

IEA Task53（風力発電の経済性）

活動成果と今後の活動計画

2026年9月9日

東京大学大学院工学系研究科
社会基盤学専攻
菊地由佳

名称: Wind Energy Economics

目標: 脱炭素社会における風力発電のコストと価値を分析する

活動内容: 各国のコスト分析の専門家が所定のWork Packageに基づき、それぞれの国の現状及び将来の動向を分析・整理。
6つのWork Packageがあり、各国の関心から関与するWorkを選択。
年2回のIn-person meeting、毎月のWeb meeting等を通じてディスカッション。
直近では、**2026年4月15-17日にオランダ・PettenでIn-person meetingが開催された。**

活動期間: Phase1: 2021年12月1日～**2025年11月30日**

Phase2: 2026年1月1日～2029年12月31日

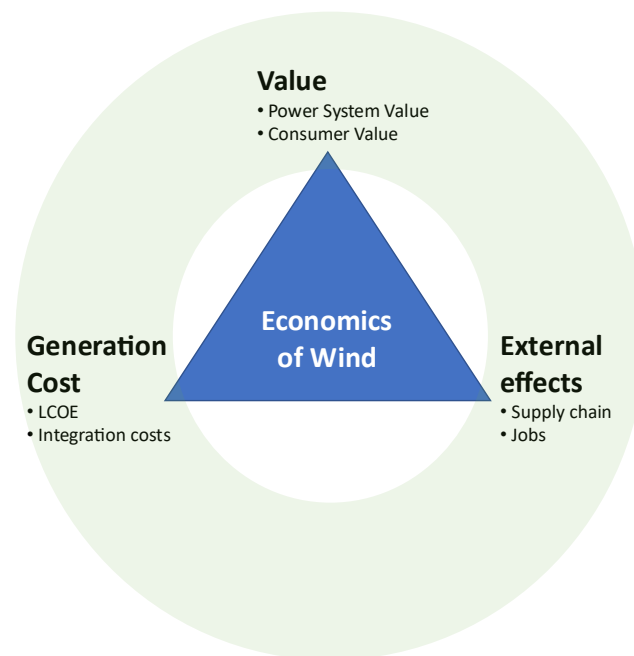
参加国: 米国、英国、デンマーク、ドイツ、ノルウェー、スウェーデン、
EC(European Commission)、日本、アイルランド、オランダ



Operating Agent(OA): Philipp Beiter (Aquila Energy GmbH)

委員: ○菊地由佳(東京大学)、木村啓二(大阪産業大学)

- 高い普及率下での未来における風力エネルギーの設計、運用等の傾向を予測し、コストと価値を含む風力エネルギーの経済性への影響を理解する。
 - 国際的な協力と協調によって得られた最先端の手法で、進化する**風力エネルギーの経済性**を分析する。
 - 様々なステークホルダーに**コストと価値**を伝えるためのデータを提供する。
 - 脱炭素化が進んだ未来における技術進化、研究開発の必要性、コストと価値の傾向を明らかにする。
 - 技術報告書や雑誌記事、その他の普及手段で研究成果を発表する。



Power Sector Trends

- Deep de-carbonization
- Siting constraints
- Use of hydrogen

Emerging Wind Technologies and Solutions

- Integrated transmission
- Larger turbines
- Integrated and industrialized supply chains

Performance Metrics

- Holistic cost and value metrics
- Metrics for new wind applications (e.g., in consideration of hydrogen and storage)
- Uncertainty

WP	題目と内容	担当者
WP1	“ 風力発電所の設計・運転維持管理・価値 は、脱炭素化に伴い、どのように変化するか？”	NREL (USA)
	専門家へのインタビュー (Expert elicitation) を用いて、風力発電所の技術、設計、運転維持管理について現在検討されている技術革新について調査する。	
WP2	“ 個別の技術革新、運転維持管理方法はコストと価値 にどのように影響を与えるか？”	UTokyo (JPN)
	エンジニアリングコストモデルを構築し、技術、設計、維持管理の革新がコストに与える影響を調査する。地域と送電線のタイプに対して比較のケーススタディを実施する。	
WP3	“ 不確かさ は風力発電のコスト、価値と金融にどのように影響を与えるか？”	NREL (USA)
	現在進んでいる金融コストにたいする専門家への調査の結果を分析することにより、不確かさやリスクが実際に及ぼす影響について調査する。次に、これらの不確かさがLCOEに与える影響を明らかにする。 最後に、シナリオベースの風力の金融コストの予測モデルを構築する。	
WP4	“どのようなデータと分析手法が、 現在と過去の風力発電コスト をより良く理解するためにふさわしいか？”	NREL (USA)
	毎年の各国の風力発電に関する技術・経済に関するデータの調査を行うとともに、発電コスト等による経済性評価手法の提案と検証を行う。	
WP5	“ 新しい送電網と水素 はコストと価値にどのように影響を与えるか？”	EA (DNK)
	シナリオ研究により、参加国が保有しているモデルを用いて、水素と送電線がコストと価値に与える影響を評価する。	
WP6	“成熟した将来の市場において サプライチェーン はどのように発展し変化するか？”	JRC (EU)
	2030年、2050年までの雇用創出数、売り上げ規模といった将来の価値を評価 認証機関、EPDやその他から風車の部品とその製造拠点を調査する。さらに、その地域で作り出される価値について評価する。	

- 脱炭素化する電力部門における将来の**陸上風力**に関する技術、立地選択、製造、価値について、専門家へのヒアリングにより予測する。
- ヒアリングが完了し、現在、論文投稿中。

■ 立地選択について

- 立地選択の要因(農業、野生動物、航空レーダ、社会基盤、景観、複雑地形等)/共同立地について
- 大型風車(5MW)が望ましいか、小さい風車(2.5MW)が望ましいか
- 陸上風力の発展に寄与する技術開発(市民風車、水素、蓄電池、PV、政策等)
- 今後10年間の陸上風力発電の成長の阻害要因

■ 製造について

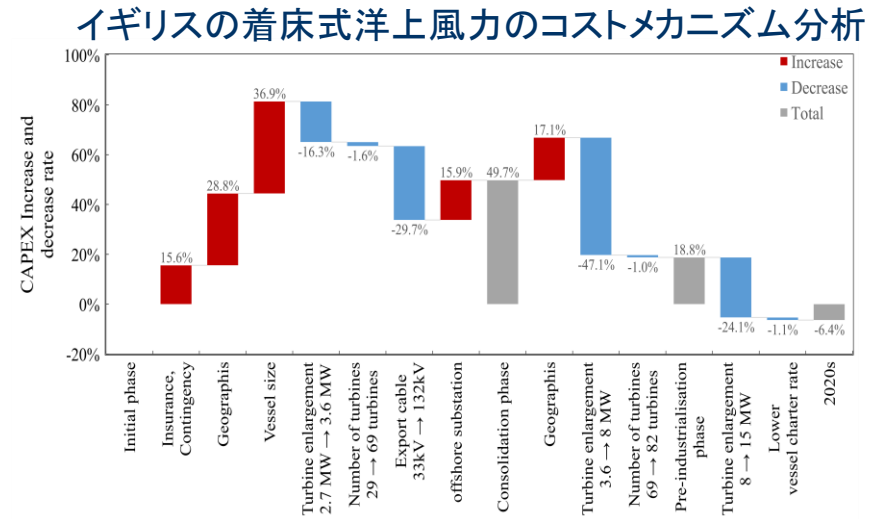
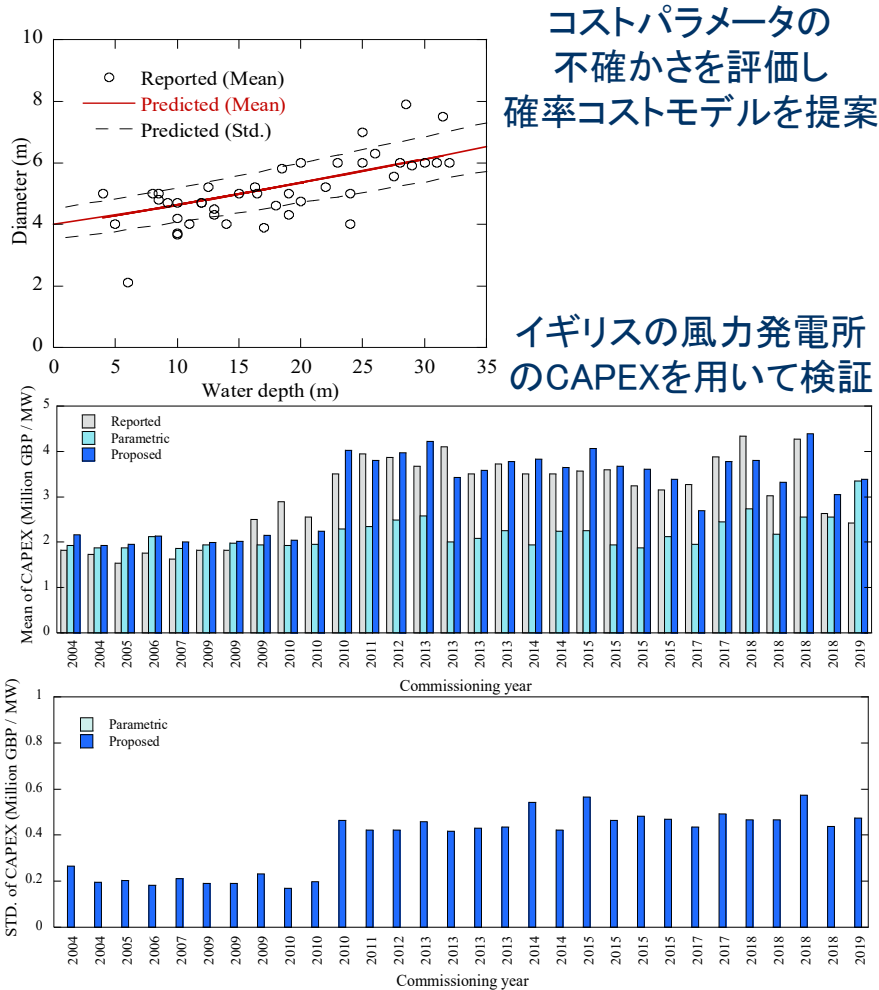
- 製造拡大に必要な技術(風車の大きさ、自動化、グローバルサプライチェーンの構築、輸送技術 etc.)

■ 価値について

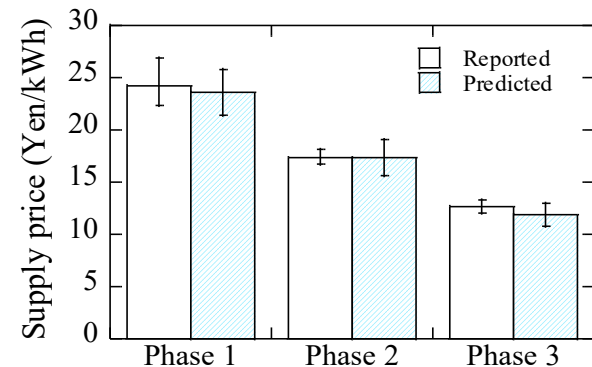
- 風力発電の価値向上に必要な技術(低出力比の風車、データ分析技術、蓄電池併用、水素併用等)

参考) Wiser, R., Rand, J., Seel, J., Beiter, P., Baker, E., Lantz, E., and Gilman, P. 2021. "Expert elicitation survey predicts 37% to 49% declines in wind energy costs by 2050." Nature Energy volume 6, pages 555–565.

Y. Kikuchi, T. Ishihara, Assessment of capital expenditure for fixed-bottom offshore wind farms using probabilistic engineering cost model, Applied Energy, 341, 120912, 2023

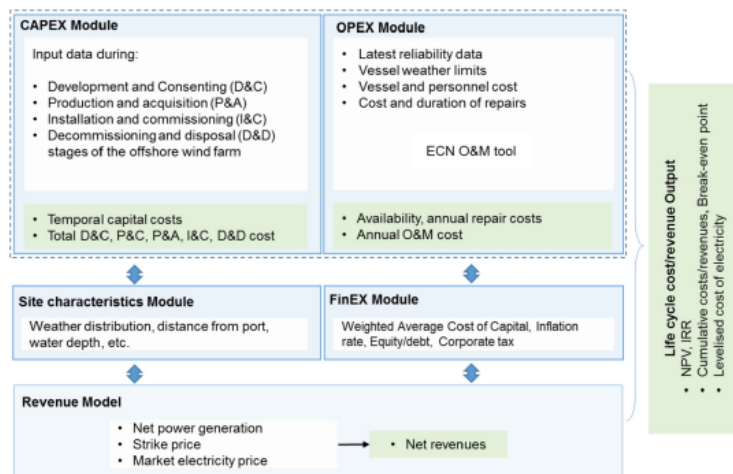


日本の洋上風力発電の供給価格分析

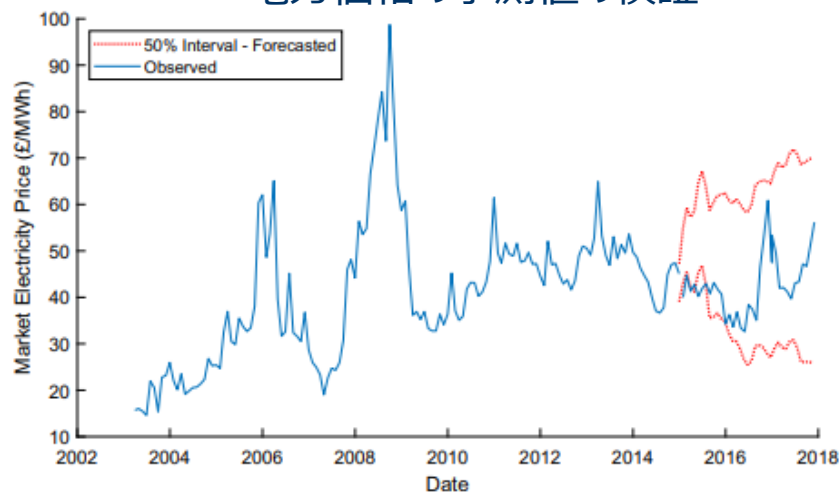


A. Ioannou et al., Stochastic financial appraisal of offshore wind farms, Renewable Energy, 2020. を基にした論文を投稿中

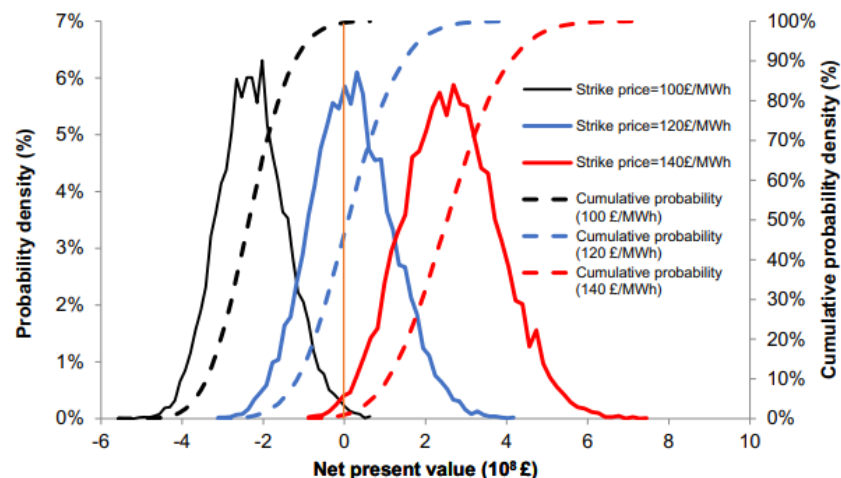
提案エンジニアリングモデル



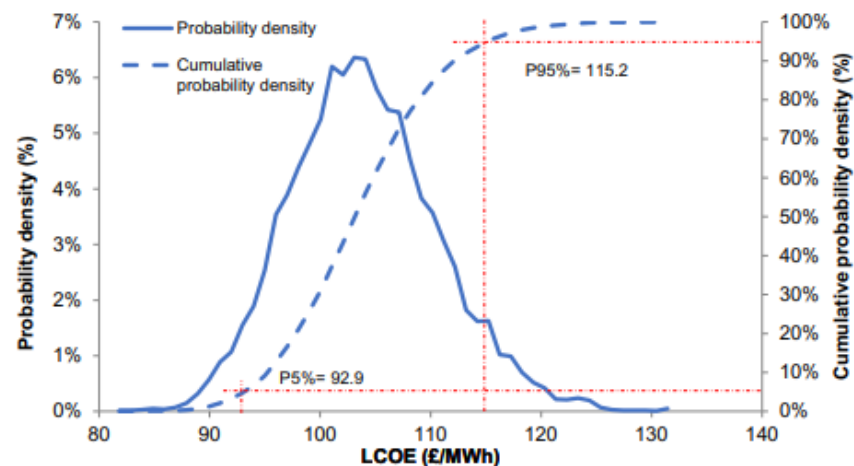
電力価格の予測値の検証



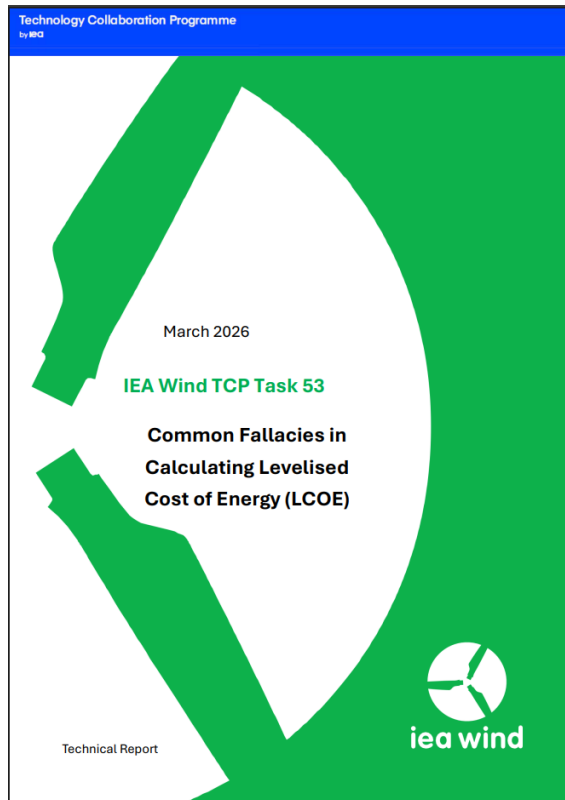
異なる基準価格でのNPV



LCOEの不確かさ



L. Kitzing and A. Ioannou, Common fallacies in calculating Levelized Cost of Energy (LCOE), 2026.



Fallacy 1: Using a nominal discount rate on cashflows denominated in real terms
実質キャッシュフローに名目割引率を用いる

Fallacy 2: Using an after-tax discount rate on pre-tax cashflows
税引前キャッシュフローに税引後割引率を用いる

Fallacy 3: Misinterpreting a nominal LCOE as real
名目LCOEと実質LCOEと誤解する

Fallacy 4: Treating prices as costs and costs as system values
価格をコストとみなし、コストをシステム価値とみなす

総じて、LCOEはエネルギー経済・政策における基本的なベンチマークだが、慎重に扱う必要がある。インフレ、割引率、税などの財務前提や結果の解釈における一見小さな誤りが、10～20%程度の大きな差を生む可能性がある。このような誤りは、資本配分を誤らせ、技術間比較を歪め、分析の信頼性を損なう。

LCOEはコストに焦点を当て、すべての発電電力量を同等と仮定する。しかし実際には、すべての電力がシステムに同じ価値を持つわけではない。LCOEの一般的な誤りを理解し回避することで、「リンゴとリンゴ」の比較を行い、健全で正確な指標に基づいて意思決定できる。LCOEを価値側まで捉える広範な指標で補完すれば、経済的・社会的により有益なエネルギーソリューションへの投資判断をさらに改善できる。

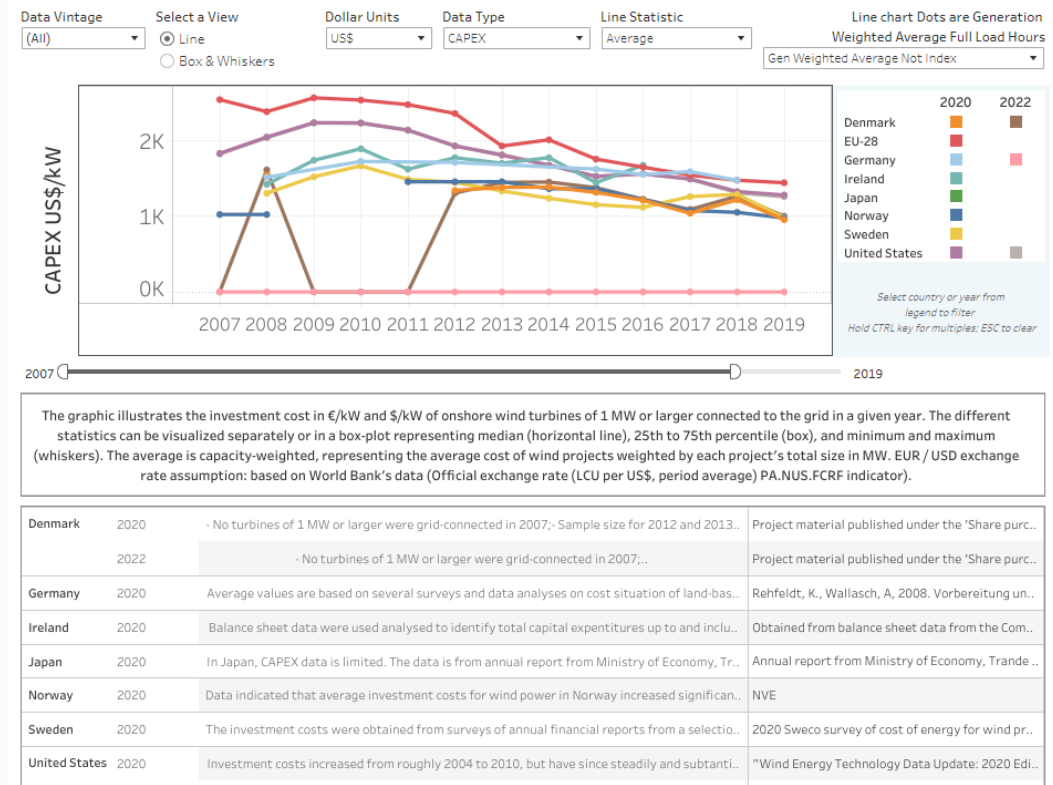
- **LACE (Levelised Avoided Cost of Electricity)**: 米国EIAがLCOEと組み合わせて用いる指標。プロジェクトが1 MWh発電することで回避されるコストを評価する。
- **System LCOE / Value-Adjusted LCOE (VALCOE)**: 発電する「時」と「場所」を考慮し、電力の市場価値、系統統合コスト等を加味する。
- **LazardのLevelised Firming Cost**: 変動性再エネを系統上で確実に供給するため、安定供給可能な容量を追加するシステムコストを評価する。
- **LRVE (Levelised Revenue and Value of Electricity)**: 市場収益、支援制度、税制上の便益、インフラ価値など、再エネプロジェクトが得る収益・金銭的価値を包括的に評価する。
- **COVE (Cost of Valued Energy)**: 発電時点の正規化市場価値で発電量を重み付けし、価値の高い時間帯に発電する技術进行评估する。
- **PLCOE (Profitability-Adjusted LCOE)**: LCOEを価値係数で割った指標。価値係数が1未満なら高コスト方向、1超なら低コスト方向に調整する。
- **SP (System Profitability)**: NRELが導入した収益性指標で、エネルギー、容量、柔軟性、その他の系統サービスを含む総システム価値を総システムコストと関連付け、技術がシステムに純経済便益をもたらすかを評価する。

参加国が陸上風力発電のコストに関するデータを整理し、データベースにアップロードしている。

日本の状況

- 導入量に関する公的資料が存在しないため、JWPAの報告値を基に、毎年建設された発電所のホームページを調査し、提出している。
- 発電所の風速はNeoWindsを用いて評価。
- CAPEX・OPEXは調達価格等算定委員会の資料を基に評価。最大値・最小値・中央値は不明。

<https://iea-wind.org/task53/task-53-data-viewer/>



Ea Energy, Offshore wind and its relationship to transmission and hydrogen infrastructure in Northern Europe, 2026.

BALMOREモデルを用いて、水素の導入が風力発電と水素の価格に及ぼす影響を評価

分析ケース:

- Case I: 100%を電力として送電
- Case II: 水素と電力に半分ずつに分けて送電
- Case III: 100%を水素として送電

DK, NL – 5 GW offshore wind in 2035, 10 GW in 2050

DE, GB – 4 GW offshore wind in 2035, 8 GW in 2050

BE – 1.4 GW offshore wind in 2035 and 2.8 in 2050

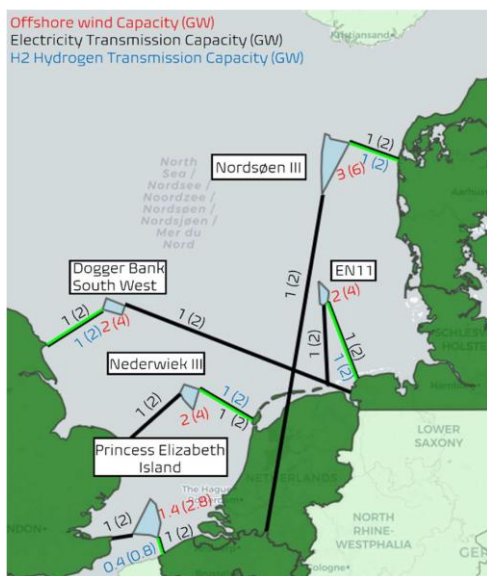


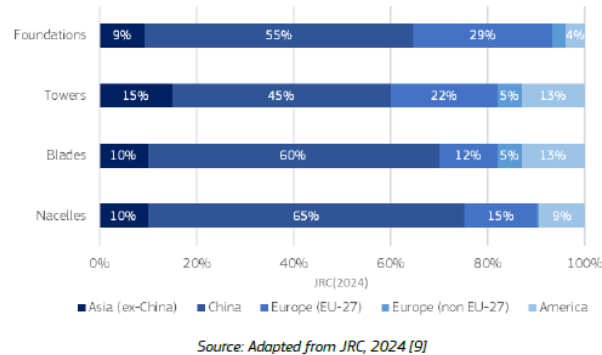
Table11: Total value generated per MWh wind generation in each hub in 2035 (€/MWh)

	BE_Hub	DE_Hub	DK_Hub	GB_Hub	NL_Hub	Average
Case I Low H2	72	57	63	68	63	64
Case I Ref H2	71	60	64	68	65	65
Case I High H2	72	61	65	69	65	66
Case II Low H2	76	68	66	72	71	70
Case II Ref H2	78	71	69	77	76	73
Case II High H2	79	72	70	78	77	74
Case III Low H2	56	56	56	55	55	56
Case III Ref H2	68	67	67	67	67	67
Case III High H2	71	70	69	70	70	70

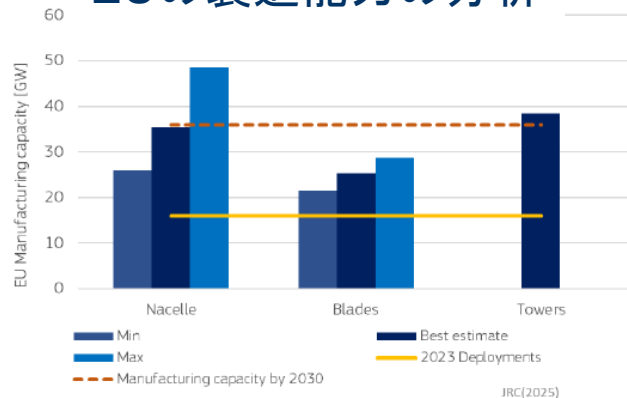
Tapoglou E et al., Knowledge gaps in the wind energy technology supply chain, 2025.

The Net Zero Industry ActおよびThe Critical Raw Material Actを背景に、サプライチェーンに関するデータベースを統合、可視化、分析および検証

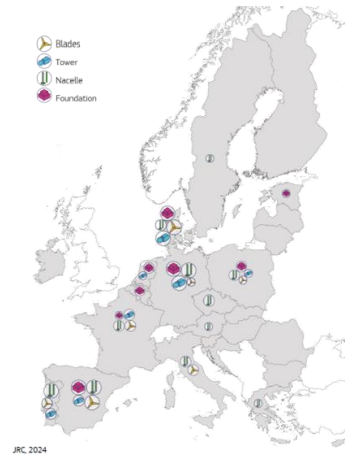
主要部品の地域別製造能力



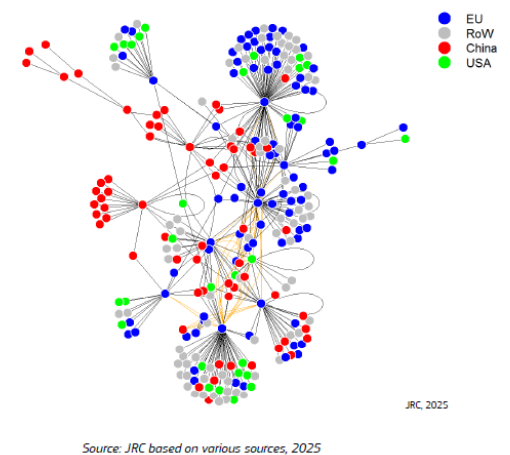
EUの製造能力の分析



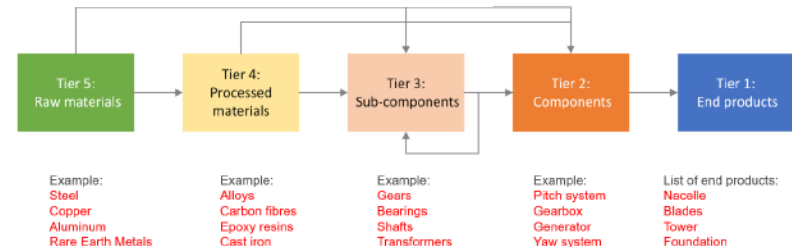
EUの製造拠点



サプライヤーと顧客の関係



風力発電の階層化システム



タスク名	期間	主な成果
Task 26 Phase 1	2009/1～2012/9	コストを推定するための方法論の議論
Task 26 Phase 2	2012/10～2015/9	- 発電コスト計算フォーマットの整備 - 洋上風力発電のBOPモデルの比較
Task 26 Phase 3	2015/10～2018/9	- 参加国間での洋上風力のコスト評価 - 風力発電の価値分析
Task 26 Phase 4	2018/10～2021/9	風力発電の価値の評価指標
Task 53 Phase 1	2021/12～ 2025/11	- コストと価値の評価/オークションや調達設計 - グローバルサプライチェーン

- 高い普及率下での未来における風力エネルギーの設計、運用等の傾向を予測し、コストと価値を含む風力エネルギーの経済的提供への影響を理解する。
 - 国際的な協力と協調によって得られた最先端の手法で、進化する風力エネルギーの経済性を分析する。
 - 様々なステークホルダーにコストと価値を伝えるためのデータを提供する。
 - 脱炭素化が進んだ未来における技術進化、研究開発の必要性、コストと価値の傾向を明らかにする。

Sector Trends



Higher renewables shares

Deployment of solar PV & storage
Transmission constraints
Growing curtailment, etc.



Technology innovation

Larger turbines
Floating offshore wind
End-of life decisions
Digitization/AI and remote maintenance, etc.



Growing siting constraints

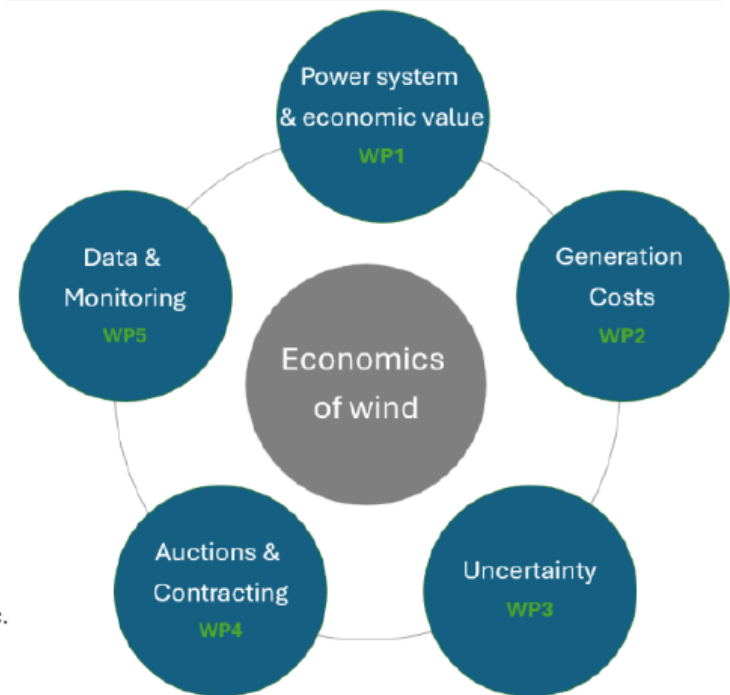
Less favorable sites for wind energy
Longer distances to load, etc.



Evolving power markets

Growing load & fuels conversion
New procurement instruments
Supply chain & commodities shortages, etc.

Task 53 research themes



WP	題目と内容	担当者
WP1	“再生可能エネルギー比率が高い将来において、風力の価値はどのように変化するのか？”	
	風力発電所が大量導入された場合の柔軟性ニーズを研究し、風力価値の低下を緩和するための対策を特定する	DTU (DEN) Ea Energy (DEN)
WP2	“技術革新、設備の経年、運用戦略は風力エネルギーの経済性にどのような影響を与えるのか？”	
	エンジニアリングコストモデルのベンチマークを実施し、レビュー論文を書く	UTokyo (JPN)
	エンジニアリングコストモデルを用いて技術革新がコストに与える影響を評価する	UCC (IRL)
WP3	“不確実性や電力販売契約は、風力エネルギーの経済性や資金調達にどのような影響を与えるのか？”	
	PPAやCfDが風力発電の資本コストに与える影響を評価する	DTU (DEN)
	風車ウェイクがコストや価値に与える影響を評価する	Catapult (UK)
WP4	“オークション設計や市場構造は、風力エネルギーのコストと価値にどのような影響を与えるのか？”	
	CfD設計要素の詳細な表現と市場成果・入札曲線への影響 多基準オークションで用いられている非価格基準のカテゴリーや評価方法を分析	DTU (Denmark)
WP5	“現在および過去の風力エネルギー経済を理解する上で、どのようなデータと手法が最も有効か？”	
	コストに関するデータを収集し、立地条件・技術選択の影響を分析する	NREL (US)
	データビューアポータルの公開	SEAI (IRL)

- すべてのWPについて計画された内容が完了し、報告書等にまとめている。成果はIEA Task53のホームページに掲載される予定。
- 日本は、Phase1において、WP2におけるエンジニアリングコストモデルによるコスト評価を担当し、Phase2ではコストモデルのベンチマークを担当する。
- 国外の風力発電の経済性に関する最先端の議論を学び、日本の風力発電の研究課題にフィードバックしていく。