

1号機原子炉格納容器内部調査に係る 確認点について

2022年9月6日

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

1号機PCV内部調査に関する確認点

ペDESTAL外側のPCV底部にテーブル状の堆積物(高さ0.8m~1mの水平面)を確認。燃料デブリは、この高さまで到達しうるのか。

この水平面は、MCCIクラストと言えるのか。

MCCIクラストの場合、上面のみに形成され得るのか。

ペDESTAL開口部で確認されたコンクリート部の破損は、侵食溶融によるものなのか。(コンクリートが溶けたものなのか。)

コンクリートの破損が生じる可能性のある温度はどれくらいか。

【、】
床面から1m高さの堆積物



A. ペDESTAL開口部付近



B. PCV東北東付近の状況(俯瞰)

1) 1号機ペDESTAL開口部におけるコンクリート部の損傷に係る要因の検討

- 1) ペDESTAL(コンクリート)の加熱による影響
- 2) 水の接触による影響
- 3) その他確認点

コンクリート損傷に係る要因の検討

ペDESTAL開口部で確認されたコンクリート部の破損については、コンクリートに関して知見を有する他産業等の情報も踏まえて、加熱による影響及び水による影響の観点から整理した。

1) ペDESTAL(コンクリート)の加熱による影響

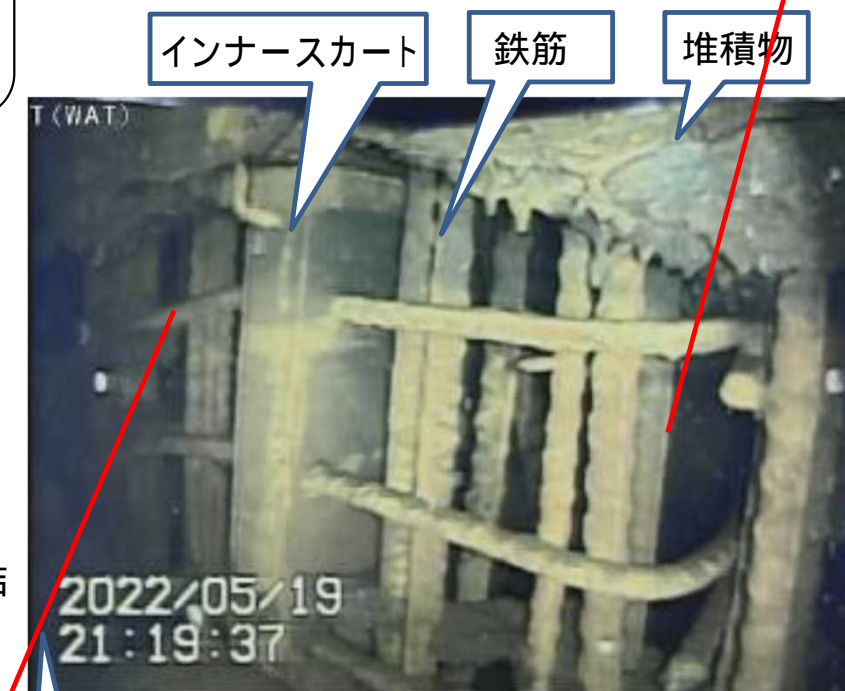
A) コンクリートの品質低下・脆弱化

- ✓ 加熱によるコンクリートの強度や弾性の低下は、骨材・硬化したセメントペースト及び鉄筋の熱膨張の差、水酸化カルシウム・ケイ酸カルシウム水和物(C-S-H)などの分解、骨材の変質などによって生じる。
- ✓ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ は、450 ~ 600 程度で分解し、C-S-Hは、800 ~ 900 程度で結合が切れ、脆弱化する。

MCCIの従来の認識と比べて低い温度条件

鉄筋の変形

コンクリート構造物のコンクリートが消失し、鉄筋のみが露出した状態が確認された。(コンクリート部の損傷)



資料提供：国際廃炉研究開発機構 (IRID)
ペDESTAL開口部 (右側基礎部) の状況

ペDESTAL開口部

出典：東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会(第30回会合)資料1-1 / 補足説明資料1

コンクリート損傷に係る要因の検討

1) ペDESTAL(コンクリート)の加熱による影響

B) コンクリートの爆裂

- ✓ 爆裂は、火災加熱を受けた鉄筋コンクリートで、かぶりコンクリートの剥落・脱落が生じる現象。
- ✓ コンクリート内の水蒸気の圧力や熱応力により発生し、含水比が高い場合に生じやすい。
- ✓ 爆裂は概ね150℃以上で発生し、低速加熱よりは急速加熱の方が起こりやすい。一般的な火災では、爆裂深さは概ね100mm以下程度であり、水蒸気が放出されて30分程度で反応が終わる。加熱を続けても一度爆裂すると水蒸気の通り道ができるので、鉄筋の内側まで連続して爆裂する可能性は少ない。

燃料デブリによる加熱は、火災加熱より厳しい条件。

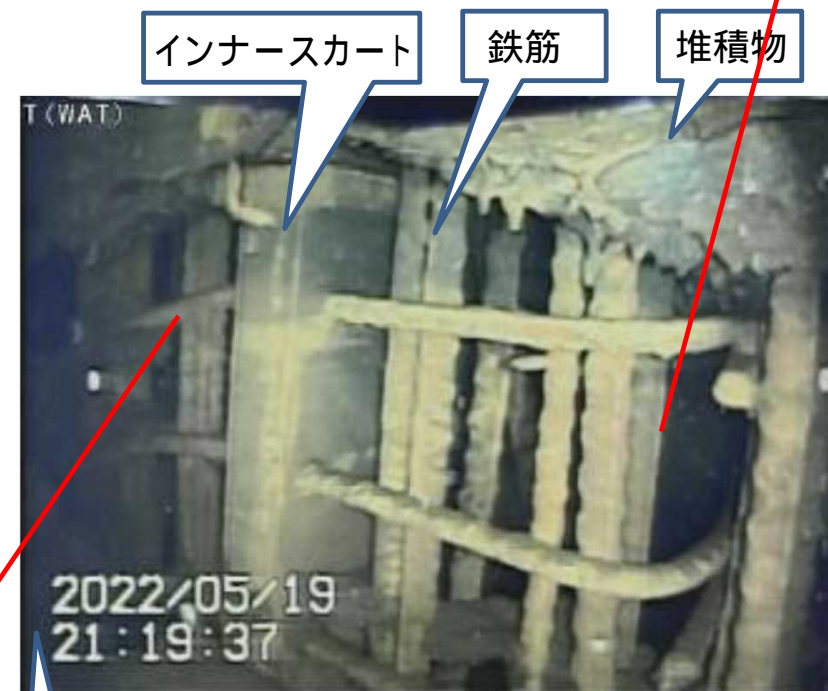
C) コンクリートの溶融

- ✓ コンクリートの溶融(分解・液相)は、1,200℃程度で発生する。
- ✓ 鉄筋(鋼)の融点は、1,400℃程度であり、コンクリートよりやや高い。
- ✓ コンクリートが融解により鉄筋から剥離する現象。

確認された損傷状況を説明可能か

鉄筋の変形

コンクリート構造物のコンクリートが消失し、鉄筋のみが露出した状態が確認された。(コンクリート部の損傷)



資料提供：国際廃炉研究開発機構 (IRID)

ペDESTAL開口部 (右側基礎部) の状況

出典：東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会(第30回会合)資料1-1/補足説明資料1

ペDESTAL
開口部

コンクリート損傷に係る要因の検討

2) 水の接触による影響

A) 注水等による冷却

- ✓ 注水等による急速水冷の場合、コンクリートの加熱温度が高いほど圧縮強度は低下する。水分の気化エネルギーの作用等が考えられ、コンクリート表層部の更なる劣化、ひび割れ等の可能性がある。

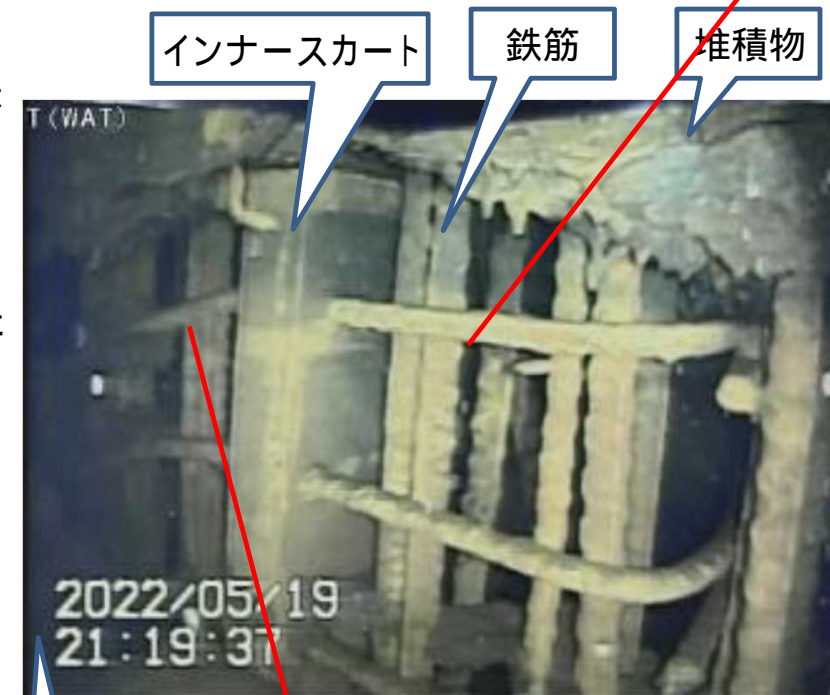
B) 水の接触による化学反応

- ✓ 高温であるコンクリート壁に水が接触した場合、一般的には水が蒸発するため化学的影響は少ない。
- ✓ 加熱中のコンクリートから H_2O や CO_2 が発生(100～900 程度)し、炉心溶融物との反応により H_2 と CO が発生する。これらの気体とコンクリートの化学反応による品質低下の可能性は不明である。
- ✓ 1F事故から10年以上が経過し、その間水中にあったことから、水との化学反応等の影響が不明である。

燃料デブリ落下とPCV内の水位の有無

経年による影響の検討は困難ではないか

ペDESTALにおける1F事故直後(燃料デブリ落下時・落下後)の水位の変化は不明だが、当該部位は10年間以上水中にあり、水中での経年劣化による影響は不明。



資料提供：国際廃炉研究開発機構（IRID）
ペDESTAL開口部（右側基礎部）の状況

鉄筋の変形

ペDESTAL
開口部

コンクリート損傷に係る要因の検討

3) その他確認点

□ 損傷したコンクリートの行方

- ✓ コンクリートの損傷(コンクリート部の消失)はその内部にまで及んでいる。損傷したコンクリートの量とPCV内で確認されている堆積物の堆積量の関係が不明となっている。
- ✓ また、堆積物の移動や流れと思われる事象も確認されている。

損傷したコンクリートはどこへ移行したのか

□ 堆積物の確認

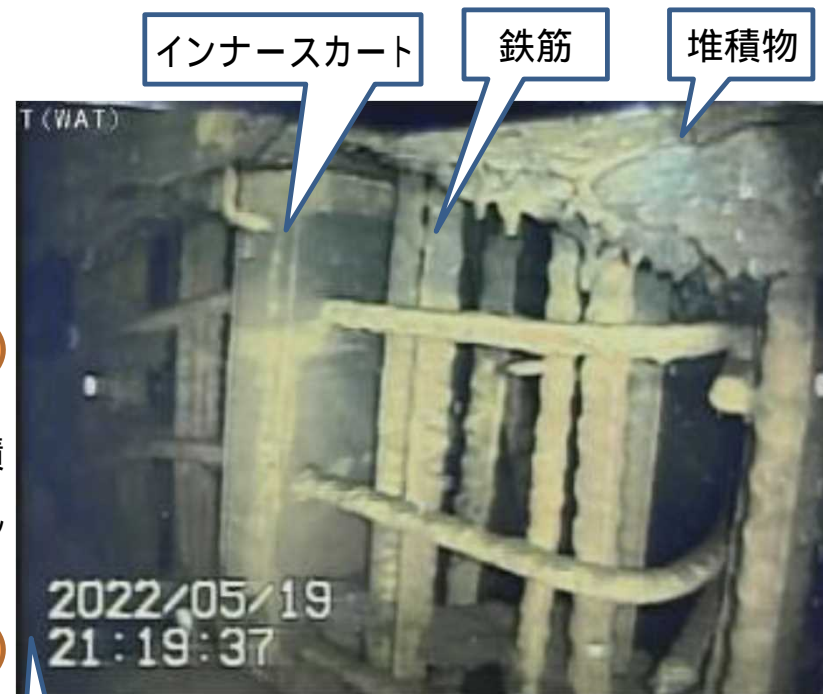
- ✓ PCV内では、テーブル状の堆積物、塊状の堆積物、及び砂状・泥状の堆積物が確認されているが、碎石等のコンクリート材料に相当するものや損傷したコンクリート片等は確認できていない。

コンクリートへの熱影響等の痕跡は確認できないか

□ コンクリートの損傷範囲

- ✓ テーブル状の堆積物の上下でコンクリートの損傷状況が異なっている。コンクリートの熱影響の範囲と関係するか。

コンクリートへの熱影響等の痕跡は確認できないか



資料提供：国際廃炉研究開発機構（IRID）
ペDESTAL開口部（右側基礎部）の状況

ペDESTAL
開口部

1号機ペDESTALの構造等

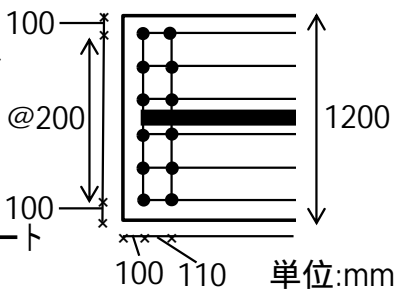
インナースカート
一般構造用圧延鋼(SS400(旧SS41))
厚さ34mm

鉄筋
D35(公称直径:34.9mm)

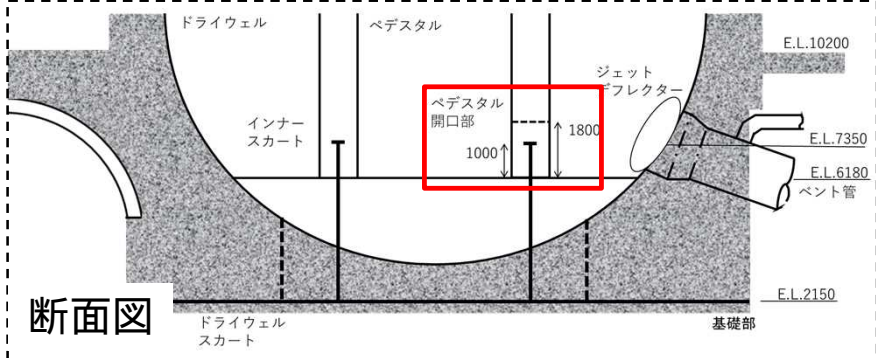
配筋概要 (平面)

ペDESTAL
開口部

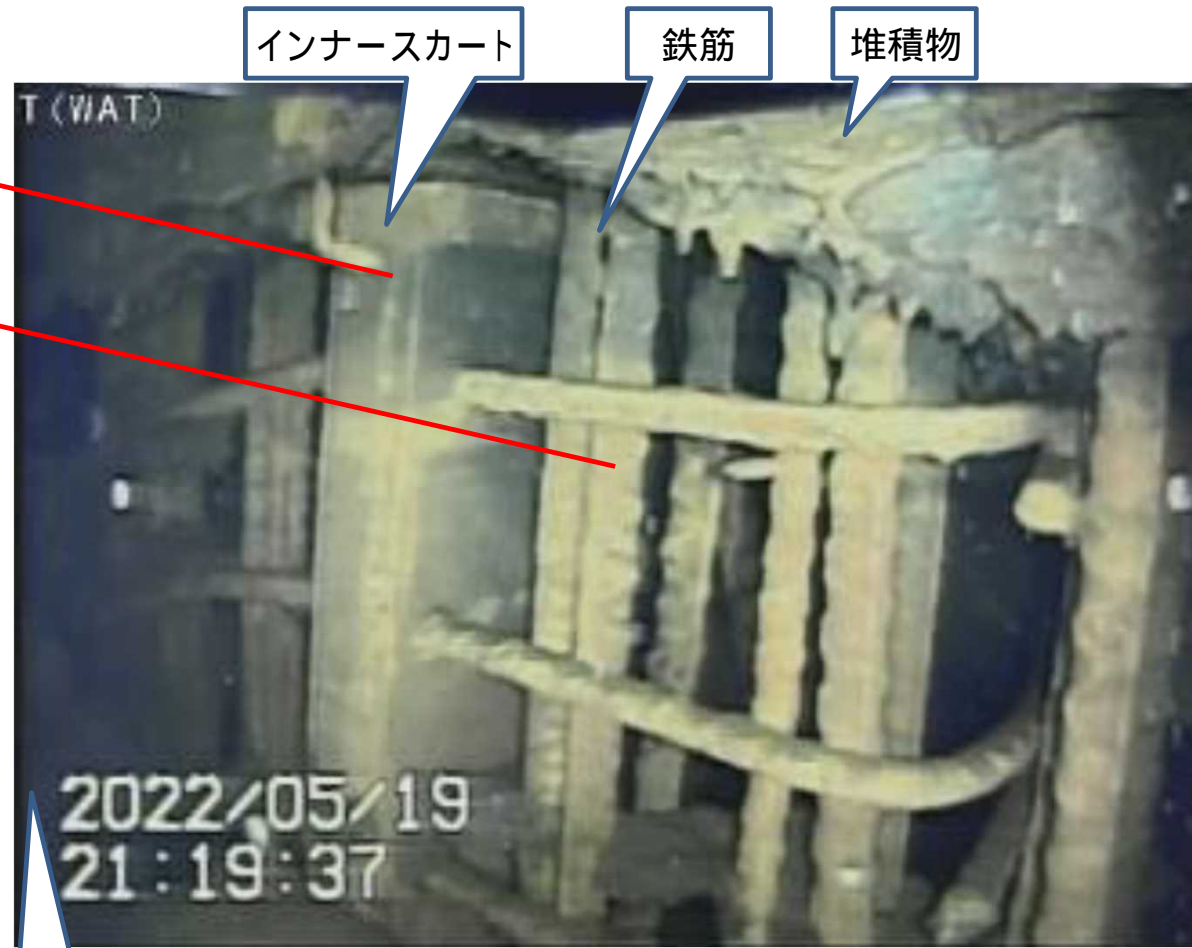
- : 鉄筋(D35)
- : インナースカート
(厚さ34)



断面図



東京電力からの提供情報を原子力規制庁において整理。

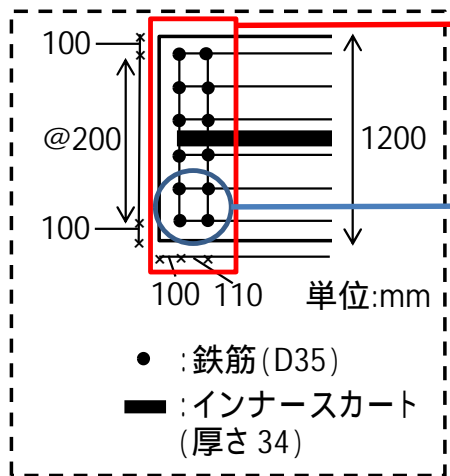


ペDESTAL
開口部

資料提供：国際廃炉研究開発機構 (IRID)
ペDESTAL開口部 (右側基礎部) の状況

出典：東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会(第30回会合)資料1-1 / 補足説明資料1

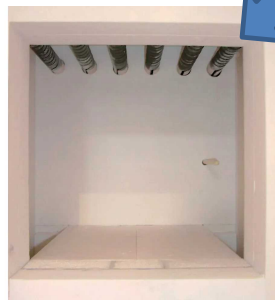
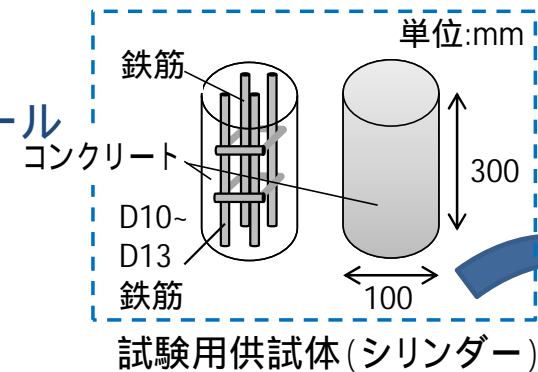
コンクリート劣化に係る試験等



ペDESTAL開口部
コンクリート構造

試験用供試
体の検討

株式会社ジェイテクトサーモシステムHP
より抜粋
https://www.jtekt-thermos.co.jp/products/result.php?use_cd=5



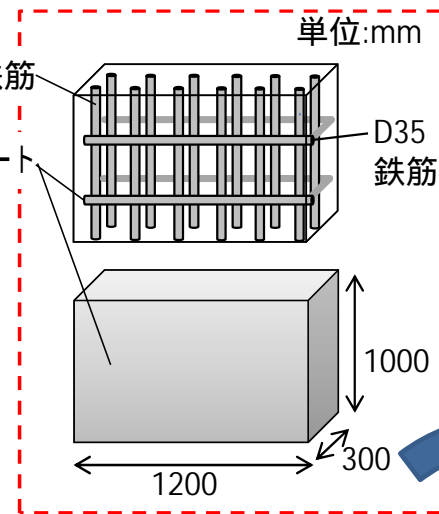
有効内積 (mm)
305 × 356 × 305

小型電気炉 (1500)

実寸大

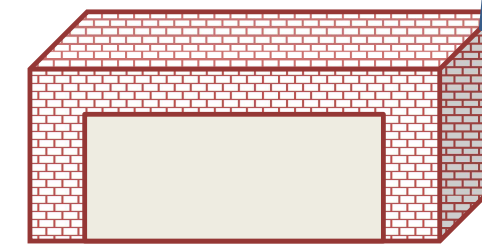
コンクリート

加熱試験



加熱条件 (温度・加
熱時間等) は何か

加熱試験



大型加熱炉

有効内積
3m × 3m × 3m
加熱能力
~ 1500 程度

加熱条件の検討

温度

・ 100 ~ 2000

加熱時間

・ 数時間 ~ 数日

加熱試験が
可能な試験
炉はあるか

コンクリートの脆弱化、剥離、脱落等の有無を確認する。

2) テーブル状の堆積物に関する確認点

- 1) 堆積物の形状
- 2) 堆積物の影響

テーブル状の堆積物に関する確認点

1) 堆積物の形状

A) テーブル状の堆積物

- ✓ ペDESTAL開口部付近にPCV底部にテーブル状の堆積物(高さ0.8m～1mの水平面)が確認される。ジェットデフレクター周辺部等(PCV東北東付近)では複数段となるテーブル状の堆積物も確認される。
- ✓ ペDESTAL外側において、開口部付近から離れるに従って、堆積物の高さは、1mから0.3mまで減っている。
- ✓ ペDESTAL外側の堆積物(高さ1m～0.3m)は比較的広い範囲に分布しており、内側の空洞等の有無は不明だが、相当量の体積が想定される。

燃料デブリの体積でこの高さまで達するのかわ

水平面の形成のメカニズムは何か

B) 水平面の形成

- ✓ テーブル状の堆積物は、上面にのみ水平面を形成しており、表面は比較的なだらかとなっている。場所によっては、複数段が確認される。
- ✓ MCCIの場合、高温流体の燃料デブリと周囲との接触面となる冷却面でクラストが形成されると考えられるが、上記の水平面の形成と矛盾しないか。

テーブル状の堆積物(高さ0.8m～1mの水平面)が確認される。



A. ペDESTAL開口部付近



B. PCV東北東付近の状況(俯瞰)

資料提供：国際廃炉研究開発機構(IRID)・日立GEニュークリアエナジー

テーブル状の堆積物に関する確認点

1) 堆積物の形状

C) ペDESTAL開口部内部の塊状の堆積物

- ✓ ペDESTAL開口部内部では、塊状の堆積物が確認される。
- ✓ ペDESTAL開口部の奥(ペDESTAL内)は、開口部周辺よりも堆積物が多い。

塊状の堆積物は
テーブル状の堆積
物と異なるものか

ペDESTAL内の堆
積物の形状、分布
の情報が必要



C . ペDESTAL開口部内部



A . ペDESTAL開口部付近

ペDESTAL開口部の奥(ペDESTAL内)に、
堆積物が確認される。

テーブル状の堆積物に関する確認点

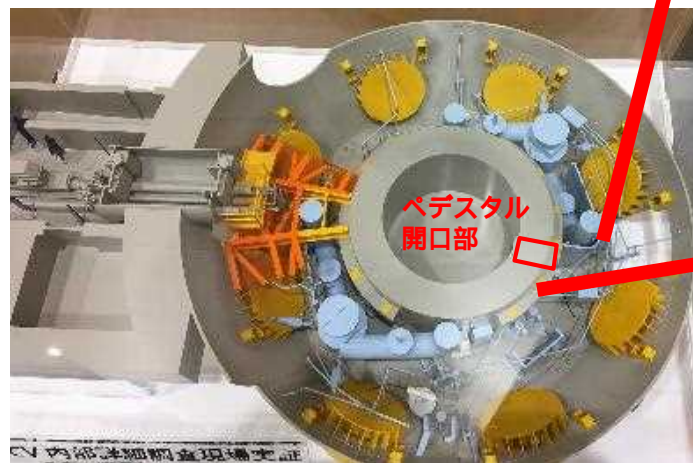
2) 堆積物の影響

A) 鉛遮蔽体や配管等の状況

- ✓ 鉛遮蔽体は、テーブル状の堆積物の上側では、形状を維持しているが、下側では損傷(欠損)している。
- ✓ ペDESTAL開口部の外側にある配管等は、テーブル状の堆積物の上下で損傷状況は大きく変わらない。
- ✓ 鉛遮蔽体やコンクリートは損傷が確認されるが、配管等は比較的形状を維持しているように見える。

堆積物の温度の推定に寄与するのではないか

鉛遮蔽体は、テーブル状の堆積物の上下で損傷状況が異なる。



配管等は、テーブル状の堆積物の上下で損傷状況に大きな差がない。



PCV東北東付近の状況(俯瞰)



ペDESTAL開口部付近の状況(俯瞰)

資料提供：国際廃炉研究開発機構 (IRID)・日立GEニュークリアエナジー

3) その他

6. 床面から1m高さの堆積物の状況①

テーブル状の堆積物。
この堆積物の上下で
ペDESTAL基礎部の
損傷に差が確認される



複数段のテー
ブル状の堆積
物。

PCV東北東付近の状況(俯瞰)

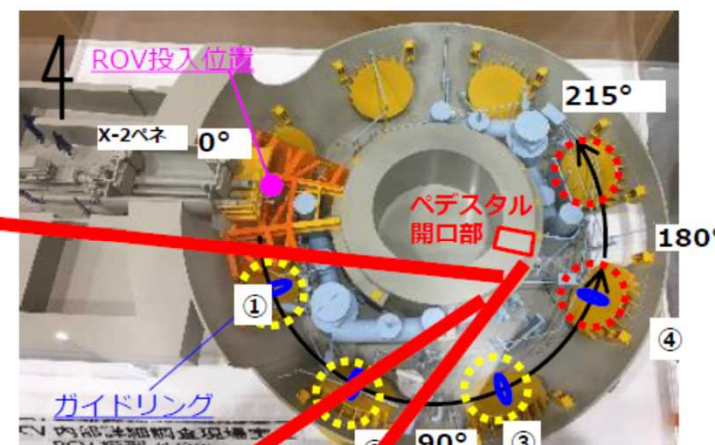
資料提供：国際廃炉研究開発機構（IRID）・日立GEニュークリアエナジー

7

出典：東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会（第30回会合）資料1 - 1 / 補足説明資料1

6. 床面から1m高さの堆積物の状況②

テーブル状の堆積物。表面は比較的なだらか、テーブル状堆積物の下側 / 内側は空洞状態となっている。



配管等が残っている。
(テーブル状堆積物の上下で損傷に大きな差がない。)

資料提供：国際廃炉研究開発機構（IRID）・日立GEニュークリアエナジー

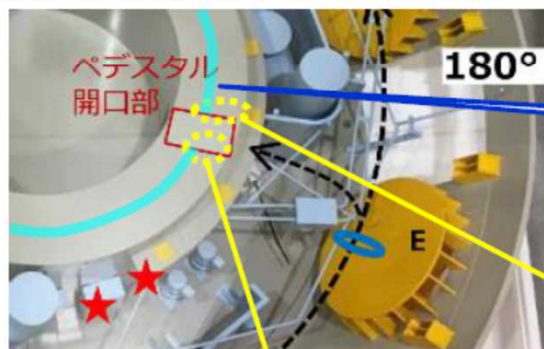
8

出典：東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会（第30回会合）資料1 - 1 / 補足説明資料1

4. 調査実績

ペDESTAL開口部(基礎部)の状況(5月19日調査分①)

- ✓ これまで確認されていた鉄筋らしきものについて、近接し確認した映像を、建設当時の写真と比較した結果、ペDESTALの鉄筋であることが確認されました。また、インナースカート※も確認されました。
- ✓ 1号機の原子炉圧力容器及び原子炉格納容器の耐震性については、事故後（2016年度）の評価において、ペDESTALが一部欠損していたとしても、支持機能を大きく損なわないことの確認を行っております。
- ✓ 今回確認された調査結果も踏まえ、今後さらに詳細なデータを取得し、改めて評価を行います。



インナースカート

※インナースカート：
ペDESTAL内(鉄筋内側)に設置されている、
ペDESTALにかかる荷重をPCV底部(基礎マ
ット)に伝えるための
鋼製の円筒形部材



(参考写真)建設当時の状況

ROVフレームの映り込み

ペDESTAL開口部の左
右のコンクリート部の損
傷状況は似ている。



写真1.ペDESTAL開口部(左側基礎部)の状況

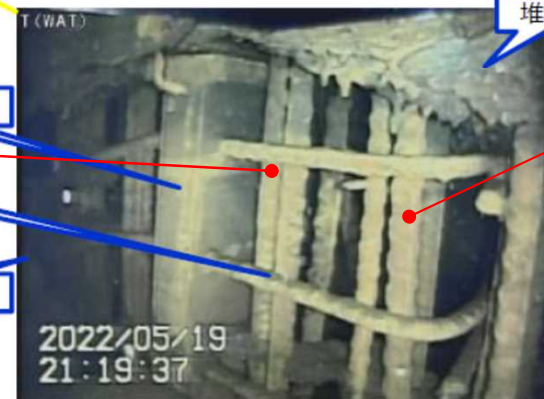


写真2.ペDESTAL開口部(右側基礎部)の状況

鉄筋表面には
明らかな溶融の
痕跡は確認され
ない。

資料提供：国際廃炉研究開発機構 (IRID)

出典：東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会(第30回会合)資料1-1/補足説明資料1

7. ペDESTAL開口部付近調査状況



B. ペDESTAL開口部俯瞰



C. ペDESTAL開口部内部

塊状の堆積物が確認される。



A. ペDESTAL開口部付近

ペDESTAL開口部の奥(ペDESTAL内)は、開口部周辺よりも堆積物が多い。

資料提供：国際廃炉研究開発機構（IRID）・日立GEニュークリアエナジー

10

出典：東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会（第30回会合）資料1 - 1 / 補足説明資料1

18

テーブル状堆積物等の形状



テーブル状堆積物の断面に孔隙が確認される。

11

出典：東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会（第30回会合）資料1 - 1 / 補足説明資料1

4. 調査実績

機器ドレンサンプポンプ付近およびPCV底部の状況(5月17日調査分①)



写真1.機器ドレンサンプポンプ付近の状況



写真2.PCV底部の堆積物の状況



写真3.PCV底部の堆積物の状況(空洞内部)

資料提供：国際廃炉研究開発機構 (IRID)

テーブル状堆積物の上方の配管 / 弁等は大きな熱による損傷は見られない。

テーブル状堆積物を形成し、中が空洞状。

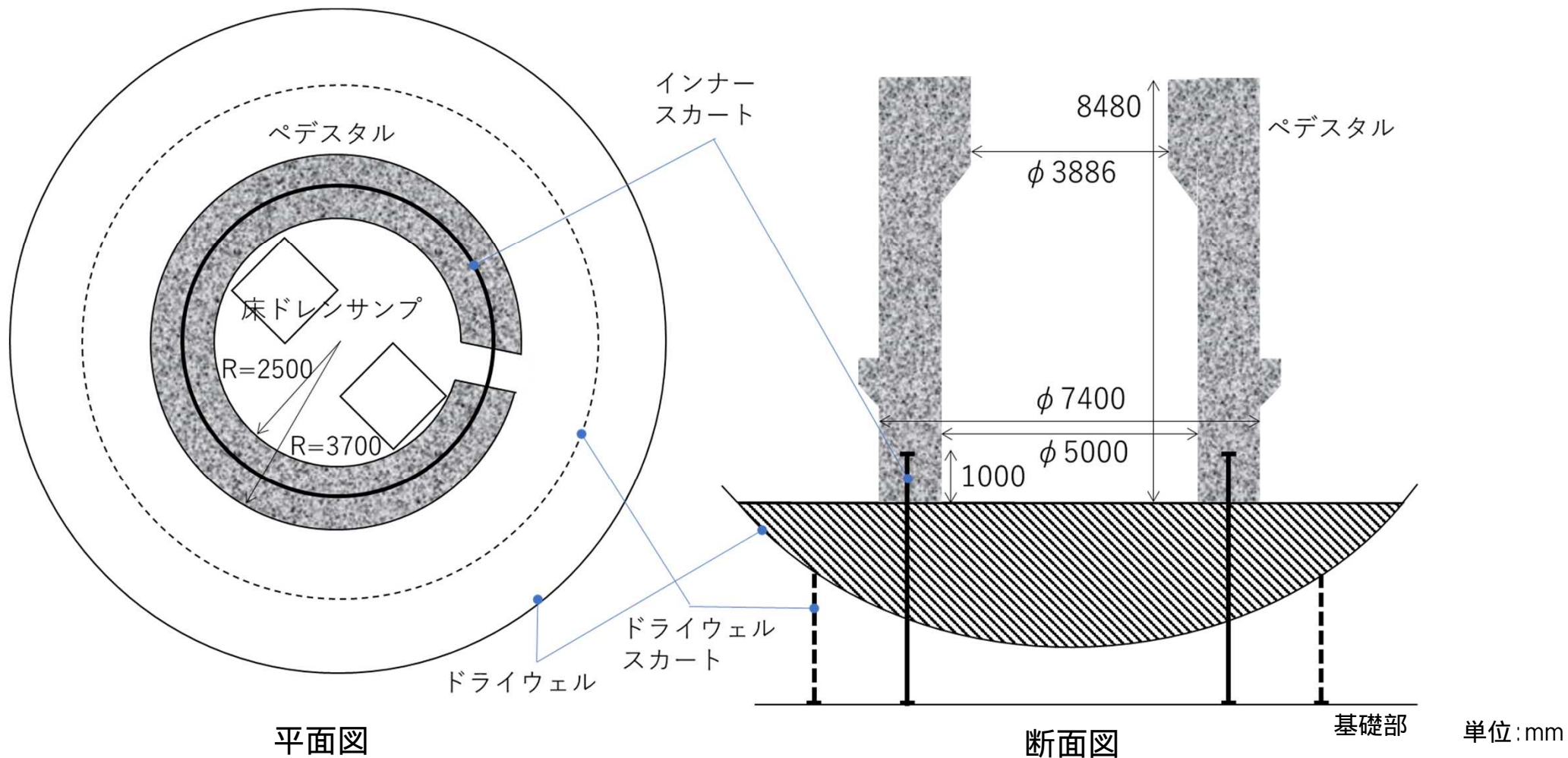
1号機原子炉建屋等のコンクリート建材等

1号機原子炉建屋等のコンクリート材料

品名	産地
粗骨材 (規格:60mm以下)	新田川産及び御山産(砕石)
粗骨材 (規格:25mm以下)	新田川産
細骨材 (規格:5mm以下)	新田川産及び阿武隈川産

東京電力からの提供情報を原子力規制庁において整理。

1号機ペDESTALの構造概略



東京電力からの提供情報を原子力規制庁において整理。