



RIETI Discussion Paper Series 14-J-026

# 原子力発電の効率化と産業政策 —国産化と改良標準化—

石井 晋  
学習院大学



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所

<http://www.rieti.go.jp/jp/>

## 原子力発電の効率化と産業政策\*

### —国産化と改良標準化—

石井 晋（学習院大学）

#### 要 旨

1960年代の原発に対する産業政策においては、海外技術の早急な導入とともに、機器の国産化が強く推奨された。国産化に向けた政策支援を受けながらも、電力会社と電機メーカーは自立的に動き、海外技術導入と国産技術開発に向けて共同研究を積み重ねた。これにより、PWRグループとBWRグループを形成し、着々と原発建設を推進した。建設の過程では、単なる技術導入にとどまらず、独自の改良や新たな技術の改良もなされた。1970年代の石油危機を経て、エネルギー政策が「国策」上の地位を高め、石油代替エネルギーの中でも、原子力開発推進政策が強化された。この時期、安全性と効率性の観点から原発の改良標準化が進められた。改良は進んだものの、同時期に原発開発を積極的に推進したフランスに比し、プラントレベルの標準化は不十分に終わった。1970年代後半以降の原発に対する産業政策は、必ずしも国主導ではなく、電力会社と電機メーカーの固定的関係の追認・強化として政策が実行され、多様な原子炉の型が乱立し続けた。

キーワード：原子力発電 産業政策史 標準化 国産化

JEL classification: L52, N45, N65

RIETI ディスカッション・ペーパーは、専門論文の形式でまとめられた研究成果を公開し、活発な議論を喚起することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、所属する組織及び（独）経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

---

\* 本稿は、独立行政法人経済産業研究所におけるプロジェクト「通商産業政策・経済産業政策の主要課題の史的研究」の成果の一部である。経済産業省関連の資料の収集にあたっては、経済産業研究所の横山繁氏に多大なご助力を頂いた。

## 1. はじめに

日本では 1950 年代に原子力発電(原発)の導入が始まった。当初は、天然ウランを原料とするイギリスのコールダーホール型改良炉が試験的に導入された。1960 年代に入ると、原発の商用化が本格的に検討され、アメリカで開発された、濃縮ウランを原料とする軽水炉の優位性が認められた。この結果、ジェネラル・エレクトリック(GE)社の沸騰水型炉(BWR)とウェスティングハウス(WH)社の加圧水型炉(PWR)の導入が進められた。1970 年に、日本原子力発電(株)(以下、原電)の敦賀発電所の BWR が運転開始し、関西電力(株)美浜発電所の PWR がこれに続いた。翌 1971 年には、東京電力(株)の福島発電所の BWR が運転開始に至る。以後、日本の原発は急速に増え、1970 年代後半に 10 基を超え、1980 年代に 30 基を数える。

吉岡斉は、『原子力の社会史』において、1970-80 年代の日本の原発建設について、「社会主義計画経済を彷彿させる原子力発電事業の拡大」と述べている<sup>1</sup>。「欧米の原発大国(米、仏、独、英)のいずれをみても、原発建設ペースの時間変化は激しい」が、日本では、「完璧な計画経済が貫徹されているかのごとく」、ほとんど「直線的」な「安定したペースで拡大をつづけ」たという。しかし、一方で、「何の困難もなしに進められたのではなかった」ことも強調されている。主要な困難は、故障やトラブルの頻発など技術的未熟さによるものであり、設備稼働率が低迷した。このことは、安全性への懸念とともに、経済性への疑念も生んだ。1970 年代には石油価格上昇に伴い、石油代替エネルギーの主力として原子力が注目されていたが、1980 年代に入り、石油価格が下落に転じたため、経済性の実証はより差し迫った課題となった。こうした状況を背景に、1970 年代後半から、原発の「改良標準化」が進められることになる。

「改良標準化」は、官民協力のもとに推進された。具体的には、アメリカからの導入技術を吸収消化して改善するとともに、原発機器の国産化を推進するという目標を持っていた。そうした意味では、保護・育成を伴う産業政策の一つである。

本稿は、1960 年代以来の国産化政策と 1970-80 年代の改良標準化政策を中心として、原発に関わる産業政策について、その特徴を歴史的に分析することを目的とする<sup>2</sup>。

---

<sup>1</sup> 吉岡斉[2011]『新版 原子力の社会史』朝日新聞出版、2011年10月、p143-146。

<sup>2</sup> 特に改良標準化が不十分にしか進まず、多様な炉型の乱立したことで、原発の経済性を損ね、安全管理のコストを高める要因ともなった可能性を想定している。そうした政策の合理性に対する疑義が、本稿において、原発に関わる産業政策の歴史的経緯を改めて検討

産業政策の対象となったのは、電力会社および電力機器を生産・開発する電機メーカーである。一般に、産業政策が実施される際には、政策当局と対象企業との間に、一種の「結託」が成立し、閉鎖的なサークルの中で独占的利益が追求され、効率化が損なわれる可能性が常に存在する。実際には、閉鎖性の度合いはさまざまであり、産業政策によって、効率化の契機が必ず失われるわけではない。日本の高度成長期における産業政策史研究では、「結託」の形成が指摘されつつも、何らかの効率化要因が作用し、多くの産業が発展し、国際競争力を獲得するに至ったと主張されることが少なくない。

高度成長期の電力業についていえば、発電機器に関して、「一号機輸入、二号機国産」という大まかな方針が示され、国産電機メーカー保護政策が実施された。しかし、幾度かにわたって火力発電の大容量化が求められ、そのたびに日本の電機メーカーは即座に対応できず、GEやWHなどからの輸入発電機器が使用された。このため、二号機として無条件に国産機器が導入されたわけではなかった。電機メーカーも、外国メーカーからの技術導入や設備投資を必死に進めてキャッチアップを図らざるを得ず、またこのためにかかなりの長期にわたって赤字を余儀なくされることもあった。国産メーカー間および輸入メーカーとの競争は激しく、また、電力会社の間でも「低廉で安定的な電気供給」を目ざし、激しい設備投資競争を展開したのである。この結果、効率化を促すような企業間競争を大きく損なうことなしに、産業政策が展開したものといえる。しかし、1970年代以降、産業政策のあり方が変化し、原発に関する産業政策については、効率化の契機が弱まっていったものと考えられる。ただし、そのプロセスはかなり複雑であり、1960年代の国産化政策の成果、および1970年代の石油危機以後、エネルギー政策の国策としての重要性が増し、なかでも原発が重視されたことが、原発に関する産業政策のあり方に大きく影響した。この歴史を明らかにすることが、本稿の主要な問題意識である。

なお、1950-60年代の高度成長期において、産業政策の主な手段となったのは、資金供給、外貨割当、輸入規制などである。電力会社にとっては、膨大な設備投資資金の調達にあたって、日本開発銀行の融資、電力債の発行のために通産省および大蔵省の協力をあおぐ必要があった<sup>3</sup>。しかし、1960-70年代に貿易・資本自由化が進み、石油危機後の成長率低下とともに貯蓄・投資バランスが変化して資金市場の需給が緩和したことで、従来の産

---

する大きな理由である。

<sup>3</sup> 石井晋[2002]「電力業の資金・投資調整」岡崎哲二・奥野正寛・植田和男・石井晋・堀宣昭『戦後日本の資金配分』東京大学出版会、2002年3月、p195-246。

業政策の手段は次第に失われていった。政府による民間企業の誘導が困難になり、産業政策における政府の主導性は弱まっていったものと考えられる。資金に関しては本稿ではほとんど触れないが、政府による誘導の影響力低下を念頭に置いて記述する。

原発に関する産業政策の本格的な歴史分析を行った先行研究は見当たらないが、ある程度のことには触れている竹森俊平[2011]では、1970年代以降の電力会社は、「政府・通産省との距離が縮まり、国策会社的な性質を持つようになっていく」と記述されている<sup>4</sup>。前掲の、吉岡斉[2011]の「計画経済的」との評価に近いものである。そうした見方にはかなり普及しているものと思われ、一理ある。しかし、政府や政策が主であり、民間企業が従であったとの構図で理解されるとすれば、おそらく正しくない。この構図はむしろ逆であり、本稿では、電力会社と電機メーカーとの固定的関係に支えられた原発の開発推進への動きが主であり、産業政策が従であったものとする。結論を先取りしていえば、1970年代後半以降、政府主導で産業政策を進めることは難しく、電力会社と電機メーカーの強固な固定的関係による原発開発推進体制が追認され、それを強化するように産業政策が展開し、この結果、個々の機器レベルでの改良を進められたものの、原発のプラント全体のレベルでの標準化が十分に進められなかったこと<sup>5</sup>を指摘する。

以下、2節で、原子力機器の国産化政策を取り上げる。3節では、電力会社と電機メーカーの間の原発開発をめぐる共同研究を通じた密接な関係の形成を取り上げる。4節では、「改良標準化」政策の推移と展開を取り上げ、最後に結論をまとめる。

なお、現時点では、十分な政策資料を入手できなかったため、主に、すでに公開された、いくつかの資料を用いて、可能な推論を試みることにする。

---

<sup>4</sup> 竹森俊平[2011]『国策民営の罫—原子力政策に秘められた戦い—』日本経済新聞出版社、2011年10月、p120。

<sup>5</sup> 1980年代前半の「改良標準化」では、原子炉内蔵型再循環ポンプ、新型制御棒駆動装置の開発など(以上、BWR)、水排除用制御棒・負荷追従用制御棒採用による大型炉心開発など(以上、PWR)が進められた。しかし、新たに建設される原子炉を標準的なサイズやシステムの炉に集約させる政策は、十分に追求されないままに終わった。このことに関して、立地条件がそれぞれに異なるため、標準化が容易でないと指摘されることがある。しかし、後述するように、PWR一本に絞って、炉のサイズ・システムの標準化を徹底追求したフランスに比すれば、日本では標準化に向けた動きは弱く、その検討さえも十分になされなかった。

なお、BWRとPWRの併存に関しては、日本の電機メーカーの提携先米国企業との関係、さらには濃縮ウラン提供をめぐる日米協定の存在の大きさが指摘されることもある。これに関しては、産業政策の一般的な制約条件となった可能性はあるが、現在のところ、十分な資料的裏付けが得られないので、今後の検討課題としたい。

## 2. 原子力機器の国産化政策

原子力発電に関しては、商業発電として実用化される初期の頃から、発電機器の国産化に向けた産業政策がかなり明確に推進された。これは水力・火力発電時代の電力政策に比べて顕著である。

1950年代後半から1960年代にかけて、9電力会社による大容量火力発電所の建設が進んだが、その初期においては、輸入技術・設備に大きく依存した。政府は、そのために必要な外貨の獲得を強力に支援した。具体的には、世界銀行からの借款をいったん日本開発銀行(開銀)が受けた9電力会社への転貸、そのほかワシントン輸出入銀行やメーカーズクレジットに対する開銀保証などである。1956-65年の開銀の電力業に対する融資と保証の合計のうち、世銀転貸が9.8%、外貨保証が34.4%を占めた<sup>6</sup>。当時の技術水準において先端的で効率的と考えられた大容量火力発電への投資が積極的に推進され、発電機器の輸入が促進されたことを意味する。一方で、発電機器の国産化政策も見られる。1962年から、発電機器の自由化に備えて、国内重電機メーカー育成の観点から、開銀に重電機延払融資制度が設けられた。もっとも、この制度では、水力機器は除外され、「20万kw以下の火力発電設備のうちボイラー・タービン発電機および開銀の指定する主要付属機器に限定して」適用された。すなわち、産業政策は、発電能力の拡大という最優先目標に基本的にしたがってのものであり、発電機器の国産化政策は副次的な目標として考慮されたに過ぎなかったのである。

こうした状況は、長谷川信の研究でも、次のように表現されている。「「1号機輸入、2号機国産」方式は、政府の産業政策の一環でもあったが、けっして安定的、固定的なものではなかった。この方式は、電力会社、重電機企業(国内各社およびGE社、WH社)、通産省(重工業局および公益事業局)のあいだの利害対立をはらんでおり、発電設備の大容量化が進むたびにその利害対立は繰り返し表面化したのである」<sup>7</sup>。

これに対して、1960年代後半以降の原子力発電に対する産業政策は、早期から、国産化の推進を強く念頭に置いていた。1970年以降に稼働する原子力発電所の建設は、1960年代に続々と始まる。その際には、主契約社がGEやWHとなり、主要機器が輸入され、三菱重工、東芝、日立製作所などが下請けで各種機器を製作することが多かった。技術的に

<sup>6</sup> 日本政策投資銀行[2002]『日本開発銀行史』2002年3月、p151-152。

<sup>7</sup> 長谷川信[2006]「重電機工業の発展と発電設備供給能力の形成—戦後復興から1980年代までを中心に—」『青山経営論集』第41巻第1号、2006年7月、p28

も国産化の見込みが十分でない中、1966年に早くも、開銀は「原子力発電機器国産化」融資制度を創設している<sup>8</sup>。創設の理由は、「①準国産エネルギーと目される原子力の発電機器の供給を他国に依存することは、エネルギー供給の安定性確保の見地から種々の弊害を生ずるおそれが強いこと、②外貨節約の見地からも国産化の必要性が高いこと、③原子力発電は将来重油火力に代わり重電機需要の主力となると予想される最先端技術であり、産業政策上、その技術開発、製造の早急な体制確立を要する」とされた。②は一般的な理由であり、のちに貿易摩擦のもとでむしろ海外から批判の的となってくる。産業政策を正当化する理由として、のちの時代まで重要とされたのは、エネルギー安全保障および最先端技術育成という観点である。機器の国産化が従属的にしか考慮されなかった、それまでの電力向け産業政策からの大きな変化であった。

なお、開銀の電力業への融資額は増加し続けるが、1960-70年代にかけて電力業側の調達資金に占める割合は低下していった。ただし、その中でも、原子力関連融資が主要部分を占めるに至る。開銀の電力融資に占める原子力関連融資の割合は、1966年に17.8%であったのが、71年には88.5%となった<sup>9</sup>。融資額は、1980年代半ばまで急速に増加していった(表1)。

以上のような産業政策を背景に、原子力発電の建設と同時に、発電機器の国産化政策が強力に進められたのである。電力会社にとってみれば、実用化されたばかりの原発技術のリスクは高く、電機メーカーとの協力や政府による支援は不可欠であったものと考えられる。また、原子力利用が国際政治情勢に左右される度合いは大きく、発電機器や技術の国産化を進めることは、電気供給の安定という経営上の観点からも、一定の合理性を有していたものと思われる<sup>10</sup>。1960年代においては、原発開発をめぐる、政府、電力会社、電機メーカーの協力関係はきわめて強固であり、大容量火力発電の時代とは異なる様相を呈した<sup>11</sup>。

---

<sup>8</sup> 日本政策投資銀行[2002]p274-277。

<sup>9</sup> 日本政策投資銀行[2002]p275の表3-4-1より算出。

<sup>10</sup> これに加えて、唯一の被爆国であるという事情から、電力会社が国家的サポートを全く受けずに、原発開発を推進することは社会的な困難が大きかった。

<sup>11</sup> 長谷川信は次のように述べている。「火力発電よりも、原子力発電設備のほうがスムーズな国産化が達成された。それは原子力発電設備の場合には、政府、電力会社、重電機企業のあいだの協力関係が緊密であり、電力会社が主導する共同開発によって国産化が促進されたからである。このことは一方で、火力発電設備の場合とは異なり、原子力発電設備の場合に、電力会社と特定の国内重電機企業との関係が固定化される結果をもたらしたのである」。前掲、長谷川信[2006]p28-29。

### 3. 電力会社と電機メーカー

電力会社や電機メーカーが原子力発電に取り組み始めたのは、1950年代後半からである。軽水炉による発電の経済性のめどが立った1960年代以降、三菱重工とWH、東芝・日立とGEが技術提携し、それぞれPWR、BWRの技術導入を進めた。当初、日本の電機メーカーは、前述のように下請けとして、初期の原発建設に参加した。

一例として、日立製作所(以下、日立)を取り上げよう<sup>12</sup>。日立は、GE社の従契約会社として、茨城県東海村に建設された原子力研究所の沸騰水形動力試験炉JPDRの圧力容器、炉心構造臥主復水器、給水加熱器などの据付けを行った。これは、1963年に完成し、日本初の発電用原子炉となった。

さらに、1966年には、日本原子力発電(株)敦賀発電所(33万kW)、東京電力(株)福島第一発電所(46万kW)、関西電力(株)美浜第一発電所(34万kW)の建設計画が確定した。沸騰水型(BWR)の敦賀、福島はGE社に、加圧水型(PWR)の美浜はWH社に主発注された。敦賀原発は、日本で初めての本格的な商用の軽水炉原発であり、1970年3月、大阪万博の開幕とともに営業運転を開始し、万博会場に送電したことがよく知られている。日立は、東芝とともに主契約社のGEから下請け受注し、圧力容器、炉心構造物、熱交換機などの炉補助機器、配管系統の製作と設置を担当した。また、この製作のため、66年6月、GEとBWRに関するシステムライセンス契約を結んだ。建設工事にあたっては、建設工程管理手法、現地建設体制、建設技術などのほとんどGEからの導入技術により、これら技術内容の消化吸収を行い、国内向け技術としての基盤を確立した。水力発電を得意とし、大容量火力発電事業がようやく軌道に乗り始めた日立にとって、原発は全く未経験の分野であり、人材もそろっていなかった。GEの下請けで技術を吸収しながら、原発のノウハウと人材の育成が進められたのである。

原発技術の吸収、発展にあたって、日立は火力発電に関するGEとの技術提携や製作経験が重要な役割を果たしていた。提携関係によって構築した信頼と技術蓄積により、1967年には、日立はGEと原子力用タービン発電機に関する受入れ技術契約を締結した。これ

---

<sup>12</sup> 以下、日立の原発事業に関しては、魚住弘人[2008]「原子力新時代へー日立原子力に生き続ける「自主技術へのこだわり」ー」『日立評論』Vol.90, No.7, 2008年7月、p10-15。日立原子力20周年記念会実行委員会[1978]『日立原子力の歩み』1978年11月。日立製作所[2010]『日立製作所史 5』2010年12月、日立製作所[2011]『日立事業発達史ー100年の歩み』2011年12月(著者は、宇田川勝・石井晋・金容度)。

により、GEが海外から受注した原発の関連設備の下請けで、原子力発電用低圧タービン・低圧ロータを製作した。さらに1970年には、海外から1,100MWの大容量原子力発電設備用の原子炉圧力容器一式を受注した。

敦賀、福島第一原発の設備における国産機器使用率は、どれも55%程度であった<sup>13</sup>。前述の国産化奨励政策を受けて、国産化への動きは高まっていたが、その画期となったのが、中国電力による島根原子力発電所建設計画の発表であった。

原発建設においては、原発専門のために創設された日本原子力発電(株)のほか、大規模な東京電力、関西電力が先行した。他の電力会社もやがてこれに追随していくが、中国電力は、被爆地・広島を営業エリアに抱えるという事情に配慮しながらも、比較的早くから原発に関心を抱いていた<sup>14</sup>。国内で原子力ブームが生じた1956年に最初の構想が立てられ、調査が進められたという。その後、1965年から三菱原子力グループとの間でPWRの共同設計を開始、翌66年から日立製作所との間でBWRの設計を進め、各形式の原子炉のデータを蓄積した。これらの準備の上で、中国電力は、1967年に島根県八束郡鹿島町において島根原発の建設を決定、日立をプラントの発注先として「協同研究」を開始した。国内電機メーカーが単独で原発の主契約社となるのは、初めてのことであった。

中国電力がなぜ、BWRを選び、日立を主契約先としたのか、詳細は不明である。吉岡斉は、「通産省が産業政策的見地から電力業界に要請して、二つの企業系列にほぼ平等に仕事が割り当てられるように、九電力会社をPWR採用会社グループとBWR採用会社グループに分割させたという事情があったと推定」している<sup>15</sup>が、確たる証拠は示されていない。中国電力も、PWRとBWRのどちらを選ぶか独自に検討しているから、何らかの行政指導の影響があったとしても、経営判断は自立的になされたものと思われる。日立関係者は、「当時の中国電力・櫻内社長と日立・駒井社長との交流」が背景にあったと指摘している<sup>16</sup>。

ビジネスの論理と産業政策による誘導が、それぞれどのように作用したのかは定かではないが、発注側の中国電力も、まだ原発建設の実績に乏しい日立に発注するなど、可能な限り国産化をめざしたことは確認できる<sup>17</sup>。日立側からすれば、特に炉心設計、安全設計

---

<sup>13</sup> 通商産業省公益事業局[1969]『昭和44年 電気事業の現状』1969年、p127-128。

<sup>14</sup> 中国電力[1974]『中国地方電気事業史』1974年12月、p905-918。

<sup>15</sup> 前掲、吉岡斉[2011]p123。

<sup>16</sup> 前掲、魚住弘人[2008]。

<sup>17</sup> 「中国電力は、原子力発電所の建設にあたって、まず、国産技術の採用を基本方針とし、

など、それまでの GE からの下請けでは、独自の研究開発の成果を十分に発揮できなかったため、島根原発受注は、大きなチャンスであった。

中国電力と日立との「協同研究」<sup>18</sup>と原発建設は、次のように展開し、実際、導入技術の模倣にとどまらず、かなりの程度、国産技術が開発され、取り入れられた。

先行機のモデルとなったのは、GE の BWR-3 型炉(福島 1 号機、46 万 kW)である<sup>19</sup>。日立は GE と技術提携していたものの、それだけでは全く不十分であった。まず、GE が研究開発中の技術は入手できなかった。また、技術提携の内容には発電補助機器類に関する技術も含まれていなかった。このため、日立はそれらの技術を自主研究開発や製作経験で補完したのである。その際には、敦賀 1 号機や福島 1 号機での下請けや運転経験が応用された<sup>20</sup>。

日立にとって商用 BWR の炉心設計は初めての経験であり、すでに経験のある研究炉に比べてはるかに複雑であった<sup>21</sup>。しかし、そこでも自主技術開発を推進した。原子炉一次系システムおよび補助系システムの設計の際には、信頼性・安全性を徹底追求した結果、システムの構成や機器の仕様など、かなりの部分がモデル・プラントと異なるものとなった<sup>22</sup>。また、発電所の計装・制御システムについても、高信頼性、高稼働率を旨とし、新

日立製作所と共同して研究開発をすすめた」前掲、中国電力[1974]p910。

<sup>18</sup> 日立関係者によれば、中国電力側は、「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」という。前掲、魚住弘人[2008]。

<sup>19</sup> 当時、GE はより経済的で出力の高い BWR-4(54 万 kW)の新型炉の開発を進めており、日立側は当初これを推奨した。しかし、中国電力側はリスクを避け、日立が GE の下請けとして参加した経験のある福島 1 号機モデルである BWR-3 を選好した。

<sup>20</sup> 敦賀 1 号機における原子炉圧力容器、炉内構造物、全プラント配管、電気工事の製作、据付経験、モデルとされた福島 1 号機の建設・運転経験が応用された。これに加え、配管設計技術に関しては、敦賀 1 号機のエンジニアリング会社である米エバスコ社に設計者を派遣して技術を吸収し、改良した設計を行った。

<sup>21</sup> BWR の炉心は、運転時には炉心冷却材が沸騰するので蒸気泡が炉心内に三次元的に分布し、運転が進むと燃料が燃焼して同位元素組成が複雑に変化する。こうした複雑な炉心について設計計算を行い、反応度、熱的余裕、燃焼特性などをはじめとする炉心特性を高い精度で求める必要があり、大規模な計算プログラムを多数作成しなければならなかった。日立は炉心設計に関する技術資料と大規模な計算プログラムを GE から入手し、自社コンピュータ用に変換した。これによって、炉心設計計算、炉心性能計算を行い、福島 1 号機の運転データを照合、プログラム妥当性を検証した。

<sup>22</sup> 原子炉浄化系統流量を給水流量の 1%から 7%へ大幅に増加、安全装置の一つである非常用炉心冷却システムに当時最新の BWR-4 型を採用、配管・弁類の構成部品の設置理由の明確化と自作作成の計算コードによる仕様決定、先行機では輸入品であった主蒸気隔離弁・主蒸気逃し安全弁・原子炉再循環ポンプ用 MG セットの国産化など。また、給水の水质を良好に維持するため世界に先がけて汙過式脱塩装置を採用した。さらに、実験結果を

たに開発した<sup>23</sup>。さらに、放射性廃棄物処理設備に関しても効率化を旨とし、自主技術を導入、新たな耐震設計法も確立した。

原子炉圧力容器に関しては、日立はすでに JPDR、敦賀 1 号機での製作経験があった。島根 1 号機では GE の基本仕様に従ったが、単に模倣するだけでは不十分であった。GE 仕様の技術根拠を明確にして、顧客や官庁に対して説明する必要があったため、さまざまな点について再検討がなされたのである。また、格納容器に関しては、日立は GE 下請けの福島 1 号機での経験があり、従来の手法を改良して設計を行った。

原子炉内の構造物、炉内機器についても、日立は GE 下請けで製作経験があった。島根 1 号機でも可能な限り国産化をめざした。日立は、制御棒、制御棒駆動機構、ジェットポンプ、気水分離器およびすべての炉内機器の試作を行った。このうち、原発運転にあたって極めて重要な制御棒と制御棒駆動機構については、技術的不安があり、中国電力側の意向で、当初は予備機の 8 基のみの国産化が認められた。それ以外の機器については、ほとんど国産化が認められた。

このような「協同研究」を経ながら、島根原発 1 号機は、1970 年 2 月に着工開始し、74 年 3 月、営業運転開始となった。機器の国産化率は 94%を達成した<sup>24</sup>。電力会社と電機メーカーの共同研究により、原発の国産化はめざましい成果を挙げたのである。実際、島根発電所 1 号機に続き、1970 年代後半以降に営業運転を開始した原発の多くで、国産化率 90%を超えている(表 2)。

以上のプロセスに示されるように、電力会社、電機メーカーの双方が原子力発電機器の国産化を重視し、密接な共同研究によって原発の建設を推進したことが、それまでの水力発電や火力発電と異なる大きな特徴である。この結果、PWR グループ(電機メーカーとして三菱重工。電力会社として九州、四国、関西、北海道)と BWR グループ(電機メーカーとして日立、東芝。電力会社として中国、北陸、中部、東京、東北)それぞれの中で、前述の長谷川信の指摘するような、電力会社と電機メーカーの関係の固定化が進んだものと考えられる。

---

踏まえて、給水系に酸素を注入することで炭素鋼の腐食と給水鉄濃度の上昇を抑える技術を新たに開発、導入した。

<sup>23</sup> 系統の多重化にともなう系統分離の徹底、トリップ・運転継続の両者に高い信頼性を持つ(1/2)×2 論理回路の採用、制御用の接点は接点増幅せず可能な限り計器の生接点を使用、ヒューマンインターフェイスの抜本的改善など。

<sup>24</sup> 日立は、これによって中国電力から信頼を獲得し、のちに島根原発の 2 号機および 3 号機も受注している。

そうした固定化の進展に対する産業政策の影響は、定かではない。たとえば、中国電力の有価証券報告書によれば、原発建設時において、開銀からの長期借入金はかなり金額で継続しているが、必ずしもウェイトを増しているわけではない。開銀融資が一定の「呼び水」効果を発揮した可能性は否定できないが、産業政策による誘導が決定的な影響を及ぼしたとは考えにくい。

もっとも、電機メーカーの原発建設技術の蓄積は、1950年代から官民協力により政策的に進められた原子力利用の成果にも負っている。したがって、原発の国産化が比較的はやく進んだことに関して、産業政策は一定の効果を果たしたのであろう。しかし、電力会社と電機メーカー間の固定化は、国産化を目指す産業政策をバックグラウンドとしながらも、それぞれの企業間で独自に進められたと考えるべきであろう。

島根原発の事例で見られたように、海外からの技術導入に多くを頼ったとはいえ、原発建設にあたっては、電機メーカーは電力会社と共同し、技術吸収だけにとどまらず、独自技術の開発を進める必要に迫られた。アメリカ企業が原発技術開発で大きく先行していたとはいえ、技術提携で獲得できたのはいまだ発展途上の不完全な技術だったのである。したがって、日本の電機メーカーにとっても技術フロンティアが開かれていた。国産化の推進によってキャッチアップし、さらなる効率性、安全性を追求する余地は大きかった。そうした意味でも、国産化推進政策に経済的合理性を認めることができる。

ただし、一方で1960-70年代の日本の電機メーカーにおける原発技術に詳しい人材は各メーカーとも十分なものではなかった。原発に関する技術力や資金力に関して、日立、東芝、三菱重工の間に大差はなかった。それぞれの企業グループの動員能力<sup>25</sup>に応じて受注した結果、原発建設をめぐる電力会社との関係は、「棲み分け」的状況となり、結果的に受注がほぼ三分され、共同研究を通じて固定的な関係が形成されていったものと考えられる。各社の人材やノウハウは、受注後の電力会社との共同研究過程で次第に拡充していった。

前掲、吉岡斉[2011]が指摘するような、産業政策に基づく行政指導の機能は、かなり控えめに評価すべきであろう。早期に原発の国産化を進めるためには、日立、東芝、三菱重

---

<sup>25</sup> 日立の島根1号機建設の際にも、グループ各社との連携が必須であった。圧力容器の材料ではバブコック日立のボイラ・化学装置経験が生かされ、また内面肉盛用のステンレス帯状電極の生産を日立金属安来工場が担当した。原子炉格納容器の製作、据え付けは、系列会社のバブコック日立が担当した。据え付けにあたって、現地溶接率を少なくし、据え付け工期を短縮、当時世界最短の5.5ヶ月で据え付けを完了した。

工が受注を三分し<sup>26</sup>、各社で漸進的に技術を吸収・向上・改善させていくことが、電力会社及び電機メーカーにとっても、合理的な選択肢であったという解釈が事実に近いように思われる。

#### 4. 原発の「改良・標準化」政策

##### (1)稼働率低下問題

1970年代初頭から、原発の運転が続々と始まったが、運転トラブルや故障に伴い、設備利用率が低迷した(図1)。特に問題となったのが、BWRにおける配管の応力腐食割れ、PWRの蒸気発生器における放射能漏れであり、従業員の被曝問題も懸念された。具体的には次のような問題であった。

1974年9月から実施された福島第一原発1号機の定期点検において、ステンレス製配管のひび割れが発見された。これは、当時、原発のような「厳密な水質管理下では生ずることが考えられないとされていた」。原因は、ステンレス小口径配管の溶接時における熱影響部に粒界割れが生じやすい感受性の高い部分があって、そこに長時間にわたって応力がかかった結果と判断された。このほか、ノズル部のひびも見つかったが、これは高温の原子炉水と低温の制御棒駆動水戻り水の混合によって生ずる繰り返し熱応力が原因と考えられた<sup>27</sup>。応力解析については、GEやWHから下請け受注した電機メーカーにおいてもかなり詳細になされていた。しかし、経験の乏しさもあって未解明の部分が多数残されていたようである。

PWRについては、1972年6月、関西電力美浜原発1号機の蒸気発生器の放射能漏れが発見された。細管の減肉現象に伴うものであり、水処理方法が原因であると判断された。これらの事故についての対応が進んだが、原発の安全性に対する周辺地域住民等の信頼を大きく損なうこととなった。これを受けて、通産省では、信頼性確保のため、1975年から、蒸気発生器、バルブ、燃料集合体、溶接部熱影響部、ポンプなどの重要部分について、信頼性実証実験を進めることとした。

以上のようなトラブルが発生し、稼働率が大きく低下したことから、原子力機器国産化

---

<sup>26</sup> 日立、東芝はGEと、三菱重工はWHと古くから密接な提携関係を結んでいた。また、大規模なプラントで、設備建設にあたった高い精度を要する原発の主契約者となるのは、密接な関係を持つ系列企業を多く抱えるこの3社以外に想定しにくかった。

<sup>27</sup> 資源エネルギー庁公益事業部(監修)・電力年報委員会(編集)[1979]『電気事業の現状－石油危機以降を中心とする電気事業の歩み－(昭和48年度～昭和53年度)』p168-170。

政策の質をより高めることが必須の課題となった。また、原発の国産化率は次第に高まってきたが、特に重要な再循環ポンプ、バルブなどの国産化は一部にとどまっていた。さらには、軽水炉技術については、西ドイツやフランスのような独自のシステムの開発には至っていないと認識されたのである<sup>28</sup>。

## (2)軽水炉の改良・標準化

これらを受けて、1975年、通産省機械情報産業局に、原子力発電機器標準化調査委員会及び原子力発電設備改良標準化調査委員会が設置された<sup>29</sup>。同委員会は、学識経験者、電力会社、電機メーカーなどの代表を構成メンバーとする。目的は自主技術による軽水炉の信頼性・稼働率の向上と、従業員の被曝軽減のための軽水炉標準化計画の推進であった。

その後、上記の2つの委員会では検討が進められ、逐次、報告がなされている。以下では、これらをたどってみよう<sup>30</sup>。

1976年4月、上記2委員会による中間報告がまとめられ、さらに1977年4月には「昭和51年度軽水炉改良・標準化調査」を踏まえた報告がまとめられた<sup>31</sup>。これによれば、改良・標準化の主な目標は、プラント稼働率の向上と被曝低減の二つである。この時期には、標準化の前提として、被曝軽減のための改良が重視されていたようである。調査報告では、「格納容器内部での作業に伴う被ばくの占める割合が大きい。このため格納容器の形状の改良、容器内機器配置の改良、点検保守の自動化・遠隔化を図ることが必要である」とする。これらにより、従来プラントに比し、BWRで約35%、PWRで約25%、従業員の被曝が低減され、さらに作業性の向上などにより、定期検査期間の短縮なども期待されるとする。これらの改良を踏まえた上で、1980年頃に日本型軽水炉標準化プラントの仕様を策定することが目標とされた。標準化プラントの電機出力は、80万kW、110万kW級の2つ、標準化の範囲はまず立地条件に比較的左右されない原子炉蒸気発生設備を先行して標準化

<sup>28</sup> 原子力委員会[1976]『原子力白書』第9章、1976年12月、WEB版、(<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/hakusho/wp1976/sb20901.htm>)

<sup>29</sup> 通商産業省・通商産業政策史編纂委員会[1993]『通商産業政策史』第14巻、1993年6月、p397、筆者は塚原修一。

<sup>30</sup> 全体の流れの概要については、通商産業政策史編纂委員会編・長谷川信編著[2013]『通商産業政策史7 機械情報産業政策 1980-2000』2013年3月、p451-480、筆者は武田晴人。

<sup>31</sup> 原子力発電機器標準化調査委員会・原子力発電設備改良標準化調査委員会「軽水炉改良標準化調査中間報告(概要)」1976年4月9日、および「51年度軽水炉改良・標準化調査」『通産省公報』1977年5月27日 p2-4。

し、機器配置、建屋設計など立地条件により大きく影響される部分の標準化はその後の課題とされた。

翌 1978 年 5 月、「軽水炉改良標準化調査の中間報告」が発表された<sup>32</sup>。これによれば、格納容器の容積を 1.5-2 倍とすることで点検保守作業スペースを拡大、さらに大型階段、モノレール等の設置により作業効率の大幅向上が図られた。さらに、BWR での制御棒駆動機構及び燃料交換機の自動化、PWR での蒸気発生器自動検査機器の採用などの改良が取り入れられることとなった。

以上が、第一次改良標準化の成果とされ、これにより従来に比し、従業員の被曝が 25-35% 低減、時間稼働率が世界トップレベルの 75%となることが期待された。この第一次改良標準化に続いて、第二次改良標準化が進められることになった。その概要は、検査機器の自動化高速化による点検作業の効率化と被曝低減、また各種機器の信頼性向上、耐震設計の標準化、付加追従運転機能など運転性能の向上を図ることであった。第二次標準化により、従業員の被曝が従来の 30-50%に低減され、時間稼働率が 80%になることが期待された。

### (3) 「日本型軽水炉」と標準化の推進

1981 年までに、第二次改良標準化計画は実施され、一定の成果を収めた<sup>33</sup>。設備利用率も、1978 年頃から顕著に回復している（図 1）。1981 年からは、さらなる向上を図り、日本型軽水炉を確立するとの目標を持って、第三次改良標準化計画が始まった<sup>34</sup>。特に強調されたのが、「これまでの成果をベースに機器・システムはもちろん、炉心を含む原子炉本体に至るまで自主技術を基本に国際協調を図りつつ、日本型軽水炉の確立を目指す」とされた点である。

この「日本型軽水炉」が何をさすのか、明確な定義は見当たらない。残されている資料が不十分であり、曖昧だが、通産省では 1979 年頃からこの言葉が使われ出しているようである<sup>35</sup>。

<sup>32</sup> 「点検作業能率、大幅に向上—軽水炉改良標準化調査の中間報告」『通産省公報』1978 年 6 月 10 日、p3-4。

<sup>33</sup> 前掲、通商産業政策史編纂委員会編・長谷川信編著[2013]『通商産業政策史 7 機械情報産業政策 1980-2000』2013 年 3 月、p467-468。

<sup>34</sup> 「自主技術を基本に—日本型軽水炉の確立を—軽水炉改良標準化計画」『通産省公報』1981 年 8 月 24 日、p1-2。

<sup>35</sup> 「軽水炉は、今後とも相当の期間にわたりわが国の原子力発電の中心となるものであり、その安全性については既に十分確保されていると考えられるが、一層の信頼性の向上、従業員の被ばく低減等のため、軽水炉の改良標準化を推進し、日本型軽水炉の確立を図るこ

吉岡斉[2011]はこれについて次のように述べている<sup>36</sup>。石油危機後、1980年代にかけて、通産省の担当する総合エネルギー政策が国策としての重要性を増し、中でも原発がその地位を大きく向上させた。同時に原子力においても対米自立政策を図る動きが見られたという。そうした流れの一環として第三次改良標準化計画において「日本型軽水炉」の確立が目標とされた。もっとも、「日本型軽水炉」というスローガンは看板倒れに終わったという。理由として、「おそらく通産省のテクノナショナリズムが、国内的には技術的独立を達成することの経営上のメリットを認めない電力業界の協力を得られず、国際的にもアメリカの強い抵抗に直面した結果、妥協を余儀なくされた」ものと推測されている。また、1980年代になってアメリカの原子力産業が解体の危機に瀕したこともあり、対米自立は不要となったとの条件変化も指摘されている。

以上の吉岡斉の見解について、通産省の産業政策の目標と電力業界の意向との乖離を指摘している点は注目すべきである。ただし、通産省＝テクノナショナリズムとの図式は必ずしも適切ではないであろう。この時期、国際的に微妙な問題をはらむ濃縮ウランの確保など、資源ナショナリズム的な動きが生じていたことは確かである。しかし、通産省の産業政策においては、経済性や効率化を重視する観点の方がより強く作用していたように思われる。

まずは、原子力機器産業振興政策についての通産省の見解をたどってみよう。1980年代初めには、産業政策上の観点として次のような論理が示されている。「電子力発電プラントの特質のためそれを製造する原子力機器産業は高付加価値産業であると同時に高度な技術開発を要しかつ他産業への波及効果も大きい技術先端産業である。したがって、今後産業構造の高度化を目指すわが国にとって原子力機器産業は極めて重要な産業といえる」。これに加え、「エネルギーの自立性」を図るとともに、放射線被曝に厳しく、地震多発国である日本の国情に対応した原子力発電プラント建設のためにも、「導入技術からの脱却」が必要であるとされた<sup>37</sup>。

以上のような、産業政策を正当化する論理は、81-82年頃、さらに補強される。原子力産業は核不拡散と密接な関係にあるため、機器供給を海外にあおぐことには発電所の運営

---

ととしている」沖田誠司(機械情報産業局電子機器電機課)「原子力機器産業の振興」『通産省公報』1979年12月17日、p9-11。

<sup>36</sup> 前掲、吉岡斉[2011]p182-191。

<sup>37</sup> 山口佳和(機械情報産業局電子機器電機課)「原子力機器産業の振興」『通産省公報』1980年10月17日、p9-11。

に不安を残す。機器の供給の世界市場はGWとWHによって支配される独占的構造にあり、これに対抗するために国産化を進める必要がある等である。さらに、1979年の米スリーマイル島(TWI)でのPWR事故を受け、原子力機器産業が赤字に陥ったことも指摘されている<sup>38</sup>。そうした状況を改善し、また今後、軽水炉から高速増殖炉へ展開していくために膨大な資金が必要であるが、機器産業がその負担に耐えるためにも産業基盤を確立することが必要である、とされた<sup>39</sup>。

以上のような産業政策の必要性を根拠に、通産省は、開銀の低利融資や技術開発への助成装置を求めている。少なくとも、通産省の原局のレベルでは、技術的な外部性や外国企業の独占により利益機会を奪われないようにする経済的な側面が重視されている。当時の時代状況に即した「資源ナショナリズム」は、産業政策実現の手段であり、大蔵省はじめ政府を説得するためのスローガンと解釈できそうである。通産省の方針はナショナリズム一辺倒だったわけではなく、この点ではむしろ、電力会社や電機メーカーの利害に沿っていたことになる。

しかし、おそらく、通産省と電力会社・電機メーカーとの間で、目標のズレも生じていた<sup>40</sup>。これについて見ていこう。

1970年代半ばの原発の稼働率の低迷から改良標準化計画が進められる過程では、安全性の強化とともに経済性の向上も重視された。産業政策的には経済性の向上が大きな課題であるが、それについてはどのように考えられていたか。

1978年に、通産省・資源エネルギー庁原子力課長による、「原子力の経済性」を取り扱った次のような内容の論文がある<sup>41</sup>。まず、当時の現状として、原発の稼働率が低迷している状況が指摘されている。その原因となった故障については、「周辺システムの熱工学的ないし材料工学的な原因に由来するものであるから致命的なものではなく、修理と改良により満足のいくものに近づけることができる」という。改良標準化計画のうち、「改良」が進められていることの指摘である。

<sup>38</sup> TWI事故後、アメリカの原発開発が停滞したことも、日本が独自技術の開発をより強力に進めなければならないという意識を強める要因となった。

<sup>39</sup> 小川高志(機械情報産業局電気機器課)「原子力機器産業の振興」『通産省公報』1981年11月10日、p19-23。大西昭郎(機械情報産業局電気機器課)「原子力機器産業の振興」、『通産省公報』1982年11月26日、p12-16。

<sup>40</sup> ただし、本稿執筆の段階では、これについては乏しい資料の行間を読み取る以外になかった。

<sup>41</sup> 山本幸助[1978]「原子力論議総ざらい 原子力批判の分析と考え方(下)」『通産ジャーナル』1978年2月、p92-103。

さらに、これに加え、次のように指摘している。「現在のように次々と新しい発電所ごとに出力や設計を変えていく方式から、望ましい一定の標準型を設計し、これを反復して製造する方式を採用する(改良標準化)ことを検討している」。改良標準化計画のうち、「標準化」を強調した見解である。この「標準化」重視の方針は、1980年代前半における通産省の原発に関する産業政策の底流となっていたように思われる。

1982年7月に、資源エネルギー庁の私的懇談会として、業界関係者、有識者を集めた原子力発電高度化懇談会が発足する。ほぼ一年後の6月21日に報告書がまとめられ、のちの通産省の政策に影響を与えるが、その報告書には「標準化」を重視する認識が濃厚に現れている<sup>42</sup>。これを見てみよう。

報告書で強調されていることはまず、次の点である。

#### 資料 1

原子力発電が電力供給に占める割合が増大するに従い、原子力発電の経済性についても大きな関心が注がれつつある。原子力発電による発電コストは、1kWh当たり57年度運開ベースで12円程度であり、石油火力20円程度、LNG火力19円程度、石炭火力15円程度に比し、経済的に優位にあるといえる。しかしながら、原子力発電の場合、発電コストに占める建設費の割合が極めて大きく、かつ、それが比較的高い比率で上昇してきたため、もし、この傾向が今後も続いたり、現在の極めて良好な稼働率が大きく低下することなどがあれば、その経済的優位性が損なわれる恐れもある。このため、原子力発電の安全性の確保を前提として、信頼性のより一層の向上による高稼働率の追求に努めるとともに、建設費の低減を図っていくことが強く求められる。

(「原子力発電高度化懇談会報告書」より抜粋)

報告書によれば、原発の発電コストを国際比較すると、日本に比して西ドイツが同程度、フランスが2割強安くなっていたという。フランスと日本の発電コストの差は主に建設費でありフランスが約25%安い。その差は機械装置費の違いに起因し、「フランスが、発電容量を90万kW級、130万kW級の2クラスに限って徹底した標準化を実施していること、計画的開発、量産化のメリットを享受できる体制にあること、耐震条件が日本より厳しくないこと等の要因によるものと考えられる」と指摘されている。

<sup>42</sup>「原子力発電高度化懇談会報告書－原子力発電の高度化に向けて－」1983年6月21日、日本原子力産業会議『原子力資料』No.150、1983年、p1-22。

その上で、第二次改良標準化を経た日本の原発の1983年当時の現状について、「改良が主になっており、標準化の達成という観点からみると、その成果は十分とは言い難い」とし、「経済性向上のための基本的方策」としては、稼働率の向上による運転費の軽減も考えられるが、発電コストに占める割合の高い建設費の削減が必須である。このため、標準化の徹底推進に最優先で取り組むことを求めている。そのうち、「具体的方策」として、以下の内容が記述されている。

## 資料 2

1)これまでの標準化は、炉心まわりを中心に進められてきたが、今後は標準化をプラント全体に拡大し、「標準プラント」を策定する。標準プラントには、現在、実績のある、80万トンkW級、110万kW級及び現在確証試験を進めているA-PWR、A-BWRの130万トンkW級の3つの容量を採用し、機器システムはもちろん、機器配置及び主要建屋の配置についても標準化を図ることが重要である。この際、特によく使われる機器については、見込み生産ができる程度まで標準化を徹底する必要がある。標準化の徹底は、一面で技術進歩を遅らせることもありうるが、標準プラントの設計をその都度変えることは経済的に大きな損失になることを考慮し、安全確保上緊急を要する場合以外は、当分の間、標準プラントの仕様を根本から変えるような設計変更は行わないようにする必要がある。

2)今後、建設計画を進めるものについては、自然条件等により総合的に不利となる場合を除き、標準プラントを採用することとする。

立地点の地形、地盤等の条件によっては、標準プラントを採用するよりも個別設計によるプラントのほうが土木・建築工事費が安くなる場合もあるが、標準プラントを用いることによって、原子力発電所全体のコストとしては、総合的にみて安くなることもあるので、このような場合には標準プラントを採用する。

また、地形、地盤等の条件から標準プラントを変更する場合においても、標準プラントを基本とした極少の変更に止め、配管、機器等に大幅な変更が生じないよう留意する必要がある。

3)標準化の徹底のため「原子力発電設備改良標準化調査委員会」の場で、今後、改良標準化の拡大・徹底の具体的方策を早急に検討する。

その際、電気事業者は、同委員会における検討に資するよう電気事業者各社間の設計・仕様の共通化を図り、メーカーは電気事業者と調整の上、標準プラントの技術仕様設計を確立することとする。

なお、国は、標準プラントについて審査の効率化に努めることが重要である。

4)電気事業者及びメーカーは、原子力発電プラントの標準化の推進を経営の重要課題として取り上げ、

その達成をめざすこととする。また、国においては、前向きにこれを支援するものとする。

(「原子力発電高度化懇談会報告書」より抜粋)

この時期に、特に原発の経済性が強調されたのは、おそらく国のエネルギー政策の変化を背景としている。橘川武郎によれば、第一次石油危機後の1974年から82年までは、エネルギー政策としてセキュリティの確保が最優先であった。これに対して、1983年からエネルギーコストの低下が大きな課題とされる<sup>43</sup>。原発の「標準化」の徹底によるコスト削減も、そうした方針の一環であったものと考えられる。

1970年代末から1980年代初めの通産省は、「日本型軽水炉」を強調しながら、こうした「標準化」の推進を念頭に置いていたのではないか。前掲の山本幸助[1978]や「原子力発電高度化懇談会報告書」に示されているように、通産省内で、原発の「標準化」がほとんど進んでいないことに対する問題意識は相当に強かったものと推測される。

しかし、すでにPWR、BWRのそれぞれにおいて、電力会社と電機メーカーの固定的な関係が成立し、導入技術をもとに共同研究によって開発を進めていた業界からすれば、政府主導による標準化の徹底は必ずしも望ましいものではなかった。通産省もすでに既成事実化されたそうした現実には十分に認識していたであろう。したがって、通産省が、「標準化」といってもそれをどこまで徹底的に進めるべきと考えていたかについては、資料が十分ではなく、不明である。

「原子力発電高度化懇談会報告書」で、フランスの動向が参照されているから、原発効率化の徹底を図るのであれば、PWRかBWRのどちらかに統一した上で「標準化」を目指すという可能性は、想定されたであろう。しかし、残された資料を見る限り、産業政策上、通産省でその可能性が具体的に追求された気配はない。「標準化」の徹底を唱えながらも、従来の電力会社・電機メーカーの固定的な関係に配慮する形で、原発の効率化を目指す産業政策が展開したものと見られる。結果的には、PWR、BWRグループのそれぞれにおいて、電力会社と電機メーカーがGE、WHと共同で進めている改良という方向性を追認した上で、プラントレベルではなく、機器レベルでの改良標準化を促すという形に落ち着いたのである。

実際のところ、日本でも、1980年代以降、PWR、BWRのそれぞれについて、ある程度、

---

<sup>43</sup> 通商産業政策史編纂委員会(編)、橘川武郎(著)[2011]『通商産業政策史 1980-2000 第10巻 資源エネルギー政策』2011年7月、p77-82。

炉型の標準化が進んだ（表3）。電機メーカーにとっても、コスト低減効果があったから、機器レベルにおける標準化を進めることは収益向上につながったであろう。しかし、それはそれまでの電力会社との共同研究や米電機メーカーからの技術導入という蓄積を生かすという条件のもとでのことであった。各メーカーとも一定量の受注確保は必須だったから、フランスのような徹底した標準化には至らなかった。

表3に見るように、フランスと日本の原発建設は対照的である。フランスは、PWR一本に絞っており、発電容量から炉型の標準化が徹底追求されたことは間違いない。主契約者は一社独占である。最初に触れた吉岡斉[2011]のいう「社会主義計画経済を彷彿させる原子力発電事業の拡大」は、フランスにおいては成立していたものといえる。一方の日本では、PWR、BWRそれぞれにおいて一定の「標準化」は進められたが、どちらかへの一本化はなされず、従来の電力会社・電機メーカーの固定的な関係による受注確保が維持された。主契約社はフランスのような一社独占ではなく、日立、東芝、三菱重工(および三菱商事)の3社が、ほぼ同程度に受注獲得している。

日本においても整然と原発が建設されたから、確かに「計画経済」的な外見を示している。しかし、具体的な政策の進め方は、政府主導の計画経済、電力会社・電機メーカーそれぞれの一社独占、プラントレベルにおける徹底した「標準化」による効率化追求という体制がとられたフランスとは大きく異なっていた。日本では、地域独占の電力会社と電機メーカーの固定化、固定的受注関係を前提とした効率化、産業政策(および電源立地対策など広義の原発政策)による両者へのバックアップという政策体系のもとで原発建設が進められたのである。

#### (4)原子力業界の動向

実際に、「日本型軽水炉」の推進として進められたのは、ナショナリスティックなスローガンからほど遠いものであった。具体的内容は、前掲の報告書等で指摘されているように、米国GE社、WH社との提携で電機メーカーが電力会社と共同で進めていた改良型BWR、PWRの開発支援であった<sup>44</sup>。このような「改良」の側面は、それぞれのタイプの原子炉において着実に進んだ<sup>45</sup>。

<sup>44</sup> 日本原子力産業会議[1982]『原子力年鑑 昭和57年版』1982年9月、p205。

<sup>45</sup> 燃料・炉心設計の改良、原子力タービンの効率向上、炉心などの大容量化、運転支援システムの実用化、タービン系をふくめた定期検査の効率化、コンクリート製格納容器の開発、制御棒駆動機構の改良、計測制御装置の改良、被曝低減策としてインターナルポンプ

原子力関連業界が結集する日本原子力産業会議が毎年発行する『原子力年鑑』では、第三次改良標準化計画について、1980年代初頭から半ばまで、ほぼ毎年、次のような記述がある。第3次計画は、「日本型」を目標としているが、「民間がすすめている新型の軽水炉開発、つまり東芝、日立、GEが東京電力などBWRユーザーと組んで開発をすすめている改良型A-BWR、また三菱重工、WHが関西電力などPWRユーザーと組んで開発をすすめている改良型A-PWRが、それぞれ改良標準化計画の一翼をになえるとして、これを支援する意味合いもふくまれている」<sup>46</sup>。

微妙な言い回しであるが、「日本型軽水炉」は換骨奪胎されたと考えるのが現実に近い。実質的には、第三次改良標準化は、米国原子炉メーカーとの共同研究の支援となったから、自然と「日本型軽水炉」というスローガンは後退したのであろう。産業政策は、電力会社と電機メーカーの固定的な関係を前提とし、追認したのである。

ところで、1983年頃から、国のエネルギー政策がコスト低減重視に変化したこと、低成長下で電力需要の伸びが鈍化したこと、さらには、石油をはじめ化石燃料の価格低下、供給過剰傾向が生じたことで、原発を取り巻く条件も変化した。相次ぐ価格引き上げで、電気料金も国際的に割高になり始めていたから、原発についても経済性がより重視されるようになってきた。経済性向上に関して、これまで述べてきたように、プラントレベルでの「標準化」は進まず、機器レベルの「改良標準化」に収束した。その後の経済性向上方策の焦点は、以下のように変遷していく。

原子力産業会議は、1984年10月以来、発電炉開発委員会のもとに、産業基盤強化小委員会を設置し、民間の立場から原子力産業の基盤強化方策の検討を行った。その報告書が、1986年6月にまとめられている<sup>47</sup>。以下では、この概要を取り上げる。

まず強調されているのが、それまで順調に伸びてきた原子力発電所の新たな建設が、1980年代前半以降、電力需要の伸び率の鈍化に加え、反原発運動などの影響もあって、伸び悩み始めたことである。原子力機器産業は、年2基のプラント生産に必要な技術者を上回る人員を確保しているが、仮に「1991～2000年が2基/年程度のレベルにとどまるならば、メーカーとしては負荷増に備えてマンパワーを維持する理由を失い、いわば縮小均衡

---

システムの開発策など。日本原子力産業会議[1983]『原子力年鑑 昭和58年版』1983年9月、p200-201。

<sup>46</sup> 日本原子力産業会議[1986]『原子力年鑑 昭和61年版』1986年8月、p115。

<sup>47</sup> 原子力産業会議「原子力産業の展望と基盤強化への課題－発電炉開発委員会産業基盤強化小委員会報告書－」1986年5月。

の道に追い込まれる可能性がある」と指摘されている。これに対する、「産業基盤強化への基本的方策」は、「原子力産業の活力を維持・発展させていくためには、市場の拡大は最も重要な要件であり、軽水炉による原子力発電の経済性向上によって他電源に対する競争力を高めること、海外への輸出に取り組むこと、技術開発によって新たな原子力市場を創出すること」とされた。

経済性向上については、以下のようにまとめられている。

### 資料 3

経済的優位性を確保するためには、電気事業者、原子力供給産業が協力してプラントシステムの合理化等による建設費の低減を図り、また、燃料サイクル費、運転維持費の低減のほか、利用率の向上等につとめることが肝要である。これを通じて、発電コスト面で大幅な経済性の向上を達成していくことが可能となる。また、このためには、国は軽水炉の安全な運転実績、研究開発の成果から得られた知見を反映して、実情に即した規制・基準の合理化を積極的に進めるべきである。

(原子力産業会議「原子力産業の展望と基盤強化への課題－発電炉開発委員会産業基盤強化小委員会報告書－」より抜粋)

業界の努力も行うとしつつも、国に規制緩和を求める姿勢が色濃く出ている。より具体的には、設備の「安全設計については、原子力開発の初期にくらべて、実状態に近い条件での実験結果もしだいに得られてくる等、新しい知見も得られているので、設計思想を見直すことにより総合的安全性を損なうことなく、かなりの合理化が期待できると考えられる。これには規制側の理解が必要であり、産業界から規制側への積極的な働きかけが必要である」。

また、利用率向上のため、「最も効果があるのは、定期点検の間隔を広げる、および定検期間を短縮することであり、規制面における対応を急ぐとともに、発電所機器についても、その信頼性を向上して一層の長期間運転に耐えるように推進する必要がある。また、従来発電所の安全な運転のために採用されてきた負荷上昇率の制限等も設計の改善、経験の反映等により次第に緩和の方向にあるが、これを一層進める必要がある」と主張する。

業界の主張としては当然のことであろうが、原子力産業がそれまで蓄積してきた人材や設備を維持し、その活力を高めるために市場の拡大が必須であること。市場の拡大のためには経済性を向上させる必要があり、そのためには業界でも合理化に努力するが、設備の

安全規制や定期点検に関する規制の緩和を国に強く求めているのが特徴的である。

1980年代前半の原発に関する産業政策が、経済性向上のため、「標準化」を強調していたのに対して、業界側は定期点検間隔を広げるとともに点検期間を短縮するなど、規制緩和と推進をより重視する傾向にあったものといえる。

#### (5) 定期点検の合理化による稼働率向上の重視

通産省の策定する産業政策においても、1983年の「原子力発電高度化懇談会報告書」に見られたような、「標準化」重視は、次第にトーンダウンしていった。かわって重視されたのが、定期点検期間の短縮などによる設備稼働率の向上である。原子力業界の意向と平仄の合う方向性であり、また、原発の新規建設が困難になってきたことを主要な背景とするものである。

上記の同報告書を踏まえ、総合エネルギー調査会原子力部会の軽水炉技術高度化小委員会で検討がなされ、1984年8月、中間報告がまとめられた<sup>48</sup>。これによると、「軽水炉は、燃料の低廉かつ円滑な調達が鍵を握る在来型火力発電に比して、極めて技術集約的な発電システムであり、その建設・運転・保守の各段階を通じ、技術が決定的に重要な役割を担っている。これは、軽水炉が今後の電力供給の主力を担っていくべきものであることを考え併せると、軽水炉技術の在り方が今後の我が国の電力ひいてはエネルギーの安定供給に重要な影響を与え得ることを意味する」として、軽水炉の技術高度化の必要性を訴えている。

いぜんとして、自前で技術開発を図り、「日本型軽水炉」の確立が必要であると述べられているものの、この報告書ではそうした長期的な目標よりも、既存の軽水炉の改善に関わる短中期的な目標が強調されている。一方、1983年に強調されていた「標準化」の推進という観点は全く見られなくなった。

高度化の目標と技術開発課題として、多様なポイントが挙げられている。そのうち、重点的に取り組むべきものとして、最初に指摘されているのが「より高度の信頼性及び経済性の追求」である。そのために第一に強調されているのが、「定期検査の効率化」と「運転継続期間の長期化」による「運転サイクルの最適化」である。これに加え、事故・故障の未然防止などにより、以下のような目標が定められた。

---

<sup>48</sup> 「より高度の信頼性及び経済性の追求等—総合エネルギー調査会原子力部会軽水炉技術高度化小委員会中間報告—」『通産省公報』1984年8月28日、p8-12。

## 資料 4

標準的な定期検査期間を、現状の 80～120 日程度から効率化を進めることにより平均 60 日程度にするとともに、現在 11 ヶ月程度である運転期間を最大で 18 ヶ月程度、平均で 15 ヶ月程度に延長することを目標とし、以下の技術開発を推進する。その結果、改修に要する時間が現状のまま推移するとしても、現在約 73%である時間稼働率は、長年の運転を経たプラントで 80%程度、比較的新しいプラントで 85%程度に向上するものと期待される。

(「総合エネルギー調査会原子力部会軽水炉技術高度化小委員会中間報告」より抜粋)

以上のように、定期検査期間の短縮による稼働率の向上が経済性追求の主要な手段となったのである。

以上の中間報告が基調となり、1986 年 3 月に原子力部会報告としてまとめられた<sup>49</sup>。これによるとまず、既存軽水炉の技術高度化に関しては、中間報告と同様に、定期検査短縮、運転継続期間の長期化による稼働率の向上を強調している。さらに新型軽水炉の開発については、経済性の向上及び立地の効率化(130 万 kW 級の大容量化等)、運転性・稼働率・信頼性・安全性の向上などを目標として、新型沸騰水型軽水炉(A-BWR)、新型加圧水型軽水炉(A-PWR)のそれぞれの技術開発課題が列挙されている。

「日本型軽水炉」という発想は放棄され、原子炉プラントの「標準化」の徹底は行わず、電力会社と電機メーカーの固定化を前提とした開発の推進という体制が定着したとあってよいであろう。結果的に、経済性の向上については、定期点検の短縮による稼働率向上の重視という方針が前面に押し出されることとなった。

ところで、1986 年の原子力部会報告書が発表された直後に、チェルノブイリ原発事故が生じた。おそらく、これを受けて、しばらくの間、新たな原発の開発や経済性の向上をめぐる議論は停滞したと思われる。次に報告書がまとめられたのは、1991 年に入ってからのことである<sup>50</sup>。この報告書では、経済性の向上という観点は影を潜め、安全性の確保が強調されている。そのために、「故障・トラブル対策」として、「機器やシステムの監視・

<sup>49</sup> 「総合エネルギー調査会原子力部会報告書－21 世紀への軽水炉技術高度化戦略－」(1986 年 3 月 28 日)。日本原子力産業会議『原子力資料 6 1986 No.185』p1-19 に全文掲載。

<sup>50</sup> 「総合エネルギー調査会原子力部会軽水炉技術高度化小委員会報告書」(1991 年月 17 日)。日本原子力産業会議『原子力資料 8 1991 No.247』p1-17 に全文掲載。

検査、性能、保守に関する設計や保守管理の高度化」を求めている。また、「ヒューマン・ファクターに係る対策の高度化」として、「システムの簡素化や日常的な操作・作業の自動化・省力化等により人間が介在する機会の削減を進めるとともに、余裕のある設計の採用、システムの簡素化やモジュール化による作業の容易化、情報処理の高度化による運転員への支援の拡大等マン・マシーン・インターフェース等の改善を図ることが必要である」と述べられている。チェルノブイリ原発事故を受けて、原発に対する「社会的受容性」を高めることが課題となったのである。

チェルノブイリ原発事故で、しばらくの間、「反原発」世論が盛り上がったものの、日本の原発推進政策が基本的に変わることはなく、電力会社と電機メーカーが固定化した共同体制も持続した。上記の報告書に示されたように、安全対策は従来以上に重視されたであろう。しかし、そうした中でも、点検期間の短縮などによる稼働率の向上は、最優先の目標として常に追求されていたものと思われる。1980年代後半から1990年代にかけて、国内各地の原発において、数々の事故・故障隠しがなされたことが、2000年代になってから続々と発覚する<sup>51</sup>。これらは、稼働率向上が過度に追求された結果と解釈できるであろう。

## 5. おわりに

通産省内の資料の残存状況があまり良好ではないという状況のもとで、以下では、本稿の暫定的な結論を述べる。

原発に関する産業政策は、必ずしも政府が主導したのではなく、電力会社と電機メーカーとの固定的関係を前提として展開した。

原子力利用に関しては、初期には政治家が主導することが多く、特に旧科学技術庁系の先端的な技術開発や核燃料サイクルの推進、濃縮ウランの確保、原子力協定の締結などについては、政府主導の「国策」的側面が非常に強かった。一方、商用の原発に関しては、1960年代までは「国産化」に向けた産業政策という小さな枠組みの中に収まっていた。通産省は、「国産化」のための融資制度等を整備したが、具体的な原発の開発や建設の推進に関して、先導的に動いたわけではない。原発国産化に向けた政策支援を受けながらも、電力会社と電機メーカーは自立的に動き、海外技術導入と国産技術開発に向けて共同研究を積み重ねた。これにより、PWRグループとBWRグループを形成し、着々と原発建設を推進していったのである。

---

<sup>51</sup> 前掲、吉岡斉[2011]p321-325にコンパクトにまとめられている。

アメリカで先行開発された発展途上の原発技術を日本が吸収し、さらに洗練させていくためには、当時の各電機メーカーにおける原発に関するノウハウや人材の賦存状況を考えれば、そうした原発建設推進のあり方や国産化政策は、一定の合理性を持っていたものと考えられる。共同研究を背景に、原発建設の過程では、単なる技術導入にとどまらず、島根発電所の事例に見られたように、独自の改良や新たな技術の改良もなされ、そうした技術が設備に体化されていった。

その後、1970年代の石油危機を経て、エネルギー政策が「国策」上の地位を高め、石油代替エネルギーの中で原子力が脚光を浴び、その開発推進政策が強化されるに至る。「国策」上の地位を高めたにも関わらず、原発開発推進体制の合理性が、根本から改めて検討されることはなく、それまでの歴史的な経路に依存することとなった。1960年代以来、原発の国産化と独自技術の開発は、すでにかんがりの水準にまで進んでいた。特に技術開発の中心となった電機メーカーの開発能力は極めて高く、国産化政策で想定されていた水準をかなり上回る成果を挙げていたものといえることができるだろう。この段階において、1960年代以来、積み重ねられた電力会社と電機メーカーの共同開発の蓄積を前に、通産省が大きな政策転換を実施し、原子炉型の一本化まで含めたプラントレベルの「標準化」の徹底を追求することは、非常に困難であった。

1970年代後半以降の日本において、原発推進が「国策」であったことは間違いないだろうが、商用の原発開発に関しては、国主導ではなく、電力会社と電機メーカーの固定的関係の追認・強化として政策が実行されたのである。建設計画と資金調達を電力会社が担い、電機メーカーが技術を提供することで、両者が共同で主導し、政府が立地対策、原料確保、廃棄物処理等に関して側面支援をする、原発開発推進体制が定着した。

原子炉プラント全体のサイズやシステムに関わる標準化推進の合理性に関しては、本稿での検討のみでは不十分であり、今後、より詳細にわたって分析する必要がある。本稿で強調したのは、産業政策が電力会社と電機メーカーの固定的関係を追認・強化する形で実施された結果、標準化推進の合理性についての検討が不十分なまま、稼働率向上に向けた動きが強化された歴史的経緯である。

以上のような原発に関する産業政策そのものの問題点として、以下のことを重視しており、またそれが、本稿で「国産化」政策から「改良標準化」政策に向けての歴史的経緯を改めて検討した理由である。

「標準化」の不徹底による多様な炉型の乱立は、経済性の問題だけでなく、原発の安全

確保に関して、より深刻な問題をもたらした可能性が高い。炉型が多様であれば、細かな設計・仕様を考慮した適切な安全規制を策定するのに多大なコストがかかる。およその指針が示され、あとは電力会社の自主的な対応に委ねるほかないであろう。さらに、安全規制が守られているかどうかを監視することも、設備が多様であればコストが高くなる。それぞれの設備に熟知し、的確な監視ができる人材を養成することは容易ではない。監視が十分にできなければ、電力会社側には、原発にトラブルが生じた場合に隠蔽するインセンティブが生じやすいであろう。トラブル隠蔽、事故隠しの発覚による原発の運転停止、それに伴う稼働率の低下は 1990 年代以降にもしばしば生じたことであり、このことは、原発の経済性にとってもマイナスとなった<sup>52</sup>。

もし、原発に関する産業政策が、歴史的経緯に制約され、長期的に見て上記のような望ましくない結果を生み出したのだとすれば、その時々々の制約条件を強く反映した政策の合理性の検討のみでは十分ではなく、政策史を十分に踏まえた上で、長期的な観点から、時には抜本的な政策転換を試みる必要があるであろう。

フランスでは、初期に採用したマグノックス炉においては、主契約者も多様であった。そこから、PWR 一本、主契約社一社独占に絞るという方向へ、原発開発政策を転換している。となれば、日本においても類似したような転換が不可能であったわけではないだろう。いつの時点で、どのような条件が満たされれば、政策転換が可能であったのか。本稿では検討できなかったが、産業政策史研究においては興味深い論点である。

---

<sup>52</sup> 原発のトラブルと稼働率に関しては、戒能一成[2009]「原子力発電所の稼働率・トラブル発生率に関する日米比較分析」RIETI・Discussion Paper Series 09-J-035、経済産業研究所、2009年12月。

年度	合計	原子力発電機器 (9電力向け)	原子力発電開発 (原電向け)	核燃料サイクル
1965	0	0	0	0
1966	36	3	22	
1967	44	29	15	
1968	58	37	21	
1969	69	41	21	7
1970	124	116		8
1971	229	213		15
1972	274	274		
1973	382	332	50	
1974	393	321	72	
1975	381	246	130	5
1976	521	374	140	7
1977	670	546	114	10
1978	1149	1058	72	20
1979	982	977		5
1980	1687	1674		13
1981	1450	1449		1
1982	1800	1639	144	17
1983	2149	1833	295	21
1984	2423	2120	301	3
1985	2186	1832	354	
1986	2220	1834	281	105
1987	1684	1544		140
1988	1780	1499	40	242
1989	1800	1497	40	263
1990	2005	1551	30	425

出所: 日本政策投資銀行編纂『日本開発銀行史』2002年3月

運転開始年月日	発電所	電力会社	国産化率(%)
1966年7月	東海第一	原電	35
1970年3月	敦賀1号機	原電	55
1970年11月	美浜1号機	関西	58
1971年3月	福島第一1号機	東京	56
1972年7月	美浜2号機	関西	72
1974年3月	島根1号機	中国	94
1974年7月	福島第一2号機	東京	53
1974年11月	高浜1号機	関西	61
1975年10月	玄海1号機	九州	87
1975年11月	高浜2号機	関西	90
1976年3月	福島第一3号機	東京	91
1976年3月	浜岡1号機	中部	90
1976年12月	美浜3号機	関西	93
1977年9月	伊方1号機	四国	94
1978年4月	福島第一5号機	東京	93
1978年10月	福島第一4号機	東京	91
1978年11月	東海第二	原電	51
1978年11月	浜岡2号機	中部	94
1979年3月	大飯1号機	関西	67
1979年10月	福島第一6号機	東京	63
1979年12月	大飯2号機	関西	87
1981年3月	玄海2号機	九州	99
1982年3月	伊方2号機	四国	99
1982年4月	福島第二1号機	東京	98

注: 国産化率は、日本メーカー製作機器額/機器総額

出所: 原子力委員会『原子力白書 昭和57年版』1982年12月

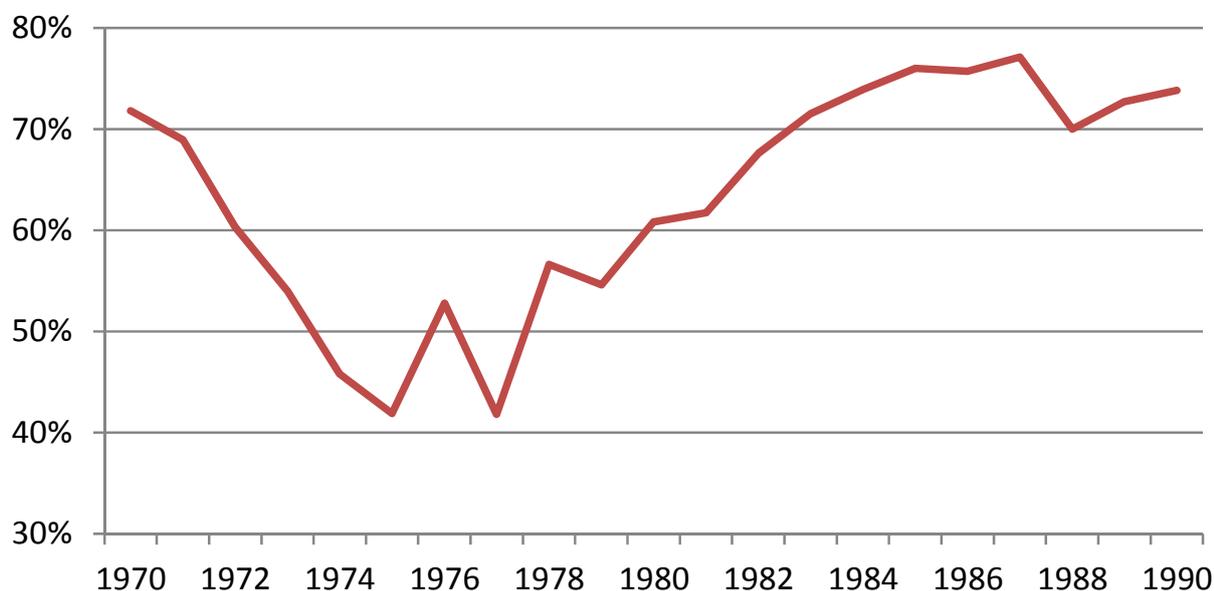
表3 日本とフランスの商用原子力発電設備の炉型・容量

	炉型	出力(MW)	営業運転開始時期						主契約者
			1970-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99	2000-05	
日本	BWR	820-825			1		1	1	日立1、東芝1、東芝/日立1
		1100-1137	2	2	4	5		1	日立4、東芝6、東芝/日立2、GE/東芝1、GE/日立/清水1
		1356-1380					2	1	東芝/日立1、GE/東芝/日立2
		その他	9	1		1			
	PWR	559-579	2	2	1	1			三菱重工6
		826-890	3	1	3	1			三菱重工2、三菱商事5、WH/三菱商事1
		1160-1180	2		1	3	1		三菱重工5、WH/三菱商事2
	その他	2							
フランス	PWR	917-956	5	23	6				Framatome34
		1362-1382			14	6			Framatome20
		1560-1561						4	Framatome4
		その他							

注：Framatomeは、現Areva

出所：原子力産業協会『世界の原子力開発の動向 2006年次報告』2007年4月

図1 原子力発電の設備利用率



出所：通商産業省資源エネルギー庁公益事業部監修『電気事業の現状』各年版