

太陽光・風力発電とLED照明

—山岳文化環境と環境技術の使い分け—

田中文夫 (神奈川県)

[建築設備士 JABMEE SENIOR]

太陽光・風力発電と発光ダイオード(LED)照明装置が実用化の段階に至っている。この技術の課題と適応領域の考察は、高所に適応しながら登る高所登山思考と類似する。かつてクライマー、現在電気設計技術者として、21世紀における環境技術のあり方を山岳文化思考から考察する。

1. 論 旨

1879年、エジソンが電球を発明してから126年、現代は電子の光、発光ダイオード(LED: Light Emitting Diode)がエジソン電球にとって代わろうとしている。1969年赤色LEDが商品化されて以降、LEDは赤→橙→黄→緑→青色の順に開発されてきた。発光の明るさも増し、青色LEDの発光を黄色の蛍光体に通過させ、混合されてできる白色LEDが1998年に商品化された。以降、表示から照明へと活用領域が広がる。

高輝度形白色LEDの明るさは未だ発展途上にあり、現在蛍光灯と同じ明るさを出す場合にはLED素子を数百個組み込まなければならない。そのためコストは蛍光灯の約10倍程度になってしまう。しかし小形軽量化に伴い、消費電力は蛍光灯の約1/4、白熱電球の約1/10で済むことから、省エネルギー技術であることに間違いはなく、発光効率の向上が待ち望まれている。

1980年、政府と民間協力により創設され、2003年に独立行政法人となった新エネルギー・産業技術総合開発機構(略称:NEDO)では、「21世紀のあかり」プロジェクトにより、2008年を目途に蛍光灯を上回る発光効率の実現を目指している。

LEDは直流低電圧(例えば直流3.6V)で動作することにより、小規模な太陽光発電や風力発電との組合せが容易となり、直流12Vのよう、発電電圧のままシステム運用が可能となる。さらに交流100V器具を使用する場合、太陽光・風力発電電力の直流を交流へと変換する装置(インバーター)が必要となる。

太陽電池で発電し、インバーターで交流100Vへ変換して利用する方式は、1974年通産省工業技術院の「サンシャイン計画」以来活用され、一部の山小屋でもすでに実施されている。しかしLED照明は直流点灯のため、交流100Vへ変換させるインバーターが不要となる。システムは簡単とな

り、損失や消費電力が低減し、効率アップとなる。そのことは太陽電池・蓄電池容量が反比例して低減されることを意味し、消費エネルギーと価格の低減をもたらす。

LED 照明器具は現在高額となるが、太陽電池、蓄電池容量の低減により、システムのトータル・コストは従来方式（蛍光灯、白熱灯）よりも減じ、投入資源、投入エネルギーも併せて減少する。

LED の寿命は蛍光灯の約 5 倍、白熱電球の約 40 倍となる。しかも $-30^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ と低温に強いことから、山岳環境に適した特性となり、すでにヘッドランプに組み込まれている。(※一般蛍光灯は $20^{\circ}\text{C}\rightarrow 100\%$ とし、 $0^{\circ}\text{C}\rightarrow 58\%$ へ光束低下)¹⁾

一般に天候が悪くなり、太陽光が遮られると風が吹く。太陽光発電と風力発電を組み合わせることは、より安定した自然エネルギー発電システムとなる。特に山岳は風が強く風力発電環境に適するが、耐風強度を備えていないと破損する。谷川岳肩の小屋では 5 基設置の内 3 基破損。(2004.09) 現在では耐風速 60[m/s]以上の小型風力発電機も販売されている。

現在、多くの山岳避難小屋に電力照明はなく、営業小屋の多くは石油系燃料による自家発電をおこなっている。

2003 年に増改築した谷川岳肩の小屋は、太陽光・風力発電機を備えた管理人常駐(冬季閉鎖) 避難小屋であるが、照明は蛍光灯・白熱灯とし、LED 照明は使われていない。

LED 照明市場はこれからの分野であり、日本工業規格(JIS)の位置づけや、(社)日本照明器具工業会、(社)日本電球工業会等においても規格整備や測定方法の基準整備等進行中である。「LED 照明推進協議会」を

立ち上げてはいるが、実際は使用することの方が先行している。

一方、青色発光ダイオード発明の特許に係る裁判が決着を見、白色 LED 価格が低下してきた。研究者・技術者の発明に伴う対価と、普及の遅滞による環境負荷を低減できない効果とのバランスシートを考慮する、環境倫理、環境デザインの確立も今必要である。

山岳避難小屋に明かりを灯し、その位置を明示する。明るい室での一夜は快適となり、清潔に利用する意欲も増す。

小規模な避難小屋の電力エネルギーとして、太陽光・風力発電を組み合わせた複合発電装置と、LED 照明の組み合わせは容易である。毎日の運転は自動化でき、季節の変わり目に点検する程度の省力化が図れ、低コストで実施できる。

山岳営業小屋の電力エネルギーは不可欠となっているが、その全てを太陽光・風力発電でまかなうには需給バランスが悪く、石油系燃料による自家発電に頼らざるを得ないのが現状である。また樹林帯の営業小屋では日照条件、風況条件が悪く、太陽と風の利用に不向きな立地条件もある。このような場所では小型水力発電が有効となる。

いずれの場合においても、LED 照明は負荷を大きく低減させ、発電容量を従来の $1/4\sim 1/10$ へと低減させる効果を成す。

太陽光・風力発電と LED 照明は、配電線網が不備な山岳地帯や、第三世界のインフラ整備に有効となる。配電線網が整備された都市環境では、配電電圧に合った LED 照明の活用が省エネルギー効果となる。

このように、「環境に適応する技術の使い分けを図る」ことが論旨である。

2. 山岳文化と環境問題の関わり

現代の環境問題は惑星地球と人類の「適応」と「共存」の問題と捉える。地球との適応は「**自然環境問題**」、地球上での共存は「**人間環境問題**」として集約でき、さらなる共通キーワードは「**多様な共存**」となる。

「適応」という言葉は順応と類似し、すでに山岳の世界ではエヴェレストが登られた半世紀前から、「高所順応」として用いられてきた。大森薫雄は医学博士の視点から「自然環境と適応」²⁾と題する論文を示されたように、「適応」という概念は山岳文化にとって目新しいものではない。

高所登山における適応は個体レベルや登山する少人数における問題であり、特殊環境におけるヒトの適応能力等の限界が論じられてきた。しかし現代の環境問題における適応は、特殊環境における特殊な問題ではなく、平地に花咲いた人類社会の日常環境が抱える日常問題である。それを称し、「**自然環境問題**」と呼んでいる。

このことは惑星地球が許容する総量と、人類文明の消費する総量の、バランスシートとして把握される。64億人とされる現代人類、さらなる人口増加が予測される現代文明の進化と持続的発展が問われている。

現代文明が地球環境に作用し、反作用たる地球環境の変容に適応するか、または環境への作用を抑え、これまでの地球環境容量の許容範囲で過ごすか、の選択となる。

地上最高峰、エヴェレストは半世紀前に登頂された。それ以降の登山社会は、多様化へと向かわざるを得なかった。このことと等しく、地球環境容量の限界に向き合っている現代文明も、登山社会同様「**多様化**

へと向かわざるを得ない方向性を持っている。形而下での限界を超えたその先に、「**多様な共存**」が混在する、歴史的考察となる。

現代文化において、人類の共存を否定できる論理的根拠は見当たらない。しかし共存の仕方、中身においては様々な思考が存在する。極論を述べれば一人一様、つまり64億通りの「**多様な共存**」が許容される。

このことが「**人間環境問題**」を惹起する。

「個」のライフスタイルの選択と欲求の多様性に対し、社会を形成する「族」として共有される組織的価値観との乖離。地上に生を受けたその時から、ヒトは個と族との股裂き状態な人間環境にさらされる。個と族の乖離が大きいほどに「**人間環境問題**」は、その根が深くなる。

人類生存の矛盾を解決すべくヒトは「神」の概念を導入してきた。「個＝神」となる絶対人を設定すると、族たる人類は神の僕となり従属可能となる。他方、族の長を神と崇め個の多様な存在を無視すれば、個は族長の僕となって従属する。

このように人類生存の矛盾を解決すべく「神」の概念を導入したことが、文化の始まりとなり、現実と向き合う処方箋を成してきた。「**一神教の社会**」である。

他方では自然を八百万の神と崇め、万物を崇拜する**多神教社会**の営みもある。神の下自然の摂理と共に生かされた存在となり、族長は現世で神の代理人となる。

さらなる近代、「神は死んだ」とするニーチェの思想に象徴される**人間科学社会**。

現代社会の混沌は、三種三様を基軸とした社会の多様な共存を模索することではなく、サミュエル・P・ハンチントンが展開した「**文明の衝突**」として、一方の社会体制が

他方の社会体制に決定的干渉を与えるところに、「**文明的人間環境問題**」が派生する。

他方では「個」とする 64 億種類の多様な存在が干渉し合い、「**個体的人間環境問題**」を生み出す。この状況からいかなる「**共存の説得**」ができるか、現代文化人として知恵を絞り出す時にある。

山岳文化において、中村純二により物理学博士の視点の先に見出す「日本文化の原点について」³⁾ が発表されている。日本列島が備える歴史的特殊性の分析は、社会的環境問題解決の考察に、一つの有力な視野を与えてくれる。

地球上を舞台とし、民族大移動の終着点となった日本列島の位置付けと、混血や融和が繰り返された歴史は、日本独特のハイブリッド文化が生まれたという指摘である。

『征服者が被征服者を抑えるのではなく、互いに混血し、融和し、より包括力のある民族へと進化して行った点に特色がある』⁴⁾ 共存共栄の先覚である。

縄文～弥生時代を経、3 世紀後半から 4 世紀にかけ、ヤマト朝廷が誕生した。この「**ヤマト**」を「**大和**」へと漢字変換してみると、表音文字は表意文字へと移り、ある意味を内包する。「**大道**について**和**する」という**共存の知恵**が、古来の「**人間環境問題**」解決策として、日本の創生へと繋がる。

後に聖徳太子は五箇条の御誓文を公布し、「**共存の知恵**」を施行する。

しかしながら、「小異を捨て、大道に和する」か、「小異を尊重しながら、大道に和する」か、両者には大きな思想の違いを生じさせ、政治的体制としての差異が発生する。21 世紀の環境社会において、「**多様な共存**」のあり方とする倫理的帰結は、「**小異を尊重**

しながら、大道に和する」こととなる。特に民主主義を標榜する国家体制にとり、数は力となり権力を行使するのであるから、「**小異の尊重**」こそが政治的要諦となる。

環境問題は人類が文明を築き、文化を享受する諸々な背景を伴って、あらゆるところで派生する人類永遠な課題である。適応や神として山岳文化との関わりも深い。

3. 環境問題と新エネルギー

20 世紀文明を担った化石燃料、石油と天然ガスは、21 世紀半ばでの枯渇が予測されている。核燃料のウランも、可採年数はあと 61 年(2002 年)となっている。⁵⁾

代替エネルギーとして取り組んでいた原子力発電は、核燃料の再生と廃棄、さらに運転における安全性の確保という一連の工程において、放射線被爆がもたらす様々な不利益から、その継続性に行き詰まりをきたし、国家のエネルギー政策基軸からの転換を余儀なくされている。

しかし原子力発電に代わる巨大なエネルギー源の見通しは立たず、さらに火力発電よりも二酸化炭素排出抑制効果が大きいため、2002 年の政府決定による「地球温暖化対策推進大綱」では、安全を最優先に引き続き原子力発電の利用拡大を認めている。

また火力発電による化石燃料燃焼が排出する二酸化炭素(CO₂)は地球の温室効果を加速させ、温暖化による気候変動を引き起こす。さらに窒素酸化物(NO_x)、硫黄酸化物(SO_x)は酸性雨となり、森林枯渇を加速させる。森林面積の減少は、光合成による二酸化炭素を酸素へと変換させる作用を減じ、ますます温室効果を増長させる。

1kw 発電時 CO₂ 発生量を下記に示す⁶⁾

- ・石油火力発電=0.742 [kg-co₂/kwh]
- ・石炭火力発電=0.975 [kg-co₂/kwh]
- ・原子力発電 =0.022 [kg-co₂/kwh]

山岳における氷河後退現象や、氷河末端の氷河湖肥大化とその決壊がもたらす下流村落の破壊流失は、目に見える地球温暖化現象を露わにしている。

1999 年、日本における発電電力の比率は、原子力発電 34.5%、火力発電 55.2%、両者の合計は 89.7% となっている。その他、水力発電 9.7%、新エネルギー発電は 0.2% である。⁷⁾

上記における 2010 年度の予測は、原子力 40.7%、火力 49.2%、原子力を増し火力を減じるが、両者合計は 0.2% 増加となる。

化石燃料や核燃料を熱源とし、タービン形発電機を廻す従来形の発電システムにとって、環境負荷を最小に抑えるためには施設を集約させ大型化が必要だった。大型化による燃焼効率、発電効率の最大化を図りつつ、発生ガスや核燃料、冷却水等を集中制御する。小型分散化よりも良質で、高効率な発電と廃棄物制御を実施してきた。

二酸化炭素排出原単位の変移からみても、1990 年の 101.9[g-c/kwh]から、1999 年の 89.9[g-c/kwh]と、12%の改善を示す。2010 年予測では 82.6[g-c/kwh]と更なる 8%の改善を予測するが、⁸⁾ 同類技術には限界がともなう。

化石燃料に代わる主たるエネルギー源の目途が立たない現代文明では、活用できる全てのエネルギー源へ着目し、さらに環境負荷を増大させない条件付けを加えながら、新エネルギーの活用と再生可能エネルギーの再利用が余儀なくされている。

電力 10 会社+電源開発からなる電気事業連合会は、新エネルギー利用特別措置法施行にともない、2003 年度において太陽光・風力発電の余剰電力購入を 98,781[万 kwh]おこなっている。しかし電気事業者総発電量 9,355[億 kwh](2003 年)からみると、0.1%にすぎない。⁹⁾

新エネルギーは大きく二つに分かれる。一つは「自然エネルギー」であり、もう一つは「廃棄物エネルギー」となる。

自然エネルギーの中核は太陽光エネルギー（太陽光発電・太陽熱利用）、風力発電、バイオマス・エネルギー（発電・直接利用）となる。しかしながら新エネルギー全量をもって、日本の総発電量の 0.2%(1999 年)～0.3%(2010 年予測)¹⁰⁾ でしかない。

2003 年度、電気事業連合会における風力・太陽光発電設備の構成比率は、風力発電(17,215KW)に対し太陽光発電(4,449KW)であり約 4 : 1 となる。¹¹⁾

つまり、風力発電が 80%を占めていることは、風力発電機の風車を大型化することにより集積効果を発揮させ、発電容量増加とともに発電単価を下げるができる。

一方太陽光発電はセル変換効率が約 15%¹²⁾ 程度と低く、発電容量を増すためには、太陽電池パネル面積を増やすのみとなる。太陽電池には集積効果がなく、発電容量は単純に面積比例となる。コスト低減は変換効率をいかに上げるかに係る。

太陽光発電設置における現在の概算金額は 1kw 当たり約 100～65 万円程度と高額なため、公的助成金をもって普及している現状である。環境技術として貢献するためには、民需として需要を喚起できるまでのコスト低減が不可欠となる。

4. 高効率、省エネルギー、リサイクル技術は自然環境技術の中核

第四次中東戦争勃発後、1973年第一次オイルショックが発生した。石油価格は産油国側により、戦略的にコントロールされるようになった。日本の一次エネルギー供給の中核は石油(52.0%-1999年)¹³⁾であり、オイルショックは石油消費を節約すべく、日本社会を省エネルギー化へと向かわせた。

この時、日本の省エネルギー対策の主眼は経済評価であった。地球資源の有限性や、世界モデルにおける成長の限界、環境への負荷、それらを包括して述べる環境論ではなかった。

これに先立つ5年前(1968年)、世界の一部有識者は資源・人口・環境を軸として、人類文明の前途にどのような問題があるのか、世界モデルを描き有限性と成長の限界について討議していた。初回をローマで開いたことから、この集まりをローマクラブと称した。1975年「転機に立つ人間社会」と題し、ローマクラブ第2レポートが日本語に訳され出版された。¹⁴⁾

その前年(1974年)初めてヒマラヤ遠征した論者にとり、ヒマラヤ体験とこの書籍の論旨がシンクロし、エネルギー、環境問題への意識付けとなっている。

1980年代、気候変動に関する政府間パネルが組織される。1992年、リオデジャネイロの地球サミットでは「気候変動枠組条約」が成立し、1997年、「京都議定書」採択へと続く。そして2005年2月、京都議定書は発効となった。

「人工的な地球温暖化防止対策」にとり、一義的には原子力発電に代わる自然環境負

荷の少ないエネルギー源の実用化にある。二義的には、文明のエネルギー消費量抑制を図る技術と思想である。

前者は自然環境問題の入口であり、後者は入口(化石燃料・原子力等)と出口(地球温暖化等)を制御する文明の中身となる。

エネルギー消費量抑制技術の中核が、「**高効率、省エネルギー、リサイクル技術**」となる。これらはいずれも世界に先駆け、日本が最も力を注いできた得意分野である。経済評価が先走り、環境思想形成は遅れをとっているが、地球46億年の歴史を思うと、まだ絶望するには早すぎる。

文明の進化は、前進という一方向性をもっている。そのエネルギーはヒトの欲望であり、欲望があるかぎり文明の進化は前進を続け、後退はしない。このような特性を持つ文明が環境に適応できなくなった時、忽然と姿を消して消滅となる。今それらの多くは世界遺産に登録されてもいる。

文明という名の欲望が環境への適応を図るため、技術という名の知恵を使う。この繰り返しが現代文明に至り、今、宇宙へのフロンティア(夢)と共に、地球の上では環境技術の発展となる。20世紀の産業革命、エネルギー多消費大型機械から、21世紀の産業革命は、電子化と人工知能からなる小エネルギー小型高性能機械を、自然エネルギーで動かすことにある。

20世紀100年の間で、化石燃料から出されたCO₂排出量は6倍となり、CO₂濃度は1.2倍となっている。¹⁵⁾これを低減すべく自然エネルギー開発の大きな課題は、自然エネルギーを電力に変換して蓄える「**蓄電装置**」にある。

省エネルギー技術は様々あるが、ここで

は白色発光ダイオード(LED)を用いた照明器具を取り上げ、さらに自然エネルギーたる太陽光・風力発電装置との組み合わせを論ずるが、やはり問題点は蓄電装置である。

5. LED照明と省エネルギー

LED 照明器具の特徴は以下にある。

- 1) 省エネルギー (蛍光灯の約 1/4)
- 2) 長寿命 (蛍光灯の約 8 倍)
- 3) 小型、軽量 (蛍光灯の約 1/2)
- 4) 低温に強く、虫が寄り付きにくい

未だ本格的な市場を形成するに至っていないが、その主たる原因は以下にある。

- 1) 発光効率が低い (暗い)
- 2) 高額商品 (高い)

現在 LED の活用分野は広いが、その主たる用途は表示装置への展開である。代表例は道路信号装置があり、その他さまざまなディスプレイ等に展開されている。

ここに述べる照明とは、従来の蛍光管や白熱電球光源によって作られている、屋内・屋外汎用照明器具と用途を同じくし、特殊用途は除外している。

論旨に概要を述べた通り、この分野は発展途上である。その要因は LED 素子の発光効率の向上と価格にある。

LED 素子の開発は日進月歩であり、研究レベルの発光効率は Cree 社 : 78 [lm/w]¹⁶⁾ と高いレベルへ到達している。実用商品としてはパワー形 : 31.5[lm/w]¹⁷⁾、パッケージ形 : 35.1[lm/w]¹⁸⁾、5 φ 砲弾形 : 127.8[cd/w]¹⁹⁾ と低く、一般蛍光灯の平均的特性 : 80~110[lm/w]の約 1/4 程度に留まっている。白熱電球の発光効率 40w : 10[lm/w]、100w : 16[lm/w] と比較すれば

これを上回り、白色 LED を電球色に擬した商品もすでに発売されている。

LED 照明は蛍光灯の約 1/4 の発光効率で、なぜ 3/4 も省エネルギーなのかを述べる。

① 蛍光管や白熱電球はランプ芯を軸として 360° 放射光を放つ。所要の領域を照明するためには反射板を用い、その形状により照明領域へ向け光の制御をする。汎用的照明器具において、反射板による光制御はアバウトであり、100%光の制御は大型かつ高額となりその必要もない。汎用照明における制御外の漏れ光は、それなりに壁や天井等設定領域外の空間も照らし、空間的膨らみやゆとりを感じさせる効果を生み出し、排除すべき要因ではない。

② LED 素子の放射光は、素子構造設計段階で放射角を制御し、特定の放射角度を設定する。懐中電灯のビーム光のように、特定方向に光を集光させ、蛍光灯・白熱電球のような 360° 全方位放射光源ではない。

③ 屋外における街路照明のように、道路上という特定な照明領域を照らす場合、前記②の光源が適していることは証明するまでもない。つまり、道路面における同一照度において、前記①と②の場合の消費電力を比較すると、②は①に対し約 1/4 の消費電力で済む。結果、省エネルギーになるのである。近似照度における電柱付防犯灯の入力消費電力の例は、以下となる。

・ LED135 個 = 9.8 [VA]²⁰⁾

・ 蛍光灯 20 w = 36 [VA]²¹⁾

比率 = 9.8 / 36 ≒ 0.272 [27.2%]

結果、LED 照明の消費電力は蛍光灯の 27% であり、約 3/4 の省エネルギーを図れる。

このことから LED 照明を推進し、2010 年に全ての照明が LED となったと仮定し、

現況照明方式より 3/4 削減できると仮定する。2010 年における推計照明消費電力削減量を算出し、それに伴う CO₂ 削減量を試算し、以下の考察とする。

① 発電電力量の推計(2010 年)²²⁾

$$= 1,029 \times 10^9 \text{ [kwh]}$$

② エネルギー需要見通し(2010 年)²³⁾

産業：45.8%、民生：30.8%、

運輸：23.4%

③ エネルギー消費の推計(2010 年)²⁴⁾

産業：8%、民生：30%、運輸：2%
産業、民生、運輸においてそれぞれの合計
=①×②×③を算出し総計する。

④ 産業 $\approx 37.7 \times 10^9 \text{ [kwh]}$

⑤ 民生 $\approx 95.1 \times 10^9 \text{ [kwh]}$

⑥ 運輸 $\approx 4.8 \times 10^9 \text{ [kwh]}$

2010 年、照明で消費する仮定電力総計は

$$\Sigma = ④ + ⑤ + ⑥ = 137.6 \times 10^9 \text{ [kwh]}$$

上記の 3/4 が削減できると仮定すれば 2010 年における照明電力削減量は以下となる。

$$137.6 \times (3/4) \times 10^9 \approx 103 \times 10^9 \text{ [kwh]}$$

上記を二酸化炭素排出削減量へと換算する。

$$103 \times 0.44 \times 10^9 \approx 45.32 \times 10^9 \text{ [kg-co2]}$$

(係数 0.44=2003 年、日本の電気事業者が排出した、使用電力量 1kwh 当たりの CO₂ 排出量：0.44 [kg-co₂ / kwh])²⁵⁾

1990 年、日本における CO₂ 総排出量合計
=1,122[Mt-co₂]=1,122×10⁹ [kg-co₂]²⁶⁾

2010 年の照明を全て LED 照明と仮定した場合、1990 年レベルの CO₂ 排出量に対する CO₂ 削減比は以下となる。

$$[45.32 \times 10^9] \div [1,122 \times 10^9] \approx 0.040$$

結果：1990 年レベルに対する「4%」の削減効果が推計できる。(※京都議定書：6%)

2010 年における LED 照明の仮定削減電力量相当を太陽光発電から供給したとすれ

ば、以下の試算ができる。

⑦ 年間照明電力削減量：103×10⁹ [kwh]

⑧ 太陽電池変換効率：15 [%]

⑨ 年間平均日射量：1400 [kwh/m²]

⑩ 総合設計係数：0.65

⑪ 太陽光発電装置費用：約 65[万円/kw]

$$\text{所要太陽電池面積} = ⑦ \div [⑧ \times ⑨ \times ⑩]$$

$$\approx 0.754 \times 10^9 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$\text{日本の国土総面積} \approx 377 \times 10^9 \text{ [m}^2\text{]} \text{ }^{27)}$$

$$\text{比率} = 0.754 \div 377 \approx 0.002 \text{ [0.2\%]}$$

所要太陽電池面積は以上の計算により、日本の国土総面積の 0.2% に相当する。

太陽電池の設置概算費用は以下となる。

$$\text{概算費用} = [1 \times ⑦ \times ⑪] \div ⑨ \approx 47.8 \times 10^{12}$$

$$\text{[円]} = 47.8 \text{ [兆円]}$$

単純な試算であるが、省エネルギー効果の大きさと、太陽光発電の膨大な設置面積及び設置コストがつかめる。

自然エネルギー活用は重要な環境政策であるが、環境技術者は実態を把握し、適材適所をふまえた設計の判断(環境デザイン)を為政者へ答申すべきである。環境政策のパフォーマンスに利用され、結果として環境負荷を増大させる場合もあり得る。

6. 自然エネルギーと蓄電装置

自然エネルギー、特に太陽光発電は日照時のみ発電する。風力発電は風が吹いている時のみ発電する。しかし安定した電力を供給するためには、不安定な発電電力を貯めておく「蓄電装置」との組み合わせが不可欠となる。現在の環境技術で最も遅れている分野が、この蓄電装置技術である。

充・放電するための蓄電装置には、①化学反応による「電池」、②電荷の移動によっ

て蓄える「電気二重層」の二種類がある。

電池は様々な種類のものが身近に活用されている通り、様々なケースに適応した種類が生産・使用されており、あらゆる面で使いやすい。しかし電力エネルギー問題とする蓄電池は、大容量装置や小容量蓄電池を大規模に集積活用することから、環境負荷とコストにおいて、新たなバランスが浮上する。

2002年、論者が設計し、同年、横浜市港湾局出田町埠頭の街路に設置された「太陽光発電 LED 外灯」を例に、発電電力と製造等のエネルギー比較を考察する。²⁸⁾

- ① 横浜地方における年間日射量
=1,400 [kwh/ m²]
- ② 太陽電池変換効率：13.7 [%]
- ③ 太陽電池面積：0.487 [m²]
- ④ 総合設計係数：0.65
- ⑤ 耐用年数：20年

20年間太陽電池の発電総量：ΣGP [kwh]

$$\Sigma GP = ① \times ② \times ③ \times ④ \times ⑤ \doteq 1,214 [\text{kwh}]$$

20年間、太陽電池関連消費エネルギー概算

- ⑥ 原材料加工工程：50.0 [kwh]
- ⑦ 製造工程消費：244.7 [kwh]
- ⑧ 廃棄工程消費：0.7 [kwh]
- ⑨ リサイクル工程消費：4.6 [kwh]
- ⑩ 鉛蓄電池生産工程消費：(長寿命形)
589 × 2(サイクル) = 1,178 [kwh]
- ⑪ 鉛蓄電池流通サイクル工程消費：
64.3 × 2(サイクル) = 128.6 [kwh]

20年間、太陽電池関連消費エネルギー：

$$\Sigma EG [\text{kwh}] = \Sigma ⑥ \sim ⑪ \doteq 1,606 [\text{kwh}]$$

$$\Sigma GP - \Sigma EG = -392 [\text{kwh}]$$

$$392 \div 1,214 = 0.323 [32.3\%]$$

試算の結果、自給形発電消費エネルギー・バランスとしては32.3 [%]不足する。

この時使用の蓄電池は、期待寿命15年という現在最も長寿命な鉛蓄電池であり、自動車等の汎用型鉛蓄電池寿命を5年とすれば、さらにその差は拡大する。

前記⑩⑪を4サイクルと仮定すれば

$$\Sigma EG = 2,913 [\text{kwh}]$$

$$\Sigma GP - \Sigma EG = -1,699 [\text{kwh}]$$

$$1,606 \div 1,214 \doteq 1.3 \quad (2 \text{ サイクル})$$

$$2,913 \div 1,214 \doteq 2.4 \quad (4 \text{ サイクル})$$

上記の結果、太陽電池関連消費エネルギーは発電エネルギーの1.3~2.4倍必要となり、ライフサイクルとしての自給形エネルギー理論は成り立たない。

さらに太陽電池の発電総量と太陽電池製造エネルギーとを比較してみる。

$$\text{製造 EG} = ⑥ + ⑦ + ⑧ + ⑨ \doteq 300 [\text{kwh}]$$

$$\text{太陽光発電供給可能負荷電力} = [\text{発電総量 } \Sigma GP = 1,214] - [\text{製造 EG} = 300] = 914 [\text{kwh}]$$

蓄電装置に充電せず、太陽光発電電力を直接利用することが、現在は環境に適応した技術となる。「配電線系統連係」技術であり、すでにRPS制度は、2003年4月から電力会社に買い取りを義務づけている。²⁹⁾

以上の試算から太陽電池・風力発電等の自然エネルギー利用にとって、電源の安定化を図るための「蓄電装置」が、環境技術にとっては重石となっている。現在は安価で簡便な鉛蓄電池が多用されるが、その取り扱いにおける鉛公害拡大要因もある。

二次電池や燃料電池の開発、さらに電気二重層の実用化を期待する。電気二重層の現況は大容量化への実現と、高額・高容積(蓄電池の約10倍)な課題を残し、照明への本格的実用化にはまだ遠い。現在は電気自動車用が優先し、長時間放電用(内部抵抗大)の開発を待ち望んでいる。

参考・引用文献、参考資料

- 1) 「蛍光灯の温度特性」『技術資料 NO.F-70A』東芝ライテック(株)、1981年、P-70
- 2) 大森薫雄「自然環境と適応」『山岳文化(創刊号)』日本山学文化学会、2003年、P-16
- 3) 中村純二「日本文化の原点について」『山岳文化(創刊号)』日本山学文化学会、2003年、P-12
- 4) 同上、P-13
- 5) 「世界のエネルギー埋蔵量(2002)」『総合エネルギー統計(平成14年度版)』資源エネルギー庁、2004年、P-514
- 6) 「使用電力量1kwhあたりのCO₂排出量」『電気事業の現状2005』電気事業連合会、2005年、P-18
- 7) 「発電電力量の推移と見通し(電気事業者)」『総合エネルギー統計(平成14年版)』資源エネルギー庁、2004年、P-526
- 8) 同上
- 9) 「電源種別別発電電力量構成比」『電気事業の現状2005』電気事業連合会、2005年、P-07
- 10) 「発電電力量の推移と見通し(電気事業者)」『総合エネルギー統計(平成14年版)』資源エネルギー庁、2004年、P-526
- 11) 「電気事業者による風力・太陽光発電設備の推移」『電気事業の現状2005』電気事業連合会、2005年、P-19
- 12) カタログ'03-07『三菱太陽光発電システム』三菱電機(株)、2003年、P-11
- 13) 「エネルギー供給見通し(一次エネルギー供給)」『総合エネルギー統計(平成14年版)』資源エネルギー庁、2004年、P-524
- 14) 大来佐武郎、茅陽一(訳)『転機に立つ人間社会』ダイヤモンド社、1975年
- 15) 「二酸化炭素濃度の増加と化石エネルギー消費量の変化」『省エネルギー便覧2004』(財)省エネルギーセンター、2004年
- 16) 田口常正「高効率・高演色性新型白色LED照明の実用化」『最新の白色LED実用化技術と応用』マツミコーポレーション(山口大学)、2004年、P-2
- 17) NCCW002『Light Emitting Diode Guide 2005』日亜化学工業(株)、2005年、P-14
- 18) NSPWR70AS、同上、P-73
- 19) NSPW500WBS、同上 P-76
- 20) EX-P-I形「クリスタル エコライト」『LED照明』(株)環境照明、カタログP-なし(論者設計)
- 21) スタータ式耐湿形「蛍光灯安定器一覧」『施設・屋外照明カタログ2005』東芝ライテック(株)、2005年、P-930
- 22) 「発電電力量の推移と見通し(電気事業者)」『総合エネルギー統計(平成14年版)』資源エネルギー庁、2004年、P-526
- 23) 「エネルギー需要見通し(最終エネルギー消費)」同上、P-525
- 24) 「各種建築物における一次エネルギー消費と内訳」『建築環境・省エネルギー講習会テキスト』(財)建築環境・省エネルギー機構、2003年、P-169 から推計
- 25) 使用電力あたりのCO₂排出量「日本の電気事業者からCO₂排出量の推移」『電気事業の現状』電気事業連合会、2005年、P-19
- 26) 環境省「日本におけるCO₂排出量の推移」『地球環境2004-05』(株)エネルギーフォーラム、2004年、P-57
- 27) 国土総面積377,854.64[km²](1997.10.10)『日本の統計2000年版』総務庁統計局編、P-2
- 28) 田中文夫「太陽光発電外灯の例による発電量と製造エネルギー等の比較」『太陽光・風力発電と発光ダイオード照明による環境技術』日本山学文化学会第2回大会発表、2004年11月27日
- 29) 「風力・太陽光発電からの電力購入量の推移」『電気事業の現状2005』電気事業連合会、2005年、P-19