

## 第7回

## シリーズ

## 再生可能エネルギーと省エネルギーを読み解く

## なぜ省エネルギーは大切なのか

一般財団法人 日本エネルギー経済研究所

地球環境ユニット 省エネルギーグループマネージャー

研究主幹 土井 菜保子氏

## ◆日本と世界のエネルギーを取り巻く環境、そして高まる省エネルギーのニーズ

日本のエネルギーを取り巻く環境は、2011年3月11日の東日本大震災以降、大きく変化しました。電力ならびに石油、ガスなどのエネルギー供給自体が途絶したことは、その後の日本のエネルギー供給のあり方、そして産業活動やライフスタイルに至るまで、従来の社会経済活動から大きな転換を迫る事象となったのです。

省エネルギーは、相対的にコストが低い選択肢が残されており、かつ最も迅速に適用が可能な手段です。供給制約に直面した日本にとって、追加的な省エネルギーの余地を見出すことは経済性および技術面からも、エネルギーセキュリティ上、貴重なエネルギー資源

を代替する有効な手段となります。

このような中、2015年7月16日、「長期エネルギー需給見通し」が決定しました。これはさまざまなエネルギー政策を講じたときに実現される2030年までのエネルギー需給構造の見通しを提示するものです。本見通しでは、高効率技術の導入および運用面でのエネルギー効率改善により、2030年までに自然体と比較して5030万kl分の徹底した省エネルギーを行うことを織り込んでいます。この結果、最終エネルギー消費のGDP原単位は、現状から2030年までに35%改善すると見込まれています。この改善は、石油危機を挟む1970年から1990年に達成した水準と同様の大幅な改善を見込むことから、既に効率改善を行っている日本の経済活動に対する大きなチャレンジを提示していることが分かります。

日本以外でも省エネルギーへの取り組みの重要性が世界的に認識されており、具体的な政策および対策が実行されています。米国では、国家のエネルギーセキュリティ対応策として省エネルギーが位置づけられており、自動車の燃費規制強化や、家電製品のエネルギー効率基準の強化、そして建築物の改修支援など、さまざまな省エネルギー対策が実施されています。

EUでは、2020年までに温室効果ガスの排出量を1990年と比較して20%削減する中期目標を策定しています。この目標を達成する上で、省エネルギーは有効な手段であることから、EU共通の気候変動ならびにエネルギー政策の柱として、省エネルギー政策の強化が議論されているのです。

OECD諸国のみならず、近年は新興国も省エネルギーの取り組みに着手しています。中国では2006年から2010年の期間を網羅する第11次5ヵ年計画で、GDPあたりのエネルギー消費を20%引き下げるとの目標を掲げ、エネルギー供給部門から需要部門に至るまで目標達成に向けた施策を講じ、GDPあたりのエネルギー消費を2005年比で19.1%改善する成果を上げました。第12次5ヵ年計画期間にある2011年から2015年の間では、GDPあたりのエネルギー消費を2011年比で16%改善することを目標とし、諸策を講じています。

資源に恵まれた中東でも、省エネルギーへの取り組みが推進されています。例えば、世界最大の石油資源国であるサウジアラビアにおいても、将来的な人口増と経済発展に伴うエネルギー需要の拡大が貴重な外貨獲得手段である石油の輸出余力に影響を及ぼすことを懸念し、省エネルギーへの取り組みの端緒についています。

世界各国での省エネルギーへの取り組みの高まりは、エネルギーセキュリティや地球環境問題への対応、産業の競争力強化などを目的として、各国の経済成長のスピードや発展段階、そして資源賦存量などの背景が異なる国々で、等しく有効な対応手段として推進されています。

### ◆なぜ省エネルギーが大切か

省エネルギーへのニーズが世界で高まっています。では、なぜ省エネルギーが発展段階やエネルギー貯存量の異なる国でも、共通して優先的な政策手段となっているのでしょうか。これは、省エネルギーが最も迅速かつ相対的に安価な方法で利用可能なエネルギー量を増加させる手段だからです。

時間の観点から見ると、電力を供給するための発電プラントの建設には、石炭火力や天然ガス火力プラントでは計画段階から立地決定、そして建設までを含め運転開始までに10年程度の時間を要し、原子力発電プラントに至っては、計画から運転開始までに20年もの時間を必要とします（資料①・57ページ）。一方、家庭で省エネルギー機器を導入し、電力需要を節約することは、数日の範囲内で可能で、それによって追加的電力の供給が可能

お、これらの発電技術も20年から30年後には普及拡大と技術革新によって、設備投資費用の大幅な低下が期待されます。

高効率技術を導入した場合のkWhあたりの省エネルギーコストを比較したのが資料②です。高効率技術と標準的なものを同じ稼働年数使用したと仮定した場合、高効率技術の導入には追加的な設備投資費用が発生します。一方、高効率技術により電力消費量が節約できるため、需要家が支払う電力料金が節約できます。すなわち、回避できた電力料金を追加的な設備投資費用から差し引き、削減できた電力消費量で除いたものを省エネコストと定義しています。家庭用冷蔵庫を高効率化した場合、標準的な冷蔵庫と比較した省

資料① 発電プラントの計画から稼働までの期間及び発電単価

電源	計画から稼働の期間	発電単価(円/kWh)
原子力	20年程度	8.5-9.5
石炭火力	10年程度	9.5-9.7
LNG火力	10年程度	10.7-11.9
一般水力	5年程度	10.6
小水力	2-3年程度	19.1-22.0
地熱	9-13年程度	9.2-11.8
陸上風力	4-5年程度	9.9-17.3
バイオマス(木質専焼)	3-4年程度	17.4-32.2
バイオマス(木質混焼)	1年半程度	9.5-9.6
石油火力	10年程度	20.8-37.6
太陽光住宅	2-3ヶ月程度	33.4-38.3
太陽光(メガソーラー)	1年前後	30.1-45.8
ガスコジェネ	約1年	10.3-11.9
石油コジェネ	約10ヶ月	15.9-18.1
燃料電池	約2週間	101.9-102.9

出典：エネルギー・環境会議 コスト等検討委員会 (2011)

資料② 需要側からみた省エネコスト

省エネルギー技術	省エネコスト(円/kWh)	
家庭用	LED	-20.3
	冷蔵庫	-12.9
	エアコン	-4.8
業務用	循環ポンプ等回転数制御	-5.4
	高効率照明	-2.7
	高効率空調	5.1
産業用	コンプレッサ台数制御システム	-6.3
	インバータコンプレッサ	-3.9
	高効率照明	-2.2
	高効率空調	5.4

出典：エネルギー・環境会議 コスト等検討委員会 (2011)

となります。

発電プラントの計画から稼働までの比較が示すように、家庭用の太陽光発電は2〜3ヶ月単位、そして燃料電池は約2週間程度で稼働開始が可能ですが、設備投資費用が高いことから、現状では他の電源と比較して発電単価が高い水準にあります。家庭用の太陽光発電では、稼働率が日照時間に左右されることから、kWh(キロワットアワー)あたりの発電単価は2010年時点の技術水準の比較では33・4〜38・3円と、石炭火力の9・5〜9・7円の4倍にも及びます。燃料電池の場合は、2010年時点の技術水準に基づく試算ではkWhあたりの発電単価が102・9円と、比較した技術の中で最も高額です。な

エネコストはkWhあたりマイナス12・9円であり、初期投資としては高効率冷蔵庫の導入には追加的費用が発生するものの、仮定した稼働年数において需要家はkWhあたり12・9円の支払いを回避できることとなります。

一方、業務用ならびに産業用の高効率空調の試算では、省エネコストがkWhあたりそれぞれ5・1円、5・4円となっており、電力消費の節約があるものの、初期投資が大きいためプラスの値を示しています。他方、この5・1円や5・4円を「1kWhの電力を得る費用」と考えて資料①（57ページ）に示された発電単価と比較すると、最も低水準の原子力や石炭火力の発電単価より40%程度低く、省エネルギー技術の費用面での効果も明白です。

#### ◆省エネルギーといっても定義がさまざま

省エネルギーといっても、定義がさまざまであり、その手法も多様です。省エネルギーとは英語で“energy efficiency”、“energy saving”、“energy conservation”、そして“rational use of energy”など多様な表現が可能であることから、多くの意味を持つことがうかがえるでしょう。例えば“energy efficiency”は、家庭での断熱材の高性能化や白熱灯から

LEDへの切り替え、鉄鋼プロセスでの高効率炉の導入など、技術の更新によってエネルギーの使用量を削減することです。一方、“energy conservation”や“energy saving”は、行動の変化によって無駄なエネルギーの使用を控えることで、使われていない部屋の照明を消すことや、夏場にエアコンの温度設定を変えること、そして自動車から徒歩と鉄道などの公共交通機関へ移動手段を変えするというライフスタイルの変更も含まれます。

言い換えるなら、省エネルギーとは技術と行動の変化という二つの側面から成立し、“rational use of energy”がそれらを包括的に示すように「合理的」かつ「効果的」にエネルギーの無駄を抑制し効率化することです。

より具体的に自動車での省エネルギーは何かを考えてみましょう。自動車を運転する際、ガソリンの消費を節約するためには、技術的な改善と行動の変化の二つの側面によって対応することが可能です。技術的な改善としては、移動距離あたりのガソリン消費（燃費）を技術革新によって改善することであり、行動の変化としては、自動車からよりエネルギー効率の高い公共交通機関などへ輸送機関をシフトすることや、自動車を運転する際にカーナビゲーションを活用するなどして、目的地にたどりつくまでの無駄な移動距離を減らし、渋滞を避けるなどといった改善によって達成することが可能です。

### ◆活動と投入エネルギーの関係

エネルギーとは社会経済の活動を支えるために投入されるものです。一方、省エネルギーの達成方法は、技術の改善と行動の変化という二つの側面から成り立っています。このようにして技術の改善と行動の変化によって結果として得られる省エネルギー（エネルギー効率）とは、「一定の活動を行う、または効用を得るために、どれだけ少ないエネルギーの投入を行うか」を示すことです。逆に、「エネルギー投入量を一定として、どれだけ多くの活動または効用を得ることができるか」とも言い換えることができます。

$$\frac{\text{エネルギー効率}}{\text{活動 (または効用)}} = \text{投入エネルギー}$$

先に説明した自動車の例で考えてみると、活動とは移動距離を表し、投入エネルギーとはその移動を賄うエネルギー消費のことでした。具体的には、公共交通機関を利用することで、同じ距離を移動するにも自動車よりもより少ないエネルギーの投入量で済むことが省エネルギー（エネルギー効率の改善）であり、また、燃費の良い自動車を利用すること

で同じエネルギー消費量でもより長い距離を移動できることが可能になるのも省エネルギーです。

他の社会活動では、活動とは、鉄鋼やセメントといった産業において特定量の製品の生産をすることです。効用とは、金額に換算できる特定の付加価値を生み出すことで、家庭で照明器具を使って明るさを得ることや、エアコンを利用した冷暖房による冷熱・温熱による快適さを得ることも効用です。

なお、現在と過去からの省エネルギー（エネルギー効率）の水準ならびに推移を測り、さらなる改善の余地を検討するためには、指標を形成するのが一般的で、省エネルギー（エネルギー効率）は一定の活動（または効用）あたりの必要エネルギー量として分母分子を逆にして指標化できます。

$$\frac{\text{エネルギー効率}}{\text{エネルギー}} = \frac{\text{活動 (または効用)}}{\text{エネルギー}}$$

このように指標化できる省エネルギーをさらに実際の事例に照らし合わせて具体的に把握するために、①技術的省エネルギー、②経済的省エネルギー、③節電（ピークシフト）



の三つに分けて、それぞれの内容を検討してみましょう。

### ①技術的省エネルギー

エネルギーの供給プロセスを見ると、省エネルギーは①化石燃料の生産、②タンカーやパイプラインを用いた輸送、③発電所や都市ガス製造、製油所などでの転換、④送配電網やパイプライン等を用いた最終需要家への供給、そして⑤需要家で利用される機器での動力、照明あるいは熱を得るための転換までの、五つ全ての段階において対応可能です。これらの段階全てにおいて技術を導入することで、効果的に無駄なエネルギー消費を削減できるのです。

例えば、家庭でのエアコンを利用した熱を得るためのプロセスを考えてみましょう。化石燃料を利用した発電システムの場合、発電プラントでの投入エネルギーを得るために、日本の場合は、国外から石炭や石油、天然ガスといった資源を輸入しています。家庭へ電力が供給されるまでには、発電プラントに化石燃料が投入され、電力に転換、そして高圧ケーブルを用いて発電プラントから変電所まで送電、それらを変電所で低圧に変換して家庭へ配電し、エアコン機器で温風または冷風といった「有効エネルギー (useful energy)」

に転換されます。

国外での化石燃料採掘段階から家庭での機器利用によって有効エネルギーを得るまでの全ての段階において、エネルギーのロス（＝損失）が発生します。逆に言えば、この全ての損失が生じる過程で技術的な省エネルギー（効用を得るためにエネルギー投入量を減らすこと）が行えるのです。

### ②経済的省エネルギー

エネルギーの生産から転換、そして需要に至るプロセスでの技術的省エネルギー以外にも、国または特定企業の生産活動にかかわる効率性を把握する目的で、経済的省エネルギーの指標を用いることが多くあります。具体的には、一国のGDPや金額に換算した特定産業の付加価値を得るために、どの程度のエネルギー量が投入されるかを指標として形成するものです。

前項で概観した技術的省エネルギーの考え方では、鉄やセメントといった産業や、発電における転換効率という特定の産業プロセスでのエネルギーの効率的利用を把握する上で有効です。一方、技術的省エネルギーに加えて、消費者の省エネルギー行動や産業構造の

変化、そして経済発展に伴うライフスタイルの変更といった技術的側面では計れない効率の改善を測ることも、一カ国のエネルギー効率の利用という観点から重要です。これに対応するために、GDPあたりのエネルギー消費量として指標化されるのが、「エネルギー消費のGDP原単位」です。

エネルギー消費のGDP原単位	＝	エネルギー消費
		GDP

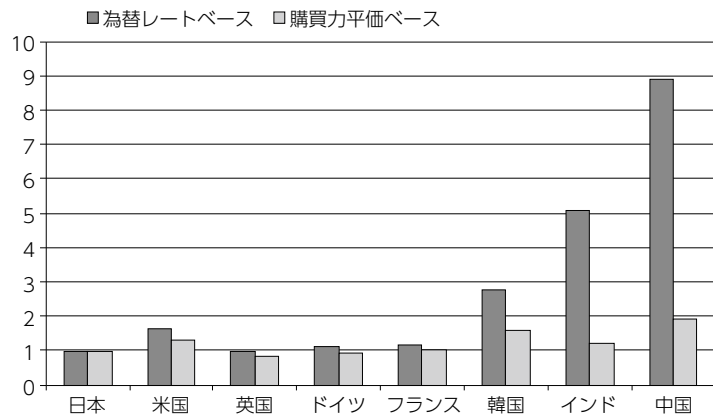
一定の付加価値を生み出すために必要なエネルギー消費を示すのが、エネルギー消費のGDP原単位です。GDPが分母に利用されているのは、経済活動の結果として創出された付加価値の総和で、一カ国における活動指標を把握するために有効です。すなわち、それに対応するエネルギー消費量を見ることができ、マクロレベルでの一カ国の活動に対応するエネルギーの効率を把握することが可能です。

GDP原単位は、分かりやすいことから、国際比較や国の計画目標で利用されます。エネルギー消費のGDP原単位を国際比較した場合（資料③の左側のグラフ参照）、日本の水準は、OECD諸国の中で最も小さい国であり、米国は日本の1・7倍、英国は1・0

1倍、ドイツは1・1倍、フランスは1・2倍、韓国は、2・8倍、そして、新興国と比較すると、インドは5・1倍、中国は8・9倍に及びます。

単純比較によると、日本の省エネルギー水準は世界で最も高い国です。しかしながら、マクロレベルでの比較では、国による産業構造の違いや、気候の相違による冷暖房機器の利用の違い、そしてエネルギー価格の違いによるエネルギー消費形態の相違など、技術的な要因以外で各国のエネルギー需要に与える影響を考慮することができません。産業構造のより具体的な例としては、鉄鋼や石油化学、造船、紙パルプなどのエネルギー多消費産業への依存が高い国と、サービス産業への依存

**資料③ 日本のGDPあたりの一次エネルギー消費原単位を1としたときの国際比較(2012年)**



が高い国との比較では、前者の省エネルギーのGDP原単位のほうが高くなるため、一カ国のエネルギー効率を測るにあたって、一つの指標で比較するのは難しいのです。

省エネルギーのGDP原単位を国際比較する場合、原単位の分母にあたるGDPの換算にも注意が必要です。国際比較を行うにあたって、分母に用いるGDPは共通の通貨と物価水準で表すこととなります。ここでの共通通貨としては、各国通貨を米ドルに換算したものを適用し、それらを2000年の物価水準に調整しています。ただし、市場取引では途上国の為替レートが米ドルに対して過小評価され、先進国のそれが過大評価されるため、途上国の為替レートは米ドルに対して小さい水準で決定されます。つまり各国の通貨水準で示されるGDPから換算した場合には、途上国は過小評価した水準で表されることとなります。

このような問題を解消するために、為替レートではなく、購買力平価水準のGDPを分母に用いて省エネルギーのGDP原単位を作成することが適切であるとの議論もあります。購買力平価とは、ある国で特定の価格で買える商品が、他の国であればいくらで買えるかを表す交換レートのことです。例えば、オレンジ一個が日本では100円で購入でき、米国では1ドルである場合には、1ドル＝100円が換算レートになります。そしてこの

考えを全ての財やサービスに拡大して計算されたものが購買力平価です。

資料③（66ページ）の右側のグラフは、購買力平価を用いたGDPを分母にした省エネルギーのGDP原単位の国際比較を示したものです。図が示すとおり、為替レートを用いた比較では、日本のGDP原単位は世界で最も優れた（エネルギー効率の高い）水準を提示していますが、購買力平価での計算では、必ずしも日本が最もエネルギー効率の高いわけではないことが分かります。また、途上国とのGDP原単位の比較でも為替レート換算のGDP原単位と比較して、日本との差が小さくなっていることが分かります。

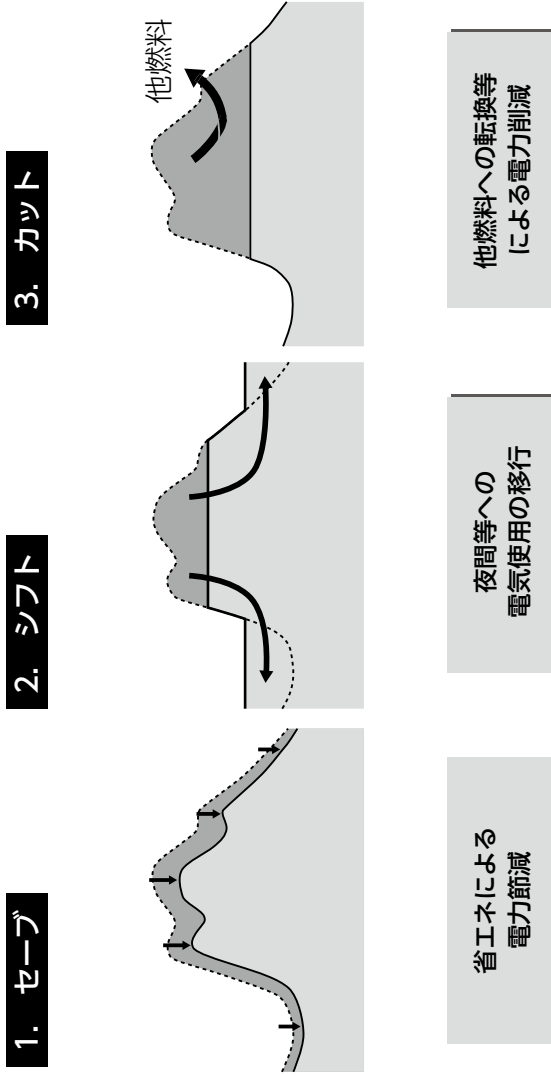
### ③節電・セーブ、ピークシフト、ピークカット

2011年の東日本大震災以降の電力の供給制約に対応するために、夏場と冬場に節電に向けた努力が政府ならびに電力事業者から消費者へ要請されています。具体的な意味をここで確認してみましよう。

電力の需要は社会経済状況や気候の変化に伴って、時々刻々と変化しています。時間帯によって異なる一日の電力需要の変化を連続的に示したものを電力の負荷曲線といいます。夏場は、12時ごろから14時のエアコン需要が最大になる時間帯に負荷曲線の最も大き



資料④ 電力の使用量ピークを減らす方法



②ピークシフト (peak shift)、そして③ピークカット (peak cut) の3種類があります。

前述したとおり、節電とは“energy conservation/saving”が示すように、行動の変化による電力の消費量の削減による対応(セーブ)も可能ですが、供給制約への対応という観点から、ピーク時間帯における電力の消費量を他の時間帯に移行させること(ピークシフト)、そして例えば、夏場の冷房需要を賄うために、電力から他のエネルギー源にエネルギー源を変更することで、ピーク時間帯の電力需要を削減すること(ピークカット)も、節電が意味するところ(資料④(70ページ)を参照のこと)。

資料④(70ページ)の図が示すとおり、「セーブ」の手法とは、ピークの時間帯のみな

い水準(ピーク)が生じ、冬場には、暖房需要や照明、家庭での夕食の準備が始まる18時から19時に負荷曲線がピークに達します。この負荷曲線がピークに達した時間帯に供給を賄えるように、発電設備の供給量(設備容量)を計画することになります。

しかしながら、震災以降、日本の電力供給のベースの役割を担ってきた原子力の稼動が制約されており、夏・冬ともにピークの時間帯に供給する十分な電源の設備が確保できないリスクが顕在化しました。

こうした電力のピーク時間帯における供給制約に対応する手法としては、①セーブ(save)、

らず一日を通して、省エネルギー「行動」、すなわち機器の使い方の変更によって電力の需要量自体を削減する方法です。家庭でできるセーブの具体的手法としては、夏場のエアコンの設定温度を高く設定することや、こまめに消灯すること、冷蔵庫の設定温度を高めにする、そして無駄なコンセントを抜くことなどが挙げられます。同様に、企業でもエアコンの設定温度の変更や、昼休みの時間帯に照明を消灯すること、そして、照明用の電球の間引きを行うことで、電力需要を「セーブ」できるのです。

「ピークシフト」の手法は、特に電力消費の大きい工場などで、操業時間を電力需要が集中しない夜間に行うこと、平日から休日に操業日を移行させることがこれに相当します。家庭でも、例えば夏場のピーク時間帯に行っていた洗濯や調理などを夜の時間帯に「シフト（移行）」させることで、ピーク時間帯の電力需要削減に貢献できるのです。

三つ目に挙げた「ピークカット」の手法も、ピーク時間帯の電力消費を削減する意味で効果があります。例えば、夏場の冷房として電気によるエアコンからガス主体のヒートポンプに変更し、ガスの需要にシフトすることで電力のピークを削減できます。

ただし、これらの節電対応策のうち、「ピークシフト」と「ピークカット」の手法のみを用いた場合、一カ国のエネルギー利用全体として捉えると、必ずしもエネルギー消費の

減少につながってはいない点に注意が必要です。

以上、さまざまな定義がある省エネルギーですが、他のエネルギー供給手段と比較して、相対的に低コストで迅速に対応が行える省エネルギーの推進は、重要なエネルギー資源として捉えることができます。特に今後、日本に住む人々がエネルギー供給制約リスクを考慮し、資源としての省エネルギーを、電力やガスの需要が集中する時間帯やその他の時間帯にも継続することが、一層重要になっていくでしょう。

## 講師略歴

### ●土井 菜保子

(どい なおこ)



一般財団法人 日本エネルギー経済研究所  
地球環境ユニット 省エネルギーグループ  
マネージャー 研究主幹

2012年3月 京都大学大学院 地球環境学舎  
地球環境学専攻博士(後期)課程修了 地球環境学博士  
1998年7月に日本エネルギー経済研究所入所。

アジア太平洋地域のエネルギー需給見通しや、インフラ投資の経済性分析、アジアでの都市化と運輸部門での省エネルギーに関してプロジェクトリーダーとして研究を行う。現在は家庭・業務部門の省エネルギーにかかわる定量分析ならびに政策分析に従事する。