

原子力調査時報

〈調査報告〉

我が国の原子力供給産業の現況と課題

2005. 4

NO.70

日本原子力産業会議

目 次

はじめに	3
第 1 章 原子力市場の現状	3
1 - 1 市場の規模と特徴	3
1 - 1 - 1 市場規模は 1 兆 5 千億円	3
1 - 1 - 2 鈍る電力投資、新規建設から保守工事へ	4
1 - 1 - 3 少なくなる研究開発プロジェクト	5
1 - 1 - 4 市場は「ものづくり」の減少が顕著に	6
1 - 2 変貌しつつある事業形態	7
1 - 2 - 1 原子力供給産業構造の特質	7
1 - 2 - 2 減少する原子力設計技術者	8
1 - 2 - 3 強まる競争要因	9
1 - 2 - 4 進む企業の再編	10
第 2 章 原子力供給産業の特質と事業の実態	11
2 - 1 企業がみる原子力の事業・技術的特質	11
2 - 1 - 1 企業は原子力産業（事業）をどう捉えているか	11
2 - 1 - 2 原子力技術は「先端技術」か	12
2 - 1 - 3 原子力の「コア技術」とは何か	13
2 - 2 企業の原子力事業の実態	15
2 - 2 - 1 厳しさ増す原子力事業	15
2 - 2 - 2 研究開発投資の低迷	16
2 - 2 - 3 コスト低減への対応と取引形態の変化	17
2 - 2 - 4 出始めた撤退企業	17
2 - 2 - 5 技術優位の企業も存立	18
2 - 3 人材、技術の維持・継承	18
2 - 3 - 1 減少する人員	18
2 - 3 - 2 不足感の強い年齢層は 20～30 歳代	19
2 - 3 - 3 技術・ノウハウの維持・継承	19
2 - 3 - 4 新規建設への対応技術力の懸念	19
2 - 3 - 5 他の業務で代替は可能か	20
2 - 3 - 6 受注がどのくらい途絶えると継承は困難か	21
2 - 3 - 7 空洞化への懸念 その影響は	21

第 3 章 今後の原子力市場の見通し -----	23
3 - 1 軽水炉市場 新設計画しだいでは拡大へ-----	23
3 - 2 企業が期待している市場-----	24
第 4 章 事業の課題にどう取り組むか -----	25
4 - 1 市場確保策-----	25
4 - 2 品質とコスト-----	26
4 - 3 大型プロジェクトの開発力維持-----	28
4 - 4 原子力技術力の国際優位性確立を-----	29
むすびにかえて -----	30

我が国の原子力供給産業の現況と課題

はじめに

我が国の製造業は、多くの分野で産業技術力（技術のみならず生産・販売計画、品質管理、労働力の質など）の国際優位性を確保している。その製品の総輸出額に占める割合は8割を超えるなど、我が国を世界有数の「技術立国」として存立せしめている。また我が国には大企業から零細企業まで国内に約30万の企業が存在しており、素材から部品、大規模機器・設備まで殆どの工業製品を製造し、「世界の工場」という側面も持っている。

原子力分野においても製造業を中心に産業化への努力が払われてきた。軽水炉では1960年代に海外から技術導入を行い、徐々に国産化を図り、80年代以降は軽水炉プラントばかりでなく核燃料サイクル機器、核融合機器などの殆どを国内企業で製造、建設し、さらに保守・メンテナンス業務も担うという国内自給体制を確立している。現在、我が国の原子力関連資機材の製造や建設、保守・メンテナンス等の役務の供給企業（以下に**原子力供給産業**と称する）は数百社を数え、幅広い業種が参画した裾野の広い産業を形成している。原子力発電が基幹電源として我が国の国民経済に重要な役割を果たしているのは、電気事業者とともに原子力産業を構成している供給産業の国内基盤に根付いた技術力が大きく貢献しているといってもよい。

しかしながら、近年において原子力市場の低迷や電力自由化の流れ等によって、供給産業は

様々な問題に直面している。こうした問題は経済社会の変化や原子力産業の成熟過程での構造的なものとして表面化しつつある面も否定できないが、将来の原子力に寄せられている大きな期待に応えていくためにも、これら種々の課題に対して適切な対応をとり、原子力産業として健全な発展を遂げていく必要がある。

本稿は、こうした問題を考えていくための1つの基礎資料を提供するとともに、今後のあり方について若干の考察を行ったものである。検討にあたっては、原子力発電分野に参入している供給産業の「事業」面に焦点をあて、ヒアリングやアンケート調査を中心に取りまとめた。

第1章 原子力市場の現状

1-1 市場の規模と特徴

1-1-1 市場規模は1兆5千億円

一般に原子力製品と呼ばれるものは原子力発電プラント機器、核燃料サイクル関連機器、研究炉、核融合機器やアイソトープ（RI）・利用機器、放射線発生装置（加速器）などが代表的である。これらは殆どが生産財とか試験機器等であり、その供給先は「電気事業者」、「政府系研究開発機関」、「企業」、「大学・病院等」に限定され、一部が「輸出」に向けられているのが現状である。また、需要者（いわゆるユーザー）でも、原子炉など「原子力エネルギー」に係るものは「特定ユーザー」（一般電気事業

者、研究開発機関)に、また加速器など「放射線利用」に係るものは「不特定ユーザー」(企業、大学や病院等)というように市場構造が異なっていることも特徴である。

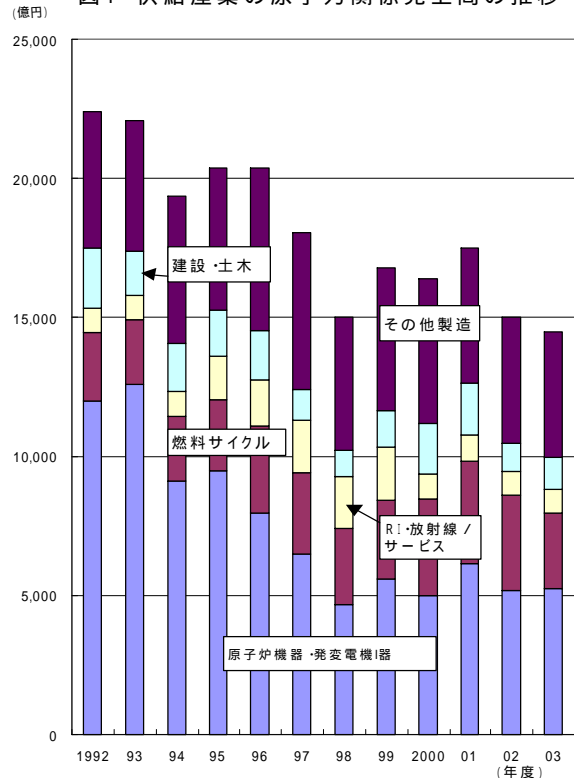
2003年度の原子力供給産業の売上高は1兆4,482億円¹⁾である。過去最高の売上は10年前の1992年度に記録した約2兆2,400億円で、**図1**に示すようにそれ以降漸減しつつ推移し、市場規模は10年前の3分の2まで縮小している。ちなみに市場が同規模の産業では携帯電話の約1兆4,100億円(2002年)や医療用具の約1兆5千億円(同)²⁾がみられる。また原子力産業と類似した性格をもつ宇宙産業の市場規模は約3,360億円³⁾となっている。

我が国の03年度原子力売上高を納入先別にみると、最もその比率が高いのが「電気事業者」向けであり、全体の75%を占める1兆813億円である。続いて多いのが「政府」向け(国立研究開発機関と国立大学)で6.7%の970億円。3番目に「公私立大学・病院等」が3%の426億円、「輸出」が1.6%の234億円という構成である。そのほか「鉱工業」向けが14%、2,040億円の売上があるが、大部分は中間財とみられる。

1 1 2 鈍る電力投資、新規建設から保守工事へ

原子力供給産業の売上先の7割以上を占める電気事業者は、バブル景気以降、日本経済の低迷と電力需要の低増加率見通し等から、**図2**にみるように原子力を含め電源設備投資を抑制している。一般電気事業者(沖縄電力を含む10社)の拡充工事のうち電源工事費は1993年度は約1兆4,300億円だったが、年々漸減し、2002年度には約9,000億円減の約5,300億円にまで減少した。送配電工事等も含む拡充工事費も同年度比で約3兆3,000億円から3分の1の約1兆円にまで削減されている。さらに改良工事費

図1 供給産業の原子力関係売上高の推移

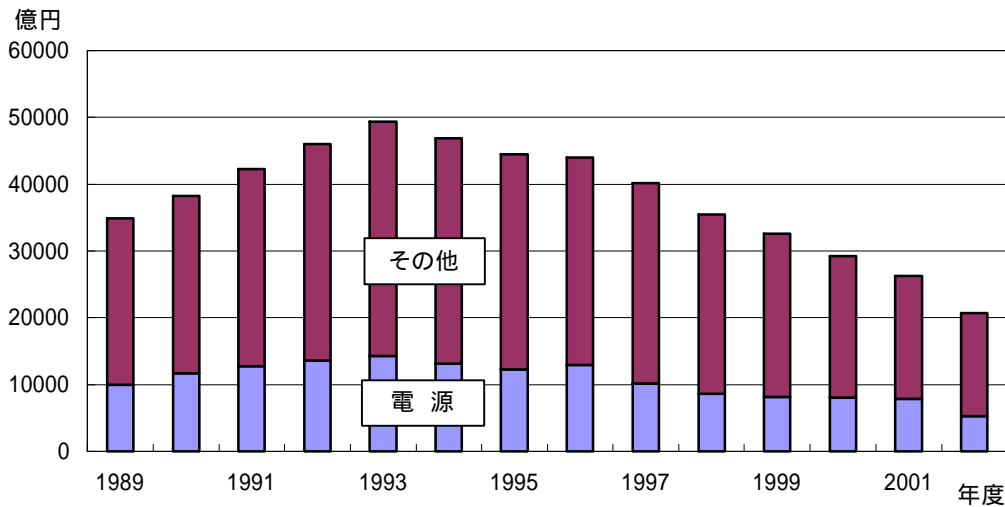


も1兆2,600億円から半分の6,000億円にまで縮減されている⁴⁾。

図3には、原子力発電プラントの着工と建設中基数の推移を掲げているが、前図の90年代からの電源設備投資の減少に合わせて、原子力発電プラントの新規着工も激減している。このため電気事業者の新規原子力発電所建設のための支出高(電力11社:9電力に日本原子力発電、電源開発を含む)は、1991年度の約7,800億円をピークに減少に転じ、そのままほぼ減少傾向で推移し、2003年度には91年度実績の約3分の1の2,588億円にまで落ち込んでいる。一方、運転中の原子力発電所の運転維持費は同年度の比較で約6,900億円から8,924億円まで増加。そのうち原子力発電所の修繕費は近年は3千億円~4千億円で推移している。

このように電気事業者は新規原子力発電所建設投資を控える一方、運転基数の増加に伴って運転維持費を増大させている。

図2 一般電気事業者の設備投資の推移



(出所) 電気事業連合会資料より。

1 1 3 少なくなる研究開発プロジェクト

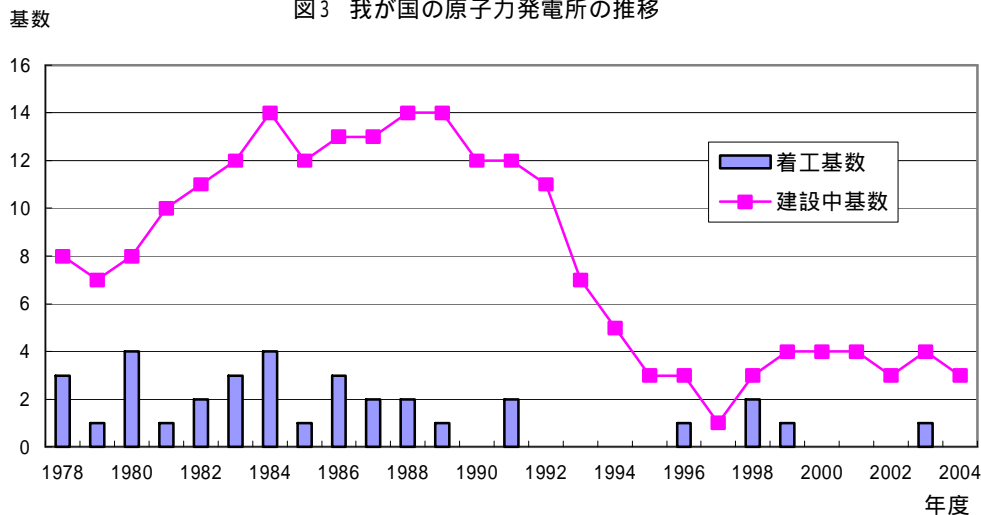
「政府」への市場依存度は、近年は売上全体の10%を割り込み漸減気味である。売上高は1991, 92年度に記録した2千億円台からここ数年は1,000億円程度と10年前と比べて半減している。この要因は高速増殖原型炉「もんじゅ」、高温工学試験研究炉 (HTTR)、大型放射光施設 (Spring 8)、国際熱核融合実験炉 (ITER) 工学設計活動など建設・研究プロジェクトがこの期間に終了し、その後大きな建設プロジェク

トが少なくなったためと思われる。

我が国の原子力関係政府予算は1992年度の約4,200億円からその後徐々に増大し、96年度には約4,950億円とピークとなったのを境にして減少に転じているが、2004年度(予算案)には約4,700億円となっているようにその減少幅は10%に満たない。

しかし、この原子力政府予算のうち研究開発関連機器類の受注に関係すると思われる「原子力発電と核燃料サイクル関連」「原子力科学技術関連」項目の予算の合計推移をみると、92年

図3 我が国の原子力発電所の推移



度には約 2,110 億円で、原子力予算総計の約半分を占めていたが、98 年度には約 2,030 億円(同約 43%)、2002 年度 1,760 億円(同 38%)、03 年度には約 1590 億円と全体予算の約 35%にまで減少してきている。とりわけ高速増殖炉サイクル関連と核融合関連等の研究開発予算の減少が目立っており、これらの分野における産業界の人材流出や技術基盤の低下が著しい。

また、「公立大学病院等」への売上高は 1995 年度から 99 年までは年間 1,400~1,500 億円と比較的好調であったが、2000 年度からは年間の売上が 400 億円台へと激減している。この分野の需要は RI・放射線機器と各種試験機器等が大部分で、95 年度以降の 5 年間は RI・放射線機器関連の受注増によっており、なかでも加速器の受注が多かったと思われる。

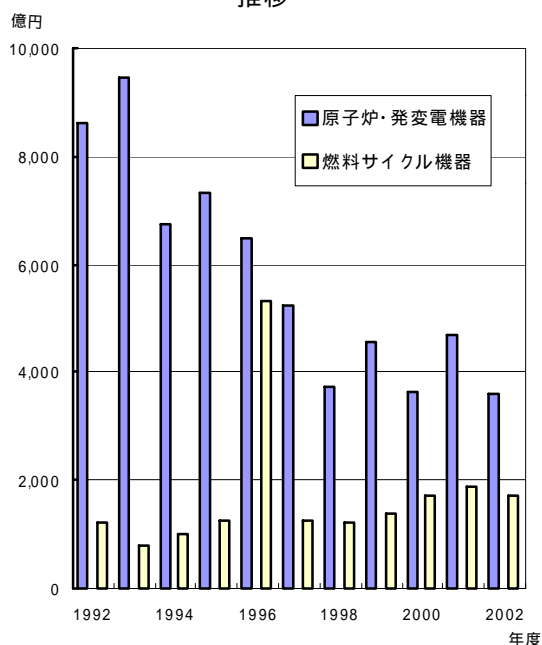
「輸出」はここ 10 年間をみると総売上に占める比率は数%と小さいものの、アジア地域向けの新規発電炉関連や米国等の発電炉関連の取替え機器需要によって、比較的順調な輸出実績を残している。1990 年代の前半は毎年 100 億円程度で推移していたが、94 年度から増加傾向を強め、96 年度には 455 億円、99 年度には 645 億円と大きく増加した。翌 2000 年度からは一転 200 億円台に減少して推移しているものの、アジア地域を除いて原子力発電所建設が停滞しているなかでの実績だけに、我が国の原子力機材製造能力が世界から高く評価されていることを伺わせている。最近の輸出品目は米国(台湾原発用)やフランス(フィンランド EPR 向け)の原子炉圧力容器、蒸気発生器(SG)、伝熱管、タービン、使用済燃料輸送容器などのほか、放射線機器、電子線照射装置、線量計など放射線関係機器類も多くみられる。

1 1 4 市場は「ものづくり」の減少が顕著に

売上の減少は、とくに「ものづくり」に関する製造業に端的にみられ、図 4 のように重電メーカー⁵⁾では原子炉・発電機器関係売上が 93 年度の約 9,500 億円から 2003 年度は約 3,941 億円と約 6 割も落ち込んでいる。また供給産業全体の燃料サイクル機器の売上はここ数年は増大してきたが、これは日本原燃の六ヶ所再処理工場建設に伴う機器類の出荷が増大要因であり、この売上計上も 2002 年度(約 1,970 億円)ではぼ山を越え、2003 年度売上では 1,160 億円と激減した。サイクル機器関係では今後しばらくは大型受注は期待できない状況である。重電メーカー以外の機械製造業や非鉄金属業など製造業の原子力関係売上も 1990 年頃と比べて概ね 5~6 割の減少となっている。

主力の原子炉関係機器の受注減をカバーするため、電子線・粒子線加速器や税関コンテナ測定器など放射線関連機器市場(2003 年度売上は約 800 億円)に今まで以上に注力している企業

図 4 重電メーカーの主要機器売上高の推移



注) 重電メーカーとは電気機器製造業と造船造機業。

が多くなっている。

一方、売上が年々増加している分野は「保守・メンテナンス」で1992年度の約2,300億円から2003年度には約3,600億円にまで増加している。このうち8割以上が電気事業向けである。また徐々に市場ができつつあるのはバックエンド事業に係る分野である。

(注)

- 1) 日本原子力産業会議・原子力産業実態調査による。以下、原子力供給産業(実態調査では供給産業を鈹工業と称している)の売上、支出、従事者数などの統計は、断りのない限り当会議の同調査に拠っている。
- 2) 携帯電話、医療用具の生産額は「日本の統計2004」総務省統計局より。
- 3) 日本航空宇宙工業会「宇宙産業実態調査報告書」、2002年度売上高。
- 4) 電気事業連合会「電気事業便覧」。
- 5) 重電メーカーとは「電気機器製造業」と「造船機業」をいう。

1-2 変貌しつつある事業形態

1 2 1 原子力供給産業構造の特質

我が国の原子力供給産業は、軽水炉建設事業を例としてみると、ユーザーである電気事業者からプラント全体のシステム設計、製造、据付を請け負う「プラントメーカー」(東芝、日立製作所、三菱重工業の3社)を頂点として、原子炉建屋および周辺施設の設計・エンジニアリング、建設を行う大手総合建設業(ゼネコン)、素材・機器メーカー、エンジニアリング企業、建設・工事企業⁶⁾など多種多様な企業群から構成されている。一部の海外企業の参入や製品輸入もあるが、基本的に国内企業だけで設計、調達、製造、建設が行える能力がある。

プラントメーカーは主要業務を1社で担うのではなく、グループ内の数社の企業と密接に連

携をして行っている。例えば東芝は石川播磨重工業と東芝プラントシステム等、日立はバブコック日立、日立プラント建設等、三菱重工業は三菱電機等、というようにそれぞれの得意な分野でグループ内協力を行っている。また耐震性を考慮しなければならない原子炉建屋および周辺施設の設計・エンジニアリングは、ゼネコンがプラントメーカーと協調・連携しながら担当している。これらの主要企業はそれぞれBWRとPWRのいずれかの炉型の業務が中心だが、両方の炉型の設計・製造を行う能力があり、一部機器については主力以外の炉型プラントへの納入も行われている。

原子炉圧力容器や炉内構造物、SG、発電機・タービンなど主要なシステム機器はプラントメーカー(あるいは上記のグループ企業)が製造している。その他の機器やコンポーネントは下請けとして専門メーカー等が製造している。一部の機器についてはプラントメーカーと専門メーカーが競合しているケースがみられる。またエンジニアリング企業は化学プラント建設の経験から発電所や核燃料サイクルの廃棄物関連施設の設計・エンジニアリングを中心に参画している。核燃料の加工や使用済燃料輸送、燃料被覆管・集合体製造などは専門の企業が事業を行っている。

原子力供給産業の構造として特徴的なのは、各種コンポーネントや機器・設備ごとにコアとなる企業が3~5社程度存在していることである。原子力発電プラントに約8千台、ユーティリティには約2万台が使われているバルブのメーカーでは、1次系に使用されるような重要バルブの大部分はPWR、BWRそれぞれ1社が製造し、それ以外に使用されるものはその2社を含め概ね5社が下請けとして実績を積んでいる。パッキン、ガスケットなどシールメーカー、ポンプ、水処理設備、廃棄物処理設備などのメー

カーもコアの企業が存在している。数社が並立している状態は、ある程度はプラントメーカーや元請けメーカーの意向でもあり、撤退する企業がそのなかからあれば意識的に別な企業を育てることもある。

建設工事や保守・メンテナンスでもコアとなっている企業がある。とくに保守・メンテナンスの業務は大部分はプラントメーカーが元請けとなっているが、一部は電気事業者の関連企業や工事企業等が電気事業者からの元請けとなっているケースもあり、その元請けの下に1次～数次に至る企業が下請けとしてぶらさがる多層構造が形成されているのが特徴で、この分野ではプラントメーカーとの競争を含め参画企業の競争が激しくなっている。

1 2 2 減少する原子力設計技術者

原子力市場の縮小と新規建設から保守・メンテナンス業務への市場シフトは、原子力供給産業の人材構造に影響を及ぼしている。供給産業の技術系従事者数（技術者と研究者）は、発電所建設がピークだった1992年度末の約2万9千人から、その後は増減の波はあるものの、市場規模の縮小の割にはそれほど大きな減少はみられず、2003年度末にも約2万7千人をキープしている（ただし、工員・事務職員を合わせた供給産業の従事者総計では1万人程度減少している）。しかし、近年は長引く市場の低迷に伴い、2000年度末から03年度末の3年間に、技術系従事者は約1,800人も大幅な減員となっている。

供給産業の技術系従事者数を分野別にみると、とくに「ものづくり」に必要となる研究者や技術者が大幅に減少しているのが目につく。「研究者」については92年度末の約3千人をピークに年々減少して推移し、10年後の2002年度末にはピーク時の3分の1近い約1,300人にまで

落ち込んでいる。

さらに減少が顕著なのは「設計」部門の技術者である。これも92年度末の約7,400人をピークに漸減、2002年度末には約4,600人と、約2,800人の減員となっている。これは新規原子力発電所建設投資の減少と政府系研究開発機関による主要プロジェクトが少なくなってきたことと符合している。また中長期的な原子力技術開発の目標が明確でないことも一因となっていると思われる。

設計部門の技術者の減少は供給産業にとどまらず、電気事業者にも共通していえる。電気事業者は新規原子力発電所建設が年間10基を超えていた1990年前後には1,200～1,300人の「設計・建設工事」部門の技術者を抱えていたが、新規建設が少なくなるに伴って減員が続き、2003年度末には822人になっている。

供給産業では、設計部門と同様に目立って技術者が減少しているのは「原子炉機器製造」部門である。94年には1,700人強の人員を要していたが、2003年度末には977人とこの年初めて1,000人を割り込んだ。

逆に増加しているのは「核燃料サイクル機器製造」や「再処理、廃棄物処理処分」部門などであるが、とりわけ保守・メンテナンスに従事する「サービス」部門の技術者の増員が顕著で、2003年度末には10年前の5千人台から8,776人まで増加している。

以上のように、供給産業における技術系従事者はマーケットの縮小の割には大きな人数の変動はみられないのが特徴である。その理由の1つは、原子力事業は規制や品質管理上、他の事業と比べて経験が重要視されることから、原子力部門の技術者はできるだけ同じ事業部門に抱え込んでおきたいという企業の意味もあるものと思われる。しかし、一方では研究者と設計部門の技術者の減少は、原子力のキーテクノロジー

一を担う人材だけに将来の供給産業の発展にとって懸念材料である。

1 2 3 強まる競争要因

原子力発電は他電源に対して十分な市場競争力を持っているものの、電力自由化のなかでは厳しくなるとの見方もあり、競争力維持のためには格段の努力が求められている。このため電気事業者では発電プラントの安全性を維持しつつ、バックエンドも含めたトータルとしての発電パフォーマンスの向上をいかに図っていくかが課題となっている。そのなかでは、新規発電プラントの建設費や既存炉の運転維持費のコスト削減も重要な課題として様々な取組みが行われている。また厳しい財政状況にあって国の原子力研究開発も一層の効率化が求められている。このような状況に伴って、産業界における原子力事業の取引形態も大きく変わってきている。

これまで、電気事業者や研究開発機関等のユーザーは、原子力機器等の発注には「安全性」と「信頼性」を最重要視してきたことから、「実績と経験」を有する企業を優先して行われ、あまり取引企業の変動のない取引形態だった。これは機器だけでなく建設、保守・メンテナンスの発注の場合も当てはまる。

また研究開発機関においても、複雑なシステムで構成される機器・設備の発注には、原子力特有の一定の技術力や品質管理能力を有する企業群に対して、指名競争入札あるいは基本設計 詳細設計 機器発注をできるだけ一貫して受注させ、産業技術力の向上と産業化を図っていくという配慮のもとに、性能仕様に基づいて発注するという形態が多く行われてきた。

しかし、最近ではこうした取引関係は崩れつつある。発注者は「競争」という原理も、これまで以上に適用していくようになり、より一層のコストダウンを目指す動きがみられるように

なってきた。

例えば、新規の原子力発電プラントの大部分の施設等は、基本設計から機器据付、建屋建設まで1プラントメーカーあるいはゼネコンに一括発注していたものから、附帯施設などの設計は電気事業者自身が行うとともに、主要機器・施設以外のものはBWR、PWRメーカーを問わず広く競争入札制度を採用、あるいはタービンなど一部主要機器の取替に国内プラントメーカーばかりではなく、海外メーカーにも発注するという動きもみられる。

とりわけ保守・メンテナンス業務では、競争入札制度を多く取り入れる傾向にあり、過去の実績や経験がなくても入札できるようになったこと、地元企業が優先されるようになったこと、等の変化が起こっている。さらに間接費低減策として、これまで元請企業から発注されていたバルブや配管など単品でも、ユーザーである電気事業者からそれらのメーカーに直接発注しているケースもみられるようになってきた。

政府系研究開発機関でも、とくに研究施設に対しては設計 建設 据付の一括発注は行われなくなり、機器やシステムごとに構造仕様による分割発注での競争入札が普通になっている。さらにメーカーによる下請企業(サブベンダー)への発注も従来の系列発注にこだわらず、一般入札制度の取り入れや海外企業への発注、あるいは自ら競争業者を育成して他企業と競わせるといった方策を採るようになってきた。

競争原理の取り入れは、もちろん製品の品質基準を満たしていることが前提であるが、産業界にコスト意識と原子力市場に新規参入できる機会をもたらせ⁷⁾、市場を活性化させる作用をもたらせている。しかし一方では、原子力市場の縮小・停滞に加えた価格面での競争激化は国内産業の原子力事業基盤そのものに影響を及ぼしつつある。

1 2 4 進む企業の再編

西側に属する欧米諸国では、原子力発電所の建設ブームが去って久しい。米国では1980年代以降、英国、ドイツでも90年代以降は新規の発注は途絶えており、フランスでも中国などへの輸出はあるものの国内向け発注は1993年以降はない。現在、フィンランドや旧東欧諸国を除いて建設・計画中のプラントはないのが現状である。こうしたことから、プラント建設事業・技術基盤が脆弱となったWH, GE, フラマトム、シーメンスなど有力プラントメーカーは、90年代後半以降、事業からの撤退あるいは原子力部門の買収、統合などの国際的な再編を図り、事業基盤の維持や原子力輸出など新たな事業展開を摸索している⁸⁾。

我が国においても長引く市場の低迷から、次章で述べるように原子力事業から撤退する企業もでてきているが、幸いにも国内では最盛期にはほど遠いものの、新規原子力発電プラント建設が継続しており、3プラントメーカーは厳しい環境のなかでもそれぞれプラントの一括受注に応え得る体制を維持している。素材メーカー、機器メーカーにおいてもまだ十分な製造能力を保持している。その結果、現在では「我が国が素材供給から部品さらにシステム設備までBWRとPWRの設計技術力と製造技術力の両方を有する唯一の国」となっている。そのことは西側諸国のなかで、原子力機器製造面においてフランスとともに国際的な比較優位に立っていることを意味しており、世界市場にも飛躍していけるだけの技術基盤がいまだに存在していることを示しているといえよう。

しかしながら、市場の停滞や事業環境の変化を受け、我が国の原子力供給産業においても企業間の再編・アライアンスの動きがみられる。

BWR燃料加工事業のGEと日本企業の合併企業の設立、鉄鋼会社間のジルカロイ被覆管製

造合併企業の設立、あるいは重電メーカー間の原子力プラント輸出における共同受注活動、核融合等の電源設備の共同受注・製作や炉心設計の協力、企業間の作業員の融通などの動きである。さらに企業内においても製造部門と保守・メンテナンス部門といった機能別の組織分割や分社化を図るというケースも多くなっている。

原子力事業を取り巻く環境の変化は、我が国原子力供給産業構造を特徴づけてきた5グループ体制をも徐々に有名無実化させている。現在では軽水炉プラントの主要機器の製造・据付は東芝、日立、三菱の3グループが中心であり、すでに住友と富士グループは開発炉や一部の周辺機器、燃料関連のみの受注あるいは原子炉機器から完全撤退して加速器等の放射線利用分野に特化している。さらにグループ内での結束力もゆるんでいる。六ヶ所再処理建設ではサブベンダーに対してグループ系列への優先発注形態は基本的には取られず、競争入札が中心だったことなども、その変化の一端を示している。

(注)

6) 建設企業には、いわゆる大手ゼネコン(5社)と準大手ゼネコンなど全国的に事業を展開している企業や地元に着した企業などがある。本稿では新規施設や改修工事等を主業務としている建設企業および大型装置の据付等を専門にしているプラント建設企業を「建設企業」とし、原子力発電所の定期検査で保守・メンテナンス業務を主としている「工事企業」と区別している。

7) 原子力供給産業の場合は、新規参入といっても、従来から原子力事業を行っている企業が他の原子力事業分野に新規に参入するといったケースが多いのが特徴である。それは後述するように規制面や品質管理面などで原子力事業に参入するハードルが他産業と比べて極めて高いことによっている。

8) 欧米諸国では、長く新規発電プラントの建設が停滞したため、圧力容器など大型の1次系機器を

製造できるメーカーはフラマトム ANP 社のみといわれており、圧力容器は仏シャロン工場で、シーメンス社はタービン・発電機を製造している。米国の GE, WH はプラントの設計・エンジニアリング技術力は維持しているものの、圧力容器等の製造能力は現在のところもっていないといわれている。

第2章 原子力供給産業の特質と事業の実態

我が国で原子力供給産業が形成されておよそ40年が経過した。その長い期間を経た今、産業界は原子力における「事業」や「技術」というものをどのように考えているのであろうか。それを探ることは原子力事業の特徴を浮き彫りにするとともに、今後の原子力事業のあり方を考える手掛かりになると思われる。本章では企業へのヒアリングおよびアンケート調査を中心に、その実態を探っていく。

2-1 企業がみる原子力の事業 技術的特質

2 1 1 企業は原子力産業（事業）をどう捉えているか

原子力関連企業の多くは、原子力事業の特徴の1つとして「計画性がないと成り立たない事業」と指摘している。その理由は、原子力プラントの建設期間が火力プラントなど一般施設の建設と比べて非常に長期となるためである。火力発電所では原子力発電所の約半分の期間で完成しているし、半導体工場の場合は「設計・エンジニアリングの依頼がくるのは着工の半年前ということもある」という。

原子力発電所の場合は一般的に基本設計は着工の5年前から取りかかり、それから許認可業務、詳細設計、製造、現地工事開始、試運転、

営業運転開始に至るまで、およそ10年という長い歳月を要する。圧力容器の工場内での製造期間でも2年~2年半かかるという⁹⁾。さらに原子力発電所の場合は安全性や出力規模の観点から火力発電所と比べて物量が多く¹⁰⁾、そのため資材等の調達から製造、検査、出荷に至るまでの工程計画に狂いが生じるとその費用負担は大きくなる。

また原子力は「企業努力が届かない要因が多い産業」としてみられている。それは「予測できない要因によって事業が大きく左右されがちである」との理由である。例えば原子力発電プラントの建設計画が電力需給あるいは他のプラントの事故・トラブルや住民投票など政治的出来事等によって大きく狂ってしまうといった事態である。産業界にとって規模の大きい原子力施設の受注には、事前に設備、人材、材料等の手配など相当な設備投資をして生産体制を備えておく必要があるが、建設計画が直前で不透明になれば投資の回収すらままならないことになる¹¹⁾。1回のトラブルや予期せぬ出来事で大きな影響がでてしまうことから「リスクな事業」ともみられている。

企業の回答のなかには「安全裕度が大きい」というものもある。建屋の設計荷重でも2~3倍の余裕を持っている例もあり、これほどの余裕度をもったものは他にはないという。

回答で最も多かったのは、「許認可や品質のハードルが際立って高い産業」といった、とりわけ「品質面」を強調したものである。この点は上記の特徴以上に一般産業と原子力産業の違いを端的に表しているようだ。

原子力製品は見た目や技術的には一般品と変わらない製品であったとしても、製造過程において、材料購入~溶接などの製作工程~完成段階に至るまで放射線検査や浸透試験、耐圧検査など検査・試験が一般品と比べて極めて多く、検

査が多いことから「ホールド・ポイント」が多い。さらに製品品質の要求レベルが非常に高い。

品質要求レベルが高いということは、「一点ごとの材料証明、各種試験データの実績が求められる」「品質・検査記録等の文書の多さ、工程間管理の厳しさ、多い立会検査の頻度など、これら他の事業と比べて3～5倍は多い¹²⁾」「トレーサビリティを求められる」「人的・物的にも工程各段階で完全無欠陥が求められる」などのことである。こうした要求は機器の加工組立企業ばかりでなく、その機器を構成・内装している部品、例えば原子力発電プラントの水処理装置であればタンク、バルブ、配管、さらに内装するガスケット、ボルト、スプレイノズル、フィルター等を供給したメーカーのほか、内装にライニングする企業など多くのサブベンダーも全て同様に「原子力仕様」という高い品質管理が要求されるというわけである。

現地工事においても、多くのホールドポイントが決められており、すべてのホールドポイントおよびそれ以外のポイントにおいて検査記録を要求される。また定期的に品質監査が行われ、所定の品質レベルが維持されていることが確認される。

このような品質の要求レベルの高さのため、製品が「原子力仕様」ということになれば「価格が一般品より数倍となる」といわれるが、この品質管理の厳しさが原子力の安全性・信頼性を支えているともいえる。

一方では、こうした管理体制は「不適合品が発見されると横並びに再検査、追加検査を要求され、その（自社で負担する）費用が膨大となる」「クレーム対応に多くの工数がかかり、他社との水平展開にも対応が必要となる」「材料管理、溶接管理など一品一品の対応による工程の歩留まりが悪い」など、人的にも物的にも非常に手間暇がかかる負担の大きい事業ともいえ、

「ある一定以上の利益がないとやっていけない産業」であるとともに、一度製品を納品しても、何かトラブルがあるとその原因究明・分析をして対応策を考えるとところまで納入企業に求められることが多く、「一度手掛けると手を引けない産業」という特質もあるという。

品質レベル、製品精度が高く、規制も多く、かつトラブル時には末端企業までトレーサビリティが求められるといった原子力事業の特徴から、各企業は「技術レベルを維持せざるを得ない」というのが実情であり、元請けから下請けまで、発注には「経験と実績」のある企業が優先されるという特徴を有している。

厳しい品質管理や検査に耐え得るだけの人材や設備を備えていなければ原子力事業を続けていけないが、仮にA社が下請企業として優れた技術力をもった新規企業を指名し、その製品や役務を採用しようとする、ユーザーや元請企業の許可が必要となったり¹³⁾、厳しい確認試験が要求されたりする。また調達にしても「認定されている企業（物）」であることが必要である。

しかし、原子力といえども経済性向上の要求が強まっていることから、最近では実績主義から競争入札という制度の取入れも積極的に行われるようになってきた。まだ新規参入は工事部門以外は少ないが、これまで特定分野の原子力業務に参入していた企業が他の原子力業務に参入するチャンスが増え、同じ供給産業内での競争が激しくなっているのも最近の特徴的な動きである。

2 1 2 原子力技術は「先端技術」か

原子力技術は、かつては先端技術¹⁴⁾と呼ばれていた。その1つの根拠として原子力供給産業の研究開発投資率が他産業より高水準だったことが指摘されている。確かに1970年代～80

年代においては原子力は5～6%と、一般産業の平均が1～2%と比べると際立って高かった。しかし90年代に入ると3%台となり、近年では2%台にまで低下している。2003年度における医薬品のそれが8.4%、電気機械器具工業が5.1%、情報通信器具工業が6.8%であり、一般製造業全体でもほぼ3%¹⁵⁾であることから比べると、この面からは原子力は先端技術産業とはいえない。ただし、新型炉や燃料サイクルなどの原子力研究開発はいまだに国が大きな役割を果たしていることから、産業界の投資趨勢のみで判断することはできない。研究開発投資は技術の進歩に結びつくものであり、それが産業の発展を促す要因でもあることから、研究開発投資の趨勢は重要な指標である。

それでは企業は技術的観点からみて、原子力技術(産業)を先端的と考えているのであろうか。アンケート調査によれば、「先端的」あるいは「そうではない」とみている企業は業種を問わず半々である。

「先端的」と捉えている理由として多いのは、「高度の安全性、信頼性、長期性能維持を求める技術として」である。具体的な領域では「核融合技術」「炉心技術」「ロボット技術」などがあげられているが、総じて単体としてのテクノロジーというより、システムとしての技術が先端性をもっていると考えているようである。

一方、「先端的ではない」¹⁶⁾とみている理由としては、「安全第一、実績重視で保守的になっている」として、新技術の開発あるいは採用が進んでいないと認識している企業が多い。ではどういう技術だとみているかというと、「成熟技術・産業」「重厚長大産業」のように従来からいわれてきた回答もあるが、加えて「実証が優先され実運用まで時間がかかる産業」「先端技術の導入が難しい産業」などの見方もされている。しかし、新設の原子力発電プラントに

はその時の先端の技術が用いられているわけであり、結局のところ、「設計段階では先端技術であっても、(建設期間が長い)製品段階(運転開始時)では古い技術になってしまう」というタイム・ギャップに伴う技術認識もあるようだ。

2 1 3 原子力の「コア技術」とは何か

原子力供給産業は原子力事業を行うにあたって、どのような技術・ノウハウが重要と考えているのであろうか。

アンケート調査によると、炉心設計・解析、安全解析、耐震設計、機器製造技術、保全技術など各企業の固有の技術が寄せられている。また「耐放射線性」「シール性」「耐震性」「遠隔保守」「溶接等の施工」「放射線管理」など原子力固有の必須技術も指摘されている。これは原子炉あるいは原子力施設内の放射能(線)を内部に閉じ込め、外部に放出させない技術が基本的かつ不可欠であるとの認識である。

一方では、上記のような技術項目とは違った観点からの回答が全体のおよそ8割から寄せられている。それらの回答を整理すると、概ね「品質保証・管理」と「経験力」の2つに分類することができる。ここでいう「経験力」とは、長年の経験・実績に基づく技術・ノウハウの積み重ねや人材をいう。

まず「品質保証・管理」に関する技術・ノウハウについて、品質管理技術、安全管理、リスクマネジメント、品質工学、工程・作業管理、品質保証と健全性の裏付け、などが指摘されている。原子力産業の全ての企業に高度な品質保証・管理を求められており、企業の意識のなかでもこれらが「キー技術」との認識が持たれていることがわかる。

また「経験力」に係る回答も多く寄せられている。各企業が持つ固有技術の「知識がコア技術」との回答もみられるが、総論的にいえば「物

づくり』には企画 設計 調達 組立までの全ての経験が重要であり、これらの工程を全て経験した人材の育成確保」「原子力をよく理解している人材の育成」「原子力エネルギーを取り扱うことに対して、なぜそのような高品質や高い管理レベルが要求されるのかという技術的背景の理解力」「原子力業務の経験が豊富な人材を組織的に配置できること」「人の技能品質」「積み上げた全ての経験」などの回答のように「経験と実績」がコア技術としている企業も多い。

品質と経験という2つはそれぞれ関連したものであり、整理すれば、全ての作業工程において厳しい高度な品質を確保する技術・ノウハウおよび経験豊かな人材が原子力のキー技術と認識されているといえ、今後とも、我が国の原子力が発展していくためには少なくとも、これらが維持・継承される必要があるともいうことができる。

ところで、2003年に原産会議がまとめた人材問題小委員会報告書で、電気事業者、プラントメーカー、工事企業ごとにそれぞれの役割を果たすために必要とされる「コア技術」を以下のように定義している。それぞれの役割(分担)が明記され、我が国原子力産業の構造的特質の一端を表している¹⁷⁾。

- ・ **電気事業者**：原子力発電所の所有者として、プラント/機器の保全方法を熟知し、現状を正確に把握し、現時点でのプラントの健全性を確認するとともに将来の劣化予測に、よりいかに合理的な保全(タイミング、費用のかけ方)をするかを立案する技術。
- ・ **プラントメーカー**：プラント設計・製造者として、新規プラントを建設しフルターンキーで顧客へ供給するとともに、設備の維持/更新/改良を行うための技術。またプラントの建設/運転管理/更新/改良に必要な設計根拠等に関する技術的デー

タベースを維持管理する。

- ・ **工事企業**：一般工事会社として、電力、メーカーからの要請に応じ、多角的に対応し、安全かつ合理的に工事を施工する技術/技能。

(注)

9) 水処理装置でも受注から設計を経て納入・試運転まで4~5年かかる。工期が長いということは売上が計上されるまでの先行投資が大きくなる。ある溶接企業では売上がでてくるのは着工から2、3年後であるという。

10) 原子力の場合は、機器類が火力発電プラント等と比べて非常に大きく、さらに放射線の遮蔽に対する要求から躯体(くたい)寸法が大きくなる。例えば火力のコンクリート壁は通常10~20cmだが、原子力は1~2mになるものも多数ある。

11) 電源計画は1990年代のバブル景気以降の景気停滞に伴って毎年のように順延されている。計画の順延はとりわけ事業経営に困難な事態をもたらしている。ある中堅バルブメーカーは「新規プラント計画にそって工場の設備増強投資を数十億円かけて行ったが、その後毎年計画が延びのびとなり、減価償却費もできない状況で経営的に困難な状況に陥ったことがある」とその影響が大きいことを認めている。

12) 膨大な量が求められる品質記録書の例として「物1トに対して書類1ト」と揶揄されることがあるという。企業へのヒアリングでは、品質管理を一般業務と比べた場合の厳しさを聞いたところ、管理コスト基準で3~5倍が多かったが、精神的には10倍以上あるいは100倍以上という答えもあった。例えば規格4C以上のポンプは機械加工した面にキズがあるかどうかを調べるカラーチェック(PT)があるが、この工程があると一般品の5倍になるという。また日本では材料の段階から「ミルシート」と呼ばれる検査証明書が求められる。

13) 新規企業の採用をユーザーからは認可を得た

が、現場でその企業の採用を拒否された事例もある。

14) 一般に「先端技術」とは高度な技術であってかなりの研究開発を必要とする技術といわれる。その指標の1つとして研究開発投資率(研究開発費/売上高)がある。

15) これらの数値は平成16年度科学技術白書による。

16) 一例をあげると、大手ゼネコンによれば、過去に先端的技術とされていた「原子炉施設の耐震技術」は、すでに成熟技術の域になっており、現在の先端技術は「超高強度コンクリートの開発、超高層免震、制震」だとしている。

17) 米国では、我が国の原子力産業構造とはやや異なっている。例えば発電炉プラントの設計・エンジニアリングはメーカーばかりでなく、B & W社のようなエンジニアリング企業も実績もってきた。また保守・メンテナンスも我が国と違い、多くの電気事業者で社員が直営として行っている。

2 2 企業の原子力事業の実態

第1章では原子力供給産業の市場をややマクロ的に概観してきたが、ここでは企業が行っている原子力事業の実態について論じる。

2 2 1 厳しさ増す原子力事業

我が国の原子力供給産業は、核燃料関連企業など原子力事業の専門企業を除いて、殆どの企業はさまざまな事業の1つとして原子力事業を行っており、総売上高に占める割合は業種や年次によって大小はあるが総じて小さい。原子力市場が停滞している最近では、プラントメーカーを含め新規プラント需要の依存が高い素材メーカーや機器メーカーの多くは数%~10%に過ぎない。一方、比較的安定した市場である保守業務の比率が高い工事企業では、数%の企業が

ら、70~80%という原子力事業にかなり依存している企業も相当数存在しており、その比率にバラツキがある。また建設企業・大手エンジニアリング企業は新規建設が少なくなっていることから1~数%程度となっており、全社的な原子力部門の比重を落している。

原子力事業の比重が少ないということは、それだけ原子力事業特有のリスクの影響が全社的には少なく、市況に応じて柔軟に対応できる状況にあるといえるが、一方では、状況しだいでは原子力事業から撤退できやすい環境にあるともいえる。

ところで、原子力市場規模は1992年度をピークに現在ではほぼ3分の2の規模で推移しているが、各企業に過去最高の売上記録時と比べた現在の売上の割合について調査したところ、業種によって傾向が異なることがわかった。

まず「ものづくり」の業種についてみると、プラントメーカーではほぼ「半分~7割」と答えている。バルブやポンプ、電動機など機器メーカーでは概ね「半分~1/3」、鉄鋼業や電線メーカーなど素材メーカーは殆どが「ピーク時の10~20%」にまで減少したと答えている。

さらに最近の新規建設市場と保守・メンテナンス市場の売上比率について聞いたところ、プラントメーカーでは保守業務でも重要な役割を担っていることから新規建設が少ない現状では、半分ずつの比率だが、機器メーカーでは新規建設向けの方が多い。なかには新規向け受注が殆どなくなり、最近では保守向けのみで、売上はピークの10%という機器メーカーもみられる。これが製造の上流部門である素材メーカーになると、今でも新規向けのみという企業もあるが、「保守における取替用のみ」「国内は保守・メンテ市場が100%、輸出は新規物件がある」と答えているところもある。一般的に素材メーカーは鋼材、ケーブルなど取替需要はそう多くは

ないため売上の激減に見舞われ、原子力事業から撤退しているケースも目立ち、残っている企業は一部を除き、多くが保守・メンテナンス部門に特化している状況である。素材・機器メーカーのなかにはすでに採算割れとなっている企業も少なからずみられ¹⁸⁾、「赤字受注はするな」との経営判断する企業が多くなっている。

素材メーカーとともに、保守・メンテナンス業務が少ないのは建設企業である。原子炉建屋や周辺施設等の設計・エンジニアリング業務、土木・建設工事業務を担っているこの業界では、保守・メンテナンス業務は塗装や小規模建物の追加建設に限られ、なかには「保守・メンテナンスの仕事は殆どない」という大手ゼネコンもある。従って売上の大部分は新規建設向けであり、近年は厳しい状況だが、これまでの数年来は、六ヶ所再処理工場建設向けが繁忙であったことから、売上自体はピーク時の約半分を維持している。同じように大手エンジニアリング企業も原子力事業が主に廃棄物処理関係装置の設計・エンジニアリングが多いことから、保守・メンテナンス業務は少ない。発電所内でのこれらの受注もすでに一巡しており、六ヶ所再処理工事がほぼ終了している現在は事業として厳しい状況にある。

他方、原子力市場のピーク時とそれほど売上が変化していないのが工事企業である。おおよそ売上ピーク時の7~8割を維持している企業が多い。新規向けと保守・メンテナンスの売上比率も10年前はほぼ半分ずつであったが、最近では保守メンテナンス市場の依存を一層高めており、比較的安定した市場とあってよい。この分野は定検工事、改修工事一般を手掛ける中堅企業から断熱、配管工事、検査サービス、燃料輸送など特定の工事・役務を提供している企業など幅広い業種からなっており、全国的に事業を展開している企業もあれば、地域・地元

に着している企業もある。

2 2 2 研究開発投資の低迷

原子力産業実態調査によると、原子力産業の研究開発投資(支出)は1990年代には600~700億円台と安定して推移し、97年度には852億円を記録したが、その後は大幅に減少し続け、ここ数年は300億円台で低迷している。それに伴って、前述したように研究者も大幅な減員となっている。

研究支出を、発電炉関係(発電機器も含む)に絞ってみると、1990年代前半頃の年間約200億円の支出をピークに、90年代後半からは減少して推移し、2003年度にはピークの半分の100億円となっている。この研究開発支出は新型炉や既存炉の改善・改良などに費やされるものであり、電気事業者の研究開発支出の減少¹⁹⁾とともに、この分野の民間の研究開発投資が衰退している状況となっている。

原子力産業が研究開発を大幅に縮小している要因としては、技術の成熟²⁰⁾、市場の低迷、政府予算による研究費等の減少に加え、3次にわたる改良標準化計画以降の軽水炉のまとまった改良技術開発や将来の新型炉や燃料サイクルの開発の具体的展望が明確でないこと等から、民間として継続した投資に踏み切れない事情があるものと思われる。

こうした厳しい環境のなかで実施されている研究・技術開発分野についてみると、プラントメーカーは我が国の原子力を支えているとの強い自負をもっており、軽水炉プラントの保全・高度化技術や将来炉、燃料リサイクルなど、原子力全般の技術開発を一定規模で自社あるいは国の政府機関や電力会社と共同で実施している。

その他の企業では、部材やケーブル、キャスク、計装など各企業の専門技術開発以外には、廃棄物・デコミッショニング技術、革新炉、保

修技術の開発などが実施されている。ただしこれらの研究・技術開発は、「売上に応じて」「小規模に」といった規模で行っている企業が多い。一方では、「現在ではやっていない」という企業も少なくない。とくに高速増殖炉（FBR）開発、核融合開発などでは大手企業以外は殆ど手を引いている状況であり、「新規フィールドの定期需要がなく、新しい物づくりも皆無となっている」というところもみられ、供給産業界全体として研究・技術開発力や新技術による資機材の製造技術力が脆弱化しつつあると思われる。

2 2 3 コスト低減への対応と取引形態の変化

電力自由化に伴って、品質重視の原子力発電所の建設・保守・メンテナンス事業といえども、「ある程度技術が成熟し、リピート効果などもある」ことから、安全・信頼性を確保しつつ、一層のコスト低減が求められている。実際、企業はこのコスト低減に対してどのように対応しているのだろうか。

コスト低減要請に対して製造メーカーの多くは、受注量の確保に注力を払いつつ、設計の「冗長的」な部分の合理化、先行プラントの設計資産を生かすなど設計の効率化、製作期間の集中や製作工程の効率化による工程数低減、競争引合いによる調達品の多様化等で対応している。しかし低減に大きく効いてくる受注量が、減少あるいは単発的になっているので、「もはや限界になっている」とするところも少なくない。

建設・工事企業では設計・解析手法の高度化、工法改善、競争原理導入による外注労務費や材料購入費の削減、アウトソーシングなど、主に企業内での合理化努力で要請に答えてきているところが多い。

また、元請けに対しては検査業務の改善、検査など重複作業の廃止、提出書類の簡素化など

コスト低減につながる提案をして、一部は実現している場合もある。その他では、原子力事業の経験のない新規企業の参入促進を図ること、安全とは関係の少ない部品や設備等について一般品並みの品質を求めること²¹⁾、海外からの調達の促進²²⁾などの対応も徐々に行われつつある。

コスト低減への対応のなかでも、とりわけ人件費削減と競争原理導入による材料や購入品先の多様化による対応が目立っているが、このことは後述する「品質とコスト」をどうバランスをとっていくかという課題をはらんでいる。

2 2 4 出始めた撤退企業

ここ数年間、中堅以下のメーカーの事業基盤が相当弱体化している。こうした状況に耐えきれずに原子力事業から撤退した企業は、素材・加工、電線ケーブル、バルブ、水処理設備、エア・フィルター、圧力容器、扉・ハッチ、換気・空調設備など幅広い業種に及んでいる。とりわけ素材メーカーの撤退が目立っている。撤退は原子力事業からの完全撤退やある製品製造からの撤退など色々な形態で見られる。撤退の原因は第一に受注量の減少であるが、それに加え、競合による過度な値引、要求事項の多さからくる採算性の問題あるいは必要な人材の維持ができないことなどが指摘されている。なかにはクレームへの水平展開が困難、原子力用特殊機器を開発しても継続的な商品とはならないため、原子力以外の高付加価値製品への事業集中化、といった理由もある。

一方、堅調な保守・メンテナンス市場を形成している工事企業では撤退した企業は少ないようである。もっとも、原子力以外の工事受注の激減によって倒産したり後継者不在で撤退したケースはある。

各企業の今後の原子力事業の展望をアンケー

ト調査したところ、社内での相当な努力にも係らず、市場の低迷や原材料費の高騰等も重なり、「現在、採算上、コストダウンも限界」だとし、「原子力事業からの撤退も止むなし」と考えている企業が目立っている。「近い将来、原子力業務から撤退することも止むなしと考えているか」というアンケートでは、50社の回答中、「あり得る」「視野に入れている」と答えたのは約3割にも上っている。さらに「撤退は考えていないが、事業縮小はあり得る」と考えている企業も少なからずみられる。

2 2 5 技術優位の企業も存立

厳しい事業環境が続くなかでも、地道な技術開発努力によって、特定製品で技術的優位性を獲得して独占的な供給者となっている企業も存在する。軽水炉関係では、圧力容器の一体型鋳鍛造技術によって、世界の大型圧力容器をほぼ独占的に製造している鉄鋼メーカーが代表的である。

また研究開発機関等の特殊な放射線環境下で使用する各種機器・設備に対して技術的優位性を持っている企業もある。これらの研究開発機関では単品受注で特殊な高度技術を必要とするものや、高放射線環境や高温・高圧下で行われる試験でも耐え得る（システム）機器を必要とすることが多く、その設計や製造あるいは保守・メンテナンスの過程で長年にわたって積極的に対応してきた一部の企業は、その分野の最も優れた技術力を確保しているケースがみられる。例えばマイナーアクチニド元素等の高放射線源を取り扱うセル、グローブボックス、放射線遮蔽鋼材、放射性廃棄物関連のキャスクなどである。しかしながら、メーカー等に流れる研究開発予算は先細り状態であり、これら企業では「予算縮小が人材の拡散につながり、蓄積された技術の継承の場が失われかねない」と危機

感をもっている。

（注）

18) とりわけ取替需要の少ない鋼材、電線・ケーブルのメーカーの採算が悪化しているようで、近い将来、事業撤退もありうるとする企業もみられる。

19) 電気事業者による研究開発費も供給産業と同様な推移となっている。1991～95年度の年平均500億円を越える支出から、90年代後半には減少に転じ、2003年度には272億円に止まっている。

20) 例えば、水処理関係企業では「軽水炉発電所の廃棄物処理処分の技術開発はすでに十数年前から技術が成熟しており、樹脂・固体廃棄物の技術開発は少しやることがあるものの、水処理技術そのものの開発は現在は殆どはやることはない」と述べている。

21) 最近では原子力発電所の廃棄物処理施設でのモータ、コンベア、その他機器類が一般品として認められている。

22) メーカー関係者によると、最近では海外からの機器購入ではケーブルラック、ドレン配管、グレーティングなど非耐圧物や低グレード品などの実例がみられているという。また原産会議が2000年に供給産業に対して輸入品目の調査したところによると、原子炉関係ではフィルターエレメント、Oリング、弁継手類、水質計器、電気関係部品、熱電対、被覆管、復水器、保温材などのほか、遮蔽材など各種素材などが輸入されている。

2 - 3 人材、技術の維持・継承

2 3 1 減少する人員

アンケート調査によると、原子力事業に携わっている人材の現在の人数をピーク時と比べてみると、プラントメーカーや機器メーカーは概ね6～7割に止まっている。素材メーカーはピーク時の1/10となっている企業もあれば、1/

3とか6割と企業によって状況はまちまちであるが、どの企業も人員の縮小を経験している。新規建設業務が中心の大手建設業は大部分が半分以下となっている。原子力供給産業の技術系人員は前述したように、業務部門によっては減員となっているところもあるものの、全体的には減少気味の横ばいで推移しており、その減員の対象は主に建設機会の減少に伴う技能者・工員等であると思われる。

一方、比較的堅調な市場を形成している保守・メンテナンス業務が中心の工事企業は、ピーク時の5割以下、あるいは現在もピーク時と同水準としている企業もあるが、多くの企業は8割程度と答えており、メーカーと比べると減少幅が小さい。

2 3 2 不足感の強い年齢層は20～30歳代

このように原子力供給産業のなかでも人材が減少している業種と人数を維持している業種に2極化が進んでいる。それでは「人材の高齢化」と「不足している人材の年齢層」はどのようになっているのであろうか。

調査によると、プラントメーカーは人員縮小のなかでも継続的な採用を行っていることから過度な高齢化はみられないようであるが、それ以外の業種では原子力人材の高齢化が進んでいる。また年齢別にみた人材の過多については、機器メーカーと素材メーカーは50歳代の人員が多くて、20～30歳代前半の若手が不足しているとしているところが多い。40歳代の不足を指摘している企業も回答社数の2割程度の企業で見られるが、これはオイルショック以降の採用手控えの影響が主な要因と思われる。

一方、建設・工事・エンジニアリング企業でも20～40歳代前半が不足していると答えている企業が最も多く、なかでも30歳代の不足を訴

えている企業が7割を超えているのが目につく。これは主にバブル経済崩壊後、採用を控えたことが影響しているようだ。

総じて50歳代の人員が多く、20～30歳代の人員の不足を指摘している。

2 3 3 技術・ノウハウの維持・継承

事業規模の縮小、人員縮小の状態にあって、経験豊かな人材の高齢化に伴う世代交代の時期が重なり、原子力供給産業はとくに「ものづくり」の技術・ノウハウの維持継承が課題となっている。多くの企業では人の経験に基づく設計技術、ノウハウといった「暗黙知」をできるだけマニュアル化・データベース化など「形式知」化する試みや、技能訓練や技能認定制度、OBの活用などによる対応が取られている。とりわけプラントメーカーは、例えば原子力発電プラントについては「基本計画」「基本設計」「詳細設計」「製作/検査」「据付/試運転」「保全」「研究開発」など設計技術力と製造技術力の両者について企業グループ全体を俯瞰したプラント総合技術力の維持・向上に努めるなど、国際展開をも視野に入れた取組みを行っている。

しかしながら、暗黙知の形式知化にも限界がある。暗黙知とは、コツとか勘、経験といった「人の身につく技能」であり、例えば「工場での何十トンの大型容器を反転させて組立てて溶接する技能」「電気プラズマによる金属と金属を留めるステライト肉盛りの盛り方」など、これらは実際に機器類の製作や工事の過程のなかでOJTによって継承していくことが効率がよいようである²³⁾。

2 3 4 新規建設への対応技術力の懸念

実際の設計、製作、据付といった「ものづくり」の経験がないと、技術・ノウハウの維持・継承が難しいことはよく知られているが、仮に

新規の発電プラント建設の経験がなくなると、具体的にはどのような技術的影響がでてくるのであろうか。この点についてアンケート調査したところ、回答で目立っているのは、主に設計や全体的な取りまとめ・調整能力などの技術・ノウハウが欠如する可能性である。とくにプラントメーカーは、官庁申請対応、設計、製造工程や人員、費用などをトータルに管理するプロジェクトエンジニアリング能力が新規プラントを計画通り建設していくために不可欠な技術であるとしている²⁴⁾。原子力技術・ノウハウの維持・継承については、アンケート調査でも多くの企業が何らかの形で取り組んでいる結果となっているが、一方では先行きの不透明感から、原子力事業からの撤退も視野に入れ技術・ノウハウの継承を行わない企業もみられる。

新規建設の機会があるかないかということは、「技術者は新規建設向けの製品開発には相当な意気込みでやるが、保守・メンテナンスは開発要素が少なく、その取り組み方が受身になってしまう」という素材メーカーの意見にみられるように、技術者のモチベーションにも大きく係っている。

ところで、新規建設のための技術・ノウハウの継承問題は、供給産業ばかりでなく電気事業者にとっても大きな課題として考えられている²⁵⁾。電気事業者のなかには、新規原子力発電プラントの建設が10年以上途絶えているところもある。そのため設計・建設工事に従事する技術者も減少しているが、電気事業者にとっても発電炉プラントの設計基礎知識を確保し、自主判断能力を維持しておくことが運転管理・保守のためにも重要だとされている。ある電気事業者では、技術維持のために技術者を別会社にプールし、その会社が自ら発電所の周辺設備等の設計・エンジニアリングを受注したり、原子力以外の分野にも積極的に参入し、実際の設計活動

を行っている。また原子力発電所の建設をしている他の電気事業者に出向させ、技術者に経験を積ませるなどの対応をとっている。

2 3 5 他の業務で代替は可能か

総じて暗黙知の継承は実際の受注がないと難しいとされている。しかし当面は受注が大幅に増えるという見通しではない。そうであれば原子力に類似した他分野での高品質水準の製造・工事があれば、原子力技術・ノウハウの継承は可能なのであろうか。

この点について、大部分の素材メーカーは「ある程度可能」としているが、機器メーカーと工事企業は「可能」（ある程度も含む）と「困難」とする企業が半々に分かれた。ただ、「可能」としたところでも、「類似した機械設備の供給業務があれば、個別の技術は維持可能」としているように、他業務で代替できるのも一定の限度があるようだ。

「代替は困難」とみている重機器工場を有する、あるメーカーは、その理由を次のようにあげている。

「原子力の鑄鍛造品、タービン・ローター、圧力容器などは火力用等の機器と同じラインで製造している。しかし原子力用資機材は火力・ガス火力用と比べると大きさや重量がはるかに大きく、品質・検査なども3倍以上厳しい。そのため『原子力級の仕上り』ができる非常に高度かつ経験豊富な溶接工や管理技術者を多く工場に確保している。もちろん原子力の仕事が少ない場合には、それに準ずる火力などの機器を受注して製造することになるが、原子力のようなグレードを必要としないため工場設備や人材など決して効率的活用にはなりにくいのが実情であり、原子力受注が続かないと余分な人材や設備を削除せざるを得ず、結果的に原子力技術・ノウハウの維持継承に大きな支障がでてし

まう」

また、ある水処理企業も「原子力製造は一般製造と仕事の中身と期間が違う」ことが代替が困難である大きな理由だとしている。「一般品は水質と水量を守ってプラントを製作するが、原子力用は工程ごとに一つ一つ設計の中身をチェックしながら製作していくなど、施す技術、技能そのものが違う。そのため原子力人材と一般品製造の技術者を交替・異動させるのは困難」と述べている。

アンケート調査で「他の事業では代替が効かず、原子力の受注がないと維持が困難」と指摘された技術・ノウハウは以下の通りである。

- ・核や放射線といった原子力特有の技術
- ・原子力エネルギーを取り扱う製品とはどうあるべきかといった技術的ノウハウの維持継承・官庁申請対応能力（とくに法改正の時）。業務が途絶えている間の検査に関する種々雑多な規制、制度の変化への対応力
- ・原子力特有の試験検査方法、放射線を考慮した作業方法、過去の事例を考慮した設計方法など総合的な技術力の維持
- ・発電プラント建設技術（ノウハウ）の継承
- ・新型炉の設計能力
- ・原子力エンジニアリング（原子力設備全般に熟知した経験者が不在になるため）
- ・原子力固有施設の設計、計画技術

ところで、メーカーによっては工場が発電炉関係機器と加速器など放射線関係機器を同時に製造しているところがあり、原子力事業として一定の位置を占めている。この両者間で技術や人材の代替が可能かどうかという問題がある。技術維持の観点で人材交流が問題なく行えるのであれば方策の幅は広がる。しかしメーカーによると同じ原子力分野である両者の技術的なつ

ながりは思った以上に少ないようである。メーカーにとっては「両者の支配する技術が異なる。放射線機器技術は基本的には電磁気学分野である」「産業構造が違うし、市場構造が特定顧客と不特定顧客というように大きく異なる」「両者は住む世界が違う。共通性は遮蔽しかない。適用される法律も違う」ということで、「なかなか人材の流用は難しい」ということになる。この点は技術継承を考える場合には注意が必要と思われる。

2 3 6 受注がどのくらい途絶えると継承は困難か

それでは、企業は新規原子力発電プラントの受注が何年途絶えたら、製造・役務能力の維持が本当に厳しくなると考えているのだろうか。

素材・機器メーカーでは「1～2年」で経営的に厳しい状況になるとする企業、あるいは「10年」という、まだ比較的余裕のある企業もあるが、大部分の企業は「4～5年」になると厳しいと答えている。さらにヒアリング調査では、10～20年間にわたって途絶えると日本で作れなくなるとする意見も中堅メーカー以下で多い。その理由として「技能者がまずだめになる」からだという。

また新規建設に参入している工事企業については、彼らの新規市場への依存度にもよるが、厳しくなる時期がメーカーよりやや長めであり、「10～15年」という企業も少なくない。建設企業もすでに厳しい環境に備えているためか、同じように「10～15年」とみている。

これらの結果から、産業界全体としては、ここ数年は技術・ノウハウの維持には差し迫って大きな問題になることはないようである。

2 3 7 空洞化への懸念 その影響は 世界でトップ水準の原子力技術力を有し、機

器、部品、役務の大部分を国内企業で賄っている我が国であるが、とりわけ製造部門で徐々にその事業基盤が弱体化しつつあることはみてきた通りである。今後とも新規原子力発電プラント建設が停滞し続けるならば、国内技術の維持が困難となり、プラント・機器の改善・改良の技術、引いては新規技術やプラントの開発力が衰退し、これまで確立されている原子力機器製造構造が底辺から空洞化していくこともあり得ないことではない²⁶⁾。そうすると、国内メーカーの相当部分が原子力事業から撤退し、その穴埋めとして海外企業に供給を依存する割合が大きくなっていく。その時どのような影響が我が国の原子力事業に及ぶのであろうか。

こうした事態に伴って予想される影響について各企業に聞いたところ、「国際的スミ分けも必要」「日本と海外の企業は大差ない」「ユーザーがしっかりすればなんとかなる」「コスト低下というプラス面の可能性」など、それほど影響はなく、メリットもあるとする意見もみられるが、多くの企業はデメリットの影響を懸念している。

機器メーカーでは「製品のQA/QC確保の観点からの教育・指導が必要」としながらも、「事故・トラブル時の緊急時対応(即応性、適切性)が困難になる」との意見が最も多い。また「日本の緻密性や潔癖症的技術要求の観点から、製品品質の低下によってトラブルが増大する」「既納品の代替が供給できなくなる」「継続的、計画的な保守・メンテナンスが実行不可能になる」「日本の初期原子力プラント機器は海外製品が多数使用され、メンテナンス時部品の入手難、故障発生時の対応など困難なケースが多発した。これと同じケースが懸念される」などの意見もあった。

素材メーカーは「品質管理、記録の保管など責任を持って実施されるか不安がある」「納期

対応、トラブルへの対応への懸念」「海外品では原子力仕様に対応できない」などの回答。建設・工事・エンジニアリングの企業は「迅速な処置、対応ができにくくなる」「契約上の問題、製品の納期・能力に対する信頼度への懸念」「品質トラブルの増加」などの意見がみられる

このように、原子力産業が空洞化するような事態になれば、主に品質管理やトラブル対応力の低下によって、我が国の原子力の信頼性を損なう可能性があるというのが大方の見方である²⁷⁾。

(注)

23) あるメーカーは「火力発電プラントと違って原子力プラントは、一旦、組立てると簡単に分解等ができず、中の様子をなかなかみることができない。さまざまな事象に対応していくためにも設計・製造・据付などの経験を実際に積んでいくことが重要である」と指摘している。

24) 人材育成の観点からみると、建設企業では、技術者はまず担当者からスタートし、建設現場での経験・技能・管理能力を身につけることにより、主任クラス、次長、所長と段階的に昇進し、後輩へ継承していくことになる。担当者から所長までいくのに、4、5年のスパンでみると、一人前の技術者になるためには3プラント程度の建設工事の経験が必要としている。

25) 電気事業者の技術維持・継承については、原産会議・エネルギー総合工学研究所合同報告会「原子力技術の維持・継承を考える」(2003年11月開催)でも議論されている。

26) あるプラントメーカーが懸念しているのは、「少量(受注が)でハンドリングが難しい製品」の製造メーカーが厳しい状況になっているとして、とくにバルブ、継手、ガスケット、溶接材料に関するメーカーを指摘している。

27) 品質面に関して、「我が国の原子力・火力発電所関連における溶接加工メーカーは70社程度

といわれ、毎年1回の検査にキメ細かく対応しているが、海外企業の場合でもこうした対応ができるかどうか懸念している」（溶接加工企業）、また「材料調達（配合剤）の調達に懸念している」（電線ケーブル企業）などのコメントが寄せられている。

第3章 今後の原子力市場の見通し

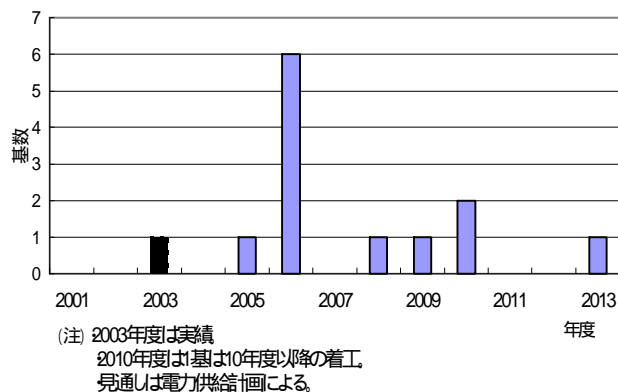
3-1 軽水炉市場 新設計画しだいでは拡大へ

市場の7割以上を占める電気事業向けについては、原子力発電所等の全電力会社の運転維持費が毎年1兆円前後と比較的安定した支出推移となっており、今後も業務の効率化によって単価的には漸減されるとみられるものの、それほど変化なく推移するものと予想される。

一方の新規建設は現在、2基のBWRと1基のPWRが建設中であるが、BWRは主要機器は据付け済みであり、2004年末時点ではBWRプラントメーカーの工場には国内向け主要機器製造中のものはない状況である。国内のBWR受注はこれまで途切れることなく続いてきたが、99年の受注を最後に途絶えた状態である。一方のPWRはおよそ10年ぶりの受注となっている。

今後の新規プラントの計画は、電気事業者の「2005年度供給計画」によると、図5のように2001～2005年度の5年間は新規着工が2基しかなくボトムとなっているものの、2006～2010年度の5年間は8基（BWR6基、PWR2基）という多数基が着工になる計画である。この8基という数字は1981～85年度の11基の着工基数に次ぐもので、計画通りにいくと2010年頃には新規市場は久しぶりに活況を呈する見込みである。ちなみに1986～90年度は8基、1991～95年度は2基、1996～2000年度は4基という実績である。

図5 原子力発電所着工見通し



一般的に、着工から2、3年後に圧力容器など主要機器の製造が行われるため、BWRメーカーは計画の最初のプラント着工が2005年9月であるので、2005～07年頃が厳しい環境となり、将来に備えて一定規模の原子力要員をいかに維持していくかが当面の課題となっている。PWRは建設中のプラントが2年後頃に建設ピークを迎えるため、当面はそれほど問題とはならないと思われる。

しかし、現在計画中のプラントの殆どはこれまで着工計画が年々繰延べられてきたもので、今度再び計画の繰延べが重なるとプラントメーカーを始めとする機器メーカーはさらなる事業基盤の弱体に見舞われる可能性がある。

さらに、政治・社会的要因に基づく影響がなく、仮に供給計画がほぼ順調に実施されたとすれば、2010年代前半までは国内の新規建設市場は比較的拡大していくと予想されるが、それ以降の計画は具体的には殆ど見通せない状況であり、立地や電力需給、投資リスクの顕在化などの状況によっては2030年頃のリプレース時期まで空白となる可能性もあり、何らかの方策を講じないと原子力供給産業の空洞化が進む恐れもある。

また、約1,000億円の売上規模となっている政府向けは、原子力関係政府予算そのものはそ

れほど減少しているわけではないが、既述のように機器製造など供給産業の受注につながる核燃料サイクルや核融合分野等の予算が減少してきており、今後、大きなプロジェクトが立ち上がらない限り、市場拡大は見込めない。また2005年秋にも原研とサイクル機構の統合が予定され、予算的制約も強まるとみられることから市場面からみるとさらに厳しくなるとみられる。

一方、輸出市場については、まず既設プラントの保守・メンテナンス、取替需要がある。現在、世界で稼働している原子力発電プラントは434基(2003年12月末現在)で、そのうち70%に相当するプラントがいわゆる西側の設計による軽水炉である。その既存の大型炉の主要機器(压力容器上蓋、炉内構造物、SG、タービンなど)の製造能力を有する西側企業は、これまでの20年間で淘汰され、フラマトム ANP 社や日本メーカーなどに限られてきているので、これからも取替用資機材を中心に着実な受注が期待できる。

さらに近年では、これまで資機材の製造面での受注に加え、従来から欧米企業が得意としてきた EPC (Engineering , Procurement , Construction) の統合能力も高まり、海外企業との企業連合やプラントメーカー同士の連合あるいはゼネコンとジョイントで米国の新型発電プラントの受注活動、さらには欧州の新規発電プラントに対する日本企業単独での入札といった活動も行われるようになってきている。このまま日本の国際優位性が維持され、制度的な環境整備が整えば、今後最も期待される中国を中心とするアジア諸国での原子力発電プラント市場でも、原子炉システムの設計・エンジニアリングの受注も期待できる²⁸⁾。当面は燃料供給保証、ライセンス、融資などの制約から国際企業連合として入札活動することになるだろうが、いずれは単

独で原子炉システムの入札に臨むことになるだろう。またアジア諸国を対象にみれば、資機材の受注でも日本国内に高い品質の製品供給体制が完備している点や調達の面でも地理的な優位性があるとみられる。

(注)

28) 原産会議による「我が国が原子力発電プラントを総合的に輸出できるようになる実現性」についてのアンケート調査(199社から回答、2000年)の結果では、「実現不可能」と答えた企業は7%(13社)に過ぎず、大部分の企業が可能としている。その実現時期については、原子炉システムの輸出は「現時点で実現可能」(25%)となっているが、4割以上の企業は「5年以降」としている。

3 2 企業が期待している市場

前述したように、当面の厳しさを乗り越えれば再び上昇する市場見通しであるが、実際に企業に聞いてみると、どちらかというところ今後の市場の見方は厳しいようである。その理由の1つとして指摘されているのは、従来通りの高品質要求とコスト競争による事業の不安定性にある。電力自由化の本格化によってこれからも両者の追求が求められ、企業として採算的なメリットがあまり期待できなくなってきたということである。

とはいえ、厳しい展望のなかでも期待されている市場もある。以下に、その分野(新規建設や保守・メンテナンスを除く)を示す。

素材・機器メーカー

- ・ 廃炉・廃棄物処理分野
- ・ 再処理用部材、キャスク等
- ・ 中間貯蔵、加速器関連(遮蔽体等)
- ・ 解体施設向け廃棄物容器、保管容器
- ・ ITER
- ・ 廃棄物貯蔵施設

建設・工事・エンジニアリング企業

- ・原子力設備予防保全工事
- ・核融合による発電設備
- ・MOX 燃料工場
- ・高年式炉の解体と新型炉の据付の循環的受注
- ・廃棄物処理事業（リサイクル、無害化、廃棄物減容等）
- ・中間貯蔵
- ・廃棄物処分施設の建設
- ・再処理
- ・高経年化対策による大型機器の検査とエンジニアリング
- ・デコミッションング
- ・原子力発電所の取水施設のリニューアル

これらを見ると、燃料リサイクル、廃棄物等のバックエンド事業、核融合、軽水炉の長寿命化対応など、これから国策として取組みが必要とされている分野が多い。とりわけ、建設・エンジニアリング企業は放射性廃棄物処理・処分関係とデコミッションング関係の市場に期待が高い。

第4章 事業の課題にどう取り組むか

4 - 1 市場確保策

原子力供給産業は基本的に生産財産業であるので、これまで継続的に取引する企業のニーズへの対応に力点が置かれ、自らが取引拡大を目指すといったマーケティング的思考は薄かったといってもよい。端的にいえば電気事業者の旺盛な原子力発電計画や保守計画をにらんで対応を考えていれば良かったわけである。そのことは今でも変わっておらず、産業界にとって新規建設に対する期待は最も高く、建設計画の遅滞ない遂行を強く望んでいるし、政府に対して

も原子力研究開発ビジョンを明確にしてその計画的推進を求めている²⁹⁾。

しかし一方では、これまでの技術的習熟の蓄積による原子力事業に対する自信によって、企業自らの努力によって市場を開拓していこうという気運がプラントメーカーを中心にできてきている。

その1つが既存炉に対するパフォーマンス向上のための取組みである。例えば長期サイクル運転や出力増強（アップレート）に向けた技術開発、安全性・稼働率向上を目指した検査・評価・補修や予防保全など維持規格技術、あるいは状態監視保全（CBM）などの技術開発であり、これらの技術を電気事業者が採用するよう積極的に提案している。これらの技術が適用されることによって安全・信頼性が損なわれずに運転維持費が低減し、発電所の稼働率向上や出力アップ、長寿命化が図られれば、電気事業者の収益が増大する。一方のメーカーにとっては機器等取替需要の掘起こしとなり、両者それぞれが「利益を得る」（Win-Win）関係になる。電気事業者の予防保全への関心の高まりとともに今後とも活発となるとみられる。ただ、こうした技術の開発にはそれを実証する場が必要であり³⁰⁾、実証・確証試験を国主導で進めていく必要がある³¹⁾。

さらに将来的には、現行軽水炉の改良型炉や次世代炉、FBR、核融合炉などの発電市場ばかりでなく、水素製造システム、海水淡水化システムなど新たな原子力用途の実現可能性もある。こうした研究開発は国際協力の枠組みで行われることが多くなってきているが、長期的視点から産業界としても積極的に参画していくことが重要で、その場合は産業界が重視している技術・ノウハウ、特許などの取決めを明確にした参加枠組みも求められる。

「輸出」への取組みも重要である。産業界に

とって輸出は、直接的には市場拡大の一環として、さらに国内市場の“谷”を埋める調整機能を持っている³²⁾。輸出は企業利益のためだけでなく、安全性・信頼性や経済性を兼ね備えた我が国原子力プラントを広く世界に普及させていくことを通じて、環境問題への貢献あるいは技術立国としての国際競争力確保という国益にも沿うことでもある。しかし、実際には価格競争力上の問題や現地でのサービス体制の未整備、現地国の品質管理レベル・規制などの現状把握が十分に行われていない状況であり、今後は関係者が連携してこれらの課題について協議するとともに、企業活動を後押しする融資や債務保証、原子力協定など輸出環境の整備が必要である。

また、コンポーネントや部品の輸出には、米国では米国機械学会（ASME）のN（認証）スタンプを取得することが必要となるし、欧州でもその規格に準じる品質保証を求める場合が多い。しかしNスタンプの取得やその更新（3年ごと）には相当の費用がかかるため、多くの機器メーカーではせっかく取得しても更新を中断し輸出を諦めている状況である。我が国の優秀な原子力資機材を世界に広げていくためには、こうした規格を日本に適用する工夫も必要で、優秀な技術力を有している中小の機器メーカー等に対しても輸出振興のための対応が求められる。

（注）

29) 研究開発ビジョンの明確化は企業にとって強いインセンティブとなる。実際、「原子力は製作に時間がかかるし、手間もかかる。加えて利益も薄くなっている。そのためビジョンがないと作りたくない、やりたくないといった意識になる」というメーカーは少なくない。

30) シールメーカーの例では、アスベストから黒鉛を使用した新しいシール材の性能評価のため

にはホット設備での検証が必要となったが、「漏らさない」というシール材の特性から日本では実施試験を行えるところが殆どない状況で、止むなく海外で試験を行ったという。

31) 新技術の実証にはシミュレーションという手段もあるが、原子力機器開発の場合、それは補完的な手段として有効であって、実規模あるいは小規模での試験の確認が必要とされる。原子力という特性上、国主導での手当てを求める声が強い。

32) フランスではフラマトム社やEDF（仏電力公社）では、仏国内に新規建設がない時、プラントを輸出した国に多くの技術者、技能者を出向させ、建設・据付、運転管理に従事させ、原子力技術・ノウハウを維持した。さらに一旦輸出すれば、運転・保守・メンテナンスなど継続した業務が期待できるという。

4 2 品質とコスト

「一般用は8割がコストをいかに下げるかに努力が払われるが、原子力用はコストよりも、いかにユーザーの要求を満たすかに努力が費やされる」といわれるくらい原子力では「品質」が重要視されるが、既述したように近年ではコスト削減も求められるようになり、「品質もコスト削減も両方が重要」（電気事業者）という状況下にある。

しかし、産業界にとってはこの課題への対応は簡単なこととは捉えていないようである。「今の世界は競争社会で、より安くという方向にある。しかし一方では、技術力で判断してものを買うという方向もある。つまり安ければどこで買っても良いのか、あるいは品質を大切にして高い技術力のある企業を育て、そこを使うのか、どちらの方向で行こうとしているのかが漠然としている。安く買い叩かれると末端のメーカーの技術力の維持ができなくなって事業のインセンティブもなくなる。業界としてどういう方向

にいくのか明確にして欲しい」という意見のように、産業界では「品質重視なのかコスト優先なのか」という狭間で苦慮し、そのことが事業経営をさらに不透明化している。

この両者の問題はそれぞれ固有の問題もあれば、両者に係る問題も内在している。さらに当面の課題となっている人材確保、技術・ノウハウの維持とも密接に関連しており、幅広い観点からの検討を必要としている。

例えば、コスト削減策の一環として、原子力発電プラントの保守・メンテナンス業務で一部「入札制度」が取り入れられるようになっているが、その影響で価格的に受注できなくなったり、原子力以外の事業の収益率が高いという理由で、長年培ってきた実績のある企業が原子力事業から撤退し、彼らの技術・ノウハウが失われてしまうという事態が実際に生じている。

このような事態によって、一部の実績のある企業が撤退したとしても産業界全体としての“コア技術”が維持されるのであれば、ある程度やむを得ないことではあるが、産業界全体としての技術基盤が損なわれるのであれば無視できない問題となる。現状ではそれほど問題となっている状況ではないものの、それぞれの業界の動向を常に把握しておかないと、いざという時に、国内に製造（あるいはメンテナンス）できる企業がなくなっていたということにもなりかねない。

また、品質とコストを考える事例として、原子力施設では広範囲にわたって「原子力級」の品質保証や管理が求められているが、安全系に関係の少ない機器、設備等については、重要機器類と体系的に区別し、汎用品並みのグレードに変更していくことも検討していく必要がある。既述のように、最近では電気事業者もかなりこれらの見直しを行っているが、見直しには原子力仕様の品質が必要なもの、一般仕様でよいも

のとの仕訳・区別をしっかりと判断できる人材がまだ少ないという状況で、そのため全般的な方向性がどうしても保守的になっていきがちである。安全性・信頼性を前提として、このような取り組みを行うことも原子力施設全体の効率的運用につながる方策である。

一方では、入札制度によるコスト削減策よりも「経験と実績」が多くの原子力業務において、依然として重視されていることも事実である。これからの産業界の発展を考えれば、ある程度は技術力ある企業が参入しやすい環境に変えていくことも考慮すべきであろう。彼らの技術的検証をしっかりと行い、品質基準に合致すれば積極的にそれを採用していくことも必要である³³⁾。もちろん新技術の採用にあたっては確認試験等が必要で、その費用や試験場を確保しなければならず、解決すべき課題は多い。

我が国の原子力は、「経験と実績」に裏打ちされた人材と技術、それに手間のかかる「品質の高さ」を維持することによって継続した安全・信頼性確保を図ってきたといってもよい。しかしそれだけで事業を展開していける状況ではすでにない。電力自由化のなかで、品質の維持とコスト低減、さらには技術力の維持という原子力における3つの最適解を探るべく、国・電気事業者を含め当事者で検討していく必要があると思われる³⁴⁾。

(注)

33) 「これまでの2本の配管を1本でうまくいくのかなどの新しい技術提案には、技術的検証は十分やるのが大切だが、これだけでも1冊の本となるくらいの人材と資金の投入が必要。その検証を実施する費用について別途費用として認めてもらえるような仕組みも必要ではないか。また実績のない企業を使う場合には、その企業の検査に通常の2倍費用がかかってしまう」といった事例もあり、課題も多い。

34) その1つの方策として、メーカーからは保守・メンテナンス契約が5年間の長期契約になれば、人材育成、技術力維持、業務効率化など総合的に取り組むことができる、という要望もだされている。

4 3 大型プロジェクトの開発力維持

「技術は常に進歩が必要であり、研究開発は人間のモチベーション、開発意欲を高め、技術力維持のための基本である」といわれるように、原子力産業にとっても研究開発は産業の発展ために極めて重要であるが、これまでみてきたように国・民間とも研究開発費は減少しているし、原子力供給産業の研究投資率も低水準となっている。しかし必要とされる研究開発領域はまだ多い。大幅な研究開発費の増大が見込めない現状のなかで、「選択と集中」によって開発目標を定め、効率的に取り組むことが求められている。すでに事業化している軽水炉の研究開発分野でも、次世代型軽水炉開発や既存炉の出力向上等の高度化、高経年化に対する開発など比較的大規模な研究開発も必要とされている。これらの開発は長期的観点から電力自由化の荒波を乗り越えていくためにも重要であることから、改良標準化計画のようなしっかりとした目標と予算手当てのもとに官民で取り組んでいく必要がある。

軽水炉分野（サイクルも含め）以外では、実用化以前の段階のものとしてFBRサイクル、高温ガス炉のような核熱利用炉、廃棄物処分等の研究・技術開発が、国が中心となって国際協力などを含め、推進されている。これらは今後も着実な取組みが期待されているが、ここでは、原子力政策の中核として位置づけられているFBRサイクルの研究開発の課題について若干のコメントをしておきたい。

FBR 研究開発は原子力開発当初から国家プ

ロジェクトとして推進され、産業界でも自己資金を投じて研究開発を実施してきた。しかしながら、開発の要である原型炉「もんじゅ」で1995年12月に2次系ナトリウム漏洩事故が発生し、現在まで運転停止状態にある。「もんじゅ」は2005年2月に地元了解が得られ、3月に改造工事に着手されることになったが、事故以降のおよそ10年間は「FBR 開発の停滞期」といってもよく、この影響で電気事業者の実証炉計画は殆ど白紙状態となり、実証炉の設計研究における知見やノウハウは、サイクル機構と電気事業者を中心に、プラントメーカー、電力中央研究所、原研などの参画を得て、1999年7月に開始されたFBRサイクルの「実用化戦略調査研究」に引き継がれることになった。この調査研究では、革新的な技術を含めて幅広く技術選択肢の評価を行い、FBRサイクルの研究開発に関する長期的な展望を明確にすることを目的に、原点に立ち返って「研究開発」が実施されている状況である。

2005年度末にはそのフェーズを終了し、研究開発の重点化の考え方（主として開発を進めていくべき炉および再処理・燃料製造施設の概念と補完的に開発を進めていく選択肢を明かにすることなど）および、これを踏まえた2015年頃までの研究開発計画とそれ以降の課題が示される。現在検討されている原子力委員会の新原子力長期計画では、国はこの調査研究のフェーズ終了後、速やかにその成果を評価して、その後におけるFBRサイクル実用化のための柔軟性のある戦略的な研究開発方針を提示することとされている。

FBR 研究開発の中核であるサイクル機構は、現在まで約580名の研究開発要員（炉関係のみ）を維持しているものの、建設経験者や「もんじゅ」運転要員の高齢化などが進み、人材（ノウハウ）が失われつつあるとともに、ナトリウム

流動試験施設など各種の研究開発施設が廃止されている状況である。

産業界にとって、FBRの実用化（産業化）に至る過程で、その設計、機器製作、建設に至るまでの技術・ノウハウ、人材の維持・継承が不可欠である。そのためには「ものづくり」の経験が必要なのであるが、その対象である「もんじゅ」は1994年の臨界以降、実証炉につながる経験をしていない³⁵⁾。現在の新原子力長期計画の検討では、実証炉については「もんじゅ」等での種々の成果等を踏まえた上で、具体的な計画の決定を行うことが適切とされているが、建設時期などは明示されておらず、この点については国家的観点からの検討が求められる。

FBRの実用化までには、相当な資金、人材、時間が必要であり、開発リスクも大きいことなどから国際協力にも期待がかけられている。しかしながら原子炉の共同建設となった場合には、国際協力のあり方には十分な注意を払っておく必要があると思われる。国際協力で日本が求めている安全基準、信頼性の確認データが得られるかどうか、ある国に建設される場合は基本設計から参画できるか、産官学がどのような役割を持って参画するのか、など共同建設がどれだけ意味があるか、協力がどれだけ国益に適うかといった議論が重要である。

我が国では、新型炉や核燃料サイクルなど自主技術による産業化は、技術的というより社会的状況等の変化によって、ウラン濃縮など一部を除いて残念ながら殆ど達成されていない。また電力自由化の流れのなかで、これまで実証段階以降は電力会社主体という前提が崩れつつある。今後のFBRのような大型プロジェクトの推進にあたっては開発のあり方について国際協力の枠組み作りとともに、産業化へのプロセスの明確化など、無駄のない効率的な開発が不可欠である。

（注）

35)ただ、実験炉「常陽」のMK 改造工事があり、メーカーにとっては技術の維持には役立ったとしている。

4 - 4 原子力技術力の国際優位性確保を

現行の原子力長期計画（2000年策定）によれば、原子力発電は環境負荷の低減とともに、エネルギー自給率の向上とエネルギーの安定供給に寄与するものとして基幹電源と位置づけている。それは原子力エネルギーの「コア技術」を国内に保持し、展開していることを前提としていると思われる。仮に設計や製造、保守・メンテナンス事業の主要部分を海外企業に依存する状況になれば、化石エネルギーと同じようにセキュリティ面で脆弱性を抱えることになる。もちろん、海外企業の参入は否定するものではないし、現に多くの企業が国内市場で事業を展開している。しかし、原子力を自立した国産エネルギーとして位置づけるのであれば、ある一定の原子力技術力を国内に保持しておく必要がある。

そのためには、本稿では取り上げなかった科学的合理的な規制等への取り組み、核燃料サイクルの確立なども含め、さまざまな課題について、民間で取り組むべき課題と官民で取り組むべき課題を明確にして、中長期的展望のもとに整合性のとれた適切な方策を官民一体となって推進し、現在の厳しい状況を克服しつつ体質強化を図り、再び成長していく基盤を再構築し、魅力ある産業として甦る必要がある³⁶⁾。

よくいわれるように、「技術」というのは莫大な利益機会を内包しているわけで、その「技術」という財産をいろいろな産業分野で築くことによって、我が国は経済的繁栄を維持している。エネルギー分野でも、いずれは化石エネルギーにかわって知的資源（技術）による電力や水素

等のエネルギー源の安定供給が世界の主流になってくると思われる。技術立国である我が国として、これらに大きく貢献していくためにも、現在の原子力技術力を維持・発展させ、国際優位性を確保しておくことが、公益的観点からも重要だと考える。

(注)

36) 原産会議では、「向こう10年間に何をすべきか」(2004年2月)および「2050年の原子力ビジョンとロードマップ」(同年11月)の報告書において、電気事業者を含め原子力産業として、2050年を見通した戦略的に取り組むべき課題と対応を包括的にまとめているので、参照されたい。

むすびにかえて

本稿の調査は、70社を超える企業の方々から、直接ヒアリングをさせていただいたり、アンケート調査に答えていただいた内容を中心にまとめたものであり、供給産業が原子力事業を遂行していく上での課題等について、できるだけ現場に近いところから吸い上げることに努めた。調査に快く応じ、貴重なご意見等をいただいた多くの関係者の方々に、厚くお礼を申し上げた

い。

原子力事業に参画している企業は実に多様であり、その事業の位置づけや抱えている課題もさまざまであるが、共通しているのは、市場の確保とともに、優れた技術力・品質管理能力と経験豊かな人材の確保が原子力事業には必須な条件であるということである。厳しい市場見通しのなかで、産業界として技術等をいかに維持・向上させていくかが中長期的に求められている。それにはどのような対応が必要なのか。本稿はその議論をしていくための基礎となる原子力供給産業の実態を調査し、若干の提案をさせていただいたものである。

原子力委員会は、原子力白書(2004年版)のなかで、「原子力供給産業は調和のとれた複合産業として、これまでの技術力、開発力を維持向上させるとともに、産業として成熟・自立していくことが望まれる」として、技術の高度化や核燃料サイクル等の今後の展開に向けた技術基盤の強化を図っていくことを期待している。こうした期待に応えるための議論に本稿がいささかなりとも参考になれば幸いである。

(本稿は三浦研造・計画推進本部第1グループリーダーが執筆した)