

柏崎刈羽原子力発電所5号機

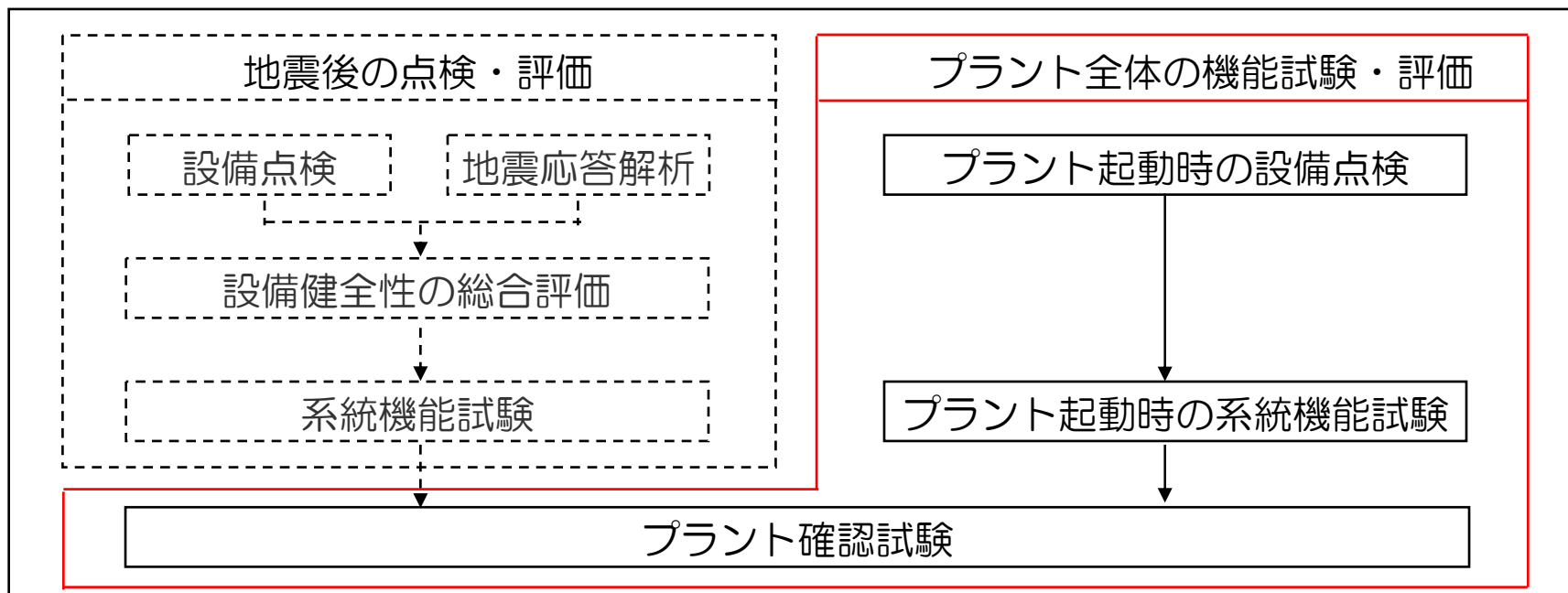
プラント全体の機能試験・評価計画書の 概要について

平成22年5月13日



1. はじめに

- これまで、「新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る点検・評価計画書」に基づき、原子炉の蒸気発生前に実施する点検・評価を行い、設備健全性を確認してきた。
- 上記点検・評価の完了後、「**プラント全体の機能試験・評価**」を実施し、原子炉の蒸気発生後における設備健全性を確認すると共に、プラント全体の健全性評価を行い、今後、継続的に運転が可能であることを確認していく。



プラント全体の機能試験・評価の全体フロー

2. プラント全体の機能試験・評価の概要

- プラント全体の機能試験・評価は、これまでに同試験・評価を実施してきた、**6号機及び7号機と同様の考え方**に基づき、以下に示す点検・試験により健全性評価を行う。

- 「**プラント起動時の設備点検**」

プラント起動時に初めて確認可能となる作動確認、漏えい確認等を実施し、機器レベルの健全性を確認する。

- 「**プラント起動時の系統機能試験**」

プラント起動時に初めて実施可能となる系統機能試験を実施し、系統レベルの健全性を確認する。

これまでに実施してきた、原子炉の蒸気発生前に実施する点検・評価と合わせ、全ての機器および系統の健全性が確認される。

- 「**プラント確認試験**」

プラント運転状態でのパラメータ採取、運転に関連する設備の状態監視等を実施し、プラント全体の総合性能を確認する。

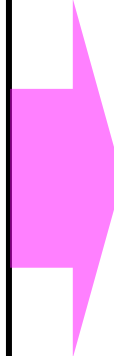
地震を受けたことによるプラント全体の影響を確認するとともに、今後、継続的に運転が可能であることを確認し評価する。

3. 「プラント起動時の設備点検」の内容（1 / 3）

- 原子炉からの蒸気の通気により、初めて漏えい確認等の実施が可能となる機器に対する「**プラント起動時の設備点検**」
 - **機能および性能の確認が主体となる動的機器**
 - ◆ 原子炉からの蒸気により駆動されるタービンおよび発電機 等（主タービン、給水ポンプ駆動タービン 等）
 - **漏えいの確認が主体となる静的機器**
 - ◆ 原子炉からの蒸気を熱源に使用する熱交換器と付属配管 等（給水加熱器、蒸気系配管、弁 等）
 - **入熱による影響を確認する必要がある支持構造物**
- プラント起動時の設備点検は、先行号機と同様の考え方で実施するが、復水器インリーク試験の実施時期変更および設備構成の違いにより、設備点検の対象機器は90機器である。

3. 「プラント起動時の設備点検」の内容（2/3）

動的機器※	静的機器※
2) 横形ポンプ 4) ポンプ駆動用タービン 9) 弁 14) 主タービン 15) 発電機	23) 配管 25) 熱交換器 26) 復水器、給水加熱器、 湿分分離器 28) 変圧器 31) 計器、継電器、調整器、 検出器、変換器 36) 空気抽出器



点検内容（全90機器）
<ul style="list-style-type: none"> ■ 動的機器（全31機器） 作動試験を主体として実施 ■ 静的機器（全59機器） 漏えい確認を主体として実施 ■ 支持構造物（上記に係わるもの） 目視点検を主体として実施

※片括弧内の符番はプラント全体の機能試験・評価計画書の3.による



① 真空上昇時の点検	② 原子炉昇圧時の点検	③ タービン、発電機の 起動時の点検・試験	④ 20、50% 出力時の点検・試験	⑤ 75%、定格熱出力 時の点検・試験
—	<ul style="list-style-type: none"> ◆原子炉隔離時冷却系 ・ポンプ：作動試験、漏えい確認 ・タービン：作動試験、漏えい確認 ・配管：漏えい確認 ・支持構造物：目視点検 ◆給水系 ・タービン駆動原子炉給水ポンプ ：作動試験、漏えい確認 ・給水ポンプ駆動用タービン ：作動試験、漏えい確認 ・配管：漏えい確認 ・支持構造物：目視点検 	<ul style="list-style-type: none"> ◆主タービン ：作動試験、漏えい確認 ◆発電機：機能確認 ◆変圧器：機能確認 ◆蒸気系配管点検：漏えい確認 	<ul style="list-style-type: none"> ◆蒸気系配管点検：漏えい確認 ◆支持構造物点検：目視点検 	<ul style="list-style-type: none"> ◆定格出力時の発電機点検 ：機能確認、漏えい確認 ◆定格出力時の変圧器点検 ：機能確認

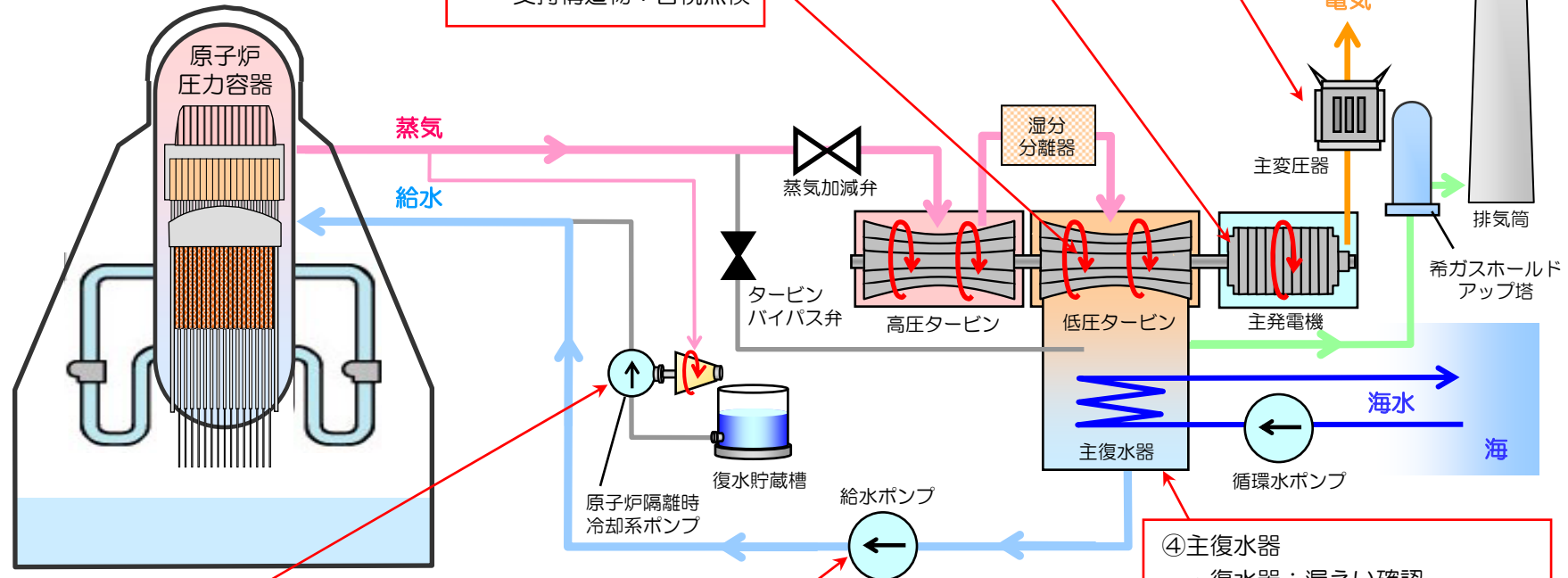
3. 「プラント起動時の設備点検」の内容 (3/3)

- ④蒸気系配管の漏えい確認
- ・ 空気抽出器
 - ・ 湿分分離器
 - ・ グランド蒸気蒸化器
 - ・ グランド蒸気復水器

- ③主タービン
- ・ 作動試験、漏えい確認
- ④主タービン
- ・ タービン：漏えい確認
 - ・ 配管：漏えい確認
 - ・ 支持構造物：目視点検

- ③発電機：機能確認
- ⑤発電機：機能確認
- 漏えい確認

- ③変圧器：機能確認
- ⑤変圧器：機能確認



- ②原子炉隔離時冷却系
- ・ ポンプ：作動試験、漏えい確認
 - ・ タービン：作動試験、漏えい確認
 - ・ 配管：漏えい確認
 - ・ 支持構造物：目視点検

- ②給水系
- ・ タービン駆動原子炉給水ポンプ：作動試験、漏えい確認
 - ・ 給水ポンプ駆動用タービン：作動試験、漏えい確認
 - ・ 配管：漏えい確認
 - ・ 支持構造物：目視点検

- ④給水系
- ・ タービン駆動原子炉給水ポンプ，給水ポンプ駆動用タービン，給水加熱器，配管：漏えい確認
 - ・ 支持構造物：目視点検

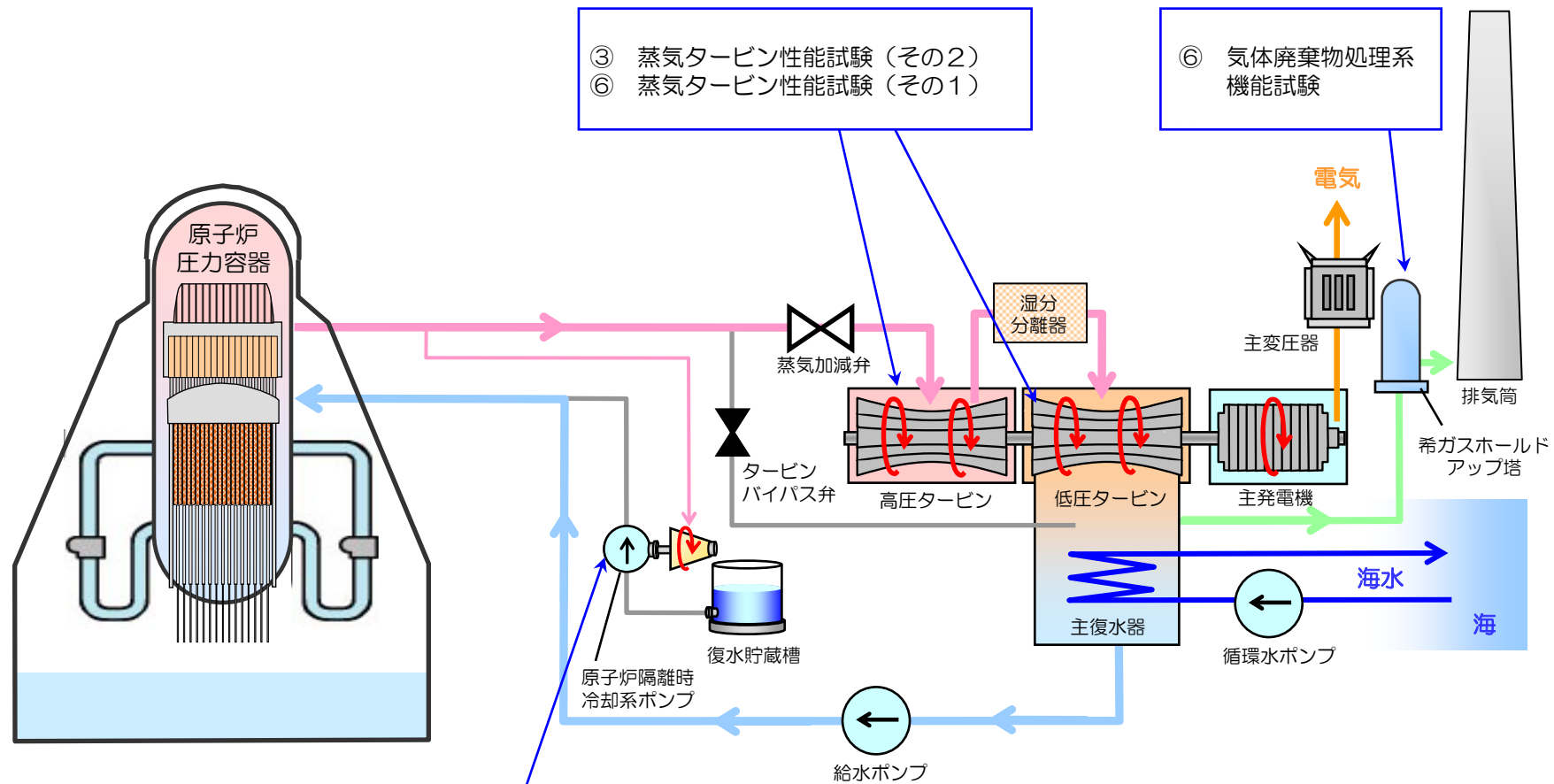
- ④主復水器
- ・ 復水器：漏えい確認

- ①：真空上昇時の点検
- ②：原子炉昇圧時の点検
- ③：タービン、発電機の起動時の点検・試験
- ④：発電機出力20,50%時の点検・試験
- ⑤：発電機出力75%、定格熱出力時の点検・試験
- ⑥：定格熱出力一定運転時の試験
- ⑦：最終の健全性評価

4. 「プラント起動時の系統機能試験」の内容（1 / 2）

- 原子炉からの蒸気の通気により、初めて系統試験の実施が可能となる系統に対する「**プラント起動時の系統機能試験**」
 - 原子炉の起動が必要な系統試験は以下の**4項目**
 - ◆ **原子炉隔離時冷却系機能試験**
（原子炉の蒸気によりタービンを駆動するポンプの試験）
 - ◆ **気体廃棄物処理系機能試験**
（原子炉から復水器へ運ばれた非凝縮性ガスを処理する設備の試験）
 - ◆ **蒸気タービン性能試験（その1）**
（主タービンの運転性能を確認する試験）
 - ◆ **蒸気タービン性能試験（その2）**
（主タービンの保安装置の機能を確認する試験）
 - 原子炉の蒸気発生前に実施する系統機能試験と、上記の4項目の試験の実施により、省令で要求される系統機能はすべて確認される

4. 「プラント起動時の系統機能試験」の内容 (2/2)



⑥ 原子炉隔離時冷却系機能試験

③ 蒸気タービン性能試験 (その2)
⑥ 蒸気タービン性能試験 (その1)

⑥ 気体廃棄物処理系機能試験

- ① : 真空上昇時の点検
- ② : 原子炉昇圧時の点検
- ③ : タービン、発電機の起動時の点検・試験
- ④ : 発電機出力20,50%時の点検・試験
- ⑤ : 発電機出力75%、定格熱出力時の点検・試験
- ⑥ : 定格熱出力一定運転時の試験
- ⑦ : 最終の健全性評価

5. 「プラント確認試験」の内容（1 / 4）

- プラント運転状態で、運転に関する設備の状態を確認し、安定、安全運転が可能であることを確認する「**プラント確認試験**」
 - 各系統機能を総合したプラント全体の総合性能を確認するため、「パラメータ採取による総合確認」を実施する（詳細は次頁参照）。
 - プラント起動に伴い運転するポンプ類に対し、今後、安定して運転が可能であることの確認を目的とし、JEAG4221（原子力発電所の設備診断に関する技術指針 - 回転機械振動診断技術）に基づく「振動診断」を実施する。
 - 昇圧過程における変化をより慎重に確認するため、通常実施している定格圧力近傍（約7.0MPa）に加え、定格圧力の約半分（約3.5MPa）において、原子炉格納容器内設備に対する目視点検（「ドライウェル内点検」）を実施する。
 - 地震の影響を考慮した総合確認として、「地震後の点検・評価で異常が確認された設備に対する点検」（低圧タービン等）を実施する。

5. 「プラント確認試験」の内容（2/4）

■パラメータ採取による総合確認の内容

●採取するパラメータ（約900項目）

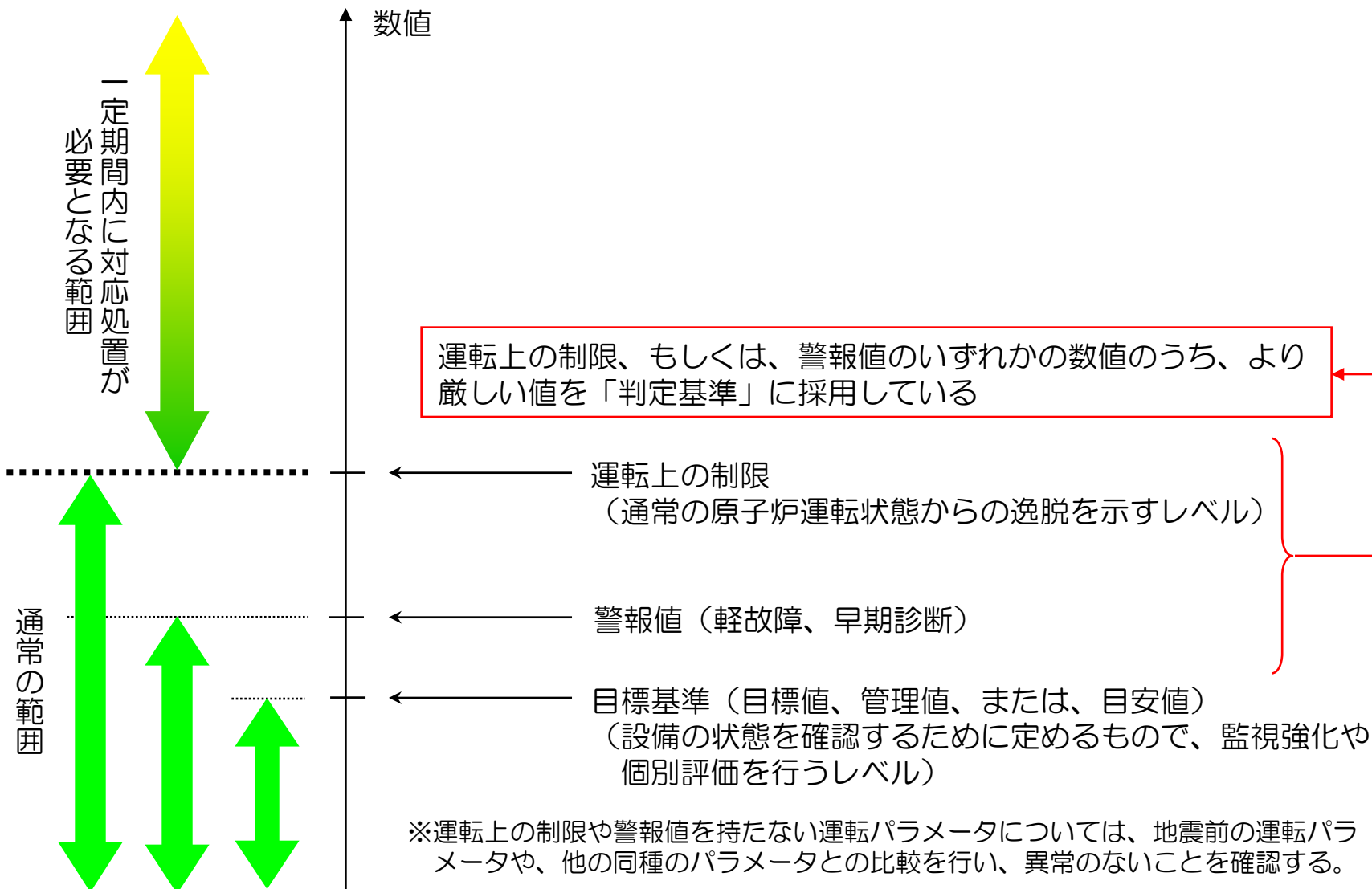
- ◆主要パラメータ
総合負荷性能検査、蒸気タービン性能検査（その1）において採取しているパラメータ、発電機に関連するパラメータ
- ◆プラント起動時に動作する主要ポンプ、発電機、変圧器、熱交換器に関連するパラメータ
- ◆漏えい検知に関するパラメータ
各系統の圧力、流量および放射線モニタ 等
- ◆地震後の点検・評価で異常が確認された設備に関連するパラメータ

●確認方法

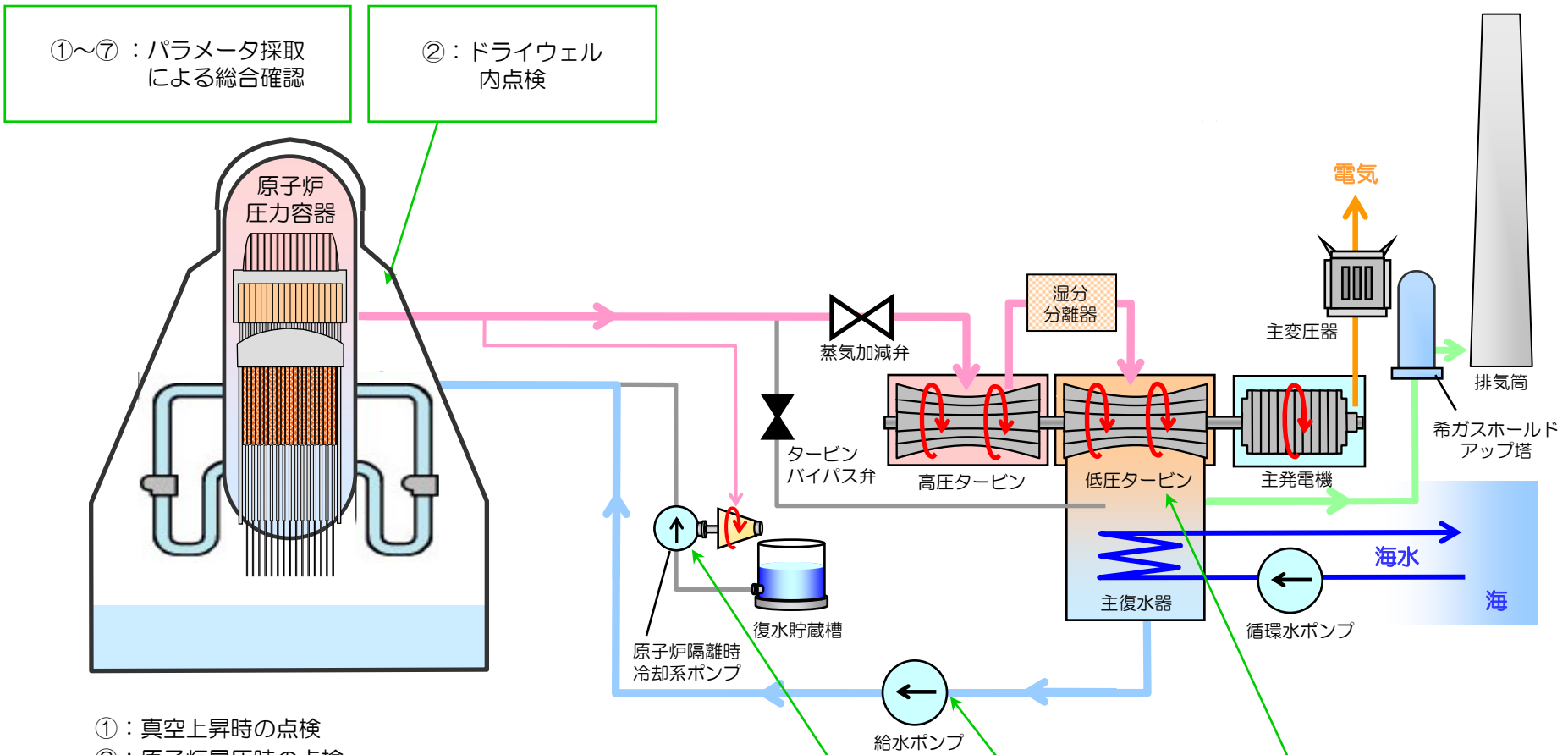
- ◆運転パラメータについては、以下のような判定基準を設け、確認を行う。
 - ✓ 保安規定に定めている値（運転上の制限）を満たしていること
 - ✓ 警報が発報する値になっていないこと
- ◆また、地震前の運転パラメータとの比較を行い、過去の運転パラメータの最大値～最小値の範囲にあることについても確認を行う。

5. 「プラント確認試験」の内容（3/4）

■判定基準の設定（JEAC4209）の考え方



5. 「プラント確認試験」の内容（4/4）

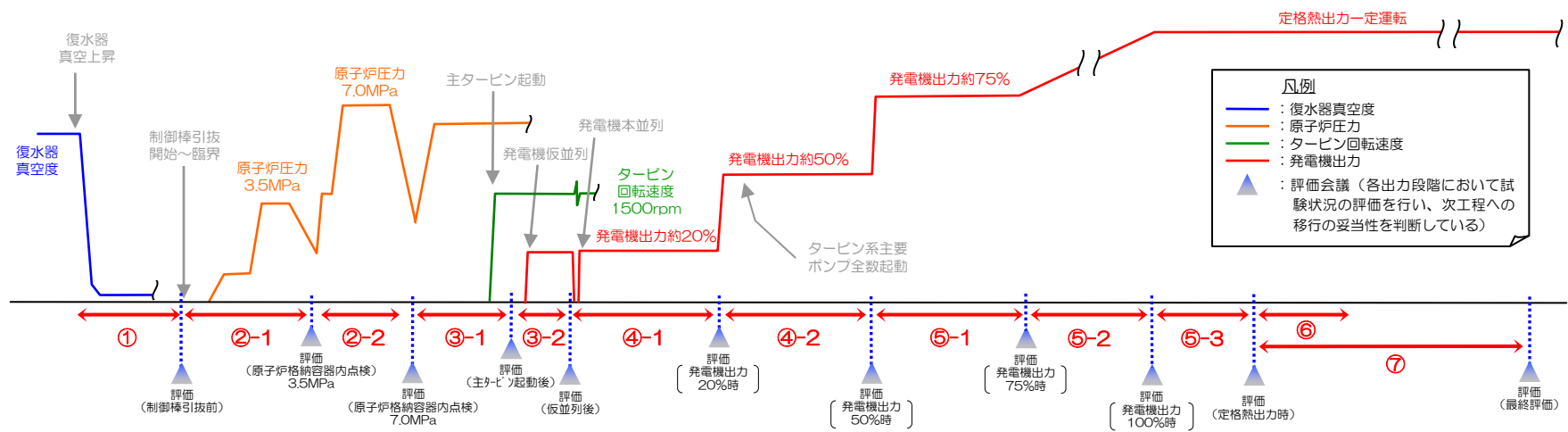


- ①：真空上昇時の点検
- ②：原子炉昇圧時の点検
- ③：タービン、発電機の起動時の点検・試験
- ④：発電機出力20、50%時の点検・試験
- ⑤：発電機出力75%、定格熱出力時の点検・試験
- ⑥：定格熱出力一定運転時の点検・試験
- ⑦：最終の健全性評価

②、④～⑥：動的機器の振動診断

①～⑦：地震後の点検・評価で異常が確認された設備（低圧タービン等）の点検

6. プラント全体の機能試験・評価の計画工程 (1 / 2)

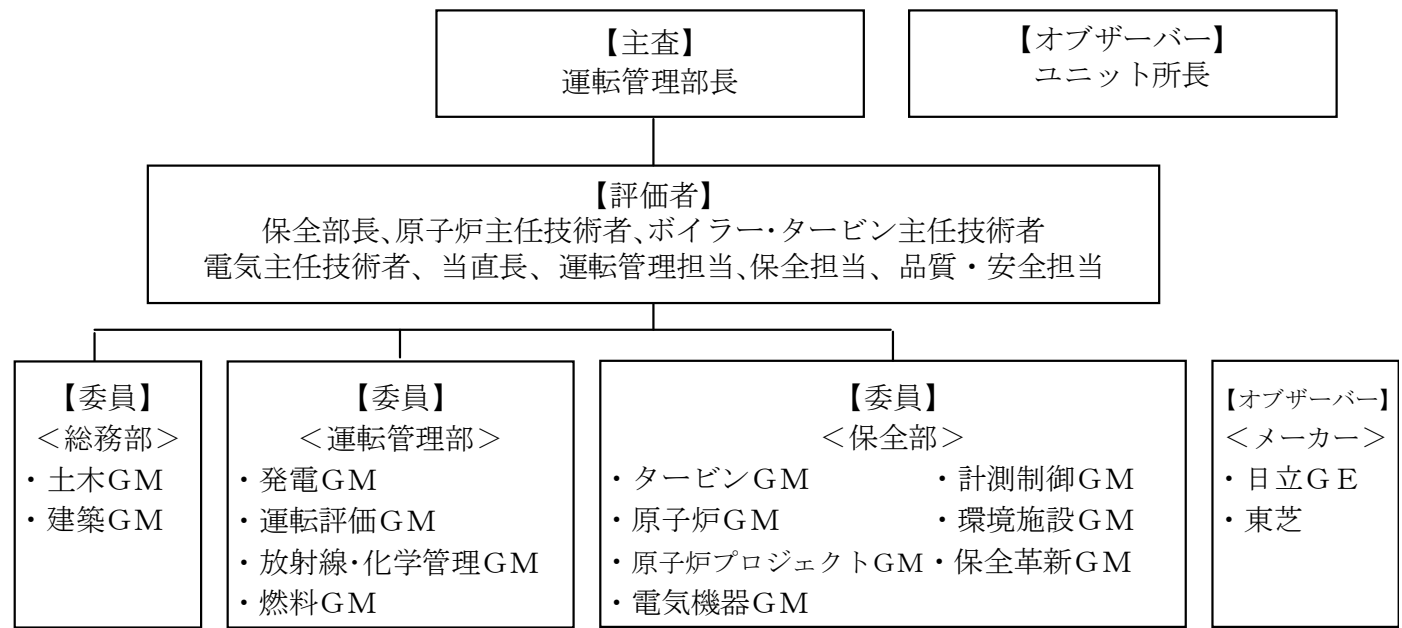


	① 真空上昇時の点検	② 原子炉昇圧時の点検	③ タービン、発電機の起動時の点検・試験	④ 発電機出力20、50%時の点検・試験	⑤ 発電機出力75%、定格熱出力時の点検・試験	⑥ 定格熱出力一定運転時の試験	⑦ 最終の健全性評価	
主な点検項目	プラント起動時の設備点検	-	<ul style="list-style-type: none"> ◆タービン点検 <ul style="list-style-type: none"> ・作動、漏えい確認 ◆発電機並列時点検 <ul style="list-style-type: none"> ・機能確認 ◆発電機並列時の変圧器類点検 <ul style="list-style-type: none"> ・機能確認、変圧器潮流試験 ◆蒸気系配管点検 <ul style="list-style-type: none"> ・目視点検 	<ul style="list-style-type: none"> ◆蒸気系配管・機器点検 <ul style="list-style-type: none"> ・目視点検、漏えい確認 ◆支持構造物点検 <ul style="list-style-type: none"> ・目視点検 	<ul style="list-style-type: none"> ◆定格熱出力時の発電機点検 <ul style="list-style-type: none"> ・機能、漏えい確認 ◆定格熱出力時の変圧器点検 <ul style="list-style-type: none"> ・機能確認 	-	-	
	プラント起動時の系統機能試験	-	<ul style="list-style-type: none"> ◆蒸気タービン性能試験 (その2) 	-	-	<ul style="list-style-type: none"> ◆気体廃棄物処理系機能試験 ◆原子炉隔離時冷却系機能試験 ◆蒸気タービン性能試験 (その1) 	-	
	プラント確認試験	<ul style="list-style-type: none"> ◆一定時間毎の主要パラメータ採取 	<ul style="list-style-type: none"> ◆炉圧約3.5MPa、約7.0MPa時のドライウェル内点検 ◆一定時間毎の主要パラメータ採取 	<ul style="list-style-type: none"> ◆一定時間毎の主要パラメータ採取 ◆異常が確認された設備の確認 <ul style="list-style-type: none"> ・タービンの状態監視開始 ・発電機の状態監視開始 ・変圧器の状態監視開始 	<ul style="list-style-type: none"> ◆発電機出力20、50%出力時の主要パラメータ採取 ◆異常が確認された設備の確認 <ul style="list-style-type: none"> ・復水器の状態監視開始 	<ul style="list-style-type: none"> ◆発電機出力75%、定格熱出力時の状態監視 ◆発電機出力75、100%、および定格熱出力時の主要パラメータ採取 	-	<ul style="list-style-type: none"> ◆定格熱出力一定運転時の状態監視 ◆定格熱出力一定運転時における主要パラメータ採取
	その他	-	<ul style="list-style-type: none"> ◆配管の熱変位量確認 ◆配管振動確認 	-	<ul style="list-style-type: none"> ◆配管振動確認 	<ul style="list-style-type: none"> ◆発電機出力75%、定格熱出力時の配管振動確認 	-	-

※：赤字は地震後の健全性確認のため特別に実施する点検項目

6. プラント全体の機能試験・評価の計画工程（2/2）

- プラント全体の機能試験では、ホールドポイント毎に評価会議を実施し、プラント運転状態について、運転部門、保全部門の関係箇所の責任者による評価を行う。この評価会議では、プラントの状況の確認、ならびに設備の不適合事象や気づき事項等の内容、対応状況について審議し、次ステップへの移行の判断を行う。



GM：グループマネージャ（当該グループの管理責任者）

☒ 起動時評価会議体制☒

【参考1】 起動にあたっての留意事項

- 起動に際しては、以下の条件を確認する
 - 点検・評価計画書で定める、原子炉の蒸気発生前に実施する点検・評価がすべて終了し、異常のないこと
 - 地震時に確認された、プラント起動および運転に関する不適合の処置が実施されていること（他プラントで確認されている不適合も含む）
 - 起動に関する運転計画（起動予定曲線）が定められていること
 - 起動手順および異常発生時の停止手順が定められていること
 - 起動および運転に関する保安規定、社内マニュアルの要求事項を満足すること

- 起動中および運転中に異常が確認された場合には、異常の状況、プラントの運転への影響等を速やかに評価し、必要に応じてプラントを停止し、原因究明と対策を実施する

【参考2】 6／7号機で確認された不適合への対応について

- 先行してプラント全体の機能試験を実施した、6／7号機のプラント全体の機能試験・評価において確認された不適合事象のうち、水平展開が必要と判断した不適合事象について、以下のように対応している。
 - プラント起動前に確認・対応が必要な事項について、確実に実施されていることを確認する。
 - プラント全体の機能試験・評価期間中に対応を実施するものについて、適切な時期に必要な対策が実施されていることを確認する。
- 本資料では、6／7号機で確認された不適合事象のうち、プラント起動工程に影響を与えた主な不適合事象について、5号機における対応状況をご説明する。

【参考2】 6/7号機で確認された不適合への対応について

■ 7号機で確認された主な不適合事象への対応

No.	不適合概要	5号機における起動前対応事項	5号機プラント全体の機能試験における対応状況
1	原子炉隔離時冷却系（RCIC）の通常操作での停止不可	<ul style="list-style-type: none"> トリップ機構のラッチ力を測定し、機械式および電磁式トリップにおける動作力が、ラッチを外すために必要な力を十分上回っていることを確認した。 バックシートが干渉していないことを確認した。 トリップ動作確認試験を実施し異常のないことを確認した。 	<ul style="list-style-type: none"> 7.0MPa時の定例試験時において、異常のないことを確認する。
2	圧力抑制室（S/C）の水位上昇	<ul style="list-style-type: none"> RCIC系起動前にS/Cのプール水位を低くするようにマニュアルに定めた。 RCIC系起動中はS/Cのプール水を速やかに移送できるよう監視する体制をとることをマニュアルに定めた。 	<ul style="list-style-type: none"> マニュアルに従い、RCIC系起動前にS/Cのプール水位を低くし、定例試験を実施する。 また、S/Cのプール水移送についても適宜マニュアルに従い実施する。
3	電動機駆動原子炉給水ポンプ給水流量調節弁の開度表示の不具合	<ul style="list-style-type: none"> 5号機の当該箇所（M/D FCV）については、振動対策に実績のある開度計を使用していることから、対策は不要であると判断している。 	<ul style="list-style-type: none"> 当該弁について、プラント起動中に異常のないことを確認する。

【参考2】 6/7号機で確認された不適合への対応について

No.	不適合概要	5号機における起動前対応事項	5号機プラント全体の機能試験における対応状況
4	直流電源設備直流125V 7B 地絡警報の発生	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 本事象は一過性の事象であり、本事象が発生した場合においても、プラントの運転に影響がないことから、水平展開は不要であると判断した。 	—
5	配管サポート撤去対象物の誤り	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 耐震強化工事を実施した全数について現場確認を実施した。 	—
6	主排気筒からのヨウ素 (I-133) の検出	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 5号機においては、原子炉給水ポンプの吸込部への流入がないことから、対策は不要と判断した。 (事象の原因は、原子炉給水ポンプの吸込部に、高圧ドレンポンプの吐出水(高圧タービンからの抽気蒸気が凝縮したものを含んでおり、ヨウ素濃度が高い)が流入していることに起因している。) 	—
7	高圧ヒータドレンポンプ軸結合部からのグリスにじみ	<ul style="list-style-type: none"> ◆ グリスにじみは軽微であり、当該ポンプの機能に影響をあたえる事象ではないことから、水平展開は不要であると判断した。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 巡視点検において、ポンプの運転状況を確認する。
8	タービン駆動原子炉給水ポンプ(A)吐出弁上蓋部からの漏えい	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 蒸気系の弁については、フランジ部のギャップ測定もしくはトルク確認を実施した。 ◆ 今回の停止中に分解点検を実施した弁については、トルク確認またはフランジのギャップ測定を実施した。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 系統インサービス時に漏えい試験を実施し、必要に応じ増し締め等を実施する。

【参考2】 6/7号機で確認された不適合への対応について

■ 6号機で確認された主な不適合事象への対応

No.	不適合概要	5号機における起動前対応事項	5号機プラント全体の機能試験における対応状況
1	主蒸気ドレンラインからの微少な漏えい	◆ 類似箇所（主蒸気系、原子炉隔離時冷却系）のYストレーナについて、ガスケット交換を実施した。	◆ 蒸気通気時に漏えい確認を実施する。
2	入熱に伴う耐震強化サポートと配管保温材との干渉	◆ プラント起動による入熱に伴う事象であることから、プラント起動後に入熱影響の確認を行う。	◆ プラント起動時にサポートと配管接触の有無等、入熱影響に伴う異常の有無を確認する。

【参考3】 先行号機との相違について

- 先行してプラント全体の機能試験・評価が完了している、柏崎刈羽6号機および7号機と、点検対象機器の選定・系統機能試験の対象の選定・プラント確認試験におけるパラメータ採取項目の選定の考え方に相違点はない。
- ただし、設備構成に相違点があるため、点検対象機器数や採取パラメータ項目数に若干の相違がある。これは、「プラント型式や設備構成の相違」によるものである。
- 次頁以降に、BWR（BWR-5）の柏崎刈羽1号機および5号機、並びに、ABWRの柏崎刈羽6号機および7号機の設備上の相違点を示す。

【参考3】プラント型式について

1号機および5号機のプラント型式は沸騰水型原子炉（BWR）であるが、これまでにプラント全体の機能試験・評価を実施してきた6、7号機は、改良型沸騰水型原子炉（ABWR）である。主な相違点を以下に示す。

プラント型式による主な相違点の比較

プラント	KK-1/5	KK-6/7
型式	BWR-5	ABWR
冷却材再循環方式	冷却材再循環ポンプ、配管 およびジェットポンプ	インターナルポンプ
制御棒駆動機構	水圧駆動	水圧駆動＋電動駆動
原子炉格納容器型式	鋼製原子炉格納容器 1号機：Mark II 5号機：Mark II改	鉄筋コンクリート製 原子炉格納容器
主タービン最終段翼長	41 inch	52 inch
タービンバイパス容量	1号機：25%（5弁） 5号機：100%（8弁）	6/7号機：33%（3弁）
主タービン湿分分離方式	湿分分離器	湿分分離加熱器
復水浄化方式	1号機：インラインシステム 5号機：サイドストリームシステム	インラインシステム
給水加熱方式	熱交換式（6段）	熱交換式（6段） ヒータドレンポンプアップ

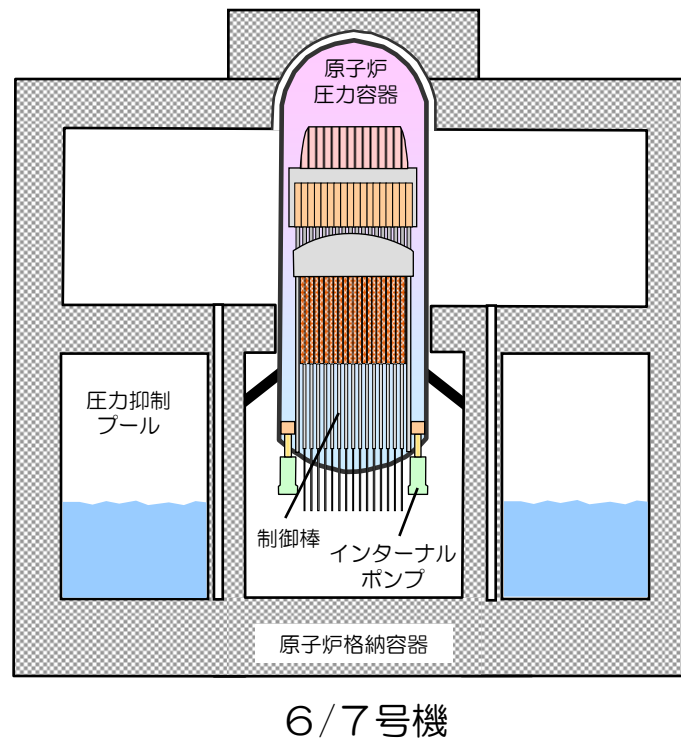
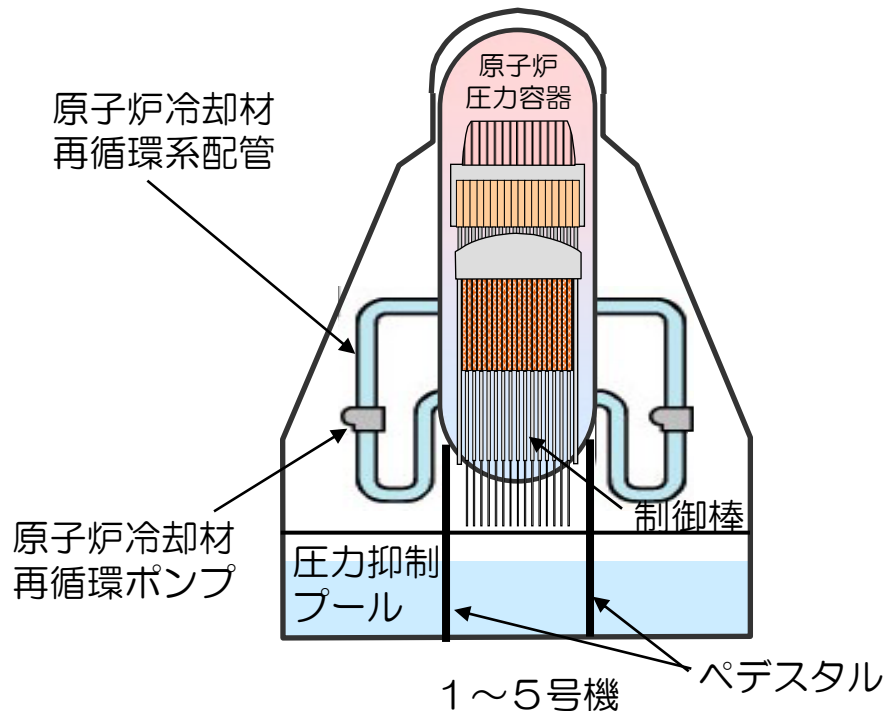
【参考3】プラント型式について

プラント型式による主な相違点の比較

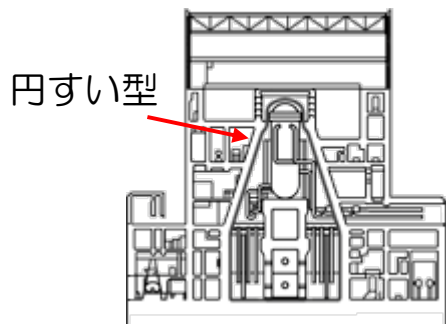
プラント		KK-1/5	KK-6/7
営業運転開始		1号機：1985年9月 5号機：1990年4月	6号機：1996年11月 7号機：1997年7月
主要スペック	電気出力	1100MW	1356MW
	原子炉熱出力	3293MW	3926MW
	原子炉圧力	7.03MPa	7.17MPa
	原子炉圧力容器内径	約6.4m	約7.1m
	原子炉圧力容器高さ	約23m	約21m
	主蒸気流量	6410t/hr	7640t/hr
	給水温度	216℃	216℃
	燃料集合体本数	764	872
	制御棒本数	185	205

【参考3】プラント型式について

＜原子炉圧力容器の相違＞

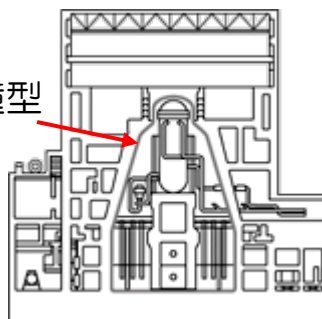


＜原子炉格納容器型式の相違＞

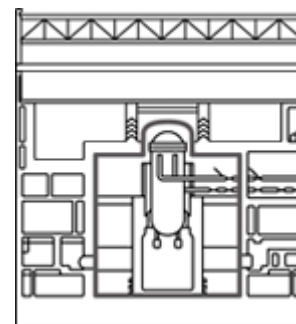


1号機
(Mark II)

釣り鐘型



2～5号機
(Mark II改)

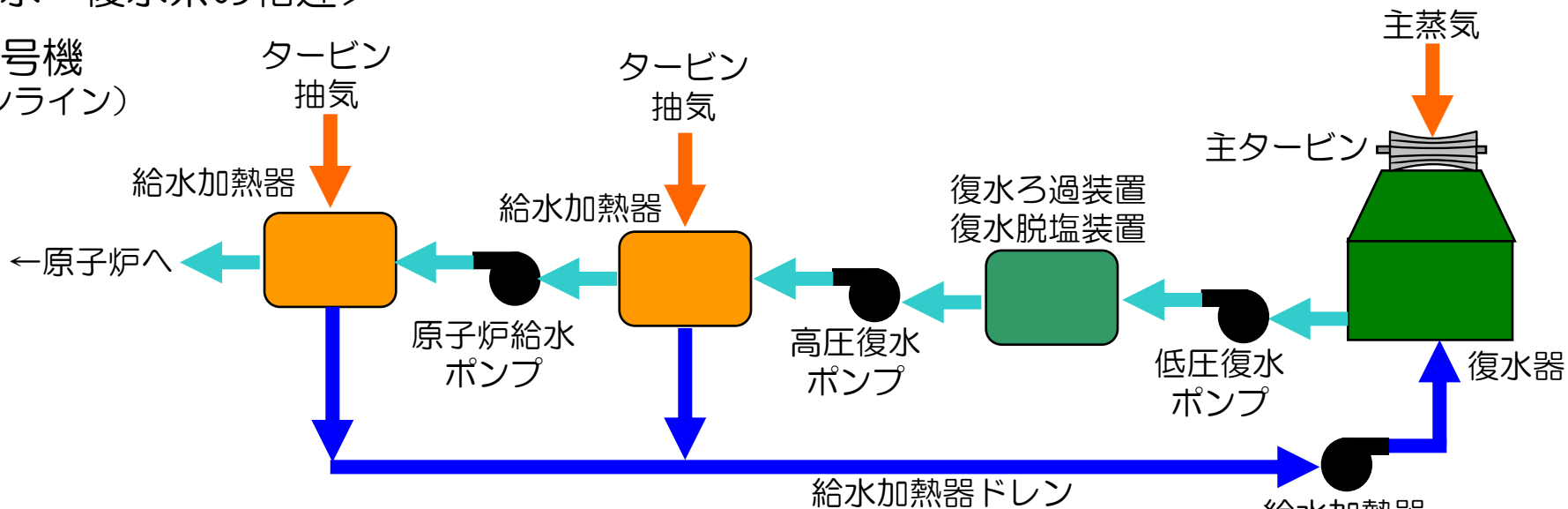


6/7号機
(ABWR)

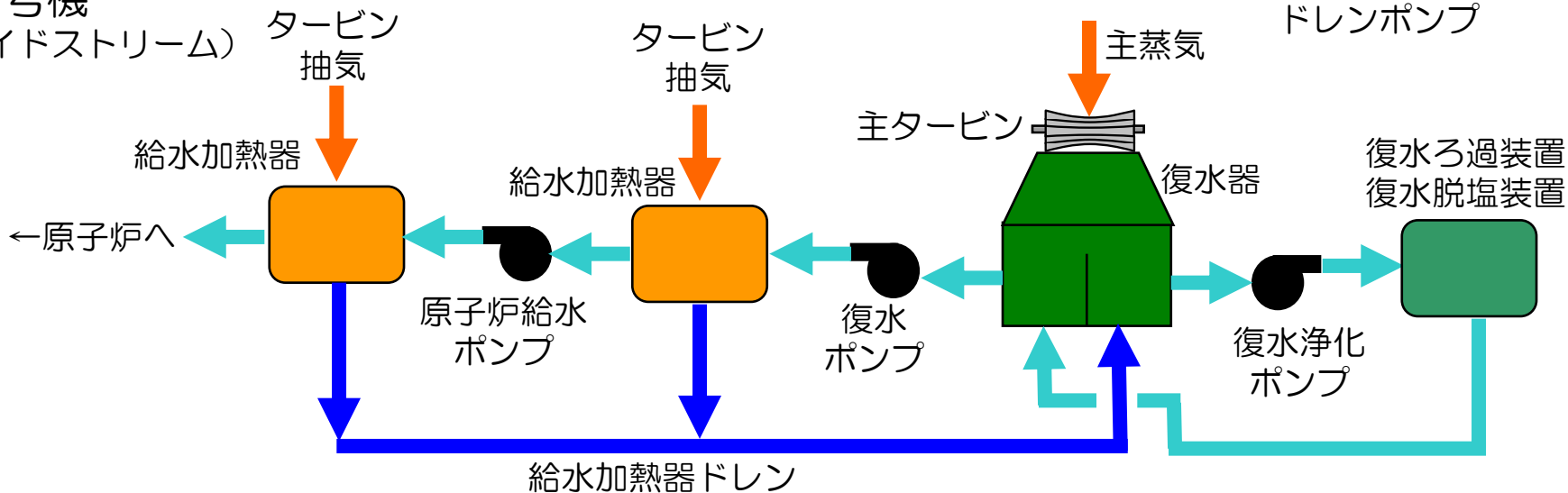
【参考3】プラント型式について

<給水・復水系の相違>

・1号機
(インライン)



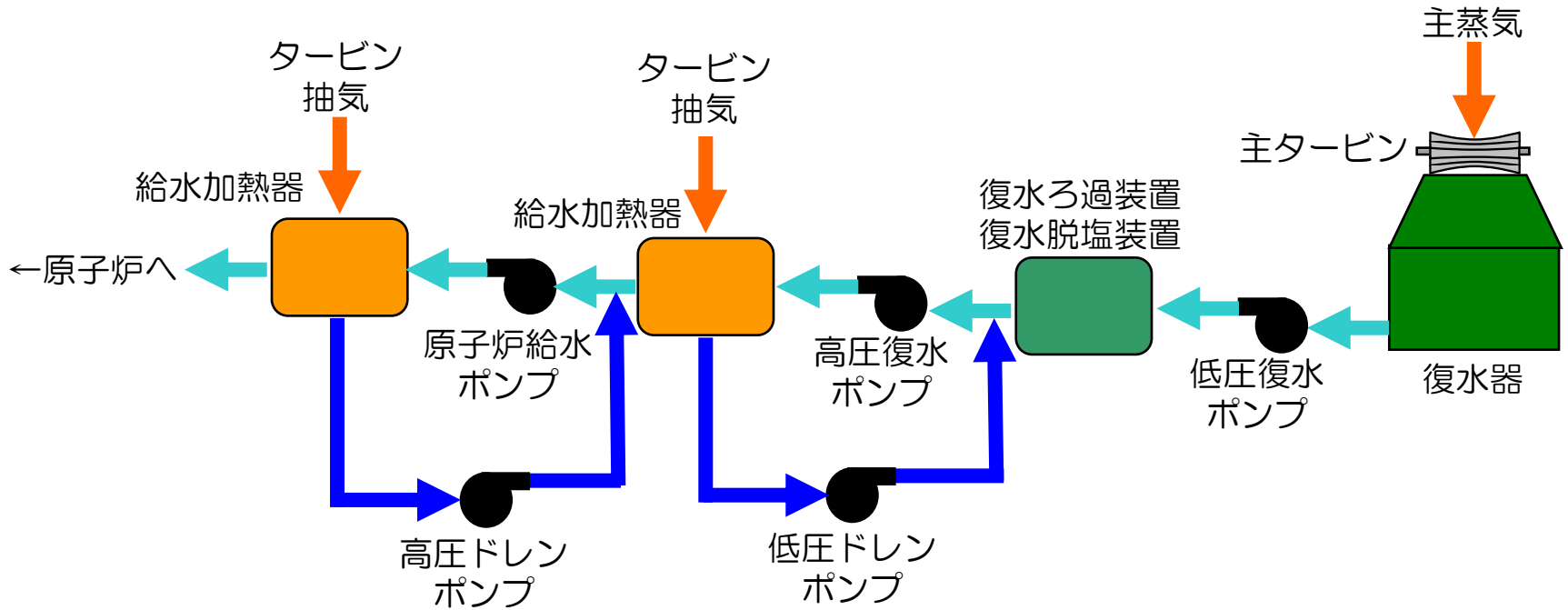
・5号機
(サイドストリーム)



【参考3】プラント型式について

<給水・復水系の相違>

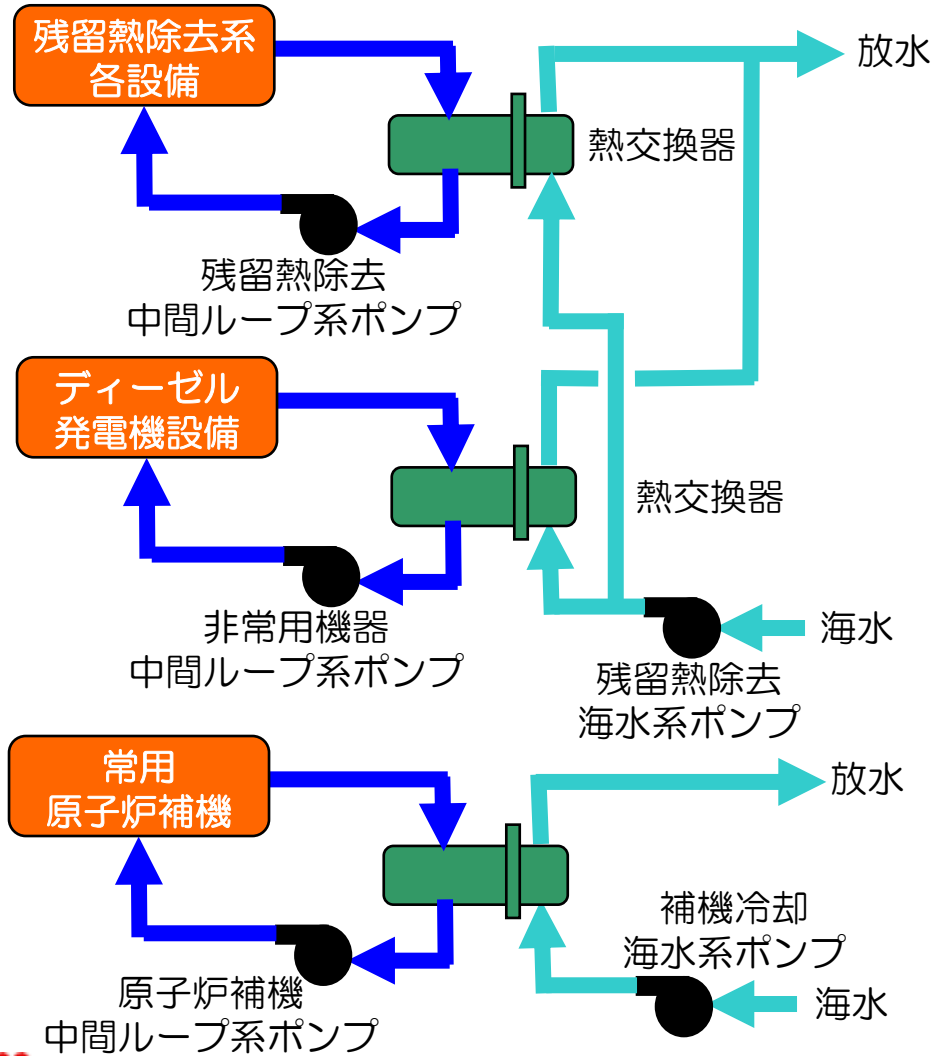
・6/7号機
(インライン)



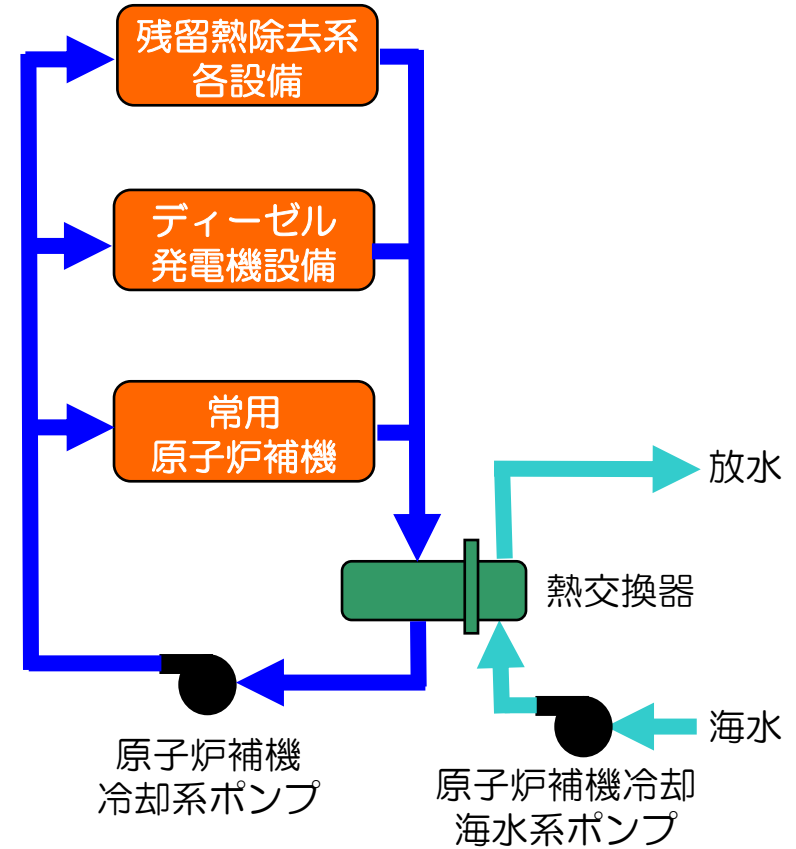
【参考3】プラント型式について

＜原子炉補機冷却設備の相違＞

・ 1号機



・ 5/6/7号機



【参考4】パラメータ採取項目について

- プラント型式の相違に伴い、1号機および5号機には原子炉冷却材再循環系の配管・ポンプが存在する等の違いがあるため、プラント確認試験におけるパラメータ採取項目に相違が生じるが、採取するパラメータ内容は概ね同一である。

プラント型式による相違設備に関連するパラメータ採取項目の一例

	柏崎刈羽1 / 5号機	柏崎刈羽6 / 7号機	備考
原子炉冷却材再循環系 1 / 5号機：炉外ポンプおよび配管、ジェットポンプ 6 / 7号機：インターナルポンプ	・原子炉冷却材再循環ポンプ速度	・原子炉冷却材再循環ポンプ速度	速度や振動は共通の監視項目
	・原子炉冷却材再循環ポンプ振動	・原子炉再循環ポンプモーターケーシング振動	
	・原子炉冷却材再循環ポンプ流量	—	(A) (B) の流量を監視
	・原子炉冷却材再循環ポンプシールキャビティ圧力	—	ABWRにはない
	・ジェットポンプ流量	—	
	・ジェットポンプ差圧	—	
制御棒駆動系 1 / 5号機：水圧駆動 6 / 7号機：電動駆動 (スクラムはいずれも水圧)	・制御棒駆動系系統流量	・制御棒駆動系系統流量	流量監視は共通
	・制御棒充てん水ヘッド圧力	・制御棒充てん水ヘッド圧力	スクラム用の充填水は共通
	・原子炉・制御棒ヘッド間差圧	・原子炉・制御棒パーシ水ヘッド差圧	1 / 5号機は制御棒駆動のための差圧を監視
	—	・制御棒駆動機構漏えい流量	6 / 7号機はシール部あり