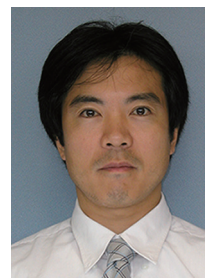


原子力の役割

都筑 和泰 (原子力技術センター
原子力チーム 部長)



1. 原子力の評価

当研究所においては、震災前より継続して、エネルギーに関する公衆調査を毎年実施してきております⁽¹⁾。調査対象は首都圏の500人であり、webを利用して実施しております。その中の原子力の利用を続けるべきかどうかについての設問については、震災直後に「やめるべき」とする意見が急増し6割強に達しました。その後、若干の減少はあるもののほぼ横ばいで推移しており、2017年の時点でも「徐々にやめていくべき」と「すぐやめるべき」を合わせると半数を超えております。このように国内においては、依然として原子力について厳しい見方をしている方が多いということが分かります。

一方、海外においては状況が異なります。

図1に示す通り、中国やロシアは積極的に原子力発電所の建設を進めております。また、欧米においても、少数ではあるものの大型軽水炉建設プロジェクトは実施されております。さらに、並行して小型モジュール炉(SMR)を含む新型炉の開発に積極的な投資が行われております。

原子力は最初の商用炉が運転してから既に60年以上経過し、世界の電力の約1割を供給しているという実績のある低炭素電源です。そのこともあり、多くの低炭素エネルギービジョンにおいては、図2に示す通り、2100年に向けて原子力の着実な増加を見込んでおります。このように、原子力は世界的にはカーボンニュートラル実現のための有効なツールの1つと認識されていると言えます。

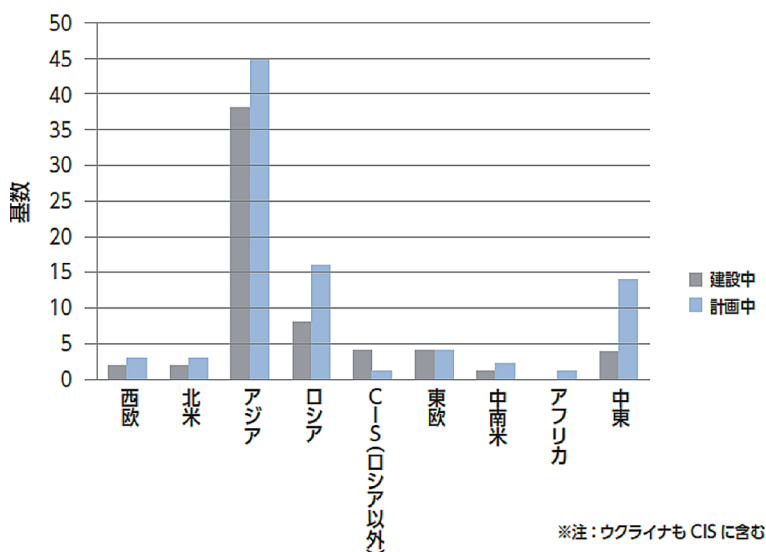


図1 世界の建設中・計画中の原子力発電所⁽²⁾

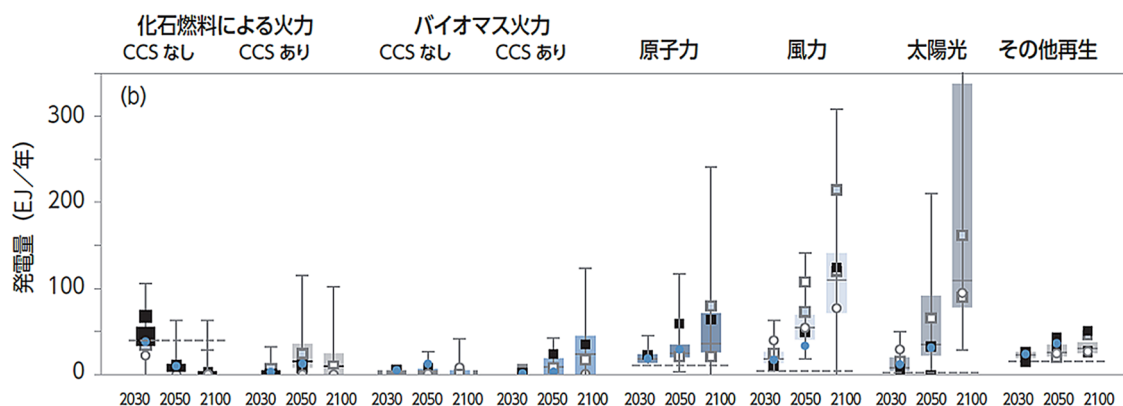


図2 IPCCの1.5°Cシナリオにおける一次エネルギー消費量の推移⁽³⁾

2. 原子力の特長

(1) CO₂ 排出

原子力は、発電時には二酸化炭素（CO₂）を排出しませんが、燃料の製造やプラントの建設・解体にCO₂を発生するので、全くCO₂を排出しないというわけではありません。これは再生可能エネルギーも同様ののですが、原子力については、「実はCO₂削減に寄与しない」と思っている人が少なくないというアンケート結果も報告されています⁽⁴⁾。

単位発電量当たりのCO₂排出量を定量的に比較するため、いわゆるライフサイクルアセスメントがいくつかの機関で実施されていま

す。その一例を図3に示します。この計算は、計算の前提条件やデータの精度に応じて多少の不確実性を持ちますので、再生可能エネルギーと原子力の順位については議論が残ります。しかし、少なくとも、「火力発電よりは明らかに少なく、他の再生可能エネルギーとは概ね同等」という結論は大きく変わることはありません。従いまして、火力発電を原子力発電に置き換えることにより、CO₂排出は確実に低減可能と言えます。

(2) 発電コスト

原子力を含む各種電源の発電単価についても様々な検討が行われております。ここで

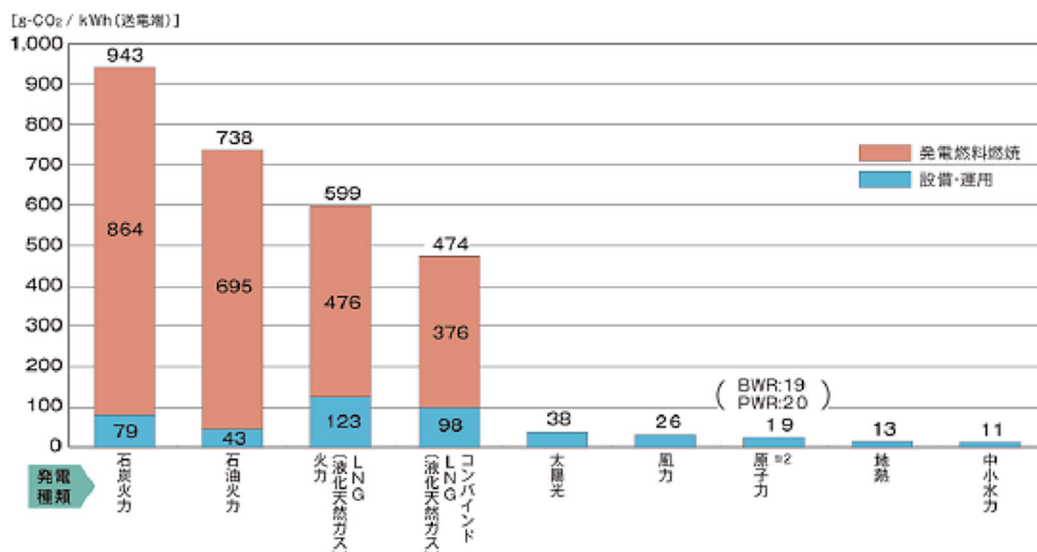


図3 主要発電技術の単位発電量当たりのCO₂排出量比較⁽⁵⁾

は、図3に経済協力開発機構／原子力機関（OECD/NEA）の検討結果を示します⁽⁶⁾。原子力は他電源と比べてコストが低い方であると評価されております。一方、欧米における最近の原子力発電所の新規建設の状況を見ると、とても「原子力はコストが低いとは思えない」という方も多いかと思えます。実際、国際的な金融グループであるラザード（Lazard Limited）においては、図4の結果を大幅に上回るようなコスト評価をしております。

このようなコスト上昇の詳細な分析は公表されておりませんが、工期の長期化に伴う人件費や金利負担、周辺のインフラ整備など、純粋なプラント建設費以外の要因が大きいと推察されます。結局のところ、原子力発電は順調に建設し、順調に運転することができれば他電源と比べて相対的に安価であるが、欧米諸国においては数10年にわたる建設経験の途絶もあり、その状況が実現できていないということだと理解しております。

図4でもう1つ着目すべきは原子力（長期運転）が非常に安く評価されているということです。原子力は初期投資が大きい一方で燃料費や運転費は小さいという特徴があるため、初期コストの回収が終了すれば他のほとんど

の電源よりも低コストとなりえます。その意味で、国内においても再稼働を早期に実施することは経済的には合理的であると言えます。

（3）供給安定性

原子力発電は、核燃料のエネルギー密度が非常に高いこともあり、1年間程度は燃料交換なしで連続した定格出力運転が可能です。また、国内に保管されている燃料のみで3年程度は運転可能です。従いまして、海上輸送トラブルを含む燃料供給途絶に対しては非常に強い電源と言えます。また、原子力の燃料であるウランは輸入に頼ってはおりますが、その供給元は多様であり、主要供給国の政情は中東諸国と比較して安定しております。エネルギー密度が高いことに加えて、ウラン調達が安定的であることも原子力の供給安定性を高めています。

3. 原子力の課題

これまで述べてきた通り、原子力はカーボンニュートラル実現のための有効なツールの1つと位置付けることができます。その将来利用に向けた主要な課題は以下の通りです。

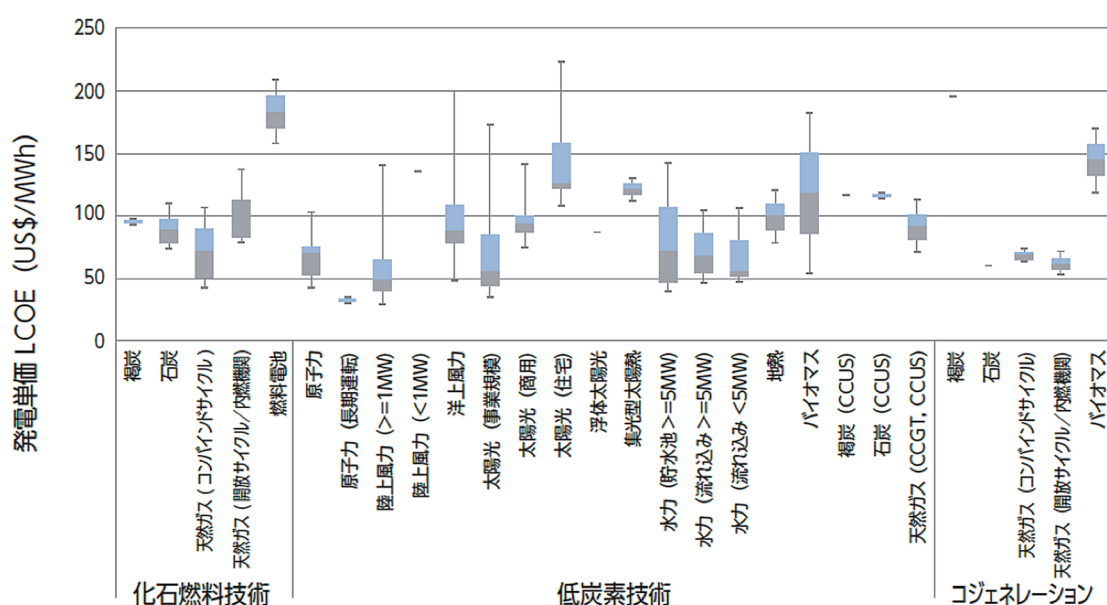


図4 各発電技術の発電コスト評価⁽⁶⁾

これらの全てを取り扱うには紙幅が足りませんので、ここではこれらの課題に関連するいくつかのトピックについて紹介いたします。

- より高い安全性
- 放射性廃棄物処理・処分
- 経済性
- 多様な用途

(1) 軽水炉の改良

前述した通り、現在 400 基以上の原子力発電所が運転中で、建設中のプラントも数 10 基あります⁽²⁾。最近革新炉関連のニュースが増えている中ではありますが、実際に運転し、建設しているものの大部分は大型軽水炉です。従いまして、原子力の将来を見据えた場合、その改良は依然として重要です。主要な課題は福島第一原子力発電事故を踏まえた安全性のさらなる向上と、経済性向上であり、そのために必要な技術開発が進められております。その主要な技術開発項目は以下の通りです。

- 非常用電源に依存しない静的安全系の活用
- 万一炉心が溶融するような事故が発生しても被害を最小限にとどめられるような設計対応
- 工期短縮・工期順守に資する技術開発、工法開発
- プラントの発電効率向上
- プラント長寿命化

(2) 小型モジュール炉への期待

近年、アメリカ、イギリス、カナダなどを中心に小型モジュール炉の開発が積極的に進められております。その主要な期待事項は以下の通りです。

- 需要の規模と整合：新興国や中規模の都市については、中小型の炉の方が適する場合がある。また、遠隔地における熱電供給などを想定したさらに小規模な炉も検討
- 初期投資額が小さい：小型炉の kW あたりの単価には議論があるが、少なくとも初期投資額は一般に小さい。
- より高い安全性：プラント内の核燃料自体が少

ない上、固有安全、受動安全などの活用により、各炉型が高い安全性を宣伝している。

- モジュール化：可能な限り工場でモジュールを生産し、現地工事は最低限とする。また、量産化によりさらなるコスト低減を目指す。

- 需要地近接：高い安全性を前提として需要地に近接して立地ができれば、熱利用を含む多様な用途が想定可能である。

- 負荷追従性：変動性再生可能エネルギーとの共存を目指す。

- 高温化：発電効率の向上、産業利用、水素製造、排熱利用など。

- 高速中性子利用：Pu の活用による長期運転、廃棄物減容など

(3) 核融合

核融合は、核のエネルギーを使うという意味では原子力発電と同様ですが、基本となる反応は、原子力発電が「核分裂」、核融合は文字どおり「核融合」と全く異なります。核融合炉を持続的に発生させるためには、かなり大型の装置が必要となり、現在、わが国も含めた 7 極の国際協力により、核融合実験炉 ITER がフランスで建設されているところです⁽⁷⁾。

建設は 2010 年代半ばより本格的に着手し、2021 年 3 月の段階で、大型コイルの搬入作業が進められているなど、建設作業が進められております。プラズマの点火は 2025 年の予定です⁽⁷⁾。

核融合炉は、プラズマが不安定になったり燃料供給を止めたりすると、動作原理上すぐに停止するため、炉心溶融に相当するような事故は起こりません。また、高レベルの放射性廃棄物も発生しません。また、燃料は豊富にあります。これらの点から将来の有力な低炭素電源として期待されるところではありますが、開発初期段階の予想に反して、かなり大型の装置が必要となっており、実現の遅れやコストが高が懸念されています。もっとコンパクトに核融合ができるといった趣旨で、ベンチャー企業が活動を行っており、こちらの動きも注目に値します。

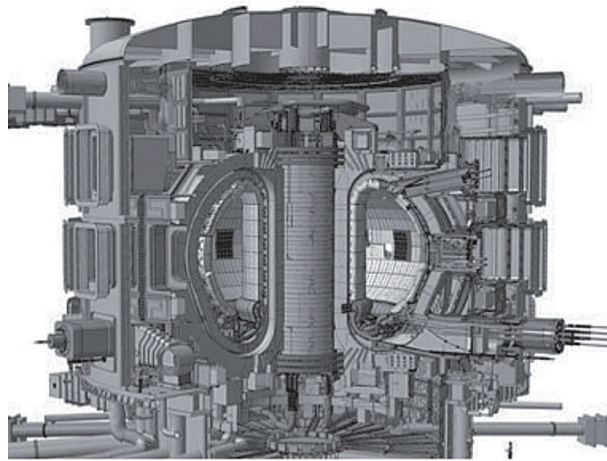


図5 ITER 概要⁽⁷⁾

4. まとめ

福島第一原子力発電所の事故を受けて、原子力に対する国内の評価は低下した状態が継続しております。その一方、中国、ロシアを中心に既設炉を改良した大型軽水炉の導入が着実に進んでおりますし、アメリカ、イギリス、カナダなどを中心に小型モジュール炉の開発も積極的に進められているなど、海外では原子力を積極的に推進する動きもあります。

他の講演でもありましたが、カーボンニュートラル実現は、原子力があっても容易ではないというのが実情です。再生可能エネルギーや二酸化炭素回収貯留などに楽観的な想定をすれば原子力なしでカーボンニュートラルを実現することは不可能ではありませんが、その実現がさらに困難となることは明らかなです。よって、今後も原子力技術の維持涵養していくことは重要と考えています。

参考文献

- (1) (一財) エネルギー総合工学, 「平成 29 年度エネルギーに関する公衆の意識調査」, 2018 年 3 月,
(<https://www.iae.or.jp/report/list/general/questionnaire-survey/>)
- (2) 原子力産業協会, 「世界の原子力発電開発の動向 2020 年度版」, 2020 年 6 月
- (3) Intergovernmental Panel on Climate Change, “Global Warming of 1.5°C,” October 2018
(<https://www.ipcc.ch/sr15/>)

- (4) 高野大志, 「気候変動対策における原子力の役割と技術的、社会的課題～「気候変動と原子力の役割に関する国際会議」を踏まえて～, 季報エネルギー総合工学, Vol.43 No.2, 2020 年 7 月
- (5) 電力中央研究所, 「日本における発電技術のライフサイクル CO₂ 排出量総合評価」, 総合報告 Y06, 2016 年 7 月
- (6) 経済協力開発機構／原子力機関 (OECD/NEA), “Projected Costs of Generating Electricity - 2020 Edition,” December 2020
- (7) 量子科学技術研究開発機構, 「ITER 計画」, 2021 年
(<https://www.fusion.qst.go.jp/ITER/>)