

# イントロダクション 洋上風力発電のネットゼロ対応

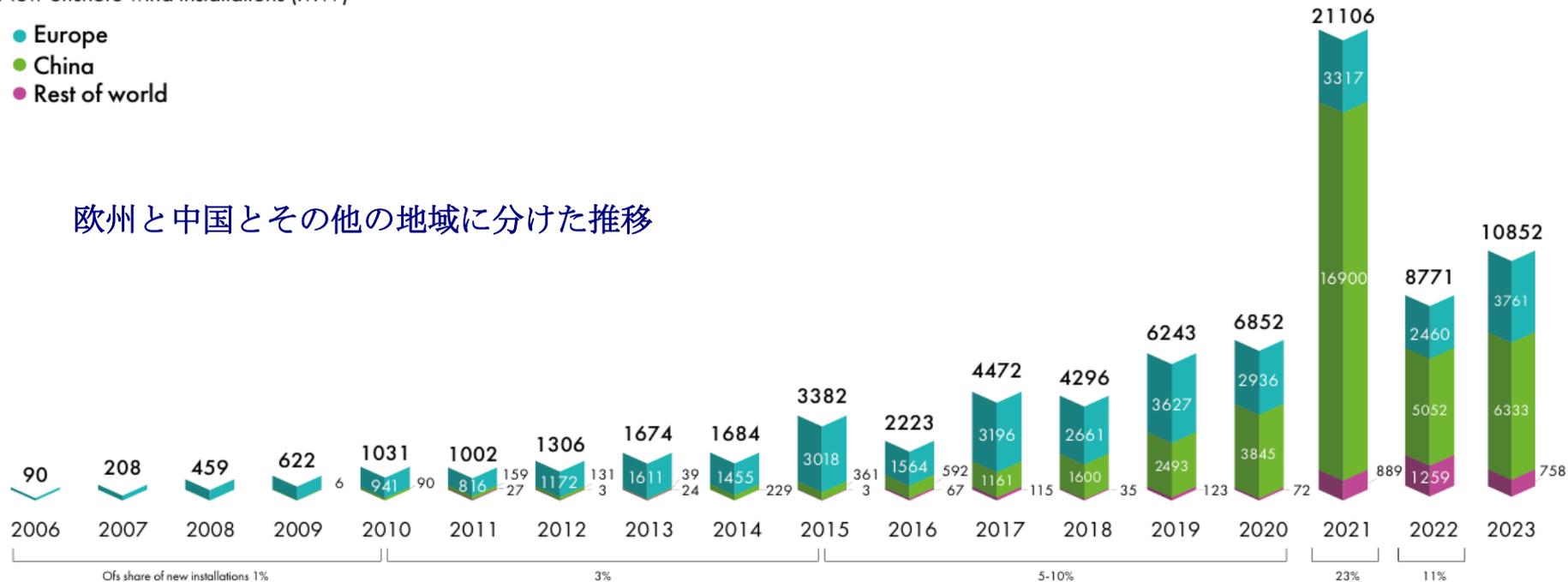
2024年10月  
KENCY Corporation  
山口健一郎

# 世界の洋上風力発電 年間新規導入発電容量

New offshore wind installations (MW)

- Europe
- China
- Rest of world

欧州と中国とその他の地域に分けた推移



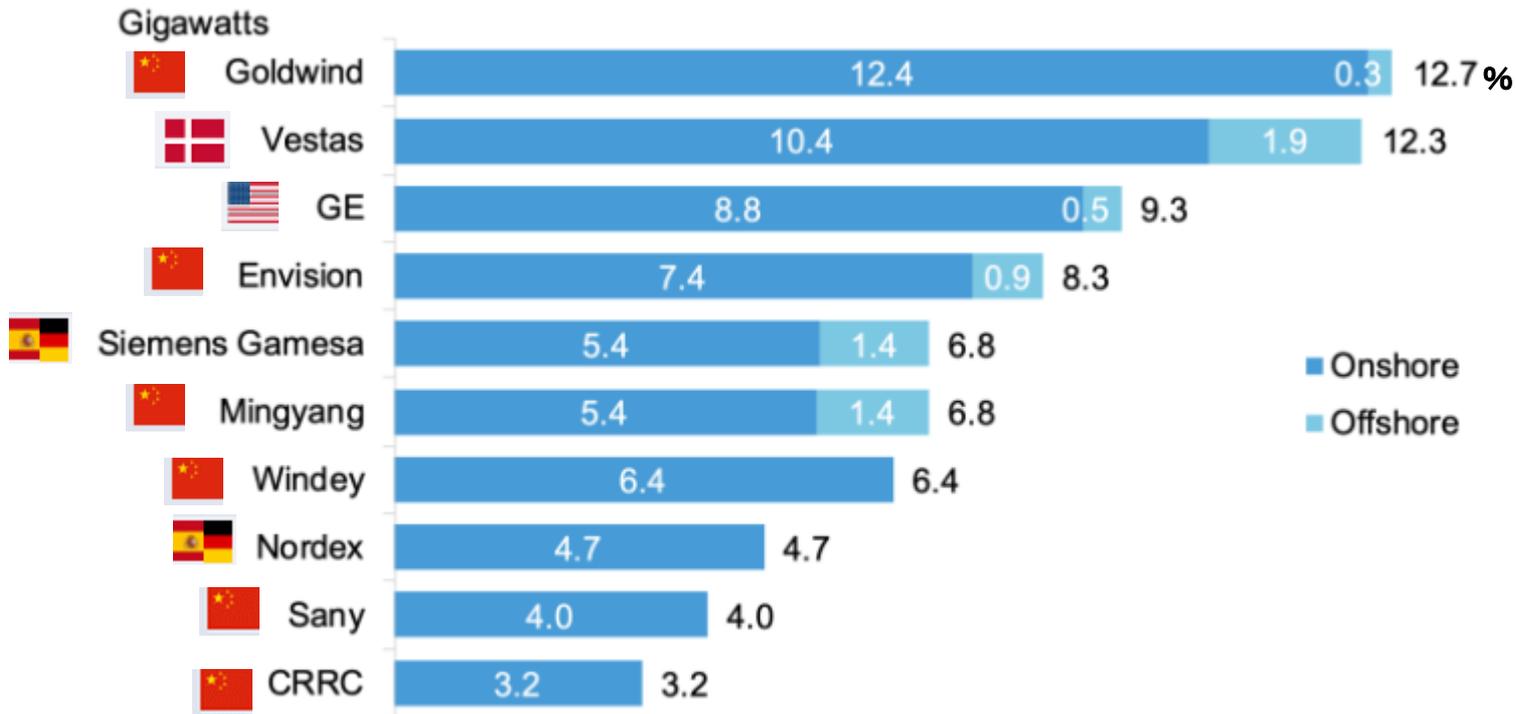
\*Compound Annual Growth Rate.  
Source: GWEC Market Intelligence, June 2024

出典：GWEC Market Intelligence, June 2024

## 2021年に中国で飛躍的に導入拡大が進んだ背景

- 2021年末までに終了する中国の固定価格買取制度（FiT）の期限により、プロジェクト完成とグリッド接続の駆け込みがあった。
- 中国の第14次五カ年計画（2021-2025年）と2060年のカーボンニュートラル目標で、風力発電の早期拡大が促進された。
- 技術の進歩と製造コストの低下により、洋上風力発電が経済性が高まり投資が促進された。
- 中国の強力なサプライチェーンが構築され2021年に建設と設置活動の迅速な拡大を可能にした。

## 世界の風力発電のタービンメーカーのシェア（2022年）

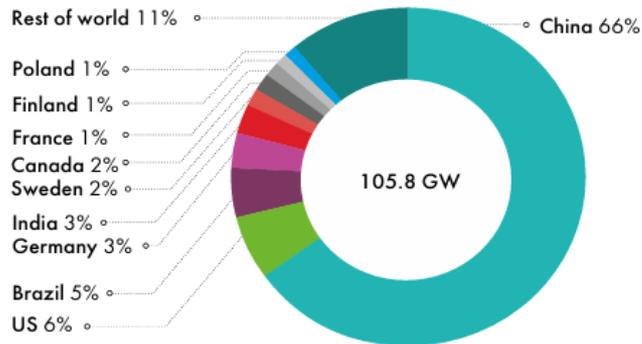


Source: BloombergNEF. Notes: Total commissioned wind capacity in 2022 was 86GW.

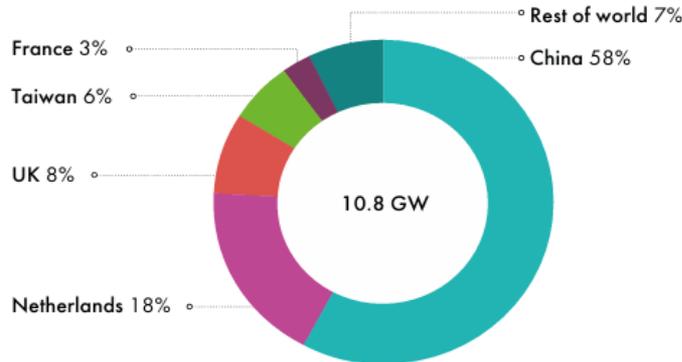
2017年では世界のタービン製造の中国メーカーシェアは15-17%程度と見積もられていたが、2022年時点では、上位10社のうち6社が中国企業で、そのシェアはこの6社の合計だけでも41%を超えている。

# 陸上風力と洋上風力の発電量比較

## 陸上風力



## 洋上風力

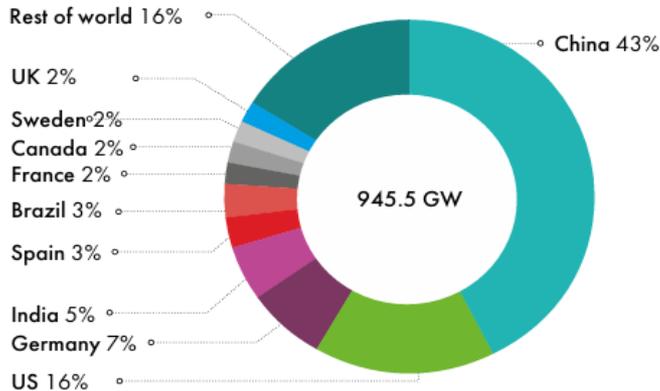


洋上風力は  
陸上風力の  
10%

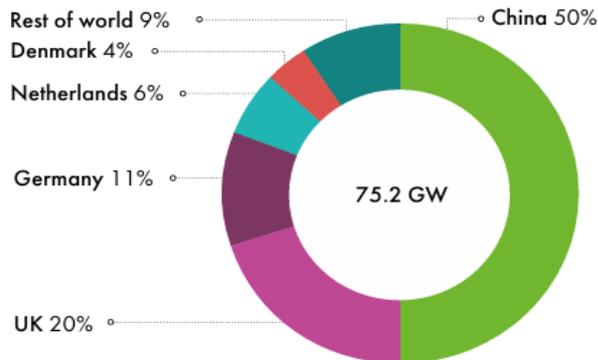
新規導入量

2023年

Total installations onshore (%)



Total installations offshore (%)



洋上風力は  
陸上風力の  
8%

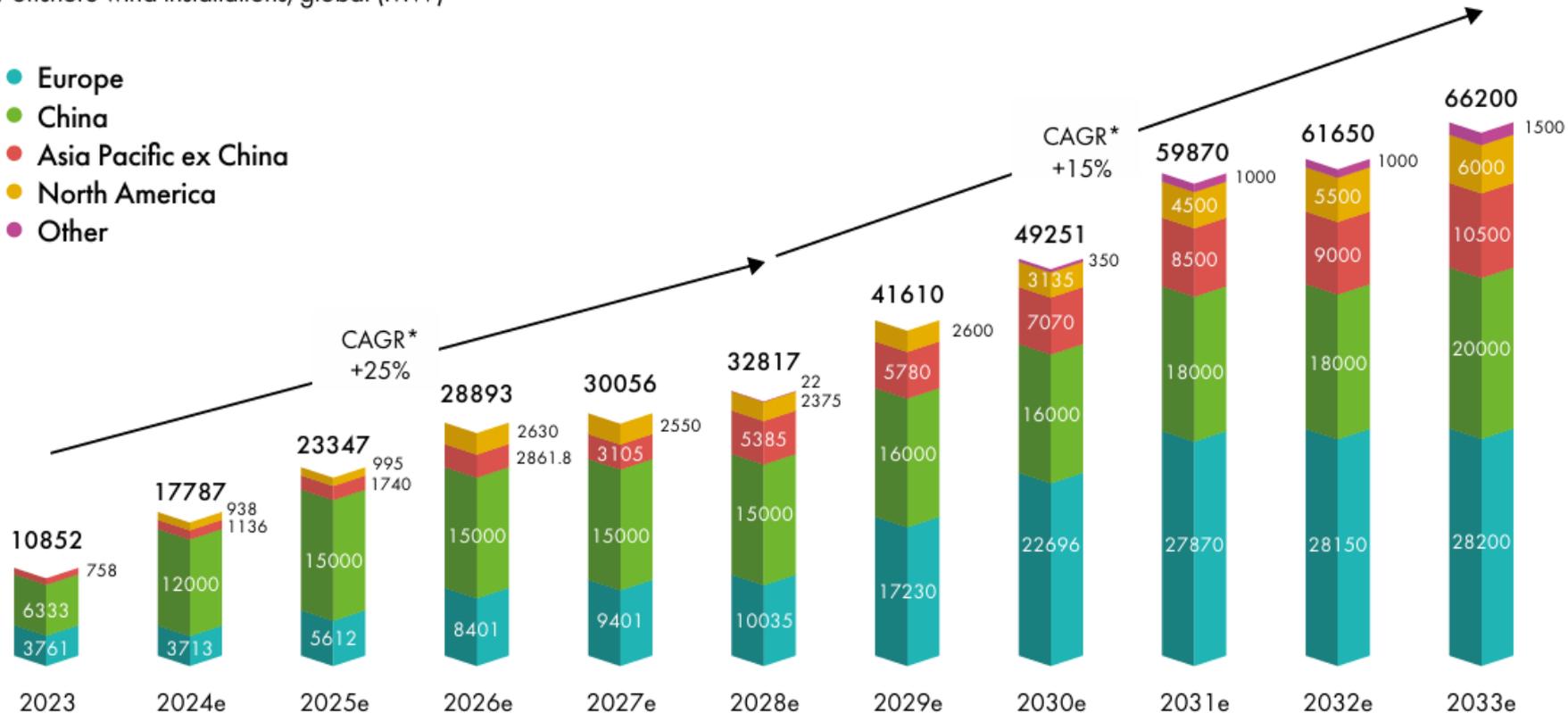
累積導入量

2023年末

# 世界の洋上風力の毎年の新規導入量 (2033年までの地域別導入予定量)

New offshore wind installations, global (MW)

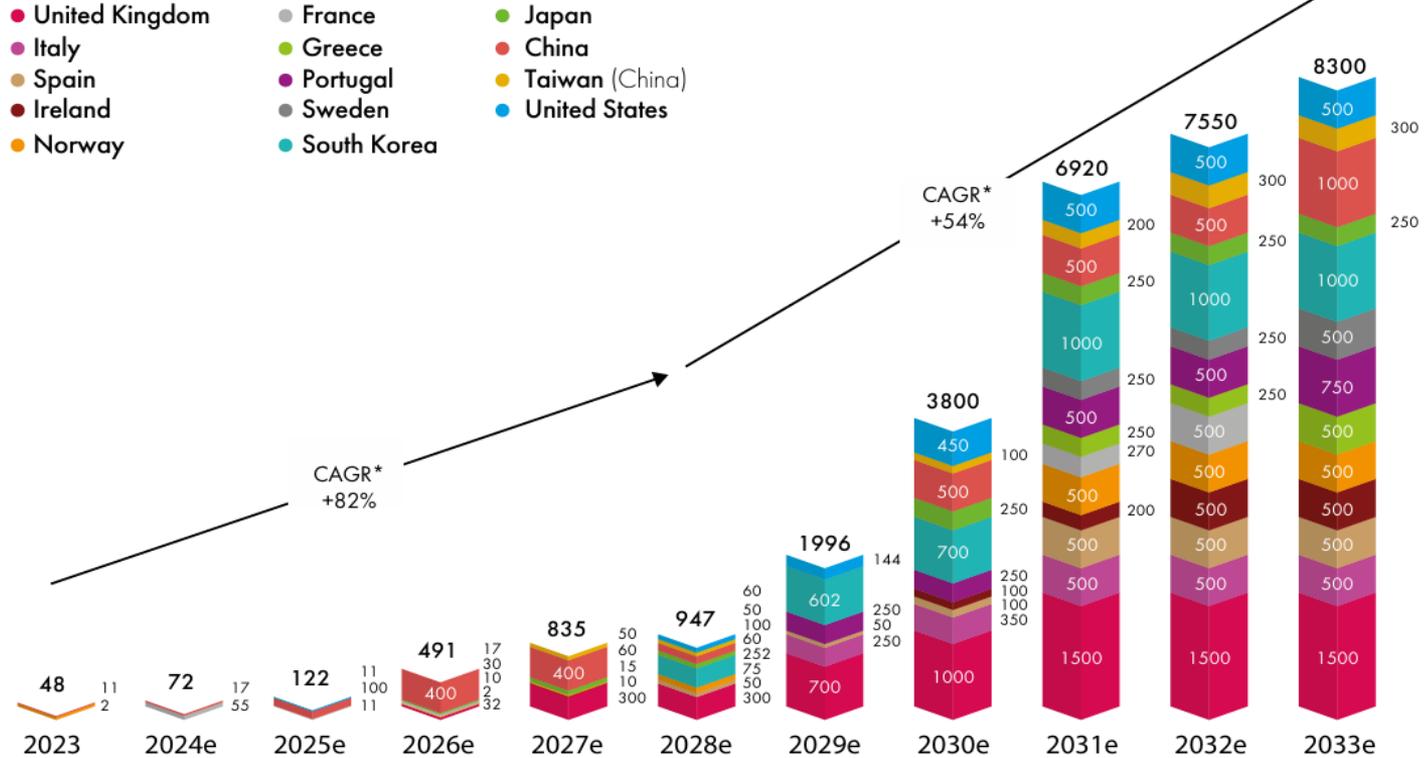
- Europe
- China
- Asia Pacific ex China
- North America
- Other



\* Compound Annual Growth Rate.  
Source: GWEC Market Intelligence, June 2024

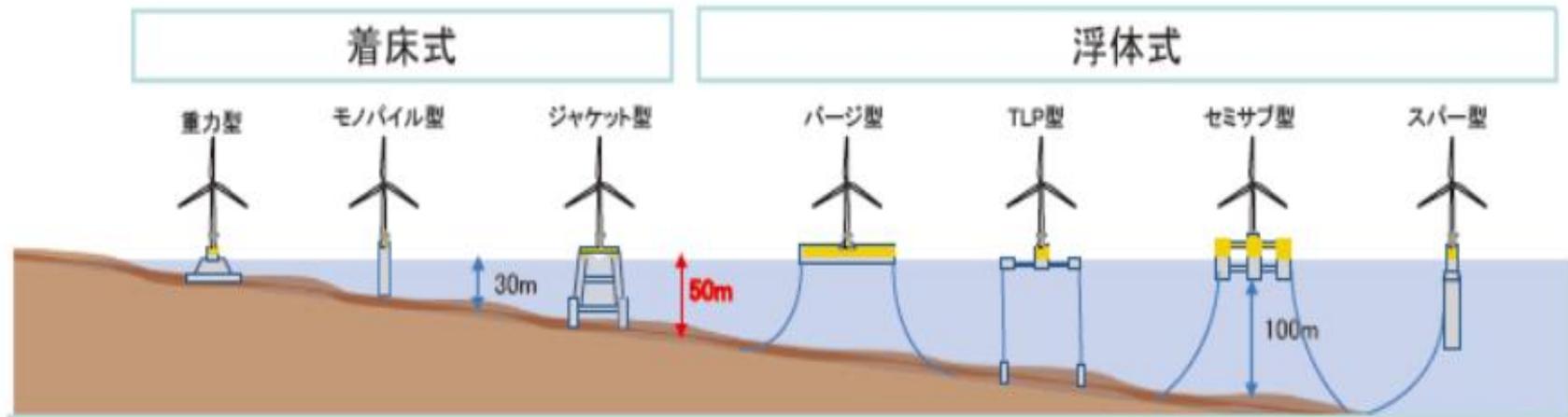
# 浮体式洋上風力発電新規導入見込み (2033年までの国別導入見込み)

New floating wind installations, Global (MW)\*\*



出典 : GWEC Market Intelligence, June 2024

# 洋上風力発電の基礎構造



(図) 主な洋上風力発電設備の型式  
出典) 国土交通省

# 日本の洋上風力発電の促進区域・有望区域



区域名	万kW		
促進区域	①長崎県五島市沖 (浮体)	1.7	
	R ②秋田県能代市・三種町・男鹿市沖	49.4	
	1 ③秋田県由利本荘市沖	84.5	
	④千葉県銚子市沖	40.3	
	R 2	⑤秋田県八峰町能代市沖	36
		⑥秋田県男鹿市・潟上市・秋田市沖	34
		⑦新潟県村上市・胎内市沖	35,70
	R 3	⑧長崎県西海市江島沖	42
		⑨青森県沖日本海(南側)	60
	有望区域	⑩山形県遊佐町沖	45
⑪北海道石狩市沖		91~114	
⑫北海道岩宇・南後志地区沖		56~71	
⑬北海道島牧沖		44~56	
⑭北海道檜山沖		91~114	
⑮北海道松前沖		25~32	
⑯青森県沖日本海(北側)		30	
⑰山形県酒田市沖		50	
⑱千葉県九十九里沖		40	
⑲千葉県いすみ市沖		41	
準備区域	⑳北海道岩宇・南後志地区沖(浮体)	㉓富山県東部沖(着床・浮体)	
	㉑北海道島牧沖(浮体)	㉔福井県あわら沖	
	㉒青森県陸奥湾	㉕福岡県響灘沖	
	㉖岩手県久慈市沖(浮体)	㉗佐賀県唐津市沖	

ラウンド1  
事業者選定済み  
(約1.7GW)

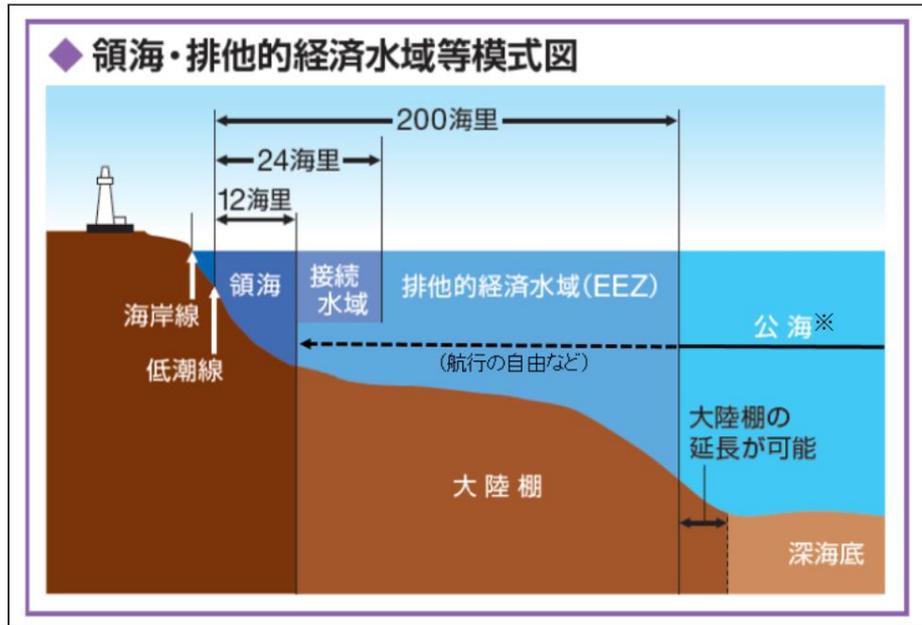
ラウンド2  
事業者選定済み  
(約1.8GW)

ラウンド3  
公募中  
(約1.1GW)

※容量の記載について、事業者選定後の案件は選定事業者の計画に基づく発電設備出力量、それ以外は系統確保容量又は、調査事業で算定した当該区域において想定する出力規模。

経済産業省エネルギー資源調、国土交通省港湾局のWeb資料  
 “洋上風力のEEZ展開へ向けた論点”(2023年11月)に一部加筆

# 日本の洋上風力発電のポテンシャル (EEZへの拡大が不可欠)



自然エネルギー財団の試算によると、日本の領海内で水深50m以下で、年平均風速が7.5m/s以上の海域での発電ポテンシャルは176GWあると試算されている。しかしながら、その海域に環境アセスをかけ、ステークホルダーとの関係をもり込むと、再エネ海域利用法では促進区域、有望区域を合わせても**10GW程度**の発電容量となる。

## 日本の排他的経済水域

日本は世界第6位の広大なEEZを有している。



なお、本概念図は、外国との境界が未確定の海域における地理的中間線を含め便宜上図示したものです。

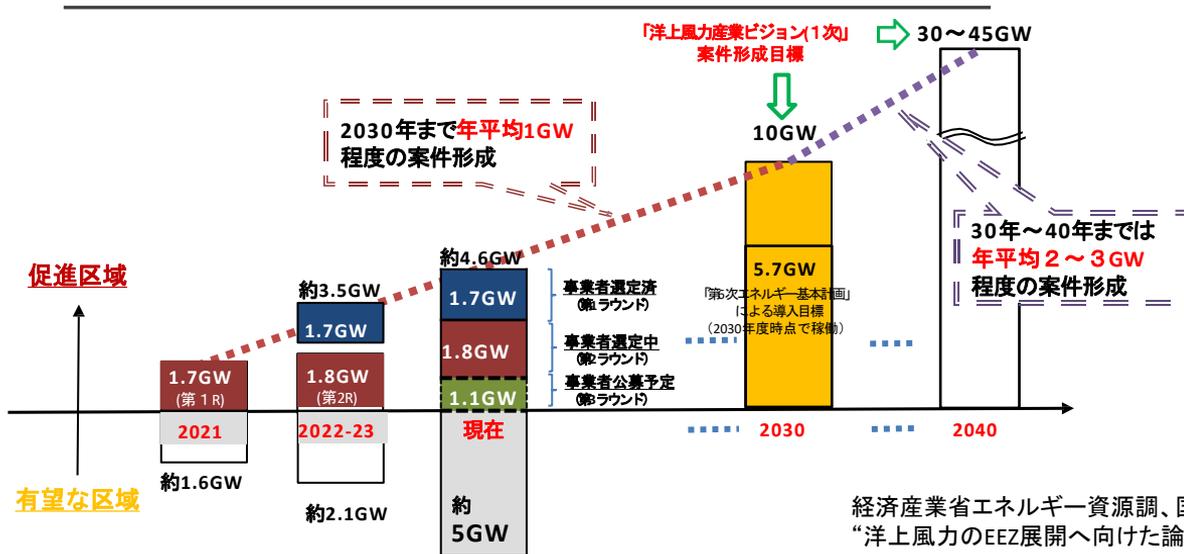
出典：海上保安庁 管轄海域情報

<https://www1.kaiho.mlit.go.jp/ryokai/ryokai.html>

# 日本の洋上風力発電の案件形成目標

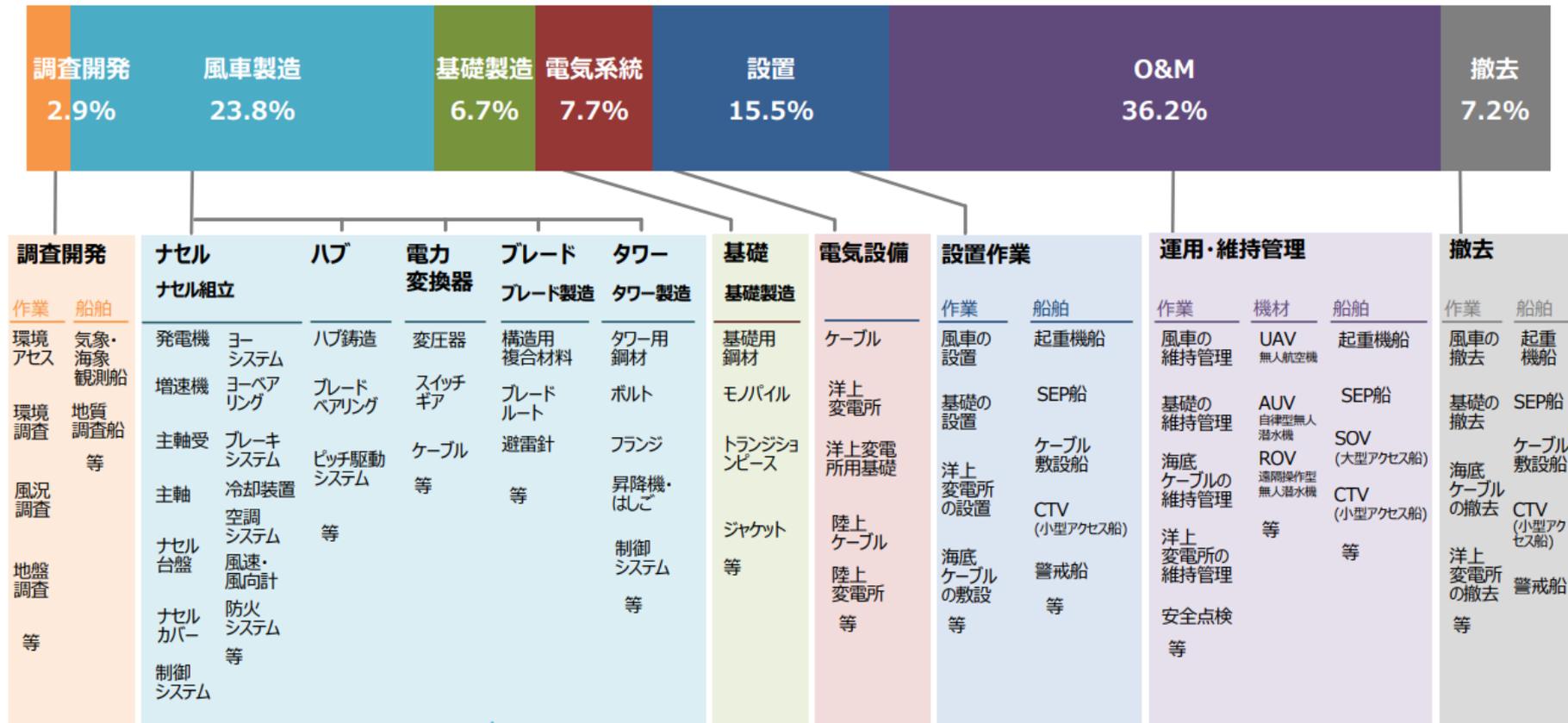
- 2040年30～45 GWの案件形成目標を達成するためには、2030年以降**年平均2～3GW程度の案件形成必要**。
- あわせて、EEZにおける洋上風力発電の導入に向けて、以下3点を実現していく必要あり。
  1. **複数海域で大規模案件（GW級）を同時に形成するとともにリードタイムを短縮**
  2. **国民負担の抑制**
  3. **事業者にとって予見性のある仕組み**

## 目標達成に向けた案件形成



# 洋上風力発電のサプライチェーン

## 洋上風力サプライチェーンの全体像（着床式の例）



※数字 (%) は「Guide to an offshore wind farm」(BVG associates, 2019) より三菱総研が算出したLCOEに占める割合。

出典：経産省「洋上風力産業ビジョン（第一次）概要

[https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saiene/yojo\\_furyoku/dl/vision/vision\\_first\\_overview.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/yojo_furyoku/dl/vision/vision_first_overview.pdf)

# 洋上風力発電支援船

- **CTV (Crew Transfer Vessel):** CTVは、風力発電所などの海上施設と陸地を行き来するための乗組員輸送船。風力タービンの保守、点検、修理などの作業に従事する技術者や作業員を輸送。
- **SOV (Service Operation Vessel):** SOVは、風力発電所などの海上施設での作業に必要な人員や設備を提供する。風力タービンの保守、点検、修理に必要な作業員や機器を運び、宿泊や食事、作業スペースなどを提供。長期間の海上滞在を可能にする。
- **CLV (Cable Lay Vessel):** CLVは、海底ケーブルを敷設するための船舶。風力発電所や油田などの電力ケーブルや通信ケーブルを敷設する際に使用される。

## その他

- SEP(Self Elevating Platform)船
- AHTSV (Anchor Handling Tug Supply Vessel)
- クレーン船



- サイズの拡大
- 設備スペースの拡大
- 電動化対応



- 速度の向上
- サイズの拡大
- 代替燃料対応



- 燃料効率の向上
- 新しいケーブルへの適応



今後EEZで同時並行的にいくつもの大規模洋上風力発電ファームの開発が進むこととなると、開発やO&Mで、これらの船（特にSOV）が日本でも何隻も必要になってくる。

# LCAベースでの各発電方式の単位電力 (kWh)あたりのGHG排出量推計

	AIによる調整後	IPCC 2014年	IPCC 2021年	NREL 2013年	IEA 2020年
洋上風力発電	5 ~ 20g	3 ~ 14g	2.9 ~ 8g	8 ~ 20g	5 ~ 15g
陸上風力発電	4 ~ 12g	3 ~ 11g	2 ~ 3g	3 ~ 11g	2.5 ~ 12g
太陽光発電	20 ~ 60g	18 ~ 48g	15 ~ 50g	20 ~ 70g	20 ~ 80g
天然ガス発電	400 ~ 500g	450g			
石炭発電	800 ~ 1,000g	820g			

- 洋上風力は高い発電効率と比較的大規模な建設・メンテナンスが必要なため、材料の生産や設置段階でのCO2排出が相対的に多い。運用段階ではほぼゼロに近い排出量。
- 陸上風力発電は洋上風力に比べて建設コストが低く、アクセスも容易であるため、建設および運用段階での排出量が若干少ない。発電容量の制約や風況によっては洋上風力よりも効率が低い場合がある。
- 太陽光発電のCO2排出量は、主に太陽光パネルの製造段階でのエネルギー使用と材料生産による。シリコンやその他の材料の製造に伴うエネルギー消費が比較的大きいため、風力発電に比べてやや高めのLCA CO2排出量となる。

(出典)

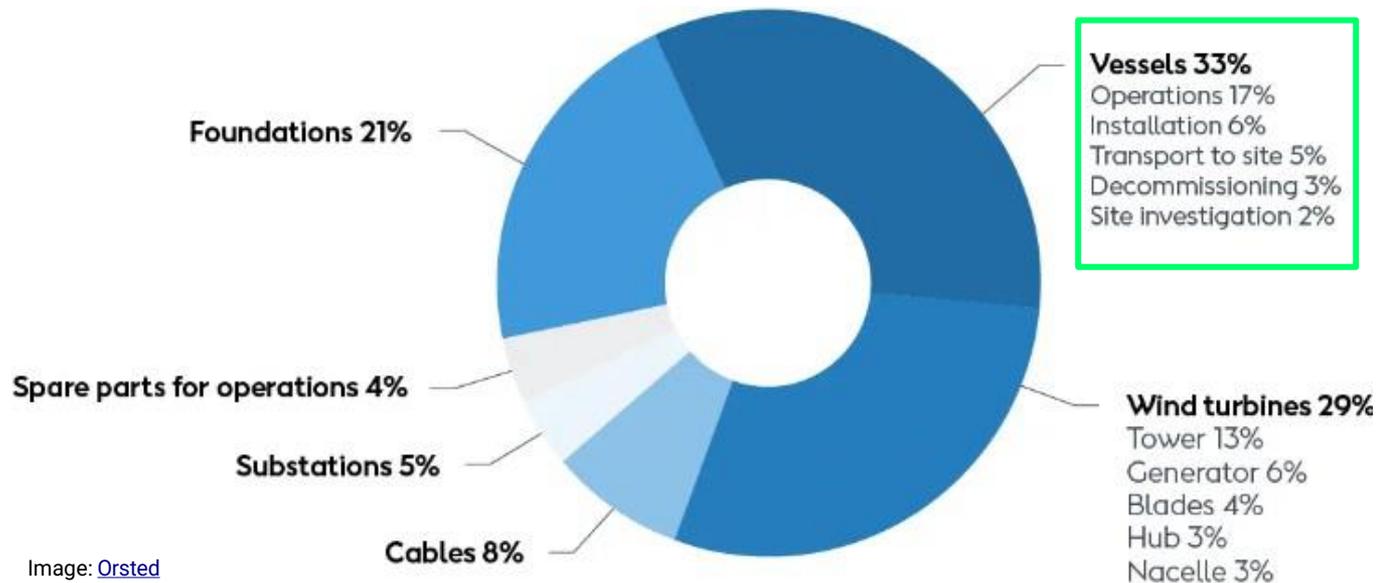
IPCC 2014年; 第5次評価報告書 AR5

IPCC 2021年; 第6次評価報告書 AR6

NREL 2013年; Life Cycle Greenhouse Gas Emission from Electricity Generation

IEA 2020年; Life Cycle Assessment of Electricity Generation: A Competitive Analysis

# 洋上風力のコンポーネントごとのGHG排出量



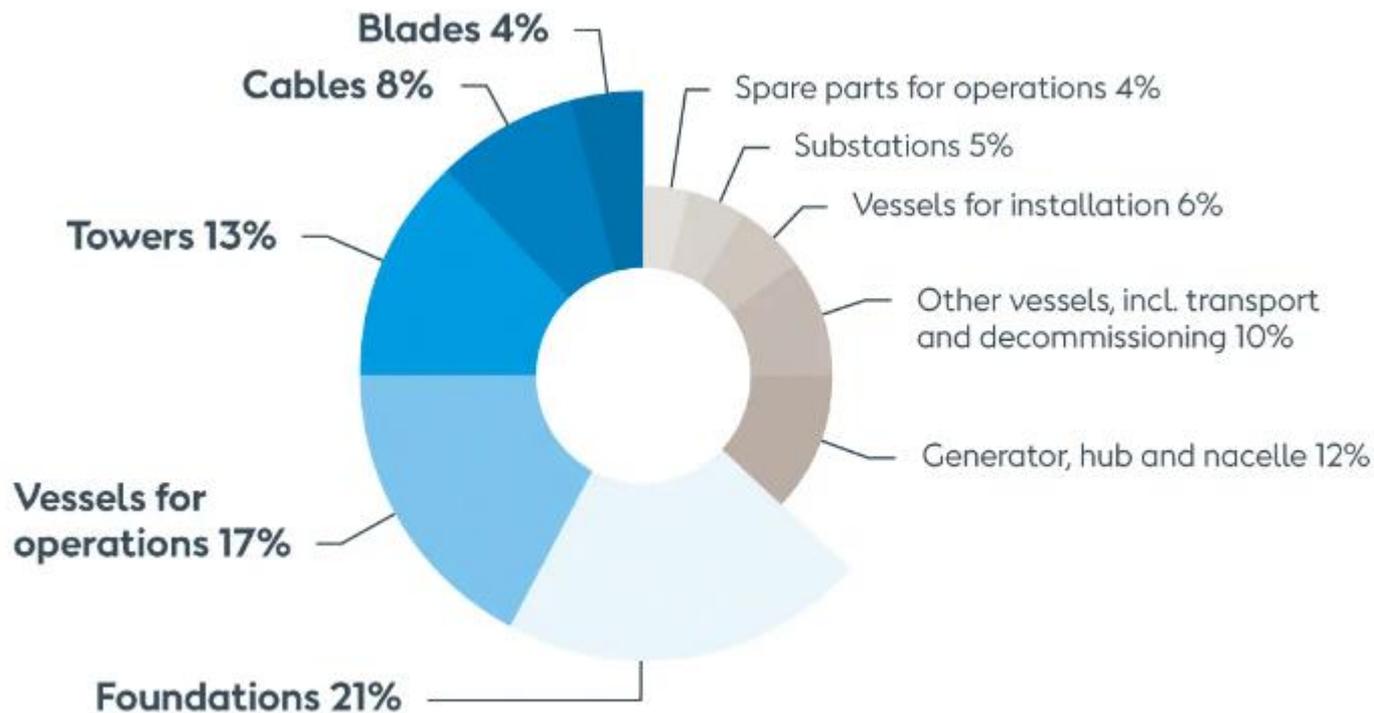
洋上風力発電所全体のLCAモデリング(オーステッド提供)では、洋上風力発電所の開発によるライフサイクル全体の排出量の約33%(または3分の1\*)を船舶が占めていることが確認されている。

Image: [Orsted](#)

\*注意:排出値は、特定の風力発電所の基準(サイトまでの距離、建設の種類など)によって大きく異なる。

出典: Orsted Website [Orsted](#)

## 洋上風力のコンポーネントごとのGHG排出量（その2）



# Orstedのネットゼロに向けたサプライチェーンとの連携

## ブレードのリサイクル

風力発電のブレードは通常、ガラス繊維とポリエステルまたはエポキシ樹脂の複合材料で作られているが、Vestas社と連携して既存および将来のエポキシベースのブレードをリサイクル可能にする新しい技術を開発。



## タービントワーの低炭素化

風力タービンのタワーは鋼鉄で作られており、全体の排出量の15%を占めている。現在、Vestas社と協力して低排出鋼の導入を進め、少なくとも25%を低排出鋼製のタワーに置き換えており、今後、スクラップ鋼と再生可能エネルギーを用いる製造プロセスで、排出量の最大70%削減を目指す。



## 基礎構造の低炭素化

洋上風力発電の基礎に使用される鋼材は、全体の排出量の20~30%を占める最大の排出源。Orstedでは、長期的な鋼材供給パートナーであるDillinger社と協力し低炭素排出の鋼材を開発している。Dillingerは再生可能エネルギー由来の水素と天然ガスを使用する直接還元鉄（DRI）プラントを計画しており、これにより最大55%の排出削減が可能になる。低炭素鋼は2027年から生産開始予定。



## 銅ケーブルの低炭素化

洋上風力発電所の送電ケーブルは銅を使用しており、全体の排出量の約10%を占めている。OrstedではNKT社と協力し、英国のHornsea 3プロジェクトで低炭素の銅製送電ケーブルを使用している。再エネを使用した製造プロセスで、排出量を最大49%削減している。



## クルー輸送の船舶の脱炭素化

船舶関連はLCAで見ると全体排出の33%。O&M関連でも船舶関連は17%を占める。特にクルー輸送に掛かる船による排出が大きい。Orstedでは、再生可能エネルギーとe-メタノールを使用したクルー輸送船の運用テストを英国のBarrowとLincsの風力発電所で実施中。この方式で、運用ロジスティクスの排出量を最大95%削減できる。



# 洋上風力発電の開発開始から撤去まで

洋上風力発電の開発を成功させるには、各段階を支えるサプライチェーンとの連携が不可欠



## 開発

Windfarm design, site surveys, contract agreements



## 建設

Component fabrication and assembly



## 輸送および設置 (T&I)

Component transportation to site and installation



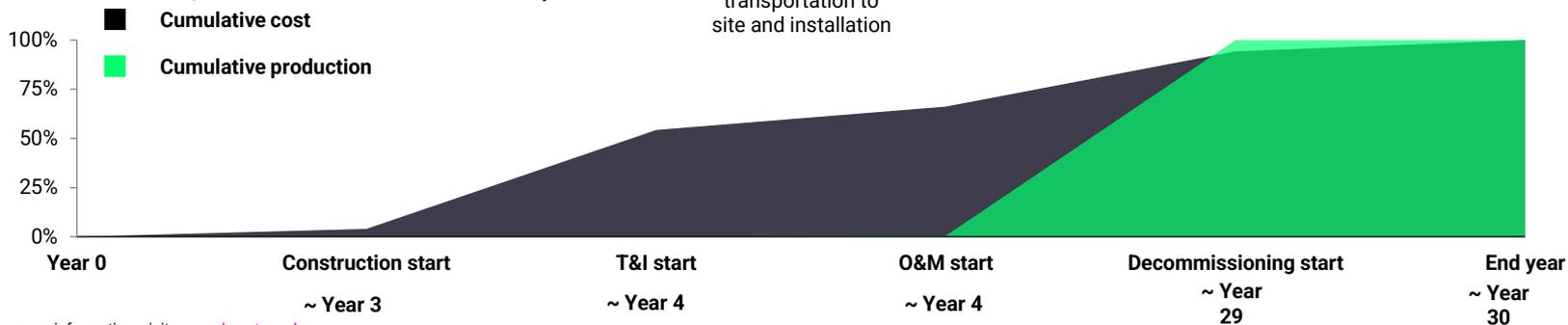
## 運用と保守(O&M)

Windfarm monitoring, control and servicing



## 撤去

Windfarm shutdown, asset removal or abandonment



# KENCY Corporation

[www.kency-esg.com](http://www.kency-esg.com)

プレジデント & CEO 山口健一郎



## <略歴>

1982年慶應義塾大学経済学部卒、東京銀行（当時の名称）勤務後、1991年にJPモルガン入社、東京とシンガポールを拠点にアジア地域でのコモディティービジネスを立ち上げから主導。1998年ロンドンに移り、東京三菱インターナショナル社(当時の名称) エグゼクティブ・ディレクター、2003年三菱商事の英国現地法人ペトロダイヤモンド・リスクマネジメント社長、2010年ドイツ銀行ディレクターを歴任。一貫してコモディティー、特にエネルギー関連商品のデリバティブトレーディングとストラクチャリングに従事。2014年に再生可能エネルギー資産取引の仲介を行うインターネット・プラットフォーム；Megawatt-X社をロンドンで設立し、同社パートナー。2017年ロンドン大学バークベック校で環境&サステナビリティ修士修了。2019年にKENCY Corporationを立ち上げ、環境情報開示と洋上浮力発電の分野に従事。2017年からCDPシニアマネジャーとして、また、2021年からカーボントラスト社のコンサルタントとしても活動している。

## <著作>

- グローバルスタンダード （1996年きんざい 共著）
- コモディティ・デリバティブ入門 （1998年シグマベース 共著）
- “気候変動対応で企業に求められる情報開示の重要性” 東京財団政策研究所CSR白書2019
- 修士論文“How Conservation Stockings Work in European Eel Management Plan” (Sep. 2016 Birkbeck College, University of London)