

平成23年（2011）9月26日（月曜日）第6700号

## 特集号

### 米国EPRIと原子力共同研究の協定締結 「電力中央研究所の研究成果と課題」

- ▼円滑な共同研究で多様な成果獲得へ
- ▼日米共同で世界の原子力研究を牽引する
- ▼高経年化と低線量放射線研究を基本テーマに
- ▼政府における経年劣化対策の取り組み
- ▼高経年化研究総括プロジェクトの成果と課題
  - ①アトムプローブ観察
  - ②軽水炉用対照射材の開発
  - ③圧力容器部材の再評価
  - ④低線量放射線の生体影響研究

#### ▼まとめ

取材協力 (財)電力中央研究所

数々の実績を踏まえた研究開発のさらなる推進に向け、**電力中央研究所(電中研)**はこのほど、**米国電力研究所(EPR I)**と原子力分野の共同研究に関する協力協定を締結した。日本と米国の代表的研究機関による同協定は、今後の世界的な原子力振興の重要な課題となる安全性の向上や効率的な運用にもつながるものとして、国内外から大きな期待が寄せられている。長年にわたり日米両国の電気事業の基盤を支え、独自の研究を推進する両研究所の取り組みと今後の共同研究に関する概要を紹介する。

#### ▼円滑な共同研究で多様な成果獲得へ

同協定は、97年に締結した包括的な研究協力協定を柱に、両者が保有する原子力分野における研究成果を共有し、より高度な成果の獲得を共同で目指すのが特長。同協定に関しては、数年前から両者による検討が進められていたが、東日本大震災による東京電力・福島第一原子力事故を踏まえた今後の共同研究に対し、EPR I側の期待はさらに膨らんでいる。EPR Iのニール・ウィルムシャー副社長兼原子力担当役員は同協定に関し「電中研が保有する専門知識と研究設備は、EPR Iが進める原子力関連分野の研究をさらに進展させることになる大変貴重なもの。そのため両団体の協力協定締結による共同研究の成果は、世界の原子力業界全体の技術レベルと安全性の向上に寄与することになるだろう」と述べている。

#### ▼日米共同で世界の原子力研究を牽引する

EPR Iは、米国の電気事業全般に関する専門研究機関。

米国内で70年代以降、電力専門の研究開発機関の設立を望む声が高まったことを受け、米国の電気事業者やメーカーなどからの出資によって73年に設立。非営利組織(NPO)として国内外の企業・団体と連携しながら研究を推進し、40か国、1000以上のエネルギー研究機関・企業向けに研究開発や情報提供を行っている。

一方、電中研は、電気事業に関する業界横断的な中央研究機関として今年度で創立60周年を迎え、現在は東京都を中心とした1都4県の6か所(地区)に研究項目別の研究所と部門別センターを構えている。本部を置いている大手町地区(東京都千代田区)には社会経済研究所を併設。狛江地区(同狛江市)には、原子力技術研究所・放射線安全研究センター、我孫子地区(千葉県我孫子市)には地球工学研究所・バックエンド研究センター、横須賀地区(神奈川県横須賀市)には電力技術研究所・大電力試験所、エネルギー技術研究所、材料科学研究所・PDセンターなどをそれぞれ設けており、電力業界のみならず日本を代表する総合シンクタンクとしての役割を担っている。

#### ▼高経年化と低線量放射線研究を基本テーマに

今回の協定では、原子力分野における8テーマを抽出し、3年を目処に共同研究を進める。このうち高経年化対策と低線量放射線に関する4テーマを基本に推進する。特に高経年化研究は、両研究所が共に今後の原子力稼働を支える最も重要課題として長年取り組んでいる分野。日本の原子力では全54基のうち運転開始から30年以上が経過した高経年化軽水炉は現在19基。今後30年以内には全ての原子力が

運開30年以上を迎える(下図参照)。米国でも原子力の高経年化は進んでおり、世界的にも同様の傾向にある。

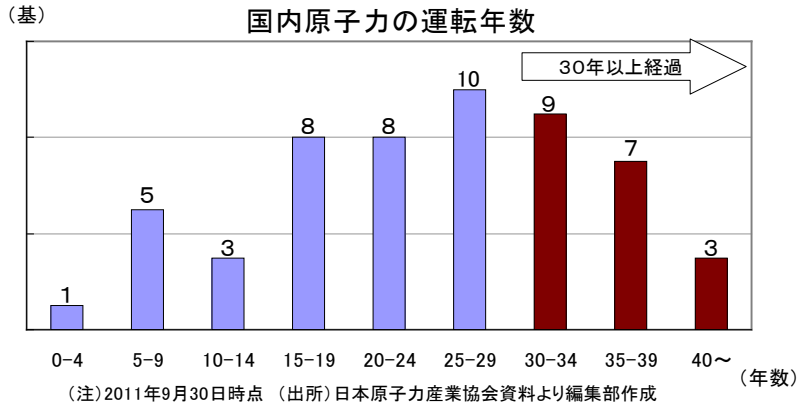
▼政府における

経年化対策の取り組み

高経年化軽水炉では、経年化事象への対応が最も重要な課題とされ、既に05年8月には経産省原子力安全・保安院が「実用発電用原子炉施設における高経年化対策の充実について」を発表。高経年化対策に関連する主要な経年化事象として、①中性子照射脆化、②応力腐食割れ、③疲労割れ、④配管減肉、⑤電気・計装設備の劣化、⑥コンクリート構造物の劣化―の6項目を定義すると共に、新たに⑦技術情報基盤の整備―を挙げた。この方針の下、原子力安全基盤機構(JNES)に設置した技術情報調整委員会において「高経年化対応技術戦略マップ」が07年に取りまとめられている。

▼高経年化研究総括プロジェクトの成果と課題

これら政府の取り組みと平行して電中研は07年5月、それまで専門分野別に推進してきた高経年化対策研究をさら



に強化するため、「軽水炉高経年化研究総括プロジェクト」を設置。組織横断的なプロジェクトとして、これまでに、国内原子力の圧力容器鋼の監視試験片に対するミクロ組織観察に基づいて脆化予測法を開発し、日本電気協会規格(JEAC4201-2007)に採用された。なお、同規格は、11年には国の正式な承認を得た。一方、米国では、2回目のライセンス更新時期である80年運転に対応したDOE(米国エネルギー省)のLWR(軽水炉)サステナビリティ・プログラムやEPRIのロングターム・オペレーション・プロジェクトが実施されている。

今回の協定において基本テーマに挙げられた研究開発課題「アトムプローブ観察」「軽水炉用対照射材の開発」「圧力容器部材の再評価」「低線量放射線の生体影響研究」について、電中研が保有する研究成果の概要を紹介する。

#### ▼アトムプローブ観察

中性子が容器鋼材の原子に衝突し、圧力容器の強度が変化する「中性子照射脆化」は、運転年数の経過と共に進行する。電中研は、従来の照射脆化予測法の精度向上を目指し、3次元アトムプローブ(3DAP)による照射脆化の発生メカニズム解明を推進。3DAPは原子炉圧力容器の鋼材中の原子を観察する装置。超高真空の環境で針状に加工した微小の試験片を極低温に冷却した状態で、高電圧をかけて先端表面から飛び出す原子を一つ一つ計測し、原子組成を解析する。電中研は同装置を活用し、照射脆化の主な因となる不純物(銅、ニッケル、マンガン、シリコン、リンなど)の原子クラスター形成の様子や、圧力容器鋼のミ

クロ組織の特徴と材料特性との相関などを解明。中性子照射によるミクロ組織の変化を計算する数式モデルと共に、脆化量を計算する2つの数式モデルを開発した。現在は長期運転に伴う高照射条件下での圧力容器照射脆化メカニズムを検討。照射脆化監視関連手法の高度化とデータ拡充に向け、脆化モニタリング手法の開発を行っている。

#### ▼軽水炉用耐照射材の開発

軽水炉ではステンレス鋼とニッケルをベースとしたニッケル基合金が主に使用される。炉心近くの中性子照射量が高い箇所や溶接箇所では材料の照射誘起応力腐食割れ（SCC）が発生しやすい。主なSCC対策として、容器や蒸気発生器ノズルの溶接部などで600系ニッケル基合金から耐SCC性に優れる高クロム濃度の690系合金への転換が行われている。電中研では耐SCCの新材料開発ではなく、合金の組成調査などSCCメカニズムの基礎研究を実施。表面の硬さや結晶粒形など材料因子の影響と溶接境界部におけるSCC進展挙動を解明し、局所的な硬さの偏りが大きく影響することを明らかにした。現在はSCC発生モデル構築に向け、局所的応力条件やミクロ組織の観察を実施。SCC進展条件についても、進展速度図が未整備の材料や代替材料の新規データを整備している。

#### ▼圧力容器部材の再評価

軽水炉圧力容器は、部材のSCCや配管減肉・減肉耐震などの定検を行っている。SCC対応では通常、超音波検査法を実施するが、03年の電事法改正により、機器にひび

割れなどの欠陥が検出された場合、欠陥の現状を正確に把握した上で発生原因や将来欠陥がどのように進展するかを推測・予測して安全性への影響を評価する「健全性評価制度」が導入された。電中研では、検査装置・検査要領(手順書)・検査員を一体化した検査システムで性能実証を行う「PD認証制度」の推進を図るため、神奈川県横須賀市に「PDセンサー」を設置。また、減肉現象では、これまでに水単相流の流れ加速型腐食(FAC)と湿り蒸気の液滴衝撃エロージョン(LDI)など、配管の減肉減少の発生箇所を定量的に把握する評価手法を開発。現在は、減肉評価システムについて実機データも活用した検証・改良や、気液二相流条件下における減肉メカニズムの解明に取り組んでいるほか、減肉した配管の耐震強度研究、SCCに対する高精度な超音波探傷技術の開発、ケーブル材料の放射線・熱照射劣化試験・評価を実施している。

### ▼低線量放射線の生体影響研究

電中研は、985年の「低線量効果研究会」発足以来、約30年間にわたる研究を推進。インドでの高自然放射線地域住民の疫学調査では、低線量率放射線の長期被ばくでは放射線によるがんリスクが上昇しないという傾向を解明。低線量放射線の生物作用が高線量・高線量率放射線の場合と様相が大きく異なり、生体防御機能が低線量放射線により増強される場合もあることを明らかにした。電中研は現在、これを生物学的に裏付けるため、従来は放射線の影響が蓄積すると考えられてきた幹細胞の生体内での動態解明に取り組んでいる。EPR Iとの共同研究について現段階での

詳細は未定だが、当初は情報交換から始め、最終的には双方のデータを合わせることで、より科学的な放射線防護体系の提案を目指す。「福島事故でも多くの方が同様の被ばくをされているので、うまくいけば多くの人の安心を得ることに役立つと考えている」(電中研)としており、今後、放射線の医学利用への新たな展開が期待される。

### ▼おわりに

今回の協定は、冒頭に触れたように、東日本震災の数年前から検討が進められていたものだが、折りしもその柱となる研究テーマに、高経年化、低線量放射線などが挙げられている。国内原子力については、目下の情勢では今後の新増設は困難とされている一方で、既設原子力の再稼働は電力の安定供給をはじめ低迷する国内産業を支える意味でも必須の情勢だ。原子力に対する国民不安を払拭するためにも、安全性の向上、科学的に裏付けされた情報とその開示―がこれまで以上に求められる。既存原子力の安定稼働を支える高経年化技術はまさに、今後の国内エネルギー安定供給の要となる。一方で世界的には、IAEAが60年超運転に関する共同研究を既に開始しており、長期運転に向けた研究活動は今後、ますます活発化する見通しだ。

電中研の横山速一・常務理事(原子力研究・原子力技術研究所、材料科学研究所担当)は、今回の協力協定について「日本と米国の電力業界における共同研究の見本となるもので、協定締結により原子力分野のうち、特に高経年化対策と低線量放射線に関する国際研究の一本化が進むことになる」と説明。提携がもたらす効果を期待している。