

前回の委員からの意見に関する説明 (PTS評価におけるクラッド関係について)

2023年3月24日

【以下、第10回分科会の資料1-2より抜粋】

○加圧熱衝撃評価におけるクラッドの考慮について

川内1, 2号炉の運転期間延長申請では、原子炉容器の中性子照射脆化の評価（加圧熱衝撃（以下「PTS」という。）評価）について、JEAC4206-2007を用いて評価を実施している。

JEAC4206-2007は、クラッドの考慮に関する具体的な記載はないが、クラッドを考慮するかどうかは本規格のユーザーが適切に判断すべき事項と考えており、PTS評価における応力拡大係数（PTS状態遷移曲線）の算出過程において、クラッドの考慮を一律に禁止するものではないと考えている。また、本規格を規定している日本電気協会からも同様の見解を得ている。

そのため、川内1, 2号炉のPTS評価における熱伝導解析では、実機に施工しているクラッドを考慮し、実態に即した解析を実施している。ただし、応力評価においては、クラッドが強度部材ではないことから、クラッドは考慮していない。また、応力拡大係数の算出においても、クラッドはき裂の開口を抑制する効果がある程度期待できるものの、無視している。

なお、クラッドについては、建設時に浸透探傷試験を実施し表面に欠陥がないことを確認している。また、原子炉容器の溶接部に対する供用期間中検査（超音波探傷試験）によっても有意な欠陥がないことを確認している。さらに、特別点検により実施した炉心領域100%に対する超音波探傷試験においても有意な欠陥、経年劣化は確認されておらず、クラッドが健全であり母材である低合金鋼が保護されていることを確認している。

これらのことから、PTS評価の熱伝導解析において、特別点検等で健全性を確認しているクラッドを考慮することは問題ないものと考えている。

表 1 応力拡大係数（PTS状態遷移曲線）の算出過程

	概要
<p>熱伝導解析 (温度分布解析)</p>	<p>PTS事象の進捗に伴い生じる原子炉容器内面に接液する冷却材の温度変化に対して、胴部板厚内の温度分布を時刻歴で計算する。 温度分布解析においては、クラッドの存在を考慮し、熱伝達率として、JEAC4206-2007に基づき、強制対流の式の値に上向きの自然対流の効果（Jackson-Fewsterの式）を加味して求めた値を使用する。</p>
<p>応力評価</p>	<p>前段で求めた温度分布の変化に対して熱応力を、また、PTS事象での原子炉容器の内圧による応力を求めて、時刻歴での応力分布を把握する。応力評価においては、強度部材ではないクラッドの存在は考慮しない。</p>
<p>応力拡大係数の算出</p>	<p>得られた応力分布から、JEAC4206-2007に基づき、Buchalet and Bamfordの応力拡大係数の式を用いて、時刻歴で応力拡大係数を算出する。応力拡大係数の算出においては、クラッドがき裂の開口を抑制する効果がある程度期待できるものの、無視しており、保守的な応力拡大係数を得ている。</p>

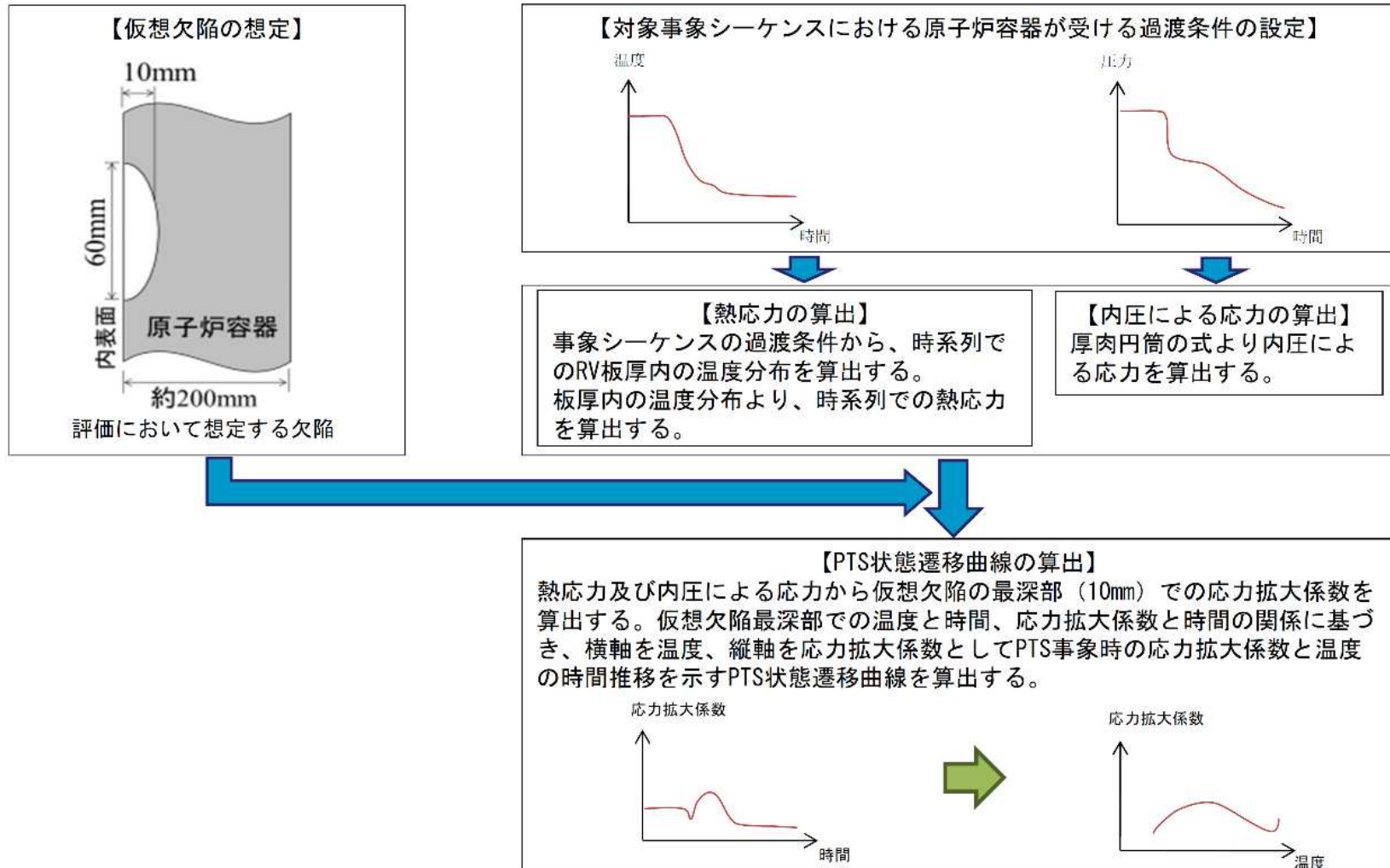


図1 PTS状態遷移曲線の算出過程

○PTS評価に用いているJEAC4206-2007について

PTS評価手法は、JEAC4206-2007附属書Cに規定されており、その中で（財）発電設備技術検査協会の「原子炉圧力容器加圧熱衝撃試験実施委員会」で開発された手法をベースに基準化したと記載されている。

当該手法は、国のプロジェクトである「溶接部等熱影響部信頼性実証試験に関する調査報告書」のうち、「原子炉容器加圧熱衝撃試験」において行われた実証試験を踏まえ開発された手法であり、本プロジェクトは、国内はもとより米国等の海外で実施された研究、実証試験の結果を踏まえ報告されたものであり、信頼性は高いと考えられる。

○本件に関連する専門家による議論について

国主催にて、専門家による「高経年化技術評価に関する意見聴取会」が開催されており、その中で、当社玄海1号炉について検討がなされている。（とりまとめ結果は「原子炉圧力容器の中性子照射脆化について（平成24年8月 原子力安全・保安院）」に示されている）

本件に係るとりまとめにおいて、川内1, 2号炉と同様に、熱伝導解析（温度分布解析）においては、クラッドを考慮しクラッド内表面からの温度に連動して求めていることが確認され、現実的な解析を実施しているとの見解を得ている。

○まとめ

今回、熱伝導解析（温度分布解析）にクラッドを考慮することについてご意見をいただいているが、上述の通り、当社がPTS評価に用いているJEAC4206-2007においては、クラッドを考慮することは一律禁止されているものではなく本規格を使用するユーザーが適切に判断すべき事項であり、特別点検等で健全性が確認されたクラッドを実態に即した解析の一部として使用しているものである。

熱伝導解析においては現実的にクラッドを考慮しているが、PTS評価においては、これまでも第5回分科会等において説明している通り、想定き裂先端（10mm深さ）位置の照射量ではなくRV内表面の照射量を考慮する等の保守性を考慮しており、非安全側の評価となることはないと考えている。