国内海面漁業と洋上風力発電

—産業連関表に基づく経済波及効果の検証—

望月 政志（近畿大学）

大石 太郎（福岡工業大学）

八木 信行（東京大学）

A Comparison of the Economic Ripple Effects of Marine Fisheries and Offshore Wind Power Generation through Input-Output Analysis

Masashi Mochizuki (Kinki University)

Taro Oishi (Fukuoka Institute of Technology)

Nobuyuki Yagi (The University of Tokyo)

After the Great East Japan Earthquake, Japan has shown increased interest in renewable energy. While offshore wind power generation has attracted much attention in Japan because of the extensive ocean area available for the purpose, a tradeoff between policy support for offshore wind power and ocean fisheries is inevitable. We compare the economic ripple effects of investments in offshore wind power generation and marine fisheries using input-output

analysis. Our results show that investment in marine fisheries has a higher economic ripple effect than that in offshore wind power generation and that the annual economic value generated by the former is also higher. While offshore wind power is important as a source of alternative/clean energy for Japan, it would be prudent to realize its lower economic value compared to ocean fisheries.

1. はじめに

2011年3月11日の東日本大地震による原発事故以来、原発依存からの脱却と再生可能エネルギーを用いたエネルギー代替の可能性、レジリエントなエネルギーの在り方が注目されている。そうした中で、世界第6位の排他的経済水域を有する我が国においては海洋再生エネルギーへの期待も大きく、中でも洋上風力発電は、大きなポテンシャルを有することが指摘されている¹⁾。最近では、同じ海面を利用する漁業と洋上風力発電の共存共栄についても検討されているものの、現時点では洋上風力発電所建設に伴う漁業への影響は不明である²⁾。

他方、漁業の盛んであった被災地では、被災した漁業の復興を目指すのか、あるいは洋上風力発電を通じて再生可能エネルギーを提供していくべきかについて、補助金等を通じた政策的意思決定をどのように進めていくのか明らかにすることが求められている。

そうした状況において、国内における洋上風力発電の経済波及効果に関する分析は政策的判断をする上で重要と思われるが、既存研究ではほとんど行われていない。また、先駆的研究である松本・本藤 [3] では産業連関表を用いた風力発電の経済波及効果の分析を行っているが、洋上風力と陸上風力を区別しておらず、雇用効果のみの分析に留まっている。また、被災地での洋上風力発電に関する経済波及効果については、石川他 [4] が洋上風力発電による生産額からみた東北地域（岩手、宮城、福島）での経済波及効果の分析を行っているが、洋上風力発電所建設による直接投資によって生み出される経済波及効果に関する分析は行われていない。

そこで本研究では、今後の震災復興における洋上風力発電や漁業振興への政策的意思決定に資する情報提供を行うことを目的として、以下の分析を行う。

第一に、洋上風力発電所建設および建設に向けての計画や建設後のメンテナンス等を含むコストを洋

上風力発電所設置への投資とみなし、その投資から生み出される経済波及効果を全国レベルおよび地域レベルで試算する。全国レベルでは、「平成 17 年（2005 年）産業連関表」（総務省 [5]）を用いた全国での経済波及効果を試算し、国内にて洋上風力発電所を設置した場合の一般的な経済波及効果についてみる。地域レベルでは、海面漁業における被災漁船の被害額が全国で最も大きかった宮城県を事例に取り上げ、宮城県で洋上風力発電所設置に投資した

場合の経済波及効果について「平成 17 年宮城県産業連関表」（宮城県 [6]）を用いて試算する。

第二に、震災復興に向けて被災漁船の修復・建造のための設備投資を行った場合の経済波及効果と同等の投資を洋上風力発電に対して行った場合の経済波及効果を金額ベースで試算し、両者の比較を行った。

第三に、洋上風力発電所が生み出す経済価値（年間発電金額）を試算した。また、宮城県の被災漁船

表 1. 洋上風力発電所設置に係るコストと産業連関表の対応部門

費用の内訳		産業連関表		
項目	備考	基本分類 (行 520 × 列 407)	全国	宮城県
			統合小分類 (190 部門)	統合小分類 (110 部門)
① 開発と許認可	環境調査	自然科学研究機関 (産業)	学術研究機関	研究
	海岸線調査	自然科学研究機関 (産業)	学術研究機関	研究
	気象観測タワー調査	自然科学研究機関 (産業)	学術研究機関	研究
	海底調査	自然科学研究機関 (産業)	学術研究機関	研究
	エンジニアリング関連調査	自然科学研究機関 (産業)	学術研究機関	研究
	社会受容関連調査	自然科学研究機関 (産業)	学術研究機関	研究
② 風力発電機本体	ナセル / ロータ	発電機器	産業用電気機器	産業用電気機器
	タワー	発電機器	産業用電気機器	産業用電気機器
③ その他設備	ケーブル	電線・ケーブル	電線・ケーブル	電線・ケーブル
	風力発電機基礎（タービン基礎）	発電機器	産業用電気機器	産業用電気機器
	洋上変電所	変圧器・変成器	産業用電気機器	産業用電気機器
	陸上変電所	変圧器・変成器	産業用電気機器	産業用電気機器
	送電ケーブル引入れ	ケーブルを敷設し、陸上と洋上変電所を繋ぐ作業	その他の土木建設	その他の土木建設
	基礎設置	基礎を輸送し設置する作業	その他の土木建設	その他の土木建設
④ 建設と試運転	アレイケーブル引入れ	風力発電機と洋上変電所間に電力ケーブルを敷設する作業	その他の土木建設	その他の土木建設
	港湾施設	設備等の事前組立て拠点作り。	水運施設管理	その他の運輸付帯サービス
	洋上変電所建設	波止場の製作場から変電所を輸送し、洋上の基礎上に据付ける作業	電力施設建設	その他の土木建設
	海上補助	建設をサポートする多くの船舶の費用。他の費目に比べて金額は大きくならないと考え、今回の試算では費目から除外する。	—	—
	風力発電機設置	拠点港から風力発電機部品の輸送と基礎上への設置に係る作業	電力施設建設	その他の土木建設
	試運転	建設終了時に試運転を行い、引渡し前に全システムが稼動することを確認する作業。一般に風力発電機の供給契約に含まれるため除外した。	—	—
⑤ 運転とメンテナンス	建設後の運転とメンテナンスのコスト。	建設補修	建設補修	建設補修
⑥ 総コスト	計画から運転・メンテナンスまでの総コスト。（＝①＋②＋③＋④＋⑤）	—	—	—

注：1）出所：渡邊・中尾 [9] の費用項目および総務省 [5]、宮城県 [6] の産業連関表より筆者作成。

の修復・建造によって生み出される経済価値（海面漁業生産額）についても試算し、洋上風力発電からと被災漁船の修復・建造から生み出される経済価値についても比較した。

なお、洋上風力発電の基礎設置形式には、設置海域の水深の違い等により、風車を海底に固定させる着床式と風車自体を海に浮かべる浮体式の設置形式があるが³⁾、現時点では着床式が主流でありデータが充実していることから、本稿では着床式の洋上風力発電を想定し試算した。

2. 洋上風力発電の経済波及効果

(1) 計画・建設・メンテナンス等に係るコストと産業連関表の対応部門の分類

洋上風力発電への投資による経済波及効果を導くためには、洋上風力発電の計画・建設・メンテナンス等に係るコストの内訳別に産業連関表の対応部門の分類を行う必要がある。しかし、日本の洋上風力発電ははじまったばかりで国内資料に基づいてコストに関するデータを入手することが困難である。そ

こで洋上風力発電の先進国であるイギリスの政府系特殊法人が洋上風力発電への理解を促進するために発行したガイドブック「An Guide to an Offshore Wind Farm」(BVG Associates [8])とその邦訳版である渡邊・中尾 [9]に記載されている洋上風力発電建設等にかかる費用項目を用いて⁴⁾、各項目内容に応じて総務省 [5] の 190 部門表と宮城県 [6] の 110 部門表の基本分類、統合小分類に対応する部門の分類を行った (表 1)。

(2) 洋上風力発電の経済波及効果

表 2 は、全国および宮城県での洋上風力発電所設置による経済波及効果の試算結果を示している。表 2 の費用の割合は、渡邊・中尾 [9] に記載されている洋上風力発電所設置に要する項目毎の費用（金額）を総コスト（金額）で除した値である。渡邊・中尾 [9]におけるイギリスの値を用いた理由として、「洋上風力発電の技術革新は、現在も急ペースで進行中」(渡邊・中尾 [9])であり、今後採用されるコストを正確に把握することは困難であるため、今回は最新の技術を想定した参考値として渡邊・中尾

表 2. 全国および宮城県での洋上風力発電所設置による経済波及効果の試算結果

項目		費用の割合 ¹⁾ 【A】	産業連関表の逆行列係数 (列和)		国産品需要率 ²⁾ (%) 【D】	経済波及効果 (海外からの輸入部品を考慮した場合)	
			全国 ³⁾ 【B】	宮城 ⁴⁾ 【C】		全国 (【A】×【B】×【D】)/100	宮城 (【A】×【C】×【D】)/100
①開発と 許認可	環境調査	0.0025	1.846	1.458	100	0.005	0.004
	海岸線調査/気象観測タワー調査	0.0282	1.846	1.458	100	0.052	0.041
	海底調査	0.0056	1.846	1.458	100	0.010	0.008
	エンジニアリング関連調査	0.0006	1.846	1.458	100	0.001	0.001
	社会受容関連調査	0.0001	1.846	1.458	100	0.000	0.000
②風力発 電機本体	ナセル/ロータ	0.3085	2.188	1.346	30	0.203	0.125
	タワー	0.0617	2.188	1.346	0	0.000	0.000
③その他 設備	ケーブル	0.0494	1.990	1.277	100	0.098	0.063
	風力発電機基礎（タービン基礎）	0.1851	2.188	1.346	100	0.405	0.249
	洋上変電所	0.0185	2.188	1.346	100	0.040	0.025
	陸上変電所	0.0247	2.188	1.346	100	0.054	0.033
④建設と 試運転	送電ケーブル引入れ	0.0494	1.988	1.391	100	0.098	0.069
	基礎設置	0.0617	1.988	1.391	100	0.123	0.086
	アレイケーブル引入れ	0.0370	1.988	1.391	100	0.074	0.051
	港湾施設	0.0053	1.528	1.372	100	0.008	0.007
	洋上変電所建設	0.0062	1.988	1.391	100	0.012	0.009
	風力発電機設置	0.0864	1.988	1.391	100	0.172	0.120
⑤運転とメンテナン	ス	0.0682	2.042	1.302	100	0.139	0.089
⑥総コスト		1	—	—	—	1.494	0.980

注：1) 費用の割合は、渡邊・中尾 [9] に記載されている洋上風力発電所設置に要する項目毎の費用（金額）を総コスト（金額）で除した値である。

2) 風力発電機本体のパーツにおいて海外からの輸入部品が多く使われている国内の風力発電の現状を考慮し、松本・本藤 [3] から風力発電機本体のナセル/ロータの国産品需要率を 30% (70%を海外から輸入)、タワーの国産品需要率を 0% (100%を海外から輸入) と仮定している。

3) 全国の産業連関表の逆行列係数については、総務省 [5] の 190 部門表の列和の値を用いた。

4) 宮城の産業連関表の逆行列係数については、宮城県 [6] の 110 部門表の列和の値を用いた。

[9] の値を用いた。

経済波及効果の試算方法は、以下の通りである。表 1 で区分した産業連関表に対応する総務省 [5] および宮城県 [6] の逆行列係数（列和）（**[B]**、**[C]**）と国産品需要率（**[D]**）を各コストの費用の割合（**[A]**）に乗じて 100 で除したコスト別の経済波及効果を試算し、試算したコスト別の経済波及効果の総和を総コストの経済波及効果（発電所 1 施設を建設するのに要する費用に対比させた経済波及効果）とした。

経済波及効果を試算するにあたって、移入を考慮した逆行列係数 $[I-(I-M)A]^{-1}$ を使用している。また、風力発電機本体のパーツとして海外からの輸入部品が使用されている国内の風力発電の現状を考慮し、松本・本藤 [3] が推計した値から風力発電機本体のナセル/ロータの国産品需要率を 30%（70%を海外から輸入）、タワーの国産品需要率を 0%（100%を海外から輸入）と仮定し、海外からの輸入部品を考慮した経済波及効果とした。

表 2 から、洋上風力発電所 1 施設を建設するのに要する費用に対比させた経済波及効果は、全国が 1.494、宮城県が 0.980 となった。この結果から、全国レベルでは洋上風力発電設置による経済波及効果は投資額の約 1.49 倍の経済波及効果が期待できるが、宮城県では約 0.98 倍の経済波及効果しか期待できず、地域への経済波及効果をあまり期待できないことがわかった。ここで宮城県の経済波及効果が 1 を下回った要因として、前述したように輸入部品に頼っている風力発電機本体のパーツに対する需要が国内ではなく海外へと流出したことが挙げられる。

3. 漁船への設備投資による経済波及効果

次に、被災した宮城県内の海面漁業の漁船復旧による地域への経済波及効果と宮城県で洋上風力発電所を設置した際の経済波及効果について比較する。

宮城県 [6] の 110 部門表より、漁船の建造・修理が含まれる産業部門「船舶・同修理」の逆行列係数（列和）が 1.36 であることから、宮城県内の被災漁船の復旧に対する設備投資 1 単位あたりの経済波及効果は 1.36 と捉えられる。したがって、前述で試算した宮城県の洋上風力発電所設置の経済波及効果が 0.98 であったことから、宮城県では同じ投資額ならば洋上風力発電所に比べ被災漁船への復旧に投資した方が、地域への経済波及効果が大きいと言える。

具体的な金額でみると次のようになる。水産庁 [10] によると、震災による宮城県の被災漁船数は 12,029 隻で、漁船被害額については 116,048 百万円であることから、仮にこれらの漁船を復旧するために 116,048 百万円を投じて漁船の建造・修復をしたと仮定すると、宮城県の地域内への経済波及効果は約 157,825 百万円（116,048 百万円 × 1.36）となる。他方、同等の額を洋上風力発電所設置に投じた場合の経済波及効果が 113,727 百万円（116,048 百万円 × 0.98）となることから、被災漁船への復興支援の方が洋上風力発電への投資に比べて 44,098 百万円大きい経済波及効果を地域に与えることがわかる。

また、全国レベルでみても、総務省 [5] の 190 部門表の「船舶・同修理」の逆行列係数（列和）より、漁船の建造・修理への投資 1 単位あたりの経済波及効果は 2.497 であり、洋上風力発電の経済波及効果（全国）1.494 よりも大きいことから、宮城県と同様に、同じ投資額ならば洋上風力発電所に比べて漁船の建造・修理に投資した方が経済波及効果は大きいと言える。

4. 経済価値

（1）被災漁船の復旧から生み出される経済価値

表 3 は、東日本大震災による国内海面漁業（養殖

表 3. 被災漁船数と被災漁船の機会損失額

	被災漁船数 (隻)	県内登録漁船数 (隻)	海面漁業・養殖業生産額 (百万円)	一隻当たりの生産額 (百万円)	被災漁船の機会損失額 (百万円)
宮城県	12,029	13,478	77,679	6	69,328
全国	28,612	—	938,955	—	155,146

注：1）出所：水産庁 [10]、水産庁 [11]、農林水産省 [12] より筆者作成。

2）被災漁船の機会損失額は、一隻当たりの生産額（県内登録漁船数または漁船保険加入隻数で海面漁業・養殖業生産額を除いた値）に被災漁船数を乗じた値。

3）全国の被災漁船の機会損失額は、被災した各都道府県別の機会損失額を合計した値。

表 4. 着床式洋上風力発電における年間発電金額の試算結果

総投資額（百万円）	116,048
システム価格（万円/kW）	26.9
発電容量（kW）	431,405
設備利用率（％）	27.27
年間発電量（kWh）	1,030,563,185
年間発電金額（百万円）	23,806

注：1）システム価格の値は、茨城新聞 [13] より、ウインド・パワーかみす洋上風力発電所における 2012 年 5 月着工の増設工事（発電容量 16,000 kW）の総建造費約 43 億円から算出。

- 2）発電容量は、投資額をシステム価格で除した値。
- 3）設備利用率については、一般社団法人日本風力発電協会ロードマップ検討 WG [7] より、年間平均風速 7.0 m/s のときの設備利用率の値を用いた。
- 4）年間発電量 = 発電容量 × 24 時間 × 365 日 × 設備利用率
- 5）年間発電金額は、再生可能エネルギーの固定価格買取制度・2012 年度設定価格（20 kW 以上）の 23.1 円/kWh を年間発電量に乗じた値。

業含む）の被災漁船数と被災漁船の機会損失額を示している。

ここでいう機会損失額とは、被災漁船がダメージを受けた状態のまま 1 年間漁業生産されなかった場合に失われる年間生産額と定義する。表 3 から、震災によって全国で約 155,146 百万円、宮城県においては 69,328 百万円の機会損失額が発生することがわかる。

機会損失額について別の見方をすれば、被災した漁船を被害額の 116,048 百万円を投じて稼働できる状態にすれば、宮城県で年間 69,328 百万円相当の国内海面漁業（海面養殖業も含む）からの経済価値が見込まれるということでもある。

(2) 洋上風力発電から生み出される経済価値

また、震災による宮城県の漁船の被害額 116,048 百万円と同等の金額を洋上風力発電に投資した場合に生み出される経済価値（年間発電金額）について比較した。

表 4 は、着床式洋上風力発電における年間発電金額の試算結果を示している。ここでは、年間発電金額を試算するため、ウインド・パワーかみす洋上風力発電所における 2012 年 5 月着工の増設工事（発電容量 16,000 kW）の総建造費約 43 億円から算出したシステム価格 26.9 万円/kW を用いて試算した⁵⁾。

年間発電金額の試算方法は、以下の通りである。

- ① 投資額とシステム価格から発電容量を算出する。
- ② ①で求めた発電容量と設備利用率を使い、以下の式で年間発電容量を算出する。
年間発電量 = 発電容量 × 24 時間 × 365 日 × 設備利用率
- ③ ②で求めた年間発電量に発電した電気の販売価格を乗じる。

試算結果から年間発電金額は 23,806 百万円となり、前述した漁船の建造・修繕による投資から得られる経済価値（69,328 百万円）に比べると、洋上風力発電への投資から得られる経済価値（年間発電金額）が低いことがわかった。

5. まとめ

本研究では、全国レベルおよび地域レベル（宮城県）における洋上風力発電所設置による投資がもたらす経済波及効果を試算した結果、全国レベルでは最大で投資額の約 1.49 倍の経済波及効果を得られるものの、地域レベル（宮城県）では最大でも約 0.98 倍の経済波及効果と小さいことが分かった。

また、宮城県における海面漁業の被災漁船に対する震災復興への投資による経済波及効果や被災漁船の復旧から生み出される経済価値および洋上風力発電から生み出される経済価値を試算した結果、投資が誘発する需要の側面（経済波及効果）、投資が生み出す価値の側面（経済価値）のいずれからでも国内海面漁業の漁船の建造・修復への投資の方が効果的であるという結果が得られた。

こうした分析結果から、洋上風力発電の経済パフォーマンスは必ずしも高くはないことが示唆される。特に被災地である宮城県では、洋上風力発電を通じた地域経済の復興より、被災漁船の復旧を通じた地域経済の復興の方が効果的であるといえる。ただし、このことは、被災地での洋上風力発電所設置に対して必ずしも批判するものではない。例えば、地域への経済波及効果が小さいものの未利用漁場での洋上風力発電による利用は、漁業と洋上風力による共存が図れ、漁業と洋上風力発電の多面的海面利用による地域経済の活性化が期待できる。

最後に今回の分析で残されている課題について述べておく。今回行った地域レベルでの経済波及効果

の試算については、宮城県のみを対象としており、他の地域についても宮城県と同様の結果が得られるとは限らないため、他の地域の分析については今後の課題とする。

【付記】本研究は、総合地球環境学研究所の平成 24 年度インキュベーション研究 (IS) プロジェクト「レジリエントなエネルギーシステムの構築に向けたシナリオ作成のための予備的研究」における研究成果の一部である。

注 1) 高木 [1] を参照。

2) 中原 [2] を参照。

3) 浮体式については実用化に向けての実証実験が行われている段階であるが、一般社団法人日本風力発電協会ロードマップ検討 WG [7] によると、我が国の洋上風力発電に利用可能な建設適地面積の広さは、着床式で 14,746 km² であるのに対し、浮体式は 77,443 km² と大きく、今後、実用化されれば浮体式洋上風力発電のニーズが高くなることが期待される。

4) BVG Associates [8] で試算されているコストは、発電容量 500 MW (5 MW × 100 基) の着床式洋上風力発電を想定した値である。

5) ウインド・パワーかみす洋上風力発電所から導出したシステム価格 26.9 万円/kW は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 [15] (p. 126) にあるイギリスの事例のシステム価格 31.0 万円/kW と大きな差はない。

参考文献

- [1] 高木 健「海洋再生可能エネルギーの技術面について」『2012 年度国際漁業学会大会シンポジウム「再生可能エネルギーと水産業」報告要旨集』, 2012.
- [2] 中原裕幸「風力発電事業等と漁業との協調について」『2012 年度国際漁業学会大会シンポジウム「再生可能エネルギーと水産業」報告要旨集』, 2012.
- [3] 松本直也・本藤祐樹「拡張産業連関表を利用した再生可能エネルギー導入の雇用効果分析」『日本エネルギー学会誌』第 90 巻第 3 号, pp. 258-267, 2011 年.
- [4] 石川良文・中村良平・松本 明「東北地域における再生可能エネルギー導入の経済効果：地域間産業連関表による太陽光発電・風力発電導入の分析」『RIETI Policy Discussion Paper Series 12-P-014』, 2012.
- [5] 総務省「平成 17 年 (2005 年) 産業連関表」, 2009.
- [6] 宮城県「平成 17 年宮城県産業連関表」, 2010.
- [7] 一般社団法人日本風力発電協会ロードマップ検討 WG「風力発電の賦存量とポテンシャルおよびこれに基づく長期導入目標とロードマップの算定 (Ver. 1.1)」, 2010 年.
- [8] BVG Associates, A Guide to an Offshore Wind Farm, *THE CROWN ESTATE*, 2010.
- [9] 渡邊文人・中尾 徹「洋上風力発電の計画・建設・運用・メンテナンスに係る費用等 (洋上風力発電ガイド:UK ラウンド 3)」『風力エネルギー』第 35 巻第 3 号, pp. 85-113, 2011.
- [10] 水産庁「平成 23 年度水産白書」, <http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/h23/>
- [11] 水産庁『漁船統計表』総合報告第 63 号, 2011.
- [12] 農林水産省「平成 22 年漁業生産額」, http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/gyogyou_seigaku/index.html
- [13] 『茨城新聞』「神栖洋上, 風力発電 8 基増設 1 万 6000 キロワット分来月着工」, 2012 年 4 月 28 日.
- [14] 環境省「平成 22 年度 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書」, 2011 年.
- [15] 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「NEDO 再生可能エネルギー技術白書」, 2010 年.

(受理日：2013 年 4 月 12 日)