ATOMOS Special

欧州 総括編

世界の原子力事情 第2回

フランスの原子力事情

(社)海外電力調査会 東海 邦博

フランスは米国に次ぐ原子力発電大国で、国内電力消費の約80%を原子力発電によってまかなっている。近年、EU大での再生可能エネルギー開発促進の動きを受けて、発電では風力、太陽光などの開発にも積極的に取り組んでいるが、将来的にも、原子力発電を電源の中心に据える方針は変わらない。フランスは原子力を、エネルギー・セキュリティの確保はもちろん、気候変動問題対策の重要な柱と位置付け、2020年以降の建て替えに向けて新型炉の建設に着手している。また、海外での原子力開発にもメーカーのみならず、電力会社も建設に乗り出している。以下、これまでの経緯も振り返りながら、フランスの原子力開発の近況を報告する。

I. エネルギー・原子力政策

1. 石油危機で原子力発電開発にまい進

フランスは従来、化石燃料資源に乏しく、輸入に大きく依存してきたが、1973年の石油危機を契機に大規模な原子力発電開発にまい進し、2009年現在、原子力発電は59基6,600万kWの設備容量を有し、1次エネルギーの40%、発電の80%を賄う最重要エネルギーの地位を確立している。また、この原子力開発によって、エネルギー自給率は1970年代初めの20%台から50%にまで改善された。さらに、原子力は地球温暖化防止にも大きく貢献しており、フランスの電源は原子力と水力などの再生可能エネルギーを合わせて90%以上がゼロ・エミッション電源である。

2. 現在のエネルギー政策：再生可能エネルギー開発、省エネルギーにも注力

このフランスは、将来も原子力を電源の中心に据えることを明らかにしている。2005年に制定された「エネルギー指針法」(日本のエネルギー政策基本法に相当)では、気候変動対策、エネルギー・セキュリティ確保のため、原子力開発を維持することを決めている。

ただし、このエネルギー指針法では、原子力とともに、今後、省エネルギー、再生可能エネルギー開発を推進することも決められた。

実際、原子力重視のフランスにおいても、電源開発では欧州(EU)全体のエネルギー政策に合わせて、一定の再生可能エネルギー発電の開発を行わざるをえない状況下にある。EUでは、2009年4月に「エネルギー・気候変動パッケージ」と呼ばれる一連の法規を制定し、温室効果ガスについて2020年までに90年比で20%削減(2005年比では14%)、また、省エネルギーについて、2020年

に最終エネルギー消費想定量から20%削減とするとともに、再生可能エネルギーについては、2020年に最終エネルギー消費に占める比率を20%に引き上げる(2006年現在8.5%。発電では2006年現在15%を2020年に34%)ことを達成目標として設定した(注：EUのエネルギー政策については本誌1月号参照)。

また、フランスにおいても、1997～2002年の左翼連立内閣時代には、原子力反対の緑の党が入閣し、一時、原子力開発が停滞した。

このような事情から、フランスでも前述の指針法を制定し、原子力の重要性を再確認するとともに、省エネルギー、再生可能エネルギー開発の推進もエネルギー政策で謳うこととなった。

2007年の「環境グルネル会議」(「グルネル」というのは、1970年代初めに政官・労使が労働法の改革のために一堂に会した建物の通りの名前で、今回は環境問題の解決に一致団結して当たるという意気込みを示すためにこの名前が冠せられた)では、特に再生可能エネルギー開発と省エネルギーに注力した具体策を法制化することを決めた。

2009年8月には、グルネル会議を受けて「環境グルネル基本法(第一法)」が制定され、前述のEUでの目標値に準じて、温室効果ガス削減目標として、2050年までに90年比75%、2020年までに20%削減することが決められる一方、再生可能エネルギー開発については、2020年に最終エネルギー消費に占める比率が23%と設定され、それまでに風力発電を2,500万kW(2008年現在340万kW)、太陽光発電は540万kW(同9万kW)を開発することが決められた。

II. 原子力発電

1. 原子力発電の現況

(1) 原子力発電の余剰分を輸出

このように、近年、電源として、再生可能エネルギー

Nuclear Energy in France : Kunihiro TOKAI.

(2009年12月14日 受理)

第1図 フランスの電源別発電電力量の推移

出典：フランス送電会社 RTE(フランス電力 EDF の子会社) 年報などから作成

発電開発も積極化しているフランスではあるが、電源の中心が原子力であることは変わらない。

2009年初め時点では、フランスには59基6,600万 kWの原子力発電設備が運転されており、総発電設備の55%を占める。また、発電電力量では、総発電電力量5,490億 kWh(日本の約半分)のうち76%を占める(その他：水力12%、火力10%、風力1%、風力・水力以外の再生可能エネルギー1%)(第1図)。

一方、国内需要は4,950億 kWh(2008年)であり、余剰電力は輸出に充てている。2008年は輸出810億 kWh、輸入350億 kWhで、差し引き460億 kWhの輸出超過となった。この輸出超過分は、従来、原子力発電の順調な運転により600~700億 kWh台で推移してきたが、ここ2年は、EU大での電力自由化などの影響による輸入増に加えて、原子力発電所でのトラブルや職員のストの影響で減少している。

(2) シリーズ生産で経済性確保

現在運転中のすべての原子力発電プラントは、1基(高速炉)を除いて、加圧水型軽水炉(PWR)である。1950~60年代の原子力開発当初は国産のガス炉を開発していたが、1960年代末に軽水炉の導入を決め、70年代初めには米国ウエスチング社からのライセンス供与を受けたPWRへの一本化が図られた。1970~80年代にはフランス化され、標準化された原子炉が続々とシリーズで建設された。90万 kW級34基は4炉型、130万 kW級20基は2炉型に標準化した。この標準化とシリーズ生産により、フランスの原子力発電プラントの建設費は他国に比べて低く抑えられたといわれている。実際、フランスの電気料金はEU諸国の中でも低い部類に入る(第2図)。

(3) 運転上の特徴：出力調整運転、プルサーマル、運転サイクルの長期化

運転上の特徴としては、まず出力調整運転が挙げられる。出力調整運転とは電力消費の大きさに合わせて、供給側の発電設備の出力を調整するもので、フランスは原子力比率が高いため、ベース負荷に加えて中間負荷も原子力がカバーすることから出力調整運転を行っている。当初、90万 kW級で行われたが、現在はすべてのプラントで運転可能となっている。比較的穏やかな出力調整は1次系冷却水中のボロン濃度の調整、また急速な出力調整はグレイロッドと呼ばれる特殊な中性子吸収の低い制御棒によって行われる。

この出力調整運転の影響から稼働率(設備利用率)は他の国に比べて低くなっている。それでも従来は80%台を維持してきたが、2008年は蒸気発生器やタービン発電機のトラブルで79.2%、2009年もストによる燃料取替え作業の遅れなどにより78%に留まる模様である。

また、フランスには、いわゆる日本の法定年間定期検査はなく、法定検査は10年に一度あるだけである。したがって、フランスでは燃料取替えのために運転停止を行い、必要なメンテナンスを行うが、この燃料取替えのサイクルは現在、一部の90万 kWプラントおよびすべての130万 kWプラントで18か月サイクルとなっている。

さらに、プルサーマルも実施されている。軽水炉でのMOX燃料の使用は1980年代後半から開始され、現在、20基の90万 kWプラントに装荷されている。さらに2基への装荷が決定しており、最終的には24基まで装荷する計画である。

第2図 フランスの原子力発電所

出典：日本原子力産業協会「世界の原子力発電開発の動向2009」より転載

2. 原子力開発成功の背景

(1) 政治的なコンセンサス

さて、このように順調な開発を見せてきたフランスの原子力開発であるが、その成功の理由としてはいくつか挙げられよう。

一つは政治的な意思が持続されてきたことである。原子力発電の大規模開発の真只中であった1981年に社会党が政権に就いたが、原子力開発政策に変更はなかった。その後、1997～2002年の左翼内閣時に原子力開発は一時停滞を見せたが、その後は原子力推進の保守政権となり現在に至っている。フランスでは、緑の党、社会党の一部を除いて、保守政党、共産党は原子力推進であり、社会党も基本的には原子力容認である。

フランスには労働組合として共産党系 CGT、社会党系 CFDT、キリスト教系 FO などがあるが、これらも、CFDT 内の一部を除いて原子力推進・容認である。世論調査でも、チェルノブイリ事故直後の一時期を除いて原子力開発賛成が過半数を占めてきた。そのため、環境保護派などによる原子力反対運動もドイツなどに比べてそれほど活発ではなかった。

この政治的コンセンサスの背景にはフランスの置かれたエネルギー事情がある。70年代に石油危機を迎えた時、化石燃料資源の乏しいフランスにとって、北海からの天然ガスや石油および石炭を抱えた英国や、石炭を大量に抱えたドイツに対抗し、欧州の大国として「エネルギー自立」を図るには、原子力という選択肢しかなかった。

たということがある。当時、テレビで「われわれには石油はないが知恵がある」という政府広報CMが頻繁に流された。

実際、フランスには原子力についての知識・技術の蓄積があった。フランスは第二次大戦前から原子力の研究開発を行ってきたが、戦後は原子力庁(CEA)を設立し、ド・ゴール大統領による「フランスの栄光」路線に基づき米国、ソ連に対抗して核開発に着手した。続いて、民事利用も早くから行ってきた。50年代からガス炉を中心に軽水炉、重水炉、高速炉の研究開発を行うとともに原子燃料サイクルの開発も進めてきた。これらの技術が石油危機後の大規模な商業開発のベースになったといえよう。

(2) 国による開発体制の一元化

第2には、国による原子力開発体制の一元化である。フランスの政治・行政制度は、ルイ王朝以来の強力な中央集権体制色を残している。強大な大統領権限、国会の小選挙区制などにより政権は安定的である一方、行政は中央政府が強力な権限を持ってきた(現在は地方分権化も進められている)。また、経済も「混合経済体制」といわれる計画経済的手法を導入し、中央政府が多年度の「経済社会計画」を策定し、経済活動を誘導してきた(エネルギー産業など国家関与の高い産業分野については、エネルギー計画を策定)。また、法体系も公益重視のラテン法体系で、個人の利益保護を重視するアングロ・サクソン法と異なり、国益や公益を優先させる傾向が強い。さらに、教育制度もグランド・ゼコールを頂点とするエリート養成を重視した制度で、これらの学校の卒業者は官界にとどまらず、政界、実業界にも進出している。

このような体制の下、原子力開発は、中央政府および国の機関、国有企業を中心として一元的に進められてきた。すなわち、中央政府(産業省など)が開発行政と許認可、原子力庁(CEA)が研究開発、フラマトム社が原子炉、フランス電力公社(EDF)が設計エンジニアリングと発電所運転、コジェマ社が燃料サイクルという分担に従って開発が進められた(現在、フラマトム社は AREVA ANP 社、またコジェマ社は AREVA NC 社として AREVA グループの子会社となっている)(第3図)。

また、地理的にサイト適地が豊富であったことも挙げられよう。フランスは農業国でもあり広大な国土を持っているが、過度な産業化、都市化が進んでおらず、発電所のみならず、燃料サイクル関係施設についても適地が存在した。

第3図 フランスの原子力開発体制

出典：各種フランス関係機関資料より作成、注) AREVA T&D は売却の予定。

Ⅲ. 新規原子炉建設

前述のように、フランスは今後も原子力発電開発を継続してゆくことを法律で決めており、すでに具体的な動きが出ている。

電力会社のフランス電力(EDF)は、2007年にノルマンディ地方のフラマンビルに3号機となるEPR(欧州加圧水型炉)1基160万kWの建設を開始した。EPRは仏独の協力によって開発した第3世代炉と呼ばれる改良炉で、メーカーのAREVAが世界的な売込みを図っている。すでにフィンランドに1基建設中で、フラマンビルはそれに続くEPRの建設であり、2012年の運転開始を目指している。

さらに、このフラマンビルに続いて、2009年4月、政府はパンリーにEPR1基を建設することを決定した。建設主体はEDFであるが、EDFが50%強、GDFスエズが33.3%を出資し(GDFスエズの出資分には石油会社トタルの出資分も含まれる模様)、残りはドイツE.ON、イタリアENELなど、他の事業者が出資する模様である。ちなみに、フラマンビル3号機にはENELが12.5%出資しており、EDFとの約束でパンリーにも同率の出資を行う権利を保持している。

1. 海外での原子力展開を活発化

この国内でのEPR建設は、もともと海外への原子炉売込みの「ショーウインドー」とすることが狙いの一つであった。

実際、最近のフランスの海外への原子力の売込みはさまざま勢いで進められている。現在、世界では東芝・WH、GE・日立、AREVA・三菱重工、ロシア・アトムエネルゴプロムと、主に4つのグループが原子炉の売込みでしのぎを削っているが、官民挙げて最も強固な体制を構築し、アグレッシブな活動を展開しているのがフランスである。

政府サイドでは、サルコジ大統領が「地中海連合」構想を打ち出し、中近東・アフリカのイスラム諸国(アルジェリア、リビア、モロッコ、エジプト、カタール、UAE、チュニジア、ヨルダン)に加えてインド、スロバキアなどを歴訪し、原子力協定や覚書を締結したり、締結の方向で合意するなどトップセールスを展開している。

これを受けて原子炉メーカーで燃料サイクル事業も抱えるAREVAは、EPRでは前述のフィンランドを皮切りに、欧州、米国、中国、南アフリカへの売込みのほか、インド、中近東にも政府の強力なバックアップを得て攻勢をかけている。AREVAの強みは、原子炉だけでなく、燃料の調達、成型加工、濃縮、再処理までのサービスを提供できることである。

一方、電力会社のEDFも、世界的な原子力発電企業を目指して海外での原子力発電投資を拡大している。

2009年8月には英国BE社の買収が完了、EDFは英国内に4基のEPR(2サイト各2基)を建設する計画である。また、米国では、電力会社であるコンステレーション社の原子力部門の49.99%を買収し、2基のEPRの建設を進める計画(将来的にはさらに2基)である。また、中国では、広東核電(CGNPC)と共同会社(EDFは30%出資)を設立し、EPR2基(台山発電所1・2号機)を建設する計画である。

Ⅳ. 原子燃料サイクルと放射性廃棄物を巡る動き

1. 原子燃料サイクル

フランスは日本同様、再処理リサイクル路線を採用している。燃料サイクルの研究開発は原子力庁(CEA)が、また、商業ベースでの活動は国有企業AREVAグループ(CEAが79%出資、その他もほとんどは国の関連機関・会社等が出資)の子会社AREVA NC社(旧コジェマ)グループが中心となって展開されており、同社は、採掘、濃縮、成型加工、再処理まで一貫した燃料サイクル事業体制を構築している。

採掘・開発事業は、国内のウラン資源の減少により、カナダ、ニジェール、カザフスタンなど海外での採掘が進められている。2008年は約6,300トンの天然ウランを生産した。

また、濃縮では、1982年からユーロディフ社(AREVA NCが59.7%所有、残りは外国資本)のジョルジュ・ベス工場(ガス拡散法:10,800tSWU/年)が運転されているが、2013年には閉鎖される予定である。この後継工場として、現在、第二工場(遠心分離法)が建設中である。2009年中に運転開始し、順次、製造能力を高め、2022年には11,000tSWUまで拡張する計画である。同工場の電力消費は第一工場の1/50程度になる。

燃料の成型加工は、PWR用燃料がFBFC社(AREVAグループ)のロマン工場(容量700t/年)、ピエールラット工場(容量500t/年)、デセル工場(容量400t/年)で、MOX燃料は南仏マルクールにあるAREVA NCのメロックス工場(現在195tHM)で製造されている。2008年は126t製造し、累積で1,430tに達した。

再処理は現在、AREVA NC社がノルマンディ地方のラ・アーグに再処理工場を運転している。同工場にはUP-2施設(800t/年)とUP-3施設(800t/年)がある。UP-3では海外からの再処理委託(ドイツ、日本などから)を行ってきたが、現在はほぼ終了している。2008年には両施設合わせて937tを再処理した。累積では2.5wtに達する。

2. 放射性廃棄物処理・処分

放射性廃棄物の処理・処分については、放射性廃棄物管理機構(ANDRA)が中心となって実施している。

低・中レベル廃棄物は浅地中処分している。ラ・マー

ンシュ貯蔵センター(ラ・アグ再処理工場に隣接)はすでに閉鎖され長期貯蔵に移行しており、現在はローブ貯蔵センター(容量100万 m³)が1992年からオーブ県スレーヌで運転されている。また、極低レベル廃棄物貯蔵センター(容量65万 m³)も2003年からオーブ県モルヴィリエで運転中である。

一方、中・高レベル長寿命(長半減期)廃棄物については現在、処分方法の選定、処分施設の立地作業が鋭意進められている。同廃棄物は、当初は深地層処分の方針だけ検討されていたが、1991年「長寿命放射性廃棄物法」(通称バタイユ法)で、深地層処分のほかに核種分離・変換、長期貯蔵も含めて3つの方法を検討することが規定された。さらに、2006年「放射性廃棄物管理法」では、深地層処分を標準的な方法としながら、3つの方法の調査・研究を今後も継続し、3つの方法を相互補完的に活用しながら効率的な最終処分方法を確立することが規定された。

このうち、深地層処分については現在、ピュール(フランス北東部ミューズ県、粘土層)に地下研究所が建設され研究が行われている。この結果を踏まえ、政府は2015年には処分施設自体の設置許可申請を行い、2025年には運転開始に持ち込みたい意向である。

V. 原子力安全と情報公開・広報活動

1. 安全規制

フランスの原子力安全規制は、「原子力安全規制当局」(ASN)によって行われている。従来、原子力安全規制は産業省の一組織が担当していたが、2002年に原子力安全と放射線防護に関する規制を統括し、「原子力安全・放射線防護総局」(DGSNR)が設置された。さらに2006年には、「原子力安全・透明化法」に基づき DGSNR は、大統領直轄の独立規制機関 ASN になった。ASN は前述の DGSNR および関連地方機関が行っている検査業務などすべての業務を引き継ぐが、米国の NRC とは異なり、依然として原子力施設設置関連の許認可、規則の制定などの権限は管轄官庁が保持する。

2. 情報公開・広報活動

フランスでは、従来から政府機関、電力会社、原子力関連機関により、原子力関連の情報公開や広報活動が活発に行われている。

規制当局は、1987年から原子力施設の運転状況等の情報を、電話回線を利用した文字・画像情報として引き出せるサービスを提供してきた(最近インターネット)。また、他国に先駆けて、1989年から原子力発電所の事故・故障の程度を一般にも理解しやすいように、地震の震度に似た等級区分にして発表している。当初、フランス独自のものを使用していたが、1994年から IAEA の国際

評価尺度に変更した。

電力会社も PR 館訪問、展示、出版、インターネットなどで広報活動を展開している。特に小・中学校の教師・生徒、および医師など医療関係者向けの活動を活発に展開している。時期を見ては、テレビ、新聞などでの広告キャンペーンも実施している。

地元への情報公開では、「地方情報委員会」(CLI)と呼ばれる組織を設置している点が特徴的である。CLI は1980年代から原子力施設立地地域に設置されてきたが、2006年「原子力安全・透明化法」で明確にその役割等が規定された。同法により、1つ以上の原子力関連施設が立地するサイトでの CLI 設置が義務付けられた。CLI は非営利法人で、構成メンバーは市町村議会議員、県議会議員、地域議会議員、環境保護団体、経済界、労働組合、医療機関、有識者等の代表者で構成される。委員長は県議会議員(日本の県知事に相当)で、メンバーは同議長が任命する。安全規制当局、その他政府関係機関、原子力施設運転者の代表も会議にオブザーバーとして参加できる。CLI の使命は、当該施設の原子力安全および放射線防護に関する一般的な情報入手と情報評価であり、その施設から排出される廃棄物・放出物の環境影響について、別途、専門家に測定あるいは解析を依頼できる。また、協議・情報入手の場として、原子力施設運転者及び国の規制機関から、その使命達成に必要な資料・情報を入手できる。

3. 地元への経済的メリット

原子力施設の立地・周辺自治体には、税収として事業税が落ちる。フランスには日本の電源三法に相当するものはないが、固定資産税に加えて、事業税と呼ばれる間接税(地方税)があり、発電所立地市町村、隣接市町村、県内の他の市町村にその税収が入る。また、国の「大規模公共事業設備計画」に基づき、立地市町村の公共施設拡充に対して資金援助がある。

また、施設の所有者である EDF や AREVA などの企業は、地元雇用・調達を優先して行っている。また、発電所などの温排水を利用した温室栽培、養殖などが行われている。

以上、述べてきたように、フランスは、今後も原子力開発を重視する方針である。EPR の建設では、フィンランドや国内で建設の遅延が発生する一方、折からの金融危機、経済不況で、世界各国での原子力開発にも影響が懸念されるところではあるが、中・長期的に見て、原子力が気候変動問題やエネルギー・セキュリティ問題への対応で鍵になるエネルギーであることは変わらない。国内のみならず、世界的な原子力開発に関与するフランスの今後の動向が注目されるところである。