



環境省
地球環境部会
長期低炭素ビジョン
小委員会

2017年9月19日(火)

再生可能エネルギーの系統連系問題は なぜ日本で顕在化するのか？



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
特任教授

安田 陽

+ 目次



- 1. なぜ世界中で再エネが促進されるのか？
 - 費用便益比が大きいから
 - 外部コストが小さいから
- 2. なぜ日本では系統連系問題が顕在化するのか？
 - 原因者負担の原則による不適切なリスク転嫁
 - 送電事業者の中立性（透明性・被差別性）の不在
 - 電力市場の未成熟性
- 3. まとめ
 - 世界の中の日本の立ち位置

+ なぜ世界中で再生可能エネルギーが促進されるのか？

日本では定量的議論
が少ない

- **費用便益比**が大きいから。
 - かけたコスト(費用)よりも市民にもたらされるリターン(便益)が大きい。
 - コストはそれなりにかかる。コストが高いからといって投資を控えると、便益が得られない。
- **外部コスト**が一番低い電源だから
 - 外部コストはゼロではない (騒音・景観影響 etc.)
 - 外部コストがゼロではないからと言って排除すると、更に外部コストの高い電源を選択しなくなってしまう。

+ 再生可能エネルギーの便益

- 化石燃料の削減
 - 健康被害の抑制
 - 輸入依存度低減
 - 自然保護
- CO₂削減
 - 異常気象の抑制
 - 生態系への影響
- その他
 - 雇用創出

毎年約3千億ドルの投資が必要！

投資を惜しむと毎年1.2~4.2兆ドルの損害が発生

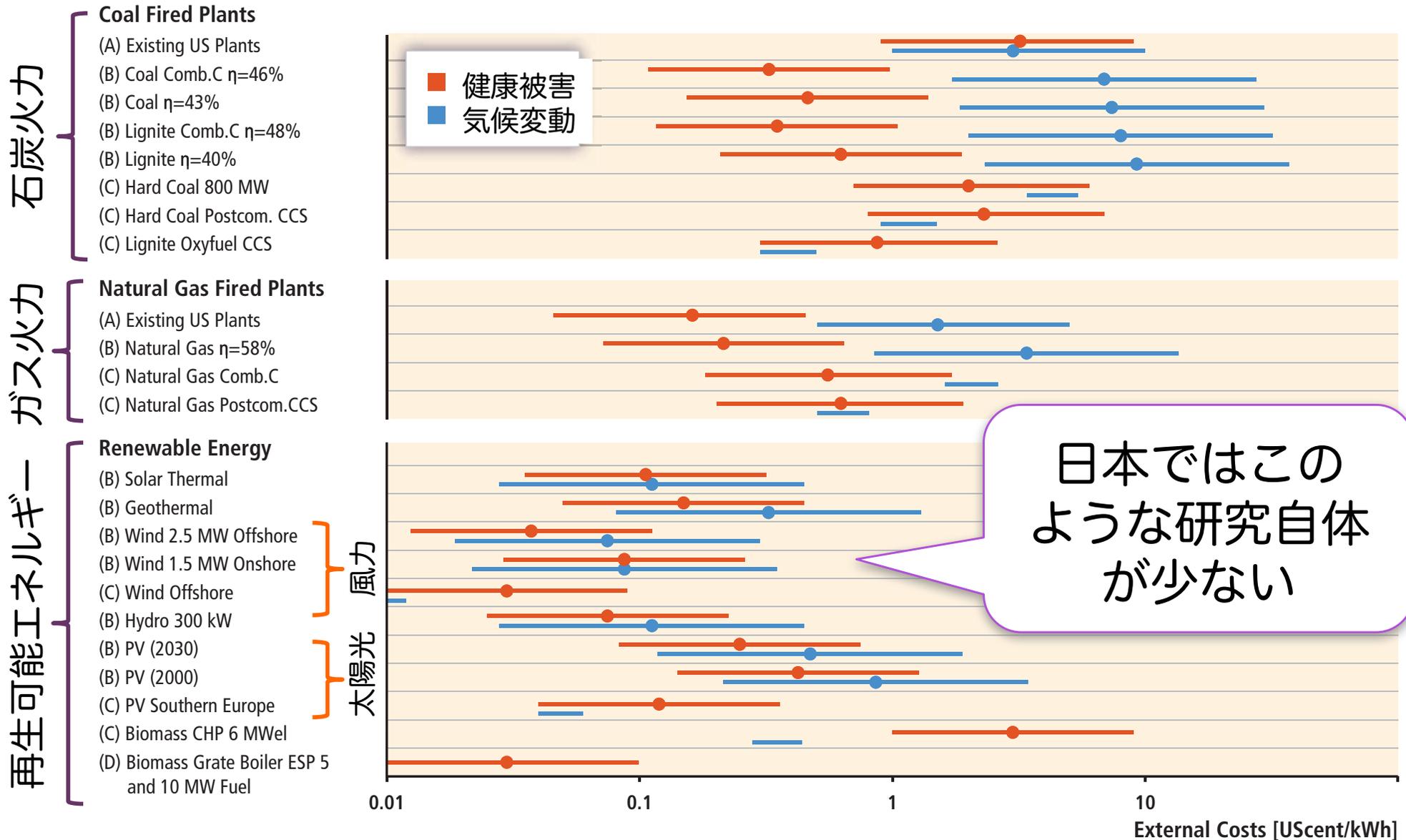




+ エネルギーの選択

- 費用便益分析 (CBA) の必要性
 - 費用 (コスト) > 便益 (ベネフィット)
 - 推進すべきではない。
 - コスト削減を努力する。
 - 費用 (コスト) < 便益 (ベネフィット)
 - コストが高くても推進すべき。
 - コストを支払う世代と便益を受け取る世代が異なる場合、どう合意形成を図るか…？
(例: 公害問題、地球温暖化)
- 費用便益の定量化が必要
- 費用には隠れたコスト(外部コスト)も含めるべき。

+ 各種電源の外部コスト



(出典) 気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第3作業部会: 再生可能エネルギー源と気候変動緩和に関する特別報告書, 環境省(2012)

+ 目次



- 1. なぜ世界中で再エネが促進されるのか？
 - 費用便益比が大きいから
 - 外部コストが小さいから
- 2. なぜ日本では系統連系問題が顕在化するのか？
 - 原因者負担の原則による不適切なリスク転嫁
 - 送電事業者の中立性（透明性・被差別性）の不在
 - 電力市場の未成熟性
- 3. まとめ
 - 世界の中の日本の立ち位置

+ 費用負担に関する発想の転換

■ 日本 (従来)

■ 原因者負担の原則 **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？

広域機関
ルールにも登場

■ 欧州・北米

■ 受益者負担の原則 **beneficiary-pay principle**

- 再エネの変動対策や系統増強は送電会社の責務
- 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

IBESCJルール
に明記

+ 「原因者負担の原則」に起因する 不適切なリスク転嫁の発生

- 系統連系問題のほとんどが、**技術的原因**でなく、市場設計や法規制などの不備・不調和による**制度的要因**に帰する。
- 市場設計や法規制などの不備・不調和によって、新規市場参入者である**VRE事業者**に過度な**リスク転嫁**が行われている。
- VRE事業者への過度な**リスク転嫁**は、経済効率性を損ない、**発電コスト**を不合理に押し上げる**要因**となる。

+ 世界の論調 1



- 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。

+ 不適切なリスク転嫁の事例

問題	国際的議論で提案された解決法		日本における不適切なリスク転嫁の事例	
	対応	リスクを緩和すべき主体	対応	リスクを転嫁された主体
接続料金問題	シャロー接続 (送電事業者負担)	送電事業者 規制機関	ディープ接続 (一部特定負担)	新規発電事業者
接続可能量	VREの優先接続	送電事業者	事実上の接続制限	VRE発電事業者
指定電気事業者制度		送電事業者	無制限無保証の出力抑制	VRE発電事業者
接続制約	VREの優先接続 実潮流での計算	送電事業者	契約容量での計算 空容量ゼロ	VRE発電事業者
連系線利用	間接オークション	送電事業者	間接オークション (ただし8年間の経過措置あり)	新規発電事業者
蓄電池併設	(海外事例は極めて少ない)	送電事業者	出力変動緩和枠/ 蓄電池併設の事実上義務づけ	VRE発電事業者
単独運転防止	(海外では義務化はない)	送電事業者	単独運転防止機能の義務づけによりフリッカ発生	太陽光発電事業者

(初出) 安田陽: 「再生可能エネルギーの系統連系問題 ～不合理なリスク転嫁が参入障壁を形成する～, 環境経済・政策学会 2017年年次大会 (2017) を一部修正

+ 「一般負担」と受益者負担の原則

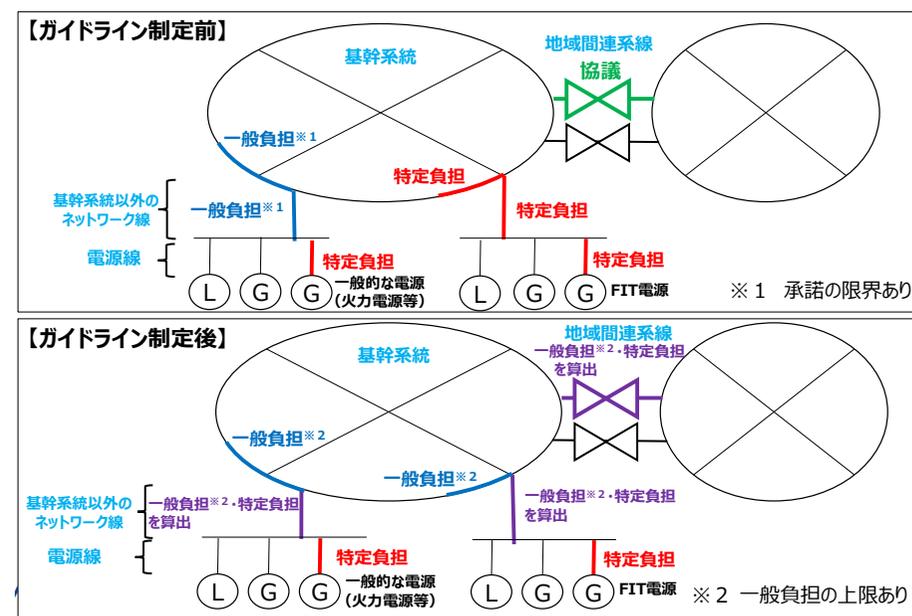
- エネ庁電力部: 「発電設備の設置に伴う電力系統の増強及び業者の費用負担等の在り方に関する指針」(ガイドライン), 2015年11月

- 「一般負担」 ≡ 受益者負担 (?)
- 「特定負担」 ≡ 原因者負担

一步前進
なのは確か。

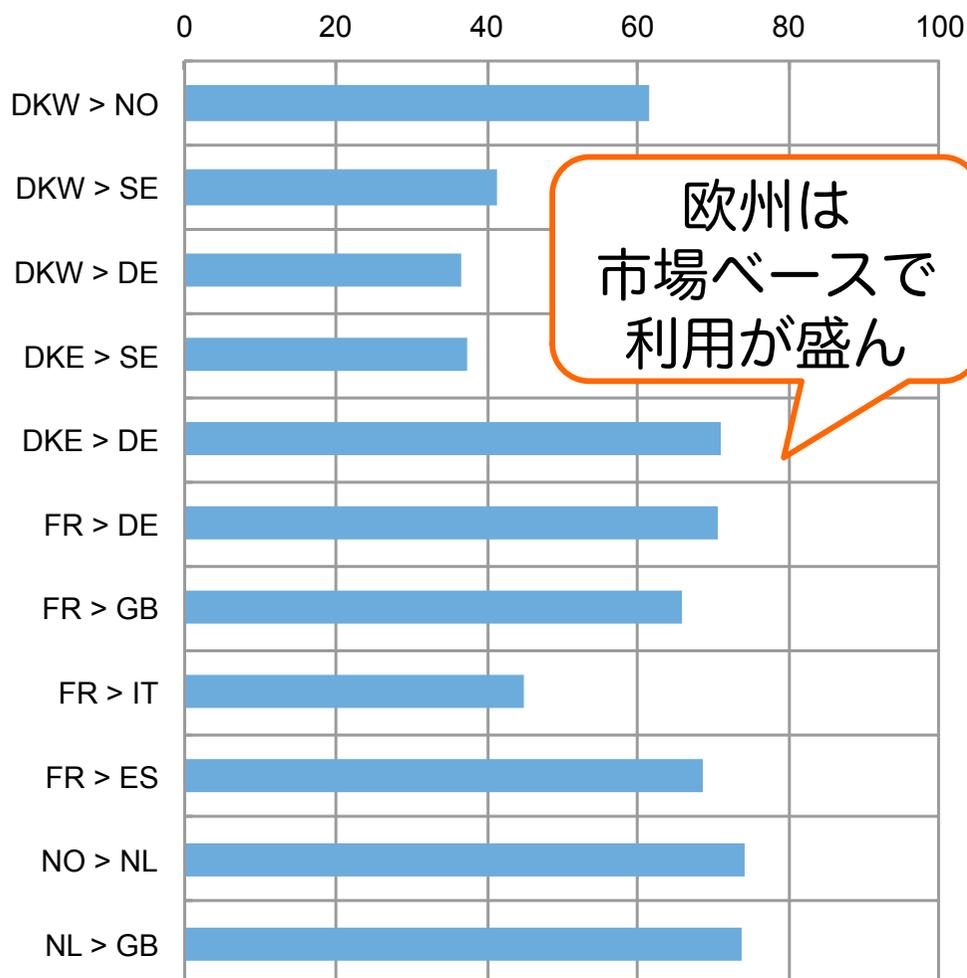
- ただし、以下の点に要注意。

- ガイドライン中の受益者とは発電事業者のこと。
- 一般負担の上限の名の下、ループホールが発生する可能性アリ。

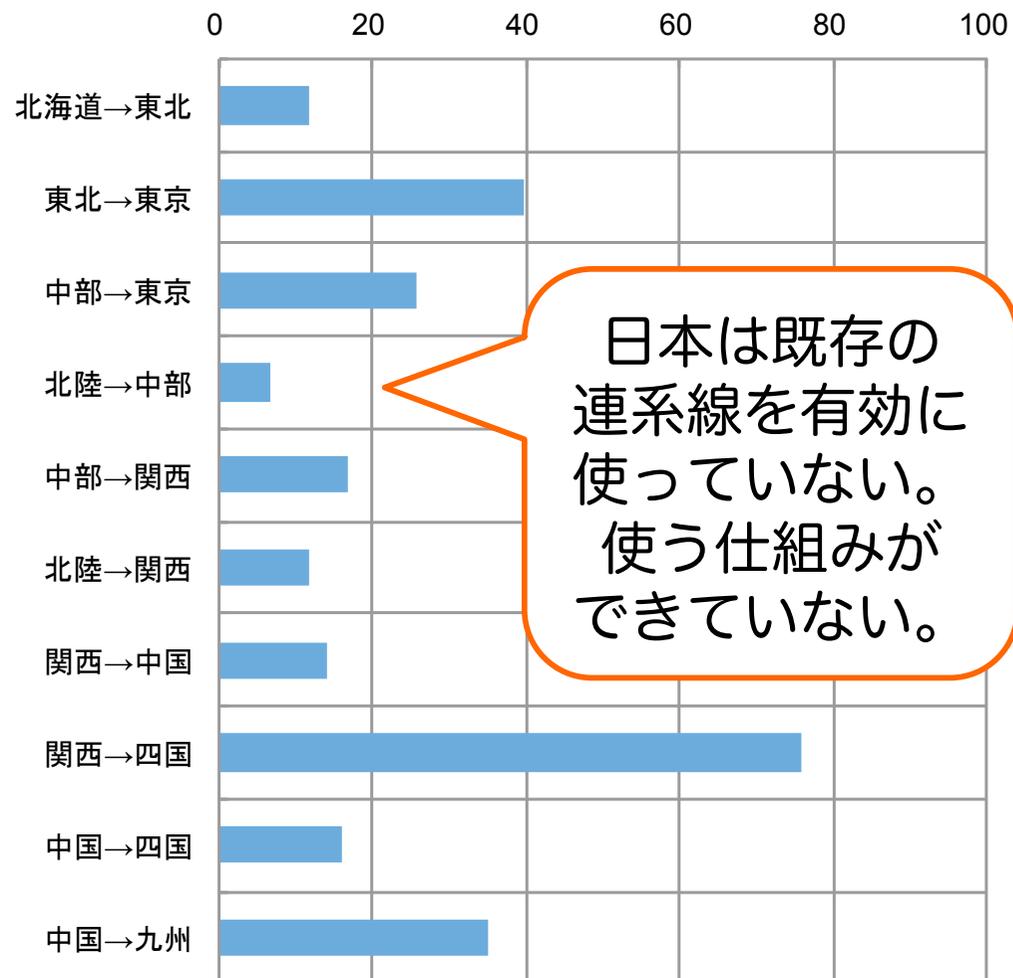


+ 日本の連系線は活用されているか？ (年間最大運用容量に対する比率)

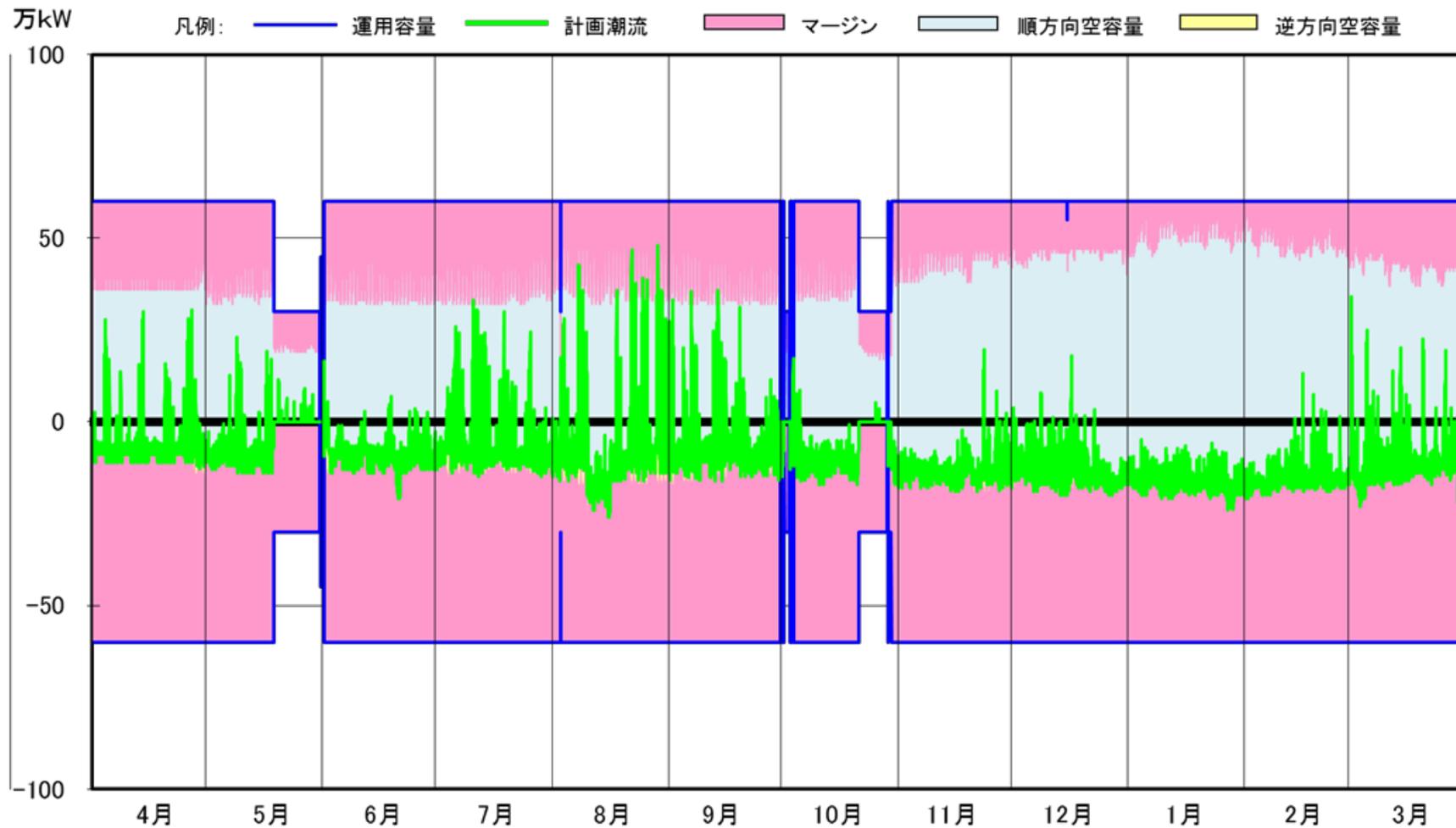
双方向連系線利用率 TBCF [%]



双方向連系線利用率 TBCF [%]



+ 北海道→東北間連系線利用状況

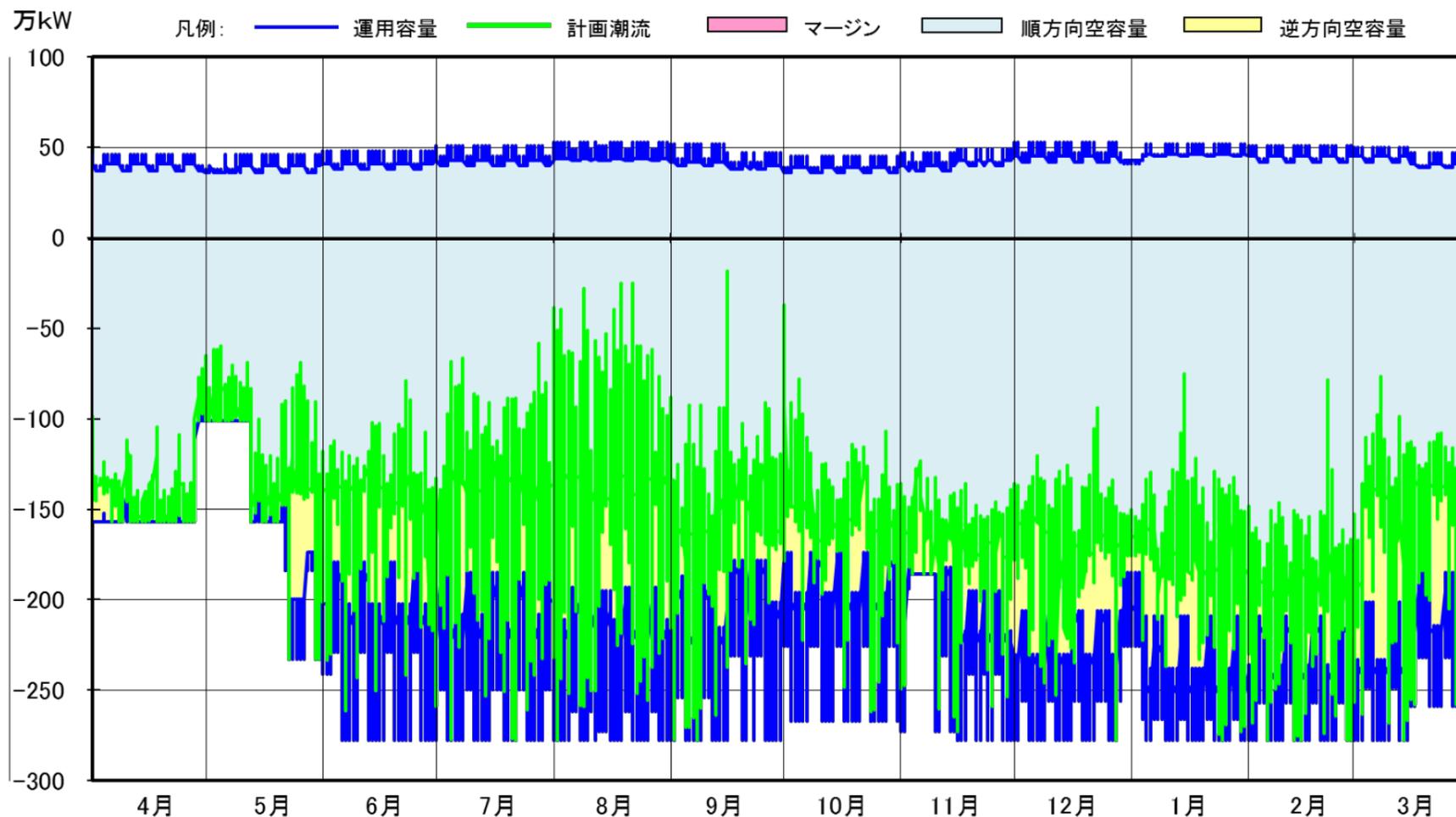


※北海道→東北を順方向(正表示)、東北→北海道を逆方向(負表示)とする。

(出典) 電力広域的運営推進機関: 電力需給及び電力系統に関する概況 -平成28年度(2016年度)の実績- (2017)
https://www.occto.or.jp/houkokusho/2017/files/170705_gaikyou.pdf



中国→九州間連系線利用状況



※中国→九州を順方向(正表示)、九州→中国を逆方向(負表示)とする。

(出典) 電力広域的運営推進機関: 電力需給及び電力系統に関する概況 -平成28年度(2016年度)の実績- (2017)
https://www.occto.or.jp/houkokusho/2017/files/170705_gaikyou.pdf

+ 送電事業者の中立性（欧州の例）

■ 域内電力市場の共通ルールに関する指令 (2009/72/EC)

- 送電系統運用者は、自らの系統内のエネルギー損失および予備力容量をカバーするために、その機能を有する場合は必ず、**透明で非差別的**かつ市場に基づく手続きに従って、自らが利用するエネルギーを入手しなければならない。
(第15条第6項)
- 送電系統運用者は、新規発電所の送電系統への**非差別的な**接続のために、**透明**かつ効率的な手続きを制定し公開しなければならない。この手続きは、各国の規制機関の承認を得なければならない。(第23条第1項)

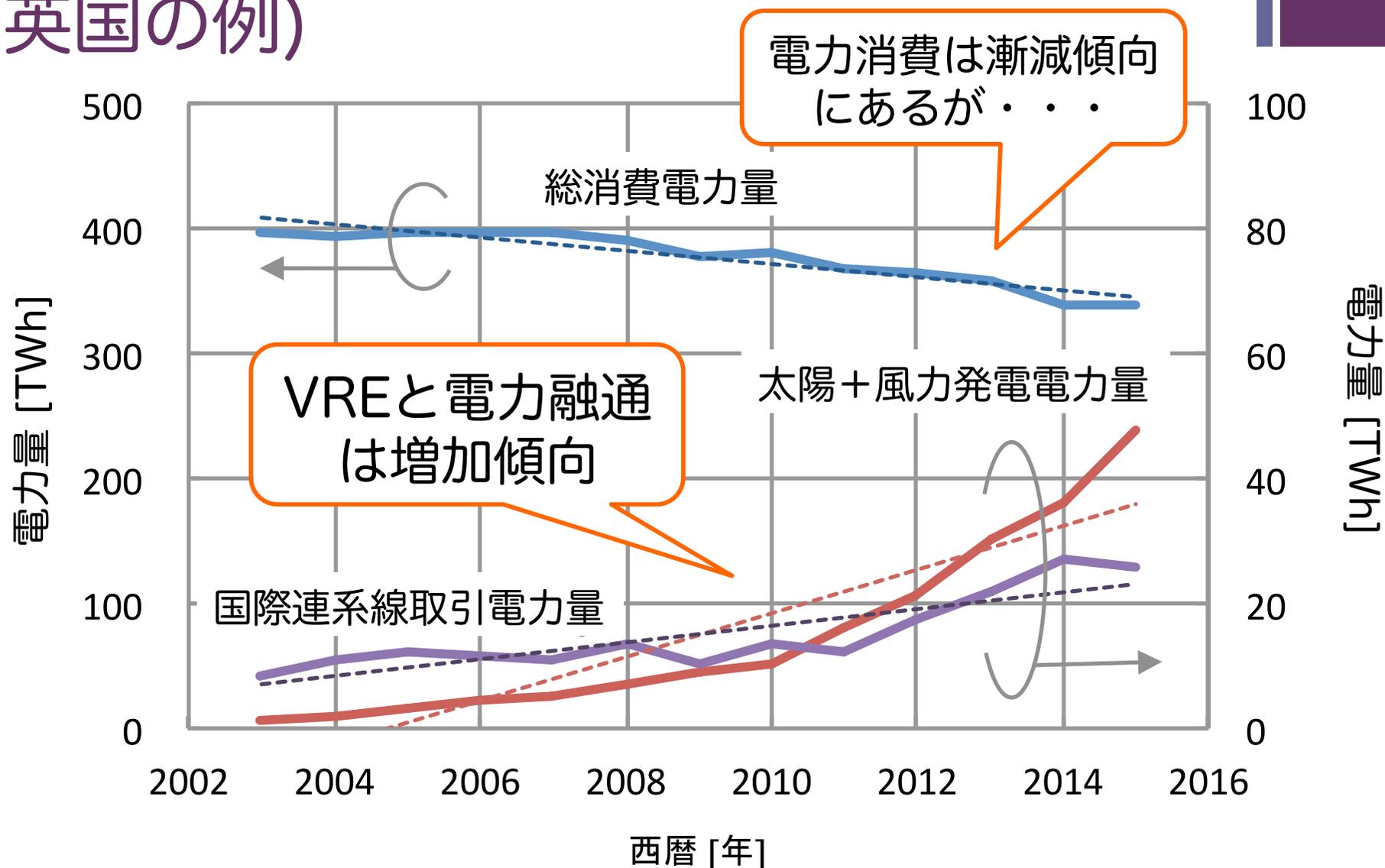


+ 送電事業者の中立性（欧州の例）

- 再生可能資源からのエネルギーの利用の促進に関する指令 (2009/28/EC)
 - 再生可能エネルギー電源の規制、認証、認可を監督する責任機関によって用いられる手続きは、規則を特定のプロジェクトに適用する際に、客観的で、透明で、非差別的かつバランスを取らねばならない。（序文第40項）
 - 加盟国は、客観性、透明性および非差別性のある基準に基づき、当該指令（筆者注：IEM指令）の意図するところの再生可能エネルギー源から供給される電力の供給元が保証されることを確実にしなければならない。（第15条）

日本の電気事業法関係法令での記述は希薄

+ 欧州では連系線の活用は増加傾向 (英国の例)



(初出) Y. Yasuda: “Does variable renewable energy promote grid expansion?”,
Wind Integration Workshop (2016, 11, to be issued)

+ 目次



- 1. なぜ世界中で再エネが促進されるのか？
 - 費用便益比が大きいから
 - 外部コストが小さいから
- 2. なぜ日本では系統連系問題が顕在化するのか？
 - 原因者負担の原則による不適切なリスク転嫁
 - 送電事業者の中立性（透明性・被差別性）の不在
 - 電力市場の未成熟性
- 3. まとめ
 - 世界の中の日本の立ち位置

+ 世界の論調 2

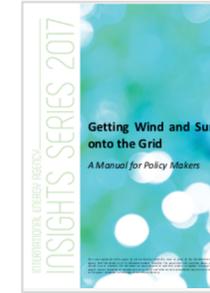


20



- VRE（変動性再エネ）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、電力システムで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。

+ 世界の論調 3



21

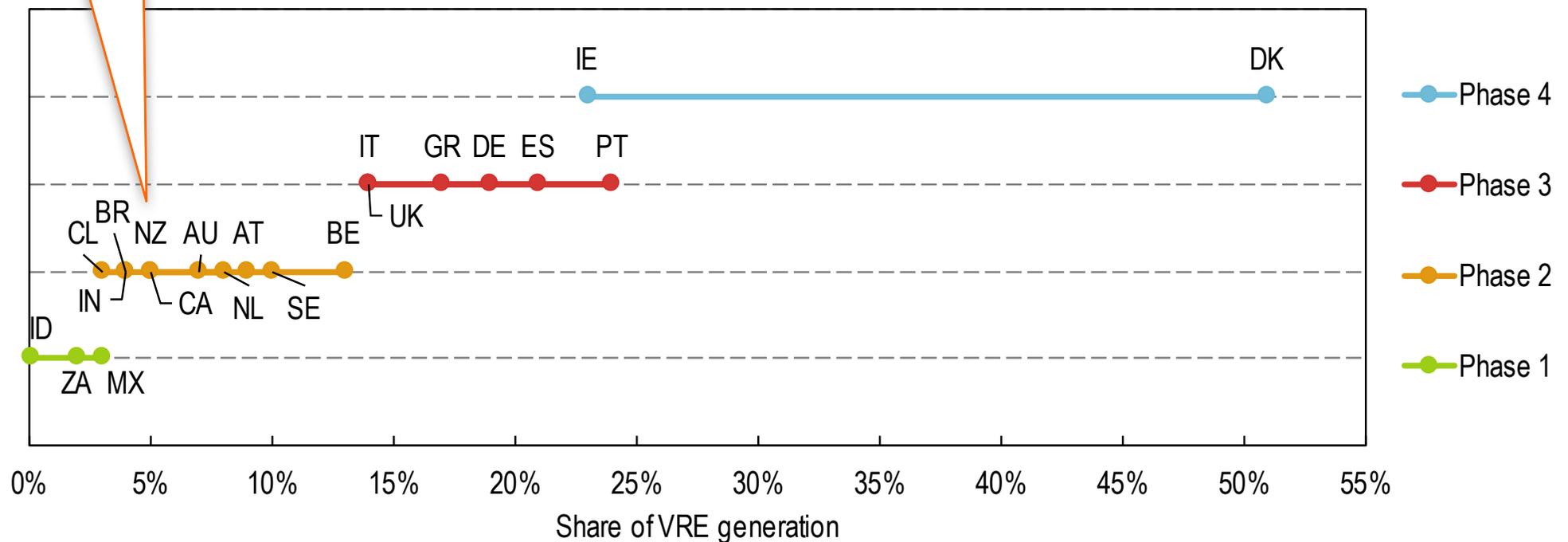


- **Phase One** (annual VRE shares reach **up to around 3%** in annual electricity generation)
 - VRE capacity has no noticeable impact on the system.
- **Phase Two** (ranging **from 3% to almost 15%**)
 - VRE has noticeable impact, but by upgrading some operational practices this can be managed quite easily
- **Phase Three** (ranges **from 15% to 25%**)
 - the first really significant integration challenges, as the impact of variability is felt both in terms of overall system operation, and by other power plants.
- **Phase Four** (**around 25% to 50%**)
 - New challenges emerge. These are highly technical and may be less intuitive in nature than **flexibility**, relating instead to the stability of the power system.

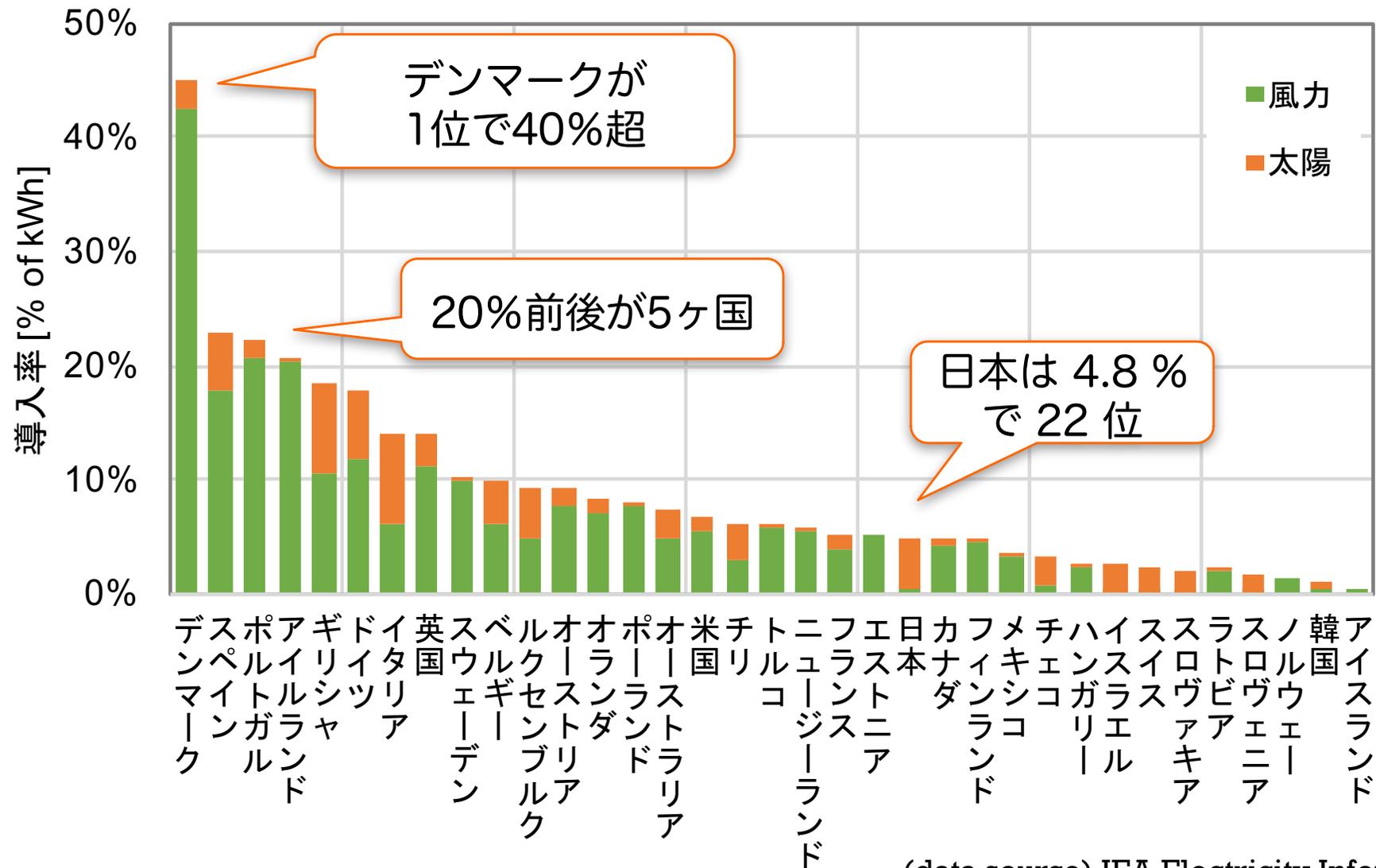
+ IEAによるVRE導入率のフェーズ

世界中の中の日本の位置付けは？
日本特殊論は世界に通用するか？

日本は
この辺り



+ VREの発電電力量導入率比較 (2016年)



+ 不適切なリスク転嫁の事例

再掲

問題	国際的議論で提案された解決法		日本における不適切なリスク転嫁の事例	
	対応	リスクを緩和すべき主体	対応	リスクを転嫁された主体
接続料金問題	シャロー接続 (送電事業者負担)	送電事業者 規制機関	ディープ接続 (一部特定負担)	新規発電事業者
接続可能量	VREの優先接続	送電事業者	事実上の接続制限	VRE発電事業者
指定電気事業者制度		送電事業者	無制限無保証の出力抑制	VRE発電事業者
接続制約	VREの優先接続 実潮流での計算	送電事業者	契約容量での計算 空容量ゼロ	VRE発電事業者
連系線利用	間接オークション	送電事業者	間接オークション (ただし8年間の経過措置あり)	新規発電事業者
蓄電池併設	(海外事例は極めて少ない)	送電事業者	出力変動緩和枠/ 蓄電池併設の事実上義務づけ	VRE発電事業者
単独運転防止	(海外では義務化はない)	送電事業者	単独運転防止機能の義務づけにより フリッカ発生	太陽光発電事業者

(初出) 安田陽: 「再生可能エネルギーの系統連系問題 ～不合理なリスク転嫁が参入障壁を形成する～, 環境経済・政策学会 2017年年次大会 (2017) を一部修正

+ 「原因者負担の原則」に起因する 不適切なリスク転嫁の発生

再掲

- 系統連系問題のほとんどが、**技術的原因**でなく、市場設計や法規制などの不備・不調和による**制度的要因**に帰する。
- 市場設計や法規制などの不備・不調和によって、新規市場参入者である**VRE事業者**に過度な**リスク転嫁**が行われている。
- VRE事業者への過度な**リスク転嫁**は、**経済効率性を損ない、発電コストを不合理に押し上げる要因**となる。

+ 本日の参考文献

26



- 安田陽: 系統連系問題,
植田和弘・山家公雄編: 「再生可能エネルギー政策の国際比較」第7章, 京都大学学術出版会 (2017)



- 安田陽: 再生可能エネルギー普及と電力システムの技術的課題,
植田和弘監修, 大島堅一・高橋洋編著: 「地域分散型エネルギーシステム」第6章, 日本評論社 (2016)



- 安田陽: 「日本の知らない風力発電の実力」,
オーム社 (2013)



- T. アッカーマン編著, 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)



再生可能エネルギーの 系統連系問題は なぜ日本で顕在化するのか？

ご清聴有り難うございました。