

軽水炉高経年化研究総括プロジェクトリーダー 鹿島 光一

軽水炉の高経年化対策に挑む

2007年5月、電力中央研究所は、軽水炉高経年化研究のための総括プロジェクトチームを立ち上げた。国内軽水炉発電の開始から35年以上を経た現在、高経年化炉の保守は、今後の電力供給のみならず、環境問題解決をも左右する今日的な課題である。総括プロジェクトチームは、電中研が原子力発電黎明期より培ってきた研究基盤を生かしつつ、より合理的な体制の下、規格・基準策定への寄与を目指す。

原子力技術分野

現在国内において、原子力による発電量は、総発電量の3割を担う。また、CO₂排出が少ない原子力発電は、地球温暖化抑制の切り札である。一方、70年代に相次いで始動した原子炉は高経年化が進み、稼動する全55基の軽水炉のうち、30年を経過した炉は2006年までに12基、2010年には20基に達する。こうした経年炉を今後も有効に維持活用していくことは、安全面はもとより、維持コストの経済性の面からも重要である。高経年化研究は、材料の劣化損傷から耐震性まで、扱う領域は多様だ。電中研は、従来からさまざまなアプローチを試みてきた。

総括プロジェクトチームは、破壊力学の専門家である鹿島光一氏をリーダーに、現在、材料科学研究所・原子力技術研究所の21人がスクラムを組む。鹿島氏は、「今後50年、60年と、これまで経験したことのない長い年月を経た場合でも、軽水炉を安全に運転していくため、研究を進めていきたい。成果は学術にとどめず、関連学協会で規格として採用してもらおうよう働きかけ、実用に供していきたい」と抱負を語る。

夢を技術に — CRIEPI SPIRIT



圧力容器の高精度照射脆化予測式の開発

低合金鋼製の圧力容器の内部壁に中性子が繰り返しぶつくと、材料の強度(ねばり強さ)が低下していく。また、材料は、低温であるほどこの強度が低くなり、強度が大きく低下する(脆化する)温度を遷移温度という。中性子がぶつかる条件下で、この圧力容器の遷移温度変化を長期にわたって予測する脆化予測の規格(JEAC:日本電気協会規程)は、従来は統計データに基づいて定められていた。

この分野で先駆ける電中研では、物質としても時間的にもナノレベルの現象を解明するために、最先端の3次元アトムプローブ(左ページ上写真)を導入し、中性子照射した試験片に銅などの不純物が析出する様子を観察、シミュレーションによって脆化を予測するモデルを構築した。実測値と予測データとを組み合わせることで、脆化予測式の精度を向上させ、新たな規格として、JEACの次期改訂時に採用される見込みだという。

配管などに生じる応力腐食割れの発生・進展メカニズムの解明

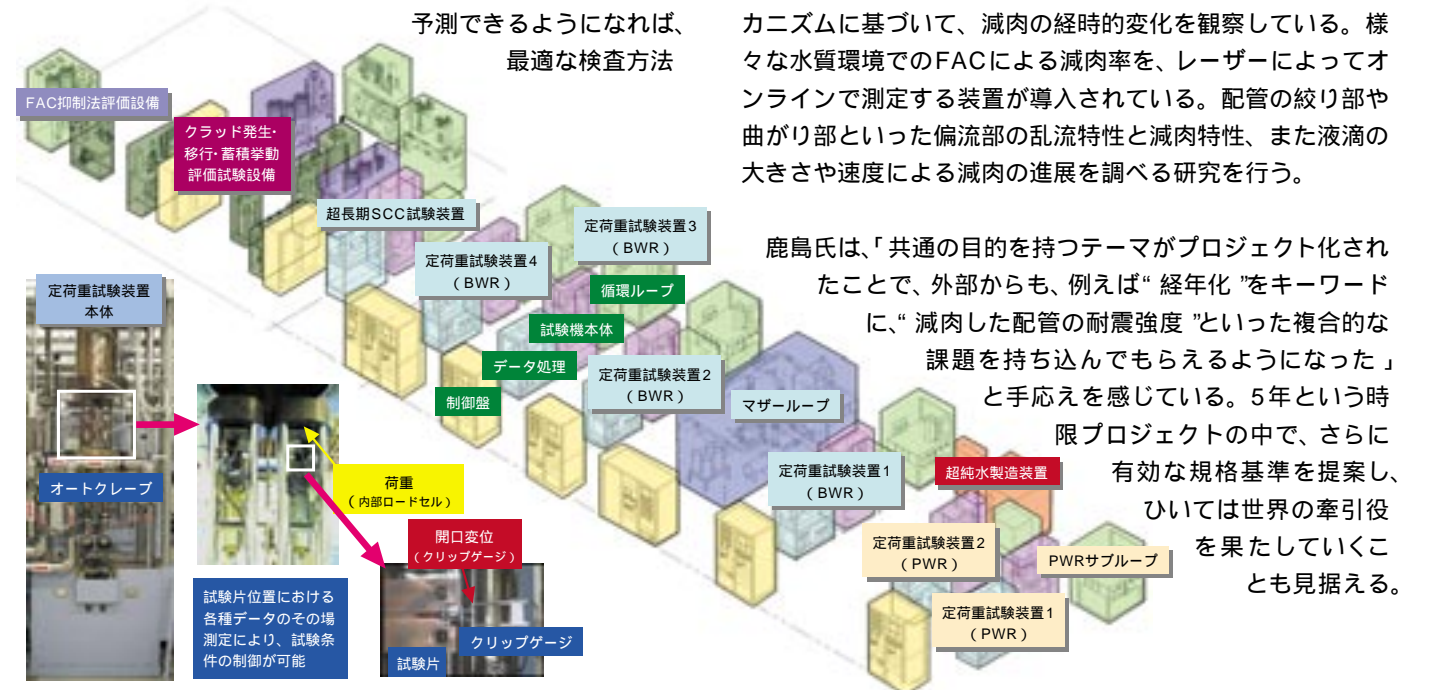
応力腐食割れ(SCC: Stress Corrosion Cracking)は、かつてステンレス鋼製の配管に多発していた。ステンレスの耐食性を向上させた改良材においても、2002年にSCCの発生が明らかとなり、関係者に衝撃を与えた。SCCの進展度合いを予測できるようになれば、最適な検査方法



と時機を設定し、大きな亀裂に至る前に交換できる。電中研では、腐食に至るメカニズムを踏まえたSCCの進展速度を検討するため、横須賀地区に試験装置“SAFETY”を導入した。炉水を模擬した水中に浸した試験片に力を加えてSCCの進展を測定している。SCCには、結晶粒の隙間に進展する粒界型と、結晶粒内を進む粒内型がある。硬化した材料ほど亀裂は進展しやすく、亀裂の形態と硬さとの関係を明らかにした。こちらも、ゆくゆくは合理的な規格(維持規格)につなげる意向だ。

配管減肉量予測手法の開発

減肉は、水や蒸気の流れる配管内部で、年月とともに金属材料の厚みが減少していく現象だ。多くの産業プラントに共通した課題だが、原子力配管では管理箇所が多く、特に影響が大きい。原因は、流れ加速型腐食(FAC: Flow Accelerated Corrosion)による化学的腐食と、蒸気中の液滴が衝突した衝撃で機械的にえぐられる浸食の2種類があり、それぞれのメカニズムに基づいて、減肉の経時的変化を観察している。様々な水質環境でのFACによる減肉率を、レーザーによってオンラインで測定する装置が導入されている。配管の絞り部や曲がり部といった偏流部の乱流特性と減肉特性、また液滴の大きさや速度による減肉の進展を調べる研究を行う。



原子炉水中構造材料健全性環境影響評価試験設備“SAFETY” 320m²に及ぶ大規模設備で、複数環境設定における模擬実験が可能。

鹿島氏は、「共通の目的を持つテーマがプロジェクト化されたことで、外部からも、例えば“経年化”をキーワードに、“減肉した配管の耐震強度”といった複合的な課題を持ち込んでもらえるようになった」と手応えを感じている。5年という期限プロジェクトの中で、さらに有効な規格基準を提案し、ひいては世界の牽引役を果たしていくことも見据える。