

大飯発電所3,4号機 長期保管後の再稼働実績

平成25年10月29日
原子力学会 水化学部会 定例研究会

関西電力株式会社 寺地巧、宮脇晃之

内容

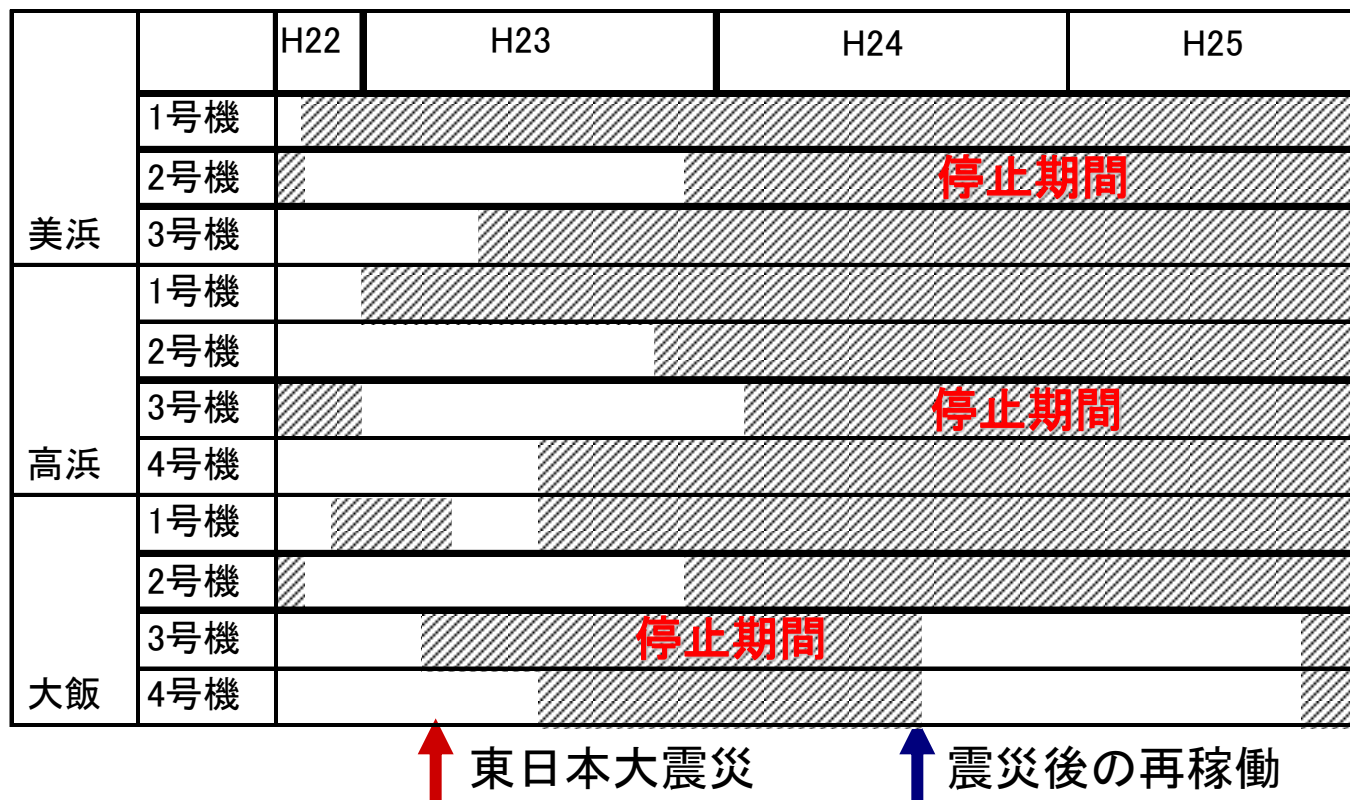
■ プラントの長期保管状況

- ヒドラジン濃度の変化

■ 再稼働時の水処理

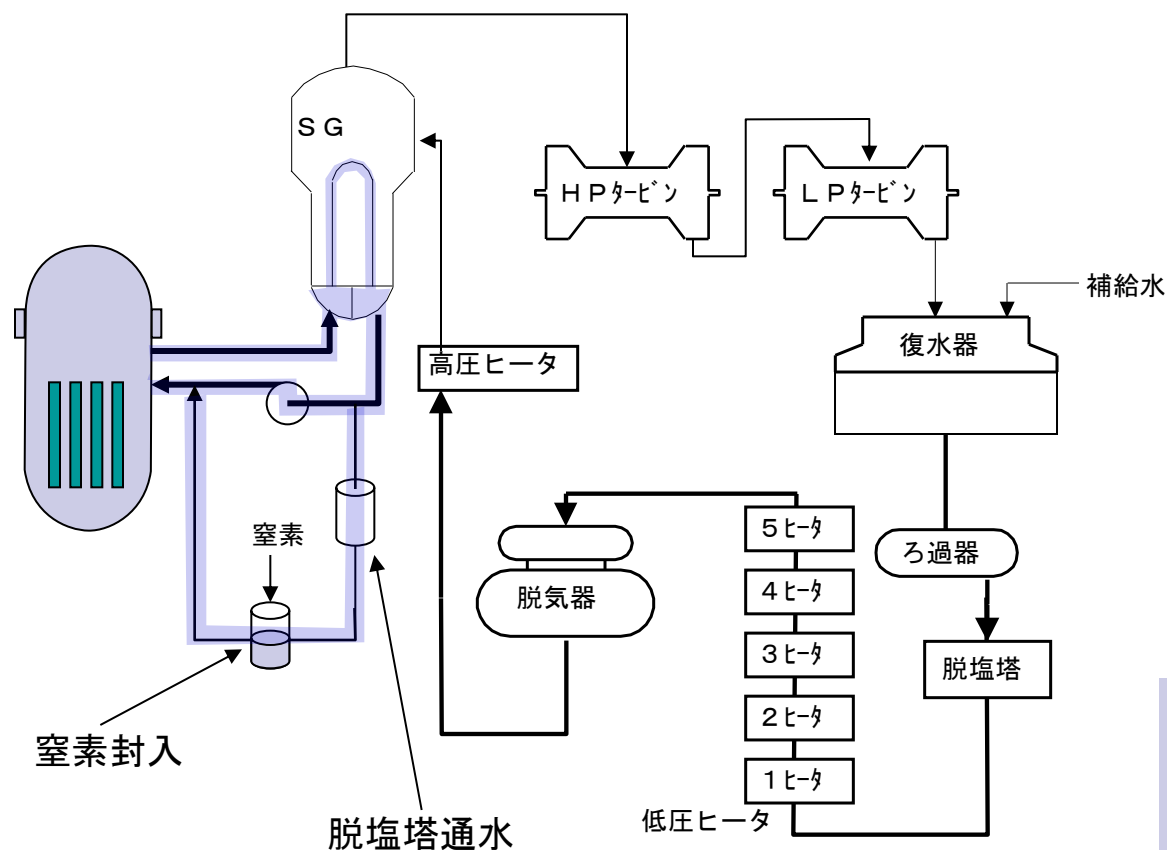
- 冷水クリーンアップ時のFe濃度
- 温水クリーンアップ時の不純物濃度
- ロードアップ中の水質状況
- 3、4号機のFe溶出量の差
- 3、4号機の不純物溶出量の差
- 海外プラントの長期停止実績

震災後の当社プラント停止・再稼動状況



- 大飯3号機は約15ヶ月、大飯4号機は約12ヶ月の停止期間

1次系の長期保管中の状態



- 低温停止状態で、系内の酸素を除去した後、窒素を封入して、脱塩塔の連続通水(浄化)を継続。

- 一次系の接液部は耐食合金で構成されている。



高温に晒される運転中と比較しても、穏やかな環境条件であり、腐食に対する懸念は大きくない。

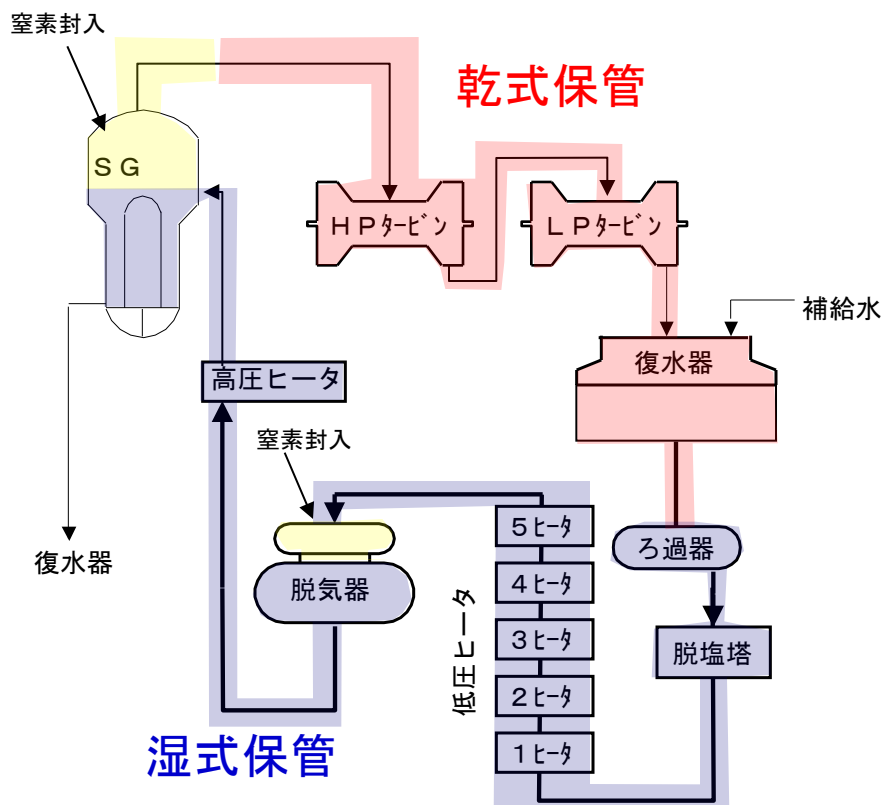
2次系長期保管方法

- 2次系は系統に炭素鋼が存在し、腐食を抑制する事が重要
- 保管方法
 - 湿式保管(ヒドラジン＋気相部窒素封入or気相部無し(満水))
酸素を除去した水を浸し保管する方法で、気相部窒素封入or気相部無し(満水)とする事が可能な機器・系統に採用
→SG2次側、復水器、低圧ヒータ、脱気器、高圧ヒータに採用
 - 乾式保管(相対湿度50%以下)
乾燥空気を循環する方法で、満水とする事が困難な機器・系統に採用
→タービン(復水器、脱気器)、抽気系統
 - 水抜保管
水抜後、系統隔離(密封)して保管する方法で、再満水とする事が困難な機器・系統に採用
→低圧ヒータ、脱気器、高圧ヒータに採用

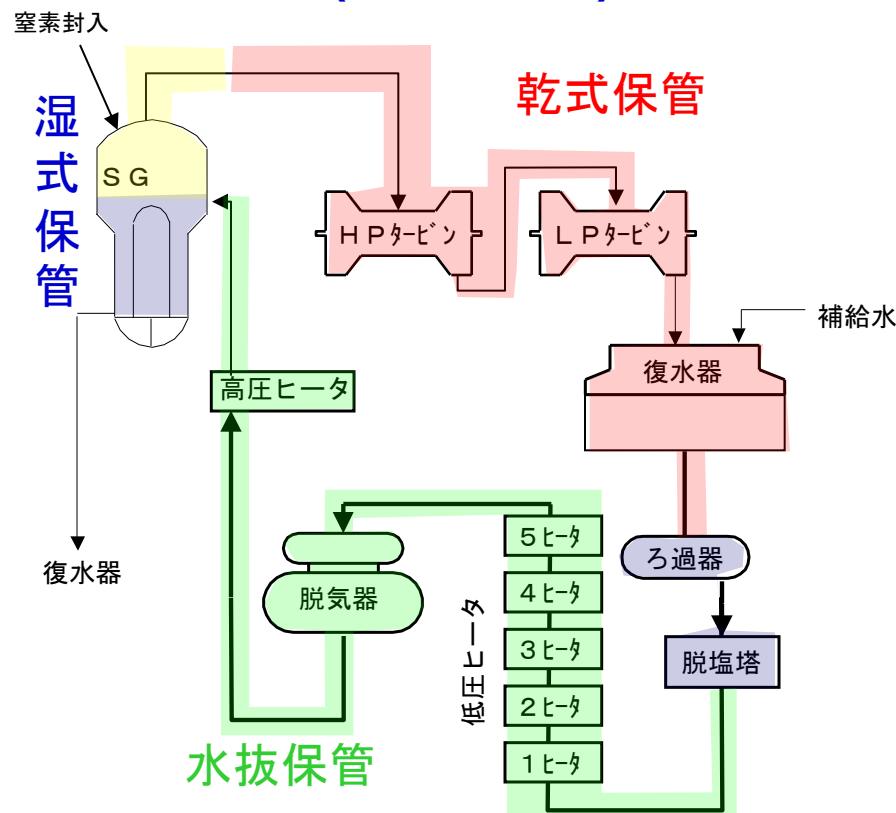
何れの保管方法についても腐食速度 2mdd(mg/dm²/day) 以下

2次系長期保管方法(3号機と4号機の相違)

3号機(約15ヶ月保管)

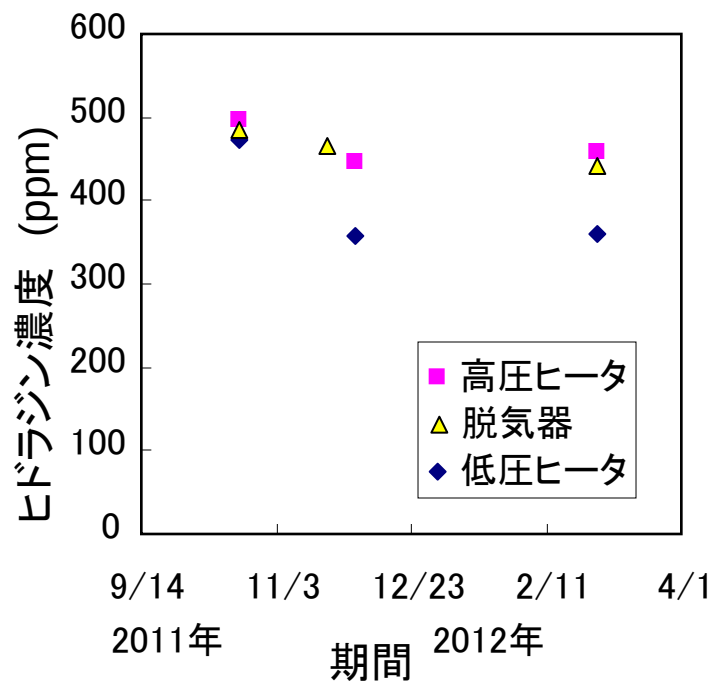


4号機(約12ヶ月保管)

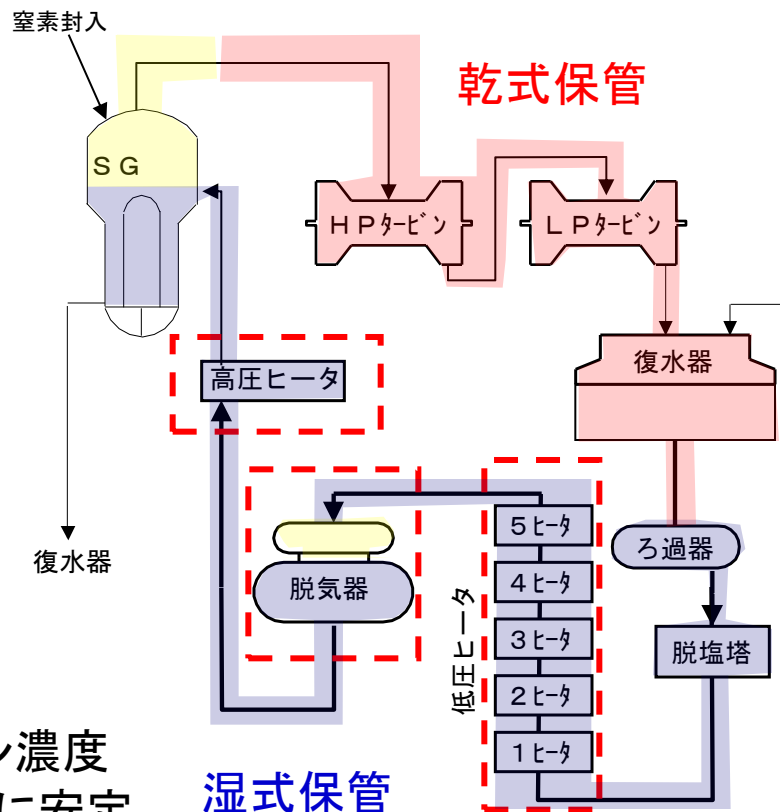


3号機は、定検起動作業として、機器・系統を復旧した後、復水器から高圧ヒータまで**クリーンアップを実施(通常定検と同様の水処理)完了**した。その後、長期停止に伴い、**ヒドラジン添加による湿式保管とした**。4号機は、定検作業中で、機器・系統が復旧されず、**クリーンアップは未実施**の為、**水抜保管とした**。なお、3、4号機共にSG2次側は湿式保管、復水器、タービンは乾式保管とした。

保管中のヒドラジン濃度変化(3号機低圧ヒータ、脱気器、高圧ヒータ)



SG2次側以外の系統では、初期にヒドラジン濃度低下が認められたものの、その後は一定値に安定したこと、酸素混入が無く、また、保管水中に酸素の存在も無いことが裏付けられ良好に保管された。



内容

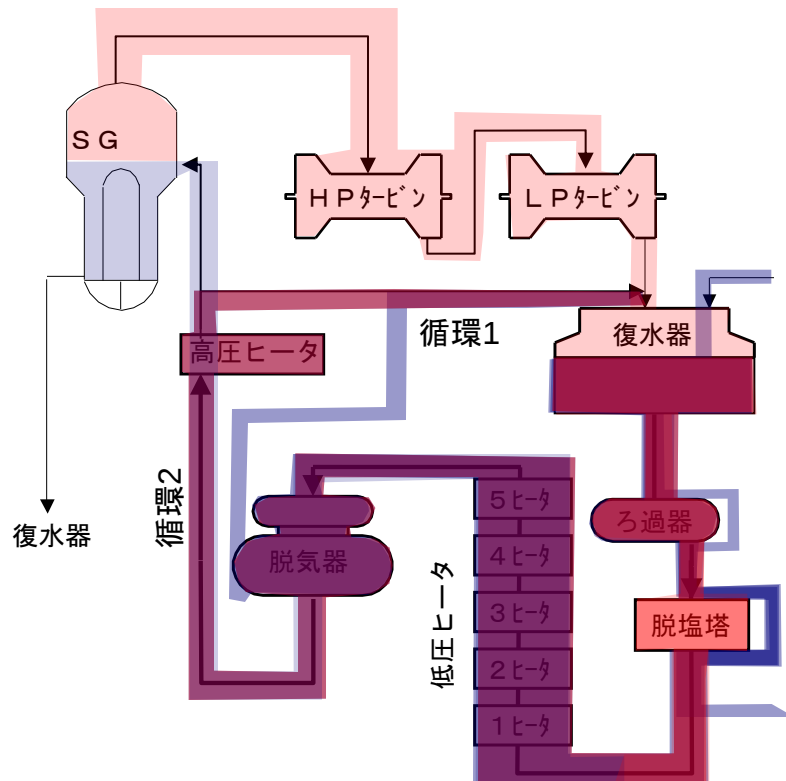
■ プラントの長期保管状況

- ヒドラジン濃度の変化

■ 再稼働時の水処理

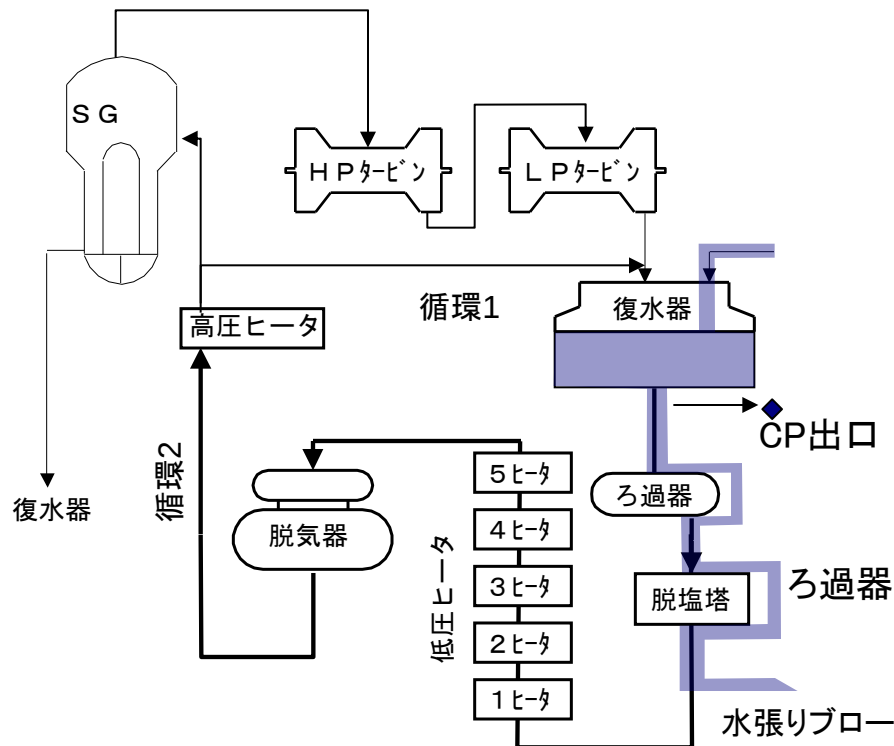
- 冷水クリーンアップ時のFe濃度
- 温水クリーンアップ時の不純物濃度
- ロードアップ中の水質状況
- 3、4号機のFe溶出量の差
- 3、4号機の不純物溶出量の差
- 海外プラントの長期停止実績

3、4号機起動操作の流れ

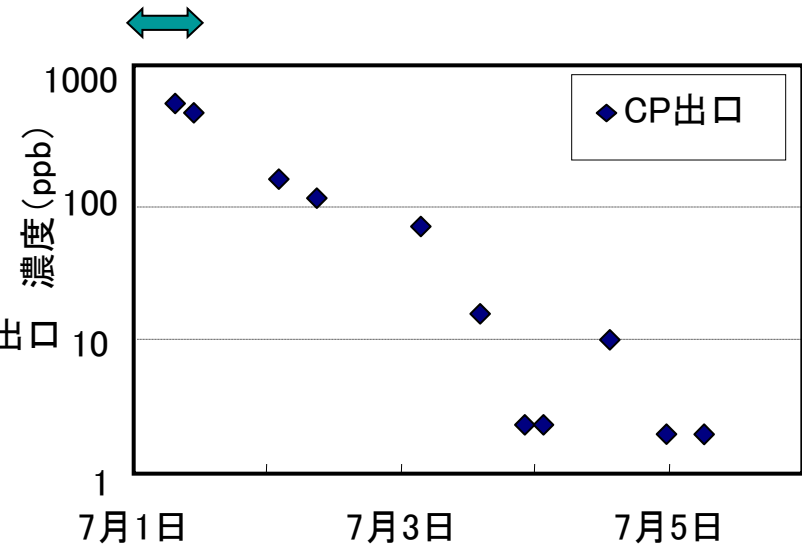


- 復水器水張りブロー
- 冷水循環クリーンアップ¹
- 冷水循環クリーンアップ²
- 温水循環クリーンアップ
- 昇温、タービン起動

起動操作: 水の張替え、冷水クリーンアップ(1/3)

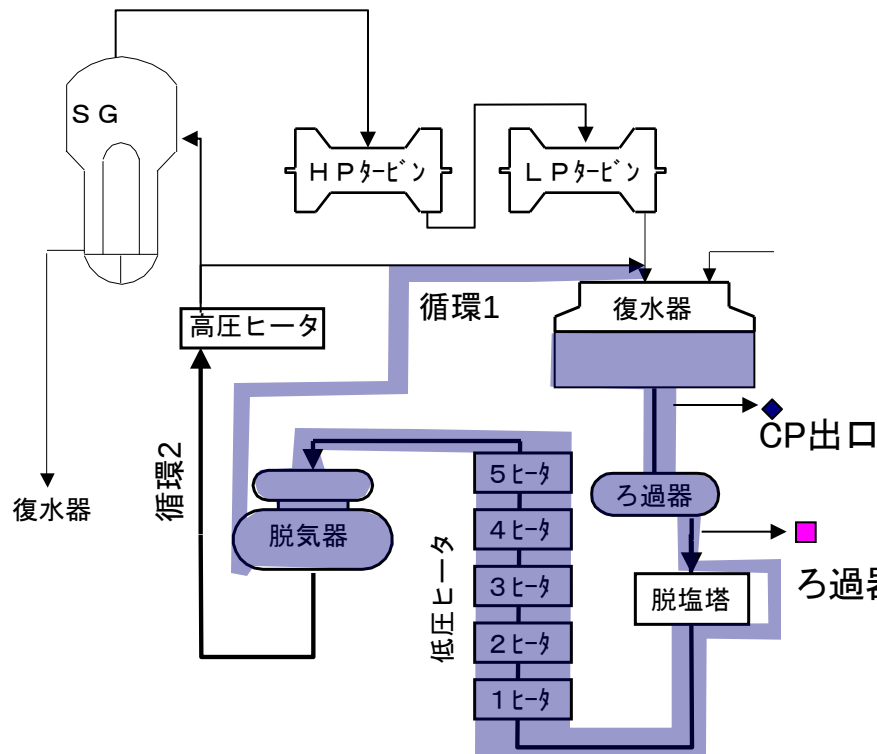


- 復水器水張りブロー
- ろ過器(中空糸)による浄化、循環
- 浄化を継続しつつ、順次循環ラインを拡大し、鉄濃度<3ppbを達成した(通常と同様)

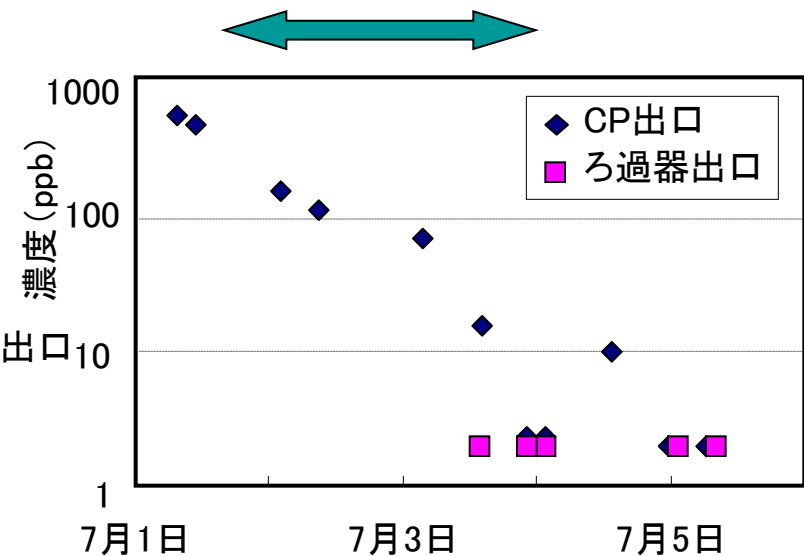


4号起動時の全鉄濃度推移

起動操作: 水の張替え、冷水クリーンアップ(2/3)

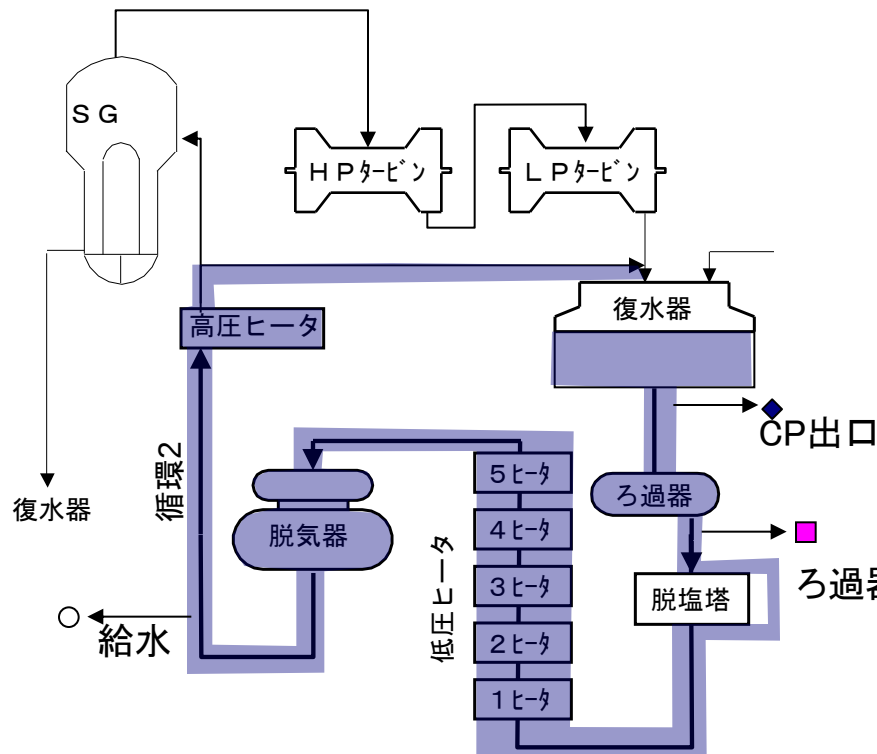


- 復水器水張りブロー
- ろ過器(中空糸)による浄化、循環
- 浄化を継続しつつ、順次循環ラインを拡大し、鉄濃度<3ppbを達成した(通常と同様)

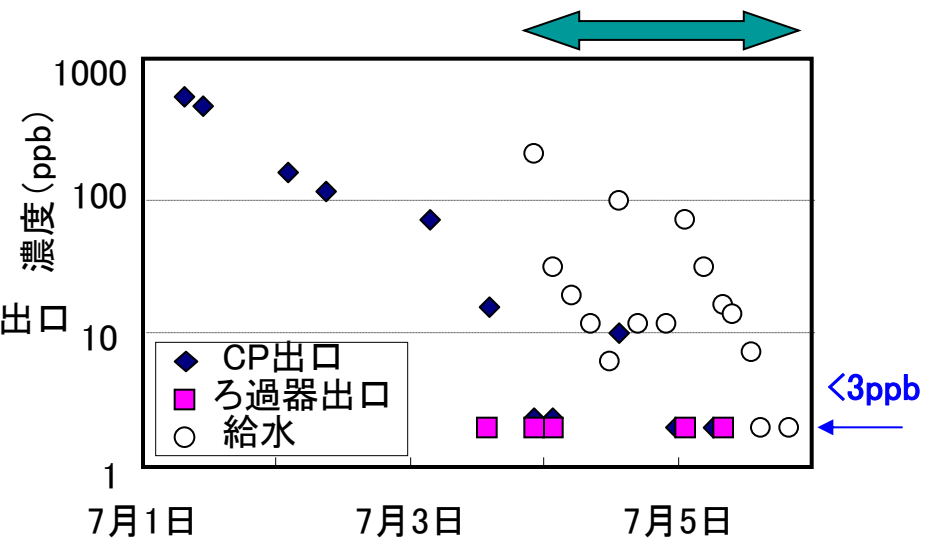


4号起動時の全鉄濃度推移

起動操作: 水の張替え、冷水クリーンアップ(3/3)

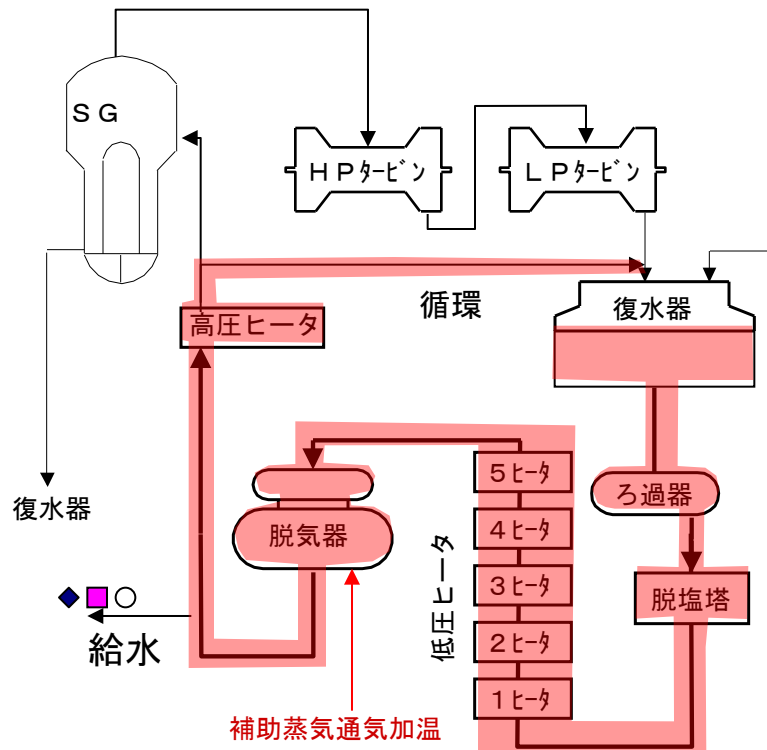


- 復水器水張りブロー
- ろ過器(中空糸)による浄化、循環
- 浄化を継続しつつ、順次循環ラインを拡大し、鉄濃度<3ppbを達成した(通常と同様)

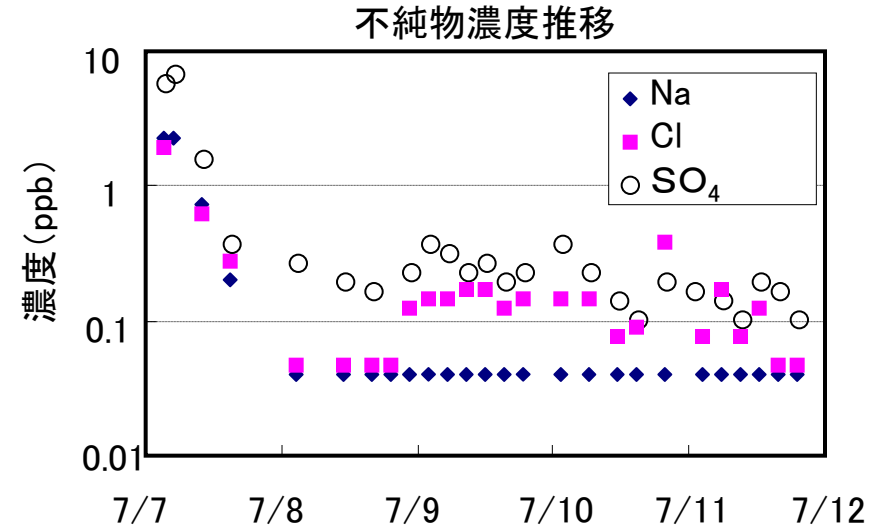


4号起動時の全鉄濃度推移

起動操作：温水クリーンアップ



充分に不純物が低下した後、SG
給水ラインへの切り替え



4号給水不純物濃度推移

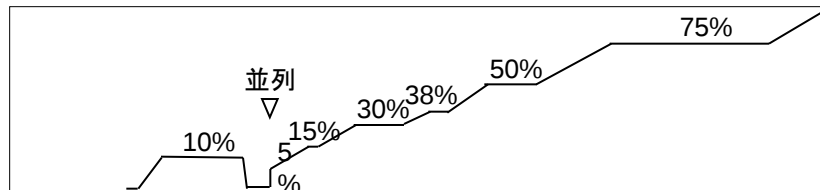
- 脱気器で昇温し、約110℃の温水を用い浄化を継続
- 流量を変動させ不純物溶出を促進
- 脱塩塔通水による連続浄化

ロードアップ中の水質状況(1/2)

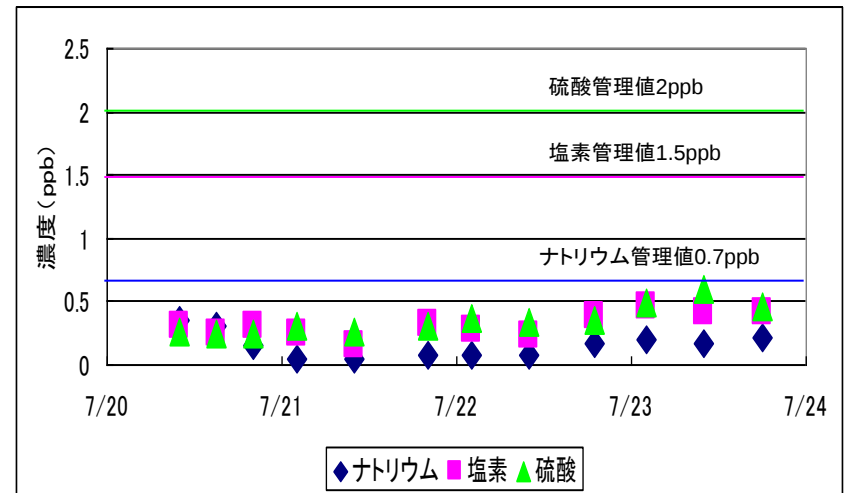
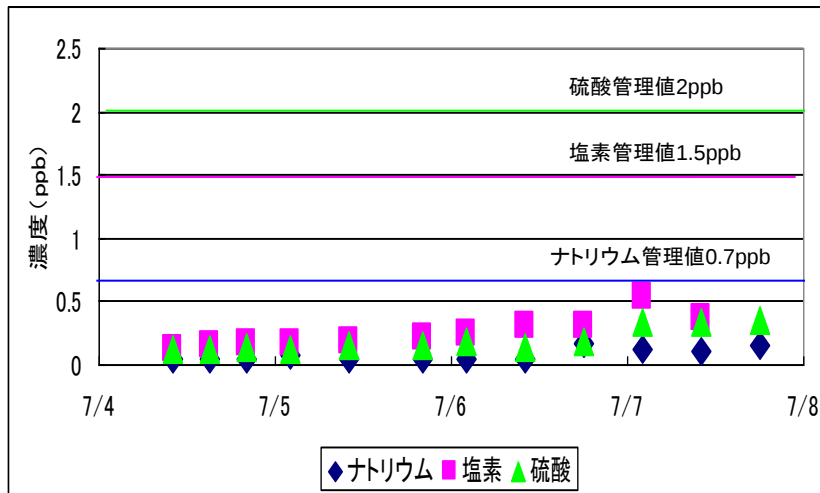
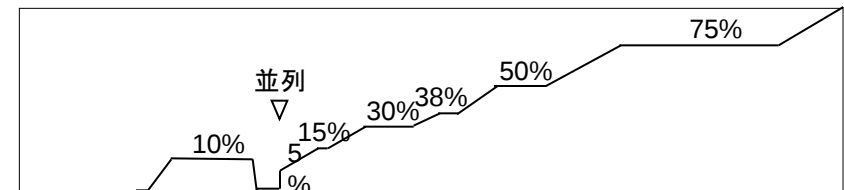
ロードアップ中のSG不純物(Na、Cl、SO₄)濃度の推移(A-SG)

発電機出力

従来起動(3号機<通常定検>)



4号機



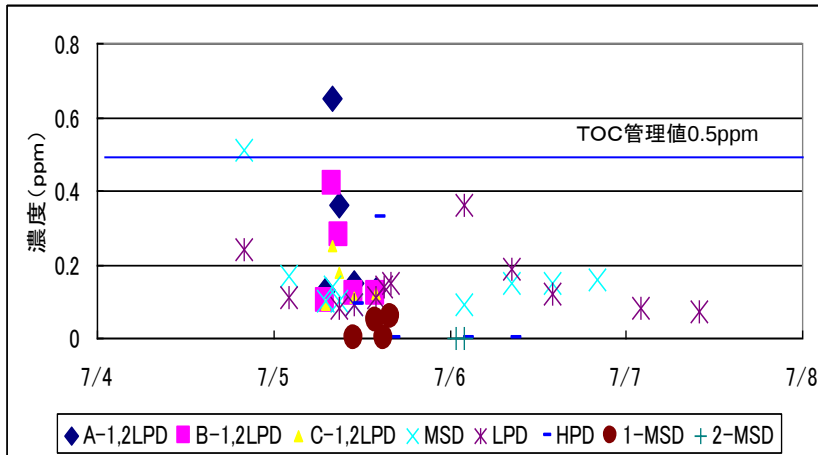
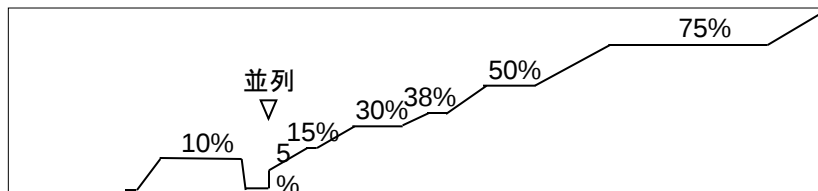
- 不純物濃度については、従来起動(3号機)と大きな差はなく、問題は認められなかった。

ロードアップ中の水質状況(2/2)

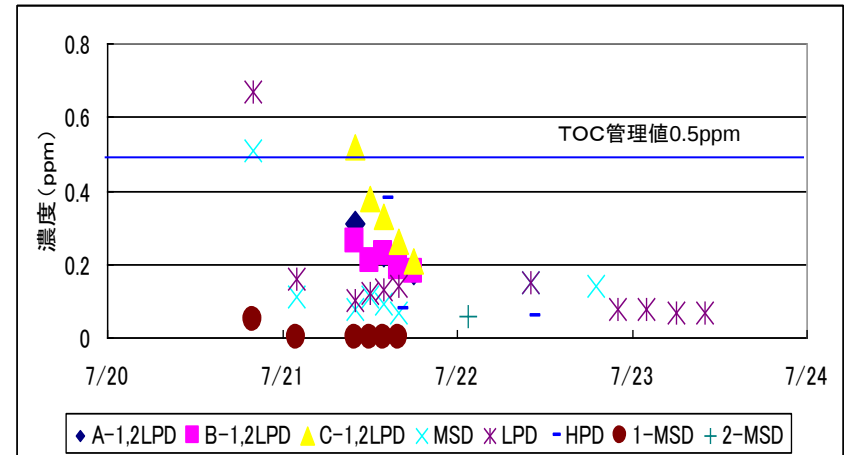
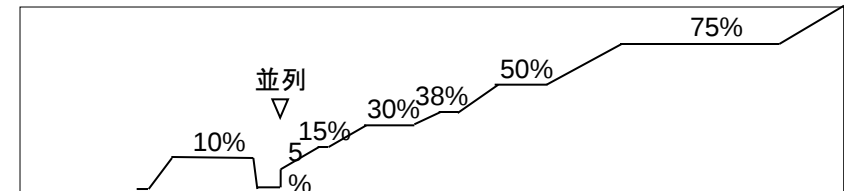
ロードアップ中のTOC濃度の推移(抽気ドレン系統)

発電機出力

(3号機)

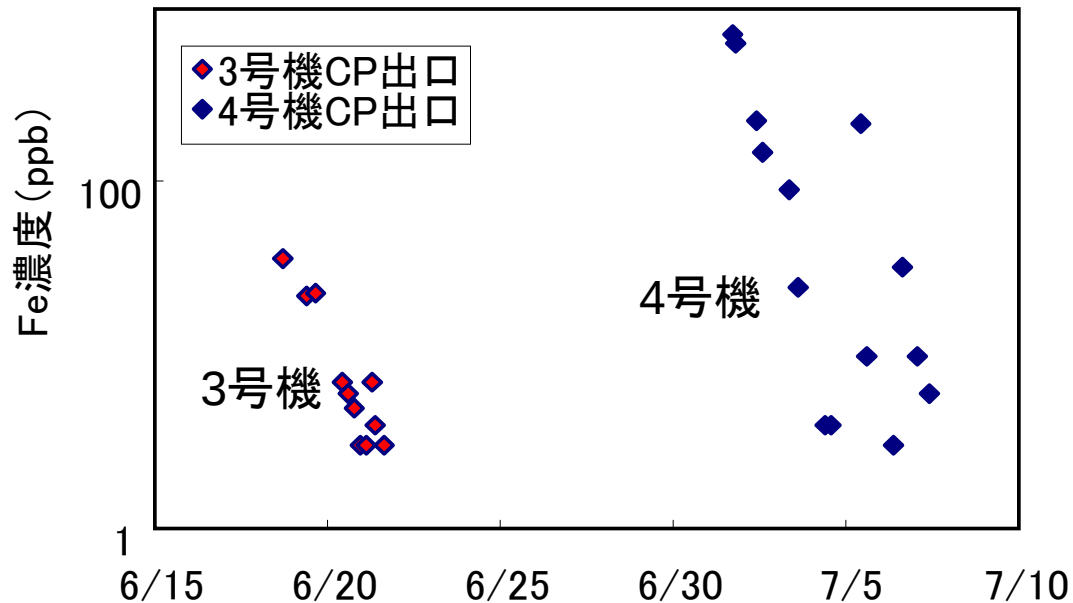


(4号機)



- タービン取替の影響により、防錆剤の溶出が発生(想定内事象 通常起動時は<0.1ppm)
- ロードアップに伴い発生した防錆剤の溶出はTOCやカチオン電気伝導率で監視し、抽気ドレンは、復水器に回収せず系外へブロー(当初より計画、通常は常時回収)し、排出
- 長期停止の影響より、大型設備交換の方が影響大

3, 4号機のFe溶出量の差

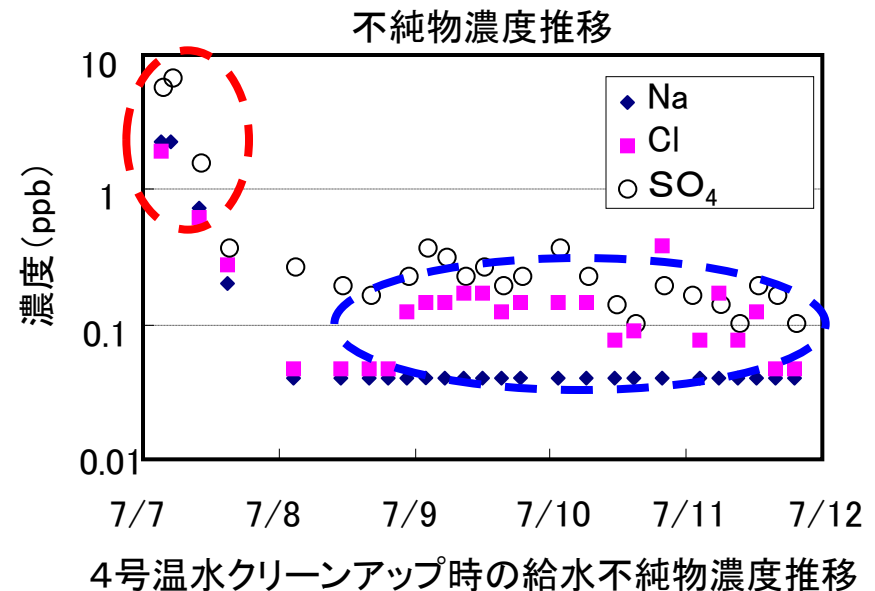
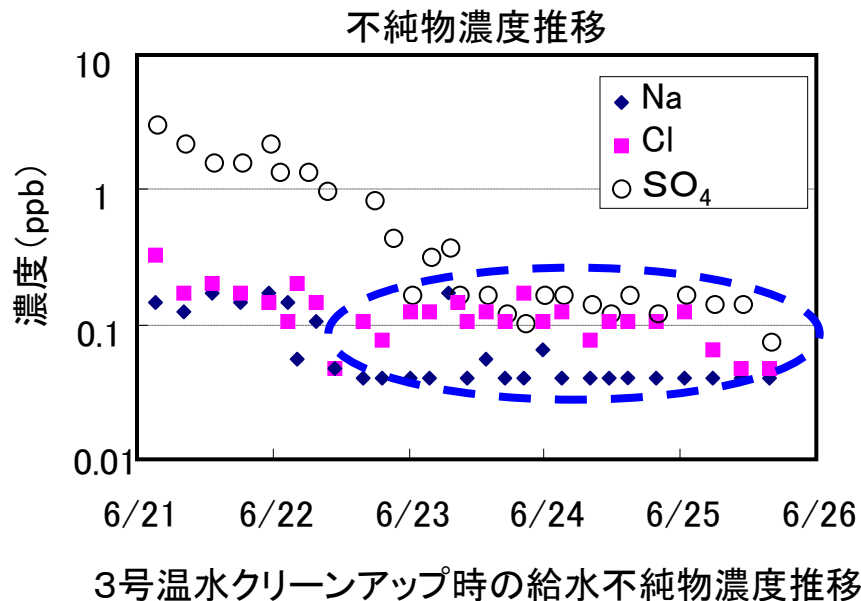


冷水クリーンアップ時のFe濃度に及ぼすプラント間比較

- 水抜保管した4号機は、湿式保管した3号機よりFeの溶出量が多い傾向があり、以下の要因が考えられる。

- ① 3号機は、事前クリーンアップが実施された事によりFe排出効果があった。
- ② 4号機で実施した水抜保管は、水抜時の溜まり水(残水)や系統隔離方法の影響があった可能性がある。

3, 4号機の不純物(Na、Cl、SO₄)溶出量の差



- 温水クリーンアップ初期の不純物溶出量は、3号機より4号機が、多い傾向にある。これについては、3号機での事前クリーンアップが実施された事による不純物排出効果であると考えられる。なお、温水クリーンアップ中期以降については、3、4号機共に同程度の溶出傾向を示した。

海外プラントの長期停止事例(米国)

プラント名	停止年数	停止期間
Pickering A Unit 1	8	1997-2005
TMI1	6.6	1979-1985
Pickering A Unit 4	6	1997-2003
Bruece A Unit 3	5.8	1998-2004
Bruece A Unit 4	5.8	1997-2003
Point Lepreau	4.4	2008-2012

再稼動時について、水化学が関与する大きな問題は報告されていない。

結論

長期保管中の状況

- ヒドラジン濃度が保管中に大きく低下することは無く、適切な還元性環境が維持されていた。

再稼動の状況

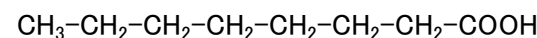
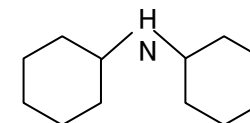
- 再稼動時のFeや、不純物の溶出は、過去の通常定検と比べても大きな増加を示しておらず、問題にはならなかった。
- 長期停止より寧ろ、タービン取替えの影響で、TOCの溶出が確認された。
- 低圧、高圧ヒータおよび脱気器を水抜保管した4号機は、事前クリーニングアップを実施した3号機よりFeの溶出量が多く、また、不純物溶出量も同様の傾向が認められた。

参考(タービン塗布防錆剤)

■ フェロガード(気化性防錆剤)

・ジシクロヘキシルアミン($C_{12}H_{23}N$) 50wt%

・カブリル酸($C_8H_{26}O_2$) 50wt%



気化性防錆剤であり、塗布後から徐々に気化することから、残留は、極めて少なく、水質への影響は少ない。

■ アタックプライマー(皮膜型防錆剤)

・酸化重合型アルキド樹脂(C-アルキル基-OH-COOH) 25wt%

・芳香族系溶剤 75wt%

皮膜型の防錆剤であり、常温では分解せず、150℃以上から分解する。成分(C、H、O)から、有機酸(-COOH)が生成され、TOCやカチオン電気伝導率に影響を与える。