

β 線によるHICの放射線損傷 を検討する上で重要なこと

原子力規制庁

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

β 線による放射線損傷検討の目的

- 原子炉建屋外部の1F構内で、最も大量のSr-90を保管しているHICから、万が一にも内容物が漏れることが無いように対応すること
 - 放射能濃度、放射能が非常に高い
 - Sr-90が主要な放射能である
- 検討においては
 - 正確に評価可能なパラメータは、可能な限り正確に
 - 正確な評価が難しいパラメータについては、根拠を明確にした上で、「推定した吸収線量が過小評価」にならないように

β 線による損傷を決める要因

- HICに収納されているSr-90/Y-90濃度
- β 線によるHIC表面の吸収線量率
- 沈殿による炭酸塩スラリーの濃縮率
- それぞれ、根拠に基づき、過小評価することなく推定することが必要

HICに収納されているSr-90/Y-90濃度

- HIC毎に、収納されているSr-90/Y-90濃度が異なるので、それを反映することが必要
- 収納されている濃度を「過小評価」しないこと
- 収納時に測定した「HIC表面の周辺線量当量率」が、内部のSr-90濃度を反映している情報
- Sr-90濃度と表面線量率の関係から求めた「換算係数」を使うのが現実的な手法

表面線量率からSr-90濃度とへの「換算係数」

- IRID/JAEAが測定したSr-90濃度と収納時のHIC表面での周辺線量当量率の最大値との関係から
- **7.0E+06 Bq/cm³ per mSv/h**

シリアルNo.	IRID/JAEA測定番号	Sr-90濃度	表面線量当量率	換算係数
		(Bq/cm ³)	(mSv/h)	Bq/cm ³ per mSv/h
PO646393-172	AAL-S1-2, 3, 4	9.0E+07 ± 2.0E+06	12.8	7.0E+06
PO641180-96	AL-S1-1	1.3E+06 *	1.64	7.9E+05
PO651179-175	AAL-S1-1	7.2E+06 ± 2.0E+05	4.31	1.7E+06
		*グラフから読み取った値		

- 同じ性状のMCNPによる計算結果とegs5による結果は、ほぼ一致している。
- 炭酸塩沈殿スラリーでも吸着材でも、同じ密度の水の場合と同じ
- 吸収線量率は密度の反比例する

収納物	Gy/h per Bq/cm ³			
	MCNP	egs5		
		2ページの組成	水 (密度1.2)	水 (密度0.84)
炭酸塩沈殿スラリー	2.91E-07	2.78E-07 ± 1.88E-09	2.71E-07 ± 1.83E-09	
Sr吸着材	4.09E-07	4.10E-07 ± 2.25E-09		4.10E-07 ± 2.25E-09

密度	Gy/h per Bq/cm ³		
1.0 (A)	3.23E-07 ± 1.99E-09		
0.84 (B)	4.10E-07 ± 2.25E-09	A/B	0.79
1.2 (C)	2.71E-07 ± 1.83E-09	A/C	1.19

沈殿による炭酸塩スラリーの濃縮割合

- 濃縮割合は、4月5日の面談資料5ページに書かれているように
 - $m_{\text{con}}/m_{\text{ave}}$
 - m_{ave} : 沈降前スラリー濃度 [g/L]
 - m_{con} : 沈降後スラリー濃度 [g/L]
- 濃縮割合を「過小評価」しないためには、 m_{ave} は、過大評価せず、 m_{con} は過小評価しないこと
- どちらも、測定値などの「根拠データ」に基づいていることが必要

炭酸塩スラリー濃度 m_{ave}

- 4月5日の面談資料 5ページでは、
 - m_{ave} [g/L] = (CaCO₃濃度 0.25 [g/L] + Mg(OH)₂濃度 0.24 [g/L]) × (HIC交換までの処理量 330 m³) / (HIC容量 2.61 m³) = **62.0** [g/L]
 - CaCO₃濃度及びMg(OH)₂濃度は、処理対象水中のCa及びMg濃度が100 ppmから求めている
- m_{ave} を求めるために使用しているデータとその根拠が示されている

炭酸塩スラリー濃度 m_{ave}

- 4月5日の面談資料 11ページでは、「 CaCO_3 濃度 0.555 [g/L]、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 濃度 0.638 [g/L]」が、根拠無く使われ、 $m_{ave}=149$ [g/L]を出している
- 4月7日の補足説明4ページでは、「ALPS入口水中の炭酸マグネシウム濃度 1.51 [g/L]、炭酸カルシウム濃度 0.85 [g/L]」が根拠無く使われ、 $m_{ave}=305$ [g/L]を出している
 - 炭酸マグネシウムは、水酸化マグネシウムの間違い

炭酸塩スラリー濃度 m_{con}

- HICの表面での吸収線量に影響を与える領域のかさ密度を測定することができれば、4月5日の面談資料6ページに記載されているほうほうで、 m_{con} を求めるのは、現実的な方法である。
 - $m_{con} = (\rho - \rho_W) \times 1000 \times \rho_s / (\rho_s - \rho_W)$
 - ρ :かさ密度、 ρ_W :水の密度、 ρ_s :スラリーの密度
 - 水酸化マグネシウムの密度: 2.36 g/mL
 - 炭酸カルシウムの密度: 2.71 g/mL

炭酸塩スラリー濃度 m_{con}

- 但し、HICの底面を対象とする場合、表面での吸収線量に主に影響する領域は、 $1/\text{cm}^2$ の厚さ、密度が1.36であれば、**0.73 cm**、密度が1.5であれば、**0.67 cm**の領域である
- この様な底面に近い領域の密度は、現在考えられている手法で測定することは出来ない
- 底面近くが、これまで測定されている底面から2cm程度の領域と異なり、より多くの炭酸塩を含んでいることは、上部からの水漏れ問題に関連した面談で、「下部から2cm以下は、堅かった」(後に、堅くて挿入出来ないほどではなかったと修正)という説明からの明らかである。
- 実際に表面での吸収線量に影響する領域のかさ密度は、2 cm位置で得られた1.36 g/mLより高いと考えるのが自然である

炭酸塩スラリー濃度 m_{con}

- 炭酸塩スラリーの密度を、水酸化マグネシウムと炭酸カルシウムの平均である 2.34 g/mLとする
- かさ密度が1.36 g/mLの場合は、 $m_{\text{con}}=628$ g/L
- かさ密度が1.5 g/mLの場合は、 $m_{\text{con}}=873$ g/L

沈殿の濃縮割合

- m_{ave} として、適切と考えられる62.0 g/Lを使うと
 - かさ密度が1.36 g/mLの場合は、 $m_{con}/m_{ave}=10.1$
 - かさ密度が1.5 g/mLの場合は、 $m_{con}/m_{ave}=14.1$
- 面談資料で使っている3.9に比べて、最小でも2.6倍以上の濃縮後となる
- これは、判断基準になるまでの年数が1/2.6になることを意味している

まとめ

- 提案されている「かさ密度」の測定は、本来必要な情報(HIC表面から1cm未満の領域のかさ密度)を得ることができないことから、過去との経緯という点からも意味が無く、被ばくや汚染の可能性の考慮が必要な作業なので中止すべきである
- 過小評価にならない評価を行うと、高濃割合のSr-90を入れているHICについては、すでに判断基準の線量を超えている可能性がある