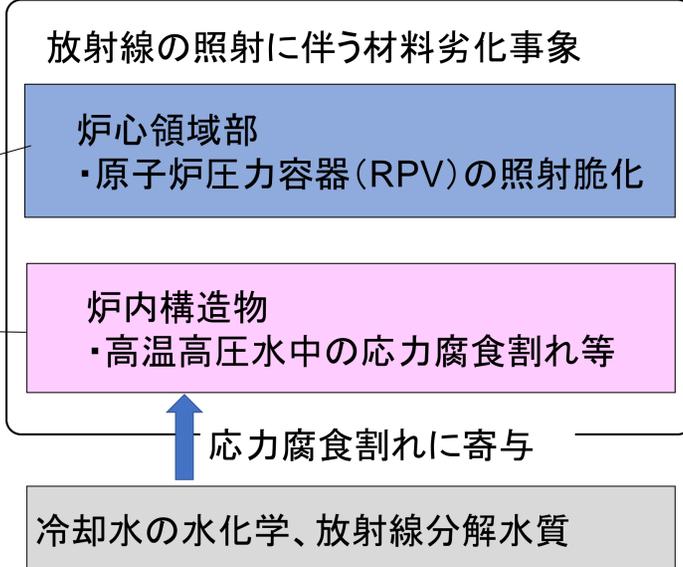
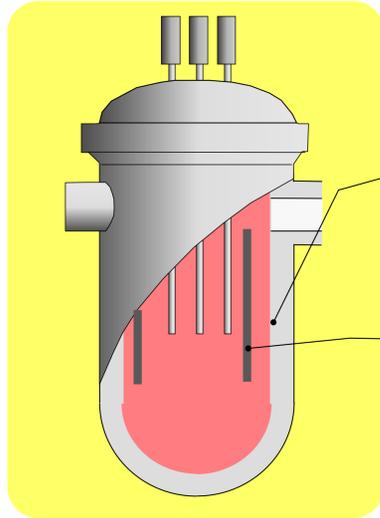


研究の全体概要

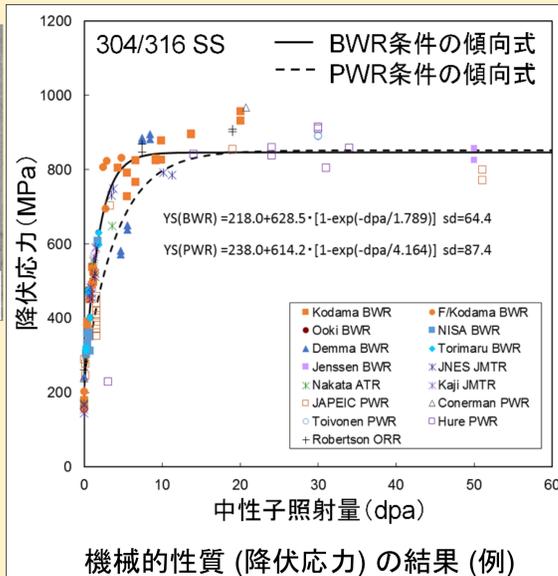
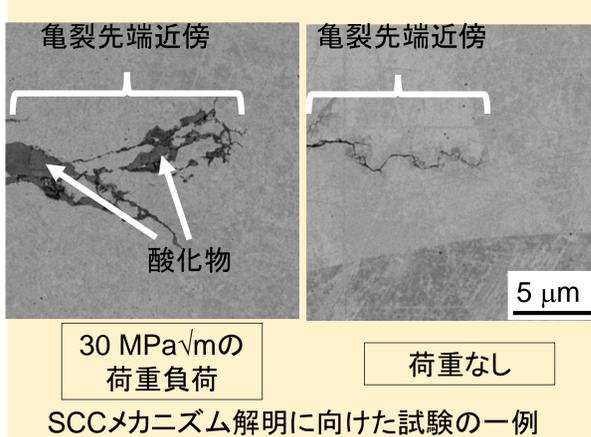
軽水炉の運転延長認可の判断や高経年化対策の技術的妥当性確認に資することを目的として、原子炉圧力容器(RPV)や炉内構造物の材料劣化(照射脆化や応力腐食割れ(SCC))を対象に試験研究を実施している。



本グループの研究対象

ステンレス鋼のSCCに関する研究

炉内環境を模擬した高温高圧水中におけるステンレス鋼を対象に、応力、水質、照射等が亀裂の発生や進展に与える影響を評価している。また、炉内構造物の健全性評価の合理性の確認に資するため、ステンレス鋼における材料特性の照射量依存性に関する経験式の構築を行っている。



過去の試験データに基づく経験式の構築

BWR一次系冷却水模擬環境中に荷重負荷したCT試験片を浸漬。外部からの荷重負荷による応力集中が亀裂先端での酸化を促進する可能性を指摘。

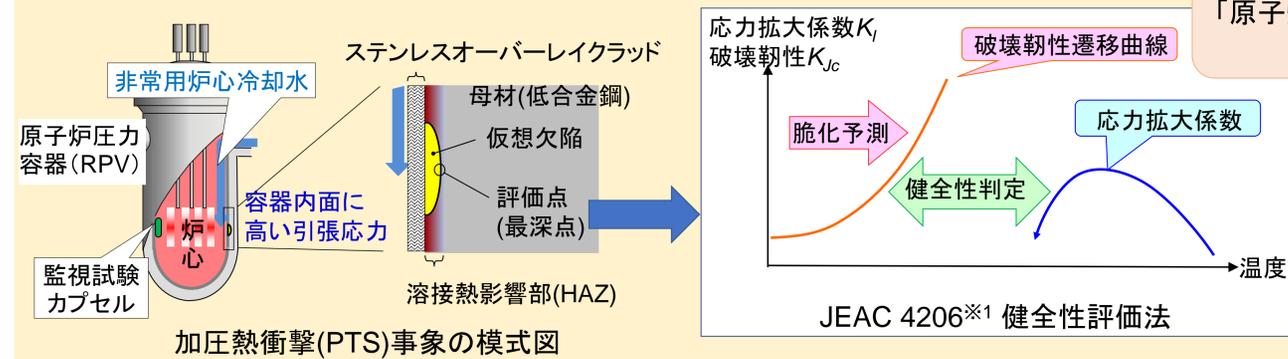
※本研究の一部は、原子力規制庁からの受託事業「軽水炉照射材料健全性評価研究」の成果である。

RPV鋼の照射脆化に関する研究の概要

RPVの健全性評価においては、最も厳しい過渡事象である加圧熱衝撃(PTS)時に、材料の破壊靱性がRPV内表面に想定する亀裂に作用する応力拡大係数を上回ることが求められる。RPVの破壊靱性評価に関して、中性子照射脆化のメカニズム分析を進めるとともに、微小な破壊靱性試験片を用いて照射材の破壊靱性等の機械的特性評価を行っている。また、実機規模の厚板材の破壊試験を実施し、現行の破壊靱性試験結果に基づく健全性評価手法の保守性確認を進めている。

さらに、ベイズ統計を用いた解析から機械的特性等の不確かさを分析し、構造健全性評価研究と連携して確率論的破壊力学に基づく健全性評価の高度化を進めている。

構造健全性評価研究グループのポスター発表「原子炉機器の健全性評価手法の高度化」もご聴講ください。



※1 日本電気協会規格「原子炉圧力容器に対する供用期間中の破壊靱性の確認方法JEAC4206-2016」



健全性評価に影響する代表的な不確かさ

- 予測精度
- 破壊靱性のばらつき
- 試験片寸法等の違い
- 想定条件と現実との違い

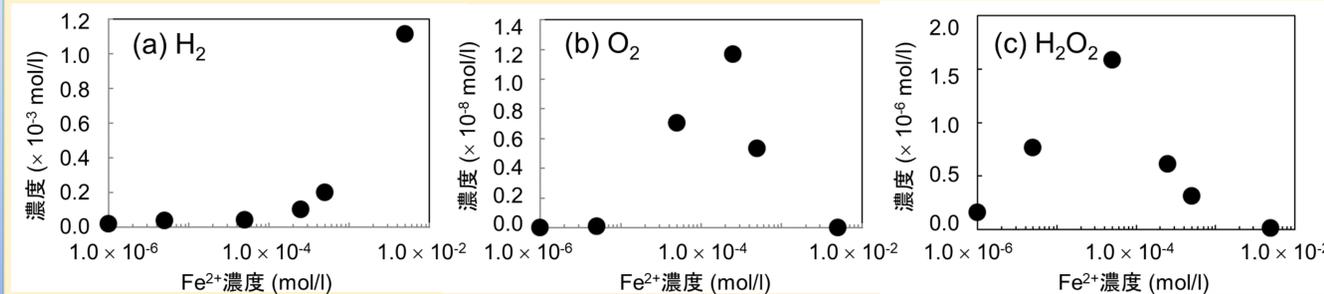
不確かさを考慮した確率論に基づく健全性評価手法の整備に活用

次のポスターで説明

※本研究の一部は、原子力規制庁からの受託事業「軽水炉照射材料健全性評価研究」の成果である。

水の放射線分解に関する研究

これまでに開発した水の放射線分解(ラジオリシス)に関する分析・解析技術を活用し、福島第一原子力発電所の建屋内汚染水中の構造物の腐食に与えるラジオリシス影響の評価を目的とした解析を行っている。



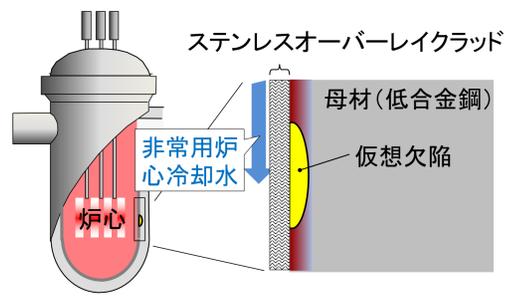
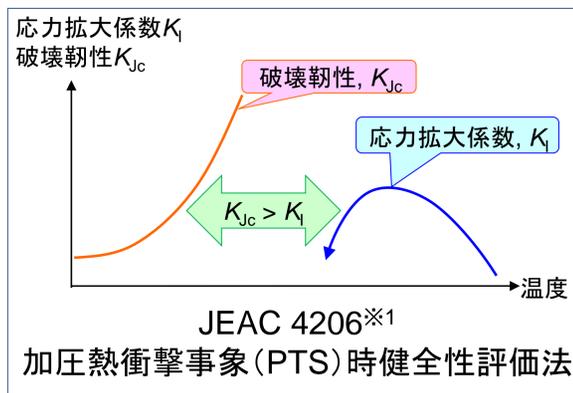
鉄イオン(Fe²⁺)を含む水溶液へのガンマ線照射による水分解生成物発生量のラジオリシス計算による評価結果

これまでに塩化物(Cl⁻)、臭化物(Br⁻)、炭酸(CO₃²⁻)、鉄分(Fe²⁺, Fe³⁺)等のラジオリシスへの影響を評価。(図は鉄イオン(Fe²⁺)濃度と水分解生成物濃度との関係。Fe²⁺が高濃度(1 × 10⁻⁴ mol/l以上)になると酸化剤の発生が抑制される一方で、水素発生量は単調に増加。)

目的

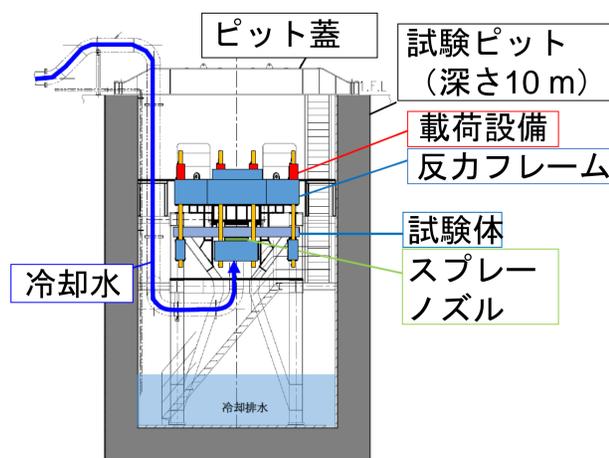


破壊靱性試験片

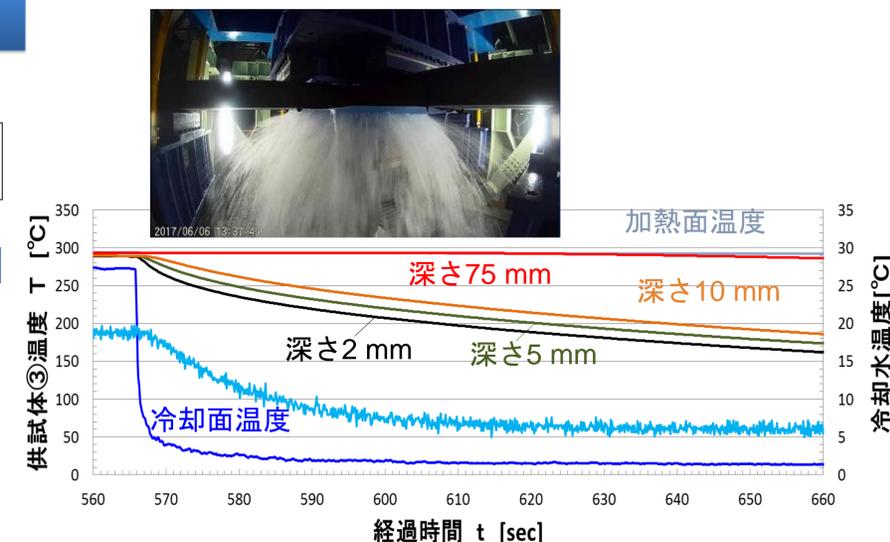


急冷に伴い、容器内面に高い熱応力(引張応力)が発生

試験装置



ピット内部の試験設備



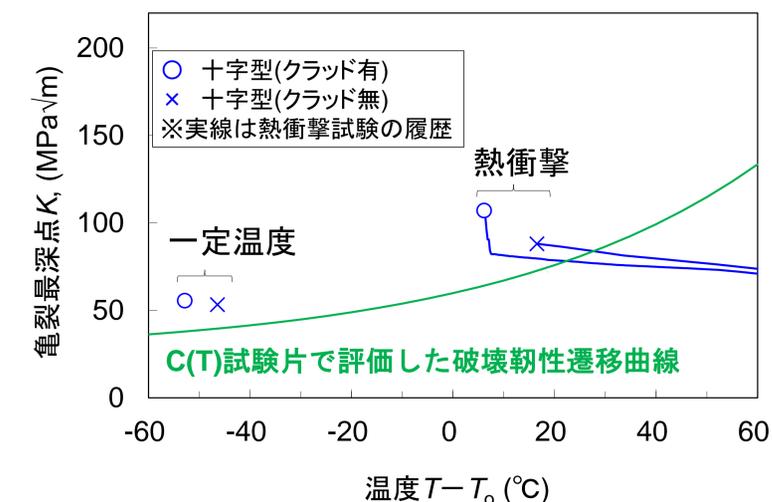
試験体への冷却水スプレーの様子(上)と板厚内温度履歴(下)
(実機運転温度の290°Cから急冷)

温度履歴データを基に荷重負荷条件を決定

試験結果



破壊試験後の試験体の様子



破壊靱性遷移曲線と破壊時応力拡大係数の比較

- 熱衝撃下での荷重負荷試験及び一定温度での破壊試験を実施した。クラッド及び熱衝撃の有無によらず、破壊時の応力拡大係数が、現行評価手法に基づく破壊靱性遷移曲線を上回った。

今後の展開

- 高靱性のRPV鋼を用いた試験により、現行評価手法の保守性を確認する。
- 試験体数を増やして破壊靱性のばらつきを評価するとともに、ローカルアプローチに基づく破損確率評価も取り入れ、破壊に対する裕度を定量的に確認する。

まとめ

- 実機板厚規模の試験体を用い、PTS事象時に想定されるような熱衝撃及び2軸荷重を負荷する破壊試験を実施した。
- クラッド及び熱衝撃の有無によらず、現行評価手法が保守性を有することを確認した。

本研究は、原子力規制庁からの受託事業「軽水炉照射材料健全性評価研究」の成果である。

供試材、試験体の製作

- 室温以上で脆性破壊が生じる材料(低靱性鋼)を製作した。
- クラッド有り、無しそれぞれの条件で破壊靱性遷移曲線の保守性を確認するため、クラッド施工有・無の2種類の試験体を製作した。
- 室温以上での脆性破壊を維持するため、実機に比べて低温(510°C × 4時間)で溶接後熱処理を実施した。

低靱性鋼の化学成分, wt. %

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V
実績値	0.29	0.36	1.47	0.059	0.001	0.47	0.11	0.61	0.003
SQV2A 規定値	≤0.25	0.15 ~0.40	1.15 ~1.50	≤0.020	≤0.020	0.40 ~0.70	-	0.45 ~0.60	-

- 降伏応力: 約830 MPa
- 引張強さ: 約1000 MPa
- 破壊靱性参照温度: 51~91°C

