



特集

2

低炭素社会戦略センター (LCS) の描く総合戦略とシナリオ

# 「明るい低炭素社会」への道筋を提案する!

「明るい低炭素社会」とはどうしたら実現するのか。その道筋をJST低炭素社会戦略センターは、技術面、経済面の未来予想図をもとに「シナリオ」として描き出そうとしている。

## 「コストがいつ、どこまで下がるか」を徹底した定量分析でチェック

JSTの低炭素社会戦略センター (LCS: CENTER FOR LOW CARBON SOCIETY STRATEGY) は「低炭素社会づくりのための総合戦略とシナリオ」を作成している。LCSは科学技術をもとに、持続可能で「明るく豊かな低炭素社会」づくりに貢献することを目的として2009年12月にJST内に設立された。

このシナリオは、充足以来2年間のLCSの研究・活動をまとめるものだ。2030年・2050年に実現したい理想的な低炭素社会像を想定し、それを構築するための技術戦略、経済シミュレーションによる評価などを行っている。つまり、このシナリオは将来の理想的社会を実現するための道筋を提案するものだ。このシナリオの概略や、技術戦略とそれに対する社会・経済的側面から行った評価について紹介しよう。

### 「明るい」が低炭素社会のキーワード

経済成長の度合いは、CO<sub>2</sub>排出量と大きな相関関係がある。このため、「低炭素社会→節制→暗い」というイメージを連想しがちだが、LCSでは一貫して「明るい低炭素社会」をテーマとして掲げている。まずこの点について、山田興一LCS副センター長に聞いた。

「低炭素社会というと、『大変な社会になりそう…』と嘆く人が多いですが、それは違います。鉄鋼の原単位を下げたCO<sub>2</sub>排出を抑制するとか、セメントの生産でCO<sub>2</sub>を抑えるという、既に理論限界に近づいているため、お金もかかるし、投資に見合う効果は小さいでしょう。しかし、『日々の暮らし』、つまり家庭の省エネという観点から見直していくことで、明るい低炭素社会を築いていくことはできるのです」

確かに、日々の生活で、窓ガラスを二重にしたり、断熱材を利用することで快適な生活を送ることはできる。家電製品の著しい省

エネ化により、古いエアコンを買い換えるだけで電気料金は大きく改善され、数年で購入代金相当の電気代を節約することも可能だ。自動車の技術開発による燃費向上も同様だ。「低炭素社会の到来で明るくなる」という考えにもうなずける。

山田さんはシナリオの使い方にも話を進めた。

「LCSではシナリオを発表した後、その技術戦略に沿った研究開発推進にも積極的に

かかわっていきます。JSTのLCSがシナリオを提示し、それをJSTの研究開発推進や企業化開発事業につなげるから、低炭素社会の早期実現が期待できます」

### 精緻なデータでシナリオを構築

低炭素化を進めるための技術は数多くあるが、今回のシナリオで取り上げられている主なものについて、山田さんは次のように話した。

#### ■太陽電池、燃料電池、蓄電池のコスト

年	原価	太陽光発電システム		家庭用燃料電池システム		蓄電池
		円/W	円/kWh	円/W	円/kWh	円/Wh <sub>ST</sub>
2012年		250	25	3,900	55	19
2020年		175	18	570	8	10
2030年		120	12	360	5	8

太陽電池、燃料電池、蓄電池という低炭素化の鍵となる三つの技術について、製品化する際の製造コストを計算した。その結果、三つ共に、2020年、2030年と、技術進歩により製造コストが着実に下がることが明らかになった。



「原子力発電をもとに低炭素化を推進することは、昨年の3.11の東日本大震災に伴い発生した福島第一原子力発電所事故で困難になりました。2020年時点で考えると、私たちは自然エネルギー、中でも①太陽電池、②燃料電池、③蓄電池の三つの技術の発展に期待しています」

風力、潮力、地熱発電なども試算したが、近い将来、効率が一番上がるという視点では、特に太陽電池のポテンシャルが高いという。

「ただ、太陽電池では中国の大手企業が巨額投資をして、独り勝ちしようとしています。少なくとも、同じシリコン製の太陽電池なら、今後、コストダウンは頭打ちになりますから、シリコン以外の材料や技術で勝負できるかどうか、経営者の度胸が試されます。シナリオでは、技術が進んでいくと、コストもいつ頃、どこまで下がるかもわかるように示しています。定量的に予測していくことが必要なのです」

今回のシナリオは精緻なデータに裏付けられている。太陽電池を一つ取ってみても、いつ頃、どこまでコストが下がるのか、将来の新しい技術発展まで見越して計算を行っている。そのためには、どのような材料を使うのか、製造装置の価格まで含めて調べることが必要になる。LCSでは1,000種類にわたる装置のコストを自ら調べ上げ、コスト算出のためのデータベースを構築した。

### 多様なアプローチ方法を社会に発信

シナリオには、「植物医科学※1」という、低炭素社会とは一見無関係に見える項目もある。これは、どのような意図で盛り込まれたものだろうか。

「作物の3分の1は植物の病気によって減収



## 山田 興一

やまだ・こういち  
JST低炭素社会戦略センター  
副センター長

横浜国立大学工学部電気化学科卒業。工学博士。住友化学工業(株)勤務、東京大学大学院工学系研究科化学システム工学専攻教授、地球環境産業技術研究機構理事などを経て、2009年から東京大学総長室顧問。専門は電気化学、地球環境工学。

になっています。その病気を防ぐのが、植物医科学です。千葉県柏市で地元の65歳以上の高齢者を中心に、東京大学の難波成任教授(LCS上席研究員)が農業指導をしており、昨年、700人が“市民植物医師”になりました。更に彼らの一部は自ら土地を借りて耕しています。こうすることで彼らは農業収入を得ることができます。と同時に、植物病が減るので収量あたりに使う肥料も減る計算になります。すると、それら資材を生産する時に生じるCO<sub>2</sub>排出量も少なくて済むことになります。また、農業人口が増えれば、休耕田の荒れた土地の回復にも役立ちます。これも低炭素化社会への一つの道筋なのです。将来は植物医科学に関する資格制度を作ることも検討しています」

3.11以降、LCSの役割はますます大きくなっている。今後のLCSについて山田さんは「低炭素化を行いながら、どうやって『明るい社会』

に結びつけていくか、ということに力を入れていきたいと考えています。それと、LCSが『社会とつながっていく』ということを大切にしたいです。LCSが社会のデータを得て、それをもとにLCSからも社会へ向けて発信できるようにするには、“停電予防連絡ネットワーク”で作った、互いの信頼感を築いていくことが必要です」と、社会と共に技術シーズを創出し「明るい方向への加速」を行う決意を示した。

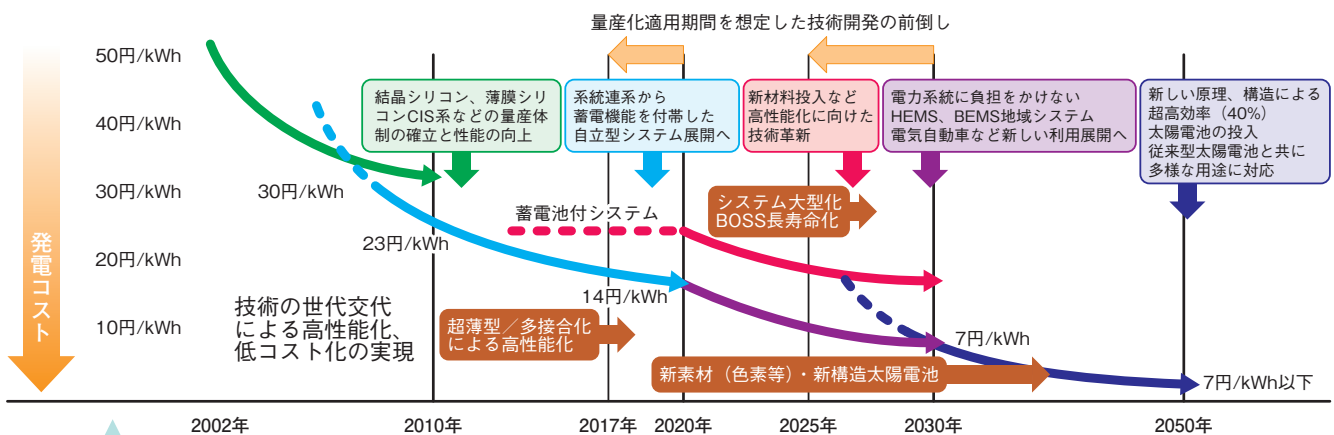
停電予防連絡ネットワークについては、次の項で紹介することにした。

#### 【用語解説】

##### ※1 植物医科学

農業では、結果的に植物病で失われていく作物に対しても肥料・農薬・燃料等が投与されている。植物病による食糧生産のロスを抑えることはこれらの資材のムダを省くこと、すなわち単位生産量当たりの資材投入量を減らすことにもつながり、資材の生産に伴って発生するCO<sub>2</sub>を削減することにもなる。

### ■低コスト化シナリオと太陽光発電の展開



この図は、日本の太陽光発電の低コスト化と普及のロードマップの目標を示したものだ。太陽光発電の発電単価が、技術革新と普及により、最終的に既存の火力発電と同等の発電単価まで低減する様子が描かれている。

# LCSが一丸となって「国民にわかるシナリオ」を作る

LCSのシナリオは、「明るい低炭素社会の実現」のための道筋を示しているが、それは技術面だけの考察で可能となるものではない。「自然科学+人文・社会科学」の両者の知見を融合させる経済的側面も含めた総合戦略が必要になるのだ。「統合モデルシミュレーション」など、経済モデル面は、LCSの松橋隆治研究統括が主にまとめている。



**松橋 隆治**

まつはし・りゅうじ

JST低炭素社会戦略センター 研究統括

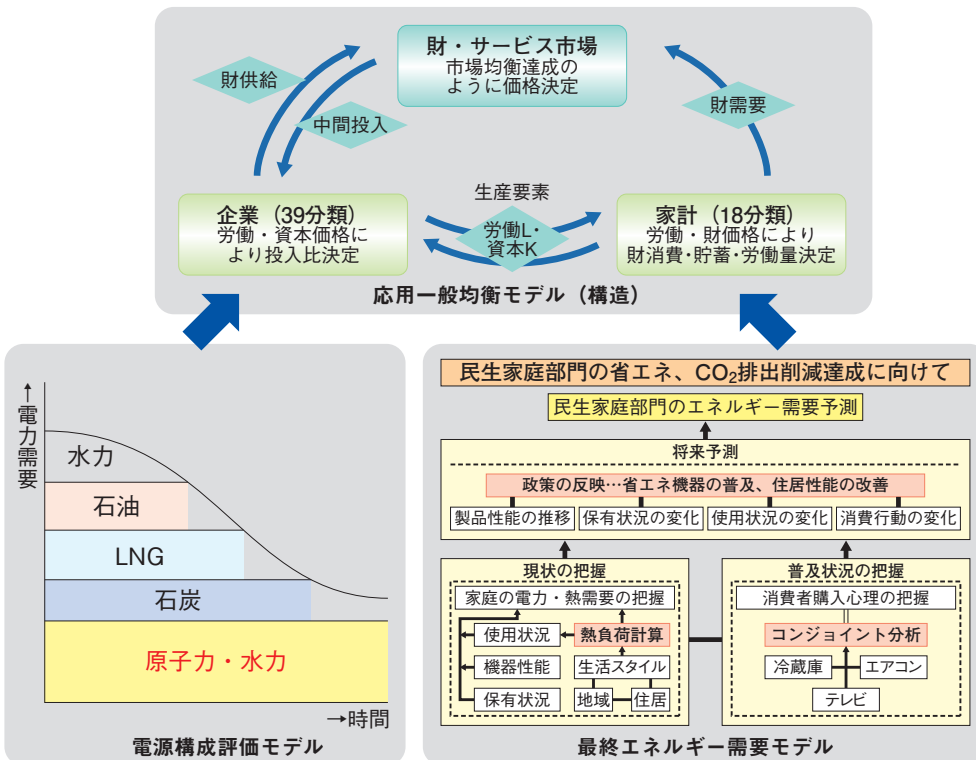
東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。工学博士。同大学資源開発工学科（現地球システム工学科）助教授、同大学院新領域創成科学研究科教授を経て、2011年同大学院工学系研究科電気系工学専攻教授に就任。エネルギーシステムと地球環境問題対応策に関する研究に従事。

## “統合モデル”は三つの部分で構成

下の図は、シナリオで示された「統合モデルシミュレーション」の全体像を表したものだ。その中心となるのは一番上に描かれている「応用一般均衡モデル」で、これが日本全体の経済活動を網羅しているものだ。この精度が非常に高ければ、下の二つは不要になるものだ。現在、原子力発電も含めた「電源構成評価モデル」（左下）は非常に複雑で大容量の計算を必要とするため、その精度を高めるため別枠で計算しているという。右下の図は主に家庭での省エネの効率を表わしている。

「左下の『電源構成評価モデル』の場合、日本では10電力会社が一定の容量をもって連系線でつながっているのですが、太陽電池や風力などの電力も加味し、それぞれの需要供給の状態・連系を解けるようにするには、80万もの変数が必要です。これを一番上の『経済モデル』に入れてしまうと、複雑になりすぎてしまいます。そこで別枠にし、最適化ツールを用いて解き、その結果をインプットしています。

## ■シナリオで示された「統合モデルシミュレーション」



LCSでは低炭素化に向けての2030年までのエネルギーシナリオを策定するに当たって、「応用一般均衡モデル」「電源構成評価モデル」「最終エネルギー需要モデル」という三つのモデルを使って評価・分析を行っている。

「応用一般均衡モデル」は経済理論にもとづいて開発されたもので、エネルギーや低炭素化に関する施策の日本経済や国民生活への影響を、詳細かつ定量的に評価することができる。「電源構成評価モデル」はJSTが想定する前提条件の中で、総発電コストが最小となる電源構成を評価するためのモデルである。

「最終エネルギー需要モデル」は家庭でのエネルギー需要を評価するモデルで、家庭以外の産業部門などのエネルギー需要については、「応用一般均衡モデル」の中で導き出される。



右下の『最終エネルギー需要モデル』では、産業分野での省エネはほとんど期待できないものの、家庭での改善余地は十分に残っているという見方です。例えばエアコンの効率は『カルノー効率※2の逆数』というもので計算でき、理論限界はおおよそ「44」という数字で表現できます。それに比べて今は「5~6」程度です。しかし、技術的進歩と新しいエアコンの家庭への導入が進むことによって、2020年には家庭でも「12」、つまり今より2倍以上の効率化が達成可能と見えています」

■省エネ・新エネはライフサイクルコストの削減につながる

		投資回収年数	市場規模	CO <sub>2</sub> 削減量 (10 <sup>6</sup> t-CO <sub>2</sub> /年)
創エネルギー	太陽光発電	15年	110兆円	4600万戸 75
	窓の断熱化	10年	16兆円	
省エネルギー	家庭用ルームエアコン	5年	11兆円	7000万台 27
	インバータ照明	1年	1千億円	2億台 2.3
	高効率HP給湯	10年	30兆円	4600万台 25
	ハイブリッド自動車	5年	60兆円	3200万台 50

内閣府 成長戦略策定会議でのLCS小宮山宏センター長発表資料より

これは、家庭で省エネに取り組んだ場合、初期投資を何年で回収できるかを試算したものの。例えば、太陽光発電を導入した場合は15年で、ハイブリッド自動車を購入した場合は10年で回収することができると。家庭で行う省エネが中長期的に見れば、「家計にも優しい」結果を生むことがわかる。

3.11がLCSを一つにまとめた

今回のシナリオでは、「2章」に技術開発戦略(特に太陽電池、燃料電池、蓄電池など)が記されている。そこでは技術の発展とコストの算出が精緻に行われており、それを「3章」の経済モデルを考慮した技術普及戦略につなげていくことで、「低炭素化社会によって国民生活がどのくらい豊かになるか」を示している。いわば、「技術開発から普及までを一気通貫」で見ているのが、今回のシナリオの最大の特徴だ。技術と経済の両輪がうまくかみ合っていないければこのシナリオが機能することはないだろう。しかし、分野の異なる専門家での議論であれば、専門用語の使い方やベースとなる考え方に違いもあり、話がかみあわないこともあったのではないだろうか。

「全く違う背景を持つ者同士ですから、普通なら、両者が有機的に歩み寄るのは困難でしょう。しかし、大きなきっかけがありました。昨年の3.11という危機的状況です。この時、LCSセンター長の小宮山から指示されたのが『危機にあっては機敏に反応しなさい』ということでした」

3.11によって東京電力管内の多くの場所

で停電を余儀なくされた。これを受けて、LCSは、「停電予防連絡ネットワーク※3」の構築に取り組み始めた。3.11までは、研究者はそれぞれが自身の専門分野を分担し研究していた。それが、停電予防連絡ネットワークの事業を経験する中で、研究者だけでなくスタッフも力を合わせないと乗り切れない事態に陥った。例えば、自治体にネットワークへの参加を呼びかけると、自治体からは何度も質問がくる。また、実際に停電の恐れがあると判断したときは「明日の何時から何時まで節電を」と呼びかける案内を出すことになるので、法的な側面も考えなければならぬ。弁護士に相談して、どのような文言が適切か、LCS全体で検討する必要があったという。

「奇妙なきっかけですが、こうしてLCSは一つになったのです。停電予防連絡ネットワークの経験を通して、それまで技術は山田副センター長、経済は私が中心になって進めていたシナリオづくりが『両者で意思疎通を徹底的に図り、一気通貫で作成しましょう』という流れになりました。この経験によって研究者同士、あるいはスタッフとの距離が一気に縮まりました」

わかりやすいシナリオから  
明るい未来の実現を

今回のシナリオの出来を松橋さん自身はどう評価しているのか。

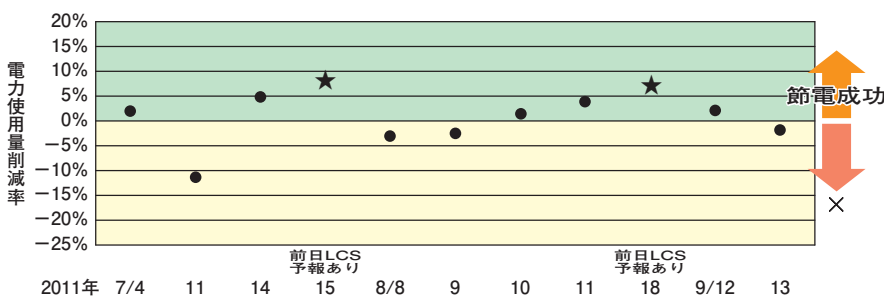
「シナリオの良し悪しの判断は、国民が最終的な意思決定ができるような『わかりやすい内容』になっているかどうかで決まると思っています。その点、LCSでは研究者だけでなく、スタッフの人たちも『国民目線を見た時に、どこがわかりにくくて、どう翻訳すればいいか』を苦勞して考えています。これも3.11と停電予防連絡ネットワークによる経験のたまものです。今、LCSは一致団結して事に当たるといって、LCS流の仕事のやり方が築かれつつあるように思います」

最後に松橋さんは、未来へのシナリオを提示する者として若者へ語りかけた。

「自分の想像力が及ぶのは、自分の生きていられる範囲内だけと言われます。2050年は先のことに思えますが、今から自分の夢を追い求め、そこに向かって努力をすれば、その思いが実現する社会を見ることができるとは思います。若い人は2050年という時代も生きるのですから、ぜひ、自分の望む社会を思い描いて、それに向かって進んでほしいですね」

LCSのシナリオが毎年「明るく」書き直され、明るい未来へ加速的に前進し続けることを期待したい。

■「停電予防連絡ネットワーク」による「節電予報」の効果



同じような気象条件下の家庭での電力消費量を調べたところ、前日にLCSから地域の緊急ネットワーク連絡網を使用して節電を呼びかける「節電予報」メールを配信した翌日は、節電対象時間(13時~16時)にその前後2時間と比較して電力使用量削減率が上がり、節電に効果を上げていることがわかった。

【用語解説】

※2 カルノー効率

フランスの物理学者、カルノーが考案した理想的な熱機関をカルノーサイクルといい、その理論的熱効率をいう。これにより熱効率の考えの基礎が固められた。

※3 停電予防連絡ネットワーク

LCSが気象や電力供給・使用量予測データなどから家庭での節電必要度を予測し、電力不足の可能性がある場合には、地域の緊急ネットワーク連絡網を使用して節電を呼びかけるシステム。昨夏は東京電力管内の約50の自治体に停電予防連絡ネットワークに加入してもらい、このシステムで節電効果が上がることを実証した。今夏は7月2日~9月28日まで、東京電力管内に加え、関西電力管内でも同取り組みを実施する。