

触媒懇談会ニュース

触媒学会シニア懇談会

触媒懇談会ニュース

歴史が好きで縄文、弥生、古墳時代の遺跡をよく訪れる。2007年夏には青森の縄文中期の「三内丸山遺跡」を見学した。「縄文は輝いていた」という芸術家が出たが、狩猟・採取の縄文時代は人間の生存そのものが脅かされる大変過酷な時代であったと思う。縄文人の主食は堅果（クリ、ドングリなど）であり、15歳まで成人しても彼の予命は15年くらいであったという。約1万年続いた縄文時代に列島の人口は30万人と50万人の間を数回サイクルした。彼らは自然の恵みで生きていたので、食料以外のエネルギーに薪以外はほとんど使わなかった。稲作を始めた弥生時代になってやっと生活が安定し、日本列島の人口が数百万人へと急増した。

弥生～江戸時代のエネルギー源は、薪炭、動植物油などが主だったと想像できる。人力も動力源であったから、米麦も1次エネルギー源といえる。明治になって産業革命を経験した日本は、薪炭に加えて、石炭、石油、水力を使用するようになった。エネルギー消費とGNP（GDPでもよい）に深い相関関係があることはよく知られている。日本の1885～1996年の実質GNPと一次エネルギー消費量およびGNP/エネルギー消費を表

1に示した。1885年では、実質GNPは16万円（1985年の貨幣価値を基準）、エネルギー消費は110万kcalであった。1996年までに、実質GNPは22倍になったが、エネルギー消費は40倍になっている。GNP1万円を稼ぎ出すのに要したエネルギー消費は、65から121（x1000kcal）になっている。すなわち、エネルギーの使用効率としては悪くなっているが、精々2倍程度の変化である。1940年代の前後は、日本は戦争に多くのエネルギーが費やされていたので、エネルギーの使用効率は極端に悪くなっている。1996年においては、1次エネルギーの主要なものは石油、石炭、天然ガス、原子力、水力である。1885年においては、薪炭、石炭、水力、動植物油、牛馬などがエネルギー及び動力源の主力であったと考えられる。人間の労力もエネルギー源であったろうから、米、麦、魚などの食料の持つエネルギー（燃焼熱）も算入されるべきである。それらを算入すると[E]/GNPは、1885年と1996年ではほとんど変わらなくなるであろう。1973年の石油ショック以来、日本は省エネルギーに取り組み、1996年までに約25%の省エネを達成している。日本の[E]/GDPは、先進国では一番低く、USAの1/2、ヨーロッパ諸国の2/3くらいである。

[E]を[CO₂]に置き換えても大体同じであるが、フランスは原子力発電の比率が80%と高いので、[CO₂]/GDPは日本と同じくらいになる。2009年暮れのCOP15において、日本は「CO₂排出量を2020年までに25%削減(1990年比)」を目標に掲げた。中国は

「CO₂/GDP比を40-45%削減」と表明した。これからさらなる経済成長を目指す中国としては、中国の言い分が正しいように思えるし、現在のエネルギーの使用効率が悪いので達成はより容易であろう。

表1. 近代日本のGNP/エネルギー消費の推移(1885-1996)

	1885	1890	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	1996
実質GNP注1)	16	19	23	24	33	35	48	33	71	160	230	329	360
[E]消費注2)	11	15	24	27	44	52	89	57	92	265	351	393	440
[E]/GNP注3)	65	80	104	111	131	147	180	176	130	160	153	119	121

注1) 一人当たり実質GNP(万円/人)、1985年の貨幣価値に換算してある。注2) 一人当たりのエネルギー消費: 10万kcal/人。注3) GNP1万円当りのエネルギー消費: 1000kcal/1万円、出典) 「日本の統計」より松田作成、講義用テキスト「エネルギー・環境技術と経済学 -エネルギー・環境問題を本質から考える-」(山口大学、地域共同開発センター、1999/10)

地球温暖化対策として炭酸ガス排出の削減が叫ばれているが、エネルギー消費を削減したいのか、炭酸ガスの排出を削減したいのかがはっきり示されていない。火力発電所の排ガスからCO₂を吸収・濃縮して地中に埋蔵する(CCS)にはエネルギーが必要である。石炭火力の発電効率は現在42%くらいであるが、その1割くらいはCCSのために効率が低下するであろう。

私は環境問題を考えるときに、「日本では1万円の付加価値を生み出すのに、石油10ℓを使用する」を基本原理としている。ごく大雑把に言えば、日本では約550兆円のGDPを稼ぎ出すのに1次エネルギーを石油換算で5.5億kℓ消費している。これから計算すると、「日本では1万円の付加価値を生み出すのに、石油10ℓを使用している」ことになる。例えば、1万円の衣類を買う、1万円分のコメを買う、1万円の旅行をする場合、それぞれ石油を10ℓ消費していることになる。プラスチックのリサイ

クル、バイオエタノールなどの環境・新エネルギーのコストを考えると、この「GDP1万円につき石油10ℓ消費」が基本になる。例で示すと、

例1) 3kWの太陽電池を300万円で購入する。

購入時点で3000リットルの石油を使用していることになる。熱量としては、3000万kcalになる(1kWh = 860kcal)。

例2) 電気自動車を450万円で購入する。

石油を4500リットル使用していることになる。これだけの石油があれば、軽自動車クラスならば90,000kmは走れる。

例3) 廃プラスチック1トンを200,000円でケミカルリサイクルする。

石油を200リットル使用していることになる。

一つの製品の生涯のエネルギー消費の計算には、LCAがよく知られている。現状の

LCA は熱力学のエネルギーの計算ばかりしていて、人間の労力・工夫、人件費、一般管理費などを取り込めてない問題がある。原料が加工・組立てられて製品として使用されるまでには、製造時の管理費、販売費までに要したエネルギーも算入しなければならない。人間の労働力・工夫も当然加算されなければならない。それを突き詰めて行くと、結局それまでにかかった費用全部（すなわち付加価値）ということになるから、「日本では1万円の付加価値を生み出すのに、石油10ℓを使用している」という一般則になる。これに対する反論としては、産業にはエネルギー多消費型と低消費型があるから、全部一緒にするのは無理であるというのがある。しかし、各種の製造業、

サービス産業でも、現代では「もの」よりも労働力（人件費）、管理費の方が大きいから、「1万円/10ℓ」がファクターオブ2以内で成り立つと思われる。識者のご批判を仰ぎたい。

再生可能な新エネルギーの開発は、今後さらに重要度を増すことは言うまでもない。しかし、いくら効率が良くても、初期建設費があまりに高いものは、上記の「1万円/10ℓ」ルールに違反するかもしれない。現在再生可能エネルギーでは、風力発電（60万円/kW、風速13m/s基準）および太陽光発電（80-90万円/kW）が期待され、市場で先行している。図1に各種発電所の建設コストと、燃料費（kWh当たり）

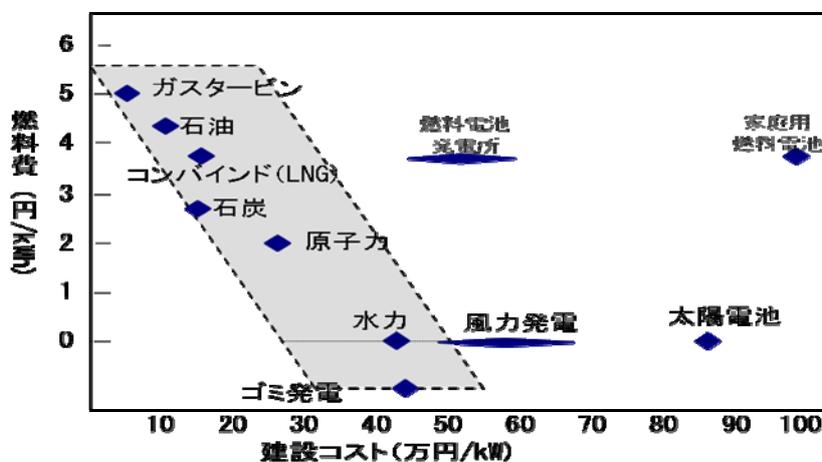


図1. 発電所の建設コストと燃料費の関係

の関係を示した（出典は表1に同じ）。燃料費は石油、石炭、ウランの価格はその時代によって変動するが、縦軸の相対値に大きな違いはない。おおよその建設費及び発電効率、ガスタービン[3~5万円/kW、20~35%]、石炭ボイラー[10万円/kW、42%]、コンバインドサイクル[15万円/kW、55~

60%]、原子力[25万円/kW、30%]である。ゴミ発電はプラスチックの引取り料が収入になるので、燃料費はマイナスにしてある。風力、太陽光発電は燃料費がゼロというメリットがある。燃料電池発電は、排熱を利用できるという点があるが、建設費が何倍も高いので発電機としてはメリットがない。

風力発電、太陽光発電の大きな問題点は、稼働率がかなり低い(15-25%)ことである。太陽光は定格で 1kW であるが、昼間のみ(1/3になる)、曇りの日(1/2になる)を考慮すると、建設コストは 1kW 当たり、500 万円とするべきかもしれない。風力発電でも事情は同じで、風速 13m/s で 1000kW が定格出力と銘打ってあるが、そのような風が常時吹く所は日本のどこにもない。実績では稼働率はせいぜい 25%である(定格が 250W に落ちたのと同じ)。これを考慮すると、風力発電所の建設費の本当の値は 200 万円以上とするべきかもしれない。

21 世紀は地球上の多くの国で産業革命が起こり、一人当たりの資源・エネルギーの使用量が急激に増大するであろう。それに

加えて人口も増加する。世界中の人が先進国並みの生活水準を得ようとするれば、資源獲得競争が起こるのは必然である。ひとつの有効な方法は、人口の増加を抑制あるいは減少させることである。先進国が新興国にそれを今言うといかにも自分勝手であるように見える。100-200 年前に人口を急増させた先進国はより一層人口減少に努めなければならないと思う。地球温暖化対策としては、炭酸ガスの排出抑制より、世界人口の抑制のほうがより有効のように見える。日本が 21 世紀にも生き延びてゆくには、省エネで相対的優位を保って行くことが重要である。

2009/12/30 記 松田臣平