

風力発電の情報プラットフォームと産業政策

京都大学 大学院経済学研究科
再生可能エネルギー経済学講座

2020. 10. 26

エネルギー戦略研究所株式会社 シニア・フェロー

永 田 哲 朗

論 点

- 1 風力データの集積による知財形成
～平準化効果実証、スマート・メンテナンス～
- 2 技術情報集約による風力産業の基盤強化
～カーボン・トラストの試み～
- 3 産業政策の方向は競争か協調か？
～風車メーカーの無い国の戦略～
- 4 マス情報＝集合知は誰のものか？
- 5 まとめ

風力発電の平準化効果の実証

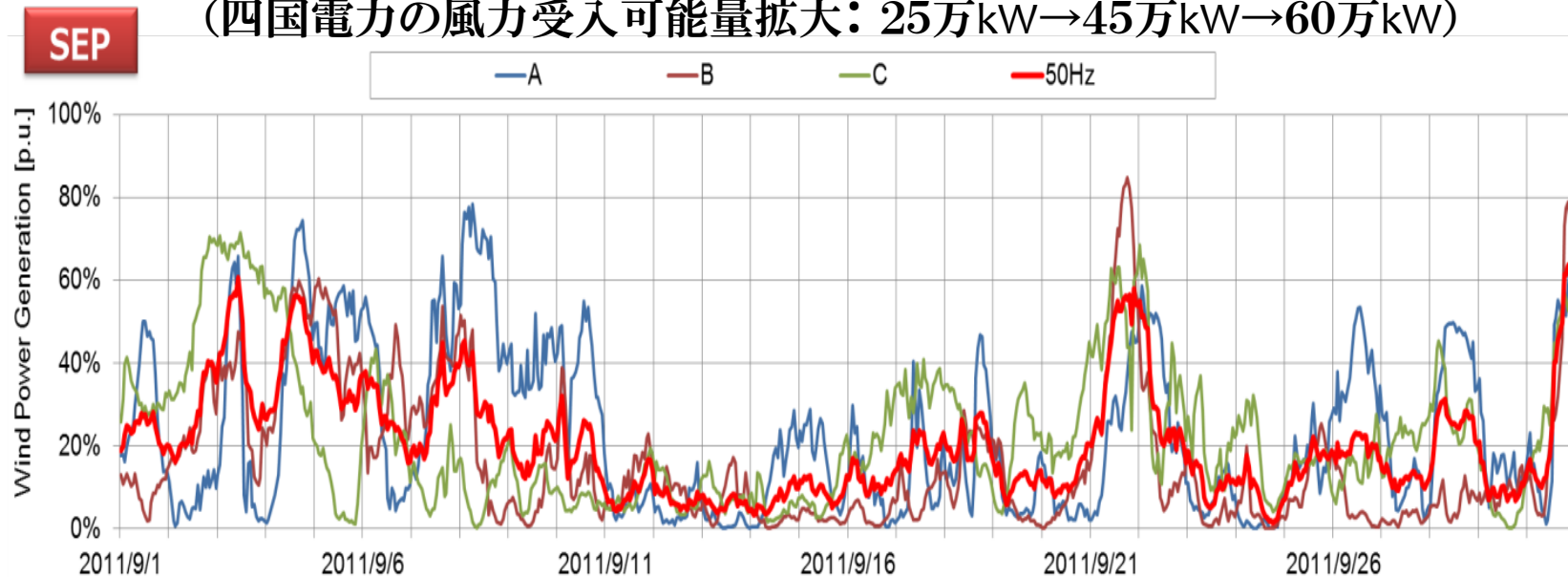
情報収集コストと企業秘密保持が課題

50Hz地域における各電力会社管内ごとの風力発電電力の振幅度合い
> 50Hz地域全体で合成した風力発電電力の振幅度合い

運転実績データは企業秘密として、当初は公開に抵抗感

→ 風力事業各社が運転実績を提供し、**中立機関**(東大)が平滑化の効果を集約
→ 電力会社も効果を確認

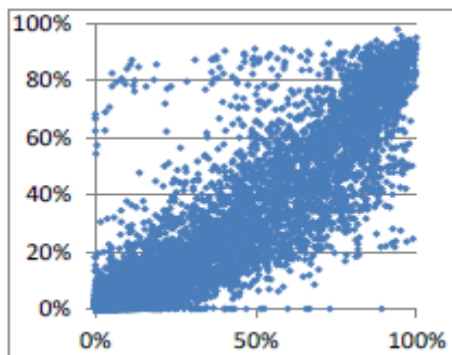
(四国電力の風力受入可能量拡大: 25万kW→45万kW→60万kW)



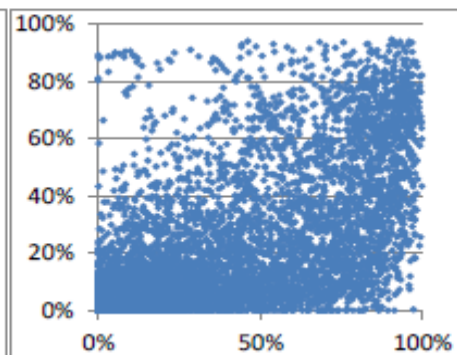
ウインドファーム(WF)間の出力相関

- 各電力システムにおいて需給調整に影響を及ぼすのは、**多数のWFを合成した発電電力の変動**。
- 近隣のWF間でも発電電力の相関は必ずしも高くなく、距離が離れると相関は低く、異なる電力システムにおけるWF間の相関は極めて低くなるので、広域運用による『**平準化効果**』が期待できる。

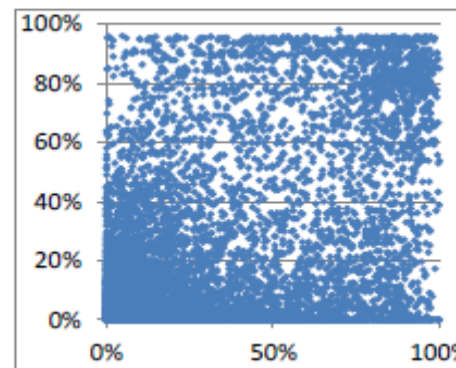
〈実例〉青森県東通村のWFと①同じ村の他WF、②青森県六ヶ所村、③秋田県、④茨城県のWFとの、発電電力での相関は順次低くなる。



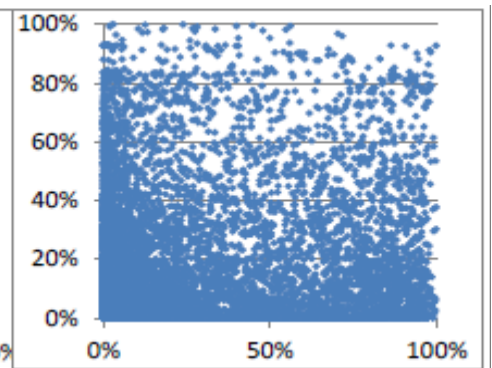
東通村：①東通村



東通村：②六ヶ所村



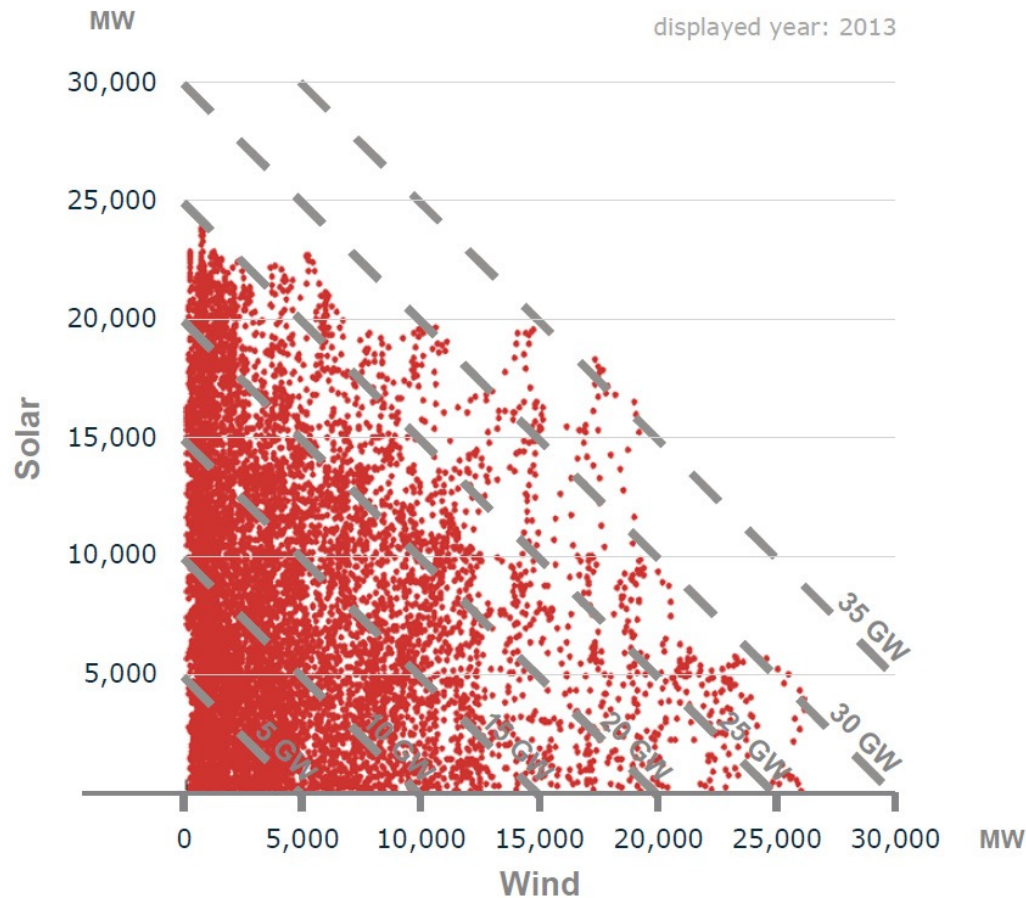
東通村：③ 秋田県三種町



東通村：④茨城県神栖市

風力・太陽光は補完関係

Solar versus Wind Power



出所：日本風力発電協会

2013年のドイツでは、
風力が32.5GW、太陽光が
35.6GWとほぼ同等の設備
容量

両者が同時刻に最大値を
出力することはなく、むしろ
補完関係

この補完性について、日本
の北海道、九州でも実証

設備量の増加に伴い稼働率向上が焦点に ～トラブル情報は企業秘密～

風力発電は、故障が発生した場合の逸失収益・修理費用が操業中の大きなリスク

ブレードの破損
発電機の故障
増速器の故障



停止中の売上減＋クレーン費用＋交換部品費用

太陽光発電では故障が想定される部品は交直流変換装置(パワーコンディショナー)程度であり、また交換に当たってクレーン(1回1千万円程度)も不要

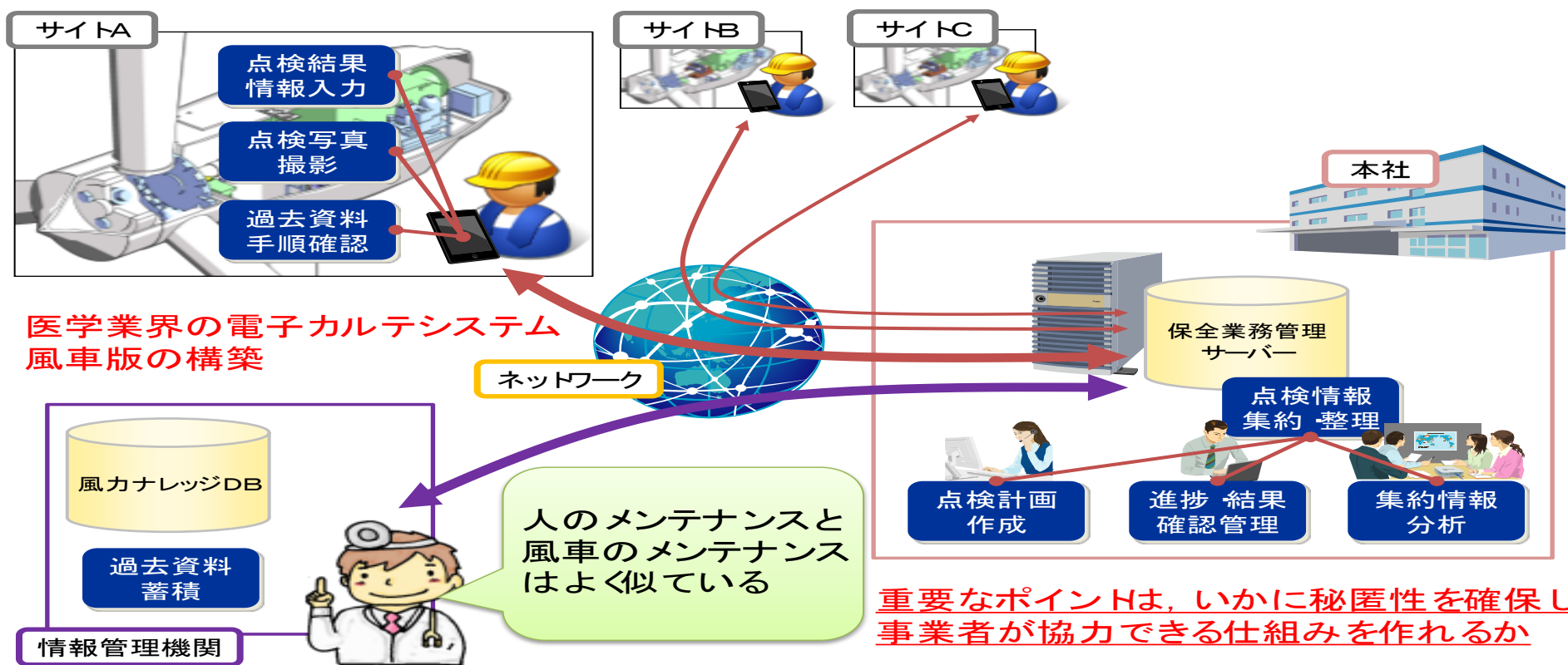
部品の到着や修繕を待つ間の停止時間を考慮すると、費用増にはなるもののある程度のスペアを持っていた方が有利か？

- 風車メーカーごとに保守運転員の専門化も発生(ローテーションを開始)
- 風車機種分散は是か非か？(リスク分散か、スペア・技術の集約か？)
- 各サイトの風況を見て判断した風車の機種は部分最適か？全体最適は？

スマートメンテナンス＝産業全体でメリット共有(公共財)

診断技術等の高度化、システム開発、プラットフォームの構築(NEDOが支援、東大で集約)
→ 運転維持費の低減、事故(＝ダウンタイム)の低減、
設備利用率向上(20% → 25% @2030年)、保険料の減額も

スマートメンテナンス構想 イメージ



Proprietary and Confidential -Makoto IIDA, The Univ. of Tokyo-

出所：日本風力発電協会(飯田誠・東大特任准教授講演資料からの抜粋)

英国カーボン・トラストの洋上風力支援事業

カーボン・トラストは2001年に英国政府によって設立され、現在は独立した環境コンサルティング会社

会社のミッションは持続可能な低炭素社会への移行を加速させること

出所：カーボン・トラスト

<主な業務>

- * 企業向けカーボンフットプリント等、炭素排出削減方法のアドバイス
- * 政府機関向け環境・エネルギー政策提言
- * 新エネルギー関連技術開発支援プログラムの運営

<洋上風力発電関連>

- * 2008年から欧州最大の洋上風力研究開発プログラムを運営
- * イギリス、中国、米国等多くの国で洋上風力関連の技術的コンサルティング業務
- * 2014年から日本でも洋上風力関連コンサルティング業務、顧客はNEDO、METI、JWPA等
- * 2018年に日本海事協会(NKCS)と協力覚書

洋上風力開発支援のプラットフォーム

～ Joint Industry Project (JIP) ～

Example: Offshore Wind

Offshore Wind Accelerator

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



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

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

- * JIP (Joint Industry Project) というユニークな開発方式に欧州有数の9開発事業会社が参加
- * 英国洋上風力市場の7割 (= 31GW) を占める企業群
- * 事業規模は78～100億円で、1/3を政府が拠出
- * 対象領域は、基本設計、地質調査、輸送船、設置工事、ケーブル等電気設備、検査手法、運転管理、補修と広範囲だが、**風車は除外**
- * 個別・独立に取り組んでいた技術上経営管理上の課題を、共同プラットフォームの場で解決 (機器や工事の標準化、最適技術の選択)
- * コストダウン目標: 10%
- * 知的財産は、JIP参加期間中保障 (終了後は一般公開)

英国の洋上風力セクターディール

2019年3月開始

従来英国では、政府・産業間の連絡組織である「洋上風力発電産業審議会」(Offshore Wind Industrial Council、毎年2回開催)という官民一体の協議会で産業化について議論していたが、昨年「洋上風力セクターディール」に移行。

英国政府と洋上風力産業界は、2030年までに洋上風力**30GW**導入を目指すことで合意。主要ポイントは下記の通り(但し、一層のコスト低減実現が前提)。

- ① 洋上風力導入の予見性確保のため、政府は最大 £557mの支援(CfD契約)
- ② 洋上風力の国内調達比率を、産業界は2030年までに **60%**に引き上げ
- ③ 洋上風力の直接雇用を、現在の 7,200人から 2030年に 27,000人に増加
洋上風力で働く女性比率を、2030年までに 1/3以上に引き上げ
- ④ 洋上風力関連の輸出を、2030年までに5倍に増加(年間 £2.6b)
- ⑤ 強固なサプライチェーンを構築し、生産性向上と競争力強化を図るため、
風力産業界は Offshore Wind Growth Partnershipを設立し、最大£250m投資

独禁法・自由貿易の視点 vs 産業政策の視点

<カーボン・トラスト ヤン・マティーセン事務局長との質疑>

- ① 推進母体に風車メーカーが入っていないが、風車の選定と全く切り離して、関連機器や技術の最適選択は可能なのか？
- ② 大手開発事業者が多数参加しているが、競争制限的との指摘はないのか？
- ③ 多大な費用と労力をかけて欧州で得られた知見を、日本やアジアの洋上風力市場に活用できないのか？
- ① カーボン・トラストが風車メーカーとの接点になる。
- ② コストダウンなどのための純粋に技術的な情報交換しか行っておらず、ビジネス上の話はしていない。
- ③ 自然条件、ビジネス風土、ステークホルダーなどが異なり、技術情報の単純な転用は難しい。

<ロンドン大学 マイケル・グラブ教授との質疑>

- ④ 英国では洋上風力で60%のローカルコンテンツ比率を目指しているが、コスト高にならないか？日本と同様に風車メーカーがない英国で達成可能な目標か？
- ④ 英国は、風力産業育成の面で他国に遅れをとったので、洋上で取り戻したいとの政府の思いもある。風車本体以外のパーツの工場は英国にも多くあり、達成可能である。

オランダ政府の洋上風力拡大方策

(1)ゾーニング(海域設定)の標準化と 入札による事業者選定

かつては北海産出の天然ガスが豊富で、
火力発電が主体 → 陸上風力は出遅れ

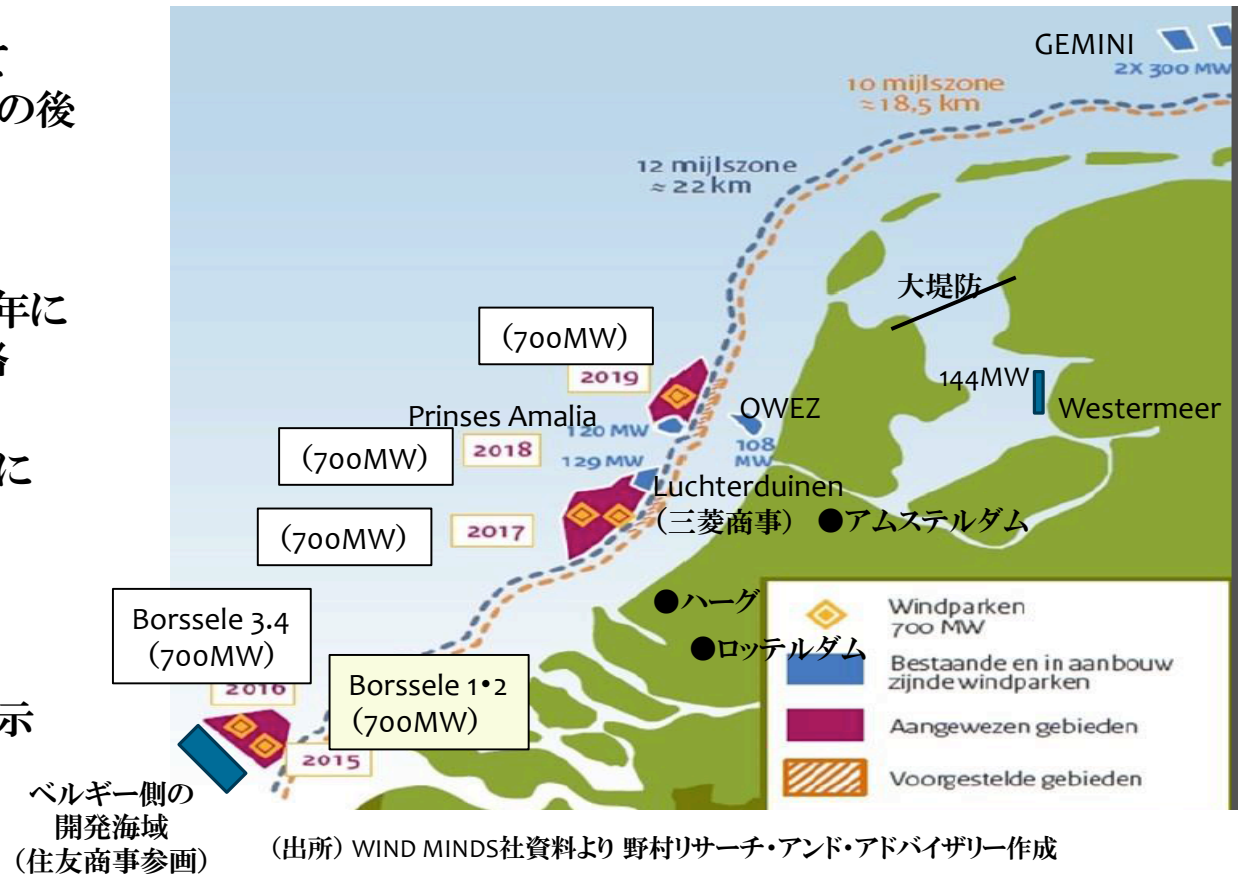
ラガウェイという風車メーカーもあって
日本にも輸出 → 2003年に倒産(その後
再建し、ドイツのエネルコンと提携)

2015年に5%の再エネ比率を2023年に
16%とする目標設定 → 洋上に活路

70万kW枠の入札を2016～2019年に
5回実施
→標準化、生産ライン平準化による
コストダウン

基礎データ(地質、環境、技術)を開示
→入札制で競争

オランダの洋上風力の入札予定海域(2016～2019年入札)



オランダ政府の洋上風力拡大方策(続き)

(2) 電力系統への接続を保証

(3) 買取価格に対する政府補償

洋上変電所の建設、陸上までのケーブル敷設(22万V、2回線)を政府が負担
(国営送電会社のTenneTが建設・運営)

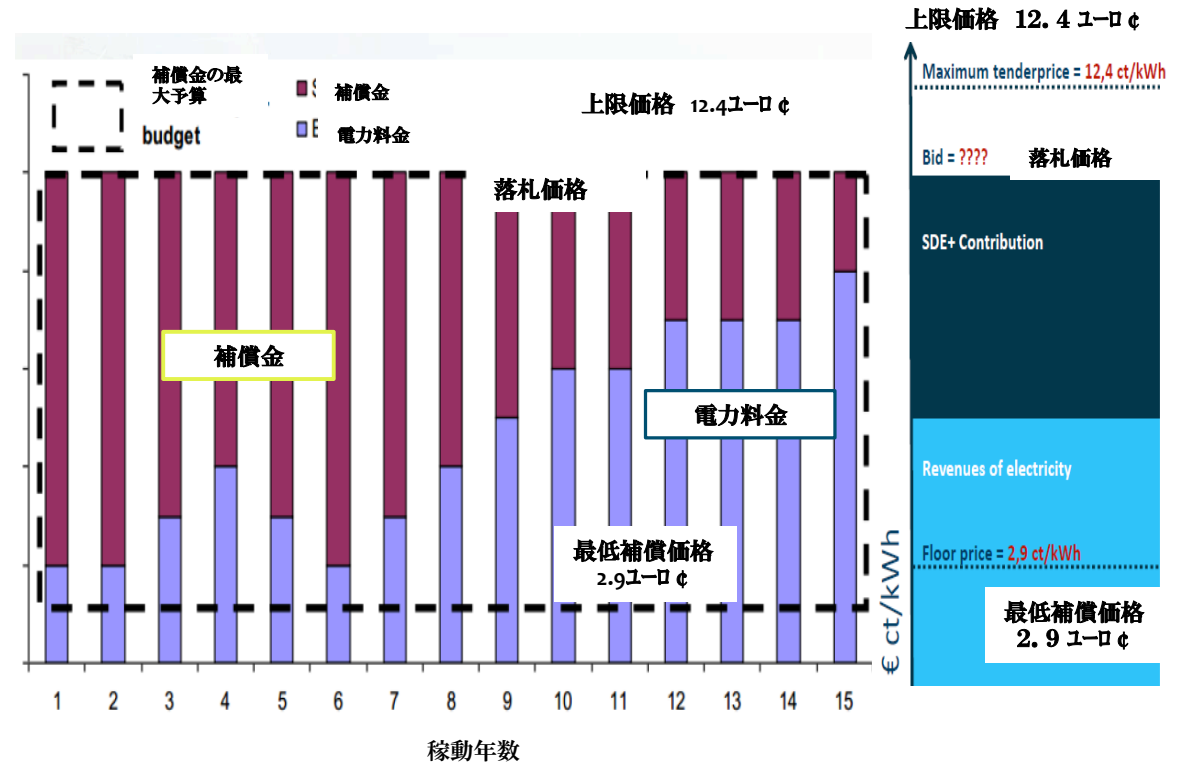
TenneTは既にドイツの3ヶ所の洋上風力送電工事を経験済
→今後5期にわたる工事で機器類等の量産効果を期待

買取価格と電力料金(卸売価格)との差を政府が15年間補償する
SDE+制度を採用

買取価格 = 落札価格(市場原理)
→上限は現在12.4ユーロセント

電力料金が2.9ユーロセント以下の
場合、該当部分は補償無し

オランダのSDE+制度のイメージ
(2016年入札案件の事例)

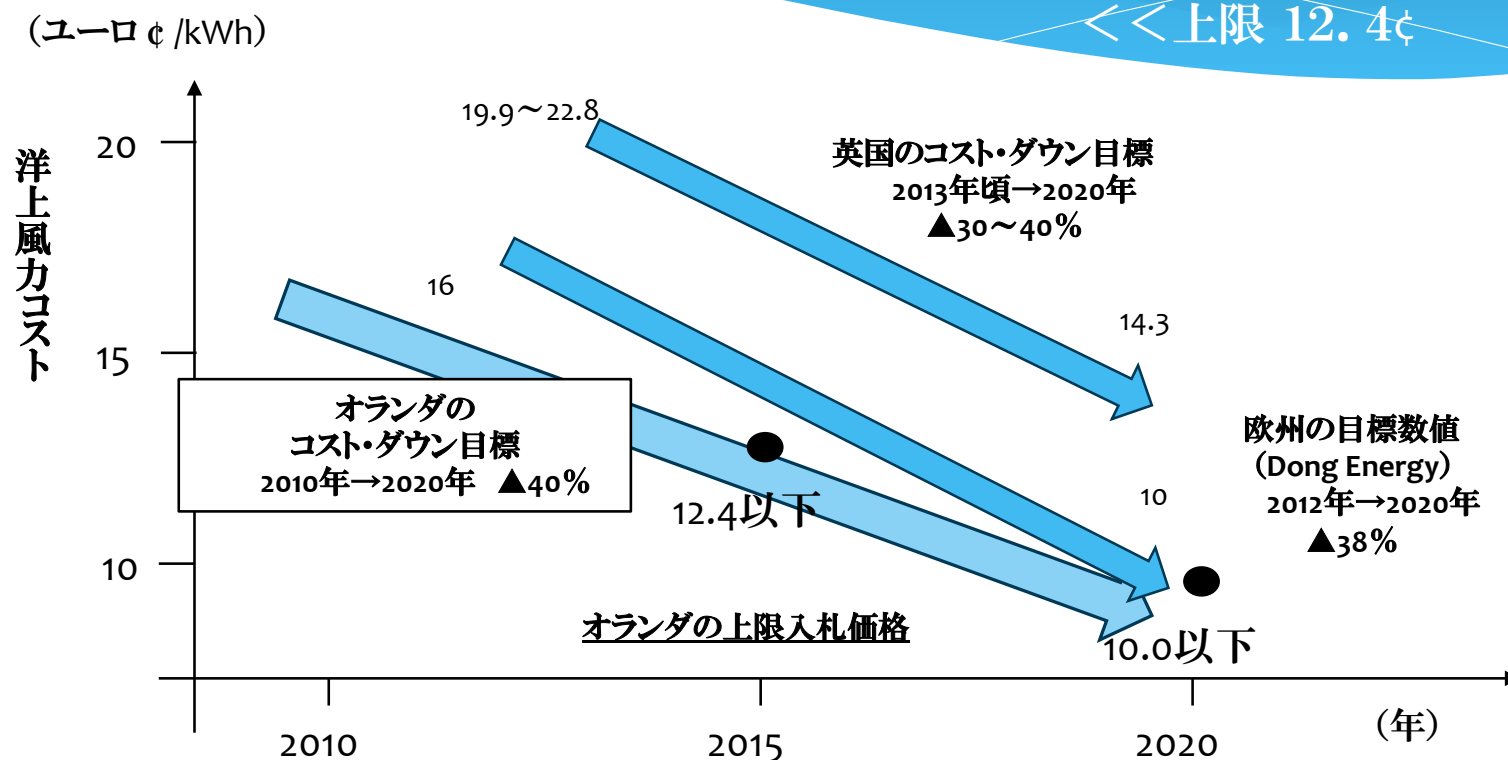


(出所) オランダ経済省、WIND MINDS社資料より野村リサーチ・アンド・アドバイザー作成

官民一体となったコストダウンへの挑戦

オランダ政府の目標：2020年までに2010年比で40%削減
(標準化による効率化、スケールメリット追求、競争原理、共同研究等)

〔入札価格〕 第1回(2016年)7.27¢ → 第2回 5.45¢
第3回 市場価格=補助金ゼロ
<< 上限 12.4¢



オランダ風力発電産業の強み

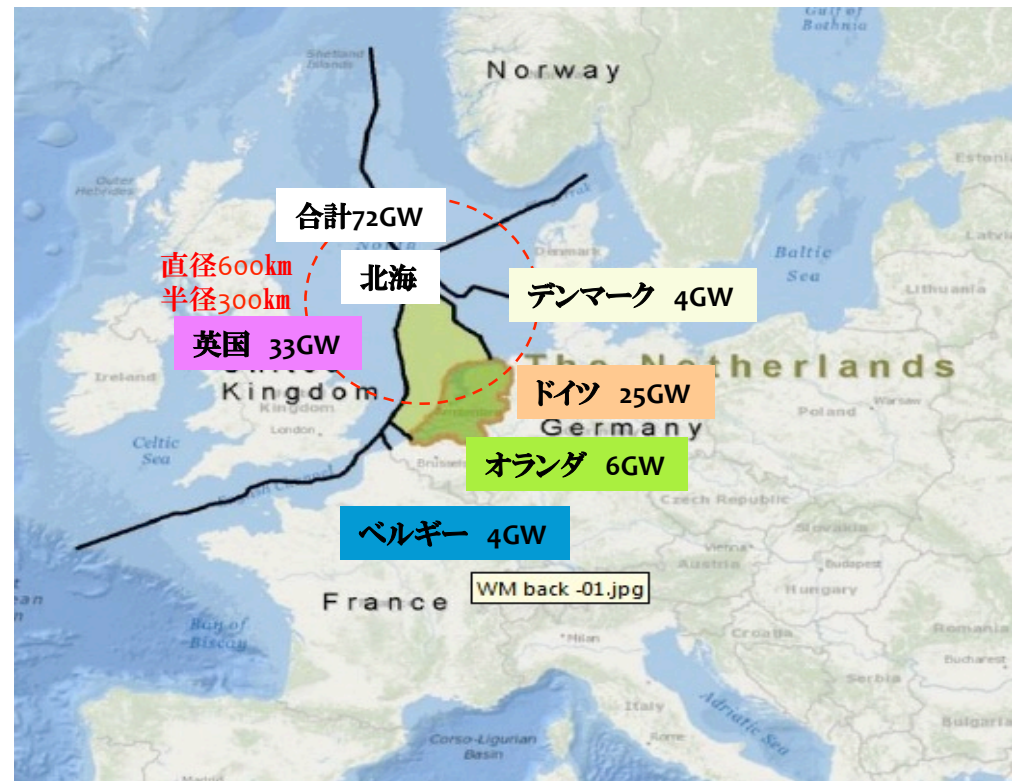
<北海は一つの巨大市場>

- * 直径600kmの中に洋上風力導入に積極的な5カ国が近接
- * 設置工事サイクルの2日間でサービス提供できる距離
- * スケールメリットの享受

<オランダに技術・知見集積>

- * 港湾インフラの充実
- * 造船業の厚み
- * ユニークなニッチ企業
- * コンサル企業の活躍
- * 研究機関の存在

北海周辺の5ヶ国の洋上風力発電の長期目標



(出所) ロッテルダム港湾局、WIND MINDS社資料より
野村リサーチ・アンド・アドバイザー作成

造船・海運を核とし、専門特化したユニークな企業群 ブレード、係留アンカー、アクセス橋、研修等

SEP船 (GustoMSC社: 欧州でのシェアは8割)

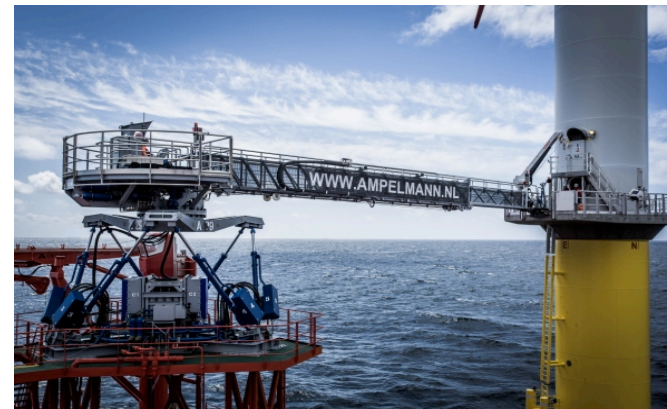


建造費80~90億円、積載重量2,100トン
5MW風車3基/3.6MW風車4~5基を積載可能

安全訓練
(Falck社: 受講者は年間2万人で業界トップ)



油圧制御アクセス橋 (Ampelmann社)



スペインにおける風力発電の急成長と停滞

制度変更リスク

陸上風力が2000年代に急速に導入され、2000年末の234万kWが2010年末には2,063万kWまで急成長。

2007年に太陽光発電に高いFIT価格を設定後導入バブルが発生。電気料金への転化が認められなかったことから、送配電会社は巨額の赤字。

2012年に再エネへの優遇策が打ち切られ、FIT価格は**現有設備**も含め引き下げ。

2013年以降23GW水準で横ばい。

(2017年電源構成比:再エネ32%、風力18%)

スペインの風力発電関連産業は大打撃を受け、Gamesaは2017年にSiemensの傘下へ(風車メーカーは実質ゼロに)。



スペインにおける風力発電の再興 ①

大手電力を核に国外の洋上に進出

2000年代の大量導入時代を背景に、風力関連産業の裾野は広い(スペイン風力発電協会には約200社が加盟)。

開発事業者としては、大手電力の Iberdrola (本社ビルバオ) が国内の陸上風力だけでなく北海、バルト海の洋上風力プロジェクトに参画。

スペイン自体は遠浅の海域が少ないことから、自国での洋上風力大量導入よりは、国外案件と結びついた産業振興策、地方再生策の色彩が強い。



<Wikinger プロジェクト (ドイツ)>

5MW x 70基 = 350MW

- 陸地から75km
- 総工費 4億ユーロ
- 2017年運転開始

スペインにおける風力産業の再興 ②

地域サプライチェーンの構築

- * ビルバオは北部バスク州にあって鉄鉱石を産出し、長らく造船、鉄鋼、機械加工中心の町として栄えたが20世紀半ば以降次第に衰退。
- * 生き残った重工業企業群による洋上風力市場への関心は高く、100社以上がサプライチェーン(基礎・タワー製造、海上工事、O&M)への参加に意欲。
- * ドイツのバルト海での洋上風力開発(Wikinger)の事業主体ともなった大手電力 Iberdrola(ビルバオ本社)は、地元企業をサプライチェーンとして採用(ジャケットはNavantia、タワーはWINDAR Renovables等)。
- * ドイツでは海底設置の正確さと騒音対策がポイント。前者については精度10cmを達成し、後者については泡のカーテンや防音シリンダー等を採用。
- * バルト海、北海までの輸送コスト面での不利をカバーするため、他国に無い大型設備の導入、ロボット化による生産性向上などで対抗。

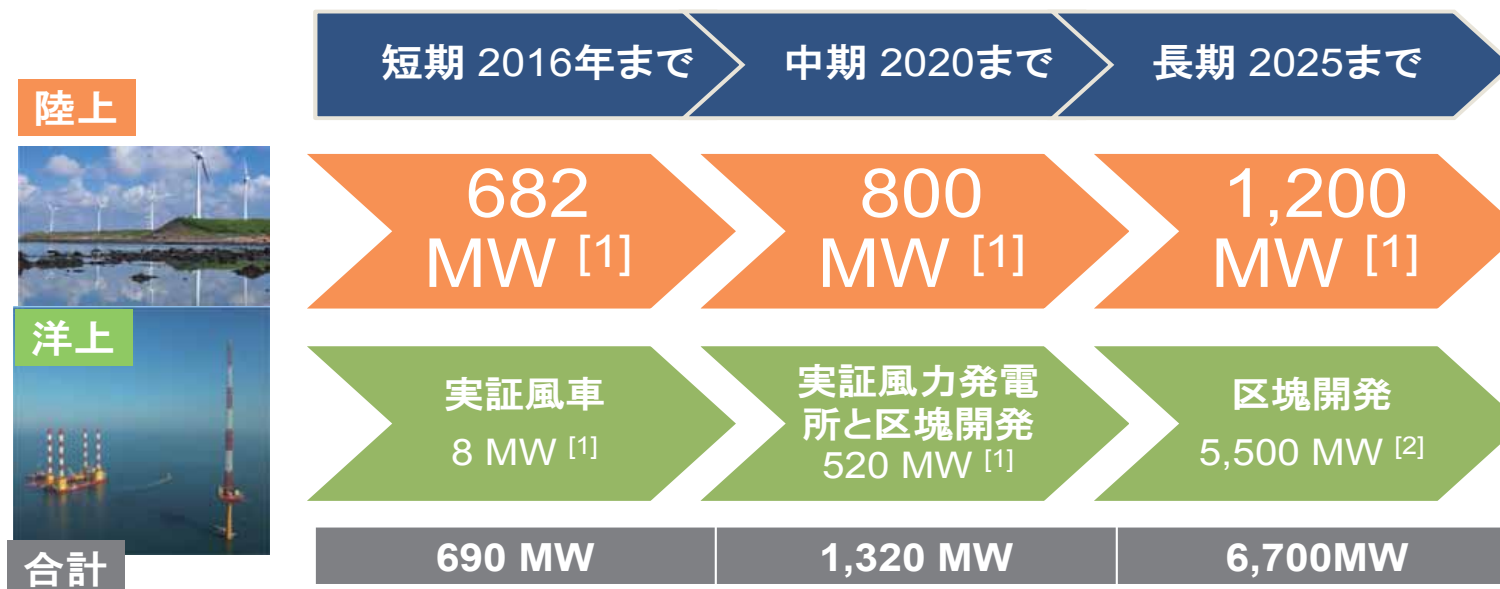
台湾における風力拡大政策

風車メーカーはないが、層の厚い
周辺機器産業を有する国の選択

2.2 台湾政府の風力導入方針

HITACHI
Inspire the Next

■ 台湾政府能源局は、風力発電所の設置地域と導入量を定め積極的に政策誘導



出典: [1] Bureau of Energy, Developments in Taiwan's Electricity Market, August 1, 2017

[2] Taiwan Energy Bureau of Ministry of Economy, 離岸風電規劃場址容量分配機制, Site capacity Allocation mechanism for Offshore wind

台湾の洋上風力へのシフト

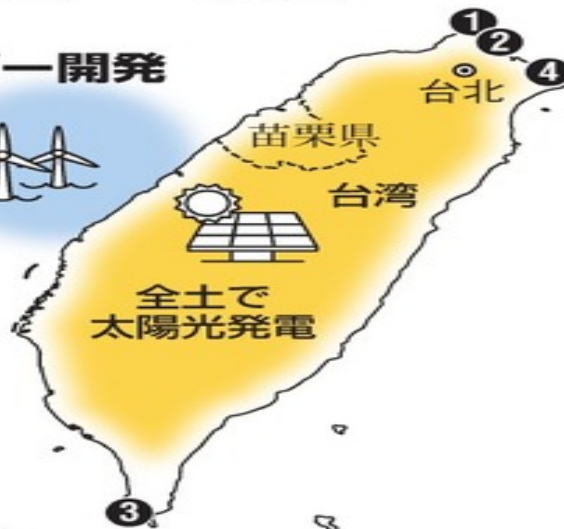
外国企業を積極的に誘致
高い国内調達比率を要求

台湾の原発と稼働期限

① 第1原発 (新北市)	1号機	18年12月
	2号機	19年 7月
② 第2原発 (新北市)	1号機	21年12月
	2号機	23年 3月
③ 第3原発 (屏東県)	1号機	24年 7月
	2号機	25年 5月
④ 第4原発 (新北市)	未稼働	

再生エネルギー開発

台湾海峡で
洋上風力発電



脱原発構想

発電量の構成比



脱原子力政策が最大の推進力

西海岸沖合の風況は良好
買取価格はFITと入札の2本立て

欧州の大手電力(Orsted)等が
次々と参入

日立はダウンウインド型風車の
受注に成功 (5.2MW x 21基)

- ・台湾電力の傘下
- ・基礎建設は Jan De Nul

ローカルコンテンツ目標や漁業
補償問題も顕在化

日本での洋上風力産業組織化の動き

～各国の産業化施策も踏まえて～

＜風力発電産業基盤の構築＞

- * 日本風力発電協会 (JWPA) と世界風力会議 (GWEC) が共同で「日本洋上風力タスクフォース」を立ち上げ、新たな洋上風力発電産業の育成やサプライチェーンの構築を目指す。(2020年2月)
- * 「洋上風力の産業化に向けた官民協議会」が発足し、関連産業の競争力強化、国内産業集積、インフラ環境整備を目指す。(2020年7月)
- * 日本では、個別の企業ではなく業界組織の要請が公共の利益と見なされる傾向(米国とは差違)。

＜競争条件の維持、開放度の確保は？＞

- * 風車メーカーの無い日本でこそJIP方式は有効なのか？
(参加資格、知財管理、公的資金投入の場合の成果帰属など)
- * 大手電力と外資系大電力等との合弁をどう評価するのか？
(国内外企業は無差別か？)
- * 英国や台湾並みのローカルコンテンツ比率で、コストダウンは可能なのか？一方、国内・地場産業振興の要請をどこまで満たすか？
- * 風力業界内部でも利害相反の恐れ(メーカーと開発事業会社など)。

日立東大ラボによる「Society 5.0」における 分散型電源導入拡大に向けた提言

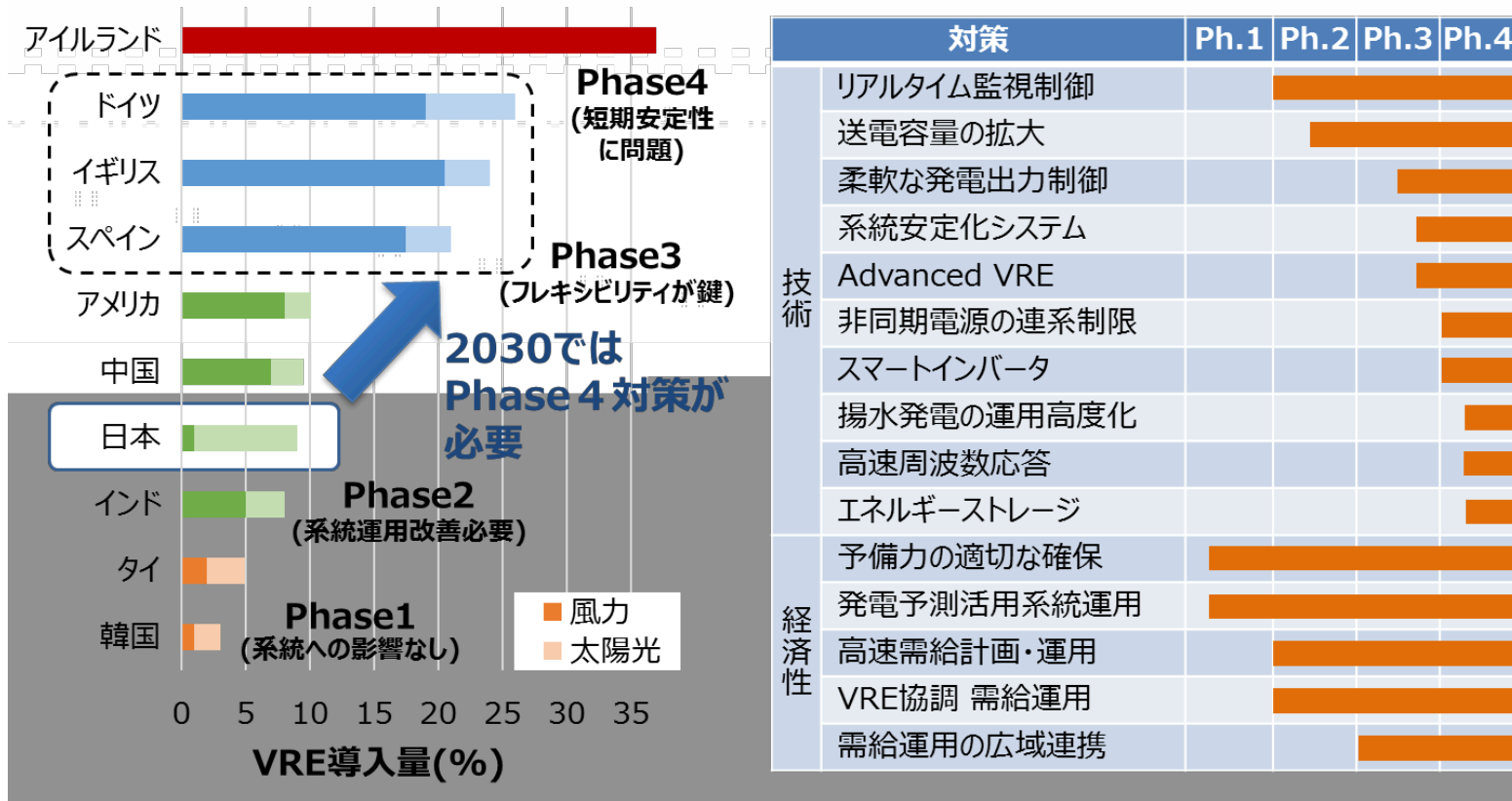
日立東大ラボが、昨年4月に公表した報告書「Society 5.0を支える電力システムの実現に向けて」は、2050年に電力化比率45%（2013年時点で26%）、再エネ比率77%（同14%）の可能性を予測。



プラットフォーム構築の前提

～参加企業・個人の匿名性や機密の保持が鍵～

分散型エネルギーシステム自体の技術的・経済的評価だけでなく、エネルギー全体システムとの統合に向けたプラットフォームが必要となるが、その前提として参加企業や個人の匿名性、機密の保持が不可欠と指摘



出所：日立東大ラボ

電力の新ビジネス展開に向けた仕組み作り

顧客・需給情報は誰のものか？

1. 昨年度までの振り返りについて②

- また、新ビジネスの創出を見据え、アグリゲーター、電力データ活用、計量制度の合理化、託送料金制度の改革など、新たな電力プラットフォームの構築に向け、様々な課題について整理を行った。

電力データの更なる活用

<データ活用機会の拡大>

- 他産業との連携を広げ、需要家に対して、様々な付加価値やメリットの拡大につなげていくことが必要

<データ提供に係るルール整備>

- 提供するデータの範囲・粒度・提供主体、公平性や透明性を如何に担保し、どのように提供すべきか（共通プラットフォーム等）
- 提供にあたって必要となるコスト（システム構築等）の回収と収益・費用をどのように考えるか
- 個人情報を含む、更なる電力データの活用のためには、需要家保護に万全を期すことが不可欠
 - ・プライバシーの確保の在り方（cf. 需要家同意プラットフォーム）
 - ・セキュリティ確保の在り方

電力新ビジネス

<新ビジネスに応じた事業環境整備>

- 多様な分散リソースをアグリゲートし、小売事業者や一般送配電事業者に対して供給する新規参入ニーズ（アグリゲーター）に応じた事業環境整備。安定供給や需要家保護を如何に担保するか。
- プロシューマとコンシューマを、経済メカニズムも活用する形でマッチング（P2Pプラットフォーム）する新規参入ニーズに応じた事業環境整備。安定供給、需要家保護、事業者間の公平性を如何に担保するか。
- 分散型リソースも活用した地域の電力供給だけでなく、既存の配電網を利用して地域の配電運用までを担う新たな事業ニーズ（ローカル/マイクログリッドオペレーター）に応じた事業環境整備

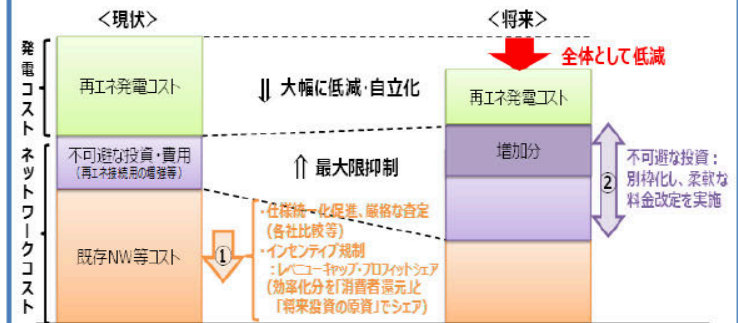
託送料金制度

出所：第8回 次世代技術を活用した新たな電力プラットフォームの在り方研究会 資料7

- 送配電事業の高度化・コスト効率化を促すための投資インセンティブを高めるための措置についてどのように考えるか。
- 再エネの受け入れや高経年化対策などのための更なる投資が求められる一方で、人口減少等による需要の不透明化による投資回収の不確実性の高まりにどのように対応していくか。
- 電流の双方化や需要側蓄電機能といった需要の系統利用が多様化し、kWの価値が更に高まると想定される中、どのような課金体系を措置していくべきか。
- 費用負担の地域間公平性をどのように担保するか。



再エネ接続用の投資など、**不可避な投資を促しつつ、システム全体のコストを如何に低減させていくか**



情報インフラ（スマメ、通信網）

<スマートメーター>

- 引き続き、スマートメーターの導入を拡大していくことが必要。
- 次世代に向け、電気のみならず、ガスや水道等のメーターシステムとも連携した新たな仕様の検討が必要

<電気計量制度>

- EVによる充放電、アグリゲータービジネスやP2Pビジネス等を促進する観点から、新たな取引について、柔軟な計量の導入の検討が必要。需要家保護を如何に担保するかが課題。

配電インフラ（配電網、制御機器）

<配電データを用いた運用の高度化>

- 高度な配電網の運用の実現のため、詳細な運用データ（温度に応じたダイナミックレーティング、適切な設備規模とするための潮流管理、効率的なメンテナンス実現のためのアセットマネジメント）を蓄積し、活用するインフラ整備が必要

<サイバーセキュリティ対策の強化>

- 高度な運用の実現に当たっては、現行以上のサイバーセキュリティ対策が必要

巨大IT企業によるデータ資本主義

ユーザー側が無料で得られる利便性と引き換えに提供するビッグデータ

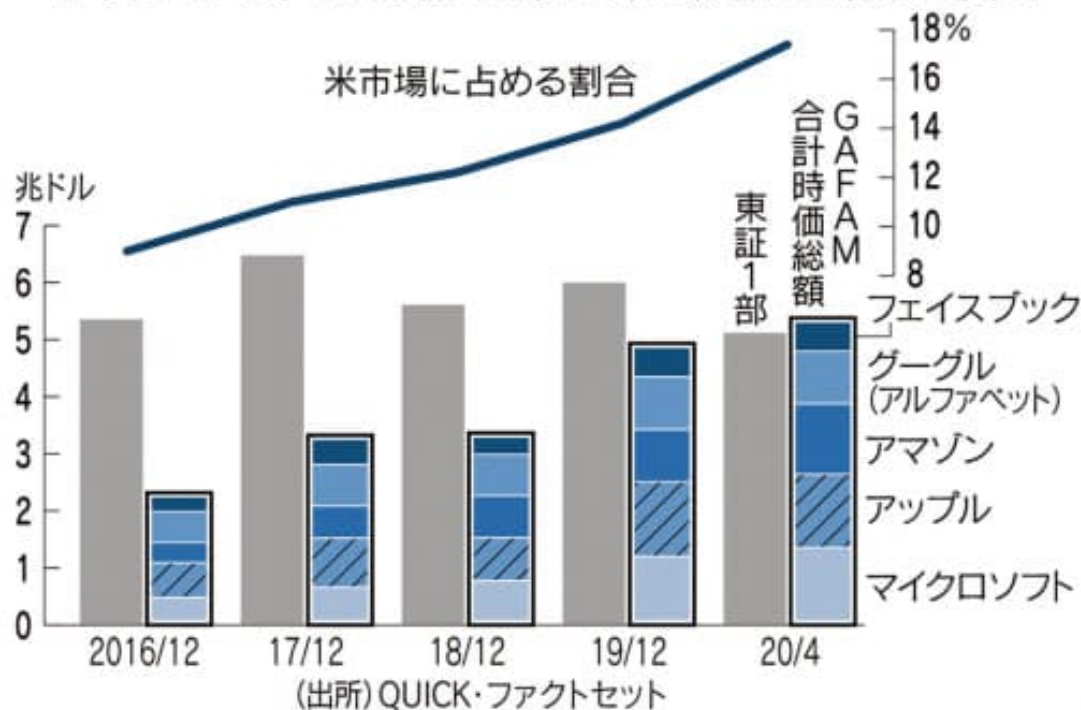
→ 蓄積による新たな価値の所有者は？

今年5月、コロナ禍をもバネとして成長する巨大IT企業5社GAFAMの時価総額が、東証1部2,170社合計を上回る560兆円に(米市場でも2割弱を占める)。

各社の時価総額は100兆円前後で、日本1位のトヨタ自動車23兆円を大きく凌駕。

米国議会は7月にGAFAMへのヒアリングを実施するなど、情報・データの独占禁止強化の方向(中国とは大きな差)。

マイクロソフトなど5社で東証1部の約2170社を上回る



出所: 日本経済新聞

まとめ

情報や技術の集約・蓄積は
新たな「集合知」を生み出す

中立性、成果配分ルール、
競争環境の維持が課題

従来は特許制度、
著作権等で保護

情報≒技術
限界コストゼロ
公共財

意図的に収集
(プラットフォーム化)
平準化検証、スマート
メンテナンス、JIP
Society 5.0

会員資格？公的資金？
匿名性、知財制度
成果配分ルール

自由貿易、内外無差別？
国産比率、国内産業育成、
地域振興への要請

自動的に収集
GAFA、ビッグデータ、AI
電力スマートメーター

個人情報保護
独占化への歯止め
新たなビジネス・革新

ご清聴ありがとうございました

