

# 水力発電所の現状と今後

## 低炭素社会の実現に向けた水力発電の役割

土居 裕幸

水力発電は、資源の乏しいわが国において、貴重な純国産エネルギーとして重要な役割を果たしているとともに、エネルギー資源の枯渇問題と地球温暖化問題から、再生可能エネルギーとしての重要性も高まっている。

本稿においては、関西電力における低炭素社会に向けた取り組みに関する水力発電の維持・拡大に焦点を当てて、水力発電の現状と国内外の推進事例を紹介する。

キーワード：水力発電所、電力、環境、低炭素、ダム、河川

### 1. はじめに

日本における最初の商業用水力発電は、1891年に琵琶湖疎水事業の一環として開発された京都市の蹴上発電所である。当時の水力発電所は流込み式が主流であったが、その後、貯水池を持つダム式・ダム水路式へと発展し、1960年頃までは生活・産業の発展と近代化を支える重要な電源であった。現在では火力発電等へと主役を交代したものの、水力発電は資源の乏しいわが国において、貴重な純国産エネルギーであり、エネルギーセキュリティ確保の面から重要な役割を果たすとともに、低廉なコストで長期間運用でき、負荷追従性や系統安定に対する貢献等、優れた特質を有している。

また、水力発電は再生可能エネルギーとしての重要性も高まっている。エネルギー資源の枯渇問題と地球温暖化問題への全世界的な対応の必要性から「低炭素社会作り行動計画」が2008年7月に閣議決定され、この中で原子力発電を中核として水力発電や太陽光発電など、発電時に温室効果ガスを排出しない「ゼロ・エミッション電源」の発電比率の向上が求められている。

平成24年の国際大ダム会議京都大会では、今後のICOLDの活動規範となる「持続可能な開発のための水貯留」について、関係国際機関との共同宣言が採択された。宣言では、「世界人口増大に伴う水、食料及びエネルギー需要の増加は、天然資源制約への挑戦である。人類はかつてない厳しい水資源状況に直面しており、持続可能な方法による水貯留基幹施設の開発に

力を結集する必要がある。」と記されており、2050年に90億人を超えるとされる人類にとっては水・食料・エネルギーの需要増加への対応が不可欠であると強調されている。

この中で、今後のエネルギー需要の増加に対応するために、負荷追従性の高い再生可能エネルギーである水力発電を導入することは、電力系統の信頼性の向上に繋がる一方、太陽光や風力のように出力が不安定で変動が大きい間欠性再生可能エネルギーのさらなる開発にも貢献できるとしている。さらに、世界的に見て水力発電の開発余地は、まだ大きく残されている。未開発地点の開発を進めることは化石燃料の利用を節減し、温室効果ガスの実質的な排出抑制に繋がり、また水資源管理も改善されるとの指摘もあり、低炭素エネルギーである水力発電の開発促進への期待は大きい。

一方、わが国の水力発電は、その包蔵水力のうち、出力および電力量ベースで7割弱、地点数で約4割が既に開発されており、費用対効果の観点から事業性の乏しい地点や、自然・社会環境的に受容性がないために開発されていない地点しか残されていない。そのような中、国としては許認可等手続きの簡素化等の見直しや、新設・既設発電所に対する助成制度の拡充など様々な施策を打ち出し、水力発電開発・促進の改善策を講じている。他方、事業者もそれぞれが保有する設備の特性や地域性を活かしながら、水力発電の発電電力量増加に取り組み、温室効果ガスの排出抑制および太陽光発電をはじめとした再生可能エネルギーの安定供給に努めている。本稿は、雑誌「河川 (H24/8)」に提出した原稿を加筆修正したもので、関西電力にお

ける低炭素社会の実現に向けた水力発電に関する取り組み内容を紹介する。

## 2. 低炭素社会の実現に向けた関西電力の取り組み

当社は、中長期的に地域の低炭素化を進める総合戦略のもと、需給両面からの取り組みによる低炭素社会の実現や、スマートグリッドの構築をめざすとともに、「海外での取り組み」、「先進的な技術開発」も着実に進め、地球規模での持続可能な低炭素社会の実現に向けた取り組みを展開している。図一1に当社グループ独自の低炭素社会の実現に向けた総合的対策を示す。



図一1 当社グループ独自の総合的対策

中でも「電気の低炭素化の加速」は大きな効果が期待できる直接的な取り組みのひとつであり、原子力の安全・安定運転、火力の高効率化、水力の維持・拡大、新エネルギーの開発・導入など様々な取り組みを通じて進めている。

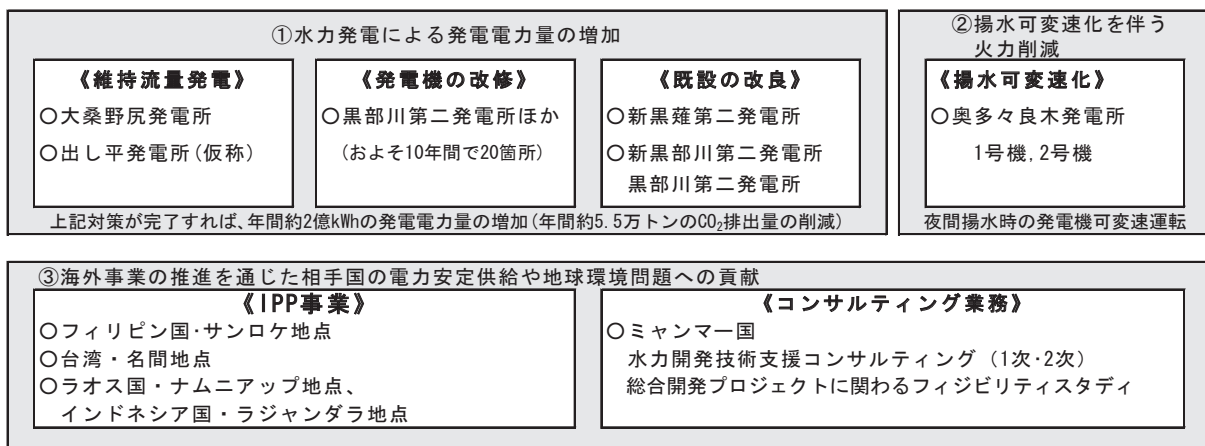
当社における水力発電所の発電電力量の割合は10%程度であるが、発電時にCO<sub>2</sub>を排出しない水力発電所の発電電力量を向上させることは電気の低炭素化に有効である。既設水力発電所の効率的な維持・運用を図るとともに、経済性や地域情勢等の条件が整うものから、中小規模の水力新規地点の開発を行っており、さらには揚水発電所の発電機を可変速化する対策も積極的に進めている。また、海外エネルギー事業については、これまで培ってきた当社技術の活用、国内へのフィードバック、相手国・地球環境問題への貢献を目的に、東南アジアを中心に投資開発やコンサルティング業務を展開している。

以下に、低炭素化社会に向けた水力発電の維持・拡大に焦点を当てて、当社の国内外の推進事例を紹介する。

## 3. 電気の低炭素化に向けた水力発電の推進事例について

水力発電は純国産エネルギーとして供給安定性や経済性に優れた特徴を有している電源である。当社は、この水力発電について、前述のとおり今後も適切なメンテナンスにより安定した運転を続けるとともに、既設設備の出力向上や揚水発電所の可変速化の推進、中小水力の開発などにより、需給変動への柔軟な対応や、さらなる環境負荷の低減に取り組んでいる。

具体的な取組内容は、図一2に示すとおり大きく3つのアプローチから行っており、①水力発電による発電電力量の増加による低炭素化加速の実施。②揚水可変速化に伴う火力発電の削減。(従来、夜間の周波数調整を担っていた火力発電に代わり、揚水発電所の発電機の可変速運転が可能になることでその役割を担う。)③海外水力開発事業の推進を通じ相手国の電力



図一2 当社水力発電の低炭素社会実現への取り組み

の安定供給や地球環境問題への貢献，を行うことである。

### (1) 水力発電による発電電力量の増加

#### ①河川維持流量を利用した水力発電

##### 《大桑野尻発電所》

当社が所有する読書ダム（長野県木曾郡大桑村）は、ダム下流の景観保全など河川環境維持のため、常時、河川維持流量を放流している。この河川維持流量と未利用落差を利用した発電所の建設を計画し、平成23年6月に営業運転を開始した。この発電所は、当社として初めてとなる河川維持流量を利用した発電所（写真—1）であり、最大出力490kWで年間約375万kWhの発電電力量を見込んでいる。これにより、年間1,300tのCO<sub>2</sub>排出量の削減が可能となる。



写真—1 大桑野尻発電所の概要

##### 《出し平発電所（仮称）》

上記、大桑野尻発電所に続き、当社所有の出し平ダム（富山県黒部市宇奈月町）においても河川維持流量を利用した出し平発電所（仮称）を新設する予定である。表—1に示すように出し平発電所（仮称）は出力510kWで、年間発電電力量を約170万kWhと見込んでおり、年間480tのCO<sub>2</sub>排出量を削減することになる。

表—1 出し平発電所（仮称）の概要

所在地	富山県黒部市宇奈月町
水系・河川名	黒部川水系 黒部川
発電所形式	ダム式（維持流量発電）
最大出力	510 kW（1基）
発電電力量	約170万kWh/年
最大使用水量	1.76 m <sup>3</sup> /s
有効落差	37.16 m
CO <sub>2</sub> 削減量	約480t/年

現在、平成26年5月の着工、同年12月の営業運転開始を目指し検討を進めている。

#### ②設備更新による発電機の改修等

今後10年間で、約20か所の水力発電所において、水車や発電機の取替えなど設備更新を計画的に実施する予定である。この設備更新では、精度の向上した劣化診断技術を活用し、更新時期をより適切に見極めるとともに、コンピュータを用いた解析技術を活用し、水車ランナなどの形状を最適化することで既存設備を最大限に活用しつつ、より発電効率のよい設備に取り替え、発電電力量の増加を図っている。

例えば、黒部川水系の黒部川第二発電所（以下、「黒二発電所」）では水車および発電機の取替を行うことで、最大出力を3.8%増加させ、年間6,360tのCO<sub>2</sub>排出量の削減が可能であり、また市荒川発電所や三尾発電所では、それぞれ4.4%、4.8%最大出力を増加させ、両発電所合計で年間4,770tのCO<sub>2</sub>排出量の削減が可能となる。

これらの設備更新を今後10年間で進めていくことで、年間約1億kWhの電力量の増加が期待でき、これは年間約2.7万tのCO<sub>2</sub>排出量削減に匹敵する。

#### ③既設設備の改良による使用水量の増加と発電支障の低減

##### 《設備の効率的な利用を活かした新規地点開発》

表—2に示す、新黒嶽第二発電所の新設計画は、既設黒嶽第二発電所の取水口や水圧鉄管などを流用し、導水路の一部を改造することで使用水量を増加させ、増分水量を利用し発電を行うものである。

既設黒嶽第二発電所水圧鉄管の途中で分岐し、既設発電所の上流側に隣接して、新黒嶽第二発電所の水圧鉄管、発電所および放水路を新設。最大出力は1,900kWであり、年間の発電電力量は約1,200万kWhと見込んでいる。年間のCO<sub>2</sub>排出量の削減は約3,600tになるものと期待されている。

表—2 新黒嶽第二発電所の概要

所在地	富山県黒部市宇奈月町
水系・河川名	黒部川水系 黒嶽川
発電所形式	流れ込み式
最大出力	1,900 kW（1基）
発電電力量	約1,200万kWh/年
最大使用水量	1.70 m <sup>3</sup> /s
有効落差	143.39 m
CO <sub>2</sub> 削減量	約3,600t/年

##### 《河床上昇対策による発電支障の低減》

黒部川中流部の猫又地区は、平成7年7月の水害で約660万m<sup>3</sup>もの土砂が堆積した結果、河床が10m上昇するなどし発電所が冠水して大きな被害を受け



図一3 猫又地区放水路トンネル付替工事他平面図

た。復旧後も堆砂進行により猫又地区に位置する放水口が頻繁に埋没しており、発電支障が発生していた。そこで、放水口付近の河床上昇への対策として、図一3に示す放水路トンネルの付替え工事を実施している。

新黒部川第二発電所（以下、「新黒二発電所」）は、放水口埋没に伴う発電停止のほか、河川水位上昇に伴う負荷遮断時の浸水防止のための出力抑制や水系運用に伴う他発電所への影響も加味すると多大な発電支障（溢水電力量）が発生しているため、放水口を出水や土砂の影響を受けない下流の出し平ダム湛水池内に移設することとし、放水路トンネルを付け替えることに決定した。また併せて、下流に位置する黒二発電所の護岸を嵩上げし、対岸の事業所に対しては防水壁を設置し、各施設の浸水を防ぐ計画としている。

新黒二発電所の放水路付替え工事は既設放水路の途中から、直径4mの馬蹄形放水路を1,398m新設して出し平ダムの湛水池まで延長する。また、黒二発電所と対岸の事業所への浸水対策としては、現河床高から平成7年水害相当の洪水を想定して発電所護岸や対岸の防水壁の高さを決定した。その結果、発電所護岸は高さ5.9m、延長130mの護岸の嵩上げを実施し、防水壁は高さ4.0m、延長440mの壁を築造して黒二発電所および対岸の事業所を防護する。

新黒二発電所放水路トンネル付替工事は平成21年9月に着工し、坑外設備や事務所・宿舍設備の設置を行い、平成22年5月に新黒二発電所の機器搬入路の途中から分岐する横坑を、同年10月に本坑の掘削を開始した。平成24年12月末時点において、9割弱の工事進捗状況である。

上記の黒二発電所および新黒二発電所における放水設備の構造を改良することで、年間約8,090万kWhの発電電力量の増加とCO<sub>2</sub>排出量を約2.2万t削減することが見込まれている。

以上、これまで示した発電電力量の増加対策を順次

進めていくことで、今後約10年間において、年間の発電電力量は約2億kWh増加し、CO<sub>2</sub>排出量では約5.5万t削減できる。

## (2) 揚水発電所における可変速化工事の推進による火力発電の代替

奥多々良木発電所（兵庫県朝来市）1・2号機では、発電機を定速機から可変速機へ改修する工事を進めている。これは、太陽光や風力のように出力が不安定な再生可能エネルギーの増加を見越し、電力の安定供給を目的に実施している。この改修により、発電運転時の水車効率向上による発電電力量の増加だけでなく、揚水運転時も電力系統の周波数調整が可能となり、夜間の周波数調整を担う火力発電所の運転を削減できる。

当社は大河内発電所にも可変速機を導入しており、平成21年度には、これら可変速揚水発電システムの開発・導入に関する取り組みが評価され、「地球温暖化防止環境大臣表彰」を日立製作所と共同で受賞している。

## (3) 海外水力エネルギー事業を通じた電力安定供給や地球環境問題への貢献

平成10年頃から、これまで国内水力開発で培ってきた技術の活用などを目的にして、海外における水力発電事業への展開を本格化してきた。当社初の海外水力IPP事業は、平成10年のフィリピン国・サンロケプロジェクトへの参画である。ダム高200mのロックフィルダムを築造し、最大出力345MW、年間発生電力量10億kWhをフィリピン国内へ供給している。このほか、台湾の名間発電所においてもIPP事業へ参画している。現在は、ラオス国ナムニアップ地点、セカタム地点やインドネシア国ラジャマンダラ地点におけるIPP事業の実現に向けて鋭意検討を進めている。

また、ミャンマー国においては同国電力省と水力開発技術支援コンサル業務の委託契約を受託し、有望な水力開発地点の基礎調査や水力開発プロジェクトの技術指導、水力開発局若手技術者への技術移転などの業務を行い、平成13年から約7年間にわたり同国における水力開発事業のサポートをしてきた。近年、同国の民主化に向けた動きが活発化しており、経済産業省のインフラ・システム輸出促進調査事業に関し、ミドルポンロン水力地点の開発可能性調査を実施中である。

一方でIEA水力実施協定AnnexXI（既設水力発電所の更新と増強）においては、日本が議長国となりその責を関西電力が務めることにより、高経年化した水力発電所の対処方法に関して積極的な国際貢献を実施している。

#### 4. おわりに

これまで紹介してきた国内における水力発電所の安定運転および機能向上を進めることで、年間のCO<sub>2</sub>排出量を約5.5万t削減し、電気の低炭素化に貢献することができる。

また、海外事業においては、国内事業で培った経営

資源を活用しながら東南アジアを中心に水力開発を推進していくことで、相手国の電力安定供給や地球環境問題に貢献するとともに、得られた知見を国内にフィードバックすることで、国内事業のさらなる強化へ繋がると考えている。

上記取り組みにとどまらず、引き続き地球環境、エネルギー安定供給や経済性の観点を踏まえて、再生可能エネルギーの導入に積極的に取り組み、純国産エネルギーである水力発電を最大限に活用し電気の低炭素化を加速させていく所存である。

JCMA

#### 《参考文献》

- 1) 低炭素社会に向けた水力発電のあり方に関する報告書；(財)新エネルギー財団 新エネルギー産業会議, 2010.3
- 2) 関西電力グループCSRレポート2011；関西電力(株), 2011.9
- 3) 黒部川水系猫又地区における河床上昇対策；数本洋之ほか, 電力土木 No.350 pp.34-37, 2010.11

#### 【筆者紹介】

土居 裕幸（どい ひろゆき）  
関西電力(株)  
土木建築室 土木建築エンジニアリングセンター  
土木保全グループ  
課長

## 橋梁架設工事の積算 ——平成24年度版——

### ■改訂内容

1. 鋼橋編
  - ・横取り設備質量算定式の見直し
  - ・製作工務単価の変更に伴う架設用の製作部材単価改訂
  - ・積算例題の見直し
2. PC橋編
  - ・二組桁横取り装置設備を追加
  - ・プレキャストセグメント主桁組立工の適用範囲拡大
  - ・架設支保工工法の供用日数の補正方法の説明図追加 ほか

■ B5判／本編約1,100頁（カラー写真入り）  
別冊約120頁 セット

### ■定価

非会員：8,400円（本体8,000円）  
会 員：7,140円（本体6,800円）

※別冊のみの販売はいたしません。

※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。

※送料は会員・非会員とも

沖縄県以外 600円  
沖縄県 450円（但し県内に限る）

■発行 平成24年5月

一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289 <http://www.jcmanet.or.jp>