

水化学ロードマップにおける被ばく低減の 位置づけと今後の課題

第17回 水化学部会 定例研究会 資料
2012年10月22日

関西電力(株) 原子力事業本部 寺地巧

公演内容

- 水化学RMの内容紹介
- 被ばく線量の状況：海外と国内の比較
- 関西電力の水質パラメータ他
- 今後の方向性、水化学への期待



被ばく低減に関して、国内プラントが世界最高水準を達成するために、何を
する必要があるのか

水化学ロードマップとは

原子力発電所の安全に関する開発ロードマップ

- 平成16年度に日本原子力学会が軽水炉利用の高度化、燃料高度化、高経年化対応*についてロードマップ¹⁾をまとめた。

水化学ロードマップ

- 水化学固有の切り口からの議論も不可欠と判断
- 原子力安全基盤機構からの請負契約により、原子炉水化学についてのロードマップ²⁾をまとめ。



出展:

1) 原子力発電の安全に関する研究開発ロードマップ, 日本原子力学会誌, 48, 2, 94 (2006)

2) JNES報告書「原子力安全研究ロードマップ整備」、07基調報-0004(2007)

3) 水化学ロードマップ2009 (<http://www.aesj.or.jp/~wchem/RM2009.pdf>)

水化学RMにて抽出された課題

構造材料の高信頼化

1. 応力腐食割れ環境緩和
2. 配管減肉環境緩和
3. SG長期信頼性確保
4. 状態基準保全への支援

燃料の高信頼化

5. 被覆管・部材の腐食／水素化の抑制
6. 性能維持(AOA抑制)

環境負荷軽減

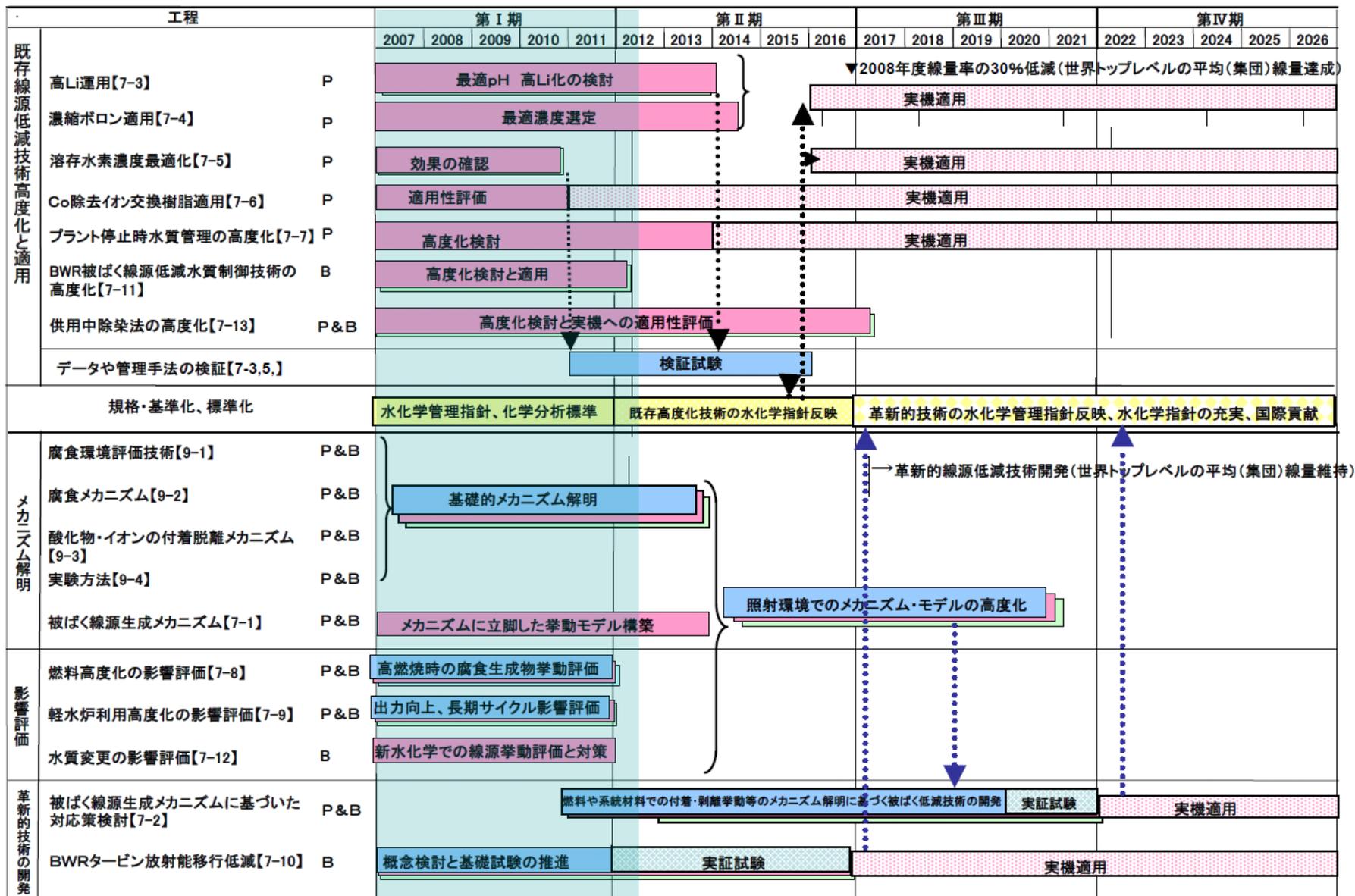
7. 被ばく線源低減(作業環境改善)
8. 環境・一般公衆への影響低減

- ・既存線源低減技術高度化
- ・革新的線源低減技術開発
- ・水質変更の影響評価

諸課題への取り組みを支える基盤

9. 水化学共通基盤技術
10. 人・情報の整備

被ばく線源低減に関するロードマップ



出典: 水化学ロードマップ2009 (<http://www.aesj.or.jp/~wchem/RM2009.pdf>)

RM記載の既存技術の高度化と適用

項目	技術課題	概要
既存線源 低減技術 の高度化 と適用	PWR1次系冷却材の高リチウム 濃度管理適用	運転サイクル全体を通じ冷却材を最適pHに 一定維持することで、被ばく線源の生成を抑 制
	PWR1次系冷却材への濃縮ボロ ン10適用	
	PWR1次系冷却材の溶存水素低 濃度管理	燃料表面での腐食生成物の付着・放射化の 抑制
	PWR1次系浄化へのCo除去イオ ン交換樹脂の適用	微細な粒子状Coの除去
	PWR1次系におけるプラント停止 時水質管理方法の高度化	燃料表面からの溶出を抑制しつつ、構造材 からのRIを除去
	BWR被ばく線源低減水質抑制技 術の高度化	出力向上・高燃焼度化・高経年化に対応し た水質制御技術の高度化
	供用中除染法の高度化	再汚染の少ない除染法の開発

出典: 水化学ロードマップ2009 (<http://www.aesj.or.jp/~wchem/RM2009.pdf>)

被ばく低減に関するロードマップの目標

<当面の目標>

- **2016年度末**を目処に**既存線源低減技術**の高度化を図り、**2008年度線量率の30%を低減**する。(世界トップレベルの平均(集団)線量達成)

<中長期目標>

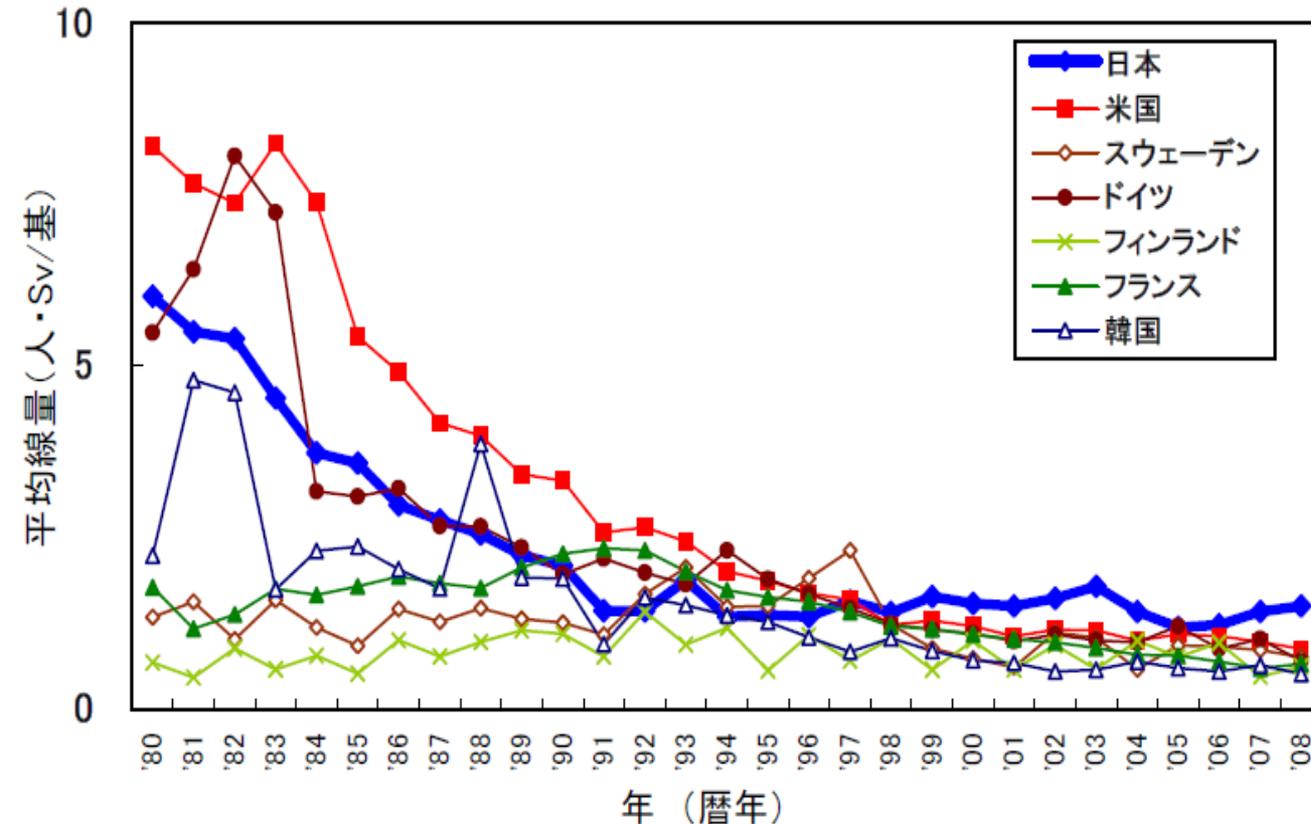
- 2017年度以降被ばく線源生成メカニズムの解明により、**革新的な線源低減技術**の開発を進める。(世界トップレベルの平均(集団)線量を維持)

公演内容

- 水化学RMの内容紹介
2016年までに2008年より30%低減
- 被ばく線量の状況：海外と国内の比較
- 関西電力の水質パラメータ他
- 今後の方向性、水化学への期待

平均線量の国別トレンド

世界の原子力発電所一基当たり線量の推移(発電炉)(1980-2008)



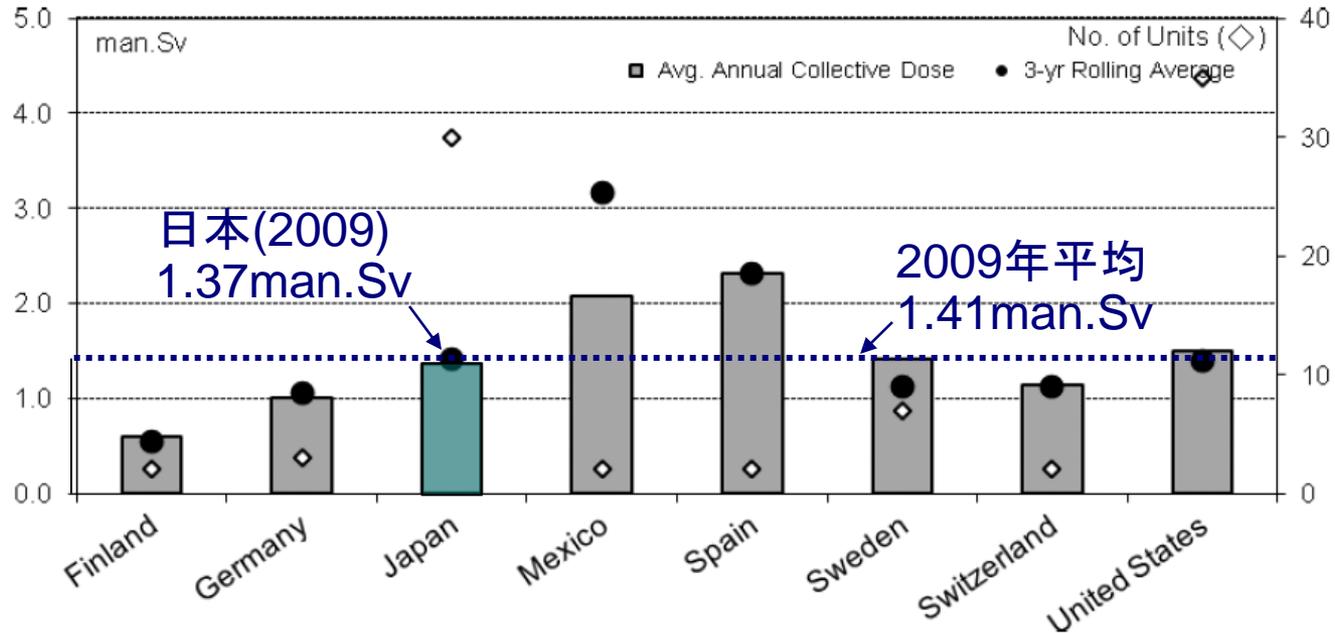
- 1990年ごろまでは欧米と比べても良好な平均(集団)線量だったが、近年はやや高い水準
- 運転期間や作業量が多い事に起因する
とした報告もある。

出典: ISOEデータベース

<http://www.jnes.go.jp/isoe/atcdatabase/pdf/world/80-08.pdf>

BWRプラントあたり被ばく線量の国別比較

Figure 5. 2009 BWR average collective dose per reactor by country (man·Sv/reactor)

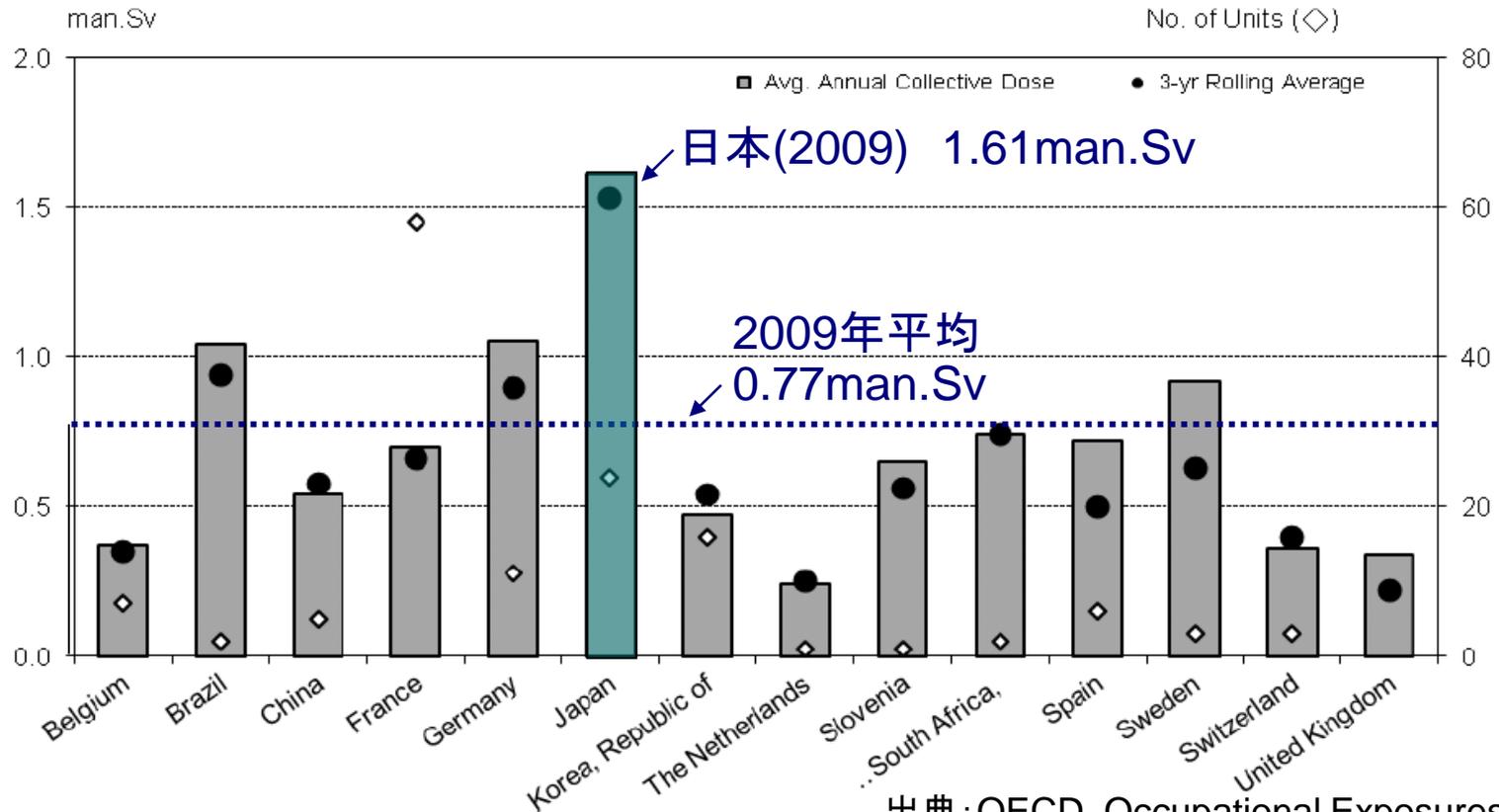


出典: OECD, Occupational Exposures at Nuclear Power Plants, 19th annual report (2011)

- BWRは海外と遜色ない被ばく線量

PWRプラントあたり被ばく線量の国別比較

Figure 3. 2009 PWR average collective dose per reactor by country (man-Sv/reactor)



出典: OECD, Occupational Exposures at Nuclear Power Plants, 19th annual report (2011)

■ PWRは海外と比べて高い

- SG管台修繕などの改良工事が近年増加
- 13ヶ月運転とSG検査量などの差異が影響か

被ばく増加要因：作業量の違い

設備利用率と被ばく線量の関係

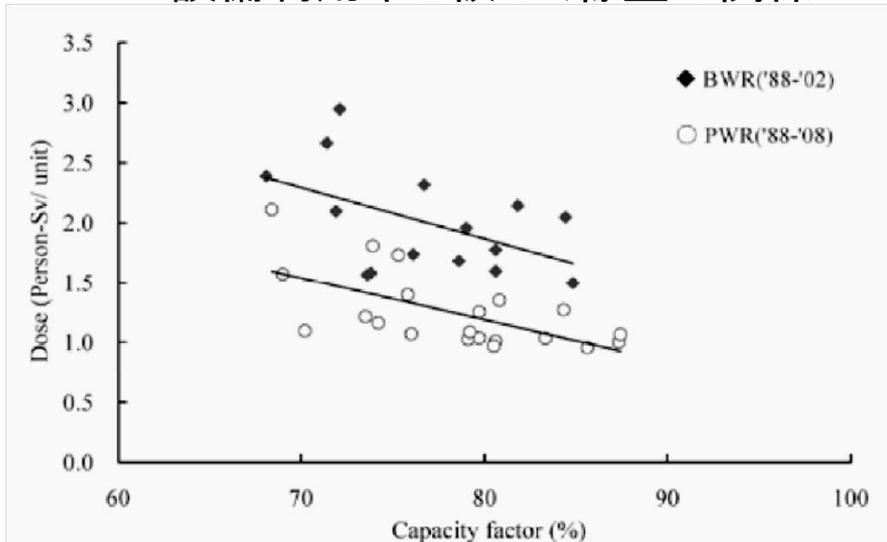


Fig. 8 Correlation between annual total doses and capacity factor.

設備利用率の国別トレンド

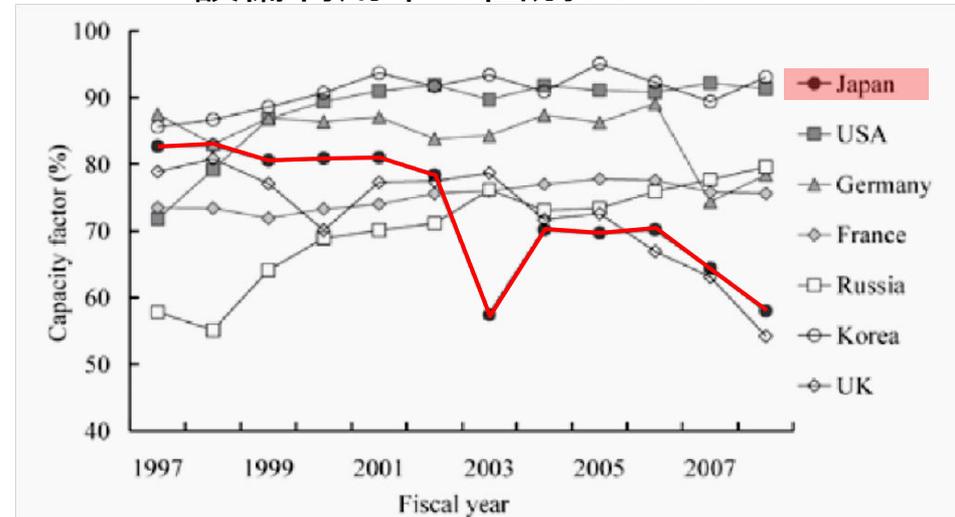


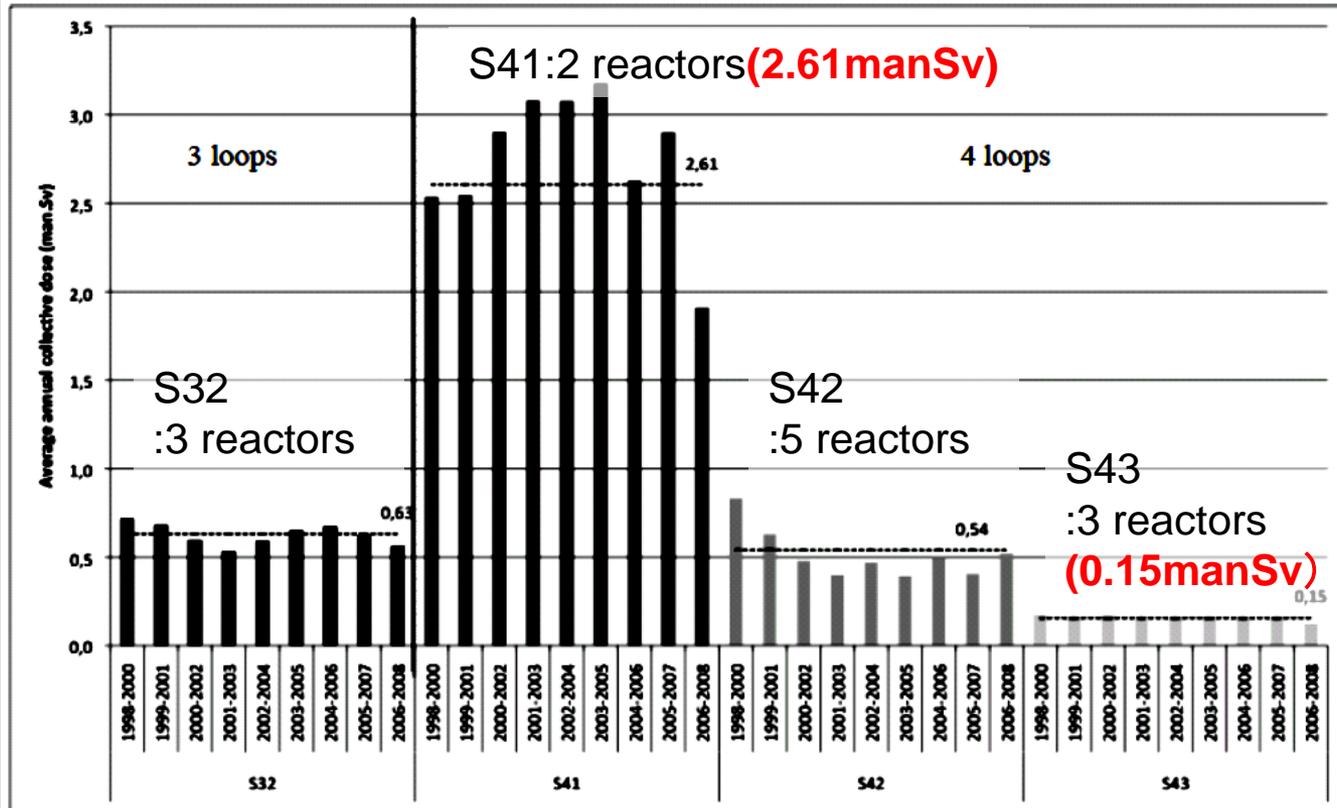
Fig. 6 Trends of capacity factor of nuclear power plant in major countries.²⁾

出典：近江 正 他、Jpn.J. Helth Phys., 46(2)、2011

- 海外は長サイクル運転の採用などにより設備利用率は増加傾向
- 国内は改良工事の増加や新潟中越沖地震の影響で利用率が低下

プラントデザインによる被ばく線量の差 (Siemens製PWR)

Figure 13. 3-year rolling average annual collective dose per reactor (1998-2008) for Siemens design



- プラントのデザインにより、被ばく線量に顕著な差
- 水化学のみでは限界がある。
- **プラントメーカーと連携し、低減策を構築する必要有り**

出典: OECD, Occupational Exposures at Nuclear Power Plants, 19th annual report (2011)

公演内容

- 水化学RMの内容紹介
 - 2016年までに2008年より30%低減
- 被ばく線量の状況：海外と国内の比較
 - PWRは海外と比べて高い被ばく線量
- 関西電力の水質パラメータ他
- 今後の方向性、水化学への期待

海外プラント (EPRI取り纏め) と関西電力プラントの線量率比較

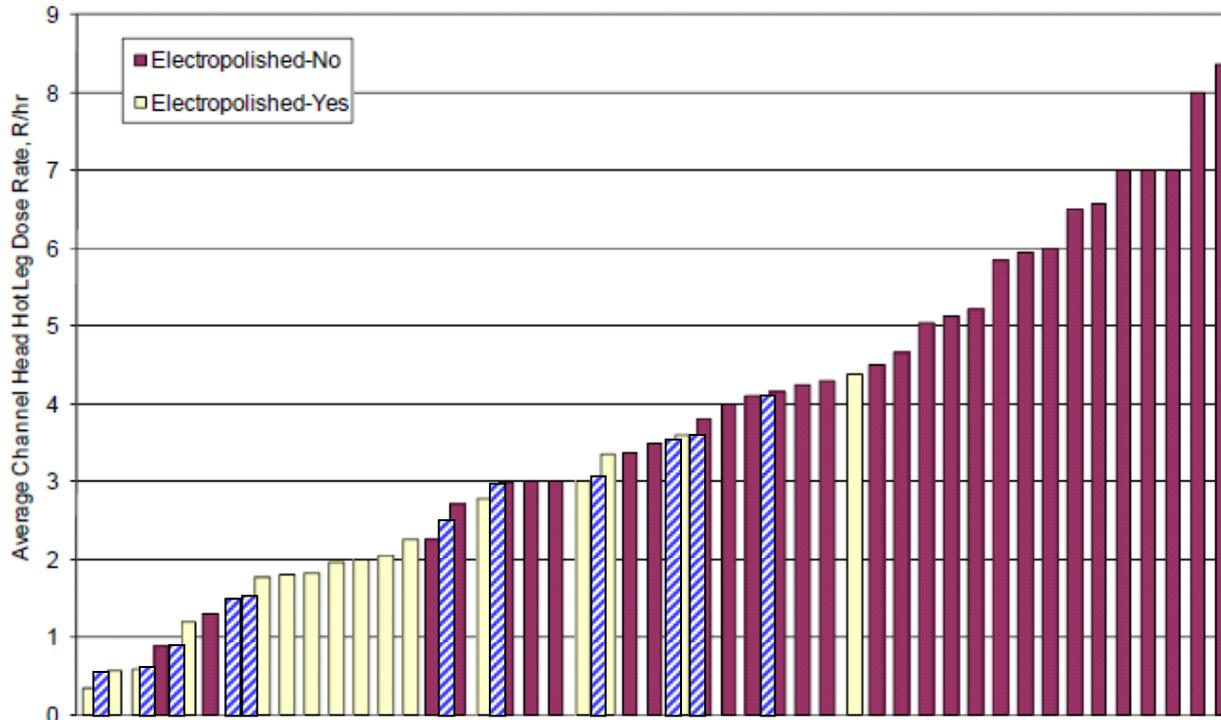


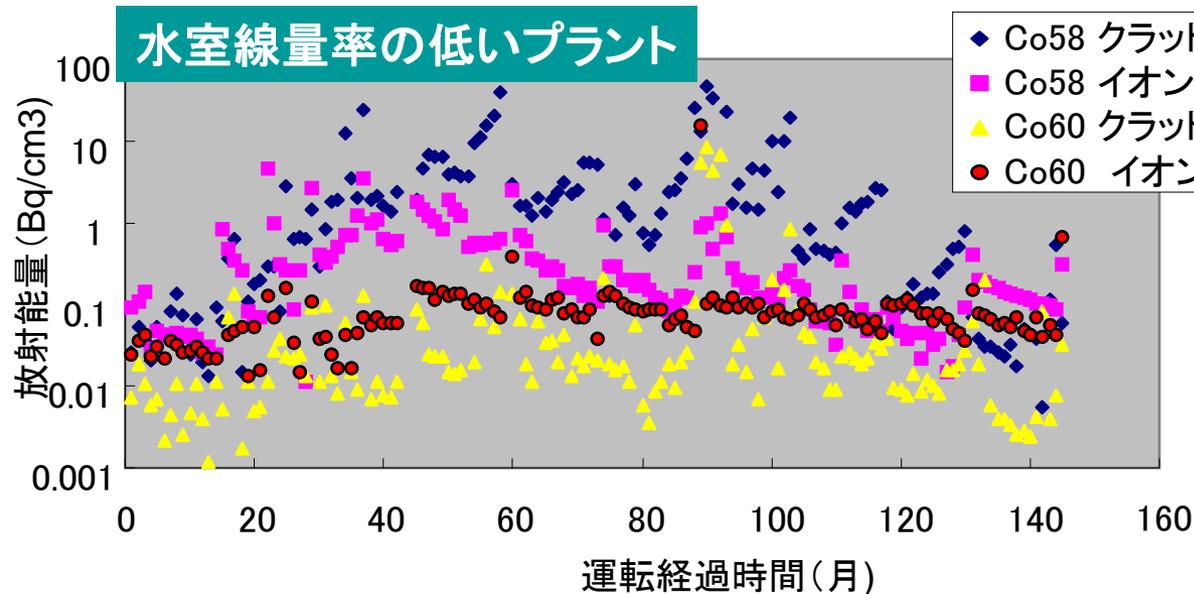
Figure 4 Comparison of most recent available average cold leg steam generator channel head center dose rate (1 R/hr = 10 mSv/hr), Yellow bars indicate the channel head was electropolished.

出典: D. Hussey et. al, NPC2008

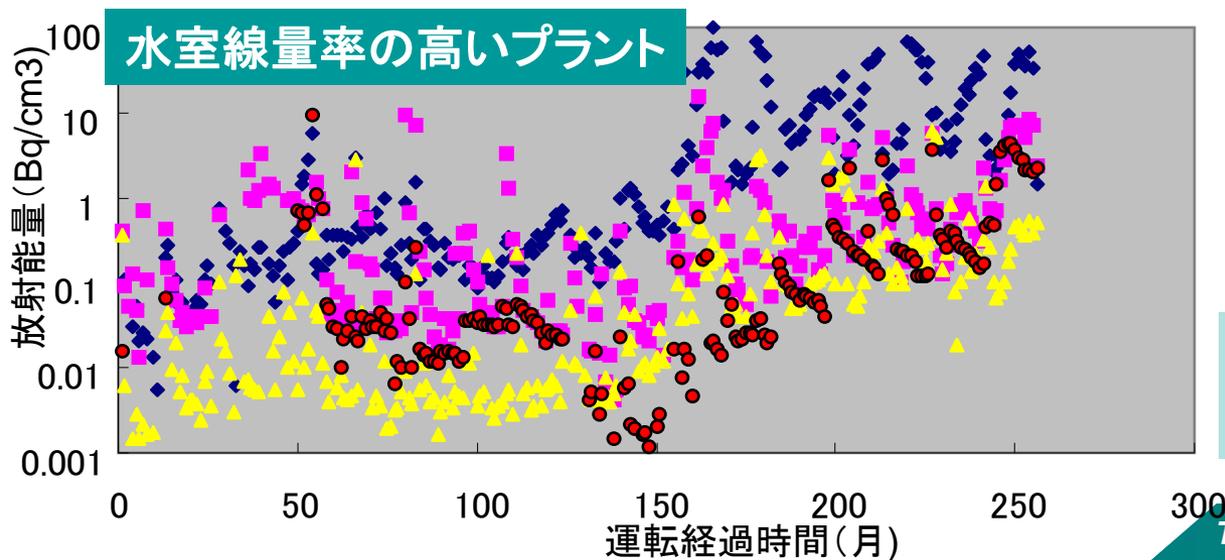
■ 当社プラント: SG水室 (Hot側) 線量率

- 線量率は高くない。一部のプラントはトップクラス。
- ただし、平均以下のプラントも存在する。 → 違いを明らかにしてすべてを世界トップに引き上げる事が重要

RCS中(運転中)Co濃度



■ Co濃度に大きな変動は無く安定している。



■ Co濃度に変動あり

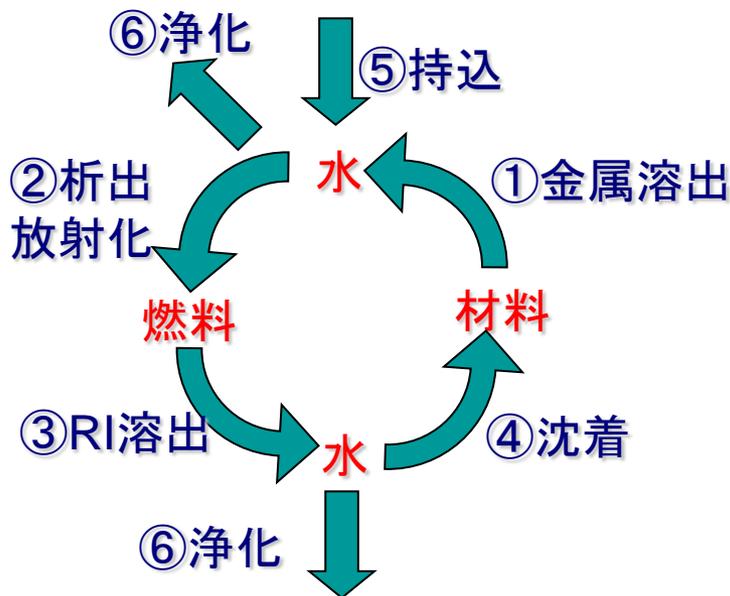
■ 近年は特に、サイクル初期に増加



起動・停止時の金属イオンが影響か？(詳細確認中)

必要な対策についての考察

起動・停止時の金属イオンが影響か？（詳細確認中）



RI生成過程の模式図

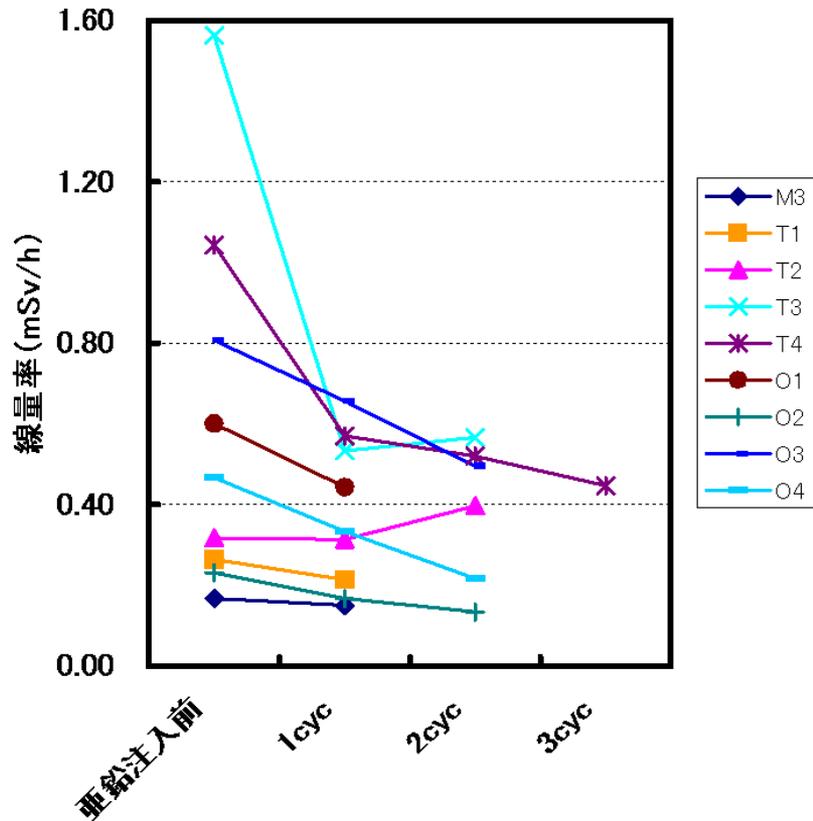
- 原因評価には、RI発生に関する定量的な機構解明が必要。
- 現状は基礎的知見が不足しており、評価に限界がある。

不足している基礎知見：

- 高温水中での溶解度
- 金属の溶解挙動
- 燃料表面への析出挙動
- 最適な金属イオン濃度
- 微量金属の発生源

参考：関西電力の亜鉛注入実績

低減



- 亜鉛注入後は、全体的に線量率低下の傾向が確認できる。
- ただし、亜鉛注入は海外でも導入されており、本技術だけで世界最高水準を達成することは困難



抜本的な被ばく線量率低減の取り組みが必要

※ 線量率は、RCS主要配管の平均値(HOT,COLD,クロスオーバー)

公演内容

- 水化学RMの内容紹介

2016年までに2008年より30%低減

- 被ばく線量の状況：海外と国内の比較

PWRは海外と比べて高い被ばく線量

- 関西電力の水質パラメータ他

一部は世界最高水準の低線量率

プラント毎にバラツキがあり、亜鉛注入以外の対策も重要

- 今後の方向性、水化学への期待

水化学への期待

ユーティリティーの取り組み

金属イオン濃度の
管理高度化
(Fe, Ni, Co, Zn濃度)

学によるサポート

- ・最適な金属イオン濃度
- ・高温水中での溶解度
- ・金属の溶出機構
- ・燃料表面への析出機構
(起動停止時含む)
- ・燃料からの溶出機構

被覆管表面クラッド
の析出抑制

プラントメーカーへの期待

- ・ソース管理高度化
- ・低Co材の徹底
- ・RCS以外からの溶出抑制
- ・溶出抑制技術の開発
- ・最適な起動・停止操作の提案
- ・革新的技術の開発

世界最高水準の
低被ばく線量率

まとめ

- 水化学RMの内容紹介
2016年までに2008年より30%低減
- 被ばく線量の状況：海外と国内の比較
PWRは海外と比べて高い被ばく線量
- 関西電力の水質パラメータ他
一部は世界最高水準の低線量率
プラント毎にバラツキがあり、亜鉛注入以外の対策も重要
- 今後の方向性、水化学への期待
ユーティリティー：積極的な情報提供と金属イオンの管理徹底
学・研究機関：溶解析出など高温水中における基礎挙動の解明
プラントメーカー：ソース管理の高度化、革新技術の開発