

材料部会セッション「福島事故後の原子炉圧力容器の健全性評価技術の方向性」

(1) 原子炉圧力容器の健全性評価と最近の動向

(1) Recent Trend of Structural Integrity Evaluation of RPV

吉村 忍¹¹東京大学**1. 緒言**

福島第1原子力発電所の事故を契機に、原子力発電所のシステムとしての安全性評価が進められる一方で、重要機器の経年劣化も関心の一つとなっている。特に、原子力発電所の中核ともいえる原子炉圧力容器は、国内プラントの長期運転を迎えるにあたり、中性子照射脆化による破壊靱性の低下を考慮した健全性評価の高度化を図っていくことが重要である。ここでは、原子炉圧力容器の健全性を評価する技術として、照射脆化予測と健全性評価手法に関する最近の動向について述べる。

2. 照射脆化予測

原子炉圧力容器内には、実機と同一の鋼材から採取した機械的試験片等が装荷されており、所定の期間に取り出して試験を行って、照射脆化の程度を把握している(監視試験という)。監視試験で取得された照射前後のシャルピー衝撃試験における吸収エネルギーの遷移温度の差を指標として脆化予測法が開発されており、供用期間中の原子炉圧力容器の脆化程度を評価する。これらは日本電気協会の電気技術規程 JEAC4201 に規定されている。監視試験片は、原子炉圧力容器よりも先行して照射を受けることから、近年は60年運転時点の照射量に相当するデータも充実され、また、3D atom probe 等による分析が活発に行われ、照射脆化メカニズムの理解も深められつつあることから、照射脆化メカニズムを考慮した脆化予測法に高度化されている。ただし、更なる信頼性向上のため、引き続きデータの充実と脆化メカニズムの解明を継続していく必要がある。

3. 健全性評価手法

原子炉圧力容器の健全性評価手法は、日本電気協会の電気技術規程 JEAC4206 に規定されており、破壊力学の考え方が取り入れられている。仮想的に想定した大きな亀裂に対して、例えば、事故事象を想定し、冷却水が注入された時(PTS 事象 : Pressurized Thermal Shock 事象)の破壊力(応力拡大係数)と、照射脆化を考慮し、ばらつきを考慮して保守的に設定された破壊靱性を比較し、破壊が生じるかどうかを評価することとしている。JEAC4206 の PTS 評価手法については、海外も含めた最新知見を踏まえ、応力拡大係数の算出に原子炉圧力容器の内面に施行されるクラッドや溶接残留応力の考慮、監視試験で取得された破壊靱性データを元に設定された破壊靱性カーブの取り込み、除荷過程では破壊が生じないとする高温予荷重効果、脆性破壊発生後の亀裂伝播停止評価等の取り込みが検討されている。

4. 結語

原子炉圧力容器は、原子力発電所の機器の中で最も重要な機器の一つであるとともに、健全性の確保のためには、照射脆化のような特別な配慮が必要である。このため、長期運転にあたっては、監視試験に代表されるモニタリング技術、照射脆化メカニズムの解明、健全性評価手法の精緻化等も重要であり、国内外で、このような観点からの研究が活発に進められている。国内外の最新の知見を取り入れて、原子炉圧力容器の脆化予測や健全性評価の精度を高め、継続的に信頼性向上を図っていくことが重要である。

Shinobu Yoshimura¹¹The University of Tokyo