

2

原子力研究委員会

2.1 設立の目的と経緯

原子力研究委員会は、原子力委員会や日本原子力研究所が発足した翌年の1957年に発足し、2017年に60周年を迎えた。この半世紀という期間は、日本の原子力開発の歴史そのものであり、本委員会は原子力分野の特に構造・材料を中心とした技術開発と人材育成に大きく貢献してきた。

現在、国内の原子力産業は成熟期を迎え、さらに海外も視野に入れた新たな展開を目指す時期と

なり、特に日本のものづくり技術が世界中から注目されている。一方、原子力を支える基盤技術分野（構造強度、材料強度、腐食・物性、溶接、熱・流体、振動）においては、近年、研究活動や研究者の希薄化が懸念され、産学連携の研究プロジェクトに対し、提案公募方式により国が支援する「原子力人材育成プログラム」が始動する等、改めてこの分野の重要性が認識されている。

2.2 委員会の活動と変遷

1955年に原子力基本法および原子力委員会設置法が公布され、1956年1月に原子力委員会が発足してから、原子力平和利用開発体制は急速に整備されるようになった。このような国内情勢を踏まえ、本協会内に原子力研究委員会を設立しようという気運が盛り上がり、1956年8月に準備委員会を設け、1957年3月、科学技術庁、その他の官庁、民間会社、大学・中立研究機関の協力のもとに、第1回の原子力研究委員会が開催された。

本委員会は、科学技術庁その他機関からの種々の技術調査、試験研究の受託によって、基礎となる溶接技術などの確立に貢献し、原子力機器の材

料、設計、施工および検査に関し、わが国全体の技術レベルを向上させるとともに、高度の技術をさらに向上することを目的に委員会活動を行ってきた。

本委員会の歴代委員長を下に示す。

初代	木原 博	1957年3月～
第二代	橋本 宇一	1960年8月～
第三代	安藤 良夫	1970年7月～
第四代	矢川 元基	1988年5月～
第五代	柘植 綾夫	2004年5月～
第六代	吉村 忍	2014年10月～

2.3 活動内容

2.3.1 本委員会の特色

本委員会は他の学協会等の活動にはない、いろいろな点で大変ユニークな活動を展開してきている。

第一に、原子力分野の産学官の研究者、技術者が原子力分野の特に構造、材料を中心とした課題

の解決に向けて国内外の最新情報を収集しながら、それぞれ独自に研究・調査活動を行い、有用な知見を集積している。

第二に、通常であればそれらの研究調査活動成果は関係者間のみで共有されるが、様々な機会を通じて社会に還元され原子力の安全性、信頼性向上に確実に寄与している。

第三に最近の20年間は年2回開催される国内シンポジウム（2012年からは年1回）や年1回開催される講習会を通して国内外の様々な機関、場所ですまれた最新の知見を当代最高の講師陣により講演あるいは講義という形で社会に開示いただくことにより、産学官の重要な情報交換の場を提供している。

第四に、1996年からはアジア地区の原子力機器、材料に関わる研究者、技術者の交流を強化すべく2年に1回の国際ワークショップを開催し国際交流を図るとともに、その成果をJournal of Pressure Vessels and Piping誌など国際ジャーナルの特集号として世界に情報配信している。

第五に、小委員会活動やシンポジウム参加などを通じた原子力構造、材料分野の研究者・技術者の育成や人材ネットワークの構築が図られてきている。

2.3.2 福島第一原子力発電所事故

2011年3月の東北太平洋沖地震に伴う大津波が原因で、東京電力HD(株)福島第一原子力発電所に炉心溶融を伴う大事故が発生した。原子力発電の安全性や信頼性を構造・材料の基盤技術面で牽引し、また、原子力研究者・技術者のみならず、広く産業界・社会に開かれた知見を提供して来た本委員会にも衝撃を与えた。福島第一の事故は、事故の原因説明活動、重大事故や自然現象等への要求事項の充足が図られた新規制基準の様々な技術内容等について、シンポジウムや講習会で取り上げ、大きな関心をもたれる契機となった。

2.3.3 研究・調査活動

本委員会の発足当初は不銹鋼の溶接・検査や超厚板鋼クラッドの溶接施工法など主として溶接関連の試験研究を委員会の中に小委員会を設けて実施した。発足10年を経過した1967年に、動力炉・核燃料開発事業団が設立された頃からは溶接施工法や検査技術の研究に加え、材料の強度研究、疲労設計や構造設計技術の研究等が行われた。原子力安全委員会が設立された1978年頃には、調査研究、破壊力学を用いた健全性研究、高速原型炉の設工認基準関連の研究が盛んになり、1985年頃から軽水炉高度化研究や高速実証炉・核融合炉・高温ガス炉・材料試験研究炉に関する溶接・検査・材料評価・経年劣化・構造強度の研究が展開されてきた。

最近の小委員会活動を以下に紹介する。

- (1) 原子力構造機器信頼性評価への確率論的破壊力学の適用法に関する調査研究小委員会（主査：矢川元基，活動期間1996～2003年，主査：吉村忍，活動期間：2004年～）PFM小委員会

確率論的破壊力学手法の適用法に関する調査研究を目的に1996年に設置され、最近10年間では、日本・韓国・台湾の研究グループによる国際ラウンドロビン解析を実施し、その成果をASINCOで口頭発表、さらにIJPVPの論文として発表した。また、これまでの研究成果を解説本としてまとめ、日本語版、英語版を溶接協会のホームページで公開した。冊子体も作成し、関連機関に配布している。現在は、解析手法の研究を進めるとともに、解析法ガイドラインの作成に向けて活動している。

- (2) 原子力構造機器の経年化とその関連技術に関する調査研究（主査：高橋由紀夫，活動期間：2009～2018年）SPN-Ⅱ小委員会

原子力プラント機器の構造健全性、経年劣化に関連する技術開発動向を幅広く把握するために、文献抄訳や講演を通じた調査やディスカッションを行っている。2013年からは、福島第一原子力発電所事故を踏まえ、大地震、津波などに代表される過大荷重下での機器やプラント全体の健全性を評価するための手法の整備や適用の動向をメインの対象とした調査活動を行うとともに、「弾塑性解析に基づく構造健全性評価ガイドライン」の作成を目的として、応力-ひずみ関係式の検討、切欠き試験片のベンチマーク解析などを進めている。

- (3) 東日本大震災後の原子力を考える臨時委員会（主査：吉村忍，活動期間：2011～2012年）

原子力技術の中でも特に構造・材料の健全性や安全性確保等のR&Dの現場に立脚して、産学官の研究者・技術者が密接に連携して中立的な立場から活動を続けてきた本会の観点から、大震災後の原子力技術の位置づけを予測し、本会としてどのような活動を行うべきか、それを実現するためにどのような働きかけ、環境整備を行うべきかを目的に検討を行い、以下の提言をまとめた。

- (1) 新知見に照らした場合の指針・基準の劣化、国内と海外の相違点、特異性の検討、を行うこと
- (2) 原子力材料自体の問題点の究明、原子力機器の構造力学的扱いを確立する活動を行うこと
- (3) 技術情報の分かりやすく正確な社会発信に努めること。
- (4) Q&A方式による疲労知識の体系化に関する

調査研究小委員会 (FQA FQA2主査：小林英男，活動期間：2012～2016年，FQA3主査：小川武史，活動期間：2017～2018年)

過去に原子力研究委員会内に設置された疲労に関する小委員会の成果を中心に、疲労に関する従来知見を集約し、最新知見を含めて疲労ナレッジプラットフォームとしてまとめた。また、疲労に関する質問を広く募り、その解答を作成して、作成したQA集をナレッジプラットフォームに収録した。さらに有識者による講演会を開催し、その内容も疲労に関する重要知識として疲労ナレッジプラットフォームにまとめた。これらの活動を通じて、疲労に関する知見と経験を知識化して伝承し、若手技術者の育成を行っている。なお、構築した疲労ナレッジプラットフォームは協会ホームページでWeb公開している。

(5) 繰返し複合荷重に対する軽水炉機器・構造物の健全性評価に関する研究その3 (主査：矢川元基，活動期間：2007～2009年) MFⅢ小委員会

- ・軽水炉機器・構造物の繰返し複合荷重下における破壊調査研究 (主査：矢川元基，活動期間：2010～2013年 (2011年は東日本大震災の影響により活動休止)) MDF小委員会
- ・複合荷重下における疲労および延性破壊評価の重要知識整備に関する調査研究 (主査：矢川元基，活動期間：2015年，主査：岡田裕，活動期間：2016年) MFD小委員会
- ・繰返し荷重下での低サイクル疲労および延性破壊に対する評価法の整備に関する調査研究 (主査：岡田裕，活動期間：2017～2018年) FDF小委員会

耐震安全性の要求が強まった配管系を対象として、引張または曲げ荷重と捩り荷重が重畳する多軸応力場における疲労き裂発生・進展、極低サイクル疲労、および延性破壊に対する評価法の高度化を進めている。このため、材料試験片および円筒等の構造体に対する疲労寿命、疲労き裂進展、または延性き裂進展データを取得し、数値解析によるシミュレーションを実施するとともに、規格化を意識した簡易評価式の適用性を検討している。

(6) 金属材料の超音波疲労試験規格原案作成小委員会 (主査：小川武史，活動期間：2016年) SUF小委員会

構造用金属材料の超高サイクル疲労試験を精度良く実施できるように、超音波疲労試験方法のWES規格の原案を作成した。規格の解説には、

試験方法のノウハウを含めた詳細な説明を記述した。作成した原案は、2017年にWES 1112「金属材料の超音波疲労試験方法」として制定された。また、2018年には英訳版を発行した。

(7) 原子炉压力容器の中性子照射脆化予測法検討小委員会 (主査：鈴木雅秀，活動期間：2017年～)

IET小委員会

原子炉压力容器鋼の中性子照射脆化については、中性子照射による遷移温度上昇量の予測法が日本電気協会の電気技術規程JEAC4201「原子炉構造材の監視試験方法」(最新版はJEAC4201-2007 [2013年追補版])に規定されている。当該規程の次回改定に向けた基本モデル式の見直し検討が現在産業界により進められているが、検討した改定案について最新知見を踏まえて予測法としての的確性について本小委員会で議論するため、照射脆化メカニズムに精通した専門家を交えて最新の研究動向を調査するとともに、改定案の導出プロセスや検証プロセスについて調査を進めている。

(8) 塑性拘束効果を考慮した破壊評価基準の確立検討小委員会 (主査：南二三吉，活動期間：2018年～)

CAF小委員会

実構造物の健全性評価で重要となる延性-脆性遷移温度領域において、延性き裂を伴う劈開破壊が生ずる破壊モードに対し、拘束効果を考慮した破壊評価手法の整備を検討する。このため、拘束効果を考慮した破壊評価手法についての最新の知見を調査し、拘束度を変えた破壊試験と破壊解析を実施して適用性を検討するとともに、実構造物への適用に向けた規格案を策定する。対象とする主な機器は、ぜい性破壊評価が必要となるフェライト鋼の原子炉压力容器としている。

(9) 超高サイクル疲労 (GCF) 評価に関する研究 (Phase I) 小委員会 (主査：小林英男，活動期間：2008～2011年) GCF3小委員会

原子力機器構成材料における超高サイクル疲労 (GCF) 発現の有無とそのメカニズム検討を目的に、炭素鋼、低合金鋼、オーステナイト系ステンレス鋼に対してGCFに及ぼす応力比、温度、寸法、予ひずみ等の影響や試験時の発熱防止法等の検討が行われている。一部の試験条件で内部破壊が認められたものの、疲労強度の低下は発現しないことが確認され、 10^6 回以上の超高サイクル域における設計疲労線図の検討に資するデータが採取されている。

(10) 地震荷重を受けた原子力機器材料の疲労強

度特性評価研究小委員会（主査：小川武史，活動期間：2008～2010年）LCF小委員会

地震荷重によって塑性変形が生じるような大きな荷重を受けた部材の疲労損傷評価法の研究として、繰返し予びずみおよび平均びずみの疲労強度への影響、低サイクル疲労強度および損傷評価法並びに地震荷重を受けた機器の健全性評価法について研究し、原子力発電所の再起動に資する結果を得ている。

(11) 設計疲労線図の策定に係る調査（DFC1，DFC2主査：小林英男，活動期間：2011～2015年）

オーステナイト系ステンレス鋼，炭素鋼および低合金鋼を対象にした合理的で設計根拠の明確な設計疲労曲線を設定および提案することを目標に検討を行った。具体的には、疲労データベースを整備し、引張強さをパラメータとした最適疲労線図を整備した。また、設計疲労線図に考慮する平均応力補正方法、各種設計係数、疲労限度の扱い等の検討に基づき、新しい考え方の設計疲労線図を開発した。さらに、別途実施された小型および大型の試験片を用いた疲労試験結果を用いて、開発した設計疲労線図の妥当性を確認した。

(12) 設計基準外事象に対する評価と対策に関する調査研究小委員会（主査：笠原直人，活動期間：2016年～）BDBE小委員会

「設計基準外事象（BDBE）」に対する安全性向上に向けた構造・材料分野の考え方を整理し、コンセンサスを醸成することと、それを実現するための新しい技術を調査検討することを目的として活動している。最終的には、「設計基準外事象（BDBE）」に対する評価と対策に関するガイドラインを提案することを目指している。具体的テーマとして、(1) BDBEに対する考え方とクライテリアの提示、(2) BDBE条件下における破損モードの解明と評価法の提案、(3) 破局的破壊の防止と破損後の影響緩和、に対応できるガイドラインの整備に取り組んでいる。

2.3.4 国際ワークショップ

1996年から国際研究連絡小委員会が組織され、東アジア地域の原子力機器・材料に関わる研究者・技術者の交流を促進すべく、原子力構造機器の構造健全性に関する国際ワークショップの企画運営を関係機関と共同して進めてきた。

至近では、2010年（淡路）、2012年（台湾高雄）、2014年（韓国釜山）、2016年（長崎）、2018年（台湾花蓮）と参加国持ち回りで隔年開催を果たし、

毎回50名程度の参加者を得ており、東アジア地域での技術交流と人的交流に継続的に貢献している。

2.3.5 国内シンポジウムおよび講習会

ほぼ30年前から本委員会の企画機能の強化を目指し、企画検討会が設置され活動を開始した。本委員会の新しい機能として原子力技術動向に関する産学官の情報交流の場を設けることを目的に年2回の国内シンポジウムを（2012年からは年1回）、また、原子力技術者を対象に年1回の講習会を開催してきた。

国内シンポジウムは2018年末まで合計53回開催し、平均参加人数は約90名/回、延べ参加者は約4,300名におよび原子力に携わる研究者、技術者の情報共有と交流に大きな役割を果たしてきた。開催テーマは材料、設計、施工、検査の各分野について、その時々に関心の高いテーマが企画されてきたが、最近では運転中の原子力プラント数および運転年数の増加に伴い、経年劣化や高齢化対応に関するテーマが多くなっている。

講習会は1987年度から年1回、原子力構造機器に関する基礎技術の解説と最新動向の紹介を取り入れた2日間の日程で開催されてきた。1日目は、若手技術者・研究者向けの基礎コースとして原子力構造機器の材料、設計、施工、検査について経験豊かな専門家がわかりやすく解説し、2日目はより広範な技術者・研究者を対象とした応用コースとして、その時々最新の話題の解説を行ってきた。2003年度からは「維持」を加えた2日間の講習会とし、2014年度からは「原子力構造機器の材料、設計、施工、検査、維持に関する講習会」とした。これまで30回、延べ64日の講習を行い、参加者は延べ約3,500名を数え、原子力構造機器の材料、設計、施工、検査、維持に携わる技術者・研究者に、基礎から応用までの幅広い技術分野の学習および技術の研鑽の機会を提供してきた。こうした原子力構造機器に関する講習会の継続実施に対して、2014年4月に日本原子力学会関東・甲越支部より、原子力知識・技術の普及貢献賞を受賞した。

2.3.6 60周年記念シンポジウム

2017年7月7日に浜松町の東京會館において「原子力分野における安全性・信頼性向上に向けた構造・材料技術開発と人材育成シンポジウム」と題して60周年記念シンポジウムを開催した。引き続き記念懇親会を開催し、これまで委員会活動

に携わってきた多くの関係者でこれまでの歩みを振り返るとともに、今後の展望を語り合った(写真2.1)。

シンポジウムにおいては、「基盤技術とエンジニアリング～エンジニアリング・リベラルアーツのすすめ～」と題して、前委員長である柘植綾夫氏よりエンジニアリング「工」の原点は「天と地の間の空間において価値あるものを生み出す人の営み」である。学術的に益々細分化、先端化する工学も「エンジニアリングの社会的使命の発揮」までも含めて、責務を果たすことが今社会から求められている。科学に基づいた基盤技術(知識)と、社会と世界の持続的発展を実現するエンジニアリング(智慧)の両輪を論じ、それを担うプロフェSSIONALと市民の素養が語られた。

続いて「原子力プラントの安全を担う人材の育成について」と題して、株式会社畑村創造工学研究所の畑村洋太郎氏より、将来原子力発電を担う人に求められるのは、広く他分野の知識も獲得し、事故に正しく対応できるように、自分で判断して行動できる人間になることである。そのためには、日頃から自分ならどう対応するかを考える習慣を身に付けておかなければならないことが述べられた。

休憩をはさんで、「国際規格化活動と人材育成」と題して、発電設備技術検査協会の長谷川邦夫氏より、ASMEの会議に出席していると規格改訂の背景、トラブルなどの早期情報入手、人的ネットワークの構築など、多くのメリットがあること、日常業務を行いながら、規格の仕事に従事するのは安易ではないが、これまで得た経験を紹介し、これからの若い人たちの国際規格化活動への積極的な参画が提言された。

続いて「原子力安全を支える人材の育成」と題

して、東京電力ホールディングス(株)牧野茂徳氏より、福島第一原発事故の総括を行った後、不確実な自然現象を相手に、確かな安全を維持向上するためには高い技術力を有する人材が不可欠であり、現在最優先課題としてその育成に努めていることが語られた。

休憩をはさんで「疲労研究小委員会の歴史と展望」と題して、高圧ガス保安協会の小林英男氏より、疲労研究小委員会活動の歴史を紹介された後、現在は疲労ナレッジプラットフォームの構築に取り組んでいること、この小委員会活動を通じて、疲労研究の活性化、若手研究者の育成、設計と保全の高度化を目指していることが紹介された。

続いて「ポスト福島第一事故の原子力安全を考える」と題して、原子力安全研究協会の矢川元基氏より、福島第一事故を俯瞰し、事故によって顕在化した原子力そのものの問題点、今回の大事故に至った直接的・間接的な背景、原子力安全に関する新しい考え方やあるべき姿について語られた。

懇親会では、吉村忍委員長からの主催者挨拶、粟飯原周二溶接協会会長の祝辞、柘植綾夫前委員長の乾杯に続いて、30歳代から80歳代の参加者約70名が旧交を温め、また現状認識の話題や議論に花を咲かせた。引き続き表彰状贈呈があり、委員会功績賞が小林英雄氏と柘植綾夫氏に、委員会貢献賞が朝田誠治、伊藤幹郎、小川武史、笠原直人、川手秀樹、関東康祐、高橋由紀夫、中根一起、北条公伸、三浦直樹、渡士克己の各氏に贈呈された。懇親会終盤、参加者の記念撮影が行われ、今後の健康と活躍、再会を約束して閉会となった。



写真 2.1 60周年記念懇親会における集合写真

2.4 今後の新たな展開

原子力研究委員会は、60年にわたり原子力構造、材料分野を中心としてたゆまぬ原子力の安全性、信頼性向上を目指して、産学官の専門家が集い研究調査を行う小委員会活動、国内外の最新情報の結節点となる国内シンポジウム、それらの最新情報をベースとして人材育成に寄与する講習会、アジアを中心として産学官の研究者の交流を行う国際ワークショップなど、様々な活動を展開してきた。また、各種委員会活動を通じて産学官の研究者・技術者の交流の輪を広げ、原子力分野における「知の創造と社会経済的価値創造の結合」（原子力イノベーション）に必須である「人的ネットワーク」の構築にも貢献してきた。

急速に進むエネルギー・環境・経済に安全を加え「3E+S問題」の解決に向け、原子力発電の役割はますます重大になっている。再稼働準備あるいは稼働中の軽水炉の安全確保と次世代炉に向けた地道な研究開発の推進など、「原子力エネルギーイノベーション」に向けた原子力研究委員会の果たすべき役割は、その60年の歴史において最も重要な時期を迎えている。福島第一原子力発電所の事故の反省と教訓を踏まえ、得られた知見や経験を着実に将来に引きついで行く。このことを再確認し、原子力研究委員会では新たな10年に向け一層の活動の充実化と発展を目指していく決意である。