

欧州洋上風力発電市場事情

高校生海洋伝習所事業

2018年11月23日

FECC

フューチャー・エネルギー・コンサルタント株式会社

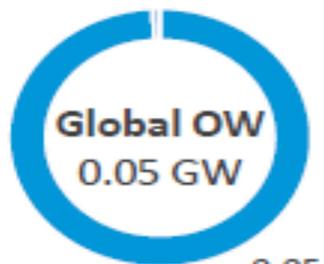
洋上風力発電は2000年より16年間で急速に成熟した産業



STAND

Considerations of opportunity, review and first experimentation

2000



0.05

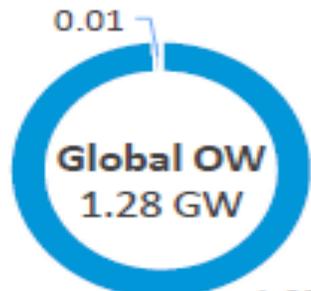
■ Europe



WALK

First Wind Farms but at high cost

2008



1.27

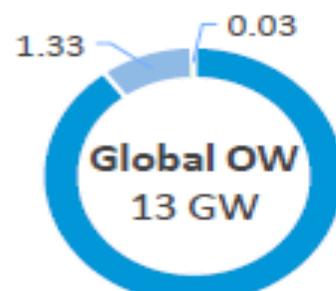
■ Europe ■ Asia



JOG

Commercial wind farms and cost is reducing

2016



12.06

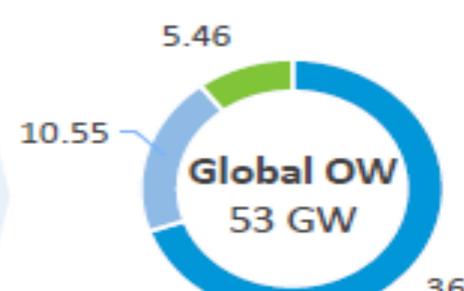
■ Europe ■ Asia ■ N. America



RUN

Industry mature Market expansion

2025



36.76

■ Europe ■ Asia ■ N. America

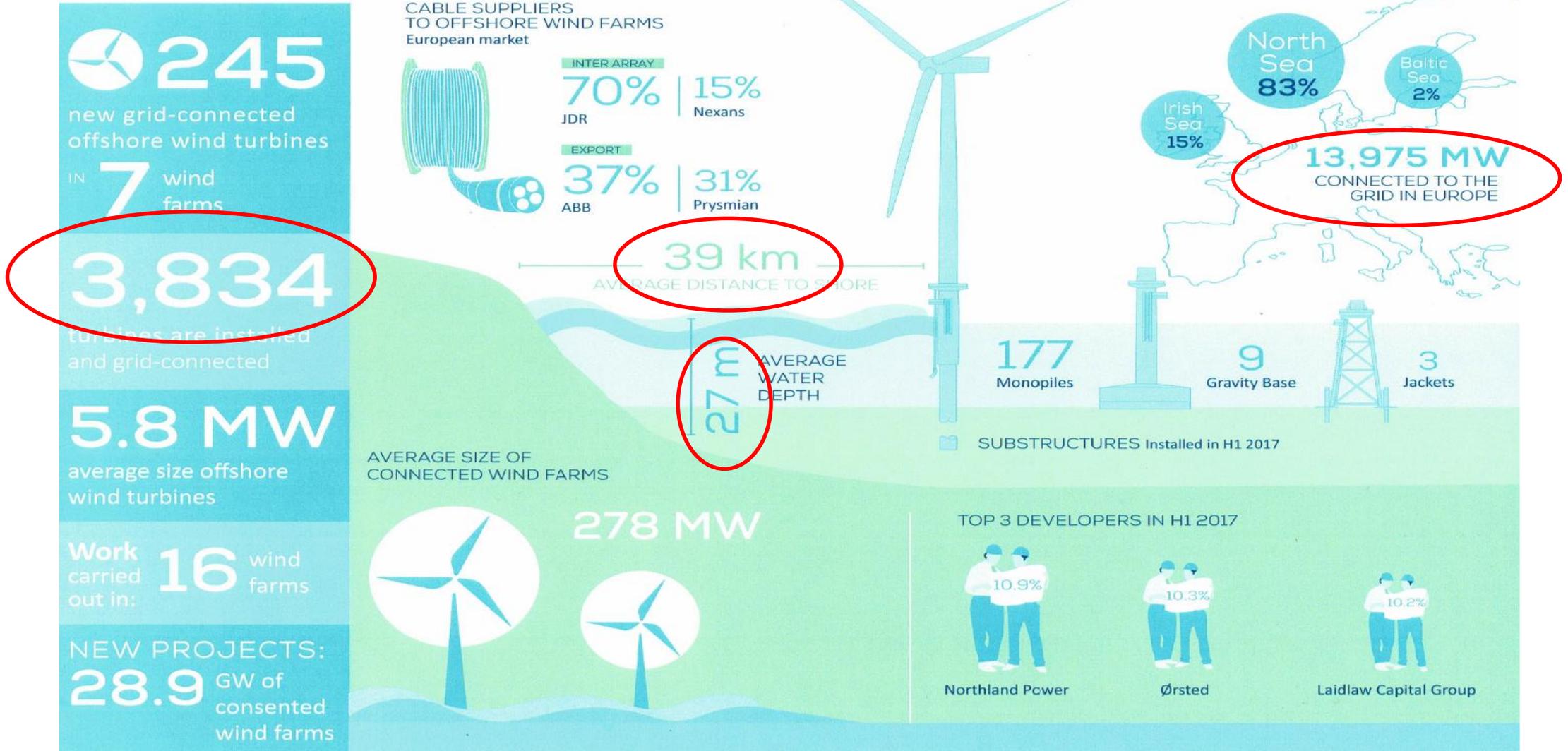
欧州洋上風力発電市場: 3, 834基の風車、 13, 975MW=原発14基分

Wind
EUROPE

THE EUROPEAN OFFSHORE WIND INDUSTRY

Key trends and statistics H1 2017

JULY 2017

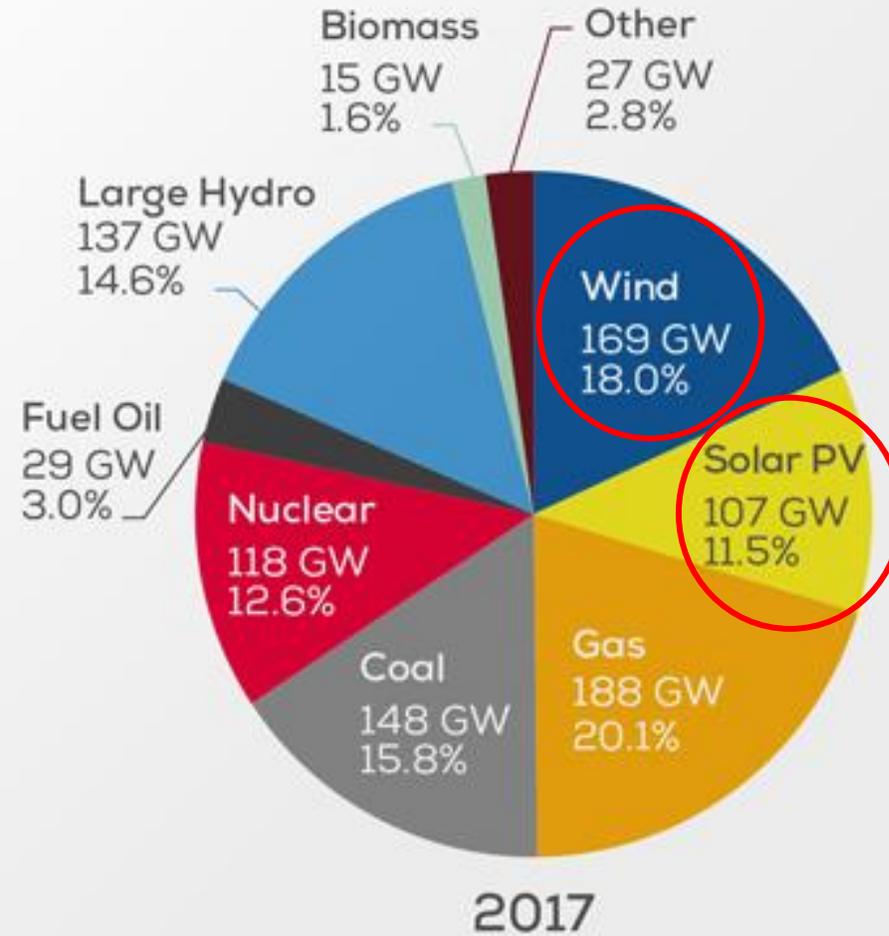
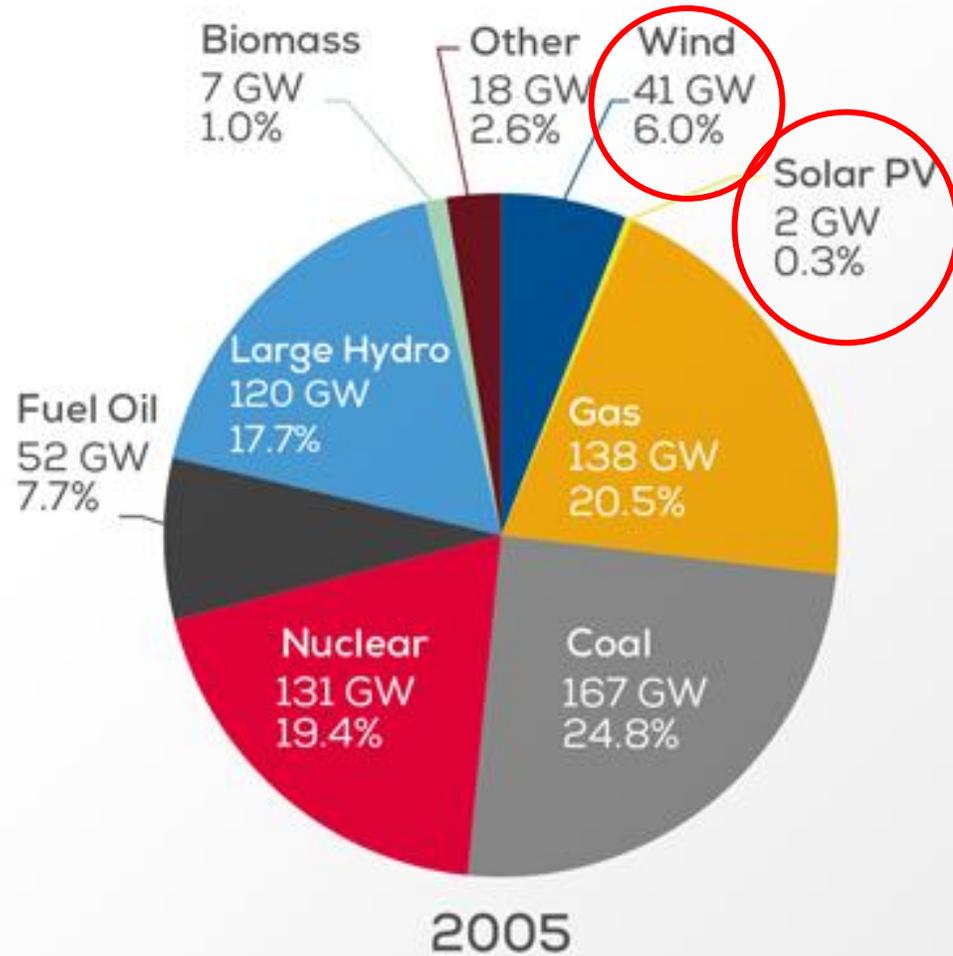


2005年と2017年の発電シェア比較

風力発電は4倍、太陽光発電は50倍

Share in installed capacity in 2005 and 2017

Wind
EUROPE

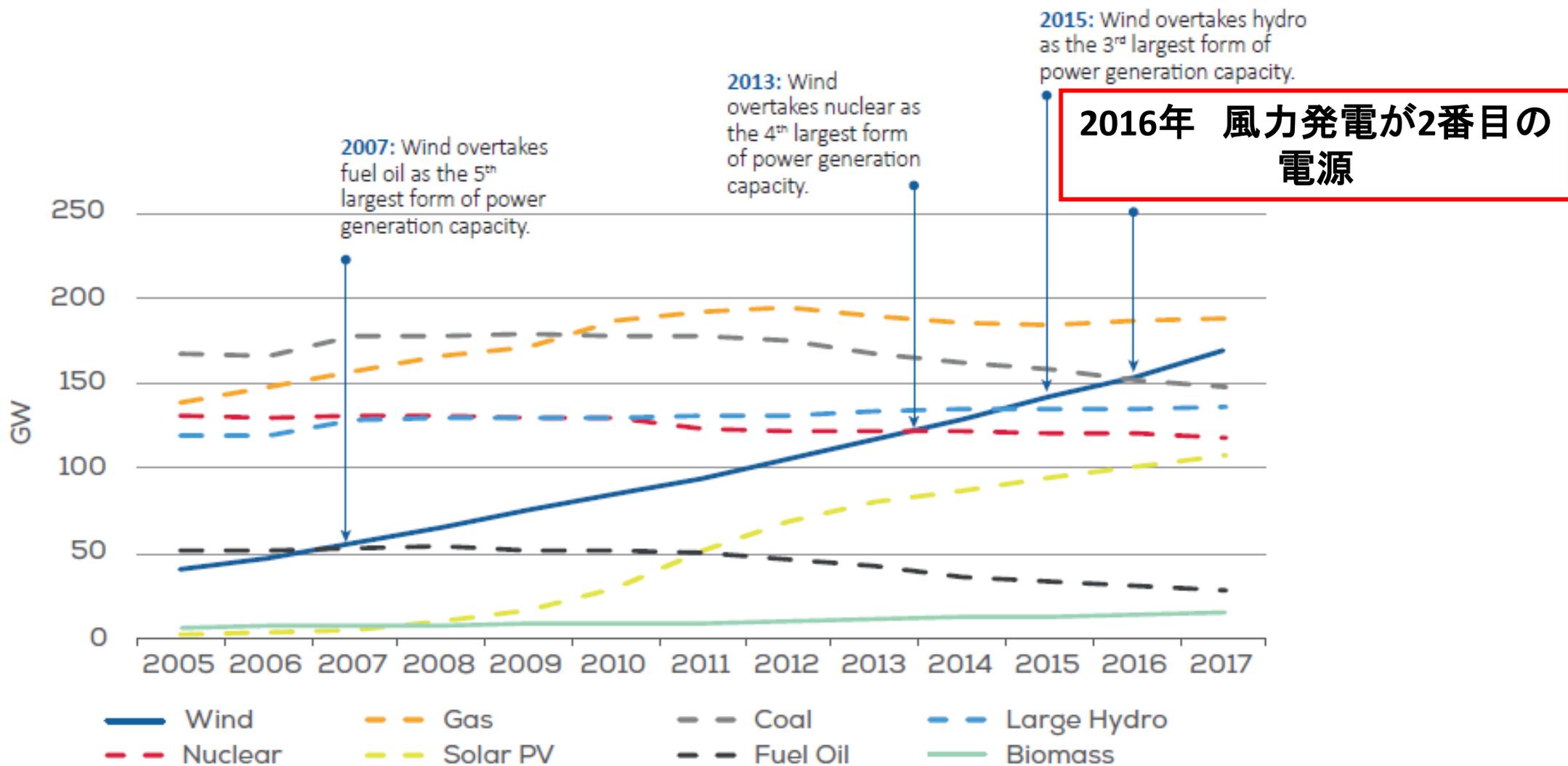


Source: WindEurope

総発電量に占める各電源比較

FIGURE 1

Total power generation capacity in the European Union 2005-2017

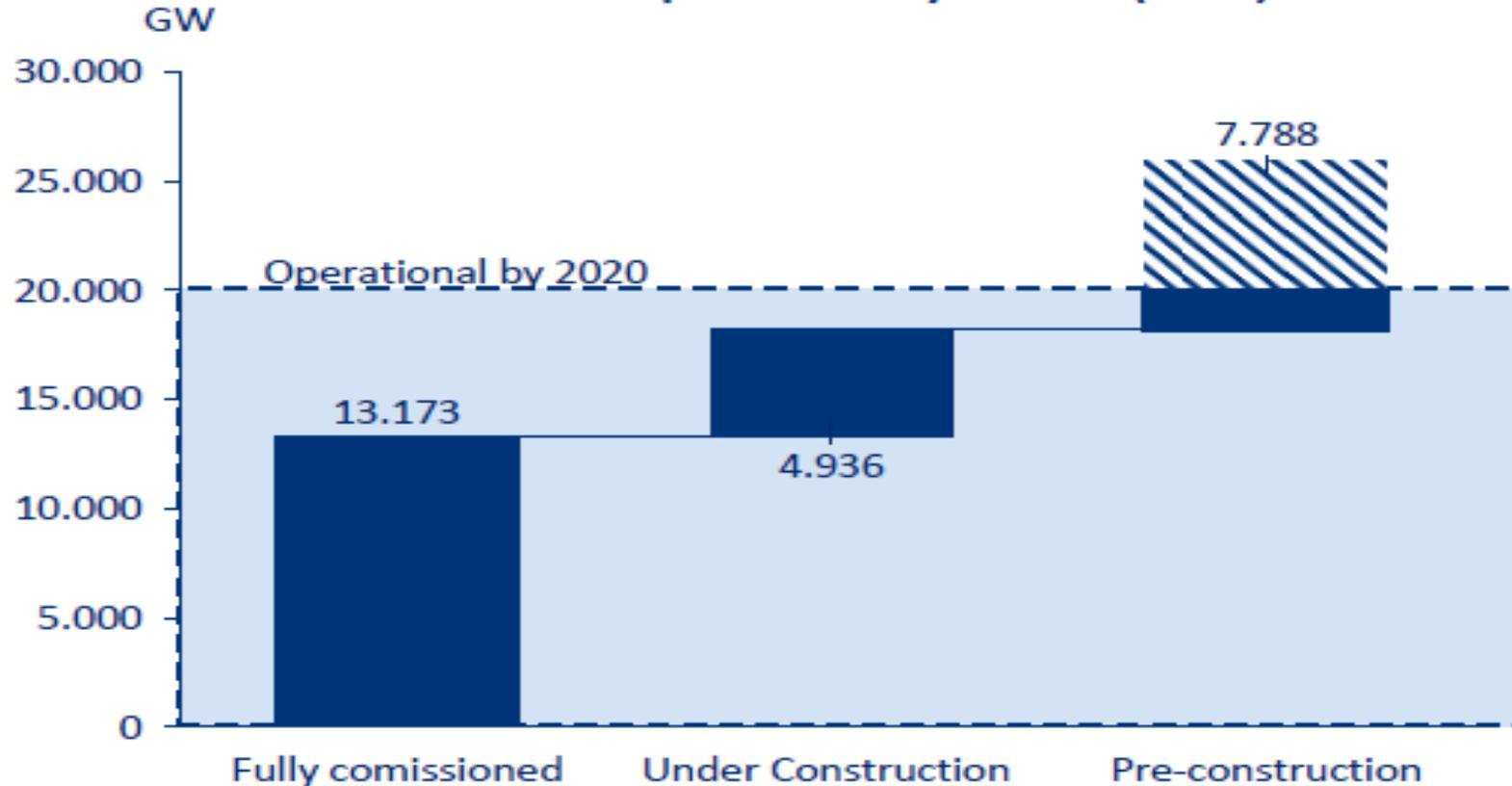


Source: WindEurope

世界の洋上風力発電は2020年までに20GW(原発20基分)に達する



Global portfolio by Status (MW)



	Capacity MW
Fully Commissioned	13172.79
United States	0.13
Finland	2
Norway	2
France	9
South Korea	11
Spain	19
Ireland	25
Japan	73
Vietnam	99
Sweden	206
Netherlands	524
Belgium	712
China	1373
Denmark	1408
Germany	3573
United Kingdom	5138
Pre-Construction	7788
France	2
Japan	7
Spain	25
Finland	40
South Korea	169
Denmark	435
Belgium	679
Germany	1233
China	1855
United Kingdom	3343
Under Construction	4936
Taiwan	8
Vietnam	148
Germany	1375
China	1694
United Kingdom	1712
Grand Total	25897

Middlegrunden (デンマーク)



Walney Extension 699MW 風車 87基 149km²=長崎市の37%、諫早市の46%の広さ
広さは56平方マイル（約145平方キロメートル）。マンハッタン島やサンフランシスコよりも広い
（サッカー場約2万個に相当する）。

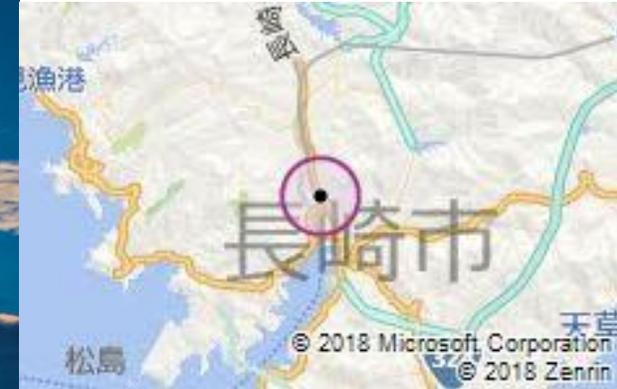


長崎市 406.4km²



諫早市 321km²

London Array 630MW 風車 175基 107km²= 長崎市の26%、諫早市の33%の広さ

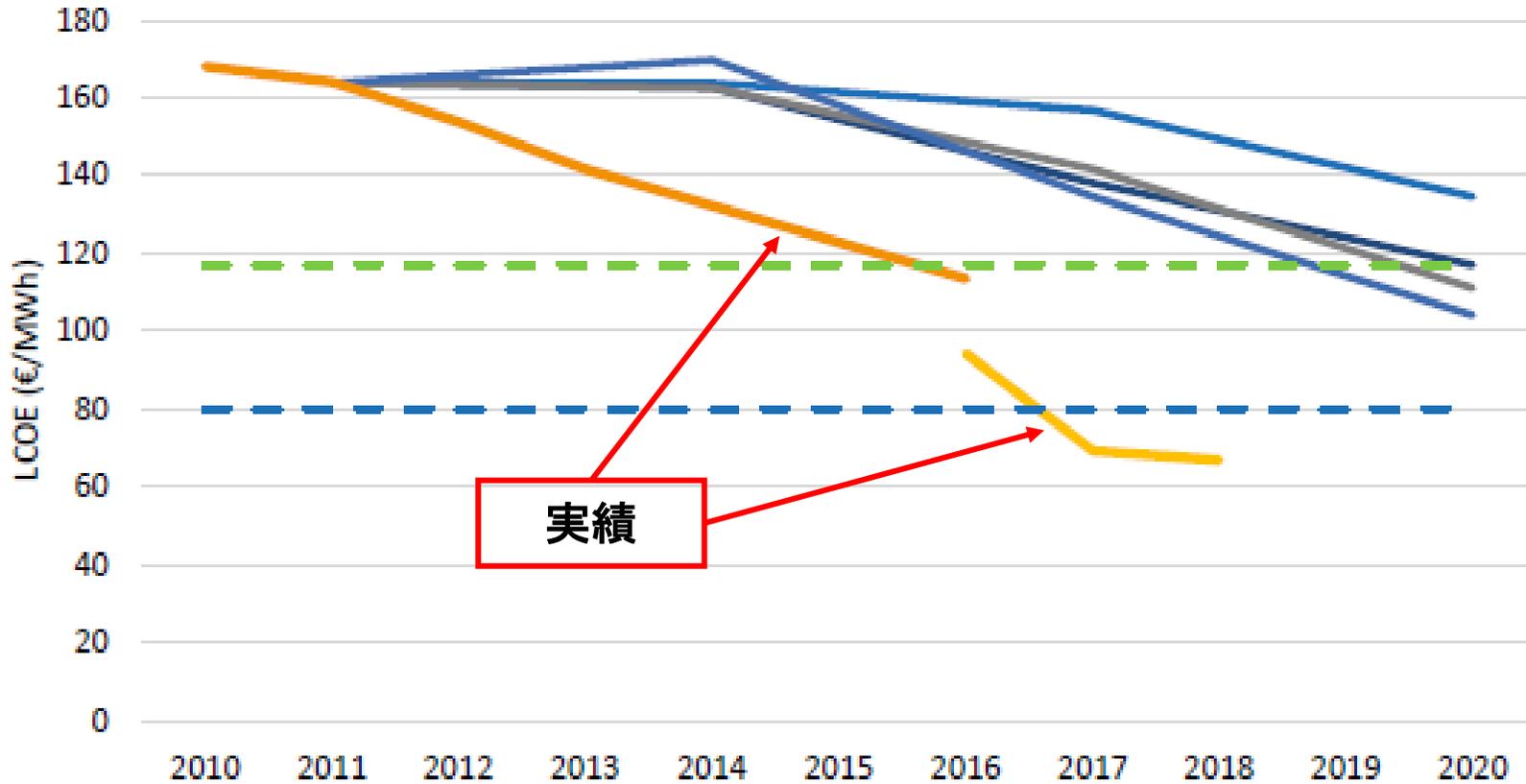


長崎市 406.4km²



諫早市 321km²

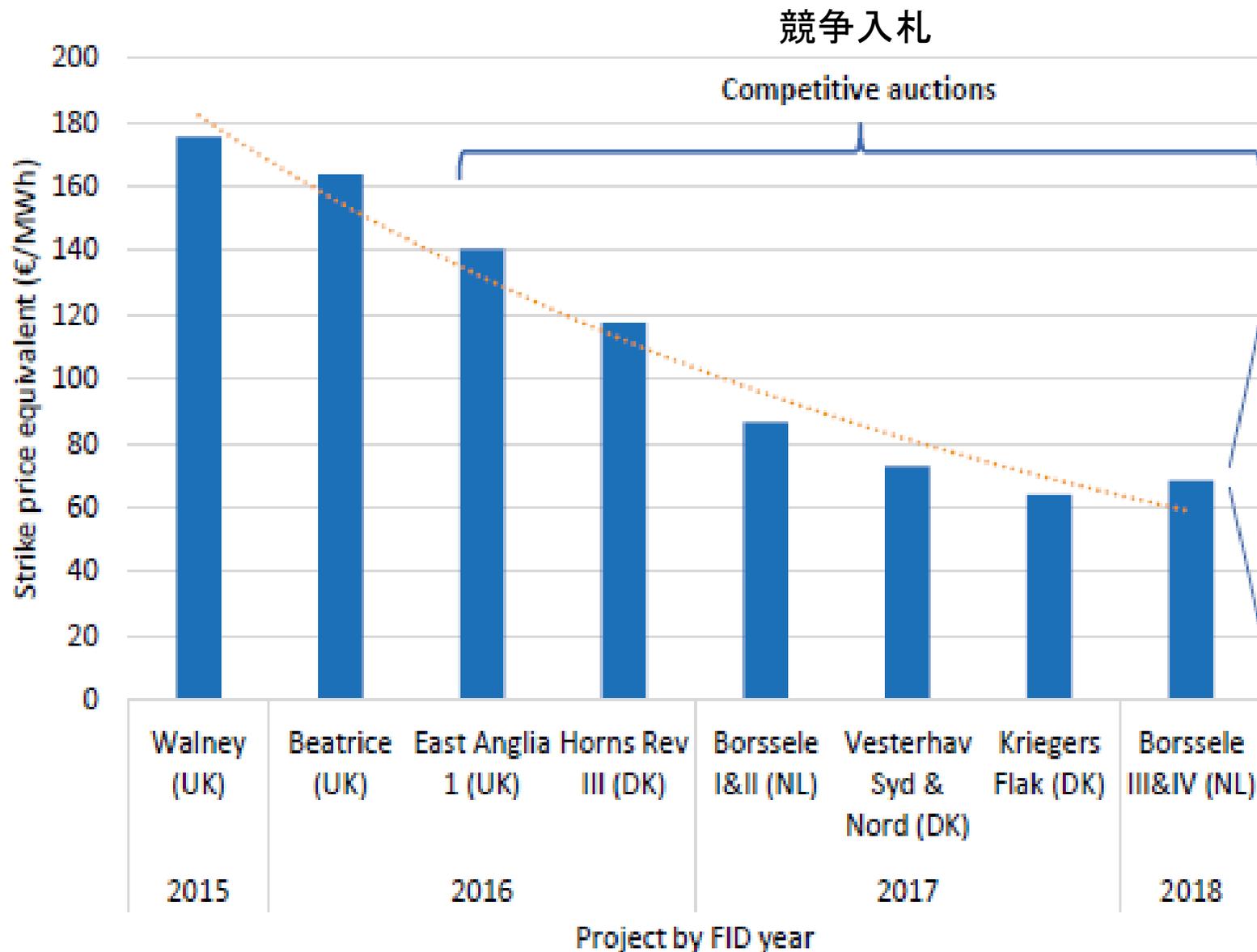
欧州市場でのコスト低減目標と実際の入札価格動向



- ・2010年より大幅なコスト低減を実現
- ・2010年より2018年の間にLCOEが60%近く低減
- ・欧州での入札制度によりコスト低減が加速
- ・Crown Estateの全ての想定、及び、産業界の目標値を下回ったコスト低減を実現

Forecast	— TCE-1: Slow progression*	— TCE-2: Technology acceleration
	— TCE-3: Supply chain efficiency	— TCE-4: Rapid progression
Actuals	— CRMF (UK average)**	— EUR auction tenders (average)***
Targets	- - - Industry 2020 target	- - - Industry 2025 target

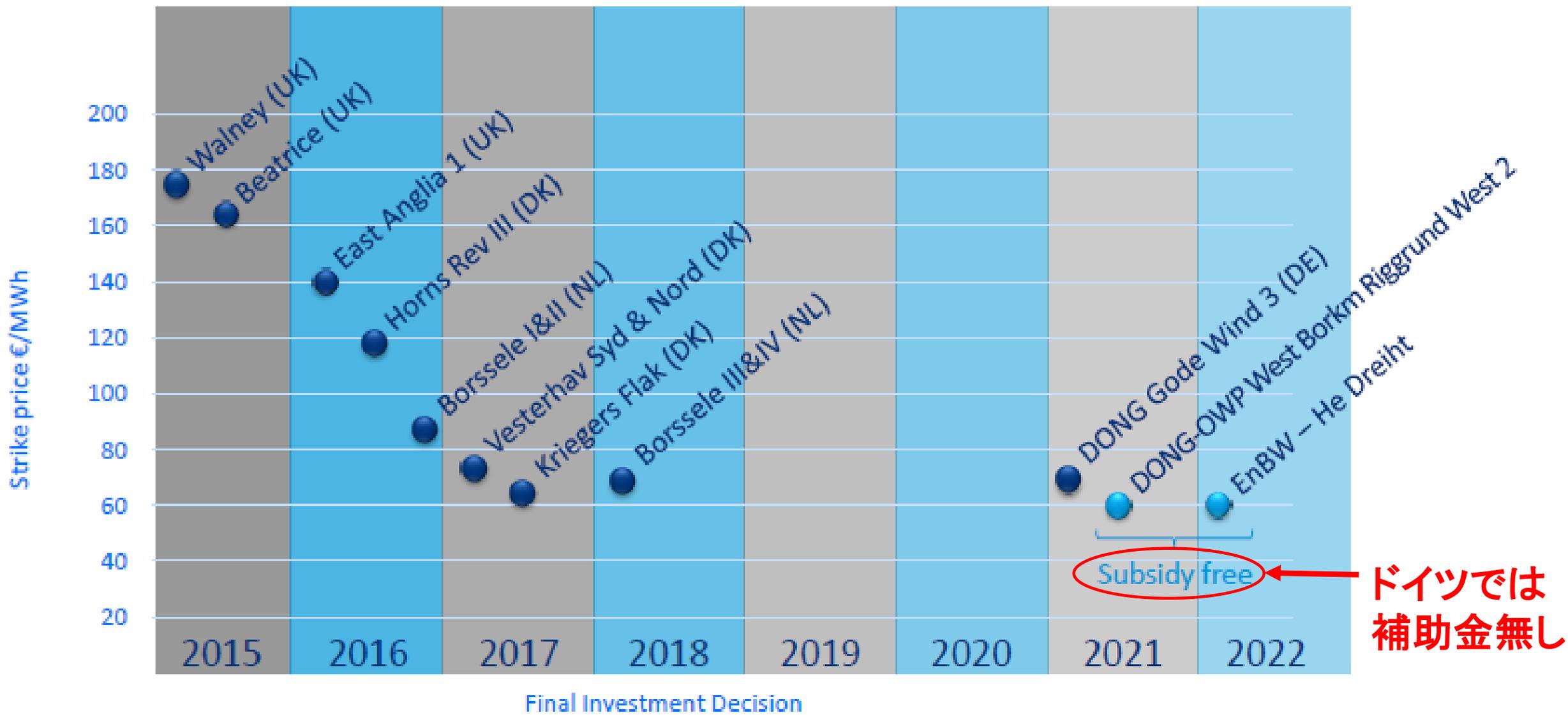
入札制度の前と導入後の落札価格推移



Borssele III&IV

- Landmark low strike price:
 - €54.5/MWh (exc. grid co) = 7円/kWh
 - ~€68.5/MWh (inc. grid co)
- 54% lower than the strike price cap (€120/MWh)
- Saving €4.7bn over project lifetime
- Only expected to be subsidised for first 7 years of operation
- No subsidies for remaining 18 years
- Incentive mechanism design (no price ceiling) enables developer to benefit from high future wholesale prices

欧州での最近の落札価格の推移



英国でのCfD(固定価格買取制度)入札結果

➤ First allocation: 23 April 2014

Project	Capacity (MW)	Developer	Date online	Strike Price (£/MWh)
Burbo Bank Extension	258	Dong	2017	150.00
Dudgeon	402	Statoil; Statkraft	2017	150.00
Walney Extension	660	Dong	2017	150.00
Beatrice	664	SSE; Repsol	2018	140.00
Hornsea 1	1200	Dong; SMart Wind	2019	140.00
TOTAL	3184	(70% of total allocation, with 1364 MW to biomass)		

22.5円/kwh

21円/kwh



➤ Second allocation: 26 February 2015 – Competitive auction

Project	Capacity (MW)	Developer	Date online	Strike Price (£/MWh)
East Anglia 1	714	Iberdrola/ SPR	2017	119.89
Near na Gaoithe	448	Mainstream RP (project finance alone)	2018/9	114.39
TOTAL	1162	(54% of total allocation, with 978MW to onshore wind, PV...)		

18円/kwh

17円/kwh

CfD 2nd Allocation Round: Total Budget: 2021/2022 £290-million 2022/2023 £290-million
 Administrative Strike Price (Offshore Wind: 2021/2022 --- £105/MWh
 2022/2023 --- £100/MWh
 Capacity Cap: 1,500MW/Project

英国CfD入札結果(2017年9月11日発表)

Contracts for Difference Second Allocation Round Results

BEIS has today on 11 September 2017 at 7AM published the outcome of the second Contract round to coincide with National Grid notifying qualifying applicants of the outcome of the round

(A) Information on the successful applicants – strike prices are in 2012 prices.

Strike Price: £105.00 £100.00



落札価格:

£74.75
(11円/kwh)

£57.50
(9円/kwh)

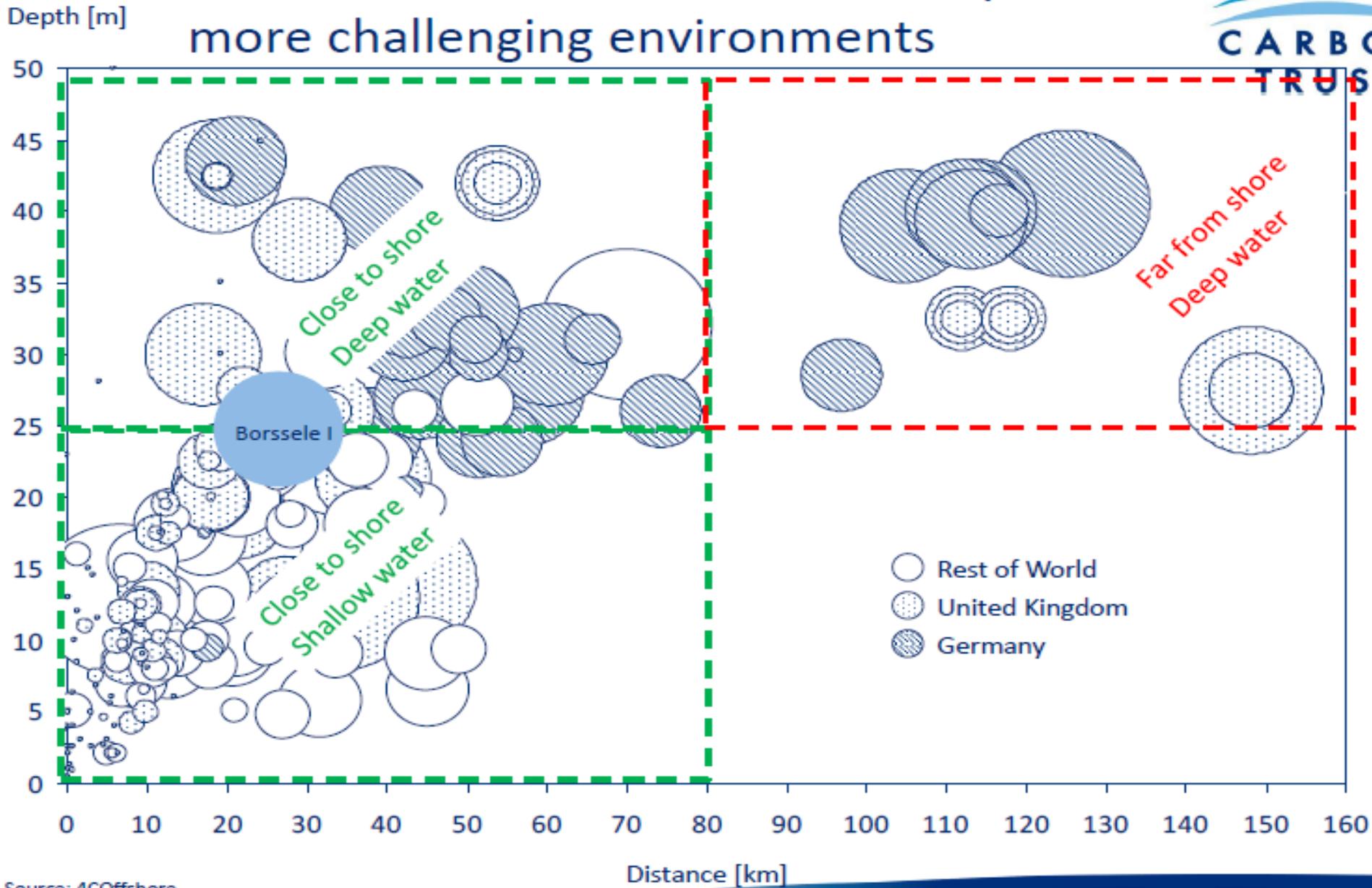
Project Name	Developer	Technology Type	Capacity (MW)	Strike Price (£/MWh)	Delivery Year	Homes Powered	Region
Drakelow Renewable Energy Centre	Future Earth Energy (Drakelow) Limited	Advanced Conversion Technologies	15.00	74.75	2021/22	27,190	England
Station Yard CFD 1	DC2 Engineering Ltd	Advanced Conversion Technologies	0.05	74.75	2021/22	90	Wales
Northacre Renewable Energy Centre	Northacre Renewable Energy Limited	Advanced Conversion Technologies	25.50	74.75	2021/22	46,220	England
IPIF Fort Industrial REC	Legal and General Prop Partners (Ind Fund) Ltd	Advanced Conversion Technologies	10.20	74.75	2021/22	18,490	England
Blackbridge TGS 1 Limited	Think Greenery TOPCO Limited	Advanced Conversion Technologies	5.56	74.75	2021/22	10,080	England
Redruth EfW	Redruth EFW Limited	Advanced Conversion Technologies	8.00	40.00	2022/23	14,500	England
Grangemouth Renewable Energy Plant	Grangemouth Renewable Energy Limited	Dedicated Biomass with CHP	85.00	74.75	2021/22	148,880	Scotland
Rebellion	Rebellion Biomass LLP	Dedicated Biomass with CHP	0.64	74.75	2021/22	1,120	England
Triton Knoll Offshore Wind Farm	Triton Knoll Offshore Wind Farm Limited	Offshore Wind	860.00	74.75	2021/22 ¹	893,690	England
Hornsea Project 2	Breesea Limited	Offshore Wind	1,386.00	57.50	2022/23 ²	1,440,300	England
Moray Offshore Windfarm (East)	Moray Offshore Windfarm (East) Limited	Offshore Wind	950.00	57.50	2022/23 ³	987,220	Scotland

¹ Triton Knoll will be built in three phases; 2021/22 is the delivery year for phase 1

² Hornsea will be built in three phases; 2022/23 is the delivery year for phase 1

³ Moray East will be built in 3 phases; 2022/23 is the delivery year for phase 1

Offshore Wind in UK and Germany are in more challenging environments



英国とドイツの洋上風力発電はより水深が深く、離岸距離の長いサイトに移行

欧州各国の政府とDeveloperの責任分担範囲

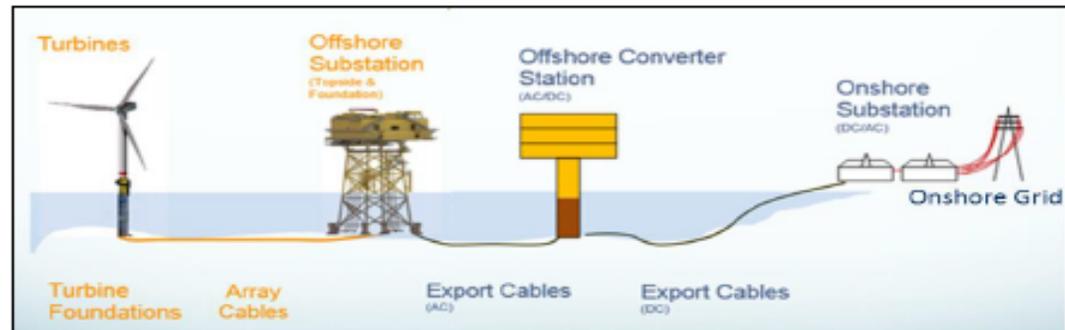
	Zone identification	Site selection	Site investigation	Consenting/ permitting	Grid application	Grid design & construction	Government risk/control	Developer risk/control
	Crown Estate	Developer	Developer	Developer via PINs	Developer / National Grid	Developer / Ofgem	Low	High
 EEG 2014	Government	Developer	Developer	Developer via BSH	TSO	TSO		
 EEG 2017	Government	Government	Government	Developer via BSH	TSO	TSO		
	Government	Government	Government	Government	Government / TSO	TSO		

・英国はDeveloper主導型
(ゾーン入札⇒Project Development ⇒CfD入札)

・ドイツ、オランダは政府主導のセントラル方式
(事業者入札)

Key: Green = Government responsibility; Amber = Developer responsibility

風力発電事業者と送電事業者(TSO)の分担



注) 英国では建設後送電線はTSOに譲渡

Deep	Amber	Blue							
Hybrid	Amber	Blue							
Shallow	Amber	Amber	Amber	Amber	Blue	Blue	Blue	Blue	
Super shallow	Amber	Amber	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	

Key: Blue = TSO responsibility; Amber = Developer responsibility



Netherlands Offshore Wind Roadmap

- Roadmap with phased deployment over 5 year period
- Driven by National Energy Agreement to install 4.45 GW by 2023
- 5x 700 MW sites identified, de-risked, and tendered annually
- Call to increase targets by and beyond 2023

Year	Power	Wind Farm Zone
2015	700 MW	Borssele Wind Farm Zone, Wind Farm Site I and II
2016	680 MW	Borssele Wind Farm Zone, Wind Farm Site III and IV
2017	700 MW	Wind Farm Zone Hollandse Kust (zuid)
2018	700 MW	Wind Farm Zone Hollandse Kust (zuid)
2019	700 MW	Wind Farm Zone Hollandse Kust (noord)

セントラル方式

- 毎年の導入量を明確にしてMarket Visibilityを高める
- 地元合意形成、EIA、送電線敷設まで政府が手配しDeveloperのリスクを最小化

なぜ欧州の洋上風力発電は急速に拡大し、 且つ、価格が大きく下がったのか？

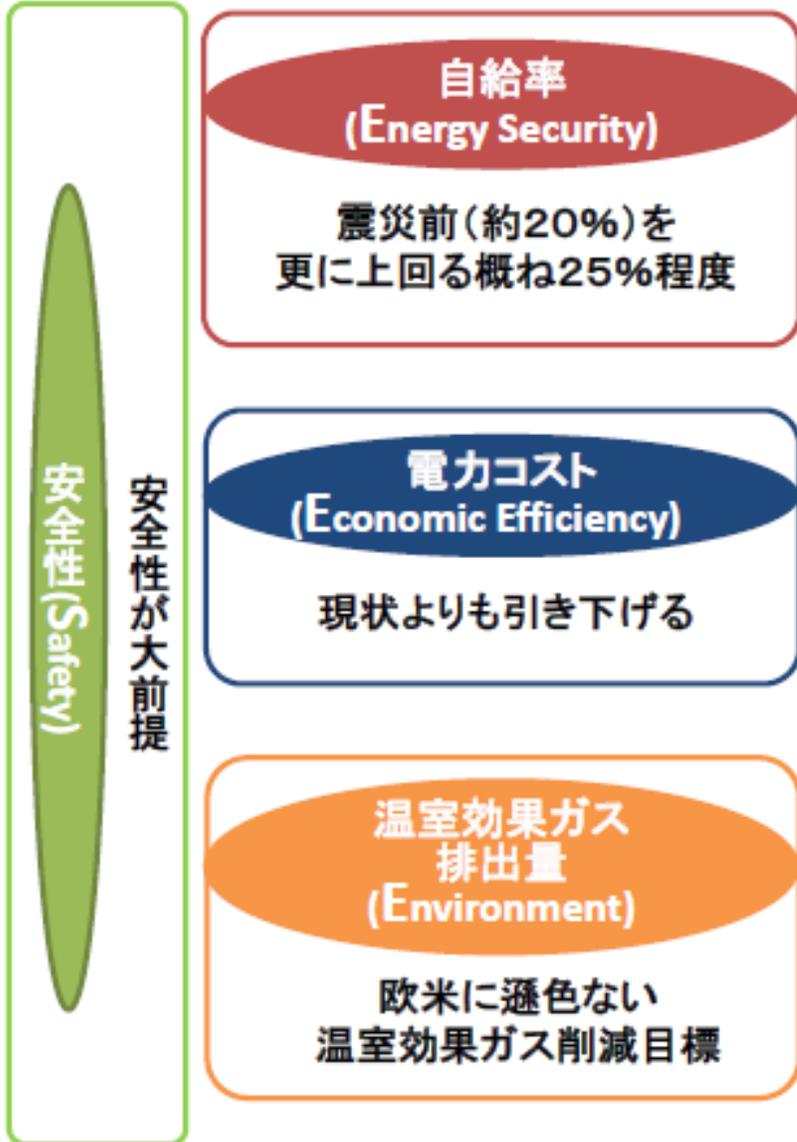
- ✓ 各国政府の明確な導入目標（ロードマップ）
- ✓ 政府主導による適切なゾーニング方式と入札制度の導入
- ✓ 発電と送電を分離し送電部分を政府・送電会社が整備
- ✓ 風車及びウィンドファームの大型化
- ✓ 洋上石油・ガス開発で蓄積したノウハウの活用
- ✓ マーケットプル型（市場主導型）の技術開発プログラムによる
技術開発促進

日本での洋上風力発電開発は？

- ✓ エネルギー基本計画(2018年見直し)
- ✓ 海洋基本計画(2018年見直し)
- ✓ 固定価格買取制度(毎年見直し)
- ✓ 法令の整備(港湾管理法改正、一般海域活用に関する新法)
- ✓ 各種基準、ガイドラインの整備
- ✓ マーケットプル型(市場主導型)技術開発方式の導入

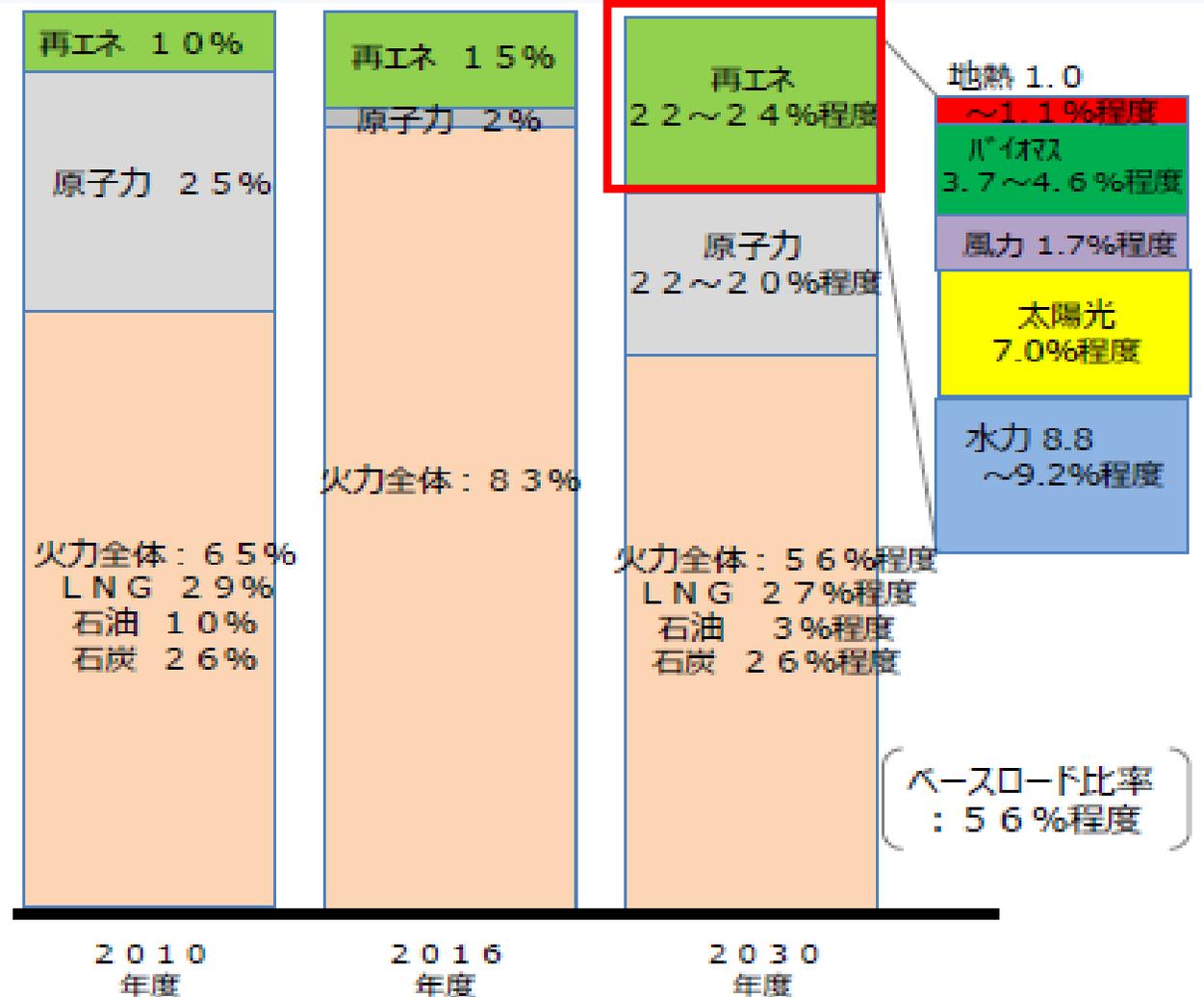
✓ エネルギー基本計画(2018年見直し)

＜3E+Sに関する政策目標＞



◆再エネ政策のキーワード：主力電源+大量導入

- ◆コスト競争力+長期安定電源化（地域との共生、適正な事業運営、再投資）がその条件
- ◆FITからの自立化+電力システム改革との融合：買取（価格）依存型からの脱却



✓ 海洋基本計画(2018年見直し)



2-2. 海洋の主要施策の基本的な方針

(1) 海洋の産業利用の促進

- 経済安全保障の確保、経済成長の実現、海洋権益の確保を意義として一体的に推進
- メタンハイドレート、海底熱水鉱床、レアアース泥等の海洋由来のエネルギー・資源の開発推進
- 洋上風力発電に関し、海域利用ルール等の制度整備を加速
- 高付加価値化・生産性の向上を通じて、海洋産業の国際競争力を強化
- SIP「次世代海洋資源調査技術」の成果を活用
- 「海洋資源開発技術プラットフォーム」を通じ、企業間交流の活動を支援
- クруз船の寄港拡大や大学発ベンチャー等、新しい活力を海洋産業に取り込み、市場を開拓
- 外航及び内航海運における安定的な海上輸送の確保(トン数標準税制の活用、「内航未来創造プラン」に従った施策の推進)
- 海上輸送拠点の整備(国際コンテナ・バルク戦略港湾政策の推進)
- 水産資源の適切な管理(資源調査の抜本的な拡充、漁業取締能力の強化)
- 水産業の成長産業化(「浜プラン」の実施による所得向上、流通構造の改革と水産物輸出の促進
収益性の高い操業体制への転換等による国際競争力の強化、担い手の育成・確保)



メタンハイドレートの開発推進



海域利用ルールの整備



資源評価の精度向上 3

✓ 固定価格買取制度 (毎年見直し)

洋上風力発電の固定価格は36円/kwhに据え置き

	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
事業用太陽光 (10kW以上)	40円	36円	32円	29円 27円 ^{※1}	24円	入札制移行 (2000kW以上)			
				※1 7/1~ (利益配慮期間終了後)		21円 (1000kW以上) 2000kW未満			
住宅用太陽光 (10kW未満)	42円	38円	37円	33円 35円 ^{※2}	31円 33円 ^{※2}	28円 30円 ^{※2}	26円 28円 ^{※2}	24円 26円 ^{※2}	
				※2 出力制御対応機器設置義務あり					
風力	22円(20kW以上) ^{※4}					22円 (20kW以上) ^{※4}	21円 (20kW以上) ^{※4}	20円 (20kW以上) ^{※4}	19円 (20kW以上) ^{※4}
	55円(20kW未満)					55円(20kW未満)			
	36円(洋上風力)					36円(洋上風力)			

✓法令の整備(港湾管理法改正)

●港湾法の一部を改正する法律(平成28年法律第45号) (平成28年5月13日成立 20日公布)

②港湾における洋上風力発電施設等の導入の円滑化

＜港湾への洋上風力発電施設の導入背景＞

- ・広大な空間と安定的な風力エネルギーの存在
- ・海上輸送による部材等の運搬が容易
- ・背後地に近接し、電力系統への接続が容易



長期間にわたる占用の許可について、施設の維持管理等にも配慮しつつ、占用者を適切に選定する基準及びその手続の明確化を図る必要。

洋上風力発電施設による発電量
2014年度 0.2億kWh → 2030年度 22億kWh

③公募による占用許可手続の創設

- ・長期間にわたり港湾区域内の水域等を占用する施設(洋上風力発電施設等)の設置に関する手続を創設。

①港湾管理者が公募占用指針を策定



②事業者が港湾管理者に公募占用計画を提出



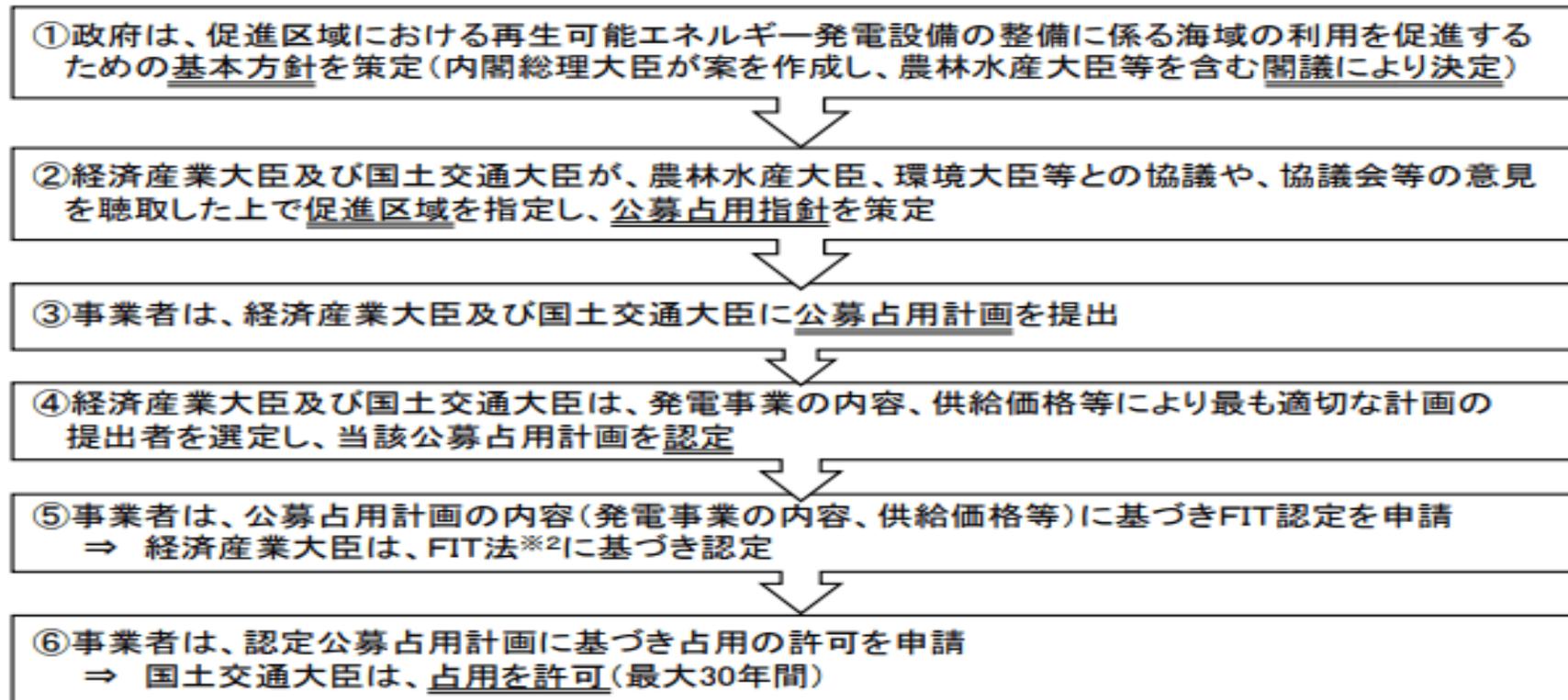
③港湾管理者は、最も適切な計画の提出者を選定し、当該計画を認定(認定の有効期間は20年以内)



④事業者は、認定計画に基づき占用の許可を申請
→ 港湾管理者は、占用を許可

✓法令の整備(一般海域に関する新法)

3月9日、経済産業省は「海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律案」が閣議決定したと発表しました。洋上風力発電を促進する法案であり、これまで海域占有期間が3～5年であったところ、最大30年間まで可能となり、資金調達が容易になることが期待できます。



英国政府系機関CARBON TRUSTと欧州の大手発電事業者9社2009年よりOffshore Wind Acceleratorを開始
(総額100億円)

Offshore Wind Accelerator

Objective: Reduce cost of energy by 10% in time for Round 3



72% (31GW) of licensed capacity in UK waters

- Joint industry project involving 9 developers + Carbon Trust
- Only developers are members
 - Aligned interests
 - Commercially-focused
 - Preferential access to new technology
- £45-60m programme (7.8b – 10b yen)
 - 2/3 industry, 1/3 public (government)
- Focus on overcoming near-term technical challenges

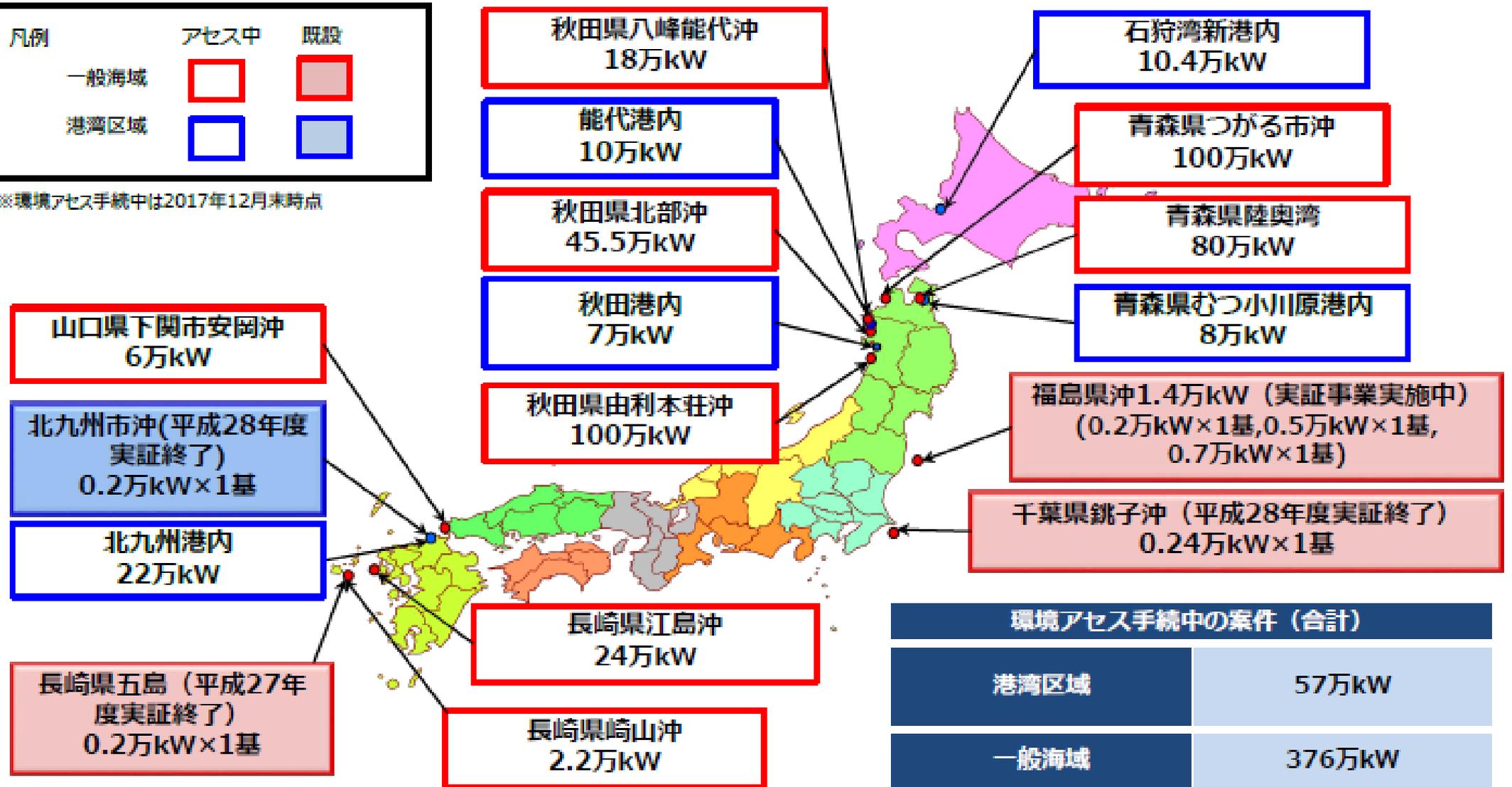


日本版OWAが2018年より開始

- 現在の我が国における導入状況及び環境アセスメント手続中の計画は以下のとおり。（導入量は約2万kW、環境アセス手続中の案件は約430万kW）

凡例	アセス中	既設
一般海域		
港湾区域		

※環境アセス手続中は2017年12月末時点



山口県下関市安岡沖
6万kW

北九州市沖(平成28年度
実証終了)
0.2万kW×1基

北九州港内
22万kW

長崎県五島(平成27年
度実証終了)
0.2万kW×1基

秋田県八峰能代沖
18万kW

能代港内
10万kW

秋田県北部沖
45.5万kW

秋田港内
7万kW

秋田県由利本荘沖
100万kW

長崎県江島沖
24万kW

長崎県崎山沖
2.2万kW

石狩湾新港内
10.4万kW

青森県つがる市沖
100万kW

青森県陸奥湾
80万kW

青森県むつ小川原港内
8万kW

福島県沖1.4万kW(実証事業実施中)
(0.2万kW×1基,0.5万kW×1基,
0.7万kW×1基)

千葉県銚子沖(平成28年度実証終了)
0.24万kW×1基