

(一社)日本原子力学会 水化学部会
第17回定例研究会 被ばく低減への取り組みについて

この資料及びこの資料に基づく資料を基づく
計算機並びに記録計等の出力を複製、
第三者へ開示または公開
シナイヨウオ願イ致シマス。

BWRプラントの線量低減技術と今後の展開

2012年10月22日

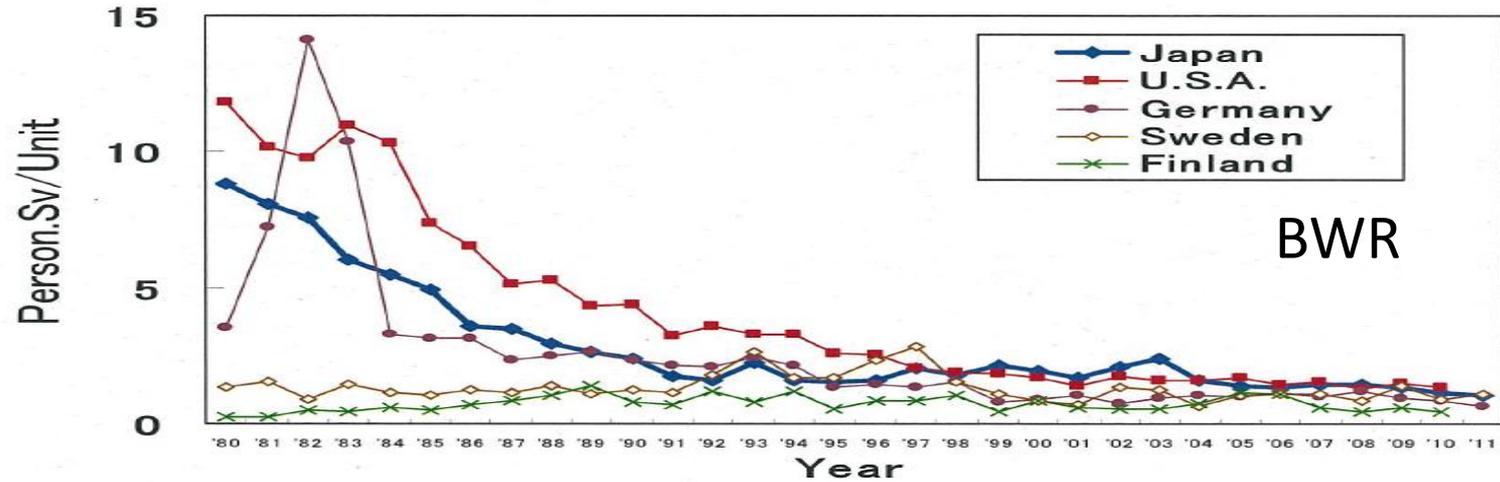
日立GEニュークリア・エナジー(株)

原子力サービス部 保全計画Gr.

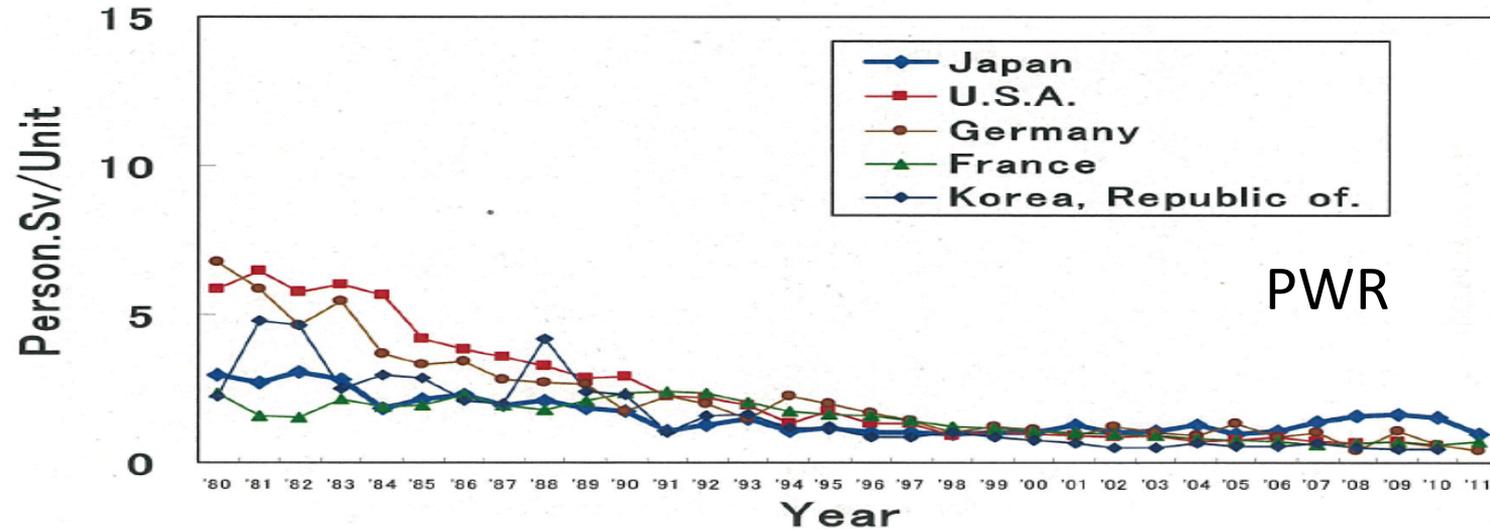
清水 亮介

1. 国内外プラントでの被ばく線量の推移
2. 線量低減技術適用状況
3. 弁からのCo溶出抑制(HHV:Hitachi Hyper Valve適用)
4. 配管付着放射能の運転中監視技術
5. まとめ

1. 国内外プラントでの被ばく線量の推移



*) Dose data exclude Fukushima Daiichi for FY 2010, and Fukushima Daiichi and Fukushima Daini for FY 2011.



安全対策に係る工事等に向け、今後も継続的な被ばく低減対策が望まれる。

Y. Hayashida, ISOE Asia ALARA Symposium, JNES, Tokyo, 24-26 (2012).

2. 線量低減技術の適用状況

	項目	適用状況
炉水放射能濃度 低減技術	給水Fe制御	実機適用
	低Co材適用	実機適用
	弁からのCo溶出抑制	一部適用
	クラッド発生抑制除去	実機適用
	停止時炉水温度降下緩和運転	実機適用
付着速度係数 低減技術	Zn注入	実機適用
	Hi-Fコート	一部適用
	アルカリプレフィルミング	実機適用
	NWC予備酸化運転	実機適用
	機械研磨(PLR配管)	実機適用
	大気酸化	実機適用
	RHR低温投入	実機適用
付着放射能監視技術	配管付着放射能の運転中監視技術	試験炉設置(開発中)
付着放射能除去技術	化学除染	実機適用

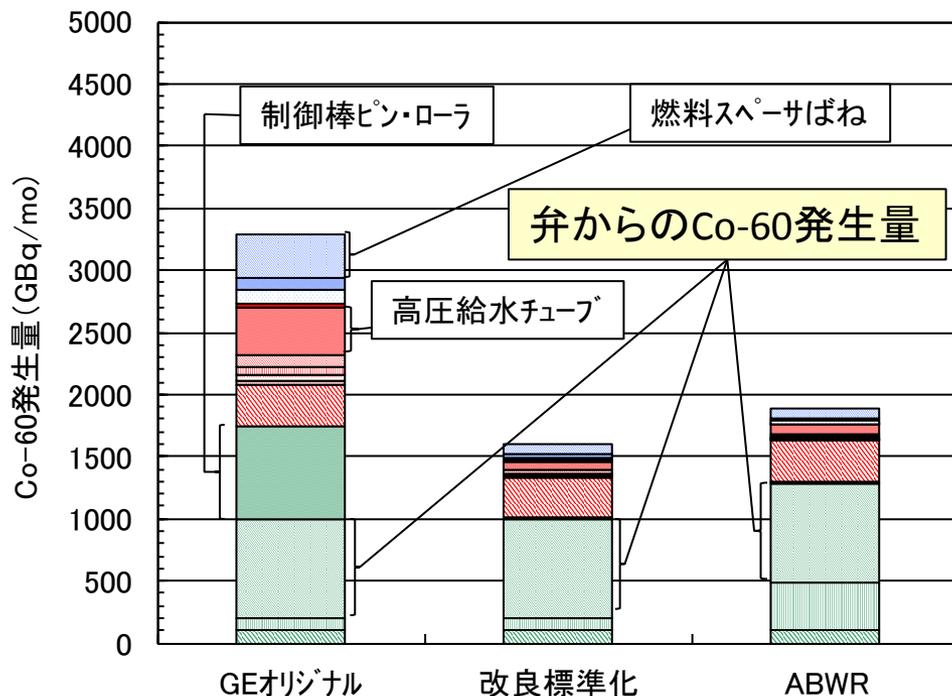
弁からのCo抑制技術及び配管付着放射能の運転中監視技術は、炉型(BWR/PWR)を問わず既設プラントへの適用性が高い

1. 国内外プラントでの被ばく線量の推移
2. 線量低減技術適用状況
3. 弁からのCo溶出抑制(HHV:Hitachi Hyper Valve適用)
4. 配管付着放射能の運転中監視技術
5. まとめ

3. 弁からのCo溶出抑制(HHVの適用)

【Co-60発生源評価】

改良標準化、ABWRでの対策箇所



部材:()内材料はオリジナル	ABWR	改良標準化後 BWR	改良標準化前 BWR
その他(ステライト)	—	—	—
CRD/FMCRD(ABWR)(ステライト)	—	—	—
バルブ(ステライト)	—	—	—
制御棒ピン・ローラ(ステライト)	○	○	—
その他(ステンレス)	—	—	—
気水分離器(ステンレス)	○	○	—
蒸気乾燥器(ステンレス)	○	○	—
制御棒チューブ(ステンレス)	○	○	—
制御棒シース(ステンレス)	○	○	—
高圧給水チューブ(1&2)(ステンレス)	○	○	—
低圧給水チューブ(ステンレス)	○	○	—
膨張スプリング(インコネル)	○	○	—
フィンガススプリング(インコネル)	○	○	—
燃料ハネ(インコネル)	○	○	—

改良標準化によるCo発生量低減:

高圧給水チューブ、燃料スペーサばね等→低Co材の適用
 制御棒ピン・ローラ→ステライト代替材の適用

さらなるCo発生量低減には、弁の対策が必要

出典: 第8回BWR水化学・線量低減ワークショップ(2010)

【従来の弁座の諸懸案】

◆ 従来弁：弁座にステライト(Co基合金)肉盛

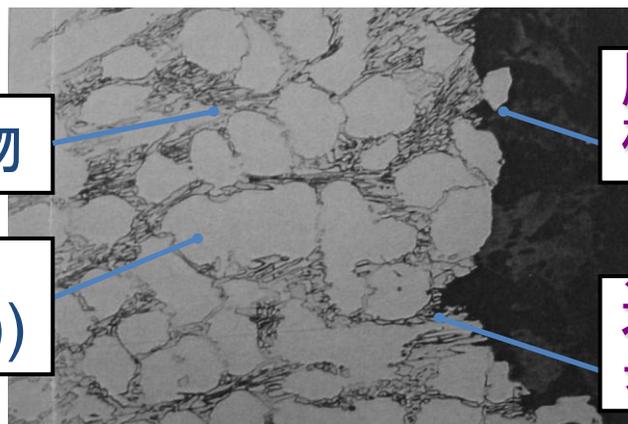
- ・ 弁座面荒れ (腐食、エロージョン)
- ・ 弁座割れ (発生起点は腐食部)
- ・ Co溶出  被ばくの主因
- ・ Corrosion Bonding (安全弁設定圧ドリフト：NRC IN2006-24)

網目状共晶炭化物

脱落寸前の
樹枝状晶

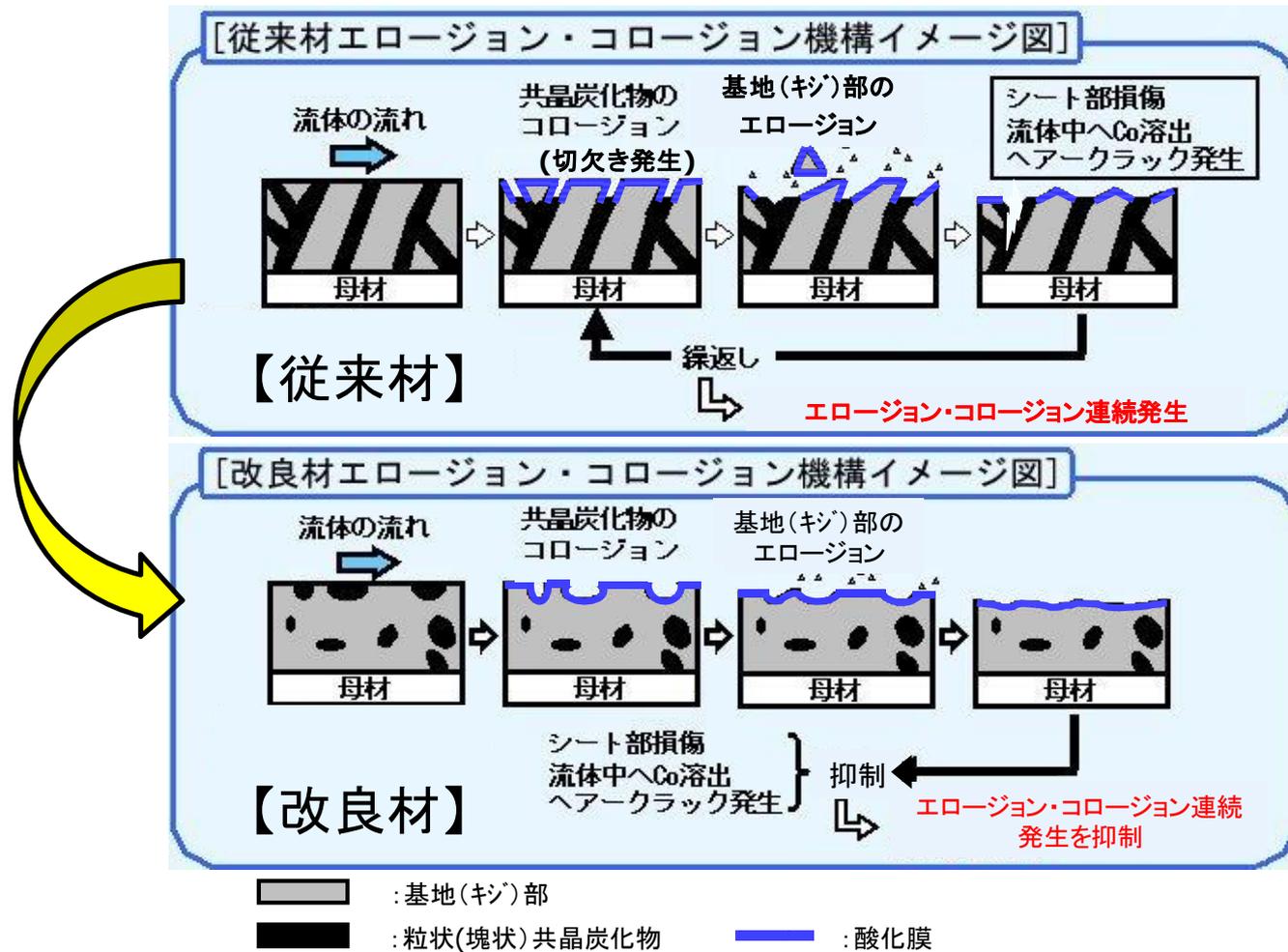
樹枝状晶
(デンドライト：基地(キジ))

選択的な
共晶炭化物損傷



弁座(ステライト#6 溶着)の著しい面荒れ発生部の断面SEM像
ヒ-外レン系弁座エロージョン損傷の例：共晶炭化物の選択的な腐食と基地の脱落が進行中

3. 弁からのCo溶出抑制 (HHVの適用)

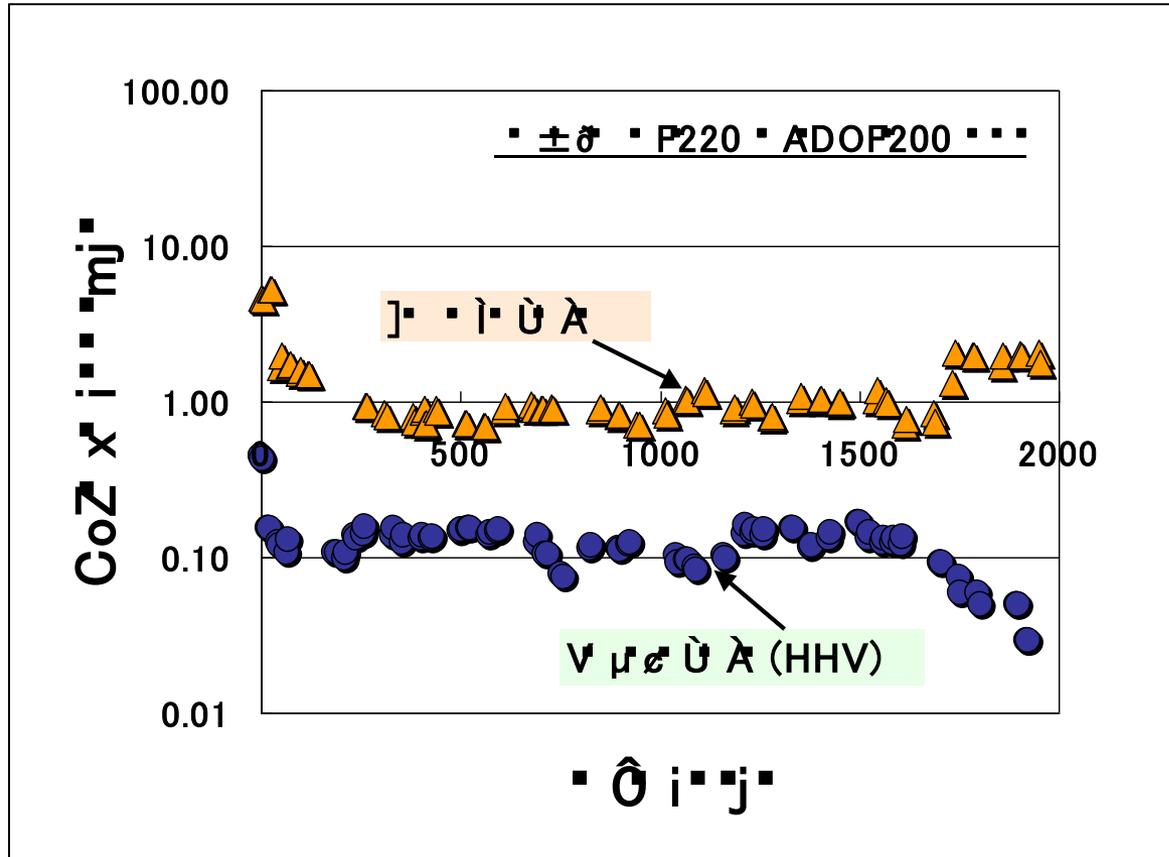


特殊な鍛造処理により共晶炭化物相を分散することで、エロージョン・コロージョンの連続発生を抑制(材料の化学成分は同一のまま)

出典: 第8回BWR水化学・線量低減ワークショップ(2010)

3. 弁からのCo溶出抑制 (HHVの適用)

【Co溶出特性】



日立ラボデータ

HHV:Co溶出量を大幅低減(従来弁座の1/10)

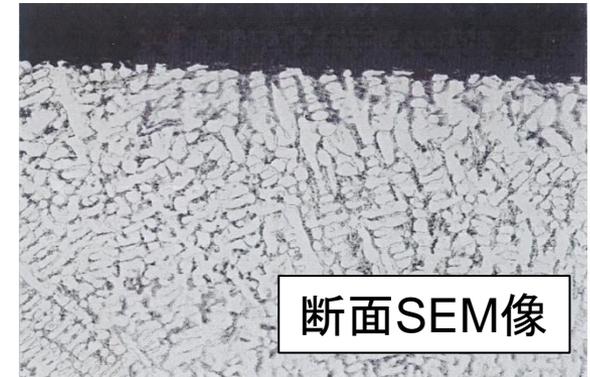
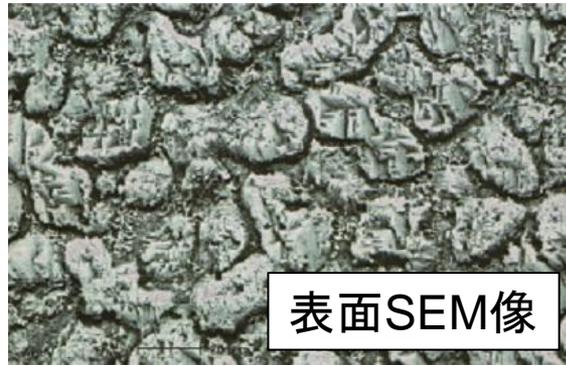
出典: 第8回BWR水化学・線量低減ワークショップ(2010)

3. 弁からのCo溶出抑制 (HHVの適用)

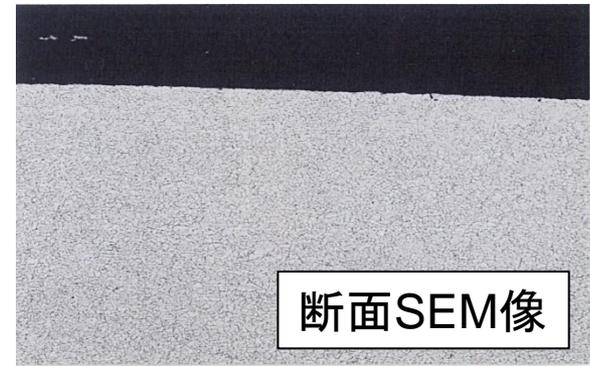
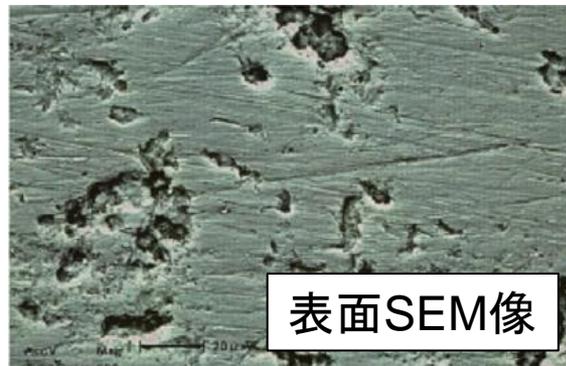
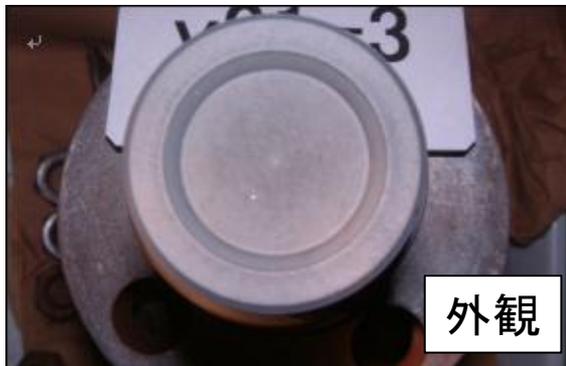
【実機での性能確証試験】

国内BWRプラントにて約1年間設置後、性状調査を実施

従来の弁座



HHV

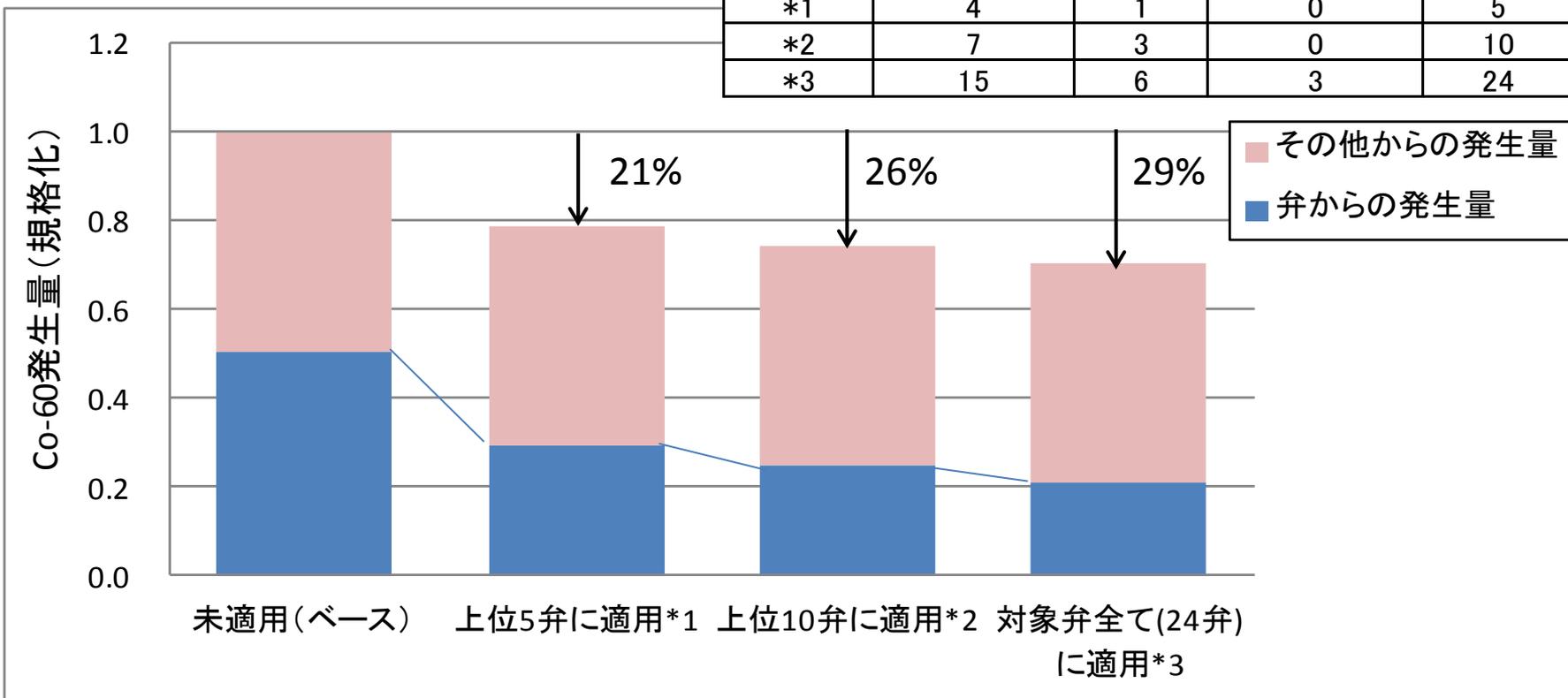


出典：The 9th NRC/ASME Symposium on Valves, Pumps and Inservice Testing (2006).

3. 弁からのCo溶出抑制(HHVの適用)

【適用効果評価】

	HHV適用箇所			
	給水・復水系	ドレン系	原子炉浄化系	合計
*1	4	1	0	5
*2	7	3	0	10
*3	15	6	3	24



Co-60発生量寄与度の高い上位5箇所(弁体のみ)へHHV適用した場合、Co-60発生量を約20%低減可能

3. 弁からのCo溶出抑制(HHVの適用)

【基本性能比較】

弁座に必要な特性		各弁座毎の評価			
		HHV		従来弁座(ステライト#6)	
		従来弁座との性能比較	評価	(ベース材の現状)	
弁座 本体部	①	耐食性	優	◎	改善要(長期運転サイクル移行後、問題顕在化の可能性有)
	②	摺動・耐カジリ特性	優(低摩擦)	◎	(問題なし)
	③	衝撃強度	優(衝撃強度大)	◎	改善要(割れ抑制のため)
	④	残留応力	優(圧縮残留応力)	◎	改善要(割れ抑制のため)
	⑤	割れ発生ポテンシャル	優(低い割れポテンシャル)	◎	改善要(保守性向上、取替発生抑制)
	⑥	耐エロージョン性	優(特に、腐食環境下)	◎	改善要(弁座漏洩性能向上のため)
	⑦	Co溶出特性	優(被ばく低減効果)	◎	改善要(被ばく低減のため)
	⑧	施工性・検査性	優(内在欠陥検出可能)	◎	改善要(摺合せ作業効率向上のため)
弁座 接合部	①	接合強度	同等	○	(問題なし)
	②	耐食性	同等	○	(問題なし)
	③	検査性	優(内在欠陥検出可能)	◎	改善要(摺合せ作業効率向上のため)

(記号) ◎: ベースより向上し、且、要求レベルを満足

○: ベースと同等で、要求レベルを満足

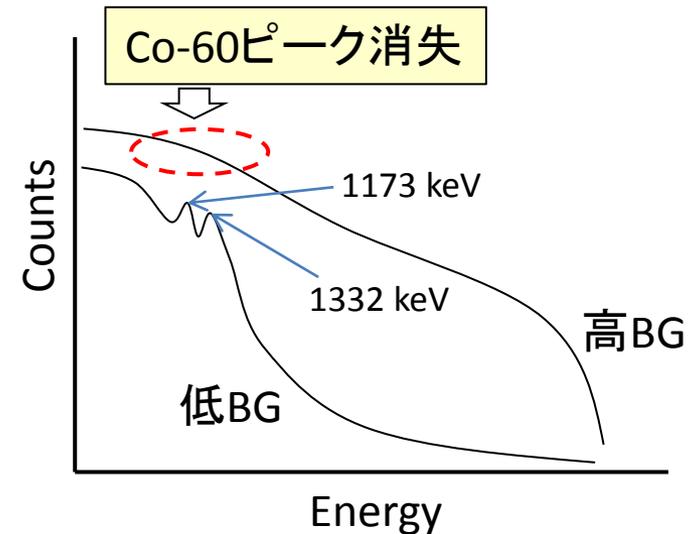
出典: 第8回BWR水化学・線量低減ワークショップ(2010)

1. 国内外プラントでの被ばく線量の推移
2. 線量低減技術適用状況
3. 弁からのCo溶出抑制(HHV:Hitachi Hyper Valve適用)
4. 配管付着放射能の運転中監視技術
5. まとめ

【開発背景】

現状

- ・運転中はN-16による高BGのため測定不可
- ・停止時に配管付着放射能を測定
- 線量高の場合、作業工程に影響



運転中監視技術の導入

- ・運転中に配管付着放射能の変化を事前に確認可能
- ・測定結果を作業準備等へ迅速に反映可能
- ・Zn注入等の水化学技術適用時の配管付着放射能への影響評価が可能

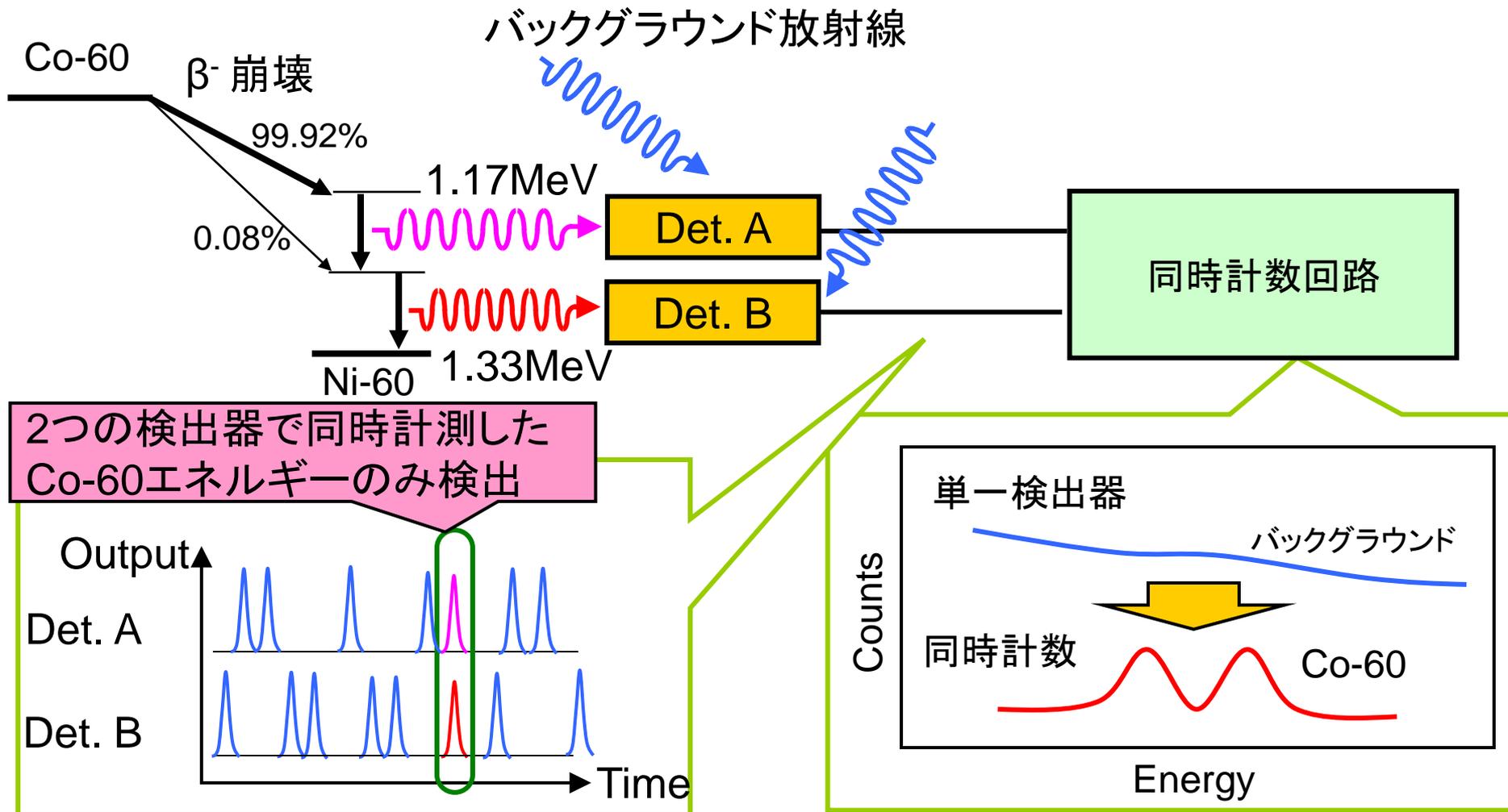
γ線スペクトル測定

導入へ向けた技術課題

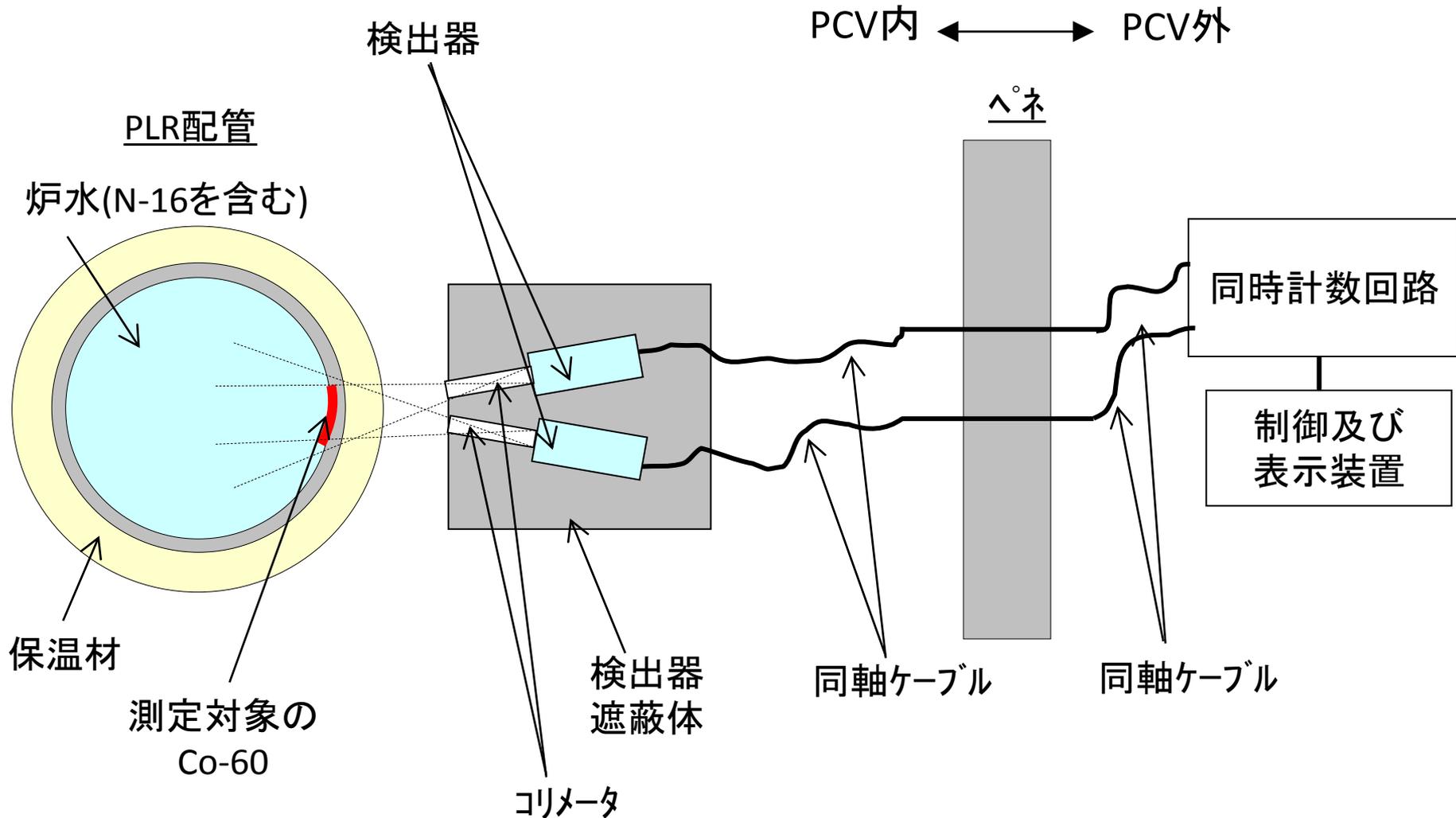
- ・N-16に起因する高BG環境下(～50mSv/h)での測定技術の確立

4. 配管付着放射能の運転中監視技術

同時計数法によりCo-60から放出する2本の γ 線を選択的に検出することで、D/W内等の高線量率雰囲気でもCo-60を検出可能な技術を開発



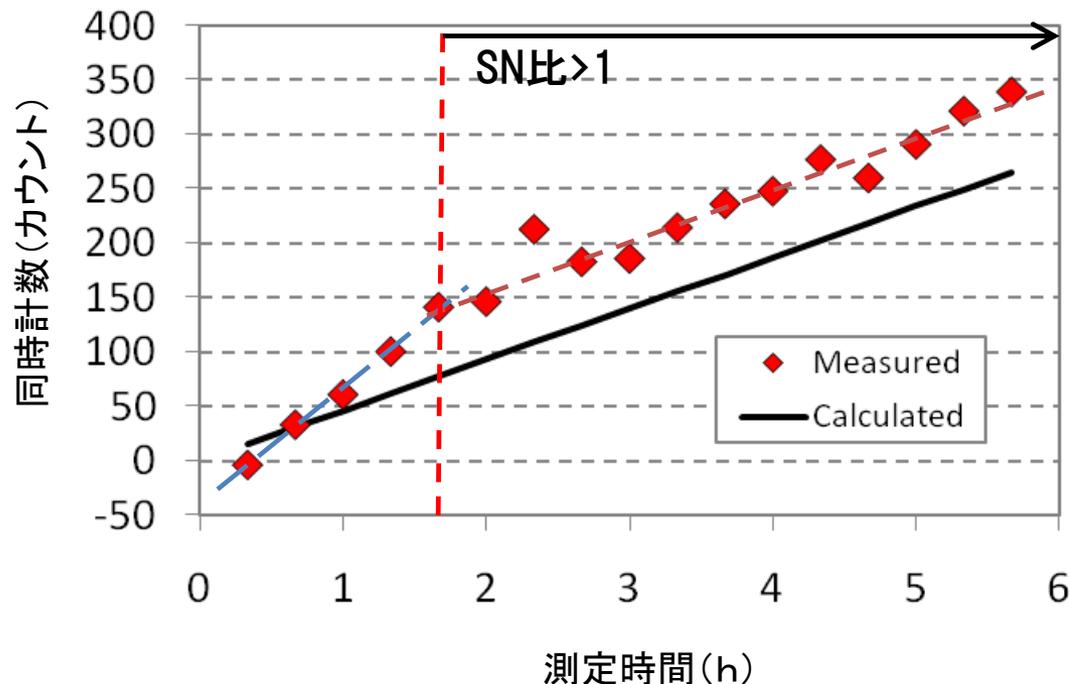
【装置構成例】



【性能確認試験】

京都大学原子炉にて性能確認試験を実施。
高BG模擬環境においてCo-60を計測。

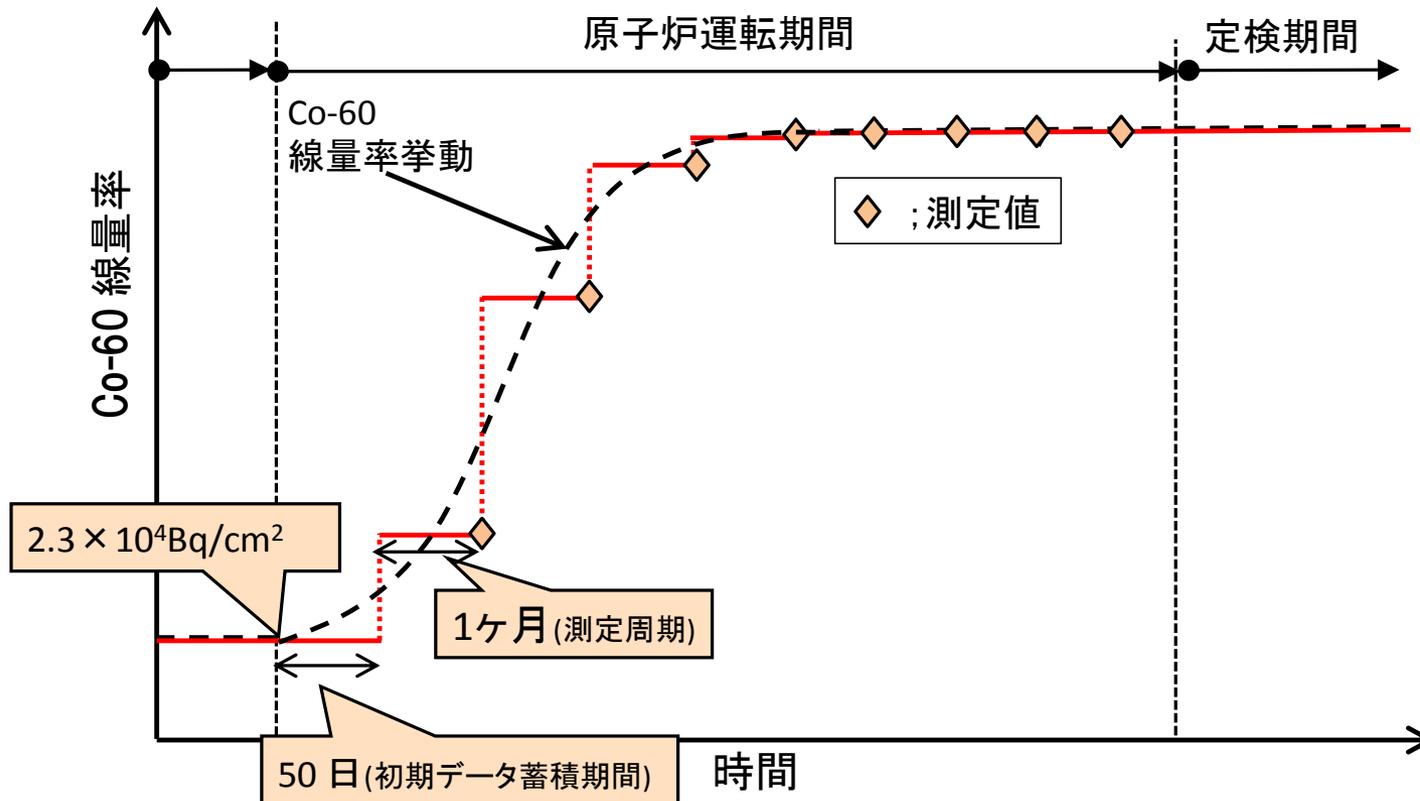
SN比>1において、Co-60を分別し、模擬線源と同様のCo-60の同時計数の増加を確認。



同時計数(積算値)の経時変化

4. 配管付着放射能の運転中監視技術

パラメータ	仕様	備考
測定周期	1ヶ月	検出限界と精度による
検出下限	$2.3 \times 10^4 \text{ Bq/cm}^2$	測定時間と精度による
装置質量	約900kg	プラントのバックグラウンド線量率による



1. HHVは従来弁と比較してCo溶出量が約1/10に低下した。
Co-60発生量寄与率が高い5弁の弁体に対し、HHVを適用することでCo-60発生量を約20%低減可能と評価した。
2. HHVは、従来のCo基弁座材料の金属組織を改良したもの（化学組成は同じ）。
弁座に要求される必要特性で、従来の代表的な弁座材であるストレイト#6の特性と同等以上の性能を有する。
3. 定検作業・工程へのインパクト低減及びZn注入等の水化学技術適用時の影響評価のため、配管付着放射能の運転中監視技術を開発した。
Co-60から放出される2本の γ 線を同時計数法により選択的に検出することで、
運転中D/W内等の高線量率雰囲気において、配管付着Co-60を検出できる見通しを得た。