

東海第二発電所 審査資料	
資料番号	TKK 審-6 改0
提出年月日	平成30年2月20日

# 東海第二発電所 特別点検 (原子炉压力容器)

平成30年2月20日

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密又は  
防護情報の観点から公開できません。

# 目次

---

1. 要求事項	3
2. 点検方法	4
2-1 給水ノズルコーナー部	5
2-2 制御棒駆動機構スタブチューブ, 制御棒駆動 機構ハウジング, 中性子束計測ハウジング及び 差圧検出・ほう酸水注入ノズル	8
2-3 ドレンノズル	11
2-4 基礎ボルト	12
2-5 点検方法のまとめ	14
3. 点検結果	16
4. まとめ	17
5. 今後の対応	18

# 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

対象構造物	対象部位	着目する劣化事象	点検方法/点検項目
原子炉 圧力容器 (以下, 「RPV」 という。)	母材及び溶接部 (ジェットポンプライザーブレスアーム溶接部を含む。)(蒸気乾燥器, 気水分離器, ジェットポンプビーム及びインレットミキサーを取り外した状態で点検可能な炉心領域の全て)	中性子照射脆化	超音波探傷試験(以下, 「UT」という。)による欠陥の有無の確認。※
	給水ノズルコーナー部 (最も疲労損傷係数が高い部位)	疲労	磁粉探傷試験(以下, 「MT」という。)若しくは浸透探傷試験(以下, 「PT」という。)又は渦電流探傷試験(以下, 「ECT」という。)による欠陥の有無の確認
	制御棒駆動機構(以下, 「CRD」という。)スタブチューブ(全数), CRDハウジング(全数), 中性子束計測ハウジング(以下, 「ICMハウジング」という。)(全数)及び差圧検出・ほう酸水注入ノズル	応力腐食割れ	目視試験(MVT-1)による炉内側からの溶接部の欠陥の有無の確認 PT又はECTによるCRDハウジング及びICMハウジングに対する, 内面の溶接熱影響部の欠陥の有無の確認
	ドレンノズル	腐食	目視試験(VT-1)による内面の確認
	基礎ボルト	腐食	UTによるボルト内部の欠陥の有無の確認

※母材及び溶接部のUTについては, 追加の点検を実施した後に報告する。

---

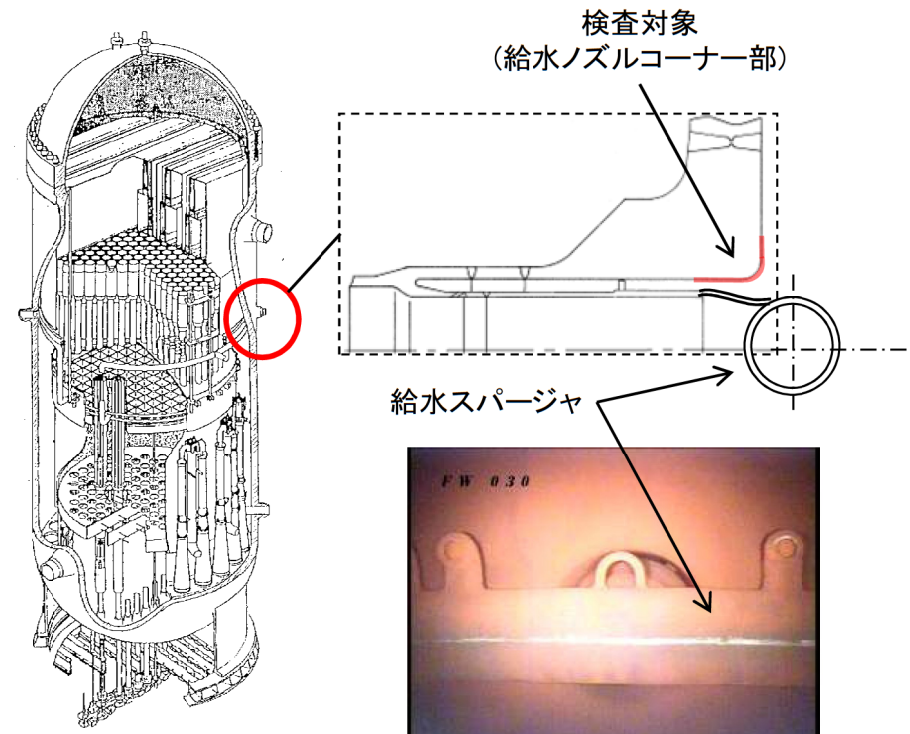
## 2. 点検方法



## 2-1 給水ノズルコーナー部

### 2-1-1 点検の概要

- RPVの給水ノズルはサーマルスリーブ構造となっておりノズル内面に給水が接触しない。また、設計上、疲労損傷が発生しないよう、表面に適切なR加工を施し応力集中部ができないよう配慮されている。
- 建設時には給水ノズルコーナー部に対してMTを実施して、表面欠陥が無いことを確認している。供用期間中はRPV外側からUTを実施しているが、表面試験は行っていない。
- 給水ノズルコーナー部は比較的疲労累積係数の高い部位となっていることから、今回の特別点検では、給水ノズルコーナー部表面に対して表面試験を実施することで、疲労損傷による劣化事象がないことを確認している。



## 2-1 給水ノズルコーナー部

### 2-1-2 点検方法

- 給水ノズルコーナー部全数を試験対象として選定する。
- 表面試験としては、気中環境でのPT, MTも考えられるが、放射線環境が厳しいことから水中環境での探傷が可能なECTを適用する。試験対象の材質は低合金鋼(磁性体)。



給水ノズルコーナー部ECT色調図(例 給水ノズルAの-5° ~95° )

形状に合わせた専用プローブを使用。



ECT装置

給水ノズルコーナー部ECT装置設定の様子



原子炉圧力容器  
(給水ノズル)

給水スパージャ

給水ノズルコーナー部実機探傷の様子

## 2-1 給水ノズルコーナー部

### 2-1-3 点検方法の妥当性

- JEAG4217-2010「原子力発電所用機器における渦電流探傷試験指針」を準用し、点検着手前に実施した欠陥検出性能確認試験にてECT手順を決定した。
- JEAG4217-2010においてECTは非磁性体を対象としていることから、給水ノズルコーナー部の形状を模擬した試験体を製作し、欠陥検出性を確認した上で実機適用にあたってのECT手順を策定した。欠陥検出性の確認に際し、疲労き裂を付与した試験片を製作し、表面に開口する深さ1 mm程度の疲労き裂を十分検出できることを確認していることから、今回適用した点検方法は十分な欠陥検出性を有している。点検方法については、電力中央研究所殿に立会いを依頼し、評価を頂き妥当であることが確認されている。
- 現在、低合金鋼(磁性体)へのECT適用についてはJEAG4217-2010への反映が改訂検討作業の中で進められている。



実機形状模擬試験体の試験結果



## 2-2 制御棒駆動機構スタブチューブ, 制御棒駆動機構ハウジング, 中性子束計測ハウジング及び差圧検出・ほう酸水注入ノズル

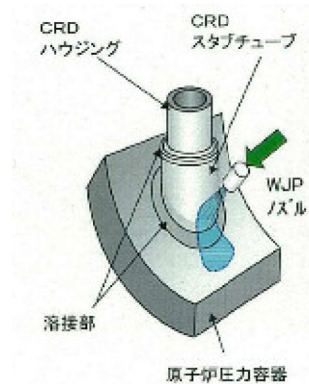
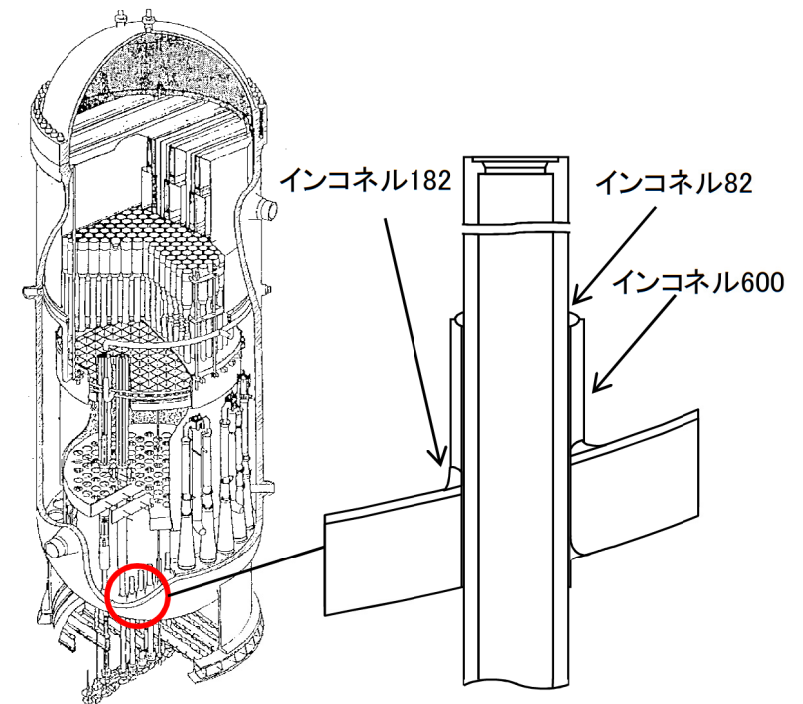
### 2-2-1 点検の概要

- CRDスタブチューブ, CRDハウジング, ICMハウジング, 差圧検出・ほう酸水注入ノズルのRPV取付け溶接部等はインコネル182等を使用しており, 応力腐食割れに対する感受性があることが知られていることから, ウォータージェットピーニング(以下, WJPという。)を下表のとおり施工・計画している。

表 WJPの実績・計画

WJP対象	東海第二発電所
CRDスタブチューブ/ハウジング (183体/185体)	2011年(第25回定期検査)
ICMハウジング	
CRDスタブチューブ/ハウジング (2体/185体)	2020年予定(第25回定期検査)
差圧検出・ほう酸水注入ノズル	

- 供用期間中は, RPV外面から漏えい検査により漏えいの有無を確認しており, RPV内面側からはCRDスタブチューブ等に対する定期的な目視試験(定点検査)を行っている。
- 今回の特別点検では, 応力腐食割れの発生が懸念されるCRDスタブチューブ等の溶接部及び熱影響部を試験範囲とした。

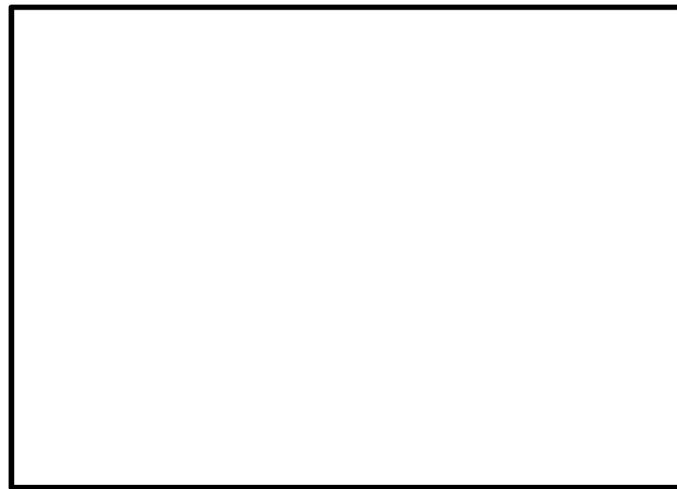


WJP施工の模式図

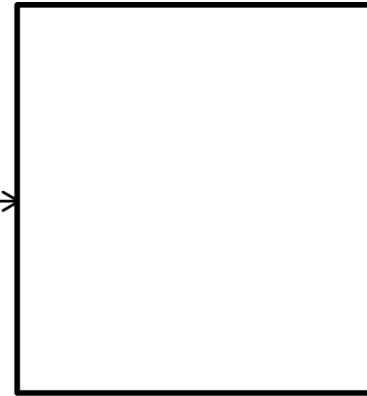




## 2-2 制御棒駆動機構スタブチューブ, 制御棒駆動機構ハウジング, 中性子束計測ハウジング及び差圧検出・ほう酸水注入ノズル



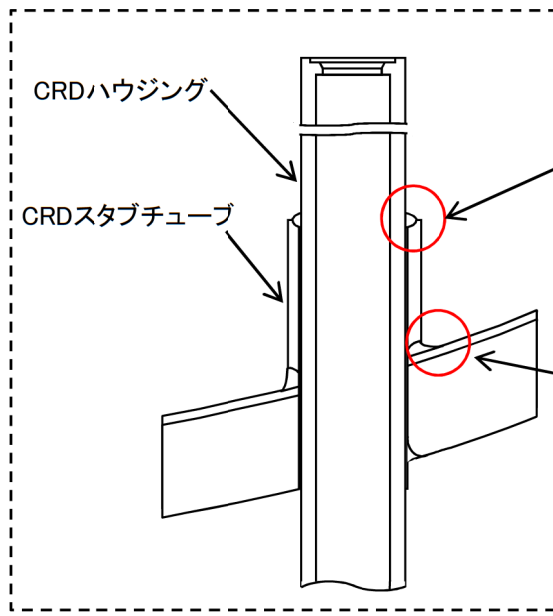
目視試験実施の様子(例 CRDスタブチューブ/ハウジング)



遠隔目視試験装置



校正用カード  
18%中性灰色カード上に0.025 mm幅のワイヤ(1ミルワイヤ)及び0.8 mm黒線を縦横方向に配置している。



目視試験結果(例 CRDスタブチューブ/ハウジング)



試験結果(CRDハウジングのCRDスタブチューブとの溶接部)



試験結果(CRDスタブチューブの原子炉圧力容器取付け溶接部)

## 2-3 ドレンノズル

### 2-3-1 点検の概要

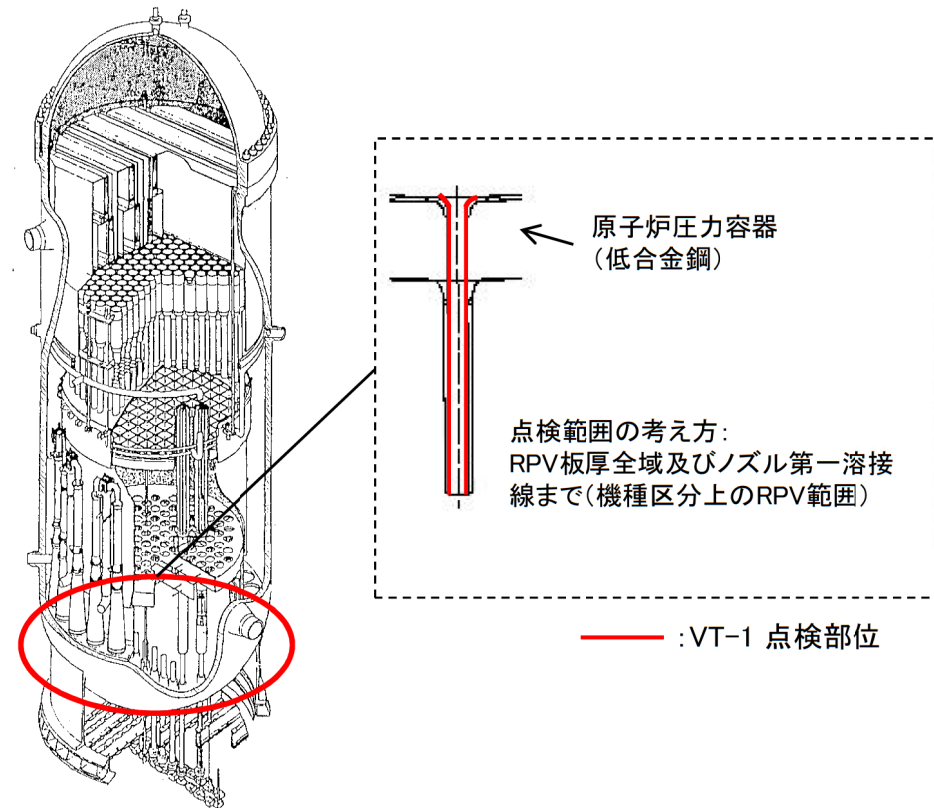
- 供用期間中, ドレンノズルはRPV外面からのRPV耐圧漏えい試験により漏えいの有無を確認している(VT-2)。
- 今回の特別点検では, これまでの点検実績よりも点検範囲を拡張して腐食による劣化事象が無いことを目視試験により確認した。

### 2-3-2 点検方法

- 試験対象はRPVドレンノズル(1箇所)
- RPVドレンノズルに対して遠隔目視試験(VT-1)を行った。

### 2-3-3 点検方法の妥当性

- 溶接部のVT-1については, 維持規格に従い0.8 mm黒線が識別可能な手法により試験を行っている。
- 以上のことから腐食に対して十分な検出性を有している。



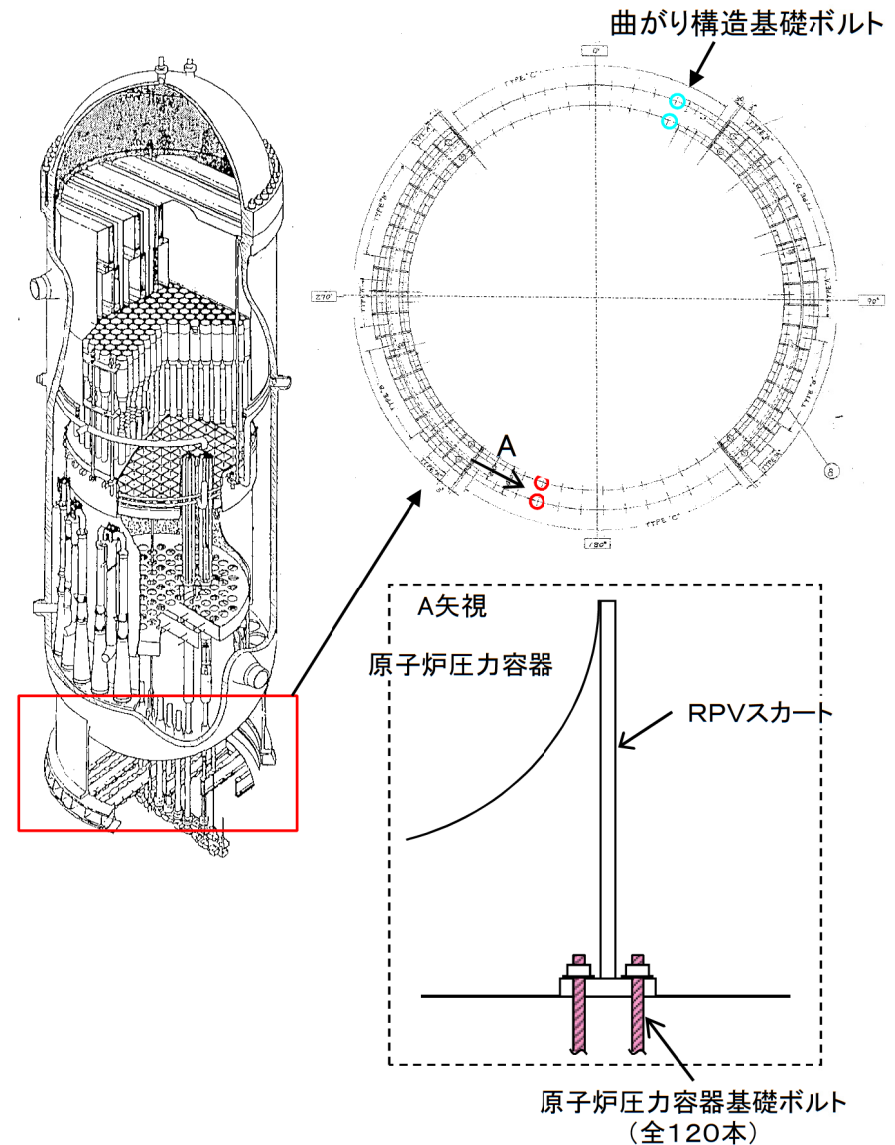
## 2-4 基礎ボルト

### 2-4-1 点検の概要

- 供用期間中は基礎ボルトに対して外観目視点検 (VT-3) を実施している。
- 今回の特別点検では劣化事象として腐食に着目し UT を行った。

### 2-4-2 点検方法

- 試験対象はRPV基礎ボルト全数(120本)。
- 120本中118本の基礎ボルトは垂直法(底面エコー方式)によりUTを実施した。
- 残る2本の基礎ボルトはプラント建設時に干渉物回避のため曲がり構造としており、底面エコーは確認できるものの反射を繰り返すことから、その強度は弱くなる。このため、底面エコー法を直接適用することはできない。
- そこで、曲り部より上部を試験対象とし、据え付け状況が同じ他の基礎ボルトの底面エコーで代替し、その探傷結果から最も高い基準感度を適用してUTを実施した。





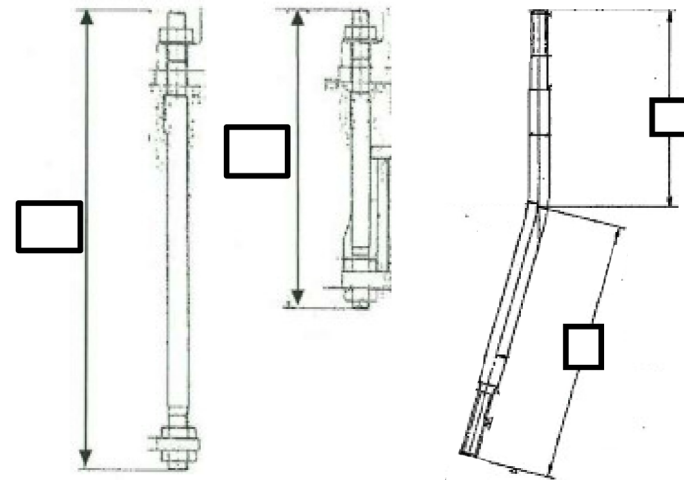
## 2-4 基礎ボルト

### 2-4-3 点検方法の妥当性

➤ 120本中118本の基礎ボルトはJEAC4207-2008

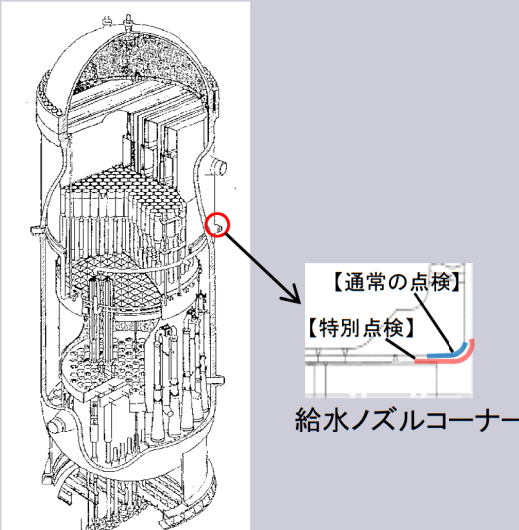
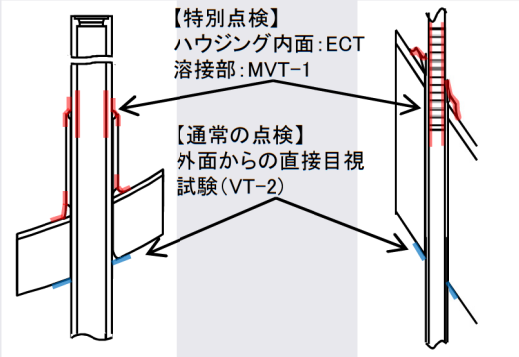
「軽水炉原子炉用機器の供用期間中検査における超音波探傷試験規程」に加え、JANTI-SANE-G2-第1版「地震後の機器健全性評価ガイドライン」に準拠して実施した。これは長尺ボルトの欠陥検出性を考慮し、基準感度の設定方法や記録レベルについてJEACと比較してより欠陥検出レベルが高い条件となっており腐食に対して十分な検出性を有している。

➤ 残る2本の曲がり構造の基礎ボルトは、据え付け状況が同じ他の基礎ボルトの探傷結果から最も高い基準感度を適用して探傷を実施した。2本のボルトの曲がり部より上部にのみ適用することを考慮し、その健全性を確認する方法として妥当と判断した。なお、曲がり部より下部について探傷ができていないことを考慮し、RPVの健全性に影響のないことを確認する。

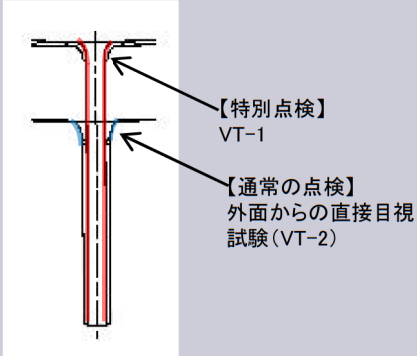
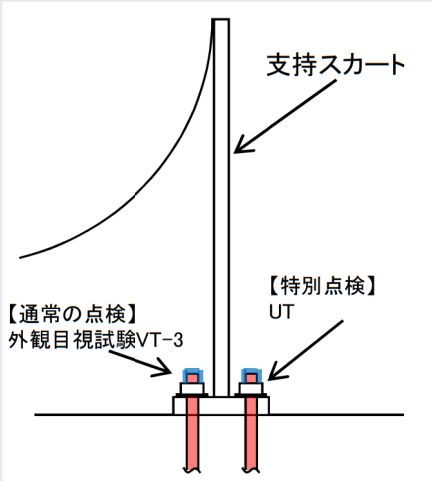


基礎ボルト概要

## 2-5 点検方法のまとめ

部位	通常の点検	特別点検	点検対象範囲
給水ノズルコーナー部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・溶接部及び管台内面の丸みの部分</li> <li>・UT</li> <li>・頻度 1回/検査間隔※</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・渦電流探傷試験 (ECT)</li> </ul>	
CRDスタブチューブ, CRDハウジング, ICMハウジング及び差圧検出・ほう酸水注入ノズル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・RPV外面からの直接目視試験 (VT-2)</li> <li>・頻度 毎定検</li> <li>・外観目視試験 (VT-3)</li> <li>・頻度 1回/検査間隔※</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・管内面 (差圧検出・ほう酸水注入ノズルは除く): 渦電流探傷試験 (ECT)</li> <li>・溶接部: ビデオカメラによる目視試験 (MVT-1)</li> </ul>	

## 2-5 点検方法のまとめ

部位	通常の点検	特別点検	点検対象範囲
ドレンノズル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・RPV外面からの直接目視試験 (VT-2)</li> <li>・頻度 毎定検</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ビデオカメラによる目視試験 (VT-1)</li> </ul>	
基礎ボルト	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外観目視試験 (VT-3)</li> <li>・頻度 1回/検査間隔※</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・超音波探傷試験 (UT)</li> </ul>	

### 3. 点検結果

対象構造物	対象部位	点検年月日	点検結果
原子炉圧力容器	給水ノズル コーナー部	・平成29年5月22日 ～平成29年10月2日	深さ1mm程度の欠陥が十分検出可能な渦電流探傷試験により確認した結果、有意な欠陥は認められなかった。
	CRDスタブチューブ(全数)、CRDハウジング(全数)、ICMハウジング(全数)及び差圧検出・ほう酸水注入ノズル	平成29年5月22日 ～平成29年10月2日	CRDハウジング及びICMハウジング内面については深さ1mm程度の欠陥の検出が可能であることが確認されている渦電流探傷試験を実施し、CRDスタブチューブ、CRDハウジング及び差圧検出・ほう酸水注入ノズルの溶接部については、0.025 mm幅ワイヤーが識別可能な目視試験(MVT-1)を用いて確認した結果、有意な欠陥は認められなかった。
	ドレンノズル	平成29年5月22日 ～平成29年10月2日	溶接部については、0.8mm黒線が識別可能な目視試験(VT-1)を用いて確認した結果、有意な欠陥は認められなかった。
	基礎ボルト(全数)	平成29年5月22日 ～平成29年10月2日	全数120本中118本について垂直法(底面エコー方式)によるUTを実施した結果、基礎ボルト内部について有意な欠陥は認められなかった。残る2本については曲りボルト構造のため曲り部より上部に対してUTを実施し、割れその他の有害な欠陥は認められなかった。

## 4. まとめ

---

○原子炉圧力容器の特別点検においては、通常の点検の範囲を拡大し、以下の範囲に対して点検を行った結果、いずれの点検においても有意な欠陥は認められなかった。

- ・給水ノズルコーナー部(全6箇所)
- ・CRDスタブチューブ(全数185箇所)、CRDハウジング(全数185箇所)、中性子束計測ハウジング(全数55箇所)及び差圧検出・ほう酸水注入ノズル(1箇所)
- ・ドレンノズル(1箇所)
- ・基礎ボルト(全数120本)(内訳 118本:全長範囲, 2本:曲がり部より上部)

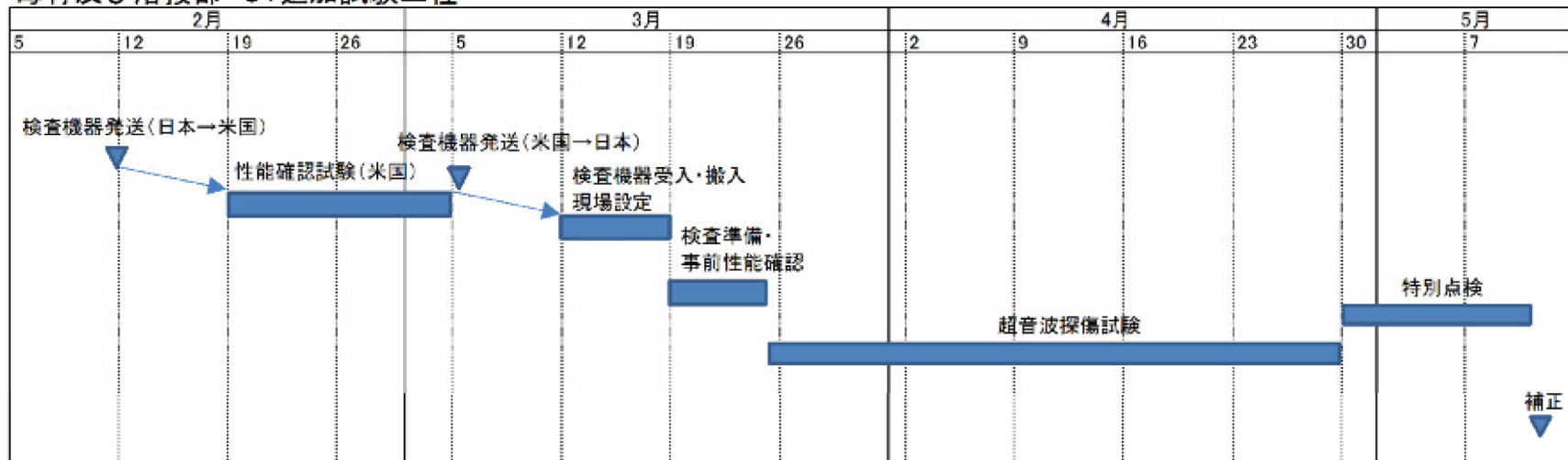
○これら点検の結果から以下が確認できた。

- ・給水ノズルコーナー部において、有意な欠陥は認められなかった。
- ・CRDスタブチューブ、CRDハウジング、中性子束計測ハウジングにおいて、有意な欠陥は認められなかった。
- ・ドレンノズルについて、有意な欠陥(腐食含む)は認められなかった。
- ・基礎ボルトについて、割れその他の有害な欠陥は認められなかった。

## 5. 今後の対応

- RPV基礎ボルトのうち曲がり構造としている2本について、曲がり部より下部について探傷ができていないことを考慮し、RPVの健全性に影響のないことを確認する。
- 母材及び溶接部のUTについては、下記に示す工程により追加の点検を実施していく。

母材及び溶接部 UT追加試験工程



---

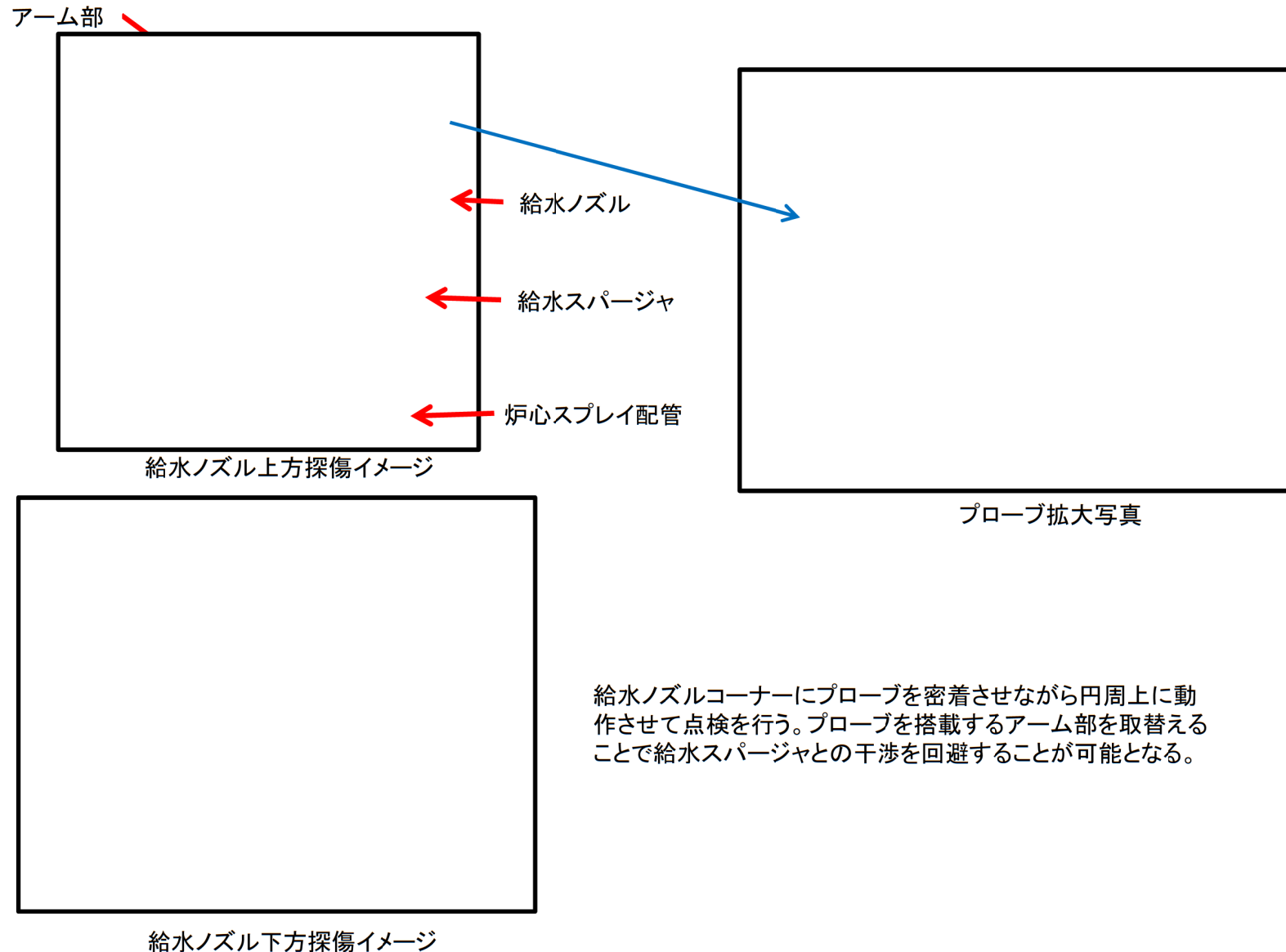
## 参考資料

---

## 各点検装置動作説明資料

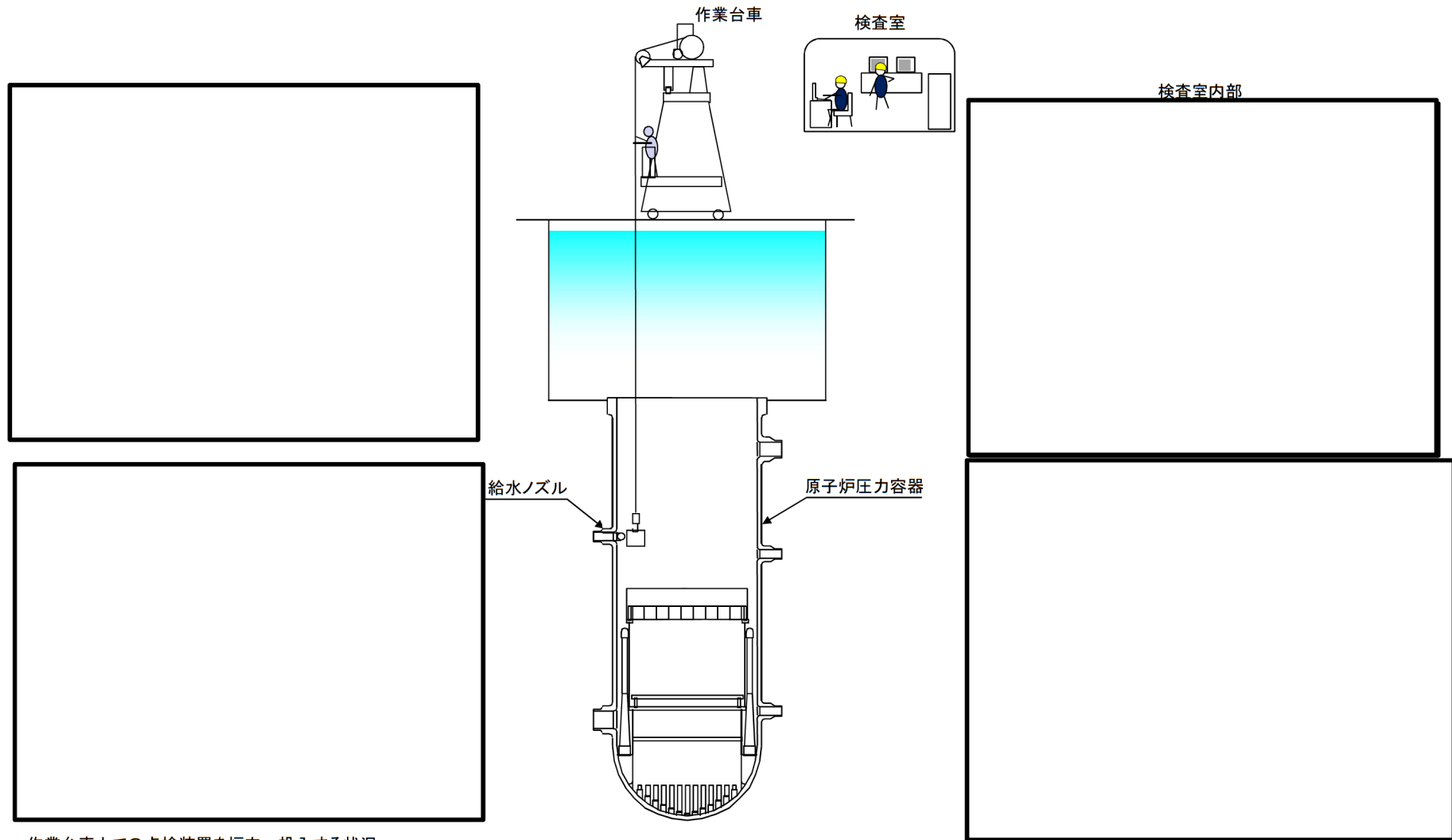


# 給水ノズルコーナー部 渦電流探傷試験



給水ノズルコーナーにプローブを密着させながら円周上に動作させて点検を行う。プローブを搭載するアーム部を取替えることで給水スパーチャとの干渉を回避することが可能となる。

# 給水ノズルコーナー部 渦電流探傷試験

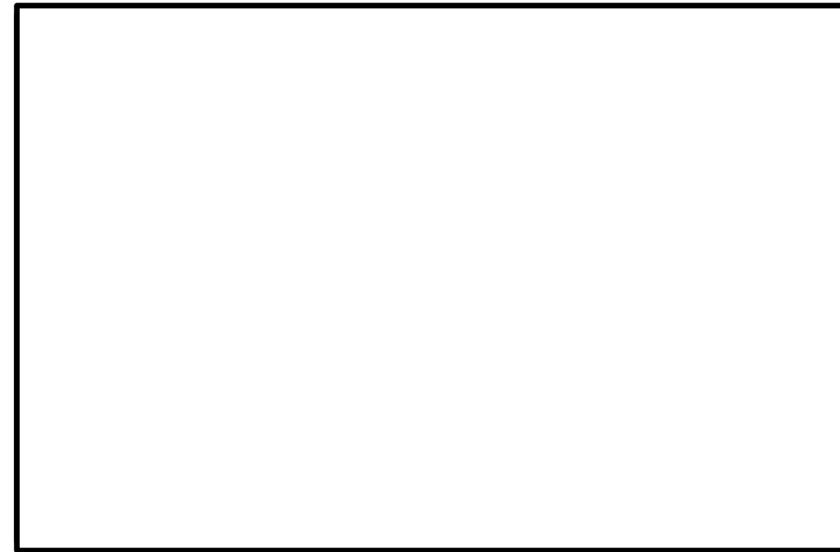


作業台車上の点検装置を炉内へ投入する状況

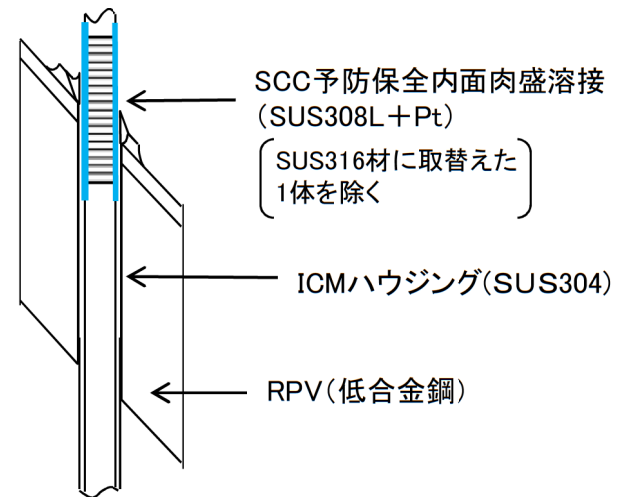
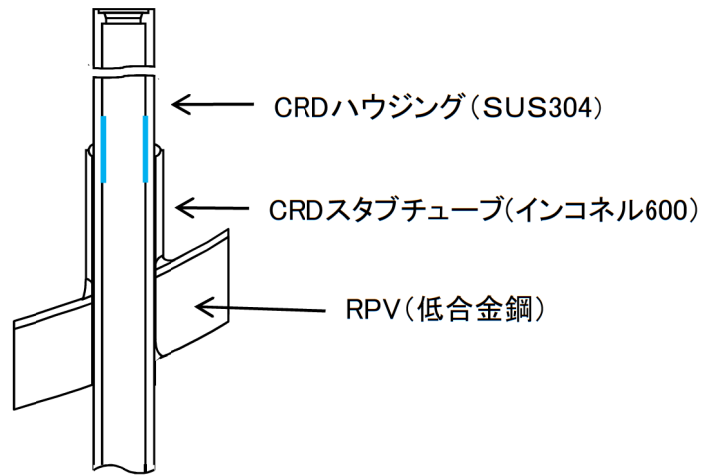
# CRDハウジング/ICMハウジング 渦電流探傷試験



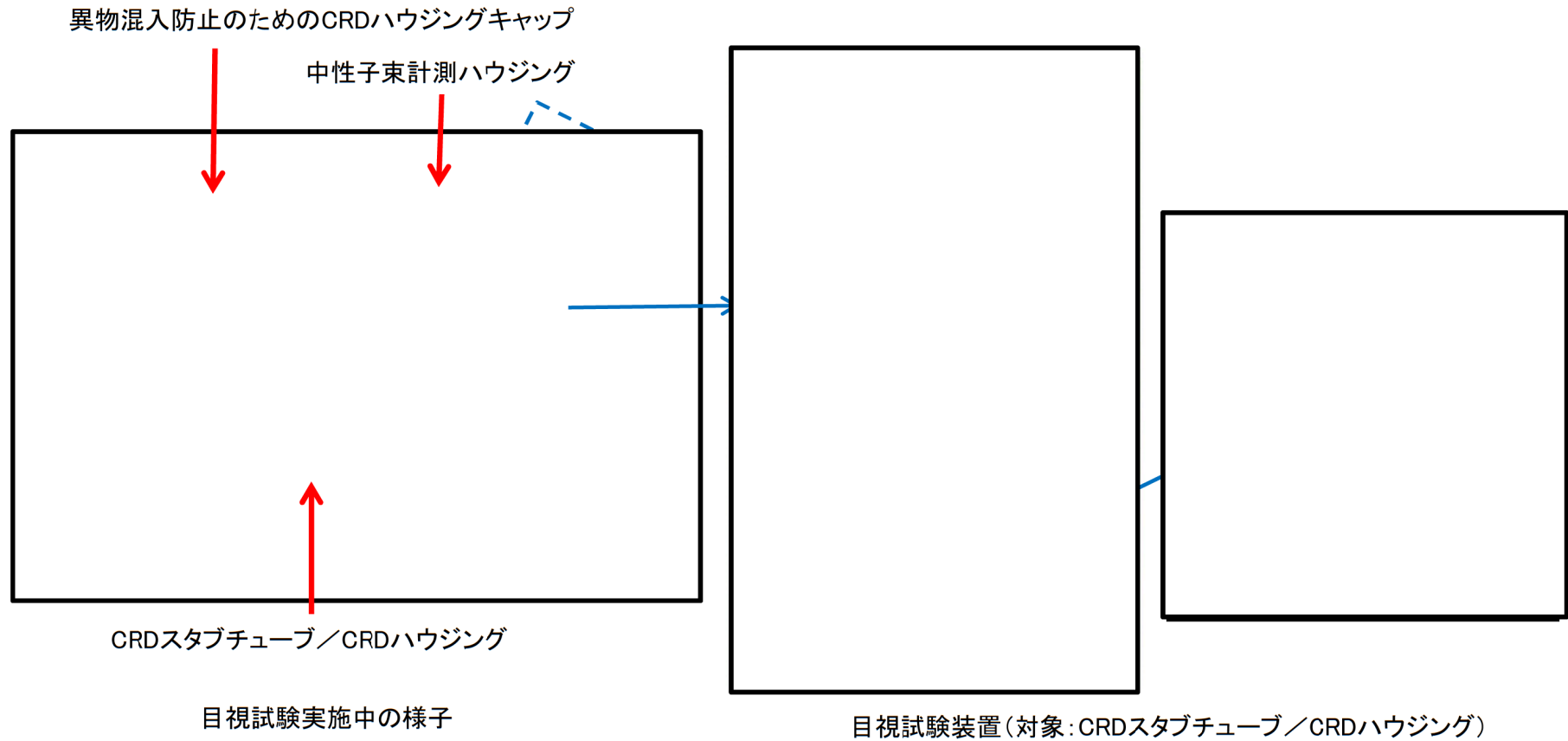
CRDハウジング渦電流探傷試験装置



ICMハウジング渦電流探傷試験装置



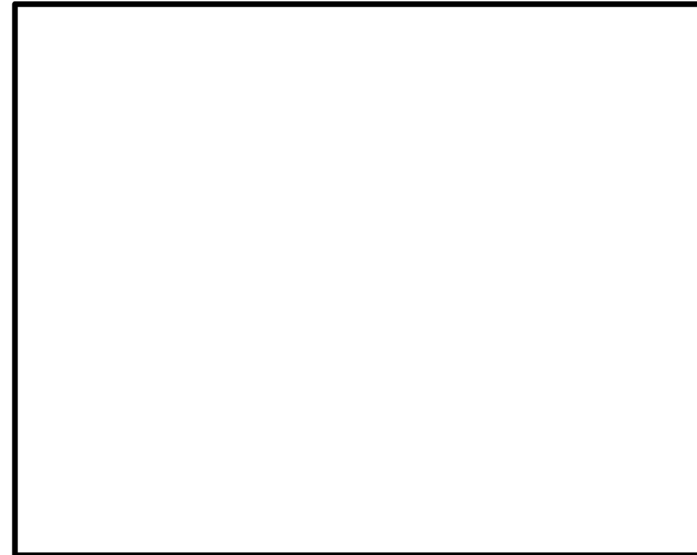
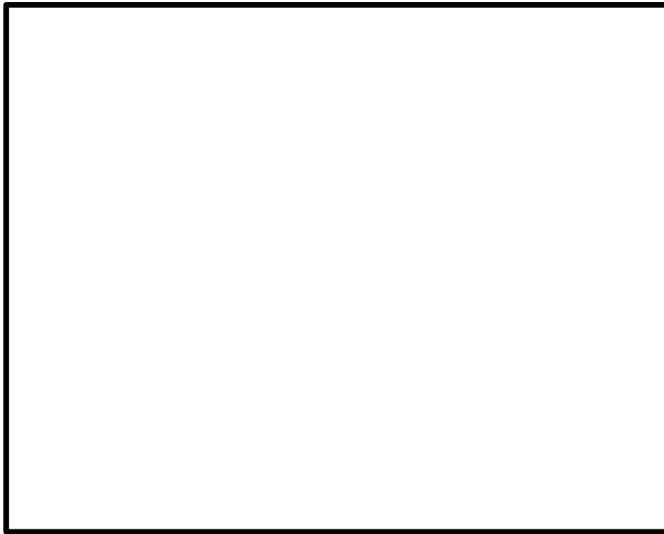
# CRDスタブチューブ他 目視試験(MVT-1・VT-1)



# CRDスタブチューブ他 目視試験(MVT-1・VT-1)

---

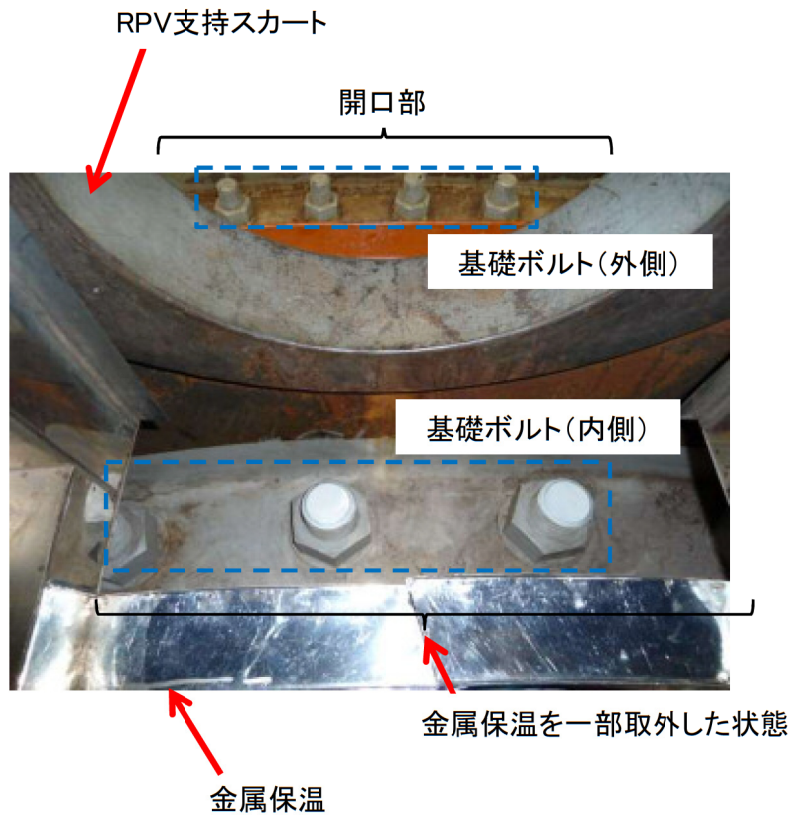
目視試験に使用するカメラは試験対象部位により使い分け, または複数台使用し, それぞれの点検手法(MVT-1, VT-1)に必要な校正を実施している。



# 基礎ボルト 超音波探傷試験

## RPV基礎ボルト外観 ※

※写真はRPV支持スカート開口部内側から  
外側の方向に撮影



## 超音波探傷試験の様子

