

脱炭素社会にむけた水力発電システムへの動向と期待



早稲田大学
理工学術院 基幹理工学部 機械科学・航空宇宙学科
教授 博士 (工学)

宮川和芳 Kazuyoshi Miyagawa

2050年のカーボンニュートラルの実現を目指すため、2030年までに洋上風力などの大量導入や系統整備、蓄電池の活用による再生可能エネルギーの倍増戦略が示されている。調整力・送電容量・慣性力の確保、自然条件や社会制約への対応、コスト低減など様々な課題を解決し、2050年において発電量の約50～60%を再生可能エネルギーで賄うことが目標である。

水力発電は、大規模ダムによる環境不適合性のイメージ、技術的完成度の高さにより風力や太陽光発電と比べて話題性が少ない。一方、(1)ライフサイクルを通じた低いCO₂排出量(中規模ダム水路式で太陽光の1/3、風力の1/2)、(2)エネルギー自給率の向上へ寄与、(3)長期安定的な発電所の運用が可能、(4)出力変動の少ない安定的な発電が可能、(5)高い負荷追随性、(6)地域の活性化・防災・雇用創出に対する貢献などの長所があり、それらの特徴を生かすために最大限に活用するべきである。例えば、風力発電の設備利用率は20%程度、太陽光発電での設備利用率は12%程度であるが、小水力発電では70%程度と高く発電量の時間変動も小さい。設備の規模に関して風力発電と水力発電を比較すると、例えば、2400kW陸用風車翼の回転直径は100mを超えるが、同じ出力の水力発電で用いる羽根車の直径は1m以下になり小さな機械装置となる。また、発電設備の製造段階から廃棄までのライフサイクルでのCO₂発生量に関して、中小水力発電は太陽光発電に比べても3割程度の排出量となっていて環境適合性が良い。その他、日本のエネルギー自給率11%程度のうちの24%は水力発電であり貴重な純国産エネルギーでもある。

水力エネルギーのポテンシャルは立地条件によって大きく左右され、落差、流量、水車及び発電機の効率の積となる出力を取り出すことが可能である。日本は潤沢な雨量を得ることができ、国土の約7割が山地であることから、豊かな流量を有する急勾配の河川から水力発電に適した気象と地形条件を有している。日本の包蔵水力の中で、既に50,000kW以上の大規模地点はほぼ開発されているが、未だに未開発地点は約2650地点、1,170万kWあり、特に、5000kW以下の小規模の地点が2066地点と全体の約78%残っている。但し、それらの地点は、山間地が多く、出力も3万kW未満の小規模地点

がほとんどである。それらの地点での開発には、建設・設備コストの低減、性能、信頼性の向上、診断システムの整備などが必要であり、制度面の解決も俟たれる。新規開発だけではなく、既存設備の活用・改修も今後の水力発電の運用、管理において重要であり、最新の数値解析技術の適用により水車の効率向上、運転範囲の拡大、出力増大が図られている。特に、非設計点での流動不安定の予測と対策、発電機各種損失の低減、最適化設計に最新の解析技術が適用され、性能・信頼性向上に寄与している。老朽化した発電所の一式更新では、運用実績を踏まえて台数の統合や水車型式の変更など全面的な機器構成の見直しも実施され、発生電力量の最大化やメンテナンス性の向上、環境リスクの低減などを目的に発電所の近代化が図られている。

また、風力や太陽光発電など出力が気象条件や時間帯、季節により左右される再生可能エネルギーの大量導入に備え、安定な電圧・周波数の電力供給のために水力発電の即応性や調整力が期待されている。需要と供給の変動に対する調整に対しても、出力調整が可能な水力発電は、同様な機能を有する火力発電と比較すると、起動・停止に必要な時間が数分程度と短く、出力の変化速度も大きいいため、数秒から十数分の短中周期需要変動に対する調整力としての役割を果たしている。特に、揚水発電は、従来、負荷調整のできない原子力発電の需給調整として昼間は発電、夜間は揚水として高落差化、大容量化が進められてきたが、近年では、太陽光発電の増加による昼間の電力供給量増加、太陽光、風力発電などの変動の大きな再生可能エネルギーの負荷調整など、昼間の揚水、夜間の発電の利用により他の再生可能エネルギーを補完する役割も果たしている。日本では、既存の揚水発電所の蓄電容量は130GWh、設備利用率も3%程度であるが将来の負荷調整設備としての期待も多く、合計1000GWhの蓄電容量に対する経済試算もされている。経済性向上の観点から、負荷調整能力の拡大のために可変速化等の対応も実施され、更なる柔軟なエネルギー需給調整能力の向上が求められている。

カーボンニュートラルの実現に向けて、水力発電システムも多くの貢献が可能である。特に、風力、太陽光などの不安定電源の需給調整やさらなる水力エネルギーの開発も検討されている。価値創造のためには、産学官で課題を解決していくことが水力エネルギーの伸長とカーボンニュートラルの実現に近づくとと思われる。