



将来の電力需給に関する在り方勉強会(第2回) 揚水発電の課題と本勉強会への期待

2023年 6月13日

東京電力リニューアブルパワー株式会社



1. 東京電力リニューアブルパワーの設備

2023年3月時点の設備規模

R P 単体

発電所 出力
168 ヶ所 約 **985** 万kW



水力

発電所 出力
163 ヶ所 約 **980** 万kW

一般水力 国内 **154** ヶ所 約 **220** 万kW

揚水 国内 **9** ヶ所 約 **760** 万kW



太陽光

発電所 出力
 太陽光 **3** ヶ所 約 **3** 万kW



風力

発電所 出力
 風力 **2** ヶ所 約 **2.1** 万kW



子会社(東発)

一般水力 国内
 発電所 **77** ヶ所
 出力 約 **19** 万kW

持分法適用会社

一般水力等 海外
 発電所 **9** ヶ所
 出力 持分約 **9** 万kW

R P グループ計

発電所
254 ヶ所
 出力
 約 **1,013** 万kW

2. 2020年度の揚水発電所の設備容量と設備利用率

- 全国の揚水発電所の設備量は合計27.5百万kWで、東京、関西、中部エリアに約7割(電源開発、神奈川県含む)が存在。
- 設備利用率の平均値は4.6%で、再エネ導入が進んでいる四国、九州、北海道エリアが高い。



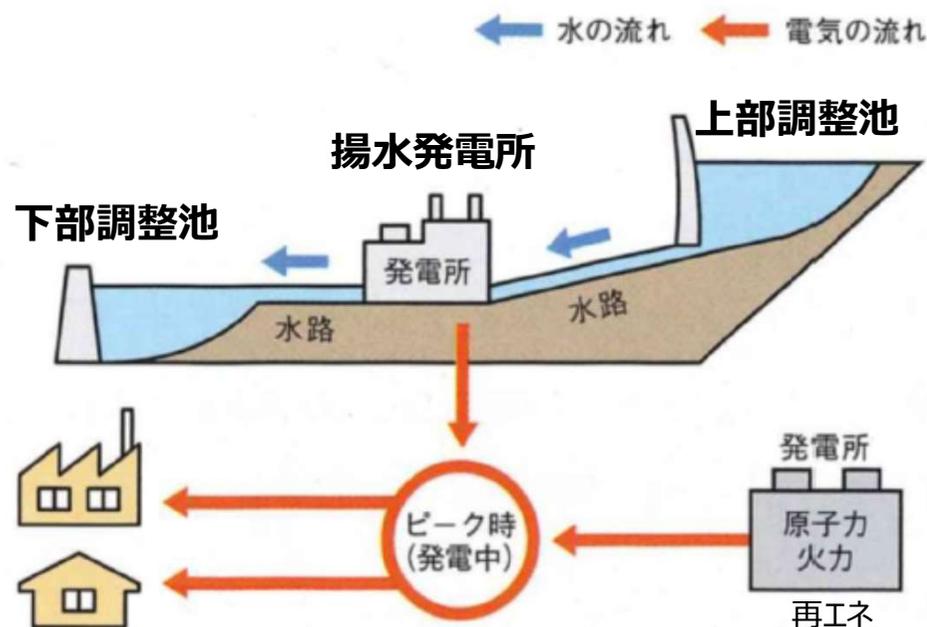
2020年度(2021年3月)の経済産業省資源エネルギー庁「統計表一覧」を基に算出した値。

出所：【産業競争力懇談会 2022年度 プロジェクト 最終報告】カーボンニュートラル実現に向けた水力発電システム, p.5, 産業競争力懇談会COCN, 2023年2月9日,
<http://www.cocn.jp/report/2022/>

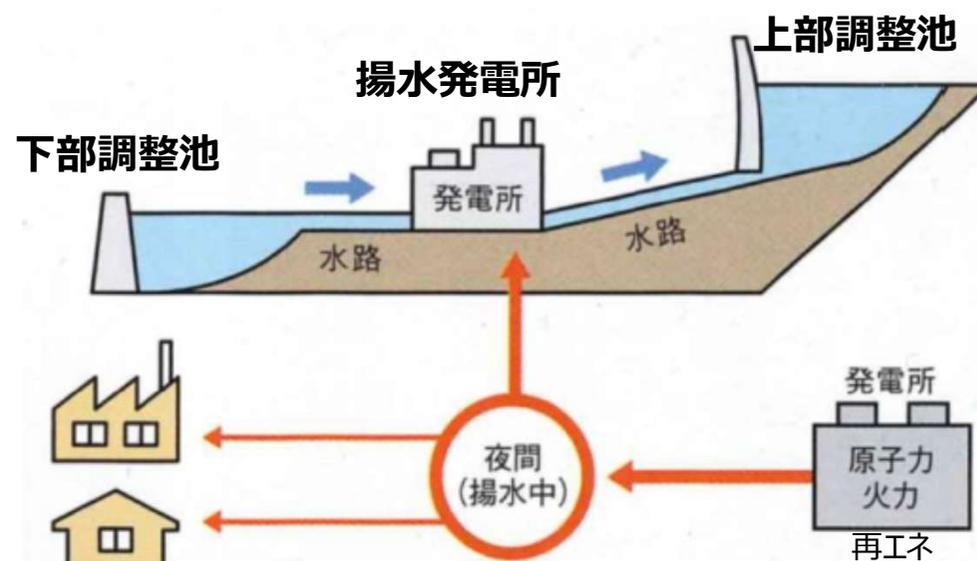
3-1. 揚水発電所の概要（その1）

- 一般に、揚水発電所は2つの調整池(上部・下部)と発電所で構成される。
- 電力需要が多い時間帯・需要変動の大きな時間帯に、上部調整池の水を流下させて発電する。電力需要の少ない時間帯・再エネ余剰の時間帯に、下部調整池の水を汲み上げ上部調整池に貯水することで、電気エネルギーを水の位置エネルギーに変換して電力貯蔵する。
- 一定量の水を繰り返して使用しており、上部調整池に貯められた水の量が、この発電所での「発電可能容量 (kWh)」となる。

※電力需要が多い時間帯

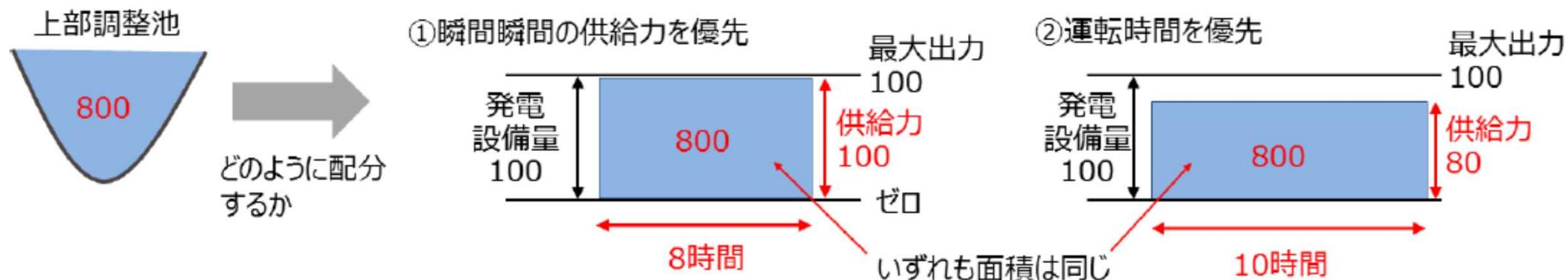


※電力需要が少ない時間帯



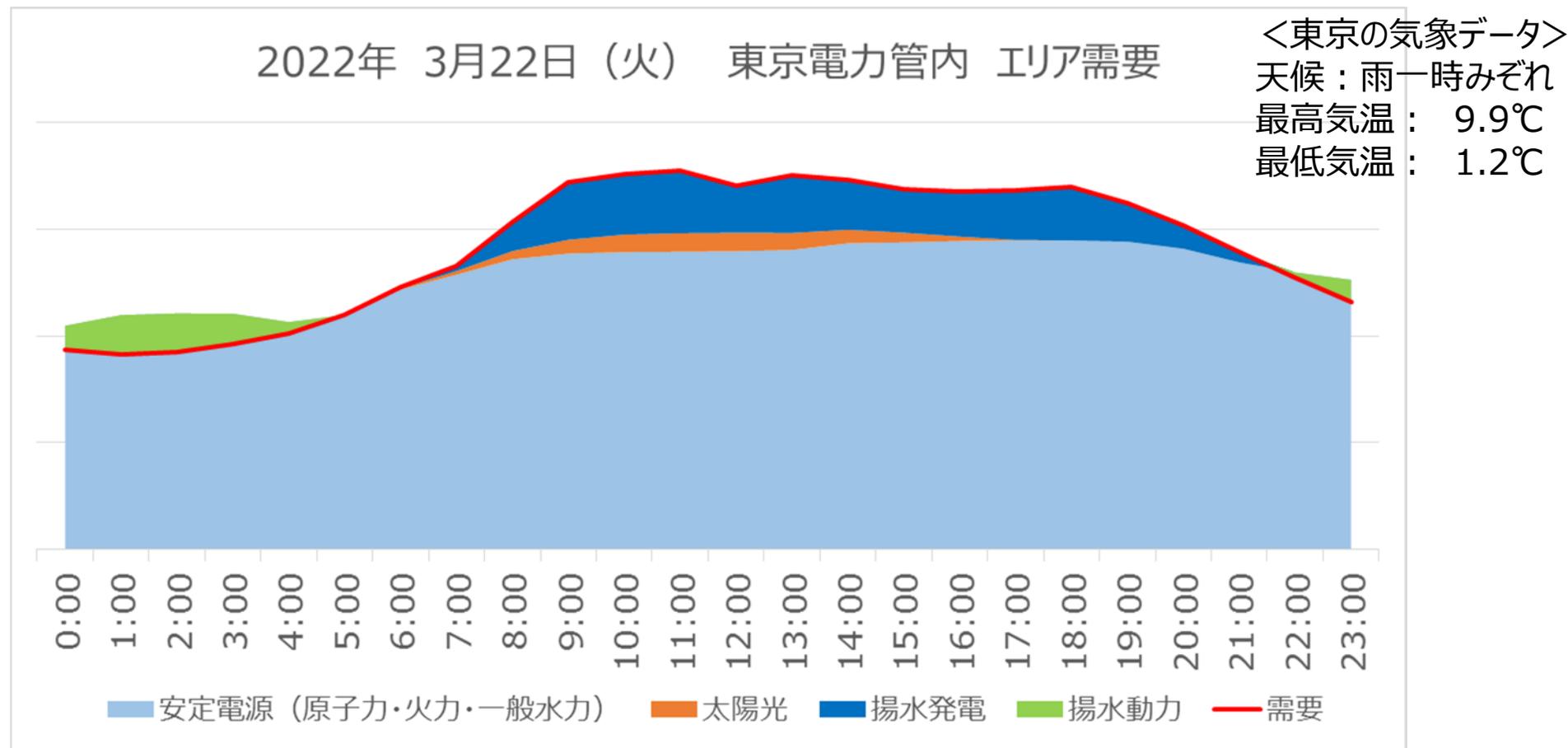
3-2. 揚水発電所の概要（その2）

- 揚水発電所では、上部調整池に貯められた水の量（確保水量※）しか発電できない。そのため、瞬間的にたくさんの発電をすると、その分、運転可能時間は短くなる。逆に、長時間運転する必要があるのであれば、瞬間的に発電する量を抑える必要がある。
- ※ 確保水量 = 火力発電所におけるガス、石油などの燃料に相当
- 起動から5分程度で最大出力に達する俊敏性があり、PV予測誤差や電源脱落、需要の急変などに対応する予備力・調整力として活用されている。



4-1. 揚水発電の保有する価値（供給予備力・調整力）：需給ひっ迫への対応

- 2022年3月16日23時36分に発生した福島県沖地震により火力電源などが停止。3月22日は天候不順による太陽光出力減少・真冬並みの寒さで需給ひっ迫警報発令。揚水発電は供給力として貢献。

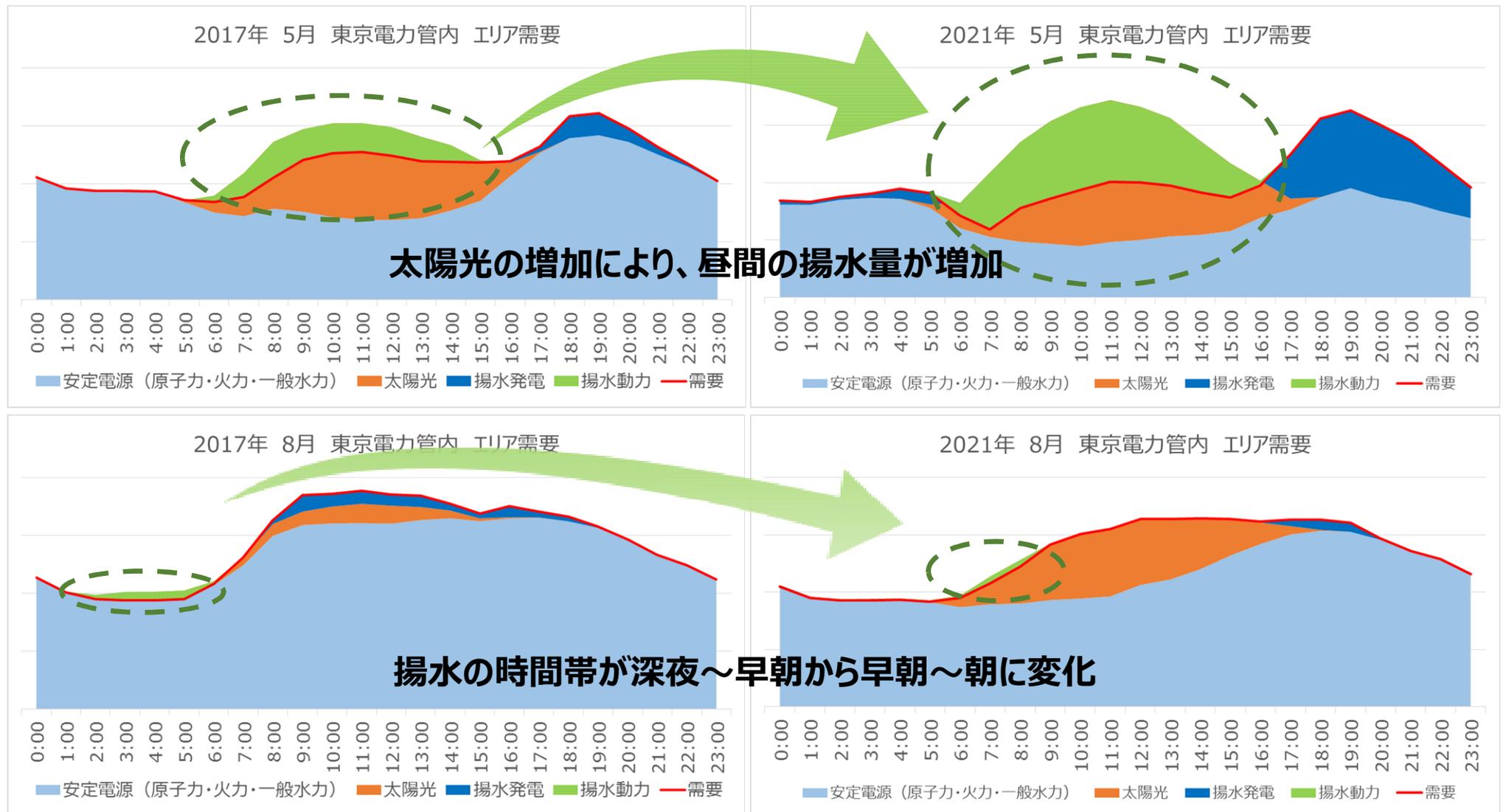


引用：エリア需給実績データ でんき予報の解説（東京電力PG）

4-2. 揚水発電の保有する価値（再エネ吸収力）

■ 役割の変化 2017年と2021年の比較

- 端境期：太陽光の抑制を回避すべく、昼間に揚水運転して蓄電し、夕方に発電運転。
- 高需要期：太陽光の発電状況により、再エネ吸収・不足する電力を賄う運用。



引用：エリア需給実績データ でんき予報の解説（東京電力PG）

5. 揚水発電所の種類・機能および蓄電池との比較

- 揚水発電所は揚水時に動力が一定の定速機と変動可能な可変速機とがある。両者を組み合わせて運用。
- 揚水発電所は火力と比べ、起動時間が短い、電圧調整範囲が広い、慣性力が大きい、再エネ吸収力あり(揚水運転)などの特徴あり。蓄電池に比べ、揚水発電所は電圧調整、慣性力などを提供できる特徴あり。

内容	揚水定速機		揚水可変速		蓄電池
	発電	揚水	発電	揚水	
発電電力量 (2019年)	137GWh (27.5GW×5Hで算出)				1.2GWh (2030年まで家庭、業務・産業用24GWh 目標)
出力容量	100MW~数1000MW				~100MW
貯蔵継続時間 (蓄電容量)	5 ~ 14時間、平均7.9時間				~6時間
総合効率 (充放電効率)	70%~85%				80%~90%
運転可能出力範囲	最低出力以上の任意出力	出力固定	一定範囲で出力変化可能		充放電とも任意の出力設定
起動時間	数分 (1~10分)				数秒から1分
出力応答時間	数秒				数秒
発電・充電切換	発電と揚水の間で切替のための10~15分程度停止が必要				停止なし連続
電圧調整 (調相)	有	有	有	有	可
慣性力	メカニカル	メカニカル	シンセティック	シンセティック	シンセティック
電圧維持力 (短絡容量)	有	有	有	有	無
ブラックスタート対応	有	—	無	—	無
稼働年数	40~60年				10年~20年 (目標)

建設コストの内、揚水kW単価と蓄電池のkWh単価は「発電コスト検証に関するこれまでの議論について、総合資源エネルギー調査会、発電コスト検証ワーキンググループ (第7回会合) 資料2、令和3年7月12日」を、揚水のkWh単価は「経済産業省 蓄電池戦略PJ」による「蓄電池戦略」、平成24年7月」を参照

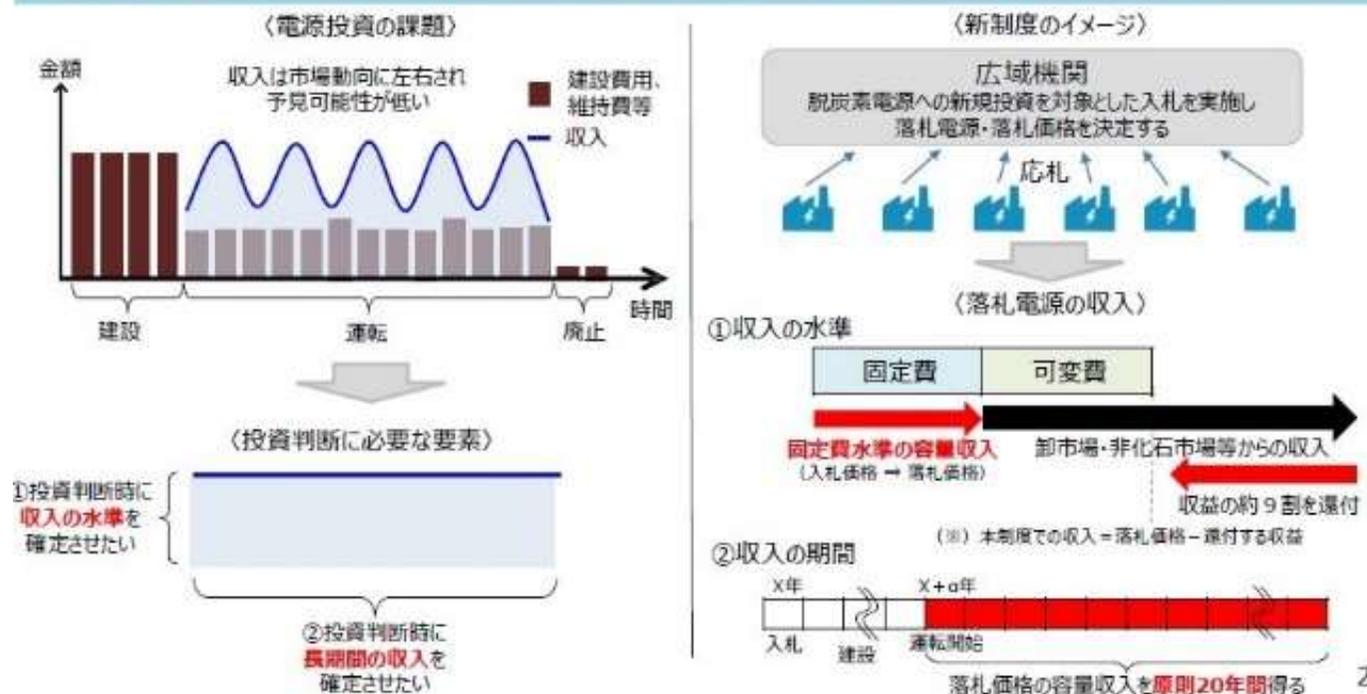
出所：【産業競争力懇談会 2022年度 プロジェクト 最終報告】カーボンニュートラル実現に向けた水力発電システム, p.11, 産業競争力懇談会COCN, 2023年2月9日, <http://www.cocn.jp/report/2022/> より抜粋し、赤枠追加。

6-1. 現状の課題：量・価格の予見性がない

- 価値化された機能には市場原理が導入され、量・価格共に予見性がない状況に変貌したものと認識。
- 新規CN投資(新設・リプレース等)には、長期脱炭素オークションなどの新しい制度が検討されているものの、揚水発電所の設備存続期間が長い(例えば100年超)と想定されるため、将来の必要量が不明だと投資判断が困難。制度対象期間中の帰責性のない費用上振れリスクがあると認識。

(参考) 長期脱炭素電源オークションの概要

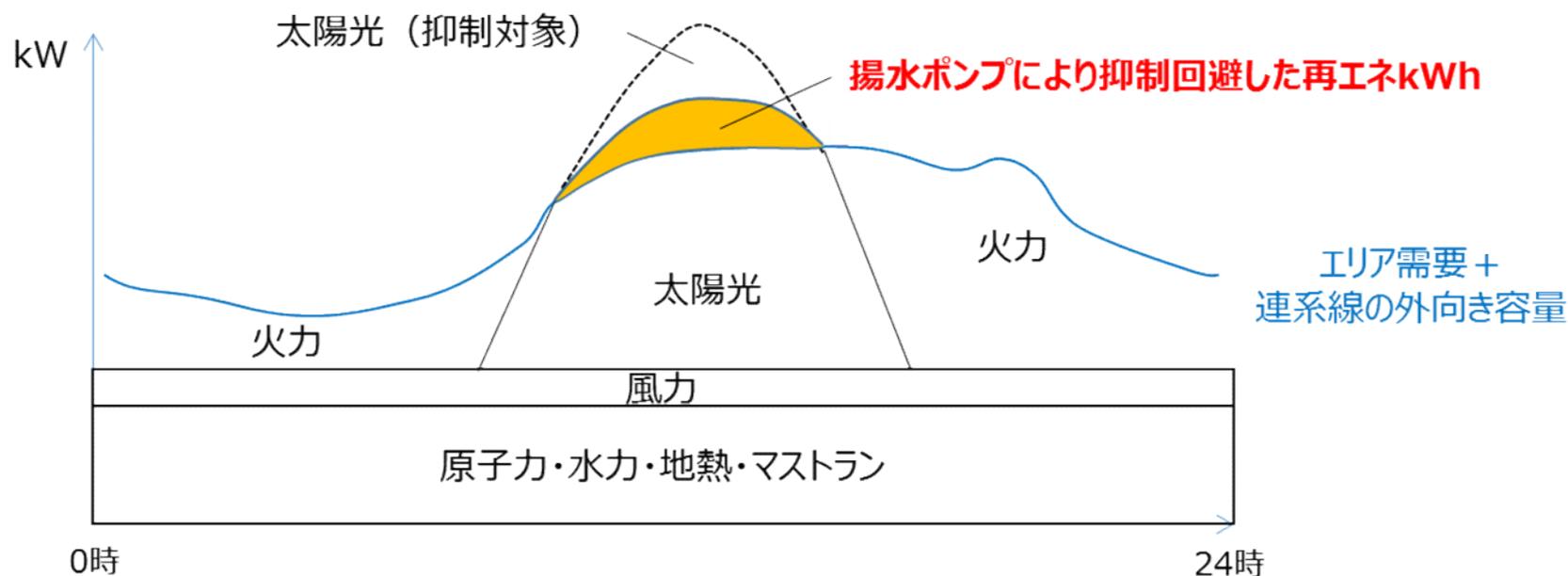
- 近年、既存電源の退出・新規投資の停滞により供給力が低下し、電力需給のひっ迫や卸市場価格の高騰が発生。
- このため、脱炭素電源への新規投資を促進するべく、脱炭素電源への新規投資を対象とした入札制度(名称「長期脱炭素電源オークション」)を、2023年度の導入を目標として、検討中。
- 具体的には、脱炭素電源を対象に電源種混合の入札を実施し、落札電源には、**固定費水準の容量収入を原則20年間得られる**こととすることで、巨額の初期投資の回収に対し、長期的な収入の予見可能性を付与する。



第77回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会 制度検討作業部会 資料3-1 長期脱炭素電源オークションについて, p.2, 2023年4月5日, https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/seido_kento/077.html

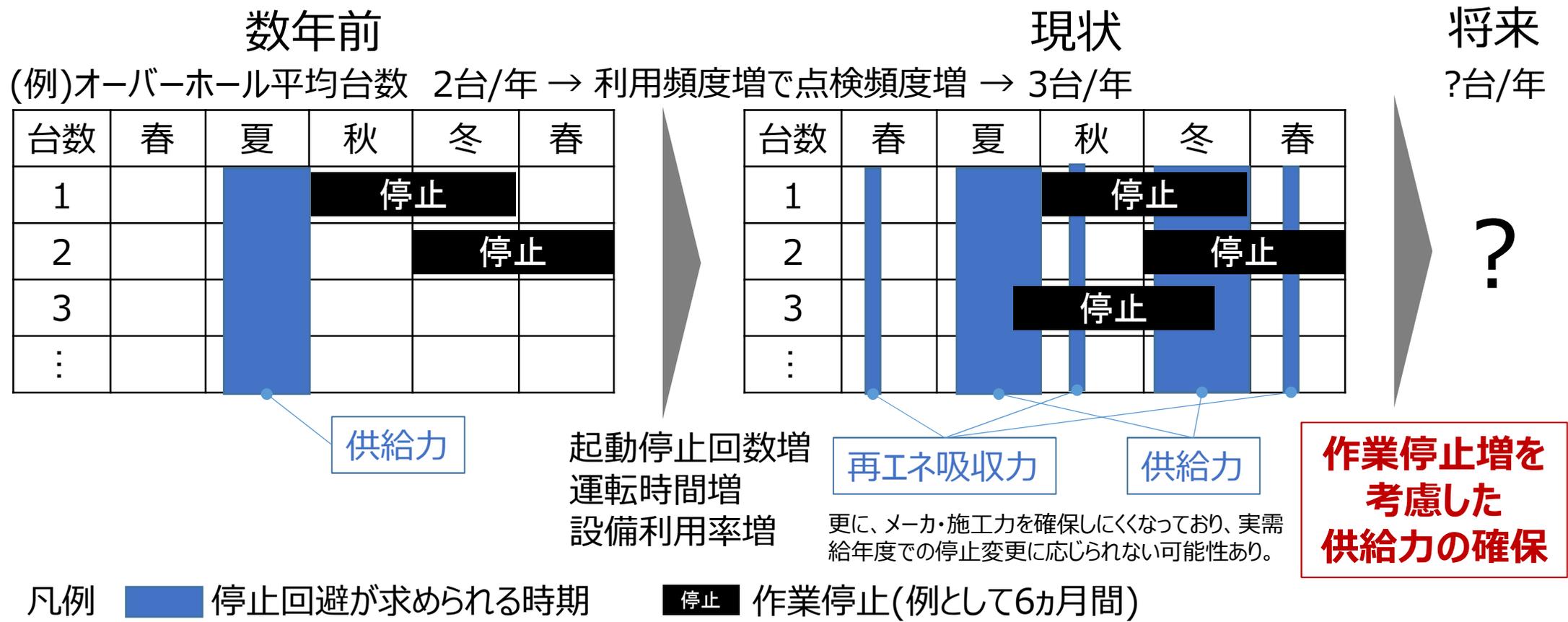
6-2. 現状の課題：揚水発電所の再エネ吸収による環境価値

- 再エネの有効利用の観点から再エネ出力抑制量の低減に向けた対応が必要となっているところ、上げDRの実施を促進するための取組の重要性は既に審議会（系統WG等）で議論されている。
- 揚水は、再エネ出力抑制回避に貢献できることから、そのインセンティブ拡大のため、環境価値の活用検討を進めることが必要ではないか。
※2019/12/5第24回系統WGでアグリゲーターからも同様の意見が出ていることが公表されている。
- 但し、環境価値の活用には以下の課題があることに留意が必要。
 - 揚水のための電源（揚水動力）が再エネであることの証明
 - 非化石価値の転売は現状不可
 - 抑制回避した再エネkWhの特定(定性的には抑制回避量=揚水動力kWhだが、揚水ロス是要考慮か)
 - 非化石価値の種別（FIT or 非FIT非化石価値。現行制度上はFIT非化石価値は電力広域的運営推進機関に帰属することや、再エネ価値取引市場と高度化法義務達成市場の分割を踏まえ検討か）



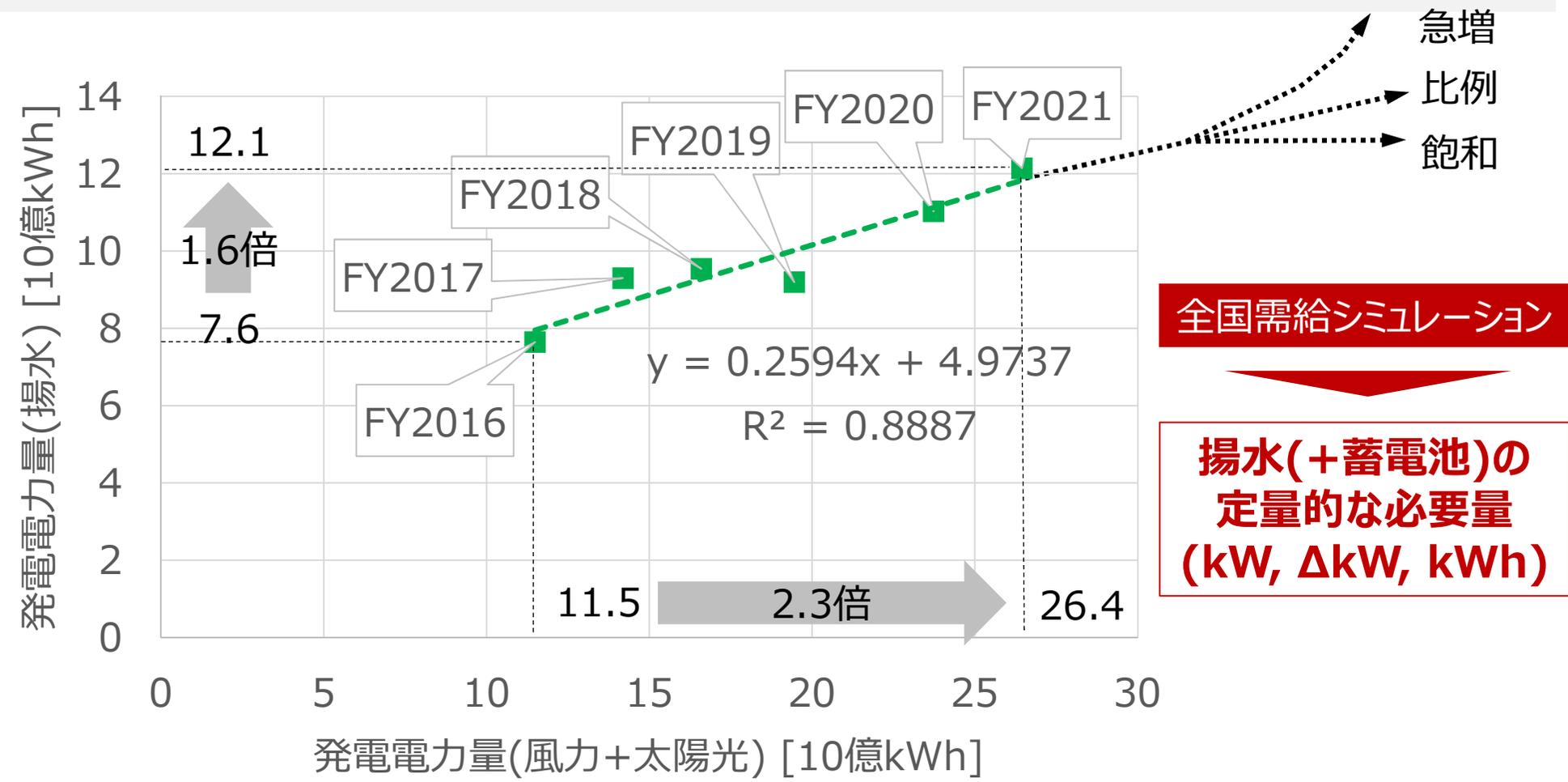
7. 将来に向けた課題：保安に必要な作業停止

- 再エネ大量導入により揚水発電所の稼働が増加(点検・修理頻度の増加)。
- しかも、供給力確保の役割として夏期・冬期に、再エネ吸収力確保の役割として春期・秋期に稼働を求められ、一年中稼働が期待されている状況。
- 再エネ大量導入以前は、夏期の供給力確保のみが求められていたため、それ以外の時期に点検・修理のための停止(作業停止)を調整できたが、現在は作業停止のスケジュールを組むことが困難になりつつある。
- 保安を維持するための作業停止を考慮した供給力の確保が必要ではないか。



8. 本勉強会への期待：揚水の定量的な必要量(kW, ΔkW, kWh)

- 揚水発電所の発電電力量は需給ひっ迫など需給状況、混合揚水に流れ込む河川自流分などの影響も受けるものの、近年では再エネ余剰を吸収するためにも活用されている。このため、再エネ発電量が増加すると揚水発電所の発電電力量も増加する傾向にある。
- 投資予見性向上に繋げるため、例えば、全国需給シミュレーションを基に、将来の揚水(+蓄電池)の必要量(kW, ΔkW, kWh)を定量的に示すことができるか。



出所：経済産業省資源エネルギー庁「電力調査統計」を基に沖縄県を除いてグラフ化。