

# 美浜発電所3号炉 特別点検 (原子炉格納容器)

平成28年3月10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	.....	9
2-5 判定方法	.....	10
3. 点検結果	.....	11
4. 考察	.....	12
5. まとめ	.....	16

# 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、日常的な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、仮設足場や搭乗設備、点検用治具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 ・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ことを確認する直接目視手法及びグレーカードの幅0.8mmの黒線が識別できる条件の検証を行った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。

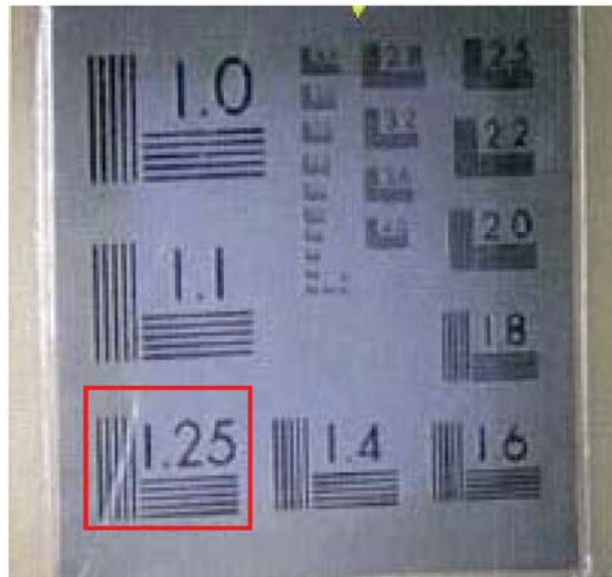
#### 2-1-3 点検方法の妥当性

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

- 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お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

#### 2-3-1 遠隔目視試験での確認方法(原子炉格納容器内面)

○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

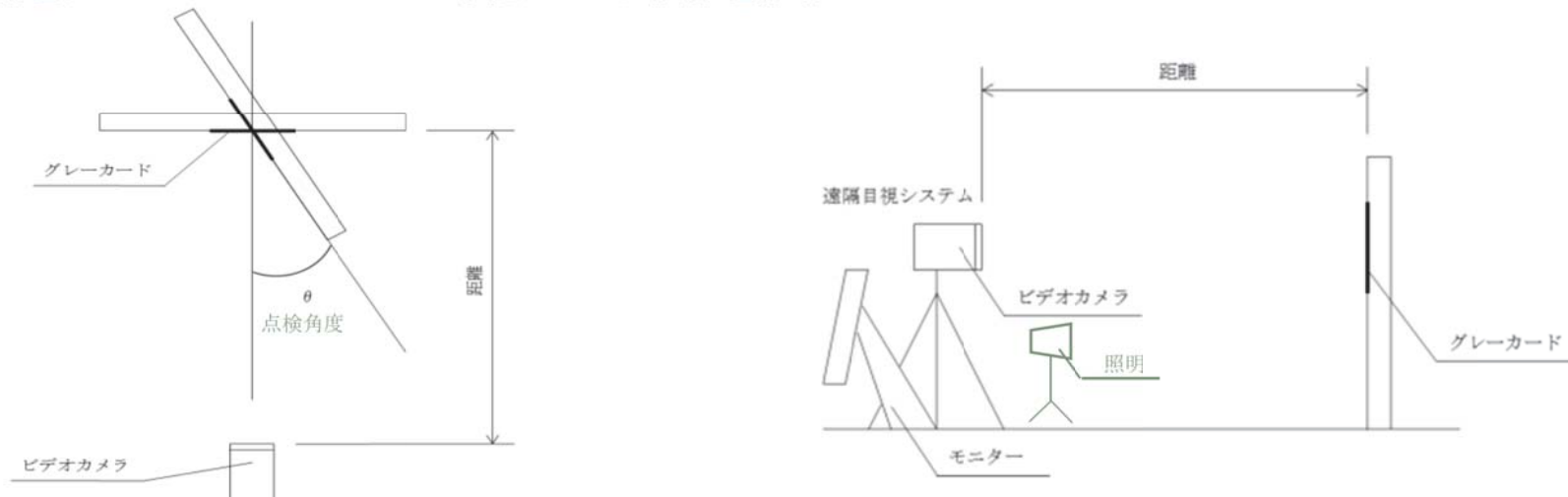
一定の照度下において、1m間隔で距離を変動させ、グレーカードが識別可能なビデオカメラの倍率を決定。

(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。

(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



検証方法のイメージ図

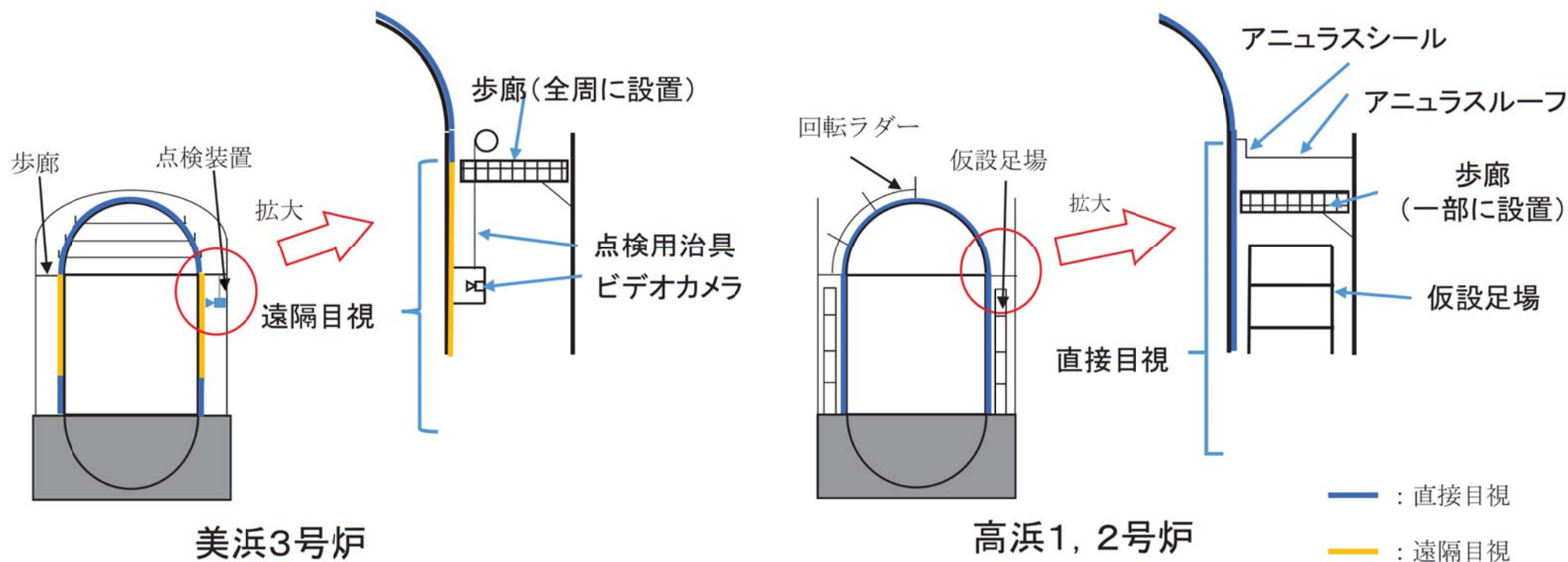


## 2. 点検方法・箇所

### 2-3-2 遠隔目視試験での確認方法(原子炉格納容器外面)

#### (1) 高浜1, 2号炉との点検方法の違い

- 美浜3号炉は円筒部外面上部に歩廊が全周に設置されており、点検用治具を吊り下げることが可能であったため、点検用治具を用いて遠隔目視を実施。
- 高浜1, 2号炉は原子炉格納容器円筒部外面上部に全周の歩廊がなく、歩廊に点検用治具を吊り下げて全周の目視を行うことが困難であったことから、仮設足場を用いて直接目視を実施。





## 2. 点検方法・箇所

### 2-3-2 遠隔目視試験での確認方法(原子炉格納容器外面)

#### (2) 点検方法

- 美浜3号炉の原子炉格納容器外面点検では、点検用治具を吊り下げ、点検距離を一定に保ちながら一列ごとに点検を実施することとしたため、直接目視試験と同様に、点検時、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。
- 点検範囲に漏れが生じないように、各列の点検時にカメラ視野がラップするように点検を実施。
- 点検範囲内に配管等の干渉物が存在する場合は、カメラ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。



円筒部外面 遠隔目視用点検装置

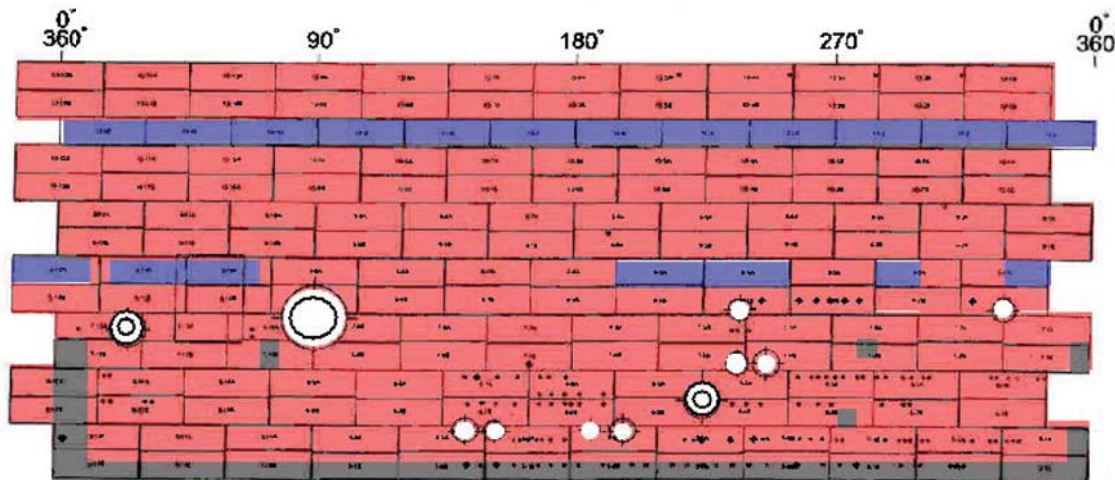
## 2. 点検方法・箇所

### 2-4 点検範囲

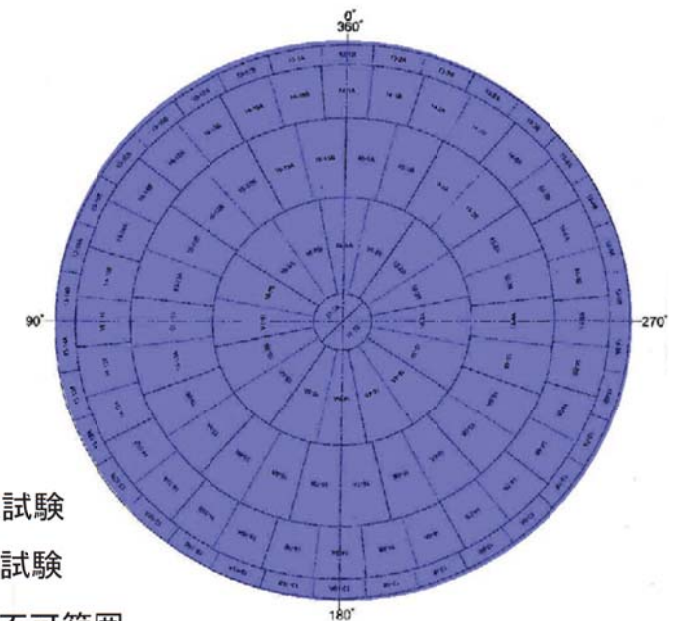
- 半球部内外面及び円筒部内外面の原子炉格納容器鋼板(接近できる点検可能範囲の全て)を点検範囲とする。

点検方法の内訳(直接/遠隔)を含めた点検範囲図を示す。

(例)円筒部内面



(例)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)

#### 【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。

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。



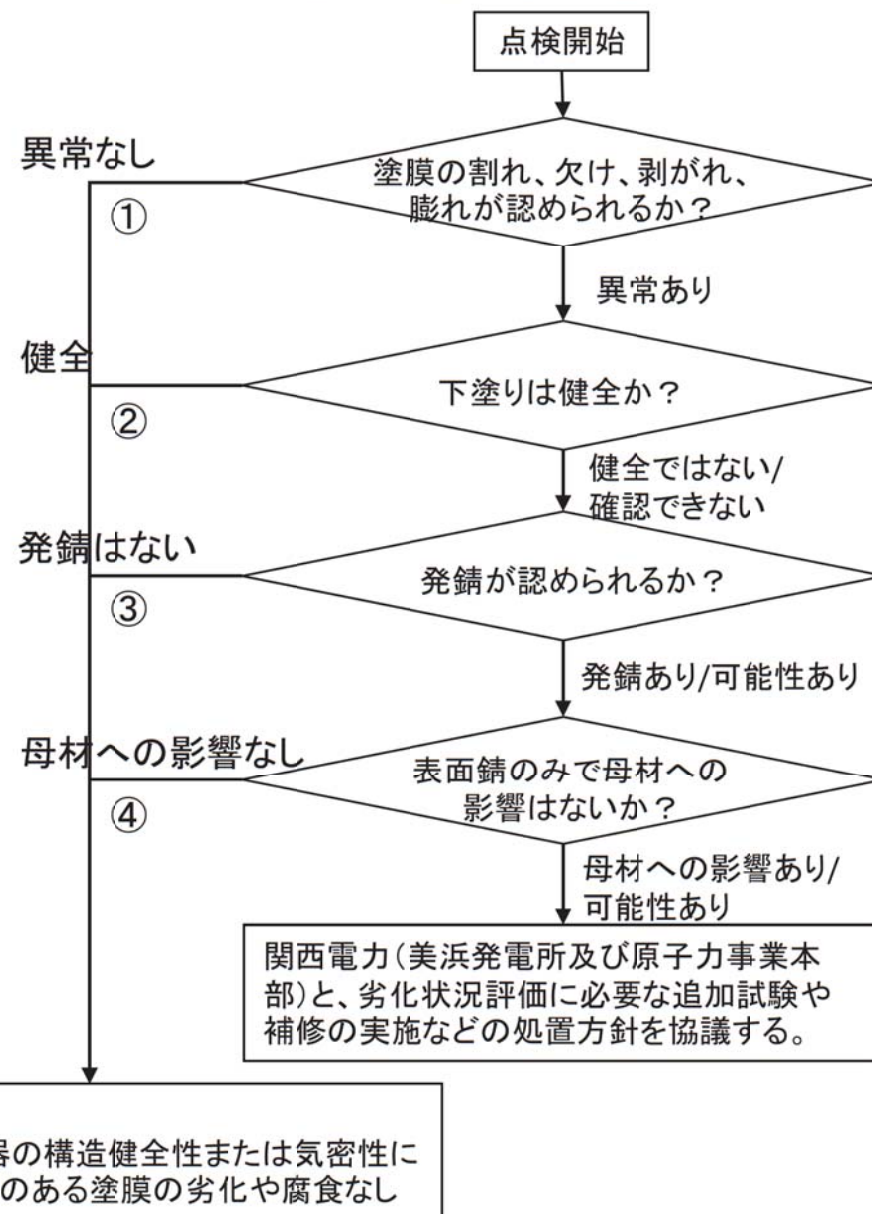
### 2-5 判定方法

○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がないかを判断。

#### ➤ 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



### 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: 美浜3号炉 2015.5.16 ~ 2015.8.11

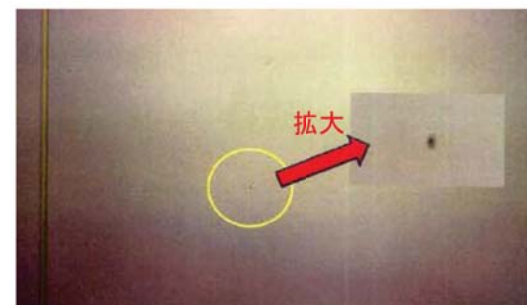
	直接目視	遠隔目視
半球部外面	○	—
半球部内面	○	○
円筒部外面	○	○
円筒部内面	○	○

○: 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

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腐食」に至らない塗膜の軽微な劣化(前頁のフロー②、③)が一部認められたため、合わせて塗装修繕を実施した。



フロー②と判断した塗膜の劣化



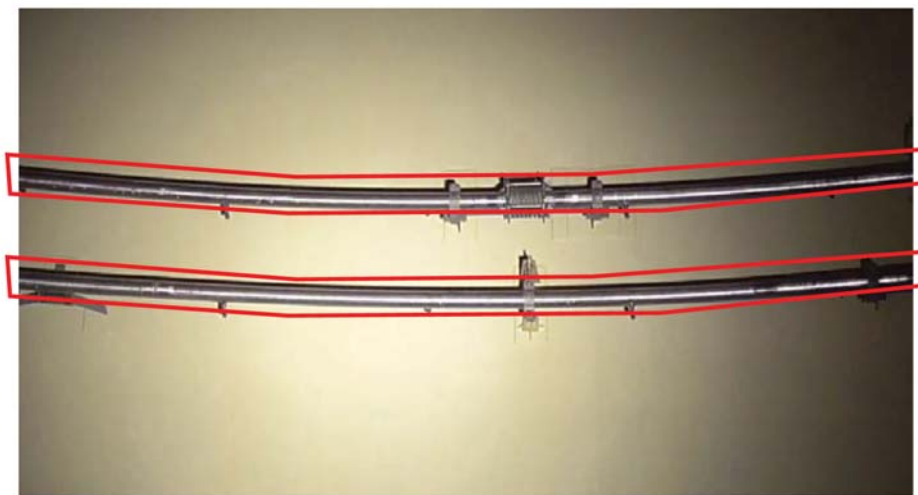
フロー③と判断した塗膜の劣化



### 4-1 保全管理に対する考察

○格納容器内面高所の干渉物裏(ダクト配管等の裏)のような、従来の点検において確認が容易でない範囲についても、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。

点検の結果、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裝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考える。



内面高所のうち従来の点検で確認が容易でない範囲  
(高所の干渉物裏)

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裝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、塗裝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。

### 4-1 保全管理に対する考察

○原子炉格納容器鋼板全面に設置された干渉物など、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点検不可範囲とした。

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することができる考える。

#### (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。環境条件は周辺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。



## 4-2 特別点検で確認した軽微な塗膜の劣化について

## (1) 軽微な塗膜の劣化(フロー②)が確認された範囲

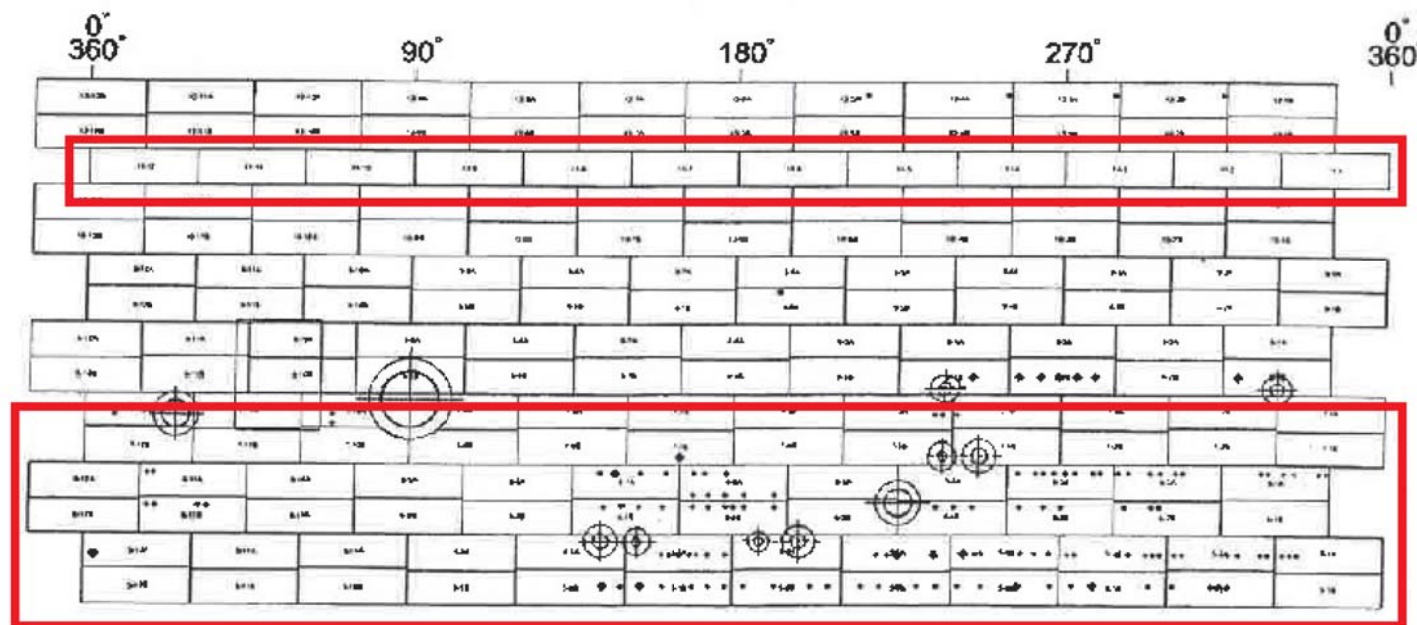
フロア・恒設足場が設置されている範囲が大半であった。また、円筒部内面のリングガード内部においては、上下の鋼板と比較して、軽微な塗膜の劣化が多い箇所が見られた。

・フロア・恒設足場が設置されている箇所

⇒従来の点検で点検可能な範囲であり、これまでも必要に応じて塗装を実施している。

・円筒部内面のリングガード内部

⇒従来の点検の際にポーラクレーン上から点検を実施しているが、ポーラクレーン上から確認しづらい箇所であるため、今後は確認しづらい箇所を低減するべく点検手法を改善する。



軽微な塗膜の劣化が確認された範囲(円筒部内面)

□ フロー②の範囲

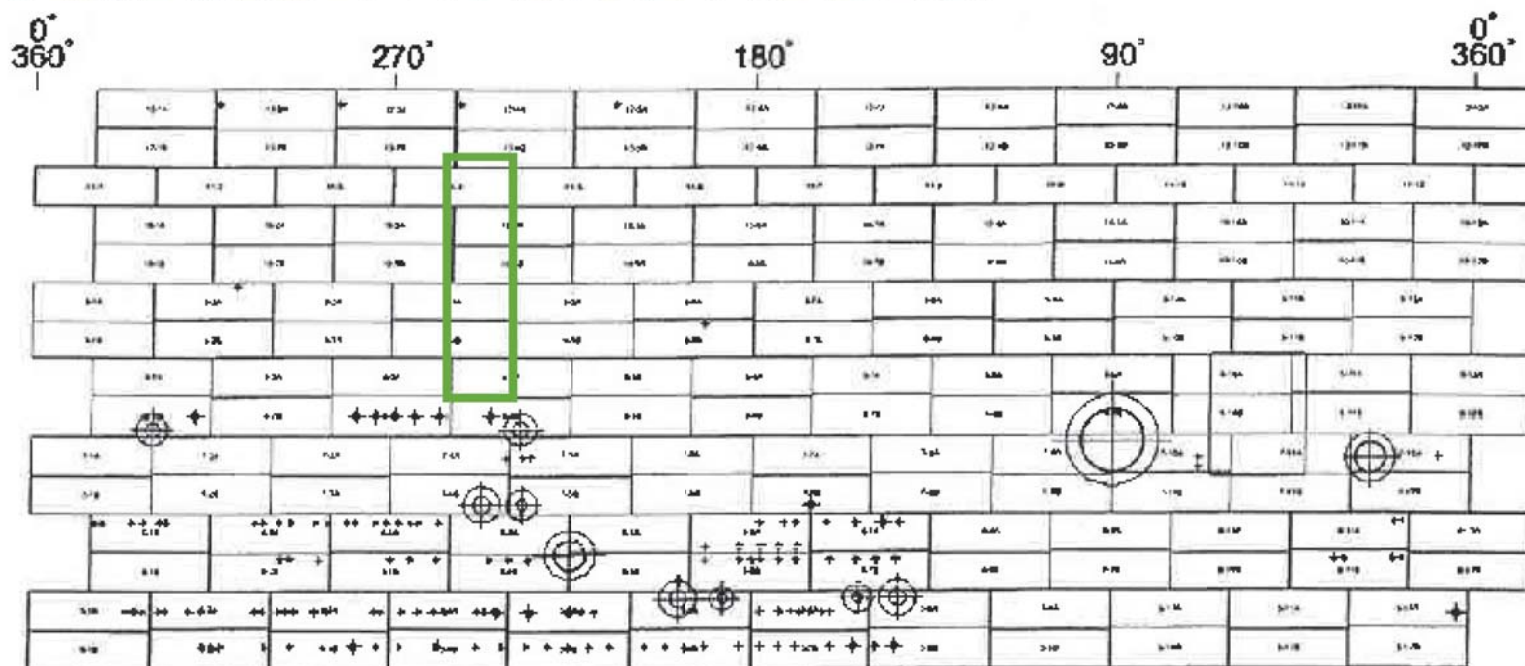
## 4-2 特別点検で確認した軽微な塗膜の劣化について

## (2) 下塗りの剥がれ(フロー③)が確認された範囲

円筒部外面について縦のラインに沿って、下塗りの剥がれが見られた。

⇒当該箇所は原子炉格納容器外面の塗装修繕を実施する際、上部にウインチを設置してゴンドラの吊り上げ・吊り下げを実施していた箇所であり、ウインチからワイヤの送り出し・回収を行う際、ワイヤ先端が鋼板に接触することで、塗膜の剥がれが発生したものと考えられる。

今後はワイヤの送り出し、回収の際に先端を養生するとともに先端を下部からロープ等で保持し、原子炉格納容器鋼板にワイヤが接触しないよう対策を取る。



軽微な塗膜の劣化等が確認された範囲(円筒部外面)

□ フロー③の範囲

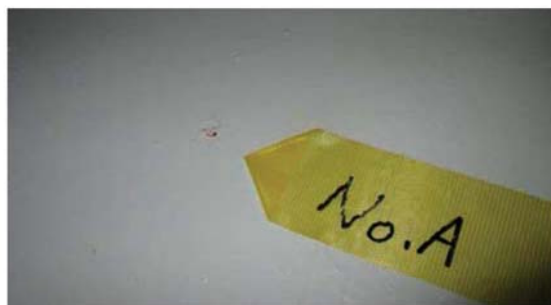


- 原子炉格納容器の特別点検においては、従来の点検方法では確認が容易でなかった範囲についても点検対象に含め、接近できる点検可能範囲の全ての鋼板に対して、視認性を実証できる形で塗膜の状態を目視点検した。
- 特別点検における点検不可範囲、従来の点検方法における点検不可範囲はそれぞれ存在するものの、塗膜の健全性を維持していること、劣化が少ない屋内環境であることから、今後も現状の保全管理を継続することで原子炉格納容器鋼板の健全性を維持できると考える。
- 一部の鋼板において塗膜の割れ等が確認されたが、全ての点検範囲について原子炉格納容器の構造健全性または気密性に影響を与える塗膜の劣化は認められなかった。
- 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1: 確認された「塗膜の割れ等」について

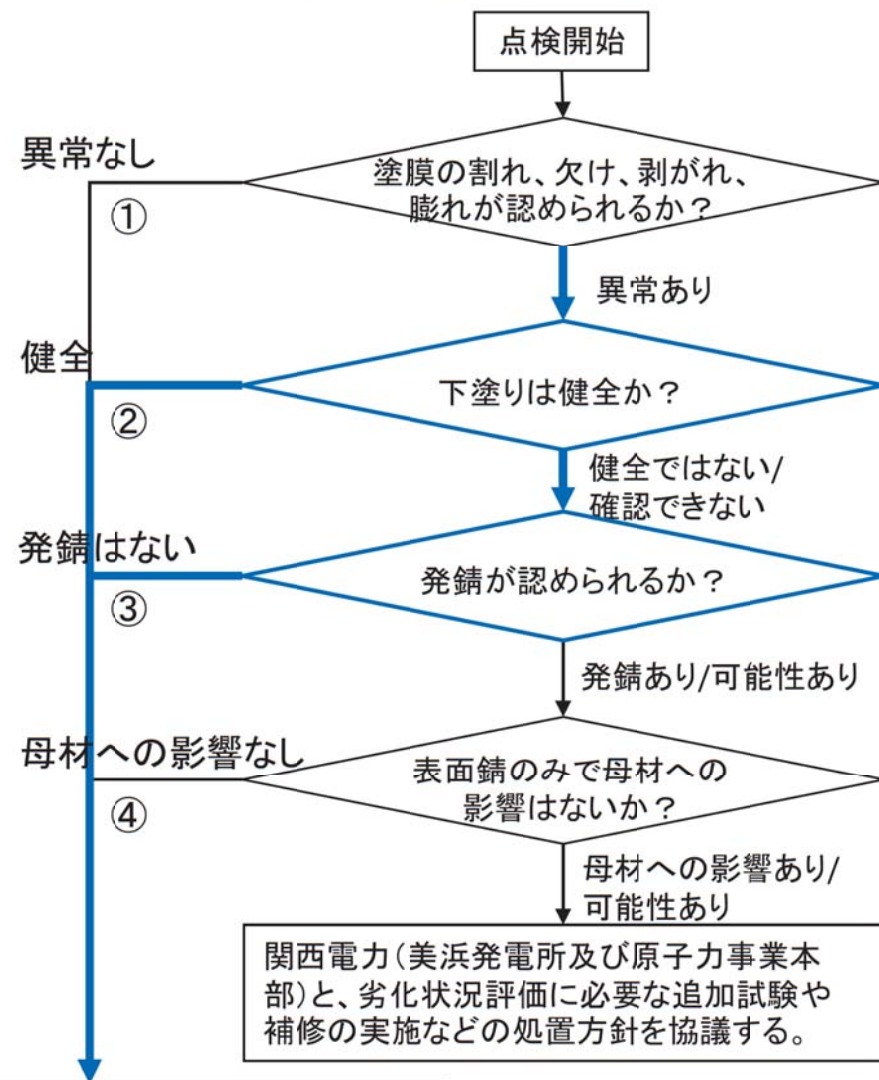
- 特別点検では一部の鋼板で塗膜の割れ等が確認されたが、それらは従来より日常保全の中で確認され、適宜補修塗装を実施してきた程度のものであった。
- 美浜3号炉の特別点検で確認された塗膜の劣化程度は、右記点検フローの②、③程度であった。



(例) 塗膜の劣化状況

写真左: フロー②  
写真右: スロー③

## 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

関西電力(美浜発電所及び原子力事業本部)と、劣化状況評価に必要な追加試験や補修の実施などの処置方針を協議する。



- 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することができると思う。
- なお、従来の点検手法ではリングガード内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。

