

高浜発電所1, 2号炉 特別点検
(原子炉格納容器)
(案)

平成27年7月15日
関西電力株式会社

| | | |
|------------------|-------|----|
| 1. 要求事項 | | 2 |
| 2. 点検方法・箇所 | | |
| 2-1 点検方法 | | 3 |
| 2-2 直接目視試験での確認方法 | | 5 |
| 2-3 遠隔目視試験での確認方法 | | 6 |
| 2-4 点検範囲 | | 8 |
| 2-5 判定方法 | | 11 |
| 3. 点検結果 | | 12 |
| 4. 保全管理に対する考察 | | 13 |
| 5. まとめ | | 15 |

1. 要求事項

対象の機器・構造物、対象の部位、着目する劣化事象及び点検方法

(「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(VT-4)による塗膜状態の確認 |

2. 点検方法・箇所

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。塗装は、上塗り、中塗り、下塗りの3層からなり、金属表面が容易に大気に曝されることはなく、必要に応じて、日常保全として塗裝修繕を実施し、塗膜の健全性を維持。
- PWRの原子炉格納容器鋼板は水に接していないため、維持規格では定期的な検査要求はない。しかし、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、原子炉格納容器の目視点検を実施。
- 今回の特別点検では、これまでの漏えい率試験時の目視点検では確認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点検(VT-4)を実施。

2. 点検方法・箇所

2-1 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 (円筒部外面上部等を除く) | 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 ・高所は双眼鏡を用いた点検 ・点検時の照度、グレーカードの確認等なし | 目視点検(VT-4) ・高所は高倍率のカメラ等を使用 ・点検時の照度、グレーカードの確認・検証あり |

今回の特別点検の目視点検では、照度・距離を確保し、グレーカード(18%中性灰色カード)上の幅0.8mmの黒線が識別できる条件の検証を行った直接目視・遠隔目視手法を用いるとともに、従来は確認が容易でなかった範囲についても塗膜の状況を確認した。

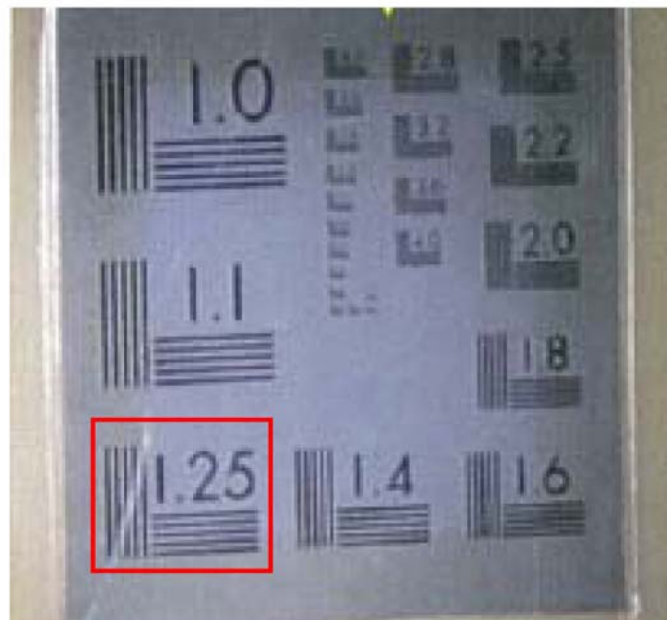
2-1-3 点検方法の妥当性

今回の特別点検では、目視点検(VT-4)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、接近可能な範囲は直接目視、容易に接近できない範囲はカメラによる遠隔目視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・箇所

2-2 直接目視試験での確認方法

- 対象となる鋼板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位置で点検を実施。
- 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。
- 直接目視を原則とするが、容易に接近できず、直接グレーカードを確認できない箇所は遠隔目視を実施。



18%中性灰色カード（グレーカード）の幅0.8mmの黒線部（ $1.25 = 1/0.8$ ）識別を確認しながら点検を実施

2. 点検方法・箇所

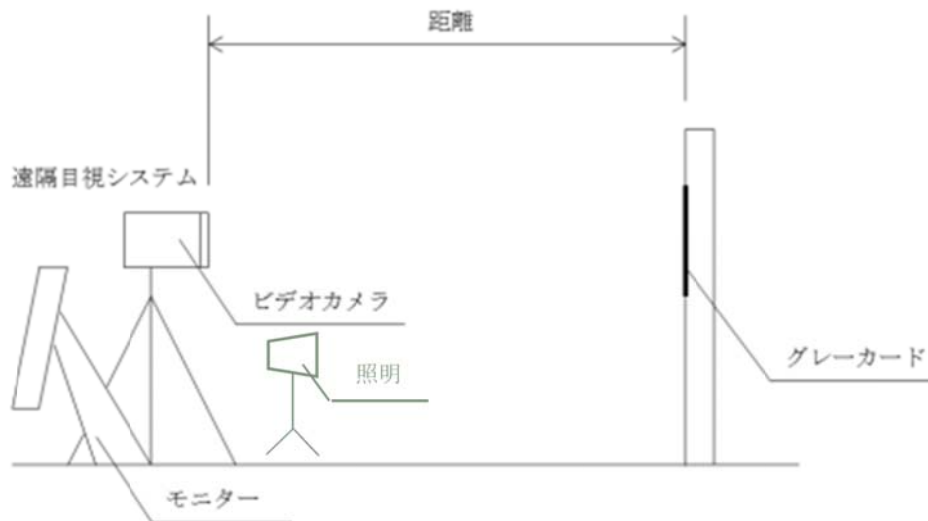
2-3 遠隔目視試験での確認方法

○ビデオカメラでグレーカードが識別できる点検条件(距離、倍率、照度、角度)を検証し、検証結果に基づく点検条件で遠隔目視試験を実施。

○グレーカードの確認検証

(1) 距離とビデオカメラの倍率の関係

- 一定の照度下において、1m間隔で距離を変動させ、グレーカードが識別可能なビデオカメラの倍率を決定。



検証方法のイメージ図

内は商業機密に属しますので公開できません

(検証結果)

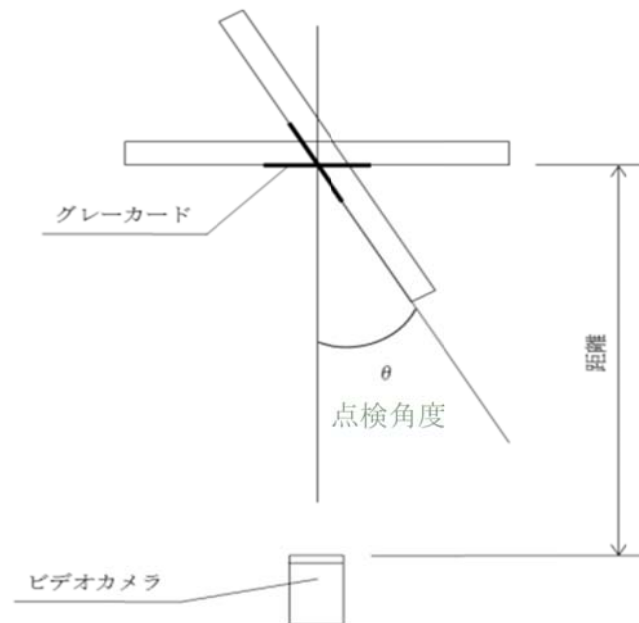
| 検証した 距離 | | | | |
|------------|--|-----------------|--|-----------------|
| | 確認 結果 | ビデオカメラ 倍率(倍) | 確認 結果 | ビデオカメラ 倍率(倍) |
| 2m | | | | |
| 3m | | | | |
| 4m | | | | |
| | | | | |
| 25m | | | | |
| 26m | | | | |

2. 点検方法・箇所

2-3 遠隔目視試験での確認方法

(2) 対象物に対する角度による影響

- 角度による影響も考慮し、距離に応じてグレーカードを識別可能な限界の角度の検証を行った。



検証方法のイメージ図

(検証結果)

| 距離 | 10m | 15m | 20m |
|--------|------|-----|-----|
| 角度(θ) | | | |
| 40° | | | |
| 35° | | | |
| 30° | | | |
| 25° | | | |
| 20° | 撮影条件 | | |
| ビデオカメラ | | | |
| 倍率 | | | |
| 照度 | | | |

(3) その他

(1)、(2)の条件で実施が困難と考えられる箇所(リングガード内部、リングダクト裏)については、実機を用いてグレーカードが確認できる条件を検証

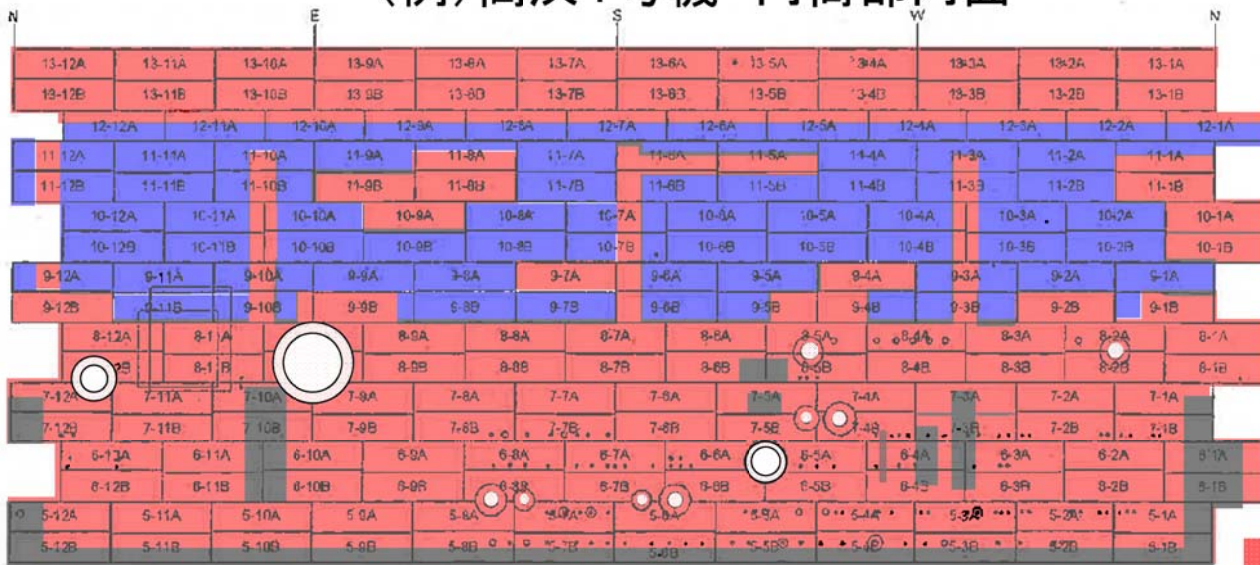
2. 点検方法・箇所

2-4 点検範囲

○ 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。

点検方法の内訳(直接/遠隔)を含めた点検範囲図を示す。

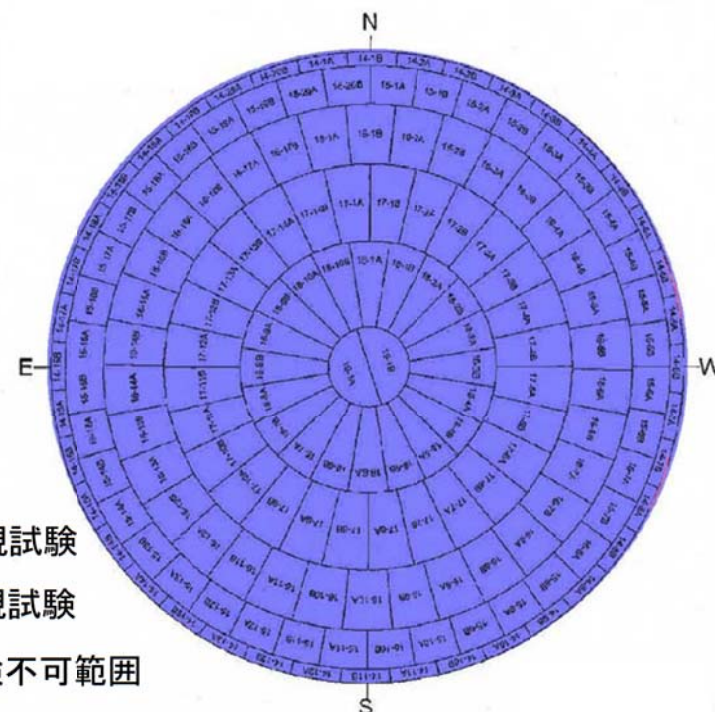
(例)高浜1号機 円筒部内面



【点検不可範囲】

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。

(例)高浜1号機 半球部内面



- 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)

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、鋼板と同様の目視点検を実施した。

2. 点検方法・箇所

2-4 点検範囲

○従来の点検にて確認が容易でない範囲のうち、特別点検で確認した範囲

- ・従来の点検では、円筒部外面（アニュラス内）の上部や格納容器内面高所の干渉物裏（ダクト・配管等の裏）について、フロア上・架台上から双眼鏡等を使用した目視点検を実施しているが、**フロア・架台のある範囲**が限定されるため、照度・角度の観点から確認が容易でない。
- ・特別点検では仮設足場や**搭乗設備**を利用して可能な限り点検不可範囲を低減させる手法を選択して点検を実施した。



内面高所のうち従来の点検で確認が容易でない範囲

2. 点検方法・箇所

2-4 点検範囲

○ 特別点検における代表的な点検不可範囲

- ・特別点検の実施にあたり、移動可能な仮置物は撤去した状態で、点検可能な全ての範囲について点検を実施した。
- ・原子炉格納容器鋼板前面に設置された干渉物(支持部材、ケーブルトレイ、換気空調用ダクト)など、切断等の手法に拠らなければ移動できない干渉物については撤去を行わず、VT-4手法で点検可能な範囲での点検を実施した。
- ・特別点検における点検不可範囲としては以下のものがあったが、特別点検において点検不可とした範囲においても、接近可能な範囲は日常保全として可視可能範囲での点検・保守を実施している。
 - (1) 接近可能だがVT-4の要求条件が確保できない範囲
 - (2) 高所等で接近が困難でありVT-4の要求条件が確保できない範囲



干渉物裏(ダクト等)



干渉物裏(支持部材)

2. 点検方法・箇所

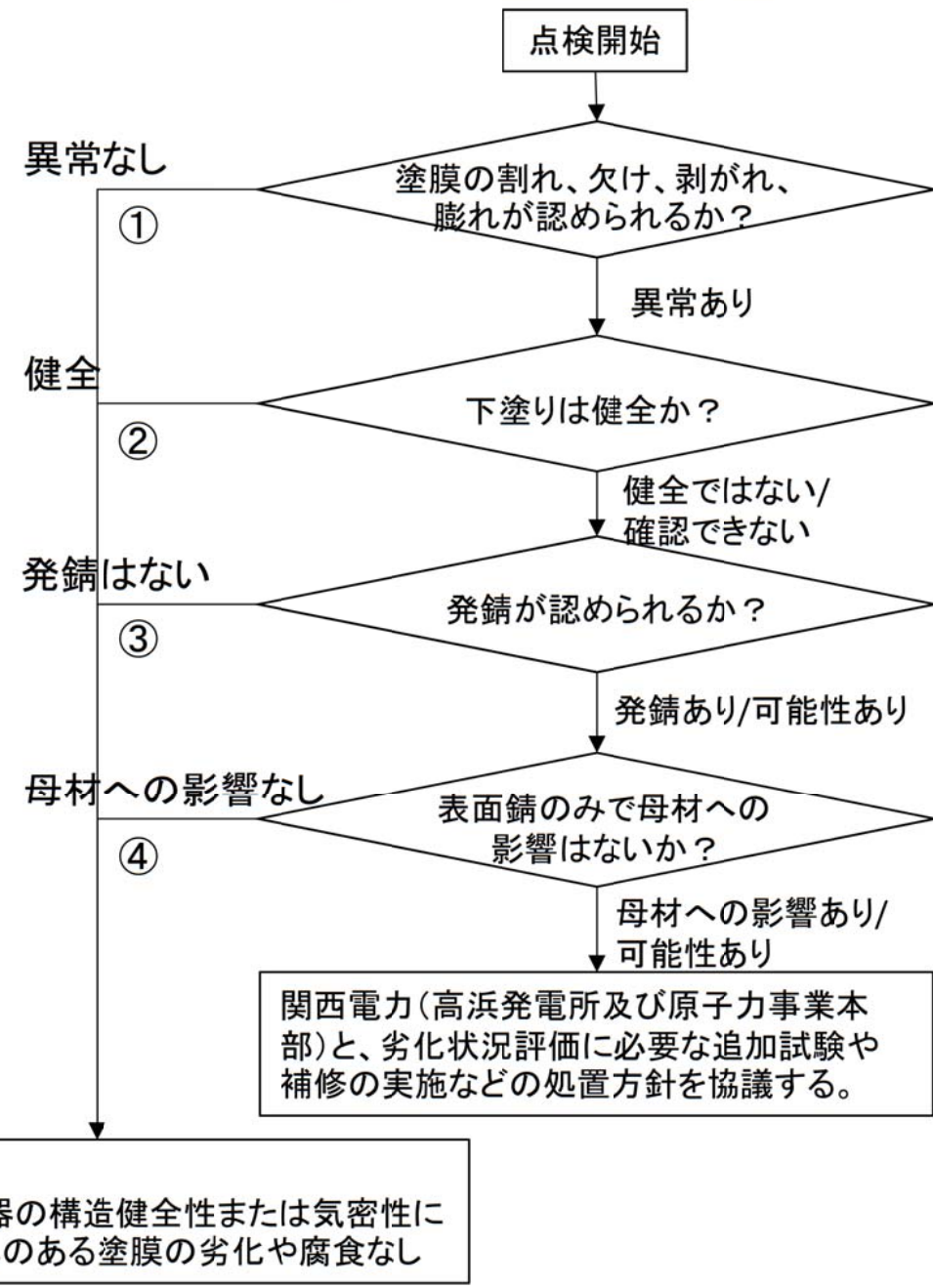
2-5 判定方法

○塗膜に割れ、欠け、剥がれ、膨れの有無、下塗りの健全性、母材に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ないかを判断。

➤ 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さらされないことから、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。

CV特別点検における点検フロー



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

- 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塗膜の劣化や腐食は認められなかった。

点検年月日：高浜1号機 2014.12.1 ～ 2015.3.16
 高浜2号機 2014.12.1 ～ 2015.3.17

| | 高浜発電所1号機 | | 高浜発電所2号機 | |
|-------|----------|------|----------|------|
| | 直接目視 | 遠隔目視 | 直接目視 | 遠隔目視 |
| 半球部外面 | ○ | — | ○ | — |
| 半球部内面 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 円筒部外面 | ○ | — | ○ | — |
| 円筒部内面 | ○ | ○ | ○ | ○ |

○：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
 —：対象なし

4. 保全管理に対する考察

○特別点検の範囲のうち、従来の点検における点検不可範囲についても、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、今後も現状の保全管理を継続することで、当該部の原子炉格納容器鋼板の健全性を維持することができると思う。



内面高所のうち従来の点検で確認が容易でない範囲

今回の特別点検で点検した範囲については塗膜劣化も少なく、確認された塗膜劣化についても都度塗装修繕を行い塗膜の健全性を確保した。従来の点検における点検不可範囲についても環境条件が同様な周囲の鋼板は点検可能であり、塗装修繕の要否は点検可能範囲から判断できることから、現状保全を継続することで今後の運転延長期間における原子炉格納容器鋼板の健全性が保たれる。

4. 保全管理に対する考察

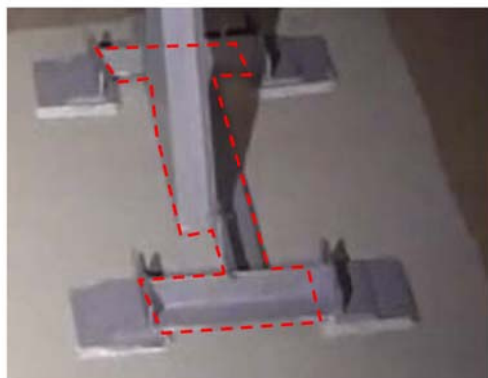
○特別点検における点検不可範囲については、以下の通り現状**保全**で塗膜の健全性を維持していること、劣化が少ない屋内環境であることから、今後も現状**保全**を継続することで原子炉格納容器鋼板の健全性を維持できると考える。

(1) 接近可能だがVT-4の要求条件が確保できない範囲



従来の点検でVT-4精度ではないものの点検が実施できており、塗膜の**健全性が維持されている**ことを確認していることから、現状保全を継続することで今後の運転延長期間における**原子炉格納容器鋼板の健全性が保たれる**。

(2) 高所等で接近が困難でありVT-4の要求条件が確保できない範囲



干渉物裏の極めて限定された範囲のみが点検不可範囲であり、周辺の鋼板は現状保全でも点検可能な範囲である。環境条件は周囲の鋼板と同じであり、周辺を塗裝修繕する際は干渉物裏についても合わせて塗装実施していることから、現状保全を継続することで今後の運転延長期間における**原子炉格納容器鋼板の健全性が保たれる**。

5. まとめ

- 原子炉格納容器の特別点検においては、従来の点検方法では確認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点検した。
- 一部の鋼板において塗膜の割れ等が確認されたが、下塗りは健全であることから、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塗膜の劣化は認められなかった。
- 特別点検における点検不可範囲、従来の点検方法における点検不可範囲はそれぞれ存在するものの、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、今後も現状の保全管理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。

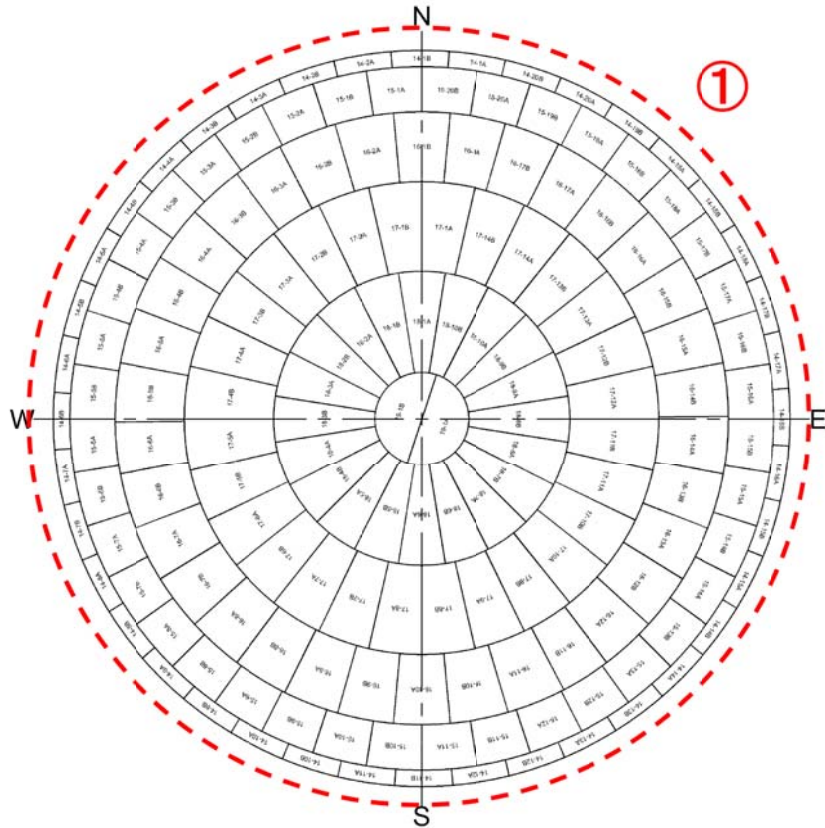
參考資料

参考:「塗膜の割れ等」が確認された鋼板について

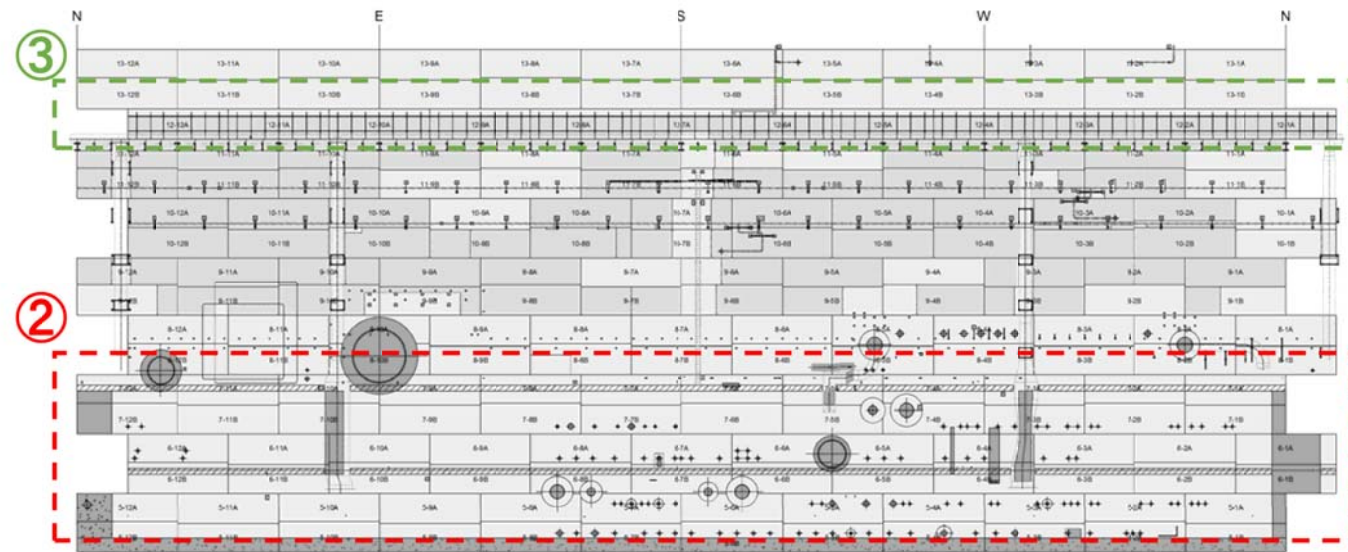
参考1

○ 特別点検で塗膜の割れ等が確認された範囲は、「屋外」及び「屋内のうち、フロア・恒設足場が設置されている範囲」が大半であった。(下図①、②)

なお、円筒部内面のリングガーダ付近においては、上下の鋼板と比較して、塗膜の割れ等が比較的多い箇所が見られた。(下図③)

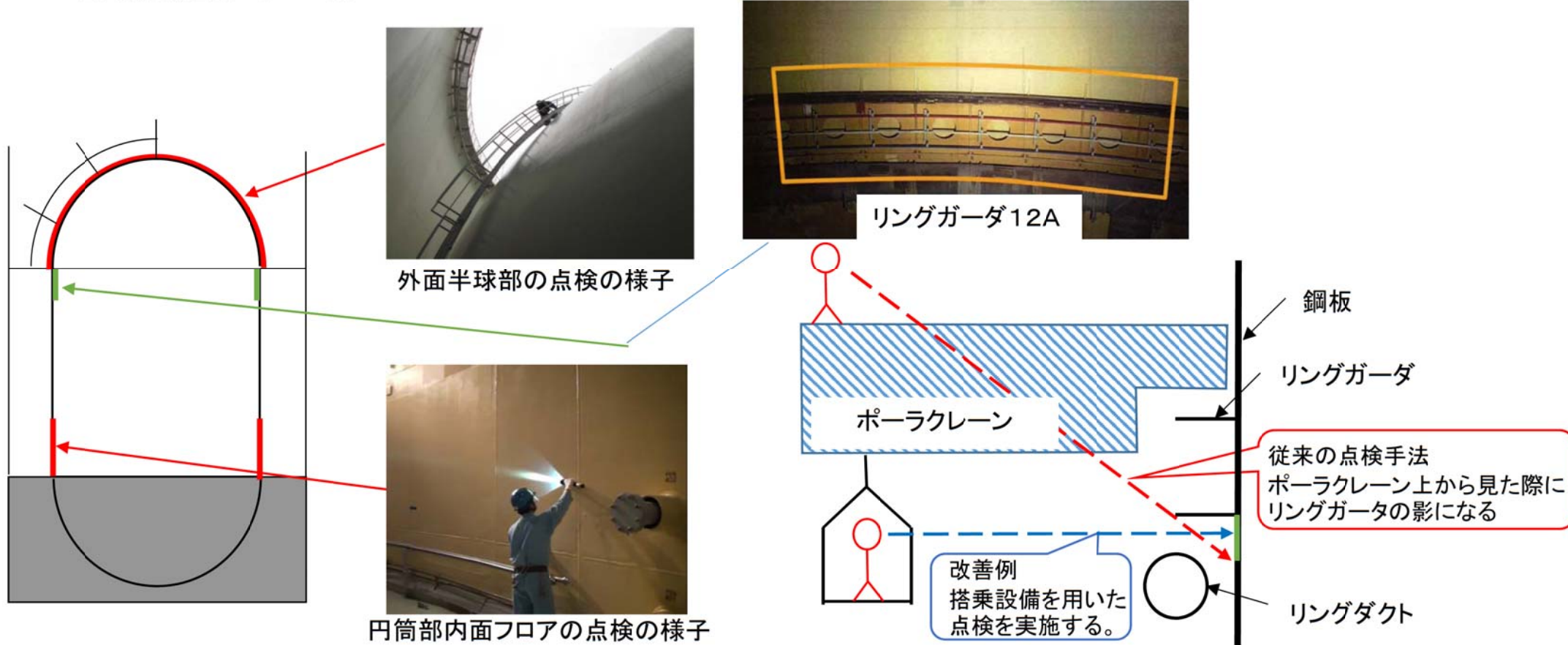


(例) 高浜1号機 半球部外面



(例) 高浜1号機 円筒部内面

- 特別点検で塗膜の割れ等が比較的多く確認された範囲は、従来の点検手法で点検可能な範囲であるため、今後も現状の保安全管理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。
- なお、従来の点検手法ではリングガーダ下部に点検が行いづらい箇所があったため、今後は点検の際に搭乗設備を用いる等、特別点検の結果を踏まえた点検手法の改善も実施していく。



参考：確認された「塗膜の割れ等」について

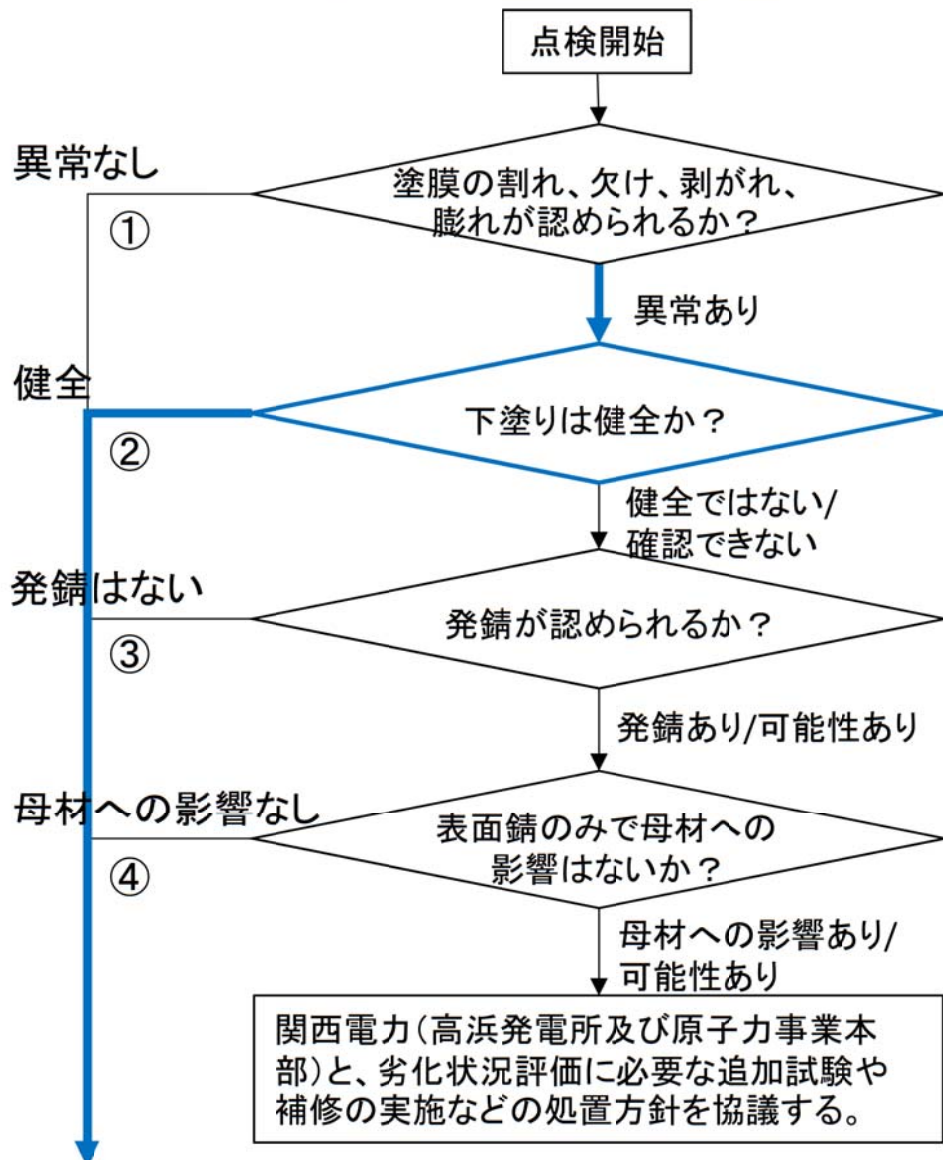
○ 特別点検では一部の鋼板で塗膜の割れ等が確認されたが、劣化程度は右記点検フローの②程度(下塗りの健全性が確認可能)であった



(例) 中塗り又は下塗りが見えている塗膜状況

〔 高浜1, 2号機の特別点検時の記録ではない
写真左: 中塗り色(クリーム系)が見えている
写真右: 下塗り色(赤系)が見えている 〕

CV特別点検における点検フロー



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