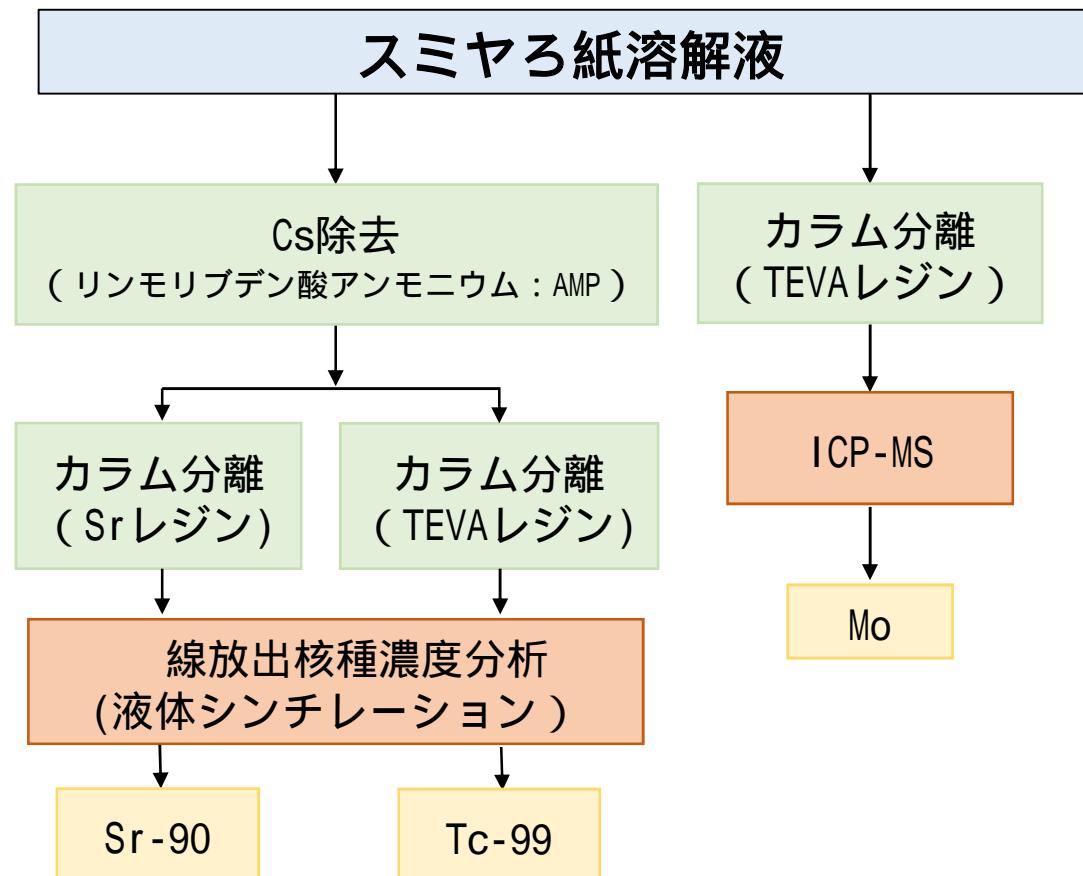
## ろ紙溶液の分析結果

- ・2号機原子炉建屋スミヤ試料
- ・3号機SGTS室フィルタースミヤ試料
- ・1/2号機SGTS配管内部スミヤ試料

- ・減衰補正により事故時の値に換算
- ・Mo同位体：原子炉由来の値  
(天然成分を差し引いた値)

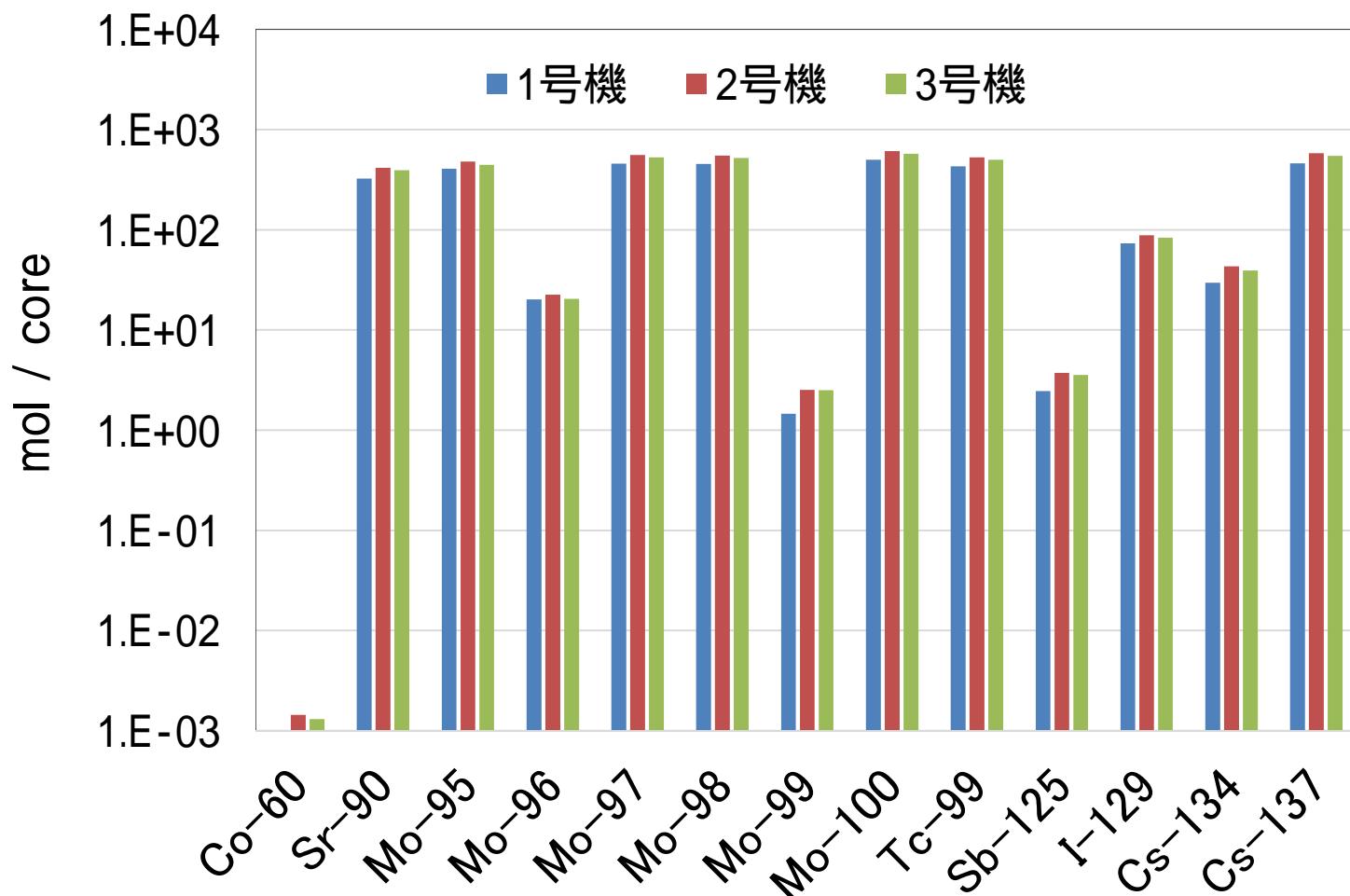


# 分析フロー



# 1～3号機炉心の初期インベントリ(事故時)

ORIGEN2による評価 (JAEA-Data-Code-2012-018)



## 2号機オペフロ内シールドプラグ穿孔部調査について

2021年12月21日



東京電力ホールディングス株式会社

## ➤ 目的

- シールドプラグ上段と中段の隙間に蓄積していると推定している放射性物質の放射能量評価の確度向上を目的として、オペフロ床面の表面汚染影響を受けにくい測定方法である穿孔箇所を用いた調査を実施する。
- 当該調査結果は、将来の燃料デブリ取り出し工法検討や事故解明に活用する。

## ➤ 調査の状況

- 早期の調査が可能な方法として既存穿孔箇所を活用した調査を、原子力規制庁殿と協働で実施（2021年8月26日・9月9日）。
  - ✓ シールドプラグ上段と中段の隙間には、セシウムを含む放射性物質が付着、堆積している可能性が高い。
  - ✓ シールドプラグ全体では汚染状況のばらつきが大きい可能性がある。

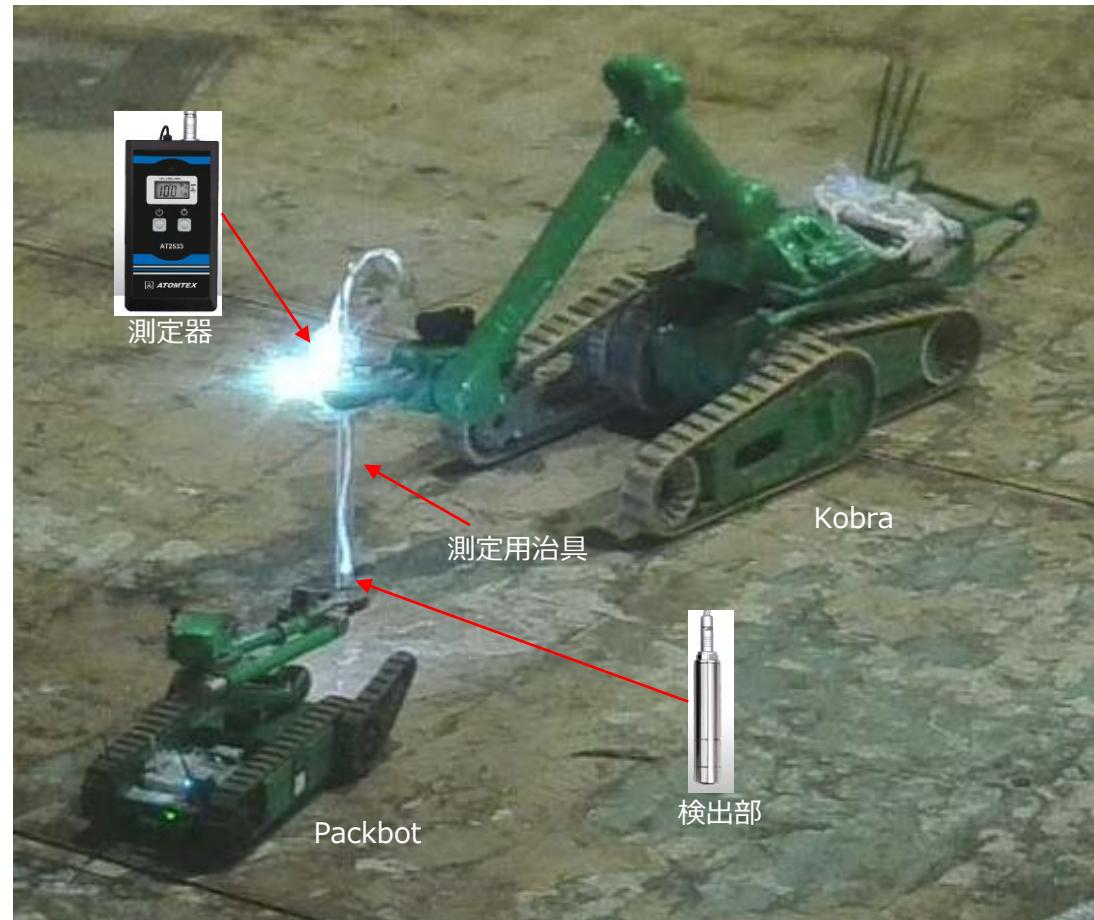
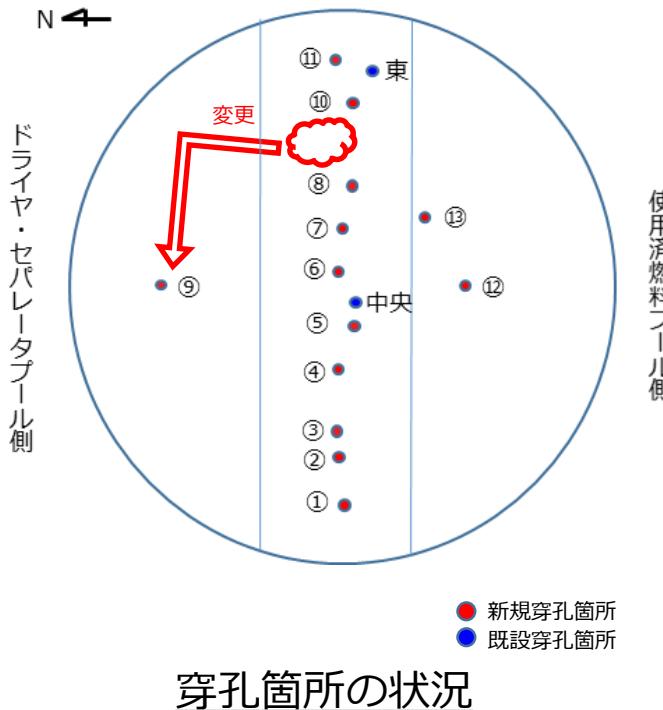


- シールドプラグの汚染状況の更なる把握に向け、新規穿孔箇所による調査を計画。
  - ✓ 新規穿孔箇所検討のため、シールドプラグ上の線量調査を実施（同10月7日）。
  - ✓ シールドプラグ上の線量調査結果を踏まえ、新規穿孔箇所を決定し、穿孔作業を実施（同11月29日～12月7日）。原子力規制庁殿と協働で、新規穿孔箇所部の線量調査（同11月30日～12月14日）を実施。

## 2. 新規穿孔箇所の調査状況

- 以下に示す新規穿孔箇所①～⑬の線量調査を実施した。
- 東西方向は11箇所とする計画※であったが、原子力規制庁殿と協議し、シールドプラグ吊搬作業用埋め込み金物近傍のNo.9をNo.12の対称となる北側シールドプラグ上に穿孔箇所を変更した。

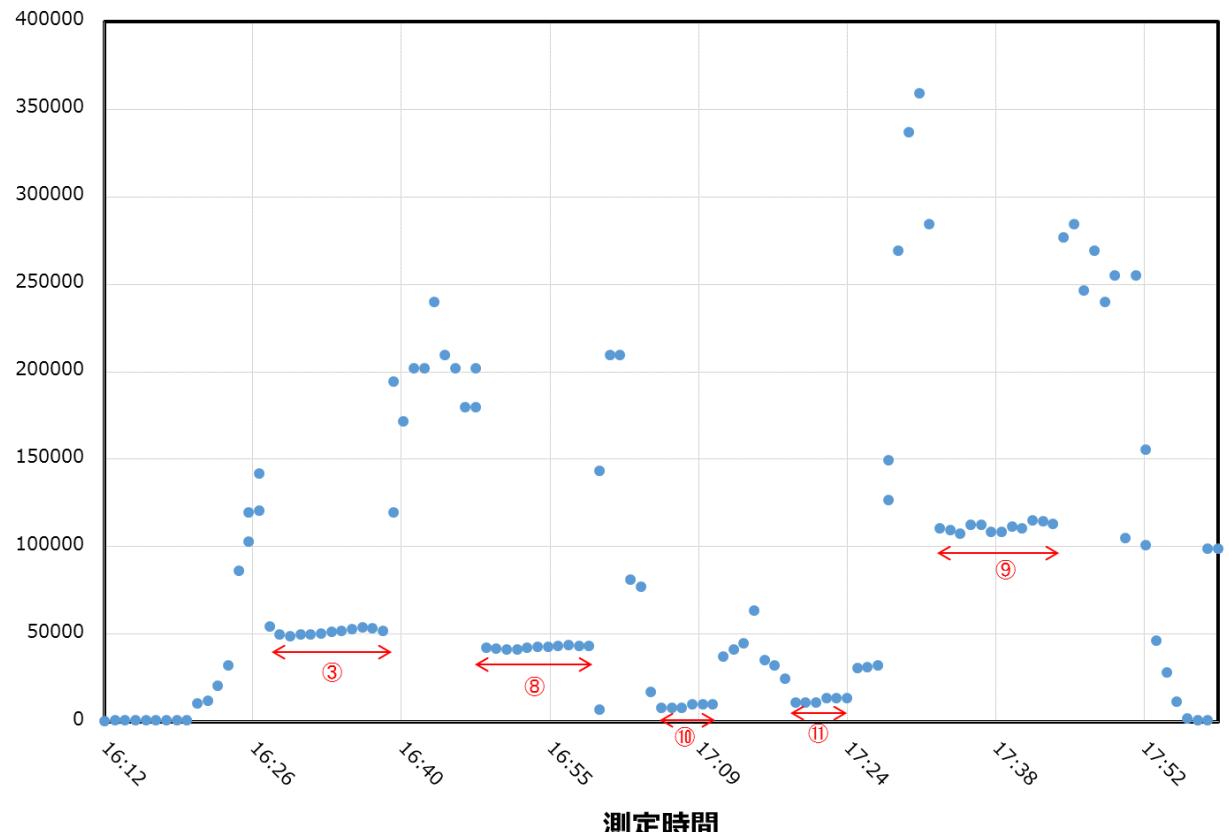
※廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第95回；2021年10月28日）資料  
「2号機オペフロ内シールドプラグ穿孔部調査について」



### 3. 新規穿孔箇所の線量調査結果 (1/2)

**TEPCO**

- 原子力規制庁殿と合同で実施した新規穿孔箇所の線量測定結果を以下に示す。
- 既存穿孔箇所の線量測定結果（参考3参照）と比較し、低い測定結果が得られた。
- シールドプラグ外周部に近い測定点No.1,2,10,11は、線量が低い傾向であった。
- 測定点No.4,9,12,13は、100mSv/hを超える結果が得られた。



| 12月6日測定分 |                     |           | 12月7日測定分 |                     |           |
|----------|---------------------|-----------|----------|---------------------|-----------|
| No.      | 深さ <sup>*1</sup> cm | 測定値 mSv/h | No.      | 深さ <sup>*1</sup> cm | 測定値 mSv/h |
| 1        | 9.5                 | 11        | 3        | 8.5                 | 50        |
|          | 8                   | 14        |          | 8                   | 51        |
| 2        | 6                   | 18        | 6        | 52                  |           |
|          | 8                   | 11        |          | 10                  | 41        |
| 4        | 6                   | 16        | 8        | 8                   | 43        |
|          | 7                   | 82(139)   |          | 6                   | 44        |
| 5        | 6                   | 82(156)   | 9        | 8.5                 | 112       |
|          | 7.5                 | 34        |          | 8                   | 109       |
| 6        | 6                   | 37        | 6        | 6                   | 114       |
|          | 7                   | 58        |          | 7.5                 | 8         |
| 7        | 6                   | 58        | 10       | 6                   | 10        |
|          | 9                   | 67-69     |          | 8                   | 11        |
| 12       | 8                   | 68-70     | 11       | 6                   | 14        |
|          | 6                   | 66-69     |          | 8                   |           |
| 13       | 10                  | 97(117)   |          | 6                   |           |
|          | 8                   | 112-120   |          | 10                  | 97(135)   |
| 13       | 6                   | 97(105)   |          | 8                   | 97(105)   |
|          | 6                   | 112(120)  |          | 6                   | 112(120)  |

測定器：AT2533(規制庁貸与品)

\*1 床面から治具底部までの深さ。床面から10cmを目標に穿孔作業を実施したがコア切断面の影響により深さにばらつきがある。  
( )は表示値最大

参考：測定データ(読み値) 3

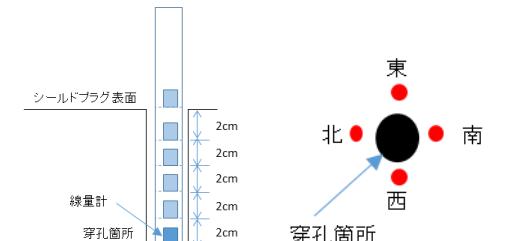
### 3. 新規穿孔箇所の線量調査結果 (2/2)

**TEPCO**

- ~12/7迄の測定に使用していた測定器を右下図の計測器に変更し、シールドプラグ内配筋の影響を確認するため、再度穿孔箇所の測定及び穿孔箇所周辺床面の線量測定を12/14に実施した結果を以下に示す。
- 調査結果を用いた解析は、原子力規制庁殿で実施。

| 測定位置No          | 穿孔箇所床面からの挿入深さ          |                          |                          |                          |                          |                          | 穿孔箇所周辺床面表面線量 |      |      |      |
|-----------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|------|------|------|
|                 | (最大挿入深さ)<br>測定値(mSv/h) | (挿入深さ:8cm)<br>測定値(mSv/h) | (挿入深さ:6cm)<br>測定値(mSv/h) | (挿入深さ:4cm)<br>測定値(mSv/h) | (挿入深さ:2cm)<br>測定値(mSv/h) | (挿入深さ:0cm)<br>測定値(mSv/h) | 東            | 西    | 南    | 北    |
| 1               | (9.5)<br>7.37          | 7.35                     | 10.2                     | 12.0                     | 24.1                     | 35.3                     | 35.7         | 35.9 | 33.5 | 41.6 |
| 2               | (9.0)<br>8.65          | 8.15                     | 8.23                     | 10.4                     | 18.5                     | 41.4                     | 52.0         | 41.1 | 44.2 | 43.9 |
| 3               | (8.5)<br>32.3          | 34.7                     | 43.3                     | 43.7                     | 65.5                     | 101                      | 176          | 104  | 105  | 99.4 |
| 4               | (7.0)<br>72.2          | —                        | 66.3                     | 86.4                     | 110                      | 147                      | 157          | 207  | 161  | 159  |
| 5               | (7.5)<br>24.5          | —                        | 25.1                     | 26.2                     | 70.1                     | 125                      | 132          | 169  | 107  | 142  |
| 6               | (7.0)<br>42.8          | —                        | 44.4                     | 45.9                     | 78.1                     | 169                      | 145          | 196  | 191  | 169  |
| 7               | (9.0)<br>52.0          | 51.5                     | 52.7                     | 53.9                     | 72.9                     | 112                      | 243          | 95.8 | 147  | 154  |
| 8               | (10.0)<br>36.5         | 40.4                     | 45.6                     | 40.5                     | 65.5                     | 137                      | 176          | 119  | 138  | 135  |
| 9               | (8.5)<br>70.2          | 69.5                     | 91.5                     | 93.6                     | 97.4                     | 176                      | 157          | 314  | 222  | 183  |
| 10              | (7.0)<br>4.83          | —                        | 5.34                     | 6.37                     | 12.7                     | 24.0                     | 22.9         | 30.5 | 25.9 | 30.0 |
| 11              | (8.0)<br>5.90          | —                        | 8.41                     | 10.6                     | 15.6                     | 26.8                     | 26.4         | 26.5 | 26.0 | 26.6 |
| 12              | (8.0)<br>87.3          | —                        | 92.4                     | 95.6                     | 111                      | 228                      | 440          | 138  | 222  | 213  |
| 13              | (10.0)<br>75.4         | 76.2                     | 77.6                     | 88.4                     | 91.3                     | 182                      | 264          | 175  | 182  | 278  |
| 既設穿孔箇所<br>(中央部) | (5.0)<br>950           | —                        | —                        | 807                      | 773                      | 529                      | 304          | 512  | 307  | 302  |
| 既設穿孔箇所<br>(東側)  | (5.0)<br>293           | —                        | —                        | 289                      | 221                      | 136                      | 126          | 101  | 74.7 | 102  |

測定器 : Polimaster PM1703MO-1(規制庁殿改良貸与品)



①穿孔箇所測定 ②穿孔箇所周辺床面測定

#### 【変更点】

- ①シールドプラグ穿孔箇所床面(0cm)の測定を追加
- ②穿孔箇所周辺床面の4点測定を追加(東西南北方向)



測定器 : Polimaster PM1703MO-1



規制庁殿にて測定器に検出器を取り付

# 【参考1】新規穿孔箇所調査の実績工程

**TEPCO**

- 11月29日より穿孔作業を開始し、12月7日で13箇所の穿孔を完了。
- 11月30日より原子力規制庁と協働での線量調査を開始し、12月14日に線量調査を完了。原子力規制庁殿にて解析を実施。

■ 実績

| 項目              | 月日 |   | 11/15 | 11/16 | 11/17 | 11/18 | 11/19 | 11/20 | 11/21 | 11/22 | 11/23 | 11/24 | 11/25 | 11/26 | 11/27 | 11/28 | 11/29 | 11/30 | 12/1 | 12/2 | 12/3 | 12/4 | 12/5 | 12/6 | 12/7 | 12/8 | 12/9 | 12/10 | 12/11 | 12/12 | 12/13 | 12/14 | 12/15 | 12/16 | 12/17 | 12/18 | 12/19 |
|-----------------|----|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                 | 月  | 火 | 水     | 木     | 金     | 土     | 日     | 月     | 火     | 水     | 木     | 金     | 土     | 日     | 月     | 火     | 水     | 木     | 金    | 土    | 日    | 月    | 火    | 水    | 木    | 金    | 土    | 日     | 月     | 火     | 水     | 木     | 金     | 土     | 日     |       |       |
| <主要工程>          |    |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 事前マーキング         |    |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 穿孔箇所上部線量測定(穿孔前) |    |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 穿孔装置準備          |    |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 穿孔              |    |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 穿孔箇所線量測定(穿孔後)   |    |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                 |    |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

## 【参考2】新規穿孔作業の状況

TEPCO



No.12 穿孔状況



# 【参考3】既存穿孔箇所の調査結果※

TEPCO

## ▶ 調査内容

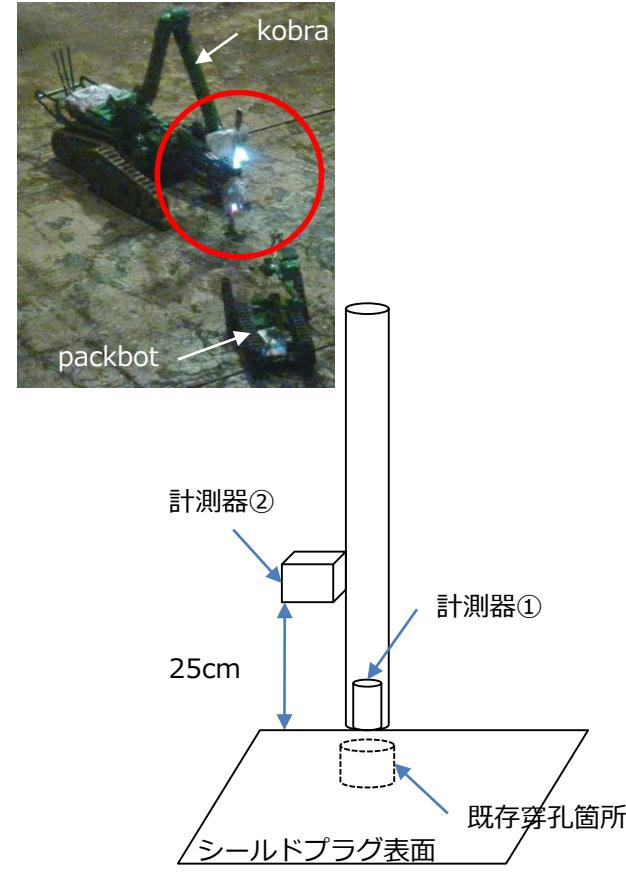
※第22回 東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析  
に係る検討会（2021.9.14）資料3-3

- ✓ 既存穿孔箇所2箇所（中央，東）に対して、深さ方向の線量を測定（計測器①）
- ✓ 同時に25cm高さ位置の線量測定（計測器②）

## ▶ 測定結果

単位 : mSv/h

| 測定箇所 | 床表面から筒底の距離 [cm] | 計測器①              | 計測器② |
|------|-----------------|-------------------|------|
| 東    | 7.0             | 255               | 52.5 |
|      | 6.0             | 277               | 51.5 |
|      | 5.0             | 290 – 300         | 52.1 |
|      | 4.0             | 292               | 50.9 |
|      | 3.0             | 255               | 50.7 |
|      | 2.0             | 225               | 51.9 |
|      | 1.0             | 172               | 51.9 |
|      | 7.0             | 255               | 51.5 |
| 中央   | 6.0             | 1169              | 230  |
|      | 5.0             | 1070              | 236  |
|      | 4.0             | 944               | 235  |
|      | 3.0             | 825               | 225  |
|      | 2.0             | 682 – 690         | 226  |
|      | 1.0             | 600               | 225  |
|      | 0.0             | 532 – 5 – 1 – 8 – | 225  |



測定日：2021年8月26日

# ケーブル及び保温材の可燃性ガス発生量評価予備試験速報

2021年12月21日



---

東京電力ホールディングス株式会社

# 可燃性有機ガス発生量評価（予備試験速報）

東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会（第26回）  
資料4-2 資料引用・赤字追記

- 2021年10月19日の「東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会（第23回）」で報告した予備試験の実施状況について報告する。
- ケーブル及び保温材の予備試験を実施し、ガス発生温度域を確認した。
- 塗料は十分に乾燥させる必要があることから、2022年2月に実施予定。

予備試験進捗状況

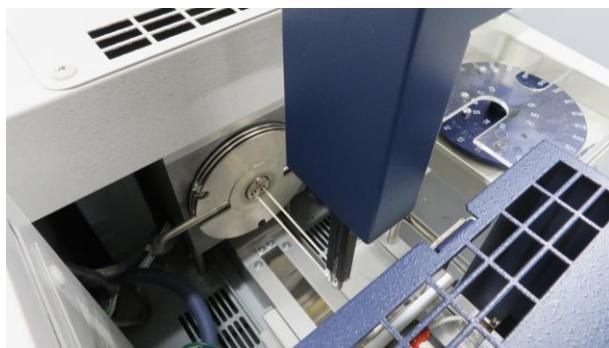
| No. | 種類   | 評価対象   | 用途                             | 予備試験進捗                             |
|-----|------|--|--------------------------------|------------------------------------|
| 1   | ケーブル | CVケーブル<br>絶縁体：架橋ポリエチレン<br>シース：難燃性特殊耐熱ビニル       | ・高圧動力用ケーブルに使用                  | 熱重量測定（TG）実施<br>FT-IR、SEM-EDX実施     |
| 2   | ケーブル | PNケーブル<br>絶縁体：難燃性エチレンプロピレンゴム<br>シース：特殊クロロブレンゴム | ・制御・計装ケーブルに使用<br>・RPV下部に設置     | 熱重量測定（TG）実施<br>FT-IR、SEM-EDX実施     |
| 3   | ケーブル | 同軸ケーブル<br>絶縁体：ETFE／架橋ポリエチレン<br>シース：難燃性架橋ポリエチレン | ・SRNM／LPRMケーブルに使用<br>・RPV下部に設置 | 熱重量測定（TG）実施<br>FT-IR、SEM-EDX年内実施予定 |
| 4   | 塗料   | エポキシ系塗料  | ・D/W、S/C壁面 上塗り                 | 2022年2月に実施予定                       |
| 5   | 塗料   | 無機ジンクリッヂ塗料                                     | ・D/W、S/C壁面 下塗り                 | 2022年2月に実施予定                       |
| 6   | 保温材  | ウレタン保温材  | ・配管保温                          | 熱重量測定（TG）実施<br>FT-IR、SEM-EDX実施     |
| 7   | 保温材  | ポリイミド保温材                                       | ・配管保温                          | 熱重量測定（TG）実施<br>FT-IR、SEM-EDX実施     |

## ■ TG測定装置



※装置名等マスキング

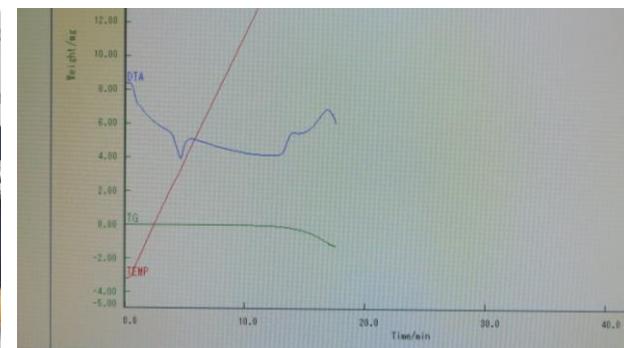
外観



試料セット状態



昇温中の試料  
- 5 - 2 - 3 -



測定データトレンド

## ■ FT-IR測定装置

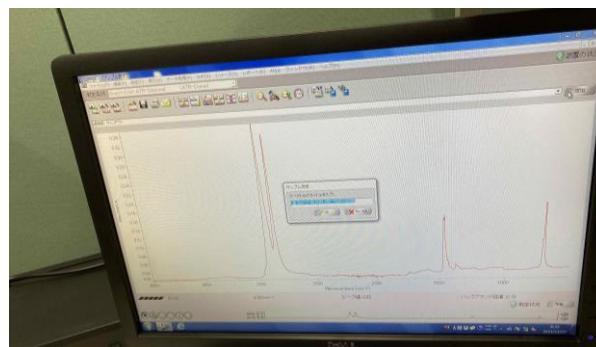


※装置名等マスキング

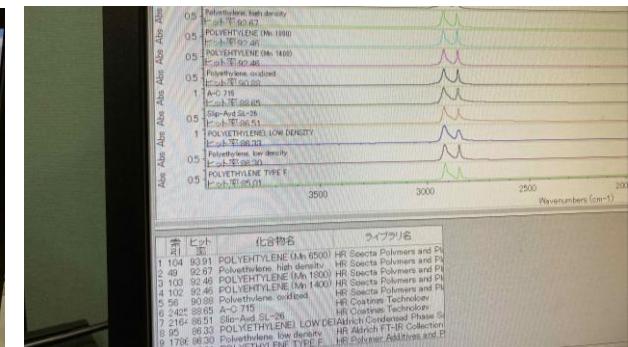
外観



試料セット状態



測定中  
- 5 - 2 - 4 -



ライブラリ

## ■ SEM-EDX測定装置

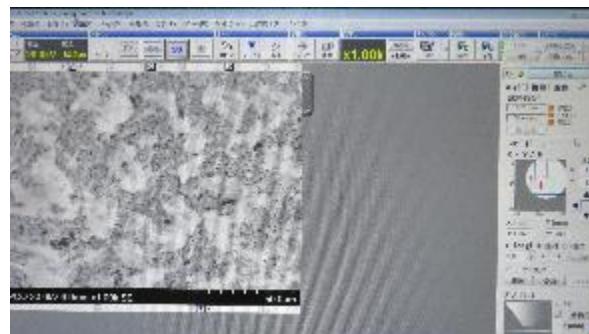


※装置名等マスキング

外観



試料セット状態



SEM画面データ

- 5 - 2 - 5 -

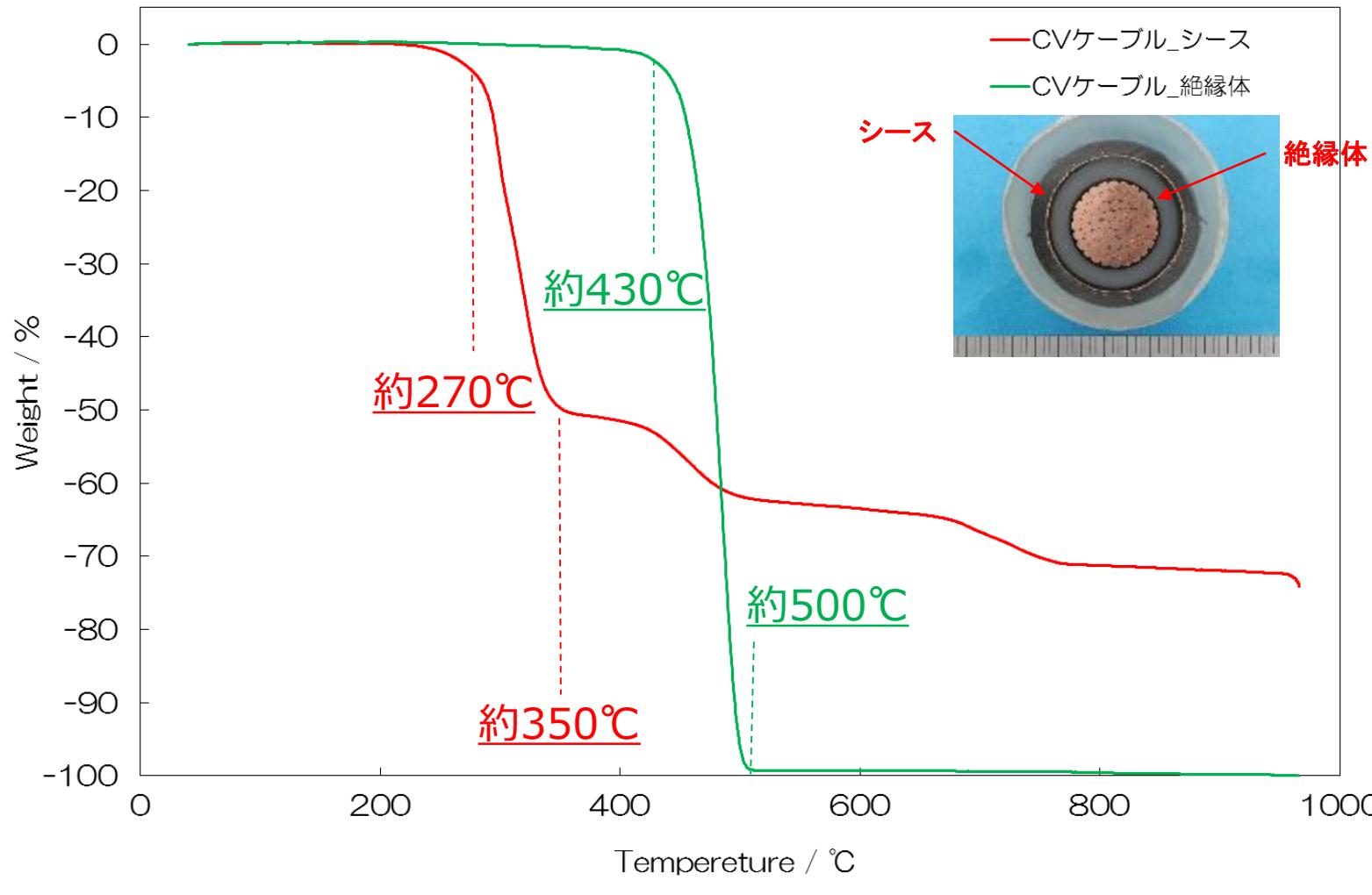


EDX画面データ

# 可燃性有機ガス発生量評価（予備試験速報）

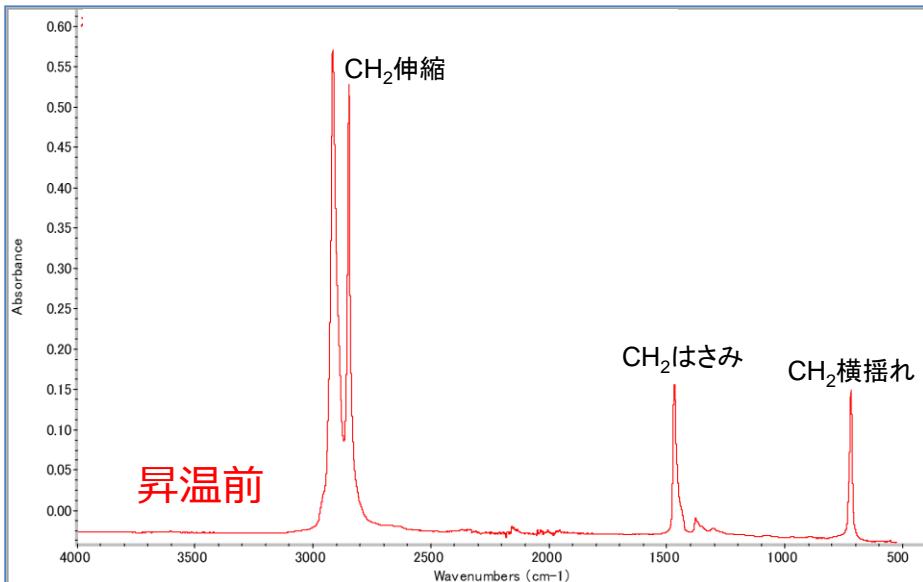
東京電力福島第一原子力発電所における  
事故の分析に係る検討会(第26回)  
資料4-2 資料引用・写真追加

## ■ CVケーブルのTG曲線

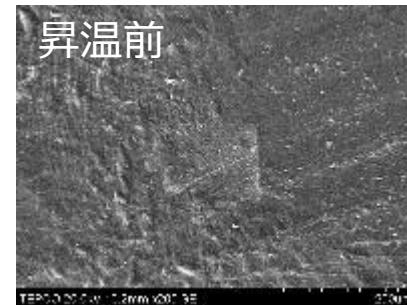


## ■ CVケーブル絶縁体のFT-IR、SEM-EDX

FT-IRスペクトル



SEM写真



昇温後試料はなし

EDX

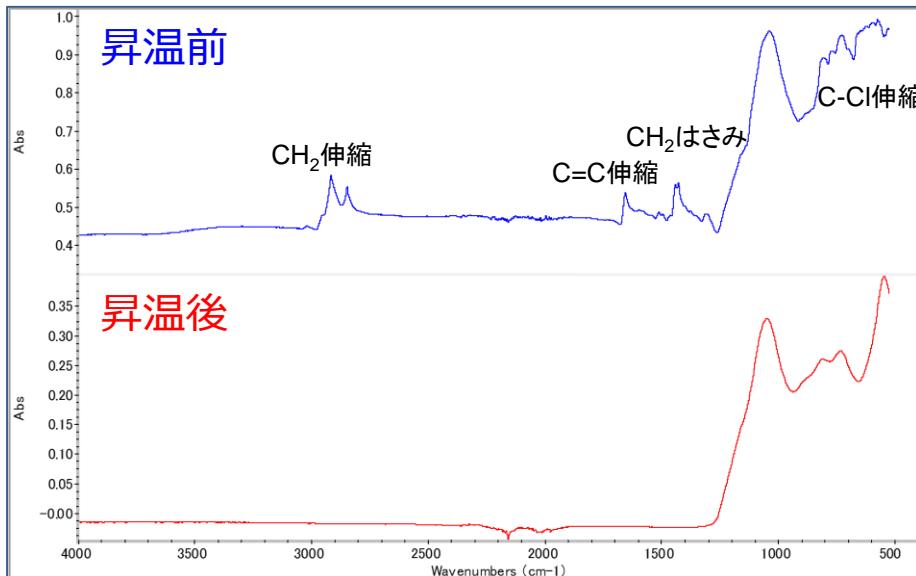
単位: wt%

|     | C     | O    | F | Na | Mg | Al | Si | P | S | Cl | K | Ca | Ti | Cr   | Fe | Ni | Cu | Zn | Br | Sb | Pb  | 合計 |
|-----|-------|------|---|----|----|----|----|---|---|----|---|----|----|------|----|----|----|----|----|----|-----|----|
| 昇温前 | 96.08 | 3.81 | - | -  | -  | -  | -  | - | - | -  | - | -  | -  | 0.11 | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 100 |    |

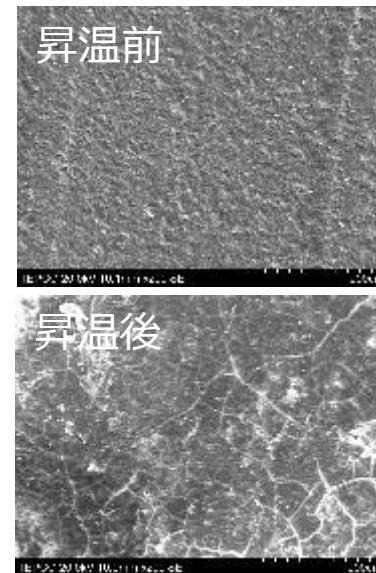
⇒ TG測定の結果から、CVケーブル絶縁体は約1000°C環境下で完全に揮発しており、1000°C以上における可燃性ガスの発生は無いものと考えられる。

## ■ CVケーブルシースのFT-IR、SEM-EDX

FT-IRスペクトル



SEM写真



EDX

単位: wt%

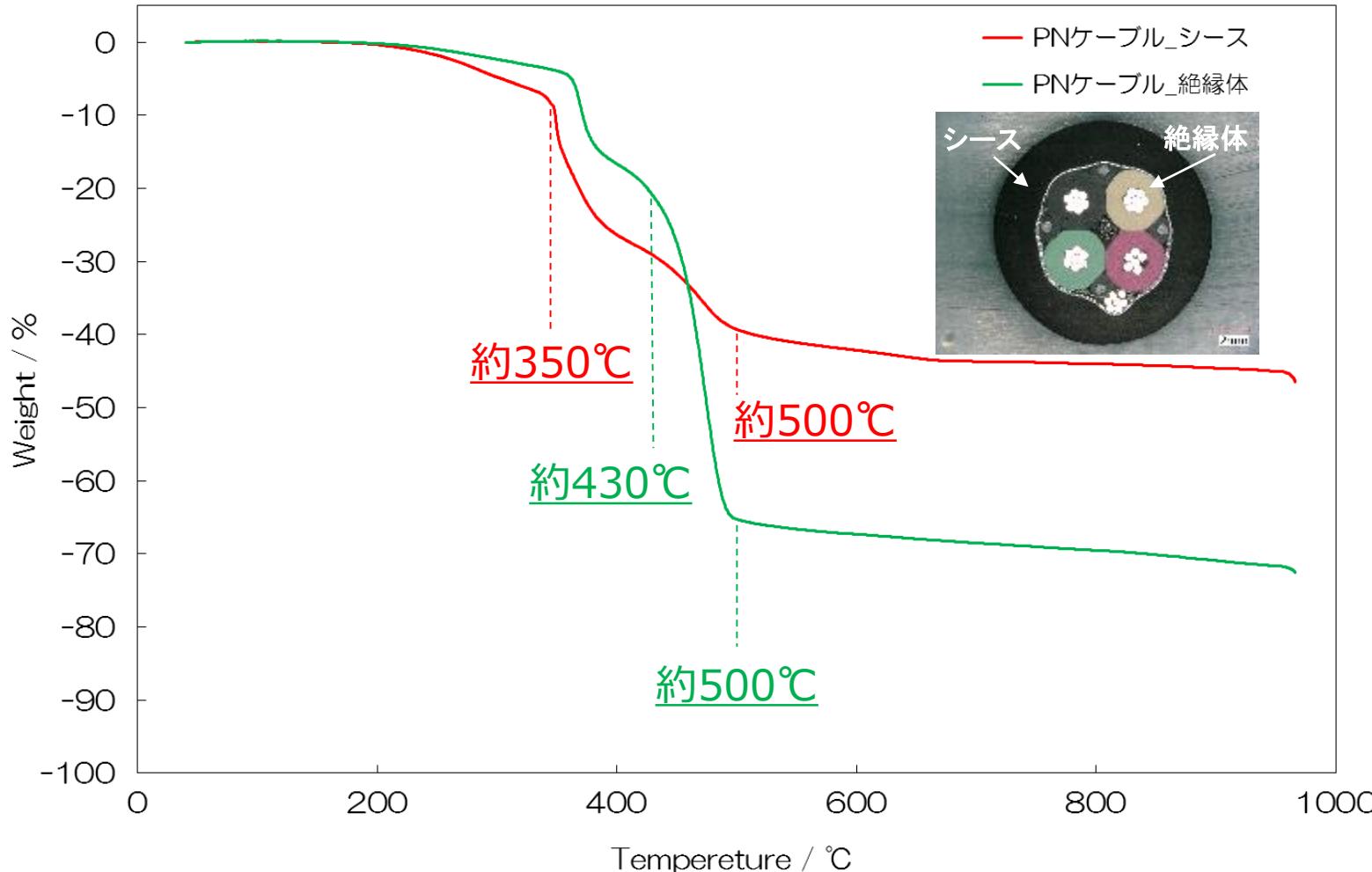
|     | C     | O     | F | Na | Mg   | Al   | Si | P | S | Cl    | K | Ca    | Ti | Cr | Fe   | Ni | Cu | Zn | Br | Sb   | Pb  | 合計 |
|-----|-------|-------|---|----|------|------|----|---|---|-------|---|-------|----|----|------|----|----|----|----|------|-----|----|
| 昇温前 | 57.38 | 13.08 | - | -  | -    | -    | -  | - | - | 16.61 | - | 9.96  | -  | -  | -    | -  | -  | -  | -  | 2.98 | 100 |    |
| 昇温後 | 19.83 | 36.25 | - | -  | 0.22 | 0.17 | -  | - | - | 9.35  | - | 34.02 | -  | -  | 0.16 | -  | -  | -  | -  | -    | 100 |    |

⇒ FT-IRの結果から、CVケーブルシースは約1000°C環境下で炭化しており、1000°C以上における可燃性ガスの発生は無いものと考えられる。

# 可燃性有機ガス発生量評価（予備試験速報）

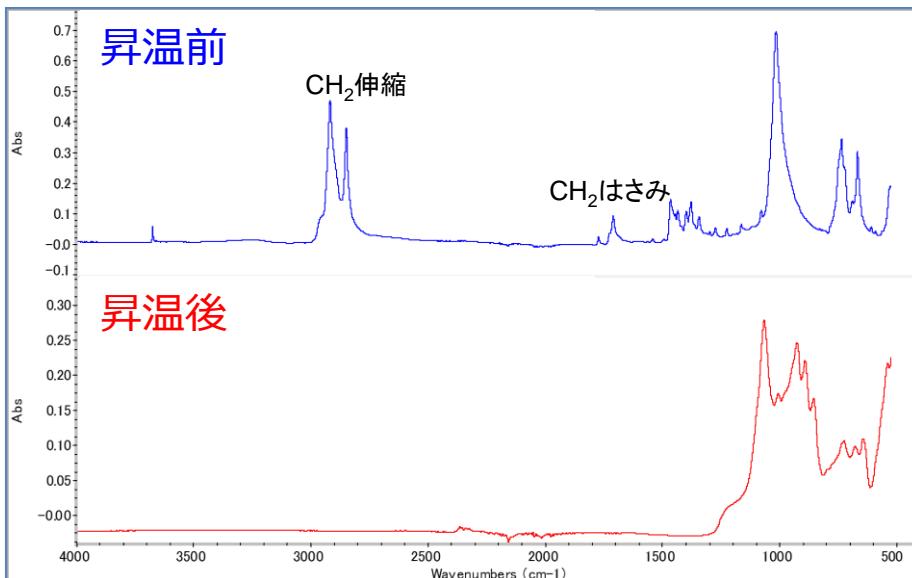
東京電力福島第一原子力発電所における  
事故の分析に係る検討会(第26回)  
資料4-2 資料引用・写真追加

## ■ PNケーブルのTG曲線

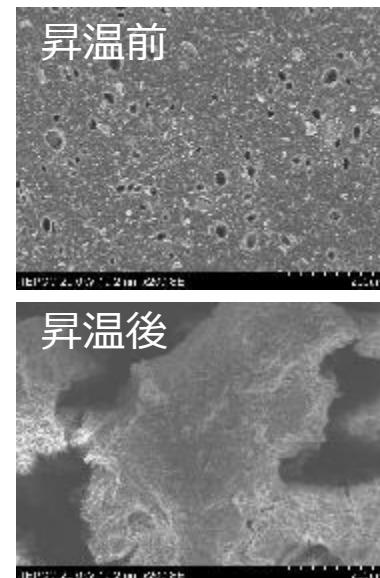


## ■ PNケーブル絶縁体のFT-IR、SEM-EDX

FT-IRスペクトル



SEM写真



EDX

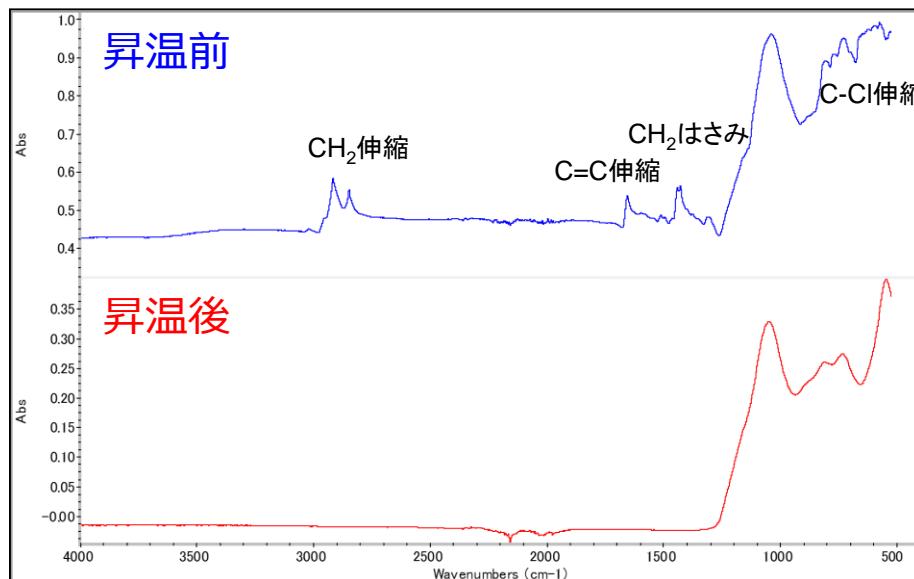
単位: wt%

|     | C     | O     | F | Na   | Mg   | Al   | Si    | P | S    | Cl | K | Ca | Ti | Cr | Fe   | Ni | Cu | Zn   | Br   | Sb    | Pb | 合計  |
|-----|-------|-------|---|------|------|------|-------|---|------|----|---|----|----|----|------|----|----|------|------|-------|----|-----|
| 昇温前 | 62.47 | 14.05 | - | -    | 2.96 | -    | 4.64  | - | 1.12 | -  | - | -  | -  | -  | 0.11 | -  | -  | 2.16 | 6.69 | 5.80  | -  | 100 |
| 昇温後 | 9.44  | 38.61 | - | 0.67 | 8.72 | 0.30 | 12.71 | - | -    | -  | - | -  | -  | -  | 0.40 | -  | -  | 6.27 | -    | 22.89 | -  | 100 |

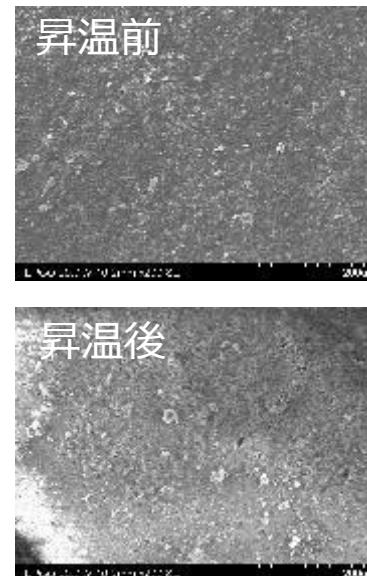
⇒ FT-IRの結果から、PNケーブル絶縁体は約1000°C環境下で完全に炭化しており、1000°C以上における可燃性ガスの発生は無いものと考えられる。

## ■ PNケーブルシースのFT-IR、SEM-EDX

FT-IRスペクトル



SEM写真



EDX

単位: wt%

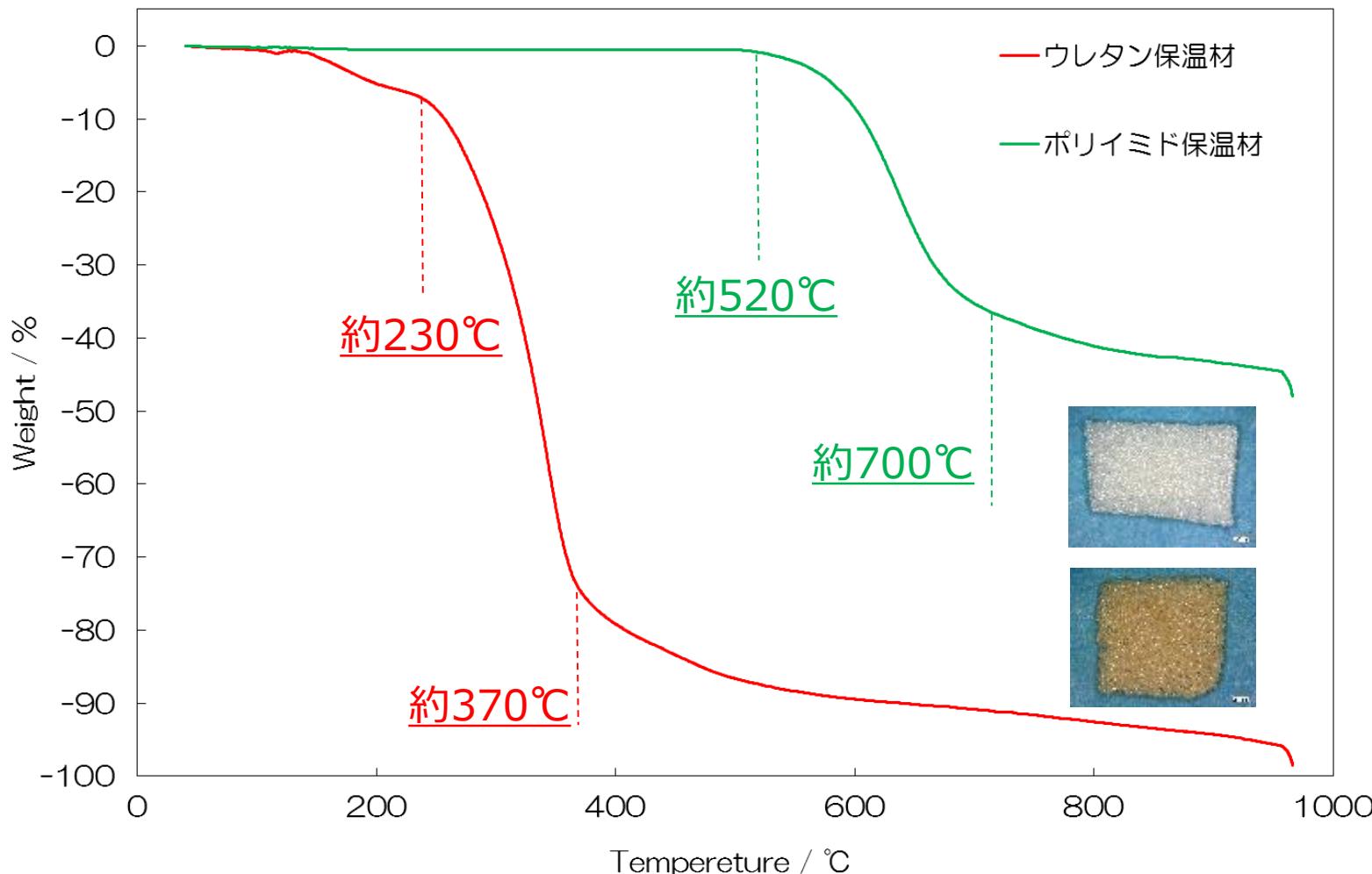
|     | C     | O     | F | Na   | Mg   | Al    | Si    | P | S    | Cl    | K    | Ca | Ti   | Cr | Fe   | Ni   | Cu | Zn | Br | Sb   | Pb    | 合計  |
|-----|-------|-------|---|------|------|-------|-------|---|------|-------|------|----|------|----|------|------|----|----|----|------|-------|-----|
| 昇温前 | 53.36 | 13.66 | - | -    | 0.80 | 4.18  | 5.31  | - | 1.05 | 11.18 | -    | -  | 0.35 | -  | 0.19 | 0.08 | -  | -  | -  | 1.41 | 8.43  | 100 |
| 昇温後 | 6.80  | 46.92 | - | 0.12 | 0.22 | 14.54 | 13.44 | - | -    | -     | 0.23 | -  | 0.70 | -  | 0.26 | 0.16 | -  | -  | -  | -    | 16.62 | 100 |

⇒ FT-IRの結果から、PNケーブルシースは約1000°C環境下で完全に炭化しており、1000°C以上における可燃性ガスの発生は無いものと考えられる。

# 可燃性有機ガス発生量評価（予備試験速報）

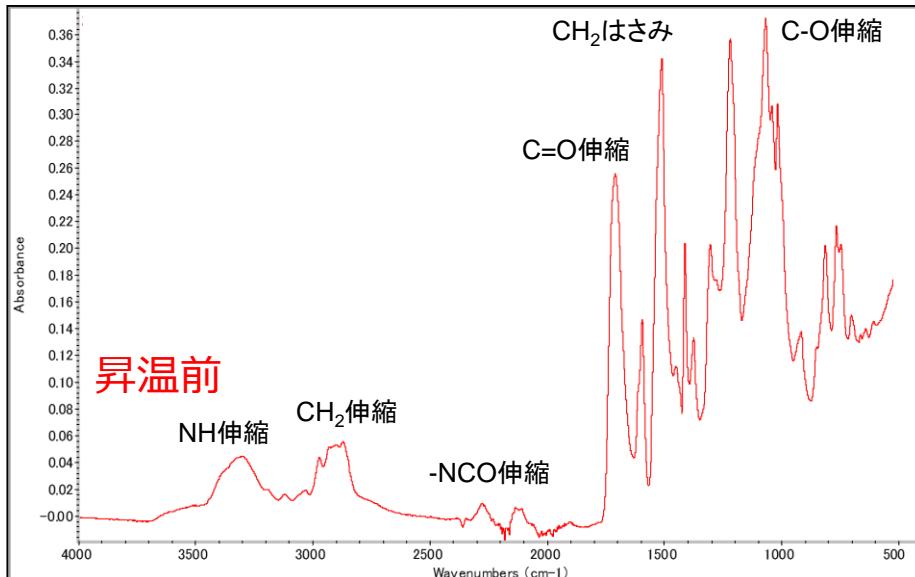
東京電力福島第一原子力発電所における  
事故の分析に係る検討会(第26回)  
資料4-2 資料引用・写真追加

## ■保溫材のTG曲線

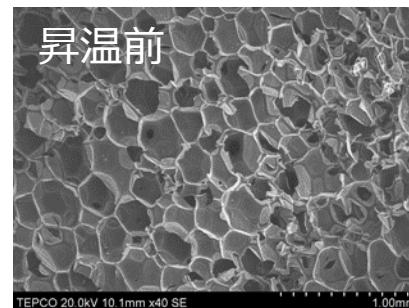


## ■ウレタンのFT-IR、SEM-EDX

FT-IRスペクトル



SEM写真



昇温後試料はなし

EDX

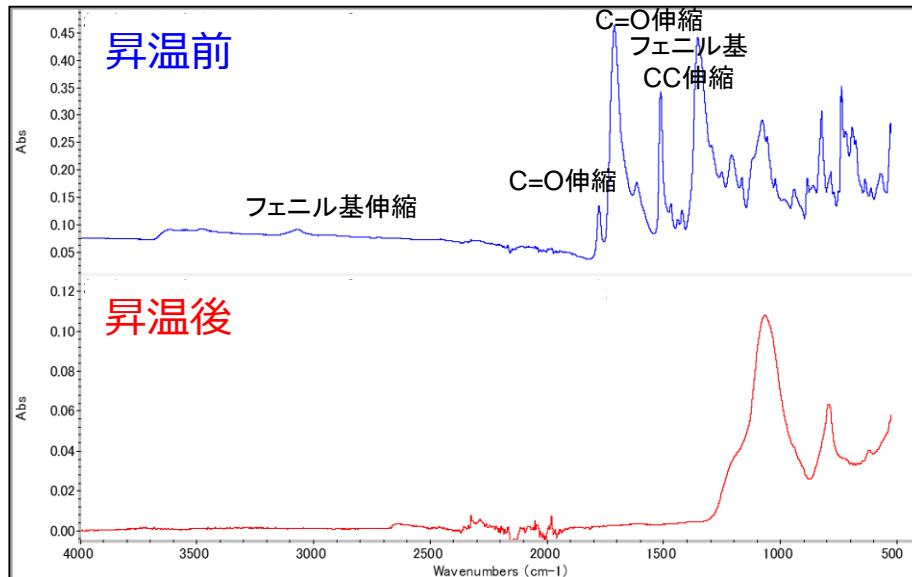
単位: wt%

|     | C     | O     | F | Na | Mg   | Al   | Si | P    | S | Cl   | K | Ca | Ti | Cr | Fe   | Ni | Cu   | Zn | Br | Sb | Pb  | 合計 |
|-----|-------|-------|---|----|------|------|----|------|---|------|---|----|----|----|------|----|------|----|----|----|-----|----|
| 昇温前 | 74.43 | 22.31 | - | -  | 0.07 | 0.09 | -  | 0.50 | - | 2.18 | - | -  | -  | -  | 0.12 | -  | 0.30 | -  | -  | -  | 100 |    |

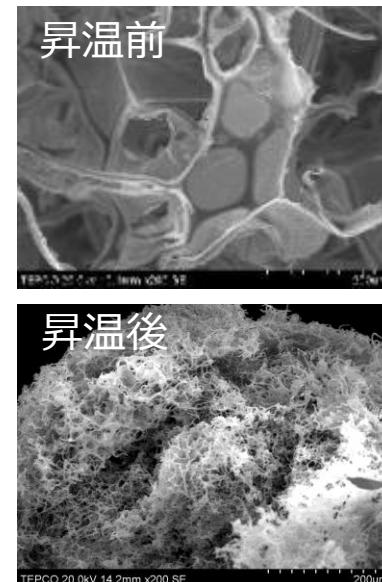
⇒ TG測定の結果から、ウレタン保温材は約1000°C環境下で完全に揮発しており、1000°C以上における可燃性ガスの発生は無いものと考えられる。

## ■ポリイミドのFT-IR、SEM-EDX

FT-IRスペクトル



SEM写真



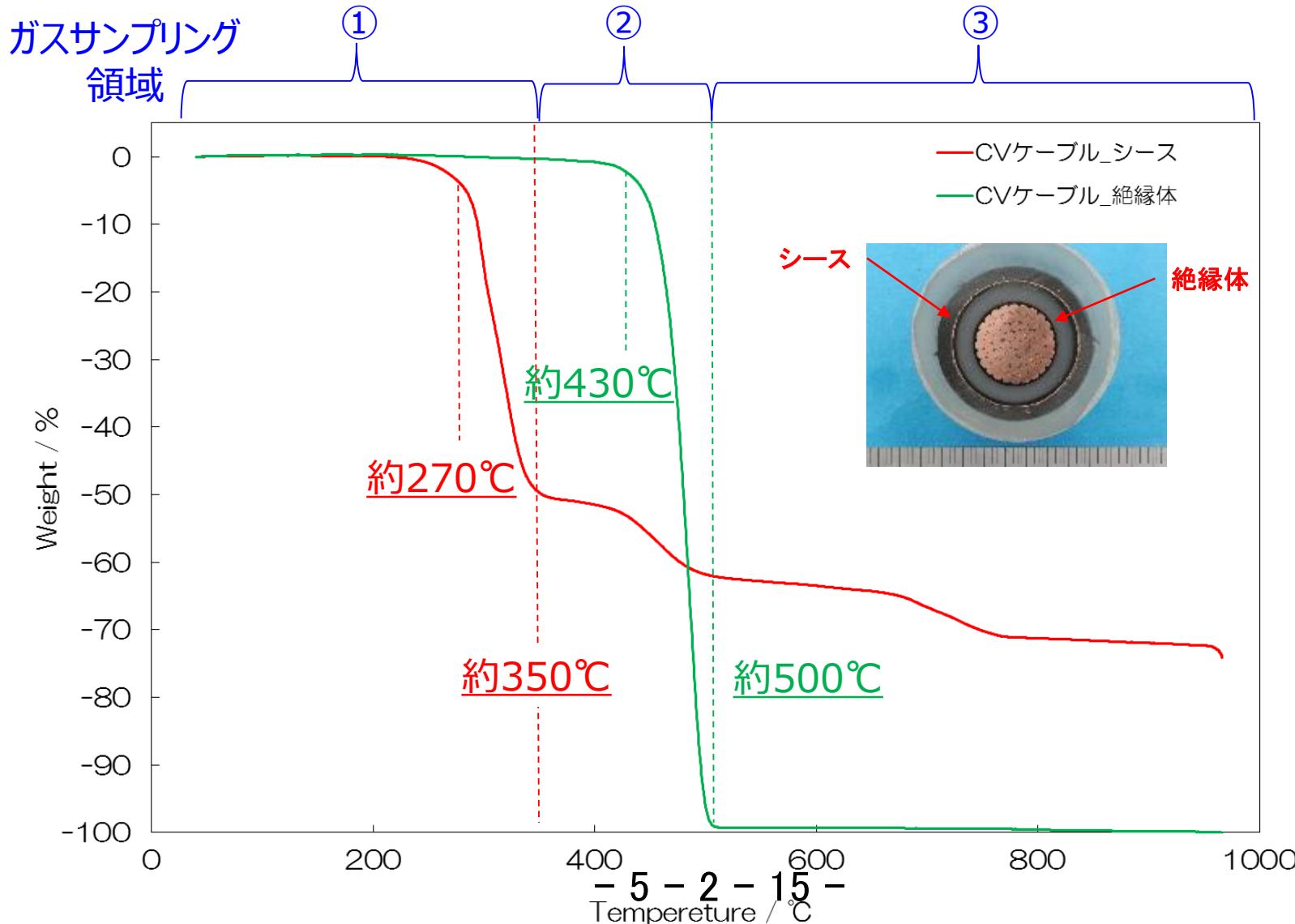
EDX

単位: wt%

|     | C     | O     | F | Na | Mg | Al   | Si    | P | S | Cl | K | Ca   | Ti | Cr | Fe   | Ni | Cu | Zn | Br | Sb | Pb  | 合計 |
|-----|-------|-------|---|----|----|------|-------|---|---|----|---|------|----|----|------|----|----|----|----|----|-----|----|
| 昇温前 | 77.29 | 22.43 | - | -  | -  | 0.05 | 0.12  | - | - | -  | - | 0.04 | -  | -  | 0.03 | -  | -  | -  | -  | -  | 100 |    |
| 昇温後 | 20.34 | 53.65 | - | -  | -  | 2.36 | 20.82 | - | - | -  | - | 1.49 | -  | -  | 1.32 | -  | -  | -  | -  | -  | 100 |    |

⇒ FT-IRの結果から、ポリイミド保温材は約1000°C環境下で完全に炭化しており、1000°C以上における可燃性ガスの発生は無いものと考えられる。

## ■ CVケーブルの例



- ・ 予備試験対象（同軸ケーブル）に対するFT-IRとSEM-EDX試験を年内に実施予定
- ・ 塗料は2022年2月以降、予備試験及び本試験を実施予定
- ・ 本試験は来年から実施し年度内に完了予定
  - ✓ 200°Cまで、1000°Cまでの昇温中の重量がほぼ一定に達する（重量減少が0になる）各温度域にて発生するガスをサンプリングし、評価予定

# 福島第一原子力発電所事故調査の 中長期計画

2021年12月21日



東京電力ホールディングス株式会社

## 【経緯】

- 福島第一原子力発電所（以下、1F）事故の調査・分析は、事故の当事者である当社の責務である。これまでに「社内事故調報告書」や「原子力安全改革プラン」、「未解明問題検討」において、事故に関する事実関係の整理や原因分析、教訓の抽出等の調査・分析を行い、多くの事項を明らかにし、社外の事故調等の指摘事項を含めて、適宜安全対策に反映してきた。二度と同じような事故を起こさないために、今後も事故の全容解明に資する情報の取得（事故進展の理解深化）や発電用原子炉の更なる安全性向上を目的に、現場からの情報を取得（事故状況確認）し、活用することで多くの教訓を引き出し、安全対策に反映していく必要がある。
- 他方で、1Fの廃炉作業を着実に進めることも重要である。現場作業に伴って事故の調査・分析に有用な新知見が得られることがあるが、適切にデータが採取されないと現場状況が改変して貴重な情報が失われてしまうおそれがある。事故の調査・分析の項目を整理・共有したうえで、現場作業を進めていく必要がある。

## 【目的】

- 今後の1F事故調査を計画的かつ主体的に進めていくために、1F事故調査の中長期計画を策定する。

## 1F事故調査中長期計画は、以下のとおり策定・運用する。

- 至近(～半年)、短期(～3年)、中期(～10年)、時期未定の4区分で記載。
  - ✓ 事故調査の実施時期は廃炉作業の進捗等により影響を受けるため、将来のものほど確度が低く、状況次第では延期・中止もありうる。
- エリア毎に事故調査項目を整理して年表形式で全体の調査計画を示すとともに、個別スライドにて個々の調査概要を記載する。
- 計画策定において重要となる以下のインプット情報を収集・整理し、計画に適宜反映。
  - ✓ 事故調査に大きく影響する廃炉作業のステップ（関連機器の撤去など）
  - ✓ 社内外の関係者のニーズ
  - ✓ 当社の対外約束事項
- 重要な調査事項は、関連の廃炉作業の有無に関わらず、精力的に現場調査を計画。
- 廃炉作業の進捗に応じて改定。（合わせて公表実績等の活動成果を集約）
- なお、本資料にあげた現場調査以外でも、廃炉作業の中で有用な情報が得られる可能性がある。

## ○事故調査に大きく影響する廃炉作業のステップ(1/2)

| No. | 廃炉作業内容                            | 実施時期  | 対象エリア             |
|-----|-----------------------------------|-------|-------------------|
| 1   | 1号PCV内部調査                         | 至近、短期 | PCV 全般            |
| 2   | 1号機 建屋内外環境改善<br>(線量低減／干渉物撤去 等)    | 至近、中期 | R/B 建屋全般<br>屋外    |
| 3   | 1号ガレキ撤去<br>(FHM, 天井クレーン含む)        | 中期    | R/B オペフロ          |
| 4   | 1号オペフロ除染・遮へい                      | 中期    | R/B オペフロ          |
| 5   | 2号機R/B水位低下<br>(S/CのRCICノズル部以下に低下) | 至近、短期 | R/B トーラス室         |
| 6   | 2号オペフロ除染・遮へい                      | 短期    | R/B オペフロ          |
| 7   | 2号機 建屋内環境改善<br>(線量低減／干渉物撤去 等)     | 至近、中期 | R/B 建屋全般          |
| 8   | 2号FHM遠隔操作室解体・既設物撤去                | 短期    | R/B オペフロ          |
| 9   | 2号試験的取り出し・内部調査                    | 短期    | PCV デブリ<br>PCV 全般 |
| 10  | 2号燃料デブリの性状分析<br>(試験的取り出し時)        | 短期    | PCV デブリ           |

## ○事故調査に大きく影響する廃炉作業のステップ(2/2)

| No. | 廃炉作業内容                         | 実施時期  | 対象エリア          |
|-----|--------------------------------|-------|----------------|
| 11  | 2号燃料デブリ取り出し<br>(段階的な取り出し規模拡大)  | 中期    | PCV デブリ        |
| 12  | 2号燃料デブリ性状分析<br>(段階的な取り出し規模拡大時) | 中期    | PCV デブリ        |
| 13  | 3号機MSIV室 滞留水詳細分析               | 至近、短期 | R/B 建屋全般       |
| 14  | 3号機 建屋内外環境改善<br>(線量低減／干渉物撤去 等) | 中期    | R/B 建屋全般<br>屋外 |
| 15  | 3号PCV内部調査                      | 中期    | PCV 全般         |
| 16  | 1/2号排気筒下部撤去                    | 至近、中期 | 屋外             |
| 17  | 3/4号排気筒撤去                      | 短期    | 屋外             |

# 重要なインプット情報②

TEPCO

## ○社内外のニーズ

| No. | 機関        | 現場調査事項   | 実施時期 | 対象エリア       |
|-----|-----------|--|------|-------------|
| 1   | 原子力規制庁    | 1/2号機SGTSフィルタトレイン、不活性ガス系の汚染状況調査                            | 至近   | R/B 個別機器・系統 |
| 2   | "         | ベントライン、SGTS、排気筒等の線量率測定                                     | 至近   | R/B 個別機器・系統 |
| 3   | "         | 原子炉建屋内空調ダクト等の汚染分布調査  | (未定) | R/B 建屋全般    |
| 4   | "         | 1～3号機シールドプラグ裏面、原子炉ウェル等の汚染状況調査（追加汚染調査）                      | 短期   | R/B オペフロ    |
| 5   | "         | 3Dレーザスキヤナによる損傷状況調査   | 短期   | R/B 建屋全般    |
| 6   | "         | 原子炉建屋内の汚染状況調査  | 至近   | R/B 建屋全般    |
| 7   | 原子力規制庁／社内 | ケーブル等の加熱による有機化合物等の確認実験（原子炉格納容器内での可燃性ガスの発生の可能性確認）           | 至近   | R/B 個別機器・系統 |
| 8   | 社内        | 1号機原子炉建屋2階現場原子炉圧力計の健全性調査                                   | (未定) | R/B 個別機器・系統 |
| 9   | "         | 1～3号機 SRV状態確認  | (未定) | R/B 個別機器・系統 |
| 10  | "         | 1号機タービン建屋地下階の調査<br>(循環水系、補機冷却系、D/G 冷却系配管などの地震動による損傷の有無は確認) | (未定) | T/B         |
| 11  | "         | RPVフランジからの漏えいの可能性  | (未定) | PCV RPV本体   |

# 重要なインプット情報③

TEPCO

## ○当社の対外約束事項

| No. | 相手/場面           | 現場調査事項   | 実施時期 | 対象エリア       |
|-----|-----------------|--|------|-------------|
| 1   | 規制庁中間取り纏めへの当社見解 | SGTSフィルタトレイン調査により採取したサンプルの構外分析施設での分析によるベントガスの流入経路やメカニズムの知見拡充       | 短期   | R/B 個別機器・系統 |
| 2   | "               | 廃炉作業の進捗に応じ、現場調査等で得られた情報をもとに、水素漏えいの排出経路に関する情報として整理をする等、今後も継続的に知見を拡充 | (未定) | R/B 建屋全般    |

# 【参考】事故調査関連の社外公表実績(過去1年)

| No. | 日付  | 公表場所(会議名 等)※  | 件名  | 対象エリア       |
|-----|---|---|---|-------------|
| 1   | 2020.11.26  | チーム会合(第84回)   | 1～3号機格納容器内部調査関連サンプル等の分析結果   | R/B 建屋全般    |
| 2   | 2020.12.15  | Journal of Nuclear Science and Technology                                   | Inference of containment depressurization scenario of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Unit-2 during the Morning of March 15th, 2011 | R/B 個別機器・系統 |
| 3   | 2021.3.25<br>2021.7.8   | チーム会合(第88回)<br>事故分析検討会(第21回)  | 1-4号機SGTS室調査の結果について   | R/B 個別機器・系統 |
| 4   | 2021.6.7<br>2021.6.24<br>2021.7.8                               | 監視・評価検討会(第91回)<br>チーム会合(第91回)<br>事故分析検討会(第21回)                              | 2号機シールドプラグ高濃度汚染への対応状況について   | R/B オペフロ    |
| 5   | 2021.6.24<br>2021.7.12  | チーム会合(第91回)<br>監視・評価検討会(第92回)   | 福島第一原子力発電所3号機原子炉建屋内調査結果について   | R/B 建屋全般    |
| 6   | 2021.7.8<br>2021.7.29   | 事故分析検討会(第21回)<br>チーム会合(第92回)  | 2号機オペレーティングフロア調査 シールドプラグ穿孔の検討状況について   | R/B オペフロ    |
| 7   | 2021.8.26<br>2021.9.14<br>2021.9.30<br>2021.10.19<br>2021.10.28 | チーム会合(第93回)<br>事故分析検討会(第21回)<br>チーム会合(第94回)<br>事故分析検討会(第22回)<br>チーム会合(第95回) | 1号機及び2号機非常用ガス処理系配管の一部撤去について   | 屋外          |
| 8   | 2021.9.30<br>2021.10.19<br>2021.10.28                           | チーム会合(第94回)<br>事故分析検討会(第22回)<br>チーム会合(第95回)                                 | 2号機オペフロ内シールドプラグ穿孔部調査について  | R/B オペフロ    |

※ 会議名の正式名称

・チーム会合：廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合事務局会議

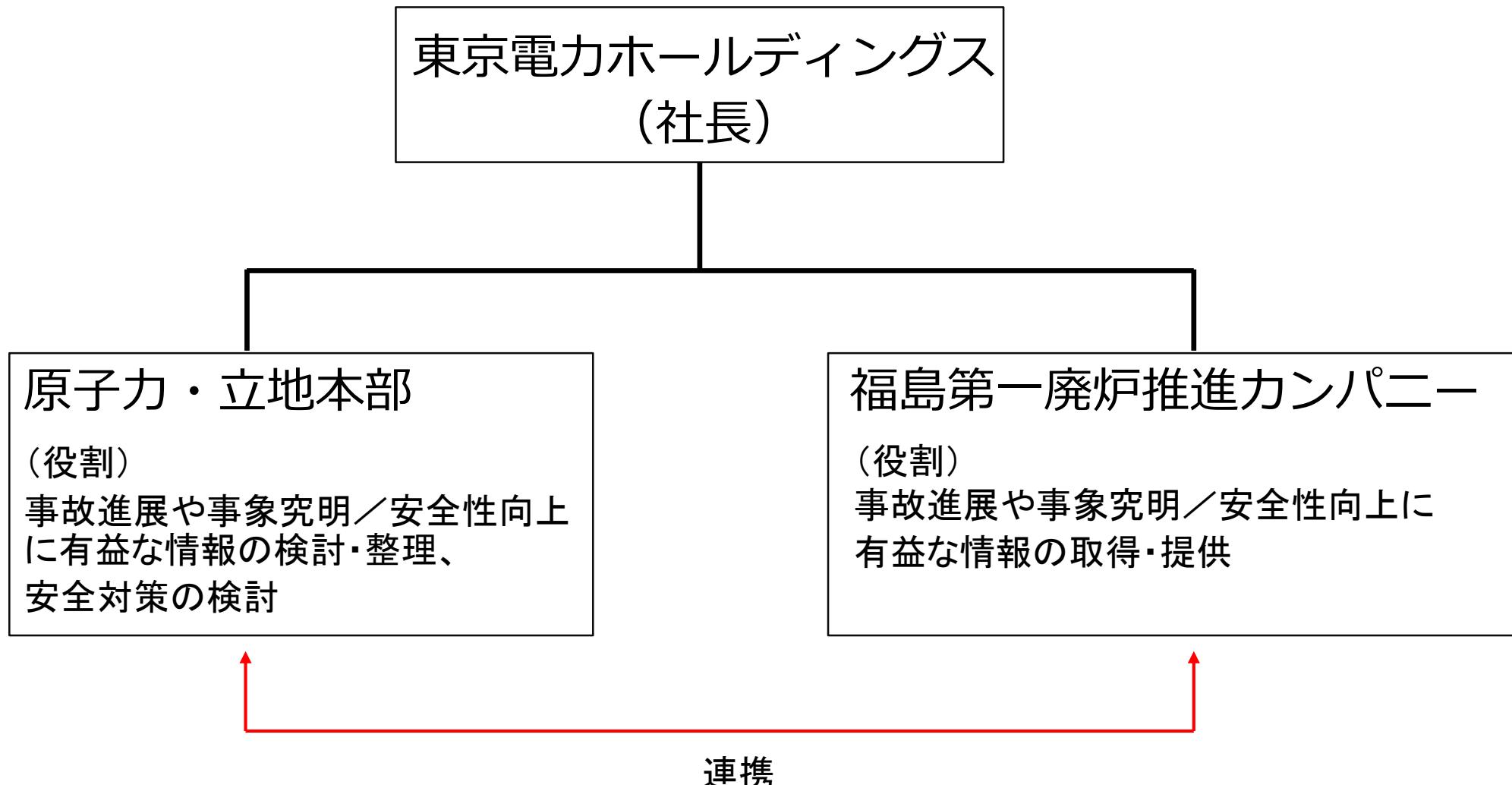
・事故分析検討会：東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会

- 5 - 3 - 8 -

・監視・評価検討会：特定原子力施設監視・評価検討会

# 【参考】1F事故の調査・分析に係る活動体制

TEPCO



# 1F事故調査中長期計画

- ・資料1 年表形式 (p9-12)
- ・資料2 主要な調査の概要 (p13-21)
- ・参考 調査項目一覧 (p22-26)

|            |                | ～半年                                       | ～2023                       | ～2032                       | 時期未定   |
|------------|----------------|---|-----------------------------|-----------------------------|--|
| R/B        | 建屋全般           | 各エリア・機器・建屋の状態確認、線量調査 (RB-3a,b,8) ★        | 1号原子炉建屋上部階調査                | ▼ 1号機 建屋内外環境改善              | <ul style="list-style-type: none"> <li>PCV漏えい箇所調査 (RB-10)</li> <li>建屋滞留水分析 (TRB-1)</li> </ul>                                |
|            |                | 建屋内試料の核種分析 (RB-5,9a,14)                   | 適宜実施                        |                             |  |
|            |                | 電気ペネ等PCV貫通部調査 (RB-9b)                     | 1号PCV内部調査<br>1号原子炉建屋上部階調査   | ▼ 1号PCV内部調査                 |  |
|            |                | オペフロ ★<br>※建屋全般の作業に含まれる                   |                             | ▼ 1号ガレキ撤去<br>▼ 1号オペフロ除染・遮へい |  |
|            | トーラス室          |   |                             |                             |  |
|            | 個別機器<br>・系統    | RCW系調査 (RB-15)                            | 1号原子炉建屋上部階調査                |                             | ・HPCI調査 (RB-2)   |
|            |                | AC系調査 (TRB-6)                             | 1号原子炉建屋上部階調査                |                             | ・主蒸気ライン調査 (RB-13)<br>・計器健全性調査 (TRB-9) ★  |
| T/B、<br>屋外 | -              | ベントライン、SGTS調査 (RB-11) ★                   | 1号原子炉建屋上部階調査                |                             | ・海水系調査 (TRB-10) ★  |
|            |                | 1/2号排気筒下部FP核種分析 (TRB-7)                   | 1/2号SGTS配管撤去<br>1/2号排気筒下部撤去 | ▼ 1/2号排気筒下部撤去               |  |
| PCV        | 全般             | PCVライナ、ペデスタイル等の状態確認、FP核種分析 (PC-3,9,10,16) | 1号PCV内部調査                   | ▼ 1号PCV内部調査                 |  |
|            | デブリ、<br>堆積物    | デブリ、堆積物等の調査 (PC-3,15,17,18,20,22)         | 1号PCV内部調査                   | ▼ 1号PCV内部調査                 |  |
|            | 個別機器<br>・系統    | 再循環系調査 (PC-4,11)                          | 1号PCV内部調査                   | ▼ 1号PCV内部調査                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>IC調査 (PC-2)</li> <li>主蒸気ライン、SRV調査 (PC-5,6) ★</li> <li>電線管ケーブル・塗装調査 (PC-14)</li> </ul> |
|            |                | RPV計装調査 (PC-7,8)                          | 1号PCV内部調査                   | ▼ 1号PCV内部調査                 |  |
|            | RPV本体、<br>周辺配管 | RPV本体、周辺配管の状態確認 (PC-3,12,13) ★            | 1号PCV内部調査                   | ▼ 1号PCV内部調査                 |  |
| RPV        | -              | ※廃炉作業の進捗を踏まえ、調査内容や調査時期を検討する               |                             |                             |  |

|     |            |  | ～半年                      | ～2023  | ～2032  | 時期未定   |
|-----|------------|--|--------------------------|--|--|--|
| R/B | 建屋全般       | 各エリア・機器・建屋の状態確認、線量調査 (RB-8) ★            | 2号原子炉建屋上部階調査             | ■ ■  | ▼ 2号機 建屋内環境改善  | ・建屋滞留水分析 (TRB-1)   |
|     |            | 建屋内試料の核種分析 (RB-5,7,9a,14)                |                          | 適宜実施   |  |  |
|     |            | 電気ペネ等PCV貫通部調査 (RB-9b)                    |                          |  | 2号RPV内部調査  |  |
|     | オペフロ ★     | オペフロ調査 (RB-4)<br>※建屋全般の作業に含まれる           | 2号シールドブラング調査             | ■ ■ ▼ 2号FHM遠隔操作室解体・既設物撤去<br>▼ 2号オペフロ除染・遮へい   |  |  |
|     |            | PCV漏えい箇所調査 (RB-10)                       |                          | ▼ 2号機R/B水位低下                                 |  |  |
|     | トーラス室      | トーラス室調査 (TRB-8)                          |                          | ▼ 2号機R/B水位低下                                 |  |  |
|     |            | 主蒸気ライン調査 (RB-13)                         | 2号原子炉建屋上部階調査             | ■ ■  | ・RCIC調査 (RB-1,TRB-2,TRB-5)<br>・HPCI調査 (RB-2)<br>・計器健全性調査 (TRB-9) ★ |  |
|     | 個別機器・系統    | AC系調査 (TRB-6)                            | 2号原子炉建屋上部階調査             | ■ ■  |  |  |
|     |            | ベントライン、SGTS調査 (RB-11) ★                  | 2号原子炉建屋上部階調査             | ■ ■  |  |  |
|     | T/B、屋外     | 1/2号排気筒下部FP核種分析 (TRB-7)                  | 1,2号SGTS配管撤去             | ■ ■ 1/2号排気筒下部撤去                              | ▼ 1/2号排気筒下部撤去  | ・海水系調査 (TRB-10) ★  |
|     |            | PCVライナ、ペデスタル等の状態確認、FP核種分析 (PC-3,9,10,16) |                          | ■ ■ ▼ 2号PCV内部調査<br>2号PCV内部調査                 |  |  |
| PCV | 全般         | デブリ、堆積物                                  | デブリ、堆積物等の調査 (PC-3,15,22) | ■ ■ ▼ 2号試験的取り出し、デブリ性状分析<br>2号試験的取り出し、PCV内部調査 | ■ ■ ▼ 2号燃料デブリ取り出し、デブリ性状分析<br>2号小規模デブリ取り出し                          |  |
|     | 個別機器・系統    | RPV計装調査 (PC-7,8)                         |                          | ■ ■ ▼ 2号PCV内部調査<br>2号PCV内部調査                 |  | ・再循環系調査 (PC-4,11)<br>・主蒸気ライン、SRV調査 (PC-5,6) ★<br>・電線管ケーブル・塗装調査 (PC-14) |
|     | RPV本体、周辺配管 | RPV本体、周辺配管の状態確認 (PC-3,12,13) ★           |                          | ■ ■ ▼ 2号PCV内部調査<br>2号PCV内部調査                 |  |  |
|     | -          | ※廃炉作業の進捗を踏まえ、調査内容や調査時期を検討する              |                          |  |  |  |

|            |             |                                    | ～半年                | ～2023                           | ～2032          | 時期未定  |
|------------|-------------|------------------------------------|--------------------|---------------------------------|----------------|---|
| R/B        | 建屋全般        | 各エリア・機器・建屋の状態確認、線量調査 (RB-3a,b,8) ★ |                    | ■ ■ ■<br>3号原子炉建屋上部階調査           | ▼ 3号機 建屋内外環境改善 | ・PCV漏えい箇所調査 (RB-10)<br>・電気ペネ等PCV貫通部調査 (RB-9b)   |
|            |             | 建屋内試料の核種分析 (RB-5,9a,14)            |                    | 適宜実施                            |                |   |
|            |             | 建屋滞留水分析 (TRB-1)                    | 3号機MSIV室           | ■ ▼ 3号機MSIV室 滞留水詳細分析<br>滯留水詳細分析 |                |   |
|            | オペフロ ★      | ※建屋全般の作業に含まれる                      |                    |                                 |                |   |
|            | トーラス室       |                                    |                    |                                 |                |   |
|            | 個別機器<br>・系統 | 主蒸気ライン調査 (RB-13)                   |                    | ■ ■ ■<br>3号原子炉建屋上部階調査           |                | ・RCIC調査 (RB-1)<br>・HPCI調査 (RB-2)<br>・計器健全性調査 (TRB-9) ★                                      |
|            |             | AC系調査 (TRB-6)                      |                    | ■ ■ ■<br>3号原子炉建屋上部階調査           |                |   |
| T/B、<br>屋外 | -           | ベントライン、SGTS調査 (RB-11) ★            | SGTSフィルタの核種分析      | ■ ■ ■<br>3号原子炉建屋上部階調査           | ▼ 3/4号排気筒撤去    | ・海水系調査 (TRB-10) ★   |
| PCV        | 全般          | 3号機PCV内部調査 (PC-21)                 |                    |                                 | ▼ 3号PCV内部調査    | ・PCVトップヘッド周辺調査 (PC-1)<br>・PCVライナ、ペデスタル等の状態確認、FP核種分析 (PC-3,9,10,16)                          |
|            | デブリ、<br>堆積物 | 3号機PCV内部調査 (PC-21)                 |                    |                                 | ▼ 3号PCV内部調査    | デブリ、堆積物等の調査 (PC-3,15,22)  |
|            | 個別機器<br>・系統 | 3号機PCV内部調査 (PC-21)                 |                    |                                 | ▼ 3号PCV内部調査    | ・再循環系調査 (PC-4,11)<br>・主蒸気ライン、SRV調査 (PC-5,6) ★<br>・RPV計装調査 (PC-7,8)<br>・電線管ケーブル・塗装調査 (PC-14) |
|            |             | RPV本体、<br>周辺配管 ★                   | 3号機PCV内部調査 (PC-21) |                                 | ▼ 3号PCV内部調査    | RPV本体、周辺配管の状態確認 (PC-3,12,13)  |
| RPV        | -           | ※廃炉作業の進捗を踏まえ、調査内容や調査時期を検討する        |                    |                                 |                |   |

|        |         |                          | ～半年 | ～2023         | ～2032 | 時期未定                             |
|--------|---------|--------------------------|-----|---------------|-------|----------------------------------|
| R/B    | 建屋全般    | 建屋内試料の核種分析<br>(RB-5、6)   |     | 適宜実施          |       | 各エリア・機器・建屋の状態確認、線量調査 (RB-3C、8) ★ |
|        | 個別機器・系統 | SGTSフィルタの核種分析<br>(TRB-4) |     | SGTSフィルタの核種分析 |       | AC系調査 (TRB-6)                    |
| T/B、屋外 | -       |                          |     | ▼ 3/4号排気筒撤去   |       |                                  |

# 1,2号機原子炉建屋上部階調査

## ■ 目的

- 原子炉建屋内調査は、事故進展の解明に資する情報の取得を目的に、廃炉作業と並行して継続的に実施していく。2021年度は、今後の原子炉建屋内の調査計画立案に資する情報を取得するため、1～2号機原子炉建屋内の空間情報や線量情報について、可能な範囲で現状を把握する。

## ■ 概要

- 原子炉建屋内の詳細な空間情報（アクセス性等）や線量情報を取得するため、測定装置としてγイメージヤ及び3次元画像取得装置、線量計等を使用する。また、高線量エリアは遠隔操作ロボットを活用する。
- 調査範囲については、原子炉建内のうち以下のエリア近傍を中心に、可能な範囲で広範な調査を実施する。
  - ✓ 事故時に動作した機器や事故の影響を受けた機器が設置されているエリアのうち、調査未実施箇所（1号機4階RCWサージタンク近傍 等）
  - ✓ 過去の調査で高線量であることが予想・確認されているエリア（1号機3階AC系配管近傍 等）
- 調査期間：2021年10月～12月  
(10月上旬～11月下旬：2号機、11月上旬～12月下旬：1号機)

## ■ 関連する調査項目

- RB-3a,b,8,9b,11,13,15,TRB-6

# 1,2号機排気筒下部撤去（1,2号機SGTS配管撤去）

## ■ 目的

- 1,2号機SGTS屋外配管調査は、格納容器ベント後の配管内部状況の把握並びに核分裂生成物(FP)の組成分析を目的に実施するものである。

## ■ 概要

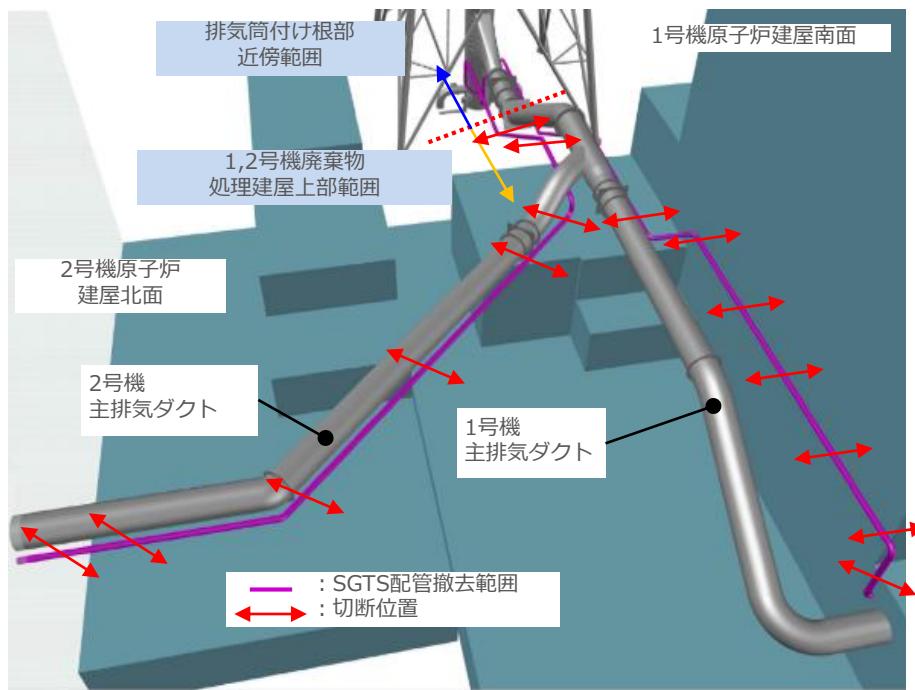
- 1,2号機SGTS屋外配管のうち1,2号機廃棄物処理建屋上の配管について調査を行う。
- 調査範囲は過去の放射線量率測定結果（汚染評価）及び配管の高低差等の特徴から代表配管を抽出し、配管切断後に低線量エリアに移動させて以下の調査を実施する。
  - ✓ 配管内部の汚染状態を把握するためのγカメラによる測定。  
高汚染が確認された部位については、下記の調査を実施。
    - カメラによる内部確認
    - スミア測定
    - 配管サンプル採取
  - 調査期間：2021年11月～2022年4月  
なお、採取した配管サンプルのFP分析に関しては、別途調査計画を定め実施する。

## ■ 関連する調査項目

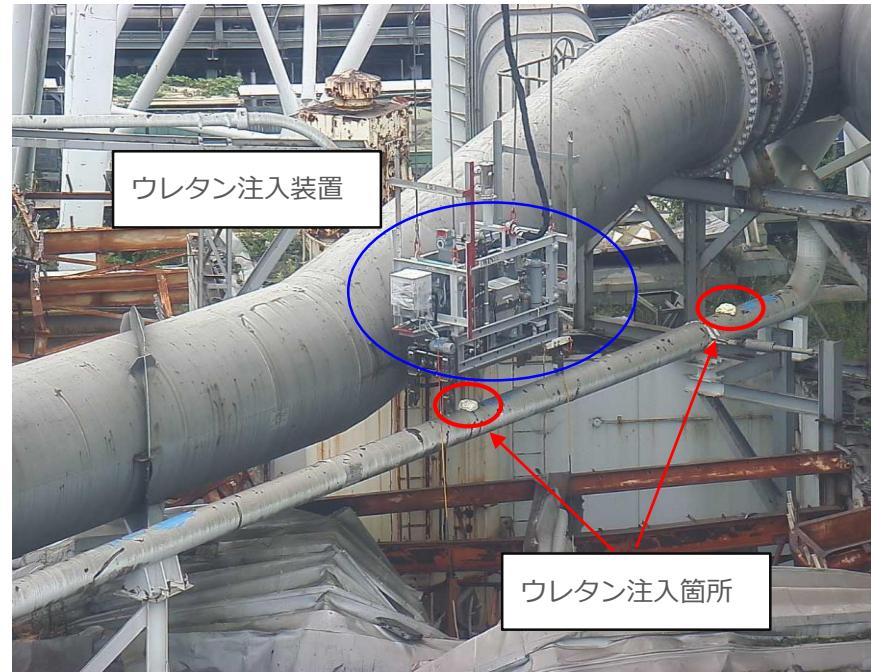
- TRB-7

# 1,2号機SGTS配管撤去の実施状況

- 1,2号機SGTS配管撤去に向けて、切断箇所の線量測定や測定結果から配管内の汚染評価を2021年5月に実施した。
- 現在、撤去に向けたモックアップ・作業訓練を進めている。また、切断時の放射性ダストの飛散防止を目的に、切断箇所へのウレタン注入を2021年9月に完了した。
- 今後、配管撤去作業を行い、撤去した配管の調査（ガンマカメラ測定、内部確認、スミヤ／サンプリング採取）を実施し、必要な情報の取得していく計画である。



- 5 - 3 - 17 -



# 1号機原子炉格納容器内調査

## ■ 目的

- 2017年3月に実施した原子炉格納容器内部調査において、原子炉格納容器の地下階に堆積物があることが確認された。
- 今後の燃料デブリ取り出しに向け、堆積物の回収手段や回収設備の検討に資する情報、落下物の解体・撤去等今後の工事計画に係わる情報を収集するため、原子炉格納容器の地下階（ペデスタル内外）を調査する。

## ■ 概要

- 調査は、X-2ペネトレーション（所員用エアロック）の扉に開けた穴から、水中遊泳型調査装置（以下水中ROV）を原子炉格納容器の地下階（ペデスタル内外）へ投入し、水中ROVに搭載したカメラや計測器等で情報を取得する。
- また、堆積物サンプリング装置を搭載した水中ROVを使って、堆積物のサンプリングを行う。
- 調査期間：2021年12月以降に調査を開始～（完了は2022年度内の見込み）

## ■ 関連する調査項目

- PC-3,4,7,8,9,10,11,12,13,15,16,17,18,20,22,RB-9b

# 2号機シールドプラグ穿孔部調査

## ■ 目的

- 1～3号機に共通する発電所施設内における強い放射線源として、原子炉建屋オペフロのシールドプラグ付近の放射線源が挙げられる。オペフロ除染後も線量が低下しないことから、シールドプラグ上段と中段の隙間に蓄積している多量の放射性物質の影響と推定しており、規制庁が実施した2号機における線量測定結果等の分析では、数十PBqのCs-137が存在していると評価された<sup>(1)</sup>。

(1) 東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会 第18回会合（2021.1.26）資料2

- 本調査では、シールドプラグ上段と中段の隙間に蓄積していると推定している放射性物質の放射能量評価の確度向上を目的として、オペフロ床面等の影響を受けにくい測定方法であるシールドプラグ穿孔箇所を用いた線量測定調査を実施する。
- 得られた調査結果は、将来の燃料デブリ取り出し工法検討や事故解明に活用する。

## ■ 概要

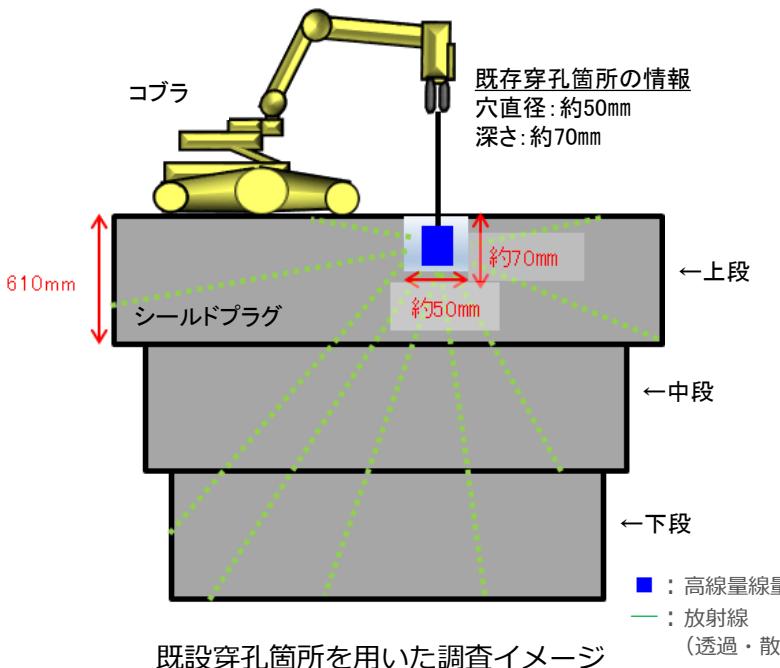
- シールドプラグ穿孔箇所（既存、新規）の深さ方向の線量を測定し、解析結果との比較評価により、シールドプラグ上段と中段の隙間の汚染密度を推定する（規制庁と協同で実施）。
- 作業期間：2021年8月～2022年1月（穿孔箇所数により変更の可能性有り）

## ■ 関連する調査項目

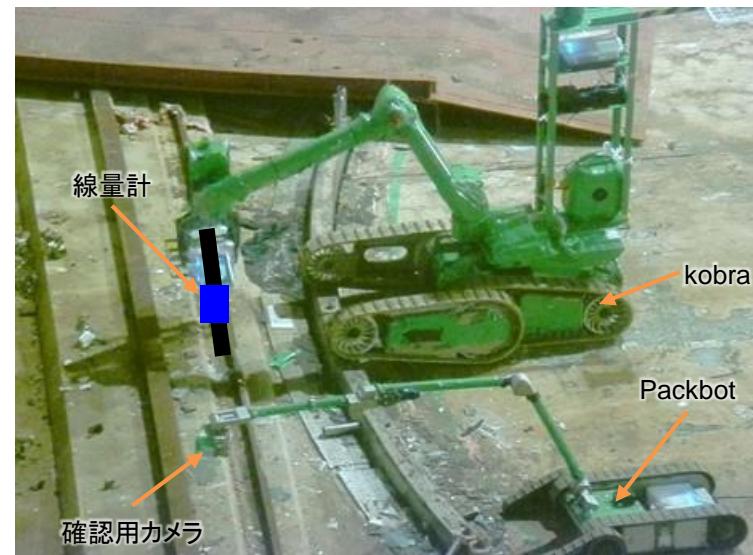
- RB-4

# 2号機シールドプラグ穿孔部調査の実施状況

- 2号機のシールドプラグ上段と中段の隙間に蓄積していると推定している放射性物質の放射能量の評価の確度向上を目的に、既存穿孔箇所（2か所）による線量調査を規制庁と協働で2021年8月から9月にかけて実施した。
- 調査の結果、シールドプラグの上段と中段の隙間にセシウムを含む放射性物質が付着、堆積している可能性が高いこと、汚染状況のばらつきが大きい可能性があると評価した。
- シールドプラグの汚染状況の更なる把握に向け、10月にシールドプラグ上部の線量調査を実施した。線量調査の結果を踏まえ、セシウム137の存在量をオーダーレベルでの定量化を目標に、新たな穿孔箇所（13か所）による線量調査を行う計画である。



- 5 - 3 - 20 -



シールドプラグ上部の線量調査状況

# 2号機原子炉建屋滞留水水位低下

## ■ 目的

- 2022～2024年度内 原子炉建屋滞留水について2020年末の半分程度に低減させる計画  
(中長期ロードマップ)

## ■ 概要

- 2号機サプレッションチェンバ (S/C) については、原子炉建屋トーラス室と同水位であることが確認されており、S/Cに開口部があると推測。格納容器圧力が維持されていることから、開口部は水没しているものと想定。
- 今後建屋水低下を進める中で、S/C下部に接続される配管構造物が気中露出することにより、仮に開口部があれば格納容器圧力が変動することからS/Cの開口部位置が判明する。
- 2号機原子炉建屋水位 T.P.-約2,000mm (2021年9月) ⇒T.P.-約2,800mm
  - \* RCICポンプ吸込配管上端 : T.P.-約2,300mm
  - RHRポンプ吸込配管上端 : T.P.-約2,900mm
  - \* 水位計の誤差 : 最大T.P.-約200mm
- 作業期間 : 2021年10月～

## ■ 関連する調査項目

- RB-10,TRB-8

# 3号機MSIV室滞留水詳細分析

## ■ 目的

- 原子炉建屋滞留水からは比較的高い全 $\alpha$ 濃度（2～5乗Bq/Lオーダー）が検出されている。
- 今後、建屋滞留水を浄化処理を行う上で、 $\alpha$ 核種の性状は重要なパラメータであることから、詳細分析（粒径分布、組成等）を行う。

## ■ 概要

- 先に詳細分析した2号機原子炉建屋滞留水では、 $\alpha$ 核種の粒径分布、粒子の元素分析を実施し、 $\alpha$ 核種が主体として数 $\mu\text{m}$ 以上の粒子で存在すること、Zr,Fe,Crを含むUO<sub>2</sub>で存在しているものと推測される。
- 先行プラントの2号機に続き3号機原子炉建屋についても同様な詳細分析を行う。
- 合わせて、3号機格納容器からの漏えい水が確認されているMSIV室内の汚染水についても同様な分析を行い、建屋滞留水に比較し格納容器内の性状により近い水の分析及び比較を実施するもの。
- 作業期間：2021年9月～2022年6月

## ■ 関連する調査項目

- TRB-1

# 1～4号機SGTS室調査、フィルタの核種分析

## ■ 目的

- 1～4号機の非常用ガス処理系（SGTS）室内の機器や配管は、事格納容器ベントに伴う放射性物質の放出挙動と関係しているため、当該室内の機器や配管を詳細に調査した。

## ■ 概要

- SGTS室内の空間情報や線量情報を取得するため、測定装置として $\gamma$ イメージヤや線量計等を使用した調査を実施した。なお、1,2号機は高線量のため遠隔操作ロボットを活用した。
- 3,4号機はフィルタトレインを開放して内部の汚染状況を確認した。また、3,4号機共にフィルタ表面のスミア採取を実施した。採取したスミアサンプルの核種分析については順次実施予定。

## ➤ 調査期間

- SGTS室調査：2020年8月～2021年2月（実施済み）
- スミアサンプルの核種分析
  - 3号機：2021年度内
  - 4号機：未定

## ■ 関連する調査項目

- RB-11,TRB-4



フィルタトレイン内部の様子  
(例：3号機A系のHEPAフィルタ)

# 原子炉建屋-1

参考

- 1,3号機の損傷した壁面・構造材の写真/動画 (RB-3a, 3b)
- ②①④④'
- 原子炉建屋爆発の形態の解明

- 2号機コンクリートサンプルの核種分析 (RB-7)
- ①②
- 放射性物質の建屋残留メカニズムの解明、解析モデルの高度化

- 2号機の壁面 (BOP等)・機器の写真/動画 (RB-4)
- ①②④④'
- 水素発生や減圧挙動の原因究明

- 4号機の損傷した壁面・構造材の写真/動画 (RB-3c)
- ①
- 原子炉建屋爆発の形態の解明

- 4号機空調ダクトサンプルの放射線核種分析 (RB-6)
- ①④'
- 4号機原子炉建屋の爆発要因 (水素起源) の解明

- HPCI系の写真/動画 (RB-2)
- ④
- 事故時のHPCI作動状況の解明

- RCIC系の写真/動画 (RB-1)
- ④
- 事故時のRCIC作動状況や、2号機RCICの停止理由の解明

- 地震の影響を受ける可能性のある場所の写真/動画 (RB-8)
- ①②④'
- 地震による構築物、機器等への影響の解明

- 建屋内で採取した試料の核種分析 (RB-5)
- ①②④'
- 漏えい経路の特定、線量評価コードのベンチマーク

- 〈凡例〉
- 取得する情報
    - : Forensics No.
    - : TEPCO No.
  - 分類※
  - 情報の利用価値

※ :

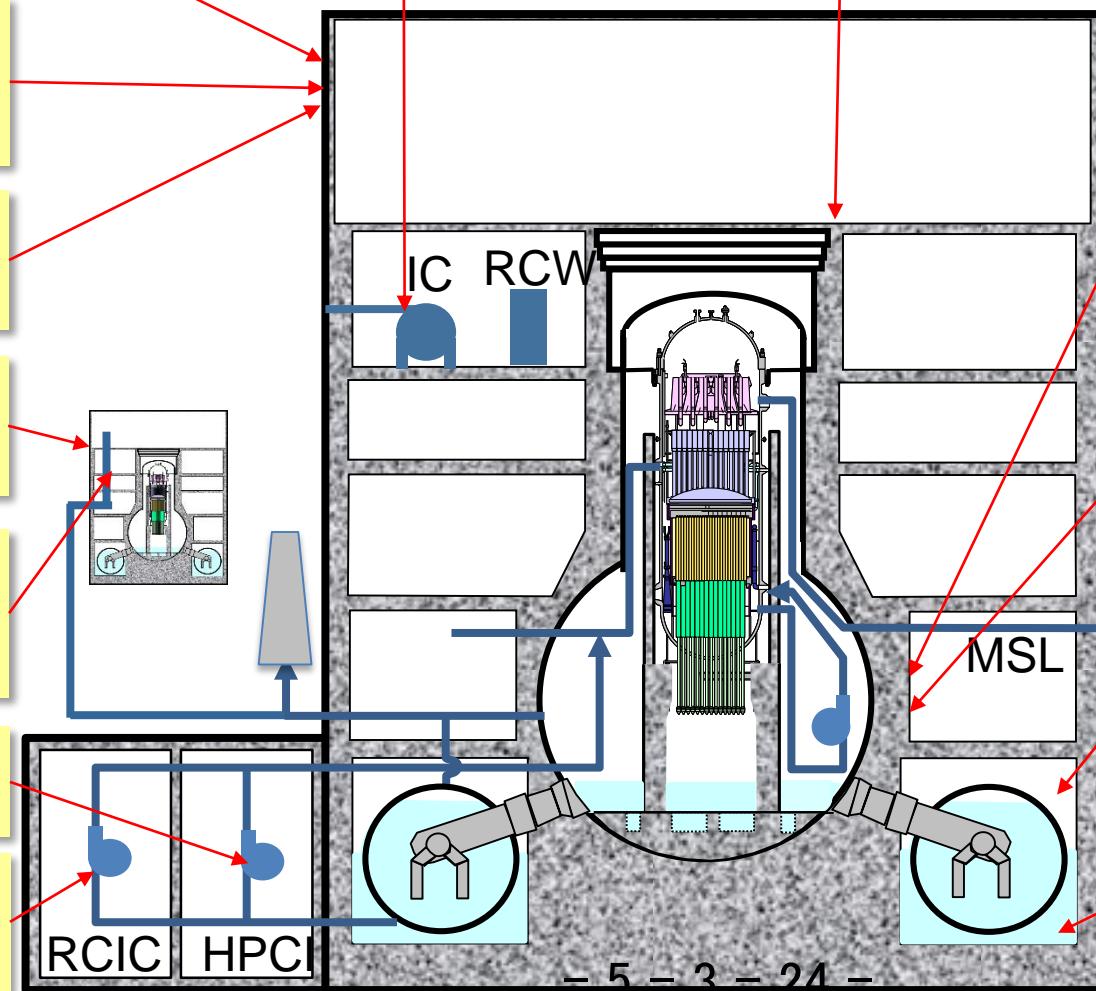
- ①廃炉作業上必ず調査するものかつ直近の計画があるもの
- ②廃炉作業上必ず調査するものかつ直近の計画があるものについて、計画を拡張して調査するもの
- ③廃炉作業完了まで調査の計画が存在しないもの（リソース、技術的課題等）
- ④廃炉作業上必ず調査するものかつ直近に計画がないもの（実施する場合の調査範囲の拡張を含む）
- ④'当初④だったが、調査の進捗により①または②になったもの

- D/Wコンクリートの放射性核種分析 (RB-9a)
- ④
- FPの格納容器からの漏えい量や漏えい箇所の解明、水素漏えい箇所の解明

- メカニカルシール、ハッチ、電気ペネの写真/動画。線量調査 (RB-9b)
- ②①④'
- FPの格納容器からの漏えい量や漏えい箇所の解明、水素漏えい箇所の解明

- 1号機の真空破壊弁、1, 2, 3号機のPCV漏えい箇所 (RB-10)
- ①④
- FP、水素の漏えい経路の解明

- 1～3号機の建屋滞留水の分析 (TRB-1)
- ①④
- FPの分析による事故進展の理解深化



- 5 - 3 - 24 -

# 原子炉建屋-2

- 1~4号機AC系配管の汚染や錆にかかる調査、線量や写真/動画 (TRB-6)
- ④④'
- 事故進展の理解深化、ベントに伴う影響、FPのふるまい

- 2号機耐圧強化ベントラインにおけるラブチャーディスクの破裂有無にかかる調査、写真/動画 (TRB-3)
- ④'
- 事故進展の理解深化、ベントの成否

- 4号機SGTSフィルタの放射性核種分析 (TRB-4)
- ④'
- 事故進展の理解深化、ベント中に含まれるFPの組成

- 1,2号機排気筒付け根付近の高線量箇所における線量・放射性核種分析 (TRB-7)
- ②
- 事故進展の理解深化、ベント中に含まれるFPの組成

- 2号機RCIC室上部の壁面における放射性核種分析、写真/動画 (TRB-2)
- ④
- FPの漏えい経路の解明

- 2号機S/C液相漏えい箇所にかかる調査 (RCIC室等) (TRB-5)
- ④
- PCV漏えい箇所の特定

- 耐圧強化ベント経路、SGTS、関連する原子建屋空調の写真/動画。線量情報 (RB-11)
- ①④④'
- 高温・高放射線環境化におけるシール性能の評価

- 海水系配管の健全性に係る情報
  - ・機械的な健全性の確認のための外観写真 (TRB-10)
  - ④
  - 事故進展の理解深化

- 1号機RCWサージタンクの調査、水位や線量の測定 (RB-15)
- ②④'
- 1号機の事故進展にRCW系統がもたらした影響の解明

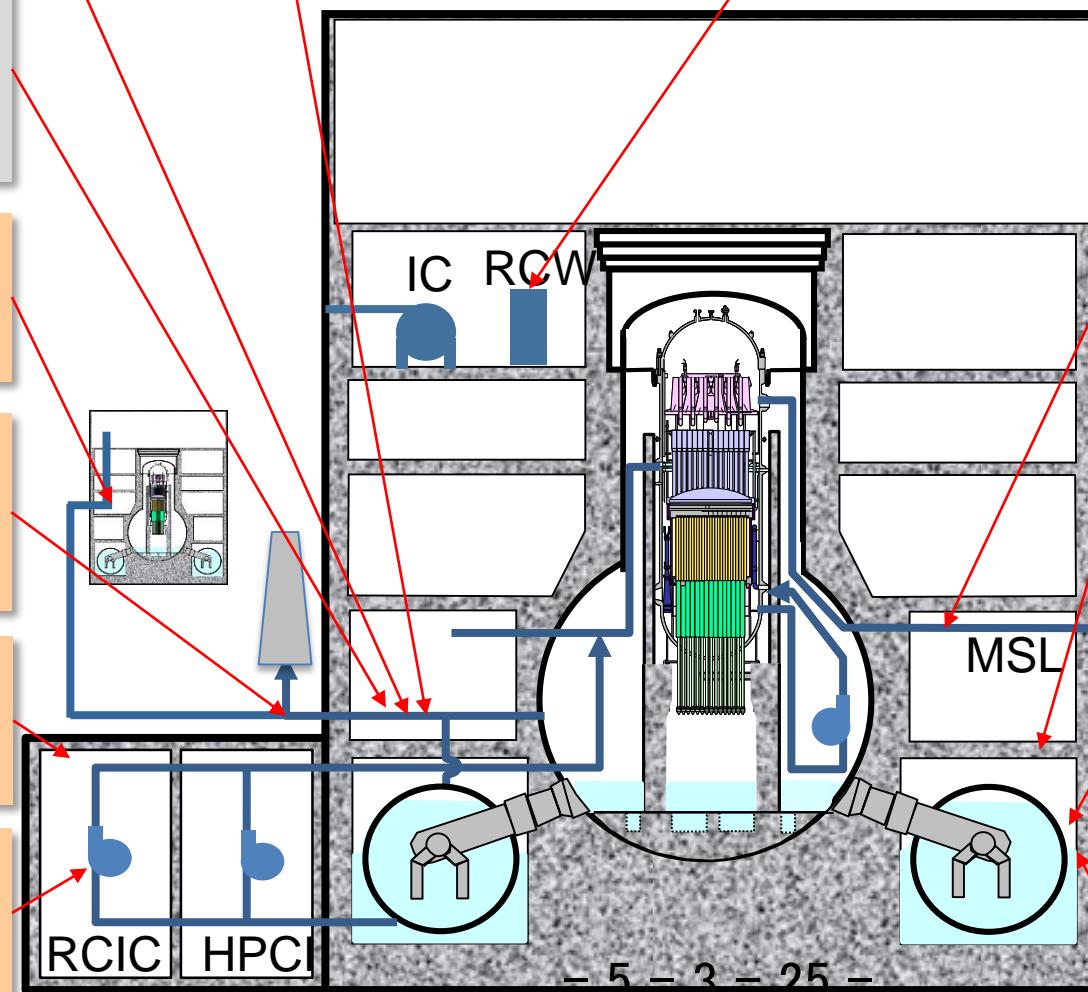
- 計器の健全性に係る情報
  - ・機械的な健全性の確認のための外観写真
  - ・電気的な点検結果 (発災以降の点検記録含む) (TRB-9)
  - ①④
  - 事故進展の理解深化

- PCV外主蒸気配管の写真/動画 (RB-13)
- ④①
- PCV破損モードの特定

- 原子炉建屋で採取した高線量の堆積物や粉じんの化学分析 (RB-14)
- ②④①
- MCCI起因の生成物発見に伴うデブリ位置推定への貢献

- 原子炉建屋内の漏えい箇所近傍の写真/動画 (RB-12)
- ①
- 原子炉建屋からタービン建屋への漏えいの原因究明 (2号機はPCV漏えい箇所の究明)

- 2号機トーラス室の浸水痕 (TRB-8)
- ④
- 事故進展の理解深化



- 5 - 25 -

灰色ハッチング：調査を実施し、情報を取得済

# 原子炉格納容器-1

- ICの放射性核種調査/サンプリング、写真/動画 (PC-2)
  - ①④③
- 地震の影響評価、弁の最終位置の評価、水素輸送にかかる知見の収集

- RPV底部、構造物、RPV底部貫通部の写真/動画 (PC-3e)
- ①②
- RPV底部周辺の損傷、コリウムの引っ掛け具合にかかるコード評価、モデル改良

- PCV塗装の写真/動画 (D/W、S/Cの両方が対象) (PC-9)
  - ①②③④
- 塗装への影響の解明

- 放射性核種調査、ペデスタル壁と床の写真/動画、サンプリング (PC-3c)
  - ①②④
- RPV破損箇所、RPV外燃料デブリの形態や組成、MCCIの推定にかかるコード評価のベンチマーク

- PCVライナー試験にかかる写真/動画 (デブリ周辺、1号ペデスタル周辺)、冶金試験 (PC-3b)
  - ② (冶金試験③)
- ライナー破損とMCCIを予測するモデルの改良

- PCVに落下したデブリやクラストの写真/動画、採取したデブリやクラストのホットセル試験 (PC-3a)
  - ①②
- 燃料デブリの量、高さ、形態、組成分布、拡がり、飛散性、塩の影響などにかかる知見の入手

- PCVヘッドフランジの締め付け状態、トルク、ボルト長の記録。PCVヘッドフランジシール部の写真/動画 (PC-1)
  - ①④
- PCVヘッドフランジの持ち上がり方、ピーク温度、高温に伴う劣化にかかる調査・解明

- RPV外センサーとセンサー支持構造物の試験と健全性評価 (PC-8)
  - ①②③
- RPV減圧経路の特定、RPV圧力B系の故障原因の解明

- <凡例>
- 取得する情報
    - : Forensics No.
    - : TEPCO No.
  - 分類※ (P23参照)
  - 情報の利用価値

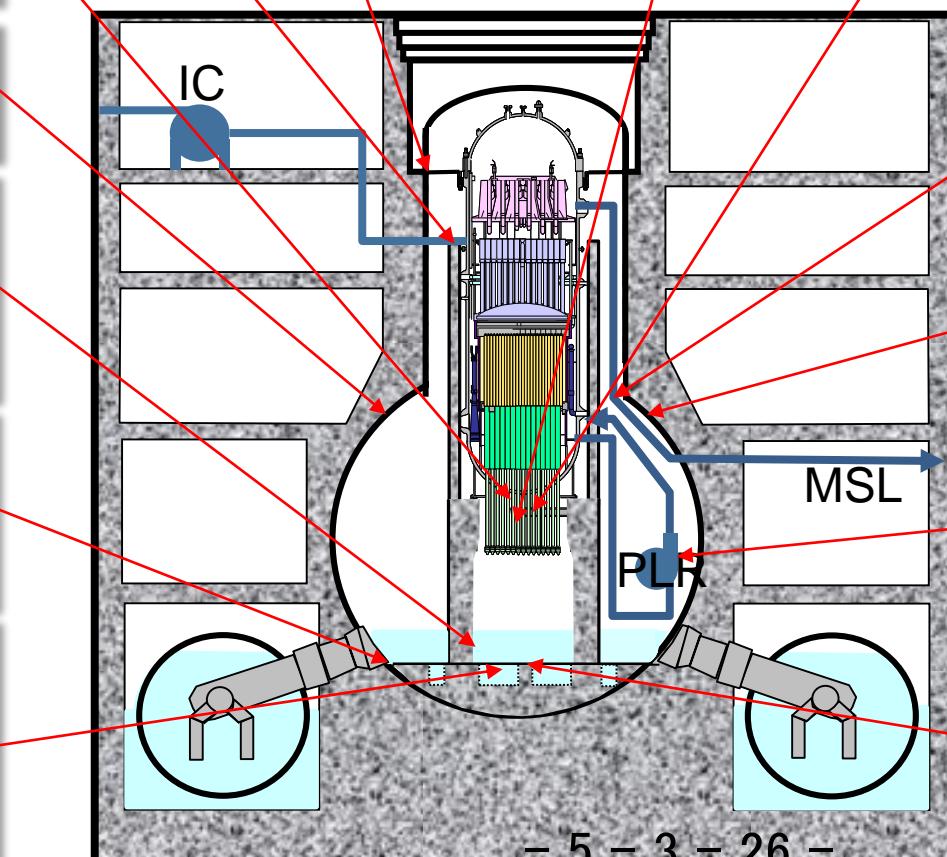
- RPV外調査とRPV内センサー、センサー支持構造物の健全性評価 (RPV底部、2号TIP、SLC) (PC-7)
  - ①②③
- RPV減圧経路の特定、RPV圧力B系の故障原因の解明

- MSLや、ADSラインからSRVテールパイプまでのライン、計装ラインの写真/動画 (PC-5)
  - 1号機③、2,3号機のMSL② (ADS・SRV③)
- RPV損傷モードの調査

- SRVとMSLの外観検査、弁の内側機構 (PC-6)
  - 1号機③、2,3号機のMSL② (ADS・SRV③)
- SRVと関連する配管の損傷調査

- 再循環ラインとポンプの写真/動画 (溶融燃料がシュラウド外に溜まると再循環ラインに侵入する可能性) (PC-4)
  - ②③①
- PCVの損傷モードおよび燃料落下経路の特定

- コンクリート腐食のプロファイ尔。写真/動画、サンプリング、試験 (PC-3d)
  - ①②③④
- MCCI予測コードのベンチマーク



# 原子炉格納容器-2

- <凡例>
- 取得する情報
    - : Forensics No.
    - : TEPCO No.
  - 分類※ (P23参照)
  - 情報の利用価値

- PCV内の放射性核種調査 (PC-10)

- ①② (3号機④)

- 線量コード評価、モデル改良

- 放射性核種調査に資する電線管ケーブルや塗装のサンプル採取 (PC-14)

- ③ (②)

- 線量コード評価、モデル改良

- 2号機CRD交換レール上の黒色物質のサンプル分析結果 (形状、微細組織、化学組成を含む) (PC-19)

- ①

- 構造物の最高温度、損傷有無に関する知見の入手。モデル改良

- 溶融した、亜鉛メッキされた、あるいは酸化した構造物の写真/動画 (ペデスタル内外) (PC-16)

- ①②③

- ピーク温度にかかる知見の入手

- 放射性核種調査に資するPCV内包水サンプル採取 (PC-15)

- ①②

- 線量コード評価、モデル改良

- 1号機D3位置における構造物上の黒色物質のサンプル分析結果 (形状、微細組織、化学組成を含む) (PC-20)

- ③ (②)

- ケイ素やデブリの有無によるMCCI有無の推定。モデル改良

- RPV周辺の配管や断熱材の写真/動画 (PC-13)

- ③ (②)

- 長期的な冷却に伴う断熱材への悪影響の調査

- RPV外におけるTIP、SRM、IRM配管の写真/動画 (PC-12)

- ①② (3号機④)

- 原子炉圧力減圧にかかる損傷に関する調査

- 3号機PCV内部調査映像 (PC-21)

- ①②

- モデル改良

- PLRポンプシール等のRPV漏えい箇所候補の写真/動画 (PC-11)

- ③

- 高温・高圧環境化での性能評価

- 1号機D/W床堆積物上層の化学分析、軸方向の組成 (PC-17)

- ①②

- コンクリート酸化物の有無によるMCCI有無の推定。モデル改良

- 1号機D/W床堆積物下にある物質の性質 (PC-18)

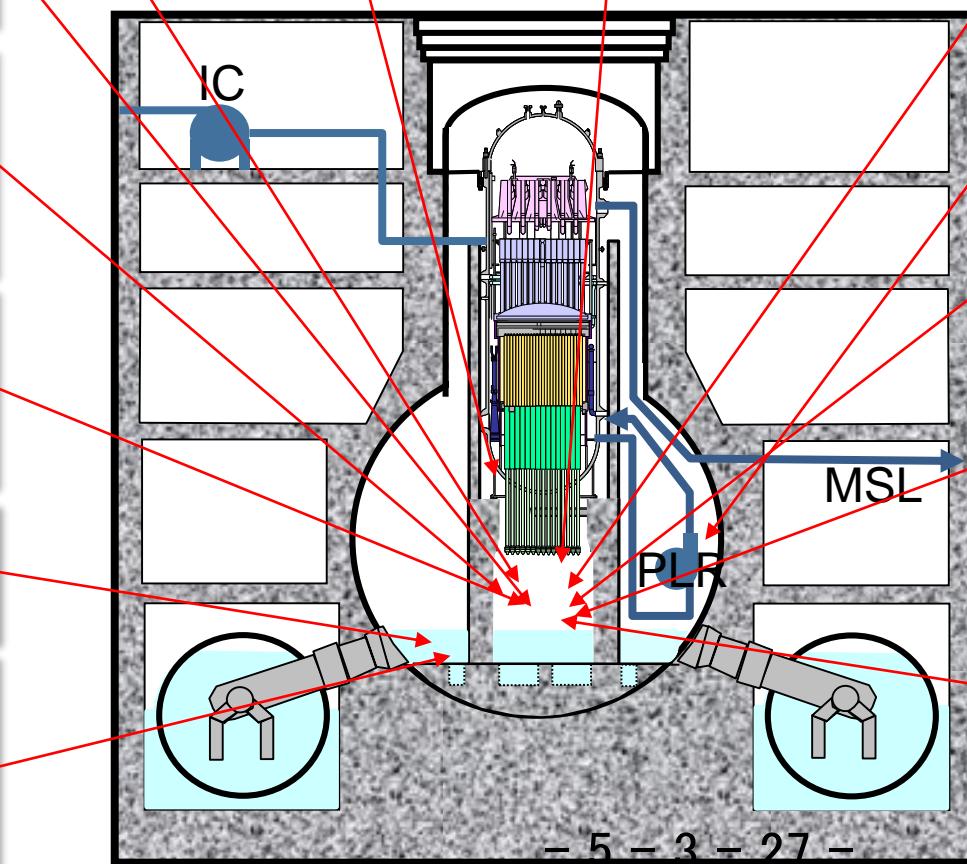
- ②③

- 物質の正体の解明 (上層とは異なる堆積物か、燃料デブリか)。コンクリート酸化物の有無によるMCCI有無の推定。モデル改良

- 異なる軸方向、半径位置でのデブリのサンプル分析結果 (形状、微細組織、化学組成を含む) (PC-22)

- ② (③)

- 酸化コンクリート有無によるMCCI有無の推定。物質の溶融落下にかかる知見。燃料の濃縮度にかかる知見。モデル改良。



- 5 - 3 - 27 -

注：原子炉建屋、原子炉格納容器の図は、1~4号機を合わせたものであり、特定の号機を示すものではない

灰色ハッチング：調査を実施し、情報を取得済

# 原子炉圧力容器

参考

- 気水分離機の写真/動画、サンプル採取 (RPV-3)
- ② (サンプル採取③)
- 健全性あるいは変位計測、ピーク温度評価、冶金学的な試験から得られる知見をもとにしたコード評価とモデル改良

- 給水スパージャノズル、注水ポイントの写真/動画、サンプル採取 (RPV-2b)
- ② (サンプル採取③)
- 運転性能の評価、腐食を含む海水注水の影響の評価

- 上部構造物、上部格子板の写真/動画、サンプル採取 (RPV-1c)
- ② (サンプル採取、冶金試験③)
- 変形等に関する知見、冶金学的な試験をもとにしたコード評価やピーク温度、変位、溶融の予測にかかるモデル改良

- 炉心スプレイノズル、スパージャ、ノズル接合部の写真/動画、サンプル採取 (RPV-2a)
- ② (CS系シュラウド内②、シュラウド外②、サンプル採取、冶金試験③)
- 運転性能の評価、腐食を含む海水注水の影響の評価

- 炉心支持板および関連する構造物の写真/動画 (RPV-4d)
- ② (サンプル採取、冶金試験③)
- コード評価とモデル改良

- ドライヤの写真/動画、サンプル採取 (RPV-1a)
- ② (サンプル採取③)
- 健全性あるいは変位計測、ピーク温度評価、冶金学的な試験から得られる知見をもとにしたコード評価とモデル改良

- 主蒸気配管の写真/動画、配管内のプローブ調査、サンプル採取 (RPV-1b)
- ②④ (サンプル採取、冶金試験③)
- 変形等にかかる知見、冶金学的な試験をもとにしたコード評価とモデル改良

- シュラウドヘッドの写真/動画、サンプル採取 (RPV-4b)
- ② (サンプル採取、冶金試験③)
- 健全性あるいは変位計測、冶金学的な試験から得られる知見をもとにしたコード評価とモデル改良

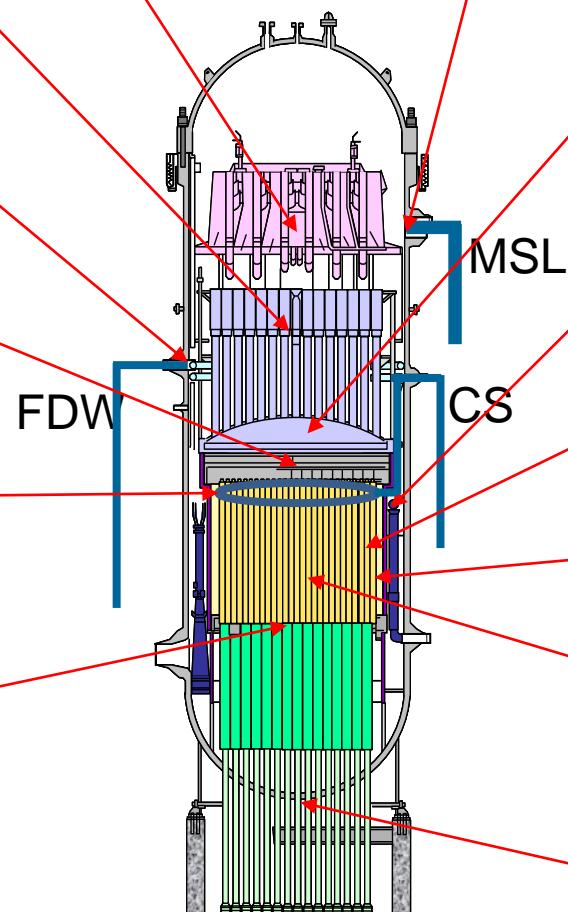
- シュラウド (シュラウドとRPV壁の間) の写真/動画、サンプル採取 (RPV-4a)
- ② (サンプル採取、冶金試験③)
- 健全性あるいは変位計測、冶金学的な試験から得られる知見をもとにしたコード評価とモデル改良

- シュラウド (炉心側から) の写真/動画、サンプル採取 (RPV-4c)
- ② (サンプル採取、冶金試験③)
- 健全性あるいは変位計測、冶金学的な試験から得られる知見をもとにしたコード評価とモデル改良

- 遠隔測定技術による炉心 (および RPVとシュラウドの間) の状態把握 (RPV-5a)
- ③※1
- コード評価とモデル改良

- 炉心および構造物の最終状態の把握 (RPV-5b)
- ②
- コード評価。燃料デブリの組成、重量、形態を予測するモデルの改良

- RPV内の燃料デブリの写真/動画、サンプル採取 (TRPV-1)
- ② (サンプル数の大幅増加③)
- 燃料デブリの量、形態、組成分布、拡がりなどにかかる知見の入手、事故進展の理解深化



※1：ミュオン測による燃料デブリ位置を評価

(1号機：2015年2月～5月、2号機：2016年3月～7月、3号機：2017年5月～9月)

注：原子炉圧力容器の図は、1～4号機を合わせたものであり、特定の号機を示すものではない