2021 年 4 月 19 日
エネルギー委員会

2021 年度 第 1 回エネルギー委員会講演会

海外の電気事業を取り巻く環境変化とエネルギー戦略
～我が国のグリーン成長戦略の観点から～

日時：2021 年 4 月 19 日（月）15：00～17：00
場所：土木学会　講堂（オンライン併用）
主催：土木学会　エネルギー委員会

〈 講 演 会 次 第 〉

１．開　会　（15:00～15:05）

２．開会挨拶　：　土木学会　エネルギー委員会
（15:05～15:10）　島田　保之　委員長

３．講　演　：　一般社団法人　海外電力調査会　主幹
（15:10～16:45）　松岡　豊人　様

４．質疑応答　（16:45～16:55）

５．閉　会　（16:55～17:00）

※　本講演会は土木学会継続教育（CPD）プログラムに認定されており、受講により 2.0 単位が付与されます（JSCE21-0168）。
受講証明書は下記 WEB フォームからお申込みください（会場ではお渡しできません）。
（https://forms.gle/26Hors5jD4vtdzCeA）【締切：4 月 25 日（日）】

以　上

土木学会講演
世界の電気事業者を取巻く経営環境変化

2021年4月19日

海外電力調査会　松岡豊人

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

もくじ

JEPIC

1. 世界の電気事業比較 ・・・ 3
2. 新型コロナウイルス感染拡大の影響 ・・・ 10
3. 電気事業者の経営環境変化 ・・・ 45
4. 本日注目するトピックス
   (1) 再生可能エネルギーの急拡大 ・・・ 62
   (2) 水力と電力貯蔵 ・・・ 108
   (3) CO2回収貯蔵・利用（CCUS) ・・・ 137
   (4) 水素エネルギーに高まる期待 ・・・ 146
5. まとめ ・・・ 157

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

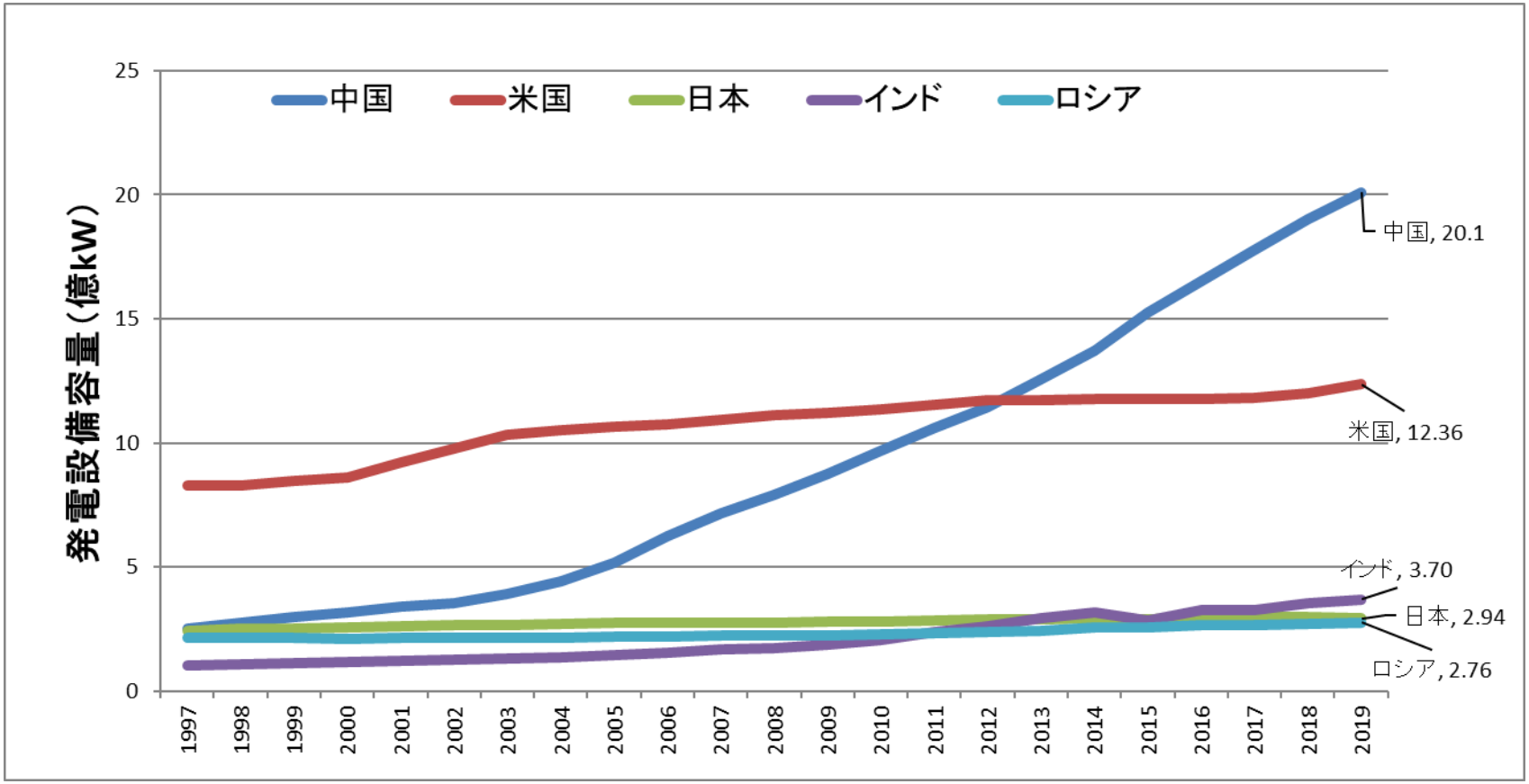
1. 世界の電気事業比較

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

1．世界の電気事業比較

主要5か国の電気事業比較（設備容量：億kW）

- 日本は4位　インドとの差は約8,000万kWに拡大



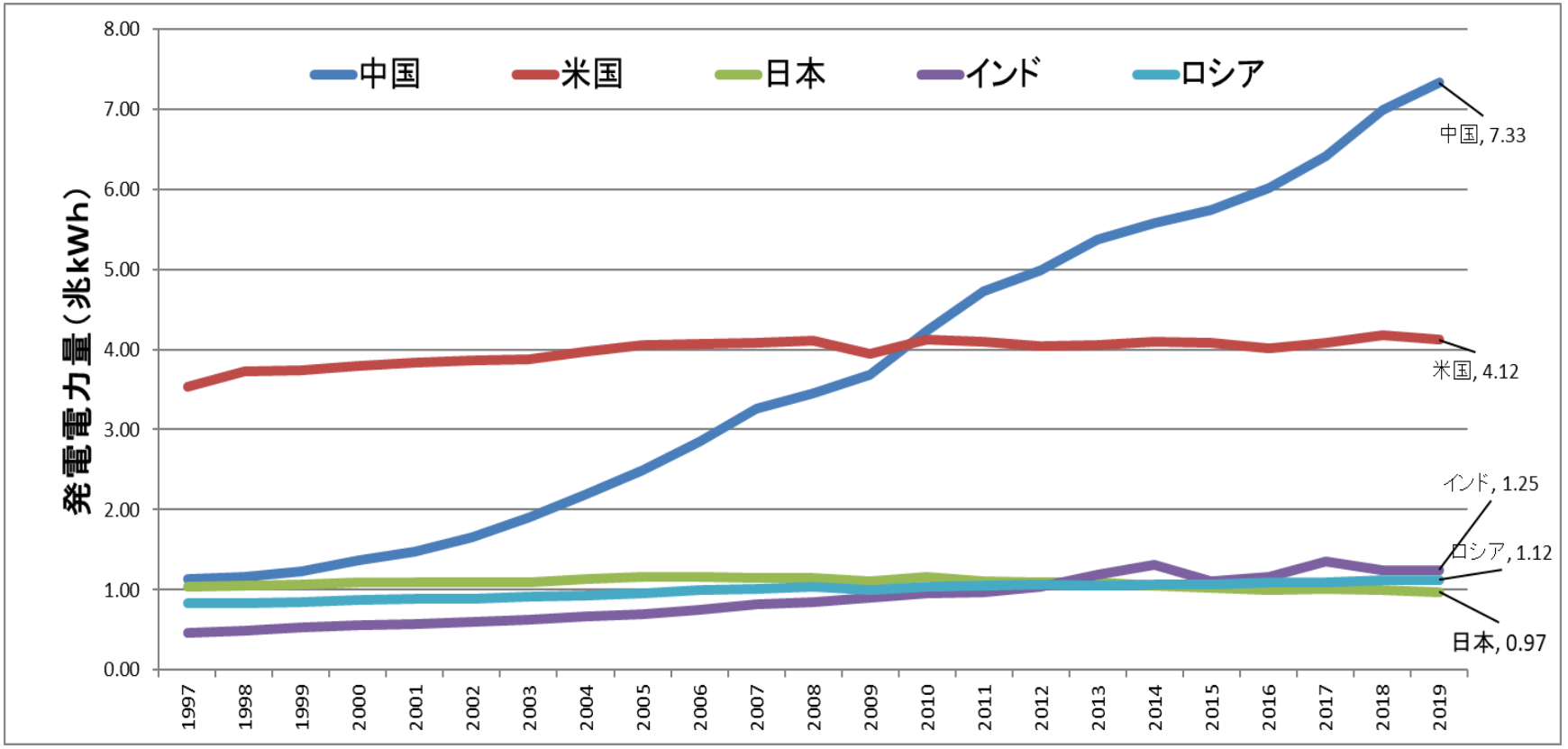
出所：海外電力調査会　海外電気事業統計各年度版

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

1．世界の電気事業比較

主要5か国の電気事業比較（発電電力量：兆kWh）

～日本は世界第5位に後退



出所：海外電力調査会　海外電気事業統計各年度版

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

１．世界の電気事業比較

JEPIC

世界の主要電気事業者

～　その顔ぶれは？

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

世界の電気事業者　売上TOP20（2019年度、億ドル）

①	中国国家電網	3,839	⑪	中国華能集団	445
②	ENEL（伊）	899	⑫	Iberdrola（西）	408
③	中国南方電網	820	⑬	国家電力投資	394
④	中国能源投資	805	⑭	Exelon（米）	344
⑤	EDF（仏）	803	⑮	中国華電集団	338
⑥	Uniper（独）	737	⑯	CFE（墨）	299
⑦	Engie（仏）	672	⑰	関西電力	293
⑧	東京電力	574	⑱	Centrica（英）	289
⑨	韓国電力	503	⑲	中部電力	282
⑩	E.ON（独）	469	⑳	中国大唐集団	275

出典：FORTUNE June/July 2020, August/September 2020

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

世界の主要電気事業者：売上高比較（FORTUNE誌）

JEPIC

RANK	NAME	COUNTRY	Global 500	REVENUES $ millions	PROFITS $ millions
1	中国国家電網	中国	3	383,906.0	7,970.0
2	ENEL	Italy	87	89,906.6	2,433.3
3	中国南方電網	中国	105	81,978.1	1,833.1
4	中国能源投資集団	中国	108	80,498.0	4,264.1
5	Electricite de France	France	110	80,277.6	5,769.8
6	Uniper	Germany	131	73,651.6	682.7
7	Engie	France	159	67,220.4	1,101.3
8	東京電力	日本	188	57,407.0	466.4
9	韓国電力公社	韓国	227	50,256.7	−2,012.7
10	E.ON	Germany	255	46,861.1	1,752.8
11	中国華能集団	中国	266	44,501.9	186.5
12	Iberdrola	Spain	303	40,783.4	3,812.5
13	国家電力投資集団	中国	316	39,406.6	179.5
14	Exelon	US	364	34,438.0	2,936.0
15	中国華電集団	中国	370	33,808.4	310.4
16	CFE	Mexico	420	29,868.8	2,260.7
17	関西電力	日本	428	29,288.0	1,195.7
18	Centrica	Britain	440	28,933.7	−1,305.4
19	中部電力	日本	454	28,199.8	1.503.6
20	中国大唐集団	中国	465	27,464.0	426.7
21	Naturgy Energy Group	Spain	492	25,991.4	1,568.1
22	中国核工業集団	中国	493	25,974.9	1,104.7
参考	Berkshire Hathaway	US	14	254,616.0	81,417.0
	華潤創業	中国	80	94,757.8	3,571.6
	中国電力建設集団	中国	157	67,371.2	772.8
	中国能源工程集団	中国	353	36,110.5	395.3

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

出典：FORTUNE
August/September 2020

（参考）米国電気事業者の売上高比較（FORTUNE誌）

Rank	Name	US500 RANK	Revenues $ millions	Profits $ millions
1	Exelon	95	34,438.0	2,936.0
2	Duke Energy	123	24,658.0	3,748.0
3	Southern	153	21,419.0	4,739.0
4	NextEra Energy	172	19,204.0	3,769.0
5	PG&E	189	17,129.0	−7,656.0
6	Dominion Energy	197	16,572.0	1,358.0
7	American Electric Power	204	15,561.4	1,921.1
8	DTE Energy	253	12,669.0	1,169.0
9	Consolidated Edison	256	12,574.0	1.343.0
10	Sempra Energy	258	12,443.0	2,197.0
11	Edison International	259	12,347.0	1,284.0
12	Centerpoint Energy	260	12,301.0	791.0
13	Vistra Energy	270	11,809.0	928.0
14	Xcel Energy	276	11,529.0	1,372.0
15	Entergy	293	10,878.7	1,241.2
16	First Energy	294	10,850.0	912.0
17	AES	310	10,189.0	303.0
18	Public Service Enterprise Group	317	10,076.0	1,693.0
19	Calpine	319	10,072.0	770.0
20	NRG	324	9,871.0	4,438.0
21	Eversource Energy	371	8,526.5	909.1
22	PPL	408	7,769.0	1,746.0
23	WEC Enrgy Group	416	7,523.1	1,134.0
24	CMS Energy	443	6,845.0	680.0
25	Ameren	488	5,910.0	828.0
参考	Berkshire Hathaway	6	254,616.0	81,417.0

出所：Fortune June/July 2019

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2. 新型コロナウイルス感染拡大の影響

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2. 新型コロナウイルス感染拡大の影響

2.1 電力需要への影響

- 電力需要の減少　　産業用が大幅減▼、家庭用は増加△

2.2 電力供給への影響

- パンデミックによる供給支障は生じなかった：供給体制維持
- 保守・建設工事は停止/スローダウン
- 再エネ発電量の比率が上昇
- 石炭火力発電量の比率が急減

需要減少、再エネ発電、天然ガス価格の下落　⇒脱石炭が加速

2.3 電気事業経営に対する影響

- 各国がグリーン・リカバリー政策を発表　再エネにドライブ
- 需要減、卸売り電力価格の下落　⇒発電事業者の経営圧迫
- ビジネスチャンスととらえる事業者も：Enel、Iberdrola等

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.1 電力需要への影響

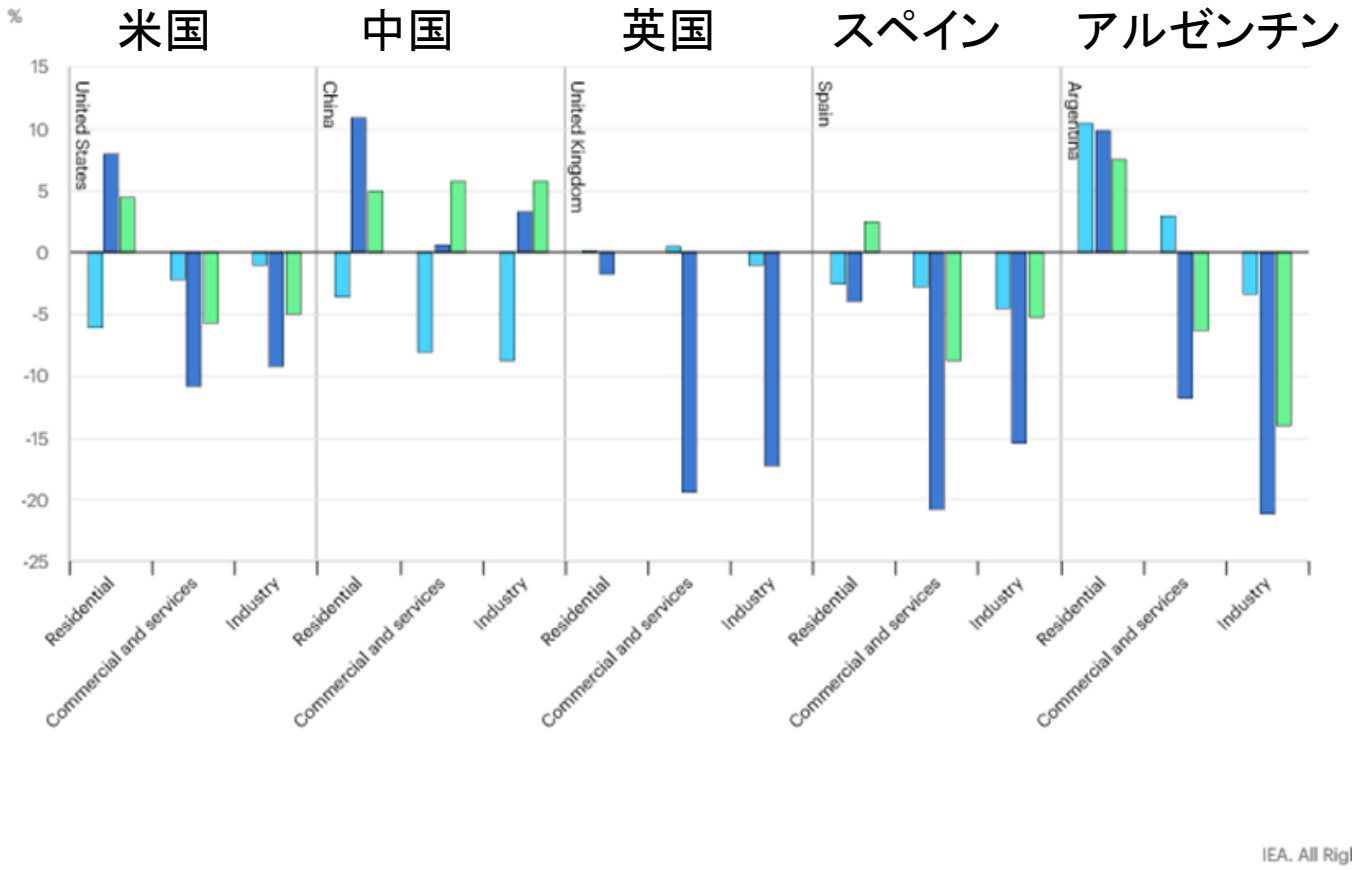
Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.1 電力需要への影響

JEPIC

各地域の電力需要変化(2019年⇒2020年）

Year-on-year changes in electricity demand for selected countries and regions in the first three quarters of 2020



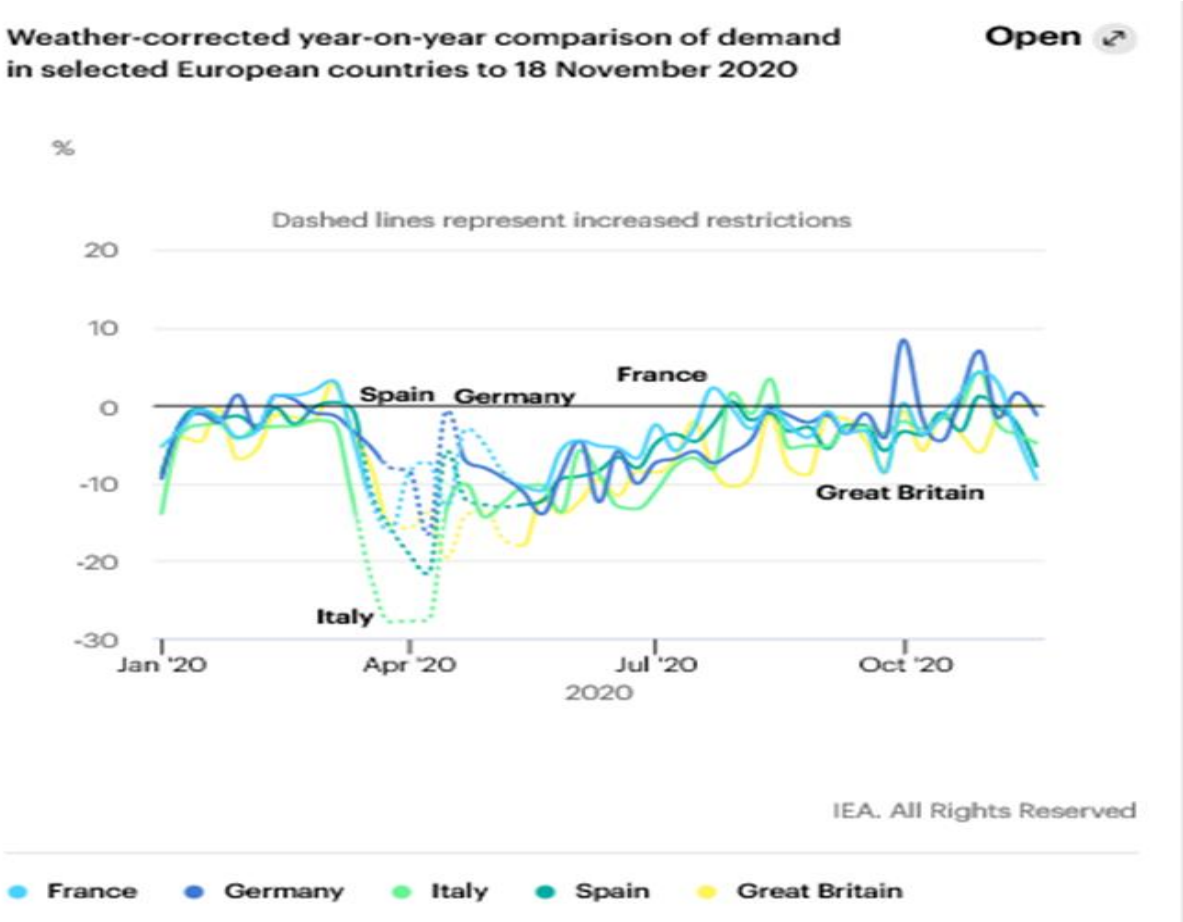
[出所] IEA（2020）
Global Energy Review

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.1 電力需要への影響

①欧州の電力需要への影響

ロックダウン後の電力需要の減少率（天候条件考慮後）

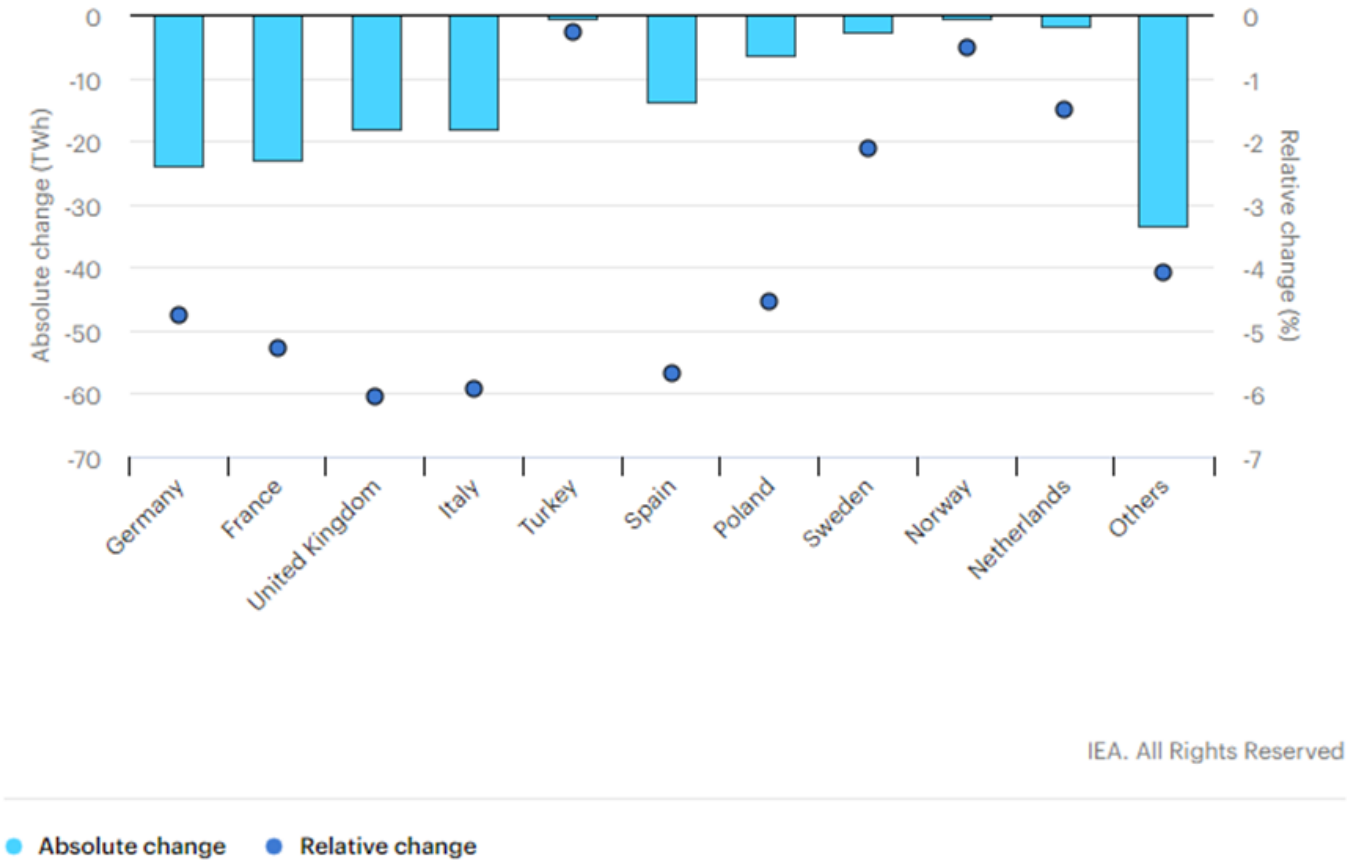


[出所] IEA（2020）
Global Energy Review

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.1 電力需要への影響

①欧州の電力需要： 2020年は前年比約5%減少



[出所] IEA（2020）
Global Energy Review

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

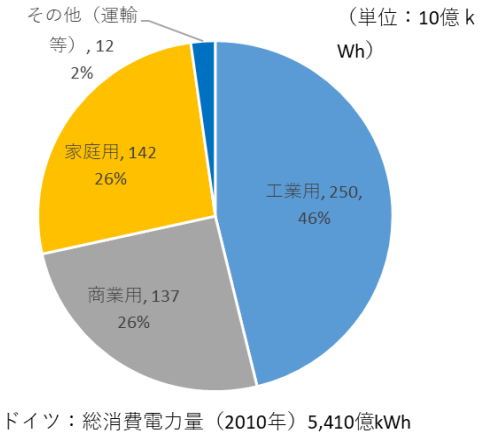
2.1 電力需要への影響

ドイツの電力需要量

需要減少：2019年⇒2020年　-4.7%

2010年

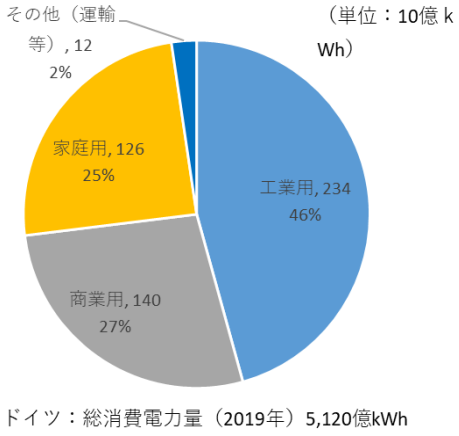
5,410億kWh



ドイツ：総消費電力量（2010年）5,410億kWh

2019年

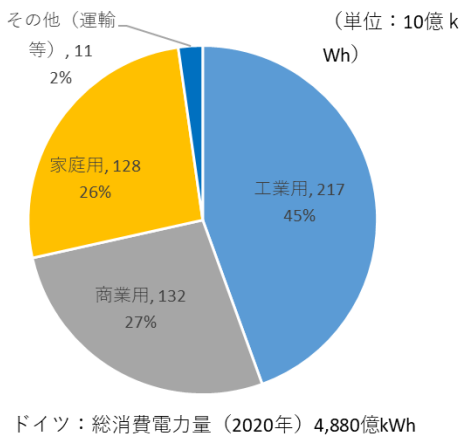
5,120億kWh



ドイツ：総消費電力量（2019年）5,120億kWh

2020年

4,880億kWh



ドイツ：総消費電力量（2020年）4,880億kWh

出所：Fraunhofer ISE, Energy-Charts

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

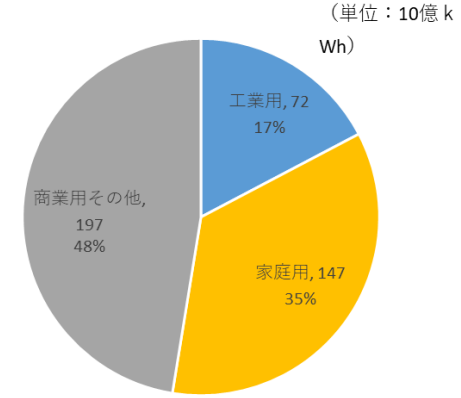
2.1 電力需要への影響

フランスの電力需要量

需要減少2019年⇒2020年　-3.2%

2010年

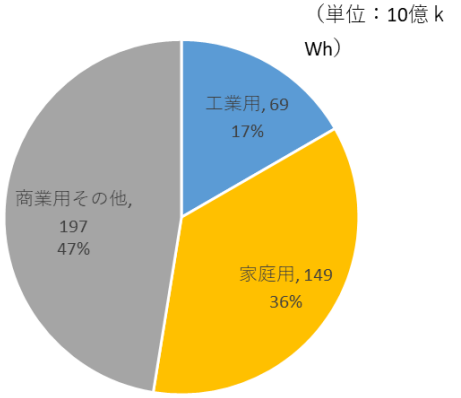
3,438億kWh



フランス：総消費電力量（2015年）3,438億kWh

2019年

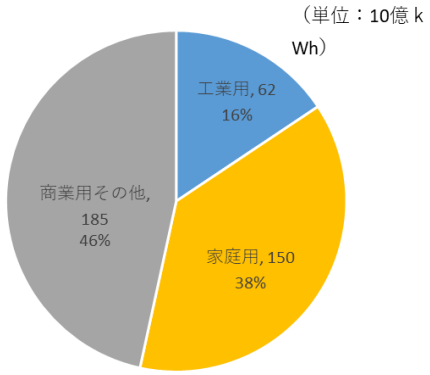
3,452億kWh



フランス：総消費電力量（2019年）3,452億kWh

2020年

3,341億kWh



フランス：総消費電力量（2020年）3,341億kWh

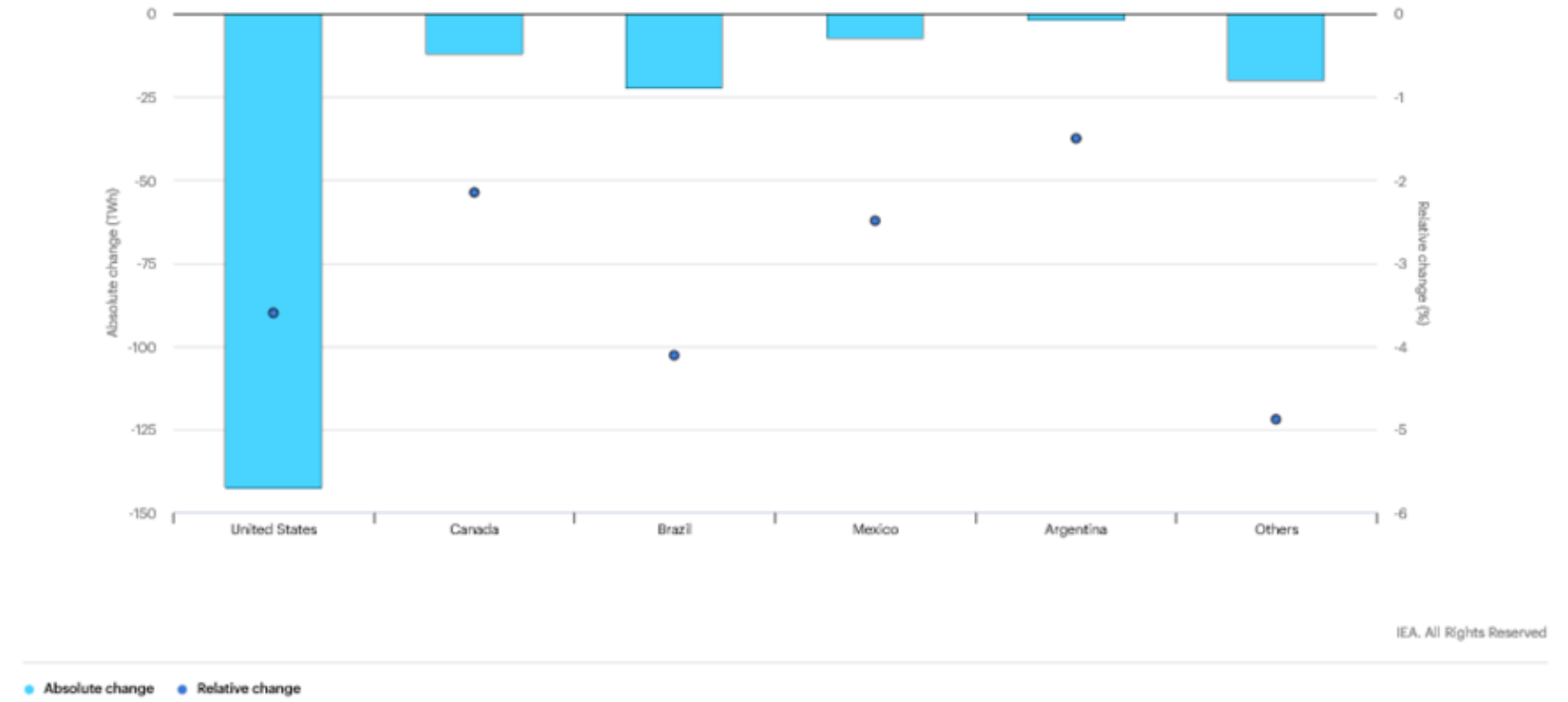
出所：RTE, Bilan Electrique

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.1 電力需要への影響

②南北アメリカの需要量：

2020年、米国は前年比3.9%減

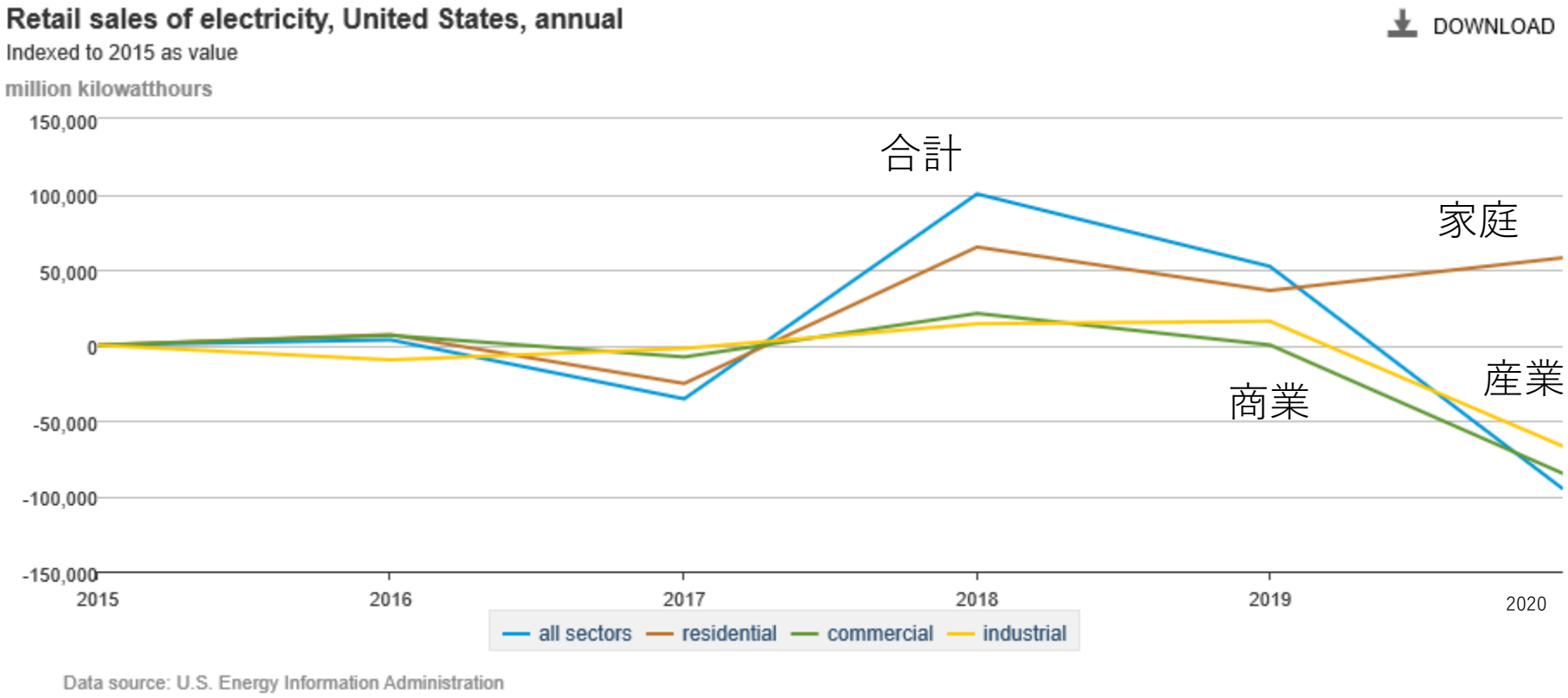


[出所] IEA（2020）
Global Energy Review

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.1 電力需要への影響

米国の電力需要変化

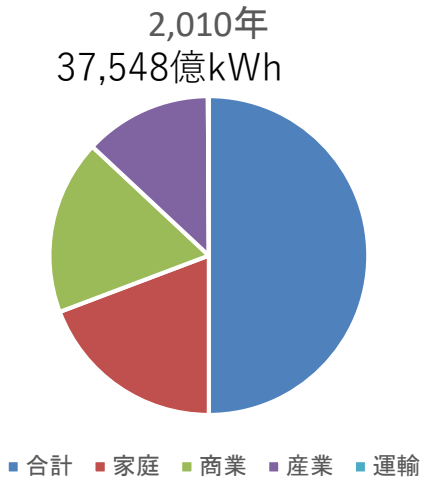


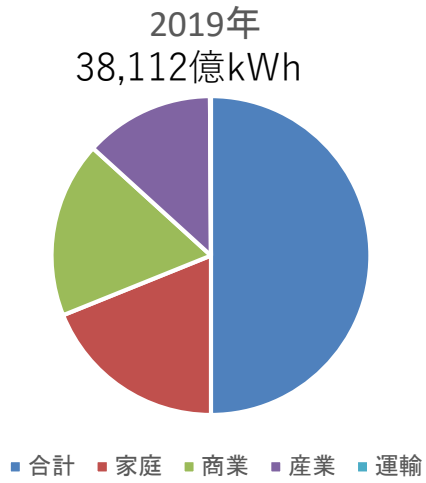
出所：EIA Electricity Data

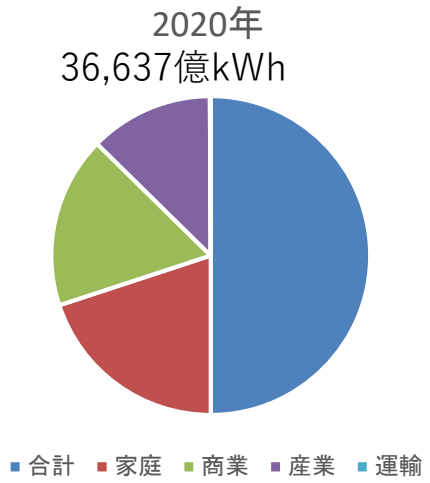
Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.1 電力需要への影響

米国の電力需要量　2019年⇒2020年　-3.9%







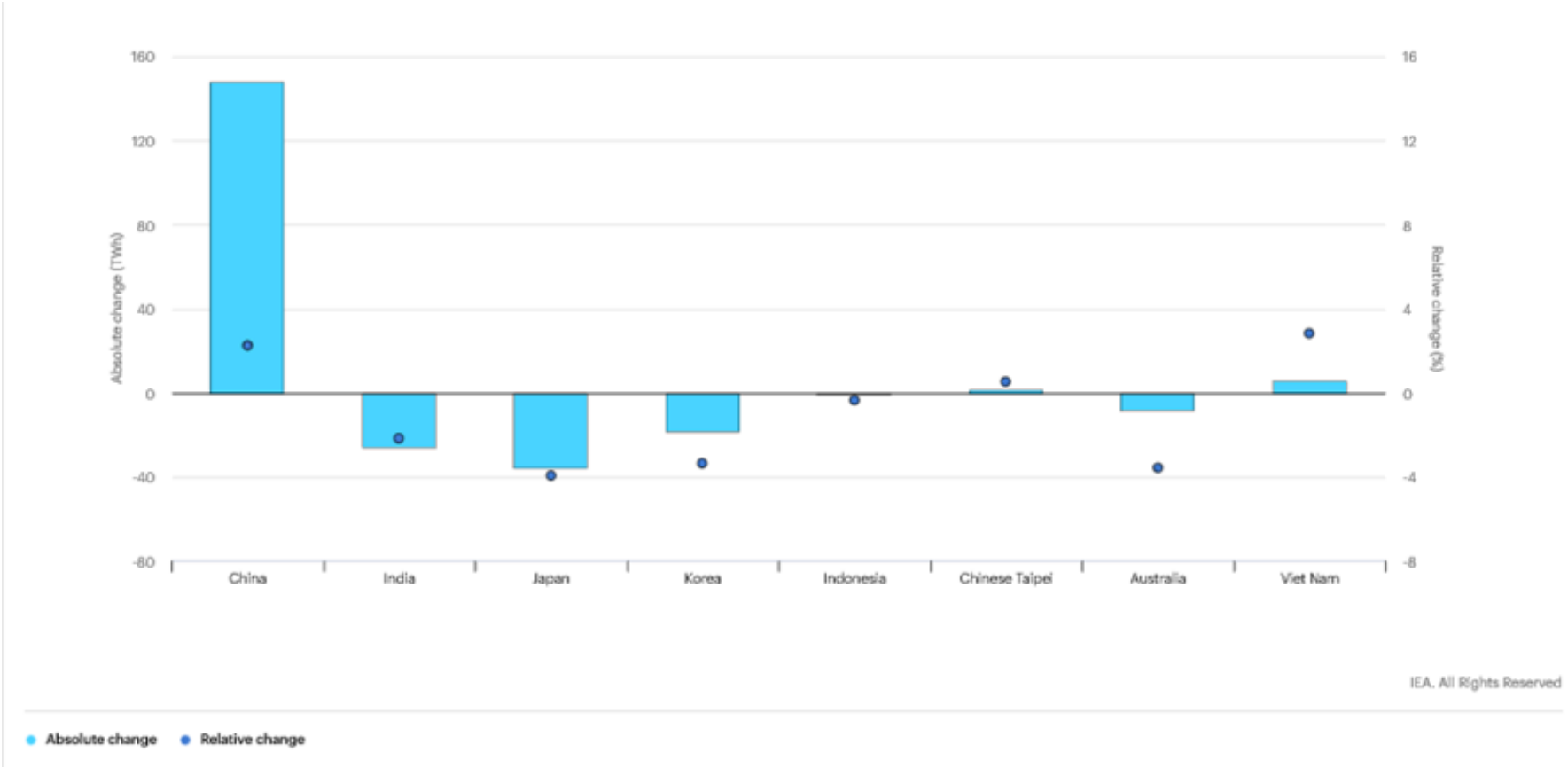
出所：EIA Electricity Data

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.1 電力需要への影響

③アジアの電力需要量：

中国は前年比3.1%増



[出所] IEA（2020）
Global Energy Review

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

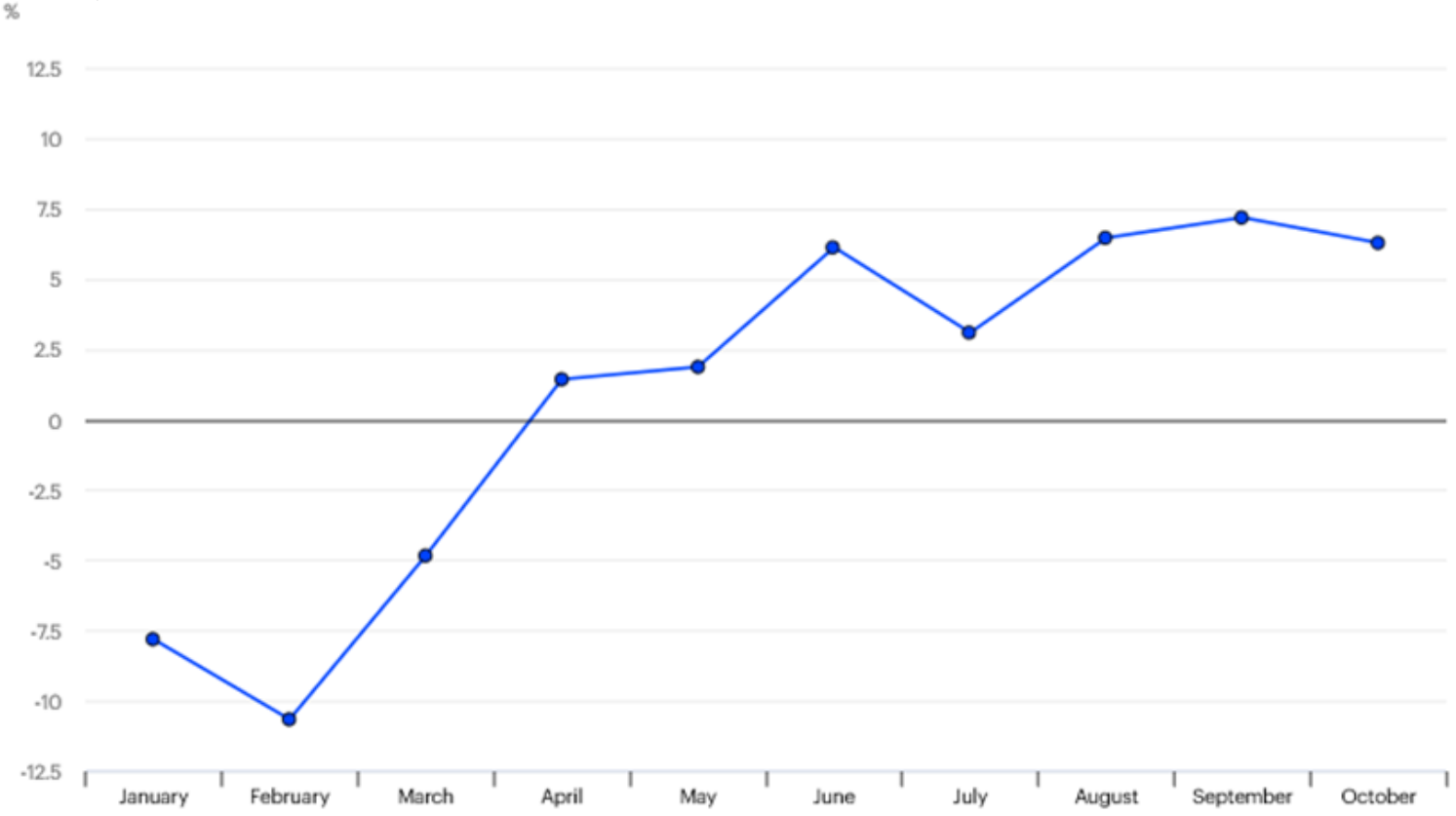
2.1 電力需要への影響

JEPIC

中国は4月以降、需要が回復

Weather-corrected year-on-year comparison of electricity demand in China to 30 October 2020

対前年同月比（%）

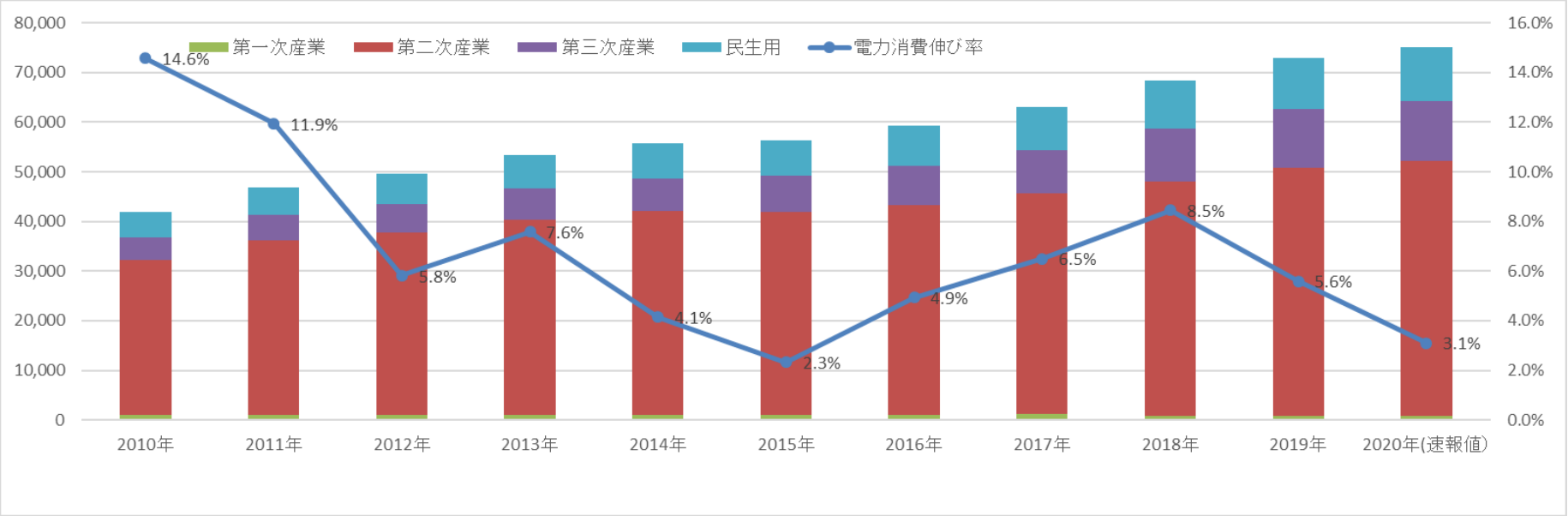


[出所] IEA（2020）
Global Energy Review

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.1 電力需要への影響

中国の電力需要



出所：中国電力企業聯合会

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.1 電力需要への影響

JEPIC

中国の電力需要： 2020年も対前年比＋3.1%増加

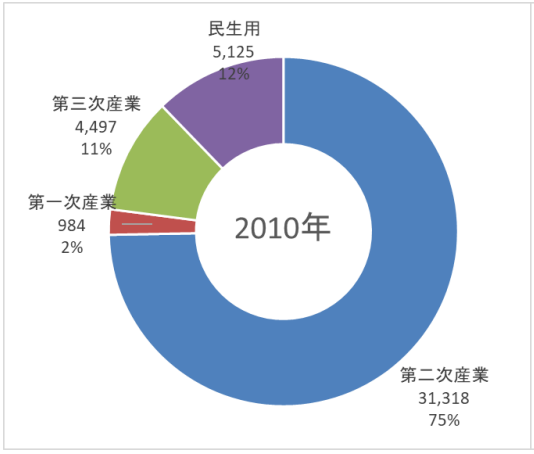
2020年1～3月は大幅な需要減：実質-20%か

しかし4月以降急速に需要が回復、主要国唯一の前年比増

夏以降は一部地域で景気過熱、供給制限も実施

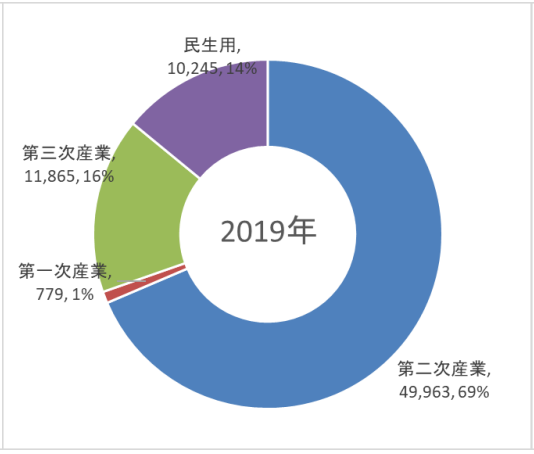
2010年

4.2兆kWh



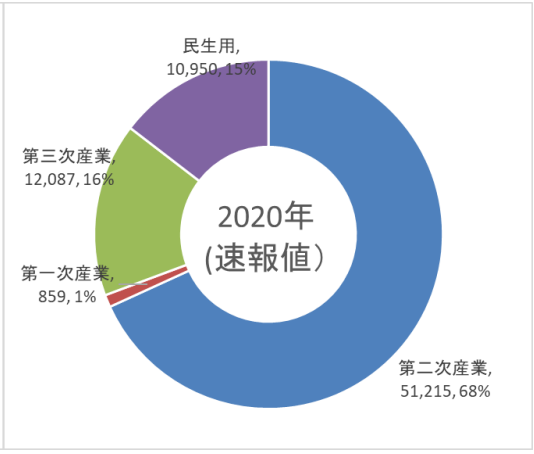
2019年

7.3兆kWh



2020年

7.5兆kWh



出所：中国電力企業聯合会

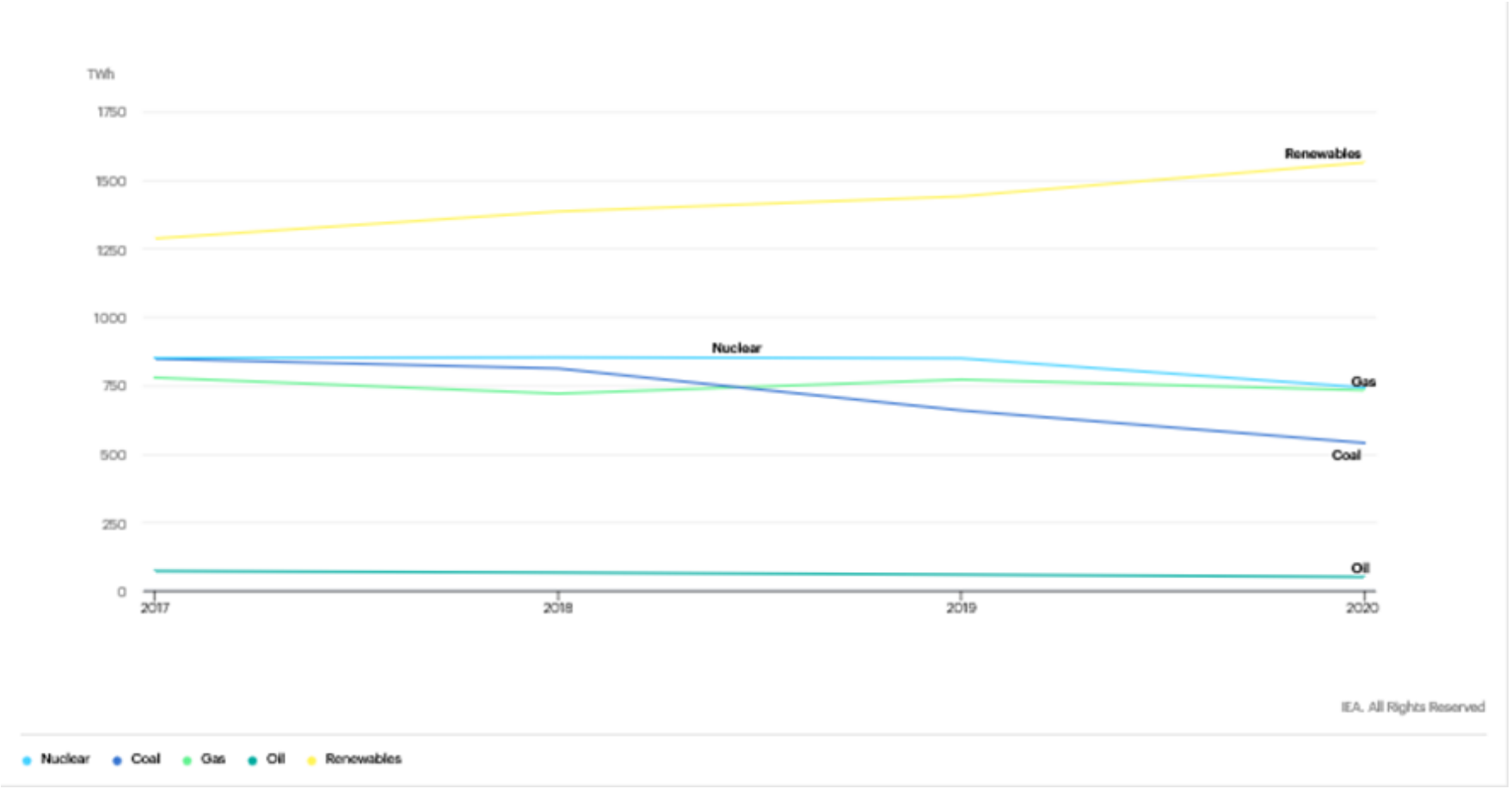
Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.2 電力供給への影響

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.2 電力供給への影響

①欧州の発電電力量　燃料別変化（2017⇒2020年）



[出所] IEA（2020）
Global Energy Review

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.2 電力供給への影響

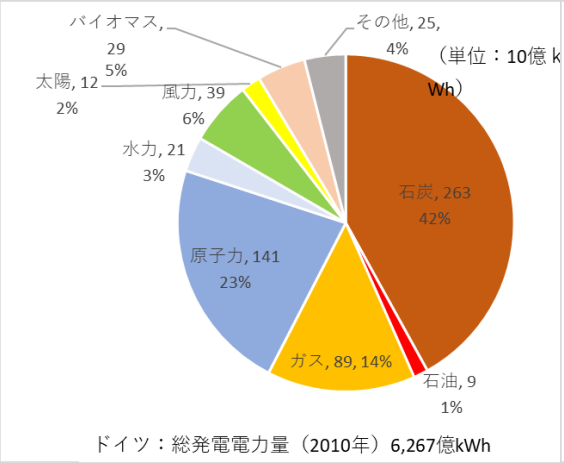
ドイツの発電電力量

2019年⇒2020年　全体　-6.0%

石炭火力　-21.6%

2010年

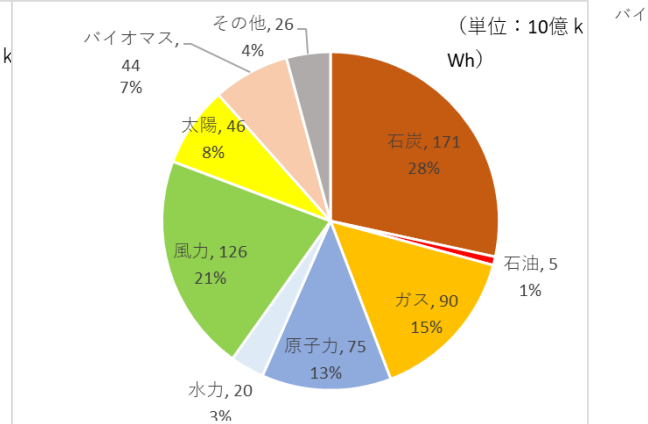
6,267億kWh



ドイツ：総発電電力量（2010年）6,267億kWh

2019年

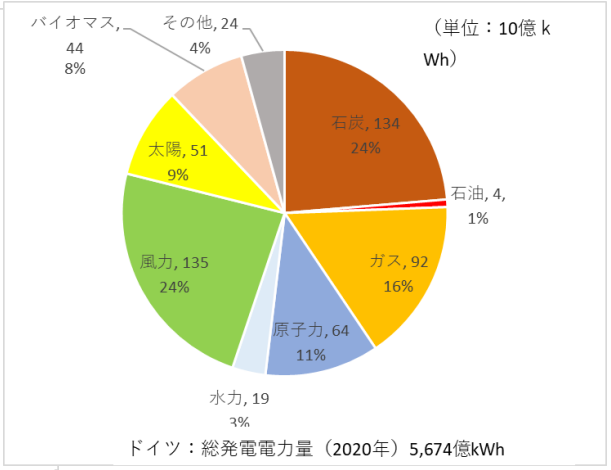
6,038億kWh



ドイツ：総発電電力量（2019）6,038億kWh

2020年

5,674億kWh



ドイツ：総発電電力量（2020年）5,674億kWh

出所：Fraunhofer ISE, Energy-Charts

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

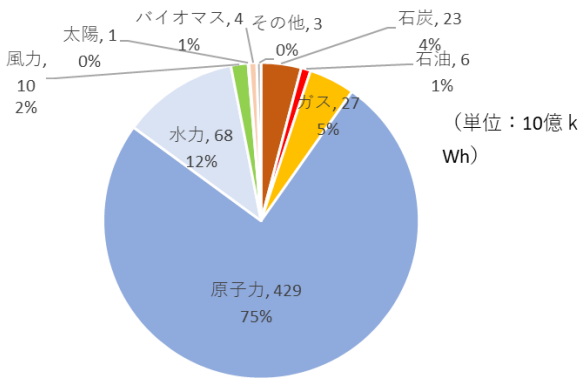
2.2 電力供給への影響

フランスの発電電力量

2019年⇒2020年　全体 -7.0%　石炭半減

2010年

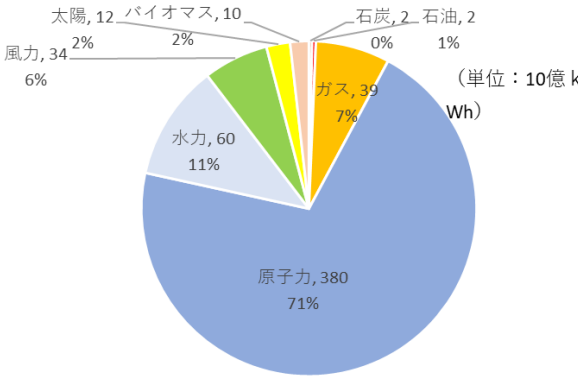
5,692億kWh



フランス：総発電電力量（2010年）5,692億kWh

2019年

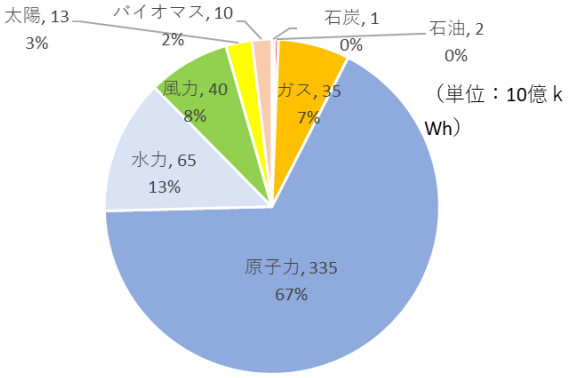
5,375億kWh



フランス：総発電電力量（2019年）5,375億kWh

2020年

5,001億kWh



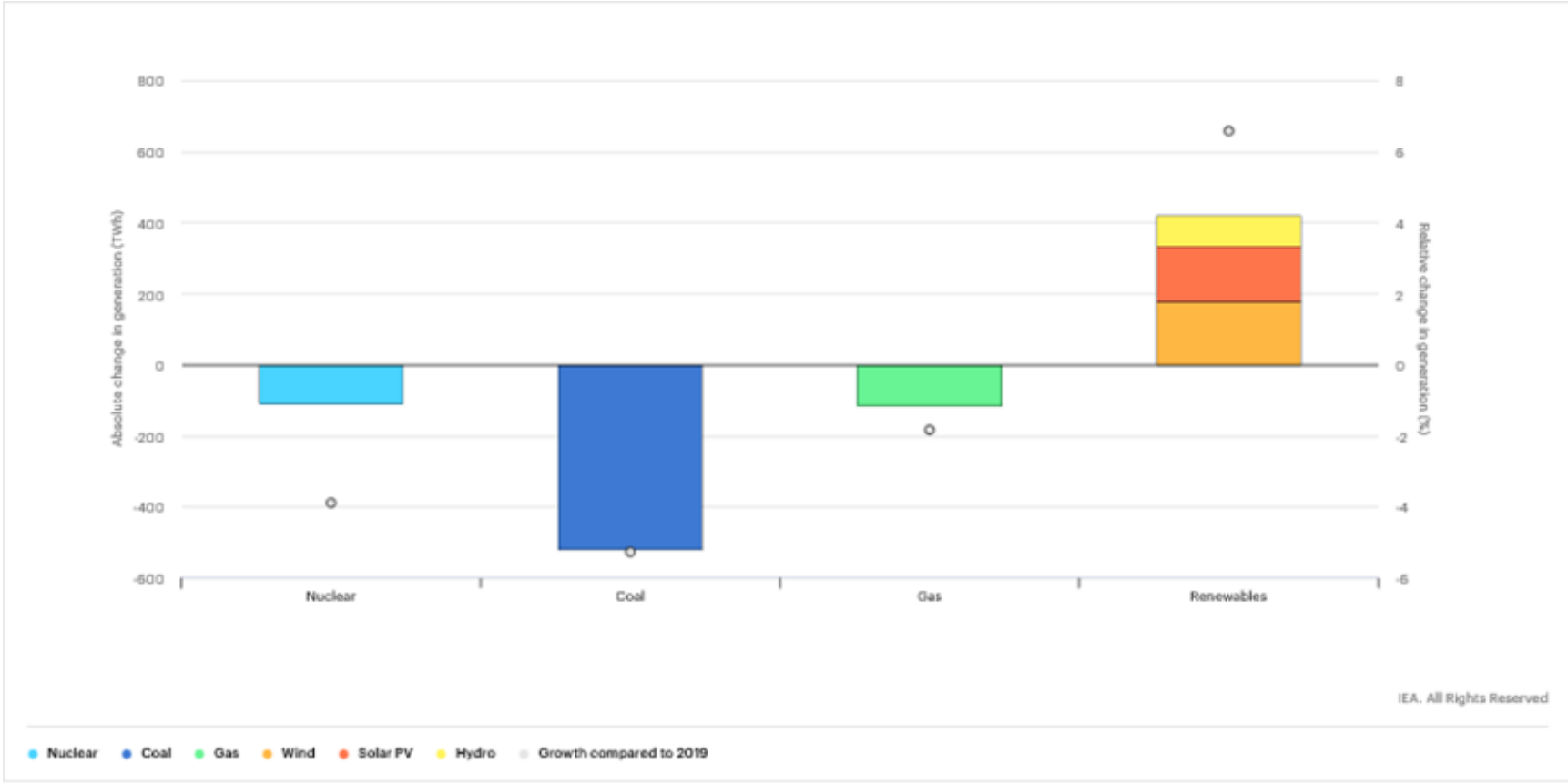
フランス：総発電電力量（2020年）5,001億kWh

出所：RTE, Bilan Electrique

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.2 電力供給への影響

②米国の発電電力量　燃料別変化（2019⇒2020年）



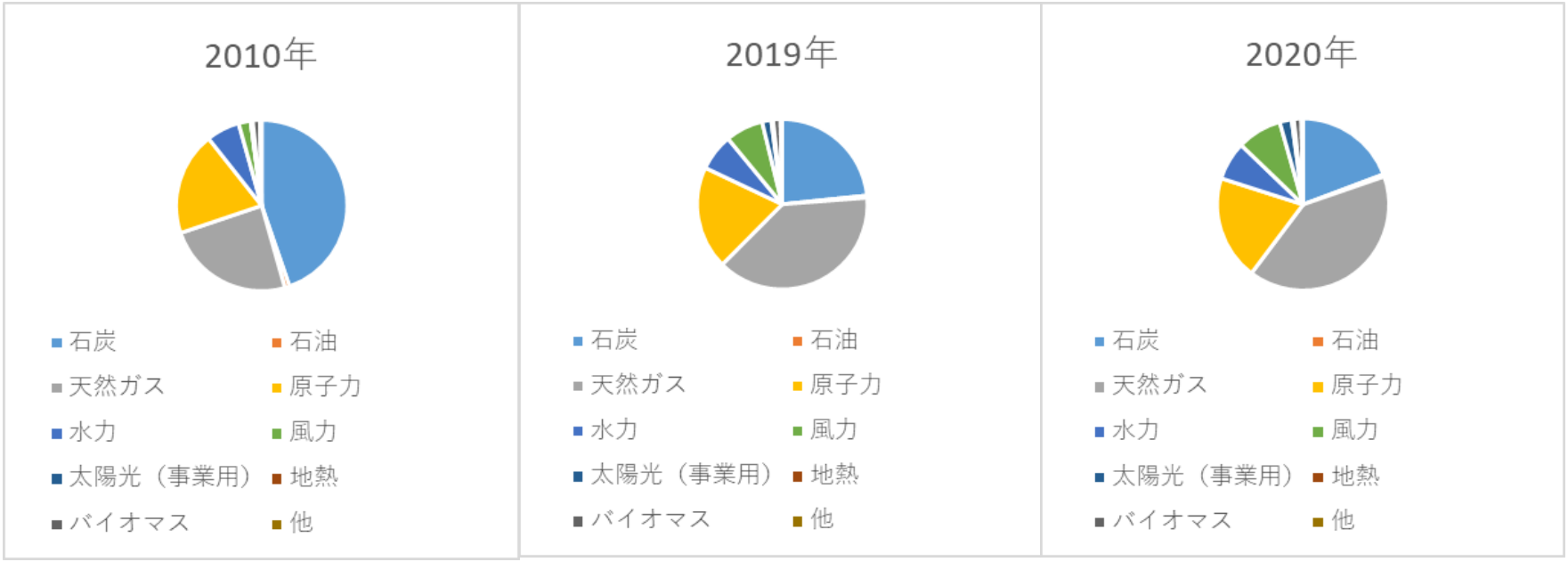
Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

[出所] IEA（2020）
Global Energy Review

2.2 電力供給への影響

米国の発電電力量

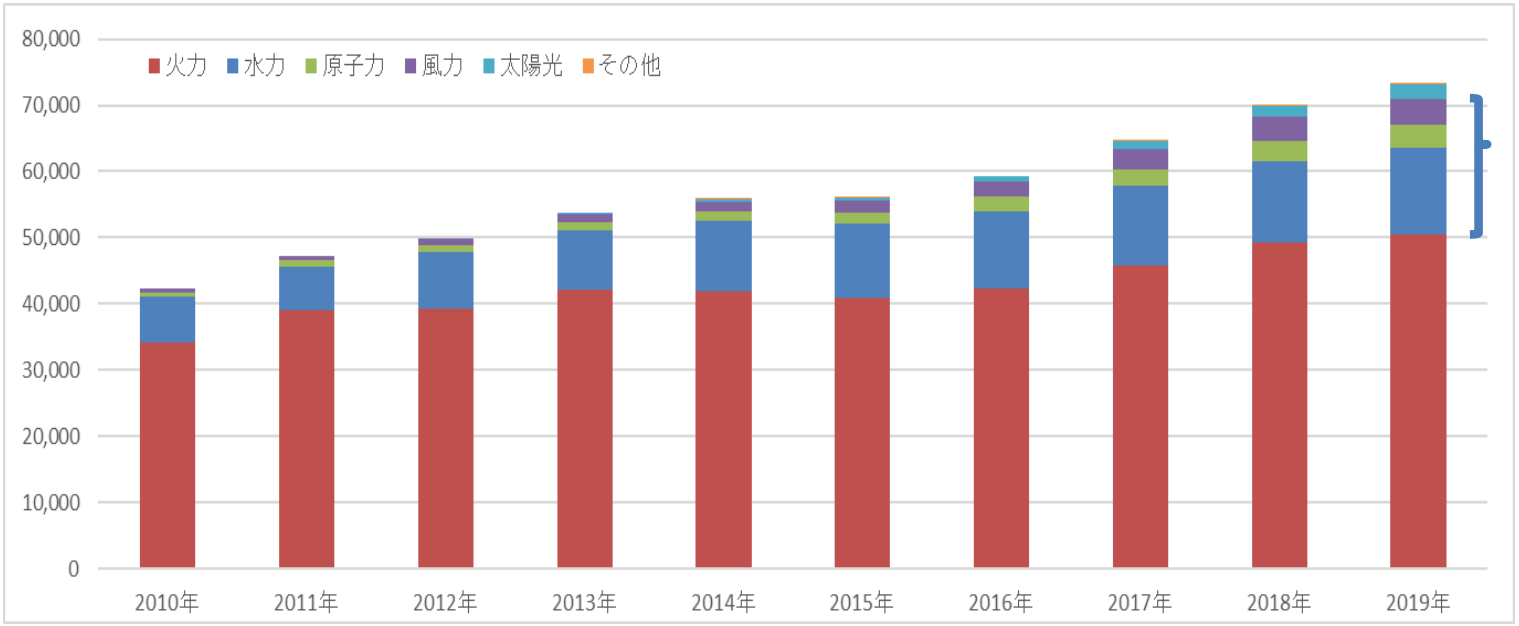
- 石炭火力減少　2010年 44.8%⇒2020年 19.3%と半分以下に
  2019年⇒2020年　19.8%減
- 風力増加　2019年⇒2020年 14.1%増
- 太陽光増加　2019年⇒2020年　26.3%増



Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載
出所：EIA Electricity Data

2.2 電力供給への影響

③中国　発電電力量　電源構成の変化



非化石電源
発電電力量
31.1%

出所：中国電力企業聯合会

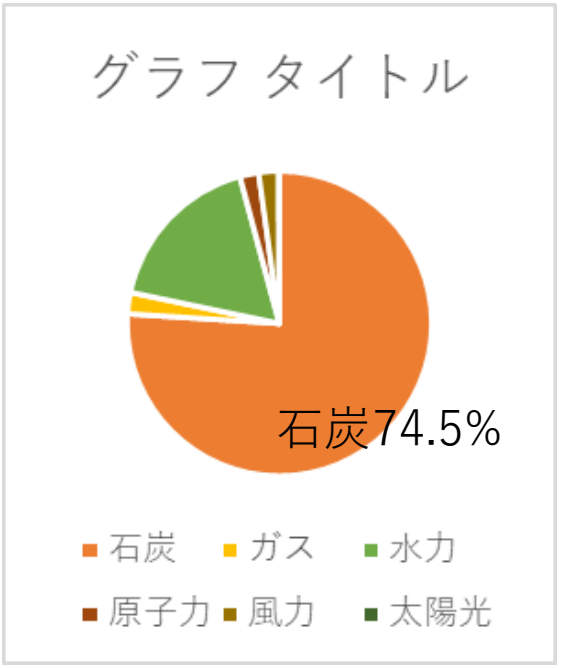
Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.2 電力供給への影響

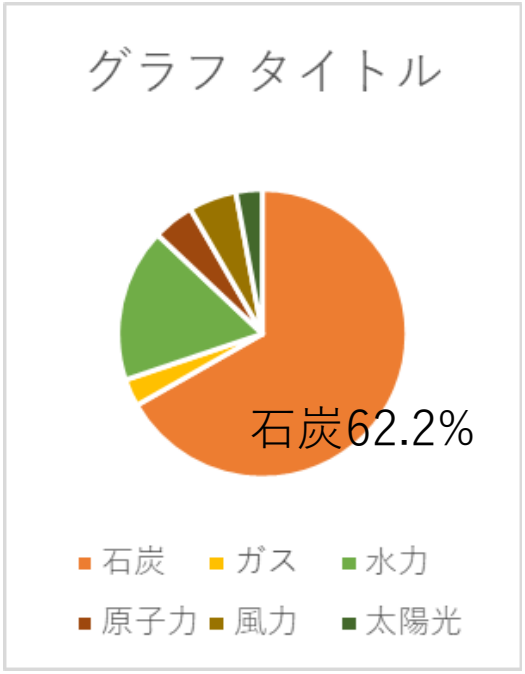
中国　発電電力量　電源構成の変化

風力、太陽光が伸び、石炭が減少（2019⇒2020年）

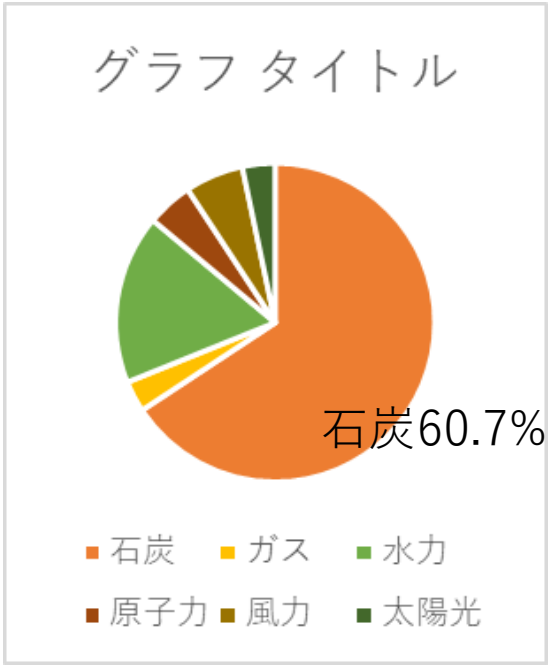
2012年　5.0兆kWh



2019年　7.3兆kWh



2020年　7.6兆kWh



出所：中国電力企業聯合会

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.2.2　発電設備の電源構成変化

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

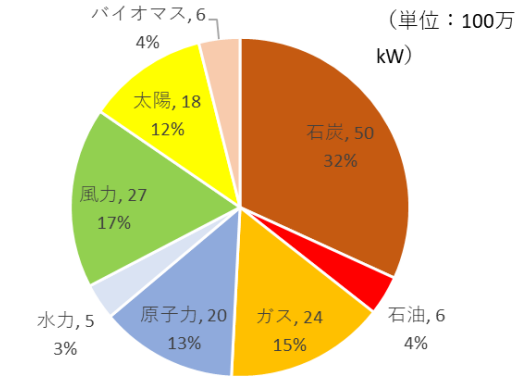
2.2.2 電源構成の変化

①欧州　ドイツの発電設備容量

2019年⇒2020年　太陽光は10%増

2010年

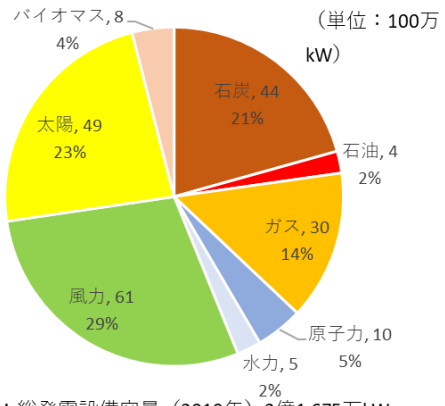
1億5,631万kW



ドイツ：総発電設備容量（2010年）1億5,631万kW

2019年

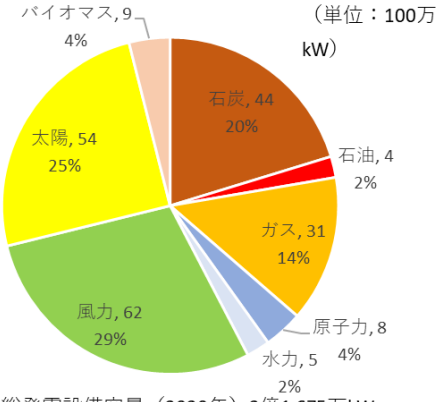
2億1,066万kW



ドイツ：総発電設備容量（2019年）2億1,675万kW

2020年

2億1,675万kW



ドイツ：総発電設備容量（2020年）2億1,675万kW

出所：Fraunhofer ISE, Energy-Charts

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

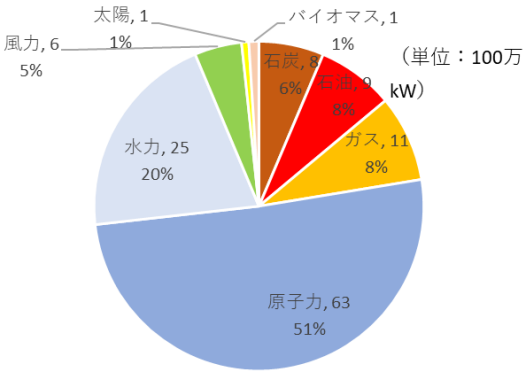
2.2.2 電源構成の変化

フランスの発電設備容量

2019年⇒2020年　原子力がジワリ減少

2010年

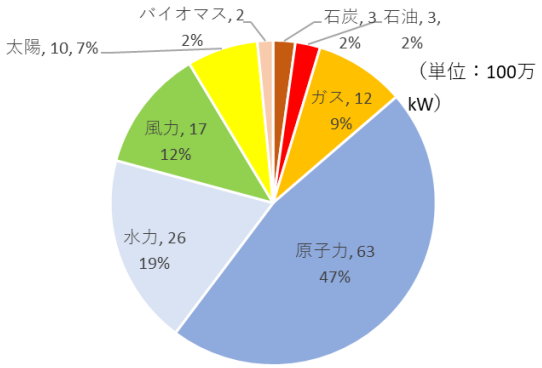
1億2,423万kW



フランス：総発電設備容量（2010年）1億2,423万kW

2019年

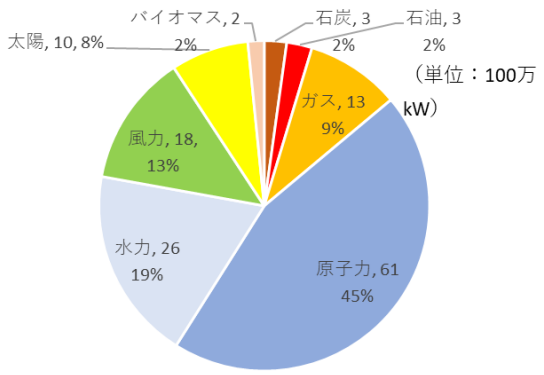
1億3,556万kW



フランス：総発電設備容量（2019年）1億3,556万kW

2020年

1億3,621万kW



フランス：総発電設備容量（2020年）1億3,621万kW

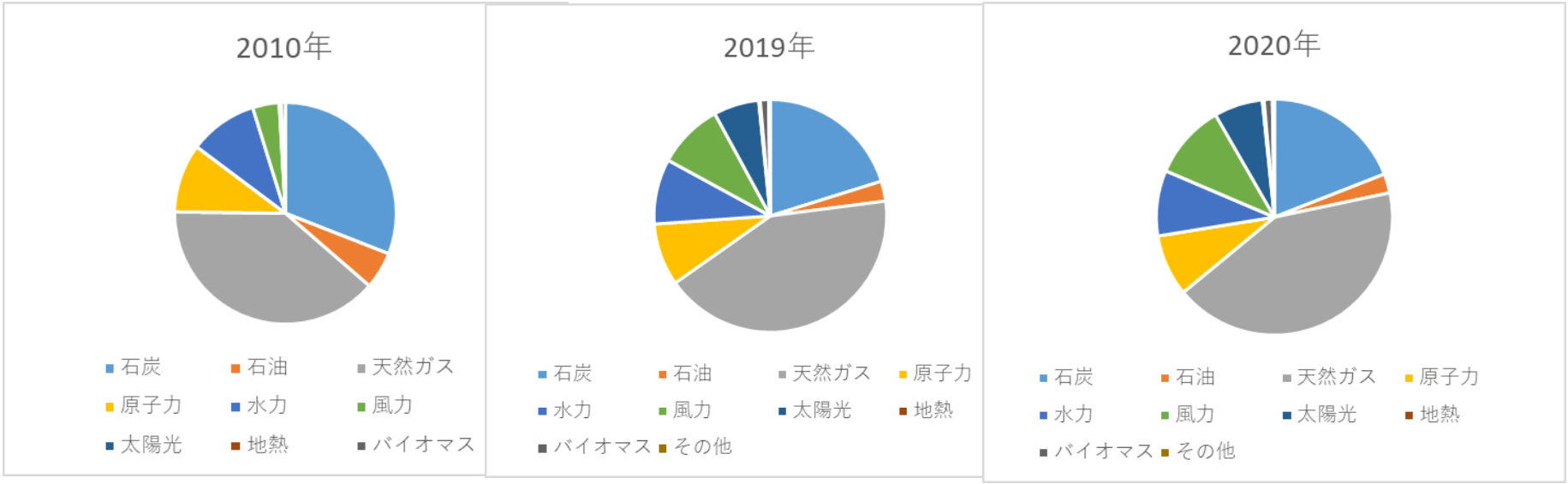
出所：RTE, Bilan Electrique

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.2.2 電源構成の変化

②米国の発電設備容量

- 石炭火力　2010年　31.0%⇒2020年　19.5%　2/3に減少
  2019年⇒2020年　4.5%減
- 風力　2019年⇒2020年　13.6%増
- 太陽光　2019年⇒2020年　26.0%増



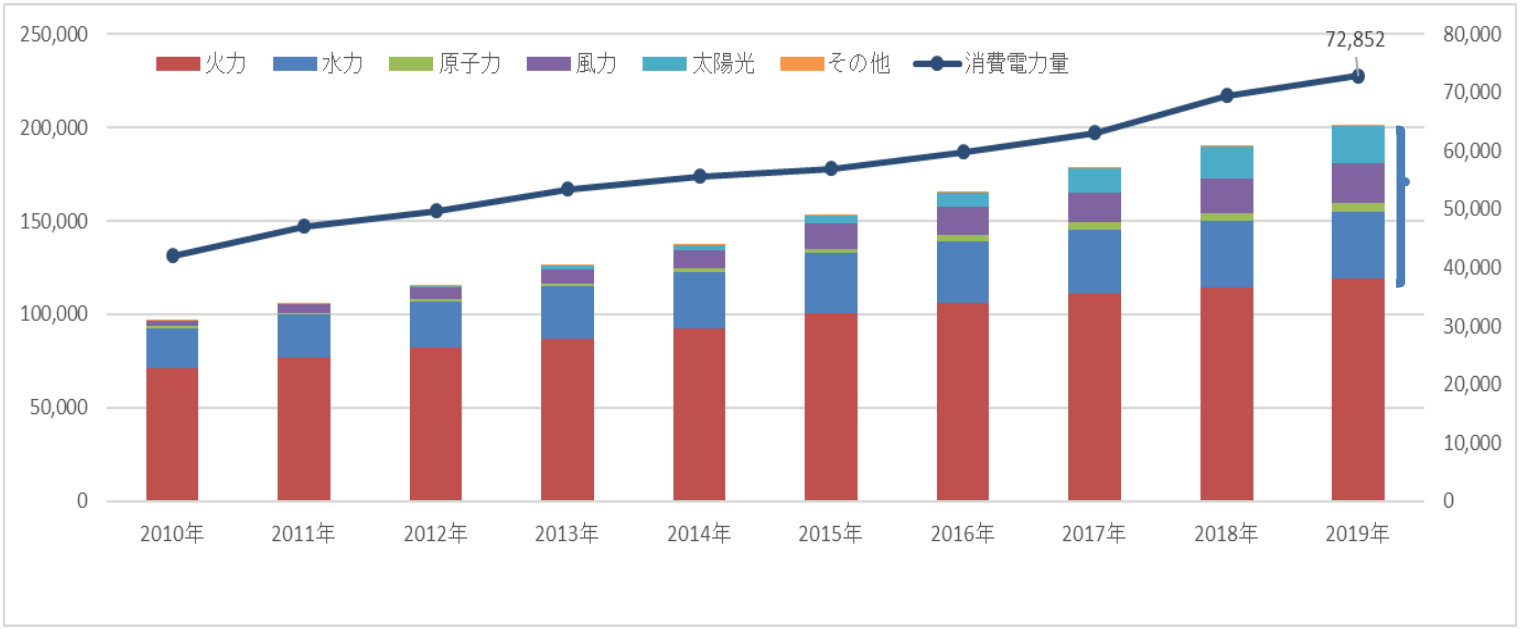
出所：EIA Electricity Data

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.2.2 電源構成の変化

③中国の発電設備容量

- 発電設備の4割がすでに非化石燃料電源



非化石電源設備
41.8%

出所：中国電力企業聯合会

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.2.2 電源構成の変化

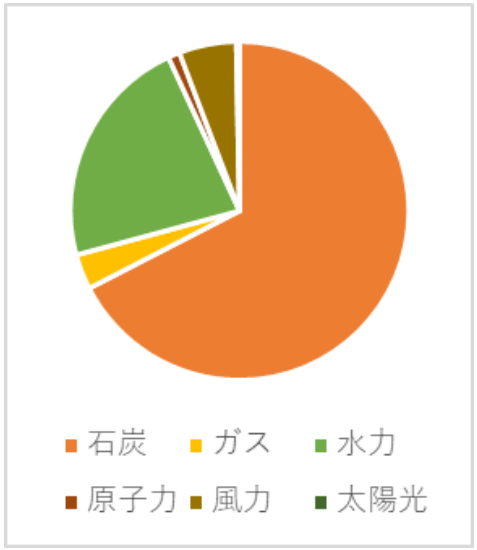
中国の発電設備容量　電源構成の変化

風力発電　　2019年⇒2020年　34.6%増

太陽光発電　　2019年⇒2020年　24.1%増

2012年末

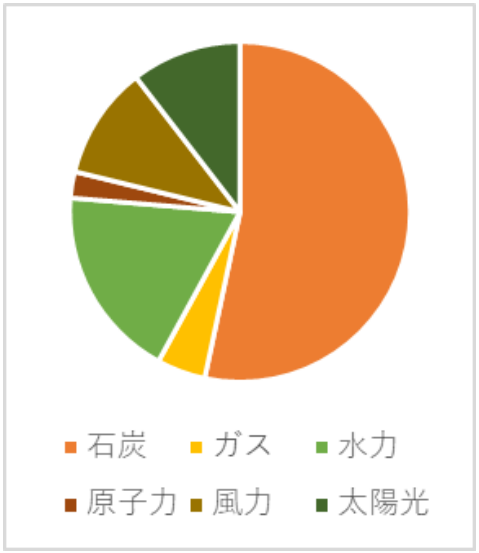
11.5億kW



石炭66%

2019年末

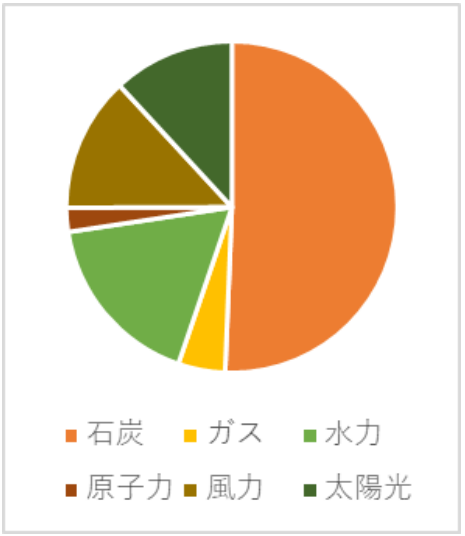
20.1億kW



石炭52%

2020年末（速報値）

22.0億kW



石炭49%

出所：中国電力企業聯合会

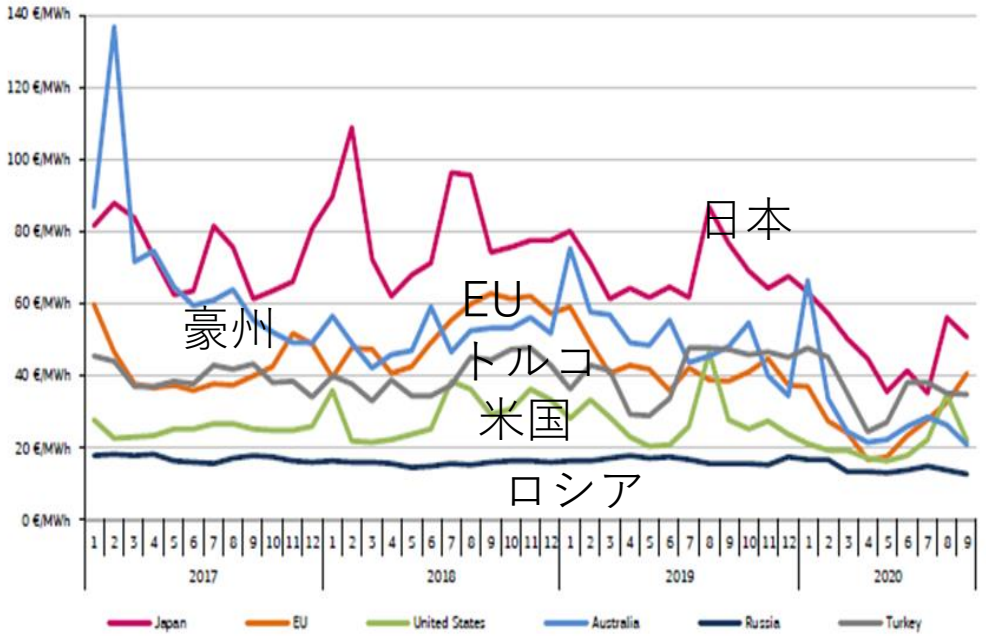
Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.3 コロナの電気事業経営への影響

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.3.1 電気事業者の経営に対する影響

主要国の卸電力価格の推移



Source: European Power Benchmark, JPEX (Japan), AEMO (Australia), JCS ATS (Russia), Energy Exchange Istanbul (Turkey) and the average of PJM West, ERCOT, MISO Illinois and CAISO regional wholesale markets in the United States.

[出所] European Commission
Quartly Report on Electricity Market 2021

欧米各社の経営への影響

	売上高%	発電量%
E.ON	+85.0	—
Uniper	-34.2	-13.1
RWE	+4.0	-5.8
EDF	-4	-12.5
Engie	-8.5	n.a.
Enel	-19	-12.4
Iberdrola	-8.4	+7.2
Centrica	-9	-7.4
Exelon	-4.5	-4.6
Duke	-4.7	-5.1
Southern	-7.6	-6.2
NextEra	-6.9	n.a.
AEP	-5.1	-8.6

各社の2020年1～3四半期と2019年同期の比較
[出所]各社Website

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.3.2 各国がグリーン・リカバリー政策を発表

⇒経済復興に脱炭素目標、再エネ導入目標を引き上げへ

- 欧州委員会： 矢継ぎ早に政策を提案：
  欧州グリーンディール(2019年12月)、気候法（2020年3月）、新産業戦略（2020年3月）、水素戦略（2020年7月）、海洋再エネ戦略（2020年11月）、EUタクソノミー報告書（2020年3月）

✓ 2030年GHG削減目標の引き上げ：
  対1990年比40%減 ⇒ 55%減に上方修正 （2020年9月）
  ⇒ 欧州議会は60%減の修正案採択 (202年10月）

✓ EUタクソノミー： 天然ガス火力のCO2排出係数を100g/kWhに
  5年ごとに強化、ガス火力もCO2回収貯留が必須に

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.3 コロナの電気事業者経営への影響

JEPIC

- ドイツ:

  GHG削減目標:2030年55%削減(対1990年比)

  2050年カーボンニュートラル

  2021年1月　改正再エネ法施行:2030年再エネ比率65%

  2030年目標:陸上風力7,100万kW　(現在5,400万kW)

  洋上風力2,000万kW　(現在　770万kW)

  太陽光1億kW　(現在5,200万kW)

- フランス

  国家低炭素戦略(2020年4月):2050年カーボンニュートラル

  2020年エネルギー多年度計画:

  2023年目標:　再エネ7,350万kW

  2028年目標:　再エネ1億kW以上

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.3 コロナの電気事業者経営への影響 JEPIC

- 英国

  脱炭素化へのTen Point Plan発表（2020年11月）:

  洋上風力、水素、原子力、EV、炭素回収利用の取組み強化

  英国が世界トップの洋上風力：2030年4,000万kWが目標

- 米国

  バイデン政権は環境政策の取組強化を開始

  2021年1月パリ議定書復帰、 環境インフラ投資2兆ドル

  電力部門に2035年カーボンニュートラル達成を要求

  American Job Plan発表（2021年3月） 洋上風力目標：2030年3,000万kW

- 中国

  習近平国家主席が国際的にコミット

  国連総会で2060年カーボンニュートラル宣言（2020年9月）

  国連気候サミットで2030年太陽光・風力12億kWを目指す（同12月）

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

2.3 コロナの電気事業者経営への影響

JEPIC

- 日本

  2050年カーボンニュートラルを宣言（2020年10月）

  電力部門の脱炭素化

  再エネ　⇒　洋上風力、電力貯蔵

  水素

  火力＋CO2回収貯留

  原子力

  洋上風力　　目標：導入量：2030年10GW、2040年30～45GW

  コスト低減：2030年～35年　8～9円/kWh

  水素　　目標：2030年300万t、2050年2,000万t

  コスト低減：20円/Nm3以下

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

3. 電気事業者の経営環境の変化

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

3. 電気事業者の経営環境の変化

JEPIC

■ 4D：世界の電気事業者を取巻く共通の環境変化

- ✓ 自由化（Deregulation）
- ✓ 脱炭素化（De-carbonization）
- ✓ 分散化（De-centralization）
- ✓ デジタル化（Digitalization）
- ✓ 日本は人口減少も

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

3. 電気事業者の経営環境の変化

JEPIC

- 自由化：
  - 市場競争の激化（⇒規制分野への回帰、脱発電）
  - 電気事業者の事業再編、M&Aの活発化
  - 異業種からの電力への参入
- 脱炭素：　消費者（RE100）、投資家（ESG）、電化（EV等）
  - 再エネへのシフト
  - 脱石炭火力（⇒脱天然ガス火力も視野に入ってきた）
  - CO2回収貯留・利用（CCUS）、水素
- 分散化・デジタル化：
  - 電力インフラのスマート化
  - 新しい顧客ソリューションサービスの提案
  - （DR、VPP、P2X、eモビリティ、プロシューマー取込み、etc.）

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

3. 電気事業者の経営環境の変化

JEPIC

主要なトピックス：いずれも世界で同時進行

3.1 再生可能エネルギーの急拡大

3.2 石炭火力は消滅か

3.3 原子力は岐路に

3.4 デジタル化への挑戦

3.5 送配電設備の拡充・スマート化

3.6 事業再編・M&Aの活発化

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

3.1 電気事業者の経営環境の変化

JEPIC

3.1 再生可能エネルギーの急拡大

⇒　4.1で説明いたします

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

3.2 電気事業者の経営環境の変化

JEPIC

3.2. 石炭火力は消滅か

- 背景 ①**各国の政策**：地球温暖化対策を強化
  ②石炭火力は**コスト**で再エネ・ガスに敗退
  ③投資家の**ESG投資**
  ④新型コロナで脱石炭火力が加速

- 欧州： EUは政策主導で脱石炭を強力に推進

- 米国： シェール革命で天然ガス価格が下落しシフト

- 中国： 大気汚染規制で石炭火力を抑制

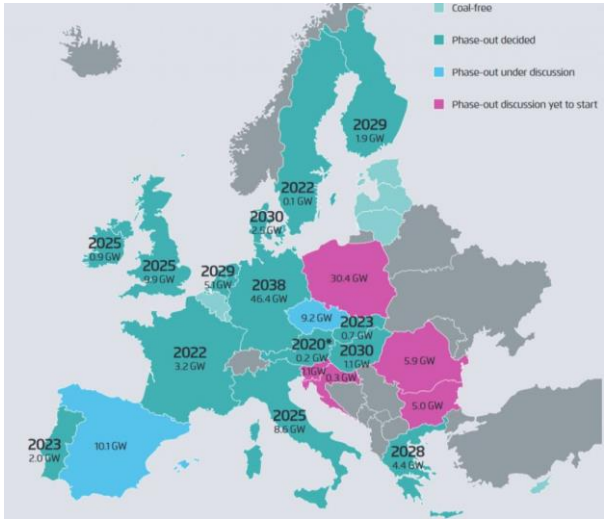
Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

3.2 石炭火力は消滅か

欧州各国の脱石炭政策

石炭に大きく依存してきた英国、

ドイツも脱石炭へ



（出所：Agora Energiewende）

欧州主要事業者は脱石炭決定

すでに各社は脱石炭をほぼ達成

ドイツのRWEとUniperも脱石炭へ

EnelはEU域内では脱石炭

（出所：各社年次報告書等）

欧州主要事業者の電源別発電電力量（2019年）

	売上高 億ユーロ	販売電力量 億kWh	発電電力量 億kWh	(%) 水力	石炭	ガス	原子力	再エネ	国外売上比（%）
E.ON	414.8	1,286	363	6	3	7	83	1	51
Uniper	658.0	n.a.	1,040	12	19	58	11	0	66
RWE	131.3	n.a.	1,532	0	41	33	14	11	63
EDF	713.2	2,984	5,576	8	1	9	79	3	28
Engie	601.0	2,541	2,509	21	7	47	17	7	64
Enel	803.3	3,017	2,291	27	16	29	11	16	66
Iberdrola	364.4	2,335	1,517	12	0	45	16	27	60
Centrica	249.4	915	144	0	0	29	71	0	46
Vattenfall	157.6	1,694	1,293	28	8	15	41	8	68

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

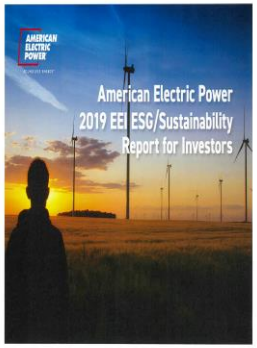
3.2 石炭火力は消滅か

JEPIC

米国も脱石炭決定

American Electric Power (AEP)

- 産炭地を抱え、かつては石炭ロビー活動
- 2050年脱CO2を宣言 （CSRレポート）
- Sempraの再エネ事業を買収



AEPとSouthern Co.のCSRレポート

- Exelon
  - 2017年に脱石炭火力を実現
- Duke、Southern
  - 天然ガスにシフト

>Dukeの石炭火力（kWh）:

2005年：58%→2019年：26%

>Southernの石炭火力（同）:

2007年：69%→2019年：22%

米国主要電気事業者の電源別発電電力量（2019年）

	売上高 億ドル	販売電力量 億kWh	発電電力量 億kWh	(%) 水力	石炭	ガス	原子力	再エネ	国外売上比（%）
Exelon	344.4	2,816	2,107	1	0	11	86	2	0
Duke Energy	250.8	2,571	2,164	1	26	35	34	4	0
Southern Co.	214.2	1,965	1,870	3	22	52	16	7	0
PG&E	171.3	781	255	31	0	18	49	1	0
NextEra	192.0	n.a.	1,931	0	2	48	26	25	0
AEP	155.6	1,138	925	1	57	15	17	10	0

（出所：各社年次報告書等）

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

3.2 石炭火力は消滅か

JEPIC

中国は減石炭

- 中国政府はCO2削減を公約：中国のCO2排出量は世界の28%を占める
  CO2排出量：2030年ピーク、2030年までに05年比GDP当たり60～65%削減
  2020年9月の国連総会で習近平主席、2060年カーボンニュートラルに言及
- 中国の石炭火力比率は漸減しているものの、依然として高い
  2020年末石炭設備容量：10.8億kW（全体の49.1%）（2012年：65.8%）
  2020年の火力発電電力量：4.6兆kWh（同60.7%）（2012年：74.5%）

中国の主要電気事業者の諸元（2019年）

	売上高 億元	販売電力量 億kWh	発電電力量 億kWh	(%) 水力	石炭	ガス	原子力	再エネ	国外売上比（%）
国家電網	25,380	44,686	789	90	0	6	0	4	4
南方電網	5,611	10,521	201	98	0	2	0	0	n.a.
国家能源	5,574	n.a.	9,550	7	85	0	0	9	n.a.
華能集団	3,030	n.a.	7,026	14	80	0	0	6	n.a.
華電集団	2,145	n.a.	5,559	16	79	*	0	6	n.a.
国家電投	2,725	n.a.	5,538	18	66	0	7	10	n.a.
大唐集団	1,944	n.a.	5,540	18	76	0	0	6	n.a.

出所：各社年次報告書など （＊印は2018年）

中国の主要発電会社の電源構成（2019年）

	発電設備 万kW	内　水力 万kW	火力	原子力	風力	太陽光	再エネ比率 含む水力%
国家電網	3,921	3,409	192	0	254	61	97.6
南方電網	1,188	1,057	31	0	13	87	99.2
国家能源*	23,879	1,867	18,052	0	3,829	131	24.4
華能集団*	17,657	2,607	12,896	0	1,863	318	37.7
華電集団*	14,779	2,722	10,429	0	1,334	295	29.4
国家電投	15,094	2,395	8,155	698	1,933	1,929	38.9
大唐集団*	13,893	2,704	9,445	0	1,632	111	32.0
中広核	5,818	20	50	2,714	3,104		53.3
中核集団	2,264	182	0	1,910	111	61	15.6

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

3.3 原子力は岐路に

- 中国・ロシア： 拡大 第三世代炉を続々建設・輸出
  - 華龍一号、AP1000やEPRも運開： 中核、中広核、国電等、華能
- 米国： 一進一退 新型炉や廃炉ビジネスには動きも
  - 新規建設： Southern Co.： Vogtle 3＆4（AP1000）建設中
  - 既設炉の80年運転延長： NextEra、Exelon、Duke、Dominion、etc.
  - 現状維持： Duke、NextEra、Dominion
  - 自由化州では早期廃止： First Utility、Entergy、Exelon、NextEra、PG&E
  - 企業防衛のために原子力部門を切り離し：Exelon
- 欧州： 衰退基調
  - 脱原子力は既定路線： RWE、Engie、Enel、Iberdrola、Centrica
  - 推進勢力： 中国・仏・英でEPRを新設： EDF、中広核
  - 原子力を現状維持：Vattenfall、Uniper（スウェーデン事業のみ）
  - 東欧ではロシアが建設： Rosatom

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

3.3 原子力は岐路に

JEPIC

主要各社の原子力発電設備保有状況（2019年末）

	発電設備 万kW	内　水力 万kW	火力	原子力	風力	太陽光	原子力　比率%
E.ON	563	68	102	383	21	1	68.0
Uniper	3,435	357	2,657	140	n.a.	n.a.	4.1
RWE	4,386	296	2,819	277	784	13	6.3
EDF	12,866	2,250	2,224	7,411	780	180	57.6
Engie	6,170	1,537	2,989	615	488	187	10.0
Enel	8,435	2,783	3,890	332	1,033	309	3.9
Iberdrola	5,208	1,317	1,686	318	1,785	102	6.1
Centrica	248	0	70	178	n.a.	n.a.	71.7
Vattenfall	3,054	1,171	836	718	301	3	23.5
Exelon	3,636	162	967	1,887	78	52	51.9
Duke Energy	5,338	350	3,853	889	146	101	16.7
Southern Co.	4,582	276	3,507	368	162	258	8.0
PG&E	769	389	140	224	0	15	29.1
NextEra	4,557	0	2,260	620	1,353	324	13.6
AEP	2,843	93	2,091	228	406	24	8.0
国家電網	3,921	3,409	192	0	254	61	0
南方電網	1,188	1,057	31	0	13	87	0
国家能源*	23,879	1,867	18,052	0	3,829	131	0
華能集団*	17,657	2,607	12,896	0	1,863	318	0
華電集団*	14,779	2,722	10,429	0	1,334	295	0
国家電投	15,094	2,395	8,155	698	1,933	1,929	4.6
大唐集団*	13,893	2,704	9,445	0	1,632	111	0
中広核	5,818	20	50	2,714	3,104		46.6
中核集団	2,264	182	0	1,910	111	61	84.4

（出所：各社年次報告書等）　＊印は2018年データ

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

3.4 デジタル化への挑戦

- 再エネの急拡大
- EVなど「電化」の進行
- 家庭部門では「プロシューマー*」の登場 *（太陽光＋蓄電池で自家消費）
- 新たなデジタル事業を提案する「スタートアップ企業」の輩出

⇓

①送配電ネットワークの設備および運用の高度化

②新しい顧客ソリューション事業の提案

⇒ 事業者は「ビジネスチャンス」として取組み強化

- 欧、米、中国、日本etc.、世界で同時進行：

・・・国家電網、Enel、南方電網、EDF、Engie、E.ON、華能、Iberdrola、Exelon、Centrica、Vattenfall、Shell、etc.

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

JEPIC

3.4 デジタル化（続き）

新しい顧客ソリューション事業の類型

- モバイルアプリ、ネット契約
- プロシューマーの取込み、ブロックチェーン
- スマートホーム、コネクテッドホーム
- エネルギーマネジメント、顧客省エネ支援
- デマンドレスポンス
- eモビリティ（EV関連事業）
- その他：宅配サービス、仮想通貨、スタートアップ企業支援etc.
- 積極的な欧州（Enel、EDF、E.ON、Centrica）、中国（国家電網、南方）米国ではExelonなど

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

3.5 送配電設備の拡充・スマート化

5-1. 再エネ拡大に対応した系統安定性向上

①系統連系の拡充

中国： UHV送電 1000kV交流、1100kV直流、800kV多端子

欧州： 国際連系線の拡充

②設備のスマート化

スマート送変電設備、電力貯蔵システム

スマートメーター、EV・需要家設備の制御、V2G： 新ビジネスの展開へ

③設備運用・保守の高度化

デジタル化、ドローン活用等

5-2. 強靭なネットワークづくり

自然災害への対応能力強化（レジリエンス）

サイバー攻撃への防御

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

3.6 電気事業者の経営環境の変化

JEPIC

3.6 事業再編・M&Aの活発化：

自由化・市場ルールの変更⇒　発電・自由化分野から撤退等

社会ニーズの変化⇒　再エネ・デジタル事業など成長目指す

- E.ON（独）とRWE（独）、資産交換(2019年）
- AEP(米）、Sempra(米）の再エネ事業を買収（2019年）
- NextEra(米）、Southern Co.(米）のフロリダ事業を買収(2019年）
- FORTUM（フィンランド）、Uniper(独）を買収(2020年）
- 新電力OVO Energy(英）、SSE(英）小売部門を買収し業界2位に躍進(2020年）
- NextEra(米）、Duke Energy(米）買収を提案(2020年）⇒撤回
- NRG(米）、Centrica(英）の米国事業を買収（2020年）
- National Grid(英）、PPL(米）の英国配電事業を買収(2021年）
- Exelon(米）、競争市場事業（発電・小売）を分離（2021年）
- Iberdrola(西）、Macquarie(豪）から日本洋上事業買収（2021年）
- Engie(仏）、Veolia(仏）にSuez Environmentを売却（2021年）

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

3.6 事業再編・M&Aの活発化

JEPIC

石油大手Shell、電力に本格参入

- 2006年、Royal Dutch Shellは、早くもオランダ沖で洋上風力案件に出資
- 2017年、当時の英国の新電力トップのFirst Utilityを買収
- 2019年3月、First Utilityの社名を「Shell Energy」に改称
- 発表の席上、責任者のShell　Maarton Wetselaar執行委員は「Shellは2030年代に電気事業で世界一を目指す」と宣言
- **100%再エネ電力**を謳って営業を強化
  → しかし「Shellの再エネは本物でなく「証書」頼み」とマスコミが暴露
  2019年10月、実物の再エネを供給する新電力Green Star Energyを買収
- **新しいソリューションサービス**も積極的に提案
  2019年2月、家庭用蓄電池のSonnen（ドイツ）を買収：VPP事業等に参入
  2021年3月、DR事業者のNext Kraftwerk（ドイツ）を買収

◆ 欧州石油大手の電力参入相次ぐ：Total、Equinor（旧Statoil）、BP、Eni

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4. 本日注目するトピックス

JEPIC

我が国のグリーン成長戦略（2020年12月発表）

電力部門の脱炭素化：

⇒　再エネ、水素、火力＋CO2回収、原子力

（1）エネルギー関連

①洋上風力　②燃料アンモニア　③水素　④原子力

⑤自動車・蓄電池

（2）輸送・製造関連

⑥半導体・情報通信　⑦船舶　⑧物流・人流・土木インフラ

⑨食料・農林水産　⑩航空機　⑪カーボンリサイクル

（3）家庭・オフィス関連

⑫住宅・建築物／次世代太陽光　⑬資源循環関連

⑭ライフスタイル関連

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4. 本日注目するトピックス

JEPIC

4.1 再生可能エネルギー

4.2 水力と電力貯蔵

4.3 CO2回収貯留・利用（CCUS)

4.4 水素に高まる期待

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1 再生可能エネルギー

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1 再生可能エネルギー

JEPIC

4.1.1 再エネは世界中で急拡大

4.1.2 再エネのコスト低下

4.1.3 再エネのサプライチェーン

4.1.4 洋上風力の時代へ

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1.1 再エネは世界中で急拡大

JEPIC

再エネは世界中で急拡大

太陽光　（2010年） 40.3GW → （2019年）562.0GW
陸上風力（2010年）177.8GW → （同） 594.2GW
洋上風力（2011年） 3.8GW → （同） 28.2GW （出所：IRENA）

- 事業者が安いから選択：　導入量増・技術開発でコスト低減
  太陽光　（2010年）371米ドル/MWh → （2019年）68米ドル/MWh
  陸上風力（2010年）84米ドル/MWh → （2019年）53米ドル/MWh
- 消費者が再エネを選択　（出所：IRENA）
  RE100：　大口消費者が再エネ利用100%を目指す
    → Google, Apple, Amazonなどは再エネ事業者と直接PPA契約
- 投資家が再エネを選択
  ESG投資（Environment, Social, Governance）：　金融機関の投資判断
    → 電気事業者もグリーンボンドを発行して再エネに積極投資

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1.1 再エネは世界中で急拡大

JEPIC

再エネ導入量の急拡大

～　国際再エネ機関（IRENA）のデータに見る導入拡大

（1）太陽光発電

①世界　②中国　③日本　④米国　⑤ドイツ

（2）風力発電

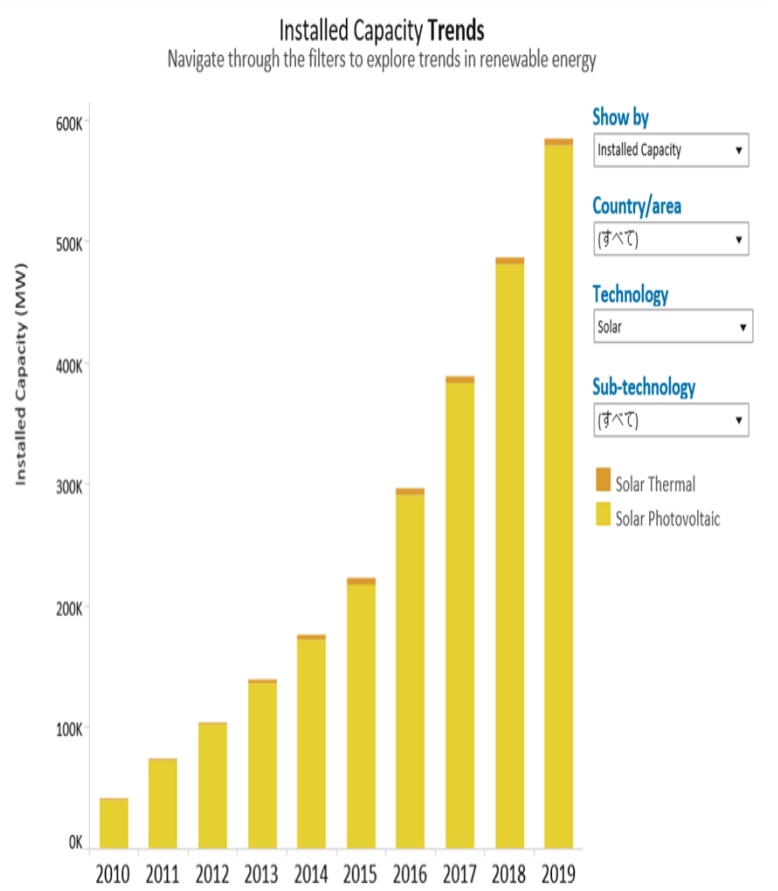
①世界　②中国　③米国　（参考）日本

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

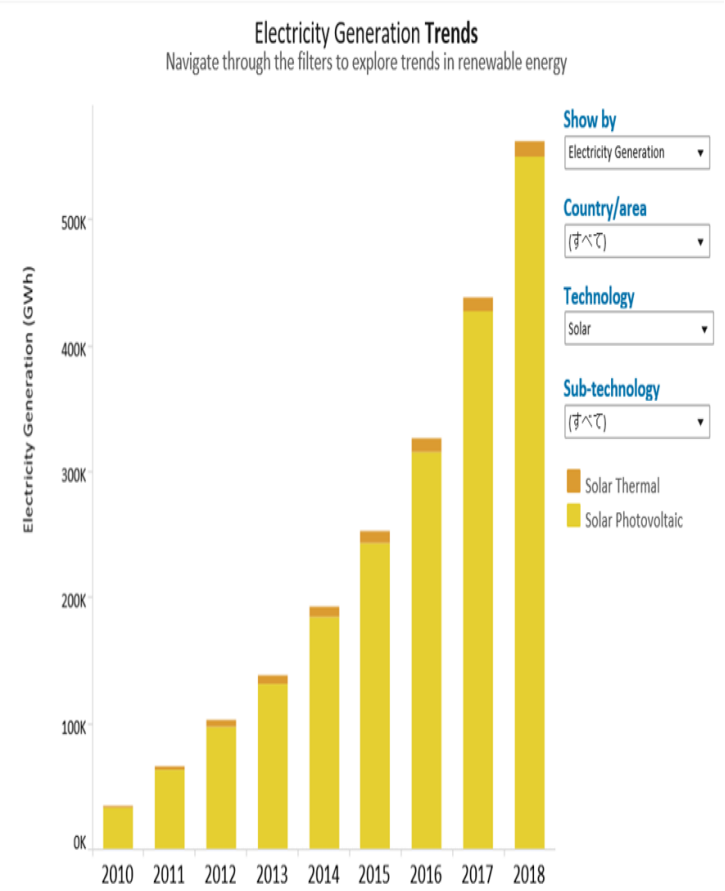
4.1.1 再エネは世界中で急拡大

(1)太陽光　①世界

設備容量



発電電力量



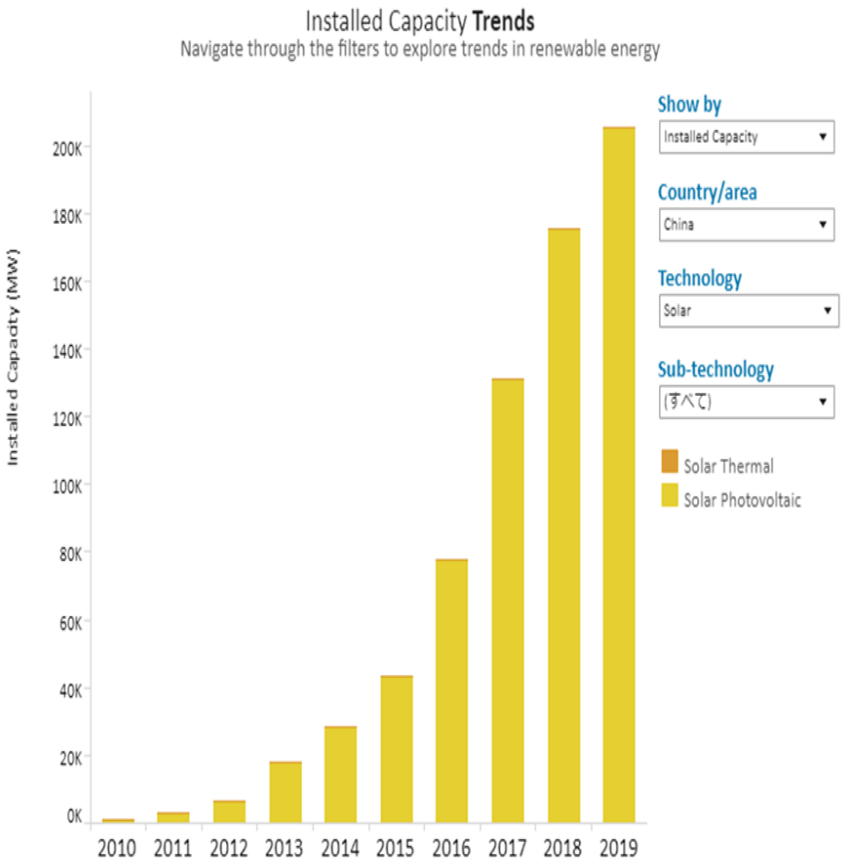
出所：IRENA

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

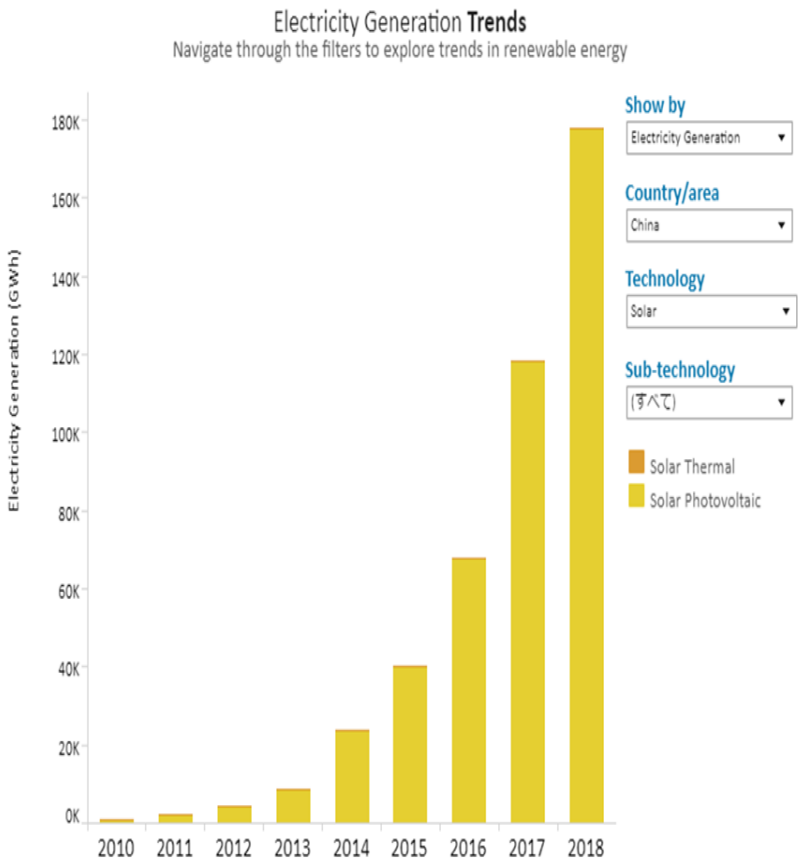
4.1.1 再エネは世界中で急拡大

(1)太陽光　②中国

設備容量



発電電力量



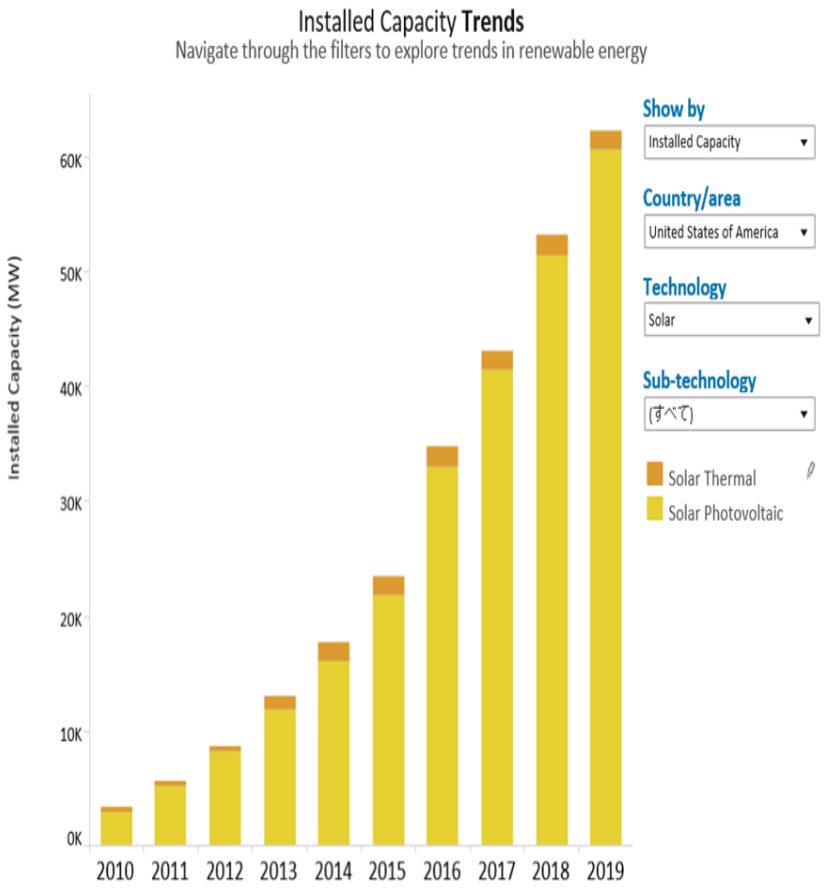
出所：IRENA

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

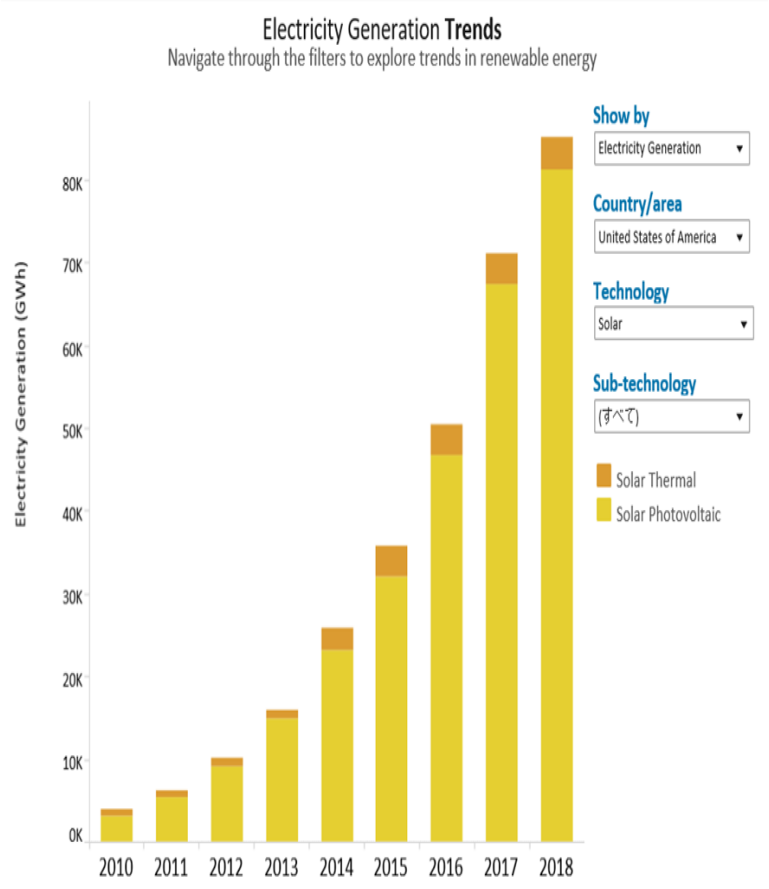
4.1.1 再エネは世界中で急拡大

(1)太陽光　③米国

設備容量



発電電力量



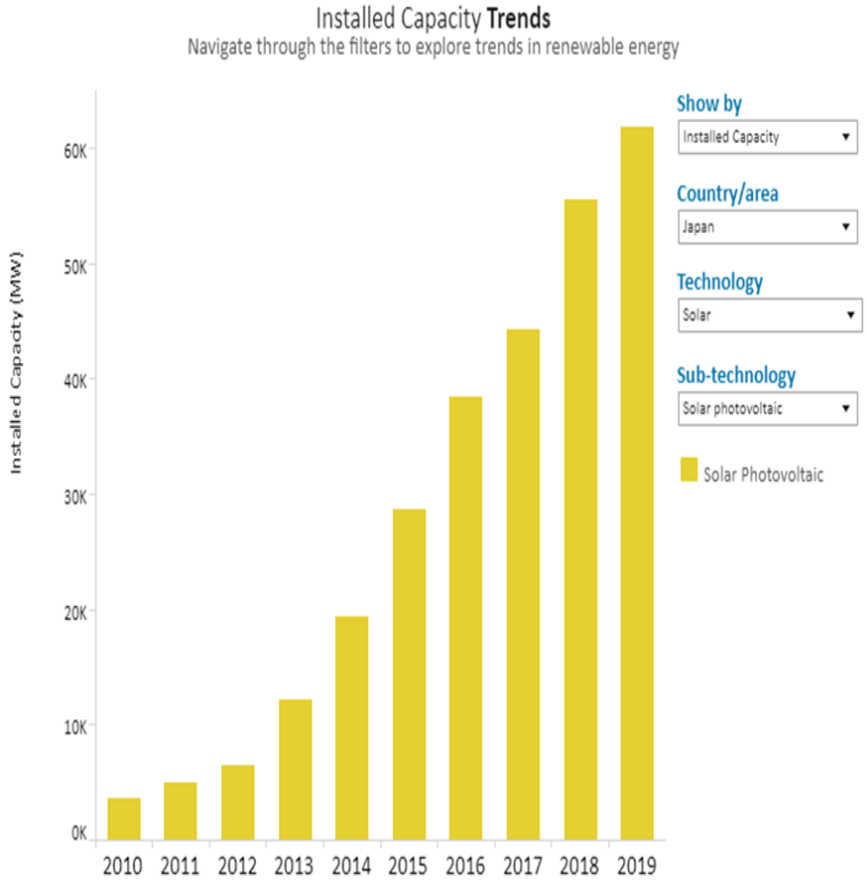
出所：IRENA

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

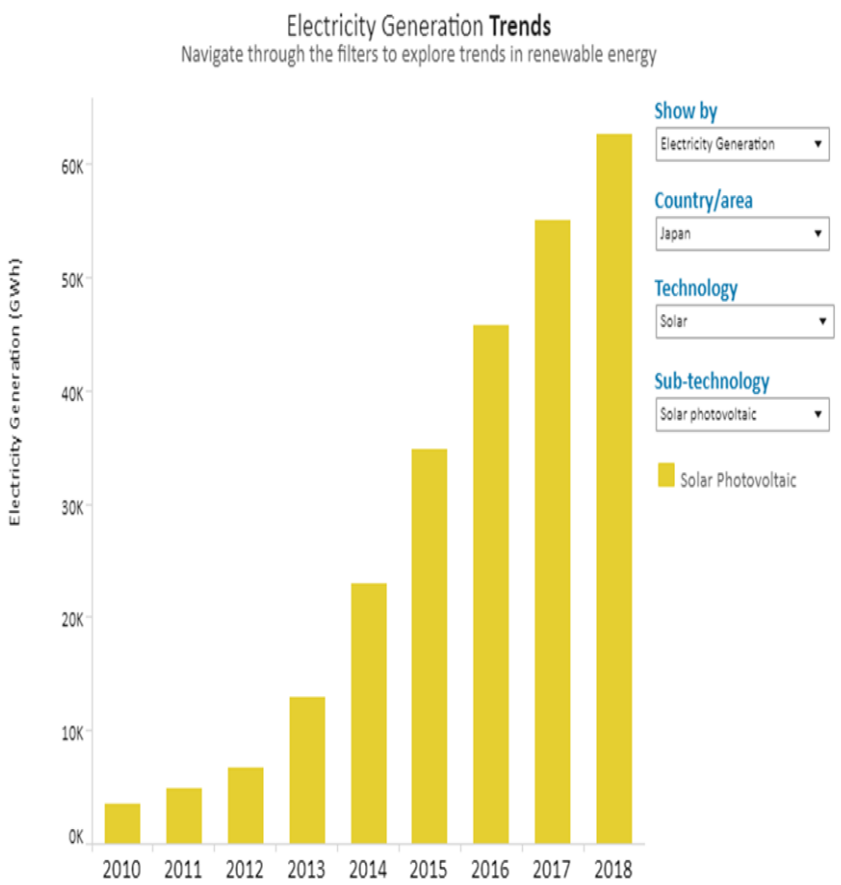
4.1.1 再エネは世界中で急拡大

(1)太陽光　④日本

設備容量



発電電力量



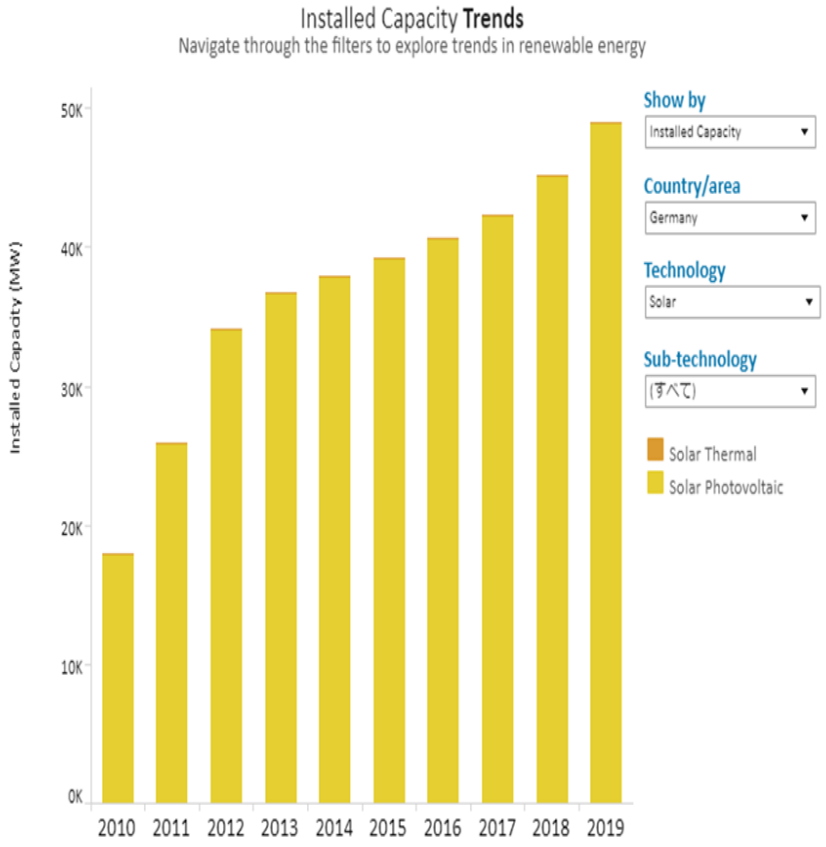
出所：IRENA

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

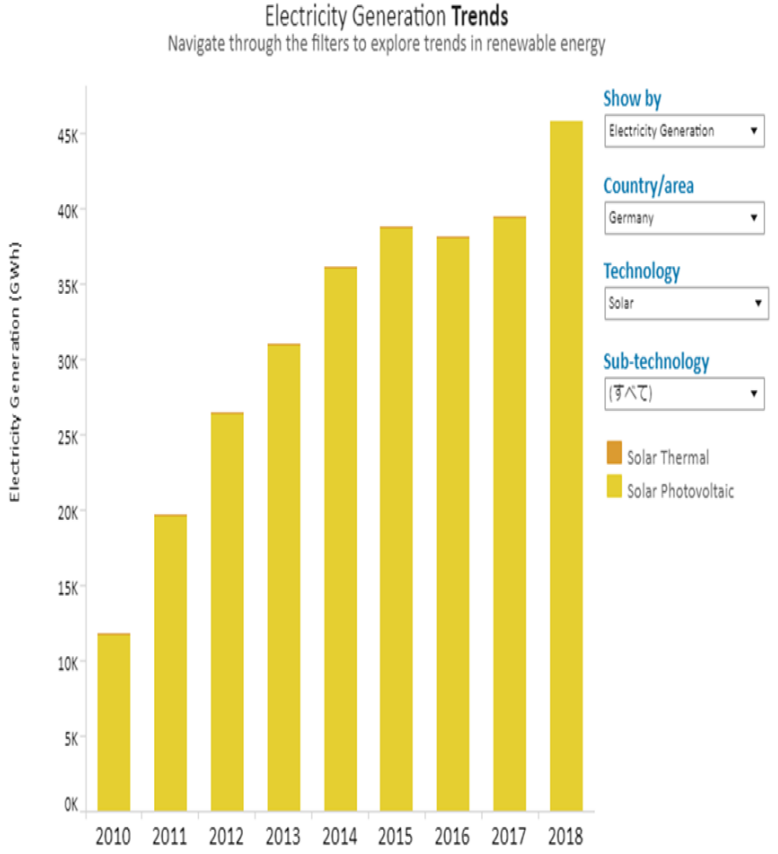
4.1.1 再エネは世界中で急拡大

(1)太陽光　⑤ドイツ

設備容量



発電電力量



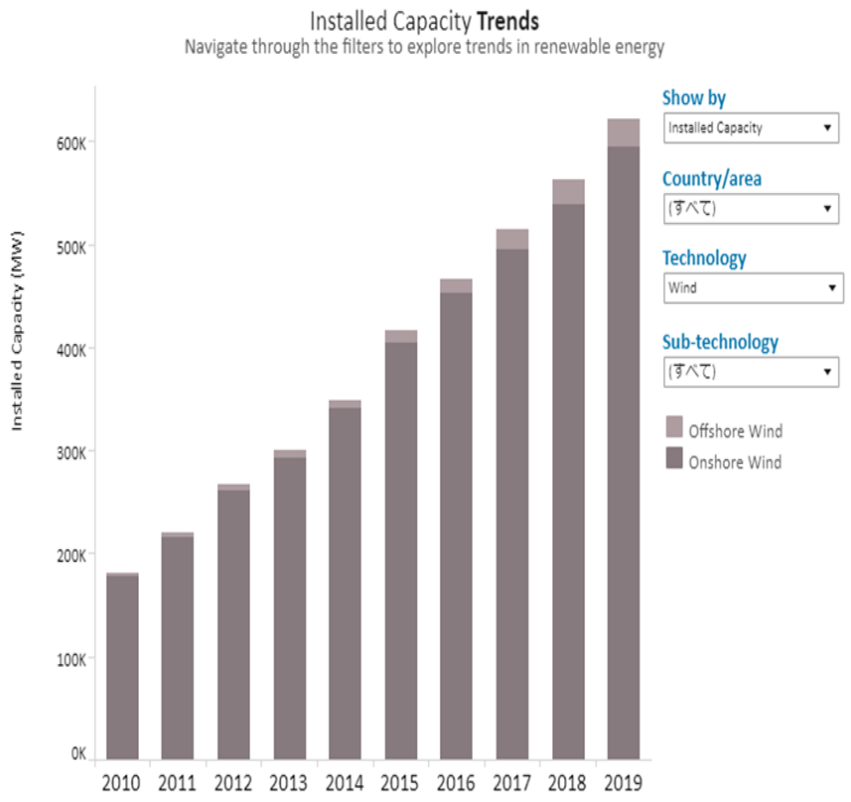
出所：IRENA

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

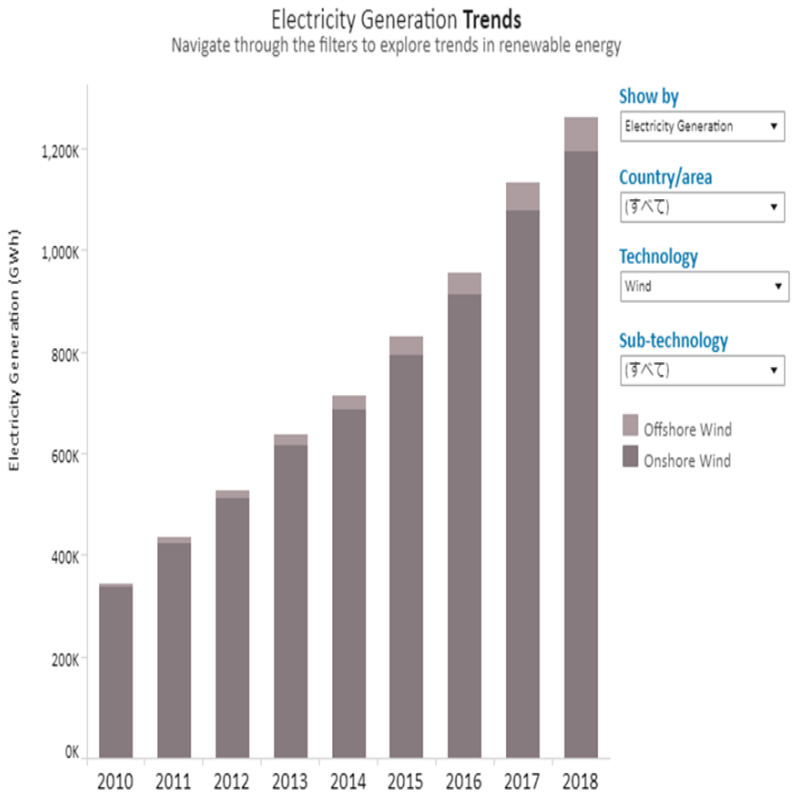
4.1.1 再エネは世界中で急拡大

(2)風力　①世界

設備容量



発電電力量



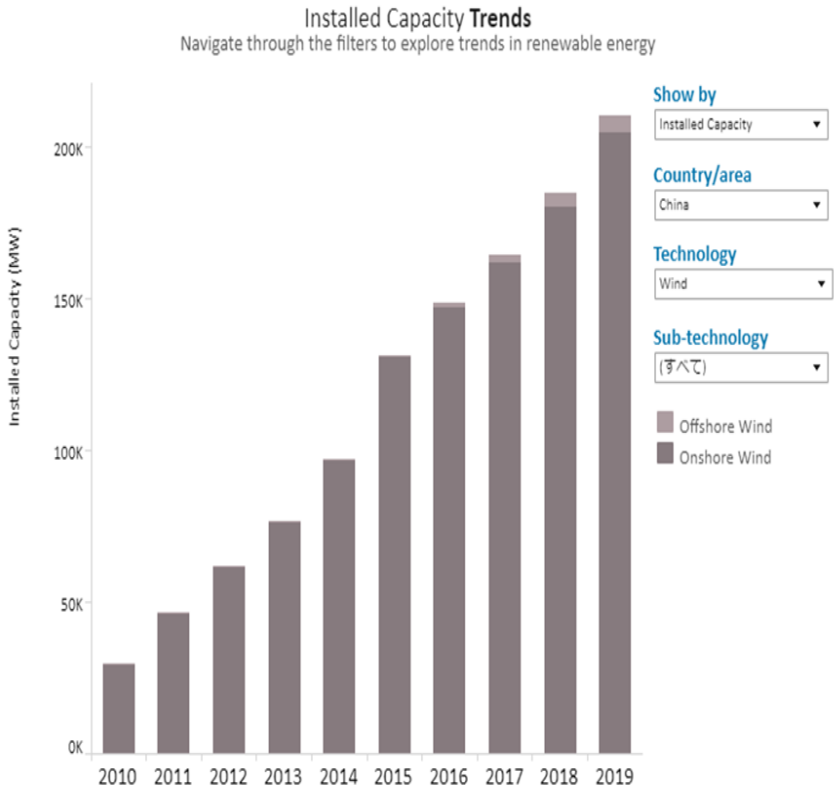
出所：IRENA

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

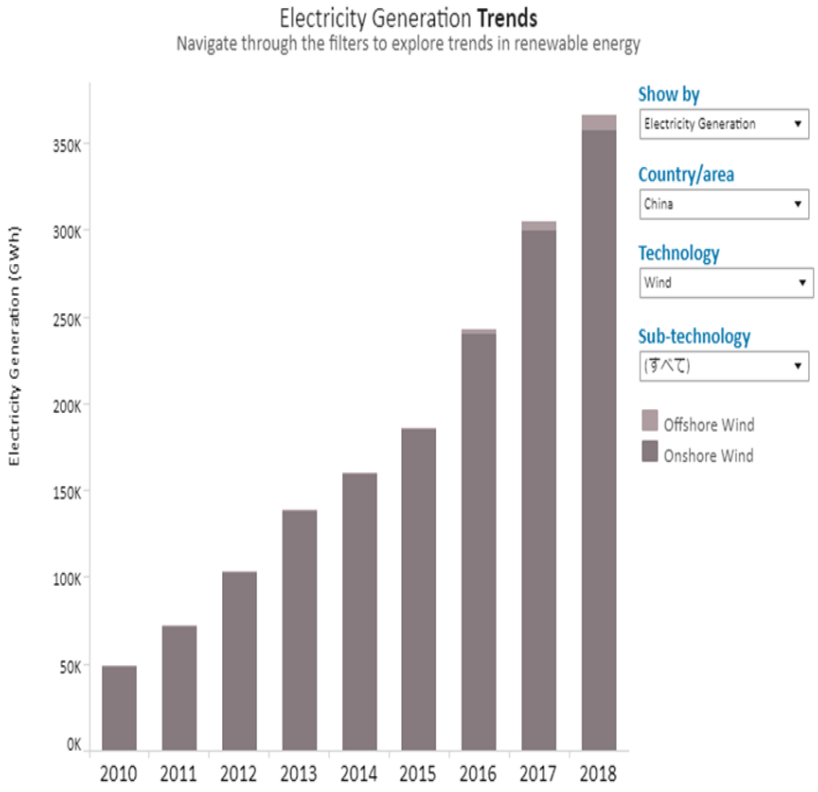
4.1.1 再エネは世界中で急拡大

(2)風力　②中国

設備容量



発電電力量



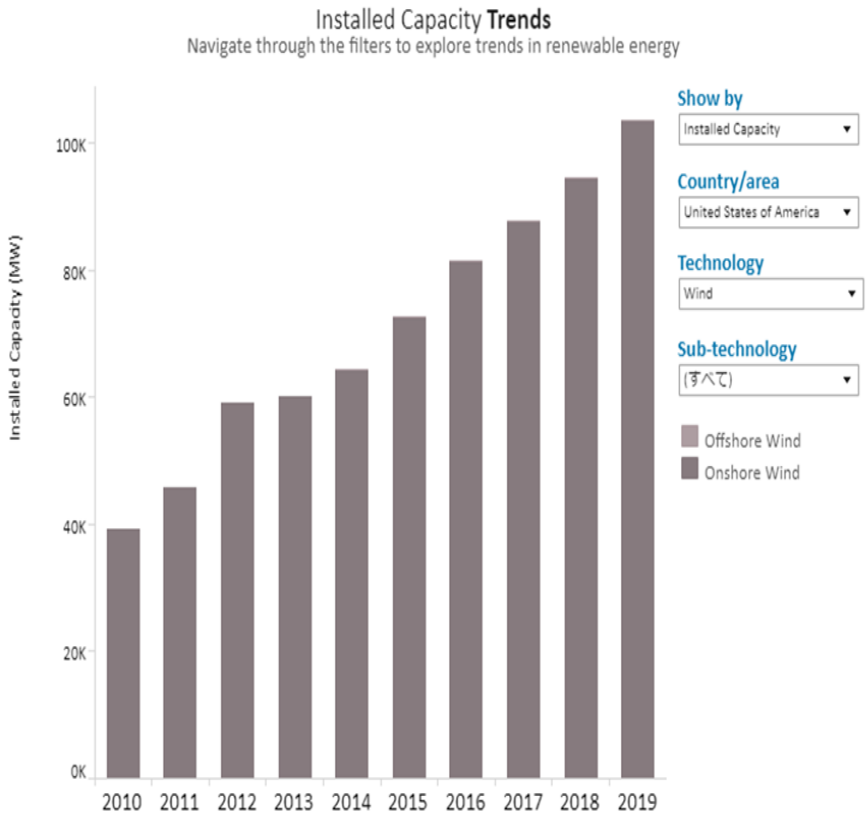
出所：IRENA

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

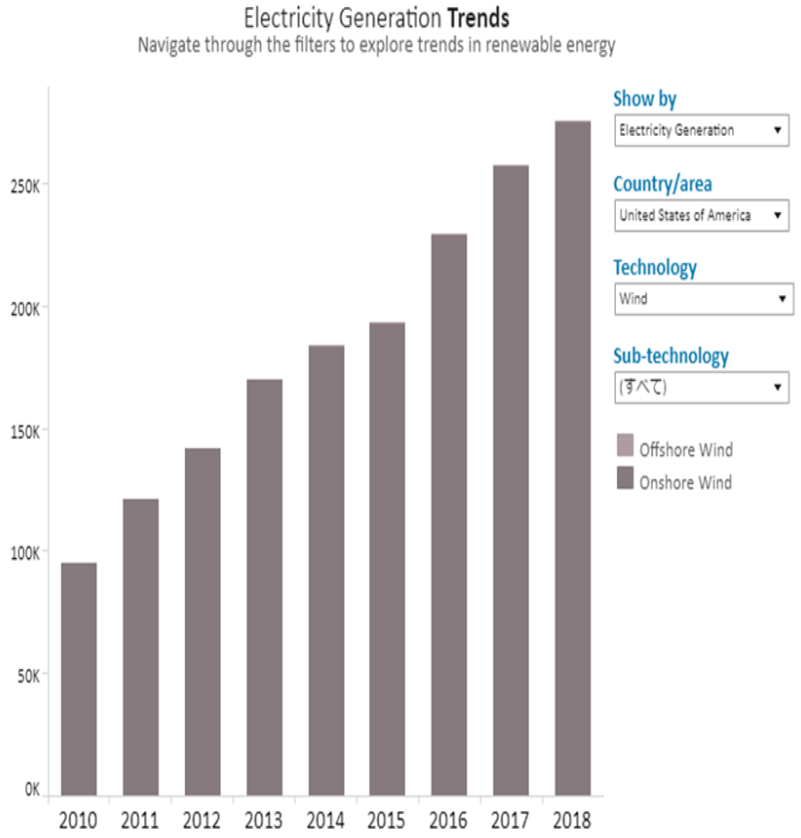
4.1.1 再エネは世界中で急拡大

(2)風力　③米国

設備容量



発電電力量



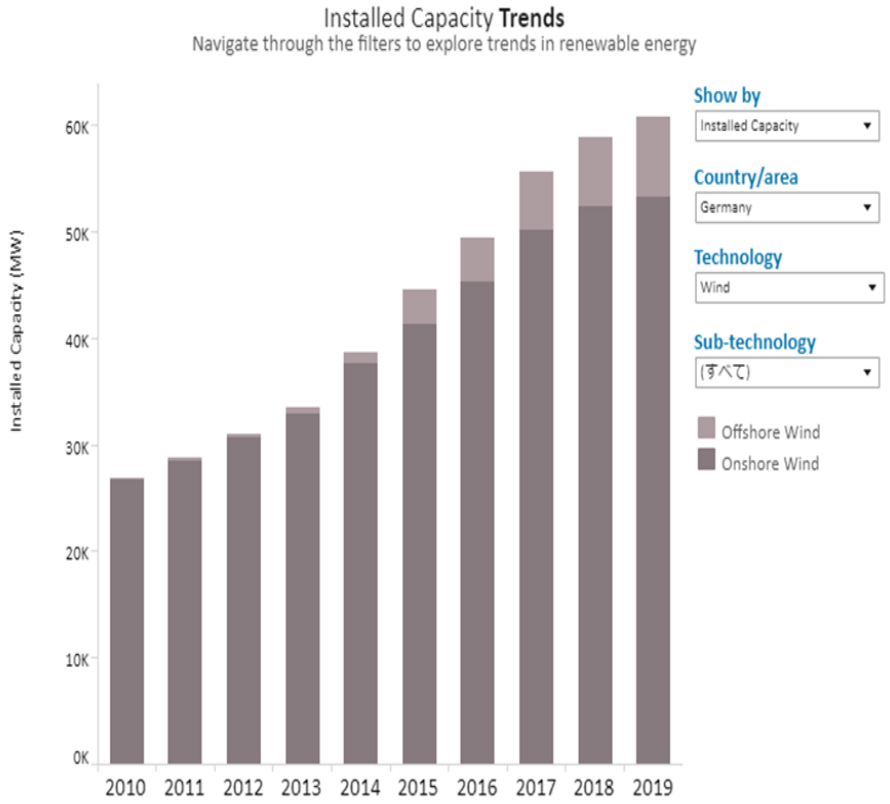
出所：IRENA

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

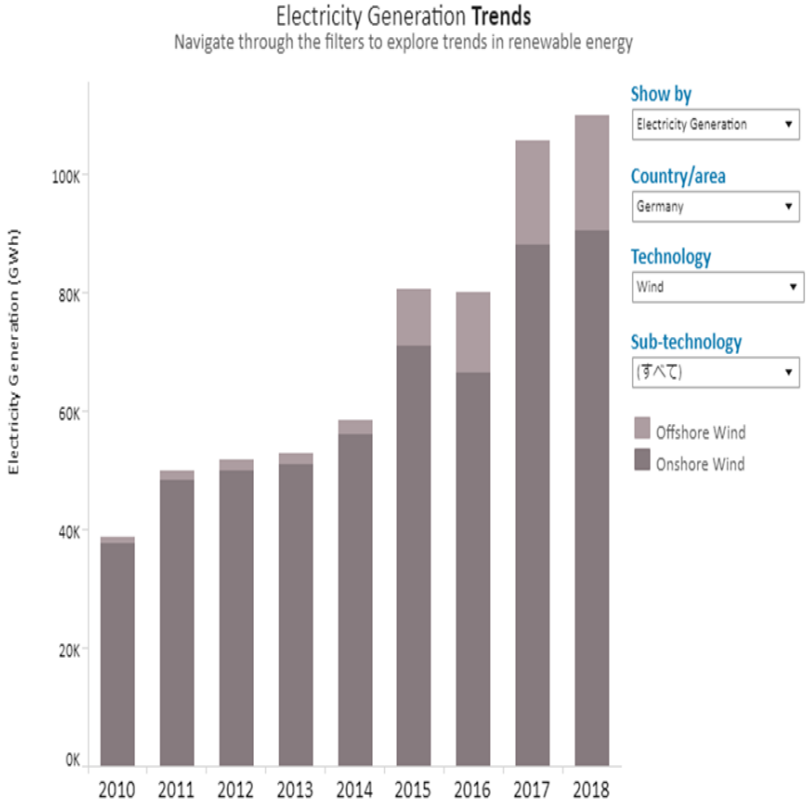
4.1.1 再エネは世界中で急拡大

(2)風力　④ドイツ

設備容量



発電電力量



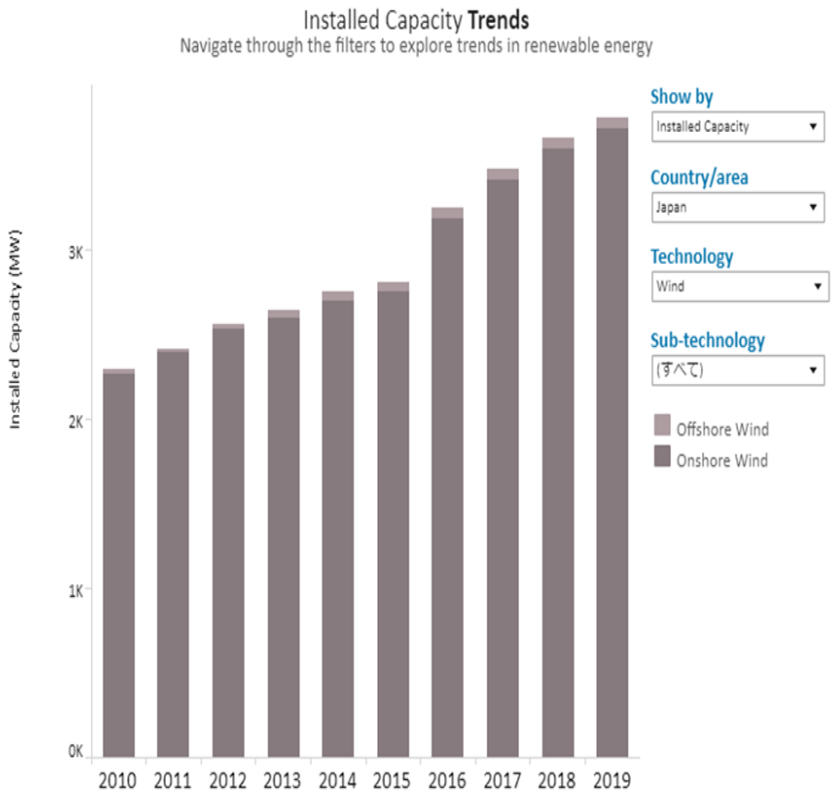
出所：IRENA

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

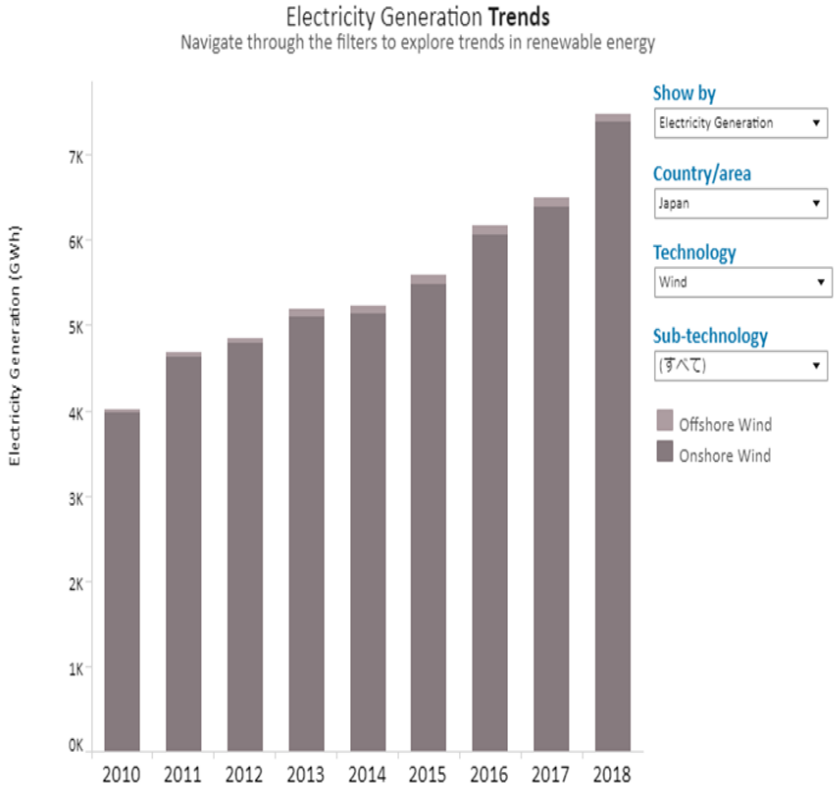
4.1.1 再エネは世界中で急拡大

(2)風力 （参考)日本

設備容量



発電電力量



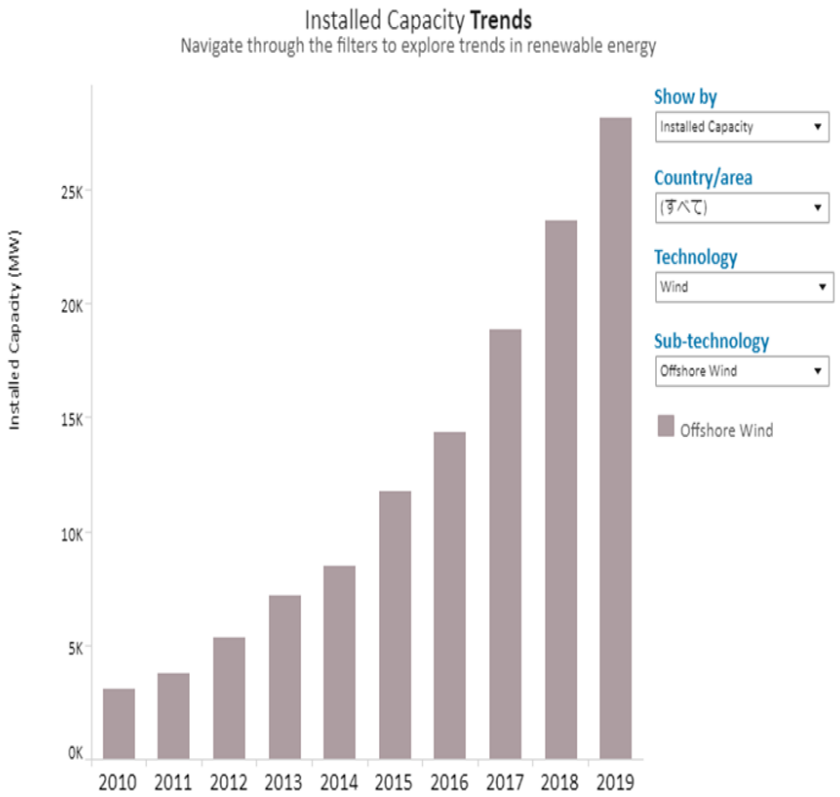
Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

出所：IRENA

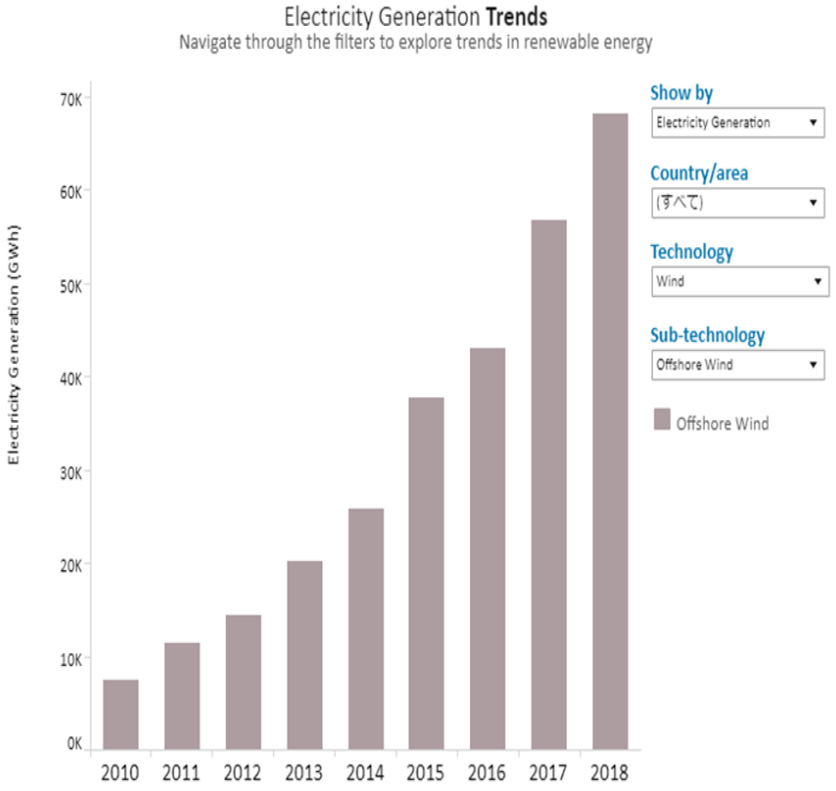
4.1.1 再エネは世界中で急拡大

(3)洋上風力　①世界

設備容量



発電電力量



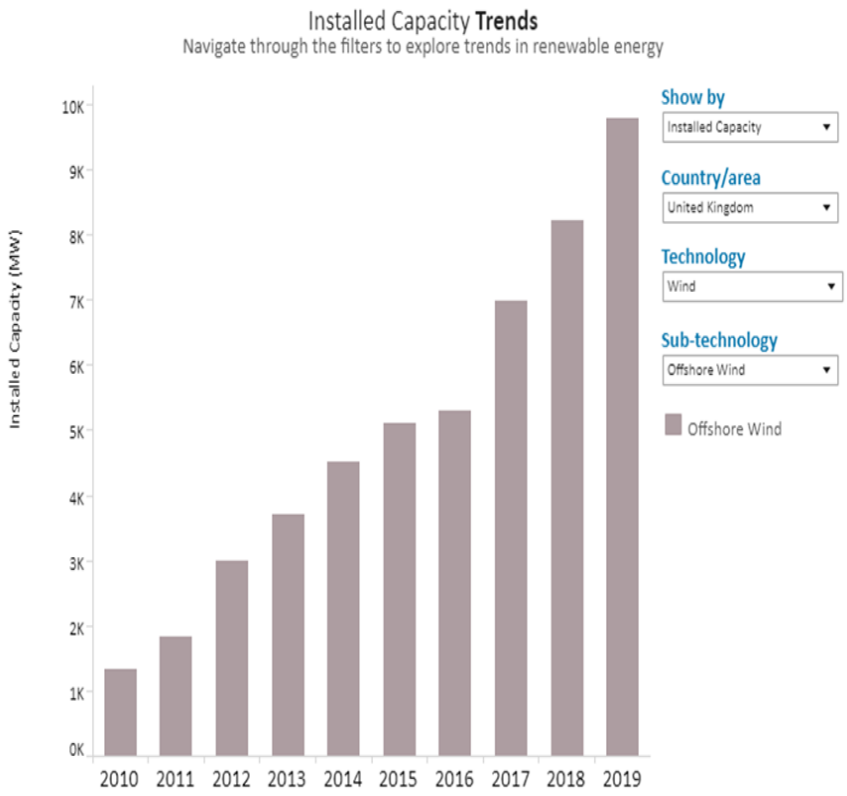
出所：IRENA

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

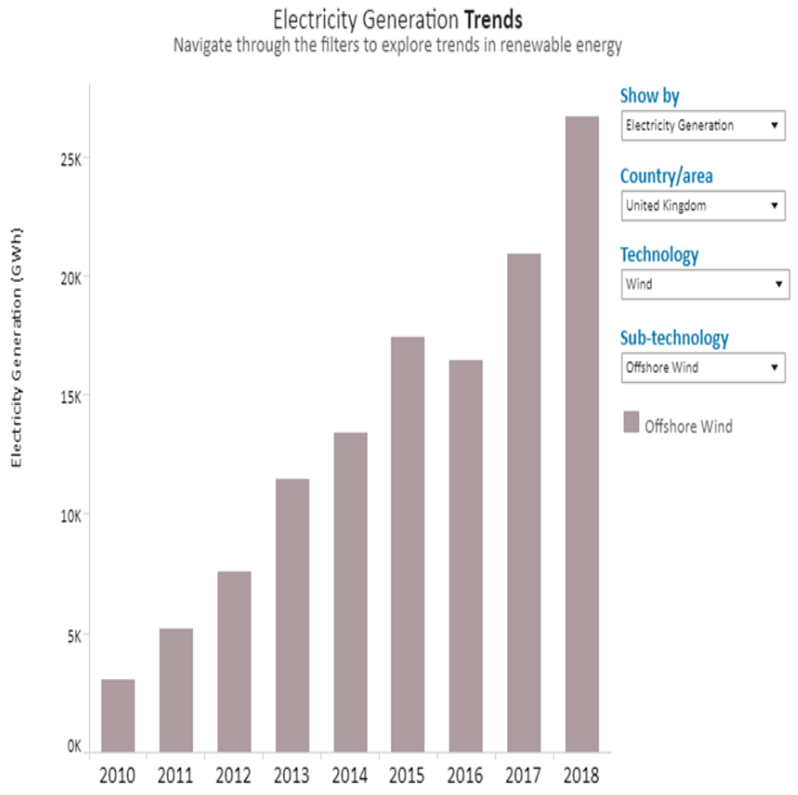
4.1.1 再エネは世界中で急拡大

(3)洋上風力　②英国

設備容量



発電電力量



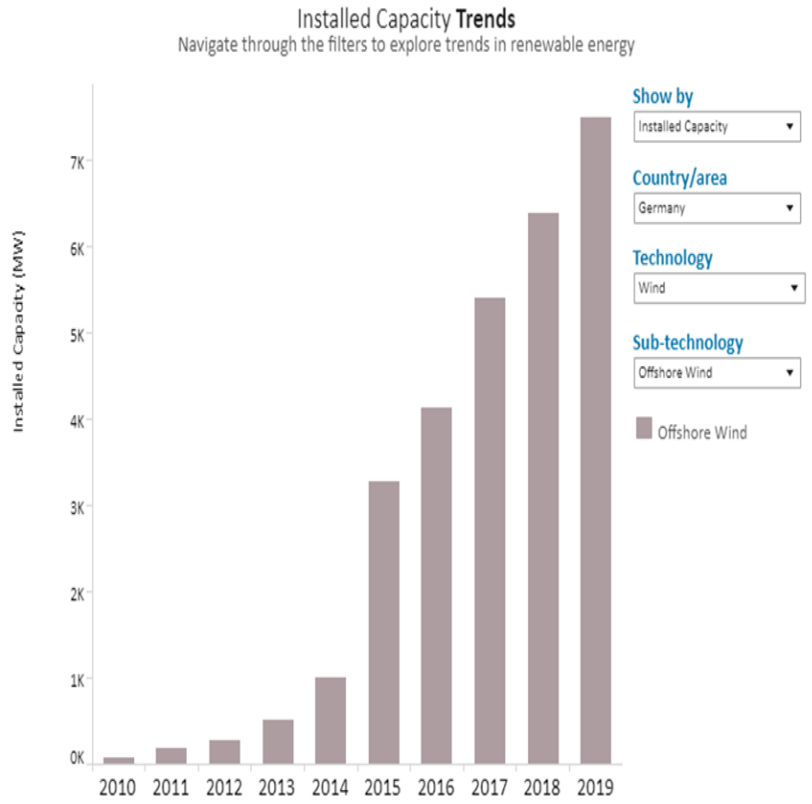
出所：IRENA

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

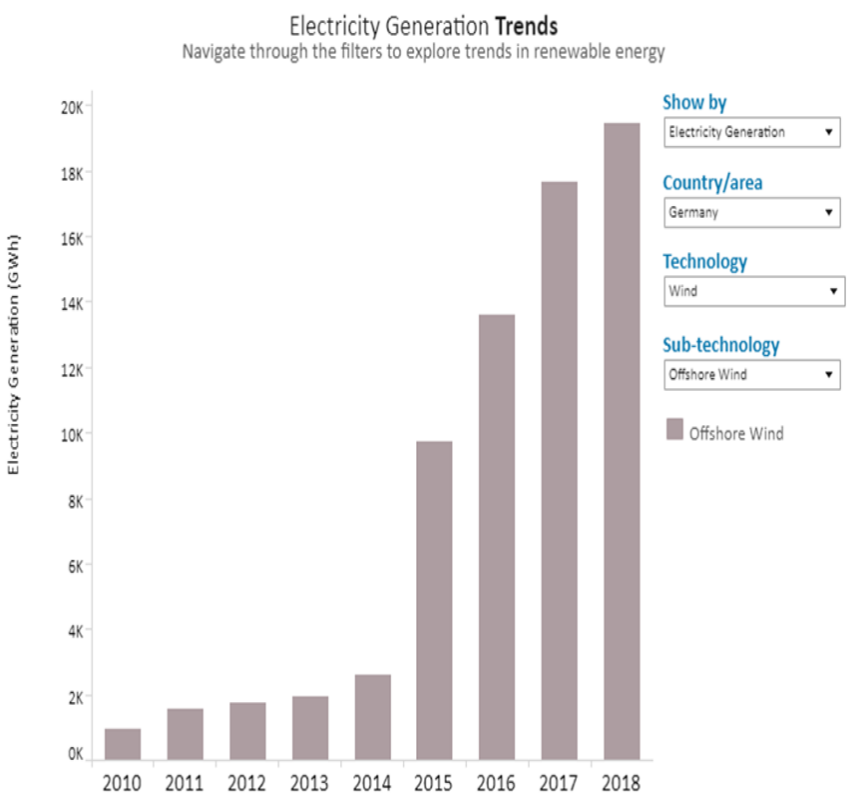
4.1.1 再エネは世界中で急拡大

(3)洋上風力　③ドイツ

設備容量



発電電力量



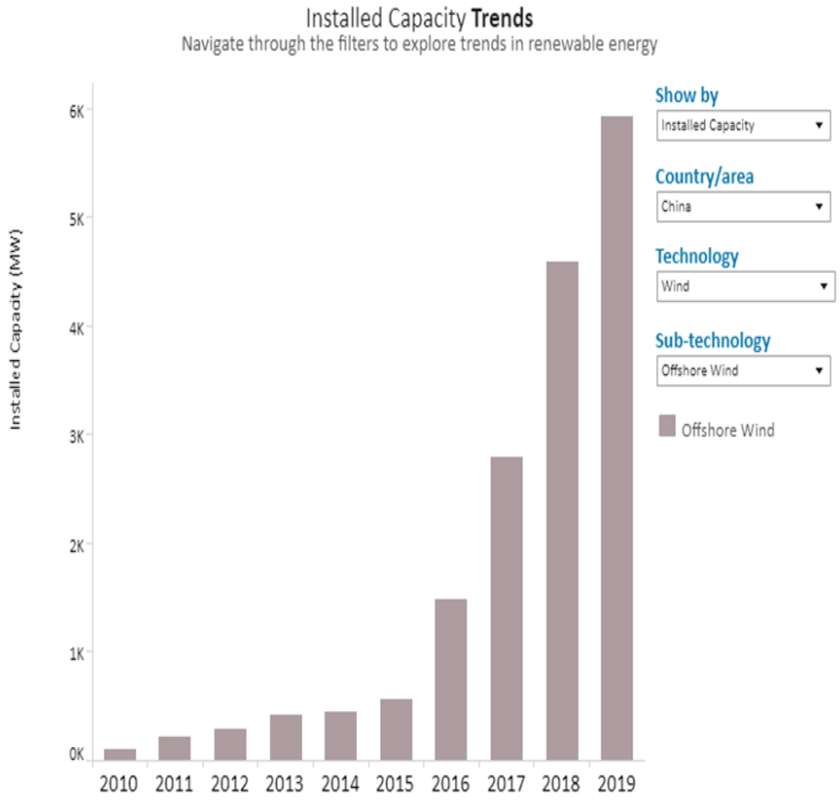
出所：IRENA

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

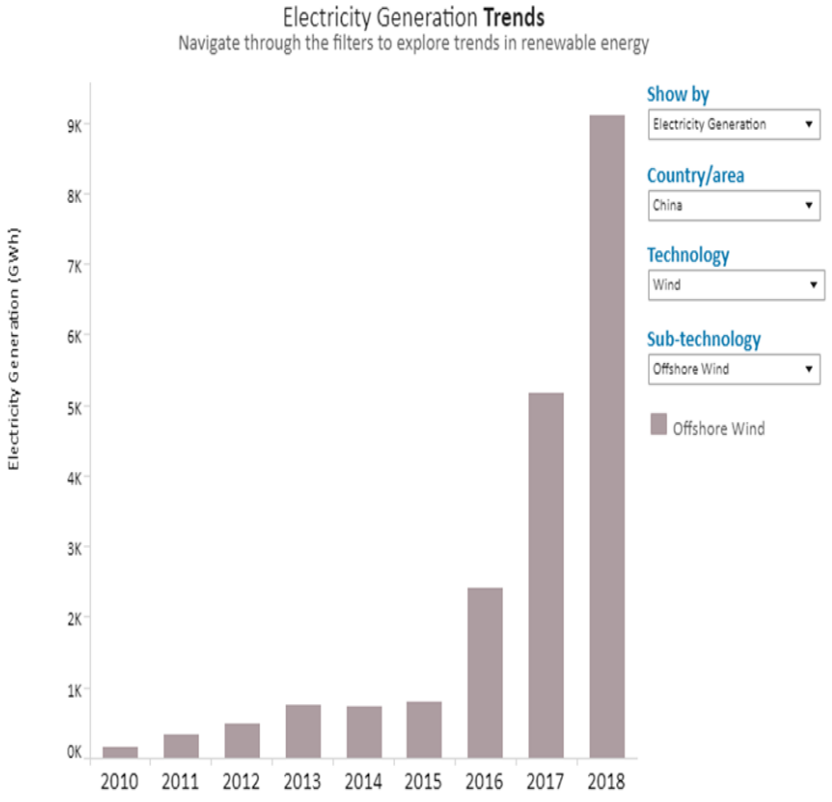
4.1.1 再エネは世界中で急拡大

(3)洋上風力　④中国

設備容量



発電電力量



出所：IRENA

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1.1 再エネは世界中で急拡大

主要電力各社の再エネ設備保有状況（含む水力）

（2019年末）黄色は再エネに注力

	発電設備 万kW	内　水力 万kW	火力	原子力	風力	太陽光	再エネ比率 含む水力%
E.ON	563	68	102	383	21	1	16.0
Uniper	3,435	357	2,657	140	n.a.	n.a.	n.a.
RWE	4,386	296	2,819	277	784	13	21.4
EDF	12,866	2,250	2,224	7,411	780	180	24.1
Engie	6,170	1,537	2,989	615	488	187	41.2
Enel	8,435	2,783	3,890	332	1,033	309	50.0
Iberdrola	5,208	1,317	1,686	318	1,785	102	61.5
Centrica	248	0	70	178	n.a.	n.a.	n.a.
Vattenfall	3,054	1,171	836	718	301	3	48.3
Exelon	3,636	162	967	1,887	78	52	8.0
Duke Energy	5,338	350	3,853	889	146	101	11.1
Southern Co.	4,582	276	3,507	368	162	258	15.4
PG&E	769	389	140	224	0	15	52.5
NextEra	4,557	0	2,260	620	1,353	324	36.8
AEP	2,843	93	2,091	228	406	24	18.4
国家電網	3,921	3,409	192	0	254	61	97.6
南方電網	1,188	1,057	31	0	13	87	99.2
国家能源*	23,879	1,867	18,052	0	3,829	131	24.4
華能集団*	17,657	2,607	12,896	0	1,863	318	37.7
華電集団*	14,779	2,722	10,429	0	1,334	295	29.4
国家電投	15,094	2,395	8,155	698	1,933	1,929	38.9
大唐集団*	13,893	2,704	9,445	0	1,632	111	32.0
中広核	5,818	20	50	2,714	3,104		53.3
中核集団	2,264	182	0	1,910	111	61	15.6

（出所：各社年次報告書等）　＊印は2018年データ

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1.2 再エネのコスト低下

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1.2 再エネのコスト低下

JEPIC

再エネのコスト低下が急速に進行

～IRENAの発表データ紹介

①太陽光発電

②陸上風力発電

③洋上風力発電

④水力はどうか？

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

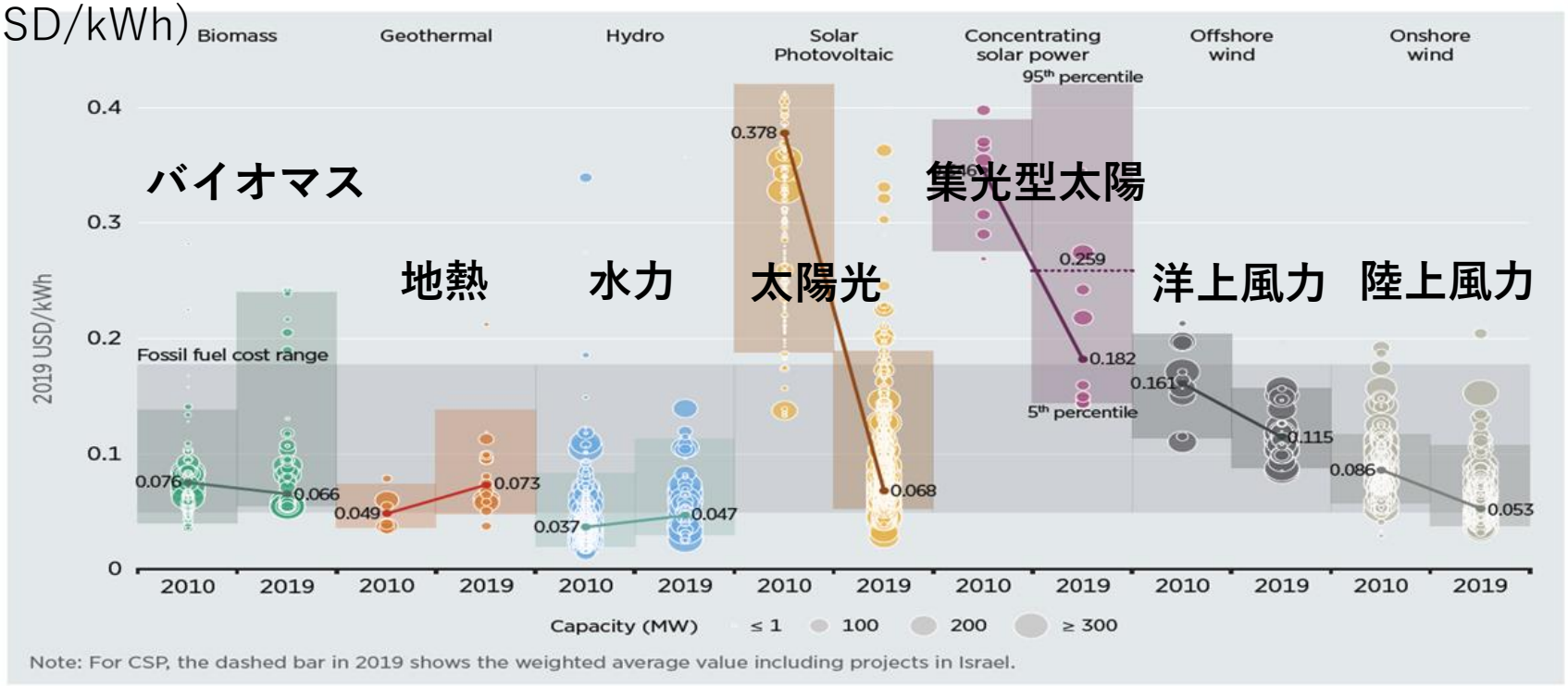
4.1.2 再エネのコスト低下

JEPIC

再エネの発電コスト（LCOE)の推移　(2010年→2019年)

Levelized cost of electricity：　均等化発電原価

Figure 1.2 Global LCOEs from newly commissioned utility-scale renewable power generation technologies, 2010-2019



Source: IRENA Renewable Cost Database.

Note: This data is for the year of commissioning. The diameter of the circle represents the size of the project, with its centre the value for the cost of each project on the Y axis. The thick lines are the global weighted-average LCOE value for plants commissioned in each year. Real weighted average cost of capital (WACC) is 7.5% for OECD countries and China and 10% for the rest of the world. The single band represents the fossil fuel-fired power generation cost range, while the bands for each technology and year represent the 5th and 95th percentile bands for renewable projects.

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

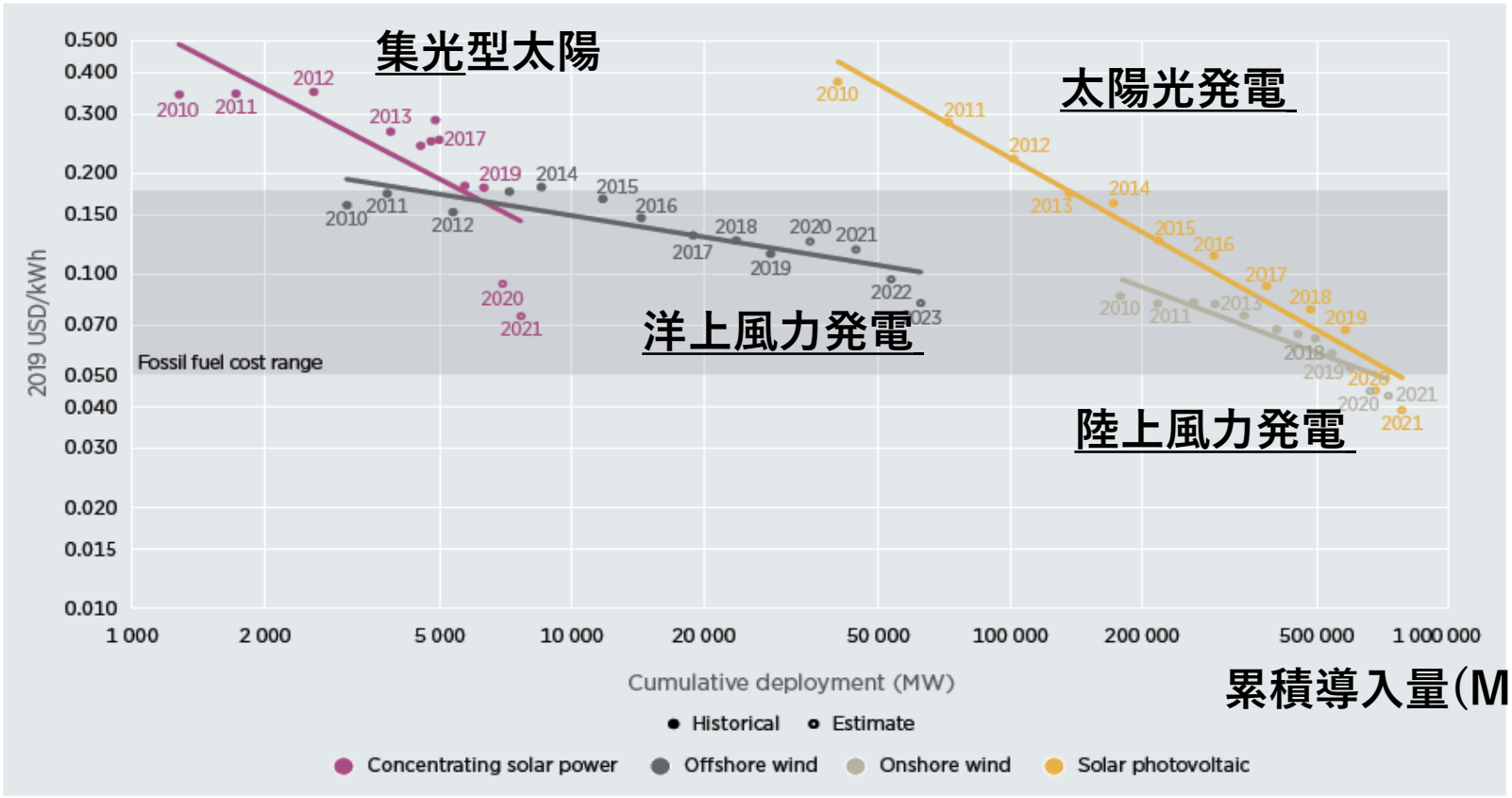
出所：IRENA

4.1.2 再エネのコスト低下

JEPIC

再エネの発電コスト（LCOE、PPA）

Figure 1.11 The global weighted-average LCOE and Auction/PPA price learning curve trends for solar PV, CSP, onshore and offshore wind, 2010 – 2021/23



Source: IRENA.

Note: The LCOE and auction price data are for utility-scale projects.

出所：IRENA

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

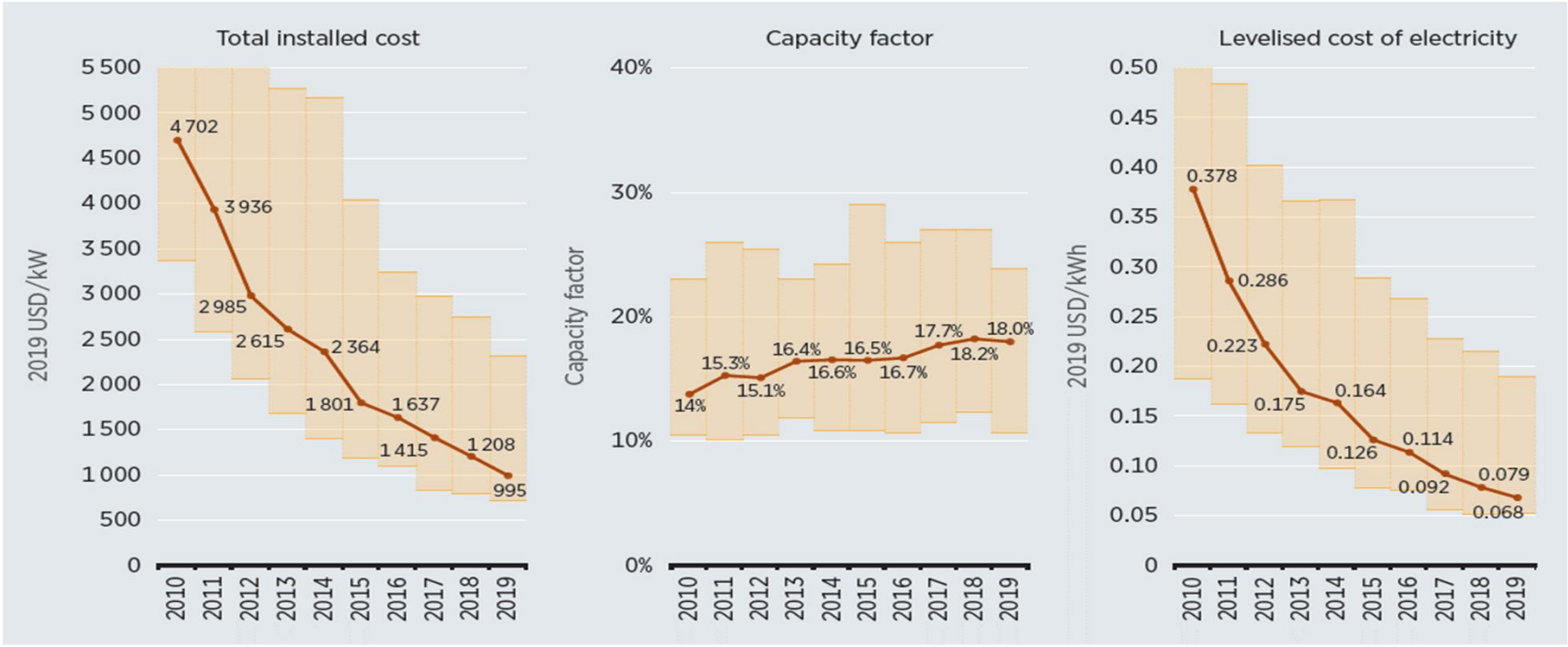
4.1.2 再エネのコスト低下：太陽光

JEPIC

太陽光発電

建設コスト（USD/kW）　　稼働率（%）　　発電コスト（LCOE）(USD/kWh)

Figure 3.1 Global weighted average total installed costs, capacity factors and LCOE for PV, 2010–2019



Source: IRENA Renewable Cost Database.

出所：IRENA

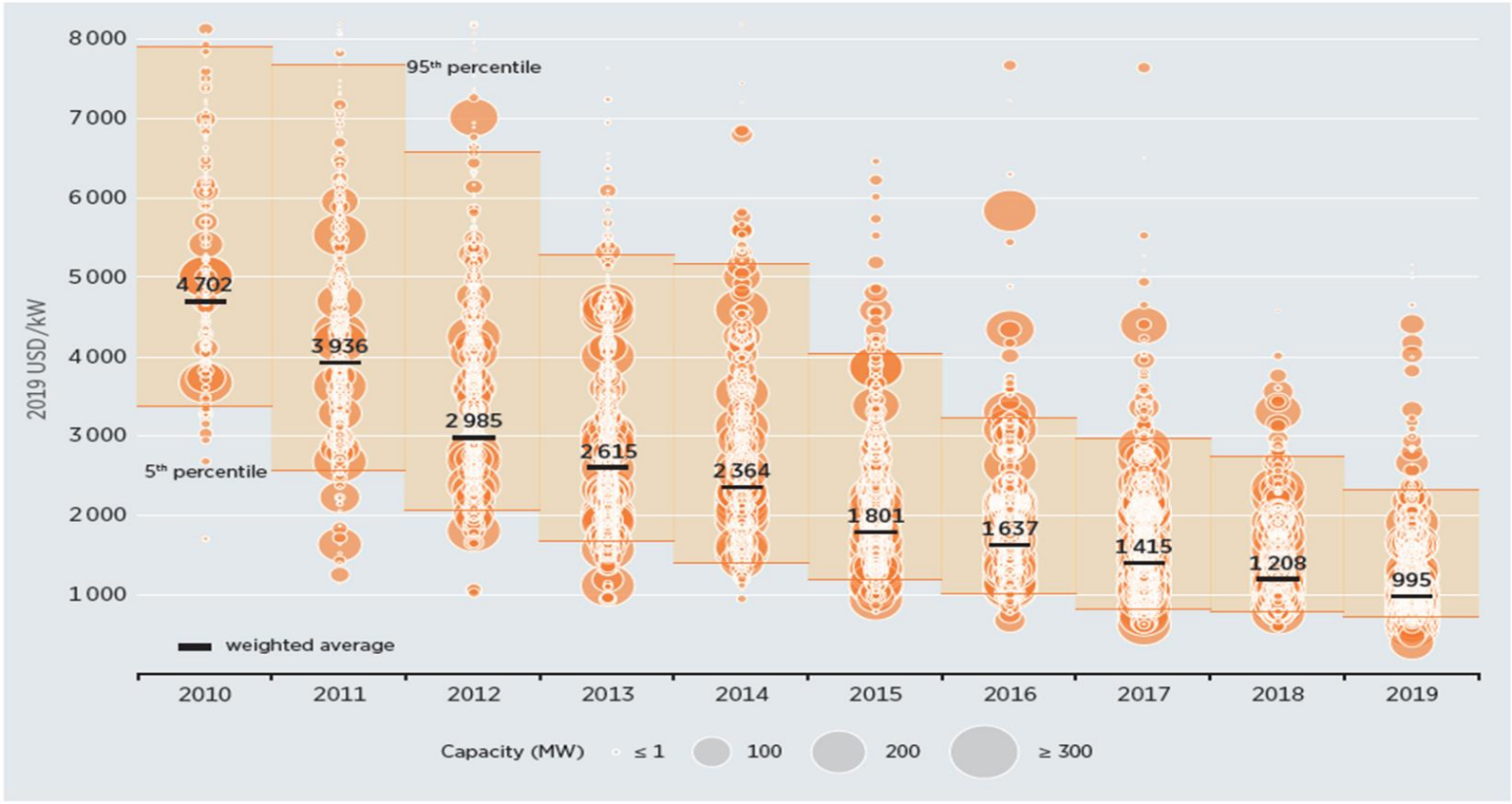
Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1.2 再エネのコスト低下：太陽光

JEPIC

太陽光発電　設置コスト推移

Figure 3.3 Total installed PV system cost and weighted averages for utility-scale systems, 2010-2019



Source: IRENA Renewable Cost Database.

出所：IRENA

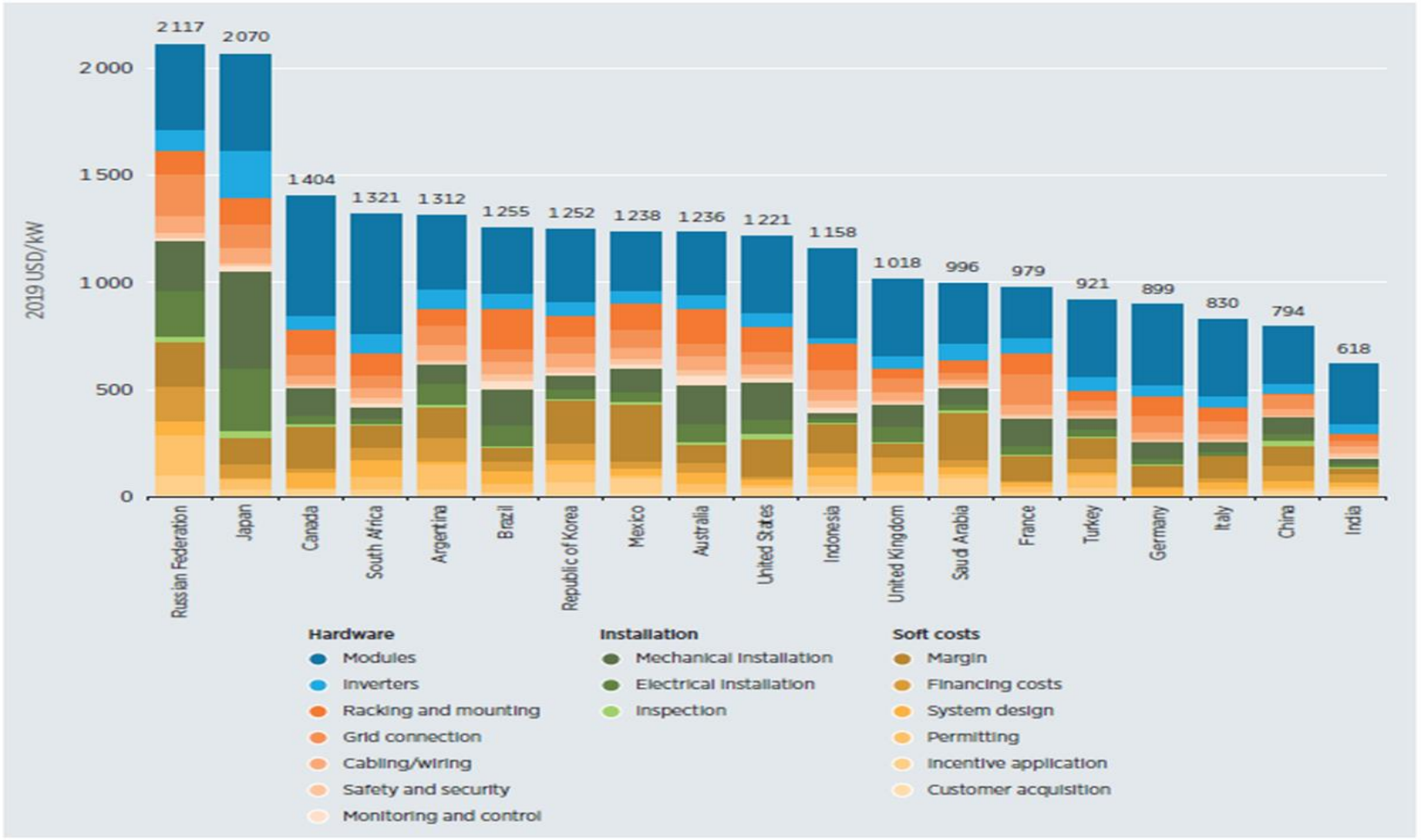
Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1.2 再エネのコスト低下：太陽光

JEPIC

太陽光発電　主要国別の設置コスト内訳

Figure 3.5 Detailed breakdown of utility-scale solar PV total installed costs by country, 2019



Source: IRENA Renewable Cost Database.

出所：IRENA

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

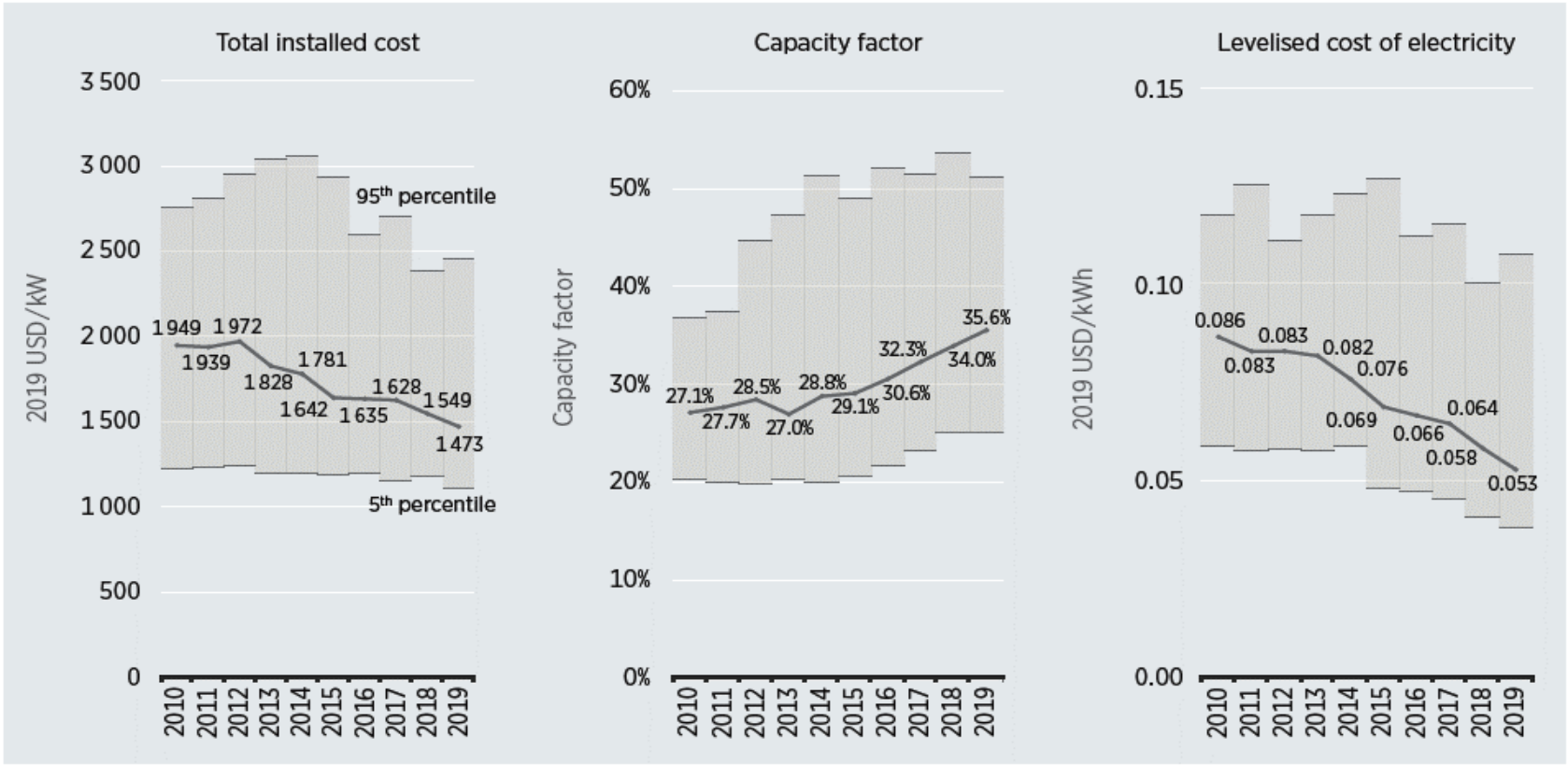
4.1.2 再エネのコスト低下：陸上風力

JEPIC

陸上風力発電

建設コスト（USD/kW）　　稼働率（%）　　発電コスト（LCOE）(USD/kWh)

Figure 2.1 Global weighted average total installed costs, capacity factors and LCOE for onshore wind, 2010-2019



Source: IRENA Renewable Cost Database.

出所：IRENA

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

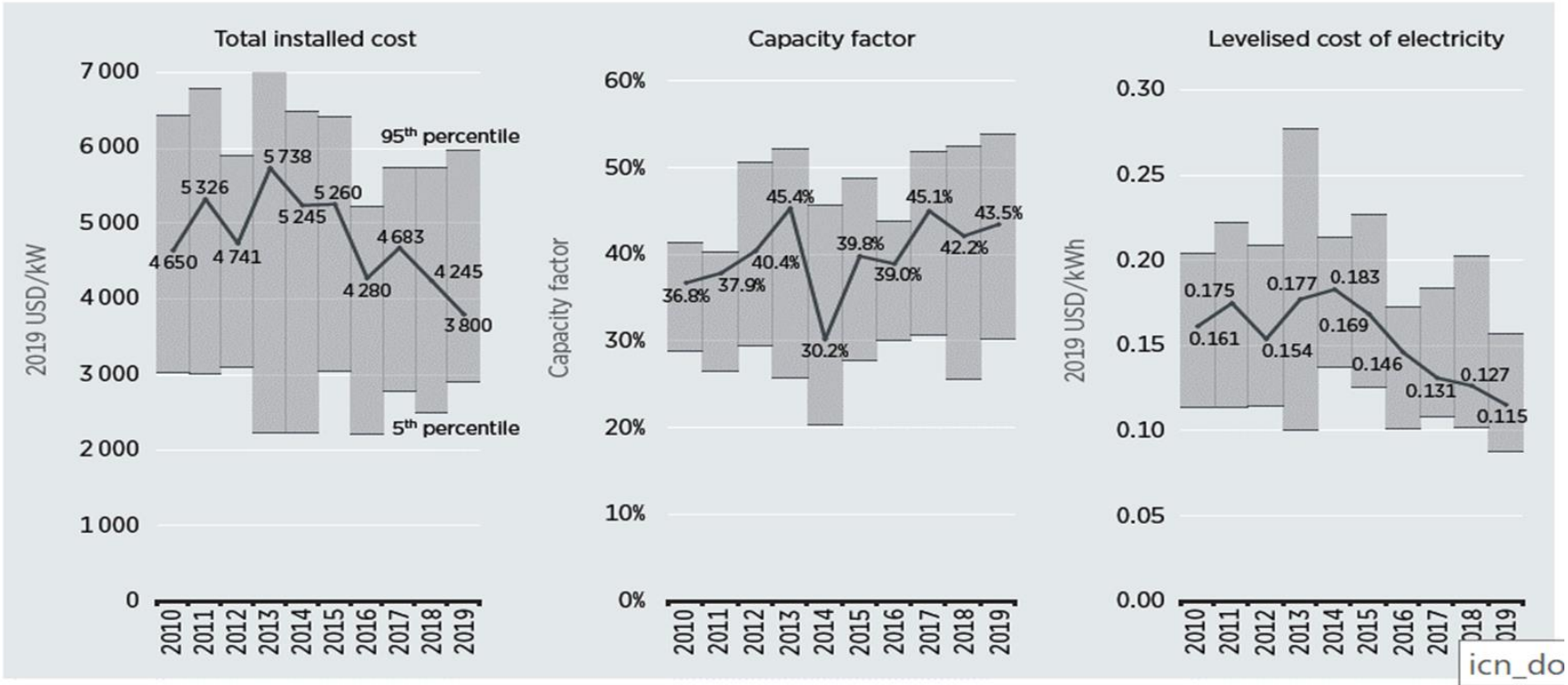
4.1.2 再エネのコスト低下：洋上風力

JEPIC

洋上風力発電

建設コスト（USD/kW）　　稼働率（%）　　発電コスト（LCOE）(USD/kWh)

Figure 4.1 Global weighted average and range of total installed costs, capacity factors and LCOE for offshore wind, 2010-2019



Source: IRENA Renewable Cost Database.

出所：IRENA

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1.2 再エネのコスト低下：水力はどうか？

水力発電

建設コスト（USD/kW）　　稼働率（%）　　発電コスト（LCOE）(USD/kWh)

Figure 1.8 Global weighted average total installed costs, capacity factors and LCOE for hydropower, 2010-2019

Source: IRENA Renewable Cost Database.

出所：IRENA

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1.3 再エネのサプライチェーン

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1.3 再エネのサプライチェーン

JEPIC

再エネのサプライチェーンは中国にシフト

①太陽光発電

②風力発電

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1.3 再エネのサプライチェーン：太陽光

太陽光モジュールメーカー世界TOP10（2020年末）

順位	社名	国名	年産能力 GW
1	Longi Solar(隆基)	中国	35.2
2	Jinko Solar(晶科)	中国	27.5
3	Trina Solar(天合光能	中国	23.65
4	JA Solar(晶澳)	中国	16.5
5	Canadian Solar	Canada(中国)	15.4
6	Hanwha Q Cells	韓国(中国)	13.86
7	risen solar(東方日昇)	中国	11.77
8	Suntech(尚徳)	中国	11
9	GCL (協鑫集成)	中国	7.92
10	Talesun(中利騰暉)	中国	7.7
40	Sharp	日本	0.23

出所：Solar review誌

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1.3 再エネのサプライチェーン：風力

世界の風車メーカーTOP10（2020年出荷実績）

順位	会社名	国名	出荷(GW)
1	General Electric	USA	13.53
2	金風	中国	13.06
3	Vestas	Denmark	12.4
4	遠景	中国	10.35
5	Siemens Gamesa	Germany	7.65
6	明揚	中国	5.64
7	上海電気	中国	5.07
8	浙江運達	中国	3.98
9	中国船舶	中国	3.84
10	三一重工	中国	3.72

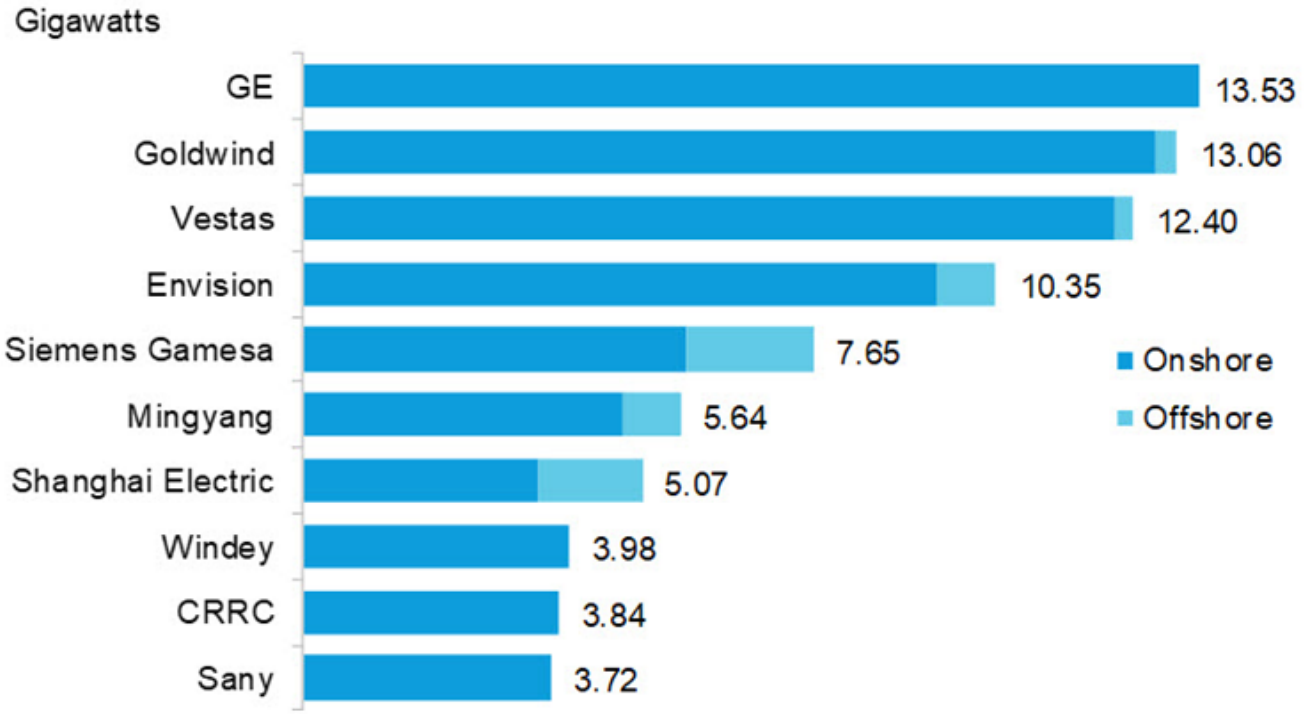
出所：Bloomberg NEF Website

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1.3 再エネのサプライチェーン：風力

世界の風車メーカーTOP10（2020年出荷実績）

Figure 1: Top 10 global wind turbine makers, 2020



Source: BloombergNEF. Notes: Total commissioned wind capacity in 2020 was 96.3GW. MHI Vestas capacity is attributed to Vestas since Vestas' acquisition of MHI Vestas in late 2020. Top ten in 2019: 1) Vestas 2) Siemens Gamesa 3) Goldwind 4) GE 5) Envision 6) Mingyang 7) Windey 8) Nordex 9) Shanghai Electric 10) CSIC (now CSSC).

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1.4 洋上風力の時代へ

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1.4 洋上風力の時代へ

JEPIC

洋上風力に脚光

①世界
②欧州
③米国
④中国
〇浮体式洋上風力
〇洋上に進出する欧州石油大手

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1.4 洋上風力の時代へ

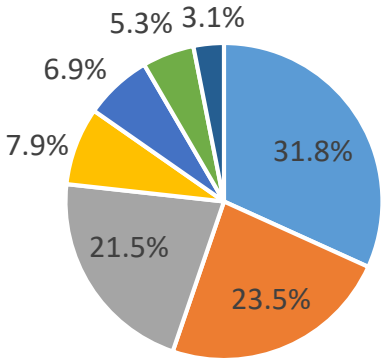
JEPIC

①世界

世界：3，251万kW
（2020年末）

出所：World Forum Offshore Wind, February 2021, Global Offshore Wind Report 2020

洋上風力発電設備量の国別割合（2020年末時点）



出所：World Forum Offshore Wind, February 2020, Global Offshore Wind Report 2020

英国　ドイツ　中国　オランダ　ベルギー　デンマーク　その他

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1.4 洋上風力の時代へ

②欧州

先行する欧州

- 洋上風力が急伸　～　特に英国、ドイツでプロジェクトが目白押し
  - 2019年3月　オランダ　Hollandse Kust Zuid III＆IV　補助金なし入札
  - 2019年9月　英国　固定価格買取制度落札価格　£45~47/MWh
- 事業者：Ørsted、RWE、EDF、Vattenfall、Iberdrola、SSE、Shell、Equinor等
  - 各社はM&Aで事業を拡大
- 新技術：大型化（GE Haliade-X：12MW、Siemens Gamesa SG14-222DD）
- 洋上風力「ハブ」構想、エネルギー島構想等

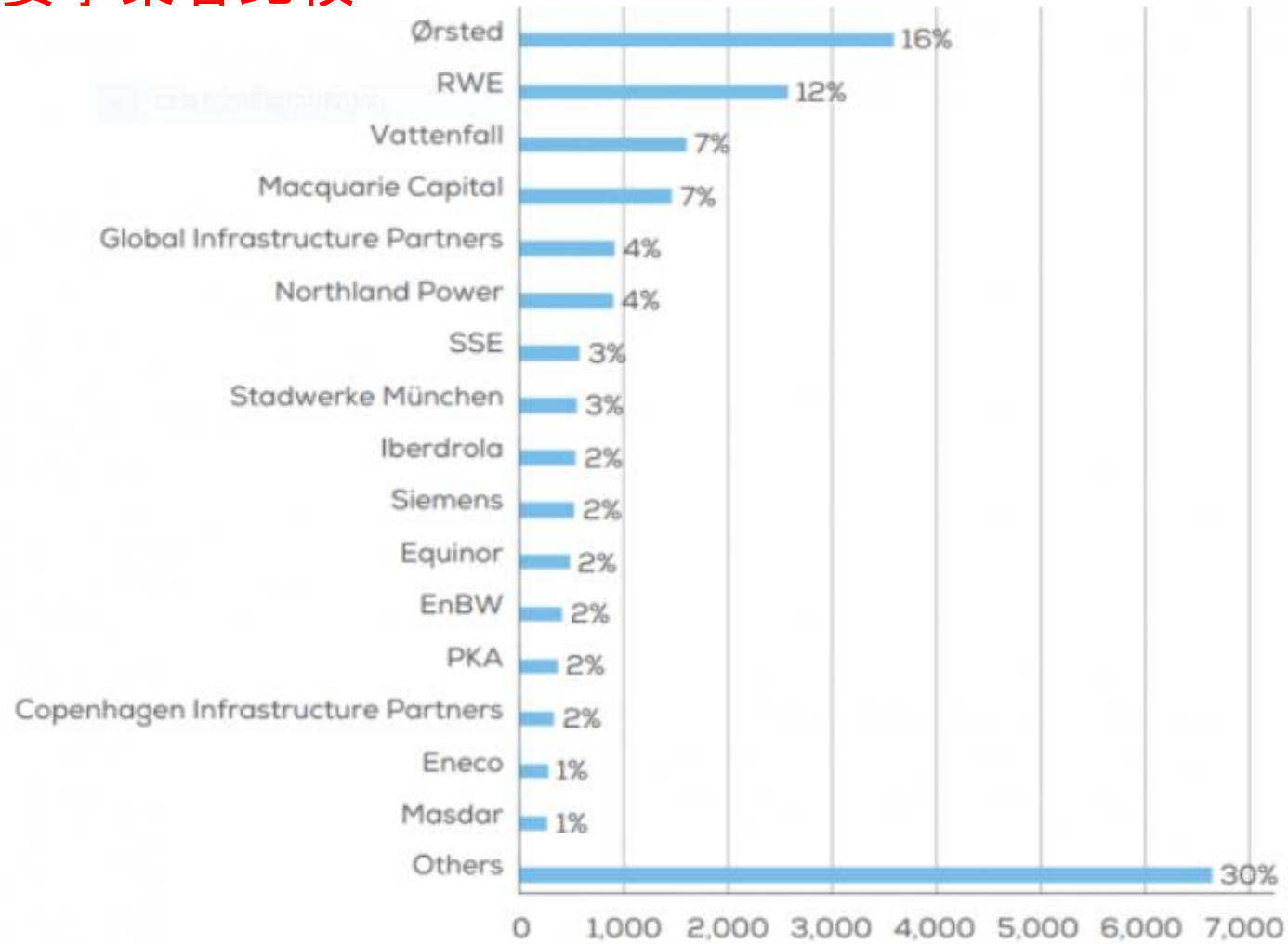
Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1.4 洋上風力の時代へ

JEPIC

欧州の主要事業者比較

洋上風力発電事業者別導入設備容量（2020年6月末）



単位：MW　　出所：WindEurope

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1.4 洋上風力の時代：Ørsted社の洋上案件

Ørstedの洋上風力案件一覧（2021年3月現在）

プロジェクト	国	出力(MW)	運開年
Anholt	Denmark	400	2013
Avedore	Denmark	7.2	2011
Horns Rev 1	Denmark	160	2002
Horns Rev 2	Denmark	209	2009
Nysted	Denmark	165.6	2003
Barrow	UK	90	2006
Baurbo Bank	UK	90	2007
Burbo Bank Extention	UK	258	2017
Gunfleet Sands	UK	173	2017
Hornsea 1	UK	1218	2019
Hornsea 2	UK	1386	2022
Hornsea 3	UK	2400	—
Hornsea 4	UK	—	—
Lincs	UK	270	2012
London Array	UK	630	2012
Race Bank	UK	573	2018
Walney	UK	367	2012
Walney Extention	UK	659	2018
West of Duddon Sands	UK	389	2014
Westermost Rough	UK	210	2015

プロジェクト	国	出力(MW)	運開年
Borkun Riffgrund 1	Germany	312	2015
Borkun Riffgrund 2		450	2018
Borkun Riffgrund 3		900	—
Gode Wind 1&2	Germany	582	2017
Gode Wind 3	Germany	242	—
Borssele 1&2	Netherlan	752	2020
Bay State	USA	2000	—
Block Island	USA	30	2016
Coastal Virginia	USA	12	2020
Garden State	USA	1000	—
Ocean Wind	USA	1100	—
Revolution Wind	USA	704	—
Skipjack Wind	USA	—	—
South Fork	USA	132	—
Sunrise Wind	USA	880	—
彰化 1&2a	台湾	900	2022
彰化 2b&4	台湾	920	—
Formosa 1	台湾	128	2019
大彰化	台湾	2400	—

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載 出所：Ørsted Website

4.1.4 洋上風力の時代

JEPIC

③米国

- 米国は洋上風力は2か所だけ（Block Island: 30MW, Coastal Virginia: 12MW）
- 背景：陸上風力の優遇税制（発電税額控除（PTC)、投資税額控除（ITC））
- 欧州事業者が米国に進出して急に活性化

Ørsted：　2018年10月、洋上事業者 Deepwater Wind社を買収
2019年 2月、電気事業者 Eversource Energy社と提携
Revolution(700MW), Bay State(800MW), Ocean(1,100MW)等

Dominion Energy（米）、Equinor、Copenhagen Infra（CIP)、EDF、Shellも

④中国

- 上海東海大橋（100MW,2010年）が皮切り
- 7,000MWの洋上風力が稼働中（2020年末）
- 国産メーカーが実績築く

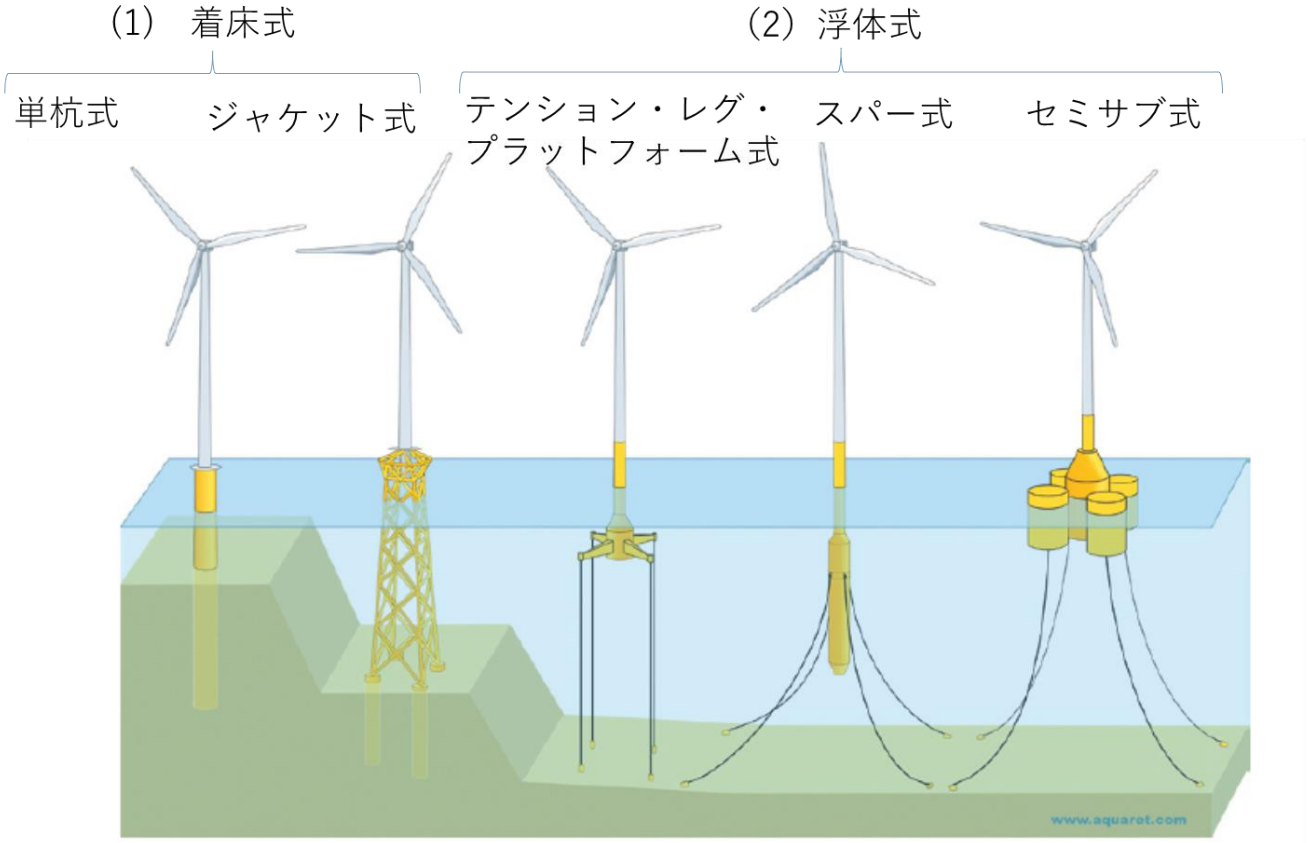
上海電気、明揚、遠景能源、金風科技等
国家能源投資集团、中広核,華能など

江蘇如東洋上風力（150MW）
（出所：筆者撮影）

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1.4 洋上風力の時代

洋上風力の主な基礎形式



出所：Dr. Matthew Hannon, Eva Topham, James Dixon, Dr. David McMillan and Dr. Maurizio Collu, Offshore wind, ready to float? Global and UK trends in the floating offshore wind market

出所：平野学　海外電力　2021年1月

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1.4 洋上風力の時代

世界の主な浮体式洋上風力

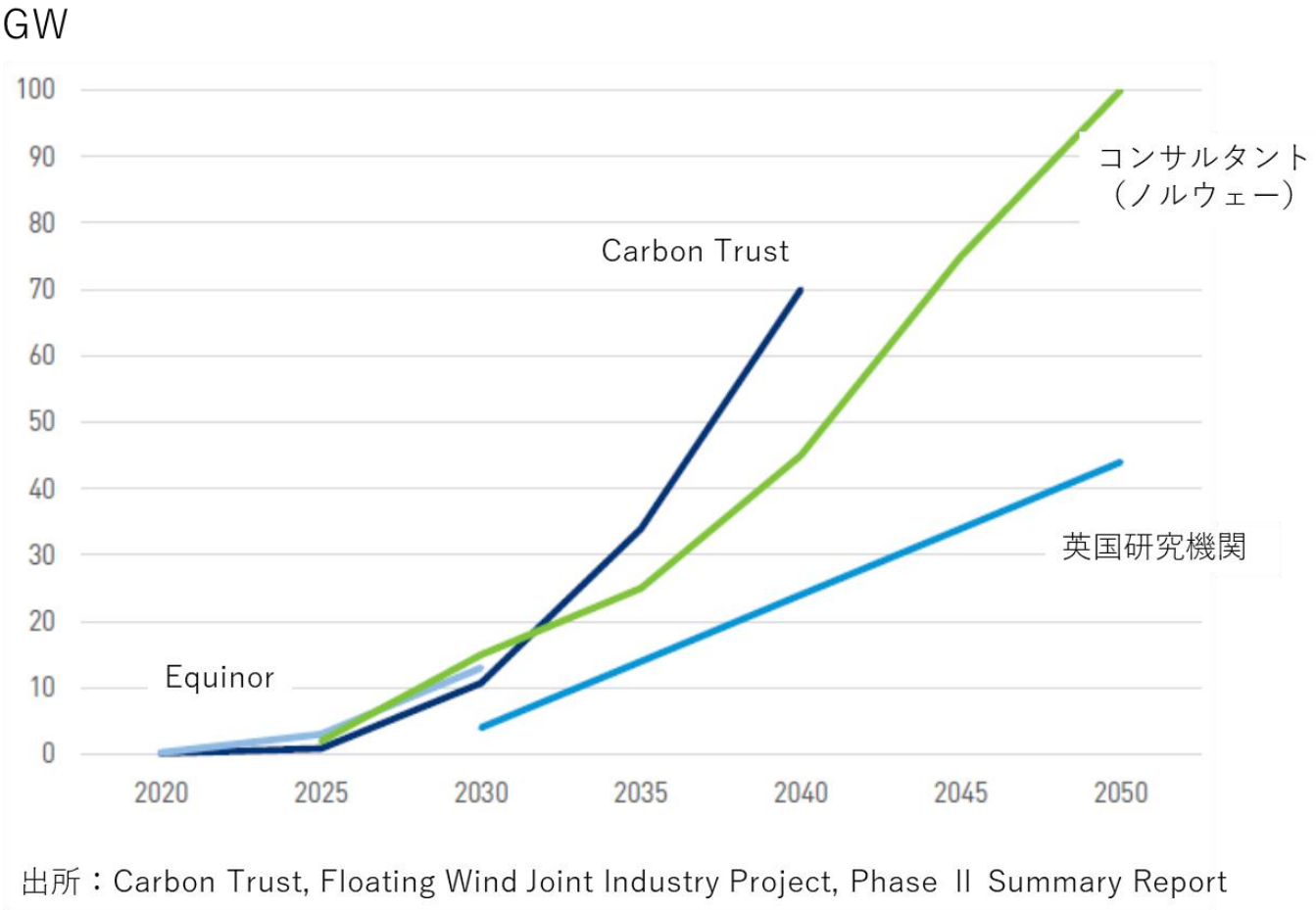
国	名称	運開	容量	事業者	方式
ノルウェー	Hywind Demo	2009	2.3	Equinor	スパー式
ポルトガル	WindFloat Atlantic 1	2011	2	EDPRなど	セミサブ式
日本	崎山沖	2013	2	戸田建設	スパー式
日本	福島復興実証研究	2013	2	丸紅、三菱商事、三菱重工など	セミサブ式
		2015	7		セミサブ式
		2016	5		スパー式
英国	Hywind Scotland	2017	30	Equinor	スパー式
フランス	FloatGen	2018	2	Ideolなど	セミサブ式
日本	ひびき	2019	3	NEDO	セミサブ式
英国	Kincardine	2019	2	Cobra	セミサブ式
		2020	49.5		
ノルウェー	TetraSpar Demo	2020	25	RWE、Shellなど	スパー式
ポルトガル	WindFloat Atlantic 2	2020	25	EDPR,Engieなど	セミサブ式
スペイン	DemoSATH	2020	2	Saltec, RWE	セミサブ式
フランス	Groix et Belle-Ile	21/22	28.5	Shell、中広核	セミサブ式
	Golfe du Lion	21/22	30	EDPR,Engieなど	セミサブ式
	EolMed(Gruissan)	21/22	30	Quadran	セミサブ式
	Provance Grand Large	21/22	25.2	EDF	TLP式
ノルウェー	Hywind Tampen	21/22	88	Equinor	スパー式
アイルランド	AFLOWT	2022	6	EMEC	セミサブ式
米国	Aqua Ventus	2023	10~12	RWE、三菱商事	ー

出所：carbon Trust

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1.4 洋上風力の時代

浮体式事業の事業拡大見通しの比較



出所：Carbon Trust, Floating Wind Joint Industry Project, Phase II Summary Report

出所：平野学　海外電力　2021年1月

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.1.4 洋上風力の時代

洋上風力に進出目指す欧州石油大手

会社名	炭素削減目標	上段：洋上風力への取組 下段：再エネ事業の拡大計画
Repsol	2050年ネットゼロ	WindFloat Atlanticに19.4%出資
		再エネ事業を7.5GWに拡大（2025年）
Equinor	2050年ネットゼロ	Hywind Scotlandなど多数を主導
		再エネ事業を12～16GWに拡大（2035年）
BP	2050年ニュートラル	Equinorとパートナー契約締結
		再エネ事業を20GW(2025年）、50GW（2030年）に拡大
Shell	2050年ニュートラル	洋上事業者Eolfi社買収など
		低炭素事業に年間10～20億ユーロ投資
Total	2050年ネットゼロ	英SSEの洋上事業を買収など
		再エネ事業を25GWに拡大（2025年）

出所：平野学　海外電力　2021年1月

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.2 水力と電力貯蔵

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.2 水力と電力貯蔵

JEPIC

4.2.1　大型水力

4.2.2　揚水発電

4.2.3　電力貯蔵システム

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.2. 水力と電力貯蔵

JEPIC

4.2.1 大型水力

- 歴史的に再エネの主役は水力だった。。風力、太陽光に敗退？
- 大型水力：中国、メコン、インド、南米、アフリカで開発
  欧米では新規プロジェクトは困難
- 開発阻害要因：　環境問題、住民移転、そしてコスト
  ⇒　太陽光・風力のコスト競争力急上昇

4.2.2 揚水水力

- 揚水水力は再エネ拡大対応で電力貯蔵機能に期待
- 電力貯蔵システム（ESS）は揚水の強敵になる兆し
- 水素活用による再エネ電力調整機能も視野に

4.2.3 電力貯蔵システム

- 電力貯蔵システムの導入拡大が始まった

Copyright © 2020 JEPIC All rights reserved. 無断転載

JEPIC

4.2.1 大型水力

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.2.1 大型水力

世界の主要水力発電所　出力Top10 （2020年末）

	発電所	国名	発電容量 GW	運開年
1	三峡	中国	22.50	2003
2	白鶴灘	中国	16.00	2021
3	Itaipu	Brazil/Paraguay	14.00	1984
4	渓洛渡	中国	13.86	2014
5	Belo Monte	Brazil	11.23	2019
6	Guri	Venezuela	10.23	1978
7	烏東徳	中国	10.20	2020
8	Tucuri	Brazil	8.37	1984
9	Grand Coulee	USA	6.81	1941
10	向家壩	中国	6.45	2012
11	龍灘	中国	6.43	2008

出所：Power Technology

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.2.1 大型水力

長江三峡水力発電所

出所：長江三峡公司Website

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

金沙江溪洛渡水力発電所

出所：長江三峡公司Website

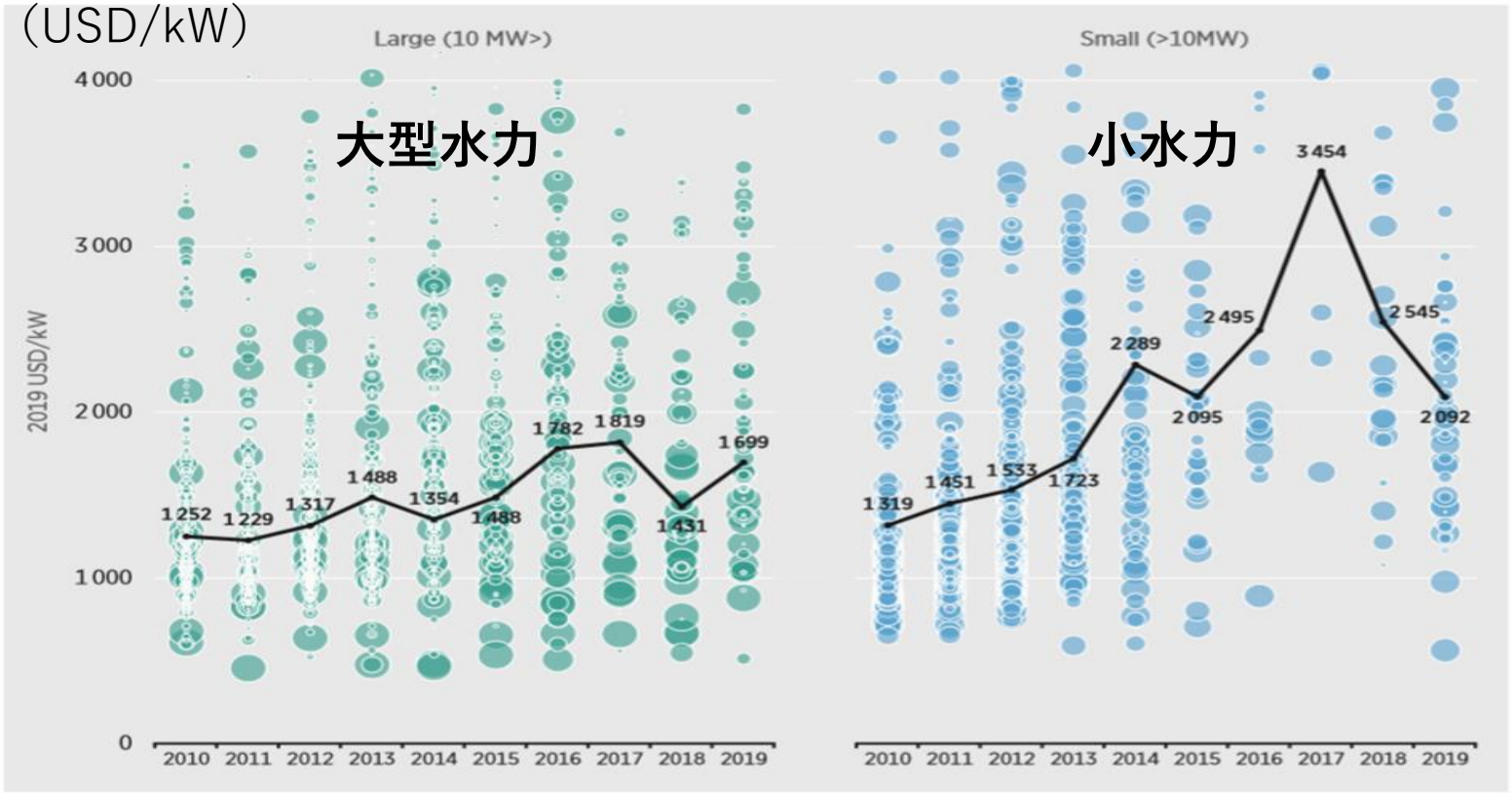
Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.2.1 大型水力

JEPIC

水力の建設コスト推移

Figure 5.3 Total installed costs for small and large hydropower projects and the global weighted average, 2010-2019



Source: IRENA Renewable Cost Database.

出所：IRENA

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.2.2 揚水発電

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.2.2 揚水発電

JEPIC

揚水水力発電に高まる期待

⇒再エネ拡大で揚水の調整力機能が注目されている

世界の電力貯蔵設備の94%が揚水水力

①中国：開発推進　～導入量3,179万kWで世界一
建設中5,243万kWで世界一
国家電網：2,000万kW建設計画追加

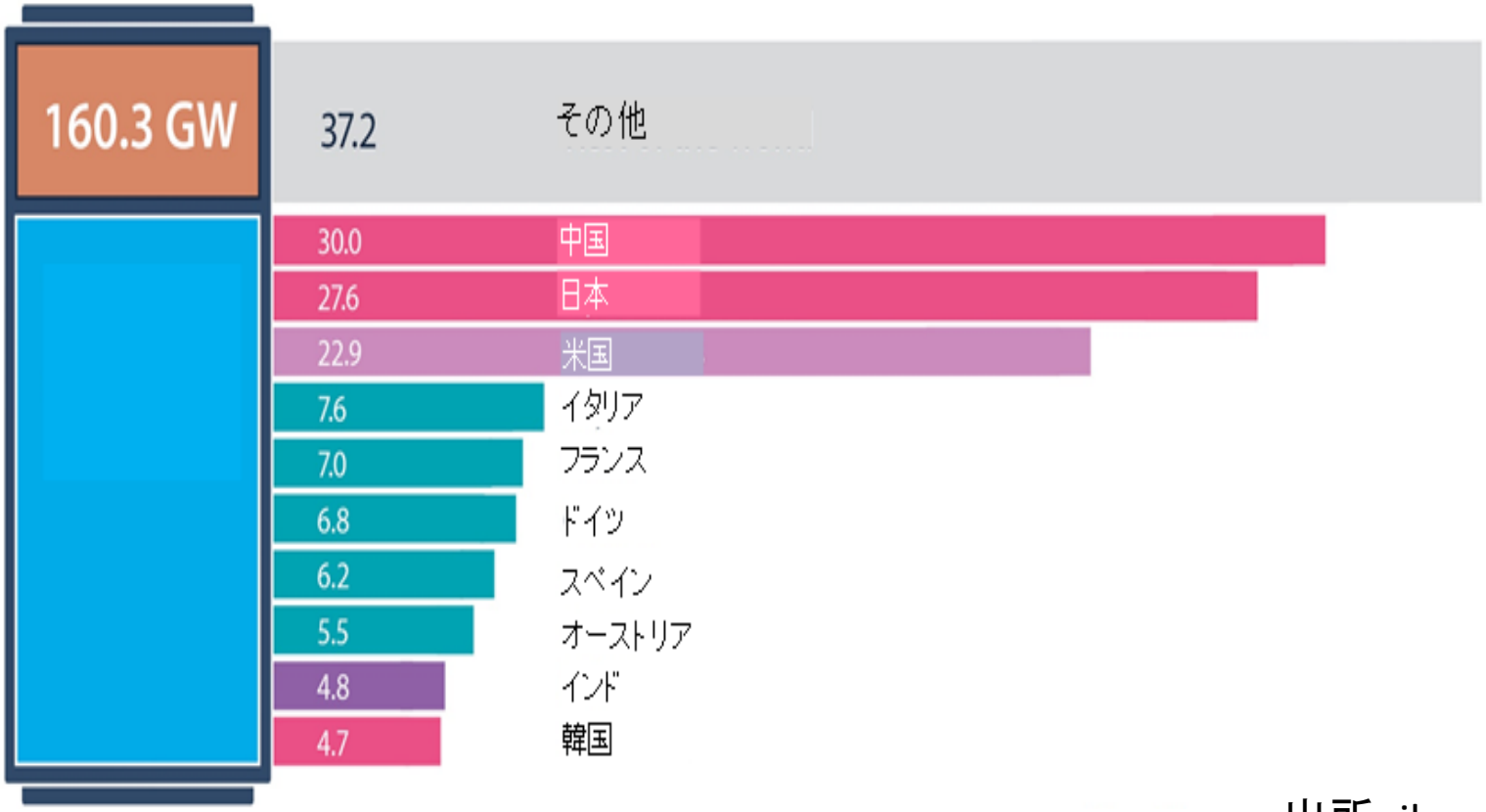
②欧州：ポルトガルなど推進は少数派
既設水力の揚水への改造
ドイツでは風力ハイブリッド揚水発電の提案

③米国：新規開発は進まず
廃坑を「貯水池」に活用する提案も

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.2.2 揚水水力

世界の揚水発電所導入量（GW、2018年）



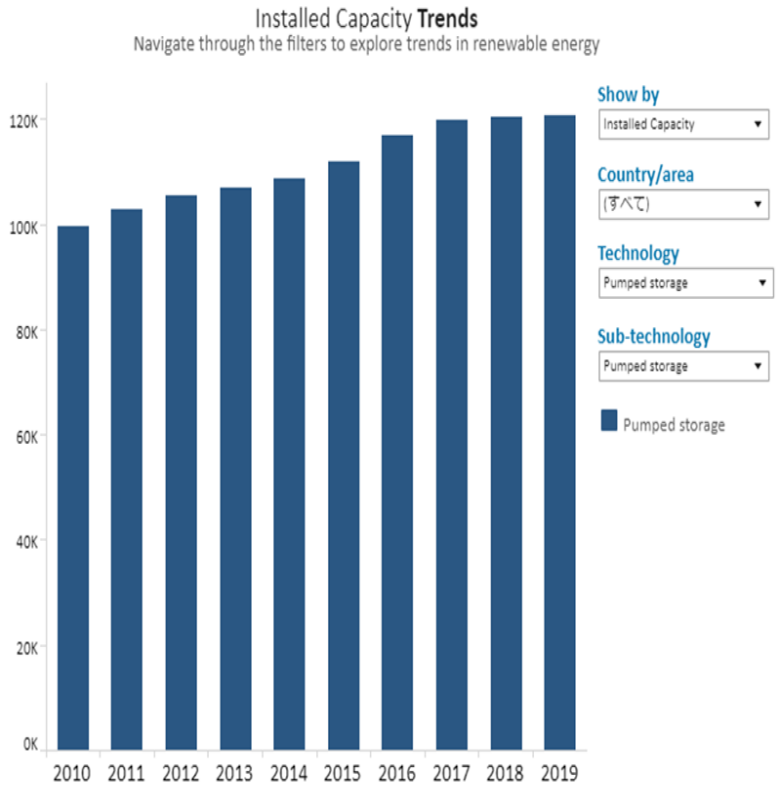
出所：iha

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

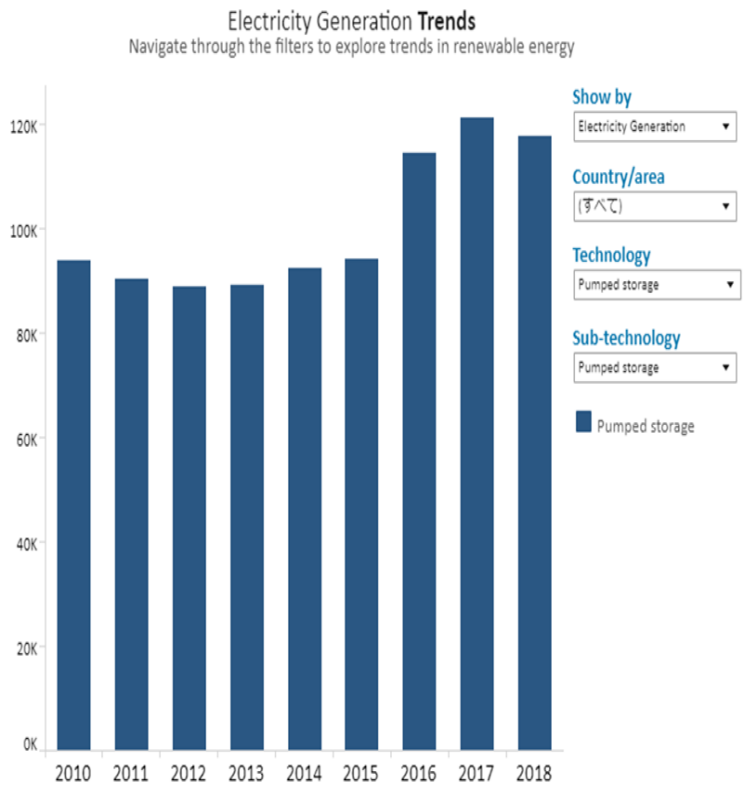
4.2.2 揚水水力

揚水発電　世界

設備容量



発電電力量



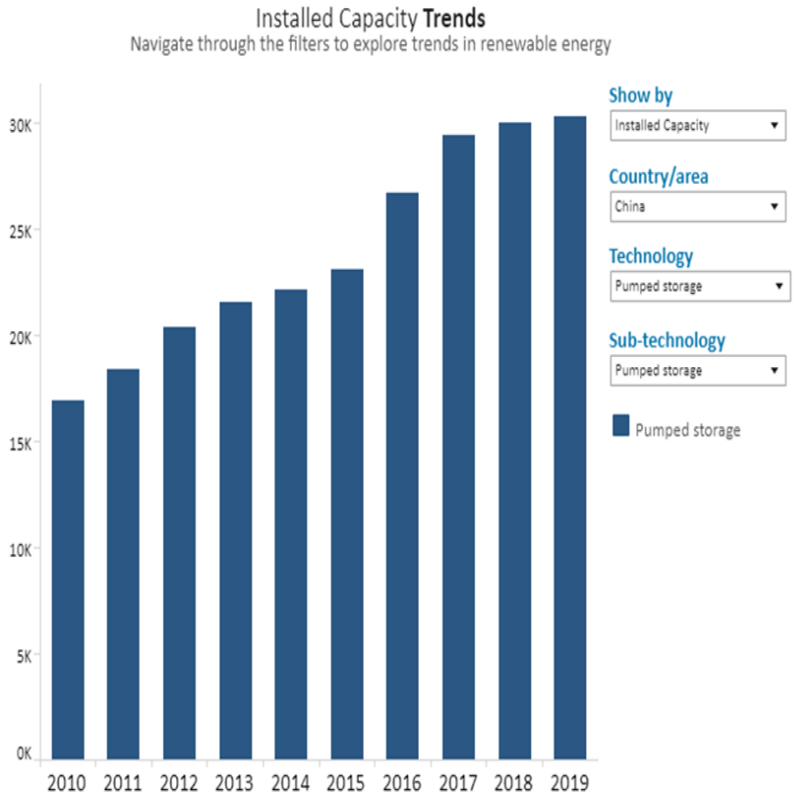
出所：世界再生エネルギー機関（IRENA）

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

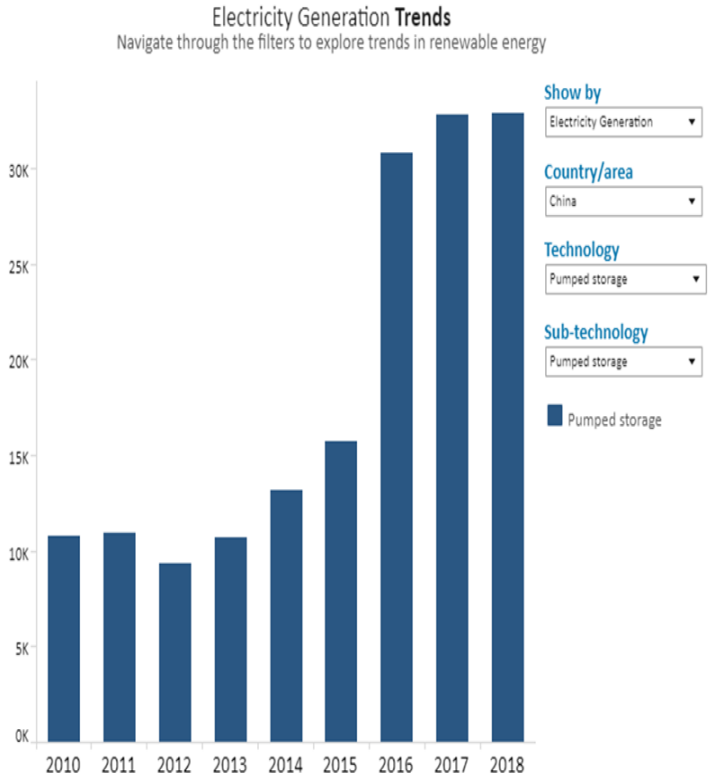
4.2.2 揚水水力

揚水発電　中国

設備容量



発電電力量



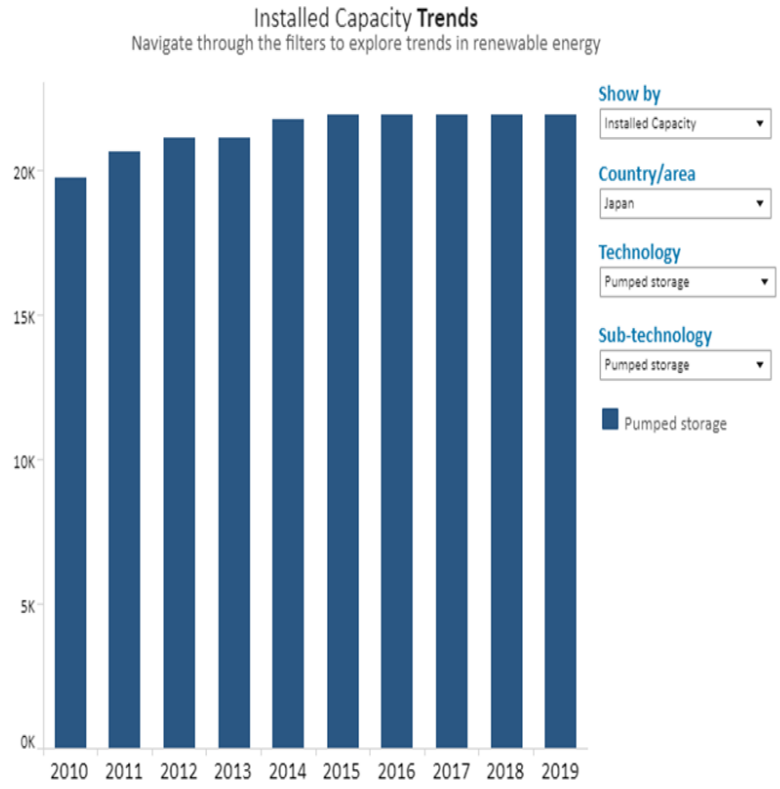
出所：世界再生エネルギー機関（IRENA）

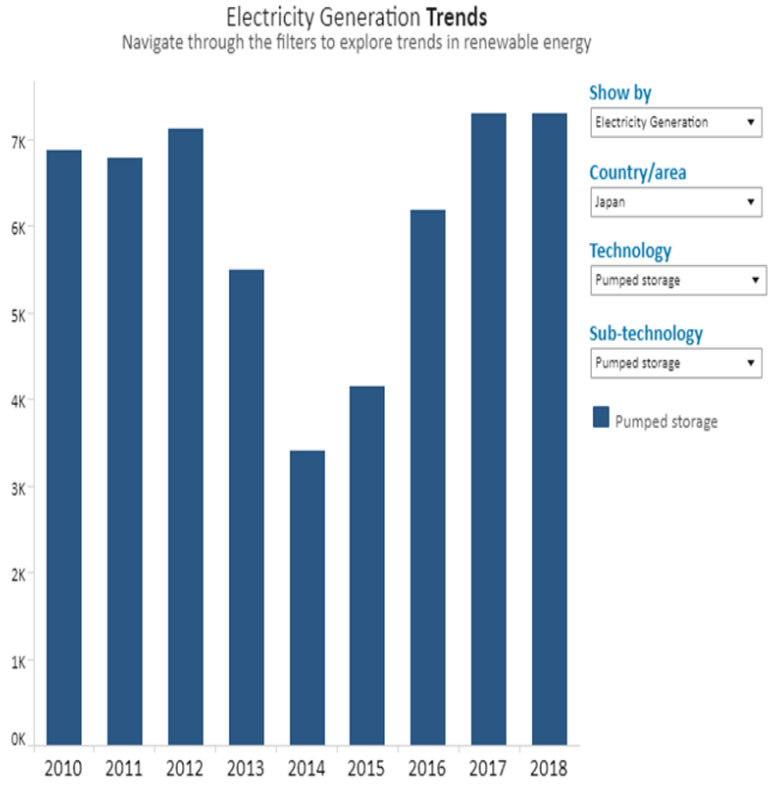
Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.2.2 揚水水力

揚水水力　　日本

設備容量　　発電電力量





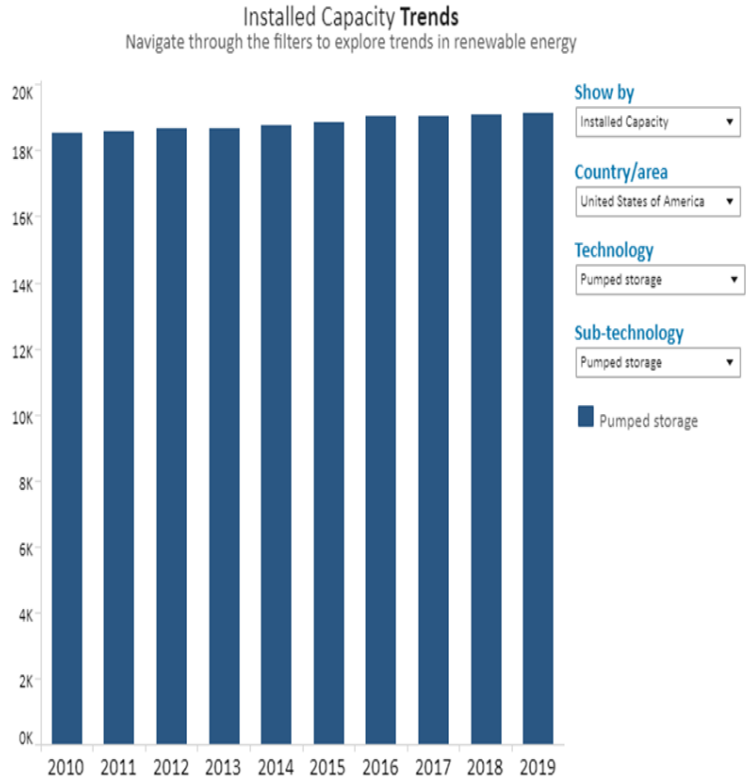
出所：世界再生エネルギー機関（IRENA）

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

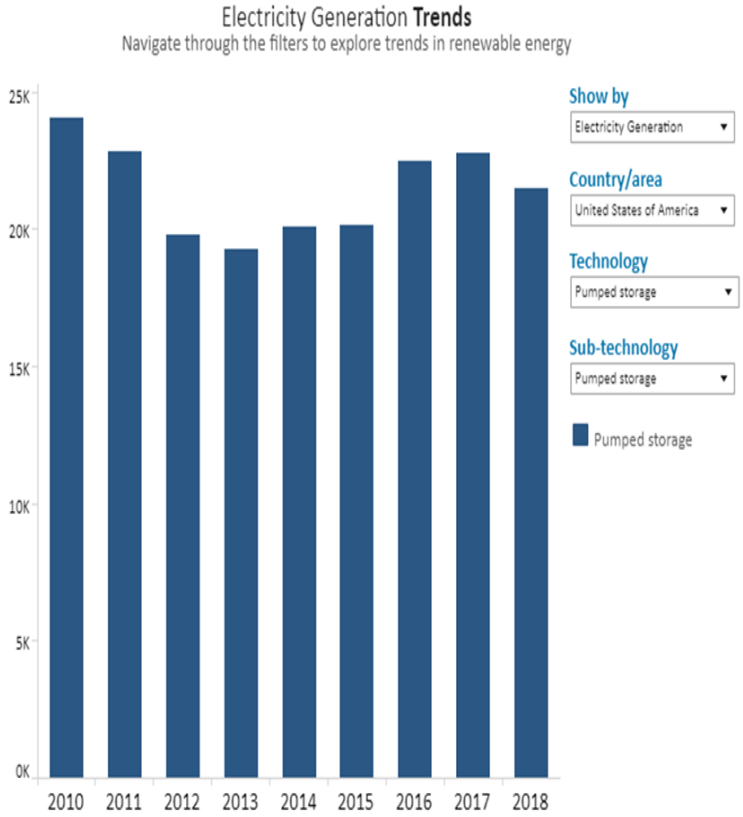
4.2.2 揚水水力

揚水水力　米国

設備容量



発電電力量

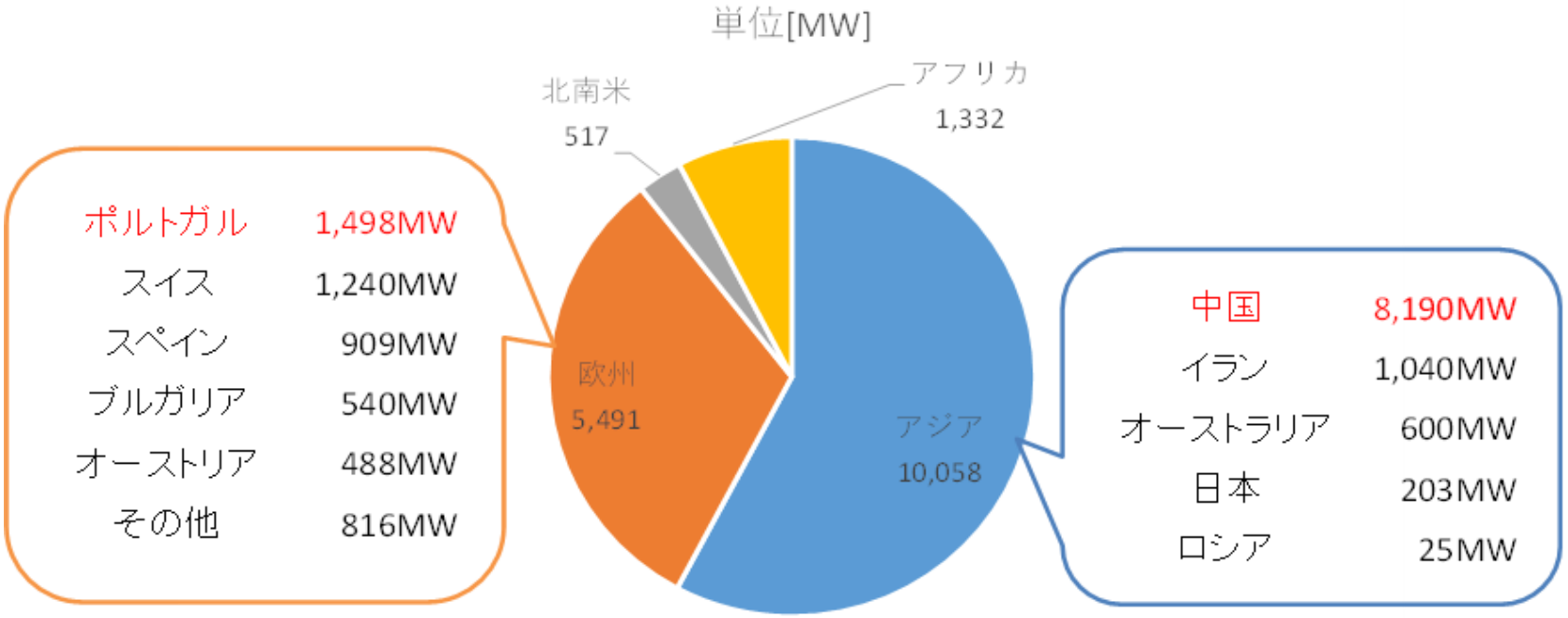


出所：世界再生エネルギー機関（IRENA）

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.2.2 揚水水力

揚水発電所の開発容量（2014年⇒2018年）



出所：iha website, 加藤理　海外電力2020年

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.2.2 揚水水力

世界の揚水水力発電所　出力Top10（2020年末）

	名称	国名	発電容量 kW	運開
1	Bath County	USA	300.3	1985
2	恵州	中国	244.8	2007
3	広東	中国	240	1994
4	奥多々良木	日本	193.2	1974
5	Ludington	USA	187.2	1973
6	天荒坪	中国	183.6	2004
7	Tumut-3	Australia	180	1959
8	Grand'Maison	France	180	1985
9	La Muela I & II	Spain	177.2	2013
10	Dinorwig	UK	172.8	1984
UC	豊寧	中国	360	2023

出所：各社Website等より作成

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.2.2 揚水水力

中国南方電網広東揚水水力発電所

出所：中国南方電網公司Website

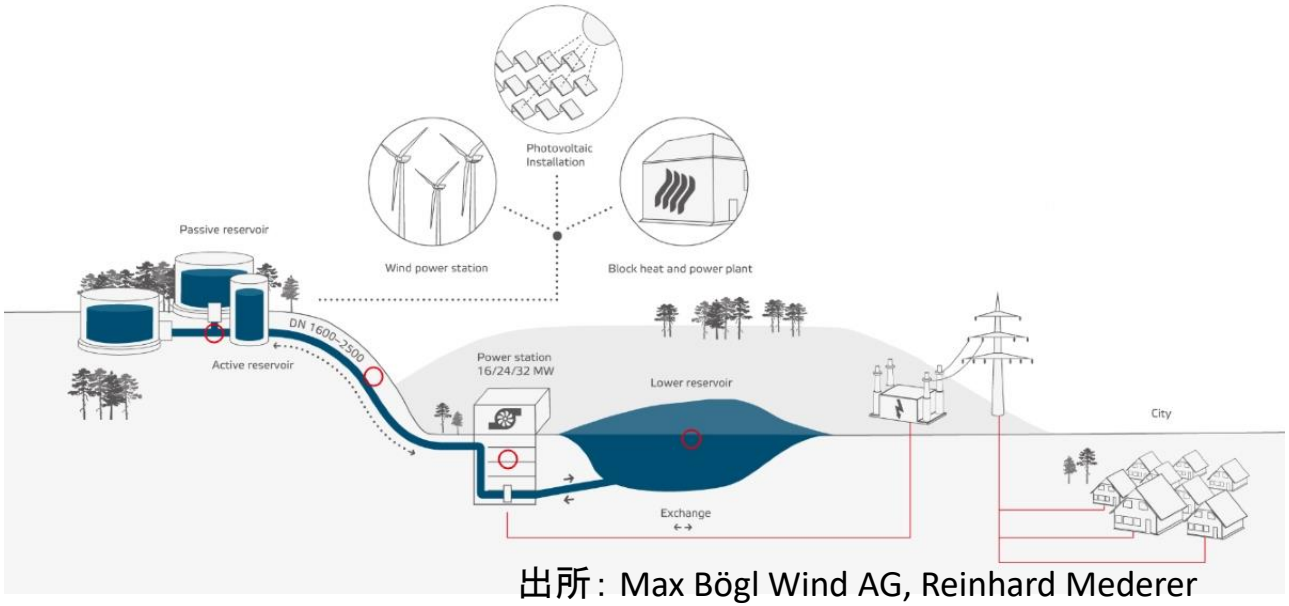
Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.2.2 揚水水力

再エネと揚水の組合せ

Water Battery Gaildorf（ドイツ）

風力：3.4MW×4基
揚水：5.3MW×3台
Max Bögl社



出所：Max Bögl Wind AG, Reinhard Mederer

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.2.2 揚水水力

米国で注目される事例：
廃坑を活用した揚水水力

- 米ニューヨーク州Mineville （Moriah Hydro社）
  出力24万kW　上池・下池ともに地中の鉄鉱山廃坑を利用

- 米カリフォルニア州Eagle Mountain （Eagle Crest社）
  出力130万kW　上池に露天掘りの鉄鉱山廃坑を利用

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.2.2 揚水水力

JEPIC

Mineville揚水の概要

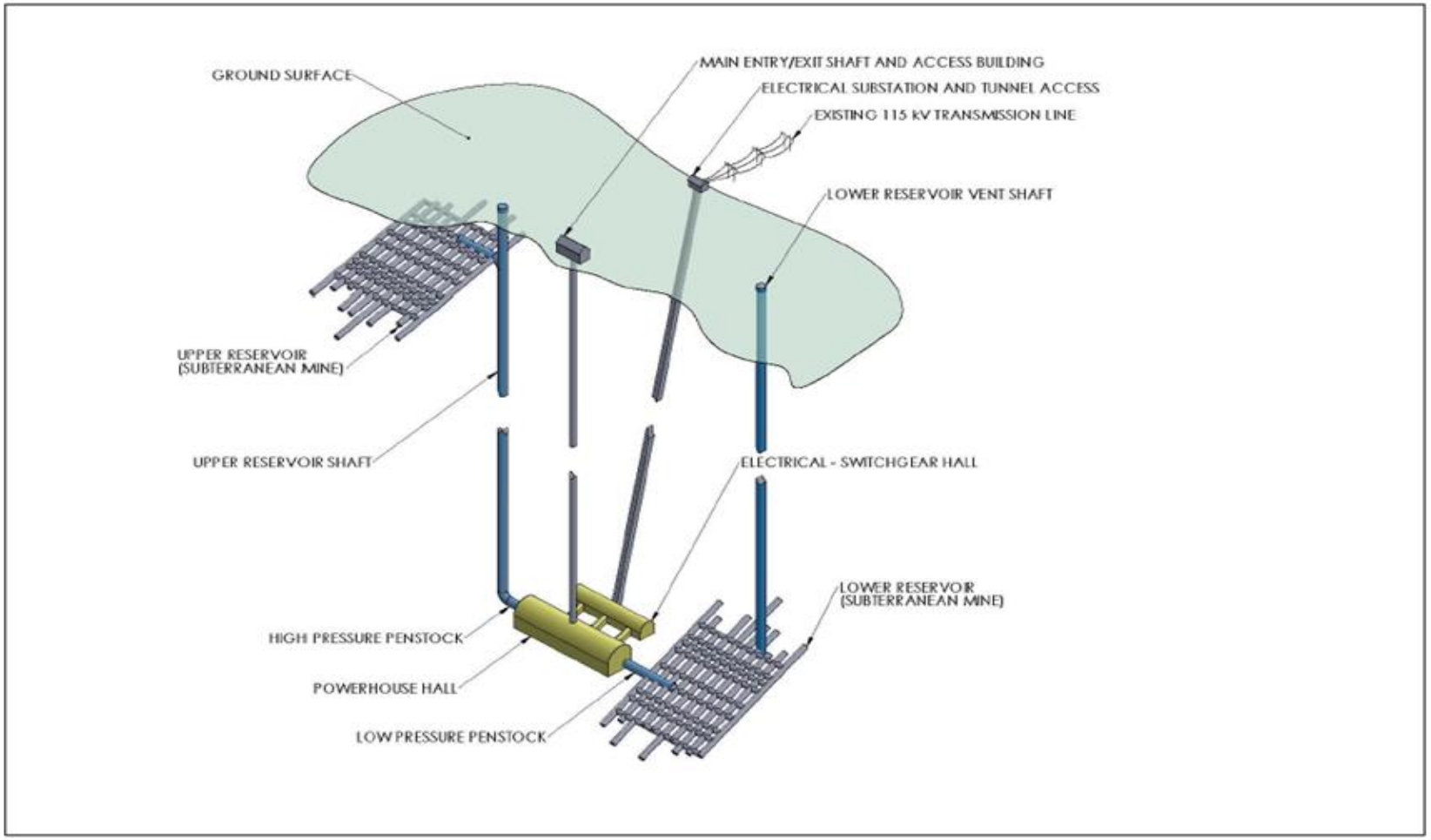


Figure 1-2. Conceptual drawing of the proposed facilities of the Mineville Project (Source: license application, as modified by staff).

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

出所：米国FERCWebsite

4.2.2 揚水水力

JEPIC

- Mineville揚水の概要（その2）

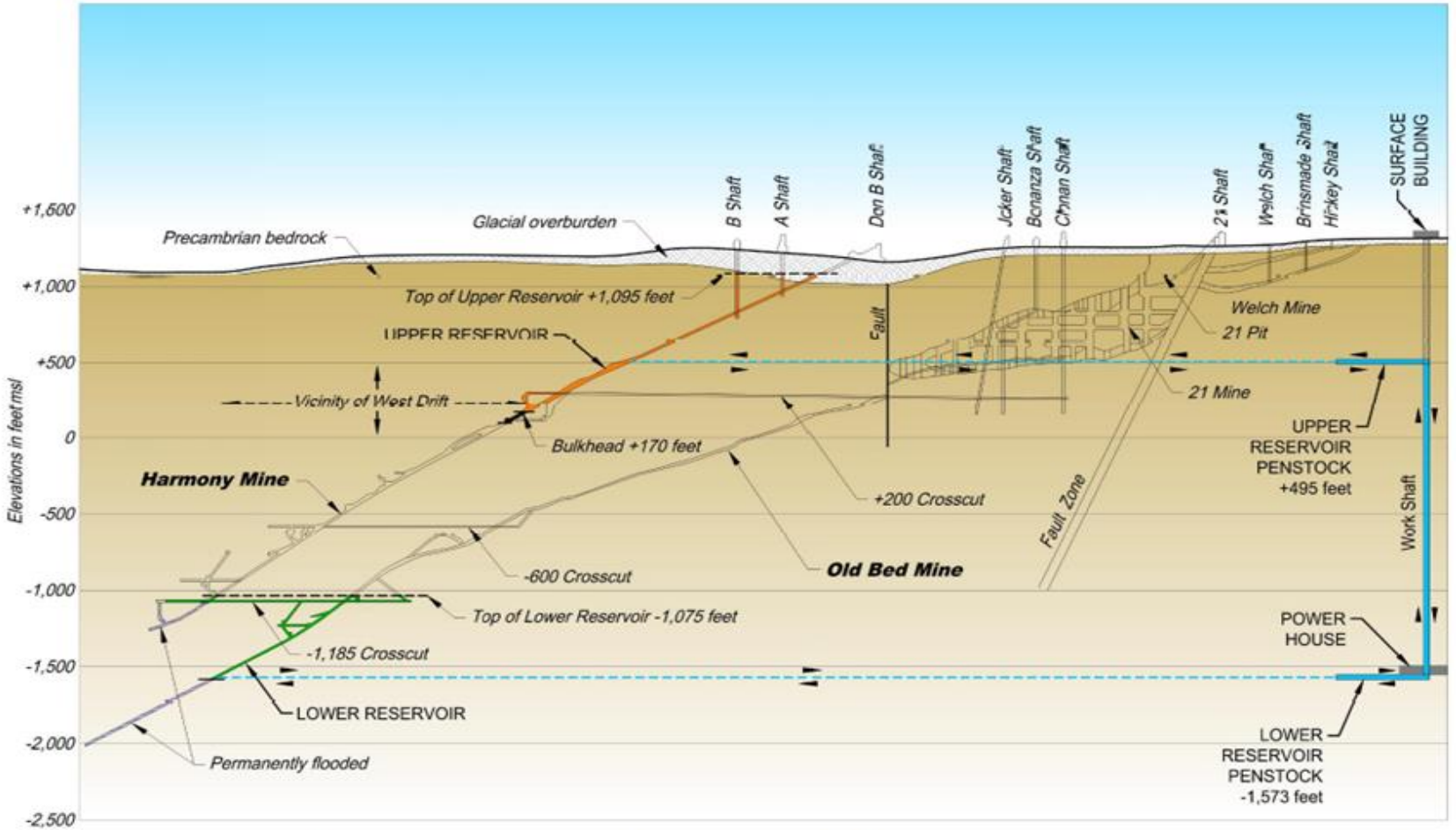


Figure 3-1. Section through Don B Shaft, Harmony Mine, and Old Bed Mine (Source: license application, as modified by staff).

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

出所：米国FERCWebsite

4.2.3　電力貯蔵システム

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.2.3 電力貯蔵システム

JEPIC

電力貯蔵技術の類型

①揚水発電

②圧縮空気、フライホイール等

③蓄電池：リチウム電池、NAS電池、レドックスフロー電池等

⇒　電力貯蔵システム（BESS/ESS)

④スーパーキャパシタ等

⑤P2G、P2X：水素、アンモニア、メタン等

⑥溶融塩

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.2.3 電力貯蔵システム

JEPIC

電力貯蔵システム（ESS）の導入が始まった

⇒　揚水発電の強敵に？

- 世界でESSの導入が始まった：　2020年は前年比47.3%増の2.4GW導入。2030年には累積で134.6GW/437.4GWHに拡大（Frost & Sullivan社予測）　⇒　Behind the Meter含めればさらに！

①米国で普及が進む　2020年の新規導入の6割以上は米国

②欧州でも取組開始

③中国は政府の承認待ち　⇒いずれは世界トップか？

④指摘される問題点

- 電力貯蔵システムの導入コスト
- 安全性：韓国製設備の相次ぐ火災事故
- サプライチェーンを中国が独占する恐れも：コバルト資源等

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.2.3 電力貯蔵システム

JEPIC

電力貯蔵設備（ESS）への取組状況

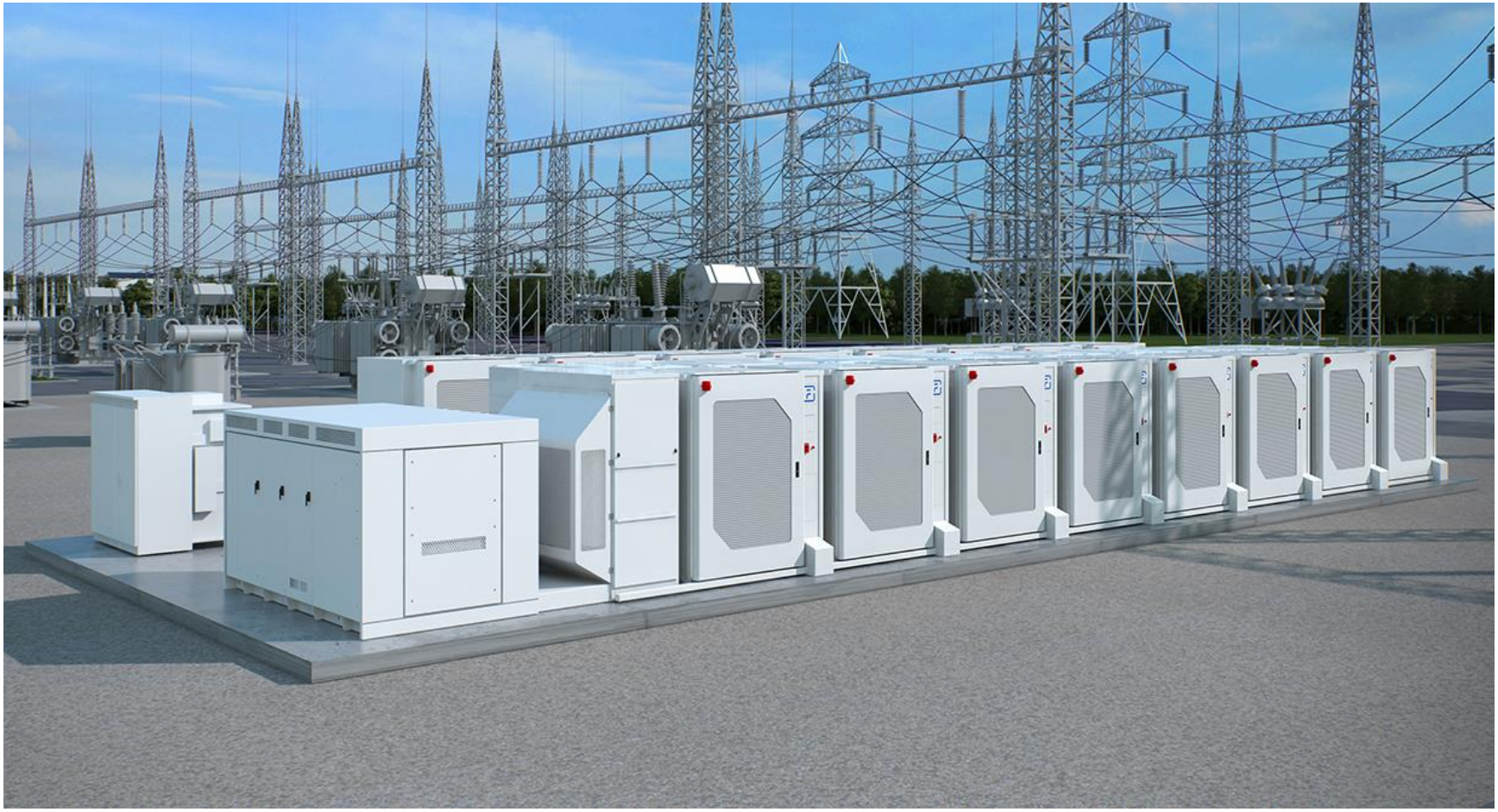
- 米国を中心に普及が進む
  - カリフォルニア州では太陽光増で電力需要曲線がダックカーブに
  - 州規制委員会がPG&E、SCE、SDG＆Eの大手電力3社に蓄電池導入（2020年までに合計1,325MW）を義務付け
  - 東部大西洋沿海部の系統運用者PJM管轄エリアでも導入が進む
- 欧州は今は小規模だが、大手事業者は導入を計画
  - EDF、Iberdrolaは、各々2030年までに大型ESS（10,000MW）を導入
  - E.ON、EDF、Engie、ENELは、「プロシューマー」の電池をアグリゲート
  - Shellは、ドイツの蓄電池スタートアップSonnenを買収して積極参入
- 中国も取り組みを開始
  - 国家電網公司、江蘇省鎮江ESS（101MW）の運用開始（2019）
  - 配電事業者のESS導入コスト回収を当局が認めるか？がポイント

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.2.3 電力貯蔵システム

JEPIC

電力貯蔵システム：米国の導入例： Siemens-AES Fluence Modular ESS



出所：Fluence社 Website

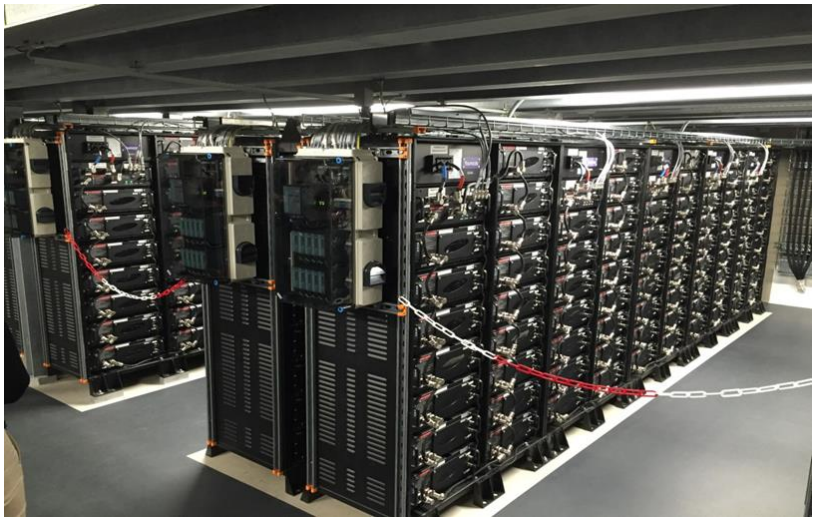
Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.2.3 電力貯蔵システム

JEPIC

電力貯蔵システム　ドイツの導入例

ドイツWEMAG社　Schwerin Battery Park (5MW/5MWh) Younicos製



出所：筆者撮影

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.2.3 電力貯蔵システム

水素製造による電力貯蔵

Uniper WindGas Falkenhagen

風力発電電力2MWを電力貯蔵 （水素生産能力：360㎥／時）

出所：Uniper Website

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.3 CO_2回収貯留・利用（CCUS)

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.3 CO_2回収貯留・利用（CCUS）

JEPIC

カーボンニュートラル政策でCCUSに再注目

①米国

- 米国には発電所のCCUSとしてPetra Novaプロジェクトが存在
- 連邦税制優遇制度（45Q）によるCCUS支援が強化
- 2020年には発電所併設CCUSが新たに9件承認される
- 超臨界CO2サイクル発電（Allam実証施設）も試験開始(2018)
- しかし高コストが原因でPetra Novaは運転休止

②欧州

- 英国では天然ガス火力、バイオマスにCCUS併設を要求

③中国

- 中国では？　　華能集団のパイロット案件等

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.3 CO2回収貯留・利用（CCUS）

JEPIC

米国で運転中の大規模CCS

⇒ CCUSは米国が先行

	名称	事業者	運開年	CO2排出源	CO2用途	回収量 100万 t /
1	Terrell	Occidental Petro.	1972	天然ガス	EOR	0.4-0.5
2	Enid	Koch Nitrogen Co.	1982	肥料	EOR	0.7
3	Shute Creek	Exxon Mobil	1986	天然ガス	EOR	7
4	Great Plains	Dakota Gasificatic	2000	天然ガス	EOR	3
5	Century Plant	Occidental Petro.	2010	天然ガス	EOR	8.4
6	Air Products	Air Products	2013	水素製造	EOR	1
7	Coffeyville	Coffetville Resourc	2013	肥料	EOR	1
8	Lost Cabin	Conoco Phillips	2013	天然ガス	EOR	0.9
9	Petra Nova	NRG/ JX Energy	2016	石炭火力	EOR	1.4
10	Illinois Industrial	Archer Daniels Mi	2017	エタノール	貯留	1

出所：Global CCS Institute,“The Global Status of CCS 2019”

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.3 CO_2回収貯留・利用（CCUS）

- Petra Nova：　唯一のCCS設備付き発電所
- テキサス州ヒューストン近郊のW.A. Parish石炭火力8号機（65.4万kW）に併設（2017年運開　所有者：米事業者NRG社と日本のJXエナジー社）

［出所］ EIA

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.3 CO2回収貯留・利用（CCUS）

JEPIC

米国で現在開発中の政府承認CCS案件

	名称	事業者	状況	CO2排出源	CO2用途	回収量 100万 t /
1	Wabash	Wabash Valley RE	開発中	肥料	地中貯留	1.5-1.75
2	Lake Charles	Lake Charles Me.	開発中	化学	EOR	4.2
3	Dry Fork	Basin EP	開発中	石炭火力	EOR・貯留	3
4	Carbonsafe IL	Prairie State GC	開発中	石炭火力	EOR・貯留	2 -5
5	Project Tundra	Minnkota Power	開発中	石炭火力	EOR・貯留	3.1-3.6
6	Mid-Continent	Nebraska Public P	開発中	エタノール	地中貯留	1.9
7	Oxy & White Energ	Ocidental Petro.	初期開発中	エタノール	EOR	0.6-0.7
8	Oxy Carbon Eng.	Oxy Carbon Eng.	開発中	大気中	EOR	1
9	ECO2S Kemper	Southern Co.	開発中	検討中	地中貯留	3

出所：Global CCS Institute,“The Global Status of CCS 2019”

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.3 CO2回収貯留・利用（CCUS）

JEPIC

米国で2020年に追加承認、注目された開発案件

	名称	事業者	状況	CO2排出源	CO2用途	回収量 100万 t /
1	ZEROS Project	Systems Intl.	建設中	廃棄物発電	EOR	1.5
2	Prairie State	Univ. Illinois	開発中	石炭火力	EOR	6
3	Mustang Station	Golden Spread EC	開発中	ガス火力	検討中	1.5
4	San Juan	Enchant Energy	開発中	石炭火力	EOR・貯留	6
5	Plant Daniel	Southern Co.	開発中	ガス火力	地下貯留	1.8
6	Gerald Gentleman	Nebraska PublicP	開発中	石炭火力	検討中	3.8
7	Cal Capture	Cal Resource Corp	開発中	ガス火力	EOR	1.4
8	LafargeHolcim	Occidental Petro.	初期開発中	セメント	EOR	0.7
9	Bayou Fuels	Velocys	初期開発中	バイオ燃料	EOR	0.5

出所：Global CCS Institute,“The Global Status of CCS 2019”

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.3 CO_2回収貯留・利用（CCUS）

欧州の事例

英国	貯蔵能力	運用開始	参加企業
Net Zero Teesside	450Mt	2030	BP, Eni, Shell
	~1,000Mt		Total, Equinor
Zerocarbon Humber	40Mt	2026	Equinor, National Grid,
			Drax, SSE, Uniper
NECCUS	6Mt	2024	ERM, Wood, RWE,
			Shell, SSE, SP, Total
SWIC	16Mt	n.a.	n.a.
Hynet North West	n.a.	2025	Cadent,
			Progressive Energy

オランダ	貯蔵能力	運用開始	参加企業
Porthos	2.5Mt	2024	Port of Rotterdam,
			Gasnie, ebn
Athos	n.a.	2026	Tata Steel, Gasunie,
			Port Amsterdam

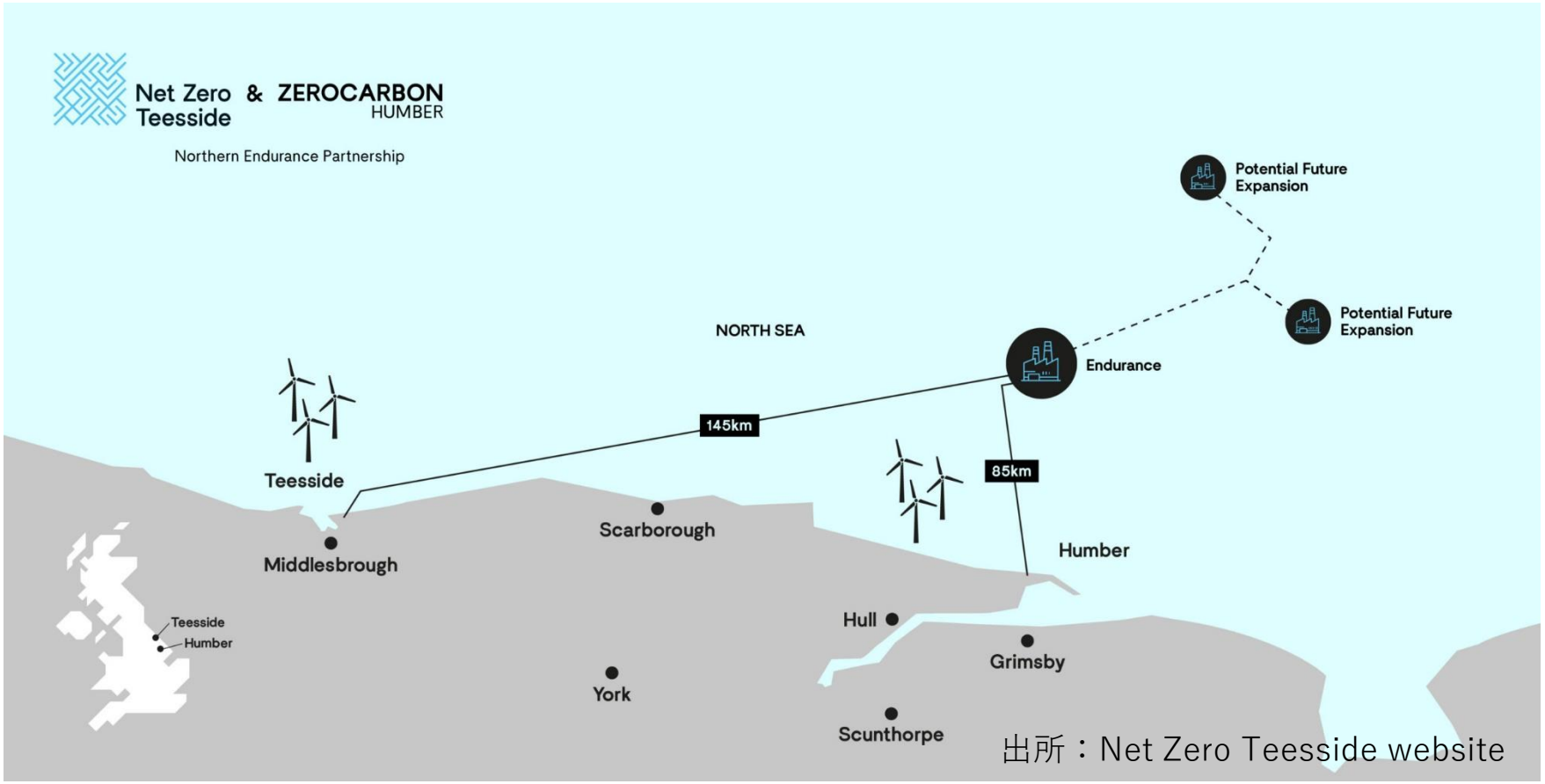
出所：CCS Association website

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.3 CO2回収貯留・利用（CCUS）

欧州のCCUS

英国Net Zero Teesside



Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.3 CO_2回収貯留・利用（CCUS）

JEPIC

欧州石油メジャーのCCS事業例

①Shell　豪州　Gorgon LNG Project　400万t/年
　　カナダ　Quest Project　100万t/年
　　カナダ　Boundary Dam Project　100万t/年
　　ノルウェー　TC Mongstad　10万t/年

②BP　　CO2 Capture Project　Chevron, Petrobras, Suncorと協働
　　Carbon Mitigation Initiative
　　アルジェリア Salah Project

③Total　ノルウェー Sleipner Project　85万t/年
　　カナダ　Lacq Pilot Project　1,000万t/年

など

出所：JOGMEC調査資料

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.4 水素に高まる期待

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.4 水素に高まる期待

JEPIC

4.4.1　主要国の水素戦略

4.4.2　電気事業者の水素への取組

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.4 水素に高まる期待

JEPIC

「水素」を考えるポイント

1．水素利用

（1）エネルギー利用

①燃料電池　運輸　燃料電池自動車（FCV）（PEMFC)、鉄道、船舶

発電　家庭用燃料電池（エネファーム等）（PEMFC)

大型燃料電池発電（SOFC等)

②水素燃焼タービン

（2）産業利用　製鉄など

2．水素製造

（1）化石燃料改質　（グレー水素）　↘　米国、日本は先行していたが今は？

（2）同CCS付　（ブルー水素）

（3）再エネ起源　（グリーン水素）・・・欧州　電力貯蔵の役割も浮上（P2G）

3．水素輸送・貯蔵

（1）液化水素タンク船

（2）地下貯留

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

JEPIC

貯蔵技術別の蓄電容量と蓄電期間

フランス、ドイツ、オランダなど計8カ国は、既設ガスインフラの活用を検討
水素貯蔵の潜在容量：1.2兆kWh　⇔　電力貯蔵容量：約15億kWh

出所　Hydrogen Europe（2019）“Hydrogen Europe Vision on the Role of Hydrogen and Gas Infrastructure on the Road Toward a Climate Neutral Economy”

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.4.1 主要国の水素戦略

JEPIC

主要国の水素戦略

欧州はグリーン水素（再エネによる水素製造）

- EU　欧州水素戦略（2020年7月） 2024年　6GW、2030年　40GW
- ドイツ　国家水素戦略（2020年6月） 2030年までに5GW
- フランス　水素国家戦略（2020年9月） 2030年までに6.5GW

米国バイデン政権はどうするか？

- 米国(民間） 水素経済ロードマップ（2019年10月）

日本、韓国は先行していたが？

- 日本　グリーン成長戦略　需要：2030年300万t、2050年2,000万t
- 韓国　水素R&Dロードマップ（2019年10月）2040年100万t、FC8GW

水素輸出（予定）国は？

- 豪州　国家水素戦略（2019年11月）2030年100万t、2050年2,000万t
- ロシア　水素開発行動計画（2020年10月）2035年に200万トン輸出
- チリ　グリーン水素国家戦略(2020年11月）潜在生産力1,800GW　2025年5GW

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.4.2 電気事業者の水素への取組

JEPIC

（1）欧州電気事業者は積極的に事業展開

- ✓ Green Hydrogen Catapult：2020年12月発足：Iberdrola、Ørsted等
  2026年目標：水素製造設備2,500万kW、製造コスト２＄/kg
- ✓ Engie： GRHYD、Jupiter1000など多数の天然ガス代替実証事業を推進
- ✓ Iberdrola： グリーン水素製造 2030年目標 水電解設備400万kW
- ✓ EDF： 水素製造子会社Hynamicsを2019年に設立し参入、原子力利用水素
- ✓ Vattenfall： 水素ステーション運営、P2G、水素製鉄実証等
- ✓ Enel： 水素戦略を近く公表予定
- ✓ RWE： 洋上風力でP2G、水素製鉄実証、水素合成燃料製造実証
- ✓ Ørsted： P2G、水素合成燃料製造実証
- ✓ Uniper： P2G Windgas事業 天然ガス導管で水素混合ガスを供給
- ✓ Tennet： P2G 2022年に水電解設備10万kWを稼働予定
- ✓ Amprion： P2G 2023年に水電解設備10万kWを稼働予定

Copyright © 2021 JEPIC All Rights Reserved. 無断転載禁

4.4.2 電気事業者の水素への取組

JEPIC

（参考1）ドイツの水素実証プロジェクト

名称	概要（時期）	主な事業者	目的	電解装置容量
Carbon2Chem	水の電気分解により水素を製造し、製鉄で利用することでCO_2を削減。（2020年代半ば）	Thyssenkrupp、RWE	・石炭コークス代替 ・再エネ活用	10万kW
GETH2（①）	洋上風力等の再エネ由来の水素をガス管網で輸送し産業用途等で使用。岩塩層での貯蔵も計画。上記Carbon2Chemに水素を提供予定。（2022年～）	RWE、Siemens	・天然ガス代替 ・再エネ活用 ・貯蔵	10万kW
ELEMENT EINS	再エネ電力を利用して水素を製造し、水素を既存のガス管網に注入することで、産業、家庭のエネルギー転換を図る。水素の地下貯蔵も検討されている。（2022年～）	TenneT、Gasunie	・天然ガス代替 ・再エネ活用 ・貯蔵	10万kW
Hybridge	変電所の近隣に水電解装置を設置して水素を製造。既存ガス管網の一部を水素専用に転用し、産業部門への水素を供給。ガス貯蔵施設を水素貯蔵施設に転換することも予定されている。（2023年～）	Amprion、 Open Grid Europe	・再エネ活用 ・貯蔵	10万kW
Westküste100	洋上風力発電由来の水素を製造し、石油精製に使用。セメント工場から回収したCO_2と組み合わせて合成燃料製造も計画。（時期未定）	EDF Deutschland 、Ørsted、thyssenkrupp	・代替水素製造 ・代替燃料製造 ・再エネ活用	3万kW
HydroHub Fenne	石炭火力発電所に水電解装置を設置し、再エネ余剰電力が発生している際に水素を製造。水素は近隣の製鉄会社に供給する。（進捗が順調な場合2023年に稼動）	Steag、Siemens	・代替水素製造 ・再エネ活用	1万7,500kW
REFHYNE	水の電気分解により製造した水素を石油精製に使用することでCO_2を削減。（2020年夏から水素製造開始予定）	Shell、ITM Power	・既存水素代替 ・再エネ活用	1万kW
SmartQuart（②）	陸上風力と太陽光発電由来の水素を製造し、家庭の暖房やバスなどの公共交通機関の燃料として使用。（2020～2024年）	E.on、RWE	・既存燃料代替 ・再エネ活用	1,000kW
ALIGN CCUS（③）	水の電気分解により製造した水素と石炭火力発電所から排出されるCO_2を組み合わせて合成燃料を製造。（2017～2020年）	RWE	・既存燃料代替	140kW

出所：杉田康、海外電力、海外電力調査会　2021年4月

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.4.2 電気事業者の水素への取組

JEPIC

（参考2）英国の実証プロジェクト

名称	概要（時期）	主な事業者	目的	補助金額
BEIS資金援助プロジェクト				
Acorn	天然ガスを原料として水素を製造し、水素をガス管網に注入。製造時に排出されるCO_2は北海海底に貯蔵。（2025年～）	Pale Blue Dot Energy、Shell、Total	・天然ガス代替	270万ポンド（約3億6,500万円）
Dolphyn	浮体式洋上風力発電所に併設した水電解装置を用いて洋上で水素を製造し、水素をガス管網に注入。（2023年～）	ERM	・天然ガス代替 ・再エネ活用	312万ポンド（約4億2,100万円）
Gigastack	洋上風力発電所の電力を使用して陸上で水電解により水素を製造し、水素を石油精製で使用。（時期不明）	ITM Power Trading、Ørsted	・代替水素製造 ・再エネ活用	750万ポンド（約10億円）
HyNet	天然ガスを原料として水素を製造し、水素は天然ガス管網に注入等で活用。製造時に排出されるCO_2をガス田に注入。（2020年代半ば）	Progressive Energy	・天然ガス代替 ・代替燃料製造	748万ポンド（約10億円）
HyPER	天然ガスを原料とした新たな水素製造法を実証。（2019～2021年）	Cranfield大学	・水素製造法の新開発	744万ポンド（約10億円）
HySecure	岩塩層における水素貯蔵量とコストを実証。	INOVYN Enterprises、Storengy	・貯蔵	第一段階は補助対象であったが、第二段階の対象とならず。
Hydrogen to Heysham	原子力発電所に水電解装置を設置して低炭素水素を製造。	EDF Energy	・低炭素水素製造	
Methilltoune	洋上風力発由来の水素を製造し、水素専用ガス管網で家庭用暖房の燃料を供給。	SGN	・天然ガス代替 ・再エネ活用	
Novel Renewable Ethanol Steam Reformer	再エネ由来のバイオ燃料からの水素製造。	Wood	・再エネ活用	
Novel Steam Methane / Gas Heated Reformer	天然ガスからの新たな水素製造とCCSの組み合わせを実証。	Wood	・水素製造法の新開発	
Delivery of an offshore hydrogen supply programme via industrial trials at the Flotta Terminal	天然ガスや洋上風力由来の水素製造を洋上で行う場合の検証。	The Oil & Gas Technology Centre	・再エネ活用	
Zero Carbon Hydrogen Supply from Waste & Biomass	廃棄物やバイオマスからの水素製造の実証。	Kew Projects	・水素製造法の新開発	
Harwell Ammonia to Renewable Hydrogen Project	水素キャリアとしてのアンモニアの機能を実証し、再エネ活用につなげる。	Ecuity Consulting	・再エネ活用	
（参考）その他の水素関連プロジェクト				
BIG HIT	離島において再エネ由来水素を製造し。運輸や建物、発電で利用。（2016～2021年）	European Marine Energy Centre	・天然ガス代替 ・再エネ活用	（参考）

出所：杉田康、海外電力、海外電力調査会　2021年4月

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.4.2 電気事業者の水素への取組

JEPIC

（参考3）フランスの実証プロジェクト

名称	概要（時期）	主な事業者	目的	総事業費
GRHYD	水の電気分解により製造した水素をガス管網に注入。（2018～2020年）	Engie、McPhy	・天然ガス代替 ・再エネ活用	1,530万ユーロ （約19億円）
Jupiter1000	再エネ由来の水素または水素から製造したメタンをガス管網に注入。（2020年～）	GRTgaz (10)（Engie子会社）、McPhy、RTE	・天然ガス代替 ・再エネ活用	2,790万ユーロ （約33億円）
Methycentre	再エネ由来の水素と農業廃棄物由来のバイオガスを組み合わせてメタンを製造。（2021～2023年）	Storengy（Engie子会社）、AREVA H_2Gen	・天然ガス代替 ・再エネ活用	1,050万ユーロ （約13億円）
Hycaunais	再エネ由来の水素と廃棄物埋立地由来のバイオガスを組み合わせてメタンを製造。（2021～2025年）	Storengy、AREVA H_2Gen	・天然ガス代替 ・再エネ活用	1,088万ユーロ （約13億円）
HyGreen	再エネ由来の水素を製造し、岩塩層に貯蔵。（2022年～）	Engie、Air Liquide	・貯蔵 ・再エネ活用	3億ユーロ （約360億円）
（参考）運輸部門のプロジェクト				
2000 HYPE 600	2020年にパリに600台の燃料電池タクシーを導入。	トヨタ自動車、Air Liquide	・既存燃料代替	不明
DMSE 2	ディジョン市に27台の燃料電池バスを導入（別途、家庭ごみ収集車に燃料電池車を導入予定）	ディジョン市、Hynamics（EDF子会社）	・既存燃料代替	不明

出所：杉田康、海外電力、海外電力調査会　2021年4月

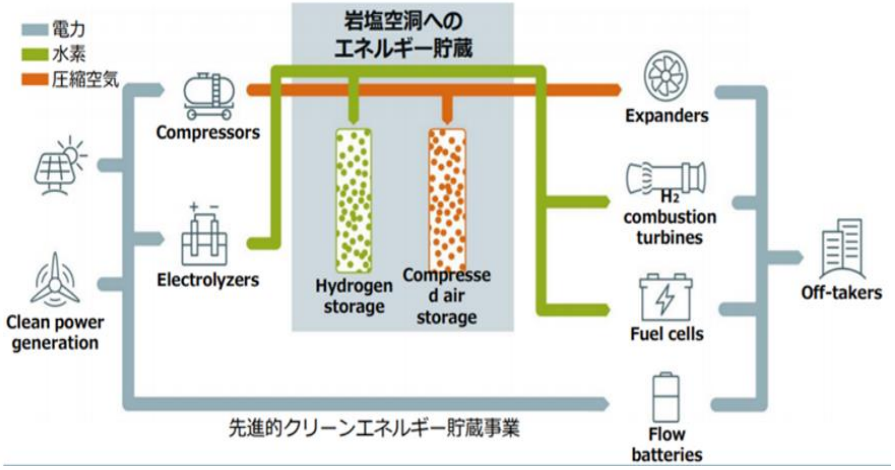
Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.4.2 電気事業者の水素への取組

（2）米国は水素利用中心　～プロジェクトの事例紹介

①ACESプロジェクト（Advanced Clean Energy Storage）

- 事業者：三菱パワー社とMagunum Development社
- ユタ州、地下溶塩ドームに再エネ水素を貯留
- 水素燃焼タービン、レドックスフロー電池、固体酸化物形燃料電池（SOFC）
- 2025年までに出力25万kWの設備建設



出所：三菱パワー社

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

4.4.2 電気事業者の水素への取組

JEPIC

②Intermountain石炭火力

既設の石炭ユニット(180万kW、ユタ州)を水素燃焼タービンにリプレース

三菱パワー社のM501JAC（出力42万kW）を採用

2025年に水素30%で運用開始、2045年100%目指す

③Longridge Energy Terminal GTCC火力

既設のGTCC（オハイオ州）を水素混焼に改造

GE製7HA型を採用

④Orange Countyガス火力

テキサス州で、Entergyが三菱パワー社と水素混焼設備を開発

原子力発電電力を利用した水素を使用

⑤Okeechobeeガス火力

フロリダ州で、NextEraが再エネで水素製造を開始（2万kW、2023年）

既設ガス火力を改造して混焼利用

出所：杉田康、海外電力、海外電力調査会　2021年4月

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

まとめ

JEPIC

電気事業者の経営環境変化は新型コロナで加速

- 再エネシフト：再エネのコスト低減が急進
  洋上風力の拡大
  電力貯蔵に期待：電力貯蔵システム、揚水
- 脱炭素：　脱石炭が加速、天然ガスにも転機が
  CCUS、水素に期待
- デジタル化、分散化
  送配電ネットワーク強化：スマート化、レジリエンス
  新しい顧客ソリューション事業の提案
- 事業再編・M&A
  電気事業者は生き残りを模索
  脱発電、脱自由化市場⇔再エネシフト、デジタル

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載

ご静聴ありがとうございました

一般社団法人　海外電力調査会
https://www.jepic.or.jp

Copyright © 2021 JEPIC. All rights reserved. 禁無断転載