

テクノロジーの進歩は エネルギー消費を抑制するか？

東北大学名誉教授
産業技術総合研究所客員研究員

八百隆文

◆略歴◆

- 1970年 工業技術院電気試験所
- 1985年 工業技術院電子技術総合研究所室長
- 1990年 広島大学工学部教授
- 1994年 東北大学金属材料研究所教授
- 2008年 東北大学名誉教授・東北大学
学際科学高等研究センター客員教授
- 2013年 産業技術総合研究所客員教授

1. はじめに

地球規模での気候変動は、人類の決定的な問題である。爆発的な人口増加、豊かな生活を求める欲求、人的活動の産業化、工業化、商業化、金融化、都市への人口流入、これら全てが地球温暖化の要因であろう。

地球温暖化の諸問題はテクノロジーの発展によって解決出来ると信じられている。しかし、本当に解決可能なのか？可能だとするとその技術の要件は？これらのことが、大学をリタイアした後、大きな疑問として湧いてきた。本稿は、この疑問に答えるべく実施した照明技術の調査研究の一端を紹介するものである。

2. エネルギー消費と地球温暖化

地球規模での異常気象が続いている。大規模な台風や大雨による洪水で大規模災害が引き起こされた。他方、暖水性の魚であるブリがオホーツク海沿岸で水揚げされ、サンマの南下が遅れて漁期が短縮するなど生態系の変化も報じられている。

これらは地球温暖化による海水温の上昇が原因である。このままのスピードで地球温暖化が進むと、海水面の上昇、大規模な異常気象の多発、生態系の大幅な変化など、人間社会にとって破滅的な影響を及ぼすと予想される。

地球温暖化の主要な原因は、二酸化炭素やメタンガスなどのいわゆる温室効果ガスであり、人類の産業活動によって大量に産出されてきた。すなわち、産業活動増大→エネルギー消費増大→温暖化ガス排出→地球温暖化という流れである。産業活動が増大した要因としては、人口増加による消費と生産の拡大、新しい産業創出による経済成長などがある。

ここで、エネルギー消費の変遷を見てみよう。図1は15世紀から2012年までの世界全体での消費エネルギーの変遷と人口の推移を示したものである。1950~1960年のエネルギー流体革命(石油利用の拡大)に伴い、エネルギー消費は加速度的に増加してきた。さらに、世界の人口は今後も増加の見込みであり、低開発国における工業化や自動車の普及などによりエネルギー消費の勢

いは持続するものと予想される。

国際エネルギー機関(IEA)の予測では、2040年の世界のエネルギー消費量は、2014年に比して約1.3倍に増加する見込みだ。その増加は中国やインドなど工業化が加速度的に進行しているアジアの新興国によるものであり、経済発展に伴い、石油、天然ガス、石炭といった化石燃料の需要も増加すると考えられる。

このようなエネルギー消費の増加により、19世紀末から21世紀初頭にかけて、地球の平均気温は100年あたり0.73℃の割合で上昇し、2100年にはさらに6.4℃も上昇することが予測されている。

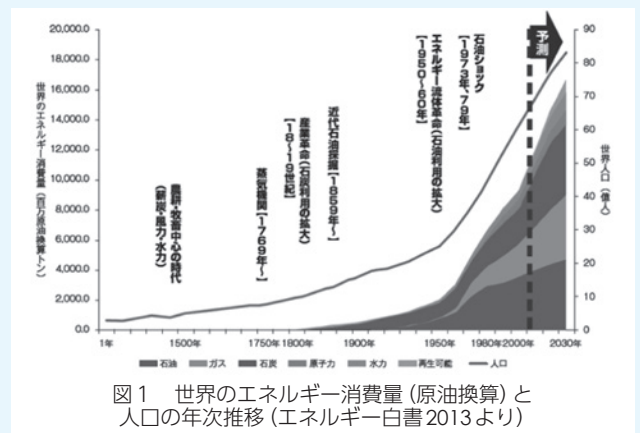


図1 世界のエネルギー消費量(原油換算)と人口の年次推移(エネルギー白書2013より)

3. 地球温暖化に関するパリ協定

地球温暖化へのグローバルな対応を求めて、2015年にCOP21においてパリ協定が締結された。このパリ協定では、日本は2030年度の温室効果ガス放出量を2013年実績比で26%削減する目標を掲げている。内訳は、産業部門は7%削減目標だが、公共施設を含むその他の業務部門では40%削減、家庭部門も40%削減、運輸部門では28%削減、エネルギー転換部門では28%削減という極めて高い削減目標が設定されている。

しかし、国連環境計画(UNEP)の2018年度版の「排出ギャップ報告書」は、世界のCO₂放出量が4年ぶりに増加したことを報告し、温暖化に対する各国の取り組みが目標水準に達していないと指摘した。経済成長がその原因であると説明している。

4. 地球温暖化とテクノロジー

地球温暖化対策のキーは、代替エネルギーの創出と省エネ技術の開発であろう。太陽光発電、風力発電、地熱発電、燃料電池などCO₂を排出しない代替エネルギー技術が温室効果ガスを産出する化石燃料に依存した火力などの既存エネルギー技術に置き換えられることが期待される。

他方、省エネルギー技術もエネルギー消費量の伸びを抑制/減少させる。ゼロ・エネルギー・ハウスなどのように太陽光設備を搭載した高気密・高断熱仕様の家屋が人気を集めている。さらに、コジェネレーション、廃熱利用技術、輸送技術の進化、すなわち、ガソリン車→ハイブリッド車→電気自動車、燃料電池自動車などへの輸送技術の進化も省エネ技術シナリオに沿ったものである。

照明技術に関しても、LED照明の開発による省エネ技術が展開されつつある。照明光源としてのLEDランプの特質は、従来の白熱電球、ハロゲンランプ、蛍光灯などと比べて、固体照明のため軽薄短小というメリットがあるだけでなく、堅固であり、しかも高効率、高輝度、長寿命、低電力消費など、優れた特性を示す。当初は課題とされていた演色性、価格などについても大幅な改善が見られ、既存照明と遜色がないレベルにある。また、高速応答性、偏光特性などこれまでの光源にない特性もあり、通信や情報伝送などの新しい用途も産み出されている。

このように、既存照明を超えるLED照明であるが、特に低エネルギー消費の照明技術の期待が大きい。ちなみに、照明による電気エネルギー消費は、世界の全電気エネルギー生産量の16%である。

5. 照明技術の革新とLEDの消費エネルギー

ここで、照明技術の変遷を眺めてみよう。有史以前は、木を燃やして灯りを得ていた。中世は、たいまつ、ろうそく、動植物油のランプが使われ、産業革命後はガス灯が、約150年前に白熱電球が、20世紀初頭に蛍光灯が発明され、現在はLED照明の時代に移行しつつある。

効率を比較すると、ろうそくは1lm/W(ルーメン/ワット)、白熱電球は10~15lm/W、蛍光灯は50~100 lm/W、LED照明は100~190 lm/Wであるが、300 lm/W程度は可能と期待される。およその寿命は、ろうそくが1時間、白熱電球は1,000時間、蛍光灯は10,000時間、LEDは40,000時間程度である。

照明エネルギーは、現在、世界で使われる全エネルギーの約10%と言われている。効率の面からはLED照明に置き換えることにより、蛍光灯や白熱電球に比べて電力消費が1/2~1/10程度に減少する。さらに寿命が大幅に長いため、照明器具の製造に必要な電力エネルギー消費が不要となることから、効率で考えられる以上のエネルギー消費の減少が期待される。

図2は、1人の人間が1年間に照明に対して消費するエネルギーを1人当たりのGDPを光に関わるエネルギー価格で規格化した値に対して、イギリス、日本、韓国、アメリカ、中国、EUなど幾つかの国に対して両対数でプロットしたものである。イギリスに関しては、1700年~2000年の3世紀にわたるデータの取得が可能であった。興味深いことに、時代や国に依らず、1人当たりの年間の光に関わるエネルギー消費量は、1人当たりのGDPを光に関わるエネルギー価格で規格化した値と比例関係にある。

この図は、LED技術の発展による高効率化と低価格化も取り込まれており、非常に示唆に富む。たとえば、人頭GDPが伸びるとエネルギー消費も増加することが、示唆される。言い換えると、経済成長による人頭GDPが増加すると、LED照明の使用が増えるため電気エネルギー消費が増加する。この背景には技術革新によりLED価格の低下も要因である。すなわち、技術の進歩により、高効率化と低価格化が実現し、前者は省エネをドライブし、後者は大量消費を産み出す原因となりエネルギー消費の増加を招く。

図2の意味するところは、個人の購買力(ざくっというと人頭GDP)が増えると、LED照明の大量消費を招き、結果としてエネルギー消費を増大させるということである。もちろん、ここにはエネルギーコストも絡んでくるので、ことはこれほど単純ではないが。

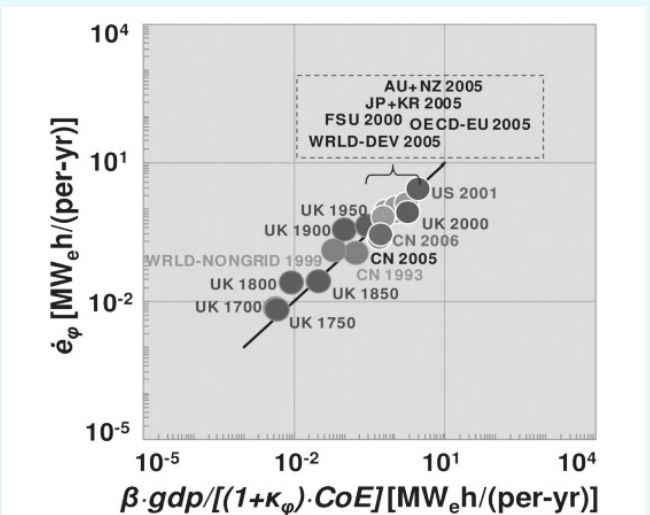


図2. 照明に対しての人頭年間消費エネルギーをエネルギー価格で規格化した人頭GDPに対して両対数目盛りでプロットした。イギリス、日本、韓国、アメリカ、中国、EUなど幾つかの国のデータを示す。イギリスに関しては、1700年~2000年の3世紀にわたるデータの取得が可能であった。(J. Tsao et al. LEOUKOS, vol6 (4) (2010) 256の図5から引用)

6. 附言

同様な傾向が輸送技術など他の技術にも見られるとすると、技術進歩による経済成長と地球温暖化が並行して進むという逆説的な展開が引き起こされる可能性もある。となると、この時代には、このパラドックスを解決する方向での技術開発が求められるのではないだろうか？