

はじめに

原子力発電所の機器には高度の安全性が要求され、設計、運転、保守の各段階において、最大限の注意を払う必要があります。一方、わが国において1970年代に建設され運転開始後長期間を経過した原子力発電所もあり、材料の経年劣化を考慮して安全性の確保と適切な維持管理に努めることが肝要です。

こうした材料の経年劣化には各種の事象が知られていますが、とりわけ原子力発電の中核である原子炉圧力容器における中性子照射脆化は最も重要な事象のひとつです。中性子照射脆化とは、圧力容器が長時間の中性子照射を受けるなかで、容器鋼材の靱性（割れに対する抵抗力）が次第に低下していく現象です。原子力発電の長期健全性を確保していくためには、まずこうした脆化発生のメカニズムを解明し、脆化の進展を正しく予測し、これに基づいて適切な運転管理を行うことが不可欠です。

照射脆化は中性子と鋼材との極めて微細な空間（原子レベル）における相互作用によって引き起こされる複雑な現象であり、その機構の解明のために国際的にも多くの努力がなされてきました。こうした中、近年の材料のマイクロ分析技術とコンピューターシミュレーション技術の飛躍的な発展もあいまって、脆化の発生メカニズムの解明が進み、脆化メカニズムに基づく新たな脆化予測法の開発とその規格化が実現しました。

圧力容器の健全性を確保するためには、脆化の進展を予測しつつ容器にき裂のような欠陥が万一存在した場合においても、き裂が進展したり圧力容器が破損したりすることがないことを、構造健全性の面からも評価しておくことが必要です。このような評価手法を破壊力学評価といい、これに基づいた国内規格が制定されています。

しかしながら、このような圧力容器の健全性評価については、原子レベルでの脆化メカニズムに関する高度の材料科学的知見から、機器の強度・破壊などマクロな構造健全性評価に係る工学的知見に至る広範囲にわたる内容が盛り込まれており、容易には理解し難いものになっています。

そこで、本稿ではこうした問題をより多くの方々に身近に理解していただくため、「原子炉圧力容器鋼の中性子照射脆化と健全性評価」を紹介したいと思います。学術的な厳密性や枝葉的な内容よりも、評価手法の骨格、基本となる考え方に重点を置き、下記の3回に分けて記述します。

「その1」では、照射脆化の事象とそれに対する評価手法の概要を紹介します。「その2」では、脆化予測法についてこれまでの変遷、脆化メカニズム研究による最近の知見の詳細を紹介します。さらに、「その3」では、構造健全性の観点から、圧力容器の健全性評価や運転管理の手法について紹介します。また、それぞれについて、国内原子炉における実際の評価例を示します。

東日本大震災と福島第1原子力発電所の事故発生を契機に、圧力容器の照射脆化を含めた原子力発電所の安全性に対して極めて強い関心が向けられています。本稿がこうした問題の理解にすこしでも役立つものとなれば幸いです。