

(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しないよう願います。

BWRプラントの線量低減技術と今後の展開

2012年10月22日

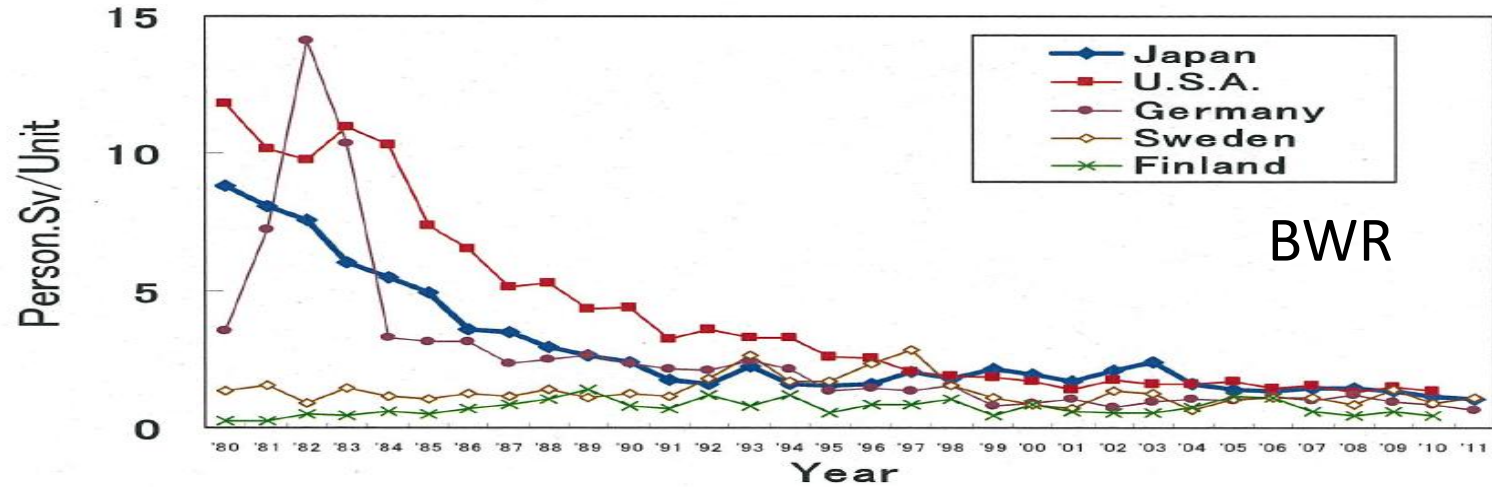
日立GEニュークリア・エナジー(株)

原子力サービス部 保全計画Gr.

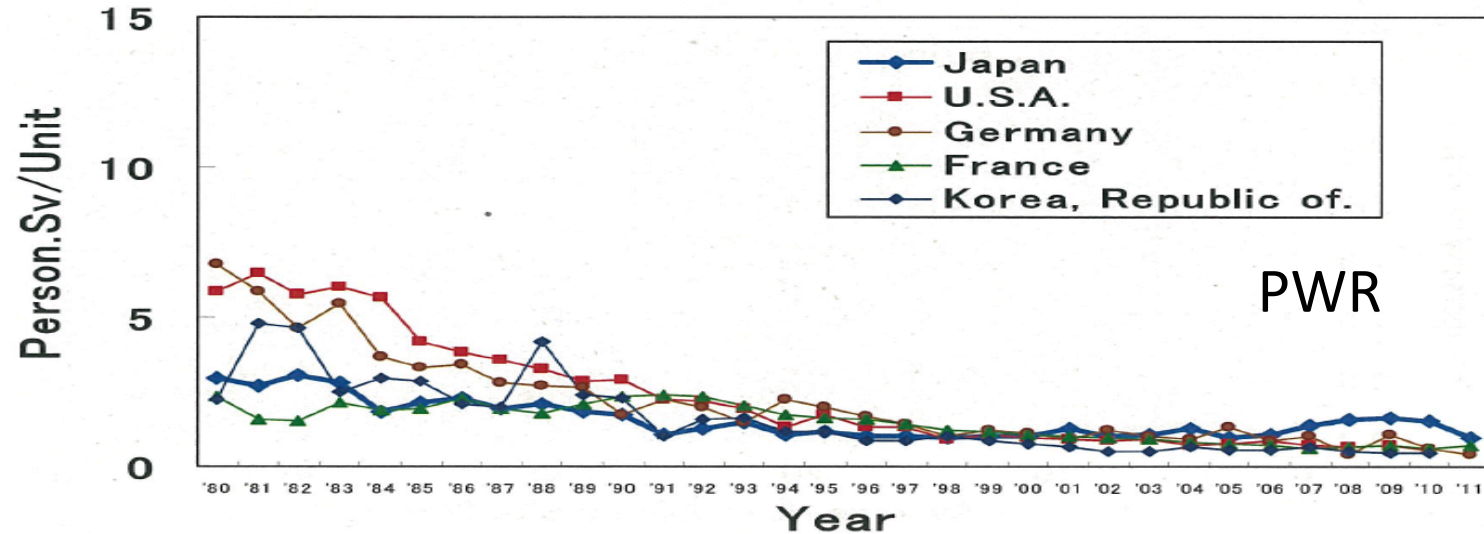
清水 亮介

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

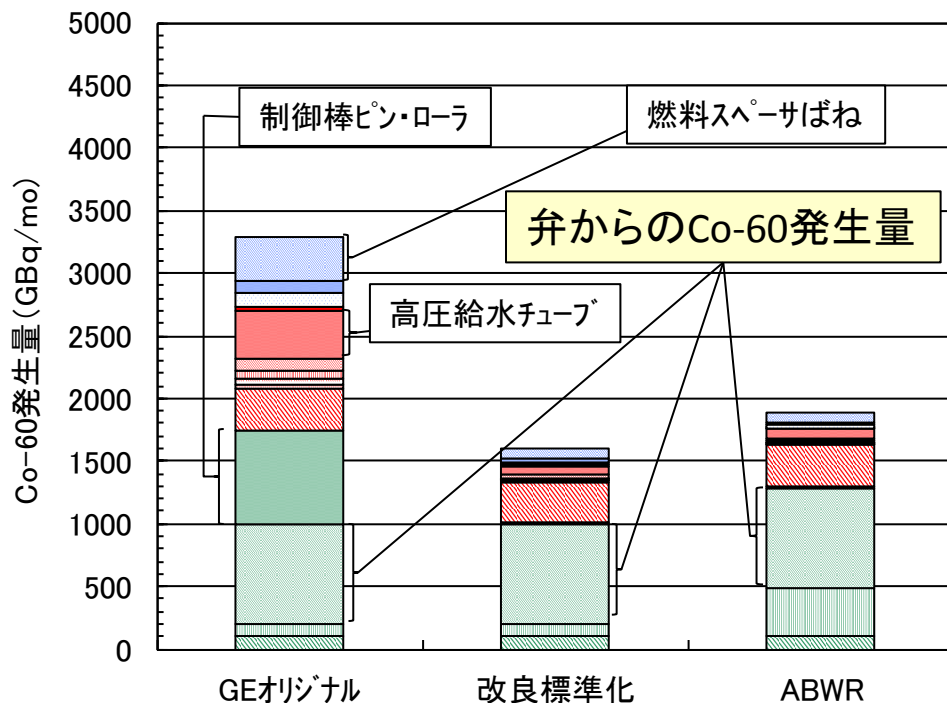
弁からのCo抑制技術及び配管付着放射能の運転中監視技術は、炉型(BWR/PWR)を問わず既設プラントへの適用性が高い

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

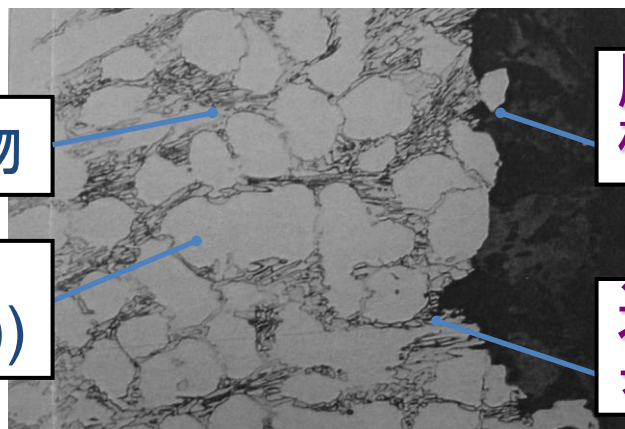
- ・ 弁座面荒れ (腐食、エロージョン)
- ・ 弁座割れ (発生起点は腐食部)
- ・ Co溶出  被ばくの主因
- ・ Corrosion Bonding (安全弁設定圧ドリフト：NRC IN2006-24)

網目状共晶炭化物

脱落寸前の
樹枝状晶

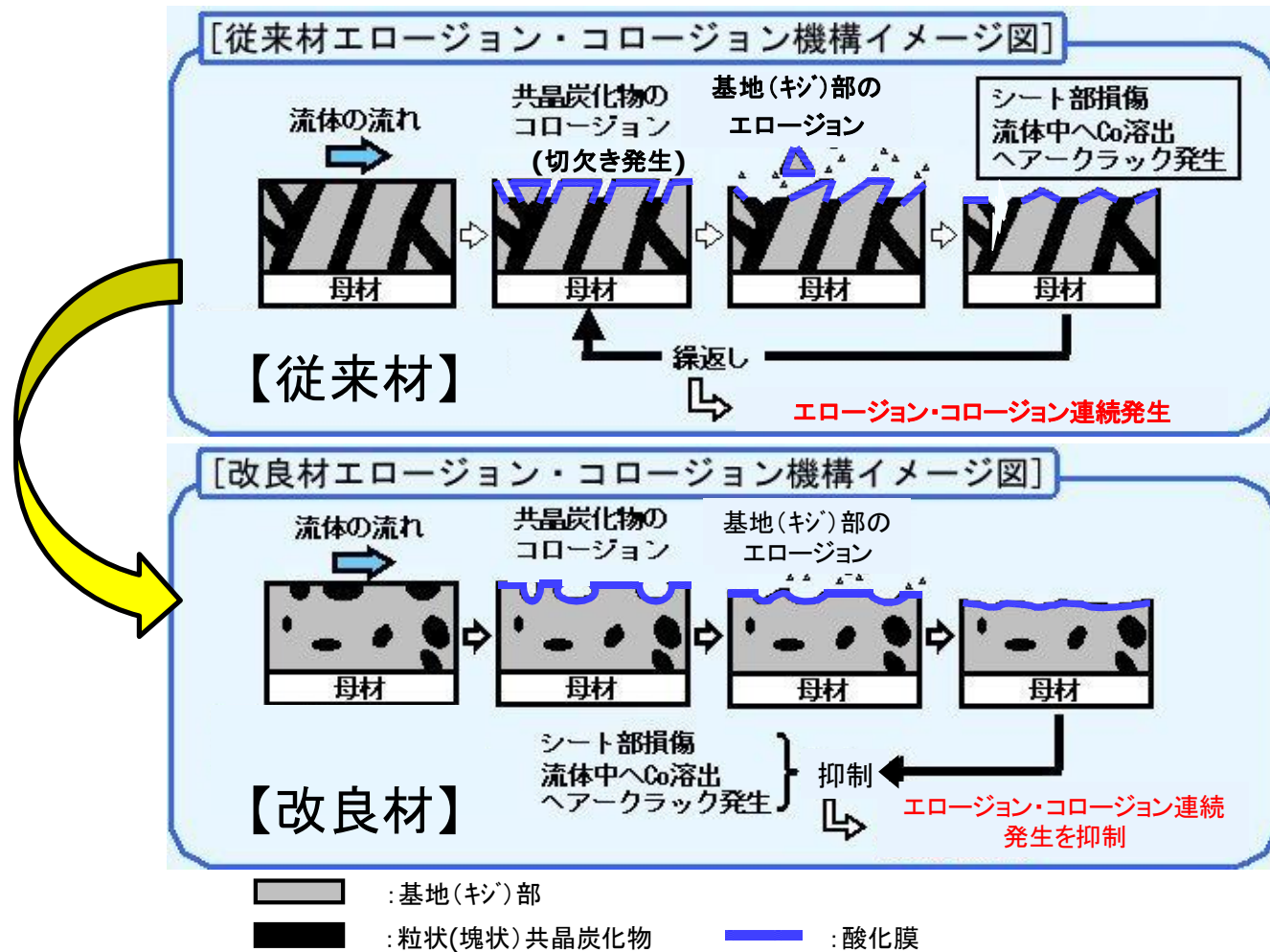
樹枝状晶
(デンドライト：基地(キジ))

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)

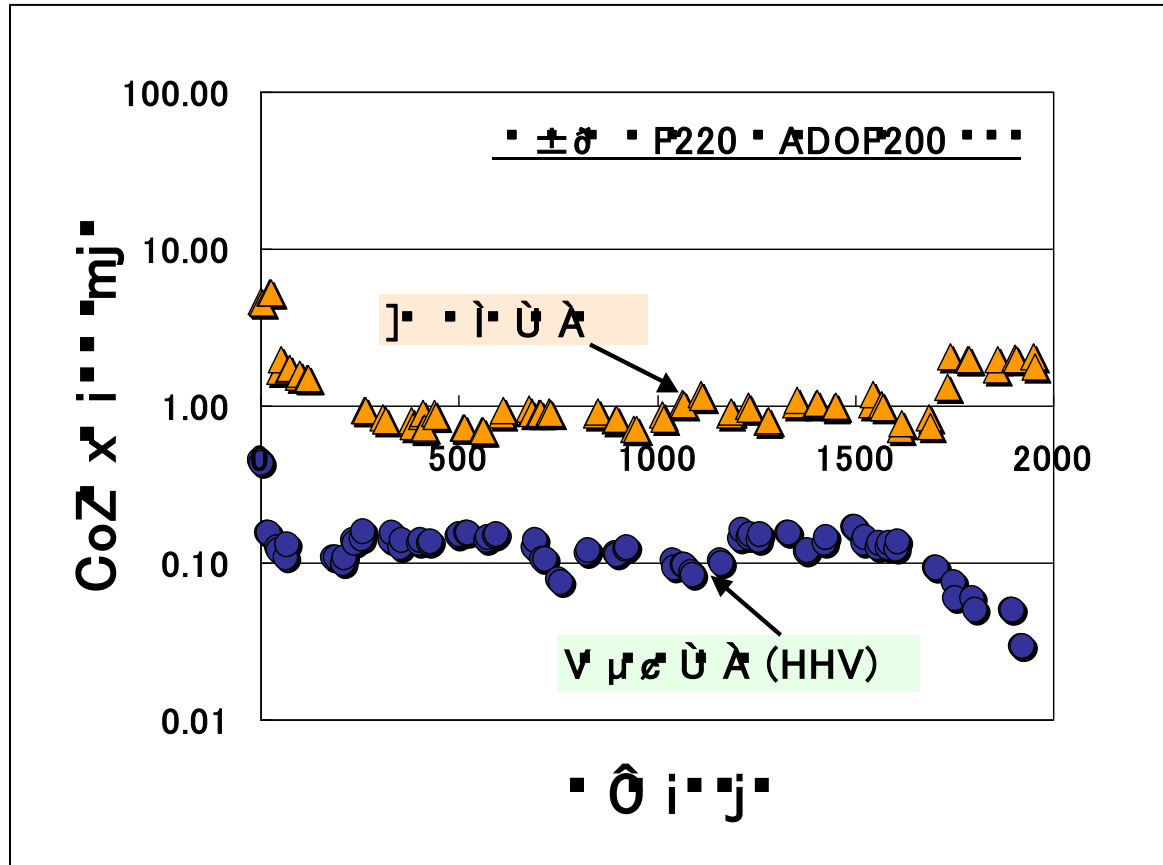


特殊な鍛造処理により共晶炭化物相を分散することで、エロージョン・コロージョンの連続発生を抑制(材料の化学成分は同一のまま)

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】



HHV:Co溶出量を大幅低減(従来弁座の1/10)

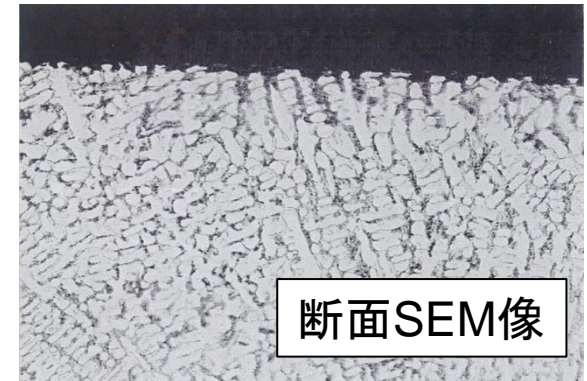
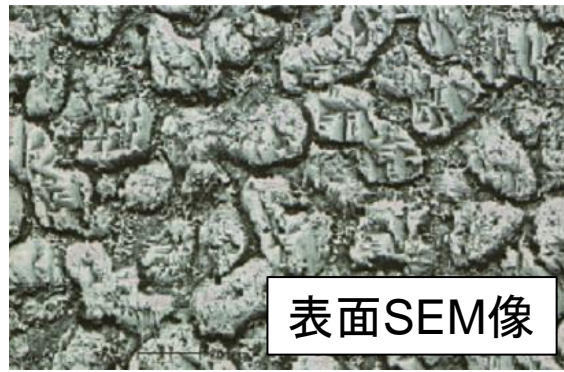
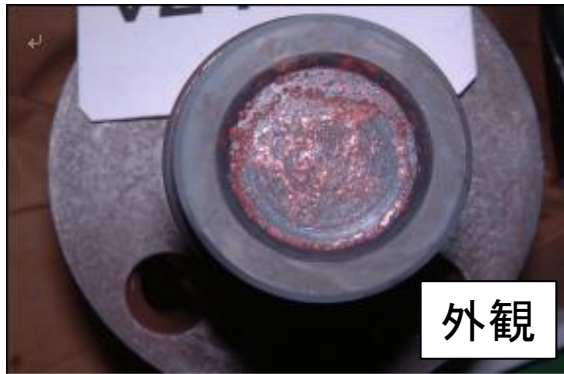
出典: 第8回BWR水化学・線量低減ワークショップ(2010)

3. 弁からのCo溶出抑制 (HHVの適用)

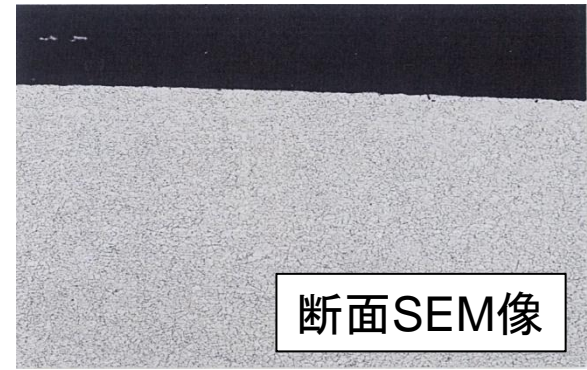
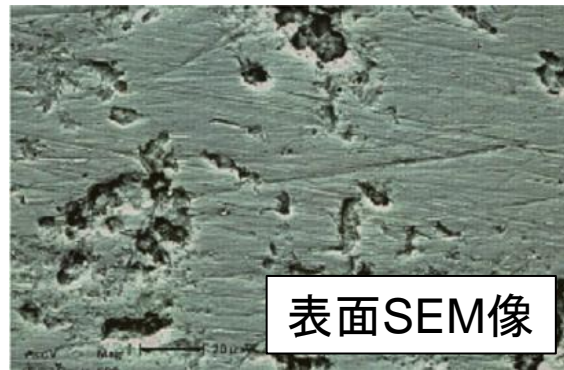
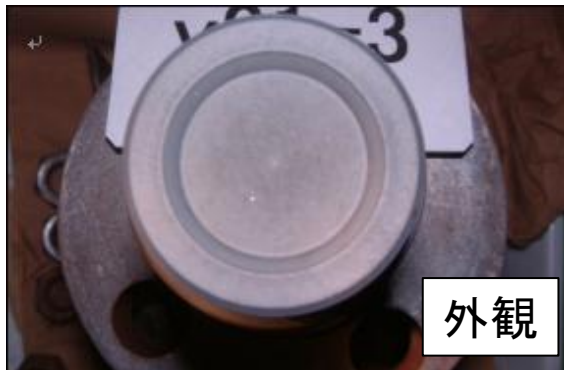
【実機での性能確証試験】

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

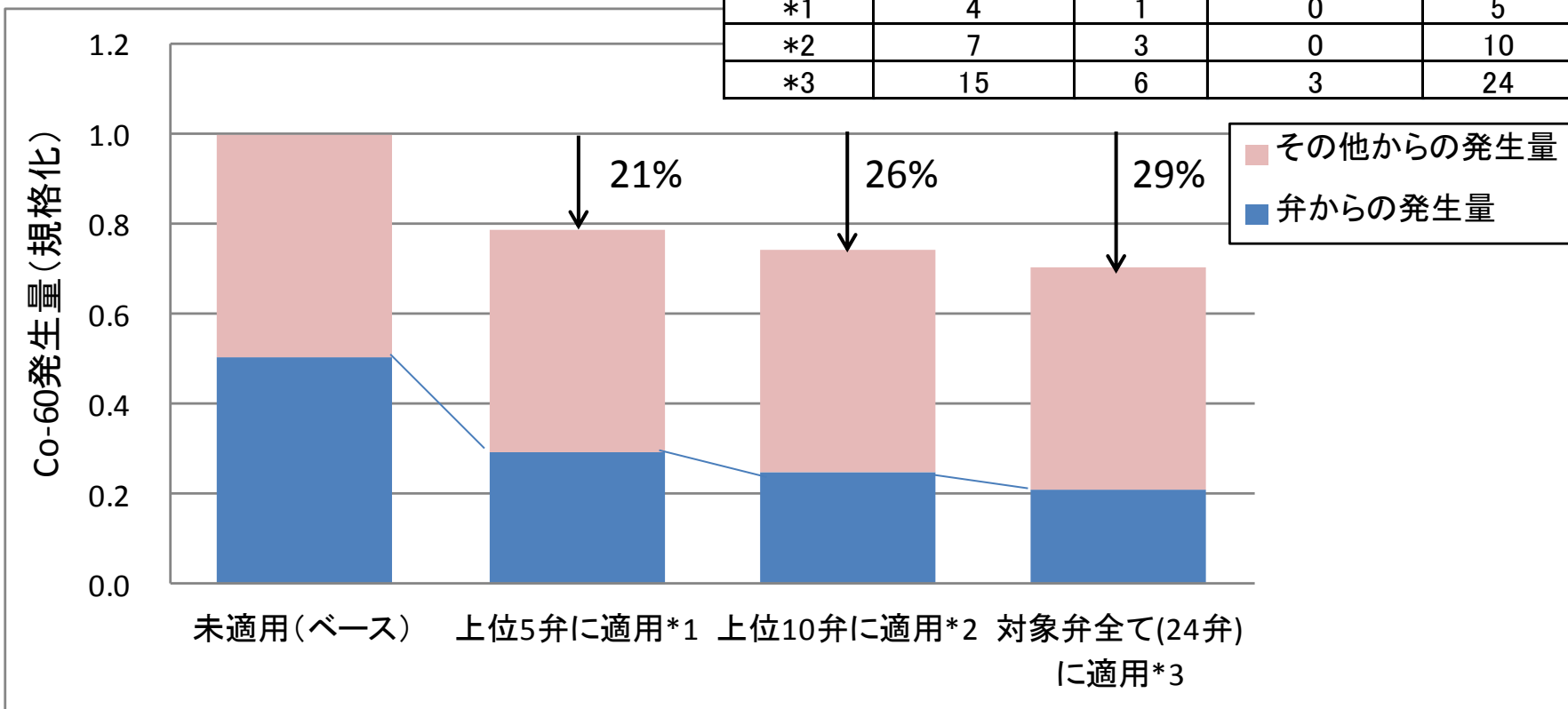


出典：The 9th NRC/ASME Symposium on Valves, Pumps and Inservice Testing (2006).

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

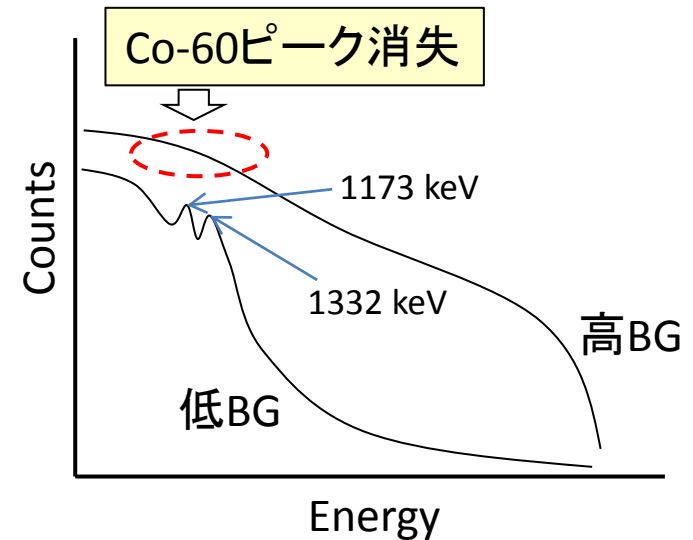
出典: 第8回BWR水化学・線量低減ワークショップ(2010)

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

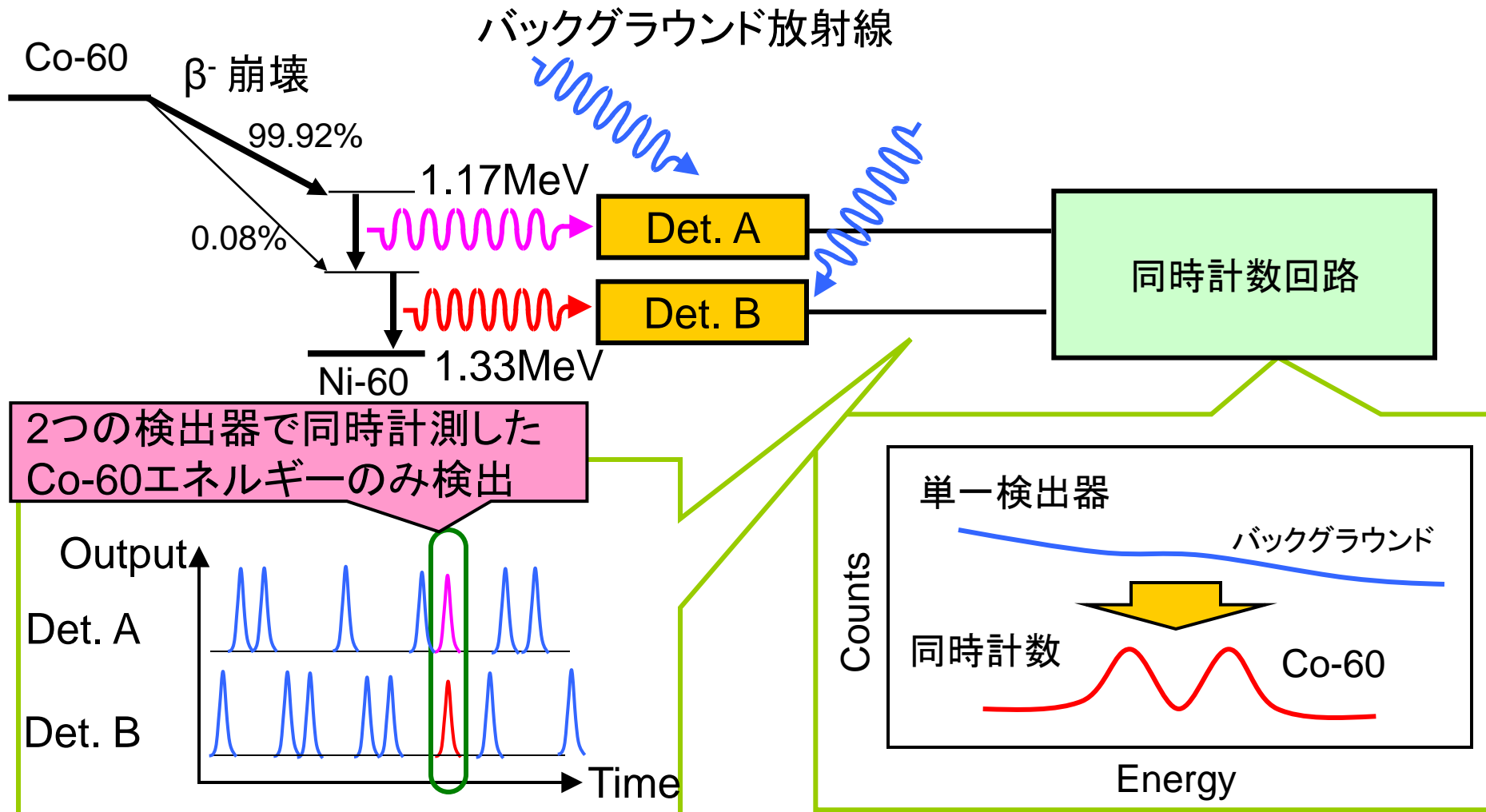
γ線スペクトル測定

導入へ向けた技術課題

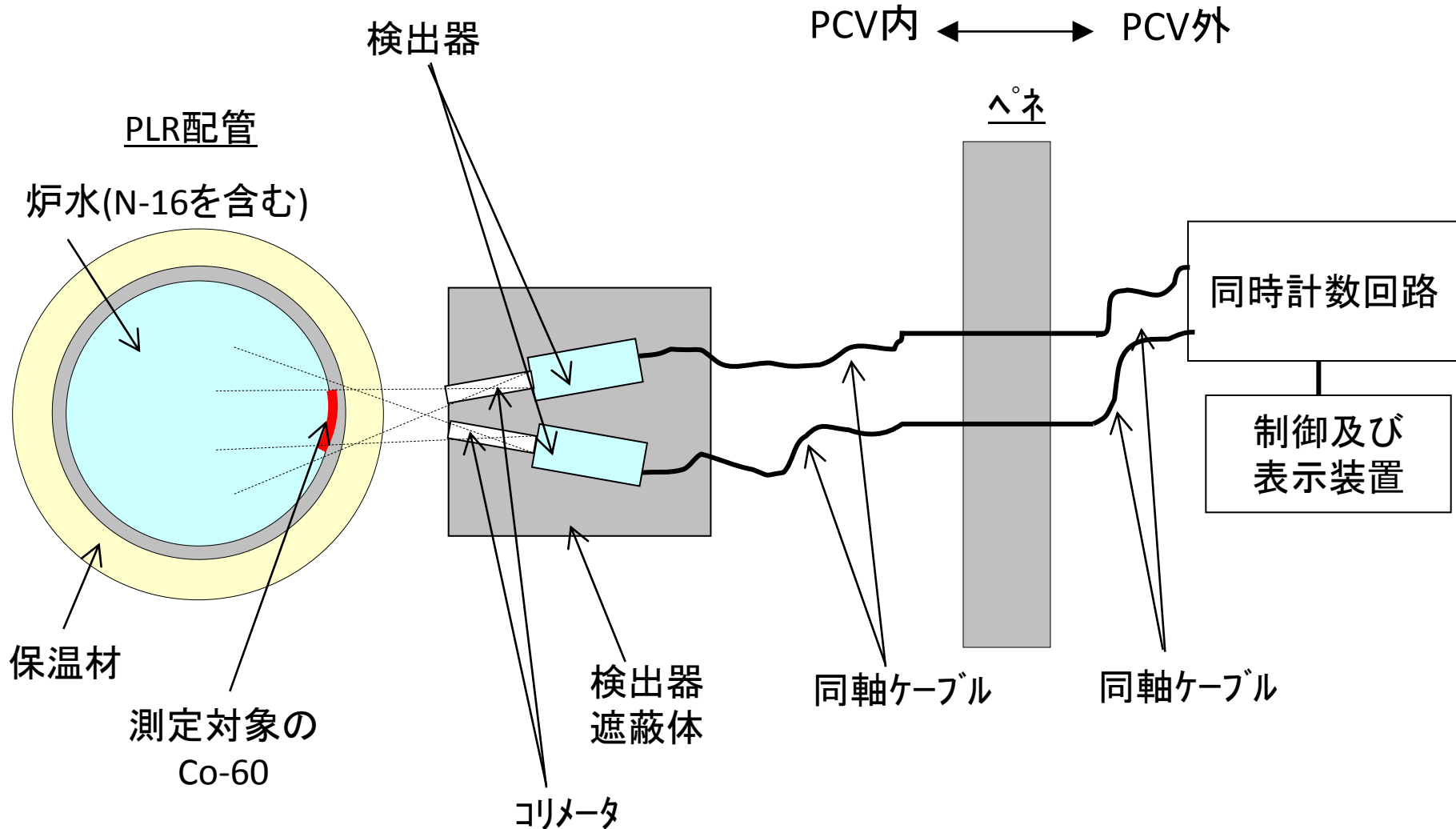
- ・N-16に起因する高BG環境下(～50mSv/h)での測定技術の確立

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



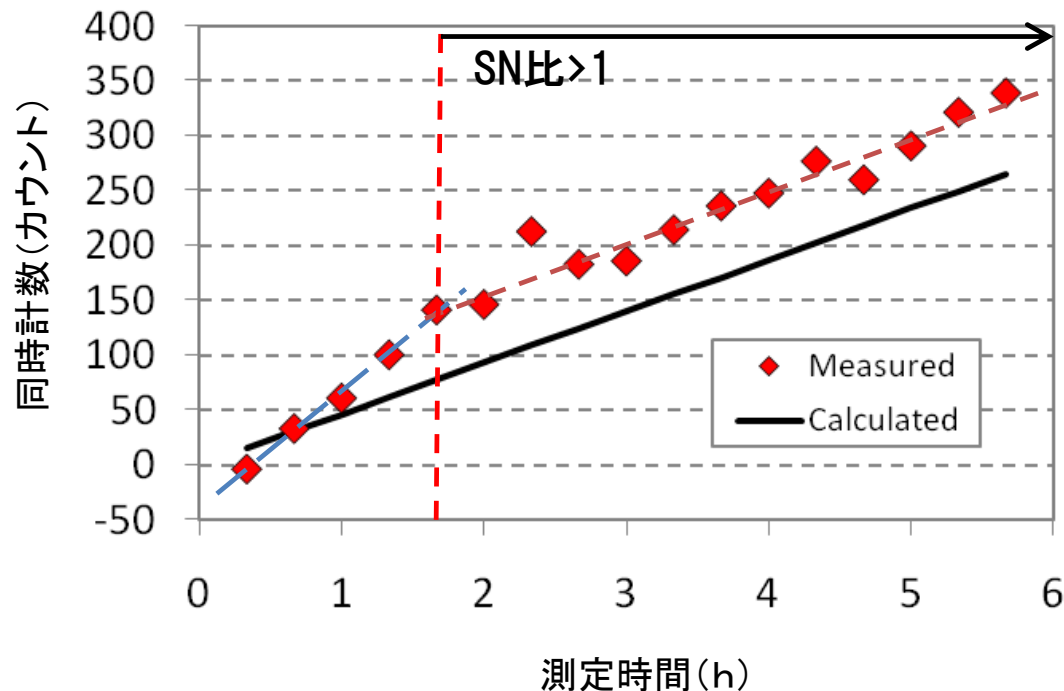
【装置構成例】



【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。

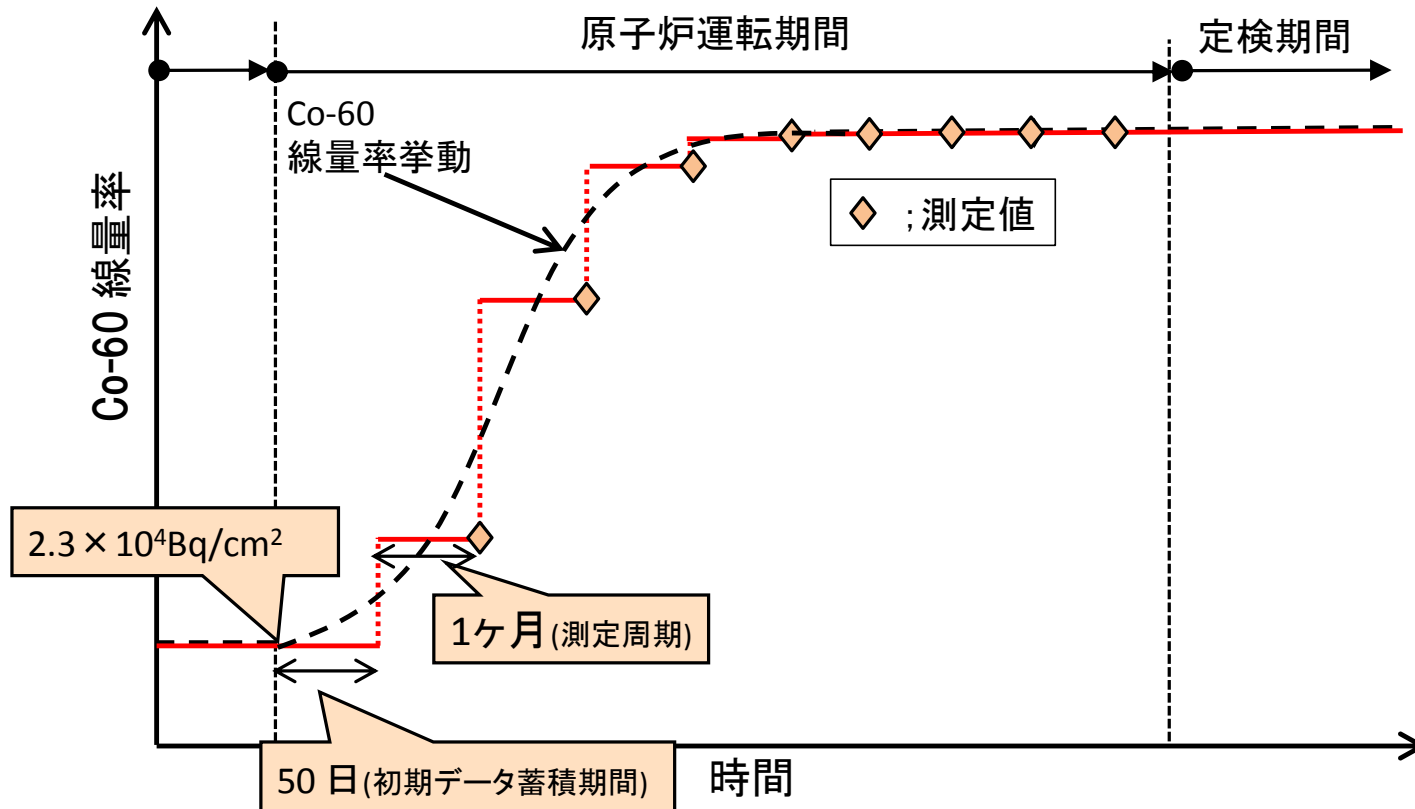
SN比>1において、Co-60を分別し、模擬線源と同様のCo-60の同時計数の増加を確認。



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テライト#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。