

日本における原子力エネルギーの課題

東京大学大学院工学系研究科原子力専攻教授／岡本 孝司

GXやエネルギー価格の高騰などの背景から、金属産業にとってエネルギーの安定供給確保が重要課題となっており、脱炭素かつ純国産のエネルギー源として原子力発電は再び脚光を浴びている。そのような状況下、安全性が確認された原子力発電の活用を促進するにあたり、政策上どのような課題が存在するか正しく知るためには専門家の見識が必要である。そこで今回は東京大学の岡本孝司教授より「日本における原子力エネルギーの課題」を執筆いただいた。

エネルギーと産業

日本は戦後高度成長を果たし、世界に冠たる経済大国となった。産業の発展が、日本の発展を牽引したことは疑う余地がない。性能の良い製品、付加価値の高い製品を世界中に供給することで、経済を発展させ、国民の生活を充実したものにしている。製品には、ハードウェアだけでなくソフトウェアやITなども含まれる。新しい価値を創造し続けることが、必須であり、そのためには、人材育成を含めた基礎的な分野への投資が重要である。

日本の産業発展を支えたのは、石

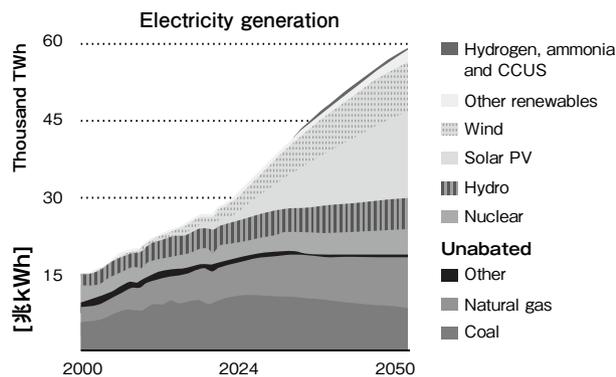
油、石炭をはじめとする、エネルギーである。現代社会は、エネルギー消費が無くては成り立たない。GDPとエネルギーは比例関係にあり、エネルギーを消費することで産業が進展し、産業が発展することでエネルギーを大量に消費する。いわゆる先進国では、平均寿命が80歳を超えており、国民の福祉の向上にもエネルギーが重要な役割を果たしていることがわかる。これから、中国やインド、ブラジルといったグローバルサウスの経済発展が進むとともに、エネルギー消費量が増大する。必要なエネルギーは人口に比例するので、将来、14億人の人口を持つ中国では、日本の10倍のエネルギー消費が必要とな

る。同様に、14億人のインド、2億人のブラジルなどが経済発展していく事によって、極めて大量のエネルギーが必要なのである。

IEA(国際エネルギー機構)がまとめた電力発電量の推移と、今後の推定を図1に示す。現在、世界の発電量は約30兆kWhである。15年前(2010)の世界の発電量は約20兆kWhであったので、この15年で1.5倍、約10兆kWh増えている。増加分の半分以上は中国であり、また、石炭火力発電が伸びている。一方、日本の発電量は、この30年近くにわたり、約1兆kWhではば一定である。つまり、日本10カ国分の電力が

15年で増えていることになる。日本では石炭火力発電が減少気味であるが、世界ではほとんど石炭を焚いている。電力需要の伸びは、単調増加であり、15年後の2040年には現在の1.5倍の45兆kWhとなる。2040年の世界の電力を考えるのと、さらに日本15カ国分の電力が必要になる。単純計算で、毎年日本1カ国分の新しい電源が開発されていく事になる。石炭や天然ガス、ウランなど資源の争奪戦が進まざるを得ない。

図1 世界の発電量履歴と推定



資料：IEA World Energy Outlook 2025, Fig. 3.18 より

このような世界の状況の中で、日本のエネルギー供給を考える必要がある。2025年2月に閣議決定されたエネルギー基本計画は、このような世界の中で、日本がどのように2040年の長期的なエネルギーを確保していくかが議論されている。

産業を進めるためには、電力だけではなく、石炭や天然ガスなど、高炉やコンビナートなどで使われる、様々なエネルギー資源を戦略的に確保していく事が必要となる。現状では、日本企業は、商社が優れており、戦略的に資源を確保している。資源という意味では、民間が十分に長期戦略で進めていく事が出来ている。

ところが、発電所、特に火力発電所については、二酸化炭素削減という流れの中で、新設が難しい。新しい高効率な火力発電所を建設することで、より低コストで、二酸化炭素排出量も少ない電力を得ることが可能になる。しかしながら、火力発電所の建設は難しくなっていると同時に、変動電源である太陽光や風力のバックアップとしての運転を担わざるを得ず、設備利用率が小さくなってしまふ。つまり、発電所を作っても、発電できる時間が少なくなり、電気売りの売上げが減ってしまふ、投資回

収が難しくなるといふ状況にある。国が先導して、再エネを推進してきただけである。火力発電所の建設を、本来は国が先導して戦略的に進めなくてはならない。

世界における原子力エネルギー

原子力発電所をめぐるリスクは、事故によるリスクが大きく着目されているが、動かせる発電所を動かさないリスクというものも当然存在する。原子力発電所は1基で年間約70〜100億kWhの電気を供給できる。日本の発電量約1%に相当する大電力である。もし、中東などの政治状態が不安定化し、エネルギー資源が途絶するようなことがあれば、原子力を動かすことで助かる命もある。一方で、健康のためなら死んでも構わないという矛盾に近いことがあり得るかもしれない。健康を損ねる可能性が極めて僅かあるとしても、生き残るために再稼働することも必要ではないだろうか。因みに、1986年にチェルノブイリ原子力発電所4号機が事故を起こしたが、すぐ隣にある3号機は、ウクライナの電力需要を確保するため、4号機の事故後す

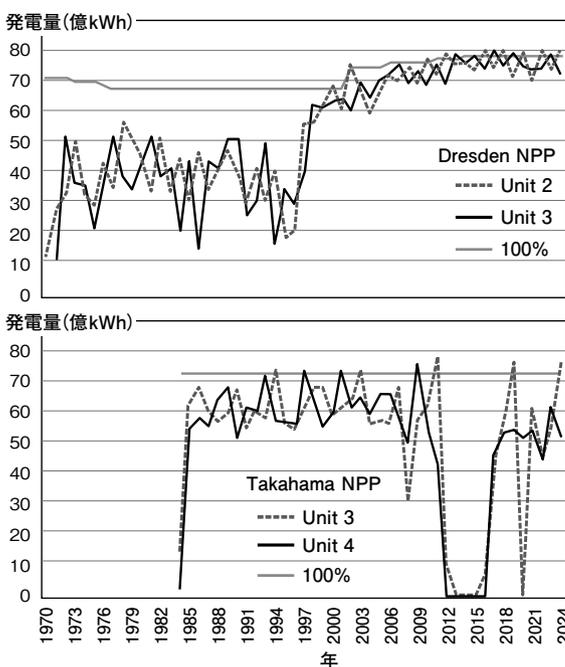
ぐに再稼働している。原子力発電所事故のリスクと、再稼働せずに停電などにより多くの命が失われるリスクを評価して、再稼働を選んでいる。ソビエト連邦が崩壊した後、EUの強い要請で2000年には運転を止めているが、代わりに4基の原子炉を新設している。

アメリカでは、廃止措置を決めた原子力発電所が、改めてライセンスを取得して、再稼働する事を決めているものも多くある。スリーマイル島発電所1号機は有名であるが、発電コストのほとんどを設備費などの固定費が占めるため、燃料代や保守費用、運転費用などに対するわずかな投資で、大きなリターンが見込め

る。現在、アメリカで原子力発電所が注目されているのは、わずかな投資で確実に収入が見込めるためである。すでに建設から30年以上が経ち、すでに50年の運転期間を超えているプラントも多い。

図2に、アメリカドresden発電所2、3号機と、日本高浜発電所3、4号機の年間発電電力(億kWh)を示す。Dresdenでは、90年代中ごろから発電量が増えていることがわかる。それまでは、よく停止しており、高浜発電所の方が多く電力を作っていた。しかし、90年代中ごろに、リスクを考慮した保全の仕組みを取り入れるとともに、停止間隔を2年としたり、原子炉の出力向上などを

図2 日米原子力発電所の発電量推移



行うことで、95%以上の設備利用率を達成し、大量の電力を供給してきている。高浜発電所は、福島第一原子力発電所事故までは、80%程度の設備利用率であり、再稼働後は若干少なくなっている。発電量の実績は、トランプが無いという事を意味しており、原子力発電所の安全性を表す指標である。日本でも、アメリカと同様のリスクを考慮した保全の仕組みを取り入れれば、より安全になって止まる時間が減り、より多くの電力を供給できる。残念ながら、日本では比較的長く止まっており、安全性がアメリカよりも劣ると考えることもできる。リスクを考慮して安全性を高めることで、停止期間を減らすことが望まれる。

アメリカでは、寿命延長の評価も盛んであり、すでに80年運転を認められた原子炉も多い。80年運転できるとなると、今から30年にわたり、安価な電力を安定的に提供できる事になる。つまり、2055年までは、現状の約100基の原子力発電所を運転し続ける可能性が高い。一方で、新規建設についても、トランプ大統領の大統領令によって進める事が示されている。電気容量を今の4倍、つまり、300基の原子力発電所の

新設を見込んでいる。これは、極めてチャレンジングである。2000年代にいくつもの原子力発電所の新設プロジェクトが立ち上がったが、ヴォグル原子力発電所の2基のAP1000以外はキャンセルされた。ヴォグル原子力発電所も運転開始が遅れ、初期投資が大幅に膨れ上がっている。しかし、80年にわたり安定な電力を売ることができれば、十分に投資回収は可能である。現状のアメリカを見ると、大型炉の新設については、建設期間が長期化するリスクが大きく、投資商品としては受け入れられていない。しかし、トランプ大統領は、このリスク回避のために、日本からの80兆円の投資を活用することを考えているようである。つまり、万一失敗しても日本が困るだけで、アメリカは困らない。

リスクの高い大型原子炉に、日本からの投資を当てる。一方、比較的短期間で建設が可能で、短期間で投資回収が見込めるいわゆる小型炉(SMR)については、数多くのスタートアップを中心として、アメリカ国内で投資が進んでいる。技術的には、10年単位では実現不可能な核融合炉スタートアップが投資を集めているのは、単純にマーケットのメカニズ

ムでの投資回収を行うことが目的で、発電での投資回収は考えられていない。一方で、高温ガス炉や、小型軽水炉などは、最初の数基の投資回収にリスクがあるが、もし複数基が継続的に建設できれば、投資商品としては十分な利益が見込める。先日、アメリカ原子力学会の年会に出席したが、極めて多数のスタートアップが発表を行っていた。明らかに技術力不足のスタートアップも多いが、いくつかは、技術的に成立する。しかし、いずれも核燃料調達のサプライチェーンが弱く、特に濃縮度を若干高めたウラン燃料の供給見込みがボトルネックとなると想定される。

アメリカの状況は10年後の日本である。大きな違いは、アメリカでは燃料については国(DOE)がサポートし、発電所についてはマーケットに任せている。しかし、日本では、国策民営というかたちで、リスクを民間がとることが極めて難しい。特に、福島第一原子力発電所事故を、すべて東京電力の責任としたため、会社は国営化(原子力損害賠償・廃炉等支援機構(NDF)が過半数の株を所有)され、経営リスクがアメリカに比べて大きくなっている。さらに、アメリカでは規制委員会(NRC)が合理的に

規制を実施するとともに、国民とも積極的に対話を行っていることなど、プロジェクト推進の予見性が高い。一方、日本においては、原子力規制委員会(NRA)が、技術的ではなく、単純に法令の解釈のみで安全性を判定しており、本質的な原子力安全を高めることができていない。また、審査も、解釈の整合性に加えて、審査員の思い付きで実施されることから、予見性が全くない。場合によっては、審査期間が無限にかかる可能性すらある。上記の日本とアメリカの環境の違いが、日本における原子力発電投資をやりにくくしている。

逆に言えば、この10年間の間に、上記の課題を克服できれば、日本においても原子力発電所の投資が増加し、2050年のリプレイスに向けた動きも活性化する可能性がある。まずは、背に腹を替えられない日本のエネルギー事情を鑑みると、再稼働したプラントについては、アメリカと同様の80年運転が最もありうるべきシナリオであろう。原子炉容器の中性子脆化については、技術的にクリアできると考える。しかし、問題は、原子炉容器以外のシステムの劣化であり、アメリカでは、システムに着目した80年運転の審査が進

められてきている。日本の法令では、運転期間は、エネルギー安全保障の観点から60年と決められている。法令改正を行えば、最大80年の運転期間は達成可能である。安全性については、10年ごとに規制委員会が確認することになっており、アメリカの例などを参考に、システムに着目した審査を行うことで、安全な80年運転が可能であろう。

80年運転が可能となれば、日本で原子力発電所のリプレースが必要な時期が20年遅れ、2060年代後半となる。それまでの間に、廃止措置を進め、リプレースの議論を進める事が重要である。なお、廃止措置も、日本ではアメリカや欧州に比べて極めて遅れている。欧米では廃止措置を開始してから5〜10年で更地にすることに成功している。つまり、日本でも欧米のシステムを導入できれば、2040年までには廃止措置中の原子力発電所を更地にできる。残念ながら、日本の場合は、原子力規制が原子力安全を考慮していないこと、放射性廃棄物の処分場が整備されていないという二つのボトルネックによって、廃止措置は30年以

上かかると考えられている。

あるべき戦略

まず第一に、日本における原子力開発に投資が可能な環境を整備する必要がある。20年以上にわたって原子力発電所を建設できていないが、技術力は十分に持っている。一番の課題は、原子力利用に対する環境整備ができていないことにある。①原子力規制を原子力安全を目的とするものに改善する事、②原子力損害の賠償に関する法律や、原子力損害賠償・廃炉等支援機構法を改善し、エネルギー開発におけるリスクに対して国の責任を明確化する事、③放射性廃棄物に対する国民の理解を高める事の3点が、10年間のモラトリアム期間に必要である。

規制については、原子力規制だけではなく、いわゆる自動車メーカーの検査不正のように、物理的ではなく、書類上のエラーを規制する仕組みでは、産業発展はおぼつかない。リスクを定量化し、リスクに基づいて規制を行う、欧米の仕組みを日本に導入することが、産業発展の大きな基盤となる。特に原子力は書類安全を目的とするのでは

なく、原子力によるリスクを低減化する事を進めなくてはならない。

国の責任については、現状の規制のままでは審査に無限時間がかかり、民間投資は不可能である。国が投資のリスクをとり、将来の日本人のためにエネルギー供給の道を開くことが重要である。半導体では数千億円規模のリスクを国が肩代わりしている。同様にエネルギー開発のために、数千億円規模のリスクヘッジを国が行う事も重要であろう。場合によっては、国指導による電力会社やメーカーの再編などもあり得ると考える。

最後に、放射性廃棄物である。一言で放射性廃棄物といってもピンからキリまであり、極めて危険なガラス固化体の高レベルから、50年埋めておけば放射能が無くなるL3低レベルまで幅が広い。国民の理解は、どうしてもリスクの大きな高レベルに集中するが、その量は、L3と比較すると極わずかである。L3埋設処分場を全事業者で建設することが、廃止措置の進行には必須となる。逆に言えばL3埋設処分場があれば、廃止措置は10年で終わる。このL3埋設処分場は50年で放射能は無くなる。産業廃棄物処分場に埋められた鉛などは無限にリスクが無くなる

いのに対して、リスクが無くなるのである。地方自治体が税金などを徴収するビジネスモデルを作り、地域の理解を得ることで、放射性廃棄物の90%以上を占めるL3低レベル廃棄物が処分できる。

以上、3つの課題を克服できれば、原子力発電所の複数基の新設が可能となり、将来のエネルギーセキュリティを担保できる。10年の期間で課題を解決するとともに、80年長期運転でリスクを先送りし、安全で安定で安価な原子力発電による電力を供給し続けることが望まれる。

岡本 孝司

おかもと・こうじ

東京大学大学院工学系研究科
原子力専攻 教授

1985年 東京大学大学院工学系研究科
原子力専門課程修了

1988年 東京大学助手
1993年 東京大学助教授
2004年 東京大学教授
現在に至る

専門は原子力熱流動、原子力安全学など

