



令和2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」

活動報告

2021年2月25日
(一社) 海外電力調査会
加藤 理

1. Annex-9の活動概要
2. 変動型再エネ大量導入下における揚水発電の役割と課題
 - 2-1. 揚水発電所の調整力向上の動向
 - 2-2. 揚水発電ビジネスの動向
 - 2-3. 揚水開発の動向
 - 2-4. まとめ

1. Annex-9の活動概要



【目的】

変動型再エネの大量導入および気候変動に対する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、 米国、 EU、 日本、 ブラジル

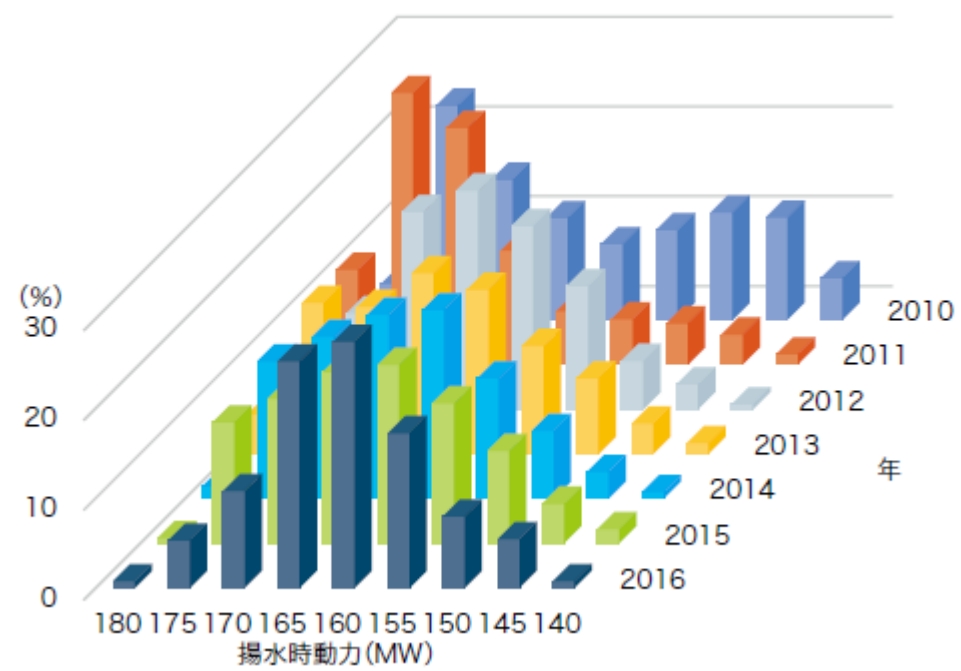
【日本の活動（調査）概要】

変動型再エネ大量導入下における揚水発電の役割と課題

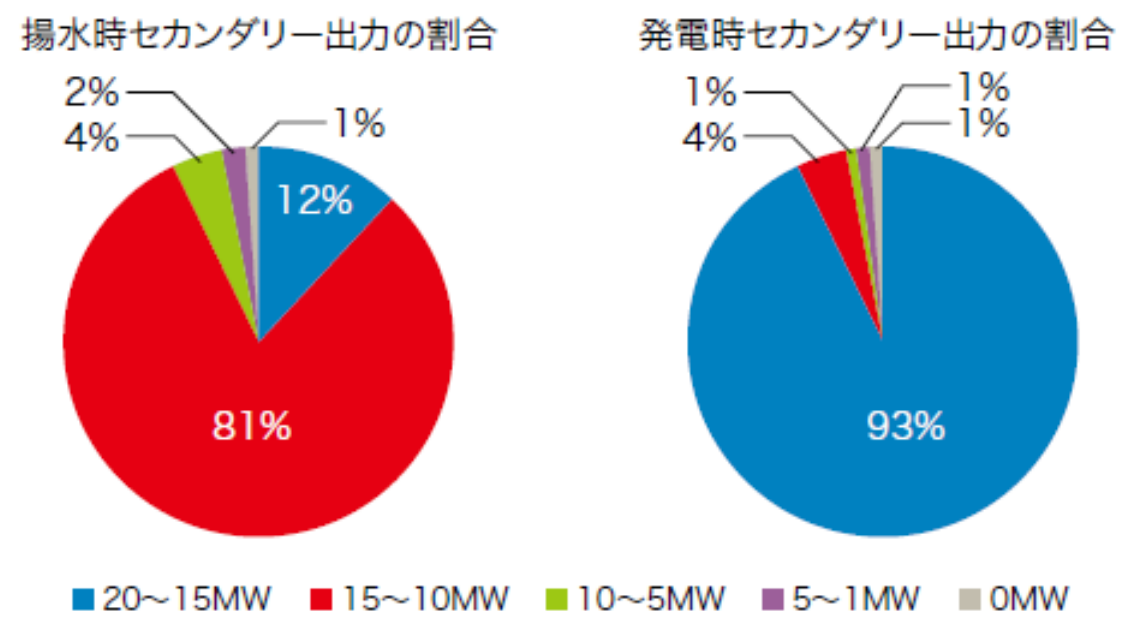
2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
欧州	米国	ポルトガル	報告書 とりまとめ
・調整力向上	・揚水ビジネス	・揚水開発	

2-1. 揚水発電所の調整力向上の動向（可変速揚水）

【スロベニア：Avce揚水発電所】
185MW（可変速1ユニット）、2010年運開



出所 HYDRO2017

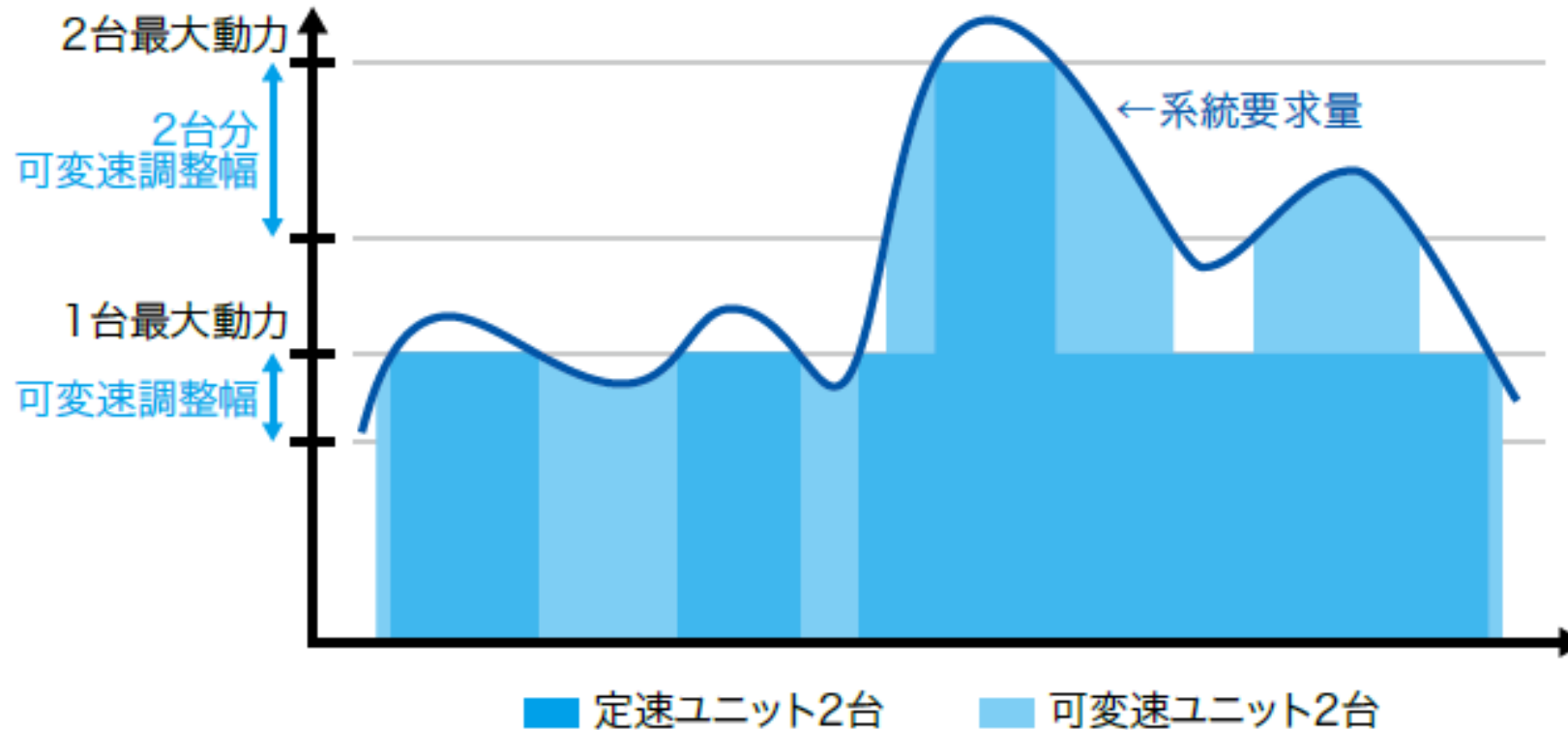


出所 HYDRO2017

2-1. 揚水発電所の調整力向上の動向（可変速揚水）

【ドイツ：Goldisthal揚水発電所】

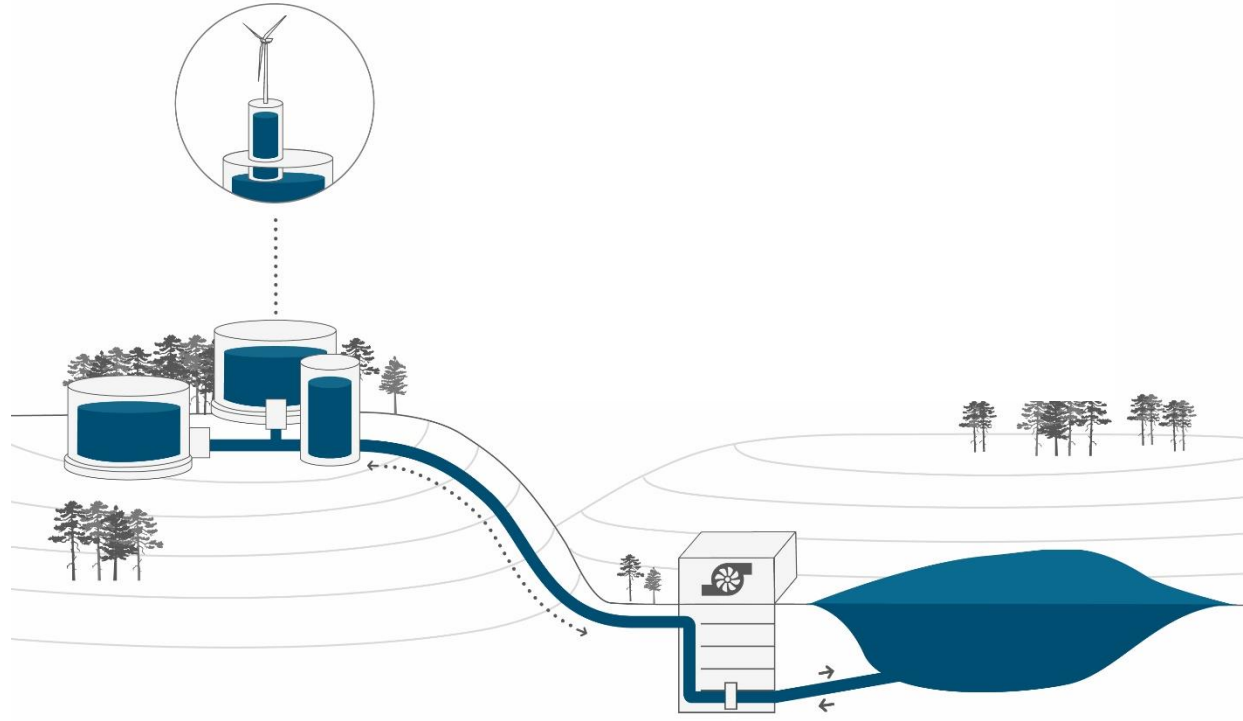
1,060MW（可変速2ユニット，定速2ユニット）、2003年運開



出所 Norwegian University of Science and Technology,
“Pump Storage Hydropower for delivering Balancing Power and Ancillary Services”

2-1. 揚水発電所の調整力向上の動向（可変速揚水）

【ドイツ：Gaildorf Water Battery プロジェクト】
揚水15.9MW、風力13.6MW、2019年運開



出所 Max Bogl社ホームページ

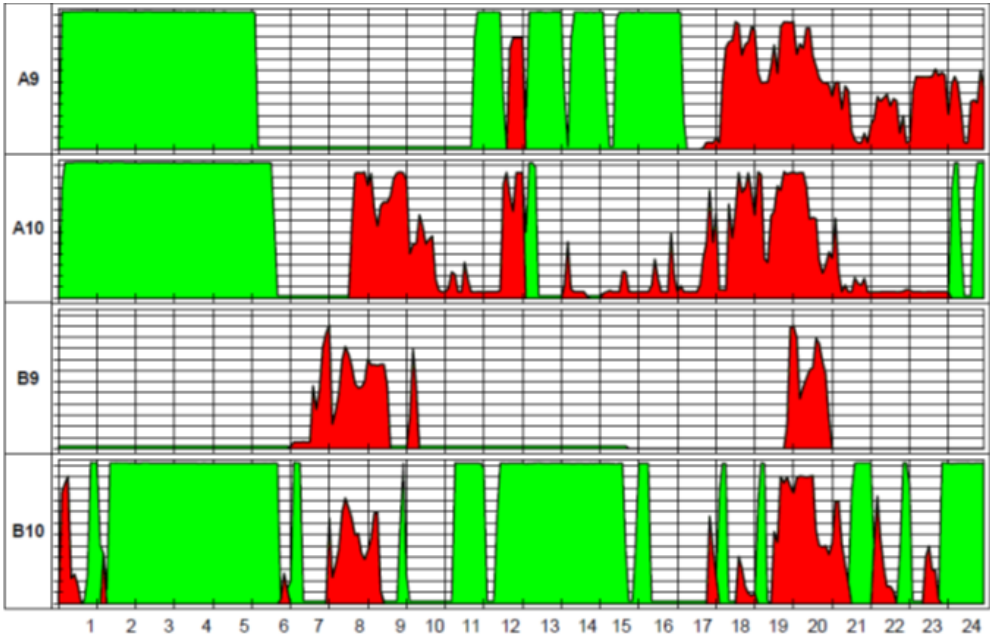
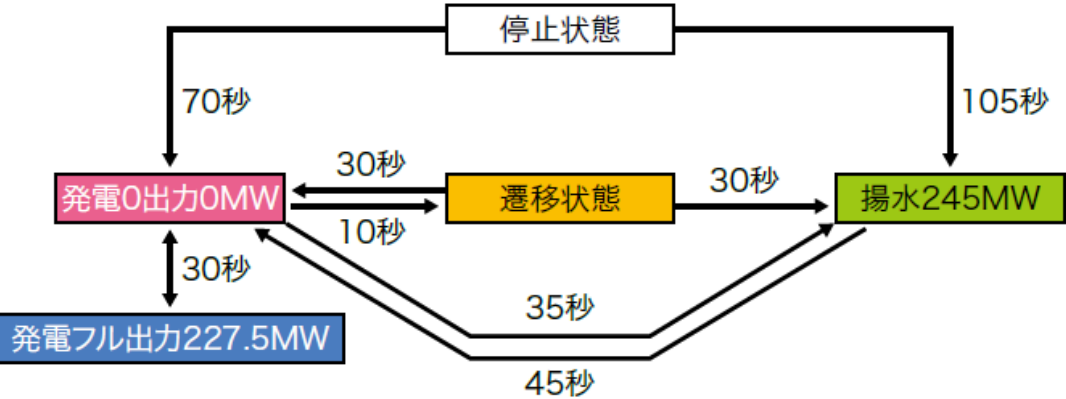
2-1. 揚水発電所の調整力向上の動向（ターナリー式揚水）



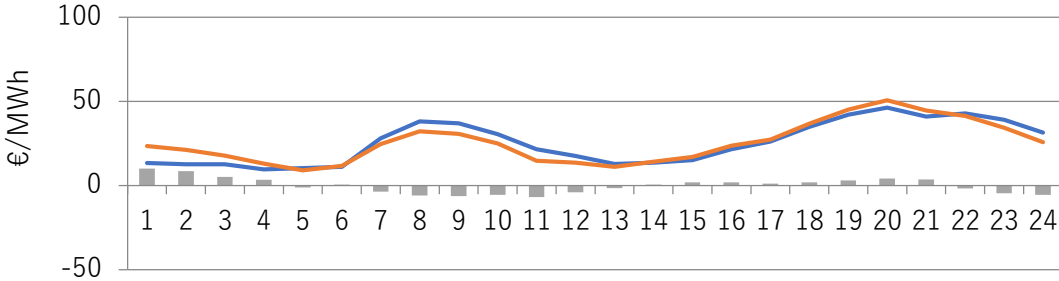
出所 Wehr揚水発電所にて撮影

2-1. 揚水発電所の調整力向上の動向（ターナリー式揚水）

【ドイツ：Wehr揚水発電所】
910MW（ターナリー式4ユニット）、1976年運開



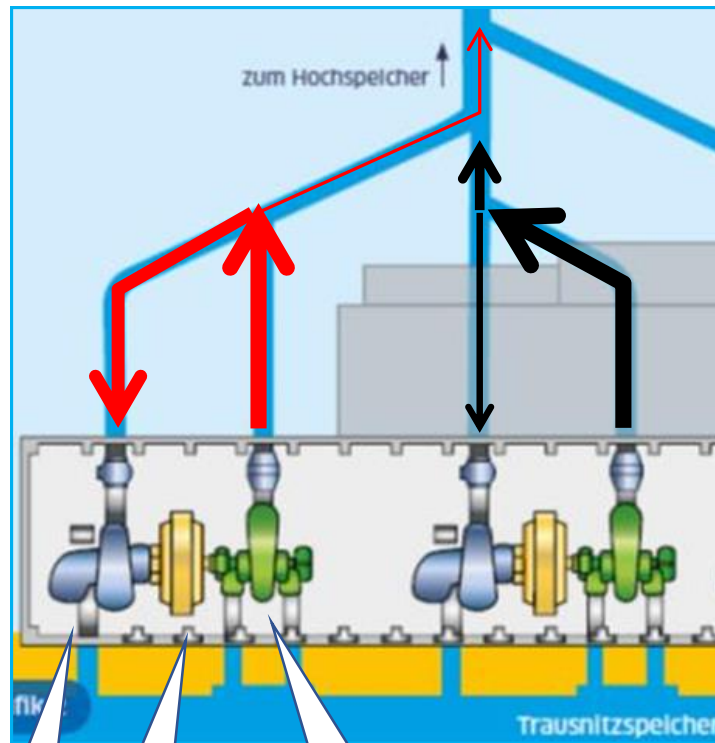
赤：発電
緑：揚水
※B9はポンプ点検中



2-1. 揚水発電所の調整力向上の動向（ターナリー式HSC運用）

水路短絡運用
(HSC: Hydraulic Short Circuit)
のイメージ

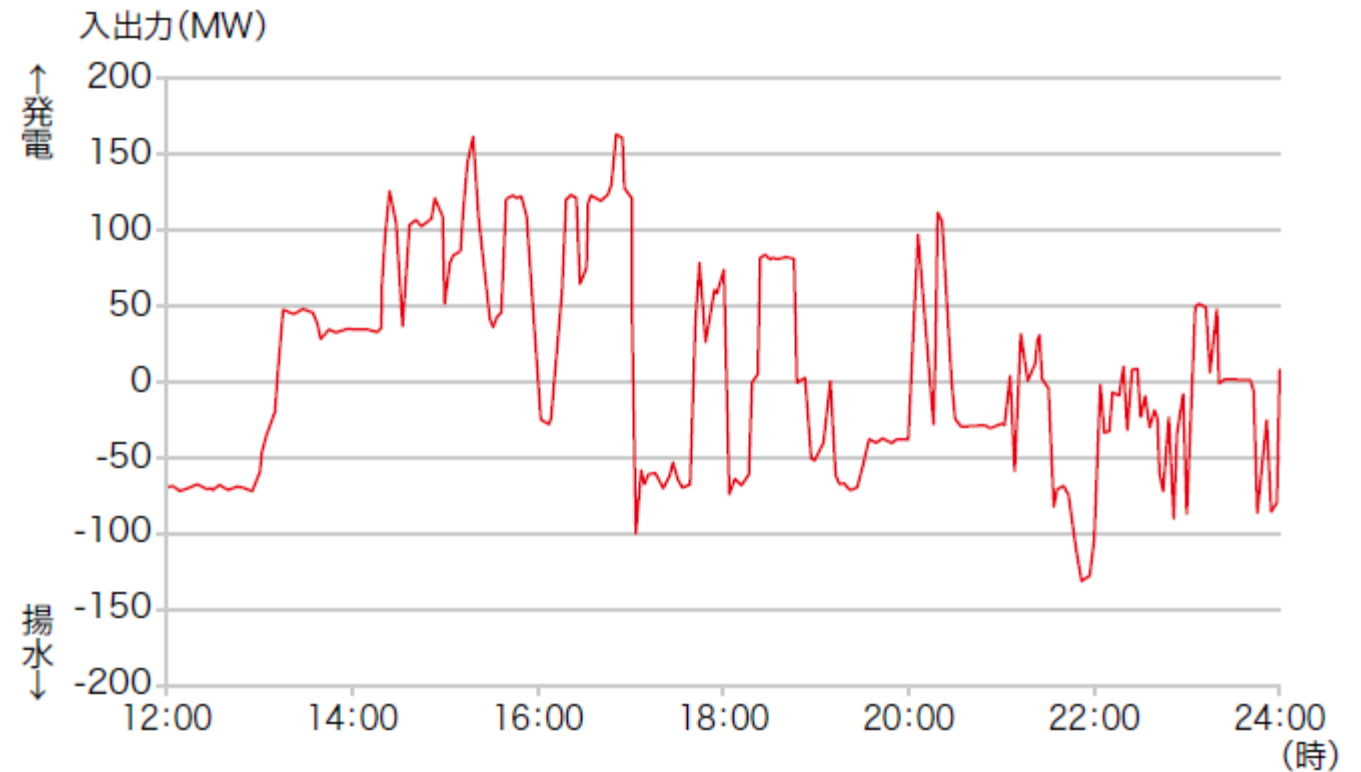
【オーストリア：Kops II 揚水発電所】
525MW（ターナリー式3ユニット）、2008年運開



水車

ポンプ

発電電動機



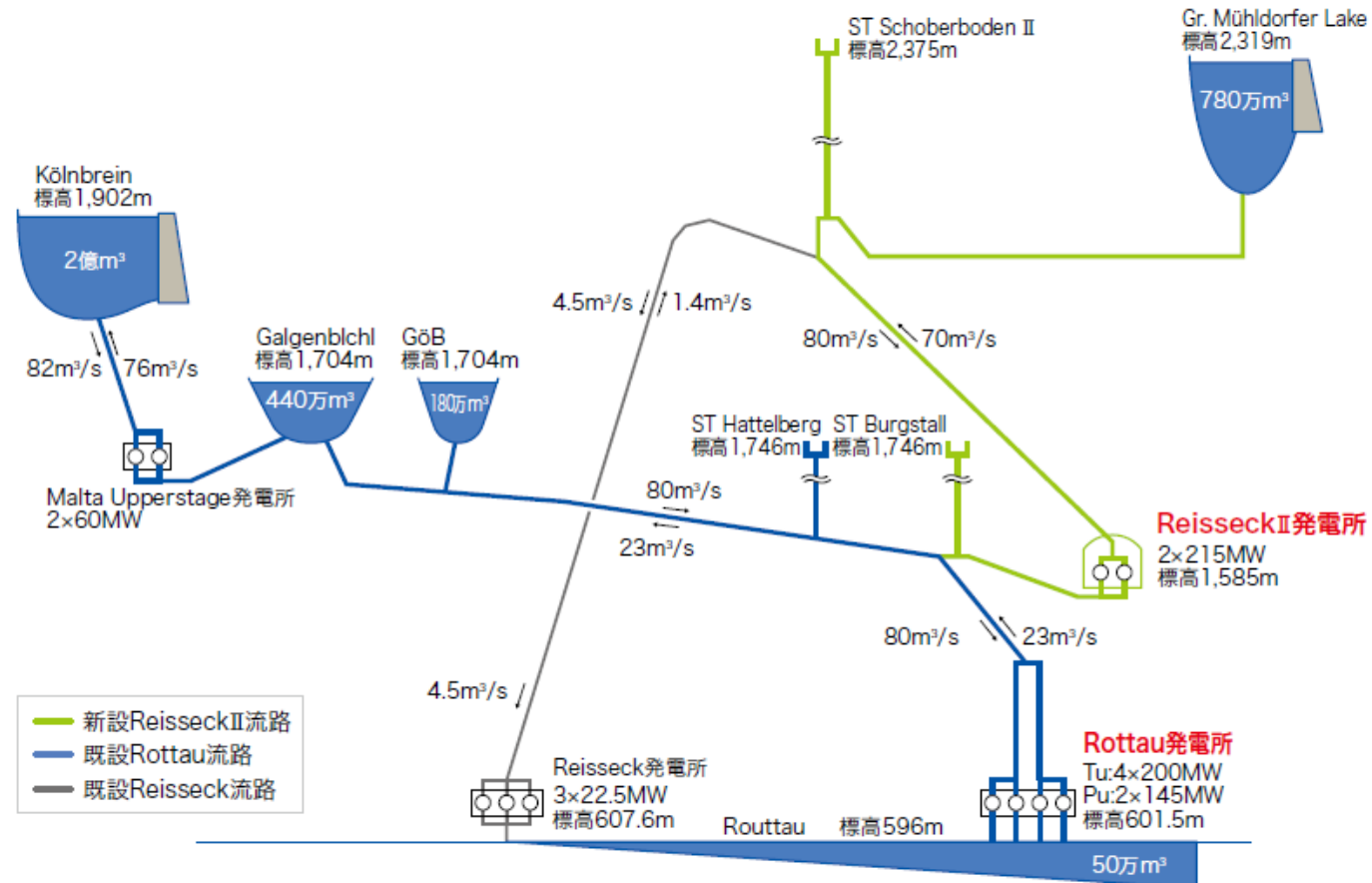
出所 Euroelectric

2-1. 揚水発電所の調整力向上の動向（ターナリー式HSC運用）

【オーストリア：Malta - Reisseck 発電所群】

Rottau揚水発電所：800MW（ターナリー式揚水2ユニット，一般水力2ユニット）、1979年運開

Reisseck II 揚水発電所：430MW（可逆式定速揚水2ユニット）、2015年運開

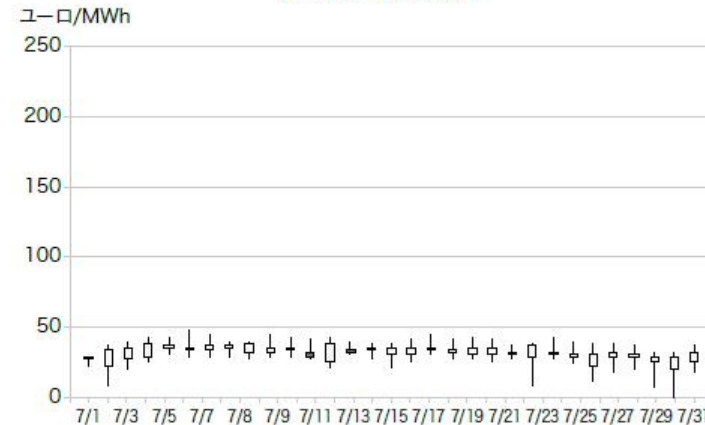
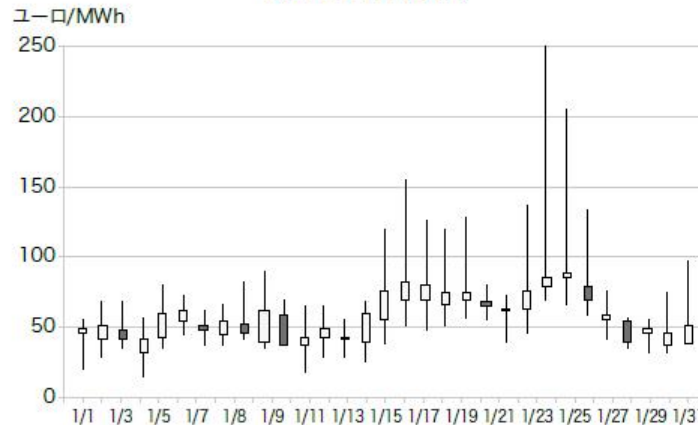
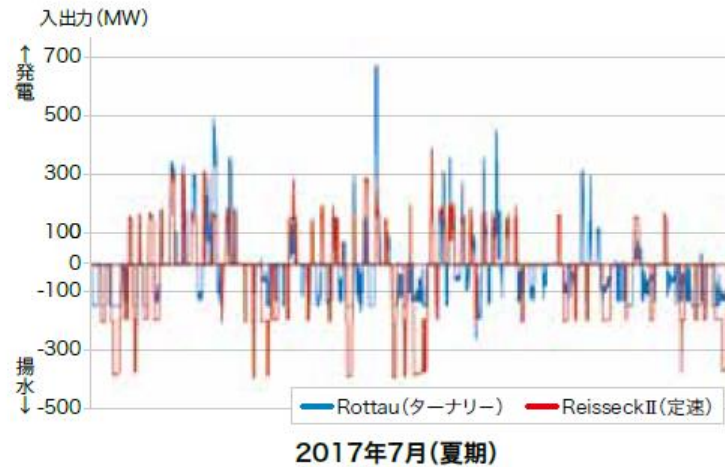
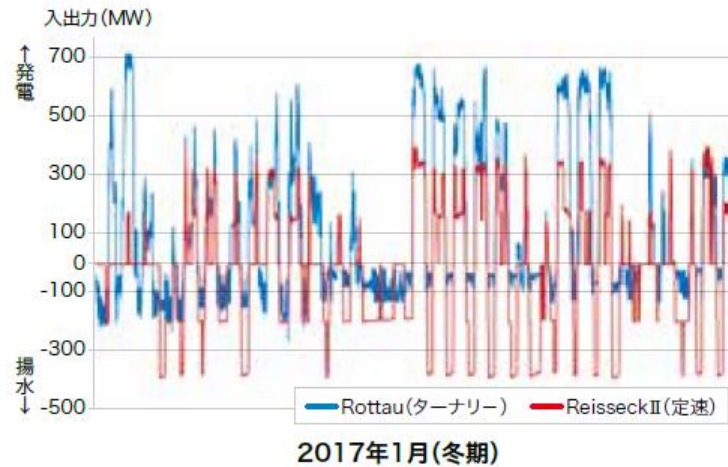


2-1. 揚水発電所の調整力向上の動向（ターナリー式HSC運用）

【オーストリア：Malta - Reisseck 発電所群】

Rottau揚水発電所：800MW（ターナリー式揚水2ユニット，一般水力2ユニット）、1979年運開

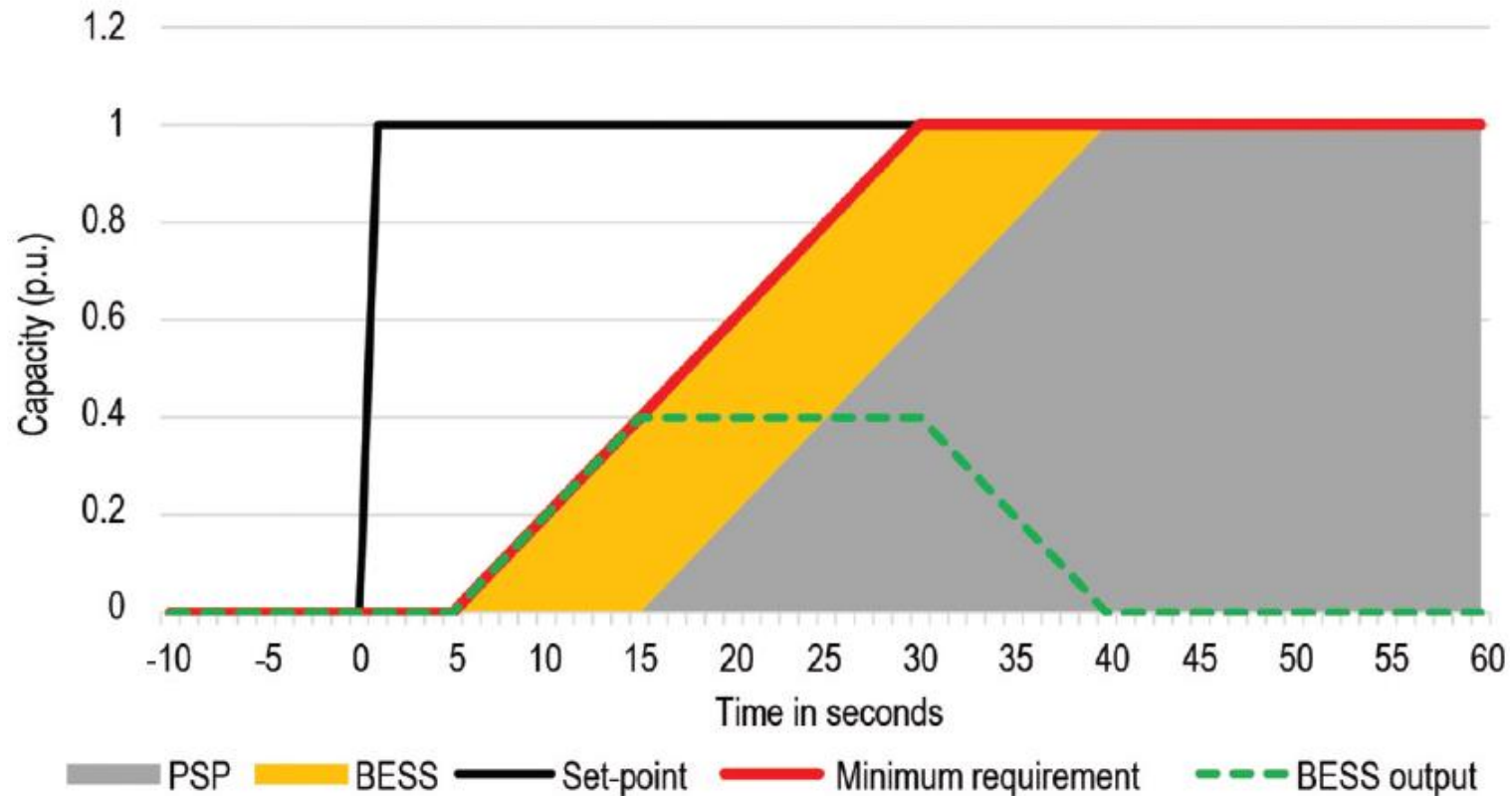
Reisseck II 揚水発電所：430MW（可逆式定速揚水2ユニット）、2015年運開



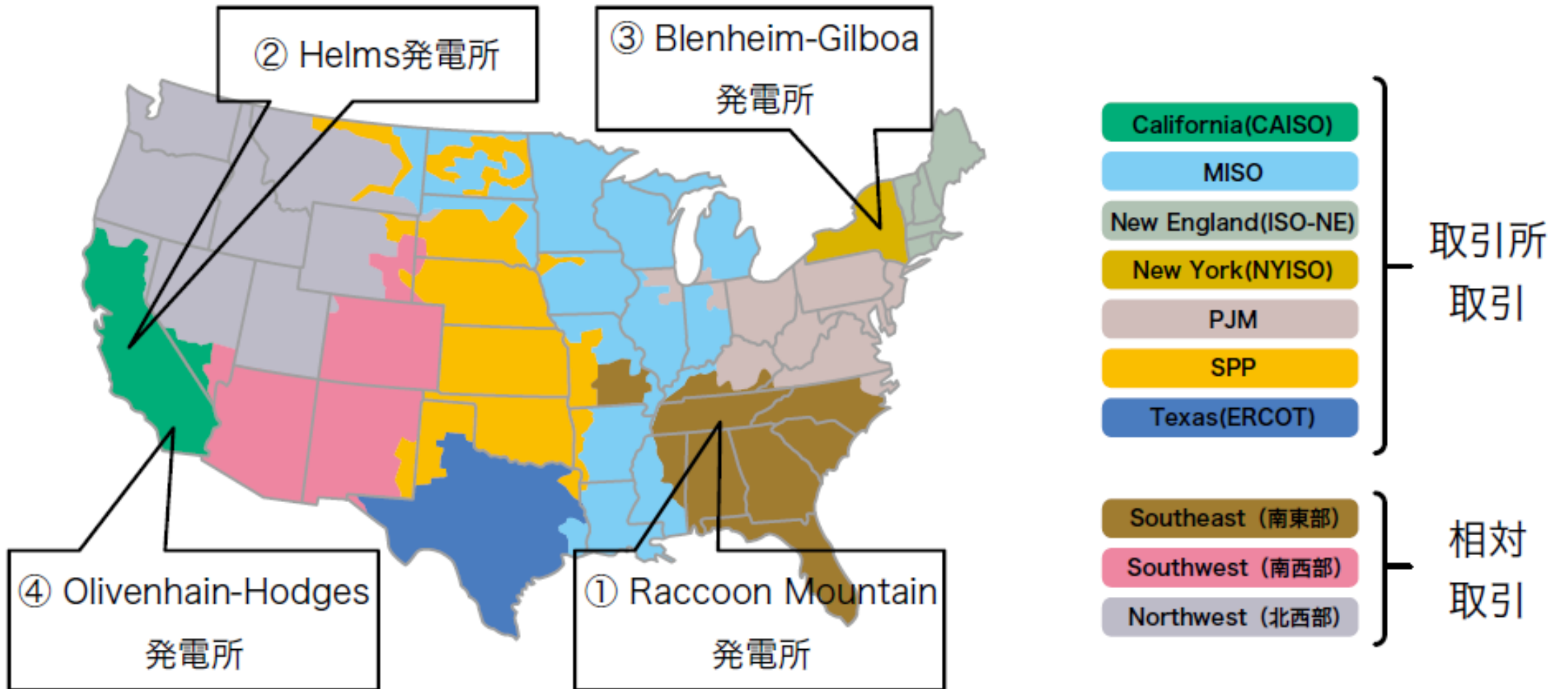
2-1. 揚水発電所の調整力向上の動向（蓄電池とのハイブリッド運用）

【ドイツ：Tanzmühle揚水発電所】

揚水発電：31MW（ターナリー式1ユニット）、蓄電池：13MW/12.5MWh

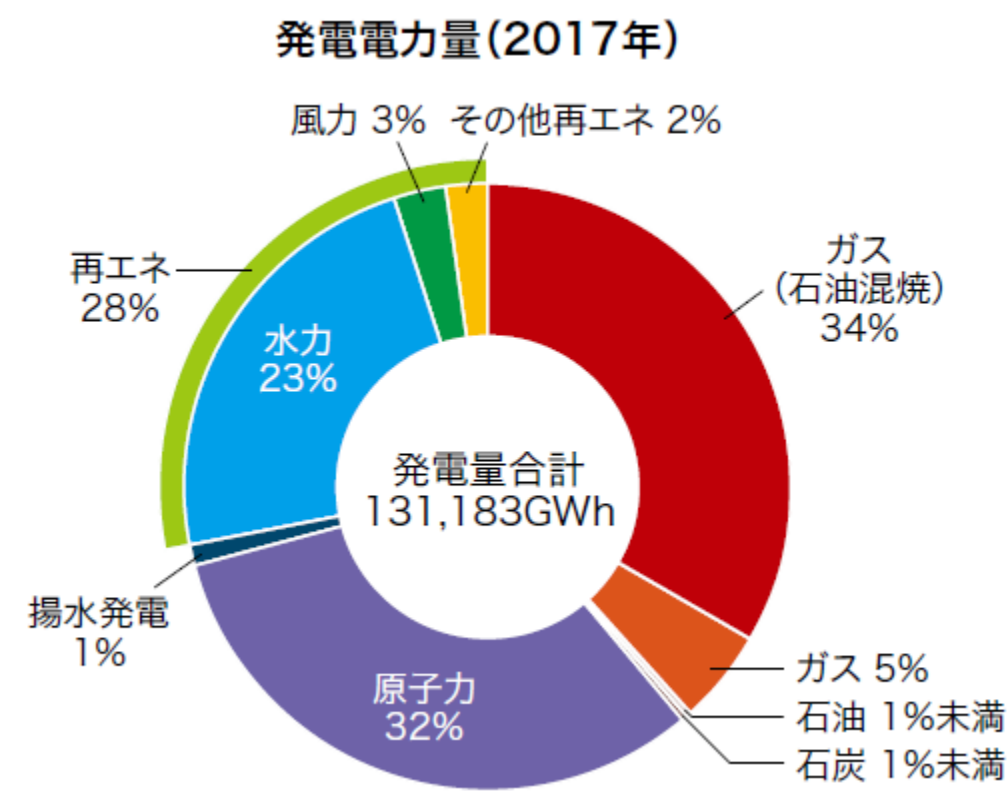


2-2. 揚水発電ビジネスの動向（卸電力取引形態による違い）

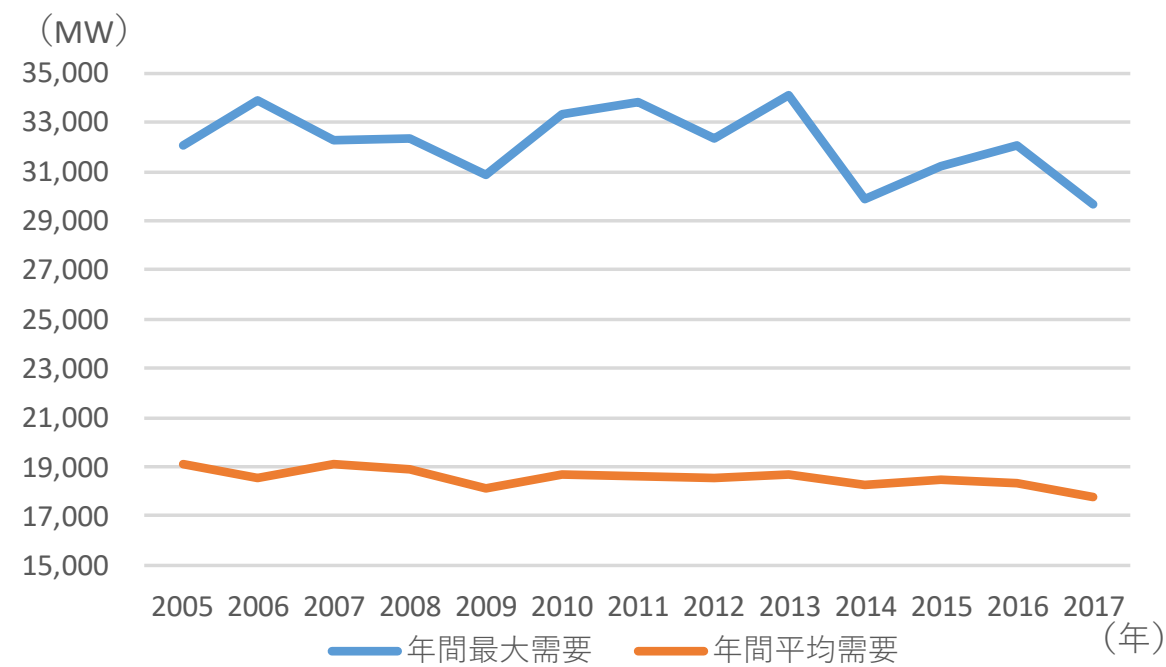


2-2. 揚水発電ビジネスの動向（変動型再エネ導入状況による違い）

【米国北東部：NYISO管内】



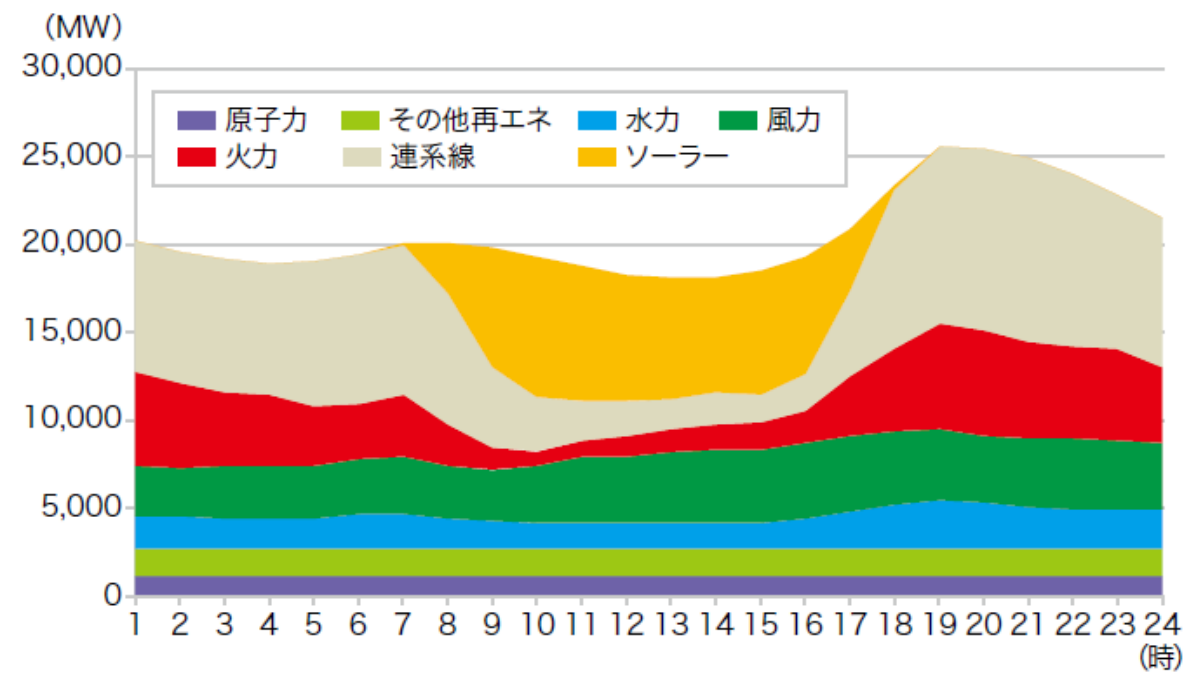
出所 NYISO



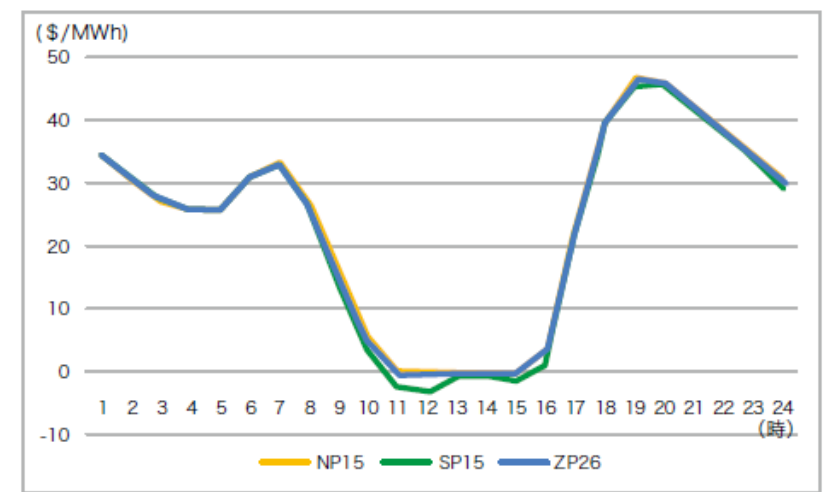
出所 NYISO

2-2. 揚水発電ビジネスの動向（変動型再エネ導入状況による違い）

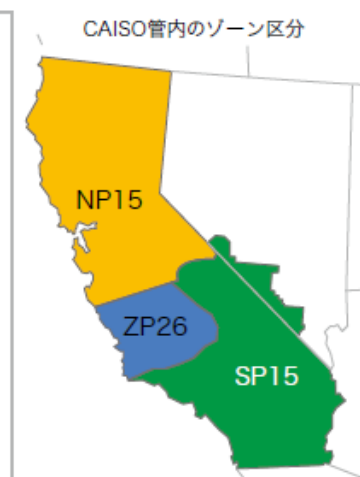
【米国南西部：CAISO管内】



出所 CAISO

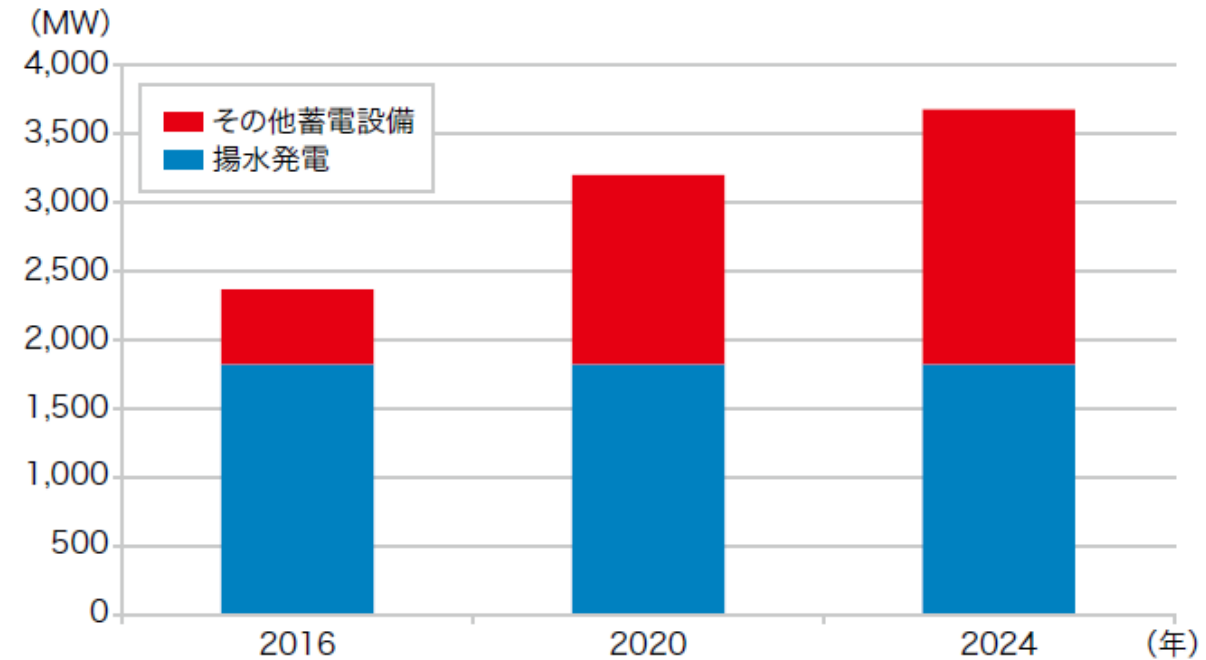
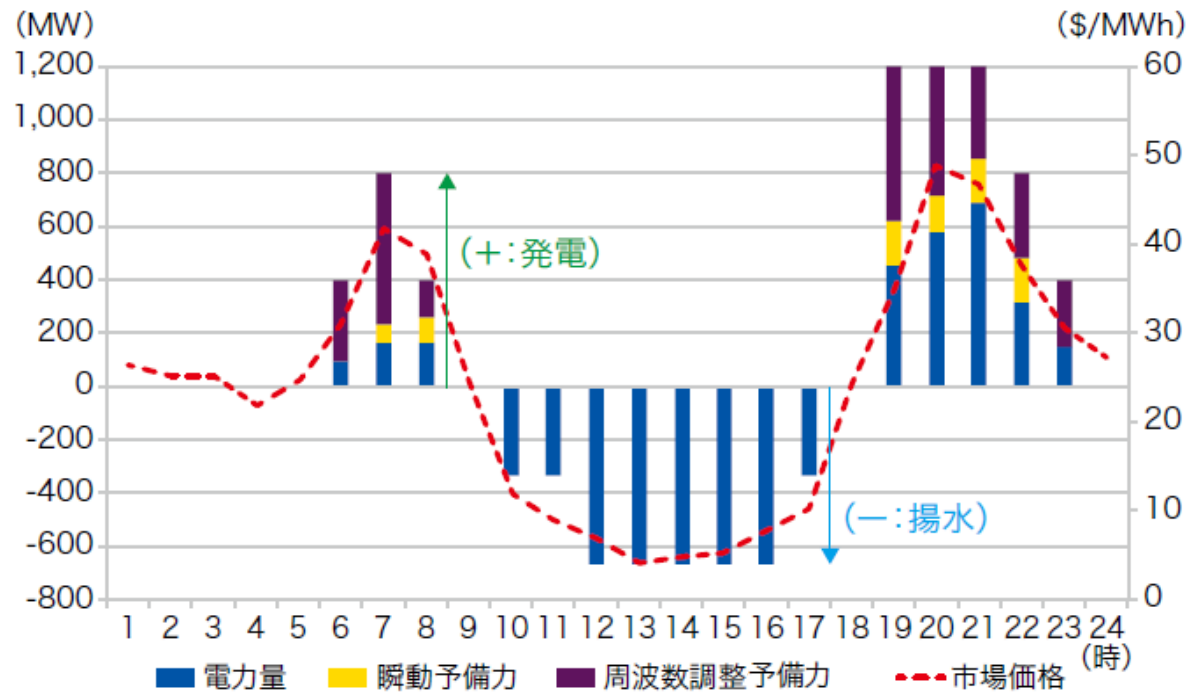


出所 CAISO



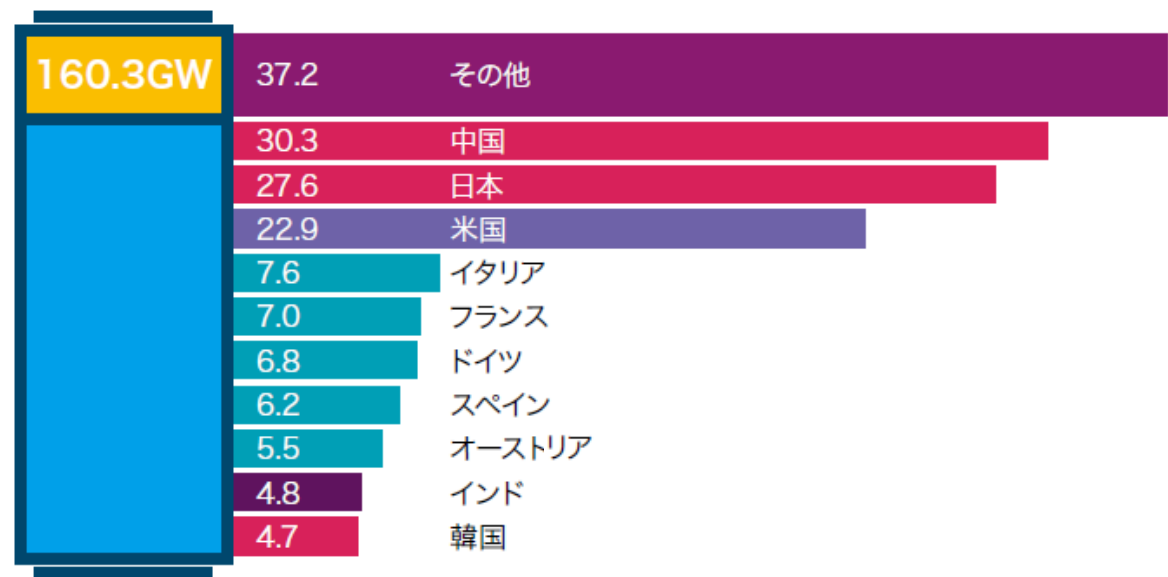
2-2. 揚水発電ビジネスの動向（変動型再エネ導入状況による違い）

【米国南西部：CAISO管内】



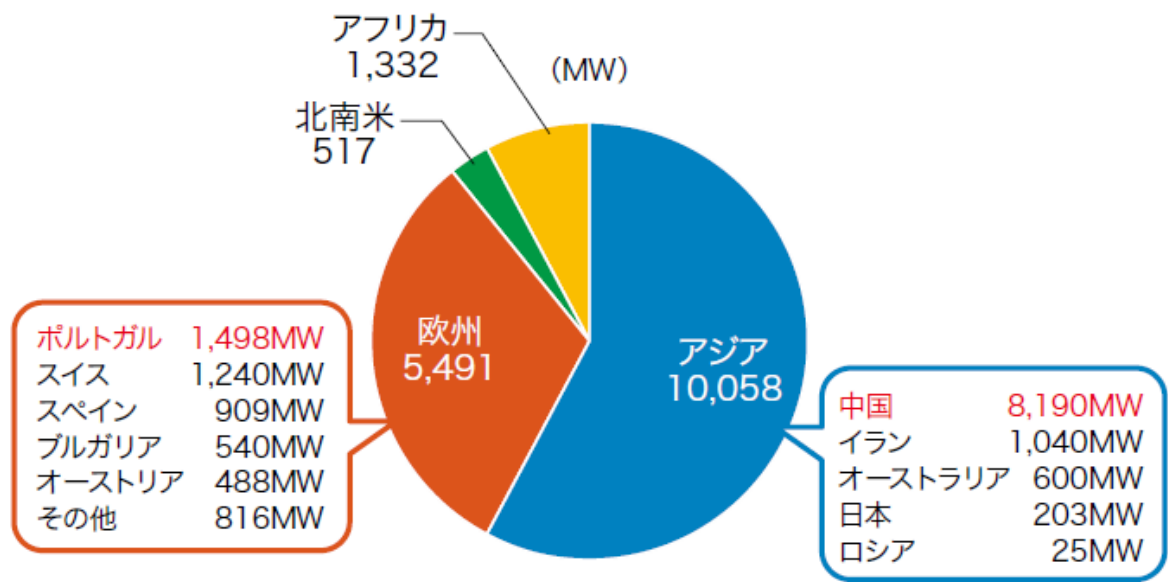
2-3. 揚水開発の動向

【世界の揚水設備容量（2018年）】



出所 iha

【揚水開発容量（2014～2018年）】



出所 iha

2-3. 揚水開発の動向（ポルトガル）

【ポルトガルの電力自由化と投資支援制度】

年	自由化の流れ	投資支援制度
～1994	国営EDPによる垂直統合経営	
1994	送電会社(REN)設立	
1995		CAE(PPA制度)施行
1996	第一次EU電力指令	
1997	EDP株式上場	
2000	RENが系統運用機関として独立	
2003	第二次EU電力指令	
2004		CAE廃止、 CMCE(補償制度)導入決定
2007	卸電力市場、需給調整市場設立	CMCE施行、 Capacity payment導入決定
2010		Capacity payment施行
2012		Capacity payment一旦廃止 および減額にて再開 (2012～2014年は支払停止)
2013	政府によるEDP株式売却完了	
2017		Capacity payment変更
2018		Capacity payment停止

Contras de Aquisicao de Energia
：エネルギー購入契約

全ての既存電源（水力および火力、建設中含む）を対象としたライセンス満期までの長期買取契約

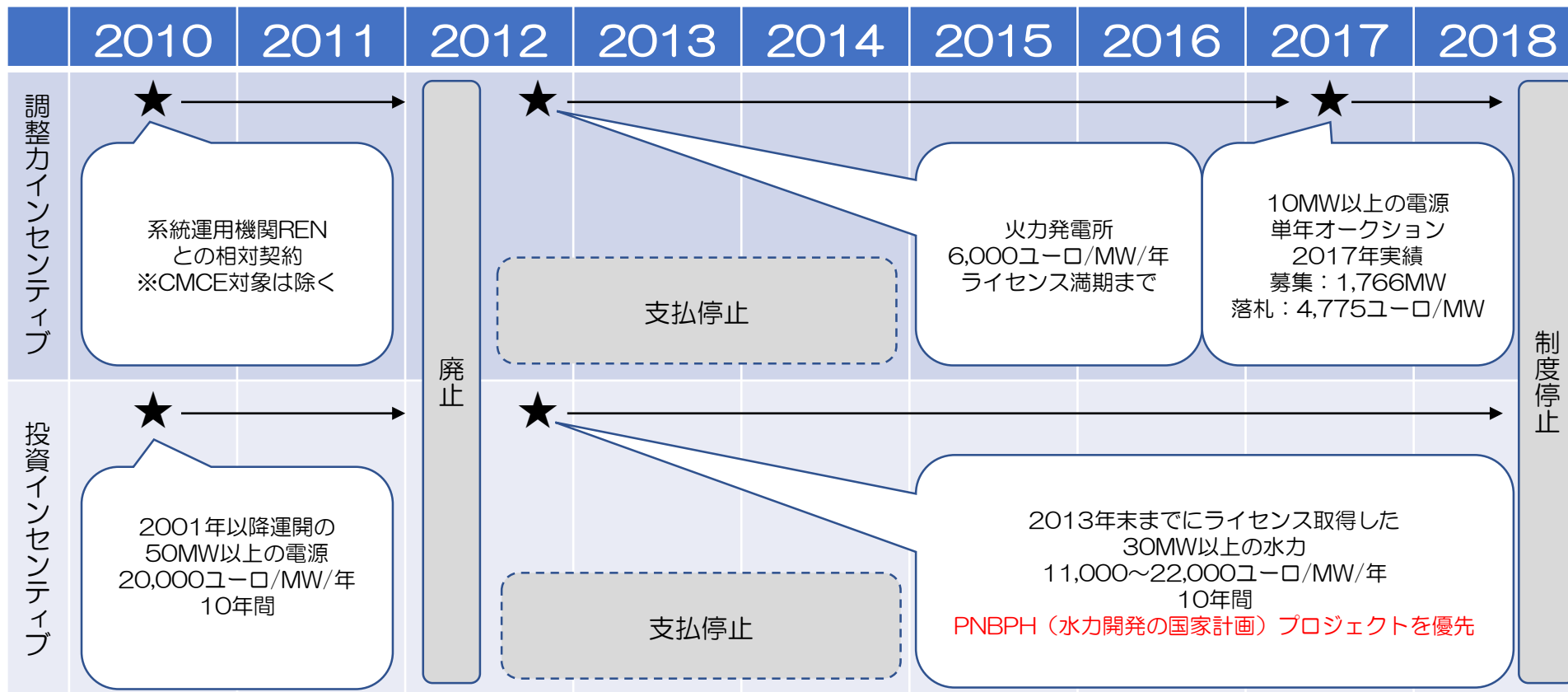
Custos de Manutencao do Equilibrio Contratual
：契約バランス維持コスト

CAEの契約価格に対して卸電力市場価格が下回る場合、その差額を補填する制度

2-3. 揚水開発の動向（ポルトガル）

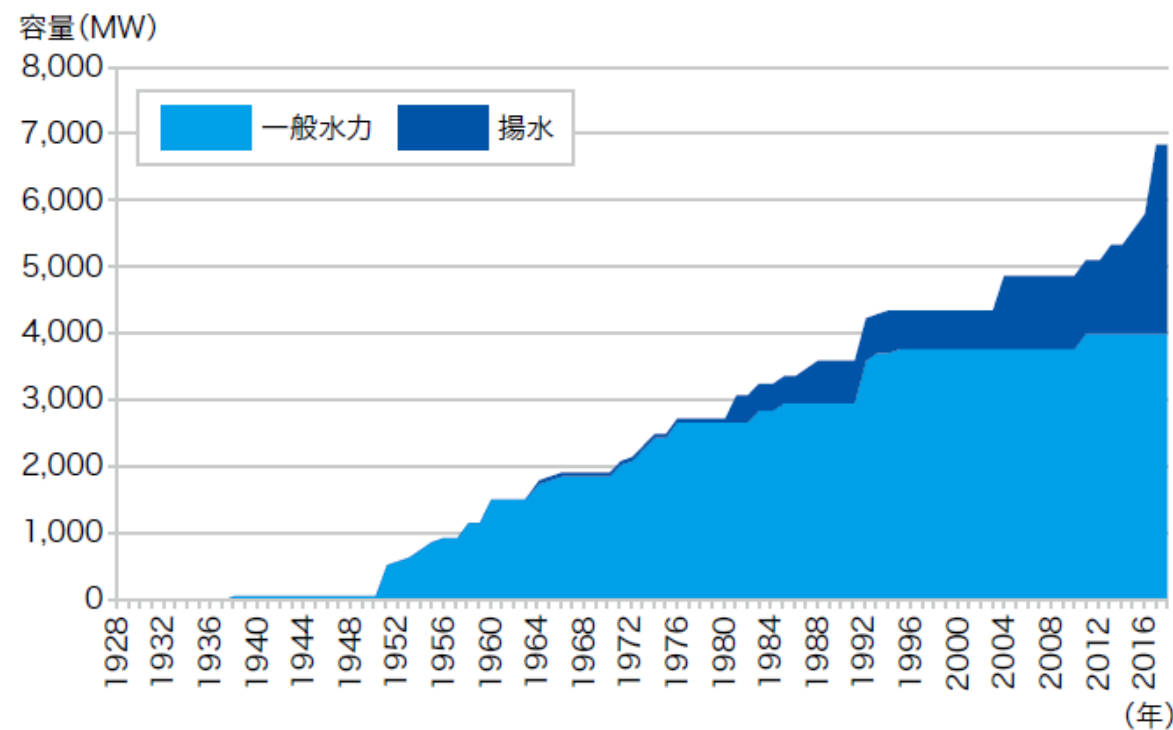
【Capacity paymentの概要】

- 調整インセンティブ：既存電源から必要な調整力を確保
- 投資インセンティブ：長期的な供給力を確保



2-3. 揚水開発の動向（ポルトガル）

【水力開発の推移】



出所 REN

【揚水発電所一覧】

発電所	容量 (MW)	運開年	事業者	補助制度	備考
Alto Rabagão	68	1964	EDP	CMCE (2015年失効)	
Vilarinho das Furnas	125	1972	EDP	CMCE (2022年失効)	
Aguieira	336	1981	EDP	CMCE (2024年失効)	
Torrão	140	1988	EDP	CMCE (2022年失効)	
Alqueva I	260	2003	EDP	Capacity payment	
Frades I	192	2005	EDP	Capacity payment	増設
Alqueva II	256	2012	EDP	Capacity payment	増設
Salamonde II	224	2015	EDP	Capacity payment	増設
Baixo Sabor (Feiticeiro含)	190	2016	EDP	Capacity payment	
Foz Tua	270	2017	EDP	Capacity payment	
Frades II	780	2017	EDP	Capacity payment	増設
Gouvães	880	2021 予定	Iberdrola	Capacity payment	

2-4. まとめ

- 揚水発電は、従来のベースロード電源の余剰電力の吸収に加え、変動型再エネの余剰電力の吸収、需給偏差を解消するための調整力としての役割を担っており、カーボンニュートラルにも貢献している。
- 揚水発電の収益は、卸電力市場におけるアービトラージと需給調整市場における調整力提供から得なければならない。すでに変動型再エネが大量導入されている地域においては収益を得やすい状況にあるが、まだ変動型再エネの導入が進まない地域では将来的に揚水発電が真に必要な時点まで厳しい運営を迫られる。
- 発電事業者、系統運用者、需要家を含めた社会的コストを最小化することを目的として、将来的な電源構成の推移や電力系統の整備計画をふまえ、電力貯蔵の必要量を適切に評価したうえで、揚水発電の建設投資および維持管理コストをまかなう制度設計が求められる。



ご清聴ありがとうございました