

原子炉圧力容器の最低使用温度の評価 に係る不適合事象について

平成22年11月18日

東京電力株式会社

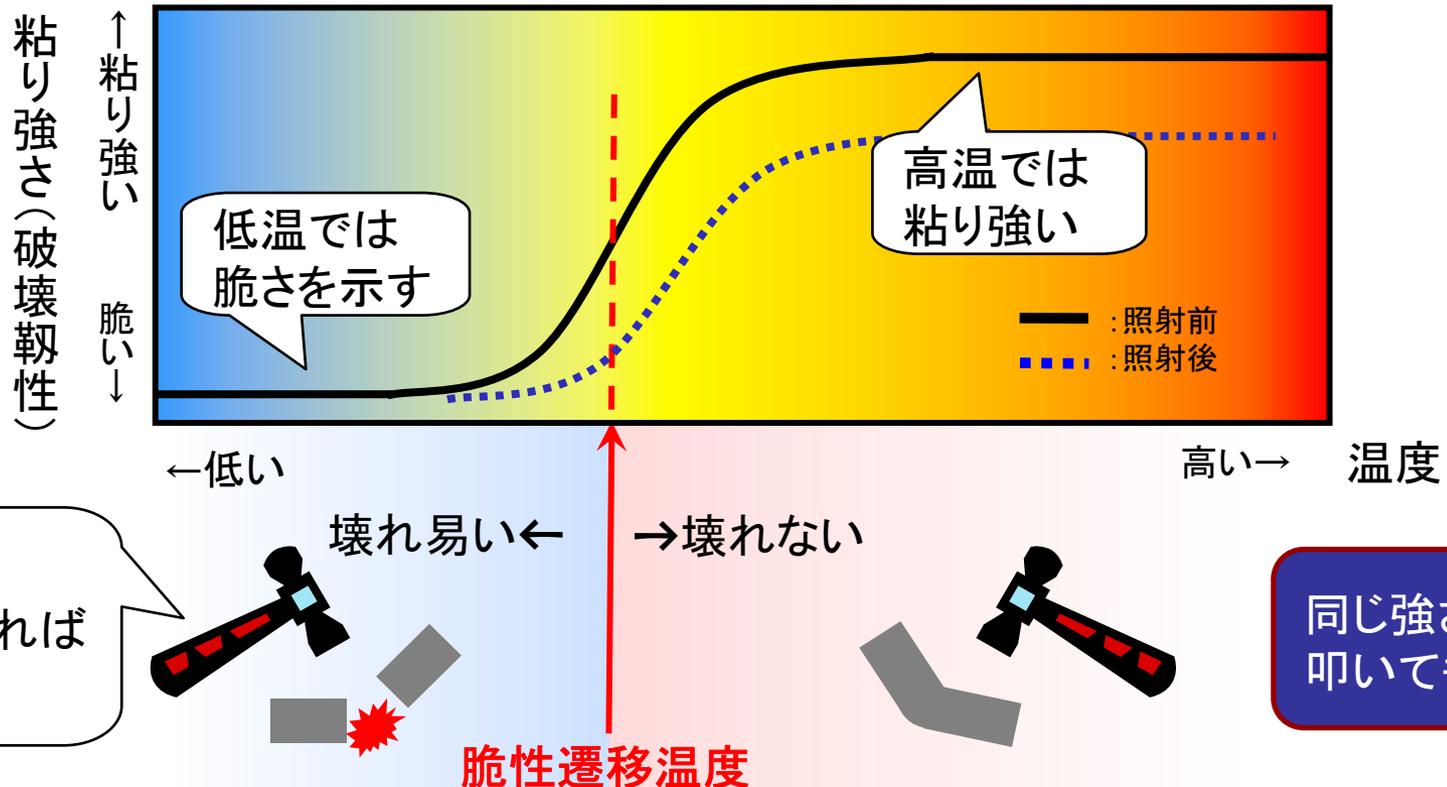
1. はじめに

- 今回の不適合は、原子炉圧力容器の最低使用温度の評価を誤っていたもの
- 原子炉圧力容器の最低使用温度については、**昨年8月12日**、発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令（省令62号第8条の2及び第12条）の解釈に、「原子炉圧力容器については日本電気協会『原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法』（JEAC4206-2007；以下、当該JEACと記す）に掲げる要求を満足すること」との記載が盛り込まれた
- これを契機に、当社でも当該JEACに基づく最低使用温度の評価を行ってきたが、**本年8月31日**、それまでの評価において、当該JEACに記載の計算式を温度評価用ツール（エクセルにて整備）に適切に反映出来ていない事象を確認
- これも含め、当該JEACと相違するものとして、**全部で4つの事象**を確認

2. 金属材料の特性

原子炉圧力容器に使用している材料等，金属材料の特性は，その温度により以下の通り特性が変化することが知られている

- 高温では粘りがあるが，低温では脆くなる
- 材料の延性/脆性の度合いは**ある温度(脆性遷移温度)**を境に変化する
- 中性子の照射によって脆性遷移温度は高くなる方向に移行する



3. 原子炉圧力容器の温度管理

低い温度
材料の温度が
脆性遷移温度以下



大きい応力
容器の圧力を上昇する
ことで大きな応力が発生



原子炉圧力容器に圧力を加える場合、脆性破壊を起こさせないために、**温度と応力**を脆性破壊が起こらない範囲（**材料が粘り強さの特性を持つ範囲**）で管理する必要がある

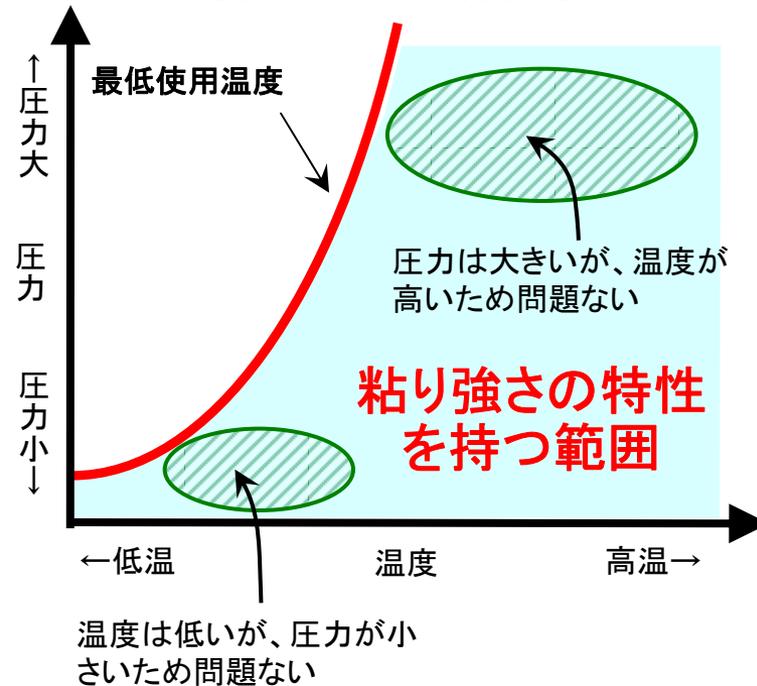


脆性遷移温度から、破壊力学評価（**仮想欠陥を想定し**、どの程度の力が欠陥に加わったら破壊するかを評価）に基づき、粘り強さの特性を持つ範囲の温度・圧力を計算



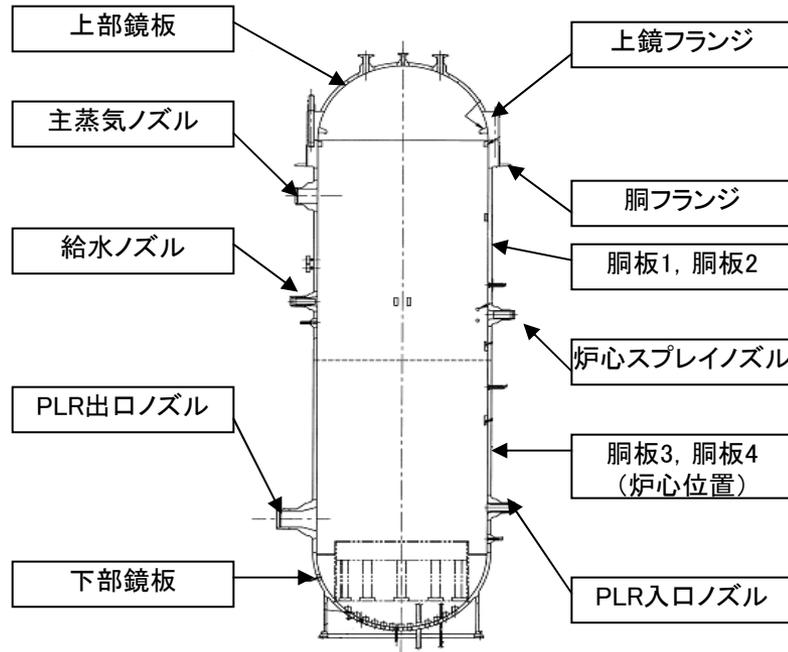
原子炉圧力容器の**最低使用温度**を決定

粘り強さの特性を持つ範囲の温度と圧力の計算結果



3. 原子炉圧力容器の温度管理(つづき)

＜原子炉圧力容器断面図＞



原子炉圧力容器各部位の**最低使用温度**

関連温度初期値

材料がもつ脆性遷移温度

+

関連温度移行量

中性子照射による脆性遷移温度の上昇(炉心位置のみ)

+

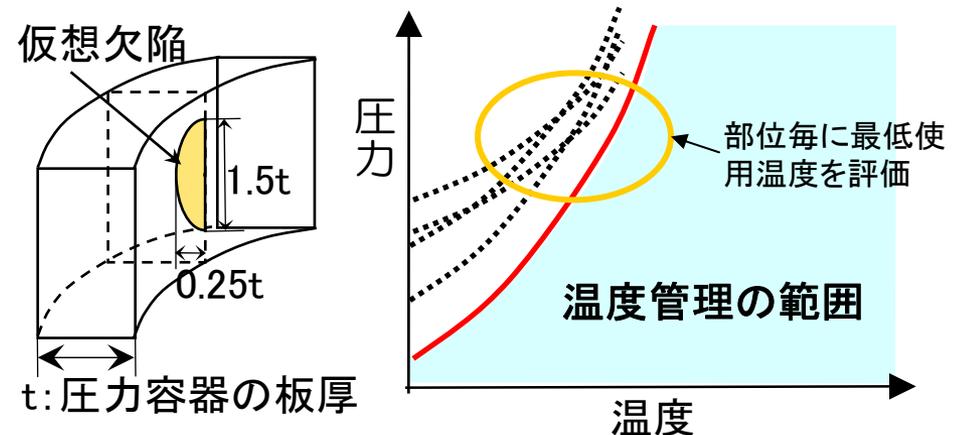
破壊力学に基づく評価値

仮想欠陥を想定し、どの程度の力が欠陥に加わったら破壊するかを評価

○図に示すように、原子炉圧力容器は、**いくつかの部材で構成**されている

○原子炉圧力容器の**最低使用温度は、これら部材毎に評価**

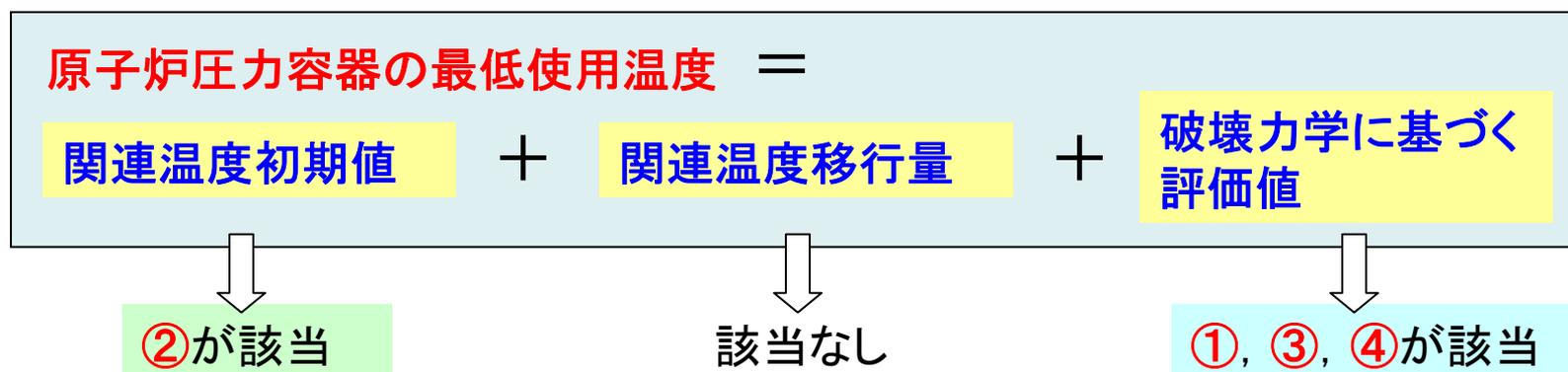
○評価にあたっては、**仮想欠陥を想定**する等、保守性を加味



4. 今回の不適合の概要

今回、当該JEACとの相違が確認された不適合は、以下の4事象

- ①当該JEACの変更に伴う、計算式の一部に追加された係数を反映していなかった。
- ②材料に応じて設定する温度の計算において、当該JEACに記載の計算方法とは異なる計算方法で求めていた。
- ③最低使用温度評価を行なうための計算式の係数の設定において、当該JEACで定められた仮想欠陥深さとは異なる値で設定していた。
- ④配管ノズル部の仮想欠陥深さにおいて、当該JEACで定めている数値とは異なった値で評価していた。



これら不適合については、正しい計算式及び数値により再度評価を行った結果、耐圧・漏えい検査の実施の温度はいずれも正しい評価結果以上であったことなどから、原子炉安全への影響がないことを確認

5. 耐圧・漏えい試験時の評価の誤り(その1)

①当該JEACの変更に伴う、計算式の一部に追加された係数を反映していなかった

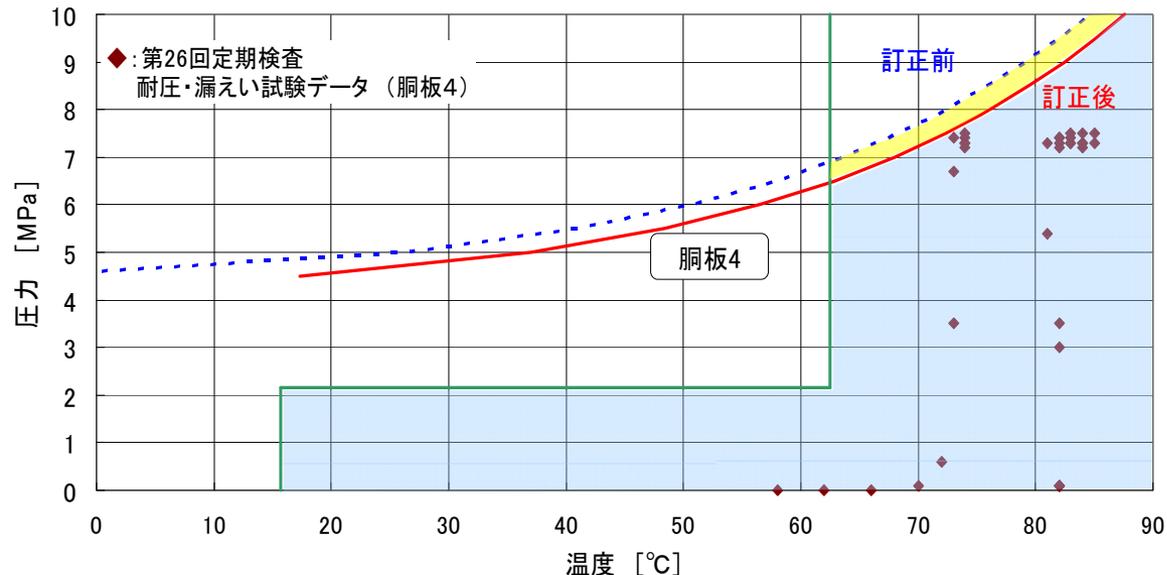
- 最低使用温度を評価する際に使用する計算式に追加となった係数(Ap項)を反映していなかった。

温度評価ツール: $KI = [\sigma_m \cdot M_m + \sigma_b \cdot M_b] \sqrt{(\pi a/Q)}$

JEAC4206-2007: $KI = [(\sigma_m + A_p) M_m + \sigma_b \cdot M_b] \sqrt{(\pi a/Q)}$

- 最低使用温度が数°C上昇する方向での誤り。
- 対象プラントは、福島第一:1/2/4号機、福島第二:3号機の計4プラント
- いずれのプラントにおいても、耐圧・漏えい試験時の温度は、正しく評価した最低使用温度を満足しており、問題の無いことを確認した。

<例:福島第一1号機>

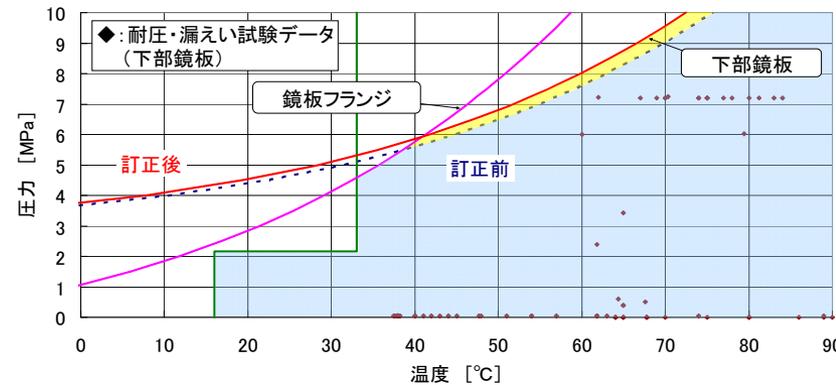


5. 耐圧・漏えい試験時の評価の誤り(その2)

②材料に応じて設定する温度の計算において、当該JEACに記載の計算方法とは異なる計算方法で求めていた。

- 材料に応じて設定する温度がプラント建設当初に得られていない場合には、計算にてその温度を算出するが、当該JEACに基づき算出された値と一部異なっていたもの(旧版のJEACに記載の別の手法にて算出された値であった)。
- 最低使用温度が数°C下がる方向の誤り
- 対象プラントは福島第一:4号機

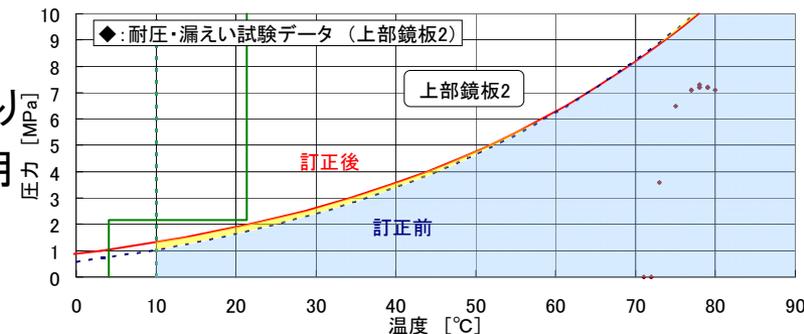
＜福島第一4号機＞



③最低使用温度評価を行なうための計算式の係数の設定において、当該JEACで定められた仮想欠陥深さとは異なる値で設定していた。

- 計算式の係数設定の際、仮想欠陥寸法を深さ25mmとすべきところ、板厚の1/4(約18.8mm)と設定していた。
- 対象プラントは福島第一:2号機
- 最低使用温度は圧力に応じて数°C上下する方向の誤り
- 耐圧・漏えい試験時の温度は、正しく評価した最低使用温度を満足しており、問題の無いことを確認した。

＜福島第一2号機＞

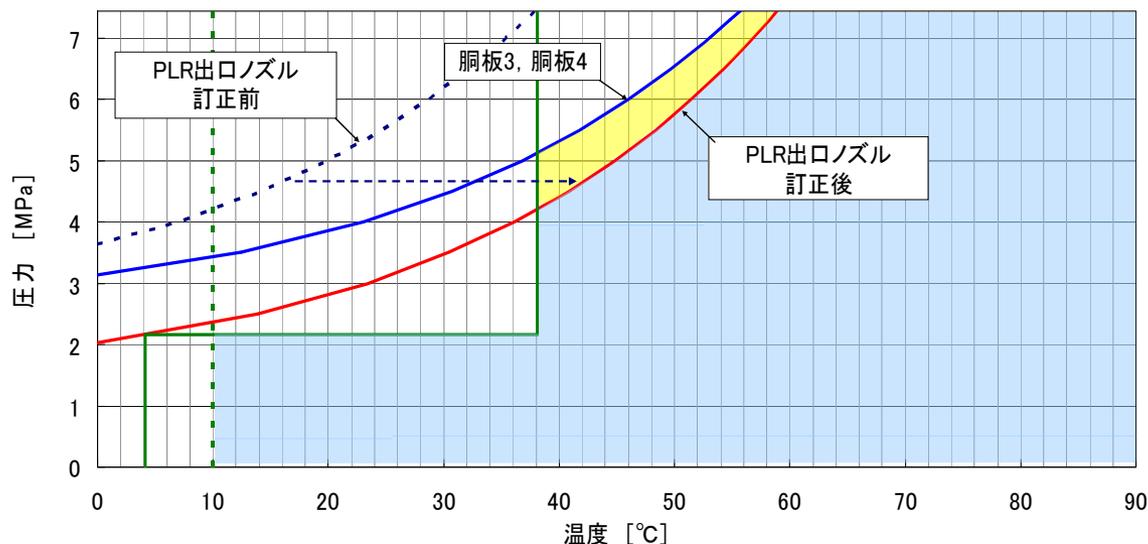


6. 耐圧・漏えい試験時以外の自主評価の誤り

④配管ノズル部の仮想欠陥深さにおいて、当該JEACで定めている数値とは異なった値で評価していた。

- 定検停止時の自主評価（BWRにおいては、基本的に当該供用状態において低温で加圧されることが無いため自主的な炉水の温度管理として実施）において、配管ノズル部の仮想欠陥寸法を誤って設定していた（板厚の1/4とすべきところ、1/16としていた）。
- 自主管理基準の変更があったプラントは福島第一：2号機／6号機
- 耐圧・漏えい試験以外に原子炉圧力容器が加圧された場合が無かったことを確認しており、健全性に影響がないことを確認した。

＜例：福島第一2号機＞



7. まとめ

○これら不適合については、正しい計算式及び数値により再度評価を行った結果、いずれも原子炉安全への影響がないことを確認

○規格類の改定時の周知や情報共有が十分に行われていなかったことや、規格類の適用の確認不足等が原因と考えられることから、今後、規格類の改定に対して、以下のような改善を実施

改善策

◆本店・発電所において、規格類の改定に係わる社内運用の変更の必要性及び変更内容について相互に確認し情報を共有する

◆改定された規格類の適用に当たっての影響の有無を確認し、社内運用の変更箇所及び変更方法を本店・発電所において相互に確認した上で反映を行うとともに、その変更内容について、ダブルチェックを行う