

当社原子力発電所における原子炉圧力容器に係わる疲労評価結果の一部誤りについて

1. はじめに

原子炉圧力容器（以下、「RPV」という。）の低サイクル疲労評価において、評価に用いている計算ソフト（EVASt）のプログラムに一部誤りがあり、同様の計算ソフトを用いて評価を実施した当社原子力発電所の評価にも影響がある可能性があることを委託先より報告を受けた。

2. 事象の概要

RPVの低サイクル疲労評価については、FEM等の解析で一次応力、二次応力、ピーク応力等を計算した後に、計算ソフトを用いてそれら応力の組み合わせや繰り返し数を計算して評価を実施している（参考資料1参照）。

この計算ソフトは複数の改訂が実施されており、異なるバージョンが存在しているが、本事象は2013～2014年に改訂を実施したバージョン（Ver. 2）以降の計算ソフトのプログラムの一部に誤りがあることが確認されたものである。確認された誤りの詳細は以下の通り。

a. 停止事象の事象分割誤り

供用状態A、Bの疲労評価において、熱サイクル上の全時点の一次+二次+ピーク応力を計算する際に、本来連続するものとして定義すべき停止事象（A～E）がA～CとD～Eで分割して定義され、Cで停止した後、Dにおいて定格運転から再開されることで、定格運転から停止に至る経路が2回繰り返される（朱記の経路が追加される）こととなっていた。

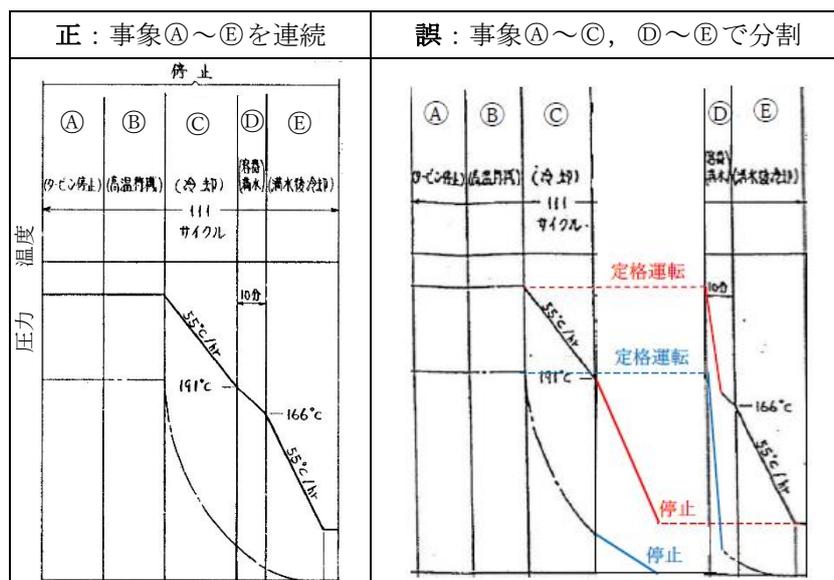


図1 停止事象の事象分割イメージ

b. 停止事象のうち、特定な事象の誤った回数設定

1回の停止事象⑥につき5回（5倍）の原子炉注水を想定するケースにおいて、プログラムの一部が欠落していたことにより、本来設定すべき範囲と異なる範囲が5倍されることとなっていた。

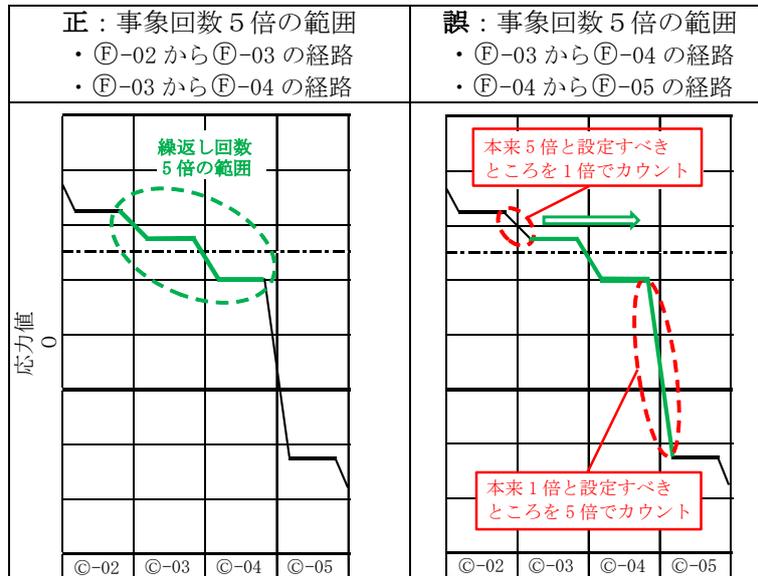


図2 特別な事象の誤った回数設定イメージ

c. 起動事象回数の過大評価

起動停止が関係する組合せのピーク応力差の回数設定において、停止事象後に定格運転に戻るように設定されていたことから、応力差が大きくなる経路が過大にカウントされることとなっていた。

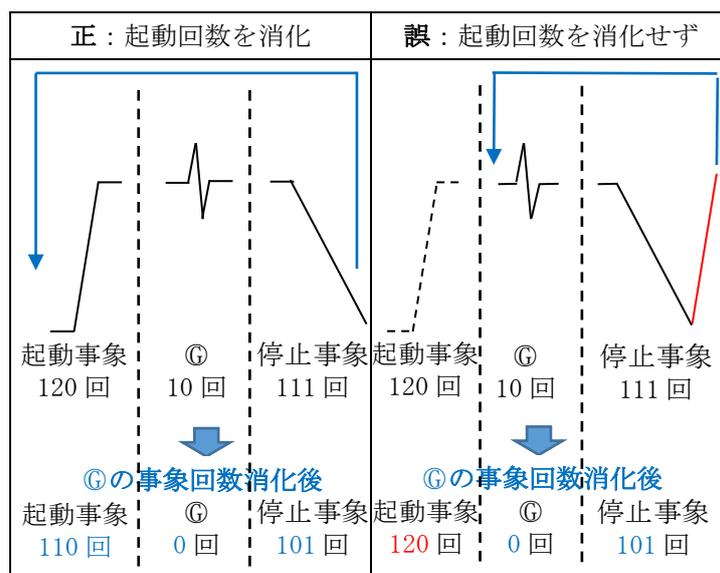


図3 起動事象回数の過大評価イメージ

### 3. 影響評価

本事象により影響が及ぶ可能性がある当社高経年化技術評価書（以下、「PLM 評価書」という。）は以下の通り。

- ・福島第二原子力発電所4号炉 PLM 評価書（30年目）
- ・柏崎刈羽原子力発電所5号炉 PLM 評価書（30年目）

上記のPLM評価書に対して、誤りの確認されたバージョン以前のバージョンを使用して再評価を実施した結果、最大評価点及びその値が変更となることはなく、評価結果に影響がないことを確認した。

なお、PLM評価書の評価結果に影響はないが、柏崎刈羽原子力発電所5号炉のPLM評価書の補足説明資料における低サイクル疲労評価の数値に一部変更が生じることを確認した。

PLM評価書の確認結果及び補足説明資料の修正箇所を別紙2に示す。

### 4. 今後の対応

本事象については社内の不適合管理に基づき、引き続き原因調査と是正処置を行い適切に対応していく。

### 5. 参考資料

- (1) 原子炉圧力容器の解析評価フロー

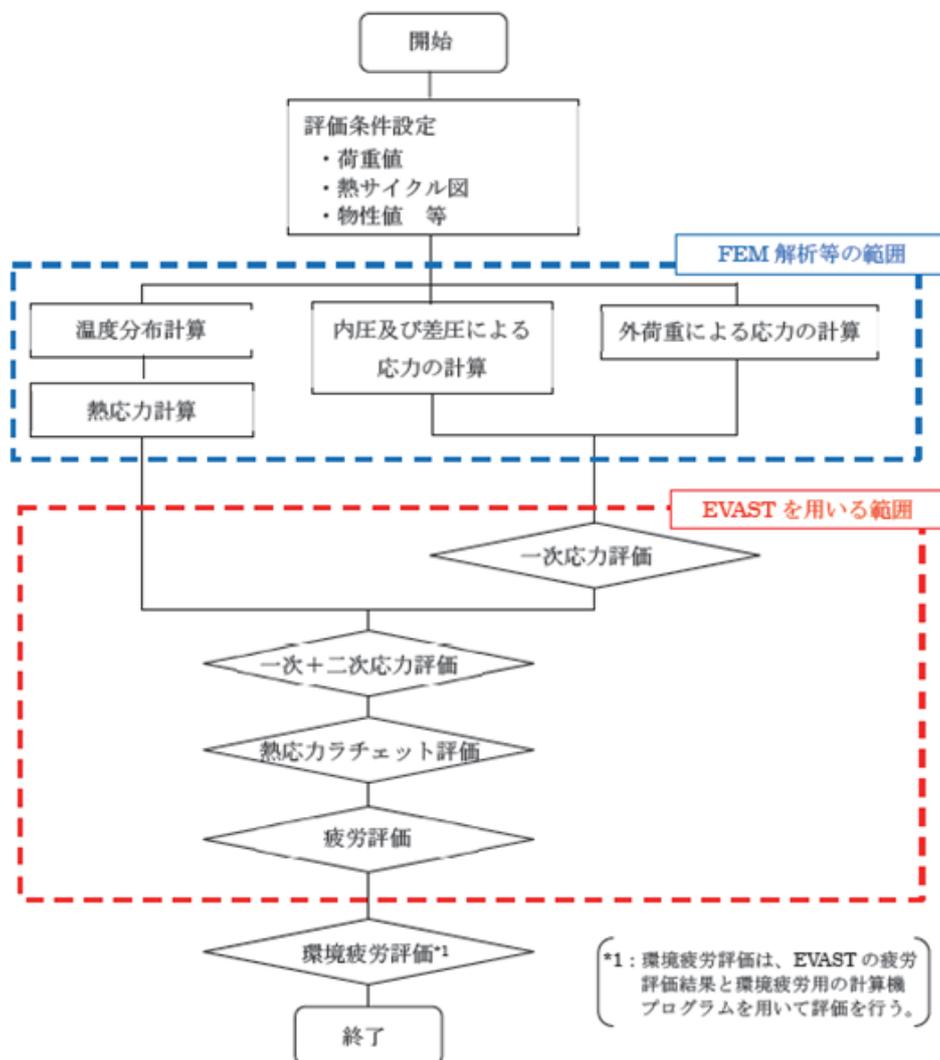
### 6. 別紙

- (1) 福島第二原子力発電所4号炉，柏崎刈羽原子力発電所5号炉 高経年化技術評価書  
変更前後比較表
- (2) 柏崎刈羽原子力発電所5号炉 高経年化技術評価（低サイクル疲労）補足説明資料  
変更前後比較表

以上

原子炉压力容器の解析評価概要

原子炉压力容器の疲労評価における解析評価フローを以下に示す。



原子炉压力容器の疲労評価における解析評価フロー

< EVAST の改訂履歴 >

計算ソフト名	年度	改訂内容
EVAST Ver.0	2008	初版 (ワークステーション用からパソコン用への移行)
EVAST Ver.1	2011	応力集中係数乗算方法の拡張
EVAST Ver.2 (EVAST Ver.2')	2014	ASME の設計疲労線図を呼び込む機能等の追加 (Ver.2'は検証作業中に一時的に作成したもの)
EVAST Ver.3	2019	使用 OS 変更に伴う変更

■ : 誤りが確認されたバージョン

(福島第二原子力発電所 4 号炉, 柏崎刈羽原子力発電所 5 号炉の PLM 評価業務のうち誤りの確認されたものは, 2016~2019 年に Ver.2 により実施。)

高経年化技術評価書 (福島第二原子力発電所 4 号炉 容器の技術評価書)

修正前		修正後																					
P. 2-26		差異なし																					
<p>表 2.3-5 原子炉圧力容器の疲れ累積係数のまとめ</p> <p>運転実績回数に基づく疲れ解析 (許容値 : 1 以下)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th>設計・建設規格の疲労曲線による解析</th> <th>環境疲労評価手法による解析</th> </tr> <tr> <th>現時点 (平成 27 年 8 月 25 日時点)</th> <th>現時点 (平成 27 年 8 月 25 日時点)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>主フランジ</td> <td>0.006</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>スタッドボルト</td> <td>0.163</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>給水ノズル</td> <td>0.083</td> <td>0.523</td> </tr> <tr> <td>下鏡</td> <td>0.004</td> <td>0.058</td> </tr> <tr> <td>支持スカート</td> <td>0.158</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table>					設計・建設規格の疲労曲線による解析	環境疲労評価手法による解析	現時点 (平成 27 年 8 月 25 日時点)	現時点 (平成 27 年 8 月 25 日時点)	主フランジ	0.006	—	スタッドボルト	0.163	—	給水ノズル	0.083	0.523	下鏡	0.004	0.058	支持スカート	0.158	—
	設計・建設規格の疲労曲線による解析				環境疲労評価手法による解析																		
	現時点 (平成 27 年 8 月 25 日時点)			現時点 (平成 27 年 8 月 25 日時点)																			
主フランジ	0.006			—																			
スタッドボルト	0.163			—																			
給水ノズル	0.083			0.523																			
下鏡	0.004	0.058																					
支持スカート	0.158	—																					

高経年化技術評価書 ( 柏崎刈羽原子力発電所 5 号炉 容器の技術評価書 )

修正前			修正後
P. 2-26			差異なし
表 2.3-5 原子炉圧力容器の疲れ累積係数のまとめ 運転実績回数に基づく疲れ解析 ( 許容値 : 1 以下 )			
	設計・建設規格の疲労曲線による解析	環境疲労評価手法による解析	
	現時点 (平成 30 年 3 月 31 日時点)	現時点 (平成 30 年 3 月 31 日時点)	
主フランジ	0.004	—	
スタッドボルト	0.128	—	
給水ノズル	0.041	0.563	
下鏡	0.003	0.037	
支持スカート	0.105	—	

柏崎刈羽原子力発電所 5号炉 高経年化技術評価（低サイクル疲労）補足説明資料（資料番号:KK5PLM-補-02 改1）

修正前				修正後			
別紙 4 (P. 4-12, 13)				別紙 4 (P. 4-12, 13)			
給水ノズルの最大評価点の選定 (1/2)		給水ノズルの最大評価点の選定 (2/2)		給水ノズルの最大評価点の選定 (1/2)		給水ノズルの最大評価点の選定 (2/2)	
部位	評価点	Un	許容値	部位	評価点	Un	許容値
給水ノズル	P01	0.0409	1	給水ノズル (続き)	P16	0.0409	1
	P01'				P16'		
	P02				P17		
	P02'				P17'		
	P03				P18		
	P03'				P18'		
	P04				P19		
	P04'				P19'		
	P05				P20		
	P05'				P20'		
	P06						
	P06'						
	P07						
	P07'						
	P08						
P08'							
P09							
P09'							
P10							
P10'							
P11							
P11'							
P12							
P12'							
P13							
P13'							
P14							
P14'							
P15							
P15'							
<div style="border: 1px solid red; width: 20px; height: 10px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></div> : 最大評価点				<div style="border: 1px solid red; width: 20px; height: 10px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></div> : 最大評価点			

※本資料のうち、枠囲みの内容は、営業秘密又は防護上の観点から公開できません。