

連載

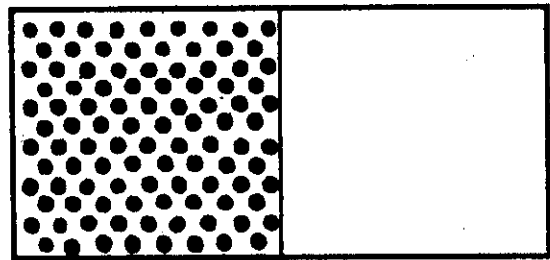
トライボロジーにとりつかれた男の遊油ぶらぶらトーク②

環境と風力発電

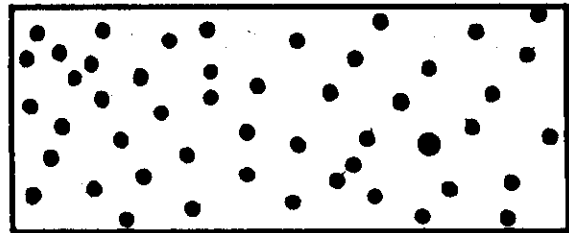
(株)クリーンテック工業 佐々木 徹

あらゆる事象をエネルギーで説明しようと試みた学者が今世紀の初めにいた。熱力学的触媒反応論の研究で1909年にノーベル化学賞を受賞した熱力学の権威者であるオストワルド博士である。彼は確認できない仮説を排し、常に定量的な実証を求めた人として知られている。熱力学の第1法則は、宇宙のエネルギーの総和は一定であり、エネルギーを創造することも消滅することもないという、いわゆるエネルギー保存の法則である。オストワルド博士はこのエネルギーを計量可能なものとして、あらゆる事象をエネルギーで説明しようと試みたが、その研究を完成する前にこの世を去った。彼が残した本に「エネルギー」⁽¹⁾がある。一切の仮説を排した厳格なオストワルド博士でさえ、「エネルギーの使用により、エントロピーが極小から極大に向かって増加し(第1図と第2図)、エネルギーの散逸状態が極限に到達すると、ついには宇宙のあらゆる事象が停止し、森羅万象の全てが「熱の死」の下に眠りつづけるのみである」というトムソン卿とクラウジウスの熱力学の第2法則を認めた。これらをわかりやすくいうと、エネルギーの総和に変化はないが、エネルギーを使用して仕事をすると、そのエネルギーは「使用可能なもの」から「使用不可能なもの」に変化し、追加エネルギーを使わないかぎり決して逆の方向に行かないということである。「使えないエネルギー」が増加して、「使えるエネルギー」がなくなると、人類が死滅するだけでなく、すべてのものが死滅してしまう。この熱力学の第2法則こそ科学法則の中で唯一不変の真理であるといわれている⁽²⁾。

我々人間はエネルギーなしには生存できないことは



第1図 秩序がありエントロピーが極小の状態



第2図 無秩序でエントロピーが極大の状態

確かである。人口が増加するとエネルギーの消費が増大する。人口が急増しているところは開発途上国である。他の動物と違って人間は食物の調理に燃料を使う。電気や都市ガスのない開発途上国の人の燃料源は主として木である(牛などの糞を乾燥して燃料としていることもあるが、それらは燃料としては補助的である)。燃料等のために伐採されて消滅している森林は3年間で日本全土と同じ面積であるという⁽³⁾。また、アマゾンやインドネシア等では焼畑農業が行われている。農民は農地を開墾するために、森林を燃やしている。これを続けると地球上の木はなくなり砂漠化する。木

を燃やすとCO₂が発生する。その他の燃料を燃やしてもCO₂が発生する。CO₂ガスが空気中に拡散するとそれを再び集めることはできない。この拡散はエントロピーの増加である。木はCO₂を吸収して酸素に換えてくれる貴重な環境浄化機能をもっている。この森林の伐採はその環境浄化機能を低下させる。このようにして確実にエントロピーは増大しているのである。

先進国では電気がなければ、コンピューターが動かないので銀行からお金を引き出すこともできない。仕事のための通信もできない。このように電気がなければ我々の生活は成り立たない。この電気を作るには化石燃料を燃やさなければならない。先進国で発生するCO₂の30%強は発電所から出ているのである⁽³⁾。我々先進国の人間は自動車その他の交通機関を使う。電車はCO₂を燃やして作った電気で走り、自動車や飛行機は石油を燃やして仕事をする。これもエントロピーを増大させる。我々は毎日ゴミを出す。いくら気をつけても、ゴミは出る。東京湾のゴミ埋め立て場はあと数年でなくなるといわれている。これもエントロピーの増大である。紙の再生が言われているし、筆者の名刺も再生紙でできている。紙を再生するコストは木材からつくるバージン紙よりコストがかかるという。すなわち、運搬から製品になるまでのエネルギーを計算すると、古紙の再生のために使用するエネルギーは新しい紙をつくるよりも多くのエネルギーを使うという。環境に優しいようでもエントロピーを増大させている例である。

6月のヨーロッパ出張時に、ヨーロッパの環境への取り組みを体験することにした。スエーデンのストックホルムとフィンランドのヘルシンキの間を船で往復した。船室には“The World of the Baltic Sea”という雑誌が置かれていた。それには船会社は環境保護に貢献しているということが乗客にわかるように書かれていた。それを一読したら、ほとんどすべての記事は環境問題だった。(窒素、リン、カリウム、硫黄等を排出して)海を汚染させる家庭・工場・農業排水の管理、魚の養殖の制限、空気を汚染させる自動車の排気ガスの削減等を論じていた。例えば、フィンランドの環境大臣が「海を汚して養殖している虹鱒をメニューから外すようにフィンランドの学校に勧告した」ということまで出ていた。「バルティック海に到達する油の90~95%は町から出たものであり、そのほとんどは

水面下に沈んでいるため、人目に付かない」と我々の注意をじゃっ起していた。これらが意味していることを「エントロピー」を使って説明すると、「洗剤や農薬が容器にはいつているときのエントロピーは最少だが、これを水に溶かすとエントロピーは増大する。それを下水に流したり、散布したらもっとエントロピーは増大する」。「養殖中の魚に与える餌の一部は養殖場の底に沈殿する。沈殿した餌には栄養分が豊富だから、それらは水に溶け出しエントロピーを増大させる」ということである。このようにして、バルティック海は汚染されているというのである。バルティック沿岸国は協力してバルティック海基金を作り、バルティック海を守るために貢献した人達に、毎年フィンランド・マルカで30,000~60,000マルカの賞金を贈っている。全編を通じて、真剣に環境問題に取り組んでいることが強く伝わってきた。

環境問題は海洋問題ばかりではない。ヨーロッパで現在最もホットな環境問題は地球温暖化である。文明にどっぷりと漬かっている我々は、電気を使わずに生活できない。石炭、石油、天然ガス等を燃やす発電方法では、燃料の種類によって程度の差はあるが、地球温暖化効果のあるCO₂を発生させる。クリーンエネルギーである水力発電所の建設は環境を破壊する恐れがある。そのために、できるだけ環境に負担をかけずにエネルギーを得る方法として、太陽エネルギーの利用、風力の利用、地熱の利用、燃料電池等が実用化されている。

風力発電事業を行っているドイツのエネルギー・コントロール社のパンフレットによると、「環境を考えると、再生可能なエネルギーが必要である。化石燃料を燃やす発電は地球温暖化を促進させる。原子力発電は、放射性廃棄物の処理問題がある。長期的に地球環境を守るため、環境に優しいエネルギーを供給する技術の開発が必要である」と述べている。この会社は風力発電を環境に優しく、再生可能なエネルギーを供給するものと位置づけている。

デンマークとドイツで風力発電機メーカー数社の技術者、歯車専門家、サービス会社の技術者を対象にしたセミナーを開いてもらい、そこで油管理の話をした。意見交換を通じて多くのことを教えてもらったので、今回は風力発電について述べる。

1. 風力発電の現状

最近の風力発電機は情緒豊かなオランダの風車とは違って、風車の羽根は流体力学の粋を集めて設計されていて、流麗なスタイルをしている。18年前の風力発電機の出力は30kWh程度だったが、今では2mWhのものまであるという。レスター・ブラウンの「エコ経済革命」によると、世界の風力発電容量は1985年に約1000mWhだったが1997年には7,500mWhを超え、1990年以降、風力発電市場は4倍になっており、1996年だけで風力発電量は26%も伸びているという⁽³⁾。1990年代の石炭火力発電所の伸び率が0%であるのをみると、世界が如何に風力発電に興味をもち、その将来性に注目しているかがわかる。

風力発電機はアメリカではすでに2万基以上が稼動しており、ドイツでは約5000基が稼動していて約2000mWhを超える電力を供給している。デンマークでは全国の電力の約8%を風力発電で賄っていて、すでに陸上に風力発電機を設置する場所がなくなり、海上に設置する計画が進んでいる。大きなものは高さ100m、出力2mWhもある。それに引き換え、日本の風力発電量は、55ヶ所で約17mWhに過ぎないという⁽⁴⁾。

2. 風力発電機を見学

この原稿を書くために、デンマークとドイツで命綱を付けて垂直な梯子を上り、地上45メートルにある風力発電機を見せてもらった。

風車の運転条件として、最小風速は3m/sec、最大風速は20m/secだという。この風域内での風車の回転は約28rpmに固定されており、そのときの発電機の回転は約1500rpmだった。運転時のプロペラの角度は風速によって、コンピュータが自動的に調節する。これは油圧によって制御されていた。風車の直径は44mだった。一見ゆっくりと回転しているように見えるが、風車の羽根の先端速度は時速232kmにも達する。近くに立つと、ブーンという風車の羽根が風を切る音が身体に伝わってきた。操作パネルを操作して、過去のデータを見せてもらったところ、風力発電機の稼働率は高く、過去数ヶ月間はほぼ99~100%だった。

地上45mの機械室に上がるために風車を停止してもらったら、羽根の先端から数mの部分が動いて、ピッチは約86°になった。垂直梯子を40メートル以上上ったのは造船所で修理屋をしていた時以来、久しぶりで

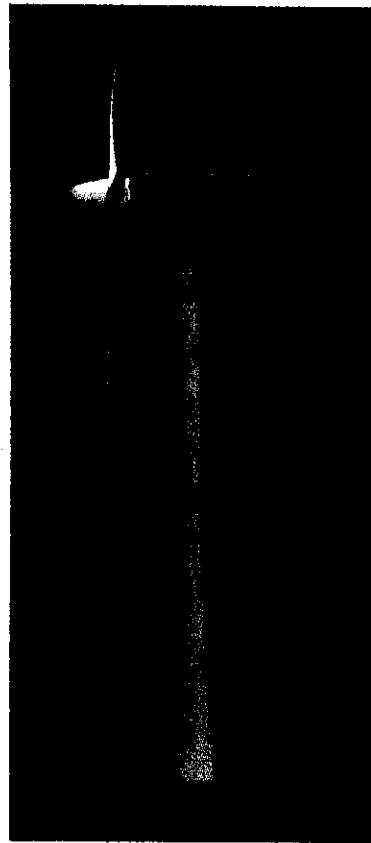
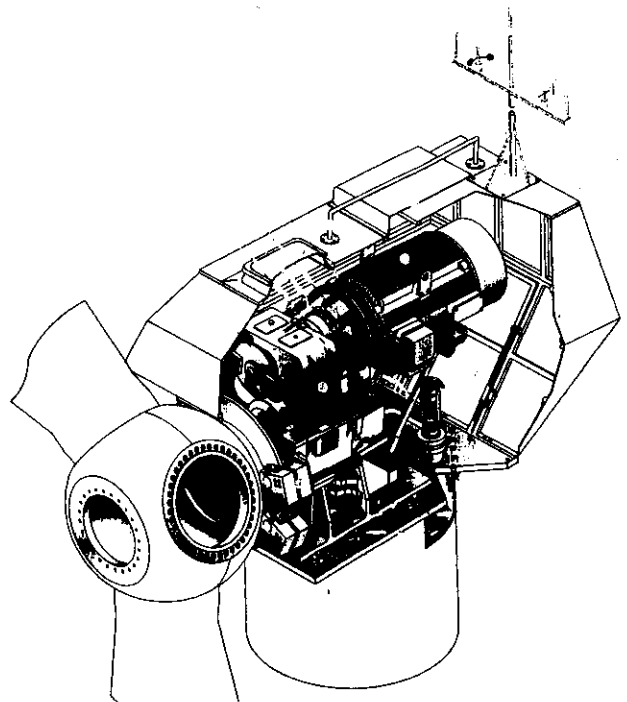


写真1 風力発電機 (提供: ELSAMPROJEKT社)



第3図 風力発電機の機械室 (提供: Tacke社)

あった。70kgの体重を持ち上げるのは大変で、途中で数回休憩しなければならなかった。やっと頂上に到達したら、鉄製の円柱の上にある機械室は狭く、大きなギヤーボックスと発電機がデーンと座っていた(第3図)。頂上の機械室は、10mを超える強風のために波にたどよう船のように大きくゆれていた。

3. 風力発電に使用されている油

ここに使用されている油は、ISO VG320のギヤー油とISO VG46の油圧作動油だった。油量の多いのはギヤー油だった。機械室の温度は夏で50℃、冬にはマイナス30℃になることもあるという。このような低温では油の粘度が高く、フィルタは使えない。従って、従来は油の交換以外に方法はなかった。風力発電機が設置されている場所は、農地(多くは牧場)の中であり、油をこぼすことは絶対にできないし、いわんや油交換で出る廃油を畑の中に投げ捨てることは許されない。そんなことをすれば環境を汚染させるからである。油交換をするには、クレーンで50~100mまでホースを持ち上げてギヤー・ボックスのドレンにつなぎ、油を抜き取ったらポンプ車で油を押し上げて給油しなければならない。これはかなり大掛かりな作業になり、油交換にはコストがかかっていた。ギヤーボックスの蓋を外して、歯車を見せてもらった。歯面にはスクラッチの傷跡がいくつも見られた。しかしこのような傷は摩擦を増大させ、エネルギーのロスが大きくなるが、そのような傷より彼らが最も心配していたのは、軸受の損傷であった。軸受が損傷を受けて動かなくなると、発電機を停止し、軸受を交換する工事をしなければならない。軸受交換のような大工事を十分な機械設備のない40mとか100mという高所の狭い場所で行うわけにはいかない。敢えてそのような作業を長時間掛けて行うとすると、長期間発電を止めることになり、それは収入の減少になる。だから工期を短くするために20トン前後の重いギヤーボックスをそっくり取り替えることになるという。風力発電機メーカーの中にはギヤーボックスをそっくり交換したところがあったという。

昨年秋から静電浄油機を取り付けてテストしていたが、当初はNAS等級外だった油の汚染度が、厳しい冬を経過したにもかかわらず、6ヶ月後にはNAS9になり、コレクターを交換することによって満足できる状態に近づいていた。その結果、風力発電機に静電

浄油機が使えることがわかった。

風を有効に使うために、風車が常に風上を向いていなければならない。コンピュータに連動した風速計と風向計は機械室の後部の上に付いていた。この風速計と風向計から得られたデータにより、コンピュータが機械室内のモーターを動かして風車が常に風上を向くように制御している。機械室から垂直に電線が垂れ下がっている。この電線は送電線であつたり、制御用の電線であつたりする。風車は風上に向かって時々刻々と首を動かしているの、何時しか同じ方向に電線を巻き付けることがある。4~5回転以上電線を巻くと電線切れを起こす可能性があり危険である。それを避けるために、風車が2~2回転半したら、自動的に風車を反転させるようになっている。これは電気モーターでラック・アンド・ピニオンを回転させて行う。風車が風上を向くようにするのもこのラック・アンド・ピニオンを回転させて行う。そして風車が風上方向を向いたらその位置に停止するようにブレーキをかける。このブレーキに油圧が使われていた。風車に使われている油圧はこれと前述した羽根のピッチ制御だけだった。油圧作動油の量は約20リッターだった。

4. 風力発電の経済性

デンマークやドイツでは、環境に優しい風力発電には国や地方団体から補助金が出る。だから、風力発電に投資した資金は8~9年で消却できるという。しかし最近、風力発電の数が増加しているの、電気の購入代金が少しくなり、消却は9~10年になりつつあるという。

風力発電の有利な点は、燃料が不要だということである。従ってCO₂を排出することはないので、エントロピーの増加は少ない。一方、不利な点は風まかせということである。だから設置前に年間の風速を調べて、年平均7m/秒の風が吹くところに風力発電が設置されている。内陸よりは海辺が有利なようである。ヨーロッパでは、イングランドやスコットランドの西海岸、オランダ、フランス、ポルトガル等の海岸沿いの地帯が風力発電に適しているという。ドイツの内陸では、見晴らしのよい丘の上に立てられたものもあった。

モジュール化した風力発電装置は、2本のポスト(30メートルのもの2本を現地で接続してから立てる)、ローター部(地上で羽根と一体化する)、機械部の4

点として送られてきて、それを現地で組み立てる。高さが60mある600kWhの風力発電機の据え付け時間は、(基礎工事を除くと)4人が4時間で完了し、組み立て後の電気配線と試運転に3.5日かかるという。想像したより、工期が短かった。

5. 風力発電の環境問題

据え付け現場も見たが、環境を破壊することはほとんどなかった。工事前に搬入されたモジュールが置かれた場所とクレーンが作業する場所の牧草地が痛む程度である。

近くに立つと、羽根が時速230km以上の速度で風を切る音が耳障りだったが、東京都内の騒音を考えると、静かなものである。それでも彼らは車で近くを走るとやかましいという。田舎に住んでいる彼らにとって騒音は問題らしく、風車の音が45dB以下になるように民家との間に十分な距離をとっているという。

少ない問題の中で、唯一の問題として牧場では牛が騒音になれるまで影響があるということだった。しかし1ヘクタールの土地が年間で生産する牛肉は40ドル程度で、同じ土地で風力発電をすると、約1万ドルの電気をつくれる⁽³⁾ことを考えると、これは充分がまんでできるらしい。

デンマークではWindmill Park (風車公園) と名付けられているところがあった。筆者はこの公園を訪問したが、のどかであるばかりでなく、4社の風力発電機が立ち並び、それぞれの特徴と性能が図入りで説明されていて大変勉強になった。

追記

我々は自然の恵みを受けて生きている。しかし人間はともすると自分達の能力を過信し、自分達は自力で生きているように錯覚し、自然を破壊しても平気であることがある。

筆者は3回にわたって油管理との関連で環境問題を取り上げたが、ヨーロッパの人たちの取り組みと比べて、環境に対する自分自身の取り組みはまだまだ足りないと感じた。

<参考文献>

- (1) オストワルド:「エネルギー」岩波文庫、1991年3月(第10刷)。
- (2) J.リフキン:「エントロピーの法則」祥伝社、昭和61年4月(第47刷)。
- (3) レスター・ブラウン:「エコ経済革命」たちばな出版、1998年5月、第2章。
- (4) 日本経済新聞、1998年7月6日第1面囲み記事。

【筆者紹介】

佐々木 徹

(株)クリーンテック工業 常務取締役 工学博士
福井大学客員教授

〒140-0011 東京都品川区東大井2-7-7
品川テクニビル4F

TEL:(03)3740-4141

FAX:(03)3740-4966

ホームページ: <http://www.heishin.co.jp/kleentek>

E-Mail:sasaki@kleentek.co.jp.

間違いもまた楽し

佐々木 徹

筆者は長年英語を使っているが、今でも英語の発音が下手で自信がない。特に「L」と「R」の発音はデタラメだ。“You eat rice and lice eat you”(貴方は米を食べ、シラミは貴方に食いつく)と茶化されても、平気で下手な英語を使っている。長年日本に住んでいて日本語のできる外国人でさえ、つぎのような発音間違いをして平気であるからである。「お宅のお嬢さま」を「オータク(大田区)のオージョ(王女)さま」:(これは悪い気がしない)。ウイスキーの色は「こはく色」というつもりで、「コーハク(紅白)色」:(チンザノとミルクのカクテル?)。「日本の女性はすばらしい」を、「日本のジョーセイ(情勢)はすばらしい」:(現日本情勢の皮肉?)。お通夜に出席して「ご愁傷さま」のつもりで、「ご馳走さま」:(ご馳走を食べにきたの?)。この種の話は数え上げればきりがなし。間違いもまた楽し。