

## BWRおよびPWR水化学管理の体系化

(社)日本原子力学会・水化学部会・第4回定例研究会

電力中央研究所 狛江地区 第3棟31会議室

平成20年6月13日

電力中央研究所 材料科学研究所  
○平野秀朗、藤原和俊、堂前雅史、河村浩孝

## 背景および経緯

近年、水化学の様々な技術オプションが登場し、複雑・多様化している。このため、水化学管理について体系・統一的に整理し、水質管理の設定根拠を明確にするべきとの認識が高まった。このような背景のもと、電力中央研究所は、電気事業連合会の要請を受け、学識経験者、電力およびメーカ各委員から構成される水化学管理検討委員会を設置し、水化学管理の体系化に係わる研究活動を推進している。

その後、JEAC4111「原子力発電所における安全のための品質保証規定」が制定され、水化学管理に対しても品質保証が求められるようになった。これを受け、化学分析方法、水化学管理（品質保証）の体系化も進めることとなった。

## ご紹介内容

1. 背景および経緯
2. 火力・ボイラの給水及びボイラ水に係わるJIS規格
3. 日本原子力学会の標準
4. 軽水炉水化学管理の体系化
5. 水化学運用管理
6. 水素注入運用管理
7. 化学分析法
8. 水化学管理(品質保証)
9. まとめ



## 火力・ボイラの給水及びボイラ水

### **JIS B 8223 「ボイラの給水及びボイラ水の水質」**

- ・陸用蒸気ボイラ並びに船用蒸気ボイラの給水及びボイラ水の水質について規定。
- ・1961年に制定。1969年、1977年、1989年、1999年、2006年に改正

### **JIS B 8223 「ボイラの給水及びボイラ水—試験方法」**

- ・ボイラの給水、ボイラ水及び蒸気の試験方法について規定。
- ・1961年に制定。1969年、1986年、2005年に改正



## JIS B 8223 「ボイラの給水及びボイラ水の水質」の構成

1. 適用範囲
2. 引用規格
3. 定義
4. 水質

- ・丸ボイラ: 表1
- ・特殊循環ボイラ: 表2
- ・水管ボイラ: 表3
- ・貫流ボイラ: 表4
- ・蒸気の質: 表5

5. 試験

JIS B 8224「ボイラの給水及びボイラ水一試験方法」

JIS K 0556「超純水中の陰イオン試験方法」による。

参考:水質を連続的に監視する場合には、自動計測器を用いると良い。

**本文:10頁。解説:75頁**

## 火力発電の水化学運用管理に係わるテキスト

JIS B 8223 及びJIS B 8224は、規格に係わるものであり、実際の運用管理を目的として、以下のような出版物が有る。

- ・汽力発電所給水ハンドブック(電力中央研究所)
- ・ボイラの水管理(日本ボイラ協会)
- ・ボイラー技士のための水管理(日本ボイラ協会)
- ・水質管理と水処理設備(火力原子力発電協会)
- ・The ASME Handbook on Water Technology for Thermal Power Systems



## JIS B 8224 「ボイラの給水及びボイラ水一試験方法」の構成

1. 適用範囲
2. 共通事項
3. 試料及び試料採取
4. 試料の前処理
5. 外観
6. 濁度
7. pH、8.電気伝導率、9.酸消費量、10.アルカリ消費量、11.硬度、12.懸濁物質及び蒸発残留物、13.酸消費量(過マンガン酸カリウムによる)、14.有機体炭素、15.ヘキサン抽出物質、16.四塩化炭素抽出物質、17.溶存酸素、18.残留塩素、19.Cl<sup>-</sup>、20.SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、21.SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、22.PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>、23.SiO<sub>2</sub>、24.N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>、25.NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、26.Na、27.Ca、28.Mg、29.Cu、30.Zn、31.Ni、32.Fe、33.Al

参考:自動計測器による測定。6頁

解説:1~32の解説。参考の解説も含む。

**本文:115頁。参考:6頁。解説:103頁。**

## 日本原子力学会の標準

適用範囲  
引用規格  
水化学管理値

附属書:本体に規定した事柄を補足するもので、標準の一部ではない。

解説:本体及び附属書に規定・記載した事柄、並びにこれらに関連した事柄を説明するもので、標準の一部ではない。

## 想定されるBWR水化学管理に係わる標準

### 適用範囲

### 用語の定義

### 水質管理値

- ・管理値の設定区分
- ・冷却材水化学管理
- ・管理値および測定頻度の設定

### 附属書: 設定根拠

- ・通常運転時、・起動・停止時および冷温停止時、
- ・水質改善技術適用時

### 解説: 技術的な知見

- ・原子炉構造材の健全性確保、・燃料被覆管の健全性確保
- ・線量率低減



## 想定されるPWR一次系水化学管理に係わる標準

### 適用範囲

### 用語の定義

### 水質管理値

- ・一次冷却材水化学管理
- ・管理値の設定

### 附属書: 設定根拠

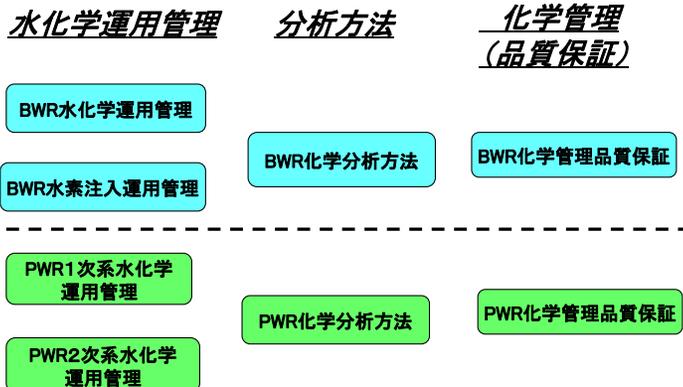
- ・管理値の設定
- ・推奨値の設定

### 解説: 技術的な知見

- ・原子炉構造材の健全性確保、・燃料被覆管の健全性確保
- ・線量率低減



## 軽水炉水化学管理の体系化の全体像



## 軽水炉水化学管理の体系化の提案(案)

学術書	実用書	標準
日本原子力学会	日本原子力学会 水化学部会	日本原子力学会 標準委員会または JIS ・PWR化学分析 標準法
原子炉水化学 ハンドブック等	軽水炉水化学管理 リファレンス・ブック	日本原子力学会 標準委員会 ・BWR水化学管理 指針 ・PWR水化学管理 指針

## 軽水炉水化学管理の体系化

- 軽水炉水化学リファレンス・ブック(仮称)
- ・BWR水化学管理リファレンス・ブック
  - ・BWR水素注入管理リファレンス・ブック
  - ・PWR一次系水化学管理リファレンス・ブック
  - ・PWR二次系水化学管理リファレンス・ブック
- .....
- ・BWR及びPWR化学管理(品質保証)



## BWR水化学管理リファレンス・ブックの基本的なコンセプト

- 機器・配管健全性確保
- 線量率低減
- 燃料被覆管の健全性確保
- 放射性廃棄物の低減

被ばく線量の低減および腐食障害の変遷。  
水処理技術の変遷。酸素注入、Ni/Fe比コントロール、  
亜鉛注入、水素注入、NMCA、FAC



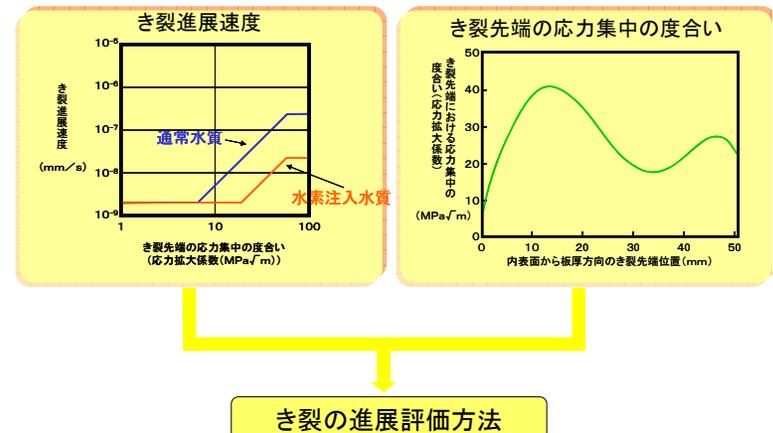
## BWR水素注入管理の基本的なコンセプト(1)

日本機械学会がBWRのSCCに関する維持規格(発電用原子力設備規格維持規格)を制定し、き裂進展評価に、通常水化学条件(NWC)と水素水化学条件(HWC)の2通りのき裂進展評価線を設定したことに対応する。

要件: -100mV vs SHEを担保するものとして、水化学の面から「水素注入標準」を設ける必要がある。

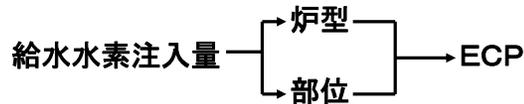


## BWRのSCCき裂の進展評価の概念図



## BWR水素注入管理リファレンスブックの基本的な コンセプト(2)

1. 水素注入量(給水水素濃度) vs. 炉内ECP分布
  - 1) ラジオリス評価手法
  - 2) 炉内腐食電位(ECP)評価手法
  - 3) 水素注入量と炉内ECP分布との対応に係わる標準の作成



## BWR水素注入管理リファレンスブックの基本的な コンセプト(3)

2. 構造材料のSCC挙動 vs. 炉内水化学環境保持時間

水素注入の稼働率(Availability)

- ・稼働率のSCC挙動に及ぼす影響
  - 目標稼働率設定
  - または、SCC抑制効果への影響定量化
- ・稼働率の定義と品質保証の方法



## BWR水素注入管理リファレンスブックの基本的な コンセプト(4)

- ・サンプリング箇所及び方法
- ・高温高圧照合電極および電位の校正
- ・高温高圧照合電極の耐久性
- ・測定計器(エレクトロメータの仕様)

## PWR一次系水化学管理リファレンス・ブックの 基本的なコンセプト

原子炉構造材の健全性確保  
線量率低減  
燃料被覆管の健全性確保

被ばく線量の低減および腐食障害の変遷、  
水処理技術の変遷、高pH運転、亜鉛注入、AOA

## PWR二次系水化学管理リファレンスブックの 基本的なコンセプト(その1)

### 蒸気発生器(SG)の健全性確保

1. 二次系水化学管理の変遷
2. 蒸気発生器の健全性確保
  - (1)蒸気発生器器内水
    - (a)塩素イオン
    - (b)ナトリウムイオン
    - (c)硫酸イオン
    - (d)pH
    - (e)カチオン電気伝導率
  - (2)モル比管理(クレビス濃縮計算モデルを記載)



## PWR二次系水化学管理リファレンスブックの 基本的なコンセプト(その2)

### 3. 運用管理

- 3.1 技術的な知見
  - 3.1.1 二次系腐食損傷事象の変遷
  - 3.1.2 蒸気発生器の健全性確保
  - 3.1.3 二次系機器の健全性確保
- 3.2 管理基準
  - 3.2.1 復水
  - 3.2.2 給水
  - 3.2.3 蒸気発生器器内水



## (参考)水化学分析

国の統一規格であるJISには軽水炉における化学分析法を規定していない。

このため、「PWR化学分析」では、一次系の化学種、溶存水素、ほう素、リチウム、全 $\alpha$ 放射能等の標準的な分析法、2次系に含まれる化学種の標準的な分析法を作成する必要がある。

一方、「BWR化学分析」では、一次系統水の過酸化水素、全 $\alpha$ 放射能、トリチウム、放射性よう素、放射性希ガス、溶存酸素、溶存水素等の分析法を作成する必要がある。



## (参考)想定されるPWR化学分析

1	適用範囲	9	全 $\beta$ 放射能
2	引用規格	10	$\gamma$ 線放出核種
3	共通事項	11	放射性ストロンチウム
4	試料	12	トリチウム
5	試料の前処理	13	放射性よう素
6	溶存水素	14	放射性希ガス
7	ほう素		付表1 引用規格
8	全 $\alpha$ 放射能		解説



## (参考) 想定されるBWR水化学分析

1	適用範囲	9	放射性よう素
2	引用規格	10	放射性セシウム
3	共通事項	11	過酸化水素
4	試料	12	全有機炭素
5	試料の前処理	13	塩素
6	溶存酸素	14	亜硝酸
7	ほう素		付表1 引用規格
8	全 $\alpha$ 放射能		解説



## (参考) 水化学管理(品質保証)

近年、JEACA4111「原子力発電所における安全のための品質保証規定」が制定された。

炉規則第7条「記録」において、「品質保証計画」に関する文章及び品質保証計画に従った計画、実施、評価及び改善状況」が要求されている。

また、原子力発電所の運転管理などに対する公衆の関心が高まり、水化学管理においても、情報の透明性、客観性が求められている。



## (参考) BWR水化学管理(品質保証)

### BWRプラント運転に関する諸規則による法令要求事項

#### 品質保証上の要求事項に基づく

- ・ 監視項目の設定と設定根拠
- ・ 遵守諸規則
- ・ 採取箇所・方法
- ・ 測定方法
- ・ 評価ならびに不適合への対応
- ・ 記録
- ・ 教育・訓練
- ・ 測定器の管理等



## PWR水化学管理(品質保証)

北米発電プラント化学QA(品質保証)/QC(品質管理)アドバイザリグループの活動を参考に、化学管理方法(品質保証)の構築を検討。

同グループには、米国・カナダ・スロベニア・日本・INPO・分析機器ベンダが参加。

2004年07月:第1回会議を開催

2004年12月: Rev. 0 本文

2005年12月: Rev. 1

2007年07月: Rev. 2

2008年07月: Rev. 3

2009年以降: Rev. 4



## PWR水化学管理(品質保証)

1. 範囲	2. 組織	3. 品質管理システム	4. QMS不適合
5. 是正および予防措置	6. バリッドリクワイアメント	7. 文書管理	8. 試験方法と方法の妥当性確認
9. 設備	10. 測定の特異性と品質管理チェック	11. 要員	12. 施設および環境条件
13. サンプルングと試料の取扱い	14. データの管理	15. 報告書	16. 記録の管理
17. サービスおよび供給品の購買	18. 内部監査	19. マネジメントレビュー オンライン計器	

## まとめ

1. 軽水炉水化学管理に係わる手引書、指針、標準分析方法等は、日本原子力学会の標準、あるいはJISとして制定することになった。
2. しかし、水化学管理の体系化を図るためには、標準およびJISの制定に加えて、新たに(仮称)リファレンス・ブック等を作成し、充実させる必要があると考える。
3. 水化学部会として、(仮称)リファレンス・ブックの作成に取り組むか検討する必要がある。
4. 取り組むとした場合、数年毎に、また、時代の進歩・要請に応じて同リファレンス・ブックの内容を適宜改訂できる体制を整備する必要がある。

