

オピニオン

2050年までにゼロエミッション電源を実現させよう！ ～ 再エネと原子力（SMR）がキーワード ～

Let's realize Zero-emission Power Generation by the year 2050!

～ Renewable Energies and Nuclear Power (Small Modular Reactor) are two Key Words ～

NPO法人アトム未来の会

理事 路次安憲

(註) ゼロエミッション電源；CO₂を発生させない発電方法

再エネ；水力、太陽光、風力、地熱等の再生可能エネルギー

SMR；Small Modular Reactor (小型モジュール炉)

1. 総括

我々の生存にとって死活的に重要なエネルギーについては諸外国の思惑等も含めた世界情勢に引きずられない「自立」が最も大切である。この点から我が国の電源向けエネルギーを考えると、まずは純国産エネルギーである再生可能エネルギーの活用であり、次いで準国産エネルギーと位置付けられる原子力であろう。

さらに、世界的には「地球環境改善」に向けた脱炭素社会の実現が待ったなしであり、この面からも発電過程でCO₂を発生することのない再エネと原子力の活用が有用とされている。

本稿は、それらを踏まえてゼロエミッション電源構築をめざす上での考え方を整理したものである。

2. Japan First

エネルギーは生活必需品であり、安価で安定したエネルギーの供給が滞れば国民経済は活力を失い、市民生活の安全も安心も安定もない。

人類は太古からエネルギーを手に入れるための努力を積み重ねてきた。神様が意地悪なのかどうかは知らないが、エネルギー資源もその獲得手段も地球上にまんべんなく与えられているものではなく、地政学的な壁が存在していた。

日本が太平洋戦争へと突き進んでしまったのも「石油」がきっかけの一つとなっているし、現在の日本にも、化石資源に恵まれず、周りは価値観の異なる国々であるという地政学的リスクが存在する。エネルギー問題は安全保障問題と不可分なのである。

そのような歴史的経緯や地政学的状況も踏まえると、エネルギー問題は自らの死活問題と捉え、感情論ではなく冷徹に、合理的に考えることが重要である。思考形態としてまずはエネルギーの自立を目指した“Japan First”であり、それを前提とした上で多様性や国際協調をどのようにして図っていくかについて想いを巡らせることが大切だと考える。

3. 地球環境改善は待ったなし

2020年は感染症（新型コロナウイルス）が話題を独り占めした感があるが、例年同様豪雨等による大規模な災害が相次いだ。最近台風、豪雨、そして猛暑等々の異常気象全体の発生頻度や大規模化が年ごとに激しくなっていると多くの人々が実感しているのではなかろうか。

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第5次評価報告書では、気候システムの温暖化について疑う余地がないこと、また、気候変動を抑えるために

2050年までにゼロエミッション電源を実現させよう！

は温室効果ガスの抜本的かつ継続的な削減が必要であることが示されている。これに異を唱える学者の意見にもなるほどと思わせるものがあり、科学的な論争は冷静に継続すべきものであるが、現実問題としては手遅れになる前に対策を講ずるべきであろう。もはや待ったなしの状況である。

欧州では2050年カーボンニュートラルに向けた戦略を策定しており、我が国もエネルギー転換・脱炭素化への挑戦として、これまでは「2050年に温室効果ガス80%削減」との目標を設定していたのだが、菅内閣の発足とともに「2050年までにCO₂などの温室効果ガス排出の実質ゼロ（カーボンニュートラル）を目指す」と、より前向きな対応となった。

その実現のためには、あらゆる活動に対する電化の推進（自動車のEV化は代表事例）と電源自体の脱炭素化を同時並行的にかつ強力に推進することに尽きるだろう。

4. 再エネは希望の星なのだが…

4-1. 再エネへの期待の高まり

古くから有力な電源として開発が進められてきた水力発電は再エネの元祖である。「燃料」としての水は太陽と雲が勝手に供給してくれて、しかもクリーンである。近年になって大規模に開発された揚水発電を含めて水力は再エネの優等生で、今後も一定の役割を果たすものと期待されるが、一部の中小水力を除いて我が国においては規模拡大の余地は少ないのが現状である。

これに対して、新しい技術である太陽光発電と風力発電は国の誘導政策（固定価格買取制度（FIT制度））を背景に大量に導入され、2019年実績で我が国の総発電電力量の10.1%を占めるに至っている（太陽光7.2%、風力等2.9%、ちなみに水力は8.5%で再エネ合計では18.6%）（IEA集計。朝日新聞、2020年9月25日）。

この比率は政府の第5次エネルギー基本計画における2030年度目標値22～24%を十分達成できそう

な勢いである（最近は次項に掲げた「課題」の顕在化によって特に太陽光の伸びは鈍化しているが）。

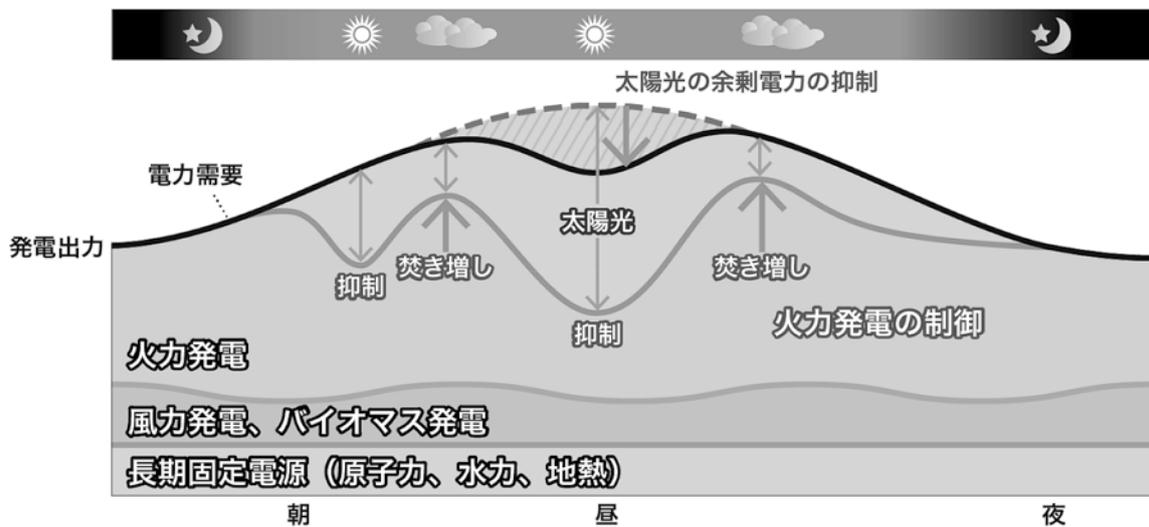
再エネは我が国にとっては以下に示すような大きなメリットがある。

- (1) 純国産エネルギーであり、石油や天然ガスのように地政学的な影響を受けるものではなく、エネルギーセキュリティー（安全保障）の向上が図れる（但し、太陽光パネルなどのサプライチェーンまで考えると「純国産」と胸を張れるものではないが）。
- (2) 発電過程においてCO₂を発生しない（地球環境改善）。
- (3) 再生可能エネルギー・蓄電・デジタル制御技術等を組み合わせた脱炭素化エネルギーシステムへの挑戦が新たな技術革新の核となるとともに、他の化石エネルギーや原子力の技術革新を誘発している。

4-2. 再エネの課題

そのような希望の星である再エネ（その中の太陽光、風力）にも当然ながら多くの課題が存在する。

- (1) FIT頼みで推進してきたために国民に（電気料金として）過大な負担を強いてきている。
- (2) 広大な砂漠が広がる中東や風況の安定した北欧などとは異なって我が国の場合には、山がちな国土や安定しない風況など、再エネのコストに対して不利な状況が多い。
- (3) 広大な敷地を必要とすることによる環境破壊の懸念、雷、台風、豪雨、竜巻等による破損の危険性（すでに発生している）、将来的に大量の廃棄物発生が見込まれる等。
- (4) 発電が不安定（お天気まかせ）である（次頁の図参照）。



(「日本のエネルギー 2019 「エネルギーの今を知る」」(資源エネルギー庁)より)

このような特性に対応して、電力会社は持てる能力をフル活用しながら需要に応じた電力を供給しているわけだが、現在その中心となっているのが火力発電である。機動性に優れた火力発電（とくにコンバインドサイクルやガスタービン）を起動・停止することにより、再エネ電力の不足・過剰をコントロールしているわけである。ただ、残念ながら火力発電にはCO₂を発生させるというデメリットが存在する。

5. 原子力の位置づけ

2021年の年初には、寒波の襲来により電力需要が増大して各電力会社の使用率が97～99%と停電一歩手前にまで至ったことがあり、しっかりとしたベースロード電源の必要性を再認識させられた。

CO₂を発生させずに低コストで安定した電力を供給できる原子力への評価が世界で高まっている。エネルギー転換の優等生と言われるスウェーデンは再エネと原子力（約40%）で発電のほとんどを賄っているという。資源エネルギー庁によれば「消費電力量が大きく、かつカーボンニュートラルを表明している国の多くは、将来にわたって原子力発電を利用する方針」とのことである。

我が国も本来はその範疇に入るものであろうが、

福島第一原子力発電所事故の報いとして安全性に関する人々の懸念は未だ払しょくされていない。原子力に関連する産官学の各界は連携して現在も実施中の安全性の一層の向上への取り組みなど、信頼回復のための地道な活動を継続することが欠かせない。そして、まずは原子力規制委員会が運転を許可した原子力発電所の再稼働と長期運用を図ることによってしっかりとしたベースロード電源を確保し、その上で次世代炉のさまざまな活用を考えるべきであろう。

なお、最近では世界的に次世代炉の一つであるSMRへの関心が高まっているので、以下ではSMRについて記述することとする。

6. SMRへの期待

6-1. SMRとは

IAEA（国際原子力機関）によれば、SMRとは出力が300MWe以下の炉である。炉型は軽水炉に限ることなくいろいろとあるのだが、本稿では米国を中心に開発が最も進んでいる軽水型（PWR型）を対象とする。

2050年までにゼロエミッション電源を実現させよう！

6-2. SMRの特長

(1) 安全性・レジリエンス性

内包放射能が少なく、パッシブな革新的安全システムの採用により、合理的な機器・設備の簡素化や防災計画エリアの縮小などが可能。

(2) 革新的な製造方法

ほとんどを工場で効率的に組み上げる生産方式となり、品質の維持・向上を達成しやすい。

(3) 投資リスクの低減

1基あたりの価格が低く建設期間が短いため、初期投資が抑えられ早期の投資回収が可能。段階的な増設による容量増加など柔軟な選択が可能となり、投資リスクが小さい。

(4) 運転・保守管理の容易性

パッシブ化により事故時の対応が軽減されるとともに、簡素化設計によりメンテナンスが容易となる。

(5) 小規模グリッドへの適用性

電力需要が小さい地域や電力グリッドの未発達な地域への普及が可能となる。

(6) 負荷追従や熱供給

再生可能エネルギーの出力変動を調整するカーボンフリー電源としての活用可能性。周辺産業や地域への熱供給源としての利用。

6-3. SMRの課題

新しい技術・システムの応用であることから克服すべき課題は当然あるが、最も大きな課題は従来のスケールメリットによるコスト低減の方向に反するアプローチであることから「経済性」であると考えられる。

6-4. SMRの開発状況

米国、カナダ、英国、ロシア、中国等で開発が進められており、米国では原子力規制委員会（NRC）が昨年8月にニュースケール・パワー社製の小型モジュール炉（SMR）についての設計認証（DC）審

査を完了して安全評価報告書の最終版（FSER）を発行したと伝えられている。これにより、エネルギー省（DOE）傘下のアイダホ国立研究所（INL）敷地内における初号機の建設・運転計画が具体的に動き出すことになるであろう。

NRCはニュースケール・パワー社の審査申請資料を公開しているが、許認可に関する活動が多くの国で共有できるようになると、世界でのSMRの導入が加速する可能性があり、NRCの英断は歓迎すべきものである。

日本では原子力の新設・リプレースが未だ見通せないことからSMRに期待をかけながらも出遅れの感は否めないが、三菱重工業は2030年以降の実用化を目指して発電プラントや船舶などに搭載できるSMRの開発を進めており、GE日立ニュークリア・エナジーも米国での建設を目指し、NRCの安全審査を受けている。

さらに三菱電機も米国HOLTEC社製SMR-160プラント向けに制御保護システムを納入すべくHOLTEC社とSMR-160向け同システムを共同開発中である。

6-5. 再エネとの協調

前記のとおり、再エネは季節や天候によって発電量が変動するので、安定供給のために現在は主として火力発電による出力調整で対応している。ゼロエミッション電源を実現するには火力発電の割合を徐々に少なくしつつCO₂を発生させない代替システムを構築する必要がある。ベースロードを原子力と水力（及び地熱のさらなる開発）で賄った上で、代替システムとして想定される今後の主要なプレイヤーは以下のようなものであろう。

(1) 蓄電池

出力平準化の切り札として最も期待が高いもので、電気自動車（EV）が持つ蓄電池の活用も考えられている。課題は大容量化とコストであるが、蓄電池メーカーの世界的な競争が起こってい

る中での技術開発の進展に期待したい。

(2) 揚水発電

既に活用されているシステムで、供給力不足に際しての水力発電としての利用のみならず、太陽光の割合が高い九州電力などでは、太陽光の出力がピークを迎える昼間の余剰電力を利用して水をくみ上げることも行っている。

(3) 水素製造

水素エネルギーの活用は今後の技術開発に伴って発展が期待される分野であるが、再エネによる発電がピークの時を活用して積極的に水素を製造する方策も考えられる。いわゆる「上げDR(デMANDレスポンス)」である。

(4) PWR型SMRの活用

PWRには「タービンバイパスシステム」が備えられている。これは、原子炉系で発生した蒸気の一部または全部をタービンに送らずに（つまり発電に供することなく）復水器に送り込むことができる系統で、原子炉の出力を変動させずに発電所としての出力を急速に調節することができるシステムである。

このシステムを活用すればSMRの電気出力を急速に増減することが可能である（注）。もちろん、このような方策をとることは当該系統の保守・交換の頻度が増大することに繋がり、そもそもベースロード運転が最も有効とされる原子力の経済性を損なうことではあるが、ゼロエミッション問題を巡る状況の中で、SMRを「容量市場」（必要な時に発電することができる能力を「kW価値」として評価し取引する市場）や「需給調整市場」（需給バランスを調整する能力（ Δ kW価値）を評価して取引する市場）の対象とすることも考えられるのではなかろうか。

（注）例えば、参考文献(5)では、NuScale SMRと風力発電プラントを組み合わせた場合の仮想的なシナリオ（シミュレーション）において風力発電とSMRが見事に協調しあっ

ている様子が示されている

7. おわりに

電源（発電手段）をゼロエミッション化する方策は再エネと原子力（SMR）の活用が中心であることを述べてきた。

あくまで現時点での見通しであり、今後の技術開発の進展次第で施策の強弱に変化があることは当然であるが、いずれにしても、最も重要なことは「我が国エネルギーの自立」であり、そのための「エネルギー技術の主導権獲得」である。政府の第5次エネルギー基本計画においては以下のように表現されている。

『エネルギーのサプライチェーンの中でコア技術を自国で確保し、その核心を世界の中でリードする「技術自給率」（国内のエネルギー消費に対して、自国技術でまかなえているエネルギー供給の程度）という概念の重要性を再確認すべき事態になっている』

原子力分野における「技術自給率」向上のためには、原子力界全体での人材、とりわけ若い人材の育成と、多様な主体による革新的な原子力技術開発の促進が重要である。中でも若い人材の育成に係る大学の役割は重要で、とくに近畿大学のような原子炉を保有する大学への期待は大きなものがある。

最後に繰り返しとなるが、エネルギー問題は安全保障問題と不可分であり、そのような課題解決に際しては、ドリーマー（観念論者）ではなくリアリスト（現実主義者）としての視点が是非とも必要である。

参考文献

- (1) 第5次エネルギー基本計画（平成30年7月）
- (2) 「エネルギー基本計画の見直しに向けて」（令和2年10月13日、資源エネルギー庁）
- (3) 「2050年カーボンニュートラルの実現に向けた検討」（令和2年12月21日、資源エネルギー庁）

2050年までにゼロエミッション電源を実現させよう！

- (4) 田中隆則、「SMRを巡る国際動向とそのインパクト」、2018年9月20日
- (5) D.T.Ingersoll et al, “Can Nuclear Power and Renewables be Friends? ”、Proceedings of ICAPP 2015