

## リスクを考慮した風力発電事業の費用便益分析

○中央大学 学生会員 上田 裕之

中央大学 正会員 佐藤 尚次

### 1. はじめに

21 世紀に入り、地球温暖化をはじめとする地球環境問題が顕在化し、環境負荷の少ない石油代替エネルギーである新エネルギーの導入促進が重要となってきた。新エネルギーの中でも自然エネルギーである風力エネルギーは有力な再生可能エネルギーであり、クリーンかつ他の新エネルギーと比較して経済的であることからその導入促進が期待されている。また、現在では、多くの民間企業が環境事業と題して風力発電事業に参入してきている。しかし、風力発電事業を始めとする自然エネルギーには電力を安定的に常時供給することを妨げる様々な危険要因が存在する。そしてそれらの要因によって引き起こされた電力という収益資源の供給停止は損益に直結する。つまり、現在行われている収支分析に変化が生じると考えられる。しかし、風力発電事業のリスクを考慮した時の収益構造は未だに明確になっていない。それは企業が風力発電事業を始めとしたプロジェクトを計画から実際の事業化へ推し進める上で1つの問題点となる。よって将来のプロジェクト自体の収支構造を明確にすることは必要不可欠である。

本研究は、風力発電事業がそれらのリスクを考慮した時に、どのような収支構造であるかを明らかにすることで将来の正確な収支予測を行うものである。その結果、風力発電事業の事業化の指標の一つにすることを目的とする。

### 2. 算出方法

本研究では国内風力発電施設の中でも最大級の福島県郡山市の「郡山布引発電所」(発電所出力 65,980kW・正味年間発電量 106,875,000kWh)を研究対象としてケーススタディーを行う。

「風力発電導入ガイドブック」に従って以下の条件下で収支予測の算出を行う。初期建設コスト 32.0 万円、利用可能率 95%, 出力補正係数 0.90, 供用年数 20 年, 利率 0.4%, 運転保守費 0.3 万円/kW とする。

#### 2.1 便益の算出

風力発電事業が生み出す便益として以下の 2 つを考える。①発電した電気を売電することによる売電便益 ②CO2 を発生させない再生可能エネルギーの環境価値を証券化することによって企業や自治体に販売することで得られる環境価値便益。本研究では環境価値 5 円/kWh とする。郡山布引発電所のグリーン電力発電認証を取得した電力量は 600,000kWh/年であるため環境価値による便益は 60,000,000 円となる。

風力発電は様々な要因によって電力を供給できないリスクを伴う。それに伴って総便益  $B_T$  も減少するため、電力供給停止確率  $P_F$  (%) を便益の算出に考慮する必要

がある。風力発電施設を  $N$ (年) 供用して、毎年便益として  $B$  を得るが確率  $P_F$  (%) で電力を供給できなくなる。この時、電力供給停止確率  $P_F$  を考慮した総便益  $B_T$  は次のように表される。

$$B_T = B \left( \frac{100}{P_F} \right) \left\{ 1 - \left( 1 - \frac{P_F}{100} \right)^N \right\} \cdots (1)$$

電力供給停止確率を 0.1% に固定した時の売電単価を変化させることによる便益期待値の変化を図 - 1 に示す。現在、一般的に取引されている電力購入額は 10~11 円である。

#### 2.2 コストの算出

トータルコストを初期建設コストと保守運転コストの和とする。初期建設コストを金融機関から借入れて、供用期間中に毎年返済していくと考える。

初期建設コストを  $C_I$  (万円)、利率を  $r$  (%) として供用年数  $N$  (年) 運転している間に毎年返済する額を発電を行うためのコストとして計上する。毎年の保守運転費を  $C_m$  (万円) とすると毎年のトータルコスト  $C_T$  は以下のように表せる。

$$C_T = \frac{r \cdot C_I}{1 - (1 + r)^{-N}} \times N + C_m \cdot N \cdots (2)$$

以上より、表 - 1 に確定された供用期間中のコストと便益を示す。

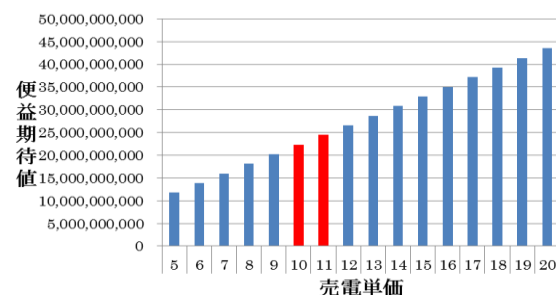


図 - 1 売電価格の変動に伴う便益期待値の変化

表 - 1 供用年数期間の費用と便益

|              |                |
|--------------|----------------|
| 発電規模(kWh)    | 65,980         |
| 正味年間発電量(kWh) | 106,875,000    |
| 環境価値便益(円)    | 60,000,000     |
| 発電コスト(円)     | 31,071,512,875 |
| 運転保守費(円)     | 3,958,800,000  |
| トータルコスト      | 35,030,312,875 |

キーワード 電力供給停止確率 便益期待値 収支予測

連絡先: 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学大学院理工学研究科土木工学専攻 tel.03-3817-1816

3. リスクを考慮した費用便益分析

2 章の条件や(1), (2)式に従って算出した便益期待値  $B_T$ (円)とトータルコスト  $C_T$ (円)を用いて費用便益分析を行う. 費用便益分析の評価指標としては単位投資額あたりの便益の大きさにより, 事業の投資効率性を比較することができる費用便益比(以下  $B/C$ )を用いる. そしてその結果である  $B/C$ を縦軸に取り, 売電単価(円)を横軸に取って供給停止確率  $P_F$ (%)を0.1,1,2と3パターンに分けて供給停止確率による  $B/C$ の違いを把握した. その結果を図-2に示す. 供給停止確率が上昇するほど事業としての価値が減少し, 売電価格が高額になれば採算が取れない( $B/C > 1$ )ことを示している.

4. 便益期待値の供用年数による変化

総便益期待値  $B_T$ を縦軸に, 供用年数  $N$ を横軸に取って供用年数の変化による便益期待値の変化を知る. この結果から供給停止確率  $P_F$ が高い程, 供用年数  $N$ の増加に伴って総便益期待値  $B_T$ が減少することが分かる. 従って, 適切な補修・修繕を行うことによって供用年数を長くすることを目指すことで便益期待値も上昇すると考えられる.

5. まとめ

先にも記述したが風力発電事業は様々なリスクを抱えている. 自然現象の影響によるものでは暴風・地震・落雷などがある. 地震発生を自然現象の代表例としてイベントツリー分析をした結果を図-3に示す. このようにして自然現象発生によるイベントツリー分析を各現象に行なった結果, 電力が供給されないことのリスクには風力発電事業施設が破壊されて収益を今後生むことができなくなるリスクと, 一時的な故障によってある一定期間電力を供給停止するリスクが混在していることが分かった. これより, これらのリスクを全て考慮すると供給停止確率  $P_F$ が上昇することで総便益期待値  $B_T$ は下落し, それに伴って図-1の  $B/C$ も下落すると考えられる. これらの結果から, 民間企業や自治体が風力発電施設の建設・運営を人々を支えるインフラとして, そして利益を求める一つの事業として行っていくにはトータルコスト  $C_T$ の中の初期建設コスト  $C_I$ を技術革新などによって減少させると共に供給停止確率を損害保険やデリバティブなどによってリスクマネジメントやリスクヘッジすることが求められると考えられる.

6. 今後の課題

イベントツリー分析によって明らかされた各リスク要因の発生確率  $P_F$ とそれによる逸失便益を明らかにすることによって風力発電事業の収益予測の精度を上げる. また同時に自然現象以外のリスク, 例えば電力自由化によって競合他社が参入してきた場合の売電価格の変動によって収益が変動するリスクを考慮したパターンを考える必要がある.

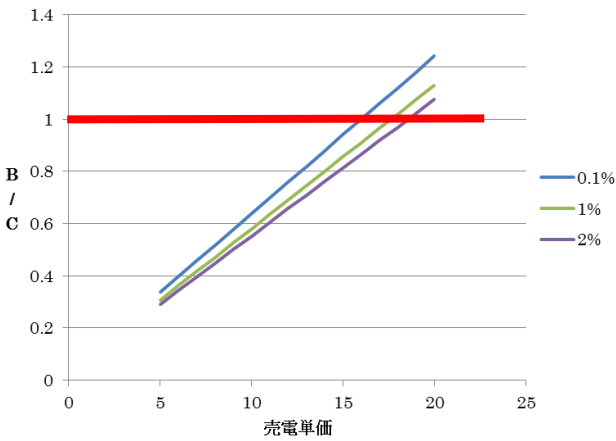


図-2 破壊確率による  $B/C$  の比較

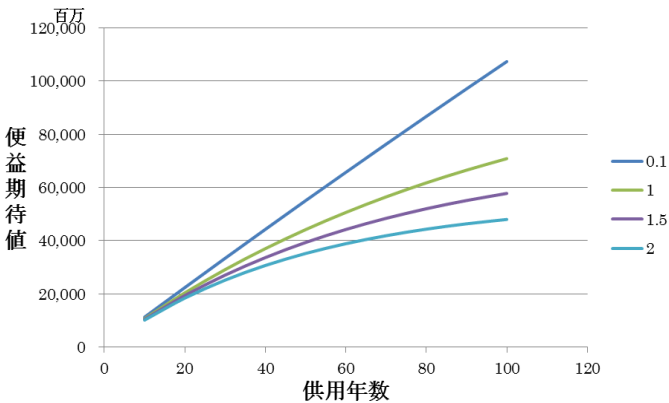


図-4 供用年数と便益期待値の関係性

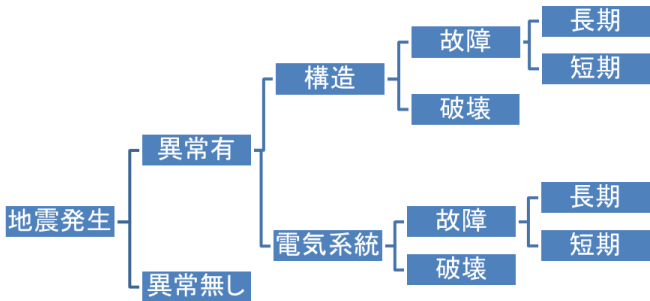


図-3 地震発生時のイベントツリー分析

<参考文献>

1) 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構「風力発電導入ガイドブック」  
<http://www.nedo.go.jp/content/100079735.pdf>  
2) 費用便益分析マニュアル 平成20年11月 国土交通省 道路局 都市・地域整備局  
3) 高橋 宏直：不確実性に対応した大規模プロジェクトの段階整備計画, 建設マネジメント研究論文集, Vol.12, 2005年  
4) 古田 均 消費者余剰を考慮した道路橋 RC 床版の最適補修対策, 構造工学論文集 Vol.54A(2008年3月)