

再生可能エネルギーの産業競争力について

2018年12月26日
資源エネルギー庁

1. これまでの議論と検討の視点

2. 産業競争力の考え方

(1) 大規模化の動向

(2) 分散化の動向

(3) 電源別のアプローチ

再生可能エネルギーの産業競争力について検討すべき論点

<第7回小委で御議論いただいた論点>

- 欧州諸国においては**大規模な電力会社が再生可能エネルギー発電事業に積極的な投資**を行っているのに対し、現状、我が国の電力市場においては**小規模なプレイヤーが多いが、大規模発電事業者による再生可能エネルギー投資の役割も含め、産業競争力の観点・自立化の観点からはどのように考えるべきか。**

本日御議論いただきたい論点

- 単なる再生可能エネルギー発電事業だけではなく、蓄電池・EVやデマンドリスポンスなど分散型のエネルギーリソースを組み合わせるVPPや、EVからの逆潮流を制御するV2Gのような、**再生可能エネルギーと複合的な技術を組み合わせたビジネスを担うプレイヤーが競争力を持つためには、どのような取組が必要か。**
- **2030年の新市場を開拓**するような技術革新、**2050年を見据えた未来型技術の創造**にどのようにチャレンジしていくか。

<第7回小委における主な御意見>

- 産業競争力と技術革新、産業政策の観点から事業環境整備を行うべき。
- 産業競争力や技術革新を追求するためには、求心力ある企業のコンソーシアムに対して、国の政策的支援が必要。大学や研究機関の参加も期待されるが、外資系企業にも積極的に参画してもらい、技術革新を進めていくことが望ましい。
- 大手電力会社が本気で再エネ導入に取り組んでいただくことを要望するとともに、そこに競争が生まれることも重要なため、新規参入の障壁について、バリア分析をしていただきたい。
- 洋上風力など、一定規模の市場が着実に見込まれることが民間企業意思決定では重要。プレイヤーを育てるためにも、これを国がしっかりと示すことが重要。

検討の視点

- 再生可能エネルギーの産業競争力を高めることは、世界の市場で日本が「稼ぐ」産業分野を開拓する観点から重要であるほか、エネルギー政策上も意義が大きい。
 - 効率的な事業運営 ⇒ Energy Efficiency の向上
 - 安定的な事業運営 ⇒ Energy Security への寄与
- 日本においては、固定価格・買取義務に依拠したFIT制度により、参入障壁の低い太陽光発電を中心に、大小様々なプレイヤーが再生可能エネルギー発電事業に参入し、電力供給の担い手が劇的に多様化している。電力システム改革の進展と相まって、「大手電力会社が大規模電源と需要地を系統でつなぐ従来の電力システム」から「分散型電源も柔軟に活用する新たな電力システム」へと大きな変化が生まれつつある。
- 一方で、世界の潮流を見ると、再生可能エネルギーのグローバル・トップ・プレイヤーは様々な形で大規模化を追求し、国際展開を通じて収益性を高めている。産業競争力の側面から見ても、単に小さい電源を増やしていけば良いわけではなく、大規模化を通じた事業効率性・収益性・安定性の追求と、分散化（地産地消、分散型エネルギー供給システム）による地域経済・産業の活性化や非常時のエネルギー供給の確保等をバランスさせていくことが重要ではないか。
- このため、再生可能エネルギー発電事業における産業競争力の考え方について、以下 3 つの視点から御議論いただきたい。

検討のフレームワーク

事業効率性・収益性・安定性の追求 ➡

① 大規模化の動向（グローバル・トップ・プレイヤー）

地域経済・産業の活性化、レジリエンス ➡

② 分散化の動向（地産地消・需給一体型モデル）

③ 電源別のアプローチ

1. これまでの議論と検討の視点

2. 産業競争力の考え方

(1) 大規模化の動向

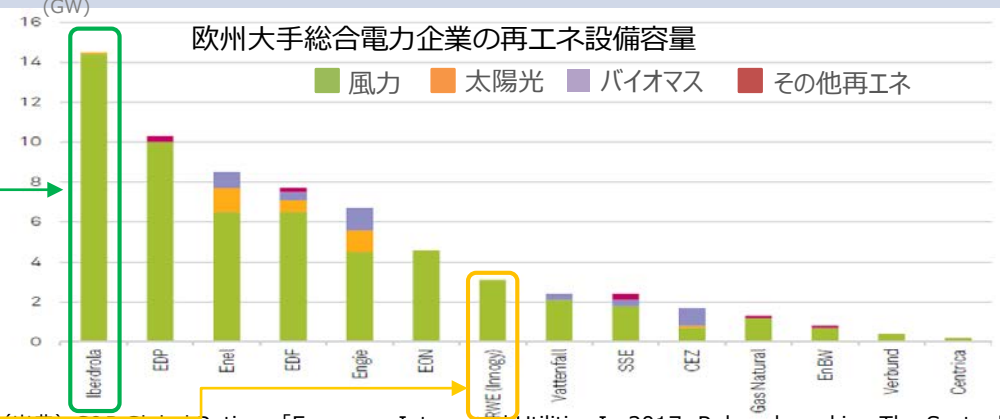
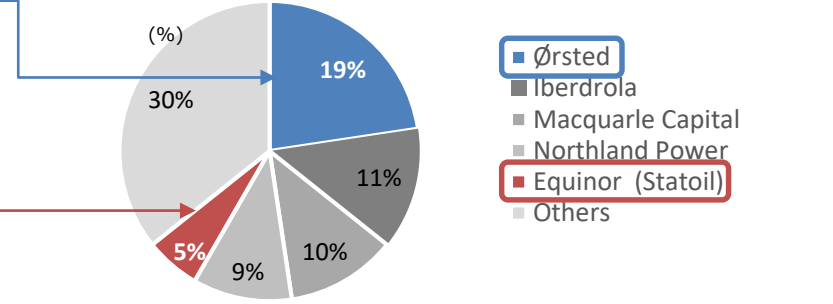
(2) 分散化の動向

(3) 電源別のアプローチ

大規模化の動向について

- 中間整理以降、本小委員会で「再生可能エネルギーの産業競争力」について御議論いただくこととなったことを踏まえ、事務局において再生可能エネルギー発電事業を営むグローバル・プレーヤーのビジネスモデルについて調査を行ってきたところ。大規模化の動向については、グローバル・トップ・プレーヤーがこれまで歩んできた事業拡大の経緯や収益構造など、当該調査の成果を基に御議論いただくこととしたい。
- 具体的には、Iberdrola（スペイン）、RWE（ドイツ）、Ørsted（デンマーク）、Equinor（ノルウェー）の4社について、ビジネスモデルの整理を行った。

- 再生可能エネルギーのグローバル・トップ・プレーヤーの事例として、
 - i. 幅広い電源種を有する電力会社として再エネ比率の高めている**Iberdrola**、**RWE**
 - ii. オイル・ガス開発のノウハウを活かし、洋上風力発電のデベロッパーとして欧州はじめ世界で再生可能エネルギーのシェアを伸ばしている**Ørsted**、**Equinor**
- について紹介する。

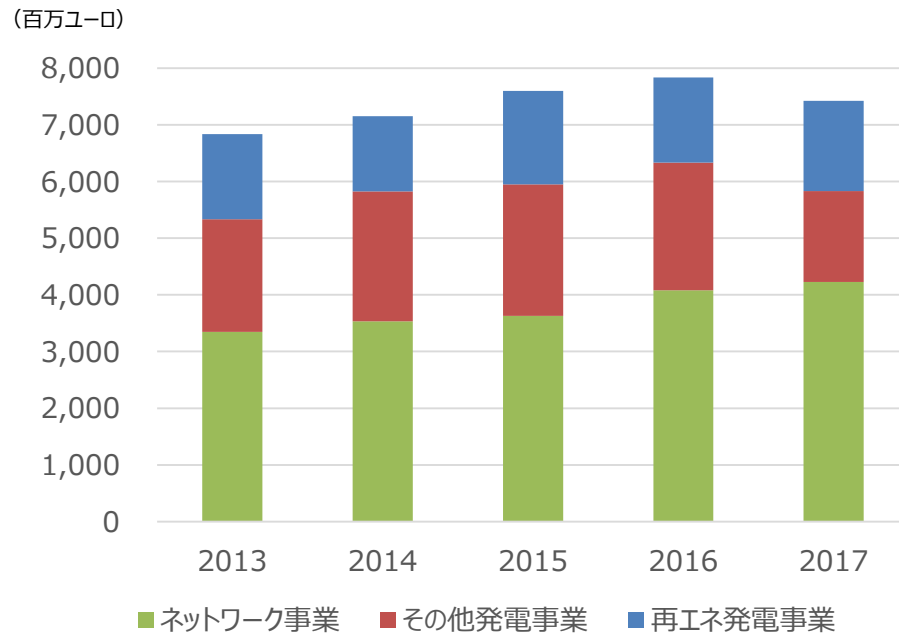
企業名	企業分類	概要	シェア
 Iberdrola	大手総合電力企業	• 陸上風力を中心に再エネ分野を拡大、欧州大手総合電力企業の中でシェア首位	 欧州大手総合電力企業の再エネ設備容量 ■ 風力 ■ 太陽光 ■ バイオマス ■ その他再エネ (出典) S&P Global Ratings「European Integrated Utilities In 2017: Rebenchmarking The Sector」
 RWE		• 事業戦略を従来電源から再エネ発電にシフト	
 Ørsted	大手石油ガス企業	• オイル・ガス事業を売却し、風力発電に注力 • 洋上風力のデベロッパーとしてシェア首位（2017年）	 デベロッパー別洋上風力新規導入シェア（2017年） ■ Ørsted ■ Iberdrola ■ Macquarie Capital ■ Northland Power ■ Equinor (Statoil) ■ Others (出典) Wind Europe「Offshore Wind in Europe – Key trends and statistics 2017」
 Equinor		• オイル・ガスメジャーとして洋上風力に参入 • 世界初の浮体式洋上風力タービンの実証	

企業名	ビジネスモデル分類	経緯			
 Iberdrola	ポートフォリオ 拡大による成長	スペインで発電 事業を展開	陸上風力発電 事業の拡大、 M&Aによる グローバル展開	洋上風力発電 事業へ進出、 スペインでの 新規事業に取組	- 発電事業者として早くから風力発電へ参入 - 他国風力事業者と風力プロジェクトの買収を進め、風力事業を拡大
 RWE	ドイツ国内 電力大手の再編	M&Aによる 海外展開	業績低迷	E.ONとの 再エネ事業統合	- M&Aで事業拡大を進めたが、従来型事業の収益低下により業績低迷 - 他大手電力と資産入れ替えにより再生を図る
 Ørsted	デベロッパー機能 拡大による成功例	オイル・ガス 事業の展開	欧州での洋上 風力開発 本格化	石油ガス事業・ 配電事業売却、 風力発電に集中	- オイル・ガス事業の開発力を活かし、風力発電へ参入 - M&Aと自社による事業開発を並行させ成長
 Equinor		オイル・ガス 事業の展開	洋上風力開発 への取組開始	浮体式風力発電 商業化に成功	- オイル・ガス事業の開発力を活かし、風力発電へ参入 - M&Aと自社による事業開発を並行させ成長

- Iberdrolaの再エネの事業規模は約2割（EBITDA）で推移。スペインでの事業規模が減少傾向である一方、英国、米国等での事業を拡大。

事業別EBITDAの推移と国別詳細

事業別EBITDA（FY2017）



事業別・国別EBITDA（FY2017）

(百万ユーロ)	2013	2014	2015	2016	2017
再エネ発電事業	1,501	1,326	1,647	1,500	1,592
スペイン	668	421	473	497	493
UK	232	265	438	267	361
米国	448	495	571	564	530
ブラジル	9	33	27	25	57
メキシコ	34	38	43	52	53
その他	110	74	95	95	99
その他発電事業	1,987	2,292	2,323	2,253	1,601
スペイン	1,341	1,518	1,505	1,521	902
UK	320	457	422	294	139
米国	-23	-32	-58	6	-26
ブラジル				-3	60
メキシコ	348	350	455	436	525
ネットワーク事業	3,347	3,535	3,628	4,082	4,228
スペイン	1,450	1,439	1,457	1,603	1,520
UK	939	1,025	1,138	976	886
米国	718	772	781	1,270	1,334
ブラジル	239	299	253	233	489
その他事業	1	-17	-11	-111	39
本社・調整	-78	-171	-190	84	-141
合計	6,757	6,965	7,397	7,808	7,319

- 直近10年間で風力発電の導入量を大きく伸ばしている（設備容量ベースで約2倍、発電量ベースで約3倍に増加）。一方、石炭火力や石油火力の導入量を大幅に減少。
- 国別に見ると、米国や中南米での陸上風力、水力の導入量が拡大（設備容量・発電量ベースで、陸上風力は約2倍、水力は約3倍に増加）。

設備容量の変化

FY2007

(単位 : MW)	スペイン	UK	米国	ブラジル メキシコ	その他	合計
再エネ	13,410	945	2,145	307	607	17,414
陸上風力	4,228	382	2,145		607	7,362
洋上風力						
水力	8,840	563		307		9,710
小水力	342					342
太陽光、その他	0.09					0.09
原子力	3,344					3,344
ガスコンバインドサイクル	5,714	1,915	300	5,153		13,082
コジェネ	377	102	506	93		1,078
石炭	1,253	3,456				4,709
石油	2,889					2,889
合計	26,987	6,418	2,951	5,553	607	42,516

FY2017

(単位 : MW)	スペイン	UK	米国	ブラジル メキシコ	その他	合計
再エネ	15,820	2,666	6,624	3,039	961	29,112
陸上風力	5,752	1,906	6,387	883	609	15,537
洋上風力		194			350	544
水力	9,715	566	118	2,113		12,513
小水力	303					303
太陽光、その他	50		119	43	6	219
原子力	3,177					3,177
ガスコンバインドサイクル	5,695	2,000	212	6,079		13,985
コジェネ	368	1	636	294		1,299
石炭	874					874
石油						
合計	25,934	4,667	7,472	9,412	961	48,447

発電量の変化

FY2007

(単位 : GWh)	スペイン	UK	米国	ブラジル メキシコ	その他	合計
再エネ	21,592	1,367	4,126	1,097	1,011	29,192
陸上風力	7,069	562	4,126		1,011	12,768
洋上風力						
水力	13,981	805		1,097		15,883
小水力	542					542
太陽光、その他						
原子力	22,216					22,216
ガスコンバインドサイクル	13,414	6,371		31,367		51,152
コジェネ	1,807	473	1,195	492		3,968
石炭	6,567	10,068				16,635
石油	297					297
合計	65,893	18,279	5,321	32,956	1,011	123,460

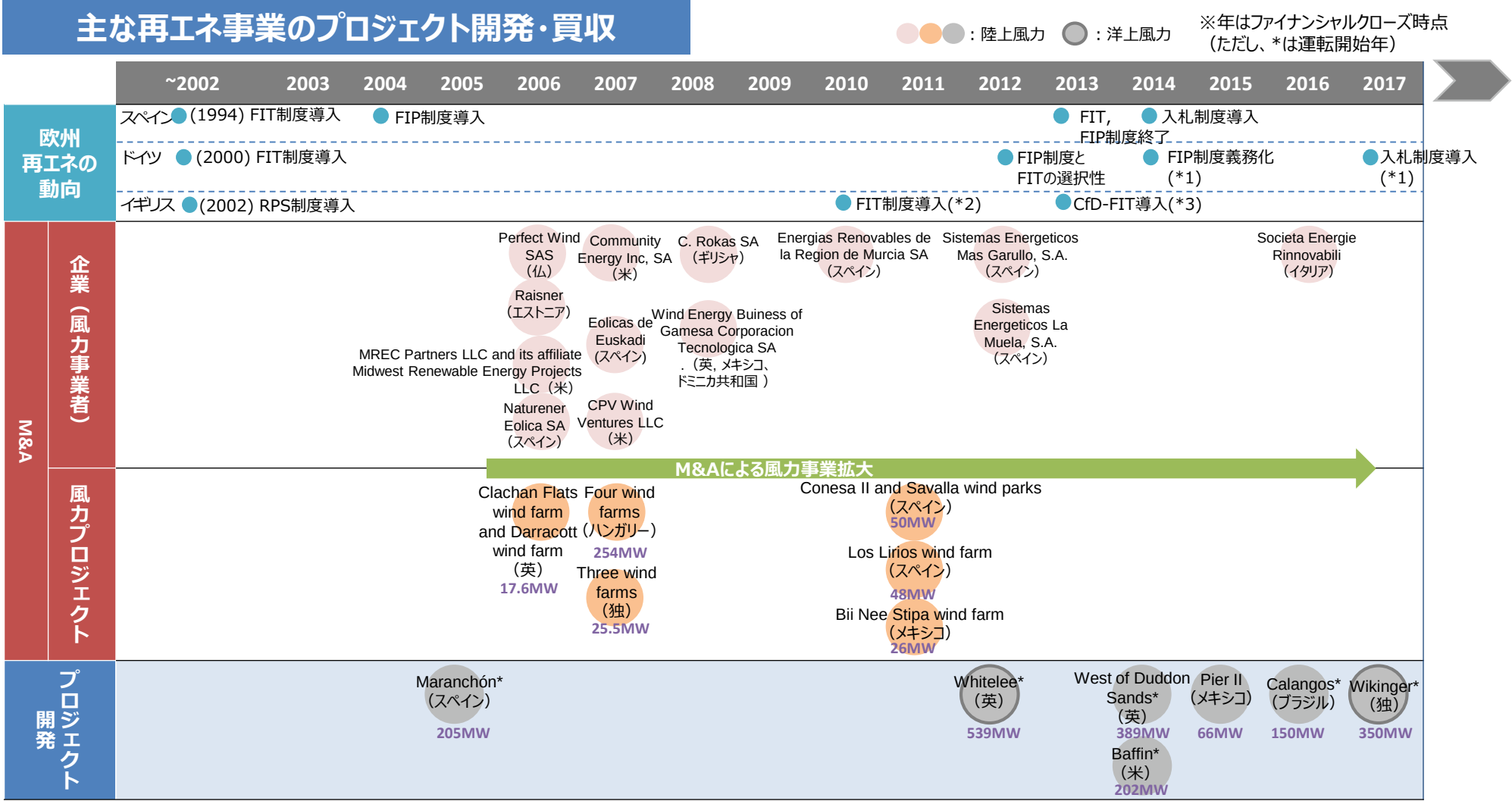
FY2017

(単位 : GWh)	スペイン	UK	米国	ブラジル メキシコ	その他	合計
再エネ	19,587	4,879	15,738	9,158	1,382	50,746
陸上風力	11,216	3,358	15,103	2,828	1,373	33,878
洋上風力		820			0	821
水力	7,903	701	385	6,330		15,320
小水力	394					394
太陽光、その他	74		250		9	333
原子力	23,249					23,249
ガスコンバインドサイクル	3,812	7,260	12	43,060		54,144
コジェネ	2,607	0	2,354	1,891		6,853
石炭	2,642					2,642
石油						
合計	51,897	12,139	18,104	54,109	1,382	137,632

(出典) Iberdrola Annual Report2017、Iberdrola Sustainability Report 2007を基に資源エネルギー庁作成

- Iberdrolaは2006年以降、欧州や米国、メキシコ等の風力発電事業者や風力プロジェクトの買収を進め、**世界規模で風力事業を拡大**させてきた。

主な再エネ事業のプロジェクト開発・買収



*1: 規定された規模以上の設備が対象。 *2: 5,000kW以下の小規模施設が対象。 *3: 差額決済取引。市場の卸売価格が権利行使価格より低い場合は、送電事業者は差分を上乗せした価格で発電事業者から電力を買い取る。市場の卸売価格が権利行使価格より高い場合は、送電事業者は権利行使価格で発電事業者から買い取ることになる。

- Iberdrolaは、スペイン、スコットランド、アメリカに再生エネオペレーションセンターを設置。
- 再生エネ発電設備のメンテナンスと運転管理の合理化を行うと共に、再生エネと同社が保有する従来型電源の最適な発電を実現することで強みを発揮してきた。

Iberdrolaの再生エネオペレーションセンター (CORE)

The **Toledo Renewable Energy Operations Centre**, a pioneer in the sector, has now exceeded a decade in service as an **international benchmark in the management of renewable energy facilities**.



Renewable Energy Operations Centre (CORE), Toledo (Spain).



This centre specialises in remote control and real-time maintenance of all electricity generation sites from renewable sources. Its aims are to **optimise the technical administration and financial performance** of this type of infrastructure and **improve the quality of energy from renewables supplied to the grid**. It provides service to wind farms and mini-hydro power stations, both in the Iberdrola Renewable Energy Business and for other developers, 24 hours a day, 365 days a year.

- 同社では自社の風力発電、小水力発電といった再生エネ発電の最適化を行うべく、再生エネオペレーションセンター (CORE) という集中コントロールセンターを2003年に設置している。
- このCOREはスペインの首都マドリッドから南西へ約 70 キロメートルの古都トレドに存在する。ここでは、スペイン全土に展開されている再生エネ発電設備のメンテナンス、運転管理を24時間365日いながらにしてリモートコントロール (遠隔操作) で行っている。
- COREによると、たとえ遠隔地の発電所でメーカーの異なる複数の風力発電機による発電を行っていたとしても、メンテナンスに必要なオイル残量情報や部品交換情報などを現地に赴かずとも一括して把握することができ、必要な作業指令を出すことができるという。
- また、運転効率を上げるための風力発電機のブレード (風車羽根) の角度調整やロータースピードの調整も遠隔操作が可能だ。さらに、COREではREE社が行っているような気象予測を活用した発電予測まで行っている。こうしたきめの細かい監視・制御により、火力をはじめとする自社の在来型の発電とのバランスをとり最適な発電を実現している。
- イベルドローラ社はこうした発電管理技術を武器に欧州のみならず米国、メキシコ、ブラジルにまでビジネスを展開している。

東京財団政策研究所(2012/11/13)

<https://www.tkfd.or.jp/research/energy-resources/a00633>

- RWEの電源構成は火力発電が大半を占めるが、直近10年間で再エネの設備容量を約3倍に拡大。
- 2016年に再エネ事業等を子会社Innogyに移管したが、E.ON等との資産交換や事業再編を通じてInnogyを統合予定。

設備容量の変化 (FY2007)

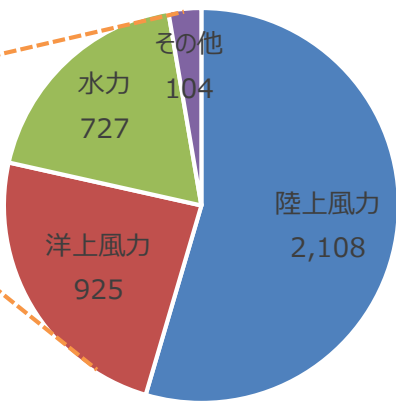
(単位：MW)	設備容量
再エネ	1,348
揚水発電、石油、その他	4,973
原子力	6,295
ガス	7,098
石炭	24,819
合計	44,533



(FY2017)

(単位：MW)	設備容量
再エネ	4,148
うち、Innogy	3,864
その他	284
揚水発電、その他	2,956
原子力	2,770
ガス	15,076
石炭	18,319
合計	43,269

Innogy 再エネ設備容量



発電量の変化 (FY2007)

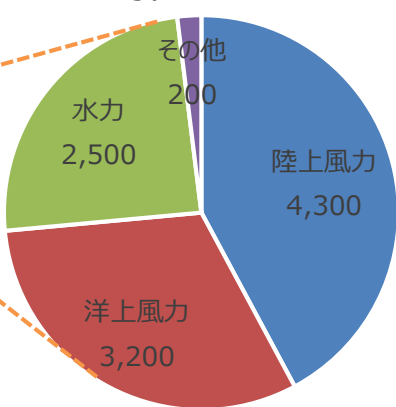
(単位：GWh)	発電量
再エネ	5,200
揚水発電、石油、その他	2,400
原子力	32,100
ガス	29,300
石炭	147,100
合計	216,100



(FY2017)

(単位：GWh)	発電量
再エネ	11,300
うち、Innogy	10,200
その他	1,100
揚水発電、その他	3,100
原子力	30,300
ガス	53,900
石炭	103,600
合計	202,200

Innogy 再エネ発電量

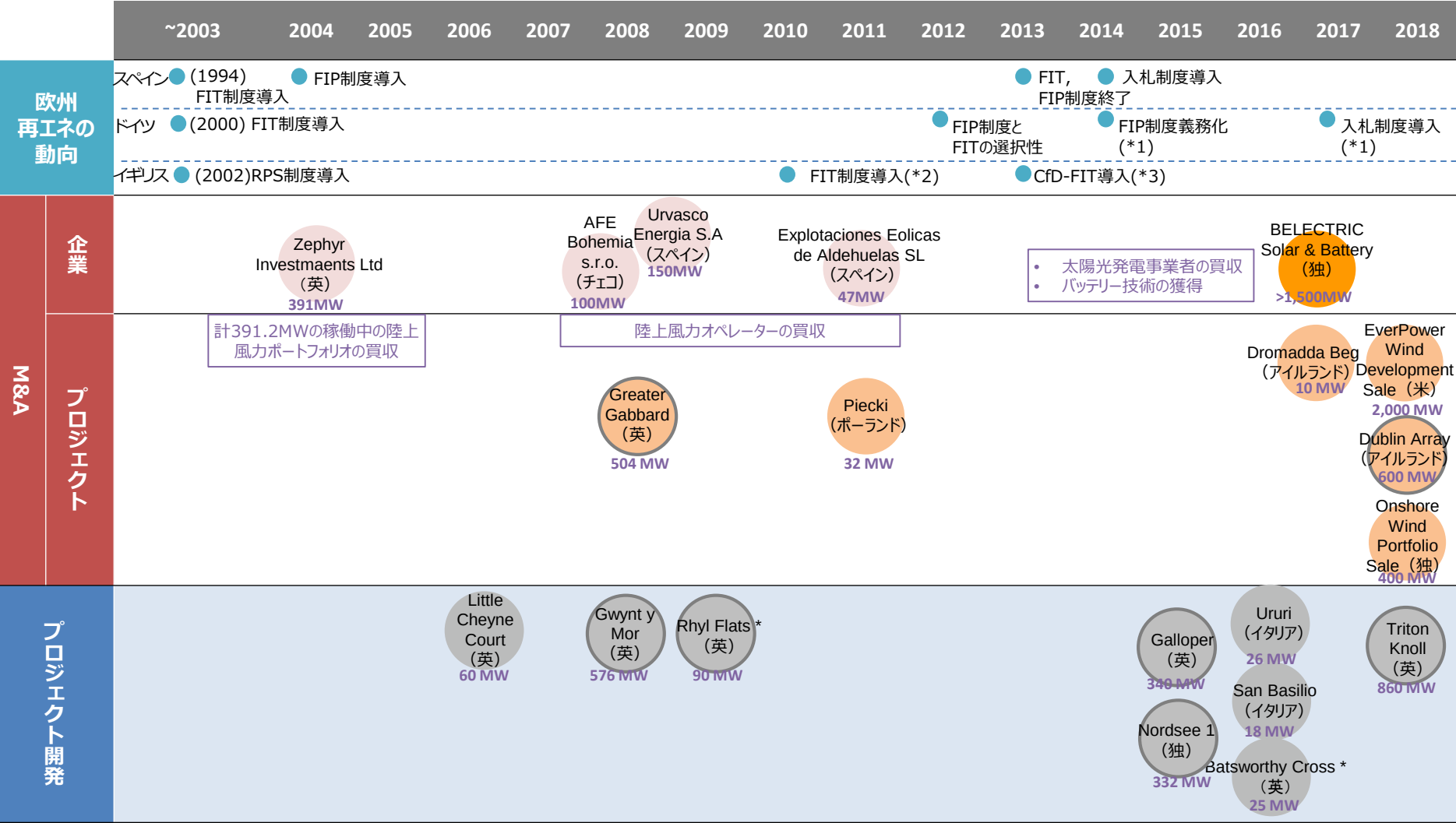


(出典) RWE Annual Report2007及び2017を基に資源エネルギー庁作成

RWEは近年、積極的に風力のプロジェクト買収やプロジェクト開発を進めている。

主な再エネ事業のプロジェクト開発・買収

●●●：陸上風力 ●●●：洋上風力 ●●●：その他再エネ ※年はファイナンスクローズ時点 (ただし、*は運転開始年)

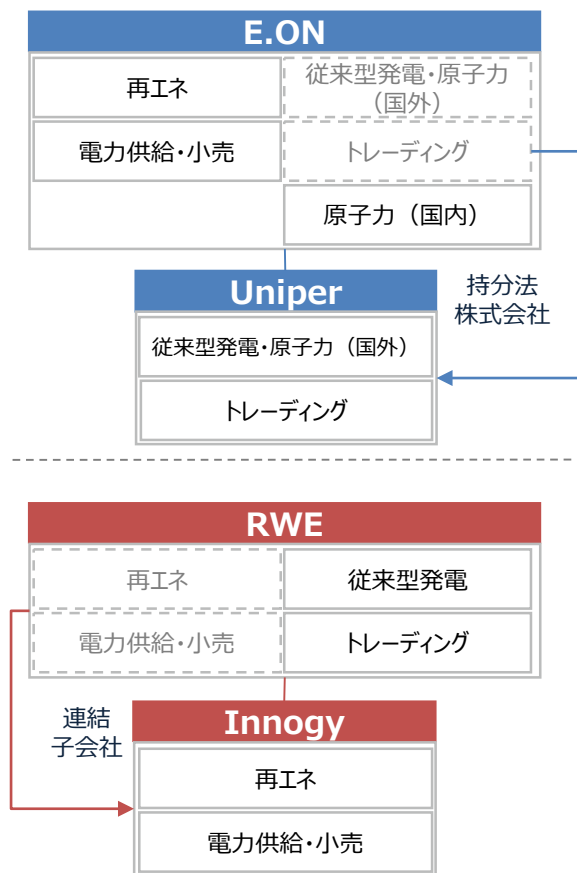


*1: 規定された規模以上の設備が対象。 *2: 5,000kW以下の小規模施設が対象。 *3: 差額決済取引。市場の卸売価格が権利行使価格より低い場合は、送電事業者は差分を上乗せした価格で発電事業者から電力を買い取る。市場の卸売価格が権利行使価格より高い場合は、送電事業者は権利行使価格で発電事業者から買い取ることになる。

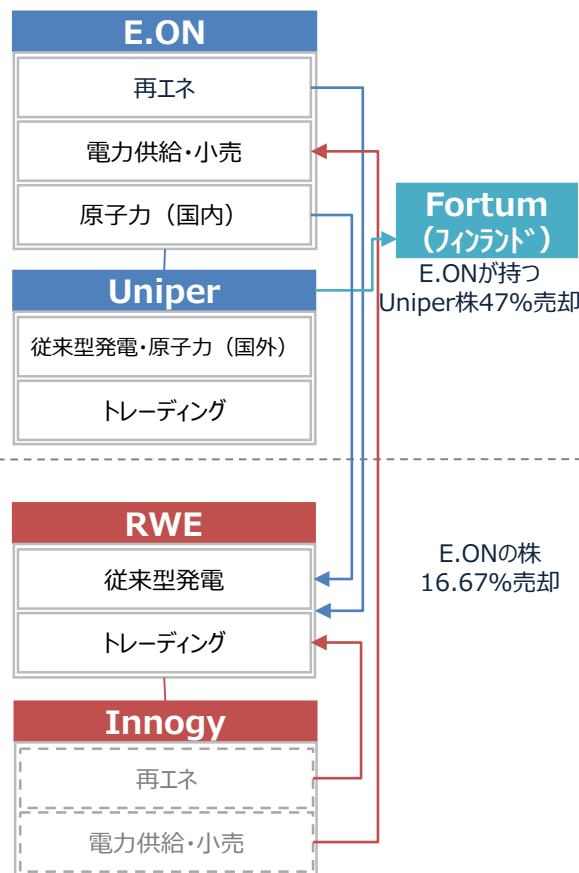
- 再エネの普及や従来型エネルギー事業の収益低下等により、ドイツの大手電力会社は事業戦略の転換が必要となった。E.ONとRWEは資産交換により事業注力を進める方針。

E.ON及びRWEの事業構造変遷

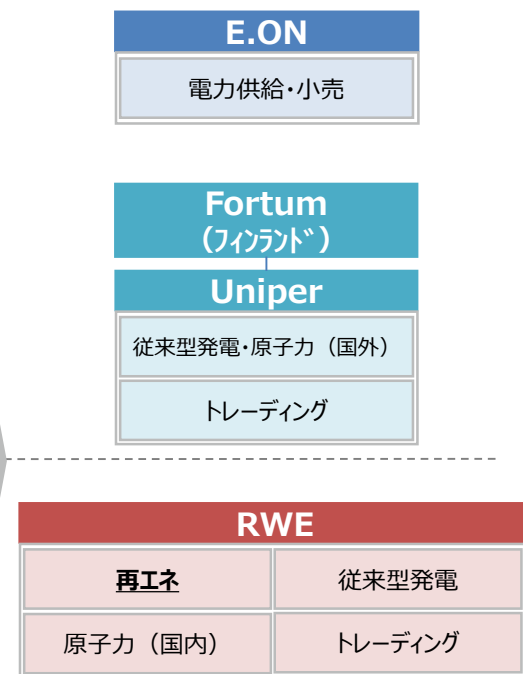
子会社へ事業切り離し（2016年）



資産交換（2018年）

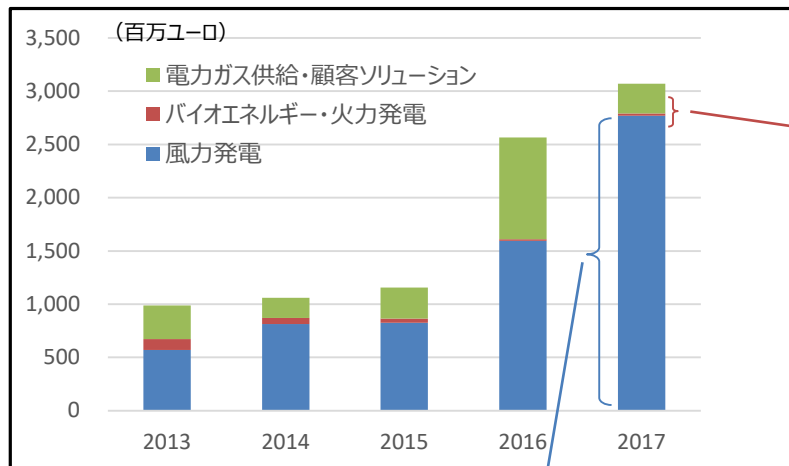


今後の事業構造（2019年以降）

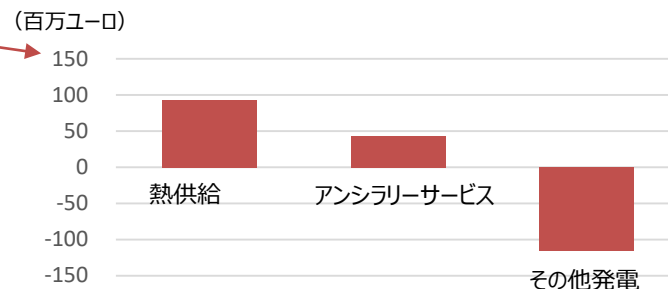


- Ørstedは**風力発電の事業規模が約9割**（EBITDA）を占めている。2023年までに石炭火力をゼロとする方針を掲げており、**バイオマス火力への転換**を進めている。

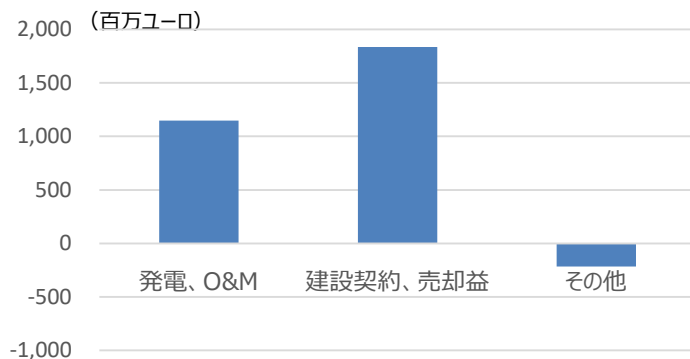
事業別EBITDAの推移とその内訳



バイオエネルギー・火力発電事業EBITDA（2017年）



風力発電事業 EBITDA 内訳(*) (FY 2017)



*: 1ユーロ=7.4386デンマーククローナ（2017年平均、欧州中央銀行）

ガス火力・石炭火力からバイオマス火力への転換

Conversion CHP (MWe/MWth)¹



Herning (77/150)

CoD 2009

Primary fuel types Gas ▶ Wood chips / wood pellets



Avedøre 2 (394/541)

CoD 2014

Primary fuel types Natural gas ▶ Wood pellets



Studstrup 3 (362/513)

CoD 2016

Primary fuel types Coal ▶ Wood pellets



Avedøre 1 (254/359)

CoD 2016

Primary fuel types Coal ▶ Wood pellets



Skærbæk 3 (95/320)

CoD 2017

Primary fuel types Natural gas ▶ Wood chips



Asnæs 6 (25/125)

CoD 2019E

Primary fuel types Coal ▶ Wood chips



Esbjerg (55/150)

CoD +2020E

Primary fuel types Coal ▶ Wood chips



Avedøre 1 (254/359)

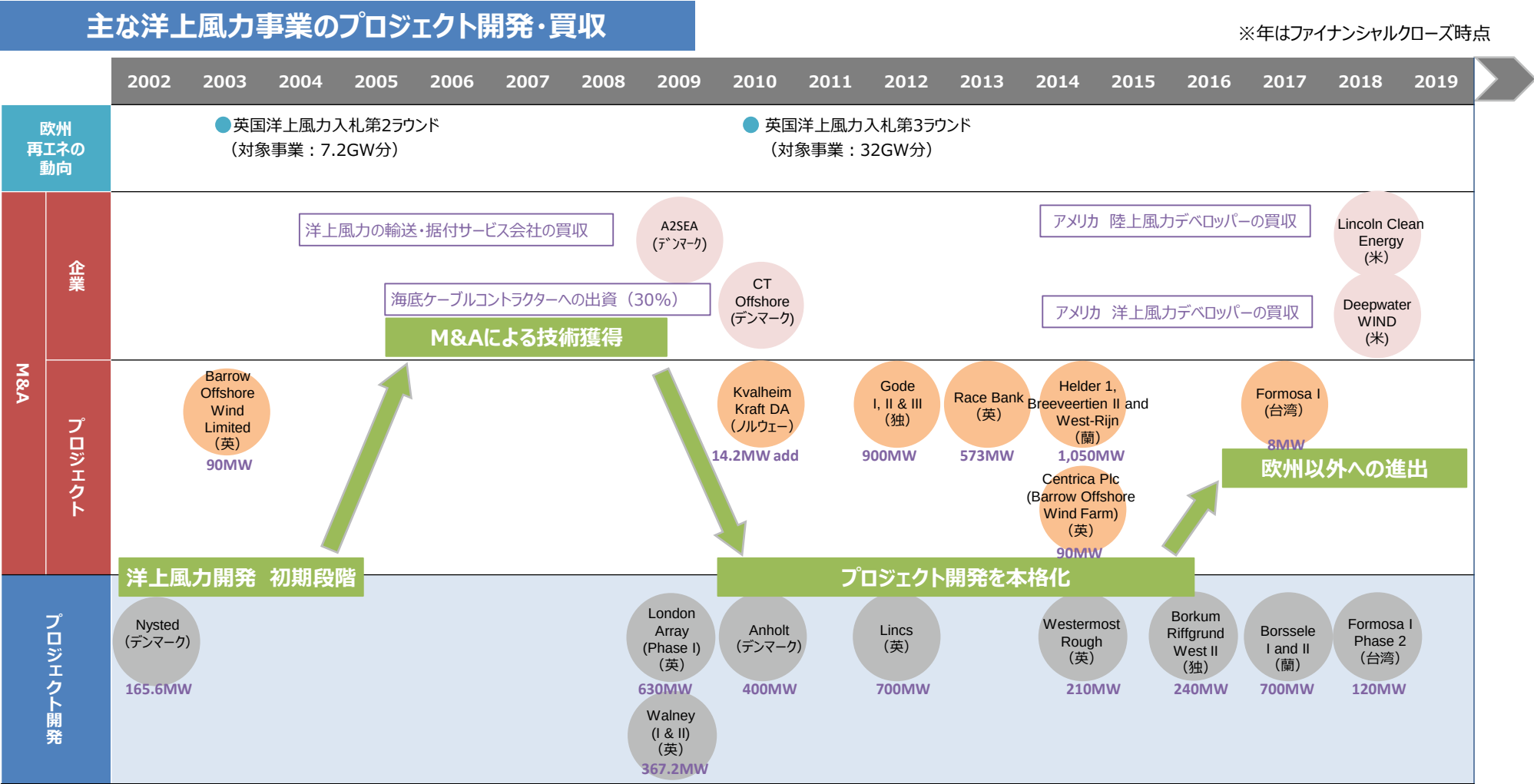
CoD 2016

Primary fuel types Coal ▶ Wood pellets

Total:
1,262 MWe
2,158 MWth

¹. Biomass capacity after conversions. MWe refers to converted power capacity. MWth refers to converted heat capacity.

- Ørstedは2002年以降、自社による事業開発や企業やプロジェクト買収による技術獲得等を通じて、洋上風力事業を拡大。2009年以降、プロジェクト開発を本格化。
- 2017年以降は欧州以外の地域（米国、台湾）にも進出。



(出典) 各種資料を基にデロイト トーマツ作成

- Ørstedは2018年4月に、英国リバプール付近にて周波数調整のための20MWの大型蓄電システムを導入（2018年末までに稼働開始予定であることを発表）。
- 同社は蓄電池事業を戦略的フォーカスの一つとして位置づけている。

Ørsted takes first steps into commercial battery storage

25.04.2018 15:00



Ørsted has today announced it will build and operate a 20MW battery storage project near Liverpool in the UK.

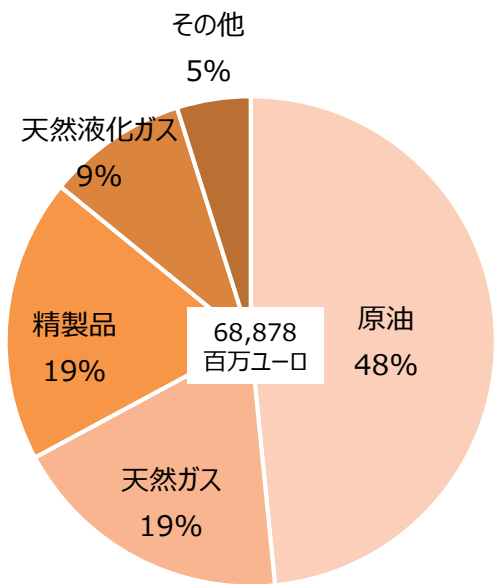


Photo of a storage project in Chile using NEC's GSS® Grid Storage Solution which will be used in the Ørsted storage project

- Ørstedは、本蓄電システムを導入し、英国最大の送電事業者ナショナル・グリッド社に、周波数障害を未然に防ぐ周波数応答サービスを提供する予定。
- Ørstedにとって、本事業が最初の大型蓄電システムの導入事例となる。
- NECとNECエナジーソリューションズ（NECのエネルギー関連子会社）が蓄電システムを提供することが発表している。
- なお、Ørstedは、2018年3月に、台湾にて1MW程度の蓄電システムを導入するパイロットプロジェクトの計画を発表している。

- Equinorの売上の95%はオイル・ガス事業。
- 再エネの占める割合は非常に小さいが、洋上風力発電事業等を開発を進めている。現在、欧州で4つの洋上風力発電プロジェクトを保有し、オペレーターを担っている。

Equinorの製品別売上（FY2017）



*: 1ユーロ=1.1297米ドル（2017年平均、欧州中央銀行）

Equinorの稼働中の洋上風力発電事業

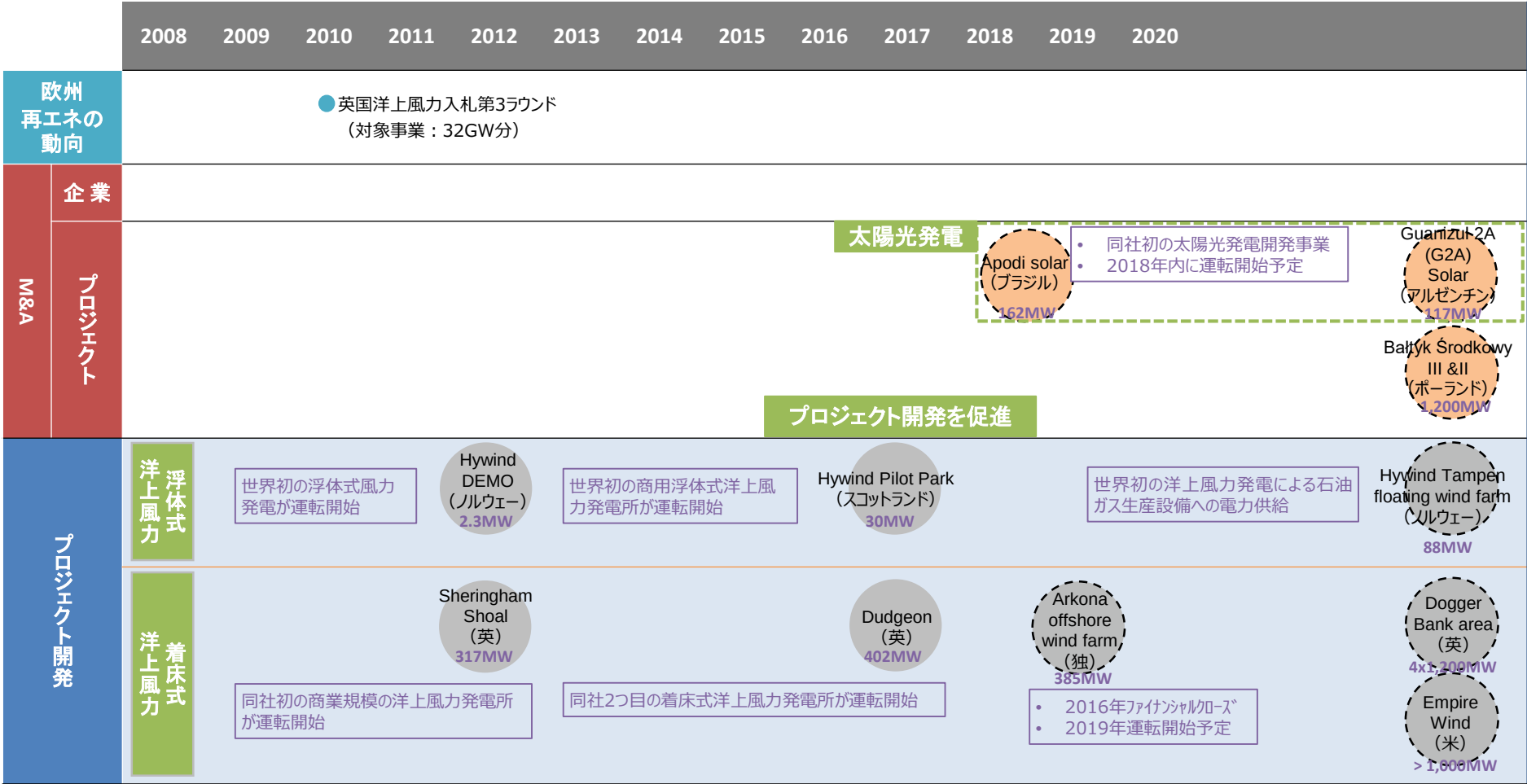
稼働開始年	事業名（国）	種別	設備容量	年間予想発電量	出資比率
2012	Hywind DEMO（ノルウェー）	浮体式	2.3MW (2.3MW x 1基)	N/A	N/A
2012	Sheringham Shoal（英）	着床式	317MW (3.6MW x 88基)	1,100GWh	40%
2017	Hywind Pilot Park（スコットランド）	浮体式	30MW (6.0MW x 5基)	140GWh	75%
2017	Dudgeon（英）	着床式	402MW (6.0MW x 67基)	1,700GWh	35%
合計			751MW	2,940GWh	

（出典） Equinorホームページ、Equinor Annual Report2017等を基に資源エネルギー庁作成

- Equinorは、浮体式洋上風力の開発にも取り組み、2017年にスコットランドで世界初の商用浮体式洋上風力発電所（6MW×5基）を運転開始。
- また近年、南米地域において大規模太陽光発電事業への参画も進めている。

主な再エネ事業のプロジェクト開発・買収

● ○ : 開発中 ※年は運転開始年（運転開始予定含む）

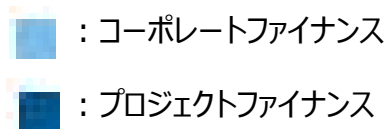
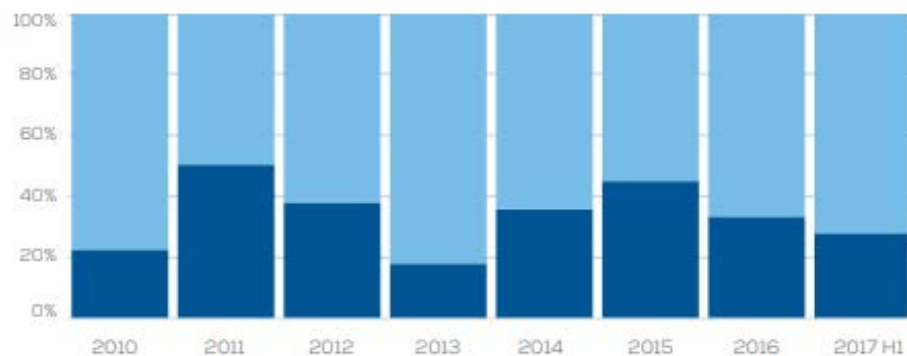


(出典) 各種資料を基にデロイト トーマツ作成

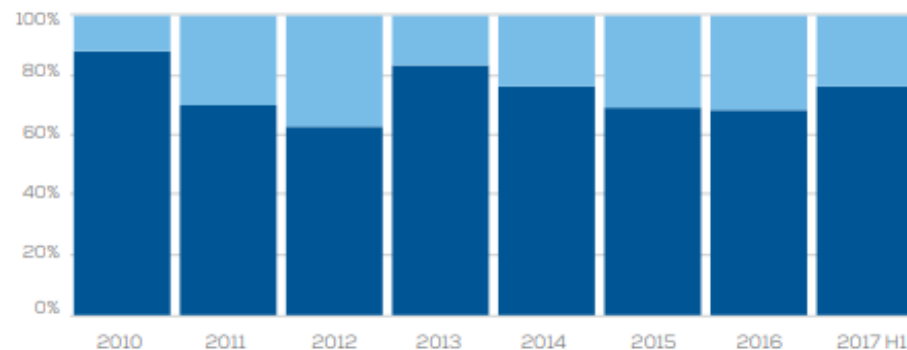
- 欧州の洋上風力発電事業は陸上風力よりコーポレートファイナンスの占める割合が高い。
(2017年上半期で洋上風力は約70%、陸上風力は約30%)
- これは、洋上風力は陸上風力に比べて事業規模が大きく、資本力の大きい発電事業者によるファイナンス組成が多いためと考えられる。

欧州のファイナンス組成の推移

洋上風力発電事業



陸上風力発電事業



(出典) Wind Europe 「The Value of Hedging」

- 2017年11月、Ørstedは12.5億ユーロのグリーンボンドを発行し、発行額を大きく上回る買い手を集めている。クーポンレートは100年ハイブリッド債で当初2.25%。

Ørstedによるグリーンボンド発行

- 500百万ユーロの100年ハイブリッド債
 - 発行額の5倍以上の買い手
 - クーポンレートは当初2.25%
 - 2013年に発行した4.875%のハイブリッド債 (500百万ユーロ)のリファイナンスに成功
- 750百万ユーロの11年シニア債
 - 発行額の2.3倍以上の買い手
 - クーポンレートは固定1.5%



Details	Green hybrid security	Green senior bond
Nominal amount	EUR 500 million	EUR 750 million
Maturity date	November 24, 3017	November 26, 2029
Coupon	<u>2.25%</u> - fixed till 1st par call date Nov 24, 2024	<u>1.5%</u> - fixed until maturity
Price	99.203% of nominal amount	98.840% of nominal amount
Oversubscribed	more than 5x	more than 2.3x
Listing	Luxembourg Stock Exchange (official list) and inscribe on the Luxembourg Green Exchange Platform (LGX)	London Stock Exchange

洋上風力向け15年プロジェクトファイナンスローン
~3.5% (2018/11)

大規模化の動向を踏まえた考え方（案）

- グローバル・トップ・プレーヤーは、既存の経営資源も活用しながら、M&Aや技術開発を通じて、技術の獲得やプロジェクト・ポートフォリオの拡大による事業の深化、電源ポートフォリオの拡大による事業の多様化など、大規模化を進め競争力を高めてきている。
- また、洋上風力発電を中心に、大規模事業者がコーポレートファイナンスによる資金調達を主体とし、資金調達コストを抑えて事業のコストダウンを進めながらプロジェクトを展開する傾向が見られる。
- 現状、日本においては、再生可能エネルギーの担い手は発電事業を本業としない小規模な事業者が多く、大規模な発電事業者による再生可能エネルギーへの投資が進んでいないが、資金調達コストも含めたコストダウンを進め、世界と伍して戦えるプレーヤーを生み出していくためにも、大規模発電事業者がポートフォリオを多様化させていくことが期待されるのではないかな。
- また、先行する海外事業者の知見も活用しながら、プロジェクト開発から建設まで、技術を有するプレーヤーが既存の経営資源を組み合わせ、競争力を高めていく工夫も必要ではないかな。
- こうした観点から、FIT法の抜本見直しも見据えた支援制度の検討に当たっては、再生可能エネルギーの主力電源化に向けて、一定の水準を満たせば誰もが成功できる現在の仕組みから、競争力ある再生可能エネルギー事業者が市場で成功を収めることができる仕組みへ転換していくことを念頭に進めていくべきではないかな。

1. これまでの議論と検討の視点

2. 産業競争力の考え方

(1) 大規模化の動向

(2) 分散化の動向

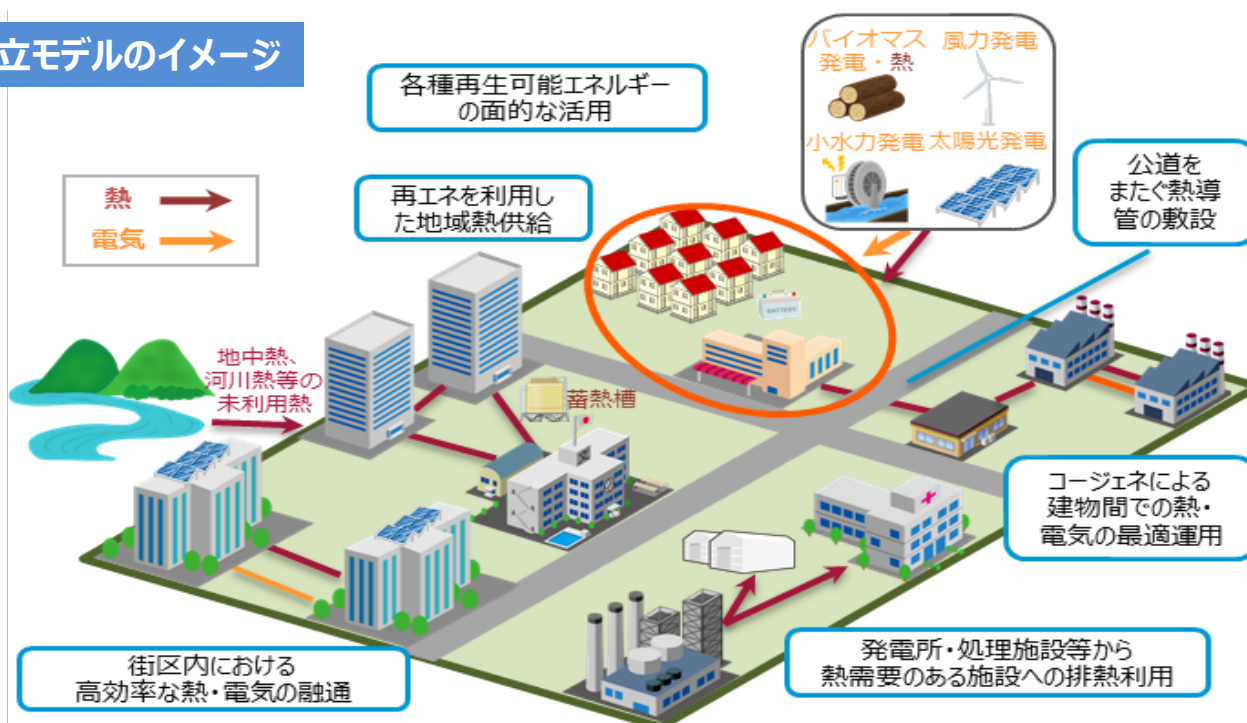
(3) 電源別のアプローチ

分散化の動向について

- 前回の本小委員会でも御議論いただいたとおり、電力・ガスシステム改革等が進展し、エネルギーシステムの構造が大きく変化する中、地域に賦存する再生可能エネルギーを活用した地産地消を通じて地域に新たな産業を創出するなど、地域単位でエネルギー需給管理サービスを行う自治体や非営利法人等がエネルギー供給構造に参加する取組が生まれ始めている。
- 世界でも、再生可能エネルギーのプレーヤーやプロジェクトの大規模化が進む一方で、地域における分散型電源としての活用も進んでおり、こうした国内外の状況を改めて整理しながら、分散化の中で再生可能エネルギー発電事業がどのように競争力を持ち得るか、御議論いただきたい。

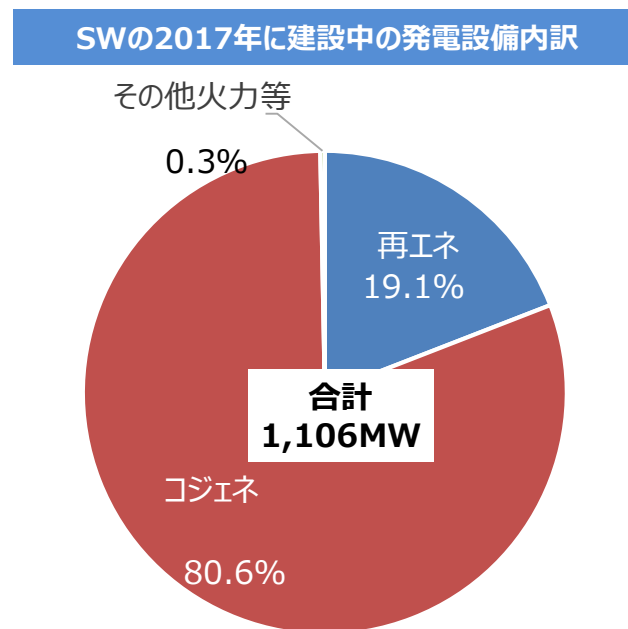
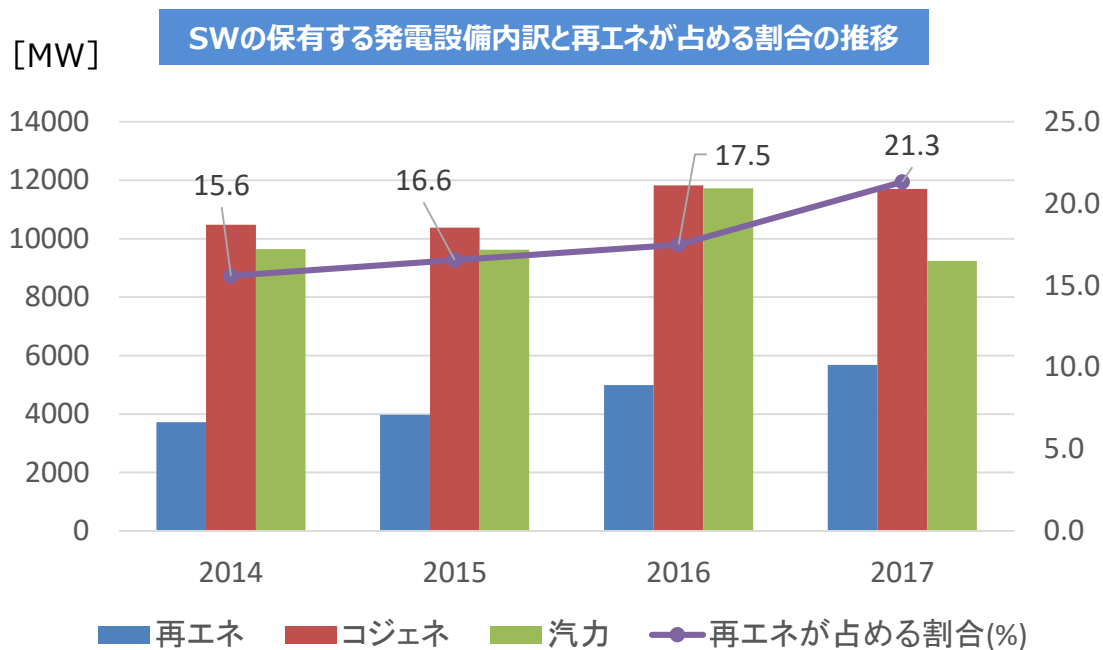
- 地域との共生を図りつつ緩やかに自立化に向かう電源（バイオマス発電等）はFITからの自立を図る道筋を描くことが課題。地域でエネルギー供給構造に参加する事業者がプレーヤーとなりながら、地域の再エネと熱供給、コージェネなど他の分散型エネルギーリソースを組み合わせたエネルギーシステムを経済的に構築し、普及拡大を目指すことが重要ではないか。
- 諸外国では、例えばドイツにおいてはシュタットベルケ（公営企業）が地域で再エネも含めてエネルギー供給するモデルが実現している。このような事例を踏まえつつ国内事業モデルを検証し、事業構築のガイドライン等自立的に普及する支援策を検討すべきでないか。

地域の再エネ自立モデルのイメージ



(参考) シュタットベルケについて

- シュタットベルケ (Stadtwerke (SW)) とは、電気、ガス、熱の供給事業や市内交通、ごみ処理、上下水道を担う自治体が出資する公営企業体。熱供給に加え、配電事業を独占的に実施。
- ドイツ国内には、SWが1,400社程度が存在しており、うち700社程度が電気事業を実施している。
- 事業エリアが多岐にわたるため、仮に採算の悪い事業があったとしても、他事業の収益で補てんが可能。ドイツは熱需要が大きく、熱配管が整備されていること、熱供給事業は地域独占であることから、コジェネによる熱供給事業の収益が良い。
- 全SWが保有する設備容量のうち、再エネが占める割合は年々増加しており約21%。また、2017年にSWが新設した電源のうち、再エネが占める割合は約20%であった。



- Enel（イタリアを拠点とする総合エネルギー企業）は2017年11月に子会社「Enel X」を設立。同社を通じ、再エネ大量導入とエネルギーの分散化の潮流の中で、米企業の買収にて獲得した技術を活用することで、**需要側のソリューション提供を行う新規ビジネスを展開**。

Enel X 4つの事業領域

家庭



スマートホーム等住まいにおけるエネルギーマネジメント
関連製品・サービス提供

産業



オフィスや工場に対し、
エネルギーマネジメント関連
製品・サービス提供

モビリティ



IOTと連動したEV
関連製品・サービス提供

都市



スマート街灯やビルマネジメント
等街におけるエネルギーマネ
ジメント製品・サービス提供

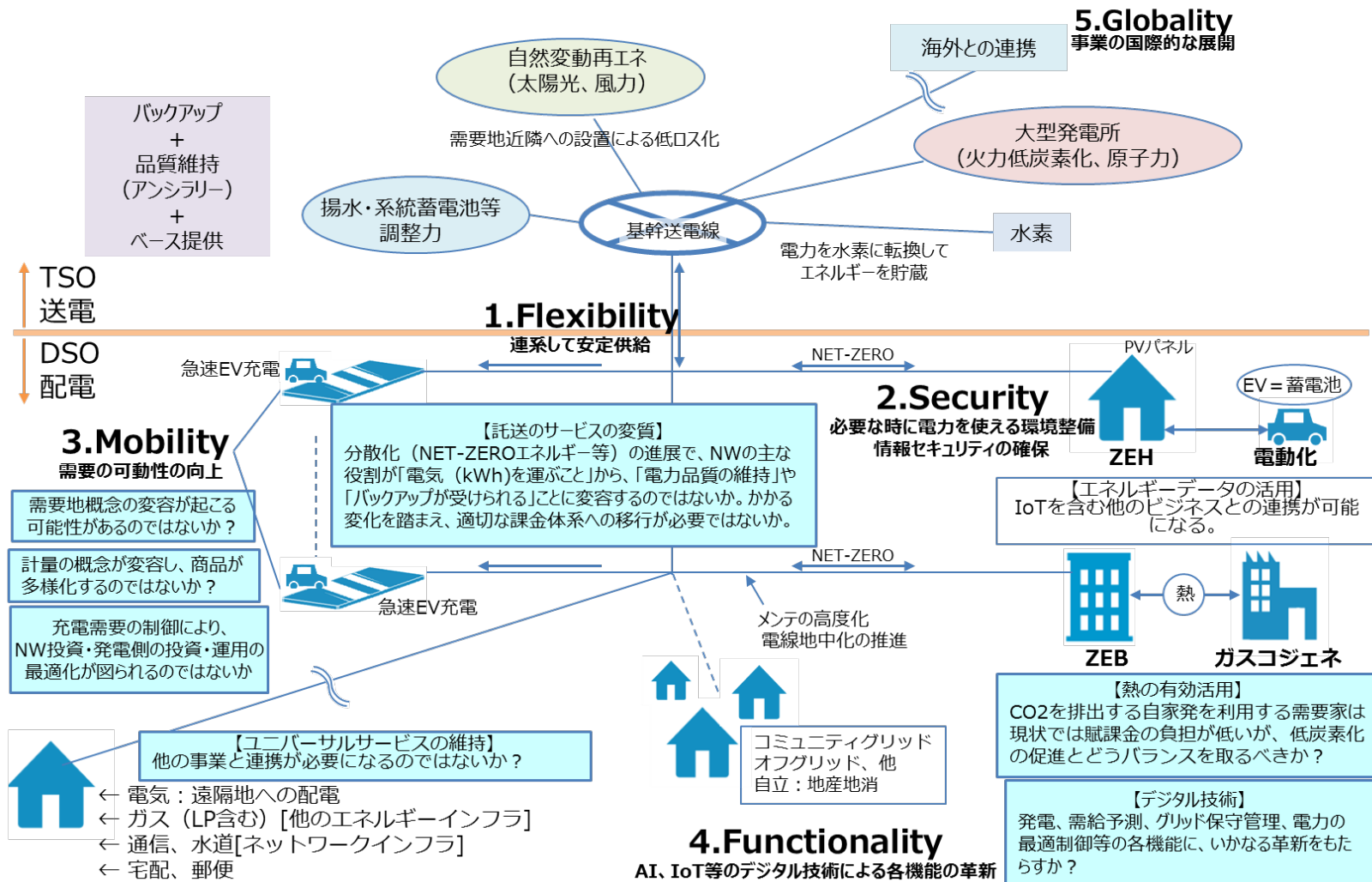
企業買収を通じた技術獲得

企業名	買収年	企業概要
Demand Energy Networks	2017年1月	米国の蓄電事業者 蓄電システムの最適運用を行うソフトウェア「DEN.OS」を開発
EnerNOC	2017年8月	米国のデマンドレスポンス事業者 の老舗 デマンドレスポンス及び省エネルギーサービスを提供
eMotorWerks	2017年10月	米国のEV充電インフラ事業者 EV充電器の製造販売、EV充電量の制御とアンシラリーサービス等を提供 EV用電池を一括制御することで、仮想発電所（VPP）として機能するサービスを展開

- 2030年以降を見据えると、分散化・広域化が進む中で電力NWも変容していくことが見込まれる
ところ、分散型エネルギーシステムを支える託送サービスや費用負担の在り方について、関連する
他の審議会等における検討も踏まえつつ、引き続き議論していく必要がある。

第10回 再生可能エネルギー
大量導入・次世代電力NW
小委員会 資料2

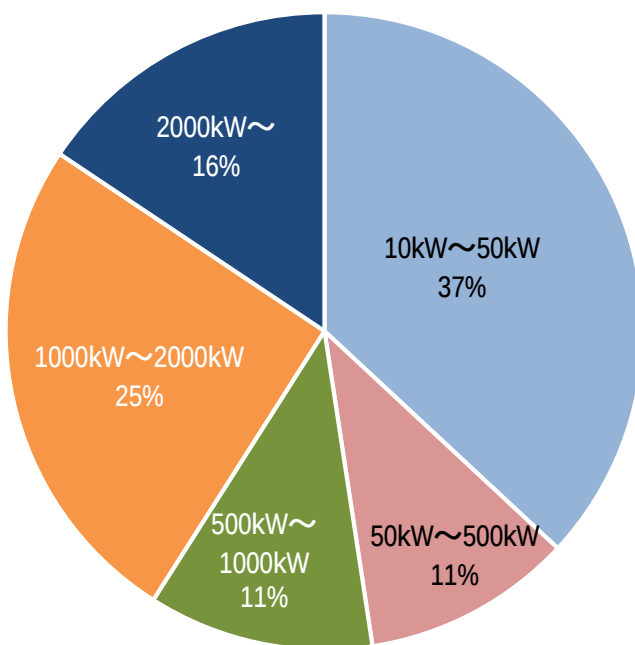
(参考) Beyond 2030のNWシステム（「分散化」「広域化」）（イメージ）



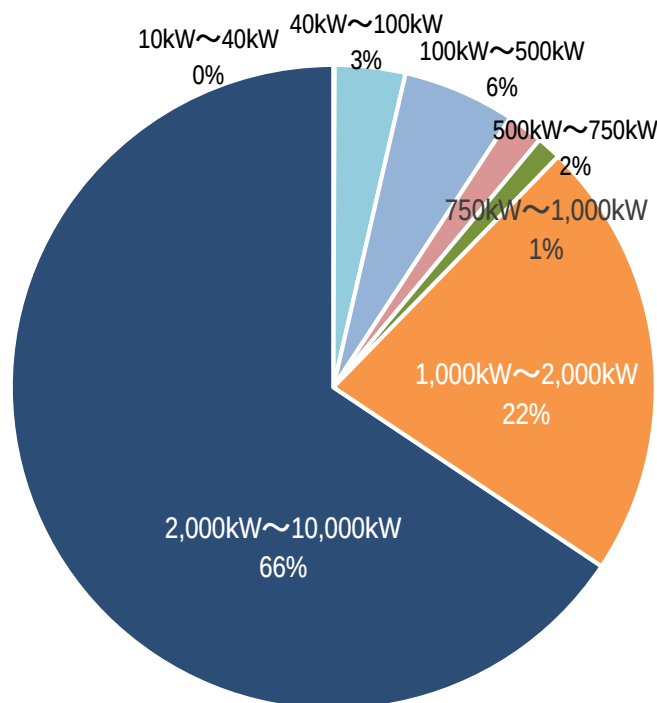
事業用太陽光発電の事業規模の比較

- 日本では、50kW未満の小規模案件の導入容量が約40%にのぼる。
- ドイツでは、入札対象である750kW以上の案件が約90%（うち、2,000kW以上が66%）を占めている。
- イタリアも、小規模案件の比率が比較的高い傾向にあるが、それでも200kW以上の案件が全体の約75%を占める。

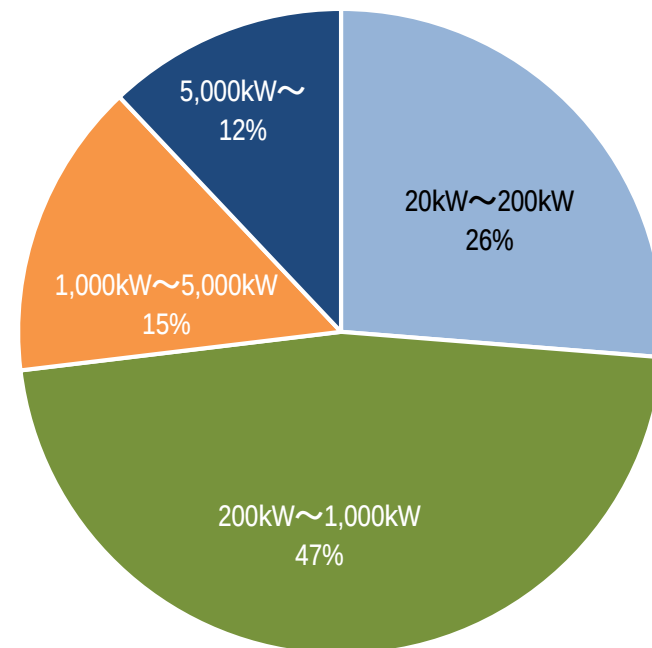
日本



ドイツ



イタリア



※日本は2017年12月末時点の累積導入量。

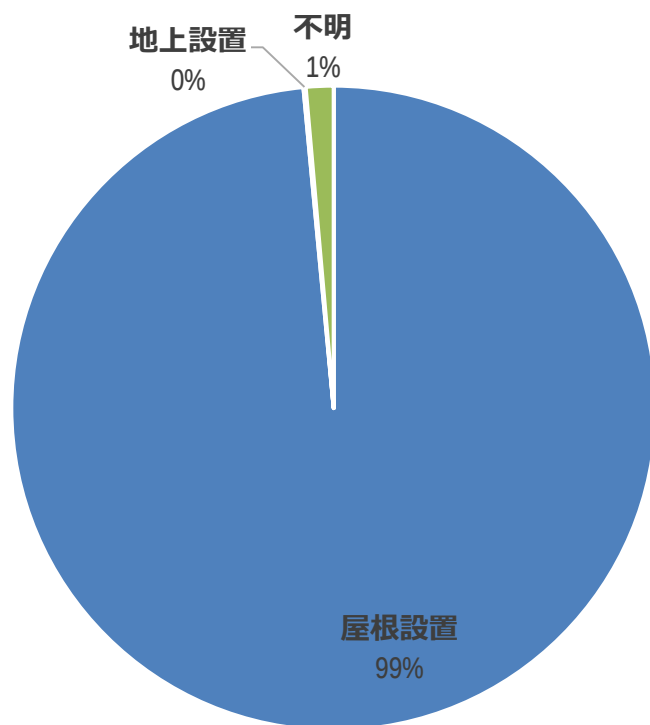
※ドイツは2014~2017年の累積導入量（ドイツ連邦ネットワーク庁EEG対象の太陽光発電設備登録簿のデータに対して、EEG in Zahlen 2015のデータのうち、地上設置の割合を乗じて推定。）

※イタリアは2009~2017年の累積導入量（イタリアGSE Rapporto Statistico）。ただし、2009年は1,000kW超の区分のみであり、当該区分に5,000kW超のデータが含まれる。

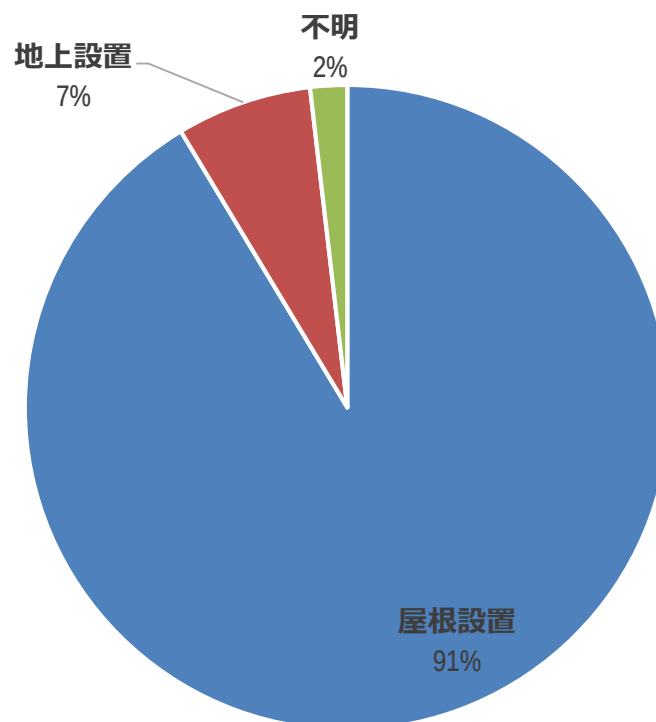
ドイツにおける事業用太陽光の事業規模別の設置形態

- ドイツでは、40kW未満のほぼ全てが屋根設置、40～1,000kW未満においても約90%を屋根設置が占めており、小規模な太陽光発電は自家消費と組み合わせて需給一体的に活用されるのが一般的である。

10～40kW未満



40～1,000kW未満



分散化の動向を踏まえた考え方（案）

- 分散化の中では、熱電併給を中心に、電気だけでなく他のエネルギーと再生可能エネルギーとを地域で一体的に運用し、**エネルギーインフラ事業全体で供給安定性と収益性を確保するモデルが競争力を持つ**傾向が見られる。
- また、例えば小規模な太陽光発電については、分散化の中にあって世界では屋根設置など需給一体型モデルにおいて活用される傾向にあり、特に**50kW未満の超小規模な全量売電の地上設置型事業が膨大な容量にのぼる日本は、産業競争力の観点から見ても世界とは様相が異なる**と言えるのではないかな。
- こうした観点から、例えば、**熱電併給型の小規模バイオマス発電や、屋根設置型など自家消費的な需給一体型モデルの太陽光発電**といった地域分散型電源の活用をどのように促進し、**競争力ある地域のエネルギー供給モデルを構築していくか**、FIT法の抜本見直しも見据えた支援制度の在り方と併せて検討していくことが必要ではないかな。

1. これまでの議論と検討の視点

2. 産業競争力の考え方

(1) 大規模化の動向

(2) 分散化の動向

(3) 電源別のアプローチ

電源別のアプローチについて

- 本小委員会では、再生可能エネルギー電源を、①急速なコストダウンが見込まれる電源(太陽光・風力)と②地域との共生を図りながら緩やかに自立に向かう電源(地熱・中小水力・バイオマス)の2つに分類して、今後の将来像を議論してきたところ。
- 他方、この分類を基本とする中で、各電源の中において、その特徴に応じてスピードや影響度合いが異なるものの、大規模化と分散化が進展しているのが実情。
- 電源ごとに規模やプレーヤー等は異なり、それぞれについて大規模化や分散化の動向を丁寧に踏まえながら、今後の政策対応を検討していくことが重要ではないか。

自立化した(=コスト低減+長期安定電源化)主力電源へ			
	現時点で顕在化している課題と解決の方向性	今後の将来像イメージ	
急速なコストダウンが見込まれる電源	太陽光 2030mix: 6,400万kW FIT前導入量+認定量: 7,730万kW 導入量: 4,240万kW 2030年価格目標: 7円(事業用太陽光)	・海外と比べて高コスト(機器・工事費)の是正 ・小規模太陽光のメンテナンス確保、再投資 ・FIT買取終了設備の活用(2019年卒FIT家庭用太陽光) ・将来発生するパネル廃棄への対策	・住宅用太陽光は2019年から順次自立化 ・蓄電池を活用しつつ需要地近接で小規模の地産地消 自家消費・地産地消
	風力 2030mix: 1,000万kW FIT前導入量+認定量: 950万kW 導入量: 340万kW 2030年価格目標: 8~9円(陸上・洋上(風床式))	・海外と比べて高コスト(機器・工事費・系統接続費)の是正 ・洋上風力の海域占有の長期化、利害調整円滑化 ・環境アセスメントの迅速化 ・需要地から離れた適地(高い系統接続費): 系統制約の克服	・大型電源(Utility-Scale)として活用 市場売電 大型電源(Utility-Scale)
地域との共生を図りつつ緩やかに自立化に向かう電源	地熱 2030mix: ~155万kW FIT前導入量+認定量: 60万kW 導入量: 53万kW	・新規地点開拓(探査コスト・リスク大、地域共生) ・需要地から離れた適地(高い系統接続費): 系統制約の克服 ・コスト低下の道筋の明確化	・中規模のベースロード電源 ・地域密着で事業実施
	中小水力 2030mix: ~1,170万kW FIT前導入量+認定量: 990万kW 導入量: 970万kW	・新規地点の開拓(河川流量調査コスト・リスク) ・既存ダムが担う治水機能との調和 ・需要地から離れた適地(高い系統接続費): 系統制約の克服 ・コスト低下の道筋の明確化	・地元の治水目的などと合わせて地域密着で事業実施 ・既設導水路を活用した再投資(リプレース)など緩やかにFITからの自立化
	バイオマス 2030mix: ~728万kW FIT前導入量+認定量: 1,510万kW 導入量: 350万kW	・燃料費7割というコスト構造 ・輸入材を中心に認定量急増 ・持続可能な燃料の安定調達 ・コスト低下の道筋の明確化	・農林産業等と一体、地域密着で実施 ・既存設備への再投資(リプレース)など既存の燃料調達経路の活用で緩やかにFITからの自立化 地域での農林業等と合わせて多面的に推進

※認定量と導入量は2017年9月末時点。2017年3月末までの認定失効分を反映。経過措置により2017年4月以降に認定が失効した案件は、現在集計中のため反映していない。

急速コストダウン電源① 太陽光発電

- プロジェクト開発が比較的容易であることもあり、世界的にも多様なプレーヤーが参入しているが、**国内最大発電事業者の7倍程度の規模の発電事業者**も存在。産業競争力の観点から見ても、**大規模化によるUtility-scaleとしての活用**と、**自家消費を中心とした地域分散型電源としての活用**に大きく二分していく傾向にある。
- 国内では、発電事業を本業とする事業者のみならず、商社、ゼネコン、ファンド、メーカー等の**多種多様な業種の事業者が参入**している。特に、50kW未満の小規模設備については、**発電事業者は個人事業主も含め、業種によって類型化し切れないほどの様々なプレーヤーが存在**する。将来的な再投資を進める観点からも、**大規模化による事業効率性・安定性を追求**していくことが必要。
- 自家消費や蓄電池を活用した**需要地近接の地産地消電源**として活用する小規模電源としての将来像の実現に向けては、地域の需要家やEV・蓄電池等を取りまとめ電力の需給バランス調整をビジネスとして実施する**エネルギー・リソース・アグリゲーター**が一定の役割を果たすことを求められる。

主要太陽光発電事業者・デベロッパーの規模の内外比較

※稼働済設備

国内企業	世界
オリックス（約780MW）	State Power Investment（中国）（約7,000MW）
SBIエナジー（約392MW）	GCL New Energy（中国）（約6,100MW）
NTTファシリティーズ（約340MW）	First Solar（米）（約4,700MW）

※主要な事業者のプロジェクト規模をリスト化したものであり、正確なランキングではない。

（出典）資源総合システム社調査をもとに資源エネルギー庁作成。

急速コストダウン電源② 風力発電

- 世界では、プレーヤーとプロジェクトの大規模化と劇的なコストダウンが進展。国内最大発電事業者の10倍近い規模の発電事業者が存在する。
- 太陽光発電に比べ高い技術力を要することから、グローバル・トップ・プレーヤーはM&Aによる技術の獲得等を通じた事業拡大を進めてきている。また、洋上風力発電（着床式・浮体式）を中心に、プロジェクトファイナンスからコーポレートファイナンスを主体とした資金調達にシフトし、ファイナンスコストを抑える傾向が顕著になってきている。
- 国内における風力発電の発電事業者としては、風力発電を本業として営む事業者以外にも、陸上風力については地方自治体、洋上風力（着床式・浮体式）については造船会社などが存在。施工を行う大手建設会社が自ら発電事業者となる場合もある。また、特に洋上風力（着床式）では、国内外の大規模な発電事業者が参入の意向を示している。

風力発電事業者の規模の内外比較

	国内企業	世界
1 位	ユーラスエナジー (2,484MW)	Longyuan Power (中国) (18,395MW)
2 位	電源開発 (492MW)	Iberdrola (スペイン) (15,983MW)
3 位	日本風力開発 (340MW)	State Power Investment (中国) (13,678MW)

(出典) JWPA調査等をもとに資源エネルギー庁作成。

緩やか自立電源（地熱・中小水力・バイオマス発電）

- いずれの電源も、大規模なものは競争力を持って自立し、小規模なものは地域と共生する地域分散型電源として活用される傾向にある。
- 地熱は、国内でも旧一般電気事業者が自由化以前から多くの地熱発電所を保有しており、海外では日本の5倍程度の規模の地熱発電設備を有する事業者も存在。他方、国内で拡大しているのは熱水・蒸気の温度が低いバイナリー方式（70～150℃程度）で、比較的小規模なものが多い。
- 中小水力は、都道府県や市町村が主体となって発電事業を行う事例が多く、また、農業用水路等の落差を活用した農業関係の事業者による事業も存在。
- バイオマスは、国内では燃料に応じて様々な業種・規模の事業者が参入し、地元林業とも密接に連携。海外では、バイオマス専焼で極めて大規模に事業を実施している事例や、熱電併給の取組が進んでいる。

地熱

地熱発電事業者規模の内外比較

	国内企業（※）	世界
1位	九州電力（九電みらいエナジー含む） （214MW）	Chevron（アメリカ） （約1,300MW）
2位	東北電力（東北自然エネルギー含む） （212MW）	Calpine（アメリカ） （約1,300MW）
3位	北海道電力 （25MW）	EDC（フィリピン） （約1,200MW）

（※）海外で実施している案件は含まれていない。

火力電子力発電技術協会「地熱発電の現状と動向」

Geothermal Power Generation in the World 2010-2014 Update Report等より作成。

バイオ

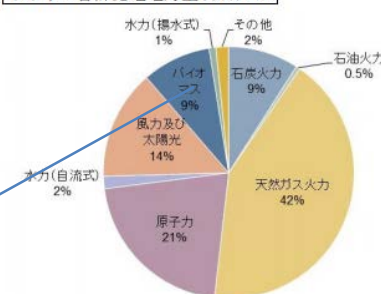
イギリス・ドラックス社の事例

- ・バイオマス専焼（石炭専焼からの転換）
- ・発電容量：1,980MW
- ・年間発電量：12.7TWh

ドラックス社単独でバイオマス発電量の約42%を占める

＜イギリスの電源構成比率＞

2016年：合計発電電力量 337.6TWh



（出所）UK DBEIS「Digest of UK Energy Statistics」
をもとに三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

ドイツ・熱電併給の取組

- ・FITの優遇や、インフラ（熱導管）補助により進展

＜バイオマスボイラーによるエネルギーセンター＞



＜熱供給網の敷設工事＞

