

研究の背景

- 東日本大震災をきっかけとした電力供給に関わる議論の活発化
- 火力発電への依存による
 - 温室効果ガスをはじめとした環境問題
 - エネルギー源となる化石燃料による発電コストの上昇
- 欧州を先駆けとした再生可能エネルギーの普及
- 環境負荷の少なさなどによる再生可能エネルギー発電への期待

洋上風力発電の現状

- 欧州…北海沖を中心に大規模な洋上風力発電の開発が進む
- 日本…千葉県銚子沖(2012)
福岡県北九州市沖(2013)にて実証試験機が2基設置

日本の外洋は水深が深く洋上風力の立地には適さない

港湾に設置することによる利点

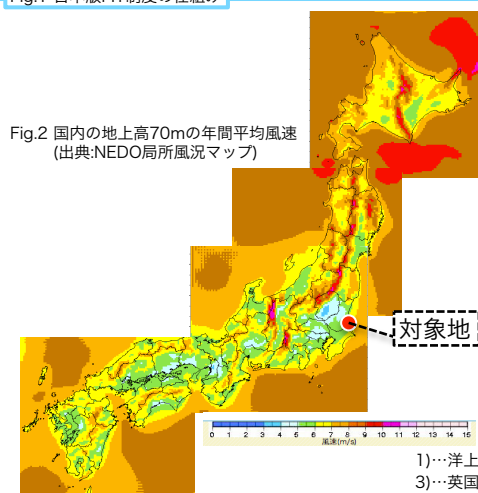
- 施工条件・水深条件・都市計画的条件の優位性
- 民地ではなく、公物管理者である港湾管理者の存在
- 大規模な利用地と近接（産業集積）
- 既存の変電設備が利用可（多くの港湾に発電所が所在）
- 安定した風況（図2及び気候条件）

港湾は洋上風力の設置に適している

固定価格買い取り(FIT)制度

再生可能エネルギーの普及・拡大を目的に、2012年7月1日に固定価格買い取り制度が開始された。電力会社は一定の価格・期間、再生可能エネルギー由来の電気の買い取りが義務づけられる。

※風力発電の価格は23.1円/kWh(買取期間20年間)



目的

- 洋上での風力発電の中でも安定した発電が見込めるが、国内では事業用の設置事例がない



- 港湾での洋上風力発電設備の建設を想定し、現在の制度に基づいて事業性を検証することで、今後の洋上風力発電事業の普及のための示唆を得ることを目的とする

現在計画されている国内初の事業用の大規模洋上風力発電事業である鹿島港洋上風力発電事業を評価対象とし、後述する条件下でプロジェクト評価を行った。

対象とする事例

鹿島港洋上風力発電事業



事業者	茨城県
事業期間	20年間
事業区域	茨城県神栖市沖(約680ha)
総出力	250MW(5MW×50)
設備稼働率(年)	25% ₂ と仮定
総事業費	約860億円 ₃ (運営費用含む)

Fig.3 事業区域周辺図(Google Mapをもとに作成)

事業方法

- 風力発電設備の設置は多くの法規制をうけるため、事業主体を茨城県にすることで各種手続きを簡素化
- 財務面においても事業主体を茨城県と仮定し、計算を簡便化
- 事業費確保の為に借入金は10年債(年率0.8%)によりまかなう
- 法定耐用年数にもとづき固定資産を17年で償還
事業期間についてはFIT制度にもとづき20年と設定

評価方法

鹿島港洋上風力発電事業の事業性の評価	→	財務分析
プロジェクトの社会的便益評価	→	費用便益分析

- 事業性を把握するために、財務分析によって評価を行う
- 2013年5月時点で、5MW級の風力発電機が実用化しておらず、発電機の価格を高めに見積っており、建設コストは過大推計となっている可能性がある
- FITの価格が変動した場合に事業が成立するかどうかの検討
 - ∴ [case0] 固定買取価格を23.1円/kWh
 - [case1] IRRが4%になる価格を設定

- 事業の社会的便益を費用便益分析によって評価を行う
- 便益項目としてCO₂排出量削減の便益のみを考慮
- 排出量削減便益
 - 1500円/tCO₂
IPCCなどで用いられているモデルであるIAMs(1)やアンケート調査(5)をもとにした
 - 415円/tCO₂
EU圏内の排出権取引価格(5月1日時点)

1)…洋上風力発電には固体式と浮体式とがあるが、今回は固体式洋上風力発電を指す 3)…神栖市での陸上風力の稼働率が17~23%のため
3)…英国の特殊法人「CLAWN ESTATE」による国営洋上風力発電第3期事業の調査報告や瀬川ら(2010)の研究をもとに算定した

財務分析

事業費用の内訳

Tab.1 建設コスト内訳

項目	費用(億円)
環境調査	2.00
気象観測調査タワー建設費	4.00
海底調査	6.50
エンジニアリング関連調査	1.30
関連調査	0.13
風力発電機(5MW×30)	450.00
海底ケーブル	5.00
風力発電機基礎	125.00
陸上変電所	50.00
ケーブル敷設工事	1.40
基礎設置	65.00
インターアレイケーブル敷設	3.00
港湾施設	14.00
発電機設置費用	85.00
運転メンテナンス費用	28.00
主任技術者等人件費	2.00
風車保険料	2.00
合計	812.33

Tab.2 収入内訳

10年債	812億3300万円
case0:売電収入(20年)	2529億4500万円
合計	3341億7800万円

Tab.3 事業費用内訳

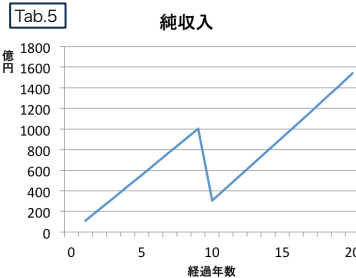
建設コスト	812億3300万円
固定資産税(20年)	80億7030万円
債務利子(10年)	64億9864万円
合計	958億194万円

財務分析

Tab.4 分析結果

	case0	case1
固定買取価格(FIT)	23.1円/kWh	13円/kWh
売電収入	2529億4500万円	1423億5000万円
純収入(NPV)	1539億4306万円	433億4806万円
IRR	13%	4%

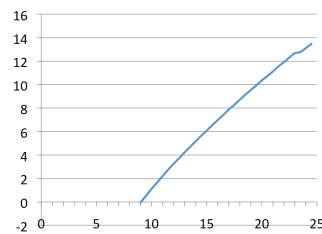
IRRが4%になるのは
FIT=13円/kWh



Tab.5:純収入の増減を表したものの。10年目に債務を返還しているため、大きく減少しているが、プロジェクト最終年には1500億円を超える

Tab.6

FIRR



Tab.6:FITの変化による内部収益率の変化をあらわしたものの

小括

- 今回のような定格出力250MWという大規模な開発の場合、現状のFIT(23.1円/kWh)だと、かなりの収益を見込める
- case1から、FITが13円/kWhでもIRR=4%
→港湾での大規模洋上風力発電は事業として成立しうる

要因

- 港湾に設置する利点によって、比較的建設費用が低い
- 近隣に火力発電所が所在しており、系統接続の費用が低い

費用便益分析

便益と費用

- 費用便益分析では以下の費用及び便益を用いる

Benefit CO₂排出量削減による便益

Cost 建設費用、運営費用等(Tab.1,3参照)

- (2),(4)をもとにCO₂排出量削減原単位を設定

$$\text{CO}_2\text{排出量削減分} = (Te_{ave.}) - (We)$$

$Te_{ave.}$:1kWh当たりの日本の火力発電の種類別(LNG,石油etc.)利用割合に基づいた平均の排出原単位
 We :1kWh当たりの風力発電の排出原単位

費用便益分析

- 排出価格を1500円/tCO₂と設定 … caseA
→ **B/C=17.57**

Tab.7 caseA 分析結果(1500円/tCO₂)

CO ₂ 排出削減便益(B)	1兆6830億8618万円
Cost	958億194万円
B/C	17.57

- 排出価格を415円/tCO₂(EU圏内の取引価格)と設定 … caseB
→ **B/C=4.86**

Tab.8 caseB 分析結果(1500円/tCO₂)

CO ₂ 排出削減便益(B)	4655億200万円
Cost	958億194万円
B/C	4.86

小括

- 排出価格1500円/tCO₂というのは、価格決定の際に地球温暖化による将来世代の被害額も考慮に入れている数値である
- caseBの市場価格の場合でもB/Cが5近くに達し、CO₂排出削減による社会的便益は大きい

風力発電事業における費用対効果の高さを裏付ける結果となった

結論

結論

- 行政が主体となるという風力発電事業の一つの手法が洋上風力においても十分有効であることを示すことができた
- 風況が安定しており、開発するにあたっての好条件の揃う港湾はコスト面においての利点大きい
- IRR13%という結果から事業として十分成立することを示した
- 排出価格を低めに設定した場合においても、B/Cが4.86という数値が示すように社会的便益という点で費用対効果は高い
- IRRが4%になる買取価格が13円/kWhだったことから、今後FITの多少の低下にも対応しうる
- 県債の利率とした0.8%というのは国債の年率を参考にしたが、多少利率が上がったとしても吸収しうる収益をあげられることから、資金面でも妥当といえる

洋上風力発電の展望

- ここでの収益で再生可能エネルギー基金を創設し、県内の環境配慮型の開発に補助金を交付
→自治体が事業主体だからこそ可能
→環境関連の公共政策を継続するための資金源に
- 現在の価格でFIRR13%となったことから、大規模な風力発電事業についてはより低い価格を設定することが可能
- 事業者には漁業協同組合を組み入れることで、懸念される漁業権の問題に対応しうる
- (6),(7)によると、欧米での洋上風力の事例では、設置されている海域で網漁が行えないことや、基礎部分が漁礁になることによって周辺海域においても魚資源の豊度が上昇している
→日本においても調査していく必要がある

参考

- Carbon Taxes and Energy Subsidies: A comparison of the Incentives and Costs of Zero-Carbon Deployment, Breakthrough Institute, 2012.
- 内山(2000)発電システムのライフサイクル分析,電力中央研究所
- 瀬川ら(2010)大型風力発電機によって構成される自治体系風力発電所に関する研究、名古屋産業大学
- 環境省、平成23年度エネルギー白書
- 環境省、低炭素社会づくりのためのエネルギーの低炭素化に向けた提言(2010.3)、低炭素社会づくりのためのエネルギーの低炭素化検討委員会
- D. Wilhelmsson, The influence of offshore wind-power on demersal fish, Oxford journals, 2006
- Olivia Langhamer, Artificial Reef Effect in relation to Offshore Renewable Energy Conversion: State of the Art, The Scientific World Journals, 2012.