



自然エネルギー財団

RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

# 「エネルギー転換」に向かう世界と日本

2018年1月9日

公益財団法人 自然エネルギー財団



## 拡大する自然エネルギー

- ・ 太陽光：'00年1GW→12年100GW→15年200GW越→16年300GW越→17年400GW？
- ・ 風力：'00年17GW→08年100GW越→11年200GW越→13年300GW越  
→15年400GW越→17年500GW越

## 爆発的な自然エネルギーのコスト・価格低下

- ・ 世界トップランナーの太陽光発電価格は2.5円/kWh（アブダビ スワイハンププロジェクト）  
※サウジアラビアUSD1.78 ¢/kWh、メキシコUSD1.97 ¢/kWhも登場
- ・ 太陽光コストは2009年から5年で8割低下、さらに今後10年で6割低下（IRENA 2016）
- ・ 世界トップランナーの風力発電価格はメキシコUSD1.77¢/kWh

## 加速する脱石炭の流れ

- ・ 地球の平均気温上昇を2°Cに抑える（「パリ協定」）ためには、地中の2/3の化石燃料は燃やすことができない（IEA 2012）
- ・ 世界銀行は2019年以降の石油・ガス関連への資金援助を停止（World Bank 2017）
- ・ Powering Past Coal AllianceがCOP23で発足。現在34の国、地域、企業が参加

## 原子力：低迷する伸び、高騰するコスト

- ・ 原子力容量、発電量とも2000年代にピークが過ぎている
- ・ 一基あたり1兆円クラスのコストに高騰

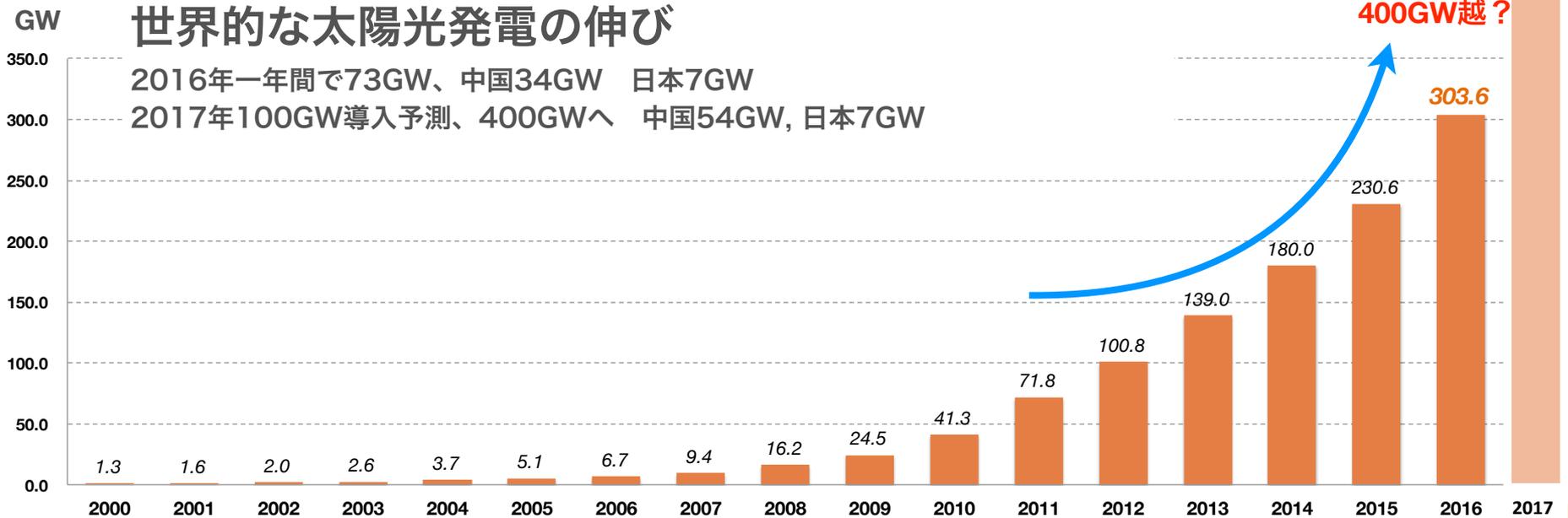
# 拡大する自然エネルギー



## 世界的な太陽光発電の伸び

2016年一年間で73GW、中国34GW 日本7GW  
2017年100GW導入予測、400GWへ 中国54GW, 日本7GW

400GW越?

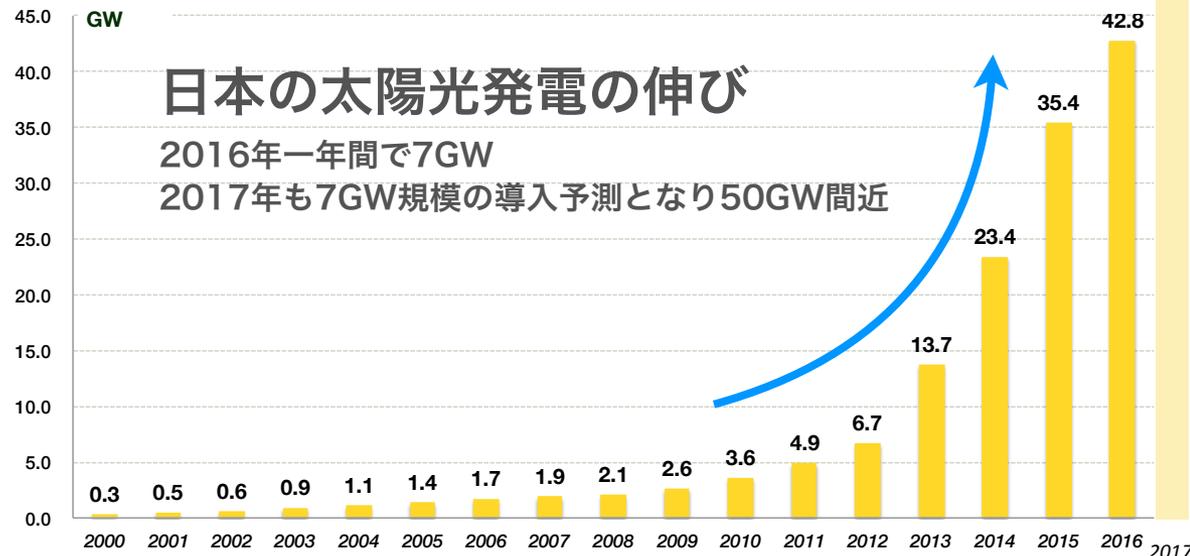


2017年：  
世界全体で2017年100GW導入予測、400GWへ。中国が54GWの半分以上を導入か。日本7GWの予測 (RTS) で、50GW到達間近、2030年の政府見通し64GWの8割を達成。

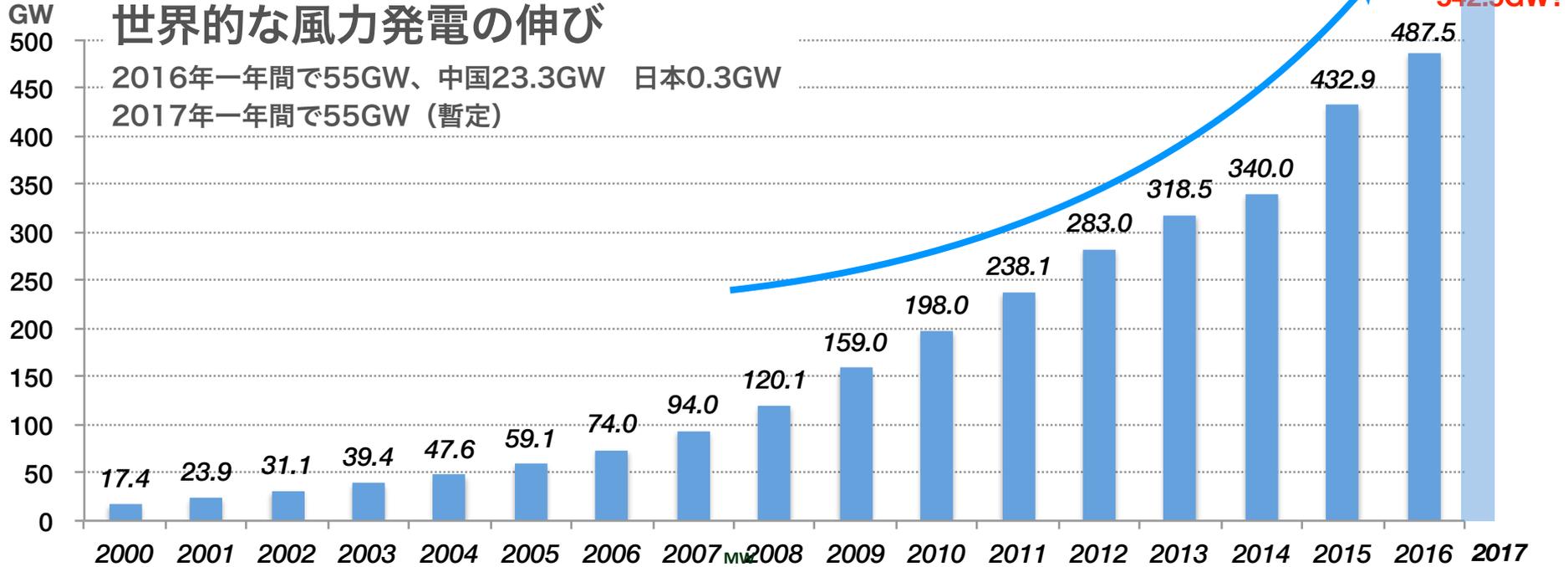
## 日本の太陽光発電の伸び

2016年一年間で7GW  
2017年も7GW規模の導入予測となり50GW間近

50GW間近



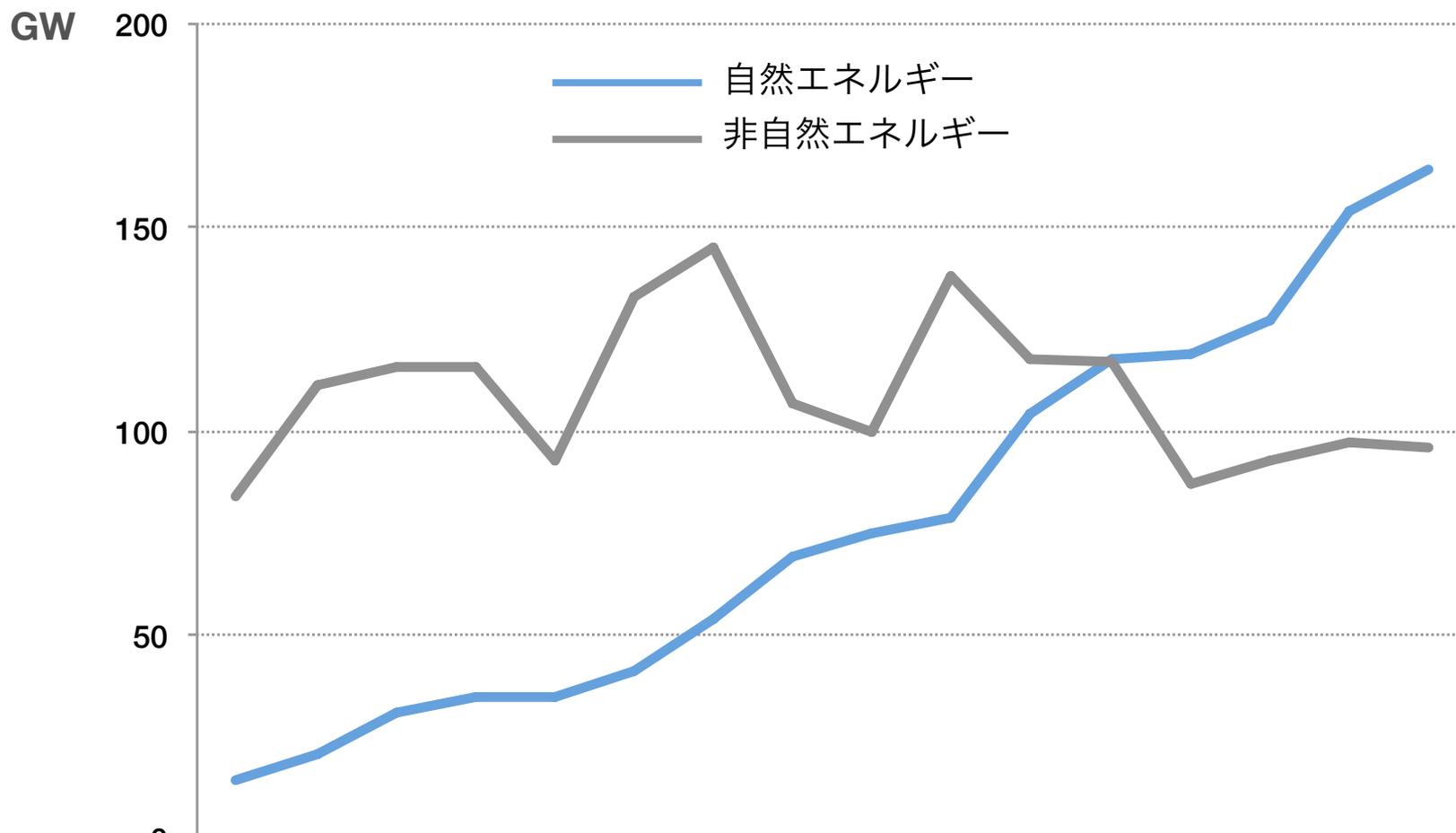
# 拡大する自然エネルギー



世界：2016年に55GWが導入。  
中国が世界の導入量の約半分を導入。  
日本の歩みは遅く、むしろFiT導入後に伸びが止まっている。



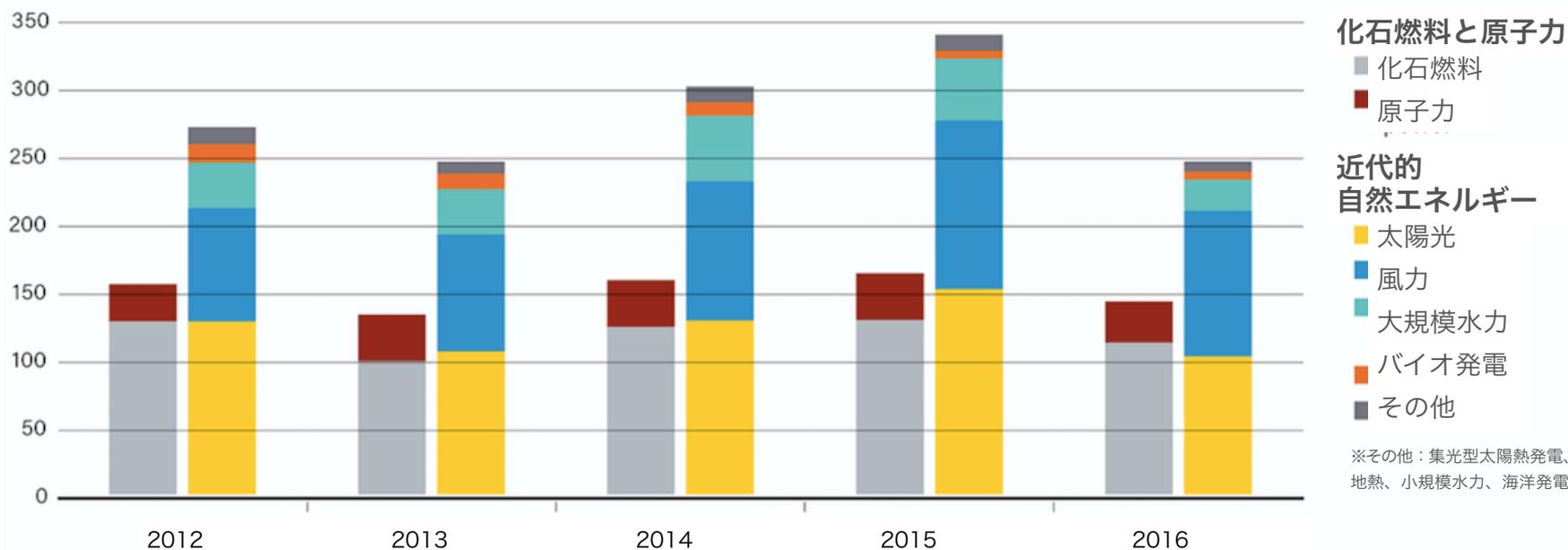
## 世界的な自然エネルギーと非自然エネルギーの導入状況



	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
自然エネルギー	14	21	31	35	35	41	54	69	75	79	104	118	119	127	154	164
非自然エネルギー	84	111	116	116	93	133	145	107	100	138	118	117	87	93	97	96

## 2012-2016年 資源別発電容量への世界的な投資状況 自然エネルギー、化石燃料、原子力

10億ドル



# 自然エネルギーの価格低下



ベストパフォーマンス・プライス：入札の価格低下は、日照条件、安価な土地・労働力なども要因だが、欧米での価格低下は、送電網の系統アクセスや発電の保証（プライオリティ・アクセス、プライオリティ・ディスパッチ）、電力市場などビジネスリスクの低減が、投資環境を保証し、競争的価格入札を実現している。

カナダ：風力 6.6 ¢/kWh  
米国：太陽光 2.67 ¢/kWh (solar tax credit含)

**カナダ・オンタリオ**

- 299.5 MW Wind at -66 USD/MWh
- 140 MW Solar at -120 USD/MWh
- 15.5 MW Hydro at -135 USD/MWh

**米国**

- 26 MW Solar at 26.7 USD/MWh

**メキシコ**

FIRST AUCTION

- 620 MW Wind at -54.3 USD/MWh
- 1100 MW Solar at -44 USD/MWh

SECOND AUCTION

- 1038 MW Wind at -36.2 USD/MWh
- 1853 MW Solar at -32.8 USD/MWh

**ペルー**

- 162 MW Wind at -37 USD/MWh
- 184.5 MW Solar at -48 USD/MWh
- 80 MW Hydro at -46 USD/MWh

**チリ**

- 4400 GWh/year Wind at -45.2 USD/MWh
- 580 GWh/year Solar at 29.1 USD/MWh

**メキシコ**

- 風力 1.77 ¢/kWh
- 太陽光 1.97 ¢/kWh

**ブラジル**

- 水力 5.75 ¢/kWh
- バイオマス 6.02 ¢/kWh

**ペルー**

- 太陽光 4.8 ¢/kWh
- 風力 3.7 ¢/kWh
- 水力 4.6 ¢/kWh

**ブラジル**

- 500 MW Hydro at 57.5 USD/MWh
- 198 MW Biomass at 60.2 USD/MWh

**アルゼンチン**

FIRST AUCTION

- 707 MW Wind at -59.5 USD/MWh
- 400 MW Solar at -60 USD/MWh
- 1.2 MW Biomass at -118 USD/MWh

SECOND AUCTION

- 1038 MW Wind at -53 USD/MWh
- 1853 MW Solar at -55 USD/MWh

チリ：  
太陽光 2.91 ¢/kWh

アルゼンチン：  
太陽光 5.5 ¢/kWh、風力 5.3 ¢/kWh

デンマーク：洋上風力 5.39 ¢/kWh  
オランダ：風力 8.04 ¢/kWh

**デンマーク**

- 600 MW Offshore Wind at 53.9 USD/MWh

**オランダ**

- 700 MW Offshore wind at -80.4 USD/MWh

**ロシア**

- 610 MW Wind
- 入札運営結果出ておらず

**ドイツ**

- 太陽光 8.1 ¢/kWh

**ドイツ**

- 128 MW Solar at -84 USD/MWh (4th tender)
- 130 MW Solar at -81 USD/MWh (5th tender)

**中国**

- 1000 MW Solar at 78 USD/MWh

中国：  
太陽光 7.8 ¢/kWh

**モロッコ**

- 850 MW Wind at -30 USD/MWh

**モロッコ**

- 風力 3.0 ¢/kWh

**UAE**

- 800 MW Solar at 29.9 USD/MWh (Dubai Auction)
- 350 MW Solar at 24.2 USD/MWh (Abu Dhabi Auction)

UAE：  
太陽光 2.42 ¢/kWh  
太陽光 1.786 ¢/kWh

**インド**

- 6 500 MW Solar at 73 USD/MWh
- 500 MW Solar at 38.5 USD/MWh
- 197 MW Wind at 38.3 USD/MWh

インド：  
太陽光 3.85 ¢/kWh  
風力 3.83 ¢/kWh

**ザンビア**

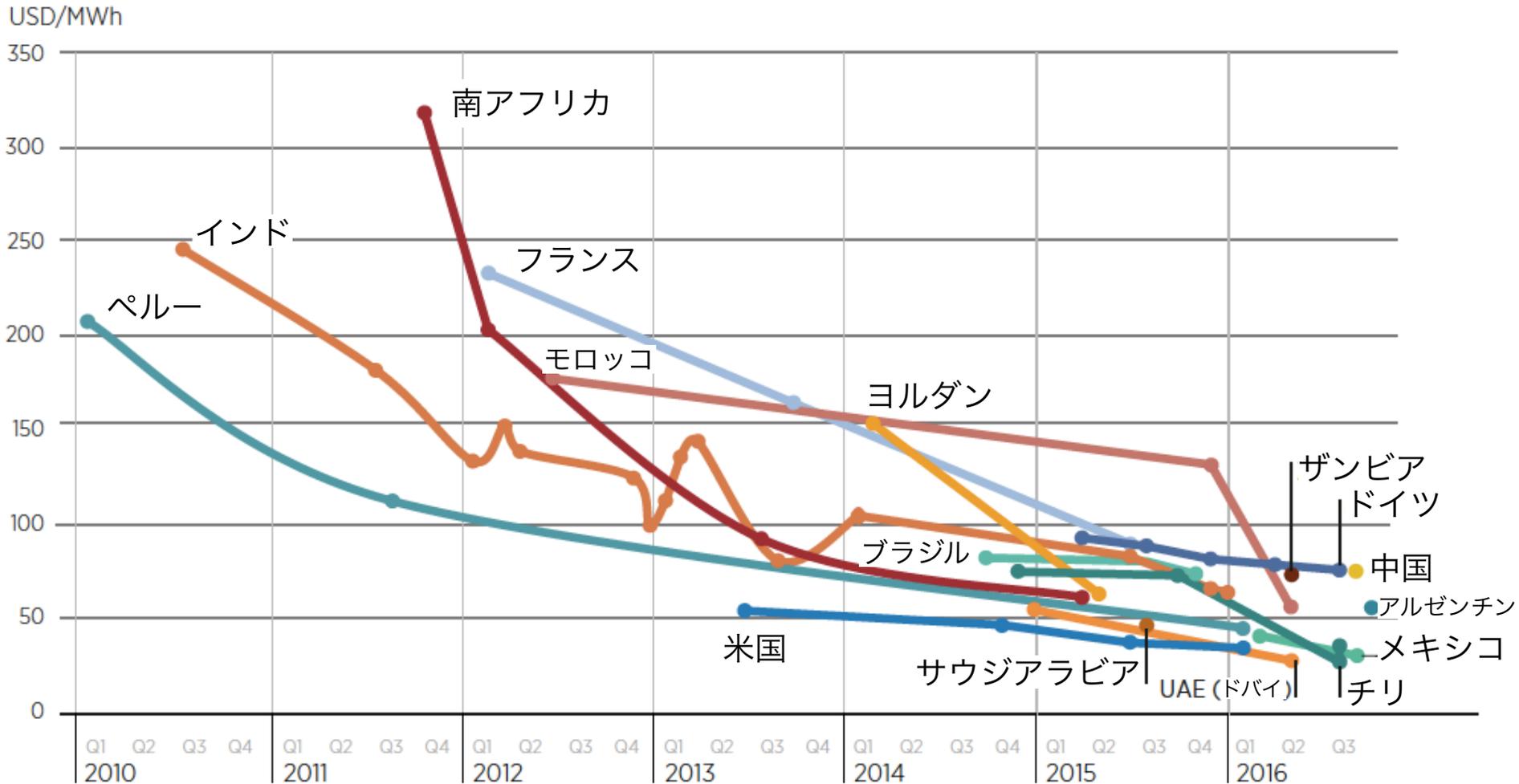
- 73 MW Solar at -67 USD/MWh

ザンビア：太陽光 6.7 ¢/kWh

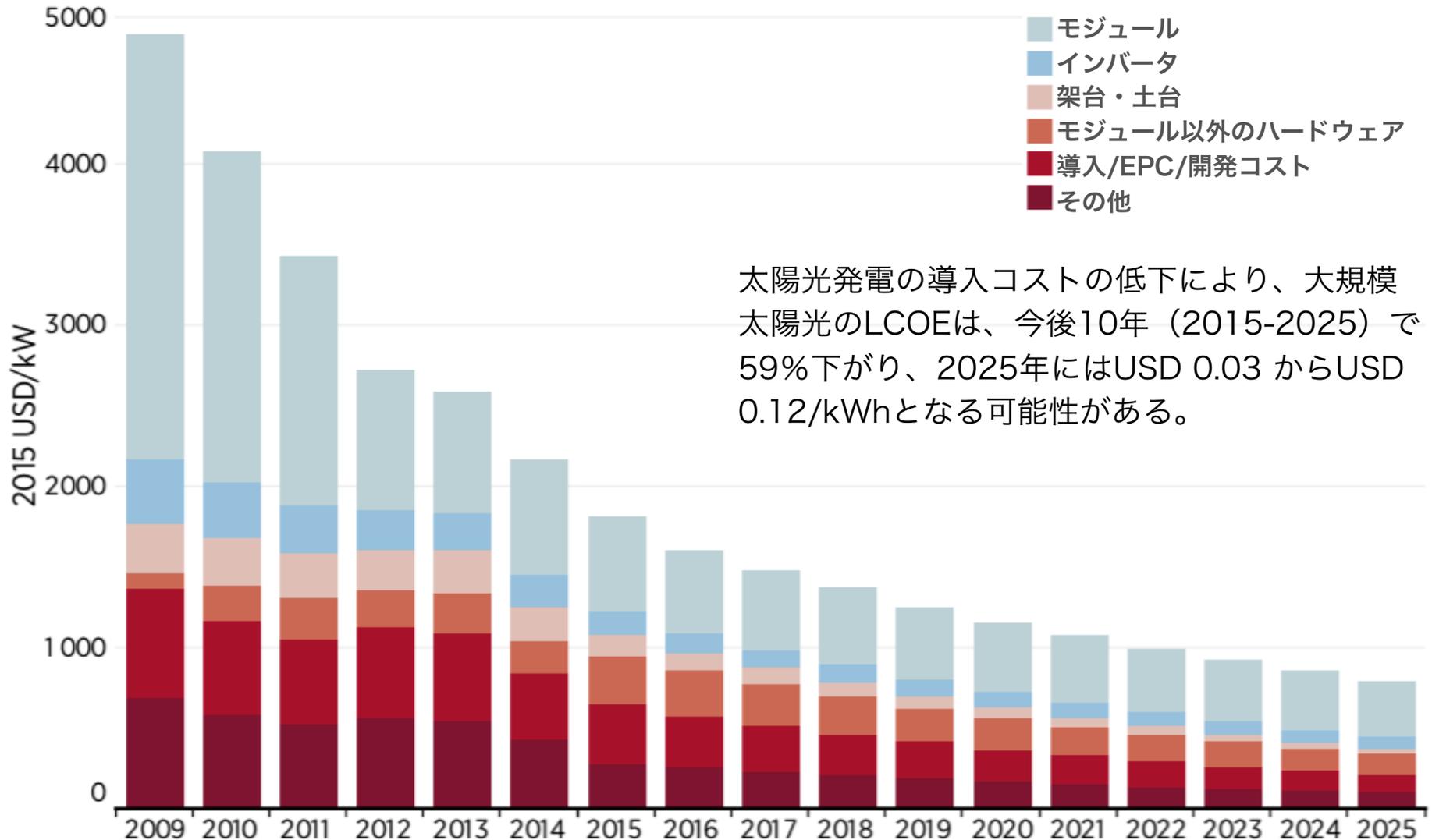
Countries that have awarded renewable energy in auctions in 2016

Note: a) GWh: gigawatt-hour.  
Source: Countries that have implemented auctions to date based on REN21, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 and 2015; and recent bids from IRENA, 2017a

## 大規模太陽光発電（utility scale solar）入札価格の展開



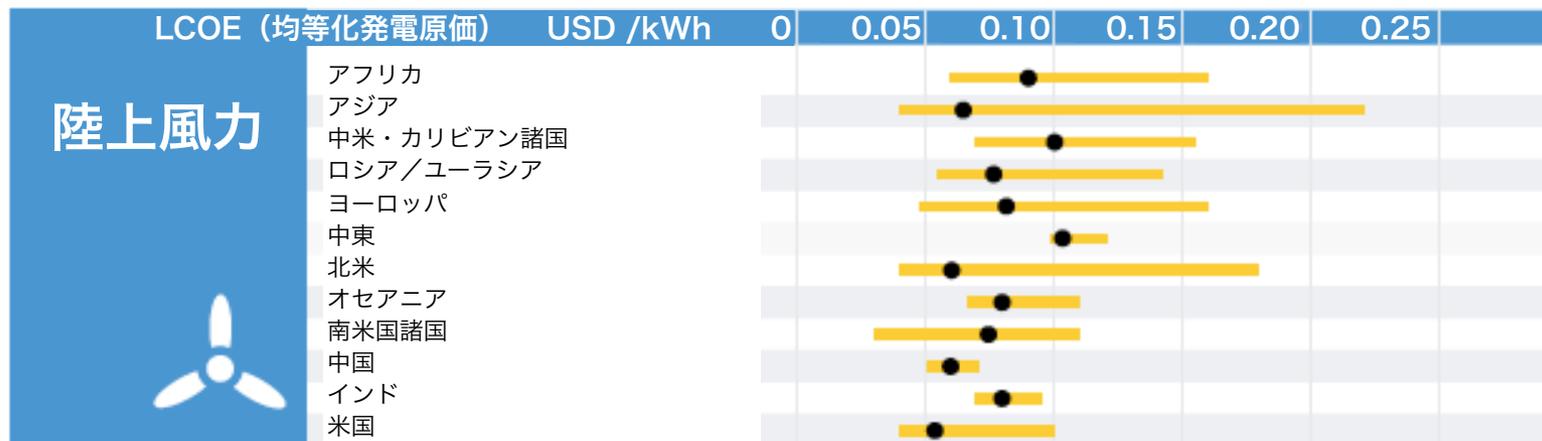
## 太陽光発電コストは2015年から2025年の間に59%低下



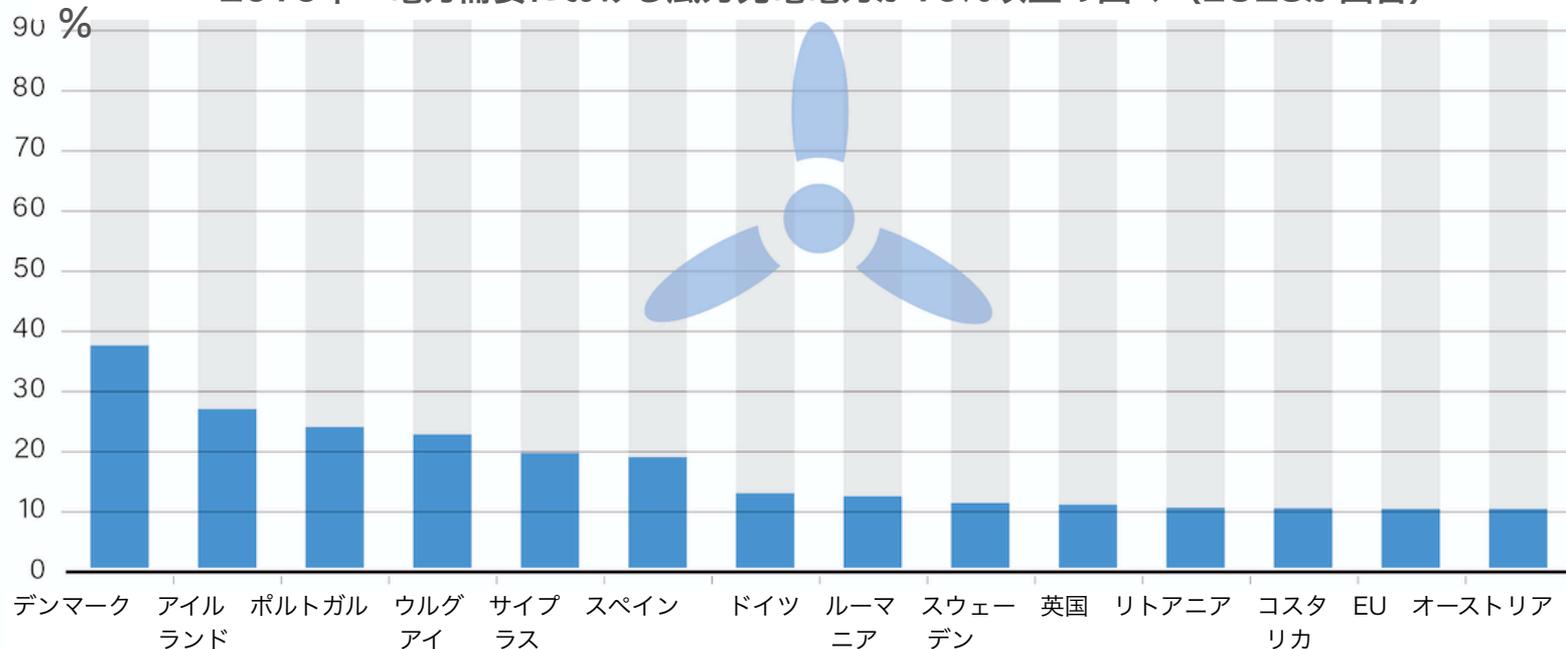
# 自然エネルギーの価格低下



## 陸上風力のコスト（LCOE）分布



## 2016年：電力需要における風力発電電力が10%以上の国々（EU28か国含）



# 各国の自然エネルギー目標



各国の2030年・2050年目標：世界では、2030年および2050年の温室効果ガス削減目標を実現すべく、自然エネ導入を加速し、今後のさらなる導入を見据えた高い目標値を設定している。『2030年に電力の40%以上を自然エネルギーで供給』が先進国標準になっている。

国や地域	2050年目標 (90年比)	2030年目標 (90年比)	自然エネ目標（電力部門シェア） 2050はシミュレーション		石炭発電目標
			2030年	2050年	
ドイツ	80-95%削減	55% 2035年	40-45% 2025年	80%	段階的削減
イギリス	80%以上削減	57% 2032年	30% 2020年		ゼロ 2025年
フランス	75%削減	40%	40% 2030年		ゼロ 2023年
EU	80-95%削減	40%	45% 2030年	60-97%	ゼロ 2030年
アメリカ	80%以上削減 (2005年比)	26-28% (05年比)	加州50% 2030年	55-65%	10~33% 火力全体
日本	80%削減 (基準年?)	18%/25.4% (90比/05比)	22-24% 2030年		22-20% 2030年

## 2°C目標達成による「座礁資産」の試算・研究例

発表時期	試算実施主体	提言内容
2011年	カーボン・トラッカー	世界の国や企業が保有している化石燃料の8割は燃やすことができない
2012年	国際エネルギー機関 (IEA)	世界の気温上昇を産業革命前から2°C未満に抑えるには、確認されている化石燃料埋蔵量の2/3は燃やしてはいけない
2014年	ロンドン大学	確認されている埋蔵量のうち石油は35%、ガスは52%、石炭は88%が利用することはできない
2015年	シティ・グループ	確認されている埋蔵量のうち石油は3分の1、天然ガスは半分、80%以上の石炭は使うことができない
2015年	オックスフォード大学	世界の石炭火力の75%を占める亜臨界の石炭火力発電所が最も規制を受け、座礁資産化する可能性が高い
2015年	HSBC	エネルギー効率の改善と技術革新によるエネルギー転換とコストの変化が更なる座礁資産を生む

## Powering Past Coal Alliance

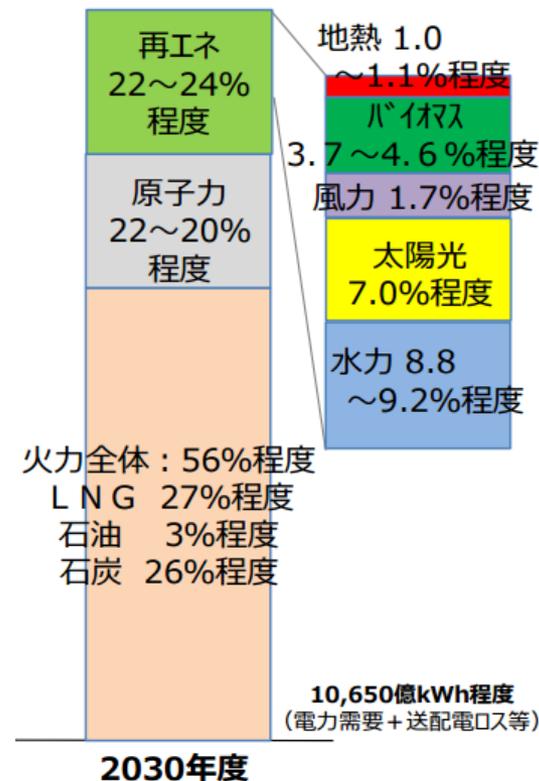
- ・ COP23で発足。12月現在26ヶ国、8地域などが参加。
- ・ 2030年までの「脱石炭火力発電」の必要性を指摘

## 日本の状況

- ・ 2016年度は30%を石炭火力で発電
- ・ 「エネ基」：2030年度26%の石炭火力利用
- ・ 現在42基（約1,860万kW）の新增設計画  
→ 2026年度までに1,649万kW増加
- ・ 石炭火力の輸出戦略「海外展開戦略」

＜電力分野での重点分野：今後の市場ポテンシャル及び優位性・競争力を踏まえ、以下の5分野における官民の方向性と目標を示し、海外受注実績の拡大を目指す。

- ①発電事業（発電種別を問わず）、②ガス火力（主要機器の輸出）、③石炭火力（主要機器の輸出）、④地熱（主要機器の輸出）⑤送配電事業＞  
（経済産業省 2017年「海外展開戦略」）

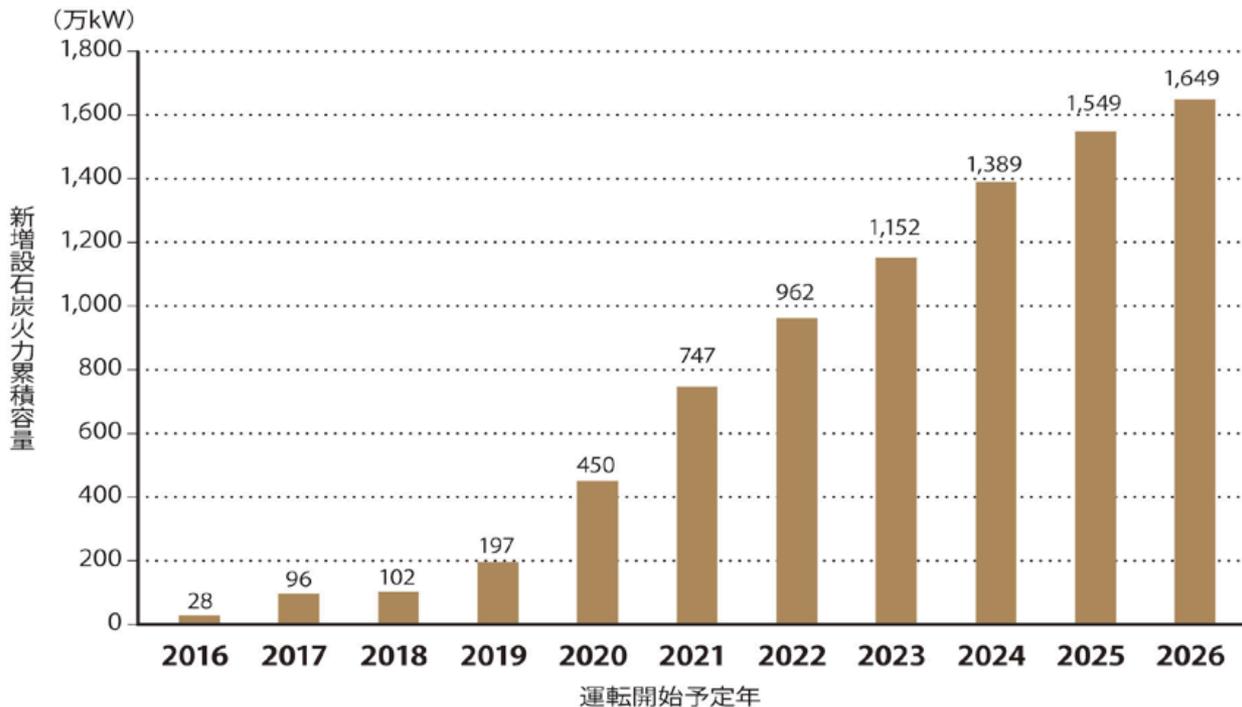


### 参加国

1. Canada
2. United Kingdom
3. Austria
4. Angola
5. Belgium
6. Costa Rica
7. Denmark
8. El Salvador
9. Ethiopia\*
10. Fiji
11. Finland
12. France
13. Italy
14. Latvia\*
15. Liechtenstein\*
16. Luxembourg
17. Marshall Islands
18. Mexico
19. Netherlands
20. New Zealand
21. Niue
22. Portugal
23. Sweden\*
24. Switzerland
25. Tuvalu\*
26. Vanuatu\*

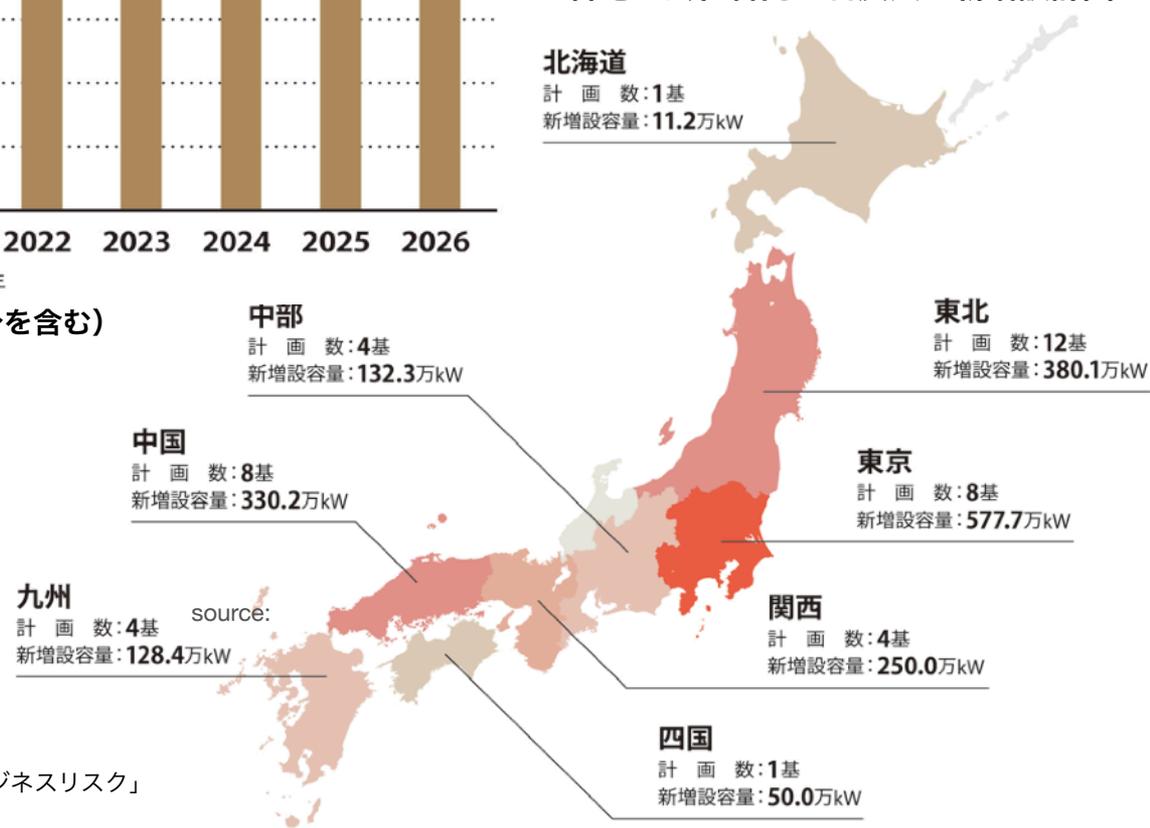
\*Partners who joined the Alliance at the One Planet Summit

# 加速する脱石炭火力の流れと日本



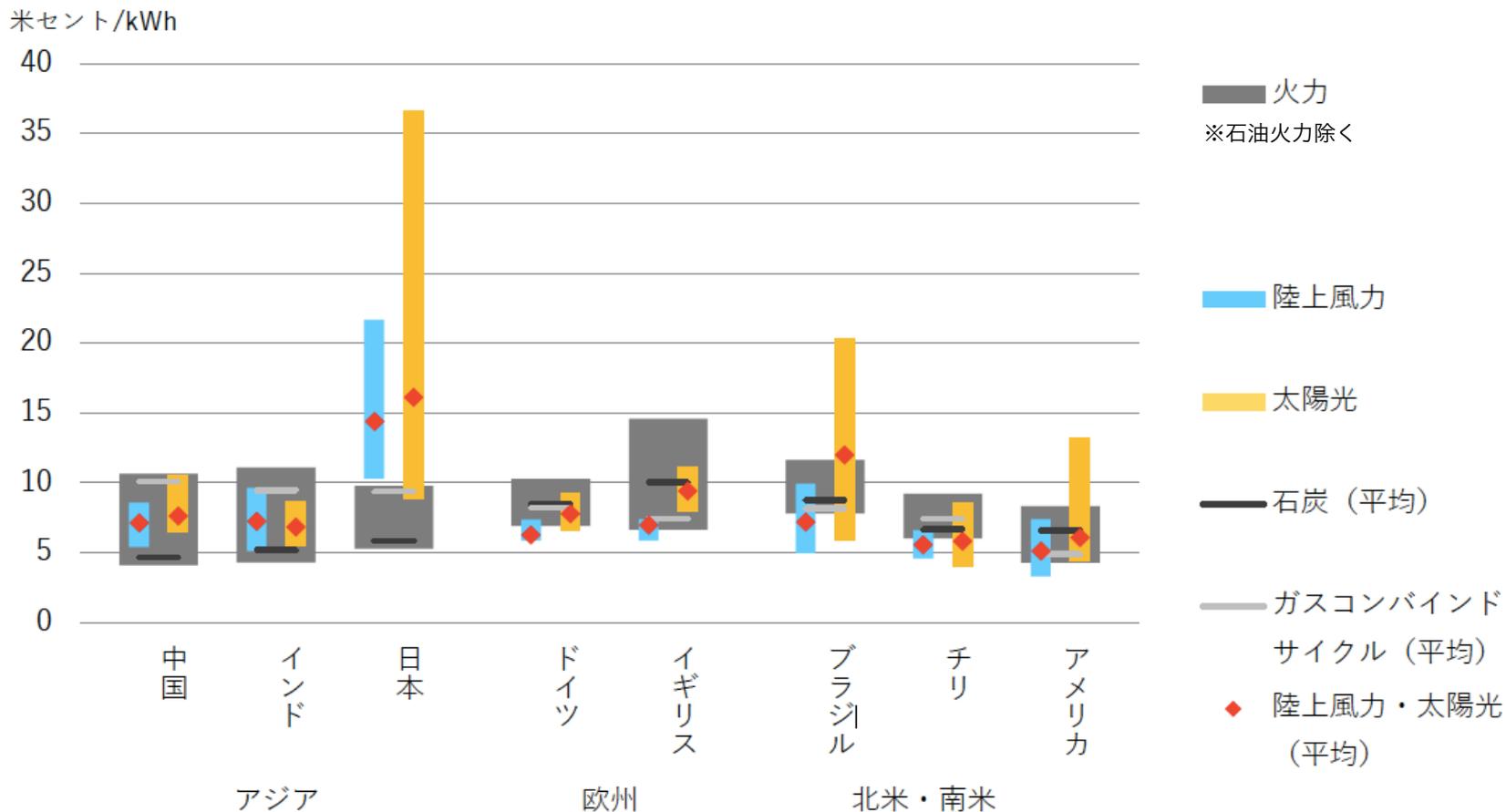
石炭火力新增設容量の累積導入計画（廃止予定分を含む）

## 各電力会社管内の石炭火力新增設計画

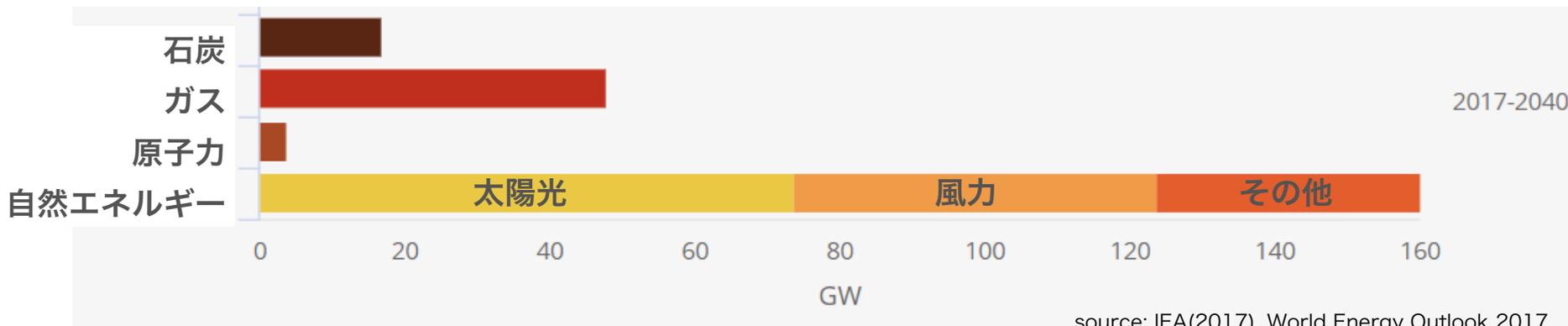


source: 各社発表、環境省環境アセスメント資料などより作成  
自然エネルギー財団（2017）「日本における石炭火力新增設のビジネスリスク」

## 世界の主要国における発電コストの比較 (LCOE、2017 年上期)



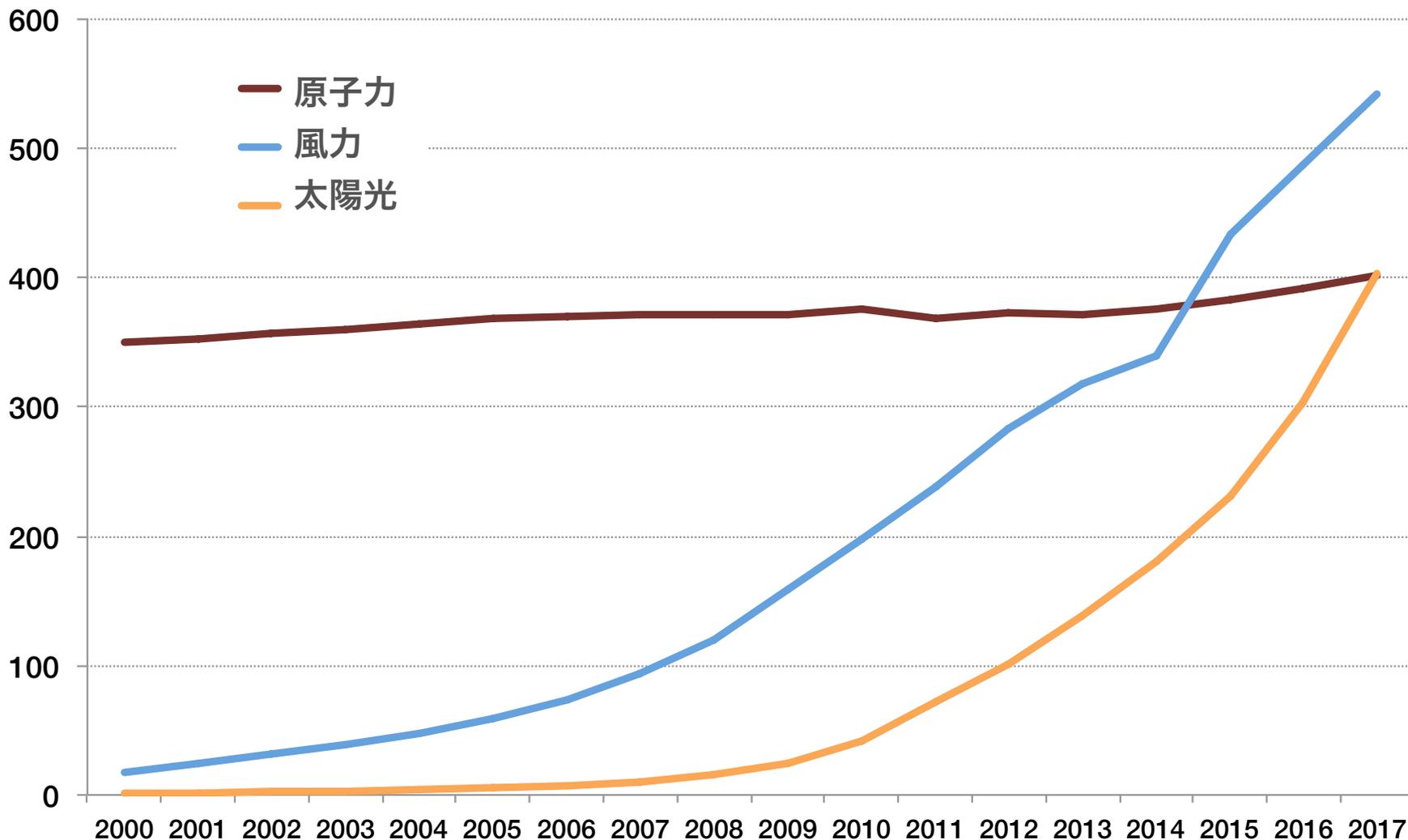
IEA2017年-2040年の発電容量拡大予測：今後20年の拡大予測では、自然エネルギーが圧倒的に大きく伸びていく



## 現実の社会では新規原発の建設費は高騰し続けている

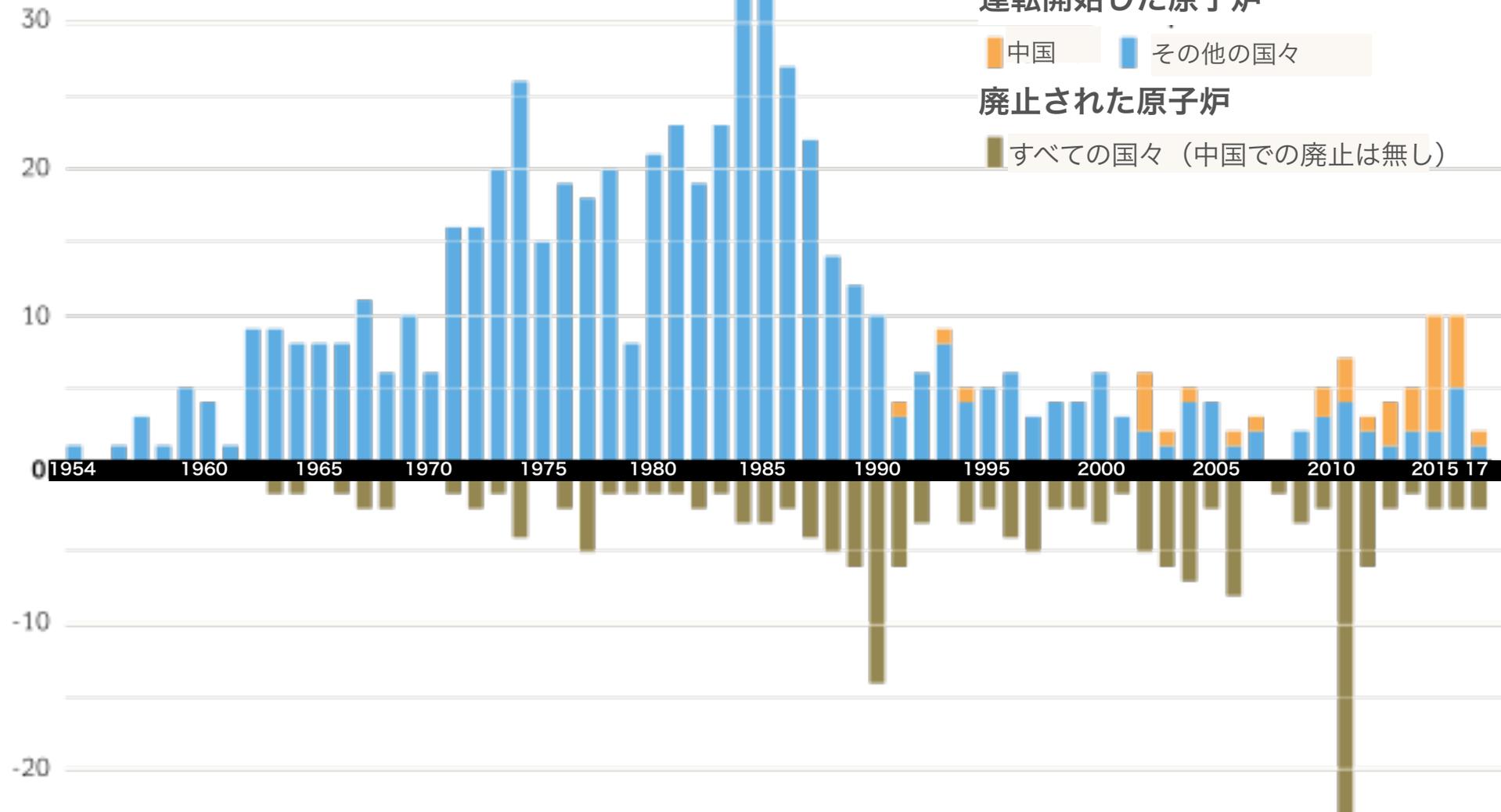
- ・ 2015年経済産業省資源エネルギー庁試算 4,400億円 (120万kW) 37万円/kW
- ・ 英国：ヒンクリーポイントC  
2.94兆円 (196億ポンド、163万kW×2) 90万円/kW
- ・ 米国：ボーグル 2.3兆円 (210億ドル、112万kW×2) 102万円/kW  
→発電コストは、4~5円/kWh増加し、火力発電コストを大きく上回る

風力は2015年に原子力容量を追い越し、太陽光は2017年にほぼ同量に



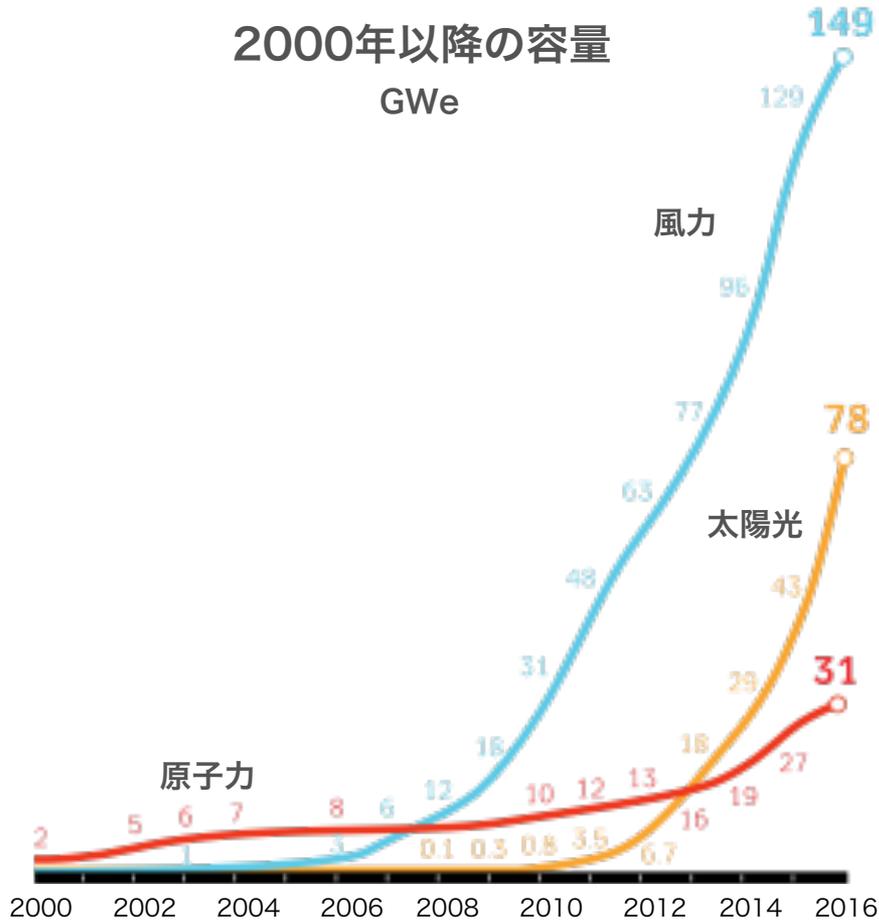
## 世界の原子炉の運転開始と廃止

(単位：原子炉数、1954年～2017年7月1日)

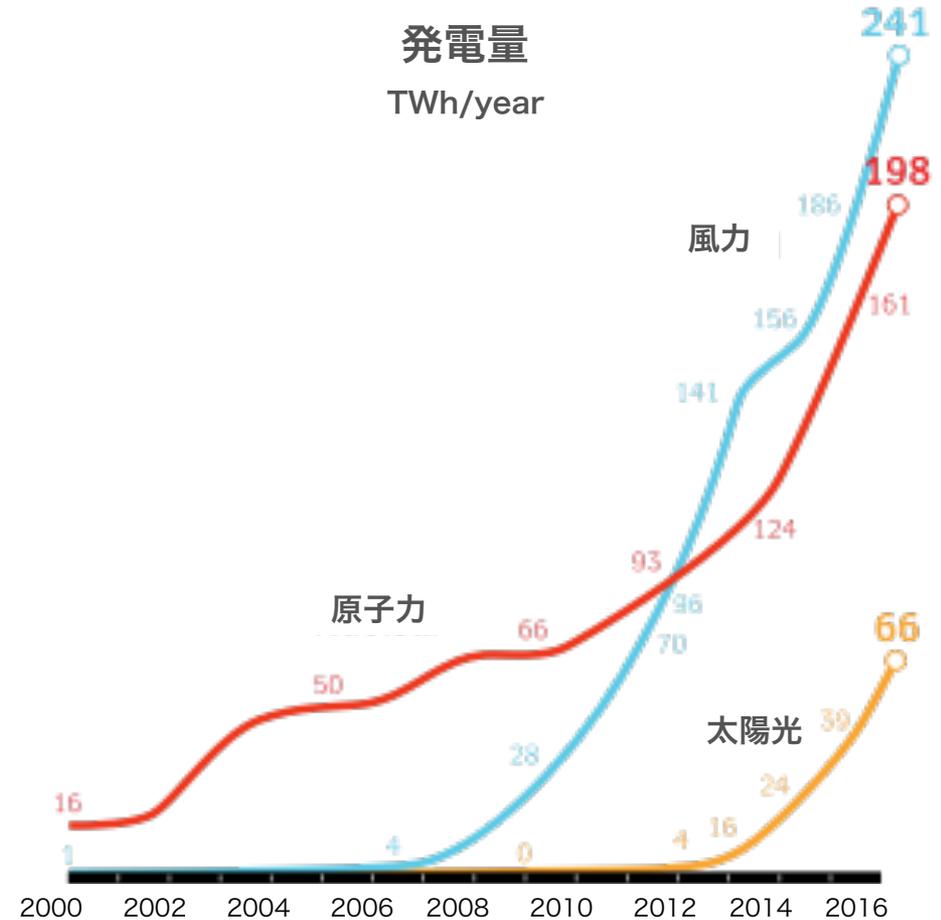


## 中国の風力、太陽光、原子力発電の設備容量と発電量（2000年–2016年）

2000年以降の容量  
GWe



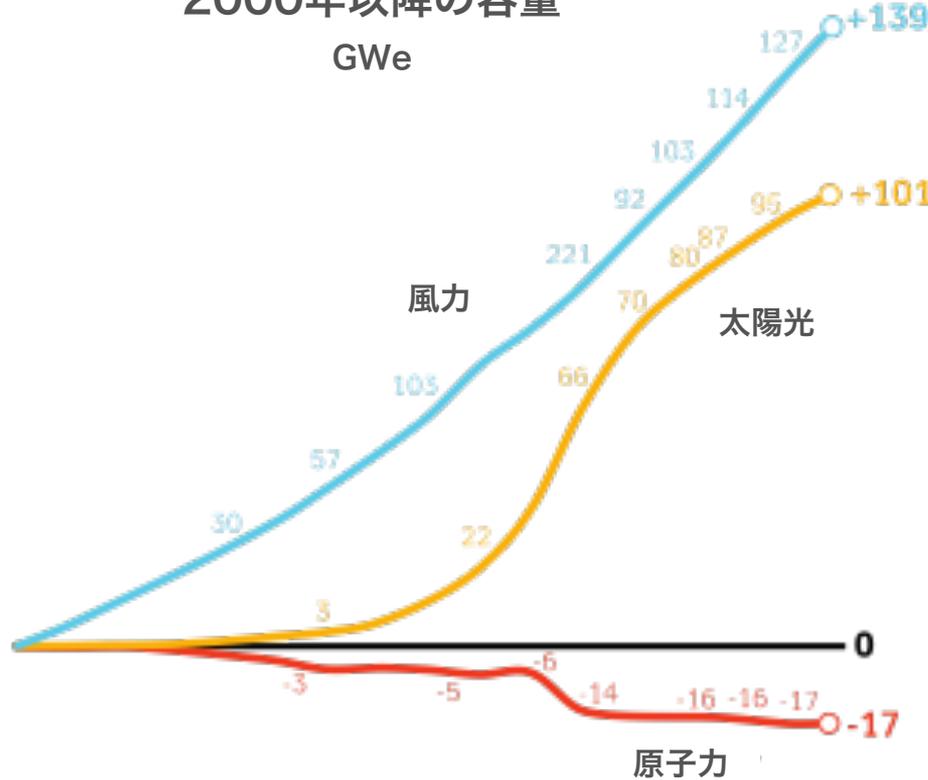
発電量  
TWh/year



## EUの風力、太陽光、原子力発電の設備容量と発電量（2000年-2016年）

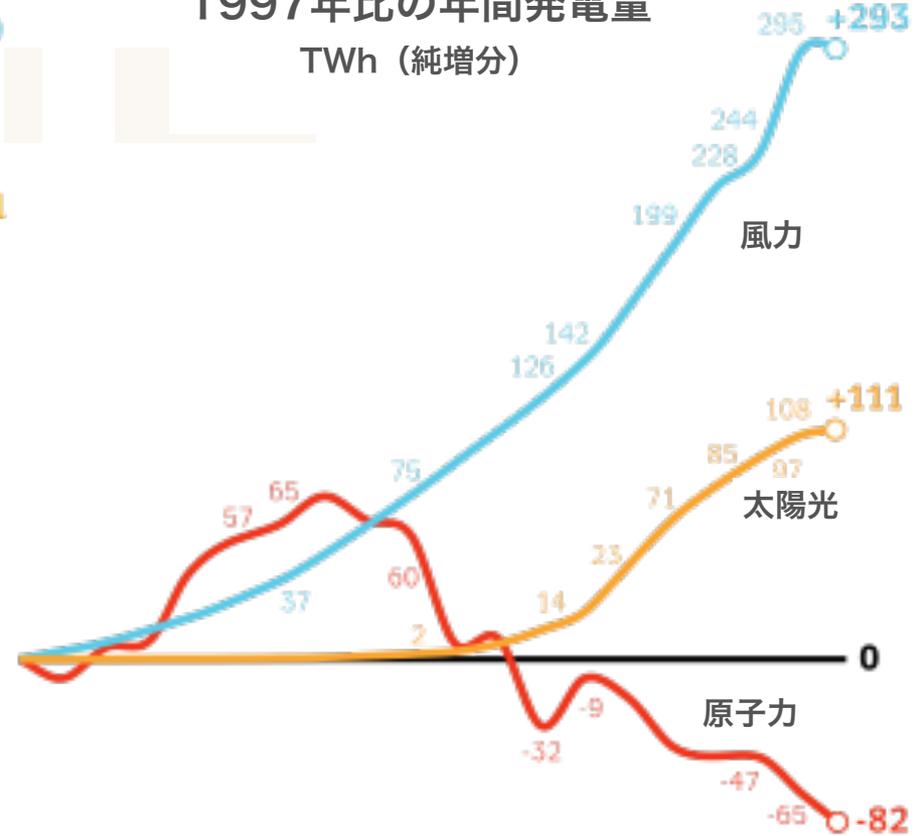
2000年以降の容量

GWe



1997年比の年間発電量

TWh (純増分)

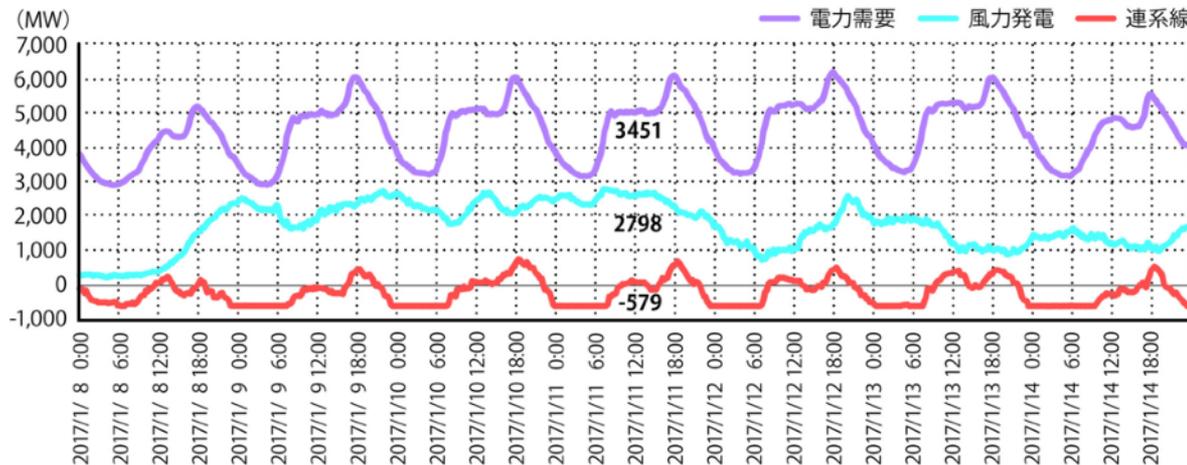


2000 2002 2004 2006 2008 2010 2012 2014 2016

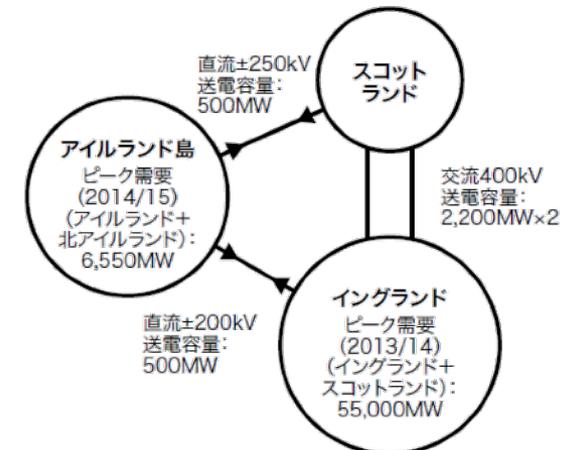
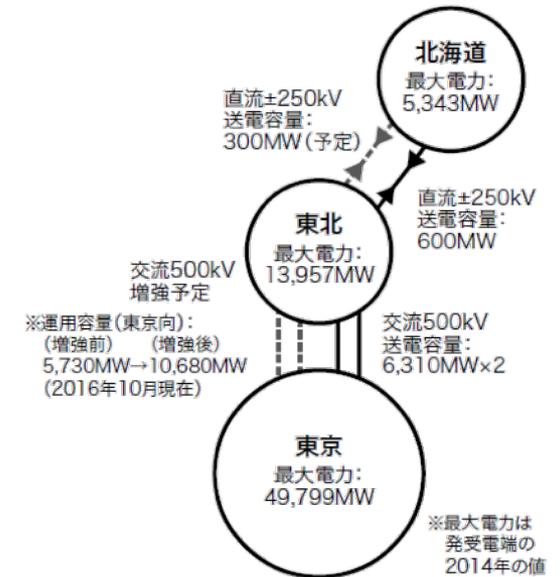
1998 2000 2002 2004 2006 2008 2010 2012 2014 2016

## 系統接続制限など電力システムの制約課題

- 北海道と同規模の電力需要を有するアイルランドでは、既に大幅な風力発電を導入している。さらに2020年には、出力抑制を年間の**5%未満**に抑えながら、**年間40%**の電力を自然エネルギーから供給するという目標を設定している。
- 時間別では、最大で**発電の75%**を風力や太陽光から供給している。
- 欧州では、このような自然エネルギー系統統合において国際連系線が重要な役割を果たしている。



アイルランドにおける電力需要、風力発電、連系線の実績  
出典：Eirgridウェブサイトデータより自然エネルギー財団作成



アイルランド島と東日本の系統の比較\*1

# 日本・自然エネ大量導入に必要な改革

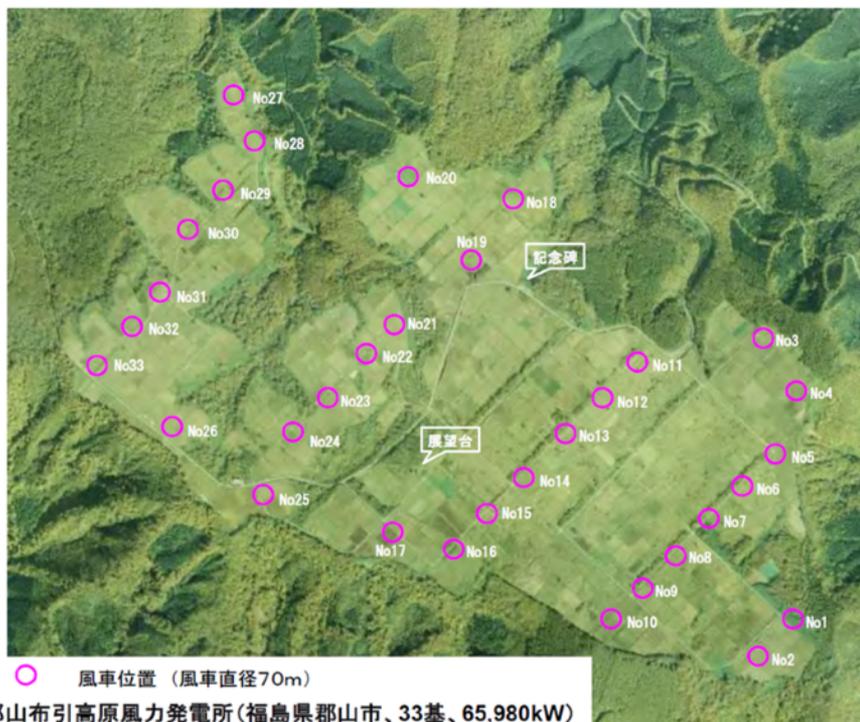


## 自然エネルギー開発を制約する法規制・制度の課題 他国より厳しい日本の風力アセス規模要件

	日本	米国	中国	韓国	ドイツ	スペイン
風力	1万kW	5万kW	5万kW	10万kW	20基	50基
火力	15万kW	5万kW	全事業	1万kW	20万kW	30万kW

出典：環境省資料を基に作成

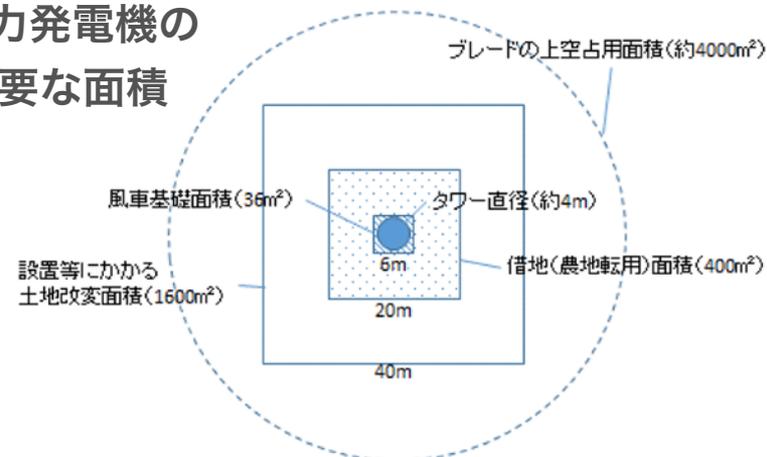
土地改変面積の観点で火力発電の規模要件（15万kW）の敷地面積（約5ha）と同程度の風力発電の規模として1万kWを考慮すべきとの意見



### 風力発電の占有面積は小さい

6.6万kWの規模の発電所で、農地の永久転用面積は1.5ヘクタール程度、施工のための一時転用面積は2.2ヘクタール程度となっており、合計しても4ヘクタール以下（郡山市の例）

### 2MW風力発電機の設置に必要な面積



# 日本・自然エネ大量導入に必要な改革



自然エネルギー財団  
RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

## 自然エネルギー開発を制約する法規制・制度の課題 自然エネルギーと農業が共存する農地法・農振法規制

自治体	発電所名	運転開始	規模	土地利用区分
北海道苫前町	苫前ウィンドファーム	1999年10月	20,000kW (20機)	農地 (牧場)
北海道苫前町	苫前ウィンビラ発電所	2000年10月	30,600kW (16機)	農地 (牧場)
岩手県釜石市他	釜石広域ウィンドファーム	2004年12月	42,900kW (43機)	農地 (牧場)、林地 (国有林)
北海道稚内市	宗谷岬ウィンドファーム	2005年11月	57,000kW (57機)	農地 (牧場)、林地 (国有林)
福島県郡山市	郡山布引高原風力発電	2006年12月	65,980kW (33機)	農地



## 大口需要家が自然エネルギーを利用できる環境整備

例) 「非化石価値取引市場」の導入に関する3項目の提案

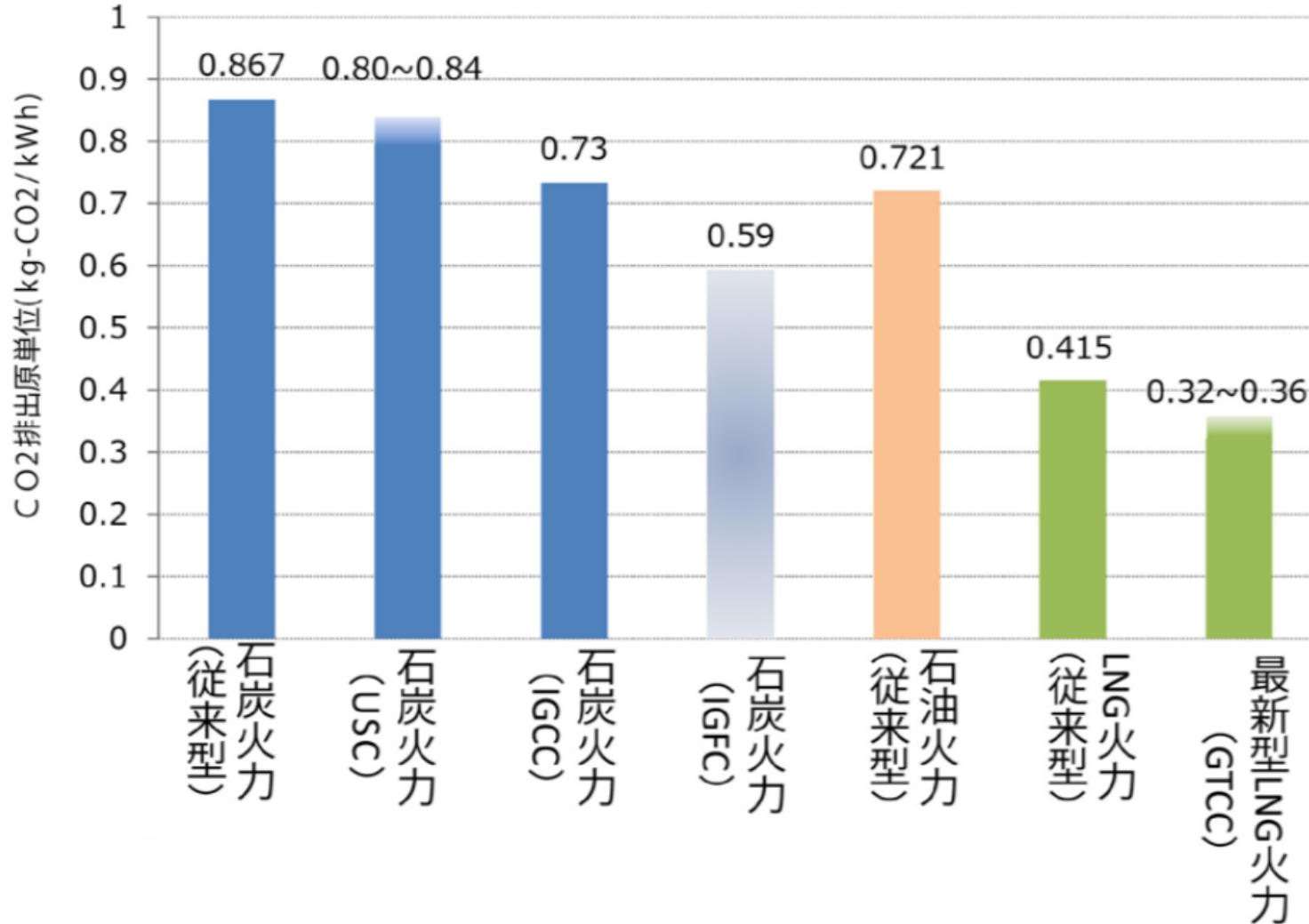
企業での自然エネルギー活用を促進するために

自然エネルギー財団と世界的企業10社 (2017年4月22日)

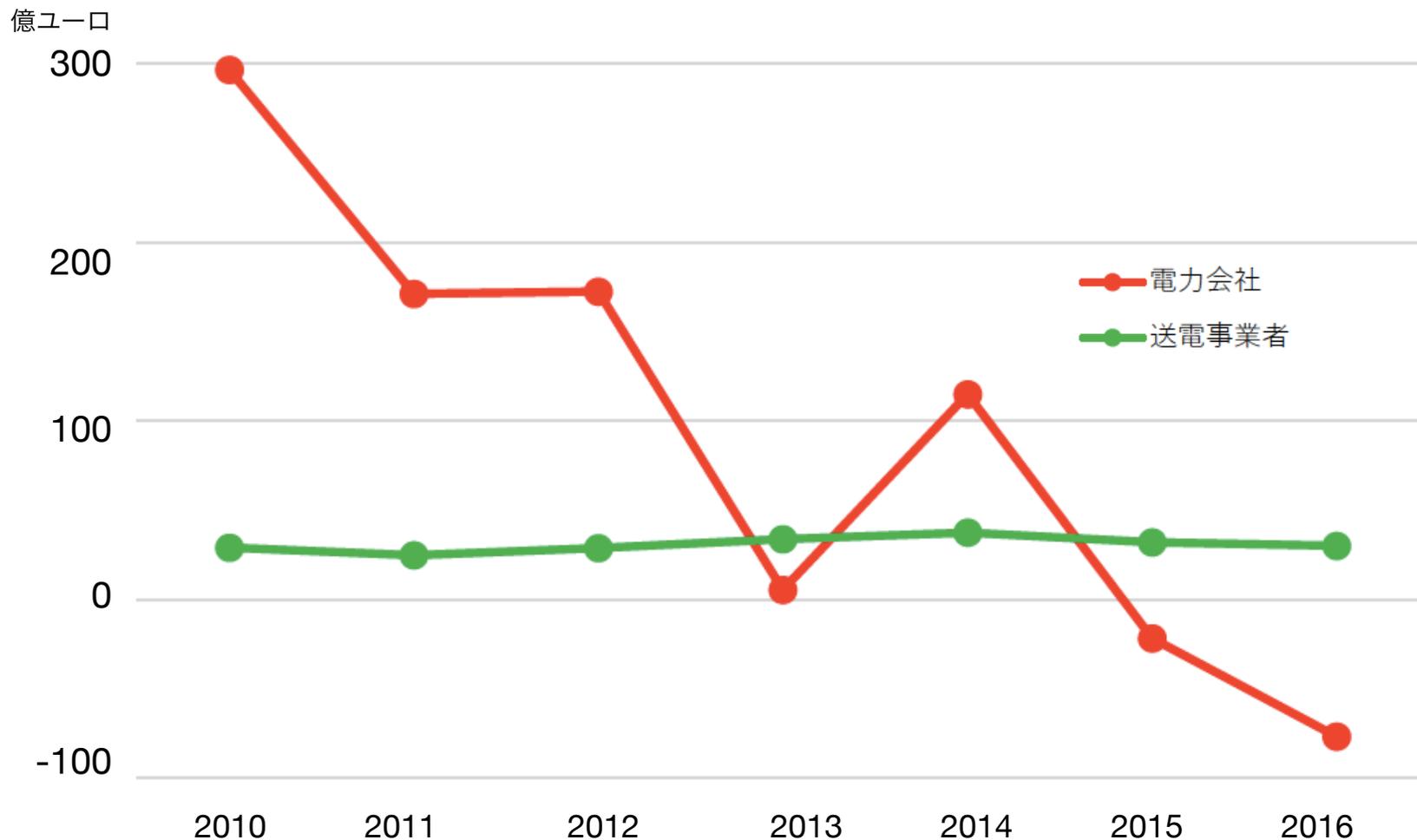
1. 電力消費者が自然エネルギー電力の利用を宣言できるようにすること。
2. 非化石電源の中で、自然エネルギー電力と原子力発電を区分すること。
3. 自然エネルギーの中でも、太陽光、風力、小規模水力、バイオマスなどの区分が明らかになるようにすること。



## 最新の石炭火力でもLNGの二倍以上の排出



# ご参考) 欧州の電力会社と送電事業者の利益比較



電力会社：EDF、Enel、ENGIE、RWE、Iberdrola、Vattenfall、EDP、Statkraft、EnBW、Fortum、SSE、E.ON

送電事業者：RTE（フランス）、Amprion（ドイツ）、Elia（ベルギー、ドイツ50Hertzを含む）、TenneT（オランダ、ドイツ）、Terna（イタリア）、Statnett（ノルウェー）、Red Electrica（スペイン）、Svenska Kraftnat（スウェーデン）、National Grid（イギリス）