

# 再エネを巡る動向と 推進策

京都大学再エネ経済学講座主催シンポジウム  
基調講演資料

2015年12月21日  
京都大学特任教授 山家公雄 1

## 目 次

1. 世界の再エネを巡る情勢
2. ドイツで再エネが急速に普及した理由
3. 市場取引の活性化とその影響
4. 再エネファイナンスと新潮流
5. FIT見直し議論
6. 本日の講師とテーマ

2

## 1. 世界の再エネを巡る情勢

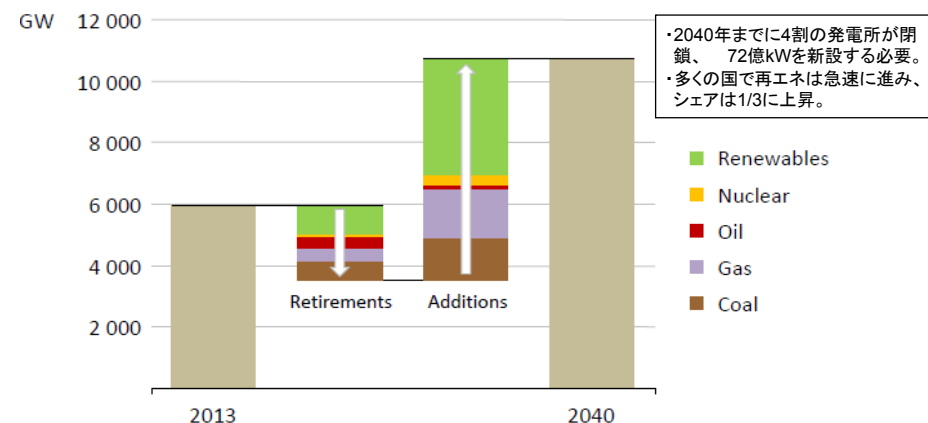
- ・風力、太陽光を主に著増
- ・2040年には電力の1/3を占め最大シェアに(IEA)

- ・コスト大幅低下
- ・変動再エネ(VRE)の制御が格段に進歩
- ・温暖化防止政策の効果

### ・新・エネルギー革命

- \*省エネ・再エネの普及
- \*シェール革命、資源価格低下
- \*需給調整システムの変革:ベース電源の意味?
- \*大手エネルギー会社も新たなビジネスモデルを模索  
無視→反発・ネガティブキャンペーン→受入れ→新たなビジネスモデルの模索 3

## 世界の電源別発電容量の増減(2013-2040)

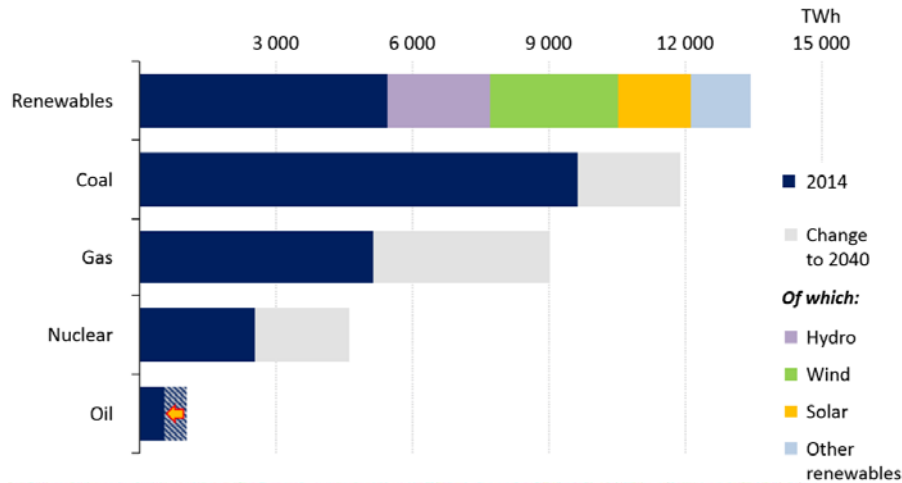


世界の電源構成(再生可能エネルギー)	2012	2020	2040
全電源における再生可能エネルギー比率	21%	26%	33%
再生可能エネルギーにおける風力発電比率	11%	18%	25%

(出所) World Energy Outlook2014(IEA)

4

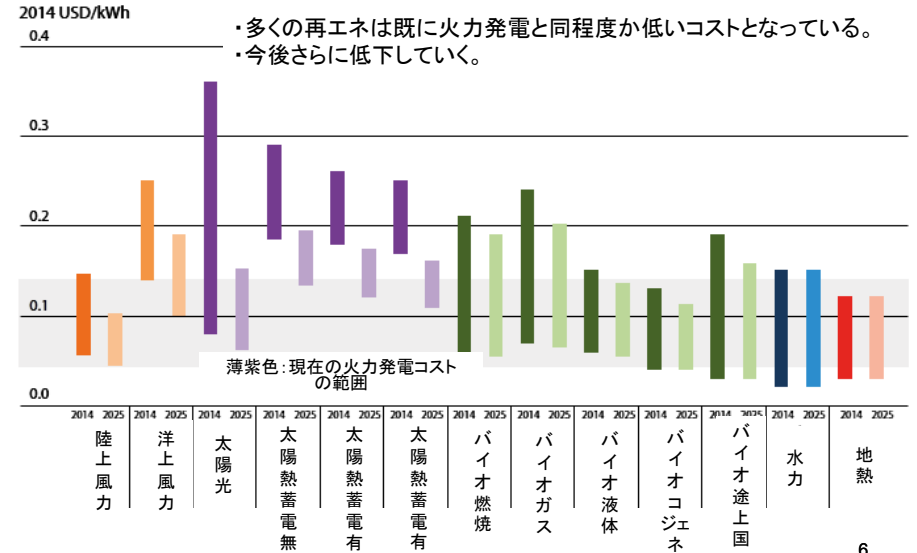
# 世界の発電電力量の現状と2040年予想



Driven by continued policy support, renewables account for half of additional global generation, overtaking coal around 2030 to become the largest power source

(出所) World Energy Outlook 2015 (IEA)

# 再エネ発電コスト比較(2014年、2025年)



(資料) IRENA (国際再エネ機関): Renewable Energy Generation Cost in 2014 (2015/1) より作成

# 低コスト再エネ事業の例

## ・米国の平均風力発電価格

\*4 ¢ /kWh (2012) → 2.5 (2013) → 2.35 (2014)

\*PTC (Production Tax Credit) は2.2 ¢ /kWh

## ・E-ONテイセンCEO発言 2014/12

「再エネコストは急激に下がってきている。特に陸上風力は、従来型の電源と同等かそれ以下にまで下がっている。他の再エネも、遠からず経済性のあるものになる。」

## ・米国の太陽光発電価格

\*ネバダの電力: ¢ 3.87/kWh, 20年間, 100MW, First-Solar

\*ネバダの電力: ¢ 4.6/kWh, 100MW, SunPower

\*オースティンE : ¢ 4/kWh 下回る, 20~25年, 120万kW

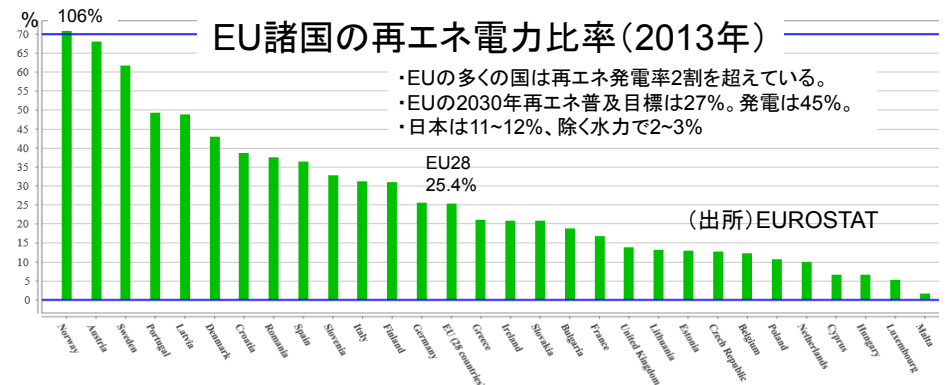
\*ITC (Investment Tax Credit) は30%

## ・中東・南米入札状況

\*ドバイ(2015/) 太陽光: ¢ 5.85/kWh, 200MW, 25年契約 ---ガス火力を下回る

\*チリ(2015/10): 太陽光 ¢ 6.5~6.8, 風力 ¢ 7.9, 石炭 ¢ 8.5

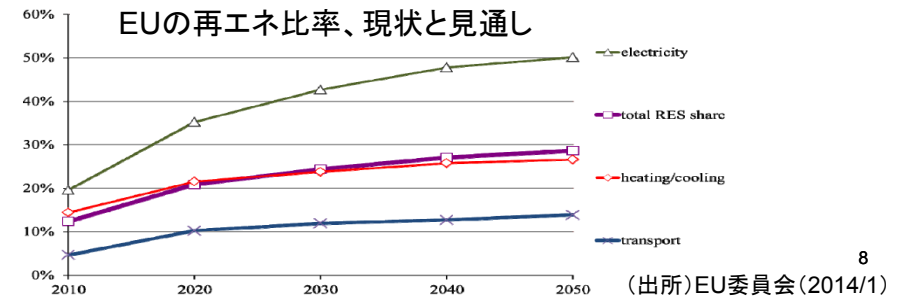
# EU諸国の再エネ電力比率(2013年)



・EUの多くの国は再エネ発電率2割を超えている。  
 ・EUの2030年再エネ普及目標は27%。発電は45%。  
 ・日本は11~12%、除く水力で2~3%

(出所) EUROSTAT

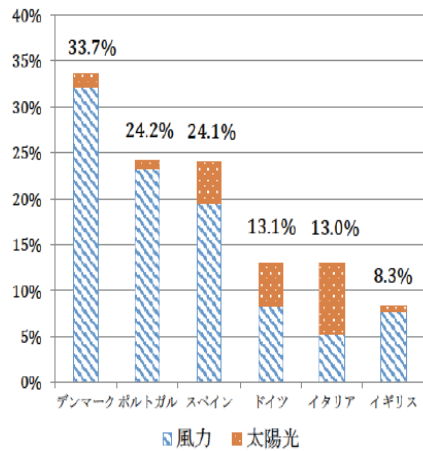
# EUの再エネ比率、現状と見直し



(出所) EU委員会(2014/1)

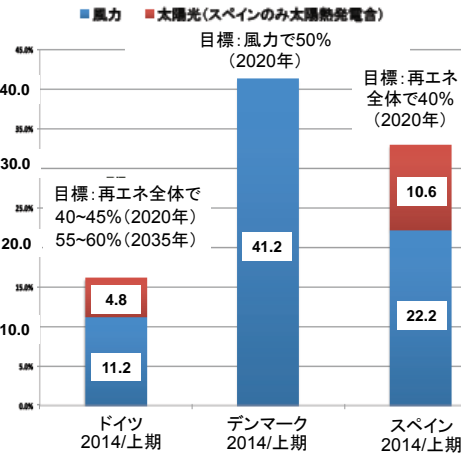
## 変動型再エネ導入状況(各国)

変動再エネ発電量の割合  
(欧州各国、2013年)



(資料) IEA: Electricity Information 2014  
(出所) 自然エネルギー財団

変動再エネ発電量の割合  
(独、デンマーク、スペイン: 2014/上期)



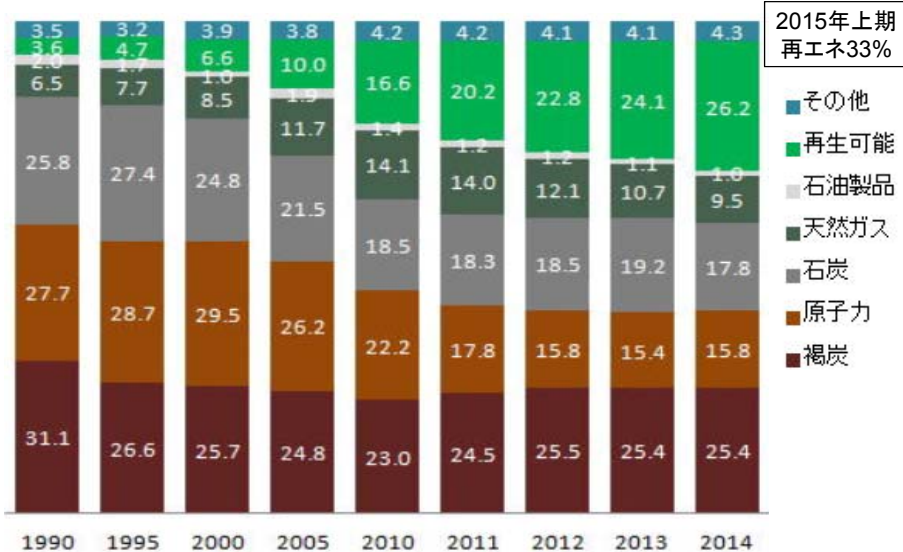
(資料) 独: AG Energiebilanzen e.V.  
デ: energinet.dk、西: REE資料9  
(出所) 自然エネルギー財団

## 2. ドイツで再エネが急速に普及した理由

- ・再エネ普及政策の策定: EEGとFIT
  - ・電力の自由化と制度変革(アンバンドリング)
  - ・系統側の受け入れ体制整備
  - ・地域住民主導事業の普及
  - ・エネルギー産業発展の視点
- ⇒ 共通政策のEUは「ドイツ化」

10

## 発電量構成比推移(ドイツ)

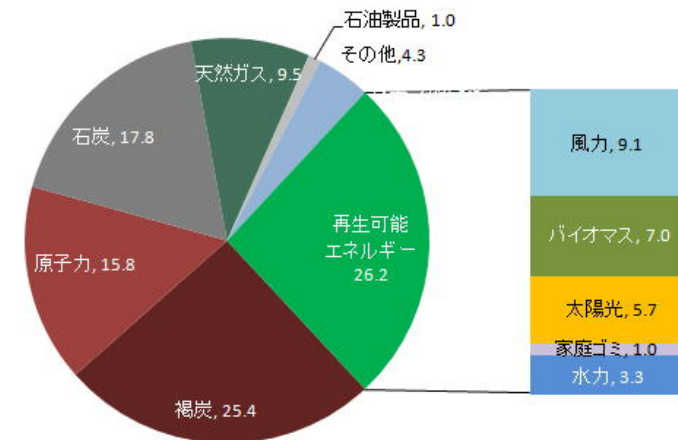


(資料) [Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.](#) (2015.2.27)

\*輸出量を含む \*2014年は暫定値  
(出所) ドレスデン情報ファイル

11

## 発電量構成比(ドイツ、2014年暫定値)



(資料) [Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.](#) (2015.2.27)

\*輸出量を含む \*2014年は暫定値  
(出所) ドレスデン情報ファイル

12

# エネルギー転換の現状と目標(ドイツ)

単位: %

項目	2012年	2020年	2030年	2040年	2050年
温暖化ガス削減 (1990年比)	24.7	>40	>55	>70	>80~95
1次エネルギー消費削減 (2008年比)	4.3	20	50		
電力消費量削減 (2008年比)	1.9	10	25		
再エネ割合/電力	23.6	>35	>50 (2025 : 40~50)	>65 (2035 : 55~60)	>80
再エネ割合/最終消費	12.4	18	30	45	60

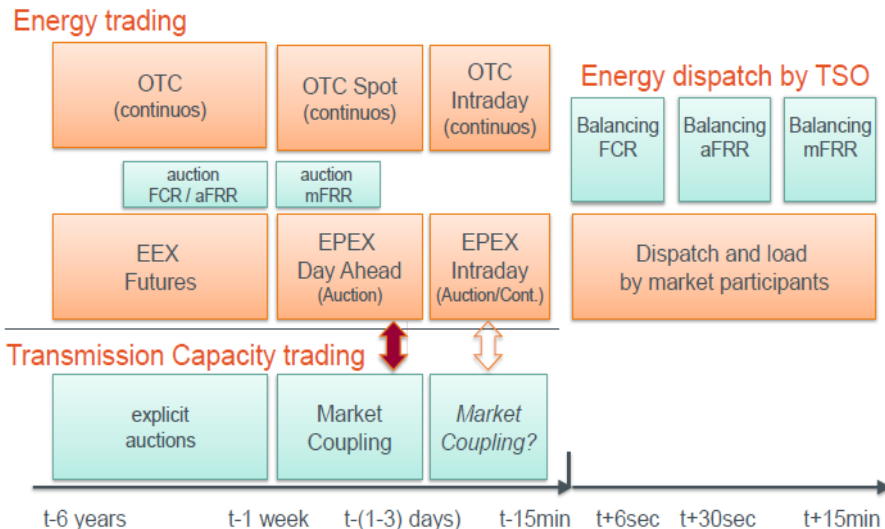
(資料)連邦経済省、第2回モニタリング報告書“Energie der Zukunft”(2014年4月8日)  
 \*カッコ内は2014年再生可能エネルギー法の目標  
 (出所)ドレスデン情報ファイル

# ドイツEEGの規定

優先接続	第5条	・グリッドの管理者(送電、配電ともに)は、「直ちに、かつ、優先的に」再エネ発電施設をグリッドの電圧及び最短直線距離の観点から最適な点において接続しなければならない。 ・接続義務は、グリッドの最適化、増強、拡張が不可欠の場合にも適用される。
優先送配電	第8条	・グリッド管理者は、「直ちに、かつ、優先的に」、再エネから利用可能な電力の全てを、購入、送電、配電しなければならない。
優先給電	第11条	・他の発電施設が接続されている限り、再生エネに優先順位が与えられる。
系統増強義務	第9条	・グリッドの管理者(間接的に関係する上位系統運営者も含む)には系統増強義務が課されている。系統容量の不足を持って再エネ接続申請を拒否できない。
グリッド管理者の系統増強コスト負担義務	第14条	・グリッドの管理者は、グリッドシステムを最適化、増強、拡大するコストを負担しなければならない。

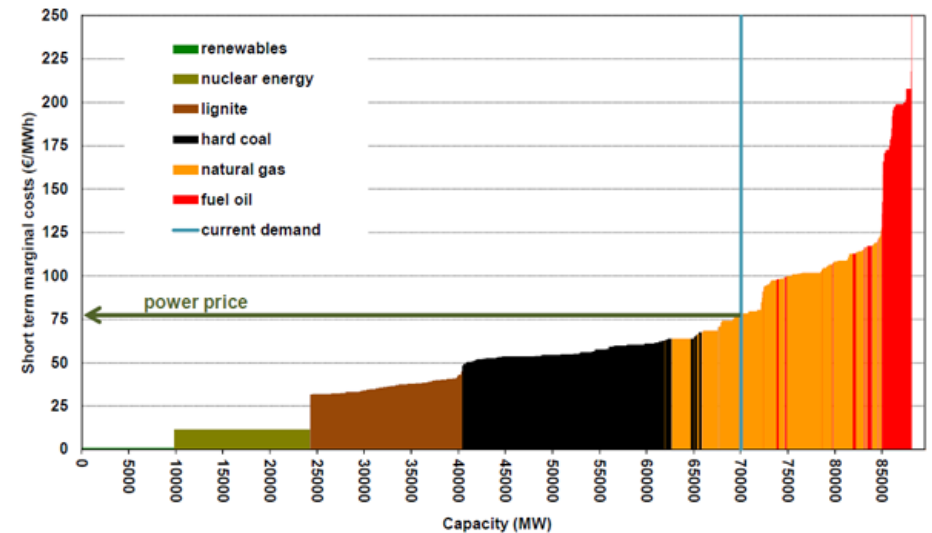
(出所)エネルギー戦略研究所、内藤克彦

# ドイツの市場システム



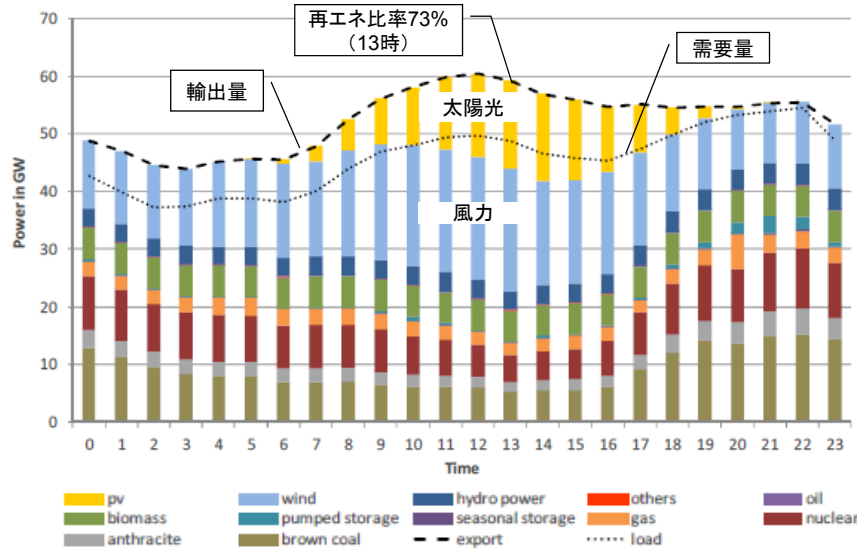
(出所) 50Hertz

# ドイツの卸市場サプライカーブ:メリットオーダー



出所: Eco-Institute

## 2014年5月11日のドイツ電力需給状況



(資料)ドイツ4送電会社公表データ  
(出所) Thomas Ackermann, Ph. D.

## 系統間流通 (Vertical-Load) と再エネ発電 (独: 5/11/2014)

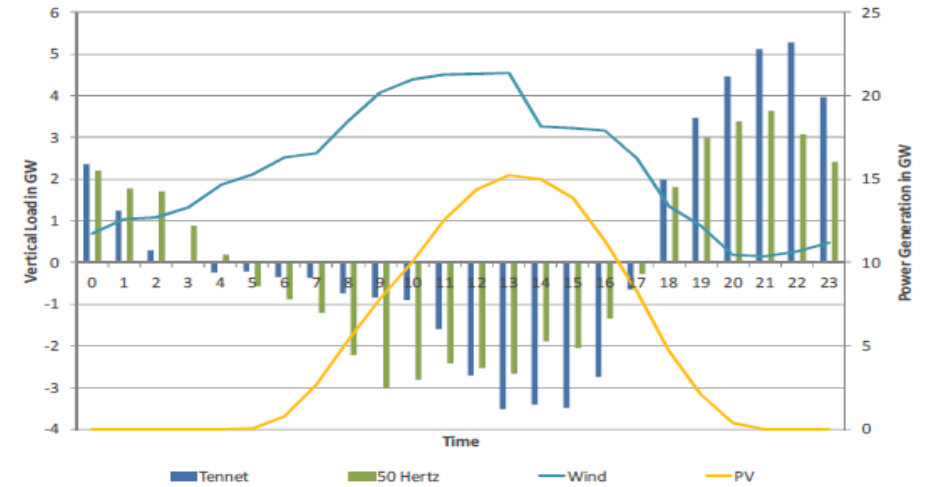


Figure: Vertical load of the transmission system operators as well as wind- and pv-power-generation.

(資料)ドイツ4送電会社公表データ  
(出所) Thomas Ackermann, Ph. D.

18

## 再給電re-dispatch運用(独、5/11/2014)

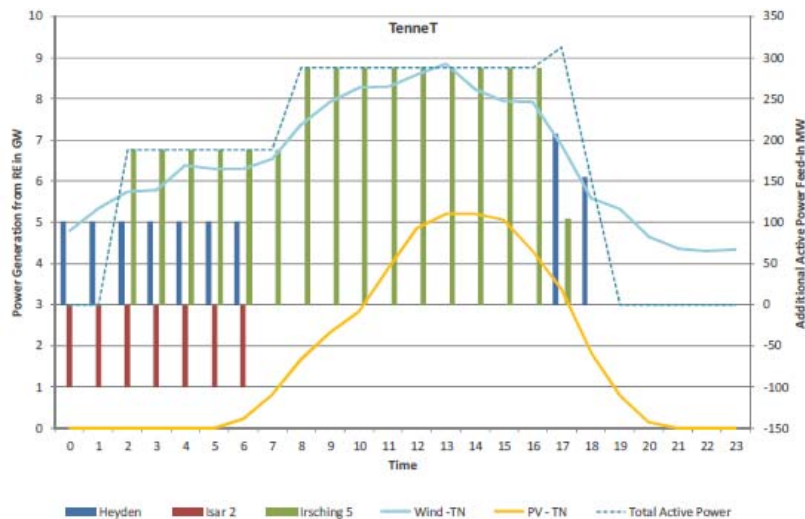
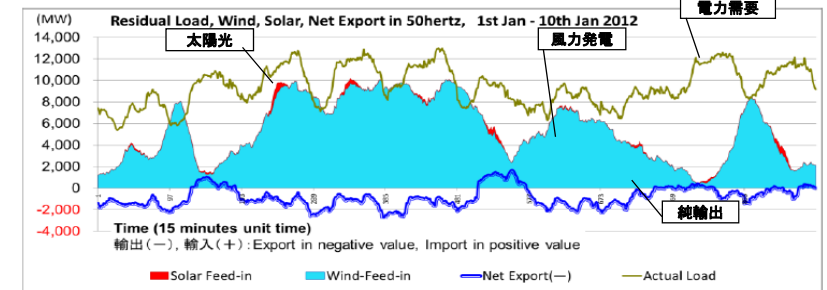


Figure: Wind- and pv-power-generation in control area of TenneT (TN) and Additional Active Power Feed-in due to re-dispatching.

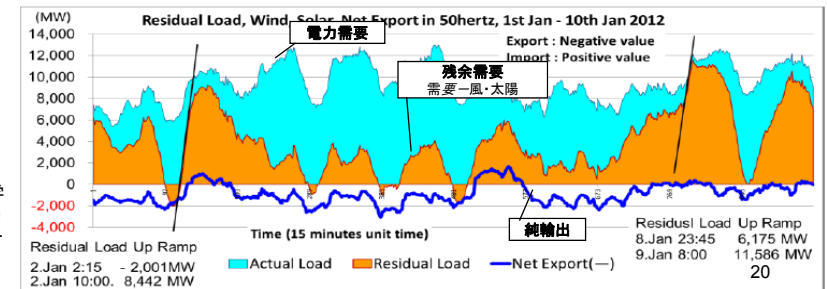
(資料)ドイツ4送電会社公表データ  
(出所) Thomas Ackermann, Ph. D.

19

## ドイツ50Herzエリアの需給状況



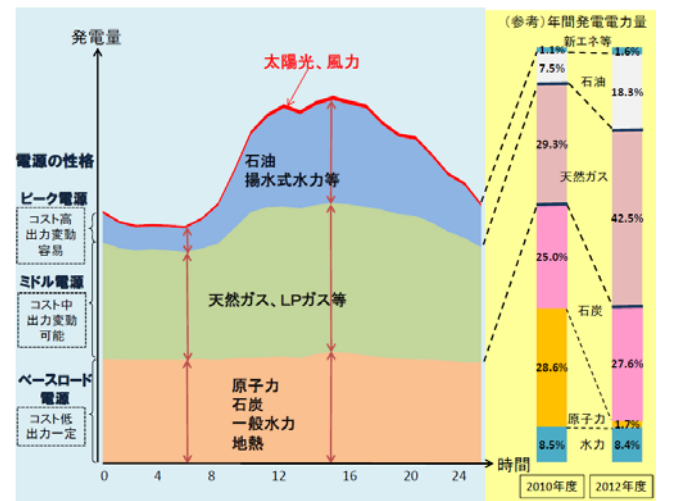
風力給電、ロード、残余需要、輸出の状況 (2012年1月1日~10日)



残余需要と輸出の変動状況 (2012年1月1日~1月10日)

(出所) 立命館大学  
竹濱教授  
の資料に  
一部加筆

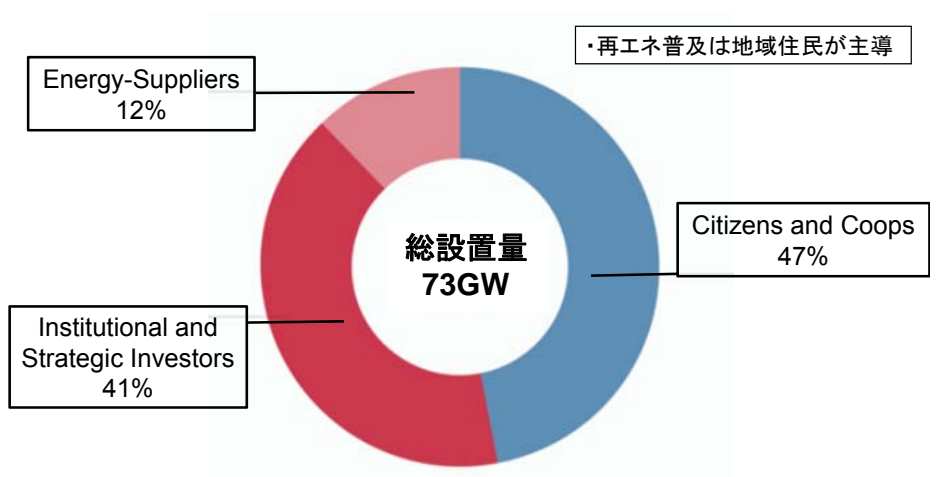
# 電力需要に対応した電源構成(日本)



ベースロード電源: 発電コストが低廉で、昼夜を問わず安定的に稼働できる電源  
ミドル電源: 発電コストがベースロード電源に次いで安く、電力需要の変動に応じた出力変動が可能な電源  
ピーク電源: 発電コストは高いが電力需要の変動に応じた出力変動が容易な電源

(出所)エネルギー基本計画(2014年4月)

# ドイツの再エネ電力所有内訳(2012年)

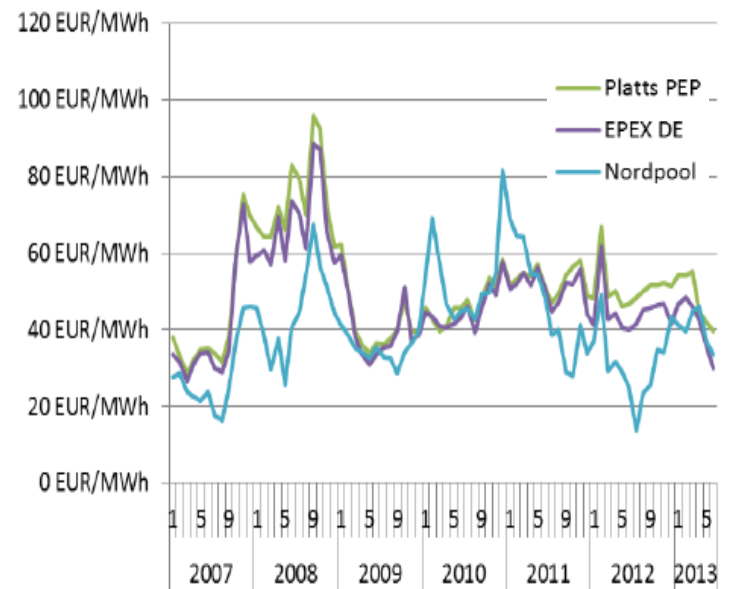


(出所) trend research u. Leuphana Universität Lüneburg, Stand 10 / 2013

## 3. 市場取引の活性化とその影響

- ・市場取引システムの整備、再エネ普及
- ・卸市場価格の低下・安定
  - \*市場からの調達者はメリット享受
  - \*再エネサーチャージは上昇圧力
- ・大規模火力の稼働率低下
- ・供給容量不足、調整力不測の懸念
- ・既存大手事業者の経営問題→新たなビジネスモデル模索
- ・容量メカニズム導入の検討・導入
  - \*エネルギー市場の活用、容量市場創設
  - 戦略的予備力確保等
- ・容量(予備力)は不足するのか？

# 欧州電力卸売り価格の推移



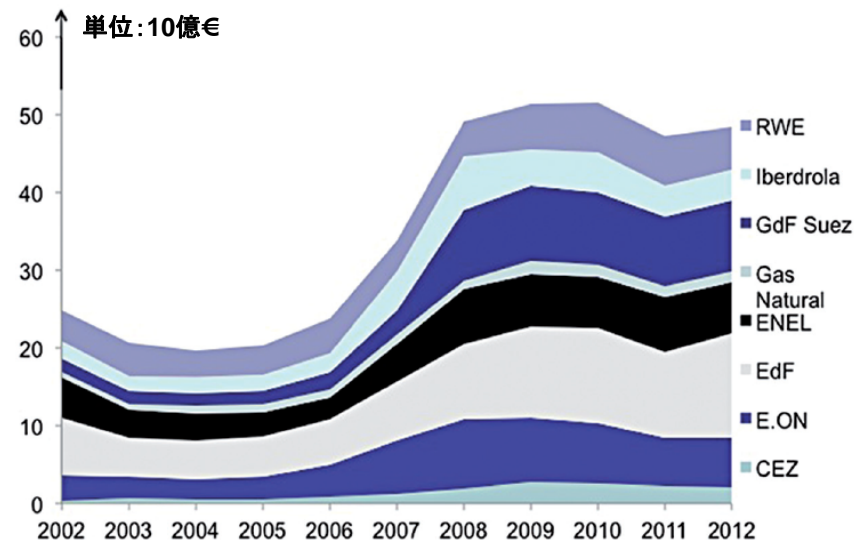
(資料)Platts (出所)EU委員会

## EPEX Spot電力市場での価格推移(€/MWh)

	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
ドイツ・オーストリア	38.85	44.49	51.12	42.60	37.78
フランス	43.01	47.50	48.89	46.94	43.24
スイス	47.92	51.02	49.52	49.52	44.77

出所: EPEX

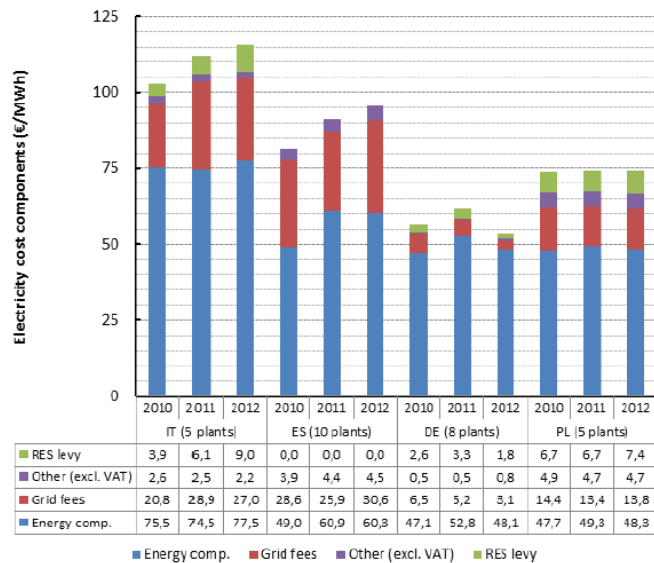
## 欧州主要電力会社の設備投資額推移



(資料) BLOOMBERG PROFESSIONAL/BLOOMBERG INDUSTRIES/UTILITIES

(出所) GreenPeace“LOCKED IN THE PAST”(2014/2)

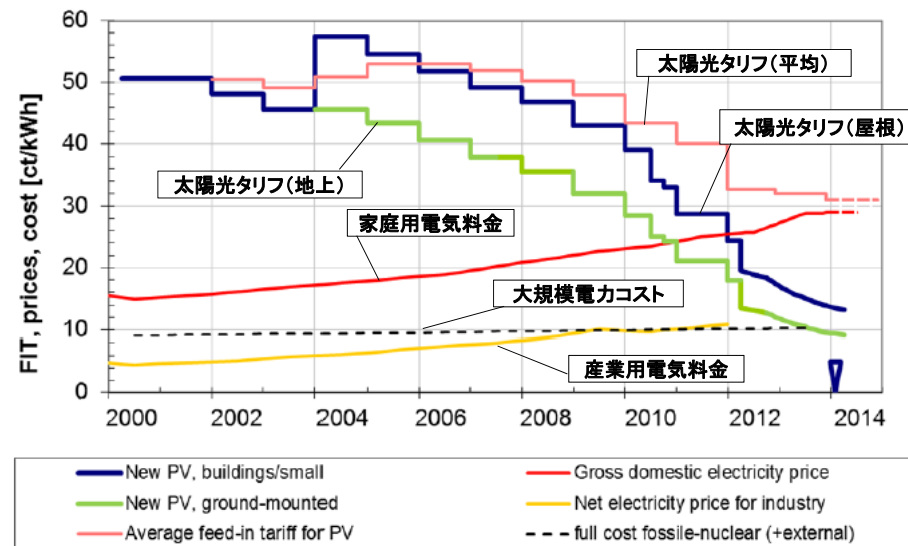
## 産業の電力コスト比較(伊、西、独、ホ・ランド)



(出所) EU委員会: Energy Price and cost Report (2014/1)

27

## 太陽光タリフ、電気料金、既存発電コストの推移(独)



28

## E-Onの株価推移

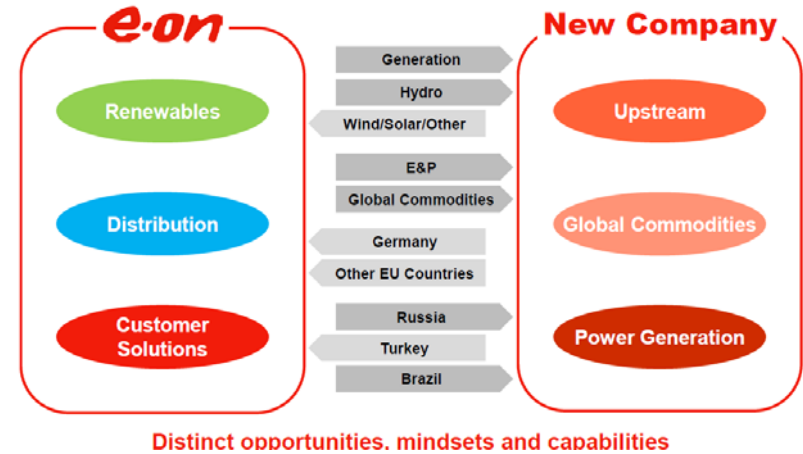


(出所)ロイター

29

## エーオンの事業再編概念図

Two leading companies for two energy worlds



Distinct opportunities, mindsets and capabilities

(出所) E. ON

30

## エーオンのテイセンCEO



(出所) E. ON

31

## E-ON新事業戦略の考え方

- ・最近まで、エネルギー事業の構造は明確で直線的であった。バリューチェーンは、資源開発地点から発電所、送電線、卸市場を経てエンドカスタマーまで繋がっていた。ビジネスの全体像が把握でき、大規模生産設備から監視・制御が可能であった。この従来型のエネルギー世界は、われわれにとって馴染みが深い。巨大設備とそれが統合されたシステム、大規模な取引により構築されていた。この技術は確実であり、成熟していた。
- ・これらのシステムはまだ存在しており、必要不可欠なものである。しかしここ数年、新しい世界が、並行するかたちで急成長してきた。多くの技術革新、顧客の期待の上に成り立つ世界である。新しい技術の成熟、コスト低下、それを背景とした再エネの普及がこのトレンドの主たる推進者である。どれよりも多く再エネ発電への投資が実施されてきている。再エネ投資は、減少するどころではなく、増え続けていく。
- ・同時に、再エネコストは急激に下がってきている。特に陸上風力は、従来型の電源と同等かそれ以下にまで下がっている。他の再エネも、遠からず経済性のあるものになる。
- ・再エネ発電は、単なる革命的な設備ではない。他の技術革新と融合して、顧客の役割を変えつつある。既に太陽光発電を設置し電力の一部を自給している場合は特にそうである。蓄電池が普及してくると、顧客は電力・ガスのネットワークから相当程度独立できるようになる。
- ・エネルギー供給を自らアクティブにデザインする顧客は着実に増えていく。何よりも、そうした顧客は、クリーンな、持続可能なエネルギー源を、そして資源を節約する効率的な消費を志向している。

32



## 4. 再エネファイナンスと新潮流

- ・再エネは資本費の塊り
- ・新技術であり、普及途上・資本蓄積の時期
- ・資金調達が非常に重要
- ・FITを主に「トータル予見性」を高める施策で投資、ファイナンスを促す
- ・アメリカは投資減税により魅力あるリターンを創出
- ・資本回転速度を高める商品が普及
  - \*YieldCosの登場 (cf.) REITs
- ・インフラファンドへの期待

33

## 5-1. FIT見直し議論(日本)

- ・背景: エネミックス、太陽光に偏り、国民負担、ポストFIT
- ・認定制度:
  - \*接続契約時点(認定、価格決定)
  - \*認定前接続申請可能に(長期電源)
- ・価格決定方式:
  - \*事業用太陽光: 入札、トップランナー
  - \*住宅用太陽光: 価格低減スケジュール
  - \*風力 : 中長期的価格引き下げスケジュール
- ・買取義務移行:
  - \*小売り→送電
  - \*地産地消、グリーン取引等は小売り事業者引渡し可能

34

## 系統受入れの検討状況(日本)

- ・インフラ増強・建設
  - \*コスト: 原因者負担→一般負担と特定負担の分担
  - \*情報開示: 空き容量、接続線建設単価等
- ・系統運用(含む広域)
  - \*優先給電、出力抑制等の課題---検討中
  - 情報開示(電源、エリア、時間帯)を促進
  - \*エリア過剰再エネの広域取引のルール整理

35

## 5-2. ドイツ2014年再エネ制度変更の概要

項目	2014EEG (2014年8月施行)		
<b>タリフ</b>	フリージングキャップ (ターゲット・コリドー)		総量目標(規制)
	年間目標導入量	タリフ調整	
太陽光	240~260万kW	毎月1.1%	(5200万kW: FIT枠)
陸上風力	240~260万kW	四半期毎0.4%	なし
洋上風力	なし		6.5GW(20年)、13GW(30年)
バイオマス	100万kW	四半期毎低減	なし
<b>賦課金ベース拡大</b>			
適用除外縮小	*エネルギー多消費型産業に賦課金の15%賦課、総額上限あり		
自家発電分	*賦課金の30%(15年)、40%(16年)賦課。化石燃料は100% *10kW未満・発電事業者は非対象、産業は経過措置あり		
<b>競争原理導入</b>			
強制的な直接販売 (選択制から拡充)	*500kW以上(14/8月)、100kW以上(16年) *FIP: タリフが市場価格を下回る場合は補填。		
新規開発の入札制	*連邦グリッド規制機関がルール設定後、地上太陽光にて実証 *2017年から全再エネ導入について検討		

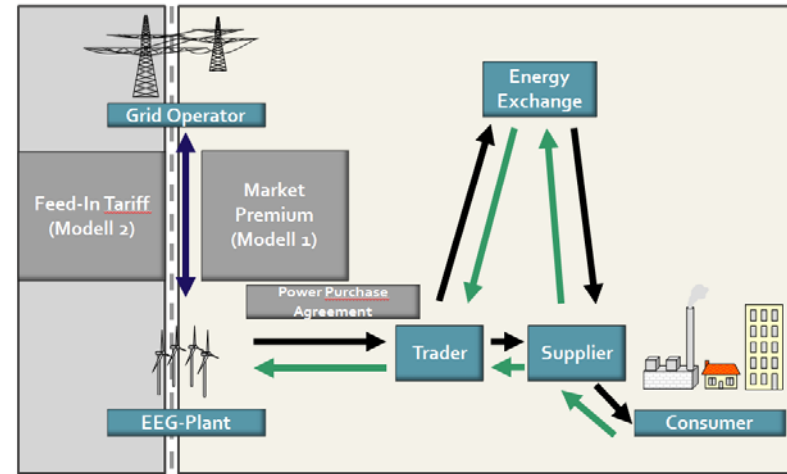
36

(出所) 各種資料より筆者作成

# 太陽光FIT・ブリージングキャップ

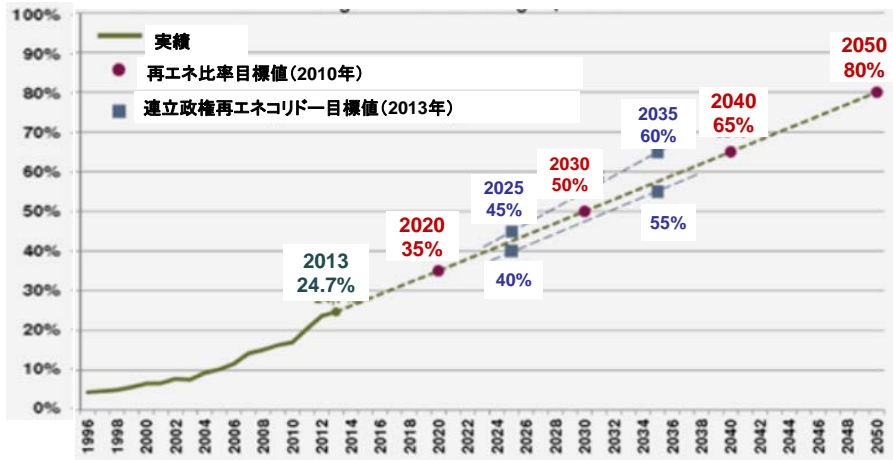
年間普及量 (GW)	月間タリフ低下率 (%)	年間タリフ低下率 (%)
7.5~	2.8	29
6.5~7.5	2.5	26
5.5~6.5	2.2	23
4.5~5.5	1.8	19
3.5~4.5	1.4	15
2.5~3.5	1.0	11.4
2.0~2.5	0.75	9
1.5~2.0	0.5	6
1.0~1.5	0	0
~1.0	-0.5	-6

# ドイツの2014EEGスキーム



(出所) Becker Büttner Held

# 再エネ電力シェアの実績と将来目標(ドイツ)



(出所) EDBW

# 6. 本日の講師とテーマ

特別講演 「科学技術と持続可能な社会」

滋賀大学学長 佐和 隆光

基調講演 「再エネを巡る動向と推進策」

京都大学特任教授 山家 公雄

昼食休憩

(午後・第1部)

講演 「欧州の再エネ推進政策」

京都大学特任教授 内藤 克彦

講演 「再エネを巡るファイナンス新潮流」

日本政策投資銀行 増田 真男

講演 「再エネ普及のための系統運用・系統計画と制度設計」

関西大学准教授 安田 陽

講演 「電力システムと容量メカニズム」

電力中央研究所 上席研究員 服部 徹

休憩

(午後・第2部)

講演 「再エネの力とエネルギー市場」

スプリントキャピタルジャパン代表 山田 光

講演 「FIT見直し議論について」

名古屋大学教授 高村 ゆかり

質疑 「会場からの質問と回答」

モデレーター 京都大学特任教授 山家 公雄

(参考文献) 12月17出版



## 目次

はじめに	
序章	ドイツエネルギー問題の巡る通説と真設
第1章	再エネ大国ドイツの政策と軌跡
第2章	2014再エネ法改正の検証
第3章	ドイツの電力コストは高いのか
第4章	グリッドオペレートと電源ミックス
第5章	欧州エネルギー大手が模索する新モデル
第6章	再エネ利用による地域活性化策
第7章	EUの環境・エネルギー政策とドイツ
第8章	IEAが描く再エネ45%普及策
終わりに	41

ご静聴、有難うございました。