

農業用水利施設小水力発電設備 計画設計技術マニュアル

平成7年12月

農林水産省構造改善局
建設部設計課・水利課

農業用水利施設小水力発電設備 計画設計技術マニュアル

は し が き

近年の土地改良事業は、農業の生産性の向上、農業構造の改善を促進し、併せて水田営農活性化対策、畑作の振興等のため、ポンプを利用する灌漑排水施設が増加し、土地改良施設の管理費に占める動力費の割合が増大してきており、施設の維持管理費の低減が要求されるようになって来ている。

一方、電力の供給は不安定な石油に頼っている部分が多く、オイルショックや地球環境保全のため、代替エネルギーの開発を核とした総合エネルギー対策が必要となってきた。

このような状況から、昭和58年度より、土地改良事業で造成される農業水利施設を利用した小水力発電設備の設置ができるよう制度改正が行われ、小水力発電が国のエネルギー政策に沿い、かつ農業生産費特に電力費の軽減に結び付くことから、今後農業水利施設に係わる包蔵水力の開発は大きく進展するものと予想される。このため、出力30～2000kw規模の設備を対象とした『鋼構造物計画設計指針（小水力発電設備編）』が昭和61年に作成されている。

しかしながら、農業用水の発電利用の特徴として、一般に低落差・小水量であり、期別の流量変動が大きく、農業利水が優先され、発電は従属となる形態が多い。したがって、発電規模が小さく、設備の利用度が低いため、経済的に問題となる地点が多い。また、管理面からは保守の簡易・容易性が要求される。このような事情から、小水力発電計画における機器の標準化・簡素化を推進し、建設コストの低廉化と管理コストの軽減化を目的として、昭和60年度から農林水産省の委託により、（社）農業土木機械化協会に小水力発電機器標準化技術検討委員会が設けられ、鋭意検討が進められている。

現在のところ、開発が予想される小水力発電設備の平均出力は300kw程度と推定され、また、経済性の点で問題となる出力規模は500kw未満の場合が多い。このため、委員会の検討の一環として、特に500kw未満の小水力発電機器の標準化・簡素化を実現し、開発可能地区の増加を図ることを目的として、計画設計を行う際の技術マニュアルが取りまとめられた。

本マニュアルの活用により、ローカルエネルギーとしての未開発水力の開発が広く展開され、ポンプ施設の維持管理費の低減と併せて農業の振興を期待してやまない。

最後に、本マニュアルの作成に御協力、御尽力いただいた委員並びに幹事各位に深甚の謝意を表する。

小水力発電機器標準化技術検討委員会

委員長 佐野文彦

第1章 総論

1. 1	マニュアルの目的	1
1. 2	適用範囲	1
1. 3	水力発電所建設に伴う許認可手続き	4
1. 4	環境影響調査審査等の手順	6
1. 5	小水力発電の設計業務フロー	8

第2章 農業用水利施設発電設備の計画

2. 1	農業用水利施設を利用した発電方式の計画概要	
2. 1. 1	発電方式	10
2. 1. 2	発電所の流量	11
2. 1. 3	発電所の落差	11
2. 2	発電計画の検討	
2. 2. 1	発電規模の決定	14
2. 2. 2	機器配置	29
2. 2. 3	作業結果のまとめ	31
2. 3	経済性の検討	
2. 3. 1	建設費	34
2. 3. 2	建設単価法による経済性の評価	35
2. 3. 3	発電原価	37

第3章 水圧管及び除塵設備

3. 1	水圧管路の概要	
3. 1. 1	水圧管の役割と形式	40
3. 1. 2	水圧管路施設と水圧管材料	41
3. 2	水圧管の計画	
3. 2. 1	管径の決定	50
3. 2. 2	管路損失水頭	52
3. 2. 3	許容最大水圧値の決定	52

3.3	除塵設備	
3.3.1	概要	55
3.3.2	除塵設備の設置基準	57
3.3.3	スクリーン	57
3.3.4	除塵機	59
3.3.5	搬送、貯留装置	63
3.3.6	操作方式	64
3.3.7	参考資料	64

第4章 水車

4.1	水車の概要	
4.1.1	水車の種類	67
4.1.2	水車の概要と特徴	67
4.1.3	水車の比速度	73
4.1.4	水車のキャビテーション	74
4.1.5	水車の回転速度と無拘束速度	79
4.1.6	振動・騒音	81
4.2	水車の効率と特性	
4.2.1	ペルトン水車	82
4.2.2	フランシス水車	83
4.2.3	クロスフロー水車	88
4.2.4	S形チューブラ水車	92
4.3	各種水車の標準化	
4.3.1	ペルトン水車発電装置（パッケージ形）	96
4.3.2	フランシス水車発電装置（パッケージ形）	111
4.3.3	クロスフロー水車発電装置（パッケージ形）	131
4.3.4	S型チューブラ水車発電装置	145
4.3.5	100kW 未満のクロスフロー水車発電装置（パッケージ形）	151
4.3.6	100kW 未満のチューブラ水車	164

第5章 水車補機

5.1	入口弁	
5.1.1	用途	188
5.1.2	入口弁の種類	188
5.1.3	入口弁の口径	189
5.1.4	操作・駆動方式	190
5.1.5	入口弁と水圧管の接続	190
5.1.6	付属品	190
5.1.7	概略寸法及び概略基礎荷重	190
5.2	調速機	
5.2.1	用途	193
5.2.2	調速機ブロック図	194
5.2.3	調速機の適用	194
5.2.4	電動サーボモータ	195
5.2.5	ダミーロード式調速機（ロードガバナ）	196
5.2.6	水位調整装置	196
5.3	流量測定装置	
5.3.1	用途	198
5.3.2	種類	198
5.3.3	超音波流量計	199
5.3.4	電磁流量計	202
5.4	排水装置	
5.4.1	用途	204
5.4.2	機器構成	204
5.4.3	設置上の留意点	204
5.4.4	排水ピットの容積	205
5.4.5	水中モーターポンプの選定	205
5.4.6	配管径の決め方	206

第6章 発電機

6.1	発電機容量選定	
6.1.1	発電機の種類と標準化容量	207

6. 1. 2	発電機の選定	210
6. 1. 3	増速機の選定	218
6. 2	発電機及び増速機の効率	
6. 2. 1	発電機の効率	219
6. 2. 2	増速機の効率	222
6. 3	構造及び励磁方式	
6. 3. 1	構造	223
6. 3. 2	励磁方式	227
6. 3. 3	誘導発電機の運転上の問題	229
6. 3. 4	S型チューブラ水車用発電機及び増速機の概略寸法及び概略重量	230

第7章 制御保護方式

7. 1	農業用水利施設を利用した小水力発電所の制御保護の標準方式	
7. 1. 1	発電所の基本条件	235
7. 1. 2	運転監視制御方式	237
7. 1. 3	機器の接続方式	239
7. 1. 4	主回路構成	239
7. 1. 5	保護方式	247
7. 1. 6	運転方式	252
7. 2	単独運転方式（100kW未満）の場合の制御保護の標準方式	
7. 2. 1	制御及び保護方式	253
7. 2. 2	単線接続図	255
7. 2. 3	負荷制御方式	257

第8章 配電盤及び開閉装置

8. 1	主配電盤	
8. 1. 1	盤の構成及び寸法	259
8. 1. 2	構成機器	264
8. 2	高低圧閉鎖配電盤	
8. 2. 1	盤の構成及び寸法	269

8. 2. 2	高低圧閉鎖配電盤の標準仕様	272
8. 2. 3	高低圧閉鎖配電盤の構成機器	272
8. 3	変圧器	
8. 3. 1	標準仕様	280
8. 3. 2	油入変圧器概略寸法及び概略重量	282
8. 4	屋外機器	
8. 4. 1	屋外機器の構成	283
8. 4. 2	構成機器の概要	283
8. 5	送電第1柱	
8. 5. 1	形式	287
8. 5. 2	取付機器	287
8. 5. 3	高圧引出線	287
8. 6	単独運動方式の場合（100kW未満の場合）	
8. 6. 1	配電盤及び開閉装置	288
8. 6. 2	警報装置（100kW未満の場合）	290
8. 6. 3	290直流電源装置	290

第9章 付帯設備

9. 1	クレーン設備	
9. 1. 1	クレーン設備の選定	291
9. 1. 2	外形寸法及び諸元	291
9. 2	遠方監視装置	
9. 2. 1	設備	294
9. 2. 2	自動通報装置	294
9. 3	火災報知器	
9. 3. 1	定格事項	296

第10章 試験及び検査

10. 1	工場試験および検査	
10. 1. 1	水車	297
10. 1. 2	補機	298
10. 1. 3	発電機	299
10. 1. 4	変圧器	299
10. 1. 5	配電盤及び開閉装置	300
10. 2	現場試験	
10. 2. 1	据付中のチェックポイント	301
10. 2. 2	据付完了後の試験	301

第11章 輸送及び現場工事

11. 1	施工計画	
11. 1. 1	概要	303
11. 1. 2	工事概要	303
11. 1. 3	工程表	303
11. 1. 4	工事組織	306
11. 1. 5	安全管理	307
11. 1. 6	労務計画	308
11. 1. 7	仮設計画	309
11. 1. 8	施工用機械使用計画	309
11. 1. 9	主要機器、資材搬入計画	309
11. 1. 10	施工方法	309
11. 2	輸送	310
11. 3	据付工事	
11. 3. 1	概要	311
11. 3. 2	パッケージ形水車発電設備(ペルトン、フランシス、クロスフロー)の据付項目	311
11. 3. 3	チューブラ水車発電設備の据付項目	312
11. 3. 4	据付方法	312

11. 4	施工管理	
11. 4. 1	工程管理	321
11. 4. 2	品質管理	322

第12章 資料

12. 1	資料1 例題	
	270kW 落差27.09m 流量1.55m ³ /S発電計画	
12. 1. 1	計画の概要	323
12. 1. 2	流量資料	323
12. 1. 3	発電規模の検討	323
12. 1. 4	発電原価の算定	333
12. 2	水圧管の計算事例	
12. 2. 1	ケーススタディ 1 水圧管が鋼管で埋設管の場合	340
12. 2. 2	ケーススタディ 2 水圧管がダクタイル管で露出管の場合	366
12. 2. 3	ケーススタディ 3 水圧管が強化プラスチック複合管で 地中埋設管の場合	376
12. 3	排水設備用水中モータポンプ（チューブラ水車用室内排水設備用）の選定	380
12. 4	力率改善用コンデンサ容量の計算	385
12. 5	しゃ断器短絡容量の計算	386
12. 6	直流電源装置の容量計算	389

参考文献

参考文献リスト	398
---------	-----