市民エネルギー生駒
再生可能エネルギー
のための連続講座

2015年12月5日(土)
@南コミュニティー
センター

日本の再生可能エネルギー政策はこれでいいの？

～世界の中の日本の立ち位置とあるべき将来の姿～

関西大学システム理工学部　安 田　陽

自己紹介

- 所属
  - 関西大学 システム理工学部 電気電子情報工学科 准教授
  - 専門分野: 風力発電の耐雷設計、系統連系問題
    （雷から風車を守る）（風車をたくさんつなぐ）
- 社会貢献
  - 日本風力エネルギー学会 理事
  - 電気学会 風力発電システムの雷リスクマネジメント調査専門委員会 委員長
  - Expert Member of IEA Wind Task 25 (風力大量導入時の系統運用)
  - Expert Members of IEC/TC88/MT24 (風車耐雷設計)

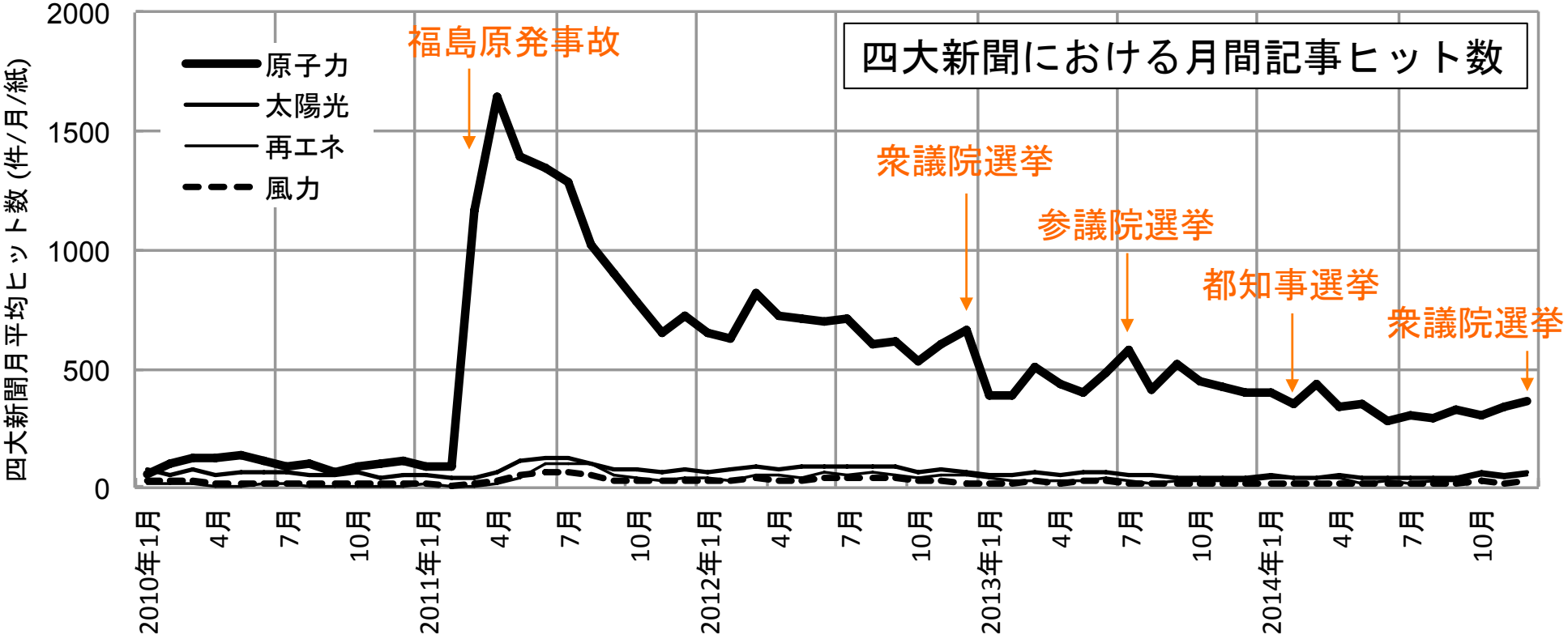
目　次

- 1. はじめに
  - 世界の中での日本の立ち位置
- 2. 再エネにまつわる誤解と神話
  - 再エネはコストが高くて国際競争力が失われる？
  - 日本は連系線が少ないから再エネが入らない？
  - 再エネの変動を抑えるには蓄電池が必要？
- 3. 世界で何が起こっているか？
  - 電源構成のドラスティックな変革
  - 再エネを起爆剤とした積極的な系統拡張
  - 電力自由化と再エネにも公平な市場設計
- 4. まとめ

本講演を貫く(もうひとつの)テーマ

- 日本は「インテリジェンス」ができているのか？
  - インテリジェンス
    ＝ 偏りのない情報収集 ＋ 多角的な情報分析
- 日本と世界の情報ギャップ
  - 言語の壁
  - 専門家不足
  - 多様性の欠如
  - 国民の無関心
  - ジャーナリズム精神の減退
  - グローバル化への準備不足
- エネルギー問題・電力問題も同じ (むしろより深刻)。

再エネを語らない日本



(出典) 安田: 世界の常識としての再生可能エネルギー, 世界, 5月号, pp.138-147 (2015)

再エネの系統連系問題

- 「技術的な問題の99%は、解決することができる」(T. アッカーマン氏)
- WebRonza:「自然エネの接続中断は、経済的な理由だ」2015年1月7日掲載

購読のご案内 | ログイン | 朝日新聞 DIGITAL

明日をひらく、多様な言論の広場

WEBRONZA

7628 本の記事が読み放題 | 文字サイズ 小 中 大 | マイコンテンツ

WEBRONZAとは？ | よくある質問 | お問い合わせ | エネルギー | 検索

政治・国際 | 経済・雇用 | 社会・スポーツ | 科学・環境 | 文化・エンタメ | Global Press | Journalism

科学政策 | 科学者論 | テクノロジー | 基礎科学 | 宇宙 | 生命・医療 | 原発 | 地球環境 | 生態系 | 自然史・進化 | 地震・災害 | 脳・認知科学 | 情報

いいね！ 1769 | フォローする

WEBRONZA > 科学・環境 > 記事一覧 > 記事

テーマ 自然エネ、再び冬の時代か

科学・環境

「自然エネの接続中断は、経済的な理由だ」

再生エネ拡大による電力系統問題に詳しいアッカーマン博士に聞く

石井徹

エネルギー | 原子力 | 原発 2015年01月07日

ツイート | おすすめ | シェア 0 | B! 1 | G+1 0 | 印刷

日本の自然エネルギー（再生可能エネルギー）をめぐる状況が混乱している。電力各社は昨秋、突然、自然エネの接続協議を中断すると発表。年末に国の審議会（系統ワーキンググループ）で、「導入（接続）可能量」を出してきたが、基本的に原発事故前の考えや制度に基づく自然エネに冷たい数値だった。

経済産業省は、審議会の検討結果に基づく自然エネの固定価格買い取り制度（FIT）の見直し案について、1月9日までパブリックコメントを募集している。

ドイツを拠点とする自然エネのコンサルタント会社のCEOで、欧米の電力系統問題に詳しいトマス・アッカーマン博士が昨秋、来日したのを機に、どうすれば日本の自然エネがもっと増えるのかを聞いた。

トマス・アッカーマン博士

トマス・アッカーマン（Thomas Ackermann） 自然エネルギーのコンサルタント会社・EnergynauticsのCEO兼共同創設者。ドイツ、スウェーデン、デンマーク、米国などの風力発電業界および電力業界での業務経験をもつ。現在、ストックホルム王立科学院（スウェーデン）およびドイツのダルムシュタット工科

・大学・公共図書館で高いシェア
明治の創刊から今日まで膨大な記事と紙面、写真を網羅
信頼される朝日新聞社のデータベースで
あなたの もっと知りたい！ をサポート
聞蔵Ⅱビジュアル

編集部のおすすめ

佐藤優、教養を語る
「文庫・新書」で知的体力を強化する方法とは

最新ランキング | 週間ランキング

1 パリ同時多発テロの特殊性。銃撃と自爆が一…
川上泰徳

2 空自のF－35は中国が導入するSu－35…
清谷信一

3 [3]日本の憲法原理にとって最悪の敵は安…
長谷部恭男

4 ザ・ワイルドワンズが加瀬邦彦氏追悼コンサ…
薄雲鈴代

5 与党歴13年で広がる学会員との距離
御厨貴（東京大学名誉教授）

もっと見る

本日の参考文献

- Thomas Ackermann編著
  日本風力エネルギー学会訳
  「風力発電導入のための電力系統工学」
  オーム社 (2013, 11)
  - 横書き・約1,000ページ，研究者向け
  - 32,400円

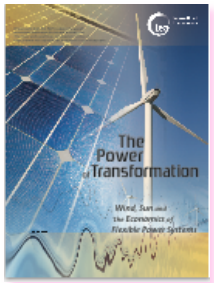
- 安田 陽:
  「日本の知らない風力発電の実力」
  オーム社 (2013, 11),
  - 縦書き・約200ページ，一般向け
  - 1,512円

欧州の言説

- 欧州の電力系統に連系できる風力発電の量を決めるのは、技術的・実務的制約よりも、むしろ経済的・法制的枠組みである。
- 風力発電は今日すでに、大規模電力系統では深刻な技術的・実務的問題が発生することなく電力需要の20%までを占めることができると一般に見なされている。
- 20%以上というさらに高い導入率のためには、電力系統および風力発電を受け入れるための運用方法における変革が必要である。

(出典) EWEA:「風力発電の系統連系 ～欧州の最前線～」, 2009

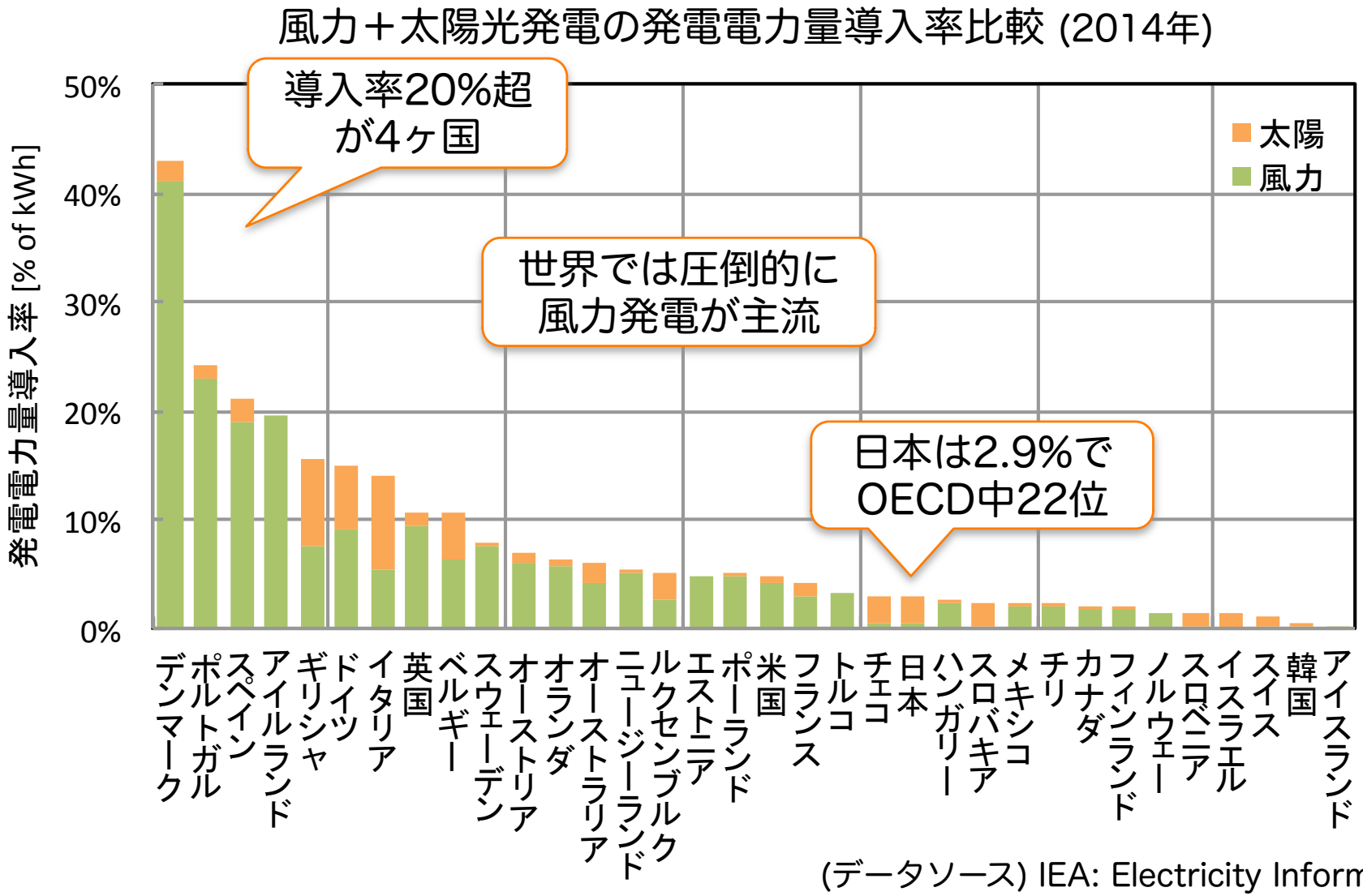
世界の論調



- VER（変動する再エネ電源）の低いシェアにおいて(5～10%)、電力システムの運用は、大きな技術的課題ではない。
- 現在の電力システムの柔軟性の水準を仮定すると、技術的観点から年間発電電力量の 25～40%のVREシェアを達成できる。
- 従来の見方では、電力システムが持ち得る全ての対策を考慮せずに、風力発電と太陽光発電を増加させようとしてきた。この“伝統的”な考え方では、重要な点を見落とす可能性がある。

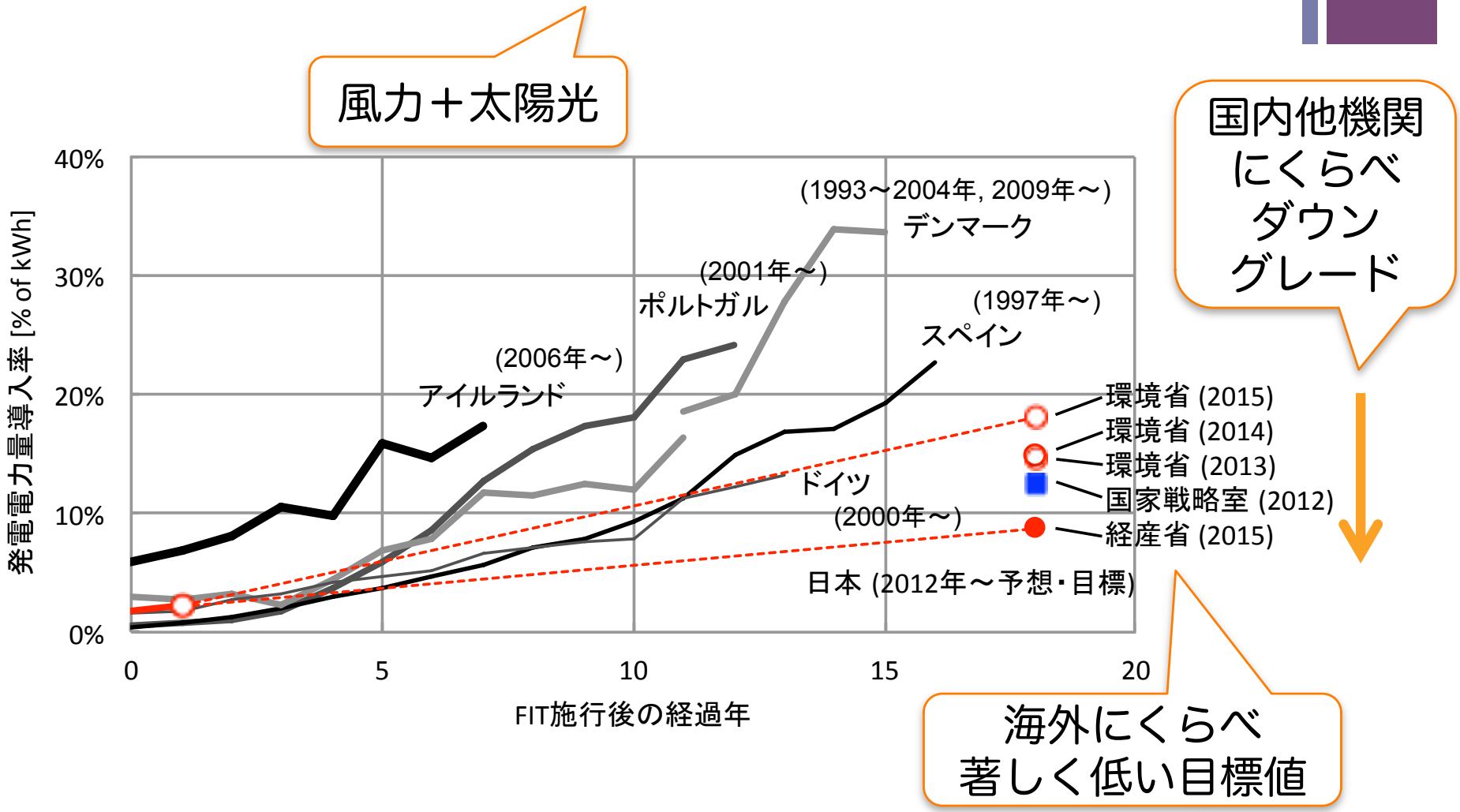
(出典) IEA:「電力の変革」, 2014
http://www.nedo.go.jp/library/denryoku_henkaku.html

世界の中での日本の立ち位置



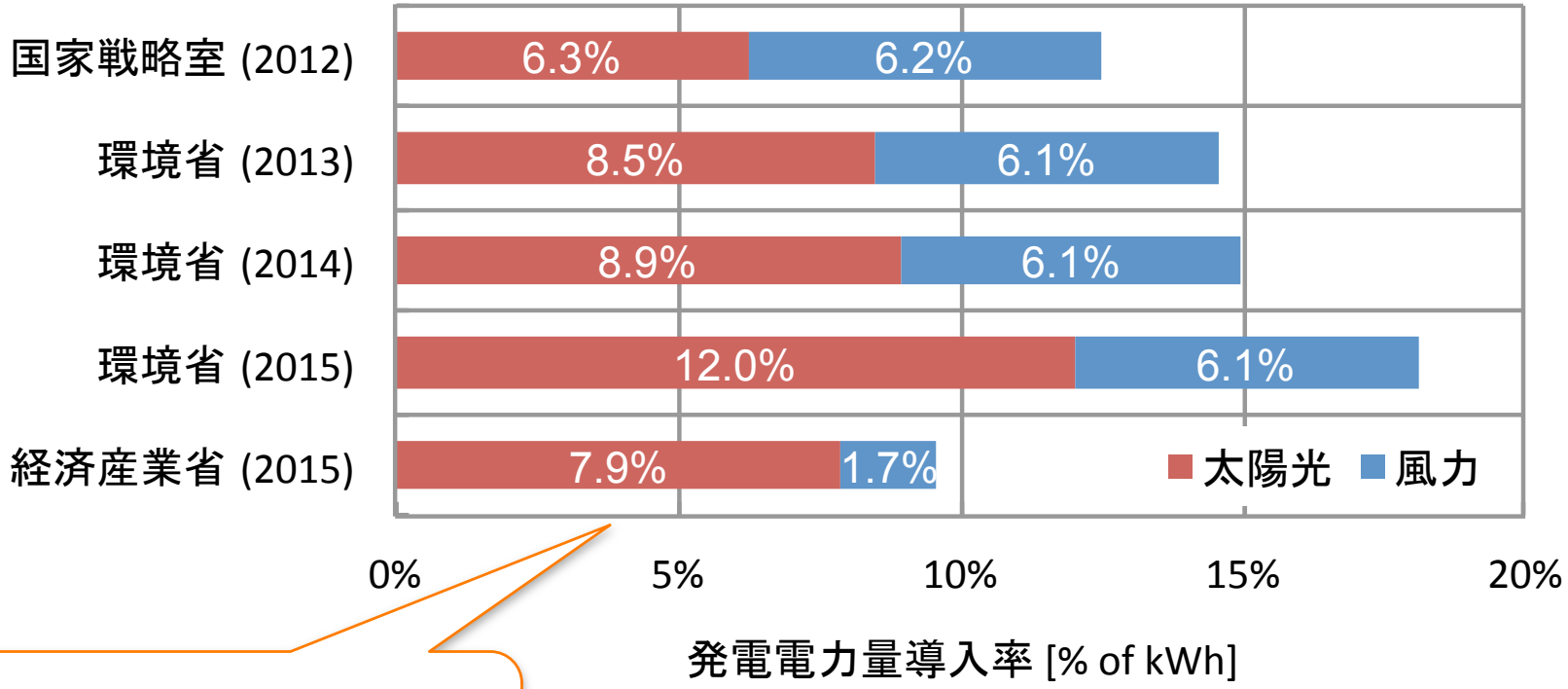
(データソース) IEA: Electricity Information 2015

FIT施行後の変動性再エネ (VRE) の動向



(初出) 安田:「日本に再エネの志はありや？」， 環境ビジネスオンライン2015年5月25日号

FIT施行後の変動性再エネ (VRE) の動向



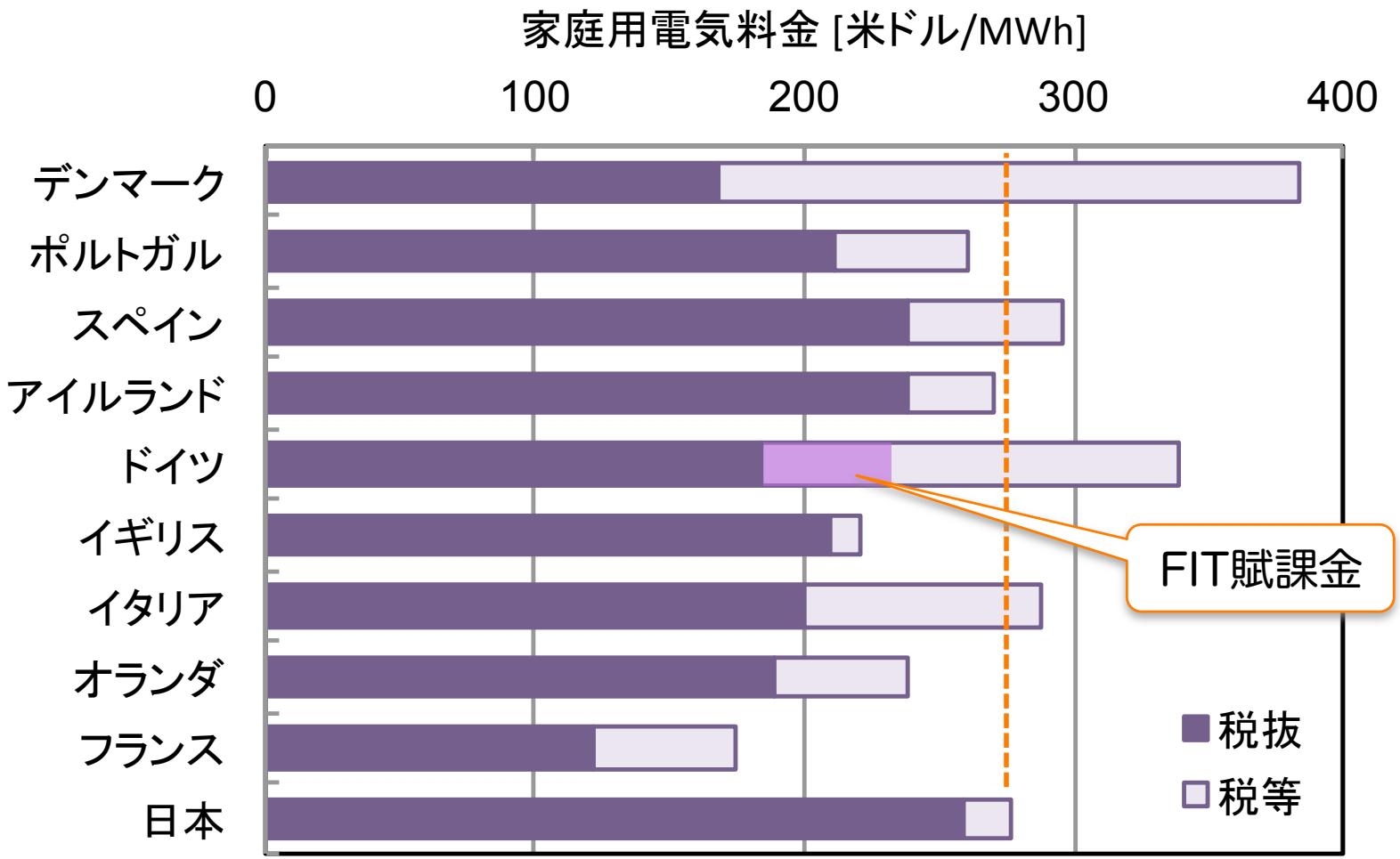
国内他機関にくらべ
大幅ダウングレード

(初出) 安田:「日本に再エネの志はありや？」， 環境ビジネスオンライン2015年5月25日号

目　次

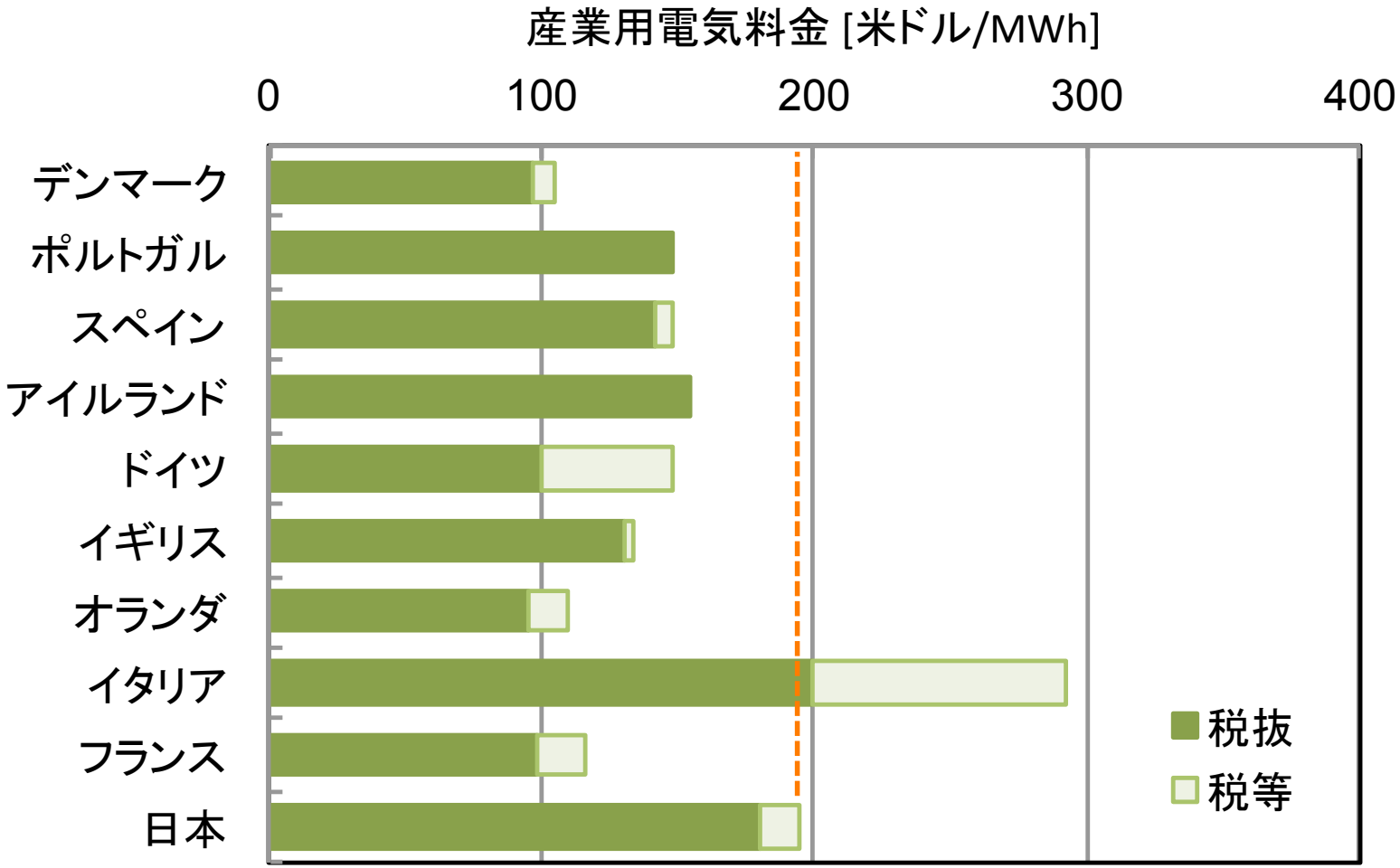
- 1. はじめに
  - 世界の中での日本の立ち位置
- 2. 再エネにまつわる誤解と神話
  - 再エネはコストが高くて国際競争力が失われる？
  - 日本は連系線が少ないから再エネが入らない？
  - 再エネの変動を抑えるには蓄電池が必要？
- 3. 世界で何が起こっているか？
  - 電源構成のドラスティックな変革
  - 再エネを起爆剤とした積極的な系統拡張
  - 電力自由化と再エネにも公平な市場設計
- 4. まとめ

家庭用電気料金比較



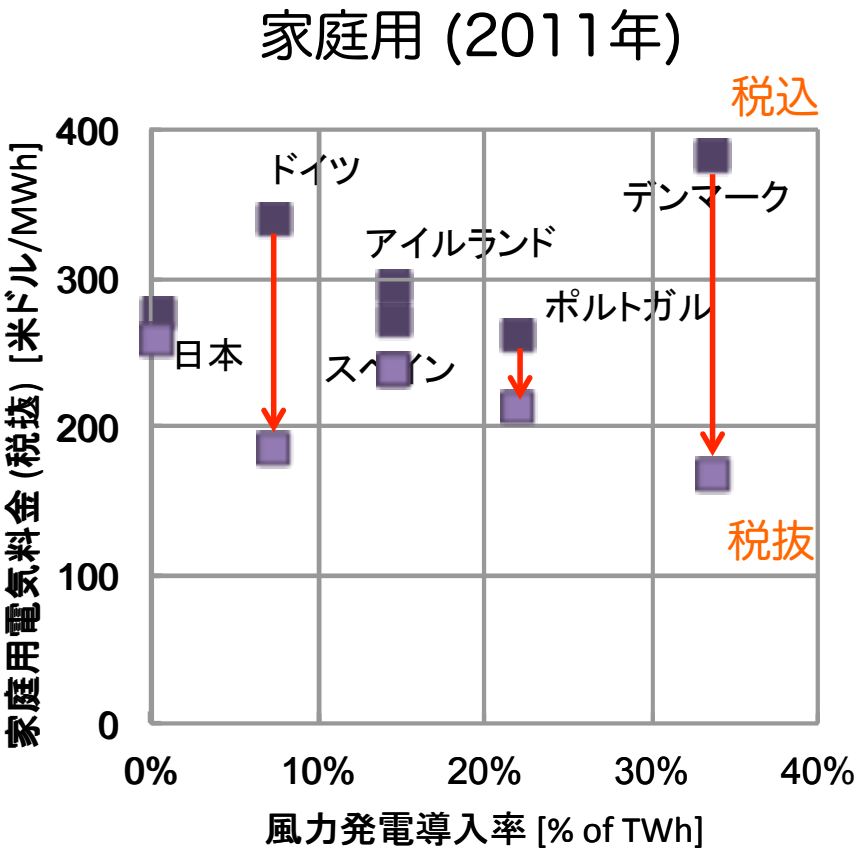
(出典) 安田:「風力発電導入率と電気料金の相関性国際比較」, 風力エネルギー利用シンポジウム, 2013

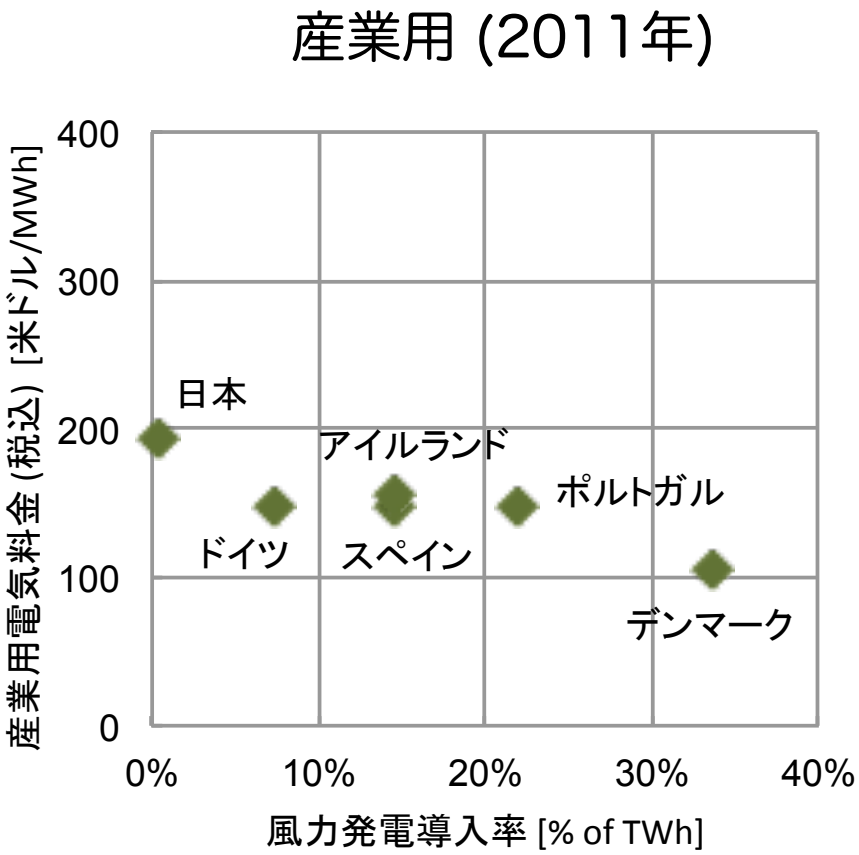
産業用電気料金比較



(出典) 安田:「風力発電導入率と電気料金の相関性国際比較」, 風力エネルギー利用シンポジウム, 2013

風力発電が増えても電気料金は上がるとは言えない

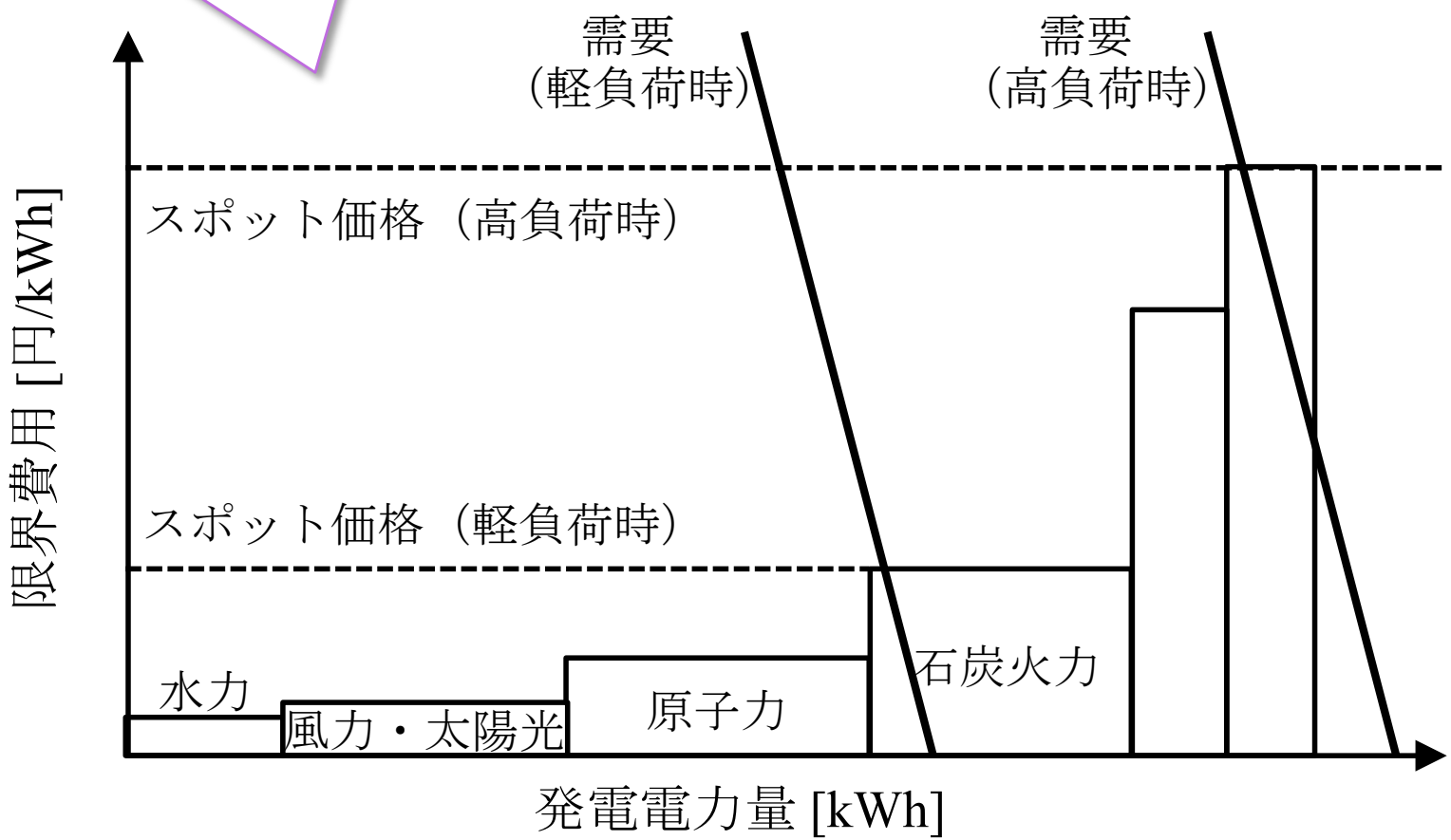




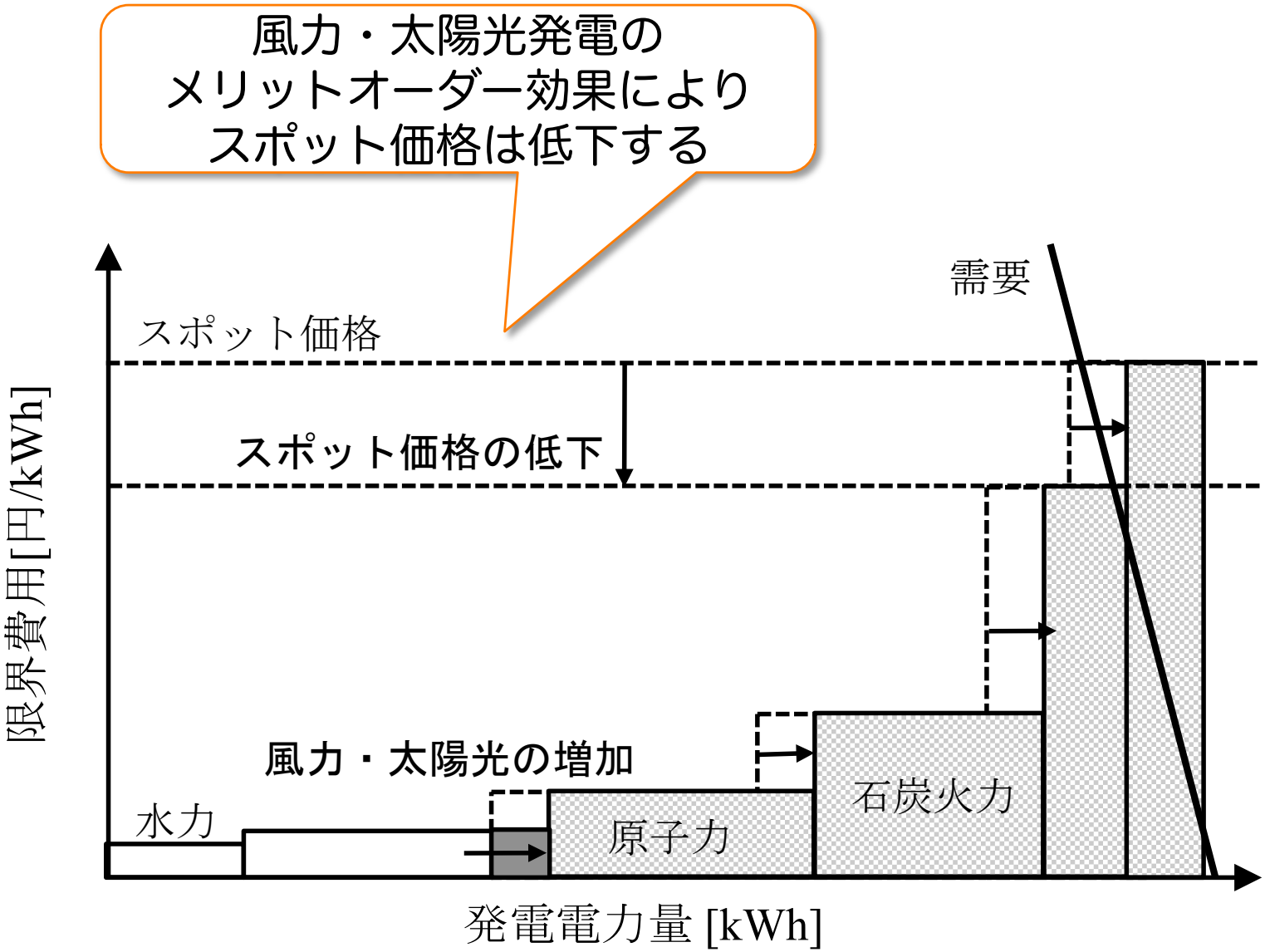
(データソース) IEA: Electrical Information 2013 および Energy Prices & Taxes, 2013

メリットオーダー曲線による説明

メリットオーダー曲線では
風力・太陽光は
石炭火力・原子力より優先

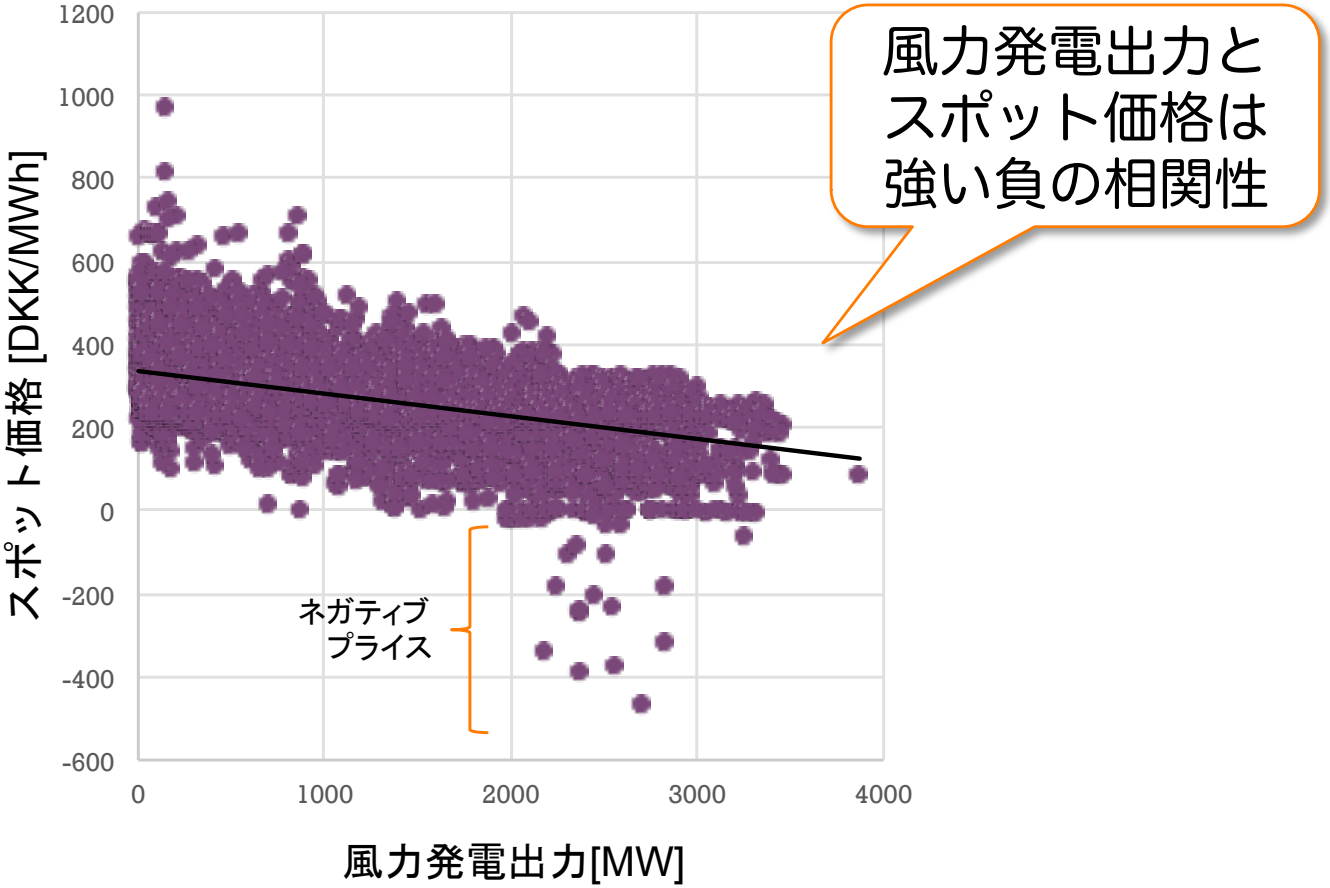


メリットオーダー曲線による説明



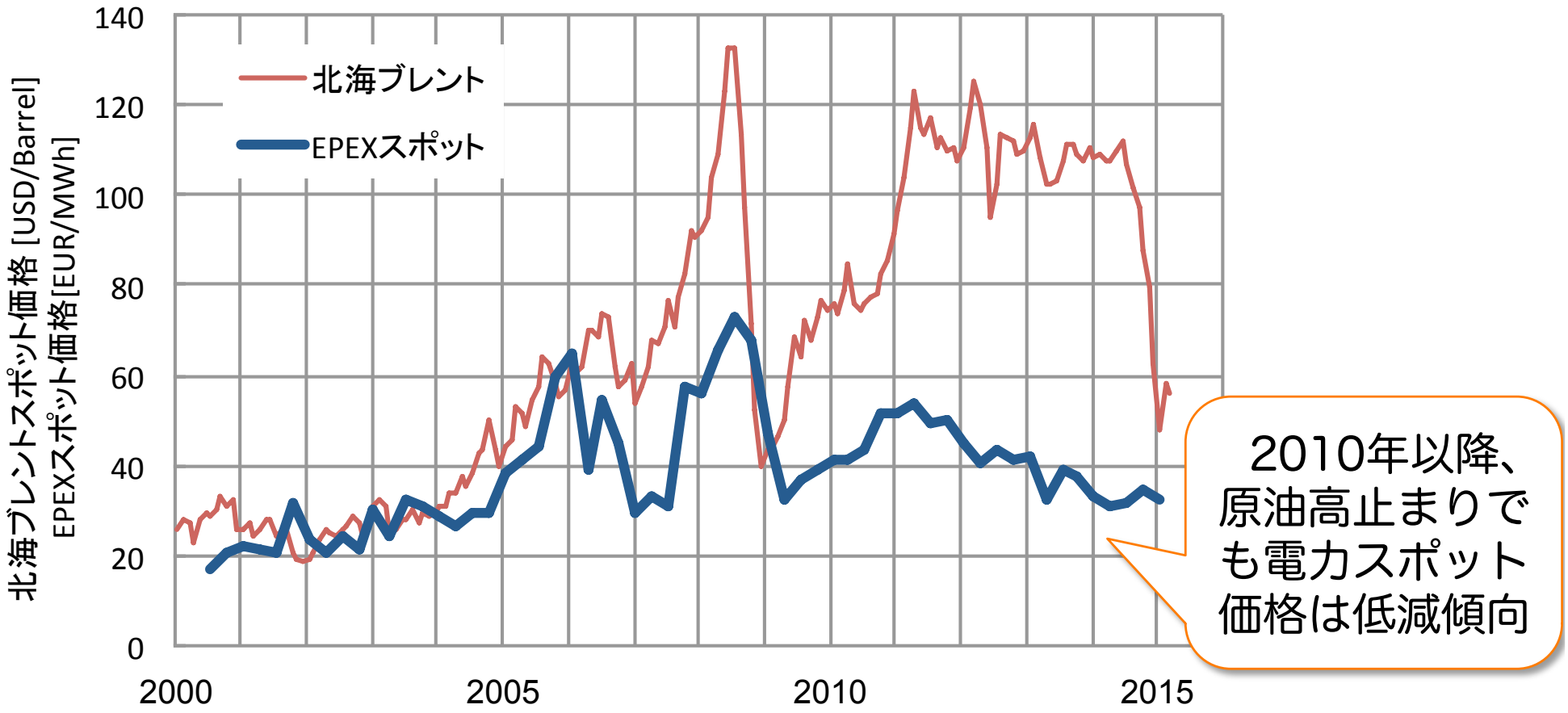
風力発電の大量導入による スポット価格の低下の実例

(デンマーク西部系統, 2013年12月)



(データソース) Energinet.dk: Download of market data (2014)より筆者作成

北海原油および欧州電力市場のスポット価格の推移



（データソース）U.S. Energy Information Administration (EIA): Petroleum & other liquid および European Power Exchange (EPEX): KWK Price より筆者作成

連系線に関する誤解と神話

- よくある誤解と神話
  - 海外(特に欧州)では国際連系線が豊富
    - ⇒ だから風力発電が大量導入されている
  - 日本は国際連系線がない。
    会社間連系線も少ない。
    - ⇒ だから日本には風力を入れる余地はない
- この誤解は電力の専門家ほど陥り易い(?)

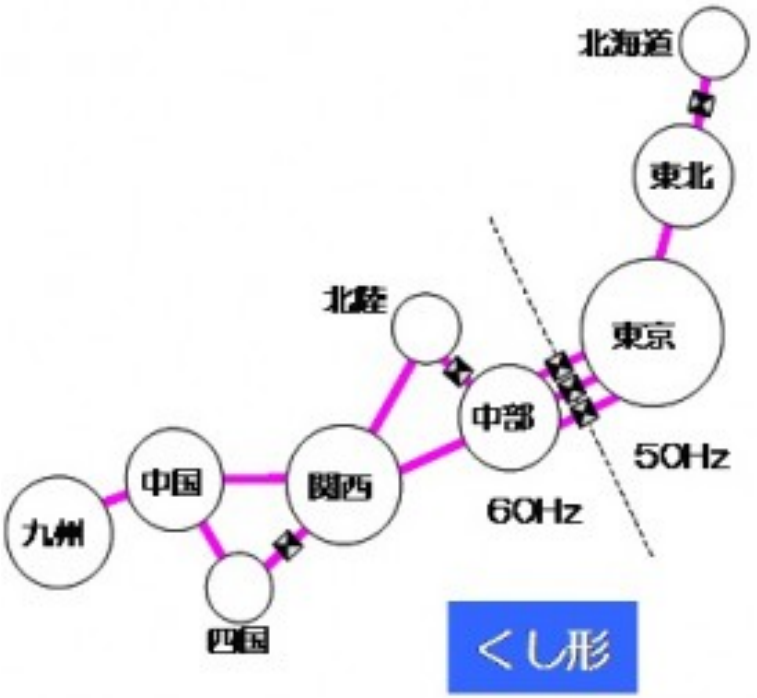
風力発電と電力系統の誤解と神話

- 「欧州は連系線が豊富なので風力に向く」
  「日本は連系線が少ないので風力はムリ」?!

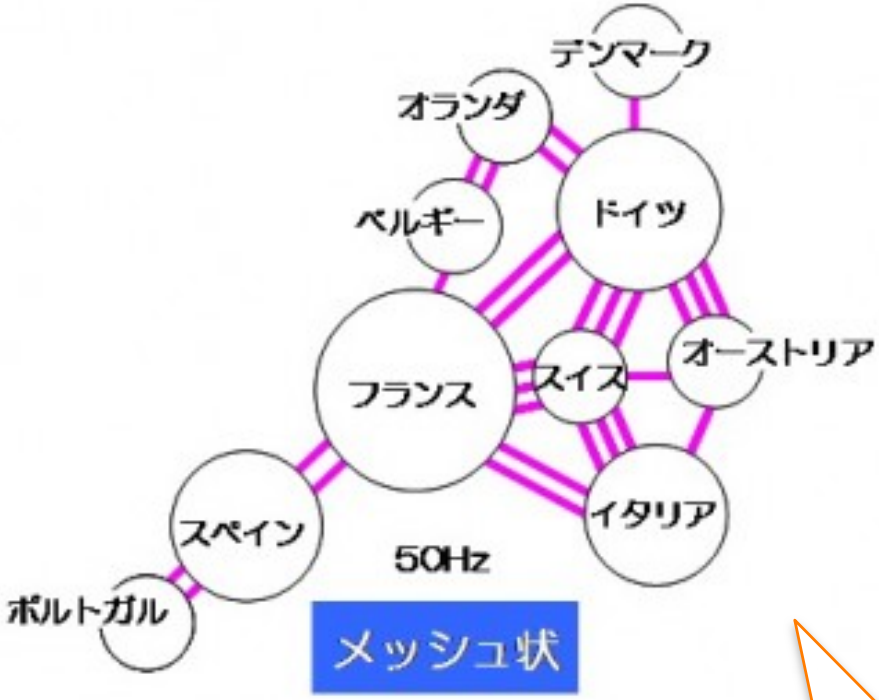
- 欧州
  - デンマーク、ドイツは国際連系線を豊富に持つ。
  - アイルランド、スペイン、ポルトガルなど、連系線が少ないところでも風力は大量導入されている。
- 日本
  - 北海道や東北に会社間連系線は「少ない」のか？
  - 連系線は本当に「余裕がない」のか？

日本と欧州の電力系統比較

(誤解を生みやすい図の例)



日本の地域連系

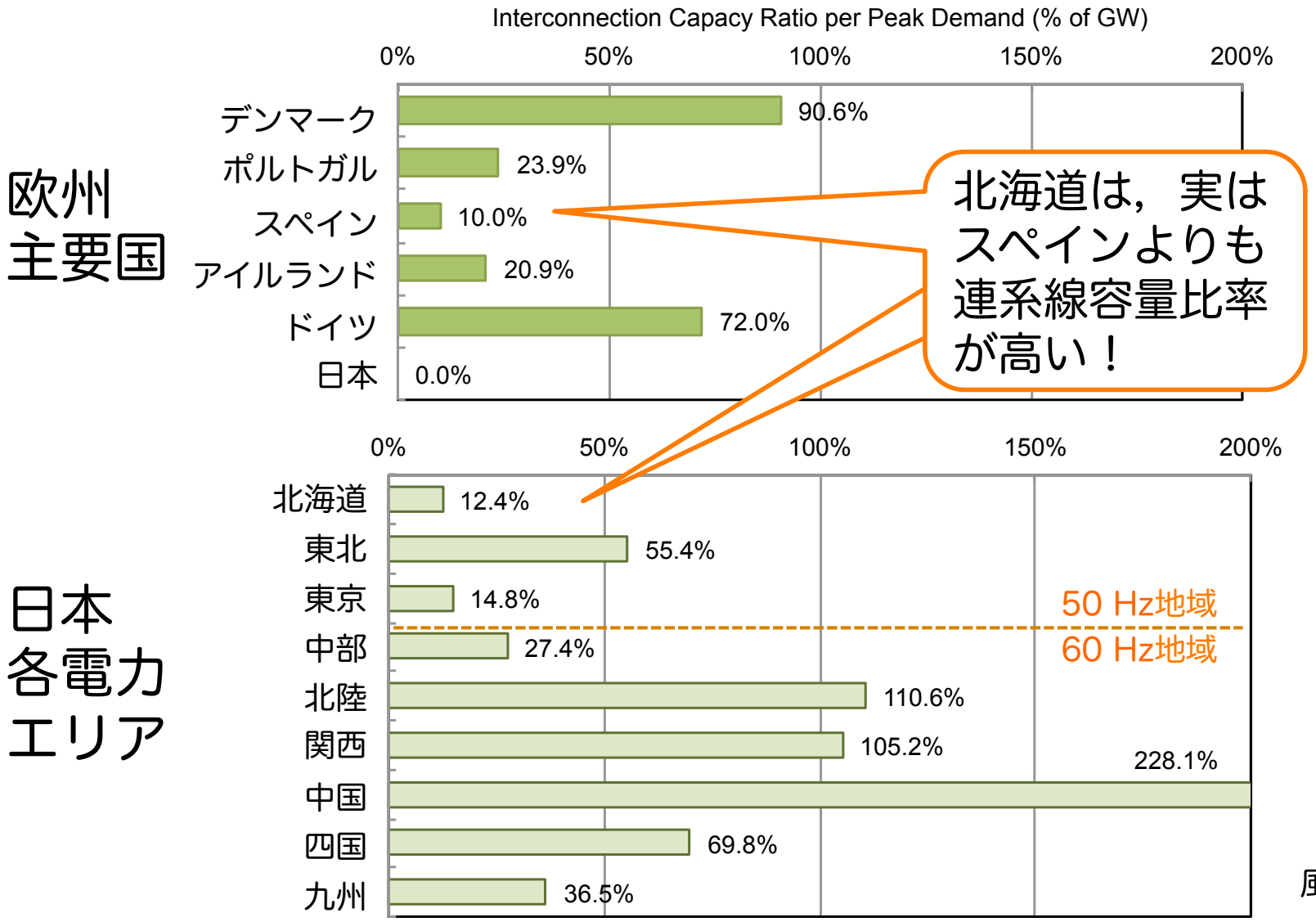


欧州の国際連系

ステレオタイプな誤解
を生みやすい誇張

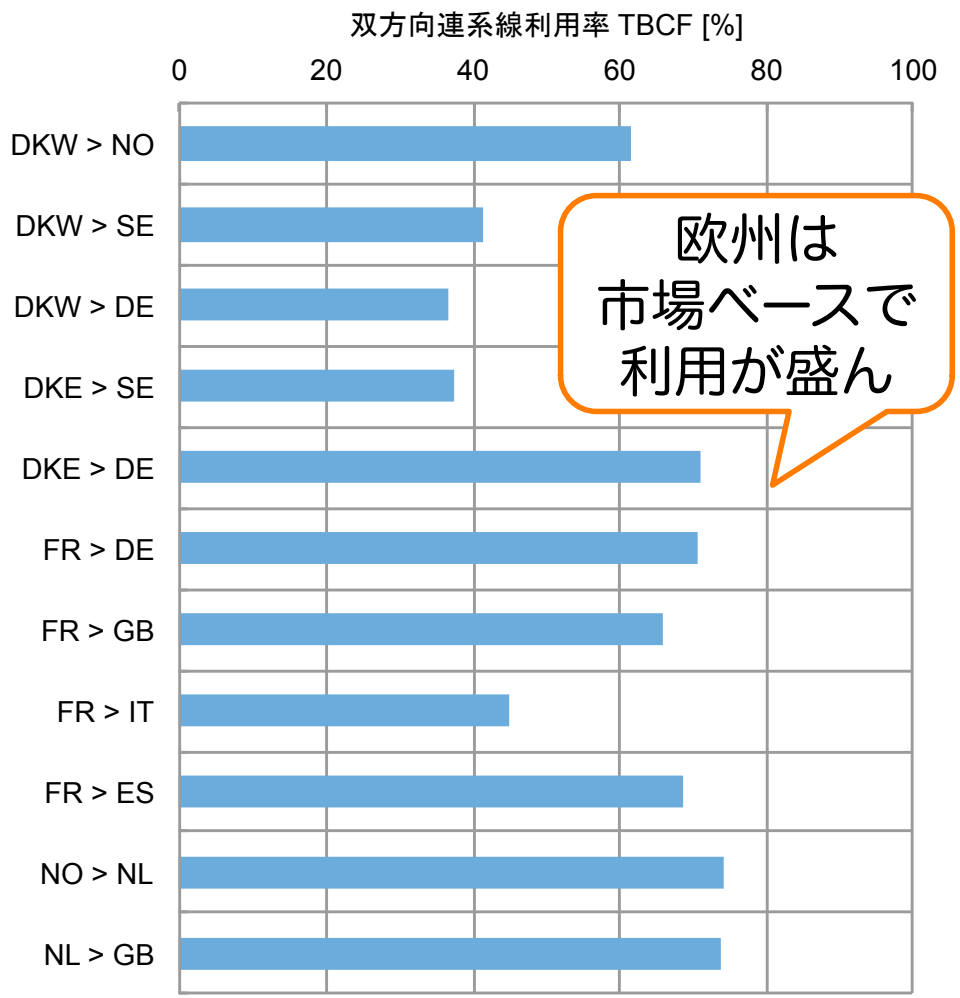
(出典) http://www.gepr.org/ja/contents/20120604-02/

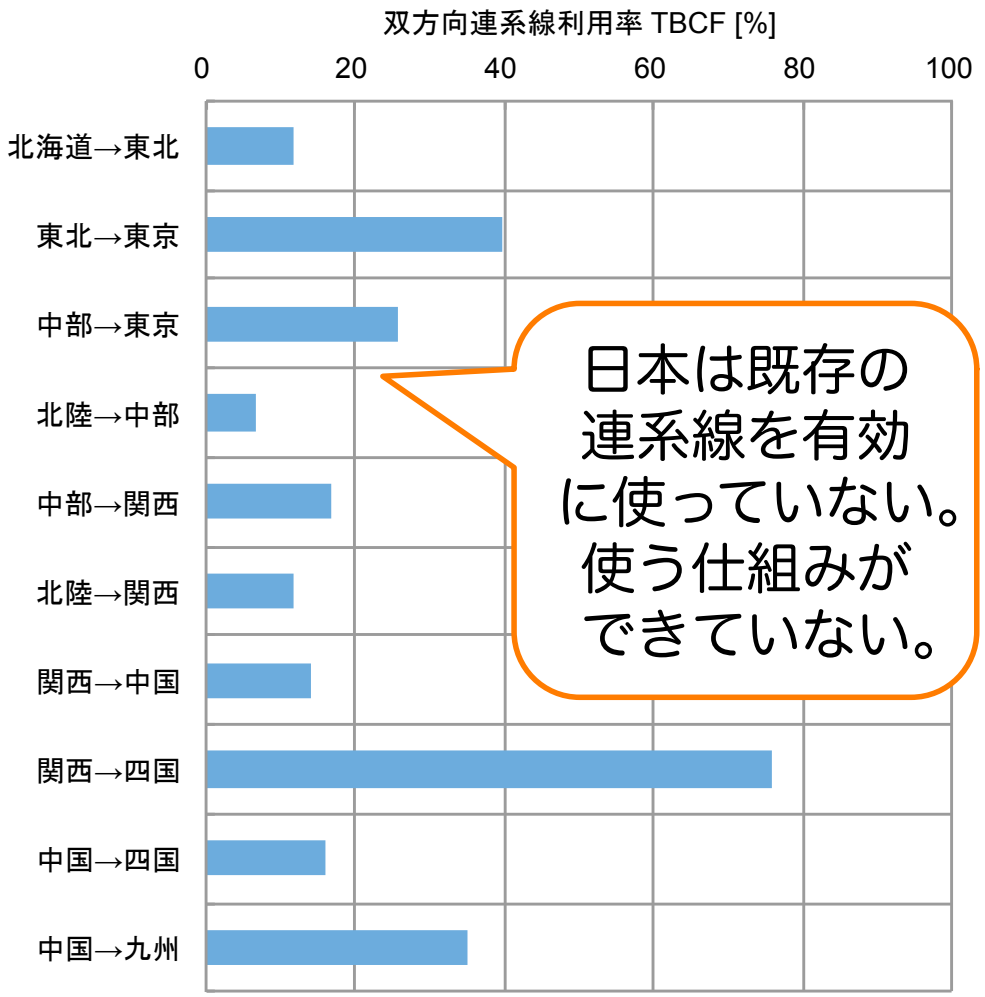
連系線容量比率
(ピーク負荷に対する熱容量)



(出典) 安田:
「日本の知らない
風力発電の実力」,
オーム社, 2013

連系線利用率の日欧比較





(出典) 安田: 第37回風力利用シンポジウム, pp.447-450 (2015)

風力発電にまつわる誤解と神話

- 「風力の安定化には蓄電池が必要」

- 電源側に専用蓄電池を導入するのは技術的にも経済的にも不合理。
- 個別の風車出力を見ると確かに変動は多いが，集合化すれば、系統全体でその変動を吸収できる。
- 日本では、なぜか個々の風力に変動抑制が求められる。（社会コスト全体としては最適か？）
- 欧米では蓄電池を系統側・負荷側に設置し，リアルタイム市場などで利ざやを稼ぐケースが見られる。

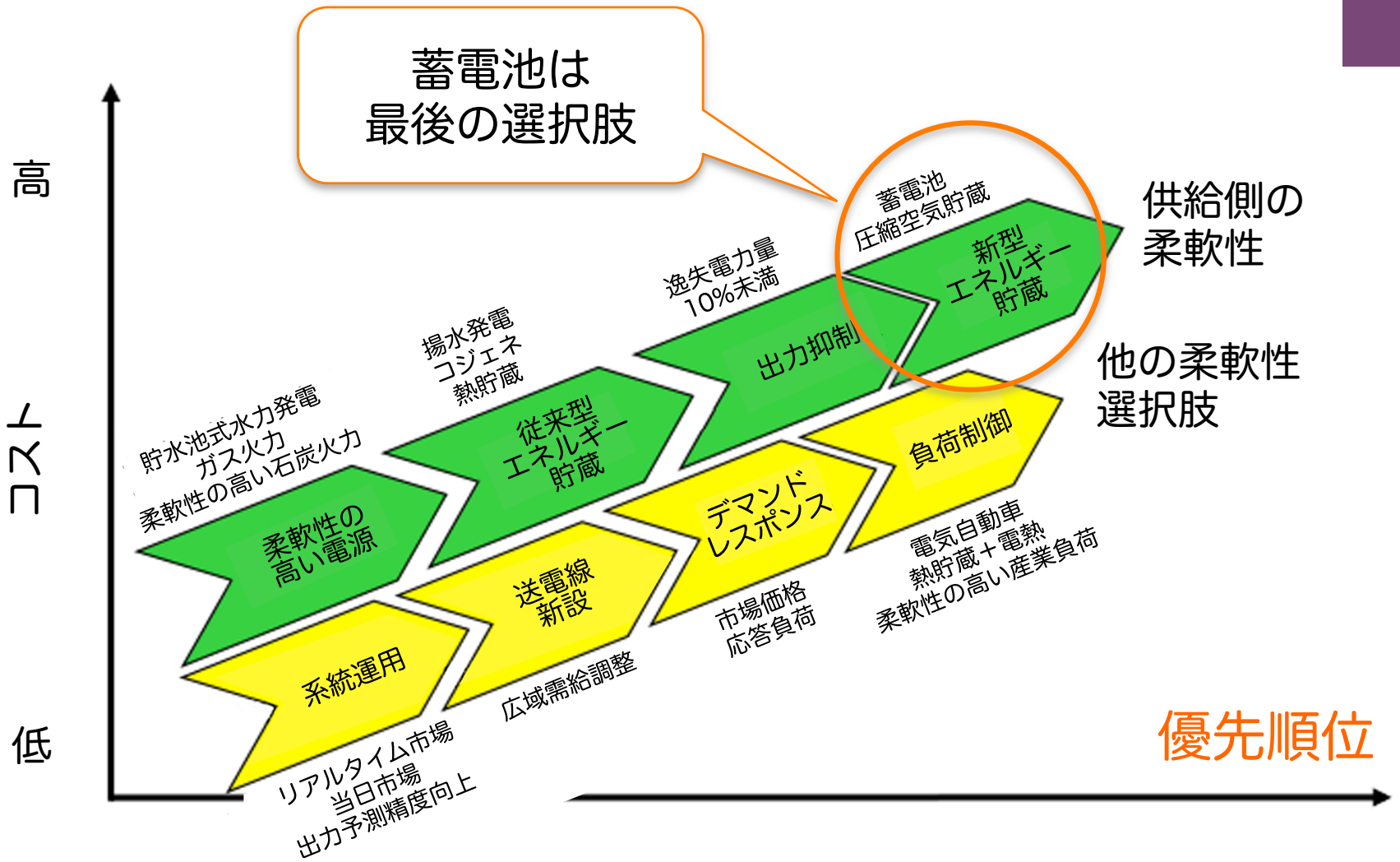
風力発電にまつわる誤解と神話

- 「風力の安定化には蓄電池が必要」？

（前ページからのつづき）

- 「不安定」という観点では、原子力や火力の不測の停止も当然考えられる。
- それらを全て考慮した電力系統全体の「系統安定度」「系統信頼度」という指標で考えるのが一般的。
- 系統安定度・信頼度を低下させることなく、風力を大量に導入できることが欧米で実証されている。

蓄電池は最初の選択肢ではない



(出典) IEA Wind Task 25: “Facts Sheet” (2015)
http://www.ieawind.org/task_25/PDF/factSheets/FactSheet_1_121014.pdf

日本を覆う「蓄電池信仰」

追加

- そもそも蓄電池は必ずなければならないものではない。
- 欧米では・・・
  - 風力＋太陽光が50%以上の大量導入を想定
  - 電力市場で取引することを想定
- 日本では・・・
  - 定量な費用便益分析が不足
  - 安易な「地産地消信仰」
  - 電気エネルギーの地産地消は不合理

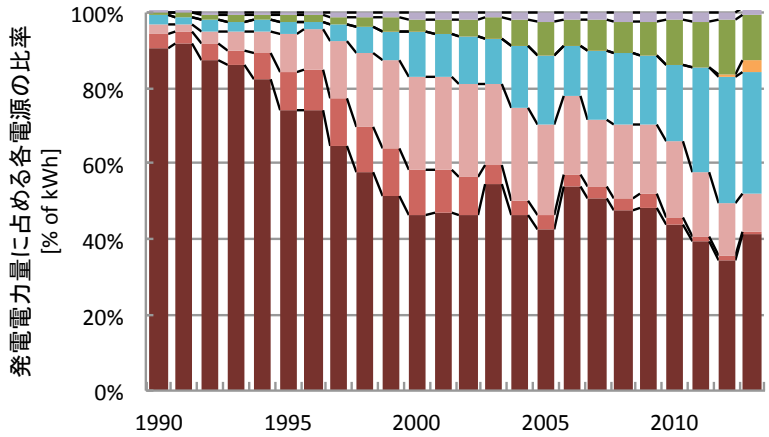
目　次

- 1. はじめに
  - 世界の中での日本の立ち位置
- 2. 再エネにまつわる誤解と神話
  - 再エネはコストが高くて国際競争力が失われる？
  - 日本は連系線が少ないから再エネが入らない？
  - 再エネの変動を抑えるには蓄電池が必要？
- 3. 世界で何が起こっているか？
  - 電源構成のドラスティックな変革
  - 再エネを起爆剤とした積極的な系統拡張
  - 電力自由化と再エネにも公平な市場設計
- 4. まとめ

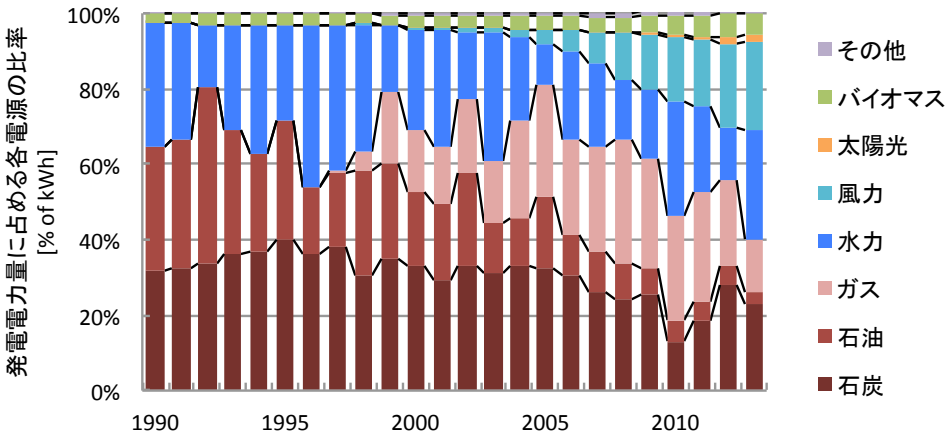
この20年間、欧州の電力系統で何が起こってきたか？

- 電源構成のドラスティックな変革
  - CO2排出量削減
  - エネルギー安全保障（輸入依存度の低減）
    - 再エネ(特に風力)が最も現実的な選択肢
- 精力的な系統拡張
  - GDPや電力消費は必ずしも劇的に増えてはいない
  - にもかかわらず系統拡張が進む。牽引役は再エネ
- 電力自由化と適切な市場設計
  - 新規技術(再エネ)の参入障壁を除去

過去20年の電源構成の推移

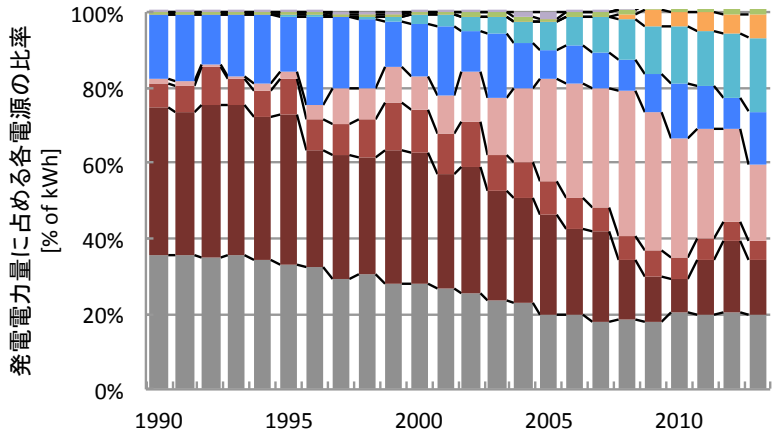


デンマーク

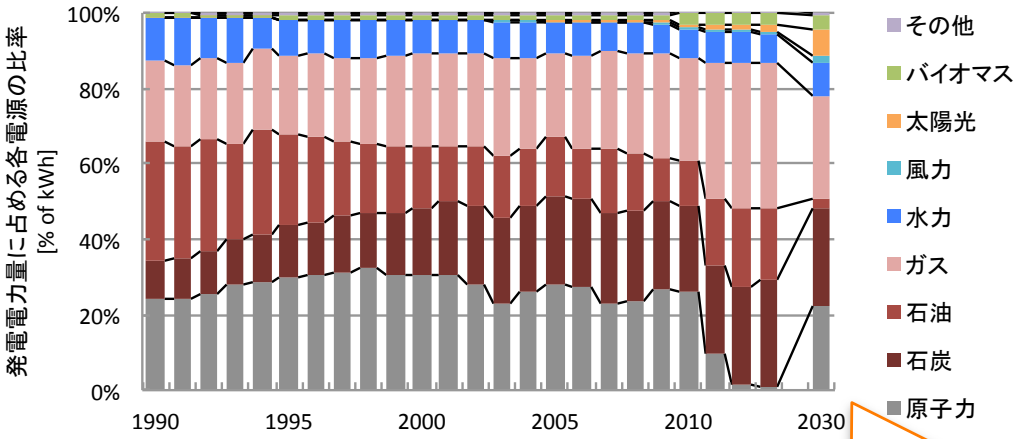


ポルトガル

変わる世界



スペイン

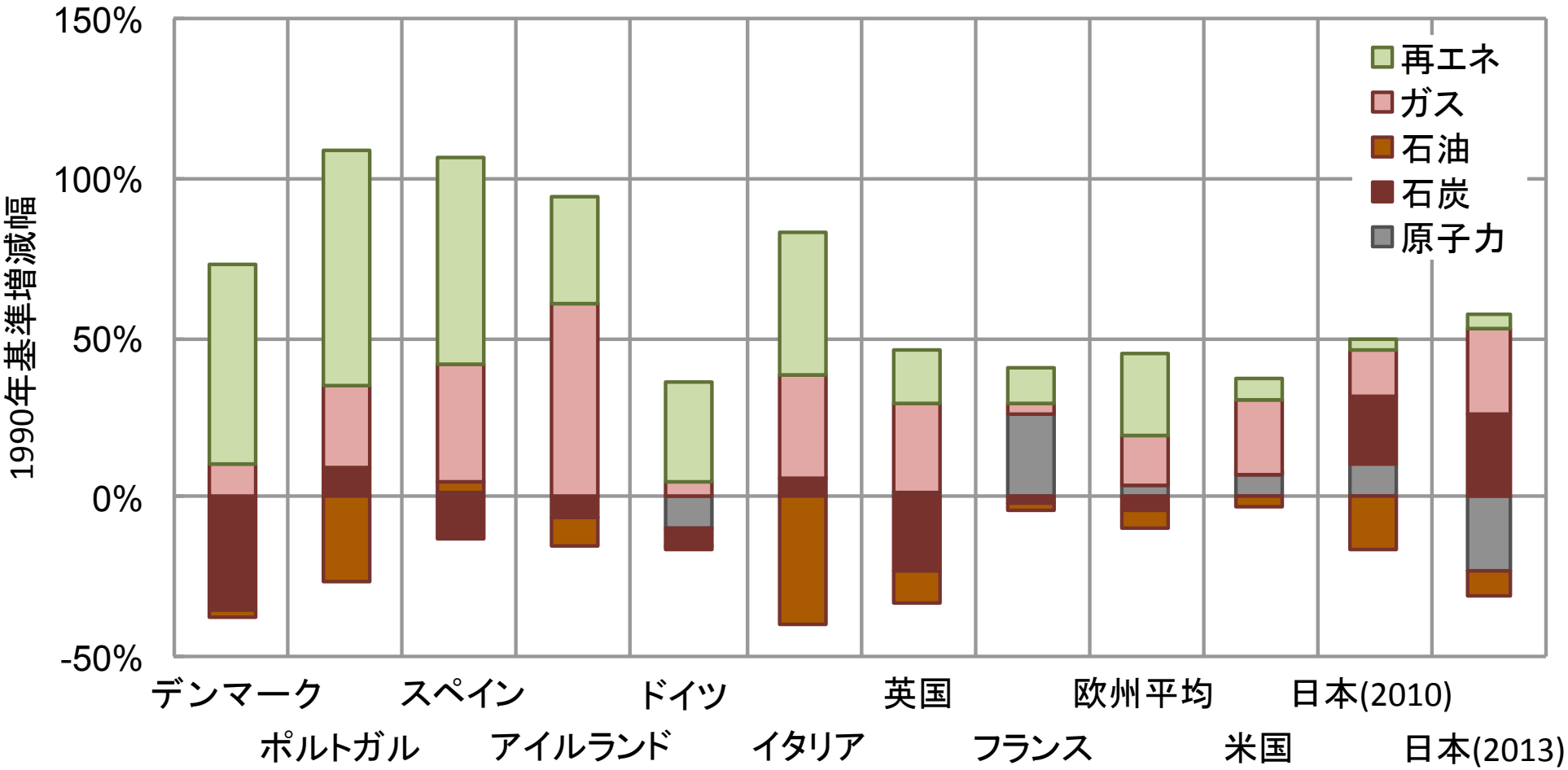


日本

変わらない日本

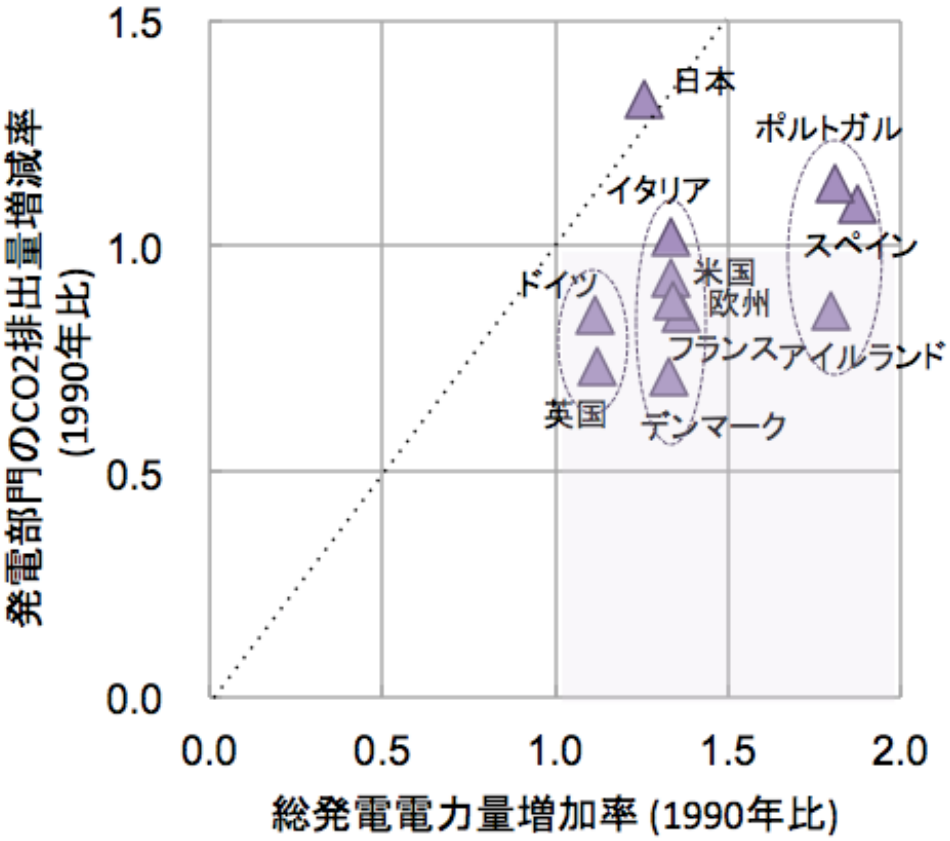
(初出) 安田:「ベストミックスは誰のため？」， 環境ビジネスオンライン2015年6月8日号

1990年の総発電電力量を基準とした分析（各国比較）

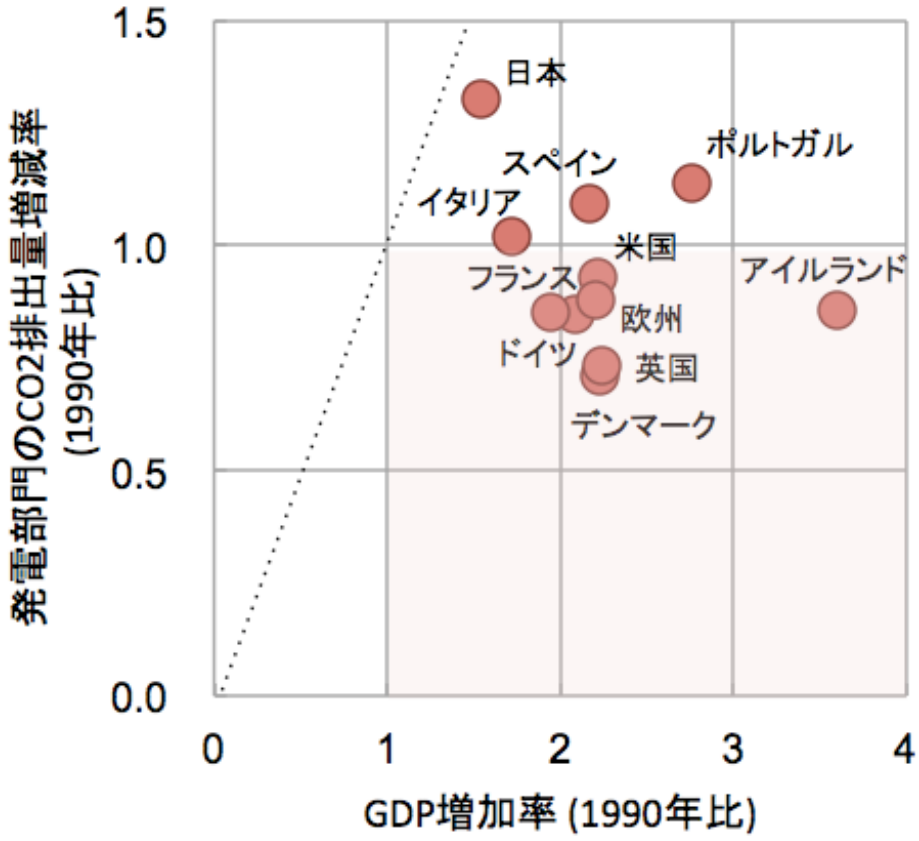


(データソース) IEA: Electricity Information 2015

GDP, CO_2排出量と総発電電力量の相関分析



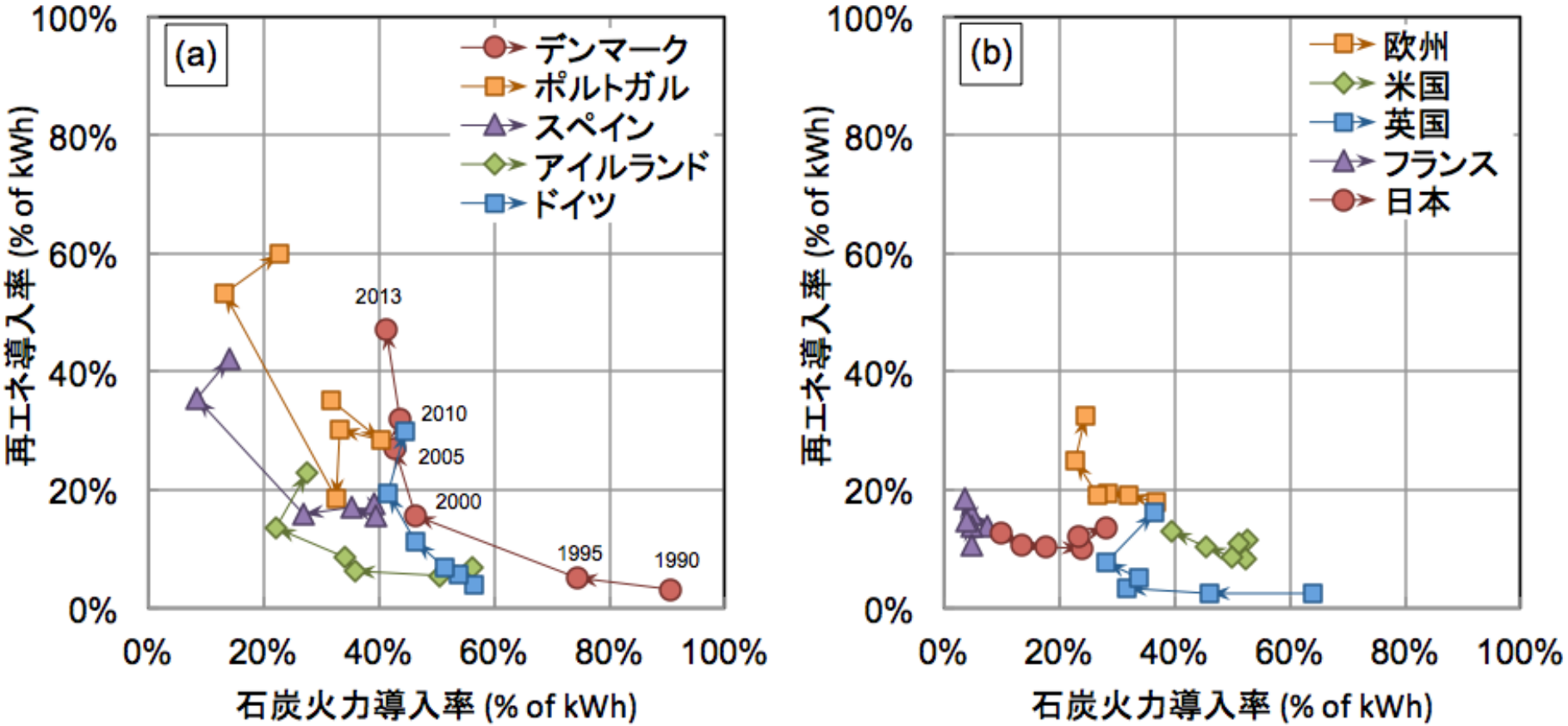
CO_2排出量と総発電電力量の相関



CO_2排出量とGDPの相関

(データソース) IEA: Electricity Information 2015 および World Bank 2015

石炭火力と再エネの導入率相関分析

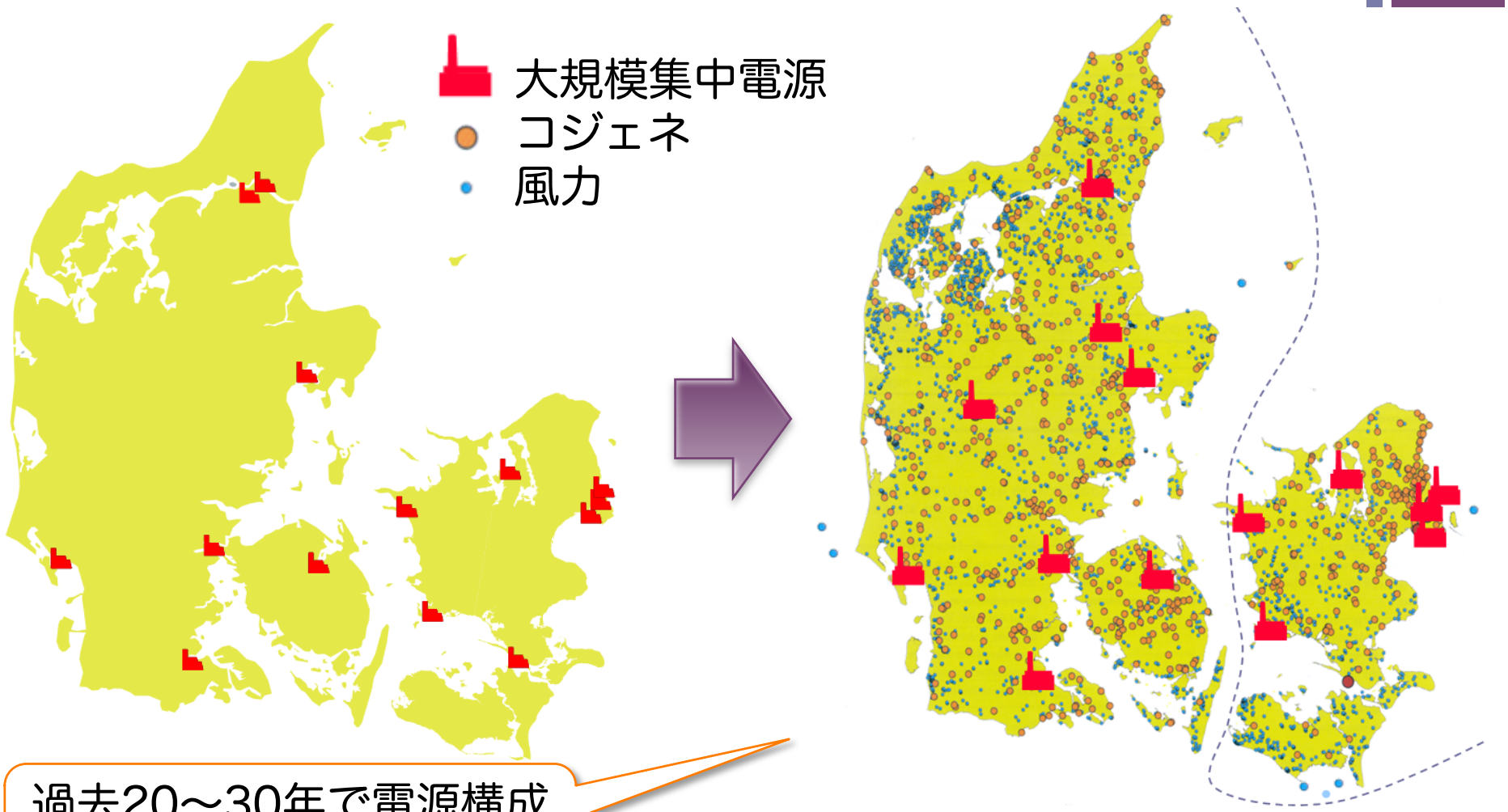


(データソース) IEA: Electricity Information 2015

デンマーク電源構成の変遷

大規模集中電源（1980年代頃）

分散型電源（現在）



過去20～30年で電源構成
がすっかり変化

(出典) A. Orths: Wind Integration Workshop in Tokyo, 2012

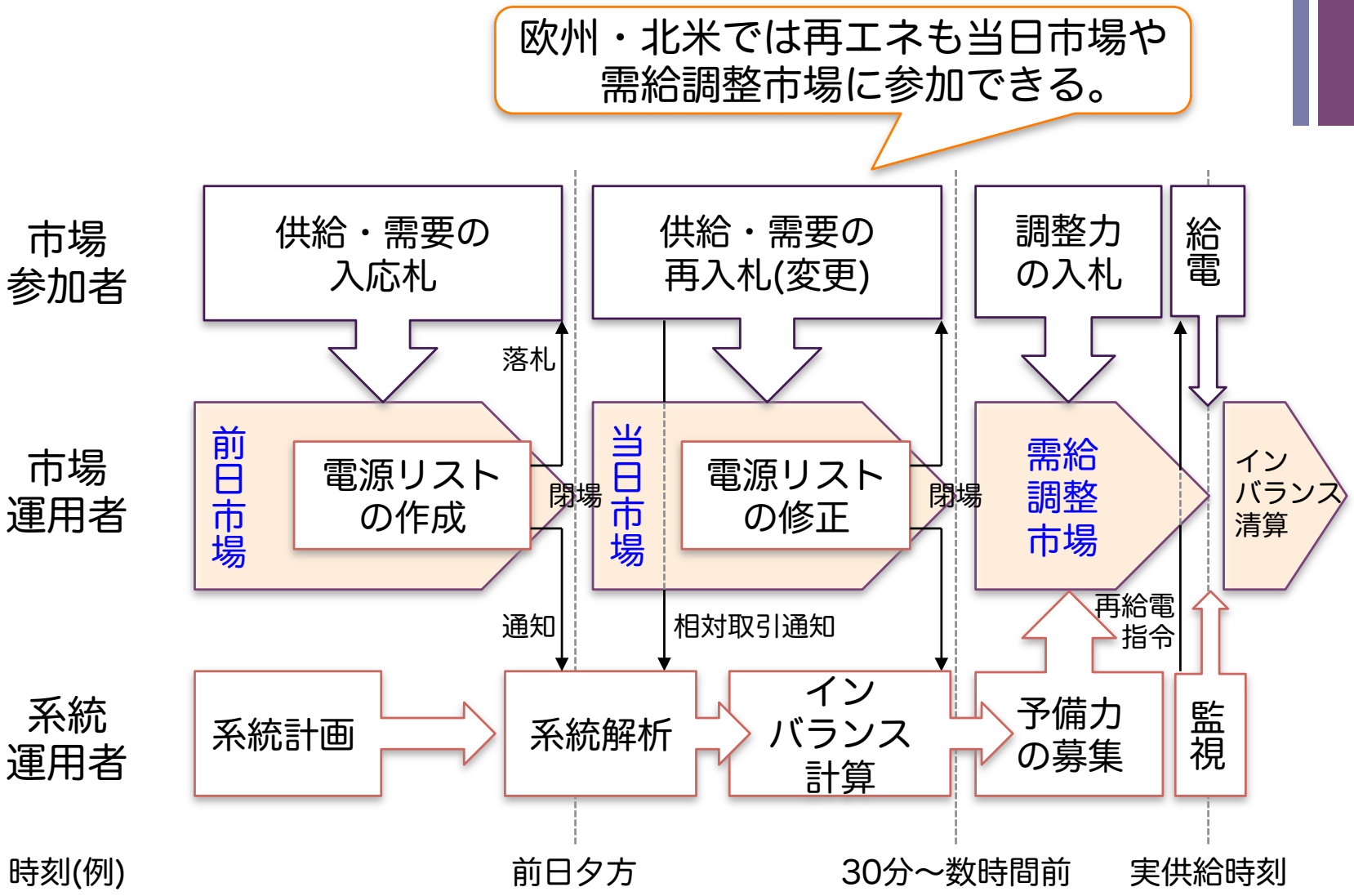
ここまでのまとめ

- 電源構成の国際比較分析
  - ほとんどの先進国
    - 石炭を減らし、再エネを増やす。
    - GDPや総発電電力量の増加にも関わらず発電部門からのCO_2排出量は削減。
  - 日本
    - 石炭を増やし、再エネは増やさず。
    - GDPや総発電電力量の増加が少ないにも関わらず発電部門からのCO_2排出量が増加。

電力自由化と市場設計

- 何のための「自由化」なのか？
  - 電気料金が安くなる？
    - 過度な期待は禁物。短期的には高くなる可能性も。
  - 電力会社を自由に選べる？
    - 自由に選べるが、複雑になる可能性も。
- 自由化の本来の目的
  - 透明性・公平性・効率性の担保 ⇒ 電力市場による取引
  - ただ「自由化」「発送電分離」しても、
    電力市場の市場設計が不完全であれば、
    透明性や公平性は担保されない。
  - 市民の監視と参画が必要。

自由化された市場取引の例



(初出) 安田:「日本のスマートグリッドがガラパゴス技術にならないために」,
SmartGridニューズレター2015年7月号(予定)

発送電分離後の送電会社の収益スキーム

- 日本：総括原価方式（公正報酬率規制）
  - 技術革新や経営効率化のインセンティブ低い
  - 発送電分離後の送電会社は儲からないと思っている人は多い
- 欧州：プライスキャップ/レベニューキャップ規制
  - 規制部門でも効率化のインセンティブが働く
  - 努力すれば収入増・努力を怠れば収入源
  - 省エネに対するインセンティブを阻害しない
  - 発電会社が軒なみ苦戦しているのを尻目に、送電会社は安定かつ積極的な経営。

欧州の電力自由化・発送電分離

- 日本になかなか伝わらない情報
  - 分離後の送電会社 (TSO)：
    - 収益性が安定、積極投資。
    - 多くのTSOはガス網も買収・合併
      （コジェネや熱供給がやりやすい）
    - 規制機関に厳しく監視される
      （電力安定供給＋再エネ大量導入＝イノベーション）
  - 分離後の発電会社：
    - 再エネ投資組 (DONG, Ebeladora):
      堅調、他国にも積極進出
    - 再エネ非投資組 (E-On, Vattenfall):
      業績悪化、再エネ重視に方針転換

発送電分離後の欧州の電力業界の再編

- ENTSO-E：欧州電力系統事業者ネットワーク
  - 送電系統運用者 (TSO) の協議会
  - 34ヶ国41事業者の巨大な団体
  - 2年ごとに「電力系統10ヶ年計画」(TYDNP)の公表が義務づけられている
  - ENTSO-Eに関する日本語情報は非常に少ない
- Eurelectric
  - 発電事業者の団体
  - 日本からは電気事業連合会がオブザーバ参加
  - Eurelectricの発信情報は日本語になりやすい

電力系統に関する考え方の違い

- 日本
  - 原因者負担 polluters-pay principle
    - 再エネの変動対策・系統増強は再エネ事業者が負担
    - 一見公平に見えるが、
      新規参入者に対する参入障壁に？
- 欧州・北米
  - 受益者負担 beneficiary-pay principle
    - 再エネの変動対策や系統増強は系統運用者の責務
    - コストの社会化・最適化
    - 特定のセクターの利益ではなく、社会全体の便益
    - 系統技術のイノベーション・投資が進む

ここまでのまとめ

- 電力自由化/発送電分離
  - 電力自由化して発送電分離すればすべて解決？

  - No.　自由化後・発送電分離後の
    市場設計・制度設計の議論こそが重要
    日本ではこの議論が活発か？

- 必要な議論
  - 市場の公平性
  - 規制と市場の適度な緊張感
  - 新規参入者に対する参入障壁の解消

目　次

- 1. はじめに
  - 世界の中での日本の立ち位置
- 2. 再エネにまつわる誤解と神話
  - 再エネはコストが高くて国際競争力が失われる？
  - 日本は連系線が少ないから再エネが入らない？
  - 再エネの変動を抑えるには蓄電池が必要？
- 3. 世界で何が起こっているか？
  - 電源構成のドラスティックな変革
  - 再エネを起爆剤とした積極的な系統拡張
  - 電力自由化と再エネにも公平な市場設計
- 4. まとめ

まとめ：欧州と日本の違い

- 一言でいえば・・・。
  - 変化する努力を続けてきた欧州と変わらない日本
- 電源構成
  - 欧州：石炭を減らし、再エネを激増
  - 日本：石炭を増やし、再エネは増えず
- 系統拡張
  - 欧州：再エネを起爆剤とした系統への投資が進む
  - 日本：バブル以降、系統拡張はほとんどなし
- 自由化と市場設計
  - 欧州：発送電分離と市場統合、再エネにも公平な市場
  - 日本：道半ば。新規技術に対する参入障壁が残る。

おわりに

- ブレークスルーを起こすには？
  - 海外情報を公平に入手する・冷静に分析する
    - 誤解や神話が多すぎる (専門家ですら陥りやすい)
    - 再エネと電力系統の両者に詳しい専門家の不足
  - 今ある障壁を取り除く
    - 公平性の名の下に新規技術の参入障壁が存在
      - 先着優先、原因者負担、優先給電・優先接続の不在
    - 新規参入者にも公平な市場設計
- 再エネの系統連系問題：「技術的な問題の99%は、解決することができる」(T. アッカーマン氏)

本日の参考文献

- 風力発電とエネルギー安全保障、メディア論
  - 安田: 世界の常識としての再生可能エネルギー, 世界, 5月号, pp. 138-147 (2015)
  - 安田: 再エネの技術的問題は克服可能 メディアを含め情報鎖国の日本, ジャーナリズム, 11月号, pp.122-129 (2015)
- 風力発電大量導入への道
  - 安田: 環境ビジネスオンライン (有料会員記事) http://www.kankyo-business.jp/column/columnist/yoh-yasuda/
  - 安田: シノドス 連載コラム http://synodos.jp/authorcategory/yasudayou

市民エネルギー生駒
再生可能エネルギー
のための連続講座

日本の再生可能エネルギー政策はこれでいいの？
～世界の中の日本の立ち位置とあるべき将来の姿～

ご清聴有り難うございました。

yasuda@mem.iee.or.jp