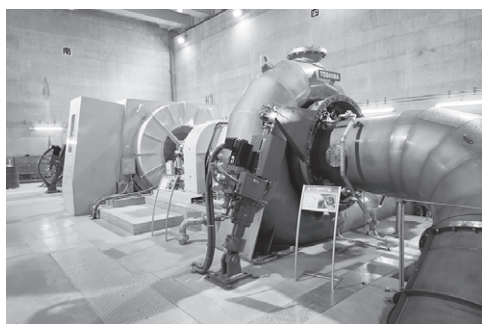


ハッ場発電所納入水車発電機

大塩佳祐 Keisuke Oshio
熊谷 敬 Takashi Kumagai
後藤健輔 Kensuke Goto
松沢元司 Motoji Matsuzawa

キーワード 環境調和, 水力利用, クリーンエネルギー

概要



横軸フランシス水車発電機

水力発電は、地球温暖化防止に貢献するクリーンなエネルギーとして世界各所で運用されている。当社も長年培った回転機や水力発電に関するノウハウを基に、国内外に数多くの水車発電機を納入し、現在も稼働を続けている。

今回、発電機を納入したハッ場発電所の特徴は、季節によってダムの水位と流量が変動することである。これに対応して高効率で発電するために、1台の発電機に対して2台の水車で駆動する横軸両輪フランシス水車を採用している。通常は水車が片側のみであるが、ハッ場発電所では発電機の両側に水車を配置し、更に発電所内のスペースが限られているため、据え付けや分解、点検時の作業性を考慮した発電機とした。

1 まえがき

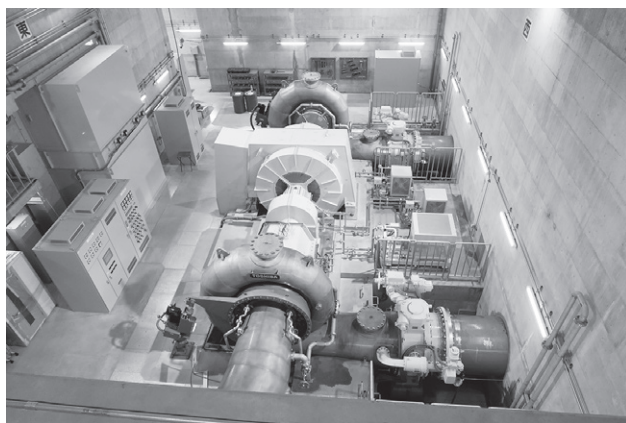
水資源が豊富な群馬県では、発電時に二酸化炭素を排出しないクリーンエネルギーである水力発電を主力とした発電事業を行っている。今回建設されたハッ場発電所は33か所目の県営水力発電所となる。本発電所は、吾妻川中流にあるハッ場ダムの放流水を利用したダム式発電所で、最大出力は11,700kW、年間発電電力量は約4,200万kWh、一般家庭約12,000世帯分の電力を供給できる。

当社は120余年の歴史の中で、数多くの水車発電機を製作・納入してきた。本稿では、ハッ場発電所へ納入した横軸フランシス水車発電機を紹介する。

2 発電所概要

ハッ場ダムは、治水容量6,500万 m^3 の多目的ダム

である。ハッ場発電所は、ダムの建設に伴い新設され、有効落差は105.8m、最大使用水量は13.6 m^3/s である。第1図にハッ場発電所の水車発電機設備を示す。



第1図 水車発電機設備

ハッ場発電所の水車発電機設備を示す。

3 発電機の設計

第1表に発電機の仕様を示す。本発電機の出力は12,400kVAで、横軸機の単機出力としては当社最大級品となった。

3.1 発電機の構成

第2図に発電機外形寸法を、第3図に発電機構造断面を示す。発電機は、固定子・回転子・軸受・交流励磁機・ブレーキで構成する。また、軸受3台で回転子を支持する3軸受方式を採用した。

3.2 固定子の設計

固定子に使用するコイルは、高電圧に対して高い絶縁性能を有する材料を使用し、また鉄心も低損失で高効率の材料を選定し、これらを一体含浸して信頼性を高めた。

3.3 回転子の設計

回転子は、水車の最大無拘束速度でも十分な強

度を有する構造とした。また、通常は軸端に交流励磁機と回転速度を検出するSSG (Speed Signal Generator) を配置する。しかし、八ッ場発電所に採用された水車は、季節によって変動する流量に対応するため、横軸二輪単流両掛けフランス水車 (HF-2RS) としている。発電機の両軸端が水車ランナと接続されるため、交流励磁機とSSGを回転子の中ほどに配置した。

水車発電機は、水車ケーシングが設置された状態で組み立てていく。そのため、水車間が8.9mとなる限られたスペースで分解・組み立てができるように回転子を分割構造とした。

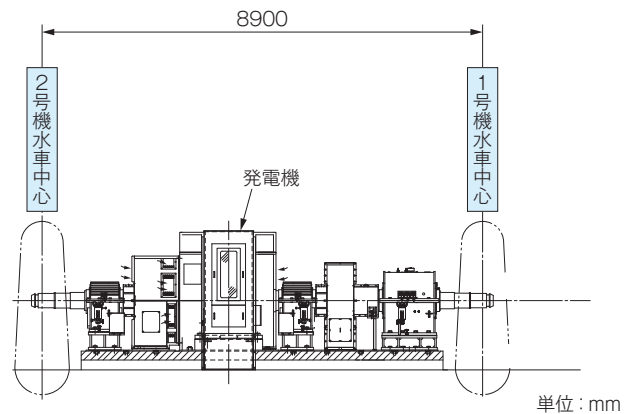
3.4 軸受の設計

600min⁻¹で回転する質量約27tの回転子を支持するため、3軸受方式を採用し、スラスト・案内複合軸受1台と案内軸受2台で構成した。以下に各軸受

第1表 発電機仕様

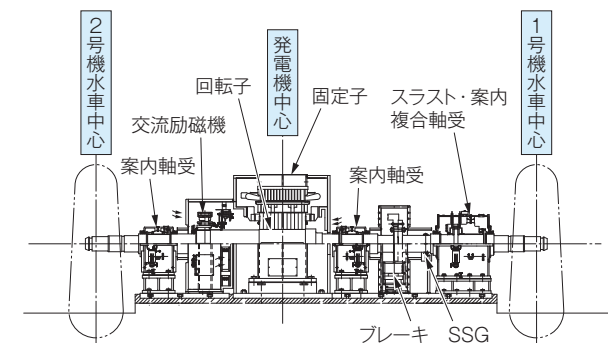
発電機本体と交流励磁機の仕様を示す。

装置	項目	仕様
発電機	形式	横軸・保護・出口管通流形・回転界磁突極形
	定格の種類	連続
	定格出力	12,400kVA
	定格電圧	6600V
	定格周波数	50Hz
	相数	三相
	力率	95%
	電流	1085A
	回転速度	600min ⁻¹
	耐熱クラス	155(F)
	交流励磁機	形式
定格の種類		連続
定格出力		91kVA
定格電圧		80V
定格周波数		100Hz
相数		三相
力率		90%
電流		657A
回転速度		600min ⁻¹
耐熱クラス		155(F)



第2図 発電機外形寸法

発電機外形寸法を示す。発電機の両側に水車が設置されている。



第3図 発電機構造断面

発電機構造断面を示す。

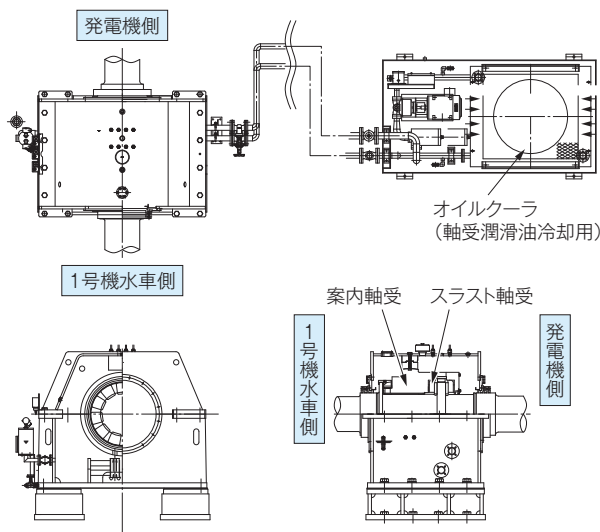
を紹介する。

3.4.1 スラスト・案内複合軸受

第4図にスラスト・案内複合軸受構造を示す。発電機には水車から水スラスト力がかかり、回転子の質量も同時に受けるため、スラスト軸受と案内軸受の複合軸受を採用した。また、軸受潤滑油を効率良く冷却するため、軸受外部にオイルクーラと潤滑油循環ポンプを設置した。

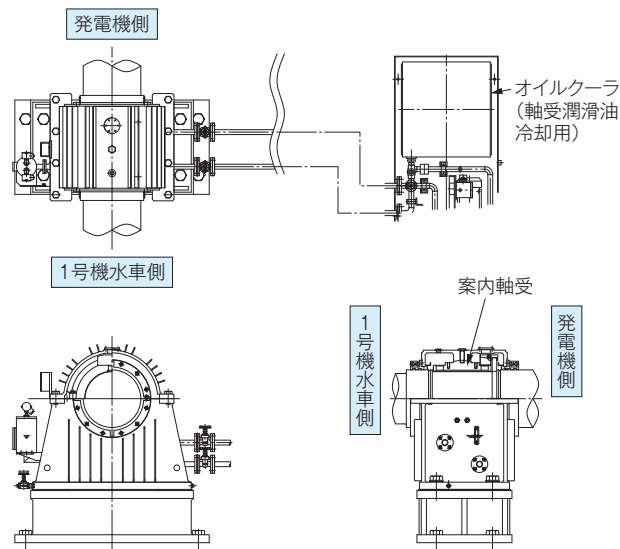
3.4.2 案内軸受

第5図に案内軸受構造を示す。1号機水車軸受・



第4図 スラスト・案内複合軸受構造

スラスト・案内複合軸受構造及びオイルクーラを示す。



第5図 案内軸受構造

案内軸受構造及びオイルクーラを示す。

2号機水車軸受には、案内軸受を採用した。スラスト・案内複合軸受と同様に外部循環のオイルクーラを設置した。

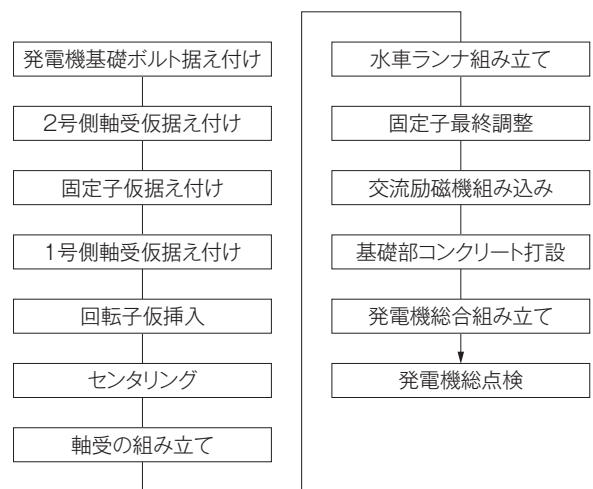
3.4.3 軸受の分解・組み立て

発電機の両側に水車がある限られたスペースでは、軸受の開放点検を実施する場合、回転子の引き抜き作業が大変困難である。そこで、各軸受は回転子を引き抜かずに分解・組み立てができる構造とした。

4 発電機の据え付け

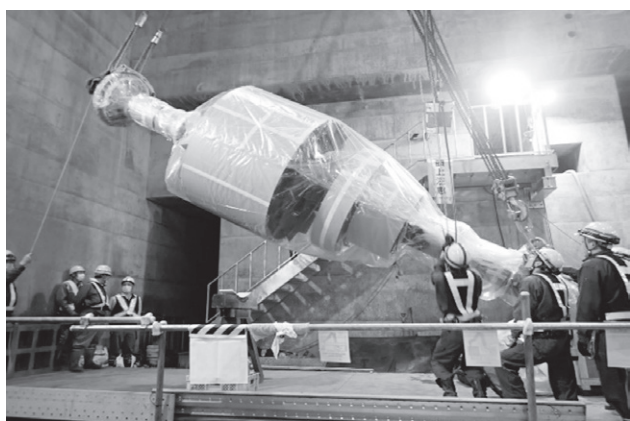
水車発電機は、据え付けに1/100mm単位の精度を求められる。そのため、施工は熟練した技術及び経験を持った技術者が行った。第6図に発電機据え付けフローを示す。

発電機は発電所建屋上部の搬入口から約30m降り降ろして搬入した。第7図に回転子の搬入状況を示す。発電機の据え付けは、まずソールプレートを配置し、固定子を仮置きする。次に、軸受を仮置きし回転子を固定子に挿入する。第8図にソールプレートの配置状況を、第9図に回転子の挿入状況を示す。その後、回転子のセンタリングを行った後、軸受の組み立て・水車ランナの取り付け・固定子の調整をして、発電機の総合組み立てを行い完成となる。第10図に発電機完成状態を示す。



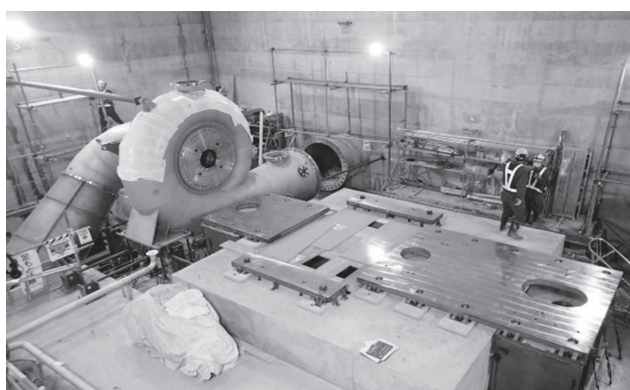
第6図 発電機据え付けフロー

発電機据え付けの簡単なフローを示す。



第7図 回転子の搬入状況

発電機建屋上部の搬入口から限られたスペースを約30mつり降ろすため、回転子を斜めにして搬入した。



第8図 ソールプレートの配置状況

ソールプレートの配置状況を示す。

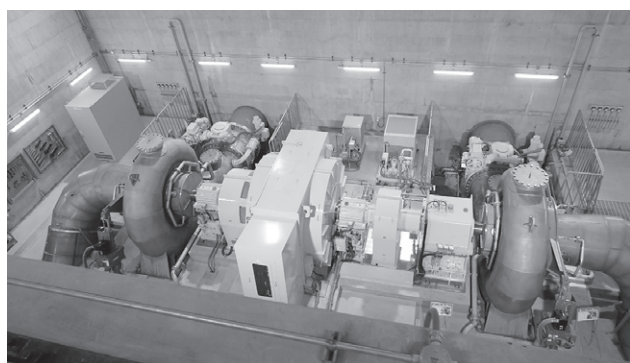


第9図 回転子の挿入状況

固定子に回転子が挿入され、回転子を3つの軸受で支持している状況を示す。左端に見えるのが水車である。

5 むすび

ハツ場発電所へ納入した横軸フランシス水車発



第10図 発電機完成状態

発電機の総合組み立てが完了した状態を示す。

電機的设计と現地据え付けを紹介した。

日本では、政府の2050年カーボンニュートラル宣言による脱炭素化への関心が高まり、再生可能エネルギー導入の動きが広がっている。また、水資源に恵まれた日本では水力発電の更なる活用が期待されている。

今後も、脱炭素化社会の実現のため、再生可能エネルギーの普及に貢献していく。

最後に、本稿を執筆にあたり、ご指導・ご協力をいただいた多くの関係者の皆様に深く感謝の意を表する次第である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



大塩 佳祐
Keisuke Oshio
回転機システムユニット
水車発電機的设计業務に従事



熊谷 敬
Takashi Kumagai
回転機システムユニット
水車発電機的设计業務に従事



後藤 健輔
Kensuke Goto
回転機システムユニット
水車発電機的设计業務に従事



松沢 元司
Motoji Matsuzawa
回転機システムユニット
発電機の組み立て及び現地据え付け指導業務に従事