

どうやって
実現する？

明るく豊かな ゼロエミッション 社会

連載
【第4回】

井上 智弘 Inoue Toshihiro

エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部
主管研究員 / 低炭素社会戦略センター 客員研究員

古木 真 Furuki Makoto

低炭素社会戦略センター 研究員

2050年の 電源構成シナリオ



若手商社員・皆川豊を主人公としたストーリー仕立てで、低炭素社会戦略センター(LCS)が発行する提案書を読み解く連載の第4回。前回、LCSの岩崎博特任研究員と河原崎里子研究員にバイオマスエネルギーの可能性と課題について学んだ皆川。今回はLCSでゼロカーボン達成のための電源構成シナリオについて研究している井上智弘客員研究員、古木真研究員に「明るく豊かなゼロエミッション社会」実現の見通しについて話を聞いた。

ゼロカーボンで無理のない将来 多元方程式から最適解を導く

皆川: 今日ではよろしくお願ひします。さて、近頃は行政だけではなく民間事業を通じて地球規模課題に取り組む潮流が来ています。わが社も脱炭素事業に投資したいのですが、カーボンニュートラル達成への懐疑論や、生活・ビジネスの圧迫を危惧する声が社内でも根強く、まだ踏み込んでいません。そこで、ゼロカーボンかつ経済的にも無理のない将来像を研究されているお二人に話を伺いに来ました。

井上: なるほど。よくいただく意見ですが、最初から否定的に考えず、技術進展によるコスト低減を含めれば、実現可能性のある社会像を描くことはできます。

古木: 具体的には、私たちの研究成果をまとめた表を見てください(表1)。上にある年、二酸化炭素(CO₂)削減率、電力需要の3つをあらかじめ設定し、それぞれの条件で最も経済合理的な電源と調整技術の配分を計算しました。すると、電力需要が現在の水準の2倍程度の範囲ならば、2050年におけるCO₂削減率が100パーセントでも、おおむね現在水準程度の発電コストを維持できる解があることがわかりました。

皆川: 将来的に脱炭素を達成しても、家計やビジネスの負担が極端に増えない未来もあり得るんですね。でも変数が多く、都合の良い数字を出したようにも見えてしまいます。

古木: では、かいつまんで説明してい

きましょう。まず技術チームが調査・検討して将来の技術達成度を反映したシナリオを構築します。次に、太陽光などの発電から送電、消費に至るまでの電力システム全体を、このシナリオを前提条件として多くの変数から構成されるモデルとして構築します。条件としては、一部の構成の利用をゼロにしたり上限を設けたりします。そして最後にこれを使った多元方程式からコストが最小となる解を導いています。

計算そのものには私たちの意思が入っていませんから、誰が計算しても同じ答えが出るはず。それに、電力需要も現在示されている政府見通しより大きな値でも計算しています。それでもケース2や3のように、50年にはCO₂削減率100パーセントを達成できるという結果も得られています。

未来の技術達成度を予測 目標達成に向けて開発を

皆川: 未来の技術達成度は、開発中の技術がその頃に達成されているのを見越しているということでしょうか。

井上: 少し違います。エネルギー関連の技術は日進月歩で、再エネの発電効率や、空調をはじめとした電力の消費効率は向上し続けています。そこで私たちは物理法則の制約まで立ち返って、必要とされる実現可能な技術進捗を検討し、未来の

技術達成度を予測しています。

脱炭素社会実現のための見通しは政府なども発表していますが、LCSシナリオのユニークな点は、将来的に達成され得る技術を前提とした、科学的根拠に基づくさまざまな技術シナリオを提示している点です。例えば他機関の見通しに比べ、蓄電容量が非常に大きいのもそのためです。

皆川: よく見ると、ケース3では電力需要が大幅に増えていますね。省エネ技術の発展、さらに日本では人口減少が見込まれるのに、なぜこのシナリオを考えたのですか。

古木: 1つはAIをはじめとするIT技術において日本が競争力を維持するためには、これまで以上に電力を必要とするからです。もう1つはより本質的で、ゼロカーボンを達成するため

表1 2030年および2050年の電源構成例

ケース	1	2	3
年	2030	2050	2050
CO ₂ 削減率(%)	70	100	100
年間電力需要(TWh)	1,200	1,200	2,000
発電量 (TWh)	原子力	0	0
	石炭	0	0
	LNG	383	0
	水力	130	140
	太陽光	703	745
	陸上風力	100	400
	洋上風力	0	0
	地熱	12	112
	バイオマス	10	31
合計	1,337	1,428	
利用量 (TWh)	蓄電池	307	294
	揚水	1	126
	水素	0	8
蓄電池容量(GWh-ST)	1,219	1,126	
発電コスト(円/kWh)	12.1	13.9	

出典:ゼロカーボン電源システムの安定化と技術・経済性評価(Vol.3)
—2030年政府案実現の見通し評価と2050年ゼロカーボン電源化への課題—
(fy2021-pp-05 表3より抜粋)

には、最終的に航空機など難しい領域は除いて、かなりのエネルギーを電化せざるを得ないからです。

皆川:主に化石燃料を使っていた暖房、給湯などもゼロカーボン化しようとすれば、必然的に電化することになる。つまり「電力以外」としてカウントされてきたエネルギー需要の多くが「電力」に組み込まれるんですね。

井上:バイオマスや、水素・アンモニアなどの電力以外のエネルギーキャリアも期待されていますが、電化率を高める必要があるのは確かです。

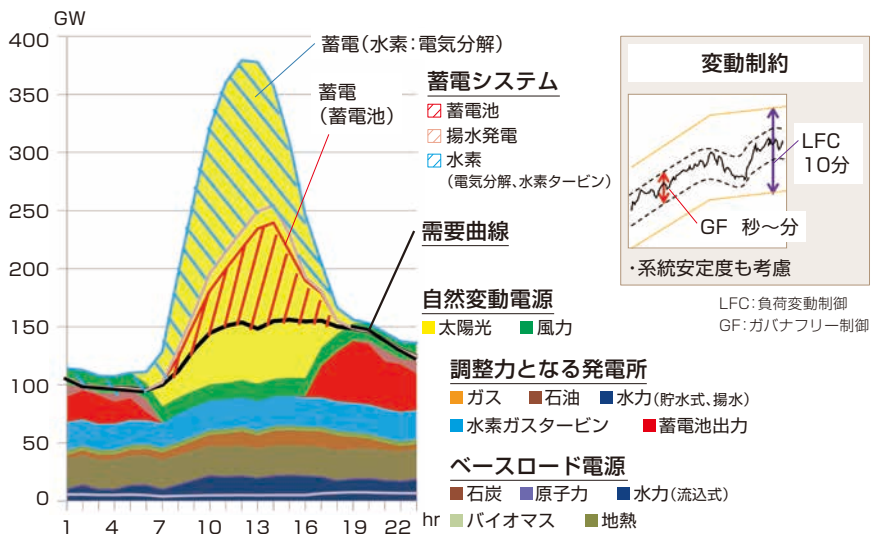
**季節、時間帯で変動する使用量
地域間連系線、蓄電池を活用**

皆川:なるほど。計画的に投資を進め、このシナリオ通りの電源構成を達成できれば、日本の未来は明るそうですね。

井上:そう言いたいところですが、電源構成だけでは一般化した説明はできません。まず、電力システムには同じ時間帯で発電量と消費量が等しくなければならないという前提があります。このバランスが大きく崩れると、大規模な停電が起きてしまいます。ですが、再生可能エネルギーの本命である太陽光と風力は、発電量が天気任せ、風任せです。

一方で電力需要も時間帯や季節、天候によって大きく変動します。気まぐれな発電量と変動する電力需要のバランスを取らなければなりません。また、これまでの交流電力システムを支えていた火力発電などを減らし、太陽光や風力を主力電源化すると電力システムが不安定になり、大

図1 1日の電力需要と発電量(2050年CO₂排出量80%削減 夏季平日の時間出力の例)



出典: 低炭素電源システムの安定化と技術・経済性評価
-2050年CO₂排出量80%削減に向けた日本の電源システムの課題-(fy2016-pp-10 図4)

規模停電のリスクが増大することが懸念されています(図1)。

皆川:発電量の合計が足りているだけでは不十分で、さらに発電量を自在に調整していた火力発電をゼロに近づけなくてはならないとなると、難題ですね。

古木:そこでカギになるのが送電です。日本中に散らばった気まぐれな電力源を総動員して、余っている場所から足りない場所に融通する必要があります。再エネは北海道、東北、九州などの大規模な電力消費地から離れたところに資源が偏在しています。古くから送電網は大手電力会社(旧一般電力事業者)の供給エリアごとに管轄され、エリアをまたぐ地域間連系線により融通してきました。再エネ大規模導入のために、私たちはさらに大規模な増強が必要だと考えています。

皆川:そしてもう1つのカギが蓄電技

術というわけですね。

古木:電力を地理的に融通する技術が送電網だとすれば、時間的に融通する技術が蓄電です。再エネ発電所ではしばしば発生する過剰な電力を一時的にストックし、不足したときに流すことで電力供給を安定化できます。電力価格が高いときに放電することになりますから、ビジネス的に成立するモデルも描き得ると思います。具体的に実用化が進んでいる技術としては、揚水発電、鉛およびリチウムイオン蓄電池、電気分解水素があげられます。新しい揚水発電については、LCSの浅田龍造主任研究員が詳しいですよ。

皆川:本日は電源構成や未来像について、お話しいただきありがとうございました。

一なお、物語は取材を元にしたフィクションである。

(TEXT・PHOTO: 福井智一)

**低炭素社会戦略センター
森 俊介 研究統括／上席研究員**

電力の効率的な設備と運用の在り方を探ることは、古くからの数理計画分野のテーマでした。電力は現代そして将来の炭素中立化社会の主力と期待されています。需給とも次々と新しい技術の開発が進むので、各所で検討が続けられています。最近では電力供給不足やウクライナ問題なども起こり、短期の需給と長期の炭素中立化をどのようにマッチさせるか、ますます研究が必要な分野となっています。

**ワンポイントアドバイス
東京大学 大学院工学系研究科 原子力国際専攻
藤井 康正 教授**

太陽光や風力という自然変動電源の電力系統への大量導入にはさまざまな課題がありますが、システム工学的手法を用いて、ここで示されているような経済性評価を深めることは重要でしょう。電力負荷を大きく超える膨大な余剰電力の経済合理的な活用策を定量的に示すことは、大きな不確実性を伴いますが特に重要です。そして政策提言のためには、原子力、CO₂回収・貯留(CCS)付き火力、輸入水素などの全ての選択肢を考慮した包括的な議論もとても重要です。