



高浜発電所3,4号炉 特別点検(原子炉格納容器)

2023年9月5日
関西電力株式会社

1. 要求事項	.....	2
2. 点検方法	.....	4
2-1 点検方法	.....	5
2-2 直接目視試験での点検方法	.....	7
2-3 遠隔目視試験での点検方法	.....	8
2-4 点検範囲	.....	9
2-5 判定方法	.....	12
3. 点検結果	.....	13
4. 考察	.....	15
4-1 保守管理に対する考察	.....	16
4-2 特別点検における点検不可範囲に対する考察	.....	17
4-3 特別点検で確認した軽微な劣化について	.....	18
5. まとめ	.....	19

1. 要求事項

1. 要求事項

「実用発電用原子炉の運転期間延長認可申請に係る運用ガイド」より

対象の 機器・構造物	対象の部位	着目する 劣化事象	点検方法／点検項目
原子炉格納容器	原子炉格納容器鋼板 (接近できる点検可能範囲の全て)	腐食	目視試験 (V T - 4) による塗膜状態の確認

2. 点検方法

2. 点検方法

2-1 点検方法

2-1-1 点検の概要

- 原子炉格納容器鋼板の炭素鋼は、腐食防止の観点から内外表面に防食塗装を施工している。塗装が健全であれば、金属表面が容易に大気に曝されることはないため、日常保全として塗装の目視点検を実施するとともに、必要に応じて塗装修繕を実施し、塗膜の健全性を維持している。
- 加圧水型原子炉（PWR）プラントの原子炉格納容器鋼板は水に接していないため、供用期間中検査に用いる「発電用原子力設備規格 維持規格（以下、「維持規格」という）では原子炉格納容器表面に対する定期的な検査要求はない。しかし、定期検査中の機器点検時や原子炉格納容器のバウンダリ機能の健全性を定期的に確認する原子炉格納容器漏えい率試験時に、原子炉格納容器鋼板の目視点検（以下、「従来の点検」という）を実施している。
- 今回の特別点検では、従来の点検における目視点検可能範囲に加え、従来の点検では目視点検が容易でなかった範囲についても、仮設足場や搭乗設備、点検装置を用いることで可能な限り点検対象に含め、接近できる点検可能範囲の全ての鋼板に対して、視認性を実証できる形で塗膜状態の目視試験（VT-4）を実施した。

【参考】維持規格（抜粋）

・IA-2524 VT-4 試験

- (1) VT-4 試験は、IEで規定する目視試験に適用するものであり、格納容器の構造上の劣化（腐食、減肉、塗膜の劣化、ボルト・ナットの破損等）を検出するために行う試験とする。
- (2) VT-4 試験は、塗膜上から試験を行ってもよい。また、構造上の劣化が検出できる条件で行えばよい。

・解説 IA-2524-1 VT-4 試験の試験条件

VT-4 試験は、「IEクラスMC容器（鋼製）」で規定する目視試験に適用するものであり、格納容器の構造上の劣化（腐食、減肉、塗膜の劣化、ボルト・ナットの破損等）を検出するために行う試験。したがってVT-4 試験は、構造上の劣化が検出可能な接近距離、照度で行えばよいとし、これらに関する具体的な規定はせず、塗膜上から試験を行ってよいとした。

2. 点検方法

2-1-2 従来の点検方法との違い

	原子炉格納容器漏えい率試験時の点検 (従来の点検)	特別点検 (今回の点検)
点検部位 (範囲)	原子炉格納容器鋼板 (円筒部内面上部の干渉物裏等を除く)	原子炉格納容器鋼板 (接近できる点検可能範囲の全て)
点検方法	目視点検 <ul style="list-style-type: none"> 原子炉格納容器内のフロアや機器架台、原子炉格納容器内外に設置された恒設足場を用いて直接点検が可能な範囲については直接目視 高所は双眼鏡を用いた点検 点検時の18%中性灰色カード（以下、「グレーカード」という）の確認なし 	目視試験（VT-4） <ul style="list-style-type: none"> 接近可能な範囲については直接目視 高浜4号炉の円筒部外面の一部範囲については点検装置のビデオカメラによる遠隔目視 点検時のグレーカードの確認あり

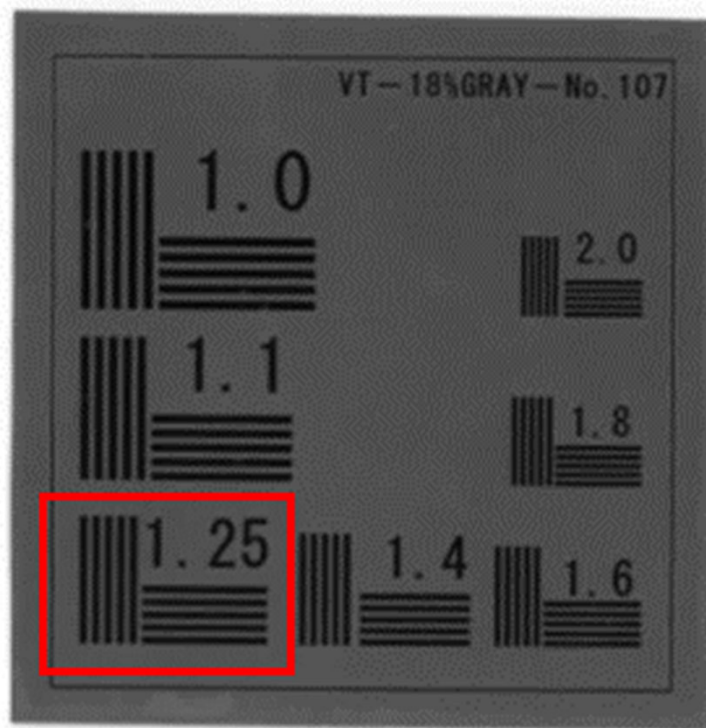
2-1-3 点検方法の妥当性

今回の特別点検では、目視試験に際してグレーカード上の幅0.8mmの黒線が識別できる条件で、直接目視試験または遠隔目視試験を行っていることから、塗膜の劣化等を十分識別可能である。

2. 点検方法

2-2 直接目視試験での点検方法

- 直接目視試験では、点検対象となる鋼板1枚ごとに、点検の際に最遠となる位置に置いたグレーカードを確認し、その距離よりも近い位置で点検を実施した。
- 脚立や仮設足場・搭乗設備を用いて接近可能な箇所についても、鋼板1枚ごとに最遠位置に置いたグレーカードを確認し、その距離よりも近い距離で点検を実施した。

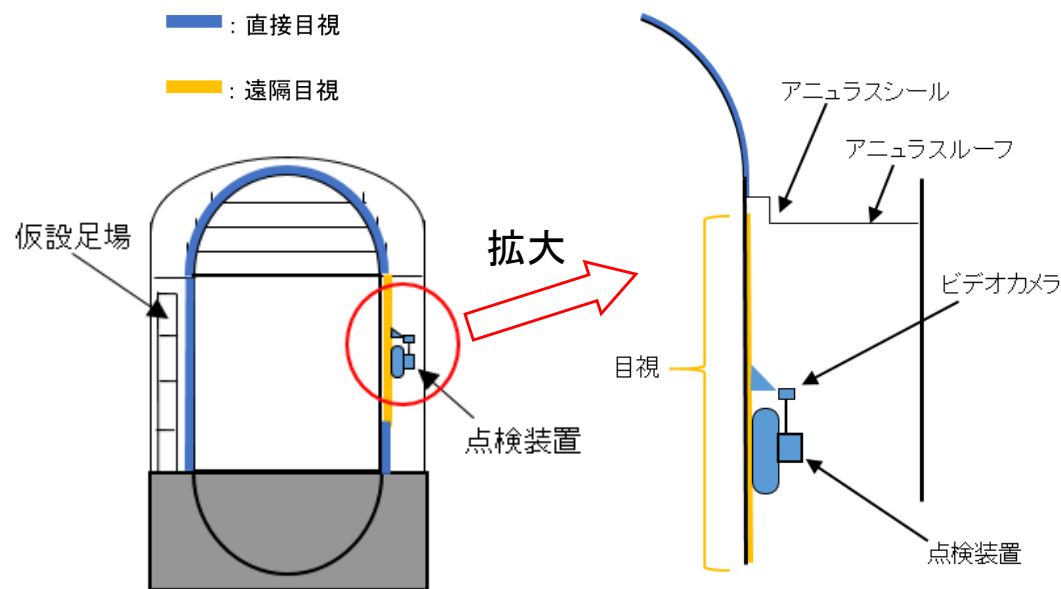


グレーカード

2. 点検方法

2-3 遠隔目視試験での点検方法

- 高浜4号炉の原子炉格納容器円筒部外面の一部範囲については、原子炉格納容器外面に吸着し移動できる点検装置（壁面走行ロボット）による遠隔目視試験を行った。
- 点検装置の前部に取り付けられたビデオカメラにより、ビデオカメラと原子炉格納容器鋼板との点検距離を一定に保ちながら点検範囲を下部から上部方向に走行して一列ごとに点検を実施した。
- 直接目視試験と同様に、点検開始時には、一列毎にグレーカードがモニター上で識別できることを確認した上で、点検を実施した。
- この点検装置を用いた点検では、点検範囲に漏れが生じないように、各列の点検時にビデオカメラ視野が重なるように点検を実施するとともに、点検範囲内に配管等の干渉物が存在する場合は、ビデオカメラの位置と角度を調整して可能な限り点検不可範囲を小さくするよう点検を実施した。なお、ビデオカメラの位置や角度を調整する等、ビデオカメラと点検対象部位の距離が変化する場合、その都度グレーカードの確認を行い点検を実施した。

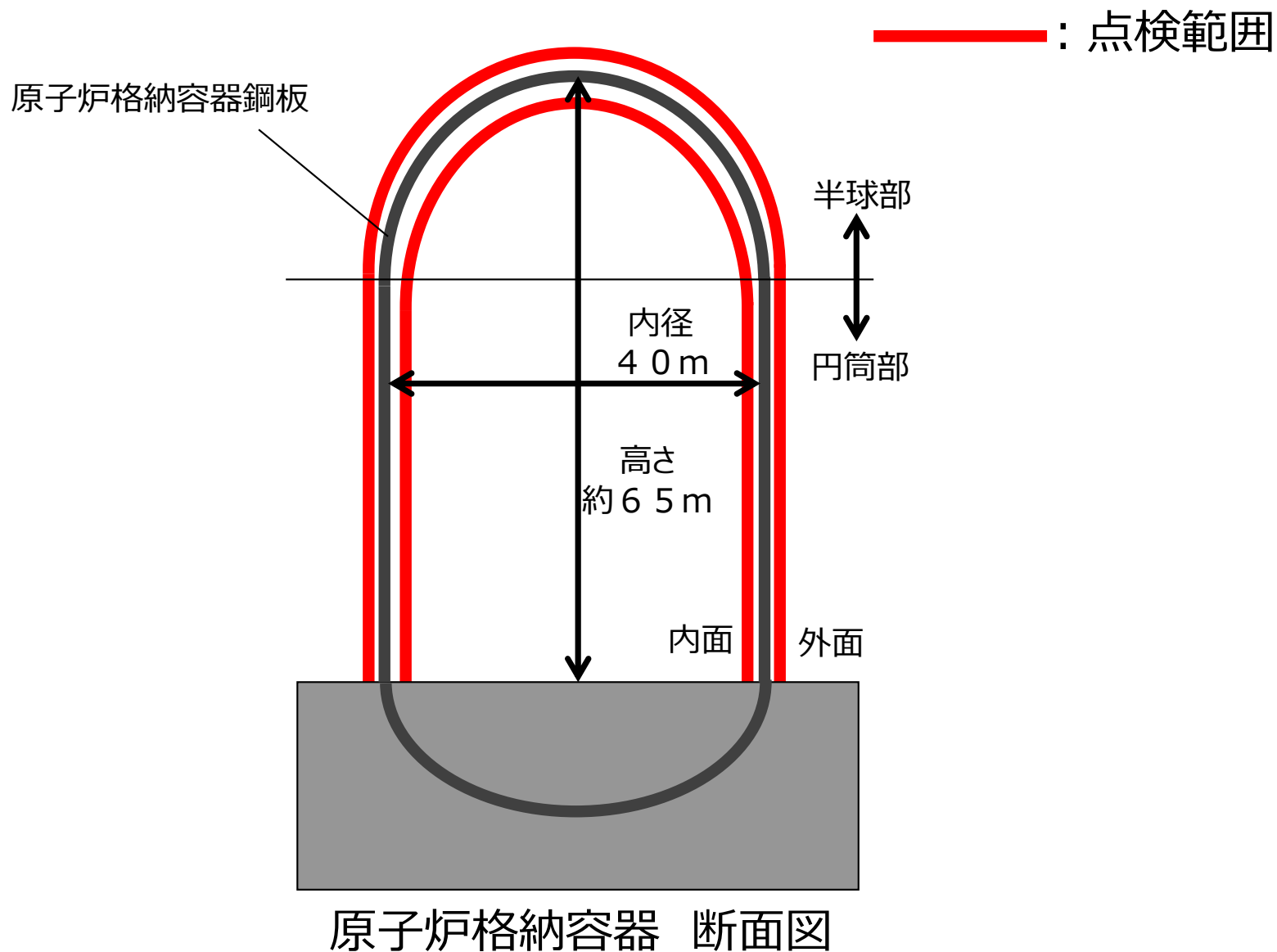


遠隔目視試験(高浜4号炉 円筒部外面)

2. 点検方法

2-4 点検範囲

2-4-1 原子炉格納容器 断面図

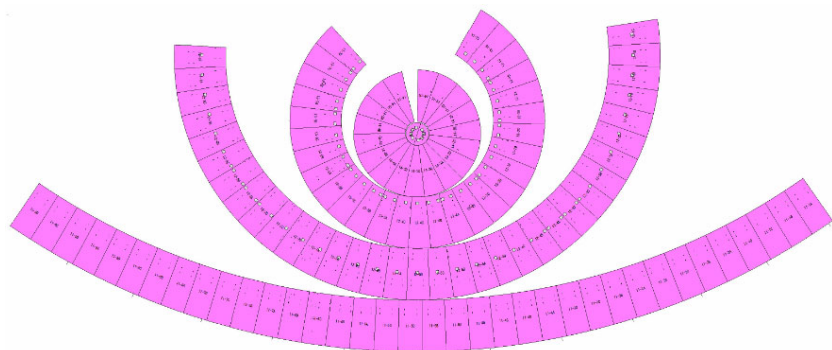


2. 点検方法

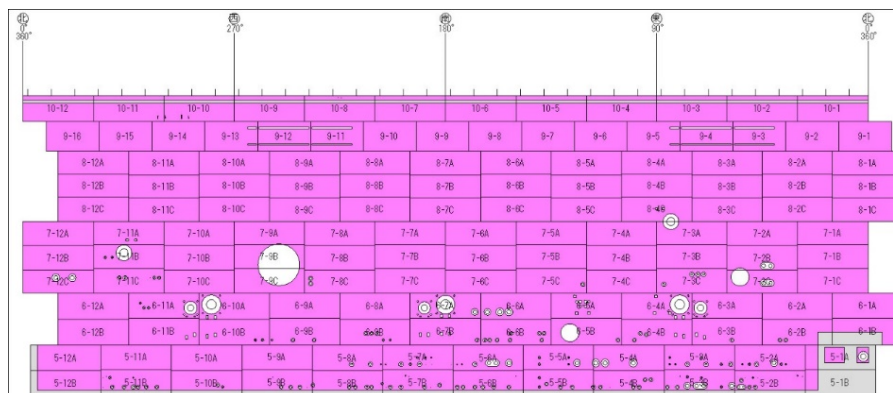
2-4-2 原子炉格納容器 展開図

- 半球部内外面及び円筒部内外面の原子炉格納容器鋼板（接近できる点検可能範囲の全て）を点検範囲とする。
- なお、原子炉格納容器貫通部については特別点検の対象範囲外としているが、鋼板と同様の目視試験を実施した。
- 埋設部、ダクトや電線管等の移動に切断を要する干渉物が近接する鋼板等を点検不可範囲としている。

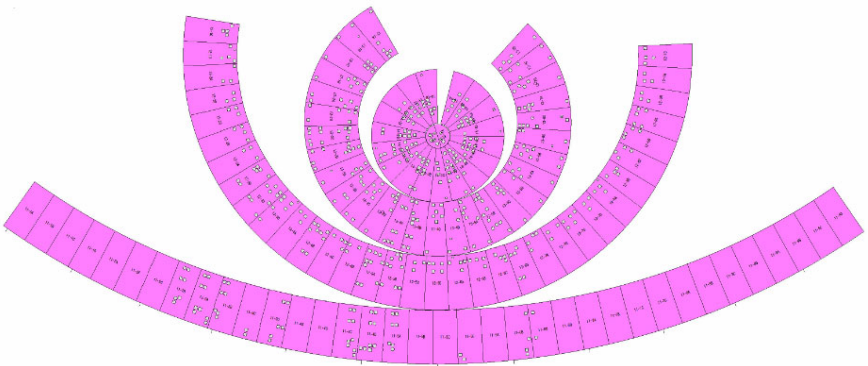
【3号炉】



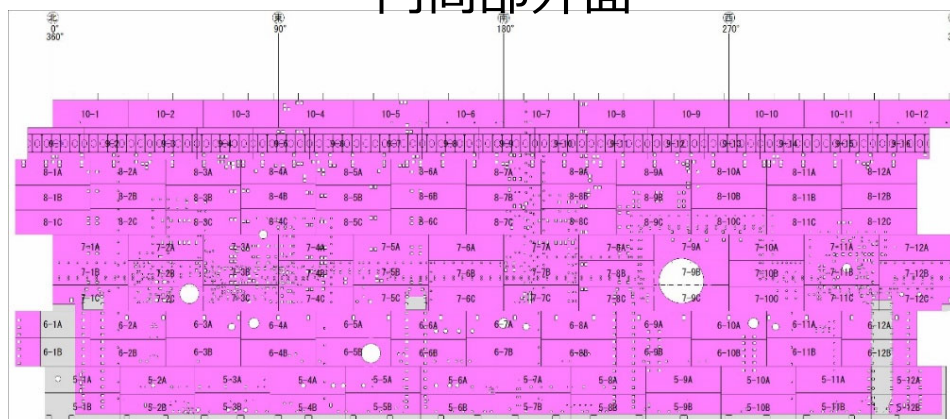
半球部外面



円筒部外面



半球部内面

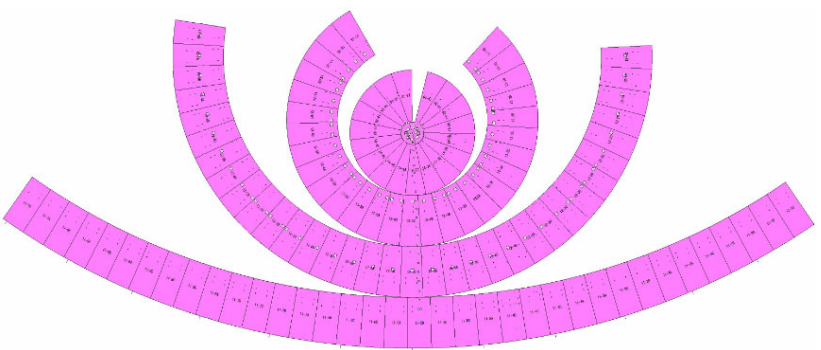


円筒部内面

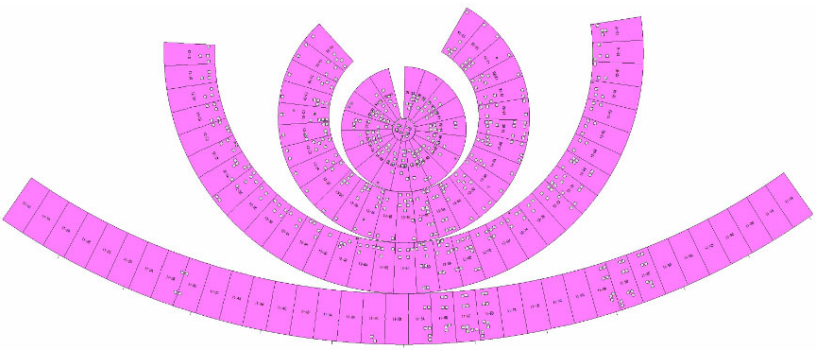
- : 直接目視試験
- : 主な点検不可範囲
- : 貫通部（対象外）

2. 点検方法

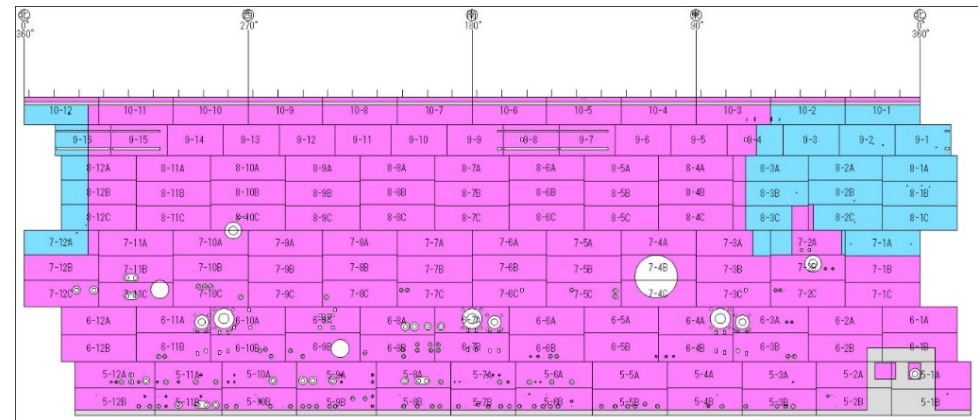
【4号炉】



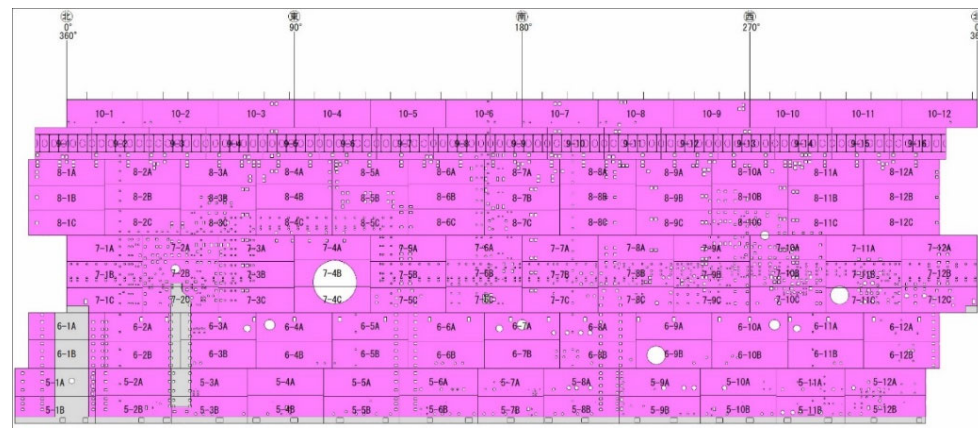
半球部外面



半球部内面



円筒部外面



円筒部内面

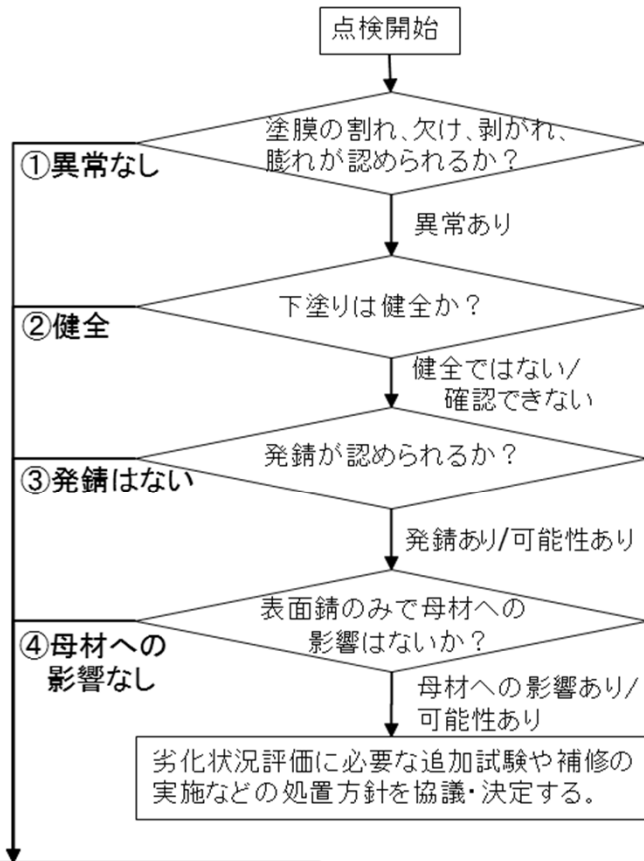
- : 直接目視試験
- : 遠隔目視試験
- : 主な点検不可範囲
- : 貫通部 (対象外)

2. 点検方法

2-5 判定方法

- 塗膜に割れ、欠け、剥がれ及び膨れの有無、下塗りの健全性、母材の発錆の有無等を確認することで、構造健全性または気密性に影響を与える恐れのある塗膜の劣化や腐食がないかを判断した。

特別点検における点検フロー



【点検フローの考え方】

- ① 塗膜の劣化がないと判断。
- ② 下塗りが健全で金属表面が大気に曝されないことから、原子炉格納容器の構造健全性または気密性に影響を与える恐れのある塗膜の劣化はないと判断。
- ③ 発錆が認められなければ、原子炉格納容器の構造健全性または気密性に影響を与える恐れのある腐食ではないと判断。
- ④ 表面錆が確認されたとしても、侵食されて母材板厚が変わるほどの影響がなければ、構造健全性または気密性に影響を与える恐れのある腐食ではないと判断。

結果: 問題なし。
原子炉格納容器の構造健全性または気密性に
影響を与える恐れのある塗膜の劣化や腐食なし

3. 点検結果

3. 点検結果

対象の 機器・構造物	対象の部位	特別点検実施期間 () 内はデータ採取日	点検結果
原子炉格納容器	原子炉格納容器鋼板 (接近できる点検可能 範囲の全て)	3号炉:2022.9.26~2022.9.30 (2020.2.10~2020.9.30) 4号炉:2022.10.3~2022.10.7 (2020.10.12~2021.2.3)	原子炉格納容器の構造健全性または 気密性に影響を与える恐れのある塗膜 の劣化や腐食なし

➤ なお、今回の特別点検において「原子炉格納容器の構造健全性または気密性に影響を与える恐れのある塗膜の劣化や鋼板の腐食」に至らない塗膜の軽微な劣化（点検フローの②、③）が一部認められたため、併せて塗装修繕を実施した。



点検フロー②と判断した塗膜の劣化の例
(3号炉 円筒部外面の写真)



点検フロー③と判断した塗膜の劣化の例
(4号炉 円筒部外面の写真)

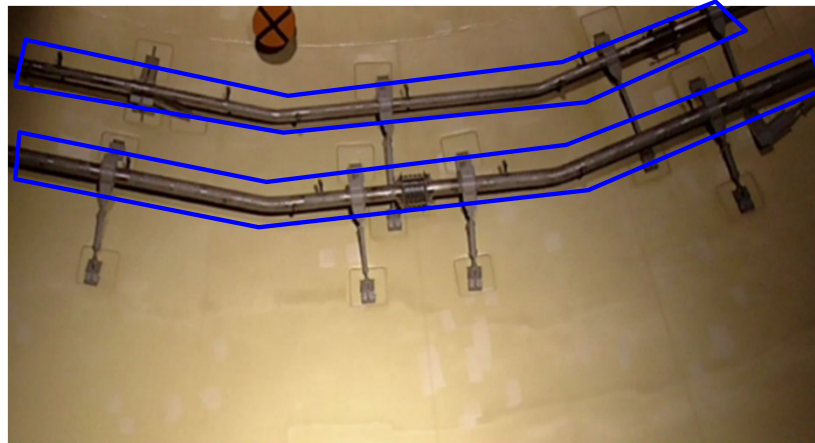
4. 考察

4. 考察

4-1 保守管理に対する考察

4-1-1 従来の点検にて目視点検が容易ではない範囲

- 特別点検の範囲のうち、従来の点検における目視点検が容易でない範囲についても、今回の特別点検で塗膜の健全性が確認されたことに加え、劣化が少ない屋内環境であること、また、これまでも必要に応じて塗装修繕を実施してきたことから、今後も現状保全を継続することで、当該部の原子炉格納容器鋼板の健全性を維持できると考える。



従来の点検にて目視点検が容易ではない範囲の例（内面高所の干渉物裏）
（高浜4号炉の写真）

4. 考察

4-2 特別点検における点検不可範囲に対する考察

(1) 点検不可範囲の考え方について

要領書で定めたデータ採取方法※を適用できない範囲を特別点検における点検不可範囲としている。

※：要領書で定めたデータ採取方法

- ・グレーカードの幅0.8mmの黒線が識別できることを確認する。なお、確認は鋼板1枚ごとに1回を基本とする。
- ・視覚の改善を目的とした鏡または拡大鏡を用いても良い。
- ・目の位置に対する角度は30°以上150°以下を原則とする。

(2) 点検不可範囲の健全性について

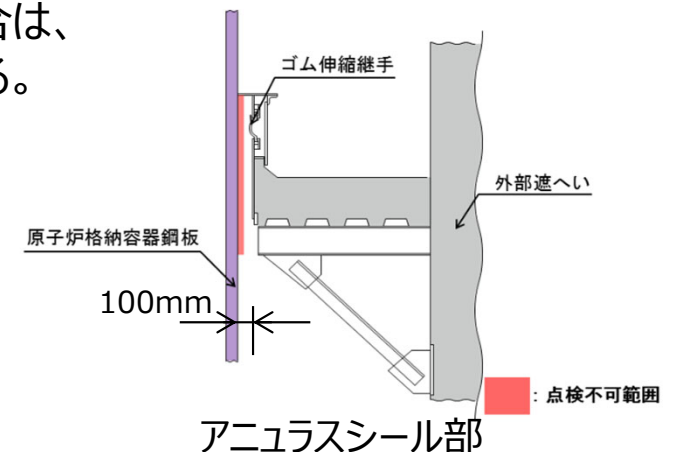
- 点検不可範囲については、干渉物裏の極めて限定された範囲のみであり、周辺の鋼板は現状保全でも点検可能な範囲である。
- 点検不可範囲については、当該部の間には空間が確保されていることから、データ採取を行った範囲と同様の環境であると考えられる。
- 点検不可範囲の周辺の鋼板を塗裝修繕する際には、干渉物裏についても塗裝修繕が必要な場合は、可能な限り塗装を実施している。
- 従来の点検においても、要領書で定めたデータ採取方法を適用していないものの、可能な限り点検を実施しており、塗膜の劣化等が検出された場合は、必要に応じて塗裝修繕を実施することで、塗膜の健全性を維持している。

(3) 点検不可範囲の割合について

点検不可範囲の割合は、コンクリート埋設部、鋼板に直接設置されているもの（当て板等）を除くと、3%程度である。



換気空調用ダクト裏
(高浜4号炉の写真)

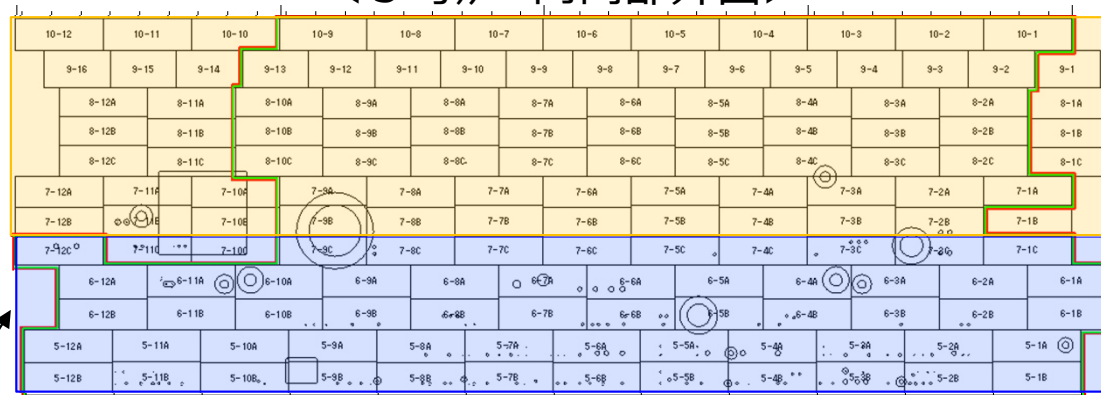


4. 考察

4-3 特別点検で確認した軽微な劣化について

- 特別点検で軽微な塗膜の劣化（点検フロー②、③）が確認された主な範囲は、フロア・恒設足場が設置されているエリアや高所エリアであった。
- これらのエリアについては、従来の点検でも可能な限り目視点検を実施しており、これまでも必要に応じて塗装を実施しているため、今後も現状保全を継続することで原子炉格納容器鋼板の健全性を維持できると考える。

<3号炉 円筒部外面>

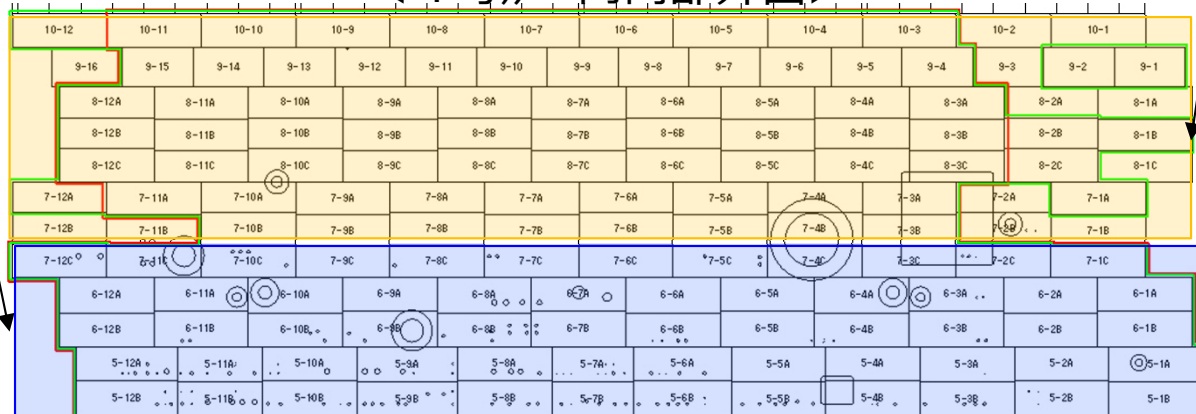


: 点検フロー②
 : 点検フロー③

<高所エリア>
 ⇒ダクト等の点検用仮設足場設置時に鋼板に接触するなどして生じた塗膜の剥がれ等と推測

<フロア・恒設足場が設置されているエリア>
 ⇒作業中や資機材移動中に鋼板に接触するなどして生じた塗膜の剥がれ等と推測

<4号炉 円筒部外面>



5. まとめ

5. まとめ

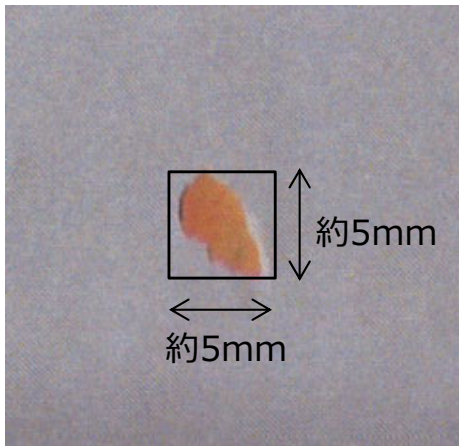
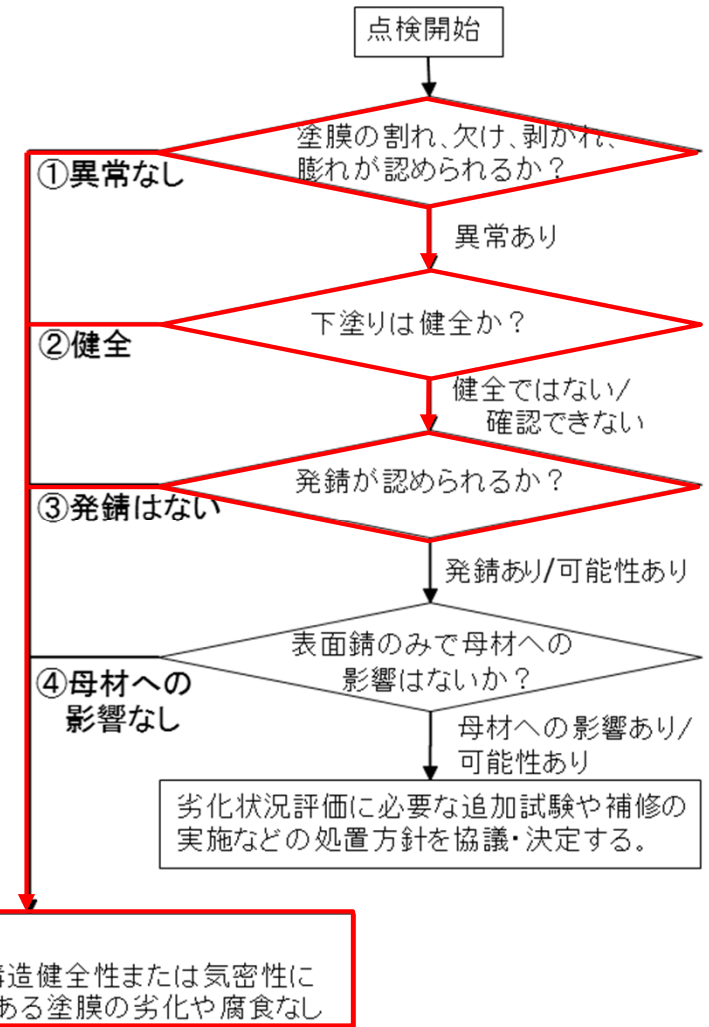
- 原子炉格納容器の特別点検においては、従来の点検では目視点検が容易でなかった範囲についても点検対象に含め、接近できる点検可能範囲の全ての鋼板に対して、視認性を実証できる形で塗膜の状態を目視試験した。
- 一部の鋼板において軽微な塗膜の劣化が確認されたが、全ての点検範囲について原子炉格納容器の構造健全性または気密性に影響を与える恐れのある塗膜の劣化や腐食は認められなかった。
- 特別点検における点検不可範囲、及び目視点検が容易でない範囲はそれぞれ存在するものの、同じ環境条件である周辺の塗膜の健全性を維持していること、劣化が少ない屋内環境であることから、今後も現状保全を継続することで原子炉格納容器鋼板の健全性を維持することができると思う。
- 劣化状況評価にあたっては、特別点検の結果を踏まえ、評価を実施した。

参考

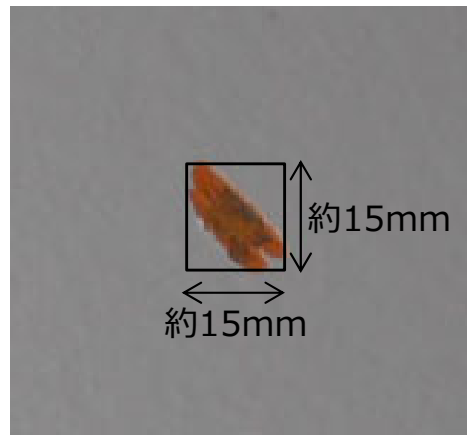
(参考) 確認された「軽微な塗膜の劣化」(例)について

- 特別点検では一部の鋼板で塗膜の割れ等が確認されたが、それらは従来の点検の中で確認され、必要に応じて塗装修繕を実施した程度のものであった。
- 今回の特別点検で確認された塗膜の劣化程度は右記の点検フローの②、③程度であった。
- 今回の特別点検において確認された軽微な塗膜の劣化箇所については、併せて塗装修繕を実施した。

特別点検における点検フロー



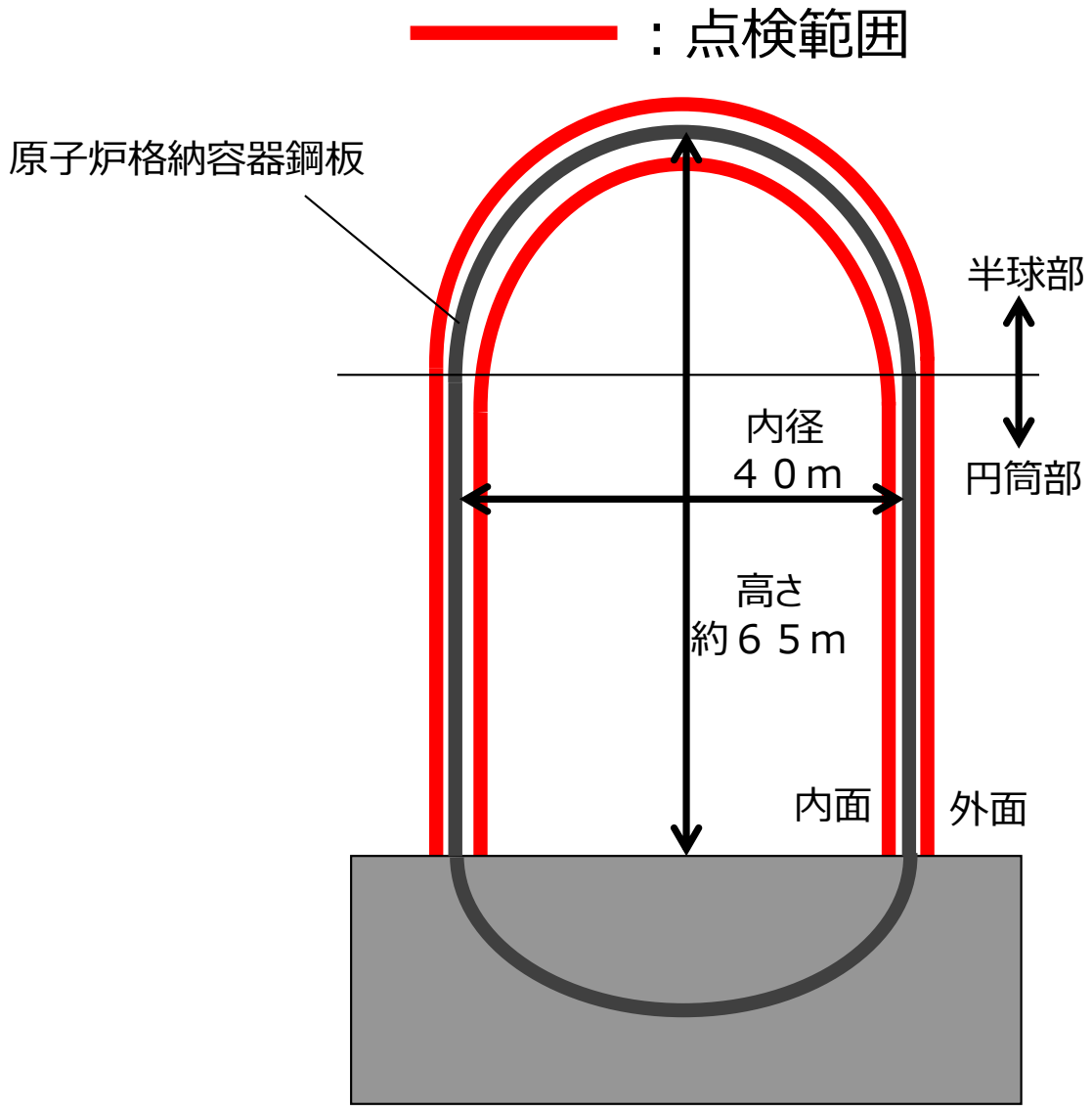
点検フロー②と判断した塗膜の劣化の例
(3号炉 円筒部外面の写真)



点検フロー③と判断した塗膜の劣化の例
(4号炉 円筒部外面の写真)

※写真の寸法は概算値

(参考)原子炉格納容器鋼板の塗膜の状態について



原子炉格納容器 断面図

