

100%再生可能エネルギー社会のゴールに向けて ～本部会が考える将来像～

Toward the goal of the society with 100% renewable energy
- Future perspective of 100% renewable energy section -

100%再生可能エネルギー部会 秋澤 淳*

1. はじめに

現代は VUCA の時代と呼ばれており、Volatile, Uncertain, Complex, Ambiguous な社会環境の中にあると言われている。世の中が多面的で多様性に富んでいることと不確実性は裏腹とも言える。エネルギーに関する社会状況も全く同じである。IPCC による報告書において、人間社会が排出した二酸化炭素が地球温暖化の原因となり、さらに気候変動を引き起こしていると理解されている。地球温暖化の原因が化石燃料消費に起因する二酸化炭素排出であることはほぼ確実とみなされても、そこから発生する気候変動など様々な事象には不確実性を伴う。また、ウクライナ戦争を始め中東地域で発生する紛争は燃料価格の高騰を引き起こし、燃料輸入に依存する日本は不確実性に晒されていることを認識する機会となった。したがって、様々な不確実性を考慮した上で、リスクをできるだけ抑える社会的対応策が求められている。

2. 第 7 次エネルギー基本計画

日本は 2050 年カーボンニュートラルを宣言し、それを実現すべくエネルギー政策を進めている。政府が策定した第 7 次エネルギー基本計画¹⁾はその一つの表れである。カーボンニュートラルを目指すのであれば二酸化炭素を排出する化石燃料の消費量はゼロにする他ないと考えられるが、基本計画では必ずしもそうっておらず、2040 年の二酸化炭素削減目標（2013 年比 73%削減）はあるものの、石油・石炭・天然ガスの利用について言及されている。参考として発電における再生可能エネルギーの比率が 4～5 割程度、火力発電の比率が 3～4 割程度、原子力発電が 2 割程度と示されている。

また、現在のエネルギー消費の 6 割は熱または燃

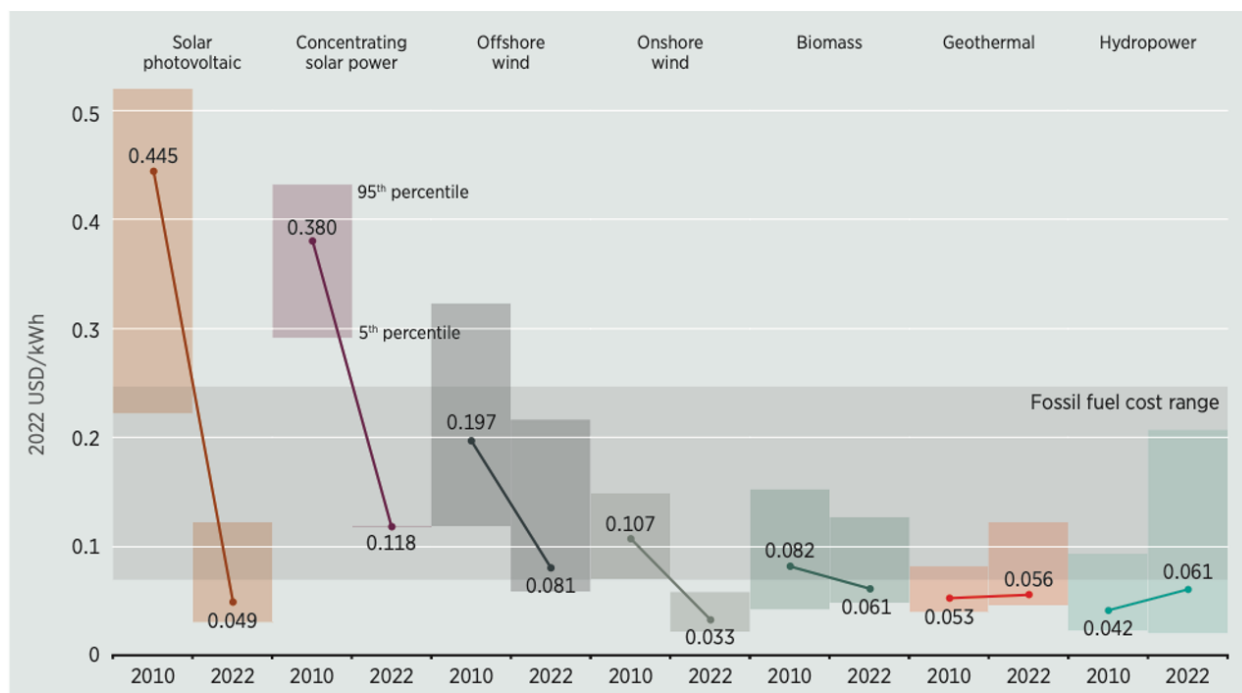
料である。電力だけがすべて再エネになってもカーボンニュートラルにはならない。鉄鋼・化学・セメント産業などのエネルギー多消費業種では脱炭素化が難しいとされ、CCUS（Carbon Capture, Utilization and Storage）や CDR（Carbon Dioxide Removal）の活用が述べられている。最終的に排出してしまう二酸化炭素は排気ガスや大気中から回収することで帳尻を合わせる考え方である。これは排気ガスや排水中に含まれる環境負荷を出した後に取り除くエンド・オブ・パイプ技術であり、20 世紀の発想のままである。

さて、これでカーボンニュートラルは達成できるのだろうか。2050 年脱炭素に向かうトランジション期ではやむを得ない側面があるとはいえ、永遠に二酸化炭素を回収して貯留し続けることは無理である。安定した状態にはなりえない。最終的には安定して二酸化炭素を出さない社会の実現がゴールである。すなわち、元々二酸化炭素が発生しないイン・プロセス技術を目指す必要がある。100%再生可能エネルギー部会の名称にある通り、最初から再生可能エネルギーですべて対処することが本質的と考えられる。これが本部会の基本的スタンスである。

3. 再エネ電力は競争力のある電源

パリ協定の 1.5℃ 目標を達成するには、脱炭素では不十分で CDR を駆使して大気中から二酸化炭素を除去する必要があるとの研究例もある。地球温暖化と気候変動による大きなダメージを回避するには総体として脱炭素に向かうことは世界的に認識されている。持続可能なエネルギーを確保しつつ脱炭素化を同時に達成する現実的な解となるのが再生可能エネルギーの利用である。核融合の開発も ITER プ

* 東京農工大学



Note: These data are for the year of commissioning. The thick lines are the global weighted average LCOE value derived from the individual plants commissioned in each year. The LCOE is calculated with project-specific installed costs and capacity factors, while the other assumptions, including weighted average cost of capital (WACC), are detailed in Annex I. The grey band represents the fossil fuel-fired power generation cost in 2022, assuming that 2021 fossil gas prices were the correct lifetime benchmark rather than the crisis prices of 2022. While the bands for each technology and year represent the 5th and 95th percentile bands for renewable projects.

図1 再生可能エネルギーによる発電コストの低減状況（出所：IRENA 報告書²⁾）

プロジェクトで進められているが、まだ核融合反応を確認する段階であり、外部にエネルギーを取り出すことはその先である。まだ見ぬ核融合に不確実な期待を持つより、目の前で実現している再生可能エネルギーの方が確実であることは言うまでもない。

開発の初期段階ではコストが高いことは当然であり、実用化によってコストダウンが進み普及に至る流れが一般的である。再エネもその枠組みと変わらず、日本において固定買取制以降、太陽光発電のコストは急速に低下している。将来的に既存の電源よりも発電コストが低くなることが見込まれている。IRENA のレポート²⁾による各種再生可能エネルギー発電のコスト動向を図1に示す。世界的には太陽光発電・太陽熱発電・風力発電は大幅に発電コストが低下し、バイオマス・地熱・水力を含めて既存の電源に対して競争力がある技術となっている。サウジアラビアのSudair 太陽光発電プラント³⁾は設備容量150万kWであり、発電単価は1.9円/kWh(1\$ = 150円換算)を達成している。すなわち、再エネ電力は既存の電源に比べて十分コスト競争力があるのみならず、二酸化炭素を出さない意味で二重に競争力を持つ電源とみなせる。

4. 水素も合成燃料も再エネが元

第7次エネルギー基本計画には水素の利用や合成メタンなどの合成燃料の利用についても言及されている。産業用の高温熱供給の脱炭素化は大きな課題である。既存の化石燃料を代替する脱炭素燃料として水素や合成燃料が位置づけられている。例えば、合成メタンは再エネ電力によって水を電気分解したグリーン水素と排気ガス等から回収された二酸化炭素から合成されるメタンである。FT 反応によって合成される自動車用燃料等も同じく、グリーン水素を使用することが想定されている。

言い換えれば、グリーン水素を起点とする新しいエネルギーキャリアは、元をたどれば再生可能エネルギーが姿を変えたものに他ならない。水素や合成燃料は再生可能エネルギーを需要家に届ける役割を担う媒体である。需要家に応じた使い勝手を提供する上で、各種エネルギーキャリアを使い分けることは十分考えられる。海外で生産されるグリーン水素を輸入することは、日本の輸入依存度の観点からすると現状とあまり差がない点に課題は残るが、化石燃料の偏在性に比べればリスクは抑えられる可能性がある。

5. 省エネ+再エネ=脱炭素

脱炭素の基本的考え方は、まず省エネによってエネルギー負荷を減らし、その後に再エネを供給することにより化石燃料を完全に代替する方法である。現在の ZEB (Net-Zero Energy Building) の考え方に似ている。ZEB では化石燃料消費も含まれるが、その分に相当する再エネ電力を創り出すことによって帳尻を合わせてゼロにする。この化石燃料消費分を削減あるいは再エネに代替してゼロにできれば、完全な脱炭素になる。

再エネ電力の余剰を生み出すことで建物としては二酸化炭素排出を正味ゼロにできるが、その余剰を他の誰かが吸収して利用しないと社会全体のゼロが達成できない。理想的にすべての建物が ZEB になったとすると余剰の再エネ電力は行き場がない状態となる。これは部分最適な ZEB だけでは社会から見た全体最適なソリューションにならないことを意味している。

この問題は、再エネ電力の余剰を貯めておき、負荷がある時に放出する蓄エネルギー技術の重要性を示唆する。蓄電池はまだ高コストであるが、近年電力系統に接続される蓄電所が建設され始めている。一方、余っている電力を少しでも利用するために熱に変換して貯める「カルノーバッテリー⁴⁾」が注目されている。岩石などを高温に加熱して蓄熱するので大型で低コストな蓄エネルギーが可能になると考えられている。放熱プロセスとしては、蓄熱された熱から蒸気を作り、蒸気タービンで発電する。熱力学的には 30% 程度しか電力として回収できないが、余剰をすべて廃棄する（発電出力抑制）よりはましとの見方ができる。蓄熱した熱を熱のまま使用できれば利用効率は 100% 近くに改善できる。例えば地域熱供給の熱源として余剰再エネを利用するシステムにも可能性が考えられる。

また、大型・低コスト志向ばかりではなく、小型分散型で蓄電する EV のバッテリー利用も一つの方策である。EV のバッテリーは自動車として既にある設備なので、追加的なコストは発生しない。空いているバッテリーに余剰再エネ電力を蓄電し、走行時に使用すれば無駄がない上、一般的に余剰電力は価格が低下するので、EV が負担する電力コストが安くなると予想される。さらに EV から住宅に電力を供給する V2H (Vehicle to Home) を追加すれば、夜間の電力負荷を賄うことも可能になる。EV の普及が進んだ段階では、町中に分散配置された EV が

再エネ発電と統合化され、全体最適な運用を実現する将来像が描けるであろう。IT を駆使したエネルギーマネジメント技術の展開が見込まれる。

6. 地域に根ざした再エネ

ここで、再エネをマネジメントするスケールが問題になる。ZEB は建物レベルでのエネルギーマネジメントを実装する。その上の段階が国レベルでは一足飛び過ぎると考えられる。脱炭素先行地域が選定され、エネルギーマネジメントにおける地域の役割が注目されている。外部資本によるメガソーラーの開発が地域と無関係に行われることが地元住民とのコンフリクトの元になっている現状を考えると、政策的に地域に明確な役割を持たせることは意義がある。地域の再エネ資源は単に電力や熱を生み出すだけでなく、災害等の非常時に地域のレジリエンス性を高め、地域住民の安全・安心を確保する機能も提供している。地域が持つ固有のリソースとして地域の再エネを地域がマネジメントすることは合理性がある。現段階では地方自治体にその機能はないが、地域新電力など地元の企業や住民が関与する新しい主体が生まれつつある^{5, 6)}。新しい再エネの時代にはそれに即した主体や社会システムができることは自然な流れである。地域の金融機関が再エネ関連事業に取り組むことを通じて、地域経済とのつながりを強める事例も多数出てきている⁷⁾。

以前、日本でドイツのシュタットベルケ⁸⁾が注目された。シュタットベルケは地域においてエネルギー、上下水、廃棄物、バスや駐車場など、多様な社会インフラを管理・運営する地域企業である。インフラを所有する点で日本の地域新電力とは似て異なるものである。例えば地域の配電網を所有しており、シュタットベルケ以外から電力を購入する消費者からも配電網の使用料が入る仕組みを持っている。コージェネを運転して電力供給と合わせて地域に熱供給するシュタットベルケが多数あり、効率的なエネルギー利用を担っている。機能的に似て異なるものであっても今後の主体形成の観点から参考になると考えられる。一つのシュタットベルケが他のシュタットベルケに投資したり、運用システムを提供することを通じて経済的な収益を上げるとともに支援を実現している。これは脱炭素先行地域がその成果を他の地域に拡散することでドミノを実現する構想につながる。再エネの時代に地域の再エネ需給にどのような経済主体がふさわしいのか、今後の探求が必要と考えられる。

7. 日本太陽エネルギー学会に求められること

再生可能エネルギーによって100%需給を賄う社会を実現することが脱炭素のゴールである。本学会はこれまで技術開発の観点からのアプローチが中心であったが、再エネの進展に伴い再エネの社会実装が進む状況の中で、本学会の役割を再定義することが求められている。現在ペロブスカイト太陽光発電に注目が集まっているように、今後も新しい発電技術が生まれる可能性がある。既にある技術の高性能化も含め、技術的なイノベーションを支援することは学会の基本的機能として重要である。それに加えて再エネの実装に伴う社会的課題が生まれてきており、技術開発とは異なる主体を学術面から支援することの重要性が増している。

これらを踏まえ、図2に100%再エネの時代に向けた枠組みを示した。一つ目は「技術開発」であり、二つ目は「社会的仕組み作り」であり、三つ目には「再エネリテラシー」を位置づけた。技術開発は言うまでもない。社会的仕組みとは制度・政策・社会システムであり、エネルギー需給から派生する地域社会との関わりや経済的効果を意味する。地域が再エネ資源をマネジメントすることの一つの意義は、燃料費の対外支払いを減らして地域内のエネルギー需給にお金を回すことを通じ、地域に経済的波及効果を確認することである⁹⁾。再エネ資源が豊富な地域であれば、再エネを販売することによって経済的収益につなげられる。また、Apple社に見られるように脱炭素していない企業は製品供給のサプライチェーンに入れない時代が来ると予想される。100%再エネ地域が実現できれば、地元の企業は脱炭素化され、外部のサプライチェーンに参加することができる。前述の通り、再エネの導入は地域のレ

ジリエンスにも貢献が期待される。言い換えれば、再エネは地域に様々なコベネフィット（便益）をもたらす存在であり、その観点からの学術的な研究が求められる。再エネの社会実装は技術的な観点のみならず、社会科学との連携が必須である。再エネが高コストととらえられる理由には多様なコベネフィットの経済効果を定量化する手法が確立されていないことがあげられる。再エネの効果は燃料費の代替だけではない。コベネフィットの見える化は学術的にも課題と言える。

再エネリテラシーは、個人や企業の再エネについての理解・受容性を意味する。再エネの導入や利用は先端的な個人や企業がすることではなく、遍く誰でもが取り組むことになる。その知識的基盤を作ることが重要であり、それぞれの状況に応じて再エネを適切に活用する方法を見出す能力を養成することが求められる。企業の立場からすると、再エネに関連する実務的技術を持った人材が必要になる。各種の再エネを実際に工事するスキル、計画・設計するスキル、事業性や収益性を評価するスキルなど、多様なスキルが求められる。筆者が20年ほど前にドイツを視察した時に、現地の職業訓練学校に太陽光発電パネルや太陽集熱パネルを屋根に取り付ける実習設備が作られていて、大変驚いた記憶がある。その当時既に実務的能力を教育する仕組みができていた。振り返って日本では、再エネを旗印にする大学の学科・専攻は非常に限られている。本学会は再エネ教育にも役割を持つので、研究開発的な視点だけでなく、実務的技術の養成を支援することも視野に入れることが期待される。

8. おわりに

冒頭で現代はVUCAの時代であることを述べた。様々な不確実性がある中で、確実なことは再生可能エネルギーが既に使える状況にあることである。これまで社会はストックのエネルギー資源に依存してきた。その代表例が化石燃料である。地球が貯め込んでいた炭素をエネルギー源として解放したことが地球温暖化の原因となり気候変動をもたらしている。次の新しい時代はフローのエネルギーである再生可能エネルギーを活用する時代である。ストックされた燃料はいずれ使い終わるので持続可能ではない。一方、フローの再エネ資源は太陽と地球がある限り持続的に利用可能である。波力や海流などまだ未開発の再エネ資源もあり、今後の技術開発により新たに開拓される要素もあるが、太陽光、風力、バ

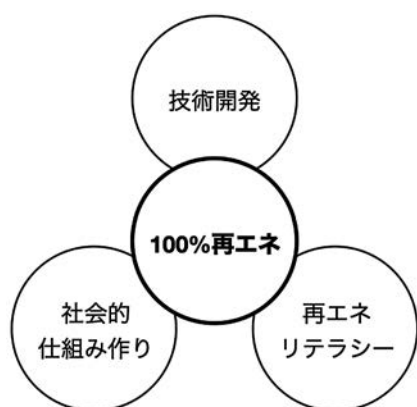


図2 100%再エネを実現するための3要素

イオマス、地熱、水力など既に実装が進み利用可能な技術メニューが出揃っている。また、経済的な競争力を持った再エネが世界各地に導入されている点も明らかな強みである。再エネは今使える技術に他ならない。

本部会は100%再生可能エネルギーで賄う社会を達成することをゴールと考えている。2050年脱炭素までのトランジション期は、100%再エネにシフトする準備を進める期間と位置づけられる。環境省REPOSによれば、日本の再エネ電力の供給ポテンシャルは現在の電力需要と同程度であると推定されている。ただし、日本の各地に需要に見合った再エネが分布しているわけではない。東京のような大都市は再エネで賄いきれない。一方、大都市以外の地域では再エネによって賄える可能性が十分考えられる¹⁰⁾。地域スケールで再エネによるエネルギー需給を考えることは、地域の強みを活かしたエネルギー的自立性の観点から意味を持つ。地域分散型エネルギーシステムの実現性の点で学術的な知見を与えると見込まれる。また、既存の電力ネットワークシステムと地域のエネルギーシステムはどのように連携するのも興味深い。

さらに、技術開発に加えて社会的仕組み作りは大きな課題である。再エネがもたらすコベネフィットを定量化できればその便益をマネタイズするビジネスモデルができる可能性がある。再エネの多面的価値が経済化され、地域にフィードバックされることを通じ、地域の経済や社会の発展に結びつく。地域にとって再エネ資源を有効活用する仕組みが定着し、100%再生可能エネルギーで賄う形に近づいていくことが期待される。

本学会が技術発展のみならず、社会的仕組み作りや再エネリテラシーの向上にも積極的に貢献することが重要である。そのために社会科学や人文科学も含めて多様な学術分野を統合し、総合的な観点から再エネの普及拡大・社会実装を幅広く支援する学術団体に発展することを期待している。

参考文献

- 1) エネルギー基本計画, 経済産業省, 2025.
https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/ (2025年8月アクセス)
- 2) IRENA, Renewable power generation costs in 2022, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2023.
- 3) ACWA Power ホームページ, Sudair PV IPP.
<https://acwapower.com/en/projects/sudair-pv-ipp/> (2025年8月アクセス)
- 4) 能村貴宏, カルノーバッテリーによるエネルギー貯蔵技術の現状とこれからの展望, 日本エネルギー学会機関誌えねるみくす, 100 (2), 2021, 153-160.
- 5) 重藤さわ子, 新電力の意義を問い直す, 持続可能な地域とビジネスの道筋 第3回, 月刊事業構想, 2021年6月号, 96-97.
- 6) 重藤さわ子, 地域新電力の使命と戦略, 持続可能な地域とビジネスの道筋 第4回, 月刊事業構想, 2021年7月号, 84-85.
- 7) 古屋優子, 松室直樹, 広がりを見せる地方銀行の再生可能エネルギー事業への取り組み, 地銀協レポート, 6, 2022, 1-6.
- 8) 瀧口信一郎, 地方創生とエネルギー自由化で立ち上がる地域エネルギー事業—ドイツ・シュタットベルケからの示唆と地域経済への効果—, JRI レビュー, 7 (26), 2015, 97-110.
- 9) 歌川学, 脱炭素が生む地域発展と事業のチャンス, 持続可能な地域とビジネスの道筋 第2回, 月刊事業構想, 2021年5月号, 74-75.
- 10) 千葉大学倉阪研究室 + NPO 法人環境エネルギー政策研究所, 永続地帯 2024 年度版報告書 (更新版), 2025.

著者略歴



秋澤 淳 (アキサワ アツシ)

1995年3月東京大学大学院博士後期課程修了。博士(工学)

その後、東京農工大学工学部機械システム工学科専任講師、准教授(助教授)を経て、2007年6月より教授。

1999年4月～2000年3月国際応用システム解析研究所訪問研究員。2022年5月～2024年5月に日本太陽エネルギー学会会長を務める。