

|                     |                                                                                                                                             |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Title</b>        | 技術と市場の相互作用によるイノベーション：風力発電における事例(環境技術のマネジメント，第20回年次学術大会講演要旨集II)                                                                              |
| <b>Author(s)</b>    | 井上，芳範                                                                                                                                       |
| <b>Citation</b>     | 年次学術大会講演要旨集，20：664-667                                                                                                                      |
| <b>Issue Date</b>   | 2005-10-22                                                                                                                                  |
| <b>Type</b>         | Conference Paper                                                                                                                            |
| <b>Text version</b> | publisher                                                                                                                                   |
| <b>URL</b>          | <a href="http://hdl.handle.net/10119/6181">http://hdl.handle.net/10119/6181</a>                                                             |
| <b>Rights</b>       | 本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management. |
| <b>Description</b>  | 一般論文                                                                                                                                        |

○井上芳範（東工大）

## 1. はじめに

近年、環境汚染や地球温暖化現象等が問題となり、個人や企業の意識が変化し、環境ビジネスに大きな注目が集まっている。しかし地球温暖化対策に有効であるはずの再生可能エネルギーの多くはエネルギー密度が低く、利用にあたり大容量化技術や経済性面で問題がある。その結果、企業経営では施設導入コストと投下資金回収のバランスが成立しないことに起因して普及拡大には繋がらないことが起こる。事実、日本における風力発電の導入実績は電源構成の0.3%以下である。ところが欧州における風力発電の電源構成に占める比率はドイツでは13%、デンマークでは24%に達し、ビジネスとしても成長している。そこで、本稿では日本の風力発電ビジネスの価値創造を分析し、その上でビジネスシステムの効率性と有効性から問題を分析し、今後の技術政策のあり方を提案する。

## 2. 問題提起と分析の枠組み

我が国の電源構成をみると1990年から1999年まで火力発電の伸長率が一番高く、次いで原子力、水力の順になっている。2010年に向け火力発電は少し傾斜がゆるくなるが依然として増加傾向にある。原子力は更なる伸長を示している。1999年の風力発電は0.04%、その他新エネルギーは0.22%である。2010年に向け風力発電が目標値の300万kWまで導入されたとしてもわずか1.1%である。これに対し、風力発電の先進国といわれている欧州のトレンドを見てみると、風力発電は2000年には12.8GW（全発電量の2.2%）から2010年には69.9GW（全発電量の10.1%）、2020年には94.8GW（全発電量の11.7%）に推移する計画である。欧州では風力発電が火力発電や原子力発電を代替しようとしていることが窺える。

欧日で風力発電技術は基本的には同方式で、性能面での大きな差はなく、技術的な効率性の低さから日本で風力発電が普及していかないとは考え難い。それでは、何故日本において風力発電が普及拡大して行かないのか、以下では技術イノベーションの発展モデル及びエネルギー政策の観点から分析を行う。

### 2.1 風力発電のビジネスプロセス

価値創造を図るビジネスにおいて、その普及が成功要因である場合がある。そのためには技術イノベーションにより可用性を高め、それを利用する可能性を持つ多くの人々に利用してもらうこと、供給する側のビジネス成立のため、主体である風力発電プレーヤに経済的価値の創造が必要となる。本稿ではビジネスプロセスを通じて生み出される経済的価値は、顧客が支払ってもよいと考える価格（WTP：Willingness to pay）から生産するときの機会費用を引いた残り

(Brandenburger, Stuart 1996) と考えている。この考えに基けば、風力発電のビジネスプロセスは WTP より川上では参入プレーヤーである風力発電事業者、EPC (Engineering Procurement Construction) メーカー、機器製作メーカー各々が競争戦略により経済的価値を獲得できる構造であるといえる。WTP より川下では電力需要家が電力会社を通じて経済的価値を便益として得られる構造といえる。

## 2. 2 風力発電事業システムの分析

風力発電ビジネスを事業システムの枠組みで分析する。事業システムは構成要素としての経営資源を利用して蓄積するための仕組みから成り立つ分業の構造を持つ。事業システムの優劣は客観的には利益や付加価値で評価する。しかし、利益や付加価値は様々な要因の複合的結果であるため、効率性、有効性、模倣の困難性、持続可能性、発展の可能性で評価することが提唱されている(加護野 2004)。この分析の枠組みを本ビジネスシステムに適用し、

【効率性】同じ価値あるいは類似の価値を提供する既存の火力発電ビジネスシステムと比べて効率がよいかどうか

【有効性】風力発電事業者のビジネスシステムから電力を受取る電力会社にとってより大きな価値があると認められるかどうか

を、技術イノベーションと利害関係者との均衡の観点から評価することにした。

### 1) 効率性

効率とは一般にインプットとアウトプットへの変換率として定義される。効率の基準は一定の資源の使用から最大の効果を生む選択肢の選択を要求する

(Simon 1947)。風力タービンは大型化すれば上空の風速の高い領域の風のエネルギーを取り込むことができ、それだけ風力タービンの受風量が増えることになり効率的である。反面、更なる機械的強度が求められると同時に、安全運転上の対策が不可欠になる。しかし安全上の課題と運転特性上の課題は制御技術により多くは解決され、従来技術では捨てられていた未利用エネルギーをできるだけ多く獲得できる。したがって、風力タービンの運転性能を向上させる技術に焦点を当て、技術イノベーションから効率性を検証する。

### 2) 有効性

事業システムの評価基準の中で最も大切なのが顧客にとっての価値である(加護 2004)。事業に参加するすべての参加者に誘因を貢献以上に与えないと組織は存続し続けることは出来ない(桑田 1998)。前述の WTP との関連において風力発電事業者と顧客である電力会社との利害関係を、誘因と貢献に注目した組織均衡論(March and Simon 1958)の観点から、有効性を検証する。

## 3. 効率性

風力タービンは相互に依存しあったサブシステムから構成される複雑な技術システムである。ローゼンバークの技術不均衡論(Rosenburg 1976)に基けば、技術システムの性能向上は相互関係にある部品の性能が向上している必要があり、そこでは技術自体の内的な論理が技術革新を規定すると考えられる。本研究では

焦点化装置の運転性能面に着目し、相互関係にある部品との技術関係を調査した。その結果、①技術不均衡があったとしても、技術イノベーションにより不均衡は解消され、漸進的に技術システムの性能が向上し、風のエネルギーを安定かつ効率的に電力に変換できるようになったこと（図1参照）②この技術イノベーションが大型化と低風速域対応に生かされ、風力タービンの効率がアップし、さらには集合設置によりその規模の経済効果により発電コストは石油火力発電並みまで下がってきた（表1参照）ことが分かった。

表 1 風力発電コスト

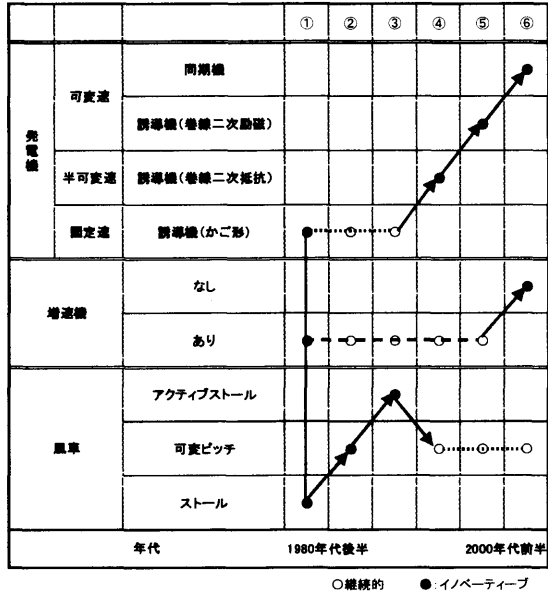


図 1 技術イノベーションの変遷  
(注 EWEA 2004 から技術出現の時系列を参照)

|              | 苦 前 グ<br>リ ー ン<br>ヒ ル WP | 夕 陽 が<br>丘 WF                  | 町 営 風<br>力 発 電    |
|--------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------|
| 設 置 年        | 1999                     | 1998 ~<br>2000                 | 2002              |
| 設 置 場<br>所   | 北 海 道                    | 北 海 道                          | 山 形 県             |
| 設 備 利<br>用 率 | 19 ~<br>21 %             | 21 ~<br>24 %                   | 21.9 %            |
| 総 設 備<br>容 量 | 1000 k W<br>* 20 基       | 600kW*2 基<br>1000 k W * 1<br>基 | 1500 k W * 1<br>基 |
| 年 間 発<br>電 量 | 33.5 ~ 37.4<br>GWh       | 4.1 ~ 4.7<br>GWh               | 2.8<br>GW h       |
| 発 電 コ<br>ス ト | 9.7<br>円 /kWh            | 11.2<br>円 / kWh                | 10.9<br>円 / kWh   |

#### 4. 有効性

組織均衡論に基けば、貢献以上の誘因を受けることにより組織は存続し続けることが出来る。本研究では、上述の WTP と関連して、利害関係者に焦点をあて、欧日における電力買い取り制度を調査した。その結果、デンマークでは次の3点により風力発電事業者の参入障壁が緩和され普及拡大となったことが分かった。①建設資金の補助があり、風車がこの制度を使って建てられた。②風力発電によって生み出されたすべての余剰電力を一般消費者が支払う電力料金の85%で風力発電電力を買取るインセンティブが風力発電事業者に与えられた。③風力発電機から一般送電網に系統連携するための費用の35%を電力会社が負担する、いわゆる優先接続の考え方が導入された。ドイツでは次の5点により風力発電事業者に対し、デンマーク以上のインセンティブが与えられ、電力業界への参入障壁

が緩和され普及拡大となったことが分かった。①建設資金の補助があり風車がこの制度を使って建てられた。②法によって電力会社が再生可能エネルギーによって発電された電力を買取らなければならない義務が果せられた。③長期にわたって高い買い取り価格が設定された。④デンマーク同様、優先接続が採用された。⑤さらには風況の悪いところでも補償金が風力発電事業者に支払われる様になった。

日本でも普及の離陸期初期まではデンマークやドイツ同様、固定価格で長期買い取り制度があり、風力発電事業者にインセンティブが与えられたため、風力発電ビジネスに参加するプレーヤが増加した。ところが、このインセンティブは電力会社の自主的取組みで賄われ、電力自由化の波を受けた電力会社の経営を悪化させることになり、インセンティブを減少せざるをえなくなり、風力発電普及拡大にブレーキがかかってきている。また2003年からRPS法が導入されことにより再生可能エネルギーの総供給量が第一プライオリティになるため、決めた総供給量を達成することが目標となった。この目標を達成するために市場メカニズムを用いてグリーン電力証書につくであろう価格で調整するよう量を固定し価格で調整する仕組みができた。ところが、この量の設定にあたって、既存の電力会社と風力発電事業者の間で綱引きが起こるようになり（西条 2002）有効性が不十分となっているのである。

## 5. 結論

我が国では風力発電は離陸期に達したばかりである。利害関係者にインセンティブを与える仕組みを継続することが市場を創出する事になり、これを抜きにはさらなる技術イノベーションの発生と普及は期待できないし、今後の地球環境対策促進にもならない。離陸期には技術と市場の相互作用の強化が必要なのである。このために、電力買い取り制度、RPS法、系統への優先接続など政策や制度面の見なおしが必要である。また、技術面では風力発電の不安定出力を電力系統で受け止める技術開発、風力設備側で更なる電力安定化の為の技術、そして広範囲に賦存する未利用な風のエネルギーを獲得する技術の開発が求められる。一例をあげれば高頻度充放電機能を持った蓄電池の開発、需給予測に基づく系統安定化対策、より多くの未利用資源を洋上に求め、大規模洋上風力発電の開発である。

### 【参考文献】

- Brandenburg I. Stuart J. Value-Based Business Strategy. *Journal of E and M Strategy* 1996  
March JG, Simon HA. Organizations. John Wiley & Sons. 1958  
Rosenberg N. Perspectives on Technology. Cambridge: Cambridge University Press. 1976  
Simon H. Administrative Behavior. The Free Press. 1945  
EWEA. Wind Energy -The Facts. EWEA. 2004  
加護野忠男、井上達彦. 『事業システム戦略』有斐閣. 2004  
桑田耕太郎、田尾雅夫. 『組織論』. . . 有斐閣. 1998  
西条辰義. 「風力エネルギーへの期待：RPSと固定価格買い取り制度」『風力エネルギー』. 2002