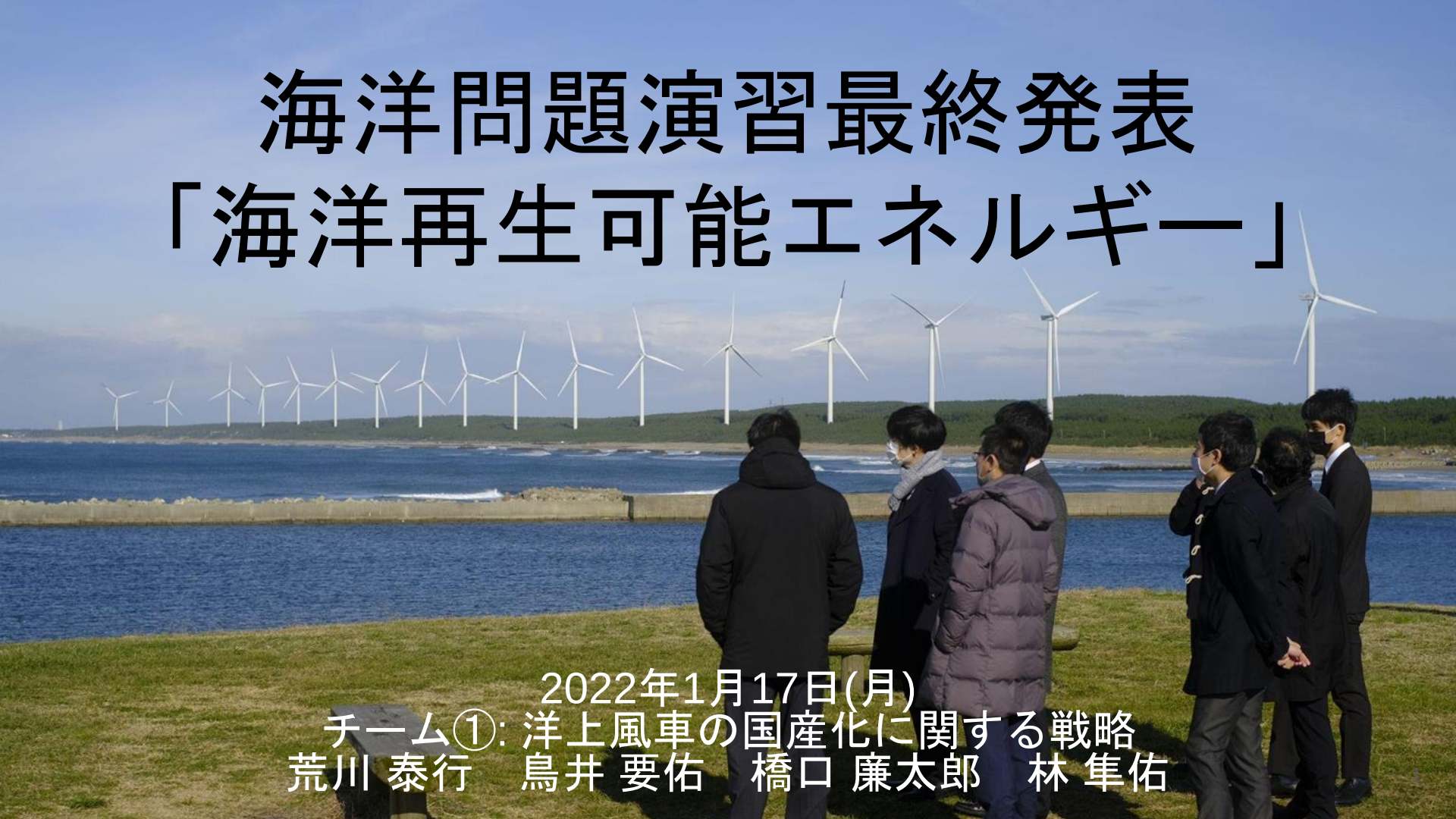
海洋問題演習最終発表
「海洋再生可能エネルギー」



2022年1月17日(月)

チーム①: 洋上風車の国産化に関する戦略

荒川 泰行　鳥井 要佑　橋口 廉太郎　林 隼佑

発表の構成

主張: 風車基幹部品の国産化のために
技術の進展を考慮した政策を掲げるべき

1. 国内サプライチェーン形成の重要性
   - 洋上風車のサプライチェーンと拠点港のタイプ分け
   - 国内サプライチェーン形成を目指す３つの意義

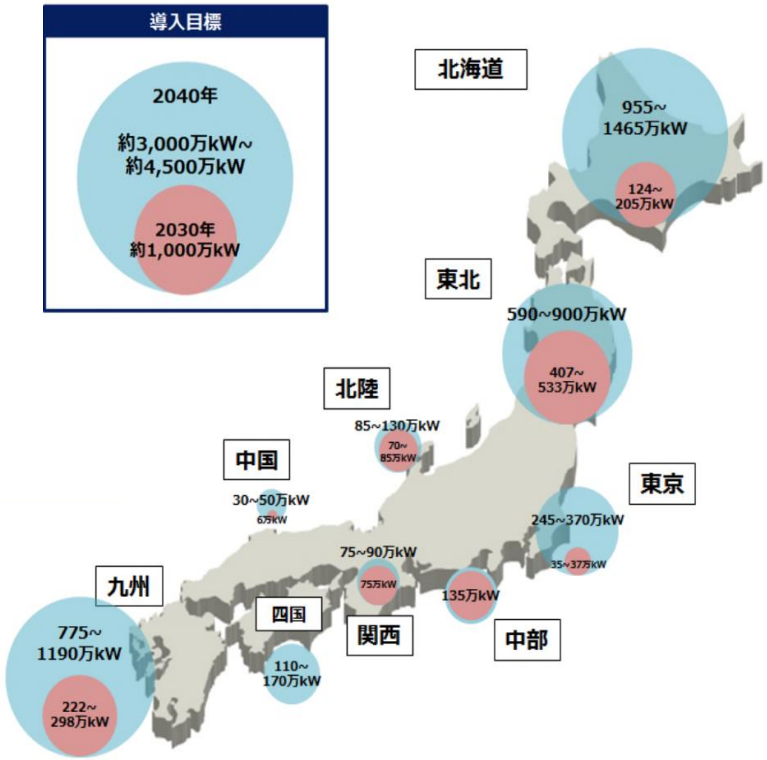
2. 経済的な優位性から評価する、基幹部品の組立拠点としての日本
   - メーカーから見た、日本の優位性
   - 比較劣位に対する日本の既存の政策

3. 風車大型化によって見出される新しい価値
   - ブレードの品質保持、製造の難しさに対する「自動化」の技術
   - ブレード素材の変化によって求められる「環境への配慮」

4. 潜在的な価値を優位性につなげるための政策
   - 自動生産技術の公募・マッチングによる産業集積の促進
   - 関連人材の育成
   - 評価基準・規格の策定による環境低負荷な風車製造の実現

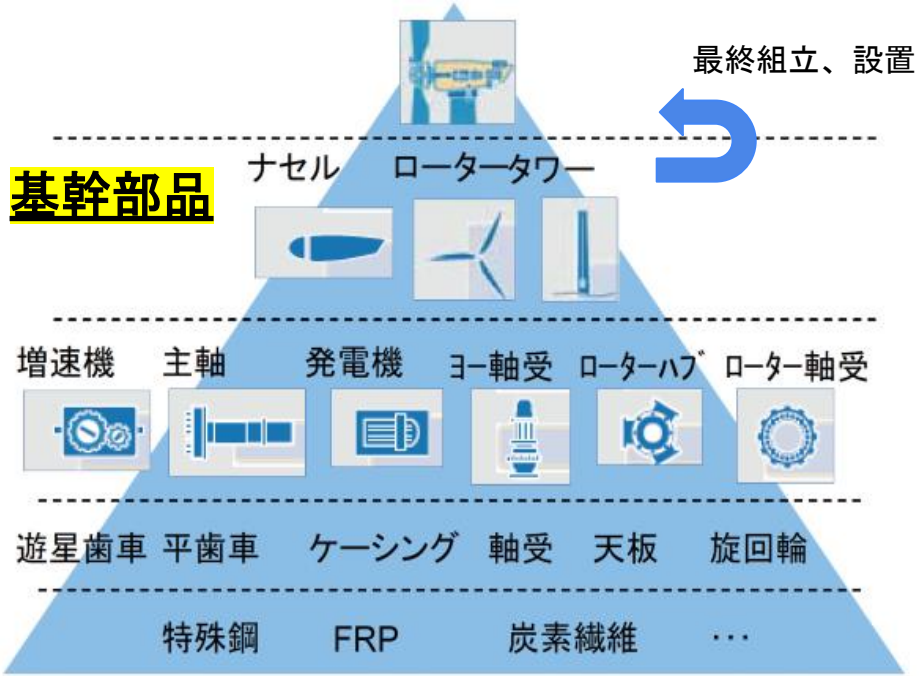
日本における洋上風力発電の展開

- 現在、日本では洋上風力発電関連の法整備が進み、秋田県沖などを中心に徐々に導入されつつある
- 脱炭素社会実現のため、洋上風力発電の導入が今後進展すると考えられる
- 将来的には国産化するという目標がある



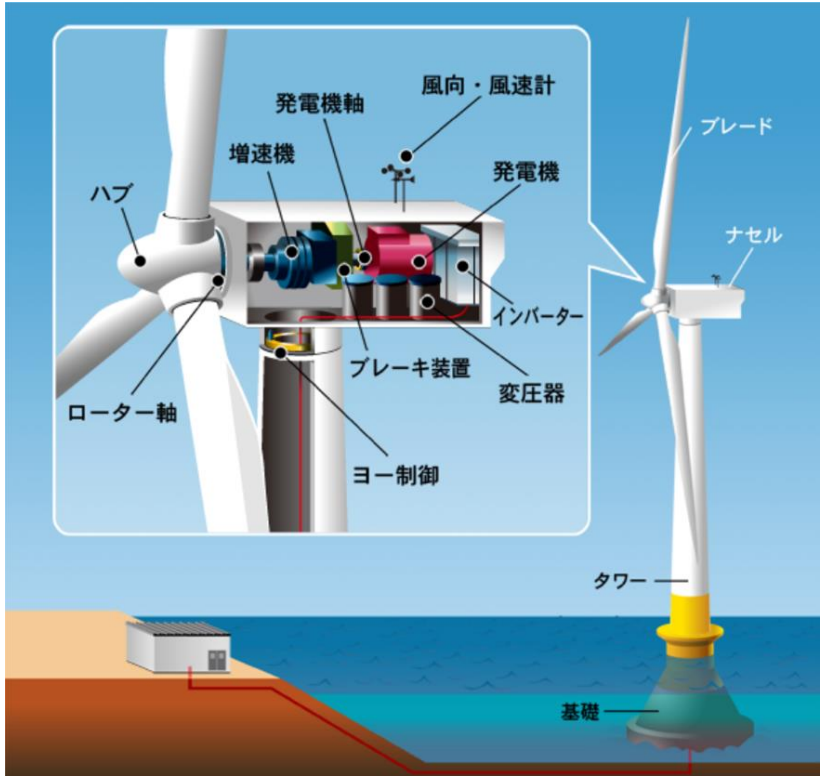
右図：経済産業省(2019)「洋上風力産業ビジョン（第１次）（案）概要」p. 7 より
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/yojo_furyoku/pdf/002_02_01.pdf

洋上風車の部品とサプライチェーン



風力発電サプライチェーンのイメージ

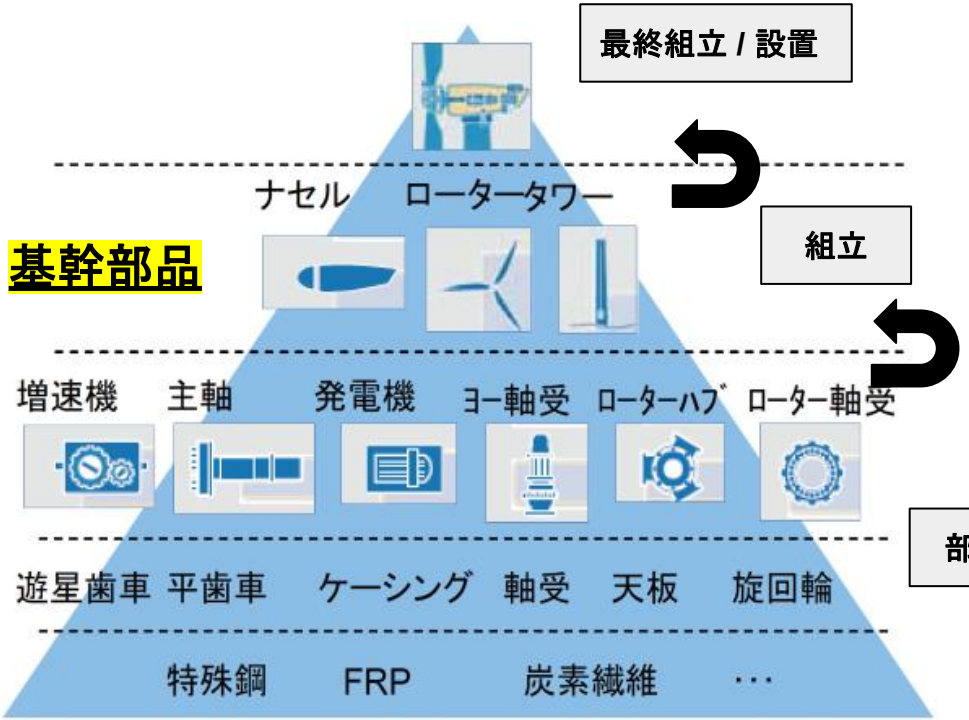
出典：「産業振興の側面から見た風力発電への期待～東北復興とエネルギー政策の見直しに向けた考察」(Mizuho Industry FocusVol.99, 2011年7月20日)5ページ【図表Ⅱ－１】
環境ビジネスオンライン「洋上風力発電産業、30年度には1兆円の市場規模に」



風車の構造

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構「風車の構造」より
https://www.nedo.go.jp/fuusha/kouzou.html

サプライチェーンによる拠点港のタイプ分け（松/竹/梅）



梅

搬入される基幹部品を
風車へと組み立てる

竹

小型部品から基幹部品を
組み立てるところから最終
組立を拠点港付近で行う

松

小型部品の製造から最終組立までの
サプライチェーンを拠点港付近で行う

風力発電サプライチェーンのイメージ

出典：「産業振興の側面から見た風力発電への期待～東北復興とエネルギー政策の見直しに向けた考察」(Mizuho Industry FocusVol.99, 2011年7月20日)5ページ【図表Ⅱ－１】
環境ビジネスオンライン「洋上風力発電産業、30年度には1兆円の市場規模に」

国内サプライチェーンの形成

政府は以下の観点から国内サプライチェーンの形成を目指している

1. 輸送期間およびコストの削減
   - 欧州から基幹部品を輸送する場合と比べ、kWあたりの輸送費用が1/4ほどに低減すると見られる
1. 国内および地域の経済活性化
   - 100万kWを国内企業が供給する場合、1.2兆円の経済波及効果と9.3万人の雇用効果が見込まれる
1. 電力の安定供給
   - 大型部品を欧州から輸送する場合50~60日かかるため、故障時の運転停止期間が長くなる

※予測値は三菱総研（2020）の試算による

発表の構成

1. 国内サプライチェーン形成の重要性
   - 洋上風車のサプライチェーンと拠点港のタイプ分け
   - 国内サプライチェーン形成を目指す３つの意義

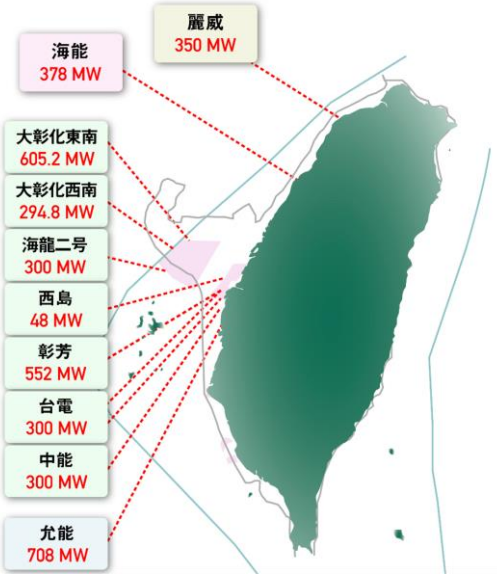
2. 経済的な優位性から評価する、基幹部品の組立拠点としての日本
   - メーカーから見た、日本の優位性
   - 比較劣位に対する日本の既存の政策

3. 風車大型化によって見出される新しい価値
   - ブレードの品質保持、製造の難しさに対する「自動化」の技術
   - ブレード素材の変化によって求められる「環境への配慮」

4. 潜在的な価値を優位性につなげるための政策
   - 自動生産技術の公募・マッチングによる産業集積の促進
   - 関連人材の育成
   - 評価基準・規格の策定による環境低負荷な風車製造の実現

基幹部品の組立拠点としての優位性

- 台湾では2019年に洋上風力発電所（フォルモサ1）が稼働を開始し、商業稼働の規模では日本に先行している
- 台湾の洋上風力産業への投資規模は、2035年までの15年間で3.5兆円相当と試算されている（日本の令和3年度の再エネ主電源化・省エネの推進予算が2000億円程度）
- 物流コスト：最終組立港での製造は輸送費削減につながるが、メーカー目線ではそこまで大きくない（メーカーヒアリングより）



台湾の洋上風力発電サイト

出典：「洋上風力発電の「国産化」：期待と挑戦（二）」(Energy Shift)
(https://energy-shift.com/news/260fdcc1-0864-4a1e-9e31-c58a92eaa9e4)

経済的合理性から考えると、大手メーカーが日本を基幹部品の組立拠点に選ぶ理由は少ない

国内サプライチェーン形成に係る既存の政策

- コスト競争力では中国・台湾に敵わない
- とはいえ、国内サプライチェーン形成のための政策も存在する
  - 再エネ海域利用法に基づく入札において、国内サプライチェーンの形成を評価する項目を採用
  - サプライチェーンの強靭化に資する設備投資に対し、最大100億円の補助（経産省令和２年度予算、2108億円）
- コストの比較劣位はある程度補える可能性があるものの、日本独自の強みの育成にはつながらないと考えられる

発表の構成

1. 国内サプライチェーン形成の重要性
   - 洋上風車のサプライチェーンと拠点港のタイプ分け
   - 国内サプライチェーン形成を目指す３つの意義

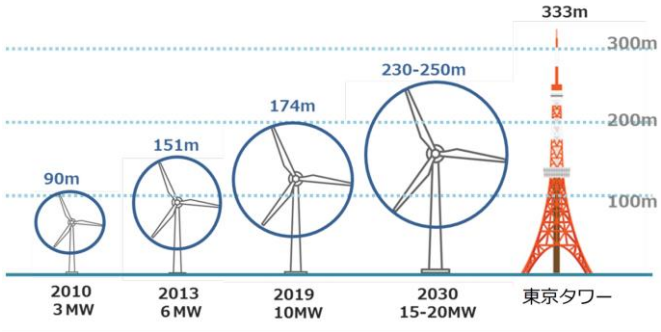
2. 経済的な優位性から評価する、基幹部品の組立拠点としての日本
   - メーカーから見た、日本の優位性
   - 比較劣位に対する日本の既存の政策

3. 風車大型化によって見出される新しい価値
   - ブレードの品質保持、製造の難しさに対する「自動化」の技術
   - ブレード素材の変化によって求められる「環境への配慮」

4. 潜在的な価値を優位性につなげるための政策
   - 自動生産技術の公募・マッチングによる産業集積の促進
   - 関連人材の育成
   - 評価基準・規格の策定による環境低負荷な風車製造の実現

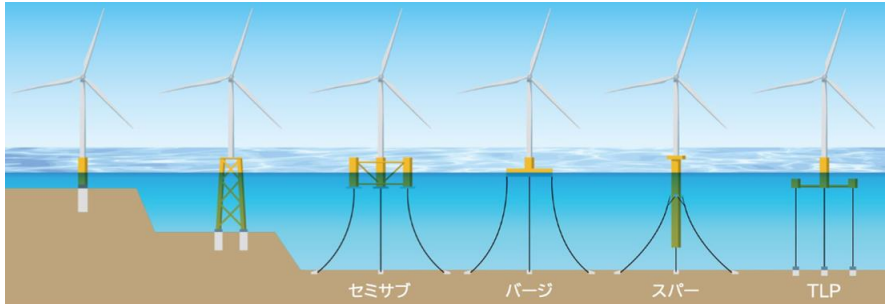
風車の大型化および浮体式風車の開発の潮流

- 風車の大型化によって稼働率向上・発電コスト低減を進める国際的な動向がある
- 日本では着床式風車が設置可能な海域が限定的であり、沖合の方が風が強く発電コストの低減が見込める
  →浮体式洋上風力発電の大量導入は必至
- 着床式風力発電と異なり、浮体式洋上風力発電は技術が十分に確立されていない



洋上風車の大型化

出典：『「洋上風力発電の低コスト化」プロジェクトの研究開発・社会実装計画（案）の概要』(資源エネルギー庁作成, 2021) p.21より(https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/green_power/pdf/001_04_00.pdf)



洋上風車の構造種類

出典：浮体式洋上風力発電推進懇談会(2021)「日本の浮体式洋上風力発電に対する期待と展望」p.1より(https://www.shell.co.jp/ja_jp/about-us/shell-japan-ltd/_jcr_content/par/relatedtopics.stream/1634271121507/2460e6a6a4062b01b960d664c6ad6fdd9748091d/expectations-and-prospects-for-floating-offshore-wind-power-generation-in-japan.pdf)

新たな価値としての自動化と環境性能

風車の大型化に伴いコストと並ぶ**新たな価値**が生まれてくる

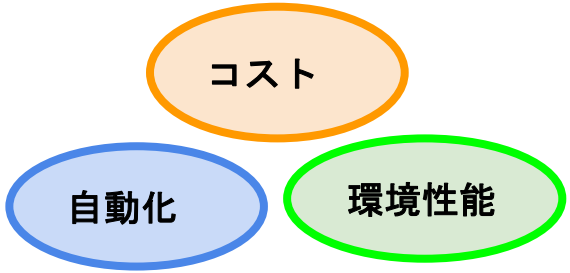
１．自動化

風車の大型化、大量導入、精密設計に対応するには製造において自動化が必要。

２．環境性能

風車の大型化に伴い、素材の変化や新技術が生まれる。

その中で、製造過程における環境への配慮が重要になる。

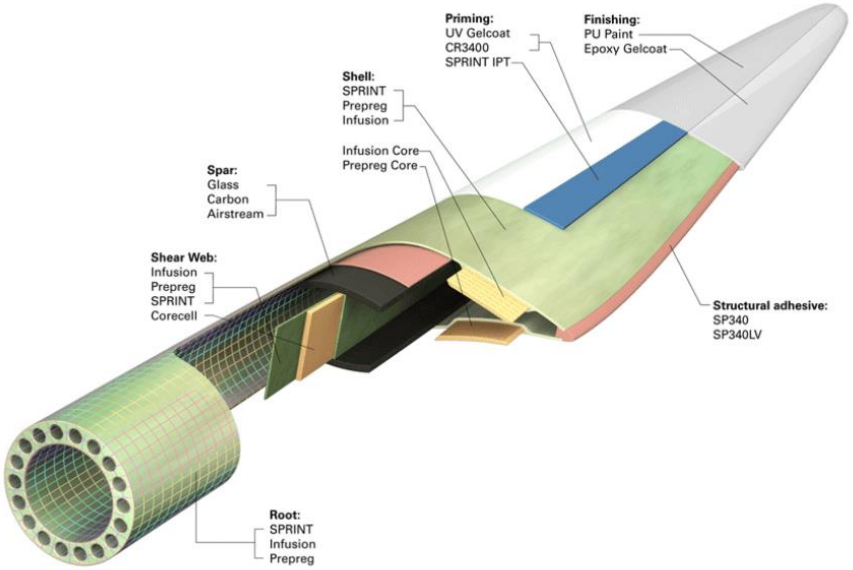


→自動化、環境性がコストと並ぶ新たな価値となることで

日本に勝ち筋が見えてくる　特にブレードに注目する

ブレードの構成要素と製造過程

ブレード：風車の性能に大きな影響を与える、非常に大きな風荷重に耐える必要がある



ガラス繊維強化プラスチックブレードの参考図
LOW-TECH MAGAZINEサイトより
https://www.lowtechmagazine.com/2019/06/wooden-wind-turbines.html

主な構成要素：
繊維強化プラスチック（FRP）等、塗料、桁、ボルト等（金具）、レセプター（受雷部）など

製造過程の概要：
型の準備→積層化（繰返す）
→加熱硬化→塗装→ボルトなど取り付け
→検査

考慮すべき点

- **製造において精密さの重要度が増す**
- **技術の発展に伴い新素材の登場**
- 製造、検査、保管には広い空間が必要
- 製造において化学物質（有機溶剤）を使用

ブレードにおける新技術　～自動化～

日本はロボット技術において強みがある
（ファナック、安川電機）

ブレード製造における自動化とは

→複合材積層、外皮成型、組立の自動化

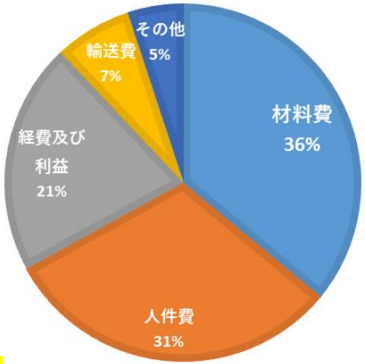
大型化に伴い自動化の必要性が高まっている
現状：ブレードの製造は職人技的な要素が大きい

～自動化で改善されること～
①複雑な構造を実現できる
風車の大型化でより複雑な形状となる。
大型ブレードは高価であり、高品質である必要がある
②大型化ブレードをよりスピーディーに製造できる
ロボットは労働基準法に関係なく24時間稼働可能
③有害物質の影響を受けない
製造過程で生じる発がん性物質の影響を受けない
④製造コストも下げることができる
製造コストのうち人件費は1/3を占めている

自動化により、高品質低価格なブレードをスピーディーに製造できるようになり日本の国際競争力が増す！

大型ブレードの
精密な製造をサポート

塗装用ロボット
6軸垂直多関節：MOTOMAN-MPX2600
（安川電機HPより）



1/3を占める人件費を
削減できる！
日本風力エネルギー学会誌　ブレード
関連産業の構造と課題　より作成

ブレード素材の革新: 炭素繊維強化プラスチック(CFRP)

- **大型化&軽量化の観点**から、軽くて弾性率が高いCFRP(炭素繊維強化プラスチック)が注目されている
- 弾性率の高さがゆえにかかる力が分散しにくく壊れやすいため、精巧さが求められる→**機械化によって解決**
- 生産にかかるエネルギーは大きい→日本主導で基準を作る
- 現状でのCFRP生産能力および技術力は日本が断トツ

→**CFRPブレードは国内製造が最適になりそう**

発表の構成

1. 国内サプライチェーン形成の重要性
   - 洋上風車のサプライチェーンと拠点港のタイプ分け
   - 国内サプライチェーン形成を目指す３つの意義

2. 経済的な優位性から評価する、基幹部品の組立拠点としての日本
   - メーカーから見た、日本の優位性
   - 比較劣位に対する日本の既存の政策

3. 風車大型化によって見出される新しい価値
   - ブレードの品質保持、製造の難しさに対する「自動化」の技術
   - ブレード素材の変化によって求められる「環境への配慮」

4. 潜在的な価値を優位性につなげるための政策
   - 自動生産技術の公募・マッチングによる産業集積の促進
   - 関連人材の育成
   - 評価基準・規格の策定による環境低負荷な風車製造の実現

潜在的な価値を日本の強みにするための政策

1. 自動生産技術の公募・マッチングによる産業集積の促進
    - 大型風車の自動生産に必要な技術を持つ産業ロボットメーカーを公募し、海外大手メーカーとのマッチングを行う
    - 自動化された基幹部品の製造ラインを中心に、関連部品産業が集積する
2. 関連人材の育成
    - 風車製造および製造ラインの自動化に精通した人材を大学などで育成し、両者の技術の橋渡しをさせる
3. 規格の策定による環境低負荷な風車製造の実現
    - 風車製造時にかかる環境負荷を考慮した国内規格を作り、国際規格への反映を目指す

既存の政策との比較

既存の政策

- 再エネ海域利用法に基づく入札において、国内サプライチェーンの形成を評価する項目を採用
- サプライチェーンの強靭化に資する設備投資に対し、最大100億円の補助

→大きな投資の割に、基幹部品の組立拠点としての日本の優位性が薄い

提案政策

- 自動生産技術の公募・マッチングによる産業集積の促進
- 関連人材の育成
- 評価基準・規格の策定による環境低負荷な風車製造の実現

→日本独自の強みが育成され、基幹部品の組立拠点としての優位性が生まれる

結論・総括

- 洋上風力発電の国内導入本格化を機に、国としてはエネルギー安全保障の観点から風車の国内サプライチェーン形成を目指している
- 現状、コスト面などで日本は中国や台湾に劣っており、風車メーカーとしては日本に組立拠点を立地するメリットが薄い
- ただ、洋上風車の大型化というトレンドに着目すると、自動生産と環境への配慮が重要な価値となり得、日本はこの点で強みを発揮できる可能性がある
- そのための政策として、(1)自動生産を核とした産業集積の促進、(2)関連人材の育成、(3)環境負荷を考慮した規格の策定 を提案する
- 既存の政策では日本の優位性が生まれないのに対し、提案政策は優位性の育成を主眼としたものである
- 日本のエネルギー安全保障強化のためには、長期的な技術の動向を考慮した投資が肝要である

参考文献

福島市（2015）「風力発電関連産業集積等調査等委託業務報告書」風力発電の構成
https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/fukushima-saiene/windpower-research.html
日本風力発電協会（2020）「風力発電設備ブレード点検および補修ガイドライン」
http://jwpa.jp/pdf/JWPAguideline_blade_inspection_repair.pdf
三菱総合研究所（2020）「令和元年度エネルギー需要構造高度化対策に関する調査等事業（洋上風力に係る官民連携の在り方の検討（サプライチェーン形成に向けた仕組みの検討等）のための調査）　成果報告書」
https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2019FY/000397.pdf
日本風力エネルギー学会誌（2019）ブレード関連産業の構造と課題
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jwea/43/3/43_392/_pdf
洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会（2020）「洋上風力産業ビジョン（第１次）」
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/yojo_furyoku/pdf/002_02_02_01.pdf
自然エネルギー財団（2021）「洋上風力発電に関する世界の動向」
https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/202106_OffshorewindInfo.pdf
経済産業省（2021）「令和３年度資源エネルギー関連予算の概要」
https://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan_fy2021/pdf/energy2.pdf