

「PCVの閉じ込め機能の維持に関する論点」に係る説明概要について

2023年6月5日



東京電力ホールディングス株式会社

1. 技術会合で議論する論点と検討の方向性案

「PCVの閉じ込め機能の維持に関する論点」について、順次説明

課題	論点	検討の方向性
① 「水素爆発⇒可燃限界を超えない管理が必要」 (以降「水素爆発」と呼ぶ)	<ul style="list-style-type: none"> ■ PCVを負圧化した場合の水素・酸素の流入量の評価と流入に伴う水素爆発リスク ■ 今後予定しているS/C水位低下によって水封が解かれ、S/Cに接続している配管から水素を含む気体が逆流する可能性 ■ 空気の流量管理を含めたPCVの試験的負圧化の計画策定 	<ul style="list-style-type: none"> ● 各号機の状態を踏まえたPCVの水素爆発リスクの評価 ● 接続配管等に滞留した水素がPCVに流入する可能性 ● 各号機のPCV状態の整理等を踏まえた、閉じ込め強化のための試験計画（試験内容・工程）の検討状況 <p>⇒早々にPCV給排気差流量管理※の実現性を確認するための試験を進める計画であることを示していく</p>
② 「PCV腐食の加速：構造健全性（耐震強度等）への影響」 (以降「PCV腐食」と呼ぶ)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 負圧化した場合の酸素流入量と流量管理から想定されるPCV内の酸素濃度 ■ 酸素濃度に伴うPCV及びRPVを支持する鋼材その他安全を確保する上で必要な鋼材の腐食進展評価 ■ それらの鋼材の強度に対する具体的な影響評価 	<ul style="list-style-type: none"> ● 過去の補助事業における、PCVの事故時及び経年的な劣化（全面腐食）も踏まえた評価による、酸素濃度上昇に伴うPCV内部の鋼材への腐食影響 <p>⇒PCV給排気差流量管理の実現性を確認するための試験中に想定される、短期間のPCVへの酸素流入は大きな課題とならないことを示していく （一方、今後常時負圧化を行う場合には、1号機ペダスタルの状況等を踏まえて、試験を踏まえたPCV内酸素濃度の確認や管理方法を検討したうえで段階的に対応したい。）</p>
③ 「デブリ等の性状変化リスク：酸化による微粒子化」 (以降「デブリ微細」と呼ぶ)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 負圧化した場合の酸素流入量と流量管理から想定されるPCV内の酸素濃度 ■ 酸素濃度に伴うデブリの酸化進展評価 ■ デブリの酸化による廃炉作業への影響 	<ul style="list-style-type: none"> ● デブリ経年変化に関する酸素の影響についての既存知見に基づく、負圧管理で想定される酸素濃度上昇による1Fの燃料デブリ性状に与える影響 <p>⇒調査は継続するものの、現時点で負圧化に対して大きな課題にはならないと考えていることを示していく</p>

※：排気量が給気量（窒素封入量）より多くなるようにすることでPCVから直接放出されるダストを抑制するための管理

<PCVの水素爆発リスク>

- 過去の水素濃度の実績から、現状、PCV内の水の放射線分解で発生する水素は十分低く、拡散できていることを確認している状況にあるが、至近の調査において、3号機RHR配管内、1号機RCW熱交換器内の閉空間の滞留ガスから、高濃度の水素を確認。
- 水素爆発リスクとしては、閉空間に存在する滞留水素がPCVの状態変化（水封の状況等）により、PCVへ流入するリスクが想定される。

<試験計画>

- PCV給排気差流量管理は、PCV内のダストが直接環境へ放出されることを抑制できるため有益であるが、PCV内での水素爆発やPCV腐食に影響を与えうるPCV内への酸素流入の程度を含め、管理の実現性を把握するために試験が必要である。試験期間を短くすることで、酸素流入の影響はほとんどないと考えられることから、早期に試験を実施し、PCV給排気差流量管理を含めたPCV閉じ込め強化策の実現性を検討するために必要なデータ（特にプラントパラメータの影響）を採取する。
- 試験内容の検討に当たって、各号機の過去のプラントパラメータの実績（窒素封入と排気のバランスやPCV圧力の変動）から、PCV閉じ込めの管理の見通しを整理
- 試験の内容（検討中）
 - 閉じ込め強化策の実現性・影響を確認するために、各号機共に以下の試験を実施
 - ①給排気均等流量管理（窒素封入≒排気）
 - ②給排気差流量管理（窒素封入<排気）：差流量を調整して負圧可否も含めて確認
 - ③窒素封入停止
 - 課題等（1号機）
 - ✓ 窒素封入、排気のバランスを変更すると、一部（複数）の既設PCV温度計（LCO監視対象）に上昇がみられることが分かっている。PCVの冷却は維持されると考えるが、試験では、注水を継続すること、また、その他プラントパラメータを監視し、冷却状態に問題がないことを確認しながら試験を継続する等、検討していく。
 - ✓ なお、試験期間は短く、PCV内部調査で確認されたペDESTAL下部鉄筋の酸素濃度上昇による腐食進展への影響は、ほとんどないと想定。
- 試験の工程（検討進捗に応じて提示）

3. 説明概要（②PCV腐食）：PCV内の腐食に関わる評価

- PCV給排気差流量管理の実現性を確認するための試験中に想定される短期間のPCVへの酸素流入は大きな課題とはならないものの、常時負圧化については管理方法等を検討のうえ段階的に対応したい。
- ① 過去の補助事業でPCVの事故時及び経年的な劣化（全面腐食）を考慮した耐震評価を実施し、PCV内主要構造物に発生する応力は許容値を下回り、各部位が裕度(強度)を有していることを確認している。
→一方、PCV内部調査にて、評価時に想定していた条件と相違する状況（ペDESTALコンクリート部が消失し配筋露出）が確認されるなど、現時点でPCV内の状況を詳細に把握出来ていないことが課題。
- ② 閉じ込めの観点で、常時負圧化した場合は全面腐食以外の局所的な腐食の懸念がある。

圧力容器／格納容器の耐震性・影響評価手法の開発
(平成28年度成果報告書に一部加筆)

評価設備： 図参照
 評価条件： ・耐震条件 : Ss波 (SS600相当)
 ・評価温度 : 50℃
 ・供用状態 : Ds
 評価結果： ・腐食減肉量 : 右記表参照

1号機 ドライウェル推定減肉量(片面) (mm)

事故後	10年	15年	40年
推定減肉量	2.15	2.44	3.40

※推定腐食量は、事故当初の高温腐食量とその後の酸素濃度（21%）による腐食量を合算したものの。

①-1 D/Wシェル(評価部位:サンドクッション部)
一次応力評価結果(腐食量両面考慮)

腐食年数(年)	応力強さ (MPa)		許容値 (MPa)	裕度	
	設計用	RG		設計用	RG
10	-	122	423	-	3.46
15	143	140	423	2.95	3.02
40	-	167	423	-	2.53

③ PCVベネ<機器ハッチ>(評価部位:補強板と格納容器胴との接合部)
一次応力評価結果

腐食年数(年)	応力強さ (MPa)		許容値 (MPa)	裕度	
	設計用	RG		設計用	RG
10	-	47	423	-	9.00
15	52	48	423	8.13	8.81
40	-	57	423	-	7.42

⑤ PCVスタビライザ(シアラグ)(評価部位:シアラグ取付部)
一次応力評価結果

腐食年数(年)	応力強さ (MPa)		許容値 (MPa)	裕度	
	設計用	RG		設計用	RG
10	-	107	423	-	3.95
15	105	104	423	4.02	4.06
40	-	118	423	-	3.58

④ 原子炉炉心へい壁(評価部位:胴基部)
一次応力評価結果

腐食年数(年)	応力強さ (MPa)		許容値 (MPa)	裕度	
	設計用	RG		設計用	RG
10	-	111	235	-	2.11
15	127	123	235	1.85	1.91
40	-	168	235	-	1.39

注) 建設時設計用：鋼製減衰 1%
 RG (レギュラトリーガイド)：鋼製減衰 4%

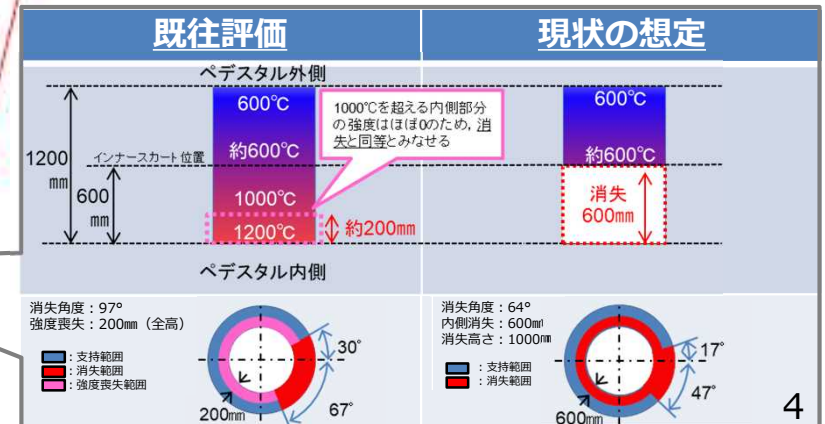
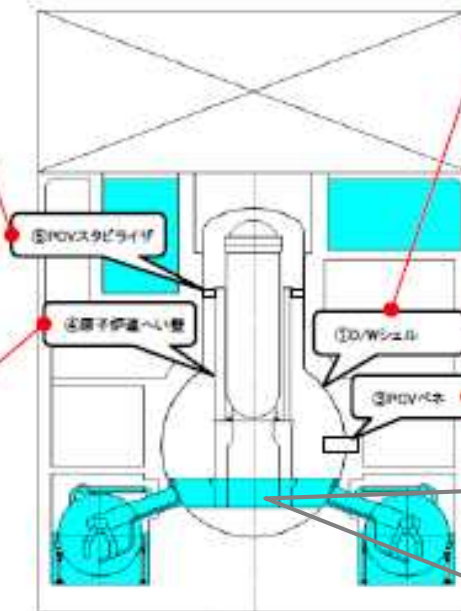
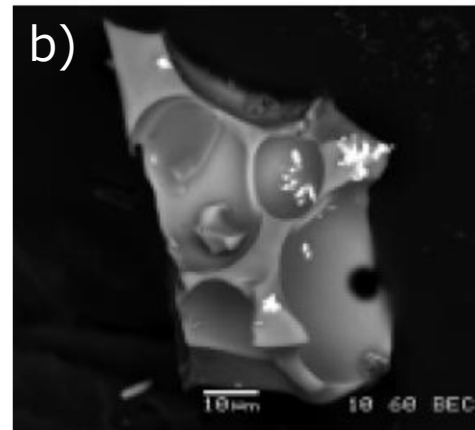


図1 PCV構造健全性評価結果 (ケース: 1F-1、気中)

チオルノービリFCM※、TMI-2 デブリと1F燃料デブリ

- 微細化が生じたチオルノービリFCMは、溶融燃料に多量の蛇紋岩、砂およびコンクリートが混ざって溶融したガラス質を主体とするデブリ（反応物が大気、水と接触）
- 通常のMCCI生成物はチオルノービリFCMと異なり、コンクリート上に溶融デブリが落下し、反応が進行し生成される
- 事故進展状況の推定に基づくと、2号機、3号機ではMCCI生成物の発生量は限定的で、チオルノービリFCMのうちの破砕したガラス質デブリのようなものは少ないと推定、MCCI生成物の発生量が比較的多い1号機についても微細化の影響は小さいと考えられる（次ページに記載）
- MCCI生成物を生じていないTMI-2 デブリは、酸化物デブリも金属相を含むデブリも微細化は生じていない

※FCM:燃料含有物質 ; Fuel Containing Material



(a) VIP-11A



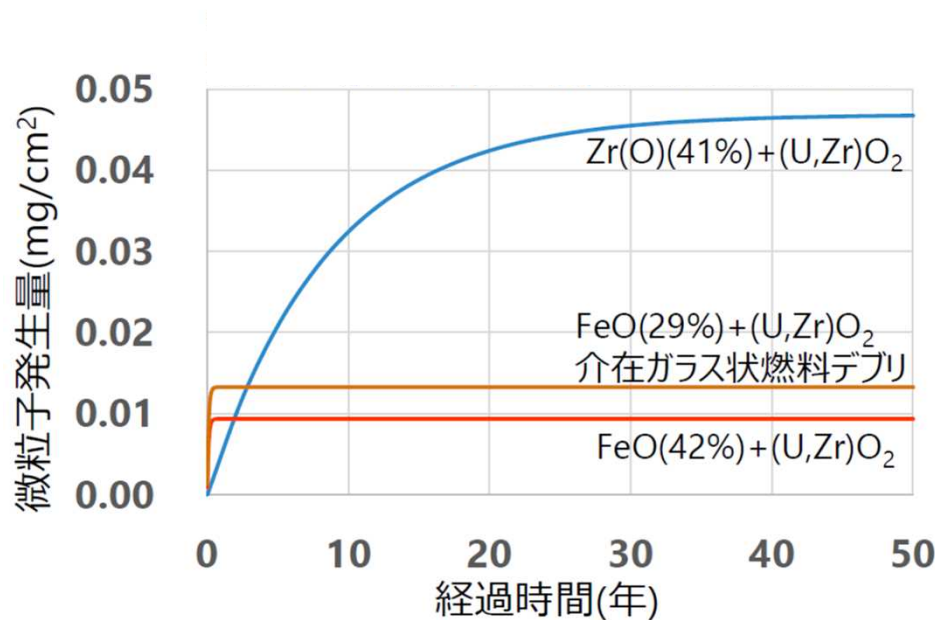
TMI-2 燃料デブリの外観写真¹

チオルノービリFCM、a)自己崩壊したサンプルおよびb)微粒子の電子顕微鏡写真¹

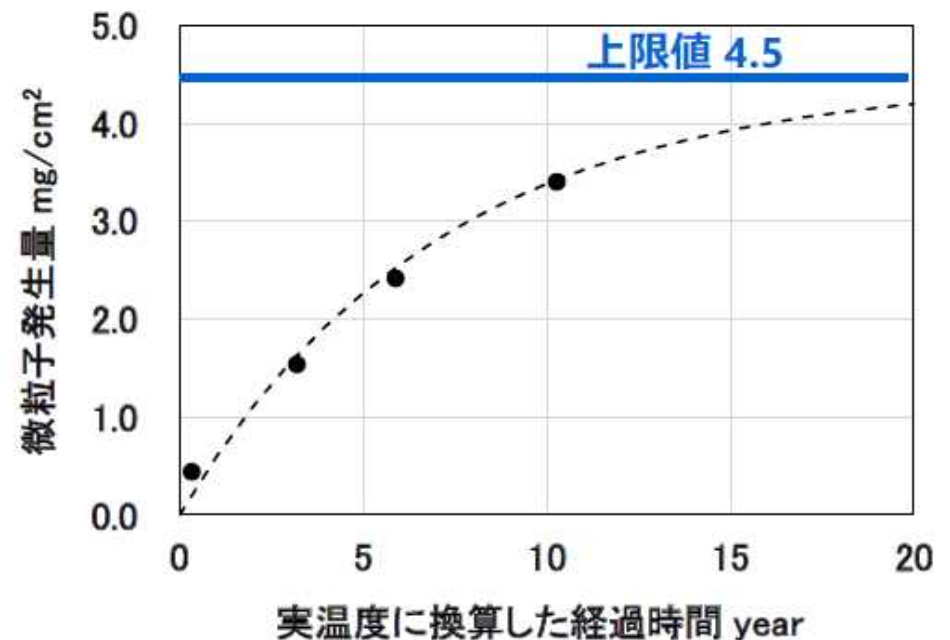
1. 中野他燃料デブリ取り出しに向けての取組み日本原子力学会2017秋
http://www.aesj.or.jp/~wchem/2017_aki_kikaku_1.pdf

4. 説明概要 (③デブリ微細) :燃料デブリ経年変化についての考え方 (2/2) **TEPCO**

- RPV内に残存する燃料デブリは、TMI-2デブリと同様で、微細化しないと考えられる
- ペDESTALへ落下した燃料デブリのうち、コンクリートと反応していない燃料デブリは TMI-2デブリと同様であり、微細化しないと考えられる
- ペDESTALへ落下した燃料デブリのうち、コンクリートと反応したデブリについて、模擬燃料デブリを用いた試験結果を参考に微細化への影響は小さいと評価 (主に1号機)
 - 介在物が存在するガラス質模擬デブリの水中経年変化試験では微細化が見られたが、時間とともに微粒子生成速度は低下し、微粒子の総生成量は一定値に近づく
 - 長期間における微細化は高々数十mg/cm²で、デブリ表層の数十μm程度に相当
- 今後も燃料デブリ経年変化に関する情報収集を継続していく



各燃料デブリの空气中経年変化²



(U, Zr)O₂介在ガラス状燃料デブリの水中経年変化²