

## エネルギー変革期の大学研究室と市民の活動

千葉大学大学院 佐藤 建吉

### ◇変革期のゆく末をいかに理解するか

これからの風力発電の役割と意義については、多様な解釈が可能である。役割はその名の通り「発電」、特に再生可能エネルギー（可再生エネルギー）による発電という役割で、発電の意義は地域分散型エネルギーで、地方・地域にその恩恵を与えることができる、ということでもある。それは「地方復権」、ひいては「日本再生」という命題を実現するという価値を引き出すことにつながる。これは、従来から言われてはいるが、短期的で誤解の多い効率主義のために、多くの国民には、理解されるどころか重要な錯誤を与えていると、筆者は感じている。

風力発電の現状は、大きくその方向が変わろうとしている。筆者がいつも持ち出す理解しやすい改革についての図式表現は、図1である。この図では、横軸は年代、縦軸は台数の対数表示となっているが、1905 年を過ぎると馬車は減少し自動車は増加し、1920 年には都市交通の主役が交代し自動車となっている。しかし、台数の総量は対数線形性を維持して増加している。これは、都市交通における主役交代と、大きな社会的な変革が行われた例である。

しかし、その変革を馬車が主役の時代には、自動車が主役になることは予想困難で、変革期の行く末は、むしろわかりづらい。この図の自動車は、これまでの内燃機関による自動車の数量であるが、いま私たちは内燃機関の自動車からハイブリッドや燃料電池などによる自動車へ変革する時代に生きている。今後、2030 年ごろの統計では、そうした兆候を知ることになるだろう。

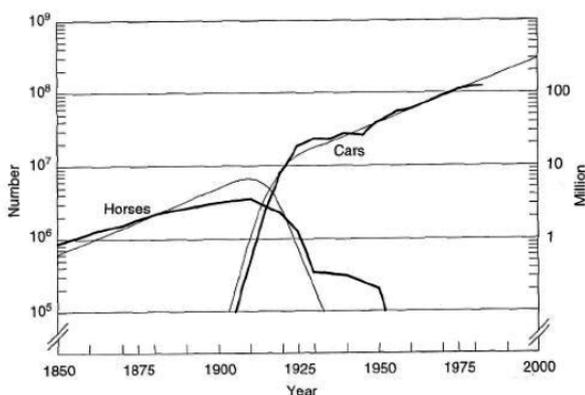


図1 馬車の時代から自動車への主役交代

さて、私たちは、いまエネルギーの変革期にいる。すなわち図1の主役交代の怒涛の中で、未来のエネルギーの主役の存在を知り、それを育てることが、“ウインドパワー・アソシエイツ”（風力愛好家）には共通し必須な活動であるといえる。私の研究室とその関係者は、そうした活動が大事であると考えている。

### ◇風車との出会い

大学に職を得て33年となる。最初は機械工学科の歯車など機械要素を取り扱う研究室で、応力集中問題を光弾性実験で解析することに関わった。応力集中は断面急変部、接触部、そして異材境界などで生じ、機械などの破壊で最も主要な原因となっている。当時、光弾性実験は、応力集中の様相を等色線分布が明確に示し、しかも等色線模様はアートの様相も感じられた。

その後、接触部での応力集中が原因し、しかも摩擦や摩耗、さらには腐食も関係する厄介なフレッティング疲労という破壊機構の解明に関わるようになった。当時、破壊問題は結構人気のある研究分野であったが、有限要素法のほか境界要素法が登場し、また実験解析では光弾性実験法のほかコースティックス法が適用された。コースティックス法は、レーザー光を用いて材料の変形や応力状態を、反射光や透過光がつくる光学像を解析して明らかにする方法である。このコースティックス法の成果を、イギリスのブルネル大学に研究移転するため、1994年8月にロンドンに滞在した。

この時期、滞在して最初の土曜日に私は風車と出会い、それから風車遍歴が始まったといえる。きっかけとしては、ブルネル大学のあるアックスブリッジ(Uxbridge)という町の図書館で、きれいなペン画の粉挽き風車が載っている“Windmills of England”(R J Brown 著)という本を手にし、私はすっかり風車のとりこになってしまった。その本の傍らには、National Trustの管理する粉挽き風車を扱うガイドブックがあった。その本には、ロンドンには風車が4つあることが書いてあった。翌日ロンドンの南部クロイドン(Croydon)に行くと、公園の奥に確かに粉挽き風車があった。入り口は閉まっていたので、近くで箒を持ったブラックの男性に聞くと、入口のドアを特別に開けてくれた。

### ◇進化した風車の足跡

中に入るとびっくりした。風車の中にジェイムス・ワットの遠心调速機がついていたのである(図2)。ワットの遠心调速機(ガバナナー)は、産業革命の象徴としての蒸気機関の

出力制御装置である。「なぜ、蒸気機関のガバナーが粉挽き風車に？」という疑問がよぎった。しかし、風車の中の展示は明快であった。粉挽き風車の、変動する風速による碾き臼 (mill stone) の回転速度を一定に制御するために、最新の優れた技術が、蒸気の時代でも生き残っていた粉挽き風車に導入されたのであった。

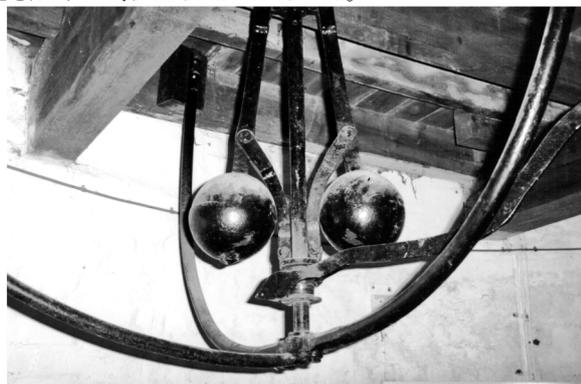


図2 ワットの遠心调速器(ガバナー)

クロイドンでのこの体験が動機となり、ロンドンの風車を次々と訪れた。さらに、その興味はますます広がり、最初はレンタカーで、その後は、中古のフォルクスワーゲン・ゴルフをスイスに帰国する学生から下取りし走り回った。ブルネル大学に滞在中の半年で、80 箇所のイングランドの粉挽き風車を見て回った。こうして風車が使われていた地域やその地理、そして現在の保存や展示の方法など、またボランティア活動の実態などを知ることができた。

粉挽き風車における技術革新の様子や「技術史」としての資料をこの調査は提供してくれた。主翼を風向に自動的に正対させる後翼(ファンテイル)は秀逸な機構で、風車の発達とともに変革がみられた。初期の小型のポストミルでは大きなファンテイルが地面についているが(図3)、大型化したスモックミルやタワーミルでは塔上にファンテイルがついている(図4)。発電風車でも初期には、ファンテイルが用いられていた。こうして、風車全般の技術の歴史についての興味はなお継続し、翌年の夏休みは家族同行の調査を行った。その当時のイギリスでは、ウェールズ(Wales)に三菱重工製の250kWクラスの風車がすでにウインドファームとして導入されており、風力発電の最前線を現地見学した。翌年の1995年の夏には、10箇所の粉挽き風車を見て回ったのであった。

#### ◇風車発電への興味と活動

この時期は、日本ではNEDOの支援事業開始の数年後にあたり、市町村が実験的に単機から数機の発電風車を設置しているところで、「風サミット」という行事も先進地で毎年行われていた。千葉県勝浦では風力発電が設置されていたが、銚子ではまだ実施されていなかった。



図3 地面に設置されたポストミルのファンテイル



図4 スモックミルになり塔上に設置されたファンテイル



図5 カリフォルニアの風車ブレードに生じたクラック

風力発電を積極的に導入、設置するようなムーブメントをつくりだすことが必要であると考えた。千葉大学の教養科目(=普遍教育科目)に、「風車の技術と歴史」という科目を開設し、風車の講義を15週に亘り行った。この講義では、牛山泉先生や風力発電開発事業者、さらにイギリスのオフショアプラットフォームの研究者、Andrew Henderson氏にも先進的な話題を講義して頂いた。

また風力発電が大規模に行っているカリフォルニアのウ

インドファームを見学するツアーを初めて催行したりもした。そこでの発見の一つは、図5のように風車ブレードに生じていたクラックであった。アメリカのウインドファームは1980年代に開始されており、経年機の破損や故障を知る良い機会であったといえる。その翌年は、2人の卒業研究の学生とともに再び訪ねた。さらに、風車のメンテナンスに注目して現地調査したこともあった。

この時期には、「Wind Force 12」という、2020年までに風力発電の割合を20%にしよう・できる・すべきであるという刺激的なシナリオが、EWEAとグリーンピースから出された。これに興味をもち、その全訳を、『風力エネルギー』で5回の連載として掲載させていただいた。

◇日本における風車発電の凋落

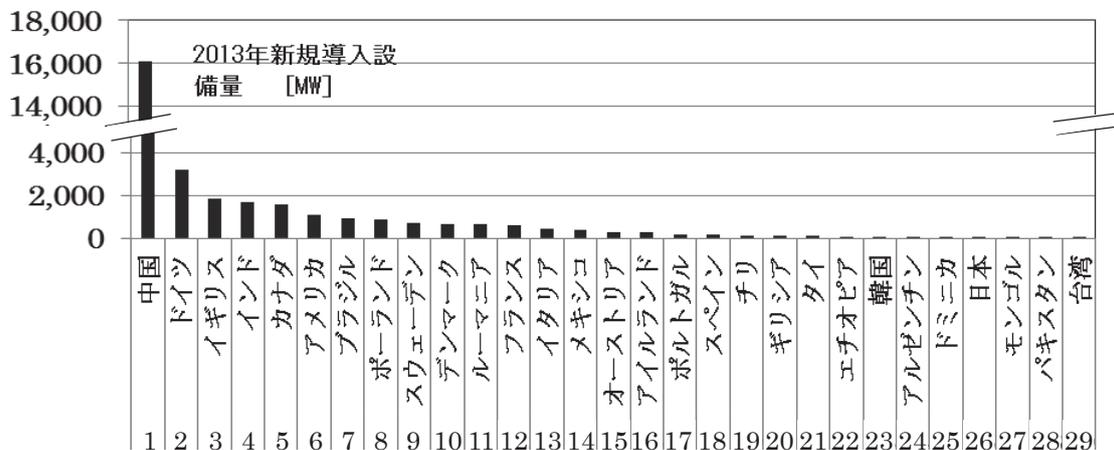


図6 2013年における風力発電新規導入設備量の順位

上述のように、日本の風力発電の設備導入量は、世界のそれに比較すると、極めて少ない。この現実には驚くばかりである。その理由は、「エネルギー政策」、「産業構造」、さらには「社会心情」を挙げることができるだろう。エネルギー政策は政府や責任官庁によるエネルギーに対する推進、対策行政である。産業構造はエネルギー供給、流通、販売、そして適用による就業分野や就業人口などをいう。もちろん輸出入産業も関係している。社会心情は国民一人一人の心情に根差した社会という総体でのエネルギーに対する考えである。これは、社会が個人に影響を与えるという様相もあり、一元化できない心情でもある。

しかし、そこには「政策」「産業」「社会」という非個人の要因が前面に登場しているが、その政策担当者も企業経営者も、さらに社会の構成員も、人や個人である。すると、「人」のエネルギーへの理解が根本にあるといえる。それが、世界に比べ風力発電を推進ではなく凋落させたのである。このような大きな負の影響をつくり上げたもう一つの「人」の要素にはマスコミがあるだろう。これも、人が造り出

した産業構造の一つであるが、エネルギー政策や社会心情に直接影響を与えるので、その影響はとりわけ大きい。

Wind Force 12のシナリオにしたがってれば、3.11で風力などの再生エネルギーに原子力発電の代替性に疑義を唱えることは無用であったはずである。Wind Force 12では、2011年の日本の風力設備量は、60,000MWが当てられていたからである。しかし、2013年末の設備容量は、2,661MWに過ぎない。

ここで世界の風力発電設備の2013年の新規導入設備量を棒グラフにすると図6となる。中国は1年で16,000MWであるが、日本は50MWに過ぎず、棒グラフにもほとんど高さはなく、もはや経済途上国と肩を並べる凋落ぶりである。統計では、2013年末の世界の風力発電設備容量は318,105MWであった。日本の設備量は世界のその0.84%に過ぎない。

総じて日本と世界での風力エネルギーの差は、「人」の志向によって作り上げられたものである。その志向の形成過程には、再生エネルギーの利用と選択への判断が関係しているが、これらが日本の凋落をつくったといえる。

◇見える化・分かる化・出来る化

筆者は、再生エネルギー全般の推進には、「見える化」・「わかる化」・「出来る化」という、「ホップ、ステップ、ジャンプ」の連鎖をつくり出さなければならないと考えている。これらに有効な手法に「カルトグラム」という表現・表示方法があると考えている。カルトグラムは、表示しようとする都道府県ごとの何かの統計量を、等密度(統計量/面積)に換算し、これを用いて各都道府県の実面積を変えて、地図をむしろ変形させて過大過小表示したものである。

以上の表現方法は、面積カルトグラムと呼ばれるが、図7は、統計量として風力の導入ポテンシャルのカルトグラム

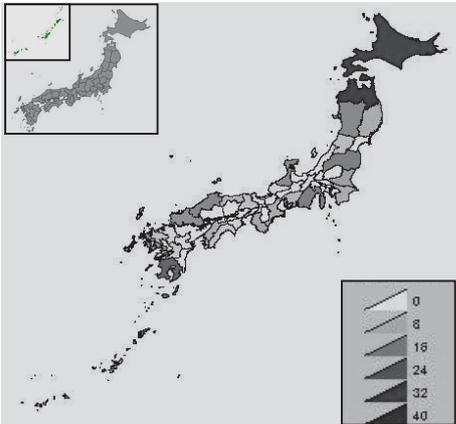


図7 導入ポテンシャルのカルトグラム

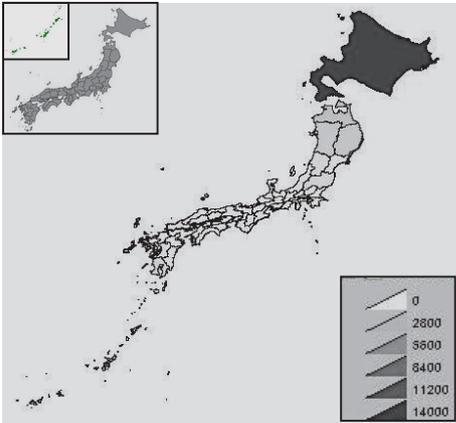


図8 設備量のポテンシャル(1999年度)

である。左上の実日本地図に比べて大きい小さいかで現時点の導入量の大小が「わかる化」されている。図8は、対応して風車を今後設置できる設備量を、1機当たり定格出力が2000kW風車で換算して示したカルトグラムである。多くの風車を設置できる道県が北海道のほか青森、秋田、岩手の各県であることがよくわかる。これは「出来る化」を「分かる化」しており、風力事業の開発先を呈示している。

◇シャドウキャスティング&フリッカー

風力発電の開発先に何らかの障害物件(例えば、居住家屋・ホテル・学校など)がある場合には、その地は避けなければならない。風車の翼が太陽光線によってつくられる日影は回転するので心理的に悪影響をつくることが多い。その影響範囲をシミュレーションできるソフトウェアを作成した。その操作画面を図9に示す。またこれを改良し、開発したソフトウェアでは、屋内にいるときの窓につくる日影(シャドウキャスティングとフリッカーの両方)をシミュレーションできるソフトウェアも、研究室で開発している。

◇都市の中の風車

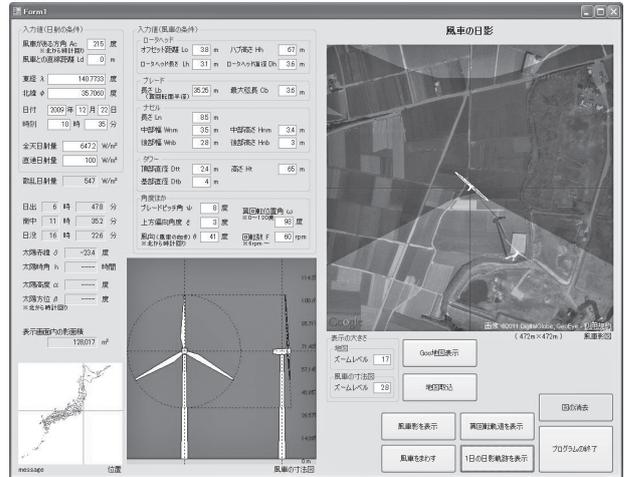


図9 シャドウキャスティングのシミュレーション画面



図10 展望台付風車

都市の中にもっと風車を設置して街路や敷地に自然エネルギー利用を表象したランドスケープをつくるために、騒音や振動がなく、起動性がよく強風策が十分となっている都市型風車の開発を進めている。

また、日本建築美術工芸協会の調査研究委員会の委員としても都市の中の風車の景観について研究している。

◇むすび

以上、私と研究室の学生、さらにその関係者の取り組みについて私見とともに紹介した。現在、取り組んでいる独自のものに、図10のような展望台付風車を津波の被災地に優先して設置する提案がある。カナダのバンクーバーに既設の風車を2MWに大型化し、エレベーターで展望台から観光し、そこにはFM放送局やインターネットラジオ放送局を設置し、防災対策および地域コミュニティ形成に貢献するという役割を担うことなどを目的としている。

また、2014年度のミッションとしては、「市民の、市民による、市民のためのエネルギー講座」(10回の講演会)を千葉大学で開催している。5月10日には、北澤宏一氏(福島原発民間事故調委員長)を講師に迎え、キックオフ講演会を開催した。第3回の講座では牛山泉氏にも講演して頂くが、この講座を通じて、風力発電を大幅に導入し、主要な基幹産業にする社会心情を日本に醸成したい。