

日立製作所創業100周年記念シリーズ

開拓者たちの系譜

3

原子力新時代へ

日立原子力に生き続ける「自主技術へのこだわり」

日立GEニュークリア・エナジー株式会社 副社長

魚住 弘人

はじめに

1928(昭和3)年に制定された日立製作所日立工場歌に「ひとり異国を讃えつつ、我為す技を軽しとす、知らずや苦心幾年の錬磨はここに功成りて、純国産にさきがけの我等が日立製作所」とあるように、海外技術を讃えつつも自主技術の確立に果敢に挑戦し、社会に貢献するという「開拓者精神」は、日立創業の精神の根幹である。原子力への取り組みも、諸先輩のその思いの上に研究開発から始まり、事業化が推進され、国内のみならず世界的にも常に進化をめざした技術であり、まさに日立精神が生んだ分野と言えるであろう。

1954(昭和29)年、初めて原子力に関する研究報告が中央研究所で書かれ、1957年には日立研究所で原子力研究が開始された。さらに1960年、中央研究所内に王禅寺分室が設立された。一方、日立工場においては1955年に原子力係が誕生、1957年に原子力開発部が設立された。

日立100年の歴史において原子力部門は50年の歴史を数えたが、2007(平成19)年7月、GE社(General Electric Co.)と戦略的提携を結び、日立GEニュークリア・エナジー株式会社(HGNE)として新たな一歩を歩むことになった。原子力部門もまさに新たな創業を迎える。ここでは、先輩たちの足跡の一端、筆者および現世代の活動、そして今後の展望などについて、自分の思いを述べてみたい。

2 日立原子力の歩み 国産化、自主技術が原点

日立原子力の初期の受注は、日本原子力研究所・大学

などからの研究炉関連製品であり、ウォータボイラ型研究用原子炉(JRR-1)用の機器をはじめ、天然ウラン重水型研究炉(JRR-3)や各大学の研究炉を納入した。その後、1960(昭和35)年に日本原子力研究所は、日本初の発電炉である沸騰水原子炉型動力試験炉(JPDR)をGE社と契約した。日立は東芝などと共同で建設に参加し、心臓部である原子炉压力容器・タービン建屋内の各設備などの製作・据付を担当した^[1]。原子炉压力容器の取りまとめは、若き浜田邦雄企画員(元 日立製作所副社長)であった。この動力試験炉は1963年10月26日に原子力発電に成功した。これを記念して後に「原子力の日」が定められている。

これらを契機として、日立は1966(昭和41)年にGE社と技術提携をして、日本原子力発電の敦賀発電所1号機、東京電力の福島第一原子力発電所1号機主要設備^[2]をGE社から受注し、製作・据付などを担当した。

日立原子力の歴史を振り返るうえで忘れてはならないのは、1974(昭和49)年に運転開始した中国電力 島根原子力発電所1号機である。この島根1号機は、中国電力が、海外からの輸入炉ではなく、国産1号機として建設することを1967年に決意されたものである。国産1号機とすることにあたり、建設計画の「協同研究」の相手として、またプラントの発注先として日立を選んでいただいた。この背景には、当時の中国電力・櫻内社長と日立・駒井社長との交流^[3]があった。そして、日立の「純国産に対する高い思い」と、「新しい技術に対する開拓者精神」、さらにそれを実現するために、「がむしゃらに努力を続ける強い姿勢」、当時、日立を評して言われた「野武士的気



[1] 日本原子力研究所動力試験炉(JPDR)



[2] 東京電力 福島第一原子力発電所1号機 原子炉格納容器据付



[3] 島根原子力発電所1号機建設工事視察中の中国電力・櫻内社長と日立・駒井社長(いずれも当時)

魚住 弘人（うおずみ ひろと）

1953年福岡県生まれ。1975年東京大学工学部原子力工学科を卒業し、日立製作所日立工場入所。主に原子力機器、原子炉予防保全技術の設計開発に従事。その間、原子力営業、新事業開発部門を経験。2003年原子力事業部原子力生産本部長、2004年原子力事業部副事業部長。2005年日立プラント建設株式会社に出向（空調システム事業本部副本部長）。2007年から現職。原子力学会会員、機械学会会員、電気学会会員。



風」に共鳴いただいたのではないかとされている。顧客は日立と設計、製作、施工するうえで、外国メーカーの意見にとらわれることなく自分達の考えで判断をしていこうという強い意向を示され、「共同研究」ではなく、両社が対等な立場で忌憚なく意見を述べ合うという趣旨から「協同研究」という文字が当てられた。10の分科会を設けて計画を詰め、日立側が「GE社の設計ではこのようになっている」といった説明をすると、「セミではあるまいし、ジージー（GE、GE）言うな。自分の考えで説明しろ」と顧客側からお叱りを受けたと聞き及んでいる。

1970（昭和45）年、本工事を着工し、システム設計、国内初の動的地震応答解析などの耐震設計・機器設計・機器製造・建設・試験と、中国電力と日立がまさに切磋琢磨しながら建設したものである。

その後、1975（昭和50）年、通産省から「国情に合った国産化原子炉の統一設計を」という呼びかけがあり、電力会社・メーカー3社が参画して改良標準化プログラムが開始された。これに先立ち、日立では、島根1号機などの運転経験を踏まえて、三木実副技師長（元 主管技師長）等が中核となって、GE型原子炉の改良すべき点として信頼性および稼働率の向上・保守性の改善による定検期間の短縮・被ばく線量などを独自にまとめ上げており、その結果を本プログラムに提案して多くが採用された。そして、日立発の技術を織り込んだ日本型改良標準化初号機として東京電力 福島第二原子力発電所2号機を受注し、1984年に営業運転を迎えることとなる。

このように、「自主技術へのこだわり」、「信頼性」、「日立は一つ」の下で、原子力技術開発、事業の歩み^[4]は軽水

炉に加えて、ふげん・常陽・もんじゅなどの転換炉・高速炉、ウラン濃縮プラント・再処理施設などの燃料サイクルなどの各分野において、各事業所・研究所・日立グループ各社をあげてのチームプレーとして、プラントの開発、設計、生産、建設、保守に当たるといふ礎と魂が打ち込まれたのである。

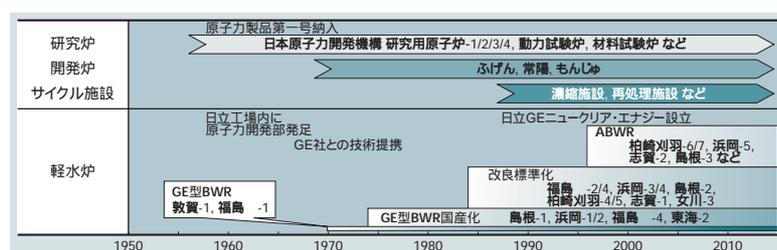
3 日立入社と原子力への取り組み 自主技術にこだわり抜いた設計、開発

3.1 原子力への思い

日立が国産原子炉へ歩み始めた1967（昭和42）年ごろ、中学生であった筆者は原子力技術の入門書や原子力政策の解説書などを読み、原子力の分野へ進むことを考え始めた。当時、将来の石油資源不足などのエネルギー問題が取り上げられており、原爆の地、長崎で少年時代のひと時を過ごした経験も後押しして、原子力の平和利用や日本のエネルギー問題の解決に貢献したいという思いから、大学では原子力工学を専攻した。

大学卒業時、社会との繋がりが深い技術の第一線にいたいという気持ちでメーカーを志した。「野武士」といわれ、体育会系で泥くさそうな社風が自分に合っていると考え、大学野球部の蒲池信二先輩（元 財務担当専務）や大学研究室の先輩がおられたということもあり、日立に入社した。配属されたのは至るところに「打込め魂 仕事の上に」の標語^[5]が掲示されている日立工場であった。

入社時は日本原子力発電の東海第二発電所2号機・東京電力の福島第一原子力発電所4号機の建設が最終段階であ



[4] 日立原子力の歩み



[5] 「打込め魂 仕事の上に」の標語

り、その設計業務に従事した後、日本型改良標準化炉・改良型沸騰水型原子炉(Advanced Boiling Water Reactor: ABWR)などの原子炉機器の開発・設計を担当してきた。当初、大型機器の構造強度設計に従事したが、1 mmでも薄い合理的な構造をどのように設計するかということが課題であり、楽しみでもあった。技術力のないところに合理化設計はなく、そのために実証試験に基づくシステム設計条件の適正化・有限要素法の活用・流体 構造物連成解析手法・標準化設計手法の開発などを上司の小山田修技師(現 独立行政法人日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所長)や同僚・研究所と、一丸となって取り組んだものである。

3.2 悪戦苦闘の日々

1978(昭和53)年、現在では最新の炉型であるABWRの開発のために米国カリフォルニアに派遣され、GE社、アセアトム社(スウェーデン)、東芝などとともに関与された、20名程度の共同開発チームの一員としてプラント概念設計の構築に携わった。この時期、米国でスリーマイル発電所の事故があったが、このときに設定した開発目標である「安全性と運転性の向上」、「稼働率の向上」、「被ばく線量の低減」、「建設コストの低減」などを「ワールドワイドでの実績に裏づけられた技術で達成する」という方針は、その後の開発・実証時期を通じて維持された。海外で実績のあった原子炉内蔵型ポンプ^[6]・新型制御棒駆動機構・コンクリート製格納容器などの重要機器においても、国内で一から設計・開発・実証するというステップを自社開発・電力会社との共同研究・国の実

証試験プロジェクトなどを通じて生み出した。その後、東京電力 柏崎刈羽原子力発電所6、7号機として日立・東芝・GE社の3社コンソーシアムで建設することとなり、1991年に6号機を着工、1996年に運転を開始した。

その重要機器の開発当時、堀内哲男プロジェクトマネージャ(前 日立プラントシステムエンジニアリング株式会社社長)から、「単に海外の技術をノックダウン的に移植するな、自分で消化・確認し自分の設計としろ」ということを米国・日本の単位系をもじって「インチ・ミリ・エンジニアには決してなるな」、また、責任が細分化しやすいことを戒めて「原子炉内について壁を作らず所掌外の機器についてもすべて責任を持て」などと、あらゆる場で叱咤されたものである。

3.3 必試 必ず試作を行え

原子炉内蔵型ポンプは、土浦工場(現 株式会社日立プラントテクノロジ)・日立工場・研究所が「自主技術にこだわり抜いた設計と入念な実証試験」のうえ、日立型原子炉内蔵型ポンプとして開発したものであった。さらにこのポンプを用いた原子炉システムの国の開発実証試験においては、炉心部を模擬する実規模の機器を製作し、さまざまな運転状態を想定した条件で試験の実施を通じてその健全性を確認するとともに、流動解析などにより現象の把握と実証データとの照合を重ねた。そんな中、場所によって振動応力レベルにばらつきがあり、許容範囲内であるものの、予想より高い試験データが出てきた。その要因を三次元流動シミュレーション解析^[7]で検討してみると、構造に起因する流れの乱れにより部分的に流



[6] 原子炉内蔵型ポンプ



[7] 三次元流動シミュレーション解析

れの偏りが生じていることが推定された。そこで他メーカー・電力会社・学識経験者などの理解と支援を得て大規模な設計変更を行い、実規模試験装置を大幅に改造して再度、試験をやり直し、納得のいく試験結果を得ることができた。

日立の教えである「必ず試作を行え 必試」という言葉のとおり、実証試験が必須であることは言うまでもないが、現在は特にシミュレーション技術の進化もあり、実証試験とシミュレーションの両輪が開発の信頼性を格段に向上させる重要なステップとなっている。

4 日立原子力の自主技術へのこだわり

自主技術の開発と実機への適用にこだわり抜いた日立原子力の代表的技術として、プラント建設に革新をもたらした、世界をリードする「プラントエンジニアリング」^[8]と、ねばり強く技術を進化させ開花させている「原子炉予防保全技術」について次に紹介したい。

4.1 プラントエンジニアリング

原子力発電所における建設エンジニアリングの大きな課題は、レイアウト設計である。機器・配管・空調ダクトなど各々独立して配置・ルート設計されるものを、干渉なく、またプラントの建設性や保守性を確保しながら、いかに合理的にレイアウトを調整し、設計していくかが設計品質の鍵を握る。原子力プラント導入の初期においては、この調整はすべて手書き図面に基づいて実施されたが、その後、計画物の三次元的位置関係の把握を容易

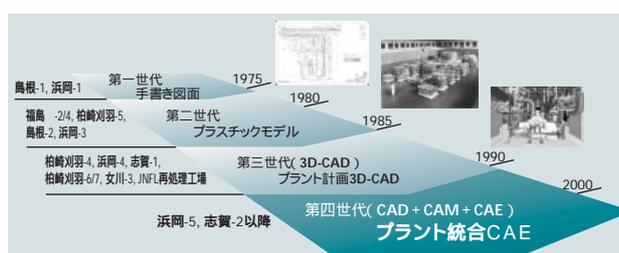
化する改善が図られた。

1970年代の異なる計画物を別色で表示したカラーコンピュータ図、1980年代前半まで用いられたプラスチックモデルによる調整手法を経て、1980年代後半からは、当時まだ二次元CAD(Computer Aided Design)の走りだった時期に、他社に先駆けて三次元CADの自社開発と実機適用を開始した。

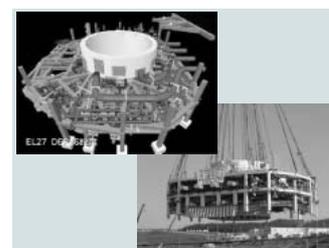
当時の好永俊昭グループリーダ主任技師(元副技師長)は、「すべての設計をコンピュータで！」の標語の下、「三次元CADによるプラントエンジニアリング」^[9]・建設計画/管理の改革」を強力に推進した。現在では、ユーザーは1,000人を超え、プラント計画は勿論、施工設計・建設計画・エンジニアリングスケジュール管理・現地工事管理等の各システムとインタフェースが取られた基幹システムとなり、継続的な進化を続けている。これも、あるべき姿を創造し、構想力を持ち、強力なリーダシップを発揮し、研究所を含めた周囲の協力を得ながらまい進した結果であろう。1988年度には、大河内記念技術賞も受賞している。

4.2 原子炉予防保全技術

原子力設備の保守など予防保全は、現在は事業の根幹を成す基盤事業である。他社との熾烈な競争のもと、研究所・事業部・グループ会社がプロジェクトを起こし、ベクトルを合わせながら、さまざまな技術を開発して実プラントに適用している。この分野においても「試」の実践である「実プラントで起きる可能性のある、さまざまな事象を想定した計画・実証試験・作業員訓練」がきわ



[8] プラントエンジニアリングの歩み



[9] 三次元CADによるプラントエンジニアリング

めて重要であり、成否はこの事前準備にあると言っても過言ではない。1994(平成6)年、深さ40 mのピットを掘り、原子炉への上方・下方からの接近性を同時に模擬できるBWR予防保全技術センター^[10]を事業所内に設置し、点検検査技術・予防保全技術・炉内設備更新技術などの開発・実証、作業員の訓練などに活用している。

また、残留応力低減技術としてオンリーワン技術である、キャピテーションを利用したウォータジェットピーニング技術^[11]なども自主技術にこだわり抜いて開発した成果であった。この技術は、榎本邦夫主任研究員(元機械研究所)などが中心となって、工場、研究所、協力会社の支援を得て、圧縮残留応力生成条件、ノズル形状の適正化などの味見試験から始まり、「石の上にも三年」の3倍以上の十年近くの間を要し、施工条件の確立や、狭隘部を含む、さまざまな部位への適用などの試験を実施し、国の認証を経て、実プラント適用まで至ったものである。思い至らず顧客にご迷惑をお掛けすることもあったが、現在ではさまざまな分野において、ロボティクスを用いた遠隔施工の実績を上げている。今後は、他社製原子炉設備にも施工し、適用先を広げているとともに、米国実証プログラムに参画し、海外への展開も計画している。

5 グローバル化に向けた新たな創業

2007(平成19)年、日立は、GE社と経営資源を融合した日立GEニュークリア・エナジー株式会社(HGNE)を日本に、GE-Hitachi Nuclear Energy(GEH)を米国にそれぞれ設立した。今回の提携強化は、世界的にも原子力への

期待が高まっている中、日立とGE社がお互いに持つ技術的な強みと地域別の強みを補完しながら、世界最大のBWRメーカーとして、グローバル市場に向けて、長年にわたってこだわり抜いてきた自主技術を提供していこうとするものである。

ここで、「野武士」日立がこれからの原子力分野において、世界と協創し、真のグローバル化を図っていくための戦略と展望について述べたい。

(1) 世界で勝ち抜く原子力モノづくり工場の確立

自主検証技術にこだわる設計、ワールドワイドな調達、高い生産効率を達成するため生産設備を増強し、先進溶接技術を採用するなど生産・検査・管理技術を高度化し、また人財力を高めることによって得た強い競争力を、国内はもとより海外向けプラントに適用し、世界で勝ち抜いていく。

(2) 世界で実証する原子力エンジニアリング力の実現

GEHが進めている革新型単純化沸騰水型炉(ESBWR: Economic Simplified Boiling Water Reactor)のキーとなる技術・設備において、日本国内の原子力プラントの建設・運転経験で培ったエンジニアリング力と「試」の心で検証し、信頼性の高い製品を仕上げていく。

将来の日本国内のプラントリプレース時代を見据え、また国外での建設も視野に入れた国家開発プロジェクトである「日本型次世代軽水炉プロジェクト」や、高速炉・燃料サイクルなどの分野においても日立の強みを発揮した、こだわりの自主技術を新たに創出していく。

(3) 世界の標準化をもたらすプラントエンジニアリング力

日立はこれまで、先端ITに立脚したプラント設計・建設



[10] BWR予防保全技術センター



[11] ウォータジェットピーニング技術

技術や管理技術を適用し、プラントを予定通り完成させてきた。現在建設中の中国電力 島根3号機^[12]においても、世界初の試みである「建築/機電複合モジュール」^[13]やRFID(Radio-frequency Identification)をはじめとした最新技術を適用し、原子力プラント建設の高度化を図っている。

一方、グローバルな視点から原子力建設を見ると、工程通り・予算通りに遂行できるプラントメーカーが稀有となる中、日立がこれまでに築き上げてきた建設エンジニアリング技術・手法を含めた総合力を生かす好機が到来していると言える。プラント建設はその国やメーカーの文化に大きく左右されるものだが、われわれは日本で培ってきたABWRのデータベース、モジュール化技術などのプラントエンジニアリングを世界標準のベースとして、各国の法令・規制・文化を踏まえ、グローバルな協創体制の下で実現し、世界に貢献したい。

6 おわりに

日立原子力部門のOBを中心としたボランティア活動グループに、エネルギーを考える会「ひまわり(代表・加藤洋明(元 技師長))」がある。茨城県日立市を中心に、小中学校の児童・生徒を対象に自前作成の実験装置などを利用した授業と実験を行い、エネルギーと地球環境問題について広く理解を深めてもらうための取り組みである。

一方、日本原子力学会では2008(平成20)年、学会声明として、「地球のためのクールエネルギー原子力」というタイトルで「美しい地球,豊かな生態系を育む自然と共存

する人類社会を営み続けるために(中略)技術開発を推進し、クールエネルギー原子力と世界の人々との調和ある発展と平和に貢献してゆく」を謳っている。温室効果ガスをほとんど排出しないクリーンなエネルギー源として、また、人類の生活を支える安定なエネルギー源として、原子力発電への期待が世界的に高まってきている。この期待に応えるためには、安全を確保する技術をより磨いていくとともに、国民的な信頼を得て、安心感を持っていただくための努力が不可欠である。

原子力のプロジェクトは、長い年月を要し、顧客・地元の方々・さまざまな企業体と人々が関わって、初めて完遂できるものである。そのためには、「We Are One」という「和」の精神・チームワーク・コミュニケーションが何よりも重要であり、日々の具体的な活動を通じて関係者全員でこの意識を高めていきたい。

われわれの使命は、ただ製品を製作し、納入するだけではなく、計画段階から設計、調達、製作、建設段階および運転開始後の保守と、長期にわたって仕事をさせていただくものである。この過程で顧客の思いとわれわれの思いをぶつけ合い、決めた結論に対しては確固たる信念を持って誠実に実行し、継続的な改善を図っていくと同時に、技術に対してはあくまで謙虚であるということも大切だと思う。この「誠」の努力を積み重ねる中で、顧客や地域との信頼関係が構築・強化され、「マイプラント」という意識が醸成され、共有化されることになるのであろう。この思いと努力を継続していくことを、日立原子力の新たな創業にあたり改めて誓いたい。



[12] 中国電力 島根原子力発電所3号機建設状況



[13] 制御棒水圧制御ユニット室モジュール