

2019年度 IEA水力実施協定 国内報告会 Annex-9「水力発電の多様な価値 フェーズ2」 活動報告

2020年1月23日 グランパークカンファレンス 401
IEA水力実施協定 Annex-9専門部会委員
関西電力㈱ 水力事業本部 開発グループ
太田 耕一

背景: FRADES II 揚水発電所貯水池(ポルトガル)



目次

1. Annex-9 今年度の活動概要
2. ポルトガルの揚水発電調査
 - 2-1. ポルトガルの現状
 - 2-2. EDPの概要
 - 2-3. 近年の揚水発電プロジェクト
 - 2-4. 揚水発電の収益構造
3. まとめ
4. (補足)揚水発電所におけるEDPの取組み

1. Annex-9 今年度の活動概要①

【テーマ】

水力発電の多様な価値(フェーズII)

【目的】

変動性再エネの増加および気候変動に対する新たな水力の役割と価値を見出すこと

【参加国・機関】

ノルウェー(OA)、オーストラリア、アメリカ、EU、日本、ブラジル、フィンランド

【今年度 活動概要】(日本は揚水にフォーカス)

・ポルトガルでの揚水発電調査の実施

変動性再エネの導入率が高く、揚水発電の稼働率が高いポルトガルの揚水発電所の運用実態を調査する。

・日本における揚水発電所の運用状況調査

変動性再エネ導入が進む国内の揚水発電所の運用状況などを調査する。

1. Annex-9 今年度の活動概要② ー今年度の位置づけー

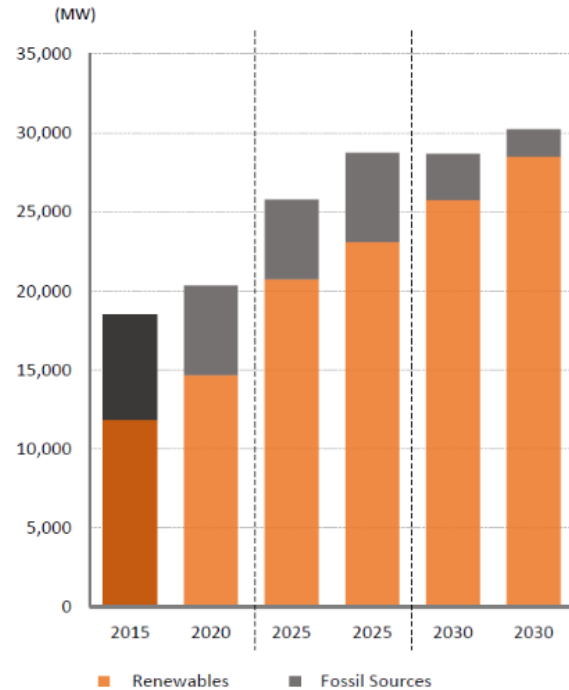
2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
日本は揚水に注目			
ドイツ オーストリア -----> 可変速やターナリー式 揚水の紹介	アメリカ カリフォルニアでの値 差取引の紹介など	実態調査 日本 ↔ ポルトガル ↔ 文献調査 ↔	これまでの活動(フェーズII) の取りまとめ、および追加 実態調査 ↔
電力システムの制度設計や揚水発電所の運用実態に関する情報収集により、 技術的、制度的な課題を明確にするとともに、揚水の役割や価値を整理する。			

2-1. ポルトガルの現状①

—電源構成—

ポルトガルの設備容量(19.9GW、2018)

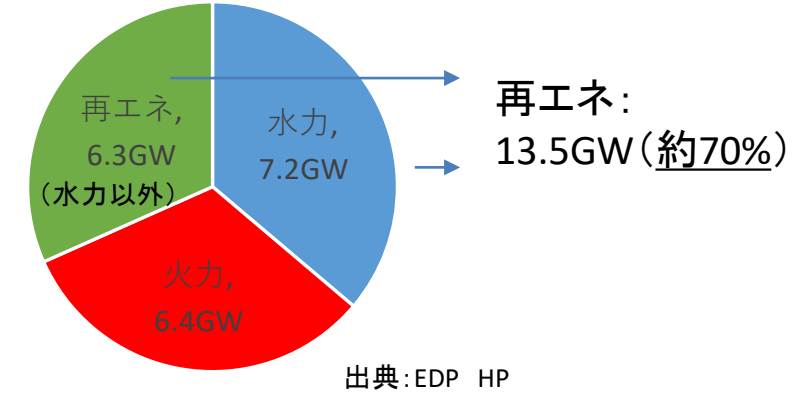
EVOLUTION OF INSTALLED CAPACITY IN 2030 (MW)



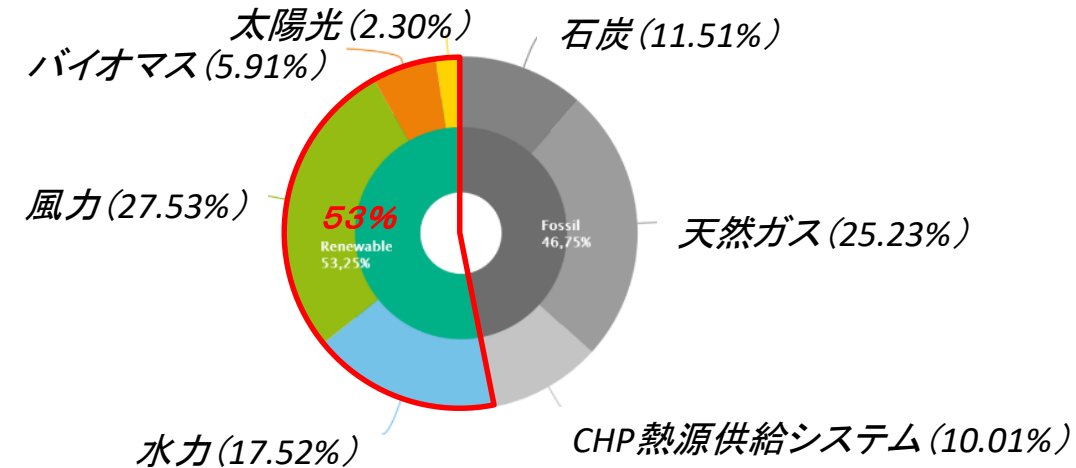
	2018	2030
Fossil Sources	6,4 GW	2,9 GW
Hydro	<u>7,2 GW</u>	<u>9,0 GW</u>
Wind	5,1 GW	8,0 - 9,2 GW
Solar	0,6 GW	8,1 - 9,9 GW
Others RES	0,6 GW	0,6 - 0,7 GW
TOTAL	19,9 GW	28,6 – 31,7 GW
TOTAL FER	13,5 GW	25,7 – 28,8 GW

(注釈) FER: 再生可能エネルギー

©AEF 2019 – Presenting Portuguese Solar Projects:
New Public Policies and the Uptake of Solar Energy in Portugal



発電電力比率(2019年1月~11月)

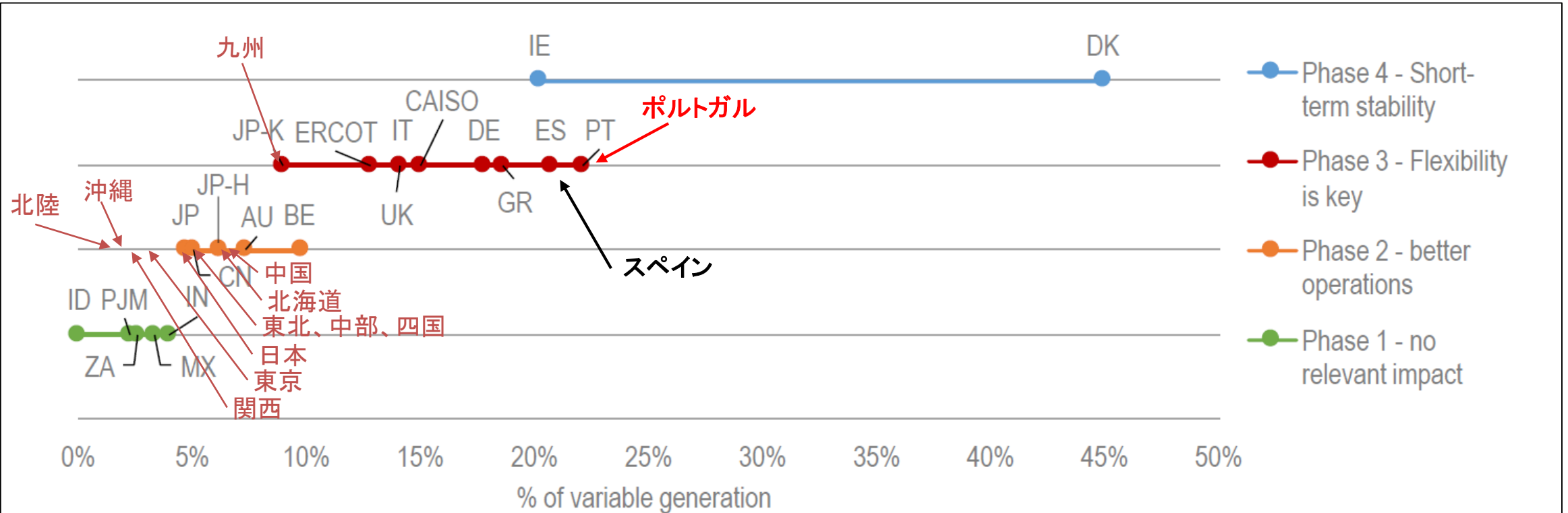


出典: REN HP

※再エネだけで需要が賄えた時間: 合計約110時間(2019年)

2-1. ポルトガルの現状②

—IEAによる変動性再エネの導入率と技術的困難性による段階分類—

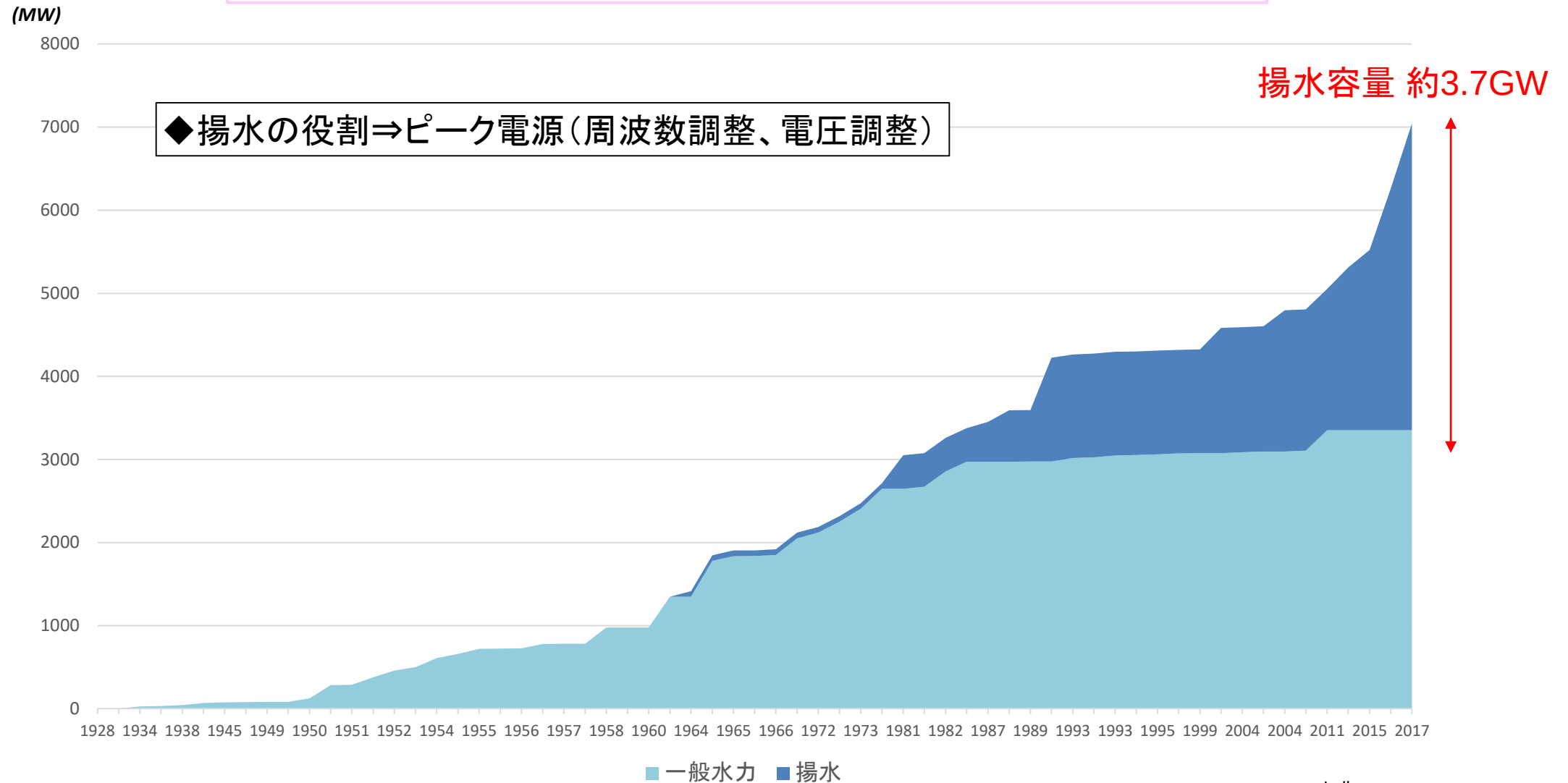


Notes: AT = Austria; AU = Australia; BR = Brazil; CL = Chile; CN = China; DE = Germany; DK = Denmark; ES = Spain; GR = Greece; ID = Indonesia; IE = Ireland; IN = India; IT = Italy; JP = Japan; JP-H = Hokkaido (Japan); JP-K = Kyushu (Japan); MX = Mexico; NZ = New Zealand; PT = Portugal; SE = Sweden; UK = the United Kingdom; ZA = South Africa. PJM, CAISO and ERCOT are US energy markets.

Source: Adapted from IEA (2017a), *Renewable 2017*.

2-1. ポルトガルの現状③

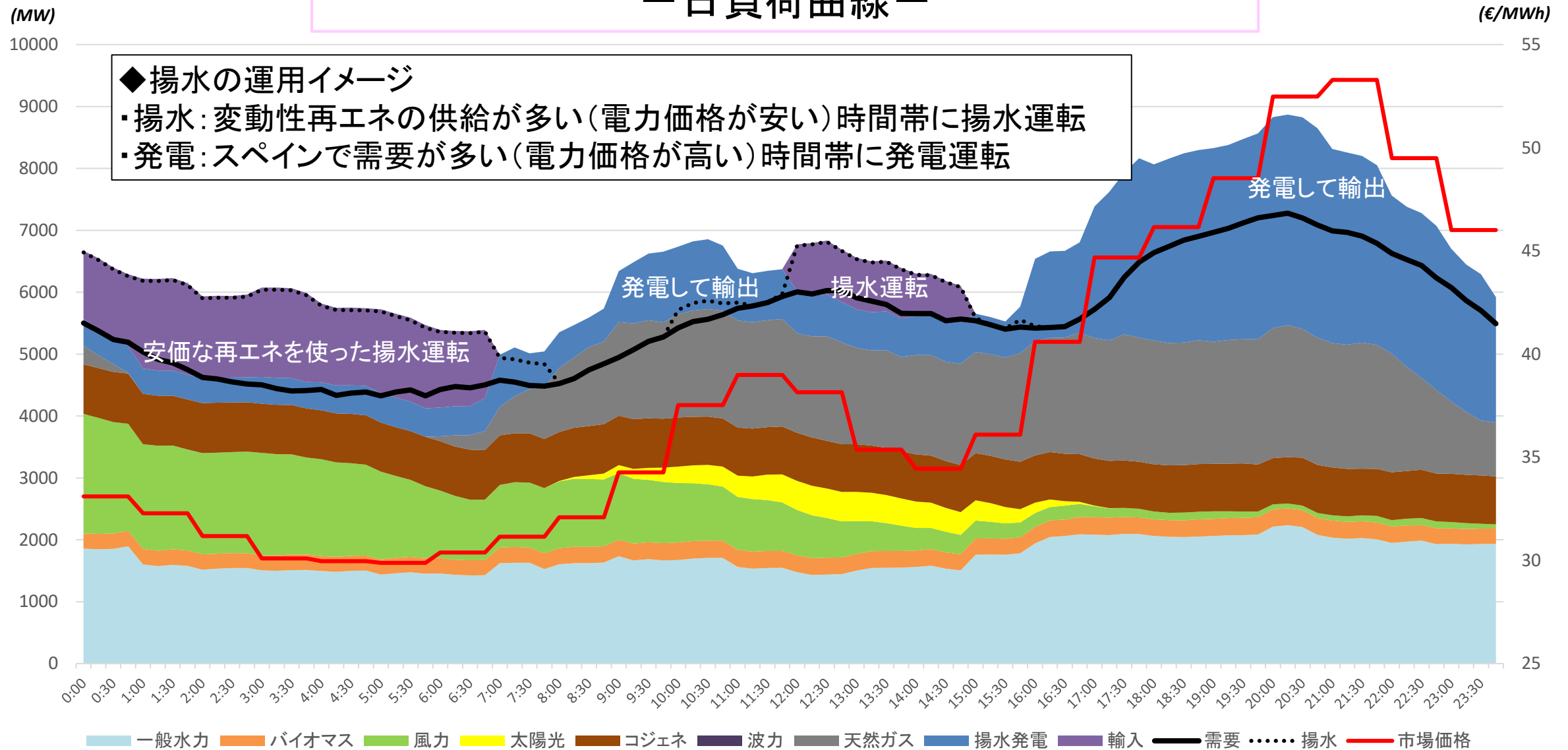
ー揚水の必要性ー



水力発電所の開発推移(ポルトガル全土)

出典: EDP HP

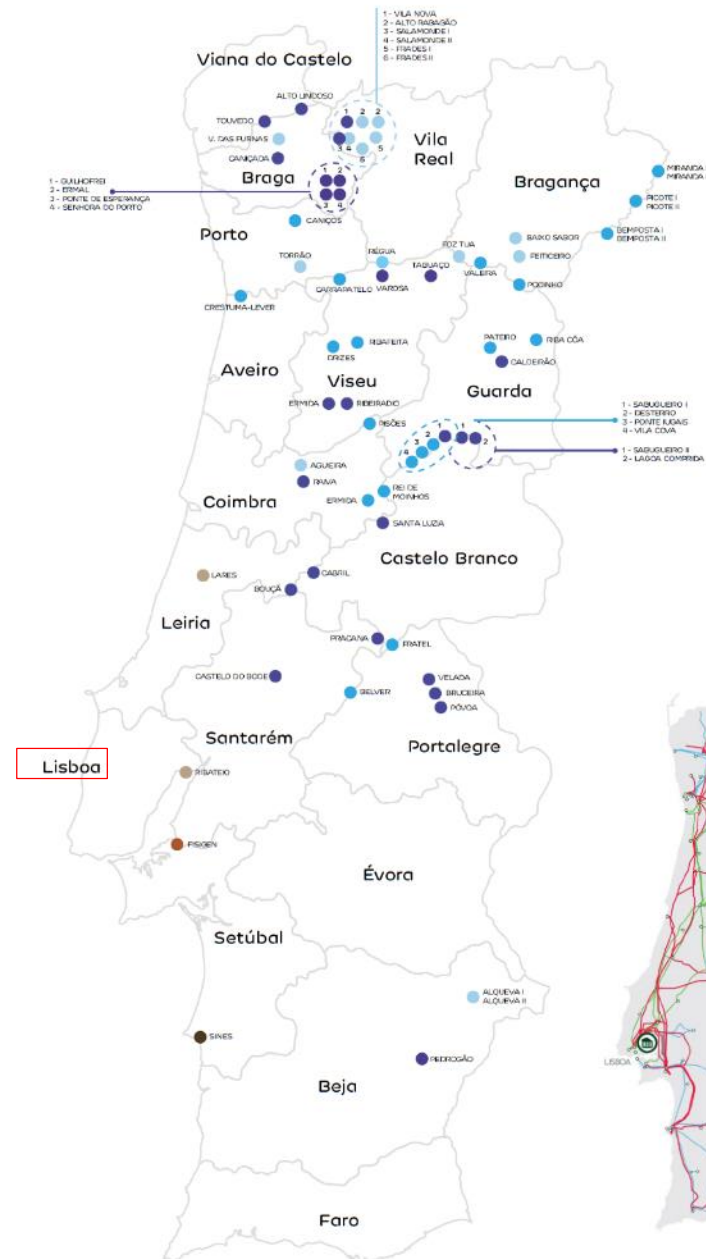
2-1. ポルトガルの現状④ 一日負荷曲線



日負荷曲線(2020年1月5日)

出典: REN HP

2-2. EDPの概要



EDPの概要

本社所在地

➤ ポルトガル リスボン

供給エリアとその人口

➤ 92,090 km²/ 1,031万人

供給契約者数

➤ 電力: 9.9百万, ガス: 1.6百万

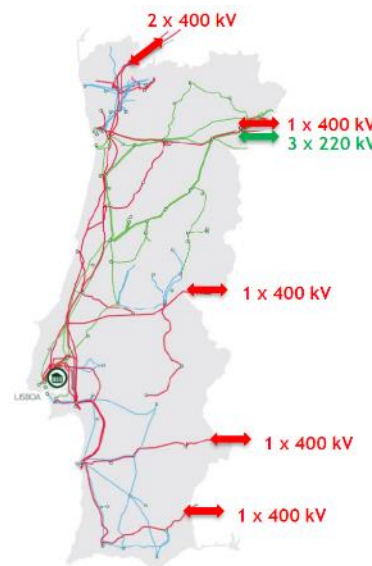
従業員数

➤ 11,570名

設備概要

➤ 送電・配電線設備互長: 約34万km

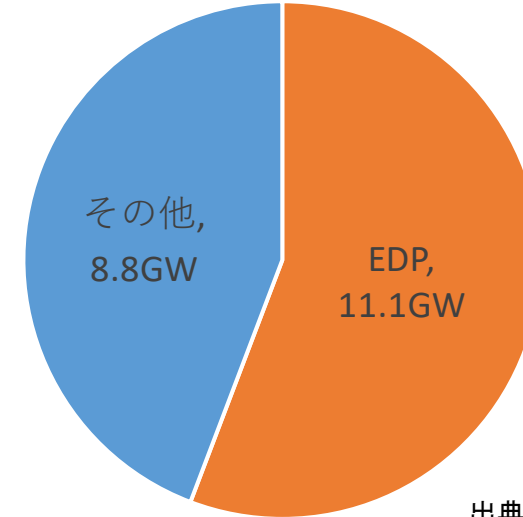
➤ 所有発電設備容量: 11.1GW



国際連系線
(PT-ES)
400kV: 6回線
220kV: 3回線

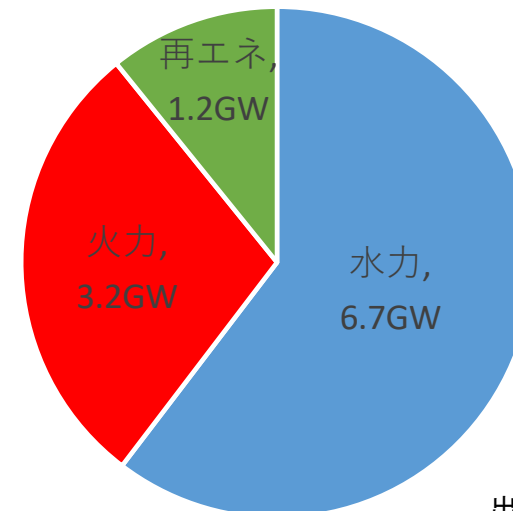
出典: REN HP

ポルトガルの設備容量(19.9GW)



出典: EDP HP

EDPの設備容量(11.1GW)



出典: EDP HP

2-3. 近年の揚水発電プロジェクト (FradesII: EDP)

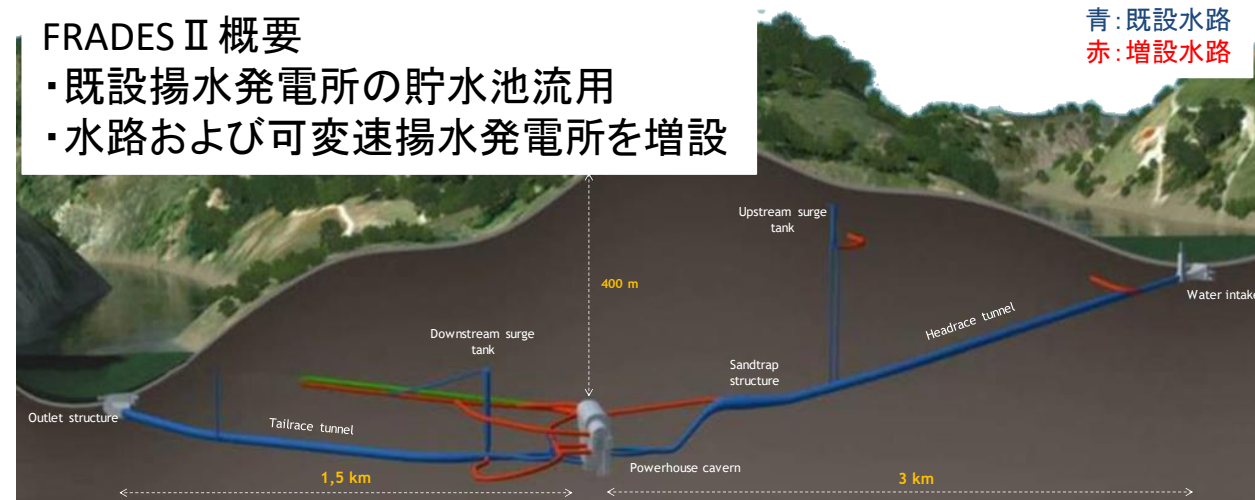
EDPによるプロジェクト

プロジェクト	発電/ 揚水容量	投資額	運開年	備考
Salamonde II	231/ 204MW	€200 Million	2016	Repowering*
Baixo Sabor	189/ 189MW	-	2016	New construction
Frades II	780/ 780MW	€370 Million	2017	Repowering* Variable speed
Foz Tua	270/ 270MW	-	2017	New construction

Repowering* : 既設貯水池流用、水路および発電設備増設

FRADES II 概要

- ・既設揚水発電所の貯水池流用
- ・水路および可変速揚水発電所を増設

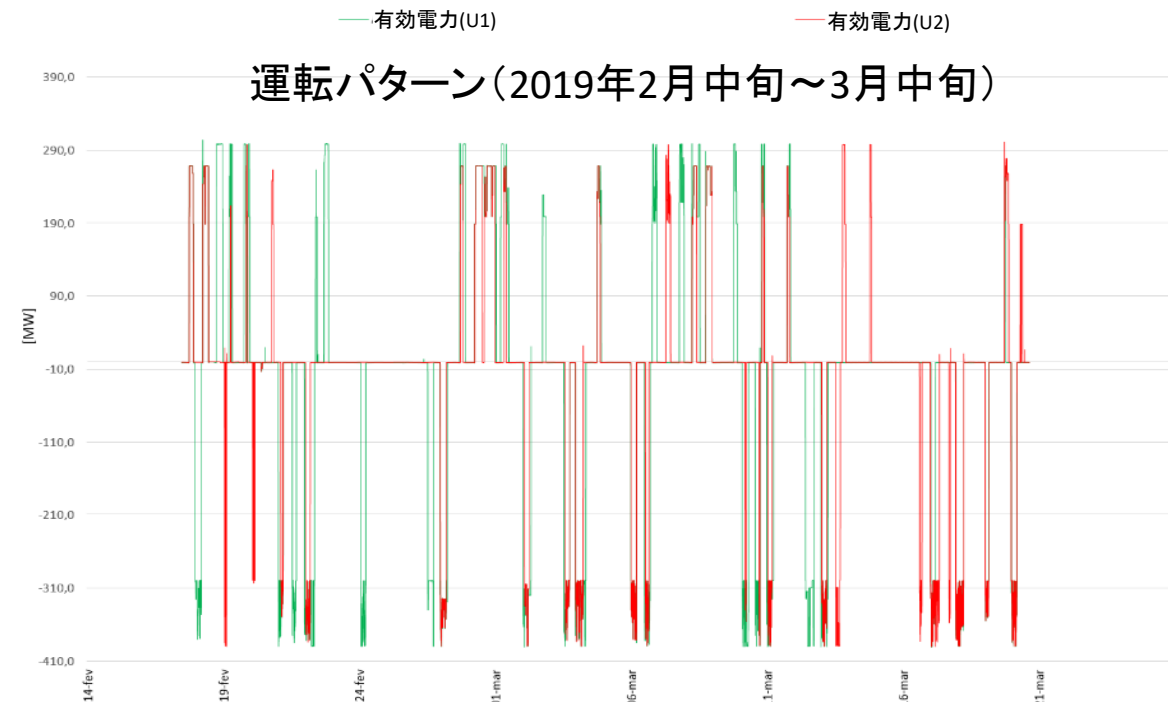


出典: EDP提供資料



発電所組立室内
巨大モニタ

出典: 訪問者による撮影



2-3. 近年の揚水発電プロジェクト (Tamega : Iberdrola)

*Iberdrola*によるプロジェクト



Tamega Project

- ポルトガル北部のタメガ川
- 設備容量: 1,158MW
- 発電電力量: 1,766GWh
- 建設費: 15億€以上
- 竣工予定: 2023年
- 社会投資: 5,000万€
- 雇用の創出: 13,500人

出典: Iberdrola HP

- ・2013年までにライセンス取得した発電所は、容量メカニズム (Capacity Payment) による投資補助あり。
- ・EDP、Iberdrolaともに、この投資補助を活用して揚水発電プロジェクトを進めた。

2-4. 揚水発電の収益構造①

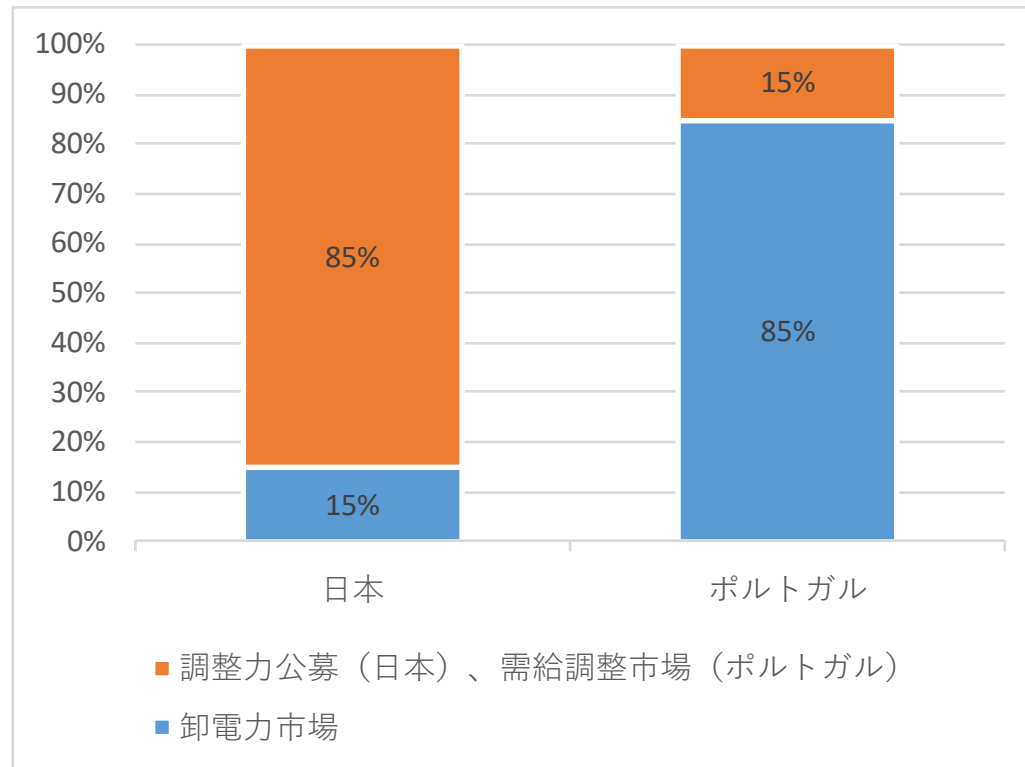
 : Monetized in Japan

Value			Fixed-speed PSHS	Variable-speed PSHS
kWh : Energy			Available	Available
kW : Available capacity	Available capacity (Generating)		Available	Available
	Negative capacity for drawdown (Pumping)		Available	Available
ΔkW : Balancing	Frequency control (Spinning reserve)	GF, AFC (Generating)	Available	Excellent
		GF, AFC (Pumping)	N/A	Available
		Inertia response	Available	N/A
	Standing reserve (while network is available)		Available	Available
Non-fossil			Available(?)	Available(?)
Others	Voltage control		Available	Available
	Emergency	Black start※	Available	N/A
		Security	Available	Available

※Auxiliary diesel engines are only monetized.

2-4. 揚水発電の収益構造②

	日本	ポルトガル
kWh	○	○
kW	○	—
ΔkW	(調整力公募)	○
電圧調整	—	—※(「備考」参照)



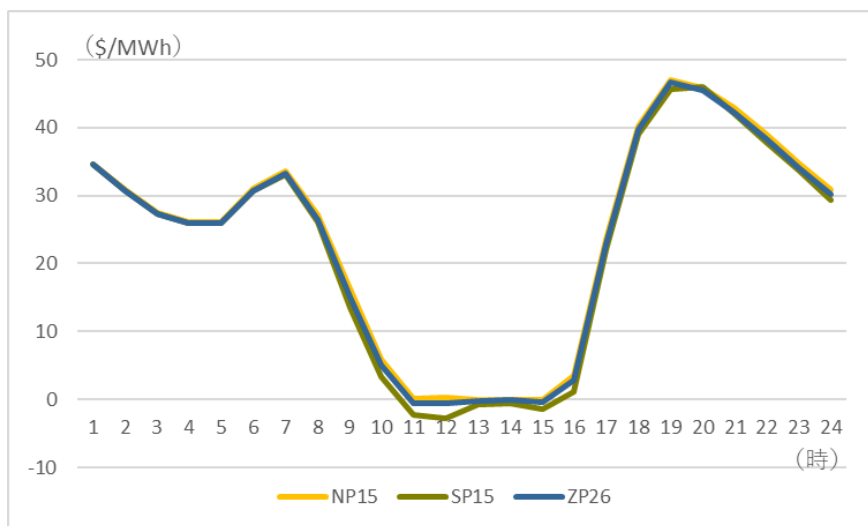
◇日本
調整力公募に依存

◇ポルトガル
卸電力市場(値差取引)での収入による運用が可能。投資に係る補助金制度により初期投資が抑えられている点もプラス。

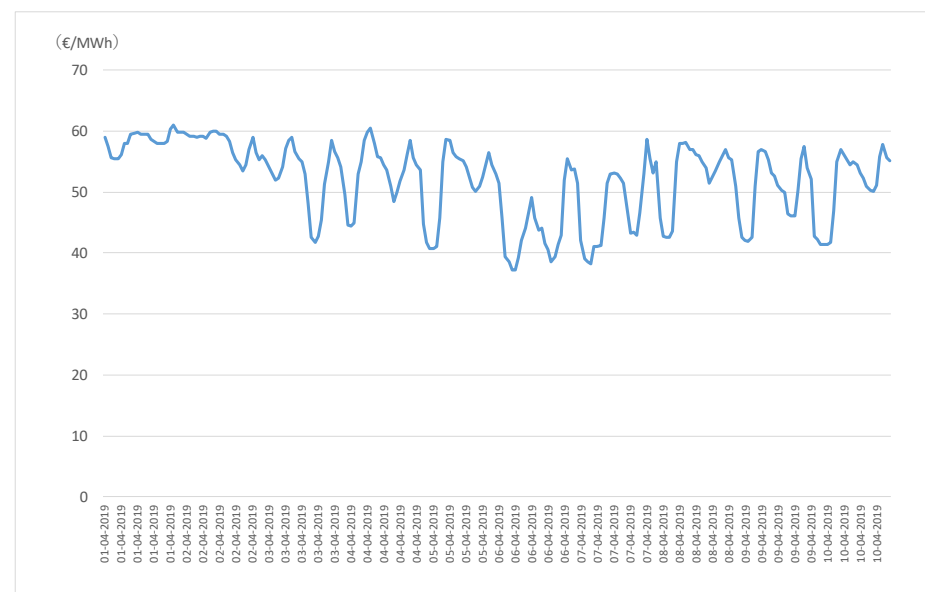
※(備考)TSO指令で調相運転(電圧調整)を実施しているが、この対価が得られていないため、TSOへ相対契約を申し入れている

—ポルトガルとカリフォルニア—

- 調査国で揚水ビジネスがうまくいっているのは、カリフォルニアとポルトガル。ただし、収入のほとんどは昼夜の値差(kWh)に依存したもので、kWやΔkWの価値で収益を上げているわけではない。
- Tax CreditやFeed in Tariff制度のもと変動性再エネの導入が進んでおり、卸電力価格の変動による経済揚水が可能となっている。



出所:CAISO



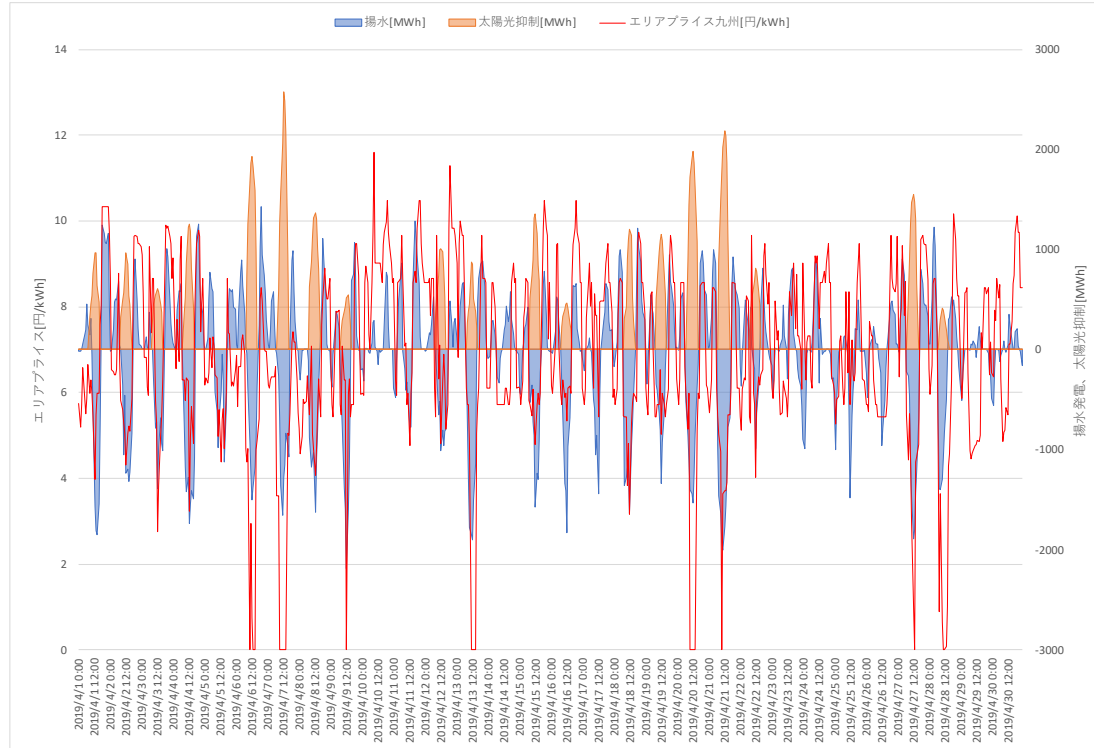
出所:REN

<http://www.mercado.ren.pt/EN/Electr/MarketInfo/MarketResults/OMIE/Pages/Prices.aspx>

カリフォルニア (2018.2.18)
0 ~ 4.5 ¢ /kWh

ポルトガル(2019.4.1~4.10)
4.0 ~ 6.0 ¢ /kWh

3. まとめ②ー九州エリアー

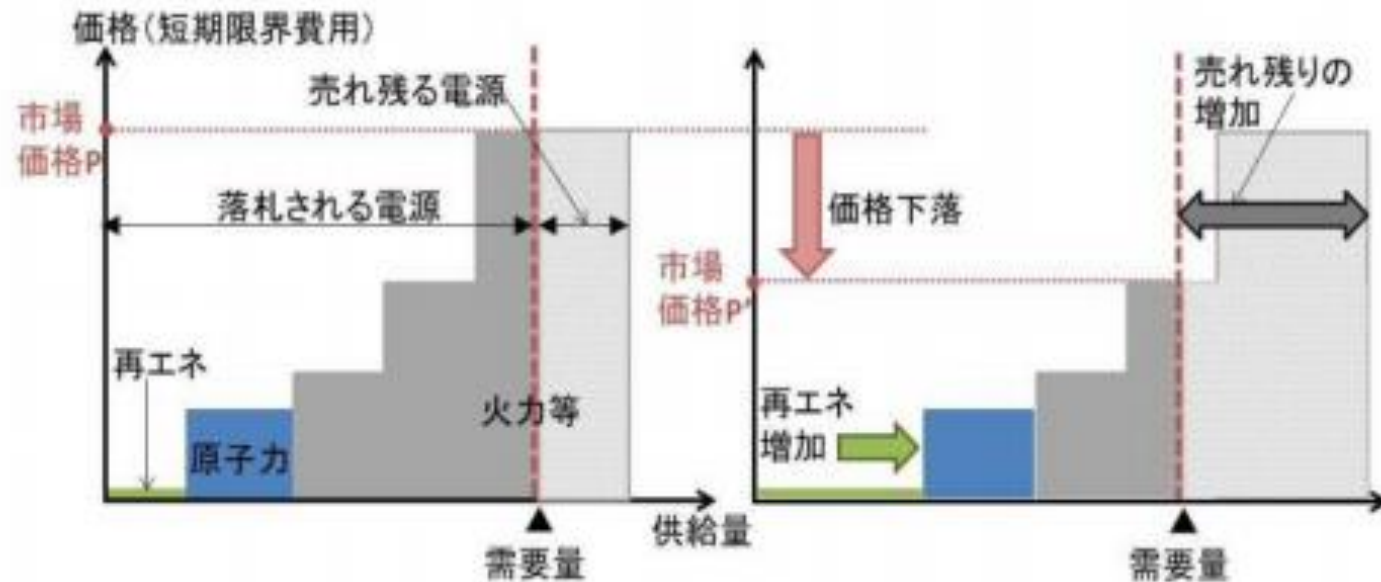


出所: JEPX、九州電力

九州(2019.4.1~4.30)
0.01 ~ 10 円 /kWh

- 太陽光発電の導入が進む九州は卸電力価格の変動が大きく経済揚水が可能な状況も散見される
- 一方で、太陽光発電抑制回避の運転義務がメンテナンスの障害となっている(課題)

変動性再エネ導入によるメリットオーダー効果

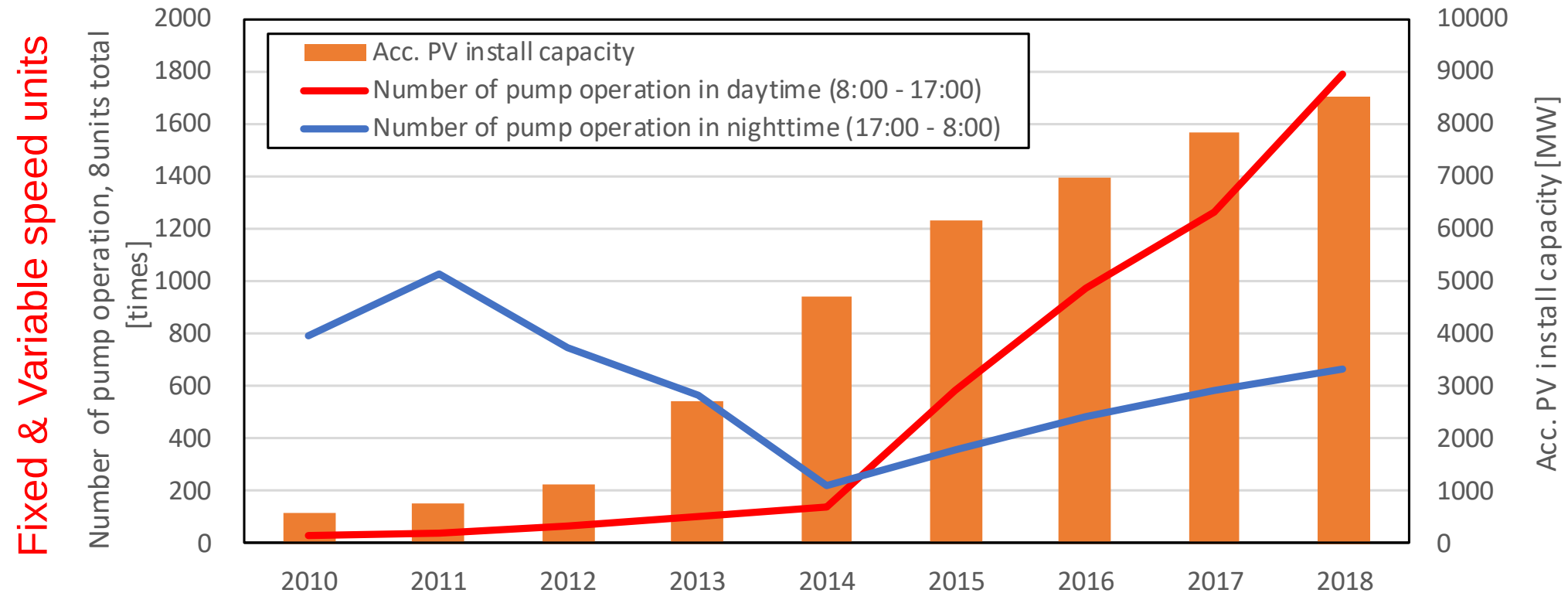


出所: エネルギー地域経済レポート

3. まとめ③

－九州エリアの運用実態①－

Number of pump operation & PV capacity (Kyusyu, FY2010 - FY2018)



Source : Kyusyu EPCO

the Great East Japan
Earthquake
(Stopped Nuclear units)

Launched
FIT

Restarted
Nuclear units

3. まとめ④

－九州エリアの運用実態②－

変動性再エネ抑制回避のための揚水運転義務化における揚水発電の課題

- 変動性再エネの出力予測誤差により揚水発電所の運転回数が増加しており、主機や開閉機器の点検(消耗品取替)頻度を高くせざるを得ない。
- 変動性再エネの最大限受入れのため、九州エリアの揚水機全8台のうち7台はスタンバイしておく必要がある。複数台の計画停止を必要とする導水路の補修等が実施が困難な状況。
- 従来オーバーホールを実施していた軽負荷期(春、秋)には変動性再エネ抑制回避が求められるため、重負荷期(夏、冬)にオーバーホールを実施せざるを得ない。追加補修が必要となっても工期延長は困難な状況。

Source : Kyusyu EPCO

4-1. 揚水発電所におけるEDPの取組み① ー水上太陽光発電プロジェクトー

揚水発電所の貯水池に太陽光発電設備を設置(220kW)



©EDP Group – FPV on Alto Rabagão dam in Portugal

- 既設発電所の近くに設置することで系統への接続コストを削減
- さざ波やダム水位変動(20m程度)の影響を受けない安定性を確認
- 貯水池の冷却効果で陸上設置よりも3%程度発電効率が向上することを確認

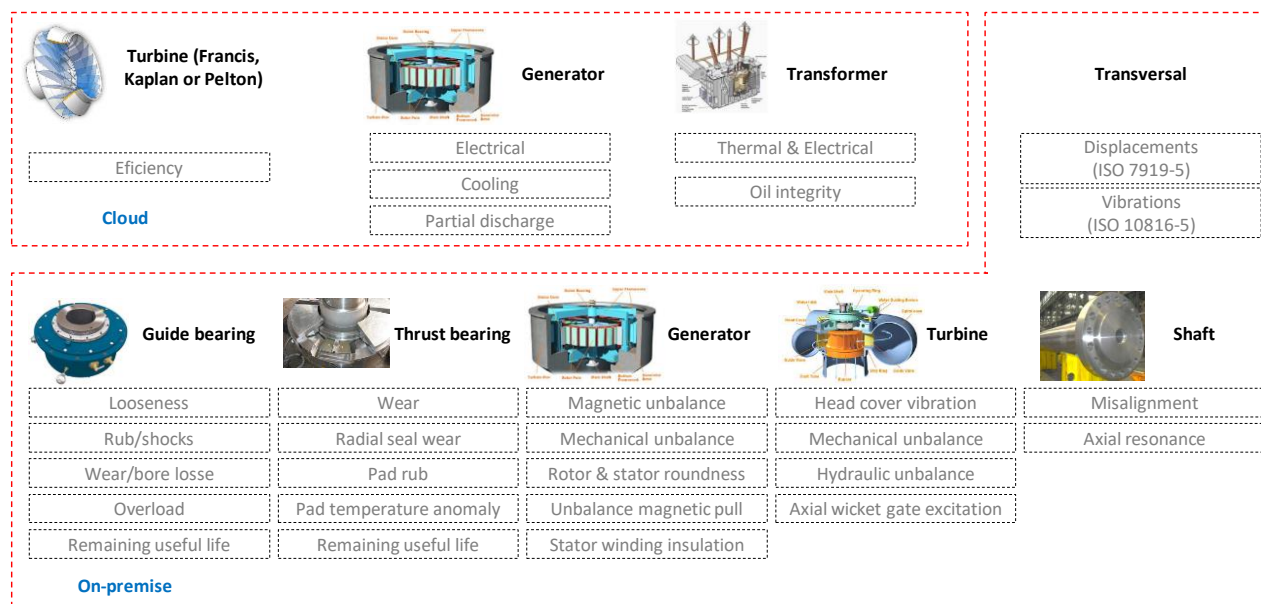
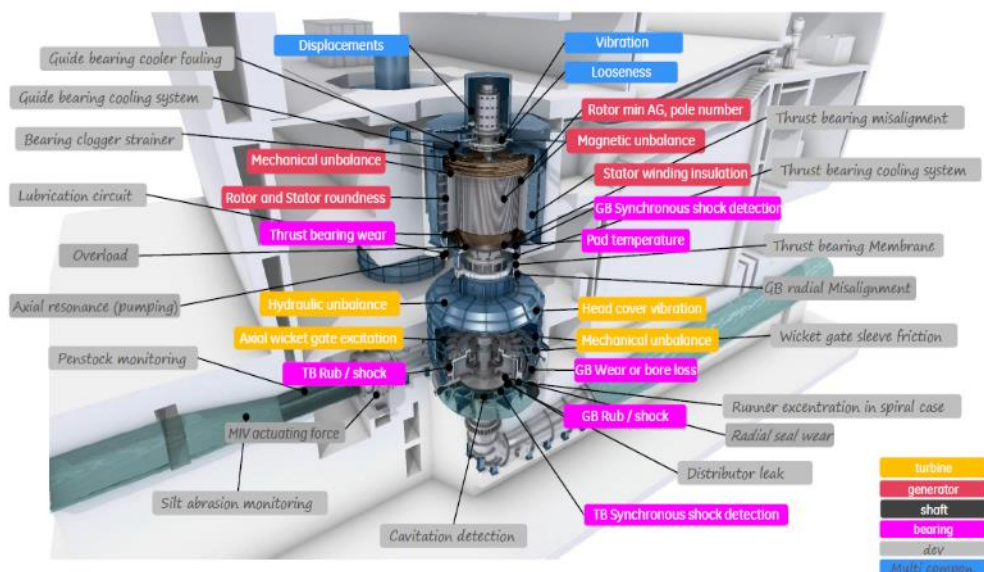
2020年に4MWのメガソーラーを運開予定

Alqueva Floating Photovoltaic System

年間発電量	6,000MWh
面積	4ヘクタール
投資額	350万€
パネル数	10,750個

4-2. 揚水発電所におけるEDPの取組み② —GEのO&Mデジタルプログラム—

プログラム 内容	水力			石炭	コンバインドサイクル
	保守	・発電機およびタービンへ複数センサー設置によるデータ収集 ・データ分析に基づく故障予知			
		運転効率計測(モニタリング)に基づく最低出力範囲拡大			燃焼効率最適化
対象ユニット	ポルトガル	50/168ユニット (5293/6951MW)		4/4ユニット (1200/1200MW)	5/5ユニット (2110/2110MW)
	スペイン	6/35ユニット (197/433MW)		2/3ユニット (917/1283MW)	4/4ユニット (1721/1721MW)



ご清聴ありがとうございました。