



令和5年度

エネルギー需給構造高度化対策調査等事業

(再生可能エネルギー分野におけるGX実現に向けた次世代太陽電池及び浮体式洋上風力に関する海外動向調査)

報告書

令和6年(2024)2月29日



経済産業省

Ministry of Economy, Trade and Industry

報告書 目次

(1) 次世代太陽電池海外展開

- 1-1 海外ペロブスカイトPVメーカー分析
- 1-2 ペロブスカイトPV市場動向・導入可能性分析
- 1-3 日本の次世代太陽光海外展開について

(2) 浮体式洋上風力海外展開

- 2-1 アジア洋上風力浮体メーカー分析
- 2-2 海外浮体式洋上風力市場・公募動向分析
- 2-3 日本の浮体式洋上風力海外展開について

(3) 沖合洋上風力エネルギーキャリア

- 3-1 海外案件開発動向・プレイヤー分析
- 3-2 エネルギーキャリアコスト分析
- 3-3 日本の洋上風力エネルギーキャリア展開について

背景及び事業目的

- 2050年のカーボンニュートラルの実現に向けて、再生可能エネルギーに関しては、2021年10月に閣議決定されたエネルギー基本計画において、S+3Eを大前提に、2050年における主力電源として、最優先の原則の下、最大限の導入に取り組むこととされており、その際、系統制約への対応、自然条件・社会制約への対応、地域との共生、国民負担の抑制といった課題に取り組んでいくことが必要である。
- こうした課題のうち、特に、平地が限られている、急深な海域が多いといった我が国特有の自然条件や、国際水準と比較して依然として高い水準にある発電コストの課題を克服するためには、技術革新によるブレイクスルーも重要であり、次世代型太陽電池であるペロブスカイト太陽電池や浮体式洋上風力発電について、グリーンイノベーション基金を活用し、研究開発の取組を支援している状況にある。
- 今後、こうした技術の実用化が期待されるが、それと同時に、カーボンニュートラル目標を表明する国・地域が増加し、脱炭素の機運が高まる中、世界的なカーボンニュートラルの実現に貢献するとともに、我が国における国際産業競争力の強化を図る観点からは、我が国のみならず、諸外国にも導入を拡大し、市場を獲得していくことが重要となる。また、本年2月に閣議決定されたGX実現に向けた基本方針においても、ペロブスカイトについて、需要創出や量産体制の構築を推進することとされるとともに、洋上風力関連産業におけるサプライチェーン形成を進めることとされるなど、国際市場の獲得も見据えつつ、再生可能エネルギー産業の国際競争力強化を図っていく重要性がますます増している状況にある。
- こうした背景のもと、特に、まず、ペロブスカイト太陽電池については、現在、世界トップ水準の開発状況にあり、諸外国に先駆けて世界の市場を獲得する可能性が十分にある状況にあることから、海外における技術開発動向の調査や、国際市場の獲得に向けた戦略策定につながる市場調査を実施することとする。また、国際市場を獲得するためには、技術力のみならず、原材料から最終製品に至るまでのサプライチェーンを把握しておくことも重要であることから、ペロブスカイト太陽電池の製造における将来を見据えたサプライチェーン構造についても合わせて調査を実施することとする。
- 加えて、浮体式洋上風力においては将来我が国のプレイヤーによる市場獲得可能性見込まれる、アジア地域、北米エリアなどの地域について、中長期的な市場規模、導入状況、制度、諸外国及び当該国のプレイヤーの状況、地域個別の技術的課題などについて、国際市場獲得に向けた戦略策定につながる調査を実施することとする。さらに、排他的経済水域を含む沖合での導入にあたっては、送電線敷設コストが膨大であり、沿岸から遠く離れた地点で発電する場合の最適なエネルギーキャリアを検討する必要がある。
- こうしたことから、本事業では蓄電池や水素といったエネルギーキャリアを検討するにあたって、既存の送電線敷設と比較考慮や技術的課題の整理、現在世界で取組が行われている技術開発や実証事業を調査した上で、日本の沖合浮体式洋風力を実施する際に日本の地理的特性等も踏まえた最適なエネルギーキャリアの在り方についても、合わせて検証を行うこととする。

以上の調査を通じて、我が国のペロブスカイト太陽電池及び浮体式洋上風力における海外市場獲得の可能性を整理し、中長期的な戦略につなげることを本事業の目的とする

本事業内容の全体像

日本のGX全体戦略

- 2023年2月に閣議された「GX実現に向けた基本方針」における今後10年を見据えた22分野ロードマップ
- 150兆円官民投資/20兆円GX経済移行債支援 + 成長志向型カーボンプライシングの方針によって戦略は可変

本事業内容(仕様書より)



制約条件

- ヒト**
 - 国内雇用(既存産業からの転換含)
 - 海外現地側雇用
- モノ**
 - 土地制約
 - 系統制約
 - 資源制約(鉱物資源、レアメタル等)
- カネ**
 - 国内資金制約
 - 海外資金制約

本調査仕様書(1/3)

(1) 次世代太陽電池(ペロブスカイト太陽電池等)に関する海外展開について

現在、グリーンイノベーション基金を活用し、次世代型太陽電池(ペロブスカイト太陽電池等)(以下、「次世代型太陽電池」という。)の早期の社会実装に向けて取り組んでいるところであるが、国際的な研究開発競争も激化しており、現在開発を進めている我が国の企業が世界に先駆けて実用化し、市場を獲得していくため、以下について検討する。その際、前提として、諸外国で次世代型太陽電池の研究開発を行っているプレイヤーの状況や、次世代型太陽電池の製造に必要な原料、部材、関連機器等のサプライチェーンの構造についても分析・検討を行う。

- ① 主に欧州やアジア、米国等 5ヶ国以上の、次世代型太陽電池とその関連機器の開発に取り組んでいる企業や研究機関の技術開発動向及び当該国または地域における研究開発支援や量産化支援に関する政策の状況。
- ② 3ヶ国以上における、次世代型太陽電池の導入可能性について。その際、当該国における太陽光発電の導入目標や、軽量・フレキシブルなどを特徴とする次世代型太陽電池の必要性、当該国の系統電力コスト、関連する規制等を考慮すること。
- ③ 次世代型太陽電池の製造において必要な工程や原材料等を分析し、サプライチェーン全体の情報を整理した上で、サプライチェーン上重要な要素を特定する。また、海外展開を想定した協業可能性も含め、部素材ごとに日本及び海外の主要なプレイヤーの状況を調査する。

本調査仕様書(2/3)

(2) 浮体式洋上風力発電に関する海外展開について

現在、グリーンイノベーション基金を活用し、将来のアジア等海外展開を見据えた技術開発に取り組んでいるところであるが、今後実証を行い商用化につなげていくにあたり、以下について検討する。その際、前提として、今後の世界での浮体式洋上風力発電産業において、世界での浮体式洋上風力発電産業において、今後トレンドとなる浮体の型式や施行方法等を分析した上で、その分野において基礎メーカー、サプライヤー含め日本国内にどのようなプレイヤーが存在し、先進性などどのような強みを持っているかについても検討を行う。

- ① 主に北米・南米・アジア太平洋地域等5ヶ国以上における浮体式洋上風力の導入状況(導入目標、既存及び今後予定されている入札)及び当該市場における海外プレイヤー(発電事業者・サプライヤー)の進出状況
- ② 当該地域、国における洋上風力発電市場のローカルコンテンツ要求含む公募制度現状、現在検討段階にあるものについては、その検討状況について
- ③ 当該地域、国において既に各国が行っている協業状況の調査、及び、風車メーカーの拠点建設状況、今後日本企業が参入していくにあたって協業可能性のあるポテンシャルサプライヤーについて
- ④ 当該地域、国における、地理的特異性等を踏まえた技術的課題について

本調査仕様書(3/3)

(3) 沖合の洋上風力発電導入に向けたエネルギーキャリア検討について

沖合での浮体式洋上風力発電の導入にあたっては、送電線敷設コストが膨大であるため、沿岸から遠く離れた地点で発電する場合の最適なエネルギーキャリアを検討する必要がある。そこで、（本事業では、）洋上風力発電において、蓄電池や水素といったエネルギーキャリアを検討するにあたって、既存の送電線敷設との比較考慮や技術的課題の整理、現在世界で取組が行われている技術開発や実証事業を調査した上で、日本の沖合の浮体式洋上風力を実施する際に、日本の地理的特性等も踏まえた最適なエネルギーキャリアの在り方について以下検討する。

① 蓄電池及び水素を使ったエネルギーキャリアの現状について

既に欧州を中心に、洋上風力発電のエネルギーキャリアに関する検討が進んでいることを踏まえ、沖合の洋上風力で発電する場合の新たなエネルギーキャリア（蓄電池や水素）についての技術開発や実証事業の動向（今後解決すべき技術課題の整理含む）や各国の支援制度に関する国際動向調査を欧州の5ヶ国以上の国について行う。

② 蓄電池蓄電池及び及び水素を使ったエネルギーキャリアのコスト分析と今後の導入シナリオ

国際動向調査を踏まえ、現時点での蓄電池や水素キャリアによるコストを一般的な海底ケーブルによる送電コストと比較分析を行う。今後の技術課題や日本の地理的特性等を踏まえ、いつどこでどのような条件であれば導入可能かについて検討する。またその際、水素や蓄電池等の技術開発によるコスト低減等も可能な限り検討に盛り込む。

③ 蓄電池及び水素を使ったエネルギーキャリアのプレイヤー分析

洋上風力発電のエネルギーキャリアに関し想定されるサプライヤー等のプレイヤー候補を検討する。

報告書 目次

(1) 次世代太陽電池海外展開

- 1-1 海外ペロブスカイトPVメーカー分析
- 1-2 ペロブスカイトPV市場動向・導入可能性分析
- 1-3 日本の次世代太陽光海外展開について

(2) 浮体式洋上風力海外展開

- 2-1 アジア洋上風力浮体メーカー分析
- 2-2 海外浮体式洋上風力市場・公募動向分析
- 2-3 日本の浮体式洋上風力海外展開について

(3) 沖合洋上風力エネルギーキャリア

- 3-1 海外案件開発動向・プレイヤー分析
- 3-2 エネルギーキャリアコスト分析
- 3-3 日本の洋上風力エネルギーキャリア展開について

中国: ペロブスカイトPVメーカーサマリ(1/2)

企業名	企業概要			製品情報(公開情報)			※赤字: ヒアリング情報	ステージ	技術/事業開発動向	
	設立年	従業員数	資本関係	型式	基板	実験効率				商用効率
GCL Perovskite 昆山協鑫光電材料	2013 (R&D開始)	95	GCL Group	シングル	ガラス		16.0%	2.0	商用	単結晶シリコンの太陽電池製造においてグローバルな認知
UtmoLight 極電光能科技	2020	190	Great Wall HD	シングル	ガラス	19.9%	18.2% (10-17%)	0.7	商用	2023年からペロブスカイト研究開発を開始
Microquanta 織納光電	2015	71	独立系	シングル タンデム	ガラス	21.8%	18.0% (10-15%)	0.7	商用	2017年頃からペロブスカイトの生産設備を開発
Perovs 衆能光電	2015	<50	独立系	シングル	—	20.1%		1.4	商用	Xizi Clean Energyより出資を受け、中国のPSC技術を牽引
DaZheng Micro 大正微納	2023	<50	独立系	シングル	—	21.0%		0.2	商用	2012年から研究チームとしてPSCモジュールの開発に着手
Renshine Solar 仁燦光能	2021	<50	独立系	タンデム	—	29.1%	22.0%	0.7	実証	認証済み実験効率では世界記録である29.1%をマーク
J.S.Machine 京山輕機	1957	4,355	独立系	タンデム	—	21.0%			実証	製造装置が主要事業で、パッケージング技術にも注力
Wonder Solar 万度光能	2016	<50	独立系	シングル	ガラス	14.0%			実証	2000年から研究を開始し、スクリーン印刷方式に注力

Source: 各種公開情報; エキスパートインタビュー; BCG分析

中国：ペロブスカイトPVメーカーサマリ(2/2)

企業名	企業概要			製品情報(公開情報)			※赤字: ヒアリング情報	ステージ	技術/事業開発動向
	設立年	従業員数	資本関係	型式	基板	実験効率			
Nanjing Aolian 奥聯汽車電子	2001	683	奥聯電子	-	-				実証 ソーラー事業責任者の経歴詐称が発覚し開発に遅れ
Longi 隆基緑能科技	2000	60,601	独立系	タンデム	-	33.50%			研究開発 コンパクトで高効率のシリコン太陽電池を提供
Trina Solar 天合光能	1997	23,077	独立系	タンデム	-	27.90%			研究開発 OEM・ODMとして他の企業向けにもPVモジュールを提供
JinKo Solar 晶科能源	2006	46,494	独立系	タンデム	-	27.60%			研究開発 シリコン太陽電池のビッグ6として国際的な認知
Li Yuan New Energy 黎元新能源科技	2016	<50	独立系	-	-	12.10%			研究開発 国立材料化学技術研究所、上海交通大学と共同研究
CATL 寧徳時代新能源科技	2011 (2020)	118,914	独立系	シングル	-				研究開発 バッテリーメーカーで、近年PSC関連特許の申請あり
Topray Solar 拓日新能	2002	1,103	独立系	-	-				研究開発 従来型PVの開発・販売をグローバルに展開



欧州: ペロブスカイトPVメーカーサマリ

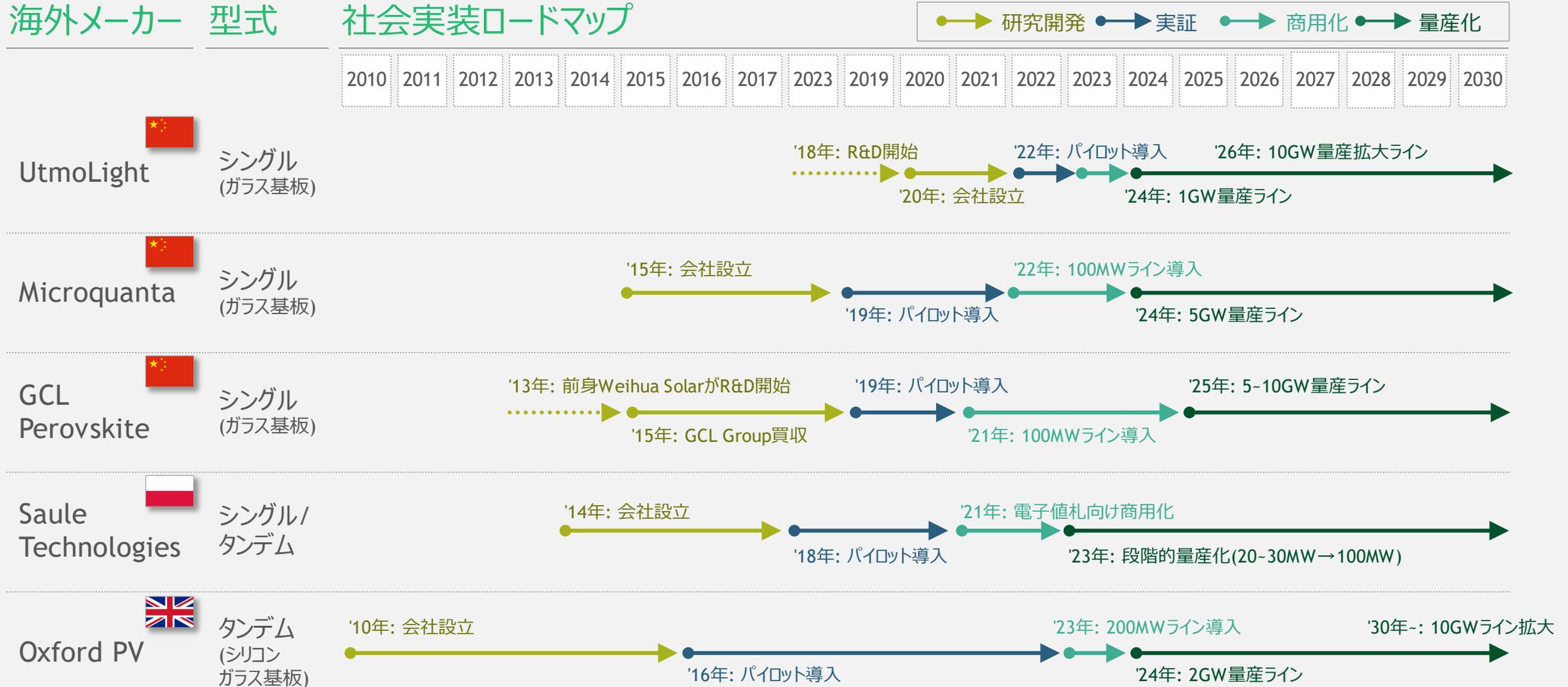
企業名	企業概要			製品情報(公開情報)					※赤字: ヒアリング情報	ステージ	技術/事業開発動向
	設立年	従業員数	資本関係	型式	基板	実験効率	商用効率	商用サイズ(cm ²)			
Oxford PV		2010	140	独立系 (大学発)	タンデム (シリコン)	ガラス	29.5%	28.6%	276	商用	当初の計画より遅れるも、100MW級の生産ラインを整備済み
Saule Technologies		2014	70	独立系 (PSC専業)	シングル タンデム (All-PSC)	フィルム	※シングル 31.0%	※シングル 25.5%	※シングル 9	商用	生産規模は計画より小規模だが、All-ペロブスカイトタンデム型電池の開発も実施中
Meyer Burger		1953	1,000+	独立系 (PV大手)	タンデム (シリコン)	ガラス	29.6%	n.a.	25	実証	HZB等と連携しながら、効率30%超での商用化を志向中
HZB (Helmholtz-Zentrum Berlin)		2009	1,200	独立系 (研究機関)	タンデム (シリコン)	—	32.5%	n.a.	4 ※R&Dサイズ	研究開発	欧州のタンデム型最高記録となる、変換効率32.5%を達成
ZSW (太陽エネルギー・水素研究所)		1998	350	独立系 (研究機関)	タンデム (CIGS)	—	21.1%	n.a.	9 ※R&Dサイズ	研究開発	CIGS化合物半導体とのタンデム型太陽電池を開発
Voltec Solar		2009	~100	独立系 (PV専業)	タンデム (シリコン)	ガラス	17.0%	n.a.	n.a.	実証	研究機関IPVF(仏)とJVを設立し、2030年5GW規模の量産を目指す
Evolar (製造装置開発に特化)		2019	25+	独立系 (大学発)	タンデム (シリコン)	—	n.a.	n.a.	n.a.	研究開発	約25年の性能安定性を実現した製造装置を開発

Source: 各種公開情報; エキスパートインタビュー; BCG分析

米国: ペロブスカイトPVメーカーサマリ

企業名	技術概要			型式	製品機能(公開情報)			ステージ	技術/事業開発動向
	設立年	従業員数	資本関係		実験効率	量産効率	量産サイズ(cm ²)		
Caelux Corporation	2014	20~	Caltech (PSC専門)	タンデム (シリコン)	 30	 16 ※パイロット段階		プロトタイプ	米国主要PSCプレイヤーの中では先んじて量産目標を公開
CUBIC PV	2007	70~	独立系 (PV全般)	タンデム (シリコン)	 30			プロトタイプ	シリコンウエハーの開発に強み。PSCの耐久性向上に取り組む
Swift Solar	2017	~40	独立系 (PSC専門)	タンデム (シリコン)	n.a.			プロトタイプ	発電地向けPVに加え、BIPV、モビリティ、航空分野への展開も視野
EMC (Energy Material Corporation)	2010	不明	独立系 (PV全般)	シングル タンデム	 25		量産製品無し	プロトタイプ	Roll-to-Roll方式によるフレキシブル太陽電池生産に強み
Tandem PV	2016	不明	独立系 (PSC専門)	タンデム (シリコン)	n.a.			R&D	主に住宅向けPSCのパイロット生産(2024年)、量産を2026年に行うと発表(規模未定)
BULEDOT PHOTONICS	2019	不明	独立系 (PV部材)	NA	+2~5% (シリコンPV)			R&D	足元では既存シリコンPVの効率向上部材の提供に留まる

ペロブスカイトPV先行海外メーカー動向



海外ペロブスカイトPVメーカー分析; 詳細

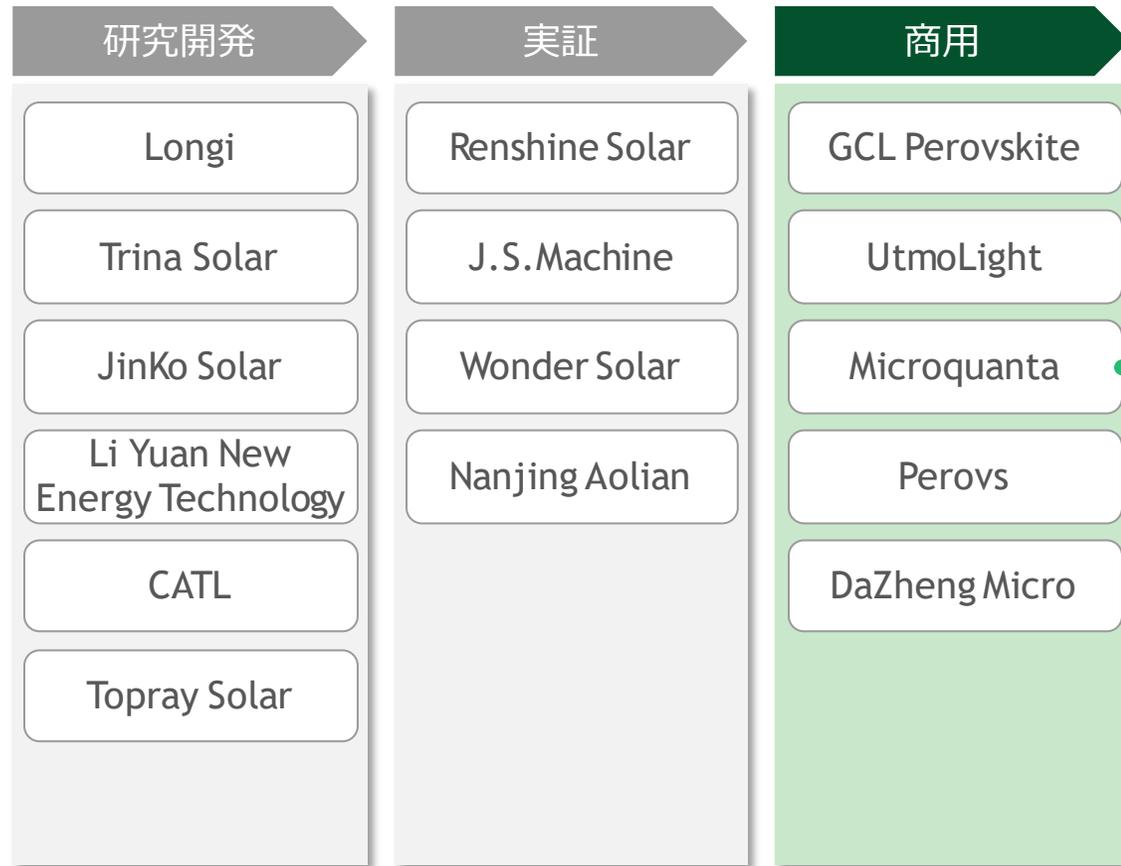


中国



GCL、UtmoLight、Microquanta、Perovs、DaZheng Microは量産体制に移行しており、数年以内に5~10GW級まで量産体制を拡大する計画

中国：ペロブスカイトPVメーカー各社の事業ステージ
中国メーカー各社の事業ステージ



量産規模 (セル生産コスト)	主要メーカーの量産動向		
	現状	将来	
GCL Perovskite 昆山協鑫光電材料有限公司	100MW (20円/W)	100億円投資 /1GW (生産ライン)	5-10GW (<14円/W) [2025年]
UtmoLight 極電光能科技有限公司	150MW (20~30円/W)	600億円投資 /1GW (基地込み)	10GW (16円/W) [2026年]
Microquanta 織納光電	100MW (21円/W)	1,000億円投資 /5GW (基地込み)	5GW (<14円/W) [2024年]
Perovs 衆能光電	200MW [建設中]		
DaZheng Micro Nano Tech. 大正微納	10MW [計画段階]	60億円	100MW [2024年]

Source: 各種公開情報; エキスパートインタビュー; BCG分析

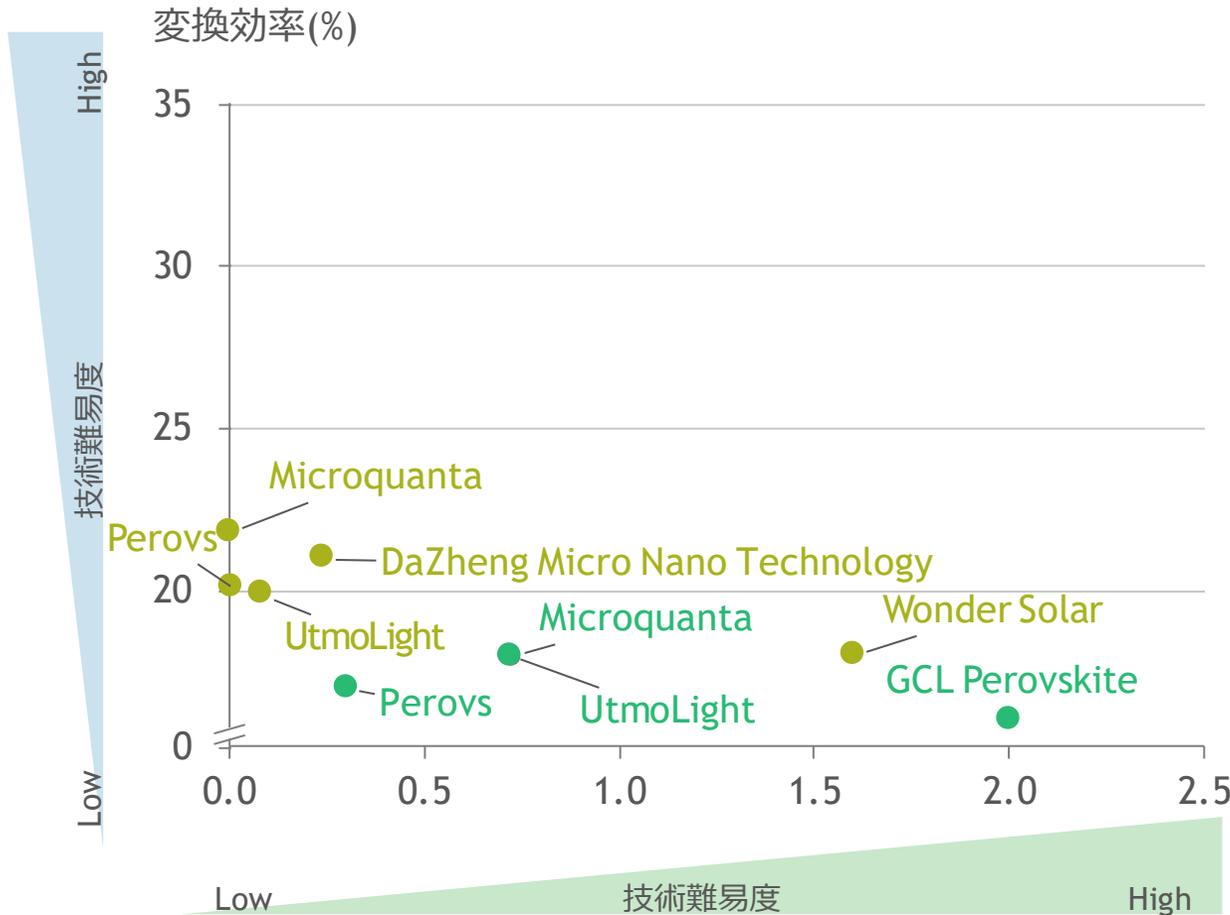


単接合型では量産を見据えた1m²以上のサイズで~20%の変換効率まで製品開発が進展し、
タンデム型は実験段階の企業が多いものの、実験レベルでは30%超の変換効率まで実現

中国：主要ペロブスカイトPVメーカー製品技術開発状況

シングル(単接合型)

●: 実験時 ●: 商用時



タンデム(多接合型)

●: 実験時 ●: 商用時



(参考)商用化されている従来型シリコン太陽電池の変換効率は14~20%でシリコン太陽電池の理論上の限界変換効率は29%(NEDOより)



GCL、UtmoLight、Microquantaは複数の塗布技術を採用し発電効率を安定化できる製造技術を模索中だが、Slot-die coater方式に注目する傾向

中国：主要ペロブスカイトPVメーカー採用塗布技術

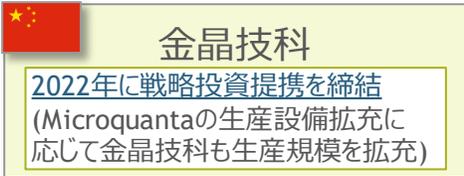
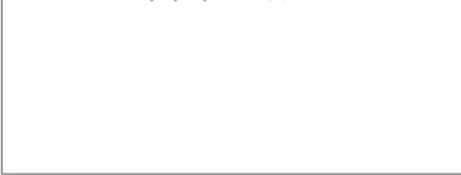
✓ : 主な採用方式
✓ : 採用したが、優先度を下げた方式

塗布技術	技術概要	主要メーカーの塗布技術検討・採用動向					
		GCL Perovskite	UtmoLight	Microquanta	Perovs	DaZheng	Wonder Solar
1 Slot-die coater	コーティング剤のための細長い溝が設けられているコーティングヘッドを使用	✓	✓	✓	-	✓	✓
2 Spin Coater	回転による遠心力を利用し液体を広げ、膜を形成	✓	✓	✓	-	-	-
3 Thermal Coater	高温で溶融させた材料を基板に塗布する方法	✓	✓	✓	-	-	-
4 Blade coater (knife coater)	材料を塗り広げるためのフラットなエッジを基板の上に引きながら塗布する方法	✓	-	✓	-	-	-
5 Spray	液体を基板に霧状で吹付けて膜を形成	✓	-	✓	-	-	-
6 CVD	超音波を用いた噴霧を行う塗布方法	-	✓	✓	-	-	-
7 Screen printing	開口した版を通じ基板の上に液体を転写し膜を形成	-	-	-	✓	-	✓

Source: エキスパートインタビュー; BCG分析

中国メーカーは発電層・封止材・電極等の部素材は、概ね中国国内調達する傾向だが、 基板用ガラスは日本企業(AGC)からも調達

中国: 主要ペロブスカイトPVメーカーの部素材調達元

	GCL Perovskite	UtmoLight	Microquanta	Wonder Solar
基板 (ガラス)	 AGC  金晶技科	 金晶技科	 金晶技科 <small>2022年に戦略投資提携を締結 (Microquantaの生産設備拡充に 応じて金晶技科も生産規模を拡充)</small>	 AGC
発電層	 中国 メーカー  日本 メーカー  韓国 メーカー	 中国 メーカー	 中国 メーカー	 中国メーカー
封止材	 中国メーカー	 中国メーカー	 中国メーカー	 蘇州賽伍
その他	 中国メーカー			 Greatcell Solar (電子輸送層材料)  中国メーカー

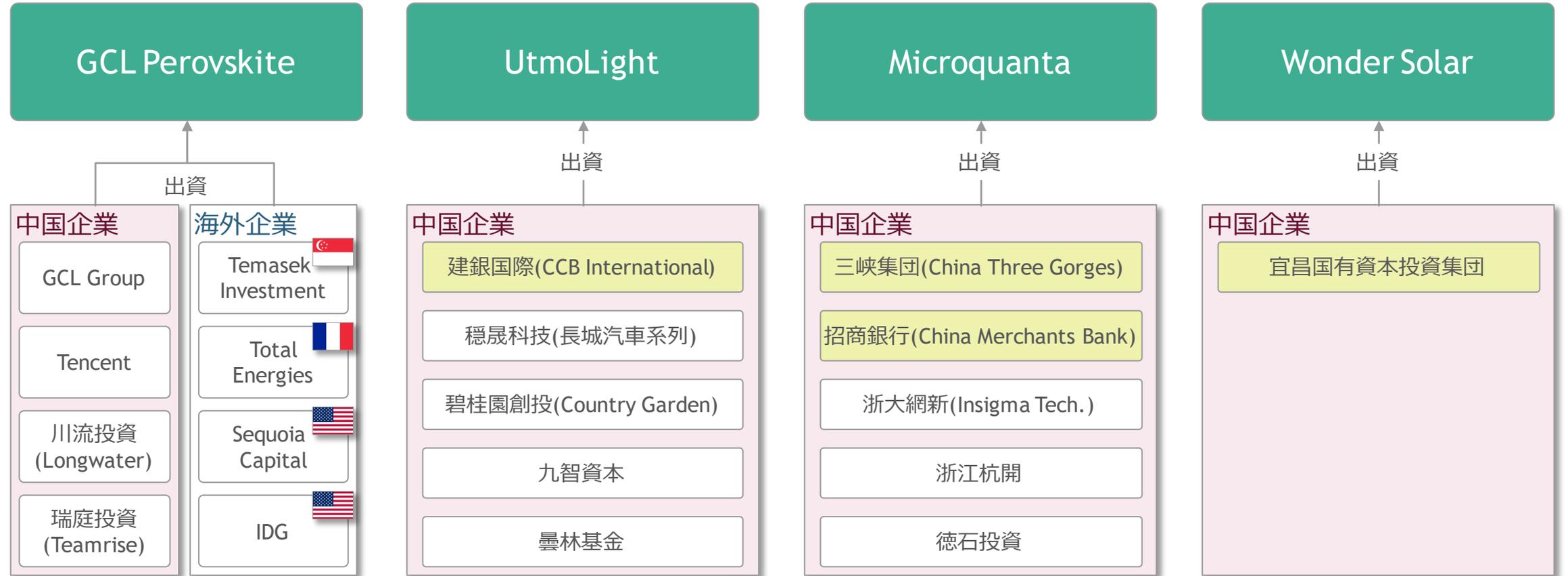


GCLは国内外の民間企業から幅広く投資を集める一方、 他メーカーには国有系企業による出資を通じ間接的に国家資本が注入される傾向

中国：主要ペロブスカイトPVメーカーへの出資企業

ペロブスカイトPVメーカー

■ : 国有系企業





GCLは既に単接合型ペロブスカイト発電効率16% x サイズ2m²の商用製品製造実績があり、2025年時点で量産製品の発電効率22%を目指す計画

GCL Perovskite: 技術開発動向

企業概要

企業名	GCL Perovskite (昆山協鑫光電材料)
設立年	2013年 ※前身のWeihua SolarがR&D開始
本社所在地	江蘇省昆山市
従業員規模	約95人
資本/系列	親会社: GCLグループ <ul style="list-style-type: none"> 電力事業及び太陽光パネル原料のポリシリコン製造事業をコア事業とする民間コングロマリット

技術戦略

製品タイプ	単接合型 (ガラス基板)
製造方法 (塗布方式)	5方式 (Slot-die coater、Spin Coater、Thermal Coater、Blade coater、Spray) “ 複数採用しているが、操作簡易性、塗布均一性、効率の観点でSlot-die方式が現在主流
製品サイズ (商用時)	2.0m ² (1m x 2m)
耐用年数	25年
発電効率 (公表ベース)	<p>量産(’25目標) ● 22.0% 量産(’23目標) ● 18.0% 量産(実績) ● 16.0%</p>
	“ 量産管理は難易度は高いが、生産ラインの継続的メンテナンスが功を奏しており、今後は材料調整/シーリング/パッケージング技術改善も本格化

政府からの支援状況

“ ヒアリングコメント

中国政府・省等の補助金事業に採択され、主に研究開発に係る資金支援を受けている

- 江蘇省カーボンニュートラル科学技術イノベーション補助金
- 中国潜在ユニコーン企業などに認定

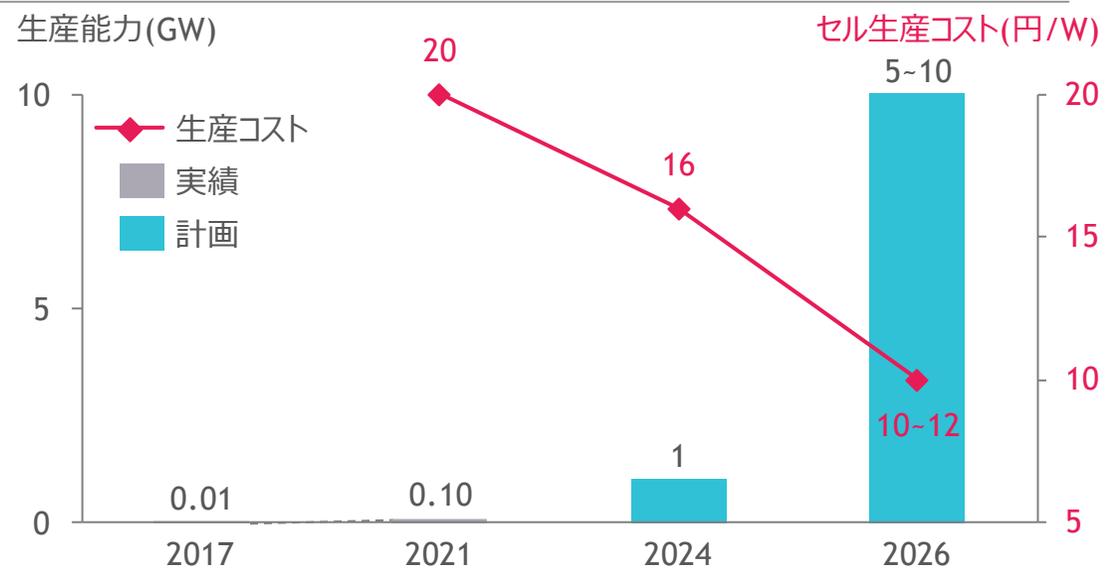
量産体制整備に関しては、土地取得や人材育成に係る政府支援を享受

“ (明確に公表されている支援制度ではないが) 中国政府からは工場用敷地の提供支援を受けている
また、政府によるハイテク企業認証を取得しており、若手従業員支援を目的とした国家青年育成計画に基づく補助金も取得して、技術者教育に活用している



GCLは現時点の100MW生産体制から'26年時点で5~10GW規模まで拡大意向で、まずはBAPV用途向けに中国国内で拡販し、中長期的にはBIPVの販売・欧米市場拡販も視野

GCL Perovskite: 事業開発動向 生産戦略



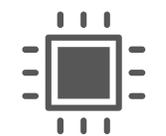
工場内に100億円を投じて1GW級の生産ライン投資を実施予定で、生産コスト16円/W・発電効率18%達成が当面の目標

“ 2023~24年に商用製品の発電効率18%達成を目指しており、Slot-die方式での安定稼働を目指していく方針
2022年12月のシリーズB+では5億元(=約100億円)をTencent、Temasek、Sequoia China、IDG Capital、Longwater Investment等から調達しており、当該資金は量産投資拡大に活用していく

Source: 各種公開情報; エキスパートインタビュー; BCG分析

販売・マーケティング戦略

“ ヒアリングコメント



ターゲット
アプリ
ケーション

まずは既存発電設備(BAPV用途)の代替を進め、性能安定後にBIPV等の製品に応用する方針

“ 新しいアプリケーションとして、ビルガラスに埋め込むBIPVも構想中で、自社でガラスへの埋め込みまで行い、製品単位で建材業者へ販売することを想定

他方で、モバイルデバイスへの導入は、発電コストの観点からハードルがあると感じており、導入後の普及効果も疑問であるため現時点では注力度合は低い



ターゲット
地域

中国市場が最優先だが、GCLの既存のシリコン系PV取引先である欧米市場への拡販も視野

“ あくまで中国市場での販売が最優先であり、国内顧客の反応を踏まえながら製品改良を重ねていく方針
(親会社GCLグループとしては)既存のシリコン系PVを欧州や北米に納入している関係もあることから、当該地域への拡販の可能性はあり得る(具体的な販売計画までは未定)



UtmoLightはまずは中程度のサイズから商用化に踏み切っているが、製造プロセス管理の難しさから生産時発電効率の安定化に苦戦中

UtmoLight: 技術開発動向

企業概要

企業名	UtmoLight (極電光能科技有限公司)
設立年	2020年
本社所在地	江蘇省無錫市
従業員規模	約190人
資本/系列	親会社: 長城控股集团 (Great Wall Holding Group) <ul style="list-style-type: none"> 大手民間自動車OEM「長城汽車」等を傘下に抱える産業グループ

技術戦略

製品タイプ	単接合型 (ガラス基板)
製造方法 (塗布方式)	4方式 (Slot-die coater、Spin Coater、Thermal Coater、CVD) “ 商用化に向け、足元のコストよりも発電効率の高さ・安定性を重視し塗布方式・製造方法を決定
製品サイズ (商用時)	0.72㎡ (0.6m×1.2m) “ 研究開発から商用化への移行にあたっては、一気にサイズアップせず、中程度のサイズから段階的に拡大し、効率面の課題克服を志向
耐用年数	—
発電効率 (公表ベース)	<p>“ 製造設備のパラメータ調整が難しく、製造拠点ごとの設備・人材の違いから、実態の発電効率は10~17%前後と依然として不安定</p>

政府からの支援状況

“ ヒアリングコメント

中国政府・省等の補助金事業に採択され、主に研究開発に係る資金支援を受けている

- 国家重点研究開発計画
- 江蘇省/無錫市の重点研究開発計画
- 全国スマートPVパイロット実証企業に認定
- 江蘇省の準ユニコーン企業に認定

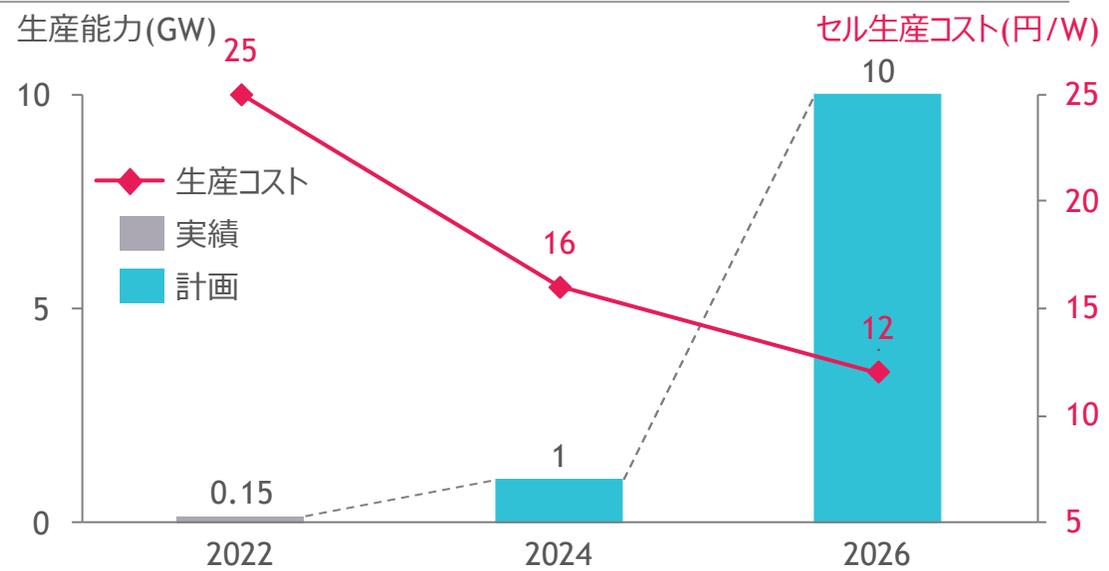
量産関連では、土地取得優遇や地方政府からの出資を享受

“ ハイテク企業認証を受けているため、土地の取得審査日数が短縮化(通常15日→3日)されたり、ほぼ無償で工場用地取得(133,333㎡)が可能となっている
また、地方政府からは5,000万人民币元(約10億円)の出資も受けている



UtmoLightは現時点の150MW生産体制から'26時点で10GW規模まで拡大する計画で、住宅・ビル向け(BIPV・BAPV)を中心に中国市場優先で拡販し、将来は欧州拡販も視野

UtmoLight: 事業開発動向 生産戦略



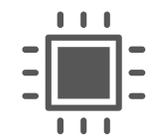
2026年に10GW規模の生産体制構築計画で、本社ビル/R&Dセンター含む工場にGWあたり約30億元(=約600億円)投資

“ 商用化・量産化に向けては、サイズ大型化とのバランスが重要
UtmoLightはプロトタイプ段階の少量生産では300mm x 300mmのサイズだったが、現在の中量生産サイズは0.6m x 1.2mである
他社は商用化段階で一気にサイズアップをして、品質不安定の問題に直面しているため、いたずらに拡大せずには品質安定化に注力

Source: 各種公開情報; エキスパートインタビュー; BCG分析

販売・マーケティング戦略

“ ヒアリングコメント



ターゲット
アプリ
ケーション

建築外壁・屋根用ガラスカーテンウォール等(BIPV)から商用化を進め、その後、屋根置き等の既存用途向け(BAPV等)に参入

“ 実証レベルでは自社工場の屋根等を対象に、地理・気象条件の異なるエリアに設置して利用データを収集中
E-モビリティへの応用可能性もあるが、現時点の優先度は相対的に低い



ターゲット
地域

中国国内市場が最優先だが、中長期的には欧州市場への展開も視野

“ ターゲット地域は、認証・規制等も含めた参入容易性と潜在的な販売価格の高さで選定しており、中国>欧州>日本・北米>アフリカの優先度
欧州は販売プレミアムが他エリアより高くなると見込んでいるため魅力的だが、日本・北米は認証の仕組みが複雑で、規制による輸出制限リスクもあるためやや劣後



Microquantaは実験段階では21.8%の発電効率を達成しつつも、 商用製品の発電効率は実態は10~15%と幅があり、生産品質安定化に最注力

Microquanta: 技術開発動向

企業概要	
企業名	Microquanta (織納光電)
設立年	2015年
本社所在地	浙江省杭州市
従業員規模	約70人
資本/系列	独立系 但し、複数のエネルギー企業(State-Owned)から出資を受ける <ul style="list-style-type: none"> 三峡集團 浙江省能源集團 北京能源集團

技術戦略	
製品タイプ	単接合型・Siタンデム型 (ガラス基板)
製造方法 (塗布方式)	6方式を試行も、特にSlot-die方式を有望視 “ 真空蒸着方式はコストが高く、小面積向けのスピンドーター方式は素材の3%しか塗布されない。ブレードコーティングはプリント距離が限定的
製品サイズ (商用時)	0.72m ² (0.6m×1.2m) “ 有機系PVの経験を踏まえるとサイズ10倍で効率は1%下がるため、PSCでも慎重にサイズアップする意向
耐用年数	不明(25年間の品質保証を提供)
発電効率 (公表ベース)	<p>“ 実験上では約21.8%の発電効率を達成出来たものの、商用段階では素材加工・塗布のコントロールが難しく10-15%ほどで安定していないのが実情</p>

政府からの支援状況 “ ヒアリングコメント

中国政府・省等の補助金事業に採択され、主に研究開発に係る資金支援を受けている

- 国家重点研究開発計画 (補助金)
- 浙江省重点研究開発計画 (補助金)
- ハイテク企業などに認定 (税額控除)

上記に加え、工場用地取得時の優遇等、様々な面で優遇を受ける場面が存在

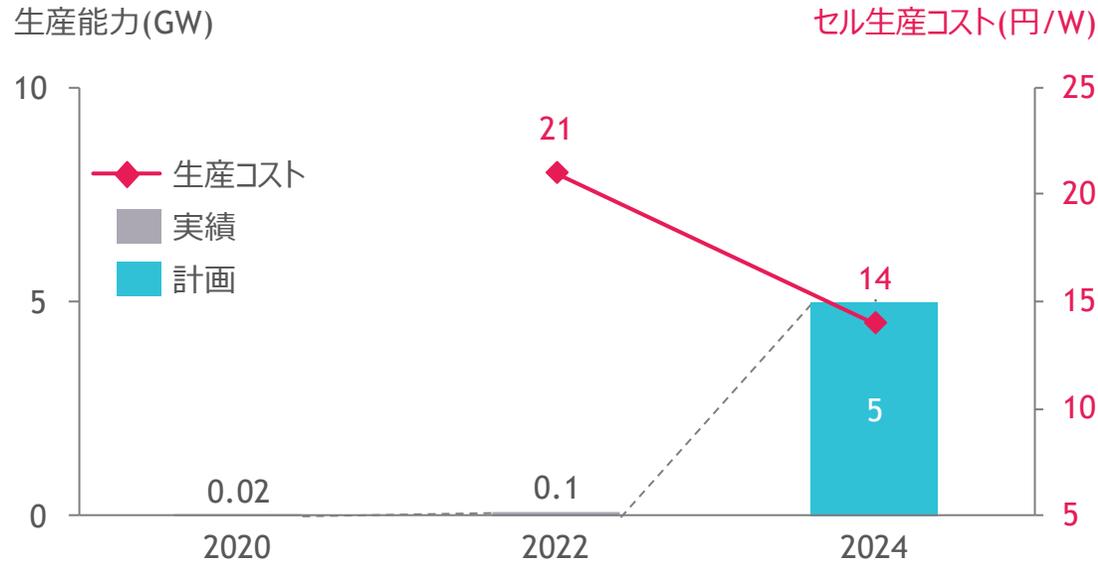
“ 主な政府からの支援としては、特許取得・維持に係るサポート、従業員へのインセンティブ、工場用地の提供等に加え、産学連携プロジェクト参加時の補助金や地方政府によるエクイティ出資が存在

Source: 各種公開情報; エキスパートインタビュー; BCG分析



Microquantaは現時点で100MW規模の生産体制だが、BAPV・BIPV製品を中国市場優先で拡販し、中長期的にはAPAC市場への拡販も見越しながら5GW規模まで拡大する計画

Microquanta: 事業開発動向 生産戦略



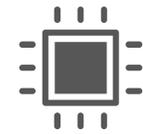
現状の100MW規模の生産体制から、将来的には55億元(=約1,000億円)を投じて5GW級の量産体制を構築

“ 2020年の20MW級の生産ラインに0.5億元(=約10億円)、2022年の100MW級の生産ラインに1.21億元(=約24億円)の投資を実施
今後は5GW級の量産体制構築(衢州市生産基地)に向けて、54.6億元(=約1,000億円)を投じる計画

Source: 各種公開情報; エキスパートインタビュー; BCG分析

販売・マーケティング戦略

“ ヒアリングコメント



ターゲット
アプリケーション

BIPV・BAPV向けに、モジュール+インバータ、モニタリングシステムも加えたパッケージ販売を想定

“ 従来のBAPV型に加え、ペロブスカイトが真価を発揮するBIPV型での拡販を志向しており、主要な顧客は電力事業者ではなく、不動産や建材メーカーを想定
モジュール単体で販売しても顧客側が活用できないため、インバータやモニタリングシステム等の制御装置とのパッケージングで売り込むことを想定



ターゲット
地域

中国国内市場が最優先だが、中長期的にはAPAC市場への拡販も視野

“ 市場立ち上がり当初は、中国国内市場を優先して拡販を進める
欧州・北米は規制・ルールが複雑かつ中国メーカーにとって厳格に作用する懸念もあり劣後
アジアは太陽光市場自体が拡大しており、中国製品に対する抵抗感は少ないため、中長期的には狙っていく



ペロブスカイトへの政策支援は研究開発・実証試験対象が多いが、 社会実装を見据えた政府支援策も存在し、量産段階へ移行するGCL等が補助金を活用

中国：ペロブスカイトPV電池開発に向けた政府支援策

施策	政策方針	個別策	主体	支援対象			支援方法	主な支援企業	支援策詳細
「第14次5か年」再生可能エネルギー発展計画			国	研究開発	実証実験	社会実装	補助金	(不明)	グリーンエネルギー、低炭素化の促進を目指す。2025年をマイルストーンとした計画経済政策
CO ₂ ピークアウトに向けた科学技術による支援実施計画			国	研究開発	実証実験	社会実装		(不明)	2030年までのCO ₂ 排出量ピークアウト目標達成に寄与する科学技術を支援する計画
国家エネルギー研究開発イノベーションプラットフォーム			国	研究開発	実証実験	社会実装	税額控除・人員報酬	Microquanta	低炭素、安全、効率的なエネルギーシステムの構築を支援する目的で国により設立
中国国家自然科学基金(NSFC)			国	研究開発	実証実験	社会実装	補助金	Wonder Solar	グリーン・低炭素産業の発展を加速し、生産生活様式の形成を推し進めるための措置
全国スマートPVパイロット実証企業			国	研究開発	実証実験	社会実装	規制緩和・資源サポート	Utmo Light, JinKo Solar	太陽光発電と情報技術の深い融合による、スマート太陽光発電技術の促進が目的
ハイテク企業認定			国	研究開発	実証実験	社会実装	税額控除	Microquanta, CATL, Perovs	独自の研究開発を通して、企業の主力製品の技術を支えるIPを所有している企業を支援
国家重点研究開発計画			国・各省/市	研究開発	実証実験	社会実装	補助金	Utmo Light, Microquanta, Perovs	太陽光発電を含む、国家の重要テーマに関連するプロジェクトへの開発・実証補助
ハイテク産業化実証プロジェクト			国・各省/市	研究開発	実証実験	社会実装		Topray Solar	ハイテク産業の発展を加速させ、知的財産権を有する科学技術成果の産業化を促進
ユニコーン企業認定			国・各省/市	研究開発	実証実験	社会実装	規制緩和・資源サポート	GCL, Utmo Light, Renshine Solar	ユニコーンおよび潜在的なユニコーン企業の発足と育成に強力なサポートを提供
江蘇省CN科学技術イノベーション補助金			江蘇省	研究開発	実証実験	社会実装	補助金	GCL	CO ₂ ピークアウトに向けた科学技術による支援実施計画の一貫で、江蘇省が独自に行う支援
グリーン・低炭素産業の質の高い発展を促進する措置			深圳市	研究開発	実証実験	社会実装		Topray Solar	グリーン・低炭素産業の発展を加速し、生産生活様式の形成を推し進めるための措置
中関村技術研究開発と成果産業化プロジェクト			北京市	研究開発	実証実験	社会実装		Zhijing Nanotech	既存の技術、製品、プロセス、設計プログラムなどに代替する新技術に対する補助金

Source: 各種公開情報; BCG分析



「再生可能エネルギー発展計画」では再エネ導入目標の他、太陽光発電導入候補として、建物屋根上や鉄道・道路等が設定され、ペロブスカイトPVの需要拡大も見込まれる

中国：第14次5か年計画(14.5) 再生可能エネルギー発展計画

計画概要

発表年	2022年6月
主体	中国政府
目的	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギーの開発のさらなる高品質の発展による中国のエネルギー安全保障の確保、カーボンピークアウトとカーボンニュートラルの実現
目標 2025年	<ul style="list-style-type: none"> 再エネ消費総量を一般炭換算で10億t 再エネ年間発電量を3.3兆kWh 再エネ総量受け入れ比率を33%前後 地熱エネルギー、バイオマス、太陽熱の非電力利用規模を標準炭換算で6,000万t以上
2030年	<ul style="list-style-type: none"> 非化石エネルギー消費の割合を25%前後 (2025年: 20%) 風力・太陽光発電の総設備容量を1200GW以上

目標達成に向けた太陽光発電に関する計画内容

建築物への設置促進	新設工業団地、新規大型公共建築物における分散型太陽光発電の設置率を50%以上に増加
太陽光発電ファーム拡大	太陽光発電ファームを約1,000か所に新設
導入済設備の高度化更新	風力発電・太陽光発電資源の賦存量が優れた地域において、寿命に達して(または近づいて)いる風力発電・太陽光発電設備の高度化を推進
鉄道・道路等への設置促進	鉄道路線、高速道路、主要幹線ルート、工業団地道路、農村道路を重点的に利用し、分散型太陽光発電または小型・集中型太陽光発電の開発・建設を推進



太陽光発電設備の未導入領域の導入拡大と、旧型PV設備の高度化更新が掲げられており、ペロブスカイトPV導入も促進される可能性



「エネルギー分野における科学技術イノベーション計画」では、'30年までのペロブスカイトPV産業化が目標で、量産/パッケージング/サイズアップに係る技術開発を重要タスクに設定

中国：第14次5か年計画(14.5) エネルギー分野における科学技術イノベーション計画

計画概要

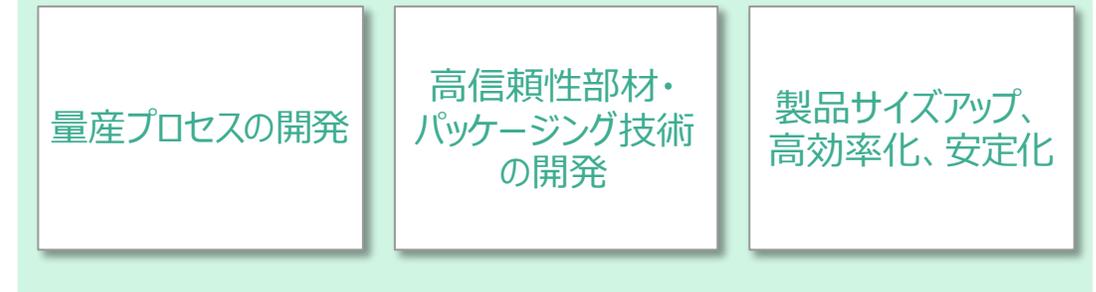
発表年	2022年6月
主体	中国政府
目的	エネルギー安全保障戦略とイノベーション主導の発展戦略を徹底的に実施し、エネルギー科学技術の進歩を加速
実施内容	<ul style="list-style-type: none"> 先進的な再生可能エネルギー技術に焦点を当て、中国のエネルギー開発の技術ロードマップを策定 より効率的で、経済性・信頼性の高い先進的な発電技術を研究開発することを提言 多領域にわたる支援措置の打ち出し <ul style="list-style-type: none"> プラットフォーム支援、成果実証、企業地位向上、技術標準化、資金援助、国際協力、人材育成等

ペロブスカイトPV導入に関する計画内容

2030年目標

ペロブスカイトPVの産業化

実現に向けた重要タスク



ユニコーン企業認定に伴う事業収入拡大・研究開発拡大に対する補助を通じ、 ペロブスカイトPVメーカーを含む新興企業の先端技術開発・事業拡大を促進

中国: ユニコーン企業認定 概要

概要

発表年	各省政府により開始時期は異なる <ul style="list-style-type: none">最も早い開始は江蘇省の2018年
主体	各省政府
目的	競争力のあるユニコーン企業数の増加
認定条件	<ul style="list-style-type: none">ハイテク産業・戦略的新興産業に属する企業で、センサー、ネットワーク、新材料等を開発申請する地域に法人格が所在設立または、新規事業への転換から10年以下かつ未上場

支援内容詳細

新規ユニコーン認定に対する補助

- 新たに「ユニコーン」として認められた企業に300万元を支給
- 潜在ユニコーンの場合は100万元

毎年の事業収入・地区への経済貢献に応じた補助

- 事業拡大に応じて、事業収入の前年度比増加分の40~60%分を補助
- 事業収入の区分
 - 2,000万元、5億元、10億元

研究開発投資に対する補助

- 前年度の研究開発投資額が1千万元以上のユニコーン企業及び潜在的ユニコーン企業が対象
- 研究開発投資の増加額(前年比)の10%を資金援助
 - 200万元以下

認定済みのペロブスカイトPVメーカー

GCL Perovskite

UtomoLight

RenshineSolar

海外ペロブスカイトPVメーカー分析: 詳細

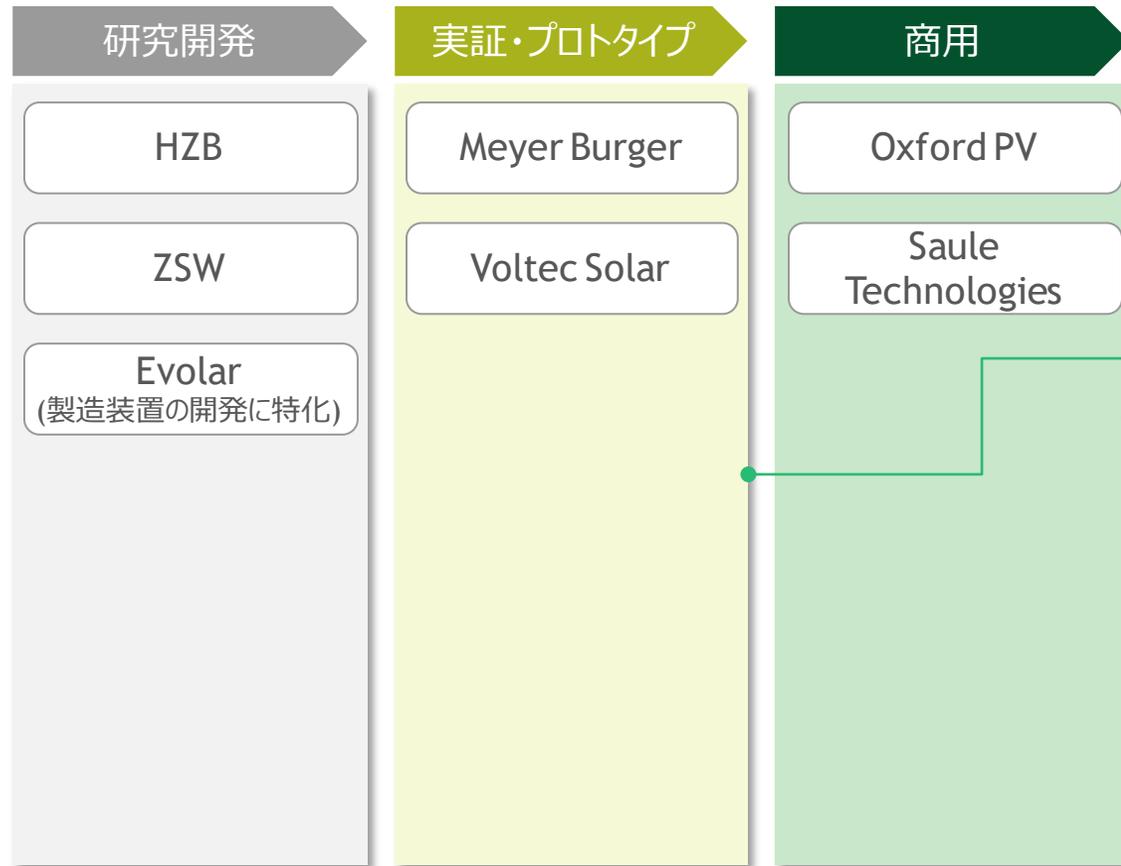


欧州



欧州ではOxford PV、Saule Technologiesが商用段階で、 2030年までにOxford PV、Voltecは5~10GW級の大規模量産体制整備を計画中

欧州：ペロブスカイトPVメーカー各社の事業ステージ
中国メーカー各社の事業ステージ



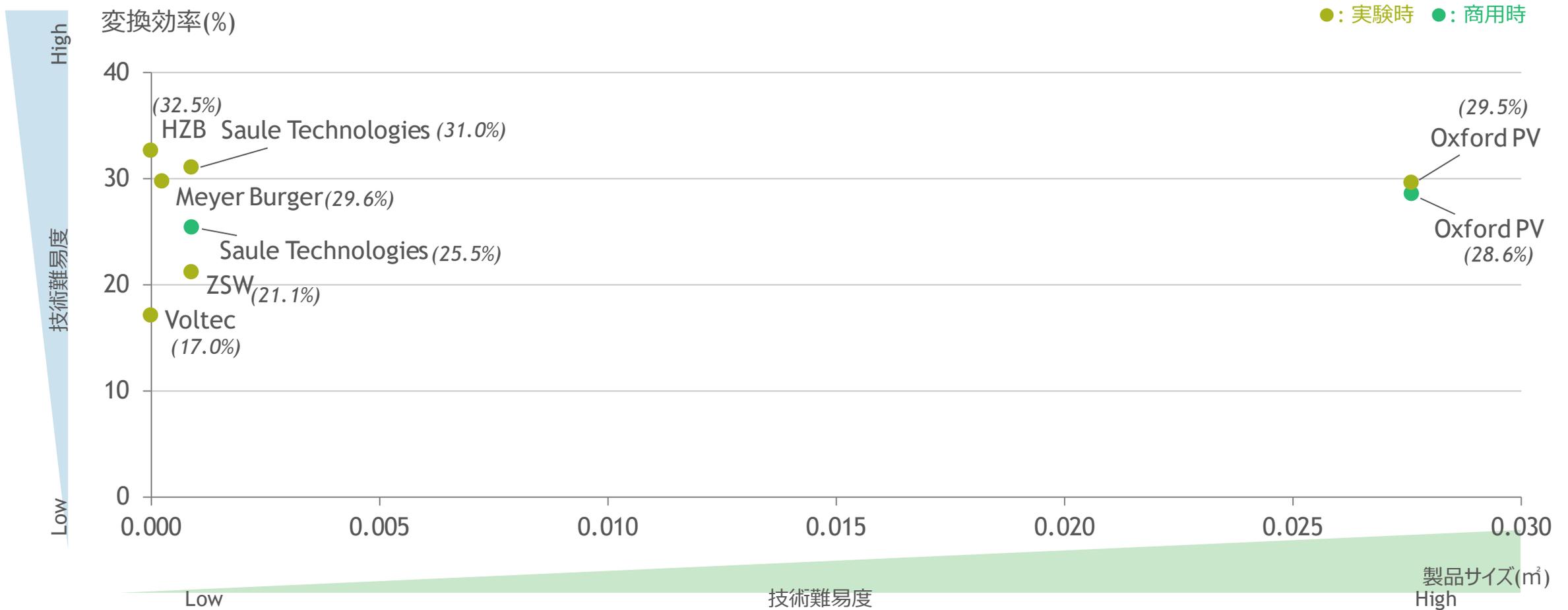
主要メーカーの量産動向			
量産規模	現状	将来	
Oxford PV	100MW	投資規模不明	2GW [2024年] 10GW [2030年]
Saule Technologies	4MW	投資規模不明	20~30 MW [2023年] 100+ MW [2025年]
Meyer Burger	0MW	今後量産に乗り出す方針 (定量情報は未公表)	
Voltec Solar	0MW	合計投資額 €1B	200 MW [2025年 €65M] 1GW [2027年] 5GW [2030年 €1,000M]

Source: 各種公開情報; エキスパートインタビュー; BCG分析



タンデム型を中心に手掛ける欧州各社・研究機関は実験時効率で30%超を達成しているが、商用時効率は現時点ではOxford PVの28.6%が最大

欧州：主要ペロブスカイトPVメーカー製品技術開発状況(タンデム)



Source: 各種公開情報; エキスパートインタビュー; BCG分析



量産体制に舵を切っているOxford PVは蒸着方式に注力しており、 その他企業は蒸着・塗布方式の中で複数技術の採用を検討中

欧州：主要ペロブスカイトPVメーカー採用製造技術

 : 主な採用方式
 : 採用したが、優先度を下げた方式

製造技術	技術概要	主要メーカーの塗布技術検討・採用動向						
		Oxford PV	Saule Tech.	Meyer Burger	HZB	ZSW	Voltec Solar	Evolar
1 蒸着方式	真空装置内で蒸気と基盤材を反応させて成膜する方式(均一性に優れる)		-	-	-		不明	
2 塗布方式	2-1 Slot-die coater	-	-	-				-
	2-2 Spin Coater	-	-	-	-			-
	2-3 Thermal Coater	-	-	-	-	-		-
	2-4 Blade coater (knife coater)	-	-	-	-			-
	2-5 Spray	-	-	-	-	-		-
	2-6 CVD	-	-	-	-	-		-
	2-7 Screen printing	開口した版を通じて基板上に液体を転写し膜を形成する方式	-	-		-		-
	2-8 Ink-jet printing	微細な粒状の溶液を直接吹き付けることで塗布する方式	-		-	-	-	-

Source: 各種公開情報; エキスパートインタビュー; BCG分析

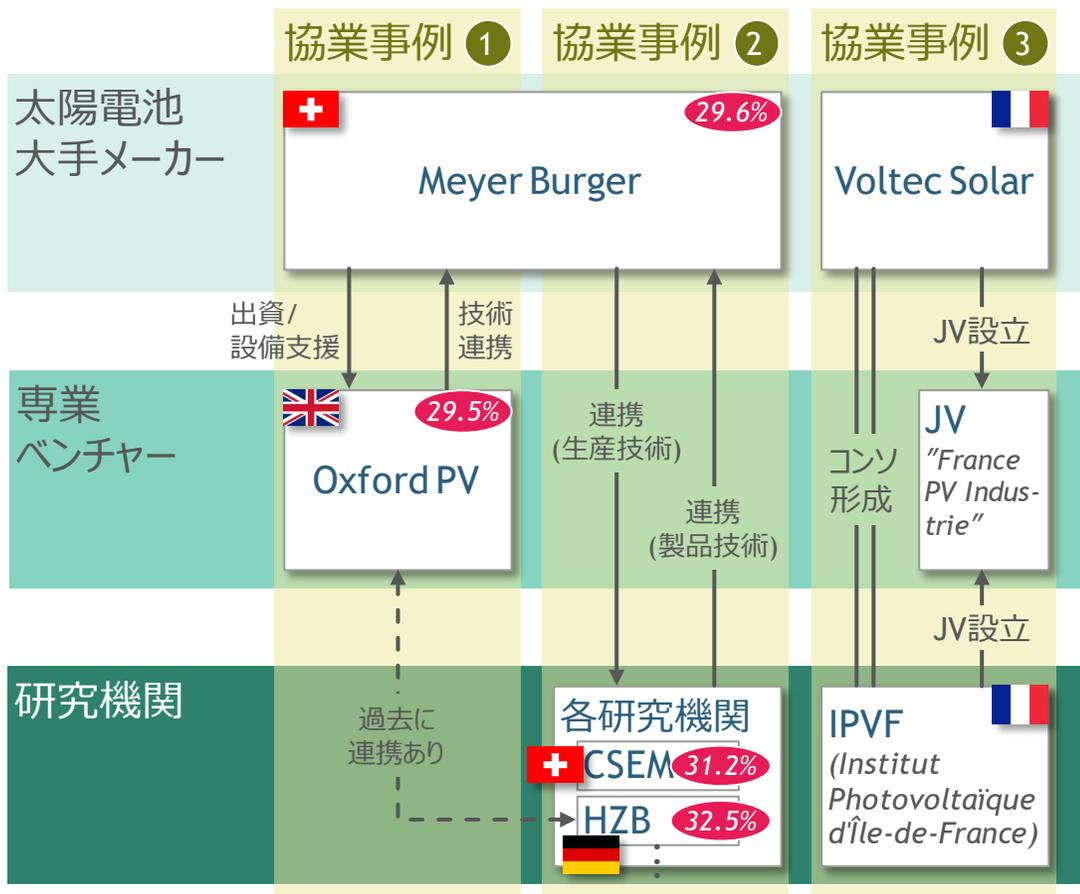


研究開発能力に優れる研究機関・専門ベンチャーと、製造能力に優れる大手PVメーカーが協業し、欧州内で製品・製造技術を高めるエコシステムを形成

欧州：主要ペロブスカイトPVメーカーの協業動向

主要企業・研究機関の協業関係

XX : 達成効率(実験時)



協業事例の詳細

	主体	期間	連携内容
協業事例 ①	Meyer Burger & Oxford PV	2019~2021	Meyer BurgerがOxford PVの製造設備導入を支援 <ul style="list-style-type: none"> 大手PVメーカーとしてMeyer Burgerが生産ライン整備を支援 ※Meyer Burgerが自社製造・販売戦略を取ったことから、既に協業は解消
協業事例 ②	Meyer Burger & 各研究機関 • CSEM • HZB 他	2022~	効率30%超PSCの商用化・量産化に向け、製造・製品技術を相互補完 <ul style="list-style-type: none"> Meyer BurgerのSi系電池製造ラインの将来的な活用も視野 CSEM、HZB等の研究機関は、30%超の効率を達成済
協業事例 ③	Voltec Solar & IPVF	2022~	合併会社" France PV Industrie" を立ち上げ、量産体制を共同で整備 <ul style="list-style-type: none"> 2030年までに計€10億を投資し、5GW級の生産能力を確保 4端子ペロブスカイト-シリコンタンデム型を開発



英Oxford PVはオックスフォード大学発の研究開発型ベンチャーとして、シリコンとのタンデム型電池で毎年効率を向上

Oxford PV: 技術開発動向

企業概要

企業名	Oxford PV
設立年	2010年
本社所在地	Yarnton, UK
従業員規模	140人
資本/系列	系列: Oxford University <ul style="list-style-type: none"> 薄膜太陽電池の新技术を商業化するため、オックスフォード大学のスピンアウト企業として2010年に設立された

技術戦略

製品タイプ	タンデム型 (ガラス基板)
製造方法	真空蒸着 <p>“ パフォーマンス、安定性に加え、広範囲に対応できるため、蒸着方式を採用。Slot-dieはサイズが大きくなると難しく、素材のロスも大きい。</p>
製品サイズ (商用)	275.6cm ² (16.6cm×16.6cm)
耐用年数	IEC61215準拠の高温高湿試験で2,000時間の耐久性を確認
発電効率 (公表ベース)	<p>“ ガラスの品質向上による理論値の達成を目指す。大量生産においては、塗布の安定性を担保することで27%ほどを目指したい考え</p>

政府からの支援状況

“ ヒアリングコメント

EUのみならず、ドイツ工場へ向けた政府からの支援も存在

- ベルリン地方政府による、現地工場建設のための補助金(€44M)
- EU Regional Development Program

“ 中国依存からの脱却を主眼においた、ドイツ政府、及びEUからのサポートが大きい。研究だけでなく、パイロットライン製造に関するファンディング、税制優遇などもある。近年、技術への注目が集まり、政府からの支援は手厚くなっている印象

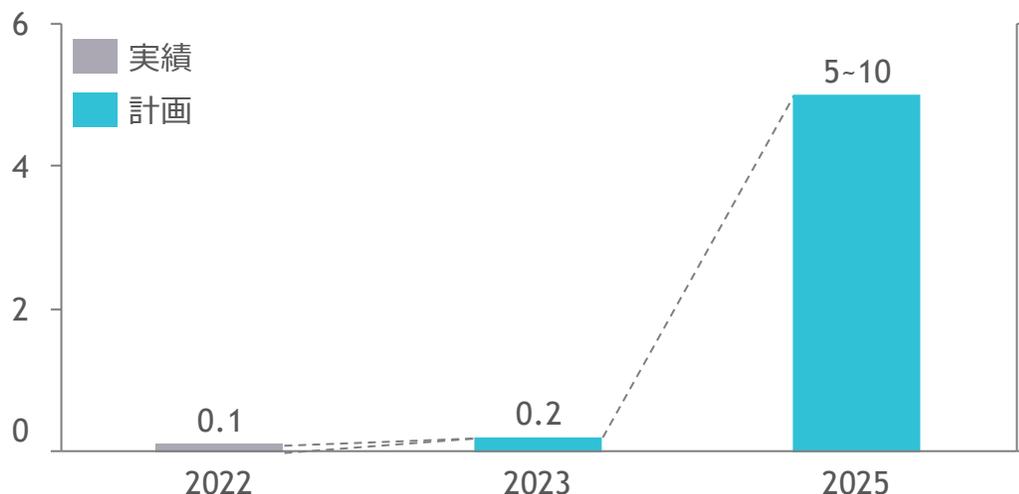


英Oxford PVは屋根置き等のBAPV用途を主眼にC-Siタンデム型製品を開発・生産し、欧州で市場拡大が見込まれる'25年以降に向けてGW級量産体制を整備する計画

Oxford PV: 事業開発動向

生産戦略

生産能力(GW)

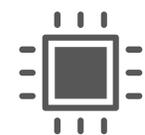


Meyer Burgerとの提携解消の影響で大量生産に遅れが発生するも、2029年のEU全建築物へのPV設置義務化に合わせた生産計画を策定

“ 2025年前後には大量生産を開始したいと考えており、特にEUにおける、全建築物へのPV設置の義務化に伴う需要に間に合うタイムラインであることも重要。様々な研究機関やSC企業へのパートナーシップを検討している

販売・マーケティング戦略

“ ヒアリングコメント



ターゲット
アプリケーション

C-Siタンデム型電池に注力することで高い性能効率を達成し、屋根置き等のBAPV向け製品を販売

“ 自国、EUのエネルギー保障の観点から、高効率化、発電量確保を重視

特にC-Siタンデム型は、性能面で既存のシリコンPVと競争できるポテンシャルがある



ターゲット
地域

エネルギーの自給自足の観点から、まずは国内・EUをターゲットとし、次いで、高価格製品であることから、経済的な余裕がある地域への参入を検討

“ まずは自国、EUのエネルギー生産量の確保が重要であるため、EUでの販売を想定。オーストラリアやインド等も可能性があるが、C-Siタンデムは高価格であることから、経済的に豊かな国が主に対象となる想定。

日本・韓国は各国内での成熟度が高いため、参入は劣後

ポーランド企業のSaule Technologiesは単接合型にフォーカスした開発を行っており、実験段階では31%の変換効率を達成

Saule Technologies: 技術開発動向

企業概要

企業名 Saule Technologies

設立年 2014年

本社所在地 Warsaw, Poland

従業員規模 約70人

資本/系列 独立系

- スペイン・バレンシア大学で同分野の研究をしていたOlga Malinkiewicz博士が共同創業者兼CTO

技術戦略

製品タイプ 単接合型 (フィルム基板)

“ All-Perovskiteの研究も開始したが、インドア用単接合型に注力

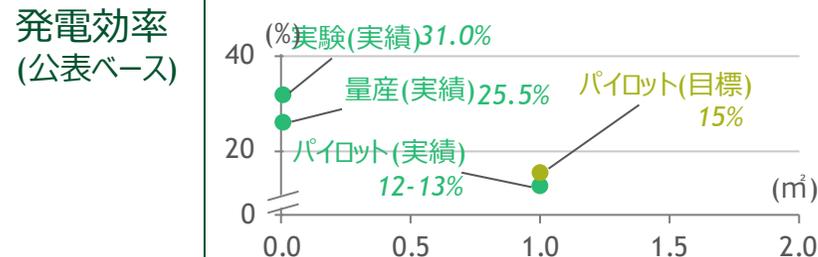
製造方法 インクジェット方式

“ Slot-dieは大きなサイズでの実用化に課題
インクジェットのノウハウが蓄積しているため優先

製品サイズ (商用時) <15cm² (9cm²程度が主流)

“ フィルム型であることから、サイズ、形状は様々なものが存在。もっとも多く作っているのは9cm²のもの

耐用年数 85°Cの屋内照明環境下で1,000時間の耐久性を確認



“ 大きなサイズ(アウトドア)での効率はまだ10%程度であり、製品のサイズアップは今後の課題
小サイズ製品では、理想的な効率を実現し、今後の課題は生産量増加と、プロセスの自動化

政府からの支援状況

“ ヒアリングコメント

ポーランド政府関連に加え、EUからも補助金を受領し、研究開発・量産を推進

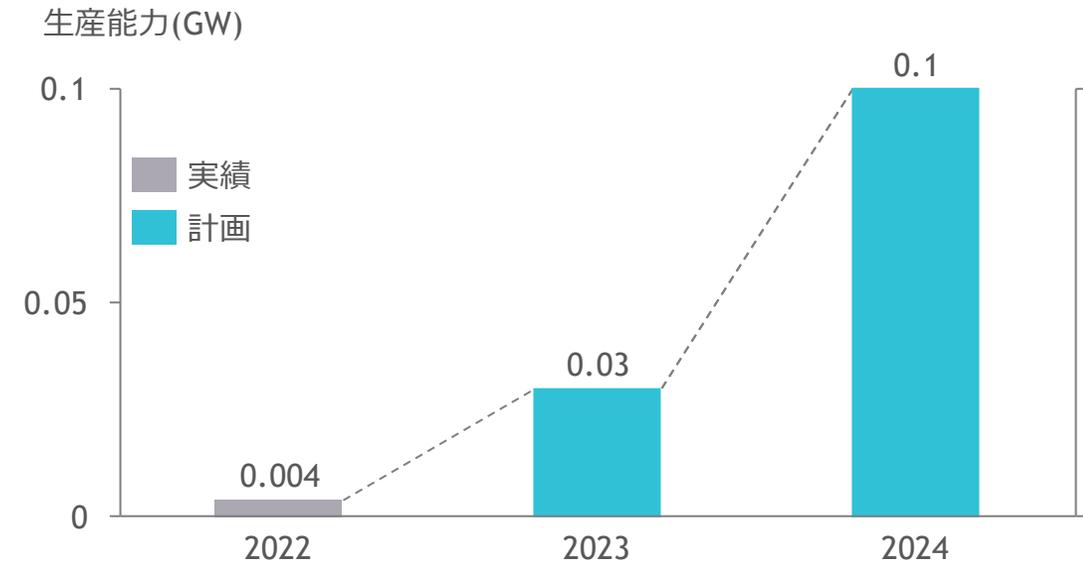
- Polish National Centre for Research and Development (NCBR): 量産にかかる補助金(€224.4M)
- EU ESPResSo: Sauleも参加している複数研究機関・企業のコンソーシアムに対する補助金(€500M)

“ 研究開発から量産体制整備までの段階では特にEUからの支援がメイン。コストの6-70%ほどが補助され、使い切っても追加の補助を申請することが出来る
一方、大量生産にかかる補助金は、返済義務のあるものが多く、小規模なスタートアップである当社にとってはリスクもある

Saule Technologiesは当初計画に比べ量産が遅れる中、BAPV・BIPV等の建築物向けに加えてIoT分野を含めた幅広い用途向け製品の開発・生産を進める方針

Saule Technologies: 事業開発動向

生産戦略



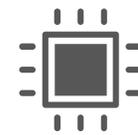
Covid-19等の影響で、当初予定していた生産目標から約2年遅れの状況だが、自動化等を通じて生産速度向上を志向中

“ 大規模量産化は遅れており、社内では一刻も早い生産ラインの整備が急務となっている状況
生産量の向上とともに製品クオリティの安定性が重要なKPIとなり、既存の生産機器のアップグレード、製造工程の可能な限りの自動化を優先して取り組む方針

Source: 各種公開情報; エキスパートインタビュー; BCG分析

販売・マーケティング戦略

“ ヒアリングコメント



ターゲット
アプリ
ケーション

BAPV・BIPV等の建築物向けを主眼にしつつ、電子値札や電子デバイス等のIoT分野を含めた幅広いアプリケーションを想定

“ 現在は、BAPV・BIPV等の建築物向けに加えて、IoTのマーケットに注力しており、性能向上を模索中

- 様々なアプリケーションを想定する中、製品に応じてサイズ等を柔軟に変えながら製品開発を実施



ターゲット
地域

プロダクト単位かつ幅広いアプリケーションを想定しているため、販売地域に特段の優先順位は無し

“ 必然的にEU諸国での販売数は多くなる想定だが、購入希望があればオープンに販売するスタンス

独HZBはシリコンとのタンデム型の研究開発に注力し、欧州最高効率となる32.5%を達成

HZB (Helmholtz-Zentrum Berlin): 技術開発動向

企業概要

企業名	HZB (Helmholtz-Zentrum Berlin)
設立年	2009年
本社所在地	Berlin, ドイツ
従業員規模	約1,200人
資本/系列	独立系 旧ハーン・マイトナー研究所と BESSY-Gesellschaftが合併して設立された 開発・製造パートナーとして Oxford PV、Meyer Burger と提携

技術戦略

製品タイプ	タンデム型 “ 商用でも既存PVを上回る30%超の効率に達する潜在性があり注力中
製造方法	Slot-die, 真空蒸着 “ 大量生産に向けては、安価かつ、塗布の均一性、技術の簡易性に優れたSlot-dieが望ましいと考えている。課題はサイズアップ時の効率低下
製品サイズ (実験段階)	4cm ²
発電効率 (公表ベース)	 <p>“ X線を使った原子レベルでの解析、及びナノテクを使った表面加工を行うことで高効率を達成。プロダクションプレイヤーにとっては敷居の高いプロセス</p>

政府からの支援状況

“ ヒアリングコメント

研究機関であるため、資金の3分の2はEU、ドイツ政府等からの補助金

企業と連名で応募する形式で商用化に向けた補助金も確保

- European Innovation Fund: Meyer Burgerの3.5GW量産に向けた補助金(€200M)

“ 大量生産を対象に含む補助金も存在し、複数のパートナー企業と連名で応募

- 従来型太陽電池の量産体制構築向けの補助金だが、一部をペロブスカイトPV事業にも活用する方針



スイスMeyer Gurgerは高効率の電池開発を行う研究機関と連携し、 変換効率30%水準のタンデム型製品を開発

Meyer Burger: 技術開発動向

調査情報

企業概要

企業名 Meyer Burger Technology AG

設立年 1953年

本社所在地 Thun, スイス

従業員規模 約1,000人

資本/系列 独立系

技術戦略

製品タイプ タンデム型

製造方法 スクリーン方式

製品サイズ (プロトタイプ) 25cm²

“ CSEM and Meyer Burger have achieved a record efficiency of 29.6 percent for a 25-square-centimeter tandem PSC

発電効率 (公表ベース)



“ The aim of the cooperation is the industrial production of solar cells with efficiencies of more than 30 percent

政府からの支援状況

EUによる生産量の増加に向けたプロジェクトに向けた数百億円単位の補助金への採択

- EU Innovation Fund: 高効率PVモジュール生産プロジェクト(シリコンPV含む)に€200M支援予定

ドイツ政府の資金のもと、HZB等の研究機関との技術提携し、高効率電池の商用化に向けて開発を推進中

- CSEM
- HZB
- Fraunhofer ISE
- シュトゥットガルト大学



EU全体、国、地方のそれぞれで、ペロブスカイトPVの研究開発から量産まで支援する補助金制度が充実

欧州：ペロブスカイトPV電池開発に向けた政府支援策

施策	主体	支援対象	支援方法	主な支援企業	支援策詳細
EU Innovation Fund	EU	研究開発 実証実験 量産	補助金	Meyer Burger: \$224M	2020年から2030年にかけてのEUの資金調達プログラムで、再生可能エネルギー用部品の製造における革新的技術の市場投入も補助対象
EU Regional Development Program	EU	研究開発 実証実験 量産		Oxford PV: €8.8M+€3.1M	EUの地域間の経済的・社会的格差を是正することを目的としており、優先分野のひとつが低炭素経済
EU ESPResSo	EU	研究開発 実証実験 量産		perovskite research consortium (Saule加入): €4.35M	ペロブスカイトPV技術を次のレベルに引き上げ、その実用化を実証するための、助成金
Polish National Centre for Research and Development (NCBR)	ポーランド	研究開発 実証実験 量産		Saule Tech.: €4.35M	テーマ分野の一つとして「太陽光」が据えられ、農業、建設、輸送における太陽電池・装置の革新的な利用に関するプロジェクトに資金が提供される。
Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC)	イギリス	研究開発 実証実験 量産		オックスフォード大学: £ 6M	数学から材料科学、情報技術から構造工学まで、幅広い分野に年間8億5,000万ポンド以上を投資
Perovskite semiconductors: From fundamental properties to devices prgm.	ドイツ	研究開発 実証実験 量産		(不明)	太陽電池へのペロブスカイトの応用にかかる研究に最長6年間、年間230万ユーロの資金を提供
地方政府補助金 (Berlin)	ドイツ ベルリン	研究開発 実証実験 量産		Oxford PV: €44M	太陽電池生産の拡大を支援
地方政府補助金 (Saxony-Anhalt)	ドイツ ザクセン＝アンハルト	研究開発 実証実験 量産		Mayer Burger: €15M+€7.5M (2023: 予定)	太陽電池生産の拡大を支援



欧州グリーンディールが掲げる「2050年Net Zero」達成に向け、再エネ関連分野では、「グリーンディール投資計画」、「グリーンディール産業計画」、「REPowerEU」が整備・開始

欧州：グリーンディールにおける再エネの位置付け

概要

発表年	2019年12月
主体	欧州委員会 (European Commission)
目的	「2050年までのNet Zero」目標の達成に向けた行動計画の取りまとめ
想定支援内容	<ul style="list-style-type: none"> 助成金 投融資 税制優遇 企業の持続可能性評価
予算規模	約1兆ユーロ (122兆円)

欧州グリーンディール関連取組の全体像

■ : 再エネ関連取組





欧州グリーンディールの4つの柱の一つ「規制改善」の一環として、 「ネットゼロ産業法」の整備を通じた再エネを含む各種事業の許認可プロセス短縮を規定

欧州：グリーンディール投資計画/産業計画における再エネの位置付け

概要

発表年	2023年2月
主体	欧州委員会 (European Commission)
目的	米国IRA、中国の大規模補助金政策、ウクライナ危機に対応するための、グリーン技術開発/生産能力拡大の加速
支援内容	<ul style="list-style-type: none"> 助成金 投融資
予算規模	€3,570億+ (56+兆円)

グリーンディール産業計画の4つの柱

規制改善	<ul style="list-style-type: none"> 許認可プロセスを短縮し、プロジェクトを加速 国家間協力・リサイクルによる原料の安定供給 電力市場改革による再エネ価格変動の低減
資金調達	<ul style="list-style-type: none"> 2025年までに補助規制緩和を加盟国に諮問 税額控除導入、生産補助金の競争入札検討 過小支援国のグリーン産業へのEU資金の増額
人材開発	<ul style="list-style-type: none"> 関連技能と労働力格差に関するEU全体の透明性強化 加盟国間および第三国間での技能認定の簡素化
貿易促進	<ul style="list-style-type: none"> 資源を埋蔵する第三国に対するインセンティブ制度の構築 EUの貿易保護及び公平な貿易土壌の確保

規制環境の改善に向けた3制度

ネットゼロ産業法(NZIA)	
目標	2030年までにネットゼロ技術のEU内需要の40%EU内で生産
具体施策	ネットゼロ技術(再エネ等)に該当する事業の許認可プロセスがを9-12ヶ月に短縮
重要原材料法(CRM)	
目標	特定の原材料のEU内消費量のうち最低10%(採掘) 最低40%(加工)を域内で完結
具体施策	特定素材の共同購入の枠組み、備蓄調整、EU外国とのパートナーシップ締結
電力市場改革	
目標	ガス価格と電力価格の連動緩和による電力価格の安定化
具体施策	電力購入契約(PPA)などの推進 加盟国の差額決済契約(CfD)義務化

REPowerEUでは、2030年に向けた再エネ移行を加速させるため、「EU Solar Energy Strategy」が策定され、特に建造物へのソーラーパネルの導入も積極的に推進

欧州：REPowerEUにおける太陽光発電の位置付け

概要

発表年	2022年8月
主体	欧州委員会 (European Commission)
目的	EUのロシア産ガスへの依存の段階的な解消
支援内容	<ul style="list-style-type: none"> 規制緩和 補助金 イニシアチブ・コンソーシアム形成支援
予算	€300B (太陽光と風力に€86B)

REpowerEUの3本柱

1. 省エネ推進	2. エネルギー調達先の多様化	3. 再エネ移行の加速
<ul style="list-style-type: none"> 2030年までに13%の省エネ (v.s.2020) 加盟国の、エネルギー効率向上対策に対する税制優遇等 	<ul style="list-style-type: none"> 参加国に代わってガス契約の交渉を行う共同購入制度の創設を検討 	<ul style="list-style-type: none"> 2030年までに最終エネルギー消費における再エネ比率45%

目標達成に向け、EU Solar Energy Strategyを発表

EU Solar Energy Strategy

※ペロブスカイトPVについても言及あり (次頁詳細)

1 PV導入の促進	2 許認可手続きの簡素化	3 雇用の確保	4 欧州太陽光産業同盟
<p> 目標</p> <ul style="list-style-type: none"> 段階的に太陽光発電の導入量を拡大 <ul style="list-style-type: none"> - 320GW (2025年) - 600GW (2030年) 	<ul style="list-style-type: none"> 屋上太陽光発電の申請認可手続きの機関を最大3カ月に制限 	<ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電の雇用を2020年の35万7000人から2030年までに倍増 	<ul style="list-style-type: none"> EU投資銀行およびその他の公的機関を通じた民間投資へのリスク回避融資の実施 太陽光発電開発を促進する為のイノベーションファンド設立
✓	✓	✓	✓
<p> アクション</p> <p style="background-color: #ffffcc; padding: 5px;">屋根上太陽光イニシアチブ創設</p> <ul style="list-style-type: none"> 屋上ソーラー設置の義務化 自治体ごとに少なくとも1つの再エネコミュニティを設置 MSは、投資回収期間が10年未満になるようにする 	<p>再生可能エネルギープロジェクトの迅速な許認可に関する提言と法律案を発表</p> <ul style="list-style-type: none"> 迅速な許認可が可能な地域のマッピングを義務化 	<p>陸上エネルギー(太陽光を含む)のためのEU大規模技術パートナーシップの創設</p> <ul style="list-style-type: none"> スキルアップおよびリスティング対策 	<p>EU太陽光発電産業同盟の設立</p> <ul style="list-style-type: none"> EUの太陽光発電の供給多様化と製造規模の拡大 投資機会の特定と調整

1. Fit for 55(欧州グリーンディールにおける排出権)
Source: European Commission; BCG 分析



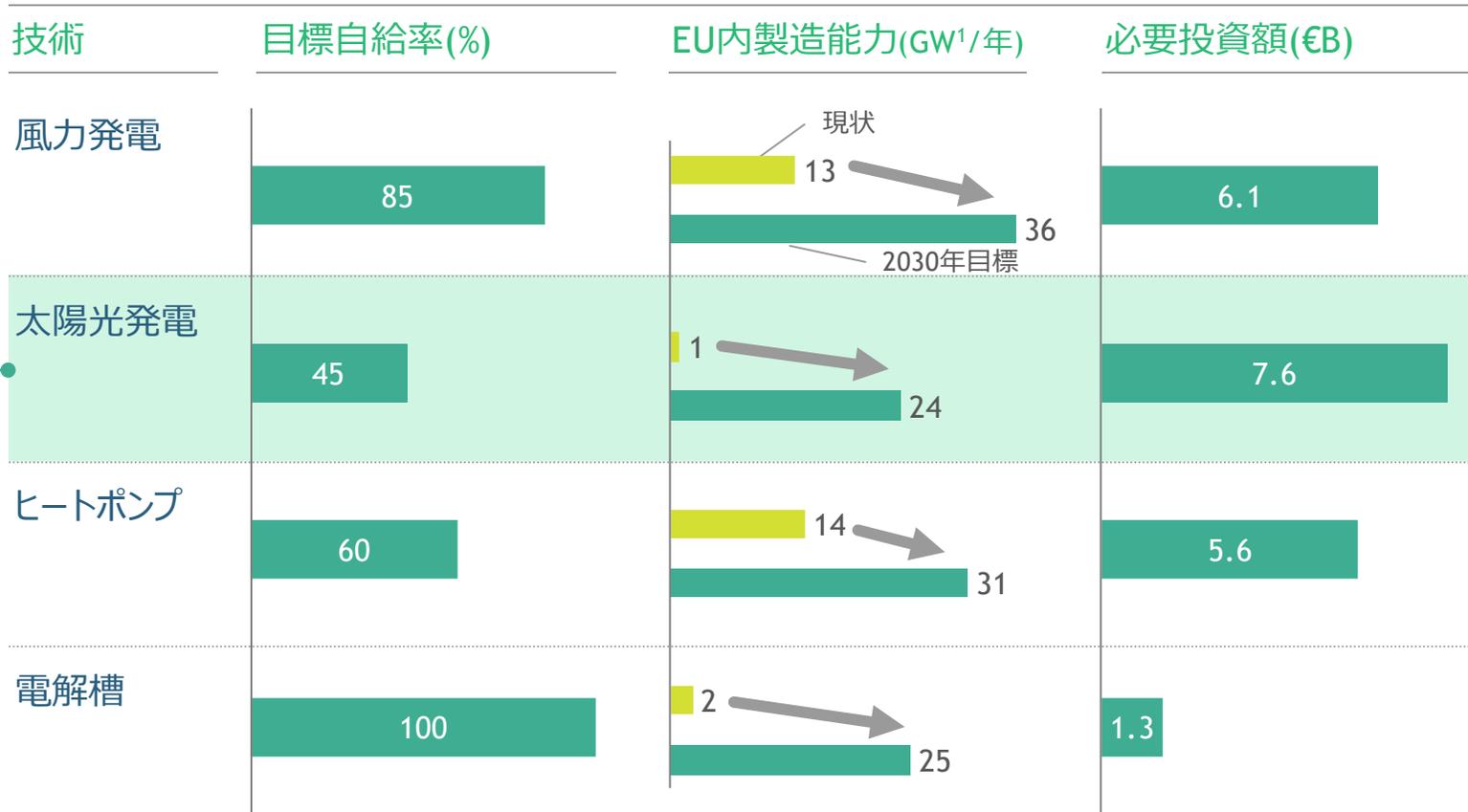
ネットゼロ産業法では、太陽光発電が「戦略的ネットゼロ技術」の一つに位置付けられており、約€7.6Bの投資を通じて欧州内での製造キャパシティ拡充が目指されている

欧州：ネットゼロ産業法における太陽光発電の位置付け

戦略的ネットゼロ技術

- 太陽光発電・太陽熱利用
- バッテリー・蓄電池
- 陸上・洋上風力発電
- ヒートポンプ・地熱発電
- 電解槽・燃料電池
- 持続可能なバイオマス・バイオメタン
- 二酸化炭素回収・貯蓄技術(CCS)
- グリッド技術

各技術の導入計画



Source: European Commission "COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT"; BCG 分析 1. 太陽光のみ単位はGW(AC)



EU Solar Energy Strategyでは、 ペロブスカイトPV・BIPVの開発・普及に対する必要性にも言及

欧州: EU Solar Energy Strategy

PSC及びBIPVに関わる記述

the EU will continue to support research and innovation to reduce the cost of solar energy technologies, while increasing their energy efficiency and their sustainability, including in the manufacturing stage.

These new technologies include heterojunction cells, perovskites and tandem cells, all of which achieve higher efficiencies than commercial technologies.

The upcoming 2023-2024 work programme will include a flagship initiative to support solar energy research and innovation, focused inter alia on novel technologies, environmental and socio-economic sustainability, and integrated design.

Despite recent cost reductions, the potential of this sector (BIPV) remains to be unlocked through uptake by the construction sector and the related economies of scale.

EU-wide deployment would require homogeneous certification for the affected products, as well as customized professional training and university programmes.

要旨

製造段階も含め、エネルギー効率と持続可能性を向上させつつ、太陽光技術のコストを削減するための研究と技術革新を支援

- PSC(タンデム含む)も対象であり、23-24年の作業計画では、研究支援のためのイニシアチブが含まれる予定

BIPVの普及は未だ発展途上

- 建設業界による理解不足、「規模の経済」原理が不十分
- EU全体への普及には、対象となる製品の均質な認証と専門教育が必要



EUでは、2029年までに建築物へのソーラーパネル導入を段階的に推し進める計画を公表済で、計画実現に向けBIPVの導入支援も志向

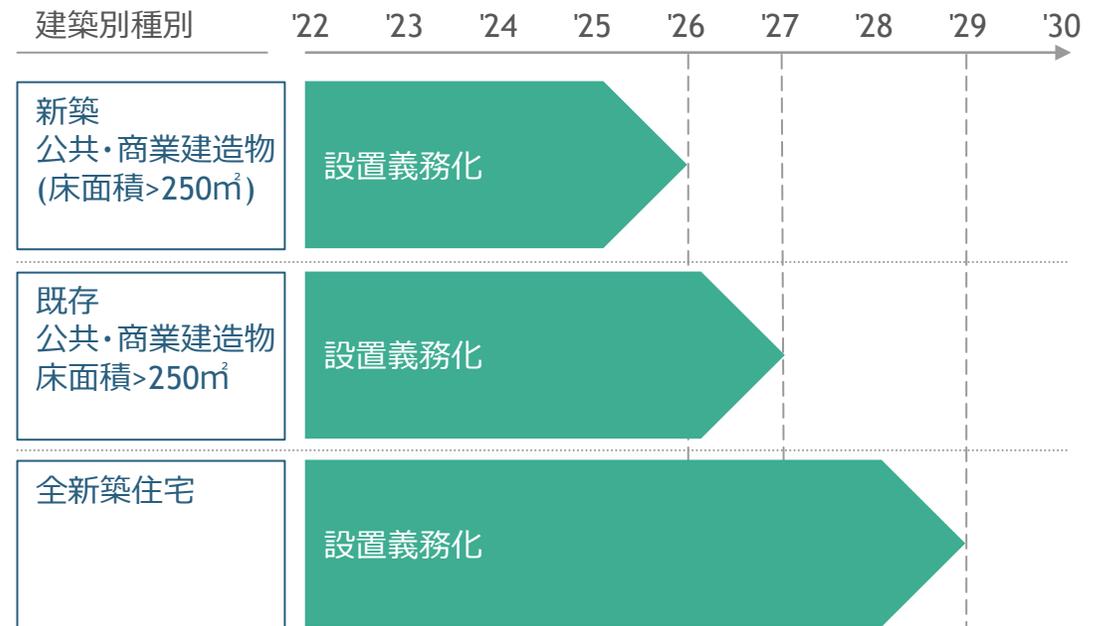
欧州: European Solar Rooftops Initiatives

“ ヒアリングコメント

概要

発表年	2022年8月
主体	欧州委員会 (European Commission)
目的	屋根上太陽光発電の可能性を開花させ、エネルギーをよりグリーンで安全かつ安価なものにする
支援内容	<ul style="list-style-type: none"> 規制緩和 補助金 イニシアチブ・コンソーシアム形成
具体策	<ul style="list-style-type: none"> 既存PVのアップグレードへに向けた規制緩和 民営住宅へのPV設置、住宅設置への融資支援などによる「エネルギー弱者」への支援 新築・改築建物双方における、BIPV導入支援

EU内建築物へのソーラーパネル設置義務化計画



“ Oxford PVは、2025年前後には大量生産を開始したいと考えている。特に、EU内ほぼすべての建築物へのPV設置の義務化に伴う需要増加に間に合わせる事が重要

Oxford PV ex-Senior Engineer

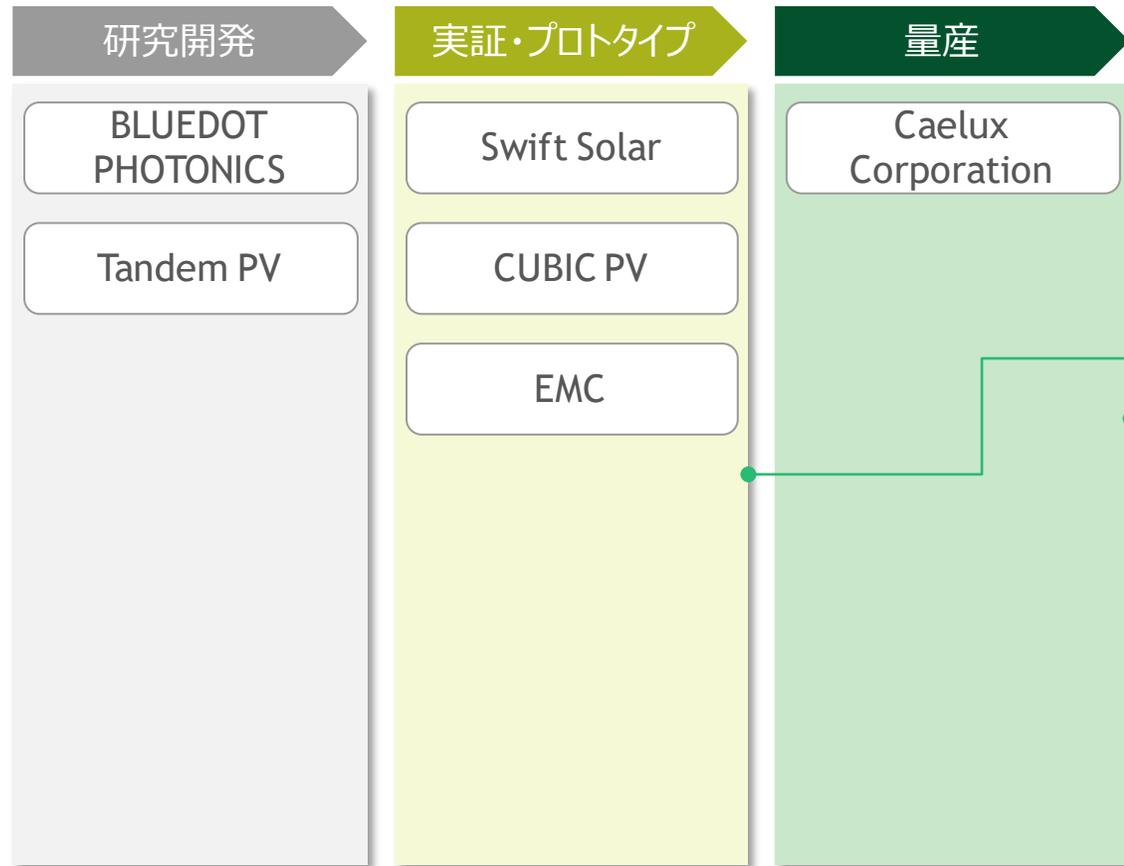
海外ペロブスカイトPVメーカー分析: 詳細



米国

米国では各社、研究開発・プロトタイプ開発段階に留まっており、最も量産への準備が進んでいるCaeluxが、2024年に100MW級の製品ラインを設置予定

米国：ペロブスカイトPVメーカー各社の事業ステージ
米国メーカー各社の事業ステージ

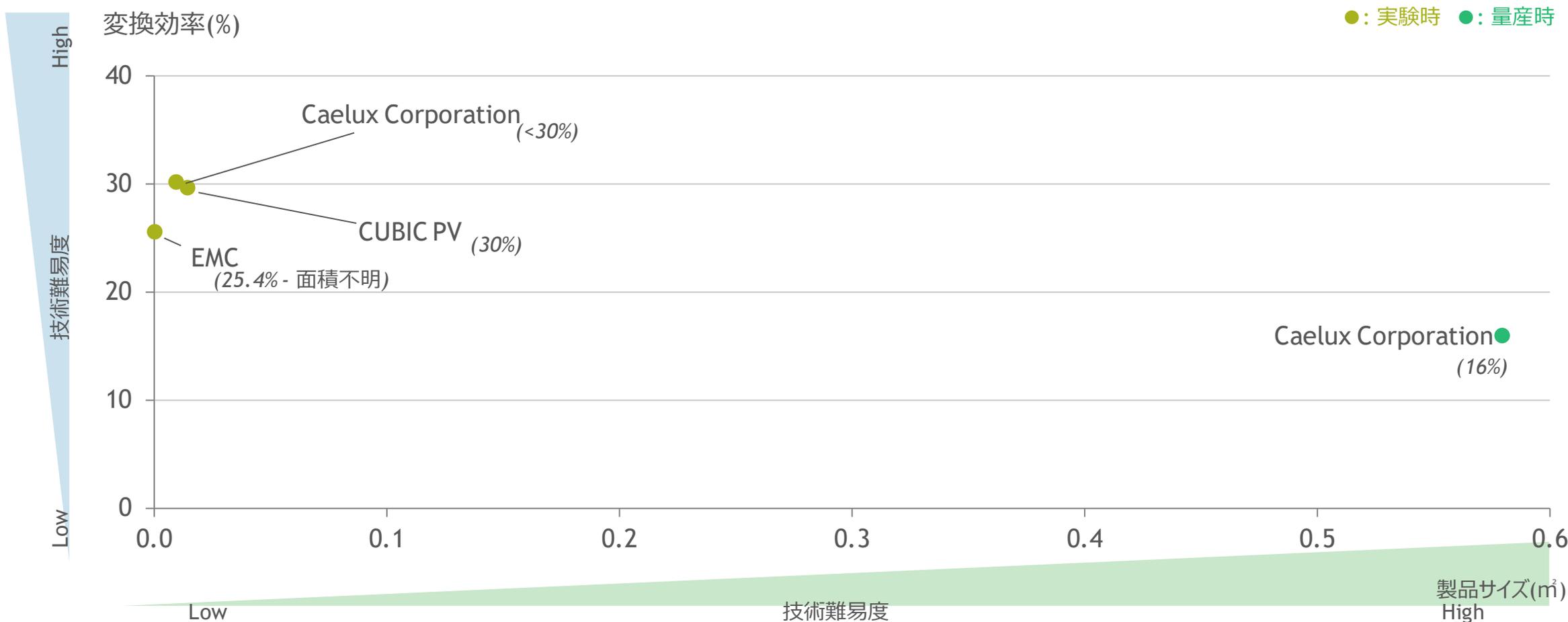


主要メーカーの量産動向			
量産規模	現状	将来	
Caelux Corporation	0MW	\$5M	100MW 〔2024年〕
Swift Solar	0MW	今後量産に乗り出す方針 (定量情報は未公表)	
CUBIC PV	0MW		
EMC	0MW		



米国ペロブスカイトPVメーカーは実験時では概ね20%代後半の効率を達成しており、 今後は量産時の安定性と、製品スケールアップ時の効率低下対策が注力点となる見通し

米国：主要ペロブスカイトPVメーカー製品技術開発状況(タンデム)



Source: 各種公開情報; エキスパートインタビュー; BCG分析

量産体制への移行を目指す米国ペロブスカイトPVメーカーは、安定性の高い蒸着方式と、生産速度の高いSlot-die方式をメインで採用

米国：主要ペロブスカイトPVメーカー採用製造技術

✓ : 主な採用方式
⊙ : 採用したが、優先度を下げた方式

製造技術	技術概要	主要メーカーの塗布技術検討・採用動向					
		Caelux Corp.	CUBIC PV	Swift Solar	EMC	Tandem PV	BLUEDOT PH.
1 蒸着方式	真空装置内で蒸気と基盤材を反応させて成膜する方式(均一性に優れる)	✓	✓	✓	—	✓	✓
2 塗布方式	2-1 Slot-die coater	✓	✓	⊙	—	✓	—
	2-2 Spin Coater	—	—	—	⊙	✓	—
	2-3 Thermal Coater	—	—	—	—	—	—
	2-4 Blade coater (knife coater)	—	—	—	⊙	✓	—
	2-5 Spray	—	—	—	—	✓	—
	2-6 CVD	—	—	—	—	—	—
	2-7 Screen printing	—	—	—	—	—	—
	2-8 Roll to Roll	フレキシブル基板をロール状態で供給し、連続的に加工や印刷を行う手法	—	—	—	✓	—

Source: 各種公開情報; エキスパートインタビュー; BCG分析

Swift Solarはタンデム型製品のスケールアップに際し、蒸着方式をメインで採用しており、連邦政府・州政府の補助金を活用

Swift Solar: 技術開発動向

企業概要

企業名 | Swift Solar

設立年 | 2017年

本社所在地 | Colorado, US

従業員規模 | ~40人

技術戦略

製品タイプ | タンデム型

製造方法 | 蒸着方式

“ Slot-dieは大きなサイズにしたときの安定性等の課題が大きいため、蒸着方式を含めた代替方法を模索している

製品サイズ(商用) | プロトタイプ：非公開
商用プロダクト：1-2m²

発電効率(公表ベース)

情報非公開

“ 1-2m²のプロダクトを作ろうとしており、小さなサイズのプロトタイプの効率には及ばないため、今後はそれらの向上を目指す

政府からの支援状況

“ ヒアリングコメント

連邦政府からの補助金を主流としつつ、州政府からの支援も存在

- DOE
- TEAMUP
- California Energy Commission

“ 大学・研究機関との共同研究開発プロジェクトに対するDOE(米国エネルギー省)からの補助金に加え、州政府からも独自の補助金を受給している

Swift Solarは市場調査も踏まえながら、米国内を中心としたユーティリティ向けに対し、既存シリコンPVと比較した高効率性を強みに参入したい意向

Swift Solar: 事業開発動向 生産戦略

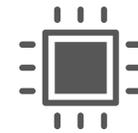
情報非公開

プロトタイプを商用化するための製品面積の拡大による効率の低下を防ぐために、製造方式の模索、製造機器の開発に軸足

“ 足元は製品の拡大(1m²-2m²)を目指しているものの、安定した大きな面積へのペロブスカイト塗布に課題。Slot-die方式はその観点で避けており、新しい方法を模索している

販売・マーケティング戦略

“ ヒアリングコメント



ターゲット
アプリ
ケーション

太陽光発電地に向けたユーティリティスケールの製品に注力し、将来的にはBIPV、モビリティ向けの製品を開発する意向

“ 欧州では都市部でのPV導入が進む一方で、米国では大規模発電に注力する企業が大層。独自に行なった市場調査では、BIPVへの関心が認められず、まずは既存シリコンPVの代替を目指している



ターゲット
地域

まずは国内マーケットに注力するも、PSC導入のポテンシャルのある国については継続的に注視

“ まずは国内市場に参入していく意向だが、高効率性を重視してくれるマーケット、バイヤーが存在すれば、積極的に介入していきたい

CUBIC PVは小さなサイズでの効率とその安定性、耐久性を確保した後、 中規模のプロトタイプから徐々にサイズアップしていくことで着実に製品化へと前進する構え

CUBIC PV: 技術開発動向

企業概要

企業名	CUBIC PV
設立年	2007年
本社所在地	Massachusetts, US
従業員規模	70~
資本/系列	独立系

技術戦略

製品タイプ	タンデム型 “ シリコン価格の低下により、米国プレイヤーは概ねタンデム型にシフト
製造方法	蒸着方式 Slot-die 方式 “ 製造速度の観点で、大量生産に向けてはSlot-die方式を有力視も、安定性に課題
製品サイズ (プロトタイプ)	プロトタイプ : 225cm ² (15cm×15cm) “ 今後はG12規格(25cm×25cm)での効率向上に移行する姿勢
発電効率 (公表ベース)	 <p>“ 小さなサイズでは35%ほどまで効率を上げることが可能だと考えており、高効率×安定性を実現した後に、スケールアップをする算段</p>

政府からの支援状況

“ ヒアリングコメント

DOEから研究開発センター設立のための補助金を受領

- ADDEPT: 研究開発センター設立に向けた補助金 (\$11M)

CUBIC PVは量産体制の整備には品質安定性や資金調達力がやや不足している状況だが、今後5年を目処に、大規模太陽光発電向けの製品の国内生産・販売を計画

CUBIC PV: 事業開発動向 生産戦略

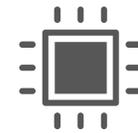
情報非公開

足元ではDOE等からの補助金は従来型シリコンPVのGW級生産にメインで充てつつ、並行してPSCの開発も行う姿勢

“ PSCの量産を行うためには、安定性、サイズアップに課題が有り、バンカビリティが低い状況。GW級の量産にはあと5-6年ほどかかる見立て

販売・マーケティング戦略

“ ヒアリングコメント



ターゲット
アプリ
ケーション

BIPVは未だマーケットとして成熟しておらず、足元は大規模太陽光発電向けにモジュール単位の販売を想定

“ CUBICが製造しているPSCは4端子型であり、製品の重量が従来型のPVと同程度になることから、BIPVへの活用は考えにくい。一方、住宅の屋根上では面積あたりの発電量を増加させるソリューションとしては期待



ターゲット
地域

輸送費の高騰から、国内マーケットに向けた製品の製造を、できる限り国内で完結させることを重要視

“ 特に製造コストの低いPSCにおいては、輸送費をどれだけ節約できるかが重要と考えている

Caelux Corporationは米国では唯一、商用プロダクトの製造計画を公表しており、最終的には30%を超える効率で中～大規模製品の改良を目指す

調査情報

Caelux Corporation: 技術開発動向

企業概要

企業名	Caelux Corporation
設立年	2014年
本社所在地	California, US
従業員規模	20~
資本/系列	Caltech (カリフォルニア工科大学) のスピナウト企業

技術戦略

製品タイプ	タンデム型
製造方法	蒸着方式 Slot-die 方式 <p>“ スピン方式は素材ロスの観点から最も高価な方法であるためテスト目的での利用に留まる</p>
製品サイズ	プロトタイプ : 1cm ² 商用プロダクト : 8-9 inch.
発電効率 (公表ベース)	<p>“ The aim of the cooperation is the industrial production of solar cells with efficiencies of more than 30 percent</p>

政府からの支援状況

DOEからの補助金に加え、US-MAPにも参画

- SunShot Incubator Program: \$1M
- US-MAP

補助金に加え、2023/8には、シリーズAの追加出資(\$12M)が確定

主な投資元

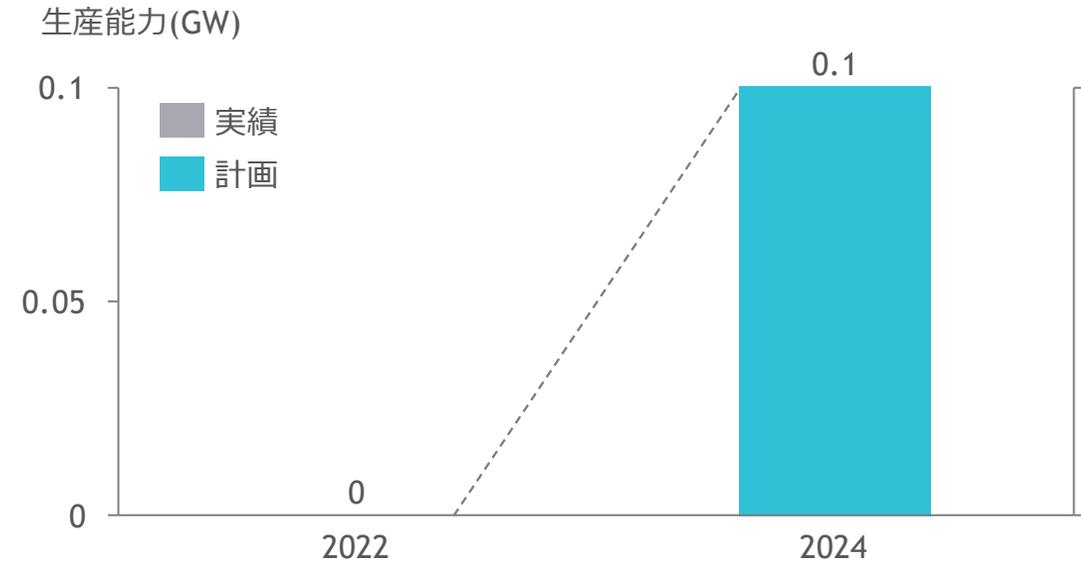
- Reliance New Energy Limited
- Khosla Ventures
- 三井不動産 CVC
- Fine Structure Ventures

Caelux Corporationは生産目標を唯一公表している米国企業で、 構造の異なる2タイプ製品それぞれで、大規模太陽光発電、及び航空分野への参入を志向

Caelux Corporation: 事業開発動向 生産戦略

販売・マーケティング戦略

“ ヒアリングコメント・調査情報



ターゲット
アプリ
ケーション

効率重視、及び軽量化重視の二製品を開発することで、異なるタイプのマーケットの参入する狙い

“ Caeluxは2端子型電池、4端子型電池両方を開発し、2端子型は重量が問題となる航空分野等への応用、4端子型はソーラーファームなどへの導入を想定している
Ex. CTO, CUBIC PV

米国主要企業の中では唯一生産目標を公表し、5百万ドルの投資を想定

“ 同社はカリフォルニア州ボールドウィンパークに製造施設を建設し、PSCの生産量が100MWに達するよう増強

ペロブスカイトPV内蔵ガラス「Caelux One」を開発中で、2024年にMVP(Minimum Viable Product)の生産を開始予定

ターゲット
地域

情報非公開
ただし工場を国内に設置することから、国内マーケットを想定と推察



EMCはRoll-to-Roll方式による薄膜太陽電池の高速生産ノウハウと、産業パートナーであるKodak、Corningの知見を、PSC量産構築にも活用

調査情報

EMC: 技術開発動向

企業概要

企業名 EMC
(Energy Materials Corporation)

設立年 2010年

本社所在地 New York, US

従業員規模 不明

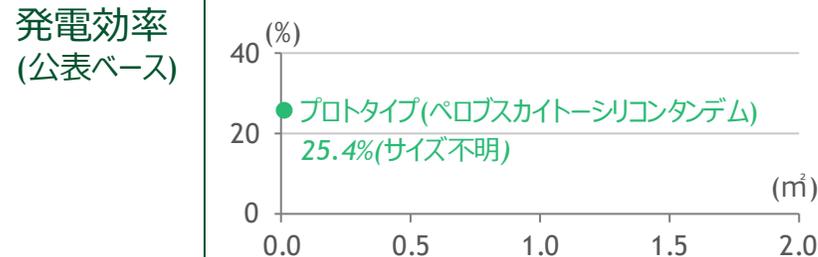
資本/系列 独立系

技術戦略

製品タイプ 単接合型
タンデム型 (All-Perovskite)

製造方法 Roll-to-Roll方式
“ 独占共同開発パートナーであるKodak社のフィルム製造機器を応用しプロセスを開発。基盤には同様にパートナーであるCorning社のフレキシブルガラスを利用

製品サイズ 情報非公開



政府からの支援状況

Roll-to-Rollの高速量産技術の強みを有しており、更なる生産技術の確立と生産コストの低下に向けた補助金を多数受給

- DOE Photovoltaics (PV) Research and Development: \$3.2M
- T2M3: \$2M
- Next Generation Photovoltaics 3: 1.2M

米国ではDOE(エネルギー省)を中心にPSCの実証実験までをサポートする補助金に加え、開発環境の提供等の支援も実施

米国: ペロブスカイト太陽電池開発に向けた政府支援策

施策	主体	支援対象	支援方法	主な支援企業	支援策詳細
IRA (Inflation Reduction Act)	国	研究開発 実証実験 量産	税制優遇	再エネ関連企業全般	太陽光パネルを含む、再エネ関連設備を製造するための設備投資に対する税制優遇が含まれる
SETO PVRD Funding Program	国 (SETO)	研究開発 実証実験 量産	補助金	Caelux Corporation	PSC技術の商業化に向けたプロジェクトを支援するための年ごとのプログラム(2022:総額\$29M)
TEAMUP	国 (SETO)	研究開発 実証実験 量産		Swift Solar, TandemPV+	PSCの導入加速のための技術開発コンソーシアムに向けた助成金(\$9M)
ADDEPT	国 (SETO)	研究開発 実証実験 量産		CUBIC PV	PSCの耐久性を向上させるための研究センター設立を対象とした補助金(\$11M)
California Energy Commission BRIDGE	カリフォルニア	研究開発 実証実験 量産		Swift Solar	エネルギー技術の応用研究・技術実証・展開を支援 Swift Solarへは、EV向けPSCの開発に補助金(\$3M)
Renewable Energy Production Tax Credit	アリゾナ	研究開発 実証実験 量産	税制優遇	N/A	アリゾナ州での再エネ発電にかかる税制優遇
US-MAP	国	研究開発 実証実験 量産	設備提供	主要企業	各種研究施設や、標準化された耐久性試験の利用をPSC関連企業に提供するコンソーシアム

“ペロブスカイトPV開発企業が受給できる補助金スコープの拡大 (研究開発～量産まで)に向け、US-MAPを中心に、業界内での性能評価のスタンダード確立と試験環境の整備が推進されている

- 現状のPSCは、製造コスト、安定性、耐久性等が既存シリコンPVの水準に達しておらず、バンカビリティが低いとみなされ、量産にかかる補助金を貰うハードルは高い
- 加えて、性能評価の基準が統一されておらず、試験環境の整備が重要

CUBIC PV ex. CTO

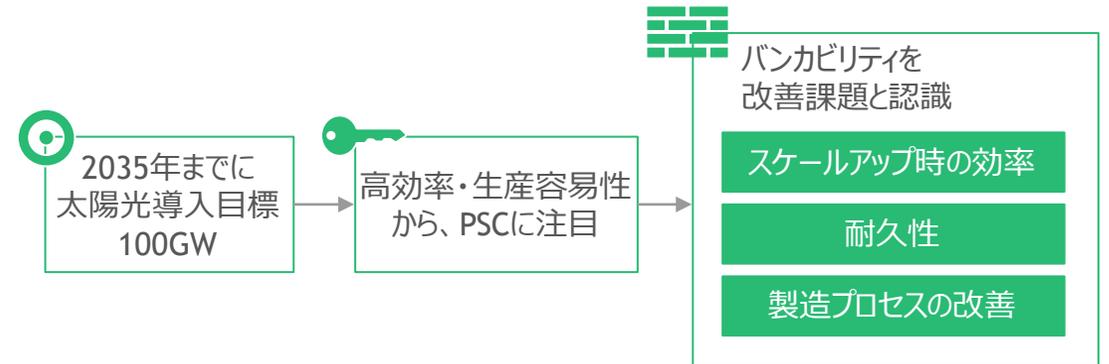
米連邦政府レベルでの補助金は、エネルギー省の下部組織であるSETOが取管轄しており、主要ペロブスカイトPVプレイヤーは概ね活用

米国: ペロブスカイトPV開発における政府の支援動向 (SETO-Solar Energy Technologies Office-太陽エネルギー技術室)

概要

設立年	1973 (EERE)
主体	EERE (Office of Energy Efficiency and Renewable Energy), DOE (米国エネルギー省)
目的	<ol style="list-style-type: none"> 2050年までにアメリカを100%クリーンなエネルギー経済に移行させること クリーンエネルギー経済を実現するための革新的な技術の研究開発、実証、展開を推進すること
支援内容	<ul style="list-style-type: none"> 産学共同プロジェクトへの出資 太陽光技術にかかる賞の贈呈 コンペのデザイン・実施

ペロブスカイトPVの位置付け



主な補助金受給企業

補助金名	受給者	受給額 (\$)
PV Research Funding	Swift Solar+ (TEAMUP)	9M
ADDEPT	CUBIC PV+	11M
SETO FY2019	BLUEDOT	0.7M

米国では産学連携のコンソーシアム(US-MAP)が形成されており、スタートアップを含む参加企業は、各種研究施設や標準化された耐久性試験を活用可能

米国: 主要ペロブスカイトPVメーカーの協業動向 (US-MAP)

US-MAP (The U.S. Manufacturing of Advanced Perovskites) 概要

設立年	2019
主体	国立再生可能エネルギー研究所 (NREL)
目的	<ul style="list-style-type: none"> PSCの安定性・耐久性試験の標準化による信頼性の確保 PSC研究開発の進展と製造のスケールアップの加速 設備、ツール、施設、専門知識への低コストでのアクセス <ul style="list-style-type: none"> 特に新興企業に起こりがちな設備不足に対応
支援内容	<ul style="list-style-type: none"> PSCの安定性を評価するための標準化されたストレス試験の提供 開発競争以前の基礎的な知見の提供 研究所の設備等の共有

参加企業・研究機関

スポンサー	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー省 防衛省 州政府 業界企業 など
-------	---

資金提供 ↓

オーガナイザー	<ul style="list-style-type: none"> 国立再生可能エネルギー研究所 ノースカロライナ大学 トレド大学 取得資金一元化 各研究機関へ設備導入 耐久試験設計 WRIGHT 太陽光センター ワシントン大学クリーンエナジー研究所
---------	--

研究・実験設備の提供
(モデリング、製造、耐久性テスト等に向けた装置) ↓

ペロブスカイト関連企業			
		電池製造	関連技術提供
Caeluc	First Solar	BLUEDOT PV部材開発	nTact slot-die技術開発
CUBIC PV	Swift Solar	DOW ペロブスカイト素材開発	Tau Science PV検査システム
EMC	Tandem PV	FOM TECH. 実験用PSC製造機器開発	

報告書 目次

(1) 次世代太陽電池海外展開

- 1-1 海外ペロブスカイトPVメーカー分析
- 1-2 ペロブスカイトPV市場動向・導入可能性分析
- 1-3 日本の次世代太陽光海外展開について

(2) 浮体式洋上風力海外展開

- 2-1 アジア洋上風力浮体メーカー分析
- 2-2 海外浮体式洋上風力市場・公募動向分析
- 2-3 日本の浮体式洋上風力海外展開について

(3) 沖合洋上風力エネルギーキャリア

- 3-1 海外案件開発動向・プレイヤー分析
- 3-2 エネルギーキャリアコスト分析
- 3-3 日本の洋上風力エネルギーキャリア展開について

ペロブスカイトPVは'25年頃からBAPV/BIPV向け、'30年～に電子値札/センサー/無線通信/充電器向け、'35年～にモビリティ/ドローン向けで需要が立ち上がる見込み

ペロブスカイトPVアプリケーション

ペロブスカイトPV主要アプリケーション

需要立ち上がり時間軸

			日/欧/中/米の複数ペロブスカイトPVメーカー ヒアリングを踏まえたBCG見立て		
1	建物設置型(BAPV)		荷重・形状制約から従来型シリコンPVが設置できなかった建物(住宅・商業施設・工場)への設置	2025年～	既に複数メーカーがプロトタイプ製品化しており、2025年前後の量産化を見据えた優先ターゲットとしているアプリケーション
2	建材一体型(BIPV)		窓材、屋根材、壁材にPVが組み込まれた形で、建物の施工及び修繕に伴う設置		
3	電子値札		表示内容の設定・更新に電力を必要とする電子値札への上への搭載	2030年～	既に複数メーカーがユーザー側企業と協業実証を進めており、中期的に需要立ち上がりが期待できるアプリケーション
4	センサー		各種感知センサー(CO2/温度/湿度/照度センサー)の電源用途として搭載		
5	無線通信		宇宙機、給電向け無線通信向けの電源用途として搭載		
6	充電器		蓄電池の代替品として充電器用電源用途として搭載	2035年～	一部メーカーが長期的な搭載先として構想段階にあるアプリケーション
7	モビリティ		乗用車、商用車EVへの電源用途としての搭載 (EV搭載蓄電池消費量の削減目的)		
8	ドローン		ドローン向け電源用途としての搭載 (搭載蓄電池容量削減による小型軽量化目的)		

BAPV/BIPV向けでは既に複数メーカーがプロトタイプ製品化・優先ターゲットとしており、特に事業開発で先行するSauleは多様なアプリケーションでの需要開拓に積極的

ペロブスカイトPVメーカーのアプリケーション開発動向

	 GCL Perovskite	 UtomoLight	 Microquanta	 Saule Technologies	 Oxford PV	 積水化学工業	 カネカ	 エネコートテクノロジーズ	 東芝
1 建物設置型(BAPV)									
2 建材一体型(BIPV)									
3 電子値札									
4 センサー									
5 無線通信									
6 充電器									
7 モビリティ									
8 ドローン									

Source: 各種公開情報; エキスパートインタビュー; BCG分析

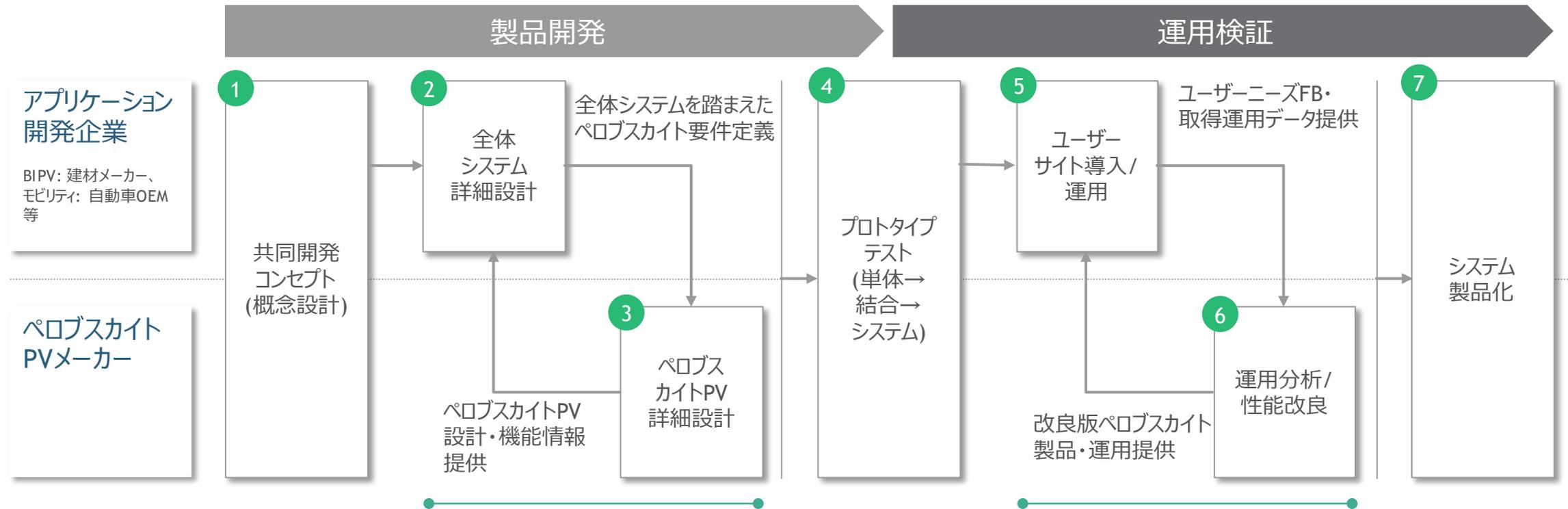
Saule Technologiesはメーカー単独による"プロダクトアウト型"ではなく、 多様なアプリケーションユーザーとの共同開発によってペロブスカイトPV需要を開拓

ペロブスカイトPVアプリケーション協業動向: Saule Technologies



アプリケーション協業プロセスでは、製品開発・運用検証のいずれにおいても フィードバック(FB)プロセスを複数サイクル回す必要がある

ペロブスカイトPVアプリケーション協業プロセス



製品開発FBサイクルプロセス

- 製品開発段階で全体システム側の要求を適切に反映させたペロブスカイトPVの設計・機能特定が必要
- 当該FBプロセスが機能しないと、「ペロブスカイトPV単体では優れているかもしれないが、全体システムとしては機能が劣る」事態に陥る

運用検証FBサイクルプロセス

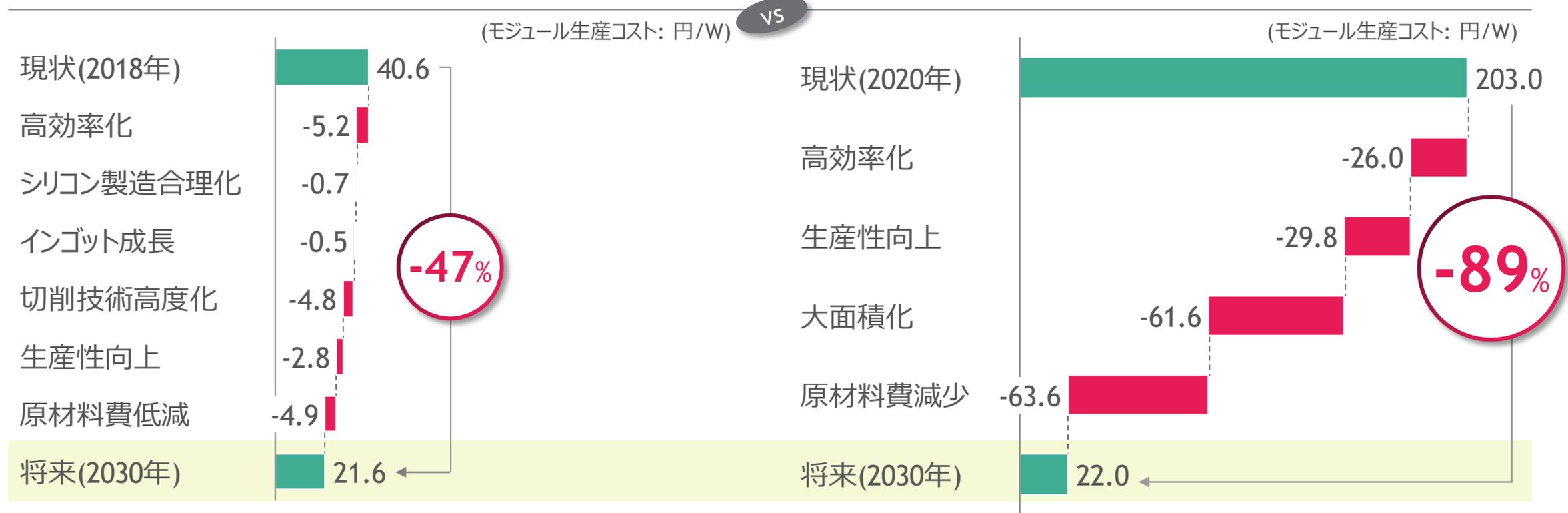
- ユーザーサイト導入から得られたニーズや運用データを織り込んだペロブスカイトPVの製品改良が必要
- 当該FBプロセスが機能しないと、「ユーザー側が使いづらい・導入したいと思わない」事態に陥る

発電層を塗布・印刷するペロブスカイトは安定量産技術が確立すれば低コスト化が可能で、 2030年頃にはシリコンPVと同等程度のコスト水準になる可能性あり

従来型シリコンPV vs ペロブスカイトPVモジュールコスト比較

従来型シリコンPV

ペロブスカイトPV(ガラス基板シングル)

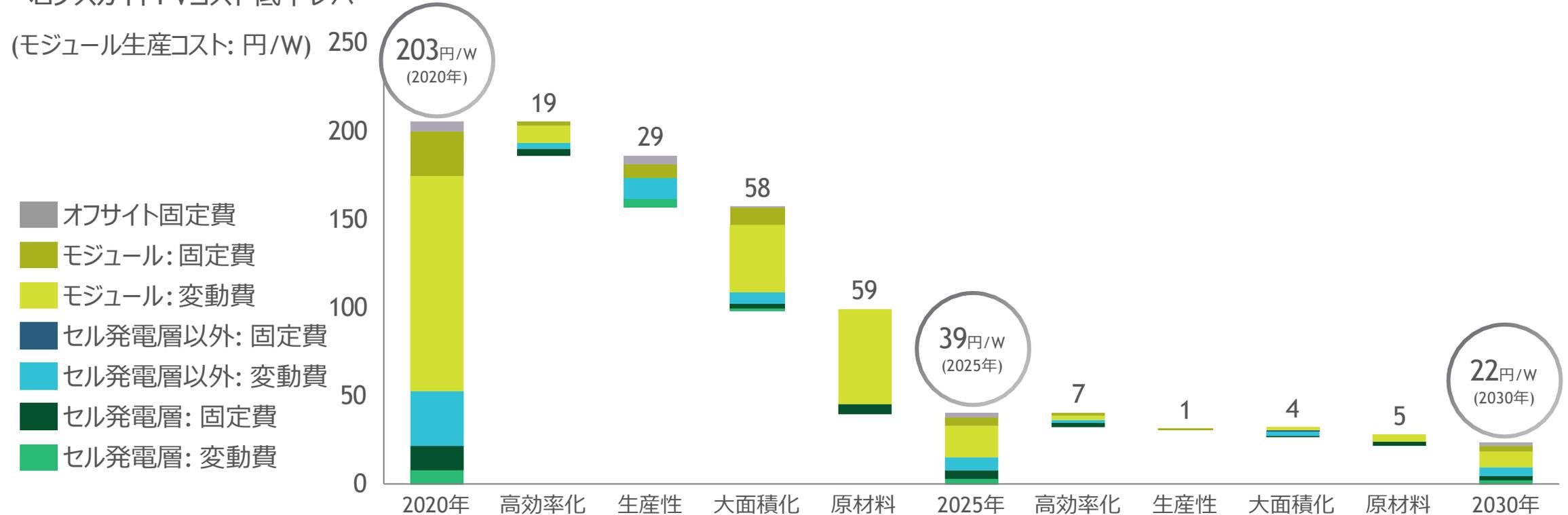


発電層を塗布・印刷して生産するペロブスカイトPVは、現状では大規模・安定的に生産する技術開発中のため高コストだが、
原理的には量産体制確立によってシリコン型PVより安価なモジュール製造コストが期待できる

Source: 国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター「太陽光発電システム (Vol.5) - 定量的技術シナリオに基づく結晶系シリコン太陽電池とペロブスカイト型太陽電池のコスト低減技術評価-」(平成31年3月), <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2018-pp-16.pdf>; BCG分析

ペロブスカイトPVは、モジュール変換効率向上による"高効率化"、経験曲線効果による"生産性向上"、セル"大面積化"、歩留まり改善による"原材料費減少"によってコスト低下

ペロブスカイトPVコスト低下レバー



前提条件	2020年	2025年	2030年
モジュール変換効率	10%	15%	20%
モジュール面積	0.13m ²	0.8m ²	1.3m ²
年間生産規模(ライン当たり)	10MW	100MW	200MW
耐用年数	5年	7年	10年

Source: 国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター「太陽光発電システム (Vol.5) –定量的技術シナリオに基づく結晶系シリコン太陽電池とペロブスカイト型太陽電池のコスト低減技術評価–」(平成31年3月), <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2018-pp-16.pdf>; BCG分析

アジアでは、シンガポール、韓国、台湾で既存太陽光発電の導入が逼迫気味であり、ペロブスカイトPVの導入国として有望

ペロブスカイトPV導入候補国：アジア

太陽光発電導入上位国の状況

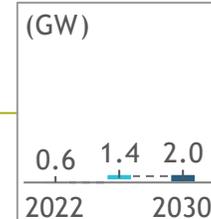
導入量上位15か国	可住地面積あたり導入率 kW/km ² (2022年)	太陽光発電導入量 GW (2022年)	低圧向け電力価格 USD/MWh (2020年)
1 シンガポール	999	0.6	171
2 日本	613	78.8	221
3 韓国	559	21.0	103
4 台湾	270	9.7	
5 ベトナム	100	18.5	
6 中国	53	393.0	80
7 インド	25	63.1	61
8 スリランカ	16	0.7	
9 マレーシア	14	1.9	80 ※ 2018年
10 タイ	10	3.1	114
11 フィリピン	7	1.6	167
12 カンボジア	5	0.5	
13 バングラデシュ	4	0.5	
14 パキスタン	2	1.2	99
15 カザフスタン	1	2.0	36

Note: 国土面積から林野面積と主要湖沼面積を除いた「可住地面積」を太陽光発電可能面積として想定
Source: IRENA; FAO; IEA; 各種公開情報; BCG分析

ペロブスカイトPV導入有望国の概要

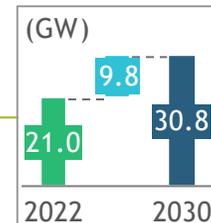
■ 既存導入量 ■ 追加導入余地 ■ 目標導入量

シンガポール



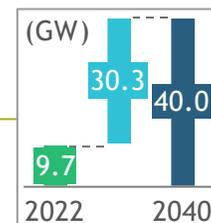
- 他再エネ(水力・風力等)の適地不足もふまえて再エネの中でも太陽光を最有望視
- 政府ロードマップでもPSC開発が重要視され、耐久性・効率向上を今後の課題に設定
- 国内でPV設置可能地が不足しており、水上太陽光・国外発電等の取組にも注力

韓国



- 輸入燃料依存脱却、建物への再エネ供給目標達成に向け、太陽光導入拡大を推進
- ペロブスカイトPV・BIPV開発に対する補助金等の政府支援が豊富に存在
- ドイツ企業(Qセルズ)によるペロブスカイトPVのパイロットライン建設の事例も存在

台湾



- 現在8割超の火力発電割合を引き下げるため、野心的な太陽光発電導入目標を設定
- 早期導入への補助金、FIT価格据え置き等の太陽光発電の導入促進策を継続
- 2023年に台湾ペロブスカイト研究産業協会(TPRIA)が設立され、国全体で関心が向上

欧州では、オランダ、ベルギー、ドイツで既存太陽光発電の導入が逼迫気味であり、ペロブスカイトPVの導入国として有望

ペロブスカイトPV導入候補国：欧州

太陽光発電導入上位国の状況

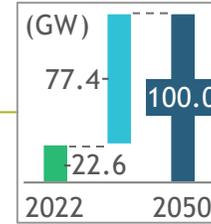
導入量上位15か国	可住地面積あたり導入率 kW/km ² (2022年)	太陽光発電導入量 GW (2022年)	低圧向け電力価格 USD/MWh (2020年)
1 オランダ	597	22.6	147
2 ベルギー	292	6.9	281
3 ドイツ	273	66.6	318
4 スイス	145	4.1	217
5 イタリア	122	25.1	272
6 オーストリア	79	3.5	213
7 英国	68	14.4	266
8 スペイン	64	20.5	258
9 ギリシャ	60	5.6	191
10 ポーランド	51	11.2	161
11 チェコ	50	2.6	172
12 フランス	46	17.4	200
13 ハンガリー	41	3.0	113
14 ウクライナ	16	8.1	33
15 スウェーデン	10	2.6	177

Note: 国土面積から林野面積と主要湖沼面積を除いた「可住地面積」を太陽光発電可能面積として想定
Source: IRENA; FAO; IEA; 各種公開情報; BCG分析

ペロブスカイトPV導入有望国の概要

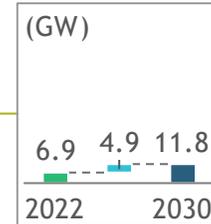
■ 既存導入量 ■ 追加導入余地 ■ 目標導入量

オランダ



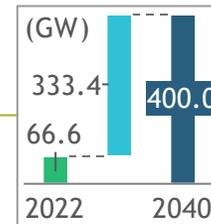
- 2050年までに、100GW規模まで太陽光発電導入が進む見通し
- 大規模設備の追加導入適地が限定的で、幅広い設置場所・用途の開拓を積極実施
- 産学連携コンソーシアムSollianceを形成し、ペロブスカイトPVの開発も推進

ベルギー



- 「エネルギー自給率向上」と「脱原発後の電源確保」の観点から太陽光拡大を志向
- 住宅向けを中心に減税・補助金等の太陽光発電設備導入支援策を拡充中
- 研究機関IMECを中心にペロブスカイトPV開発を実施

ドイツ



- 2040年までに現在導入量の約6倍に相当する400GWの太陽光発電導入を目標化
- 目標達成に向け'23年5月「太陽光発電戦略」を発表し包括的な導入促進策を規定
- Heliatek 社が軽量かつ曲げられる有機薄膜電池を開発・生産し、ペロブスカイトPVと類似用途(BAPV・BIPV)に事業展開

中東では、イスラエルが太陽光導入率、導入量の観点で、ペロブスカイトPVの導入国として有望

ペロブスカイトPV導入候補国：中東

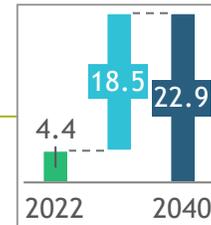
太陽光発電導入上位国の状況

導入量上位15か国	可住地面積あたり導入率 kW/km ² (2022年)	太陽光発電導入量 GW (2022年)	低圧向け電力価格 USD/MWh (2020年)
1 イスラエル 	213	-4.4	138
2 カタール	70	0.8	
3 レバノン	49	0.4	
4 パレスチナ	32	0.2	
5 UAE	32	3.0	
6 ヨルダン	22	1.9	94
7 バーレーン	15	0.0	
8 クウェート	5	0.1	
9 オマーン	2	0.6	
10 イエメン	0	0.3	
11 シリア	0	0.1	
12 イラン	0	0.5	
13 サウジアラビア	0	0.4	46
14 イラク	0	0.0	

ペロブスカイトPV導入有望国の概要

■ 既存導入量 ■ 追加導入余地 ■ 目標導入量

イスラエル



- 砂漠での豊富な日射量から、再エネの中でも太陽光の優先度がひと際高い
- 都市部での発電需要に対応したBAPV・BIPVの導入拡大に注目
- 外資(中国)企業によるBIPV導入計画事例
- 住宅所有者向けの太陽光パネル導入支援

Note: 国土面積から林野面積と主要湖沼面積を除いた「可住地面積」を太陽光発電可能面積として想定
Source: IRENA; FAO; IEA; 各種公開情報; BCG分析

米国では、北東部沿岸州(ロードアイランド、マサチューセッツ、ニュージャージー)で既存太陽光発電の導入が逼迫気味であり、ペロブスカイトPVの導入国として有望

ペロブスカイトPV導入候補地域: 米国

太陽光発電導入上位州の状況

導入量上位15州	可住地面積あたり導入率 kW/km ² (2022年)	太陽光発電導入量 GW (2022年)
1 ロードアイランド	550	0.7
2 マサチューセッツ	521	4.2
3 ニュージャージー	410	4.5
4 コネチカット	236	1.3
5 ノースカロライナ	168	8.4
6 フロリダ	167	11.7
7 ハワイ	161	1.7
8 カリフォルニア	149	41.0
9 バージニア	116	4.3
10 メリーランド	112	1.7
11 ジョージア	101	5.0
12 ニューヨーク	96	4.5
13 サウスカロライナ	94	2.4
14 メイン	80	0.7
15 バーモント	76	0.4

ペロブスカイトPV導入有望州の概要

ロードアイランド

- 米国内で最も野心的な目標として、2033年までに電力の100%再エネ移行を発表
- 再エネ基金(REF)では、住宅向けPV設置を支援しており、国内水準を大幅に上回る¢28.75/kWhでの長期買取契約を提供

マサチューセッツ

- マサチューセッツ・クリーン・エネルギー・センターは\$4億規模の再エネ企業支援を実施
- 住宅向けPV設置に対する税額控除制度を整備し導入促進中
- 発電量に対しインセンティブを支給するSMARTプログラムでは、特に農場や駐車場等の天蓋(キャンピー)へのPV導入を優遇

ニュージャージー

- 2023年にエネルギーマスタープランを改定し、2050年までの100%再エネ電源化目標を2035年に前倒し
- PV設置可能地が逼迫しており、貯水池を利用した北米最大規模(9MW)の水上太陽光導入を推進

Note: 国土面積から林野面積と主要湖沼面積を除いた「可住地面積」を太陽光発電可能面積として想定
Source: US Census Bureau; 各種公開情報; BCG分析

ペロブスカイトPV導入有望国

国別詳細



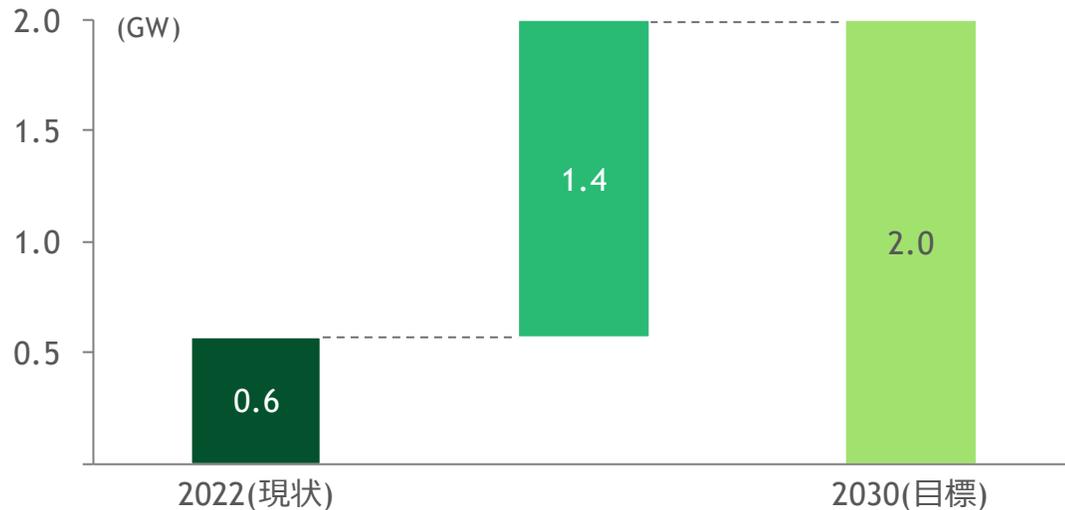
シンガポールは、シンガポール・グリーンプラン2030に基づいて太陽光2030年2GWの目標を設定し、実現に向けZEB・ZEH化の支援や余剰電力の売電スキームなどをの整備

シンガポール: 太陽光発電導入動向

太陽光発電導入方針

水害頻発国であることと、水力・風力の限定的な有用性により再エネの中でも、とりわけ太陽光発電の導入に注力

- 水力発電に適した川、及び風力発電に十分な風力が不足しており、太陽光の活用が不可欠
- 一人あたりCo2排出量が高い(2018年: 約8t/人 世界で27位)
- 主に都市部が低地であるため、地球温暖化による海面水位上昇の影響が大きく、水害のリスクが高い



Source: IRENA; シンガポール経済開発庁(EDB); 各種公開情報; BCG分析

太陽光発電導入に関する政策

導入支援策

**BCA GMIS
建築物グリーンマーク制度**

高エネルギー効率の物件(新築・中古改修)に対する補助金

- 評価により支給額は変化

EMA クレジット制度

太陽光発電システムの所有者が余剰電力を売却可能



シンガポールはPV設置可能面積の狭さから、BIPVを始めとした未開拓領域での太陽光発電を重要視しており、政策においてもペロブスカイトPVの開発を志向

シンガポール: ペロブスカイトPV導入に向けた動向

ペロブスカイトPV導入に関する動向

2020年シンガポール太陽電池ロードマップでは、ペロブスカイトPVを将来性のある技術と位置付け、効率、耐久性向上を課題として取り組み

- ペロブスカイトの将来性は有望であり、特にペロブスカイト-シリコンタンデム電池を有力視
- 多くの研究機関や企業が、セル効率の向上、耐久性と信頼性の向上、パイロットラインの設置に注力

シンガポールでは限定的なPV設置可能面積から、以下のような水上、国外発電を推進しており、BIPVをはじめとしたペロブスカイトPVの需要が見込まれる

- ジョホール海峡の太陽光ファーム
- AAPowerLink
 - オーストラリアで発電し、シンガポールへ海底ケーブルで送電

ペロブスカイトPVの導入見立て

“ 政府は再エネの中でも太陽光の国内有望性から、既存形態に加え新たなPV設置場所の策定を志向

- 土地の制約から、シンガポールの再生可能エネルギー技術の中で太陽光発電が唯一、規模拡大が可能であるため、今後10年間でペロブスカイトPVの導入可能性は可能性は高い
- 政府は革新的なPVの導入形態(屋上・水上)の検討や、太陽光パネル所有者への支援(住宅用売電契約、ソーラーリースなど)に積極的

BIPVの参入障壁の低さから、PSC開発にも注力

- シンガポールではBIPVに計画許可は必要ないため、薄膜/PSCの規模拡大の可能性が大きい
- シンガポールの公立大学ではPSC技術に関する研究が行われており、政府の関心が伺える

 **東南アジアエネルギーセクターエキスパート** -BCG



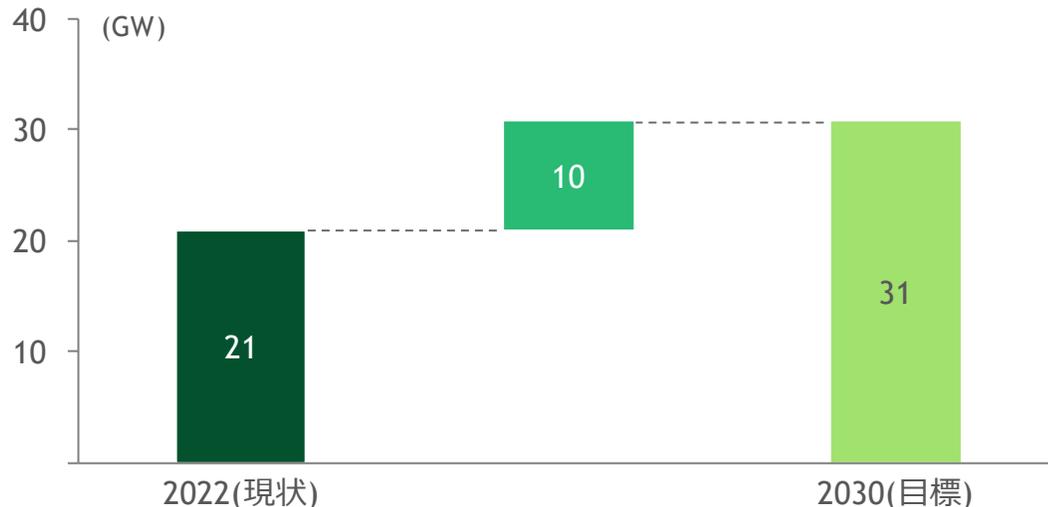
韓国は、第3次エネルギー基本計画において、太陽光2030年30.8GWの目標を設定し、次世代型太陽電池の開発を推進

韓国: 太陽光発電導入動向

太陽光発電導入方針

輸入に依存する化石燃料からの脱却と、建築物への再エネ導入目標達成のため、太陽光の容量増加を推進

- 化石燃料消費量の約98%を輸入に依存
- 2030年以降の建築物の再エネ供給義務率を40%に設定
- 2040年の再エネ全体の発電目標を103~129GWに設定
- 2020年7月グリーンニューディールを発表し約630億米ドルを投資
 - うち208億米ドルが再生可能エネルギーに割り当て



Source: IRENA; 韓国産業通商資源部(MOTIE); 各種公開情報; BCG分析

太陽光発電導入に関する政策

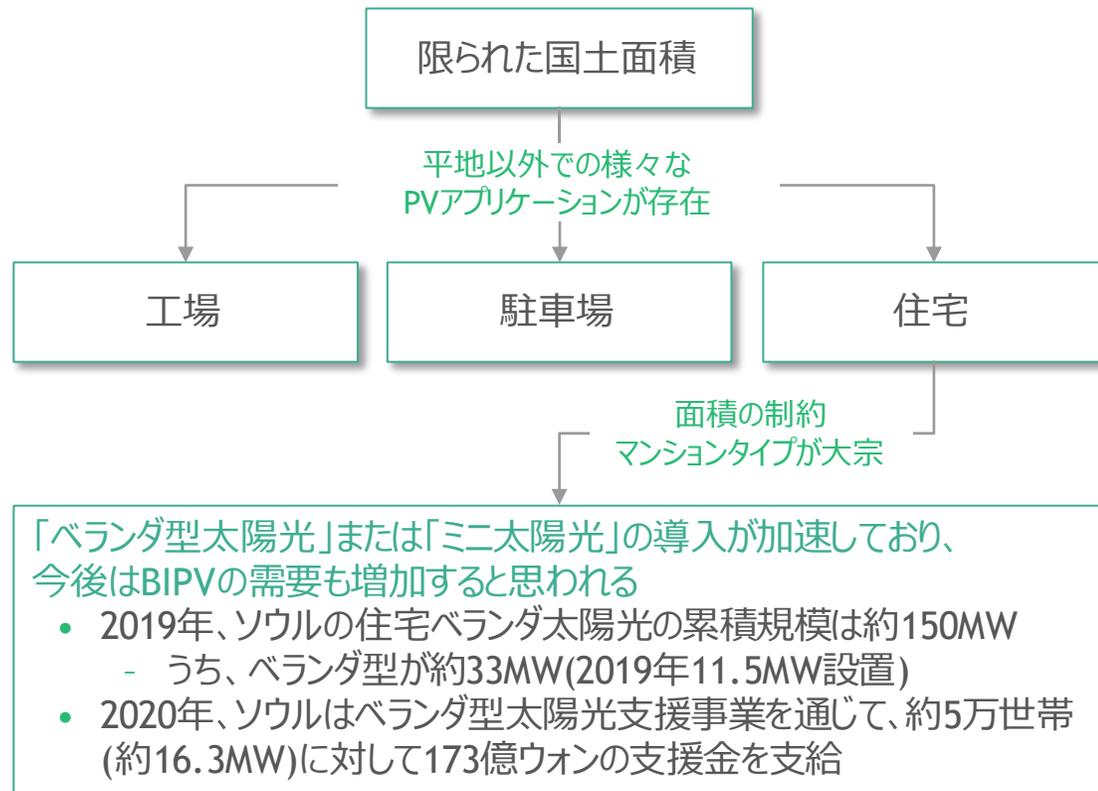
導入支援策	施策	詳細
研究開発支援	産業通商資源部 公共投資	約1.6億ドル/5年の公共投資をタンデム型太陽光発電技術の研究に充て、2030年効率35%を目指す
	産業通商資源部 研究施設建設	太陽電池技術のテストのための100MW研究開発施設の建設に1,900万ドルを充てる予定
	産業通商資源部 BIPV開発	BIPVや浮体式太陽光発電などの研究開発に7,400万ドルを拠出
導入規制策	山地管理法改定 (2019年)	<ul style="list-style-type: none"> • 山地の太陽光発電事業への規制が強化 • 発電可能地が縮小



マンションタイプのビルが住宅の大宗を占めている韓国では、ベランダ向けのPVの設置が加速、 今後はドイツの企業等とも協業したペロブスカイトPVの導入が見込まれる

韓国: ペロブスカイトPV導入に向けた動向

ペロブスカイトPV導入に関する動向



国内製造・導入事例

独・Qセルズ(親会社: 韓・ハンファ・ソリューションズ)が、ペロブスカイト・シリコン・タンデム太陽電池のパイロットラインを建設中で、今年後半に韓国で操業を開始する予定であると発表

- すでにタンデム型太陽電池のパイロットラインを設置しているドイツのチームと協力
- 親会社のハンファは2024年末までに韓国の鎭川(チンチョン)にある工場での当ライン展開に1億ドルを投資する計画を発表



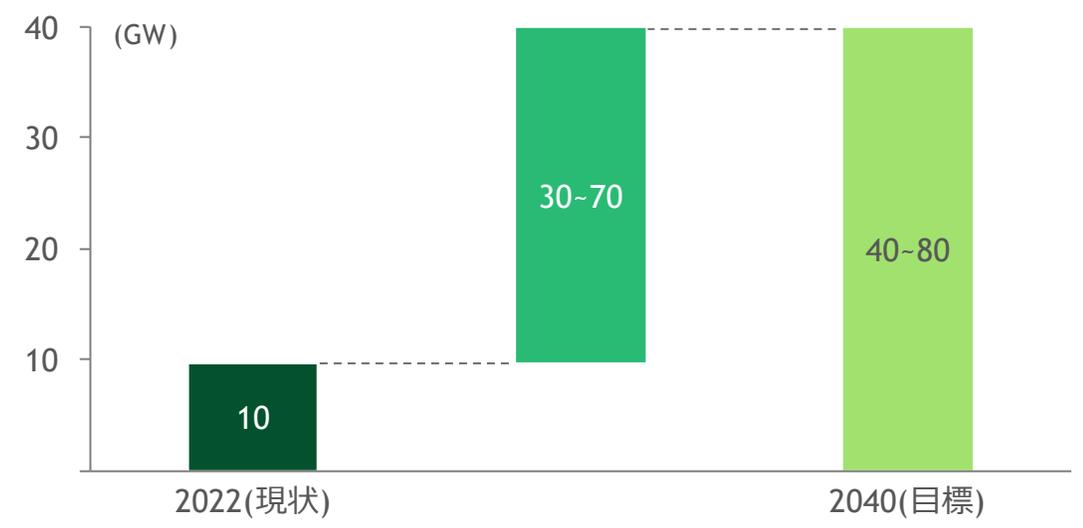
台湾は、2050年ネットゼロ排出ロードマップにおいて、太陽光2030年40~80GWを目標とし、開発加速に向けた支援や、固定価格買取制度の価格据え置きなどを実施

台湾: 太陽光発電導入動向

太陽光発電導入方針

台湾は、高い火力発電の割合に由来するエネルギー資源依存度の低下を目指し、2040年に向けて野心的な太陽光発電導入目標を打ち出し

- 国内電力のうち、約83%を火力発電に依存
 - 2025年までには20%を再エネでまかなう目標
- エネルギーの資源依存度97.4%
 - 2050年までには50%以下を目指す



Source: IRENA; Enerdata; 各種公開情報; BCG分析

太陽光発電導入に関する政策動向

施策	詳細
導入支援策	<p>太陽光事業開発加速支援</p> <p>予定より早く発電設備が完成した場合の補助金</p> <ul style="list-style-type: none"> 21ヶ月：0.25円/kWh 18ヶ月：0.5円/kWh
	<p>FIT価格の据え置き</p> <p>2023年に引き下げ予定であった太陽光のFIT据え置きが決定</p> <ul style="list-style-type: none"> <\$0.2/kWh
制度面課題	<p>太陽光事業者への環境アセスメントが強化される可能性</p> <ul style="list-style-type: none"> 台湾の大半の太陽光発電施設は、アセスメント未実施で稼働 デモ等が発生、統一された基準の適用などが求められている



台湾は農業・漁業を巻き込んだ従来型PVの設置困難箇所で太陽光発電導入を目指しており、関連産業企業を中心にペロブスカイトPV開発に向けたアライアンスも設立

台湾: ペロブスカイトPV導入に向けた動向

ペロブスカイトPVの導入動向

2022年に台湾ペロブスカイト研究産業協会（TPRIA）を設立

- ペロブスカイト関連分野の産業、学術、研究の専門家を統合し、業界の交流と協力のためのプラットフォームを育成することが目的

農電共生・漁電共生

- 養殖池の上や農家のビニールハウスの上に太陽光パネルを設置
- 2025年までに4GWの導入を目指す政策

再生可能エネルギー開発条例（再生能源發展條例）

- 契約電力が5MWを超える大口ユーザーは、一定の容量の再生可能エネルギー発電設備の設置が全国共通で義務付け

景観保護等のClean-Clean Conflict対策が課題

- 台湾では太陽光事業者に対する環境アセスメントが不在
- 景観を含めた環境保護対策が求められている

ペロブスカイトPVの導入見立て



ペロブスカイトPV生産となる半導体、太陽光発電、パネル産業などの強固な基盤が存在

地政学的要因がさらなる発展を促す可能性

- シリコン太陽電池の世界市場シェアは中国本土が85%以上と圧倒的であるため、欧州、米国、日本は中国への依存度を下げるため、台湾と協力して次世代製品を開発する可能性がある



-BCG
東南アジアエネルギーセクターエキスパート

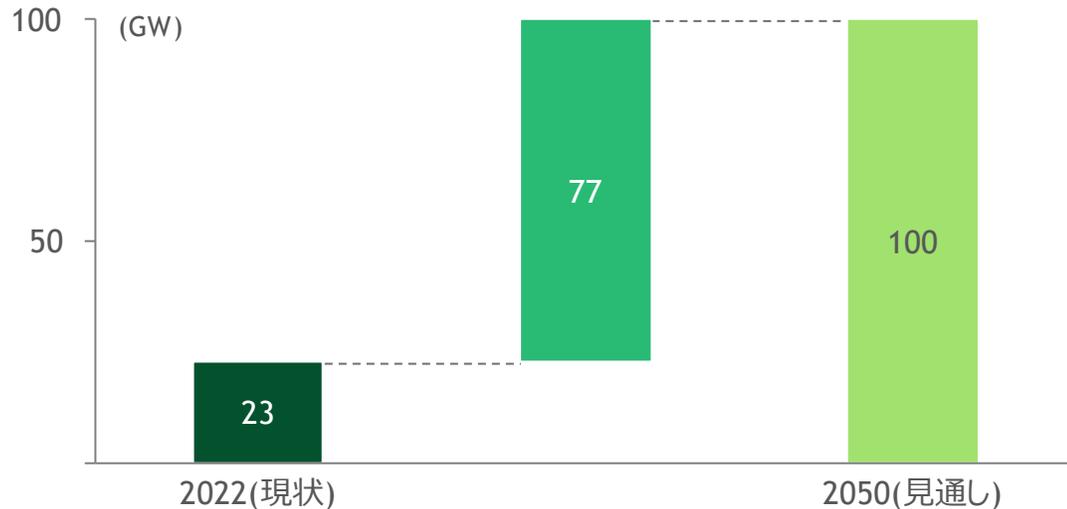
オランダは、適地が限られる中でも太陽光導入量を拡大するため、補助金を通じて住宅屋根や水上への導入、余剰電力向けの蓄電池設置に対する補助金制度を充実化

オランダ: 太陽光発電導入動向

太陽光発電導入方針

急激な再エネ導入を図る中、太陽光は幅広い用途・設置場所を開拓

- 北海天然ガス田等を有していたことから再エネ導入が比較的遅れをとっていたが、近年再エネ導入支援を加速化
 - 2019年までは、電源構成のうち約8割が化石資源
 - 2022年時点では、約4割が再エネ
- 既に従来型の太陽光発電設備は広く導入されており、今後はこれまで導入が進んでこなかった設置場所への設置を本格化



Source: オランダ気候・エネルギー省; 各種公開情報; BCG分析

太陽光発電導入に関する政策

施策	詳細
導入支援策	
ネットメーティングシステム	<ul style="list-style-type: none">• 家庭用PVによる余剰電力の買取を積極推進し、これまでの家庭用太陽光普及を下支え
屋根設置型太陽光発電に対する補助金	<ul style="list-style-type: none">• 賃貸物件向け補助金や、既存制度の支給基準見直しを実施• 約€300Mの予算を準備
太陽光発電設備と組合わせた蓄電池導入補助金	<ul style="list-style-type: none">• 系統逼迫に対応するため、蓄電池導入を積極支援• €416.6Mの予算を確保
水上太陽光導入に向けた導入補助金	<ul style="list-style-type: none">• 2030年3GWの導入目標設定し補助金制度を整備中• €44.5Mの予算を確保

オランダは、新規の太陽光発電導入適地が限定的であり、 様々な場所での太陽光発電導入を模索中

オランダ: 太陽光発電導入動向

太陽光発電導入適地逼迫の背景

背景 1

平坦な低地が多いため、従来から住宅や各種施設等の土地利用が効率的に進んでおり、大規模な太陽光発電導入に必要な適地の確保がもともと困難

背景 2

再エネ転換に舵を切った政府政策の効果もあり、既に欧州トップレベルで太陽光発電設備が導入済

- 既に4800万枚を超える太陽光パネルが導入済
- オランダの国民1人当たり発電量は欧州最大
- 設備価格の値下がり、ネットメーティング制度等の後押しもあって、住宅向け太陽光発電が急速に拡大

太陽光発電アプリケーションの開拓状況

浮体式太陽光発電の導入拡大

- 2030年時点で計3GWの導入目標を標榜
- グローバルプレーヤーと共同で海上や湖上への太陽光発電導入を加速中

イチゴ栽培施設屋根への導入実証

- 営農型発電の一つとして、オランダ国内のイチゴ栽培施設屋根に2.7MWの太陽光発電パネルを設置
- 導入コスト等をふまえた収益性を検証

自転車道路面への設置 “ソーラーロード”

- 自転車道路面に、強化ガラスで覆われた太陽光発電パネルを搭載したコンクリートモジュールを設置
- 道路に設置した分散電源として、街路灯等への電源供給も想定

⋮

その他、駐車場や、家畜の放牧地、教会、鉄道駅、飛行場等、
幅広い導入アプリケーションを模索

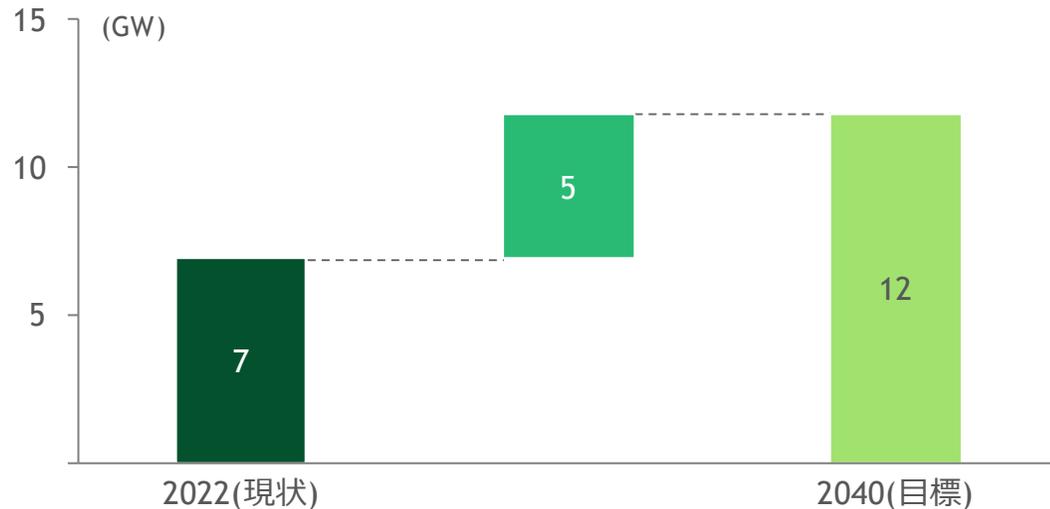
ベルギーは、エネルギー自給率向上・脱原発後の電源確保の観点から、太陽光発電容量を2倍以上に拡大する計画で、家庭用を含め減税・補助金等の導入支援策を実施

ベルギー：太陽光発電導入動向

太陽光発電導入方針

「エネルギー自給率向上」と「脱原発後の電源確保」の観点から太陽光発電を含む再生可能エネルギーの導入を拡大中

- 2020年時点のエネルギー自給率：約27%
- 2003年制定の脱原子力法に基づき、2025年までに国内原子力発電所を全廃する方針で、大規模な代替電源確保が必要
 - 現在、原子力発電は総発電量の約4割を賄う主要電源
 - 資源価格高騰をふまえ、一部原発で運転延長の可能性あり



Source: 各種公開情報; BCG分析

太陽光発電導入に関する政策

施策	詳細
導入支援策	
[ベルギー全体] 家庭用太陽光導入向け減税措置の対象拡大	<ul style="list-style-type: none">付加価値税(VAT)減税対象を、築10年以上の住宅としていたが、築10年以内の住宅に拡大適用期間は2022年～2023年通常21%のVATが6%に軽減
[フランダース州] 太陽光発電導入に対する還付助成	<ul style="list-style-type: none">住宅所有者、企業、公共団体、エネルギー共同体が対象PV導入補助金制度の第一弾として300万ユーロの予算を計上対象プロジェクトに対し一定額を還付



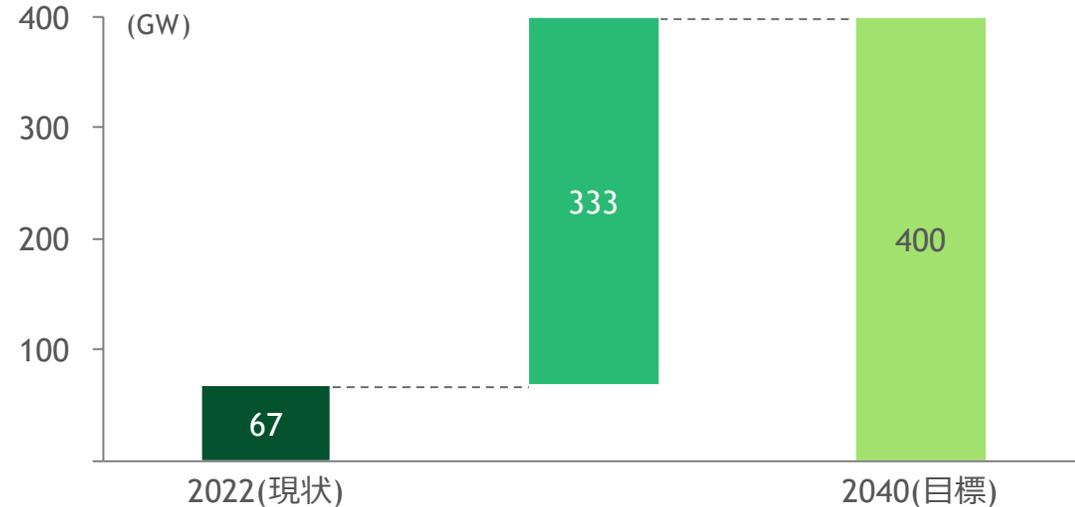
ドイツは、2040年までに400GWの太陽光発電導入を目標化し、地上設置型のみならず 屋根設置型、住宅向け、プラグインソーラー等、あらゆる用途での導入拡大を推進

ドイツ: 太陽光発電導入動向

太陽光発電導入方針

エネルギー輸入依存度を低下させることを目的に、更なる再生可能エネルギー導入加速に注力

- 2022年3月、ドイツ環境省、経済・気候保護省はコスト・安全技術リスクの観点から原発運転延長を推奨できないとする結論を発表
- 2022年7月、「再生可能エネルギー法」を改正し、2040年太陽光発電400GW導入を目標化
- 2023年5月、導入加速に向け「太陽光発電戦略」を発表



Source: 各種公開情報; BCG分析

ドイツ太陽光発電戦略における主要取組

	施策	詳細
ドイツ太陽光発電戦略	導入支援策	
	地上設置型PV促進	<ul style="list-style-type: none"> 2026年以降の11GW/年ペースでの設置 水上・営農型等の拡大、入札拡大
	屋根設置型PV促進	<ul style="list-style-type: none"> 2026年以降の11GW/年ペースでの設置 FIT拡充、規制緩和
	集合住宅への設置	<ul style="list-style-type: none"> 小規模集合住宅での導入向け規制緩和 ヒートポンプと組み合わせた導入促進
	プラグインソーラー促進	<ul style="list-style-type: none"> バルコニーPV普及促進 規制緩和と容量上限の引上げ
	系統連系の加速	<ul style="list-style-type: none"> 低圧系統への連携加速化に向けたプロセスのデジタル化
	社会的受容性の強化	<ul style="list-style-type: none"> 自治体・国民による太陽光発電普及への取組への参加促進
	税制との連動	<ul style="list-style-type: none"> 自治体・国民による太陽光発電普及への取組への参加促進
	サプライチェーンの確保	<ul style="list-style-type: none"> PV産業発展に向けた投資支援プログラムの推進
	熟練労働者の確保	<ul style="list-style-type: none"> 職業訓練・教育の強化 外国人技能労働者の誘致
技術開発の促進	<ul style="list-style-type: none"> イノベーションプログラム策定 研究開発事業への助成 	
EUの施策の活用	<ul style="list-style-type: none"> EU太陽エネルギー戦略、FIT for 55、REPowerEU等のイニシアチブ活用 	

Heliatek社は、軽量かつ曲げられる有機薄膜電池を開発・生産し、早くからペロブスカイトPVと類似用途(BAPV・BIPV)に事業展開

ドイツ: Heliatek社の有機薄膜電池導入動向

Heliatek社の次世代太陽電池 事業概要

企業概要	Heliatek <ul style="list-style-type: none">設立年：2006年本社所在地：従業員数：
事業内容	有機薄膜電池製品の開発・製造・販売 <ul style="list-style-type: none">2013年から商用販売を開始2020年から量産ラインが稼働
製品種別	<ul style="list-style-type: none">HeliaSol：建築物設置向け有機薄膜電池HeliaFilm：BIPV建材開発用太陽電池フィルム
想定導入用途	従来は導入が難しかった建築物への設置を想定 <ul style="list-style-type: none">屋根構造が脆弱な古い建築物貫通工事ができない屋根素材を有する建築物屋根耐荷重の小さい建築物非直線・平面的形状の建築物建物側面外壁やギザギザの形状の屋根

導入事例

ドイツ国内では、物流施設外壁への導入実証を実施

- 導入対象：GARBE Renewable Energy社
 - 不動産グループGARBE社の再エネ関連子会社
- ベルリン郊外の物流施設外壁にHeliatek製の有機薄膜電池を設置し、設置方法や発電効率等を検証



その他、欧州内外で工場や港湾等への大規模設置を推進



Samsung研究開発施設の外壁への設置 (規模: 621m²)



バルセロナ港施設の湾曲形状屋根への設置 (規模: 509m²)



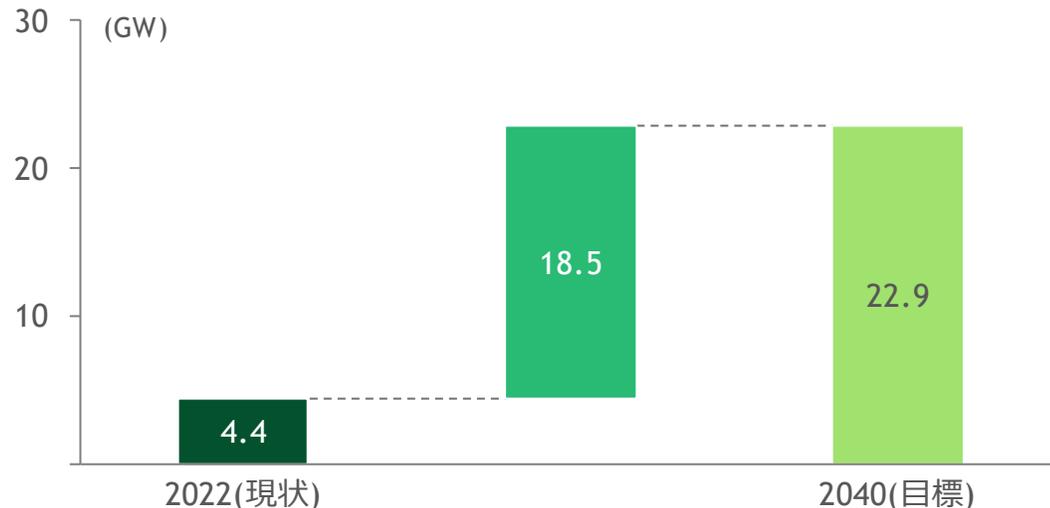
イスラエルは、再エネロードマップ上特に重視している太陽光の目標を2040年に22.9GWとし、特に建築物へのPV導入を奨励

イスラエル: 太陽光発電導入動向

太陽光発電導入方針

イスラエルは、天然ガス、石炭からのフェーズアウトという目的と、国土に占める高日射量地の割合から、再エネの中でも太陽光に特段注力

- LNG、石炭を主資源としている国内発電のCO2排出量は、国内全体排出の約64%(2018年)であり、再エネ開発推進が求められている
- 国土の南半分が砂漠地帯であり、豊富な日照量が見込まれるため、とくに太陽光・太陽熱を重視
 - 政策には風力やバイオマスなどを列挙も、太陽光にはひと際注目



Source: IRENA; Enerdata; 各種公開情報; BCG分析

太陽光発電導入に関する政策

施策	詳細
導入支援	<p>住宅所有者向けPV導入の奨励</p> <ul style="list-style-type: none"> • 住宅用PVシステムに最大\$42Kの出資を国民に呼びかけ • 13¢/kWhで売電可能 • 銀行は場合により100%の融資 • 発電収入は非課税
導入障壁	<p>補助金や資金調達支援が不足傾向</p> <ul style="list-style-type: none"> • 国内での研究開発への障壁が高い <p>集合住宅向けのPV導入採決、収入分配制度が発展途上</p> <ul style="list-style-type: none"> • 大規模住宅ビルへのBIPV等の導入が鈍化する可能性



イスラエルでは、都市部内での発電機能拡充も求められており、 屋根上PV導入加速に加え、中国企業と共にBIPVを配備した国営施設を建設予定

イスラエル: ペロブスカイトPV導入に向けた動向

ペロブスカイトPVの導入動向

集中発電地と主要電力消費地の距離が乖離

- 太陽光・太陽熱の発電拠点が主に南部砂漠地域にあるのに対し、電力の主要消費地は中部から北部の大都市圏に所在
 - エルサレム・テルアビブなど

電力の主要消費地である大都市圏での発電が必要

- 両者の間を結ぶ大規模送電線網の建設や、蓄電設備による解決策を模索も、都市内での発電の需要も同時に発生

太陽光発電目標達成には、BIPV・BAPVの導入も不可欠

- 太陽光発電の総導入可能量は26GWと見積もられており、そのうち24GWは建物の屋根や側面、駐車場、工業、水上への設置を志向
- 全新築非住宅建造物への屋上ソーラーパネル設置義務化を可決

事例

ペロブスカイトPVの導入見立て

イスラエルは、国立図書館で200kW規模のBIPV導入を中国企業と推進、求められる高い耐熱性、耐久性に合わせ、中国企業側が製品を強化

- ジンコソーラー（中国・上海）は、GroupShops（イスラエル）と提携、イスラエル国立図書館にBIPVモジュールを621枚提供予定
 - プロジェクトの設置容量：約0.19MW
 - 屋根の設置面積：1016m²
 - 最大変換効率：20%
- 晴天が多く乾燥しているイスラエルでは、高い断熱性、耐久性、耐火性能が求められる
 - 使用されるのBIPVモジュールはポリビニルブチラル（PVB）膜、二層架橋ポリエチレン銅線を使用することにより枠内の温度変化と、ケーブルの老化等の問題を解決、モジュールの寿命を延長
 - ガラスは6mm+6mmと8mm+8mmというダブル強化ガラスを採用することにより、耐衝撃性、負荷荷重と耐腐食性を工場
 - IEC火災試験の認定を取得

ペロブスカイトPV市場規模



日本国内試算



ペロブスカイトPVの導入は建築物用途で先行し、屋根設置型で4,356億円、窓ガラス型で9,685億円、壁面設置型で13.3兆円の最大市場規模が見込まれる

ペロブスカイトPVの用途別国内市場規模

ペロブスカイトPV用途	導入時期	建築物向け用途の詳細		
		詳細用途	市場規模	導入見立て
① 建物設置型(BAPV)	2025-	屋根設置型	最大 4,356 億円 (公共施設のみ)	従来の屋根置き PV(C-Si型等)の延長上の用途であり、必要な技術開発ハードルは低い <ul style="list-style-type: none"> 国内ペロブスカイトPVメーカー戦略(積水化学等)もふまえ、公共施設を中心に導入が進展
② 建材一体型(BIPV)				
③ 電子値札	2030-	窓ガラス型	最大 9,685 億円	屋根置きPVに加え、ペロブスカイトPVの特徴である軽量性・柔軟性を活用して導入が加速 <ul style="list-style-type: none"> 既にPanasonic等のペロブスカイトPVメーカーも実証実験を開始済み
④ センサー				
⑤ 無線通信				
⑥ 充電器				
⑦ モビリティ	2035-	壁面設置型	最大 13.3 兆円	
⑧ ドローン				



公共建築物における屋根上太陽光導入可能量は最大約20GWであり、 ペロブスカイトPVモジュールは、約4,400億円の最大市場規模ポテンシャルを有する 屋根設置型ペロブスカイトPVの市場規模ポテンシャル (国内全体)

算出ロジック

数値

参照情報



Source: 環境省 再生可能エネルギー情報提供システム(REPOS); 国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター「太陽光発電システム (Vol.5) –定量的技術シナリオに基づく結晶系シリコン太陽電池とペロブスカイト型太陽電池のコスト低減技術評価–」(平成31年3月), <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2018-pp-16.pdf>; BCG分析



公共施設におけるPV導入可能性量は、学校が最も高く8.2GW、次いで官公庁が5.1GWとなり、最大市場規模は学校のみでも約1,600億円が見込まれる

屋根設置型ペロブスカイトPV市場規模ポテンシャル (公共施設 施設区分別)

	導入ポテンシャル容量			導入済み容量			導入可能性量 (GW)	市場規模 (億円)
	PV容量(GW)	建物数(件)	建物面積(km ²)	PV容量(GW)	建物数(件)	建物面積(km ²)		
官公庁	5.3	199,192	95.5	0.16	10,749	16.1	5.1	1,028
学校	8.8	339,095	158.7	0.56	18,118	38.2	8.2	1,648
病院	2.4	107,701	42.5	0.09	5,592	7.0	2.3	452
娯楽・商業施設	2.1	43,007	40.1	0.08	2,649	7.7	2.2	435
その他	2.2	76,394	37.4	0.05	2,443	3.4	2.0	398

Source: 環境省 再生可能エネルギー情報提供システム(REPOS); 国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター「太陽光発電システム (Vol.5) -定量的技術シナリオに基づく結晶系シリコン太陽電池とペロブスカイト型太陽電池のコスト低減技術評価-」(平成31年3月), <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2018-pp-16.pdf>; BCG分析



官公庁の中では、未分類の建物を除くと公民館が830MWと最もPV導入余地が大きく、 最大市場規模は160億円ほどが見込まれる

施設区分別 ペロブスカイトPV市場規模ポテンシャル 官公庁

	導入ポテンシャル容量			導入済み容量			導入可能性量 (MW)	市場規模 (億円)
	PV容量(MW)	建物数(件)	建物面積(km ²)	PV容量(MW)	建物数(件)	建物面積(km ²)		
道の駅	57	1,487	1.0	1.6	134	0.2	57	11
都道府県庁	16	154	0.3	1.4	45	0.2	16	3
市役所	113	1,700	2.0	5.8	374	1.0	113	21
区役所	14	148	0.3	1.3	77	0.2	14	3
町村役場	65	1,218	1.2	2.5	245	0.4	65	12
役場出張所	181	4,213	3.3	4.3	477	0.7	181	35
23区役所	5	50	0.1	0.2	7	0.0	5	1
官公署	255	8,254	4.6	14.2	674	1.1	255	48
裁判所	18	473	0.3	1.2	52	0.1	18	3
刑務所	52	966	0.9	6.8	103	0.5	52	9
保健所	22	498	0.4	1.6	72	0.1	22	4
警察署	83	2,335	1.5	3.3	175	0.3	83	16
消防署	145	5,673	2.6	5.2	424	0.4	145	28
税務署	16	532	0.3	0.4	30	0.0	16	3
郵便局	347	21,847	6.3	9.7	535	0.8	347	67
森林管理所	5	289	0.1	0.0	4	0.0	5	1
交番	90	12,019	1.6	5.0	276	0.4	90	17
公民館	830	69,661	15.0	10.5	1,861	1.1	830	164
皇室施設	4	156	0.1	0.1	2	0.0	4	1
その他	2,927	65,434	52.8	80.0	5,123	8.5	2,927	569

官公庁

Source: 環境省 再生可能エネルギー情報提供システム(REPOS); 国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター「太陽光発電システム (Vol.5) -定量的技術シナリオに基づく結晶系シリコン太陽電池とペロブスカイト型太陽電池のコスト低減技術評価-」(平成31年3月), <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2018-pp-16.pdf>; BCG分析



学校の中では、建物面積が最大の小学校におけるPV導入可能性量が約2,600MWで最大であり、最大市場規模は480億円ほどが見込まれる

施設区分別 ペロブスカイトPV市場規模ポテンシャル 学校

学校	導入ポテンシャル容量			導入済み容量			導入可能性量 (MW)	市場規模 (億円)
	PV容量(MW)	建物数(件)	建物面積(km ²)	PV容量(MW)	建物数(件)	建物面積(km ²)		
小学校	2,590	110,076	46.7	190,717	6,229	13.1	2,400	480
中学校	1,654	57,956	29.8	134,238	3,528	9.2	1,520	304
高校	1,436	44,102	25.9	86,809	1,645	6.0	1,349	270
高専	28	980	0.5	2,591	62	0.2	26	5
短期大学	46	1,238	0.8	1,625	43	0.1	45	9
大学	837	21,854	15.1	48,022	1,233	3.3	789	158
専修学校等	142	4,455	2.6	3,659	208	0.3	138	28
特別支援学校	252	5,617	4.5	26,017	424	1.8	226	45
幼稚園	556	19,640	10.0	21,080	1,536	1.4	535	107
保育園	604	21,785	10.9	24,300	2,252	1.7	580	116
大学校	43	1,320	0.8	2,657	60	0.2	40	8

Source: 環境省 再生可能エネルギー情報提供システム(REPOS); 国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター「太陽光発電システム (Vol.5) –定量的技術シナリオに基づく結晶系シリコン太陽電池とペロブスカイト型太陽電池のコスト低減技術評価–」(平成31年3月), <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2018-pp-16.pdf>; BCG分析



商業・娯楽施設の中では、物件あたりの面積が大きな体育館やホール・劇場等において、それぞれ最大約600MW、350MWの最大PV導入可能性

施設区分別 ペロブスカイトPV市場規模ポテンシャル 商業・娯楽施設

	導入ポテンシャル容量			導入済み容量			導入可能性量 (MW)	市場規模 (億円)
	PV容量(MW)	建物数(件)	建物面積(km ²)	PV容量(MW)	建物数(件)	建物面積(km ²)		
動物園	-20	1,779	0.4	-0.1	52	0.0	-20	-4
水族館	-17	241	0.3	-1.1	25	0.2	-16	-3
植物園	-17	1,207	0.3	-0.5	63	0.1	-17	-3
美術館	-69	1,605	1.2	-1.8	110	0.3	-67	-13
博物・文学 科学・資料館	262	7,583	4.7	-4.1	306	0.7	258	52
公立図書館	200	2,518	3.6	-6.7	409	1.1	194	39
体験・学習館	-18	585	0.3	-0.2	31	0.0	-18	-4
ホール・劇場 文化会館	346	2,547	6.2	-9.8	309	1.6	336	67
物産館 観光市場	-57	1,569	1.0	-1.6	91	0.2	-56	-11
市場	249	2,545	4.5	-10.4	134	1.0	238	48
体育館	618	6,326	11.1	-7.6	412	1.6	610	122
その他 スポーツ施設	352	14,502	6.4	-4.4	707	0.9	348	70

商業・娯楽施設

Source: 環境省 再生可能エネルギー情報提供システム(REPOS); 国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター「太陽光発電システム (Vol.5) -定量的技術シナリオに基づく結晶系シリコン太陽電池とペロブスカイト型太陽電池のコスト低減技術評価-」(平成31年3月), <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2018-pp-16.pdf>; BCG分析



その他の施設では、建物数の多い団地と、施設あたりの面積が大きな浄水場等において、それぞれ、600MW、470MWの最大PV導入可能性

施設区分別 ペロブスカイトPV市場規模ポテンシャル その他

	導入ポテンシャル容量			導入済み容量			導入可能性量 (MW)	市場規模 (億円)
	PV容量(MW)	建物数(件)	建物面積(km ²)	PV容量(MW)	建物数(件)	建物面積(km ²)		
公設研究所	-107	3,736	1.9	-3	141	0.3	-104	-21
浄水場・ 終末処理場	479	14,948	8.6	-12	508	1.2	467	93
青年の家	-35	610	0.6	-3	22	0.1	-31	-6
斎場	-290	7,551	5.2	-29	439	0.5	261	52
公共宿泊施設	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0
住宅警備公団	-92	3,630	1.7	-3	84	0.1	-88	-18
都道府県・ 市営団地	627	37,005	11.3	-29	1,014	0.6	598	120
鉄道駅	442	8,914	8.0	-1	235	0.8	441	88

その他

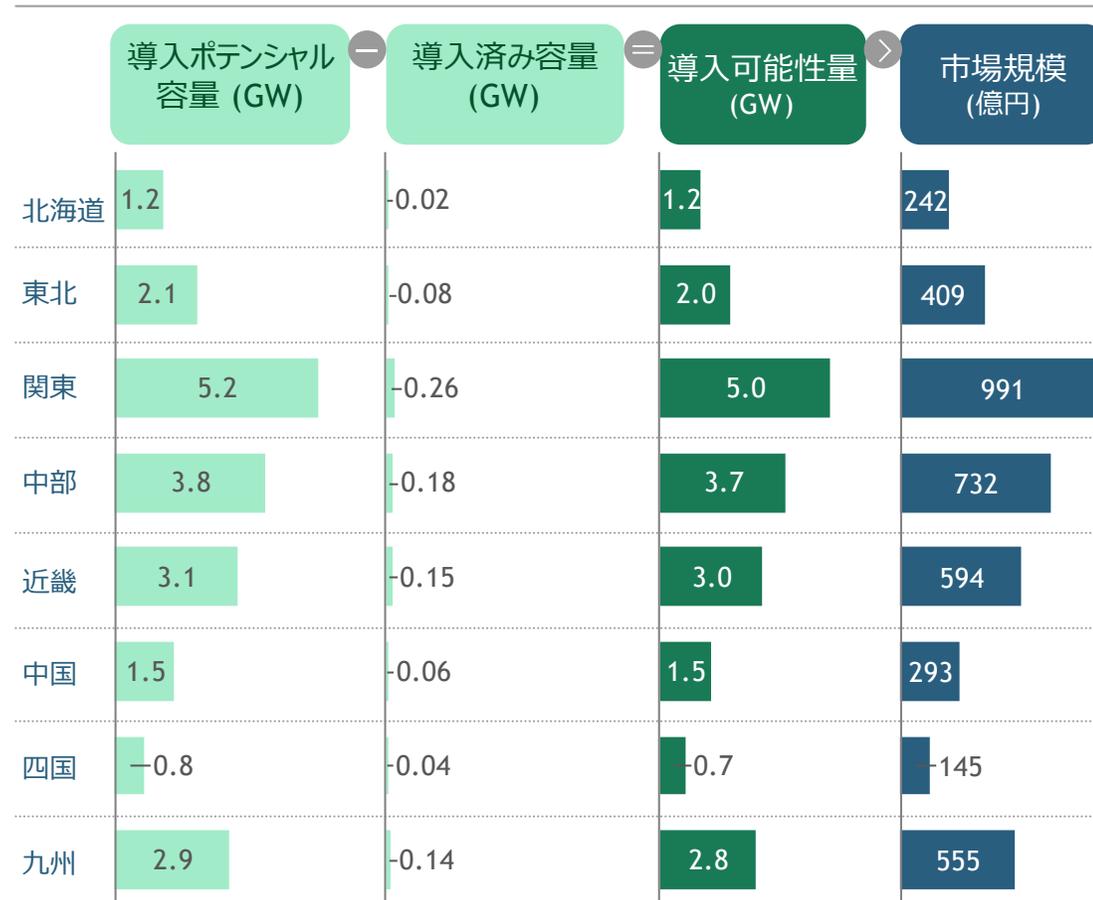
Source: 環境省 再生可能エネルギー情報提供システム(REPOS); 国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター「太陽光発電システム (Vol.5) –定量的技術シナリオに基づく結晶系シリコン太陽電池とペロブスカイト型太陽電池のコスト低減技術評価–」(平成31年3月), <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2018-pp-16.pdf>; BCG分析



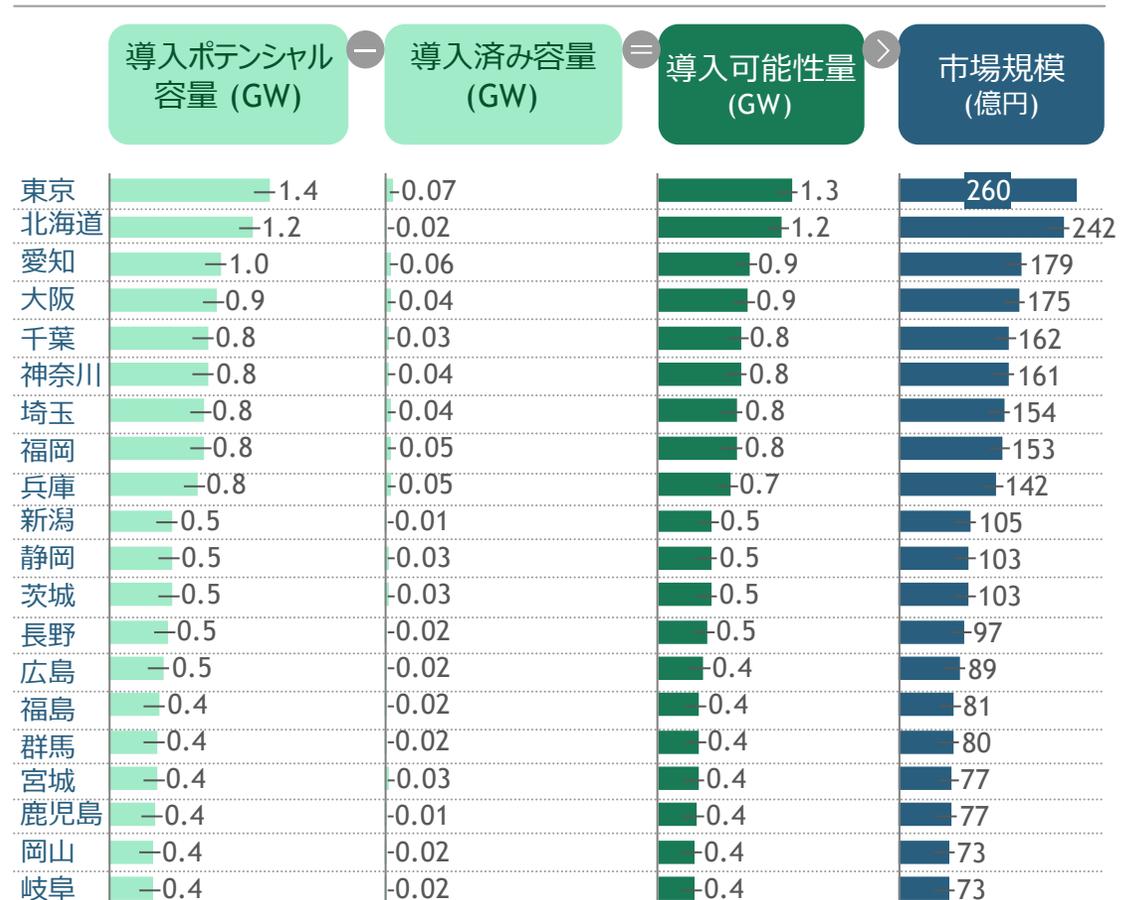
地域別では関東、中部のPV導入可能性が特に高いが、 都道府県別では北海道、大阪などにも他県比較で高い潜在市場性が見込まれる

屋根設置型ペロブスカイトPV市場規模ポテンシャル (公共施設 地域・都道府県別)

市場規模 (地域別)



都道府県



Source: 環境省 再生可能エネルギー情報提供システム(REPOS); 国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター「太陽光発電システム (Vol.5) - 定量的技術シナリオに基づく結晶系シリコン太陽電池とペロブスカイト型太陽電池のコスト低減技術評価-」(平成31年3月), <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2018-pp-16.pdf>; BCG分析



北海道では日本全国の傾向同様、学校・病院に最大のPV導入可能性

地域別 ペロブスカイトPV市場規模ポテンシャル 北海道

	導入ポテンシャル容量			導入済み容量			導入可能性量 (GW)	市場規模 (億円)
	PV容量(GW)	建物数(件)	建物面積(km ²)	PV容量(GW)	建物数(件)	建物面積(km ²)		
官公庁	331	9,290	6.0	5.9	179	0.54	325	65
学校・病院	611	17,640	11.0	13.7	386	0.95	597	119
娯楽・商業施設	135	2,305	2.4	0.7	51	0.11	134	27
工場・銀行・ビル	71	1,155	1.3	0.7	15	0.04	70	14
宿泊施設	51	3,066	0.9	0.4	14	0.01	51	10
鉄道	33	450	0.6	0.0	7	0.04	33	7

Source: 環境省 再生可能エネルギー情報提供システム(REPOS); 国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター「太陽光発電システム (Vol.5) –定量的技術シナリオに基づく結晶系シリコン太陽電池とペロブスカイト型太陽電池のコスト低減技術評価–」(平成31年3月), <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2018-pp-16.pdf>; BCG分析



東北地方では日本全国の傾向同様、学校に最大のPV導入可能性 さらに、鉄道の割合が他地域比やや高い

地域別 ペロブスカイトPV市場規模ポテンシャル 東北



Source: 環境省 再生可能エネルギー情報提供システム(REPOS); 国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター「太陽光発電システム (Vol.5) –定量的技術シナリオに基づく結晶系シリコン太陽電池とペロブスカイト型太陽電池のコスト低減技術評価–」(平成31年3月), <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2018-pp-16.pdf>; BCG分析



関東地方では特に学校・病院の比率が他地域より大きく、約2,700MWの最大導入可能性

地域別 ペロブスカイトPV市場規模ポテンシャル 関東

	導入ポテンシャル容量			導入済み容量			導入可能性量 (MW)	市場規模 (億円)
	PV容量(MW)	建物数(件)	建物面積(km ²)	PV容量(MW)	建物数(件)	建物面積(km ²)		
官公庁	1,272	48,386	22.9	40.4	2,653	4.1	1,231	246
学校・病院	2,916	127,062	52.6	178.1	6,439	12.4	2,738	548
娯楽・商業施設	515	10,056	9.3	12.8	667	2.1	502	100
工場・銀行・ビル	226	6,849	4.1	12.7	272	0.5	213	43
宿泊施設	189	9,184	3.4	10.7	305	0.2	178	36
鉄道	94	1,958	1.7	0.3	80	0.2	93	19

Source: 環境省 再生可能エネルギー情報提供システム(REPOS); 国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター「太陽光発電システム (Vol.5) –定量的技術シナリオに基づく結晶系シリコン太陽電池とペロブスカイト型太陽電池のコスト低減技術評価–」(平成31年3月), <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2018-pp-16.pdf>; BCG分析



中部地方でも他地域同様に学校・病院へのPV導入可能性が最大

地域別 ペロブスカイトPV市場規模ポテンシャル 中部

	導入ポテンシャル容量			導入済み容量			導入可能性量 (MW)	市場規模 (億円)
	PV容量(MW)	建物数(件)	建物面積(km ²)	PV容量(MW)	建物数(件)	建物面積(km ²)		
官公庁	1,009	41,688	18.2	28.9	2,210	3.1	980	196
学校・病院	1,991	80,248	35.9	126.5	4,657	8.8	1,864	373
娯楽・商業施設	475	9,880	8.6	9.8	602	1.6	465	93
工場・銀行・ビル	186	5,461	3.4	11.2	241	0.5	175	35
宿泊施設	93	5,821	1.7	3.5	132	0.1	90	18
鉄道	88	1,828	1.6	0.2	47	0.2	88	18

Source: 環境省 再生可能エネルギー情報提供システム(REPOS); 国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター「太陽光発電システム (Vol.5) –定量的技術シナリオに基づく結晶系シリコン太陽電池とペロブスカイト型太陽電池のコスト低減技術評価–」(平成31年3月), <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2018-pp-16.pdf>; BCG分析



近畿地方は関東同様に学校・病院の面積の占める比率が大きく、 官公庁の割合がやや少ない

地域別 ペロブスカイトPV市場規模ポテンシャル 近畿



Source: 環境省 再生可能エネルギー情報提供システム(REPOS); 国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター「太陽光発電システム (Vol.5) -定量的技術シナリオに基づく結晶系シリコン太陽電池とペロブスカイト型太陽電池のコスト低減技術評価-」(平成31年3月), <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2018-pp-16.pdf>; BCG分析



中国地方でも他地域同様に学校・病院へのPV導入可能性が最大

地域別 ペロブスカイトPV市場規模ポテンシャル 中国

	導入ポテンシャル容量			導入済み容量			導入可能性量 (MW)	市場規模 (億円)
	PV容量(MW)	建物数(件)	建物面積(km ²)	PV容量(MW)	建物数(件)	建物面積(km ²)		
官公庁	392	15,283	7.1	11.9	860	1.26	380	76
学校・病院	834	32,487	15.0	41.9	1,677	2.93	792	158
娯楽・商業施設	156	3,160	2.8	3.4	195	0.55	152	30
工場・銀行・ビル	63	2,082	1.1	4.3	94	0.27	59	12
宿泊施設	49	3,183	0.9	2.1	85	0.04	47	9
鉄道	35	701	0.6	0.0	15	0.03	35	7

Source: 環境省 再生可能エネルギー情報提供システム(REPOS); 国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター「太陽光発電システム (Vol.5) –定量的技術シナリオに基づく結晶系シリコン太陽電池とペロブスカイト型太陽電池のコスト低減技術評価–」(平成31年3月), <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2018-pp-16.pdf>; BCG分析



四国地方でも他地域同様に学校・病院へのPV導入可能性が最大

地域別 ペロブスカイトPV市場規模ポテンシャル 四国

	導入ポテンシャル容量			導入済み容量			導入可能性量 (MW)	市場規模 (億円)
	PV容量(MW)	建物数(件)	建物面積(km ²)	PV容量(MW)	建物数(件)	建物面積(km ²)		
官公庁	202	8,259	3.6	-29.7	581	0.80	194	39
学校・病院	405	17,721	7.3	-7.9	1,114	2.07	375	75
娯楽・商業施設	-88	1,698	1.6	-1.9	121	0.29	-86	17
工場・銀行・ビル	-33	1,156	0.6	-2.1	58	0.07	-31	-6
宿泊施設	-27	1,871	0.5	-0.4	19	0.01	-27	-5
鉄道	-11	413	0.2	-0.0	8	0.01	-11	-2

Source: 環境省 再生可能エネルギー情報提供システム(REPOS); 国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター「太陽光発電システム (Vol.5) -定量的技術シナリオに基づく結晶系シリコン太陽電池とペロブスカイト型太陽電池のコスト低減技術評価-」(平成31年3月), <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2018-pp-16.pdf>; BCG分析



九州地方でも他地域同様に学校・病院へのPV導入可能性が最大

地域別 ペロブスカイトPV市場規模ポテンシャル 九州

	導入ポテンシャル容量			導入済み容量			導入可能性量 (MW)	市場規模 (億円)
	PV容量(MW)	建物数(件)	建物面積(km ²)	PV容量(MW)	建物数(件)	建物面積(km ²)		
官公庁	754	27,956	13.6	-101.2	1,625	2.28	732	146
学校・病院	1,578	63,415	28.5	-21.7	3,597	7.06	1,477	295
娯楽・商業施設	-304	5,895	5.5	-5.9	365	0.93	-298	60
工場・銀行・ビル	-122	3,930	2.2	-5.6	179	0.21	-117	23
宿泊施設	-123	7,382	2.2	-4.6	182	0.09	-118	24
鉄道	-34	987	0.6	-0.1	19	0.10	-34	7

Source: 環境省 再生可能エネルギー情報提供システム(REPOS); 国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター「太陽光発電システム (Vol.5) -定量的技術シナリオに基づく結晶系シリコン太陽電池とペロブスカイト型太陽電池のコスト低減技術評価-」(平成31年3月), <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2018-pp-16.pdf>; BCG分析



窓ガラス型ペロブスカイトPVは、日本全体で最大約9,685億円規模のポテンシャルが存在

窓ガラス型ペロブスカイトPVの市場規模ポテンシャル(国内全体)

算出ロジック	数値	参照情報
<p>窓ガラス型PV 導入可能性量</p> <p>6.6 億m²</p> <p>窓ガラス材出荷量 (1年あたり)</p> <p>建築物耐用年数</p>	<p>1,320 万m²</p> <p>50 年</p>	<p>板硝子協会 統計数値を参照</p> <ul style="list-style-type: none"> 2022年の複層ガラス(建築物向けガラス)の出荷面積 <p>鉄筋コンクリート造建築物の法定耐用年数より概算値として仮置き</p> <ul style="list-style-type: none"> 鉄筋コンクリート造建築物の法定耐用年数 = 47年
<p>×</p> <p>単位面積あたり出力</p>	<p>66.7 W/m²</p>	<p>環境省「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査調査報告書」の単位面積当たりの発電量係数を参照</p>
<p>×</p> <p>ペロブスカイトPV単価</p>	<p>22 円/W</p>	<p>科学技術振興機構(JST)想定値を採用</p> <ul style="list-style-type: none"> 2025年頃では、製造コストは39円/W 2030年以降、変換効率20%で、モジュール製造コストは22円/W
<p> </p> <p>市場規模最大ポテンシャル</p>	<p>9,685 億円</p>	<p>(左記算出式、上記前提より算出)</p>

Source: 環境省「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査調査報告書」; 国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター「太陽光発電システム (Vol.5) – 定量的技術シナリオに基づく結晶系シリコン太陽電池とペロブスカイト型太陽電池のコスト低減技術評価-」(平成31年3月), <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2018-pp-16.pdf>; 板硝子協会; BCG分析

壁面設置型ペロブスカイトPVは、日本全体で最大約13.3兆円規模のポテンシャルが存在

壁面設置型ペロブスカイトPVの市場規模ポテンシャル(国内全体)

算出ロジック	数値	参照情報
<p>壁面設置型PV 導入可能性量 100.6 億㎡</p> <p>×</p> <p>国内建築物 延床面積合計 -</p> <p>外壁面積 算出係数</p>	<p>83.8億 ㎡</p> <p>1.2 倍</p>	<p>国土交通省「建築物ストック統計」の国内建築物の延べ床面積データを参照</p> <ul style="list-style-type: none"> 合計：83,816億㎡ (住宅, 民間非住宅, 公共非住宅を合算) - 2022年公開データ (2018年時点の調査データ) <p>外壁塗装工事等で使用される延床面積と外壁面積の変換係数を参照</p> <ul style="list-style-type: none"> 外壁面積 = 延床面積 × 1.2倍 (概算)
<p>×</p> <p>単位面積あたり出力</p>	<p>66.7 W/㎡</p>	<p>環境省「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査調査報告書」の単位面積当たりの発電量係数を参照</p>
<p>×</p> <p>ペロブスカイトPV単価</p>	<p>22 円/W</p>	<p>科学技術振興機構(JST)想定値を採用</p> <ul style="list-style-type: none"> 2025年頃では、製造コストは39円/W 2030年以降、変換効率20%で、モジュール製造コストは22円/W
<p> </p> <p>(壁面 + 窓)市場規模ポテンシャル</p>	<p>14.8 兆円</p>	<p>(左記算出式、上記前提より算出)</p>
<p>-</p> <p>窓ガラス型市場規模ポテンシャル</p>	<p>1.5 兆円</p>	<p>(前頁にて算出)</p>
<p> </p> <p>壁面設置型市場規模ポテンシャル</p>	<p>13.3 兆円</p>	<p>(左記算出式、上記前提より算出)</p>

Source: 環境省「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査調査報告書」; 国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター「太陽光発電システム (Vol.5) - 定量的技術シナリオに基づく結晶系シリコン太陽電池とペロブスカイト型太陽電池のコスト低減技術評価-」(平成31年3月), <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2018-pp-16.pdf>; 板硝子協会; BCG分析

報告書 目次

(1) 次世代太陽電池海外展開

- 1-1 海外ペロブスカイトPVメーカー分析
- 1-2 ペロブスカイトPV市場動向・導入可能性分析
- 1-3 日本の次世代太陽光海外展開について

(2) 浮体式洋上風力海外展開

- 2-1 アジア洋上風力浮体メーカー分析
- 2-2 海外浮体式洋上風力市場・公募動向分析
- 2-3 日本の浮体式洋上風力海外展開について

(3) 沖合洋上風力エネルギーキャリア

- 3-1 海外案件開発動向・プレイヤー分析
- 3-2 エネルギーキャリアコスト分析
- 3-3 日本の洋上風力エネルギーキャリア展開について

ペロブスカイトPVサプライチェーン全体像

ペロブスカイトPVサプライチェーン



日本では、積水化学工業、東芝、エネコートテクノロジーズ、アイシン、カネカ等の企業が、GI基金を活用してペロブスカイトPV技術開発を実施

ペロブスカイトPV: 取組日本企業

浮体式洋上風力: GI基金テーマ

実施企業
幹事企業

研究開発費(億円)

■ 政府負担 ■ 民間負担



Note: 研究開発費事業戦略ビジョンベース
Source: NEDOグリーンイノベーション基金; BCG分析

ペロブスカイトPVサプライチェーン

サプライチェーン



サプライチェーン構築上の要諦

A

素材
開発

素材毎の機能・特性踏まえた継続技術開発

- 正孔輸送層/電子輸送層: 高耐久性素材/添加剤
- 発電層: 鉛使用料を抑えた安全性素材
- 透明電極/基盤: 素材接合技術
- 封止材: 粘着性/透明性素材
- バックシート: 耐候性/水蒸気バリア性素材 等

B

量産
構築

大型化 + 生産技術高度化

均一積層技術: 材料が脆弱で分解しやすい中、大面積にミクロンレベルに薄い膜を均一に積層する技術

- 高速高密度制御技術: 厚さ数百nmの非常に薄い膜を選択的に高精度かつ高速で除去するパターニング技術
- 高気密技術: 酸素や水分の影響を受けやすいペロブスカイト材料を高い気密性で保護する技術

C

需要
開拓

下流プレイヤーとの"協業"による需要開拓

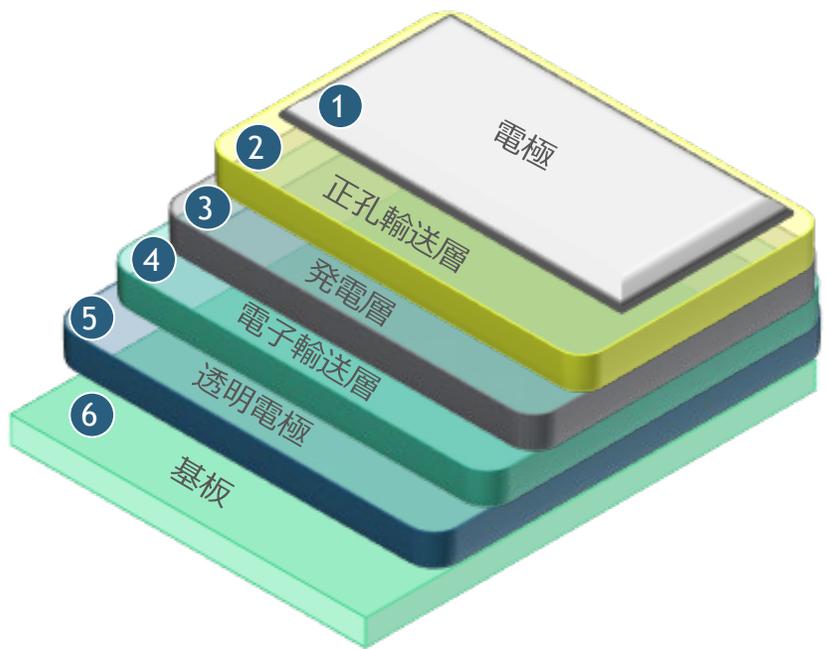
- 市場未形成のペロブスカイトでは、通常の"商取引関係(プロダクト型)"ではなく、特定プレイヤー(EPC/建材メーカー/不動産等)との"協業関係(プロジェクト型)"による需要開拓が必要
- 先行する海外プレイヤーは既に協業関係構築に着手
 - 例: Saule x columbs(EPC事業者) x MVGM(不動産)

Source: BCG

ペロブスカイトPVは、セル製造に必要な様々な化学素材を用いた部材層と、 モジュール製造に必要な封止材・バックシートから構成される

ペロブスカイトPVの部材・素材

ペロブスカイトPVの構造



	主要部材	役割	代表的な素材
セル用	① 電極	電子を受け取る陽極として機能	<ul style="list-style-type: none"> 金属(金、銀、モリブデン、アルミ、銅 等) 炭素素材
	② 正孔輸送層	発電層で発生した正孔(+電荷)を回収し、電極に輸送	<ul style="list-style-type: none"> Spiro-MeOTAD ポリトリアールアミン(PTAA)
	③ 発電層	太陽光を吸収することで、電子(-電荷)と正孔(+電荷)を生成	<ul style="list-style-type: none"> ヨウ素 鉛(鉛フリー代替素材としてのスズ)
	④ 電子輸送層	発電層で発生した電子(-電荷)を回収し、電極に輸送	<ul style="list-style-type: none"> 酸化チタン 酸化スズ
	⑤ 透明電極	電子を送り出す陰極として機能	<ul style="list-style-type: none"> ITO (酸化インジウムスズ) FTO (フッ素ドーパ酸化スズ)
	⑥ 基板	薄膜を積層する土台として機能	<ul style="list-style-type: none"> ガラス 樹脂フィルム
モジュール用	⑦ 封止材	ペロブスカイトは水分に弱いため、湿気等を通さないよう保護	<ul style="list-style-type: none"> EVA樹脂(エチレン酢酸ビニル共重合樹脂) POE系樹脂(ポリオレフィンエラストマー系樹脂)
	⑧ バックシート	防湿性、絶縁性、耐候性等を有し、内部セルを保護・固定	<ul style="list-style-type: none"> PET(ポリエチレンテレフタレート) PVF(ポリフッ化ビニル)

Source: 各種公開情報; エキスパートインタビュー; BCG分析

日本企業は、基板や封止材、バックシート等の素材技術で先行するが、商用化に向け、発電層や正孔・電子輸送層において継続的な開発が重要

ペロブスカイトPV部材・素材の高付加価値化動向

主要部材	代表的な素材	付加価値を生むポイント	
セル用	① 電極 <ul style="list-style-type: none"> 金属(金、銀、モリブデン、アルミ、銅 等) 炭素素材 	価格と性能のバランスの取れた素材 <ul style="list-style-type: none"> 金は高価な一方、他金属は反応・変質性が高い 炭素素材は伝導性の観点で金属に劣る 	
	② 正孔輸送層 <ul style="list-style-type: none"> Spiro-MeOTAD ポリトリアールアミン(PTAA) 	発電層の高耐久性に寄与する素材・添加剤 <ul style="list-style-type: none"> 既存材料は特性維持/向上のために添加剤を加える必要があるが、添加剤の持つ吸湿性により発電層が劣化する傾向 	
	③ 発電層 <ul style="list-style-type: none"> ヨウ素 鉛(鉛フリー代替素材としてのスズ) 	鉛使用量を抑えた安全性の高い素材 <ul style="list-style-type: none"> 鉛の使用が一般的だが、商用化にあたり環境・人体への悪影響が懸念されており、安全性の高い素材開発に付加価値が存在 	
	④ 電子輸送層 <ul style="list-style-type: none"> 酸化チタン 酸化スズ 	発電層との反応を防ぎ、耐久性を低下させない素材・技術 <ul style="list-style-type: none"> 酸化チタンは太陽光に晒されると発電層と反応し劣化に繋がる 酸化スズが一般化する傾向だが、反応抑制技術の開発は継続中 	
	⑤ 透明電極 <ul style="list-style-type: none"> ITO (酸化インジウムスズ) FTO (フッ素ドーパド酸化スズ) 	<table border="1"> <tr> <td> 透明電極の製造コスト <ul style="list-style-type: none"> 素材自体は汎用的だが、ITO等のコストが下がればセル価格低減に大きく貢献可 </td> <td> 透明電極と基盤の接合技術 <ul style="list-style-type: none"> 透明電極素材を高精度で基盤に結合させることで、透明性や耐久性を確保 国内中小企業が高度な技術力を保有 <ul style="list-style-type: none"> - 尾池工業 - 麗江 </td> </tr> </table>	透明電極の製造コスト <ul style="list-style-type: none"> 素材自体は汎用的だが、ITO等のコストが下がればセル価格低減に大きく貢献可
透明電極の製造コスト <ul style="list-style-type: none"> 素材自体は汎用的だが、ITO等のコストが下がればセル価格低減に大きく貢献可 	透明電極と基盤の接合技術 <ul style="list-style-type: none"> 透明電極素材を高精度で基盤に結合させることで、透明性や耐久性を確保 国内中小企業が高度な技術力を保有 <ul style="list-style-type: none"> - 尾池工業 - 麗江 		
モジュール用	⑥ 基板 <ul style="list-style-type: none"> ガラス 樹脂フィルム 		
	⑦ 封止材 <ul style="list-style-type: none"> EVA樹脂(エチレン酢酸ビニル共重合樹脂) POE系樹脂(ポリオレフィンエラストマー系樹脂) 	製品に応じた粘着性や透明性を持つ素材 <ul style="list-style-type: none"> 日本企業は、発電効率に繋がる透明性、耐久性に繋がる粘着性等を管理するための高度な配合技術を保有 	
	⑧ バックシート <ul style="list-style-type: none"> PET(ポリエチレンテレフタレート) PVF(ポリフッ化ビニル) 	高い耐候性、水蒸気バリア性をもつ素材の開発を通じた、耐久性向上の付加価値が大きい	

国内メーカーは軽量性・柔軟性を重視し単接合型 x フィルム基板型の開発を進める一方、中・欧・米では既存PV製造技術の応用、効率向上の観点からガラス基板を採用する傾向

ペロブスカイトPVメーカーの主要製品タイプ

		日本				中国			欧州			米国			
		積水化学	カネカ	エネコート	東芝	GCL Perovskite	Utmo Light	Micro quanta	Oxford PV	Saule Tech.	Meyer Burger	Caelux	CUBIC PV	Swift Solar	
型式	単接合型	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓					
	シリコンタンデム型							✓	✓		✓	✓	✓	✓	
基板材	ガラス		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	フィルム	✓	✓	✓	✓					✓				✓	
主な想定設置場所		軽量性、柔軟性を活かし、従来型PVの設置が難しくPV導入が進んでこなかった場所への設置 <ul style="list-style-type: none"> 耐荷重量の小さい屋根 非平面的な建築物 等 					従来型PVに比した発電効率の高さに特に着目し、屋根置き等の従来型PVと同様の場所への設置が主眼 <ul style="list-style-type: none"> 従来型PVの代替も進めていく想定 ただし、Saule technologiesのみ、例外的に単接合 x フィルム型製品に注力し、軽量性・柔軟性をより重視したアプリケーションを主眼								

報告書 目次

(1) 次世代太陽電池海外展開

- 1-1 海外ペロブスカイトPVメーカー分析
- 1-2 ペロブスカイトPV市場動向・導入可能性分析
- 1-3 日本の次世代太陽光海外展開について

(2) 浮体式洋上風力海外展開

- 2-1 アジア洋上風力浮体メーカー分析
- 2-2 海外浮体式洋上風力市場・公募動向分析
- 2-3 日本の浮体式洋上風力海外展開について

(3) 沖合洋上風力エネルギーキャリア

- 3-1 海外案件開発動向・プレイヤー分析
- 3-2 エネルギーキャリアコスト分析
- 3-3 日本の洋上風力エネルギーキャリア展開について

アジア浮体メーカー動向全体像

企業名	企業概要	浮体型式	浮体開発動向	浮体事業開発案件
 サムスン重工業	<ul style="list-style-type: none"> サムスングループの造船・重工メーカー 2020年からDNV GL協業により浮体開発本格化し、現在韓国国内ウルサン沖での事業化を検討中 	"Tri-Star Float" セミサブ3コラム型	<ul style="list-style-type: none"> 9.5MW('21年7月: AiP取得) 15MW(開発中) 	Donghae-1: 200MW <ul style="list-style-type: none"> 海域: ウルサン沖56km/水深145m 事業者: Equinor/KEWP/KNOC 稼働予定: 2025年
 現代重工業	<ul style="list-style-type: none"> 現代グループの造船・重工メーカー タービンOEMのGEリニューアブルエナジーと協業して浮体大型化開発中で、ウルサン沖Gray WhaleでFEED獲得 	"Hi-Float" セミサブ3コラム型	<ul style="list-style-type: none"> 10MW('21年7-11月: AiP取得) 15MW(開発中) 	Gray Whale-3: 504MW(FEED獲得) <ul style="list-style-type: none"> 海域: ウルサン沖70km/水深150m 事業者: Total/Corio/SK 稼働予定: 2026-27年
 SKエコプラント	<ul style="list-style-type: none"> SKグループの造船・重工メーカー 韓国タービン最大手Doosan、韓国鉄鋼最大手ポスコと協業し、純韓国産の浮体開発を推進 	K-Floater" セミサブ3コラム型	<ul style="list-style-type: none"> 10MW('23年3月: AiP取得) 	Ulsan-SK 136MW <ul style="list-style-type: none"> 海域: ウルサン沖近郊 事業者: SK E&C 稼働予定: 2027年
 台湾国際造船 (CSBC)	<ul style="list-style-type: none"> 台湾最大手造船メーカー 英Floatation Energyと協業して浮体開発を本格化し、同社との共同出資台湾沖PJでの実証検討中 	"Taida Float" セミサブ3コラム型	<ul style="list-style-type: none"> 15MW(開発中) 	Chu Tin Demonstration Project: 100MW <ul style="list-style-type: none"> 海域: 新竹市沿岸22-30km/水深~90m 事業者: Flotation Energy/CSBC Corporation
 中国船舶集団 (CSSC)	<ul style="list-style-type: none"> 中国最大手造船メーカー 中国政府が主導する最大1GWの開発案件のうち、Phase1に相当する200MWの浮体基礎を受注 	"Fu Yao" セミサブ3コラム型	<ul style="list-style-type: none"> 6.2MW('22年5月: プロトタイプ認証取得) 16MW(開発中) 	Wanning Floating Wind: 1,000MW <ul style="list-style-type: none"> 海域: 海南省沖15-21km/水深~100m 事業者: 中国電力建設集団 稼働予定: '25-'27年
 恵生集団 (Wisom Group)	<ul style="list-style-type: none"> 中国大手EPC事業者 2019年からスパー型浮体の開発に着手し、その後セミサブ型が主流化し、2030年までに25MW浮体を開発予定 	"BT Wind" スパー型 "w.semi" セミサブ3コラム型	<ul style="list-style-type: none"> BT Wind: 8MW w.semi: 15MW('21年12月: AiP取得) 	Yangxi Shapa wind farm 400MW <ul style="list-style-type: none"> 海域: 広東省沖28km/水深28-32m 事業者: 中国三峡集団 稼働予定: '21年12月より稼働済み

韓/台/中のアジア浮体メーカーは2020年頃から浮体基礎開発を本格化し、既に数MWクラスの基本設計国際承認は取得し、数十MWクラスを開発中

アジア浮体メーカー基礎開発動向

企業名

浮体開発経緯

	2020年	2021年	2022年	2023年
 サムスン重工業	'20年10月 ▼ DNV GLと浮体設計技術 共同開発契約	'21年7月 ▼ 9.5MW 級セミサブ開発 基本設計承認取得(DNV GL)	'22年7月 ▼ 15MW 級セミサブ開発 基本設計承認申請	
 現代重工業		'21年7月 ▼ 10MW 級セミサブ開発 基本設計承認取得(韓国船級協会)	'22年2月 ▼ 15MW 級セミサブ開発に向けて GEリニューアブルエナジー協業契約	
 SKエプラント	'20年11月 ▼ 韓国タービン大手斗山重工 と浮体開発協業契約	'21年4月 ▼ 韓国鉄鋼大手ポスコと 浮体開発協業契約	'21年12月 ▼ 韓国浮体基礎製造 サムカンM&Tを買収	'23年3月 ▼ 10MW 級セミサブ開発 基本設計承認取得(DNV GL)
 台湾国際造船 (CSBC)		'21年9月 ▼ 英浮体洋上風力事業者 Floation Energyと協業契約	'22年8月 ▼ 15MW 級セミサブ開発本格化 (台湾大学、海洋産業研究センター共同)	
 中国船舶集団 (CSSC)			'22年5月 ▼ 6MW 級セミサブ開発 プロトタイプ認証取得(中国総合認証センター)	
 恵生集団 (Wison Group)			'21年12月 ▼ 15MW 級セミサブ開発 基本設計承認取得(ABS)	

アジア洋上風力浮体メーカー分析: 詳細



韓国



韓国：主要浮体式メーカー企業概要

	サムスン重工業	現代重工業	SKエコプラント
民間/国有	<ul style="list-style-type: none"> 民間 	<ul style="list-style-type: none"> 民間 	<ul style="list-style-type: none"> 民間
設立・経緯	<ul style="list-style-type: none"> 1974年：設立 (サムスングループの造船・重工企業として設立) 	<ul style="list-style-type: none"> 1972年：設立 (現代グループの造船・重工企業として設立) 	<ul style="list-style-type: none"> 1977年：設立 (SKグループの造船・重工企業として設立)
従業員数	<ul style="list-style-type: none"> 約8,600人 	<ul style="list-style-type: none"> 約13,000人 	<ul style="list-style-type: none"> 約3,600人
資本関係	<ul style="list-style-type: none"> 主要株主： <ul style="list-style-type: none"> サムスン電子 サムスン生命保険 	<ul style="list-style-type: none"> 主要株主： <ul style="list-style-type: none"> HD韓国造船海洋 	<ul style="list-style-type: none"> 主要株主： <ul style="list-style-type: none"> KEBハナ銀行 ロッテ・ノン・ライフ・インシュアランス
主要事業	<ul style="list-style-type: none"> 造船/船舶O&M 海洋構造物・プラント製造 	<ul style="list-style-type: none"> 造船/船舶O&M 海洋構造物・プラント製造 産業ロボット等 	<ul style="list-style-type: none"> O&G/化学系エンジニアリング 洋上/海洋エンジニアリング 先進素材開発(化学系)
売上高	<ul style="list-style-type: none"> \$4,727M 	<ul style="list-style-type: none"> \$6,784M 	<ul style="list-style-type: none"> \$6,004M
海外拠点	<ul style="list-style-type: none"> アジア：マレーシア、インド 北米：米国 アフリカ：ナイジェリア、モザンビーク 	<ul style="list-style-type: none"> アジア：ベトナム、シンガポール、インド 北米：米国 欧州：ハンガリー 	<ul style="list-style-type: none"> 東南アジア：ベトナム、タイ、マレーシア、シンガポール、インドネシア 他、北中南米/中東等計15か国

Source: 各種公開情報; Capital IQ; エキスパートインタビュー; BCG分析



韓国: 主要浮体式メーカー技術/事業開発動向サマリ

		サムスン重工業	現代重工業	SKエコプラント
技術開発	浮体型式	"Tri-Star Float" セミサブマージブル3コラム型	"Hi-Float" セミサブマージブル 3コラム型	"K-Floater" セミサブマージブル 3コラム型
	開発動向	<ul style="list-style-type: none"> 9.5MW('21年7月: AiP取得) 15MW(開発中) 	<ul style="list-style-type: none"> 10MW('21年7-11月: AiP取得) 15MW(開発中) 	<ul style="list-style-type: none"> 10MW('23年3月: AiP取得)
事業開発	韓国内 主要取組案件	Donghae-1: 200MW <ul style="list-style-type: none"> 海域: ウルサン沖56km/水深145m 事業者: Equinor/KEWP/KNOC 稼働予定: 2025年 	Gray Whale-3: 504MW(FEED獲得) <ul style="list-style-type: none"> 海域: ウルサン沖70km/水深150m 事業者: Total/Corio/SK 稼働予定: 2026-27年 	Ulsan-SK 136MW <ul style="list-style-type: none"> 海域: ウルサン沖近郊 事業者: SK E&C 稼働予定: 2027年
	海外展開	ターゲット国 日本/台湾/ベトナム/フィリピン/豪州 <ul style="list-style-type: none"> 特に豪州を有望視 	ベトナム/フィリピン/豪州 <ul style="list-style-type: none"> 特にベトナムを有望視 	APAC(中国除く) <ul style="list-style-type: none"> 特にベトナムを最有望視
	海外展開 時期	2026-2027年以降を想定 <ul style="list-style-type: none"> 当面は韓国内ウルサン巨大プロジェクトに注力 	2028年以降を想定 <ul style="list-style-type: none"> 当面は韓国内ウルサン巨大プロジェクトに注力 	2028年以降を想定 <ul style="list-style-type: none"> Ulsan - SKでの稼働実績蓄積後を想定 韓国内での量産体制構築にも注力
	海外展開 スコープ	海外現地生産 <ul style="list-style-type: none"> 浮体大型化を見据えた上での輸送コスト・リスク低減とローカルコンテンツ要件充足を重視 	海外現地生産 <ul style="list-style-type: none"> ベトナム現地JV(現代重工: 70%+ベトナム国営造船: 30%)が保有するDrydockを活用 	海外現地生産
	参入/ 協業方針	<ul style="list-style-type: none"> 中国造船BOMESCとAPAC地域展開で協業(2023年3月) 加えて、ローカルEPC協業を重要視 	<ul style="list-style-type: none"> 韓国内で協業しているグローバル洋上風力発電事業者との連携を想定 <ul style="list-style-type: none"> Shell/Total/Equinor/CIP等 	<ul style="list-style-type: none"> 既にベトナム現地での2-3の造船系中堅企業とのパートナーシップを協議中 鉄鋼ではポスコとの共同海外展開を視野

Source: 各種公開情報; エキスパートインタビュー; BCG分析



サムスン重工は、'20年10月からDNV GLと浮体開発を本格化し、'21年7月に9.5MW級のAiP(基本設計承認取得)、'22年7月に15MW級のセミサブマーシブル3コラム型を開発

サムスン重工業(Samsung Heavy Industries): 洋上風力浮体開発動向

サムスン重工: 洋上風力向け浮体技術開発経緯



ヒアリングコメント

- “
- サムスン重工としては、現時点では「セミサブマーシブル(半潜水式)3コラム型」に注力して浮体開発を推進している
 - タービン・タワー大型化に伴う基礎の安定化を考えるとセミサブマーシブルが最も合理的と判断
 - また、セミサブの柱は3コラム、4コラム、星形等の多種多様な型式が存在するが、大型タービン・タワーとの相性、生産コスト・納期の観点から3コラム型が最も優れていると判断した
 - 加えて、サムスン重工が手掛ける型式ではポンツーン(箱状の浮体)を使用しないコンパクト型の設計のため、工期短縮化も訴求ポイントとしている



- Samsung Heavy Industries
元General Manager



サムスン重工は、Equinor / 韓国東西発電 / 韓国石油公社が韓国ウルサン沖で開発中の Donghae-1 案件向けをターゲットとして、自社製浮体 "Tri-Star Float" の供給を企図

サムスン重工業(Samsung Heavy Industries): 韓国内洋上風力浮体展開動向

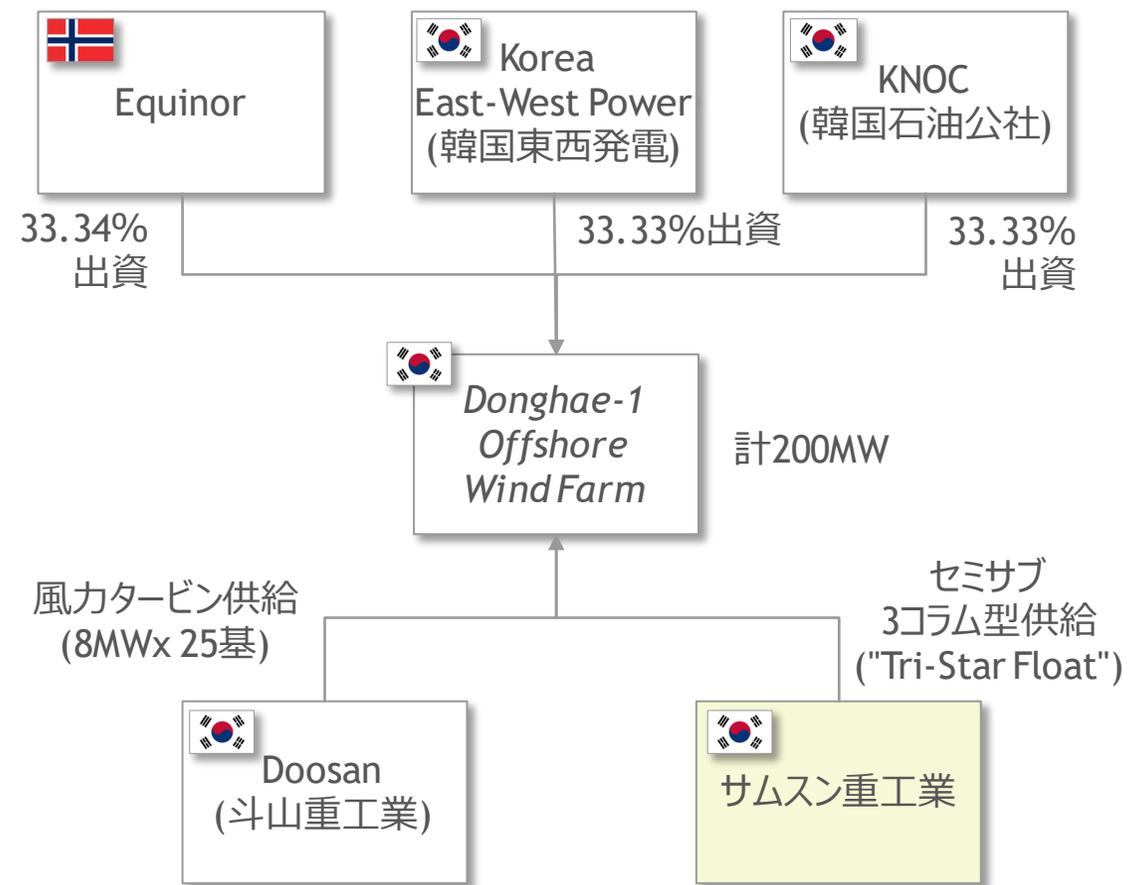
Donghae-1 Offshore Wind Farm概要



最大**9GW**の浮体式洋上風力案件(蔚山沖)を政府主導で開発する計画

- ウルサン沖から56km離れたKNOCが保有するDonghae(ドンヘ)ガス田が2022年に操業停止
- 同ガス田付近水深~145mで**200MW**の浮体式案件(Donghae-1)の開発が先行しており、2025年稼働予定

Donghae-1プロジェクトスキーム: 200MW



Source: 各種公開情報; エキスパートインタビュー; BCG分析



サムスン重工は、2026~2027年以降の浮体海外本格展開を想定しており、豪州を最有望ターゲット国として、現地での浮体生産を志向

サムスン重工業(Samsung Heavy Industries): 洋上風力浮体海外戦略

 *Samsung Heavy Industries*
元General Managerヒアリングコメント

Where

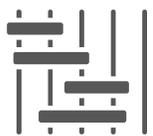


ターゲット地域

- ターゲット国は、日本/台湾/ベトナム/フィリピン/豪州
- 特に浮体ポテンシャルが高く、市場環境整備も進展している豪州を最有望視

“ 豪州は水深・波の状況等が浮体式に適していると同時に、連邦政府・州政府がきちんと戦略を構築して浮体式洋上風力を政策的に推進しようとしており、公募システムやPPAスキームが整備されているのはプラス要素

When



海外展開時期

- 2026~2027年以降を想定
 - 当面は韓国内のウルサン巨大プロジェクトに注力

“ 現在はウルサン案件に手一杯の状況であり、海外展開よりはまずは国内案件の開発完了が最優先国内浮体案件開発の一巡するのが2026~27年頃のため、それ以降で海外展開を本格化する意向

What

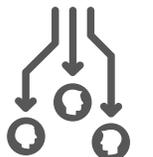


海外展開スコープ

- 海外に浮体製造拠点を設立し、現地生産する意向
 - 浮体大型化を見据えた上での輸送コスト・リスク低減とローカルコンテンツ要件充足を重視

“ 「①韓国内で浮体製造して輸出」「②現地で浮体製造拠点を設立して現地生産」の2通りが考えられるが、風車サイズの大型化に伴う基礎大型化のトレンドを踏まえると、現地生産の方が合理的で、ローカルコンテンツ要件を充足できる

Who/How



参入/協業方針

- 2023年3月、中国造船BOMESC社とAPAC地域での浮体式洋上風力共同開発MOUを締結
- 海外参入にあたってはローカルEPCプレイヤーとの協業を重要視

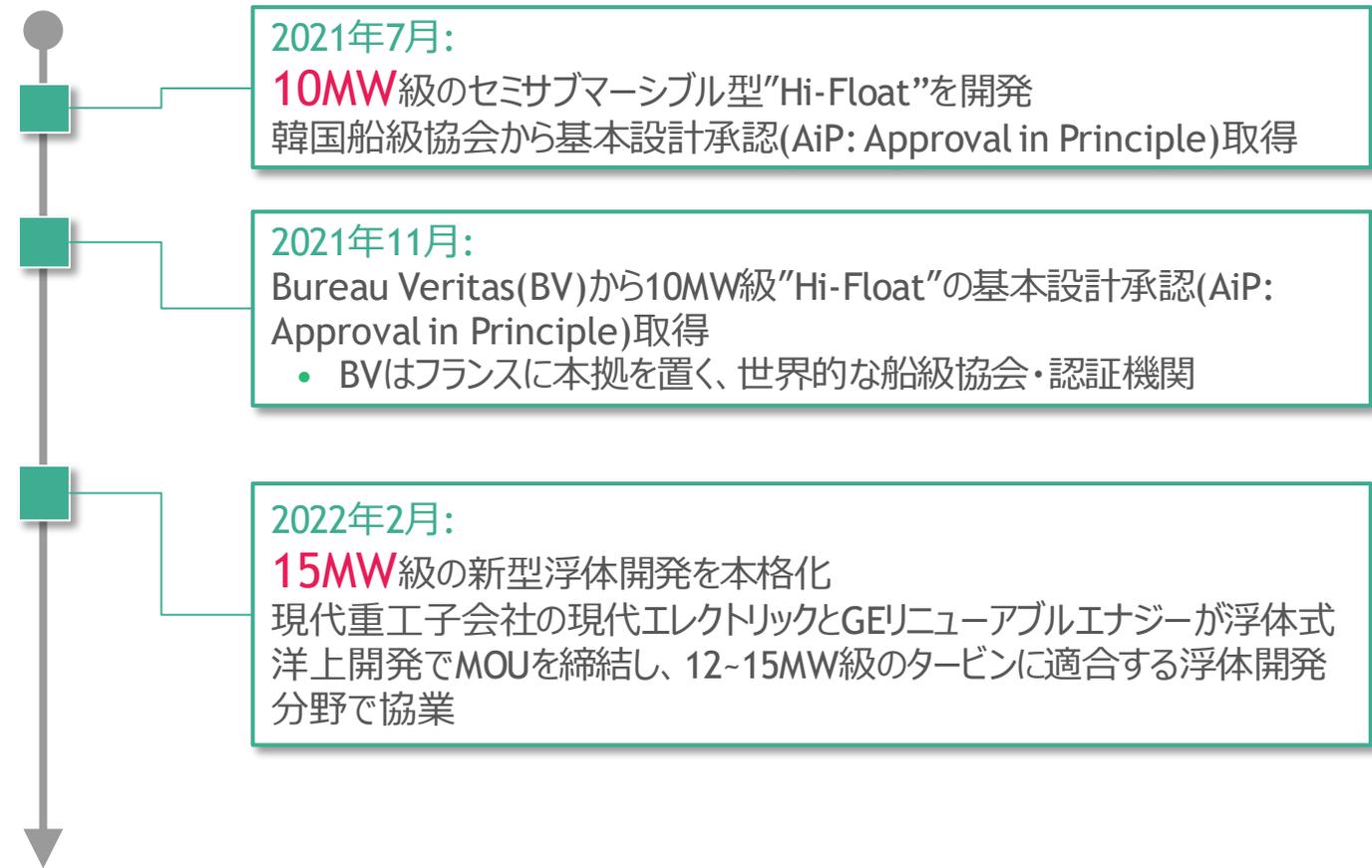
“ 浮体式洋上風力では建設フェーズのマネジメントが最も難易度が高いため、現地のローカルEPCプレイヤーと協業出来るかが市場参入の成否を分ける



現代重工は、'21年7月~11月に10MW級セミサブ型のAiP(基本設計承認)を取得し、その後GEリニューアブルエナジーともタービン連携分野で協業し15MW級も開発中

現代重工業(Hyundai Heavy Industries): 洋上風力浮体開発動向

現代重工業: 洋上風力向け浮体技術開発経緯



ヒアリングコメント



- 2014年から実施していた実証では米国PPI社のセミサブ型を韓国済州沖の海上に適用できるように設計変更をしてきた
- 現代重工ではセミサブマーシブル型に絞って開発をしているが、ウルサン沖浮体プロジェクトの最初期の段階で、どの浮体型式が最も適しているかを複数比較をして、近年のタービン大型化と納期/コスト要件を踏まえるとセミサブマーブル型が最も最適だという結論に達した
- 3コラムか4コラムが良いと考えているが、ここは極端に絞りきらずに、バリエーション展開でタービンサイズ・数・ロケーション等を踏まえて個別に搭載型式を決めている



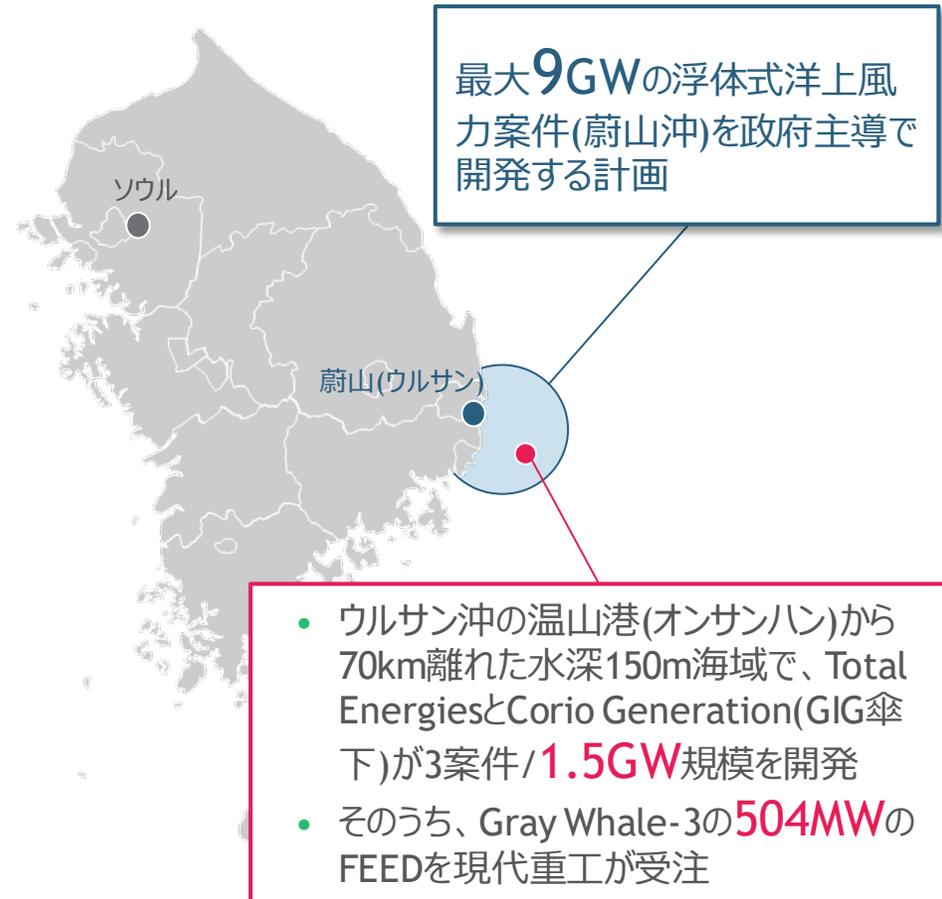
- Hyundai Heavy Industries
元Engineering Coordinator



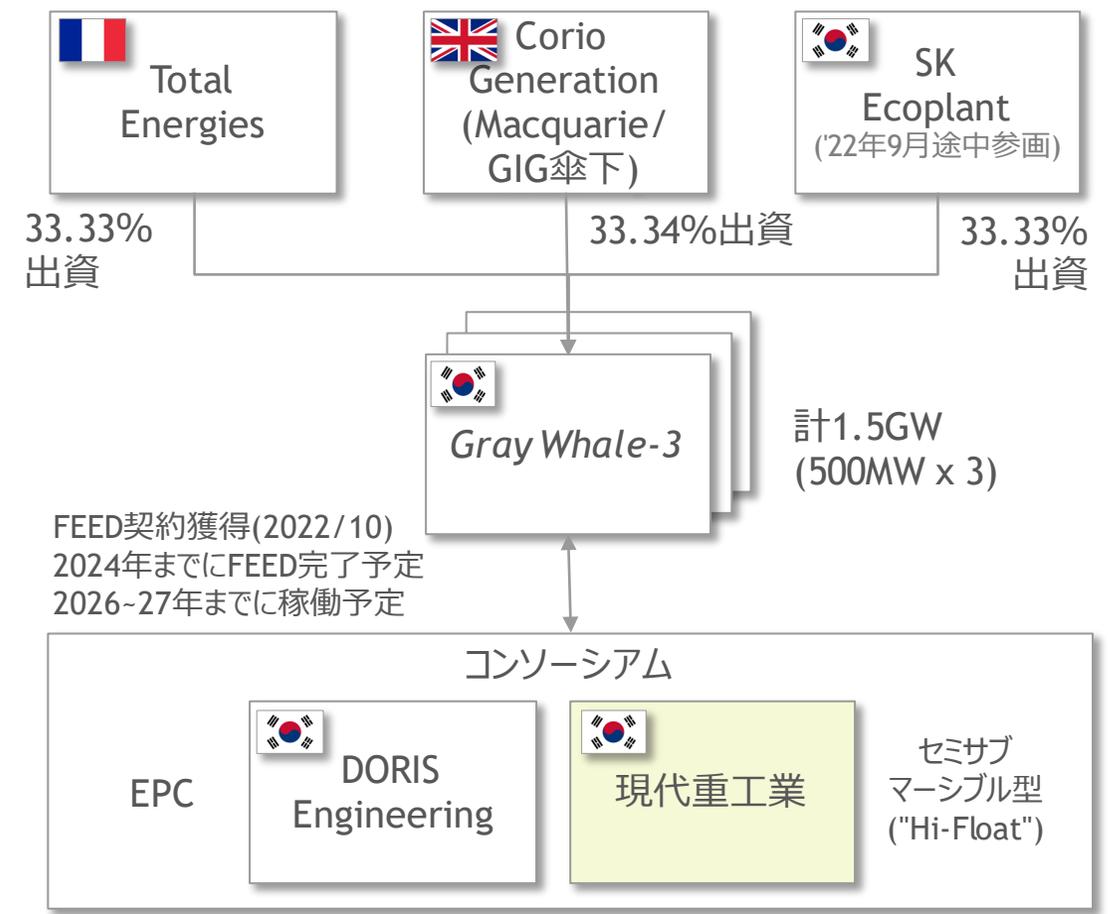
現代重工は、Total/Corio/SKが韓国ウルサン沖で開発中の1.5GW案件のうち、Gray Whale-3(504MW)案件でDORISとのコンソーシアムで浮体FEED契約を獲得

現代重工業(Hyundai Heavy Industries): 韓国内洋上風力浮体展開動向

Gray Whale概要



Gray Whaleスキーム: 500MW x 3



Source: 各種公開情報; エキスパートインタビュー; BCG分析



現代重工は、2028年以降の浮体海外本格展開を想定しており、 Drydockを保有するベトナムを最有望ターゲット国として、現地での浮体生産を志向

現代重工業(Hyundai Heavy Industries): 洋上風力浮体海外戦略

 *Hyundai Heavy Industries*
元Engineering Coordinatorヒアリングコメント

Where

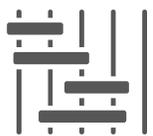


ターゲット地域

- ターゲット国は、ベトナム/フィリピン/豪州
- 特に現代重工はベトナム現地JVがDrydock(船底検査・整備・修理施設)を保有しており、浮体生産に有効活用できるため将来最有望

“ 具体的な浮体式洋上風力ロードマップを政策的に明示している海外諸国がターゲットとなる
特にベトナムは最有望国で、現地JV(現代重工: 70% + ベトナム国営造船: 30%)がDrydockを保有しており、公募制度が整備された暁には展開したい

When



海外展開時期

- 2028年以降を想定
 - 当面は韓国内のウルサン巨大プロジェクトに注力

“ 現時点はウルサン案件に最注力しているため、具体的な海外展開計画までは踏み込んで策定しない状況
海外に本格展開するのは、ウルサン案件が本格稼働する2028年以降となる見込み

What

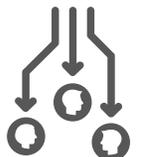


海外展開スコープ

- 海外に浮体製造拠点を設立し、現地生産する意向
 - 輸送・組立コスト低減、部品調達納期を考慮すると韓国輸出より現地生産が経済合理的

“ 浮体式は基本的には風車設置エリア内から100km以内で組立の方が望ましい
浮体式洋上風力は1GWで100ユニット以上の部品が必要となるため、コスト/納期を勘案すると韓国からの輸出より現地ヤードでの組み立てが合理的

Who/How



参入/協業方針

- 海外市場参入時には既に韓国内で協業しているグローバル洋上風力発電事業者との連携を想定
 - Shell、Total Energies、Equinor、Copenhagen Infrastructure Partners(CIP)、Corio等

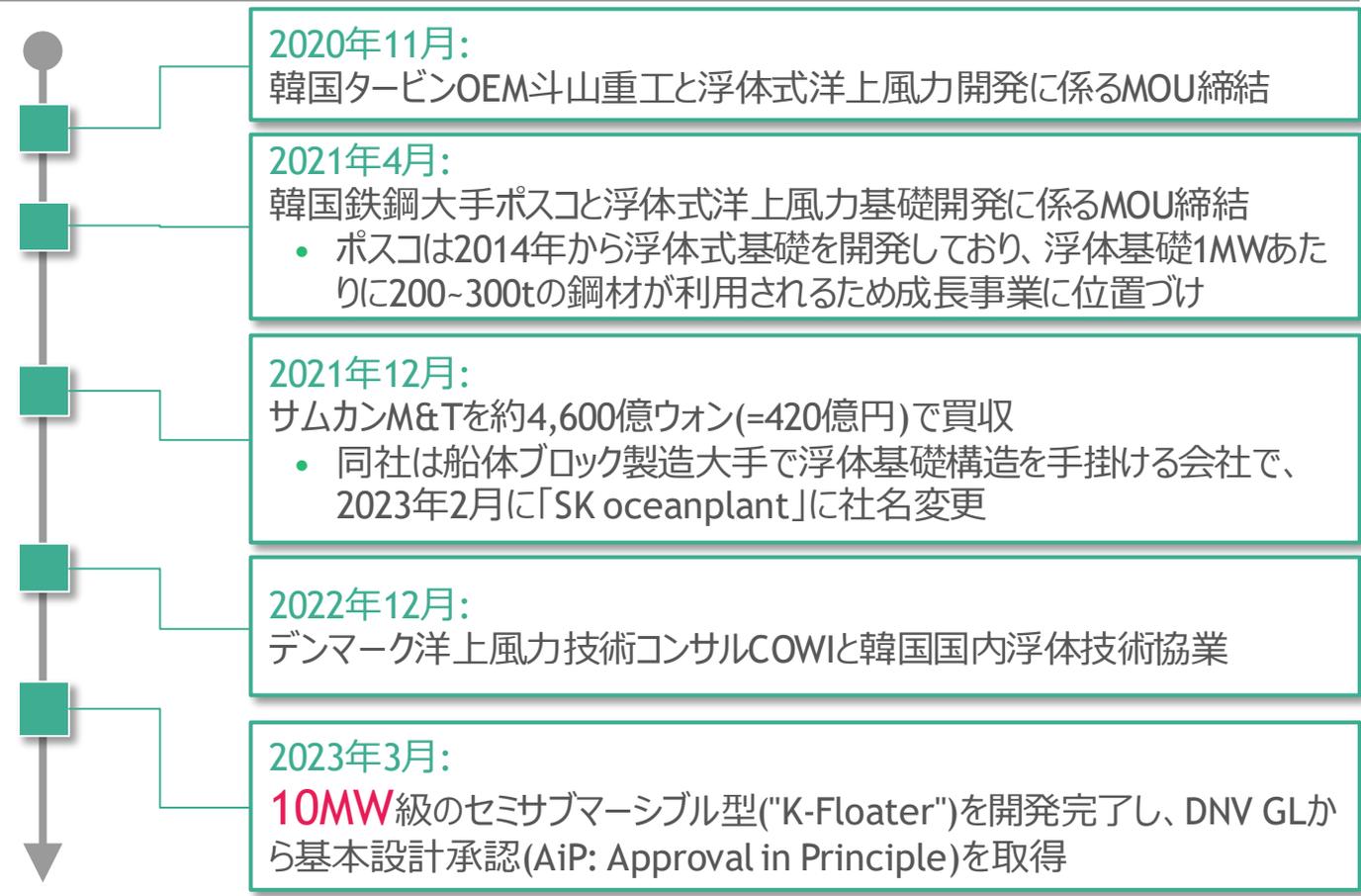
“ 現在ウルサンプロジェクトで接点のあるグローバル洋上風力発電事業者とコンソーシアムを組成して、海外展開していくのが理想形



SKエコプラントは、'20年11月から浮体領域の協業(斗山重工・ポスコ・COWI)・M&A(サムカンM&T)を推進し、'23年3月に10MW級セミサブ型のAiP(基本設計承認)を取得

SKエコプラント: 洋上風力浮体開発動向

SKエコプラント: 洋上風力向け浮体技術開発経緯



ヒアリングコメント



- "K-Floater"は韓国ポスコと共同開発してきたセミサブ式で、比較的軽量な3コラムを採用している
 - K-Floaterは、KAIST(韓国科学技術院)、済州大学校等の韓国の産学連携技術で設計された韓国初の純国際浮体
- 2021年に買収したサムカンM&T(現SK Oceanplant)の存在が、浮体開発を加速させるドライバーとなっており、同社が船体開発で蓄積した技術的知見やパートナーとの関係性が現在のSKの強みとなっている



- SK ecoplant
元Supplier Quality Manager



SKエコプラント+ポスコは、SKグループのSK E&Cが単独で開発中のUlsan-SK案件(136MW)向けをターゲットとして、"K-floating"を投入予定

SKエコプラント: 韓国内洋上風力浮体展開動向

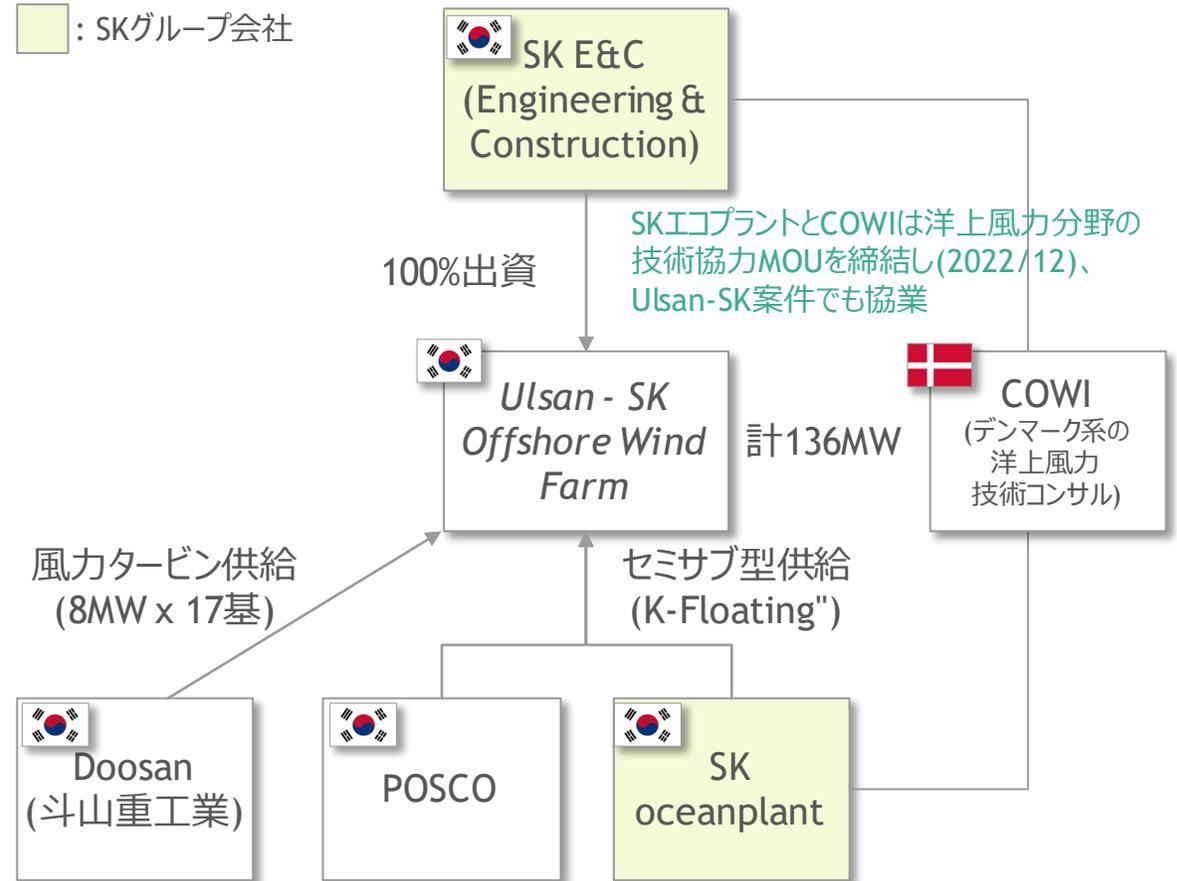
Ulsan-SK Offshore Wind Farm概要



最大**9GW**の浮体式洋上風力案件(蔚山沖)を政府主導で開発する計画

- ウルサン沖付近の海域でSK E&C (Engineering & Construction)が2023年に発電許可を取得
- **136MW**の浮体式案件で、2027年稼働予定

Ulsan-SKプロジェクトスキーム: 136MW





韓国鉄鋼最大手ポスコは、SKエコプラントと浮体式洋上風力分野で協業し、洋上風力浮体1MW当たり~300t利用される高機能鋼材分野を拡大したい意向

SKエコプラント: ポスコの浮体式洋上風力動向

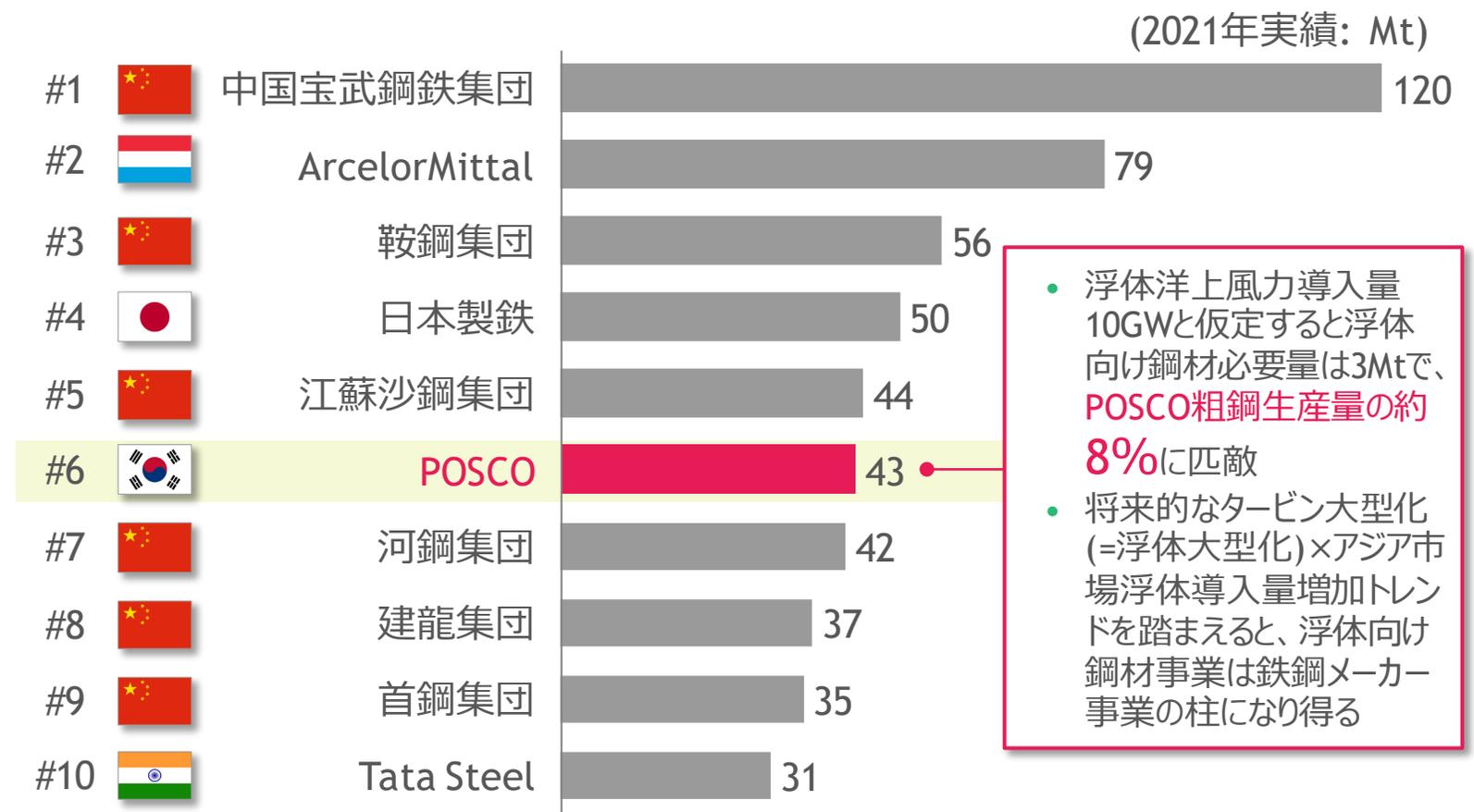
SKプラント x ポスコの浮体協業

ポスコは、SKプラントと共同開発している10MW級浮体"K-Floating"向けに軽量性と構造安定性を両立させる高機能鋼材を供給

- 約40m/s風況、2m/潮流、10m波高の過酷な海上自然環境でも構造的・機能的安定性を維持

~300t
洋上風力浮体1MW
当たり鋼材必要量

主要鉄鋼メーカー粗鋼生産量と浮体向け鋼材成長ポテンシャル



- 浮体洋上風力導入量10GWと仮定すると浮体向け鋼材必要量は3Mtで、**POSCO粗鋼生産量の約8%**に匹敵
- 将来的なタービン大型化(=浮体大型化)×アジア市場浮体導入量増加トレンドを踏まえると、浮体向け鋼材事業は鉄鋼メーカー事業の柱になり得る



SKエコプラントは、2028年以降の浮体海外本格展開を想定しており、ベトナムを最有望ターゲット国として、現地での浮体生産を志向

SKエコプラント: 洋上風力浮体海外戦略

 **SK ecoplant**
元Supplier Quality Managerヒアリングコメント

Where

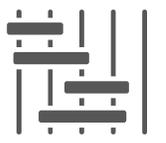


ターゲット地域

- ターゲット地域はAPAC(中国除く)
- 特にベトナムを最有望視
 - 2023年7月: SKグループ傘下のSK E&Sがベトナムホーチミンに現地事務所を開設

“ ①韓国企業数も多く、韓国プレゼンスが高い点、②現地に鉄鋼/重工業産業が根付いている点、③50m以上の水深・海域条件から浮体ポテンシャルが高いため、ベトナムを海外展開における最有望国と認識している

When



海外展開時期

- 2027年以降を想定
 - 当面はSKグループ開発主導のUlsan - SKでの稼働実績蓄積後を想定
 - 韓国内での量産体制構築にも注力

“ 浮体案件開発は韓国案件を最優先で進めており、SK oceanplantは慶尚北道南西部(Gosung)に洋上風力発電用下部構造物の新工場の建設を計画(敷地157万㎡、生産能力65万t/年)

What

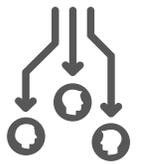


海外展開スコープ

- 海外に浮体製造拠点を設立し、現地生産する意向

“ 浮体式洋上風力事業で最も重要なのは"Accessibility to water"であり、海外現地で浮体基礎を組み立てるための敷地確保がKey Success Factorとなる

Who/How



参入/協業方針

- 既にベトナム現地での2~3の造船系中堅企業とのパートナーシップを協議中
- 鉄鋼分野ではポスコとの共同海外展開を視野

“ 現地の造船会社との協業を最優先と考えており、基礎の組立や据付では出来る限り現地企業との連携を進めていく方針
また、浮体では鉄の供給も非常に重要なため、ポスコと長年浮体を開発してきた経験が海外展開でも生きる

アジア洋上風力浮体メーカー分析: 詳細



台湾/中国

台湾・中国: 主要浮体式メーカー企業概要

	台湾国際造船 (CSBC) 	中国船舶集团 (CSSC) 	惠生集团 (Wison Group) 
民間/国有	<ul style="list-style-type: none"> 民間(国有→民営化) 	<ul style="list-style-type: none"> 国有 	<ul style="list-style-type: none"> 民間
設立・経緯	<ul style="list-style-type: none"> 1973年：設立 1978年：造船系国有企業2社(旧CSBC、TSBC)が合併 2008年：民営化 	<ul style="list-style-type: none"> 1999年：設立 2019年：造船系国有企業が2社(旧CSSC、CSIC)が経営統合 	<ul style="list-style-type: none"> 2003年：設立
従業員数	<ul style="list-style-type: none"> 約2,800人 	<ul style="list-style-type: none"> 約220,000人 	<ul style="list-style-type: none"> 非公開 (数千人規模)
資本関係	<ul style="list-style-type: none"> 主要株主：中華民国經濟部 	<ul style="list-style-type: none"> 不明(国有企業) 	<ul style="list-style-type: none"> 不明
主要事業	<ul style="list-style-type: none"> 造船(民間船舶・軍艦) 船舶O&M 	<ul style="list-style-type: none"> 造船(民間船舶・軍艦) 船舶O&M 船用機器・計器製造 	<ul style="list-style-type: none"> O&G/化学系エンジニアリング 洋上/海洋エンジニアリング 先進素材開発(化学系)
売上高	<ul style="list-style-type: none"> \$716M 	<ul style="list-style-type: none"> \$50,202M 	<ul style="list-style-type: none"> 非公開 (\$1,000M規模)
海外拠点	<ul style="list-style-type: none"> 無し 	<ul style="list-style-type: none"> 無し 	<ul style="list-style-type: none"> アジア：シンガポール、サウジアラビア、UAE、イラク、ウズベキスタン 他、欧州/北・南米/アフリカ計8か国

Source: 各種公開情報; Capital IQ; エキスパートインタビュー; BCG分析

台湾・中国: 主要浮体式メーカー技術/事業開発動向サマリ

台湾国際造船 (CSBC) 

中国船舶集団 (CSSC) 

恵生集団 (Wison Group) 

技術開発	浮体型式	"Taida Float" セミサブマーシブル 3コラム型	"Fu Yao" セミサブマーシブル 3コラム型	"BT Wind" / "w.semi" <ul style="list-style-type: none"> BT Wind: スパー型 w.semi: セミサブマーシブル 3コラム型 	
	開発動向	<ul style="list-style-type: none"> 15MW(開発中) 	<ul style="list-style-type: none"> 6.2MW('22年5月: プロトタイプ認証取得) 16MW(開発中) 	<ul style="list-style-type: none"> BT Wind: 8MW(AiP取得時期不明) w.semi: 15MW('21年12月: AiP取得) 	
事業開発	国内主要取組案件	Chu Tin Demonstration Project: 100MW <ul style="list-style-type: none"> 海域: 新竹市沿岸22-30km/水深60-90m 事業者: Flotation Energy/CSBC Corporation 	Wanning Floating Wind Project: 1,000MW <ul style="list-style-type: none"> 海域: 海南省万寧市15-21km/水深90-100m 事業者: 中国電力建設集団 稼働予定: '25-'27年 	Yangxi Shapa wind farm 400MW <ul style="list-style-type: none"> 海域: 広東省陽江市沙扒鎮28km/水深28-32m 事業者: 中国三峡集団 稼働予定: '21年12月より稼働済み 	
	海外展開	ターゲット国	海外展開する場合、APACを想定 <ul style="list-style-type: none"> 特に日本/タイ/インドネシアが有望 	ベトナム/フィリピン <ul style="list-style-type: none"> 特にベトナムを有望視 	ベトナム/フィリピン <ul style="list-style-type: none"> 特にベトナムを有望視
		海外展開時期	海外展開する場合、2028年以降を想定 <ul style="list-style-type: none"> 当面は台湾国内の技術開発・実証実験に注力 	2028年以前を想定 <ul style="list-style-type: none"> 当面は海南島の実証実験に注力 	2026-2027年 <ul style="list-style-type: none"> 当面は中国国内の技術開発・実証実験に注力
		海外展開スコープ	海外展開する場合、海外現地生産を想定 <ul style="list-style-type: none"> 低コスト化の観点で、安価な労働力を利用する方針 	海外現地生産 <ul style="list-style-type: none"> 発電設備の製造・据付まで中国がリードし、メイドインチャイナの技術でサプライチェーンを構築 	国内生産+海外輸出 <ul style="list-style-type: none"> 中国国内で保有する造船所で製造し、海外に輸出する方針
参入/協業方針	<ul style="list-style-type: none"> 海外展開する場合、台湾国内で協業しているグローバルの洋上風力発電事業者と連携 	<ul style="list-style-type: none"> 現地政府とリレーションを持つローカル発電事業者等との協業を重要視 	<ul style="list-style-type: none"> 現地のマーケット環境や規制を理解する強いローカルEPCや発電事業者等との協業を重要視 		



台湾国際造船(CSBC)は、英Floatation Energyと戦略的提携をしており、その後'22年8月に15MW級のセミサブマーシブル型の研究開発を本格化

台湾国際造船(CSBC): 洋上風力浮体開発動向

台湾国際造船(CSBC): 洋上風力向け浮体技術開発経緯



ヒアリングコメント

- “
- 浮体式設備は輸送コストが高く、台湾国内のサプライチェーン構築が必要であり、台湾における浮体式洋上風力開発促進を狙うFlotation Energyから最大手の造船会社であるCSBCに提携の話が持ち掛けられた
 - 台湾大学/海洋産業研究センターと共同でセミサブマーシブル型、3コラムの浮体式基礎の基本設計を開発しているが、実証テストは未実施の段階
 - 2028年以降の商用運転開始を目指して、Flotation Energyと実証実験を計画中で、2026年の運転開始を予定している



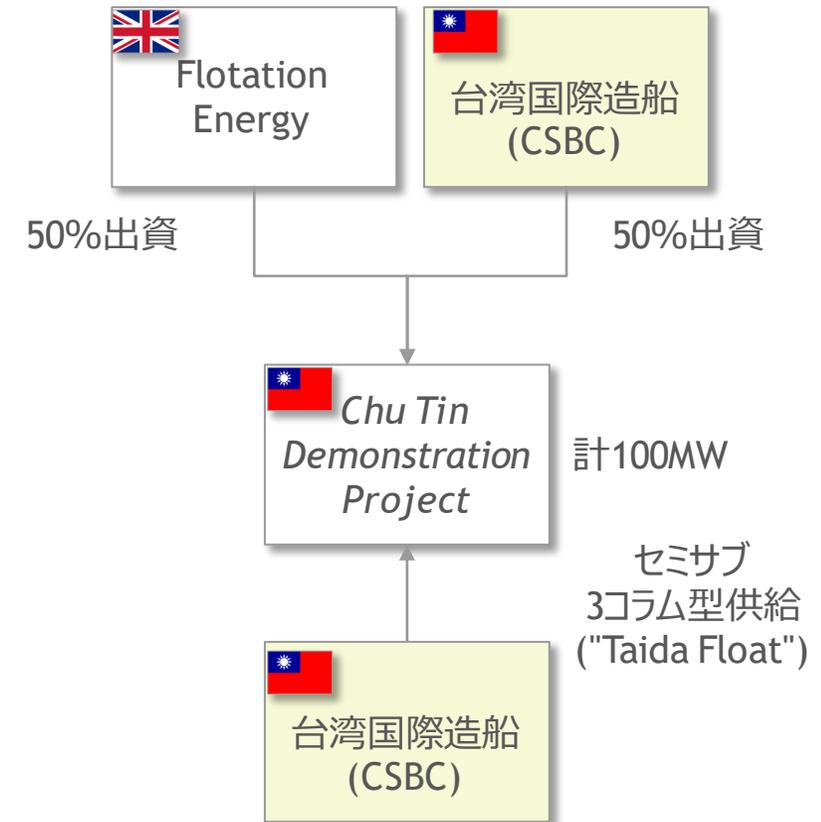
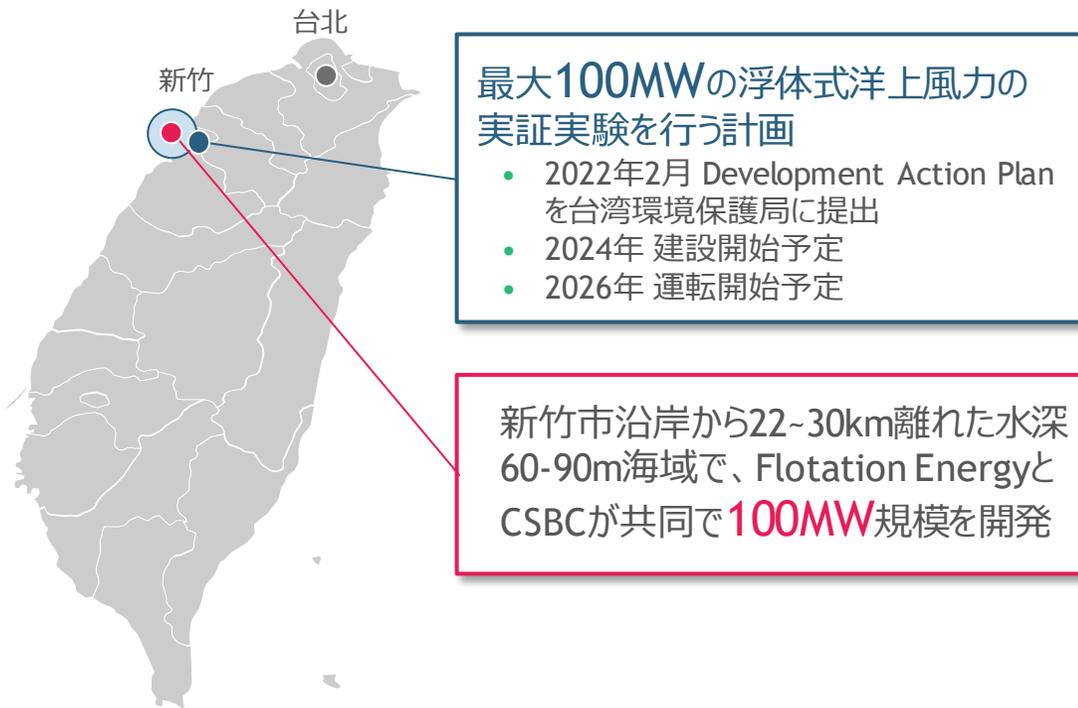
- 台湾国際造船(CSBC)
Senior Engineer

台湾国際造船(CSBC)は、Flotation Energyと台湾北西部の新竹市台湾海峡エリアの Chu Tin Demo PJで最大100MWの浮体式洋上風力の実証実験を計画中

台湾国際造船(CSBC): 台湾内洋上風力浮体展開動向

Chu Tin Demonstration Project概要

Chu Tin Demonstration Projectスキーム(想定)





台湾国際造船(CSBC)は、海外展開する場合、日本/タイ/インドネシアを 最有望ターゲット国として、2028年以降の現地での浮体生産を想定

台湾国際造船(CSBC): 洋上風力浮体海外戦略

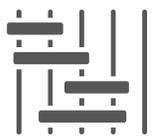
Where



ターゲット地域

- 海外展開する場合のターゲット国は、日本/タイ/インドネシア
 - 企業文化の観点で海外進出しない可能性もあり
- 沿岸の石油・ガス産業が発達しており、港湾インフラが整っている国がターゲット

When



海外展開時期

- 海外展開する場合、2028年以降を想定
 - 当面は台湾国内の技術開発・実証実験に注力

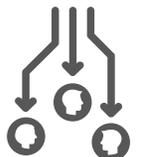
What



海外展開スコープ

- 海外展開する場合、海外に製造拠点を設立し、現地生産する意向
 - 低コスト化の観点で、安価な労働力を活用する方針

Who/How



参入/協業方針

- 海外展開する場合、台湾国内で協業しているグローバルの洋上風力事業者と連携
 - Flotation Energy



台湾国際造船(CSBC) Senior Engineer
ヒアリングコメント

“ 元国有企業で台湾国外での事業は企業文化の観点で馴染まないため、海外進出しない可能性もあるターゲット国は、浮体式の組み立てに必要な港湾設備等が整っている国が望ましく、沿岸の石油・ガスビジネスが発達している日本・タイ・インドネシアが魅力的

“ まずは台湾国内の技術開発・実証実験が優先であり、商用化のタイミングを踏まえると、海外展開するとしても2028年以降商用化してコスト低減が進んだタイミングの場合、2030-2035年頃の可能性もあり

“ 東南アジアの場合、台湾国内で生産・輸出するより、安価な労働力を用いて現地で組み立てる方が経済的

“ 本来海外企業との提携はあまり行わない方針だが、Flotation Energyは英国の優良企業であり、台湾人General Managerの存在や、台湾国内の浮体式開発、ローカルサプライチェーン構築という目的の合致等を理由に提携している



中国船舶集団(CSSC)は、'22年5月に6MW級セミサブ型プロトタイプの状態認証を取得し、将来的には16MW級浮体の2025年末商用化に向けて大規模化開発を推進中

中国船舶集団(CSSC): 洋上風力浮体開発動向

中国船舶集団(CSSC): 洋上風力向け浮体技術開発経緯



ヒアリングコメント

- “ 子会社のCSSC中国海装は浮体式基礎を製造しており、浮体式洋上風力に必要なタービン・タワー・基礎をグループ内で内製可能
- 中国では2013年より浮体式技術の研究開発が政府レベルで進められており、Fu Yaoはその一環で開発したセミサブマーシブル型の3コラムのモデルで、2022年より実証実験を開始している
- 現在、16MW級を開発中であり、Wanning Floating Wind Projectのフェーズ1の発電機4基の製造を受託済み
2025年末の商用運転開始に向けて開発を加速している

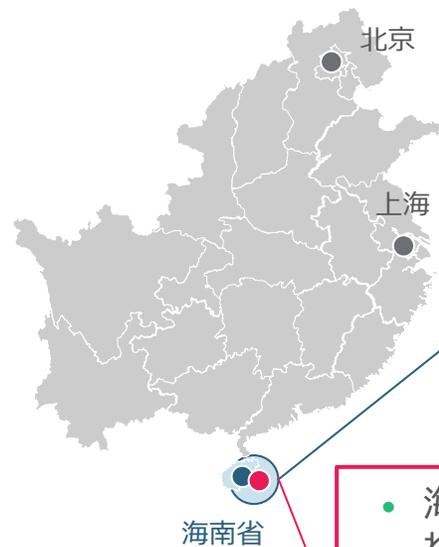


- 中国船舶集団(CSSC)
Head of Project Management

中国船舶集団(CSSC)は、中国電力建設が中国南部海南省で開発中の1GW案件のうち、Phase1の200MWでMing Yang Smart Energyと共同で浮体製造を受注

中国船舶集団(CSSC): 中国内洋上風力浮体展開動向

Wanning Floating Wind Project概要

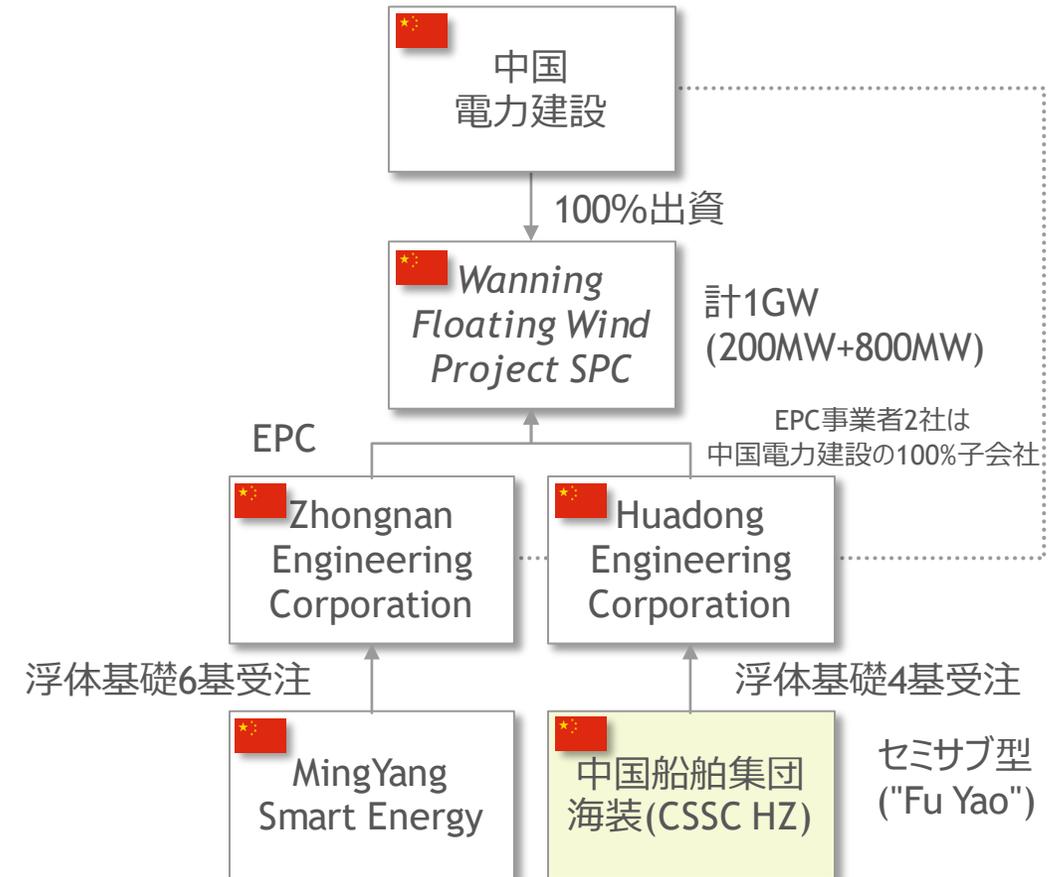


最大1GWの浮体式洋上風力案件を政府主導で開発する計画

- Phase1: 200MW、2025年運転開始
- Phase2: 800MW、2027年運転開始

- 海南省万寧市東部の沿岸から22km離れた水深100m海域で、中国電力建設集団が2案件/1GW規模を開発
- そのうち、Phase1の200MWの建設予定の発電機12基のうち、4基を中国船舶集団が受注

Wanning Floating Wind Projectスキーム





中国船舶集団(CSSC)は、2028年までに浮体の海外本格展開を想定しており、ベトナムを最有望ターゲット国として、現地での浮体生産を志向

中国船舶集団(CSSC): 洋上風力浮体海外戦略

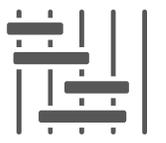
Where



ターゲット地域

- ターゲット国は、ベトナム/フィリピン
- 特にベトナムは、クリーンエネルギーニーズの高まり、海域のポテンシャル、低コスト製造を可能とする安価な労働力の存在等から有望視

When



海外展開時期

- 2028年以前を想定
 - 当面は海南省のWanning Floating Wind Projectの実証実験に注力

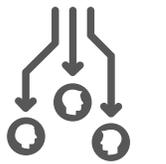
What



海外展開スコープ

- 海外に、タービン/タワー/浮体基礎の一連の設備の製造拠点を設立し、現地生産する意向

Who/How



参入/協業方針

- 発電設備の製造・据付まで中国企業がリードし、メイドインチャイナの技術でサプライチェーンを構築
- 現地政府とリレーションを持つローカル発電事業者等との協業を重要視

 中国船舶集団(CSSC)
Head of Project Management
ヒアリングコメント

“ 東南アジアは、海域ポテンシャル、クリーンエネルギーのニーズの高まり、安価な労働力の存在が魅力
オーストラリアは、中国と対立関係にある米国の影響を大きく受けており、中国企業は参入が難しい

“ 現時点では海南島の実証実験に注力しているが、今後5年以内には東南アジアに進出し、現地での事業化・収益確保も可能だろう
ベトナムでは、既に2020年に着床式案件(78MW)のモノパイル型発電機30基の供給実績あり

“ 子会社のCSSC中国海装は浮体式基礎を製造しており、浮体式洋上風力に必要なタービン・タワー・基礎をグループ内で内製可能
現地の安価な労働力を活用して製造コストを抑える方針

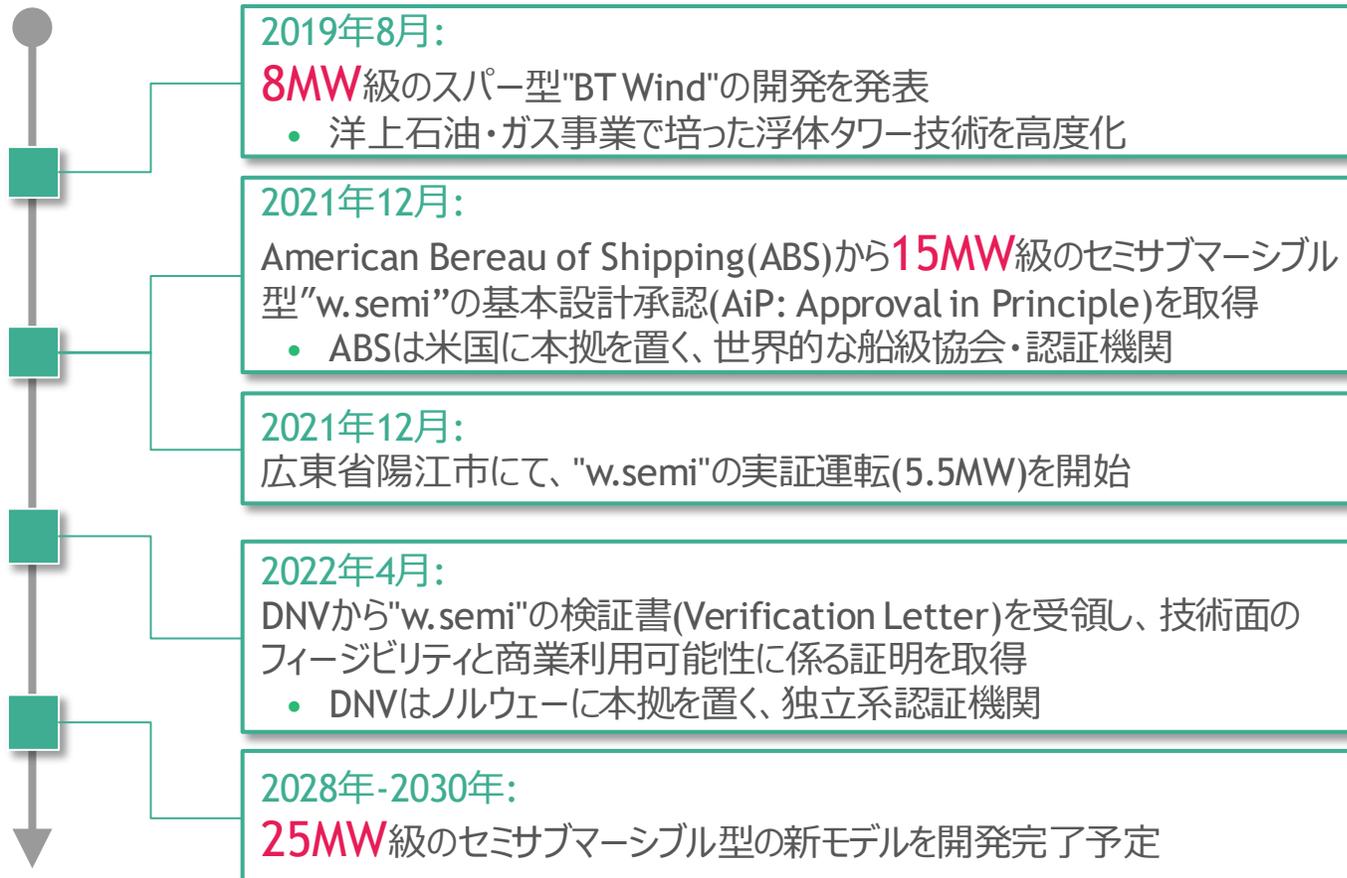
“ 中国の高速鉄道輸出と同様のビジネスモデルで、発電設備の製造・据付まで一貫して中国企業がリード
現地の社会・文化・政治環境を理解するパートナーは必須であり、政府とのコネを持つ電力会社等との提携が重要



恵生集団(Wison)は、'19年8月から浮体開発を本格化し、'21年12月に15MW級セミサブ型のAiP(基本設計承認)を取得しており、中国初の浮体式実証実験も稼働済み

恵生集団(Wison): 洋上風力浮体開発動向

恵生集団(Wison): 洋上風力向け浮体技術開発経緯



ヒアリングコメント

- “
- 2023年頃より2つのモデル"BT Wind"と"w.semi"の開発を開始したが、現状の主流はセミサブマーシブル型の"w.semi"
 - 型式が異なる2種類の浮体式を開発したのは、顧客のニーズ、水深/風況等のロケーションにあわせて提供できるようにするため
 - タービンの巨大化にあわせて浮体式も大きくしていく必要があり、現状15-20MW級を開発中にて、今後5-7年以内に25MW級の開発が完了するだろう
 - セミサブマーシブル型の"w.semi"は既にデザインコンセプトを開発/AiP取得/実証実験運転開始済みだが、本業のLNG事業でもリソースが必要であり、商用化には時間を要する

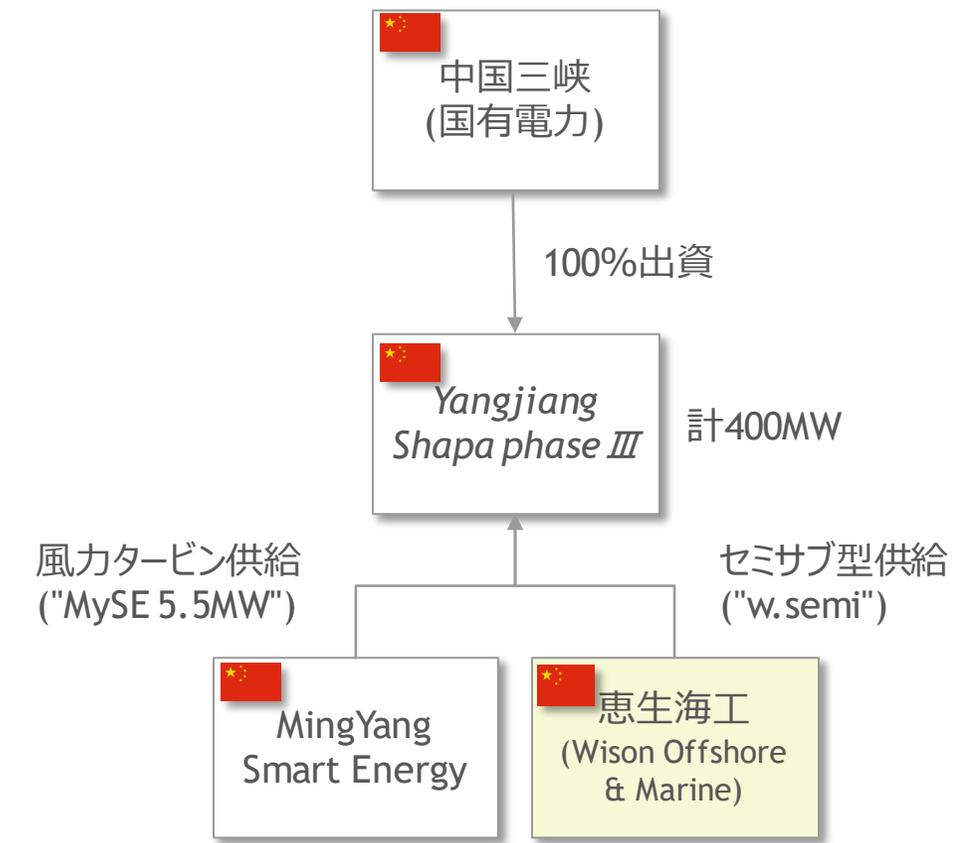
 - 恵生海工(Wison Offshore & Marine)
Director of Business Development

恵生集団(Wison)は、国有電力中国三峡が中国南部広東省陽江で開発中の400MWのうち実証試験規模の5.5MW案件の浮体製造を受注

恵生集団(Wison): 中国内洋上風力浮体展開動向

Yangjiang Shapa Wind Farm概要

Yangjiang Shapa Wind Farmスキーム





恵生集団(Wison)は、2026-2027年までに浮体海外本格展開を想定しており、ベトナムを最有望ターゲット国として、自国生産・輸出を志向

恵生集団(Wison): 洋上風力浮体海外戦略

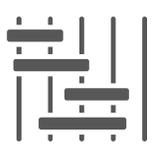
Where



ターゲット地域

- ターゲット国は、ベトナム/フィリピン
- 特にベトナムは、海域のポテンシャルの高さと、グローバルプレーヤーが少なく競争がそこまで激しくないことから、有望視

When



海外展開時期

- 2026-2027年を想定
 - ターゲット国の再エネニーズの高まりを待ちつつ、当面は中国国内の技術開発・実証実験に注力

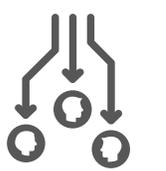
What



海外展開スコープ

- 国内で浮体式基礎を生産し、海外に輸出する方針
 - ベトナム/フィリピンには浮体式製造のための設備とサプライチェーンが備わっていない
 - クオリティ、納期、コスト等を自社の管理下に置くことを重視

Who/How



参入/協業方針

- 現地のマーケット環境や規制を理解する強いローカルEPCや発電事業者等との協業を重要視



恵生海工 (Wison Offshore & Marine)
Director of Business Development

“ 浮体式洋上風力のポテンシャル、政府の洋上風力導入目標・ロードマップの存在等から、ベトナム/フィリピンは魅力的
特に海域のポテンシャルが高く、まだ競争がさほど激しくないベトナムは有望

“ ベトナム/フィリピンにおける石炭依存の大きさは留意が必要だが、今後の再エネニーズの高まりや中国側の技術開発の進捗を踏まえると、2026-2027年頃の進出が想定される

“ 現地生産する場合、大規模な造船所などの初期投資が必要であり、輸送コストや労働コストを鑑みても国内の既存の造船所で製造して輸出する方が経済的
クオリティ、納期、コスト等、自社でコントロールしたいため、80%以上は国内で組み立ててから輸出する方針

“ 浮体式の海外展開におけるKSFの一つは、強いローカルパートナーとの協業であり、政府との交渉能力を持つEPCやデベロッパーが望ましい
民間だけでなく、国有企業もターゲットとなる

アジア浮体メーカーは量産化に向けて資金面の課題は少ないものの、ヒト(製造人員)、モノ(部品調達/製造拠点)が不十分であり、今後はリソース拡充/技術発展を図る方針

アジア浮体メーカー量産化動向

	 現代重工業	 サムスン重工業	 CSBC(台湾)	 Wison(中国)	
浮体量産化に必要なリソース	 "ヒト" (製造人材)	 要整備 <ul style="list-style-type: none"> 設計-製造-据付で、計200-300人/週の人員確保が必要 	 要整備 <ul style="list-style-type: none"> 新規人員確保が必要 製造拠点毎の生産性安定化のため、ケイパの底上げが必要 	 要整備 <ul style="list-style-type: none"> 溶接工200-300人の海外からの採用が必要 <ul style="list-style-type: none"> - インドネシア/フィリピン等 	 要整備 <ul style="list-style-type: none"> 設計士/組立要員/エンジニアの計300-500人の確保が必要
	 モノ (部材調達)	 要整備 <ul style="list-style-type: none"> より短期間に安定量の調達を可能にするサプライチェーン拡充が必要 	 要整備 <ul style="list-style-type: none"> 比較的量産向きのセミサブマージブル3コラム型を開発 	 要整備 <ul style="list-style-type: none"> 浮体基礎に付ける鉄製チェーンの供給網確保が必要 	 要整備 <ul style="list-style-type: none"> 鉄鋼メーカー/電気設備事業者/EPC事業者等との強固な提携関係の構築
	 (製造拠点)	 要整備 <ul style="list-style-type: none"> 浮体式基礎組立のための拠点の拡充が必要 	 要整備 <ul style="list-style-type: none"> 他の造船企業と製造拠点を共用する方針 <ul style="list-style-type: none"> - HSG Sungdong 	 要整備 <ul style="list-style-type: none"> 高さ制限が無い広い敷地を拡充する必要 	 確保可能 <ul style="list-style-type: none"> 既存の生産設備で対応可能
	 "カネ" (設備投資)	 確保可能 <ul style="list-style-type: none"> 民間からの資金調達を想定 <ul style="list-style-type: none"> - 政府からの資金支援は見込めず 	 確保可能 <ul style="list-style-type: none"> 民間からの資金調達を想定 <ul style="list-style-type: none"> - 政府からの資金支援は見込めず 	 条件付きで可能 <ul style="list-style-type: none"> 海外投資家の強い資金力に依拠 	 確保可能 <ul style="list-style-type: none"> 政府/新開発銀行等からの資金支援を活用する方針
量産体制の整備方針	<ul style="list-style-type: none"> 計200-300人の人員補充 グローバルデベロッパーとの協業による浮体中核技術の獲得 <ul style="list-style-type: none"> - Equinor/Shell/CIP 	<ul style="list-style-type: none"> 量産に適したモデルの開発 他の造船企業との製造拠点の共有化 <ul style="list-style-type: none"> - HSG Sungdong 	<ul style="list-style-type: none"> 海外から200-300人規模の溶接工を採用 資金面は、海外投資家の資金力をレバレッジして調達 	<ul style="list-style-type: none"> 計300-500人の人員補充 グローバルエキスパートの積極雇用で技術開発/コスト削減 <ul style="list-style-type: none"> - Equinor/Total等 	

(参考)アジア浮体メーカー量産化動向: ヒアリングコメント(抜粋)

浮体量産化に必要なリソース

モノ



"ヒト"
(製造人材)

“ 蔚山の実証実験ですら、設計-製造-据付全工程で人が足りておらず、現状は既存の石油・ガスから人材を移管してなんとか対応している。蔚山を例にとると、1GW分の浮体70基超の据付に1.5年を要し、1基につき200-300人/週の人に関与するため、今後この規模で人員確保が必要
- サムスン重工 関係者

“ マンパワー不足は大きな課題で、特に溶接工が足りない現状約300人の溶接工がいるが、将来的に200-300人追加が必要。台湾国内でこの人数を確保するのは困難なため、インドネシアやフィリピン等からの採用を検討しているが、技術研修に6-8か月かかる
- 台湾国際造船(CSBC) 関係者



(部材調達)

“ 浮体式基礎と造船は必要な部品/プロセスが似ているので、韓国内でサプライチェーンは一定程度確立されていると言えるが、量産を見据えた時、より沢山の材料が短期間で必要になるため、さらに供給網を発展させる必要がある
- 現代重工 関係者

“ 浮体基礎に必要な鉄製チェーンの確保が課題で、水深50mの場合、一つの浮体に長さ400mのチェーンが6本、計2400mのチェーンが必要だが、これを作るQualified supplierは台湾国内にいない
- 台湾国際造船(CSBC) 関係者



(製造拠点)

“ 一つのプロジェクトで80基の浮体式を製造する場合、一つの拠点で対応するのは困難なため、2-3の拠点で分担するMulti-productionが必要で、同業のHSG Sungdongは洋上風力基礎専用のヤードを整備予定とのことなので、生産拠点を共有してもらえないか検討している
- サムスン重工 関係者

“ 既存のヤードにおける造船/石油ガス事業の生産ラインの稼働率が高く、今後の量産を見据えた際、浮体式基礎の組立のためのキャパシティが不足するため、さらなる拡充が必要だろう
- 現代重工 関係者



"カネ"
(設備投資)

“ 韓国政府による浮体OEMへの補助金は見込めないが、再エネ案件への引き合いは国内外共に高く、民間からの資金調達は問題視していない
現に当社が受注したDonghae案件はノルウェーのEquinor社が韓国企業と並んで33.3%出資している
- サムスン重工 関係者

“ 資金調達は現状大きく懸念視していない
韓国政府からの資金支援はアクティブではないが、国内の再エネ需要の高まりにより民間資金を呼び込むことはさほど難しくない
- 現代重工 関係者



現代重工は、量産化に向けたヒト・モノの不足を踏まえ、追加的な人員確保やサプライチェーン強化、グローバルデベロッパーとの協業を通じた中核技術の発展を志向

現代重工業：浮体量産化動向



- Hyundai Heavy Industries
元Engineering Coordinator ヒアリングコメント

量産に向けた体制整備状況・方針

エキスパートコメント

量産化に必要なリソース



"ヒト"
(製造人材)



要整備

- 設計-製造-据付の全工程で、計200-300人/週の人員確保が必要
 - 石油・ガス事業からの人材移管は可能だが、量産には追加の人員補充が必要



モノ
(部材調達)



要整備

- より短期間に安定量の調達を可能にするサプライチェーン拡充が必要
 - 現状必要な"量"は確保できているが、量産には納期に合わせたより多くの調達が必要
- 将来的にタービンの国内サプライチェーン確立も課題



(製造拠点)



要整備

- 浮体式基礎の組立のための拠点の拡充が必要
 - 既存の造船/石油ガスの生産ラインは高稼働



"カネ"
(設備投資)



確保可能

- 民間資金の調達を想定
 - 韓国政府からの資金支援は見込めず
 - 国内の再エネ需要の高まりにより民間資金調達は比較的容易

“蔚山の実証実験ですら、設計-製造-据付全工程で人が足りておらず、現状は既存の石油・ガスから人材を移管してなんとか対応している。蔚山を例にとると、1GW分の浮体70基超の据付に1.5年を要し、1基につき200-300人/週の人に関わるため、今後この規模で人員確保が必要”

“浮体式基礎と造船は必要な部品/プロセスが似ているので、韓国国内でサプライチェーンは一定程度確立されていると言えるだろう。一方で、量産を見据えた時、より沢山の材料が短期間で必要になるため、さらに供給網を発展させる必要がある。また、グローバルOEMに依拠しているタービン供給網の確立も今後の課題”

“既存のヤードにおける造船/石油ガス事業の生産ラインの稼働率が高く、今後の量産を見据えた際、浮体式基礎の組立のためのキャパシティが不足するため、さらなる拡充が必要だろう”

“資金調達は現状大きく懸念視していない。韓国政府からの資金支援はアクティブではないが、国内の再エネ需要の高まりにより民間資金を呼び込むことはさほど難しい”



量産体制の整備方針

- 設計-製造-据付の全工程で、新規雇用/人員再配置により、計200-300人の人員を補充
- 既存のサプライヤーとの連携強化により、量産体制に耐えうるサプライチェーン構築を志向
- Equinor/Shell/CIPなどのグローバルデベロッパーとの協業を通じた浮体の中核技術の獲得により、商用化を加速



サムスン重工は、量産化に向けたヒト・モノの不足を踏まえ、デザイン/製造工程の簡素化と、他社の製造拠点の共用・活用を検討している

サムスン重工業：浮体量産化動向



Samsung Heavy Industries
元General Managerヒアリングコメント

量産に向けた体制整備状況・方針

エキスパートコメント

量産化に必要なリソース



"ヒト"
(製造人材)



要整備

- 浮体式基礎組立のための新規人員確保が必要
- 製造拠点毎の生産性/ケイパの底上げ・統一化が必要
 - 複数拠点で製造するMulti-productionを想定



モノ
(部材調達)



要整備

- 比較的量産向きセミサブマーシブル3コラム型を開発
 - 適用海域が広く、海域に応じたカスタマイズの幅を抑えることができる
 - 同じセミサブマーシブルの中でも部品数が少ない



(製造拠点)



要整備

- 複数の製造拠点でのMulti-productionを志向
- 他の造船企業と製造拠点を共用する方針で検討中
 - HSG Sungdongが洋上風力基礎専用ヤードを整備予定



"カネ"
(設備投資)



確保可能

- 民間資金の調達を想定
 - 政府の浮体OEMへの資金サポートは見込めず
 - 国内外からの再エネ案件への引き合いは大きい



現状の造船/石油ガスの生産稼働率は高く、浮体式基礎の組立のための人員は不足
複数拠点での製造するMulti-productionを想定しているが、拠点毎に生産性/ケイパリティが異なるため、拠点同士の品質管理は課題



デベロッパーからオンタイムの納品が求められることから、なるべく部品数が少なく製造工程が簡素なモデルを開発する必要あり
当社が開発するセミサブマーシブル型は適用海域が広く、3コラム型なので、他の4コラム型などと比して必要な部品数が少なく済む



1つのプロジェクトで80基の浮体式を製造する場合、1つの拠点で対応するのは困難なため、2-3の拠点で分担するMulti-productionが必要
同業のHSG Sungdongは洋上風力基礎専用のヤードを整備予定とのことなので、生産拠点を共有してもらえないか検討している



韓国政府による浮体OEMへの補助金は見込めないが、再エネ案件への引き合いは国内外共に高く、民間からの資金調達は問題視していない
現に当社が受注したDonghae案件はノルウェーのEquinor社が韓国企業と並んで33.3%出資している



量産体制
の整備方針

- 比較的量産向きモデルであるセミサブマーシブル3コラム型を開発し、カスタマイズの幅や必要部品数等を抑える方針
- 他の造船企業HSG Sungdongの製造拠点の共用・活用により、製造キャパシティ不足を補完



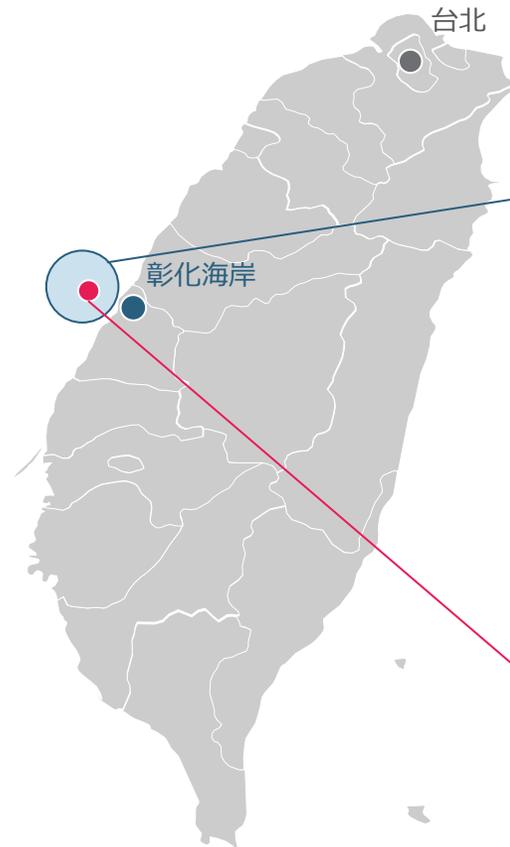
HSG Sungdongは、韓国の中堅造船企業であり、Ørsted社が主導する台湾の洋上風力案件にて着床式基礎を製造・供給予定

HSG Sungdong: 企業概要

企業概要

社名	HSG Sungdong Shipbuilding
本社所在地	韓国統営市(トンヨン市)
設立年	2003年
従業員数	1,001人
売上高	\$111 M(2022/12期)
主要事業	造船/海洋構造物製造
製造拠点	計3つのヤードを保有 <ul style="list-style-type: none"> 総面積: 1,190,083m² ドック数: 1つ(内径55m、長さ320m) 工場機能: 鉄の前処理、切断、加工、組立、塗装

洋上風力の取組動向



台湾彰化海岸沖にて、Ørsted社による最大**920MW**の着床式洋上風力案件の開発計画あり(Greater Changhua Project)

- 彰化海岸から35~60km
- 2025年末稼働開始予定

- 2023年5月にHSG Sungdong Shipbuildingは着床基礎を数千億ウォンで受注
- 14MW**級のサクシオン・バケット式基礎を33基供給予定



台湾国際造船(CSBC) は、量産化に向けたヒト・モノ・カネの不足を踏まえ、 海外からの人材採用/育成、製造拠点の拡大、海外投資家の招聘等に対応予定

台湾国際造船(CSBC): 浮体量産化動向



- 台湾国際造船(CSBC) Senior Engineer

量産に向けた体制整備状況・方針

エキスパートコメント

量産化に必要なリソース



"ヒト"
(製造人材)



要整備

- 新たに国外から溶接工200-300人の新規採用が必要
 - 既存の造船業でも溶接工は不足している
 - インドネシア/フィリピン等から採用し、6-8か月で技術指導を行う方針



モノ
(部材調達)



要整備

- 浮体基礎に付ける鉄製チェーンの供給網確保が必要
 - 鉄製チェーンを製造できる企業が国内に不在
 - 浮体1基に最低でも400m×6本のチェーンが必要
- 鉄は海外からの輸入含めて調達可能



(製造拠点)



要整備

- 高さ制限が無い広い敷地を拡充する必要あり
 - 現状保有数2つのヤードは高さ規制、敷地不足で14MW級の組立が不可能



"カネ"
(設備投資)



条件付き
で可能

- 海外投資家の強い資金力に依拠
 - 台湾政府からの資金サポートが手厚くない
 - 資金力に乏しい台湾企業だけで莫大な投資を賄うのは困難



マンパワー不足は大きな課題で、特に溶接工が足りない
現状約300人の溶接工がいるが、将来的に200-300人追加が必要
台湾国内でこの人数を確保するのは困難なため、インドネシアやフィリピン
等からの採用を検討しているが、技術研修に6-8か月かかる



浮体基礎に必要な鉄製チェーンの確保が課題で、水深50mの場合、一
つの浮体に長さ400mのチェーンが6本、計2400mのチェーンが必要だが、
これを作れるQualified supplierは台湾国内にいない
鉄は現状供給過剰であり、日本/韓国/中国からの輸入も含めて賄える



2つあるヤードは、高さ規制と敷地不足でどちらも浮体製造が困難
Kaohsiungのヤードは空港の近くのため上限96mの高さ制限があり、
14MW級だと組立に240mの高さが必要になるので、使用不可
Keelungのヤードは高さは問題ないが浮体製造のための敷地が足りない



中国などと比して政府からの補助金の方針は明確でなく、あてにできない
民間だけの資金調達の場合、台湾企業の約9割は中小企業なので、
全ての資金を賄うのは困難であり、海外企業の強い資金力が無いと
難しい



量産体制
の整備方針

- 海外から200-300人規模の溶接工人材採用・育成により、マンパワー不足をカバー
- 資金面は、海外投資家の資金力をレバレッジして調達



恵生集団(Wison)は、量産化に向けたヒト・モノの不足を踏まえ、追加的な人員補充やサプライチェーン強化、グローバルエキスパートの採用による技術開発/コスト削減を加速

Wison: 浮体量産化動向



恵生海工(Wison Offshore & Marine)
Director of Business Development

量産に向けた体制整備状況・方針

エキスパートコメント

量産化に必要なリソース

ヒト
モノ
カネ

"ヒト"
(製造人材)

(部材調達)

(製造拠点)

"カネ"
(設備投資)

- 要整備**
 - 新たに設計士/組立要員/エンジニアの確保が必要
 - 設計-組立-据付の各工程で、計300-500人の確保が必要
 - 可能な限り既存の造船事業から人材をシフト
- 要整備**
 - 中国内の鉄鋼メーカー/電気設備事業者/EPC事業者等との強固な提携関係の構築が必要
 - 既に鉄鋼メーカーとは戦略的提携関係を結んでいるが、量/タイムラインの面で強化余地あり
- 整備不要**
 - 既存の生産設備で対応可能
 - 中国内の2つのヤードの中で、既存の造船/石油ガス関連の生産ラインと共存可能
 - 現状の敷地で20-25MW級の浮体製造が可能
- 確保可能**
 - 政府/新開発銀行等からの資金支援を活用する方針
 - 中国政府/地方政府からは補助金給付あり
 - 新開発銀行からは、非再エネ案件より約4割安い金利で調達可能

- “現状は、2,000人以上の従業員を柔軟に融通しているため問題ないが、今後複数案件を受注した場合は設計/組立/据付いずれの段階でも人員が不足するため、大体300-500人くらいの増員が必要
浮体製造は造船/石油ガス設備に似ているため、ケイパビリティはある
- “中国内の鉄メーカーと戦略的提携関係を結んでおり、鉄は現状十分な量を確保できているが、量産に向けて必要な量やタイムラインを踏まえると、鉄鋼メーカー/電気設備事業者/EPC等とより密接に連携し、一体となってサプライチェーンを築く必要がある
- “2つのヤードを所有しているが、既存の造船/石油ガスの稼働継続を勘案してもなおキャパシティが余っており、洋上風力基礎製造のための敷地も余っている
現状の生産設備でも、20-25MW級の大きさの浮体製造が可能
- “中国政府/地方政府のグリーン補助金や新開発銀行(New Development Bank)の再エネに対する低金利融資などの資金サポートがあるため、資金調達は問題視していない
新開発銀行からは、非再エネ案件と比して約4割安い金利で借りられる



量産体制の整備方針

- 既存の造船業からの人材シフトも含め、設計/組立/据付に計300-500人の人員を確保する方針
- 中国内の鉄鋼メーカー/電気設備事業者/EPC事業者等との提携構築によりサプライチェーン強化を志向
- Equinor/Totalなどのグローバルエキスパートの積極採用により、商用化に向けた技術開発/コスト削減を加速

報告書 目次

(1) 次世代太陽電池海外展開

- 1-1 海外ペロブスカイトPVメーカー分析
- 1-2 ペロブスカイトPV市場動向・導入可能性分析
- 1-3 日本の次世代太陽光海外展開について

(2) 浮体式洋上風力海外展開

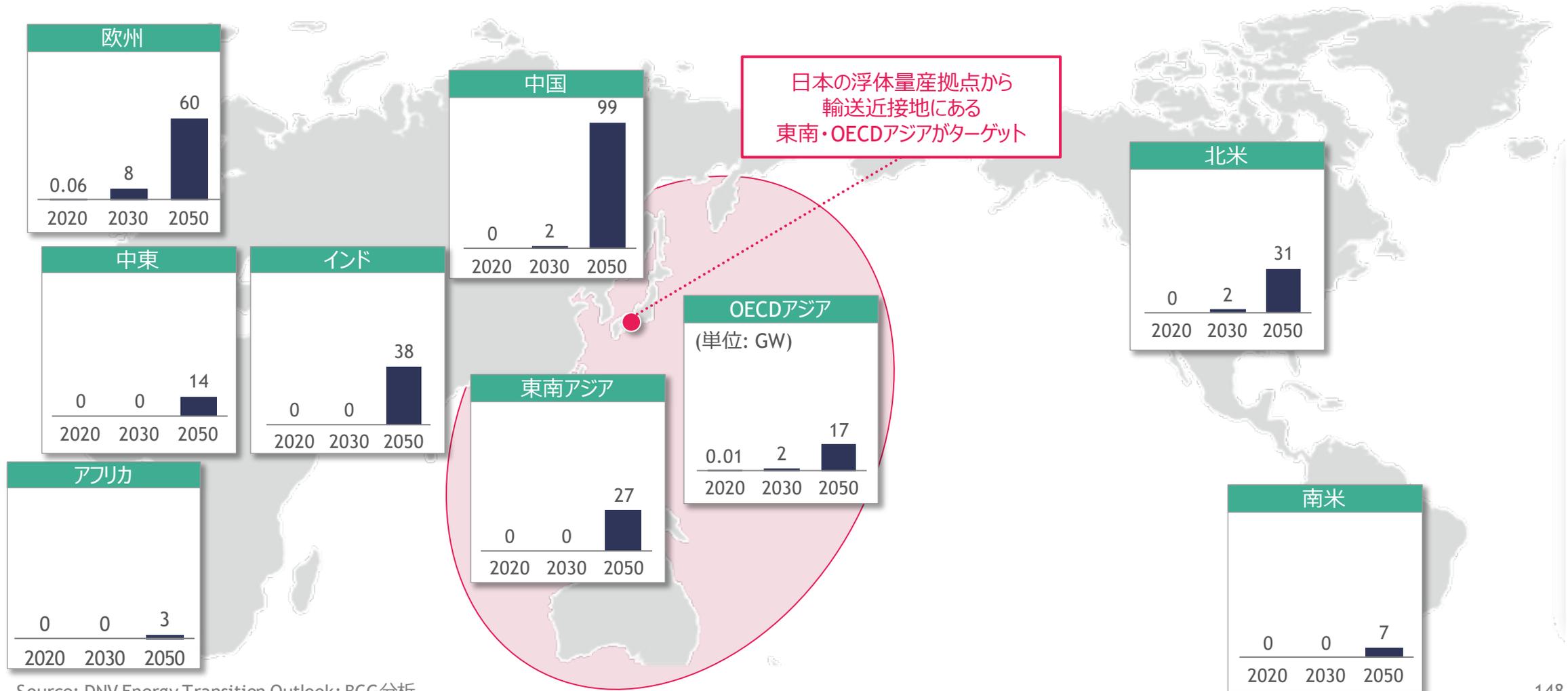
- 2-1 アジア洋上風力浮体メーカー分析
- 2-2 海外浮体式洋上風力市場・公募動向分析
- 2-3 日本の浮体式洋上風力海外展開について

(3) 沖合洋上風力エネルギーキャリア

- 3-1 海外案件開発動向・プレイヤー分析
- 3-2 エネルギーキャリアコスト分析
- 3-3 日本の洋上風力エネルギーキャリア展開について

浮体式洋上風力市場は2030年以降にグローバル市場で導入が拡大し、 日本浮体メーカーの海外展開戦略上では、東南アジア・OECDアジアが有望市場

世界の浮体式洋上風力導入容量見込み(GW)



Source: DNV Energy Transition Outlook; BCG分析

日本浮体メーカーのターゲット市場であるアジアでは、豪州/ベトナム/フィリピンが有望国

日本浮体メーカーの海外展開ターゲット候補国

エネルギー政策動向

洋上風力案件パイプライン動向

洋上風力制度動向



豪州

- 2022年5月の保守連立政権から労働党(緑の党と協力体制)への政権交代で、再エネ導入に追い風
- 2050年に70GW(全体の25%)の風力発電導入シナリオを想定し、シナリオ実現に向けて豪州島南部地域に計41の再エネゾーン(REZ)を指定



- 浮体式(28GW)は、特にVictoria州(11GW)、ニューサウスウェールズ州(17GW)で開発案件計画が拡大

- 6つの洋上風力開発海域が候補となっており、そのうち2海域がエネルギー大臣によって開発区域指定宣言
 - 現在、公募プロセスとしてフィージビリティライセンス申請/審査期間中
- CIS(Capacity Investment Scheme: 差額補償方式)を設計中



ベトナム

- 2023年5月に、第8次国家電力開発基本計画(PDP8)が承認され、2030年に6GW、2050年に70~92GWの洋上風力導入政策目標を標榜
- PDP8はベトナム史上初めて再生可能エネルギーを最優先した電源開発計画となる見通し



- ベトナム南中部、メコンデルタ地域で洋上風力開発案件計画が拡大
- 浮体式案件は現時点では開発が顕在化していないものの、南中部・北中部/紅河デルタ地域では高いポテンシャルあり

- 現時点では洋上風力公募プロセスは未整備で、PDP8正式承認を受けて今後具体化される見込み
- 「①政府主導の特定パイロット事業推進」と「②競争入札公募を通じた導入促進」が両天秤で検討されている模様



フィリピン

- 国家再生エネルギープログラム(NREP)で、再エネ導入比率35%(2030年)、50%(2050年)を標榜
- 再エネ導入目標達成に向けて、再エネゾーン(CREZ)への送配電増強、風力含む発電事業外資規制撤廃(2022年)による投資呼び込みを推進



- 水深50m以上海域に洋上風力適地が多いため浮体式案件(28GW)の割合が大きい
- 主にルソン島北部海域とビサヤ諸島北西部海域に洋上風力適地が存在

- フィリピンでは、洋上風力開発プロセス制度を導入済みで、WESC(Wind Energy Service Contract)を取得することで海域開発権利が可能
- WESCは23年6月月時点で66件/54GW発行済みで、'22年10月の外資規制撤廃以降、欧州事業者向け発行が拡大

海外浮体式洋上風力市場分析: 詳細



豪州

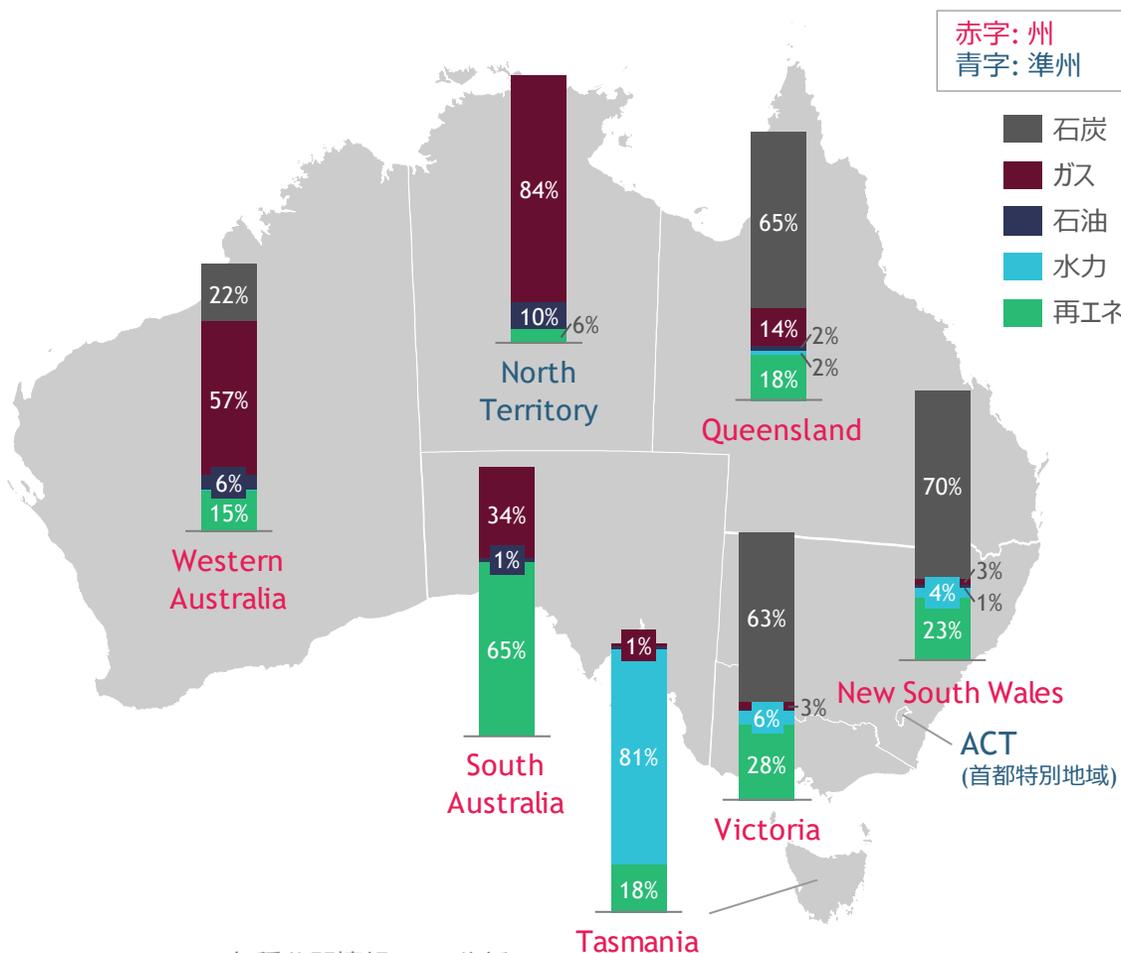
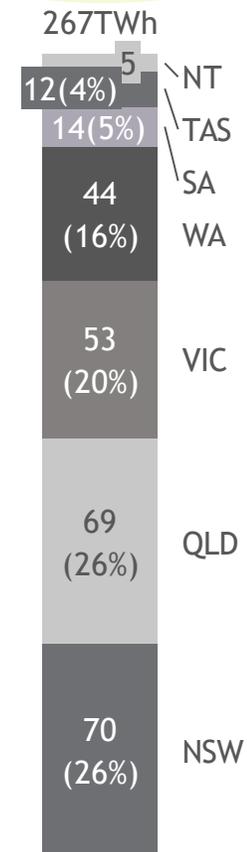


豪州は6州と2準州から成り立つ連邦国家で州毎にエネルギーミックスが異なり、「石炭依存(NSW/QLD/VIC)」「ガス依存(WA/NT)」「再エネ拡大(SA/TAS)」に3類型化

豪州：州別電力動向

豪州別電源構成 (2021年)

豪州総電力需要



豪州別電力供給源類型

類型	該当州	電力需要 (豪州全体に占める割合)	特徴
石炭依存	東部州 • NSW • QLD • VIC	70%	<ul style="list-style-type: none"> 石炭主要産地で電源構成に占める石炭比率が60~70%で極めて高い 洋上風力適地でもあるため、石炭依存からの脱却を狙う
ガス依存	北西部州 • WA • NT	20%	<ul style="list-style-type: none"> 大型ガス田・LNG生産設備が集中しており、電源構成に占めるガス火力比率が60~85%で極めて高い
再エネ拡大	南部州 • SA • TAS	10%	<ul style="list-style-type: none"> SA州は豊富な太陽光・風力資源を有し、再エネ比率65% TAS州は豊富な水力・風力資源を有し、再エネ比率98%

Source: Australian Energy Update 2022; 各種公開情報; BCG分析



豪州では電力系統 + 東南部の卸売市場は国営だが、それ以外は州営が中心であり、州毎に独自のエネルギー政策・戦略を有しているため州が強い権限を有する(米国と類似)

豪州: 電力システム運営状況

豪州電力システム上の国・州・民の運営分担

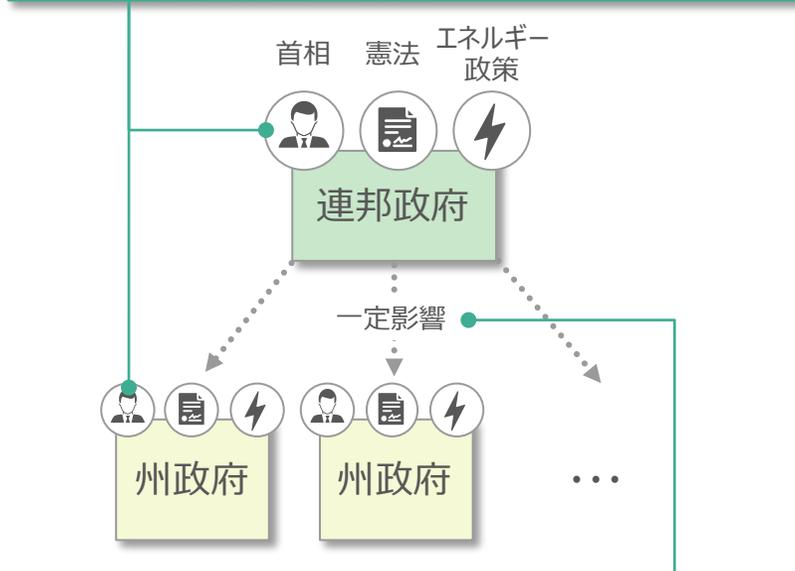
- 豪州では東南部・西部・北部の3つの電力系統が存在し、相互に接続されていない
- 北部地域(North Territory)は鉱業用小規模独立系統はあるが、卸売市場は未整備

	東南部 (NSW/QLD/VIC/CA/TAS/ACT)	西部 (WA)
電力系統	国営 (AEMO: Australian Energy Market Operator)	
卸売市場	国営 (NEM: National Electricity Market)	州営 (WEM: Wholesale Electricity Market)
発電	州営 + 民営	州営 + 民営
送電	州営 + 民営	州営 (Western Power)
配電	州営 + 民営	
小売	州営 + 民営	州営 + 民営

豪州連邦政府と州の関係性

豪州では、連邦政府に加えて州レベルでも「首相」「憲法」「エネルギー政策」が存在

- 外交、国防、通貨等の40項目の特定国家権限以外は、各州政府に権限移譲



各州エネルギー政策は連邦政府方針の影響は一定程度受けるものの、州政府が強い権限を有する

- 州法規定が連邦法と一致しない場合は、連邦法に優位性がある

Source: 各種公開情報; BCG分析



豪州は'22年5月の自由党→労働党政権交代により積極的な脱炭素政策を標榜しており、連邦政府レベルでは2050年に70GW(全体の25%)の風力発電導入を推進

豪州: 中長期エネルギーシナリオ

豪州政権交代経緯



前
政権

- 保守連立政権(自由党・国民党)**
化石資源産業が支持基盤にあり、脱炭素政策に関しては消極的
- 2030年GHG排出削減26~28%(2005年対比)と控えめ
 - 2015年には2020年再エネ目標を引き下げ(44TWh→33TWh)

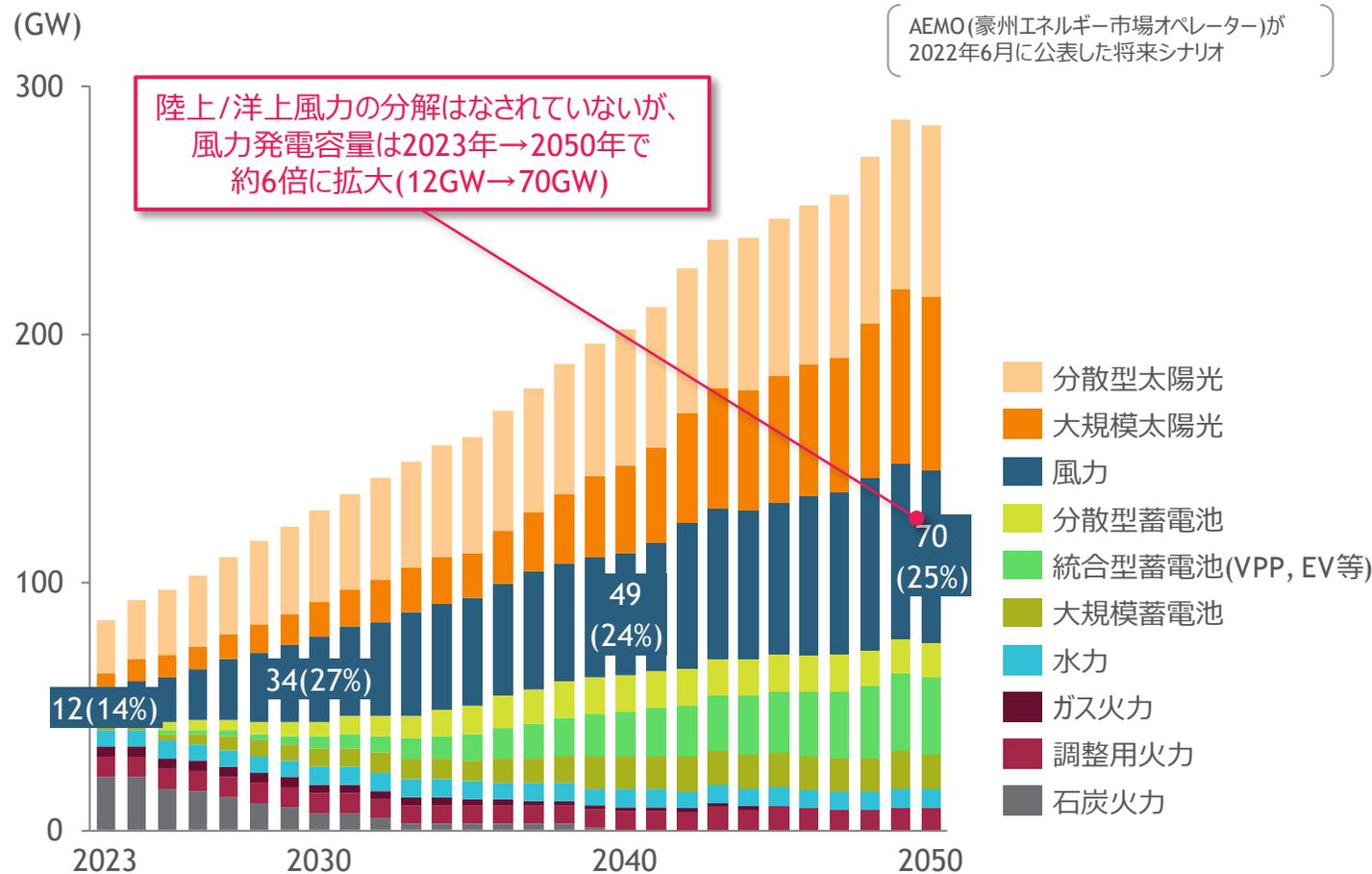
2022年5月: 政権交代



現
政権

- 労働党アルバニー政権**
緑の党と協力して、野心的な脱炭素目標・政策を相次いで打ち出し
- 2030年GHG排出削減42%(2005年対比)
 - 2030年再エネ比率82%(ドイツの'30年再エネ目標80%以上)
 - 2043年までに石炭火力ゼロ

豪州電力シナリオ(AEMO's Step Change scenario: 標準シナリオ)



Source: AEMO"2022 Integrated System Plan (ISP)"; 各種公開情報; BCG分析

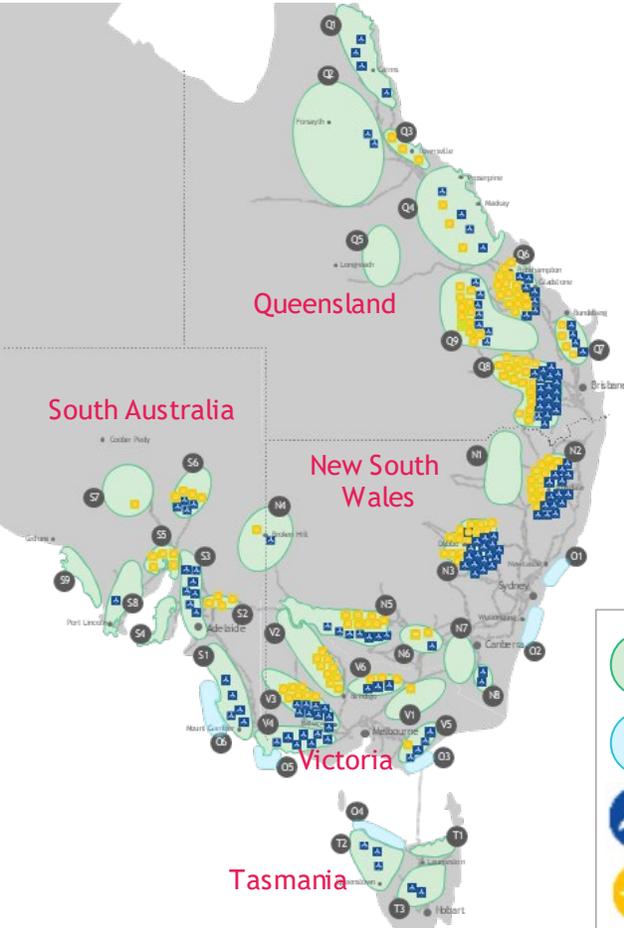
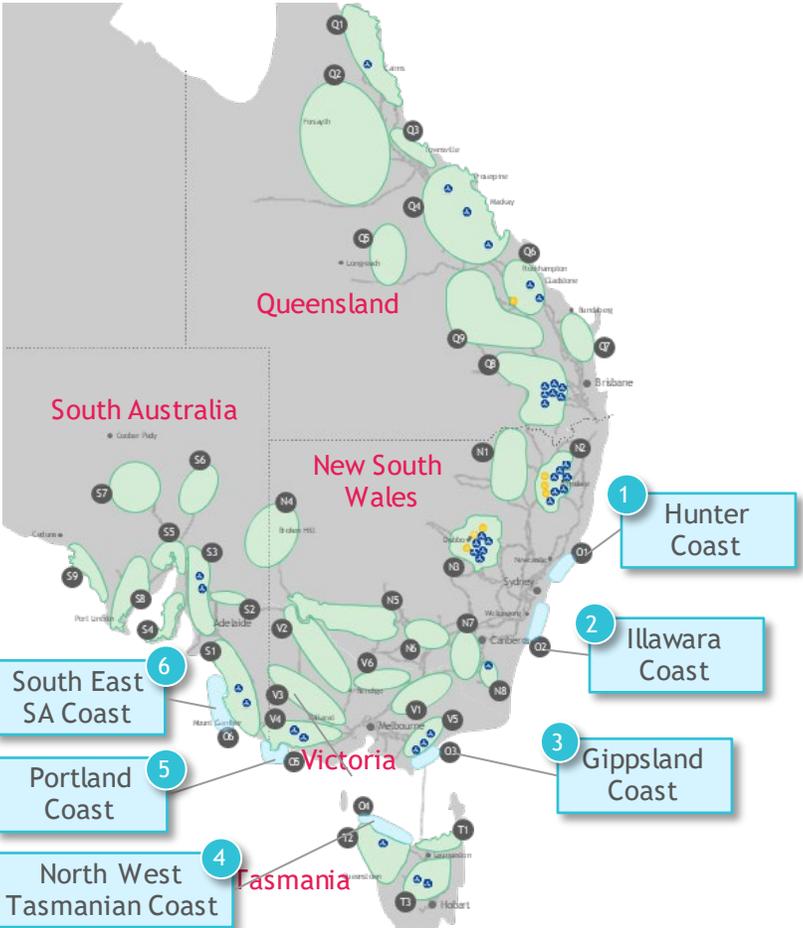


豪州AEMO電力シナリオ実現に向けて2030/2050年の時間軸で、 東南部地域における計41の再エネゾーン計画(うち、洋上風力6ゾーン)が明示

豪州：東南部地域再エネゾーン計画(2030/2050年)

~2030年

~2050年



- 再エネゾーン(REZ)
- 洋上風力ゾーン
- 風力発電所
- 太陽光発電所

- Queensland**
 - Q1 Far North OLD
 - Q2 North Old Clean Energy Hub
 - Q3 Northern Qld
 - Q4 Isaac
 - Q5 Barcaldine
 - Q6 Fitzroy
 - Q7 Wide Bay
 - Q8 Darling Downs
 - Q9 Banana
- New South Wales**
 - N1 North West NSW
 - N2 New England
 - N3 Central-West Orana
 - N4 Broken Hill
 - N5 South West NSW
 - H6 WaggaWagga
 - N7 Tumut
 - N8 Cooma-Monaro
- South Australia**
 - S1 South East SA
 - S2 Riverland
 - S3 Mid-North SA
 - S4 Yorke Peninsula
 - S5 Northern SA
 - S6 Leigh Creek
 - S7 Roxby Downs
 - S8 Eastern Eyre Peninsula
 - S9 Western Eyre Peninsula
- Victoria**
 - V1 Ovens Murray
 - V2 Murray River
 - V3 Western Victoria
 - V4 South West Victoria
 - V5 Gippsland
 - V6 Central North Victoria
- Tasmania**
 - T1 North East Tasmania
 - T2 North West Tasmania
 - T3 Central Highlands

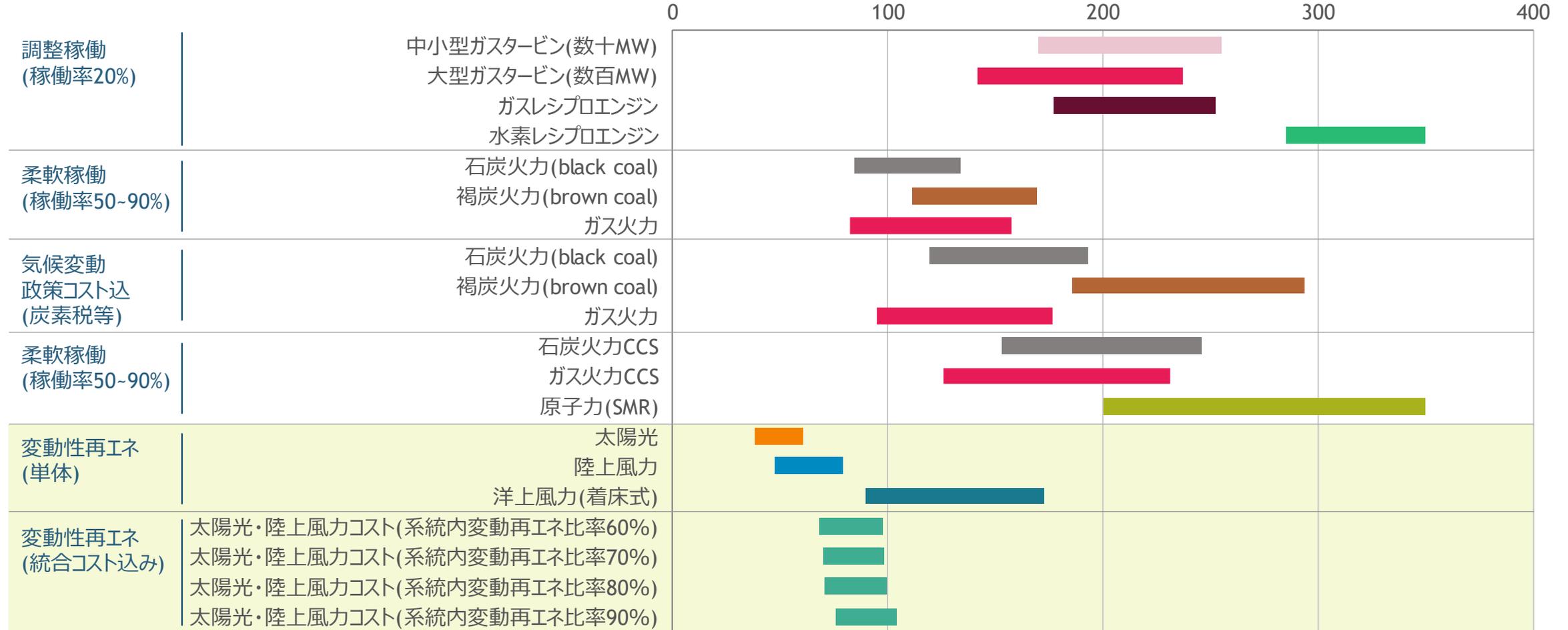
Source: AEMO"2022 Integrated System Plan (ISP)"; BCG分析



再エネ適地であり、効率的な送配電運営を進める豪州では、 統合コストを踏まえても、再エネコストが他電源対比で安価な水準になる見込み

豪州：電力コスト比較(2030年)

(A\$/MWh)



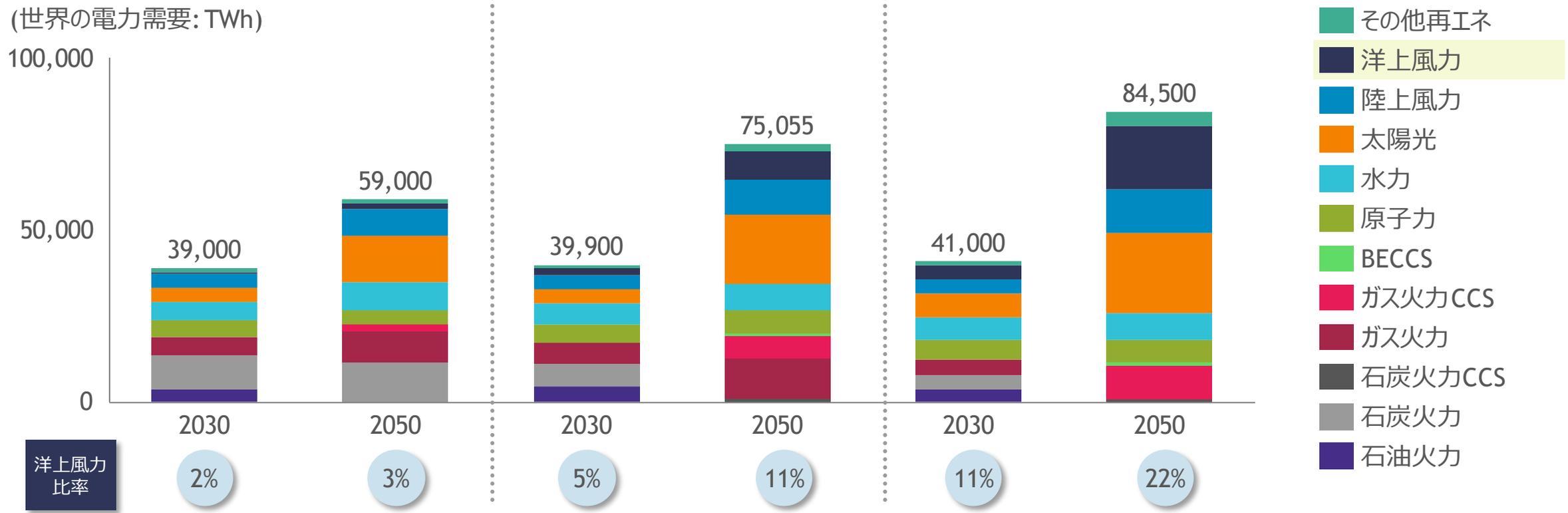
〔 統合コスト: 再エネを系統接続する際に追加的にかかる送配電・需給調整・蓄電等のコスト 〕



豪州研究機関(CSIRO)は「①現行政策シナリオ」「②2050年以降ネットゼロシナリオ」「③2050年ネットゼロシナリオ」の3つのシナリオで世界のエネルギーミックスを予測

豪州: CSIROによる世界の将来エネルギーシナリオ(2030/2050)

より脱炭素に野心的なシナリオ



Source: CSIRO "GenCost 2022-23 Final report(July 2023); BCG分析



CSIROは3シナリオによる将来洋上風力コストを予測しており、最も野心的な予測では、 浮体式洋上風力CAPEXは約7割まで低減し、将来的に着床式より低コストになる見込み

豪州: CSIROによる洋上風力コスト予測(~2050年)

前提条件

累積導入量増加に伴う経験
曲線効果(LR: Learning
Rate)を適用

- LR = 累積生産量が2倍になった時のコスト低減率

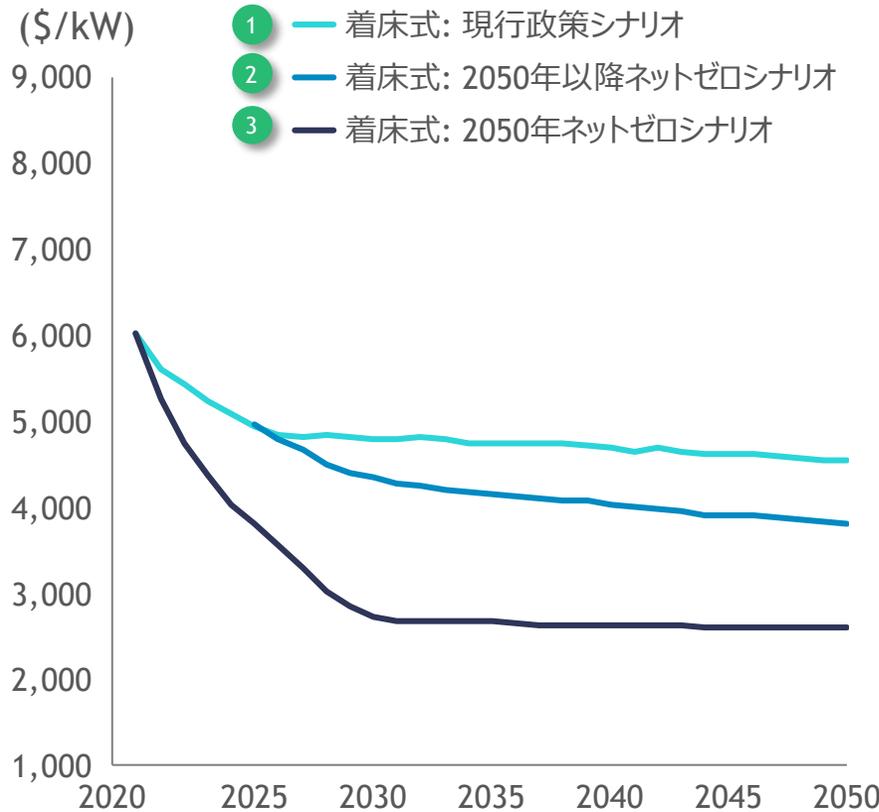
複数エネルギーミックスシナリオ
×LRフェーズで洋上風力の経験
曲線効果を設定

- LR1: 導入初期
- LR2: 成熟期

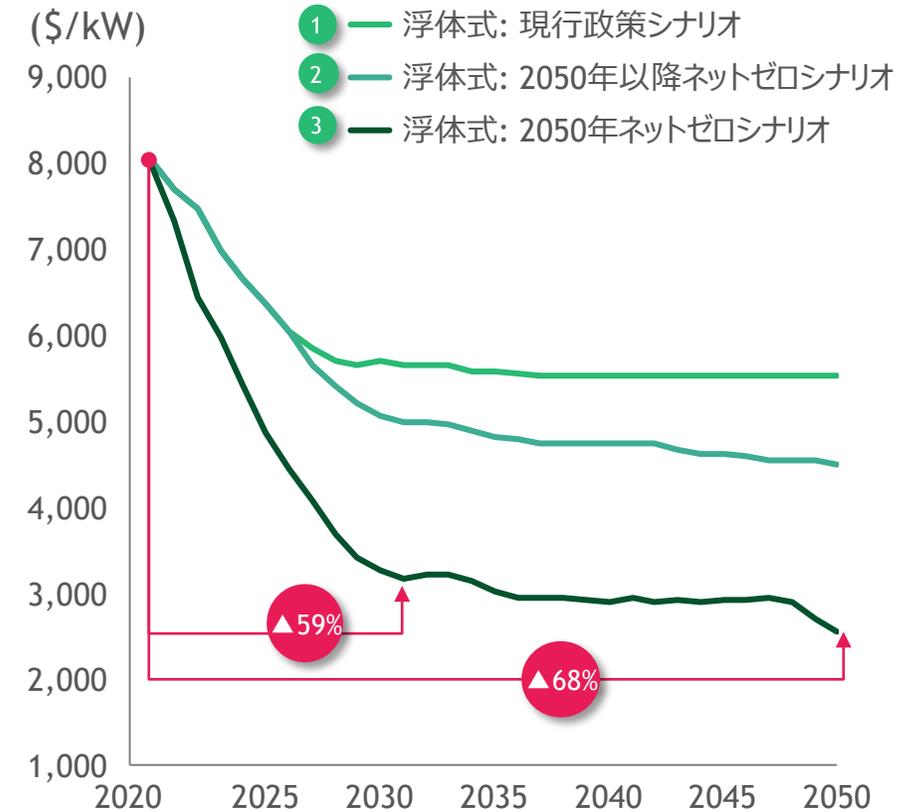
	LR1 (導入初期)	LR2 (成熟期)
① 現行政策	10%	5%
② 2050年以降ネットゼロ	15%	7.5%
③ 2050年ネットゼロ	20%	10%

CSIRO複数シナリオに基づく洋上風力CAPEX予測

着床式



浮体式



Source: CSIRO "GenCost 2022-23 Final report(July 2023); BCG分析

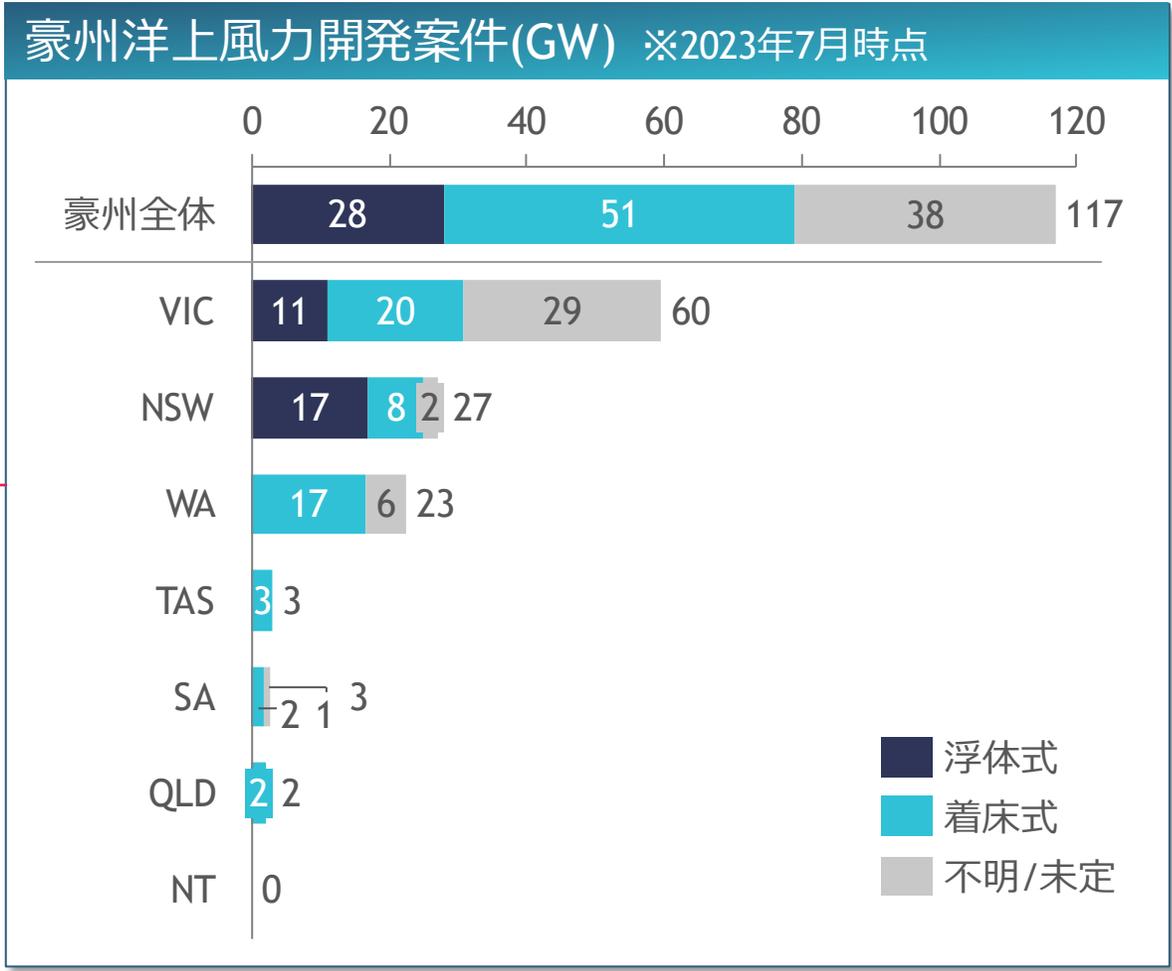


豪州では、現時点の洋上風力案件導入実績はないが計117GWの開発案件(うち浮体式は28GW)が存在し、VIC州・NSW州の導入ポテンシャルが特に大きい

豪州: 洋上風力導入に向けた動向

豪州: 洋上風力導入に向けた動向

ポテンシャル	計4,963GWの洋上風力開発ポテンシャル <ul style="list-style-type: none"> 着床式 : 1,572 GW 浮体式 : 3,391 GW
開発動向	現時点で導入済み容量はゼロだが、豪州全体で計117GWの開発計画が進行中 <ul style="list-style-type: none"> Victoria州、New South Wales州で浮体式開発案件計画が存在し、計28GW規模
導入目標	現時点で、国全体の導入目標は未設定 他方、Victoria州は独自の洋上風力導入目標を設定済 <ul style="list-style-type: none"> 2032年: 2GW 2035年: 4GW 2040年: 9GW

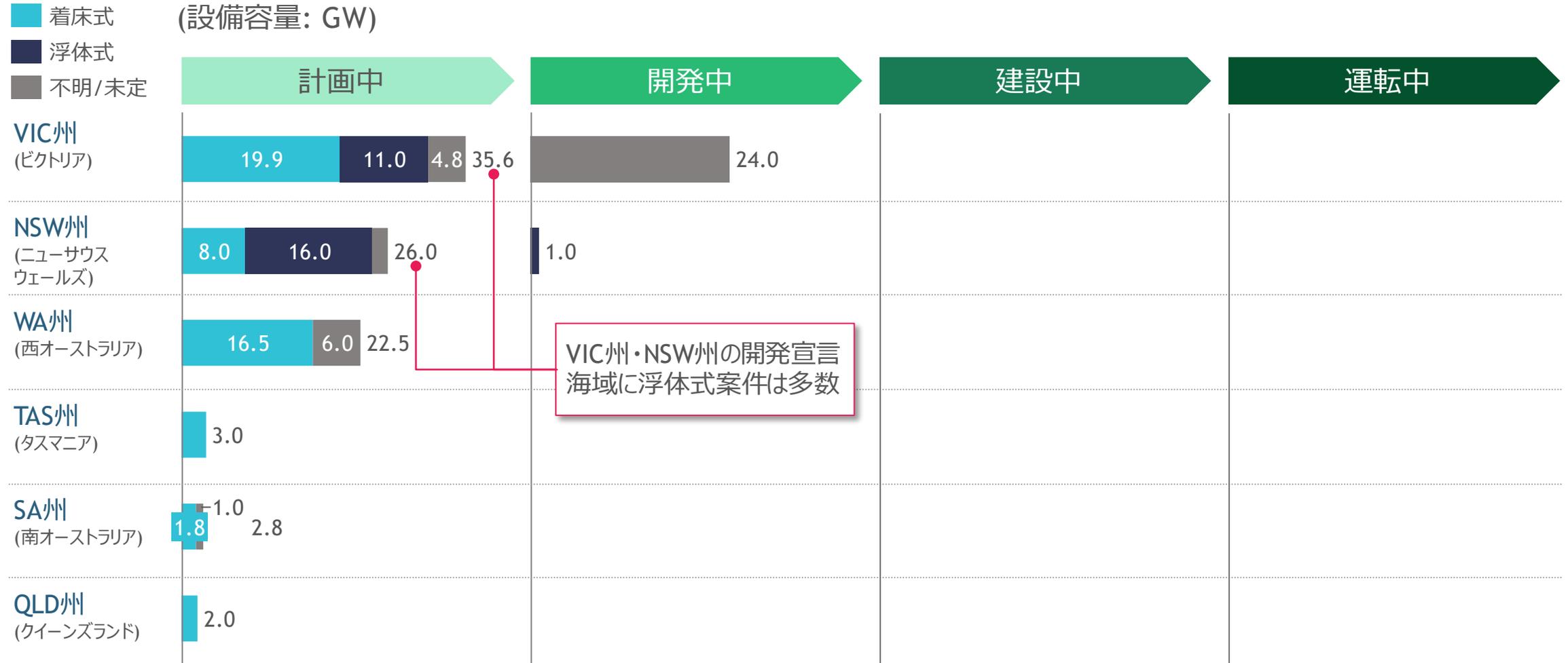


Source: 4C Offshore Wind Farm Database(July 2023); Victoria州政府「Offshore Wind Implementation Statement 2」; 各種公開情報; BCG分析



豪州では、現時点で稼働中の洋上風力案件は存在しないが、南東部のVIC州・NSW州を中心に計画・開発中の浮体式案件が存在

豪州：事業ステージ別洋上風力開発案件動向



Source: 4C Offshore Wind Farm Database; BCG分析



豪州では、米Green Energy Partnersや欧州Copenhagen Energyが洋上風力開発パイプラインを積み上げているが、浮体式では豪州現地事業者が開発をリード

豪州: 主要洋上風力発電事業者

洋上風力発電事業者	拠点国	企業概要	開発中洋上風力案件規模 (GW)		
			着床式	浮体式	不明/未定
Green Energy Partners		世界各国での再エネ開発の実績がある発電事業者	16		
Copenhagen Energy		欧州やアジアで洋上風力を開発中の再エネ開発事業者	11		3
Clough		発電所・鉱山の掘削設備の土木・電設工事等を担うEPC事業者		11	
Deloitte Australia		デロイトグループ傘下で、Clough, Mistral Energyとのコンソーシアムで投資家対応等を務める		11	
Mistral Energy		浮体式洋上風力開発のために設立され、VIC・NSW州での開発機会を狙うClough, Deloitte Australiaとのコンソーシアムのリーダー		11	
Oceanex		豪州・NZで洋上風力の開発を行う発電事業者	2	8	
Equinor		石油・ガス開発、発電事業者であり、グローバルで洋上風力開発実績あり	3	6	
Flotation Energy plc		洋上風力開発事業会社で、2022年11月に東電RPIにより100%子会社化された	3		4
BlueFloat Energy		洋上風力開発事業会社であり、欧州・中米等で浮体式を開発中	3	3	
DP Energy		再エネ開発・投資会社であり、国内外で風力・太陽光案件を開発中			6
Australis Energy Ltd		洋上風力開発会社であり、英国内で多くの開発実績あり	5		1
Global Infrastructure Partners		独立系のインフラファンドで、Australis Energyと豪州にて洋上風力を開発中	5		1

※3社共同でVIC州の11GW案件を開発中

Source: 各社HP; Capital IQ; 4C Offshore Wind database; BCG分析



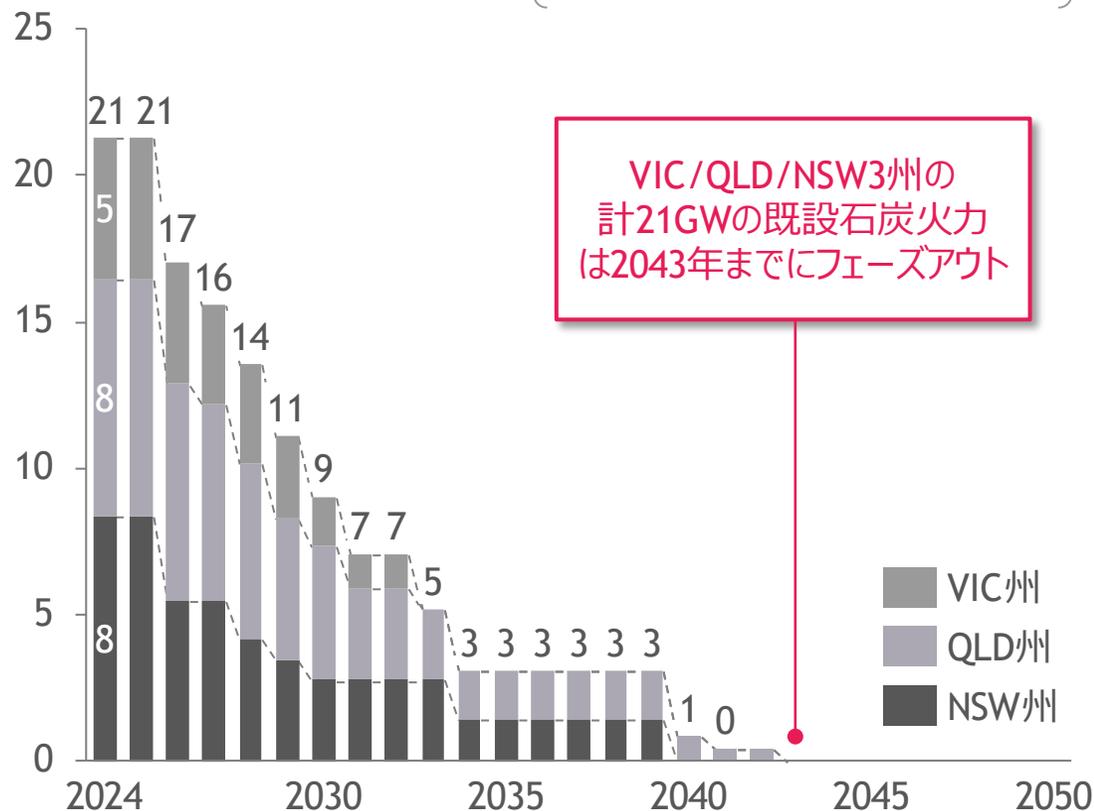
洋上風力開発有望州であるVIC/NSW州は石炭火力依存州でもあり、2043年石炭火力廃止を見据えて洋上風力産業振興による雇用・代替エネルギー確保が背景にある

豪州: 石炭火力から洋上風力への公正な移行

豪州: 石炭火力廃止シナリオ

(既設石炭火力容量; GW)

AEMO(豪州エネルギー市場オペレーター)が
2022年6月に公表した将来シナリオ



VIC/QLD/NSW3州の
計21GWの既設石炭火力
は2043年までにフェーズアウト

石炭火力→洋上風力への公正な移行方針

VIC州

- 2022年10月に公表した「The-Victorian-Offshore-Wind-Implementation-Statement-1」にて、
"Offshore wind creates the opportunity for a meaningful, just transition for Victoria's coal, oil and gas regions."と記載し、雇用転換/創出規模を試算
- VIC州内既設石炭火力約5GWの代替電源として、
2032年: 2GW、2035年: 4GW、2040年: 9GWの州独自の洋上風力導入目標量を標榜

NSW州

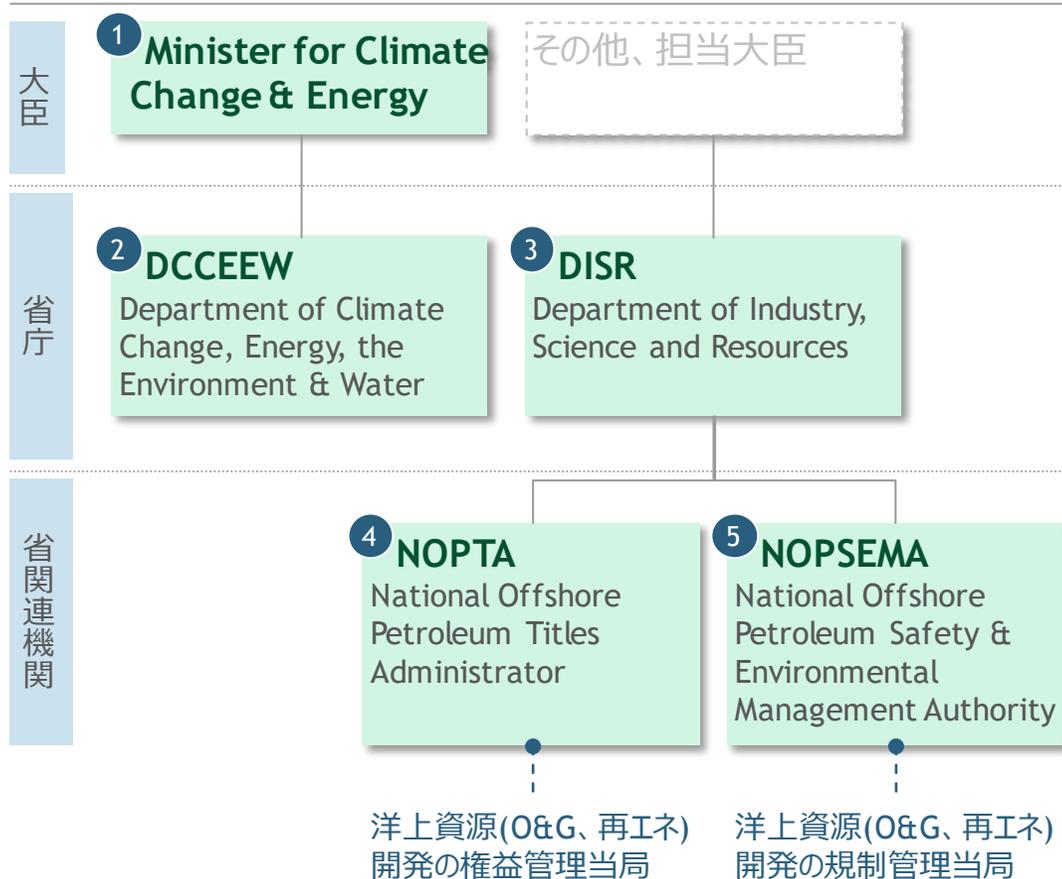
- 2022年9月に公表した「NSW Renewable Energy Sector Board's Plan」にて、
"Offshore wind could create employment building on existing industry in the Hunter and Illawarra REZs, and also provide alternative sources of employment for workers transitioning from traditional energy sectors, in the coal industry"と記載し、石炭産業従事者の洋上風力三軒への転換促進を明示



洋上風力の導入促進に向け、気候変動・エネルギー省に加え、産業・科学・資源省や傘下の関連機関が連携して、制度設計、公募プロセス推進等を実施

豪州：洋上風力に関連する政府機関

洋上風力に関連する政府機関構造



各機関の主な役割

- 1 Minister for Climate Change & Energy**
 - 洋上風力開発海域指定を宣言
 - OEI法に基づき、各種ライセンスの付与を決定
- 2 DCCEEW**
 - OEI法、その他関連規則をはじめとする洋上風力導入に向けた法制度を整備
 - OEI法等に則った公募プロセスを設計・実施
- 3 DISR**
 - 洋上風力開発海域の候補海域における調査等を実施し、候補海域を特定
- 4 NOPTA**
 - “Registrar”として、下記ライセンス申請を受付・審査
 - F/S、調査・実証、商業、送配電
- 5 NOPSEMA**
 - “Regulator”として、商業ライセンス供与に係る事業計画の審査・評価
 - 労働・安全、環境影響、設備構造等の点を審査



連邦政府はOEI法(洋上電力インフラ法)を整備の上、公募・ライセンスプロセスを規定し、各州政府では公募・事業開始に向けインフラ・リソース面の整備を推進中

豪州: 洋上風力における連邦政府・州政府管轄



連邦政府



州政府

管轄範囲

沖合3海里～200海里(EEZ)

沿岸～沖合3海里まで

洋上風力推進上の役割

OEI Act(2021)により、開発海域特定や、開発に必要な事業者へのライセンス供与等の公募の体系を規定

- OEI Act: Offshore Electricity Infrastructure Act(洋上電力インフラ法)
- OEI Actに基づく具体的な規則も整備・更新
 - Offshore Electricity Infrastructure Regulationsにて、OEI Actに基づく公募制度等の詳細を規定
 - Regulatory Levies Act / Regulationにて、事業開発に伴う、事業者からの徴収金について規定

連邦政府による公募制度も踏まえながら、必要なインフラ、リソースの整備・確保に向けた計画を策定

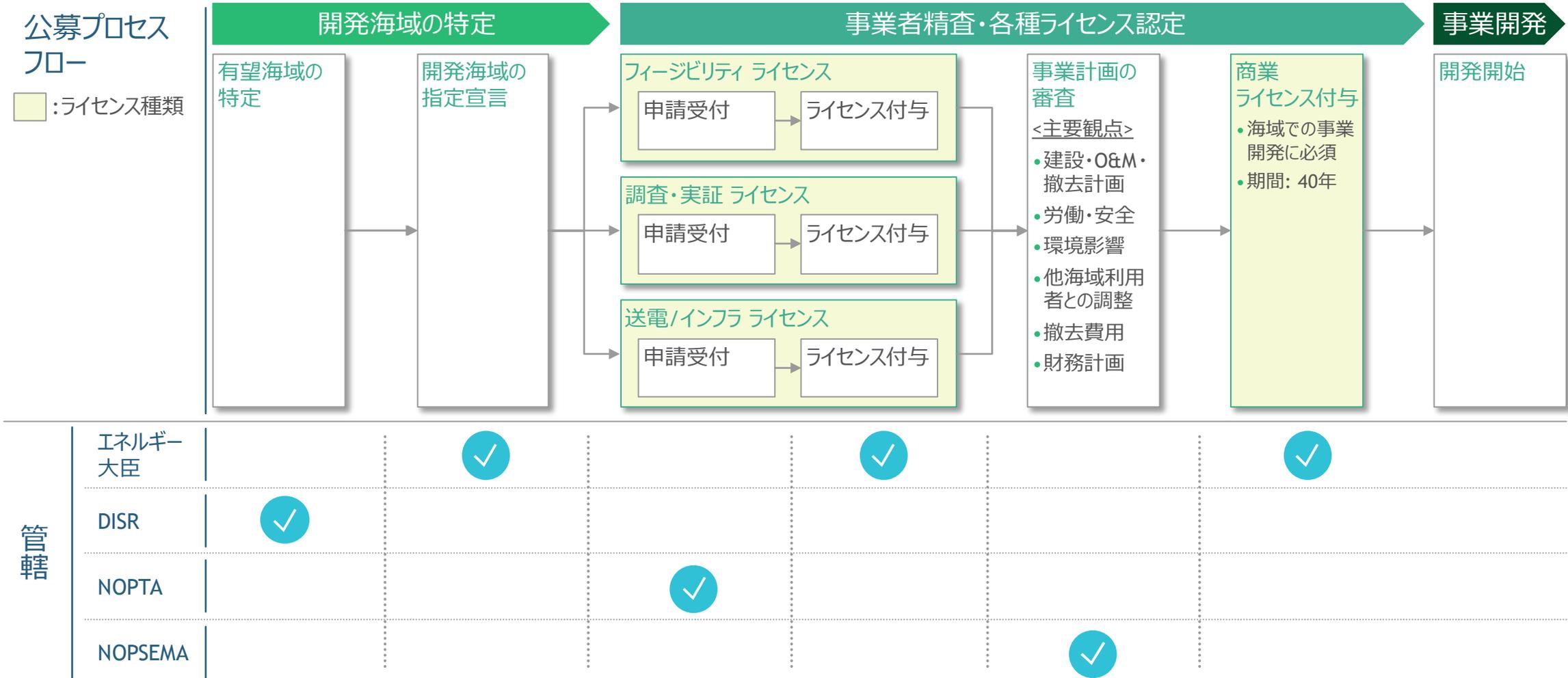
<例: Victoria州政府の検討事項>

- Local Contents Targetに関するガイダンス
- 送配電インフラの開発計画
- 建設基地港湾の整備計画
- 事業資金確保に向けた資金調達スキーム
- 人材育成計画 等



豪州で洋上風力開発を目指す事業者は、エネルギー大臣によって開発海域指定後に4つのライセンスを取得することで、当該海域での洋上風力発電開発が可能

豪州: OEI法に基づく洋上風力公募プロセス

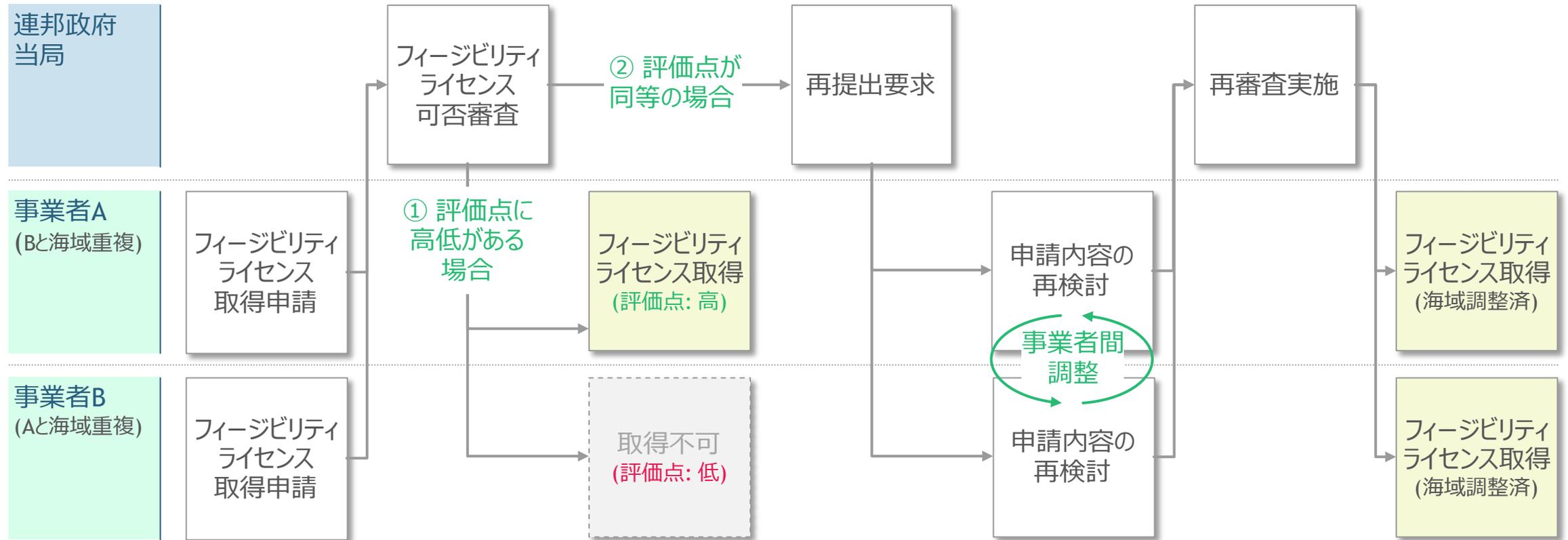


Source: DISR; BCG分析



フィージビリティライセンス申請海域重複時は、高評価点事業者が海域占有し(プロセス①)、 評価点同等時は再申請(プロセス②)を経て海域の事業者間調整を実施

豪州: フィージビリティライセンス申請海域重複時の調整プロセス





フィージビリティライセンスは、技術力・財務状況、プロジェクトの実行可能性、ライセンスの適合性、国益の提供の項目に基づき、多面的評価を踏まえて付与される

豪州：フィージビリティライセンス評価ガイドライン

評価項目

評価内容詳細 (※定量的な点数配分は未開示)

A 技術力・ 財務状況	A-1 技術知見	エンジニアリング、建設/製造/物流/調達、PMO、収益力、環境/労働衛生、ステークホルダーの関与、リスク評価/管理 等
	A-2 財務リソース	フィージビリティライセンス期間中、翌1年間分の作業費用の150%分の資金確保、プロジェクトの詳細な資金計画/資金繰り見通し 等
	A-3 業務遂行能力	フィージビリティライセンス付与により許可される業務を遂行するための技術力、財源の有無 等
	A-4 義務履行能力	フィージビリティライセンス付与により生じる義務(規制機関指示履行、手数料/課徴金支払等)を履行するための技術力、財源有無 等
B 実行 可能性	B-1 複雑性	土壌/水質/気象条件等の立地面の課題、エンジニアリング/設置要件等の技術的課題、部品供給体制等のサプライチェーン前提 等
	B-2 市場投入ルート	系統連系契約やエンドユーザー/オフテイク契約の計画、市場参入にかかる計画/スケジュール、それぞれの不確実性 等
	B-3 収益見通し	ベース/低/高シナリオの資金調達方法、建設計画、経済性の前提、コスト/価格の見積もり、発電電力量予測、キャッシュフロー予測 等
	B-4 その他	州/準州や規制当局、その他の利害関係者の同意取得のための計画 等
C ライセンス 適合性	C-1 過去のプロジェクト実績	申請されたプロジェクトと同規模の国内外の洋上インフラ/大規模インフラ開発実績、不祥事 等
	C-2 過去の財務実績	年間売上高3億ドル超、純資産1億ドル超、現預金3億ドル超、運用資産5億ドル超、借入未実行枠3億ドル超のいずれか一つを充足 ¹
	C-3 コーポレートガバナンス体制	コーポレート・ガバナンス・コード実施、取締役会/経営陣の役割と責任明確化/定期的な見直しプロセス、健全なリスク管理の枠組み 等
D 国益 貢献	D-1 国/地域貢献	経済波及効果、雇用創出、豪州コンテンツ利用、電力供給貢献、エネルギー安全保障、CO2排出量削減、国際関係への便益 等
	D-2 国家安全保障	申請されたプロジェクトがオーストラリアの国家安全保障に悪影響を及ぼす可能性
	D-3 プロジェクト実施期間	プロジェクトの効率的な実施を裏付けるための、段階的な開発計画/推進体制 等

Note1: 全てUSDベース

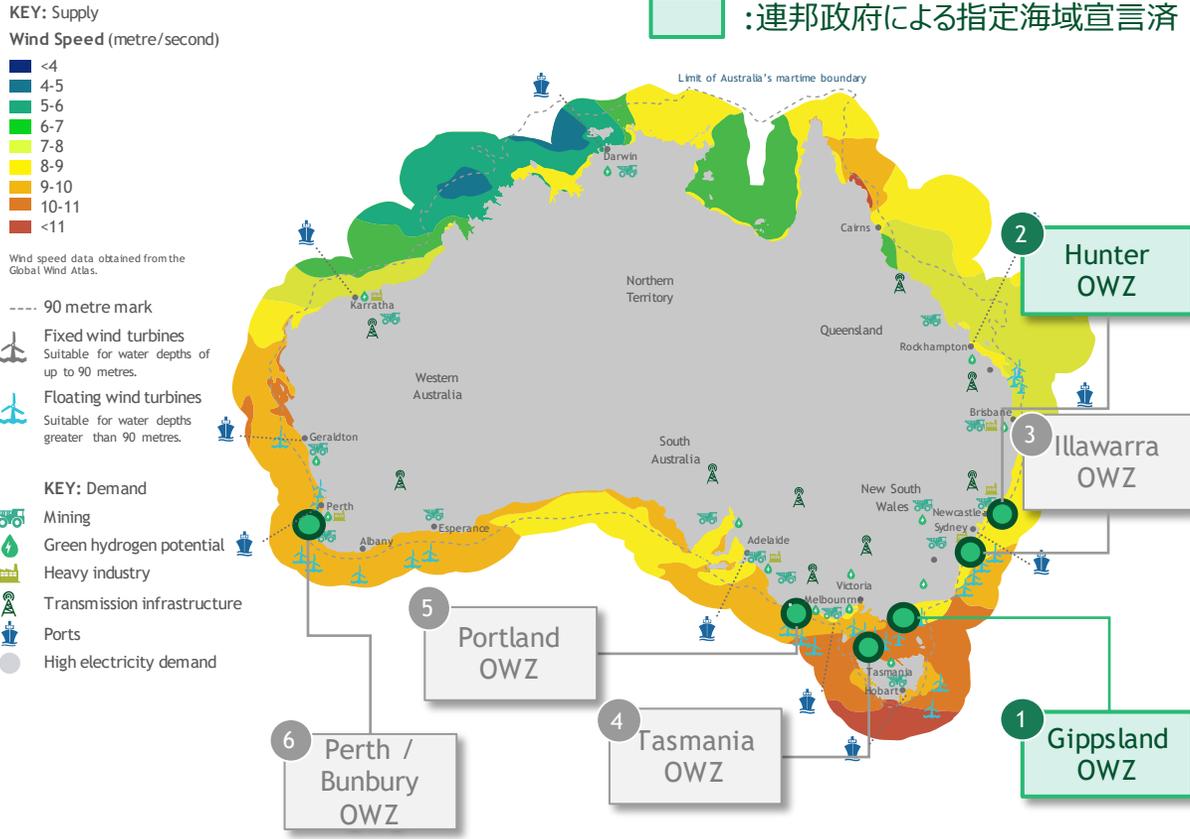
Source: オーストラリア政府「Guideline: Offshore Electricity Infrastructure Licence Administration - Feasibility Licences」; BCG分析



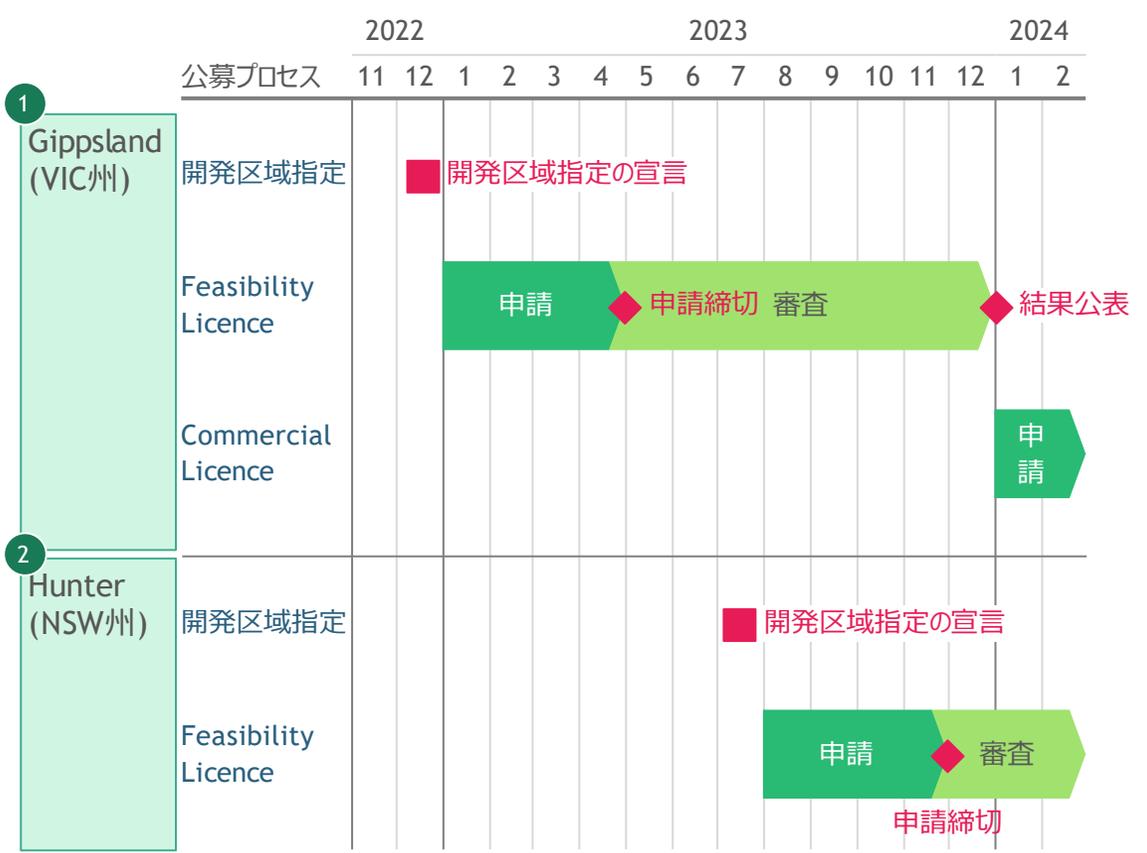
豪州では6海域が洋上風力開発区域候補となっているが、VIC州GippslandとNSW州Hunterの2海域は連邦政府より指定宣言がなされ、ライセンス申請・審査が開始

豪州: OEI法に基づく洋上風力開発区域

豪州: 洋上風力開発区域6候補



豪州: 指定宣言済2海域の公募プロセス動向



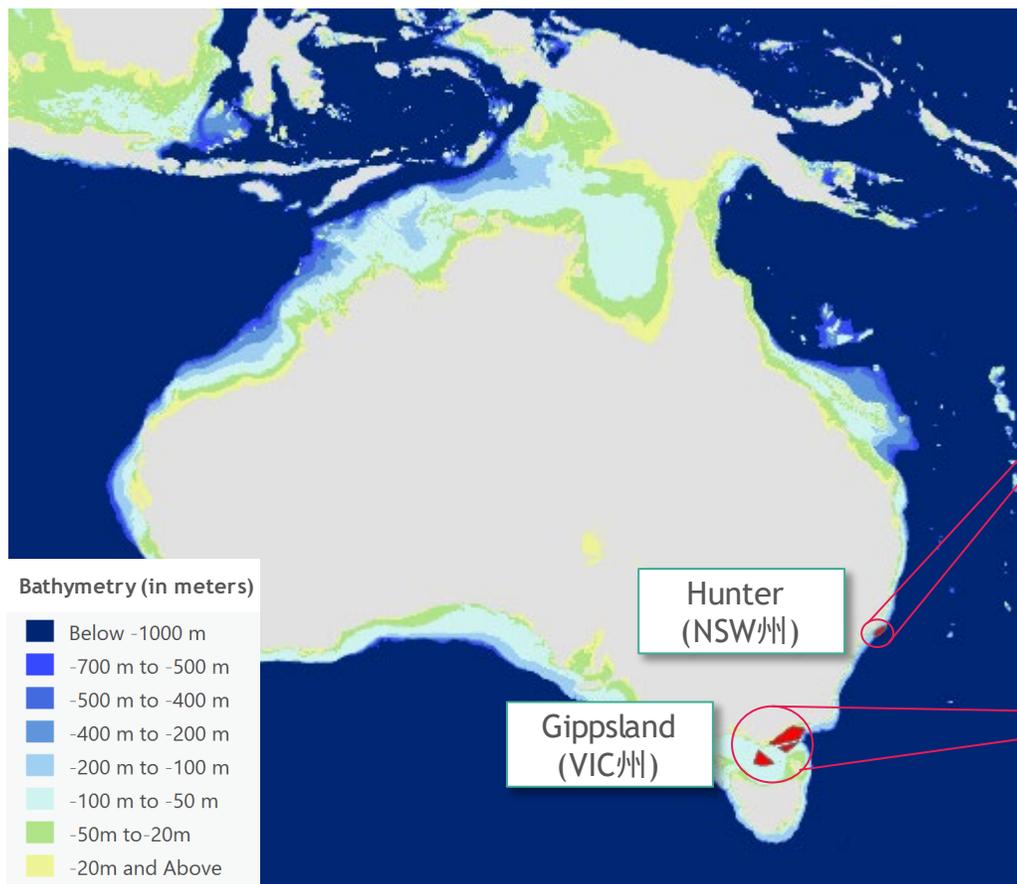
Source: Australian Government Offshore Infrastructure Registrar website



豪連邦政府によって指定宣言済のNSW州Hunter、VIC州Gippslandの2海域は、 いずれも水深50m超のエリアが多く、浮体式適地が広く分布

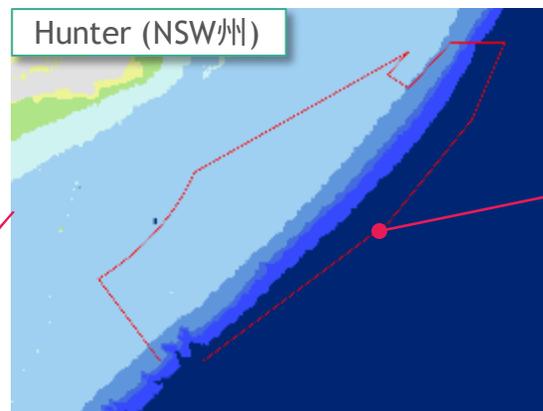
豪州: 指定宣言海域状況

豪州: 水深マップ



豪州: 指定宣言済2海域状況

※ 赤枠内が指定海域範囲

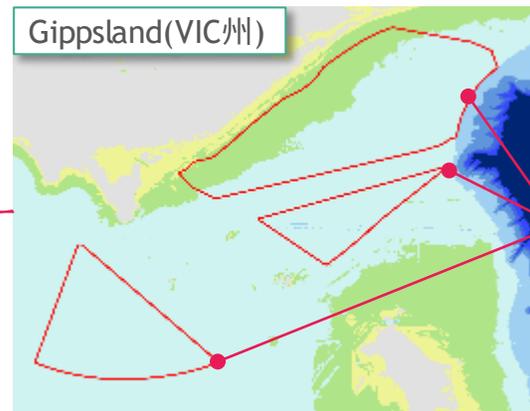


面積

水深

1,854
km²

100~
1,000m超



15,000
km²

20~
100m

Source: オーストラリア政府website; BCG分析



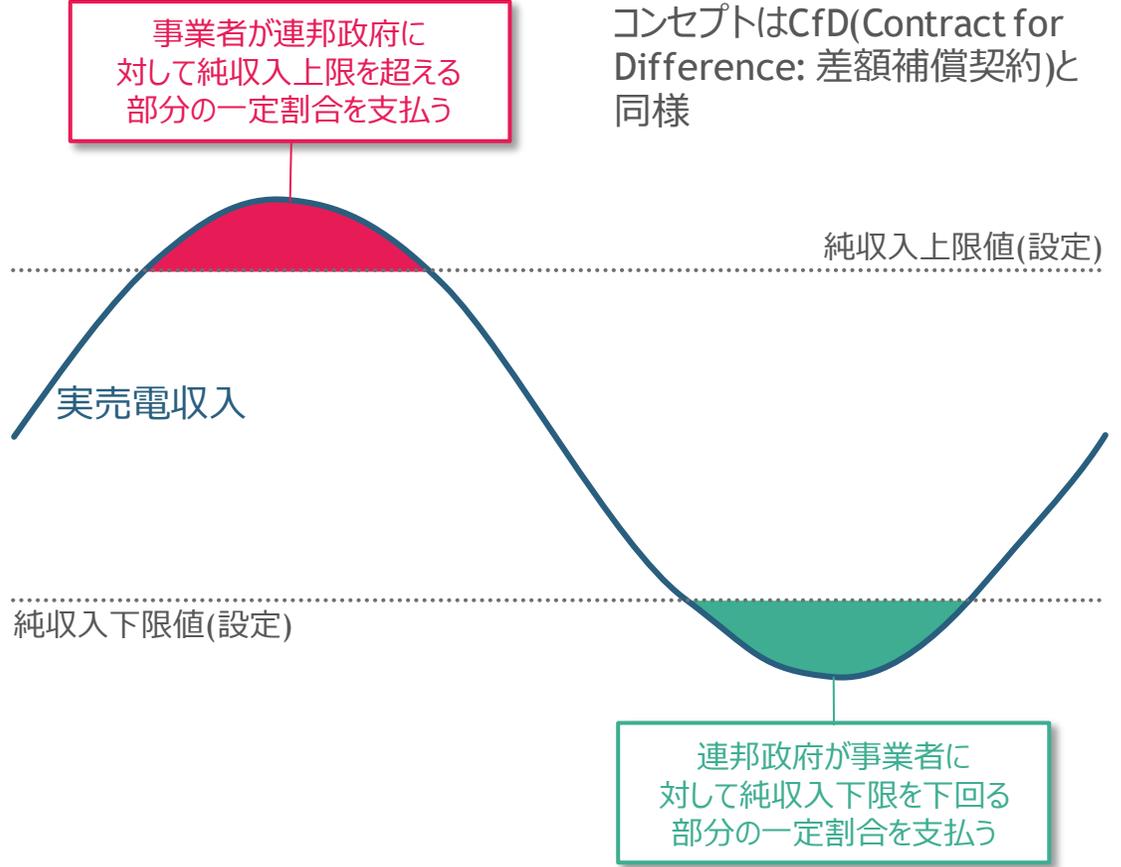
豪州ではCIS制度によって対象事業を事前選定した上で収入の上限/下限金額を設定し、実売電収入状況に応じて上限超過分徴収、下限未達分補填を行う仕組みを設計中

豪州: CIS (Capacity Investment Scheme) 概要

豪州CIS概要

背景・目的	2030年までに6GWの再エネ容量拡大を目指し、100億ドルの再エネ新規投資促進/価格変動リスクの軽減を目的に導入
制度内容	入札により選定されたプロジェクトに対し、長期の電力引受契約が提供され、実際の純収入に応じて上限/下限値との差額が調整される
対象事業	オーストラリア国内の再エネ発電/蓄電プロジェクト <ul style="list-style-type: none"> 2022/12/8以前にファイナンスクローズしたものを除く
期間	各入札毎に決定(20年間を想定)
オフテイク	詳細未開示だが、連邦政府/州政府傘下の送配電会社によるオフテイクだけでなく、卸売市場での売電も許容
導入タイムライン	<ul style="list-style-type: none"> 2023年度末までの詳細スキーム開示予定 その後、2027年度末までに順次入札実施 <ul style="list-style-type: none"> 2027年以降の継続要否は別途判断

豪州CIS適用イメージ





豪州洋上風力案件におけるローカルコンテンツ規制は詳細未設計の段階だが、今後州政府主体で導入が検討される見通し

豪州：洋上風力案件におけるローカルコンテンツ規制導入状況

洋上風力ローカルコンテンツ規制導入状況

背景にある考え方

		関連法規制	
連邦政府	Feasibility Licence評価要件の1つとして位置づけられているが、具体的なローカルコンテンツ割合は現状未設定	<ul style="list-style-type: none"> OEI法subsection 34(1)(d) Offshore Electricity Infrastructure Regulations section 25, 26(4) 	<p>(Feasibility Licence申請のガイドラインより)</p> <p>プロジェクトは国益に資するものでなければならず、地域開発、雇用創出、オーストラリアの産業・製品/サービス利用等、自国経済と地域社会に与える影響・貢献度が評価される</p> <ul style="list-style-type: none"> 評価項目例: 経済波及/雇用創出効果、オーストラリアのコンテンツ利用、電力網供給への潜在的影響、エネルギー安全保障、排出量削減、国際関係への便益等
州政府	VIC州	<ul style="list-style-type: none"> 無 (Offshore Wind Energy Implementation Statement 2にて基本方針のみ開示) 	<p>地元の経済的利益・雇用創出と、海外からの必要な材料・スキルの確保を両立する必要あり</p> <ul style="list-style-type: none"> 雇用創出を最優先事項だが、洋上風力発電のサプライチェーンが国内で確立されていないため、海外からの輸入・スキルの学習が必須
	NSW州	<ul style="list-style-type: none"> 無 (NSW Renewable Energy Sector Board's Planにて基本方針を開示) 	<p>既存インフラ設備の活用や労働力の利用は、洋上風力を推進する上での州としての機会と認識</p> <ul style="list-style-type: none"> Illawara・Hunter地域には既存の鉄鋼生産・石炭採掘・陸上風力発電にかかる港湾・生産設備・送電設備等があり、洋上風力のサプライチェーン構築に利用可能 既存産業の労働者に対する代替雇用の提供が可能

Source: Offshore Electricity Infrastructure Act 2021; Offshore Electricity Infrastructure Regulations 2022; Victoria State Government Offshore Wind Energy Implementation Statement 2; NSW Renewable Energy Sector Board's Plan; BCG分析



OEI法では大臣による海域指定やライセンス付与の権限を明示するとともに、 国家海洋石油安全環境管理庁(NOPSEMA)の責任と権限も明確化

豪州: OEI Act(Offshore Electricity Infrastructure Act: 洋上電力インフラ法)概要(1/5)

OEI法章構成

1	Preliminary
2	Regulation of offshore infrastructure activities
3	Licensing
4	Management and protection of infrastructure
5	Administration
6	Application of work health and safety laws and other laws
7	Information relating to offshore infrastructure
8	Miscellaneous

OEI法原文

This Act regulates offshore electricity infrastructure by:

- (a) prohibiting unauthorised offshore renewable energy infrastructure and offshore electricity transmission infrastructure in the Commonwealth offshore area; and
- (b) providing for the Minister to declare areas that are suitable for offshore renewable energy infrastructure; and
- (c) providing for the Minister to grant various kinds of licences authorising offshore renewable energy infrastructure and offshore electricity transmission infrastructure in the Commonwealth offshore area.

Offshore renewable energy infrastructure is offshore infrastructure (such as an offshore wind farm) for generating electricity or other forms of energy from renewable energy resources, and storing or transmitting the electricity or energy.

Offshore electricity transmission infrastructure is offshore infrastructure (such as an undersea cable and other infrastructure associated with the cable) for storing or transmitting electricity (including electricity not generated from renewable sources).

For the purpose of regulating offshore electricity infrastructure, this Act establishes the Offshore Infrastructure Registrar and provides for the National Offshore Petroleum Safety and Environmental Management Authority to be the Offshore Infrastructure Regulator for the purposes of this Act.

The Registrar is responsible for keeping the Register of Offshore Infrastructure Licences, and for other administrative tasks.

The Regulator is responsible for the management and operation of offshore infrastructure, and for monitoring, investigating and enforcing compliance in the Commonwealth offshore area.

Work health and safety is provided for by applying the *Work Health and Safety Act 2011* to offshore infrastructure activities. This Act also applies State and Territory laws in relation to offshore infrastructure.

解釈上のポイント

法律位置づけ・大臣の権限を明示

- 無許可の洋上風力・送配電インフラ開発の禁止
- 大臣による洋上風力電力インフラ適地の決定・宣言
- 大臣による洋上風力電力インフラ関連ライセンスの付与

OEI法に紐づく規制機関の規定とその役割の明示

- 国家海洋石油安全環境管理庁 (The National Offshore Petroleum Safety and Environmental Management Authority)を本法規制機関と規定
- 上記管理庁がライセンス登録管理、海域調査・執行の責任を負う



OEI法では指定海域における4つのライセンス種類(Feasibility/Commercial/Research and demonstration/Transmission and Infrastructure)に関して規定

豪州: OEI Act(Offshore Electricity Infrastructure Act: 洋上電力インフラ法)概要(2/5)

OEI法章構成

1	Preliminary
2	Regulation of offshore infrastructure activities
3	Licensing
4	Management and protection of infrastructure
5	Administration
6	Application of work health and safety laws and other laws
7	Information relating to offshore infrastructure
8	Miscellaneous

OEI法原文

Part 1—Prohibition of unauthorised offshore infrastructure activities

It is prohibited to construct, install, commission, operate, maintain or decommission:

- (a) offshore renewable energy infrastructure; or
- (b) offshore electricity transmission infrastructure;

in the Commonwealth offshore area without a licence or other authorisation under this Act.

Part 2—Declaring areas for offshore renewable energy infrastructure

The Minister may declare an area in the Commonwealth offshore area if the Minister is satisfied that the area is suitable for offshore renewable energy infrastructure.

A declaration may allow feasibility licences, commercial licences and research and demonstration licences to be granted in respect of licence areas in the declared area (transmission and infrastructure licences are not limited to declared areas). The declaration can limit the kinds of licences that may be granted, and require conditions to be imposed on them.

The Part also provides for the variation and revocation of declarations, and consultation requirements that must be satisfied before a declaration is made, varied or revoked.

解釈上のポイント

大臣によって指定される海域の4つのライセンス種類を規定

- Feasibility licence
- Commercial licence
- Research and demonstration licence
- Transmission and infrastructure licence



OEI法規定上ではFeasibility licence付与者がF/S権利を有し、F/S結果に基づいて、Commercial licenceに申請可能な権利を有する(Feasibility→Commercialの順)

豪州: OEI Act(Offshore Electricity Infrastructure Act: 洋上電力インフラ法)概要(3/5)

OEI法章構成

1	Preliminary
2	Regulation of offshore infrastructure activities
3	Licensing
4	Management and protection of infrastructure
5	Administration
6	Application of work health and safety laws and other laws
7	Information relating to offshore infrastructure
8	Miscellaneous

OEI法原文

Part 1—Licences

This Part provides for the 4 kinds of licences that may be granted under this Act to eligible persons.

- A feasibility licence authorises the licence holder to assess the feasibility of an offshore infrastructure project and apply for a commercial licence for the project.
- A commercial licence authorises the licence holder to carry out an offshore infrastructure project for the purpose of exploiting renewable energy resources. A commercial licence can only be granted to the holder of a feasibility licence.
- A research and demonstration licence authorises research into, or demonstration of, offshore renewable energy infrastructure or offshore electricity transmission infrastructure.
- A transmission and infrastructure licence authorises the licence holder to store, transmit or convey electricity (which may or may not be from renewable sources) or a renewable energy product. Unlike the other kinds of licence, a transmission and infrastructure licence can cover one or more areas outside a declared area.

The regulations must prescribe a licensing scheme dealing with application procedures and other matters relating to licences.

For a licence to be granted to an eligible person, the licence must meet merit criteria relating to the capabilities and suitability of the eligible person, the viability of the project to be carried out under the licence and other matters prescribed by the licensing scheme.

A licence is granted for a particular term, until the end day of the licence, which may be extended in certain circumstances. After the end day, the licence ceases to authorise most offshore infrastructure activities but remains in force until it is cancelled or surrendered (see Division 3 of Part 2 of this Chapter for cancellation and surrender of licences).

解釈上のポイント

指定海域における4つの主要ライセンスによって与えられる権限を規定

- Feasibility licenceは、指定海域でのF/S実施権利とCommercial licenceの申請権を付与
- Commercial licenceでは指定海域における事業実施権を付与(必ずFeasibility licenceも保有していることが条件)
- Research and demonstration licenceは、洋上風力発電及び海域送配電の実証権利を付与
- Transmission and infrastructure licenceは、主に送配電事業ライセンス保有者を対象に、指定海域内におけるエネルギーの貯蔵・送配電・輸送権利を付与



OEI法規定上では各種ライセンスは大臣承認によって第三者への譲渡が可能で、規定違反時の大臣によるライセンス取り消しや保有者による放棄も可能

豪州: OEI Act(Offshore Electricity Infrastructure Act: 洋上電力インフラ法)概要(4/5)

OEI法章構成

1	Preliminary
2	Regulation of offshore infrastructure activities
3	Licensing
4	Management and protection of infrastructure
5	Administration
6	Application of work health and safety laws and other laws
7	Information relating to offshore infrastructure
8	Miscellaneous

OEI法原文

Part 2—General provisions about licences

Licences may be transferred under Division 2. A licence transfer requires approval from the Minister, and arrangements must be made for any financial security under the licence.

Licences are not intended to be a form of property, and can be cancelled by the Minister in certain circumstances, including where the licence holder has failed to comply with a condition of the licence or has contravened a provision of this Act or the applied work health and safety provisions.

A licence holder may also apply to surrender a licence if certain conditions are met. A licence may be surrendered entirely, or in respect of only part of the licence area.

Division 4 contains miscellaneous provisions about licences.

Part 3—Change in control of a licence holder

A person who begins to control, or ceases to control, a licence holder may commit an offence or contravene a civil penalty provision if the change in control has not been approved by the Registrar.

The Registrar may obtain information, documents or evidence in relation to a change in control of a licence holder, or a possible change in control, in certain circumstances.

解釈上のポイント

ライセンスは譲渡が可能

- 免許の譲渡には大臣の承認が必要であり、免許に基づく金銭的担保の手配を行わなければならない

規定違反時はライセンス取り消し

- 免許保有者が免許の条件を遵守しなかった場合、または本法もしくは適用される労働安全衛生規定の規定に違反した場合など、特定の状況において大臣が免許を取り消すことができる

ライセンス放棄も可能

- ライセンス保有者は、一定の条件を満たした場合、ライセンスの放棄を申請することもできる。免許は、免許区域の全部または一部のみについて放棄することができる



OEI法規定上ではライセンス保有者のマネジメントプラン策定・承認取得義務や大臣・当局からライセンス保有者への指示権限を明記

豪州: OEI Act(Offshore Electricity Infrastructure Act: 洋上電力インフラ法)概要(5/5)

OEI法章構成

1	Preliminary
2	Regulation of offshore infrastructure activities
3	Licensing
4	Management and protection of infrastructure
5	Administration
6	Application of work health and safety laws and other laws
7	Information relating to offshore infrastructure
8	Miscellaneous

OEI法原文

Part 1—Management and operation of infrastructure

A licence holder that proposes to construct, install, commission, operate, maintain or decommission offshore infrastructure must have a management plan for the licence. A management plan is a plan for these activities, and other activities to be carried out under a licence, that is prepared by the licence holder and approved by the Regulator under Division 2.

Division 3 requires a licence holder to maintain or remove property used in activities under this Act. Division 4 requires a licence holder to provide financial security to cover decommissioning and other costs.

Part 2—Directions powers

The Regulator may give a licence holder directions about the licence holder’s activities under this Act.

The Regulator and the Minister may give a licence holder or a former licence holder remedial directions requiring the licence holder or former licence holder to take various remedial actions, including by making good damage done to the environment.

The Regulator and the Minister may take actions to give effect to a direction that is not complied with.

It is an offence for a person to interfere with infrastructure and other things in the Commonwealth offshore area.

Under Division 3, the Regulator may determine safety zones around certain infrastructure in the Commonwealth offshore area. A safety zone is an area around the infrastructure that must not be entered by vessels, or by particular kinds of vessel.

Under Division 4, the Regulator may determine protection zones in the Commonwealth offshore area. Certain activities posing a risk to safety or a risk of damage to infrastructure may be restricted or prohibited in a protection zone.

解釈上のポイント

ライセンス保有者の マネジメントプラン策定義務

- ライセンス保有者は開発-運転-撤去まで含めたマネジメントプランを策定する必要あり
- 当該プランは規制当局による承認を得る必要あり

規制当局からライセンス保有者 に対する指示

- 規制当局および大臣は、ライセンス保有者または元ライセンス保有者に対し、環境に対する損害を修復することを含め、様々な是正措置を講じることを要求する是正指示を与えることができる



OEI賦課金規則上、事業者が支払う年間ライセンス料/コンプライアンス料/連邦賦課金を規定しており、海域のリース料は年間ライセンス料に含まれるものと推察

豪州: OEI 賦課金規則(Offshore Electricity Infrastructure (Regulatory Levies) Regulations 2022Act)概要(1/5)

賦課金規則構成

賦課金規則原文

解釈上のポイント

- 1 Preliminary
- 2 Amounts of levy
- 3 Adjusting levies

Part 1—Preliminary

1. Name

This instrument is the Offshore Electricity Infrastructure (Regulatory Levies) Regulations 2022.

2. Commencement

(1)Each provision of this instrument specified in column 1 of the table commences, or is taken to have commenced, in accordance with column 2 of the table. Any other statement in column 2 has effect according to its terms.

* Commencement information ³		
* Column 1 ³	Column 2 ³	Column 3 ³
* Provisions ³	Commencement ³	Date/Details ³
1. The whole of this instrument ³	The day after this instrument is registered. ³	1 November 2022 ³

Note: This table relates only to the provisions of this instrument as originally made. It will not be amended to deal with any later amendments of this instrument.

(2)Any information in column 3 of the table is not part of this instrument. Information may be inserted in this column, or information in it may be edited, in any published version of this instrument.

3. Authority

This instrument is made under the Offshore Electricity Infrastructure (Regulatory Levies) Act 2021.

4. Definitions

In this instrument:

Act means the Offshore Electricity Infrastructure (Regulatory Levies) Act 2021.

commercial licence has the same meaning as in the Offshore Electricity Infrastructure Act 2021.

feasibility licence has the same meaning as in the Offshore Electricity Infrastructure Act 2021.

holder, in relation to a licence, has the same meaning as in the Offshore Electricity Infrastructure Act 2021.

licence has the same meaning as in the Offshore Electricity Infrastructure Act 2021.

licence area, in relation to a licence, has the same meaning as in the Offshore Electricity Infrastructure Act 2021.

research and demonstration licence has the same meaning as in the Offshore Electricity Infrastructure Act 2021.

transmission and infrastructure licence has the same meaning as in the Offshore Electricity Infrastructure Act 2021.

vacated area, in relation to a licence, has the same meaning as in the Offshore Electricity Infrastructure Act 2021.

賦課金規則の前提情報を明示

- 規制名
- 効力開始日
- 根拠となる法律
- 用語の定義



OEI賦課金規則上、事業者が支払う年間ライセンス料/コンプライアンス料/連邦賦課金を規定しており、海域のリース料は年間ライセンス料に含まれるものと推察

豪州: OEI 賦課金規則(Offshore Electricity Infrastructure (Regulatory Levies) Regulations 2022Act)概要(2/5)

賦課金規則構成

- 1 Preliminary
- 2 **Amounts of levy**
- 3 Adjusting levies

賦課金規則原文

Part 2—Amounts of levy

5. Levies imposed on holders of feasibility licences

For the purposes of subsection 8(2) and section 9 of the Act, the following table sets out:

- (a) the offshore electricity infrastructure levies that are imposed on a person who is the holder of a feasibility licence; and
- (b) the amounts of those levies; and
- (c) the periods for which those levies must be paid.

*Levies imposed on holders of feasibility licences ²³			
*Item ²³	Kind of levy ²³	Period for which levy must be paid ²³	Amount of levy ²³
1 ²³	Annual licence levy ²³	Each period of 12 months for which the licence is held ²³	\$120,000 plus \$1,000 for each 10 km ² (or part thereof) of licence area over 100 km ² ²³
2 ²³	Annual compliance levy ²³	Each period of 12 months for which the licence is held ²³	\$100,000 plus \$5,000 for each 10 km ² (or part thereof) of licence area over 100 km ² ²³
3 ²³	Annual Commonwealth levy ²³	Each period of 12 months for which the licence is held ²³	\$513,342 ²³

Note: A period of 12 months for which the licence is held begins on the day the licence is granted or on an anniversary of that day.

6. Levies imposed on holders of commercial licences

For the purposes of subsection 8(2) and section 9 of the Act, the following table sets out:

- (a) the offshore electricity infrastructure levies that are imposed on a person who is the holder of a commercial licence; and
- (b) the amounts of those levies; and
- (c) the periods for which those levies must be paid.

*Levies imposed on holders of commercial licences ²³			
*Item ²³	Kind of levy ²³	Period for which levy must be paid ²³	Amount of levy ²³
1 ²³	Annual licence levy ²³	Each period of 12 months for which the licence is held ²³	\$150,000 plus \$2,000 for each 10 km ² (or part thereof) of licence area over 100 km ² ²³
2 ²³	Annual compliance levy ²³	Each period of 12 months for which the licence is held ²³	\$300,000 plus \$10,000 for each 10 km ² (or part thereof) of licence area over 100 km ² ²³
3 ²³	Annual Commonwealth levy ²³	Each period of 12 months for which the licence is held ²³	\$295,186 ²³

解釈上のポイント

商業ライセンスを取得する以前から賦課金が発生

フィージビリティライセンス賦課金

- 年間ライセンス料: \$120,000 + \$1,000/10km²
- 年間コンプライアンス料: \$100,000 + \$5,000/10km²
- 年間連邦賦課金: \$513,342

商業ライセンス賦課金

- 年間ライセンス料: \$150,000+\$2,000/10km²
- 年間コンプライアンス料: \$300,000+\$10,000/10km²
- 年間連邦賦課金: \$295,186



賦課金規則の規定されるライセンス料の詳細は明示されていないが、年間ライセンス料は面積毎に賦課金が徴収される建付けであり、海域の借地権が含まれるものと推察される



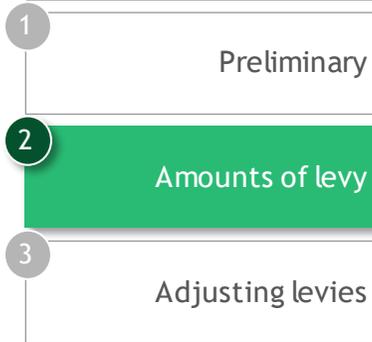
- BCG オーストラリアエネルギーセクター担当アナリスト



OEI賦課金規則上、事業者が支払う年間ライセンス料/コンプライアンス料/連邦賦課金を規定しており、海域のリース料は年間ライセンス料に含まれるものと推察

豪州: OEI 賦課金規則(Offshore Electricity Infrastructure (Regulatory Levies) Regulations 2022Act)概要(3/5)

賦課金規則構成



賦課金規則原文

7. Levies imposed on holders of research and demonstration licences

For the purposes of subsection 8(2) and section 9 of the Act, the following table sets out:

- (a) the offshore electricity infrastructure levies that are imposed on a person who is the holder of a research and demonstration licence; and
- (b) the amounts of those levies; and
- (c) the periods for which those levies must be paid.

*Levies imposed on holders of research and demonstration licences ²³			
*Item ²³	Kind of levy ²³	Period for which levy must be paid ²³	Amount of levy ²³
1 ²³	Annual licence levy ²³	Each period of 12 months for which the licence is held ²³	\$120,000 plus \$1,000 for each 10 km ² (or part thereof) of licence area over 100 km ² ²³
2 ²³	Annual compliance levy ²³	Each period of 12 months for which the licence is held ²³	\$100,000 plus \$5,000 for each 10 km ² (or part thereof) of licence area over 100 km ² ²³
3 ²³	Annual Commonwealth levy ²³	Each period of 12 months for which the licence is held ²³	\$295,186 ²³

Note: A period of 12 months for which the licence is held begins on the day the licence is granted or on an anniversary of that day.

8. Levies imposed on holders of transmission and infrastructure licences

For the purposes of subsection 8(2) and section 9 of the Act, the following table sets out:

- (a) the offshore electricity infrastructure levies that are imposed on a person who is the holder of a transmission and infrastructure licence; and
- (b) the amounts of those levies; and
- (c) the periods for which those levies must be paid.

*Levies imposed on holders of transmission and infrastructure licences ²³			
*Item ²³	Kind of levy ²³	Period for which levy must be paid ²³	Amount of levy ²³
1 ²³	Annual licence levy ²³	Each period of 12 months for which the licence is held ²³	\$120,000 ²³
2 ²³	Annual compliance levy ²³	Each period of 12 months for which the licence is held ²³	\$100,000 ²³
3 ²³	Annual Commonwealth levy ²³	Each period of 12 months for which the licence is held ²³	\$295,186 ²³

Note: A period of 12 months for which the licence is held begins on the day the licence is granted or on an anniversary of that day.

解釈上のポイント

研究・実証ライセンス賦課金

- 年間ライセンス料: \$120,000 + \$1,000/10km²
- 年間コンプライアンス料: \$100,000 + \$5,000/10km²
- 年間連邦賦課金: \$295,186

送電・インフラライセンス賦課金

- 年間ライセンス料: \$120,000
- 年間コンプライアンス料: \$100,000
- 年間連邦賦課金: \$295,186



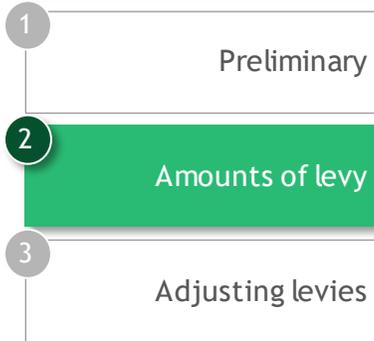
OEI賦課金規則上、事業者が支払う年間ライセンス料/コンプライアンス料/連邦賦課金を規定しており、海域のリース料は年間ライセンス料に含まれるものと推察

豪州: OEI 賦課金規則(Offshore Electricity Infrastructure (Regulatory Levies) Regulations 2022Act)概要(4/5)

賦課金規則構成

賦課金規則原文

解釈上のポイント



9. Levies are imposed at start of period, and for full period
To avoid doubt:

(a) a levy that relates to a period for which a licence is held is imposed on the person who holds the licence at the start of that period; and

(b) subject to sections 10 (licences that cease to be in effect during payment periods) and 11 (parts of licence areas that become vacated areas during payment periods), the full amount of the levy is imposed even if the person does not intend to hold the licence for the whole period.

Note: However, if the licence ceases to be in effect, or if a part of the licence area becomes a vacated area, an amount of levy may be refunded (see section 48 of the Offshore Electricity Infrastructure Regulations 2022).

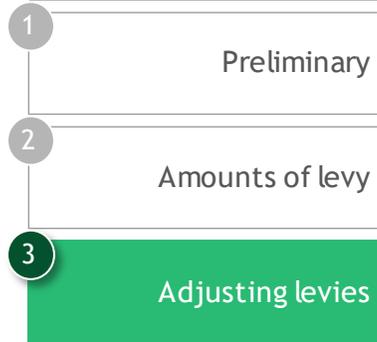
ライセンス保有者は、ライセンス期間を通じて賦課金の支払いが課せられる



OEI賦課金規則上、事業者が支払う年間ライセンス料/コンプライアンス料/連邦賦課金を規定しており、海域のリース料は年間ライセンス料に含まれるものと推察

豪州: OEI 賦課金規則(Offshore Electricity Infrastructure (Regulatory Levies) Regulations 2022Act)概要(5/5)

賦課金規則構成



賦課金規則原文

Part 3—Adjusting levies

10. Licences that cease to be in effect during payment periods

(1) This section applies if, during a period mentioned in Part 2 (amounts of levy), a licence:

- (a) is cancelled; or
- (b) ceases to be in force under paragraph 74(6)(a) (licence surrender) of the Offshore Electricity Infrastructure Act 2021; or
- (c) in the case of a feasibility licence—ceases to have effect under paragraph 36(4)(a) of that Act; or
- (d) otherwise ceases to be in effect.

Note: This section does not apply merely because a licence reaches its end day (within the meaning of the Offshore Electricity Infrastructure Act 2021).

(2) Part 2 applies as if the licence were held for the whole of the period, but the amount of levy is to be worked out on a pro rata basis by reference to the number of days in the period before the licence ceased to be in effect.

11. Parts of licence areas that become vacated areas during payment periods

(1) This section applies if:

- (a) during a period mentioned in Part 2 (amounts of levy), part of a licence’s licence area becomes a vacated area in relation to the licence (otherwise than because the licence has ceased to be in effect); and
- (b) an amount of offshore electricity infrastructure levy payable for the licence is worked out by reference to the licence area.

(2) The amount payable by reference to the licence area is to be worked out on a pro rata basis by reference to the number of days in the period before and after the area becomes a vacated area.

解釈上のポイント

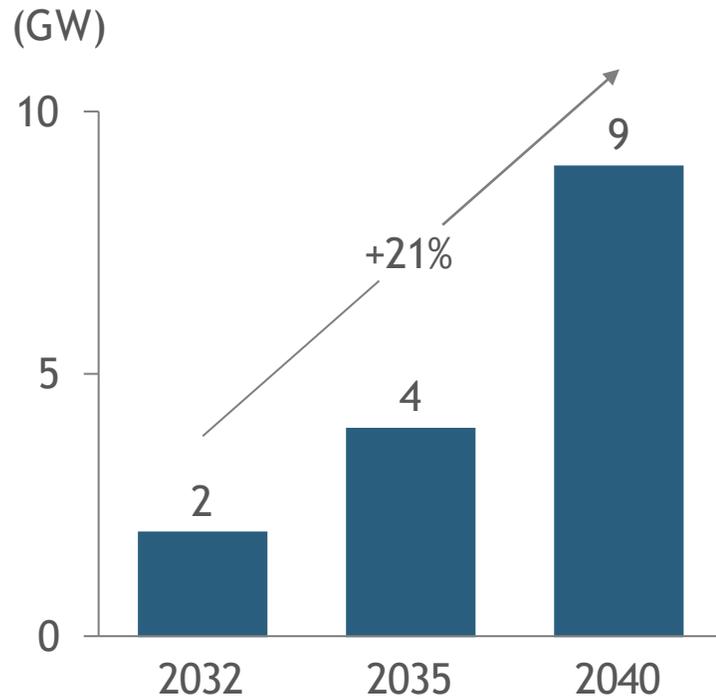
ライセンスの失効/区域の変更等が生じた場合の賦課金の支払いの調整方法について規定(いずれも日割り計算)



VIC州は独自の洋上風力導入目標(~2040年: 9GW)を標榜しており、 目標達成に向けたインフラ整備計画を含むStatementを順次発表

豪Victoria州: 洋上風力導入計画

VIC州洋上風力導入目標



連邦政府も洋上風力導入目標を設定していない中、州政府として初めて野心的な目標を標榜

VIC州洋上風力導入目標達成に向けた計画策定状況

洋上導入目標の実現に向け、2023年内に送配電や港湾の整備計画等を含む導入計画を策定し、「Offshore Wind Implementation Statement」を発行して順次情報公開

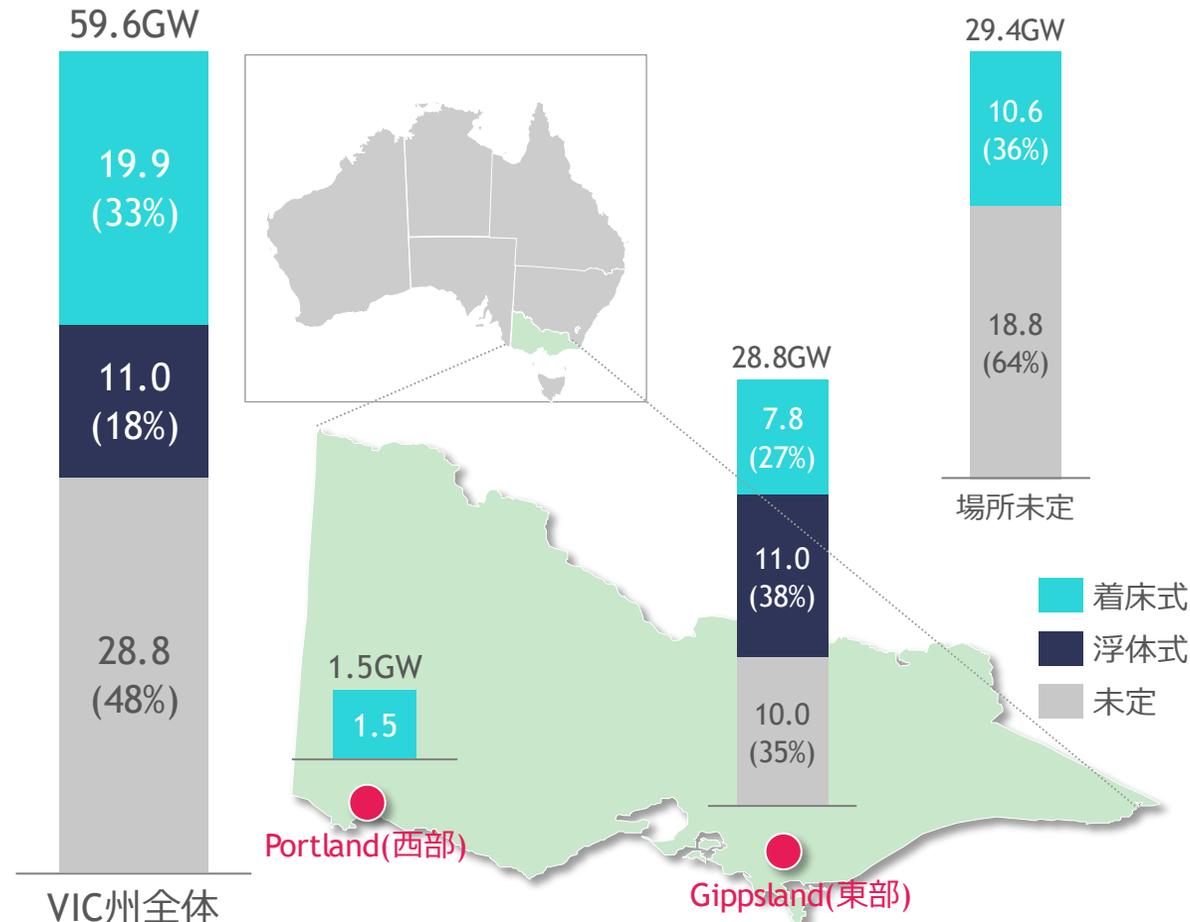
	第1版	第2版	第3版
公表時期	2022年10月	2023年3月	2023年後半(予定)
公表トピック	Transmission schedule and plan	Update on transmission and ports	—
	Ports schedule and plan		—
	Local supply chain and workforce update	—	Update on local content requirements
	Procurement process update	Update on procurement process,	Procurement process plan
	Policy, legislative and regulatory changes	Update on policy, legislative and regulatory work	—



豪VIC州では約60GWの洋上風力開発案件が顕在化しており、 そのうち浮体式案件(11GW)は東部のGippsland(ギブスランド)が中心

豪Victoria州: 洋上風力案件開発動向

VIC州: 洋上風力開発案件分布



Source: 4c offshore database(July 2023); BCG分析

VIC州: 浮体式・未定洋上風力案件概要

プロジェクト名	海域	MW	型式	ステータス	事業者/オーナー
Southern Ocean Region	未定	14,000	未定	開発認定区域	
Gippsland Declared Area	Gippsland	10,000	未定	開発認定区域	
Bass Strait 1 - Mistral	Gippsland	4,000	浮体式	コンセプト	Clough, Deloitte Australia, Mistral Energy
Bass Strait 2 - Mistral	Gippsland	4,000	浮体式	コンセプト	Mistral Energy, Deloitte Australia, Clough
Bass Strait 3 - Mistral	Gippsland	3,000	浮体式	コンセプト	Clough, Deloitte Australia, Mistral Energy
Azure	未定	1,000	未定	コンセプト	DP Energy
Bass Coast North	未定	1,000	未定	コンセプト	DP Energy
Bass Coast South	未定	1,000	未定	コンセプト	DP Energy
Barwon	未定	1,000	未定	コンセプト	DP Energy
Portland	未定	750	未定	コンセプト	Flotation Energy
Bass Strait Proposed Area	未定	-	未定	開発認定区域	



VIC州ではエネルギーイノベーション基金(EIF)を通じて洋上風力実証支援を実施しており、今後2023年中に事業化に向けた政策支援策を纏める見通し

豪Victoria州: 洋上風力関連政策支援

VIC州エネルギーイノベーション基金(EIF)

- EIFはVIC州が2021年2月に公募開始した「研究開発段階を通過しているが、商用段階に至っていない革新的なエネルギー事業」を支援する制度
- Round1では、洋上風力の3案件が採択されており、計A\$37.9Mが拠出

案件名	採択洋上風力事業者	設備規模(GW)	金額(A\$M)
1 Star of the South	Copenhagen Infrastructure Partners (デンマーク) Offshore Energy Pty(豪州)	2.2	19.5
2 Great Southern	Macquarie Group(豪州)	1.0	2.3
3 Sea dragon	Flotation Energy (スコットランド) - 東京電力REが2022年11月に買収発表	1.5	16.1

追加的なVIC州事業化支援

2023年後半に財政面を含む事業者への“support package”を公表予定

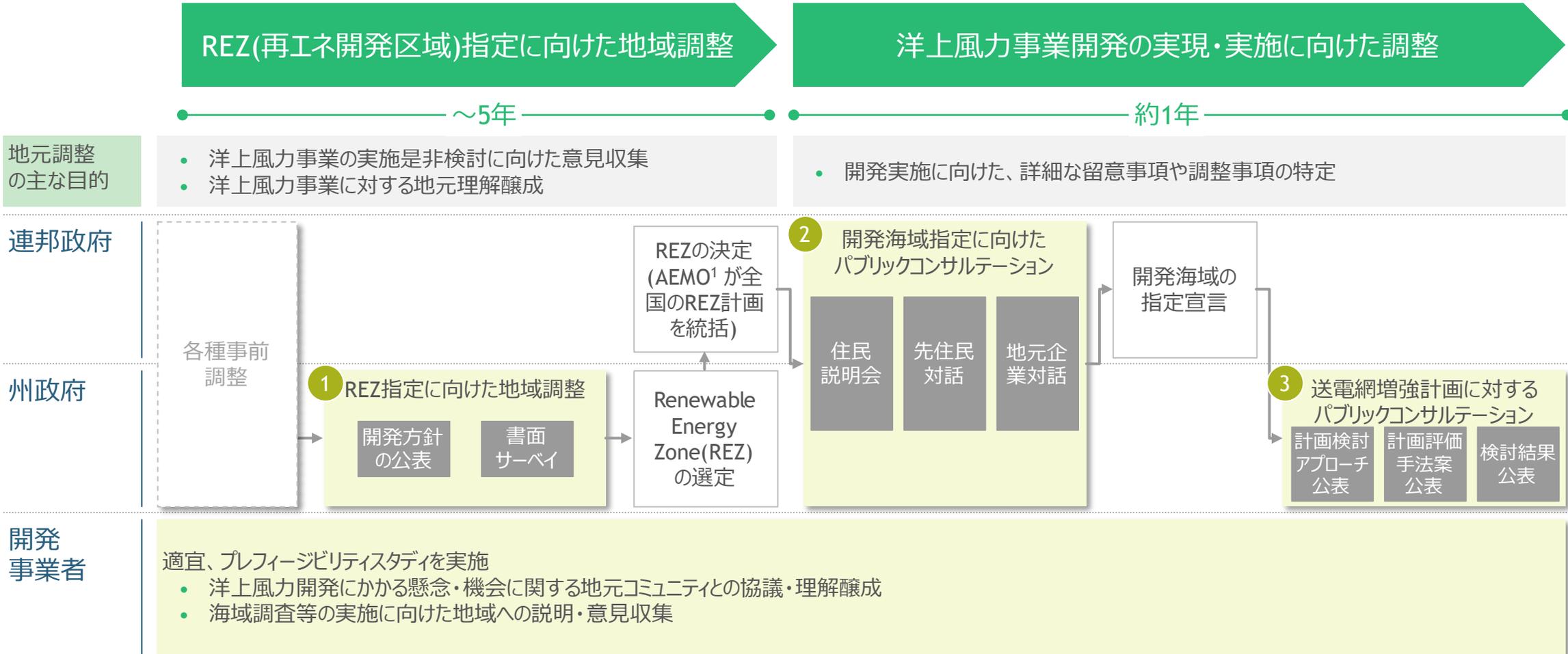
- Victoria州政府は、2022年に洋上風力事業者と、今後の制度・支援枠組みについて対話を実施
- その中で、「2032年 2GW」の導入に向け、財政面での政府支援が必要と認識し、支援制度等の詳細を検討中

Source: 各種公開情報; エキスパートインタビュー; BCG分析



豪州再エネ区域(REZ)の選定是非は州政府を中心に地域調整を実施し、 洋上風力事業推進に向けては、連邦政府が留意・懸念事項に対する配慮方針等を集約

豪州: 洋上風力事業開発に向けた地域調整プロセス



Source: オーストラリア政府「Guideline: Offshore Electricity Infrastructure Licence Administration - Feasibility Licences」; BCG分析

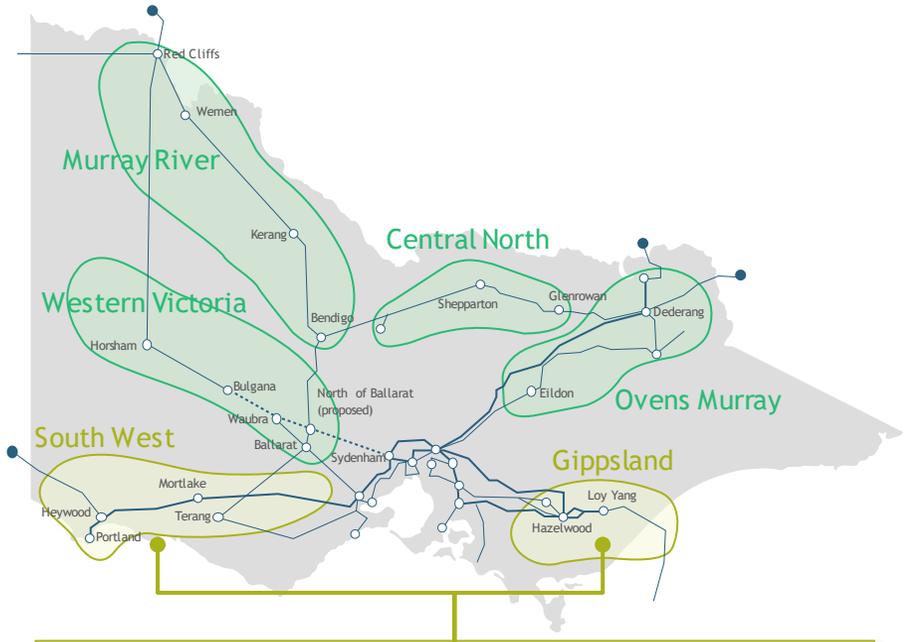


Victoria州政府は、REZ開発方針を公表した後、 企業・団体や地域住民に対する書面調査を通じた地元調整プロセスを実施

豪州: ① REZ指定に向けた州政府による地域調整 - Victoria州

Step1: 開発方針の公表

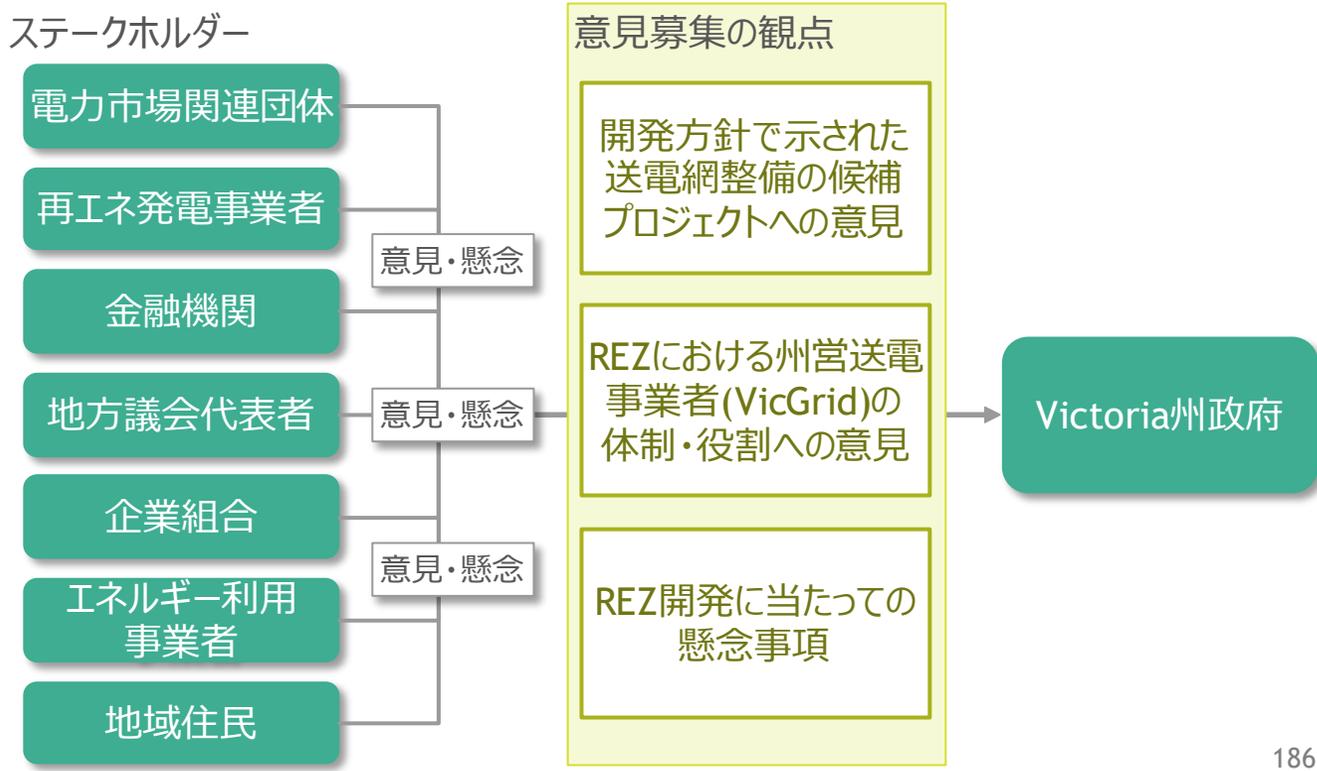
2021年2月、REZ開発計画文書にて、Victoria州内2か所 (Gippsland、Portland)の洋上風力開発を念頭においた REZ指定方針を公表



Source: Victoria州政府; BCG分析

Step2: REZ指定に向けた書面調査

Victoria州内の様々な団体等に対して書面調査を実施し、REZの指定にあたっての意見や懸念事項を幅広く聴取





連邦政府は、候補海域を正式に事業実施海域として指定するため、約2か月間のパブリックコンサルテーションと地元関係者への説明を実施

豪州: ② 洋上風力開発海域指定に向けた地域調整プロセス - Illawara 海域

Illawara 海域の概要

海域の概要

NSW州南東部に位置

- 面積: 1,461m²
- 最大発電容量: 4.2 GW

開発状況

正式な海域指定に向け、連邦政府により地元と最終調整中

- 2022年8月 海域指定候補に選定

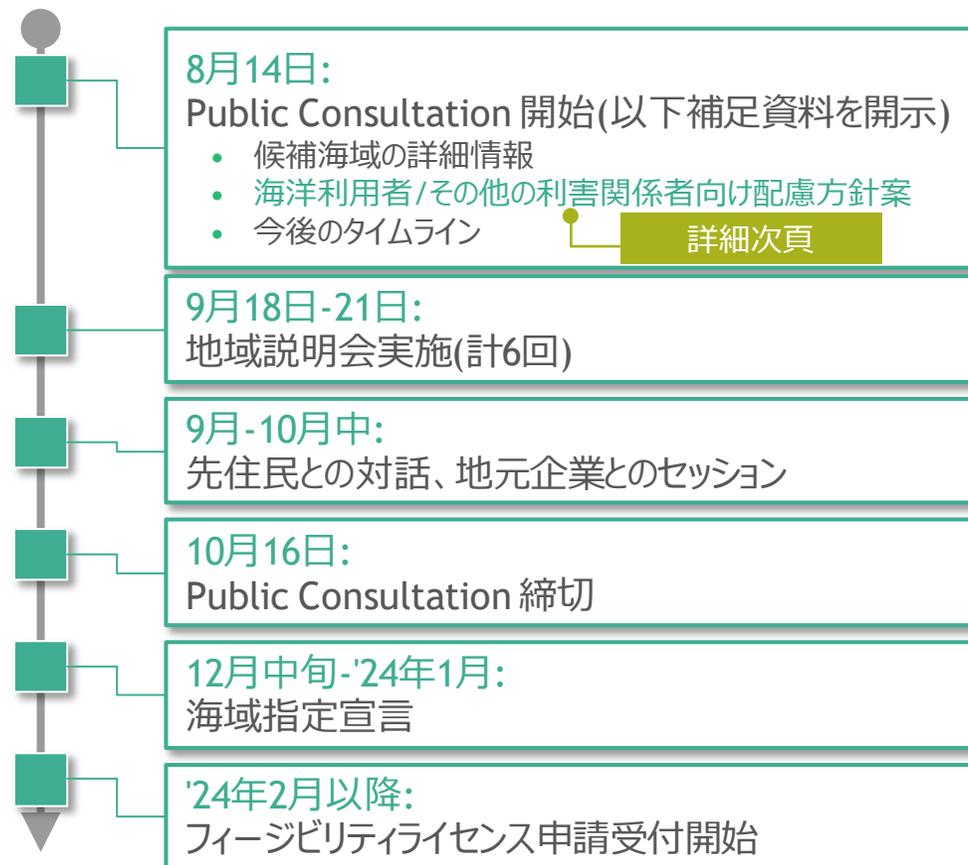
位置



候補海域

- 沿岸より10-30km

海域指定に向けたプロセス

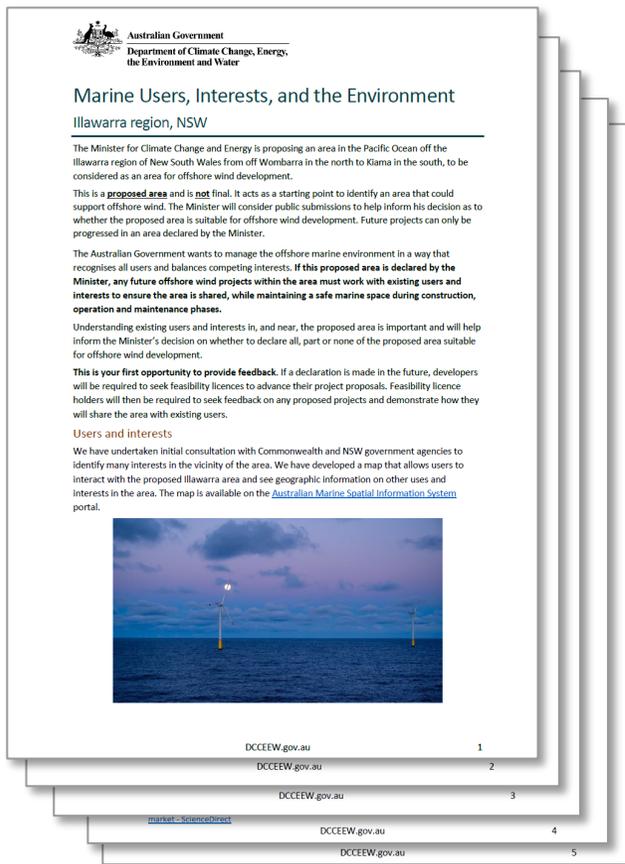




海域指定に向けたPublic Consultationでは、先住民、自然環境、航空・防衛、航路・港湾、気象レーダー、漁業、観光等の観点で配慮方針案を提示

豪州: ② 海域利用・環境対応に関する調整内容- Illawarra海域

Illawarra地域の配慮方針開示資料



配慮方針

観点	方針詳細
First Nations, Native Title and Sea Country	<ul style="list-style-type: none"> 各種ライセンス付与の際、先住民と事前協議を実施 事業者は先住民所有権法(Native Title Act 1993)に規定される先住民に対する義務を理解し、遵守する
Natural Environment	<ul style="list-style-type: none"> Illawarra海域における洋上風力案件は以下に準拠する <ul style="list-style-type: none"> 国家環境重要事項のリカバリープランと整合 絶滅危惧種/渡り海鳥の長期的な保護 移動種条約の要件と整合
Airports and Defence	<ul style="list-style-type: none"> ライセンス許認可プロセスにおける国防総省(Department of Defence)/民間航空会社との事前協議を実施
Vessel Traffic and Ports	<ul style="list-style-type: none"> ライセンス許認可プロセスで洋上風力案件がレジャーボート事業に与える影響を事業者が考慮しなければならない可能性あり
Weather Radars	<ul style="list-style-type: none"> 海域指定宣言後、事業者はフィージビリティスタディの一環として、気象レーダーに干渉しないことを連邦政府と協力して確認する
Commercial and Recreational Fishing	<ul style="list-style-type: none"> 事業者はライセンス取得後、漁業者と漁業への影響について協議し、その他の海洋利用者からの意見収集/対応計画を作成する 他の海洋インフラの利用状況を踏まえ、個別案件毎に追加的な規制区域が設置される可能性あり
Tourism	<ul style="list-style-type: none"> 事業者に課せられる特段の配慮方針の規定は無し <ul style="list-style-type: none"> 米国事例から、洋上風力が観光にネガティブな影響を与える可能性は低い

詳細次頁



地元漁業者への配慮方針として、漁場・漁法、レジャー/商業漁業、立入制限区域に関する調査結果/方針と、それを踏まえた事業者の今後の対応事項について明記

豪州: ② 漁業に関する調整内容 - Illawarra 海域

原文

A 漁場・漁法
There are several Commonwealth fisheries that exist within and around the Illawarra region, including the Eastern Tuna and Billfish Fishery, South East Trawl Fishery (sector of the Southern and Eastern Scalefish and Shark Fishery), Small Pelagic Fishery and Southern Bluefin Tuna Fishery. While there is relatively low fishing effort across the proposed area compared to other parts of Australia from Commonwealth commercial fishers, most of this tends to be concentrated on the continental shelf and slope. In consultation with the Australian Fisheries Management Authority (AFMA), areas of relatively high effort for Commonwealth managed trawl fisheries have been excluded from the proposed area.

B レジャー漁業
The interaction of offshore wind on recreational fishing has been examined overseas. Evidence from overseas, where offshore wind projects have existed for many years, suggests that offshore wind and fishing can, in many cases, share the same space. The installation of wind turbines may have long term local benefits as turbines may function as nurseries, potentially increasing fish stocks in surrounding areas.

C 商業漁業
Depending on the location of offshore wind projects, commercial fishing operators that hold existing fishing rights in the area may be impacted during the construction, operation, maintenance and decommissioning stages. Future offshore wind licence holders will need to consult with the commercial fishing sector to discuss how proposed projects area can be shared, the potential impacts and how can impacts be mitigated. Licence holders will need to have plans for gathering and responding to ongoing feedback from marine users, including the commercial fishing industry, throughout the life of projects.

D 立入制限区域
In most cases, commercial and recreational fishing activities may be able to share the space with future offshore wind projects. However, fisheries that use methods such as trawling and longlines will be subject to exclusion around infrastructure, including towers and cables. The specific dimensions of these exclusions will be determined on a project specific basis. Construction and operation of offshore wind projects in the ocean is a relatively new concept in Australia and there is further work required to understand what arrangements may be needed for fishing activities and these projects to share the same areas. There may be small, restricted areas around offshore wind infrastructure such as turbines and substations, as with other marine infrastructure like navigation buoys and oil and gas platforms. These restricted areas are to ensure the safety of offshore workers and other users of the marine environment, and to protect vessels and the infrastructure from damage. There may be larger restricted areas while offshore wind projects are under construction to ensure safety for marine users and construction workers. The exact details of these restricted areas will be determined on a project-by-project basis.

Source: オーストラリア政府「Marine Uses, Interests, and the Environment」; BCG分析

要旨

Illawarra 海域における漁業は以下の通りであり、大陸棚/斜面に集中

- 東部マグロ/ビルフィッシュ漁業
- 南東部トロール漁業(南部・東部鱈/サメ漁業)
- 小型遠洋漁業
- 南部黒マグロ漁業等

漁業管理局(AFMA)との事前協議により、トロール漁業の漁獲量が多い海域は候補海域から除外済み

海外先行事例から、洋上風力とレジャー漁業は共存可能であり、周辺海域の魚類資源を増加させ、地元利益をもたらす可能性あり

- 風車が魚礁として機能する可能性

洋上風力は建設/操業/保守/廃止の過程で商業漁業者に影響を与える可能性があるため、ライセンス保有者は以下が求められる

- 開発海域の共有方針、潜在的な影響、影響を緩和する方法について、商業漁業者と協議
- プロジェクト期間を通じて、海洋利用者からの意見収集とそれに対応するための計画を作成

プロジェクト毎に、トロール/延縄漁業等の漁法を使用する漁業者に対する、タワー/ケーブルなどのインフラ周辺の立入制限区域が設定される

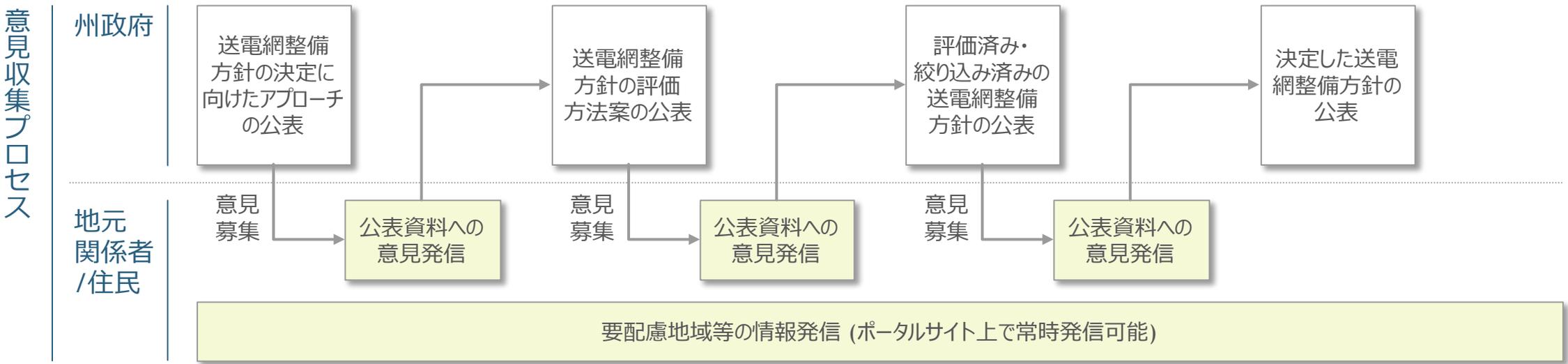
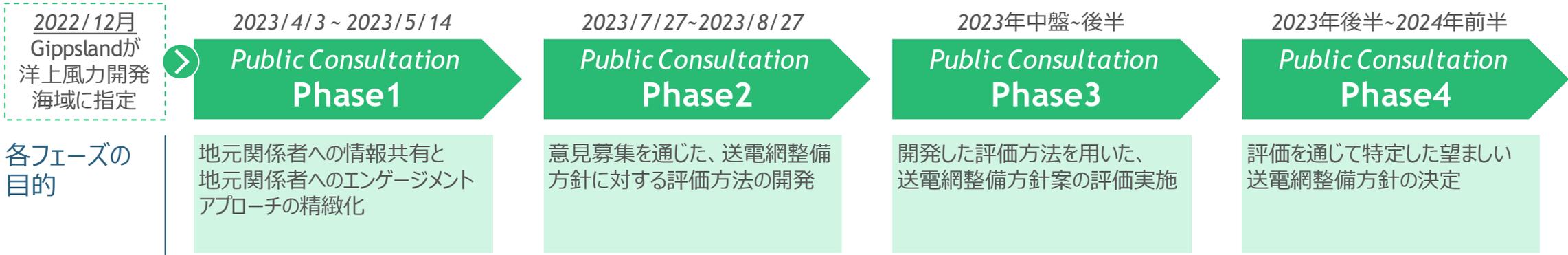
事業者と漁業者の間にどういった取り決めが必要になるか理解するために、さらなる調整が必要である

さらに、タービン/変電所等のインフラ周辺には、石油・ガスプラットフォームなど同様に小規模な立入制限区域が設定され、発電所の建設中はより広範囲の制限区域が設定される可能性がある



Victoria州では、連邦政府によるGippslandの洋上風力開発海域指定を受け、必要な送電網整備の詳細決定に向け地元関係者・住民と複数段階の調整を実施中

豪州: ③ 洋上風力用送電網整備に向けた地域調整プロセス - Victoria州





幅広く地元関係者の声を拾い上げるため、オンライン/オフライン両方の多様なチャネルを活用しながら意見収集を実施

豪州: ③ 洋上風力用送電網整備に向けた意見収集手法 - Victoria州



オンラインサーベイ

オンラインポータル上に回答フォームを設置し、住民等からの意見を収集



地元関係者への個別説明

地域議会、開発事業者、各種利益団体、農場関係者等への説明を実施



ウェビナー

幅広く情報発信を行うため、ウェビナーを開催



電話対応

住民からの問い合わせに対しても、回答・説明を実施



住民向け説明会

Gippsland、Portlandそれぞれで住民が立寄れる説明会を開催し、情報共有・意見収集を実施



区内施設での展示

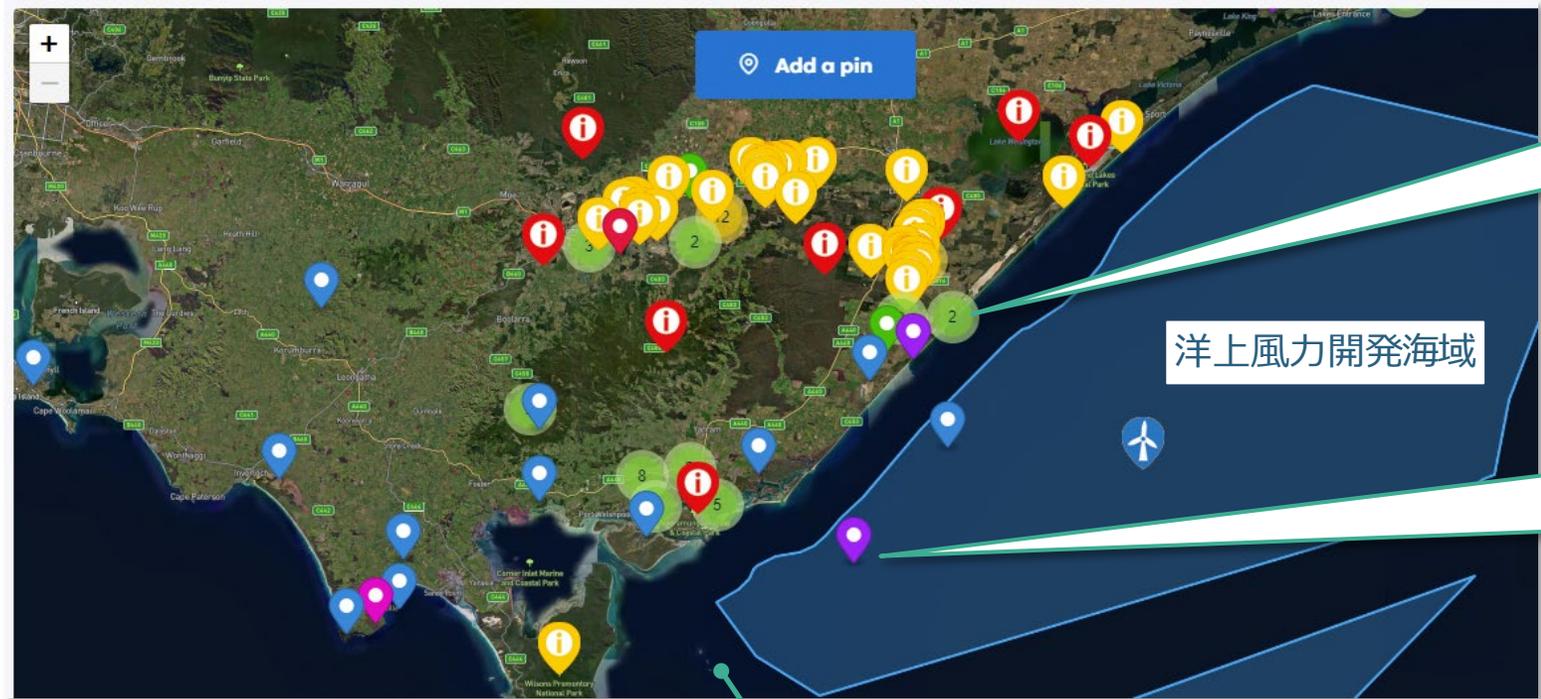
区内農場関連施設でREZ計画内容に関する展示・発表を実施



Victoria州政府が運営するエンゲージメントポータルサイト上を通じ、 地域内での影響懸念箇所や配慮要請箇所等の情報を収集し、開発計画に反映

豪州: ③ 洋上風力用送電網整備に向けた要配慮地域情報の収集状況 - Victoria州

Interactive Map surveyイメージ



追加されたコメント例

“ 渡り鳥の重要な生息地であるとともに、歴史的にアカハラワカバインコの重要な生息地でもあり、配慮が必要

“ Gippslandにおける、主要なレジャー漁業向け海域の一つであり、漁場環境への影響や船でのアクセスの観点で配慮されるべき

オンライン公開中の地図上で地点追加を行うことで、送配電インフラ建設にあたって何らかの影響が懸念される地域や、配慮が必要な地域の情報、誰でも提起・発信することが可能

海外浮体式洋上風力市場: 詳細



ベトナム



2023年5月に正式承認されたベトナム政府エネルギー計画(PDP8)では、 2030年に6GW、2050年に70~92GWの洋上風力導入が目標

ベトナム：電源構成推移 (実績・計画)

PDP8概要

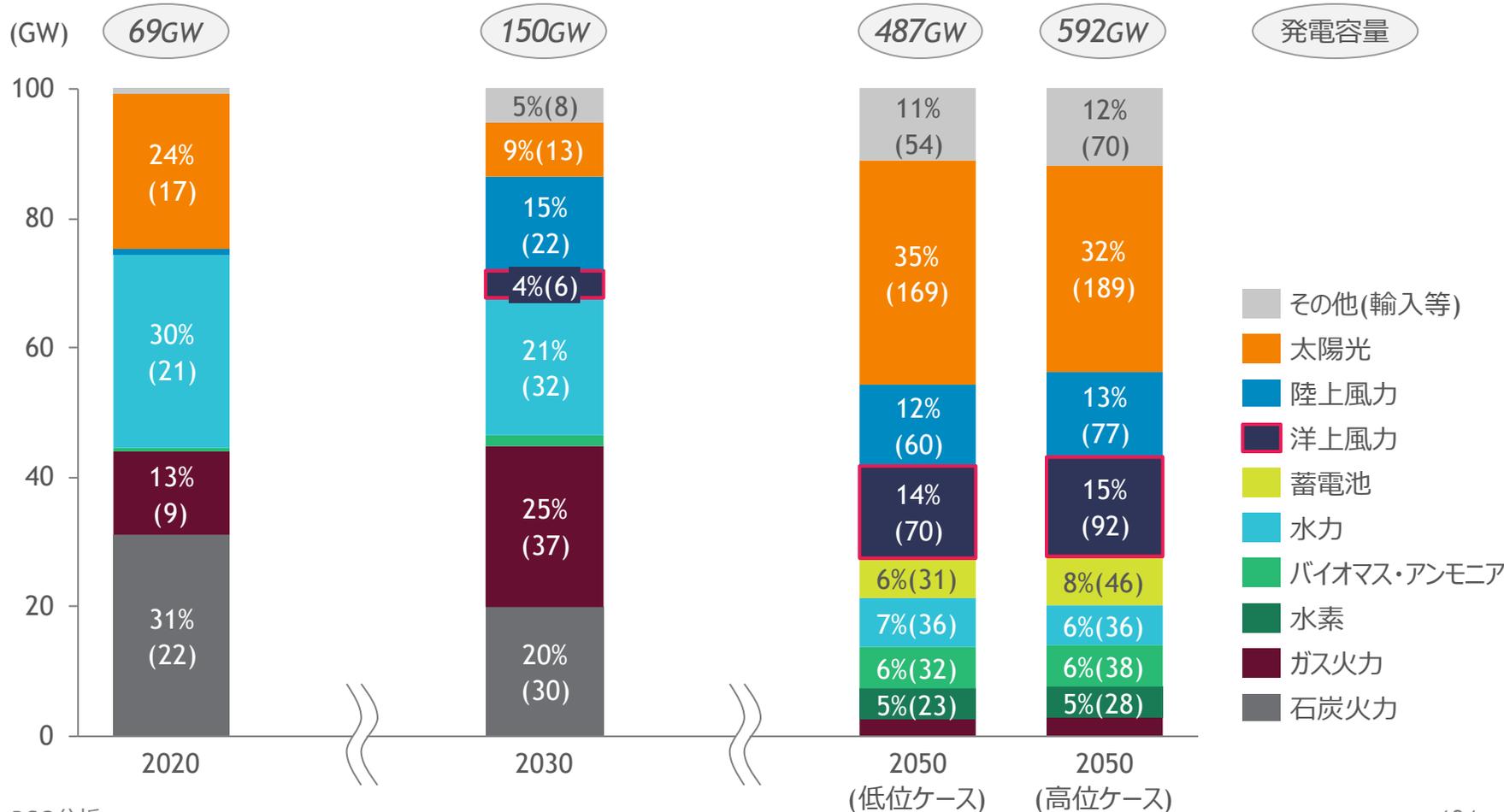
2023年5月、ベトナム政府は「第8次国家電力開発基本計画(PDP8)」を正式承認・公表

- 2021年～2030年におけるベトナムの電力開発指針
- 脱炭素化等の国際気運や、エネルギー価格高騰等により、予定より2年遅れで公表

PDP8では、実質GDP成長率を年平均7%と予測の上で必要な発電量・電源構成の目標を策定

- 2030年までは、特にガス火力、陸上風力を拡大
- 2050年に向け、洋上風力、蓄電池、水素・アンモニア・バイオマス等を拡大

PDP8における電源構成目標



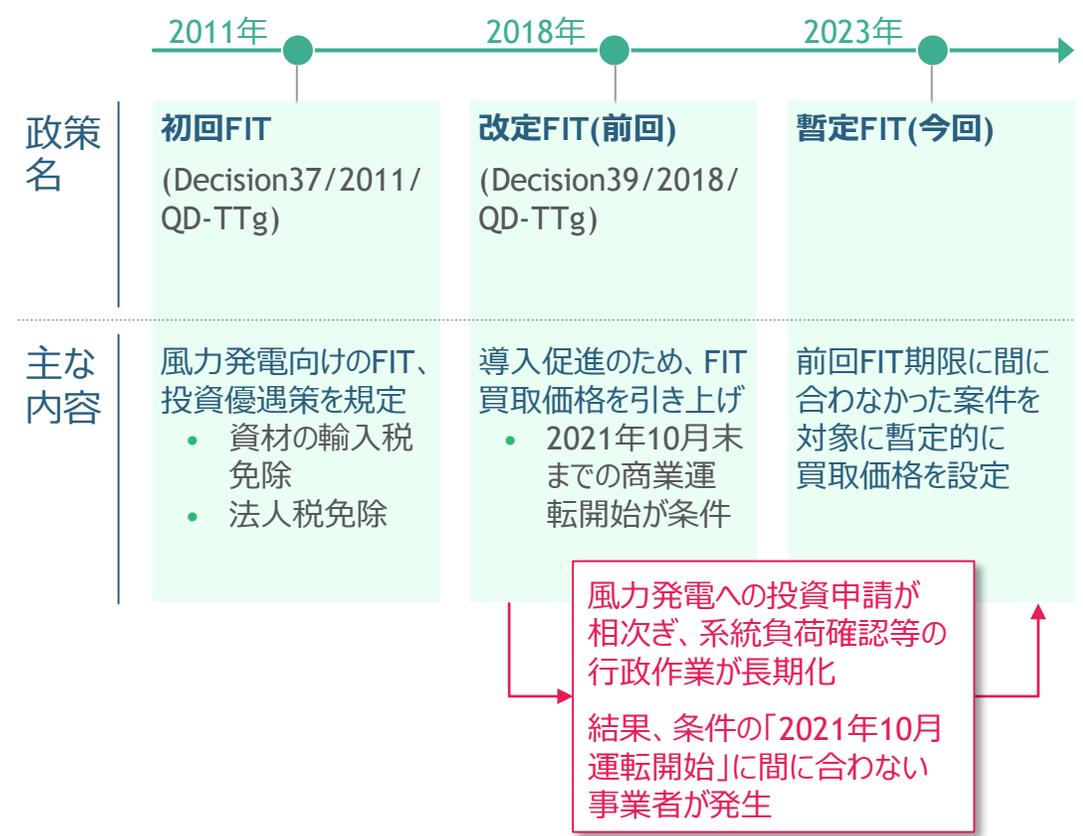
Source: ベトナム商工省(MOIT); JETRO; JOGMEC; BCG分析



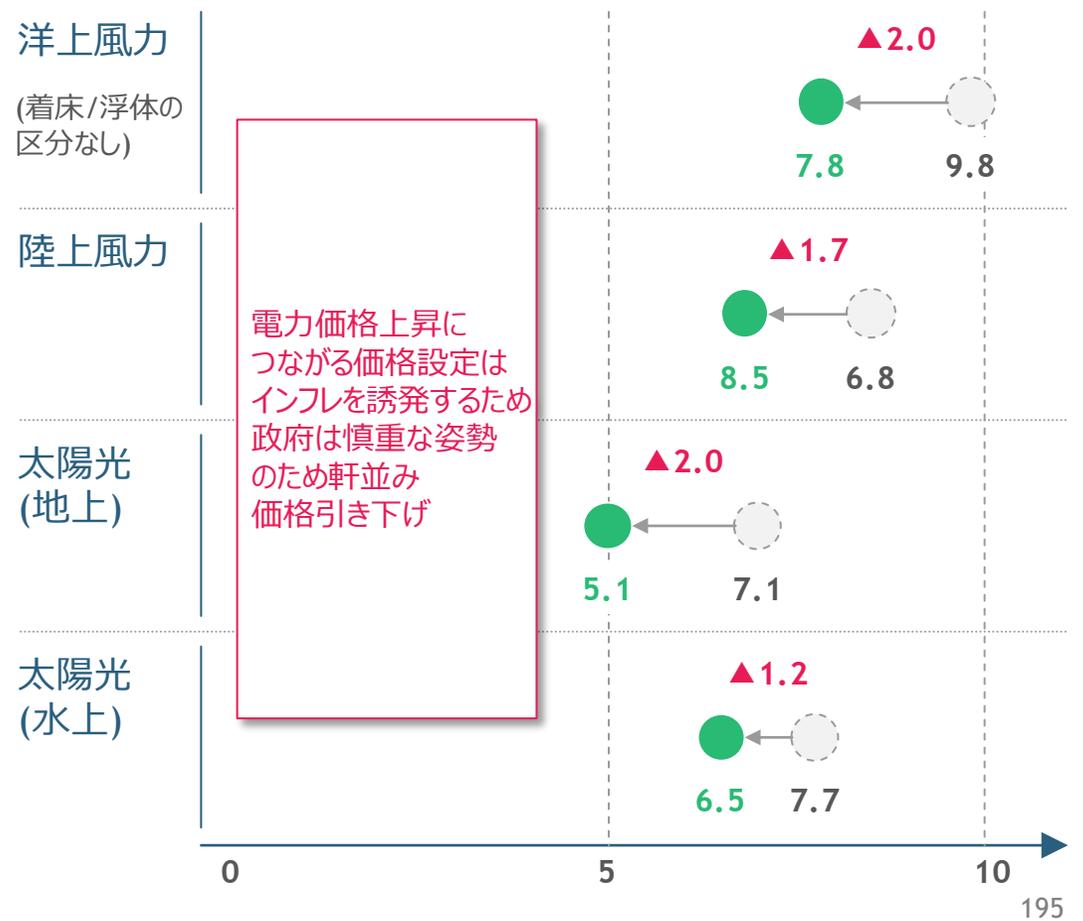
ベトナムでは改定FIT時の条件を満たせず運転が開始出来ていなかった案件を対象に、5年ぶりにFIT買取価格が提示され、価格水準は5年前より低水準

ベトナム：風力発電導入に向けた政策動向

風力発電に関するベトナムFIT制度の経緯



FIT買取価格の推移 (セント/kWh)



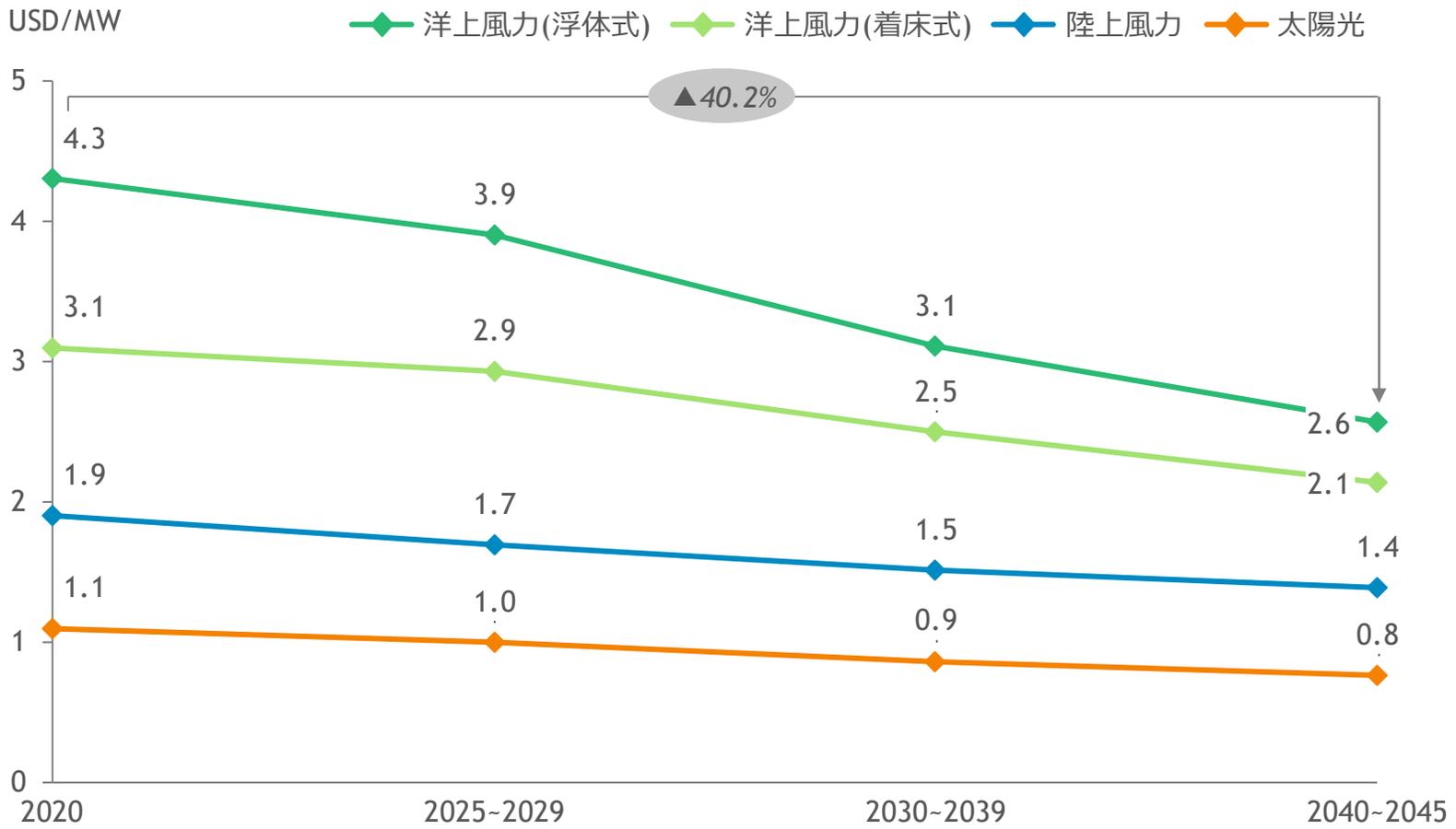
Source: JETRO; 各種公開情報; BCG分析



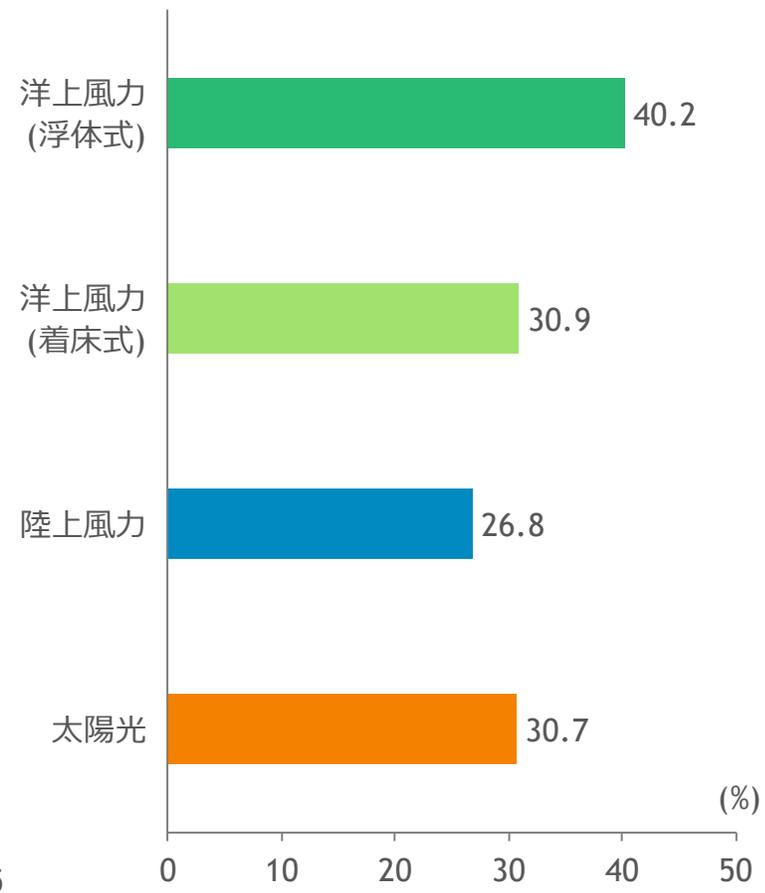
ベトナムでは長期的には浮体式洋上風力の価格低減率が最も大きく、 長期的に他再エネとの電力価格差は縮小していく見込み

ベトナム：政府の電源別価格予測

PDP8検討時に想定された電源別価格予測



2045年までの価格低減率 (2020年比)



Source: IEEFA "Vietnam's PDP8 Pause Is an Opportunity to Improve Market Structures"



世界銀行によるベトナム洋上風力LCOE予測では、2030年にかけて浮体式コストが急速に低下し、2035年には着床式とのコスト差も大きく縮まる可能性

ベトナム：洋上風力発電コスト予測(世界銀行によるシナリオ分析)

分析の背景

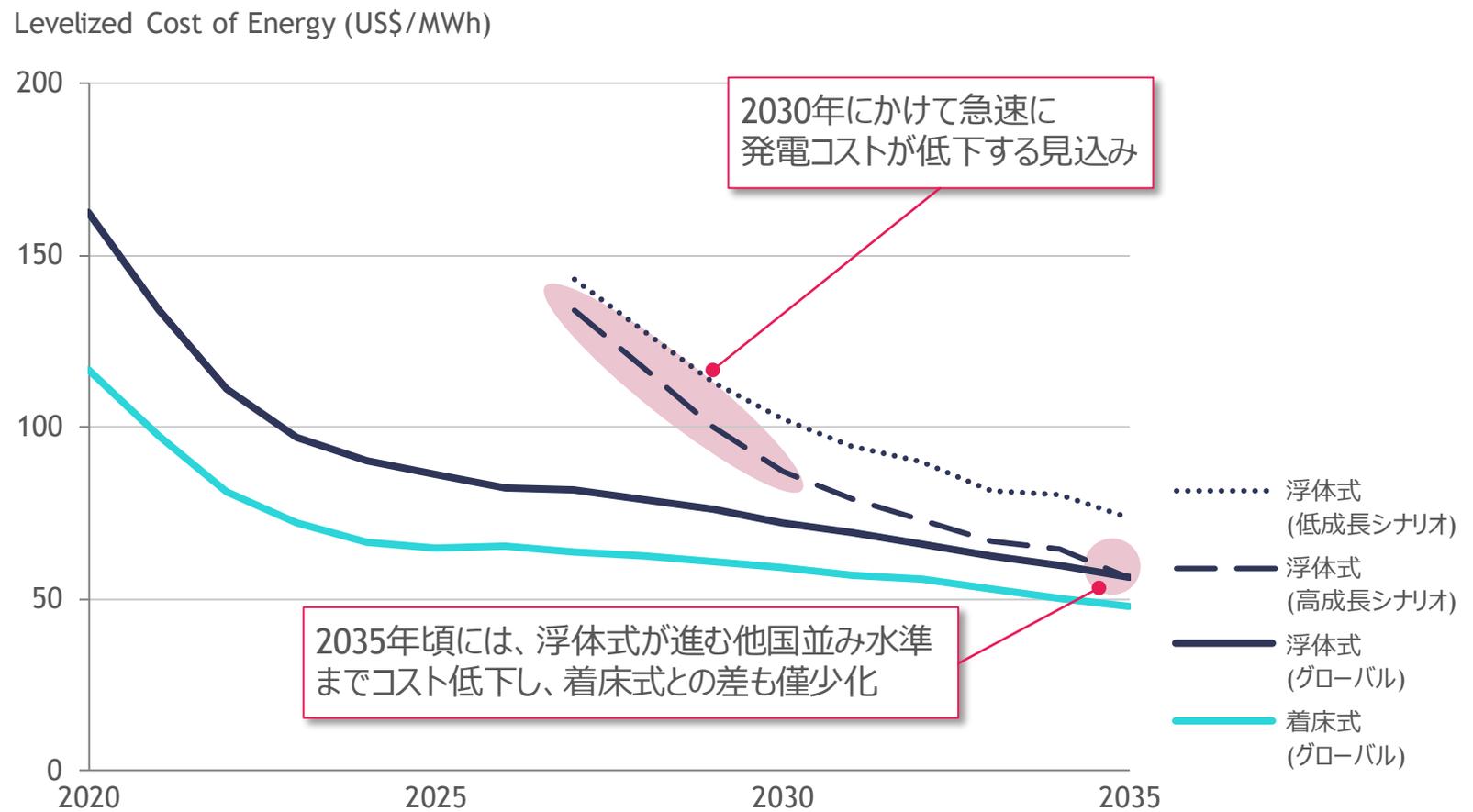
世界銀行グループは「洋上風力開発プログラム」を立ち上げ、ベトナムを対象にシナリオ分析を実施

- 当プログラムは、新興国での洋上風力導入の促進が目的

将来の洋上風力導入量について高成長シナリオ、低成長シナリオの2シナリオを設定し、分析を実施

- 高成長シナリオ
 - 2035年: 25GW
 - 2050年: 70GW
- 低成長シナリオ
 - 2035年: 11GW
 - 2050年: 35GW

世界銀行: ベトナム洋上風力コスト低減シナリオ分析結果



Source: World Bank Group "OFFSHORE WIND ROADMAP FOR VIETNAM"

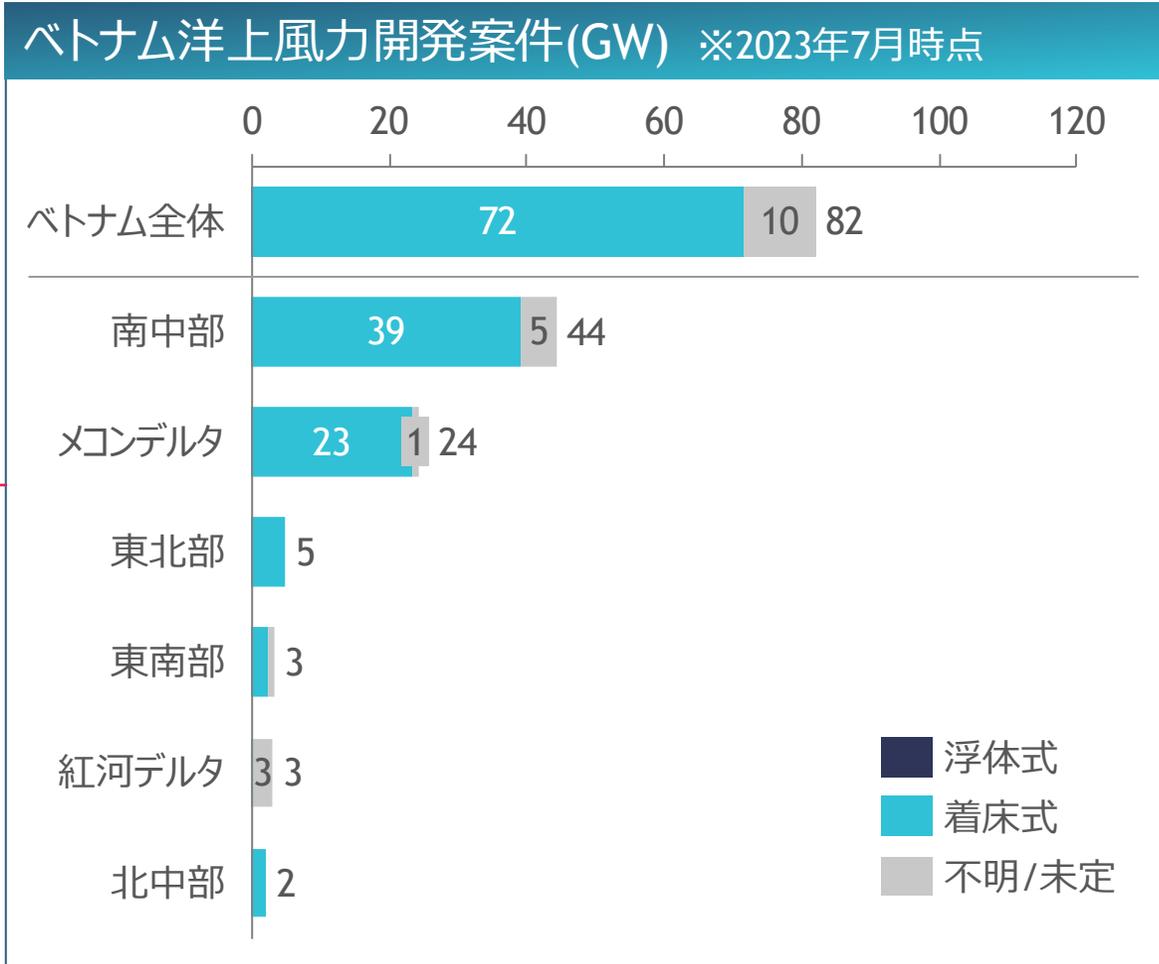


ベトナムでは計82GWの洋上風力案件開発が進むが、 大部分が浅海域での着床式であり、現段階では浮体式開発案件は顕在化していない

ベトナム: 洋上風力導入に向けた動向

ベトナム: 洋上風力導入に向けた動向

ポテンシャル	<p>計599GWの洋上風力開発ポテンシャル</p> <ul style="list-style-type: none"> 着床式: 261 GW 浮体式: 338 GW
開発動向	<p>現時点で運転開始済は約1.5GWだが、計画段階の事業も含め約80GWの開発計画が進行中</p> <ul style="list-style-type: none"> 運転中案件は、全て水深数メートルの潮間帯 浮体式案件の検討は、現時点では具体化未了
導入目標	<p>2023年5月に正式承認されたPDP8(第8次ベトナム国家電力計画)にて、2050年までの洋上風力導入目標が設定</p> <ul style="list-style-type: none"> 2030年: 6GW 2040年: 70GW 2050年: 92GW

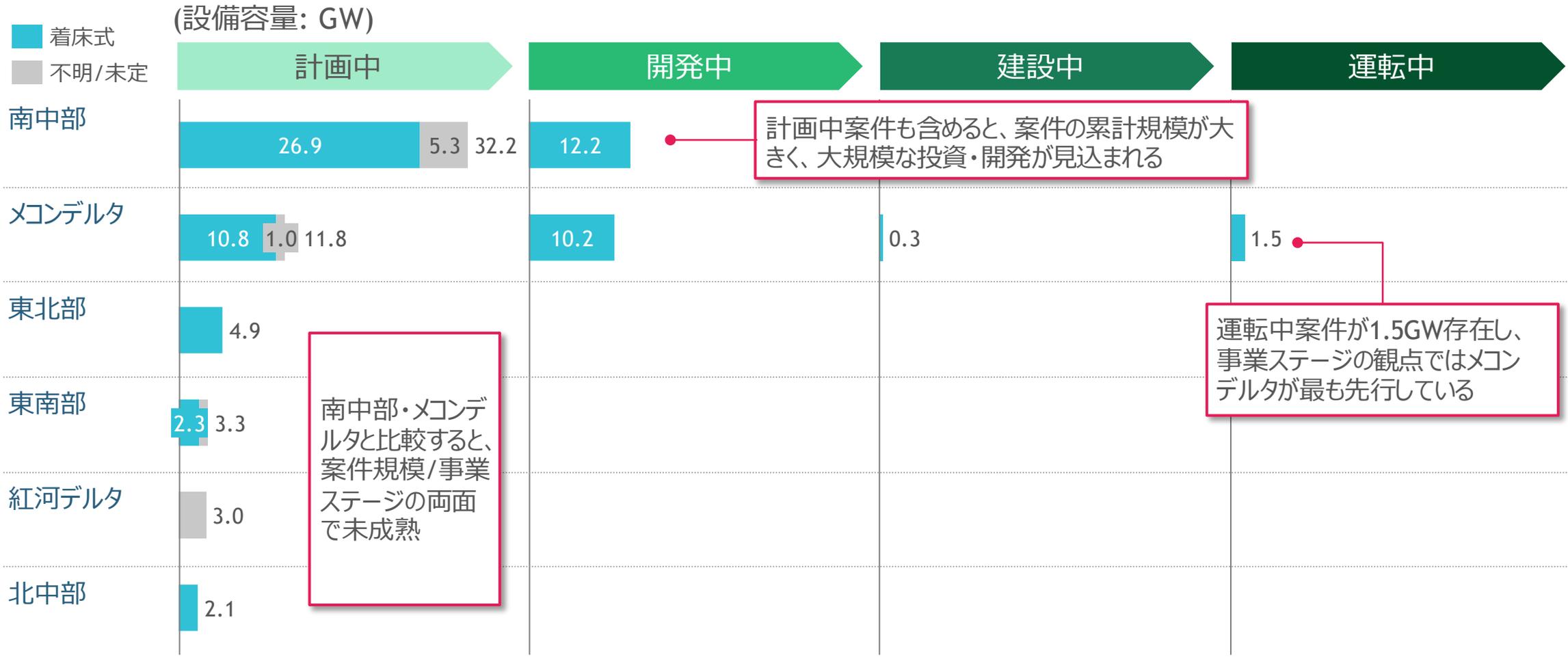


Source: GWEC; World Bank; 4C Offshore Wind Farm Database; BCG分析



ベトナムは、着床式洋上風力を中心に南中部では大規模案件の計画・開発パイプラインが積み上がっており、運転実績ではメコンデルタが最も先行している

ベトナム：事業ステージ別洋上風力開発案件動向



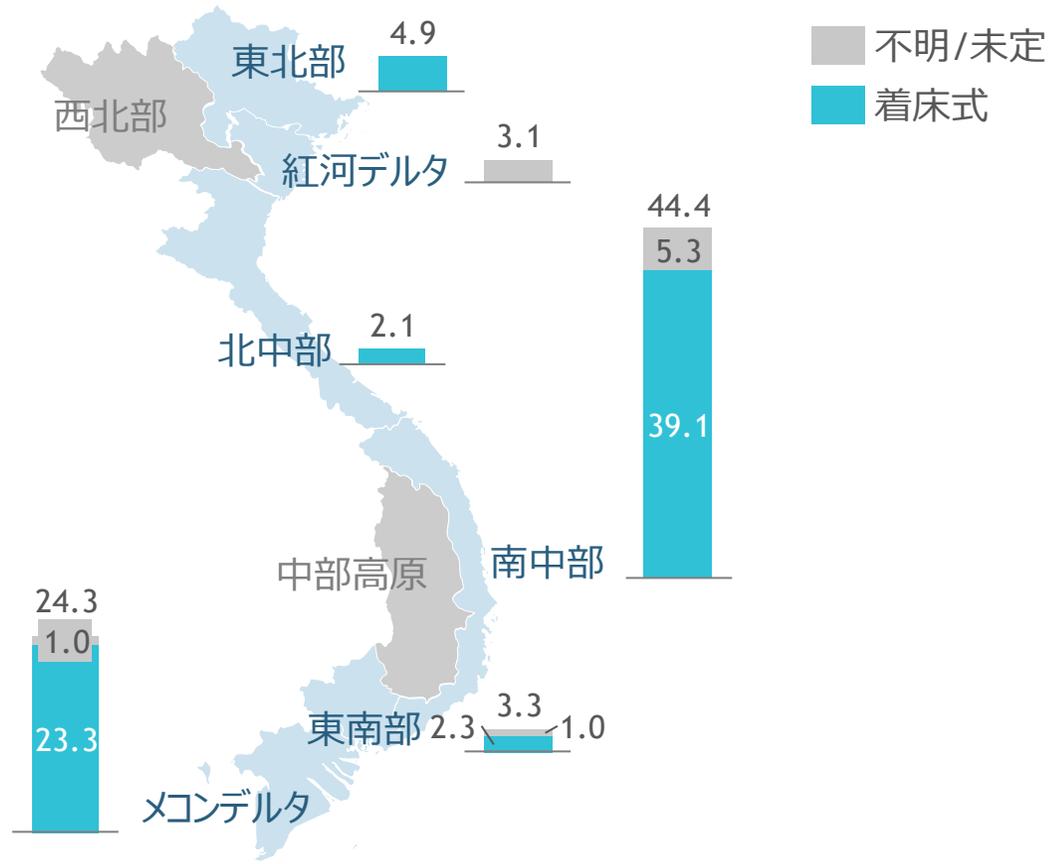
Source: 4C Offshore Wind Farm Database; BCG分析



ベトナムでは南中部・メコンデルタ沿岸を中心に着床式案件開発が顕在化しており、 浮体ポテンシャルは南中部・北中部/紅河デルタ地域で特に高い

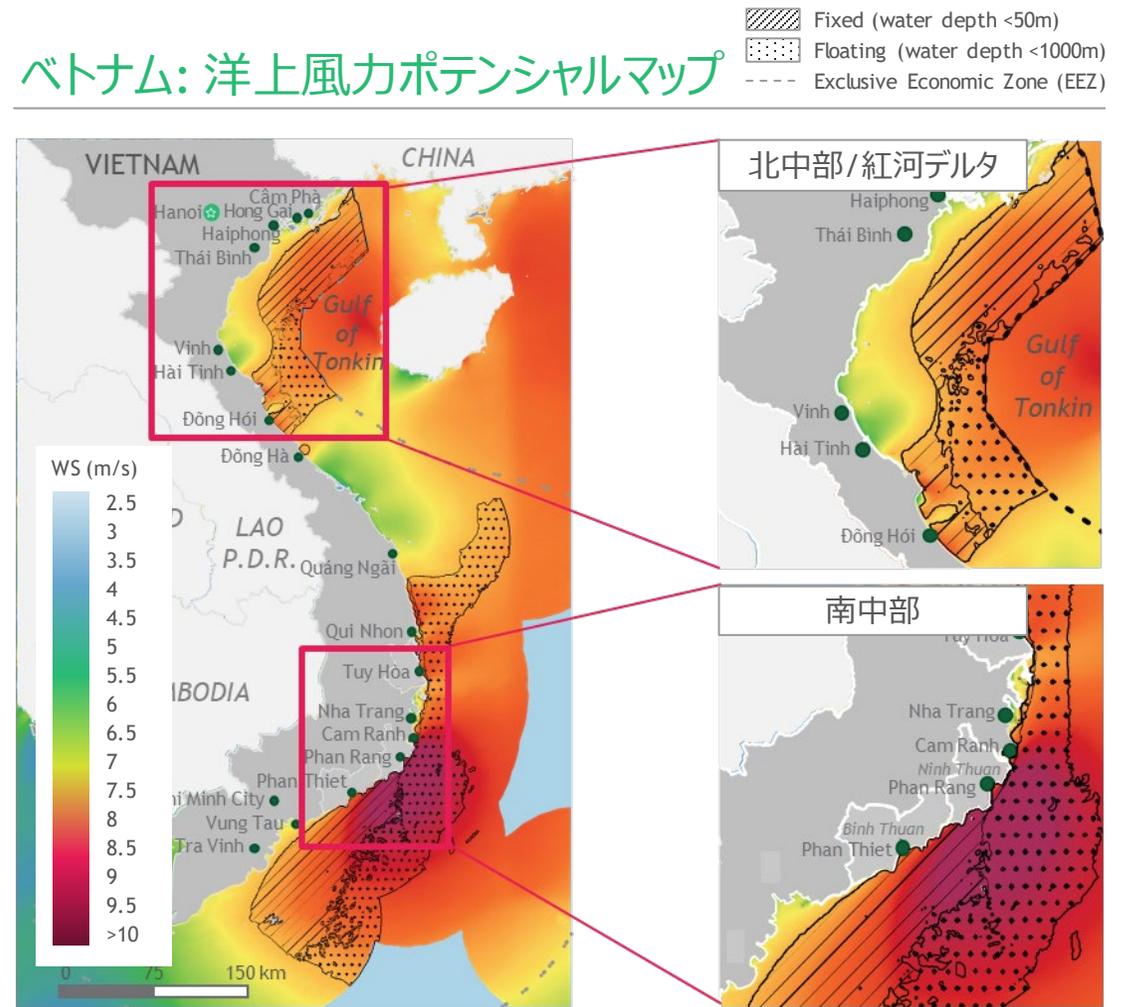
ベトナム: 地域別洋上風力動向

ベトナム: 地域別洋上風力案件開発状況(GW)



Source: 4C Offshore Wind Farm Database; BCG分析

ベトナム: 洋上風力ポテンシャルマップ





ベトナムでは、Orsted、Macquarie、AES等のグローバルプレーヤーが大規模洋上風力開発に参入しているが、ベトナム現地のエネルギー事業者も開発を推進

ベトナム：主要洋上風力発電事業者

洋上風力発電事業者	拠点国	企業概要	開発中洋上風力案件規模 (GW)	
			■ 着床式	■ 不明/未定
Ørsted		欧州、米国、アジアの発電事業に参画する洋上風力発電事業者でT&Tグループと連携しながら、既に地元部品サプライヤー向けのワークショップも実施済み	8.5	3.0
Xuan Thien Ninh Binh Co., Ltd.		国内にて太陽光、風力、水力等の発電事業を手掛ける再エネ開発会社	5.0	
T&T Group		不動産開発・都市開発を中心に、金融、食品、交通、エネルギー等の事業を保有するベトナム国内有数のコングロマリット企業	4.6	
Macquarie		豪州洋上風力事業をにも出資する、金融・資産運用会社	4.5	
AES Corporation		再エネ、蓄電システム等を手掛ける発電・送配電事業者		4.0
NOVASIA		風力発電事業を中心とした再エネ発電事業者	3.7	
AsiaPetro		石油・ガス事業を母体とし、再エネ・バイオ燃料事業も手掛けるエネルギー企業	3.5	
CIP (Copenhagen Infrastructure Partners)		欧州、米国、アジアで計26GWのエネルギーインフラを保有する再エネ投資会社	3.5	
Gulf Energy		石油・ガス、再エネを含めた総合エネルギー会社	3.4	
Enterprize Energy		米国・台湾等でも事業展開を行う洋上風力発電開発会社	3.4	
Bitexco Group		不動産、エネルギー事業を展開する国内インフラ事業者	3.0	
TTVN Group		不動産、エネルギー事業を展開する国内インフラ事業者	2.2	

Source: 各社HP; 4C Offshore Wind Farm Database; BCG分析



洋上風力導入に必要な法制度は現在政府内で検討中のステータスだが、PDP8公表をふまえ、来年にかけて具体的な公募制度等が整備される可能性が存在

ベトナム：洋上風力関連法制度の整備動向

必要な法制度	整備状況
国家電力計画 (大方針・導入目標)	公表済み 第8次国家電力開発基本計画(PDP8)を公表し、2030/2050年の導入目標を設定
海域調査実施に関する規制	未確定
公募/許認可に関する規制	未確定
ローカルコンテツターゲツトに関する規制	未確定

 BCG 東南アジアエネルギーセクター担当アナリスト
ヒアリングコメント

- “ 洋上風力の導入指針ともなるPDP8は確定したが、その他の規制・規定は未整備
 - 開発予定の案件はベトナム商工省の事前認可を得る必要があるが、プロセス等は未整備
 - 例えば、EVN(国内送配電事業者)とのPPAスキーム等も未決定
- “ 海域調査実施ライセンス制度についての新文書が9月までに公開される可能性あり
 - 現在、海洋調査の内容とライセンス評価プロセスに関する検討を実施中で、政府が正式に承認すれば今年の3Qにも公表されうるとの記事が出ている
 - 内容は未公表だが、調査ライセンスの期間は3年間となる見込み
- “ PDP8が公表されたため、来年以降に公募制度の整備・実施がありうる
 - 2030年までに6GW導入する目標が設定され、関係者からの圧力もある
 - 政府は制度検討を進めているようだが、他アジア諸国のプロセスと似たものになると推察される
 - 但し、PDP8の公表が2年遅れたように、公募の実施時期は未だ不透明
- “ ベトナム国内では、日本等に比べ重要視されない見立て
 - 陸上風力や太陽光でも特段の規定・条件はない
 - ただし、特定産業の保護・育成ではなく、全体的な産業発展・雇用創出の観点から、組み立てや輸送等のサプライチェーン上で発生する雇用・業務に関する規定ができる可能性は存在



ベトナムでは案件開発許認可・公募に関する法制度は未確定であり、「①政府主導での特定パイロット事業推進」、「②競争入札による公募を通じた導入促進」の両可能性が残る

ベトナム: 許認可・公募制度の検討状況

ベトナム政府関係者の法制度整備に関するコメント記事

コメント
発信者

Dr. Nguyen Duc Hien

- 国家電力開発計画(PDP)にも関わるThe Central Economic CommissionのDupty Chairman

コメント
内容

政府側で、3~4GW規模の大規模パイロット事業を選定・推進することで、スピーディーに案件開発を進められる旨を言及

一方で、透明性等の観点から、競争入札に基づく公募制度の創設可能性も否定せず

コメント記事の論調

案件開発に関する法制度の“基本方針”も未決定の可能性

- 政府主導でスピーディーに開発を進める方針 or
- 透明性の高い公募制度を作る方針

海外浮体式洋上風力市場: 詳細



フィリピン



フィリピンでは国家再生エネルギープログラム(NREP)で、再エネ導入比率35%(2030年)、50%(2050年)を目標に標榜し、石炭火力からの段階的な依存を目指す

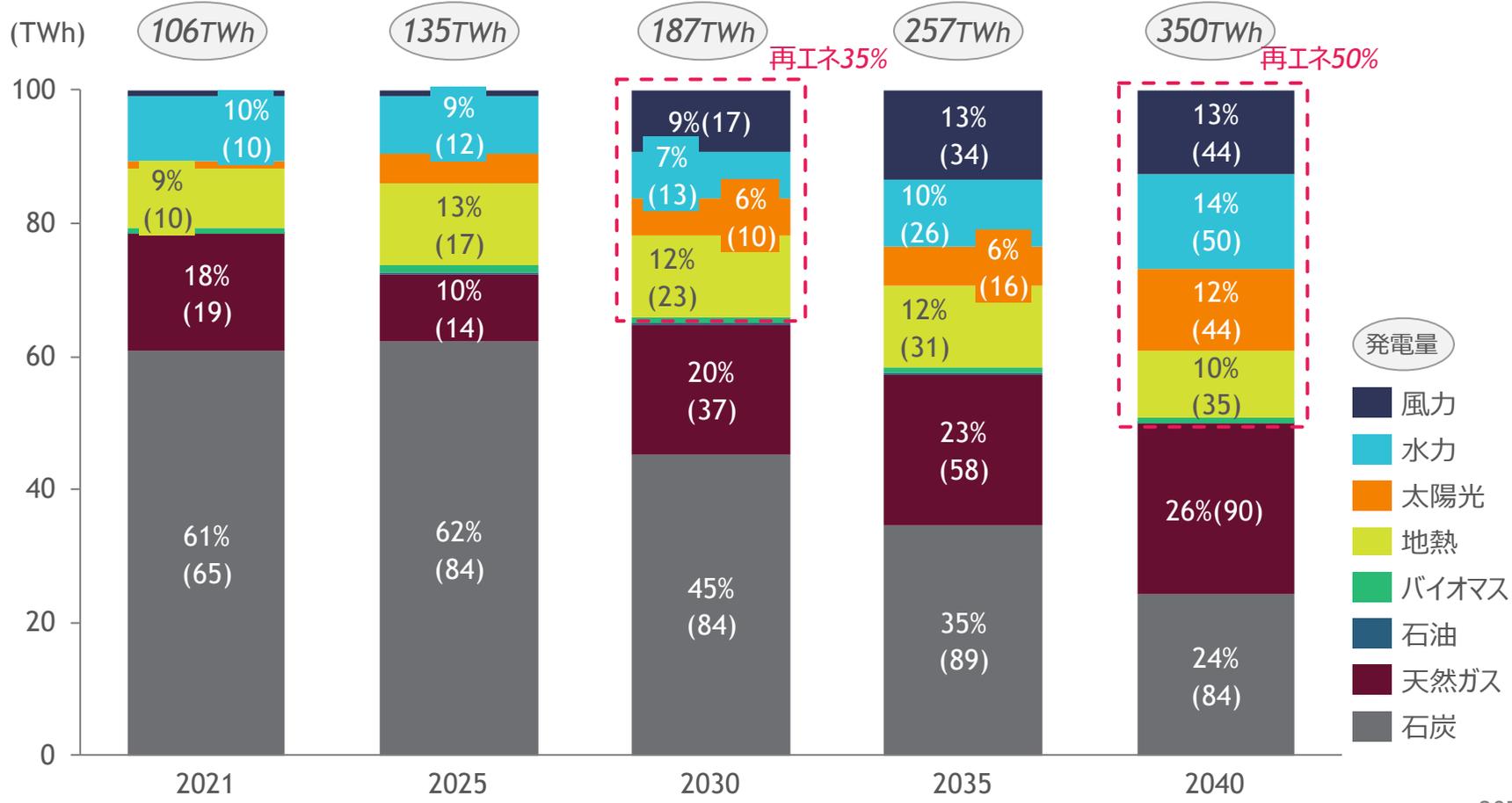
フィリピン: 電源構成推移 (実績・計画)

NREP概要

2022年5月、フィリピン政府は「国家再生エネルギープログラム2020-2040 (NREP)」を公表

- 2020年～2040年におけるフィリピンの電力開発指針
- 化石燃料の純輸入国であることから、電力需要増大への対応とエネルギー安全保障の観点から、再エネ導入比率目標を設定
 - 2030年 : 35%
 - 2040年 : 50%

NREPにおける電源構成目標



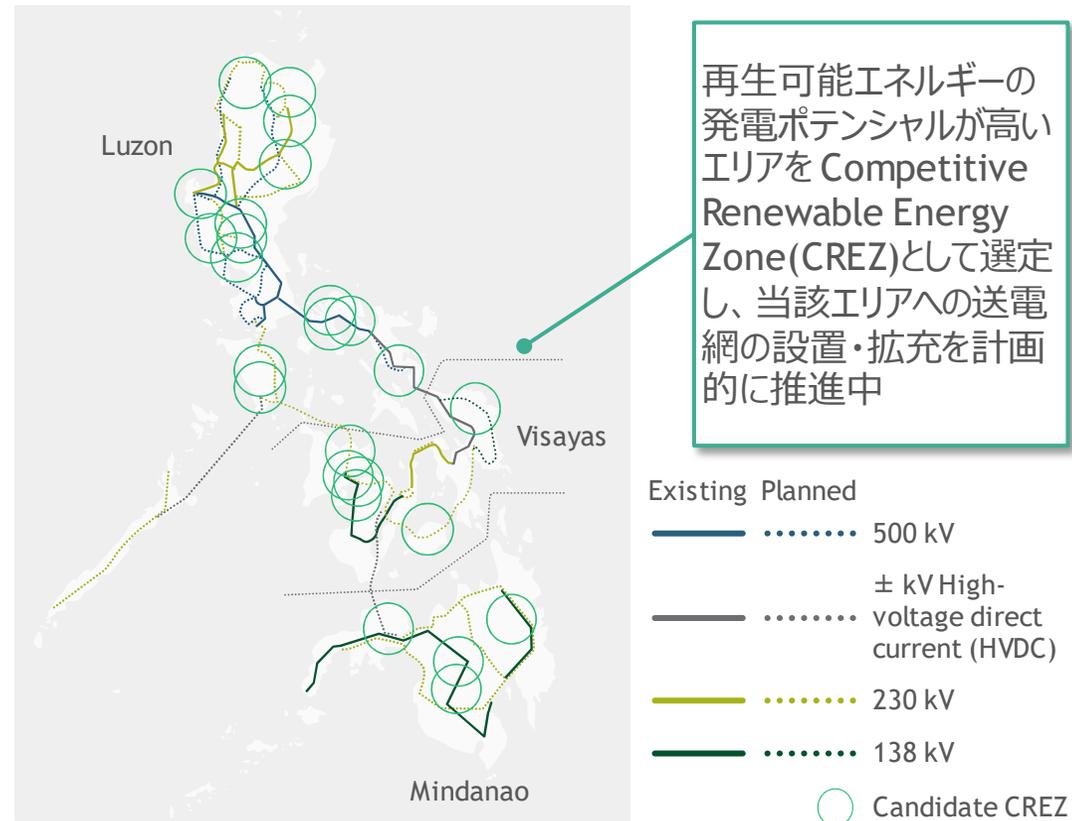
Source: フィリピンエネルギー省 (DOE); BCG分析



フィリピンでは再エネ導入目標達成に向けて、再エネゾーン(CREZ)への送配電増強、風力含む発電事業外資規制撤廃(2022年)による投資呼び込みを推進

フィリピン: 再エネ導入拡大に向けた政府取組

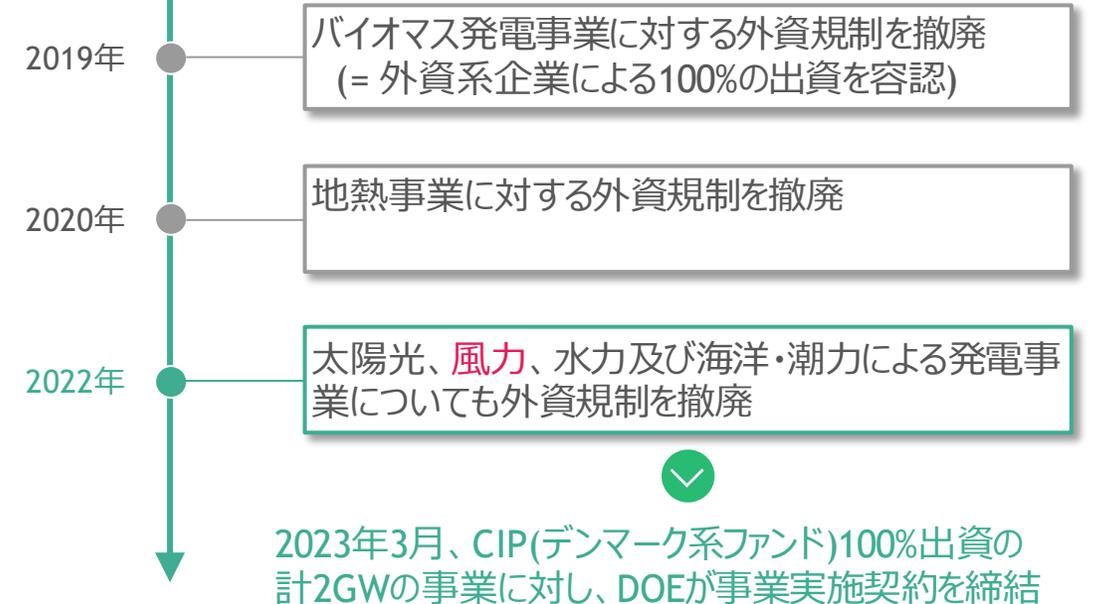
再エネゾーン(CREZ)設定による送電網増強



外資規制撤廃による投資促進

フィリピン憲法第12章2条

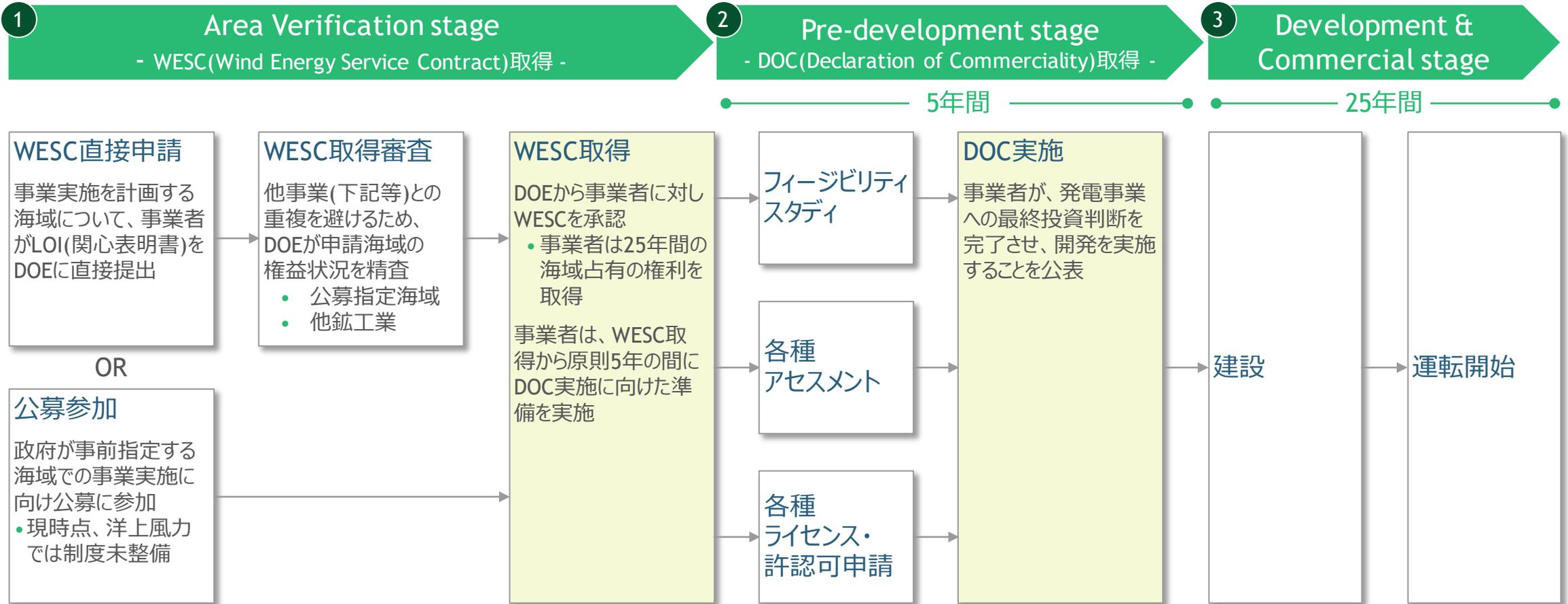
- 天然資源や潜在的なエネルギーは国有資産
- 調査、開発及び利用は、下記に制限
 - 政府管理・監督の下で政府が直接実施
 - フィリピン人が60%以上の資本を有する会社が実施





フィリピンでは洋上風力開発プロセスを導入済で、WESCを取得して海域を確保した後、各種調査・申請等を行った上で事業開発(DOC)を宣言することが必要

フィリピン: 洋上風力発電事業の承認・開発プロセス



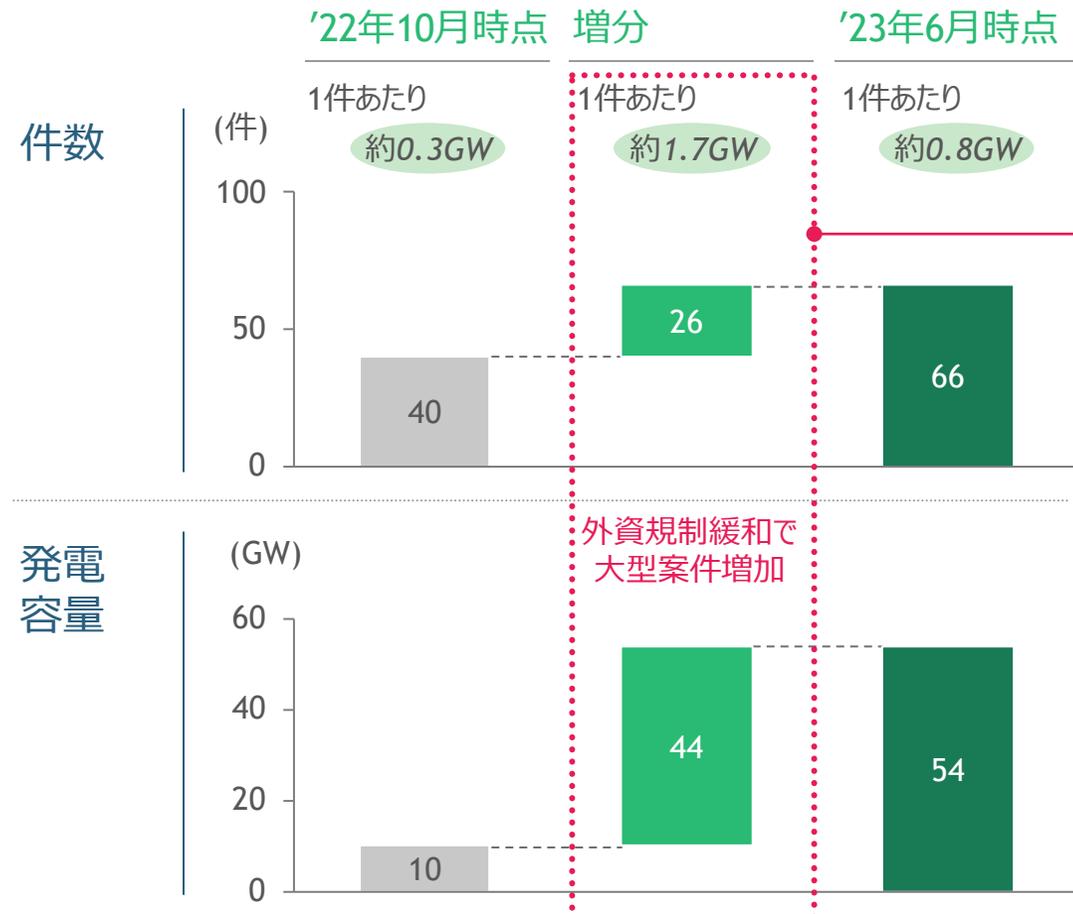
Note: 1. Wind Energy Service Contract, 2. Declaration of Commerciality
Source: フィリピンエネルギー省 (DOE); World Bank Group "OFFSHORE WIND ROADMAP FOR THE PHILIPPINES"; BCG分析



フィリピンでは2022年10月以降外資企業による数GW規模の洋上風力案件を含め、大型案件に対するWESC(洋上風力サービス契約)発行が進んでいる

フィリピン: WESC(洋上風力サービス契約)発行状況

フィリピン: WESC(洋上風力サービス契約)発行動向



Source: フィリピンエネルギー省 (DOE); 各社HP; 各種公開情報; BCG分析

2022年10月以降公表のフィリピン大型洋上風力案件

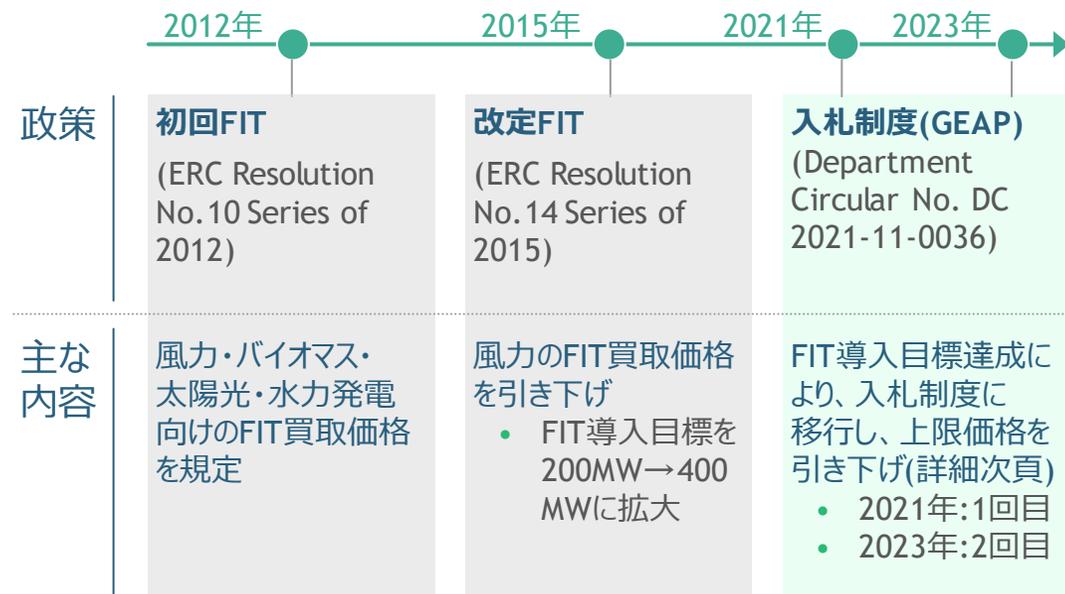
事業者	時期	洋上風力案件概要
CIP Copenhagen Infrastructure Partners	2023年 3月公表	計3か所の洋上風力PJに対しWESC取得 <ul style="list-style-type: none"> 案件規模: 計2GW 投資額: 50億ドル 初の100%外資による洋上風力事業
Blue Float Energy	2023年 6月公表	計4か所の洋上風力PJに対しWESC取得 <ul style="list-style-type: none"> 案件規模: 計7.6GW 投資額: 380億ドル 個別案件規模は約1.5~3.5GW
Corio Generation	2023年 7月公表	計5か所で洋上風力プロジェクトを計画中 <ul style="list-style-type: none"> 案件規模: 計3GW (うち1GWが浮体) WESC取得は未了 今後整備予定の洋上風力を対象にした買取価格入札制度の利用を想定



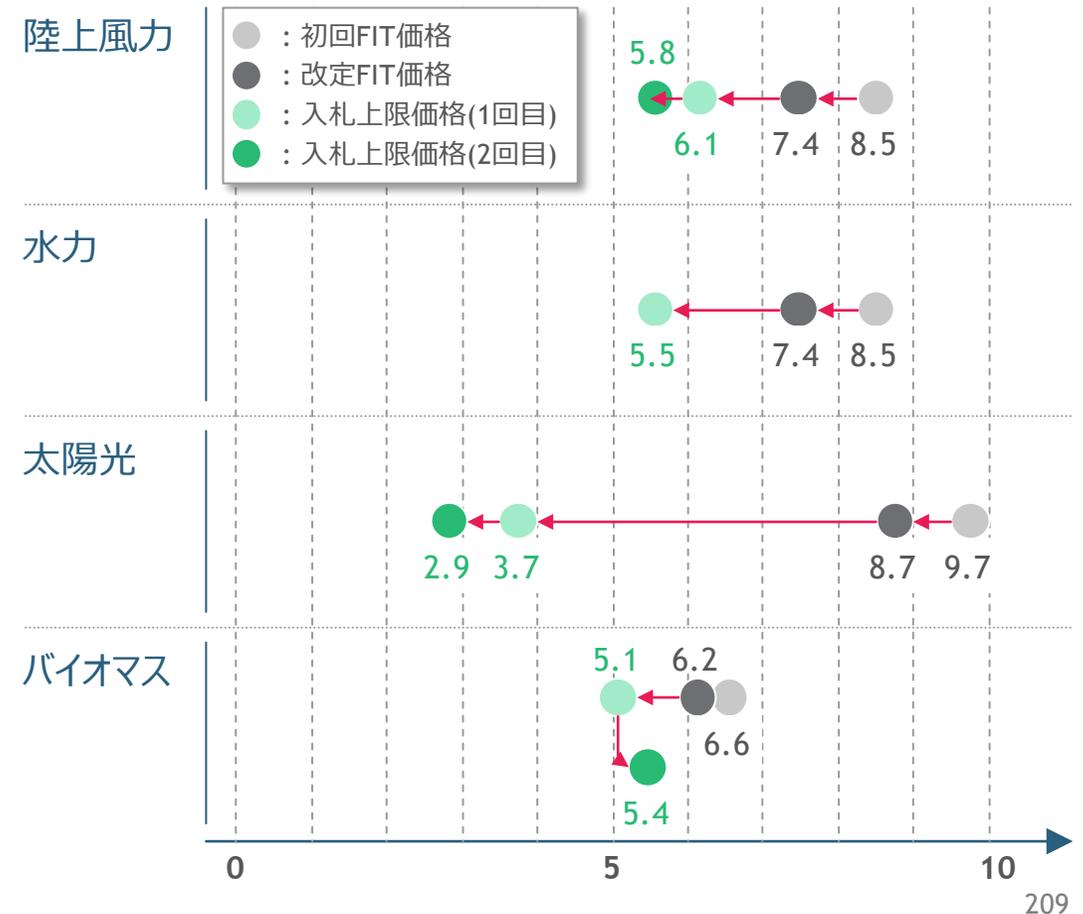
フィリピンではFITや入札形式の固定価格買取制度の導入を通じ、段階的に買取価格を低下させながら再エネ導入を促進中

フィリピン: 再エネ電力の買取価格

風力発電に関するフィリピンFIT制度の経緯



FIT買取価格の推移 (ペソ/kWh)



Source: フィリピンエネルギー省 (DOE); BCG分析



フィリピンでは買取価格入札(GEAP)は既に2回実施済みで、 2024年以降に洋上風力も含めた制度整備が行われる可能性あり

フィリピン: 風力発電導入にかかる入札制度

Green Energy Auction Program (GEAP) 概要

管轄	エネルギー省(Department of Energy)
概要	FITの後続として導入された入札制度であり、入札で決まる買取価格に基づき、落札事業者に20年間のPPAを付与
対象電源	太陽光、陸上風力、バイオマス、水力 <ul style="list-style-type: none"> 第二回入札では、地上/浮体/屋根型太陽光、陸上風力、廃棄物発電に細分化
導入容量	電源・地域毎に規定しており、風力は以下の通り <ul style="list-style-type: none"> 第一回入札: ルソン島360MW、ビサヤ諸島20MW 第二回入札: ルソン島2,200MW、ビサヤ諸島1,370MW、ミンダナオ島150MW
上限価格	電源毎に以下の通り規定 <ul style="list-style-type: none"> 太陽光: 3.7 PhP/kWh 陸上風力: 6.1 PhP/kWh バイオマス: 5.1 PhP/kWh 水力: 5.5 PhP/kWh

GEAPに基づく入札の実施状況



“ 洋上風力の追加については、まだ明らかにされている情報が少なく次回は対象にならない可能性が高いが、いずれ同様の制度が整備される想定

- 3回目のGreen Energy Auctionは2023年4Qに実施される見込み
- ただし、早ければ2024年に実施されるAuctionの対象に含まれる可能性は存在



- BCG 東南アジアエネルギーセクター担当アナリスト



フィリピンの浮体式は、2030年以降緩やかにコストが低下し、2038年には着床式とのコスト差も大きく縮まる可能性

フィリピン: 浮体式の発電コスト予測(世界銀行によるシナリオ分析)

分析の背景

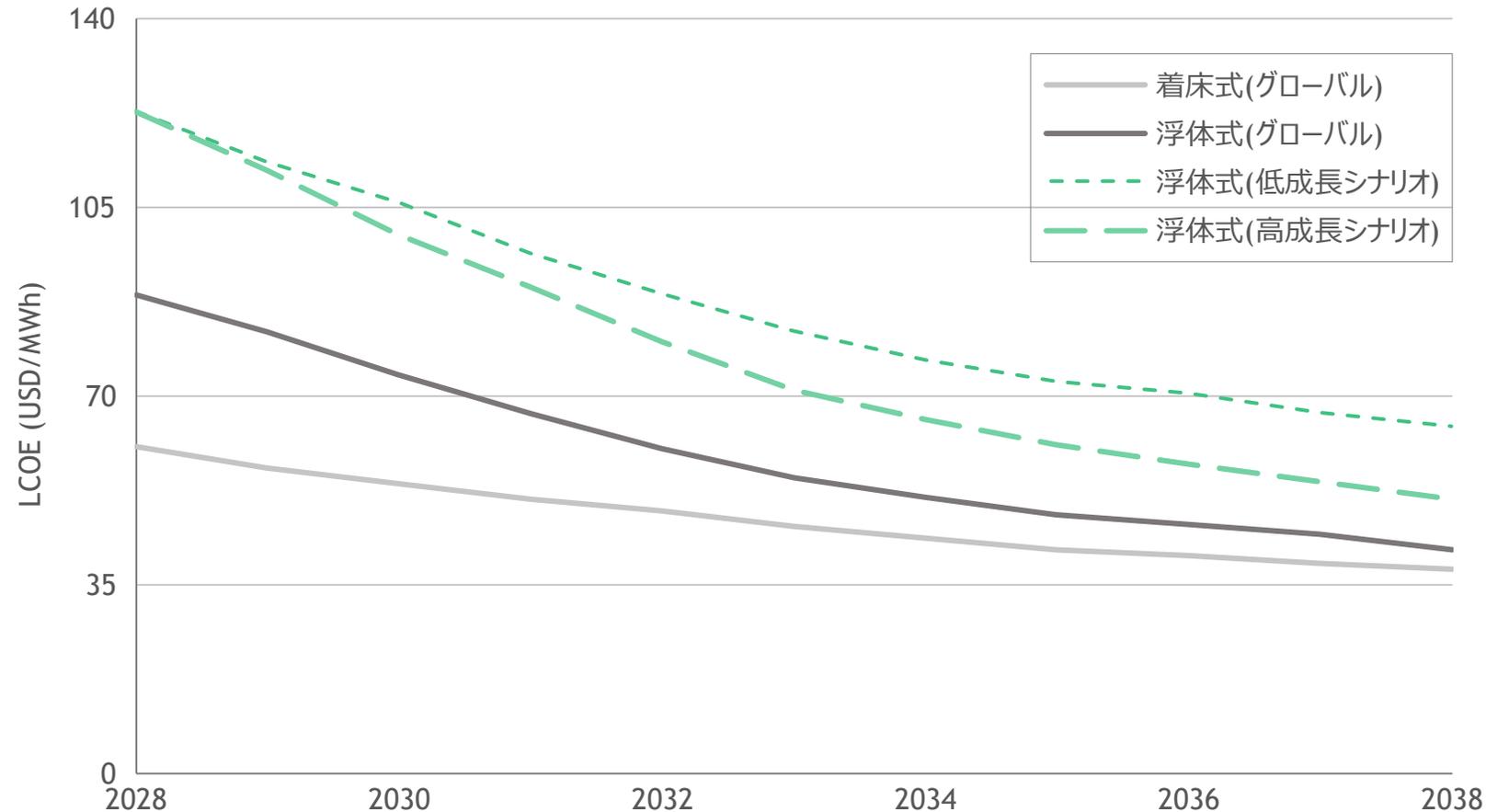
世界銀行グループは「洋上風力開発プログラム」を立ち上げ、フィリピンを対象にシナリオ分析を実施

- 当プログラムは、新興国での洋上風力導入の促進が目的

将来の洋上風力導入量について高成長シナリオ、低成長シナリオの2シナリオを設定し、分析を実施

- 高成長シナリオ
 - 2030年: 2.8GW
 - 2040年: 20.5GW
 - 2050年: 40.5GW
- 低成長シナリオ
 - 2030年: 1.6GW
 - 2040年: 3.2GW
 - 2050年: 5.6GW

シナリオ分析結果: LCOE推移



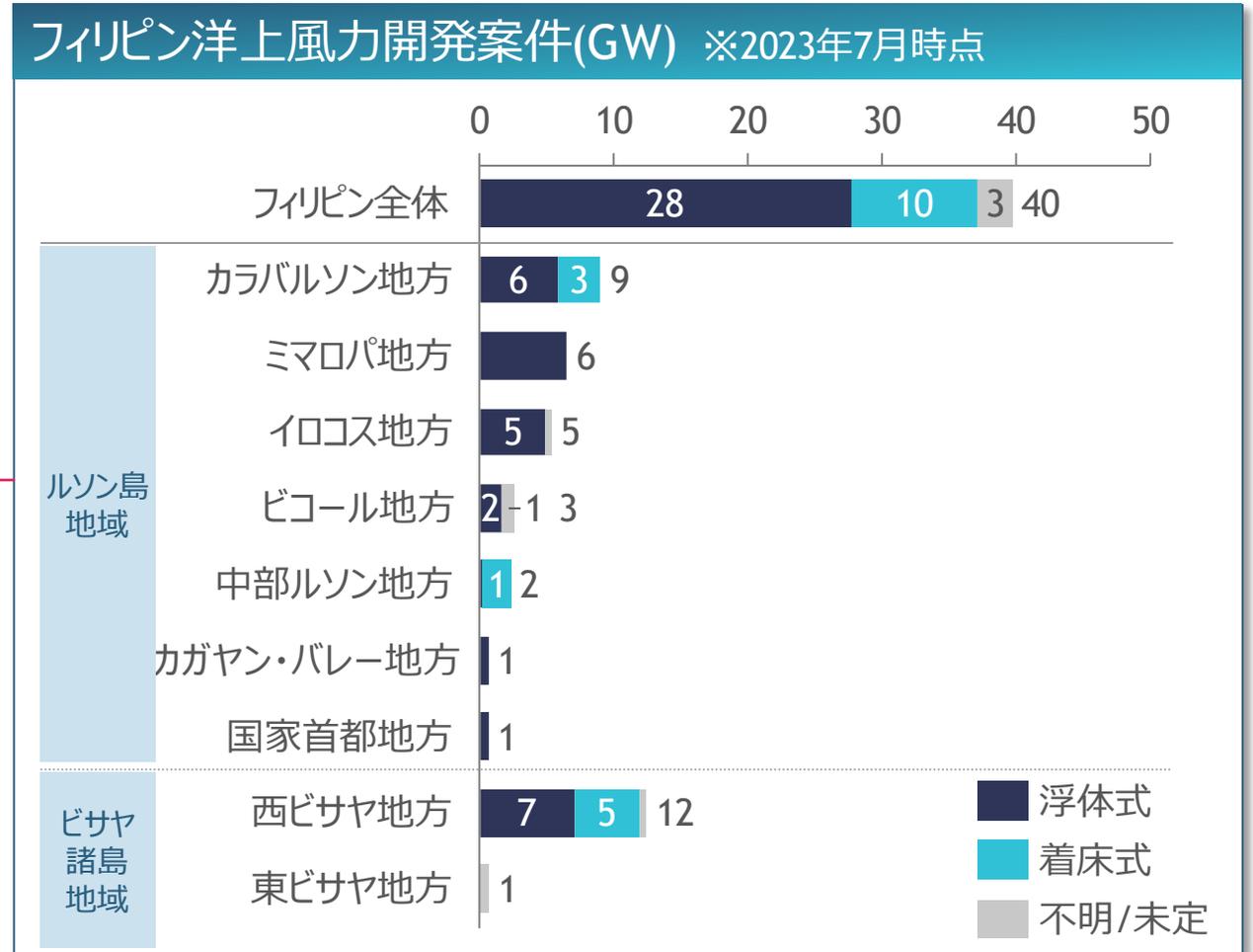


フィリピンでは計40GWの洋上風力案件開発が進展しており、水深50m以上海域に洋上風力適地が多いため浮体式案件(28GW)の割合が大きい

フィリピン: 洋上風力導入に向けた動向

フィリピン: 洋上風力導入に向けた動向

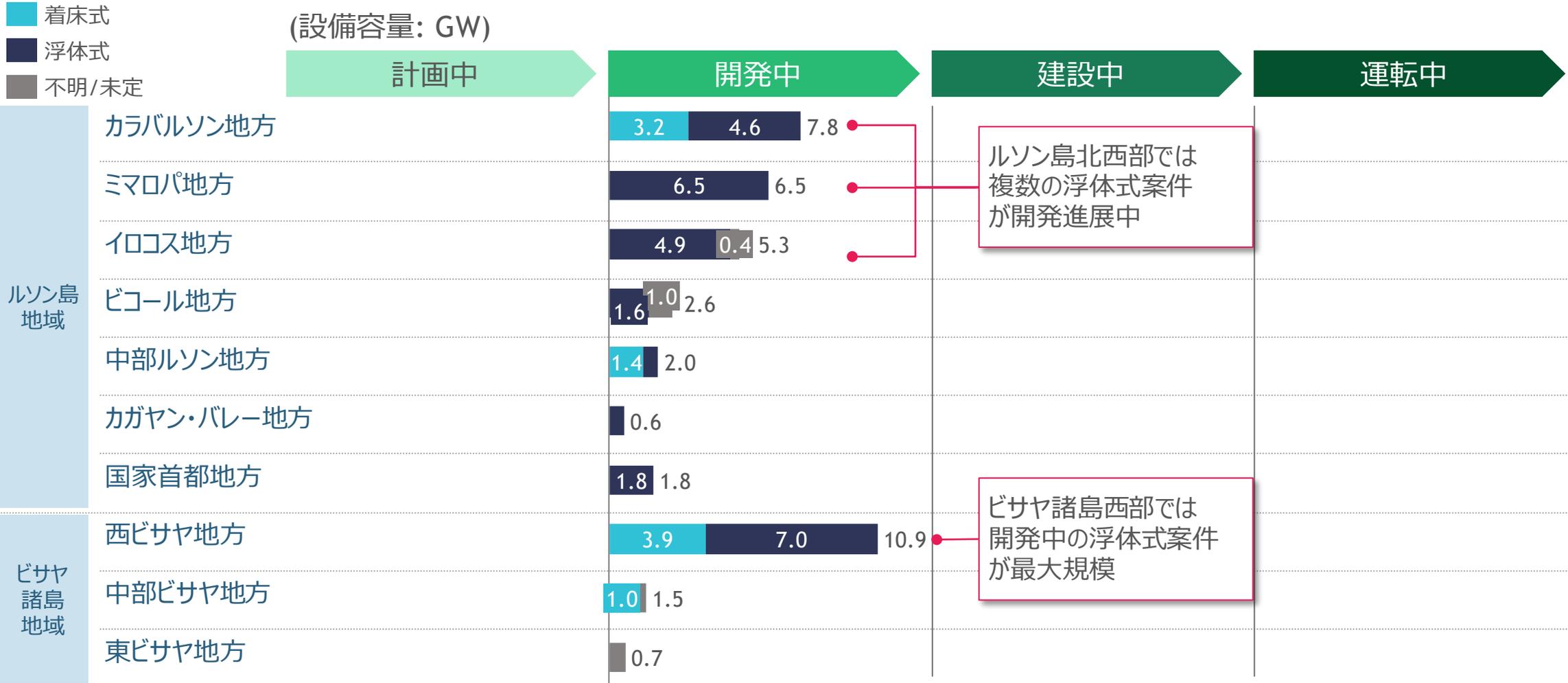
ポテンシャル	<p>計178GWの洋上風力開発ポテンシャル</p> <ul style="list-style-type: none"> うち9割以上が水深50m以上の海域であり、浮体式の適地
開発動向	<p>現時点で運転中の洋上風力案件は無いが、浮体式を中心に複数の案件が進行中</p> <ul style="list-style-type: none"> ルソン島地域：約21GW ビサヤ諸島地域：約7GW
導入目標	<p>22年5月の「国家再生エネルギープログラム 2020-2040 (NREP)」にて陸上風力と併せた導入目標を公表</p> <ul style="list-style-type: none"> 2030年: 44 TWh (電源構成13%) 2040年: 34 TWh (電源構成13%) <p>エネルギー省・世銀は、「洋上風力ロードマップ」にて2040年/21GWの見通しを公表</p>





フィリピンでは稼働中の洋上風力案件は存在しないが、 ルソン島北西部・ビサヤ諸島西部を中心に浮体式の開発案件が多数存在

フィリピン: 事業ステージ別洋上風力開発案件動向

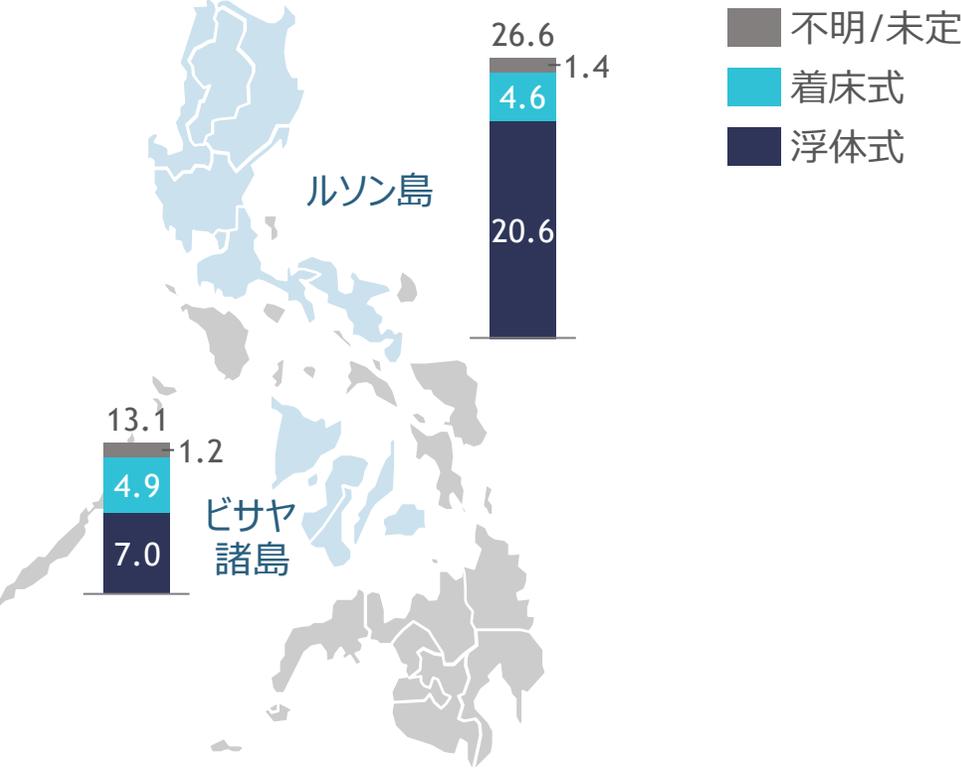




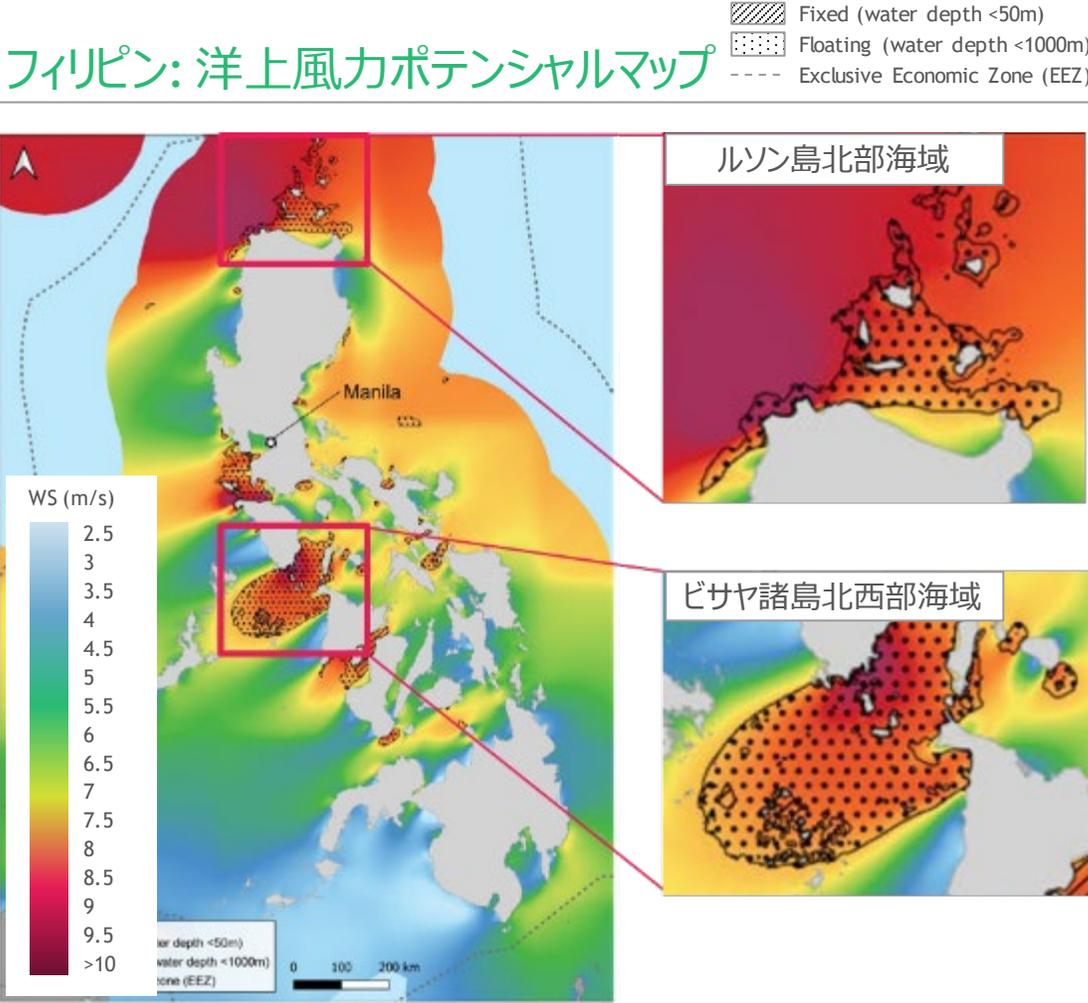
フィリピンでは主にルソン島北部海域とビサヤ諸島北西部海域に洋上風力適地が存在し、 着床式に比べ浮体式の適地が広く分布

フィリピン: 地域別洋上風力動向

フィリピン: 地域別洋上風力案件開発状況(GW)



フィリピン: 洋上風力ポテンシャルマップ



Source: 4C Offshore Wind Farm Database; World Bank Group "OFFSHORE WIND ROADMAP FOR THE PHILIPPINES"; BCG分析

フィリピン国内再エネ開発企業が大規模な洋上風力案件開発を推進する他、一部の欧州のグローバルプレーヤーも開発を進めている

フィリピン: 主要洋上風力発電事業者

洋上風力発電事業者	拠点国	企業概要	開発中洋上風力案件規模 (GW)		
			着床式	浮体式	不明/未定
TOTALPower, Inc.		太陽光、風力、水力発電および配電事業者であり、2件の陸上風力、2件の洋上風力プロジェクトのエネルギーサービス契約を受注		4.7	4.7
Domhain Earth Corp.		フィリピン国内で浮体式洋上風力の開発を行う発電事業者		4.3	4.3
Petro Green Energy Corporation		大手財閥ユーチェンコ・グループ傘下で地熱、風力、太陽光の開発を行う再エネ事業者であり、 2022年10月に九州電力が25%の株式を取得		4.0	4.0
Copenhagen Energy		欧州やアジアで洋上風力を開発中の再エネ開発事業者		4.0	4.0
Energy Development Corporation		再エネ開発事業者であり、地熱、風力、太陽光、水力発電プロジェクト等約148万kWの発電容量を有する	2.4		2.4
ACX3 Capital Holdings Inc.		フィリピン国内で浮体式洋上風力の開発を行う発電事業者		2.4	2.4
Global Infrastructure Partners (GIP)		独立系のインフラファンドであり、エネルギー、運輸、水資源、廃棄物事業等に投資を行う	1.0	1.3	2.3
Ayala Corporation		フィリピン大手財閥グループコングロマリットで、不動産、エネルギー金融事業を手がけ、再エネ子会社がアジア・オセアニアに4.4GWの太陽光、風力発電を保有	2.3		2.3
Earth Sol Power Corp.		フィリピン国内で洋上風力の開発を行う発電事業者	1.6	0.5	2.1
Vind Energy Corp.		ノルウェー国内中心に風力発電の開発を行う発電事業者	0.3	1.8	2.1
Iberdrola		欧米中心に再エネ開発を行うスペインの発電事業者であり、スイス・ドイツ・フィリピンのJVであるTricontiと共同でフィリピン国内の開発に取り組む	0.7	1.2	1.9

Source: 各社HP; 4C Offshore Wind Farm Database; BCG分析

報告書 目次

(1) 次世代太陽電池海外展開

- 1-1 海外ペロブスカイトPVメーカー分析
- 1-2 ペロブスカイトPV市場動向・導入可能性分析
- 1-3 日本の次世代太陽光海外展開について

(2) 浮体式洋上風力海外展開

- 2-1 アジア洋上風力浮体メーカー分析
- 2-2 海外浮体式洋上風力市場・公募動向分析
- 2-3 日本の浮体式洋上風力海外展開について

(3) 沖合洋上風力エネルギーキャリア

- 3-1 海外案件開発動向・プレイヤー分析
- 3-2 エネルギーキャリアコスト分析
- 3-3 日本の洋上風力エネルギーキャリア展開について

日本では、日立造船、MODEC、JMU、TEPCO、戸田建設、東京ガス等の企業が、 GI基金を活用して浮体式洋上風力技術開発を実施

浮体式洋上風力: 取組日本企業

浮体式洋上風力: GI基金テーマ

実施企業
幹事企業

研究開発費(億円)

■ 政府負担 ■ 民間負担



Note: 研究開発費事業戦略ビジョンベース
Source: NEDOグリーンイノベーション基金

報告書 目次

(1) 次世代太陽電池海外展開

- 1-1 海外ペロブスカイトPVメーカー分析
- 1-2 ペロブスカイトPV市場動向・導入可能性分析
- 1-3 日本の次世代太陽光海外展開について

(2) 浮体式洋上風力海外展開

- 2-1 アジア洋上風力浮体メーカー分析
- 2-2 海外浮体式洋上風力市場・公募動向分析
- 2-3 日本の浮体式洋上風力海外展開について

(3) 沖合洋上風力エネルギーキャリア

- 3-1 海外案件開発動向・プレイヤー分析
- 3-2 エネルギーキャリアコスト分析
- 3-3 日本の洋上風力エネルギーキャリア展開について

欧州を中心に洋上風力向けのHVDCの商用化やグリーン水素製造の開発・実証が進む

洋上風力エネルギーキャリア: プロジェクト事例 (1/5)

#	国	プロジェクト概要				案件ステージ			実施内容	
		名称	稼働年	設備容量	主要参画企業	開発/検討	実証	商用化		
グリーン水素	1	 フランス	Sealhyfe	2022年 (実証)	1MW×2 (実証中) →300MW	Lhyfe, Plug Power, Centrale Nantes, Sofresid, cea teach	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> 洋上水素電解設備の開発等を検討 2022年から洋上水電解装置1MWx2の実証を開始しており、18カ月間運用予定
	2	 フランス	Nerehyd	2025年	10MW ~数百MW	Lhyfe, Doris Engineering	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> 浮体式風力と水電解装置の一体設備を開発 2025年までに60mil. EURをかけ、研究開発とプロトタイプ製造を目指す
	3	 フランス	Haldane Project	2025年	300MW	Lhyfe, Aquaterra Energy, Borr Drilling	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> 既存洋上石油ガス設備を水素製造向けに転換 コンセプト検討を完了し、2025年の商用化に向けFEED(Front End Engineering Design)を予定
	4	 ドイツ	Aqua Ventus	2024年	14MW (2024年) → 10GW	RWE, e-on, Shell, Vattenfall, Siemens, J-Power, 丸紅	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> 2024年に14MWの洋上水素製造装置を建設し、2035年までに10GWに拡大予定 並行して水素輸送パイプライン建設等を推進
	5	 ドイツ	H2Mare	2025/26年	NA	SIEMENS, RWE, EnBW, EnviroChemie	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> 洋上グリーン水素製造に加え、合成メタンやアンモニア製造も検討
	6	 イギリス	OYSTER	2022年 (実証)	数MW	ITM Power, Orsted, Siemens, Element Energy	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> 洋上風力と水電解装置の一体型設備開発、数MW規模の実証、商用化検討等を実施
	7	 イギリス	Dolphyn Hydrogen Project	2025年	10MW (実証) → 4GW	ERM Dolphyn, ODE, Tractebel, Principle Power, NEL, Doosan	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> 洋上風力と水電解装置の一体型設備を開発し、2025年に10MWの実証、2028年に~300MWの商用化、2030年代にGW規模へ拡大する目標

Source: 公開情報、BCG分析

欧州を中心に洋上風力向けのHVDCの商用化やグリーン水素製造の開発・実証が進む

洋上風力エネルギーキャリア: プロジェクト事例 (2/5)

#	国	プロジェクト概要				案件ステージ	実施内容	
		名称	稼働年	設備容量	主要参画企業			
グリーン水素	8	 イギリス	Hydrogen Turbine 1 (HT1)	2025年	8.8MW	Vattenfall	開発/検討 → 実証 → 商用化	<ul style="list-style-type: none"> 既存の洋上風力に水素製造装置を設置し2025年に水素製造開始予定
	9	 イギリス	The Salamander Project	2030年	100MW	Simply Blue Group, Ørsted, Subsea7	開発/検討 → 実証 → 商用化	<ul style="list-style-type: none"> スコットランド沖の100MW洋上風力プロジェクトで、洋上風力+水素製造設備の一体型設備を選択肢として検討中
	10	 オランダ	H2opZee	2030年	300-500MW	RWE, Neptune Energy, H2SEA, Enersea, Siemens	開発/検討 → 実証 → 商用化	<ul style="list-style-type: none"> 既存の天然ガスインフラを活用した300~500MWの水素製造実証を計画 "欧州水素バックボーン"への接続も検討
	11	 オランダ	PosHYdon	2022年	1MW	Neptune Energy, nexstep, TNO, NEL, Emerson, DEME	開発/検討 → 実証 → 商用化	<ul style="list-style-type: none"> 既存の洋上ガスプラットフォームに1MWの水電解装置を設置し、水素製造を実証
	12	 ベルギー	Tractebel	NA	400MW	Tractebel (Engie)	開発/検討 → 実証 → 商用化	<ul style="list-style-type: none"> 約25%小型化が可能な、400MWの大規模な洋上水素製造プラットフォームを開発
	13	 スペイン	OceanH2	NA	10~20MW/ 0.5~1GW	ACCIONA, Redexis, Ariema, TSI	開発/検討 → 実証 → 商用化	<ul style="list-style-type: none"> 洋上風力と水電解装置の一体型設備開発、数MW規模の実証、商用化検討等を実施
	14	 ノルウェー	Deep Purple	2023年	50-100kW (実証) →10~20MW	Technip, Vattenfall, ABB, Repsol, SINTEF	開発/検討 → 実証 → 商用化	<ul style="list-style-type: none"> 洋上風力と水電解装置の一体型設備を開発し、2025年に10MWの実証、2028年に~300MWの商用化、2030年代にGW規模へ拡大する目標

Source: 公開情報、BCG分析

欧州を中心に洋上風力向けのHVDCの商用化やグリーン水素製造の開発・実証が進む

洋上風力エネルギーキャリア: プロジェクト事例 (3/5)

#	国	プロジェクト概要				案件ステージ			実施内容
		名称	稼働年	設備容量	主要参画企業	開発/検討	実証	商用化	
15	 ドイツ	BorWin1	2012年	0.4GW	TenneT, 日立エナジー	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> ドイツ本土から北海の洋上風力発電所に150kVのHVDC送電網200km(うち海底125km)を敷設
16	 ドイツ	BorWin2	2015年	0.8GW	TenneT, Siemens	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> ドイツ本土から北海の洋上風力発電所に300kVのHVDC送電網200km(うち海底125km)を敷設
17	 ドイツ	BorWin3	2019年	0.9GW	TenneT, Siemens, Petrofac	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> ドイツ本土から北海の洋上風力発電所に320kVのHVDC送電網160km(うち海底130km)を敷設
18	 ドイツ	BorWin4	2029年	0.9GW	Amprion, Siemens, Dragados	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> ドイツ本土から北海の洋上風力発電所に320kVのHVDC送電網280km(うち海底125km)を敷設
19	 ドイツ	BorWin5	2025年	0.9GW	TenneT, Siemens, Dragados	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> ドイツ本土から北海の洋上風力発電所に320kVのHVDC送電網230km(うち海底110km)を敷設
20	 ドイツ	DolWin1	2015年	0.8GW	TenneT, 日立エナジー	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> ドイツ本土から北海の洋上風力発電所に320kVのHVDC送電網165km(うち海底75km)を敷設
21	 ドイツ	DolWin2	2016年	0.9GW	TenneT, 日立エナジー	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> ドイツ本土から北海の洋上風力発電所に320kVのHVDC送電網135km(うち海底45km)を敷設

HVDC

欧州を中心に洋上風力向けのHVDCの商用化やグリーン水素製造の開発・実証が進む

洋上風力エネルギーキャリア: プロジェクト事例 (4/5)

#	国	プロジェクト概要				案件ステージ			実施内容
		名称	稼働年	設備容量	主要参画企業	開発/検討	実証	商用化	
22	 ドイツ	DolWin3	2018年	0.9GW	TenneT, Alstom, Prysmian, Nordic Yard	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> ドイツ本土から北海の洋上風力発電所に320kVのHVDC送電網160km(うち海底80km)を敷設
23	 ドイツ	DolWin4	2028年	0.9GW	Amprion, Siemens, Dragados	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> ドイツ本土から北海の洋上風力発電所に320kVのHVDC送電網280km(うち海底125km)を敷設
24	 ドイツ	DolWin5	2024年	0.9GW	Aibel, Keppel FELS, 日立エナジー	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> ドイツ本土から北海の洋上風力発電所に320kVのHVDC送電網130km(うち海底100km)を敷設
25	 ドイツ	DolWin6	2023年	0.9GW	TenneT, Siemens, Nexans	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> ドイツ本土から北海の洋上風力発電所に320kVのHVDCの送電網90km(うち海底45km)を敷設
26	 ドイツ	HelWin1	2015年	0.6GW	TenneT, Siemens, Prysmian	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> ドイツ本土から北海の洋上風力発電所に250kVのHVDCの送電網130km(うち海底85km)を敷設
27	 ドイツ	HelWin2	2015年	0.7GW	TenneT, Siemens, Prysmian	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> ドイツ本土から北海の洋上風力発電所に320kVのHVDCの送電網130km(うち海底85km)を敷設
28	 フランス	Sofia	2026年	1.4GW	RWE, GE Renewable Energy, Sembcorp Marine	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> フランス本土から北海洋上風力発電所に320kVのHVDCの送電網220kmを2本敷設

HVDC

欧州を中心に洋上風力向けのHVDCの商用化やグリーン水素製造の開発・実証が進む

洋上風力エネルギーキャリア: プロジェクト事例 (5/5)

	#	国	プロジェクト概要				案件ステージ			実施内容
			名称	稼働年	設備容量	主要参画企業	開発/検討	実証	商用化	
HVDC	29	 イギリス	Dogger Bank	2023年	3.6GW	SSE Renewables, Equinor, 日立エナジー	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> イギリス北東部沖合に位置する北海洋上風力発電所に2023/24/26年にそれぞれ1.2GW (320kV)のHVDC送電網130kmを敷設
	30	 ベルギー	Princess Elisabeth Island	2030年	3.5GW	elia	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> ベルギー沿岸約45km地点に直流・交流送変電設備を配備した人工島を建設し、周辺洋上風力発電電力の送電ハブとして活用予定
蓄電池船	31	 日本	PowerArk	2025	222MWh	PowerX, 今治造船	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> 洋上風力からの電力を船で輸送する計画であり、第一段階として222MWhの輸送船を建造中
	32	 ノルウェー	Ocean Charger Project	NA	NA	VardGroup, Rem, Solstad, SINTEF	開発/検討	実証	商用化	<ul style="list-style-type: none"> 洋上風力からの送電網にバッテリー駆動船を接続し、直接充電を行う技術を開発

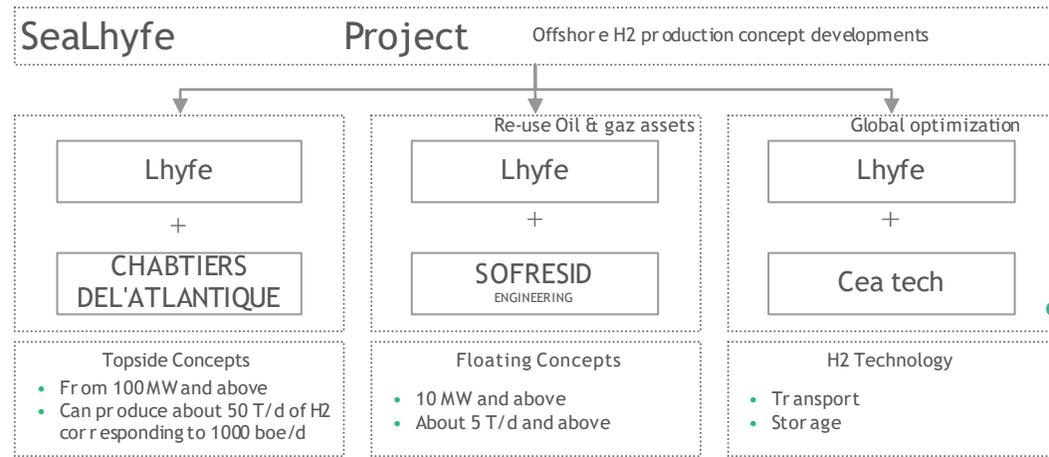
フランスSeaLhyfeプロジェクトでは、1MW×2の洋上水電解装置実証を2022年から18か月間運用予定であり、2025年時点では300MW規模に拡大見込み

1 洋上風力エネルギーキャリア-グリーン水素: SeaLhyfe Project

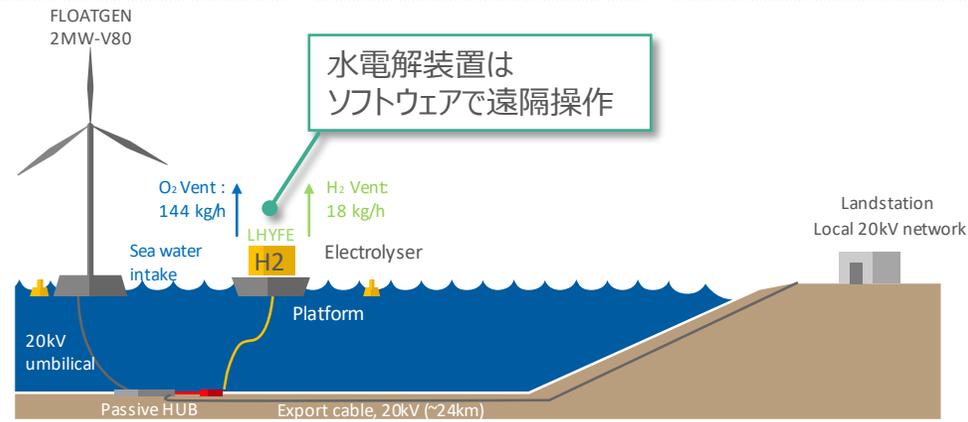
プロジェクト概要

案件 ステージ	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="background-color: #28a745; color: white; padding: 5px;">開発/検討</div> <div style="background-color: #28a745; color: white; padding: 5px;">実証</div> <div style="background-color: #6c757d; color: white; padding: 5px;">商用化</div> </div>
タイムライン	2022年9月: 実証開始 (18か月予定) 2025年: 規模拡大 (300MW)
設備 容量	1MW×2(実証期間中) →300MW(2025年時点)
案件 実施内容	<ul style="list-style-type: none"> 洋上での水素製造の開発として、洋上水素電解装置の開発、既存の石油ガス設備の活用等を検討 2022年から洋上水電解装置1MWx2の実証を開始しており、18か月間運用予定 <ul style="list-style-type: none"> SeaLhyfe PJは世界初の海上水素製造施設
主要 参画企業 (全体~10社)	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Lhyfe</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Plug</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">SOFRESID ENGINEERING</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">CHABTIERS DEL'ATLANTIQUE</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Cea tech</div> </div>

プロジェクト詳細



SeaLhyfeプロジェクトでは洋上水素電解装置、既設配管等の石油ガス設備の活用を検討



2022年から、フランス沖(20km)のSEM-REV実証施設で1MW×2の実証を開始し、6か月は埠頭、12か月は沖合で運用予定

フランスNerehyd™プロジェクトでは、2025年までに€60Mの費用をかけ、 数十~数百MWの浮体式洋上風力と水電解装置の一体モジュールを開発予定

2 洋上風力エネルギーキャリア-グリーン水素: Nerehyd™

プロジェクト概要

案件 ステージ	
タイムライン	2021年: 検討開始 2025年: 実証開始
設備 容量	10MW~数百MW
案件 実施内容	<ul style="list-style-type: none">水素製造事業者Lhyfe社(仏)と洋上風力EPC/浮体製造事業者のDoris Engineering社(仏)が共同で、浮体式洋上風力設備と水電解装置の一体モジュールを開発<ul style="list-style-type: none">10MW~数百MWクラスの大規模設備までを想定2025年までに€60Mをかけ、研究開発とプロトタイプ製造を目指す
主要 参画企業 (全体2社)	<div style="display: flex; gap: 10px;"><div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Lhyfe</div><div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">DORIS</div></div>

プロジェクト詳細

Doris社の浮体式洋上風力設備「Nerewind™」に水素製造設備を統合させる計画

フランスHaldaneプロジェクトでは、既存の洋上石油・ガス設備を活用した、洋上水素製造装置を開発中

3 洋上風力エネルギーキャリア-グリーン水素: Haldane Project

プロジェクト概要

案件 ステージ	
タイムライン	2021年: 計画公表 2025年: 運転開始
設備 容量	300MW
案件 実施内容	<ul style="list-style-type: none"> 既存の洋上石油・ガス掘削装置、パイプライン、港湾施設を水素製造向けに転換する計画 コンセプト検討は完了し、2025年の商用化に向けFEED(Front End Engineering Design)を実施予定
主要 参画企業 (全体3社)	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Lhyfe</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Aquaterra Energy</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Borr Drilling</div> </div>

プロジェクト詳細

設備イメージ

ジャッキアップ式リグ(洋上石油掘削装置)への水素製造装置の設置等を検討

- 既存の石油・ガス設備を有効活用することで、座礁資産の最小化や初期費用を抑制

北海の既存石油・ガス設備の状況

北海沿岸には、洋上風力発電所に近接して、既存の石油・ガス設備が多数存在する為、導入のポテンシャルが高い

- 近隣で開発される洋上風力電力の一部を同水素製造設備へ供給

ドイツAqua Ventusでは、洋上水素製造設備や水素パイプライン等を開発し、2024年に14MWの水素製造を開始し2035年に最大10GWまで拡大する計画

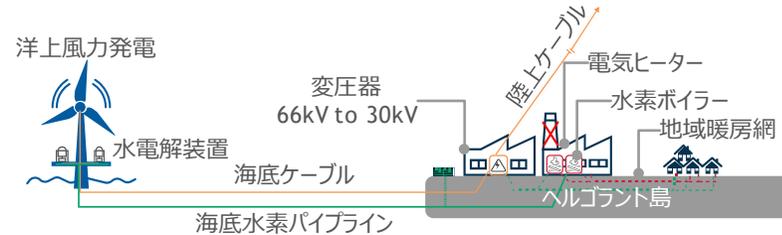
4 洋上風力エネルギーキャリア-グリーン水素: Aqua Ventus

プロジェクト概要

案件 ステージ	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="background-color: #008000; color: white; padding: 5px;">開発/検討</div> <div style="background-color: #cccccc; padding: 5px;">実証</div> <div style="background-color: #cccccc; padding: 5px;">商用化</div> </div>												
タイムライン	2020年12月: コンソーシアム設立 2024年: 実証開始												
設備 容量	14MW (2024年) → 10GW (2035年)												
案件 実施内容	<ul style="list-style-type: none"> 2024年に14MWの洋上水素製造設備をドイツ北西部のヘルゴランド島沖に建設し、2030年代に最大10GWまで拡大予定 並行して年間100万tの水素輸送向けパイプライン建設プロジェクト「AquaDucts」等を進める 												
主要 参画企業 (全体~100社)	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>RWE</td> <td>e-on</td> <td>EnBW</td> <td>Linde</td> </tr> <tr> <td>VATTENFALL</td> <td>J Power</td> <td>Shell</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DNV</td> <td>SIEMENS ENERGY</td> <td>Marubeni</td> <td></td> </tr> </table>	RWE	e-on	EnBW	Linde	VATTENFALL	J Power	Shell		DNV	SIEMENS ENERGY	Marubeni	
RWE	e-on	EnBW	Linde										
VATTENFALL	J Power	Shell											
DNV	SIEMENS ENERGY	Marubeni											

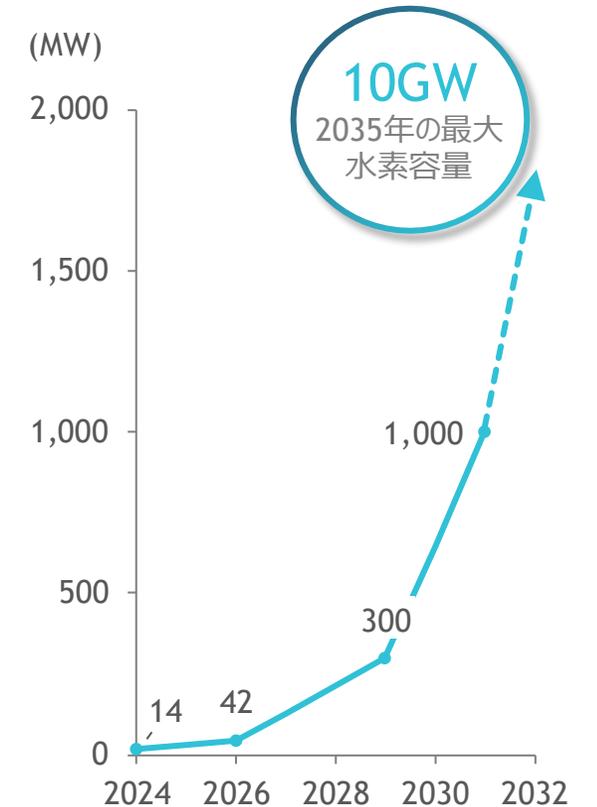
プロジェクト詳細

個別の取組み内容 (一例)



- Aqua Primus** 洋上水素製造実証であり、2024年に14MW、2026年に42MWに拡大予定
- Aqua Sector** 大規模な洋上水素製造実証であり、2029年に300MWの運用を開始予定
- Aqua Duct** 10GWまで輸送可能な水素輸送向けパイプラインの建設
- Aqua Core** 陸地での水素ボイラーや電気ヒーターを活用した地域暖房ネットワーク運用
- Aqua Campus** 面積3km²、水深45mの実証環境であり、外部の技術実証等を受入れ
- Aqua Navis** 水素船の実証であり、2025年からカーゴ船等の運転を開始予定

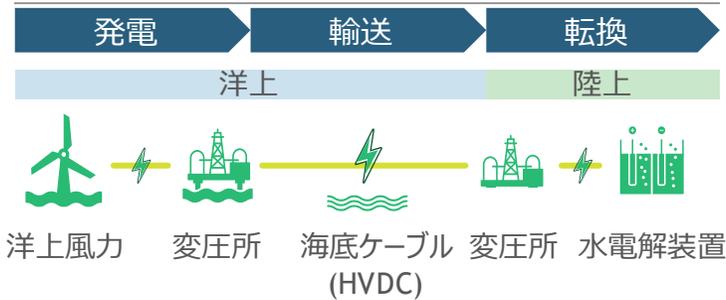
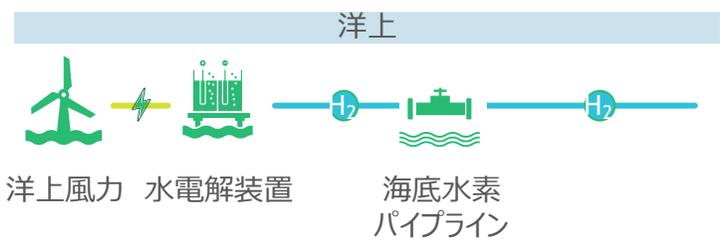
水素製造容量の計画



ドイツAqua Ventusプロジェクトの中で、洋上風力エネルギーキャリアとして、(A)HVDC+陸上水素製造 / (B)HVAC+陸上水素製造 / (C)洋上水素製造 + パイプラインを検討

4 Aqua Ventusプロジェクト: 洋上風力エネルギーキャリアのオプション

Aqua Ventusプロジェクト概要 洋上風力エネルギーキャリアのオプション

	タイムライン	設備容量	案件実施内容	オプション	概要	オプションのイメージ	水素量 (万t _{H2} /年)	設備効率 (%)	設備容量 (GW _{el})
	2020年: コンソーシアム設立 2024年: 実証開始	14MW (2024年) → 10GW (2035年)	洋上水素製造実証や水素パイプライン建設等の複数プロジェクトを推進(下記一例)	A HVDC+ 陸上水素製造	洋上風力発電から電力をHVDCで輸送し、陸上で水素を製造	 <p>発電 → 輸送 → 転換</p> <p>洋上 陸上</p> <p>洋上風力 変圧所 海底ケーブル (HVDC) 変圧所 水電解装置</p>	100万 t _{H2} /年	59.2%	11.3GW
			<ul style="list-style-type: none"> AquaPrimus: 洋上水素製造実証 (2024年:14MW、2026年:42MW) AquaSector: 大規模洋上水素製造実証 (2029年: 300MW) AquaDuct: 10GWまで輸送可能な水素パイプライン建設 	B HVAC+ 陸上水素製造	洋上風力発電から電力をHVACで輸送し、陸上で水素を製造	 <p>洋上 陸上</p> <p>洋上風力 変圧所 海底ケーブル (HVAC) 変圧所 水電解装置</p>	100万 t _{H2} /年	60.1%	11.1GW
				C 洋上水素製造+ パイプライン	洋上風力発電から洋上で水素を製造し、海底水素パイプラインを用いて輸送	 <p>洋上</p> <p>洋上風力 水電解装置 海底水素パイプライン</p>	100万 t _{H2} /年	64.2%	10.5GW

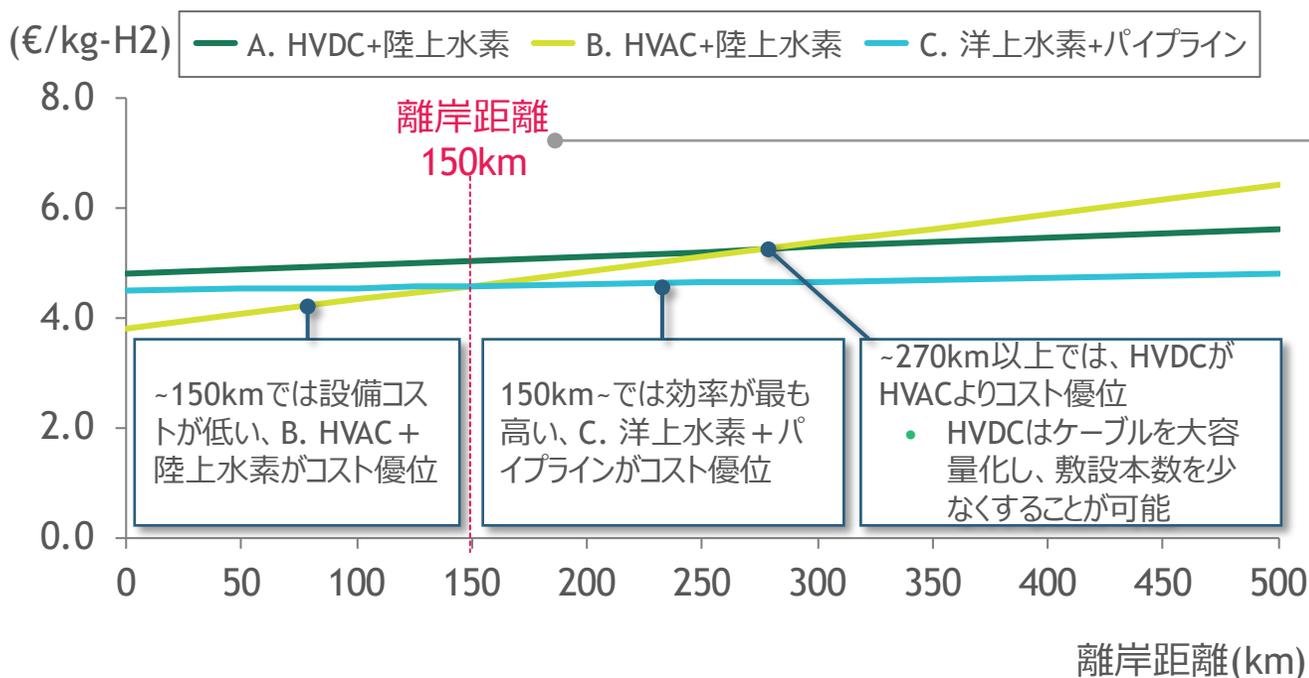
2030年時点の各キャリアのライフサイクルコストは、洋上風力の離岸距離が150kmまでは、「(B)HVAC+陸上水素」が優位であり、以降は「(C)洋上水素+パイプライン」が優位になる

4 Aqua Ventusプロジェクト: 各洋上風力エネルギーキャリアのライフサイクルコスト

各キャリアのライフサイクルコストの比較 (2030年時点)

離岸距離が150kmまでは「B. HVAC+陸上水素」がコスト優位であり、150km以降は「C. 洋上水素+パイプライン」が優位

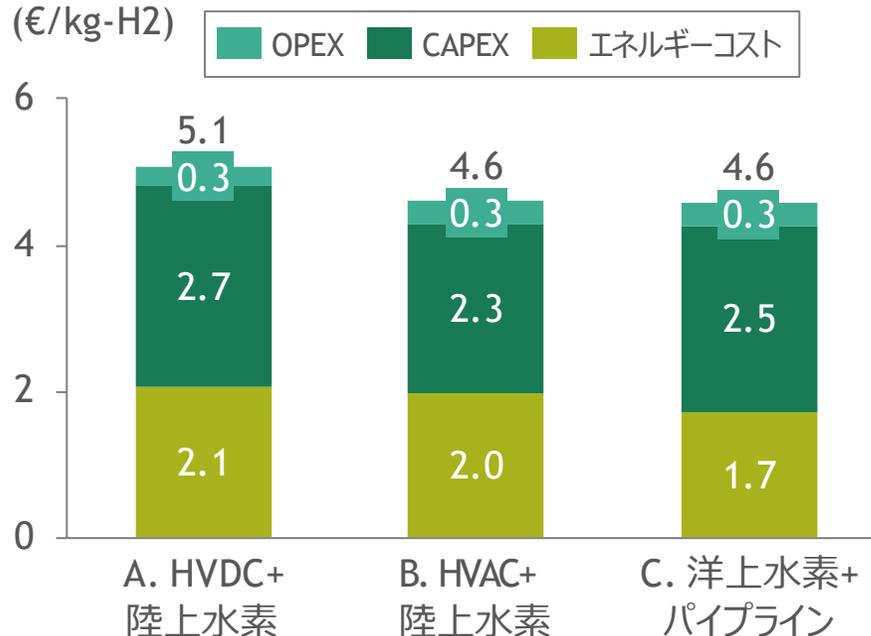
- 離岸距離150kmまでは、設備費用が最も低い「B. HVAC+陸上水素」が優位になるが、以降はエネルギー効率が良い「C. 洋上水素+パイプライン」が優位



ライフサイクルコストの内訳 (離岸距離: 150km)

「C. 洋上水素+パイプライン」は洋上設備分のCAPEXが高いが、損失が少なくエネルギーコストが最も低い

- システム全体の効率は64.2%であり、A/Bの59.2%/60.1%と比較し高効率





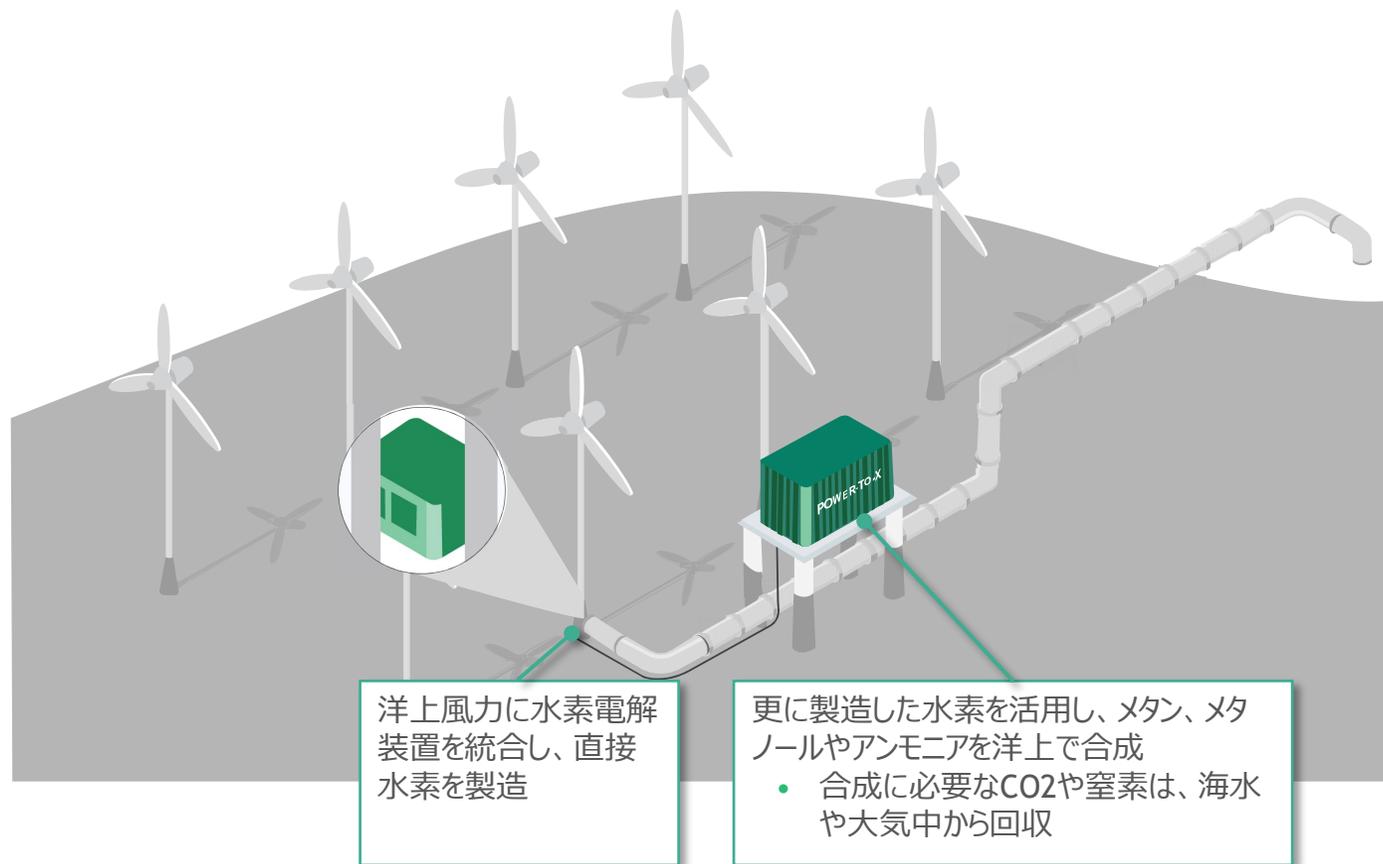
ドイツH2Mareでは、洋上風力と水素製造装置の統合に加え、洋上でのメタン、メタノール、アンモニア合成も検討

5 洋上風力エネルギーキャリア-グリーン水素: H2Mare

プロジェクト概要

案件 ステージ	開発/検討 → 実証 → 商用化				
タイムライン	2021年4月: 検討開始 2025/26年: 実証開始				
設備 容量	NA				
案件 実施内容	<ul style="list-style-type: none">洋上でのグリーン水素製造に加え、合成メタンやアンモニア製造も検討Federal Ministry of Education and Researchにより、€100M以上の補助金が捻出される予定				
主要 参画企業 (全体24社)	<table border="1"><tr><td>RWE</td><td>SIEMENS ENERGY</td></tr><tr><td>ENVIRO CHEMIE</td><td>EnBW</td></tr></table>	RWE	SIEMENS ENERGY	ENVIRO CHEMIE	EnBW
RWE	SIEMENS ENERGY				
ENVIRO CHEMIE	EnBW				

プロジェクト詳細





イギリスOyster Projectでは、2022年から数MW規模の洋上向け水電解装置を実証中で、洋上風力発電設備と一体化した設備の商用化を進める

6 洋上風力エネルギーキャリア-グリーン水素: Oyster Project

プロジェクト概要

案件 ステージ		
タイムライン	2021年: 検討開始 2022年: 実証開始	
設備 容量	数MW	
案件 実施内容	<ul style="list-style-type: none"> 2021-24年の間に、一体型のモジュール開発、数MW規模設備の実証、商用化に向けた検討等を実施 FCH JU(欧州燃料電池水素共同実施機構欧州委員会)等を通して、EUから100%の補助金5mil. EURを受ける見込み 	
主要 参画企業 (全体4社)	ITM POWER SIEMENS Gamesa	Ørsted element energy

プロジェクト詳細

フェーズ	時間軸	実施内容
研究・開発	2021年~ 2022年 中旬	<ul style="list-style-type: none"> 洋上でも信頼性担保できる水電解装置の開発 開発した水電解装置のコスト・パフォーマンスをテストし、競合技術とも比較 実証でのパフォーマンス測定方法の決定、商用運転に向けた水電解装置の認証取得
実証	2022年 中旬 ~ 2024年 中旬	<ul style="list-style-type: none"> 数MW規模の水電解装置を用いて実証試験を18ヵ月間実施 実証実験の結果や、オフショアOil&Gasの専門家の知見も踏まえ、洋上風力発電設備と一体化したモジュールの設計を完了
商用化	2024年~	<ul style="list-style-type: none"> Pre-FEEDを実施し、既存の水素需要も踏まえて設備を導入する洋上風力発電所を決定 更なる大規模設備の導入に向けた事業を開発 政府関係者、産業界や、将来的な水素需要家に対してプロジェクト結果を広報



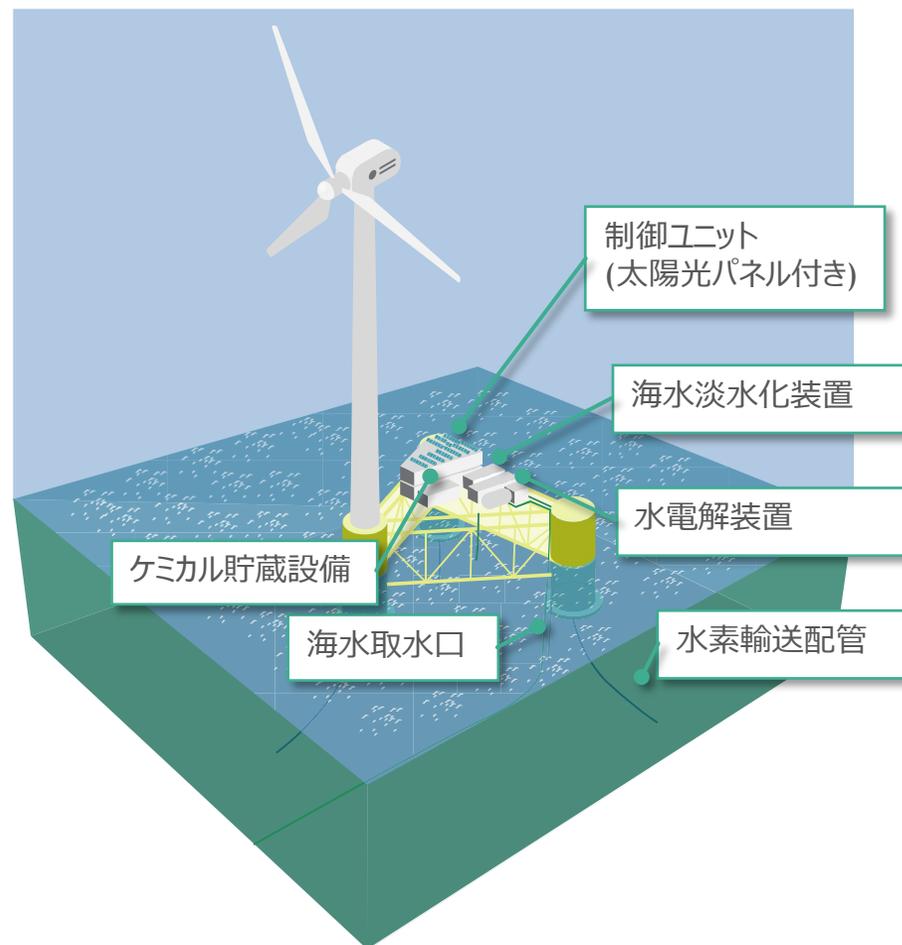
イギリスDolphyn Hydrogen Projectでは、浮体式洋上風力と水素製造設備一体型システムを開発しており、2025年に10MW規模の実証を行い2030年代には4GWに拡大予定

7 洋上風力エネルギーキャリア-グリーン水素: Dolphyn Hydrogen Project

プロジェクト概要

プロジェクト詳細

案件 ステージ	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="background-color: #008000; color: white; padding: 5px;">開発/検討</div> <div style="background-color: #cccccc; padding: 5px;">実証</div> <div style="background-color: #cccccc; padding: 5px;">商用化</div> </div>								
タイムライン	2023年: 水電解装置の実証開始 2025年: 実証開始 (商用)								
設備 容量	10MW (2025年の実証時点) →4GW (2030年代)								
案件 実施内容	<ul style="list-style-type: none"> 浮体式洋上風力と水素製造装置が一体となったシステムを開発 2025年に10MW規模設備の実証、2028年頃に100-300MWの商用化、2030年代にGW規模へ拡大予定 Department for Business, Energy & Industrial Strategyから£8.62Mの補助金を受ける見込み 								
主要 参画企業 (全体7社)	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>ERM</td> <td>TRACTE BEL</td> <td>ode</td> <td>Principle Power</td> </tr> <tr> <td>nel</td> <td>ALTRAD BABCOCK</td> <td>Lloyd's Register</td> <td></td> </tr> </table>	ERM	TRACTE BEL	ode	Principle Power	nel	ALTRAD BABCOCK	Lloyd's Register	
ERM	TRACTE BEL	ode	Principle Power						
nel	ALTRAD BABCOCK	Lloyd's Register							





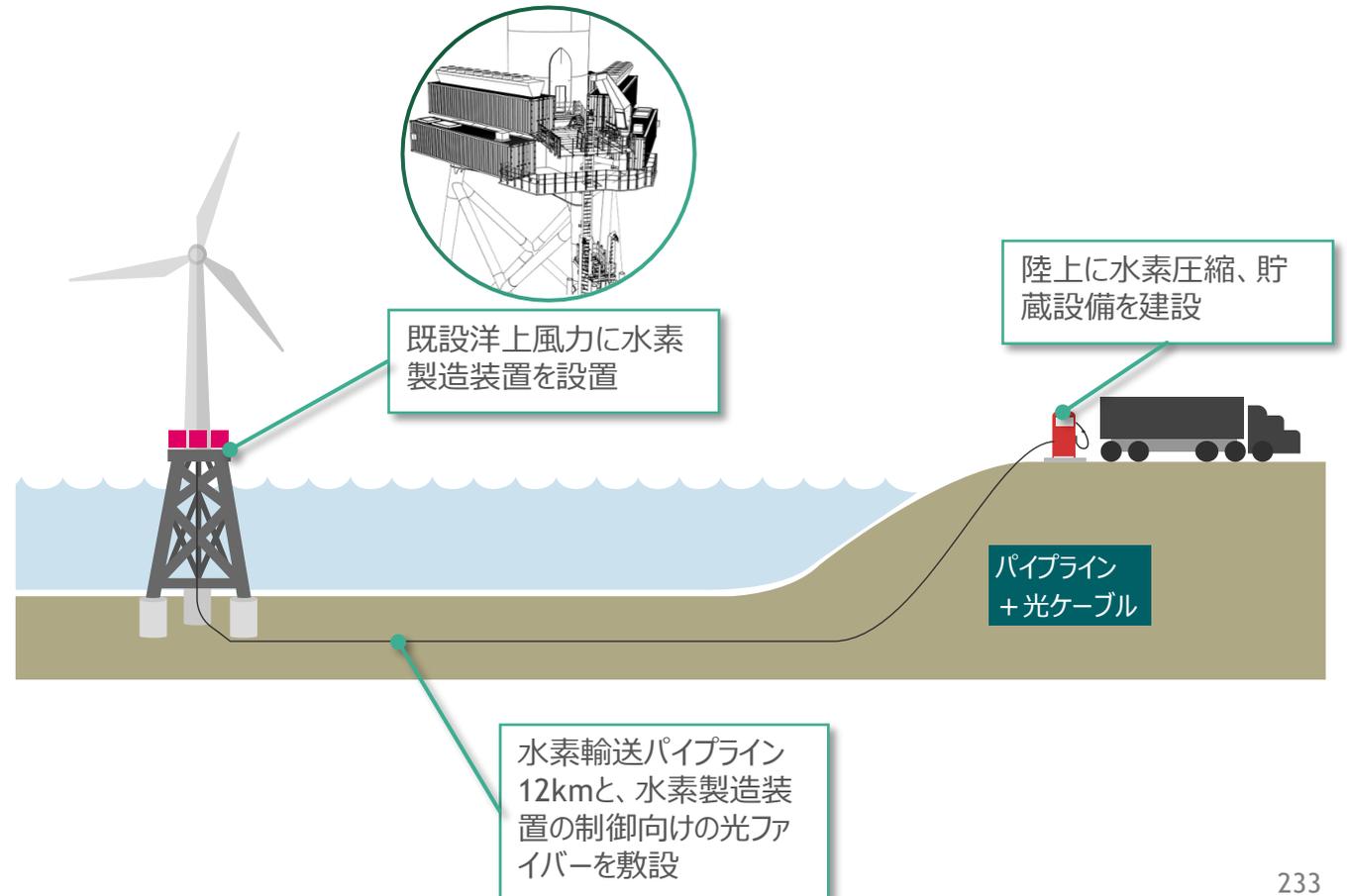
イギリスHydrogen Turbine 1 Projectでは、既存の洋上風力設備に水素製造設備を設置し、2025年に8.8MW規模の実証を実施予定

8 洋上風力エネルギーキャリア-グリーン水素: Hydrogen Turbine 1 (HT1)

プロジェクト概要

プロジェクト詳細

案件 ステージ	開発/検討 → 実証 → 商用化
タイムライン	2021年: 検討開始 2025年: 運転開始
設備 容量	8.8MW
案件 実施内容	<ul style="list-style-type: none">既存の洋上風力に水素製造装置を設置し、2025年には水素製造開始予定Department for Business, Energy & Industrial Strategyから£9.3Mの補助金を受ける見込み
主要 参画企業 (全体1社)	VATTENFALL





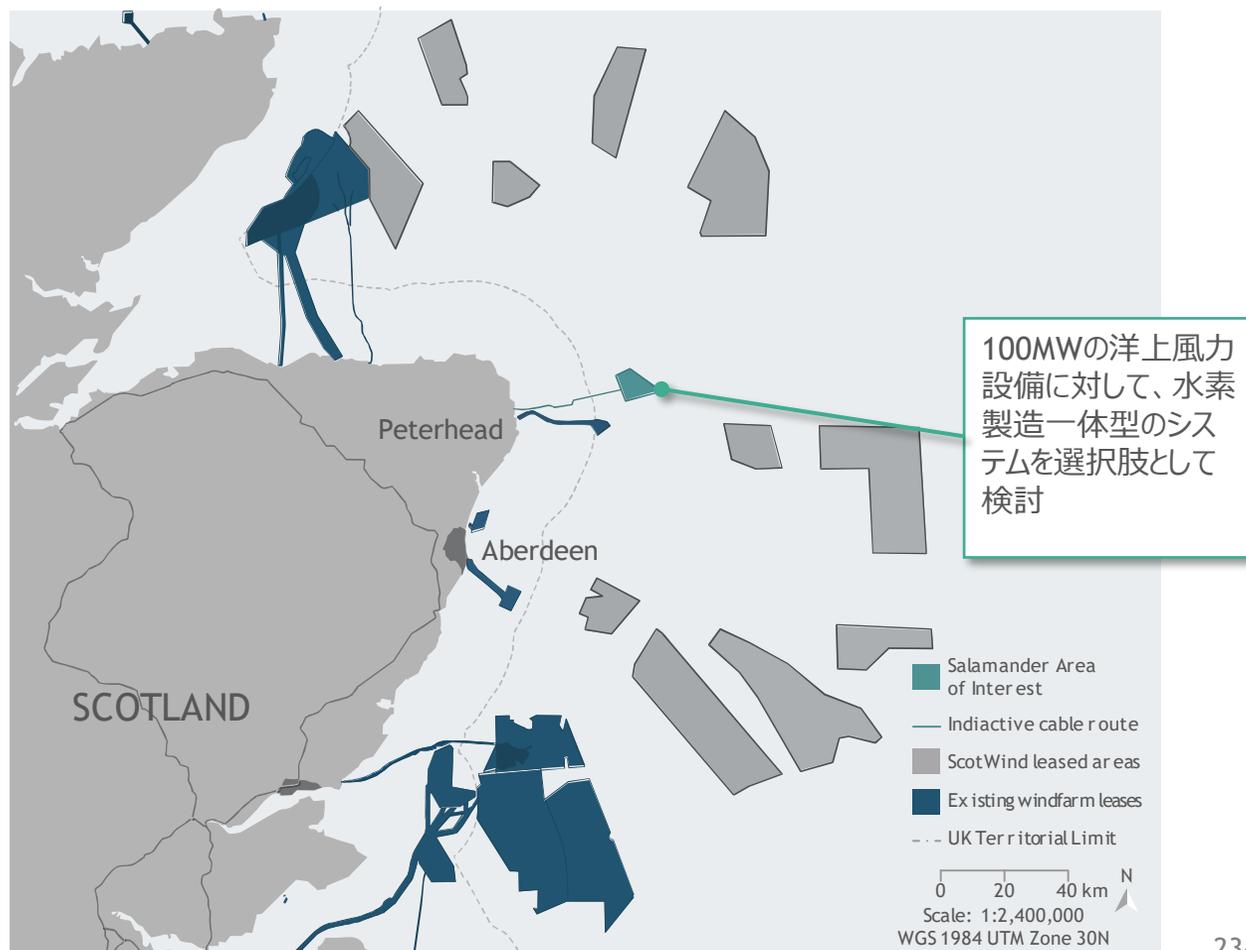
イギリスThe Salamander Projectでは、2030年運転開始予定のスコットランド沖の100MW洋上風力発電所に対して、水素製造一体型のシステムを選択肢として検討中

9 洋上風力エネルギーキャリア-グリーン水素: The Salamander Project

プロジェクト概要

案件 ステージ	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="background-color: #28a745; color: white; padding: 5px 10px; border-radius: 5px;">開発/検討</div> <div style="background-color: #6c757d; color: white; padding: 5px 10px; border-radius: 5px;">実証</div> <div style="background-color: #6c757d; color: white; padding: 5px 10px; border-radius: 5px;">商用化</div> </div>
タイムライン	2022年: 検討開始 2030年: 運転開始
設備 容量	100MW
案件 実施内容	<ul style="list-style-type: none"> スコットランド沖における洋上風力プロジェクトで、2025年頃建設開始、2030年運転開始を予定 ERM Dolphyinの洋上風力+水素製造設備の一体型システムを選択肢として検討中
主要 参画企業 (全体3社)	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Simply Blue Grup</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Ørsted</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">subsea 7</div> </div>

プロジェクト詳細



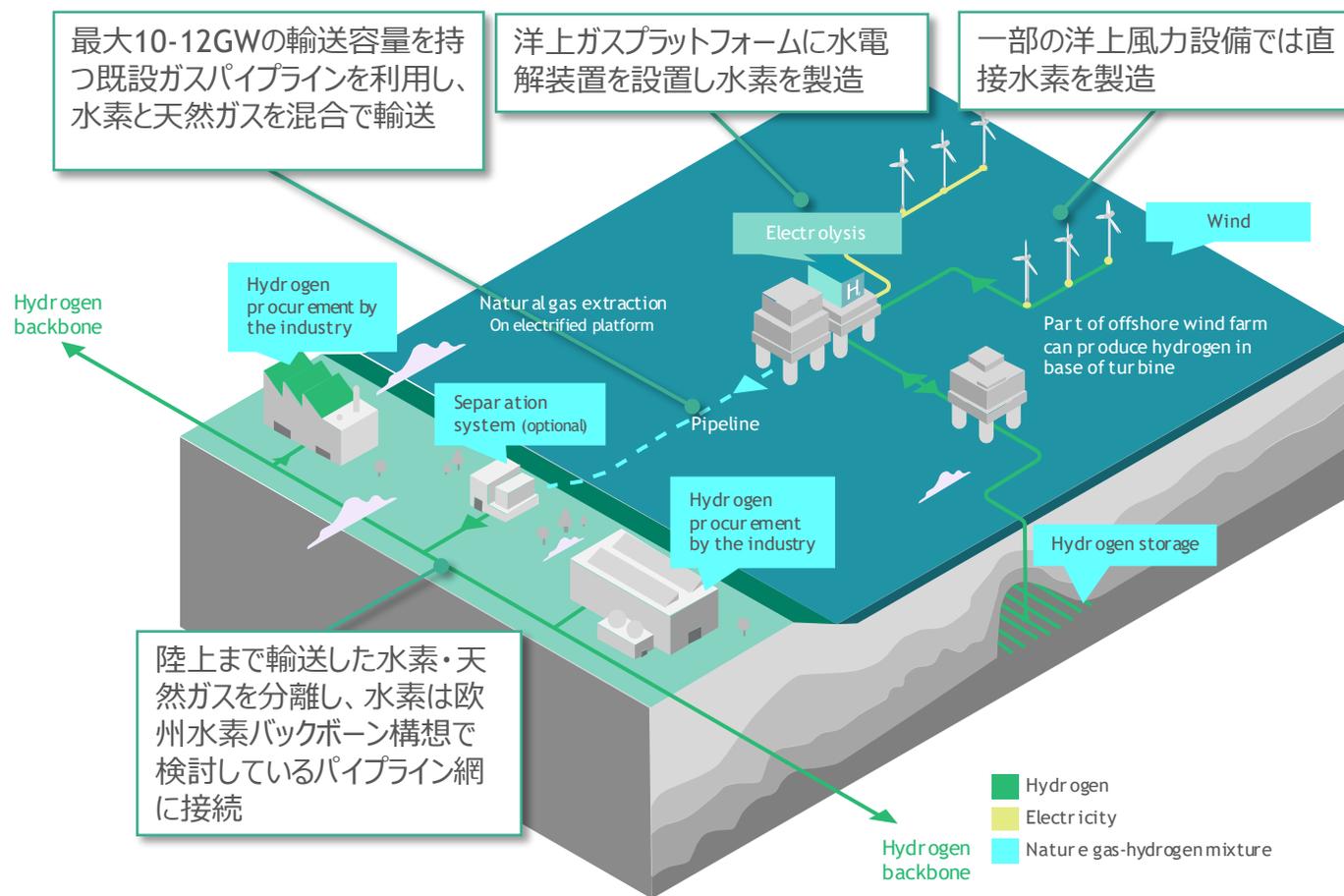
オランダH2opZeeでは、既存ガス掘削インフラを活用した300~500MWの水素製造実証を計画しており、"欧州水素バックボーン構想"での欧州広域水素パイプライン網へ接続予定

10 洋上風力エネルギーキャリア-グリーン水素: H2opZee

プロジェクト概要

案件 ステージ	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="background-color: #2e8b57; color: white; padding: 5px;">開発/検討</div> <div style="background-color: #ccc; padding: 5px;">実証</div> <div style="background-color: #ccc; padding: 5px;">商用化</div> </div>
タイムライン	2022年: 検討開始 2030年: 実証開始
設備 容量	300~500MW
案件 実施内容	<ul style="list-style-type: none"> 2030年までに、北海沖の既存の天然ガス掘削プラットフォームを活用し、300~500MWの水素製造を実証予定 製造した水素は天然ガスと混合で既設の海底パイプラインで輸送し、陸上で分離する計画 更に"欧州水素バックボーン構想"で検討が進む欧州広域陸上水素パイプライン網に接続
主要 参画企業 (全体5社)	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">RWE</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">NEPTUNE ENERGY</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">H2SEA</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">Enersea</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">SIEMENS Gamesa</div> </div>

プロジェクト詳細



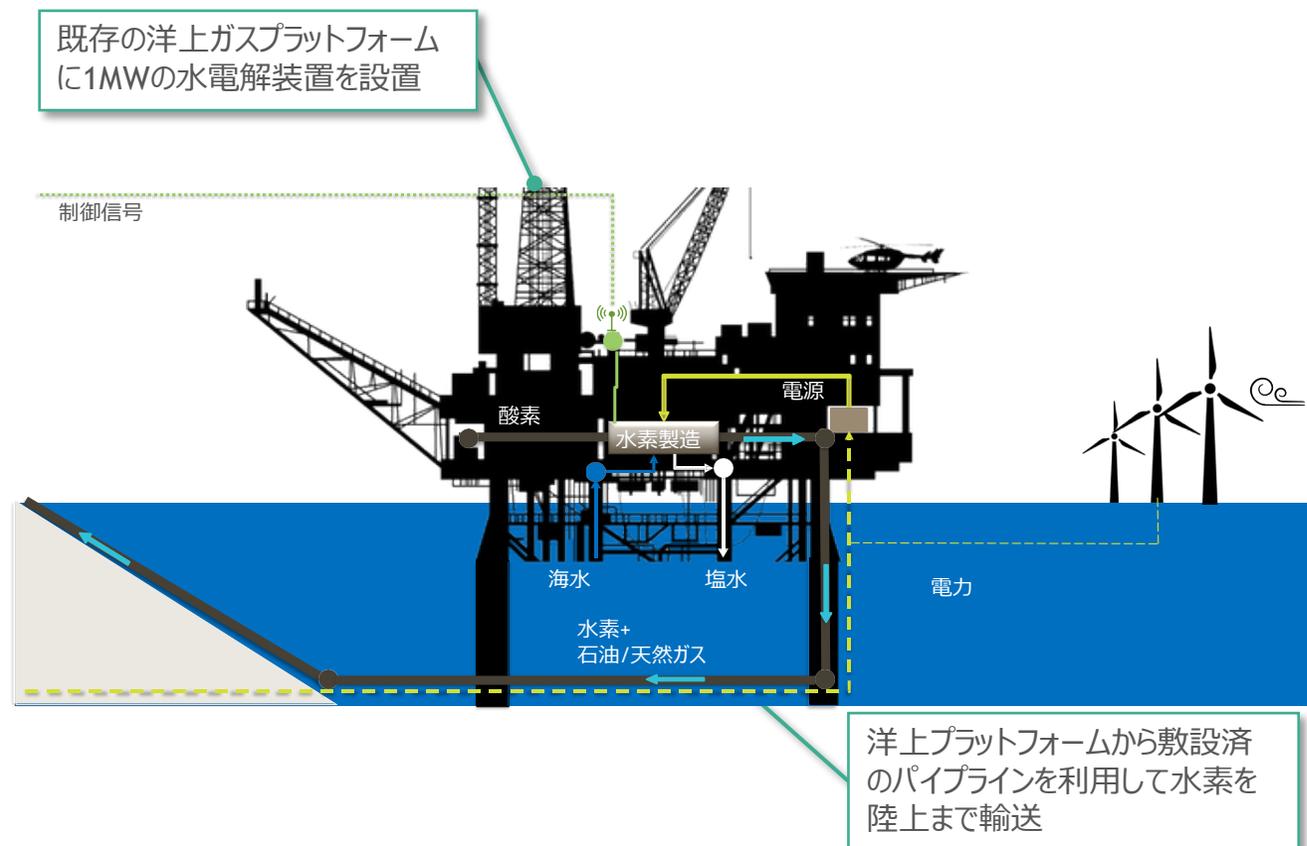
オランダPosHYdonでは、既存洋上ガスプラットフォームに1MWの水電解装置を設置し、水素製造の実証を2024年までに実施予定

11 洋上風力エネルギーキャリア-グリーン水素: PosHYdon

プロジェクト概要

案件 ステージ	開発/検討	実証	商用化
タイムライン	2019年: 検討開始 2021年: 実証開始 (約2年間)		
設備 容量	1MW (実証向け)		
案件 実施内容	<ul style="list-style-type: none"> Neptune Energy社の既存の洋上ガスプラットフォームに、1MWの水電解装置を設置し実証予定 <ul style="list-style-type: none"> 将来は数百MW-GW規模にスケールアップ予定 オランダ政府によるエネルギーと気候変動対策のための技術開発支援制度(DEI+)から€3.6Mの補助支援を受ける見込み 		
主要 参画企業 (全体15社)	NEPTUNE ENERGY	nexstep	TNO
	DEME	nel	EMERSON

プロジェクト詳細



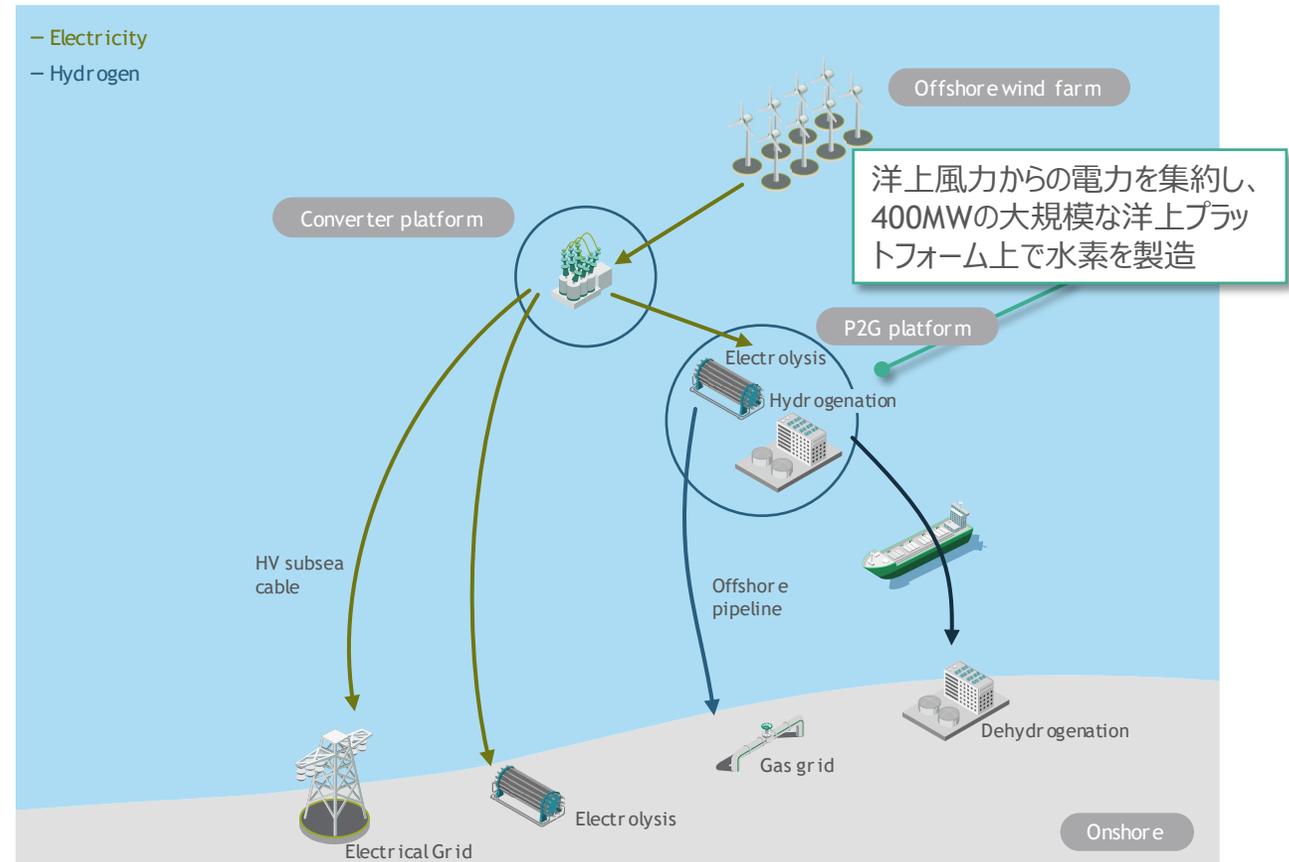
ベルギー-Tractebelは、従来比約25%小型化が可能な、400MWの大規模な洋上水素製造プラットフォームを開発中であり、今後は~800MWまでスケールアップが可能な見立て

12 洋上風力エネルギーキャリア-グリーン水素: Tractebel北海プロジェクト

プロジェクト概要

案件 ステージ	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="background-color: #008000; color: white; padding: 5px;">開発/検討</div> <div style="background-color: #cccccc; padding: 5px;">実証</div> <div style="background-color: #cccccc; padding: 5px;">商用化</div> </div>
タイムライン	2019年: コンセプト公表
設備 容量	400MW
案件 実施内容	<ul style="list-style-type: none"> 小型化が可能な400MWの大規模洋上水素製造プラットフォームを開発 <ul style="list-style-type: none"> 従来と比較し約25%小型化が可能で、建設コストが削減可能な見立て 更に新型モジュールは100~800MWでスケールアップが可能な見立て
主要 参画企業 (全体2社)	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">TRACTEBEL</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">OVERDICK</div> </div>

プロジェクト詳細



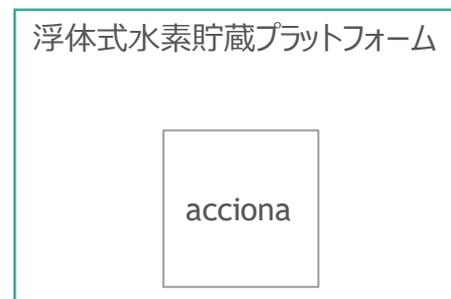
スペインOceanH2では、浮体式の洋上風力発電 + 太陽光発電 + 水素製造・貯蔵を統合したシステムを開発中

13 洋上風力エネルギーキャリア-グリーン水素: OceanH2

プロジェクト概要

案件 ステージ							
タイムライン	2021年: 検討開始						
設備 容量	10~20MW (小型) 0.5~1GW (大型)						
案件 実施内容	<ul style="list-style-type: none"> 浮体式洋上風力 + 洋上太陽光発電 + 洋上水素製造・貯蔵の3つを統合したシステムを開発 <ul style="list-style-type: none"> 小型(10~20MW)と大型システム(1~0.5GW)の双方を検討中 Science and Innovation Missionsプログラムから€6Mの補助金を受ける見込み 						
主要 参画企業 (全体18社)	<table border="1"> <tr> <td>acciona</td> <td>WUNDER HEXICON</td> <td>Bluenewables</td> </tr> <tr> <td>ariema</td> <td>Redexis</td> <td>TSI</td> </tr> </table>	acciona	WUNDER HEXICON	Bluenewables	ariema	Redexis	TSI
acciona	WUNDER HEXICON	Bluenewables					
ariema	Redexis	TSI					

プロジェクト詳細





ノルウェー-Deep Purpleでは、洋上で製造した水素を海底に貯留し、洋上風力の発電量が下がった際に燃料電池で電力へ再転換可能なシステムを開発中

14 洋上風力エネルギーキャリア-グリーン水素: Deep Purple

プロジェクト概要

案件 ステージ							
タイムライン	2021-2023年: 小規模実証 2025年: 5MW規模実証						
設備 容量	50-100kW (小規模実証) → 10-20MW (2025年以降)						
案件 実施内容	<ul style="list-style-type: none"> 洋上で製造した水素を海底に貯留し、風力発電量低下時に燃料電池で電力へ再転換可能なシステムを実証中 <ul style="list-style-type: none"> 2023年中旬までに50-100kWの実証、2025年までに~5MWの実証を行い、10-20MWを商用化する目標 Innovation Norwayから€9Mの補助金を受ける見込み 						
主要 参画企業 (全体14社)	<table border="1"> <tr> <td>Technip FMC</td> <td>VATTEN FALL</td> <td>REPSOL</td> </tr> <tr> <td>ABB</td> <td>SINTEF</td> <td></td> </tr> </table>	Technip FMC	VATTEN FALL	REPSOL	ABB	SINTEF	
Technip FMC	VATTEN FALL	REPSOL					
ABB	SINTEF						

プロジェクト詳細

水電解装置 + 燃料電池プラットフォーム

- 洋上風力の発電量が低下した際にも、洋上ガスプラットフォーム等に安定して電力供給が可能

水素貯蔵設備

- 電力に再変換する為に海底で水素を貯蔵

電力ケーブル

- 水素を直接輸送する場合は水素配管に代替

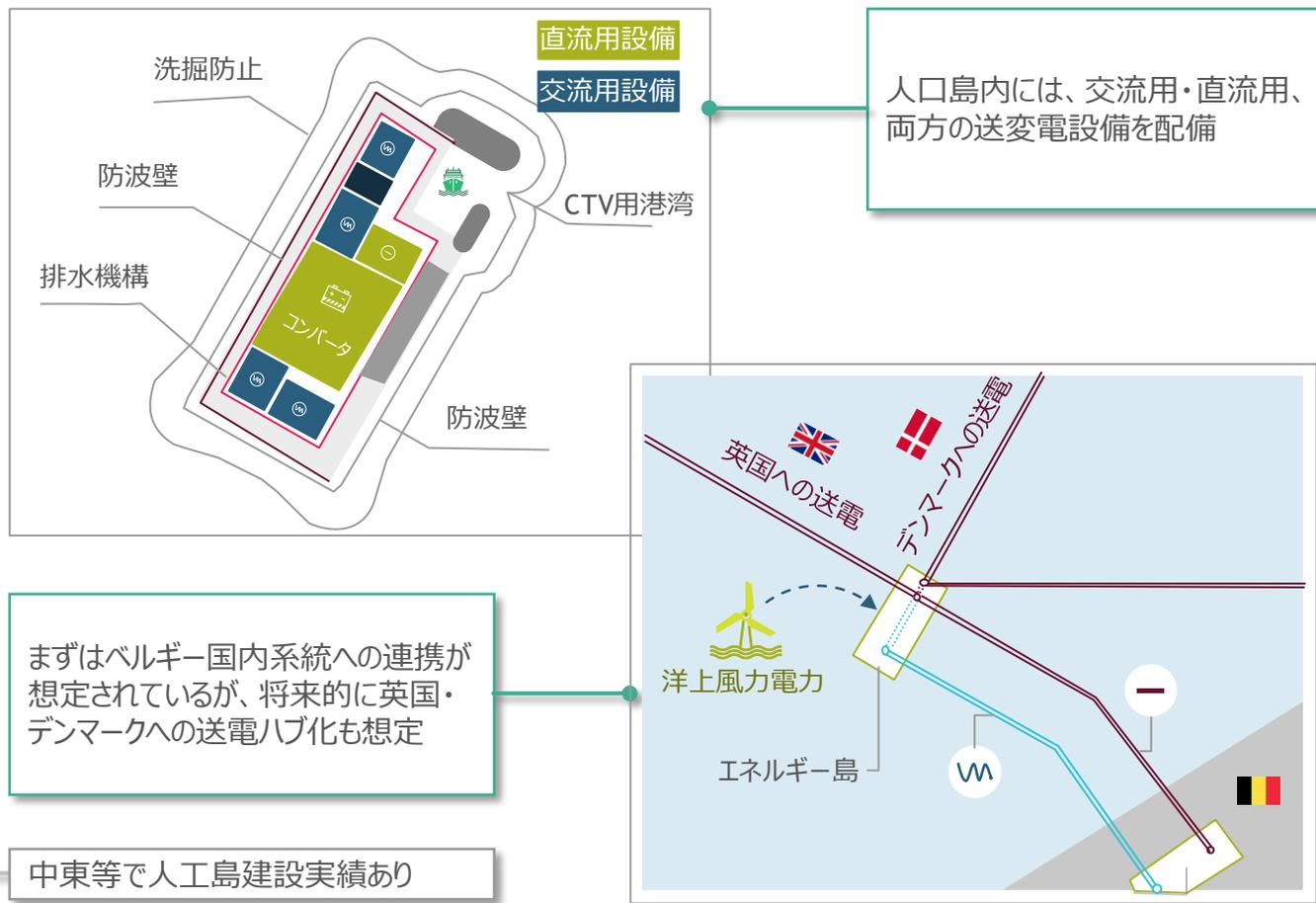
ベルギー-Princess Elisabeth islandでは、人工島内に直流・交流の両方の送変電設備を 配備し洋上風力電力の送電ハブ化を計画中

30 洋上風力エネルギーキャリア-HVDC: Princess Elisabeth Island

プロジェクト概要

案件 ステージ	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="background-color: #2e8b57; color: white; padding: 5px;">開発/検討</div> <div style="background-color: #ccc; padding: 5px;">実証</div> <div style="background-color: #ccc; padding: 5px;">商用化</div> </div>
タイムライン	2023年: 入札実施・事業者決定 2024~2026年: 建設予定 2030: 送電設備稼働
設備 容量	3.5GW
案件 実施内容	<ul style="list-style-type: none"> 洋上風力海域内に人工島を建設 <ul style="list-style-type: none"> 北海ベルギー沿岸から約45km 人工島の広さは約6ha 周辺洋上風力発電所電力を集約・高圧化し送電 <ul style="list-style-type: none"> 66kV(洋上風力電力)を220kVまで高圧化
主要 参画企業	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 20px;">elia</div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px;"> 入札企業例 EDF(仏) Luminus Jan De Nul Group </div> </div> <p>ベルギー送電事業者</p>

プロジェクト詳細



報告書 目次

(1) 次世代太陽電池海外展開

- 1-1 海外ペロブスカイトPVメーカー分析
- 1-2 ペロブスカイトPV市場動向・導入可能性分析
- 1-3 日本の次世代太陽光海外展開について

(2) 浮体式洋上風力海外展開

- 2-1 アジア洋上風力浮体メーカー分析
- 2-2 海外浮体式洋上風力市場・公募動向分析
- 2-3 日本の浮体式洋上風力海外展開について

(3) 沖合洋上風力エネルギーキャリア

- 3-1 海外案件開発動向・プレイヤー分析
- 3-2 エネルギーキャリアコスト分析
- 3-3 日本の洋上風力エネルギーキャリア展開について

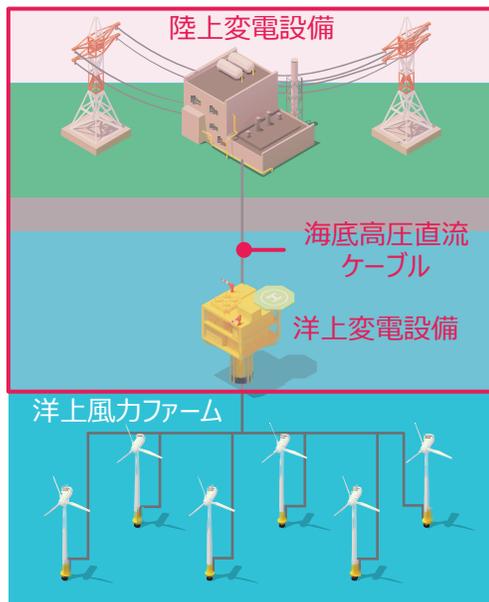
浮体式洋上風力エネルギーキャリアとして、 ①HVDC、②HVAC、③海上水素製造、④蓄電池運搬船の4オプションを想定

浮体式洋上風力エネルギーキャリア: オプション類型

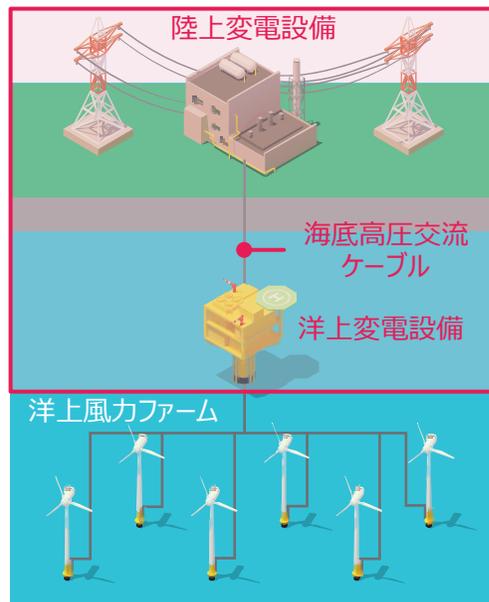
事業コスト
算出対象

輸送
イメージ

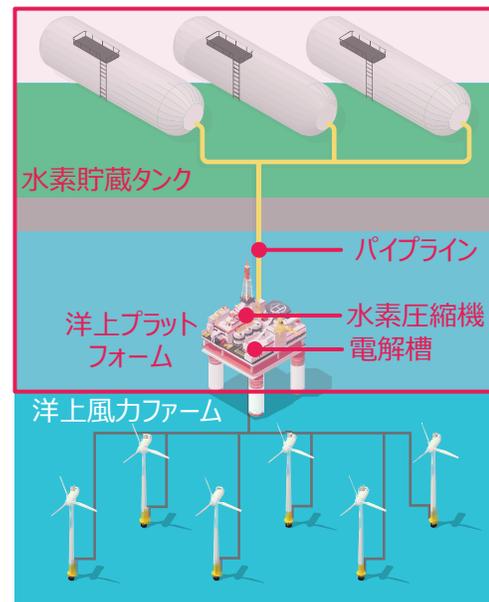
1 HVDC



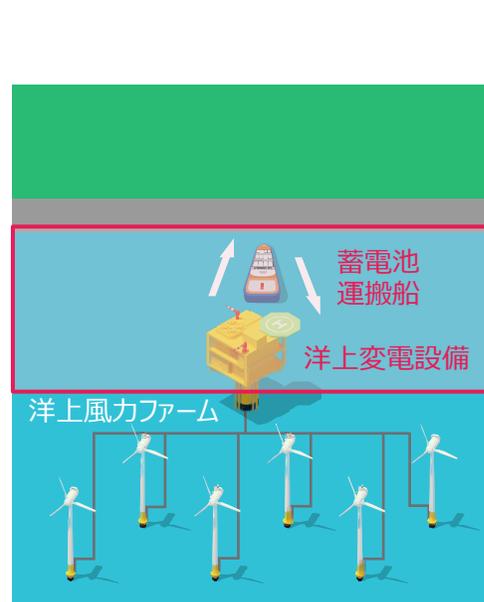
2 HVAC



3 海上水素製造



4 蓄電池運搬船



輸送
プロセス

- 風車発電電力を、洋上変電設備に送電・集約
- 海底高圧直流ケーブルで陸上変電設備に送電

- 風車発電電力を、洋上変電設備に送電・集約
- 海底高圧交流ケーブルで陸上変電設備に送電

- 風車発電電力を、洋上の電解槽で水素に転換
- 圧縮機で圧縮し、海底パイプラインで陸上の貯蔵設備に輸送

- 風車発電電力を、洋上変電設備に送電し、係留中の船上蓄電池に充電
- 運搬船が陸上に運搬し、港湾に停留し放電

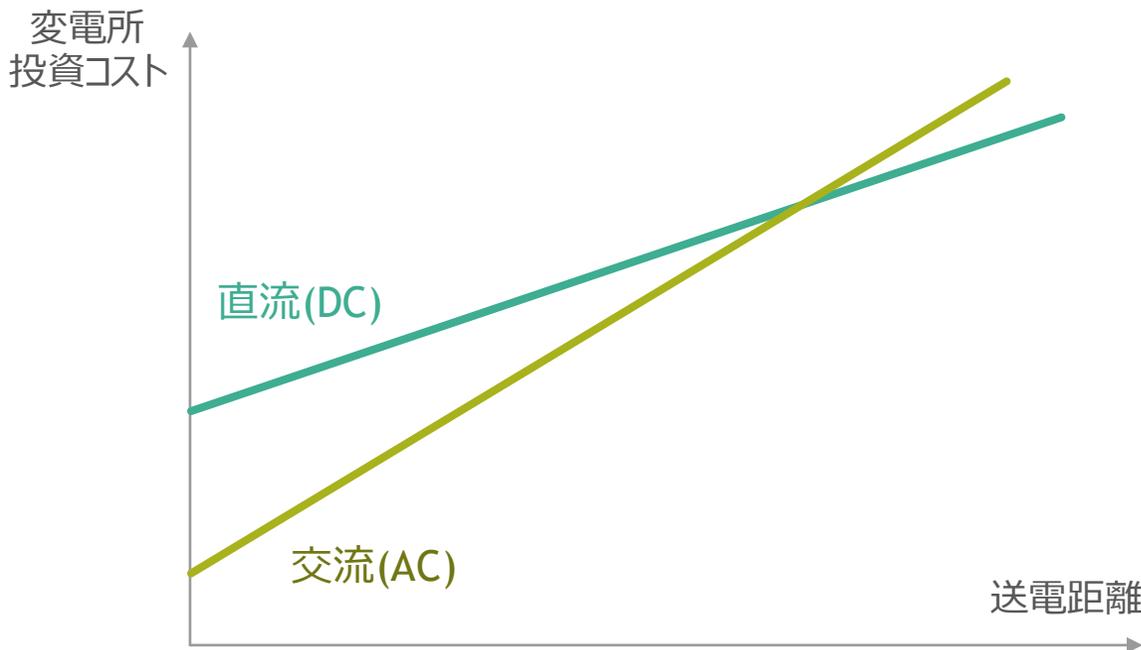
直流(DC)は長距離向き高効率、交流(AC)は短中距離向きかつ変圧が容易という特性があり、送電距離が長くなるとDCはAC比でコスト優位となる

直流(DC) vs 交流(AC)機能/コスト比較

直流(DC) vs 交流(AC): 機能比較

項目	■ 直流送電(DC)	■ 交流送電(AC)
導体数 (電線・ケーブル)	○ 2本(本・帰線)	✗ 3本(三相)
長距離送電	○ 適	✗ 不適 (フェランチ等、系統安定度難)
送電容量	○ 熱制約のみ	✗ 熱制約有 LC制約有
絶縁設計	○ 低	✗ 高 (最大値ルート2倍)
送電効率	○ 良	✗
電圧変換	✗ 複雑	○ 容易(変圧器)
交直変換設備	✗ 要	○ 不要
遮断	✗ 難(アーク対策要)	○ 容易(ゼロ点有)
	✔	✔
	長距離かつ送電効率を 求める場合に適している	変換効率高く、近距離 かつ複雑な系統の 送電に適している

直流(DC) vs 交流(AC): 距離変数でのコスト比較



交流: 直流に比べ構成設備が複雑なため、海底線敷設時は架空線敷設時に比べ設備/工事コストが大きく上昇

- 必要な電線の本数が直流2本に対し交流3本等

直流: 架空線と海底線を比較した際のコスト変動幅は交流に比べ僅少

報告書 目次

(1) 次世代太陽電池海外展開

- 1-1 海外ペロブスカイトPVメーカー分析
- 1-2 ペロブスカイトPV市場動向・導入可能性分析
- 1-3 日本の次世代太陽光海外展開について

(2) 浮体式洋上風力海外展開

- 2-1 アジア洋上風力浮体メーカー分析
- 2-2 海外浮体式洋上風力市場・公募動向分析
- 2-3 日本の浮体式洋上風力海外展開について

(3) 沖合洋上風力エネルギーキャリア

- 3-1 海外案件開発動向・プレイヤー分析
- 3-2 エネルギーキャリアコスト分析
- 3-3 日本の洋上風力エネルギーキャリア展開について

日本での浮体式洋上風力エネルギーキャリアは画一的ではなく、 地域特性に応じて複数オプションを社会実装していくことが望ましい

日本での浮体式洋上風力エネルギーキャリア全体構想(案)

4 蓄電池運搬船

電力需要が分散している
島嶼部エリア(例: 九州)
では、フレキシブルに導
入・電力供給が可能な
蓄電池船を導入

2 HVAC

離岸距離が短距離での
洋上風力ポテンシャルが
大きいエリア(例: 日本海
沖)では、陸上系統整備
と並行してHVACキャリアを
導入

1 HVDC

離岸距離が長距離・深
海での洋上風力ポテン
シャルが大きいエリア(例:
北海道)では、陸上系統
整備と並行してHVDCキャ
リアを導入

3 海上水素製造

発電所・商用車等の複
数水素需要が見込めるエ
リア(例: 太平洋沖)では、
海上水素製造と水素輸
送/港湾インフラを導入



Disclaimer

The services and materials provided by Boston Consulting Group (BCG) are subject to BCG's Standard Terms (a copy of which is available upon request) or such other agreement as may have been previously executed by BCG. BCG does not provide legal, accounting, or tax advice. The Client is responsible for obtaining independent advice concerning these matters. This advice may affect the guidance given by BCG. Further, BCG has made no undertaking to update these materials after the date hereof, notwithstanding that such information may become outdated or inaccurate.

The materials contained in this presentation are designed for the sole use by the board of directors or senior management of the Client and solely for the limited purposes described in the presentation. The materials shall not be copied or given to any person or entity other than the Client ("Third Party") without the prior written consent of BCG. These materials serve only as the focus for discussion; they are incomplete without the accompanying oral commentary and may not be relied on as a stand-alone document. Further, Third Parties may not, and it is unreasonable for any Third Party to, rely on these materials for any purpose whatsoever. To the fullest extent permitted by law (and except to the extent otherwise agreed in a signed writing by BCG), BCG shall have no liability whatsoever to any Third Party, and any Third Party hereby waives any rights and claims it may have at any time against BCG with regard to the services, this presentation, or other materials, including the accuracy or completeness thereof. Receipt and review of this document shall be deemed agreement with and consideration for the foregoing.

BCG does not provide fairness opinions or valuations of market transactions, and these materials should not be relied on or construed as such. Further, the financial evaluations, projected market and financial information, and conclusions contained in these materials are based upon standard valuation methodologies, are not definitive forecasts, and are not guaranteed by BCG. BCG has used public and/or confidential data and assumptions provided to BCG by the Client. BCG has not independently verified the data and assumptions used in these analyses. Changes in the underlying data or operating assumptions will clearly impact the analyses and conclusions.



[bcg.com](https://www.bcg.com)