

日本のソフト・エネルギー開発の推移と課題

黒 岩 俊 郎

目 次

1. はじめに	1
2. (1) 人間とエネルギーの歴史 (世界)	3
(2) エネルギーと資源の歴史 (日本)	5
3. エイモリー・ロビンスの「ソフト・エネルギー・パス」等	9
4. 日本の水車・風車	10
(1) 日本の水車の歴史	10
(2) 日本の風車の歴史	14
(3) 風力発電開発の現状	17
(4) 各国風力発電推移比較	19
(5) 日本の風力発電について	21
5. 太陽エネルギー	21
(1) 太陽熱発電	21
(2) 太陽光発電	24
(3) 太陽電池の「利点」	26
6. 地熱の利用	26
7. 波浪の利用	30
8. バイオマス・エネルギー	32
9. ソフト・エネルギー利用開発の共通の問題点	37
10. 結語	39

1. はじめに

専修大学から共同研究費（経済学部田中貞夫教授と）をいただき、私は「ソフト・エネルギー開発の試料収集」を目的に、日本のソフト・エネルギー開発の現場の現地調査（風力・バイオ・地熱、波浪発電、太陽熱発電、太陽光発電の現場）をして回った事がある。年代は、1985年油良沖の波浪発電、1986年四国の太陽熱発電、1988年NEDOの「垂水バイオ」プラント、別府のかめの井ホテル（地熱発電）、1992年東北竜飛崎風力発電プラント、その他九州の阿蘇地熱発電プラント等々である（この頃は、ソフト・エネルギー開発がはじまった直後で、年代は一寸古く、既に概略結果だけ出して「終了」したのも2例あるが、それはそれで貴重な調査であった）。はじまりは、私の記憶では「……自然科学的研究はかなり研究費がかかるので、自然科学系出身の小田切学長が、田中教授に与えられた示唆による……」と覚えている（私の場合は、現地へ出張、宿泊費だけで事がたり、田中教授に、残りかなりの研究費にまわせる……という判断である）。然し私にしてみれば、これら興味ある開発現場を見て回り、関係者から教示を得られるだけで有難い事であった。大学から与えられた研究費による成果は、「大学にかえすべき」だとの思いで筆をとっている（この「資源・環境問題」は、筆者の専門のテーマであるため、既に東洋経済社刊『現代技術史論』1981年、専修大学出版局『情報革新と産業ニュー・ウエーブ』中の拙論等に、その「要旨」をほぼ発表している。しかし紙数の関係等のため、掲載しなかった写真その他、かなりの量がある）。さらに、その後の「調査」（特に最近のNEDOの報告書等）により「最近の事情」等知り得た事等を本論に書き加えた。また既に日本から消滅している太陽熱発電、波浪発電等「もう見られない」ためにかえって「貴重」である……と考えている。

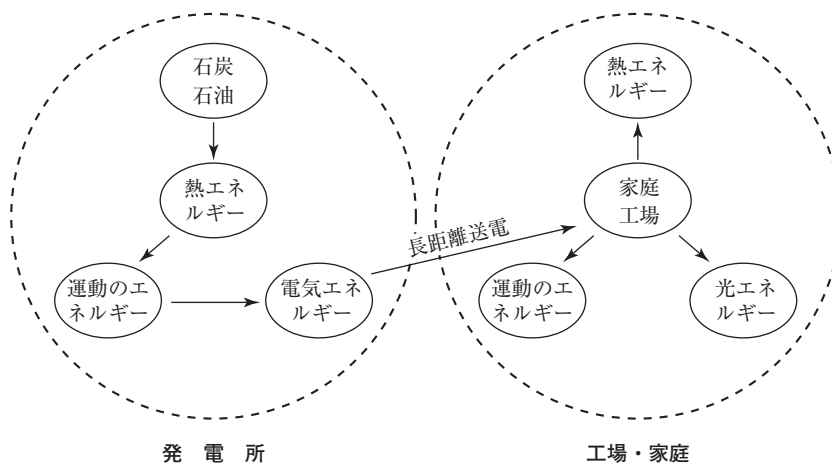
本論に入る前に、エネルギーやエネルギー資源について、基礎的な予備知識を少し記しておきたい。

(i) 「エネルギーとは何か」。高校の教科書では、「仕事をする働きのあるものは、エネルギーを持っているという……」と記されている。

たとえば、熱は、水蒸気を発生させ、それで発電機を回し、「電気」をおこすという「仕事」をする。これを熱エネルギーという。又「吹いている風」は風車を回す、同じく「流れている水」は水車を回す……という仕事をする。このように「動いているもの」は全てエネルギーを持っている……という。これを「運動のエネルギー」という。又「高い所にたくわえられた水」は、落下し、水力発電機を回す……。このように、「高い所」にある物質は、全てエネルギーを持っており、それを「位置のエネルギー」という。

その他、「熱」、「音」、「光」、「磁気・電気」等何れも、エネルギーの異なった存在の様態である。

具体的な事例で「火力発電所では、電力がどうおこされているか」で説明しよう。



第1図 発電所の「エネルギー転換」

火力発電では、石炭・石油、天然ガス（化学的エネルギー）から出発する。ボイラーで、石炭・石油をもやし、「熱エネルギー」に転換する。この熱エネルギーで水を水蒸気にかえ、この蒸気で発電機を回転させ、「運動のエネルギー」にかえる。回転する発電機は、「磁力線」を切り、「電気エネルギー」を発生する。そこ迄が「発電所側」での「エネルギーの転換」数である。発生した電気は、超高压送電線で、都市の工場又は一般家庭に送られる。この「電気エネルギーは消費サイド」でも、徹底して「転換」して使われる。たとえば、暖房機等で「熱エネルギー」に、又掃除機で「運動のエネルギー」に転換される。電燈で「光エネルギー」にもかえられる。以上の事で分るように、電気エネルギーは、その「生産」の段階でも、「消費」の段階でも、徹底して「転換される資源」である。

(ii) エネルギー資源は、大きくわけて、「二種類のエネルギー資源」にわかれる。その一つは、石炭、石油、天然ガス、又ウランのように、「一度使用すると、永久に消滅するエネルギー資源」であり、もう一つは、流水、ふいている風、又は樹木・農作物等（バイオ・エネルギーという。後述）のように「何回でも『更新』可能なエネルギー資源」とである。一度使用すると永久に消滅する石炭、石油、天然ガス、ウラン等に、現代は「エネルギー資源」として大きく依存している上に、特に、「石油」は、地球上もっとも政情不安定な「中東」にかたより、偏在している事が、「現代の不幸」になっている。

(iii) エネルギー資源は資源問題の「要（かなめ）」である。

現代文明社会は、食料や地下資源（鉄鉱石など金属鉱物資源）等いろいろの、多くの「資源」の上に成り立っている。これら多くの資源の中で、エネルギー資源は「資源問題の要」のような、重要な「位置」にある。エネルギー資源さえあれば、「解決する」という側面が非常に多い。たとえば、鉄鉱石や非鉄金属鉱物資源では、最近の傾向として、「低品位鉱化」という傾向がみられる。鉱物の中にふくまれる鉄や銅など有用金属の含有パーセントを「品位」といっているが、どうしても優良な（品

位の高い) 鉱石から手をつけはじめものだから、後には「品位の悪い」鉱石だけが残りがちである。然し、金属鉱物資源の、このさげがたい問題も、エネルギー資源さえ充分あるならば、「低品位鉱から、有用金属を抽出するのに、エネルギー資源を若干余計つかう」事で解決される。又最近、農業でも、かなりエネルギーを使う時代になってきている。食料資源の増産にも、エネルギーが大きくかかわる時代となっている。

(iv) 「環境問題」と大きくかかわる資源である。

当初エネルギー資源問題といえば、「後何年可採可能か」といった「埋蔵量」が主要な問題であった。然し、近年になって大きくクローズ・アップして来たのが、この「環境問題にかかわるエネルギー資源の側面」である。

当初それは、「酸性雨の問題」として登場した。イギリス等で、石炭を燃やし発電する企業が大きくなるにつれ、石炭の中にふくまれる硫黄のため発生する亜硫酸ガス(と化した酸性雨)が、工場近隣の農作物の生育に影響を与えるようになった。「近隣の農民の反対」をおさえるため、廃煙の煙突を高くし、「遠く」へ廃煙をとばす政策がとられた。この「高煙突政策」は近隣の農民には若干有効だっただろうが、「酸性雨」をより広く、「海をこえて」スエーデン、ノルウェーに被害を拡大させている事に気付かなかった。既に、イブセンの時代、彼のよんだ歌の中に「あののろわしい石炭雲」の言葉がある。戦後この問題はますます深刻化し、スエーデン、ノルウェーの河川から「鮭」が一斉に姿を消していった(この「酸性雨問題解決の経過」については、前記拙論参照されたし)。

「地球温暖化問題」は最近毎日のように、新聞・TV等で報道されているので、ここではくわしくは述べない^{註1}。石炭・石油等を大量に燃やす事から発生するCO₂ガスが、地球大気にふえつづけ、地球をつつみこむようになった結果、大気温度が上昇しつづける事に起因する。そのため、①気象への影響(氷山等がとける事による海面の上昇、それに伴う低湿地帯の農業への影響,) ②動植物への生態への影響など憂慮されている。

2.

(1) 人間とエネルギーの歴史(世界)

今、何故「エネルギー問題を考えねばならないのか」をみるため、極めて簡単に「人間とエネルギーの歴史」を述べておきたい。

「エネルギーの歴史」を技術史とくに原動機の発達との関係でかけば、概略次のようになるだろう。

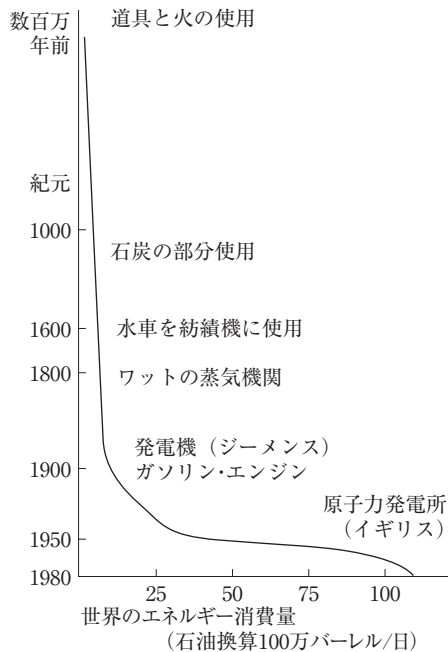
エネルギーを大量に消費するようになったのは、産業革命以降、工業の発達によるが、その「産業革命」中でも、蒸気原動機の使用はごく限られており、圧倒的にまだ水車等にたよっていた。その後、鉄道の発達、蒸気船の普及により「石炭需要」は飛躍的にたかまっていった。

第1表 エネルギーの歴史（世界）

	原 動 機	エネルギー資源・立地など
中世	(人力や薪炭) 水車の発達	① 河川の水 ② 工場は河川周辺に移動
産業革命	① 水車の爛熟 ② 蒸気原動機の登場	① 石炭の登場 ② 工場立地は石炭・鉄鉱石など産出する「資源立地」へ移動
19世紀後半	① 蒸気原動機の発達(汽車・汽船) ② 内熱機関・電動機の登場	① 石炭の需要増大 ② 液体燃料・石油の登場
第一次第二次世界大戦	① 内熱機関・電動機の爛熟 ② 原子力機関・ガスタービン・ロケット等の登場	① 油の需要増大 ② ウラン登場 (③ソフト・エネルギーの登場)

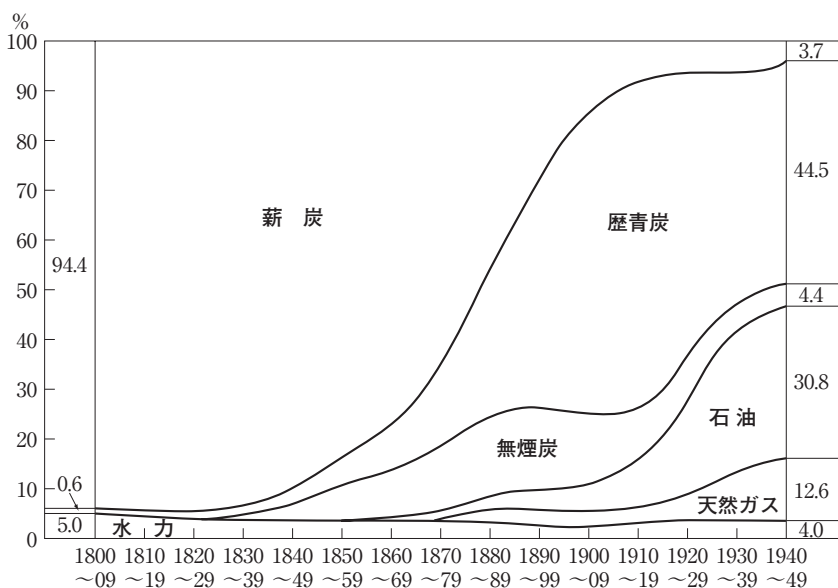
1883年、ダイムラー、1886年、ベンツにより、内熱機関、自動車が発明されたが、これより、石油等液体燃料の需要がはじまった。その後軍用にはじまる航空機の需要は、一層液体燃料の需要を増大させた。

第2次大戦中に開発された原子力は、当初「原爆」として、開発され、戦後になり、平和用の原子力発電の道がひらかれたものである。エネルギー資源として、ウランが登場してきた事は、いうまでもない。



『ニューエナジー』電力新報社より

第2図 人類とエネルギーの歴史



林雄二郎編『日本のエネルギー問題』東洋経済新報社より

第3図 アメリカにおける各種エネルギー資源の生産量ならびに生産比率の変遷

(2) エネルギーと資源の歴史 (日本)

世界の「エネルギーと資源の歴史」は、今まで見てきた如くであるが、日本の場合は、やや異なる。徳川三百年の「鎖国」が、当然起こるべき「産業の発展」を大きくゆがめていたからである。

幕末、日本にきたペリーが徳川将軍に、蒸気原動機や電信機の模型をプレゼントし、彼我の「技術較差」をみせつけ、開国を強要した事からも分るように、日本では、ながく「人力・蓄力の時代」がつついた。たとえば「鉱山の排水」(鉱山業の特徴だが、深く掘りすすむにしたがって、地下から大量の湧水がわき出る)。はじめは人力<写真参照>でたち向かい、人間が数列にならびトロンプと称する人力ポンプでくみ上げるが、人力が「自然力」にたちうちできなくなると、その坑道を放棄、又新しく坑道をほりはじめる。したがって幕末時の日本の鉱山は、丁度「蜂の巣」のように、穴だらけでまさに、廃坑寸前の状況であった。日本で石炭採掘に蒸気力が投入されたのはじまりは^{註2}、明治2年高島炭坑においてであった。当時高島炭坑の優秀さに目をつけたグラバーが、港でうり出す石炭採掘用に採用したのがはじまりである(「内地石炭利用用途別消費量の推移」をみれば、日本の石炭の歴史がよく分る。明治20年には第一位製塩用47.6%、第二位船舶用30.3%、第三位工場用19.7%、第四位鉄道用2.4%であったのが、明治24年には順位が変わり、第一位工業用33.9%、第二位製塩用30.1%、第三位船舶用29.4%、第四位鉄道用6.5%となっている)^{註3}(隅谷三嘉男著『日本石炭産業分析』岩波書店)。

つづいて、少し「飛躍」するが、「日本の電化」がいかにはじまったかについて述べる。日本の電



写真1 佐渡における水上輪による排水

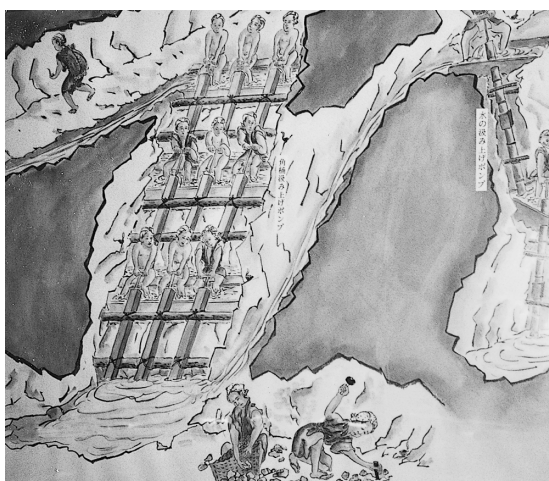


写真2 人間が数列にならびトロンブで地上まで水をくみ上げる

写真3 昔の坑内風景

昭和4年、女性の入坑が禁じられるまではこうした風景で採掘された（三池炭坑）
久保山石炭研究所『古今炭鉱名鑑』より





写真4 三池鉱山の明治初年のたて杭跡（現存）



写真5 三池鉱山における明治初年の社宅（何れも保存されている）

気のはじまりは、明治15年11月、大倉喜八郎、渋沢栄一により「東京電燈会社創立準備会」がもたれたが、その時に銀座二丁目で2,000燭光のアーキ燈を点火したのが、日本の街燈のはじまりであった^{註4}。

浅草蔵前に火力発電所が建設されたのが、明治28年であり、この際ドイツ製の50サイクル発電機が購入された。関西では明治30年に、大阪電燈幸町火力発電所がアメリカのトムソン・ハウストン社（G.Eの前身）から60サイクルの発電機を購入すえつけた（日本の関西と関東とのサイクル数のちがいは、この時にはじまった）。だが、真に、日本の「電力の時代」がはじまったのは、明治40年、東京電力が出力1万5,000キロワットの駒橋水力発電所を建設、5.5万ボルトで東京まで約80キロの長距離送電に成功した事にはじまる。また大正4年には、猪苗代水力発電所の建設（東京まで228キロを11万5,000ボルトの超高圧送電を行う）もはじまった。

日本での、石炭や水力による「電機の時代」がはじまったのは、上記の如くであるが、日本での液体燃料の普及はどうであっただろうか。日本の庶民が「自動車」を身近なものとして接したのは、関東大震災を契機としている。すなわち大震災のため東京の都市交通が、壊滅的被害をうけた。この緊急事態に対処して、アメリカから「自動車」を緊急輸入して、代用した。現在でも当時緊急輸入された自動車数台が交通博物館に展示されている。以来、やはり「自動車の利便性」のため、「車の氾濫の時代」をむかえる。

第二次世界大戦には、内燃機関は、航空機用エンジンに使われた。液体燃料の石油が、国防止必須のエネルギー資源として、登場してくる。

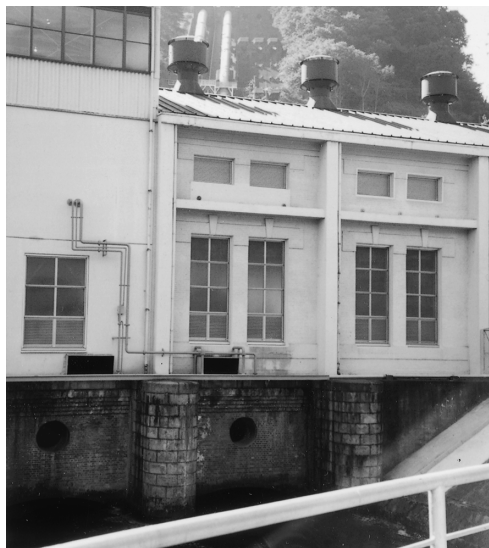


写真6 駒橋水力発電所現状①

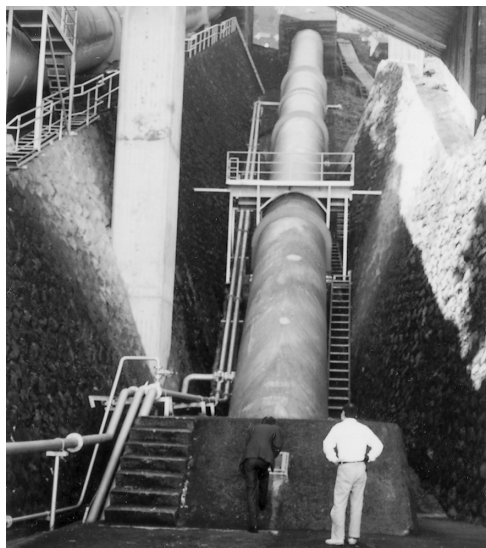


写真7 駒橋水力発電所現状②

表2 わが国エネルギー供給比率推移 (％)

	石炭	石油	水力	薪炭材	計
明治 24	18.5	—	—	81.5	100.0
25	13.4	—	—	86.6	100.0
30	22.6	—	—	77.4	100.0
35	39.4	—	—	60.6	100.0
40	50.6	1.6	—	47.8	100.0
44	58.5	1.5	1.5	38.5	100.0
大正 1	59.3	1.3	2.3	37.1	100.0
5	62.5	2.0	4.1	31.4	100.0
10	55.6	1.0	6.3	37.1	100.0
14	63.8	1.0	11.5	23.7	100.0

出所) 科学技術庁資源調査会『日本のエネルギー資源——その現状と結果』昭和29年12月。

3. エイモリー・ロビンスの「ソフト・エネルギー・パス」等

第二次世界大戦後、特に1970年代に入り、「現代技術の発展の方向」について、「批判的な意見」が出はじめた。たとえば、1973年、E.F. シューマッハーは『Small is Beautiful』（邦訳は齊藤志郎訳『人間復興の経済』佑学社）をかき、その中で「巨大主義への盲信」をとき、「人間の顔をもった技術」を提唱している。また同じく1977年、エイモリー・ロビンスは『Soft Energy Path』（邦訳は室田、榎屋訳『ソフト・エネルギー・パス』時事通信社）をかき、エネルギー問題に限定してだが、「現代技術の方向」について、きわめて興味ある問題提起を行っている。彼の要旨を述べよう。

すなわち、我々の前には、エネルギーについて、進むべき道が基本的に二つある……（その何れの道を進むべきかは、「我々の自由」である……という提言である……）。

その一つは「Hard Energy Path」であり、後の一つは、「Soft Energy Path」である……というわけである。

「Hard Energy Path」は、次のような内容をもっている。第一は、「今後もエネルギー需要は、増大しつづける……」という前提に立っている。②然し第二に、「エネルギー供給側」の事情をみれば……「供給側」の大宗は、「石油」であるが、その「石油埋蔵量」は限界に近づき、だんだん頭打ちになりつつある。③「増大しつづけるエネルギー需要」と「頭打ち現象の供給側」の事情により「需給のギャップ」が生じてきているが、このギャップをうめているのが、「原子力」・「石炭」とである（このHard Energy Pathは、「世界の主要な国」がとっている政策である）。④しかし、この「道」をすすんでしまうと、その行き先は(i)核廃棄物や放射能の汚染問題、(ii)大気中の「炭酸ガス増大」による地球温暖化問題……等々、グローバルな気象変化等を伴っている。

エイモリー・ロビンスは、したがって「我々が進むべき道」は、「Soft Energy Path」である……事

を述べる。

そして、「Soft Energy Path」とは、①「エネルギー需要は、増大しつづけるとは限らない……」として、アメリカのエネルギーの最終消費をチェックする。そして、「電力」でなくてもよい所に、電気が使われている事（前に、「エネルギーの転換」（第1図参照）の項で述べたように、「転換する度毎」に、「エネルギー・ロス」を生じていく）。たとえば、石炭・石油……といった化学的エネルギーでは、100あったものが、「熱エネルギー」「運動エネルギー」そして「電気エネルギーでは、せいぜい30位になってしまう……」。丁度それは、肉を切るのに、フォークで十分な所を、牛刀をもち出しているような、「無駄な使い方」をしている……。こうした事例をチェックしあげ、「エネルギーの節約」が可能である事を立証していく。

そして、「需要のギャップ」を調整するのに、ハード・エネルギー論者が「原子力」「石炭」をもち出したのに対し、ソフト・エネルギー論者は「Soft Energy」をより重視する。

そしてエイモリー・ロビンスは、「HardかSoftか」の問題は、単に技術の問題だけでなく、我々の「価値観」の問題であるともいう。すなわち「more is Better」（多ければ多いほどよい）の立場に立つか、「Enough is Best」（充足すればそれでよい）とする立場に立つか……であるとも述べている。

4. 日本の水車・風車

(1) 日本の水車の歴史

かつて産業考古学会の仲間たちと、とりつかれたように、日本に残存する「水車」を調べて回った事がある（その成果は、友人の（故）玉置正美氏と（前）玉川大学教授前田清志氏と共編著で昭和55年、ダイヤモンド社から『日本の水車』として出刊した）^{註5}。急速に姿を消し始めた「日本の水車」は産業考古学会の絶好の、研究対象であった。その上調べて行くと、いろいろのタイプの水車があったり、「地域の特徴」などもあり、結構面白かった。特に「機械」の先生方にとっては、最近の「製品」は、殆んどパッケージされており、一寸見ただけで「原理」など分からない。この点、「水車」は、学生に見せれば「一目瞭然」である。

産業考古学会の「水車と臼」分科会長の前田清志氏（筆者の跡をつぎ、産業考古学会会長となる）によれば、「わが国の水車は、宇治や淀など、近畿地方の山間部で成長していた……」という。生駒山脈の西麓には、古くから「油しぼりの水車」があらわれた。享保期（1716～36）以降、灘菟原郡下六ヶ村には、66台の水車があったという。後に、この「油しぼり用水車」がそれから50年位後には、灘、伊丹などの清酒用の米つき水車にかわっていった……という。

又鉱業にも水車が使われはじめた。すなわち文化13年（1816）、「貧鉱処理」用に水車が使われはじめた。鉱石を粉碎して「脈石」を除去するものである。

又薩摩藩では、水車動力を使用して「洋式の木綿工場」ができるようになった。これは島津斉彬の指導で鹿児島田上村と永吉村の二ヶ所に「水車館」をたて、イギリスから洋式の機織機械2台を導入した。斉彬の目的は、「困窮する士族の家族」を救済するのが目的であったが、4~5ヶ月で従来的一年分の仕事をしてしまったため、従来、手織業の男女の職を失う……という結果になり「一時操業中止」のやむなきにいたった……という（前掲『日本の水車』より）。

日本の水車をしらべて回って、感じた事は、「日本人は独創性に乏しい」とよくいわれるが「残存している水車」を見て回るだけで、日本人の「独創性」がすばらしい……と感ぜざるを得ない事に気付いた。その2~3の事例を説明しよう。

例1. 千葉の藤原式揚水車

日本人の独創性にすぐれた例の第1は、「養老川周辺」で活躍した「藤原式揚水車」である。前記三名の編者と一緒に見て回ったのだが、「現物」はない。然しかかげられている写真を見ていただければ、説明の必要もないだろう。この養老川周辺は、河川の水位と揚水すべき水田との間にかなりの「高度差」がある。低い川底から、水をくみ、高い水田に水をあげるのに工夫されたものである。ずんぐりした水車で、水車を回し、それと連結した「沢山のバケツ」をそなえつけたベルト車が、水をくみ、どんどん高い所にくみ上げていく。頂上で水を流し……空になって帰ってくる……というもの

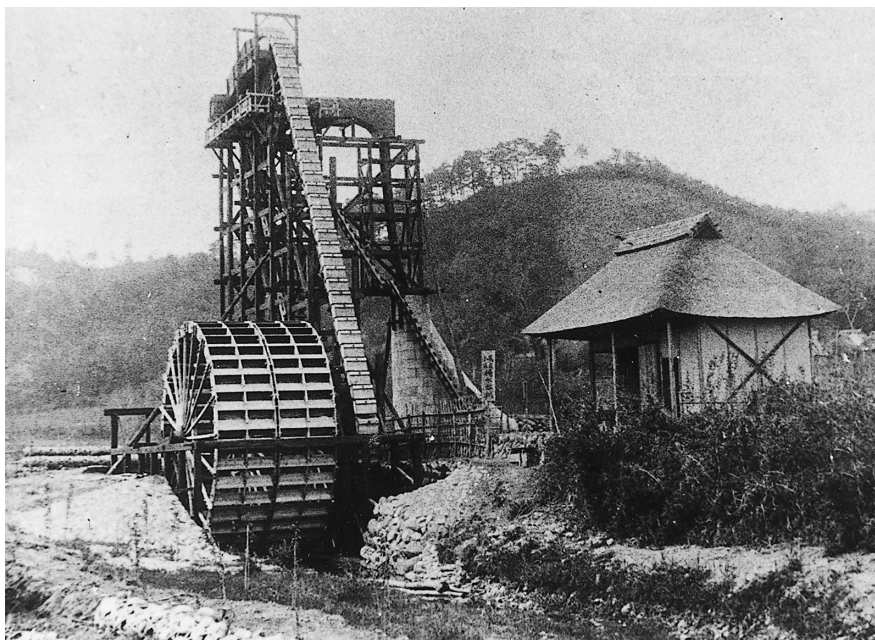


写真8 藤原式揚水車



写真9 朝倉の三連水車



写真10 朝倉の二連水車



写真11 新井市郷土資料館の「らせん水車」

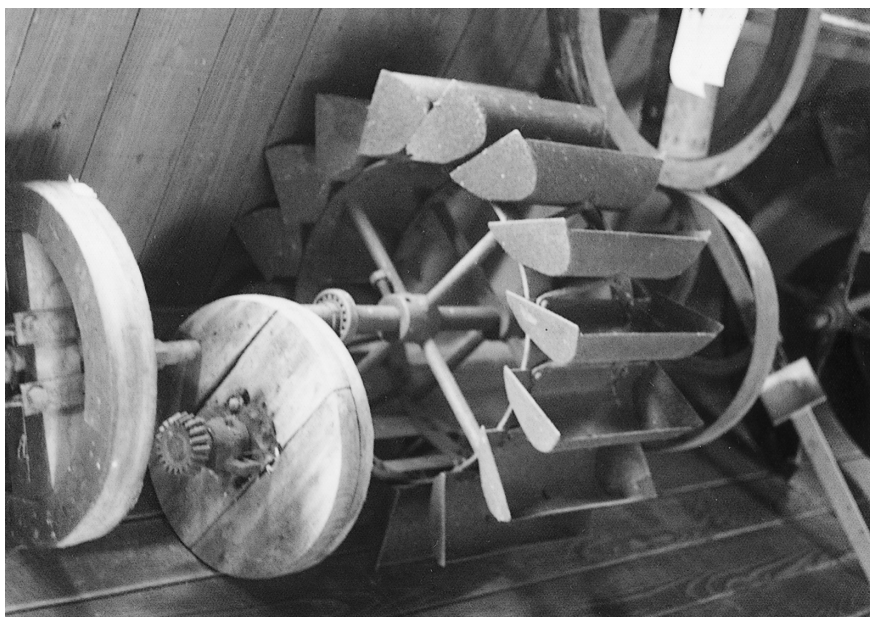


写真12 新井市郷土資料館に展示された「らせん水車」

である。

例2. 筑紫・朝倉の三連水車、二連水車

これは、現在「文化財」として保存されている。藤原式の水車が「より高く……」を実現したとするなら、この筑紫・朝倉の三連・二連水車は、「より強く」さらに「より美しく……」を実現したものといえよう。この朝倉の二連・三連水車の保存を強く主張されたのは、現地の香月徳男氏であった。香月氏は前掲『日本の水車』（ダイヤモンド社）の中で自ら「北九州朝倉の重連水車群」について、その構造・寸法、歴史等について、詳細な報告をしておられる。

例3. 新井の「らせん水車」その他

新井市郷土資料館の水車について述べよう。写真にあるように、「何の変哲もない」水車であるが、然し一寸した「水量」で動力を発生させる事が可能である。何処でも「設置」できる。

その他、北海道には、千歳川沿いに、「インディアン水車」というユニークな水車が動いている。川沿いにそ上してくるさけ、ますを、自動的に捕らえ、ふ化場に送るものである。その他場所の記憶がないが、川沿いから、長い柄の先に「水車」をすえつけ、水位の上・下にしがって「動力」をとらえる「つん出し水車」など、誠に絶妙である。

(2) 日本の風車の歴史

日本の風車は、明治以降にかざられるようだ。「風車が過去活躍した二つの時期」がある。その一つは、「大正から昭和初年」にかけて、信州の諏訪地方、大阪の堺南部、千葉の外房、愛知の知多半島等で、主として「地下水のくみ上げ」用に用いられた。諏訪地方などでは、数百基の風車が活躍していた。千葉の外房、丸山の風車については、専修大学科学史・技術史懇話会のメンバーで見て回った（写真参照）。千葉丸山周辺は、地下水の豊富な所だが、だんだん水位がさがり風車を利用せざるを得なくなった。堺南の風車の場合もそうだが、風がふいている時、ポンプで水をくみ上げておき、それを田畑のすみの池にたくわえておく。夕方すずしくなった頃、農民が池の水を散水する……といった使い方である。

もう一度日本の風車が見直されたのは、終戦直後、大陸等から沢山の日本人がひき上げてきた。国は、これらの人々に土地を与え居住させたが、その多くは山間等不便な所が多かった。当時は、大都市でも、しばしば停電がおこっていた頃で、これら山間部に入った人達に、「送電」する余裕がなかった。この頃、「山田式風力発電機」なるものが開発されたが、然し日本の復興がすすむにつれ、これら不便な所に居住していた人達は、新興工業地帯へと、移動していった。それにつれ、この小型発電機も姿を消していった。



写真13 (故) 湯浅光朝先生及び(故) 広瀬秀雄先生

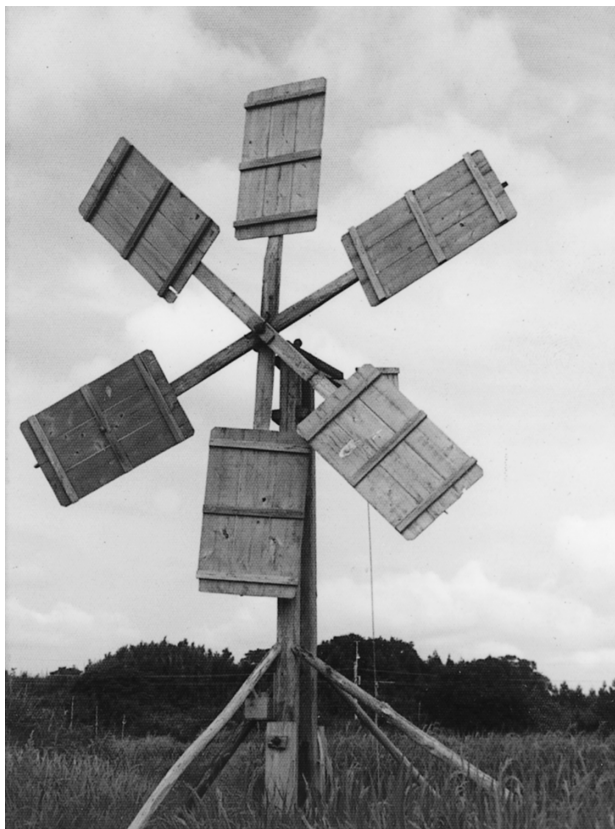


写真14 外房丸山の風車



写真 15 堺市の風車



写真 16 堺市楠町の風車
(全町 4-1-3 村田宏一氏畑)

(3) 風力発電開発の現状

風力発電について、関心もたれはじめたのは、1973年の石油危機以来、通産省、資源エネルギー庁を中心に1978年「サンシャイン計画」と呼ばれるナショナル・プロジェクトが打ち出されたのにはじまる。風力については、科学技術庁が中心となり、「風トピア計画」なるものが提唱され、その一環として秋田県八郎潟の埋め立地に、風力発電機をたて一連の計画がすすめられた事がある。この時、電気とまでいなくても「空気を圧縮すると発熱する」つまり、風の運動エネルギーを、熱エネルギーにかえる実験が行われていた（写真参照）。当時、農業用にもかなり、熱エネルギーを使う時代に入っていた。

大型風力発電システムが開発されるようになったのは、1980年NEDO（New Energy Development Organization）が、産・官・学共同出資で設置されて以来である^{註6}。1980年代後半になると、地球的規模の温暖化問題、酸性雨問題が発生するようになると、「ニュー・サンシャイン・計画」へと移行していったからである。



写真17 科・技・庁の風力利用実験（八郎潟干拓地）



写真 18 竜飛崎の風力発電所（三菱重工製）



写真 19 筆者（黒岩）



写真 20 竜飛崎風力発電所全景

東北本線の蟹田駅で下車，平館海峡沿いをバスにゆられて竜飛崎の東北電力(株)の風力発電所につく。途中，いか取り用のランプをぶら下げた船がこの地方の風景である（1992年2月7日）。むかえていただき色々風力発電について御教示を得たのは同社の電力技術研究所の風力発電グループ・リーダーの土屋敬一氏であった。特に同氏をおぼえているのは，その際ご教示を得た当時のメモを見ると，全くその後の風力発電技術の推移が，ご指摘のまま推移してきており，「専門の研究者の慧眼」に今更感心させられる。同氏は，世界の環境問題の重要さをまずとかれた。当時世界の風力発電のトップを走っていたのは，アメリカだった（ごく最近ドイツにぬかれる）が，アメリカでは，数々の助成策がとられていること，さらに100基以上の風力発電機発注となると，材料調達，ギヤ，羽根，タワー建設等々について「量産効果が出る事」，ヨーロッパ，特にスウェーデンのエネルギー政策（原子力発電をやめる）についてもうかがった。ただ欠点としてごく軽微だが，周辺住民から「騒音」の苦情がある事等々のご説明をいただいた。よく見ると，非常によく回っている風車もあり，又全く静止している風車もある。風力発電機は，何れも「三菱重工製」であった。

(4) 各国風力発電推移比較

世界の風力発電推移を比較すると第4図の如くであり，日本は決して「すすんでいる」とはいえない。

1997年，それ迄世界のトップの風力発電国であったアメリカをぬき，世界のトップとなったのは

ドイツである^{註7}。やはりそれにはそれなりの「理由」があるようで、ドイツは1991年「電力供給法」を制定、電力会社に再生可能エネルギーで発電された電力を、平均電気料金の90%で買い取る事を義務づけた。又「風力発電250 MW計画」により認定されたプロジェクトに対し、0.06~0.08マルク/KWHの生産補助を行なった事、又州別の補助策により、農家等により多くの風車が建設された。又2000年4月に「再生可能エネルギー法 (Renewable Energy Law)」を施行、電力売買価格の設定等をきめた。これらの効果により「風力発電の電力需要に占める割合」が、2003年末には5.7%に達した(2010年には、これを8%に達成可能にしている)。さらに現在電力需要の30%を供給している原子力発電を、今後30年の設備寿命とともに全廃、2025年までには、国内電力需要の25%を、風力発電でまかなう……という長期目標を設定した(NEDO『風力発電導入ガイドブック』より)。

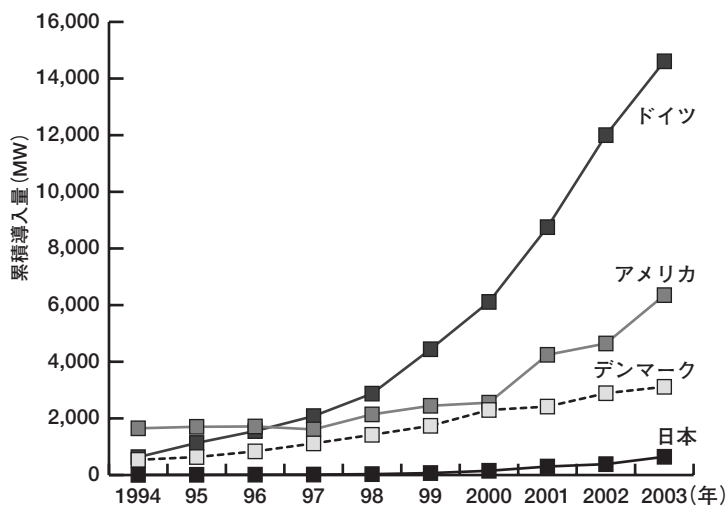
アメリカは、1996年迄は、世界のトップの風力発電国であった(前記)。レスター・ブラウン氏(Lester R. Brown, アメリカ・アースポリシー研究所所長)は、『世界』誌(2002年7月号, 岩波書店)の中で、風力発電と(太陽電池の)可能性についてふれ、「アメリカのエネルギー省の風力資源

表3 各国風力発電推移

累積導入量 (MW)

	1994	95	96	97	98	99	2000	01	02	03
ド イ ツ	632	1,132	1,552	2,081	2,874	4,442	6,113	8,753	12,001	14,609
ア メ リ カ	1,650	1,703	1,715	1,611	2,141	2,445	2,555	4,245	4,645	6,352
デンマーク	537	635	835	1,116	1,420	1,738	2,297	2,417	2,889	3,115
日 本	6	9	13	17	32	76	150	300	384	644

NEDO 資料



NEDO『風力発電導入ガイドブック』

第4図 累積導入量 (MW)

調査によれば……全米 50 州のうちノースダコタ、カンザス、テキサスの三州だけで、利用可能な風力は、アメリカ全土の電力需要をみたせる事、また風力で発電した電気料金は、アメリカでは、15 年前は 1 キロワット時 38 セントだったのが、4 セントにまで下がり……他の発電法にくらべて十分競争力をもつ数字になっていること、将来的には、「農家や牧場主が、アメリカ全土の電力の大部分を供給するだけでなく、アメリカの自動車の燃料のほとんどを供給することが充分おこりうる事（余剰電力を利用して「水の電気分解」により水素をこしらえ、これで車をはしらせる……）と「果してそうか」と思われる程楽観的な見方を展開している^{註8}。

デンマークについてふれるのは、後に述べるように、「日本の風力発電」を考える場合、どうしても「洋上風力発電をも考えねばならない」が、デンマークは、ヨーロッパの小国だが、世界の先頭を切って「洋上風力発電」にとりくんでいるからだ。デンマークでは 1978 年より電力会社に「風力発電による電力の買取り」の義務を課した。又 1879 年以來、一定の認定試験に合格した風車の建設に 30% の建設補助金を出すことにきめた。こうした事から、多くの風力発電機メーカーが生まれ、「ウィンド・ファーム」（風車群）が建設されるようになった。そして 2003 年には、風力発電量は 3,115 MW となり、電力需要の約 20% をまかなうまでになった。そして最新のエネルギー計画「Energy 21」では、「……2030 年には風力発電により、デンマークの電力需要の約半分をまかなう」事を目標としている^{註9}。

（5）日本の風力発電について

上記の事から分るように、「日本の風力発電は後進国並みである」といわざるを得ない。従来「その理由」として「……相手は、自然の『風』であり、日本は余り風力にめぐまれていない……」といわれていた。然し「NEDO の風力調査」によれば、結構日本も風エネルギーにめぐまれている事が分ってきた。又、上記デンマークの洋上ウィンド・ファームとちがって、日本の海は、すぐ深くなり、洋上風車の建設にむかない……ともいわれた。然し、日立造船・舞鶴工場で実証実験中の「海上浮体風車」にすれば、海洋国日本は、「風力発電適地」にかわる。「日本の経済水域」は、447 万平方キロメートル（国土の 12 倍）あり、ヨーロッパと逆転する筈である^{註10}。

5. 太陽エネルギー

（1）太陽熱発電

もう「撤去」されたのだが、日本でこうした実験をやった事がある事を記録にとどめるため肯て記したい。

「太陽」の利用には、大きくわけて(i)太陽熱の利用と(ii)太陽光の利用の二つがあるが、これは（四

国の仁尾太陽熱試験発電所), 太陽熱を利用して「電気をおこそう」という壮大な実験であった。原理は, 右図の如く, 「太陽光線を搭上の『水』に集める」発生する水蒸気で, 発電機をまわすというものである。

然し, この太陽熱発電の実験プラントは, その後 NEDO によると 1985 年「撤去」されたという (はじまりは 1981 年 10 月 9 日)。たぶん発電は可能だが, コスト的に「割高の電気」しか得られなかったからだろう。

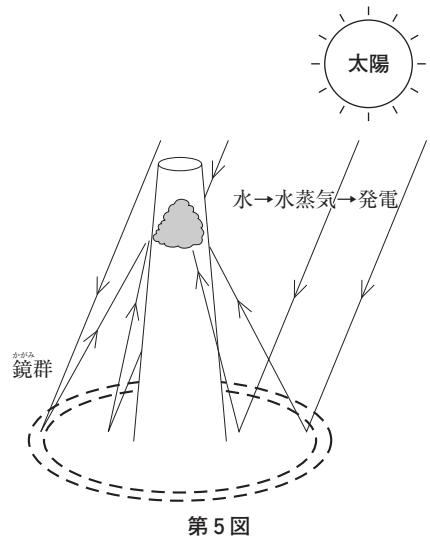


写真 21 仁尾太陽熱発電所

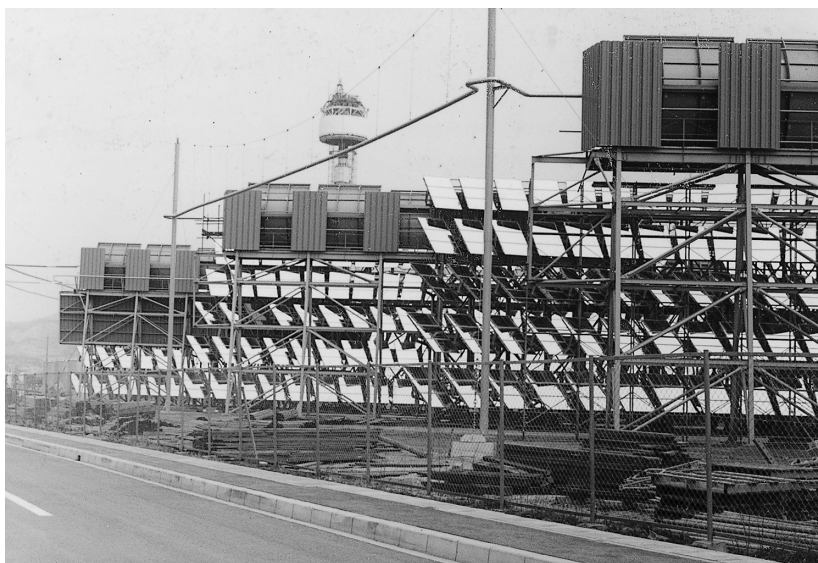


写真 22 仁尾太陽熱発電所



写真 23 仁尾太陽熱発電所