

省エネとは何だろうか？

杉山 大志 (すぎやま たいし) キヤノングローバル戦略研究所 上席研究員

一口に省エネといっても、さまざまなやり方がある。今回は、そもそも省エネとは何か、どのような技術で達成されるのか、なぜエネルギー利用効率は向上しているのに、エネルギー消費や電力消費の総量はなかなか減らないのだろうか。あれこれ考えてみよう。

1. エネルギーを利用する技術の進歩

エネルギーを利用するにはかならず何らかの機器を使うことになる。このとき、その機器の善し悪しによって、同じエネルギーから得られるサービスの量は随分と変わる。

薪を拾って、それを集めて燃やすと、肉を焼くことができる。人類は、始めはそうしていたけれど、やがて薪をいったんカマドの中に入れて、空気をあまり入れないようにして焼き、炭を作るようになった。更に、炭は単に燃やすのではなく、七輪コンロの中で使うと、少しの炭でも効率良く使って、長い時間にわたり調理に利用出来るようになった。

このように、機器が進歩するにつれて、少ないエネルギーで一定の目的を果たす(=サービスを提供する)ことが出来るようになる。

ちなみに、世界には、まだ七輪コンロすら普及していない国もある。毎日、何時間もかけて薪を採集するにも拘わらず、それをとても悪い効率で燃やしているため、大量の薪を使ってしまう。それで、森林が衰退して、環境は劣化するし、ますます遠いところに薪の採集に行かねばならない、といった悪循環に陥っている。

次の例を挙げよう。機関車は、初めは蒸気機関車だった。これは石炭でお湯を沸かし、発生した蒸気で車輪を回して動いた。だがこの効率はとても悪かった。投入した石炭の8%しか動力に変換されず、残りは煙突からの廃熱となった。蒸気機関車の動画を見ると、ものすごい勢いで黒煙を吐き出している。今では石炭は火力発電所で電気に変換され、それで電車を駆動している。このため、投入する石炭の持つエネルギーの3分の1程度は動力に変換されるようになった。蒸気機

関車に比べれば、効率は4倍になっている訳だ。

工場では、エネルギー効率の向上が徹底して追及されてきた。例えば製鉄所では、まず鉄鉱石をコークス(石炭を原料とした燃料)と混ぜて溶かして粗鋼を製造し、熱い状態で圧力をかけて延ばしたのち、冷めてから、更に曲げたり切断したりして加工する。

この過程を一気にやってしまうのが、現在の日本で普通に行われている一貫製鉄である。この間、投入したエネルギーが排熱として捨てられたり、一度冷めたものを再加熱されるといったことが生じないように、様々な工夫が凝らされている。製鉄所の写真を見ると無数の配管が張り巡らされているが、その中には高温の蒸気を運ぶ配管があって、ある機器から出た熱を他の機器に輸送して有効活用している。

このように、人類はエネルギーを利用するようになって以来、次々と新しい機器や設備を発明し、同じエネルギーの投入量から得られるサービスの量を増やしてきた。

2. 生産性管理が省エネの基本

次に、工場の中で、エネルギー効率の向上、即ち省エネの実務とは、どのようになっているかを見てみよう。

工場では、生産性を向上させるよう(=コストを低減するよう)、生産工程を設計し管理する。

そこでは、投入した材料から、出来るだけ売り物になる製品を多く作り、原材料の切れ端が残ったり、不良品が出たりしないようにする。不良品が出ないようにすることを歩留まりの向上という。不良品が出来ると、それは出荷できないので、その分だけ売り上げが減るし、投入した労働、材料、エネルギーの全てが無

駄になってしまう。

今の日本ではあまり見ないけれども、海外の開発途上国に行くと、フタがよく閉まらないペットボトルとか、ゆがんだジュースの瓶などを見ることがある。このような製品が出回っているということは、その背後では、多くの不良品が発生し、それが無駄になっていると想像して間違いでない。

歩留まりを向上させるためには、慎重に設備や材料を選び、生産工程を設計する必要がある。そして、実際に生産を開始してからも、不良品が出来ないように、絶えず生産工程の管理を続けねばならない。

例えば、ボイラでお湯を沸かして反応炉や反応釜を使って材料を加熱する工程であれば、反応炉や反応釜を一定の温度範囲に保ち続ける必要がある。温度が高くなりすぎたり、低くなりすぎたりすると、製品の品質が安定せず、不良品が出来る原因になる。

そこで、温度を測定し、それが一定の範囲内に収まっていることを確認する必要がある。また、朝に点火してから温度が一定の範囲内に収まるには時間がかかるから、ある程度、予熱する時間をとっておかねばならない。この予熱時間は長すぎると無駄なので、必要にして十分な時間を見極めないといけない。

生産性の向上(=コストの低減)のためには、歩留まりを向上させることが重要である。そして歩留まりの向上は省エネのための重要な第一歩である。不良品にエネルギーを投入する事は何よりも無駄だからである。

次の一歩は、エネルギーの利用を必要にして十分な量に管理することである。これを実施するためには、普通は、スケジュールを決めておいて文書に整理しておき、担当者がそれに従ってスイッチを入れたり切ったり、あるいは温度を確認したりすることになる。これをエネルギー管理という。エネルギー管理は生産性管理の一部である。生産性管理とはもちろん生産コストを下げることを目的とするが、生産コストの一部であるエネルギーコストもそこに含まれる。

3. 省エネ投資における機器コストと光熱費のバランス

「省エネは良いことだから推進すべきである」という意見は、半分は当たっているが半分は当たっていない。どんなに光熱費の節約になるといっても、そのための機器のコストが高すぎるのであれば、そのような省エネはしない方が良い。省エネ機器への投資が経済的に合理性を持つのは、その投資が一定の期間内に光熱費の節約によって回収できる場合に限る。

たとえば、ハイブリッドカーは、普通のガソリン自動車よりも車体の価格は高い。だが、燃費は良いので、何年か使用していると、モトがとれる。このモトが取れる年数のことを省エネ投資の投資回収年数という。

省エネ機器への投資は、技術進歩や、エネルギー価格の上昇、あるいは規制によって推進される。

家庭用のエアコンの効率は、1990年代は低く、成績係数は3程度であった。しかし、2010年以降では、倍の6以上になっている。つまり、同じだけの冷暖房をするためのエネルギーは半分で済むようになった訳だ。

しかしその代償として、エアコンのサイズは大きくなっている。これは、効率向上のためには熱交換器を大きくすることが必要だったからだ。そして、サイズが大きくなったことで、機器の製造に必要な金属やプラスチックの投入量も増えたので、これはエアコン価格を押し上げることになった。

製鉄所でも、廃熱を活用する技術が導入されてきた。炉頂圧発電(TRT)はそのような設備の一つである。これも設備費はかかるが、廃熱を活用することで光熱費を削減し、何年か経つと投資を回収することが出来る。

4. 漸進的なイノベーションによる効率向上

イノベーション(技術が開発され、普及すること)には、原理的には変わらないが少しずつ性能が改良されるといった漸進的なイノベーションと、原理的に全く変わってしまうといった破壊的なイノベーションがある。

まず漸進的なイノベーションを見てみよう。機器のエネルギー効率は格段に向上してきた。漸進的といっても、侮れない。

照明の効率は、白熱電球、蛍光灯、LEDの何れも、効率は目覚ましく向上した。特に2000年以降では、LEDの効率向上が著しかった(図1)。

また液晶テレビ、冷蔵庫、エアコンは、何れも、ほぼ倍増かそれ以上の効率改善があった(図2)。

5. 破壊的なイノベーションによる効率向上

破壊的なイノベーションが起きて、機器が原理的に変わってしまう場合、機器のコストが下がると同時に光熱費も下がる、ということがしばしば起きる。このときは、その機器は自発的に普及を続け、かつて存在した機器を駆逐してしまう。

この例としては、液晶等によるフラットディスプレイ

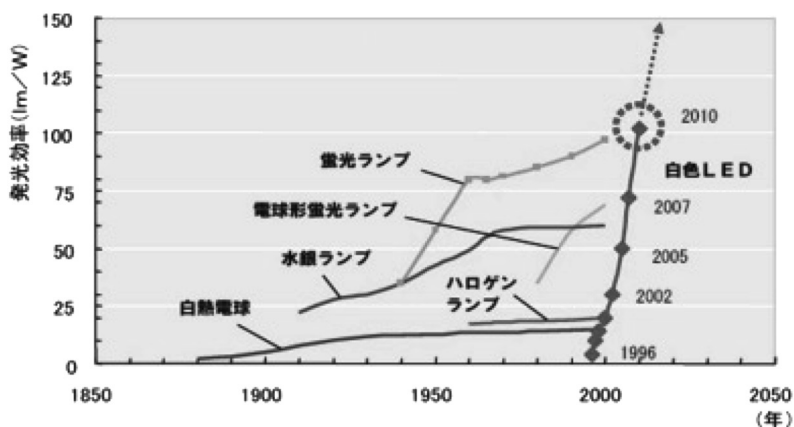


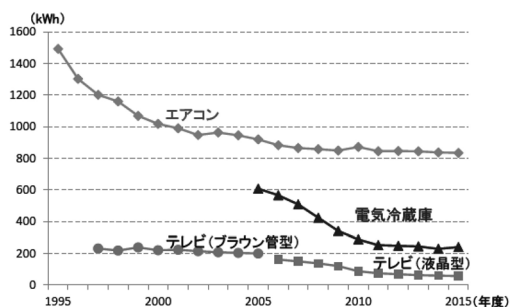
図1 照明の効率向上

経済産業省資料

LED照明産業を取り巻く状況 2012年11月29日 商務情報政策局 情報通信機器課

http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004296/pdf/001_05_00.pdf

【第212-2-5】主要家電製品のエネルギー効率の変化



【第212-2-5】主要家電製品のエネルギー効率の変化(xls/xlsx形式:50KB)

- (注1) エアコンは冷房・暖房期間中の電力消費量。冷房専用・壁掛け型・冷房能力2.8kWクラス・省エネルギー型の代表機種単体の単純平均値。
 (注2) 電気冷蔵庫は年間消費電力量。定格内容積400リットルとする場合。定格内容積当たりの年間消費電力量は主力製品(定格内容積401～450リットル)の単純平均値を使用。
 (注3) 2015年はIEAによる推計値である。
 出典： テレビは年間電力消費量。ワイド32型のカタログ値の単純平均値。

図2 エアコン、冷蔵庫、テレビの効率向上

平成28年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2017)

経済産業省 資源エネルギー庁

<http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2017html/2-1-2.html>

イがある。これは安くかつ高性能になったため、ブラウン管ディスプレイをすっかり駆逐してしまった。また、蛍光灯とLED照明も、多くの用途で白熱灯を駆逐しつつある。これらは何れも、大幅な省エネになる。

将来の省エネを考えると、現在知られている機器のコストと光熱費のバランスだけで考えると、このようなイノベーションによる大幅な省エネの可能性を見落とすことになる。

6. ではなぜエネルギー消費は減らないのか

このように、機器の効率はめざましく改善しているにも拘わらず、エネルギー消費の総量、特に電力消費

の総量は、あまり減らず、概ねGDPの成長と共に増大傾向にあった。図3は、家庭部門の例である。

なぜエネルギー利用効率は向上しているのに、エネルギー消費や電力消費の総量はなかなか減らないのだろうか。

これには2つ理由がある。

第1は、次々に新しい家電機器が生まれ、機器の普及量が増え、大型化し、また高性能化したからである。さまざまな家電の普及率を図4に示す。

例えばテレビについて言えば、図2で見たように、サイズを固定してみるならば、その効率は向上した。

しかしその一方で、大型化した。また画像の質が向上し、さらにはインターネットとの接続など、新たな使い方をされるようになってきた。

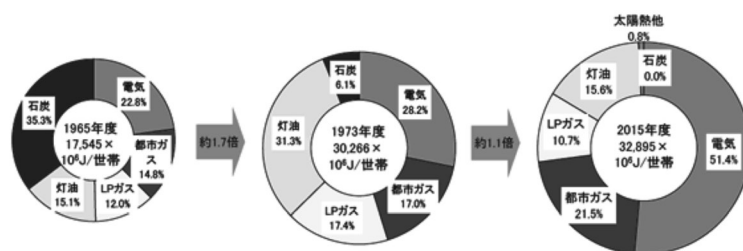
1950年代に発売されていた初期のテレビは14型のブラウン管ディスプレイで電力消費量は500Wだった。いま発売されているある会社の98型の液晶ディスプレイの電力消費量も、実はこれとほぼ同じである。

もちろん初期のテレビは白黒でアナログだった。今のテレビはカラーでデジタルでインターネット機能も付いている。台数についていえば、初期のテレビは大変な贅沢品だったが、いまではどの家庭にも複数台ある。

エアコンについても、図2で見たように、一定の冷房能力を提供するためのエネルギーは大幅に低下してきた。更には住宅の断熱性能も向上してきた。しかしその一方で、全館・常時の冷暖房をする家庭も増えている。日本でも、これまで多くの家庭でそうであった部分的な冷暖房ではなく、欧米のように全館冷暖房に移行することで、エネルギー消費量が増大する可能性がある。

今後、技術開発はますます速さを増し、AI・IOT

【第212-2-7】家庭部門におけるエネルギー源別消費の推移



【第212-2-7】家庭部門におけるエネルギー源別消費の推移(xls/xlsx形式:52KB)

- (注1) 「総合エネルギー統計」では、1990年度以降、数値の算出方法が変更されている。
 (注2) 構成比は端数処理(四捨五入)の関係で合計が100%とならないことがある。
 出典： 日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」、資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」、総務省「住民基本台帳」を基に作成

図3 家庭部門におけるエネルギー消費量の増大

経済産業省 資源エネルギー庁
 平成28年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2017)
<http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2017html/2-1-2.html>

【第212-2-4】家庭用エネルギー消費機器の保有状況

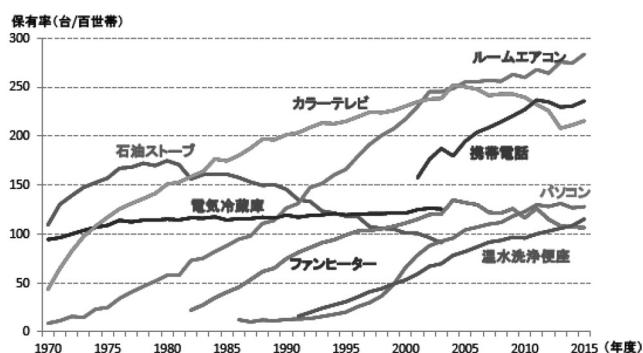


図4 家電普及率の推移

<http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2017html/2-1-2.html>

革命も進む一方で、高齢化による医療・福祉需要の増大が予想される。このため、電動ベッドや介護ロボット等、更に新たな機器が発明され、普及していきだろう。

7. リバウンド効果

上述したように、一般的に言って、機器の効率が改善しても、エネルギー消費が総量で比例して減少するとは限らない。この理由が多岐にわたることは既に述べたが、その中で、「機器の効率が向上すると、サービス当たりの光熱費が下がるので、その機器の利用量は増え、エネルギー消費量が増加する」という側面は、専門的には「省エネのリバウンド効果」と呼ばれて、研究されている。

古くは蒸気機関が発明されたとき、石炭の利用効率

は飛躍的に向上した。だがこの帰結として、石炭消費量は爆発的に増えた。また発電機とモーターが発明されて蒸気機関を置き換えたときも、燃料の利用効率は高まった。だがその帰結として、燃料消費量はやはり爆発的に増えた。

より一般的に言って、大幅な経済成長をもたらすような、本質的な技術進歩であるほど、エネルギー効率を高める一方で、エネルギー消費の総量を増やしてきた。

8. むすび

本稿のポイントをまとめておこう。

- ・工場や事業場における省エネの基本は生産性管理の徹底であり、それさえできれば、実は省エネの大半は尽きている。

- ・同じサービスを提供するために必要なエネルギー量の改善(エネルギー利用効率の改善)は、漸進的イノベーションと破壊的イノベーションの両方によって目覚ましく進歩してきた。

- ・しかし、次々に新しい機器が普及し、大型化・高性能化したために、経済が成長するにしたがって、エネルギー消費の総量、なかんずく電力消費の総量は増えてきた。

2011年以降の東日本大震災以降では日本の電力消費量の伸びは鈍化している。しかし筆者は、これは一過性の現象であると見ている。

というのは、過去の歴史を見る限り、「将来に普及する機器がどのようなものかを予言することは出来な

いが、電力消費の総量については、経済が成長するにつれて、増大する」という鉄則があり、これが変わったとは考えられないためである。

この点、および本稿で触れられなかった省エネの政策面については、また機会を改めて述べたい。

一般社団法人 日本エレクトロヒートセンター 出版物

〒103-0011 東京都中央区日本橋大伝馬町13-7 日本橋大富ビル6階 TEL:03-5642-1733 FAX:03-5642-1734

お申込みはホームページで！ <http://www.jeh-center.org/>

これからの時代 ものづくりに電気

電気を利用した高度な加熱／冷却技術(エレクトロヒート技術)は、産業の幅広い分野で活躍しています。「ものづくりに電気」は、最新の電気システムを生産工程に導入した好事例集です。「ものづくりに電気」をご覧くださいますと、生産プロセスの革新に繋がる“鍵”が見つかるはずです！



< CONTENTS >

- ・電気エネルギーのメリット
- ・電気加熱・冷却活用マップ
- ・ヒートポンプによる「熱」の有効活用
- ・高効率システム・機器
- ・導入事例

会員価格:648円 会員外価格:864円

【技術領域】

ヒートポンプ加熱、誘導加熱、マイクロ波加熱、プラズマ加熱、レーザー加熱、電子ビーム加熱、高周波誘電加熱、アーク加熱、赤外加熱、抵抗加熱など