

水化学部会第50回研究会  
2025年3月12日（火）  
日立GE 本館3 階講堂

# 原子炉水化学の研究50年

研究専門委員会、部会そして将来へ

内田 俊介

0. 自己紹介
1. 水化学関連研究専門委員会発足前夜の状況
2. 水化学関連研究専門委員会の活動状況
3. 水化学部会部会から水化学研究専門委員会へ
4. これからの水化学部会への期待と若手会員へのエール
5. まとめとお願い

## 講師の自己紹介

職歴	1964年 - 1999年	(株)日立製作所 研究職
	1999年 - 2005年	東北大学大学院工学研究科 量子エネルギー工学専攻
	2005年 - 2024年	日本原子力研究開発機構、JAEA (非常勤)
	2005年 - 2020年	エネルギー総合工学研究所、IAE (非常勤)

## 研究歴

企業研究所：	中性子/ $\gamma$ 線 ( $^{16}\text{N}$ ) 遮蔽実験、遮蔽設計 理化学計測 (X線、電子線、イオン線応用) 原子炉安全解析 (FBR)、原子炉システム <b>水化学</b> 、材料研究 [構造材の信頼性向上]
大学時代	粒子ビームシステム工学 [物理/化学の狭間 ( $\text{H}_2\text{O}_2$ 関連実験)]
JAEA：	<b>研究コンサルタント、PWR/BWR共通のラジオリシス解析</b>
IAE：	<b>FAC解析、1FのFP挙動解析</b>

## 水化学とは

- ・単に水の化学/物性を追うのではない。
- ・発電プラントの水化学は、システム工学の分野の一つ  
安全性/信頼性を確保しつつ、経済的にプラント運用するための水化学制御
- ・冷却水と材料の相互作用による機器、構造材の腐食損傷の抑制、発生の未然防止
- ・広く周辺技術との関わりが重要。システム工学の一分野

0. 講演者の自己紹介
- 1. 水化学関連研究専門委員会発足前夜の状況**
2. 水化学関連研究専門委員会の活動状況
3. 水化学部会部会から水化学研究専門委員会へ
4. これからの水化学部会への期待と若手会員へのエール
5. まとめとお願い

## 1. 国内の動力炉運転開始

- ・ 原電敦賀原子力発電所1号炉（1969年）
- ・ 関電美浜原子力発電所1号炉（1970年）
- ・ 東電福島第一原子力発電所1号炉（1970年）

## 2. 水化学に係わる事象

- ・ プラントとしては大きなトラブルは見られなかった
- ・ 燃料破損が深刻な課題（燃料 SHIPPING、BWRではFPの環境放出）
- ・ BWR 配管の応力腐食割れ
- ・ PWR蒸気発生器細管の損傷
- ・ プラント点検時の従事者の放射線被ばく

## 3. 原子力学会で、プラント線量率抑制関連の発表が漸増（1975年～）

- ・ 学会での議論が白熱化：時には、正反対の結論が発表されるなど
- ・ 学会企画委員より、研究専門委員会を発足のアドバイスあり（1980年頃）

## 4. 「水化学」研究専門委員会（主査：東大石樽顕吉教授）発足（1982年10月）

## 1. 水化学関連国際会議

1) Water chemistry: Water chemistry of nuclear reactor systems, BNES, Bournemouth, UK, 1977

1978年に欧加の研究所を訪問し、PWR、CANDUを主対象とする研究状況把握。

以降3年毎の開催、1980年からは日本からも参加、現在のNPC会議に続く

2) FAC: Specialists meeting on erosion-corrosion in high temperature water and wet steam, EdF,

Les Renardières, France, 1982.その後、EdF主催のFAC会議に引継がれる。FAC2008-FAC2016

FAC (flow accelerating corrosion)が erosion-corrosionとよばれ、BWR cross around管などの減肉対策などが議論された。当時は水化学より材料の課題として対応されていた。

## 2. 先行研究例

Dr. Paul Cohen (WH): Water Coolant Technology of Power Reactors, ANS (1980).

邦訳版 吾妻永子訳 発電炉冷却水の技術 (JAER-memo 9740、1981年、305頁)

## 3. 国内での先行研究例

OWL-1 (1970-84), OWL-2 (1972-92) : JMTRに設置したin-pile loop : 主として燃料研究に適用

IASCC ループ (中性子照射と水化学) に引継がれたが、JMTRが炉停止

Ishiwatari N, Water chemistry of JPDR, JAERI-1135 (1967). 炉水中のヨウ素、 $^{60}\text{Co}$ などの測定

神山 他, 原子炉冷却水の炉化学、原子力学会誌, 17 (12), 629-638 (1975). 水化学の基礎事項

1975年以降、次期での水化学に係わる問題点、実データが議論されるようになってきた。

# 原子カプラントの主要課題への対応とその成果

水化学関連  
研究専門委



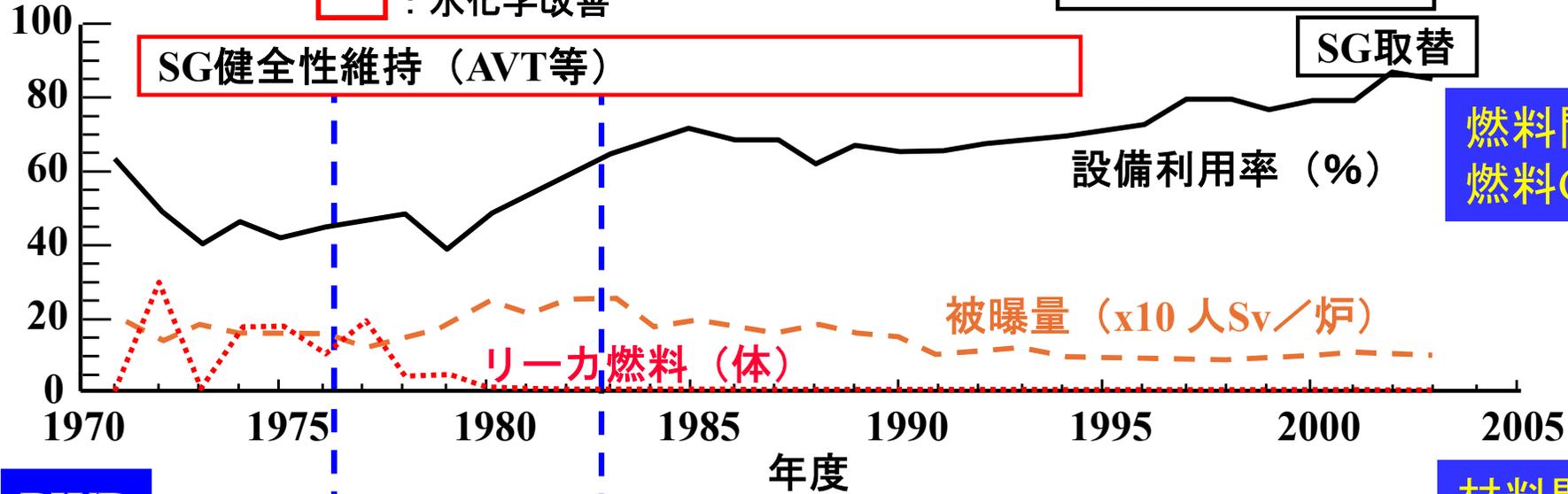
4年(1期)活動の繰返

P/B共通

経年化プラントの  
信頼性向上・長寿命化

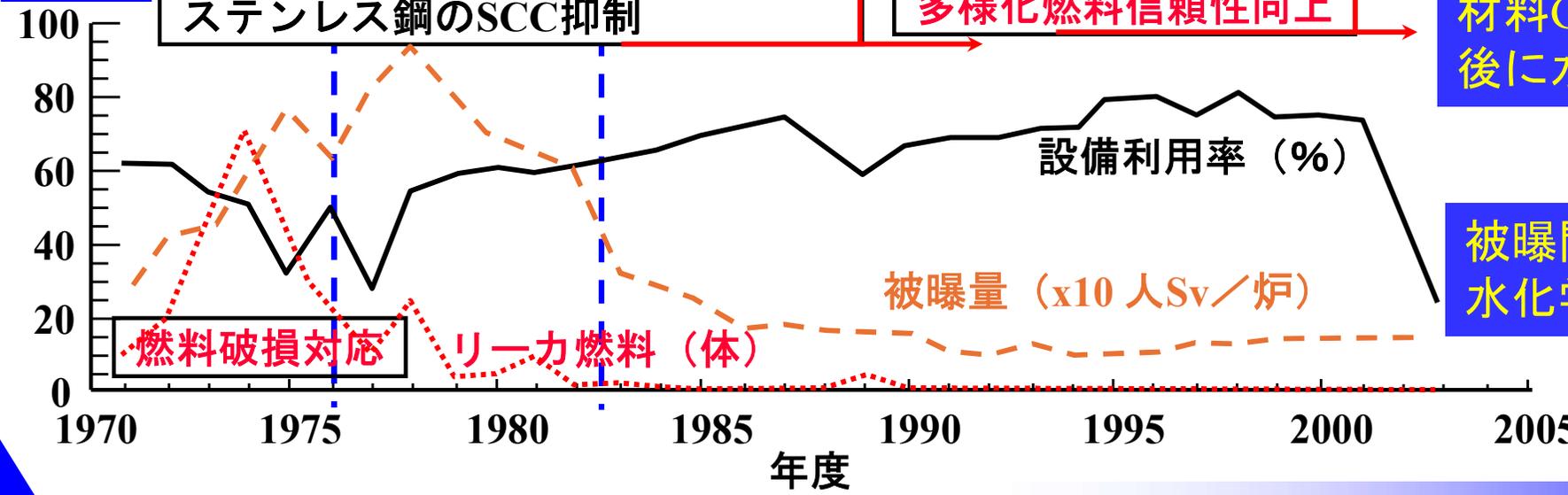
**PWR**

- : 構造、材料、運転法改善
- : 水化学改善



燃料関連課題は  
燃料Gで対処

**BWR**



材料関連課題は  
材料Gで対処  
後に水化学G参加

被曝関連課題は  
水化学Gで対処

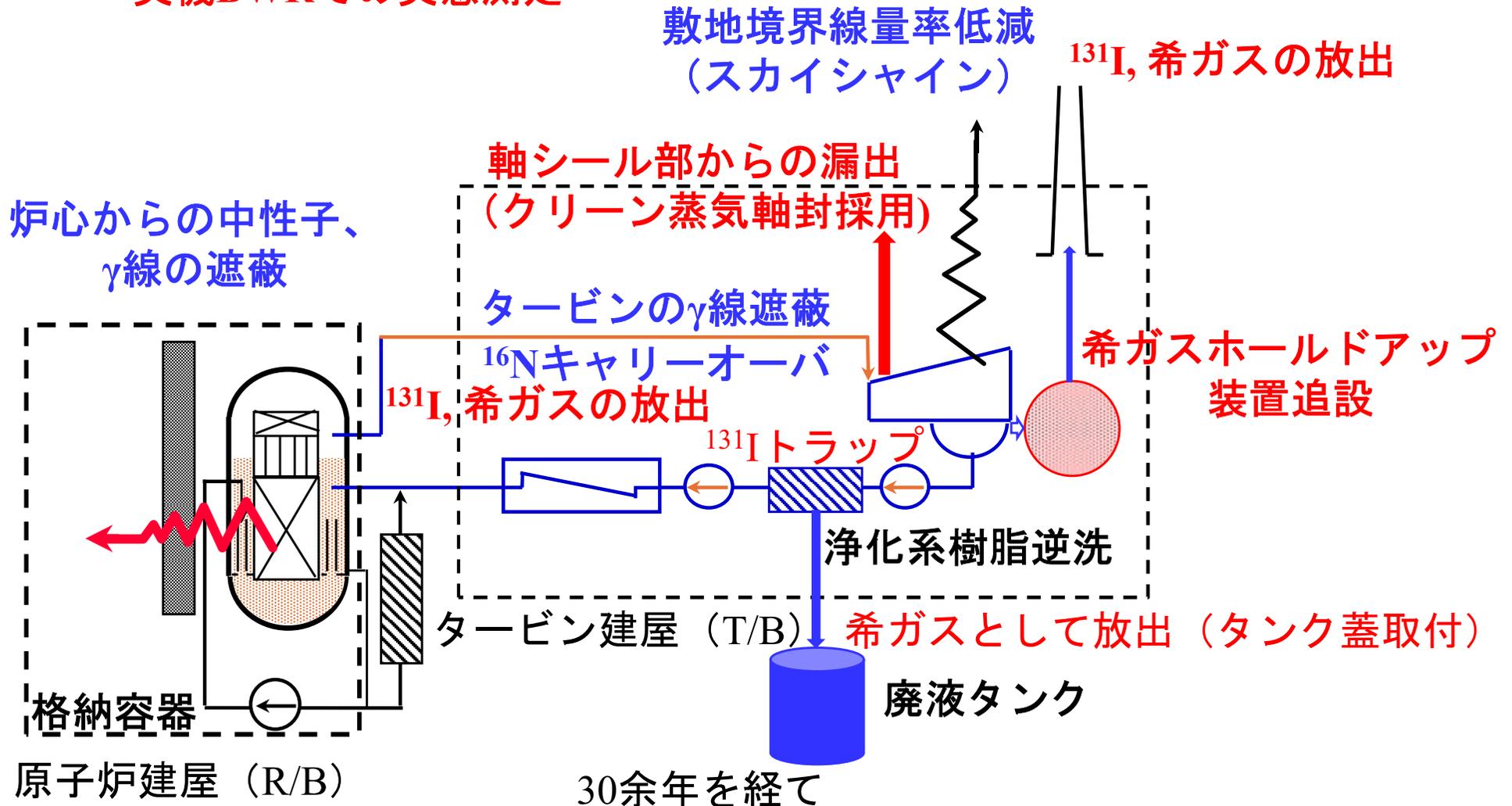
内田俊介、日本原子力学会誌、  
Vol.51, No.2 (2009) pp.106-111

## BWRにおける放射線関連（ガス系）の課題

通常運転時：設計事象として対応

燃料破損時：FP移行ルートを見出して、環境への放出抑制

実機BWRでの実態測定

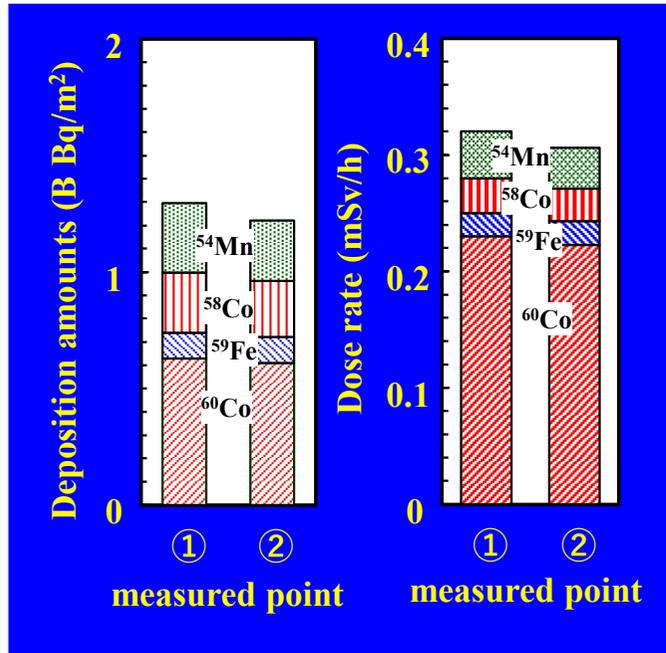


燃料破損対策の徹底でFP対応が無用化

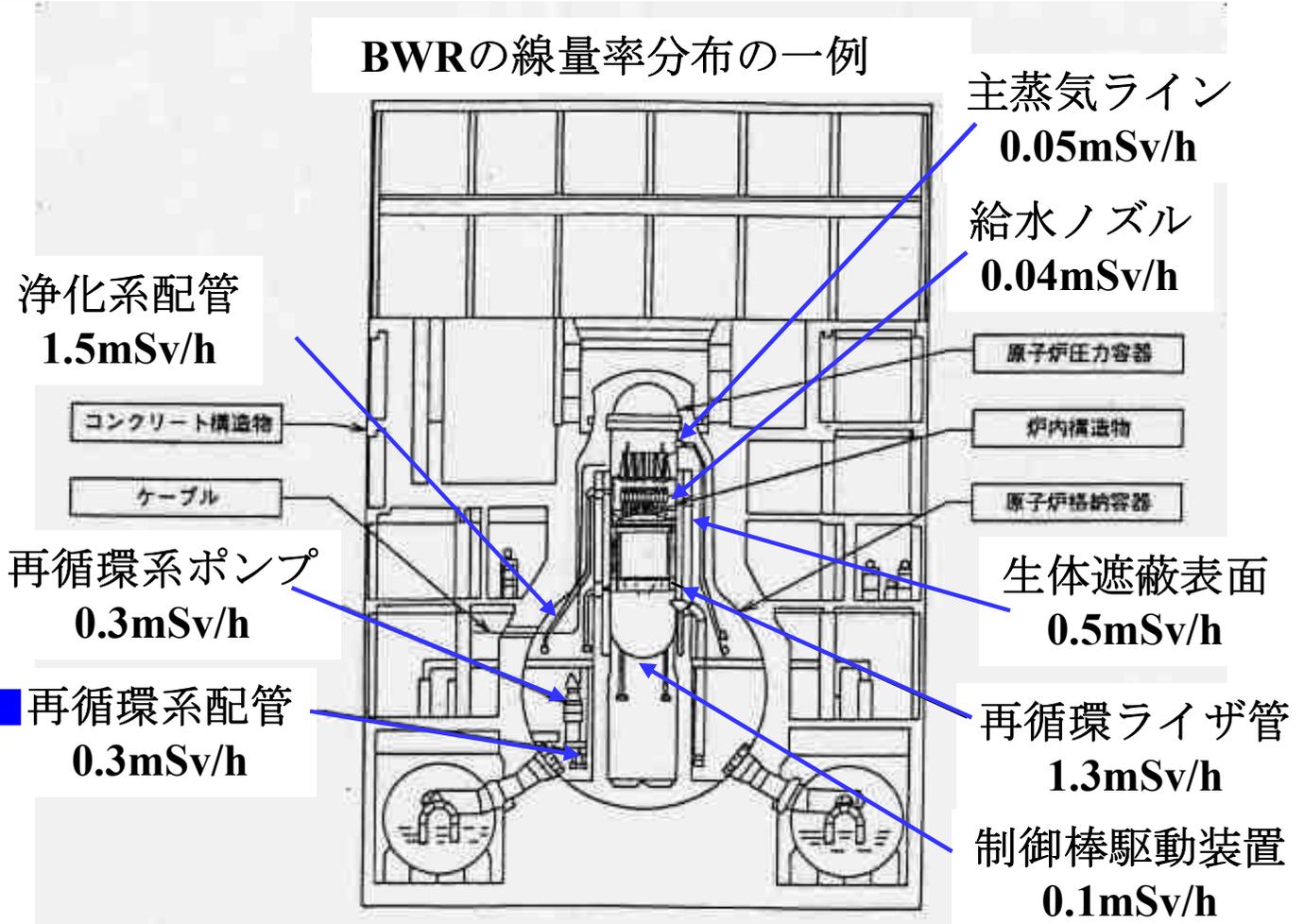
福島第一原子力発電所のFP研究に繋がる

## BWRにおける放射線関連（水系）の課題

### 定期検査時の従事者の受ける被ばく線量の増大



配管内面付着核種の測定  
 コリメータ付  
 Ge(Li)半導体検出器



**格納容器内外の線量率増大：配管内面に蓄積した<sup>60</sup>Co放射能の増大**  
<sup>60</sup>Coの放射化、蓄積を助長する鉄クラッドの低減が必須

詳細な実機調査とデータ分析（電力/メーカーの共研） ➡ 現象の本質解明

Uchida S, et al., Nuclear Science and Engineering, Vol. 69, (1979), 78-85.

0. 講演者の自己紹介
1. 水化学関連研究専門委員会発足前夜の状況
- 2. 水化学関連研究専門委員会の活動状況**
3. 水化学部会部会から水化学研究専門委員会へ
4. これからの水化学部会への期待と若手会員へのエール
5. まとめとお願い

## 活動状況

名称(期間)	主査/部会長	主要活動の成果	国際会議関連主導
<b>研究専門委員会</b>			
水化学 (1982-86)	石樽 顕吉 *	原子炉の水化学 <sup>*1</sup> ('87)	
高温水化学 (1987-91)	石樽 顕吉	原子力発電プラントの水化学管理と基盤技術 <sup>*1</sup> ('91)	JAIF水化学国際会議 (東京'88)
原子炉水化学 (1991-95)	石樽 顕吉	原子力発電プラントの水化学の実績と将来展望 <sup>*1</sup> ('95)	JAIF水化学国際会議 (福井'91)
水化学高度化 (1995-99)	石樽 顕吉	<b>原子炉水化学ハンドブック</b> [コロナ社] ('00)	JAIF水化学国際会議 (柏崎'98)
水化学最適化 (1999-03)	石樽 顕吉	原子力発電プラントの水化学最適化の実績と将来展望 <sup>*1</sup> ('03)	
水化学標準 (2003-07)	乙葉 啓一	<b>水化学ロードマップ</b> [JNES報告書] ('07)	
<b>水化学部会</b>			
第1,2期 (2007-09)	内田 俊介	<b>原子カプラントの水化学</b> [学会誌連載講座('08)]	
第3-6期 (2009-2017)	勝村 庸介	水化学ロードマップ2009 <sup>*2</sup> Phebus FPプロジェクトにおける核分裂生成物挙動のまとめ <sup>*2</sup>	AESJ水化学国際会議 (札幌'14)
第7-9期 (2017-2023)	渡辺 豊	水化学ロードマップ2020 <sup>*2</sup> シビアアクシデント時の核分裂生成物挙動 <sup>*1</sup> 沸騰水型原子炉一次冷却系の腐食環境の評価手法に関する現状と課題 <sup>*2</sup>	
第10- 期 (2023- )	河村 浩孝	<b>改訂原子炉水化学ハンドブック</b> [コロナ社] ('22) <b>新規課題への挑戦</b>	

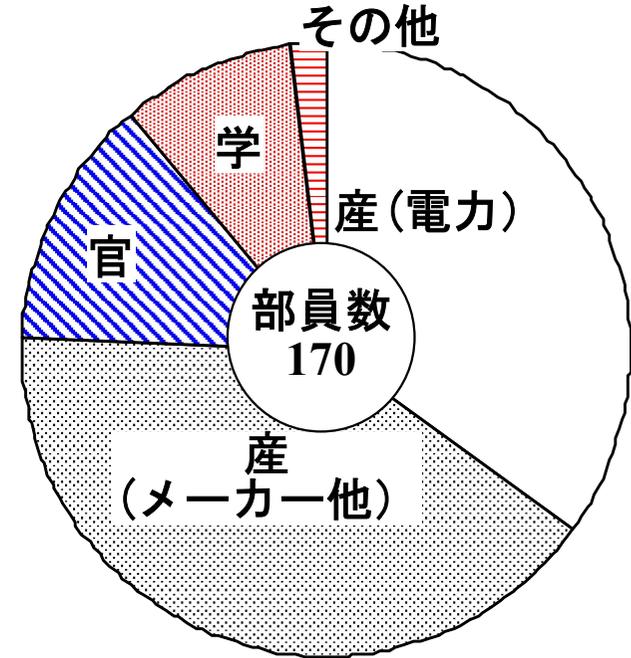
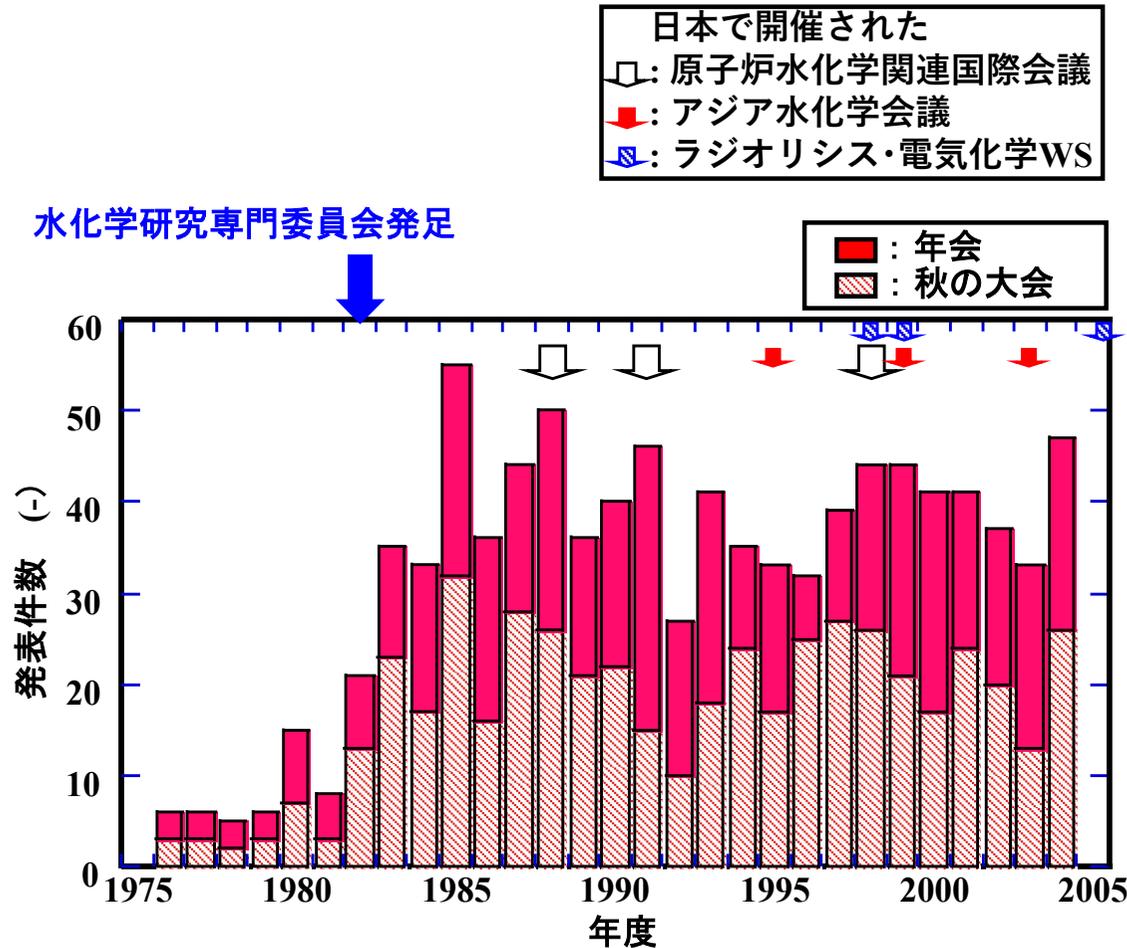
\* 敬称略

<sup>\*1</sup>AESJ技術報告書、<sup>\*2</sup>部会技術報告書

日台水化学, アジア水化学 세미나ほか省略

研究専門委員会 : 3回/年の委員会、1回/年の夏季プラント見学会を規則的継続  
部会 : 3回/年の研究会実施

## 「水化学」研究専門委員会発足前後の学会活動状況



「水化学」部会員の所属機関 (2008年当時)

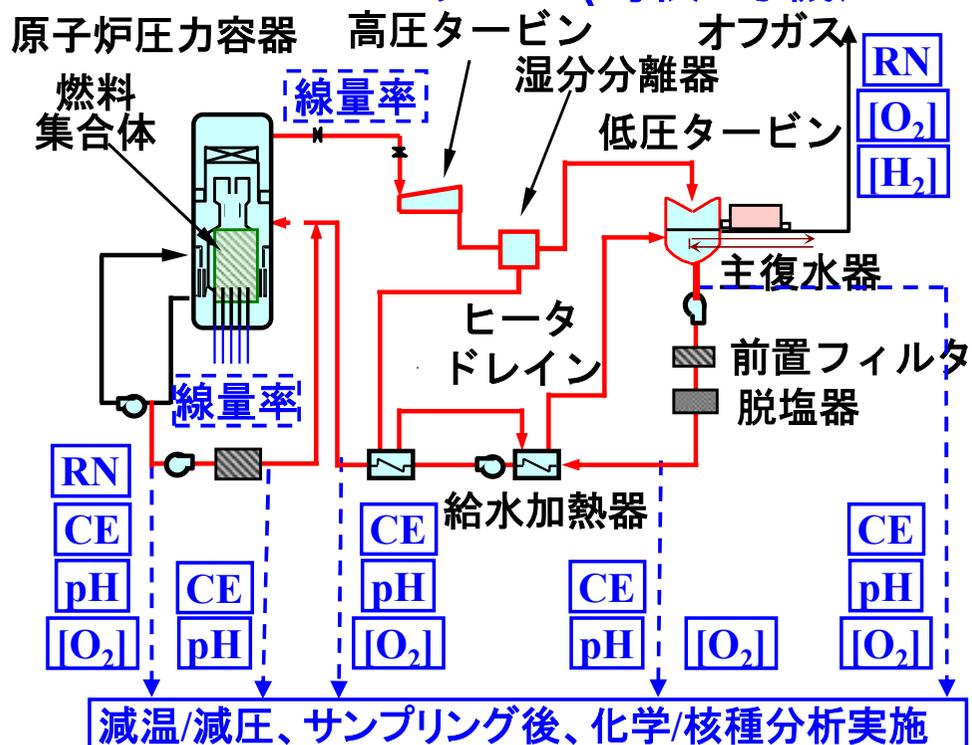
### 年会、秋の大会での水化学関連発表件数

水化学の研究では、プラントのデータ確保が不可避  
 データは産(電力)からの開示に依存。産(電力)はデータ開示のメリット小  
 上記あい路の調整に主査、目黒幹事が産(電力)間を奔走し、発足にこぎつけた

1982/10-1986/9

- ・ 主査、幹事（6名）で運営し、委員は1名/機関（33名）、常時参加者（9名）。  
委員会を幹事機関持ち回りとし、委員数が増えると会場確保が困難
  - ・ 3回/年の委員会（研究会）と夏季発電サイト見学会を実施
  - ・ 主なテーマは
    - ①水化学管理と被ばく低減：
    - ②腐食生成物の挙動：
    - ③水素注入（HWC）：
    - ④不純物除去技術：
- } BWR、PWRの水化学（プラントデータ紹介）  
        総論、海外での実績、理論解析
- イオン交換樹脂、粉状樹脂によるクラッド除去
- 特に、プラントデータは電力の協力を得て可能な限り冊子として残すことに留意
- ・ 上記の討論結果は原子力学会の技術報告書「原子炉冷却系の水化学」として出版  
以後、終了後1年以内に技術報告書を発刊（専門委としての了解事項）
  - ・ 会員間の親睦を図ることも積極的  
サマーセミナー（サイト見学会）時の懇親会、親睦ゴルフなど  
委員会後の幹事懇親会から新しい企画発案：  
        アジア諸国との交流（日台水化学セミナー、インドネシアとの交流  
        国際会議の企画  
        ハンドブックの発刊

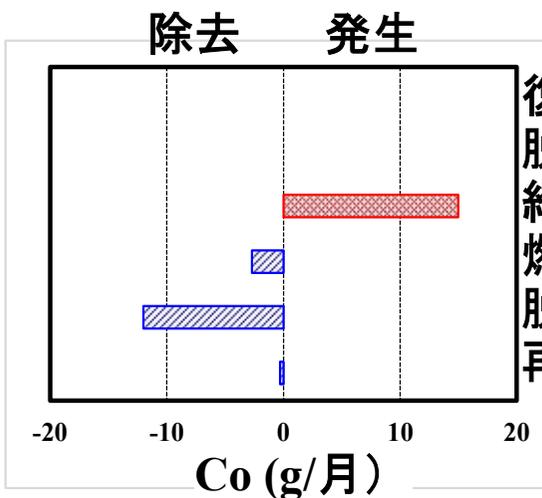
## BWRプラント(島根1号機) での水質データの取得とその評価



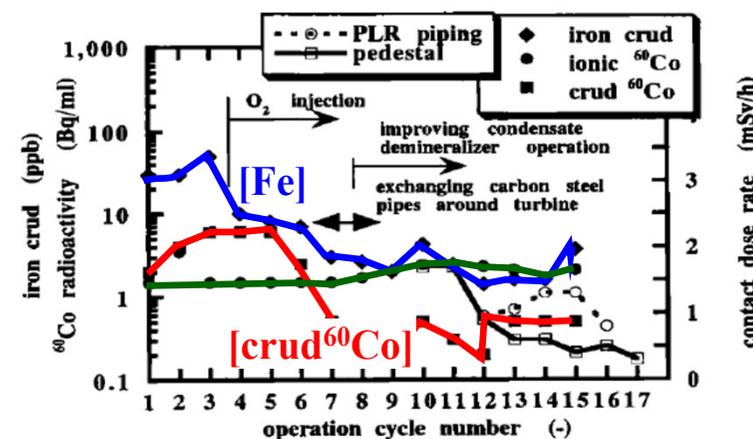
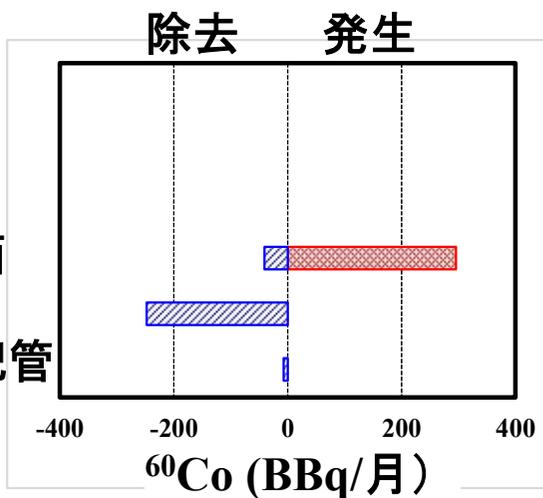
- ・ プラントに約半年滞在し、分析に従事  
現場の実情と課題詳細が理解できた
- ・ 主要配管、機器の内面付着物の非破壊核種測定  
線量率増大要因の<sup>60</sup>Co付着量を定量化
- ・ 腐食生成物のマスバランス評価  
発生, 移行, 放射化, 蓄積のモデル化  
一次系線量率評価モデルの作成

線量率低減策の有効性評価

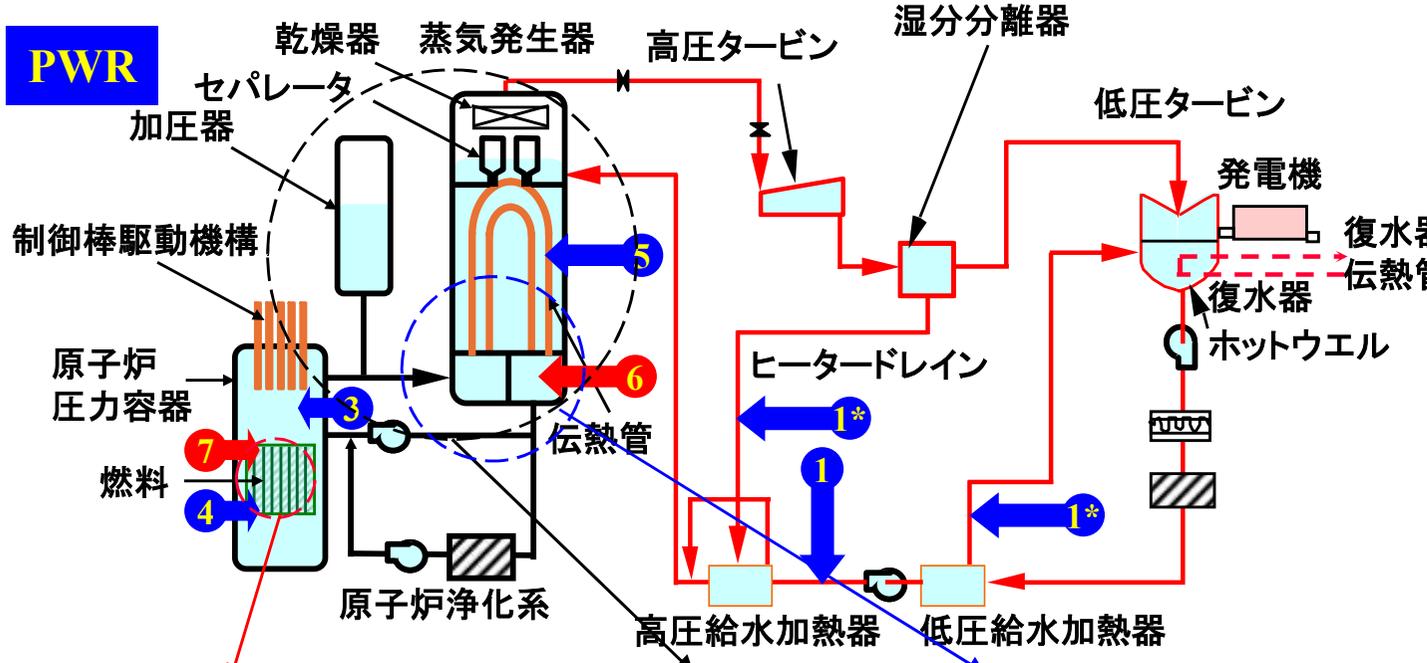
給水中の鉄濃度軽減が本質的な対策と理解



除去 発生



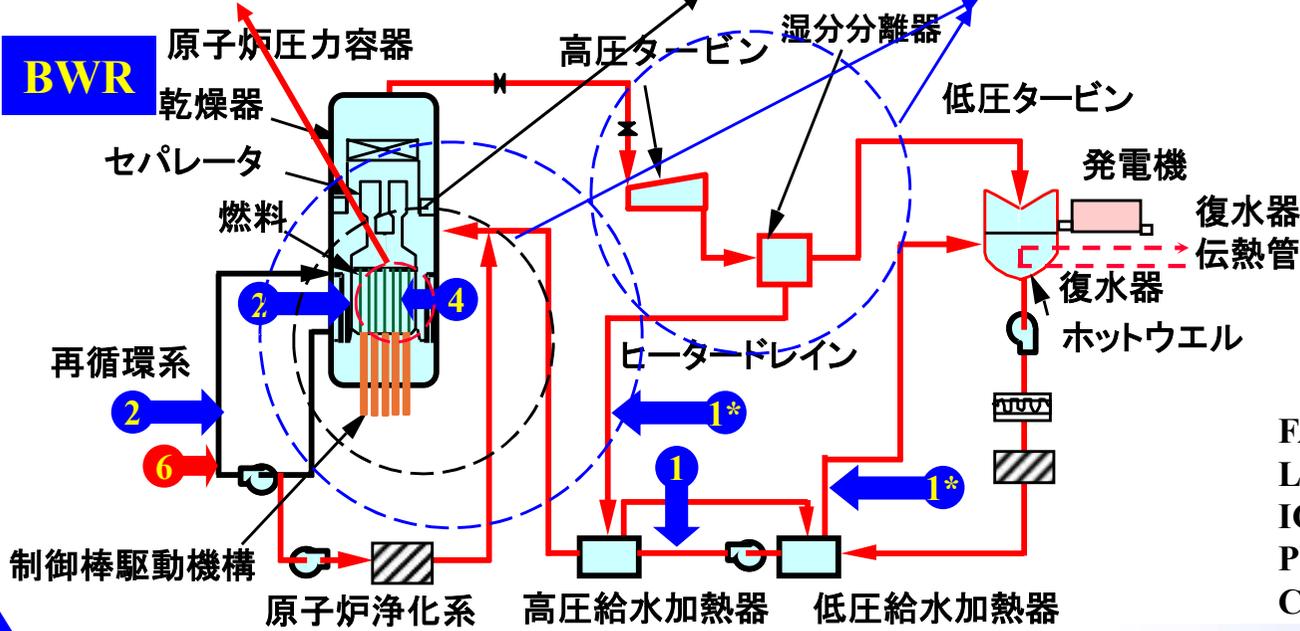
D. H. Lister and S. Uchida, Determining water chemistry condition in nuclear reactor coolant. Nucl. Sci. Technol., 52 (4) 451-466 (2014).



**基本的な役割**  
 燃料冷却→タービン駆動→発電  
 反応度制御 [減速材]  
**アドバース効果の抑制**  
 1)燃料の健全性  
 2)構造材の健全性  
 3)被ばく線量の低減  
 4)廃棄物発生抑制  
**付随効果の活用**  
 水化学データに基づく  
 プラント状態の監視・診断

**1. 燃料の健全性**      **2. 構造材の健全性**      **3. 被ばく線量低減**

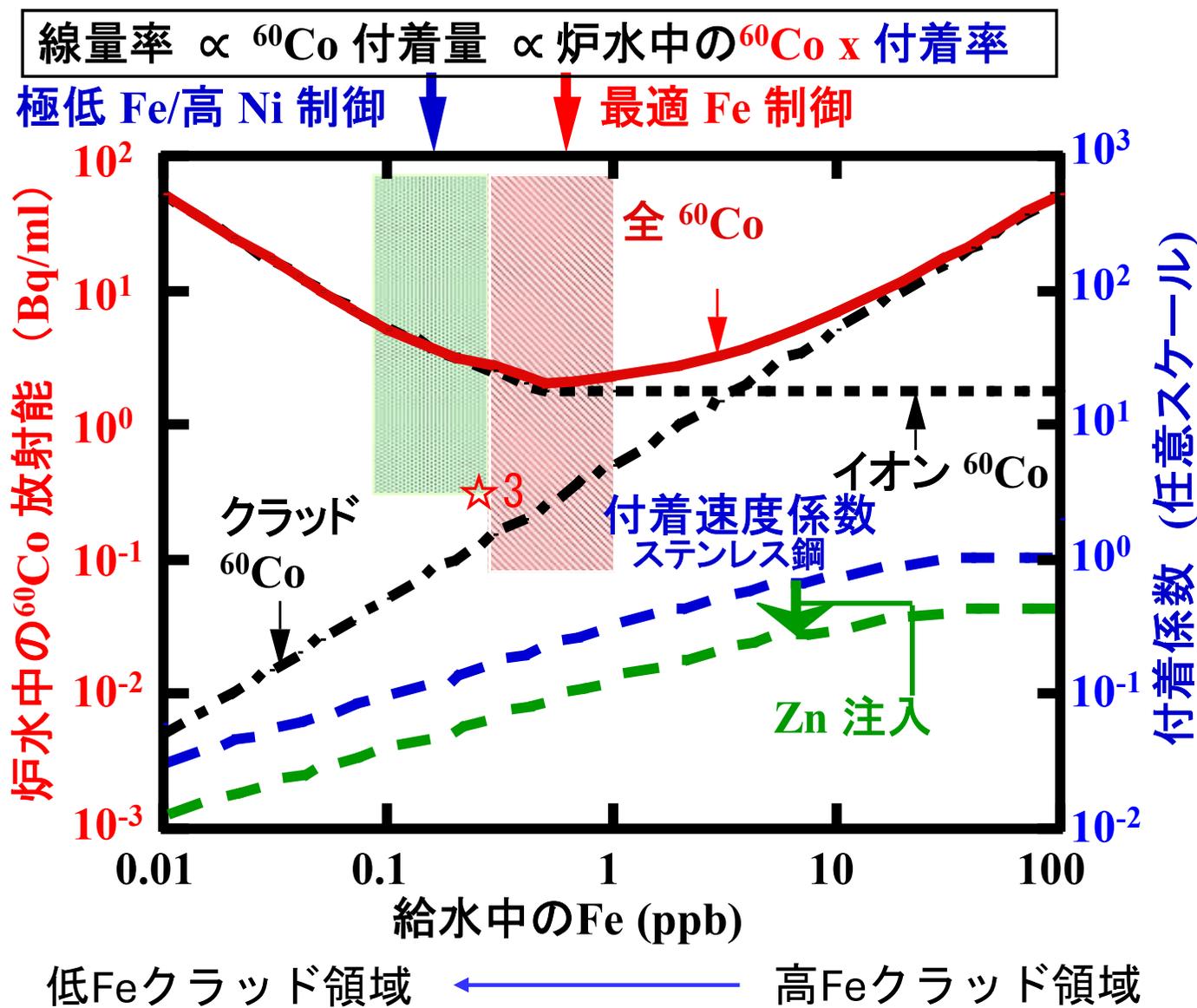
- 主要構造材料**
- ステンレス鋼
  - 炭素鋼
  - ニッケル基合金
  - ジルコニウム合金
  - 銅合金
  - - 銅合金/チタン合金



- 材料問題/発生箇所**
- ← 1 : FAC (LDI\*)
  - ← 2 : IGSCC
  - ← 3 : PWSCC
  - ← 4 : 被覆管腐食
  - ← 5 : SG伝熱管腐食
  - ← 6 : 線量率増大
  - ← 7 : CIPS (AOA)

FAC: flow accelerated corrosion  
 LDI: liquid droplet impingement  
 IGSCC: intergranular stress corrosion cracking  
 PWSCC: primary water stress corrosion cracking  
 CIPS: crud induced power shift

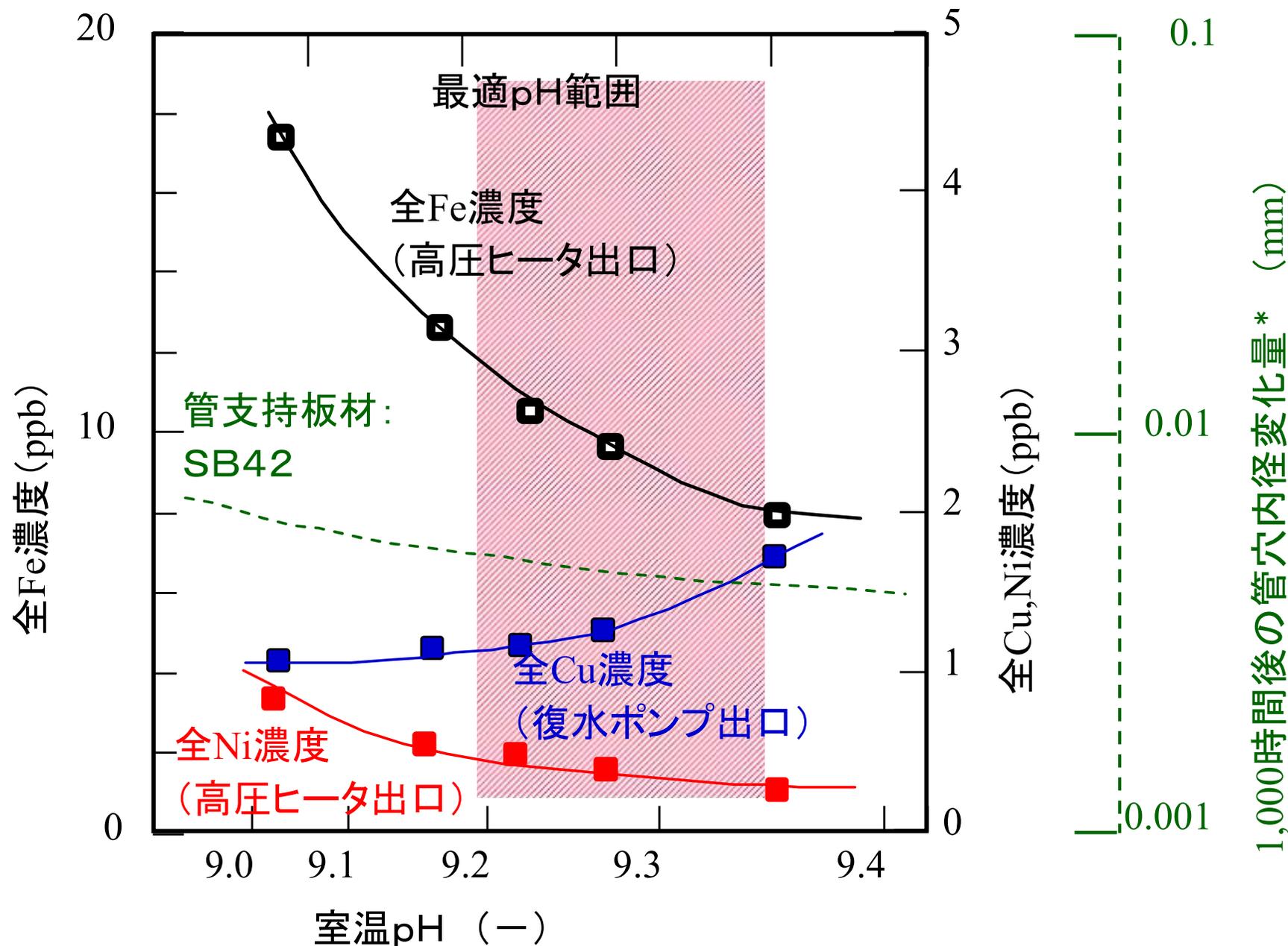
(BWR : 線量率低減)



- ・ 給水中の[Fe]を下げることは妥当
  - ・ ただし、下げ過ぎは新たな課題を派生  
イオン $^{60}\text{Co}$ の増大  
[過ぎたるは、なお及ばざるがごとし]
- 鉄クラッド不足により  
 $^{60}\text{Co}$ の燃料棒再付着 ↓  
Feフェライト反応の障害  
 $^{60}\text{Co}$ 燃料表面で不安定化

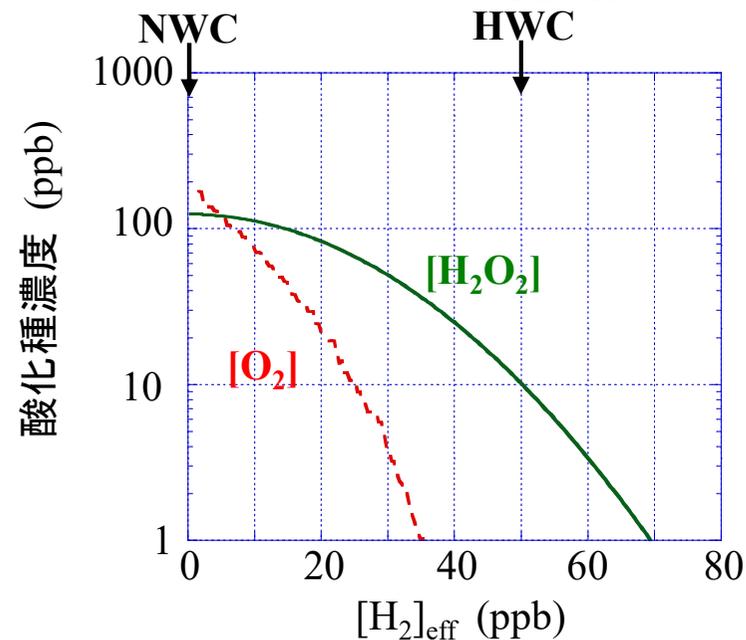
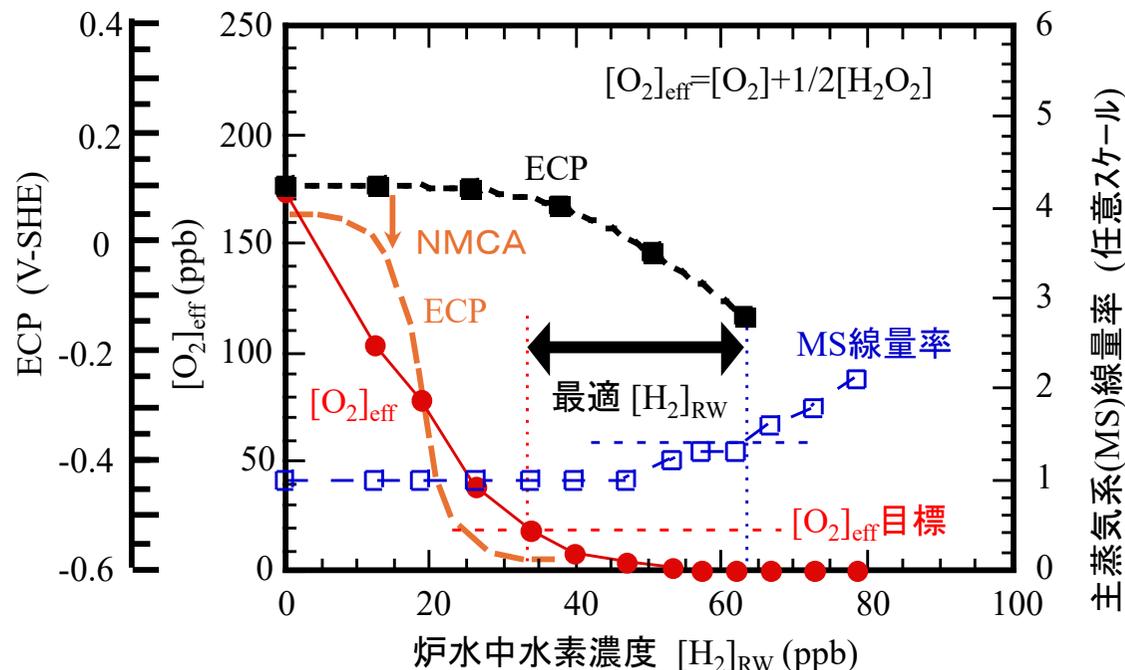
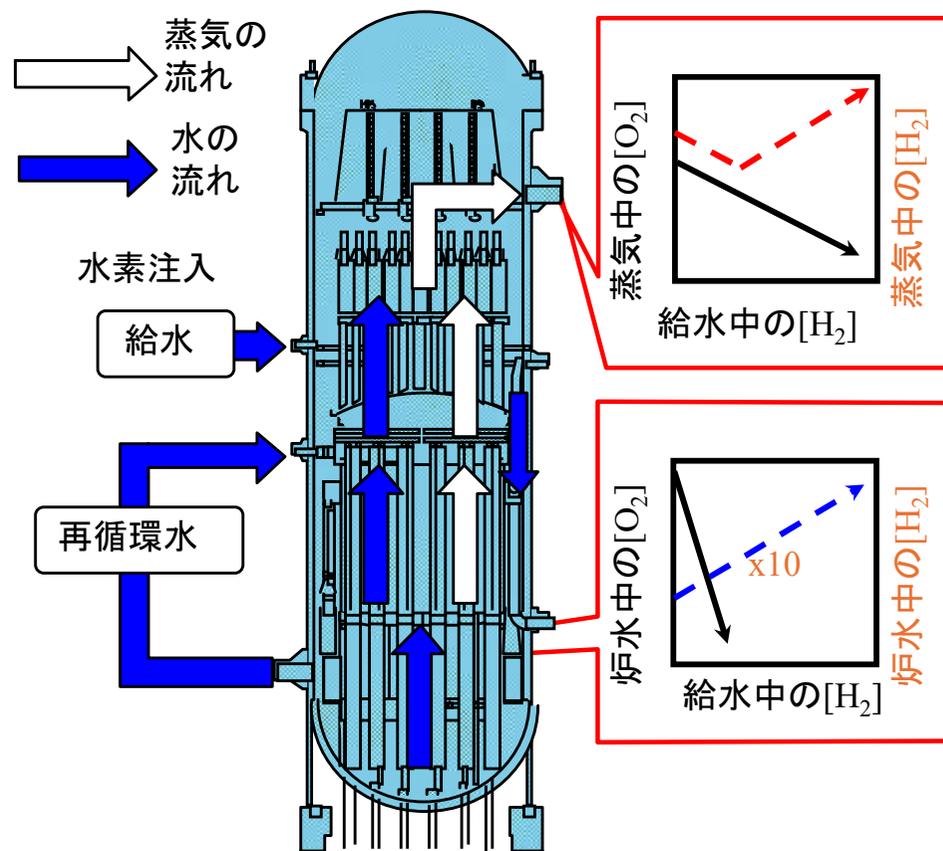
- ① ダブルレーザ法による  $\text{CoO}$ の付着in-situ定量
  - ② 磁気天秤法による  $\text{Co ferrite}$ 化in-situ定量
- ①②は若い研究者の業績  
共に原子力学会賞

(PWR 2次系：給水配管、加熱器、SG伝熱管、支持管板の健全性)



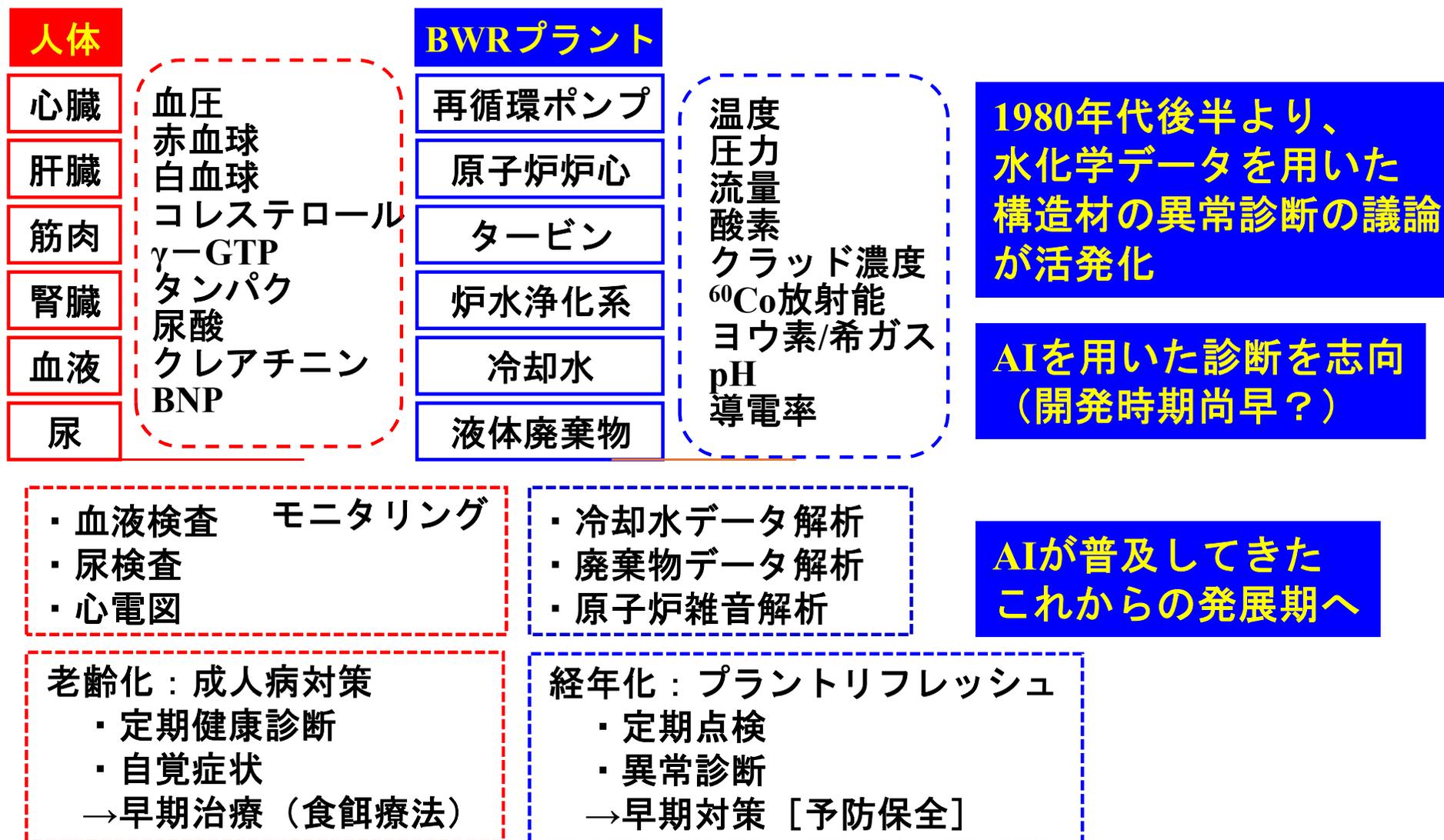
出展：日本原子力学会 水化学部会「改訂 原子炉水化学ハンドブック」、コロナ社（2022年9月）

## (BWR : 構造材の健全性)



出展: 1) H. Takiguchi, H. Takamatsu, S. Uchida, et al., *J. Nucl. Sci. Technol.*, 41, 212 (2004)  
2) Y. Wada, S. Uchida, M. Nakamura, et al., *J. Nucl. Sci. Technol.*, 36, 169 (1999)

## 水化学データに基づく冷却系機器構造の異常診断



第3図 BWRプラントと人体の類似性

- 1) Uchida S., et al., Structural Material Anomaly Detection System Using Water Chemistry Data (I): Basic Structure of Anomaly Detection System and Its Application for Fuel Defect Detection. J. Nucl. Sci. Technol., 23, pp.233-243 (1986).
- 2) Maeda K., et al., Development of Expert System for Water Chemistry Control in BWR. Water Chemistry, BNES (1989).

1987/4-2007/3

「水化学」専門委終了後、半年のクーリング期間を経て、名称を変えて再発足

高温水化学（1987-91） 主査：石樽顕吉

水化学の基礎を掘り下げ。水化学データ、要素技術、基盤技術、除染技術など  
原子力発電プラントの水化学管理と基盤技術\*1('91)

原子炉水化学（1991-95） 主査：石樽顕吉

水化学の将来の在り方を議論。水化学データ、水化学と構造材。ジルカロイ腐食。  
原子力発電プラントの水化学の実績と将来展望\*1('95)

水化学高度化（1995-99） 主査：石樽顕吉

水化学を技術として集大成する。HBとして刊行する意図で議論を深掘り。  
**原子炉水化学ハンドブック** [コロナ社] ('00) 2020年に改訂版発刊

水化学最適化（1999-03） 主査：石樽顕吉

基礎技術、高度化に次いで最適化。様々なアプローチを多面的に議論し最適化へ。  
**水化学関連研究専門委員会通算100回記念大会**（2002年12月開催）

原子力発電プラントの水化学最適化の実績と将来展望\*1('03)

水化学標準（2003-07） 主査：乙葉啓一

水化学制御の標準化を図る。上記の流れから最適化した技術の標準化を志向。  
**水化学ロードマップ** [JNES報告書] ('07)

電中研の10余年の成果をベースに、水化学管理指針の報告書をまとめたが、  
本書が標準委員会委員会の領域を侵害したため、発行中止

「水化学標準」研究専門委員会の終了に際し、今後の委員会のあり様につき議論

①研究専門委として継続、②部会への移行、③その他

- ①研究専門委継続： (1)比較的少人数で、小回りが利く  
(2)期間が明確で計画的にOUTPUTを出しやすい
- ②部会への移行： (1)同レベルの関連部会との協調が容易  
(2)メンバーが増えてコントロールが難しい。幹事の負担増
- ③その他： 活動中止（さすがにこの回答はなし）



議論を重ねた末に、水化学部会発足に舵をきった

## 水化学部会設立趣旨：

1982年以来6期24年間に亘る活発な水化学研究専門委員会活動を展開。原子力において今後水化学が果たすべき使命の普遍性・重要性を鑑みると、核燃料・材料・再処理など課題を共有する部会間、或は、国際レベルでの協力と連携を効率的に実施すると共に、研究ロードマップ検討および水化学技術の体系化・標準化などに継続して取り組むためには、それに相応しい連続性のある体制を構築し、中長期的視点に立って活動を継続することが不可欠である。このような認識に立ち、ここに水化学部会を設置する。

0. 自己紹介
1. 水化学関連研究専門委員会発足前夜の状況
2. 水化学関連研究専門委員会の活動状況
- 3. 水化学部会部会から水化学研究専門委員会へ**
4. これからの水化学部会への期待と若手会員へのエール
5. まとめとお願い

- 基本的には研究専門委員会としての活動を継承 **[これまでの運営委員諸兄に深謝]**  
研究会（50回）、サマーセミナー（10回）ほか 下部組織としてFP関連研究専門委員会を組織  
解説記事ほかの広報活動：主として、日本原子力学会誌、J. Nucl. Sci. Technol.  
学会誌連載講座「軽水炉プラントの水化学(1)-(10)」(2009年)水化学の現状と今後の展開  
その他、水化学関連解説記事 2008年、2009年  
水化学研究の深化と原子力発電の発展 原子力eye (2011年)  
Water chemistry technology- One on the key technologies for safe and reliable nuclear power plant operation (2013年)  
Determining water chemistry condition in nuclear reactor coolant (2014年)  
改訂原子炉水化学ハンドブック (2022年)
- 燃料、材料部会との連携強化  
2009秋の大会：燃料部会との合同企画セッション、3部会合同サマーセミナー（原則3年ごとに開催）
- 水化学ロードマップの改定とそれに沿った活動  
水化学ロードマップ 一次案（2007年）、改訂版（2009年）、2020年版（2020年）
- 国際会議の企画、運営 札幌での水化学国際会議、アジア水化学会議
- 標準委員会での水化学管理指針発刊への協力  
水化学管理指針、化学分析標準（標準委員会から発刊）  
沸騰水型原子炉一次冷却系の腐食環境の評価手法に関する現状と課題（2022年）
- Web上での広報活動 **研究会の記録を保存（データの記録、保管は部会の貴重な財産）**
- 福島第一原子力発電所事故後の対応  
研究専門委運営のほか、学会事故調ほかで汚染水対応他を分担（トリチウムを含む汚染水の評価）

## 過去の対応例、将来の対応の可能性

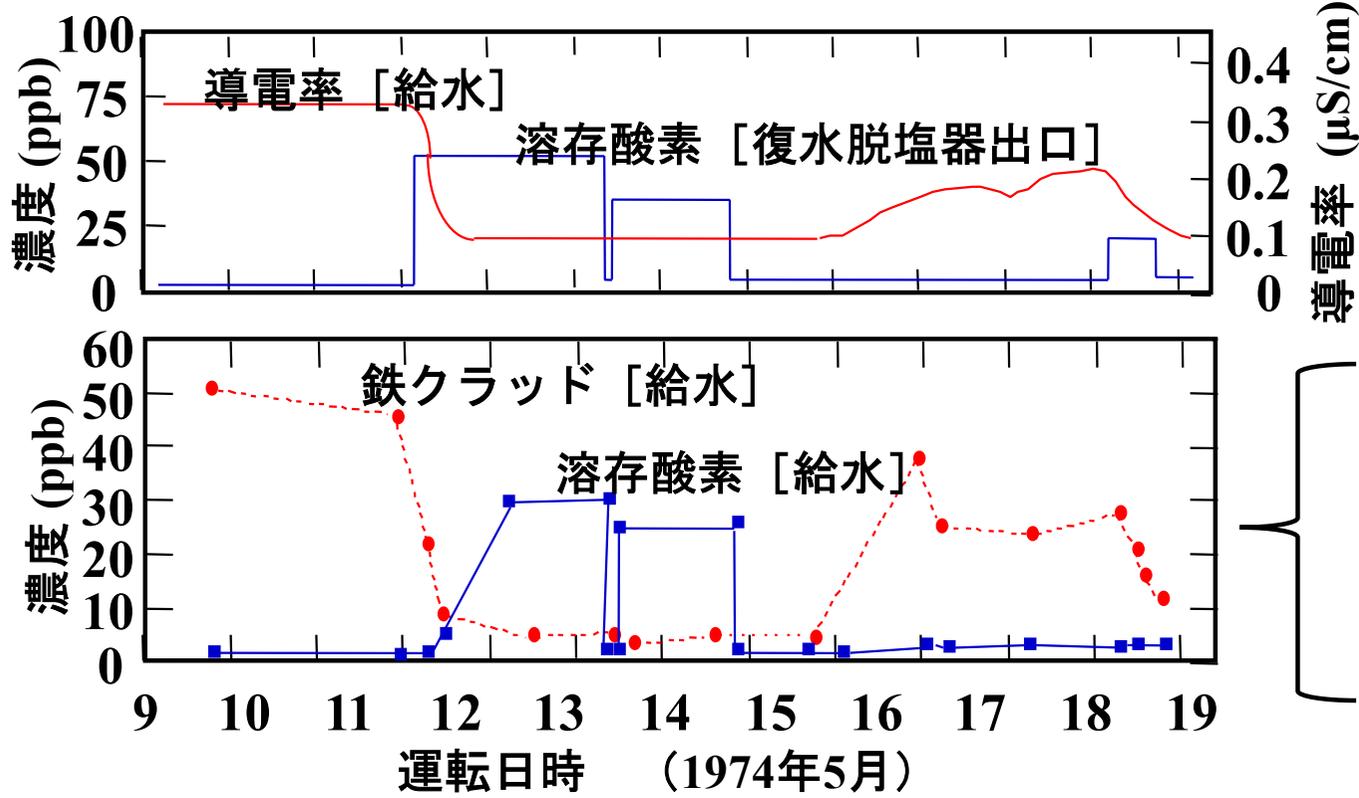
対象	プラント	要因	対応	対応組織	参考文献
漏洩燃料	浜岡1号機	Naイオンによる腐食加速	水化学管理の徹底 (Na流入抑制の徹底)	メーカー/電力	(1)
ECCS系配管の破断	浜岡1号機	水素燃焼 貴金属が着火要因	構造変更 (ガス溜抑制)	保安院* 協力要請	(2)
シュラウドのひび割れ	柏崎刈羽 2号機他	低炭素ステンレス鋼でのSCC	検査の徹底と 残留応力緩和	保安院* 協力要請	(3)
給水配管の破断	美浜2号機	FAC	減肉検査の徹底	機械学会 協力要請	(4)
福島第1原子力発電所事故	汚染水解析		汚染水解析	学会事故調 協力要請	(5)

\*原子力安全保安院の検討タスクメンバーとして

### 参考文献：

- (1) 「原子炉水化学」研究専門委員会、原子力発電プラントの水化学の実績と将来展望、pp23-25、日本原子力学会(1995).
- (2) 日本原子力研究所東海研究所浜岡1号機配管破断部調査グループ：浜岡原子力発電所1号機余熱除去系配管破断部調査報告書、JAERI-Tech 2001-094 (2001年12月)
- (3) 山脇道夫他、BWR炉心シュラウド等の応力腐食割れに係わる最近の研究動向、日本原子力学会誌、47 (6), 483-497 (2005) 材料部会と合同
- (4) 日本機械学会、減肉特別対応タスク配管技術サブタスク 技術検討WG、減肉に対する技術的知見、日本機械学会 (2010).
- (5) 福島第一原子力事故に関する調査委員会、福島第一原子力事故 その全貌と明日に向けた提言、丸善 (2014)I.)

## BWRにおける酸素注入の効果（中性純水）



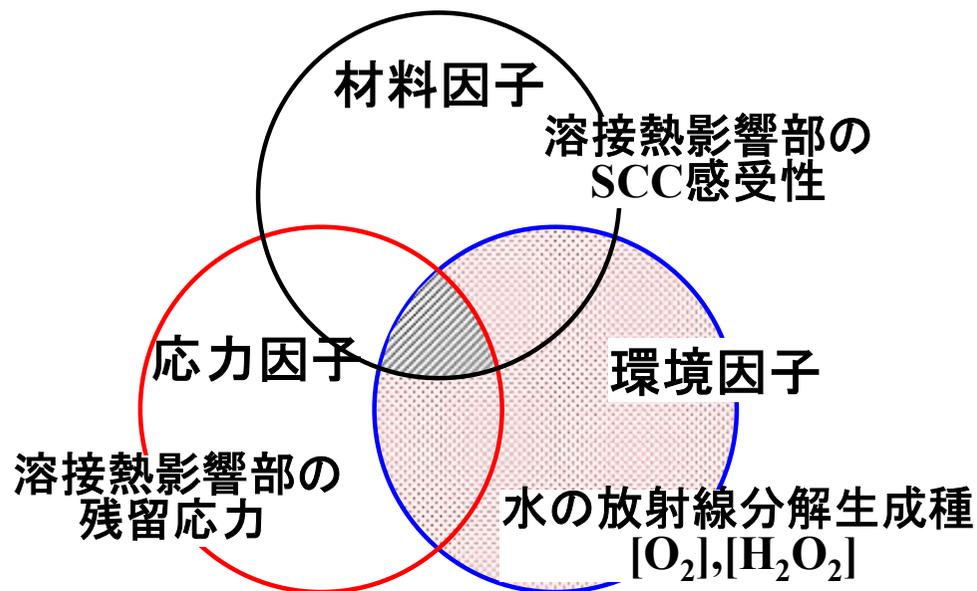
BWRでは原子炉への鉄クラッド持込抑制のための酸素添加の結果、給水系配管の減肉を抑制

腐食にとって酸素はマイナスという固定観念を覆した

PWR給水系配管のFACでも同じ状況であった（酸素処理）

- (1) 泉谷雅清他、BWR給水系への酸素注入による腐食抑制、火力原子力発電、27(5), 17(1976).
- (2) 大角克己、原子炉への酸素注入-BWR水化学技術の曙、返仁90、返仁会、37-42 (2001)

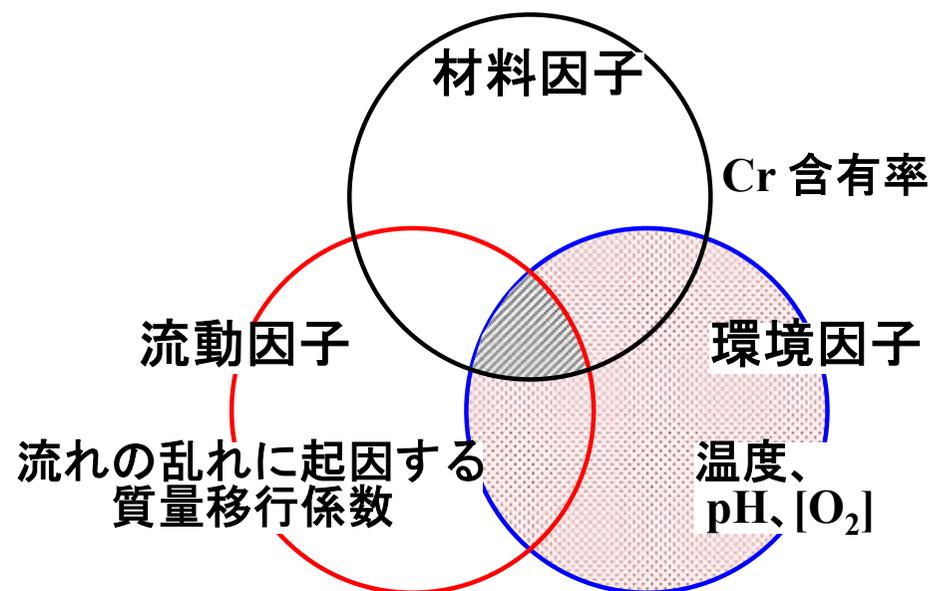
## 粒界型応力腐食割れ (IGSCC)



腐食電位ECPが低い方が安全側

IGSCC抑制策：溶存酸素濃度低減

## 流れ加速腐食 (FAC)



腐食電位ECPが高い方が安全側

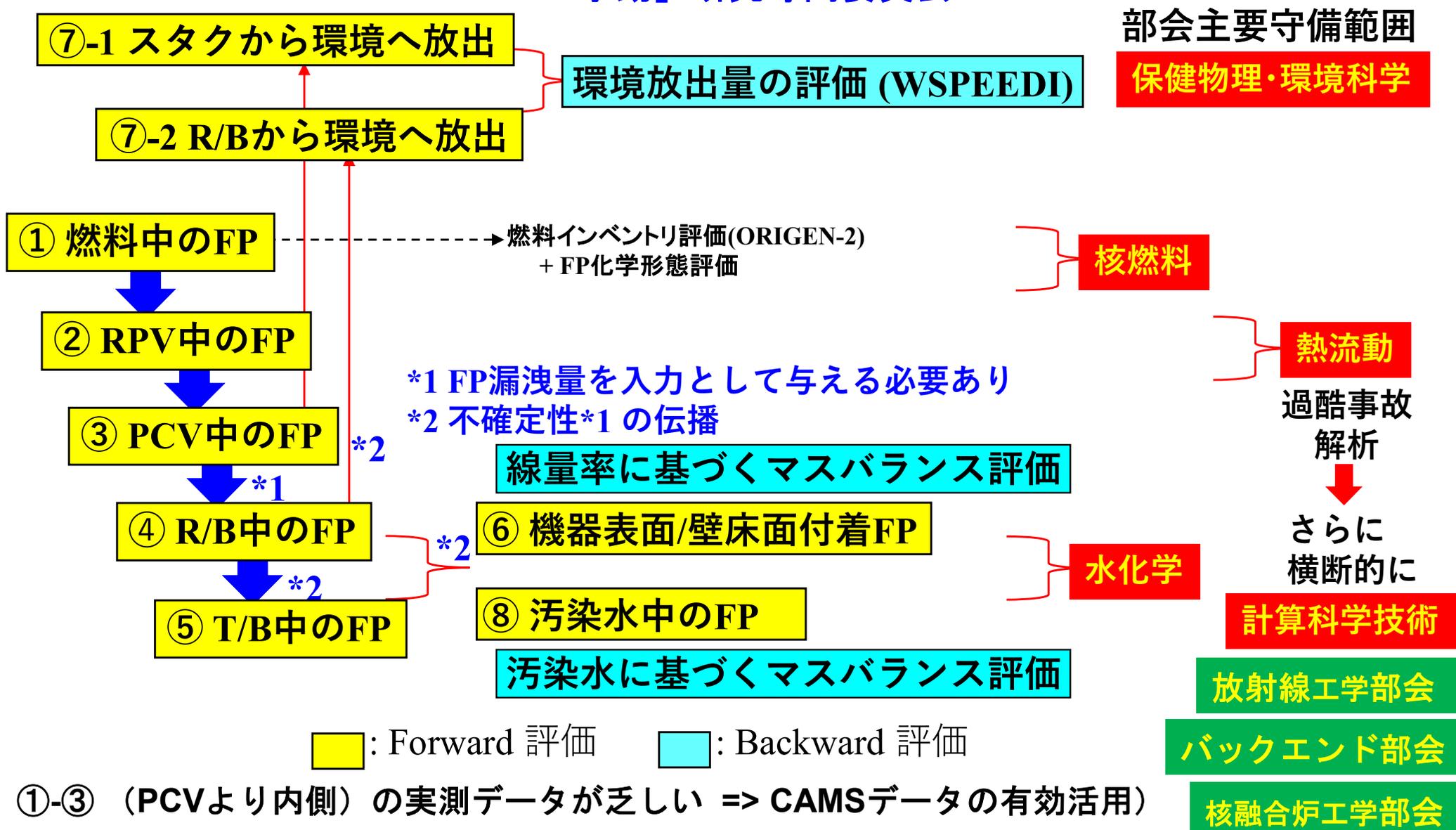
FAC抑制策：酸素添加

HWC, NMCA, On-line NMCA など水化学環境制御技術へ発展

火力では、高pH化、酸素処理 (OT) 原電敦賀2号機でのOT EdFもOT採用

出展: S. Uchida, "Corrosion of Structural Materials and Electrochemistry in High Temperature Water of Nuclear Power Systems", *Power Plant Chemistry*, **10**, 11, 630-649 (2008)

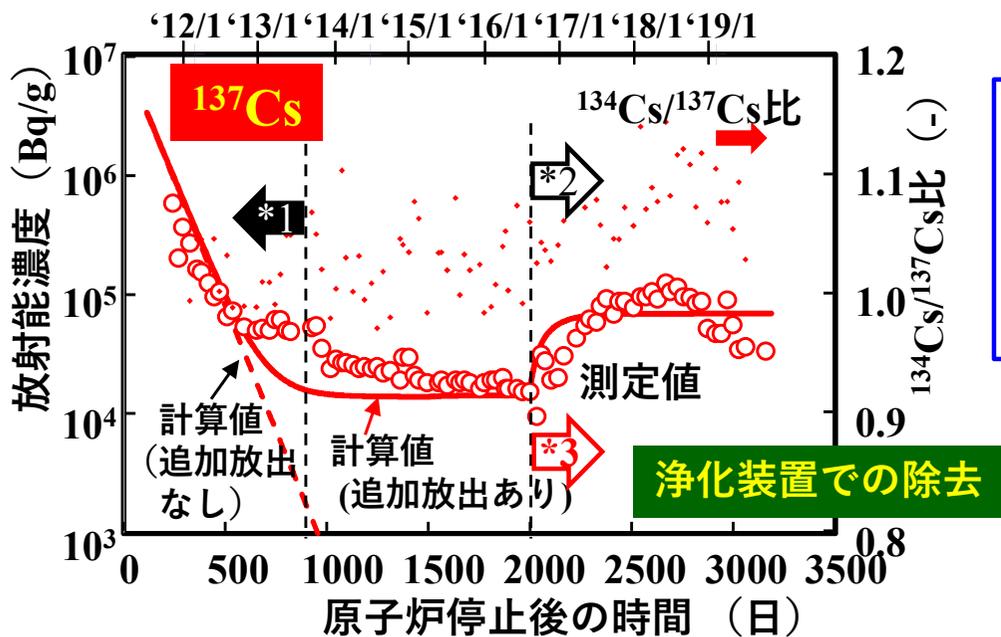
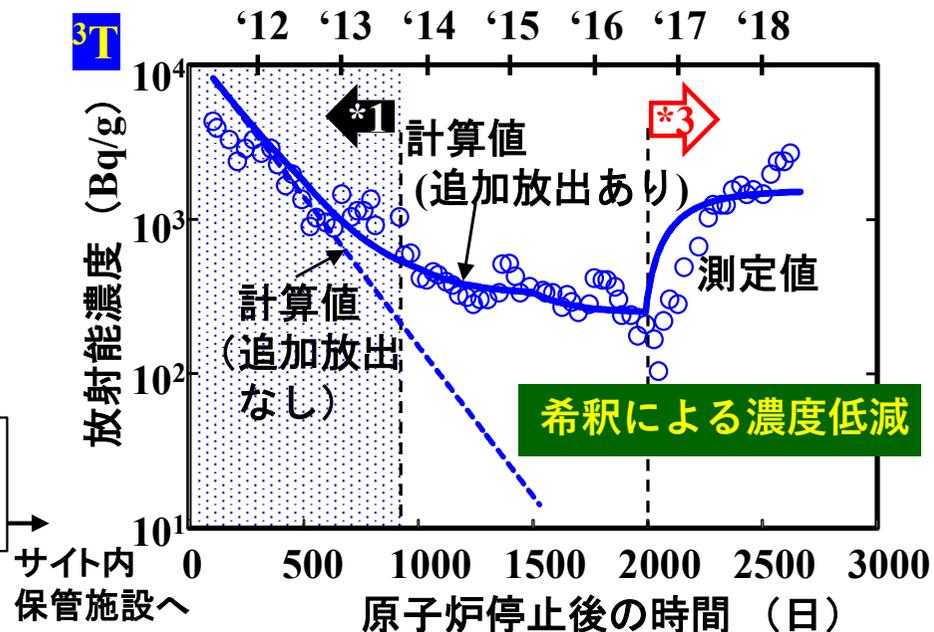
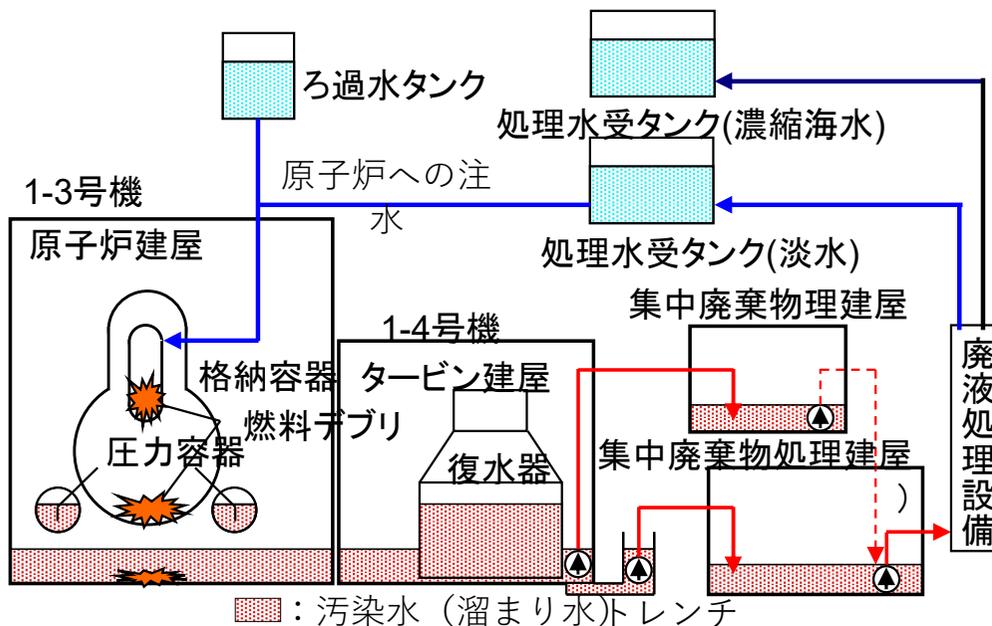
## 「FP挙動」研究専門委員会



**FP 挙動研究専門委員会 [主査:勝村庸介先生 (2017-2021)]**  
**1F廃炉に向けたFP 挙動研究専門委員会 [主査:勝村庸介先生 (2021-2025)]**

# 3-6 1F事故時の核分裂生成物の挙動

## 汚染水のマスバランス評価結果8年間の汚染水処理 (日本原子力学会事故調報告)



- $^{137}\text{Cs}$ は廃液処理系での除去により濃度低下
- $^3\text{T}$ は漏洩し、混入した地下水等による希釈効果で濃度低下

日本原子力学会編、「原子力のいまと明日」、pp65-68、丸善出版、2019.

0. 自己紹介
1. 水化学関連研究専門委員会発足前夜の状況
2. 水化学関連研究専門委員会の活動状況
3. 水化学部会部会から水化学研究専門委員会へ
4. **これからの水化学部会への期待と若手会員へのエール**
5. まとめとお願い

1. これまでの部会の運営に対しての幹事団、会員諸兄のご尽力には深謝
2. 今後新たな展開と一層の発展を期待します。
  - 1) **BWR/PWRの枠を超えて研究活動を進めて欲しい**  
これまでも技術交流での成功例は多い
  - 2) 研究専門委以来、企業際、学際を超えての人的交流
3. 世界に挑戦して欲しい。  
水化学のグループとしての技術集団化は世界的にも稀
4. 活動の記録を後輩に残して欲しい  
世代交代をごく自然にかつ確実に  
アーカイブズを大切に、  
現状はweb上に残しているがこれだけでOK?  
引用しにくいことと消失することへの危惧
5. 部会内部での活動の反面学会での発表がやや精彩を欠く  
1F事故以降、プラントの稼働が限定されているが、  
特に若手には積極的に学会活動（年会/分科会での口頭発表）して欲しい  
そして第三者が参考にできるように論文化して欲しい

## 新しい水化学に係わる目標値[BWRとPWRの交流の足跡]

制御目的	目標値				
	pH	[H <sub>2</sub> ]	[O <sub>2</sub> ]	ECP	その他
<b>PWR</b>					
1次系					
最適[H <sub>2</sub> ]制御	-	最適値	- *1	- *2	
<sup>10</sup> Bの採用(将来)	- *1	-	-	-	<sup>10</sup> B/B比
Zn 注入	-	-	-	-	[Zn]
-----					
2次系					
最適 pH 制御	最適値	-	-	-	-
O <sub>2</sub> 注入	-	-	最適値	- *2	SG入口のECP
<b>BWR</b>					
給水系					
O <sub>2</sub> 注入			最適値		
-----					
炉水系					
水素注入	-	最適値	- *1	- *2	主蒸気中の <sup>16</sup> N
NMCA	-	- *3	-	- *2	
[Fe] 制御	-	-	-	-	Ni/Fe 比
極低鉄高Ni	-	-	-	-	低[Fe]
Zn 注入	-	-	-	-	[Zn]

\*1 目標値

2\* 高温センサ要

\*3 [H<sub>2</sub>]/[O<sub>2</sub>]>2

出展: [1] IAEA, "Data processing technologies and diagnostics for water chemistry and corrosion control in nuclear power plants (DAWAC)", IAEA-TECDOC-1505 (2007).

[2] S. Uchida, K. Ishigure, H. Takamatsu, H. Takiguchi, M. Nakagami and M. Matsui, "Water Chemistry Data Acquisition, Processing, Evaluation and Diagnosis Systems for Nuclear Power Reactors" Proc. The 14th Int. Conf. Properties of Water and Steam, (Kyoto, Japan), International Association for Properties of Water and Steam, Maruzen Co. Ltd.551-558 (2004).

## 原子炉関連諸定数の入力

- ・ 原子炉出力（中性子、 $\gamma$ 線、 $\alpha$ 線の線量率分布）
- ・ 温度、 ・ 流速、 ・ ボイド率、 ・ 水質（B/Li濃度、H<sub>2</sub>など添加物濃度）

ラジオリシス解析コード  
・ WRAC-J

B/Li濃度連成制御による高温pH

放射腐食性放射線分解生成種濃度分布  
・ [H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>], [O<sub>2</sub>], [H<sub>2</sub>], [H]など

ECP解析コード  
・ 酸化被膜成長+電気化学結合モデル

原子炉冷却系主要系統の腐食環境  
・ 主要個所のECP

B/Liの連成解析と  
ラジオリシス解析の合体

ラジオリシス解析と  
ECP解析コードの一体化

放射線分解生成種濃度、  
材質（SS、Ni基合金）、  
表面性状（酸化層厚）、流動

問題個所の抽出、余寿命評価、緩和策の有効性評価（BWR=>PWR1次冷却系）

出典: K. Hata, et al., Optimization of dissolved hydrogen concentration for mitigating corrosive conditions of PWR primary coolant under irradiation, (1) and (2), J. Nucl. Sci. Technol., 60(8), pp. 867-880 (2023). JAEA-Data/Code 2024-003 DOI:10.11484/jaea-data-code-2024-003

1. 水化学の分野で世界をリードする技術の開発、定着化、普及に挑戦して欲しい。
  - ・ 失敗を恐れず積極的にチャレンジして欲しい。先人たちの失敗例多数。
  - ・ 新しいことに挑戦すれば、失敗もある。最終的に成功すれば、失敗も勲章
  - ・ 研究開発の失敗談、苦労話を掘り起こすこと、残すことが大切
  - ・ 研究開発における失敗の研究 [1,2]
2. 部会、委員会活動を通して、業際で積極的な人的交流に挑戦して欲しい。
  - ・ 人とのつながりはまさに人的財産。部会での他分野、他機関の人との交流
  - ・ 研究専門委員会、部会で先人は、極自然に人的交流を図ってきた。  
[石樽先生のご人徳に負う点が大きかった]
3. 原子力学会の年会、秋の大会のセッションを発表で盛り上げて欲しい。
  - ・ BWRの運転再開も始まり、水化学も立ち上がる
  - ・ 原子力学会の年会、秋の大会でのセッションがさびしので、  
若手技術者、研究者が積極的発表して、盛り上げて欲しい。

(1) 内田、水化学の研究における失敗との遭遇、金属、74(10)、986(2004).

(2) 大角克己、原子炉への酸素注入-BWR水化学技術の曙、返仁90、返仁会、37-42 (2001) [苦労談]

0. 自己紹介
1. 水化学関連研究専門委員会発足前夜の状況
2. 水化学関連研究専門委員会の活動状況
3. 水化学部会部会から水化学研究専門委員会へ
4. これからの水化学部会への期待と若手会員へのエール
5. **まとめとお願い**

- ・我が国の原子炉水化学関連の技術集団化（研究専門委員会、部会）の設立、発展の経緯（50年）について、私見を含め、まとめてみた
- ・水化学は、原子力関連の他の分野に比べ、産の分野（メーカー、電力）からの参加が多い分野であるが、グループ全体としてはよくまとめ、大きな成果が得られてきたと思う。  
全体をまとめ、指導してこられた石樽顕吉先生のリーダーシップの貢献が顕著
- ・水化学部会として、益々発展されることを心より祈願する。

## お願い事項

- ・同じ課題でも、立場が異なると、当然見方、考え方が異なる。
- ・他メーカーの方、特に、電力の方、あるいは官学の方に、広く水化学の黎明期、その後の発展期などについてのご講演を頂くことが肝要と考える。

ご清聴ありがとうございました