



# BWR水化学管理指針の概要

---

一般財団法人 電力中央研究所 平野秀朗

日本原子力学会「水化学部会」第23回 定例研究会

2015年3月12日

# 講演内容

## 1. 我が国における水化学管理指針制定システムの特徴と原案作成メンバー

## 2. BWR 水化学管理指針の概要

- 目次
- プラント運転状態（プラント運転モード）
- 管理項目と診断項目
- アクションレベル
- 推奨値及び測定頻度
- NWC通常運転時の原子炉水，給水及び復水の管理項目及び診断項目
- NWC通常運転時のオフガスの診断項目
- NWC起動時の原子炉水，給水及び復水の管理項目及び診断項目
- NWC停止時の原子炉水の診断項目
- NWC冷温停止時の原子炉水，給水及び復水の診断項目
- 使用済燃料プール水の診断項目
- 復水貯蔵タンク水及び純水貯蔵タンク水の診断項目
- 水化学管理に係る長期戦略

## 3. 結語

## 我が国における水化学指針制定システムの特徴

- 産業界および学協会の専門家によるレビュー
  - 日本原子力学会の標準として、BWR 水化学管理指針の原案が産業界および学協会の専門家によって審査される。
  - その後、公衆審査及び専門家による最終の承認を経た後、BWR水化学管理指針として制定される。
  
- 規定及び指針から構成される学会標準
  - 日本原子力学会 BWR 水化学管理指針は、規定(the technical specifications (regulatory criteria))を満たすと伴により良い水化学に関するガイダンスを提供する。
  - 本指針が制定されて以降、5ヶ年間毎に見直しが行われる。  
もし、見直しが必要と判断された場合は、新しい指針として改正される。

# BWR水化学管理指針作業会及び水化学管理分科会メンバー

## BWR水化学管理指針作業会

主査：平野秀朗（一般財団法人 電力中央研究所）  
 副主査：碓井 直志（日立ニュークリアエナジー株式会社）  
 幹事：北島 英明（一般社団法人 原子力安全推進協会）  
 委員：高橋 誠（東北電力株式会社）  
 委員：鈴木 純一（東京電力株式会社）  
 委員：河合 宣夫（中部電力株式会社）  
 委員：山口 綱基（北陸電力株式会社）  
 委員：植村 聡志（中国電力株式会社）  
 委員：小野寺 聡（電源開発株式会社）  
 委員：上山 裕（日本原子力発電株式会社）  
 委員：河村 浩孝（一般財団法人 電力中央研究所）  
 委員：浦田 英浩（株式会社東芝）

### 常時参加者：

佐藤 正俊（原子力規制庁），都筑 康男（一般社団法人 原子力安全推進協会），河村 浩孝（一般財団法人 電力中央研究所），  
 武田 耕太郎（北海道電力株式会社），高橋 誠（東北電力株式会社），鈴木 純一（東京電力株式会社），  
 山口 綱基（北陸電力株式会社），植村 聡志（中国電力株式会社），石原 信秋（四国電力株式会社），  
 高橋 明（九州電力株式会社），中野 佑介，上山 裕（日本原子力発電株式会社），小野寺 聡（電源開発株式会社），  
 碓井 直志（日立GEニュークリア・エナジー株式会社），浦田 英浩（株式会社東芝），西村 孝夫（三菱重工業株式会社）

## 水化学管理分科会

主査：勝村 庸介（東京大学） 副  
 副主査：内田 俊介（元東北大学）  
 幹事：北島 英明（一般社団法人 原子力安全推進協会）  
 委員：大橋 伸一（オルガノ株式会社）  
 委員：岡田 英俊（一般社団法人 エネルギー総合工学研究所）  
 委員：河合 宣夫（中部電力株式会社）  
 委員：篠原 靖周（ニュークリア・デベロップメント株式会社）  
 委員：荘田 泰彦（三菱重工業株式会社）  
 委員：高木 純一（株式会社東芝）  
 委員：寺地 巧（関西電力株式会社）  
 委員：長瀬 誠（日立GEニュークリア・エナジー株式会社）  
 委員：西山 裕孝（独立行政法人 日本原子力研究開発機構）  
 委員：久宗 健志（日本原子力発電株式会社）  
 委員：平野 秀朗（一般財団法人 電力中央研究所）  
 委員：福村 卓也（株式会社原子力安全システム研究所）  
 委員：長谷川 英規（東京電力株式会社）  
 委員：水野 孝之（元三重大学）

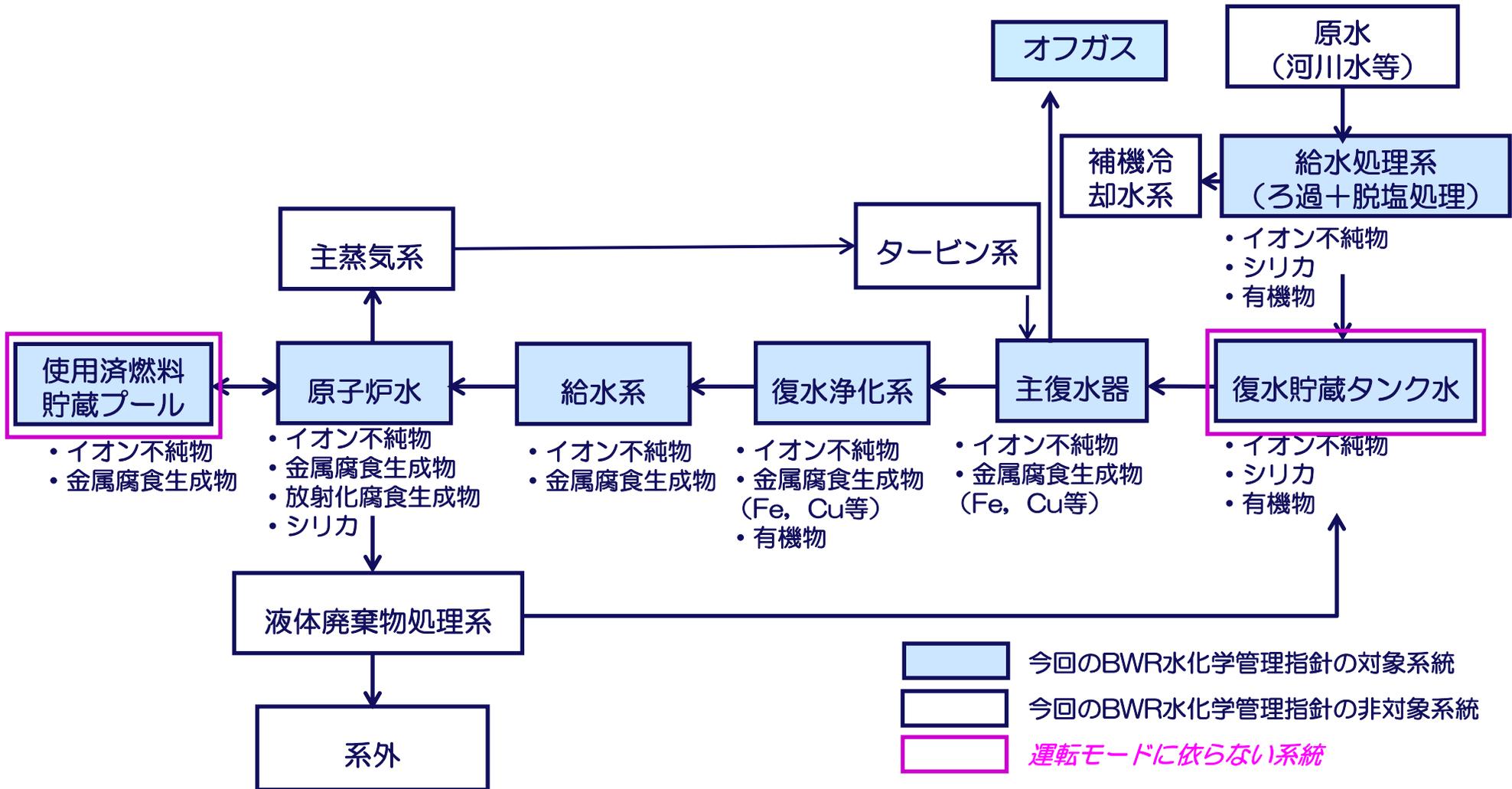
# BWR水化学管理指針の目次構成

【本 体】	【附 属 書】
<ul style="list-style-type: none"> <li>1 適用範囲</li> <li>2 引用規格</li> <li>3 用語及び定義</li> <li>4 BWR水化学管理               <ul style="list-style-type: none"> <li>4.1 水化学管理の目的</li> <li>4.2 管理項目, 制御項目及び診断項目</li> <li>4.3 管理, 制御及び診断対象</li> <li>4.4 アクションレベル設定値, 制御値, 推奨値及び測定頻度</li> </ul> </li> <li>5 品質管理               <ul style="list-style-type: none"> <li>5.1 一般事項</li> <li>5.2 サンプルング方法</li> <li>5.3 分析方法</li> <li>5.4 水質等データ管理</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>附属書A(参考) アクションレベルに至ってから回復するまでの許容時間の考え方</li> <li>附属書B(参考) BWRの運転モード例</li> <li>附属書C(参考) 改良水化学適用時の水質変動</li> <li>附属書D(参考) BWRにおける管理及び診断系統水等のサンプルング箇所の例</li> <li>附属書E(参考) 管理項目及び診断項目の分類の考え方</li>   <li>附属書F(参考) アクションレベル設定値及び推奨値の考え方</li> <li>附属書G(参考) 測定頻度の設定の考え方</li> <li>附属書H(参考) サンプルング方法の例</li> <li>附属書I(参考) 分析方法の例</li> <li>附属書J(参考) 水質等データの評価方法の例</li> </ul>

## 【解説】

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>1: 制定の趣旨</li> <li>2: BWR のシステムの概要</li> <li>3: 水化学管理の役割</li> <li>4: 構造材健全性に対する水化学の役割</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>5: 燃料被覆管に対する水化学の役割</li> <li>6: 被ばく低減に対する水化学の役割</li> <li>7: 水化学管理の最適化</li> <li>8: 管理値等の単位について</li> </ul> |
|---|--|

# BWRプラントにおける水処理の概要



(イオン不純物: 塩化物イオン, 硫酸イオン)  
(金属不純物: Cr, Fe, Co, Ni, Cu)

## プラント運転状態 (プラント運転モード)

### 1). 通常運転時 ;

原子炉の起動後、定格熱出力又は定格電気出力に到達してから、原子炉停止のために負荷降下させる操作を開始するまでの原子炉出力運転中の期間。

### 2). 起動時 ;

原子炉を起動するための操作を開始してから、定格熱出力又は定格電気出力に到達するまでの期間。

### 3). 冷温停止時 ;

原子炉の温度が  $100^{\circ}\text{C}$ 未満の状態、原子炉を起動するための操作を開始するまでの期間。

起動前給復水系浄化運転及び原子炉脱気運転もこの期間に含める。

### 4). 停止時 ;

通常運転時から原子炉停止のために負荷降下させる操作を開始してから原子炉水の温度が  $100^{\circ}\text{C}$ 未満になる期間。

# 通常水化学(NWC)における水化学ガイドライン

## 運転モードに対応する系統

### 1. 通常運転時

- 原子炉水
- 給水
- 復水
- オフガス

### 2. 起動時

- 原子炉水
- 給水
- 復水 (低圧復水ポンプ出口水, 復水脱塩器出口水)

### 3. 停止時

- 原子炉水

### 4. 冷温停止時

- 原子炉水
- 給水
- 復水 (低圧復水ポンプ出口)

## 運転モードに依らない系統

- 使用済燃料プール水
- 復水貯蔵タンク水
- 純水貯蔵タンク水

# 管理項目及び診断項目

## 管理項目:

- 管理項目は、構造材健全性及び燃料健全性を損なう恐れのあることが明らかになっている水質項目であり、アクションレベルを設定する項目。
- 水質が、アクションレベルとして設定された各々の水質に対して非安全側に移行した場合にはレベルごとに適切な措置を実施する。

## 診断項目:

- 水化学管理の状態を把握するため、構造材料及び燃料被覆管の腐食や線量率などの診断を目的として設定する項目。

# アクションレベル (1)

## 1) アクションレベル1:

- プラント設備の健全性確保の観点から長期的にその状態になることを避けるべき値。
- アクションレベル1に至った場合は、再測定を実施するなど速やかに事象を評価し、原因の究明を試み、アクションレベル1から回復する措置を講じる。
- もし、1週間以内に回復しない場合は、長期のシステム信頼性への影響を評価する。

## 2) アクションレベル2:

- プラント設備の健全性確保の観点から迅速な回復が要求される値。
- アクションレベル2に至った場合は、再測定を実施するなど速やかに事象を評価し、原因の究明を試み、アクションレベル2から回復する措置を講じる。
- 24 時間以内に回復しない場合は、システム信頼性への影響を評価し、必要に応じて出力降下又は通常停止操作による冷温停止などの措置を検討する。

## アクションレベル (2)

### 3) アクションレベル 3:

- プラント設備の健全性確保の観点から許容できない値。
- アクションレベル3に至った場合は、再測定を実施するなど速やかに事象を評価し、原因の究明を試み、アクションレベル3から回復する措置を講じる。
- 速やかに回復しない場合、出力降下又は通常停止操作による冷温停止などの措置を講ずる。ただし、出力低下によりアクションレベル3から回復すると評価される場合は、原子炉運転状態を維持できる。

## 推奨値及び測定頻度

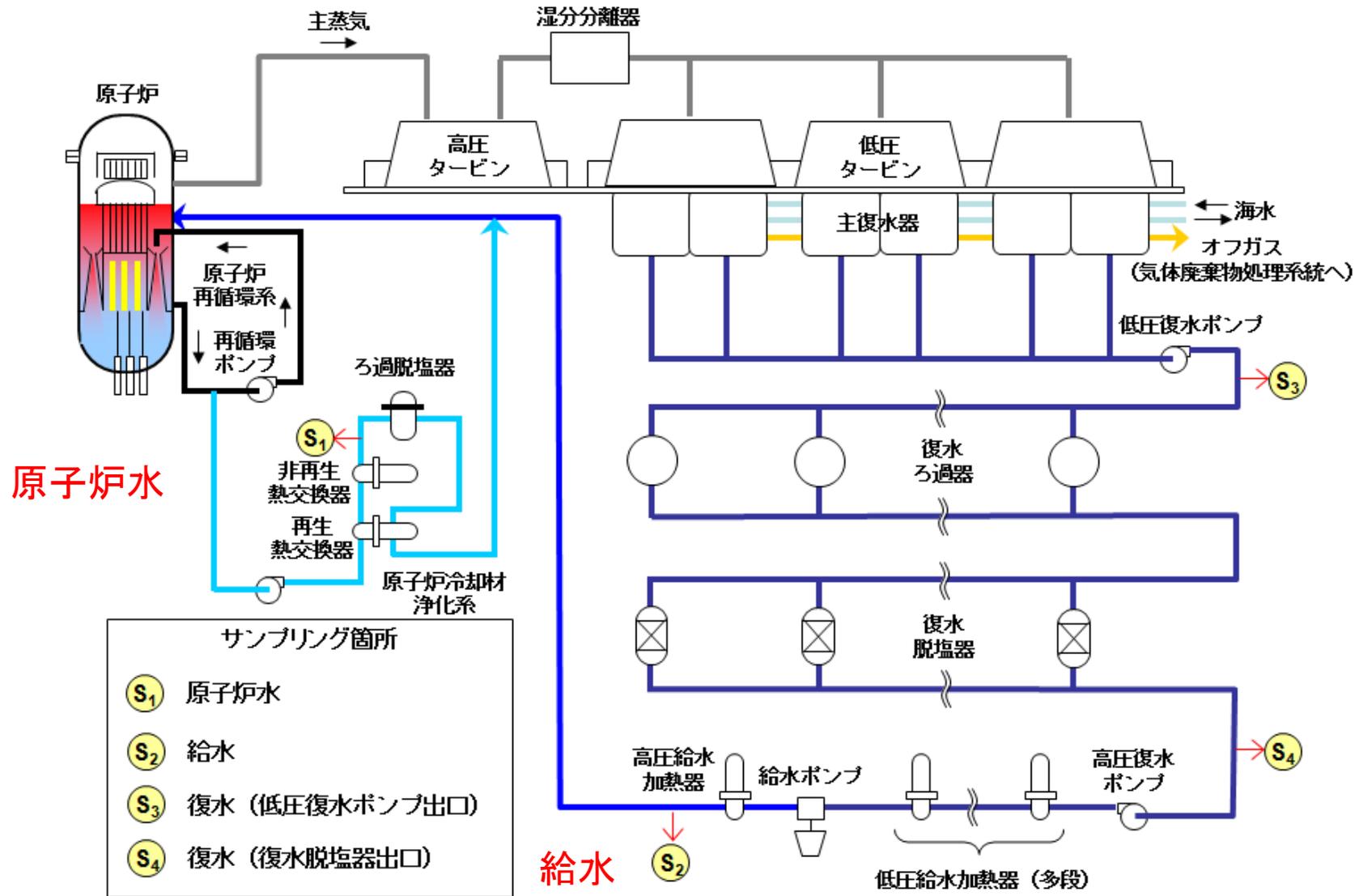
### 推奨値:

- 管理項目及び診断項目で、より良い水化学管理を達成するために維持することが好ましい範囲として必要に応じて設定する値。
- 推奨値を達成できない場合は、必要に応じて再測定を実施するなど事象を評価するとともに対応方針を検討する。

### 測定頻度:

- 管理項目の場合：  
管理項目のアクションレベルに至っていないかどうか及び推奨値を達成しているかどうかを確認するため、診断項目ごとにその重要度を踏まえて適切な頻度で測定する。
- 診断項目の場合：  
診断項目の推奨値を達成しているかどうかを確認するため、また、傾向を把握するために、診断項目ごとにその重要度を踏まえて適切な頻度で測定する。

# 原子炉冷却系の概要と原子炉水および給水のサンプリング箇所（附属書D）



- サンプリング箇所
- S<sub>1</sub> 原子炉水
  - S<sub>2</sub> 給水
  - S<sub>3</sub> 復水 (低圧復水ポンプ出口)
  - S<sub>4</sub> 復水 (復水脱塩器出口)

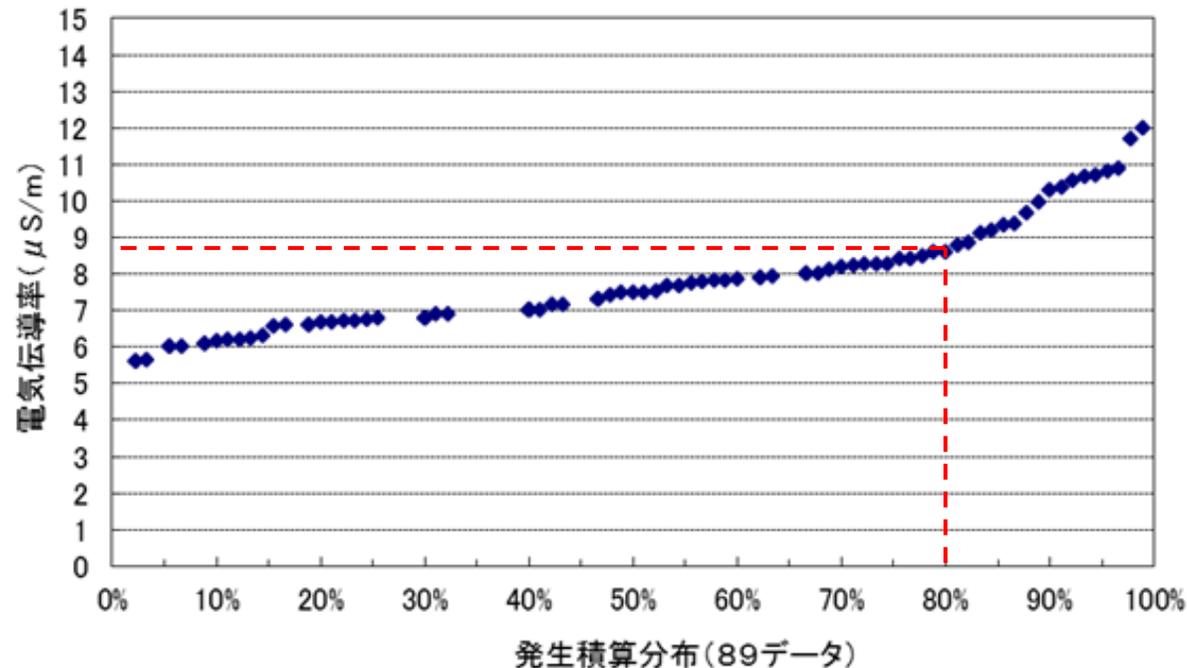
## NWC通常運転時の原子炉水の管理項目に対するアクションレベル 設定値，推奨値及び測定頻度

管理項目	アクションレベル			推奨値	測定頻度
	1	2	3		
電気伝導率 ( $\mu\text{S}/\text{m}$ ) at 25 °C	>20	>100	>1000	$\leq 10$	連続
塩化物イオン ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	>5	>100	>500	$\leq 1$	1回/週
硫酸イオン ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	>5	>100	>500	$\leq 2$	1回/週

注：改良水化学を適用する場合も，基本的には本通常水質(NWC)の規定の管理及び診断に準拠することとする。

## 電気伝導率の推奨値の設定根拠

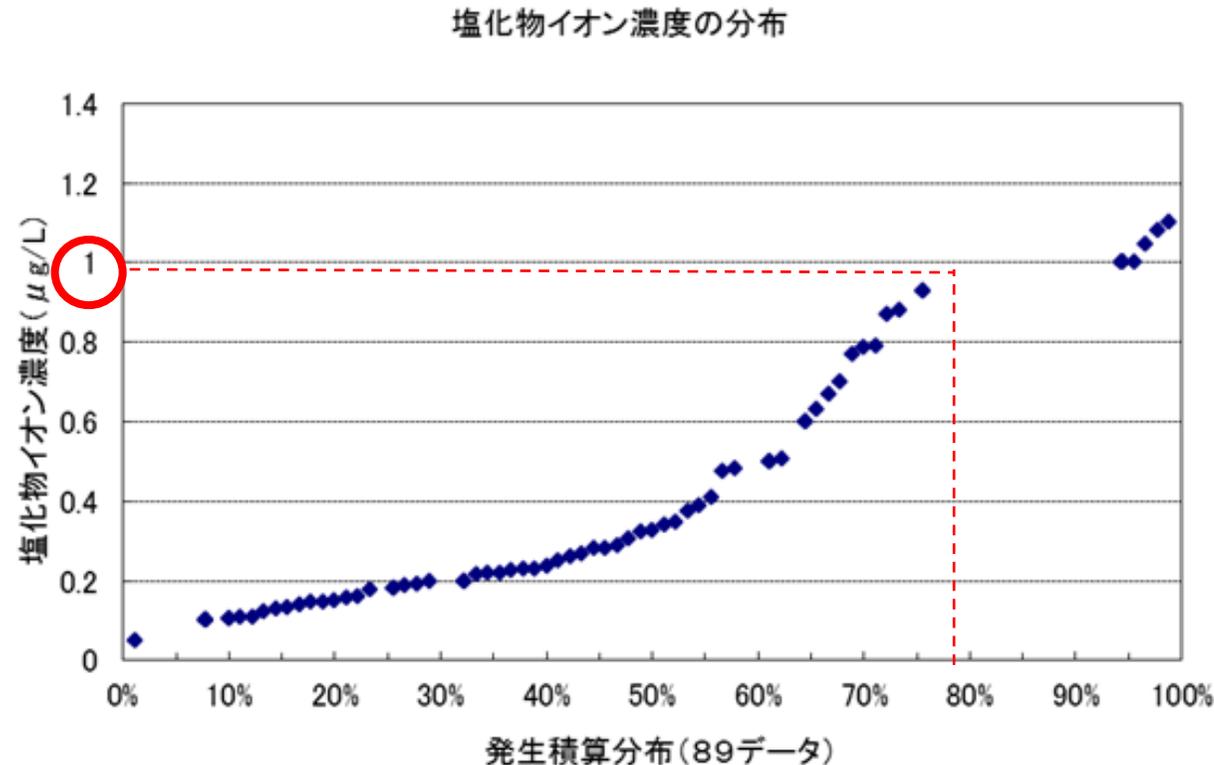
国内BWRの原子炉水電気伝導率



### 国内プラントの原子炉水の電気伝導率の分布

震災前の至近3年間におけるBWR 30 プラントにおける測定データ、すなわち、1プラント平均3データが収集され、統計解析された。推奨値は、BWR 30 プラントの累積頻度80% に対応する値として設定された。

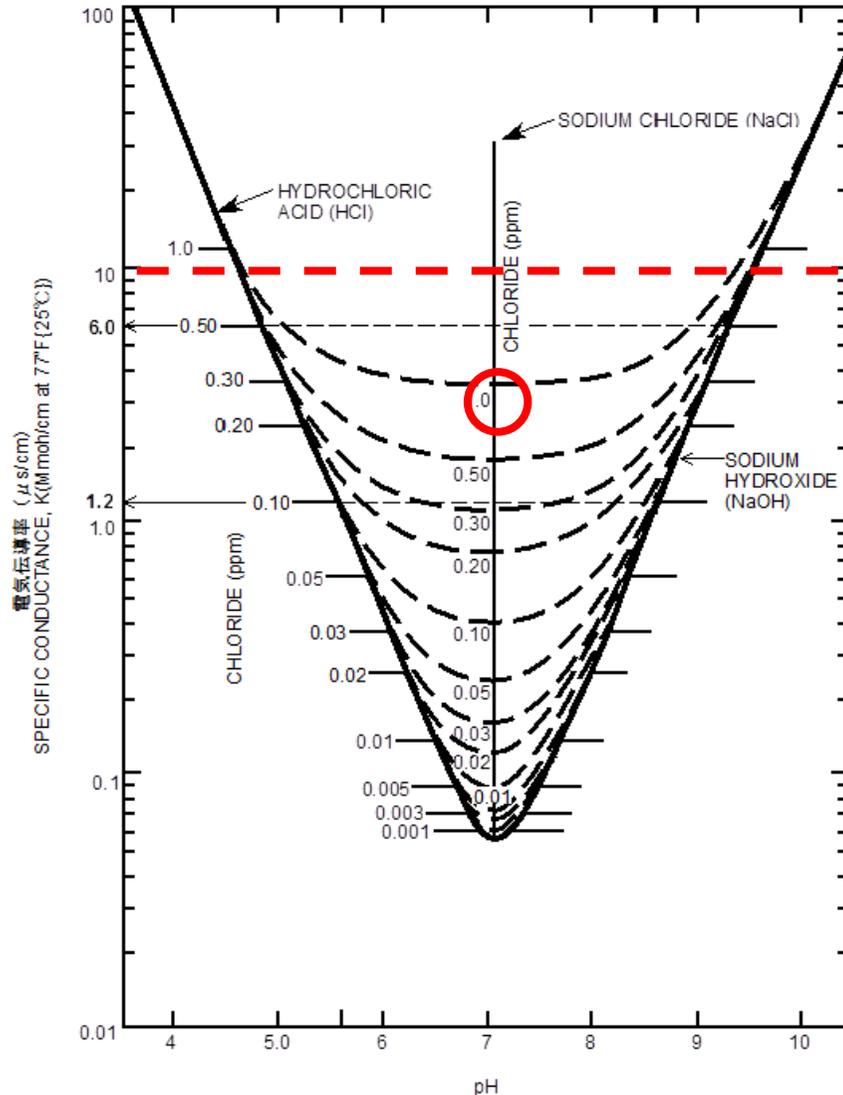
## 塩化物イオンの推奨値の設定根拠



### 国内プラントの原子炉水の塩化物イオンの分布

震災前の至近3年間におけるBWR 30 プラントにおける測定データ、すなわち、1プラント平均3データが収集され、統計解析された。推奨値は、BWR 30 プラントの累積頻度80%に対応する値として設定された。

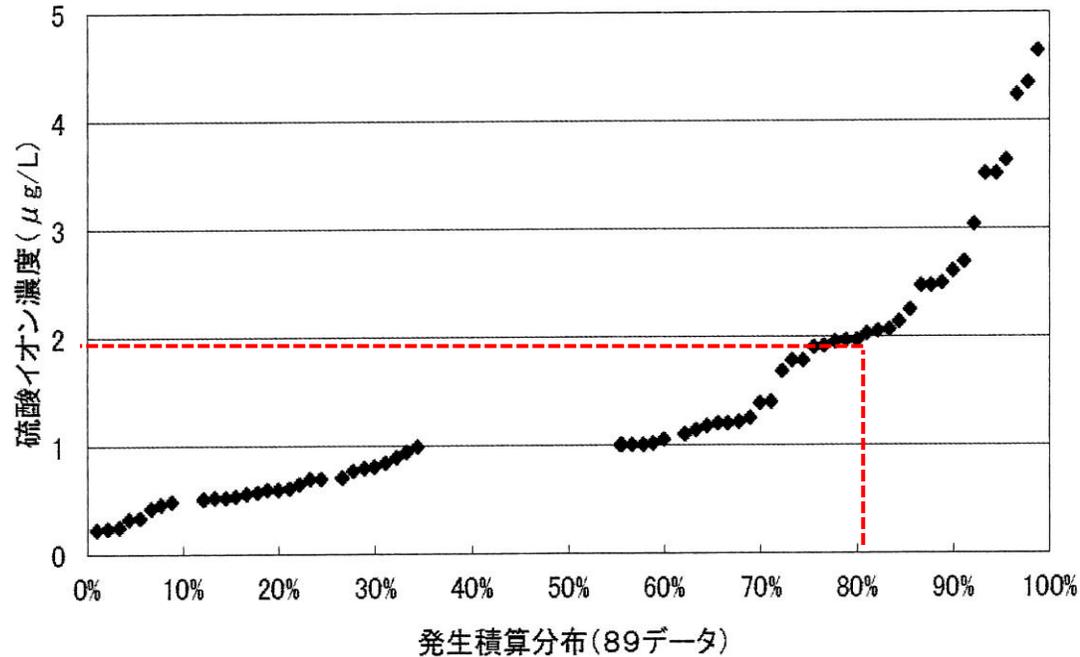
# 塩化物濃度と電気伝導率及びpHの関係（附属書F）



塩化物イオン濃度と電気伝導率の関係は図に示すように、塩化物の形態が決まれば一義的に決めることができる。  
塩化物イオンが存在する場合に電気伝導率が最も高くなるのはHClの形であるため、HClを示す実線の曲線（pH7より小さい領域）と塩化物イオン濃度を示す点線の曲線の交点から、電気伝導率を読み取る。

出典：U. S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Regulatory Guide, OFFICE OF STANDARDS DEVELOPMENT, REGULATORY GUIDE 1.56, MAINTENANCE OF WATER PURITY IN BOILING WATER REACTORS, 1.56-8(1978).

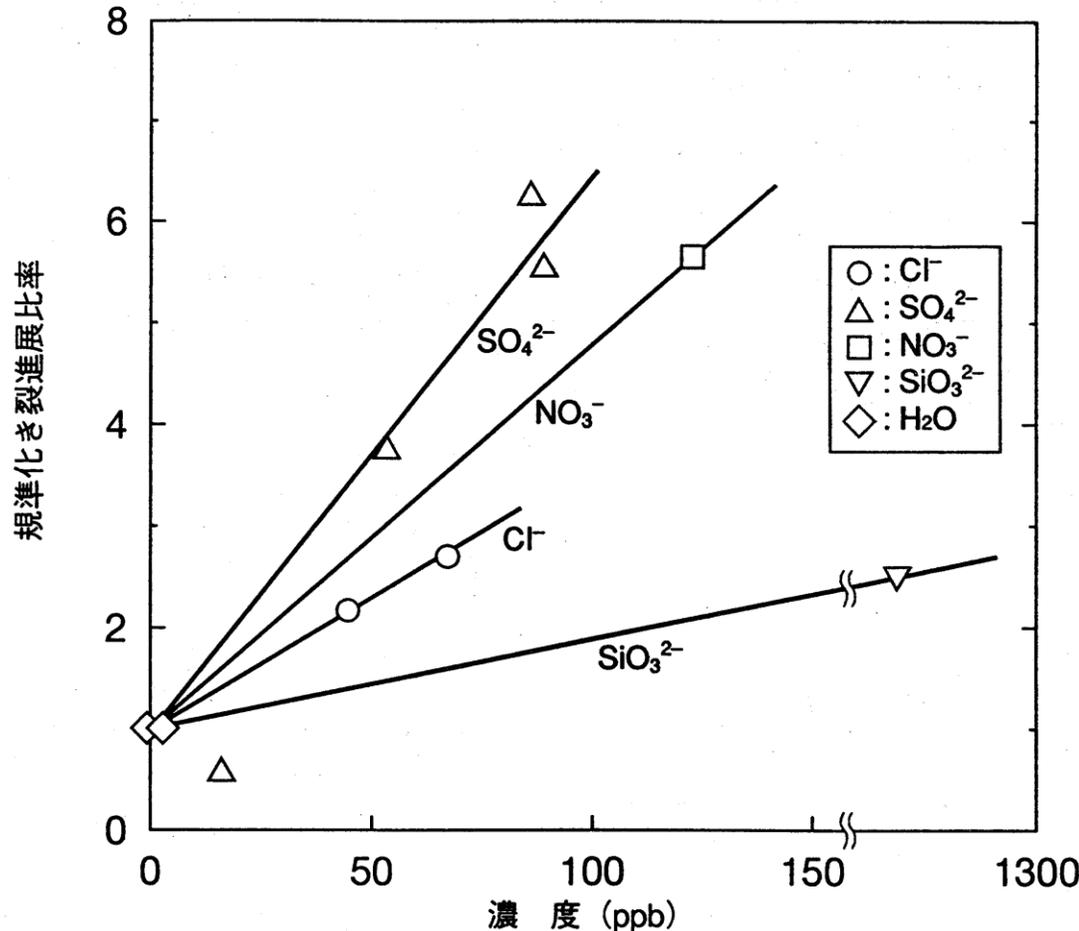
# 硫酸イオンの推奨値の設定根拠



## 国内プラントの原子炉水の硫酸イオンの分布

震災前の至近3年間におけるBWR 30 プラントにおける測定データ、すなわち、1プラント平均 3データが収集され、統計解析された。推奨値は、BWR 30 プラントの累積頻度80% に対応する値として設定された。

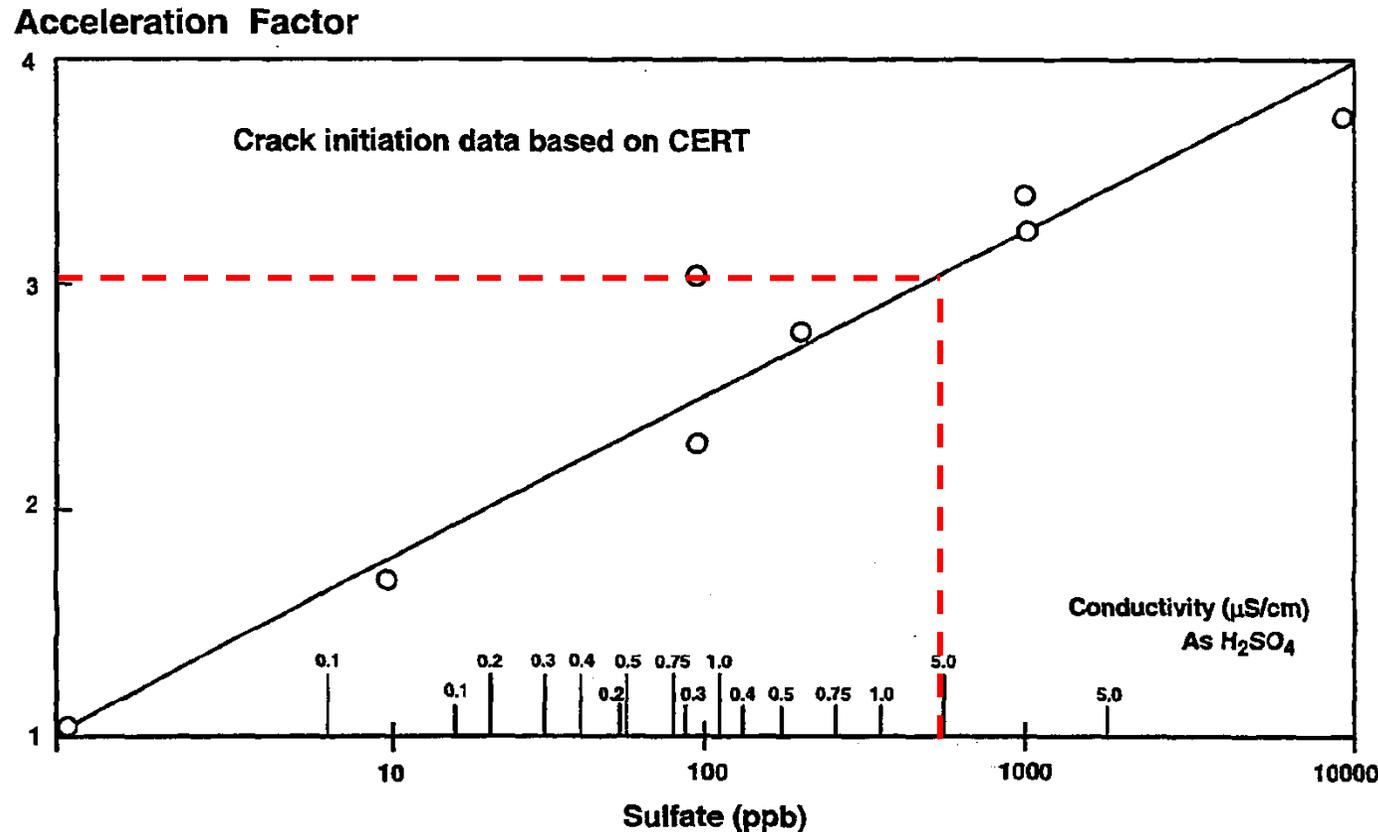
# 酸化性環境下での鋭敏化304ステンレス鋼のき裂進展速度に及ぼす化学元素添加の影響（解説）



鋭敏化304ステンレス鋼のき裂進展速度に及ぼす不純物イオンの影響を高溶存酸素の環境下で引張型破壊力学評価試験片(CT試験片)により試験したデータである。き裂進展速度についても硫酸イオンが最も加速効果が大きい(倍半分程度)。

出典： M. Sambongi, K. Takamori, S. Suzuki, N. Ichikawa, M. Itow, H. Takahashi, T. Kato, Y. Wada, K. Akamine, T. Takiguchi, G. Nakayama and K. Yamauchi, "Effects of Reactor Water Impurities on ECP and SCC", 1998 JAIF International Conference on Water Chemistry in Nuclear Power Plants, JAIF, 343 (1998).

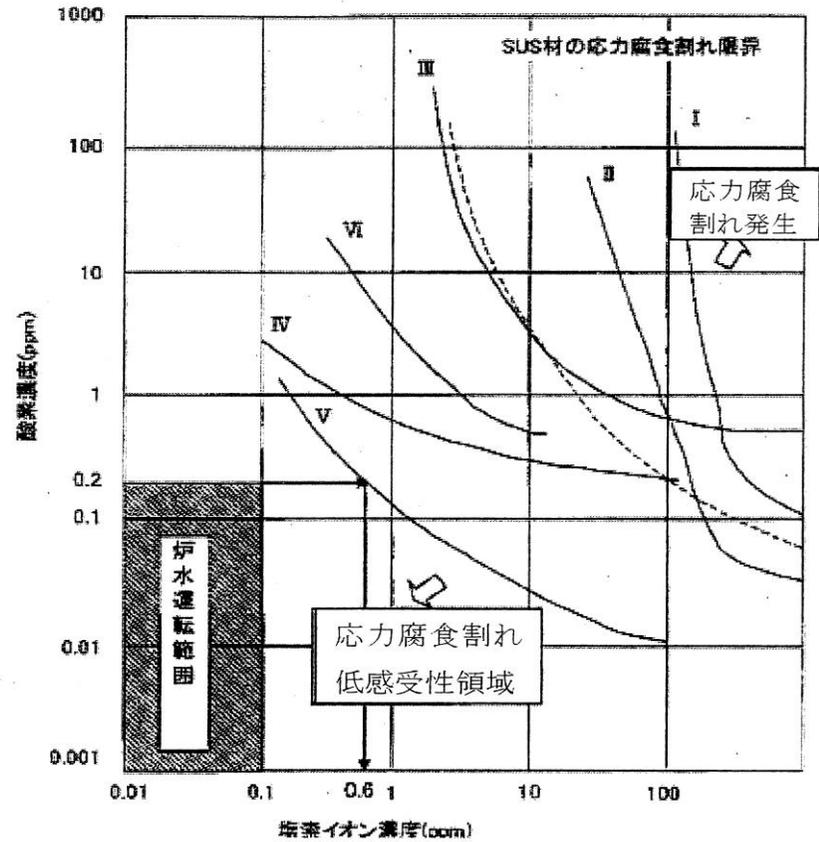
# 鋭敏化304ステンレス鋼におけるIGSCC感受性と硫酸イオン濃度の相関(解説)



硫酸イオンと鋭敏化ステンレス鋼のSCC発生の低歪速度引張試験(SSRT)において、IGSCC指標(硫酸イオン $1\mu\text{g}/\text{L}$ でのIGSCC破面率を1として規格化)は、 $500\mu\text{g}/\text{L}$ の硫酸イオンの存在下(硫酸イオンによる電気伝導率 $100\mu\text{S}/\text{m}$ 以上)ではIGSCCの発生までの期間は約 $1/3$ となる。

出典： BWR Water Chemistry Guidlline, EPRI, TR103515 (1996).

# ステンレス鋼の塩化物イオンに対するSCC感受性領域(附属書F)

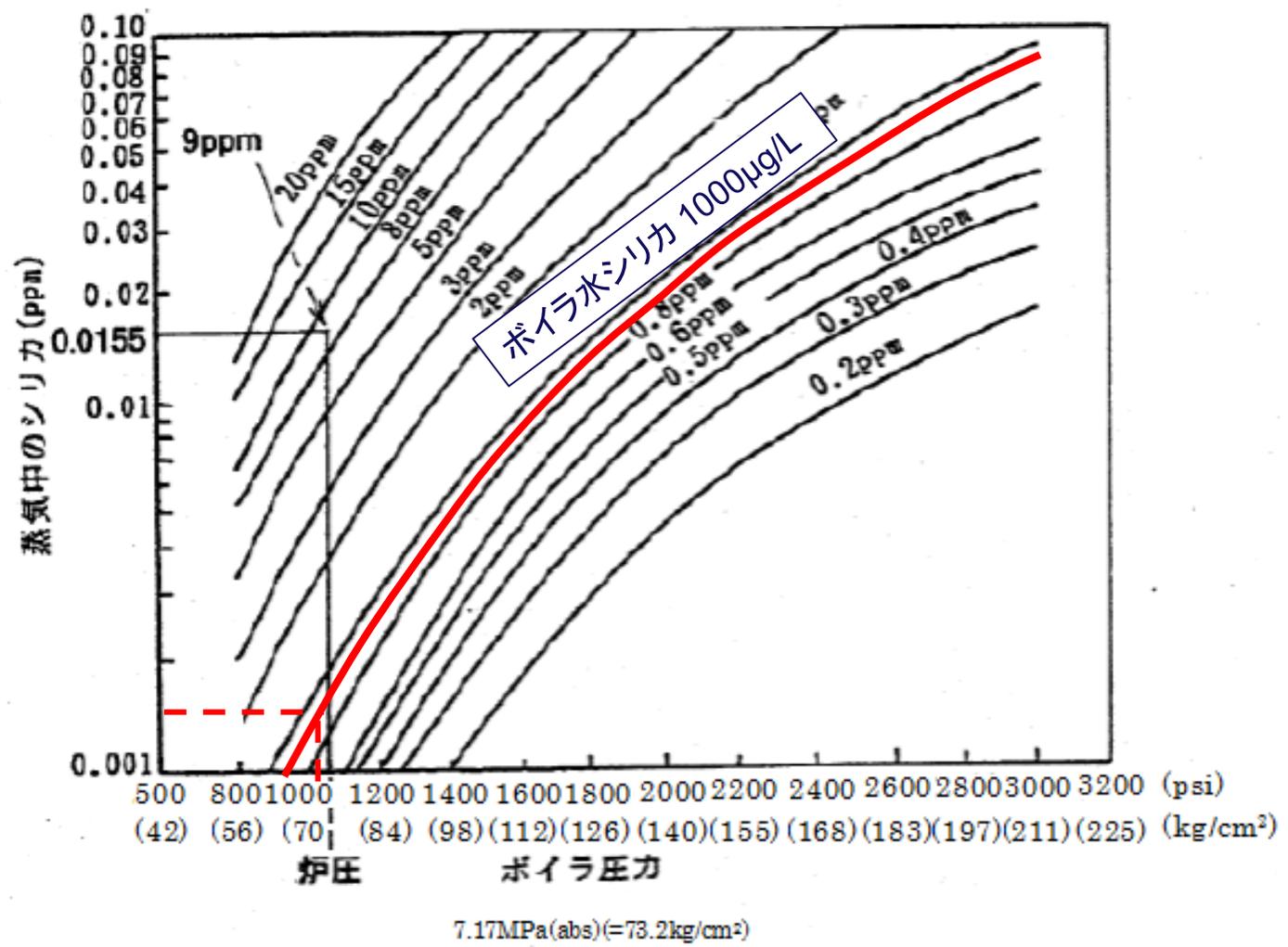


	著者	材料処理条件	浸漬条件	付加応力MPa	浸漬時間 hr
I	杉本	溶体化	300 °C純水	200	300
II	杉本	溶体化+鋭敏化 650°C×1hr	300 °C純水	200	300
III	Williams	溶体化	260 °C純水+ PO <sub>4</sub> 50 ppm	降伏点以上 (Uベント)	max.2 800
IV	Gerasimov	溶体化	350 °C純水	160	max.2 055
V	Hubner	鋭敏化	300~350 °C純水	160	240~4 320
VI	Stahle	鋭敏化	260 °C純水	不詳	100

## NWC通常運転時の原子炉水の診断項目に対する推奨値及び測定頻度

診断項目	推奨値	測定頻度
pH (at 25 °C)	6.5～7.5	連続
シリカ (μg/L)	≤1000	1回/月
溶存酸素 (μg/L)	—	連続
金属不純物(μg/L) <sup>a)</sup>	≤10	1回/月
よう素131 (Bq/g)	≤0.04 <sup>b)</sup>	1回/週
銅 (μg/L)	≤1	1回/月
コバルト60イオン(Bq/mL)	≤5 <sup>c)</sup>	1回/週
<b>注:</b> a) 金属 5 元素 (Cr, Fe, Co, Ni, Cu) の合計値 b) 燃料棒からの放射性物質漏えいを経験してはいないプラントが対象 c) 給水鉄量制御プラントが対象		

# ボイラ圧力とボイラ水及び蒸気中のシリカとの関係



出典：火力原子力発電必携，火力原子力発電技術協会，改訂第6版，399(2000)。

# NWC通常運転時の給水の管理項目に対するアクション レベル設定値, 推奨値及び測定頻度

管理項目	アクションレベル			推奨値	測定頻度
	1	2	3		
金属不純物 ( $\mu\text{g/L}$ ) <sup>a)</sup>	—	>15	—	$\leq 1$	1回/週
銅( $\mu\text{g/L}$ )	—	>2	—	$\leq 0.1$	1回/週

注:

a) 金属 5 元素 (Cr, Fe, Co, Ni, Cu) の合計値

## NWC通常運転時の給水の診断項目に対する推奨値及び測定頻度

診断項目	推奨値	測定頻度
電気伝導率 (μS/m) at 25 °C	≤6	連続
溶存酸素 (μg/L) <sup>a)</sup>	20 ~ 200	連続
注 : a) 給水と復水脱塩器出口のいずれか又は両方で測定する。		

# 流動純水中における炭素鋼の平均腐食速度の溶存酸素依存性(解説)

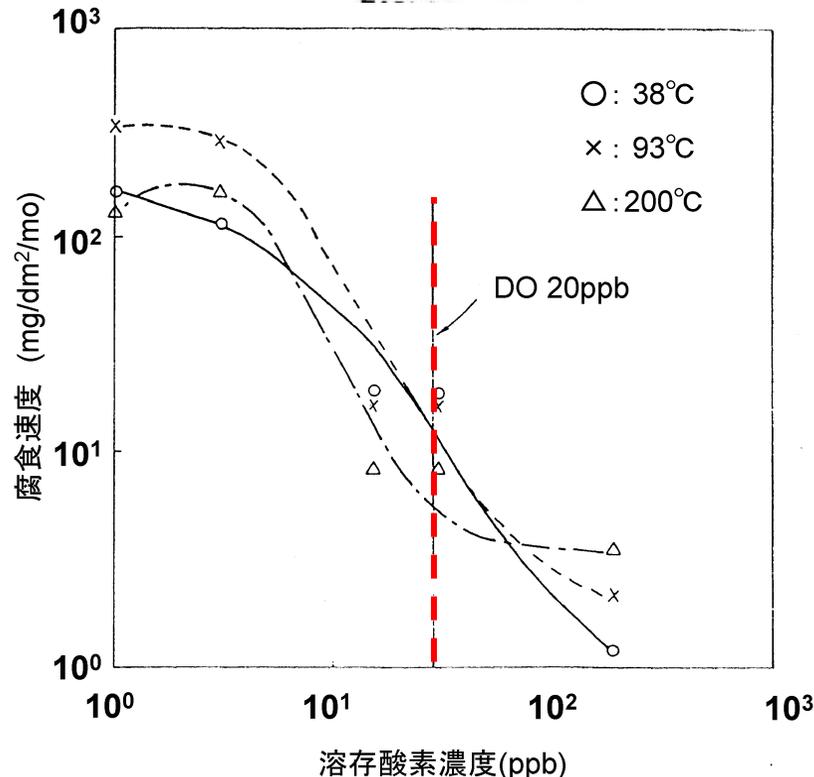
試験条件

材料；炭素鋼

温度；図中

流体条件；純水・流動

流速；1.8m/s

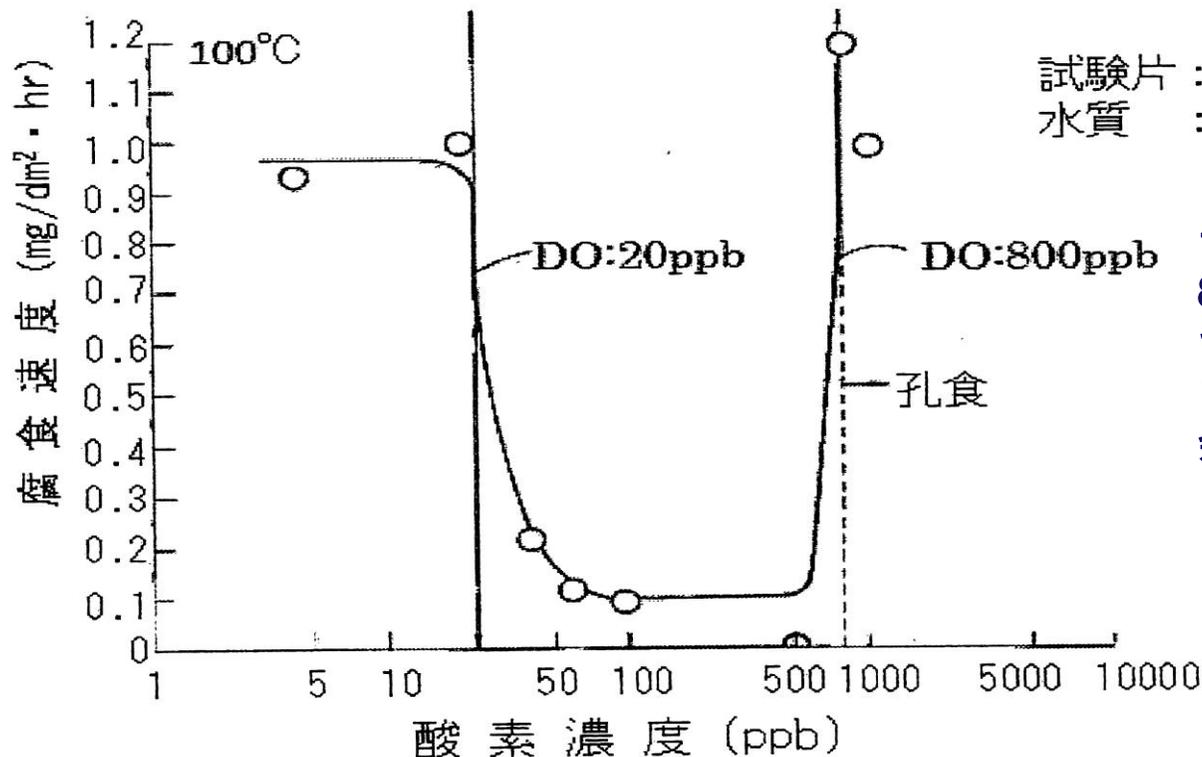


38~200°Cの範囲では、溶存酸素濃度15 $\mu$ g/Lより腐食速度が上昇している傾向が見られる。この値から、給水における溶存酸素濃度の下限値は、余裕を見て20 $\mu$ g/Lとしている。

$$1 \text{ mg/dm}^2/\text{month} = 3.86 \times 10^{-8} \text{ g/m}^2/\text{s}$$

出典：E. G. Brush and W. L. Pearl “Corrosion and corrosion product release behavior of carbon steel in neutral feedwater part 2”, Proc. American Power Conference 32, 751.

# 100°Cでの酸素濃度と腐食速度との関係(附属書F)

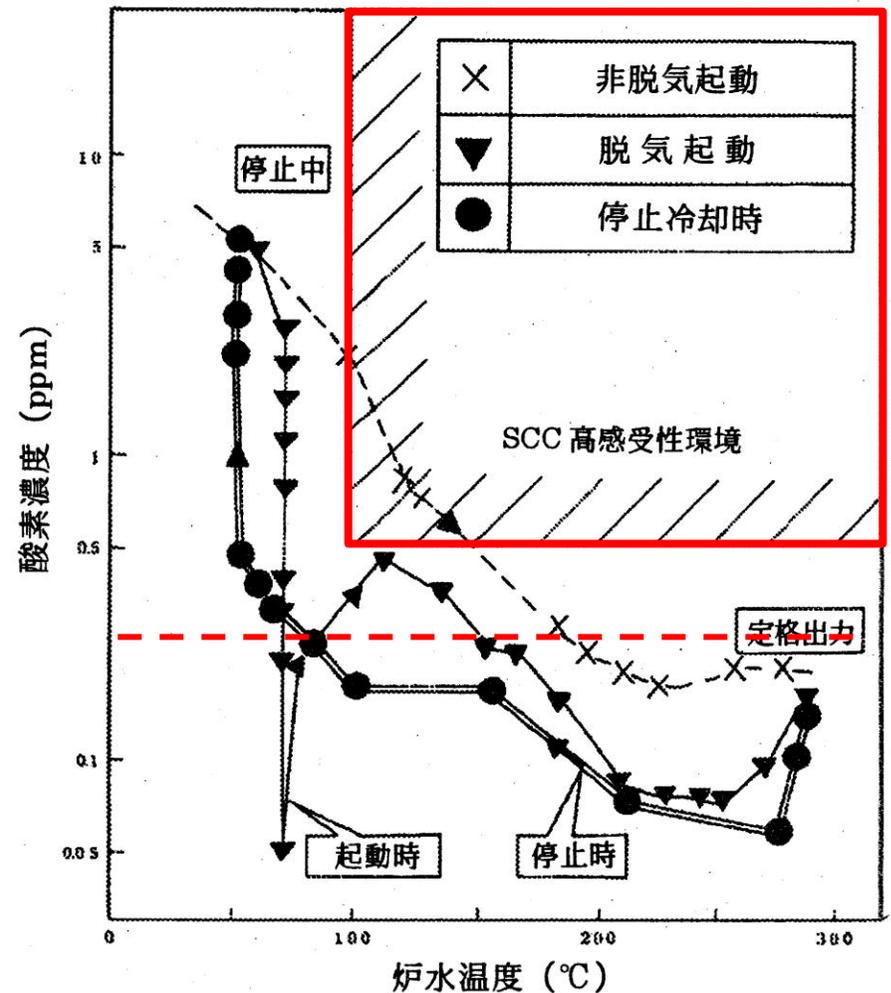


100°Cでは、溶存酸素濃度 800 $\mu$ g/Lより腐食速度が上昇している。この値から、給水における溶存酸素濃度の上限値は、余裕を見て200 $\mu$ g/Lとしている。

$$1 \text{ mg/dm}^2/\text{hr} = 2.78 \times 10^{-5} \text{ g/m}^2/\text{s}$$

出典 : R. L. Cown, M.E. Indig, J. N. Kass, R. Raw and L. L. Sundberg, "Experience with hydrogen water chemistry in boiling water reactors", Water Chemistry of Nuclear reactor systems 4, BNES, 29 (1986)

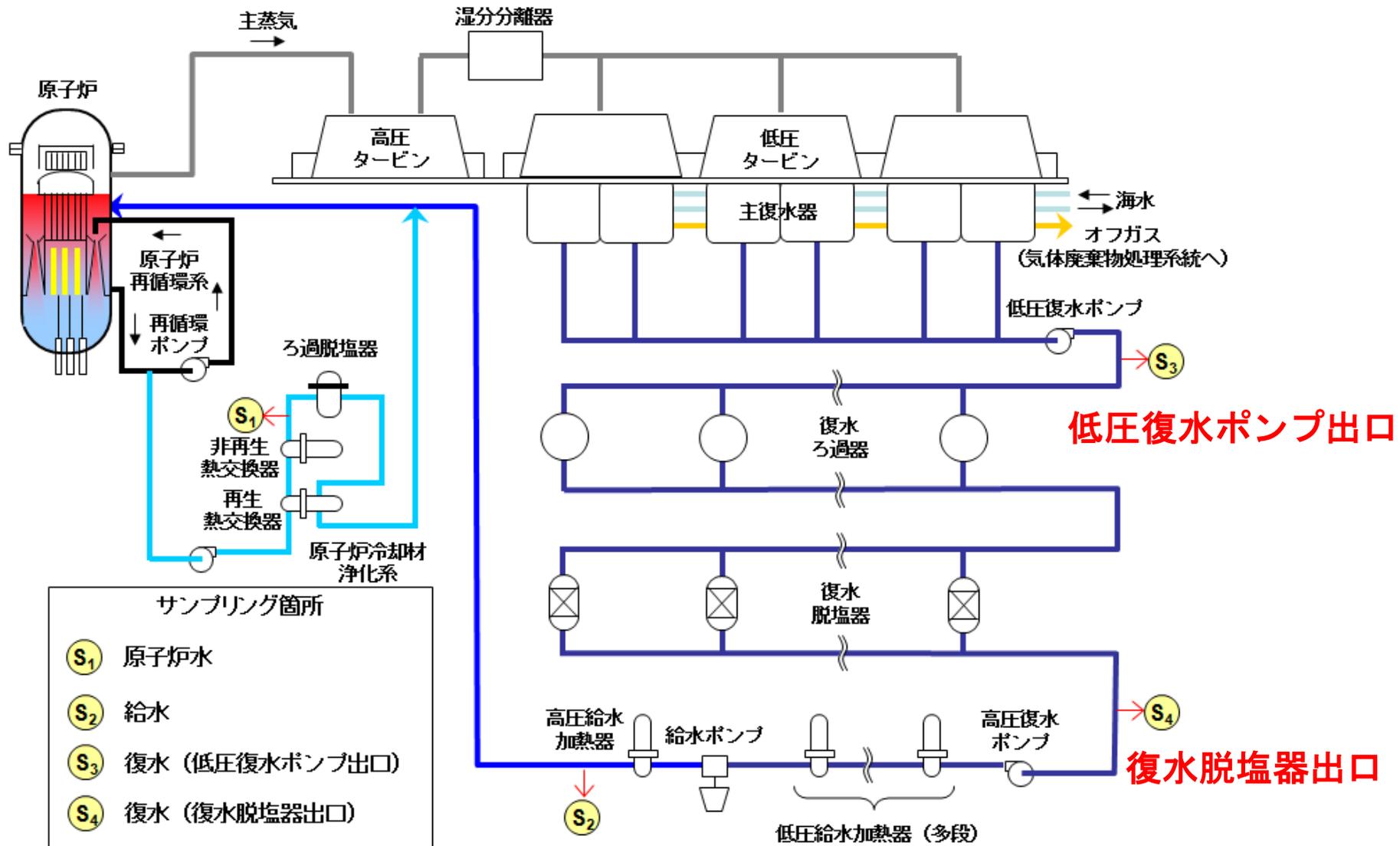
# 起動時脱気による炉水溶存酸素濃度の低減(解説)



炉水及び復水中の溶存酸素濃度 500  $\mu\text{g/L}$  以上では SCC の高感受性領域となるため、給水中の溶存酸素濃度の上限値は、余裕を見て 200  $\mu\text{g/L}$  としている。

出典：松島雍憲，他，“火力・原子力発電所における化学管理Ⅱ-3原子力発電所の水処理(BWR)”，火力原子力発電, 37, 777 (1986).

# 原子炉冷却系の概要と復水のサンプリング箇所（附属書D）



## NWC通常運転時の復水（低圧復水ポンプ出口）の管理項目に対するアクションレベル設定値，推奨値及び測定頻度

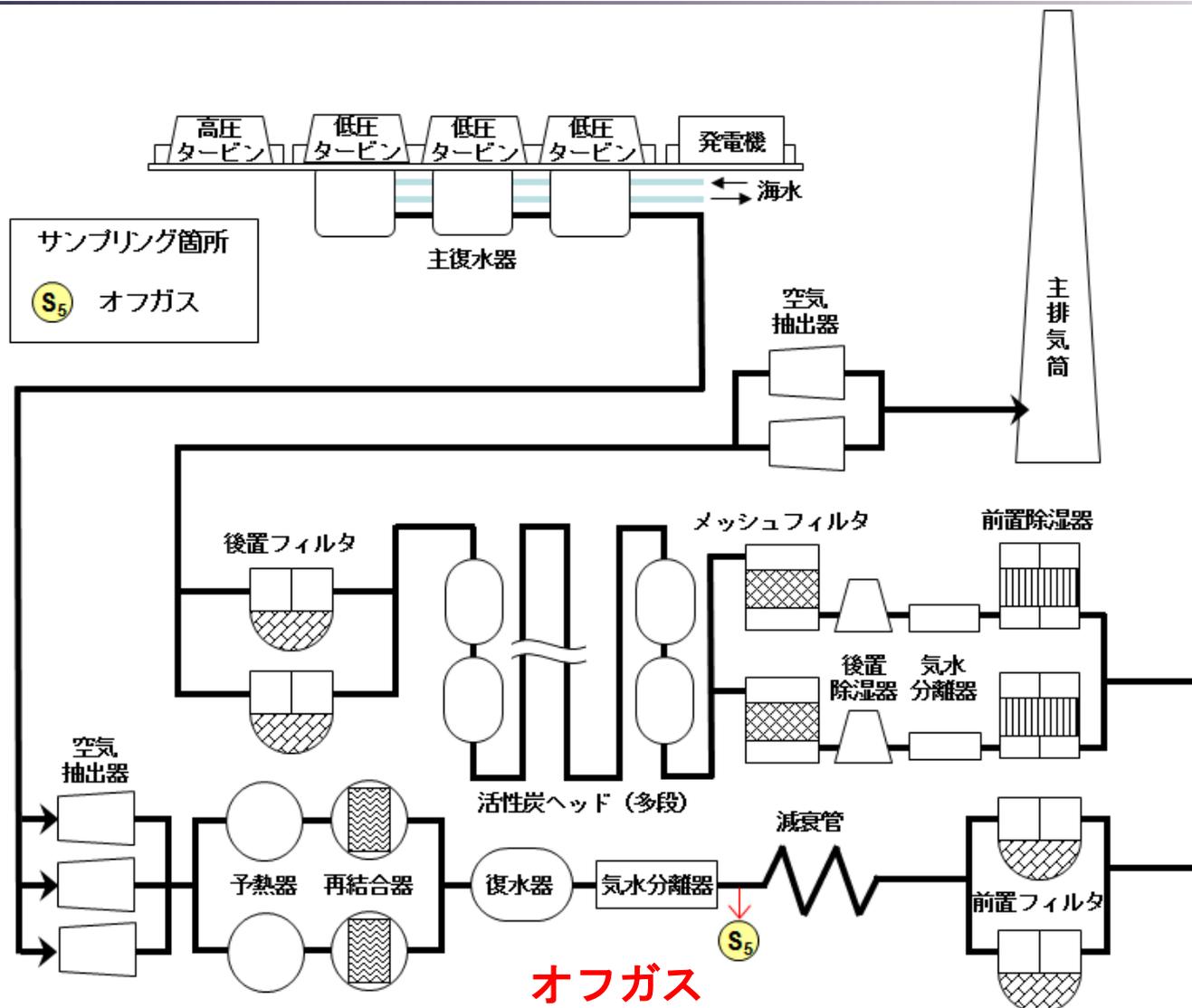
管理項目	アクションレベル			推奨値	測定頻度
	1	2	3		
電気伝導率 (μS/m) at 25 °C	—	>20	—	≤10	連続

## NWC通常運転時の復水（復水脱塩器出口）の診断項目に対する推奨値及び測定頻度

診断項目	推奨値	測定頻度
電気伝導率 (μS/m) at 25 °C	≤6	連続
溶存酸素 (μg/L) <sup>a)</sup>	20 ~ 200	連続
金属不純物(μg/L) <sup>b)</sup>	—	1回/週
銅(μg/L)	—	1回/週

注: a) 給水と復水脱塩器出口と給水のいずれか又は両方で測定する。  
 b) 金属 5 元素 (Cr, Fe, Co, Ni, Cu) の合計値

# 気体廃棄物処理系の概要とオフガスのサンプリング箇所（附属書D）



## NWC通常運転時のオフガスの診断項目に対する推奨値 及び測定頻度

診断項目	推奨値	測定頻度
オフガスモニタ指示値 : (mSv/h) 又は(A)	—	連続
放出率 ( 7 核種 <sup>a)</sup> ) (Bq/s)	—	1回/月
注 : a ) $^{133}\text{Xe}$ , $^{135}\text{Xe}$ , $^{135\text{m}}\text{Xe}$ , $^{138}\text{Xe}$ , $^{85\text{m}}\text{Kr}$ , $^{87}\text{Kr}$ , $^{88}\text{Kr}$ の合計放出率		

## NWC起動時の原子炉水の管理項目に対するアクションレベル設定値、 推奨値及び測定頻度

管理項目	アクションレベル			推奨値	測定頻度
	1	2	3		
電気伝導率 (μS/m) at 25 °C	—	>100	>1000	—	連続
塩化物イオン(μg/L)	—	>100	>500	—	起動期間中に 1回以上
硫酸イオン(μg/L)	—	>100	>500	—	起動期間中に 1回以上

## NWC起動時の原子炉水の診断項目に対する推奨値及び測定頻度

診断項目	推奨値	測定頻度
pH at 25 °C		
溶存酸素 (μg/L)	—	連続
停止時よう素131 (Bq/g)	—	起動期間中に 1回以上

## NWC起動時の給水及び復水（復水脱塩器出口）の診断項目に対する 推奨値及び測定頻度

診断項目	給水		復水（復水脱塩器出口）	
	推奨値	測定頻度	推奨値	測定頻度
電気伝導率 ( $\mu\text{S}/\text{m}$ ) at 25 °C	$\leq 6$	連続	$\leq 6$	連続
溶存酸素 ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	20 ~ 200	連続	20 ~ 200	連続
全有機体炭素 ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	—	—	—	起動期間中に 1回以上

## NWC起動時の復水（低圧復水ポンプ出口）の管理項目に対するアクション レベル設定値，推奨値及び測定頻度

管理項目	アクションレベル			推奨値	測定頻度
	1	2	3		
電気伝導率 ( $\mu\text{S}/\text{m}$ ) at 25 °C	—	>20	—	$\leq 10$	連続

## NWC停止時の原子炉水の診断項目に対する推奨値及び測定頻度

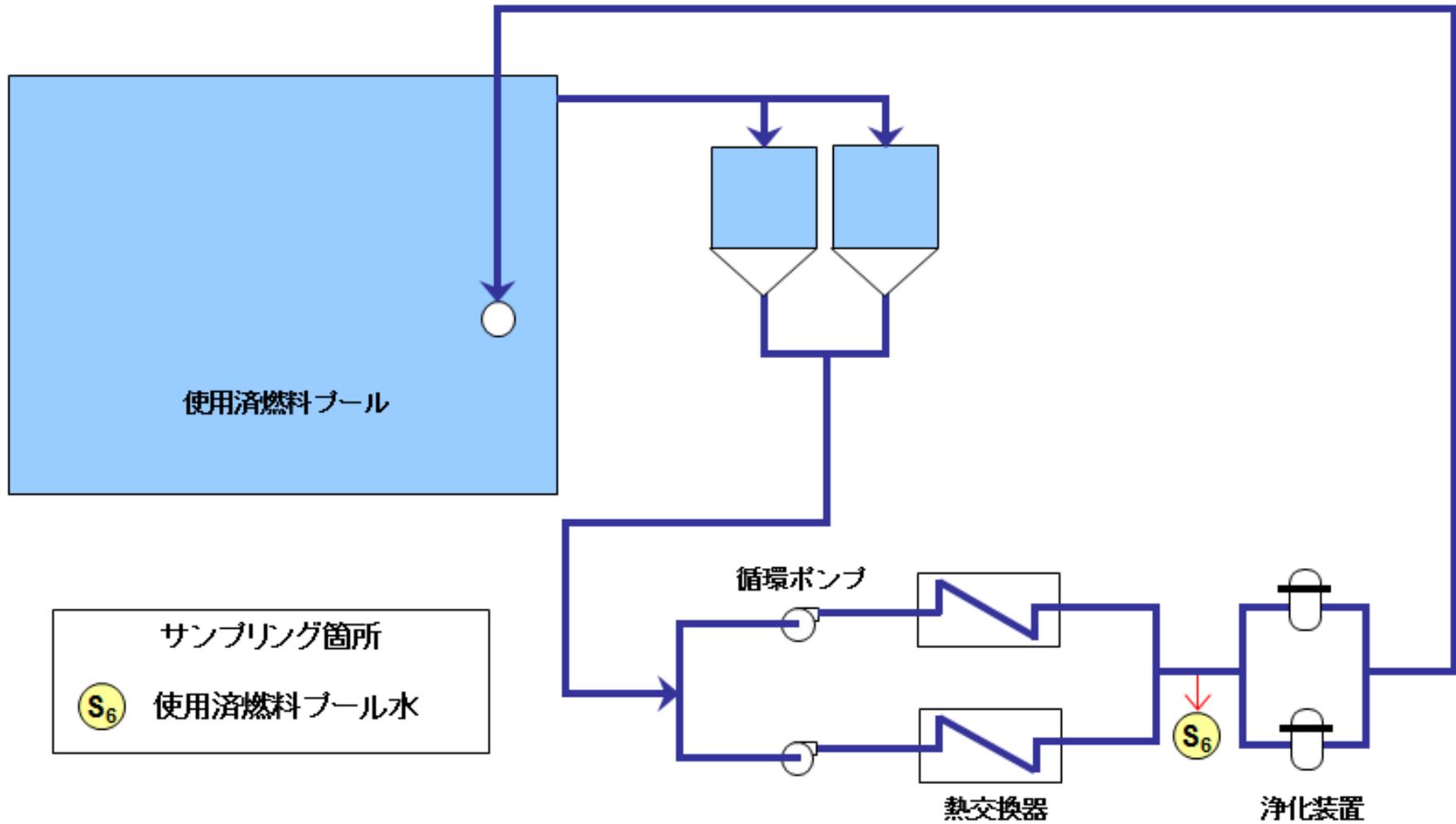
診断項目	推奨値	測定頻度
電気伝導率 (μS/m) at 25 °C	—	連続
pH at 25 °C	—	連続
塩化物イオン(μg/L)	—	任意
硫酸イオン(μg/L)	—	任意
溶存酸素 (μg/L)	—	連続
停止時よう素131 増加量 (Bq)	—	停止時に1回

## 冷温停止時の復水（低圧復水ポンプ出口），給水及び原子炉水の診断項目 に対する推奨値及び測定頻度

診断項目	復水（低圧復水ポンプ出口）		給水		原子炉水	
	推奨値	測定頻度	推奨値	測定頻度	推奨値	測定頻度
電気伝導率 ( $\mu\text{S/m}$ ) at 25 °C	—	—	—	—	$\leq 210$	1回/日
pH at 25 °C	—	—	—	—	—	1回/月
塩化物イオン ( $\mu\text{g/L}$ )	—	—	—	—	$\leq 100$	任意
硫酸イオン( $\mu\text{g/L}$ )	—	—	—	—	$\leq 100$	任意
溶存酸素 ( $\mu\text{g/L}$ )	—	—	—	—	$\leq 200$	連続
金属不純物 ( $\mu\text{g/L}$ ) <sup>a)</sup>	—	任意	—	任意	—	—
過酸化水素 ( $\mu\text{g/L}$ )	—	任意	—	—	—	—
有機体炭素 ( $\mu\text{g/L}$ )	—	任意	—	—	—	—

**注: a) 金属 5 元素 (Cr, Fe, Co, Ni, Cu) の合計値**

使用済燃料プールの概要とサンプリング箇所（附属書D）



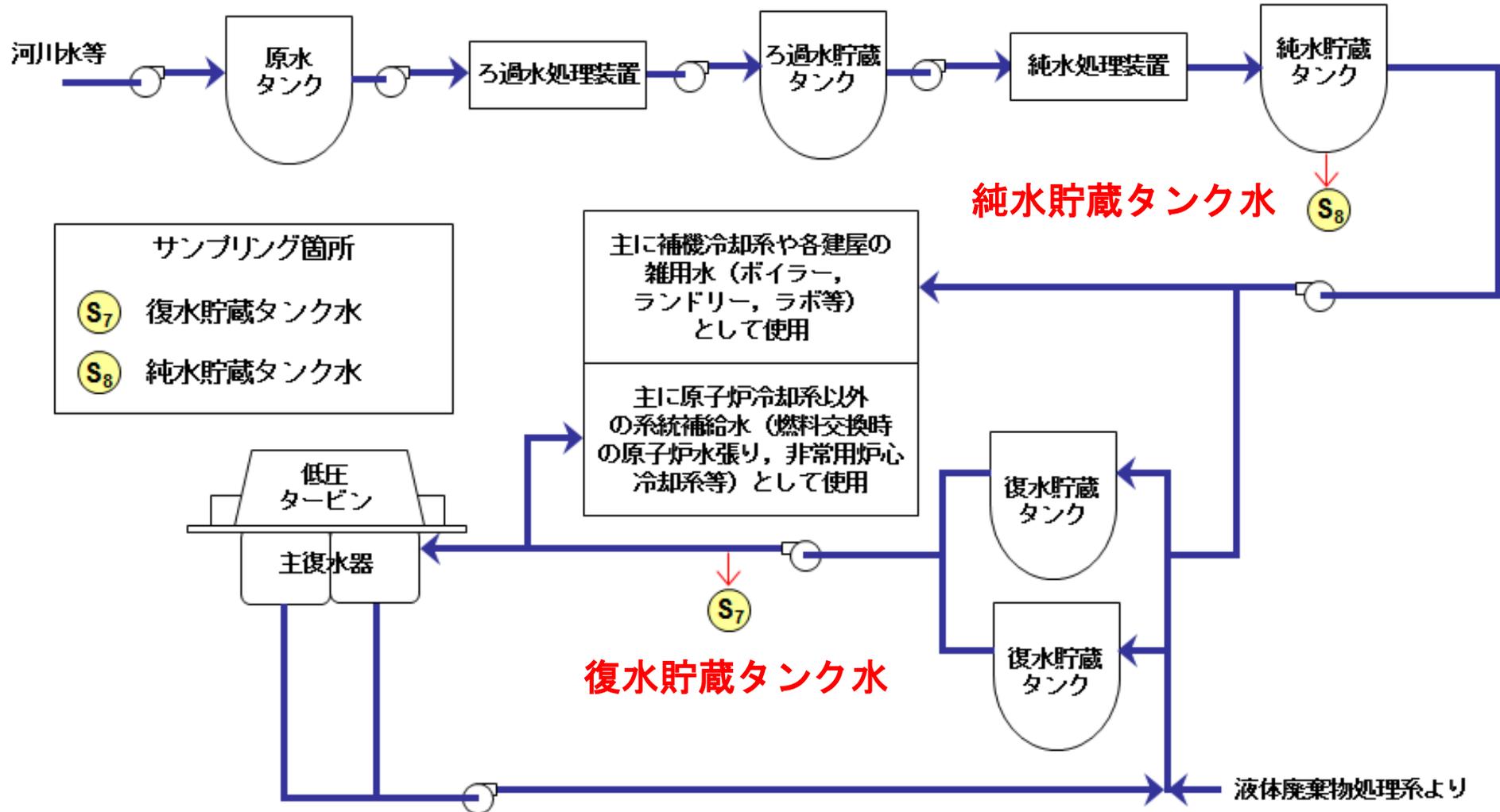
## 使用済燃料プール水の診断項目に対する推奨値及び測定頻度

診断項目	推奨値	測定頻度
電気伝導率 (μS/m) at 25 °C	≤210	1回/日
pH at 25 °C	—	1回/月
塩化物イオン(μg/L)	≤100	任意 <sup>a)</sup>
硫酸イオン(μg/L)	≤100	任意 <sup>a)</sup>
金属不純物 (μg/L) <sup>a)</sup>	—	1回/月

注: a) 電気伝導率やpHに大きな変動が生じた場合は、必要に応じて確認のための測定を実施する。

b) 金属 5 元素 (Cr, Fe, Co, Ni, Cu) の合計値

# 補給水系の概要と純水貯蔵タンク水及び復水貯蔵タンク水の サンプリング箇所（附属書D）



## 復水貯蔵タンク水及び純水貯蔵タンク水の診断項目に 対する推奨値及び測定頻度

診断項目	復水貯蔵タンク水		純水貯蔵タンク水	
	推奨値	測定頻度	推奨値	測定頻度
電気伝導率 (μS/m) at 25 °C	≤100	連続	≤100	任意
pH at 25 °C	—	1回/週	—	任意
塩化物イオン (μg/L)	≤10	1回/週	≤10	任意
硫酸イオン (μg/L)	≤10	1回/週	≤10	任意
シリカ (μg/L)	≤100	1回/月	≤10	任意
有機体炭素 (μg/L)	—	1回/週	—	—
金属不純物 <sup>a)</sup> (μg/L)	≤200	1回/月	—	—
過酸化水素 (μg/L)	—	任意	—	—

注: a)金属 5 元素 (Cr, Fe, Co, Ni, Cu) の合計値

# 水化学管理に係る長期戦略

## 水化学制御の長期戦略

### 1. 原子炉水系における腐食防止

- (1) 水素注入
- (2) 貴金属注入(NMCA)

### 2. 被ばく線量の低減

- (1) Ni/Fe 比コントロール
- (2) 極低鉄/高ニッケル制御
- (3) 亜鉛注入

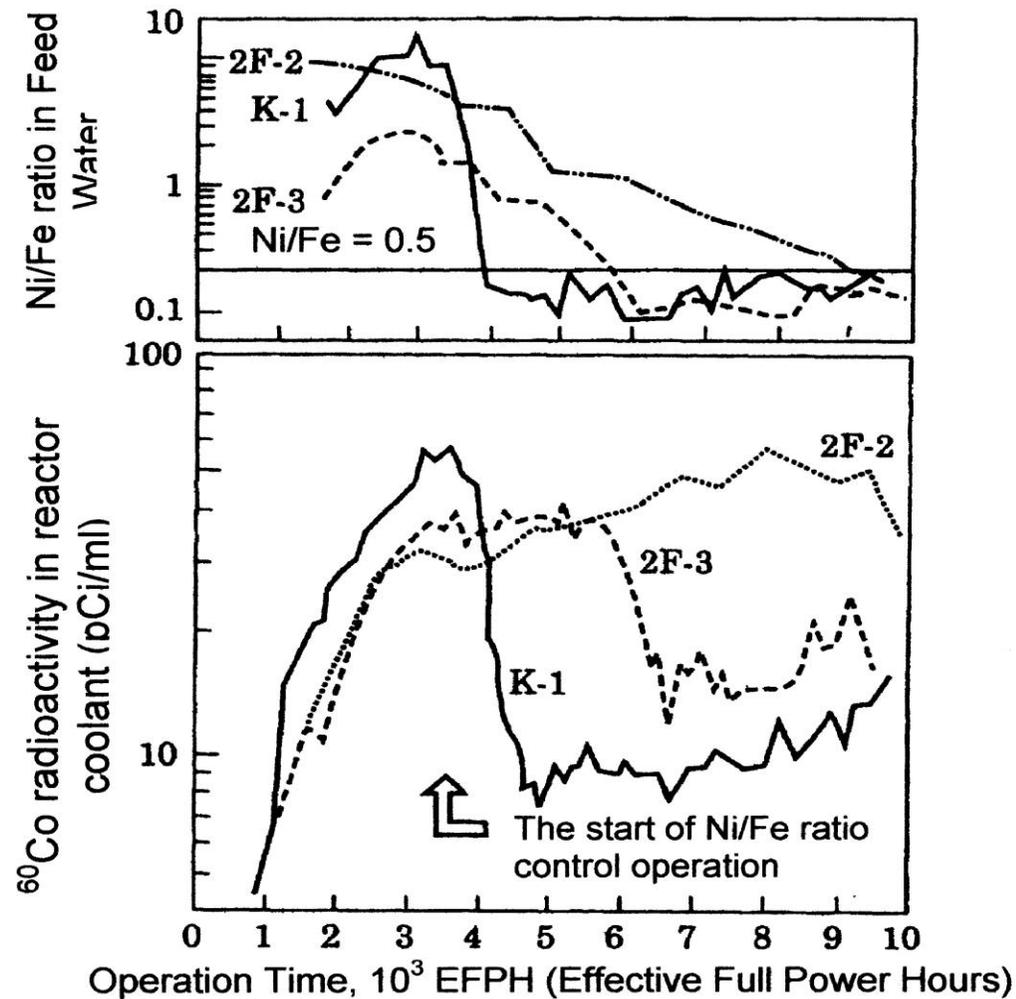
### 3. 水化学最適化のための将来への取組

長期サイクル運転, 出力向上等

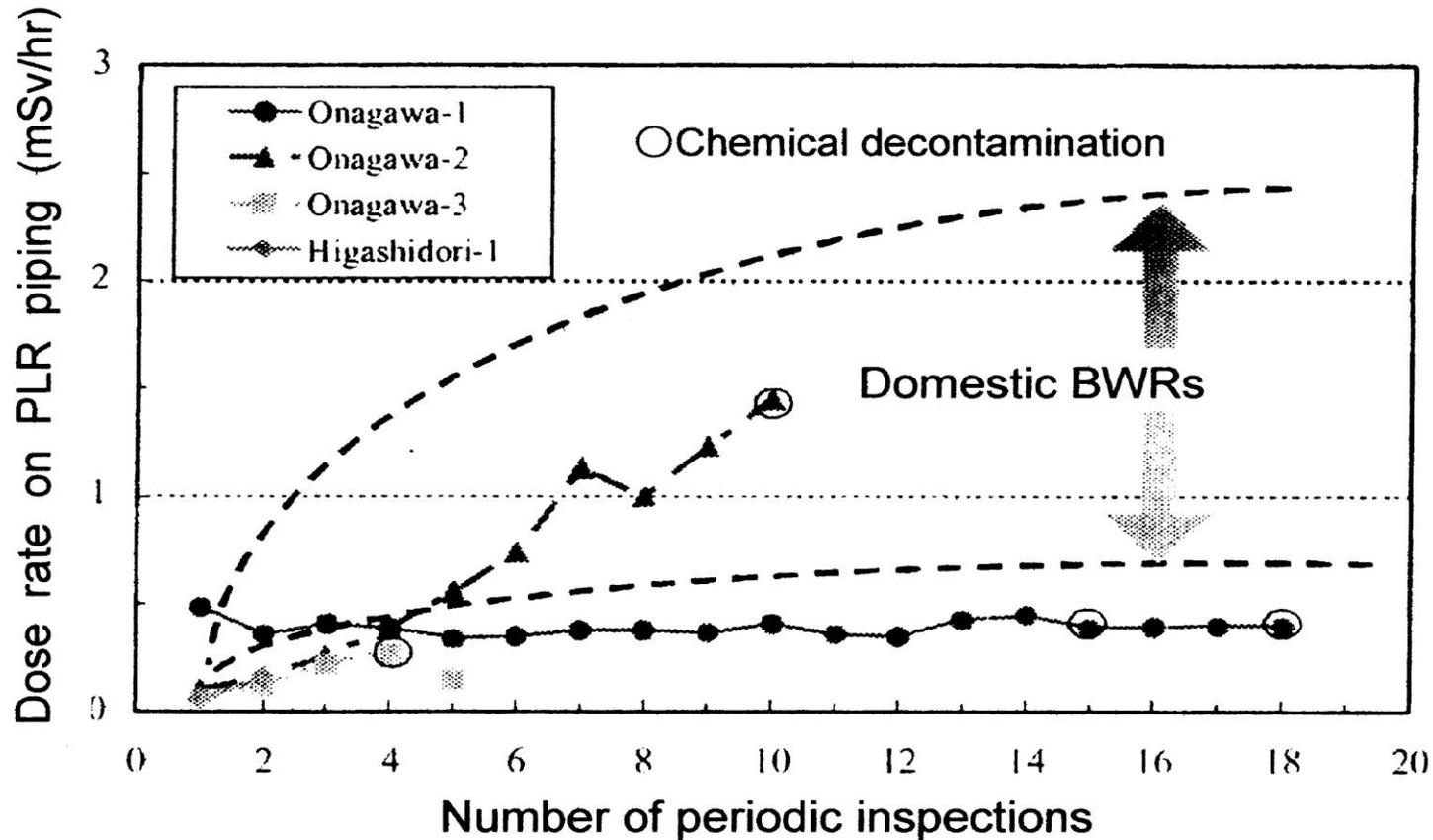
# BWR電力各社の改良水化学の適用状況（震災前）

	プラント名	水素注入	クラシック貴金属注入	亜鉛注入	Ni/Fe比コントロール運転	極低鉄/高ニッケル制御運転
東北電力	女川 1号機				○	
	女川 2号機					○
	女川 3号機					○
	東通 1号機					○
東京電力	福島第一 5号機	○		○		
	福島第一 6号機	○				
	福島第二 1号機	○				
	福島第二 2号機					
	福島第二 3号機	○	○			
	福島第二 4号機					
	柏崎刈羽 1号機	○			○	
	柏崎刈羽 2号機			○	○	
	柏崎刈羽 3号機				○	
	柏崎刈羽 4号機				○	
	柏崎刈羽 5号機				○	
	柏崎刈羽 6号機				○	○
	柏崎刈羽 7号機	○			○	○
	中部電力	浜岡 3号機			○	
浜岡 4号機				○		○
浜岡 5号機						○
北陸電力	志賀 1号機				○	
	志賀 2号機				○	
中国電力	島根 1号機	○				
	島根 2号機	○			○	
原電	敦賀 1号機	○				
	東海第二	○		○		

# Ni/Fe比コントロールによる炉水Co-60 イオン濃度の低減



# 極低鉄高ニッケル制御運転



# 結言

- BWR 水化学管理指針の原案は、ほぼ出来上がり、日本原子力学会・標準委員会の審査へと進む状況にある。
- BWR 水化学管理指針は、専門家による書面投票及び公衆審査を経た後、日本原子力学会の標準として、2015年末に制定・発行される予定である。

# 謝辞

本BWR水化学管理指針を取り纏めるに当たり、ご支援、ご鞭撻頂きました勝村庸介東京大学教授、石樽顕吉東京大学名誉教授、内田俊介元東北大学教授、及び水野孝之三重大学名誉教授に心から感謝致します。

ご清聴有難うございました。