

洋上風車設置作業の経済性と次世代型風車設置船コンセプト

Economic Study and Concept of Next Generation Wind Turbine Installation Vessel



小松 正夫*1
Masao Komatsu

澤井 貴之*2
Takayuki Sawai

伊藤 弘人*3
Hiroto Ito

熊本 均*4
Hitoshi Kumamoto

欧州を中心に洋上風車の設置工事が本格化している。風車メーカーによる大型風車の開発競争と相まって、今後洋上風車の単機容量及び年間設置基数は増加していくと予想されており、大型の風車設置船建造や高効率を狙った新コンセプトの提案が行われているが、当社でも2008年より7MW洋上風車の開発と並行して、業界関係者の意見を聴取しながら大型風車の設置船開発を進めてきた。ここでは当社の風車設置船のコンセプトを紹介し、サイクルタイムシミュレーション等を通して、大型風車の設置に適した風車設置船を提案する。

1. はじめに

海外では欧州を中心に洋上風力発電の積極的な導入が進められており、その設備容量は2011年末ではほぼ4GWに達した。イギリス/ドイツを中心として、今後も意欲的な洋上風車設置計画が策定されており、EWEA (European Wind Energy Association)によればその規模は2015年に3GW/年、2020年には7GW/年に達すると報告されている。これは5MW機に換算すると年間600基(2015年)、年間1400基(2020年)の規模で、現存する風車設置船のみでは対応が困難であり、効率のよい大型風車を対象とした設置船が待望されている。

2. 洋上における風車設置作業

現在、欧州を中心に盛んに行われている洋上風車の設置作業では、SEP船(Self Elevating Platform: 自己昇降式台船)で一度に風車3~5基分のパーツを分割して設置海域まで輸送し、洋上で組み立てる工法が取られている。

風車設置の手法としては分割設置^(※1)とするか一体設置^(※2)とするか、また設置に使用する船舶としてはSEP船か非SEP船か等の選択肢があり、様々な考え方から種々のコンセプトが提案されている。一体設置や非SEP方式^(※3)に関しては今後の検討課題も多く指摘されており、実現にはもう少し時間がかかると思われる。当社のこれらコンセプトを(1)から(3)に示す。

(※1) 従来の洋上風車設置工法で、風車を4~6分割したパーツのまま台船にて設置海域まで輸送し、設置海域にてクレーンを用いて組み立てる工法。

(※2) 積出港で風車全体を組立て後、輸送・設置する洋上風車の設置工法。

(※3) SEP船のようにジャッキアップ装置で船体を固定せずに、船体を海面に浮かべた状態で設置作業を行う方式。

*1 船舶・海洋事業本部 船海技術総括部 グループ長
*3 船舶・海洋事業本部 船海技術総括部 主席技師

*2 船舶・海洋事業本部 船海技術総括部 長崎船海技術部
*4 船舶・海洋事業本部 船海技術総括部

(1) スキッド型風車一体設置船

設置作業時の制約が多いクレーンを使用せず、風車を一体で設置する。風車は基部のスキッドで重量を支持し、倒れ止めのガイドを装備する。折り畳み式の延長甲板を装備し、前後左右及び上下の調整が可能なスキッドで、風車を基礎の上に設置する(図1)。

(2) 緊張アンカ型風車設置船

船体の固定にジャッキアップ装置を使用せず、浮沈アンカ、緊張索及びブラスタで船体を安定させ、風車の設置を行う。船体はセミサブ方式で、波浪の影響を減少させる形状としている(図2)。

(3) あめんぼう型風車設置船

船体中央にクレーン及び操作室を配置し、その周囲に風車パーツを配置した設置船。船体はセミサブ方式、ジャッキアップ方式双方の対応が可能なコンセプト。風車も分割設置、一体設置共に対応可能である(図3)。



図1 スキッド型風車一体設置船



図2 緊張アンカ型風車設置船

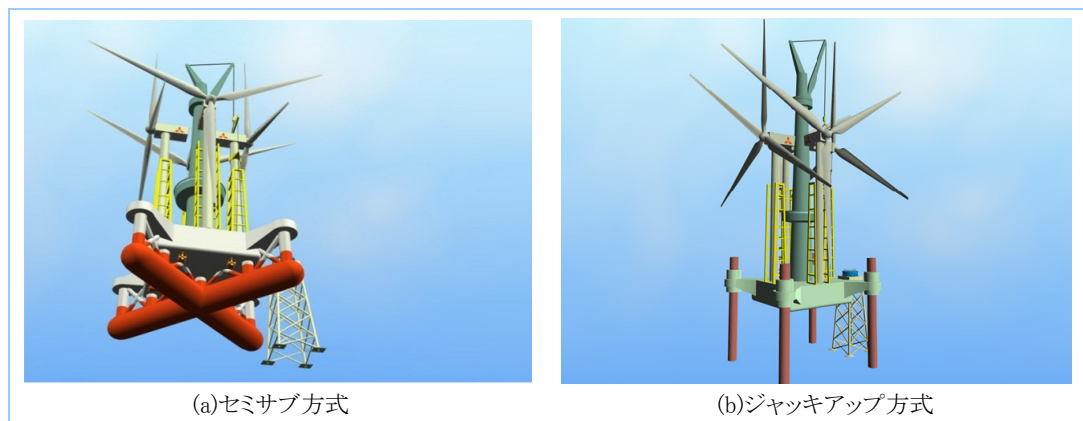


図3 あめんぼう型風車設置船

一方で、計画中の洋上風力開発の規模拡大、より沖合でのサイト展開、水深増、風車の大型化の傾向をかんがみるに、従来の SEP 船、工法では設置工事期間、SEP 船の用船コストの面で建設コストの悪化が見込まれ、その改善は早急の課題である。

この課題を解決するためには下記の手段が考えられる。

2.1 工期短縮

(1) 輸送時の風車パーツ点数の削減

積出港で予めある程度の組立てを済ませた上で輸送、設置することで、洋上での組立て時のクレーンの吊り回数を減らし、組立て時間を短縮する。(大容量のクレーンが必要となる。一体設置方式がその最たる例。一体設置工法の例を図4に示す。)

(2) 回航時間の短縮

積出港と設置海域の間の回航時間を短縮することで全体の工期を短縮する。(SEP 船に高い推進能力(高船速)が必要となる。)

(3) 回航の頻度削減

積出時の搭載風車基数を増やすことで、積出港と設置海域の間の回航頻度を減らし、全体の工期短縮を図る。(輸送時のパーツ搭載容量の大きい大型 SEP 船を採用する必要がある。)

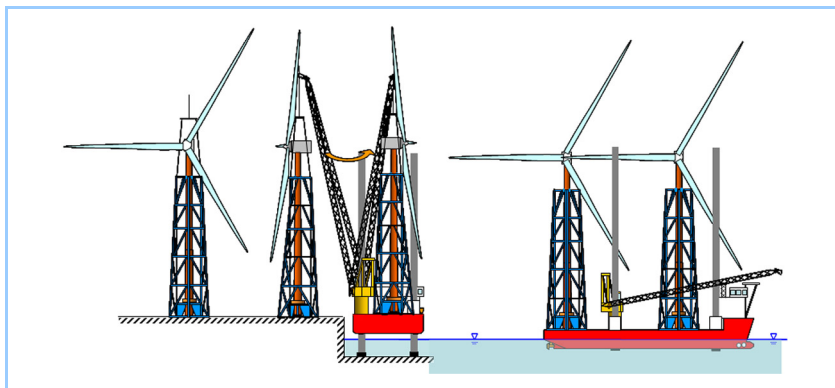


図4 風車の一体設置

岸壁で風車を一体組立て後船上に搭載。設置船は完成した風車を搭載し、洋上の基礎上に据付ける。岸壁での組み立て設備が必要となるが、洋上では一体で容易に設置が可能。また陸上で風車のコミッショニングが完了するので、風車の信頼性向上にも資する。

2.2 用船コストの削減

マーケットとの兼合いがあるが、基本的には低船価で低能力の SEP 船(船体サイズ、主機出力、クレーン、ジャッキアップ装置容量が小さい船舶)を用いることで用船コストを低く抑える。

上記の工期短縮のために使用する SEP 船には、クレーン、推進機関または主船体が大型なものを採用する必要があるため、用船コストの面では悪化する可能性がある。逆に用船コスト削減のために低能力の SEP 船を採用することで工事の効率が低下することも考えられる。SEP 船の選定には設置効率と用船コスト両面を見合わせた上で最適な機材選定が必要となる。

3. サイクルタイムシミュレーション

例題として洋上風車設置工事における最適なSEP船の仕様を探る目的で実施した設置工事のサイクルタイムシミュレーションの結果を紹介する。本シミュレーションではある想定海域において年間 250 日の設置工事を行った場合に、風車パーツを6分割^(※4)した場合と一体設置方式とした場合の1年あたりの設置可能基数と設置コストの比較を行っている。シミュレーションの比較前提条件を表1に、年間設置可能基数及び設置単価の比較結果を図5、図6にそれぞれ纏める。

(※4) 上下タワー2分割, ローターハブ+ナセル, ブレード3枚の6分割

表1 サイクルタイムシミュレーションの比較前提条件

		・想定離岸距離 : 240 km ・平均水深 : 35 m	
設置方式		6 分割	一体設置
一輸送あたり積載風車基数	基	1 / 3 / 5 / 10	1-6
船速	kt	8 / 10 / 12	
所要時間			
荷役	h/パーツ	6.0	
積出港－設置海域までの移動	h	16.2 / 13.0 / 10.8	
船体位置決め	h	5.0	
設置・組立て	h/基	36 / 46 / 56	6 / 12
次設置位置への移動	h	5.0	
設置海域－積出港への帰港	h	16.2 / 13.0 / 10.8	
風車設置時間(風車1基あたり)	h/基	54~81	25~53
用船コスト	US\$/d	SEP船仕様による	
港費	百万 US\$/年	港設備による	

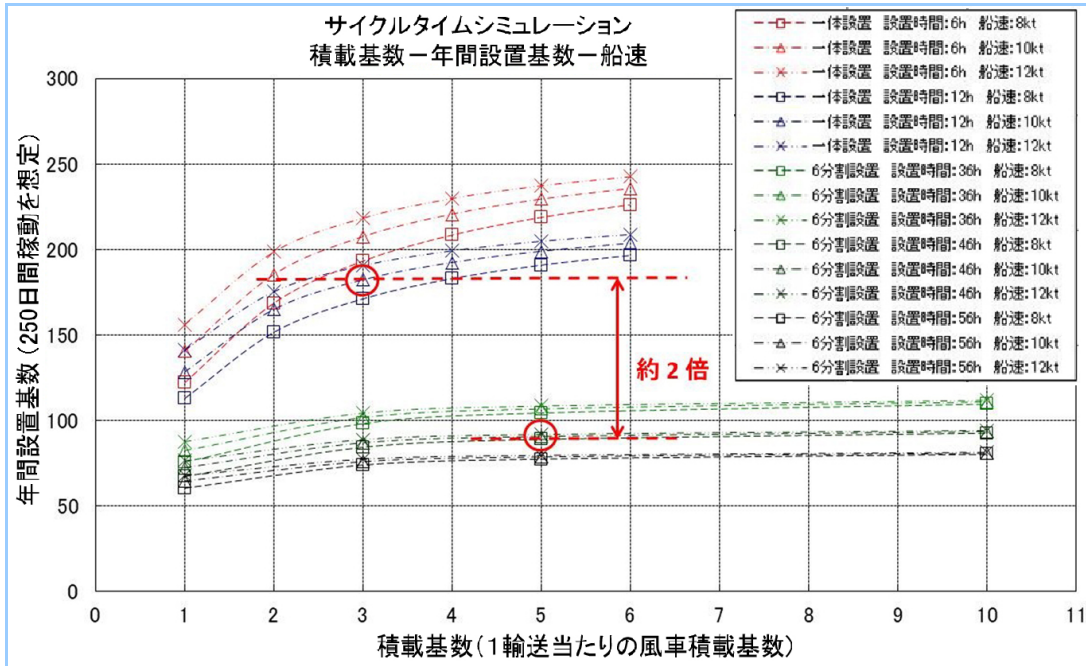


図5 年間設置可能基数の比較

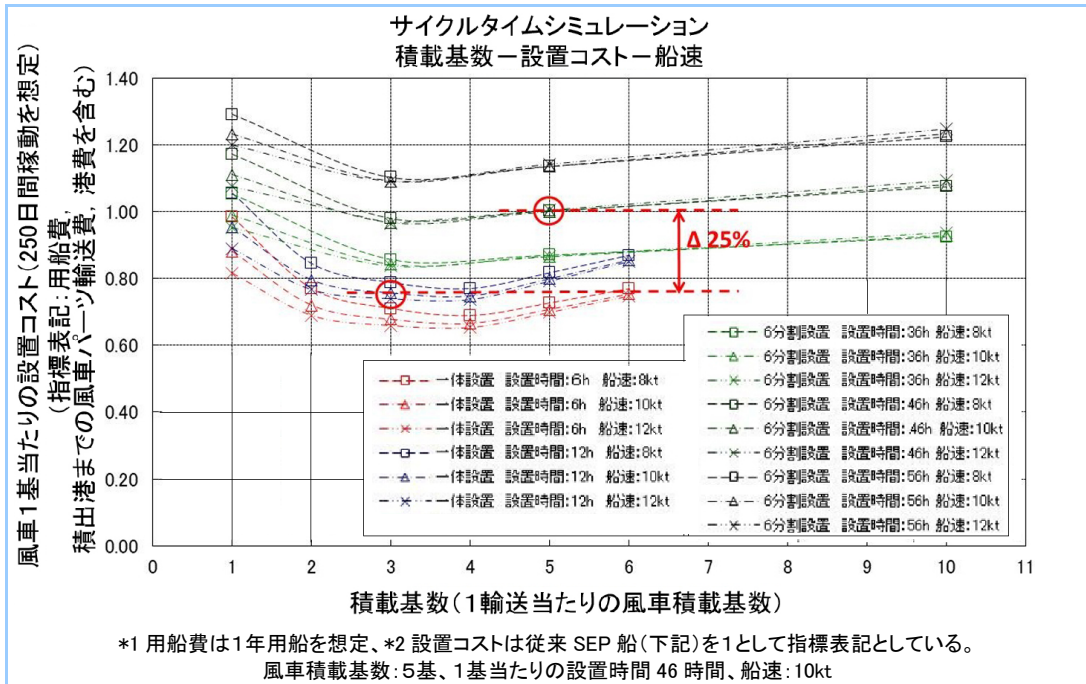


図6 風車設置単価の比較

本例題のシミュレーション結果より、例えばパーツ6分割輸送・組立て方式で風車5基積み／組立て・設置時間 46h のケースと、一体設置方式で風車3基積み／設置時間 12h のケースを比較した場合、一体設置方式の方が年間の設置可能基数が約2倍多く、設置単価が約 25%低い結果となった。

一体設置方式の風車設置単価が分割設置方式に比べ年間可能設置基数の差程に低くならない理由は、一体設置方式では大型のクレーン、ジャッキアップ装置を備える必要があることにより用船コストが高く、陸上設備費のために、初期コストが余計に嵩む影響の現れである。

本例題からは、一体設置方式の方が初期コストが嵩むものの、設置効率の良さによりトータルコスト（設置単価）で分割設置方式よりも優位であることが示されたといえる。

SEP 船の航行速力については、搭載風車基数が多いほど輸送一設置の1サイクルにおける回航時間の割合が小さくなり設置コスト改善への寄与は小さくなるため、ある程度の積載容量を有するのであれば航行速力は最適化の要素から除いてもよいだろう。

また風車積載容量についても、大きいほど1サイクルあたりの回航時間の割合が小さくなり年間設置可能基数が増加する傾向にある。分割設置方式の場合、搭載数が4基程度で年間可能設置基数増加の上限に達する一方で、積載容量が大きすぎるとコストの悪化につながる傾向にあり、コスト面からみると3~4基搭載の船体サイズが最適のようだ。これは一体設置方式においても同様の傾向が見られる。

4. 兼用型風車設置船

サイクルタイムシミュレーションの結果によれば一体設置の優位性は明らかであるが、一体設置は大量設置に効力を発揮するものの、年間工事量の面でその作業効率を十分に活かせるような設置計画は当面ない。現状の年間50基から100基程度の設置では逆に用船費用が高くなる可能性もある。

当社では以上の検討結果を踏まえて、将来の一体設置や基礎の設置にも対応可能で、コンパクトな風車設置船の試設計を完了した。

本船は7MW級風車の設置が可能な風車設置船で、分割設置の場合は3基、一体設置の場合は2基、基礎は7MW用基礎2基の搭載が可能のように設計されている。

本船の主要目及びイラストを図7に示す。

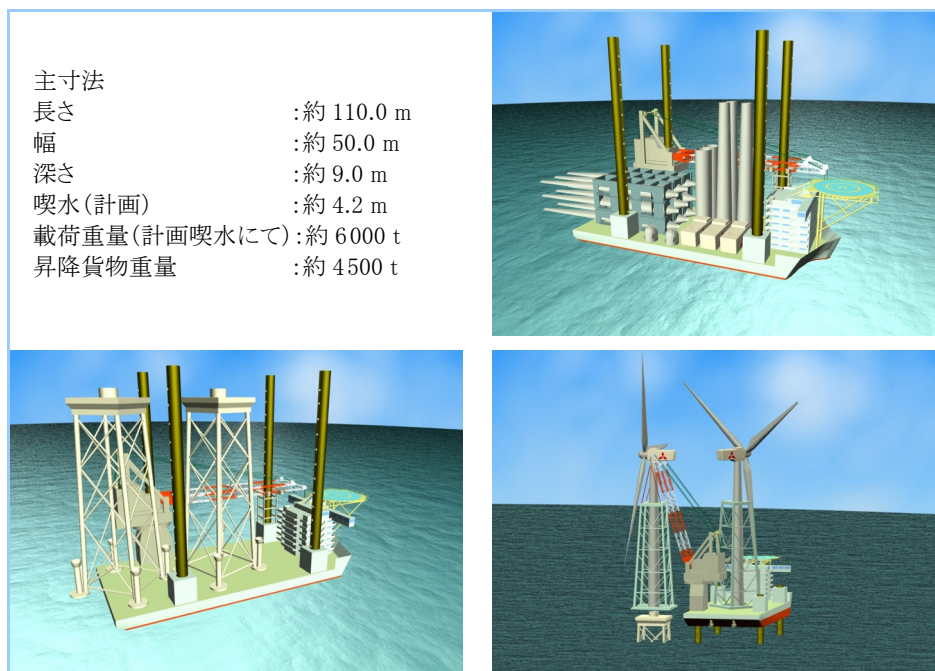


図7 三菱風車設置船

5. まとめ

この検討はあくまで一つの例題であり、計算の前提条件は実際の工事案件毎で多少異なるものと考えられるが、より低コストで効率的に工事を進めるためには、風車の分割パーツ数がより少なく、風車3~4基程度の搭載能力を持つあまり大きくないSEP船を採用することが望ましいといえる。

風車の一体設置方式については、積出港で事前に風車の作動試験を実施できることや風車組立て工事の単価が洋上よりも陸上の方が低コストであることも考え合わせると、工事の効率化・低コスト化を図る上で非常に有効な手段であるといえる。ただし、大型風車の一体吊り、船上でのハンドリング、陸上での作動試験のためのインフラ整備など、その実現のための課題は多い。

また、非SEP方式での設置に関しては、ジャッキアップの安全性や効率と、船体が波浪により動揺する場合の種々なる制約とのトレードオフであり、サイトの条件等によって評価が異なると思われるので、個別のプロジェクトの議論を待ちたい。