

日本原子力学会 水化学部会 第20回定例研究会

PWRプラント長期停止影響と 再稼働時水化学管理要領について

2013 10 29

三菱重工業株式会社

ZCS-GE-130005

1. はじめに
2. 長期停止による影響
3. 起動工程の評価
4. まとめ

1. はじめに
2. 長期停止による影響
3. 起動工程の評価
4. まとめ

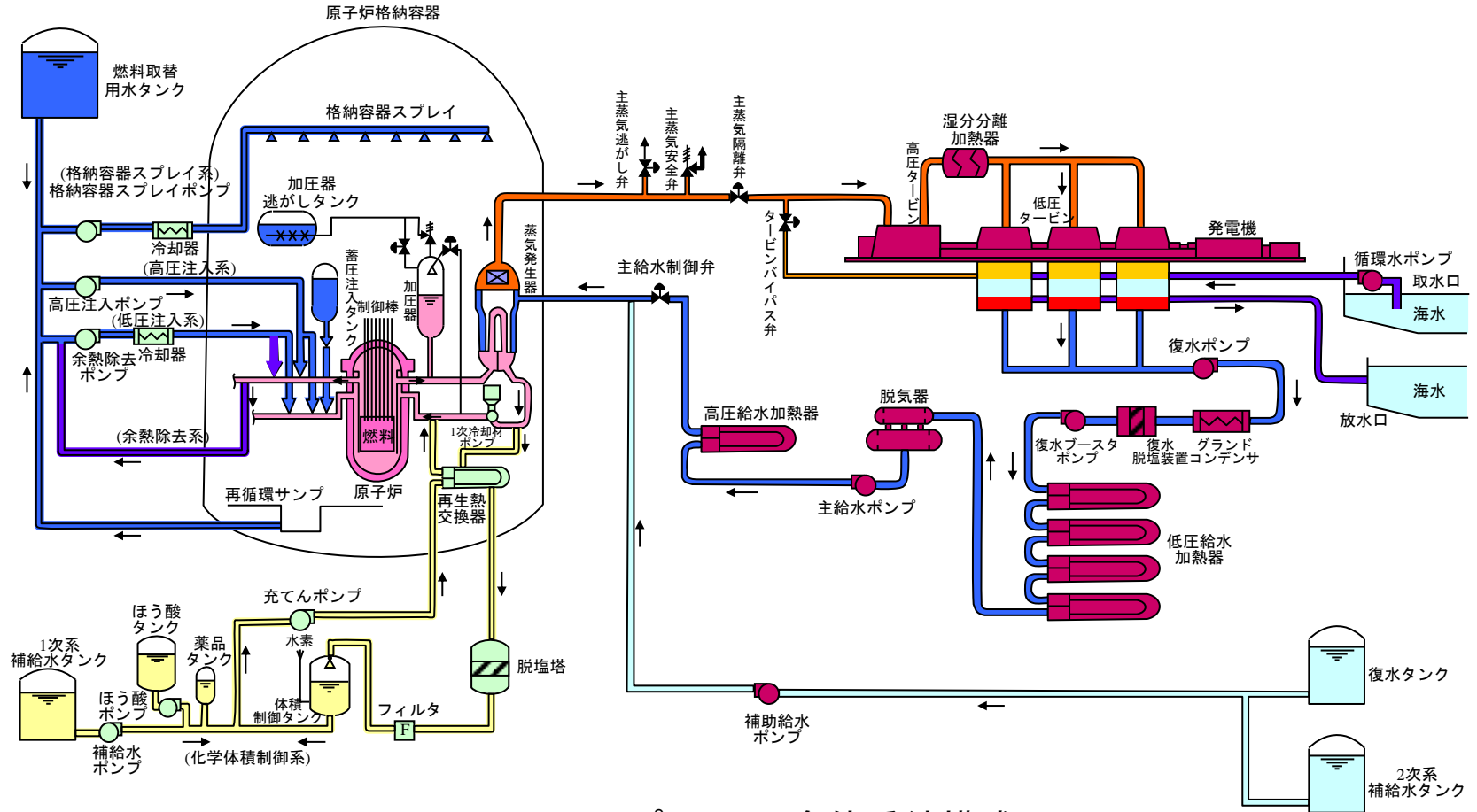
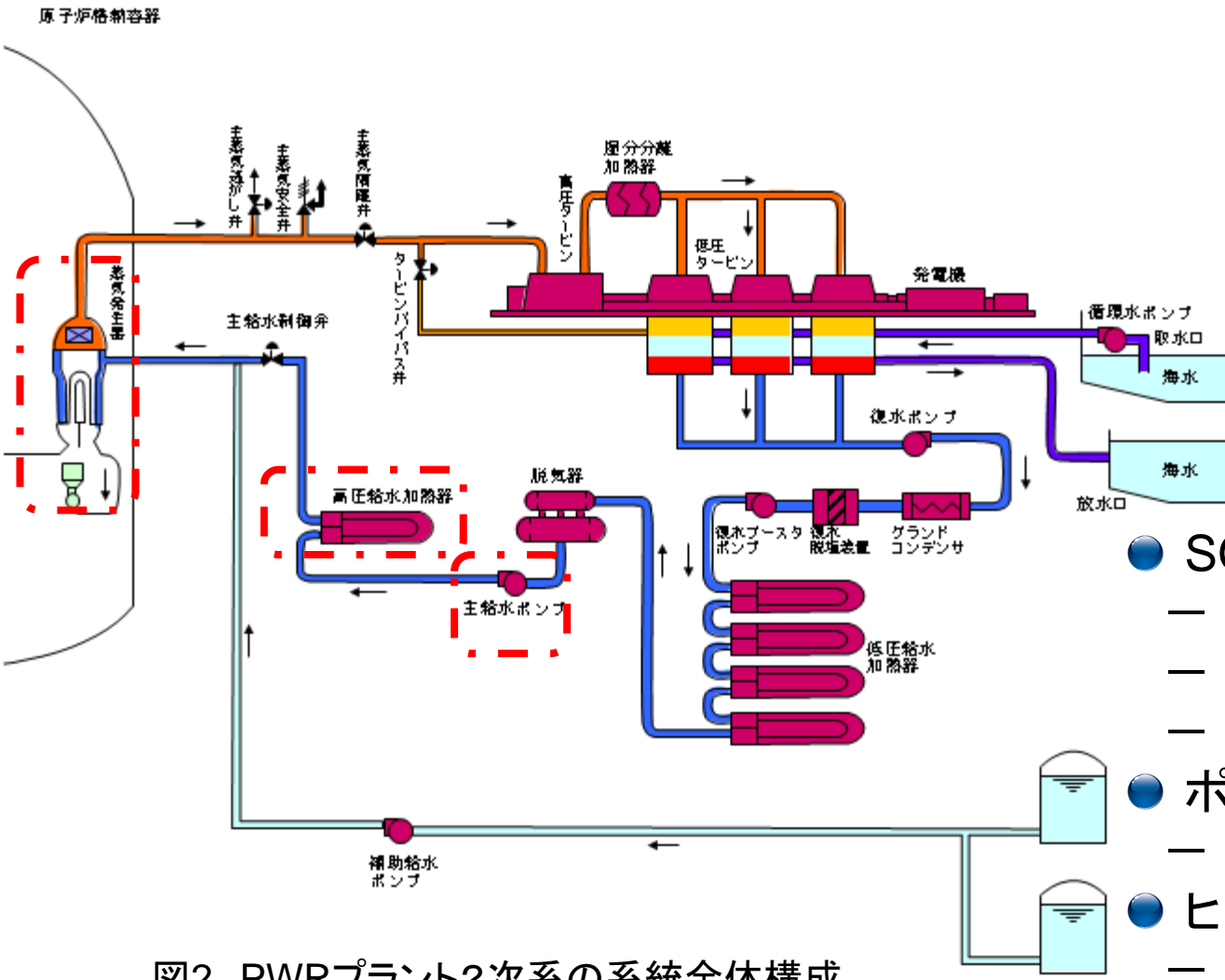


図1 PWRプラントの全体系統構成

- 原子炉内の燃料核分裂で発生した熱は、1次系冷却水を介して蒸気発生器に運ばれる
- 蒸気発生器 (SG) で発生した蒸気によりタービンを回転させ、発電する
- 1次系冷却水と2次系水は蒸気発生器伝熱管により隔離されている



- SG(伝熱管、BEC、管板)
 - 伝熱性能低下
 - 流れ阻害
 - 不純物濃縮
- ポンプインペラー
 - 動力増加
- ヒータ伝熱管
 - 差圧上昇

図2 PWRプラント2次系の系統全体構成

プラント再稼働時 水化学管理要領適正化の目的

- 系統内での鉄錆発生低減およびSG持込み低減
- 不純物のSG持込み低減

検討内容

- 長期停止影響（鉄錆発生量の低減と発生量の評価）
- 起動工程の評価（鉄錆・不純物浄化強化策の検討）
 - － クリーンアップの強化
 - － 起動時ドレン運用の効率化

1. はじめに
2. 長期停止による影響
3. 起動工程の評価
4. まとめ

鉄錆発生量の最小化(長期保管時の系統保管)

- 湿式保管
 - － ヒドラジン水(+ アンモニア)
- 乾式保管
 - － 窒素シール
 - － 乾燥空気循環
 - － 自然乾燥

2. 長期停止による影響

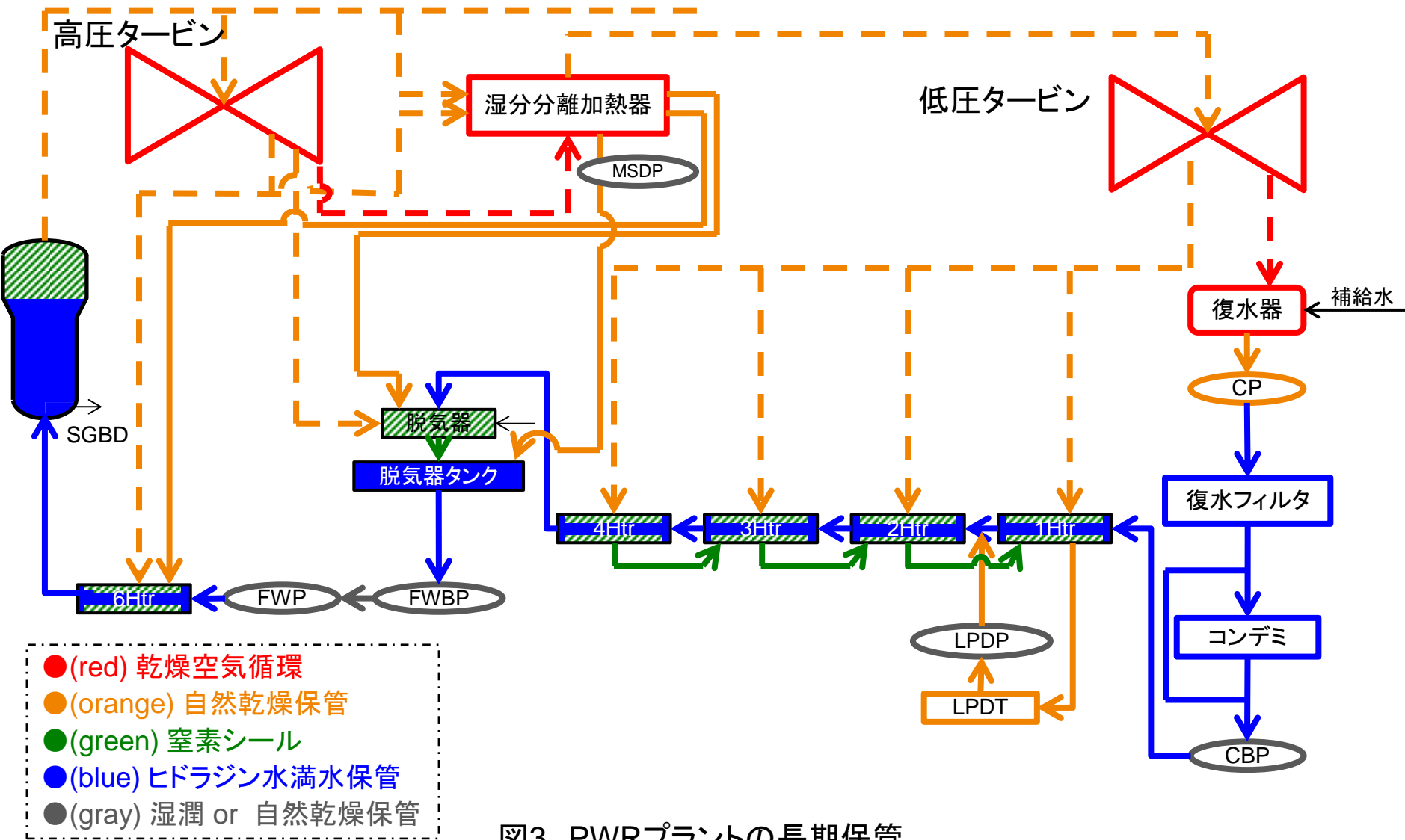


図3 PWRプラントの長期保管

- 鉄錆発生量の評価
- 銅酸化物の発生量評価

鉄錆発生量の評価(1)

- 2次系全体で、長期停止に伴い構成材料が腐食し、鉄錆が発生
- 従来定検時よりも停止期間が長く、鉄錆は多いものと想定
- 起動時の鉄濃度が高く推移すると、スケール付着が大きくなる可能性
⇒ **復水フィルタへの負荷増大、プラント性能低下の原因**

表1 鉄錆発生量概略評価

| | 想定年数 | 2ループ | 3ループ | 4ループ |
|--------------|------|------|------|------|
| 鉄錆発生量 | 2 | 117 | 156 | 176 |
| 概略評価 [kg-Fe] | 4 | 227 | 302 | 336 |

クリーンアップ時および起動時の系外排出
復水フィルタでの捕捉

鉄錆発生量の評価(2)

- 蒸気系+ヒータ胴側の鉄錆
⇒ 起動時に復水器を経由し、復水フィルタで捕捉

表2 復水フィルタへの影響

| | 想定年数 | 2ループ | 3ループ | 4ループ |
|---------------------------|-------|------|------|------|
| 復水フィルタへの負荷 [kg-FeOOH] | 2 | 174 | 232 | 256 |
| | 4 | 348 | 465 | 511 |
| 復水フィルタ捕捉可能量 [kg-FeOOH] | 数十～数百 | | | |

起動前器内点検や従来起動時のトレンド評価
クリーンアップ時および起動時の系外ブローの徹底

鉄錆発生量の評価(3)

- 復水フィルタで捕捉されない復給水系の鉄錆
⇒ SGに持ち込まれる

表3 SG2次側への影響

| | 水処理 | 2ループ | 3ループ | 4ループ |
|--|-------|------|------|------|
| SG2次側への持込み量 [kg-Fe ₃ O ₄] | — | 9 | 14 | 22 |
| 12ヶ月運転時の SG2次側への持込み量* [kg-Fe ₃ O ₄] | AVT処理 | 206 | 309 | 412 |
| | 高pH処理 | 41 | 62 | 82 |

* AVT処理時の給水鉄濃度を5 ppb、高pH処理時の給水鉄濃度を1 ppbと想定。

1サイクル運転時の鉄持込量と比較して影響は小さい

銅酸化物の発生

- 銅系材料使用機器(熱交換器)やその下流側配管スケールに銅が存在
- 空気共存下の水抜き後の湿潤状態で容易に銅酸化物(酸化剤)が生成
- **銅酸化物がSG器内へ持ち込まれると、SG伝熱管健全性に影響**

表4 銅酸化物発生量概略評価

| | 2ループ | 3ループ | 4ループ |
|-------------------------|------|------|------|
| 銅酸化物発生量 概略評価 [kg-Cu] | 0.9 | 1.4 | 1.6 |
| 年間平均 給水銅濃度[ppb]* | 0.03 | 0.03 | 0.03 |

* 発生した銅酸化物が全て給水に持ち込まれると想定

起動中に還元され金属銅となるため、影響はない

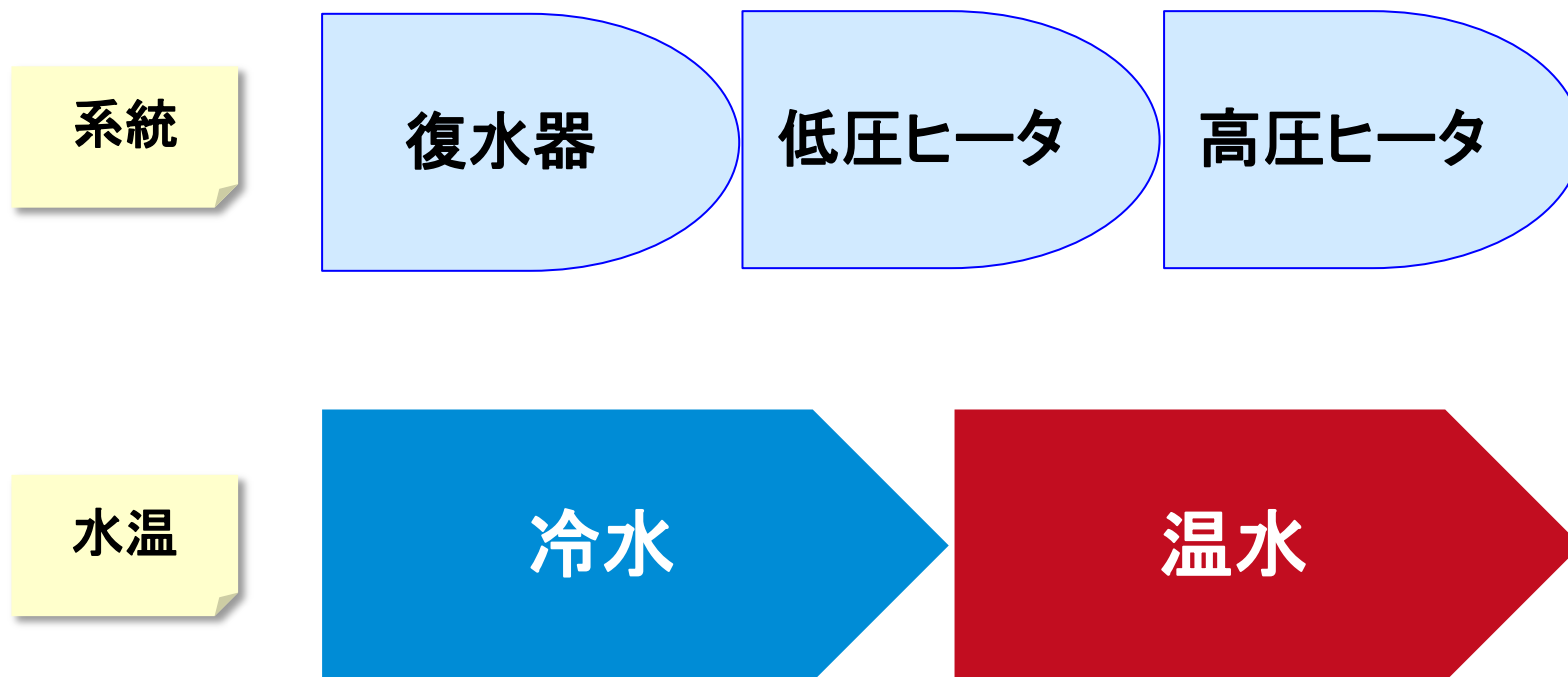
1. はじめに
2. 長期停止による影響
3. 起動工程の評価
4. まとめ

- 起動前クリーンアップの強化
- 起動時のドレン運用の効率化
(系外ブロー/復水器回収/常用回収)

各プラント固有の制約事項(ポンプ性能、排水処理設備の容量等)が異なるため、プラント毎に最適なクリーンアップ・ドレン運用の評価が必要。

起動前クリーンアップ

● 通常のクリーンアップ工程



起動前クリーンアップの強化

● 冷水クリーンアップ

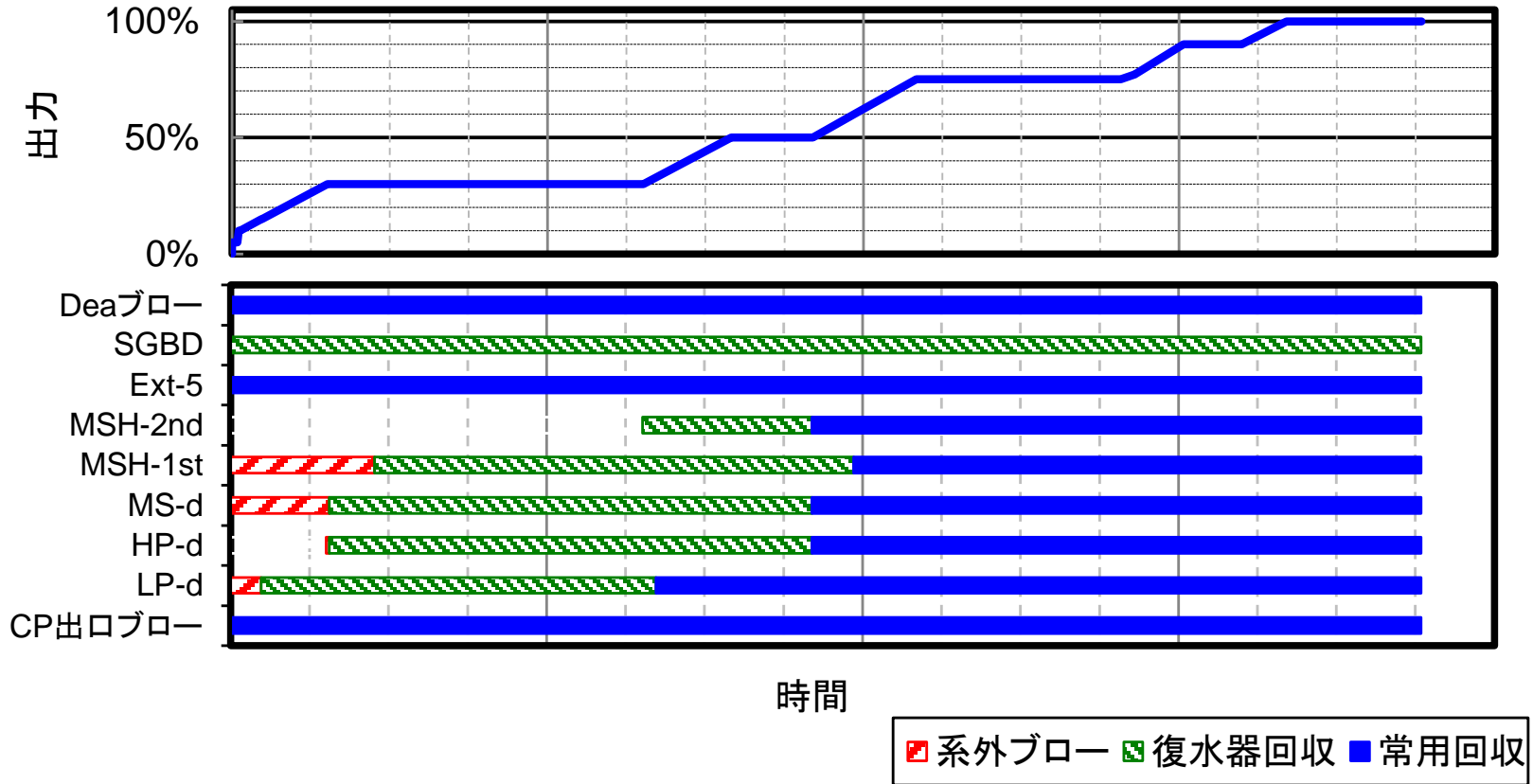
系統内の鉄錆等の懸濁物の系外排出を目的とし、大流量・短時間の間欠通水を繰り返す。

● 温水クリーンアップ

脱気器へ補助蒸気を投入し、溶解性不純物(Na, Cl等)の除去を促進。
制約条件を考慮した昇温時間の検討が必要。

起動時のドレン運用

プラント起動時のドレン運用は系外ブロー⇒復水器回収⇒常用回収と移行



- 系外ブロー: ドレン水を2次系ブローダウンタンクを經由し、系外に排水される
- 復水器回収: ドレン水を復水器へ回収し、復水フィルタや復水脱塩装置で浄化する
- 常用回収: ドレン水を通常運転時の回収先に回収する

● 併入～復水器回収

ドレン発生後の初期不純物濃度は高いため、初期発生ドレンの系外ブローを徹底。

● 復水器回収～常用回収

復水器回収期間中はコンデミによる浄化を最大限継続。

● 復水系外ブローの実施

低圧タービン／低圧排気や抽気・ドレン系統で発生した懸濁性不純物の浄化および機器換装において使用された防錆剤を浄化。

● SGブローダウン

SG器内水有機物濃度に上昇が確認された場合、速やかに系外ブローに移行。

系外ブロー

- 補給水処理設備
 - ー 造水能力、補給水タンク容量
- 排水処理設備（排水能力、排水ピット容量）
 - ー 排水能力、排水ピット容量
- 排水温度上限

復水器回収

- 復水ポンプ能力
- 復水フィルタ差圧への影響

起動時ドレン運用の評価には各プラントの制約事項を考慮しなければならない。

1. はじめに
2. 長期停止による影響
3. 起動工程の評価
4. まとめ

● 長期停止による影響

再稼働時に適切な浄化運用を実施することで、SGへのFe, Cu持込み影響を最小限に留めることが可能。

● 起動工程の評価

プラント設備を考慮した上で、以下の対応を適用。

- － クリーンアップ工程の強化
- － 起動時ドレン運用の適正化



この星に、たしかな未来を