

可変速揚水発電システムの現状と将来について

久保和俊氏（関西電力(株)水力事業本部）

① 可変速揚水発電システムの現状と将来

当社の揚水発電は、上ダムと下ダムと水車、ポンプ、そして同軸に付いた発電機から成る。従来の使い方は、昼は上ダムから下ダムに水を落として発電し、夜は下ダムから上ダムに水を揚げて電気を消費するものだったが、再エネが導入されるにつれ近年では使い方が変わってきた。今は昼に揚水、夜に発電といった逆転現象も起きている。

関西電力管内には、日本で最大の電圧である 500 kV の系統があり、3 か所の揚水発電所が連系されている（喜撰山のみ 275kV）。兵庫にある大河内には 4 台の発電機があり、1 基当たり 32 万 kW、そのうち 3 号機、4 号機の可変速はそれぞれ±8 万 kW の変動能力がある。奥多々良には 6 台の発電所があり、1・2 号機が単機出力は 30 万 kW である。現在可変速に改良中である。喜撰山には 2 つ、奥吉野には 6 つの発電機がある。舞鶴には石炭火力発電所があり、高浜等には原発があるが、このような大電源ほど高い電圧で送電する。

揚水は出力を 0～100%まで変動させることはできない。定速機は通常出力 50%～100%の間で運転する。電力系統の負荷変動について、夏の一番暑い日を見ると、揚水を含めた負荷は時々刻々と変化している。供給超過の場合は周波数が上がり、需要超過の場合は周波数が下がる。関電は 95%確率で 0.1Hz 以内に周波数変動が収まるようにしてきた。

可変速揚水導入の歴史的背景には、まず電力需要の増加がある。高度成長期以降（1973～）は、特に夏の暑い日中の需要の伸びが大きく、夜の需要との差が広がった。関電はピーク需要には、ベースロードの電源の新設（主に原子力）により対応した。1970 年代後半は、昼と夜の需要差が大きくなり、夜の AFC (Automatic Frequency Control) 容量が不足していった。そこで定速機の揚水発電所が新設された。昼間は発電し夜は揚水運転する。一方、AFC の必要容量は系統容量に比例して大きくなる。ベースロード電源の新設により大幅に増えた系統容量に比べると、まだまだ AFC 容量は足りていなかった。夜になると昼間稼働していた AFC 運転できる発電所が停止して抜け落ちるためである。

可変速揚水のメリットは 4 つある。揚水運転時の周波数調整、水車効率の向上、運転範囲の拡大、電力系統の安定性向上である。

②今後の可変速揚水を取り巻く事業環境（太陽光発電大量導入と制度設計）

平成 38 年には、太陽光の設備容量は今の 1.8 倍になると想定されている。全国では九州が 20% と多い。仮に設備量が今の 1.8 倍になれば、九州では需要の 100% 以上の太陽光が発電する時間帯が出てくる。揚水の価値を 3 つに分け、kWh 価値を取引する卸電力市場、kW 価値を取引する容量市場、 Δ kW 価値を取引する調整力公募、リアルタイム市場で可変速が生き残れるのか考える。

まず卸電力市場では、揚水発電所は「揚水運転～発電運転」の間に 3 割のロス（ポンプロス）が発生する。ポンプロスを補うためには、仮に 10 円/kWh で揚水時の電気を調達した場合、発電した電気の売値は 14.3 円/kWh 以上にしないと元がとれない。さらに H28 年 4 月からポンプロスに対して託送料が課金されることになり、併せて 7.4 円/kWh の値差が必要になった。しかし、実際のスポット市場での価格を見ると、値差が 7.4 円以上の日は年間で 19 日しかない。メンテナンス・人件費入れると、揚水にかかる費用の回収は難しい。

kW 価値である容量市場では、まず固定費全額を回収させてあげる市場ではないということが明言されている。日本は英国または米国の PJM をモデルに制度設計がされる予定。PJM の実績を見ると、容量市場価格は年度により大きく変動している。

最後に、 Δ kW 価値は、先述の 2 つの市場より揚水の価値を活かせると期待している。今後創設される予定のリアルタイム市場において、PJM のように応答能力に対するインセンティブ、実働に対する評価が導入されれば、応答能力の高い可変速揚水は市場で優位に立てる可能性があるのではと考えている。