



電力業界の変革と未来像 ～カーボンニュートラル・モメンタム終焉後の 世界を見据えて～ 中編

前編では、2050年時点の電力需要が現在の1.5倍に達するとの試算結果を示した上で、その需要に応え得る電源構成について考察した。その結果、再生可能エネルギーと火力発電を最大限活用したとしても、なお全体の4割の電力需要を賄い切れず、原子力が相当量を担わざるを得ないという現実を確認した。中編となる今回は、原子力が抱える最大の課題である安全性に向き合う新技術の動向を整理するとともに、原子力推進をめぐる課題と、その解決に向けた方策について考察する。

最大の課題である“安全性”を 乗り越える次世代原子力

前編で触れたとおり、電力供給の増強に当たっては、日本のエネルギー政策の大原則である「S + 3E」を同時に達成することが求められる。

原子力は、このうち「3E」に関して非常に高い能力を有している。

第一のE、安定供給（Energy security）の面では、エネルギー密度が極めて高く、少量の燃料から大量のエネルギーを生み出す利点がある。さらに、燃料の長期備蓄が可能であるため、燃料供給途絶といったリスクに対する耐性が極めて高い。

第二のE、経済効率性（Economic efficiency）の面では、発電コストが火力発電などと比べて相対的に低廉である。また、前述の燃料備蓄効果も相まって、中長期的に価格変動の影響を受けにくい特性を持つ。

第三のE、環境適合性（Environment）の面では、発電時にCO₂をほぼ排出しない。

そして、S + 3Eの中で最後に残る最大の課題が、安全性（Safety）である。この課題に対応するため、次世代原子力技術の開発が進んでおり、具体的には革

新軽水炉、SMR（小型軽水炉）、高速炉、高温ガス炉、フュージョンエネルギー（核融合）が挙げられる。

このうち、革新軽水炉は既設原子炉の設計をベースに安全性を高めたものであるため、次世代原子力の中で最も実現性が高いと位置付けられる。他方で、審査プロセスや建設期間については既設原子炉と同程度を要すると見込まれるため、2050年までに新設できる基数は限定的にならざるを得ない。

ゲームチェンジャーの 可能性を秘めるSMR

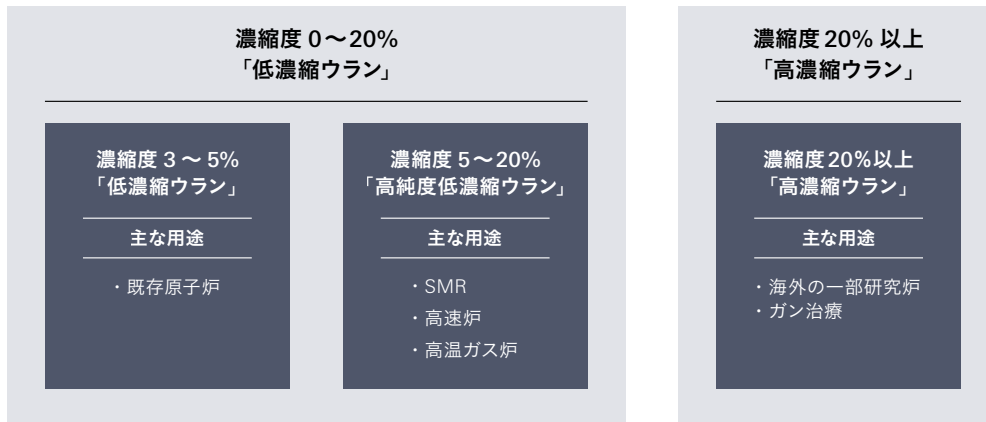
ベイカレントでは、既設原子炉をすべて再稼働させ、革新軽水炉を新設した場合、それらによって2050年時点の電力需要のおよそ2割を賅えると想定している。これにより、再エネおよび火力発電と合わせた供給力は、全体の8割に達すると見込む。そして最後のピース、残りの2割を担う供給力として注目されるのが、SMR（小型軽水炉：Small Module Reactor）である。

SMRは、他の次世代原子力技術には見られない独自の特徴を持ち、将来的な電力不足を解消する「ゲームチェンジャー」となり得る可能性を秘めている。

図1 ベイカレントの2050年電源構成見通し内訳

電源構成内訳	供給力内訳 (単位: 億 kWh)	構成比 (単位: %)
原子力	5,370	41
既設炉 / 革新炉	2,950	22
SMR	2,410	18
再エネ	6,190	47
太陽光	2,680	20
風力	1,120	9
一般水力	1,280	10
地熱	530	4
その他	580	4
火力	1,570	12
LNG (CCS, 専焼)	1,570	12
石炭 (CCS)	0	0
石油 (CCS)	0	0
その他	0	0
計	13,120	100

図2 ウラン235の濃縮度による分類



最大の特徴は、その「小規模性」にある。既設原子炉の出力が1基当り100万kW前後であるのに対し、SMRは30万kW程度と小さい。そしてこの小規模性こそが、既設原子炉にはないメリットをもたらす。

第一のメリットは、安全性である。SMRは小型であるため、崩壊熱が低く、電源喪失時でも、自然現象によって長時間にわたり、安定した冷却が可能となる。重力による制御棒挿入や冷却水の自然循環など、物理原理によって、人為操作を必要とせずに冷却が維持される思想に基づいて設計されている。

第二のメリットは、施工性である。小型であるがゆえに、モジュールとして工場で製造し、現地で組み立てる方式を採用することが可能となる。また、モジュール化によって、品質の均一化が図られるとともに、工期短縮やコスト低減も期待できる。

第三のメリットは、立地の柔軟性である。例えば、データセンターのような大規模需要家が敷地内にSMRを併設するユースケースが想定される。実際に米国では、ビッグテックなどが、こうした活用形態を真剣に検討している。

さらに、こうした大規模需要家が地域共生を目的として、自社敷地内のSMRから周辺地域へ電力を供給することも考えられ、「地域分散型電源」として普及する可能性もある。

そしてこの分散型電源は、電力システム全体にもメ

リットをもたらす。現在のように大規模発電所から長距離送電によって消費地に電力を届ける形態に比べ、需要地ごとに必要な量の電源を分散配置することで、送電設備への投資抑制が期待できるからだ。

第四のメリットは、出力調整能力である。既設原子炉は、一度運転に入ると定格出力での継続運転による運用が基本であり、出力調整には適さない。一方、SMRはより柔軟な出力調整が可能とされる。この調整能力によって、天候次第で発電量が大きく変動する再エネを補完することが可能となる。現在は、主に火力発電が担っている調整力の役割を、将来的にはSMRも担っていくことが期待される。

SMRに特化した規制・基準・制度 SMR用燃料の調達ルート確保

海外では、米国、カナダ、欧州（英国、ポーランド、エストニア）、中国などが、SMRを国家戦略に位置付けて開発に注力しており、商用化は目前に迫っている。こうした海外プロジェクトに、日本メーカーが参画しているケースも見られる。

一方、日本においても、SMRを含む次世代原子力の開発ロードマップが示され、今後検討が本格化することになる。

とりわけSMRについては、早期に規制・基準・制

度の整備に着手する必要がある。SMRは、既設原子炉と根本的に違う点が多いため、現行制度では十分に対応できないことが想定される。

最も大きな違いは、SMRがモジュールとして標準設計され、工場で量産化されることを前提としている点である。

例えば、設計、製造、完成品の各段階において包括的な代表審査を行い、その他の設置場所固有部分のみを差分審査する仕組みが構築できれば、時間的・経済的な効率性の向上が期待できる。

また、燃料調達についても戦略的な施策が不可欠である。SMR用の主な燃料は、高純度低濃縮ウラン(HALEU)であり、ウラン235の濃縮度が5～20%と、既設原子炉用の3～5%よりも高い。製造技術もより高度なものが求められ、現在の生産国は、米国、英国、ロシアなどに限られる。日本としては、安定した調達ルートの確保と国内製造基盤の確立が重要である。

原子力政策の課題と取り組み

原子力政策全体の抱える最も重要な課題として、「国民理解」の醸成が挙げられる。「国富の源泉となる電力供給力の重要性」や「日本の状況を現実視したうえで原子力の位置付け」、そして「安全性」に対する議論と理解促進については、もはや先送りは許されない局面に差し掛かっている。国として前面に立つこととは言うまでもないが、同時に、経済界や電力事業者も積極的に情報発信を行い、戦略的なコミュニケーションを実行する必要がある。

もう一つのクリティカルな課題は、事故時に原子力事業者課される「無限責任」である。現行制度では、

原子力損害賠償責任を事業者が青天井で負うことが求められており、民間企業にとっては内包しがたいリスクとなっている。この点が、新設投資に対する意思決定の大きな障害となっている面は否めない。

原子力による供給力確保が国家戦略であることを踏まえれば、国や事業者を含めた社会全体で責任を分担し、保障する枠組みを制度化することが不可欠である。こうした制度設計によって事業者の投資予見性を高めることが、結果として安定的な電力供給の確保につながる。

また、建設エンジニアリング能力の不足も重石(おもし)となる。原子力新設が長期間途絶えた結果、設計・建設・施工管理に深い知見と経験を有する人材が減少し、業界全体の基盤が弱体化しつつある点が懸念される。

一方で、原子力発電は構造・行程ともに、高度に複雑な施設であるがゆえに、AIを活用できる余地は大きい。AIの導入は、人手不足の緩和にとどまらず、設計精度や施工品質、安全性の向上に貢献することが期待される。

今回は、国富の源泉となる電力供給力の鍵を握る次世代原子力に焦点を当て、その意義と推進にあたっての課題、さらには解決に向けた方策を考察してきた。最終回となる後編では、こうした一連の取り組みによってカーボンニュートラル(CN)への投資が一段落し、CN投資がもはや第一優先事項ではなくなる時代に、電力業界が直面する社会的要請とは何かを整理し、それらを踏まえた戦略のあり方について考察したい。

シニアエキスパート 奥山 茂樹

シニアコンサルタント 大西 一夢

ベイカレント・インスティテュート 井上 雅貴