



# 日本の再エネの2ndステージはどうなるのか ～ ドイツの経験を踏まえて

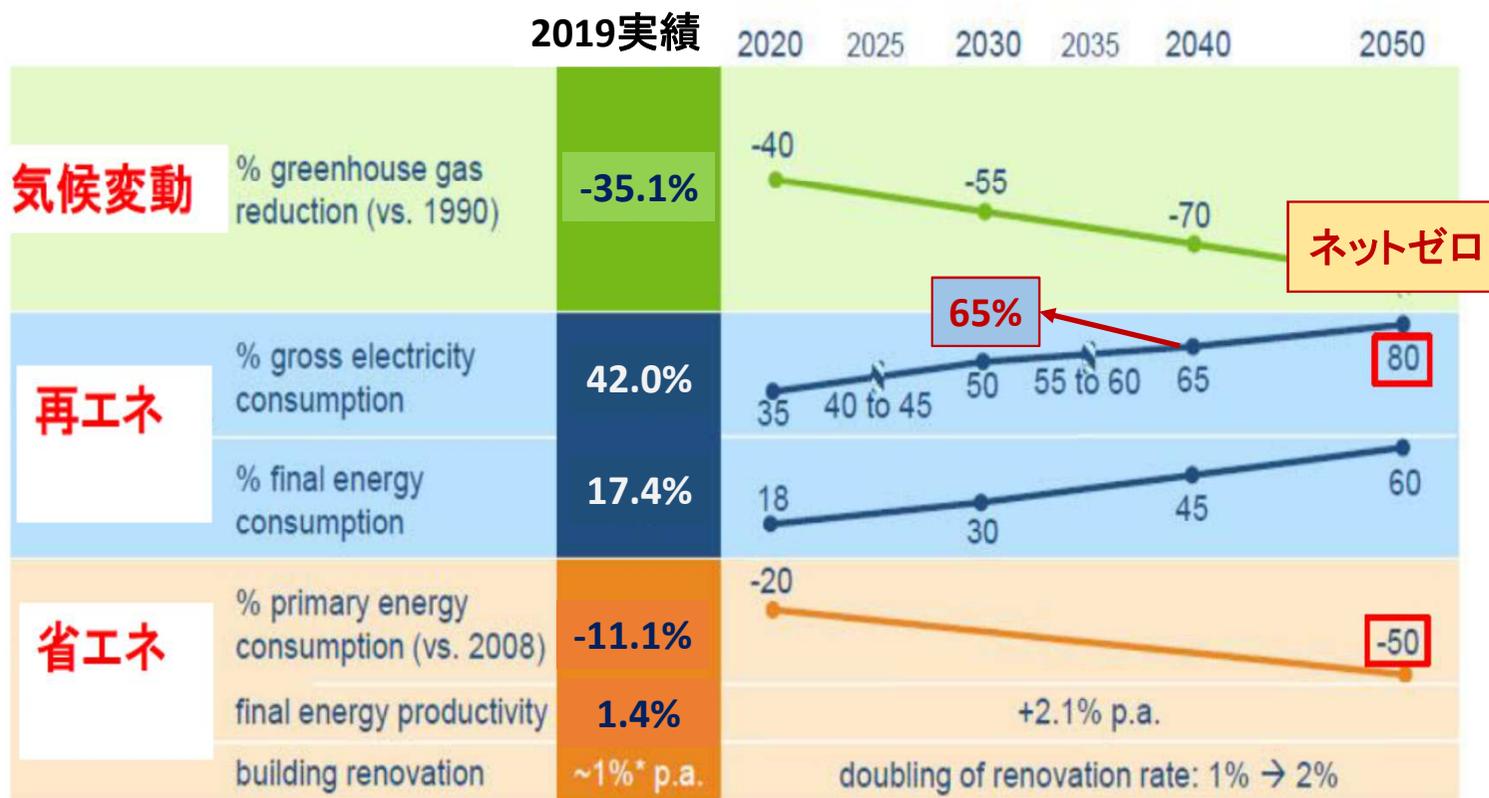
ラウパツハ スミヤ ヨーク  
立命館大学経営学部教授

2021年3月17日(水)

太陽光発電協会と京都大学による共催シンポジウム

# ドイツの環境・エネルギー政策の主な目標

## 2050 *Energiewende* targets



\* 2013  
Source: Federal Government 2010, BMJ/BMWi 2014, AGEE-Stat 2014, AGE 2015

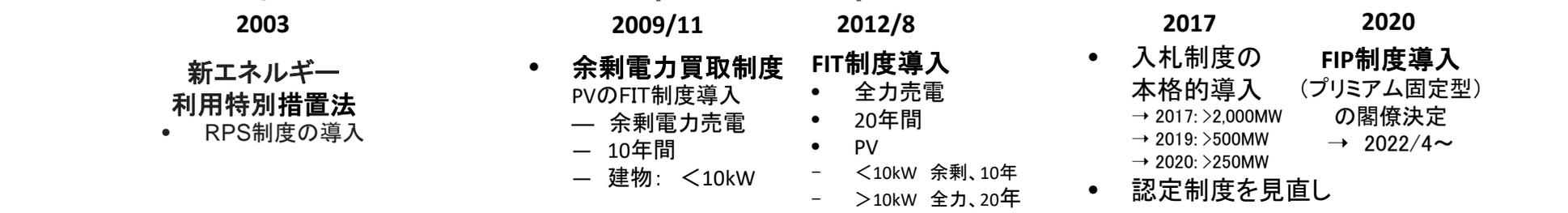
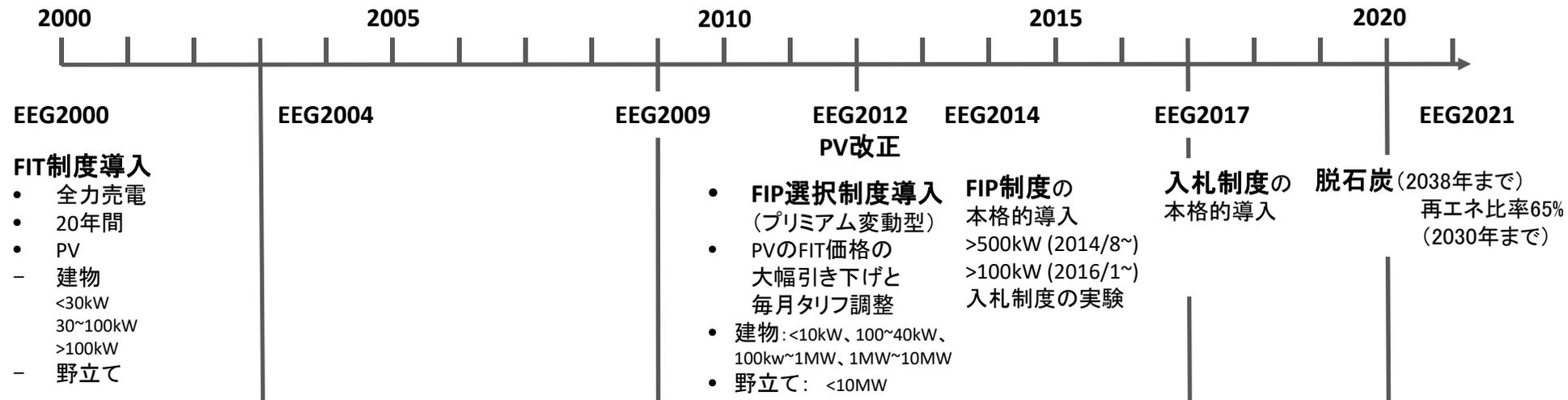


脱原発(2022年)



脱石炭(2038年)

# 再生可能エネルギー政策の経緯 — 日独比較



# 再生可能エネルギー政策の経緯 — 日独比較

FITスタート



14年

FIT → FIP



10年

電力市場の  
環境整備？



17年

FIT → 入札



5年

38.7GWの未稼働案件問題？

# 2014年の固定買取法改正の主なポイント

(2014年4月8日閣僚決定、実行)

項 目	2014EEG (2014年8月施行)		
<b>タリフ</b>	ブ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 - 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 : 市場価格がタリフ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		

# ドイツの固定価格買取法改正（2017年/2021年）

## • 2017年の固定買取法改正の主なポイント

- 固定価格決定プロセスを全面的に入札方式に移行
  - 太陽光(750kW以上のプロジェクト)
  - 風力(陸上、洋上)、バイオマス
  - 対象外: 小水力、地熱
- 入札容量
  - 太陽光: 600MW/年
  - 風力(陸上): 2,800MW/年(2017~2019)/ 2,900MW/年(2019以降)
  - 風力(洋上): 750MW/年 → 6.5GW(2020まで)/ 15GW(2030年まで)
  - バイオマス: 150MW/年(2017~2019)/ 200MW/年(2020~2022)

## • 2021年の固定買取法改正の主なポイント

- 2030年までに再エネ比率65%（対電力消費）
- 陸上風力発電からの利益の一部を住民に還元
- テナント向け再エネ電力の助成金額の引き上げ
- 卒FIT発電事業者の経過支援措置

### 住宅用太陽光発電(10kW)の固定買取価格: c/kWh

ab 1. Aug '20:	ab 1. Sep '20:	ab 1. Okt '20:	ab 1. Nov '20:	ab 1. Dez '20:	ab 1. Jan '21:
8,90	8,77	8,64	8,52	8,40	8,28

# ドイツ政府の主な政策目標

再エネの  
コスト抑制

→ EEG改正  
(2012/2014/2017/2021)

再エネの  
市場統合

→ 電力市場2.0  
(Strommarkt2.0)

省エネ・  
効率向上

→ 行動計画  
(NAPE)  
→ 熱利用促進  
(MAP)



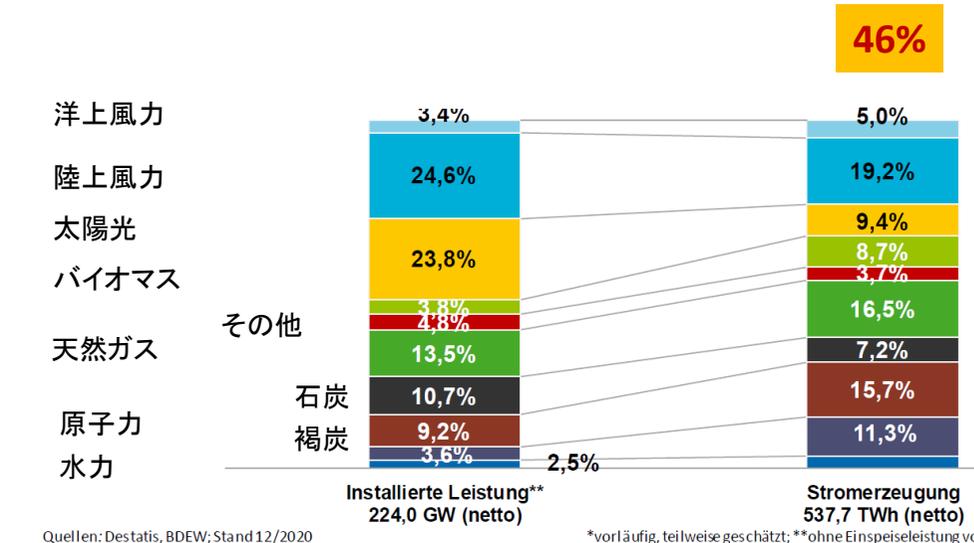
Source: BMWi, <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiewende/infografik-wichtigste-projekte.html>

## ドイツのエネルギー転換政策の主な結果

- ① 再生可能エネルギーの**飛躍的拡大**
- ② 再生可能エネルギーの**社会的受容性**
- ③ 再生可能エネルギー発電事業者の**多様性**
- ④ 太陽光発電業界の再編と**構造変化**
- ⑤ ビジネス・モデルの**進化**や多様化
- ⑥ 再生可能エネルギーの**市場統合**

# ① 再生可能エネルギーの飛躍的拡大

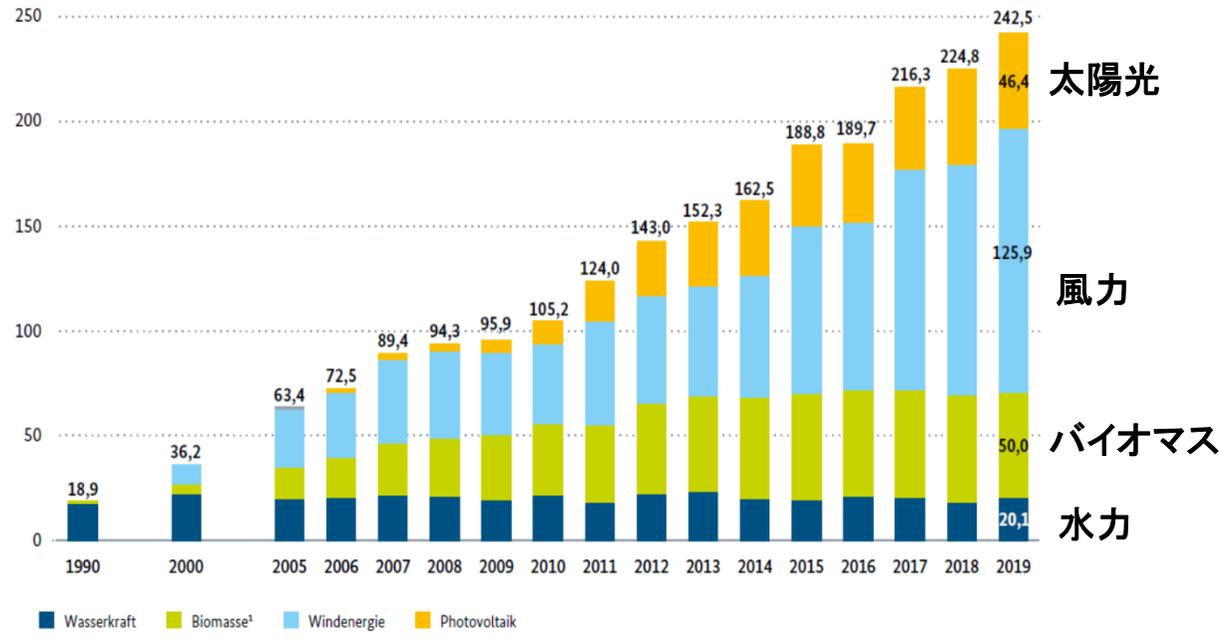
発電設置容量 (GW)と発電量(TWh / 2020年)



Quellen: Destatis, BDEW; Stand 12/2020

\*vorläufig, teilweise geschätzt; \*\*ohne Einspeiseleistung vor

再生可能エネルギーの発電量 (10億kWh)



1 feste und flüssige Biomasse, Biogas, Biomethan, Deponie- und Klärgas, Klärschlamm und biogener Anteil des Abfalls  
 2 Stromerzeugung der jeweiligen Technologien in den Vorjahren siehe dazu Abbildung 6  
 Geothermische Stromerzeugung aufgrund geringer Strommengen nicht dargestellt

Quellen: BMWi auf Basis AGEE-Stat; Gesamt-Bruttoendenergieverbrauch auf Basis AGE B [1] und weiterer Quellen; siehe Abbildung 6, teilweise vorläufige Angaben

**CO<sub>2</sub>排出量削減: >2億トン (2019年)**

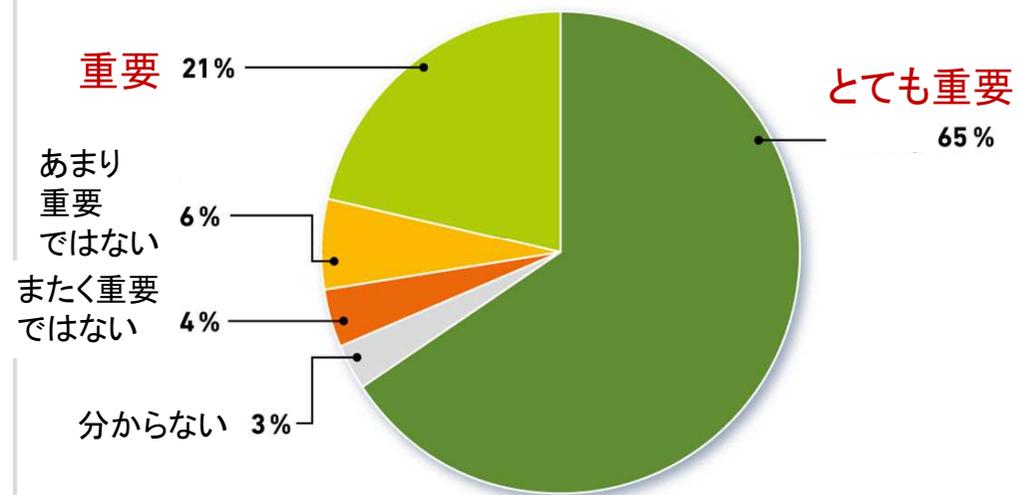
# ① 再生可能エネルギーの飛躍的拡大



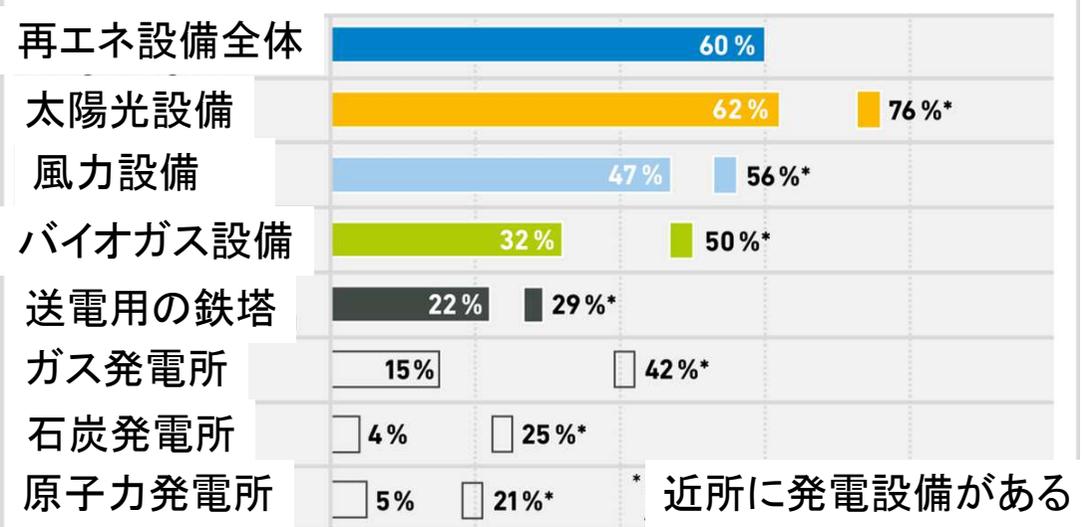
Die größeren Ausschreibungsvolumina durch die im Energiesammelgesetz beschlossenen Sonderausschreibungen senken derzeit das Wettbewerbsniveau, da sich der Markt noch nicht auf die größeren Mengen einstellen konnte. In der März-Ausschreibung wurde einmalig eine größere Gebotsmenge aufgrund eines formalen Fehlers eines Bieters ausgeschlossen. Dadurch stieg der durchschnittliche Zuschlagswert ungewöhnlich an.

## ② 再生可能エネルギーの社会的受容性

86%のドイツ人は再生可能エネルギーの拡大に賛成である



近所に再生可能エネルギーの設置に賛成



Quelle: Umfrage von YouGov im Auftrag der Agentur für Erneuerbare Energien, n=1.051; Stand: 12/2020  
© 2020 Agentur für Erneuerbare Energien e.V.

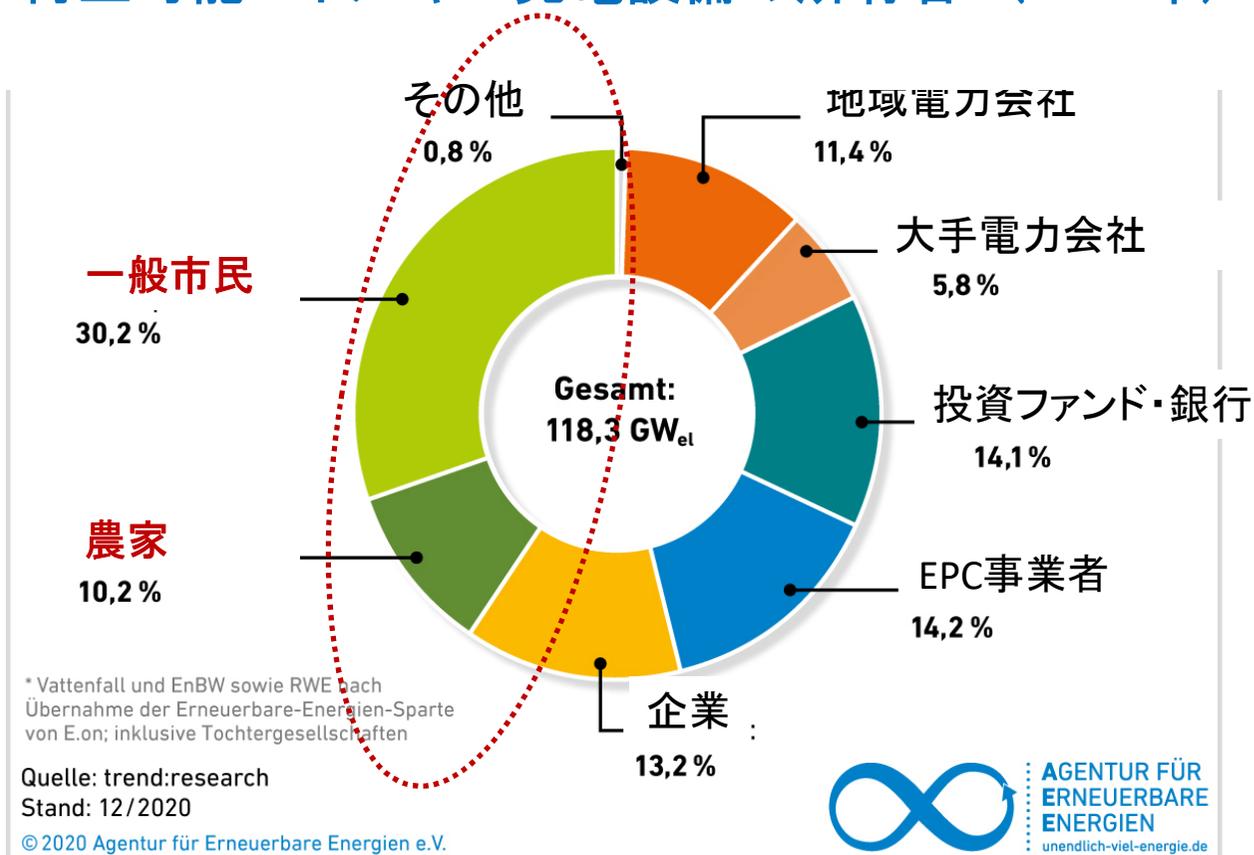


Quelle: Umfrage von YouGov im Auftrag der Agentur für Erneuerbare Energien, n=1.051; Stand: 12/2020  
© 2020 Agentur für Erneuerbare Energien e.V.

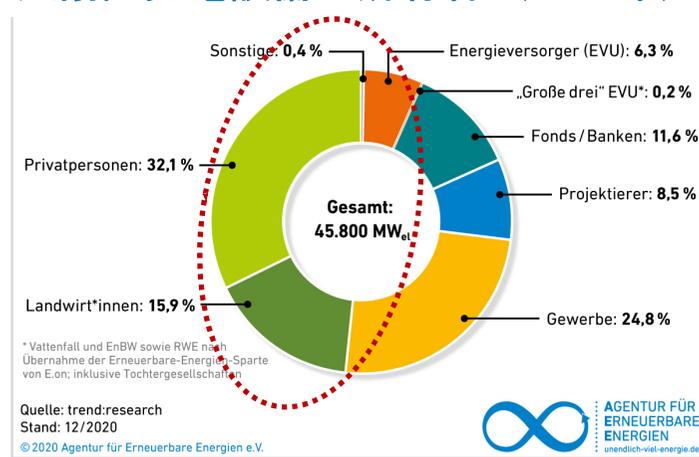


# ③ 再生可能エネルギー発電所有者の多様性

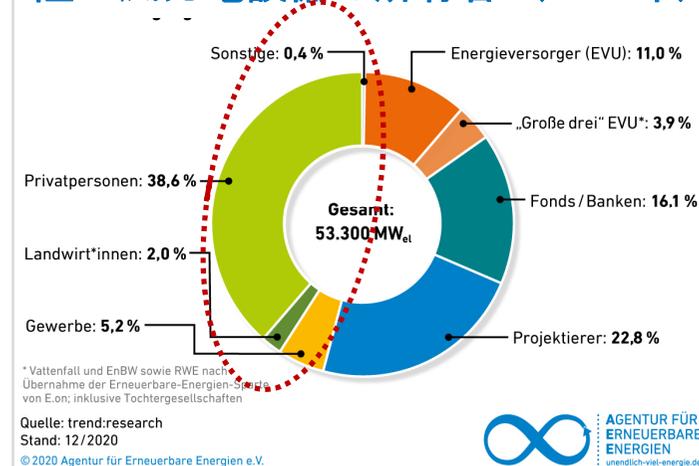
## 再生可能エネルギー発電設備の所有者 (2019年)



## 太陽光発電設備の所有者 (2019年)

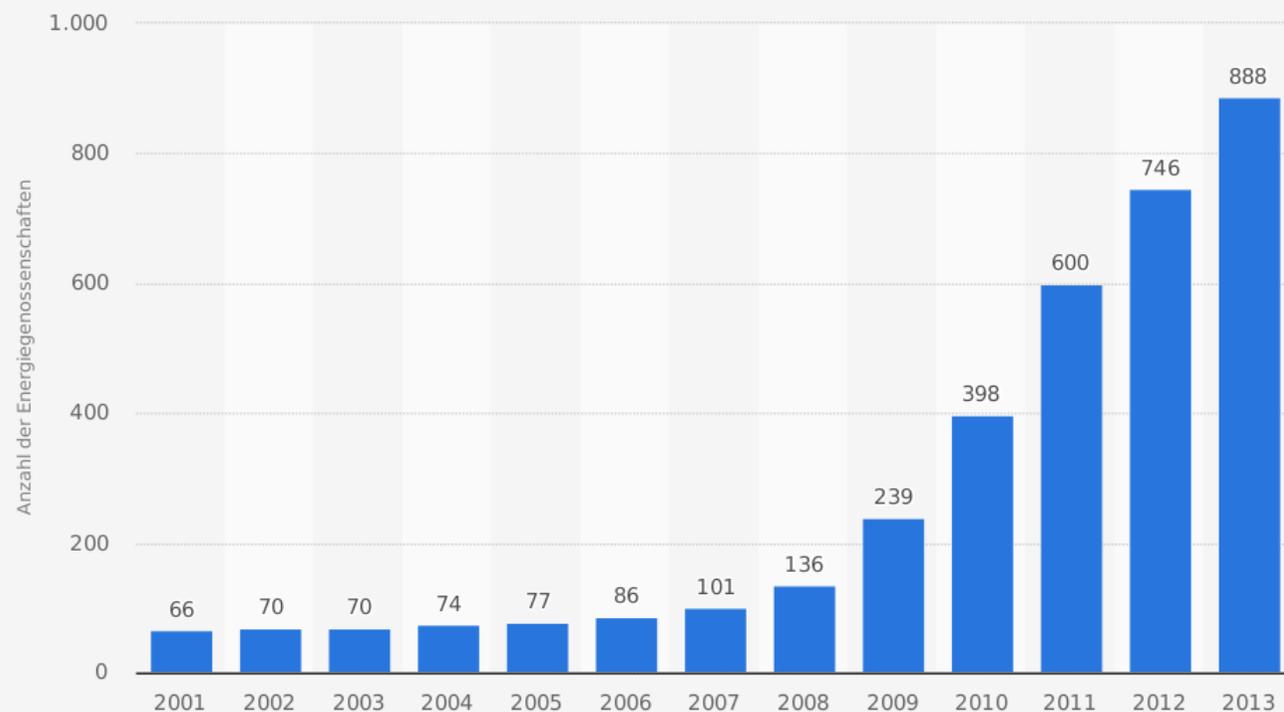


## 陸上風力発電設備の所有者 (2019年)



## ③ 再生可能エネルギー発電事業者の多様性 — エネルギー協同組合

エネルギー協同組合の数 (2001 ~ 2013)



Quelle  
Klaus Novy Institut  
© Statista 2018

Weitere Informationen:  
Deutschland; Klaus Novy Institut

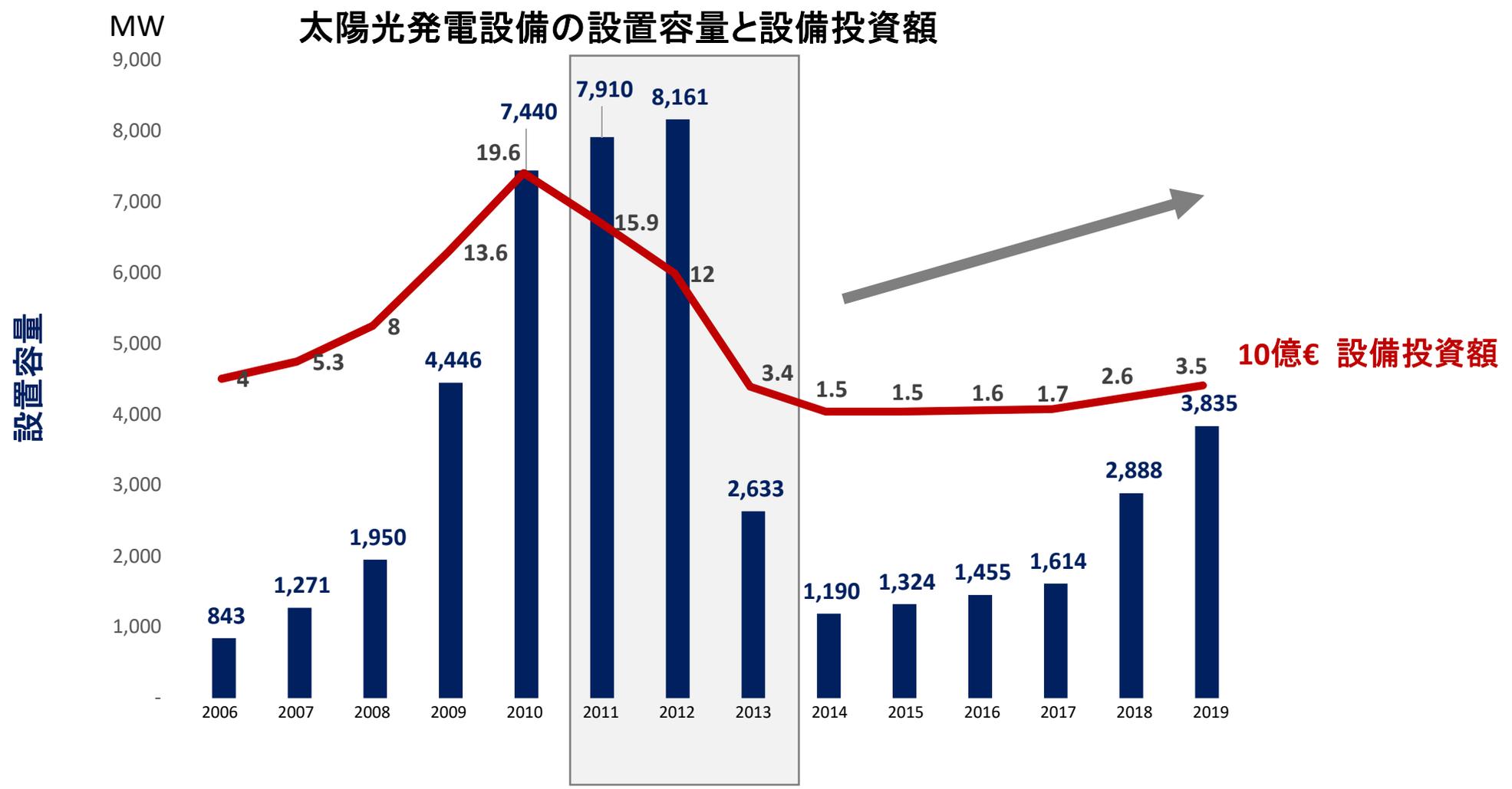


**BÜRGERWERKE**  
ENERGIE IN GEMEINSCHAFT

As of 2019

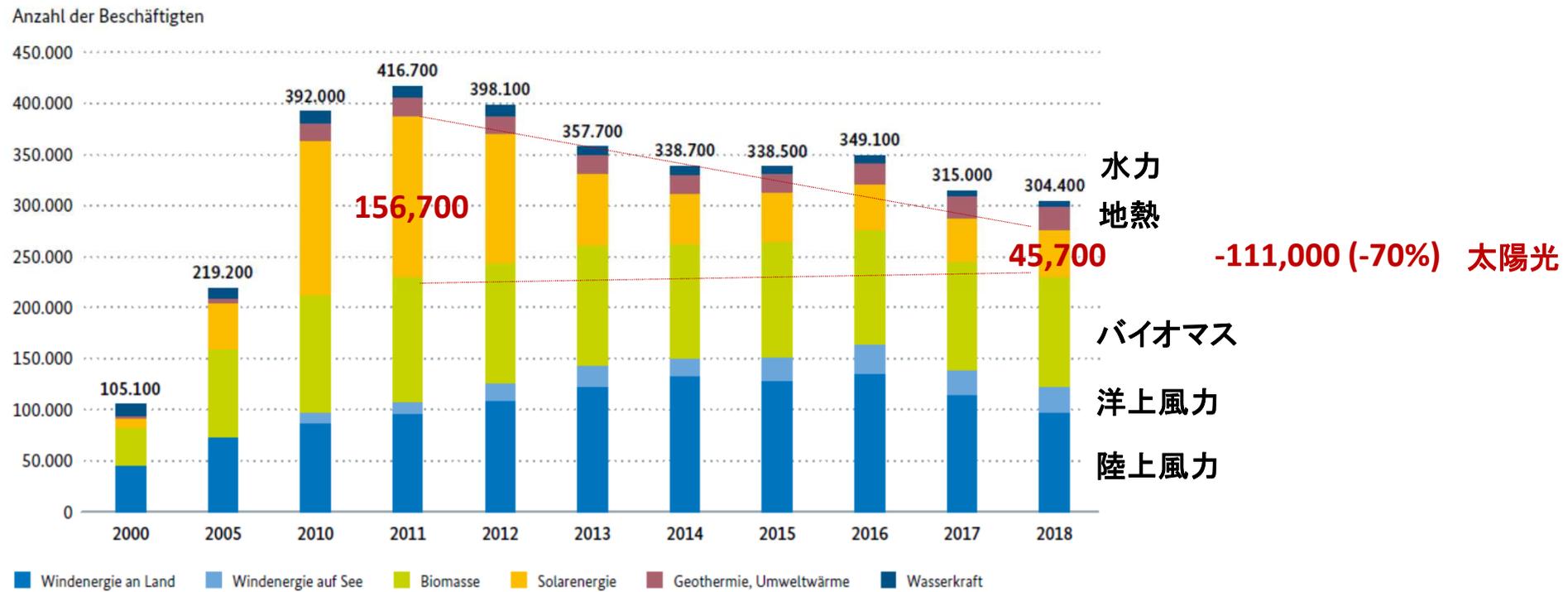
- **843 energy co-operatives**
- **~200,000 組合員**
- **設備投資額: €29 億 (¥3,500億)**
- **発電量: 8.3 TWh p.a.**
- **2.4 Mil. Tons CO<sub>2</sub> reduction p.a.**

# ④ 太陽光発電業界の再編と構造変化



# ④ 太陽光発電業界の再編と構造変化

## 再生可能エネルギー業界の従業員数



Quelle: DIW, DLR, GWS [37]

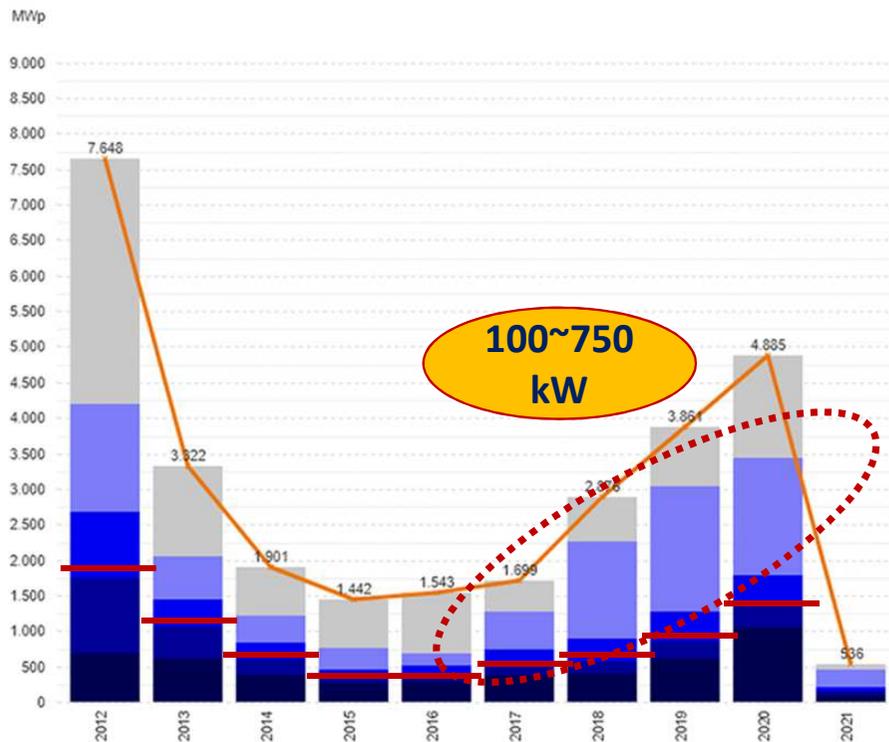
# ⑤ ビジネス・モデルの進化や多様化 → 太陽光の規模別FIT導入状況



独：中規模ゾーンの増加

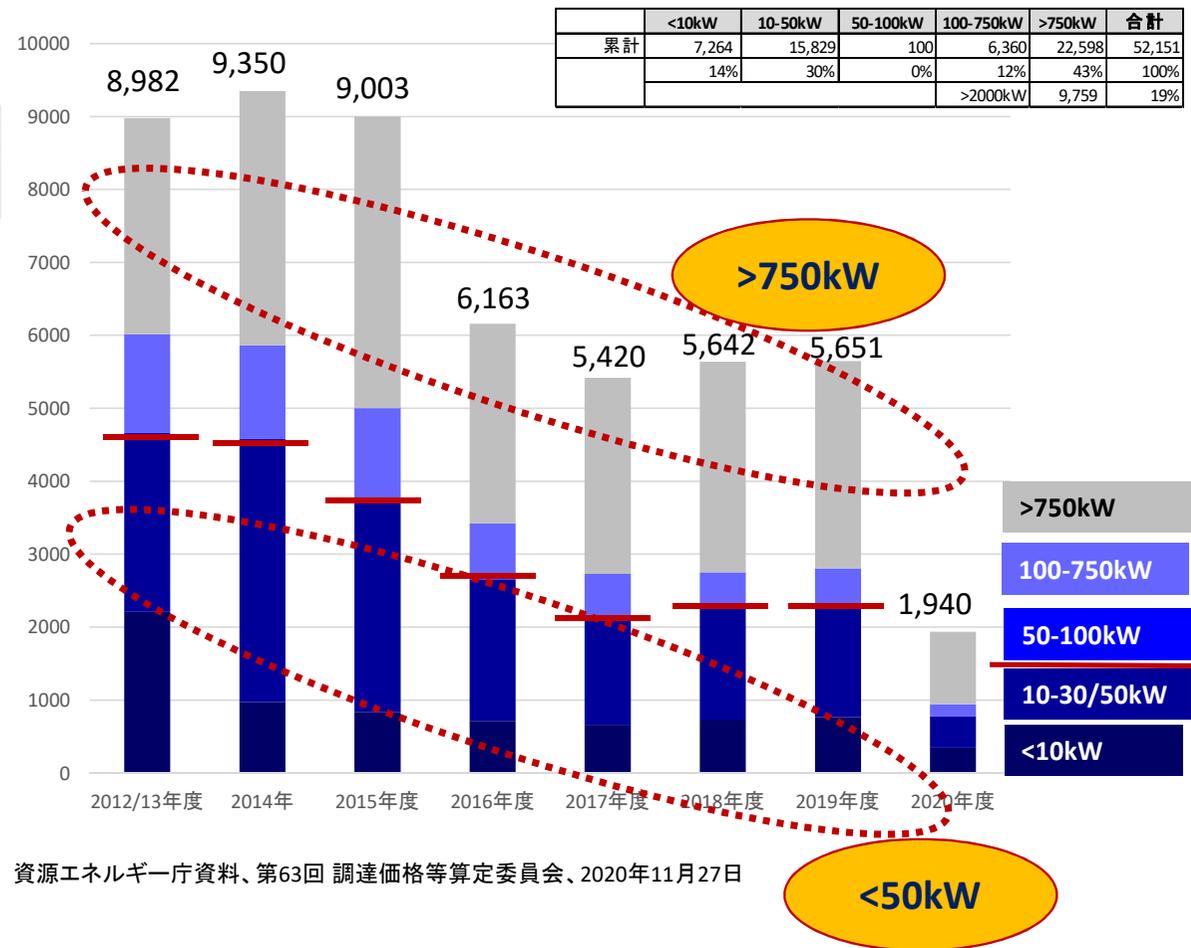


日本：二極化傾向



Quelle: Bundesnetzagentur | Stand: Februar 2021

<https://www.pv.de/photovoltaik/marktentwicklung/photovoltaik/>



資源エネルギー庁資料、第63回 調達価格等算定委員会、2020年11月27日

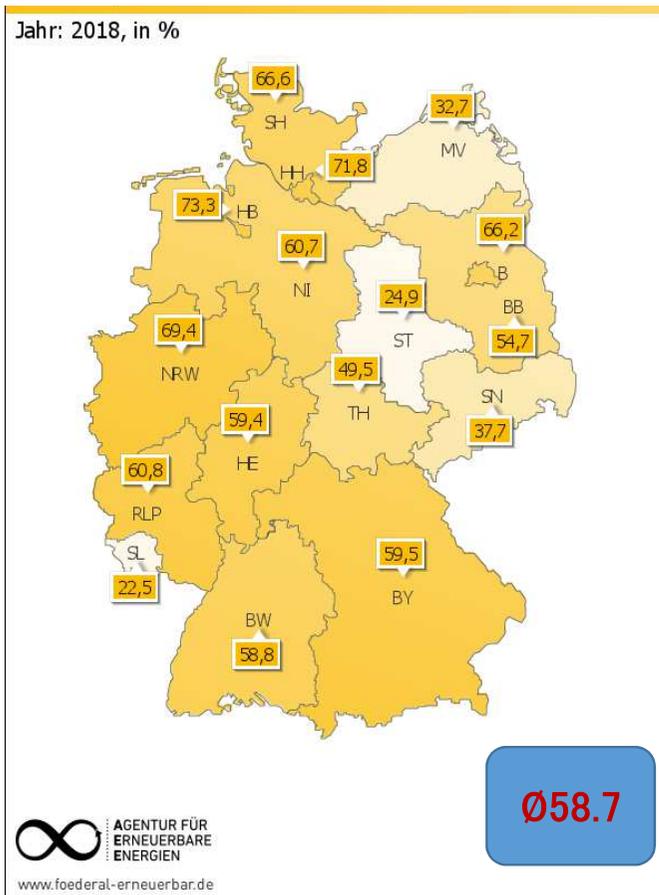
## ⑤ ビジネス・モデルの進化や多様化

- 自家消費モデル
  - +蓄電池：30kw以下
  - 工・商業施設：100～750kW
- 直接販売契約（PPA）
  - >2MW（野立て）
- アグリゲータ・モデル（VPP）
  - >100kW
- 熱電併用 / セクター・カップリング
- （テナント向け再エネ電力供給）



# ⑤ ビジネス・モデルの進化や多様化 — 自家消費モデル

## 30kW以下新設太陽光発電 + 蓄電池のシェア



工・商業施設 / 公共施設:  
100~750kW中心



GuK Falzmachinen, Rottweil, 514 kW (SolarComplex)

- 設置コスト: €500~700@kw
  - 自家消費: ~6¢/kWh (再エネ賦課金の部分的免除)
  - 東西の設置
  - 0€-システム (再エネ賦課金100%)
- 限界が来ている

## ⑤ ビジネス・モデルの進化や多様化 — 自家消費モデル

東西の設置 → 間口



## ⑤ ビジネス・モデルの進化や多様化 — PPAへの挑戦

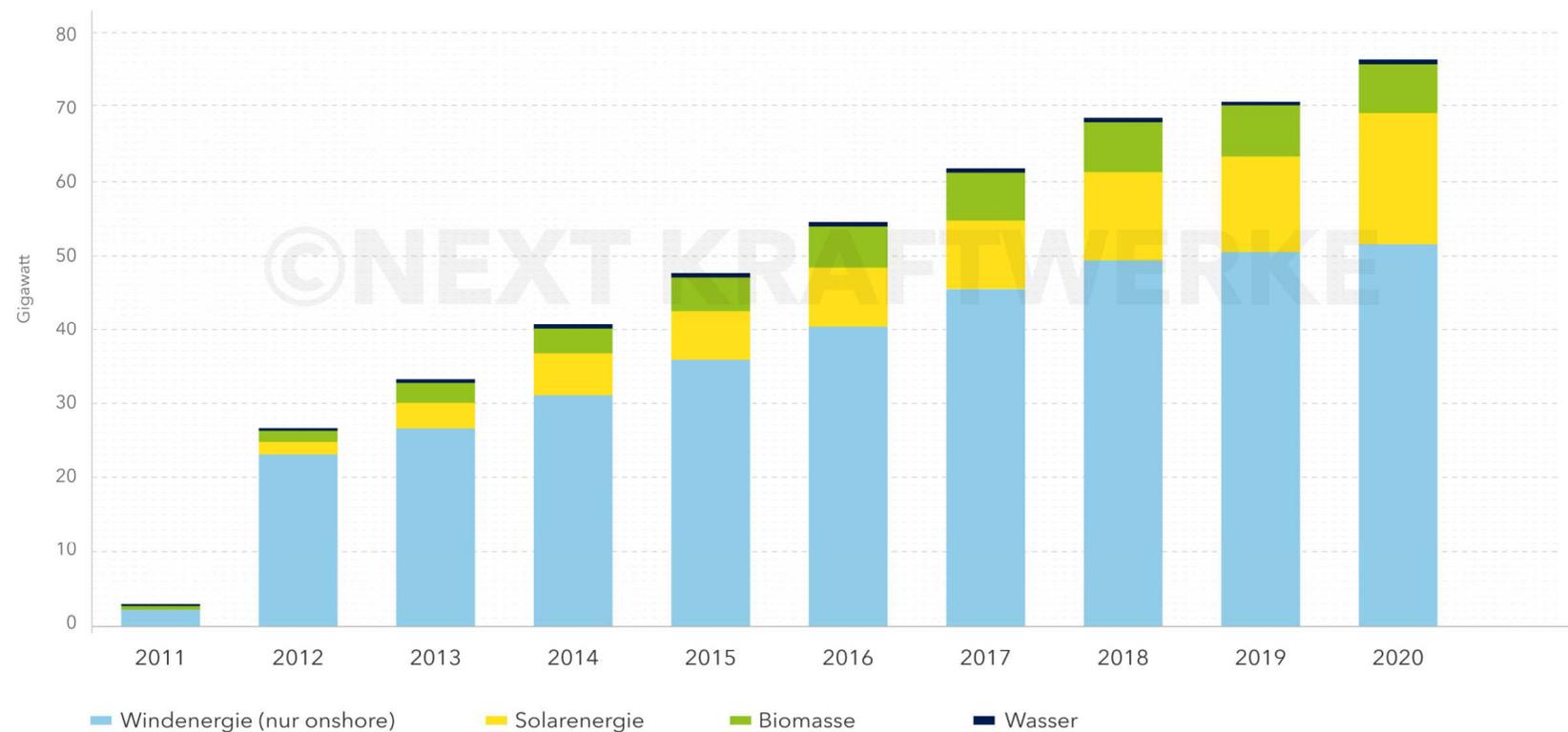
- ポストFITの時代へ → 卸市場価格との競争力
- 工業・商業ユーザーとの直接販売契約(PPA)
- 数MWクラス野立てプロジェクト増加の見込み  
→ **<math>\text{¥}4\text{/kWh}</math>の発電コスト**
- FIT法の厳しい環境基準からの解放  
→ 魅力のない農業地  
→ ポストFITバイオガス用の農地  
(2025年以降)
- **生物多様性を促進する農立て太陽光発電**



## ⑤ ビジネス・モデルの進化や多様化 — アグリゲータ・モデル

FIP適用: 80GW(2020年)

Anteile ausgewählter Energieträger im Marktprämienmodell seit 2011



Quelle: [www.netztransparenz.de](http://www.netztransparenz.de)

## ⑤ ビジネス・モデルの進化や多様化 — アグリゲータ・モデル

- FIP適用: 80GW(2020年): 卸電力市場、調整電力市場、PPA / VPP構築
- アグリゲータ社数: ~70社(トップ36社) / トップ10社のシェア: ~65%
- 多様なプレーヤー:

- 外資系



Statkraft

VATTENFALL



- 大手電力会社

e.on

EnBW

- EPC/再エネ発電事業者

QUADRA  
Energy

- エナジー・トレーダー

NEXT  
KRAFTWERKE

Trianel

- 公益事業者

SWM  
Stadtwerke München

MVV Trading

enercity

BayWa r.e.



- エコ電力

naturstrom  
ENERGIE MIT ZUKUNFT



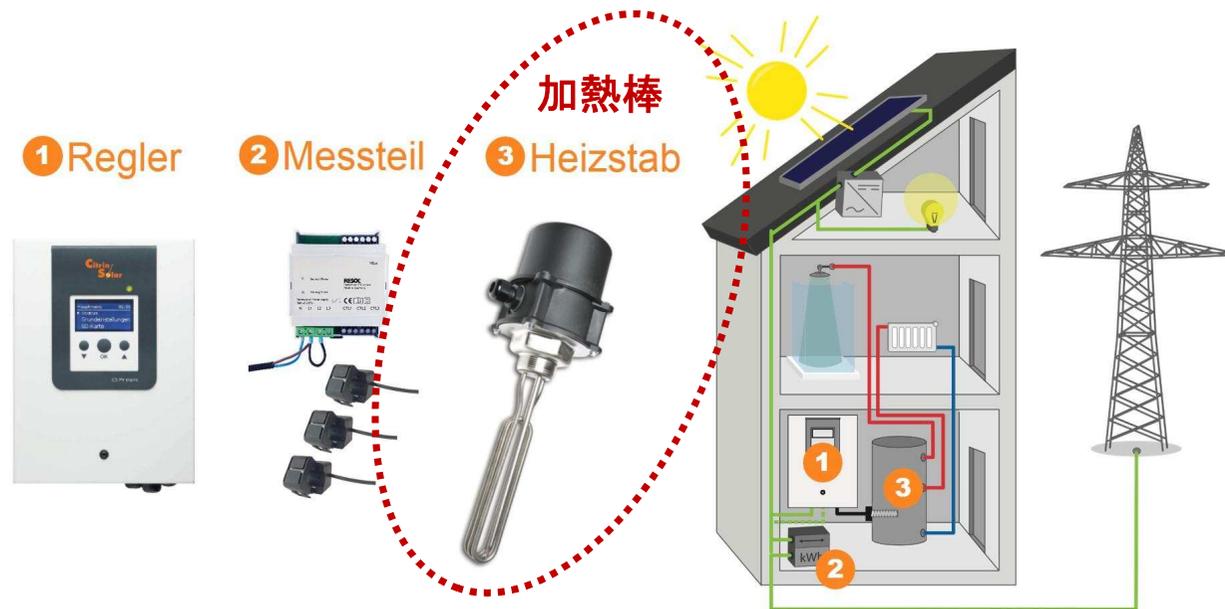
# ⑤ ビジネス・モデルの進化や多様化 — アグリゲータ・モデル

ZFK-UMFRAGE 2020 ZUR DIREKTVERMARKTUNG VON ERNEUERBAREN UND KWK										
ANBIETER	1.1.2019	1.1.2020	Wind	Photovoltaik	Biomasse	Wasserkraft	KWK	Virtuelles Kraftwerk	Handel 24/7	Vermarktung über PPA
<b>ANE</b>	1500 MW	2052 MW	-	-	-	-	-	im Aufbau	selbst und extern	ja
Aspo Deutschland	>1000 GWh	keine Angaben	-	-	-	-	-	ja	selbst	ja
Badenova	113 MW	160,6 MW	44,6 MW	15 MW	75 MW	x	26 MW	nein	extern	ja
<b>BayWa r. e./Clems</b>	3270 MW	3500 MW	2900 MW	240 MW	340 MW	x	20 MW	ja	selbst	ja
Drewag/Enso	681 MW	785 MW	380 MW	72 MW	41 MW	7 MW	285 MW	ja	selbst	in Planung
<b>EnBW</b>	3450 MW	3870 MW	2990 MW	720 MW	40 MW	110 MW	10 MW	ja	selbst	ja
Enercity	1890 MW	2166 MW	1993 MW	52 MW	90 MW	2 MW	29 MW	im Aufbau	selbst	im Aufbau
Energiedienst	34,9 MW	96 MW	5 MW	11 MW	20 MW	60 MW	x	nein	selbst	nein
Energie	882 MW	673 MW	401 MW	222 MW	25 MW	23 MW	2 MW	nein	selbst	nein
Entega	180 MW	180 MW	124 MW	42 MW	6 MW	8 MW	x	nein	selbst	in Planung
Eon Energie Deutschland	4250 MW	4546 MW	2870 MW	1439 MW	196 MW	26 MW	15 MW	ja	selbst und extern	in Verhandlung
EWE Trading	3350 MW	3422 MW	2682 MW	120 MW	480 MW	x	140 MW	ja	selbst	im Aufbau
Greenpeace Energy	19 MW	19 MW	1,8 MW	0,1 MW	x	x	x	ja	Handelsroboter	im Aufbau
Inpower/Maxpower	901 MW	967 MW	8399 MW	123,3 MW	37 MW	0,2 MW	x	ja	selbst und extern	im Aufbau
Innogy	2068 MW	2081 MW	1338 MW	206 MW	203 MW	377 MW	x	ja	selbst	ja
Kos Energie	35 MW	35 MW	12 MW	3 MW	7 MW	13 MW	x	nein	selbst	nein
Lechwerke	508 MW	609 MW	x	88 MW	349 MW	72 MW	100 MW	ja	selbst	im Aufbau
MVV Trading	4000 MW	4100 MW	2600 MW	1350 MW	x	x	x	ja	selbst	ja
Naturstrom	896 MW	880 MW	751 MW	127 MW	1 MW	1 MW	x	nein	keine Angaben	in Vorbereitung
Next Kraftwerke	4090 MW	5864 MW	556 MW	3583 MW	1564 MW	23 MW	138 MW	ja	selbst	ja
Quadra Energy	6500 MW	7100 MW	6700 MW	400 MW	<10 MW	<10 MW	x	keine Angaben	selbst	ja ab 2021
Rheinenergie	395 MW	602 MW	529 MW	51 MW	5 MW	2 MW	15 MW	ja	selbst	im Aufbau
Stadtwerke Augsburg	-	15,45 MW	4,6 MW	x	75 MW	3,35 MW	x	ja	extern	nein
Stadtwerke Bielefeld	3,85 MW	4 MW	x	0,4 MW	3,6 MW	x	x	ja	selbst	nein
Stadtwerke Düsseldorf	47,5 MW	47,5 MW	44,25 MW	0,25 MW	3 MW	x	x	nein	extern	nein
Stadtwerke Heidelberg	9,3 MW	9,3 MW	x	1,8 MW	6 MW	x	15 MW	nein	kein 24/7 Handel	nein
Stadtwerke München	1920 MW	1813 MW	936 MW	600 MW	108 MW	30 MW	Sonstige: 140 MW	nein	selbst	ja
Stadtwerke Osnabrück	320 MW	365 MW	345 MW	15 MW	5 MW	x	x	nein	extern	im Aufbau
Stadtwerke Trier	67 MW	183 MW	x	176 MW	6 MW	1 MW	x	nein	selbst	in Planung
Statkraft Markets	11478 MW	9901 MW	9209 MW	597 MW	40 MW	55 MW	x	ja	selbst	ja
Stag	212 MW	210 MW	43 MW	x	112 MW	x	55 MW	nein	selbst	in Planung
Südweststrom	293 MW	307 MW	118 MW	55 MW	30 MW	4 MW	100 MW	nein	selbst und in Kooperation	nein
Thiga	327 MW	41743 MW	328,07 MW	89,36 MW	x	x	x	nein	extern	in Planung
Trianel	2600 MW	3000 MW	-	-	-	-	-	ja	selbst	ja
Vattenfall Energy Trading	5610 MW	6205 MW	5584 MW	611 MW	x	10 MW	x	-	selbst	im Aufbau
Verbund Trading & Sales Deutschland	1700 MW	1400 MW *	1300 MW	90 MW	x	10 MW	x	ja	selbst	ja

## ⑤ ビジネス・モデルの進化や多様化

### ● 熱電併用 / セクター・カップリング → 容量電力の使い道

- PV + ヒートポンプ
- PV + 加熱棒 → お湯
- PV + 電気自動車
- 太陽熱 + バイオマスの地域暖房

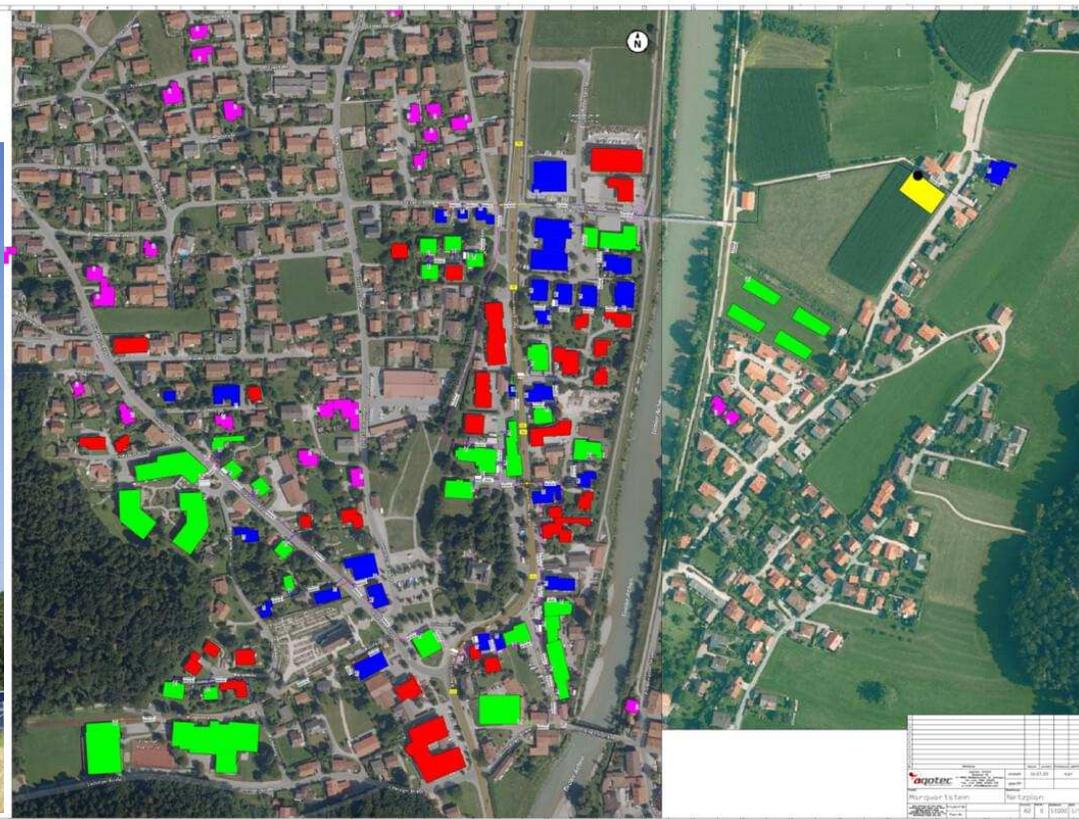


### ● (テナント向け再エネ電力供給)

- 薄い存在感 (2019年度末: 1,169件、24.5MW)
- 2021FIT法による新たな支援

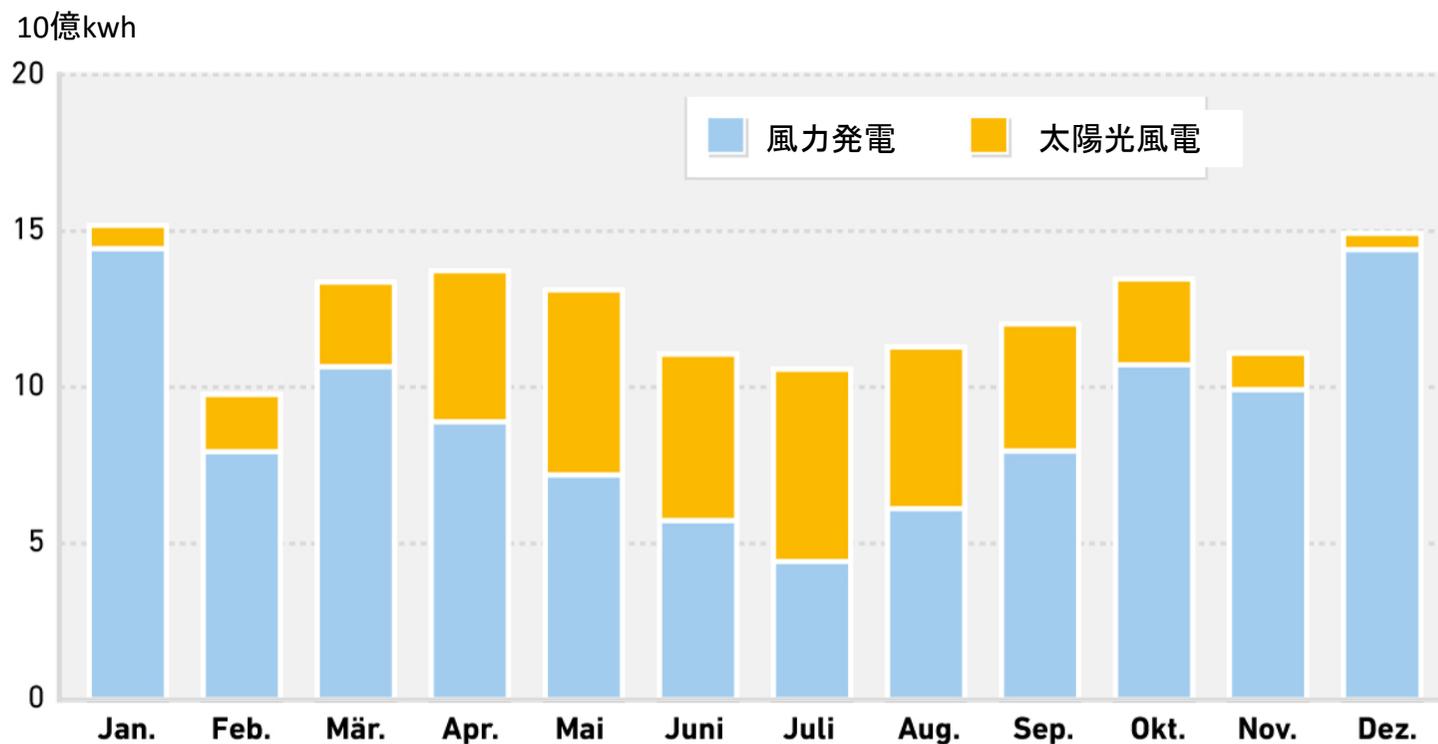
# ⑤ ビジネス・モデルの進化や多様化 — セクター・カップリング

## 太陽熱 + バイオマスの地域暖房



## ⑥ 再生可能エネルギーの市場統合：再エネ供給の季節変動

### 太陽や風力による発電量@月(2019年)



Quelle: Fraunhofer ISE

Stand: 6/2019

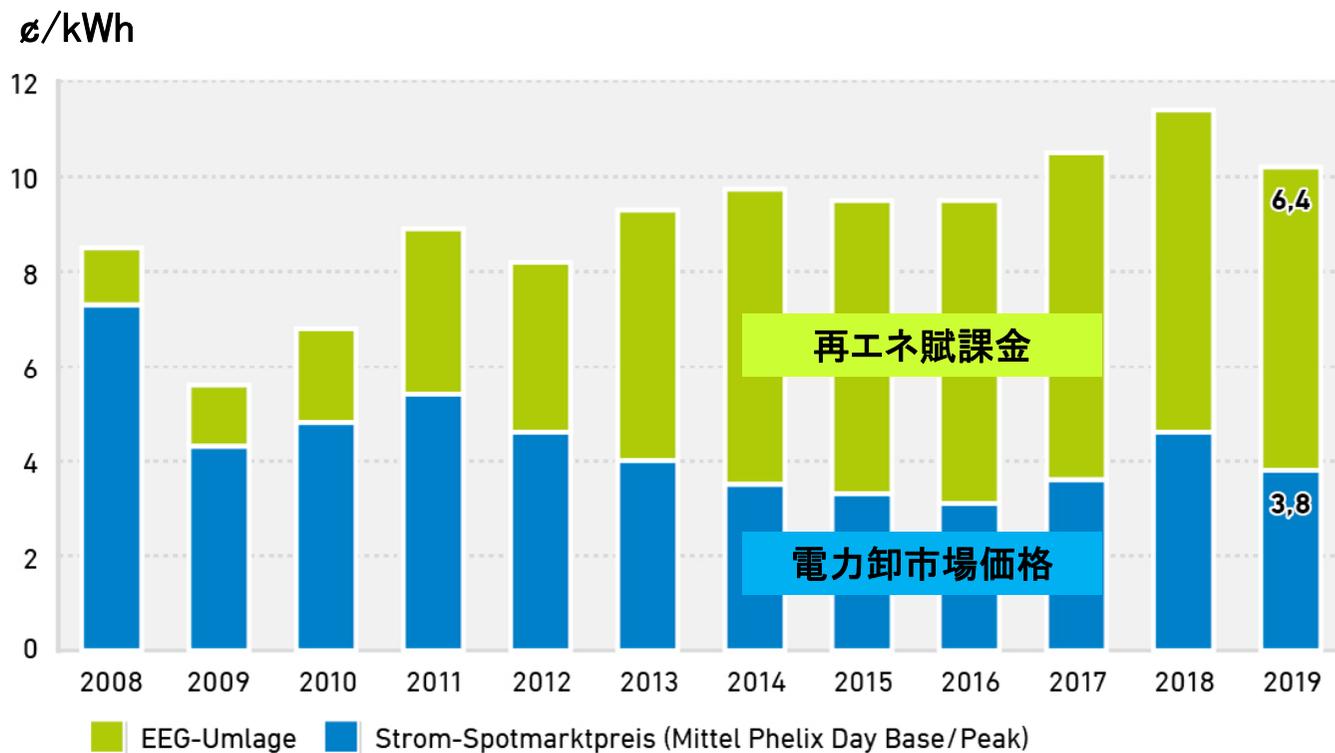
© 2019 Agentur für Erneuerbare Energien e.V.



AGENTUR FÜR  
ERNEUERBARE  
ENERGIEN  
unendlich-viel-energie.de

## ⑥ 再生可能エネルギーの市場統合：電力調達コストの安定化

### 電力卸価格＋賦課金額



Quellen: ÜNB, BNetzA/BKartA, Agora Energiewende  
Stand: 9/2020

© 2020 Agentur für Erneuerbare Energien e.V.



AGENTUR FÜR  
ERNEUERBARE  
ENERGIEN  
unendlich-viel-energie.de

# 日本の再エネの2ndステージはどうなるのか？ → 政策動向次第



## 政策思考の基本的な違い



再エネの役割

- 「主力電源」としての位置づけ
- 50~60% (2050年まで)
- 再エネの割高なLCOE

安定的供給の確保方法

- 「ベースロード電源」や「エネルギー・ミックス」重視
- Clean Coal(+CCS)の推進
- 「原子力」と「燃料サイクル」の維持
- グリーン水素(輸入含む)

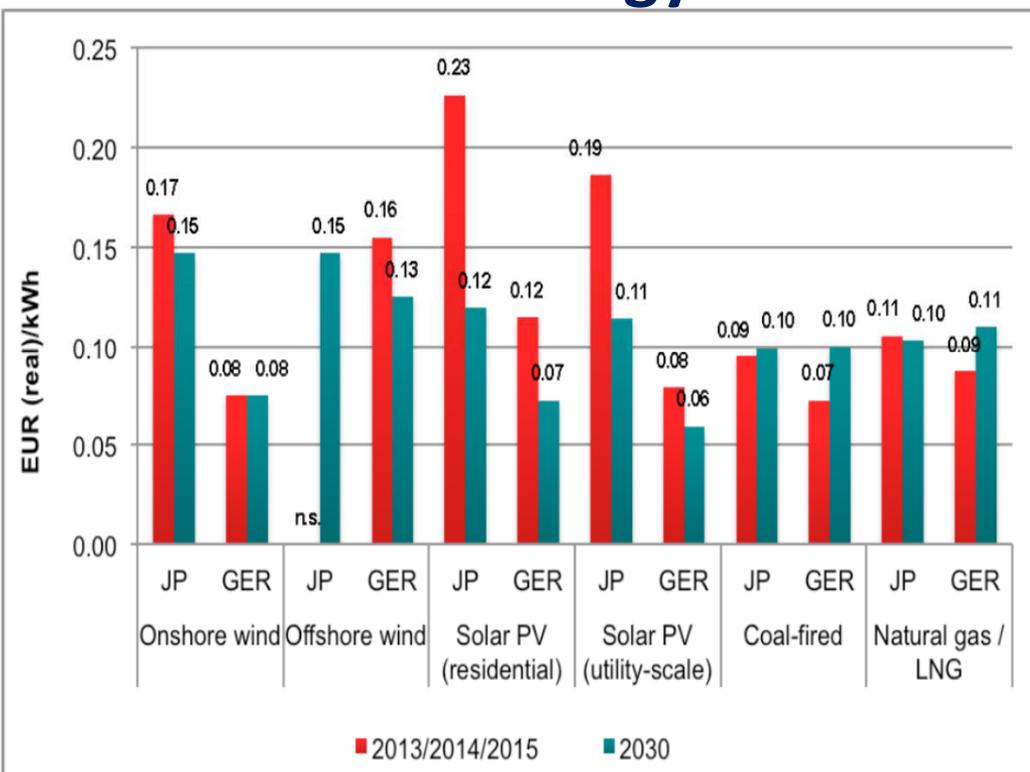
再エネの電力市場・システム統合の発想

- **現状のシステム**との織り込みと組み合わせ
- ベースロードの上にある**Add-On**
- **市場の細分化**(容量市場、ベースロード市場)
- (既得権の保護)

- 中核的な役割
- >80% (2050年)
- 再エネのコスト競争力
- 「市場原理」と「変動対応力」重視
- セクター・カップリング (電力、熱、交通、工業)
- 脱原発・脱石炭
- グリーン水素

- **システム・トランスフォーメーション**
- (欧州全体)の**市場統合**

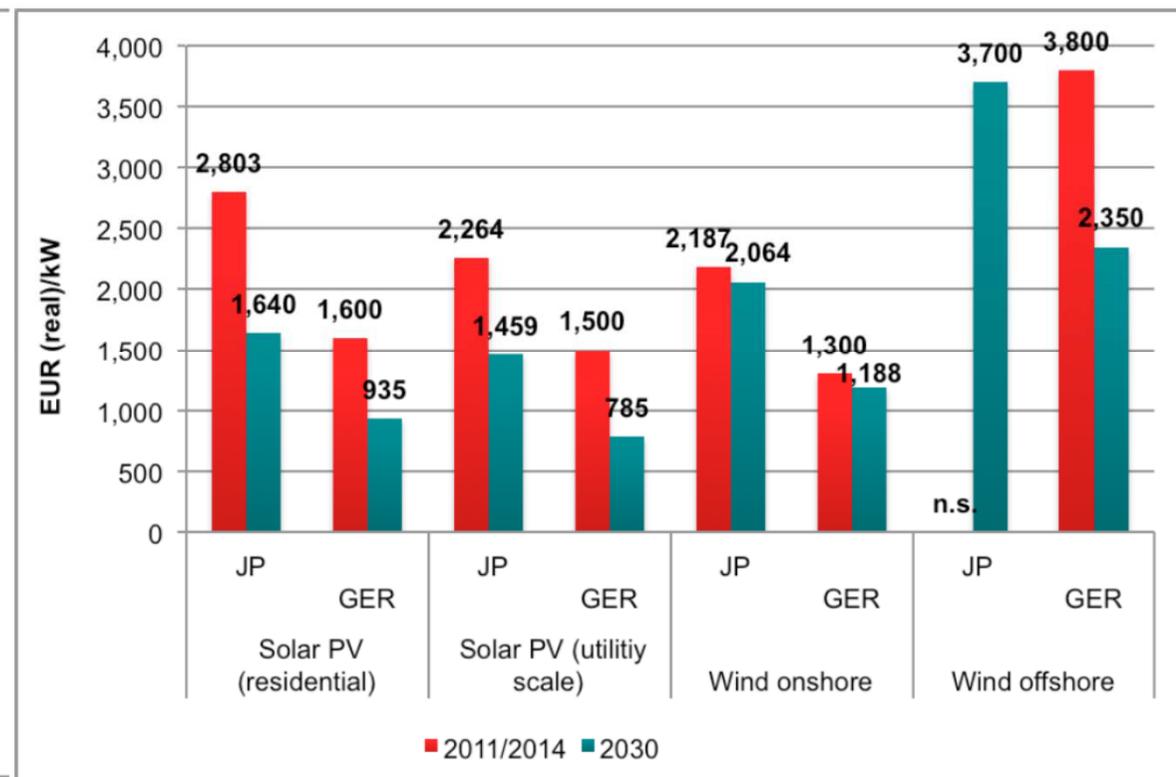
# Different perspectives regarding LCOE and Investment Cost estimates for Renewable Energy



Data sources: METI (2015), Fraunhofer ISE (2013a), Agora Energiewende (2015).

Note: A conversion rate of 1 Yen = 0.0077 Euro has been used to convert the Japanese cost data from Yen to Euro.

Fig. 9-4 Comparison of LCOE estimates for Japan and Germany for several types of new plants built recently (in 2013, 2014 or 2015) and for new plants to be built in 2030



Data sources: METI (2015), BMWi (2014).

Note: A conversion rate of 1 Yen = 0.0077 Euro has been used to convert the Japanese cost data from Yen to Euro.

Fig. 9-5 Comparison of investment cost estimates of wind and solar PV technologies for Japan and Germany for several types of new plants built recently (in 2011 or 2014) and for new plants to be built in 2030

# 日本の再エネの2ndステージはどうなるのか？ → 信頼問題

## • 環境エネルギー政策の信頼性

- 「主力電源としての再エネ」の長期的な役割？ ⇔ **ベースロード電源とへの拘り**
- 分散型エネルギー・システムの構築？ ⇔ 巨大集中型技術、**既得権**の保護
- 再エネの市場統合？ ⇔ **接続条件**（空き容量問題、優先供給）、**市場の細分化**（容量市場、ベースロード市場）

## • 電力市場の信頼性

- 電力卸市場の機能性？ ⇔ **市場メカニズム**の働き（Merit Order、強制玉出し）
- 市場の監視・監督機能の中立性と機能性？ ⇔ **電取委**の権限問題
- 発送電分離の行方？

## • 再生可能エネルギーの**社会的受容性**

- 「高い」、「不安定」、「環境破壊」
- 「儲け」



# 日本の再エネの2ndステージはどうなるのか？ → 連携で政治力



**社会的受容性**  
→ 再生可能エネルギー業界  
の政治的影響力



**政治的影響力**



Dr. Simone Peter  
BEE President  
緑の党党長 (2013-2018)



Dr. Marie-Luise Wolff  
BDEW President  
CEO, ENTEGA AG



**多様なアクター**

