

電力システム改革以降の我が国の揚水発電のありかたに関する研究 —欧州の事例との国際比較

Policy Research on How to Position Pumped Storage Power Generation in Electricity Sector
After Electric Power Sector Reform- comparative Study on Japan and Europe.

H29助人20

代表研究者 長 山 浩 章 京都大学 国際高等教育院 教授
Hiroaki Nagayama Professor, Institute for Liberal Arts and Sciences, Kyoto University

In Japan, the basic operation of pumped-up storage power generation is to pump up water at night from a lower dam to an upper dam by using the surplus electricity generated by nuclear and coal power plants, and to generate during the daytime when there is a rapid increase in power demand. Today, however, due to the rapid increase of various renewable energies including solar, it is necessary to deal with the fluctuation of frequency in the short period of time, as well as pumping up water in the daytime. From these points, variable speed pumped-up generation that has a rapid response speed is expected to play an important role. However, so far, pumped-up storage generation that consumes 30% of the energy when they pump up the water has not been used often from an economic point of view. Only the value of the KWh is recognized.

As in Europe, under the environment in which the power system has been unbundled, pumped up storage generation in Japan will be expected to have a revenue stream combined with the wholesale market, demand regulation market and capacity market. In order to do so, it is necessary that the value of pumped-up storage generation be properly recognized. In this paper, we would like to propose the future state of pumped up storage generation in Japan based on this background, as well as clarify the present situation of its status, support schemes and operation, by comparing it with ones in Europe.

研究目的

我が国においてはこれまで、揚水発電所は、電力需要の少ない夜間にベース電源である原子力や、石炭発電による余剰電気を使って下部ダムにある水を上部ダムにくみ上げ、電力需要が急増する昼にその水を落とすことで、発電電動機を回し発電することが基本的なパターンであった。しかしながらここ数年で揚水発電を取り巻く環境が大きく変わったことでその運用にも変化が出てきた。

太陽光、風力発電などの変動性のある再生可能エネルギーがFIT制度の導入により急増したことで、短期の周波数が大きく乱れる状況が頻発すると共に、昼に大量に導入される太陽光発電をどのように吸収するかが課題となっている。こうした短期周波数の調整に優れ、また昼間に揚水動力を行うことで太陽光のような変動性再生可能エネルギーを吸収できる揚水発電の重要性が大きく増している。特に揚水時に、入力調整の可能な可変速揚水発電は系統の安定化への効果が大きい。

他方、電力システム改革が進展し、発送電分離が2020年以降予定される中で、電力会社における揚水発電所の位置づけも大きく変化する。具体的には我が国の揚水発電は今後、欧米におけるように卸市場で市場ベースで取引されるようになる。この場合、卸売市場の収益はマーケット(昼夜価格差)によるため、市況に左右される。例えば、夜間の低価格で電力取引所で買電し、昼間の高価格で売電するパターンでは昼間の売電価格を決めるような収益管理が必要になる。他方、系統運用者(TSO)が調整力市場で、公開入札により調達する仕組みも合わせて活用されるようになる。こうした今後予測される事業環境変化の中で、個別の揚水事業経営にとって必要なのは、変動性再エネ(太陽光・風力)に対する予測技術や、トレーディングのノウハウである。

揚水発電は水をくみ上げるときに30%のエネルギーを消費することから、それ単体での収益を得られるのではなく、系統全体への効果、火力の燃料費削減、CO₂削減、保安揚水の機能などで定性的に大きくくり収支状況が管理されてきた。しかしながら、欧米におけるように電力システムがアンバンドリングされた中では、揚水事業の価値を個別項目ごとに数字で「見える化」し、発電量(kWh)で測れない価値に対して、その対価を調整市場、容量市場のような形で補償されるよう、政府の支援を求めていく必要がある。

また、可変速揚水などの調整力を後から追加する(定速揚水機を可変速揚水機に変更)ことは投資効率の点から無駄が大きくなるため、はじめから調整力をつけられるような制度設計におけるインセンティブ付けが必要となる。

本研究では、こうした問題意識をもとに我が国より電力システム改革が先行する欧州のいくつかのケースを事例研究として取り上げ、各国における揚水発電の位置づけ、支援策、運

用状況を我が国と比較することで、今後の我が国揚水発電の在り方を提言した。

概 要

我が国においてはこれまで、揚水発電所は、夜間に原子力や、石炭発電による余剰電力を使って下部ダムにある水を上部ダムにくみ上げ、電力需要が急増する昼にその水を落とす運用が基本的なパターンであったが太陽光などの変動性再エネの急増で、昼に揚水をするともに、短期の周波数の変動に対応することが求められてきている。こうした点から特に応答スピードの速い可変速揚水発電の役割が期待されている。しかしながらこれまでは、発電量(KWh)の価値しか認識されてこなかったため、揚水時に30%のエネルギーを消費する揚水発電は経済的観点から十分活用されてこなかった。

今後、欧州におけるように電力システムがアンバンドリングされる中では、我が国の揚水発電は卸市場と需給調整市場、容量市場からの収入を複合したもので経営を行うようになる。そのためには今後の電力システム改革を契機に調整市場・容量市場等で、その便益に見合うコストが回収されるべきであろう。

揚水事業は現時点では、エネルギーのkWh価値だけが認識され、付加価値は暗示的(IMPLICITLY)に評価されるに過ぎない。エネルギーkWh以外の付加価値(アンシラリサービスや保安揚水の機能)がどのように評価されるべきかという問題は再提起されなければならない。

可変速揚水などの調整力を後から追加する(定速揚水機を可変速揚水機に変更)ことは投資効率の点から無駄が大きくなるため、はじめから調整力をつけられるような制度設計におけるインセンティブ付けが必要となる。

欧州と我が国を比べると欧州は系統が大き

いので周波数が安定している。一方、我が国では、系統が相対的に小さく、大きく動くうえに西日本、東日本、北海道で直流連系にて分断されているため周波数が同期（シンクロナイズ）しておらず、エリアの電力会社の運用も独立して行われる。このように我が国の電力システム独自の法的、設備的、そして歴史的に構造的な問題があり、我が国に技術優位性がある可変速揚水が十分に活用されてこなかった。蓄電池との競合もあり、英国のように定速揚水発電よりも先に応答するリチウムイオン電池を主に想定した1秒以内に応答（15分継続）の「エンハースト市場」を立ち上げた事例もあるが、蓄電池はコスト面の問題、容量の問題、充放電を繰り返すことによる劣化の問題がある。

他方、可変速揚水は、アンシラリーサービス（周波数・電圧調整）のメリットをより大きな規模で、より長い期間、電力システムに与えることができる。またドイツのように、TSOごとの調整力が、順次統合されて共通市場になったように我が国の現状のエリアごとの調整力市場の統合が進んでいく場合、可変速揚水の価値はより広域のエリアにおいて一層高まることになる。

現在のエリアごとにおける定速揚水、可変速揚水への投資判断でなく、より大きなエリアのくくりで、定速揚水機から可変速揚水発電への転換、可変速揚水発電の新設も検討されるべきではないだろうか。変動性再生可能エネルギーが大量導入される電力会社のエリアに、可変速揚水発電所を新設する、もしくは定速揚水機からの可変速化を図るには、大きな投資コスト負担が必要になる。このコスト負担を発電所立地地域の電力会社の住民だけでなく、その便益を受ける広いエリアで負担してもらうような仕組みづくりが必要となる。このためには、揚水（特に可変速揚水）をエリアを越えて全国で使えるようにすべきであろう。揚水（可変速揚

水）をTSOが保有するということも有効だろう。

さらに可変速揚水は、同じkW、運転年数であれば、定速揚水機より固定が高く、より収益性を確保するのは難しい。以上のような背景で、揚水においては【△kW価値】で評価されることが必要であり、【△kW価値】を評価するリアルタイム市場において、PJMにおけるように応答能力に対するインセンティブ、実働に対する評価などが導入されれば、火力・定速揚水機よりも応答能力が高い可変速揚水機は、市場で高い価値を持つことになる。

特に可変速揚水はアンシラリーの価値を評価されるべきであり、稼働時間が短くても、急な需給調整に対応したかなど、稼働時間、停止起動の回数などが評価されるべきであり、この意味で利用率よりも稼働率のデータが整備・公開されるべきであろう。

既存の揚水発電（定速および可変速）のフル活用や可変速揚水発電の新設と全国大での活用により、変動性再エネのもたらす短周期変動、中長期周期変動の問題により柔軟に対応できるよう、大きく舵を切るべきである。

－以下割愛－