

1.2 低圧タービン

[対象機器]

- ① 低圧タービン

目次

1. 対象機器	1.2-1
2. 低圧タービンの技術評価.....	1.2-2
2.1 構造,材料及び使用条件.....	1.2-2
2.2 経年劣化事象の抽出.....	1.2-5
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	1.2-5
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	1.2-5
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	1.2-6

1. 対象機器

東海第二で使用している低圧タービンの主な仕様を表 1-1 に示す。

表1-1 低圧タービンの主な仕様

機器名称	仕様 (出力×回転速度)	重要度*1	使用条件		
			運転状態	運転圧力*2 (MPa)	運転温度*2 (°C)
低圧タービン	1,100,000 kW*3 ×1,500 rpm	高*4	連続	1.28	195

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

*2：中間塞止加減弁入口の蒸気条件を示す

*3：高圧タービンとの合計出力を示す

*4：最高使用温度が 95 °C を超え、又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

2. 低圧タービンの技術評価

2.1 構造，材料及び使用条件

(1) 構造

東海第二の低圧タービンは9段の複流式タービンであり，蒸気は高圧タービン排気より湿水分離器を経て車室中央部に流入する。流入した蒸気は中央で2つに分かれ，各段を経て両端の排気口から下方にある復水器に至る。

車室は外部車室，内部車室にて構成され，炭素鋼，低合金鋼が使用されており，上下半車室に分割され，ケーシングボルトにより締結されている。

ダイヤフラム（噴口，隔板）は，噴口がステンレス鋼，隔板が低合金鋼鋳鋼及び低合金鋼であり，内部車室内に嵌め込まれ，蒸気の通路部を形成している。

車軸は低合金鋼，翼はステンレス鋼であり，2個のジャーナル軸受により支えられている。

車室両端面の車軸貫通部には，スチームシールパッキン（パッキンケーシング，ラビリンスパッキン）が設けられており，多数のシールストリップを装備したラビリンスパッキンにより蒸気漏えいを防止している。

車室，ダイヤフラム，スチームシールパッキンは，締付けボルトを緩め，それぞれの上半部を取り出すことにより点検手入れが可能である。

なお，車軸については，旧車軸の焼嵌めされた円板部とそれを固定しているキー部の応力腐食割れが懸念されたことから，以下に示すとおり，全ての低圧車軸について一体型車軸に取替を実施している。

- ・第10回定期検査（1989年度）：(A)(C)車軸
- ・第11回定期検査（1991年度）：(B)車軸

また，内部車室については，抽気管台等に流れ加速型腐食による減肉が認められたことから，以下に示すとおり，全ての内部車室について耐食性の高い低合金鋼のものに取替を実施している。

- ・第16回定期検査（1998年度）：(B)内部車室
- ・第17回定期検査（1999年度）：(A)(C)内部車室

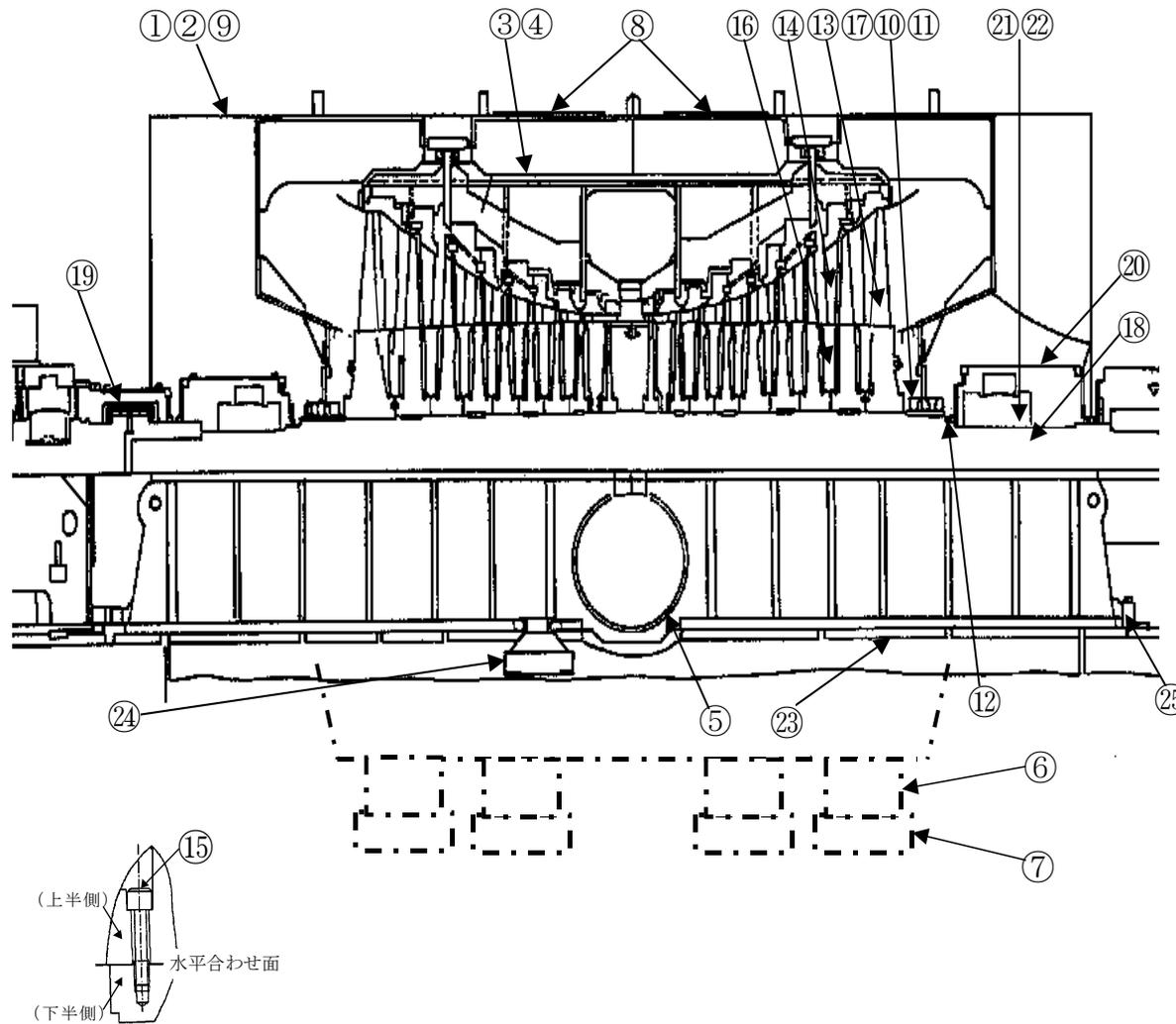
また，隔板については，第16段，第17段に流れ加速型腐食による減肉が認められたことから，以下に示すとおり，当該隔板について耐食性の高い低合金鋼のものに取替えを実施している。

- ・第23回定期検査（2008年度）：(A)(C)隔板
- ・第24回定期検査（2009年度）：(B)隔板

低圧タービンの構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の低圧タービン主要部位の使用材料を表2.1-1に，使用条件を表2.1-2に示す。



< 隔板・隔板締付ボルト詳細図 >

図2.1-1 低圧タービン構造図

No.	部位
①	外部車室
②	外部ケーシングボルト
③	内部車室
④	内部ケーシングボルト
⑤	クロスアラウンド管エキスパンションジョイント
⑥	抽気短管
⑦	抽気短管エキスパンションジョイント
⑧	大気放出板
⑨	ガスケット
⑩	パッキンケーシング
⑪	ラビリンスパッキン
⑫	油切り
⑬	翼
⑭	噴口
⑮	隔板締付ボルト
⑯	隔板
⑰	レーシングワイヤ
⑱	車軸
⑲	カップリングボルト
⑳	軸受台
㉑	ジャーナル軸受
㉒	軸受ボルト
㉓	ベースプレート
㉔	キー
㉕	基礎ボルト

表2.1-1 低圧タービン主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料	
バウンダリの維持	耐圧	外部車室	炭素鋼	
		外部ケーシングボルト	低合金鋼	
		内部車室	低合金鋼	
		内部ケーシングボルト	低合金鋼	
		クロスアラウンド管	ステンレス鋼	
		エキスパンションジョイント		
		抽気短管	低合金鋼	
		抽気短管	ステンレス鋼	
		エキスパンションジョイント		
		大気放出板	(定期取替品)	
	ガスケット	(消耗品)		
		軸シール	パッキンケーシング	炭素鋼
			ラビリンスパッキン	低合金鋼
	油切り		炭素鋼	
タービン性能の確保	エネルギー変換	翼	ステンレス鋼	
		噴口	ステンレス鋼	
		隔板締付ボルト	低合金鋼	
		隔板	低合金鋼鑄鋼, 低合金鋼	
		レーシングワイヤ	ステンレス鋼	
	エネルギー伝達	車軸	低合金鋼	
		カップリングボルト	低合金鋼	
	軸支持	軸受台	炭素鋼	
ジャーナル軸受		炭素鋼, ホワイトメタル		
軸受ボルト		低合金鋼		
機器の支持	支持	ベースプレート	炭素鋼	
		キー	炭素鋼	
		基礎ボルト	炭素鋼	

表 2.1-2 低圧タービンの使用条件

運転圧力	中間塞止加減弁入口 1.28 MPa～低圧タービン排気 5 kPa
運転温度	中間塞止加減弁入口 195 °C～低圧タービン排気 35 °C
回転速度	1,500 rpm
内部流体	蒸気

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

低圧タービンの機能である発電機駆動機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- (1) バウンダリの維持
- (2) タービン性能の確保
- (3) 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

低圧タービンについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体の種類、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり、想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△、▲）。

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケットは消耗品、大気放出板は定期取替品であり、設計時に長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお、下記①、②に該当する事象については2.2.3項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトの健全性については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めない。

b. ラビリンスパッキンの摩耗

ラビリンスパッキンは、車軸との接触による摩耗が想定されるが、車軸との間に隙間を設け接触を防止している。また、分解点検時に車軸との隙間測定を実施しており、有意な摩耗がないことを確認している。

したがって、ラビリンスパッキンの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ジャーナル軸受の摩耗、はく離

ジャーナル軸受は、ホワイトメタルを軸受に鑄込み溶着しているため摩耗及びはく離が想定される。

摩耗については、車軸と軸受間に潤滑油が供給され軸受の摩耗を抑制している。

また、分解点検時に目視点検及び隙間測定を実施し、隙間が基準値に達した場合は補修又は取替を実施することにより、軸受の機能を維持している。

はく離については、分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査を実施し、必要に応じて補修又は取替を実施することにより、軸受の機能を維持している。

したがって、ジャーナル軸受の摩耗、はく離は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 外部車室（内面）、内部車室、抽気短管、翼、噴口、隔板の腐食（流れ加速型腐食）

外部車室は炭素鋼、内部車室、抽気短管は低合金鋼、翼、噴口はステンレス鋼、隔板は低合金鋼鑄鋼及び低合金鋼であり、内部流体は高速蒸気であるため、流れ加速型腐食による減肉が想定される。

外部車室（内面）、内部車室、抽気短管、翼、噴口、隔板については、タービン開放点検時に目視点検を実施している。また、減肉が進行した場合は補修を実施することにより機能を維持している。

したがって、外部車室（内面）、内部車室、抽気短管、翼、噴口、隔板の腐食（流れ加速型腐食）による減肉は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. 内部ケーシングボルト，パッキンケーシング，隔板締付ボルト，車軸の腐食（流れ加速型腐食）

内部ケーシングボルト，隔板締付ボルト，車軸は低合金鋼，パッキンケーシングは炭素鋼であり，流れ加速型腐食による減肉が想定されるが，目視点検において有意な減肉がないことを確認している。

したがって，内部ケーシングボルト，パッキンケーシング，隔板締付ボルト，車軸の腐食（流れ加速型腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. 外部車室（外面），軸受台（外面）の腐食（全面腐食）

外部車室及び軸受台は炭素鋼であり外面からの腐食が想定される。

しかしながら，大気接触部は塗装により腐食を防止しており，塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また，外部車室及び軸受台の外面は，目視点検において塗膜の状態を確認しており，はく離等が認められた場合は，必要に応じて補修を実施することにより機能を維持している。

したがって，今後も有意な腐食が発生する可能性は小さいことから，外部車室（外面），軸受台（外面）の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 外部ケーシングボルト，カップリングボルトの腐食（全面腐食）

外部ケーシングボルト，カップリングボルトは低合金鋼であり，腐食が想定されるが，目視点検において有意な腐食がないことを確認している。

したがって，外部ケーシングボルト，カップリングボルトの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 翼，噴口，隔板締付ボルト，車軸の応力腐食割れ

翼，噴口はステンレス鋼，隔板締付ボルト，車軸は低合金鋼であり，蒸気環境下で使用されていることから，応力腐食割れが想定される。

翼，噴口，隔板締付ボルトの応力腐食割れについては，分解時に目視点検及び浸透探傷検査を実施し，有意な欠陥がないことを確認している。

第 25 回定期検査時に低圧タービン(B)において，タービン側 13 段，14 段，発電機側 13 段の計 5 か所の車軸の翼取付部位（以下，「ダブテイル部」という）に欠陥が認められた。

車軸は低合金鋼であり，湿り蒸気環境下で使用されていることから，応力腐食割れと想定される。

車軸ダブテイル部の欠陥部分については，加工にて除去済であり，健全性に問題ないことを確認している。

また，車軸の応力腐食割れについては，目視点検，磁粉探傷検査，超音波探傷検査を実施することにより検知可能であり，健全性の確認は可能である。

したがって，翼，噴口，隔板締付ボルト，車軸の応力腐食割れは，高経年化対策上着目すべき劣化事象ではないと判断する。

i. 車軸の摩耗

車軸の軸受との摺動面は摩耗が想定されるが，潤滑油が供給され車軸と軸受間に油膜が形成されており，車軸の摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，これまでの目視点検において有意な摩耗は認められておらず，今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難い。

したがって，車軸の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. キーの摩耗

キーは，外部車室中心を車軸中心と合わせるための位置決めキーであり，車室の熱移動によりキーと車室の接触面の摩耗が想定されるが，外部車室内部は低圧タービンの排気であるため，熱移動が小さく，ほとんど移動しないことから，摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，これまでのキーの目視点検及び厚さ測定による点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，キーの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 油切り、軸受台（内面）、軸受ボルト、ベースプレートの腐食（全面腐食）

油切り、軸受台、ベースプレートは炭素鋼、軸受ボルトは低合金鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、油切り、軸受台（内面）、軸受ボルトはオイルミスト環境下であること、また、軸受台とベースプレートのスライド部については、潤滑剤が塗布されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

なお、油切り、軸受台（内面）、軸受ボルト、ベースプレートについては、これまでの目視点検において有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、油切り、軸受台（内面）、軸受ボルト、ベースプレートの腐食（全面腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. 内部車室の疲労割れ

内部車室には、プラント起動・停止時の熱応力により疲労が蓄積され、疲労割れを起こす可能性があるが、プラント起動・停止の回数は2回／サイクルと少なく、起動・停止時には急激な温度変化を生じないように運転しており、熱応力による疲労蓄積は小さいことから疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお、これまでの目視点検、浸透探傷検査において有意な欠陥は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、内部車室の疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 噴口の高サイクル疲労割れ

国内他プラント（PWR）の低圧タービン最終段静翼（BWRでは噴口に相当）溶接部及びその近傍において、高サイクル疲労によるき裂が生じた事例があるが、国内BWRプラントで噴口の高サイクル疲労の事例はない。

なお、これまでの目視点検及び浸透探傷検査結果において有意な欠陥は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、噴口の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. 翼，レーシングワイヤの高サイクル疲労割れ

東海第二の低圧タービンの翼は、数枚ごとに翼端でレーシングワイヤによって連結して群を構成している。過去、国内他プラント（PWR）において、群翼の固有振動数が回転周波数の整数倍に共振して翼が折損する事例が見られた。

また、海外プラントにおいて、車軸と翼の連成振動が、発電機の系統周波数に共振して、運開した直後に低圧タービン最終段翼が飛散した事例がある。

東海第二については、車軸と翼群の固有振動数が回転周波数に共振しないよう設計上考慮されている。また、車軸と翼の連成振動に関しては、運転開始後 40 年が経過している時点で共振が発生していないため、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

なお、これまでの目視点検及び浸透探傷検査結果からも翼に有意な欠陥は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、翼，レーシングワイヤの高サイクル疲労は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. 車軸の高サイクル疲労割れ

車軸はタービン運転時に定常応力と変動応力が発生する。高平均応力下において繰返し応力を受けると、応力集中部において高サイクル疲労割れが想定されるが、設計段階において高サイクル疲労割れが発生しないように考慮されている。

なお、これまでの車軸の目視点検、浸透探傷検査、磁粉探傷検査、超音波探傷検査の結果からも有意な欠陥は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、車軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

p. 翼，車軸の腐食疲労割れ

翼，車軸の隙間部に腐食媒体の濃縮から腐食が発生し、これに繰返し応力が負荷される場合、疲労き裂が発生、進展することがあるが、当該機器については、こうした腐食媒体の濃縮を起こすような乾湿交番域が存在しない。

なお、これまでの目視点検からも有意な欠陥は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、翼，車軸の腐食疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 軸受台の摩耗

軸受台は、軸受台底面とベースプレートのスライド部に摩耗が想定されるが、当該部には、潤滑剤が塗布されており、軸受台の移動回数は2回／サイクル（プラントの起動・停止回数）と少なく、タービン起動時は温度を確認しながら昇温しているため、移動速度は緩やかであることから、摩耗が進行する可能性はない。

したがって、軸受台の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. クロスアラウンド管エキスパンションジョイント、抽気短管エキスパンションジョイントの疲労割れ

エキスパンションジョイントは、プラント起動・停止時の車室伸びにより疲労が蓄積されるため、疲労割れが想定される。

しかしながら、エキスパンションジョイントは、プラント起動・停止時の車室伸びにより発生する応力が低くなるよう設計されている。

また、プラントは定格熱出力一定にて運転しており、プラント起動・停止回数は2回／1サイクルと少なく、さらに、タービン起動時には、暖機運転を実施しており、熱応力による材料の疲労蓄積は小さいことから、疲労割れが発生する可能性はない。

なお、抽気短管エキスパンションジョイントについては、保護管取付部の減肉対策として、これまでに全数の取替を実施している。

したがって、クロスアラウンド管エキスパンションジョイント、抽気短管エキスパンションジョイントの疲労割れは、高経年化対策上着目すべき劣化事象ではないと判断する。

c. クロスアラウンド管エキスパンションジョイント，抽気短管エキスパンションジョイントの応力腐食割れ

クロスアラウンド管エキスパンションジョイント，抽気短管エキスパンションジョイントはステンレス鋼であり，溶接部を有していることから，当該部に応力腐食割れが想定される。しかし，内部流体は蒸気であり，また，ベローズは薄肉のため溶接による残留応力は比較的小さいと考えられる。

さらに，抽気短管エキスパンションジョイントは鋭敏化特性に優れた低炭素材が使用されている。このため，応力腐食割れが発生する可能性はない。

したがって，クロスアラウンド管エキスパンションジョイント，抽気短管エキスパンションジョイントの応力腐食割れは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 低圧タービンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	外部車室		炭素鋼		△ ^{*1*2} △ ^{*3}					*1：流れ加速型腐食 *2：内面 *3：外面 *4：高サイクル疲労割れ *5：腐食疲労割れ *6：はく離	
		外部ケーシングボルト		低合金鋼		△						
		内部車室		低合金鋼		△ ^{*1}	△					
		内部ケーシングボルト		低合金鋼		△ ^{*1}						
		クロスアラウンド管エキスパンションジョイント		ステンレス鋼			▲	▲				
		抽気短管		低合金鋼		△ ^{*1}						
		抽気短管エキスパンションジョイント		ステンレス鋼			▲	▲				
		大気放出板	◎	—								
	ガスケット	◎	—									
	軸シール	パッキンケーシング			炭素鋼		△ ^{*1}					
ラビリンスパッキン				低合金鋼	△							
油切り				炭素鋼		△						
タービン性能の確保	エネルギー変換	翼		ステンレス鋼		△ ^{*1}	△ ^{*4*5}	△				
		噴口		ステンレス鋼		△ ^{*1}	△ ^{*4}	△				
		隔板締付ボルト		低合金鋼		△ ^{*1}		△				
		隔板		低合金鋼鋳鋼, 低合金鋼		△ ^{*1}						
		レーシングワイヤ		ステンレス鋼				△ ^{*4}				
	エネルギー伝達	車軸			低合金鋼	△	△ ^{*1}	△ ^{*4*5}	△			
		カップリングボルト			低合金鋼		△					
		軸受台			炭素鋼	▲	△ ^{*2*3}					
	軸支持	ジャーナル軸受			炭素鋼, ホワイトメタル	△					△ ^{*6}	
		軸受ボルト			低合金鋼		△					
機器の支持	支持	ベースプレート		炭素鋼		△						
		キー		炭素鋼	△							
		基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

1.3 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン

[対象機器]

- ① 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン

目次

1. 対象機器	1.3-1
2. 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンの技術評価.....	1.3-2
2.1 構造,材料及び使用条件.....	1.3-2
2.2 経年劣化事象の抽出.....	1.3-11
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	1.3-11
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	1.3-11
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	1.3-12

1. 対象機器

東海第二で使用している原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンの主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンの主な仕様

機器名称	仕様（出力 ×回転速度）	重要度*1	使用条件		
			運転状態	運転圧力*2 (MPa)	運転温度*2 (°C)
原子炉給水ポンプ駆動 用蒸気タービン	8,356 kW ×5,000 rpm	高*3	連続	高圧：6.55 低圧：1.31	高圧：282 低圧：195

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

*2：原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン入口の蒸気条件を示す

*3：最高使用温度が 95 °C を超え、又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

2. 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンの技術評価

2.1 構造, 材料及び使用条件

(1) 構造

a. タービン

東海第二の原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンは7段の単気筒衝動式復水タービンであり, 蒸気は高圧ノズルボックスよりタービンに流入し, 各段を経て車室下半部にある排気口から排出され復水器に至る。

車室は高圧部が低合金鋼鋳鋼, 低圧部が低合金鋼であり, 上下半車室に分割され, ケーシングボルトにより締結されている。

ダイヤフラム(隔板, 噴口)は, 車室内に嵌め込まれており蒸気の通路を形成している。隔板は, 低圧初段~3段が低合金鋼鋳鋼, 4段~7段が低合金鋼であり, また, 噴口はステンレス鋼である。

車軸は低合金鋼, 翼はステンレス鋼であり, 周方向は2個のジャーナル軸受, 軸方向は1個のスラスト軸受により支えられている。

車室両端面の車軸貫通部には, 蒸気流出を防止するためにスチームシールパッキン(ラビリンスパッキン)が設けられており, 多数のシールストリップを装備したラビリンスパッキンにより蒸気漏えいを防止している。

車室, ダイヤフラム, スチームシールパッキンはケーシングボルトを緩め, それぞれの上半部を取り出すことにより点検手入れが可能である。

なお, 車室, 隔板に流れ加速型腐食による減肉が認められたことから, 第24回定期検査(2009年度)に耐食性の優れた材質のタービンに取替を実施している。

b. 弁

<蒸気止め弁>

東海第二の蒸気止め弁は玉形弁であり, 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンA, B号機に高圧用, 低圧用がそれぞれ1台設置されている。

蒸気止め弁は, タービントリップ時に蒸気を遮断するものである。

弁本体は, 内部流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部(弁箱, 弁ふた, 弁ふたボルト, 弁軸封部), 内部流体を仕切る隔離部(弁体, 弁座)及び弁体を作動させる駆動力伝達部(弁棒, ピストン, 油筒シリンダ, スプリング, ヨーク, ブッシュ, 衛帯筐)からなる。

内部流体に接する弁箱, 弁ふたは低合金鋼鋳鋼, 弁体, 弁座は低合金鋼であり, 軸封部には内部流体の漏れを防止するため, グランドパッキンが使用されている。

弁体, 弁座等は, 弁ふたボルトを取外すことにより点検手入れが可能である。

<蒸気加減弁>

東海第二の蒸気加減弁は、玉形弁であり、原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン A, B 号機に高圧用、低圧用がそれぞれ 1 台設置されている。

高圧蒸気加減弁はタービン起動時から常用運転時まで使用し、蒸気流量を加減して原子炉への給水量を制御するものであり、低圧蒸気加減弁はタービン常用運転時に、蒸気流量を加減して原子炉への給水量を制御するものである。

弁本体は、内部流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁ふた、弁ふたボルト、弁軸封部）、内部流体を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体を作動させる駆動力伝達部（弁棒、ブッシュ、リフトロッド、ピストン、油筒シリンダ）からなる。

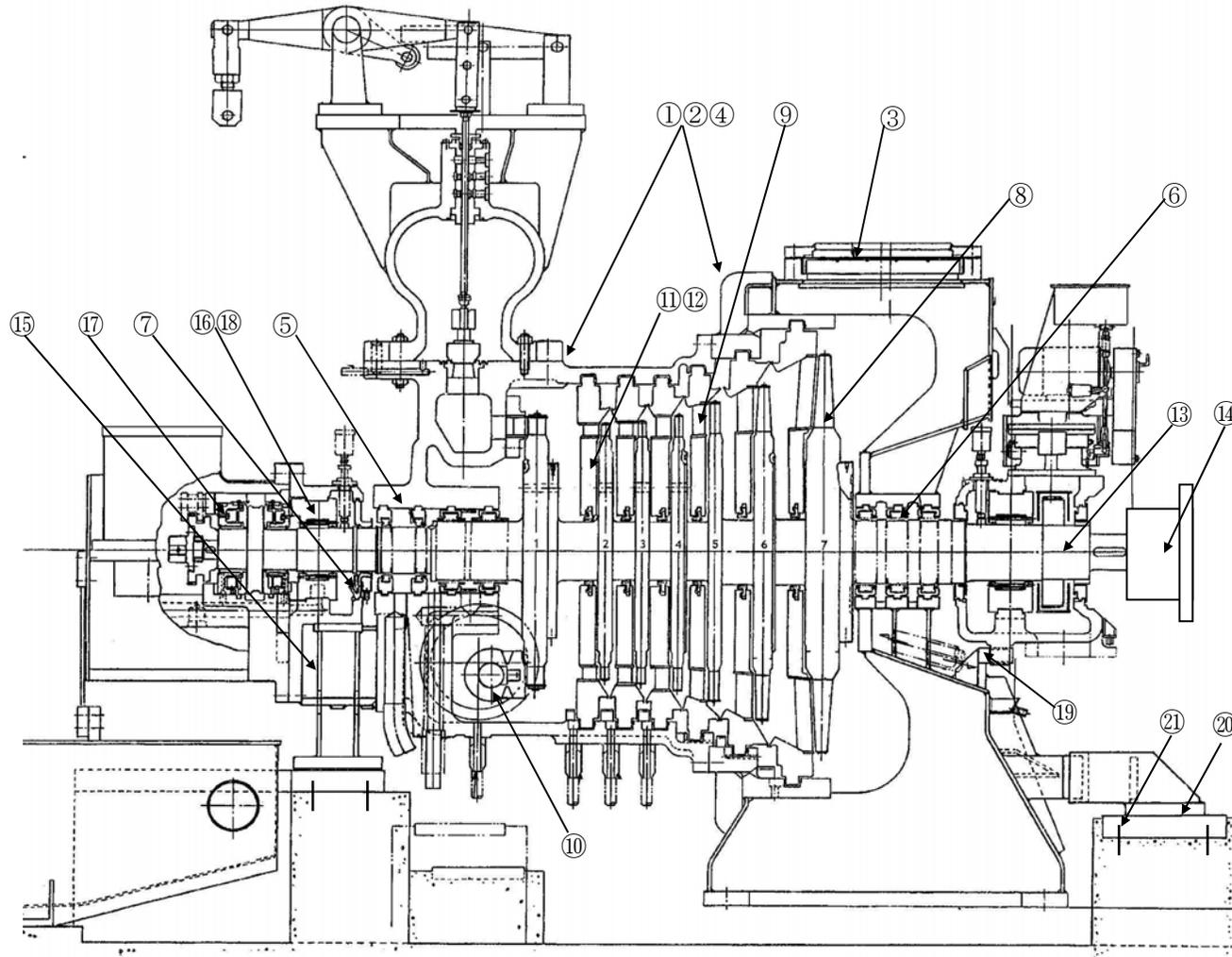
内部流体に接する弁箱、弁ふたは低合金鋼鋳鋼、弁体、弁座は低合金鋼であり、軸封部には内部流体の漏れを防止するため、グランドパッキンが使用されている。

弁体、弁座等は、弁ふたボルトを取り外すことにより点検手入れが可能である。

原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンの構造図を図 2.1-1 に、弁の構造図を図 2.1-2～4 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、弁主要部位の使用材料を表 2.1-2, 3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部位
①	車室 (高圧部, 低圧部)
②	ケーシングボルト
③	大気放出板
④	パッキン
⑤	パッキンハウジング
⑥	ラビリンスパッキン
⑦	油切り
⑧	翼
⑨	噴口
⑩	高圧ノズルボックス
⑪	隔板固定キー・ボルト
⑫	隔板
⑬	車軸
⑭	ダイヤフラムカップリング
⑮	軸受台
⑯	ジャーナル軸受
⑰	スラスト軸受
⑱	軸受ボルト
⑲	キー
⑳	ベースプレート
㉑	基礎ボルト

図 2.1-1 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン構造図

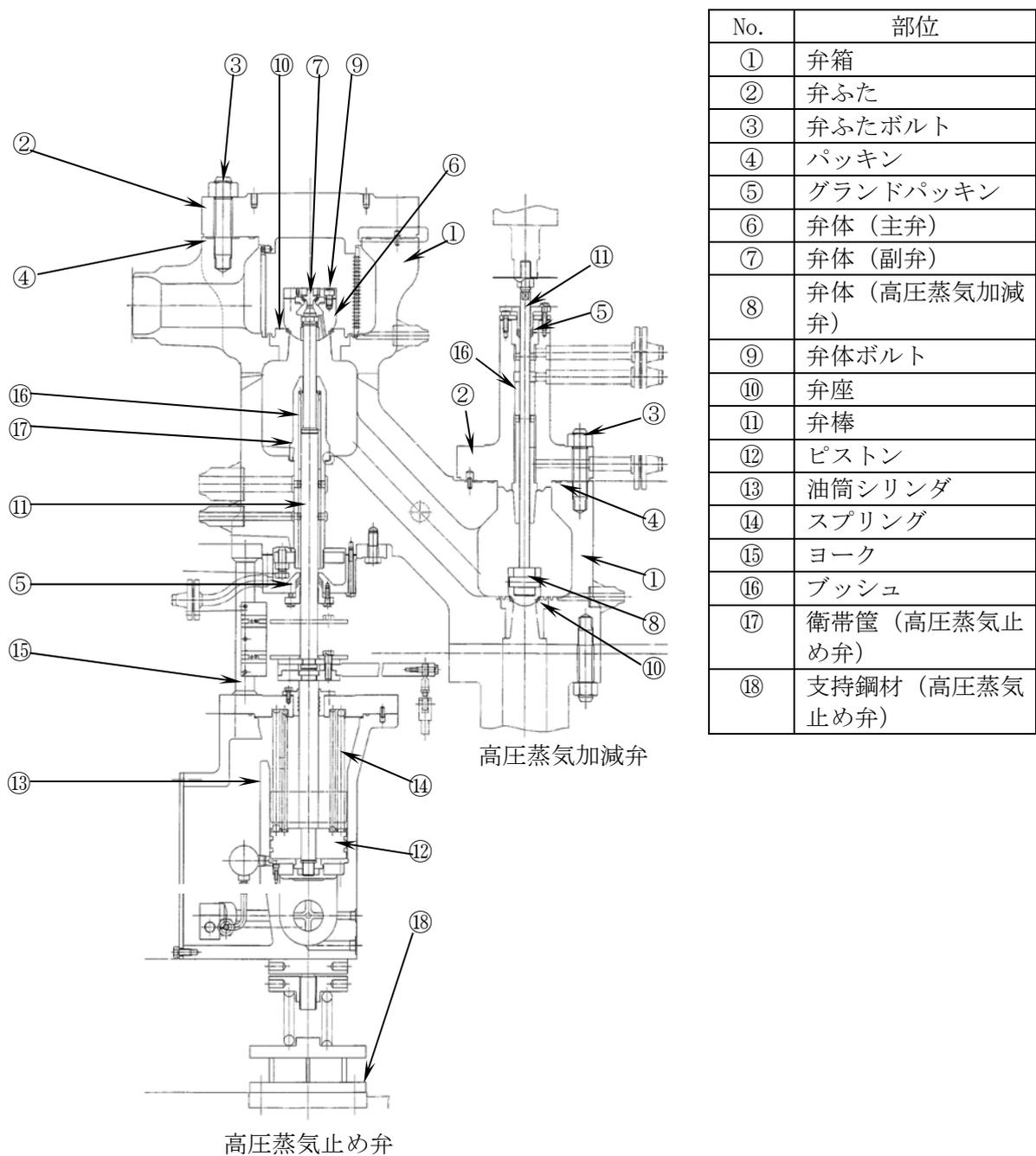
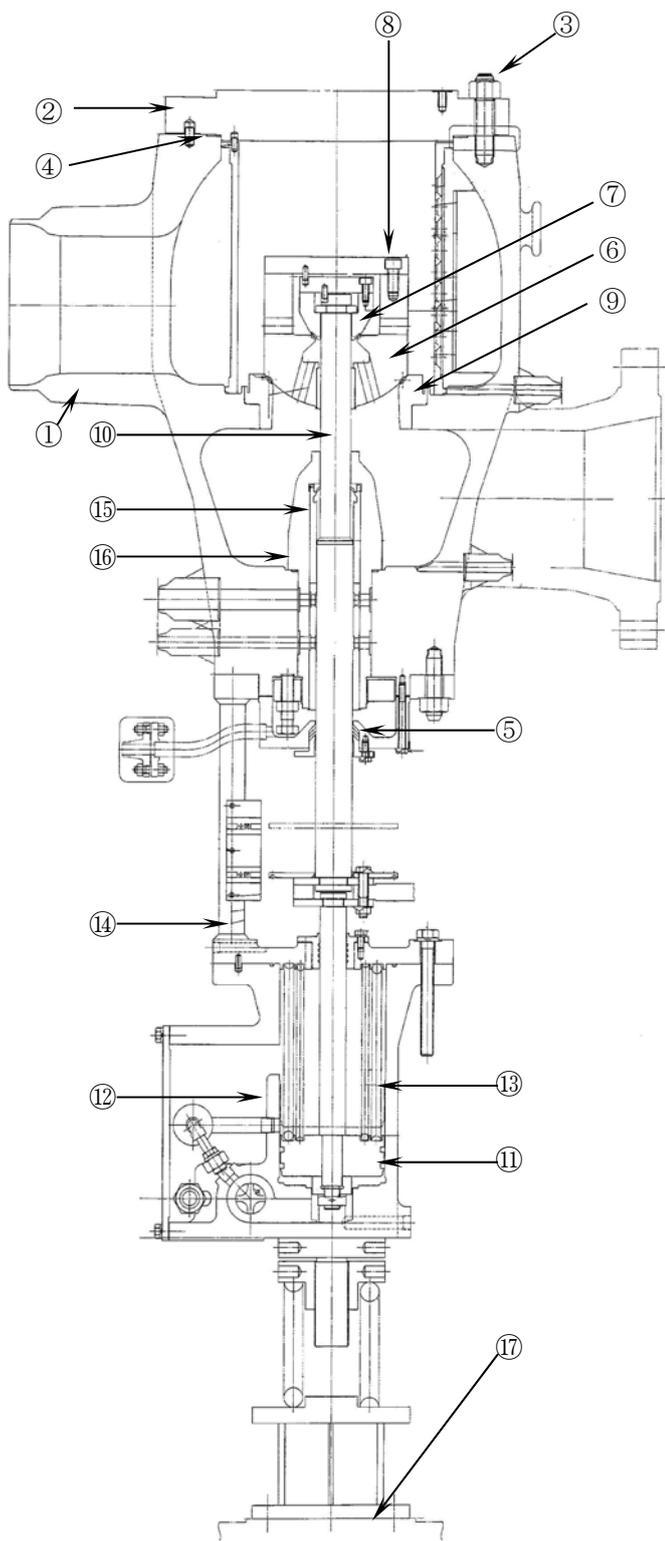


図 2.1-2 高圧蒸気止め弁, 高圧蒸気加減弁構造図



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	弁ふたボルト
④	パッキン
⑤	グランドパッキン
⑥	弁体(主弁)
⑦	弁体(副弁)
⑧	弁体ボルト
⑨	弁座
⑩	弁棒
⑪	ピストン
⑫	油筒シリンダ
⑬	スプリング
⑭	ヨーク
⑮	ブッシュ
⑯	衛帯筐
⑰	支持鋼材

図 2.1-3 低圧蒸気止め弁構造図

表 2.1-1 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料	
バウンダリの維持	耐圧	車室	高圧部：低合金鋼鋳鋼 低圧部：低合金鋼	
		ケーシングボルト	低合金鋼，炭素鋼	
		大気放出板	(定期取替品)	
		パッキン	(消耗品)	
	軸シール	パッキンハウジング	高圧部：低合金鋼鋳鋼 低圧部：低合金鋼	
		ラビリンスパッキン	鉛入り Ni 黄銅	
		油切り	アルミニウム合金鋳鋼， 銅合金鋼	
タービン性能の確保	エネルギー変換	翼	ステンレス鋼	
		噴口	ステンレス鋼	
		高圧ノズルボックス	低合金鋼鋳鋼	
		隔板固定キー・ボルト	低合金鋼	
		隔板	低圧初段，2 段～3 段：低合金鋼鋳鋼 4 段～7 段：低合金鋼	
	エネルギー伝達	車軸	低合金鋼	
		ダイヤフラムカップリング	低合金鋼	
	軸支持	軸受台	炭素鋼	
		ジャーナル軸受	鋳鋼，炭素鋼，ホワイトメタル	
		スラスト軸受	鋳鋼，炭素鋼，ホワイトメタル	
		軸受ボルト	低合金鋼	
	機器の支持	支持	キー	炭素鋼
			ベースプレート	炭素鋼
基礎ボルト			炭素鋼	

表2.1-2 高圧蒸気止め弁及び低圧蒸気止め弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料	
			高圧蒸気止め弁	低圧蒸気止め弁
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	低合金鋼鋳鋼	低合金鋼鋳鋼
		弁ふた	低合金鋼鋳鋼	低合金鋼鋳鋼
		弁ふたボルト	低合金鋼	低合金鋼
	シール	パッキン	(消耗品)	(消耗品)
		グランドパッキン	(消耗品)	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体（主弁）	低合金鋼 (ステライト肉盛)	低合金鋼 (ステライト肉盛)
		弁体（副弁）	低合金鋼 (ステライト肉盛)	低合金鋼 (ステライト肉盛)
		弁体ボルト	低合金鋼	低合金鋼
		弁座	低合金鋼 (ステライト肉盛)	低合金鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	低合金鋼	低合金鋼
		ピストン	炭素鋼	炭素鋼
		油筒シリンダ	炭素鋼鋳鋼	炭素鋼鋳鋼
		スプリング	ばね鋼	ばね鋼
		ヨーク	炭素鋼	炭素鋼
		ブッシュ	低合金鋼	低合金鋼
		衛帯筐	低合金鋼	低合金鋼
機器の支持	支持	支持鋼材	炭素鋼	炭素鋼

表2.1-3 高圧蒸気加減弁及び低圧蒸気加減弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料	
			高圧蒸気加減弁	低圧蒸気加減弁
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	低合金鋼鋳鋼	低合金鋼鋳鋼
		弁ふた	低合金鋼鋳鋼	低合金鋼鋳鋼
		弁ふたボルト	低合金鋼	低合金鋼
	シール	パッキン	(消耗品)	—
		グランドパッキン	(消耗品)	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	低合金鋼 (ステライト肉盛)	—
		弁体 (主弁)	—	低合金鋼 (ステライト肉盛)
		弁体 (副弁)	—	低合金鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	低合金鋼 (ステライト肉盛)	低合金鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	低合金鋼	低合金鋼
		ブッシュ	低合金鋼	低合金鋼
		リフトロッド	—	低合金鋼
		ピストン	鋳鉄	
		油筒シリンダ	炭素鋼	

表 2.1-4 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンの使用条件

運転圧力	高圧側：6.55 MPa，低圧側：1.31 MPa
運転温度	高圧側：282 °C，低圧側：195 °C
回転速度	5,000 rpm
内部流体	蒸気

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンの機能である原子炉給水機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- (1) バウンダリの維持
- (2) タービン性能の確保
- (3) 機器の支持
- (4) 作動機能の維持
- (5) 隔離機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンについて機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体の種類、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり、想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△、▲）。

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

パッキン、グランドパッキンは消耗品、大気放出板は定期取替品であり、設計時に長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお、下記①、②に該当する事象については2.2.3項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトの健全性については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めない。

b. ラビリンスパッキンの摩耗 [タービン]

ラビリンスパッキンは、車軸との間に隙間を設け、隙間管理を実施し、接触を防止している。また、分解点検時に車軸との隙間測定を実施しており、有意な摩耗がないことを確認している。

したがって、ラビリンスパッキンの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ジャーナル軸受及びスラスト軸受の摩耗、はく離 [タービン]

ジャーナル軸受及びスラスト軸受は、ホワイトメタルを軸受パッドに溶着しているので摩耗及びはく離が想定される。

摩耗については、主軸と軸受間に潤滑油が供給され軸受の摩耗を抑制している。

また、分解点検時に目視点検及び隙間測定を行い、隙間が基準値に達した場合は取替又は補修を実施することにより、軸受の機能を維持している。

はく離については、分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査を実施し、必要に応じて取替又は補修を実施することにより、軸受の機能を維持している。

したがって、ジャーナル軸受及びスラスト軸受の摩耗、はく離は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 弁棒、ブッシュ、衛帯筐の摩耗 [高圧蒸気止め弁、高圧蒸気加減弁、低圧蒸気止め弁、低圧蒸気加減弁]

蒸気止め弁及び蒸気加減弁の弁棒、ブッシュ、衛帯筐は低合金鋼であり摩耗の可能性はあるが、目視点検において有意な摩耗がないことを確認している。

したがって、弁棒、ブッシュ、衛帯筐の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. 車室（内面），パッキンハウジング，翼，噴口，高圧ノズルボックス，車軸，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁棒，ブッシュ，衛帯筐，リフトロッドの腐食（流れ加速型腐食）〔タービン，高圧蒸気止め弁，高圧蒸気加減弁，低圧蒸気止め弁，低圧蒸気加減弁〕

車室高圧部（タービン），パッキンハウジング高圧部（タービン），高圧ノズルボックス（タービン），弁箱（弁共通），弁ふた（弁共通）は低合金鋼鋳鋼，翼（タービン），噴口（タービン）はステンレス鋼，車軸（タービン），パッキンハウジング低圧部（タービン），弁棒（弁共通），ブッシュ（弁共通），衛帯筐（高圧蒸気止め弁，低圧蒸気止め弁），リフトロッド（低圧蒸気加減弁）は低合金鋼であり，内部流体は湿分を含んだ高速蒸気であるため，流れ加速型腐食により減肉の可能性はある。

しかし，目視点検において有意な減肉がないことを確認している。

したがって，車室（内面），パッキンハウジング，翼，噴口，高圧ノズルボックス，車軸，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁棒，ブッシュ，衛帯筐，リフトロッドの腐食（流れ加速型腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. 車室（外面），軸受台（外面），弁箱（外面），弁ふた（外面），ヨーク，支持鋼材の腐食（全面腐食）〔タービン，高圧蒸気止め弁，高圧蒸気加減弁，低圧蒸気止め弁，低圧蒸気加減弁〕

軸受台（タービン），ヨーク，支持鋼材（高圧及び低圧蒸気止め弁）は炭素鋼，車室低圧部（タービン）は低合金鋼，車室高圧部（タービン），弁箱，弁ふた（弁共通）は低合金鋼鋳鋼であり腐食発生の可能性があるが，大気接触部は塗装により腐食を防止しており，塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

これまで車室（外面），軸受台（外面），弁箱（外面），弁ふた（外面），ヨーク，支持鋼材は，目視点検において塗膜状態を確認しており，はく離等が認められた場合は，必要に応じて補修を実施することにより機能を維持している。

したがって，車室（外面），軸受台（外面），弁箱（外面），弁ふた（外面），ヨーク，支持鋼材の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 隔板固定キー・ボルト，隔板の腐食（全面腐食）〔タービン〕

隔板固定キー・ボルトは低合金鋼，隔板は低合金鋼鋳鋼及び低合金鋼であり，蒸気環境下にあることから，腐食発生の可能性があるが，目視点検において有意な腐食がないことを確認している。

したがって，隔板固定キー・ボルト，隔板の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. ケーシングボルト，弁ふたボルト，弁体ボルトの腐食（全面腐食） [タービン，
高圧蒸気止め弁，低圧蒸気止め弁，高圧蒸気加減弁，低圧蒸気加減弁]
ケーシングボルト（タービン）は低合金鋼及び炭素鋼，弁ふたボルト（弁共通），
弁体ボルト（高圧蒸気止め弁及び低圧蒸気止め弁）は低合金鋼であり，外気に接触
していること，もしくは湿分を含んだ高速蒸気環境にあるため，腐食の可能性があ
るが，目視点検において有意な腐食がないことを確認している。
したがって，ケーシングボルト，弁ふたボルト，弁体ボルトの腐食（全面腐食）
は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- i. ラビリンスパッキンのエロージョン [タービン]
ラビリンスパッキンは鉛入り Ni 黄銅であり，内部流体は湿分を含んだ高速蒸気
であるため，エロージョンにより減肉する可能性がある。
しかし，分解点検時の目視点検において有意なエロージョンがないことを確認し
ている。
したがって，ラビリンスパッキンのエロージョンは，高経年化対策上着目すべき
経年劣化事象ではないと判断する。
- j. 弁体（主弁・副弁），弁体，弁座の腐食（流れ加速型腐食） [高圧蒸気止め弁，
高圧蒸気加減弁，低圧蒸気止め弁，低圧蒸気加減弁]
高圧蒸気止め弁，低圧蒸気止め弁，低圧蒸気加減弁の弁体（主弁・副弁）及び弁
座，高圧蒸気加減弁の弁体及び弁座は低合金鋼であり内部流体は湿分を含んだ高速
蒸気であるため，流れ加速型腐食により減肉する可能性があるが，分解点検時に目
視点検及び浸透探傷検査を実施し，必要に応じて溶接補修等を実施することにより
機能を維持している。
したがって，弁体（主弁・副弁），弁体，弁座の腐食（流れ加速型腐食）は，高
経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- k. 弁体（主弁・副弁），弁体，弁座シート部のエロージョン [高圧蒸気加減弁，低
圧蒸気加減弁]
低圧蒸気加減弁の弁体（主弁・副弁）及び弁座，高圧蒸気加減弁の弁体及び弁座
は低合金鋼であり，シート部にステライト肉盛が施されている。
高圧蒸気加減弁，低圧蒸気加減弁については，目視点検において有意なエロージ
ョンがないことを確認している。
したがって，弁体（主弁・副弁），弁体，弁座シート部のエロージョンは高経年
化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. 翼，隔板固定キー・ボルト，車軸，弁体ボルトの応力腐食割れ [タービン， 高圧蒸気止め弁， 低圧蒸気止め弁]

タービンの翼はステンレス鋼，隔板固定キー・ボルト，車軸，高圧蒸気止め弁及び低圧蒸気止め弁の弁体ボルトは低合金鋼であり，湿り蒸気環境下で使用されていることから，応力腐食割れが発生する可能性がある。

翼，隔板固定キー・ボルト，車軸，弁体ボルトの応力腐食割れについては，目視点検，浸透探傷検査，超音波探傷検査において有意な欠陥がないことを確認している。

したがって，翼，隔板固定キー・ボルト，車軸，弁体ボルトの応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 車軸の摩耗 [タービン]

車軸の軸受との摺動面は摩耗が想定されるが，潤滑油が供給され車軸と軸受間に油膜が形成されており，車軸の摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，これまでの目視点検及び隙間計測結果において有意な摩耗は認められておらず，今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難い。

したがって，車軸の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. キーの摩耗 [タービン]

当該キーは車室の中心を決める位置決めキーであり，車室の熱移動により車室との接触面の摩耗が想定されるが，車室の移動回数は2回/1サイクル（プラントの起動・停止回数）と少なく，タービン起動時は車室温度を確認しながら昇温しているため，車室の移動は緩やかであることから，摩耗が進行する可能性は小さい。

なお，これまでの目視点検において有意な摩耗は認められておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，キーの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. 油切り, 軸受台(内面), 軸受ボルト, ベースプレートの腐食(全面腐食) [タービン]

油切りは銅合金鋼, 軸受台, ベースプレートは炭素鋼, 軸受ボルトは低合金鋼であり腐食が想定されるが, 油切り, 軸受台(内面), 軸受ボルトはオイルミスト環境下であること, また, 軸受台とベースプレートのスライド部については, 潤滑剤が塗布されていることから腐食が発生する可能性は小さい。

なお, 油切り, 軸受ボルト, 軸受台とベースプレートのスライド部については, これまでの目視点検において有意な腐食は認められておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって, 油切り, 軸受台(内面), 軸受ボルト, ベースプレートの腐食(全面腐食)は, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

p. 弁体(主弁, 副弁), 弁座のシート部のエロージョン [高圧蒸気止め弁, 低圧蒸気止め弁]

高圧蒸気止め弁, 低圧蒸気止め弁の弁体(主弁, 副弁), 弁座は低合金鋼であり, シート部にステライト肉盛が施されている。

高圧蒸気止め弁, 低圧蒸気止め弁は流量制御を行わず, 通常は全閉又は全開で使用されるため弁体(主弁, 副弁), 弁座のシート部のエロージョンの可能性は小さい。

なお, 弁体(主弁, 副弁), 弁座のシート部は, 目視点検において有意なエロージョンは認められておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって, 弁体(主弁, 副弁), 弁座のシート部のエロージョンは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

q. 車室の疲労割れ [タービン]

車室は低合金鋼鋳鋼及び低合金鋼であり, 疲労割れが想定されるが, 起動・停止時には急激な温度変化を生じないように運転されており, 疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお, これまでの目視点検, 浸透探傷検査において有意な欠陥は確認されておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって, 車室の疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

r. 翼の高サイクル疲労割れ [タービン]

翼は、群翼振動数と回転周波数が共振することのないよう設計段階で考慮されている。海外プラントにおいて、車軸と翼の連成振動により低圧タービンの最終段長翼が飛散した事例はあるが、原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンのように翼長の非常に短い剛構造の翼については、車軸と翼の連成振動が発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検、浸透探傷検査において有意な欠陥は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、翼の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

s. 噴口の高サイクル疲労割れ [タービン]

国内他プラントの低圧タービン最終段静翼（BWR では噴口に相当）溶接部及びその近傍において、高サイクル疲労によるき裂が生じた事例があったが、原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン噴口の翼長は低圧タービンのものと比較して非常に短いことから剛性が高く、高サイクル疲労割れの可能性は小さい。

なお、国内外のプラントで原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン噴口の高サイクル疲労割れの事例はない。また、これまでの目視点検、浸透探傷検査において有意な欠陥は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、噴口の高サイクル疲労割れは、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

t. 車軸の高サイクル疲労割れ [タービン]

車軸はタービン運転時に定常応力と変動応力が発生する。高平均応力において繰り返し応力を受けると、応力集中部において高サイクル疲労割れが想定されるが、設計段階において疲労割れが発生しないように考慮している。

なお、これまでの車軸の目視点検、浸透探傷検査において有意な欠陥は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、車軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

u. 翼・車軸の腐食疲労割れ [タービン]

翼・車軸の隙間部に腐食媒体の濃縮が発生し、これに繰り返し応力が負荷される場合、腐食疲労割れが発生、進展することがあるが、当該機器はこうした腐食媒体が濃縮を起こすような乾湿交番域は存在しない。

なお、これまでの目視点検、浸透探傷検査において有意な欠陥は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、翼・車軸の腐食疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

v. 弁棒の疲労割れ [高圧蒸気止め弁，高圧蒸気加減弁，低圧蒸気止め弁，低圧蒸気加減弁]

弁棒段付部等は角部を滑らかにし、応力集中を起こさないような構造をしており、発生応力の低減を図っている。

なお、これまでの目視点検、浸透探傷検査において有意な欠陥は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、弁棒の疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. ピストン、油筒シリンダの摩耗 [高圧蒸気止め弁、高圧蒸気加減弁、低圧蒸気止め弁、低圧蒸気加減弁]

ピストン及び油筒シリンダは、摺動部に摩耗が想定されるが、シリンダ内は潤滑油で満たされていることから、摺動部の摩耗の可能性はない。

したがって、ピストン、油筒シリンダの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. スプリングのへたり [高圧蒸気止め弁、低圧蒸気止め弁]

スプリングは常時応力のかかった状態で使用されるため、へたりが想定される。

しかし、スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるよう設定されており、また、スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりの進行の可能性はない。

したがって、スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1(1/3) 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	車室		高压部：低合金鋼鋳鋼 低压部：低合金鋼		△ ^{*1*2} △ ^{*3}	△					*1:流れ加速型腐食 *2:内面 *3:外面 *4:エロージョン *5:高サイクル疲労割れ *6:低压初段～3段 *7:4段～7段 *8:腐食疲労割れ *9:はく離
		ケーシングボルト		低合金鋼, 炭素鋼		△						
		大気放出板	◎	—								
		パッキン	◎	—								
	軸シール	パッキンハウジング		高压部：低合金鋼鋳鋼 低压部：低合金鋼		△ ^{*1}						
		ラビリンスパッキン		鉛入り Ni 黄銅	△	△ ^{*4}						
油切り			アルミニウム合金鋳鋼, 銅合金鋼		△							
タービン性能の確保	エネルギー変換	翼		ステンレス鋼		△ ^{*1}	△ ^{*5*8}	△				
		噴口		ステンレス鋼		△ ^{*1}	△ ^{*5}					
		高压ノズルボックス		低合金鋼鋳鋼		△ ^{*1}						
		隔板固定キー・ボルト		低合金鋼		△		△				
		隔板		低合金鋼鋳鋼 ^{*6} 低合金鋼 ^{*7}		△						
	エネルギー伝達	車軸		低合金鋼	△	△ ^{*1}	△ ^{*5*8}	△				
		ダイヤフラムカップリング		低合金鋼								
	軸支持	軸受台		炭素鋼		△ ^{*2*3}						
		ジャーナル軸受, スラスト軸受		鋳鋼, 炭素鋼, ホワイトメタル	△						△ ^{*9}	
軸受ボルト			低合金鋼		△							
機器の支持	支持	キー		炭素鋼	△							
		ベースプレート		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(2/3) 高圧, 低圧蒸気止め弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材料変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		低合金鋼鋳鋼		△ ^{*1*2} △ ^{*3}					*1:流れ加速型腐食 *2:内面 *3:外面 *4:シート部はステライト肉盛 *5:シート部のエロージョン *6:スプリングのへたり	
		弁ふた		低合金鋼鋳鋼		△ ^{*1*2} △ ^{*3}						
		弁ふたボルト		低合金鋼		△						
	シール	パッキン	◎	—								
		グランドパッキン	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体(主弁, 副弁) ^{*4}		低合金鋼		△ ^{*1*5}						
		弁体ボルト		低合金鋼		△		△				
		弁座 ^{*4}		低合金鋼		△ ^{*1*5}						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		低合金鋼	△	△ ^{*1}	△					
		ピストン		炭素鋼	▲							
		油筒シリンダ		炭素鋼鋳鋼	▲							
		スプリング		ばね鋼						▲ ^{*6}		
		ヨーク		炭素鋼		△						
		ブッシュ		低合金鋼	△	△ ^{*1}						
		衛帯筐		低合金鋼	△	△ ^{*1}						
機器の支持	支持	支持鋼材		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2. 2-1 (3/3) 高圧, 低圧蒸気加減弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材料変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		低合金鋼鋳鋼		△ ^{*1*2} △ ^{*3}					*1:流れ加速型腐食 *2:内面 *3:外面 *4:シート部はステライト肉盛 *5:低圧蒸気加減弁 *6:高圧蒸気加減弁 *7:シート部のエロージョン	
		弁ふた		低合金鋼鋳鋼		△ ^{*1*2} △ ^{*3}						
		弁ふたボルト		低合金鋼		△						
	シール	パッキン	◎	—								
		グランドパッキン	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体 (主弁, 副弁) ^{*4*5}		低合金鋼		△ ^{*1} △ ^{*7}						
		弁体 ^{*6}		低合金鋼		△ ^{*1} △ ^{*7}						
		弁座 ^{*4}		低合金鋼		△ ^{*1} △ ^{*7}						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		低合金鋼	△	△ ^{*1}	△					
		ブッシュ		低合金鋼	△	△ ^{*1}						
		リフトロッド (低圧加減弁)		低合金鋼		△ ^{*1}						
		ピストン		鋳鉄	▲							
		油筒シリンダ		炭素鋼	▲							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

1.4 主要弁

[対象弁]

- ① 主塞止弁
- ② 加減弁
- ③ 中間塞止加減弁
- ④ タービンバイパス弁
- ⑤ クロスアラウンド管逃し弁

目次

1. 対象機器.....	1. 4-1
2. 主要弁の技術評価.....	1. 4-2
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	1. 4-2
2.1.1 主塞止弁.....	1. 4-2
2.1.2 加減弁.....	1. 4-6
2.1.3 中間塞止加減弁.....	1. 4-9
2.1.4 タービンバイパス弁.....	1. 4-12
2.1.5 クロスアラウンド管逃し弁.....	1. 4-15
2.2 経年劣化事象の抽出.....	1. 4-18
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	1. 4-18
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	1. 4-18
2.2.3 高経年化評価上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	1. 4-19

1. 対象機器

東海第二で使用している主要弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 主要弁の主な仕様

機器名称	型式	口径 (A)	重要度*1	使用条件		
				運転状態	運転圧力 (MPa)	運転温度 (°C)
主塞止弁	玉形弁	650	PS-2	連続	6.55	282
加減弁	バランス形弁	700	高*2	連続	6.55	282
中間塞止加減弁	複合弁	1,050	高*2	連続	1.28	195
タービンバイパス弁	玉形弁	450	PS-2	一時	6.55	282
クロスアラウンド管 逃し弁	安全弁	450	高*2	一時	1.28	195

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：最高使用温度が 95 °C を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

2. 主要弁の技術評価

2.1 構造, 材料及び使用条件

2.1.1 主塞止弁

(1) 構造

東海第二の主塞止弁は玉形弁であり, 高圧タービン入口に4台設置されている。

本弁は, タービントリップ時に, 高圧タービンへの蒸気供給を遮断するものである。

弁本体は, 内部流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部(弁箱, 弁ふた, 弁ふたボルト, 弁軸封部), 内部流体を仕切る隔離部(弁体, 弁体ボルト, 弁座)及び弁体を作動させる駆動部(弁棒, ピストン, 油筒シリンダ, スプリング, ヨーク, 衛帯筐), 弁を支える支持部(支持鋼材, 埋込金物)からなる。

また, 主塞止弁(No.2)については, タービンウォーミング用の副弁が設けられている。

内部流体に接する弁箱, 衛帯筐は鋳鋼, 弁ふた, 弁体(主弁, 副弁), 弁座は低合金鋼, 弁棒は炭素鋼であり, 軸封部には内部流体の漏れを防止するため, グランドパッキンが使用されている。

主塞止弁の構造図を図2.1-1, 2に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の主塞止弁主要部位の使用材料を表2.1-1に, 使用条件を表2.1-2に示す。

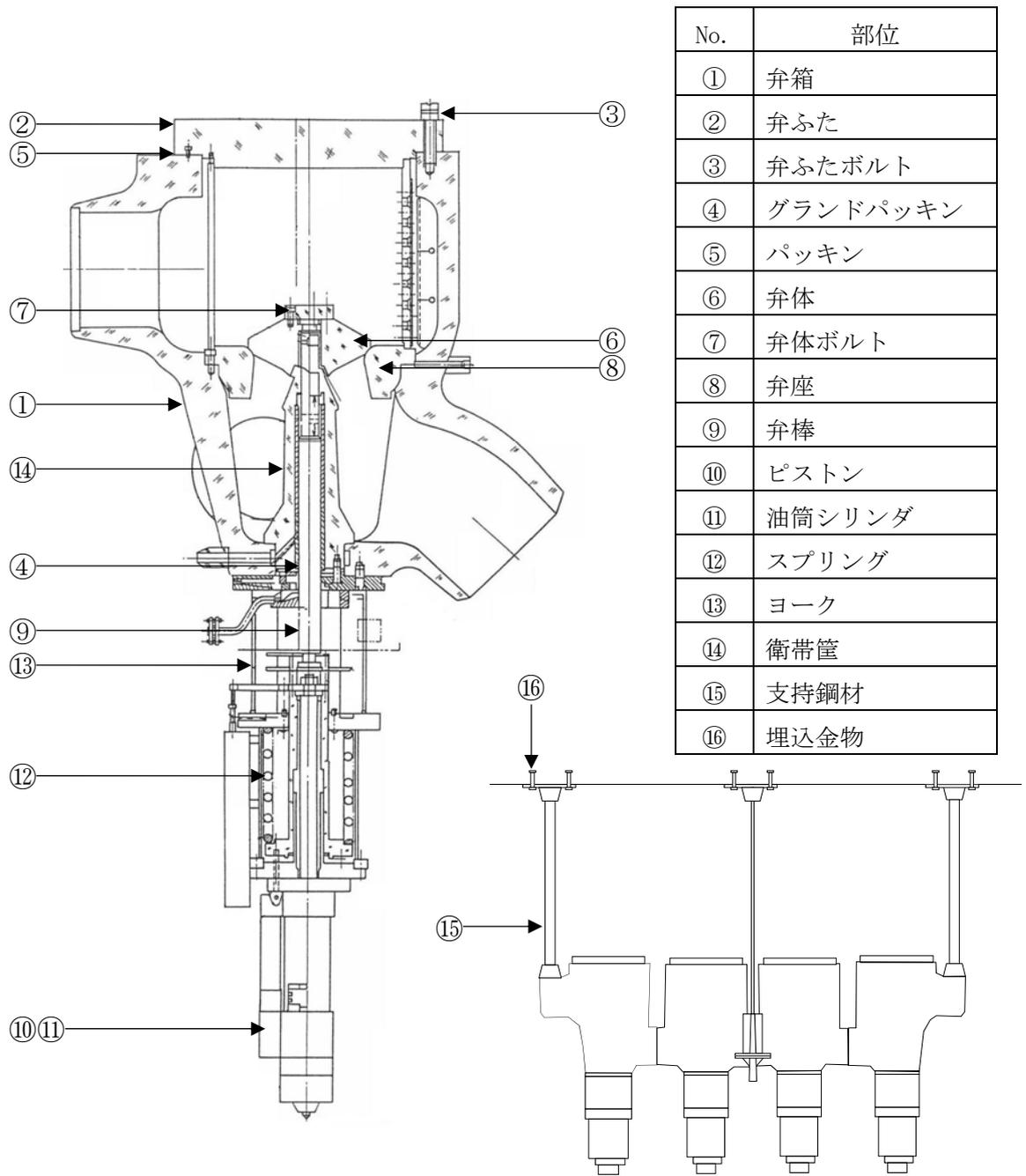


図2.1-1 主塞止弁 (No. 1, 3, 4) 構造図

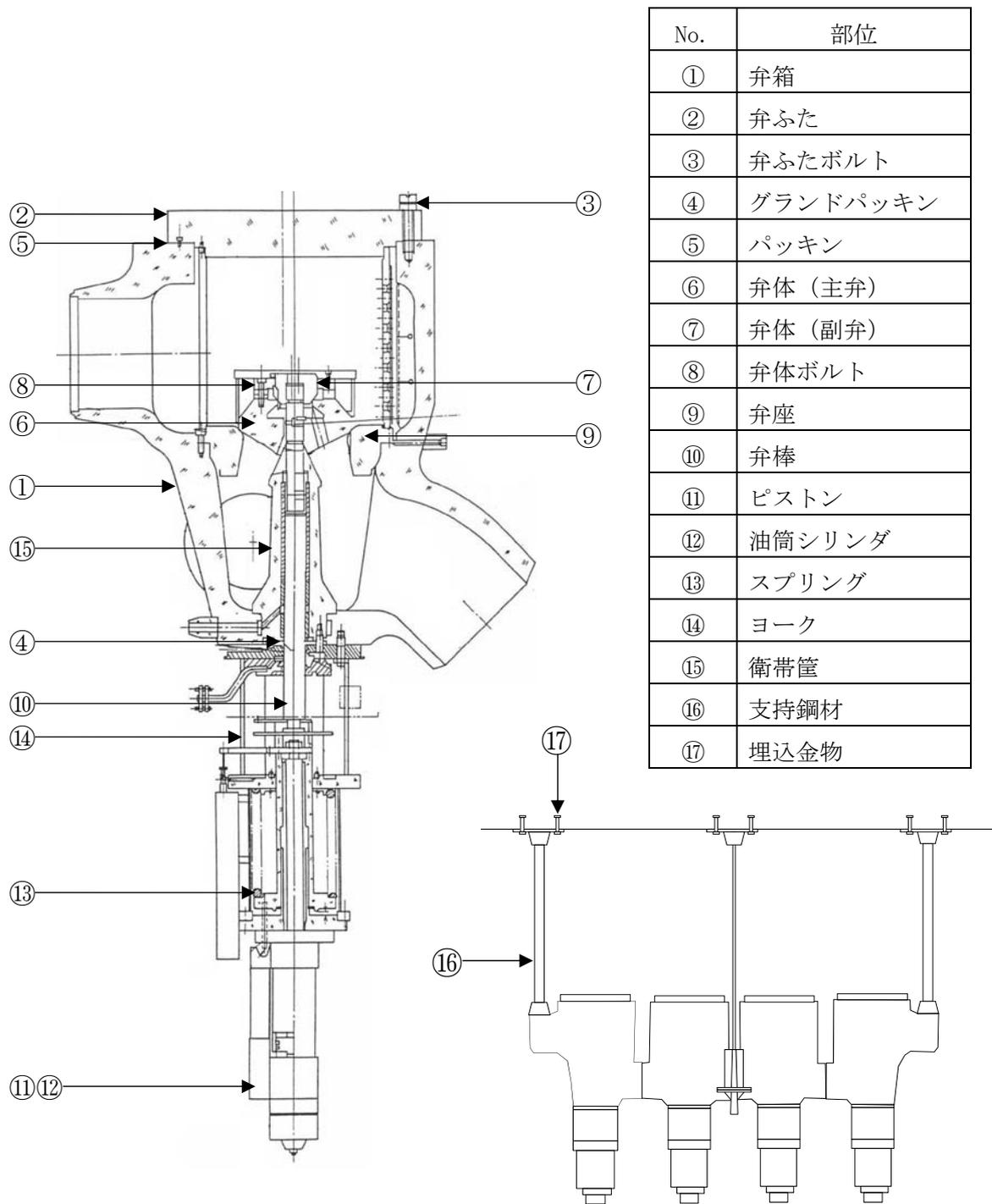


図2. 1-2 主塞止弁 (No. 2) 構造図

表 2.1-1 主塞止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	鋳鋼
		弁ふた	低合金鋼
		弁ふたボルト	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		パッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体 (主弁)	低合金鋼 (ステライト肉盛)
		弁体 (副弁) (No. 2のみ)	低合金鋼 (ステライト肉盛)
		弁体ボルト	低合金鋼
		弁座	低合金鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	炭素鋼
		ピストン	鋳鉄
		油筒シリンダ	炭素鋼
		スプリング	ばね鋼
		ヨーク	炭素鋼
		衛帯筐	鋳鋼
機器の支持	支持	支持鋼材	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼

表 2.1-2 主塞止弁の使用条件

運転圧力	6.55 MPa
運転温度	282 °C
内部流体	蒸気

2.1.2 加減弁

(1) 構造

東海第二の加減弁はバランス形弁であり、主塞止弁の下流に4台設置されている。

本弁は、高圧タービンへの蒸気流量を制御するものである。

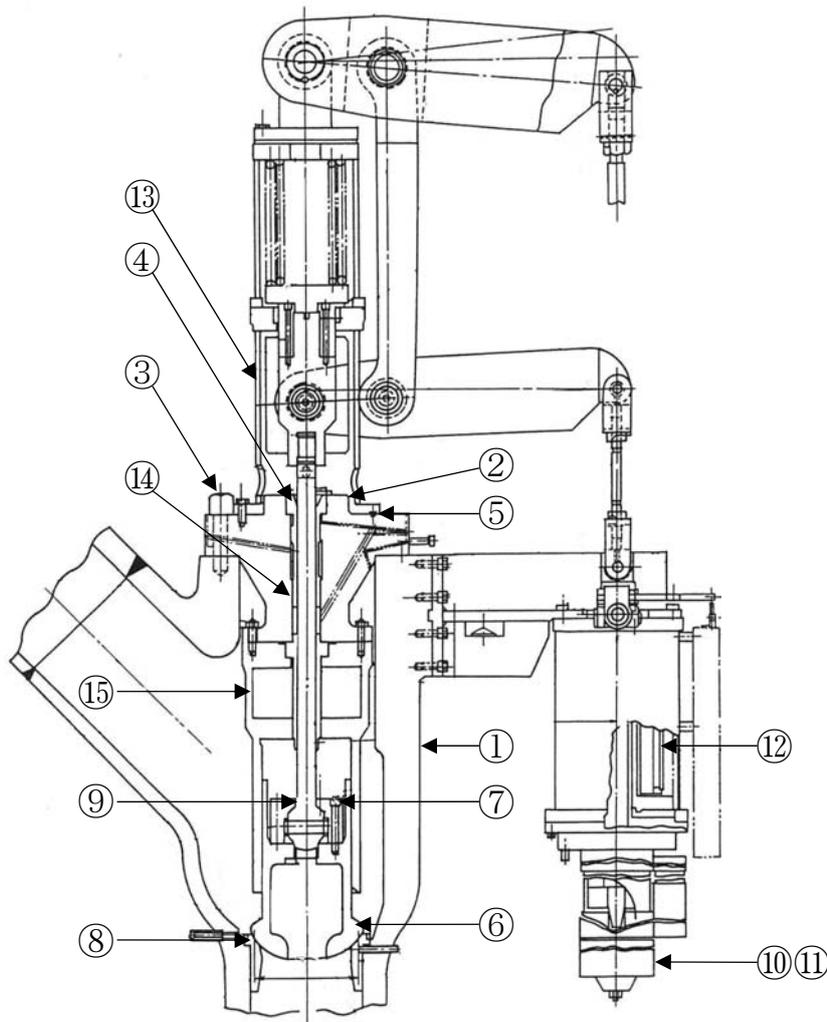
弁本体は、内部流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁ふた、弁ふたボルト、弁軸封部）、内部流体を仕切る隔離部（弁体、弁体ボルト、弁座）及び弁体を作動させる駆動部（弁棒、ピストン、油筒シリンダ、スプリング、ヨーク、ブッシュ、バランスチャンバー）からなる。

内部流体に接する弁箱は鋳鋼、弁ふた、弁体、弁座、バランスチャンバーは低合金鋼、弁棒（副弁）はステンレス鋼であり、軸封部には内部流体の漏れを防止するため、グランドパッキンが使用されている。

加減弁の構造図を図2.1-3に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の加減弁主要部位の使用材料を表2.1-3に、使用条件を表2.1-4に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	弁ふたボルト
④	グランドパッキン
⑤	パッキン
⑥	弁体 (主弁)
⑦	弁体ボルト
⑧	弁座
⑨	弁棒 (副弁)
⑩	ピストン
⑪	油筒シリンダ
⑫	スプリング
⑬	ヨーク
⑭	ブッシュ
⑮	バランスチャンバー

図2.1-3 加減弁構造図

表 2.1-3 加減弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	鋳鋼
		弁ふた	低合金鋼
		弁ふたボルト	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		パッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体 (主弁)	低合金鋼 (ステライト肉盛)
		弁体ボルト	低合金鋼
		弁座	低合金鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒 (副弁)	ステンレス鋼
		ピストン	鋳鉄
		油筒シリンダ	炭素鋼
		スプリング	ばね鋼
		ヨーク	炭素鋼
		ブッシュ	低合金鋼
		バランスチャンバー	低合金鋼

表 2.1-4 加減弁の使用条件

運転圧力	6.55 MPa
運転温度	282 °C
内部流体	蒸気

2.1.3 中間塞止加減弁

(1) 構造

東海第二の中間塞止加減弁は、中間加減弁と中間止め弁が一体の弁箱に収められた構造の複合弁であり、低圧タービン入口に6台設置されている。

本弁は、低圧タービンへの蒸気流量の制御及びタービントリップ時に低圧タービンへの蒸気供給を遮断するものである。

弁本体は、内部流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁ふた、弁ふたボルト、弁軸封部）、内部流体を仕切る隔離部（弁体、弁体ボルト、弁座）及び弁体を作動させる駆動部（弁棒、ピストン、油筒シリンダ、スプリング、ヨーク、衛帯管、スタンド）、弁を支える支持部（支持鋼材）からなる。

内部流体に接する弁箱、弁座、衛帯管、スタンドは鋳鋼、弁ふたは炭素鋼、弁体は低合金鋼、弁棒はステンレス鋼であり、軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

中間塞止加減弁の構造図を図2.1-4に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の中間塞止加減弁主要部位の使用材料を表2.1-5に、使用条件を表2.1-6に示す。

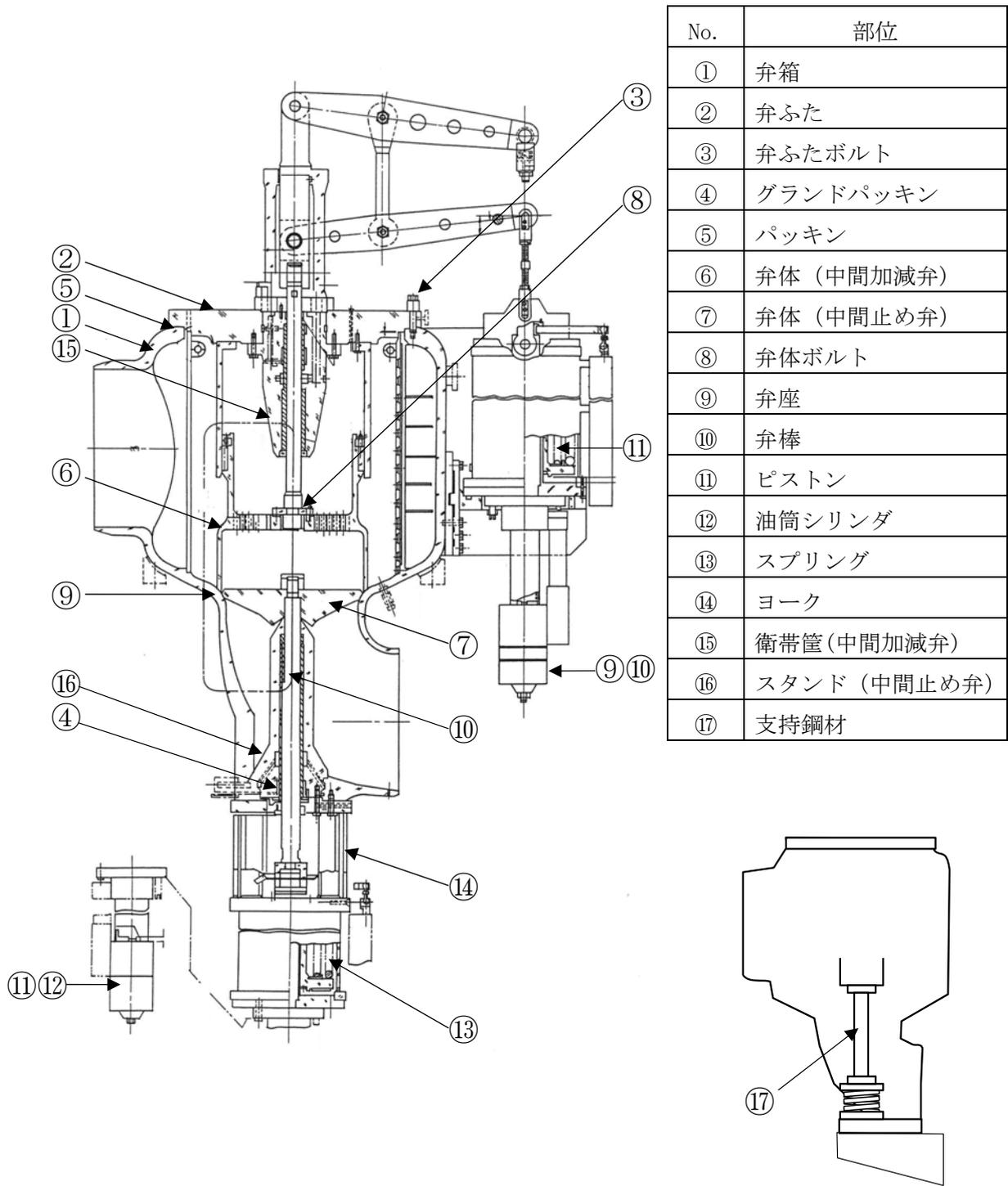


図2.1-4 中間塞止加減弁構造図

表2.1-5 中間塞止加減弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼
		弁ふたボルト	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		パッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体 (中間加減弁)	低合金鋼
		弁体 (中間止め弁)	低合金鋼 (ステライト肉盛)
		弁体ボルト	ステンレス鋼
		弁座	鋳鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ピストン	鋳鉄
		油筒シリンダ	炭素鋼
		スプリング	ばね鋼
		ヨーク	炭素鋼
		衛帯筐 (中間加減弁)	鋳鋼
		スタンド (中間止め弁)	鋳鋼
機器の支持	支持	支持鋼材	炭素鋼

表2.1-6 中間塞止加減弁の使用条件

運転圧力	1.28 MPa
運転温度	195 °C
内部流体	蒸気

2.1.4 タービンバイパス弁

(1) 構造

タービンバイパス弁は玉形弁であり、主蒸気管ヘッダに5台設置している。

本弁は、タービントリップ時に主蒸気を直接主復水器に流すものである。

弁本体は、内部流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁ふた、弁ふたボルト、弁軸封部）、内部流体を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体を作動させる駆動部（弁棒、ピストン、油筒シリンダ、スプリング、ヨーク、ブッシュ、スタンド）、弁を支える支持部（支持鋼材、埋込金物）からなる。

内部流体に接する弁箱、スタンドは鋳鋼、弁ふたは炭素鋼、弁体、弁座は低合金鋼、弁棒はステンレス鋼であり、軸封部には内部流体の漏れを防止するためグラウンドパッキンが使用されている。

タービンバイパス弁の構造図を図 2.1-5 に示す。

(2) 材料及び使用条件

タービンバイパス弁主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。

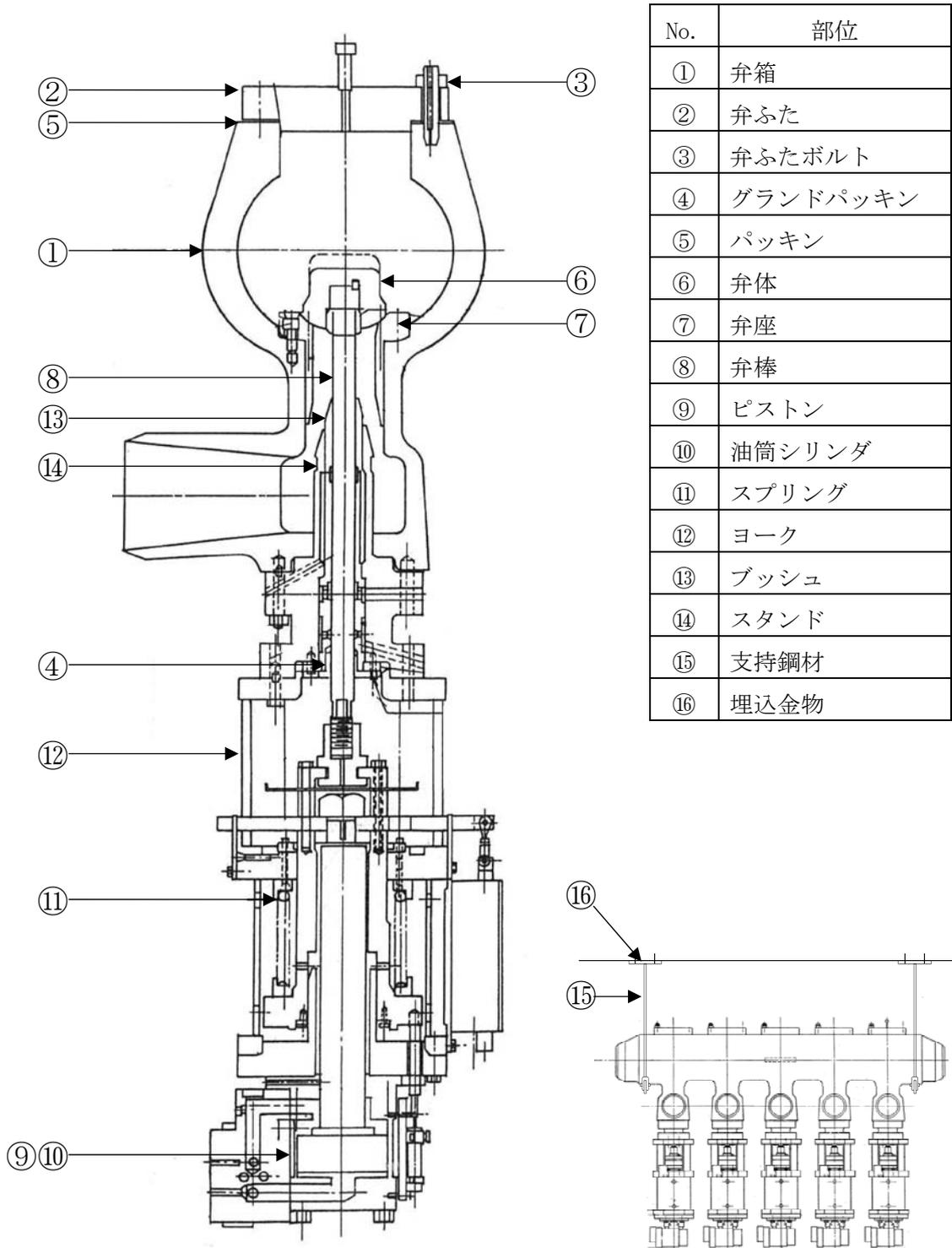


図2.1-5 タービンバイパス弁構造図

表2.1-7 タービンバイパス弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼
		弁ふたボルト	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		パッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	低合金鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	低合金鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ピストン	鋳鉄
		油筒シリンダ	炭素鋼
		スプリング	ばね鋼
		ヨーク	炭素鋼
		ブッシュ	低合金鋼
		スタンド	鋳鋼
機器の支持	支持	支持鋼材	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼

表2.1-8 タービンバイパス弁の使用条件

運転圧力	6.55 MPa
運転温度	282 °C
内部流体	蒸気

2.1.5 クロスアラウンド管逃し弁

(1) 構造

クロスアラウンド管逃し弁は、バネ式安全弁であり、クロスアラウンド管に6台設置されている。

本弁は、クロスアラウンド管の異常昇圧を防止するものである。

弁本体は、内部流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁ふたボルト、弁軸封部）、流体を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体を作動させる駆動部（弁棒、スプリング、ガイド、ブッシュ）からなる。

内部流体に接する弁箱は鋳鋼で、弁体、弁座はステンレス鋼である。

クロスアラウンド管逃し弁の構造図を図2.1-6に示す。

(2) 材料及び使用条件

クロスアラウンド管逃し弁主要部位の使用材料を表2.1-9に、使用条件を表2.1-10に示す。

No.	部位
①	弁箱
②	弁ふたボルト
③	パッキン
④	ベローズ
⑤	弁体
⑥	弁座
⑦	弁棒
⑧	スプリング
⑨	ガイド
⑩	ブッシュ

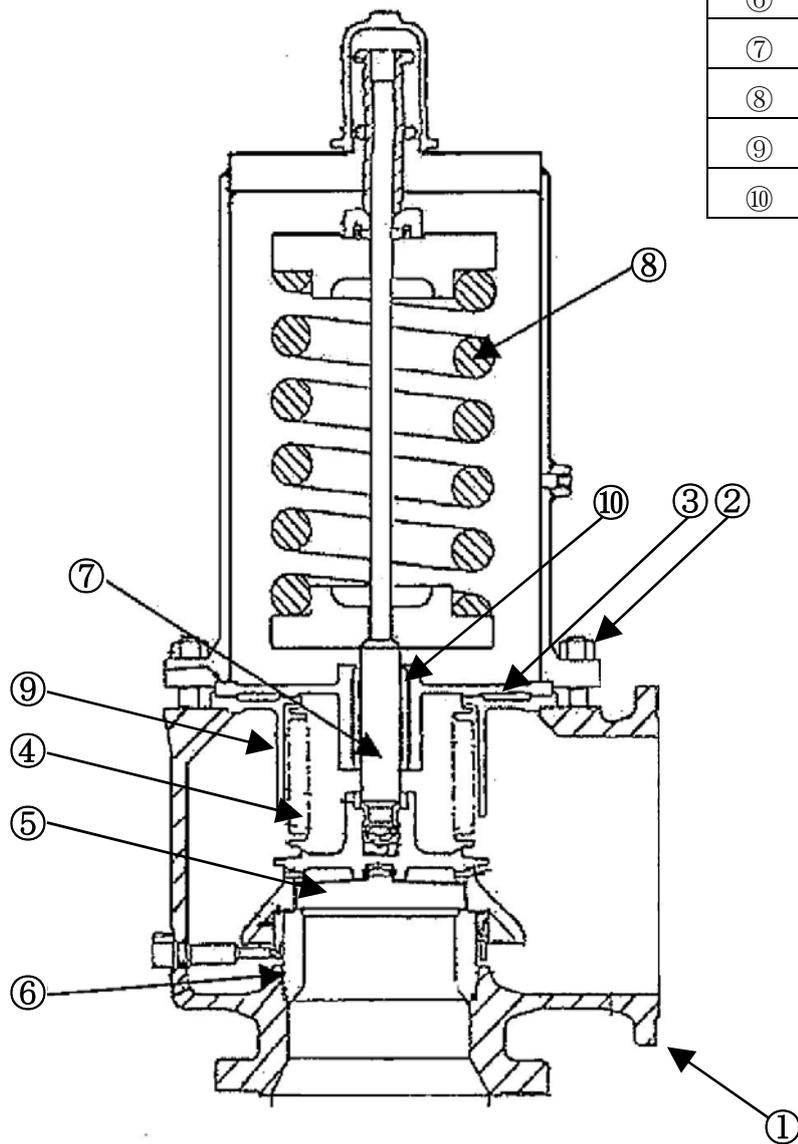


図2.1-6 クロスアラウンド管逃し弁構造図

表2.1-9 クロスアラウンド管逃し弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	鋳鋼
		弁ふたボルト	低合金鋼
	シール	パッキン	(消耗品)
		ベローズ	ニッケル基合金
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		スプリング	ばね鋼
		ガイド	炭素鋼
		ブッシュ	銅合金

表2.1-10 クロスアラウンド管逃し弁の使用条件

運転圧力	1.28 MPa
運転温度	195 °C
内部流体	蒸気

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

主要弁の機能維持に必要な項目は以下のとおり。

- (1) バウンダリの維持
- (2) 隔離機能の維持
- (3) 作動機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

主要弁について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体の種類、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり、想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△、▲）。

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

パッキン、グランドパッキンは消耗品であり、設計時に長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。なお、定期取替品はない。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお、下記①、②に該当する事象については2.2.3項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

2.2.3 高経年化評価上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁棒，衛帯筐，バランスチャンバー，ブッシュ，スタンドの摩耗 [主塞止弁，加減弁，中間塞止加減弁，タービンバイパス弁，クロスアラウンド管逃し弁]

弁棒（共通），衛帯筐（主塞止弁，中間塞止加減弁），バランスチャンバー（加減弁），ブッシュ（加減弁，タービンバイパス弁，クロスアラウンド管逃し弁），スタンド（中間塞止加減弁，タービンバイパス弁）のそれぞれの摺動部は，摩耗が発生する可能性があるが，目視点検において，有意な摩耗がないことを確認している。

また，ブッシュ（加減弁，タービンバイパス弁，クロスアラウンド管逃し弁）バランスチャンバー（加減弁）は，弁棒との隙間測定を実施し，適切な隙間管理をしている。

したがって，弁棒，衛帯筐，バランスチャンバー，ブッシュ，スタンドの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱及び弁ふた（内面），弁体，弁座，弁棒，衛帯筐，ブッシュ，バランスチャンバー，スタンドの腐食（流れ加速型腐食） [主塞止弁，加減弁，中間塞止加減弁，タービンバイパス弁，クロスアラウンド管逃し弁]

弁箱（主塞止弁，加減弁，中間塞止加減弁，タービンバイパス弁），弁座（中間塞止加減弁）は鋳鋼，弁ふた（主塞止弁，加減弁），弁体（主塞止弁，加減弁，中間塞止加減弁，タービンバイパス弁），弁座（主塞止弁，加減弁，タービンバイパス弁），ブッシュ（加減弁，タービンバイパス弁），バランスチャンバー（加減弁）は低合金鋼，スタンド（中間塞止加減弁，タービンバイパス弁），衛帯筐（主塞止弁，中間塞止加減弁）は鋳鋼，弁ふた（中間塞止加減弁，タービンバイパス弁），弁棒（主塞止弁）は炭素鋼，弁棒（加減弁，中間塞止加減弁，タービンバイパス弁），弁体（クロスアラウンド管逃し弁），弁座（クロスアラウンド管逃し弁）はステンレス鋼であり，蒸気環境下にあるため，腐食（流れ加速型腐食）により減肉する可能性があるが，目視点検において，有意な腐食がないことを確認している。

したがって，弁箱及び弁ふた（内面），弁体，弁座，弁棒，衛帯筐，ブッシュ，バランスチャンバー，スタンドの腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- c. 弁体及び弁座のシート部のエロージョン [加減弁, 中間塞止加減弁, タービンバイパス弁]

加減弁, 中間塞止加減弁, タービンバイパス弁の弁体及び弁座のシート部については, 蒸気環境下にあるため, 腐食 (エロージョン) により減肉する可能性があるが, 目視点検において有意なエロージョンがないことを確認している。

したがって, 弁体及び弁座のシート部のエロージョンは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. 弁箱 (内面), ガイドの腐食 (全面腐食) [クロスアラウンド管逃し弁]

弁箱は鋳鋼, ガイドは炭素鋼であり, 内部流体が蒸気であるため, 腐食が発生する可能性があるが, 目視点検において有意な腐食がないことを確認している。

したがって, 弁箱 (内面), ガイドの腐食 (全面腐食) は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. 弁箱及び弁ふた (外面), ヨーク, 支持鋼材, 埋込金物 (大気接触部) の腐食 (全面腐食) [共通]

弁箱 (共通) は鋳鋼, 弁ふた, ヨーク (主塞止弁, 加減弁, 中間塞止加減弁, タービンバイパス弁), 支持鋼材 (主塞止弁, 中間塞止加減弁, タービンバイパス弁), 埋込金物 (主塞止弁, タービンバイパス弁) は低合金鋼又は炭素鋼であり, 腐食発生の可能性はあるが, 大気接触部は塗装が施されており, 腐食の可能性は小さい。

また, 点検及び巡視時の目視により, 塗膜の状態を確認し, はく離等が認められた場合は必要に応じて補修を実施することにより機能を維持している。

したがって, 弁箱及び弁ふた (外面), ヨーク, 支持鋼材, 埋込金物 (大気接触部) の腐食 (全面腐食) は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. 弁ふたボルトの腐食 (全面腐食) [共通]

弁ふたボルトは低合金鋼であり, 外気に接触していることから腐食発生の可能性はあるが, 大気接触部は塗装が施されており, 腐食の可能性は小さい。

また, 点検及び巡視時の目視により, 塗膜の状態を確認し, はく離等が認められた場合は必要に応じて補修を実施することにより機能を維持している。

したがって, 弁ふたボルト (全面腐食) は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 弁体ボルトの応力腐食割れ [主塞止弁, 加減弁, 中間塞止加減弁]

主塞止弁, 加減弁の弁体ボルトは低合金鋼, 中間塞止加減弁の弁体ボルトはステンレス鋼であり, 蒸気環境下にあるため応力腐食割れが発生する可能性がある。

しかし, 分解点検時の目視点検又は浸透探傷検査から, 有意な欠陥がないことを確認している。

したがって, 弁体ボルトの応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 弁棒の応力腐食割れ [加減弁, 中間塞止加減弁, タービンバイパス弁]

加減弁, 中間塞止加減弁, タービンバイパス弁の弁棒はステンレス鋼であり, 蒸気環境下にあるため応力腐食割れが発生する可能性がある。

しかし, 分解点検時の目視点検及び浸透探傷検査において有意な欠陥がないことを確認している。

したがって, 弁棒の応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. ピストン, 油筒シリンダの摩耗 [主塞止弁, 加減弁, 中間塞止加減弁, タービンバイパス弁]

ピストン及び油筒シリンダは, 摺動部に摩耗が想定されるが, シリンダ内は制御油で満たされていることから, 摺動部の摩耗の可能性は小さい。

なお, 分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査を実施することで健全性を維持することとしている。

今後も, 使用環境が変わらないことから, これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって, ピストン, 油筒シリンダの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 弁体及び弁座のシート部のエロージョン [主塞止弁, クロスアラウンド管逃し弁]

主塞止弁, クロスアラウンド管逃し弁は, 流量制御を行わず, 通常は全開又は全閉で使用されるため, 弁体及び弁座シート部のエロージョンの可能性は小さい。

なお, これまでの目視点検及び浸透探傷検査において有意なエロージョンは認められておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって, 弁体及び弁座のシート部のエロージョンは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 弁棒の疲労割れ [共通]

弁棒段付部等は角部を滑らかにし、応力集中を起こさないような構造をしており、発生応力の低減を図っている。

なお、これまでの目視点検において有意な欠陥は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、弁棒の疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. ベローズの疲労割れ [クロスアラウンド管逃し弁]

クロスアラウンド管逃し弁は作動頻度が少なく、ベローズに疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお、これまでの目視点検において有意な欠陥は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、ベローズの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）[主塞止弁，タービンバイパス弁]

埋込金物（コンクリート埋設部）は炭素鋼であるため腐食が想定されるが、コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるため、コンクリートが中性化に至り埋込金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要す。

したがって、埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象でないと判断する。

b. スプリングのへたり [共通]

スプリングは常時応力のかかった状態で使用されるため、へたりが想定されるが、スプリング使用時のねじり応力が、許容ねじり応力以下になるように設定されており、さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりの進行の可能性はない。

したがって、スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/5) 主塞止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熟時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		鋳鋼		△*1*2 △*3						*1：流れ加速型腐食
		弁ふた		低合金鋼		△*1*2 △*3						*2：内面
		弁ふたボルト		低合金鋼		△						*3：外面
	シール	グラントパッキン	◎	—								*4：シート部はステライト肉盛
		パッキン	◎	—								*5：シート部のエロージョン
隔離機能の維持	隔離	弁体（主弁）		低合金鋼*4		△*1*5						*6：スプリングのへたり
		弁体（副弁）		低合金鋼*4		△*1*5						*7：コンクリート埋設部
		弁体ボルト		低合金鋼				△				
		弁座		低合金鋼*4		△*1*5						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		炭素鋼	△	△*1	△					
		ピストン		鋳鉄	△							
		油筒シリンダ		炭素鋼	△							
		スプリング		ばね鋼							▲*6	
		ヨーク		炭素鋼		△						
		衛帯筐		鋳鋼	△	△*1						
機器の支持	支持	支持鋼材		炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△▲*7						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (2/5) 加減弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		鋳鋼		△*1*2 △*3					*1：流れ加速型腐食 *2：内面 *3：外面 *4：シート部はステライト肉盛 *5：シート部のエロージョン *6：スプリングのへたり	
		弁ふた		低合金鋼		△*1*2 △*3						
		弁ふたボルト		低合金鋼		△						
	シール	グラントパッキン	◎	—								
		パッキン	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体（主弁）		低合金鋼*4		△*1*5						
		弁体ボルト		低合金鋼				△				
		弁座		低合金鋼*4		△*1*5						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒（副弁）		ステンレス鋼	△	△*1	△	△				
		ピストン		鋳鉄	△							
		油筒シリンダ		炭素鋼	△							
		スプリング		ばね鋼						▲*6		
		ヨーク		炭素鋼		△						
		ブッシュ		低合金鋼	△	△*1						
		バランスチャンパー		低合金鋼	△	△*1						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (3/5) 中間塞止加減弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		鋳鋼		△*1*2△*3					*1：流れ加速型腐食 *2：内面 *3：外面 *4：シート部のエロージョン *5：シート部はステライト肉盛 *6：スプリングのへたり	
		弁ふた		炭素鋼		△*1*2△*3						
		弁ふたボルト		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	—								
		パッキン	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体（中間加減弁）		低合金鋼		△*1*4						
		弁体（中間止め弁）		低合金鋼*5		△*1*4						
		弁体ボルト		ステンレス鋼				△				
		弁座		鋳鋼*5		△*1*4						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△	△*1	△	△				
		ピストン		鋳鉄	△							
		油筒シリンダ		炭素鋼	△							
		スプリング		ばね鋼						▲*6		
		ヨーク		炭素鋼		△						
		衛帯筐		鋳鋼	△	△*1						
		スタンド		鋳鋼	△	△*1						
機器の支持	支持	支持鋼材		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (4/5) タービンバイパス弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		鋳鋼		△*1*2 △*3						*1:流れ加速型腐食 *2:内面 *3:外面 *4:シート部はステライト肉盛 *5:シート部のエロージョン *6:スプリングのへたり *7:コンクリート埋設部
		弁ふた		炭素鋼		△*1*2 △*3						
		弁ふたボルト		低合金鋼		△						
	シール	グラントパッキン	◎	—								
		パッキン	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		低合金鋼*4		△*1*5						
		弁座		低合金鋼*4		△*1*5						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△	△*1	△	△				
		ピストン		鋳鉄	△							
		油筒シリンダ		炭素鋼	△							
		スプリング		ばね鋼							▲*6	
		ヨーク		炭素鋼		△						
		ブッシュ		低合金鋼	△	△*1						
		スタンド		鋳鋼	△	△*1						
機器の支持	支持	支持鋼材		炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△▲*7						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (5/5) クロスアラウンド管逃し弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		鋳鋼		△*1*2						*1：内面 *2：外面 *3：シート部はステライト肉盛 *4：流れ加速型腐食 *5：シート部のエロージョン *6：スプリングのへたり
		弁ふたボルト		低合金鋼		△						
	シール	パッキン	◎	—								
		ベローズ		ニッケル基合金			△					
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*3		△*4*5						
		弁座		ステンレス鋼*3		△*4*5						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△		△					
		スプリング		ばね鋼							▲*6	
		ガイド		炭素鋼		△						
		ブッシュ		銅合金	△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

1.5 制御装置及び保安装置

[対象機器]

- ① 主タービン電気油圧式制御装置

目次

1. 対象機器	1.5-1
2. 制御装置及び保安装置の技術評価	1.5-2
2.1 構造, 材料及び使用条件	1.5-2
2.1.1 主タービン電気油圧式制御装置	1.5-2
2.2 経年劣化事象の抽出	1.5-9
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	1.5-9
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	1.5-9
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	1.5-11
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	1.5-16

1. 対象機器

東海第二で使用している制御装置及び保安装置の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 制御装置及び保安装置の主な仕様

機器名称	仕様	重要度*1	使用条件	
			運転圧力 (MPa)	運転温度 (°C)
主タービン電気油圧式 制御装置	電気油圧式	高*2	11.0	46

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

*2：最高使用温度が 95 °C を超え、又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

2. 制御装置及び保安装置の技術評価

2.1 構造，材料及び使用条件

2.1.1 主タービン電気油圧式制御装置

(1) 構造

東海第二の主タービン電気油圧式制御装置は，制御油系統に所定の圧力を供給するためのタービン高圧制御油ポンプ，制御油を各電油変換器に供給する配管，弁，油圧を確保するためのアキュムレータ，タービントリップ時に油圧をダンプする電磁弁等から構成されている。

東海第二の主タービン電気油圧式制御装置の系統図を図 2.1-1～2，各機器構造図を図 2.1-3～7 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の主タービン電気油圧式制御装置主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部位
①	タービン高圧制御油ポンプ
②	タービン高圧制御油ポンプ吐出側フィルタ
③	配管
④	弁
⑤	ユニット廻りアキュムレータ
⑥	タービン高圧制御油ポンプモータ

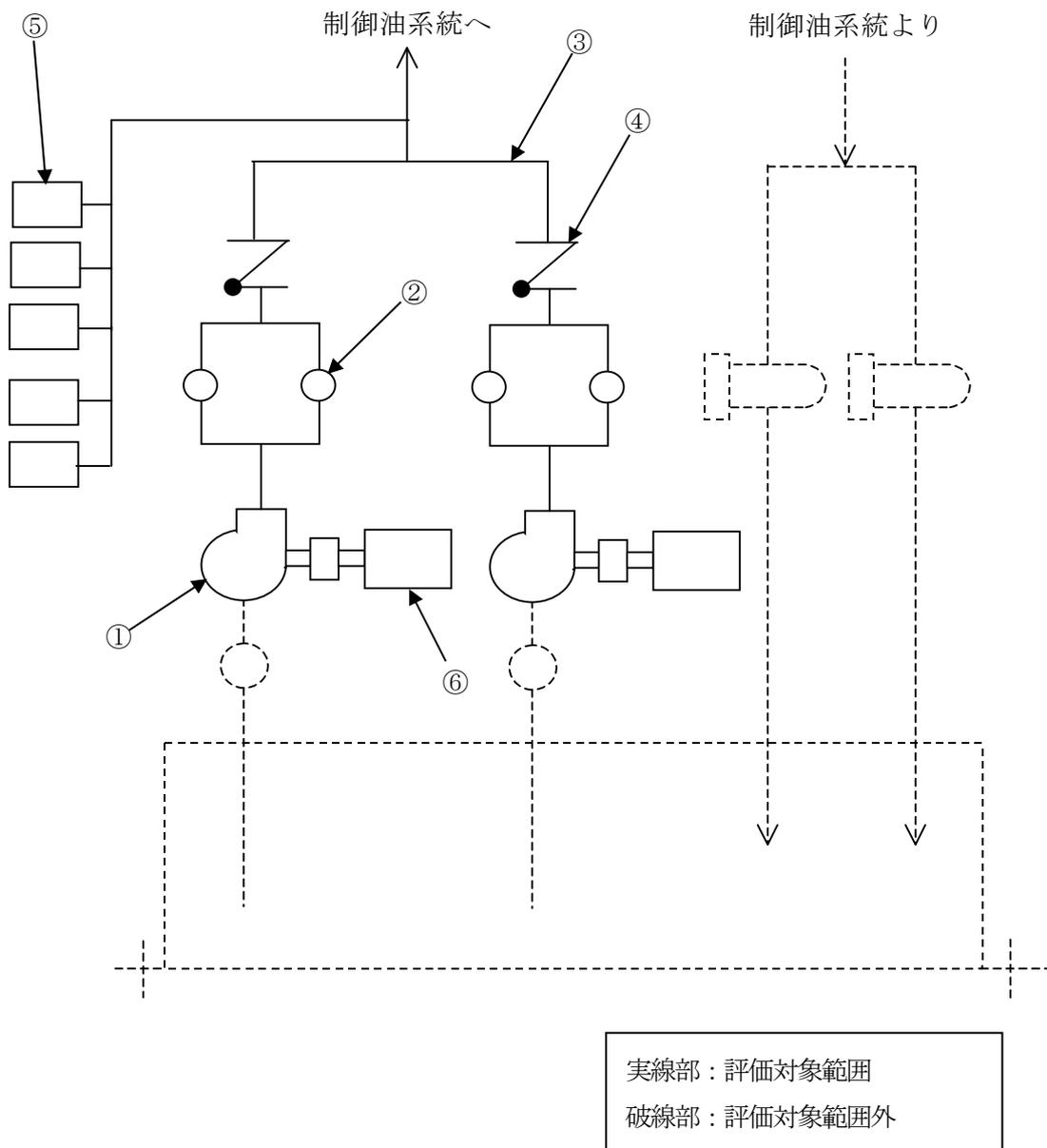
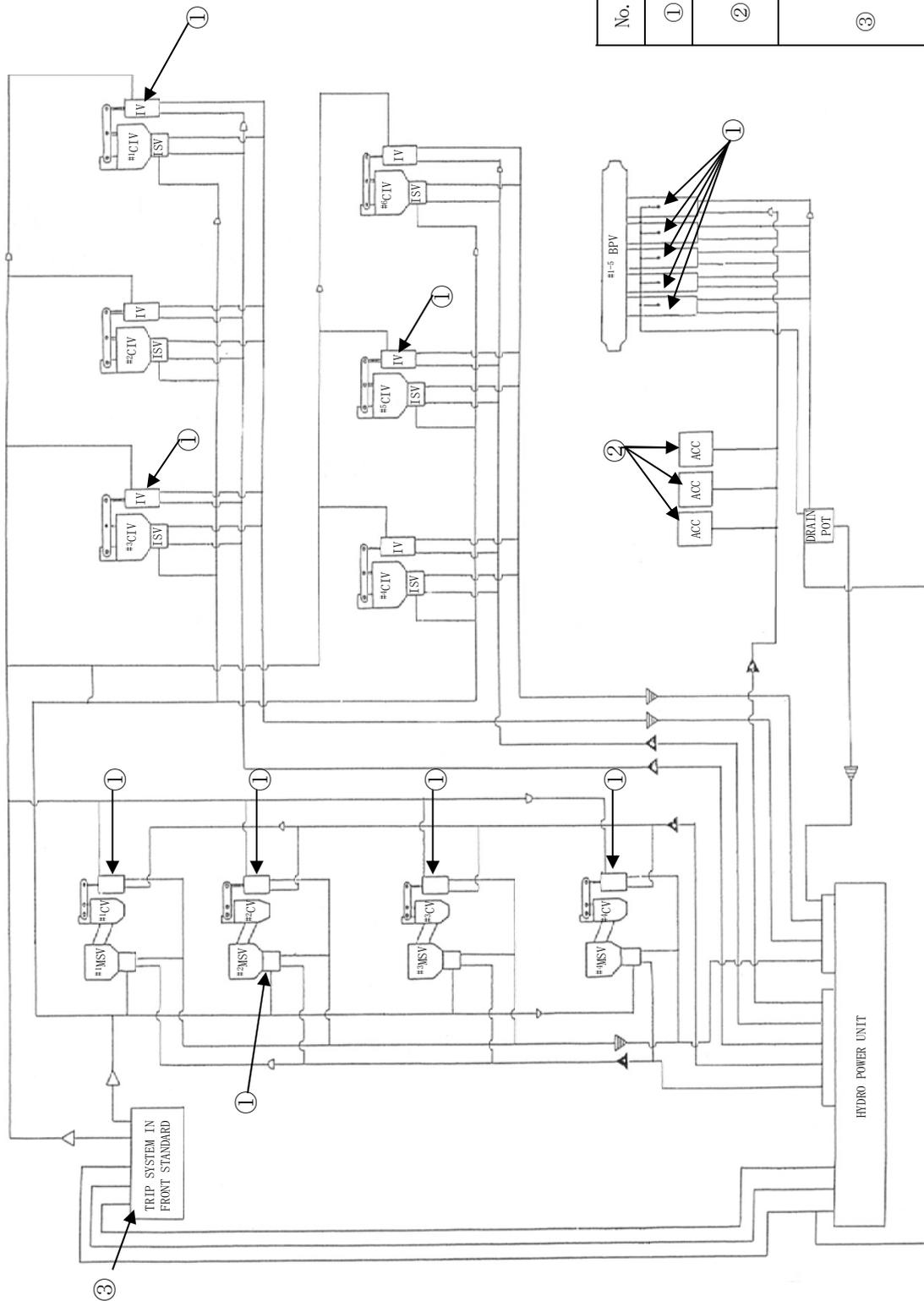


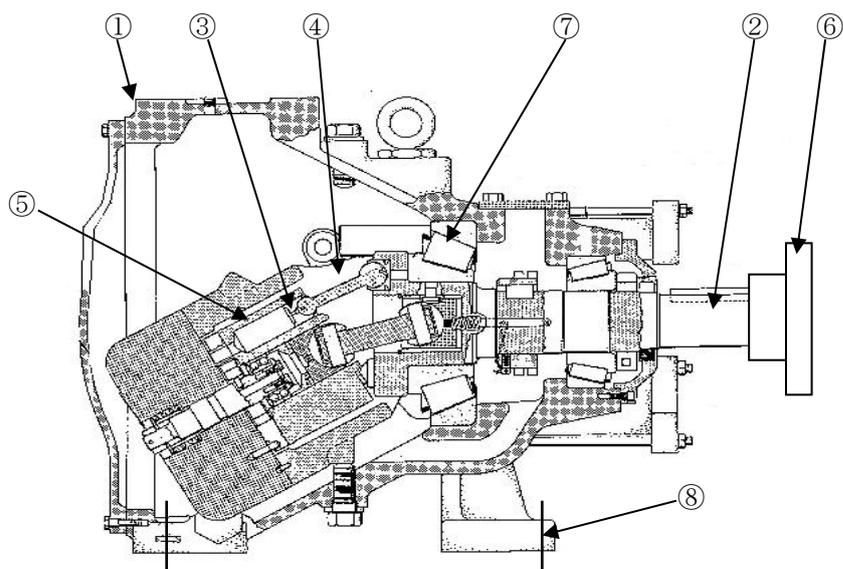
図 2.1-1 主タービン電気油圧式制御装置系統図 (ユニット廻り)



No.	部位
①	電油変換器
②	タービンバイパス弁 アキユムレータ
③	メカニカルトリップ電磁弁, ロックアウト弁, マスタートリップ電磁弁, リレーター弁, リレーター弁

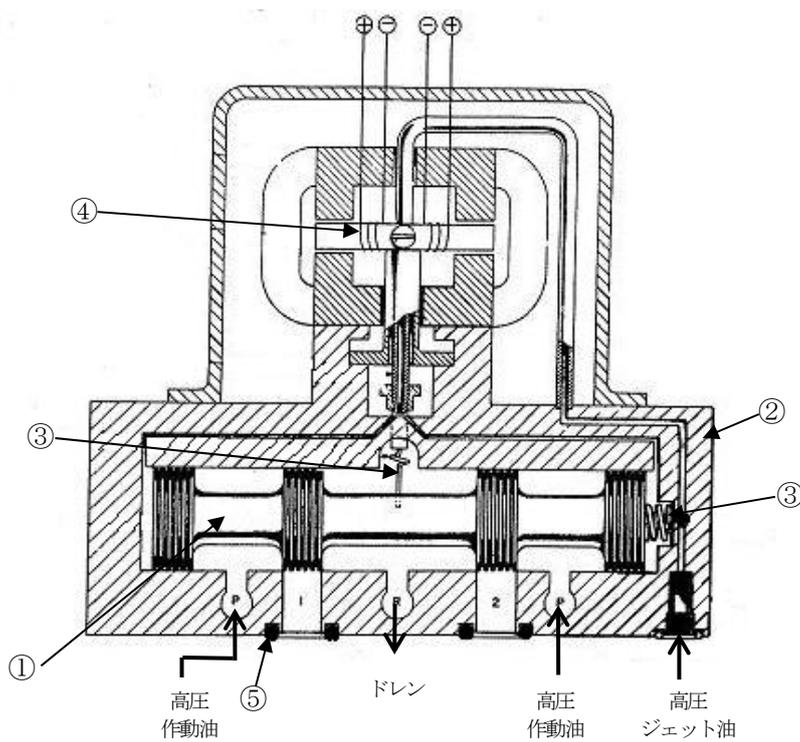
注) 系統からの戻りは評価対象外

図 2.1-2 主タービン電気油圧式制御装置系統図 (油供給先廻り)



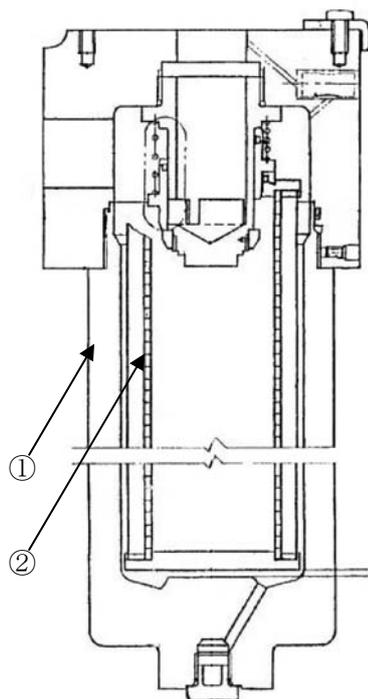
No.	部位
①	ケーシング
②	主軸
③	ピストン
④	ピストンロッド
⑤	シリンダ
⑥	軸継手
⑦	軸受 (ころがり)
⑧	取付ボルト

図 2.1-3 タービン高圧制御油ポンプ構造図



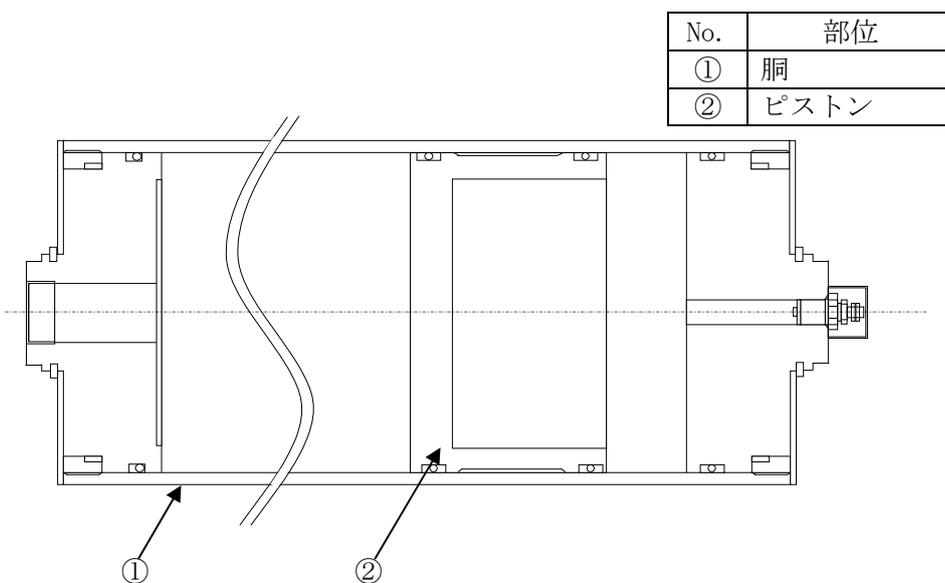
No.	部位
①	ピストン
②	ケーシング
③	スプリング
④	コイル
⑤	Oリング

図 2.1-4 電油変換器構造図



No.	部位
①	ケーシング
②	フィルタ

図 2.1-5 タービン高圧制御油ポンプ吐出側フィルタ



No.	部位
①	胴
②	ピストン

図 2.1-6 ユニット廻りアキュムレータ,
タービンバイパス弁アキュムレータ構造図

No.	部位
①	支持鋼材
②	サポート取付ボルト・ナット
③	ゴムブッシュ
④	埋込金物

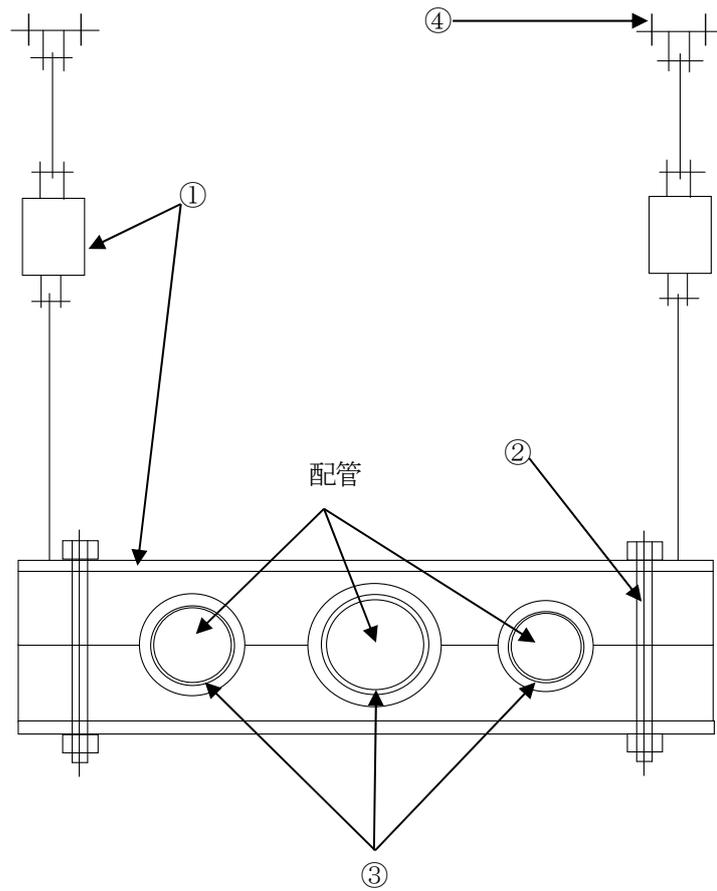


図 2.1-7 油配管サポート構造図

表 2.1-1 主タービン電気油圧式制御装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		材料
装置機能の維持	油の移送	タービン高圧制御油ポンプ	ケーシング	鋳鉄
			主軸	低合金鋼
			ピストン	低合金鋼
			ピストンロッド	低合金鋼
			シリンダ	銅合金
			軸継手	炭素鋼
			軸受（ころがり）	（消耗品）
			モータ（低圧，全閉型）	主軸，取付ボルト：炭素鋼 固定子コイル及びび口出線・接続部品：銅，絶縁物 回転子及び固定子コア：電磁鋼板 回転子棒，回転子エンドリング：アルミニウム フレーム，端子箱，エンドブラケット，ファン・ファンカバー：圧延鋼板 軸受（ころがり）：（消耗品）
		配管	ステンレス鋼	
		弁	ステンレス鋼	
	電油変換器	ピストン	ステンレス鋼	
		ケーシング	アルミニウム合金	
		スプリング	ばね鋼	
		コイル	銅，絶縁物	
		Oリング	（消耗品）	
油性状の維持	タービン高圧制御油ポンプ吐出側フィルタ	ケーシング	炭素鋼	
		フィルタ	アルミニウム合金	
油圧の確保	ユニット廻りアキュムレータ，タービンバイパス弁アキュムレータ	胴	炭素鋼	
		ピストン	アルミニウム合金	
保護機能の維持	排油の確保	メカニカルトリップ電磁弁，ロックアウト弁，マスタートリップ電磁弁，リレーダンプ弁，リレートリップ弁		（定期取替品）
機器の支持	支持	タービン高圧制御油ポンプ取付ボルト		炭素鋼
		油配管サポート	支持鋼材	炭素鋼
			サポート取付ボルト・ナット	炭素鋼
			ゴムブッシュ	（消耗品）
			埋込金物	炭素鋼

表 2.1-2 主タービン電気油圧式制御装置の使用条件

運転圧力	11.0 MPa
運転温度	46 °C
内部流体	制御油

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

主タービン電気油圧式制御装置の機能を維持するために必要な項目は以下のとおり。

- (1) 装置機能の維持
- (2) 保護機能の維持
- (3) 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

主タービン電気油圧式制御装置について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体の種類、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり、想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△、▲）。

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

O リング、タービン高圧制御油ポンプ軸受、タービン高圧制御油ポンプモータ軸受及びゴムブッシュは消耗品、メカニカルトリップ電磁弁、ロックアウト弁、マスタートリップ電磁弁、リレーダンプ弁及びリレートリップ弁は定期取替品であり、設計時に長期使用はせず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については 2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

- a. モータ（低圧，全閉型）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 主軸の摩耗 [タービン高圧制御油ポンプ]

タービン高圧制御油ポンプの軸受と主軸は、摺動部の摩耗が想定される。

しかし、寸法測定の結果から有意な摩耗がないことを確認している。

したがって、主軸の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. ケーシング、胴、埋込金物（大気接触部）の外面の腐食（全面腐食） [タービン高圧制御油ポンプ、タービン高圧制御油ポンプ吐出側フィルタ、アキュムレータ、油配管]

タービン高圧制御油ポンプのケーシングは鋳鉄、タービン高圧制御油ポンプ吐出側フィルタのケーシングは炭素鋼鋳鋼、アキュムレータの胴、油配管の埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定されるが、大気接触部は塗装が施されており、腐食の可能性は小さい。

また、点検及び巡視時の目視により、塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修を実施することにより機能を維持している。

したがって、ケーシング、胴、埋込金物（大気接触部）の外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 取付ボルト、支持鋼材、サポート取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食） [タービン高圧制御油ポンプ、油配管]

タービン高圧制御油ポンプの取付ボルト、油配管の支持鋼材及びサポート取付ボルト・ナットは炭素鋼であり腐食が想定されるが、大気接触部は塗装が施されており、腐食の可能性は小さい。

また、点検及び巡視時の目視により、塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修を実施することにより機能を維持している。

したがって、取付ボルト、支持鋼材、サポート取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 電油変換器のコイルの性能低下，絶縁特性低下

電油変換器のコイルに用いられている絶縁物は，有機物であるため機械的，熱的，電氣的，環境的要因により経年劣化が進行した場合，性能低下，絶縁特性低下を引き起こす可能性がある。

電油変換器は，制御油の内部漏えい量を測定する内部漏えい量計測及びヒステリシスの計測等により，健全性の維持は可能である。また，点検及び性能検査で異常が認められた場合には，電油変換器一式又は部品の交換を実施することにより機能を維持している。

したがって，電油変換器のコイルの性能低下，絶縁特性低下は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. ピストン，シリンダの摩耗 [タービン高圧制御油ポンプ]

ピストンは低合金鋼，シリンダは銅合金であり，摺動部に摩耗が想定されるが，ピストン，シリンダは常時制御油によって潤滑されており，摺動部の摩耗の可能性は小さい。

なお，これまでの目視点検においても有意な摩耗は認められておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，ピストン，シリンダの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ケーシング，フィルタの内面の腐食（全面腐食） [タービン高圧制御油ポンプ，タービン高圧制御油ポンプ吐出側フィルタ]

タービン高圧制御油ポンプのケーシングは鋳鉄，タービン高圧制御油ポンプ吐出側フィルタのケーシングは炭素鋼鋳鋼であり全面腐食が想定されるが，内部流体が制御油であることから腐食発生の可能性は小さい。

また，タービン高圧制御油ポンプ吐出側フィルタのフィルタは耐食性に優れたアルミニウム合金であり，腐食の発生する可能性は小さい。

なお，これまでの目視点検において有意な腐食は認められておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，ケーシング，フィルタの内面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 主軸の高サイクル疲労割れ [タービン高圧制御油ポンプ]

主軸にはポンプ運転時に繰返し応力が発生することから、応力集中部等において高サイクル疲労割れが想定されるが、ポンプ主軸は設計段階において疲労割れが発生しないよう考慮された設計となっており、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお、これまでの目視点検においても有意な欠陥は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、主軸の高サイクル疲労割れは高年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. モータ（低圧，全閉型）主軸の摩耗[タービン高圧制御油ポンプモータ]

i. モータ（低圧，全閉型）のフレーム，エンドブラケット，ファン・ファンカバー及び端子箱の腐食[タービン高圧制御油ポンプモータ]

j. モータ（低圧，全閉型）の固定子コア及び回転子コアの腐食[タービン高圧制御油ポンプモータ]

k. モータ（低圧，全閉型）の取付ボルトの腐食[タービン高圧制御油ポンプモータ]

l. モータ（低圧，全閉型）主軸の高サイクル疲労割れ[タービン高圧制御油ポンプモータ]

以上，h. ～l. の評価については、「ポンプモータの技術評価書」のうち，低圧ポンプモータと同一であることから，当該評価書を参照のこと。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 胴，ピストンの内面の腐食（全面腐食） [アキュムレータ]

アキュムレータの胴は炭素鋼であり全面腐食が想定されるが，内部流体が制御油であることから腐食発生の可能性はない。

また，アキュムレータのピストンは耐食性に優れたアルミニウム合金であり，腐食の発生する可能性はない。

したがって，胴，ピストンの内面の腐食（全面腐食）は高年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）〔油配管〕

埋込金物（コンクリート埋設部）は炭素鋼であるため腐食が想定されるが、コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、埋込金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要す。

したがって、埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象でないと判断する。

c. 配管の高サイクル疲労割れ〔油配管〕

他プラントの主タービン電気油圧式制御装置系配管において、高サイクル疲労割れが見られたが、これは、プラント起動時等にしか作動しない弁が開状態の際に生じる流体振動と当該配管の固有振動数が一致したことによるものであった。東海第二では、当該事象の水平展開として起動時に当該配管の振動測定を行い、当該配管が共振しないことを確認しており、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、配管の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. モータ（低圧、全閉型）の回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ〔タービン高圧制御油ポンプモータ〕

以上、d. の評価については、「ポンプモータの技術評価書」のうち、低圧ポンプモータと同一であることから、当該評価書を参照のこと。

e. スプリングのへたり〔電油変換器〕

スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが考えられる。

しかし、スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるよう設定されており、さらに、スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりの進行の可能性はない。

したがって、スプリングのへたりは、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 主タービン電気油圧式制御装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
						減肉		割れ		材質変化			その他
						摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
装置機能の維持	油の移送	タービン高圧制御油ポンプ	ケーシング		铸铁		△*1*2						*1：外面 *2：内面 *3：高サイクル疲労割れ *4：主軸 *5：フレーム、エンドブラケット、ファン・ファンカバー及び端子箱 *6：固定子コア及び回転子コア *7：取付ボルト *8：回転子棒及び回転子エンドリング *9：固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 *10：スプリングのへたり *11：性能低下、絶縁特性低下 *12：コンクリート埋設部
			主軸		低合金鋼	△		△*3					
			ピストン		低合金鋼	△							
			ピストンロッド		低合金鋼								
			シリンダ		銅合金	△							
			軸継手		炭素鋼								
			軸受（ころがり）	◎	—								
		モータ（低圧、全閉型）	◎（軸受（ころがり））	銅，絶縁物他	△*4	△*5*6*7	△*3*4▲*8				○*9		
		配管		ステンレス鋼				▲*3					
		弁		ステンレス鋼									
	電油変換器	ピストン	ピストン		ステンレス鋼								
			ケーシング		アルミニウム合金								
			スプリング		ばね鋼						▲*10		
			コイル		銅，絶縁物						△*11		
			Oリング	◎	—								
油性状の維持	タービン高圧制御油ポンプ吐出側フィルタ	ケーシング		炭素鋼		△*1*2							
		フィルタ		アルミニウム合金		△							
油圧の確保	ユニット廻りアキュムレータ，タービンバイパス弁アキュムレータ	胴		炭素鋼		△*1▲*2							
		ピストン		アルミニウム合金		▲							
保護機能の維持	排油の確保	メカニカルトリップ電磁弁，ロックアウト弁，マスタートリップ電磁弁，リレーダンブ弁，リレートリップ弁		◎	—								
機器の支持	支持	タービン高圧制御油ポンプ取付ボルト			炭素鋼		△						
		油配管サポート	支持鋼材		炭素鋼		△						
			サポート取付ボルト・ナット		炭素鋼		△						
			ゴムブッシュ	◎	—								
			埋込金物		炭素鋼		△*1▲*12						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

- (1) モータ（低圧，全閉型）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下[タービン高圧制御油ポンプモータ]

モータ（低圧，全閉型）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対する「事象の説明」，「技術評価」及び「高経年化への対応」は，「ポンプモータの技術評価書」のうち，低圧ポンプモータと同一であることから，当該評価書を参照のこと。

2. 非常用系タービン設備

[対象機器]

- ① 原子炉隔離時冷却系タービン及び附属装置
- ② 常設高圧代替注水系タービン及び附属装置

目次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	2-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	2-1
1.2 代表機器の選定.....	2-1
2. 代表機器の技術評価.....	2-3
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	2-3
2.1.1 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置.....	2-3
2.2 経年劣化事象の抽出.....	2-12
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	2-12
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	2-12
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-14
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	2-27
3. 代表機器以外への展開.....	2-28
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	2-28
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-28

1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要な非常用系タービン設備の主な仕様を表1-1に示す。

これらのタービンを型式及び設置場所の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

型式及び設置場所を分類基準とし、表1-1に示すとおりグループ化する。

1.2 代表機器の選定

表1-1に分類されるグループ毎に、重要度、運転状態、最高使用温度、最高使用圧力の観点から代表機器を選定する。

(1) 非常用系タービン設備

このグループには原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置、常設高圧代替注水系タービン及び付属装置が属するが、重要度の観点から重要度が最も高い原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置を代表機器とする。

表 1-1 非常用系タービン設備のグループ化と代表機器の選定

分類基準		機器名称	仕様 ^{*1} (出力×回転速度)	選定基準			選定	選定理由	
				重要度 ^{*2}	使用条件				
型式	設置場所				運転状態	最高使用圧力 ^{*1} (MPa)			最高使用温度 ^{*1} (°C)
背圧式	屋内	原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置	541 kW × 4,500 rpm	MS-1 重 ^{*3}	一時	8.62	302	◎	重要度
		常設高圧代替注水系タービン及び付属装置 ^{*4}	620 kW × 5,514 rpm	重 ^{*3}	一時	8.62	302		

◎：代表機器

*1：最大出力，最大回転速度，最高使用圧力，最高使用温度を示す

*2：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

*4：新規に設置される機器

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の非常用タービン設備について技術評価を実施する。

①原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置

2.1 構造，材料及び使用条件

2.1.1 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置

(1) 構造

東海第二の原子炉隔離時冷却系タービンは、定格運転時最大出力 541 kW，最大回転速度 4,500 rpm の衝動螺旋流背圧式タービンであり，1 台設置されている。

駆動蒸気は，主蒸気管より導かれ，蒸気加減弁を通してタービンに流入し，ケーシングを経て，サプレッション・プールに排出される。

ケーシングは炭素鋼鑄鋼であり，主軸及び翼は低合金鋼である。

主軸及び翼は，ケーシングボルトを緩め，ケーシングを取り外すことにより，外に取り出し点検手入れが可能である。

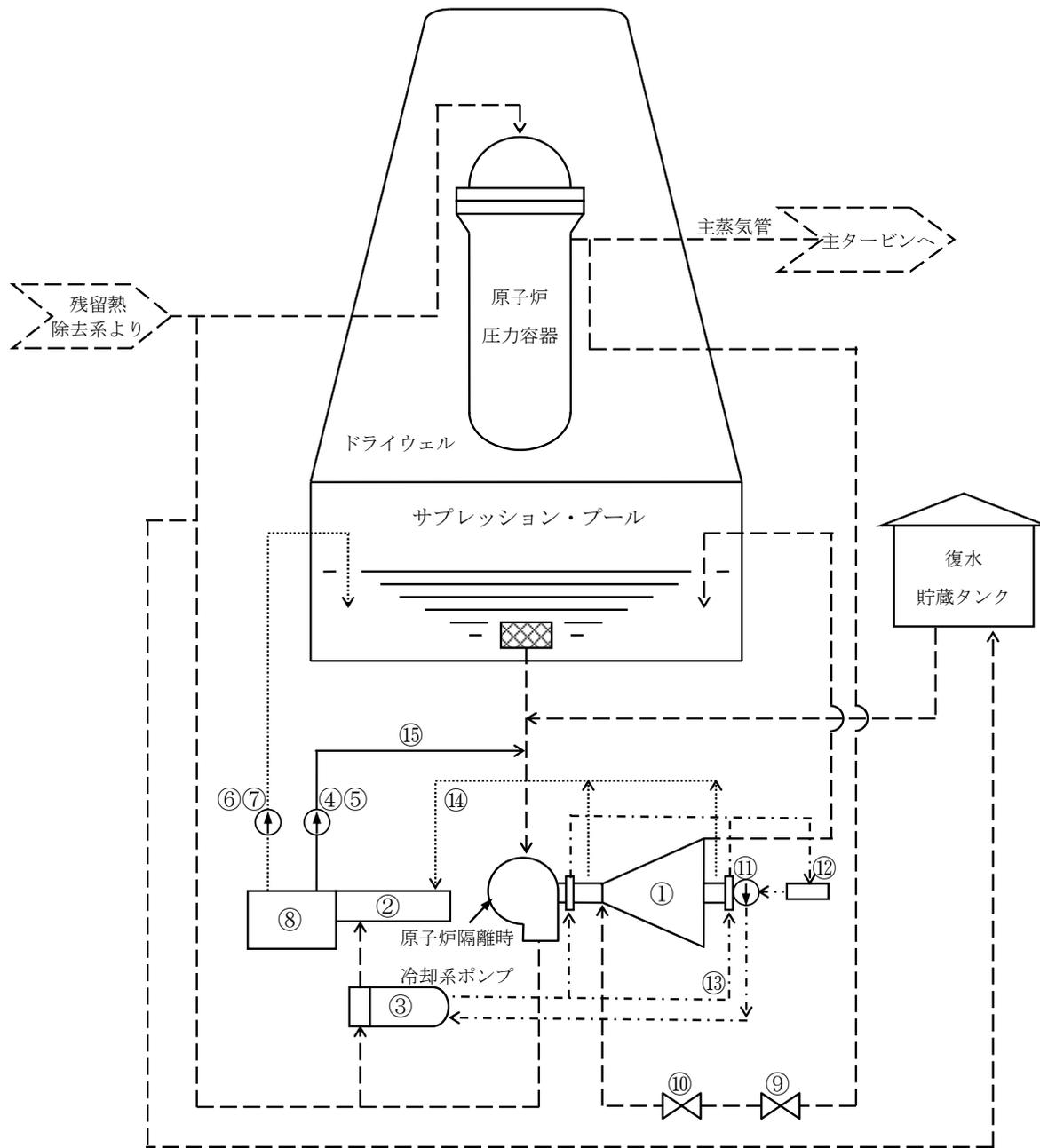
また，タービン周方向は 2 個のジャーナル軸受，タービン軸方向は 1 個のスラスト軸受により支えられている。

なお，原子炉隔離時冷却系タービンの付属設備として，蒸気止め弁，蒸気加減弁，調速・制御装置，非常調速装置，潤滑油装置（主油ポンプ，油冷却器，油タンク）及びグラント蒸気復水装置（バロメトリックコンデンサ，復水ポンプ，真空ポンプ，真空タンク）を設置している。

東海第二の原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置の系統図を図 2.1-1 に，構造図を図 2.1-2 に示す。

(2) 材料及び使用条件

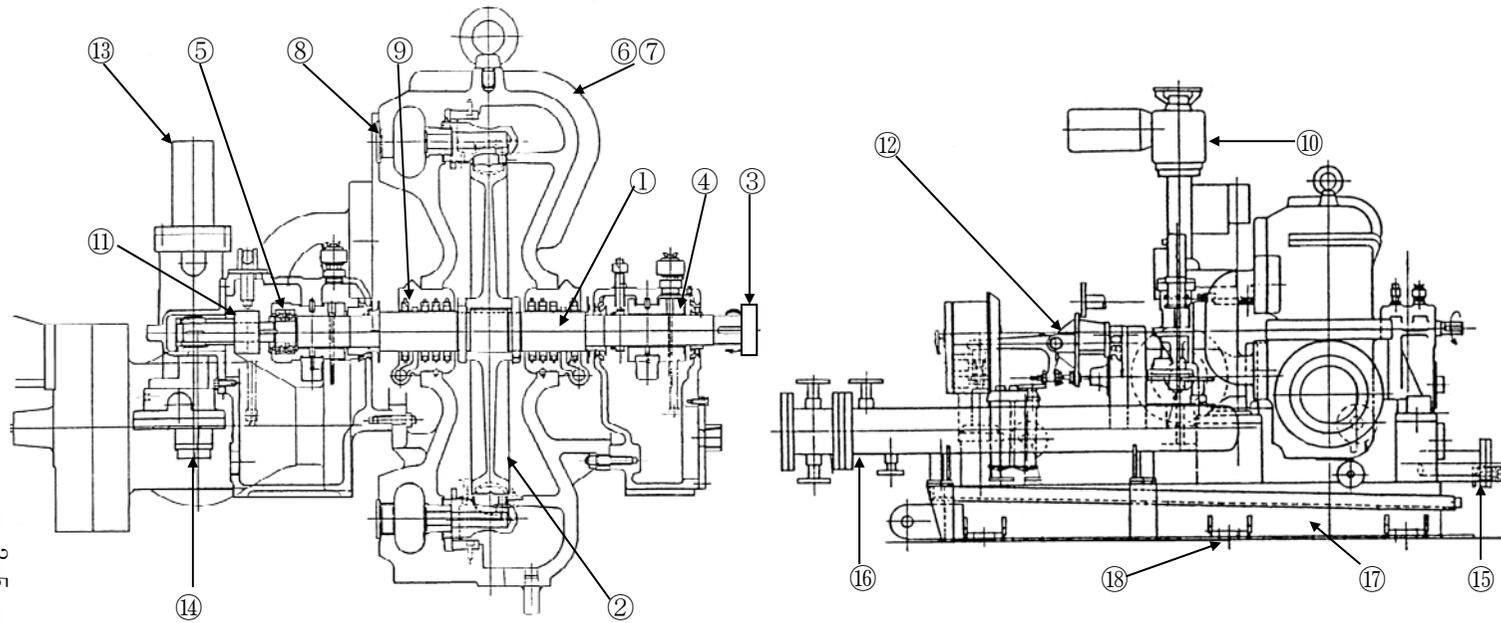
東海第二の原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



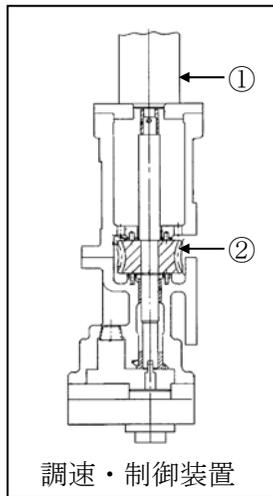
No.	部位
①	タービン
②	バロメトリックコンデンサ
③	油冷却器
④	復水ポンプ
⑤	復水ポンプモータ
⑥	真空ポンプ
⑦	真空ポンプモータ
⑧	真空タンク
⑨	蒸気止め弁
⑩	蒸気加減弁
⑪	主油ポンプ
⑫	油タンク
⑬	油配管
⑭	グランド蒸気系配管
⑮	復水系配管・弁

- - - - - 他報告書にて評価
 ········· 油配管
 グランド蒸気系配管
 ————— 復水系配管

図 2.1-1 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置系統図

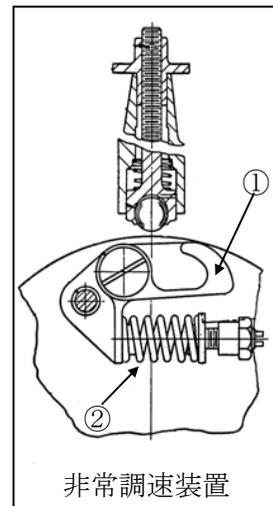


No.	部位
①	主軸
②	翼
③	軸継手
④	ジャーナル軸受
⑤	スラスト軸受 (ころがり)
⑥	ケーシング
⑦	ケーシングボルト
⑧	ガスケット
⑨	カーボンリング
⑩	蒸気止め弁
⑪	非常调速装置
⑫	蒸気加減弁
⑬	调速・制御装置
⑭	主油ポンプ
⑮	油タンク
⑯	油冷却器
⑰	ベースプレート
⑱	基礎ボルト



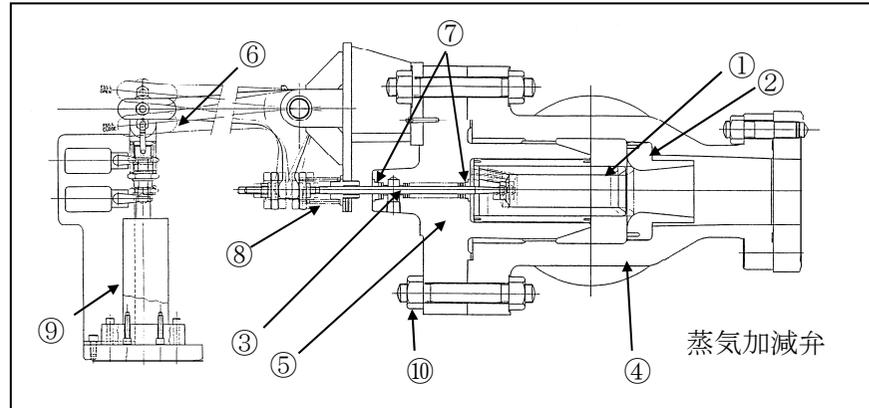
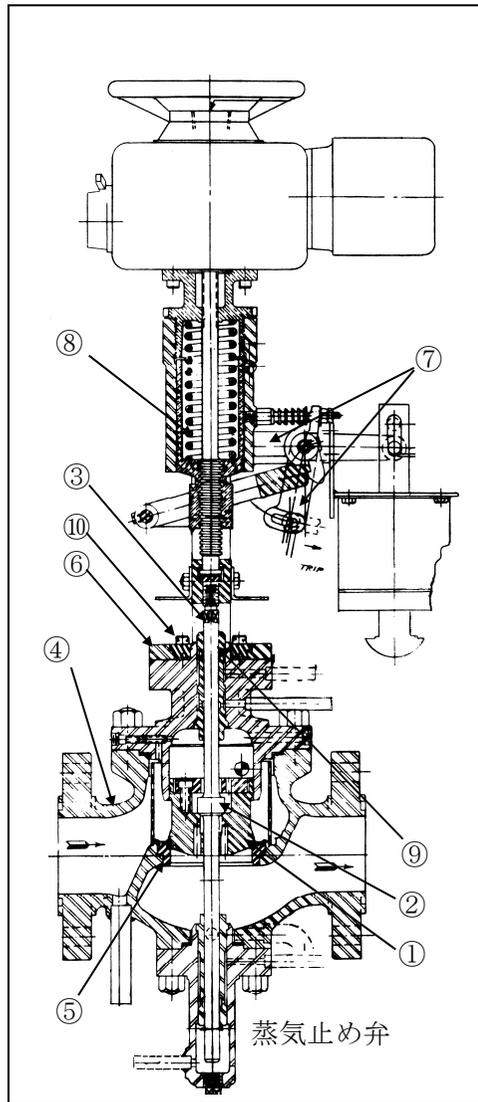
No.	部位
①	EGR*1
②	歯車

*1 : EGR (Electric Governor with Remote Servo Actuator)



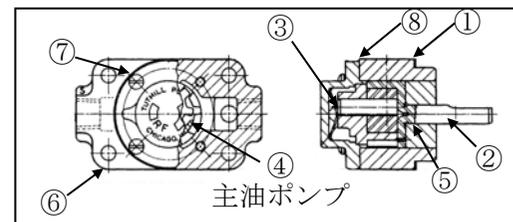
No.	部位
①	トリップウェイト
②	スプリング

図 2.1-2(1/3) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置構造図

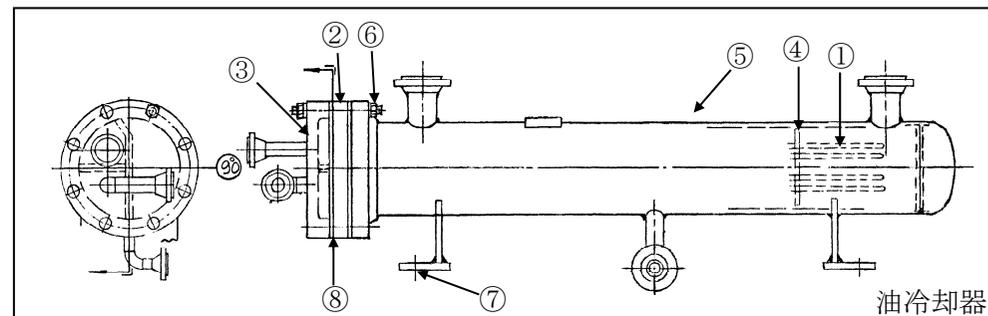


No.	部位
①	弁体 (主弁)
②	弁体 (副弁)
③	弁棒
④	弁箱
⑤	弁座
⑥	弁ふた
⑦	レバー
⑧	スプリング
⑨	プッシュ
⑩	弁ふたボルト

No.	部位
①	弁体
②	弁座
③	弁棒
④	弁箱
⑤	弁ふた
⑥	レバー
⑦	プッシュ
⑧	スプリング
⑨	リモートサーボ
⑩	弁ふたボルト



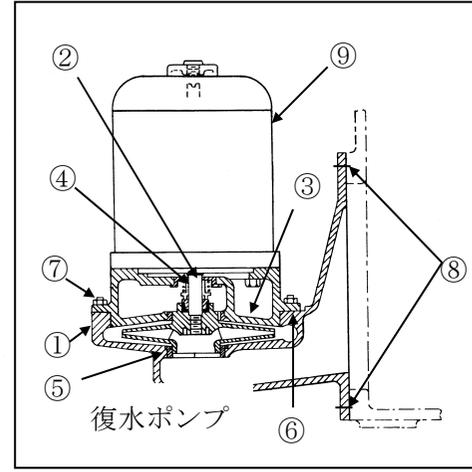
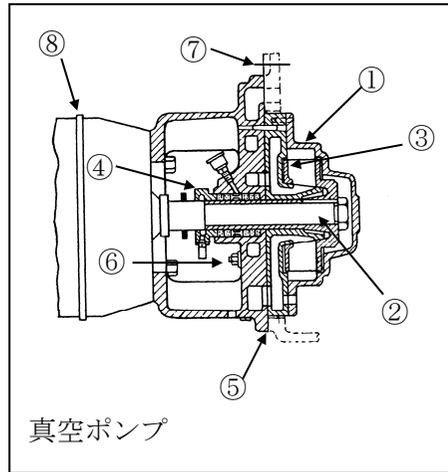
No.	部位
①	ケーシング
②	主軸
③	従軸
④	歯車
⑤	軸受 (すべり)
⑥	ケーシングボルト
⑦	取付ボルト
⑧	ガスケット



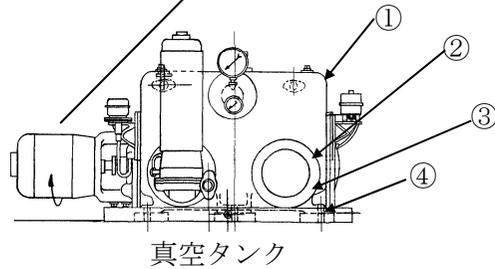
No.	部位
①	伝熱管
②	管板
③	水室
④	管支持板
⑤	胴
⑥	フランジボルト
⑦	取付ボルト
⑧	ガスケット

図 2.1-2 (2/3) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置構造図

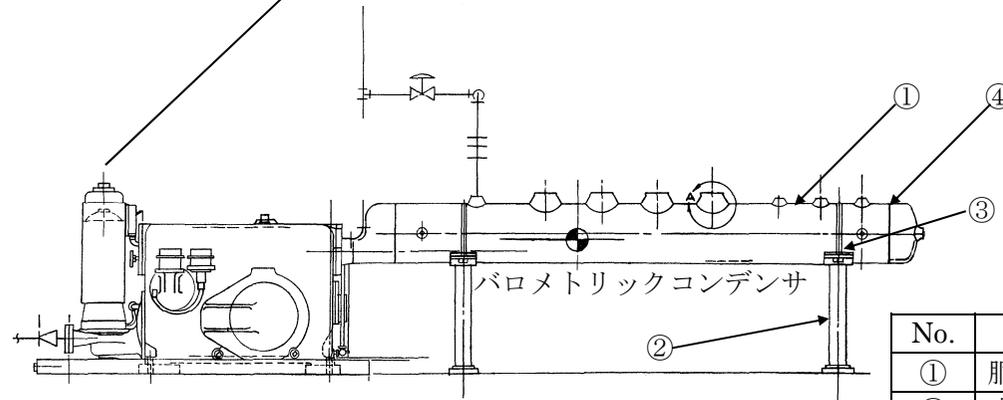
No.	部位
①	ケーシング
②	主軸
③	羽根車
④	シャフトシール
⑤	ガスケット
⑥	ケーシングボルト
⑦	取付ボルト
⑧	モータ (低圧, 全閉型)



No.	部位
①	ケーシング
②	主軸
③	羽根車
④	メカニカルシール
⑤	シーリングリング
⑥	ガスケット
⑦	ケーシングボルト
⑧	取付ボルト
⑨	モータ (低圧, 全閉型)



No.	部位
①	胴
②	フランジボルト
③	ガスケット
④	取付ボルト



No.	部位
①	胴
②	支持鋼材
③	取付ボルト
④	ガスケット

図 2.1-2(3/3) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置構造図

表 2.1-1 (1/4) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		材料
タービン性能の確保	エネルギー変換	タービン	主軸	低合金鋼
			翼	低合金鋼
			軸継手	低合金鋼
	軸支持		ジャーナル軸受	鋳鉄, ホワイトメタル
			スラスト軸受(ころがり)	(消耗品)
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング	炭素鋼鋳鋼	
	シール	ケーシングボルト	低合金鋼	
		ガスケット	(消耗品)	
		カーボンリング	(消耗品)	
隔離機能の維持	隔離	蒸気止め弁	弁体(主弁)	ステンレス鋼
			弁体(副弁)	低合金鋼
			弁棒	低合金鋼
			弁箱	炭素鋼鋳鋼
			弁座	ステンレス鋼
			弁ふた	炭素鋼鋳鋼
			レバー	炭素鋼鋳鋼
			スプリング	ばね鋼
			ブッシュ	(定期取替品)
			弁ふたボルト	低合金鋼
			非常调速装置	トリップウエイト
		スプリング		ばね鋼

表 2.1-1 (2/4) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		材料
作動機能の維持	制御	蒸気加減弁	弁体	ステンレス鋼
			弁棒	ステンレス鋼
			弁箱	炭素鋼鋳鋼
			弁座	ステンレス鋼
			弁ふた	炭素鋼鋳鋼
			レバー	鋳鉄
			ブッシュ	(定期取替品)
			スプリング	ピアノ線
			弁ふたボルト	低合金鋼
		調速・制御装置	EGR*1	—
			リモートサーボ	—
			歯車	低合金鋼
	衛帯蒸気系機能の維持	バロメトリックコンデンサ	胴	炭素鋼
			取付ボルト	炭素鋼
			ガスケット	(消耗品)

*1 : EGR (Electric Governor with Remote Servo Actuator)

表 2.1-1 (3/4) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		材料
作動機能の維持	衛帯蒸気系機能の維持	真空タンク	胴	鋳鉄
			フランジボルト	炭素鋼
			ガスケット	(消耗品)
			取付ボルト	炭素鋼
		真空ポンプ	ケーシング	青銅
			主軸	炭素鋼
			羽根車	青銅
			シャフトシール	(消耗品)
			ガスケット	(消耗品)
			ケーシングボルト	炭素鋼
			取付ボルト	炭素鋼
			モータ (低圧, 全閉型)	主軸, 取付ボルト: 炭素鋼 固定子コイル, 口出線・接続部品: 銅, 絶縁物 回転子コア, 固定子コア: 電磁鋼板 回転子棒, 回転子エンドリング: アルミニウム フレーム, 端子箱, エンドブラケット, ファン・ファンカバー: 圧延鋼板 軸受 (ころがり): (消耗品)
		復水ポンプ	ケーシング	鋳鉄
			主軸	ステンレス鋼
			羽根車	青銅
			メカニカルシール	(消耗品)
			シーリングリング	(消耗品)
			ガスケット	(消耗品)
			ケーシングボルト	炭素鋼
			取付ボルト	炭素鋼
			モータ (低圧, 全閉型)	主軸, 取付ボルト: 炭素鋼 固定子コイル, 口出線・接続部品: 銅, 絶縁物 回転子コア, 固定子コア: 電磁鋼板 回転子棒, 回転子エンドリング: アルミニウム フレーム, 端子箱, エンドブラケット, ファン・ファンカバー: 圧延鋼板 軸受 (ころがり): (消耗品)
			復水系配管・弁	炭素鋼
		グラウンド蒸気系配管	炭素鋼	

表 2.1-1 (4/4) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		材料
作動機能の維持	潤滑油機能の確保	主油ポンプ	ケーシング	鋳鉄
			主軸	炭素鋼
			従軸	低合金鋼, 炭素鋼
			歯車	低合金鋼
			軸受 (すべり)	炭素鋼, ホワイトメタル
			ケーシングボルト	炭素鋼
			取付ボルト	低合金鋼
			ガスケット	(消耗品)
		油冷却器	伝熱管	ステンレス鋼
			管板	ステンレス鋼
			水室	ステンレス鋼
			管支持板	ステンレス鋼
			胴	炭素鋼
			フランジボルト	低合金鋼
			取付ボルト	低合金鋼
			ガスケット	(消耗品)
		油タンク		炭素鋼
		油配管		炭素鋼
機器の支持	支持	ベースプレート		炭素鋼
		支持鋼材		炭素鋼
		基礎ボルト		炭素鋼

表 2.1-2 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置の使用条件

タービン	運転圧力	8.62 MPa
	運転温度	302 °C
	回転速度	2,200~4,500 rpm
	内部流体	蒸気

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置の機能達成に必要な項目は以下のとおり。

- (1) タービン性能の確保
- (2) バウンダリの維持
- (3) 隔離機能の維持
- (4) 作動機能の維持
- (5) 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体の種類、応力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり、想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△、▲）。

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

スラスト軸受（ころがり）、ガスケット、カーボンリング、シャフトシール、軸受（ころがり）、メカニカルシール、シーリングリングは消耗品、ブッシュは定期取替品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については2.2.3項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表2.2-1で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表2.2-1で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表2.2-1で○）。

- a. モータ（低圧，全閉型）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下
[真空ポンプ，復水ポンプ]

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔原子炉隔離時冷却系タービン〕

基礎ボルトの健全性については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めない。

b. 主軸，従軸の摩耗〔原子炉隔離時冷却系タービン，真空ポンプ，復水ポンプ，主油ポンプ〕

ジャーナル軸受を使用している原子炉隔離時冷却系タービンの主軸，すべり軸受を使用している主油ポンプの主軸，従軸については，摺動面の摩耗が考えられるが，潤滑油が供給され主軸と軸受間に油膜が形成されており，摩耗の可能性は小さい。

また，点検時の寸法検査及び目視点検において有意な摩耗がないことを確認している。

ころがり軸受を使用している原子炉隔離時冷却系タービン，真空ポンプ，復水ポンプの主軸については，主軸と軸受の接触面の摩耗が考えられるが，目視点検において有意な摩耗がないことを確認している。

したがって，主軸，従軸の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ジャーナル軸受及びすべり軸受の摩耗，はく離〔原子炉隔離時冷却系タービン，主油ポンプ〕

原子炉隔離時冷却系タービンのジャーナル軸受，主油ポンプのすべり軸受は，ホワイトメタルを軸受に溶着しているので摩耗及びはく離が想定される。

摩耗については，軸と軸受間に油膜が形成されており，摩耗の可能性は小さい。また，分解点検時の目視点検において有意な摩耗がないことを確認している。

はく離については，分解点検時に目視点検もしくは浸透探傷検査を実施しており，有意なはく離がないことを確認している。

したがって，ジャーナル軸受及びすべり軸受の摩耗，はく離は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 弁棒の摩耗〔蒸気止め弁，蒸気加減弁〕

蒸気止め弁及び蒸気加減弁の弁棒は，ブッシュ等との摺動部に摩耗が想定されるが，目視点検において有意な摩耗がないことを確認している。

したがって，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. レバー，トリップウェイトの摩耗 [蒸気止め弁，蒸気加減弁，非常調速装置]

蒸気止め弁及び蒸気加減弁のレバー，非常調速装置のトリップウェイトは摺動部に摩耗が想定されるが，目視点検において有意な摩耗がないことを確認している。

したがって，レバー，トリップウェイトの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ケーシング，弁箱，弁ふた，レバー，胴，タンク，配管，弁の外面の腐食（全面腐食） [原子炉隔離時冷却系タービン，蒸気止め弁，蒸気加減弁，バロメトリックコンデンサ，真空タンク，真空ポンプ，復水ポンプ，主油ポンプ，油冷却器，油タンク，復水系配管・弁，グラウンド蒸気系配管，油配管]

原子炉隔離時冷却系タービン（ケーシング），蒸気止め弁（弁箱，弁ふた，レバー），蒸気加減弁（弁箱，弁ふた）は炭素鋼・鋳鋼，蒸気加減弁（レバー），真空タンク（胴），復水ポンプ（ケーシング），主油ポンプ（ケーシング）は鋳鉄，真空ポンプ（ケーシング）は青銅，バロメトリックコンデンサ（胴），油冷却器（胴），油タンク，復水系配管・弁，グラウンド蒸気系配管，油配管は炭素鋼であり，腐食の発生が考えられるが，外気接触部は塗装を施しており，塗膜の状態を目視点検で確認し，必要に応じて補修塗装を実施していることから，腐食発生の可能性は小さい。

また，目視確認において有意な腐食がないことを確認している。

したがって，ケーシング，弁箱，弁ふた，レバー，胴，タンク，配管，弁の外面の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 胴，ケーシング，配管，弁の内面の腐食（全面腐食） [バロメトリックコンデンサ，真空タンク，真空ポンプ，復水ポンプ，復水系配管・弁，グラウンド蒸気系配管]

真空タンクの胴，復水ポンプのケーシングは鋳鉄，真空ポンプのケーシングは青銅であり，内部流体は純水又は蒸気であることから腐食の発生が考えられるが，目視点検において有意な腐食がないことを確認している。

また，バロメトリックコンデンサの胴，復水系配管・弁，グラウンド蒸気系配管の材料は炭素鋼で，内部流体は純水又は蒸気であることから腐食の発生が考えられるが，使用環境が同様の真空タンク，真空ポンプ，復水ポンプの点検結果から有意な腐食発生の可能性は小さい。

したがって，胴，ケーシング，配管，弁の内面の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 羽根車の腐食（全面腐食）〔真空ポンプ、復水ポンプ〕

真空ポンプ及び復水ポンプの羽根車は青銅であり、内部流体は純水又は蒸気であることから、腐食の発生が考えられるが、目視点検において有意な腐食がないことを確認している。

したがって、羽根車の腐食（全面腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. ベースプレート、支持鋼材の腐食（全面腐食）〔原子炉隔離時冷却系タービン、バロメトリックコンデンサ〕

原子炉隔離時冷却系タービンのベースプレート及びバロメトリックコンデンサの支持鋼材は炭素鋼であり、腐食の発生が考えられるが、外気接触部は塗装を施しており、塗膜の状態を目視点検で確認し、必要に応じて補修塗装を実施していることから、腐食発生の可能性は小さい。

また、目視確認において有意な腐食がないことを確認している。

したがって、ベースプレート及び支持鋼材の腐食（全面腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. ケーシングボルト、取付ボルト、フランジボルト、弁ふたボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

ケーシングボルト、取付ボルト、フランジボルト、弁ふたボルトの材料は炭素鋼、低合金鋼であり、腐食が想定されるが、ボルトの外気接触部は塗装を施しており、必要に応じて補修塗装を実施していることから腐食の可能性は小さい。

また、ボルトは分解点検時に健全性を確認しており、点検時に必要に応じて交換することにより機能を維持している。

したがって、ケーシングボルト、取付ボルト、フランジボルト、弁ふたボルトの腐食（全面腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. EGR、リモートサーボの性能低下〔調速・制御装置〕

調速・制御装置は一定のポンプ吐出圧力となるように蒸気加減弁に流入する蒸気量を調整している。調速・制御装置は運転中、回転速度を常時制御しているため、駆動部に摺動等による摩耗及び潤滑油の変質、異物の付着による性能劣化が進行し、性能低下が発生する可能性がある。

調速・制御装置（EGR、リモートサーボ）については定期的に、分解点検、潤滑油の交換・フラッシング、応答性試験、試運転調整を実施しており、有意な異常が確認された時は補修・取替を実施することで、機能を維持している。

したがって、EGR、リモートサーボの性能低下は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. 軸継手の摩耗 [原子炉隔離時冷却系タービン]

原子炉隔離時冷却系タービンの軸継手は運転時に動力を伝える部品であるため、長期使用において摩耗が考えられるが、グリースにより潤滑されており、摩耗の可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、軸継手の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 歯車の摩耗 [主油ポンプ、調速・制御装置]

主油ポンプ及び調速・制御装置の歯車の噛み合い部は摩耗が考えられるが、ポンプ内部流体は油であり、また、調速・制御装置の歯車には油が供給されており、歯面が常時潤滑されているため、摩耗の可能性は小さい。

なお、これまでの目視点検において有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、歯車の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. 主軸、翼、ケーシングの腐食（流れ加速型腐食） [原子炉隔離時冷却系タービン]

原子炉隔離時冷却系タービンの主軸、翼の材料は低合金鋼、ケーシングは炭素鋼鋳鋼であり、蒸気雰囲気下において腐食（流れ加速型腐食）発生の可能性が考えられるが、本装置は、定期的な機能確認試験時（1ヶ月に1回）のみの運転（約30分程度）であり、腐食（流れ加速型腐食）進行の可能性は小さい。

なお、これまでの目視点検において有意な腐食（流れ加速型腐食）は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、主軸、翼、ケーシングの腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. 弁の腐食（流れ加速型腐食） [蒸気止め弁、蒸気加減弁]

蒸気止め弁（弁体（主弁）、弁座）、蒸気加減弁（弁体、弁棒、弁座）はステンレス鋼、蒸気止め弁（弁箱）、蒸気加減弁（弁箱、弁ふた）は炭素鋼鋳鋼、蒸気止め弁（弁体（副弁）、弁棒）は低合金鋼であり、蒸気雰囲気下において腐食（流れ加速型腐食）発生の可能性が考えられるが、原子炉隔離時冷却系タービンと同様、定期的な機能確認試験時のみの運転であり、腐食（流れ加速型腐食）進行の可能性は小さい。

なお、これまでの目視点検において各部位に有意な腐食（流れ加速型腐食）は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、弁の腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

p. 羽根車の腐食（キャビテーション）〔復水ポンプ〕

ポンプ内部の羽根車でキャビテーションが発生すると、羽根車表面にエロージョンが生じ、ポンプ性能に影響を及ぼす可能性があるが、ポンプはキャビテーションを起こさない条件（有効吸込ヘッド>必要有効吸込ヘッド）を満たすよう設計段階で既に考慮されており、この大小関係は経年的に変化するものではない。

なお、これまでの目視点検において有意な腐食（キャビテーション）は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、羽根車の腐食（キャビテーション）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

q. ケーシング、胴、タンク、配管の内面の腐食（全面腐食）〔主油ポンプ、油冷却器、油タンク、油配管〕

主油ポンプのケーシングは鋳鉄、油冷却器の胴、油タンク及び油配管の材料は炭素鋼であり腐食の発生が考えられるが、内部流体は油であり腐食発生の可能性は小さい。

なお、主油ポンプ、油冷却器、油タンクは、これまでの目視点検において有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、ケーシング、胴、タンク、配管の内面の腐食（全面腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

r. 主軸、従軸の腐食（全面腐食）〔主油ポンプ〕

主油ポンプの主軸及び従軸は炭素鋼であり腐食の発生が考えられるが、内部流体は油であり腐食発生の可能性は小さい。

なお、主油ポンプは、これまでの目視点検において有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、主軸、従軸の腐食（全面腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

s. 主軸の高サイクル疲労割れ〔原子炉隔離時冷却系タービン〕

原子炉隔離時冷却系タービンの主軸には定常応力と変動応力が発生する。高平均応力下において繰返し応力を受けると、応力集中部等において高サイクル疲労割れが想定されるが、主軸は設計段階において疲労割れが発生しないよう考慮された設計となっており、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお、これまでの目視点検及び浸透探傷検査において、有意な欠陥は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、主軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

t. 主軸の高サイクル疲労割れ [真空ポンプ, 復水ポンプ, 主油ポンプ]

真空ポンプ, 復水ポンプ, 主油ポンプの主軸は繰返し応力を受けると, 応力集中部等において高サイクル疲労割れが想定されるが, ポンプ主軸は設計段階において疲労割れが発生しないよう考慮された設計となっており, 高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお, これまでの目視点検及び浸透探傷検査において, 有意な欠陥は確認されておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって, 主軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

u. ケーシングの疲労割れ [原子炉隔離時冷却系タービン]

原子炉隔離時冷却系タービンのケーシングは, 炭素鋼鋳鋼であり定期的な機能確認試験時の熱応力による材料への疲労の蓄積から疲労割れが想定される。

しかし, 定期的な機能確認試験時は, 急激な過渡変化を生じないように運転しており, また, 低負荷から定格負荷まで徐々に負荷上昇する運用であることから熱応力による疲労蓄積は小さく, 疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお, これまでの目視点検及び浸透探傷検査において有意な欠陥は確認されておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって, ケーシングの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

v. 弁棒の疲労割れ [蒸気止め弁, 蒸気加減弁]

弁棒段付部等は角部を滑らかにし, 応力集中がかからないような構造としており, 発生応力の低減を図っている。

また, 弁全開時であってもバックシートで受けるような構造ではないことから, 有意な応力は発生しないと考える。

なお, これまでの目視点検及び浸透探傷検査において, 段付部等応力集中の想定される部位に有意な欠陥は確認されておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって, 弁棒の疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- w. モータ（低圧，全閉型）主軸の摩耗 [真空ポンプ，復水ポンプ]
- x. モータ（低圧，全閉型）のフレーム，エンドブラケット，ファン・ファンカバー及び端子箱の腐食 [真空ポンプ，復水ポンプ]
- y. モータ（低圧，全閉型）の固定子コア及び回転子コアの腐食 [真空ポンプ，復水ポンプ]
- z. モータ（低圧，全閉型）の取付ボルトの腐食 [真空ポンプ，復水ポンプ]
- aa. モータ（低圧，全閉型）主軸の高サイクル疲労割れ [真空ポンプ，復水ポンプ]

以上，w. ～aa. の評価については，「ポンプモータの技術評価書」の低圧ポンプモータと同一であることから，当該の評価書参照のこと。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 伝熱管、管板の応力腐食割れ [油冷却器]

油冷却器の伝熱管、管板は、ステンレス鋼であり応力腐食割れが想定されるが、実際の運転温度は 100 °C 以下であり、応力腐食割れが発生する可能性はない。

したがって、伝熱管、管板の応力腐食割れは、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. モータ（低圧、全閉型）の回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ [真空ポンプ、復水ポンプ]

以上、b. の評価については、「ポンプモータの技術評価書」の低圧ポンプモータと同一であることから、当該の評価書参照のこと。

c. スプリングのへたり [蒸気止め弁、非常調速装置、蒸気加減弁]

スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが考えられる。

しかし、スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるよう設定されており、また、スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりの進行の可能性はない。

したがって、スプリングのへたりは、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1(1/5) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
					減肉		割れ		材質変化		その他		
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化			
タービン性能の確保	エネルギー変換	タービン	主軸		低合金鋼	△	△*1	△*2					*1:流れ加速型腐食 *2:高サイクル疲労割れ *3:はく離 *4:内面 *5:外面 *6:へたり
			翼		低合金鋼		△*1						
	軸継手			低合金鋼	△								
	軸支持		ジャーナル軸受		鋳鉄, ホワイトメタル	△						△*3	
			スラスト軸受(ころがり)	◎	—								
バウンダリの維持		耐圧	ケーシング		炭素鋼鋳鋼		△*1*4△*5	△					
	ケーシングボルト			低合金鋼		△							
	シール	ガスケット	◎	—									
		カーボンリング	◎	—									
隔離機能の維持	隔離	蒸気止め弁	弁体(主弁)		ステンレス鋼		△*1						
			弁体(副弁)		低合金鋼		△*1						
			弁棒		低合金鋼	△	△*1	△					
			弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*1*4△*5						
			弁座		ステンレス鋼		△*1						
			弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△*5						
			レバー		炭素鋼鋳鋼	△	△*5						
			スプリング		ばね鋼							▲*6	
			ブッシュ	◎	—								
			弁ふたボルト		低合金鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (2/5) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
隔離機能の維持	隔離	速非常装置	トリップウェイト	黄銅	△							*1:へたり *2:流れ加速型腐食 *3:内面 *4:外面 *5:性能低下
			スプリング	ばね鋼							▲*1	
作動機能の維持	制御	蒸気加減弁	弁体	ステンレス鋼		△*2						
			弁棒	ステンレス鋼	△	△*2	△					
			弁箱	炭素鋼鋳鋼		△*2*3 △*4						
			弁座	ステンレス鋼		△*2						
			弁ふた	炭素鋼鋳鋼		△*2*3 △*4						
			レバー	鋳鉄	△	△*4						
			ブッシュ	◎	—							
			スプリング		ピアノ線						▲*1	
		弁ふたボルト		低合金鋼		△						
		制御装置	調速・	EGR	—							△*5
リモートサーボ	—									△*5		
歯車				低合金鋼	△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (3/5) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
						減肉		割れ		材質変化			その他
						摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
作動機能の維持	衛帯蒸気系機能の維持	バロメトリックコンデンサ	胴		炭素鋼		△*1*2					*1:内面 *2:外面 *3:高サイクル疲労割れ *4:主軸 *5:フレーム, エンドブラケット, ファン・ファンカバー及び端子箱 *6:固定子コア及び回転子コア *7:取付ボルト *8:回転子棒及び回転子エンドリング *9:固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下	
			取付ボルト		炭素鋼		△						
			ガスケット	◎	—								
		真空タンク	胴		鋳鉄		△*1*2						
			フランジボルト		炭素鋼		△						
			ガスケット	◎	—								
			取付ボルト		炭素鋼		△						
		真空ポンプ	ケーシング		青銅		△*1*2						
			主軸		炭素鋼	△		△*3					
			羽根車		青銅		△						
			シャフトシール	◎	—								
			ガスケット	◎	—								
			ケーシングボルト		炭素鋼		△						
			取付ボルト		炭素鋼		△						
モータ (低圧, 全閉型)	◎ (軸受(ころがり))	—	△*4	△*5*6*7	△*3*4▲*8			○*9					

◎ : 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△ : 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象)

▲ : 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象以外)

表 2.2-1(4/5) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
						減肉		割れ		材質変化			その他
						摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
作動機能の維持	衛帯蒸気系機能の維持	復水ポンプ	ケーシング		鋳鉄		△*1*2						*1:内面 *2:外面 *3:高サイクル疲労割れ *4:キャビテーション *5:主軸 *6:フレーム, エンドブラケット, ファン・ファンカバー及び端子箱 *7:固定子コア及び回転子コア *8:取付ボルト *9:回転子棒及び回転子エンドリング *10:固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 *11:はく離
			主軸		ステンレス鋼	△		△*3					
			羽根車		青銅			△△*4					
			メカニカルシール	◎	—								
			シーリングリング	◎	—								
			ガスケット	◎	—								
			ケーシングボルト		炭素鋼		△						
			取付ボルト		炭素鋼		△						
			モータ(低圧, 全閉型)	◎ (軸受(ころがり))	—	△*5	△*6*7*8	△*3*5▲*9				○*10	
		復水系配管・弁		炭素鋼		△*1*2							
	グラント蒸気系配管		炭素鋼		△*1*2								
	潤滑油機能の確保	主油ポンプ	ケーシング		鋳鉄		△*1*2						
			主軸		炭素鋼	△	△	△*3					
			従軸		低合金鋼, 炭素鋼	△	△						
			歯車		低合金鋼	△							
			軸受(すべり)		炭素鋼, ホワイトメタル	△						△*11	
			ケーシングボルト		炭素鋼		△						
取付ボルト				低合金鋼		△							
ガスケット	◎	—											

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (5/5) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
						減肉		割れ		材質変化			その他
						摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
作動機能の維持	衛帯蒸気系機能の維持	油冷却器	伝熱管		ステンレス鋼				▲				*1:内面 *2:外面
			管板		ステンレス鋼				▲				
			水室		ステンレス鋼								
			管支持板		ステンレス鋼								
			胴		炭素鋼		△*1*2						
			フランジボルト		低合金鋼		△						
			取付ボルト		低合金鋼		△						
			ガスケット	◎	—								
		油タンク		炭素鋼		△*1*2							
		油配管		炭素鋼		△*1*2							
機器の支持	支持	ベースプレート			炭素鋼		△						
		支持鋼材			炭素鋼		△						
		基礎ボルト			炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

- (1) モータ（低圧，全閉型）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下〔真空ポンプ，復水ポンプ〕

モータ（低圧，全閉型）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対する「事象の説明」，「技術評価」及び「高経年化への対応」は，「ポンプモータの技術評価書」のうち，低圧ポンプモータと同一であることから，当該評価書を参照のこと。

3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器である常設高圧代替注水系タービン及び付属装置について検討した。

① 常設高圧代替注水系タービン及び付属装置

なお、基礎ボルトについては、常設高圧代替注水系ポンプと常設高圧代替注水系タービンの取付ベースが共通であることから、「ポンプ技術評価書」にて評価を実施するものとし本評価書には含めない。

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

a. モータ（低圧，全閉型）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 [真空ポンプ，復水ポンプ]

モータ（低圧，全閉型）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に関しては、真空ポンプ，復水ポンプは代表機器にのみ設置されており，代表機器以外への展開は不要である。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 主軸，ジャーナル軸受の摩耗 [常設高圧代替注水系タービン]

主軸はステンレス鋼であり，ジャーナル軸受はステンレス鋼及びカーボンのすべり軸受を使用することとしており，主軸及びジャーナル軸受の摺動面の摩耗が想定されるが，潤滑水が供給されることにより，主軸と軸受間に水膜が形成されるため，摩耗の可能性は小さい。

また，常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから，今後，寸法検査及び目視点検を実施し，摩耗の有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって，主軸，ジャーナル軸受の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. シリンダ，ピストンの摩耗 [蒸気止め弁，调速・制御装置]

蒸気止め弁のピストン，调速・制御装置のシリンダ及びピストンは摺動面の摩耗が想定されるが，常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから，今後，目視点検を実施し，摩耗の有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって，シリンダ，ピストンの摩耗は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁棒の摩耗 [蒸気止め弁, 蒸気加減弁]

蒸気止め弁及び蒸気加減弁の弁棒は摩耗が想定されるが、常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから、今後、弁ふた側のブッシュと適切な隙間管理を行い、分解点検時に目視点検を実施し、摩耗の有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって、弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. トリップボルトの摩耗 [非常調速装置]

非常調速装置のトリップボルトは摩耗が想定されるが、常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから、今後、分解点検時に目視点検を実施し、摩耗の有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって、トリップボルトの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. ケーシングの腐食（全面腐食） [常設高圧代替注水系タービン]

常設高圧代替注水系タービンのケーシングはステンレス鋳鋼及び低合金鋼であり、腐食が想定されるが、常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから、今後、分解点検時に目視点検を実施し、腐食の有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって、ケーシングの腐食（全面腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 弁箱，ベースプレートの腐食（全面腐食） [蒸気止め弁, 蒸気加減弁, 常設高圧代替注水系タービン]

蒸気止め弁及び蒸気加減弁の弁箱は低合金鋼，ベースプレートは炭素鋼であり，腐食が想定されるが，常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから，外気接触部は塗装を施すこととしており，今後，塗膜の状態を目視点検で確認し，必要に応じて補修塗装を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，弁箱，ベースプレートの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. ケーシングボルトの腐食（全面腐食） [常設高圧代替注水系タービン]

常設高圧代替注水系タービンのケーシングボルトは低合金鋼であり，腐食が想定されるが，常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから，ボルトの外気接触部は塗装を施すこととしており，今後，塗膜の状態を目視点検で確認し，必要に応じて補修塗装を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，ケーシングボルトの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. ケーシングボルトの応力腐食割れ[常設高圧代替注水系タービン]

常設高圧代替注水系タービンのケーシングボルトはステンレス鋼であり、蒸気環境下で使用するため、応力腐食割れが発生する可能性があるが、常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから、今後、ボルトは、目視点検及び浸透探傷検査を実施し、欠陥の有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって、ケーシングボルトの応力腐食割れは、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 主軸，翼，ケーシングの腐食（流れ加速型腐食） [常設高圧代替注水系タービン]

常設高圧代替注水系タービンの主軸，翼の材料はステンレス鋼，ケーシングはステンレス鋳鋼及び低合金鋼であり，蒸気雰囲気下において腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが，本装置は，定期的な機能確認試験時のみの運転であり，腐食（流れ加速型腐食）進行の可能性は小さい。

なお，常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから，主軸，翼，ケーシングの腐食（流れ加速型腐食）については，今後，分解点検時に目視点検を実施し，腐食（流れ加速型腐食）の有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって，主軸，翼，ケーシングの腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 弁の腐食（流れ加速型腐食） [蒸気止め弁，蒸気加減弁]

蒸気止め弁（弁体），蒸気加減弁（弁体，弁棒）はステンレス鋼，蒸気止め弁（弁箱，弁ふた，弁座），蒸気加減弁（弁箱，弁ふた，弁座）は低合金鋼であり，蒸気雰囲気下において腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが，タービンと同様，定期試験時のみの運転であり，腐食（流れ加速型腐食）進行の可能性は小さい。

なお，常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから，弁の腐食（流れ加速型腐食）については，今後，分解点検時に目視点検を実施し，腐食（流れ加速型腐食）の有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって，弁の腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 主軸の高サイクル疲労割れ [常設高圧代替注水系タービン]

主軸は繰返し応力を受けると、応力集中部等において高サイクル疲労割れが想定されるが、設計段階において疲労割れが発生しないよう考慮された設計とすることとしており、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお、常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから、主軸の高サイクル疲労割れについては、今後、分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査を実施し、欠陥の有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって、主軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

l. ケーシングの疲労割れ [常設高圧代替注水系タービン]

常設高圧代替注水系タービンのケーシングは、ステンレス鋳鋼であり定期的な機能確認試験時の熱応力による材料への疲労の蓄積から疲労割れが想定される。

しかし、定期的な機能確認試験時は、急激な温度変化を生じないように運転することとしており、熱応力による疲労蓄積は小さいことから疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお、常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから、ケーシングの疲労割れについては、今後、分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査を実施し、欠陥の有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって、ケーシングの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 弁棒の疲労割れ [蒸気加減弁]

弁棒段付部等は角部を滑らかにし、応力集中がかからないような構造とすることとしており、発生応力の低減を図る。

また、弁全開時であってもバックシートで受けるような構造ではないことから、有意な応力は発生しないと考える。

なお、常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから、弁棒の疲労割れについては、今後、分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査を実施し、欠陥の有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって、弁棒の疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. スプリングのへたり [非常調速装置, 調速・制御装置]

スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが想定される。

しかし、スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるよう設定することとしており、また、スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりの進行の可能性はない。

したがって、スプリングのへたりは、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

東海第二発電所

コンクリート構造物及び鉄骨構造物の技術評価書

(運転を断続的に行うことを前提とした評価)

日本原子力発電株式会社

本評価書は、東海第二発電所（以下、「東海第二」という）で使用している安全上重要な構造物（重要度分類審査指針におけるクラス1、クラス2に該当する構造物又は該当する機器・構造物を支持する構造物）及び高温・高圧の環境下にあるクラス3に該当する機器を支持する構造物並びに常設重大事故等対処設備に該当する構造物又は該当する機器・構造物を支持する構造物並びに浸水防護施設及び火災防護設備に属する構造物の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象構造物の一覧を表1に示す。

表1 評価対象構造物一覧

名称	重要度*1
① 原子炉建屋（非常用ディーゼル発電機海水系配管トレンチ、廃棄物処理棟及び廃棄物処理建屋含む）（鉄筋コンクリート造、一部鉄骨造）	MS-1, 重 ^{*2} , 設 ^{*3}
② タービン建屋（鉄筋コンクリート造、一部鉄骨造）	MS-1
③ 取水口構造物（鉄筋コンクリート造）	MS-1, 重 ^{*2}
④ 排気筒基礎（鉄筋コンクリート造）	MS-1, 重 ^{*2}
⑤ 使用済燃料乾式貯蔵建屋（鉄筋コンクリート造、一部鉄骨造及び鉄骨鉄筋コンクリート造）	PS-2
⑥ 防潮堤（鉄筋コンクリート造、鉄骨造）*4	設 ^{*3}
⑦ 防潮扉（鉄骨造）*4	設 ^{*3}
⑧ 放水路ゲート（鉄骨造）*4	MS-1, 設 ^{*3}
⑨ 構内排水路逆流防止設備（鉄骨造）*4	設 ^{*3}
⑩ 貯留堰（鉄骨造）*4	設 ^{*3} , 重 ^{*2}
⑪ 浸水防止蓋（鉄骨造）*4	設 ^{*3}
⑫ 常設低圧代替注水系格納槽（鉄筋コンクリート造）*4	重 ^{*2}
⑬ 常設代替高圧電源装置置場（軽油貯蔵タンク基礎及びバルバート含む）（鉄筋コンクリート造）*4	MS-1, 重 ^{*2}
⑭ SA用海水ピット（取水塔含む）（鉄筋コンクリート造）*4	重 ^{*2}
⑮ 格納容器圧力逃がし装置格納槽（バルバート含む）（鉄筋コンクリート造）*4	重 ^{*2}
⑯ 緊急用海水ポンプピット（鉄筋コンクリート造）*4	重 ^{*2}
⑰ 緊急時対策所建屋（発電機燃料油貯蔵タンク基礎含む）（鉄筋コンクリート造）*4	重 ^{*2}
⑱ 水密扉（鉄骨造）*4	設 ^{*3}
⑲ 西側淡水貯水設備（鉄筋コンクリート造）*4	重 ^{*2}
⑳ 堰及び止水板（鉄筋コンクリート造、鉄骨造）*4	設 ^{*3}

*1：最上位の重要度クラスを示す

*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物を示す

*3：設計基準対象施設として評価対象とした機器及び構造物を示す

*4：新規に設置される機器及び構造物を示す

1. コンクリート構造物及び鉄骨構造物

[対象構造物]

- ① 原子炉建屋(非常用ディーゼル発電機海水系配管トレンチ, 廃棄物処理棟及び廃棄物処理建屋含む)
(鉄筋コンクリート造, 一部鉄骨造)
- ② タービン建屋(鉄筋コンクリート造, 一部鉄骨造)
- ③ 取水口構造物(鉄筋コンクリート造)
- ④ 排気筒基礎(鉄筋コンクリート造)
- ⑤ 使用済燃料乾式貯蔵建屋(鉄筋コンクリート造, 一部鉄骨造及び鉄骨鉄筋コンクリート造)
- ⑥ 防潮堤(鉄筋コンクリート造, 鉄骨造)
- ⑦ 防潮扉(鉄骨造)
- ⑧ 放水路ゲート(鉄骨造)
- ⑨ 構内排水路逆流防止設備(鉄骨造)
- ⑩ 貯留堰(鉄骨造)
- ⑪ 浸水防止蓋(鉄骨造)
- ⑫ 常設低圧代替注水系格納槽(鉄筋コンクリート造)
- ⑬ 常設代替高圧電源装置置場(軽油貯蔵タンク基礎及びカルバート含む)(鉄筋コンクリート造)
- ⑭ SA用海水ピット(取水塔含む)(鉄筋コンクリート造)
- ⑮ 格納容器圧力逃がし装置格納槽(カルバート含む)(鉄筋コンクリート造)
- ⑯ 緊急用海水ポンプピット(鉄筋コンクリート造)
- ⑰ 緊急時対策所建屋(発電機燃料油貯蔵タンク基礎含む)(鉄筋コンクリート造)
- ⑱ 水密扉(鉄骨造)
- ⑲ 西側淡水貯水設備(鉄筋コンクリート造)
- ⑳ 堰及び止水板(鉄筋コンクリート造, 鉄骨造)

目次

1. 対象構造物及び代表構造物の選定	1
2. 代表構造物の技術評価	7
2.1 構造, 材料及び使用条件	7
2.2 経年劣化事象の抽出	11
2.2.1 構造物の機能達成に必要な項目	11
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	12
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	13
2.2.4 評価対象部位及び評価点の抽出.....	16
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	20
2.3.1 コンクリートの強度低下	20
2.3.2 コンクリートの遮へい能力低下	34
3. 評価対象部位以外への展開	36

1. 対象構造物及び代表構造物の選定

東海第二で使用しているコンクリート構造物及び鉄骨構造物のうち、対象構造物の選定を表 1-1 に示す。

対象構造物は、材料特性を分類基準として、コンクリート構造物と鉄骨構造物の2つのグループに分類される。表 1-2 に示すとおり、グループ毎に使用条件等の観点から代表構造物を選定した。

表 1-1 対象構造物の選定 (1/3)

安全重要度分類審査指針等に定める要求機能	重要度	主要設備	対象構造物
原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	PS-1	原子炉圧力容器 原子炉冷却材圧力バウンダリ配管 原子炉再循環ポンプ	原子炉建屋 原子炉建屋 原子炉建屋
過剰反応度の印加防止機能	PS-1	制御棒及び制御棒駆動系	原子炉建屋
炉心形状の維持機能	PS-1	炉心支持構造物 燃料集合体	原子炉建屋 原子炉建屋
原子炉の緊急停止機能	MS-1	制御棒及び制御棒駆動系 (スクラム機能)	原子炉建屋
未臨界維持機能	MS-1	原子炉停止系 (制御棒, ほう酸水注水系)	原子炉建屋
原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	MS-1	主蒸気逃がし安全弁 (安全弁としての開機能)	原子炉建屋
原子炉停止後の除熱機能	MS-1	残留熱除去系 原子炉隔離時冷却系 主蒸気逃がし安全弁 自動減圧系	原子炉建屋 原子炉建屋 原子炉建屋 原子炉建屋
炉心冷却機能	MS-1	残留熱除去系 (低圧注水モード) 低圧炉心スプレイ系 高圧炉心スプレイ系 自動減圧系	原子炉建屋 原子炉建屋 原子炉建屋 原子炉建屋
放射性物質の閉じ込め機能 放射線の遮へい及び放出低減機能	MS-1	原子炉格納容器 原子炉格納容器隔離弁及び格納容器バウンダリ配管 残留熱除去系 (原子炉格納容器スプレイ冷却モード) 原子炉建屋 (原子炉棟)	原子炉建屋 原子炉建屋 原子炉建屋 原子炉建屋 (大物搬入口, エアロック及びびブローアウトパネル含む)
工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	MS-1	非常用ガス再循環系 非常用ガス処理系 可燃性ガス濃度制御系 安全保護系	原子炉建屋 原子炉建屋 原子炉建屋 原子炉建屋 原子炉建屋

表 1-1 対象構造物の選定 (2/3)

安全重要度分類審査指針等に定める要求機能 安全上特に重要な関連機能	重要度	主要設備	対象構造物
	MS-1	非常用所内電源系 非常用所内電源系 (軽油貯蔵タンク関連) 中央制御室及びその遮へい 残留熱除去海水系 非常用ディーゼル発電機海水系 直流電源系 計測制御電源系 放水路ゲート駆動装置	原子炉建屋, タービン建屋 常設代替高圧電源装置置場 (軽油貯蔵タンク 基礎及びカルバート含む) 原子炉建屋 原子炉建屋 (非常用ディーゼル発電機海水系 配管トレンチを含む), 取水口構造物 原子炉建屋 (非常用ディーゼル発電機海水系 配管トレンチを含む), 取水口構造物 原子炉建屋 原子炉建屋 放水路ゲート
原子炉冷却材を内蔵する機能	PS-2	主蒸気系 原子炉冷却材浄化系	原子炉建屋, タービン建屋 原子炉建屋
原子炉冷却材圧力バウナダリに直接接続されてい ないものであって, 放射性物質を貯蔵する機能	PS-2	放射性気体廃棄物処理系 (吸着塔) 使用済燃料貯蔵プール 使用済燃料乾式貯蔵設備 新燃料貯蔵庫	原子炉建屋 原子炉建屋 使用済燃料乾式貯蔵建屋 原子炉建屋
燃料を安全に取り扱う機能	PS-2	燃料取替機 原子炉建屋天井クレーン 使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン	原子炉建屋 原子炉建屋 使用済燃料乾式貯蔵建屋
安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能	PS-2	主蒸気逃がし安全弁	原子炉建屋
燃料プールの水の補給機能	MS-2	非常用補給水系	原子炉建屋, タービン建屋
放射性物質放出の防止機能	MS-2	気体廃棄物処理系の隔離弁 主排気筒	タービン建屋 排気筒基礎
事故時のプラント状態の把握機能	MS-2	事故時監視計器	原子炉建屋
原子炉冷却材の循環機能	高 ^{*1}	制御棒駆動水ポンプ	原子炉建屋
放射性物質の貯蔵機能	高 ^{*1}	放射性廃棄物処理系	原子炉建屋 (廃棄物処理棟及び廃棄物処理建 屋含む)

*1: 最高使用温度が 95 °C を超え, 又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

表 1-1 対象構造物の選定 (3/3)

安全重要度分類審査指針等に定める要求機能 電源供給機能（非常用を除く）	重要度 高 ^{*1}	主要設備	対象構造物
プラント運転補助機能	高 ^{*1}	湿分離器 高圧タービン 低圧タービン 所内ボイラ設備 所内蒸気系 計装用圧縮空気系設備 タービンバイパス弁	タービン建屋 タービン建屋 タービン建屋 タービン建屋 タービン建屋 タービン建屋 タービン建屋
原子炉圧力の上昇の緩和機能	高 ^{*1}	制御棒駆動系	原子炉建屋
原子炉冷却材の補給機能	高 ^{*1}		
浸水防護施設	設 ^{*2}	原子炉建屋外壁 防潮堤 防潮扉 放水路ゲート 構内排水路逆流防止設備 貯留堰 浸水防止蓋 水密扉 堰及び止水板	原子炉建屋 防潮堤 防潮扉 放水路ゲート 構内排水路逆流防止設備 貯留堰 浸水防止蓋 水密扉 堰及び止水板
常設重大事故等対処設備	重 ^{*3}	常設低圧代替注水系ポンプ 常設代替高圧電源装置 SA用海水ピット（取水塔含む） 緊急用海水ポンプ 格納容器圧力逃がし装置 緊急時対策所建屋（発電機燃料油貯蔵タンク含む） 常設高圧代替注水ポンプ 緊急用直流 125V 蓄電池 取水口構造物 非常用ガス処理系排気筒 貯留堰 西側淡水貯水設備	常設低圧代替注水系格納槽 常設代替高圧電源装置置場 SA用海水ピット（取水塔含む） 緊急用海水ポンプピット 格納容器圧力逃がし装置格納槽（カルバート含む） 緊急時対策所建屋（発電機燃料油貯蔵タンク基礎含む） 原子炉建屋（ブローアウエアトパネル閉止装置含む） 原子炉建屋（廃棄物処理棟含む） 取水口構造物 排気筒基礎 貯留堰 西側淡水貯水設備

*1：最高使用温度が 95 °C を超え、又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

*2：設計基準対象施設として評価対象とした機器及び構造物を示す

*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物を示す

表 1-2 代表構造物の選定 (1/2)

対象構造物 (コンクリート構造物)	重要度 ^{*1}	使用条件等										選定理由	
		運転条件, 環境条件等											特別点検 結果
		運転開始後 経過年数	高温部の 有無	放射線の 有無	振動の 有無	設置環境		供給 塩化物量	耐火要求 の有無	選定			
屋外	屋内	屋外	屋内	屋外	屋内	選定							
① 原子炉建屋 (非常用ディーゼル発電機海水系配管トレンチ, 廃棄物処理棟及び廃棄物処理建屋含む)	MS-1, 重 ^{*2} , 設 ^{*3}	39	○ (ペダスタール)	○ (ペダスタール, 一次遮へい壁)	○ (非常用ディーゼル発電機基礎)	一部仕上げ無し	仕上げ有り	◇	-	-	◎	高温部及び放射線の影響, 屋内で仕上げ無し	
② タービン建屋	MS-1	39	◇	◇	○ (タービン発電機架台)	一部仕上げ無し	仕上げ有り	◇	-	-	◎	振動の影響, 屋内で仕上げ無し, 特別点検結果 (中性化深さ)	
③ 取水口構造物	MS-1, 重 ^{*2}	39	-	-	-	/	仕上げ無し	○ (海水と接触)	-	-	◎	屋外で仕上げ無し, 供給塩化物量の影響, 特別点検結果 (塩分浸透及び中性化深さ)	
④ 排気筒基礎 ^{*4}	MS-1, 重 ^{*2}	39	-	-	-	/	仕上げ有り	◇	/	/			
⑤ 使用済燃料乾式貯蔵建屋	PS-2	16	◇	◇	-	一部仕上げ無し	仕上げ有り	◇	-	-			
⑥ 防潮堤	設 ^{*3}	0	-	-	-	/	仕上げ無し	◇	-	-			
⑦ 常設低圧代替注水系統格納槽	重 ^{*2}	0	-	-	-	仕上げ無し	埋設 ^{*5}	-	-	-			
⑧ 常設代替高圧電源装置置場 (軽油貯蔵タンク基礎及びカルバート含む)	MS-1, 重 ^{*2}	0	-	-	-	一部仕上げ無し	埋設 ^{*5}	-	-	-			
⑨ SA 用海水ピット (取水塔含む)	重 ^{*2}	0	-	-	-	/	埋設 ^{*5}	○ (海水と接触)	/	/			
⑩ 緊急用海水ポンプピット	重 ^{*2}	0	-	-	-	仕上げ無し	埋設 ^{*5}	○ (海水と接触)	-	-			
⑪ 格納容器圧力逃がし装置格納槽 (カルバート含む)	重 ^{*2}	0	-	-	-	一部仕上げ無し	埋設 ^{*5}	-	-	-			
⑫ 緊急時対策所建屋 (発電機燃料油貯蔵タンク基礎含む)	重 ^{*2}	0	-	-	-	仕上げ有り	仕上げ有り	-	-	-			
⑬ 西側淡水貯水設備	重 ^{*2}	0	-	-	-	仕上げ有り	埋設 ^{*5}	-	-	-			
⑭ 堰	設 ^{*3}	0	-	-	-	仕上げ有り	/	-	/	/			

*1: 設備を支持するものであり, 最上位の重要度クラスを示す

*2: 重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物を示す

*3: 設計基準対象施設として評価対象とした機器及び構造物を示す

*4: 新規制基準への適合のため部分改修予定であるが, 保守的に既存部として評価する

*5: 環境条件の区分として, 土中は一般の環境に区分されることから, 他の屋外で仕上げが無い構造物で代表させる

【凡例】

○: 影響大

◇: 影響小

-: 影響極小, 又は無し

表 1-2 代表構造物の選定 (2/2)

対象構造物 (鉄骨構造物)	重要度*1	運転開始後 経過年数	使用条件等				選定理由
			設置環境		使用材料	選定	
			屋内	屋外			
① 原子炉建屋 (廃棄物処理棟及び廃棄物処理建屋含む) (鉄骨部)	MS-1, 重*2	39	仕上り有り		炭素鋼	◎	運転開始後経過年数
② タービン建屋 (鉄骨部)	MS-1	39	仕上り有り		炭素鋼	◎	運転開始後経過年数
③ 使用済燃料乾式貯蔵建屋 (鉄骨部)	PS-2	16	仕上り有り		炭素鋼		
④ 防潮堤	設*3	0		仕上り有り	炭素鋼		
⑤ 防潮扉	設*3	0		仕上り有り	炭素鋼		
⑥ 放水路ゲート	MS-1, 設*3	0		仕上り有り	炭素鋼		
⑦ 構内排水路逆流防止設備	設*3	0		仕上り有り	ステンレス鋼		
⑧ 貯留堰	設*3, 重*2	0		仕上り無し	炭素鋼		
⑨ 浸水防止蓋	設*3	0		仕上り有り	炭素鋼, ステンレス鋼		
⑩ 水密扉	設*3	0*4		仕上り有り	炭素鋼, ステンレス鋼		
⑪ 堰及び止水板	設*3	0	仕上り有り		炭素鋼		

*1：設備を支持するものであり、最上位の重要度クラスを示す

*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物を示す

*3：設計基準対象施設として評価対象とした機器及び構造物を示す

*4：一部設置されているが、使用前検査の合格をもって供用開始とする

2. 代表構造物の技術評価

本章では、1章で代表構造物とした構造物について技術評価を実施する。

2.1 構造、材料及び使用条件

鉄筋コンクリート構造は、必要な強度を確保するために、圧縮力には強いが引張力に弱いコンクリート（セメントに骨材（砂、砂利等）、水及び混和材料を調合したもの）を、引張力に強い鉄筋で補強した構造であり、コンクリートの強アルカリ性が鉄筋の腐食を防止することができる。

コンクリートの設計基準強度は、原子炉建屋（非常用ディーゼル発電機海水系配管トレンチ、廃棄物処理棟及び廃棄物処理建屋含む）及びタービン建屋が 22.1 N/mm^2 (225 kgf/cm^2)、取水口構造物は 20.6 N/mm^2 (210 kgf/cm^2) である。

鉄骨構造は、構造用形鋼を溶接又はボルトにて接合した構造である。鉄骨構造物の柱脚部はコンクリート基礎にアンカーボルトで定着しているか、又は埋め込んでいる。鉄骨部は、施工時に適切な防錆塗装等が施されている。

東海第二のプラント配置図を図 2.1-1 に、代表構造物の平面図及び断面図を図 2.1-2 に示す。

また、コンクリート構造物及び鉄骨構造物主要部位の使用材料を表 2.1-1 に示す。使用条件については、表 1-2 に示したとおりである。

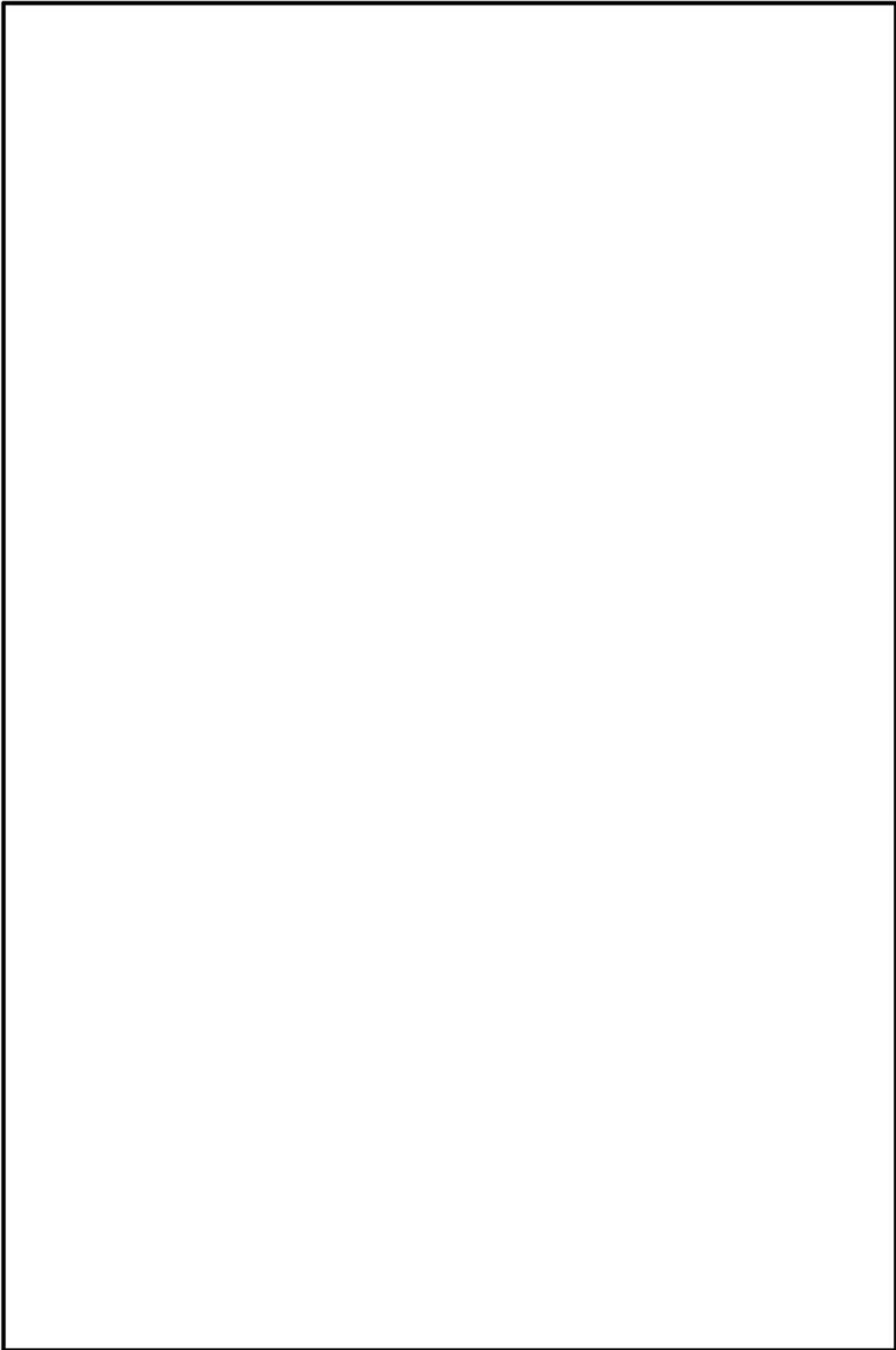


図 2.1-1 東海第二 プラント配置図

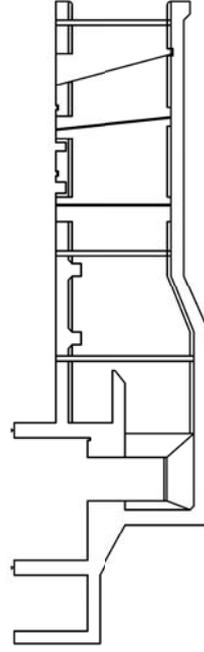
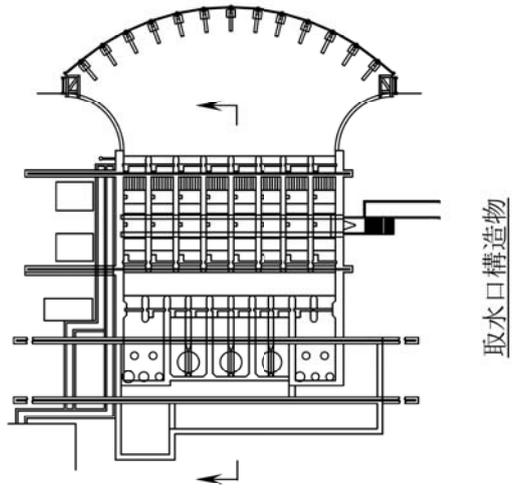
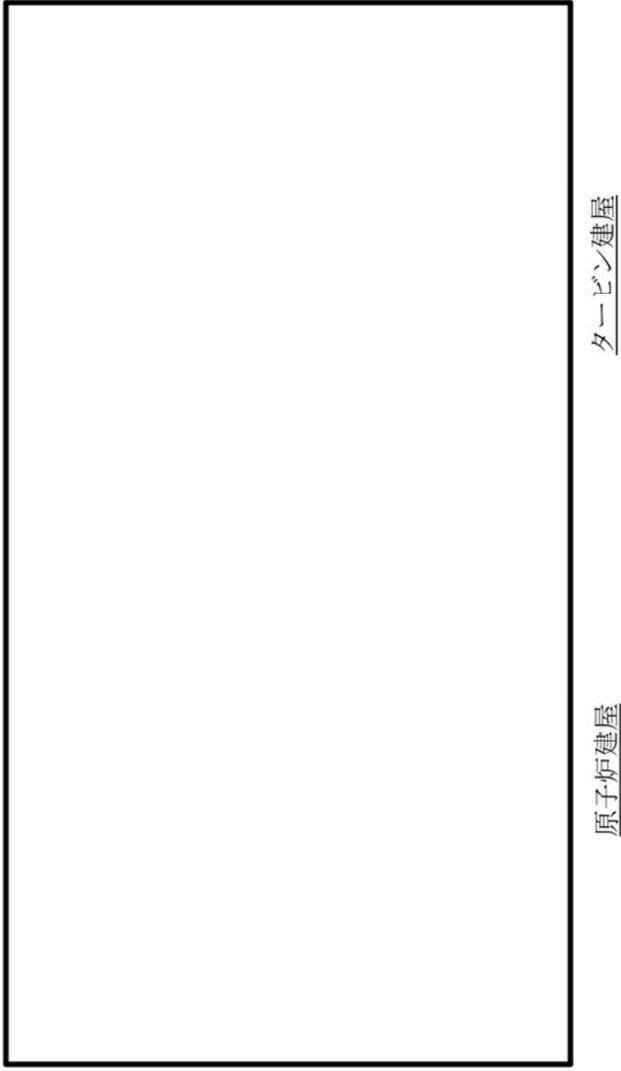
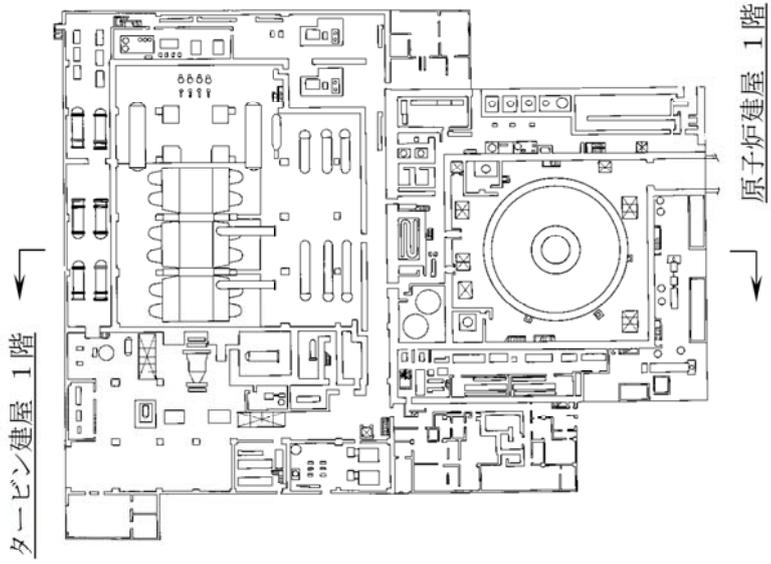


図 2.1-2 代表構造物の平面図及び断面図

表 2.1-1 コンクリート構造物及び鉄骨構造物主要部位の使用材料

部位		材料
コン ク リ ー ト 構 造 物	骨材	粗骨材 茨城県那珂川産 川砂利 茨城県常陸太田市町屋産 砕石
		細骨材 茨城県那珂郡東海村産 敷地内掘削砂
	セメント	フライアッシュセメントB種 普通ポルトランドセメント
	混和材料	AE 減水剤又は減水剤
	鉄筋	異形棒鋼
	塗装材	(外部) 弾性吹付塗装材 (内部) エポキシ樹脂塗装材
鉄 骨 構 造 物	鉄骨	炭素鋼
	塗装材	合成樹脂塗装材

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 構造物の機能達成に必要な項目

代表構造物のうちコンクリート構造物に要求される機能は、支持機能、遮へい機能及び耐火機能であり、鉄骨構造物に要求される機能は支持機能である。これらの機能の達成に必要な項目は以下のとおりである。

- (1) コンクリート強度の維持
- (2) コンクリート遮へい能力の維持
- (3) コンクリート耐火能力の維持
- (4) 鉄骨強度の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

「2.2.1 構造物の機能達成に必要な項目」であげた機能に影響を及ぼすことが否定できない経年劣化事象として、コンクリートの強度低下、遮へい能力低下及び耐火能力低下並びに鉄骨の強度低下が考えられ、これらを高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として選定した。

また、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を引き起こす可能性のある要因の中から、対象構造物の構造、材料、環境及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり、想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△、▲）。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

浸水防止蓋のパッキン等については定期取替品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

- a. コンクリートの強度低下（熱，放射線照射，中性化，塩分浸透，機械振動）
- b. コンクリートの遮へい能力低下（熱）

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

- (1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. コンクリートの強度低下

① アルカリ骨材反応

アルカリ骨材反応は、コンクリート中に存在するアルカリ溶液と、骨材中に含まれる反応性のシリカ鉱物の化学反応である。このとき生成されたアルカリ・シリカゲルが周囲の水を吸収し膨張すると、コンクリート表面にひび割れが生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

コンクリート構造物は定期的目視点検を実施しているが、アルカリ骨材反応に起因するひび割れは確認されていない。

骨材については、1974年に那珂川産の粗骨材と東海産の細骨材についてモルタルバー法（ASTM C 227に準拠）及び化学法（ASTM C 289に準拠）等により反応性試験を実施し、反応性骨材ではないことを確認している。

コンクリートについては、2007年に日本コンクリート工学協会「アルカリ骨材反応を生じたコンクリート構造物のコア試料による膨張率の測定方法（案）」による試験を実施した結果、無害であると判定された。

これに加え、特別点検における実体顕微鏡観察の結果、コンクリート構造物の健全性に影響を与えるような反応性がないことを確認した。

さらに、今後も使用環境が急激に変化することはないことから、アルカリ骨材反応の進展傾向は極めて小さいと考えられる。

したがって、アルカリ骨材反応については、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 鉄骨の強度低下

① 腐食

一般的に、鋼材は大気中の酸素及び水分と化学反応を起こして腐食する。腐食は、海塩粒子等により促進され、進行すると鋼材の断面欠損に至り、鉄骨構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

しかしながら、定期的目視点検を行い、鋼材の腐食に影響する塗膜の劣化等が認められた場合には、補修塗装を施すことによって健全性を確保している。

したがって、今後も現状保全を継続することで、鉄骨構造物の強度低下が急激に発生する可能性はないことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. コンクリートの強度低下

① 凍結融解

コンクリート中の水分が凍結し、それが気温の上昇や日射を受けること等により融解する凍結融解を繰り返すことでコンクリートにひび割れが生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事」(2015)に示されている解説図 26.1（凍害危険度の分布図）によると、東海第二の周辺地域は凍結融解の危険性がない地域に該当している。

日本建築学会「高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針（案）・同解説」(1991)によると、凍害危険度が2以上の地域は凍結融解を含む凍害を考慮する必要があるが、東海第二は凍害危険度が0の地域であり、凍害の恐れがない。

したがって、凍結融解は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. コンクリートの耐火能力低下

① 火災時等の熱

コンクリート構造物は、断面厚により耐火能力を確保できるが、部分的な断面厚の減少に伴い耐火能力が損なわれる可能性がある。

しかしながら、通常の使用環境において、コンクリート構造物の断面厚が減少することはなく、耐火能力は維持されると考える。

したがって、熱によるコンクリートの耐火能力は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 鉄骨の強度低下

① 風等による疲労

繰返し荷重が継続的に鉄骨構造物にかかることにより、疲労による損傷が蓄積され、鉄骨の強度低下につながる可能性がある。

煙突などの形状の構造物は、比較的アスペクト比（高さの幅に対する比）が大きく、風の直交方向に振動が発生する恐れがある（日本建築学会「原子力施設における建築物の維持管理指針・同解説」(2015)）。日本建築学会「建築物荷重指針・同解説」(2015)において、アスペクト比が4以上の構造物は風による振動の検討が必要とされているが、鉄骨構造物にアスペクト比4以上の構造部材はない。

したがって、風等による疲労に起因する強度低下は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

なお、主排気筒及び非常用ガス処理系排気筒は、アスペクト比が4以上に該当するため、「機械設備の技術評価書」のうち、排気筒にて評価を実施する。

2.2.4 評価対象部位及び評価点の抽出

評価対象部位及び評価点は、評価すべき経年劣化要因毎に材料及び事象の進展に影響を与える環境を考慮して抽出する。

評価対象部位を表 2.2-1 及び図 2.2-1 に示す。

a. コンクリートの強度低下

① 熱

評価対象部位は、通常運転時に雰囲気温度が高く、高温の原子炉圧力容器近傍に位置する原子炉圧力容器ペDESTALコンクリートとする。

原子炉圧力容器下部には保温材が設置されており、原子炉圧力容器ペDESTALコンクリート上部と圧力容器支持脚部の接触面を除いて、原子炉圧力容器の熱が伝わりにくい構造となっている。

評価点は、最も高温になると考えられる原子炉圧力容器ペDESTALコンクリート上部と圧力容器支持脚部との接触面とする。

② 放射線照射

評価対象部位は、原子炉圧力容器近傍に位置し、運転時に中性子照射量が大きい原子炉圧力容器ペDESTALコンクリート及びガンマ線照射量が大きい一次遮へい壁とする。

評価点は、最も中性子照射量が大きい原子炉圧力容器ペDESTALコンクリート上部及び最もガンマ線照射量が大きい一次遮へい壁の炉心側とする。

③ 中性化

中性化の進展に影響を及ぼす要因としては、環境要素（二酸化炭素濃度、温度及び相対湿度）と仕上げ材（塗装等）の有無が考えられる。

一般的に、二酸化炭素濃度や温度が高いほど中性化深さは深くなると言われているが、相対湿度については日本建築学会「高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針（案）・同解説」（1991）で、「相対湿度が40～50 %RH程度のときに最大となり、それより湿っても、乾燥しても中性化速度は遅くなる」とされている。また、仕上げ材の有無については、仕上げ材のない部位の方が厳しい条件となる。

評価対象部位は、屋外と屋内では、鉄筋位置に対する中性化深さと鉄筋腐食の開始の関係が異なることから、各々に対して評価対象部位を抽出することとし、2016年2月から1年間の東海第二における二酸化炭素濃度、温度及び相対湿度の測定結果等に基づく中性化に及ぼす影響度、仕上げが施されている状況及び特別点検の結果を踏まえ、屋内の評価対象としてタービン建屋外壁、屋外の評価対象として取水口構造物とする。

評価点は、最も中性化の進展に影響を及ぼす要因の大きいタービン建屋外壁（屋内面）、取水口構造物（気中帯）とする。

④ 塩分浸透

塩分浸透の進展に影響を及ぼす要因としては、飛来塩分及び海水とその飛沫の影響による環境要素と仕上げ材（塗装等）の有無が考えられる。

評価対象部位は、飛来塩分及び海水とその飛沫の影響により厳しい塩分浸透環境下にある状況、特別点検の結果を踏まえて取水口構造物を評価対象とする。

評価点は、塩分浸透環境を考慮し、取水口構造物の気中帯、干満帯及び海中帯とする。

⑤ 機械振動

評価対象部位は、プラント運転中、最も大きな機械振動を受けるタービン発電機架台コンクリートとする。

評価点は、機械振動荷重を直接受ける機器支持部（基礎ボルト周辺のコンクリート）付近とする。

b. コンクリートの遮へい能力低下

① 熱

評価対象部位は、原子炉圧力容器近傍に位置し、周辺環境からの伝達熱及び運転時に照射量の最も大きいガンマ線遮へい壁とする。

評価点は、ガンマ線遮へい壁の炉心側とする。

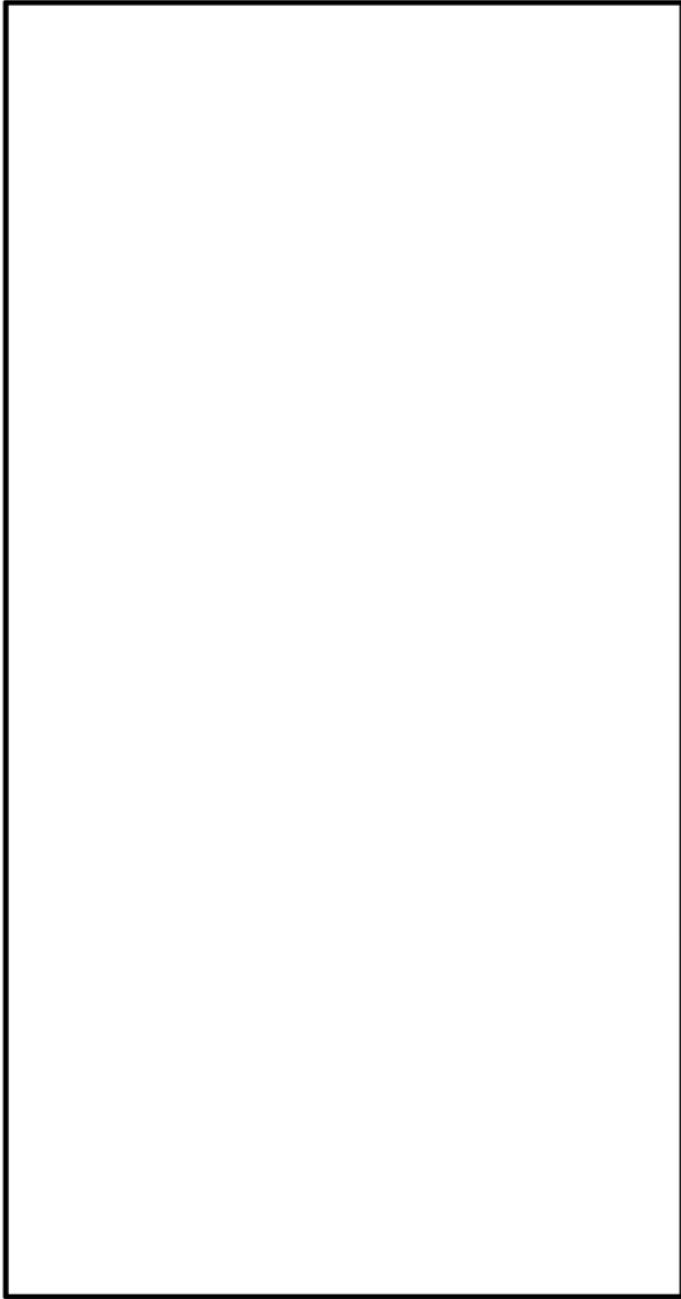
表 2.2-1 評価対象部位

構造種別	コンクリート構造物										鉄骨構造物		備考
	強度低下					遮へい能力低下		耐火能力低下		強度低下	腐食		
経年劣化事象	放射線照射	中性化	塩分浸透	アルカリ骨材反応	凍結融解	機械振動	熱	熱	耐火能力低下	強度低下	腐食	風等による疲労	
要因													
原子炉建屋(非 常用ディーゼル 発電機海水系配 管トレンチ, 廃 棄物処理棟及び 廃棄物処理建屋 含む)	*1, 2 ○	○	○	△	▲	○	*3 ○		▲	△	▲		*1: 原子炉圧力容器ベデスタル *2: 一次遮へい壁 *3: ガンマ線遮へい壁 *4: 外壁(屋内面) *5: タービン発電機架台 *6: 気中帯 *7: 気中帯, 干満帯, 海中帯
タービン建屋		*4 ○	○	△	▲	*5 ○			▲	△	▲		
取水口構造物		*6 ○	*7 ○	△	▲				▲				

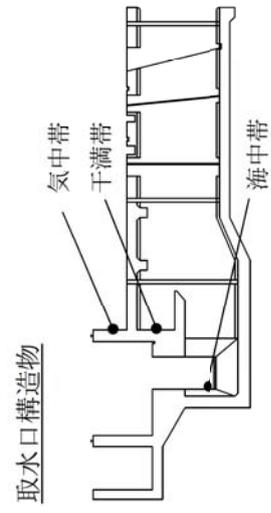
○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象)

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象以外)



A-A 断面図



B-B 断面図

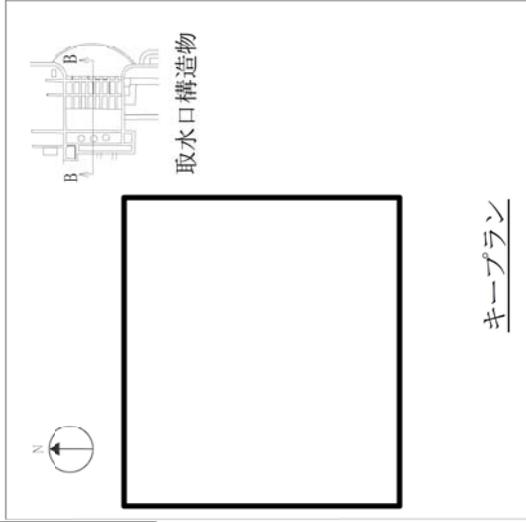


図 2.2-1 評価対象部位

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

2.3.1 コンクリートの強度低下

(1) 熱による強度低下

a. 事象の説明

コンクリートが熱を受けると、温度条件によってはコンクリート中の水分の逸散を伴う乾燥に起因する微細なひび割れ、あるいは水分の移動に起因する空隙の拡大等により、強度が低下する可能性がある。

また、震災時の原子炉格納容器内温度上昇により劣化状況評価に影響を及ぼす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

一般にコンクリートの温度が70℃程度では、コンクリートの基本性能に大きな影響を及ぼすような自由水の逸散は生じず、100℃以下では圧縮強度の低下は小さい。コンクリート温度が190℃付近では結晶水が解放され始め、さらに高温になると脱水現象が著しくなるため、コンクリートの特性に影響が出始めるとされている(日本機械学会「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格」(2014年版))。

また、日本建築学会「原子炉建屋構造設計指針・同解説」(1988)において、コンクリートの温度制限値は設計基準強度確保の観点から、局部では90℃、一般部では65℃と定められており、原子炉建屋においては、通常運転時に最も高温状態となる部位として原子炉圧力容器支持脚部と原子炉圧力容器ペダスタルコンクリートとの接触面が考えられるが、運転中の実測による周辺温度は、最高温度が約55℃以下である。

また、ガンマ線による熱発生温度分布については、工事計画認可申請書にて点減衰核積分コードであるSPANコードを用いて計算している。

炉中心でのガンマ線遮へい壁におけるガンマ線による熱発生温度分布で得られた値を、炉中心から離れている評価対象部位である原子炉圧力容器ペダスタルに保守的に考慮した場合でも、コンクリート温度制限値を下回っていることを確認している。

さらに、長期加熱やサイクル加熱によってコンクリート強度が低下しないことは、長尾らの実験によっても確かめられており、図2.3-1に示すとおり長期加熱時のコンクリート圧縮強度については、65～110℃で3.5年間加熱した場合でも強度低下は見られないことが報告されている。

また、図2.3-2に示すようにサイクル加熱後のコンクリート圧縮強度は、20～110℃で120回サイクル加熱した場合にも長期加熱後と同じく強度に大きな変化は認められない。これらは加熱期間が3.5年のコンクリート供試体を用いた実験であるが、1年加熱と概ね同様な結果を示しており、高温加熱による圧

縮強度の変化は加熱開始後比較的初期に収束すると推察されている。

なお、特別点検における破壊試験の結果、原子炉压力容器ペDESTALから採取したコアサンプルの平均圧縮強度は、設計基準強度を上回っている（表 2.3-1）。

以上より、熱による強度低下に対しては、長期健全性評価上問題とならない。

表 2.3-1 原子炉压力容器ペDESTALにおけるコンクリートの破壊試験結果

評価対象部位	実施時期 (運転開始後経過年数)	設計基準強度	平均圧縮強度
原子炉建屋 (原子炉压力容器 ペDESTAL)	2016年 (38年)	22.1 N/mm ² (225 kgf/cm ²)	39.3 N/mm ² (401 kgf/cm ²)

② 震災影響評価

震災時に原子炉格納容器頂部周辺温度は最高で約 144℃まで上昇したため、一次遮へい壁のコンクリート温度が制限値を超えた可能性があり、影響を評価した結果、震災時の最高温度での、加熱冷却後における圧縮強度が設計基準強度を上回っていることを確認した。よって、当該部位を構成する部材又は構造体の耐力は設計荷重を上回ると判断した。

以上より、熱による強度低下に係る劣化状況評価に対して震災による影響はない。

③ 現状保全

原子炉压力容器ペDESTALコンクリートについては、鉄板で覆われているため目視点検等は実施していない。しかし、原子炉压力容器ペDESTALに近く、他の部位より熱の影響を受けていると思われる一次遮へい壁において、構造物の健全性維持の観点から、定期的にコンクリート表面の目視点検を実施している。

目視点検の結果、ひび割れ等の補修が必要となる損傷が確認された場合、即時補修が必要なものを除き、その経過を継続的に監視しつつ、点検実施後数年以内を目途に補修を計画、実施している。

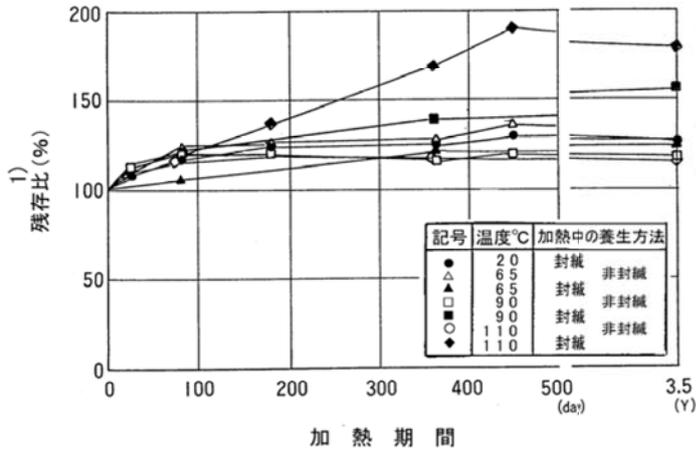
④ 総合評価

健全性評価結果から判断して、今後、強度低下が急激に発生する可能性は小さい。

また、定期的な目視点検により補修対象となったひび割れ等の補修を計画、実施しており、現状の保全方法は、コンクリート構造物の健全性を維持する上で適切である。

c. 高経年化への対応

熱によるコンクリート構造物の強度低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

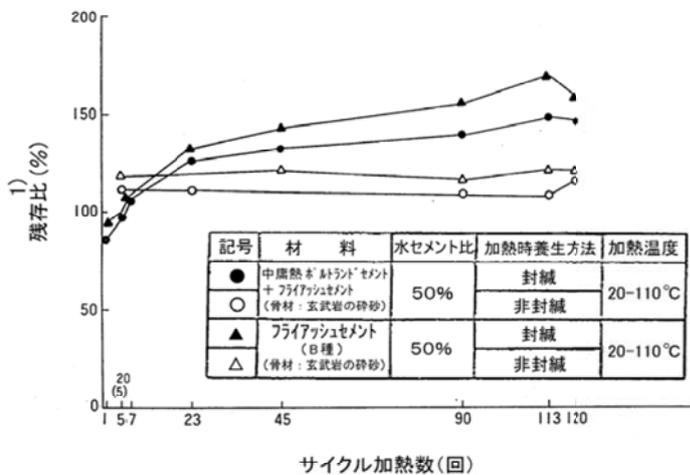


材料：中庸熟ポルトランドセメント
 +フライアッシュセメント
 水セメント比：50 %
 骨材：玄武岩の碎石
 加熱前養生方法：20℃封緘養生
 加熱開始時期：材齢91日

結果：65～110℃の温度で3.5年間加熱しても強度の低下はみられない。
 なお、記号の一部誤記は修正した。

1) 残存比：加熱開始直前の圧縮強度に対する加熱後の圧縮強度の比
 (出典) 長尾他, 第48回セメント技術大会講演集 1994
 「熱影響場におけるコンクリートの劣化に関する研究」

図 2.3-1 長期加熱後のコンクリート圧縮強度の変化



加熱前養生方法：20℃封緘養生
 加熱開始時期：材齢91日
 サイクル加熱条件：
 1 サイクル4日間(96時間)
 (20→110℃加熱：3時間)
 (110℃定温保持：45時間)
 (110→20℃冷却：3時間)
 (20℃定温保持：45時間)

結果：20～110℃の加熱・冷却を120回繰り返しても強度の大きな変化はみられない。

1) 残存比：加熱開始直前の圧縮強度に対する加熱後の圧縮強度の比
 (出典) 長尾他, 第48回セメント技術大会講演集 1994
 「熱影響場におけるコンクリートの劣化に関する研究」

図 2.3-2 サイクル加熱後のコンクリート圧縮強度の変化 (20～110℃)

(2) 放射線照射による強度低下

a. 事象の説明

コンクリートが中性子照射やガンマ線照射を受けると、照射量によっては、コンクリートの強度が低下する可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

中性子照射と強度の関係に関する Hilsdorf 等の文献によると、少なくとも 1×10^{20} n/cm² 程度の中性子照射量では有意な強度低下は見られない (図 2.3-3)。

運転開始後 60 年時点で予想される中性子照射量 ($E > 0.1$ MeV) は、放射線照射量解析の結果、原子炉圧力容器ペデスタル上部において 4.10×10^{15} n/cm² であり、 1×10^{20} n/cm² を超えることはないと推定され、中性子照射によるコンクリートの強度低下への影響はないものと判断する。

また、日本原子力研究所 (現：日本原子力研究開発機構) 動力試験炉の生体遮へいコンクリートから採取したコンクリートの試験結果によると、中性子照射量は、上記より少ない $1 \times 10^{13} \sim 10^{17}$ n/cm² ($E > 0.11$ MeV) ではあるが、圧縮強度の低下は見られない (図 2.3-4)。

一方、ガンマ線照射量と強度との関係についても Hilsdorf 等の文献によると、ガンマ線照射量が 2.0×10^{10} rad 以下では有意な強度低下は見られない (図 2.3-5)。

運転開始後 60 年時点で予想されるガンマ線照射量は、放射線照射量解析の結果、一次遮へい壁炉心側において 7.80×10^6 rad であり、 2.0×10^{10} rad を超えることはないと推定されるため、ガンマ線照射によるコンクリートの強度低下への影響はないものと判断する。

なお、特別点検における破壊試験の結果、原子炉圧力容器ペデスタル及び一次遮へい壁から採取したコアサンプルの平均圧縮強度は、設計基準強度を上回っている (表 2.3-2)。

以上より、放射線照射による強度低下に対しては、長期健全性評価上問題とならない。

表 2.3-2 原子炉圧力容器ペデスタル及び一次遮へいにおけるコンクリートの破壊試験結果

評価対象部位	実施時期 (運転開始後経過年数)	設計基準強度	平均圧縮強度
原子炉建屋 (原子炉圧力容器 ペデスタル)	2016 年 (38 年)	22.1 N/mm ² (225 kgf/cm ²)	39.3 N/mm ² (401 kgf/cm ²)
原子炉建屋 (一次遮へい壁)	2015 年 (37 年)	22.1 N/mm ² (225 kgf/cm ²)	50.5 N/mm ² (515 kgf/cm ²)

② 現状保全

原子炉圧力容器ペDESTALコンクリートについては、鉄板で覆われているため目視点検等は実施していない。しかし、原子炉圧力容器ペDESTALに近く、他の部位より放射線照射の影響を受けていると思われる一次遮へい壁において、構造物の健全性維持の観点から、定期的にコンクリート表面の目視点検を実施している。

目視点検の結果、ひび割れ等の補修が必要となる損傷が確認された場合、即時補修が必要なものを除き、その経過を継続的に監視しつつ、点検実施後数年以内を目途に補修を計画、実施している。

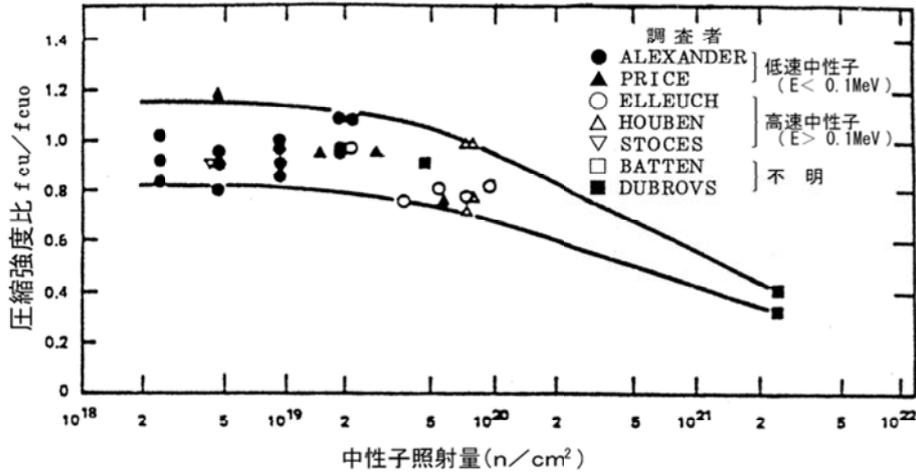
③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、今後、強度低下が急激に発生する可能性は小さい。

また、定期的な目視点検により補修対象となったひび割れ等の補修を計画、実施しており、現状の保全方法は、コンクリート構造物の健全性を維持する上で適切である。

c. 高経年化への対応

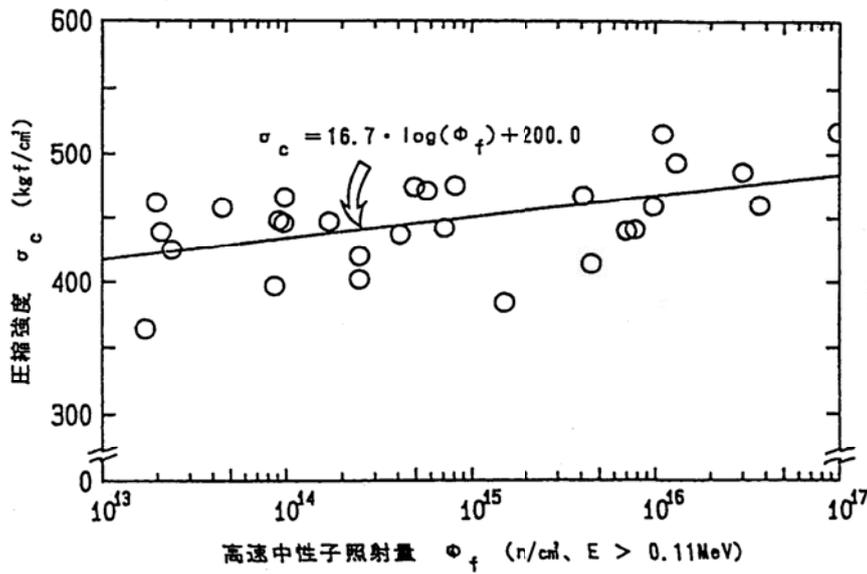
放射線照射によるコンクリート構造物の強度低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。



結果: 1×10^{20} n/cm²程度の中性子照射量では、圧縮強度の低下は見られない。

(出典) Hilsdorf, Kropp, and Koch, "The Effects of Nuclear Radiation on the Mechanical Properties of Concrete." American Concrete Institute Publication, SP - 55, Paper 10. (1977)

図 2.3-3 中性子照射したコンクリートの圧縮強度 (fcu) と照射しないコンクリートの圧縮強度 (fcu0) の比



結果: 1×10^{17} n/cm²程度の中性子照射量では、圧縮強度の低下は見られない。

(出典) 出井他, JAERI-M 90-205
「JPDR 生体遮へいコンクリートの材料強度特性」(1996)

図 2.3-4 高速中性子量とコンクリート圧縮強度との関係

(3) 中性化による強度低下

a. 事象の説明

コンクリートは、空気中の二酸化炭素の作用を受けると、表面から徐々にそのアルカリ性を失い中性化する。

中性化がコンクリートの内部に進行し、鉄筋を保護する能力が失われると、鉄筋はコンクリート中の水分及び酸素の作用により腐食し始め、腐食に伴う体積膨張によりコンクリートにひび割れやはく離が生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

評価対象の設計最小かぶり厚さは、タービン建屋外壁（屋内面）が 4.0 cm、取水口構造物（気中帯）が 6.4 cm である。

鉄筋が腐食し始める時の中性化深さは、一般に屋外の雨掛かりの部分では鉄筋のかぶり厚さまで達したとき、屋内の部分では鉄筋のかぶり厚さから 2 cm 奥まで達したときとされている（日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針・同解説」（2016））。

また、中性化深さを推定する速度式としては、岸谷式（日本建築学会「高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針（案）・同解説」（1991））、森永式（森永「鉄筋の腐食速度に基づいた鉄筋コンクリート建築物の寿命予測に関する研究—東京大学学位論文」（1986））及び中性化深さの実測値に基づく \sqrt{t} 式（土木学会「コンクリート標準示方書 維持管理編」（2013））がある。

岸谷式、森永式及び特別点検における中性化深さの実測値に基づく \sqrt{t} 式を用いて中性化深さを評価した結果を表 2.3-3 に示す。運転開始後 60 年経過時点におけるタービン建屋外壁（屋内面）、取水口構造物（気中帯）の中性化深さは、鉄筋が腐食し始める時の中性化深さを下回っている。岸谷式で評価する際、二酸化炭素の実測値を考慮した劣化外力係数を採用した。

また、表 2.3-3 には、参考に中性化深さを測定した時点における推定値として運転開始後 60 年経過時点と同様に評価した結果も合わせて示す。

さらに、定期的を目視点検を実施しているが、鉄筋腐食に起因する有害なひび割れ等は発見されていない。

なお、特別点検における破壊試験の結果、タービン建屋外壁（屋内面）及び取水口構造物（気中帯）から採取したコアサンプルの平均圧縮強度は、設計基準強度を上回っている（表 2.3-4）。

以上から、中性化による強度低下に対しては、長期健全性評価上問題とならない。

表 2.3-3 コンクリートの中性化深さ

(単位:cm)

評価点		調査時点の中性化深さ			運転開始後 60年時点の 中性化深さ*2 (推定式)	鉄筋が腐食し 始める時点の 中性化深さ*3
		経過 年数	実測値 (調査時期)	推定値*1 (推定式)		
屋内	タービン建屋外壁 (屋内面)	38年	4.0 (2017年)	2.9 (岸谷式)	5.0 (\sqrt{t} 式)	6.0
屋外	取水口構造物 (気中帯)	36年	1.0 (2014年)	1.2 (岸谷式)	1.6 (岸谷式)	6.4

*1：岸谷式及び森永式による推定値のうち最大値を記載

*2：岸谷式、森永式及び特別点検における中性化深さの実測値に基づく \sqrt{t} 式による推定値のうち最大値を記載

*3：かぶり厚さから評価した値

表 2.3-4 タービン建屋外壁及び取水口構造物におけるコンクリートの破壊試験結果

評価対象部位	調査時期 (運転開始後経過年数)	設計基準強度	平均圧縮強度
タービン建屋外壁 (屋内面)	2017年 (38年)	22.1 N/mm ² (225 kgf/cm ²)	48.2 N/mm ² (492 kgf/cm ²)
取水口構造物 (気中帯)	2014年 (36年)	20.6 N/mm ² (210 kgf/cm ²)	35.7 N/mm ² (364 kgf/cm ²)

② 現状保全

コンクリート構造物の健全性維持の観点から、定期的にコンクリート表面の目視点検を実施している。

目視点検の結果、ひび割れ等の補修が必要となる損傷が確認された場合、即時補修が必要なものを除き、その経過を継続的に監視しつつ、点検実施後数年以内を目途に補修を計画、実施している。合わせて、定期的に中性化深さを確認している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、今後、強度低下が急激に発生する可能性は小さい。

また、定期的な目視点検により補修対象となったひび割れ等の補修を計画、実施しており、現状の保全方法は、コンクリート構造物の健全性を維持する上で適切である。

c. 高経年化への対応

中性化によるコンクリート構造物の強度低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

(4) 塩分浸透による強度低下

a. 事象の説明

コンクリート中に塩化物イオンが浸透し、鉄筋位置まで達すると、鉄筋の腐食が徐々に進行し、鉄筋の膨張によりコンクリートにひび割れやはく離が生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

塩分によるコンクリート中の鉄筋への影響を評価する方法としては、鉄筋の腐食速度に着目し、鉄筋の腐食減量が、かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の鉄筋の腐食減量に達するまでの期間の予測式として、森永式（森永「鉄筋の腐食速度に基づいた鉄筋コンクリート建築物の寿命予測に関する研究—東京大学学位論文」（1986））が提案されている。

特別点検における塩化物イオン量の測定結果をもとに、鉄筋位置での将来的な塩化物イオン濃度を拡散方程式により予測し、森永式を適用して鉄筋の腐食減量を計算した結果を表 2.3-5 に示す。

表 2.3-5 鉄筋の腐食減量

評価点	調査時期	鉄筋位置での塩化物イオン濃度 (%)	鉄筋の腐食減量 ($\times 10^{-4}$ g/cm ²)		
			調査時点	運転開始後 60 年時点	かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点
取水口構造物	気中帯	2015 年 0.04 [0.89]*	1.7	3.4	62.3
	干満帯	2014 年 0.05 [1.09]*	10.3	18.1	67.7
	海中帯	2014 年 0.05 [1.03]*	0.4	1.1	62.3

* : []内は塩化物イオン量 (kg/m³)

上記の結果より、運転開始後 60 年経過時点の鉄筋の腐食減量は、かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の鉄筋の腐食減量を下回っている。さらに、定期的に目視確認を実施しているが、鉄筋腐食に起因する有害なひび割れ等は発見されていない。

なお、特別点検における破壊試験の結果、取水口構造物の気中帯、干満帯及び海中帯から採取したコアサンプルの平均圧縮強度は、設計基準強度を上回っている（表 2.3-6）。

以上から、塩分浸透による強度低下に対しては、長期健全性評価上問題とされない。

表 2.3-6 塩分浸透の評価点の近傍におけるコンクリートの破壊試験結果

評価対象部位	実施時期 (運転開始後経過年数)	設計基準強度	平均圧縮強度
取水口構造物 (気中帯)	2014年 (36年)	20.6 N/mm ² (210 kgf/cm ²)	35.7 N/mm ² (364 kgf/cm ²)
取水口構造物 (干満帯)	2014年 (36年)	20.6 N/mm ² (210 kgf/cm ²)	34.6 N/mm ² (353 kgf/cm ²)
取水口構造物 (海中帯)	2014年 (36年)	20.6 N/mm ² (210 kgf/cm ²)	29.1 N/mm ² (297 kgf/cm ²)

② 現状保全

コンクリート構造物の健全性維持の観点から、定期的にコンクリート表面の目視点検を実施している。

目視点検の結果、ひび割れ等の補修が必要となる損傷が確認された場合、即時補修が必要なものを除き、その経過を継続的に監視しつつ、点検実施後数年以内を目途に補修を計画、実施している。合わせて、定期的に塩分浸透を確認している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、今後、強度低下が急激に発生する可能性は小さい。

また、定期的な目視点検により補修対象となったひび割れ等の補修を計画、実施しており、現状の保全方法は、コンクリート構造物の健全性を維持する上で適切である。

c. 高経年化への対応

塩分浸透によるコンクリート構造物の強度低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

(5) 機械振動による強度低下

a. 事象の説明

コンクリート構造物は、長期間にわたって機械振動による繰返し荷重を受けるとひび割れが発生し、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

タービン発電機架台については、異常振動の有無を日常的なパトロールで確認している。コンクリートについては、定期的に目視点検を実施し、コンクリート表面において強度に支障をきたす可能性のある欠陥がないことを確認している。

また、仮に機械振動により機器のコンクリート基礎への定着部の支持力が失われるような場合、機器の異常振動が発生するものと考えられるが、機械振動は日常的に監視されており、異常の兆候は検知可能である。

なお、特別点検における破壊試験の結果、タービン建屋（タービン発電機架台）から採取したコアサンプルの平均圧縮強度は、設計基準強度を上回っている（表 2.3-7）。

以上より、機械振動による強度低下に対しては、長期健全性評価上問題とならない。

表 2.3-7 機械振動の評価対象におけるコンクリートの破壊試験結果

評価対象部位	実施時期 (運転開始後経過年数)	設計基準強度	平均圧縮強度
タービン建屋 (タービン発電機架台)	2014 年 (36 年)	22.1 N/mm ² (225 kgf/cm ²)	37.0 N/mm ² (377 kgf/cm ²)

② 現状保全

コンクリート構造物の健全性維持の観点から、定期的にコンクリート表面の目視点検を実施している。

目視点検の結果、ひび割れ等の補修が必要となる損傷が確認された場合、即時補修が必要なものを除き、その経過を継続的に監視しつつ、点検実施後数年以内を目途に補修を計画、実施している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、今後、強度低下が急激に発生する可能性は小さい。

また、定期的な目視点検により補修対象となったひび割れ等の補修を計画、実施しており、現状の保全方法は、コンクリート構造物の健全性を維持する上で適切である。

c. 高経年化への対応

機械振動によるコンクリート構造物の強度低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

2.3.2 コンクリートの遮へい能力低下

(1) 熱による遮へい能力低下

a. 事象の説明

コンクリートが周辺環境からの伝達熱及び放射線照射に起因するコンクリート内部の温度上昇により、コンクリート中の水分が逸散し、放射線に対する遮へい能力が低下する可能性がある。

また、震災時の原子炉格納容器内温度上昇により劣化状況評価に影響を及ぼす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

放射線防護の観点から、コンクリート遮へい体の設計に適用されている「コンクリート遮へい体設計基準」(R.G. Jaeger et al. 「Engineering Compendium on Radiation Shielding (ECRS) VOL. 2」)には、周辺及び内部最高温度の制限値が示されており、コンクリートに対しては中性子遮へいで 88 °C以下、ガンマ線遮へいで 177 °C以下となっている。

これに対し、運転中の実測によるガンマ線遮へい壁炉心側の周辺温度を確認した結果、約 55 °C以下である。

また、ガンマ線による熱発生温度分布については、工事計画認可申請書にて点減衰核積分コードである SPAN コードを用いて計算している。

炉心中心でのガンマ線遮へい壁におけるガンマ線による熱発生温度分布で得られた値を考慮した場合でも、コンクリート温度制限値を下回っていることから、運転開始後 60 年時点においても遮へい能力への影響はないと判断する。

また、仮に熱によるコンクリート構造物の遮へい能力低下が生じた場合、放射線量が上昇するものと考えられるが、放射線量は日常的に監視しており、異常の兆候は検知可能である。

なお、ガンマ線遮へいコンクリートについては、鉄板で覆われているため、ガンマ線遮へいに近く、他の部位より熱の影響を受けていると思われる一次遮へい壁において、特別点検にて乾燥単位容積質量を確認した結果、設計値を上回っていることを確認した。

以上より、熱による遮へい能力低下に対しては、長期健全性評価上問題とならない。

② 震災影響評価

原子炉格納容器頂部周辺温度は最高で約 144 °Cまで上昇したため、ガンマ線遮へい壁及び一次遮へい壁のコンクリート温度が制限値を超えた可能性があり、影響を評価した結果、水分逸散は生じておらず、原子炉設置（変更）許可における遮へい能力を下回っていないと判断した。

以上より、熱による遮へい能力低下に係る劣化状況評価に対して震災による影響はない。

③ 現状保全

ガンマ線遮へいコンクリートについては鉄板で覆われているため、目視点検等は実施していない。しかし、ガンマ線遮へいに近く、他の部位より熱の影響を受けていると思われる一次遮へい壁において、構造物の健全性維持の観点から定期的にコンクリート表面の目視点検を実施している。

また、放射線量を日常的に監視している。

④ 総合評価

健全性評価結果から判断して、熱によるコンクリート構造物の遮へい能力低下については、現状において問題はなく、今後も遮へい能力低下が急激に発生する可能性は小さい。

また、仮に熱によるコンクリート構造物の遮へい能力低下が生じた場合、放射線量が上昇するものと考えられるが、放射線量は日常的に監視しており、異常の兆候は検知可能である。

c. 高経年化への対応

熱によるコンクリート構造物の遮へい能力低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

3. 評価対象部位以外への展開

コンクリート構造物及び鉄骨構造物の技術評価は、「2.2 経年劣化事象の抽出」及び「2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価」に示すとおり、評価対象部位について、各経年劣化事象に影響を及ぼす要因毎に、使用条件を考慮して実施している。コンクリート構造物及び鉄骨構造物の場合、評価対象部位以外の使用条件等は、評価対象部位に含まれているため、技術評価結果も評価対象部位の結果に含まれる。

したがって、評価対象以外の部位についても高経年化対策の観点から追加すべき保全項目はなく、今後も現状の保全方法により健全性を確認していく。

なお、放水路ゲート及びブローアウトパネル閉止装置については、駆動するための装置が併せて設置されるため、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開として検討した。

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

- a. モータ（低圧、全閉型）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 [放水路ゲート駆動用及びブローアウトパネル閉止装置駆動用]

代表構造物とは異なり、モータの固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下が想定される。本経年劣化事象に対する「事象の説明」、「技術評価」及び「高経年化への対応」は、「ポンプモータの技術評価書」のうち、低圧ポンプモータと同一であることから、当該評価書を参照のこと。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

- (1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

- a. 扉けん引装置支持金具、けん引装置ドラム及び埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食） [放水路ゲート駆動用及びブローアウトパネル閉止装置駆動用]

代表構造物とは異なり、扉けん引装置支持金具、けん引装置ドラム及び埋込金物は炭素鋼であり、腐食の発生が想定される。当該装置は新たに設置されることから、大気接触部には塗装を施すことで、腐食が発生する可能性を低減できるものとする。

また、今後巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修塗装を実施することで各部の健全性を維持できると考える。

したがって、扉けん引装置支持金具、けん引装置ドラム及び埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- b. モータ（低圧、全閉型）の固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食） [放水路ゲート駆動用及びブローアウトパネル閉止装置駆動用]

- c. モータ（低圧，全閉型）のフレーム，エンドブラケット及び端子箱の腐食（全面腐食）[放水路ゲート駆動用及びブローアウトパネル閉止装置駆動用]
- d. モータ（低圧，全閉型）の取付ボルトの腐食（全面腐食）[放水路ゲート駆動用及びブローアウトパネル閉止装置駆動用]

以上，代表構造物とは異なり b. ～ d. の経年劣化事象が想定されるが，評価については「ポンプモータの技術評価書」のうち，低圧ポンプモータと同一であることから，当該評価書を参照のこと。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

- a. 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）

代表構造物とは異なり，埋込金物は炭素鋼であり，腐食の発生が想定されるが，コンクリート埋設部については，コンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるため，コンクリートが中性化に至り，埋込金物に有意な腐食が発生するまで長時間を要す。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。