



マイクロ水力発電システム開発のための流体解析技術 —ポンプ逆転水車への適用—

研究・開発機関 : ダイキン工業株式会社 テクノロジー・イノベーションセンター
 利用施設 : 自社設備
 計算規模 : 10 ~ 40 並列
 利用ソフトウェア : 市販CFDソフト

Before

- 設計手法がすでに確立されている発電機 / モータ等の開発と連携して水車を開発していくためには、水車の流体設計にかかる開発期間の短縮が急務でした。
- 低コスト化のためには、比較的安価な水車ランナ(羽根車)の交換のみで幅広い水車運転領域をカバーする必要があり、そのためには水車の特性を適切に把握する必要がありました。

After

- 流体解析により水車特性の正確な把握が可能となり、水車の開発期間が短縮できました。
- 1種類のケーシングに対して4種類の水車ランナを開発し広範囲の運転エリアに対応でき、製品の高効率・低コスト化が図れました。
- 直接計測が困難なランナ荷重を解析によってより精度よく把握することで、適正な軸受設計が可能になりました。

背景と目的

小水力発電は、高いエネルギー密度、高い稼働率と安定した発電出力を特長とする再生可能エネルギーですが、導入時の初期費用、運転中の維持管理費用の高さが、とりわけ100kW以下のマイクロ水力発電において、導入を妨げる主要因になっていました。ダイキン工業は平成25年度から3年間、環境省「CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業」で、費用対効果の高い、高効率、低コストでパッケージ化された管水路用マイクロ水力発電システムの開発に取り組んできました。(図1)

本システムは、主に水道施設の管水路への設置を想定しており、浄水場、配水池などでやむを得ず発生している未利用エネルギーを効率よく回収します。既存の施設に設置するため、水車本体の小型・軽量化が重要で、省スペースで設置の容易な縦型標準ポンプを母体にした縦型インラインポンプ逆転水車を採用しました。

水車設置箇所ごとに異なる落差・流量に柔軟に対応するために、1種類の標準ケーシングに対して4種類の水車ランナを開発する必要がありましたが、空調用ファンで培った流体解析・設計技術を活用した高精度な水車特性予測技術によって短期間での開発が実現できました。



図1 マイクロ水力発電システム (22kW クラス)

利用成果

○水車特性の予測: 解析条件と精度検証

水車の基本特性を把握するため、次の3つの解析条件を使用しました。①水車ランナの軸をロックした状態を予測する定常解析、②ある回転数になるようにトルク制御した状態を模擬した非定常解析、③停電などで発電機を電力系統から切り離す際に発生するトルクゼロの状態(無拘束状態)を予測するためのランナの自由運動を考慮した解析、です。

図2に示すように、解析結果と試験結果が良く一致しており、CFDの活用によって各特性を高精度に予測でき、水車を短期間で開発できました。

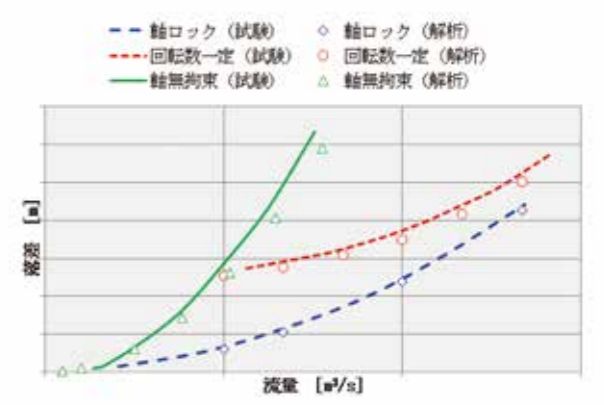


図2 水車特性 (試験値と解析値)

○広い運転エリアの確保

1種類の標準ケーシングを使用するという制約のもと、ランナのみの変更で水車運転領域を調整し、異なる落差・流量に対応できるようにしました。

その際、流体解析によって水車内部の流れを分析・評価することで、運転エリアを拡大しても水車効率は低下することのないランナ設計を実現し、高効率・低コストのマイクロ水力発電システムの開発が可能となりました。(図3)

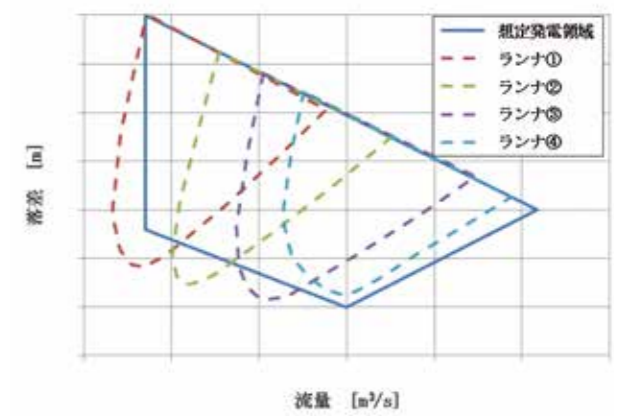


図3 運転エリア

○軸受荷重の推定

母体ポンプケーシングの上部に配置された永久磁石同期発電機内の軸受等を設計するためには、水車ランナにかかるラジアル荷重を求めする必要があります。直接計測することが困難なため、解析で求めたランナ表面の圧力等から荷重を算出しました。さらに実験で間接的に測定した結果も考慮して、軸受を選定しました。これによって、より精度良く軸受設計をすることが可能になりました。(図4、図5)

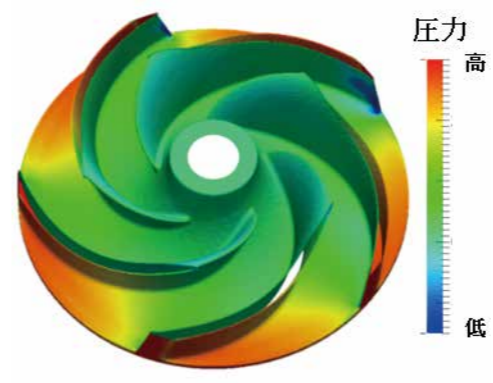


図4 ランナ表面の圧力場

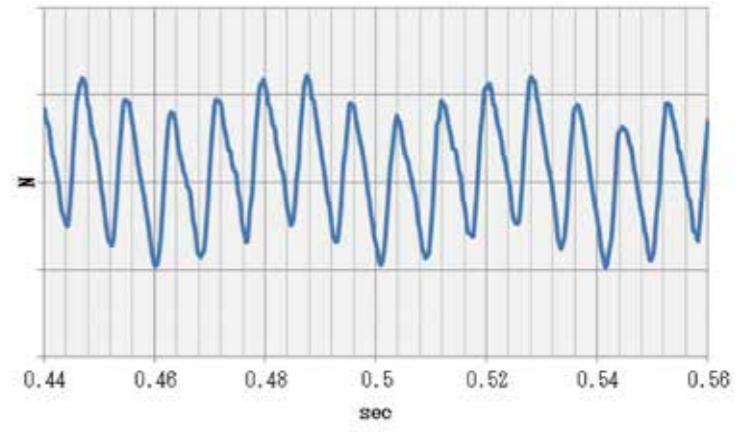


図5 ラジアル荷重計算 (解析)