

# 風力発電の事業リスクと ステークホルダー・マネジメント

京都大学再生可能エネルギー経済学研究会

2018. 11. 13

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 風力発電の事業リスク(1)  
～計画から建設まで～
- 2 風力発電の事業リスク(2)  
～運転中から廃止まで～
- 3 公共部門・地域社会との調整・協調  
～海外での洋上風力促進事例及び事業リスク～
- 4 まとめ 及びエネルギー経済学研究への期待

# 風力発電の事業リスク(1)

## 開発リスク

風力発電事業は、着工に至るまでの開発における費用負担が大きく、  
所要期間も長い

	風力発電		太陽光発電
風況／日射量調査	2,000～5,000万円	2年以上	不要
環境アセス	1～2億円	3年以上	不要
建築基準法対応(大臣認定)	5,000万円～1億円	6ヶ月	不要

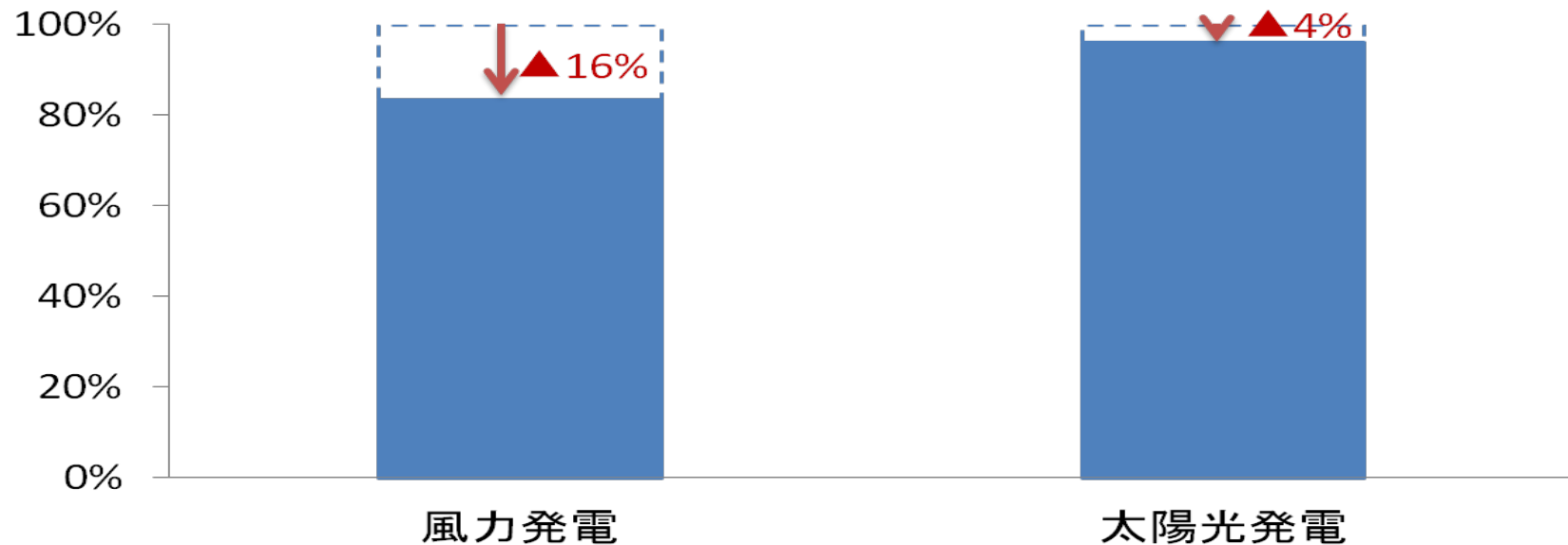
さらに、風力発電事業特有の事業変更・中止リスクも抱える

- \* 風況調査の結果、風速不足や乱流が明らかになる
- \* 開発規模によって、系統連系上の制約や費用負担を強いられる
- \* 環境アセスの結果、希少猛禽類の営巣地が発見される
- \* 景観問題などを理由に立地を断念する場合もある 等

風力発電は太陽光に比較してハイリスク → ハイリターン(FITでのIRR上も織込み)

# 風況リスク

発電事業FS調査における発電量下落リスク評価\*



風況による発電量(売上)の変動リスクは、日射量による変動リスクの4倍

\* 発電事業計画のFS調査における、P-50(超過確率50%)の予測発電量に対するP-90(超過確率90%)の予測発電量の割合。すなわち、上記の下落率を超えて発電量が低下する可能性が10%あることを示す。

# 乱流リスク

## ユーラスエナジー 新出雲ウインドファームでの経験

運転開始後、ブレードの損傷が発生  
(タワーに接触)  
特定方向からの風が山肌に当たって乱流  
を発生させていることが判明

地元への配慮等もあり“全ての”風車の  
運転を停止し点検  
他の風車の停止義務は無く事業者リスクに  
て運転は可能  
METI、Vestas社は“自己責任で判断を”  
(他のサイト、他企業の扱いは?)

さらに、風下に対するWakeの発生も確認  
試行錯誤で徐々に運転を再開

その後、九州大学が開発したソフトにより  
乱流の予測は可能に  
→立地上の必須確認事項



ユーラスエナジー 新出雲ウインドファーム

2009年4月運転開始  
Vestas社製 3MW x 26基 = 78MW

# 法規制

## 農地転用、保安林解除、文化財等

- これまで農地に設置された風力発電施設は、作業道の整備・観光客の誘致・売電収入のシェアなどで農業振興に貢献



Jパワー・郡山布引高原風力発電所(福島県)



ユーラスエナジー・釜石広域ウインドファーム(岩手県)

- しかし、現在のところ第一種農地の転用が認められず、風力発電事業を新規に行うことは不可能

農地転用に係る規制緩和により、**第一種農地**への風車設置を要望

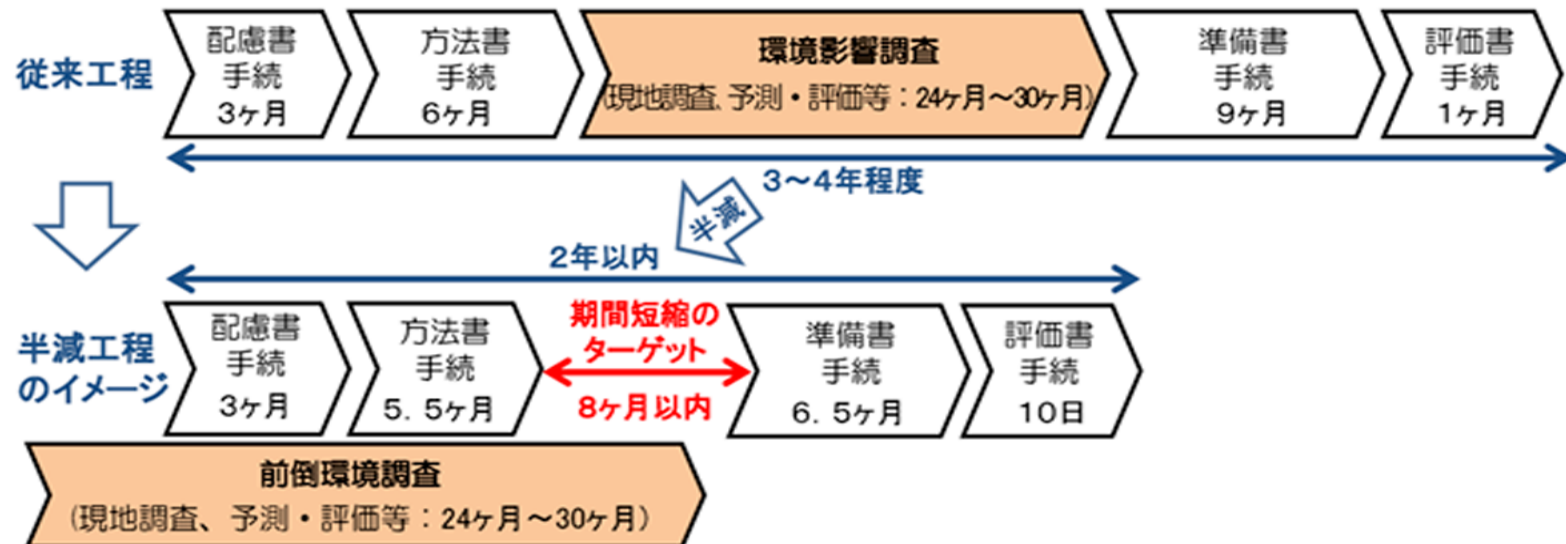


# 環境アセスメント

## 調査期間、経費の オーバーラン・リスク

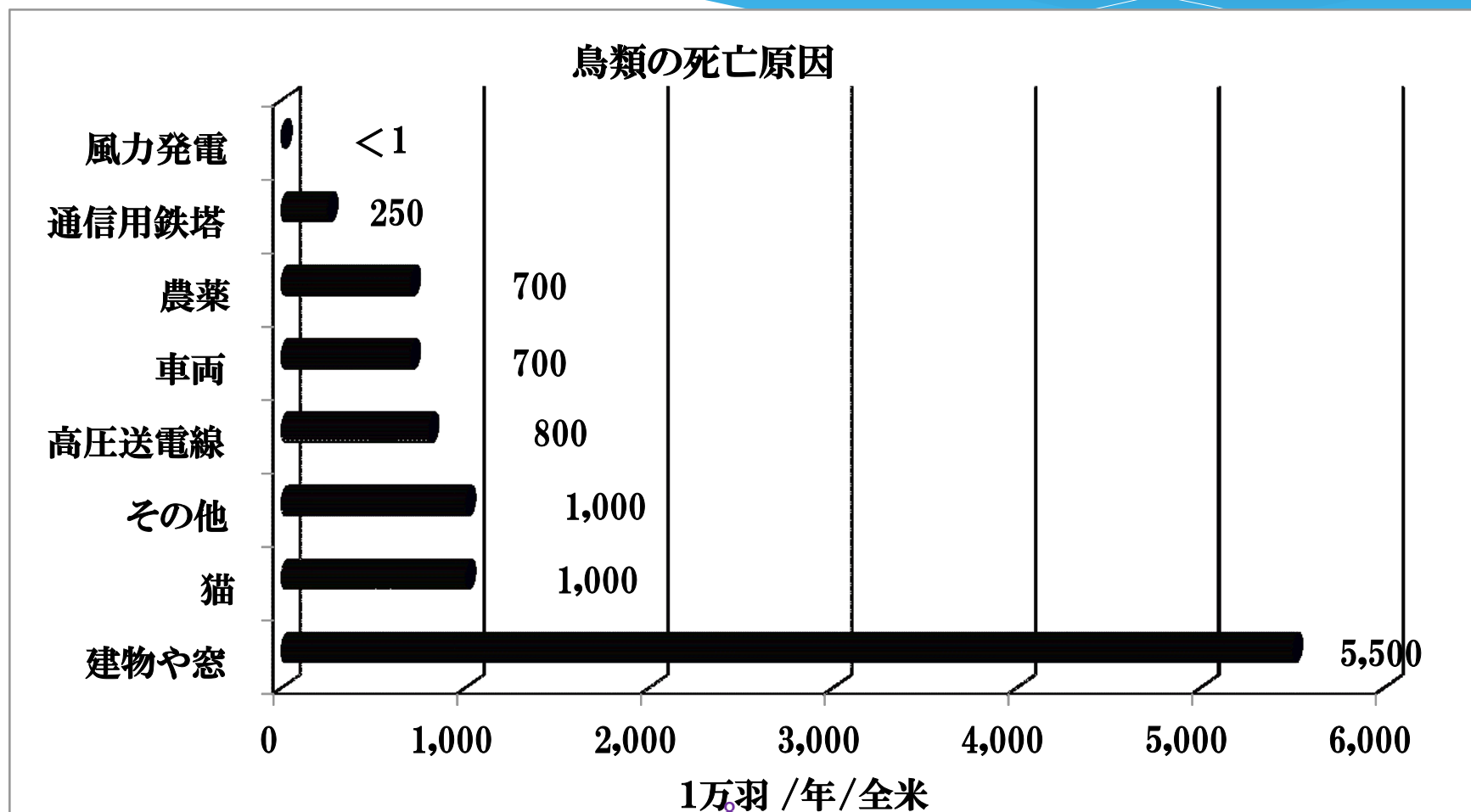
- \* 2012年のFIT導入と同時に、風力のみが法に基づく環境アセスの対象に（それまではNEDOガイドラインに基づく自主アセスを実施）
- \* そこまで何年かに渡って進められていた自主アセスの結果も全て反故に
- \* 調査項目も火力発電所並み多岐に

- \* 風力は太陽光に大きなハンディーを負い、開発は大幅に遅れ
- \* 海外に比較し、対象設備が多く、アセス期間も長い
- \* アセス期間半減を目指した取り組みが進行中（特に影響調査期間）



# バードストライク ①

確率としては極わずか  
飛翔ルートは事前に調査  
海外では確率による管理も



出典: Erickson et al., 2002



# バードストライク ②

## <鳥にまつわるクレーム>

- (1) 鳥が原告? (米国イリノイ州)
- (2) マニアックな愛鳥家 (稚内の白鳥、秋田のイヌワシ)
- (3) ライトアップは是か非か? (釜石) トキのような増殖は?
- (4) 何万匹のコウモリを保護? (米国ウイスコンシン州)
- (5) ユーラスは鳥の死骸を冷凍保存し、地元の公的機関に鑑定依頼



<稀少猛禽類>

←オオタカ

イヌワシ↓



# 景観をめぐる軋轢

ユーラスエナジー

新出雲ウインドファームでの経験

- (1) 日本野鳥の会のクレーム  
→バードストライクのリスク無し
- (2) 風車の“モニタージュ写真”(?! )を  
宍道湖温泉組合に持ち込み
- (3) 一部のマスコミも煽動(“古代の森”)
- (4) 出雲市側は、風車建設用工事道路  
の敷設による松枯れ病対策の進展を  
期待(島根原子力への反発も?)
- (5) 島根県環境委員会で審議の結果、  
建設位置の若干の変更により合意  
(経済性は低下)
- (6) 既存の看板、アンテナ等は容認
- (7) 建設中及び運転開始後も、地元の  
受け入れに向けた努力



夕陽百景 宍道湖 嫁ヶ島

# 電力システム改革と併行した系統面からの導入促進方策

資源エネルギー庁「電力システム改革小委」等でも、  
日本風力発電協会 (JWPA) として提言

## (1) 系統設備拡充・強化

- \* 北本連系を代表とする地域間連系線の新增設
- \* 風力資源が豊富な地域における地方系統強化 (SPC方式等)
- \* 系統側への蓄電池設置
- \* 広域運用組織への、風力導入促進を図る計画機能付与

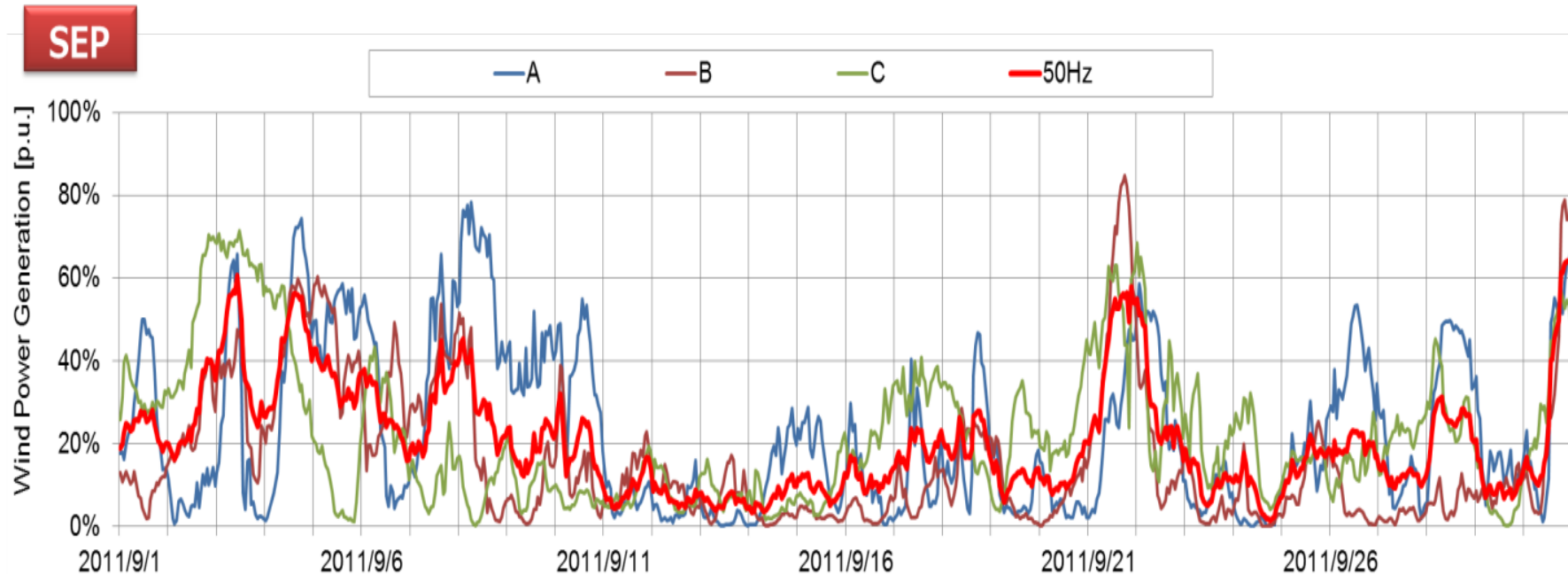
## (2) 既存設備の最大限の活用

- \* 優先給電・優先接続
- \* 受け入れ容量算定ルールの明確化 (“ベース電源”の評価等)
- \* ピーク時以外の設備活用 (出力抑制も含む)
- \* 送電線の情報公開
- \* 気象予測システム等の導入
- \* 風力発電の地域間平準化効果の織り込み→kW価値の評価

# 風力発電の平滑化効果 ～情報の収集コストと偏在性～

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

風力事業各社が運転実績を提供し、第三者機関(東大)が平滑化効果を集約  
→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)





# プロジェクト・ファイナンス組成

## ＜財務リスク＞

### ＜長所＞

- \* 多数の当事者によりリスク分担  
EPC、保険、売電契約(PPA)
- \* 銀行という第三者の視点から審査
- \* 借り手ではなくプロジェクト自体の信用力を評価
- \* レバレッジ効果  
事業資金の3割程度の出資で可
- \* オフバランス：出資比率50%未満

### ＜短所＞

- \* 経営自由度の束縛  
資産売却、配当、新たな借入れ
- \* 借り入れコストの上昇  
銀行間レート+1.5~3%
- \* 融資組成が複雑化  
銀行アップフロント：1%程度  
FA：0.5~2%
- \* テクニカルアドバイザー、デュー  
デiligence、弁護士等費用
- \* 組成時間：半年~1年

スポンサー サポートの負担  
企業規模や実績による評価  
デフォルト回避への重圧

# 機器故障リスク

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？

# 自然災害と人為ミス

## ユーラスエナジー 岩屋ウインドファームでの経験

- 2007年1月11日(月)早朝に低気圧が通過のため、前日夜から瞬間的には風速40mを超える風
- 11A基は発電機故障のため、マニュアル通りアイドル状態に設定
- 強風時はブレードのピッチを水平に保ち、空回りさせて風圧を回避
- ピッチ固定用ブロックが、取付け作業の不備により脱落
- 二重化されたピッチ固定機能の一方が破綻し、他方(油圧制御)も破損
- 結果として、2枚のブレードがファイン状態となり、定格の2倍の過回転が発生
- 設計容量を超える過重がかかり、タワーが基礎から倒壊(風速25.8mと推計)



ユーラスエナジー 岩屋ウインドファーム

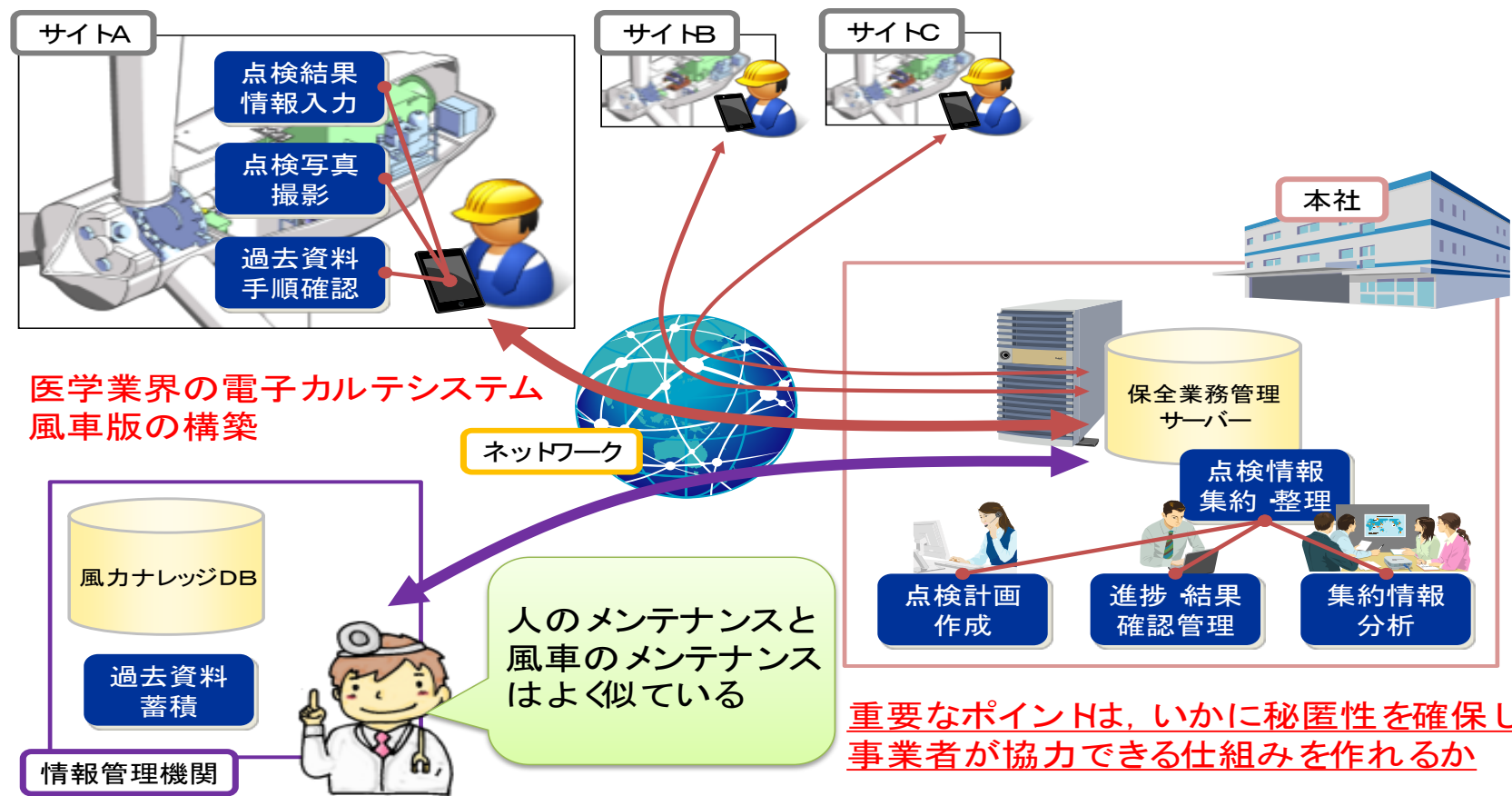
2001年11月運転開始  
Siemens社製 1.3MW x 25基 = 32.5MW



# 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  
→ 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

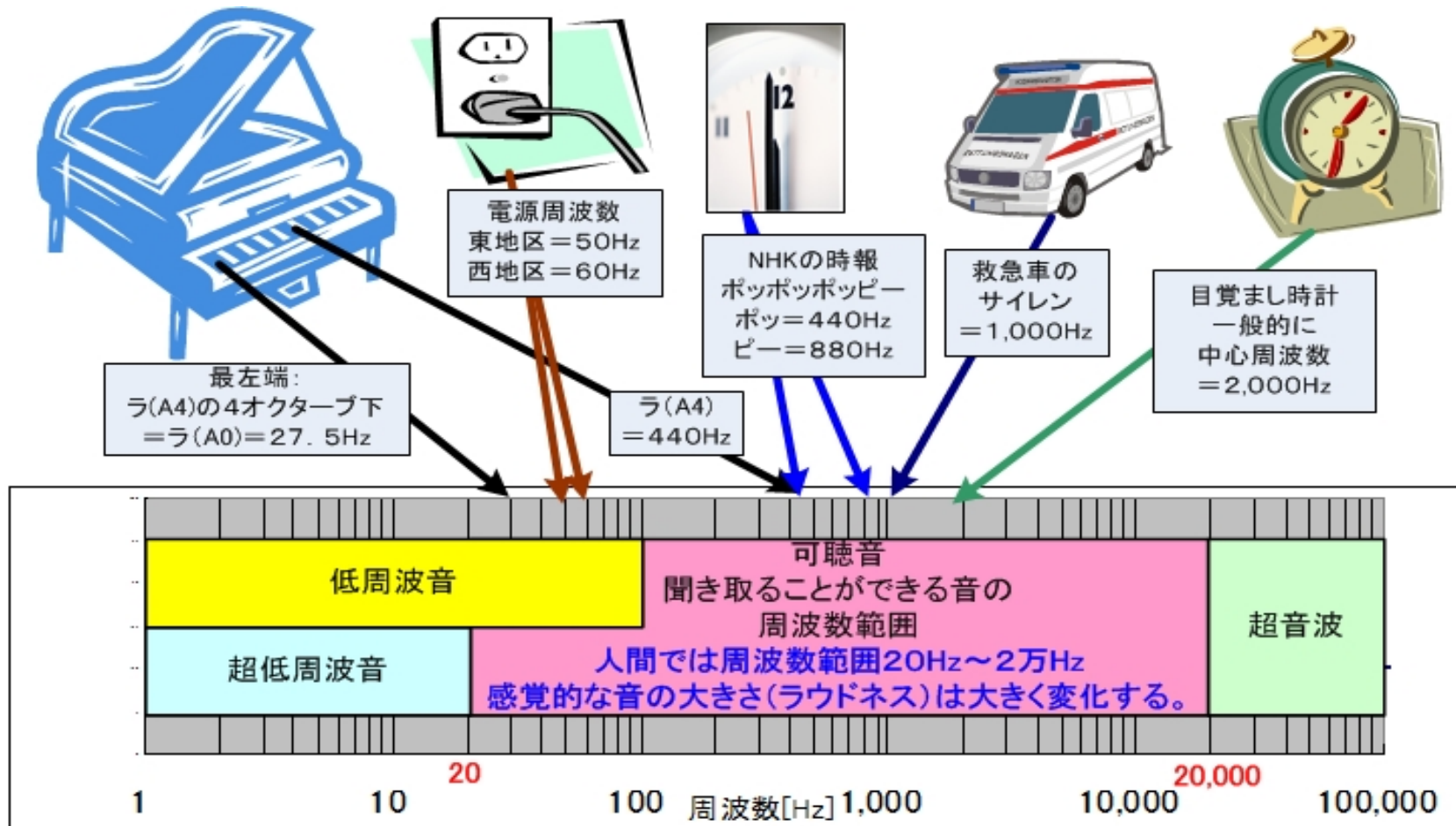


Proprietary and Confidential -Makoto IIDA, The Univ. of Tokyo-

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)

# 風力発電機の騒音

- \* ほとんどが「低周波音」ではなく「騒音」
- \* 実態把握と影響評価のための調査を実施中



# 地元の不安・期待と外部からの攪乱

## <音、景観、雷、etc.>

- \* 機械音と低周波 (青森、福島)
- \* 風車と魚影 (青森)
- \* 週末の都会住民の反対  
(スコットランド、豪州、愛媛)
- \* 風車から落雷? (徳島)
- \* 送電線反対の“民願” (韓国)
- \* No Pylon 運動 (英国)
- \* 風は誰のものか? (ノルウェー)

## <期待>

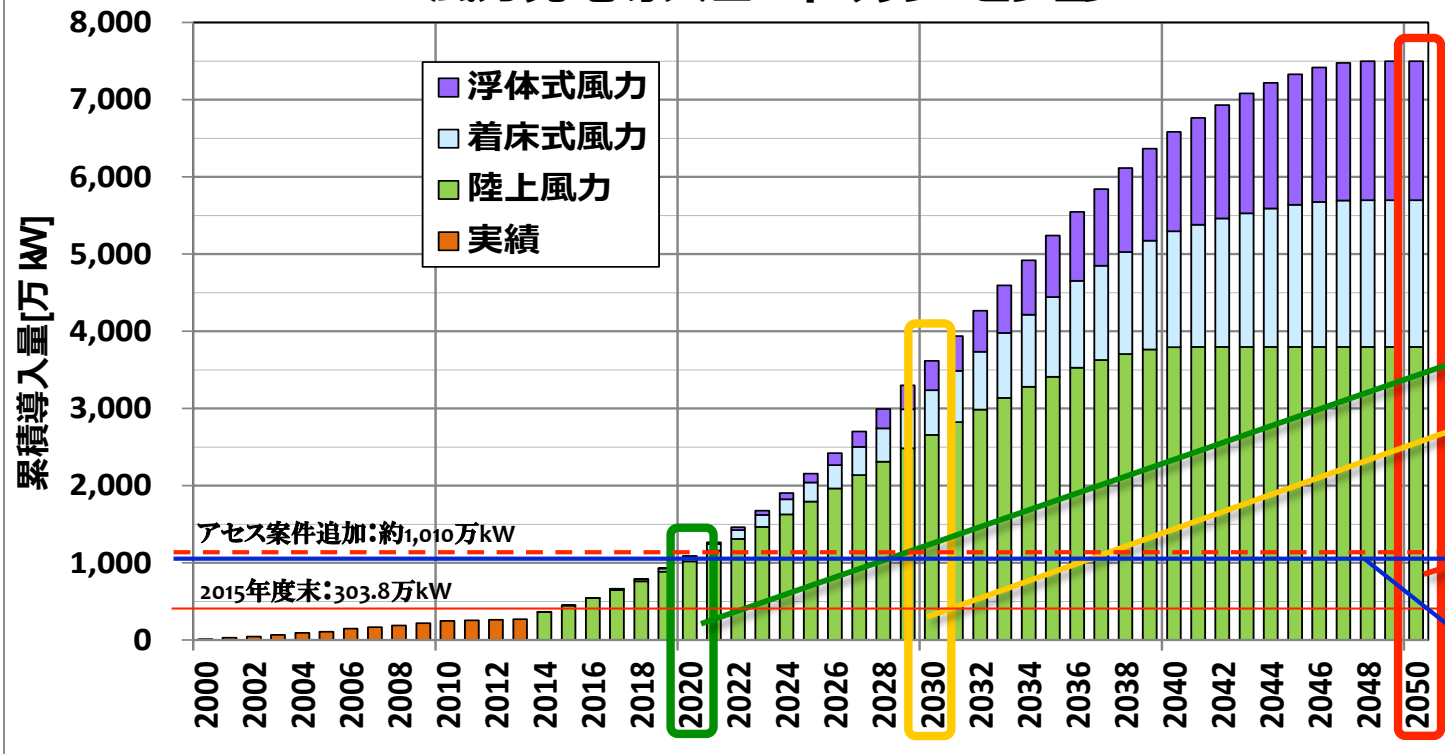
- \* 集客・観光地化の目玉  
(英国洋上、秋田等)
- \* 地代、地元還元
- \* 雇用、用船
- \* 税収、公共施設  
(道路、公園等)
- \* 事業永続への期待

# 日本風力発電協会の長期ビジョン

エネルギー基本計画を踏まえ長期エネルギー需給見通しで示された  
風力1,000万kWの導入目標は2020年以降早期に達成見込み

出所：日本風力発電協会

風力発電導入ロードマップ：ビジョン



年度	風力発電導入実績と導入目標値 [万kW]				発電電力量 [億kWh]
	合計	陸上	着床	浮体	
2010	248	245	3	0	43
2020	1,090	1,020	60	10	230
2030	3,620	2,660	580	380	840
2040	6,590	3,800	1,500	1,290	1,620
2050	7,500	3,800	1,900	1,800	1,880

国の風力発電導入見通し：1,000万kW  
(長期エネルギー需給見通し)

# ビジョン達成時の経済波及効果と雇用創出効果

累積導入量増加に伴い、運転・保守費と保険費が増大⇒運転・保守は、地元密着  
道路・基礎・建設工事費(コンクリートなど)、系統連系設備(電柱など)の約1/3は地元発注  
建設工事に係わる作業員の殆どは地元で雇用

年度	内訳	単位	合計	建設	運転・保守、保険
2020	総建設費、直接費	億円	6,140	4,980	1,160
	経済波及効果	億円	11,330	8,980	2,350
	雇用創出効果	千人	74	59	15
2030	総建設費、直接費	億円	16,350	10,090	6,260
	経済波及効果	億円	30,440	18,030	12,410
	雇用創出効果	千人	197	121	76
2050	総建設費、直接費	億円	22,810	8,110	14,700
	経済波及効果	億円	44,840	14,520	30,320
	雇用創出効果	千人	290	97	193

【2万kWの  
WF建設時】  
☆地元発注分  
約5億円  
約520人日

【陸上風力の  
定期点検】  
☆約5日/基・年  
☆約50基  
(10万kW)で  
定期点検のみ  
でも、専属チー  
ムが必要  
(10名程度)

上記は、地域間および地域内基幹送電線建設費、FIT関連費用などを含まない数値である。

出所：JWPA

# 廃止からリプレースまで

## 制度リスク

### <廃止時の扱い>

- \* 会計上もFIT算定上も、廃棄費用は織り込み済み。
- \* 陸上の場合、地中ケーブルは「埋め殺し」にするのが通例かつ経済合理的
- \* 洋上の場合、現状復帰の原則は非現実的(欧州の場合は基礎の一部を残置)
- \* 常磐沖では、海底ガス掘削設備を海底に残置した前例はあり(使用を継続しているとみなされ使用料を支払い)

### <リプレース時のルール>

- \* 2017年から、FIT上もリプレース価格を創設(同じ系統連系、同じ送変電設備、同じ地点)
- \* 同一地点で新設同様の環境アセスは必要か?
- \* 系統連系の権利継承は?  
(事業継続の実績に対する地元  
の信頼感を考慮すべき)



# 公共部門との調整・協調

## ＜公共政策との軋轢＞

- (1) 防衛政策との競合
  - ・ レーダーの回避(英国、稚内)
  - ・ 海軍演習と洋上風力(スウェーデン)
- (2) 制度変更のリスク
  - ・ 環境法と憲法(ギリシア)
  - ・ 既設も対象のFIT改訂(スペイン)
  - ・ 米国PTCの更新決定遅延
- (3) 地域貢献(ローカルコンテンツ等)を優先した立地受け入れ  
(スペインの送電枠の配分ルール)
- (4) 公園等の公共施設建設要請  
(釜石、出雲、福島、和歌山等)

## ＜公的部門からの支援＞

- (1) 保安林・国有林・防風林等の解除や使用に向けた支援  
(特区申請:鹿児島)
- (2) 農地転用への協力  
(北海道、盛岡等)
- (3) 建設費への助成  
(ノルウエー)
- (4) 地元還元(固定資産税)と減収(交付金)



# オランダの事例：風力の世界市場で出遅れ洋上風力に活路

国土面積(4.2万km<sup>2</sup>)、人口(1,700万人)はほぼ九州並み

従来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  
再生可能エネルギーの供給比率(2015年5%)を2023年に16%に上昇させる目標

→ その実現の鍵が洋上風力の導入(2023年時点で462万kW)

＜洋上風力では英国が世界市場の1/3以上を占め独走、オランダが急増＞

洋上風力発電導入量の世界ランキング (2017年末)

洋上		洋上風力	世界シェア	伸び率	洋上/風力合計の比率	風力合計	風力合計	世界シェア	伸び率
順位		MW	%	%	%	順位	MW	%	%
1	英国	6,836	36.3	32.6	36.2	6	18,872	3.5	29.2
2	ドイツ	5,355	28.5	30.4	9.5	3	56,132	10.4	12.2
3	中国	2,788	14.8	71.4	1.5	1	188,392	34.9	11.7
4	デンマーク	1,271	6.8	0.0	23.2	14	5,476	1.0	4.7
5	オランダ	1,118	5.9	0.0	25.8	17	4,341	0.8	0.3
6	ベルギー	877	4.7	23.2	30.8	22	2,843	0.5	19.6
7	スウェーデン	202	1.1	0.0	3.0	12	6,691	1.2	3.0
8	ベトナム	99	0.5	0.0	50.3	-	197	0.0	23.9
9	フィンランド	92	0.5	187.5	4.4	25	2,071	0.4	34.6
10	日本	65	0.3	8.3	1.9	19	3,400	0.6	5.3
	世界計	18,814	100.0	29.9	3.0		539,123	100.0	10.6

(出所) GWEC年次報告書より作成

# 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

<2017年末の洋上風力設備>

稼働中: 112万kW(7件)

Gemini ⇨ 三菱商事も参画

<2023年目標>

+350万kW=462万kW

70万kW枠の入札を2016~  
2019年に5回実施  
→標準化によるコストダウン

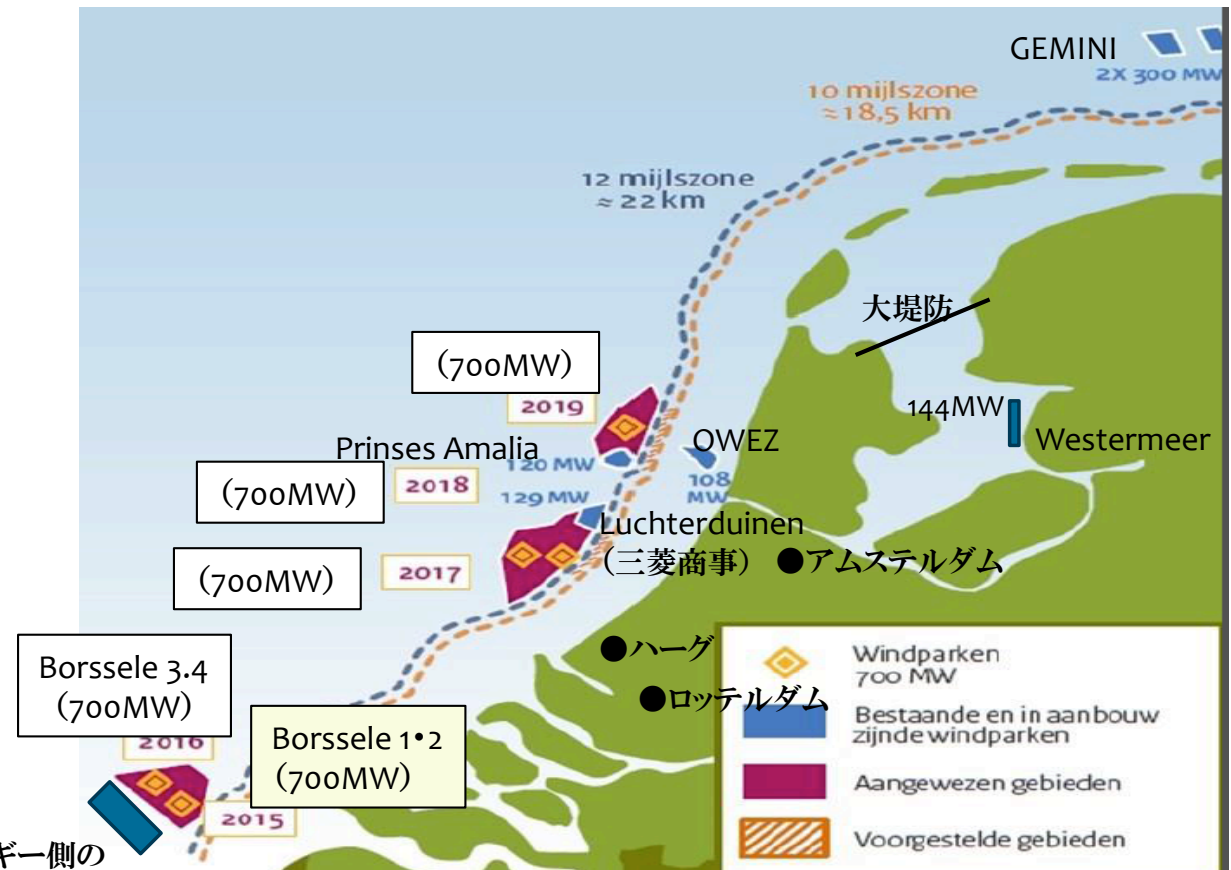
基礎データ(地質、環境、技術)を開示  
→入札価格で評価

入札条件:自己資金比率(10%+)、銀行保証、5年以内の建設完了、設計仕様等

2016年の第1回入札は€7.27、  
2017年は€5.45 << 上限€12.4)

ベルギー側の  
開発海域  
(住友商事参画)

オランダの洋上風力の入札予定海域(2016~2019年入札)



(出所) WIND MINDS社資料より 野村リサーチ・アンド・アドバイザー作成

# 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)

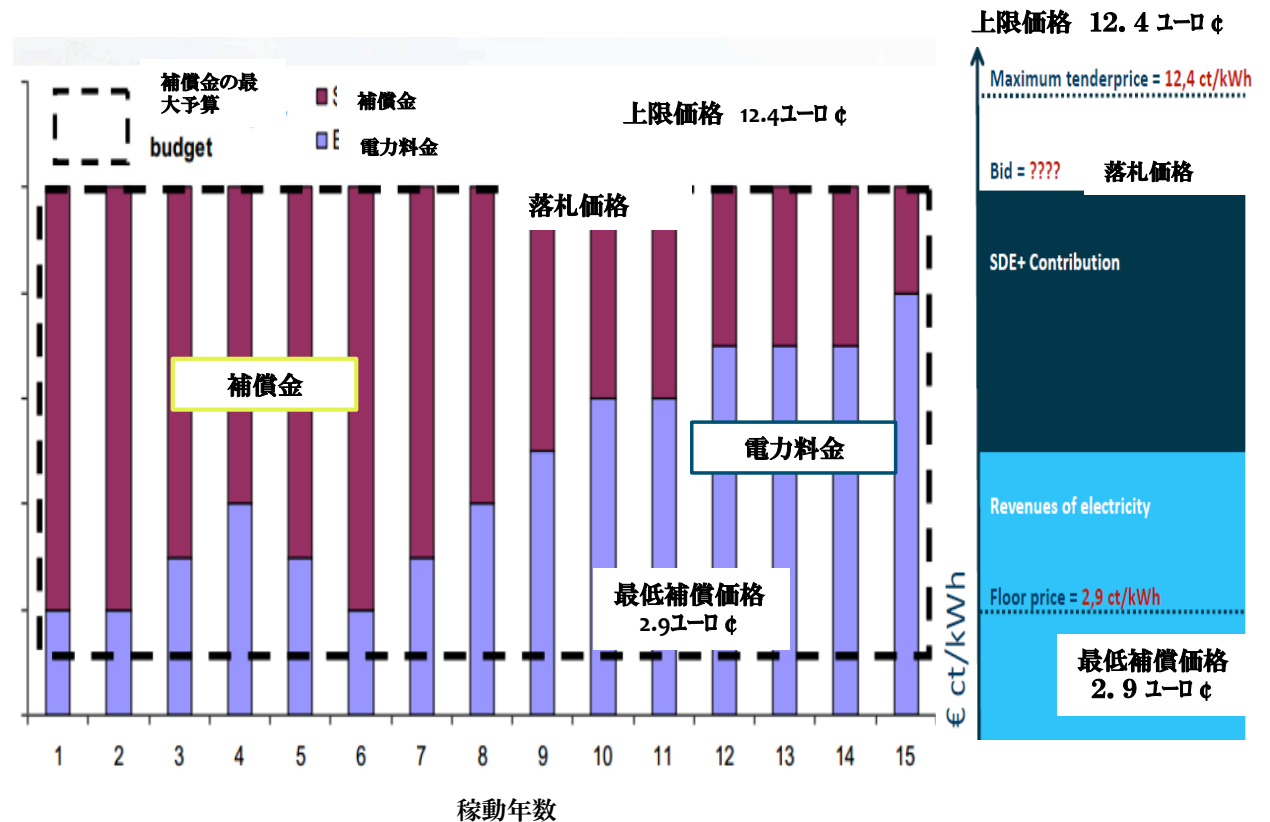
オランダのSDE+制度のイメージ  
(2016年入札案件の事例)

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



(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

# オランダ風力発電産業の強み

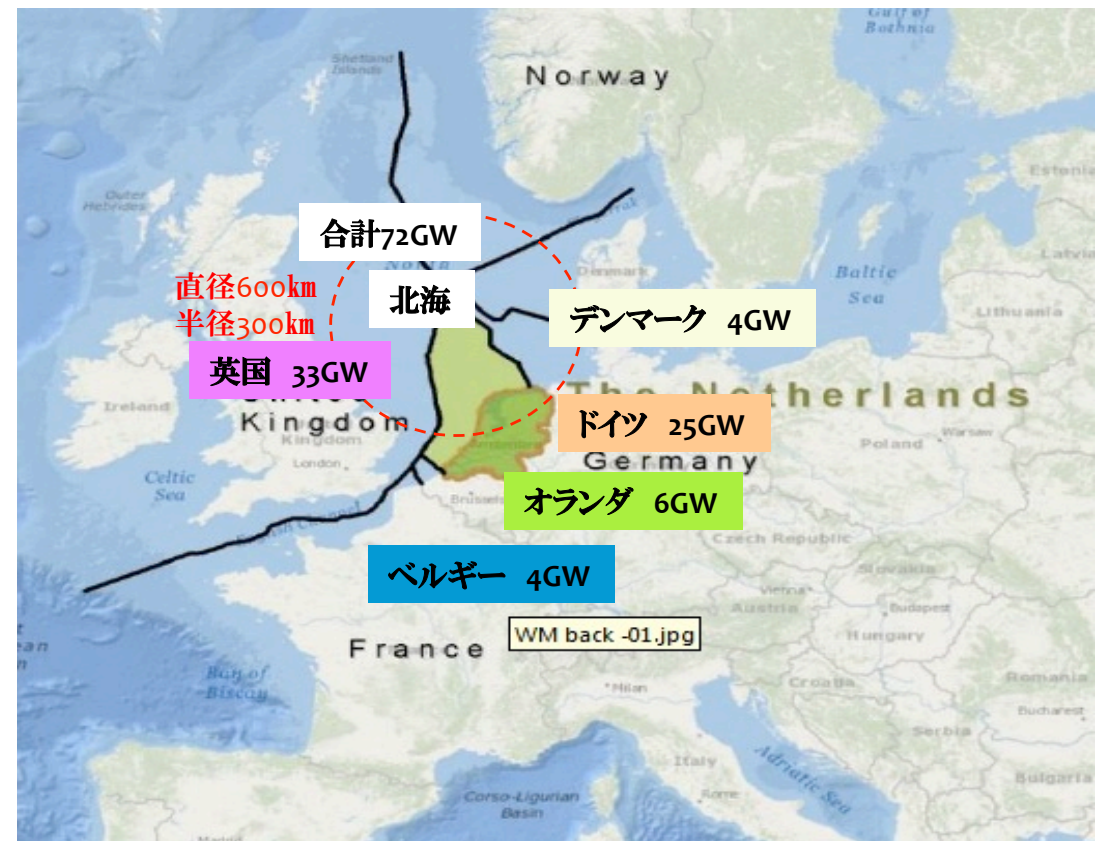
## ＜北海は一つの巨大市場＞

- \* 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・海運を核とした周辺産業

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

<Westermeer: 2016年完成>  
陸上: 7.6MWx38基=289MW  
“洋上”: 3MWx43基=129MW



# 専門特化したユニークな企業群

ブレード、係留アンカー、アクセス橋等も

モノパイル打設用ハンマー  
(Royal IHC社)



安全訓練  
(Falck社:受講者は年間2万人で業界トップ)



2枚翼風車(2B Energy社)



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。

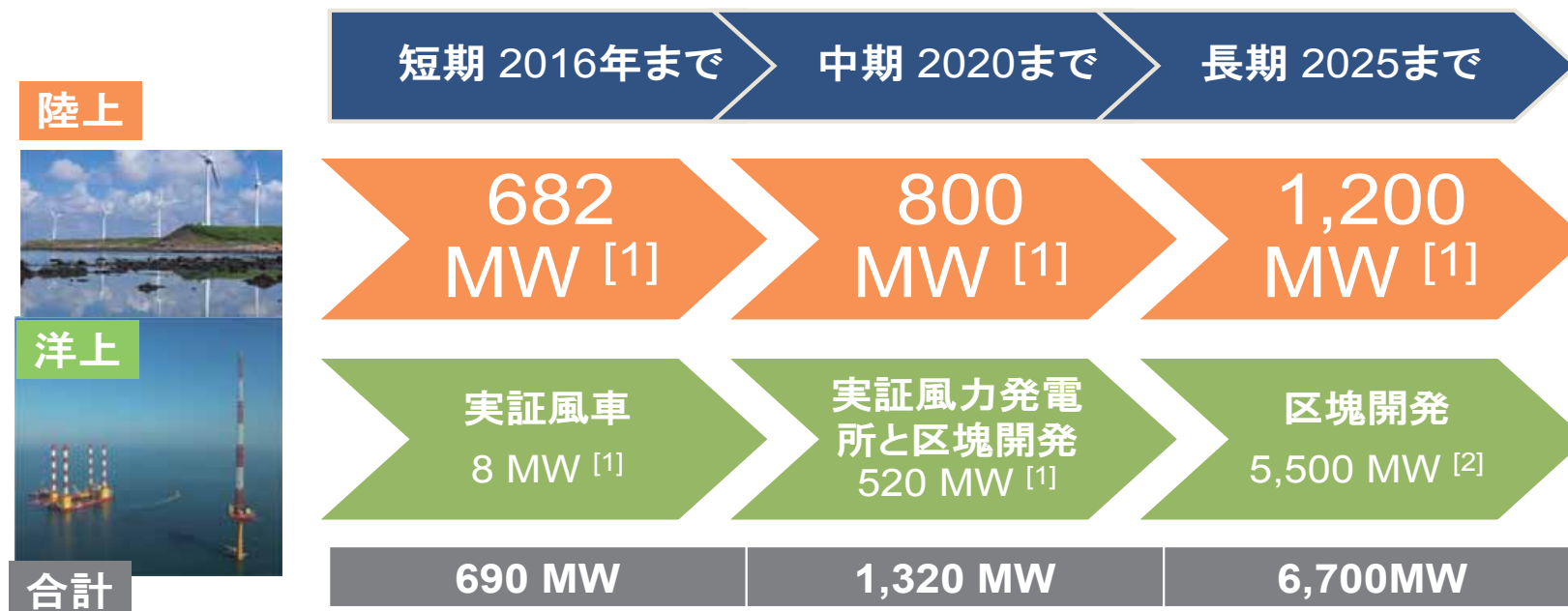
# 台湾における風力拡大政策

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

## 台湾の原発と稼働期限

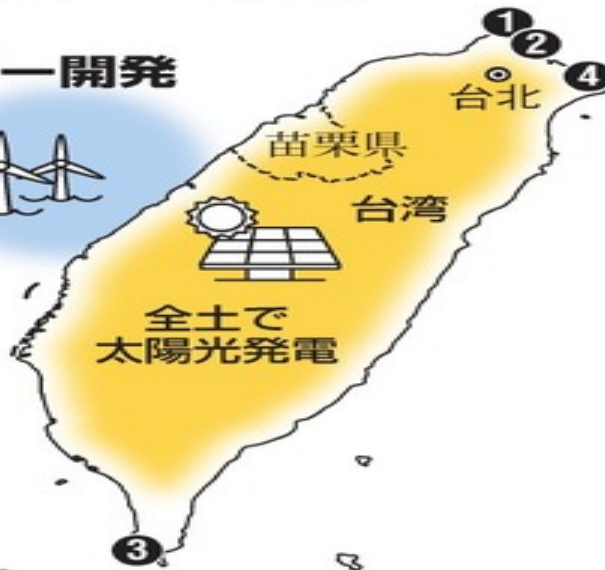
① 第1原発 (新北市)	1号機	18年12月
	2号機	19年 7月
② 第2原発 (新北市)	1号機	21年12月
	2号機	23年 3月
③ 第3原発 (屏東県)	1号機	24年 7月
	2号機	25年 5月
④ 第4原発 (新北市)	未稼働	

## 再生エネルギー開発

台湾海峡で  
洋上風力発電



全土で  
太陽光発電



## 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=旧Dong Energy)等が次々参入

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?

# 欧州巨大電力による再エネ投資拡大

特に洋上風力は相応の企業規模とリスク体験が不可欠

## 産業競争力・技術革新

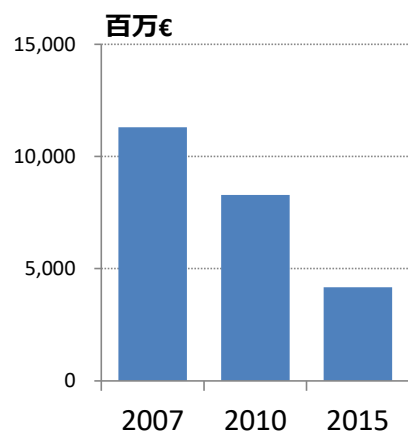
38

- グローバル市場においては大規模な電力会社が再エネに積極的な投資を実施。
- 一方で、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やディマンドレ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、再エネと複合的な技術の組み合わせが必要。

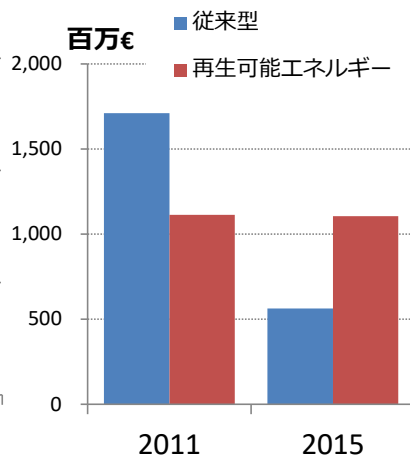
### E.ON (ドイツ)

- 総投資額は2007年から減少。
- 一方、発電分野別では、再生可能エネルギーが、従来型発電所向け投資を逆転。

#### 総投資額



#### 発電分野別 投資額

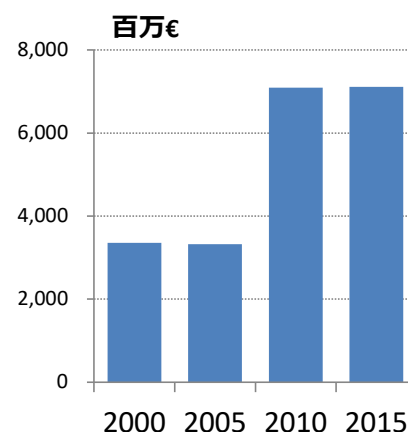


(出典) E.ON Annual Report 各年版、E.ON Capital Market Story (2016)

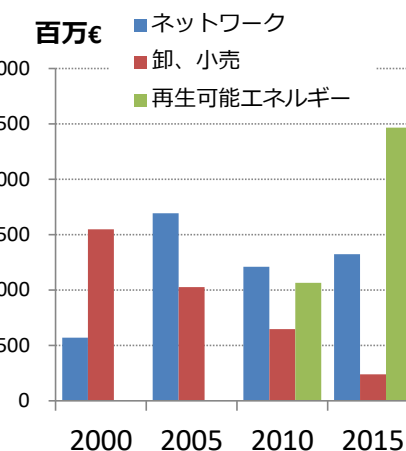
### Enel (イタリア)

- 総投資額は2005年からは大幅増。
- 事業別では、卸・小売から再生可能エネルギーへ大きく転換。

#### 総投資額



#### 事業分野別 投資額



(出典) Enel, Annual Report 各年版、Capital Markets Day Strategic Plan (2016-19)



# 欧州市場での経験継承によるリスク回避

## 日系企業の欧州洋上風力進出状況

欧州プロジェクトへの参加意欲は高まり、着実に参画の実績を積み重ねつつある。  
政府系金融機関（JBIC/JDB）が強力に支援。

**Marubeni**

<b>Westermost Rough</b>	
Country	UK
Owner	DONG, Marubeni, etc.
Installation year	2015
Number of turbines	35
Turbine type	SWT6.0-154
MW:	210

<b>Gunfreet Sands</b>	
Country	UK
Owner	DONG, Marubeni+DBJ
Installation year	2010
Number of turbines	48
Turbine type	SWT3.6-107
MW:	173

**POWER Kansai Electric Power**

<b>Triton Knoll</b>	
Country	UK
Owner	Innogy, J-Power, Kansai Electric Power
Installation year	2021
Number of turbines	90
Turbine type	V164-9.5 MW
MW:	~860

**Mitsubishi Corporation**

<b>Moray Firth East</b>	
Country	UK
Owner	ENGIE, EDPR & DGE(MC)
Installation year	2022
Number of turbines	100
Turbine type	V164-9.5 MW
MW:	950

<b>Norther</b>	
Country	Belgium
Owner	Eneco, Elicio N.V. & DGE(MC)
Installation year	2019
Number of turbines	Not disclosed
Turbine type	V164-8.0 MW
MW:	370

<b>Luchterduinen</b>	
Country	Neitherland
Owner	Eneco & DGE(MC)
Installation year	2015
Number of turbines	43
Turbine type	V112-3.0 MW
MW:	129

<b>Borssele III &amp; IV</b>	
Country	Netherlands
Owner	Shell, Van Oord, Eneco & DGE(MC)
Installation year	Not disclosed
Number of turbines	Not disclosed
Turbine type	V164-8.0 MW
MW:	2 x 340

<b>Galoper (Under construction)</b>	
Country	UK
Owner	Innogy, Sumitomo, etc.
Installation year	2018
Number of turbines	56
Turbine type	SWT6.0-154
MW:	336

<b>Northwester 2</b>	
Country	Belgium
Owner	Parkwind Sumitomo
Installation year	2019
Number of turbines	23
Turbine type	V164-9.5 MW
MW:	224

<b>Belwind</b>	
Country	Belgium
Owner	Belwind N.V.
Installation year	2010
Number of turbines	55
Turbine type	V90-3.0 MW
MW:	165

<b>Northwind</b>	
Country	Belgium
Owner	Northwind NV
Installation year	2014
Number of turbines	72
Turbine type	V112-3.0 MW
MW:	216

<b>Nobelwind</b>	
Country	Belgium
Owner	Nobelwind
Installation year	2016-17
Number of turbines	50
Turbine type	V112-3.3 MW
MW:	165

<b>Butendiek</b>	
Country	Germany
Owner	WPD, Itochu, etc.
Installation year	2015
Number of turbines	80
Turbine type	SWT3.6-120
MW:	288

**Sumitomo Corporation**

**ITOCHU**

# まとめ

- (1) 風力発電は多くの事業リスクを長期間抱えている(太陽光発電と比べ)。
- (2) 事業者は事業リスクを回避するために適切なリスク管理を進めているが、場合によって業界全体での協力も有効である。
- (3) 事業リスク回避の上で、地元・地域社会との協調は絶対条件であるが、公共部門との調整も大きな課題である。
- (4) 現在は何らかの政府支援策を受けて拡大している国がほとんどであり(価格以外にも、制度設計、規制緩和、技術開発支援等)、その枠組みが変更されるリスクは大きい。その反面、制度が変更される際には大きなビジネスチャンスが到来する可能性もある。
- (5) 今後の日本での風力開発を展望するにあたっては、国際市場を念頭に置いた戦略が必要である(自国産業育成と輸入とのバランス等)。
- (6) 特に、洋上風力の場合は、事業規模が巨大となっており、一定の企業規模の確保や国際連携などによるリスク回避が求められる。



# エネルギー分野は研究対象の宝庫

企業経済学	リスク管理、ポートフォリオ理論、保険、在庫管理
行動経済学	エネルギーの消費行動(価格弾力性、環境価値)
厚生経済学	公共財、外部経済・不経済、情報の偏在性、市場の失敗
産業組織論	電力供給体制、ネットワーク理論、市場と内部組織の経済学 産業政策と幼稚産業(技術開発戦略、呼び水政策)
マクロ経済学	環境税制、市場と所得分配、計画か市場か
国際経済学	温暖化防止、途上国開発支援
計量経済学	ミクロ～マクロ

# エネルギーの多様性と多面性

## (1) エネルギーと環境の複合関係

- \* 牛肉、トウモロコシ、バイオ燃料
- \* イワシとタイ・マグロ養殖
- \* 牛乳パック回収と使い捨て容器
- \* 天然素材石鹼と熱帯雨林
- \* 山火事と消火

## (2) エネルギーを考える視点

- \* コスト、効率性
- \* 環境価値
- \* エネルギー安全保障
- \* 政府か市場か
- \* 中央集権か地方分散か
- \* 生産者と消費者
- \* ネットワーク産業
- \* 商業化・ビジネスモデル

# エネルギー経済学研究への期待

## ＜実務と学界の連結＞

理論と現実  
演繹と帰納  
シカゴ 対ハーバード

小さな政府 対 大きな政府  
共和党 対 民主党  
市場メカニズムへの信頼度  
(オイルショック、賃金下方硬直性)

制度設計と2次3次波及効果  
比較静学と動学  
因果関係と相関関係

## ＜テーマ例＞

エネルギー源別の真の発電コストと  
最適エネルギーミックスは？  
(Integrated cost、 System cost)

再エネコストの将来予測  
(習熟曲線、規模の経済、市場競争)

ネットワーク産業の最適組織設計  
(入札、市場メカニズムは万能か？)

エネルギーに関する消費者行動  
(環境価値、価格シグナル)



ご静聴ありがとうございました