

第5章 日本の原子力発電と原子力産業

5 - 1 原子力発電の歴史を振り返る

(1) 夢と期待の技術に挑戦

わが国の原子力発電は丁度 50 年前の 1953 年(昭和 28 年) 国連総会での米国アイゼンハワー大統領の「原子力平和利用提案」から始まった。この演説が行われた背景には、米国の原子力産業界の圧力だとか国連を通じての米国の原子力技術独占意図と言った説がある。だが、現実に使われた原爆の惨禍を見て、原爆によって世界大戦を終結させて世界平和を望んだ原爆開発の科学者・技術者たちの深い悔恨が、国連管理のもとに原子力エネルギーを平和利用することによって真の世界平和を実現したいという強い意志となって表明されたもの、といわれる。

わが国では 1945 年 8 月のヒロシマ・ナガサキの原爆から 10 年経っていない時期であり、にもかかわらず 1951 年漫画「鉄腕アトム」が登場したように原子力エネルギーへの夢と期待の時代でもあった。

これは、原子力という科学技術とその社会への応用において「放射能災害の防止」と「平和利用に限定」を最重点におくことと、またその科学技術を担う専門家のモラルを「自主・民主・公開」原則によって規定する、という、国連演説の 2 年後の 1955 年のわが国独自の原子力基本法の成立につながった。

1945 年 8 月 15 日の終戦後、わが国の経済・産業の復興のために石炭と鉄鋼産業への傾斜投資による増産とそれを基に電力増産が行われた。1951 年には戦時中から続いた国による電力統制(国営の日本発送電会社と 9 つの民営配電会社体制) が終わり、電力再編成によって現在の発送配電一貫の民営 9 電力会社(現在は沖縄電力を入れて 10 社) と国営の電源開発会社が誕生した。

戦後の電力需給事情は極めて悪く停電や電休日などが恒常的であったため、これら電力会社は発足早々から石炭火力の新増設や当時わが国で貴重なエネルギー資源であった石炭と並んで「白い石炭」といわれた大規模水力発電の新増設に必死になって取り組んでいた。まさにこの時期に「原子力平和利用 原子力発電」への途が開けたのである。この頃中東の石油はまだ世界市場に登場していない。

戦前、資本主義的経済発展を目指すわが国の国内エネルギー資源不足が国外進出の一因ともなり、太平洋戦争に突入していった苦い歴史を顧みた時、戦後復興の鍵となる電力増産に向けてこの新しい技術、原子力発電への挑戦は、国としても、また電力会社にとっても、喫緊の課題だったのである。

(2) 原子力技術の導入

米国はその頃、さまざまな型式の原子炉による実験研究を行って原子力発電技術の可能性と安全性の確認を進めていた。わが国も米国から導入した技術と貸与されたウランによって茨城県東海村の日本原子力研究所に小型研究用原子炉 JRR1, 2, 3 ならびに動力試験炉 JPDR を建設し、それらはわが国の原子力発電の商用化と国産化に大きく寄与した(写真 5.1.1)。

写真 5.1.1 日本で初めて原子力発電に成功した動力試験炉 JPDR



〔出典〕日本原子力研究所

1954 年には旧ソ連が独自のチャンネル型黒鉛減速軽水沸騰水炉で世界初の原子力発電所(5000 kW)を、また 1956 年には英国が世界初の商業発電用黒鉛減速炭酸ガス冷却炉(コルダーホール型、6 万 kW)を、それぞれ完成させていた。そこでわが国は、わが国同様エネルギー資源の乏しい英国(北海油田はまだ発見されていない)が開発したこの型式の原子炉を輸入することとなった。その建設主体として「正力河野論争」といわれる

民間会社か国営会社かの対立があったが、最終的に民間の国策会社「日本原子力発電会社」が官民により設立された。国の重要政策である原子力発電を民間の効率経営のもとで行うこの方針は、原子力開発におけるいわゆる「国策民営」のはじめといってもよく、これに続く民営 9 電力会社による大規模な原子力発電開発の進展につながっていった。

また、原子力プラントメーカーなどの原子力産業も高度かつ広範囲な原子力技術に関わる技術の総合化と巨額にわたる必要資金の調達・結集を目指して 5 つの産業グループ(三菱グループ、住友グループ、三井グループ、東京原子力グループ、第 1 原子力グループ)が結成された。そして第 1 原子力グループの富士電機を主契約者とする日本原子力発電によるコルダーホール型ガス炉に続く軽水炉プラントの建設にあたって、加圧水炉(PWR)は米国ウエスティングハウス社(WH)と提携

写真 5.1.2 日本原電東海 1 号



〔出典〕日本原子力文化振興財団

した三菱重工業が、また沸騰水炉(BWR)は同じく米国ジェネラルエレクトリック社(GE)

と提携した東芝と日立製作所が主契約者となっていった。その他のグループも核燃料やプラント機器製造等に広汎に参画している。

このようにしてわが国初の商業用原子力プラント、東海発電所(16万6000kW)は1960年着工、1966年に運転を開始した。このプラントは32年間運転されて1998年3月に停止、現在解体工事中である(写真5.1.2)。

(3) 軽水炉原子力発電のスタート

昭和30年代に入ると、米国では、商業用プラント向けにスケールメリットによる経済性を追求した大型原子炉として、GE社は沸騰水炉、WH社は加圧水炉と、しのぎを削る軽水炉の開発と市場開拓が進んだ。

米国での初期軽水炉プラントの経済性などの実績を見て、電力会社は軽水炉の導入に傾き、日本原子力発電による敦賀1号(BWR、35万7000kW、1970年3月運転開始)の先駆的な導入に引き続き関西電力美浜1号(PWR、34万kW、1970年11月運転開始)(写真5.1.3)、東京電力福島第一1号(BWR、46万kW、1971年3月運転開始)(写真5.1.4)が相次いで導入されて原子力発電の本格的な商業利用の時代に入った。

電力会社が高度経済成長期の電力需要急増に対応するには、プラントの単基発電出力の増大とそのスケールメリットに限界があったガス炉に代えて軽水炉が選択されたものと言える。同じ軽水炉であるPWRとBWRには技術面や経済性の面で本質的な違いは無く、先行した火力発電プラントなど電力用機器の発受注を通じて培われた電力会社とメーカーと歴史的な信頼関係が、PWRかBWRか電力会社の選択に少なからず影響しているといえる。

(4) 国内自主技術による原子力発電開発へ

エネルギー資源に乏しいわが国は原子力発電についても同様で、軽水炉燃料のウランはほとんど全量輸入に依存せざるを得ない。そのため使用済みのウラン燃料を国内で再処

写真 5.1.3 関西電力美浜1号



写真 5.1.4 東京電力福島第一1号



[出典] 日本原子力文化振興財団

[出典] 日本原子力文化振興財団

理・リサイクルすることによって輸入ウランを国産資源に変えてゆくこと（準国産エネルギー資源化）が、原子力発電開発当初からの国の方針であった。それは同時に、将来のわが国の電力やエネルギーの中核となるべき原子力発電の技術および原子力発電プラントなどの機器・設備を基本的にすべて国産・自主技術化を目指すことでもあった。

このため、原子力発電に先行した輸入新鋭火力発電プラントでの国産化戦略と同様に、初号機を輸入、2号機目は原則同じ設計で機器・設備を国産、3号機目以降から設計を含めすべてを国産化することとし、その過程で米国生まれの原子力技術を習得しつつ国内技術の育成に向けて吸収・発展させてきた。しかも、急速に発展した新しい原子力技術であるが故に、初期の商業用原子力プラントに米国でもわが国でも、安全に関わる重大なものではなかったが、いくつかの初期故障が発生した。しかしその時期が折りしも1973、78年の石油危機にあたったのである。その一方で、世界的に新設石油火力発電の原則禁止がルール化されたこともあり、原子力発電は、脱石油政策の中で石炭・天然ガスと並んで「脱石油3本柱」の重要なひとつと位置付けられたのである。

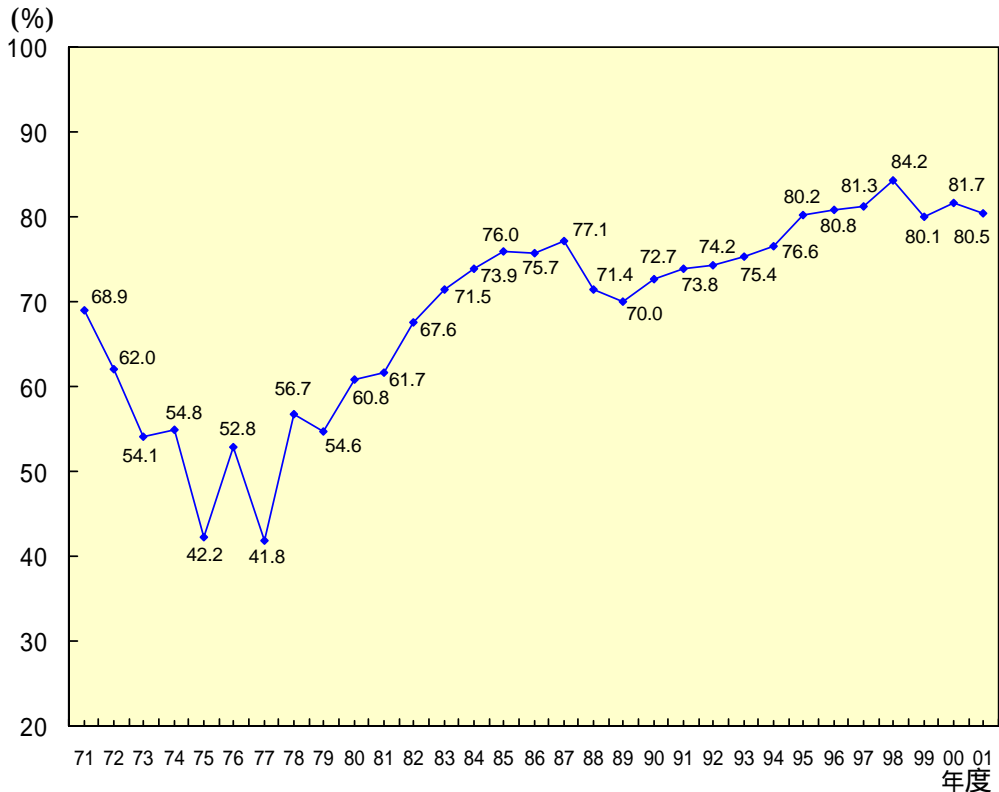
このため、軽水炉発電技術の信頼性を向上させ、国内自主技術によって定着させることが急がれることとなり、産・官・学挙げての協力のもとに1975年から85年にかけての10年間、3次にわたって「軽水炉改良標準化計画」が展開された（表5.1.1）。この中で従来米国技術に依存していた軽水炉に日本の技術伝統や技術管理システムを適用して、いわば「日本的軽水炉」へと育てて行った。その結果は次第に、故障率・稼働率・作業員線量などで世界トップレベルの運転実績となって表れ（図5.1.1）またBWRユーザー・メーカーの国際的な協同作業による改良型沸騰水炉（ABWR）として結実し、世界最初の東京電力柏崎刈羽6・7号機（136.5万kW、1996、97年運転開始）が建設された。

表 5.1.1 軽水炉の改良標準化

		第 1 次改良標準化計画	第 2 次改良標準化計画	第 3 次改良標準化計画	
実施機関		昭和 50 年度～昭和 52 年度	昭和 53 年度～昭和 55 年度	昭和 56 年度～昭和 60 年度	
主な成果 (第 3 次計画については計画の主な内容)	信頼性及び稼働率の向上	設備利用率 約 70% (耐 SCC 材採用 蒸気発生器の改良等)	設備利用率 約 75% (制御棒駆動機構の改良 燃料の改良等)	改良型軽水炉の開発・標準化 A-BWR: インターナルポンプ、新型制御棒駆動機構、高性能燃料等の採用 A-PWR: 大型炉心、高性能燃料等の採用	
	定期検査期間の短縮	定期検査日数 約 85 日 (在来プラント 90～100 日 格納容器の大型化 燃料交換機の改良等)	定期検査日数 約 70 日 (制御棒駆動機構自動 交換機の採用 燃料検査システムの 改良等)	在来型軽水炉の改良 定期検査(主としてタービン系)に関する改良、廃棄物処理設備の改良、建設工法の改良等	
	作業者の受ける線量の低減	在来プラントの約 75% (クラッドの発生防止 及び除去対策 蒸気発生器細管検査 の自動化等)	在来プラントの約 50% (ISI (供用期間中検査) 自動化範囲の拡大 水質分析装置の自動化等)	標準化プログラム 耐震設計の標準化、許認可 関連事項の標準化、廃棄物 処理方法等の標準化、標準 プラント基本仕様の確立	
代表プラント例	B W R	福島第二 2 号 (運転中) 浜岡 3 号 (運転中)	柏崎刈羽 2 号 (運転中) 柏崎刈羽 5 号 (運転中)	A B W R	柏崎・刈羽 6、7 号 (運転中)
	P W R	川内 1 号 (運転中) 敦賀 2 号 (運転中)	玄海 3 号 (運転中) 玄海 4 号 (運転中)	A P W R	敦賀 3 号 (平成 22 年度運開予定) 敦賀 4 号 (平成 22 年度以降運開予定)

[出典] 原子力ポケットブック 2003 年版 (日本原子力産業会議)

図 5.1.1 原子力発電所設備利用率の推移



[出典] 著者作成

(5) 原子力発電の長所と留意しなければならないこと

原子力発電に関する長所と留意しなければならない基本的な点について述べれば、長所としては、

技術で創造するエネルギー

技術によってウラン鉱石をエネルギー資源に変える“技術によって創造されたエネルギー”であること。これは技術の進展によってウランのもつエネルギー資源としての大きな潜在的な可能性を発揮させることができる、ということである。ウラン元素に 0.7%しか含まれないウラン 235 を主に利用する軽水炉から、残りの 99.3%のウラン 238 をプルトニウムに変換して利用できる高速炉まで、技術の可能性は貴重なウラン資源を使い尽くして行ける。この意味で原子力技術と原子力エネルギーは世界的・地球的スケール、および世代を超えた人類的なスケールでの利用が期待でき、またこれを担って行くにはそれに応じたスケールの視野が求められる。同時に原子力には不断の研究開発・技術開発が伴わなければならない。

準国産エネルギー

軽水炉の使用済みウラン燃料をわが国の国内で再処理して、燃え残りのウランとプルトニウムを再び国内の原子力発電にリサイクル利用ができる。それは資源小

国のわが国にとっては、現在ほとんどすべて輸入に頼っているウランを、一度輸入すればあとはわが国の自前の国産エネルギー資源として自主的に利用できる、ということである。これはわが国のエネルギー供給の安全保障の面で大きな意義を持つ。

発電コストの長期安定性
 原子力発電の発電単価のうち、ウラン燃料費は30%程度に過ぎない上に原料のウラン鉱石代はそのまた10%程度であるので、ウラン鉱石が輸入であってもその価格変動の影響を受けにくいこと。これは燃料費が60%程度のために原料の石油や天然ガス価格に大きく影響される火力発電とは大きく異なる点である。

また発電単価の70%程度を占める資本費は年々減価償却で低減して行く。したがって原子力発電の発電単価は長期にわたって安定に推移すると言える。このことは社会生活や産業を下支えするベース供給の発電として重要な意味を持つ(図5.1.2)、**備蓄・輸送に便利**

100万kWクラスの発電所を一年間運転するのに必要とする一次エネルギー資源量が、原子力発電では極めて少なく済むこと。例えば天然ガス火力発電所では1年間に約97万トンもの天然ガスを必要とし、これは20万トンタンカー4.4隻分に相当するのに対し、原子力発電所では濃縮ウラン約21トンで、10トントラック2.1台で運べる量である。そのために輸送や備蓄も比較的容易である。また、ウラン燃料は一度原子炉に入ると1年以上補給せずに運転できるため、不意の燃料途絶があっても直ちに発電に支障が生じることはない。

さらに、火力発電所は常時の燃料貯蔵のために広い土地を必要とするが、原子力発電所はこれが不要であるうえに、もともとウランは“エネルギーがたくさん詰まった(エネルギー密度の高い)”資源なので、化石燃料火力発電にくらべて小さなスペース、狭い土地で同じだけの電力を発生できる。しかし、実際には立地基準や発電所運用上から、できるだけ広い土地を発電所用地として確保している。

温室効果ガスを出さない
 化学反応エネルギーを利用

する火力発電は、炭素と酸素の化学反応のために本質的に炭酸ガスの発生が避けられない。しかし原子力発電は原子核エネルギーの利用であるため、運転に伴う炭酸

図 5.1.2 1キロワットアワー当たりの電源別送電コスト(送電端)

水力		13.6 円程度
石油火力	燃料費の割合(6割程度)	10.2 円程度
石炭火力	(4割程度)	6.5 円程度
LNG火力	(6割程度)	6.4 円程度
原子力	(3割程度)	5.9 円程度

<原子力発電コストの内訳>

総費用	5.9 円 / kWh
資本費 (減価償却費、固定資産税、廃炉費用)	2.3 円 / kWh
運転維持費 (修繕費、一般管理費、事業税等)	1.9 円 / kWh
燃料費 (原子力燃料サイクルコスト)	1.9 円 / kWh

[出典] 総合エネルギー調査会原子力部会資料(平成11年12月)

ガスの発生はほとんど無い。この意味で、地球温暖化防止のために温室効果ガスである炭酸ガス発生抑制が焦眉の急とされている現在、原子力発電の意義は大きい。

また、原子力発電を進めるにあたって留意しなければならない基本的な点をあげれば、

安全無くして原子力なし

ウランの核分裂のエネルギーを利用した発電に伴い、放射能の強い、あるいは半減期の長い放射性物質が派生するため、発電所周辺の人々や環境に対して潜在的な危険性は否定できない。それが顕在化しないように深層防護（多重防護）の考え方等にもとづく危険性の封じ込めに万全を期さなければならない。具体的に概説すれば、発電設備の故障・事故の防止、発電所周辺に住む人々・発電所で働く人々の放射線防護、発電所から出る放射性廃棄物の安全な処分と管理、ウラン燃料などの放射性物質の安全な輸送・貯蔵などにおける放射性物質や放射線の安全が、事業者による自主的な安全管理と法令や規格基準にもとづく国の安全規制等によって十二分に確保されなければならない。

社会との絶えざる対話

原子力エネルギーは社会の側から見て、技術を駆使した多大な便益への期待の一方で、不幸にして原子爆弾として使われたことから放射線・放射性物質の危険性への恐れ、が根強く存在する。人々の心に原子力の光と影の両面が常に意識されている、といえる。したがって原子力エネルギーの開発・利用にあたっては、それに携わる技術者・関係者は官民を問わず常に、“単なる技術としての原子力”を超えて社会システムとしての原子力、文化・文明としての原子力など広い視野をもって社会に対する透明性の確保とそのための双方向対話を欠いてはならない。

平和利用の徹底

原子力エネルギーは平和利用に徹して開発・利用してこそ、その人類史的意義があると考えられるが、現今の世界では、軍事利用やテロの手段を狙う核の拡散の懸念は残念ながら皆無ではない。平和利用に徹したわが国は、常に核拡散の危険性の低減・除去に向けて国際的な貢献を進めて行く必要がある。

（６）原子力発電所の事故に学ぶ

原子力発電プラントの歴史に欠くことのできない米国スリーマイルアイランド発電所および旧ソ連チェルノブイル発電所の事故とその教訓については「５ - 3 原子力発電所の安全を支える人々と仕組み」の（４）節で記述する。

（７）原子力発電の現在は？

わが国では現在 52 基 4574.2 万 kW (BWR・ABWR29 基、2637.6 万 kW、PWR23 基、1936.6 万 kW) が運転されており日本全国の 1 年間の発電電力量のおよそ 31% を占めるに至っている。とくに東京の首都圏に電力供給している東京電力では 17 基 (BWR、ABWR、1730 万 8000 kW) で年間電力量の 40% 以上を供給している。また大阪・神戸・京都の都市圏に供給する関西電力は 11 基 (PWR、976 万 8000 kW) で約 47%、九州圏に供給す

る九州電力は6基(PWR、525万8000kW)で約44%、また四国圏に供給する四国電力は3基(PWR、202万2000kW)で約48%と、原子力発電はわが国全体でもまた地域においても重要なベース供給力になっている(図5.1.3)。

原子力発電所は重要なベース供給力として、適切な規模の強固な電力系統に接続されて安定な運転の継続が確保されなければならない。そのために電力系統を構成しているさまざまな電力設備の故障・事故が無いように、電気事業者は設備の監視や保全に日夜万全を期している。また送電線などに落雷があってもその影響が系統の安定運転に影響しないよう、技術的にさまざまな工夫がなされている。さらに北海道・本州・四国・九州それぞれの事業者の電力系統は互いに連係されていて全国的に電気の融通もできるし万一の発電所事故や系統事故時にも系統全体の安定が維持されるようになっている。

このように送電線は北海道から四国・九州までつながっているが、歴史的な事情から東日本は50ヘルツ系、西日本は60ヘルツ系と周波数が異なるため2箇所「交流 直流 交流周波数変換所」を介して電気が流れている。電力網が全国で連係されていることは電力系統の安定運用に極めて有効であるが、大電力の融通についてはこのために東西の融通量には制限がある。こうしたことからこの夏に心配される東京電力の原子力発電所停止にともなう西日本からの融通にも限度があるのである。

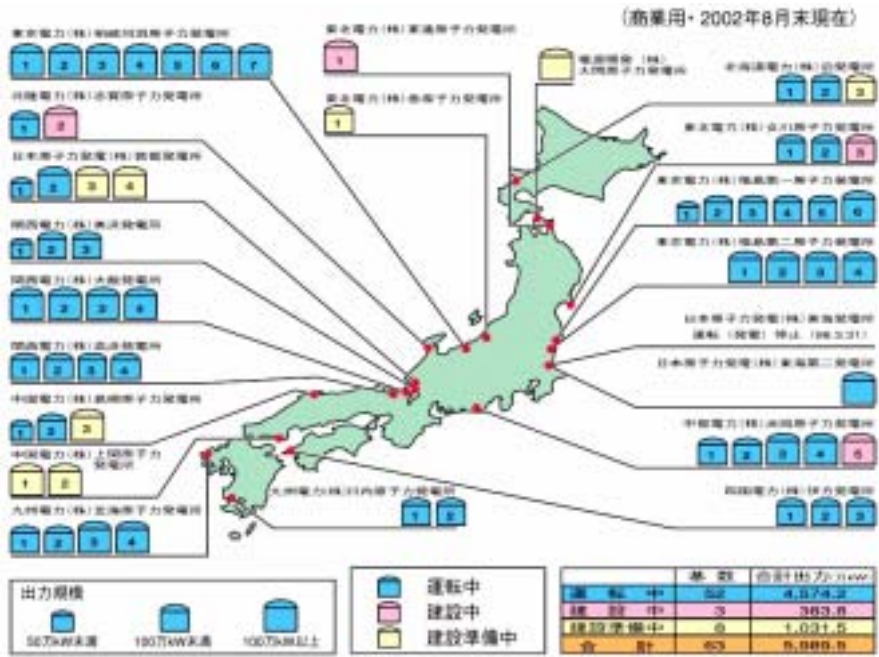
5 - 2 原子力発電プラントの一生

(1) 原子力発電の使われ方

電力会社は毎年、10年先までの電力需要(kW, kWh)を予測し、一般的には8%から10%くらいの余裕(予備力)を織り込んで、供給力の増加、すなわちどのくらいの規模の発電設備を何処に、何時頃建設すればよいか、を計画する。電力需要は、多少の差はあるが年を追って伸びつづけ、また1日24時間の間にも1年(春夏秋冬)の間にも需要は大きく変化する(図5.2.1)。しかし発電設備は予想される最大の電力需要(kW)に合わせてつくらなければならない。また発電設備は需要のピーク時に短時間運転すればよいピーク供給力、1日あるいは1年通して供給し続けるベース供給力およびその中間のミドル供給力に分けられ、それぞれに適した性質の発電設備が選択される。

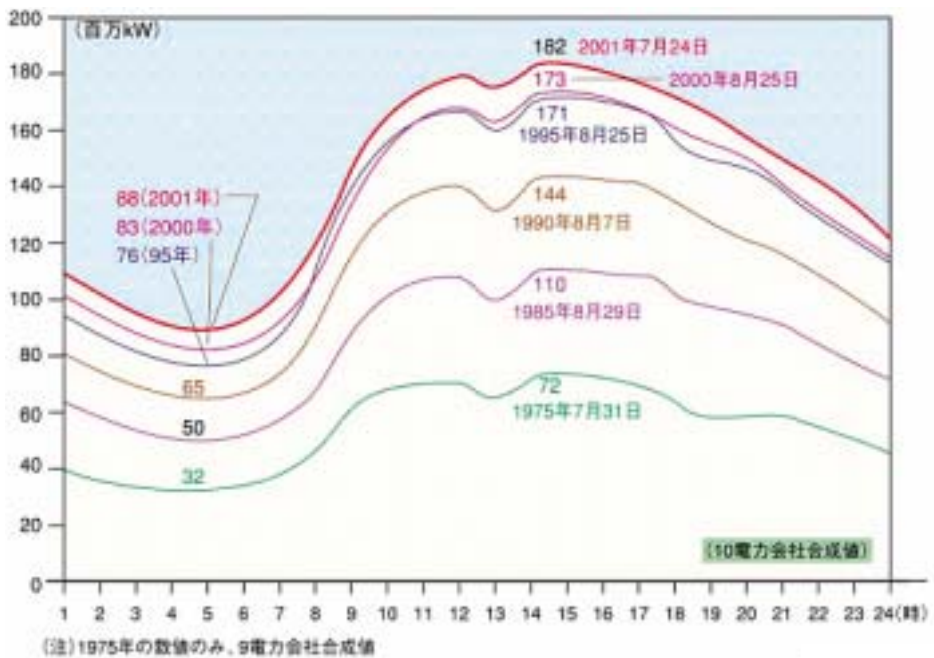
規模が大きく建設費も高い原子力発電プラントは安定した運転でできるだけ多くの電力(kWh)を生産してコストの安い電力を供給するようにベース供給力として使われる。そしてしっかりしたベース供給力があってこそ電力市場の自由化が進められる、といってもよい。

図 5.1.3 日本の原子力発電所の運転・建設状況



[出典] エネルギー手帳 2003 (東北原子力懇談会)

図 5.2.1 真夏の1日の電気の使われ方の推移



[出典] 電気事業連合会

(2) 新しいプラントを建設する

電力会社は新たな原子力プラントの建設計画を国に届け出、計画地点の道・県知事の同意を得て国の電源開発基本計画に組み入れられると、地元の了解を得て予定地点の自然環境・社会環境などを事前に調査してプラント設置による影響の評価や必要ならばその対応策を検討して、国が主催する公開ヒヤリング（1次）で地元の人々に説明する。

次いで電力会社は原子炉の設置許可を国に申請して、プラントの放射線・放射性物質の安全確保に関わる基本設計について行政庁と原子力安全委員会による安全審査が行われる。とくに立地点が原子力プラント設置に適しているかどうか、立地審査指針にもとづいて厳密に審査される。この過程で国による第2次公開ヒヤリングが開かれて安全確保に関する地元の率直な意見が直接聴取され、審査に反映される。

設置許可が下りると電力会社はプラントの詳細設計について、工事の進捗に応じて数回に分けて工事計画認可を申請し、行政庁の認可を得て建設工事にかかることになる。

建設する地点として、技術面からは地震、火山、洪水など自然条件の影響を受けないことが重要であり、地震の多いわが国では原子炉を支える安定した強固な岩盤があること、またタービンを回して発電したあとの蒸気を水に戻すための大量の冷却水が取れること、などのため、わが国では海岸地域が選ばれる。欧米の内陸の発電所では河川の沿岸に設置される場合に巨大な冷却塔が使われる。また大規模な建設工事のための用地や機材の輸送ルートの確保も重要である。実際の立地決定には地方自治体はじめ地域の人々の合意と誘致が重要な条件になることはいうまでもない（図6.3.1を参照）。

これらの諸条件がクリアーされて発電所用地の取得、漁業補償などが済み、相互の信頼関係を確認する事業者と地元との安全協定が結ばれるとプラント建設がスタートする。

プラントの建設工事はさまざまな資材・機材や設備などを現場で組み立てて行く複雑なプロセスであり、整然と計画された土木・建築・機械・電気など多くの分野の工事が人身安全・工事安全第一に、高い品質を造り込みながら精密な管理のもとで進む大きな工事である。

プラントのシステムや機械・設備の設計には、かつての人の手による設計図からプラスチックモデルを活用した設計、そして最近は3次元コンピュータグラフィックスを利用した設計（CAD）が主流になっている。

また現場工事の安全確保や建設コストの低減のための工期短縮とより高い工事品質を目指して、工場での組み立て範囲を多くして超大型クレーンで現場に一気に運び込むプレファブ工法や、冬の悪い気象条件を克服するため工事現場を着脱可能な大型の屋根をかける全天候工法が広く使われている。

(3) 原子力プラントの誕生から退役まで

建設工事が終了して多くの設備がそれぞれ国による使用前検査に合格し、最後にプラント全体の総合試験・検査に合格してから商業運転をスタートする。技術の粋を結集した新設プラントの持つ大きな潜在能力を引出し、安全を第一に高い性能を発揮させるのがその後の運転と保守の役目であり、建設段階が「ものづくり」の価値創造であるなら運転・保守段階は「もの育て」の価値創造である。そのために原子力プラントの運転と保守の技術・技能要員は高度の研修・訓練と現場実習を受けたプロフェッショナルである。プラントは

運転期間中、設備の「維持基準」にもとづいて自主検査およびほぼ 1 年毎の法定の定期検査によって絶えずその健全性を確認されながら運転される。

プラントの使用年限は、わが国やフランスなどでは米国のように法令で運転年数が規定されてはいない。事業者によるプラント設計上は通常 40 年程度が目標だが、運転開始後 30 年目および 40 年目の節目に事業者は「定期安全レビュー」を行って安全性について総合的に評価して、国の審査を受けて、必要な機器・設備の補修や取り替えを行った上で運転を続けることになる。

103 基の原子力プラントが運転されている米国では近年、運転履歴をベースとした技術的評価を行って法定されている 40 年の使用年限を 60 年に延長する許可を取得するプラントが増えており、ほとんどすべてのプラントが延長を申請する、と言われている。

(4) 原子力プラントの退役と解体

原子力発電所の寿命は 40 年程度が設計の目標であるが、炉内構造物などの部品を交換することによりさらに 20 年程度の寿命延長が可能となるのは上述のとおりである。一般的にはプラントが高齢化して機器・設備の補修・取替えにかかる費用が収益を上回るようになると、使用年限が尽きたとして運転停止が選択され、退役となる。退役した発電所の中にも放射性物質が存在するので、施設をそのままにしておくことは周辺環境や地域社会の安全にもかわる。そのために退役施設の放射能レベルを下げるなどの処置により当該施設や敷地をプラント再建設や他の目的に利用できるようにすることは社会的な意義が大きい。このように、放射能レベル低減や放射性物質の漏洩防止を図り、敷地を有効にリサイクル利用できるようにすることを廃止措置という。廃止措置は周辺環境への影響や作業員の安全に十分配慮して行われる。このために綿密な計画にもとづき適切な技術と体制および安全規制のもとに進められる。廃止措置はケースバイケースで異なるが、わが国では以下のような工程を標準としている。すなわち、運転停止後、原子炉内の核燃料はすべて取りだされ、放射線レベルの比較的高いプラント部分のレベルの減衰を待つ数年間にレベルの低い部分や放射線の無い部分を順次解体、その後 10 年程度をかけて原子炉圧力容器などレベルの高い部分が解体されてプラント敷地は「さら地」に戻される。

標準工程にもとづく 110 万 KW 級プラントの解体に要する費用はおよそ 300 億円（廃棄物処分費を除く、昭和 59 年価値）と算定されており、その費用は運転中から法令にもとづくルールにしたがって引当金の形で事業者が積みたてている。解体で発生する廃棄物はおよそ 50 万トンから 55 万トンと算定されており、発生する大量のコンクリートや金属材料は 95%以上がほとんど放射性物質に汚染されたものではないため、米国、スウェーデン、ドイツなどでは法令や基準にのっとってリサイクルされた資源として限られた用途に向けられ、一部には安全が確認された上で市場で取引されているものもある。残りの 5%程度は低レベル放射性廃棄物として法令や基準にもとづいて処分される。

海外ではいくつかのプラントの廃止措置・解体が行なわれており、わが国でも試験研究施設の解体事例がある。中でも日本原子力研究所の動力試験炉（JPDR、昭和 38 年から 51 年まで運転）は、わが国初の原子力発電を行ったことで知られているが、初めて解体撤去された発電用原子炉でもある。現在は施設は撤去され、安全が確認されていて跡地には自由に立ち入りができる。JPDR では解体技術の開発とその実地適用が試みられた。

例えば、放射能レベルの高い炉内構造物は遠隔プラズマアーク切断装置などが用いられた。また解体装置の性能や作業人工数、作業員線量など各種データが収集され、解体作業の特徴が明らかにされた。解体作業終了後、その知見を反映して低レベル汚染に対する放射能測定技術、双腕型マニピュレータ、廃止措置計画決定支援システムなどの技術開発が行なわれた。平行して原子力発電技術機構などによる将来の商用軽水型発電炉の廃止措置のための技術開発が進められている。

わが国では、今後多くの原子力施設が廃止措置されることになるが、その先駆けとして商用炉の日本原子力発電（株）東海発電所（黒鉛減速ガス冷却炉）が平成 10 年に運転を停止し、平成 13 年から解体工事が進められている。原子力発電所の廃止措置の技術的な課題はほぼ解決されているが、最近ではリサイクル利用を含め解体廃棄物の合理的な処理処分への取り組みや解体作業の安全評価コードの開発など、より安全で合理的・効率的な廃止措置の実施に向けた諸準備が進められている。

（５）発電所からの放射性廃棄物の処理と処分

原子力発電所からの放射性廃棄物は、基本的に低レベル廃棄物に分類される。発電所で発電に使われた後のウラン燃料は、100 万 KW を 1 年間運転して 20 トン程度排出されるが、この中には燃え残りのウランやプルトニウムが含まれているのでわが国ではこれを廃棄物ではなく貴重なりサイクル資源としている（米国など、この使用済み燃料を高レベル放射性廃棄物とみなしている国もある）。

ウランの核分裂にともなって出る放射線で鉄さびなどが放射化されるなど、発電所の運転によって気体、液体および固体状の低レベル廃棄物が発生する。発電所ではこうした気体、液体の中からフィルターや蒸発・濃縮によって放射性物質を取り除き、安全基準にしたがって測定し、安全確認の上排出される。捕捉した放射性物質はセメントやプラスチック固化材とともにドラム缶に封じ込めて安定化して発電所の専用の貯蔵庫に安全に貯蔵・管理される。使用済の樹脂や放射性物質を扱う保守作業に使われたペーパーやタオル、使い終わった作業服・手袋などは、燃えるものは特殊な焼却炉で焼却・減容し、燃えないものはプレスで圧縮するなどして減容の上同様にドラム缶に封じ込めて同様に貯蔵される。その上で青森県六ヶ所村の日本原燃（株）の低レベル放射性廃棄物埋設センターに埋設される。

要するに発電所からの廃棄物の処理は、いろいろな技術を使ってできるだけその中から放射性物質を捕捉し、減容の上固体化して環境に拡散しにくいように安定化することが基本である。そして地球環境のなかでもっとも拡散しにくい地中に、必要な監視を行いつつ埋設処分するのである。

5 - 3 原子力発電所の安全を支える人々と仕組み

原子力プラントは安全第一に、できるだけ故障・トラブルを抑えて高い設備利用率を目指して運転される。この目的に向けて活動する多くのさまざまな人々と組織が、定められた基本方針やマニュアルなどのルールにしたがってその力を発揮している。

(1) 原子力発電プラントの安全確保の基本 深層防護

原子力発電プラントは、燃料のウラン 235 を核分裂させてエネルギーを取り出す一方で放射性物質が副生される。また同時に、ウラン 238 からプルトニウムという新しい燃料を生産している。

副生された放射性物質、すなわち核分裂したウランの残滓などのもつ潜在的な放射線の危険性を確実に封じ込めて、発電所周辺に住む人々はもちろんのこと、発電所で働く人々の健康等に影響を与えないことが原子力発電の安全の基本目標であり、「事故によって放射性物質がプラントの外部の周辺環境に漏れ出る」という危険性を「深層防護(多重防護)」の考え方で封じ込めている。

具体的には、(1) 燃料棒に閉じ込められた放射性物質が、核分裂の異常な増加による被覆管の過熱破損で漏れ出さないように、如何なる異常時にも確実に「核分裂を止める」こと、(2) 燃料棒を冷却している原子炉水がなくなり、被覆管が過熱破損しないように、如何なる場合にも確実に「燃料棒を冷やす」こと、(3) 万一燃料棒から放射性物質が漏れ出たとしても周辺環境に放出されないように、プラント内に確実に「放射性物質を閉じ込める」こと、であり、いわば「原子力発電の安全の3原則」といってよい。

これを技術的に具現化するための“設計の深層防護の考え方”としては、(1) 品質のよい機械をつくることにより運転中に異常が起こらないようにすること(異常の発生防止)、(2) たとえ異常が起こっても、それが事故に拡大しないように抑えること(異常の拡大防止)、(3) 不幸にして万一事故に至っても放射性物質が周辺環境に放出されないように、上記の安全3原則を確実に遂行できるための多重・多様の安全防護設備を備えること(放射性物質放出の防止)があって、これらを、技術を駆使して多様・多重の機械・設備によって実現している。以上は、いわば「技術による危険性の封じ込め」である(図 6.1.2, 図 6.1.3 参照)。

しかし、原子力プラントの危険性の封じ込めには、通常の産業にはない「念の入った考え」をとっている。それは、上記の「技術による封じ込め」に加えてさらに「原子力発電所と周辺の人々との隔離距離をとる」こと(これは“自然の性質を織り込んだ安全機能”ともいえる)、および、「周辺地域にあらかじめ防災計画を整備する」こと(自分の身を守ろうとする人間の行動をおりこんだ、いわば“人間の持つ安全機能”ともいえる)も安全体系に組みこみ、全く性質の異なる3種類・3層の安全体系によって、周辺の人々の安全、健康に影響を与えないようにしているのである。

以上からわかるように、安全にとってもっとも重要なことは「運転中に機械が異常を起こすことなく健全で安定した運転を続けること」であり、このために、原子力プラントの計画・設計・製造・建設・運転・保守にかかわるプラントメーカー、機器メーカー、土木・建築・電気・機械など多くの工事会社、プラントを発注し運転・保守する電力会社など、多くの関係企業とそこに働く人々がそれぞれの役割に応じて、自己責任原則にもとづいて高いレベルの安全と品質とをプラントに“造りこみ”、またプラントを“育て、その健康を維持する”ために活動している。

さらに、プラントの計画段階から設計・製造・建設・運転・保守、さらに運転停止から解体に至るまで一貫して、法令や技術的な規格基準に則って国の安全規制が行われ、国民

の安全を守る立場に立って事業者の安全活動を監視し評価している。

(2) 品質保証と原子力安全文化 原子力発電所の運営における安全確保の基盤

上に述べたように、原子力プラントの安全確保のためには、まず第一にプラント運転中の機械の故障・トラブルや人為的なミスをできるだけ少なくすることにある。繰り返すが、それはプラントの計画段階から使用年限を全うして廃止措置に至るまで、一貫して、“人間”がその所属する組織や企業の場を通じて、それぞれの段階で「高い品質を機械にしっかりと造りこんで行く」ことによって達成される。安全確保は「人間が主役」ということである。原子力を扱うものが、安全の確保が他の何よりも優先する行動原理であること、そのためにそれを個人、組織、企業経営ぐるみで醸成すべき文化と位置付けて、“原子力安全文化”を確立することの重要性が、チェルノブイル事故の教訓としてクローズアップされたのである。

具体的には、(1)失敗の経験も含め国内外のさまざまな経験と知見が蓄積され、専門家によって集大成されて、制定された各種の規格基準に則って進められること、(2)高い倫理性をもち、所属する組織や企業内に培われた“安全を技術的活動・企業行動における最大の価値あるもの”とする「原子力安全文化」を身につけ、そしてその上に十分な専門教育・研修・訓練を積んだ技術者・技能者などの関係者が遂行すること、(3)活動は自己責任原則にもとづく自主保安・自主検査を基本とし、その結果・成果については国の安全規制当局によって評価・確認される、ということである。当然ながら規則、基準、法令などのルール違反は厳しく罰せられるとともに、当該事業者は社会から指弾され、信頼を失って行くことは最近の事例に見るところである。

原子力発電の安全は、単に技術部門の課題のみならず、技術者・技能者が所属する組織や企業、事業者の経営姿勢が極めて重要であることは言うまでもない。彼等のひとりひとりが自分の持てる力を十分にかつ誤りなく発揮でき、それが組織として総合され、優れた安全実績として実現していくように、職場における原子力安全文化の醸成・浸透を含めて企業経営を方向付けてゆくこと、すなわち原子力経営にあたっての「企業統治」(コーポレート・ガバナンス)のあり方が、原子力発電の安全確保にとって重要である。

また、人間が技術を生み出し、それを主体的に制御することによって、機械を作り、運転するということは、機械に発生する故障・トラブルは“機械が勝手に起こす”ものではなく、機械を作るにあたってその計画から設計・製造・建設・運転・保守にいたるところの段階での技術にかかわる人間の浅慮や考え落ち、ミスなどが運転段階で顕在化したもの、といえるのである。残念ながら故障しない機械はない、ミスをしない人間はいない、ということを前提に安全を考えざるを得ないのである。

その意味で、技術に関与する「人間の要素(ヒューマンファクター)」は、技術現場から経営レベルに至るまで極めて大きいもの、ということになる。原子力の安全において事業者がヒューマンファクターを重視するのはこのためである。

高い技術・技能レベルと同時にしっかりした“技術者・技能者としての職業倫理”、あるいは“経営者・管理者としての倫理”をもった人々が、原子力プラントの一生にわたって「安全と品質とを技術を通じて、経営を通じてプラントに造り込んで行く」ことに、原子力発電プラントの関係者は全力を尽くしているのである。

(3) 原子力技術を担う人材と技術の維持・継承

原子力は、この半世紀間に急速に物理学(サイエンス)から工学(エンジニアリング)へ、さらに産業(インダストリー)へと発展した。この間に原子力特有の学として原子炉工学・核燃料技術・放射線学などを専門に教える大学のコースも急増し、産業界のニーズに応じて人材を育成し、供給してきた。しかし、わが国で 52 基、世界で 430 基を超える多きに達した原子力プラントも、先進工業国における急速な発展に一応の安定期がきている。

このような状況と原子力に対する厳しい社会感情が、大学での原子力専攻コースを選択する学生の減少と質の低下をもたらしていることが、わが国のみならず現在の世界的な傾向である。

しかし既存の多くのプラントが 21 世紀前半の世界のエネルギーの安定供給と地球温暖化防止に大きく寄与して行くことは間違いなく、また人口 100 億にもなろうとする 21 世紀半ばの地球の有様を予見すれば、原子力発電の意義を今しっかり議論しておくことが必要である。

こうした点に注目すれば、今後の原子力技術を担う人材の育成と技術の維持・継承には大きく 2 つの方向を考えなければならない。一つは、既存プラントとその技術を今後安全着実に維持・運営していける人材、もう一つは、その先に来る既存プラントのリプレース対応や電力市場自由化・市場経済社会への変化を先取りして、巨額投資の大型プラントの改良やこれに代わる新しい概念にもとづく革新型プラントの技術開発を担って行ける人材の育成である。

一方、原子力専攻コースによって必要な技術者を生み出してきた国立大学が現在独立法人化の方向にあり、原子力に特化した工学系の学部コースが、エネルギー・環境など多括りの中で消滅あるいは希薄化して行きつつある。こうしたことからそれに対する基本的な方向として、既存プラントについては、実際に民間産業の原子力現場で多数を占める機械・電気などの専攻の人材に企業内教育を軸に大学・大学院コースの活用、また革新型原子炉技術の開発人材については大学や大学院間の連携強化や大学・研究機関のもつ研究炉などの共同利用などを核にインターネット活用のネットワーク大学構想などがある。日本原子力研究所と核燃料サイクル開発機構の統合による新法人もこうした構想の中で大きな役割が期待される。世界的にも例えば、国際原子力機関 (IAEA) などでの「世界原子力大学」構想のほか将来に向けてのアイデアが提示されつつある。また米国では、プッシュ政権下での原子力重視政策、いわゆる「原子カルネッサンス」に対応していくつかの大学で原子力専攻コースの新設が検討されている。

(4) 原子力事故からの教訓

原子力発電にかかわる安全技術や設計思想に大きな影響を与えた 2 つの原子力プラントの事故における主な教訓に焦点を絞って記述する。

1979 年 3 月の米国スリーマイルアイランド 2 号機 (PWR、95.9 万 kW) の事故は、運転員の不適切な操作と設計の不備と運転員のプラント状況の誤認が重なって原子炉内の燃料棒の冷却水が失われたために過熱して多くの燃料棒が損傷したが、周辺への放射性物質の放出は僅かであった。これは「燃料棒を冷却する」ことには失敗したが「放射性物質の閉じ込め」にはほぼ成功したといえる事故である。見方を変えると、“技術”が発信し

た情報を“人間”が的確に受けとめられず(原子炉内の水の量を誤認)、また“人間”が“技術”に適切に介入できなかった(自動運転した非常用炉心冷却ポンプをわざわざ手で止めた)ことが最初の小さな計装系のトラブルを事故にまで拡大させてしまったもの、といえる。そのために、人間と機械の接点「マン・マシンインターフェース」の問題が事故の教訓を踏まえて改めて真剣に再検討されて、わが国ははじめ世界中でプラントの制御室・監視制御盤・監視制御装置の大幅な改良につながった。

1986年4月の旧ソ連チェルノブイル4号機(RBMK、100万kW)の事故は、設計上の欠陥、不十分な深層防護設計、それに重大な運転マニュアル・運転規則の違反が重なって、原子炉内の核分裂が急増したにもかかわらずこれを急速停止できず、これによって破損した圧力管から漏れ出した高温の水蒸気が、これも高温の黒鉛減速材と反応して水蒸気爆発・水素爆発を起こし、原子炉全体が破壊されて放射性物質が周辺環境に大量に放出された事故である。これは「核分裂を止めること」に失敗してその結果「放射性物質の閉じ込め」機能までも失われてしまったものといえる。事故原因にはヒューマンファクター、とくに旧ソ連の原子力開発体制にあった技術者・関係者の心と行動の要因、が極めて大きいとされて、原子力に携わる世界中の人々に、「安全を最大の目標」とあらためて認識させるよう「原子力安全文化」を徹底させる努力が開始されたのである。これは“技術”を扱う“人間”に対して「技術を扱う心」にまで踏み込んだ安全の施策が必要であることを示したものと言える。

原子力発電の安全3原則「止める、冷やす、閉じ込める」のそれぞれについて原子力関係者は残念ながら失敗を経験した、と言う意味でこの2つの事故はその後の原子力発電の安全にとって極めて大きな教訓となったのである。その結果、チェルノブイル事故後、民営・官営を問わず各国で実際に原子力発電プラントの運営にあたる事業者による、原子力安全文化の浸透と向上のための国際的なネットワーク組織「世界原子力発電事業者協会(WANO)」が発足し、事業者同志の迅速な情報交換・相互研修など「世界の事業者による原子力安全文化の共有」が進んでいる。また、チェルノブイリ事故後、各国政府ベースの既存の国際原子力機関の安全活動に加えて新たに「原子力安全条約」が国際条約として締結されるなど、原子力の国際的な安全性向上に向けたフレームワークができています。

5 - 4 電力市場自由化と原子力発電

市場経済は信頼で成り立っている。市場で取引される商品の安全性や市場に参入する企業の行動倫理に疑念があれば、それらは市場から退場を求められる。その意味で、社会の「原子力技術に対する不安感」と「それを扱う技術者・関係者への不信感」という双子の社会感情に曝されている現在の原子力にとって、電力自由化とは、市場の信頼を得られるか否かの正念場ということになる。これを天与の契機として原子力部門の意識改革・体質改善が進み、社会の信頼と支持を得られるように真摯な努力がなされることが期待されるのである。

原子力発電は、顧客が固定された供給地域独占と投資が確実に回収される総括原価方式の電気料金制度のもとで、供給責任を負った発送配電一貫の民営電力会社によって急速に開発され、昭和40年代からのわが国の高度経済成長と2度にわたる石油危機に対しても安定したベース電力供給を担ってきた。しかし電力自由化は、今後検討されることになっ

ているその適用範囲にもよるが、こうした供給責任・地域独占・総括原価方式などの制度的なわく組みが外されてくる方向になる。そうすると電力会社は、初期投資が巨額でかつその投資回収に長期間を要するコスト高傾向の原子力発電プラントの新設を避ける傾向となる、といわれている。

(1) 資源小国における自由化と原子力発電

忘れてはならないことは、電力自由化は戦後長く続いてきた電力の安定供給のための体制、いわば“規制によって保護されてきた”電気事業体制下における電気料金を引き下げるための手段のひとつとして、冷戦崩壊後市場経済がグローバルする中で世界的に多くの国々で進められてきているものであること。したがって2年前の米国カリフォルニア州の電力危機の事態のように自由化によって電力供給のリスクが高まるようなことがあってはならないわけである。そして、わが国のような資源小国における電力市場の自由化は、量的・コスト的に安定した一定割合のベース供給力を確実に構築し確保してこそはじめて、その上に立って競争原理にもとづく自由化された市場が成り立ち得る、といえる。そのベース供給力に原子力は、エネルギー供給安全保障と地球温暖化対策という国民のエネルギー供給における2大命題を考慮すれば、必要不可欠な選択肢のひとつである、と考えられる。

(2) 既設の原子力発電プラントの性能発揮

既存のプラントは設備の償却も進んでいて運転保守と核燃料コストを一層低減すれば、設備利用率を高めることにより、安いと言われる天然ガス使用コンバインドガスタービン火力発電よりも発電コストを安くすることが可能である。現に例えば自由化が進んでいる米国で、かつては自由化により成績の悪いプラントは息の根を止められるといわれたが、実際には「自由化・競争・企業の再編統合」によって世界トップレベルの低故障率・高利用率を達成して、今や原子力プラントを買収した原子力運転会社にとって優れた経営資源に変身し、株式市場での評価もあがり、また米国全体の電力供給においても原子力発電が立派にベース供給の地位を獲得するに至っている。わが国でも自由化が既設プラントの安全性と性能を向上させ、規制の合理化・効率化と合わせて、発電市場において高い競争力が達成できるものと考えられる。

(3) 自由化と原子力発電プラント新設

自由化の進展で危惧されるのは、上述のように大型原子力プラントの新設が進まなくなることである。しかしここ当面は、わが国では軽水炉開発30年の経験を踏まえて開発された、30%もの建設費低減を達成した「改良型軽水炉 (ABWR, APWR)」が新設プラントの主力であり、また20年から30年後の既設プラントのリプレースを視野に入れてこれに対応してわが国も参加した国際協力で開発が進められている、小投資・短期投資回収可能な革新型中小型プラントなども導入が可能となるであろう。自由化の時代は民間企業家の“企業家精神”が発揮できる機会であり、それを促す国の法的・財政的な制度設計が必要になる。

(4) 核燃料サイクル事業と原子力発電

資源小国のわが国では、国内での核燃料サイクル事業と一体となってはじめて原子力発電を進める意義がある。現在、電力会社が中核となって青森県六ヶ所村にウラン濃縮施設が運転中、再処理施設が 2005 年操業開始を目指して建設中、そしてウラン-プルトニウム混合酸化物燃料 (MOX 燃料) 製造施設が計画されているが、自由化によって電力会社がこれら施設への巨額な投資と運転資金を負担できるか否か危惧する向きもある。しかし、供給独占から自由化に制度が変わっても国民への電力供給は未来永劫続くものであり、島国・資源小国という地政学的条件と地球環境問題で原子力がベース供給力として不可欠の選択肢の一つでありつづけるならば、燃料のウランをすべて輸入に頼ることなくそのために国内リサイクルを遂行することは必然の選択であろう。一方で自由化は電力コストの一層の低減とサービスの向上、国内経済の維持発展が目的であるから、サイクル事業におけるコスト効率化の努力の必要性は言うまでもないことである。

市場経済・自由化の中では基本的に民間企業が事業推進を担って行くことになり、従来の制度のもとで進められている民営事業者の企業活動を、自由化の条件下でも着実かつ効率的に遂行できるように国の法的・財政的な支援制度の工夫が重要になってくる。

地球の資源は現世代の人間のもののみならず後世代の人間のものでもあることを忘れてはならない。その意味でウラン資源のリサイクルとは、世代を超えた原子力エネルギーの利用、ということである。適切な時期に適切な技術で、必要な人々にとってその利用が可能となるためには、世代を超えた不断の研究開発・技術開発とその成果の継承の必要性、ならびに「リサイクル資源」貯蔵としての使用済み燃料の中間的な貯蔵と、サイクルの輪が円滑にまわるためのプルトニウムなどの物質の安全な物流 (輸送) は不可欠の要件である。

(5) 発電の主力「軽水炉」へのリサイクル 「プルサーマル」

概説すれば、現在の軽水炉ではその燃料棒の中で、核分裂しやすいウラン 235 の核分裂の出すエネルギーと同時に核分裂しにくいウラン 238 が中性子を吸収してプルトニウムに変わってウラン 235 と同じように核分裂して出しているエネルギーがあり、発電量のおおよそ 70% がウラン 235、30% がプルトニウムによるものである。

軽水炉の使用済み燃料を再処理すると燃え残りのウランとプルトニウムが回収される。そのプルトニウムをウランと同じように酸化物にして両者を混ぜた“混合酸化物燃料 (MOX 燃料) を製造して再び軽水炉にリサイクル利用するのが「プルサーマル」、すなわち「プルトニウムの軽水炉 (熱中性子炉) 利用」である。ウラン燃料とほとんど同じ性質を持たせるように設計して運転管理される。

プルサーマルはウラン資源消費量の減少とウラン濃縮費の低減につながるとともに将来的には貴重なウラン資源をより有効に使い尽くして行ける高速炉によるプルトニウムの本格利用へとつながる重要なステップである。

ウラン燃料よりも燃料棒単体では価格は高くなるが、原子力の発電単価全体ではたかだか 1% 程度と、大きな影響を与えるものではない。

現在、9 電力、日本原子力発電、電源開発の 11 社で 2010 年までに 16 基から 18 基のプラントで実施する計画で、これは現在の日本の軽水炉プラントの約 3 分の 1 にあたる。ま

たそれぞれの原子炉には、全燃料の3分の1までとしている（電源開発の計画中の大間発電所では100%）。

しかし、1999年に関西電力高浜発電所で使用予定のMOX燃料に、英国BFNL社で製造中に品質管理データの一部ねつ造が発見され、英国に送り返す事態が発生した。また2001年5月には東京電力柏崎刈羽原子力発電所のプルサーマル計画に対して、地元の新潟県刈羽村で住民投票が行われて反対票が多数を占め、さらにその後2002年8月に明らかになった同社の原子力発電所点検・保守データの不適切な取り扱い問題によって地元議会のプルサーマル計画事前了解が白紙に戻されるなど、現在プルサーマルの実施は遅れている。

現在運転中の52基、全発電量の35%を担っている軽水炉発電所のウラン燃料をすべて輸入に頼っている現実を見れば、多様化による軽水炉燃料の安定確保は極めて重要である。このため電気事業者は、「輸入ウラン燃料と国内再処理で回収したプルトニウムのMOX燃料」として軽水炉燃料の多様化を図るとともに、海外ウラン市場でのバーゲニングパワーを保持することを目指してきた、と言える。そのために電気事業者は、「プルサーマル」の重要性を訴えているのである。

ウラン資源利用の効率性からは、高速炉での利用に比べると劣るとはいえ、安全性については実質的に今のウラン燃料と変わりなく現在の技術的、経済的かつ社会的な状況から見てもっとも適切な利用法の段階と言えるもので、これはまた将来の高速炉によるプルトニウムの一層の有効利用に向けての重要なステップとなるため、商業炉による早急な利用開始が必要である。フランス、ドイツ、スイスなどでは既に長年にわたって多くの優れた利用実績を持っており、現在も鋭意進められている。

5 - 5 原子力発電所と地域社会

(1) 共生・共益に向けて

原子力発電所は、それが立地している地域の土地、人材、資機材などさまざまな「地域の資源」を利用し、同時にまた自然環境、社会環境など「地域の環境」にプラス、マイナスの影響を及ぼさざるを得ない。

このため、発電所の立地の基本は、同じ地域に共存せざるを得ない立地地域の社会、そして人々との共生を目指すことであり、それは発電所・事業者と地域の人々双方の絶え間ない真摯な努力による「真の共益」を目指すことにある。そしてこれが可能となるのは双方の揺るぎ無い「相互信頼」関係の存在であり、それには何よりも、発電所の人が変わり、世代が移っても、地域に対する事業者の謙虚な感謝の念の継続が重要であることは言うまでもない。

原子力発電所は単なる“原子力の技術現場”ではなく“企業経営の最先端の実践現場”である。企業経営にとって最大の利害関係者（ステークホルダー）のひとりである地域社会の人々の信頼を失えば、経営そのものが立ち行かなくなる恐れがあることは最近の企業不祥事の事例に見るところである。東京電力株式会社における一連の不正等の問題の反省と教訓から電気事業者は原子力発電所経営に、以前にも増して上記の姿勢と心構えで臨んでいる。

(2) 徹底した情報公開が信頼づくりの基盤

端的な言い方をすれば、20世紀を支配した生産者・供給者論理から21世紀の消費者・生活者論理の社会へ、言い換えれば専門家が社会を牽引した時代から市民社会の時代へと社会が変化している。そしてこの社会では「信頼」とそれを育み、保証する「透明性」が重要になってくる。

事業者への信頼はこの意味で、「徹底した情報公開」と「それを有効にする説明責任と説明能力」が基本となる。安全についての情報量と理解力に大きな差がある技術者・専門家と地域の一般の人々との間に、わかりにくい専門的情報を通して信頼関係を築くには、専門家による「インフォームド・コンセント(徹底した説明による相手の理解と同意)」が不可欠であることは言うまでもなく、この実行のためには専門家は「アカウンタビリティ(説明責任の自覚とそれを果たすだけの説明能力)」を備えなければならない。事業者はまだ不十分とは言え、社会の不信感を増大するような最近の原子力関係のさまざまな事例の反省から、教育・研修などを充実させるなどしてこのようなことに真剣に取り組んでいる。

技術が社会との関わりの中で発達し、社会も技術の発展によって変化してきた。上述のようにこれからの市民社会への変化の中で、技術が真に社会に理解され有益なものになるためには、それを担う技術者にはいわゆる「技術者倫理」と「技術的知識・知性」のみならず、技術を受け入れる社会や人々の意見・心情を理解できるだけの「感性的知性・社会的知性」、いわば「人としてのかしこさ」が求められている、と言われる。要するに、技術者・専門家にはこうした新たな知性と適切な対話能力が要求されてくるのである。

また、発電所と地域社会との関係では、発電所内や企業内の文化として醸成している「原子力安全文化」を企業内のみならず、地域社会の人々と「安全文化を共有」して行く、すなわち、発電所の人間が地域の人々の目線で自分達の安全行動を省み、律して行く、という活動もこれからは重要になってくる。

(3) 電気の生産地と消費地

前述のように、原子力発電プラントの適地条件から、安定した強固で広い地盤と豊富な冷却水が必要な原子力発電所立地点と、電気の大消費地である、地盤が深い大きな河川の沖積層に発達したわが国の大都市とは、必然的に距離が離れてしまう。そのために、原子力発電所のある電気の生産地の人々の不安や苦労が消費地の人々に理解されていないという不公平感がある。少しでもこれを和らげ、国民としての共存・共同の意識を双方が持てるような経済的、社会的な方策を国や事業者は進めてきている。

経済的な面では、固定資産税(地方税)や核燃料税(法定外普通税で県へ)などの他にいわゆる電源三法制度にもとづく交付金制度による立地地域への交付金がある。これは原理的には、電気の消費者が税金の形で負担して電気料金に上乗せして電力会社に支払い、電力会社はそれを国に納め、国はルールにしたがって電気の生産地域の産業・経済活性化や地域文化の維持向上などの目的で傾斜配分するものである。

この制度は、当初は発電所建設の円滑化を目的としていたが、近年のプラント新設のスローダウンの一方で今後数10年は運転される既設のプラントがある地域の長期にわたる個性的な地域づくりや地域経済の活性化などが重要な課題となってきたため、交付金の使

途について地域からの要請に応じて柔軟性を持たせてきている。

生産地と消費地の交流が最近、少しずつ盛んになってきている。海水浴やウインドサーフィンに適した海岸のある発電所地域と海のない内陸の消費地との学校同志の交流、スポーツ交流、農工産物などの産地直送や消費地での定期的な販売市場など、電気事業者自身の行うさまざまな活動、あるいは事業者と国の機関との共同の催しなどが精力的に行われている。こうしたイベントを通じての人と人との交流は今後ますます盛んになり、「電気は国民皆のもの、それと同時に1人1人のもの」という意識が生産地域・消費地域の人々の間により一層共有されてくるものと期待される。

(4) 立地地域の産業技術の向上に向けて

立地地域で数10年にわたって運転される原子力発電プラントの運転は、電力会社の社員が自ら携わる業務であり、運転要員はほとんどが地域出身の技術者・技能者で、彼等によって質の高い運転管理が行われている。

一方プラントの保守については、特殊な原子力技術という点から、今までどちらかといえば技術を集中させている都市圏の工場などから派遣される技術者・技能者が中心となっていた。しかし将来の長期にわたるプラントの保守についても、基本的には地域の人々の技術によって行われることが必要で、定期的にまた自主的に、必要に応じて行われる保守点検や補修・改良工事を地元企業が受注できるように、事業者は地域の商工団体などと協力して地域の技術者・技能者の技術レベルの向上とあわせて、地域の原子力関連産業の育成と自立化を促進している。将来は地域で専門教育を受けた地域出身の技術者・技能者が自らの地域の発電所の運営を主体的に行っていくのが理想であるし、それによって原子力発電所がはじめて「地域の誇れる資産・財産」になって行く。これは電力会社など地域で活動している原子力関連事業者の目指す基本的な方向、といてよい。

5 - 6 原子力発電の将来像

(1) 世界の動向

わが国では、20 世紀後半に急速に発展した原子力発電は、現在、その過程で内部に蓄積されたさまざまな制度疲労、内部矛盾に直面し、それが原子力技術に対する不安感とそれを担う技術者・専門家に対する不信感が社会に広がった原因にもなっている。

約 20 年前のチェルノブイル事故の影響を脱しきれない欧州では、地球環境問題もチェルノブイル事故時の広汎な環境汚染の悪夢からか原子力を環境の汚染者と捉える環境グループの力が強く、ドイツ、ベルギー、スウェーデンなどでは“脱原子力”の動きが広がった。

欧州はほぼ全域で電力系統が連係されており、天然ガスパイプラインなども張り巡らされているため国家間の電力・エネルギーの融通は島国のわが国に比べてはるかに容易になっていることに注意しなければならない。チェルノブイル発電所事故以降国内の原子力発電所の新設を止めたイタリアも、先ごろ脱原子力を決めたドイツも、原子力発電大国フランスから原子力の電力を輸入している（図 5.6.1）。

脱原子力、といっても個々のケースを見るとそれぞれ事情が異なっている。例えば、ドイツは原子力発電に否定的な政権のもとで政府と電気事業者とのハードな交渉の結果平均 32 年で現有の 19 基、2,237 万 kW（現在は年間発電量の約 30%）の原子力発電を停止し、また英仏再処理工場への使用済燃料輸送を 2005 年 7 月以降は行わない、などとされて原子力法も改定された。しかし電力会社にとってこれは、32 年間の原子力発電運転が保証されたとも言える。一方、電力自由化の進んでいる中で、ドイツでは原子力発電プラントの利用率が大幅に向上し、化石燃料に比べて低い発電単価を達成するなど、電気事業者にとって重要な経営資源にもなってきており、原子力発電の意義が再び問われている。

またベルギーは 7 基、600 万 kW（年間発電量の約 58%）を 2025 年までに停止する法案が 2002 年に閣議了解されたが、電力供給に支障が生じるような事態が生じた場合には脱原子力は行わない、との例外規定が設けられている。スウェーデンは 11 基、983 万 kW（年間発電量の約 44%）が運転中である。米国スリーマイルアイランド事故後の 1980 年の国民投票で 2010 年には原子力発電を停止、その後 1990 年代後半から 2 基を停止するとされたが、実際は政治的な決定で 1 基が 1999 年に停止した以降は、電力の供給不足やコスト、さらには地球温暖化ガス対策などから、議論が進んでいない。スウェーデンの世論は現在、自国の原子力発電の安全性を評価しつつ約 80%の人々が原子力発電の継続を支持しているという。

図 5.6.1 フランスを中心とした電力の輸出入



[出典] 海外電気事業統計 2002 年版

しかし 21 世紀に入ってから、ヨーロッパ統合市場化の中で、エネルギー安定供給と地球温暖化への“待ったなし”の対応から、EU レベル、政府レベルで次第に原子力発電の再認識の声が高まっている。いわゆる「3つのE」(エネルギー、環境、経済)の調和的解決に向けて“原子力なしの解決はあり得ない”ことと、風力・太陽など再生可能エネルギーの限界についての認識が、皮肉なことであるが上記の脱原子力論争を通じて、かえって深まったと見られるのである。極く最近のスイスでの「既存原子力発電の段階的閉鎖と新設の凍結」国民投票が、いずれも3分の2の多数で否決された例に表れている、ともいえよう。フィンランドで高レベル放射性廃棄物(使用済燃料)の地層処分地点が決定され、第5原子力プラント新設が決定されたことも特記される事項である。

30年近く新設プラントの発注がない米国では2年前に発表された「新エネルギー政策」で原子力エネルギーの再活性化に向けて動き出した。その背景には先述のように電力市場自由化の刺激による原子力発電プラントの大幅な安全性と性能向上の実績がある。

プッシュ政権のこの政策を受けて、“2010年までにプラントの新設”への政府支援策や既設プラントのリプレース時代を視野に革新型プラント開発プロジェクトの発足、また民間原子力発電会社が増設可能な3地点の立地適合性の審査申請準備など前向きな動きが活発化している。

また米国政府の新エネルギー政策に対応して、米国民間産業界として「米国原子力エネルギー協会(NEI)」が「原子力ビジョン2020」を発表し、この中で、「2020年までの20年間に原子力発電容量を、新設プラントで5,000万kW、既設プラントの出力増加で1,000万kWを開発」という目標を掲げている。

わが国では昨年末から概要調査地区の公募により選定が始まった高レベル放射性廃棄物(再処理後の残滓を固体化・安定化したガラス固化体)の最終処分地については、米国では高レベル放射性廃棄物(使用済み燃料)の最終処分地点がユッカマウンテンに決まったことも原子力再生の弾みをつけるものである。さらに米国では、将来の水素エネルギー社会の創造を目指して、そこに原子力エネルギーの果たすべき役割を模索する計画も始まった。

また世界的には危機が予想されている淡水供給の不足や地域的な偏在も、エネルギー問題と同じく今後の世界情勢の不安定化をもたらす恐れなしとせず、そこに原子力エネルギーの果たすべき役割が期待されてくる。

(2) わが国の原子力発電の今後の見通し

わが国の原子力開発については「長期エネルギー需給見通し」(2001年、総合資源エネルギー調査会)で2010年度における開発規模が公表されている。それによれば、原子力発電によるエネルギー供給量は原油換算で約9,300万で、わが国の全1次エネルギーの約15%、電力の供給で言えばこれは約4,186kWh、全電力量の約42%に相当する。しかし原子力に対する最近の厳しい社会情勢からして、事業者と国その他の関係者の従来に増した相当な理解活動による合意形成努力が必要である。

表 5.6.1 世界の原子力発電開発の現状

2002年12月31日現在
(万kW, グロス電気出力)

国・地域	運転中		建設中		計画中		合計	
	出力	基数	出力	基数	出力	基数	出力	基数
1 米国	10,199.8	103					10,199.8	103
2 フランス	6,595.2	59					6,595.2	59
3 日本	4,590.7	53	411.8	4	1,031.5	8	6,034.0	65
4 ロシア	2,255.6	30	300.0	3			2,555.6	33
5 ドイツ	2,236.5	19					2,236.5	19
6 韓国	1,571.6	18	200.0	2	680.0	6	2,451.6	26
7 英国	1,327.3	31					1,327.3	31
8 ウクライナ	1,183.6	13	500.0	5			1,683.6	18
9 カナダ	1,061.5	14					1,061.5	14
10 スウェーデン	982.6	11					982.6	11
11 スペイン	787.6	9					787.6	9
12 ベルギー	599.5	7					599.5	7
13 台湾	514.4	6	270.0	2			784.4	8
14 中国	460.0	6	445.2	5			905.2	11
15 スイス	337.2	5					337.2	5
16 リトアニア	300.0	2					300.0	2
17 ブルガリア	288.0	4					288.0	4
18 フィンランド	276.0	4					276.0	4
19 インド	272.0	14	374.0	7	72.0	2	718.0	23
20 スロバキア	264.0	6			88.0	2	352.0	8
21 ブラジル	200.7	2			130.9	1	331.6	3
22 南アフリカ	193.0	2					193.0	2
23 ハンガリー	186.6	4					186.6	4
24 チェコ	176.0	4	196.2	2			372.2	6
25 メキシコ	136.4	2					136.4	2
26 アルゼンチン	100.5	2	74.5	1			175.0	3
27 スロベニア	70.7	1					70.7	1
28 ルーマニア	70.6	1	268.6	4			339.2	5
29 オランダ	48.1	1					48.1	1
30 パキスタン	46.2	2					46.2	2
31 アルメニア	40.8	1					40.8	1
32 イラン			229.3	2	88.0	2	317.3	4
33 北朝鮮			200	2			200.0	2
34 カザフスタン					192.0	3	192.0	3
35 エジプト					187.2	2	187.2	2
36 イスラエル					66.4	1	66.4	1
合計	37,372.7	436	3,469.6	39	2,536.0	27	43,378.3	502
()内は前年度	(36,628.6)	(432)	(4,127.1)	(43)	(2,660.4)	(35)	(43,416.1)	(510)

[出典] 世界の原子力発電開発の動向 2002 年次報告 (日本原子力産業会議)