

低炭素社会における水力プラントの有効活用技術

平沢京太郎*
西都一浩*
佐藤裕二*

Effective Utilization Technology of Hydropower Plant in Low Carbon Society

Kyotaro Hirasawa, Kazuhiro Saito, Yuji Sato

要旨

低炭素社会の実現に向けて、水力発電の価値が見直されている。水力発電の有効活用技術として、環境負荷を低減させる監視制御装置と揚水発電所の価値を向上させる可変速揚水化の経済性評価ツールについて述べる。

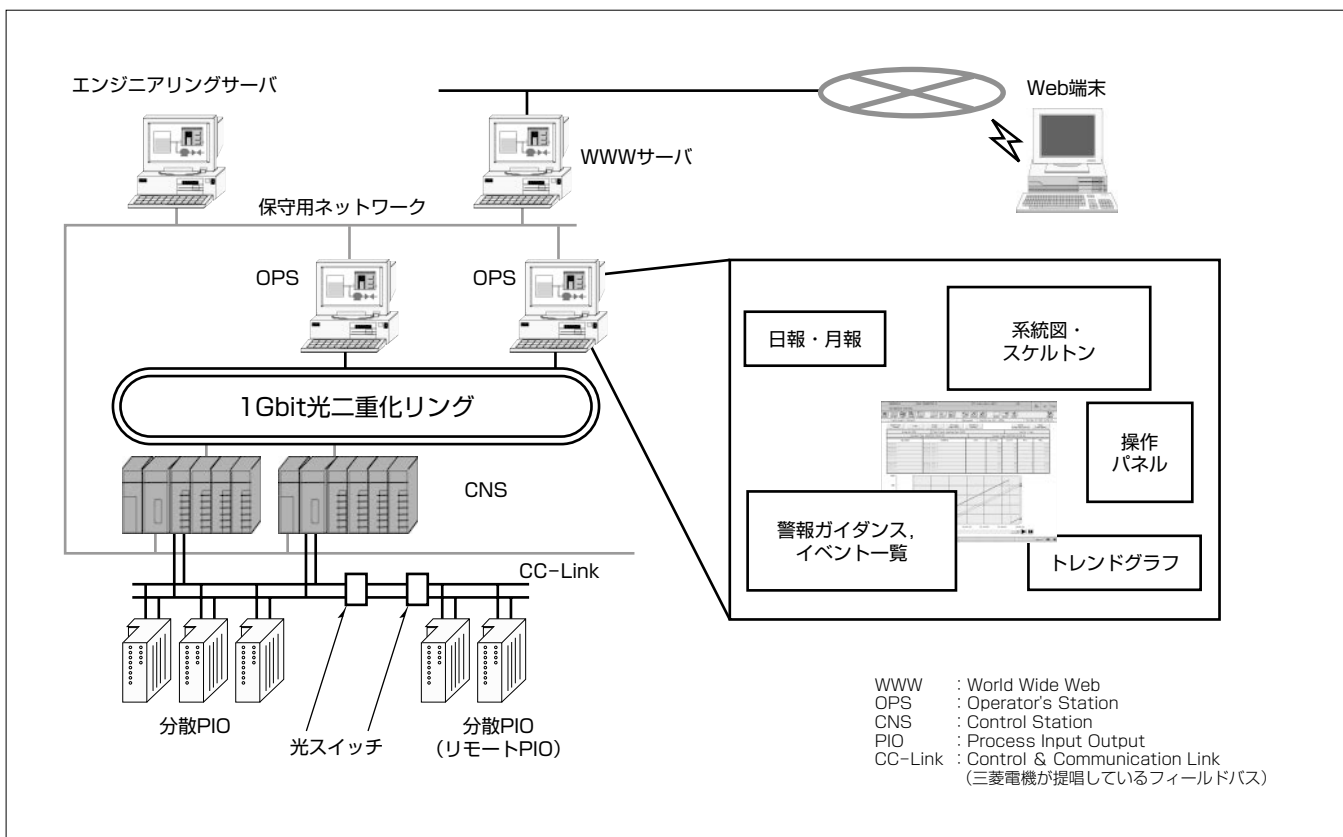
(1) 新型監視制御システム

現在稼働中の監視制御装置の多くは、稼働から15年以上経過し、更新需要が高まっている。三菱電機は、新型監視制御システム“MELHOPE530”を開発・適用している。このシステムの特長は次のとおりである。

- ①省スペースと省電力化
- ②高信頼性と高機能化(保守性向上)
- ③リプレースの容易性

(2) 可変速導入経済性評価ツール

CO₂削減の一環として、化石燃料電源からゼロ・エミッション電源である原子力・新エネルギーへの転換が加速している。ゼロ・エミッション電源であり唯一の純国産エネルギーである水力発電所の価値向上のため、新エネルギーによる需給バランスの変化に対応可能な、既設揚水発電所の可変速化を提案している。この可変速化の推進をサポートする経済性評価ツールを開発した。ツールは、最適な需給計画を計算し、発電コストを算出する機能を持つ。つまり、既設揚水発電所を可変速化する前後の発電コストをそれぞれ計算することで定量的な可変速導入の経済性を評価するツールである。



新型監視制御システム“MELHOPE530”

水力発電所の新型監視制御システムは、OPSとCNSから構成され、既設発電所のリプレースに柔軟に対応できることを特長とする。

1. ま え が き

水力発電プラントの有効活用技術として、2章で省エネルギー、省スペースと高機能化を実現した新型監視制御システム、3章でCO₂削減に貢献する揚水発電所の変速化の経済性評価ツールについて述べる。

2. 新型監視制御システム“MELHOPE530”

2.1 既設監視制御システムの更新

現在稼働中の水力発電所向けプラント監視制御システムの多くは、稼働から15年以上経過しており、更新需要が高まっている。このため、既設設備の更新で、様々なメリットを持つ新型監視制御システムを開発・適用している。

2.2 新型監視制御システムのメリット

新型監視制御システムは、環境性、操作性、保守性の向上を実現するシステムとなっており、次に示すメリットを持つ。

(1) 省スペースと省電力化

盤の最適設計と技術の進歩によって、制御装置を構成する部品の削減、小型化及び高密度化を図り、盤面数低減、消費電力低減によるCO₂排出量の削減に寄与する。

(2) 高信頼性と高機能化

二重化構成による制御システムの信頼性確保、及び大量の制御/監視データ管理とロジックモニタ機能などによる故障解析機能の高度化を実現している。

(3) 将来のリプレースの容易性

汎用性の高い機器とフィールドバス“CC-Link”を採用し、部分更新が容易なシステムとすることで、機器の寿命に見合う更新を可能とし、保守費用を低減させる。

2.3 MELHOPE530システムの特長

2.2節に記載したメリットを実現する監視制御システムがMELHOPE530である。図1にMELHOPE530システムのシステム構成を示す。次に、このシステムの特長を述べる。

2.3.1 省スペース、省電力化

ラックアップ構造の最適化によって盤のファンレス化、

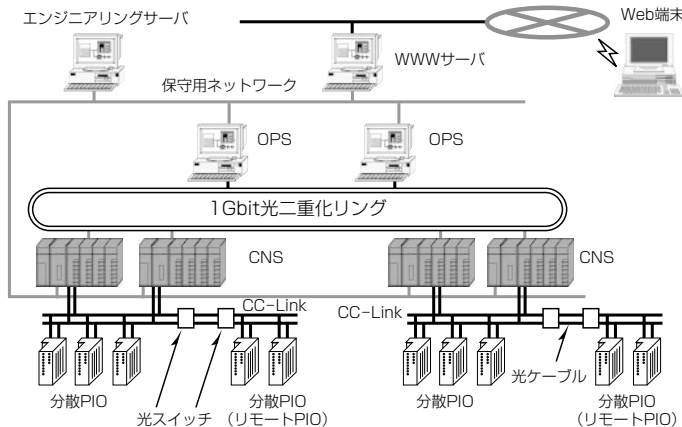


図1. MELHOPE530のシステム構成

CPU(Central Processing Unit)のファンレス化を実現した。また、CPUの小型化に伴い消費電力の低減を実現しCO₂排出量削減に貢献している(例:CPUカードの消費電力は従来比80%低減)。

従来はCPU、電源、PIO(Process Input Output)ともシャーシ実装のカード型(図2)であったが、このシステムではDIN(Deutsches Institut fuer Normung)レールラックマウントタイプのベースユニットに各CPU/電源/PIOを取り付けるモジュール型となっている(図3)。このため、ラックアップの自由度が向上した。また、リモートPIO化することで、必要な箇所に壁掛け盤等による分散配置を可能とした。この結果、PIO用自立盤を削減し、省スペースとケーブル量削減を実現した。これによって、既設発電所の盤配置の制約を最小限にする。

また、PIOは外部ケーブルを直接接続できる端子台タイプとコネクタタイプ(図4)の2タイプを用意している。端子台タイプを採用することで、既設中継端子盤を削減することが可能となった。また、既設中継端子盤を流用する場合は、コネクタタイプを採用することで、既設盤までのケーブルを流用した盤更新も可能である。また、端子台タイプとコネクタタイプは混在可能であるため、フレキシブルなシステム構成が可能である。

2.3.2 高信頼性、高機能化

(1) 二重化構成

従来システムと同様に高い信頼性とするため、制御装置のCPU、CPU電源及び、盤電源はそれぞれ二重化構成と

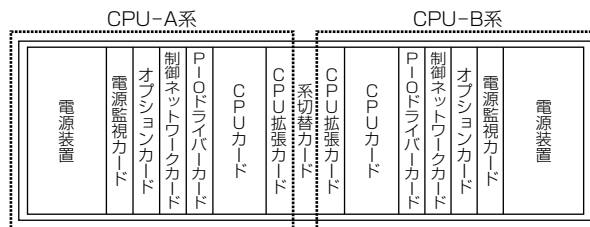


図2. 従来のCPUユニット

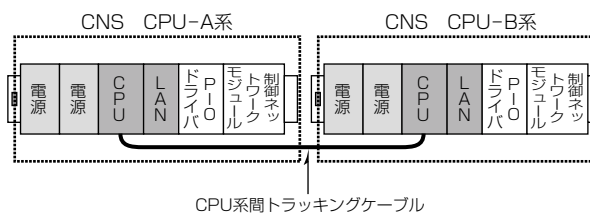


図3. 最新システムのCPUユニット



図4. 端子台タイプとコネクタタイプのPIO

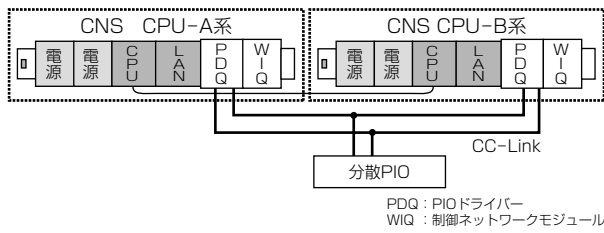


図 5. PIOネットワークの二重化構造

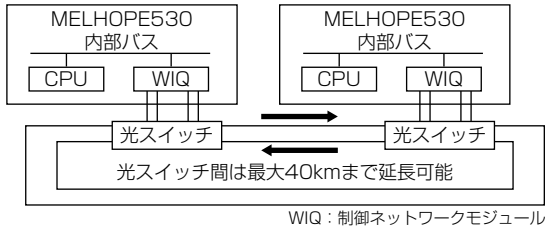


図 6. 制御ネットワーク

表 1. マンマシン機能

大分類	小分類
イベント監視	警報記録機能
	補機動作記録機能
	高速故障記録(1ms分解能)
プラント監視/制御	系統図表示
	CRTオペレーション
	起動/停止シーケンスモニタ
	トレンドグラフ
	4画面マルチ画面表示
記録機能	Dualモニタ対応
	日報/月報/年報(最長10年)
	イベント履歴機能(5万件)

CRT: Cathode Ray Tube

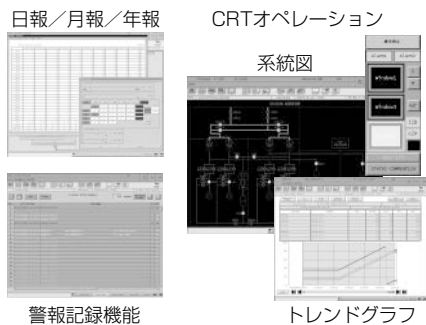


図 7. マンマシン機能の画面例

している。また、PIOとCNSのCPU間のPIOネットワークも二重化構成(図5)としており、ネットワークの一方が故障した場合でもシステムに影響を与えることなく監視制御を継続することが可能である。

制御ネットワークは、大容量化と高出力光モジュールの採用によって、光スイッチ間距離の長距離化を実現し、発電所だけでなく開閉所、ダム設備などを含めた監視制御を可能としている(図6)。

(2) マンマシン機能

多彩なマンマシン機能をサポートしている(表1, 図7)。

(3) 保守支援機能

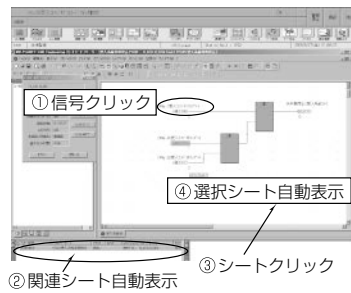


図 8. ロジックモニタの画面例

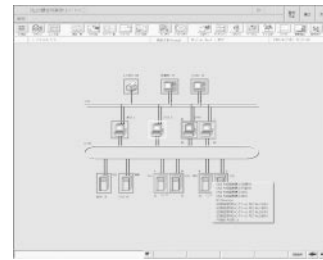


図 9. システム稼働状態表示の画面例

保守支援機能として、系統図表示画面上のアナログデータをクリックすると関連するトレンドグラフを表示できる。また、警報メッセージから当該警報を検出した制御ロジックへの自動展開機能(ロジックモニタ機能)を持っており、警報発生時に要因判別を支援する。

制御ロジック内で使用している信号(線番)をクリックすると、この信号を書き込んでいるロジック又は、読み出しているロジックにワンアクションでジャンプすることができるクロスリファレンス表示をサポートしている(図8)。

また、監視制御システム全体の状態監視、詳細故障情報、エラーメッセージの確認とリセットが可能である。制御装置のCPU、PIOモジュール単位で状態監視が可能であり、OPSにてシステム稼働状態と故障情報を確認できるため、OPSを事務所や遠隔地に設置することで、現場に行く前にもどの装置のどのモジュールが故障したのか、を判断できるため、復旧を迅速に行うことが可能となる(図9)。

なお、制御装置のプログラム言語は国際標準言語IEC-61131.3に準拠しており、ST(Structured Text), IL(Instruction List), FBD(Function Block Diagram), LD(Ladder Diagram), SFC(Sequential Function Chart)をサポートしている。

2.3.3 将来のリプレースの容易性

盤構成として、CPU収納盤、PIO収納盤、端子パネル収納盤など、盤収納機器を分類し、機器間を汎用(はんよう)のフィールドバス“CC-Link”で接続することで、盤単位、機器単位でリプレースすることを容易にしている。

3. 可変速揚水発電システムの経済性評価ツール

3.1 可変速揚水発電システムを取り巻く状況

CO₂削減の一環として、化石燃料電源から原子力・新エ

表2. 可変速揚水発電システムの特長

特長	メリット
揚水運転での入力電力調整	夜間の周波数調整を火力機の替わりに行う。
発電運転の効率向上	原子力(固定電力)増加時の周波数調整を可能とする。
有効(無効)電力の高速制御	水(自然エネルギー)の有効活用 発電単価の低減
系統事故時の擾乱減少	新エネルギーのような天候に左右されやすい電源に対応した電力の吸放出による過渡安定度の向上
	可変速機は電力動揺が発生しない。
	隣接号機の動揺の抑制が可能

エネルギーへの転換が加速している。このような電源構成の変化で、新エネルギーは、出力が天候に左右され不安定になる。そのため、需給バランスの変化への対応策が必要となり、様々な特長を持つ可変速揚水発電システム(表2)が、有効な解決手段の一つとなる。当社は、これまで納入した3プラントの可変速揚水発電所で確立した技術を生かし、今後見込まれる可変速揚水発電システムの需要の増大に対応する方針である。需要増大に対応するには、新規に発電所を建設するだけでなく、既設揚水発電所の可変速化に向けた取り組みが最重要課題であり、この取り組みをサポートする目的で、可変速揚水発電システムの経済性評価ツールを開発した。

3.2 既設揚水発電所の可変速化のメリット

国内における、急速な新エネルギーの増加に対応するため、最短期間で可変速システムを得るには、次の2点から既設揚水発電所の可変速化がコスト及び期間を最小に抑えられる手段である。

- (1) 揚水発電所の立地条件にあう地点の確保が不要である(土木費の抑制)。
- (2) ダムを含めた既存の設備を流用でき、最小限の設備(機器)の更新で済む。

3.3 ツールの概要

既設揚水発電所の可変速化を促進するには、投資による経済効果を把握できる必要があり、定量評価を可能にしたツールを開発した。

3.3.1 定量評価の考え方

電力会社ごとに最適需給計画が立てられ、計画に沿った火力及び水力発電所の運用が行われている。需給計画における揚水発電所は、夜間の安価な電力で揚水し、昼間、発電することで高コスト火力機の運用を抑制する役割を持っている。可変速揚水発電システムの導入時と未導入時の需給計画を計算し、発電コストの変化額を導入効果として定量評価する。

3.3.2 ツールの内容

需給計画は、電力会社ごとに、運用のノウハウがあるが、一般的に次のような条件を考慮した上で最適化処理を行っている。

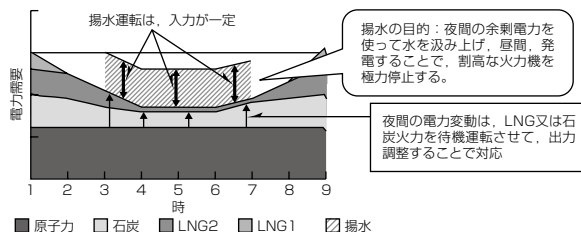


図10. 可変速機導入前の夜間の電力調整

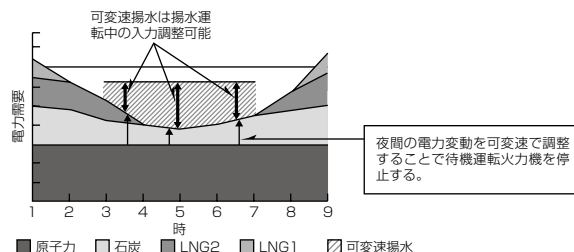


図11. 可変速機導入後の夜間の電力調整

(1) 発電機特性と機器制約

実運用に即し、発電機特性(火力機燃料費特性、出力変化速度など)と機器制約(最小運転/停止時間)、水位制約(ダムの水量、水位運用)などの条件を考慮している。

(2) 需給計画

一週間分の最適需給計画を計算するためのツールであるため、経済効果についても一週間のコスト評価を行っている。一週間とすることで、平日と土日の需給運用の違いを評価できるメリットがある。

3.4 効果の確認

ツールによる計算結果例から次のような可変速導入効果を確認できている(図10, 図11)。

- (1) 夜間の電力変動を可変速揚水で調整して、変動に対応するため低出力(低効率)で運転していた火力機を、夜間電力供給向けの高出力(高効率)運転機と、夜間停止機に分け、火力機の運用効率が改善することによるコスト削減及びCO₂削減
- (2) 可変速揚水は夜間の揚水量を増大できるので昼間の水力機による発電量を増やすことができ、発電コストの高い火力機の発電量を減少させることによるコスト削減及びCO₂削減

4. むすび

監視制御システムについては、プラント事故解析、故障予測、保守支援機能といった保守性の改善と省電力実現に向けて、継続して機能向上に取り組んでいく。

新エネルギーの増加に伴い、昼間の可変速揚水発電システムによる余剰電力の吸収、また、天候に左右されやすく急激な出力変動がある新エネルギーに対し、即応性を備えた可変速揚水発電システムの重要性が増すことから、その経済的評価を可能としたツールは有効である。