

小水力発電所の計画から施工に携って

(株)新日本コンサルタント
川口 清美¹・古野 昌吾²

- 1 社会基盤部門 取締役本部長 (技術士 建設部門-道路)
2 社会基盤部門 保全技術・構造系グループ 主任 (RCCM 河川・砂防及び海岸・海洋)

1. はじめに

小水力発電は、太陽光発電や風力発電などと並んで、CO₂の排出が少ないクリーンエネルギーとして注目を浴びている。また、東北地方太平洋沖地震での福島原発被災をうけた脱原発の流れ、地球温暖化対策やエネルギーの自給、地域活性化などの観点から、中小規模の「小水力発電」の開発・普及が期待されている。

このような流れの中、富山市は平成20年に「環境モデル都市」に選定され、「富山市環境モデル都市行動計画」において、小水力発電などの新エネルギー導入を重要な取り組みとして位置付けている。平成20年度から小水力可能性調査を行い、詳細設計を経て、富山市上滝地内の常願寺川水系常西合口用水において2箇所の発電所が平成23年度に完成した。

弊社は、この2箇所の発電所の内、常西公園小水力発電所について詳細設計と施工監理を行った。本稿では同業務について紹介する。

2. 発電施設概要

常西公園小水力発電所は、発電水量0.8m³/s、有効落差2.0mを得て9.9kWの発電を行ない、低圧配電線に連系するものである。水車形式は、開放型下掛式を採用している。施工期間は、平成22年10月～平成24年1月である。(表1 発電・設備概要を参照)

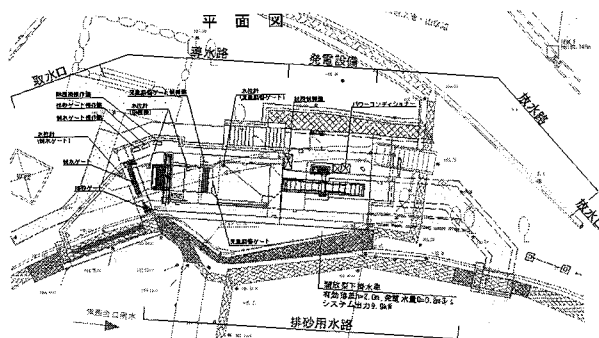
(1) 発電設備

本発電施設は、取水口、導水路、発電施設、放水路、排砂用水路から成る。また、制水ゲート、除塵機、流量調整ゲートを配置する。

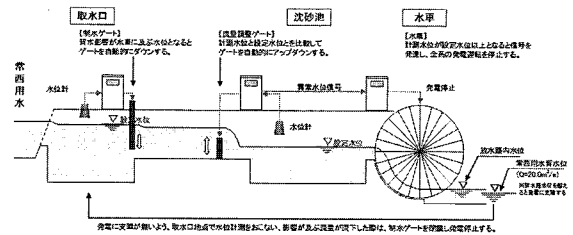
施設諸元は、渇水期流量により決定し、幹線用水の流量増加に対しては、流量調整ゲートで対応する。用地制約から導水路・沈砂池延長が短いた

表1 発電・設備概要

項目		諸元	
水系・用水名		常願寺川水系常西用水幹線水路	
用水流量 (許可水利取水 地点到達流量)	代掻期	28.941m ³ /s	
	普通期Ⅰ	18.921m ³ /s	
	普通期Ⅱ	15.016m ³ /s	
	非かんがい期	7.190m ³ /s	
発電計画	使用水量	最大 0.8m ³ /s	
	総落差	最大 2.0m	
	有効落差	最大 2.0m	
設備概要	水車	開放型下掛式水車	
	系統連系	低圧線	
	逆潮流	有り	
	発電機形式	永久磁石式同期発電機	
	出力特性	定格出力	9.9kW
		最大出力	11.0kW
		定格電圧	210V
定格回転数		1200rpm	
取水口	RC構造、開水路		
	制水ゲート1門		
	排砂ゲート1門		
	RC構造、開水路		
導水路工	除塵機1基		
	流量調整ゲート1門		
水車下部工	RC構造、開水路		
	発電用水車・発電機		
放水路	RCボックスカルバート		



め、ゲートは水勢を調整し易い越流式とした。取水量管理は、このゲートリフトを自動運転することにより行う。開放式水路による発電は、幹線用水の流量増加とゲート作動との時間差により発電用水が一時的に増加する課題があり、ゲート作動等設定を細かく調整できるようにしておくことが、水利使用許可を得る上で肝要である。



(2) 系統連系方式

系統連系方式は、隣接発電所に接続する集中式と、各々発電所で個別に連携する方式とを比較し、管理上有利である個別連系方式を採用した。発電出力は、10kW未満であるため低圧連系となる。低圧・逆潮流有りの連系は、単独運転検出装置を設置する必要があるが、連系規定の整理が不明確で、電力会社により同装置仕様が異なっている。

連系協議の結果、本発電所は安全確保のため、北陸電力の事例に拠り、インバーター（装置内蔵）を別途設置することとなったが、同装置は経済性に影響するため、低圧連系式の発電普及に支障となる恐れがある。

3. 施工管理業務

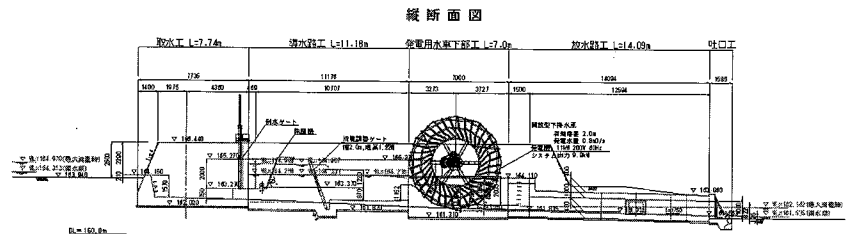
工事は、土木関係と電気設備関係に分割発注された。施工監理業務においては、以下の点について特に配慮した。施工期間は、平成22年10月～平成24年1月である。

- ①土木・電気機械設備との工程調整、
- ②現地状況に応じた変更対応、
- ③水車下部工と水車との施工調整、
- ④水利使用許可申請完成検査の対応(仕様品質・出来型確認、有水試験結果確認)、
- ⑤系統連系に関する電力会社との調整

(1) 工事工程

工事実施工程は右の表のとおりであり、以下のような留意事項があった。

- ①機材・資材搬入口が限られ、取水口から順番に施工する必要があるがあった。
- ②非灌漑期内で、取水口・制水ゲート設置までを行う必要があった。



工事実施工程表

工事項目	H22			H23									H24					
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
土木工区①																		
取水工																		
導水路																		
水車下部工																		
土木工区②																		
放水路																		
附帯工																		
電気・機械設備工区	取水工ゲート作成・据付																	
	除塵機																	
	流量調整ゲート																	
	水車・発電機																	
	統括制御盤																	
	パワーコンディショナー																	
	ゲート操作盤																	
	配線・照明設備																	
無水・有水試験																		
用水量制限期間																		

- ③NEPC補助申請の関係から1月末までに出来るだけ出来高をあげる。
- ④水車、電気設備製作完了までに躯体施工を完了させる必要がある。

(2) 水車据付

発電効率を高めるため、水車下部工躯体と水車との間は10mmの余裕しか確保していない。水車下部工の側壁、および底部の調整コンクリートの施工精度が、発電出力に大きな影響を及ぼす。施工にあたっては、水車据付位置決定および型枠隅出し等、土木施工業者と電気・機械設備施工業者と共同で行い、出来型管理も細かくすることにより、高い精度を確保することができた。

(3) 無水・有水試験 (水量管理)

水量管理は、使用水量 $0.8\text{m}^3/\text{s}$ となる水車流入前のプール水位を有水試験により確認し、基準水位に対する増減を水位計により検知して、流量調整ゲートが作動し、流入量を制限するシステムとなっている。

プール内水位と発電出力、発電流量との関係を以下に示す。 9.9kW 時における放水路での計測水量は $Q=0.795\text{m}^3/\text{s}$ となり、計画通りの出力を得ることが出来た。

(4) 現地対応

①不完全越流

用水減水時は、流量調整ゲートが下がり、ゲートの前後で水面が不完全越流状態となる。落差を失わず水を減勢するため、沈砂池兼用のプールを水車前に計画しているが、低水位によってはプール内の表面水が減勢せず水車に流入し、水車が過回転となる事象が発生した。また、ゲートの電力消費抑制のため、プール内の検知水位に幅を持たせ、流量調整ゲート作動間隔を広げたため、水位変動への追従が遅くなった可能性がある。その対応として、出力は下がるがプール内水位設定を下げ、水位検知の幅を小さくするとともに、流量調整ゲート制御間隔を細やかにした。また、ゲート天端に羽根を設置し、完全越流状態を創出するように配慮した。

②水位変動

供用開始まもなく、制水ゲート前の水位計が異常を示し発電が停止した。

今回発電所を計画した用水路は、上・下流域に発電所が所在し、また水路系統が複雑であるため、取水地点の流量変動が大きい。流量資料の制約で流況の把握が困難であったが、一時的に設計最大流量を超える流量が流下した可能性がある。

実際の取水口水位は、既設沈砂池の影響により、計算水位より高いことも挙げられる。

流量調整ゲートは、設計最大水位以上の水位になるとゲート昇降範囲を外れるため、安全のため制水ゲートが作動し、発電停止となる設定としている。しかし、発電をできるだけ継続させるために、制水ゲート開度を計算と経験に基づきリミッターを設け、出水時の流入量を制限するものとした。

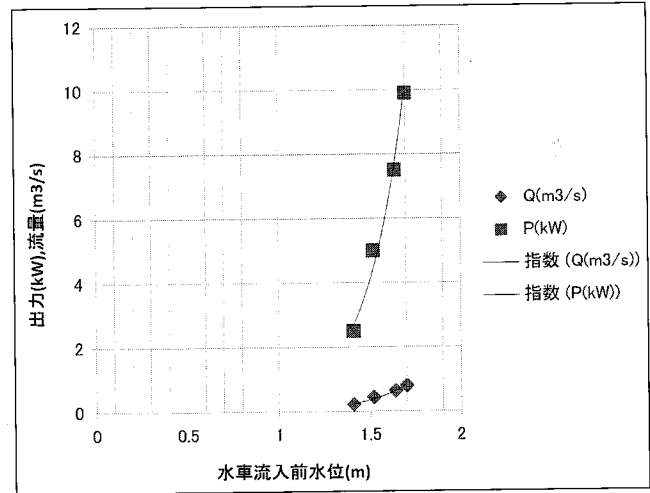


図1 P-H換算曲線

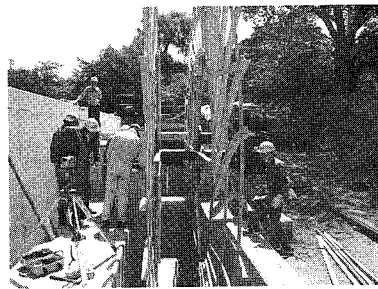


写真1 水車据付

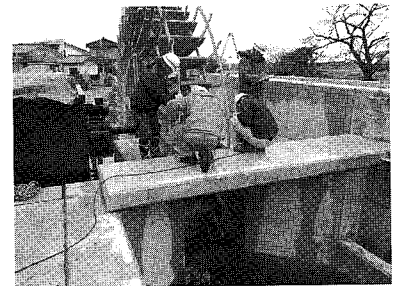


写真2 有水試験

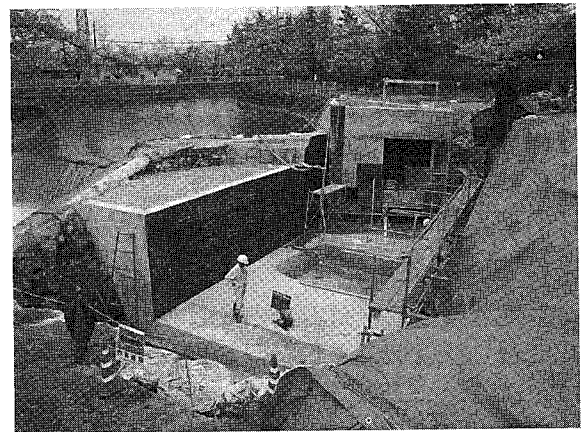


写真3 発電所施工状況(4月末)

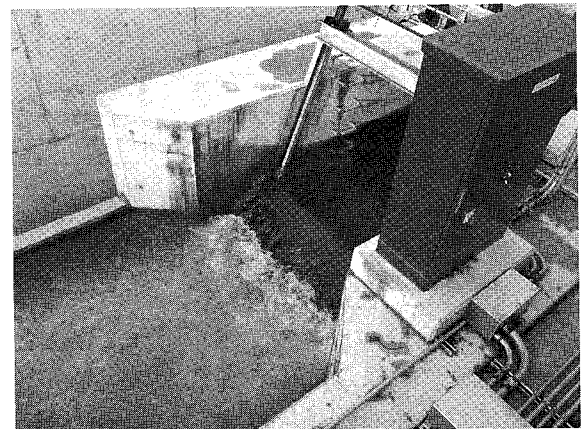


写真4 流量調整ゲート

4. 小水力発電普及に向けての課題

(1) コスト縮減

小水力発電では、計画地点の地形・流量状況に合わせた計画を行う必要があり、取水・導水施設、沈砂施設、流量調整施設、除塵施設等の土木施設の整備に伴い、発電施設費用が非常に高価となる。本発電所においても、以下理由から工事費が増大した。

- ①幹線用水の増水対策として、発電用のバイパス水路を計画する必要があり、河川管理施設に準じた構造を採用する必要があった。
- ②幹線用水に隣接して設置するため、取壊・復旧費、仮設費用が増大した。
- ③景観に配慮した水車形式を採用した。

本発電所では、機能的な施設計画や、海外製のゲートを採用することにより、コスト縮減に配慮した。水車・電気関係施設、ゲート等の機械関係の費用が全工事費の半分以上を占めることから、今後は、新技術導入や規格化、資材等の見直し等の工夫により、一層の低価格化に努める必要がある。

(2) 系統連系協議

低圧・逆潮流有りの発電所は、全国的に事例が少ないことから、系統保護の施設内容が電力会社間で異なっていた。本設計では、系統の安全上の観点から、高圧連系に準じた設備仕様としたが、低圧連系の発電計画では、こうした設備費増大が経済性に大きく影響する。

(3) 水利権

水利権申請に当たり、水理計算書、施設計画図、水量管理に関する資料等について、多くの資料を提出する必要があった。また発電時には、発電流量の管理と治水上の安全確保が求められるため、完全自動によるゲートの細かな制御、余水吐の設置、発電リミッターの設置、モニタリング装置の設置等の対策を施している。

小水力発電の実施においては、法的な手続きが多く、完全従属のマイクロ水力発電等については、施設規模に応じて書類・手続きの大幅な簡素化が望まれる。

5. おわりに

開放型下掛式水車における小水力発電計画は、開水路水面の影響を受けるため、流量変動の激しい幹線用水に計画する際には、供用後の水量調整が行えるように、予め施設計画を行うのが良いと考える。小水力発電施設の施工は、土木と電気・機械設備との調整・対応事項が多く、困難なものであったが、施工業者の方々の御尽力により、無事工事を完遂することが出来たことを、この紙面をお借りしてお礼申し上げます。

小水力発電計画は、地球環境保全の他、地域振興に寄与する可能性を持っており、普及促進に向けて上記の課題が解決され、益々普及・発展することを願う。

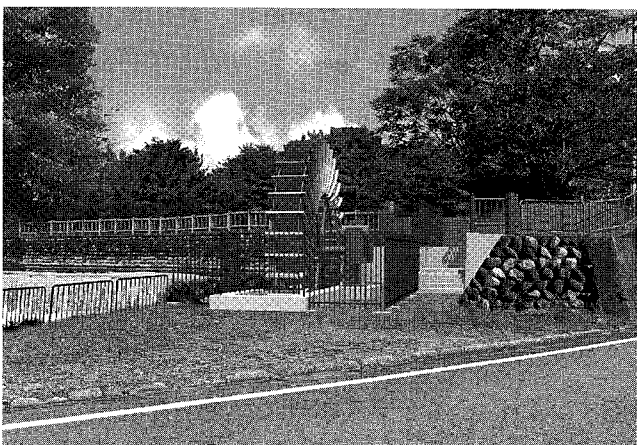


図2 常西公園小水力発電所整備イメージ



写真5 発電所完成