

第4章 水車

農業用水利施設を利用して計画される発電用水車には、高落差用に横軸ペルトン水車、中落差用に横軸フランシス水車、中低落差小容量にクロスフロー水車、低落差用にチューブラ水車があり、これ等4種類の水車に関して、基本設計ができるように、各水車の特徴、比速度の範囲、効率、キャビテーションなどの特性、構造、水車の詳細選定、回転速度の決定、水車の概略寸法及び概略基礎荷重などについて説明する。

4.1 水車の概要

4.1.1 水車の種類

水車の種類は大別すると、衝動水車と反動水車に分けられる。

衝動水車とは圧力水頭を速度水頭に変えた流水をランナに作用させる構造の水車であり、ペルトン水車がこれに相当する。

反動水車とは圧力水頭をもつ流水をランナに作用させる構造の水車であり、フランシス水車、プロペラ水車がこれに当る。

この3種類の水車はランナに流入する流水の方向は異なるが、ランナから流出する流水の方向はペルトン水車以外は軸方向となる。

衝動水車と反動水車の中間に位置するのがクロスフロー水車で、両方の特性を併せ持ち小水力発電に近年採用されている。

表4.1-1 水車の種類と水の流れ

水車の種類	水の流れ	
	ランナへの流入	ランナからの流出
ペルトン水車	軸に直角方向	軸方向に向きを変えて流出
フランシス水車	軸に直角方向	軸方向
クロスフロー水車	軸に直角方向	ランナを貫通して流出
プロペラ水車	軸方向	軸方向

プロペラ水車で吸出し管をS字形に湾曲させ、吸出し管上部の床面に発電機を配置する構造の水車をS形チューブラ水車と呼ぶ。

この他様々な呼名の水車があるが、一般的でないので省略する。

4.1.2 水車の概要と特徴

1) ペルトン水車の概要と特徴

(1) 概要

ペルトン水車は、中高落差に適用される水車で、大気中において衝動作用により水動力をランナに伝えるのが特徴である。本マニュアルでは横軸2ノズルで同時開閉方式を標準とする。

(2) 作動原理・水の流れ

水圧管で導かれた高圧の水は、ノズルで速度エネルギーに変換され、高速のジェットとなって噴出する。

このジェットは、ランナバケットに当たり、エネルギーをランナに伝達した後、ハウジング内に排出される。ランナは速度エネルギーを回転力なる機械エネルギーとして回収し、主軸を通じて発電機に伝え、電気エネルギーに変換される。

水車の効率はノズルとランナバケット部分で決定され、ノズル流量 Q 時のジェット流速 v_1 は空気抵抗とノズル及びニードル部分の損失により5%程度低下する。バケット部は流速成分は3成分に分析され速度三角形が成立する。ジェット流がバケット内面に沿い流れる間摩擦のため

幾らかの損失をともなうが、バケットを出るとき持ち去るエネルギーは $\frac{v_2^2}{2g}$ であってこれに摩擦係数 ζ_2 と附加した $\zeta_2 \frac{w_2^2}{2g}$ は損失となり下記の式がバケットに与える仕事 $E\eta$ となる。

$$E\eta = \gamma Q \left(\frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} - \zeta_2 \frac{w_2^2}{2g} \right)$$

バケット効率を良くするためにはジェット流を有効に受ける中心円にバケット個数をどう配置するかで決まる。バケットの切欠き部は最初にジェット水を受ける適当な角度で導入せしめるように作られる。バケット背面の尖端部はジェットの相対水路に激しく当たらぬよう設計されている。

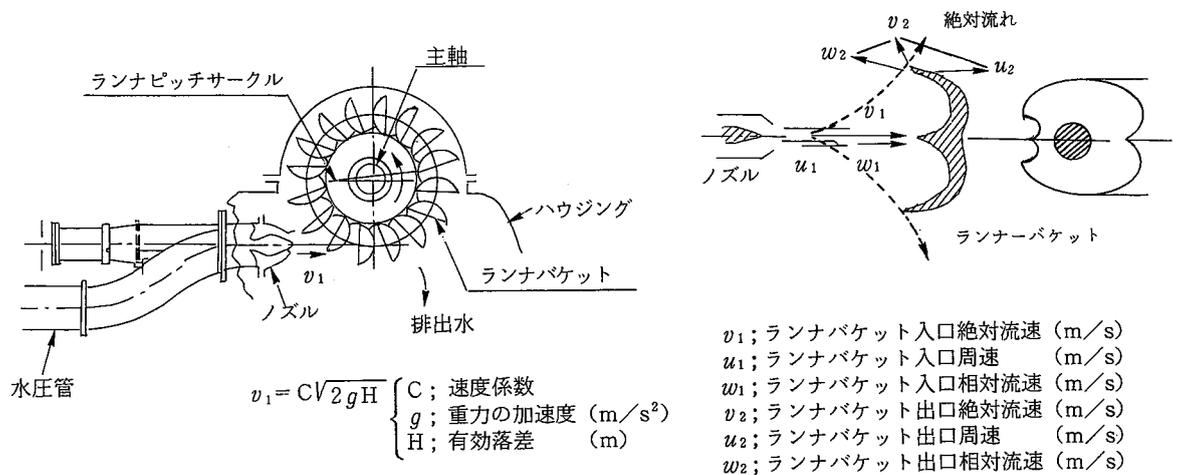


図4. 1-1 ペルトン水車の水の流れ

(3) 適用範囲

ペルトン水車は、一般には200~1800mの高落差地点に適用されるが、小水力発電においては落差範囲を65mまで拡大できる。ペルトン水車としては、落差の低い範囲となるので比速度も高い範囲を選び、かつパッケージの考え方から一体輸送限界、製作上の限界などを考慮し、また、給水装置や潤滑油装置の省略が可能な範囲として、本マニュアルでは、

適用範囲を下記とする。

- a. 有効落差 約65m～約200m
- b. 流量 約0.2～約0.5m³/s
- c. 出力 100～500kW
- d. ランナ径 500mm以上

(4) 特徴

- a. 流量制御は、ノズル内にあるニードル弁によって行われるため、流量が変化してもランナバケットに当たるジェットの流れ条件は大きく変化しない。したがってフランシス水車に比べて最高効率の値は、若干低い、低流量域での効率低下は少なく、部分負荷効率が高い特徴を持つ。
- b. ノズル内のニードル弁による流量制御を緩やかに行ない、高落差で長い水圧管を使用する発電所においては、管路途中にサージタンクを設置することなく水撃現象を緩和することができる。
- c. 水車停止中はランナバケットが、水に没していないため点検・整備が容易である。
- d. ペルトン水車は、常時気中運転が必要なので計画にあたっては、水車軸中心と放水位間距離を「ランナバケット外周径の1/2+1500～1800mm」程度とする必要がある。

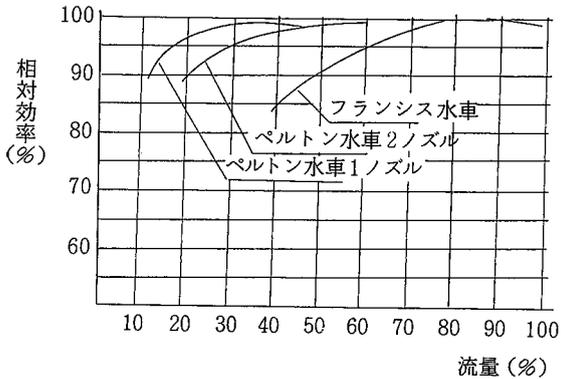


図4. 1-2 ペルトン水車の特性曲線

2) フランシス水車の概要と特徴

(1) 概要

フランシス水車は中落差発電所に適用される水車で、水中において衝動および反動の両作用により水の動力をランナに伝えるのが特長である。ランナの形を変化させることで衝動および反動両作用の占める率を大巾に変えることができるので広範囲の比速度に適用することができ、従来から最も数多く適用されている。

(2) 作動原理

図4. 1-3 参照

- a. 水圧管を通して水車入口まで導かれた水は
①ケーシング→②ステーション→③ガイドベーン（加速される）

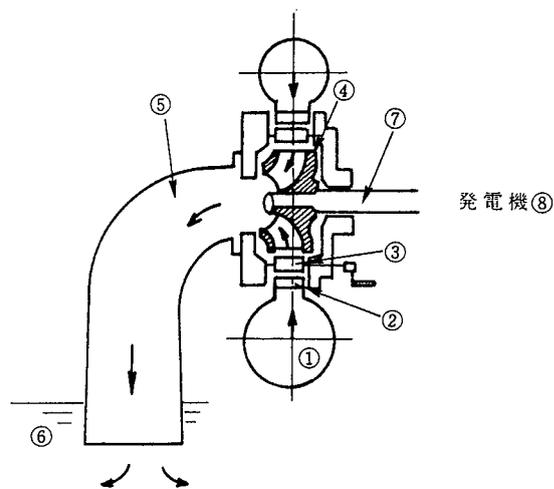


図4. 1-3 フランシス水車

- ④ランナ（主軸に直角方向から流入、流入した水はランナベーンの間を充満して流れ、水動力を伝える。その後軸方向にランナを出る）→⑤吸出し管→⑥放水路に排出される。
- b. ランナに伝えられた水動力はランナ出力→⑦主軸→⑧発電機と伝えられる。
- c. ランナ内の水の流れランナに流入する水（ $Q \text{ m}^3/\text{s}$ ）のもつ周方向の運動量の変化（入口と出口）の反力がランナに加わりトルクを発生している。概念的なランナ内の流れを示すと図4. 1-4のようになる。反動作用でトルクが発生する。ランナー外周面①と内周面②の速度ベクトル差がトルクとなる。

$$T = \frac{Q}{g} (r_1 v_1 \cos \alpha_1 - r_2 v_2 \cos \alpha_2)$$

有効落差 H では理論的に考えれば $\gamma Q H$ の仕事を行う。従って水車の水力効率 η_h は

$$\eta_h = \frac{1}{g H} (r_1 v_1 \cos \alpha_1 - r_2 v_2 \cos \alpha_2)$$

で表される。

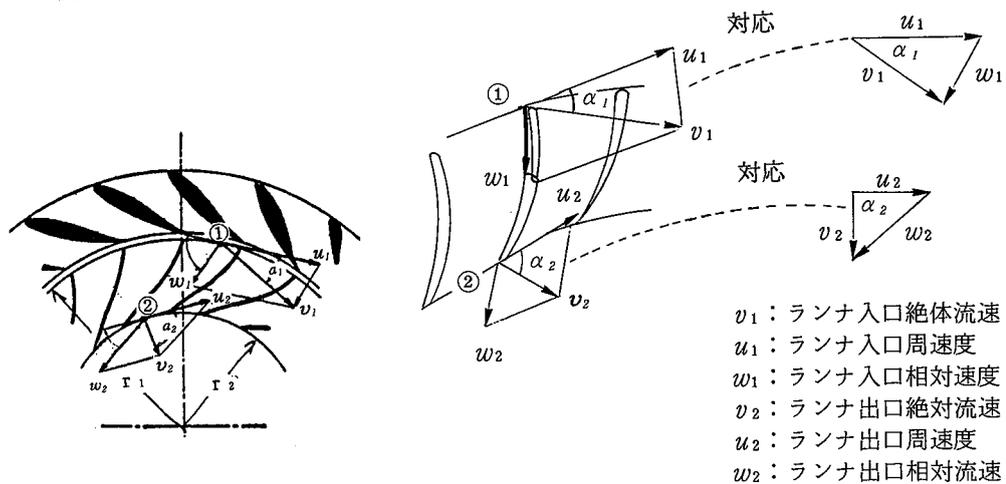


図4. 1-4 フランス水車ランナの速度線図

(3) 適用範囲

落差に対しての横軸フランス水車の適用範囲は大略15~200mの範囲である。

本マニュアルでは落差を100m以下に限定し、パッケージ化と一体輸送限界、製作上の限界などを考慮し、また給水装置や潤滑油装置の省略が可能な範囲として適用範囲を下記とする。

- a. 有効落差 13~85m
- b. 流量 0.4~2.5 m^3/s
- c. 出力 150~500kW
- d. ランナ径 350mm以上

(4) 特徴

- a. 有効落差として、ランナから放水路、水面までを吸出し管により利用できる。
 - b. ランナの形状を変えることで幅広い比速度に適用でき、対応できる落差の範囲も広い。
 - c. 立軸、横軸、渦巻形、露出形、単流形、複流形などに形を変えることができる。
- なお、本マニュアルでは、横軸単輪渦巻形を標準としている

3) クロスフロー水車概要と特徴

(1) 概 要

クロスフロー水車は中低落差・小容量に適用される水車である。

クロスフロー水車は衝動水車及び反動水車の特性を併せ持ち、流水が円筒形ランナに軸に直角に流入し、ランナを貫流して流出するので貫流水車と言う。

(2) 作動原理

入口管より流入した水は、ガイドベーンの上・下の通路を通りランナ外周よりランナベーンに作用して、ランナ内側へ流入する主流と、ランナの内側へ入らずベーンに作用したのち、外側へ直接流出する二つの流れがある。

ランナの内側に流入した水は、ランナベーンと主軸の空間を横切って再びランナ内側よりベーンに作用して、ランナ外側へ流出する。図4. 1-5にその流れの概念を示す。

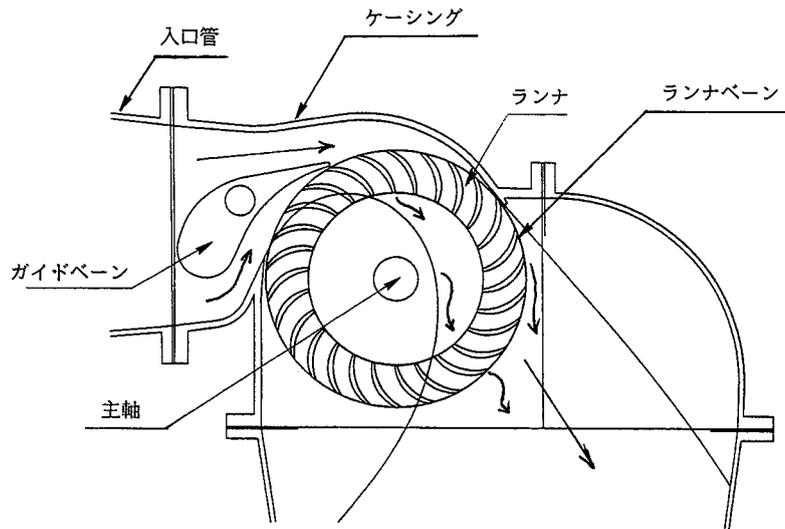


図4. 1-5 クロスフロー水車の水の流れ

(3) 適用範囲

落差として最高200mから最低数mまで計画されているが、高落差では変落差時にランナベーン入口部の流れの剝離による壊食の恐れのあることや、ランナを水没させないで運転しなければならないことなどから、クロスフロー水車の適用できる落差の範囲は5～100m程度である。またパッケージの考え方から一体輸送限界、製作上の限界などを考慮して、本マニュアルでは適用範囲を下記とする。

a. 有効落差	5～100m	5～60m
b. 流量	0.2～5.0m ³ /s	0.2～2 m ³ /s
c. 出力	100～500kW	20～100kW
d. ランナ径	250～800mm	250～630mm

(4) 特 徴

a. クロスフロー水車の特性はガイドベーンを分割する方法では、最高効率フランシス水車に劣るが、部分負荷の効率はフランシス水車より高くなる。

即ち、ガイドベーンを1：2に分割し、流量の変化に応じて小ガイドベーン単独、大

ガイドベーン単独、又は大・小のガイドベーンを同時に制御することによって、常に水車を高効率点で運転することができる。

- b. クロスフロー水車は構成部品が少なく、構造が簡単である。又、水流とランナベーンとの関係から判るように、水による軸方向スラストが生じないので、軸受はころがり軸受が使用できる。
- c. クロスフロー水車は、水車ランナ下流側に空間部が必要なため水車軸中心と放水位間距離を1.5～2.0m程度とする必要がある。

4) チューブラ水車（S形チューブラ水車）の概要と特徴

(1) 概 要

チューブラ水車は、低落差地点で比較的流量の多い場合に適用される水車で、水中において反動作用により水の動力をランナに伝える。

チューブラ水車にはS形チューブラ水車、バルブ水車、ストレートフロー水車などがあるが、本マニュアルでは小水力発電として設置、あるいは保守が比較的容易なS形チューブラ水車を採用する。

チューブラ水車の場合には低落差大流量地点に適用されるため、500kW以上のケースも多々出てくる。

(2) 作動原理

図4. 1-6にチューブラ水車の水の流れを示すが、ケーシング、ステーベーンに流入した水は、ガイドベーンによって旋回流となり、ランナに流入してエネルギーを伝達し、ランナ出口では主軸に概ね平行な流れとなる。

ランナを出た水は、S形状の吸出し管を通り、放水口に放流される。

チューブラ水車の水の流れとしての特徴は、ガイドベーン、ランナベーン共可動にすると、流量変化、あるいは落差の変化に対してもガイドベーン開度、ランナベーンの開度を相対的に変化させることによってエネルギー損失が少なくなり、運転範囲が広がることである。一方、ランナベーンを固定にすると流量、又は、落差が設計点よりずれるためランナベーン角度に対する水の流れがかい離し、効率の低下、振動の発生が生じ、運転範囲は設計流量、落差の近傍に限定される。

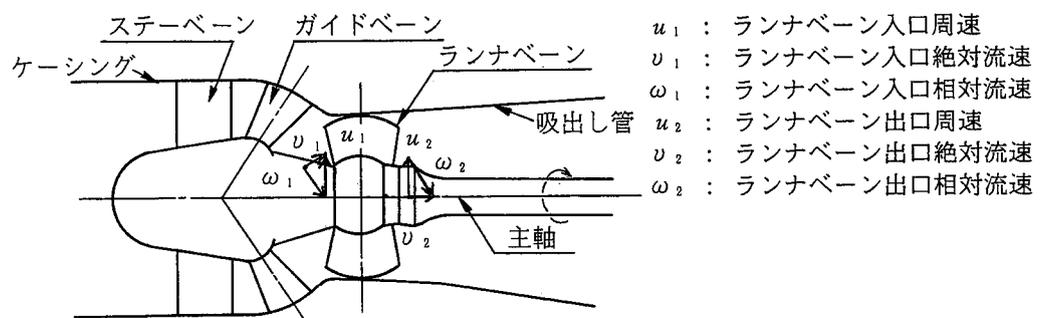


図4. 1-6 チューブラ水車の水の流れ

(3) 適用範囲

通常チューブラ水車が適用出来る落差は3～20mである。一般的にはガイドベーン、ランナベーンとも運転時可動であるが、農業用水利用の場合には流量は季節的にしか変化しないと考えられるため、機器の経済性を考慮してガイドベーンは運転時可動、ランナベーンは水車停止時可動（運転時固定）とする量の変化範囲に対応させることとする。

S形チューブラ水車の適用範囲は下記とする。

- | | | |
|---------|-----------------------|--------------------------|
| a. 有効落差 | 3～18m | 2～8 m |
| b. 使用流量 | 3～15m ³ /s | 0.5～3.0m ³ /s |
| c. 出力 | 100～500kW | 20～100kW |
| d. ランナ径 | 900～1,800mm | 400～800mm |

(4) 特徴

- a. S形チューブラ水車は、小容量に適した水車で、吸出し管をS字状に湾曲させ、発電機を吸出し管の上面に設置した構造である。

また、水車が低速の場合には発電機と水車の間に増速機を設ける。

この形式の水車は、発電機は、機械が床面に配列されているので、特に保守面ですぐれている。

水車・発電機室の床面は、通常放水面より高くして壁面より浸水を防止し、あわせて床面の漏水を自然流下で外部に排出させるとか、点検時にランナ回りを分解しても吸出し管より逆流による浸水の恐れのない配置にすることが多い。

- b. S形チューブラ水車は反動水車であり、フランシス水車同様、吸出し管により放水面まで有効落差として利用出来る。
- c. チューブラ水車は、主軸に水スラストが作用するのでその支持を考慮する必要があるが、更に負荷遮断時には逆方向にもスラストが作用するので注意が必要である。

4. 1. 3 水車の比速度

各種の水車は、どの範囲でも適用出来る訳でなく、それぞれ落差、比速度などに対して限界がある。比速度は各種の水車に適用出来る範囲があり、落差に対する強度、効率及びキャビテーションなどからその範囲が決められる。

流体機械は一般に比速度で整理されるが、水車の場合の比速度はつぎのように表わす。

$$n_s = n \times P_T^{0.5} / H^{1.25} \dots\dots\dots (4. 1 - 1)$$

- n_s : 比速度 (m-kW単位)
 H : 有効落差 (m)
 n : 定格回転速度 (r/min)
 P_T : 水車出力 (kW)

水車の形と運転状態とを相似に保ってその大きさを変え、単位落差で単位出力を発生させたとき、その水車の回転速度が比速度であり、比速度によって水車の種類、ランナの形状が定まる。

1) ペルトン水車

J E C-4001では比速度の限界は次式で示されている。

$$n_s \leq \frac{4300}{H+195} + 13 \quad \dots\dots\dots (4. 1 - 2)$$

2) フランス水車

落差に対する比速度の限界としてはJ E C-4001に次のように示されている。

$$n_s \leq \frac{21000}{H+25} + 35 \quad \dots\dots\dots (4. 1 - 3)$$

最近の立軸フランス水車の実例ではこの限界を超える採用も多いが、小形の横軸フランス水車では、放水路の水位より水車を高く据付けて保守を容易するために、落差に対する比速度の限界を式(4. 1 - 3)より相当余裕のある値にする場合が多い。

3) クロスフロー水車

クロスフロー水車は古くから小水力発電用水車として採用されてきたが、国内での製作実績は他の水車に比べてまだ少ない。J E C-4001の n_s の範囲は $90 \leq n_s \leq 110$ となっている。しかし、500kW以下の国内製作実績から考慮し本マニュアルでは n_s の範囲を下記とする。

$$40 \leq n_s \leq 200$$

またクロスフロー水車が採用される落差は現在までの実績では約200m近い範囲まで製作されているが、実用的には落差100m以下に適している。

4) プロペラ水車

落差に対しての比速度の限界についてJ E C-4001には次式で示されている。

$$n_s \leq \frac{21000}{H+17} + 35 \quad \dots\dots\dots (4. 1 - 4)$$

しかし、低落差用として開発された、チューブラ水車などの特性からJ E C-4001に規定された値より相当大きな比速度が採用されている。本マニュアルでの n_s の範囲は下記の通りとする。

$$8 \text{ m以上} \quad 450 \leq n_s \leq 700$$

$$10 \text{ m以上} \quad 600 \leq n_s \leq 900$$

4. 1. 4 水車のキャビテーション

1) キャビテーション

キャビテーションとは水流によって、水車のランナのある部分の圧力が低下して、その部分の水が常温において沸騰して水蒸気のあわを形成し、続いてこのあわが崩壊する現象をいう。

一般にキャビテーションの発生場所からの後流でキャビテーションがランナの表面で崩壊するとその部分が壊食をうける。

キャビテーションの発生場所は通常の運転状態では、周囲の圧力の低いランナの出口付近で発生する。

しかし、設計点に対して、大幅にずれた運転を行うと、必ずキャビテーションの発生を伴い、思わぬ場所に壊食を生ずるので注意が必要である。

フランス水車、S形チューブラ水車の様な反動水車では設計点より高い落差で運転すれば、ランナ入口の負圧側にキャビテーションが発生する。逆に低落差の場合にはランナ入口の圧力側にキャビテーションが発生するが、ランナに附着してあわが崩壊することが少ないので、殆ど壊食につながらない。

フランス水車で流量を少なくして運転すると翼間渦キャビテーションが発生する。このキャビテーション気泡がランナに附着して壊食をもたらす。

ペルトン水車ではノズルからの噴射水は大気圧で、全エネルギーがすべて速度水頭になっている。ペルトン水車のランナのバケット内面に凹凸あるいは、流れの方向と十分対応出来ない形状面ではキャビテーションが発生し、その後流部が壊食される。

また、次のバケットに水を導入するため切かき部で、流れに剝離を生じた場合に背面にキャビテーションが発生する。

クロスフロー水車もランナベーン入口付近では反動水車の場合に近い現象となる。従って落差変化の大きい場合は、高落差運転時にランナベーン入口負圧側にキャビテーションが発生する。

クロスフロー水車は反動水車と衝動水車の性質を併せ持っているが、ランナベーン入口の絶対圧力はフランス水車に較べると非常に低い。それ故、吸出し管を設けて、ランナ回りの圧力を低下させて運転する方法は落差としては増加し、当然出力も増加するが、落差変化が大きい場合は高落差運転時に、キャビテーションが発生する恐れがあるので本マニュアルでは吸出し管の設置をしないこととした。

2) 吸出し高さ と キャビテーション

反動水車の通常の運転範囲（変落差運転などがない場合）では、ランナ出口に発生するキャビテーションを防止すればよく、このため水車の据付高さ即ち、吸出し高さを制限している。

水車の形式、比速度などが決まると、ランナ出口部に生ずる圧力低下は運転する有効落差に比例する。この圧力低下が飽和蒸気圧より大きくなるとキャビテーションの発生となる。

キャビテーションの起こり目安として4. 1-5式で示されるプラント有効吸出し高さNPSHが使われる。NPSHとは水車出口の全水頭がキャビテーション発生圧 h_{va} に対してどれだけ余裕を持っているかを表している。

$$NPSH = (h_{amb} + h_{v2} - Z_s - A) - h_{va} \quad \dots\dots\dots (4. 1-5)$$

- h_{amb} : 大気圧に相当する圧力水頭 (m)
- NPSH : 有効吸出し高さ (m)
- h_{v2} : 速度水頭 (m)
- Z_s : 吸出し高さ (m)

- A : ランナの指定位置と水車の指定位置との標高差 (m)
 h_{va} : 水の飽和蒸気圧に相当する圧力水頭 (m)

吸出し高さは、反動水車の吸出し管出口水位から水車のランナ基準面 (図 4. 1-7 参照) までの高さをいい、ランナの基準面が吸出し管出口水位より高い場合には正号⊕をとり、低い場合には負号⊖をとる。

ランナの基準面としては、横軸フランシス水車ではランナの出口上端、横軸プロペラ水車ではランナベーンシステムを中心線とランナベーン外縁との交点の上端をとる。図 4. 1-7 にその関係を示す。

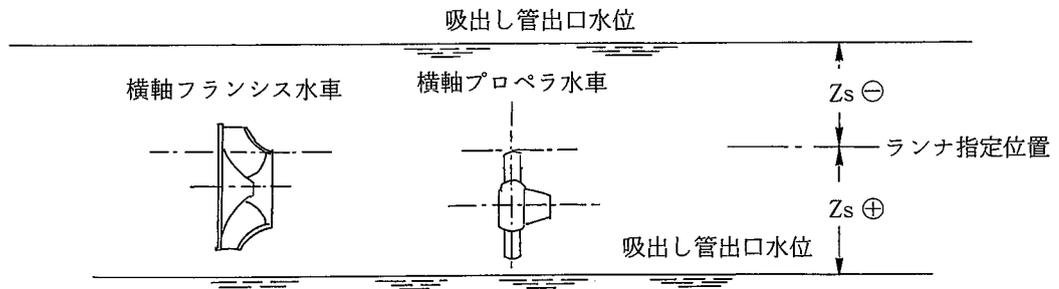


図 4. 1-7 吸出し高さ

飽和蒸気圧は、水温によって表 4. 1-2 のようになる。

大気圧は標高によって差が生じ、日本では表 4. 1-3 の値を採用している。

図 4. 1-10 にその値を示す。

式 (4. 1-5) から単位落差当りの NPSH を求めれば σ_p となり、次の式で表される。

$$\sigma_p = \frac{NPSH}{H} \dots\dots\dots (4. 1-6)$$

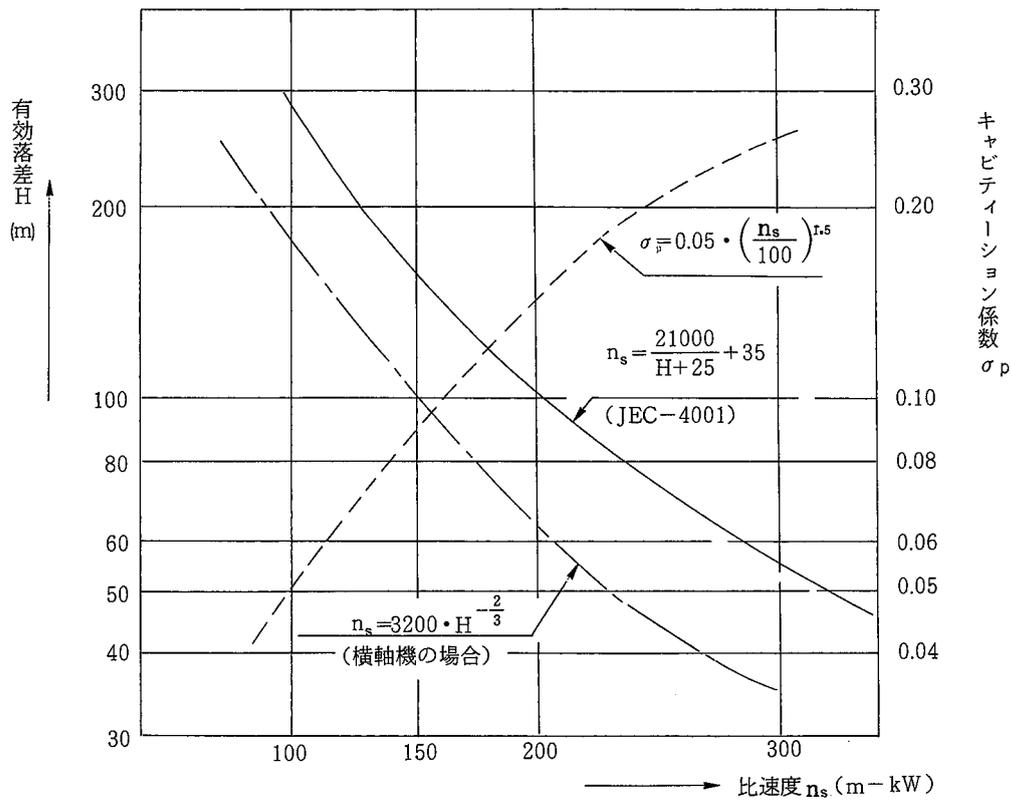


図4. 1-8 フランシス水車の n_s と σ_p

表4. 1-2 水温と水の飽和蒸気圧との関係

水温 (°C)	飽和水蒸気圧に相当する圧力水頭 (m)	水温 (°C)	飽和水蒸気圧に相当する圧力水頭 (m)	水温 (°C)	飽和水蒸気圧に相当する圧力水頭 (m)
0	0.06	12	0.14	24	0.30
1	0.07	13	0.15	25	0.32
2	0.07	14	0.16	26	0.34
3	0.08	15	0.17	27	0.36
4	0.08	16	0.19	28	0.39
5	0.09	17	0.20	29	0.41
6	0.10	18	0.21	30	0.43
7	0.10	19	0.22	31	0.46
8	0.11	20	0.24	32	0.49
9	0.12	21	0.25	33	0.51
10	0.13	22	0.27	34	0.54
11	0.13	23	0.29	35	0.57

(一般には気温25°Cにおける水の飽和蒸気圧を使う)

表 4. 1 - 3 標高と大気圧との関係

(0℃標準気圧における大気圧)

標高 (m)	大気圧に相当する 圧力水頭 (m)	標高 (m)	大気圧に相当する 圧力水頭 (m)	標高 (m)	大気圧に相当する 圧力水頭 (m)
0	10.33	550	9.68	1200	8.94
50	10.27	600	9.62	1300	8.84
100	10.21	650	9.56	1400	8.73
150	10.15	700	9.50	1500	8.62
200	10.09	750	9.45	1600	8.52
250	10.03	800	9.39	1700	8.41
300	9.97	850	9.33	1800	8.31
350	9.91	900	9.28	1900	8.21
400	9.85	950	9.22	2000	8.11
450	9.79	1000	9.16		
500	9.73	1100	9.05		

キャビテーションの発生する度合いによってキャビテーション係数は、許容キャビテーション係数と臨界キャビテーションがある。

- ・許容キャビテーション係数：実際の吸出し高さ決定に利用する係数
- ・臨界キャビテーション係数：キャビテーションの発生により効率低下が始まるキャビテーション係数

吸出し高さの決定には、許容キャビテーション係数を用いて計画するが、吸出し管出口水位は、水車の流量変化、下流の条件で変化するので、最悪の条件でもキャビテーションの発生のない吸出し高さを選定する必要がある。

通常、反動水車で定義づけられている吸出し高さはランナの基準面に対する値であり、図 4. 1 - 9 に示される様に図面構成上からは架空の位置になる。そのため、水車中心の標高を基準にして表わすことが多い。このときの吸出し高さを $Z's$ と称し、次のようになる。

$$Z's = Zs - \frac{D_2}{2} \dots\dots\dots (4. 1 - 7)$$

D_2 : ランナの出口径

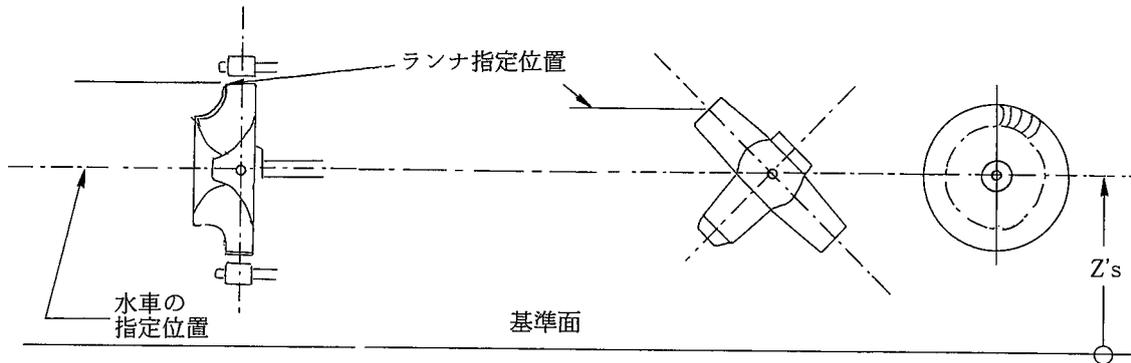


図 4. 1-9 吸出し高さと水車中心吸出し高さの関係

4. 1. 5 水車の回転速度と無拘束速度

1) 水車の回転速度

水車回転速度は、発電機の種類、その他地域の周波数、増速機の有無により若干異なる。

同期発電機と直結する水車の定格回転速度は、JEC-4001に表 4. 1-2 のように示されている。

ここにいう定格回転速度は、1 分間の回転数で表す。

表 4. 1-4 定格回転速度（同期発電機と直結する場合）

(単位: r/min)

極数	50Hz	60Hz	極数	50Hz	60Hz
6	1,000	1,200	18	333	400
8	750	900	20	300	360
10	600	720	24	250	300
12	500	600	28	214	257
14	429	514	32	188	225
16	375	450	36	167	200

誘導発電機と直結する水車の定格回転速度は、表 4. 1-4 に示す定格回転速度に、誘導発電機のすべり（スリップ）を加味した回転数となる。

また、水車と発電機を直結せず、増速機を介して結合する場合の水車の定格回転速度は、増速機の増速比に応じた回転速度を選定でき、水車の特性上望ましい回転速度を採用する。

小水力発電の場合、水車の回転速度が極端に低いと、直結では発電機が不経済になる場合が多く、発電機を直結にするのは、回転速度で300r/min以上の場合が多い。

横軸ペルトン水車、横軸フランシス水車はいずれも回転速度を300r/min以上の範囲とし、発電機と直結する場合を主にしている。

300r/min以上でも、500~300r/minの間の回転速度では、小容量で、シリーズ化された増速機を採用した方が経済的な場合がある。クロスフロー水車で500r/minを超える場合には直結

としている。

2) 無拘束速度

水力発電所で運転中の発電機の負荷が無くなれば（しゃ断器の開による無送電）、水車の開度（ガイドベーン開度又はニードル開度）、に相当した流量によって、発電機は過速度の状態になる。

ある落差、ある水車の開度及びある吸出し高さにおいて、水車が無負荷で回転する速度を無拘束速度といい、これらのうち起りうる最大のものを最大無拘束速度という。一般に無拘束速度といえは最大値を表すことが多い。

水車及び発電機は当然であるが、無拘束速度状態でも強度上安全であることが要求され、J E C - 4001でも過速度耐力として、水車及びその附属装置は最大無拘束速度において2分間安全に運転出来ることを義務づけている。

小水力発電においては、負荷しゃ断時の速度変動値を無拘束速度まで許容している例も多い。

なお、水車の機種によっては、無拘束速度（ n_R ）の状態での水車の流量は、定格速度（ n_0 ）時の流量に比べて、相当変化する。

参考までに水車の機種による無拘束速度と定格速度の比（ n_R/n_0 ）を示す。

ペルトン水車	1.5-1.8
フランシス水車	1.6-2.2
クロスフロー水車	2.0
S形チューブラ水車	2.5-3.0

4. 1. 6 振動・騒音

振動あるいは騒音の原因としては、機械的原因と水力的原因に大別される。
その概要を表4. 1-5に示す。

表4. 1-5 振動及び騒音と原因

項目 原因	具体的原因	現象	振 動 数
機械的原因	・回転部不良 ランナのアンバランス 軸の曲り	振動	$n/60$ または $(2\sim 3) \cdot n/60(c/s)$
	・軸受不良 (ギャップ不良)	振動	
水力的原因	・キャビテーション	騒音	$300\sim 600H_z$
	・吸出し管水圧脈動	振動	$(0.2\sim 0.5) \cdot n/60(c/s)$
	・ランナ入口圧力変動	振動	ランナベーン枚数 $\times n/60(c/s)$
	・ランナ出口カルマン渦	騒音	高周波

n：水車の回転速度 (r/min)

水力的な原因で生ずる振動、騒音は、フランス水車とチューブラ水車即ち反動水車に多い。
小水力発電の場合には、大形機に比べて剛性が大きいので、ランナ入口圧力変動とかランナ出口のカルマン渦による振動が生じにくい。

4.2 水車の効率と特性

4.2.1 ペルトン水車

1) 効 率

ペルトン水車は、ランナが気中にあるので落差変動の小さい範囲では、流量の変動が大きい場合でも効率の低下は少なく運転性能も良好である。表4.2-1は、比較的低落差で採用する代表的比速度三例を選び最高効率を示した。図4.2-1は水車効率(η)を最高効率(η_{max})に対する比で表わした相対効率を示す。

表4.2-1 ペルトン水車の出力と最高効率

水車出力 (kW)	最 高 効 率 (%)		
	$n_s=18.3$	$n_s=20.1$	$n_s=22.0$
100	82.1	81.8	81.5
200	83	82.7	82.3
300	83.4	83.1	82.7
400	83.8	83.5	83.1
500	84.0	83.7	83.4
600	84.3	83.9	83.6

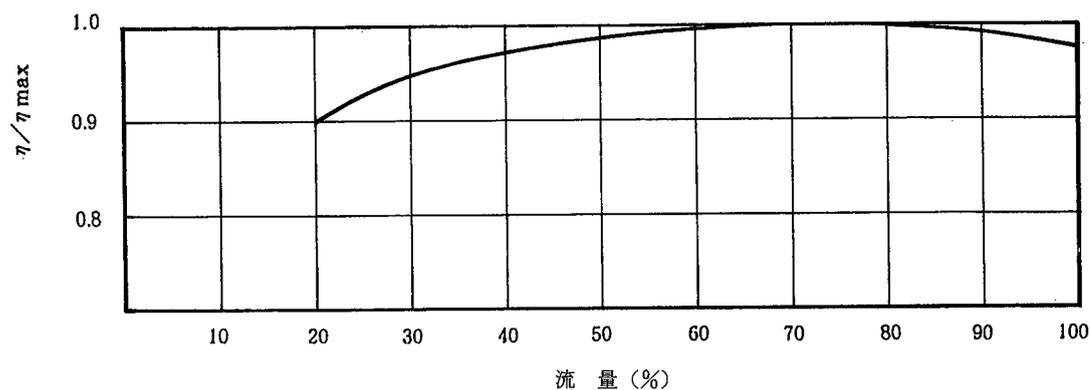


図4.2-1 ペルトン水車の相対効率曲線

2) 運転範囲

(1) 変流量特性

他の水車に比べて変流量特性（流量変動時における水車効率、キャビテーション・振動の有無等の水車特性）が優れており、通常運転範囲は、次の値を目安とする。（図4.2-1水車特性曲線参照）

$$2ノズル時 \quad Q_{min}/Q_{max} \geq 0.2$$

(2) 変落差特性

他の水車に比べて高落差のため変落差特性（落差変動時における水車効率、キャビテーション・振動の有無等の水車特性）は少ない。

3) 効率計算例

- ① 水車の仕様より比速度を求める。
- ② 水車効率曲線に比速度18.3, 20.1, 22.0の3種類が示されており、求まった n_s に近い水車効率曲線を採用する。
- ③ 中間値の最高効率は算術平均で次の様にして求める。
- ④ 280kW $n_s=18.3$ の場合の最高効率の求め方
200kWの $\eta_{max}=83.0\%$, 300kWの $\eta_{max}=83.4\%$ である。
従って、280kWの最高効率値は、

$$83.0 + (83.4 - 83.0) \times \frac{80}{100} = 83.32$$

- ⑤ 水車効率は相対効率で示されており各部分負荷の効率は相対値に最高効率値83.32%を乗じて求める。

4. 2. 2 フランス水車

1) 効 率

水車の比速度 (n_s) により効率は変化するがその傾向は図4. 2-2で示れるランナ形状で決定される。図4. 2-3に n_s と D_1/D_2 の関係を示したが D_1/D_2 が1に近い所が最高効率となる。

- (1) $n_s < 100$: ランナと静止部とのギャップより漏れ損失と円板摩擦損失の比率が大きく、全体的に効率は低下するが、軽負荷の効率は、吸出し管損失が少なくないので、 n_s の大きいものより良い。
- (2) $100 < n_s < 200$: およそ180m-kW位で最高効率が最も高くなる。 n_s がそれ以上でも、以下でも最高効率はより低くなる傾向である。
- (3) $200 < n_s < 300$: ランナにおける水の相対流速が速くなるため摩擦損失が大きくなり効率は低くなる。また軽負荷での吸出し管損失が多く効率の低下が大きくなる。

以上の傾向を n_s 区分で相対効率として示したものが図4. 2-4~図4. 2-7である。図は代表的な比速度 n_s の水車の各流量における水車効率 η を最高効率 η_{max} に対する比で示したものである。最高効率 η_{max} は表の値を使用する。

図示以外の比速度、使用流量に対してはその図より推定し計画上利用する。

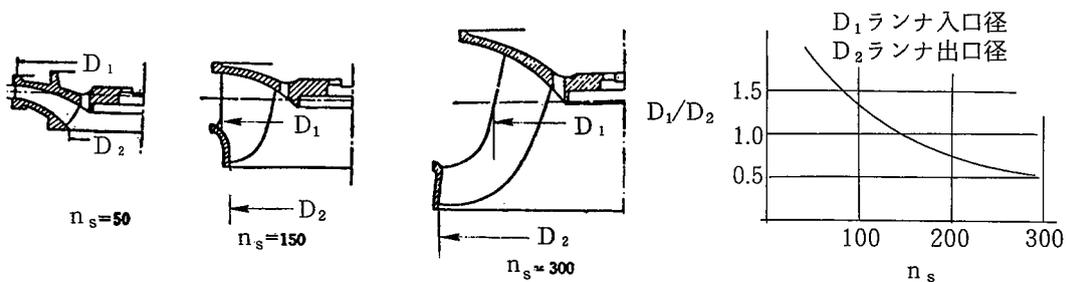


図4. 2-2 フランス水車の n_s とランナ形状の関係 図4. 2-3 n_s と D_1/D_2 の関係

2) 運転範囲

フランス水車では効率の低下、水量の変化および出力の変化は比速度 n_s の大小により著しくその傾向を異にする。

効率の低下、振動、キャビテーションなどを避けて、安定した運転を計るためには、下記の変流量、変落差の範囲内で運転することが好ましい。

(1) 変流量時の効率算定

農業用水利用の流況曲線は、低落差で低流量の場合、即ち運転範囲が $Q_{\min}/Q_{\max} \geq 0.3 \sim 0.4$ を目安とする。

図4. 2-8はフランス水車の変落差、変流量特性を水車ランナの N_s 特性にもとずいて効率との相互関係を示した。変流量の割合が0.4とした場合は N_s が80及び146では相対効率は比較的フラットに低下するが $N_s 266$ では効率の低下は大きくなる。高比速度ランナは40%程度が限度である。

(2) 変落差特性

水車定格落差を100とした時、 H_{\max} は水車許容水量として1.2倍、他方 H_{\min} は75%を限度とする。

水車効率は、85~90%負荷が最高効率点であり、 H/H_{\max} の比をどのように決定するかは流況曲線と水車効率で決定される。図4. 2-8の変落差特性を $N_s 209$ のランナについて比較すると流量は69%となり相対効率は0.975に低下する。 $N_s 266$ では0.95となる。

3) 効率計算例

有効落差 $H = 40\text{m}$

流量 $Q = 1.5\text{m}^3/\text{s}$

周波数 $f = 50\text{Hz}$ の場合について、以下に水車効率計算の例を以下に示す。

- (1) 図4. 3-8のフランス水車選定図より、流量 $1.5\text{m}^3/\text{s}$ から水車としてC375が選定される。

回転速度 $n = 1000\text{r}/\text{min}$ が得られる。

比速度 n_s は、Cシリーズ水車として

$n_s = 236\text{m-kW}$ と選定される。

- (2) $n_s = n^{0.5}/H^{1.25}$ より

水車出力は、 $P_T = (n_s H^{1.25}/n)^2 = (236 \times 40^{1.25}/1000)^2 = 563\text{kW}$ と計算される。

- (3) 図4. 2-4~7水車特性曲線の中から上述の n_s に最も近似な $n_s = 209\text{m-kW}$ を選定し、この中で上述の水車出力に最も近似な水車出力500kWに対する最高効率 η_{\max} として86.2%が得られる。

- (4) 図4. 2-6より、流量(%)及び水車相対効率 $\eta_{TL} = \eta/\eta_{\max}$ を読みとる。

- (5) 流量 Q (m^3/s) は、100%流量が $1.5\text{m}^3/\text{s}$ に相当することから比例計算により、各%流

量に対するものとして求める。

- (6) 水車効率 η (%) は、(4)項に記載された式 $\eta = \eta_{\max} \cdot \eta_{TL}$ に、 $\eta_{\max} = 86.2\%$ 及びそれぞれの水車相対効率 η_{TL} を代入して算定される。

$$\text{流量}100\% \text{における水車効率 } \eta = 86.2 \times 0.97 = 83.6 \text{ (\%)}$$

$$\text{流量}80\% \text{における水車効率 } \eta = 86.2 \times 0.99 = 85.34 \text{ (\%)}$$

同様に流量60%、40%及び30%における水車効率が算定される。

- (7) (3)~(6)をまとめると、表4.2-2のようになる。

表4.2-2 水車特性値

流量Q (%)	100	80	60	40	30
水車相対効率 η_{TL}	0.97	0.99	0.928	0.83	0.69
流量Q (m ³ /s)	1.0	0.80	0.60	0.40	0.30
水車効率 η (%)	83.6	85.3	79.9	71.5	59.5

- (8) 変落差時の効率算定

$n_s = 236$ ランナの場合、

$H_{\max} = 40\text{m}$ とした時 563kWの水車では

水車効率=86.2%となるので流量は

$$Q = \frac{P_T}{9.8H\eta} = \frac{563}{9.8 \times 40 \times 0.862} = 1.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

となる

今、変落差が最大流量に対して70%の運転状態を予測すると、

- (a) 流量はカーブから $H=70\%$ 時の $Q=69\%$

$$\text{よって } Q = 1.5 \times 0.69 = 1.032 \text{ m}^3/\text{s}$$

- (b) 効率は同様に カーブから $\eta/\eta_{\max} = 0.95$

$$\text{よって } \eta = 86.2 \times 0.95 = 81.89\% \text{となる。}$$

- (c) 従ってこの時の水車出力 P_T は

$$P_T = 9.8QH\eta = 9.8 \times 1.032 \times (40 \times 0.7) \times 0.8189 = 231.8 \text{ kW}$$

$$\approx 232$$

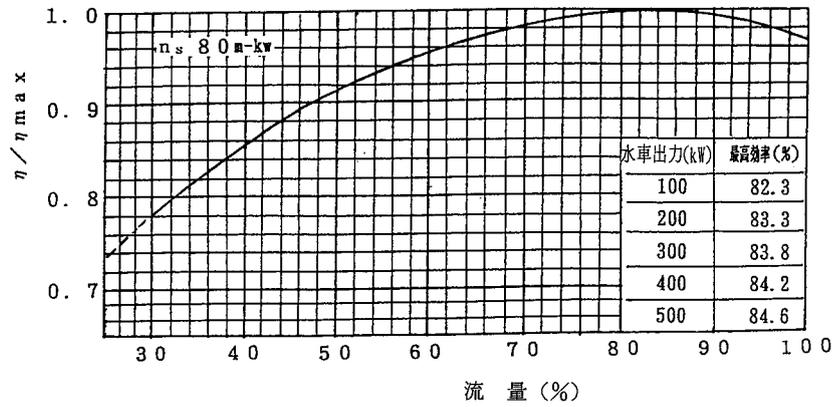


図 4. 2 - 4 $n_s 80$ の相対効率曲線

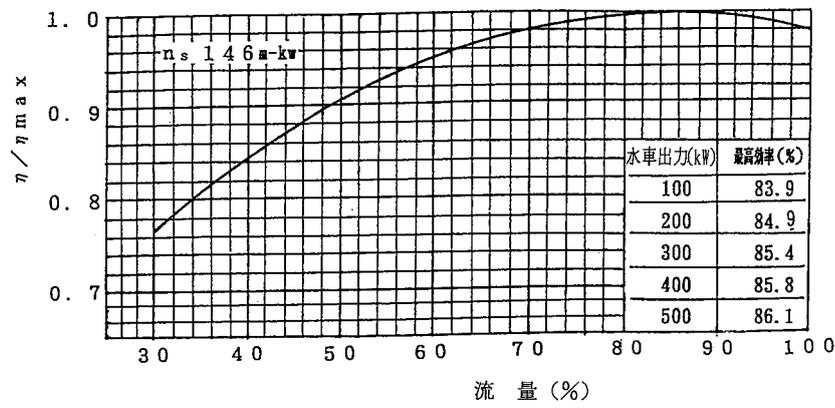


図 4. 2 - 5 $n_s 146$ の相対効率曲線

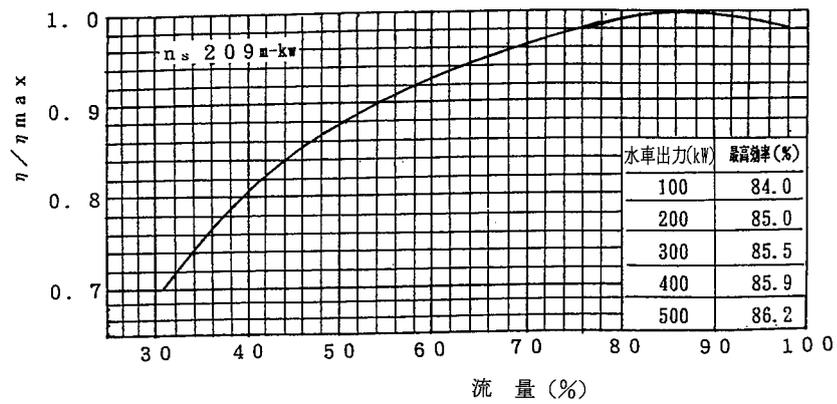


図 4. 2 - 6 $n_s 209$ の相対効率曲線

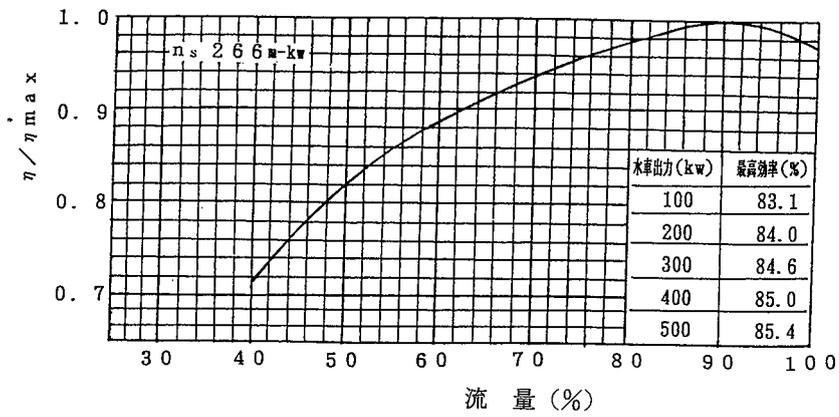


図 4. 2 - 7 $n_s 266$ の相対効率曲線

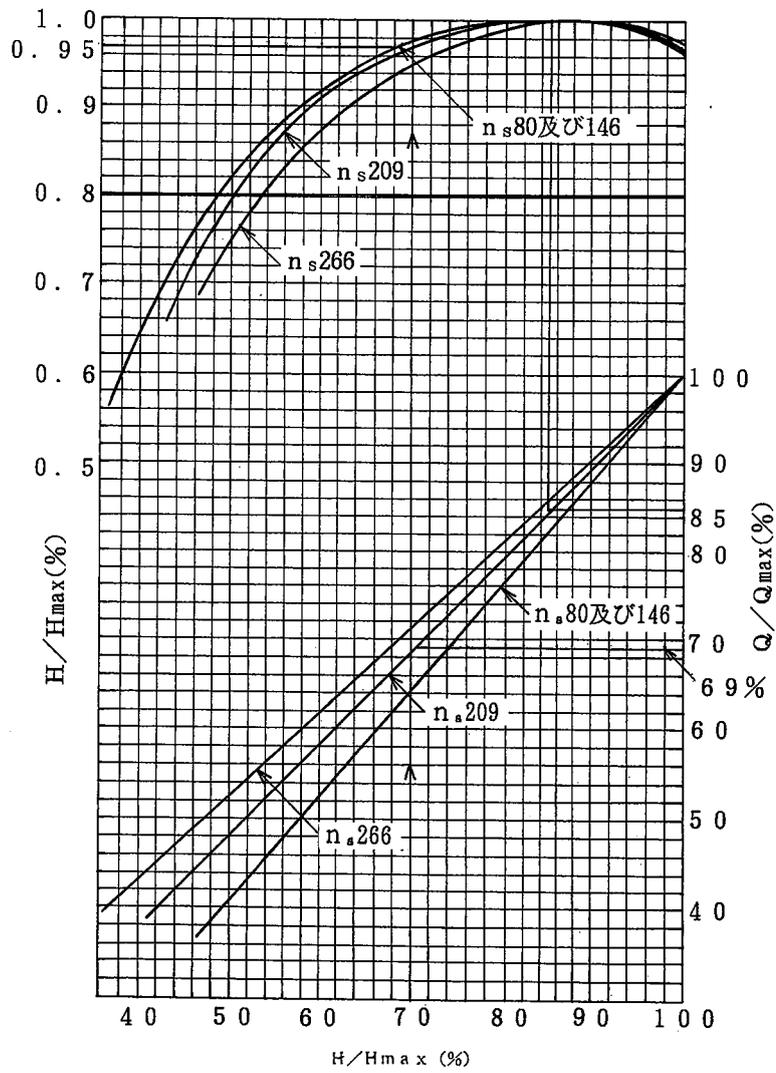


図 4. 2 - 8 フランス水車の変落差特性曲線

4. 2. 3 クロスフロー水車

1) 効 率

図4. 2-9にクロスフロー水車の特性を示す。

ガイドベーンを1：2に分割し、流量が多い場合は全体に水を流し、流量が2／3以下に減少すれば1／3の方がガイドベーンを閉じて2／3の方のガイドベーンだけで運転する。更に流量が減少し1／3以下になれば、2／3の方のガイドベーンを閉じて、1／3の方のガイドベーンで運転する。

この方法によって定格流量の15%程度までかなり高い効率で運転できる。このような運転を高効率運転と呼ぶ。

また、ガイドベーンを分割せず一体とした場合は、分割したものより、図4. 2-9に示した斜線部分だけ効率は低い。

なお、ガイドベーンの分割はアスペクト比、流量変化の関係から1：1を選ぶこともある。

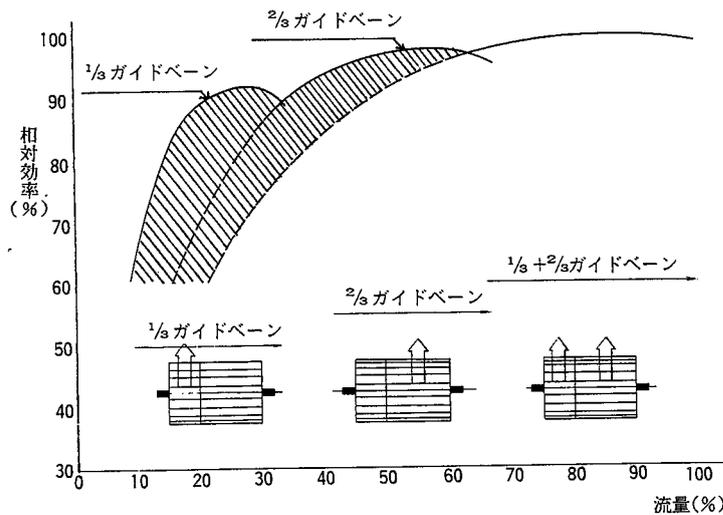


図4. 2-9 クロスフロー水車の特性

図4. 2-10～12にクロスフロー水車の代表的な特性を示す。これらの特性はいずれも相対値で表してあるが、計画に当たっては、比速度と水車出力によってそれぞれ最高効率を示してあるので、水車効率は相対値にその場合の最高効率を乗じて算出すればよい。

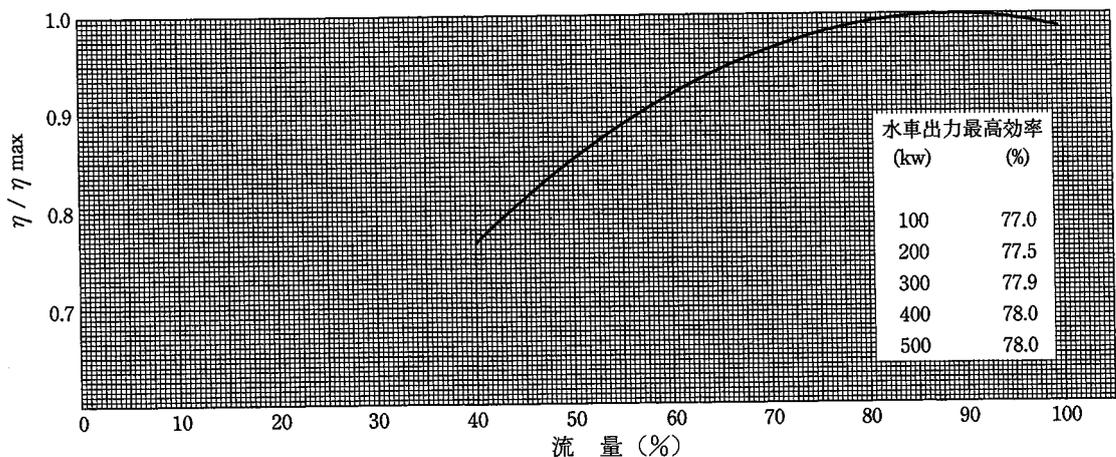


図4. 2-10 $n_s 60$ の相対効率曲線

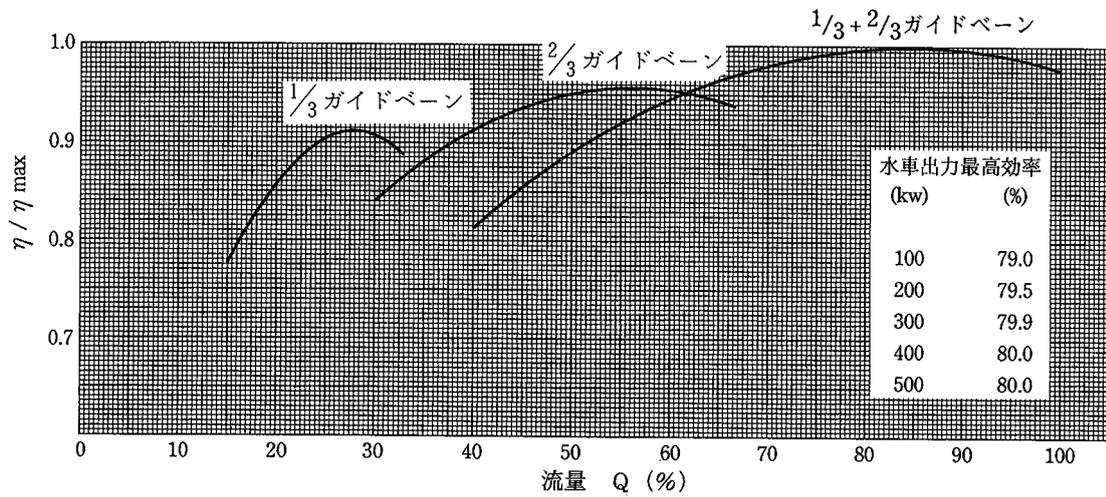


図 4. 2-11 $n_s 100, 140$ の相対効率曲線

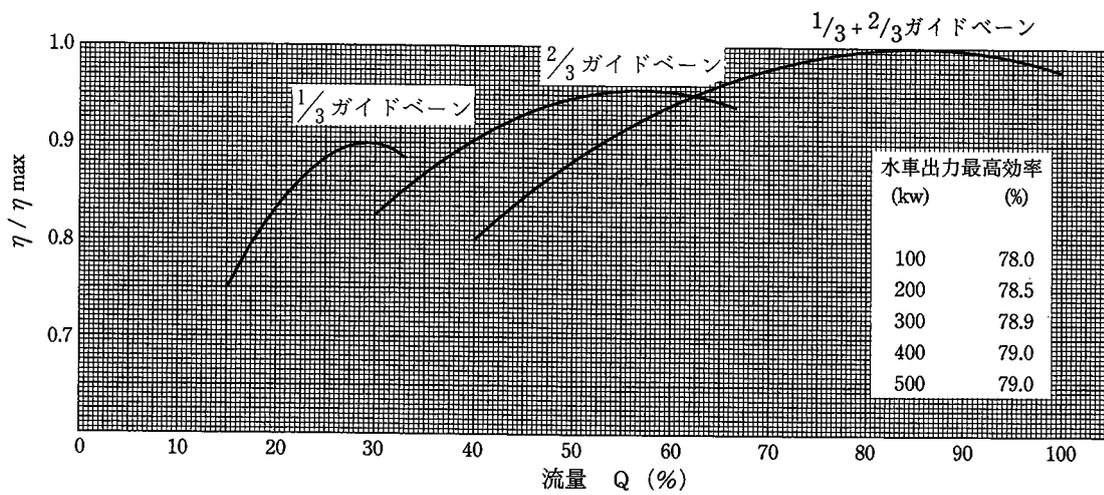


図 4. 2-12 $n_s 180$ の相対効率曲線

2) 運転範囲

変落差特性を下記に示す。

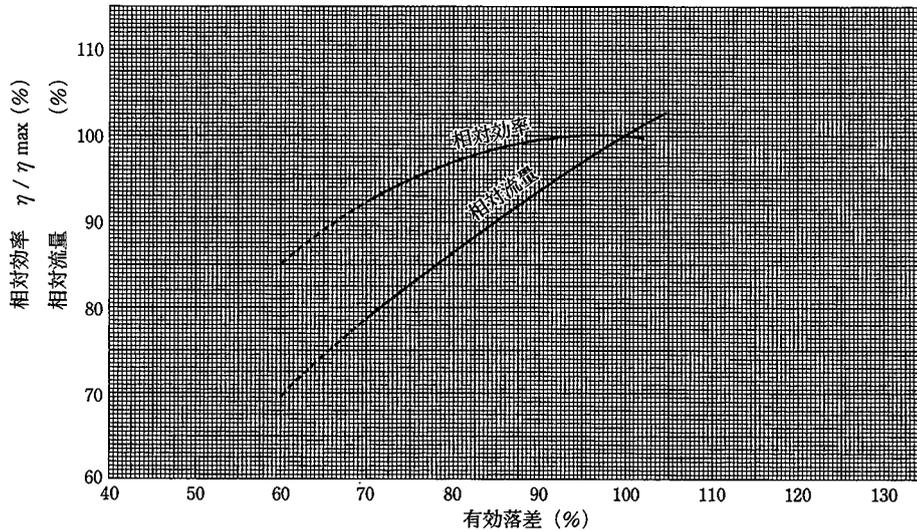


図4. 2-13 クロスフロー水車変落差特性曲線

3) 効率計算例

(1) 50Hz地区、有効落差30m、流量0.6m³/sの条件で水車の効率計算例を以下に示す。

a. 仮のn_sの計算

a) 図4. 2-14の縦軸、有効落差30mと横軸、流量0.6m³/sの交点を選定するクロスフロー水車となる。

b) 図より

ランナ径 400mm
 水車出力 約140kW
 回転速度 600r/min

となる。

c) 仮のn_sの計算を行う。

$$\begin{aligned} n_s &= n P_r^{0.15} / H^{1.25} \\ &= 600 \times (140)^{0.15} / 30^{1.25} \\ &= 101 \text{m-kW} \end{aligned}$$

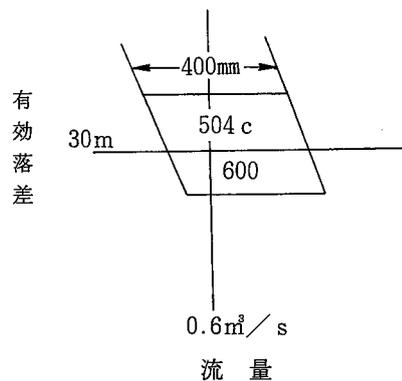


図4. 2-14 選定図の見方

b. 効率の計算

a) この水車の概略n_sは101m-kWであるので水車の効率は図4. 2-11より最大効率(η_{max})は79%となる。

b) 100%流量の効率は表よりη_{max}の98%であるので水車の効率は

$$\begin{aligned} \eta_{max} &= 79 \times 0.98 \\ &= 77.4\% \text{となる。} \end{aligned}$$

c) 水車の出力を求めてn_sを確定する。

100%流量時の水車出力は次式により求まる。

$$\begin{aligned} P_T &= 9.8 \times 0.774 \times 0.6 \times 30 \\ &= 136.5 \text{kW} \end{aligned}$$

d) 出力が決まったので n_s を求め、図 4. 2-11 が使えることを確認しておく。

$$\begin{aligned}n_s &= 600 \times 136^{0.5} / 30^{1.25} \\ &= 99.6 \text{ m-kW}\end{aligned}$$

e) n_s が確定したので、図 4. 2-11 を使って各流量での効率が求まる。例えば、流量が 70% の時の水車の効率は次の様にして算出できる。

$$\begin{aligned}\eta &= \eta_{\max} \times 0.98 \\ &= 79 \times 0.98 = 77.4\% \\ \text{尚、この時の出力は} \\ Q &= 0.6 \times 0.7 = 0.42 \text{ m}^3/\text{s} \\ P_T &= 9.8 \times 0.774 \times 0.42 \times 30 \\ &= 95.5 \text{ kW}\end{aligned}$$

となる。

(2) 落差が変化する場合の水車効率の計算例を以下に示す。

a. 前項の条件で水車の有効落差が 27m になった場合の効率を計算する。計画点との有効落差の比は 90% ($27/30=0.9$) となる。

水車がのみこむことが出来る流量を図 4. 2-13 を使って求めると 93.5%、従って流量 Q は

$$\begin{aligned}Q &= 0.6 \times 0.935 \\ &= 0.561 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

b. 変落差時の水車の効率は図 4. 2-13 より 99%、更に 100% 流量の効率は図 4. 2-11 より 98%。従って求める効率は

$$\begin{aligned}\eta (H=90) &= \eta_{\max} \times 0.99 \times 0.98 \\ &= 79 \times 0.99 \times 0.98 \\ &= 76.6\%\end{aligned}$$

尚、これより有効落差が 27m になった時の水車の出力を計算すると

$$\begin{aligned}P_T &= 9.8 \times 0.766 \times 0.561 \times 27 \\ &= 113.7 \text{ kW}\end{aligned}$$

即ち $0.6 \text{ m}^3/\text{s} \times 30 \text{ m}$ の水車が 27m で運転する時の出力は 113.7kW となる。

4. 2. 4 S形チューブラ水車

1) 効 率

チューブラ水車は、ランナベーン、ガイドベーンをそれぞれ可動にするか、固定にするかによってその特性が大幅に変わる。

農業用水を利用して発電計画するに当たっては、その流況を十分把握して計画すべきであるが、一般には流量変化が多いが流量変化は季節的であるので、ランナベーンは停止時可動（運転時固定）、ガイドベーンは運転時可動とする。

ランナベーンを固定とし、ガイドベーンを可動とした場合の相対効率特性を図4. 2-15に示す。

図中の実線は、季節的に変化する流量に対応する、最適なランナベーン角度に調整した場合の、それぞれのランナベーン角度に対する効率特性を示す。各ランナベーン角度の効率特性（実線）の最高効率点を連続的にプロットしたものを破線で示す。

一般的に、ランナベーン固定の場合は、最大流量で最大効率を得られるように設計される。また、図4. 2-16に示すように水車最高効率は、最高有効落差時に得られる。

図4. 2-15は、ランナベーンの枚数が4～5枚の場合の効率を相対効率として示したもので、図は水車効率 η を最高効率 η_{\max} に対する比で示している。最高効率 η_{\max} は表4. 2-3の値を使用する。

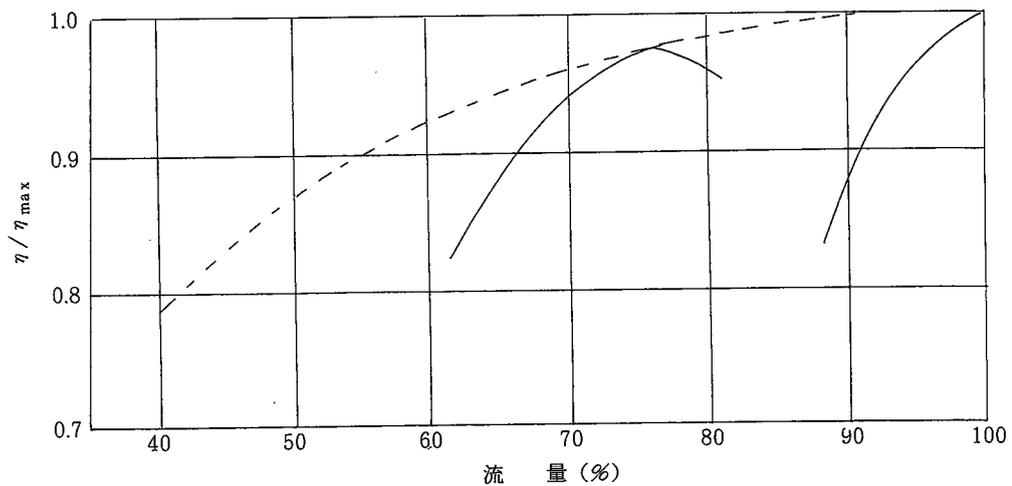


図4. 2-15 チューブラ水車の相対効率曲線

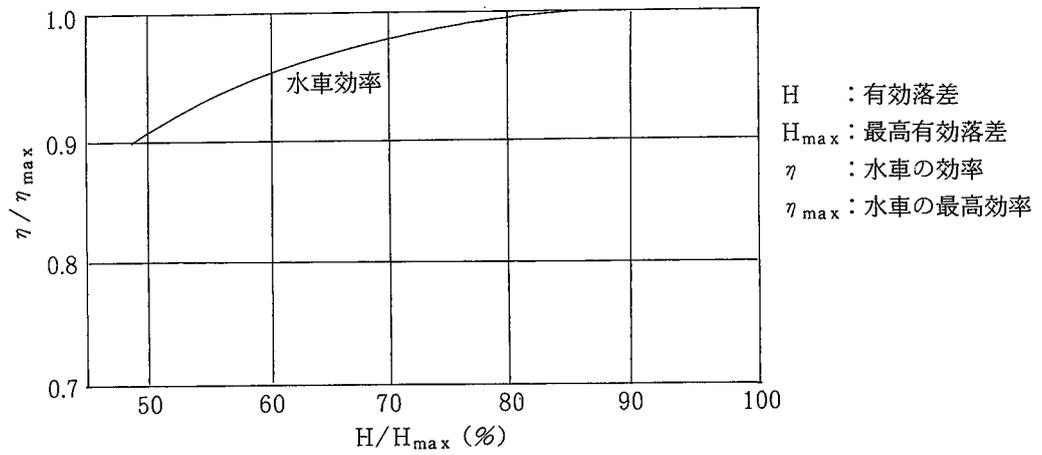


図 4. 2-16 チューブラ水車の変落差特性

表 4. 2-3 チューブラ水車の効率

最高効率 η_{\max} (%)			
比速度 (m-kW) 水車出力(kW)	500	700	900
100	85.3	84.5	82.5
200	86.7	85.9	83.9
300	87.0	86.2	84.2
400	85.3	84.5	82.5
500	87.3	86.5	84.5
1000	88.1	87.3	85.3
1500	88.6	87.8	85.8
2000	88.9	88.1	86.1

2) 運転範囲

運転範囲を決める要素としては次の事項が考えられる。

- ・ 効率
- ・ キャビテーション
- ・ 振動、騒音

水車のランナーベーン固定の場合は落差変動 $H/H_{\max}=0.6$ 、 $Q/Q_{\max}=0.8$ 以上の範囲となる。

3) 効率計算例

	(最高)	(最低)
有効落差	$H=8.0\text{m}$	6.0m
流量	$Q=7.5\text{m}^3/\text{s}$	$6.1\text{m}^3/\text{s}$
回転数	$n=360\text{r}/\text{min}$	
水車出力	$P_T=500\text{kW}$	300kW

(1) 最高落差8.0m、流量7.5m³/sにおける効率計算

a. 基準落差の n_s を計算する。

$$n_s = \frac{n P_T^{0.5}}{H^{1.25}} = \frac{360 \cdot 500^{0.5}}{8^{1.25}} = 598.3 \text{ m-kW}$$

b. 表4. 2-3により $n_s=598.3 \text{ m-kW}$ 、 $P_T=500\text{kW}$ の最高効率を補間法により読みとる。この例では最高効率は87.1%となる。一般的には図4. 2-17のようなグラフを書くとき簡単に読みとれる。

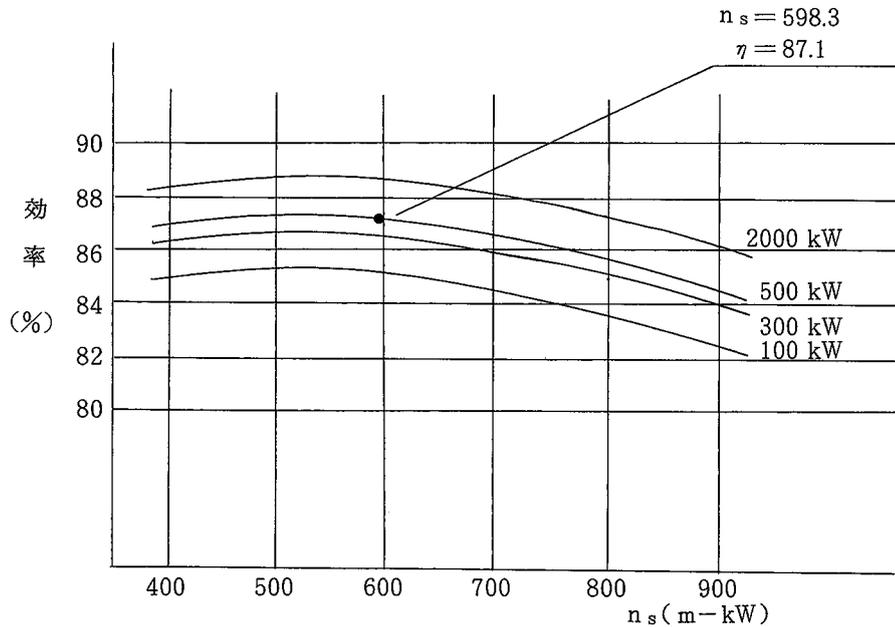


図4. 2-17 効率補間法

(2) 変落差変流量時（落差6.0m、流量6.1m³/s）における効率。

a. 流量6.1m³/sの最高落差時の最大流量（7.5m³/s）に対する比は

$$6.1/7.5=0.81 \text{ となる。}$$

従って、流量6.1m³/s時の効率は図4. 2-15より

$$87.1\% \times 0.96 = 83.6\% \text{ となる。}$$

b. 変落差（6.0m）に対する効率補正は、最高落差（8m）に対する落差比が
6/8=0.75となるため、図4. 2-16より0.98となり、300kWの効率は補
間値86.5(%)となり

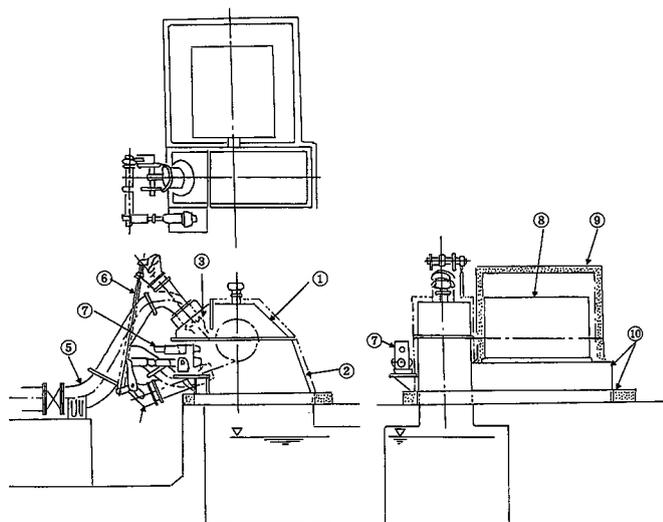
$$86.5\% \times 0.98 = 84.8\% \text{ となる。}$$

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）

1) 概要

- (1) 屋外形対応の水車発電装置とし水車本体、電動サーボは発電機本体とともに共通ベース上に設置した図4.3-1に示すようなパッケージ構造とする。発電機のカバー、入口管、ノズル及び電動サーボは、輸送の制約上現地組立とするが、その他は工場にて共通ベース上に組立するものとする。
- (2) 水車本体、入口管及びノズルはカバーで覆うことなく屋外構造対応を講じるものとし、発電機及び電動サーボは全体をカバーで覆い屋外対応とする。
- (3) 水車発電装置の共通ベースは現地据付け後埋め込むものとする（将来水車発電機を取外す場合、共通ベースの取外しは必要としない）。
- (4) 発電機用の屋外カバーは鋼板製とする。日常の保守点検はパッケージ内に入らず側面に設けた扉より行えるものとし保守性を考慮した構造とする。また輸送及びオーバーホールに際しては、屋外カバーを外せるものとする。
- (5) 給排気は屋外カバー面に設けるギャラリーまたは給気フードより行うものとし、原則的には強制換気装置は設けないものとするが、設置場所の気象条件とジェット力の大きさ条件が重なる地点への設置においては強制換気装置の設置あるいは発電機を出口管通風形とすることで対応するものとする。



No.	部 品	No.	部 品
1	上部ケーシング	6	連結ロッド
2	下部ケーシング	7	電動サーボ
3	上部ノズル	8	発 電 機
4	下部ノズル	9	発電機屋外カバー
5	入 口 管	10	共通ベース

下記の機器及び部品はパッケージの対象外とする。

- ・ノズル
- ・入口管
- ・連結ロッド
- ・電動サーボ

図4.3-1 標準化ペルトン水車発電装置の構造

2) 選定 (選定図)

選定対象となるペルトン水車は、4. 1. 2 1) (3)項「適用範囲」記載した諸条件から図4. 3-2および図4. 3-3に示すシリーズとなる。

a. n_s と記号分類

記号	C	D	E
n_s (m-kW)	18.3	20.1	22.0

b. ブロックの選定規準

① 適用範囲

有効落差 約65～約200m

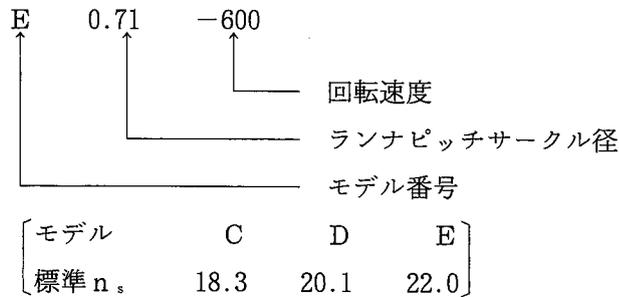
流量 約0.2～約0.5m³/s

② ノズル数は、2射形とする。

③ 最小ランナピッチサークル径は、500mmとする。

④ ランナバケット下端と放水口水位までの高さは、機種に関係なく1500mm～1800mm程度とする。

⑤ 図中の水車枠番記号は次による。



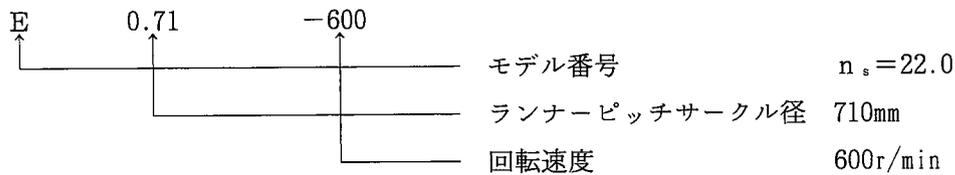
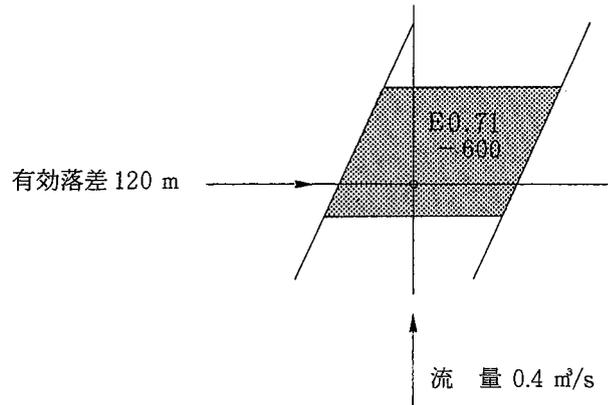
⑥ 水車出力は参考値である。

⑦ 本図は、概略設計時の目安を示すものであり、詳細設計にあたっては、水車の運転範囲等考慮して決定する必要がある。

3) 選定例

50Hz地区、有効落差120m、流量0.4m³/sの条件で水車を選定する場合を示すと次のようになる。

- (1) 図4.3-2の縦軸、有効落差(m)と横軸、流量(m³/s)の交点を選定する水車となる。



- (2) 図よりE0.71-600が選定できる。

これより、ランナ径 710mm

回転速度 600r/min

比速度 Eシリーズ (22.0m-kW相当)

となる。

4) 概略寸法及び概略基礎荷重

- (1) パッケージ形ペルトン水車発電装置の外形を図4.3-4に、またトレーラによる輸送車計画図を図4.3-6に示した。
- (2) 表4.3-1～表4.3-4には夫々50Hzと60Hzのパッケージ形ペルトン水車発電装置寸法、輸送寸法、概略基礎荷重を示す。図4.3-5に輸送車両記号を示す。
- (3) 表中の概略基礎荷重は、(水車+発電機+電動サーボ+共通ベース+カバー+水車内水重量)×1.2とした。
- (4) パッケージ形ペルトン水車発電装置の据付けに使用する移動クレーン等を計画する場合の最大吊り上げ荷重は、概略基礎荷重×0.7を目安に選ばばよい。

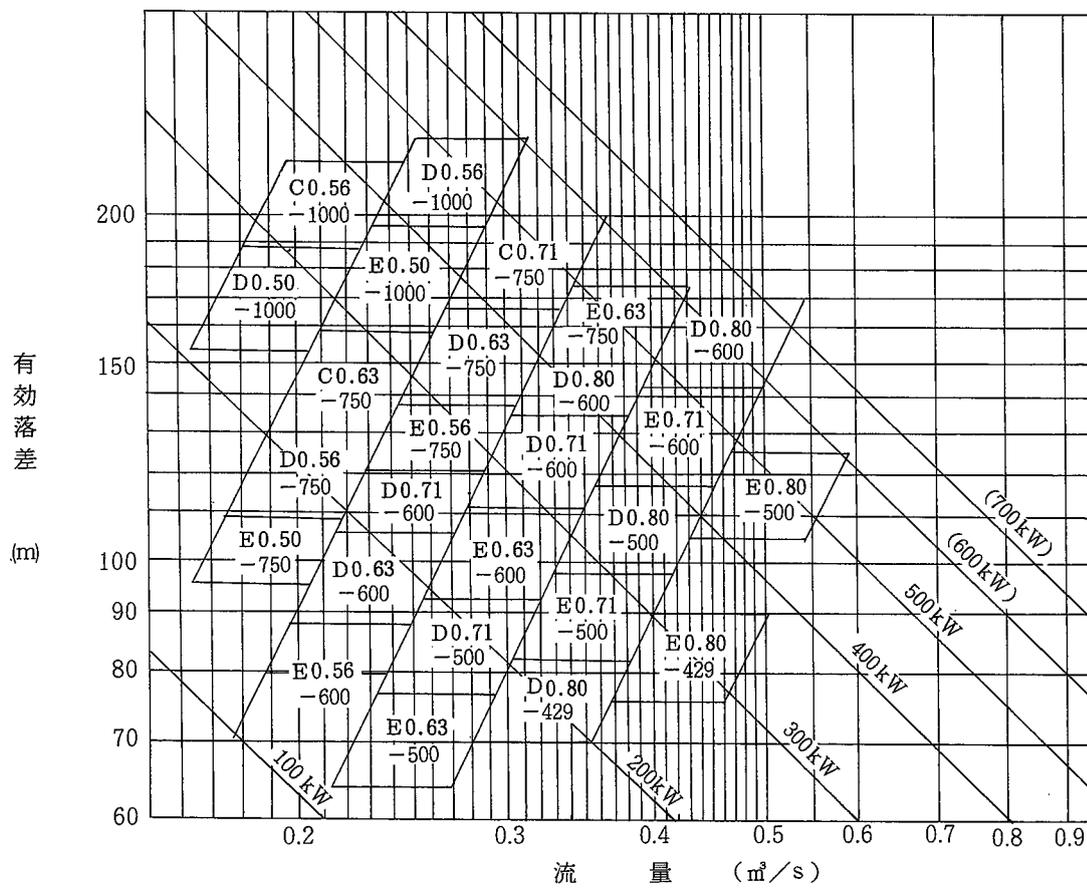


図 4. 3 - 2 標準化ペルトン水車選定図 (50 Hz)

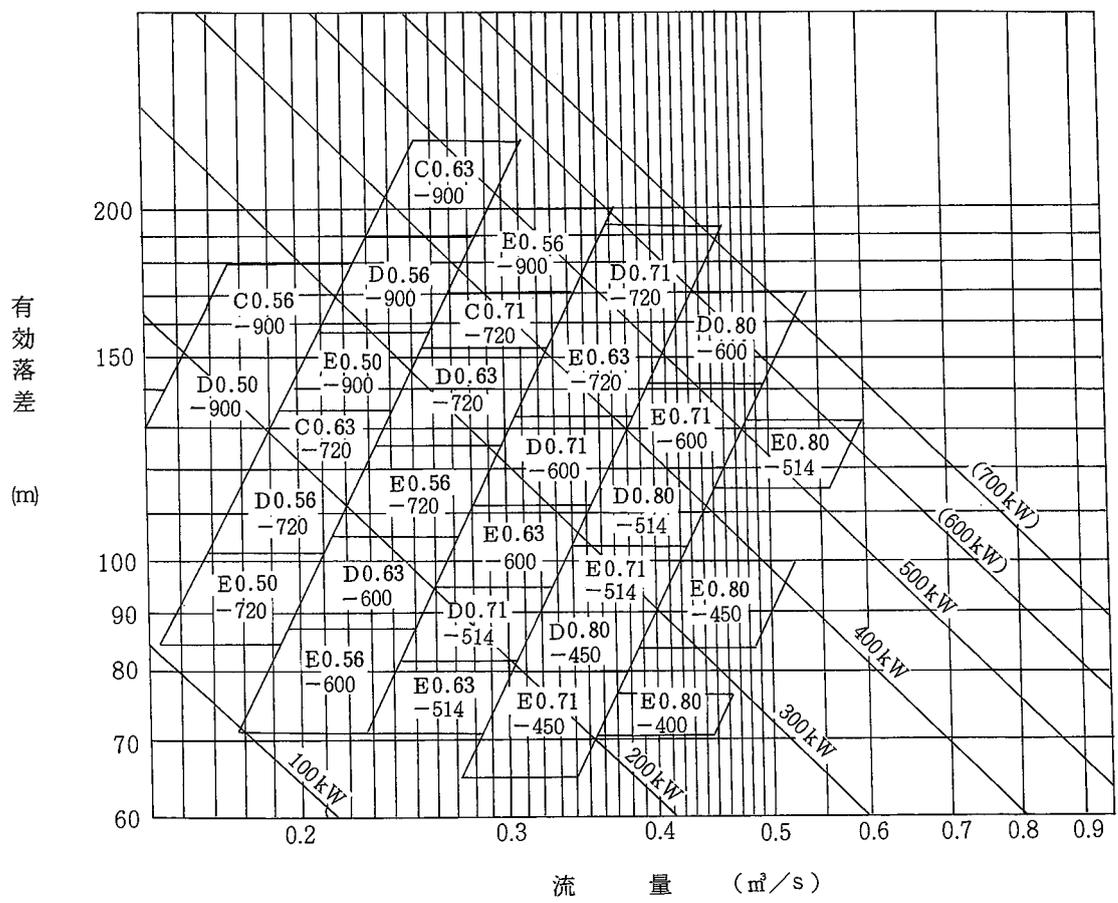


図4.3-3 標準化ペルトン水車選定図(60Hz)

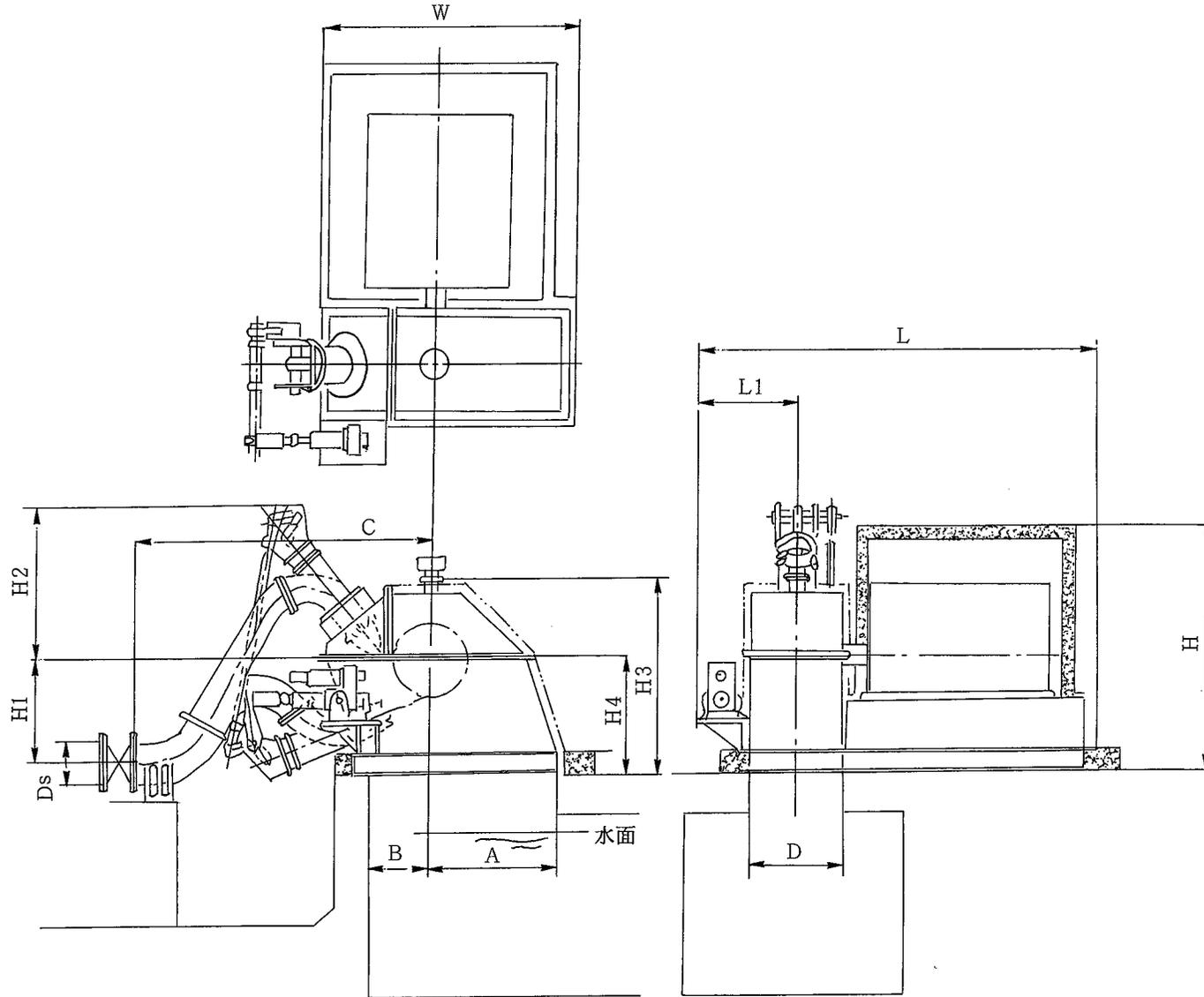


図 4 . 3 - 4 標準化ペルトン水車発電装置外形図

表 4. 3-1 (1/2) 標準化ペルトン水車発電装置概略寸法及び概略基礎荷重表 (同期発電機、50Hz)

水車枠番	発電機 (kVA)	回転速度 (r/min)	パッケージ寸法 (mm)										輸送寸法 (mm)			概略 基礎 荷重(t)	輸送 車両
			D s	A	B	D	L 1	C	H 1	H 2	H 3	H 4	L	W	H		
C0.56-1000	500	1000	300	950	440	630	815	2210	740	1260	1650	980	3765	2125	2110	13.0	D
D0.50-1000	400	1000	300	880	420	630	815	2060	700	1190	1640	990	3715	1930	2145	11.3	D
D0.56-1000	500	1000	350	990	460	700	850	2310	780	1410	1790	1100	3800	2165	2230	14.2	D
E0.50-1000	500	1000	350	910	440	700	850	2200	740	1330	1710	1020	3800	2085	2150	13.6	D
C0.63- 750	400	750	350	1070	490	710	855	2490	1390	1320	1830	1100	3875	2245	2195	14.9	D
C0.71- 750	500	750	400	1210	560	800	900	2800	940	1550	1990	1220	4640	2410	2310	18.4	C
D0.56- 750	300	750	350	990	460	700	850	2310	780	1270	1710	1000	3670	2120	2020	12.9	D
D0.63- 750	500	750	400	1110	520	790	895	2600	880	1480	1920	1150	4635	2290	2240	17.6	D
E0.50- 750	200	750	350	910	440	700	850	2200	740	1240	1670	970	3600	1950	2055	11.3	D
E0.56- 750	400	750	400	1020	490	780	890	2460	830	1420	1870	1110	3910	2195	2200	15.5	D
E0.63- 750	500	750	450	1150	550	880	940	2770	930	1660	2010	1210	4680	2350	2300	19.0	C
C0.71- 600	300	600	400	1210	560	800	900	2800	940	1430	1930	1140	3850	2430	2160	15.9	C
C0.80- 600	500	600	450	1360	630	900	950	3160	1060	1640	2150	1280	4900	2690	2420	22.4	A
D0.63- 600	300	600	400	1110	520	790	895	2600	880	1380	1870	1100	3845	2290	2120	14.9	D

備考：発電機kVAは、水車枠番内における最大出力より算出された必要発電機枠番のkVAを示すが、発電機容量の上限は500kVAとしている。

表 4. 3 - 1 (2 / 2) 標準化ペルトン水車発電装置概略寸法及び概略基礎荷重表 (同期発電機、50Hz)

水車枠番	発電機 (kVA)	回転速度 (r/min)	パッケージ寸法 (mm)										輸送寸法 (mm)			概略 基礎 荷重(t)	輸送 車両
			D s	A	B	D	L 1	C	H 1	H 2	H 3	H 4	L	W	H		
D0.71- 600	500	600	450	1250	590	890	945	2930	990	1600	2110	1250	4895	2550	2390	21.4	C
D0.80- 600	500	600	500	1410	660	1000	1000	3300	1110	1890	2210	1330	4950	2740	2470	23.6	A
E0.56- 600	200	600	400	1020	490	780	890	2460	830	1350	1820	1060	3650	2150	2120	12.8	D
E0.63- 600	300	600	450	1150	550	880	940	2770	930	1540	2040	1200	3890	2390	2220	17.0	C
E0.71- 600	500	600	500	1290	620	990	995	3120	1050	1790	2220	1330	4945	2620	2470	23.5	A
D0.71- 500	300	500	450	1250	590	890	945	2930	990	1530	2060	1200	4475	2550	2380	17.8	C
D0.80- 500	400	500	500	1410	660	1000	1000	3300	1110	1750	2300	1360	4950	2830	2610	23.2	A
E0.63- 500	200	500	450	1150	550	880	940	2770	930	1480	1990	1150	4430	2390	2330	16.1	C
E0.71- 500	400	500	500	1290	620	990	995	3120	1050	1700	2220	1310	4945	2650	2560	20.9	A
E0.80- 500	500	500	600	1460	700	1120	1060	3520	1180	1970	2410	1440	5210	2910	2750	28.7	A
D0.80- 429	300	429	500	1410	660	1000	1000	3300	1110	1680	2270	1340	4650	2810	2520	20.9	C
E0.80- 429	400	429	600	1460	700	1120	1060	3520	1180	1880	2430	1410	5150	2940	2780	27.1	A
-																	
-																	

表 4. 3-2 (1/2) 標準化ペルトン水車発電装置概略寸法及び概略基礎荷重表 (同期発電機、60Hz)

水車枠番	発電機 (kVA)	回転速度 (r/min)	パッケージ寸法 (mm)										輸送寸法 (mm)			概略 基礎 荷重(t)	輸送 車両
			D s	A	B	D	L 1	C	H 1	H 2	H 3	H 4	L	W	H		
C0.56- 900	400	900	300	950	440	630	815	2210	740	1210	1710	1040	3865	2125	2060	12.9	D
C0.63- 900	500	900	350	1070	490	710	855	2490	830	1420	1860	1150	3875	2245	2240	15.6	D
D0.50- 900	300	900	300	880	420	630	815	2060	700	1160	1600	940	3615	1905	2025	10.7	D
D0.56- 900	500	900	350	990	460	700	850	2310	780	1340	1760	1050	3870	2165	2145	14.6	D
E0.50- 900	400	900	350	910	440	700	850	2200	740	1280	1710	1020	3900	2085	2040	13.3	D
E0.56- 900	500	900	400	1020	490	780	890	2460	830	1520	1870	1140	3910	2195	2230	15.9	D
C0.63- 720	300	720	350	1070	490	710	855	2490	830	1290	1750	1030	3625	2200	2050	13.4	D
C0.71- 720	500	720	400	1210	560	800	900	2800	940	1510	1970	1180	4590	2420	2270	18.4	C
D0.56- 720	300	720	350	990	460	700	850	2310	780	1270	1710	1000	3620	2120	2020	12.8	D
D0.63- 720	400	720	400	1110	520	790	895	2600	880	1460	1930	1150	3995	2290	2200	16.7	D
D0.71- 720	500	720	450	1250	590	890	945	2930	990	1710	2050	1240	4635	2470	2330	19.6	C
E0.50- 720	200	720	350	910	440	700	850	2200	740	1240	1680	970	3520	1960	1975	11.0	D
E0.56- 720	300	720	400	1020	490	780	890	2460	830	1410	1860	1100	3660	2150	2120	14.4	D
E0.63- 720	500	720	450	1150	550	880	940	2770	930	1630	2060	1240	4630	2380	2330	19.5	C

表4.3-2(2/2) 標準化ペルトン水車発電装置概略寸法及び概略基礎荷重表(同期発電機、60Hz)

水車枠番	発電機 (kVA)	回転速度 (r/min)	パッケージ寸法 (mm)										輸送寸法 (mm)			概略 基礎 荷重(t)	輸送 車両
			Ds	A	B	D	L1	C	H1	H2	H3	H4	L	W	H		
D0.63-600	300	600	400	1110	520	790	895	2600	880	1400	1880	1100	4385	2290	2280	15.4	D
D0.71-600	400	600	450	1250	590	890	945	2930	990	1600	2100	1240	4745	2540	2400	20.4	C
D0.80-600	500	600	500	1410	660	1000	1000	3300	1110	1660	2200	1330	4950	2740	2575	23.7	A
E0.56-600	200	600	400	1020	490	780	890	2460	830	1360	1810	1050	3760	2195	2025	12.5	D
E0.63-600	300	600	450	1150	550	880	940	2770	930	1540	2040	1200	4430	2390	2380	17.5	C
E0.71-600	500	600	500	1290	620	990	995	3120	1050	1790	2220	1330	4945	2620	2575	23.4	A
D0.71-514	300	514	450	1250	590	890	945	2930	990	1530	2050	1190	4415	2540	2370	17.4	C
D0.80-514	500	514	500	1410	660	1000	1000	3300	1110	1760	2280	1350	5100	2820	2660	25.4	A
E0.63-514	200	514	450	1150	550	880	940	2770	930	1500	1990	1150	3940	2390	2180	15.1	C
E0.71-514	400	514	500	1290	620	990	995	3120	1050	1710	2220	1300	4945	2640	2545	22.8	A
E0.80-514	500	514	600	1460	700	1120	1060	3520	1180	1820	2380	1430	5160	2890	2740	27.8	A
D0.80-450	300	450	500	1410	660	1000	1000	3300	1110	1700	2270	1340	4630	2810	2520	20.8	C
E0.71-450	300	450	500	1290	620	990	995	3120	1050	1690	2180	1260	4625	2650	2440	19.7	C
E0.80-450	500	450	600	1460	700	1120	1060	3520	1180	1900	2420	1410	4870	2950	2800	27.0	C
E0.80-400	300	400	600	1460	700	1120	1060	3520	1180	1850	2430	1410	4890	2940	2655	24.5	C

表 4. 3 - 3 (1 / 2) 標準化ペルトン水車発電装置概略寸法及び概略基礎荷重表 (誘導発電機、50 H z)

水車枠番	発電機 (kVA)	※ 回転速度 (r/min)	パッケージ寸法 (mm)										輸送寸法 (mm)			概略 基礎 荷重(t)	輸送 車両
			D s	A	B	D	L 1	C	H 1	H 2	H 3	H 4	L	W	H		
C0.56-1000	500	1000	300	950	440	630	815	2210	740	1260	1720	1050	3490	2050	2400	13.0	C
D0.50-1000	400	1000	300	880	420	630	815	2060	700	1190	1640	990	3345	1915	2280	10.6	D
D0.56-1000	500	1000	350	990	460	700	850	2310	780	1340	1790	1100	3525	2090	2450	13.9	C
E0.50-1000	500	1000	350	910	440	700	850	2200	740	1330	1710	1020	3525	2010	2370	13.3	D
C0.63- 750	400	750	350	1070	490	710	855	2490	830	1320	1830	1100	3585	2190	2450	14.2	C
C0.71- 750	500	750	400	1210	560	800	900	2800	940	1470	1990	1220	3660	2410	2630	17.2	C
D0.56- 750	300	750	350	990	460	700	850	2310	780	1270	1710	1000	3580	2090	2350	12.9	D
D0.63- 750	500	750	400	1110	520	790	895	2600	880	1480	1920	1150	3655	2290	2560	16.4	C
E0.50- 750	200	750	350	910	440	700	850	2200	740	1240	1670	970	3550	1950	2260	11.1	D
E0.56- 750	400	750	400	1020	490	780	890	2460	830	1420	1870	1110	3620	2150	2460	14.8	C
E0.63- 750	500	750	450	1150	550	880	940	2770	930	1550	2010	1210	3700	2350	2620	17.8	C
C0.71- 600	300	600	400	1210	560	800	900	2800	940	1430	1930	1140	3700	2430	2550	16.0	C
C0.80- 600	500	600	450	1360	630	900	950	3160	1060	1640	2150	1280	4020	2690	2690	20.3	C
D0.63- 600	300	600	400	1110	520	790	895	2600	880	1380	1870	1100	3695	2290	2510	15.0	C

※回転速度は同期速度で示している。実際はスリップ回転数が加算され、水車枠番C0.56-1000の場合では1020r/minとなる。

表 4. 3 - 3 (2 / 2) 標準化ペルトン水車発電装置概略寸法及び概略基礎荷重表 (誘導発電機、50Hz)

水車枠番	発電機 (kVA)	※ 回転速度 (r/min)	パッケージ寸法 (mm)										輸送寸法 (mm)			概略 基礎 荷重(t)	輸送 車両
			D s	A	B	D	L 1	C	H 1	H 2	H 3	H 4	L	W	H		
D0.71- 600	500	600	450	1250	590	890	945	2930	990	1600	2110	1250	3955	2550	2660	19.0	C
D0.80- 600	500	600	500	1410	660	1000	1000	3300	1110	1670	2210	1330	4070	2740	2740	21.5	C
E0.56- 600	200	600	400	1020	490	780	890	2460	830	1350	1820	1060	3620	2150	2300	13.4	D
E0.63- 600	300	600	450	1150	550	880	940	2770	930	1540	2040	1200	3740	2390	2610	17.1	C
E0.71- 600	500	600	500	1290	620	990	995	3120	1050	1720	2220	1330	4065	2620	2740	21.4	C
D0.71- 500	300	500	450	1250	590	890	945	2930	990	1530	2060	1200	3855	2550	2610	17.6	C
D0.80- 500	400	500	500	1410	660	1000	1000	3300	1110	1750	2300	1360	4110	2830	2710	22.9	C
E0.63- 500	200	500	450	1150	550	880	940	2770	930	1480	1990	1150	3820	2390	2420	16.2	C
E0.71- 500	400	500	500	1290	620	990	995	3120	1050	1700	2220	1310	3905	2650	2580	20.0	C
E0.80- 500	500	500	600	1460	700	1120	1060	3520	1180	1880	2410	1410	4230	2910	2855	25.4	C
D0.80- 429	300	429	500	1410	660	1000	1000	3300	1110	1680	2270	1340	4000	2810	2610	21.8	C
E0.80- 429	400	429	600	1460	700	1120	1060	3520	1180	1680	2430	1410	4210	2940	2760	25.5	C

表 4. 3 - 4 (1 / 2) 標準化ペルトン水車発電装置概略寸法及び概略基礎荷重表 (誘導発電機、60 H z)

水車枠番	発電機 (kVA)	※ 回転速度 (r/min)	パッケージ寸法 (mm)										輸送寸法 (mm)			概略 基礎 荷重(t)	輸送 車両
			D s	A	B	D	L 1	C	H 1	H 2	H 3	H 4	L	W	H		
C0.56- 900	400	900	300	950	440	630	815	2210	740	1210	1710	1040	3425	2050	2440	11.6	C
C0.63- 900	500	900	350	1070	490	710	855	2490	830	1350	1860	1150	3580	2240	2560	14.9	C
D0.50- 900	300	900	300	880	420	630	815	2060	700	1160	1600	940	3425	1980	2340	10.7	D
D0.56- 900	500	900	350	990	460	700	850	2310	780	1340	1760	1050	3575	2160	2460	14.0	C
E0.50- 900	400	900	350	910	440	700	850	2200	740	1280	1710	1020	3575	2010	2370	12.9	D
E0.56- 900	500	900	400	1020	490	780	890	2460	830	1440	1870	1140	3615	2190	2550	15.3	C
C0.63- 720	300	720	350	1070	490	710	855	2490	830	1290	1750	1030	3590	2170	2240	13.6	D
C0.71- 720	500	720	400	1210	560	800	900	2800	940	1510	1970	1180	3660	2420	2390	16.9	C
D0.56- 720	300	720	350	990	460	700	850	2310	780	1270	1710	1000	3585	2070	2210	13.0	D
D0.63- 720	400	720	400	1110	520	790	895	2600	880	1460	1930	1150	3695	2290	2360	15.9	D
E0.71- 720	500	720	450	1250	590	890	945	2930	990	1540	2050	1240	3705	2470	2450	18.1	C
E0.50- 720	200	720	350	910	440	700	850	2200	740	1240	1680	970	3585	1985	2180	12.4	D
E0.56- 720	300	720	400	1020	490	780	890	2460	830	1410	1860	1100	3625	2150	2310	14.6	D
E0.63- 720	500	720	450	1150	550	880	940	2770	930	1590	2060	1240	3700	2380	2450	17.9	C

表4. 3-4 (2/2) 標準化ペルトン水車発電装置概略寸法及び概略基礎荷重表 (誘導発電機、60Hz)

水車枠番	発電機 (kVA)	※ 回転速度 (r/min)	パッケージ寸法 (mm)										輸送寸法 (mm)			概略 基礎 荷重(t)	輸送 車両
			D s	A	B	D	L 1	C	H 1	H 2	H 3	H 4	L	W	H		
D0.63- 600	300	600	400	1110	520	790	895	2600	880	1400	1880	1100	3635	2290	2310	15.2	D
D0.71- 600	400	600	450	1250	590	890	945	2930	990	1600	2100	1240	3695	2540	2450	18.6	C
D0.80- 600	500	600	500	1410	660	1000	1000	3300	1110	1660	2200	1330	3785	2740	2540	21.2	C
E0.56- 600	200	600	400	1020	490	780	890	2460	830	1360	1810	1050	3625	2150	2260	13.8	D
E0.63- 600	300	600	450	1150	550	880	940	2770	930	1540	2040	1200	3680	2390	2410	17.3	C
E0.71- 600	500	600	500	1290	620	990	995	3120	1050	1720	2220	1330	3780	2620	2540	21.0	C
D0.71- 514	300	514	450	1250	590	890	945	2930	990	1530	2050	1190	3945	2540	2400	17.8	C
D0.80- 514	500	514	500	1410	660	1000	1000	3300	1110	1760	2280	1350	4170	2820	2560	22.9	C
E0.63- 514	200	514	450	1150	550	880	940	2770	930	1500	1990	1150	3840	2390	2360	16.5	C
E0.71- 514	400	514	500	1290	620	990	995	3120	1050	1710	2220	1300	4095	2640	2510	21.0	C
E0.80- 514	500	514	600	1460	700	1120	1060	3520	1180	1820	2380	1430	4230	2890	2640	25.2	C
D0.80- 450	300	450	500	1410	660	1000	1000	3300	1110	1700	2270	1340	4130	2810	2640	21.6	C
E0.71- 450	300	450	500	1290	620	990	995	3120	1050	1690	2180	1260	4125	2650	2560	20.5	C
E0.80- 450	500	450	600	1460	700	1120	1060	3520	1180	1900	2420	1410	4290	2950	2710	25.3	C
E0.80- 400	300	400	600	1460	700	1120	1060	3520	1180	1850	2430	1410	4350	2940	2710	25.4	C

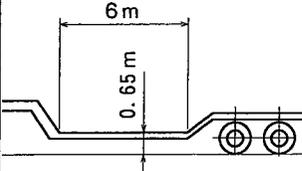
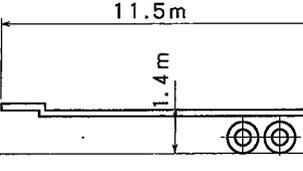
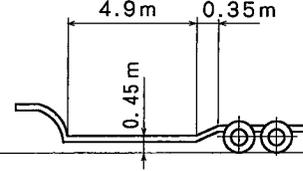
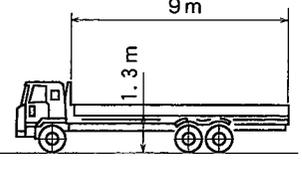
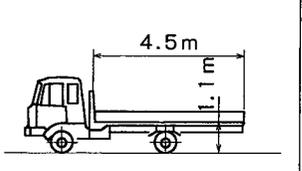
車両記号	A	B	C	D	E
積載重量 t		20	15	12	45
車 両	トレーラー 車巾 2.99m 	セミトレーラー 車巾 2.43m 	トレーラー 車巾 3m 	トラック 車巾 2.34m 	車巾 2.0m 

図 4. 3 - 5 輸送車両記号

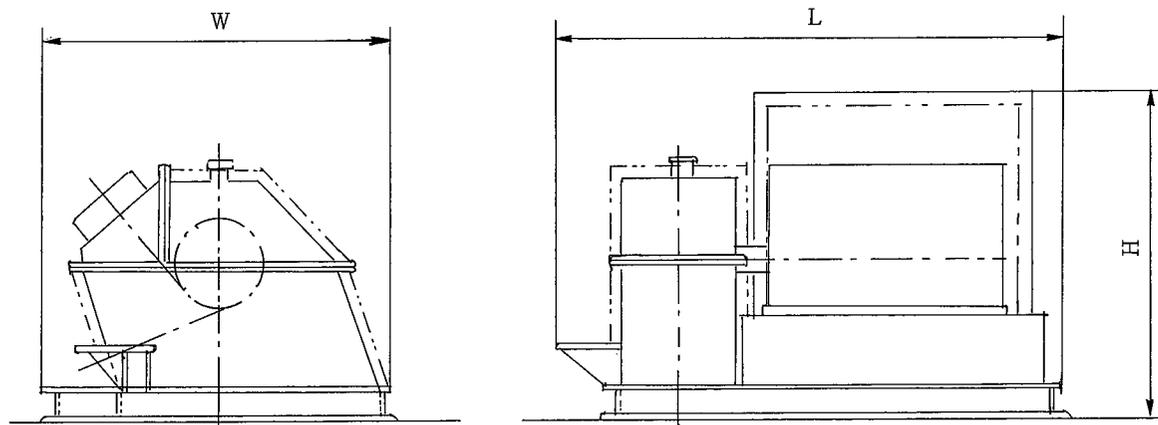


図 4. 3 - 6 標準化ペルトン水車発電装置荷物姿図

4. 3. 2 フランス水車発電装置（パッケージ形）

1) 概 要

屋外形対応の水車発電装置とし水車本体、電動サーボは発電機本体とともに共通ベース上に設置した図4. 3-7に示すような構造とする。

発電機の屋外カバーは輸送の制約上現地組立とするが、その他は工場にて共通ベースに組立てる。

(1) 発電機用屋外カバー

発電機用の屋外カバーは鋼板製とする。日常の保守点検はパッケージ内に入らず側面に設けた扉より行えるものとし保守性を考慮した構造とする。また輸送及びオーバーホールに際しては、屋外カバーを外す。

(2) 換 気

給排気は屋外カバー面に設けるギャラリーまたは給気フードより行うものとし、原則的には強制換気装置は設けないものとするが、設置場所の気象条件によっては強制換気装置の設置あるいは発電機を出口管通風形とすることで対応する。

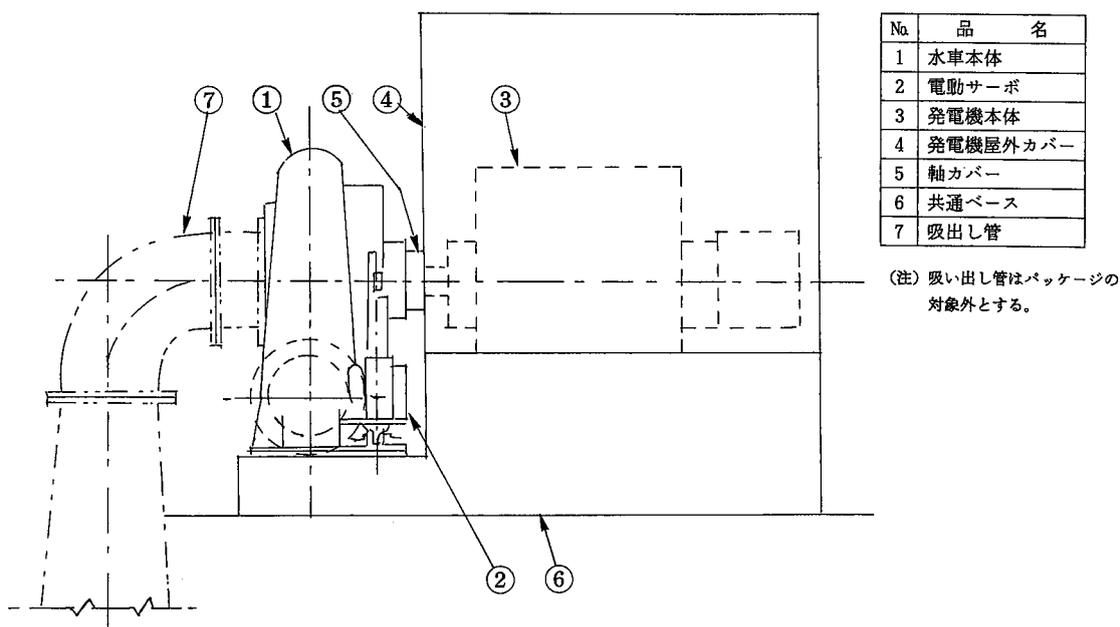


図4. 3-7 パッケージ形フランス水車・発電機の構造

2) 選 定 (選定図)

選定対象となるフランス水車は、標準化検討の基本事項に記載した諸条件から図4. 3-11および図4. 3-12に示すシリーズとなる。

(1) n_s と記号分類

記 号	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
n_s (m-kw)	266	236	209	186	165	146	130	115	102	90

注1) フランス水車の n_s の範囲は63~300m-kwに及ぶが、性能上及び農業用水利施設関連設備として小流量時でも運転することを考慮し、 n_s 90~266m-kwの範囲とした。

(2) ブロックの選定基準

- a. 選定されたブロック内に最適点はあるがブロックの中心位置とは限らない。ブロック内では最適点の水車効率から1.5%以上効率が低下しない範囲としている。
- b. 水車の最高効率点は最大出力の約85~95%の点としている。
- c. 水車停止時に放水路水位がランナ下端以下となるよう、すなわち横軸では吸出し高さ($Z's$)がプラス $D_2/2$ 以上となるようにしている。(D_2 : ランナ出口径)
- d. 落差は流量が最大を示す低い方の落差(基準有効落差)を使い選定する。変落差の範囲の大きい場合は個々に検討する。
- e. 水車ランナ出口径は350mmを最小とした。
- f. 水車特性は製造者のランナ基準径が多少異なることもあり、1部のブロックの上・下もしくは左・右の限界線では隣接するブロックを用いることがある。

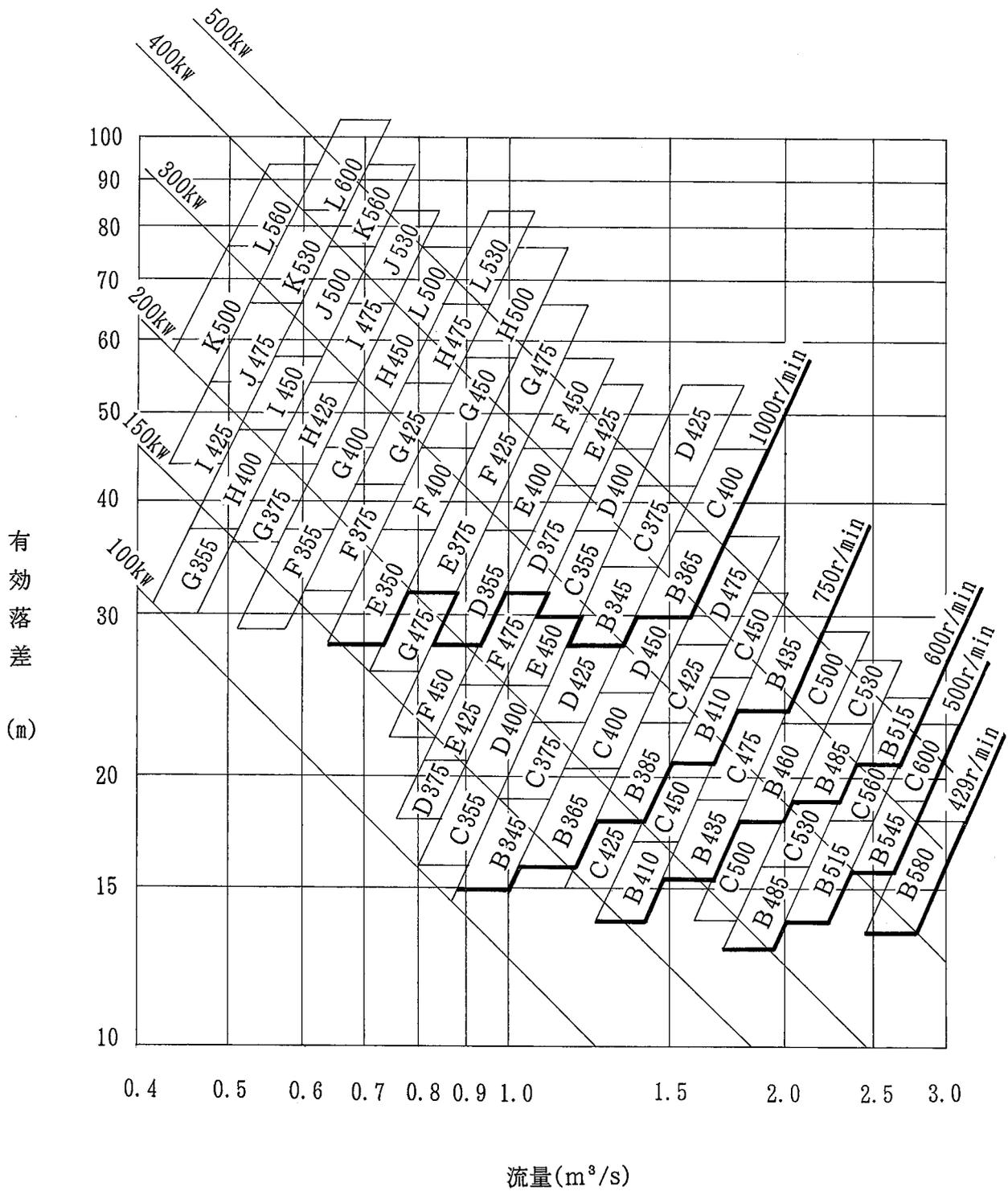


図 4. 3-8 横軸フランス水車選定図 (50HZ)

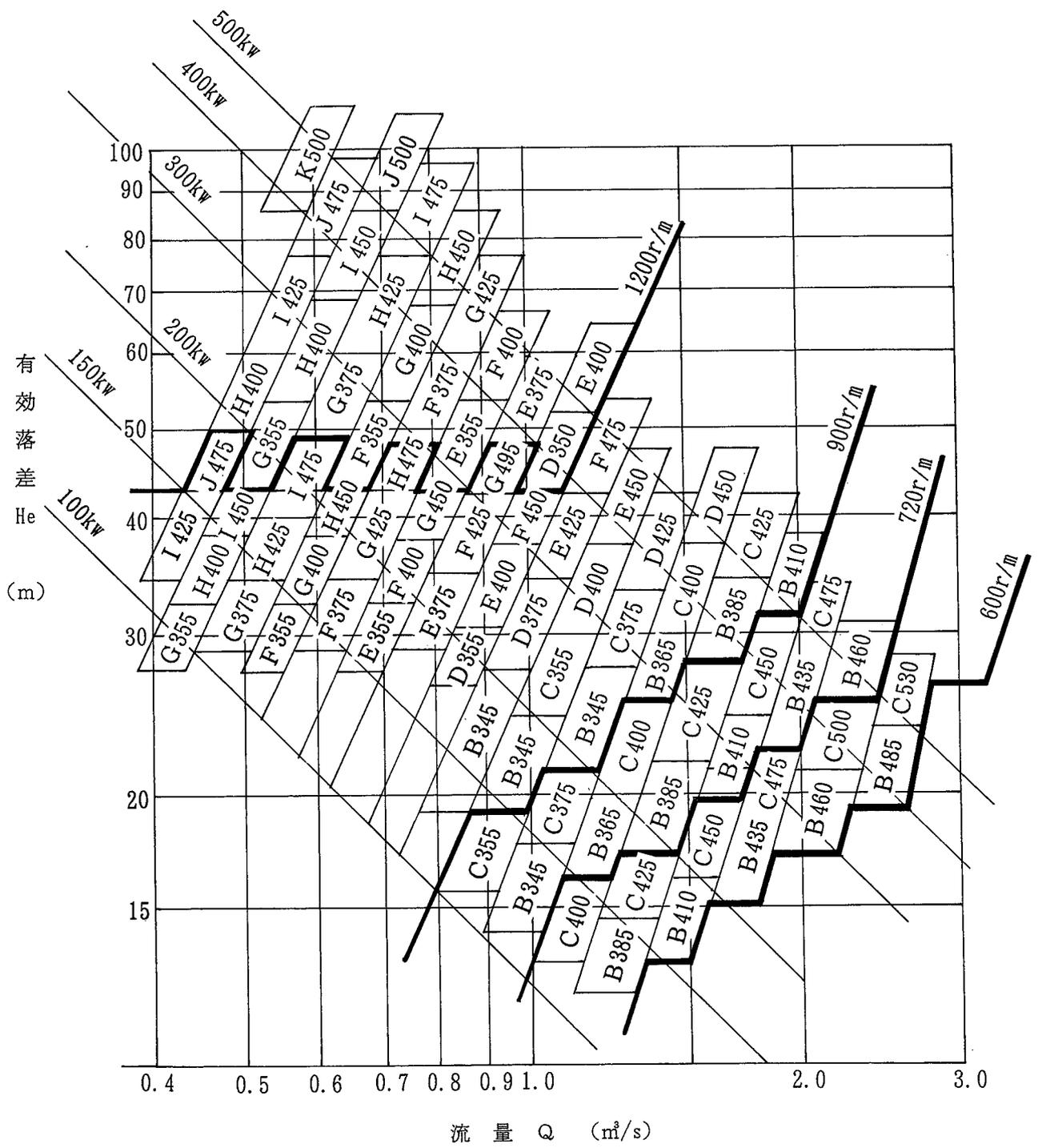
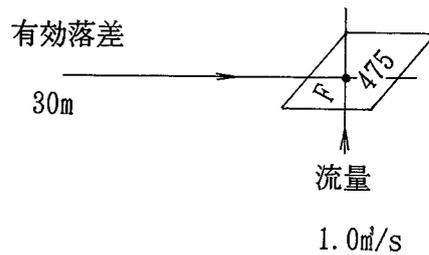


図4. 3-9 パッケージ形フランシス水車選定図 (60HZ)

3) 選 定 図

50Hz地区、有効落差30m、流量 $1 \text{ m}^3/\text{s}$ の条件で水車を選定する場合を示すと次のようになる。

- (1) 図4. 3-8の縦軸、有効落差30mと横軸、流量 $1 \text{ m}^3/\text{s}$ の交点を選定するフランシス水車となる。



- (2) 図より F 475 が選定できる。

これより、ランナ径 475mm
回転速度 750r/min
比速度 F シリーズ

となる。

4) 概略寸法及び概略基礎荷重

- (1) パッケージ形フランシス水車発電装置の外形を図4. 3-10に、またトレーラによる輸送車両図を図4. 3-5に示す。
- (2) 表4. 3-5及び表4. 3-6には夫々50Hzと60Hzのパッケージ形フランシス水車発電装置寸法、輸送寸法、概略基礎荷重を示す。
- (3) 表中の概略基礎荷重は(水車+発電機+電動サーボ+共通ベース+水車内水重量)×1.2とした。
- (4) パッケージ形フランシス水車発電装置の据付けに使用する移動クレーン等を計画する場合の最大吊上げ荷重は、概略基礎荷重×0.7を目安に選べばよい。

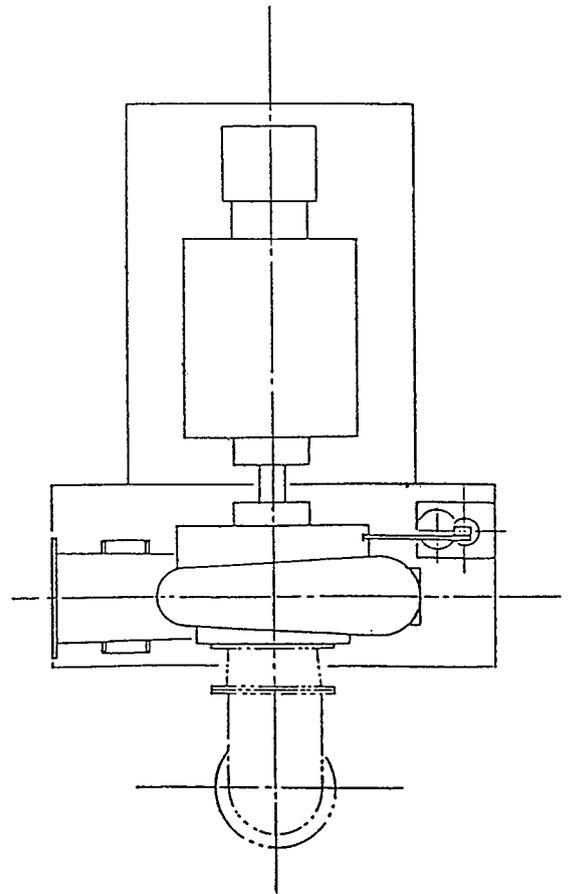
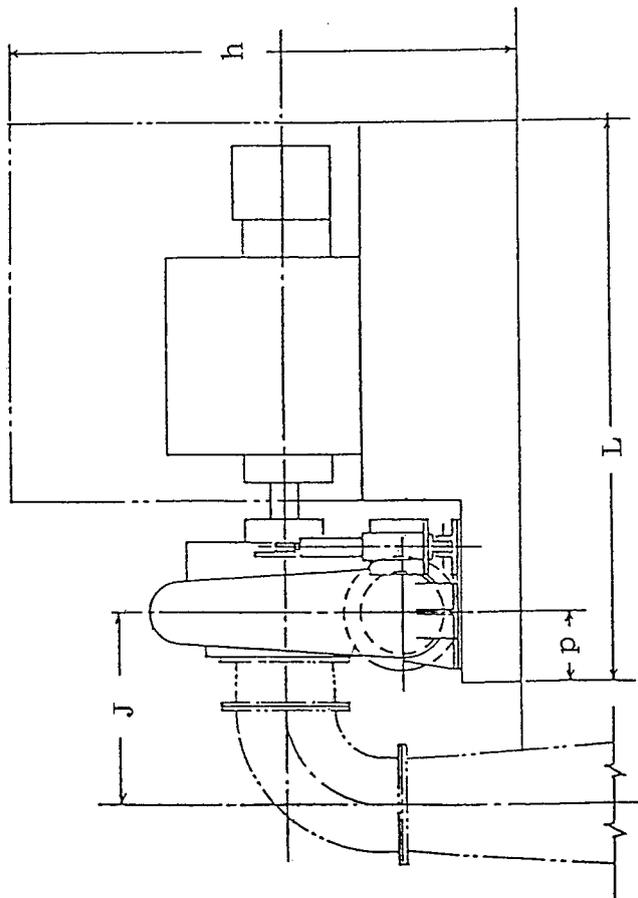
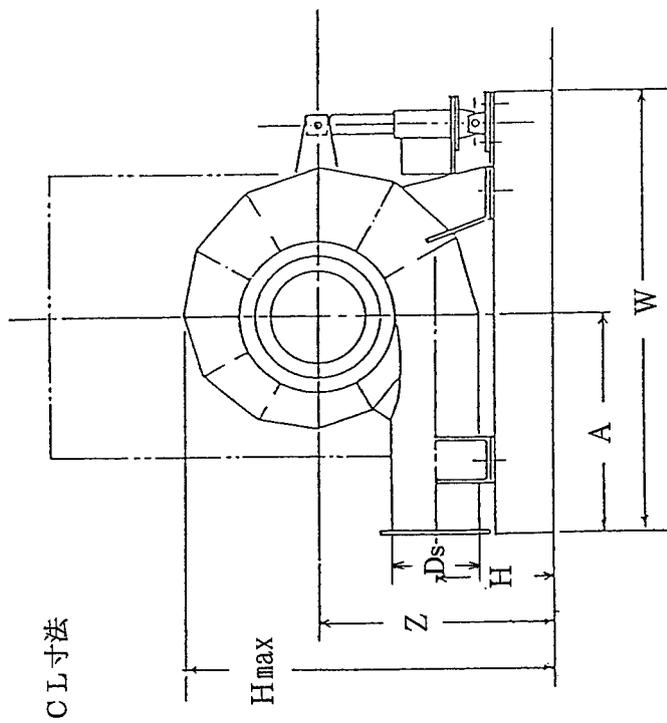


図 4. 3-10 パッケージ形フランシス水車発電装置外形図

表 4. 3-5 (1/8) パッケージ形フランシス水車発電機概略寸法及び概略基礎荷重表 (50Hz)

水車枠番	発電機 (KVA)	回転速度 (rpm)	水車発電装置寸法 (mm)							輸送寸法 (mm)			概略基礎 荷重 (t)	輸送車両
			Ds	A	H	h	Z	P	J	L	W	Hmax		
L560	400	1000	395	1770	590	2805	1255	350	920	3385	2410	1995	20.3	C
L560	500	1000	395	1770	590	2805	1255	350	920	3485	2410	1995	20.7	C
L600	500	1000	420	1900	600	2860	1310	360	985	3530	2520	2105	22.7	B
K500	300	1000	360	1580	620	2595	1220	330	870	3070	2270	1900	15.8	C
K500	400	1000	360	1580	620	2770	1220	330	870	3320	2270	1900	17.3	C
K530	300	1000	385	1675	630	2645	1270	345	925	3115	2360	1995	17.3	C
K530	400	1000	385	1675	630	2820	1270	345	925	3365	2360	1995	18.8	C
K530	500	1000	385	1675	630	2820	1270	345	925	3465	2360	1995	19.3	C
K560	500	1000	405	1770	640	2865	1315	355	975	3505	2450	2080	20.8	C
J475	300	1000	370	1515	660	2595	1220	335	880	3075	2270	1895	15.0	C
J475	400	1000	370	1515	660	2770	1220	335	880	3325	2270	1895	16.6	C
J500	300	1000	385	1590	635	2635	1260	345	925	3110	2340	1970	15.9	C
J500	400	1000	385	1590	635	2810	1260	345	925	3360	2340	1970	17.4	C
J500	500	1000	385	1590	635	2810	1260	345	925	3460	2340	1970	17.9	C
J530	400	1000	410	1685	645	2860	1310	355	985	3405	2440	2065	18.9	C
J530	500	1000	410	1685	645	2860	1310	355	985	3505	2440	2065	19.4	C

表 4. 3 - 5 (2 / 8) パッケージ形フランシス水車発電機概略寸法及び概略基礎荷重表 (50Hz)

水車枠番	発電機 (KVA)	回転速度 (rpm)	水車発電装置寸法 (mm)							輸送寸法 (mm)			概略基礎 荷重 (t)	輸送車両
			Ds	A	H	h	Z	P	J	L	W	Hmax		
I425	200	1000	360	1360	620	2570	1170	330	865	2795	2160	1795	13.3	C
I425	300	1000	360	1360	620	2545	1170	330	865	3045	2160	1795	13.6	C
I450	200	1000	380	1440	625	2610	1210	340	915	2830	2240	1875	14.2	C
I450	300	1000	380	1440	625	2585	1210	340	915	3080	2240	1875	14.6	C
I475	300	1000	400	1520	640	2630	1255	350	965	3115	2320	1955	15.5	C
I475	400	1000	400	1520	640	2805	1255	350	965	3365	2320	1955	17.0	C
I500	400	1000	420	1600	650	2845	1295	360	1015	3405	2400	2030	17.9	C
I500	500	1000	420	1600	650	2845	1295	360	1015	3505	2400	2030	18.4	C
I530	500	1000	450	1700	665	2900	1350	375	1080	3550	2500	2130	19.9	C
H400	200	1000	375	1300	610	2570	1170	340	865	2770	2170	1795	12.6	C
H425	200	1000	400	1385	620	2615	1215	350	920	2810	2260	1880	13.7	C
H425	300	1000	400	1385	620	2590	1215	350	920	3060	2260	1880	14.0	C
H450	300	1000	420	1465	630	2635	1260	360	975	3095	2340	1965	15.0	C
H450	400	1000	420	1465	630	2810	1260	360	975	3345	2340	1965	16.5	C
H475	400	1000	445	1545	645	2855	1305	375	1030	3390	2430	2050	17.5	C
H475	500	1000	445	1545	645	2855	1305	375	1030	3490	2430	2050	18.0	C
H500	500	1000	465	1625	655	2900	1350	385	1080	3525	2510	2130	18.7	C

表 4. 3-5 (3/8) パッケージ形フランシス水車発電機概略寸法及び概略基礎荷重表 (50Hz)

水車枠番	発電機 (KVA)	回転速度 (rpm)	水車発電装置寸法 (mm)							輸送寸法 (mm)			概略基礎 荷重 (t)	輸送車両
			Ds	A	H	h	Z	P	J	L	W	Hmax		
G355	200	1000	360	1170	620	2540	1140	330	870	2735	2100	1735	11.6	C
G375	200	1000	380	1235	625	2575	1175	340	915	2770	2180	1805	12.4	C
G400	200	1000	405	1320	640	2625	1225	355	980	2810	2270	1895	13.0	C
G400	300	1000	405	1320	640	2600	1225	355	980	3060	2270	1895	13.3	C
G425	300	1000	430	1400	650	2650	1275	365	1040	3100	2360	1985	14.4	C
G425	400	1000	430	1400	650	2825	1275	365	1040	3350	2360	1985	16.0	C
G450	400	1000	455	1485	665	2875	1325	380	1110	3395	2450	2080	17.0	C
G475	400	1000	480	1570	675	2920	1370	390	1160	3430	2540	2165	18.0	C
G475	500	1000	480	1570	675	2920	1370	390	1160	3530	2540	2165	18.5	C
F355	200	1000	395	1190	630	2575	1175	350	905	2760	2170	1795	12.0	C
F375	200	1000	420	1255	640	2615	1215	360	955	2790	2240	1870	12.7	C
F375	300	1000	420	1255	640	2590	1215	360	955	3040	2240	1870	13.1	C
F400	300	1000	445	1340	650	2640	1265	375	1020	3085	2340	1965	13.7	C
F400	400	1000	445	1340	650	2815	1265	375	1020	3335	2340	1965	15.2	C
F425	300	1000	475	1420	670	2695	1320	390	1080	3130	2440	2060	14.9	C
F425	400	1000	475	1420	670	2870	1320	390	1080	3380	2440	2060	16.4	C
F450	400	1000	500	1505	680	2920	1370	400	1145	3415	2530	2155	17.5	C
F450	500	1000	500	1505	680	2920	1370	400	1145	3515	2530	2155	17.9	C

表4. 3-5 (4/8) パッケージ形フランシス水車発電機概略寸法及び概略基礎荷重表 (50Hz)

水車枠番	発電機 (KVA)	回転速度 (rpm)	水車発電装置寸法 (mm)							輸送寸法 (mm)			概略基礎 荷重 (t)	輸送車両
			Ds	A	H	h	Z	P	J	L	W	Hmax		
E350	200	1000	435	1190	645	2620	1220	365	910	2790	2230	1870	12.1	C
E350	300	1000	435	1190	645	2595	1220	365	910	3040	2230	1870	12.5	C
E375	300	1000	465	1275	660	2650	1275	385	975	3090	2330	1970	13.3	C
E375	400	1000	465	1275	660	2825	1275	385	975	3340	2330	1970	15.0	C
E400	300	1000	495	1360	675	2705	1330	400	1040	3135	2440	2070	14.1	C
E400	400	1000	495	1360	675	2880	1330	400	1040	3385	2440	2070	15.6	C
E425	400	1000	525	1445	690	2935	1385	415	1105	3430	2540	2175	16.9	C
E425	500	1000	525	1445	690	2935	1385	415	1105	3530	2540	2175	17.3	C
D355	200	1000	480	1230	685	2700	1300	390	1035	2815	2370	2015	12.7	C
D355	300	1000	480	1230	685	2675	1300	390	1035	3065	2370	2015	13.0	C
D400	400	1000	540	1385	715	2960	1410	420	1165	3400	2570	2215	16.0	C
D400	500	1000	540	1385	715	2960	1410	420	1165	3500	2570	2215	16.5	C
D425	500	1000	575	1475	735	3020	1470	440	1240	3550	2680	2325	17.8	C
C355	300	1000	535	1245	700	2745	1370	420	1115	3105	2500	2140	13.3	C
C355	400	1000	535	1245	700	2920	1370	420	1115	3355	2500	2140	14.9	C
C375	400	1000	565	1315	720	2975	1425	435	1175	3395	2600	2235	15.7	C
C400	500	1000	600	1400	735	3040	1490	450	1255	3540	2720	2355	16.5	C

表 4. 3 - 5 (5 / 8) パッケージ形フランシス水車発電機概略寸法及び概略基礎荷重表 (50Hz)

水車枠番	発電機 (KVA)	回転速度 (rpm)	水車発電装置寸法 (mm)							輸送寸法 (mm)			概略基礎 荷重 (t)	輸送車両
			Ds	A	H	h	Z	P	J	L	W	Hmax		
B345	300	1000	565	1245	710	2810	1435	435	1135	3085	2600	2235	13.5	C
B345	400	1000	565	1245	710	2985	1435	435	1135	3335	2600	2235	15.0	C
B365	400	1000	595	1315	730	3045	1495	450	1200	3375	2700	2345	15.7	C
B365	500	1000	595	1315	730	3045	1495	450	1200	3475	2700	2345	16.2	C
G475	200	750	480	1565	680	2750	1375	390	1160	3180	2540	2170	16.9	C
G475	300	750	480	1565	680	2885	1375	390	1160	3330	2540	2170	18.0	C
F450	200	750	500	1505	680	2745	1370	400	1145	3165	2530	2155	16.4	C
F475	300	750	530	1590	690	2930	1420	415	1210	3360	2630	2250	18.5	C
E425	200	750	525	1445	690	2760	1385	415	1105	3180	2540	2175	15.8	C
E425	300	750	525	1445	690	2895	1385	415	1105	3330	2540	2175	16.9	C
E450	300	750	555	1530	705	2950	1440	430	1170	3375	2640	2275	18.0	C
D375	200	750	510	1300	700	2725	1350	405	1095	3105	2460	2105	14.3	C
D375	300	750	510	1300	700	2860	1350	405	1095	3255	2460	2105	15.4	C
D375	400	750	510	1300	700	2810	1350	405	1095	3455	2460	2105	16.5	C
D400	200	750	540	1385	715	2785	1410	420	1165	3150	2570	2215	15.0	C
D400	300	750	540	1385	715	2920	1410	420	1165	3330	2570	2215	16.1	C
D425	200	750	575	1475	735	2845	1470	440	1240	3200	2680	2325	16.2	C
D425	300	750	575	1475	735	2980	1470	440	1240	3350	2680	2325	17.4	C

表 4. 3-5 (6/8) パッケージ形フランシス水車発電機概略寸法及び概略基礎荷重表 (50Hz)

水車枠番	発電機 (KVA)	回転速度 (rpm)	水車発電装置寸法 (mm)							輸送寸法 (mm)			概略基礎 荷重 (t)	輸送車両
			Ds	A	H	h	Z	P	J	L	W	Hmax		
D450	300	1000	610	1560	750	3040	1530	455	1310	3395	2790	2435	18.5	C
D450	400	1000	610	1560	750	2990	1530	455	1310	3595	2790	3435	19.6	C
D475	500	1000	645	1645	765	3050	1590	475	1385	4345	2900	2545	21.4	C
C355	200	1000	535	1245	700	2745	1370	420	1115	3105	2500	2140	13.8	C
C375	200	750	565	1315	720	2800	1425	435	1175	3145	2600	2235	14.6	C
C375	300	750	565	1315	720	2935	1425	435	1175	3295	2600	2235	15.7	C
C400	200	750	600	1400	735	2865	1490	450	1255	3190	2720	2260	15.3	C
C400	300	750	600	1400	735	3000	1490	450	1255	3340	2720	2360	16.4	C
C450	400	750	675	1575	770	3080	1620	490	1410	3640	2960	2595	19.9	C
C450	500	750	675	1575	770	3080	1620	490	1410	4340	2960	2595	20.7	C
B345	200	750	565	1245	710	2810	1435	435	1135	3085	2600	2235	13.9	C
B365	200	750	595	1315	730	2870	1495	450	1200	3125	2700	2345	14.6	C
B365	300	750	595	1315	730	3005	1495	450	1200	3275	2700	2345	15.7	C
B385	200	750	630	1390	745	2925	1550	465	1265	3165	2810	2445	15.3	C
B385	300	750	630	1390	745	3060	1550	465	1265	3315	2810	2445	16.4	C
B435	400	750	710	1570	785	3155	1695	505	1430	3610	3070	2705	20.2	C
B435	500	750	710	1570	785	3155	1695	505	1430	4310	3070	2705	21.0	C

表 4. 3 - 5 (7 / 8) パッケージ形フランシス水車発電機概略寸法及び概略基礎荷重表 (50Hz)

水車枠番	発電機 (KVA)	回転速度 (rpm)	水車発電装置寸法 (mm)							輸送寸法 (mm)			概略基礎 荷重 (t)	輸送車両
			Ds	A	H	h	Z	P	J	L	W	Hmax		
C425	200	600	640	1490	755	3105	1555	470	1330	3240	2840	2475	17.8	C
C425	300	600	640	1490	755	3065	1555	470	1330	3390	2840	2475	17.9	C
C450	200	600	675	1575	670	3170	1620	490	1410	3290	2960	2595	19.0	C
C450	300	600	675	1575	670	3130	1620	490	1410	3440	2960	2595	19.0	C
C475	300	600	715	1665	790	3195	1685	510	1490	3490	3070	2715	20.1	C
C475	400	600	715	1665	790	3145	1685	510	1490	4190	3070	2715	21.9	B
C500	400	600	750	1750	810	3210	1750	525	1565	4235	3190	2830	23.0	B
C530	500	600	795	1855	830	3230	1830	550	1660	4595	3340	2975	25.0	B
B410	200	600	670	1480	765	3175	1625	485	1345	3215	2940	2580	17.4	C
B410	300	600	670	1480	765	3135	1625	485	1345	3365	2940	2580	17.5	C
B435	200	600	710	1570	785	3245	1695	505	1430	3260	3070	2705	19.2	C
B435	300	600	710	1570	785	3205	1695	505	1430	3410	3070	2705	19.3	C
B460	300	600	750	1660	800	3275	1765	525	1510	3460	3200	2835	20.0	C
B460	400	600	750	1665	805	3235	1775	530	1515	4170	3210	3850	21.7	B
B485	400	600	795	1750	825	3300	1840	545	1595	4210	3330	2965	22.0	B
B515	500	600	840	1855	845	3325	1925	570	1690	4570	3480	3120	25.9	B

表 4. 3 - 5 (8 / 8) パッケージ形フランス水車発電機概略寸法及び概略基礎荷重表 (50Hz)

水車枠番	発電機 (KVA)	回転速度 (rpm)	水車発電装置寸法 (mm)							輸送寸法 (mm)			概略基礎 荷重 (t)	輸送車両
			Ds	A	H	h	Z	P	J	L	W	Hmax		
C500	200	500	750	1750	810	3300	1750	525	1565	4135	3190	2830	22.2	B
C500	300	500	750	1750	810	3300	1750	525	1565	4135	3190	2830	22.2	B
C530	300	500	795	1855	830	3380	1830	550	1660	4195	3340	2975	23.9	B
C530	400	500	795	1855	830	3380	1830	550	1660	4545	3340	2975	25.8	B
C560	400	500	840	1960	855	3460	1910	570	1755	4600	3480	3120	28.1	B
C600	500	500	900	2100	885	3455	2015	600	1880	4930	3670	3315	32.7	B
B485	200	500	795	1750	825	3390	1840	545	1595	4110	3330	2965	21.2	B
B485	300	500	795	1750	825	3390	1840	545	1595	4110	3330	2965	21.2	B
B515	300	500	840	1855	845	3475	1925	570	1690	4170	3480	3120	23.7	B
B515	400	500	840	1855	845	3475	1925	570	1690	4520	3480	3120	25.5	B
B545	400	500	890	1965	870	3560	2010	595	1790	4580	3640	3275	27.5	B
B580	300	429	950	2090	895	3660	2110	625	1910	4700	3820	3460	30.3	B
B580	400	429	950	2090	895	3550	2110	625	1910	4900	3820	3460	31.5	B

表 4. 3 - 6 (1 / 6) パッケージ形 フランシス水車・発電概略寸法および概略基礎荷重 (60 H z)

水車枠番	発電機 (KVA)	回転速度 (rpm)	水車発電装置寸法 (mm)							輸送寸法 (mm)			概略基礎 荷重 (t)	輸送車両
			D s	A	H	h	Z	P	J	I	W	Hmax		
K500	400	1200	360	1580	620	2530	1220	330	870	3320	2270	1900	17.0	C
K500	500	1200	360	1580	620	2730	1220	330	870	3420	2270	1900	17.7	C
J475	400	1200	370	1515	625	2530	1220	335	880	3325	2270	1895	16.2	C
J475	500	1200	370	1515	625	2730	1220	335	880	3425	2270	1895	17.0	C
J500	500	1200	385	1950	635	2770	1260	345	925	3460	2340	1970	17.8	C
I425	300	1200	360	1360	620	2545	1170	330	865	2895	2160	1795	13.7	C
I450	400	1200	380	1440	625	2520	1210	340	915	3330	2240	1875	15.8	C
I450	500	1200	380	1440	625	2720	1210	340	915	3430	2240	1875	16.5	C
I475	500	1200	400	1520	610	2765	1255	350	865	3465	2320	1855	17.5	C
H400	300	1200	375	1300	610	2545	1170	340	865	2870	2170	1795	14.2	C
H425	400	1200	400	1385	620	2525	1215	350	920	3310	2260	1880	15.2	C
H425	500	1200	400	1385	620	2725	1215	350	920	3410	2260	1880	16.0	C
H450	500	1200	420	1465	630	2770	1260	360	975	3445	2340	1965	15.8	C
G355	200	1200	360	1170	620	2590	1140	330	870	2835	2100	1735	10.8	C
G375	300	1200	380	1235	625	2550	1175	340	915	2870	2180	1805	12.8	C
G400	400	1200	405	1320	640	2535	1225	355	980	3310	2270	1895	14.5	C
G425	500	1200	430	1400	650	2785	1275	365	1040	3450	2360	1985	16.4	C
F355	300	1200	395	1190	630	2550	1175	350	905	2860	2170	1795	12.3	C
F375	300	1200	420	1255	640	2590	1215	360	955	2890	2240	1870	13.1	C
F375	400	1200	420	1255	640	2525	1215	360	955	3290	2240	1870	14.3	C

表 4. 3-6 (2/6) パッケージ形 フランシス水車・発電概略寸法および概略基礎荷重 (60Hz)

水車枠番	発電機 (KVA)	回転速度 (rpm)	水車発電装置寸法 (mm)							輸送寸法 (mm)			概略基礎 荷重 (t)	輸送車両
			D s	A	H	h	Z	P	J	I	W	Hmax		
F400	400	1200	445	1340	650	2575	1265	375	1020	3335	2340	1965	14.9	C
F400	500	1200	445	1340	650	2775	1265	375	1020	3435	2340	1965	15.6	C
E350	300	1200	435	1190	645	2595	1220	365	910	2890	2230	1870	12.5	C
E350	400	1200	435	1190	645	2530	1220	365	910	3290	2230	1870	13.7	C
E375	400	1200	465	1275	660	2585	1275	385	975	3340	2330	1970	14.6	C
E375	500	1200	465	1275	660	2785	1275	385	975	3440	2330	1970	15.4	C
E400	500	1200	495	1360	675	2840	1330	400	1040	3485	2440	2070	16.1	C
D350	400	1200	475	1215	680	2600	1290	390	1020	3310	2350	1995	14.0	C
J475	200	900	370	1515	625	2620	1220	335	880	2925	2270	1895	15.0	C
I425	200	900	360	1360	620	2570	1170	330	865	2895	2160	1795	13.0	C
I425	200	900	360	1360	620	2570	1170	330	865	2895	2160	1795	13.0	C
I475	200	900	360	1520	640	2655	1255	350	965	2965	2320	1955	15.4	C
I475	300	900	360	1520	640	2830	1255	350	965	3165	2320	1955	16.2	C
H400	200	900	375	1300	610	2570	1170	340	865	2870	2170	1795	12.9	C
H425	200	900	400	1385	620	2615	1215	350	920	2910	2260	1880	14.0	C
H450	200	900	420	1465	630	2660	1260	360	975	2945	2340	1965	14.9	C
H450	300	900	420	1465	630	2835	1260	360	975	3145	2340	1965	15.7	C
H475	300	900	445	1545	645	2880	1305	375	1030	3190	2430	2050	16.7	C
G355	100	900	360	1170	620	2590	1140	330	870	2835	2100	1235	10.6	C
G375	200	900	380	1235	625	2575	1175	340	915	2870	2180	1805	12.7	C

表4. 3-6 (3/6) パッケージ形 フランシス水車・発電概略寸法および概略基礎荷重 (60Hz)

水車枠番	発電機 (KVA)	回転速度 (rpm)	水車発電装置寸法 (mm)							輸送寸法 (mm)			概略基礎 荷重 (t)	輸送車両
			D s	A	H	h	Z	P	J	I	W	Hmax		
G400	200	900	405	1320	640	2625	1225	355	980	2910	2270	1895	13.3	C
G425	200	900	430	1400	650	2675	1275	365	1040	2950	2360	1985	14.4	C
G425	300	900	430	1400	650	2850	1275	365	1040	3150	2360	1985	15.1	C
G450	300	900	455	1485	665	2900	1325	380	1100	3195	2450	2080	16.2	C
G475	400	900	480	1565	680	2885	1375	390	1160	3480	2540	2170	17.7	C
F355	200	900	395	1190	630	2575	1175	350	905	2860	2170	1795	12.2	C
F375	200	900	420	1190	630	2575	1175	350	905	2860	2170	1795	12.9	C
F400	200	900	445	1340	650	2665	1265	375	1020	2935	2340	1965	13.6	C
F400	300	900	445	1340	650	2840	1265	375	1020	3135	2340	1965	14.4	C
F425	300	900	475	1420	670	2895	1320	390	1080	3180	2440	2060	15.5	C
F425	400	900	475	1420	670	2830	1320	390	1080	3430	2440	2060	17.3	C
F450	300	900	500	1505	680	2945	1370	400	1145	3215	2530	2155	16.6	C
F450	400	900	500	1505	680	2880	1370	400	1145	3465	2530	2155	18.4	C
F475	500	900	530	1590	690	2880	1420	415	1210	3560	2630	2250	19.7	C
E355	200	900	440	1205	650	2630	1230	370	925	2900	2250	1890	12.7	C
E375	200	900	465	1275	660	2675	1275	385	975	2940	2330	1970	13.4	C
E375	300	900	465	1275	660	2850	1275	385	975	3140	2330	1970	14.1	C
E400	300	900	495	1360	675	2905	1330	400	1040	3185	2440	2070	14.8	C
E400	400	900	495	1360	675	2840	1330	400	1040	3435	2440	2070	16.5	C
E425	300	900	525	1445	685	2960	1385	415	1105	3230	2540	2175	16.0	C

表 4. 3 - 6 (4 / 6) パッケージ形 フランス水車・発電概略寸法および概略基礎荷重 (60 H z)

水車枠番	発電機 (KVA)	回転速度 (rpm)	水車発電装置寸法 (mm)							輸送寸法 (mm)			概略基礎 荷重 (t)	輸送車両
			D s	A	H	h	Z	P	J	I	W	Hmax		
E425	400	900	525	1445	685	2895	1385	415	1105	3480	2540	2175	17.7	C
E425	500	900	525	1445	685	2845	1385	415	1105	3530	2540	2175	18.1	C
E450	400	900	555	1530	705	2950	1440	430	1170	3525	2640	2275	18.9	C
E450	500	900	555	1530	705	2900	1440	430	1170	3575	2640	2275	19.2	C
D355	200	900	480	1230	685	2700	1300	390	1035	2915	2370	2015	13.0	C
D355	300	900	480	1230	685	2875	1300	390	1035	3115	2370	2015	13.7	C
D375	300	900	510	1300	700	2925	1350	405	1095	3155	2460	2105	14.5	C
D400	300	900	540	1385	715	2985	1410	420	1165	3200	2570	2215	15.2	C
D400	400	900	540	1385	715	2920	1410	420	1165	3450	2570	2215	16.9	C
D425	400	900	575	1475	735	2980	1470	440	1240	3500	2680	2325	18.2	C
D425	500	900	575	1475	735	2930	1470	440	1240	3550	2680	2325	18.6	C
D450	500	900	610	1560	750	2990	1530	455	1310	3595	2790	2435	19.7	C
C355	200	900	535	1245	700	2770	1370	420	1115	2955	2500	2140	13.3	C
C355	300	900	535	1245	700	2945	1370	420	1115	3155	2500	2140	14.0	C
C375	300	900	565	1315	720	3000	1425	435	1175	3195	2600	2235	14.8	C
C375	400	900	565	1315	720	2935	1425	435	1175	3445	2600	2235	16.6	C
C400	400	900	600	1400	735	3000	1490	450	1255	3490	2720	2355	17.3	C
C400	500	900	600	1400	735	2950	1490	450	1255	3540	2720	2355	17.6	C
C425	500	900	640	1490	755	3015	1555	470	1330	3590	2840	2475	18.8	C
B345	200	900	565	1245	710	2835	1435	435	1135	2935	2600	2235	13.4	C

表 4. 3 - 6 (5 / 6) パッケージ形 フランス水車・発電概略寸法および概略基礎荷重 (60 H z)

水車枠番	発電機 (KVA)	回転速度 (rpm)	水車発電装置寸法 (mm)							輸送寸法 (mm)			概略基礎 荷重 (t)	輸送車両
			D s	A	H	h	Z	P	J	I	W	Hmax		
B345	300	900	565	1245	710	3010	1435	435	1135	3135	2600	2235	14.1	C
B365	300	900	600	1315	730	3070	1495	450	1200	3175	2700	2345	14.8	C
B365	400	900	600	1315	730	3005	1495	450	1200	3425	2700	2345	16.6	C
B385	400	900	630	1390	745	3060	1550	465	1265	3465	2810	2445	17.3	C
B385	500	900	630	1390	745	3010	1550	465	1265	3515	2810	2445	17.6	C
B410	500	900	670	1480	695	3015	1555	485	1345	3565	2940	2506	18.5	C
C355	200	720	535	1245	700	2745	1370	420	1115	3055	2500	2140	14.9	C
C375	200	720	565	1315	720	2800	1425	435	1175	3095	2600	2235	15.7	C
C400	200	720	600	1400	735	2865	1490	450	1255	3140	2720	2355	16.4	C
C400	300	720	600	1400	735	3000	1490	450	1255	3240	2720	2355	15.6	C
C425	300	720	640	1490	755	3065	1555	470	1330	3290	2840	2475	17.9	C
C425	400	720	640	1490	755	3015	1555	470	1330	3540	2840	2475	18.7	C
C450	400	720	675	1575	770	3080	1620	490	1410	3590	2960	2595	19.9	B
C450	500	720	675	1575	770	3080	1620	490	1410	4440	2960	2595	19.8	C
C475	500	720	715	1665	790	3145	1685	510	1490	4490	3070	2715	22.1	B
B345	200	720	565	1245	710	2810	1435	435	1135	3035	2600	2235	15.0	C
B365	200	720	595	1315	730	2870	1495	450	1200	3075	2700	2345	15.7	C
B385	200	720	630	1390	745	2925	1550	465	1265	3115	2810	2445	16.4	C
B385	300	720	630	1390	745	3060	1550	465	1265	3215	2810	2445	16.6	C
B410	300	720	670	1480	765	3135	1625	485	1345	3265	2940	2580	17.5	C

表 4. 3 - 6 (6 / 6) パッケージ形 フランシス水車・発電概略寸法および概略基礎荷重 (60 H z)

水車枠番	発電機 (KVA)	回転速度 (rpm)	水車発電装置寸法 (mm)							輸送寸法 (mm)			概略基礎 荷重 (t)	輸送車両
			D s	A	H	h	Z	P	J	I	W	Hmax		
B410	400	720	670	1480	765	3085	1625	485	1345	3515	2940	2580	18.4	C
B435	400	720	710	1570	785	3155	1695	505	1430	3560	3070	2705	20.1	B
B435	500	720	710	1570	785	3155	1695	505	1430	4410	3070	2705	21.3	B
B460	500	720	750	1660	800	3225	1765	525	1510	4460	3200	2835	22.0	B
C400	200	600	600	1400	730	3040	1490	450	1255	3390	2720	2355	15.6	C
C425	200	600	640	1490	755	3105	1555	470	1330	3440	2840	2475	16.9	C
C450	300	600	675	1575	770	3170	1620	490	1410	4040	2960	2595	19.5	C
C475	300	600	715	1665	790	3235	1685	510	1490	4090	3070	2715	20.6	B
C475	400	600	715	1665	790	3235	1685	510	1490	4390	3070	2715	22.6	B
C500	400	600	750	1750	810	3300	1750	525	1565	4435	3190	2830	23.7	B
C500	500	600	750	1750	810	3300	1750	525	1565	5235	3190	2830	25.0	B
C530	500	600	750	1855	830	3380	1830	550	1660	5295	3340	2975	26.8	B
B385	200	600	630	1390	745	3100	1550	465	1265	3365	2810	2445	15.6	C
B410	200	600	670	1480	765	3175	1625	485	1345	3415	2940	2580	16.5	C
B435	200	600	710	1570	785	3245	1695	505	1430	3460	3070	2705	18.2	C
B435	300	600	710	1570	785	3245	1695	505	1430	4010	3070	2705	19.8	C
B460	300	600	750	1660	800	3315	1765	525	1510	4060	3200	2835	20.5	B
B460	400	600	750	1660	800	3315	1765	525	1510	4360	3200	2835	22.4	B
B485	400	600	795	1750	825	3390	1840	545	1595	4415	3330	2965	22.7	B
B485	500	600	795	1750	825	3390	1840	545	1595	5215	3330	2965	25.3	B

4. 3. 3 クロスフロー水車発電装置（パッケージ形）

1) 概 要

- (1) 屋外形対応の水車発電装置とし、水車、電動サーボモータは増速機（必要な場合）、発電機とともに共通ベツト上に設置した図4. 3-12に示すようなパッケージ構造とする。屋外カバーは鋼板製とする。日常の保守点検はパッケージの中に入らず、図4. 3-13に示すように側面に設けた扉よりおこなえるものとし保守性を考慮したものとする。入口弁はその配置上から、共通ベツトに組込むことは共通ベツトが大きくなり、輸送制限上から制約を受けるので別途外部に設置する。
- (2) 配電盤及び開閉装置は近傍に簡易な建屋を設け収納する。
- (3) 輸送は、共通ベツト上に機器を組込んだままでの一体輸送で行ない現地の基礎へそのまま乗せるものとし、据付の簡素化を図った。なお、輸送及びオーバーホールは屋外カバーを外しておこなう。
- (4) パッケージ内の換気は図4. 3-13に示したように、水車入口管部に設けた開口部から吸気して、屋外カバーの発電機側より排気する構造とする。原則的には強制換気装置は設けないものとするが、気象条件によっては強制換気装置の設置あるいは発電機を出口管通風形とすることで対応するものとする。

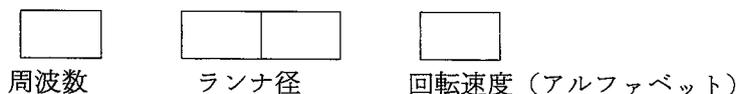
2) 選定（選定図）

選定対象となるクロスフロー水車は、4. 1. 2の3) 項「適用範囲」に記載した諸条件から図4. 3-14および図4. 3-15に示したシリーズとなる。

a. ブロックの選定基準

- | | | |
|----------|------|--------------------------|
| a) 適用範囲 | 有効落差 | 5～80m |
| | 流 量 | 0.2～5.0m ³ /s |
| | 出 力 | 100～ 500kW |
| b) ランナ外径 | | 250mm～800mm |
| c) 吸出し管 | | 吸出し管は原則として使用しない。 |

b. パッケージの枠名称



上の4桁記号で示すものとする。

a) 周波数

5 : 50 Hz

6 : 60 Hz

b) ランナ外径

08 : 800mm

06 : 630mm

05 : 500mm
 04 : 400mm
 03 : 315mm
 02 : 250mm

c) 回転速度 (水車回転速度)

	50 Hz	60 Hz
A :	1000r/min	1200r/min
B :	750	900
C :	600	720
D :	500	600
E :	447	536
F :	400	450
G :	357	429
H :	318	381
I :	282	338
J :	250	300
K :	222	267
L :	200	240
M :	179	214
N :	159	191
O :	169
P :	150

d. 直結時の発電機回転速度

50Hz :	1000(6極)	750(8極)	600(10極)	500(12極)r/min
60Hz :	1200(6極)	900(8極)	720(10極)	600(12極)r/min

e. 増速機使用時の発電機回転速度

50Hz : 1000 r/min(6極)
 60Hz : 1200 r/min(6極)

増速機の増速比はJIS標準数例R20系列による標準数とした。

3) 選定例

a. 50Hz地区、有効落差30m、流量0.6m³/sの条件で水車を選定する場合を示すと次のようになる。

a) 図4. 3-11の縦軸、有効落差30mと横軸、流量0.6m³/sの交点が選定するクロスフロー水車となる。

b) 図より水車枠番504Cであり、ランナ外径400mm、回転速度600r/minとなることが分かる。又、水車出力は図より約140kWである。

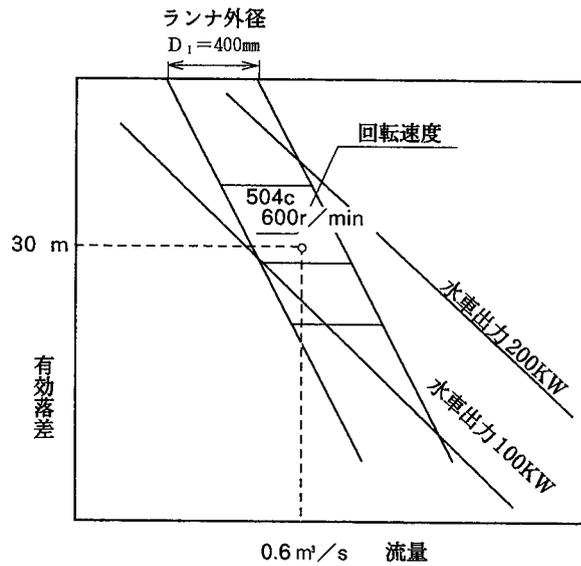


図4.3-11 選定図の見方

4) 概略寸法及び概略基礎荷重

- (1) パッケージ形クロスフロー水車発電装置の構造を図4.3-12に、またパッケージ外形図を図4.3-16に示した。
- (2) 表4.3-7、表4.3-8には夫々50Hzと60Hzのパッケージ形クロスフロー水車概略寸法及び概略基礎荷重表を示す。輸送車両記号については図4.3-5を参照とする。
- (3) 表中の概略基礎荷重は(水車+発電機+電動サーボ+共通ベース+カバー+水車内水重量)×1.2とした。
- (4) パッケージ形クロスフロー水車発電装置の据付に使用する移動クレーン等を計画する場合の最大吊り上げ荷重は、概略基礎荷重×0.7を目安に選べばよい。

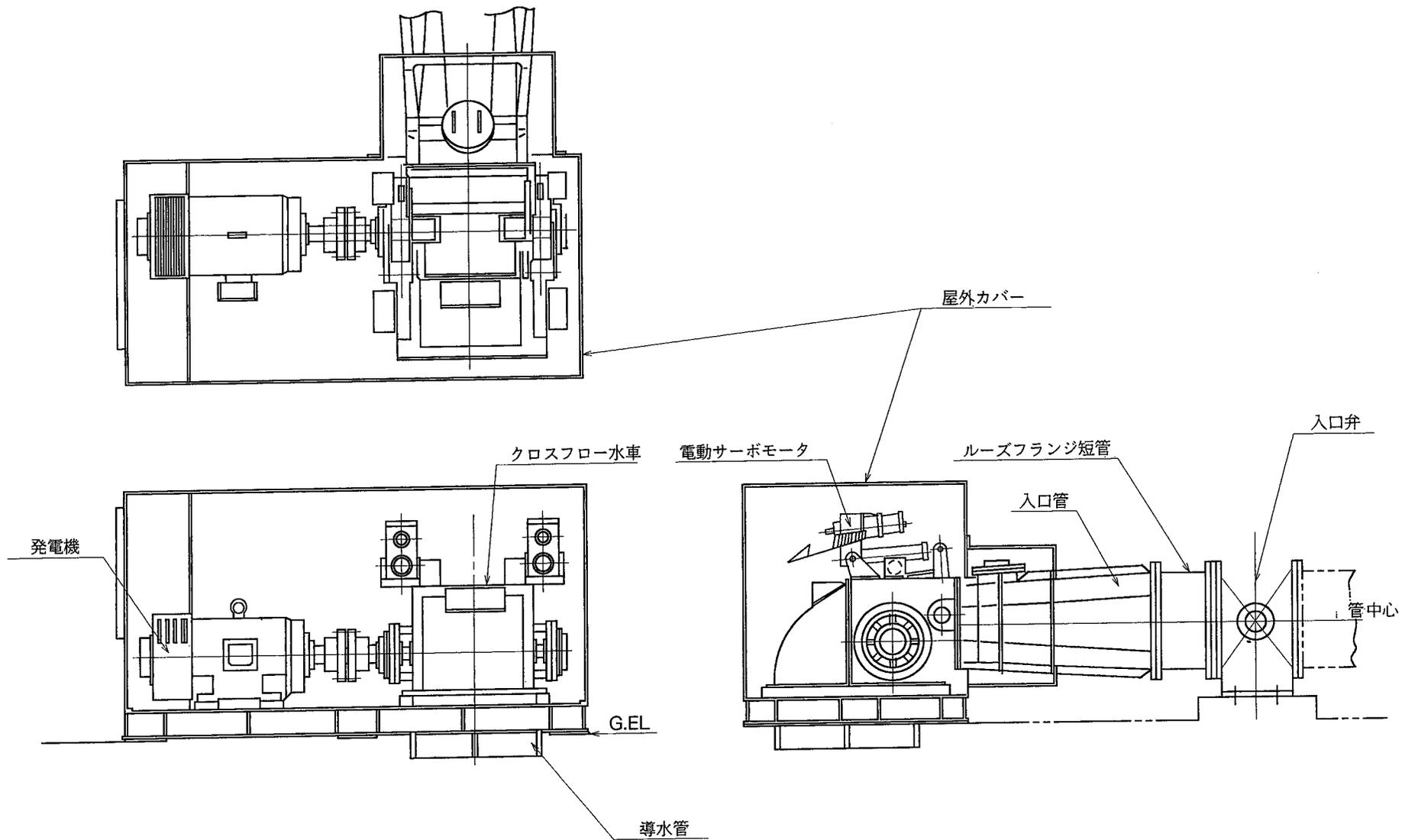


図4. 3-12 クロスフロー水車標準化発電装置の構造

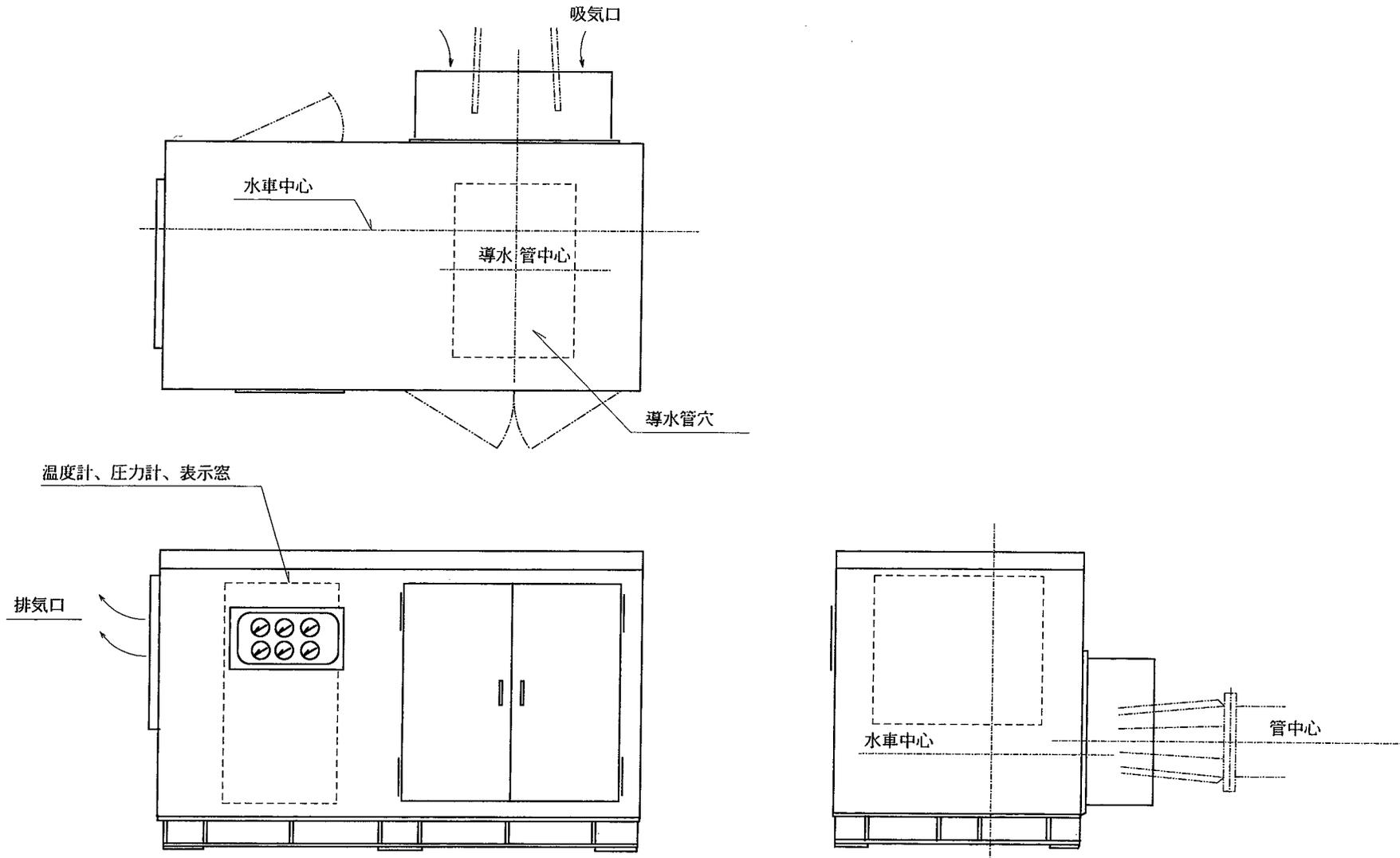


図4.3-13 パッケージ外観図

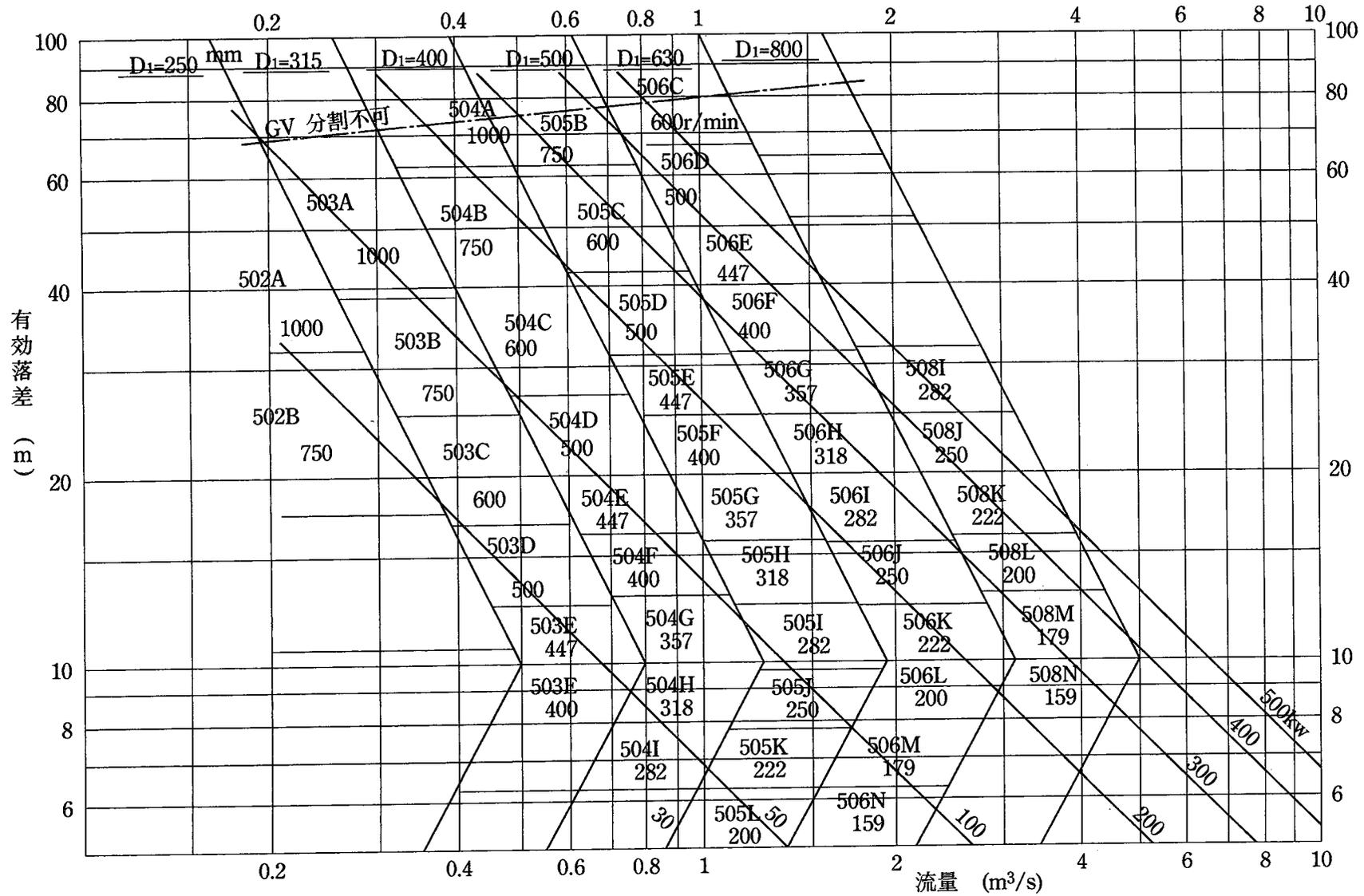


図4.3-14 クロスフロー水車選定図 (50Hz)

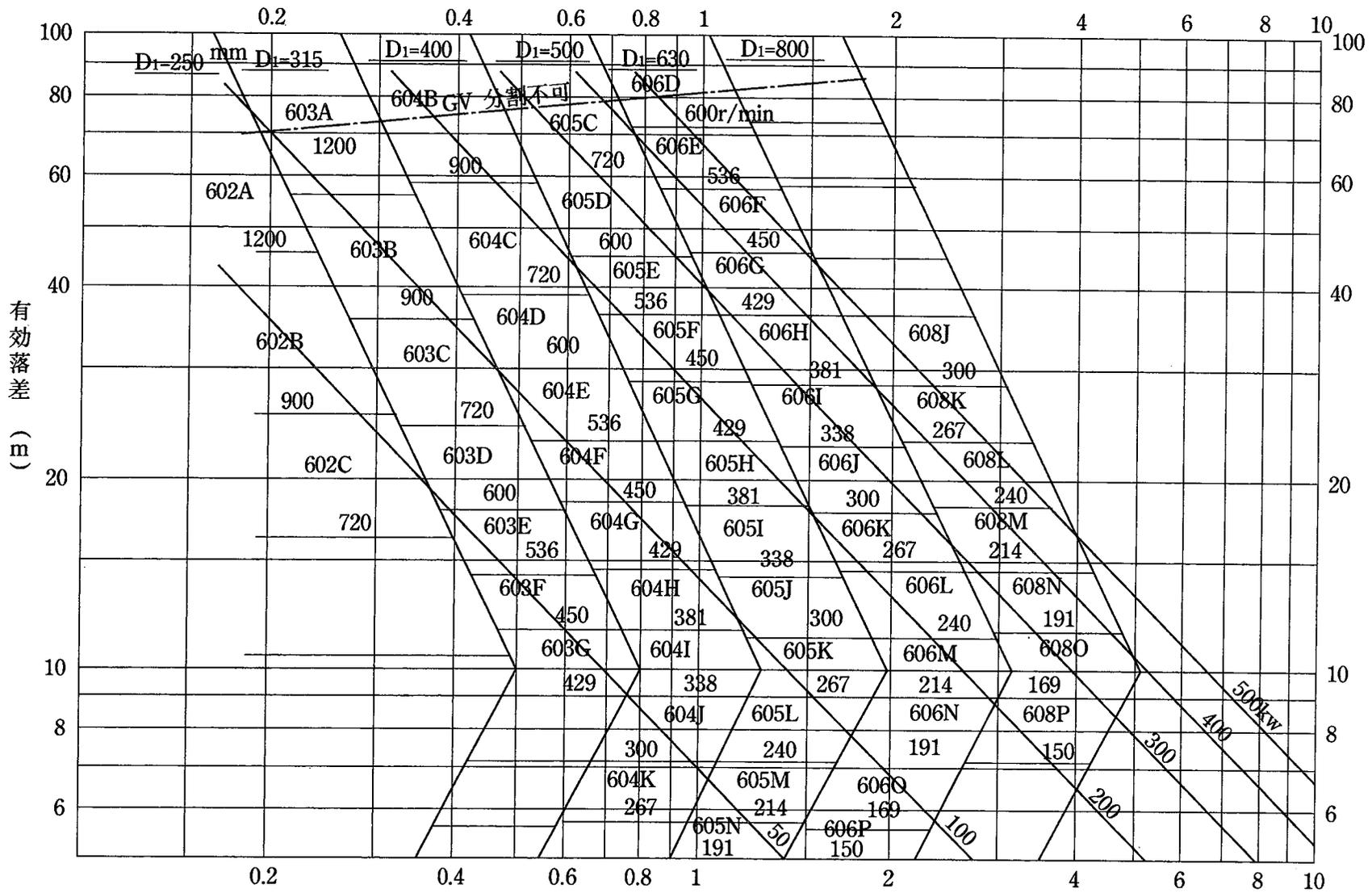


図4. 3-15 クロスフロー水車選定図 (60Hz)

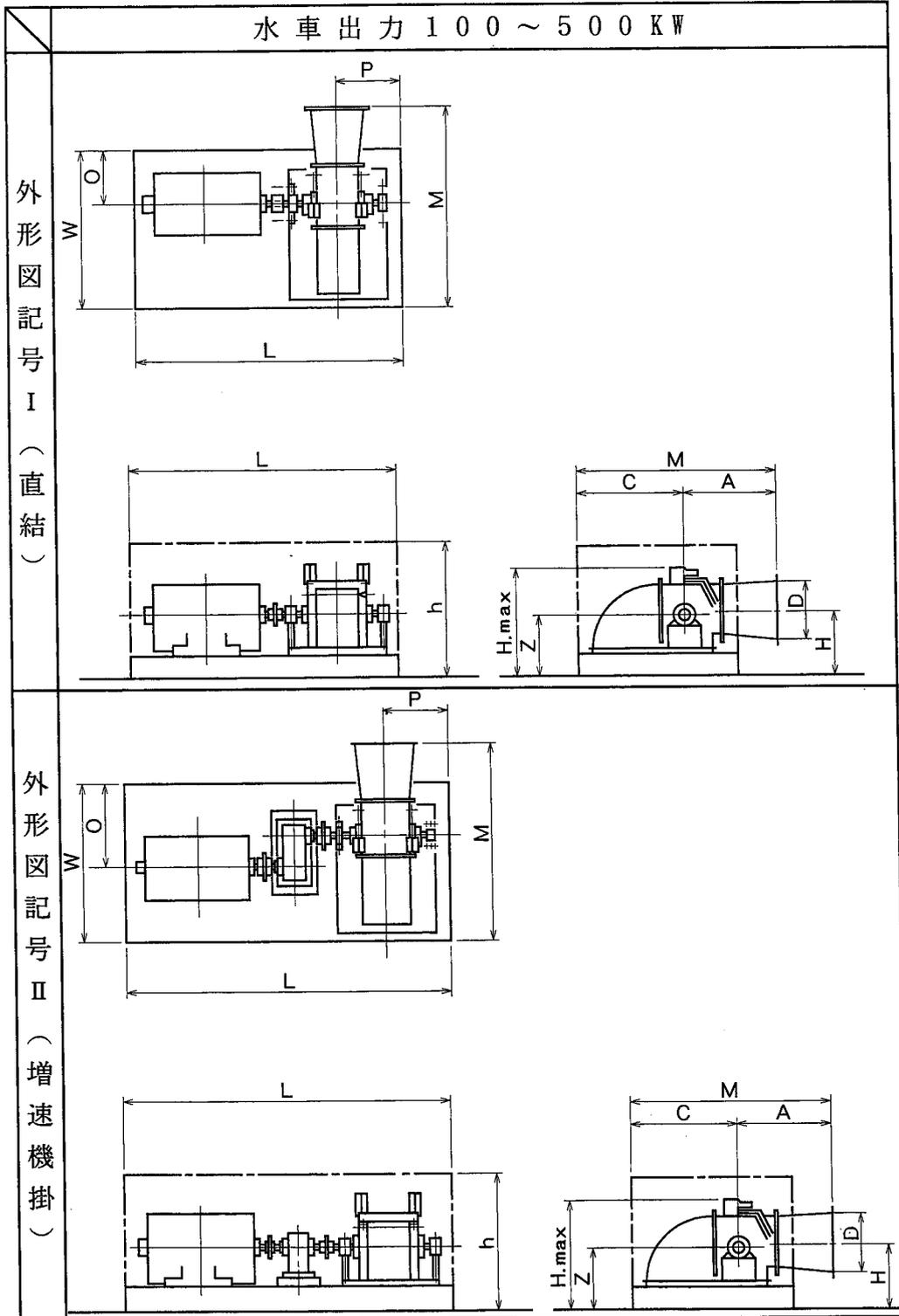


図 4. 3 - 16 外形図記号

表 4. 3-7 (1/3) クロスフロー水車概略寸法及び概略基礎荷重表 (50Hz)

水車枠番	発電機枠 (KVA)	パッケージ寸法 (mm)									輸送寸法 (mm)			概略基礎 荷重 (t)	輸送車両 記号	外形図 記号
		D	A	C	M	H	h	Z	P	Q	L	w	Hmax			
502A	100	350	750	700	1,450	550	1,675	510	520	535	2,290	1,200	1,375	3.4	E	I
502B	100	400	750	700	1,450	550	1,675	510	520	535	2,450	1,200	1,375	4.3	E	I
503A	200	400	850	770	1,620	585	1,705	545	650	635	3,120	1,270	1,405	4.4	E	I
503B	150	450	850	770	1,620	585	1,705	545	750	585	3,180	1,270	1,405	5.5	E	I
503C	100	500	850	770	1,620	585	1,705	545	830	585	2,690	1,270	1,405	5.1	E	I
503D	100	550	950	770	1,720	585	1,705	545	830	585	2,930	1,270	1,405	5.8	E	I
503E	100	600	1,200	770	1,970	585	1,705	545	950	560	4,120	1,270	1,405	6.4	D	II
503F	100	550	1,200	770	1,970	585	1,705	545	950	740	4,120	1,270	1,405	6.5	D	II
504A	300	450	1,010	890	1,900	710	1,850	650	670	730	3,270	1,470	1,550	6.8	D	I
504B	300	500	1,010	890	1,900	710	1,850	650	730	635	3,490	1,470	1,550	8.5	D	I
504C	200	550	1,010	890	1,900	710	1,850	650	800	700	3,550	1,470	1,550	8.3	D	I
504D	150	600	1,010	890	1,900	710	1,850	650	800	635	3,630	1,470	1,550	7.5	D	I
504E	150	700	1,210	890	2,100	710	1,850	650	970	615	4,410	1,470	1,550	8.4	D	II
504F	150	700	1,210	890	2,100	710	1,850	650	1,060	820	4,500	1,470	1,550	9.3	D	II
504G	150	800	1,540	890	2,430	710	1,850	650	1,190	810	4,850	1,470	1,550	11.4	D	II
504H	100	800	1,540	890	2,430	710	1,850	650	1,190	780	3,660	1,470	1,550	9.9	D	II
504I	100	700	1,540	890	2,430	710	1,850	650	1,190	770	3,660	1,470	1,550	9.4	D	II

(注) 1) 概略基礎荷重は (水車本体重量 + 水車内水重量 + 発電機本体重量 + ベット重量) × 12 とした。

表 4. 3-7 (2/3) クロスフロー水車概略寸法及び概略基礎荷重表 (50Hz)

水車枠番	発電機枠 (KVA)	パッケージ寸法 (mm)									輸送寸法 (mm)			概略基礎 荷重 (t)	輸送車両 記号	外形図 記号
		D	A	C	M	H	h	Z	P	Q	L	w	Hmax			
508H	500	1,100	1,760	1,440	3,200	1,200	2,430	1,030	1,310	1,500	5,930	2,400	2,130	28.6	A	II
508I	500	1,100	1,760	1,440	3,200	1,200	2,430	1,030	1,310	1,490	5,980	2,400	2,130	29.8	A	II
508J	500	1,200	1,760	1,440	3,200	1,200	2,430	1,030	1,350	1,470	6,000	2,400	2,130	31.6	A	II
508K	550	1,350	2,310	1,440	2,750	1,200	2,430	1,030	1,620	1,460	6,560	2,400	2,130	34.6	*	II
508L	500	1,350	2,310	1,440	2,750	1,200	2,430	1,030	1,800	1,420	6,740	2,400	2,130	37.2	*	II
508M	500	1,500	3,030	1,440	4,470	1,200	2,430	1,030	2,030	1,450	7,380	2,400	2,130	30.8	*	II
508N	400	1,350	3,030	1,440	4,470	1,200	2,430	1,030	2,030	1,440	7,320	2,400	2,130	42.5	*	II

*印は輸送制限を外れるものであるが参考用として記載した。

表 4. 3-7 (3/3) クロスフロー水車概略寸法及び概略基礎荷重表 (50Hz)

水車枠番	発電機枠 (KVA)	パッケージ寸法 (mm)									輸送寸法 (mm)			概略基礎 荷重 (t)	輸送車両 記号	外形図 記号
		D	A	C	M	H	h	Z	P	Q	L	w	Hmax			
505B	500	550	1,170	1,020	2,190	830	2,010	750	850	700	4,510	1,690	1,710	12.4	D	I
505C	400	600	1,170	1,020	2,190	830	2,010	750	850	700	4,510	1,690	1,710	12.9	D	I
505D	300	700	1,270	1,020	2,290	830	2,010	750	900	770	4,470	1,690	1,710	12.0	D	I
505E	300	700	1,270	1,020	2,290	830	2,010	750	960	1,030	4,930	1,690	1,710	13.0	D	II
505F	300	800	1,370	1,020	2,390	830	2,010	750	960	1,030	4,750	1,690	1,710	12.8	D	II
505G	200	800	1,460	1,020	2,480	830	2,010	750	1,160	950	4,950	1,690	1,710	13.0	D	II
505H	200	900	1,670	1,020	2,690	830	2,010	750	1,210	940	5,090	1,690	1,710	14.1	D	II
505I	200	900	2,000	1,020	3,020	830	2,010	750	1,450	940	5,390	1,690	1,710	15.5	D	II
505J	150	900	2,000	1,020	3,020	830	2,010	750	1,450	880	5,200	1,690	1,710	14.5	D	II
505K	100	800	2,070	1,020	3,090	830	2,010	750	1,450	870	5,120	1,690	1,710	14.2	D	II
505L	100	800	2,070	1,020	3,090	830	2,010	750	1,450	870	5,120	1,690	1,710	14.2	D	II
506C	500	700	1,500	1,200	2,700	980	2,200	880	990	800	4,940	2,000	1,900	16.9	B	I
506D	500	800	1,500	1,200	2,700	980	2,200	880	990	800	4,980	2,000	1,900	16.8	B	I
506E	500	900	1,500	1,200	2,700	980	2,200	880	1,010	1,400	5,570	2,000	1,900	19.7	B	II
506F	500	900	1,500	1,200	2,700	980	2,200	880	1,100	1,280	5,600	2,000	1,900	20.3	B	II
506G	500	1,000	1,500	1,200	2,700	980	2,200	880	1,100	1,230	5,600	2,000	1,900	20.6	B	II
506H	400	1,100	1,910	1,200	3,110	980	2,200	880	1,100	1,210	5,420	2,000	1,900	19.2	B	II
506I	400	1,100	1,910	1,200	3,110	980	2,200	880	1,350	1,190	6,270	2,000	1,900	21.2	B	II
506J	300	1,100	1,910	1,200	3,110	980	2,200	880	1,510	1,110	6,050	2,000	1,900	21.9	B	II
506K	300	1,100	2,460	1,200	3,660	980	2,200	880	1,710	1,100	6,390	2,000	1,900	23.7	B	II
506L	300	1,100	2,460	1,200	3,660	980	2,200	880	1,710	1,110	6,210	2,000	1,900	23.4	B	II
506M	200	1,000	2,460	1,200	3,660	980	2,200	880	1,650	1,100	5,820	2,000	1,900	23.5	B	II
506N	100	1,000	2,460	1,200	3,660	980	2,200	880	1,650	1,100	5,740	2,000	1,900	21.9	B	II

表 4. 3-8 (1/3) クロスフロー水車概略寸法及び概略基礎荷重表 (60Hz)

水車枠番	発電機枠 (KVA)	パッケージ寸法 (mm)									輸送寸法 (mm)			概略基礎 荷重 (t)	輸送車両 記号	外形図 記号
		D	A	C	M	H	h	Z	P	Q	L	w	Hmax			
602A	100	350	500	700	1,200	550	1,635	510	520	530	2,645	1,230	1,335	3.5	E	I
602B	100	350	500	700	1,200	550	1,635	510	520	530	2,645	1,230	1,335	3.6	E	I
602C	100	400	500	700	1,200	550	1,635	510	520	530	2,645	1,230	1,335	3.8	E	I
603A	200	350	550	770	1,320	585	1,705	545	610	585	2,850	1,355	1,405	4.6	E	I
603B	150	350	550	770	1,320	585	1,705	545	670	575	2,895	1,345	1,405	4.7	E	I
603C	150	350	550	770	1,320	585	1,705	545	760	575	3,085	1,345	1,405	5.0	E	I
603D	100	500	650	770	1,420	585	1,705	545	830	530	3,335	1,300	1,405	4.7	E	I
603E	100	550	650	770	1,420	585	1,705	545	830	740	4,165	1,270	1,405	5.9	E	II
603F	100	550	650	770	1,420	585	1,705	545	830	780	4,165	1,270	1,405	5.7	E	II
603G	100	600	900	770	1,670	585	1,705	545	950	720	4,385	1,270	1,405	6.3	D	II

表 4. 3 - 8 (2 / 3) クロスフロー水車概略寸法及び概略基礎荷重表 (60Hz)

水車枠番	発電機枠 (KVA)	パッケージ寸法 (mm)									輸送寸法 (mm)			概略基礎 荷重 (t)	輸送車両 記号	外形図 記号
		D	A	C	M	H	h	Z	P	Q	L	w	Hmax			
604B	300	450	630	890	1,520	710	1,850	650	670	625	3,200	1,515	1,500	6.9	D	I
604C	300	500	630	890	1,520	710	1,850	650	730	625	3,260	1,515	1,500	7.2	D	I
604D	200	550	630	890	1,520	710	1,850	650	800	585	3,020	1,475	1,500	6.5	D	I
604E	200	600	630	890	1,520	710	1,850	650	800	880	4,215	1,470	1,500	8.6	D	II
604F	150	700	830	890	1,720	710	1,850	650	800	880	3,995	1,470	1,500	8.1	D	II
604G	150	700	830	890	1,720	710	1,850	650	970	870	4,325	1,470	1,500	9.0	D	II
604H	150	700	1,000	890	1,890	710	1,850	650	1,060	860	4,525	1,470	1,500	9.6	D	II
604I	100	800	1,160	890	2,050	710	1,850	650	1,190	790	4,835	1,470	1,500	9.4	D	II
604J	100	700	1,160	890	2,050	710	1,850	650	1,190	785	4,835	1,470	1,500	9.9	D	II
604K	100	700	1,160	890	2,050	710	1,850	650	1,190	780	4,835	1,470	1,500	9.6	D	II
605C	400	550	700	1,020	1,720	830	2,010	750	850	730	3,710	1,750	1,710	10.3	D	I
605D	400	600	700	1,020	1,720	830	2,010	750	850	730	3,760	1,750	1,710	10.4	D	I
605E	300	700	700	1,020	1,720	830	2,010	750	900	1,030	4,685	1,690	1,710	12.4	D	II
605F	300	700	800	1,020	1,820	830	2,010	750	900	1,010	4,795	1,690	1,710	12.7	D	II
605G	300	800	800	1,020	1,820	830	2,010	750	960	1,000	4,850	1,690	1,710	13.5	D	II
605H	300	800	900	1,020	1,920	830	2,010	750	1,160	990	5,055	1,690	1,710	14.3	D	II
605I	200	800	990	1,020	2,010	830	2,010	750	1,160	930	4,865	1,690	1,710	13.5	D	II
605J	200	900	1,200	1,020	2,220	830	2,010	750	1,310	930	5,015	1,690	1,710	14.6	D	II
605K	150	900	1,530	1,020	2,550	830	2,010	750	1,450	920	5,360	1,690	1,710	15.0	D	II
605L	150	800	1,530	1,020	2,550	830	2,010	750	1,450	920	5,250	1,690	1,710	16.0	D	II
605M	100	800	1,600	1,020	2,620	830	2,010	750	1,450	910	5,185	1,690	1,710	14.6	D	II
605N	100	800	1,600	1,020	2,620	830	2,010	750	1,450	910	5,185	1,690	1,710	14.1	D	II

表 4. 3-8 (3/3) クロスフロー水車概略寸法及び概略基礎荷重表 (60Hz)

水車枠番	発電機枠 (KVA)	パッケージ寸法 (mm)									輸送寸法 (mm)			概略基礎 荷重 (t)	輸送車両 記号	外形図 記号
		D	A	C	M	H	h	Z	P	Q	L	w	Hmax			
606D	500	700	900	1,200	2,100	980	2,195	880	990	800	3,020	2,000	1,895	13.1	D	I
606E	500	800	900	1,200	2,100	980	2,195	880	990	1,395	5,640	2,000	1,895	20.0	B	II
606F	500	800	900	1,200	2,100	980	2,195	880	1,010	1,375	5,660	2,000	1,895	20.1	B	II
606G	500	800	900	1,200	2,100	980	2,195	880	1,010	1,360	5,680	2,000	1,895	20.7	B	II
606H	500	900	900	1,200	2,100	980	2,195	880	1,100	1,340	5,770	2,000	1,895	21.4	B	II
606I	400	900	1,310	1,200	2,510	980	2,195	880	1,100	1,220	5,580	2,000	1,895	20.4	B	II
606J	400	1,000	1,310	1,200	2,510	980	2,195	880	1,300	1,210	6,035	2,000	1,895	21.9	B	II
606K	400	1,100	1,310	1,200	2,510	980	2,195	880	1,350	1,200	6,085	2,000	1,895	23.1	B	II
606L	300	1,100	1,310	1,200	2,510	980	2,195	880	1,510	1,100	5,975	2,000	1,895	22.1	B	II
606M	300	1,100	1,860	1,200	3,060	980	2,195	880	1,710	1,163	6,315	2,000	1,895	23.6	B	II
606N	200	1,100	1,860	1,200	3,060	980	2,195	880	1,710	1,100	5,795	2,000	1,895	23.3	B	II
606O	150	1,000	1,860	1,200	3,060	980	2,195	880	1,650	1,365	5,780	2,000	1,895	22.6	B	II
606P	100	1,000	1,860	1,200	3,060	980	2,195	880	1,650	1,240	5,685	2,000	1,895	19.8	B	II
608J	500	1,100	1,000	1,440	2,440	1,200	2,430	1,030	1,310	1,370	5,865	2,300	2,130	29.1	A	II
608K	500	1,200	1,000	1,440	2,440	1,200	2,430	1,030	1,310	1,360	5,915	2,300	2,130	30.5	A	II
608L	500	1,200	1,350	1,440	2,790	1,200	2,430	1,030	1,350	1,350	5,955	2,300	2,130	32.2	A	II
608M	500	1,350	1,550	1,440	2,990	1,200	2,430	1,030	1,620	1,340	6,585	2,300	2,130	27.6	*	II
608N	500	1,350	1,550	1,440	2,990	1,200	2,430	1,030	1,800	1,340	7,025	2,300	2,130	40.5	*	II
608O	400	1,500	2,270	1,440	3,710	1,200	2,430	1,030	2,030	1,590	7,235	2,300	2,130	39.7	*	II
608P	400	1,350	2,270	1,440	3,710	1,200	2,430	1,030	2,030	1,580	7,235	2,300	2,130	42.3	*	II

*印は輸送制限を外れるものであるが参考用として記載した。

4. 3. 4 S形チューブラ水車発電装置

1) 概 要

S形チューブラ水車は、同一出力のフランシス水車等に比べて寸法が大きく、また、S形の吸出し管はコンクリート埋設が必要なため、パッケージ構造、あるいは共通ベッドへの設備は困難となるためパッケージ構造とせず、発電所建屋内に設置する方式とする。

- (1) 吸出し管はコンクリート埋設方式とする。
- (2) 水車本体は露出構造とし、外部より点検、保守が可能な構造とする。発電機は一体輸送を前提とし、水車軸に直結、又は、増速する場合は水車軸と発電機軸の間に増速機を設ける。
- (3) 水車のガイドベーンは運転中は電動操作で可動できるものとし、ランナベーンは運転中は固定とし、水車停止時に電動操作によりランナベーン角度を調整できるものとする。
- (4) 無拘束速度比が高く、無拘束速度時の振動が大きいため、速度変動率は85%以下とする。
- (5) 発電機は固有GD²とし、フライホイールは設置しないことを原則とする。
- (6) 軸受は油自蔵空冷方式とする。但し、水スラストが大きく油自蔵空冷方式が不可能な場合は油循環空冷方式とする。
- (7) スラスト軸受は直結の場合は発電機に、増速機付の場合は増速装置に設ける。
- (8) 換 気

S形チューブラ水車発電装置は発電所建屋内設置とするが、発電機を出口管通風形とし、強制換気装置は設けないものとする。

2) 選 定 (選定図)

選定対象となるS形チューブラ水車は、4. 1. 2, 4), 3項「適用範囲」に記載した諸条件から、図4. 3-22 (50Hz), 図4. 3-23 (60Hz) に示すシリーズとなる。

(a) 落差、流量、出力の範囲

落 差	3~18m
流 量	3~15m ³ /s
出 力	100~500kW

(b) ランナベーン枚数

5 枚	落差 ≥ 8 m
4 枚	落差 ≤ 10m

(c) 水車中心の吸出し高さ $Z_s \geq 0$

(d) ランナ径 900~1,800mm

(J I S 標準数列 R20 系列の標準数とする。)

(e) 増速時の発電機回転速度

60Hz	720r/min (10極)
50Hz	750r/min (8極)

増速の範囲は増速比で2以上、即ち、
 60Hzで水車回転速度 360r/min以下
 50Hzで水車回転速度 375r/min以下
 増速比はJ I S標準数列R20系列の標準数を採用する。

(1) 選定図の見方

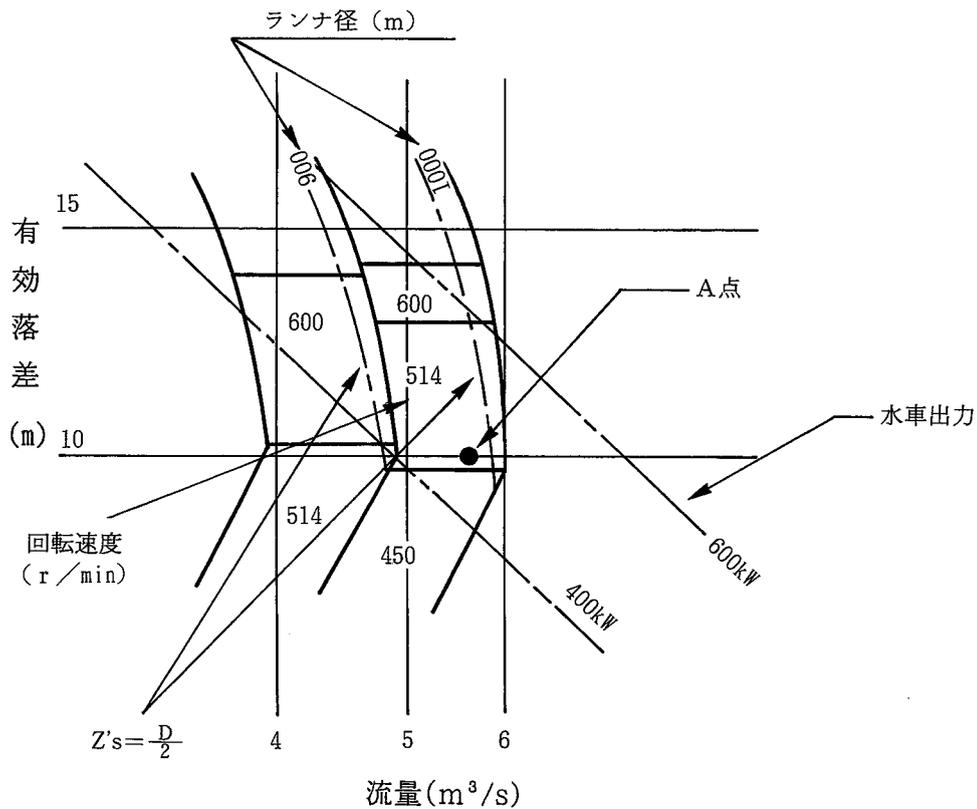
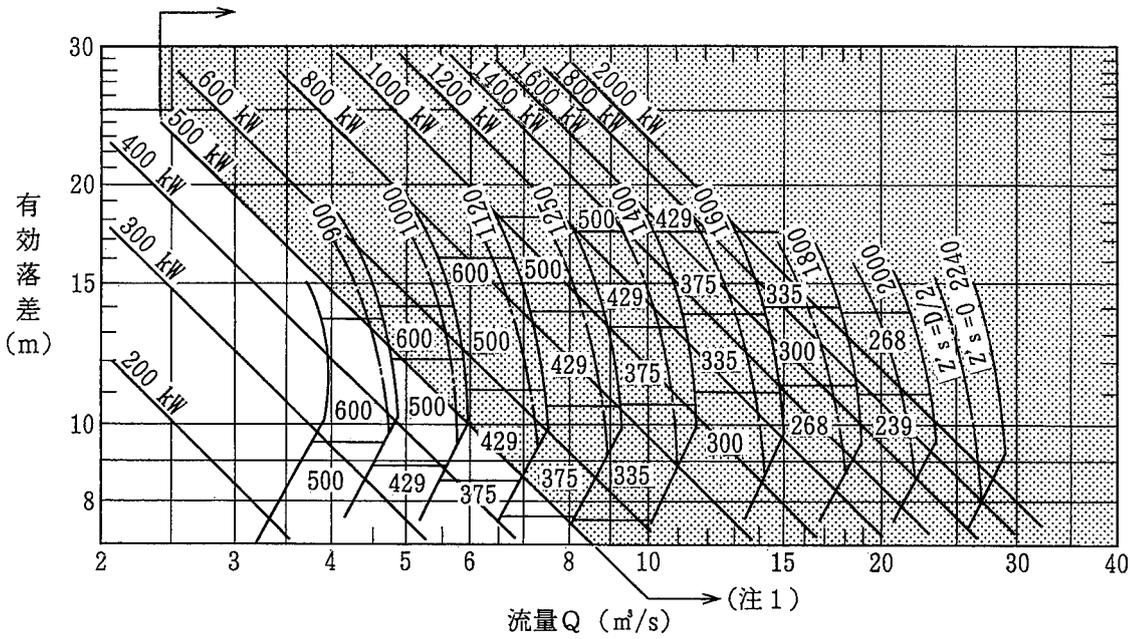


図4. 3-21 選定図の見方

図4. 3-21選定図の見方には図4. 3-23 S形チューブラ水車選定図(C)ランナペーン枚数5枚(60Hz)の一部を示している。その図でブロックは水車ランナ径、水車の回転速度によって区切られている。また区切られたブロック内には水車中心の吸出し高さ $Z's = 0$ (実線) と $\frac{D}{2}$ (削線) で更に区切られている。従って、有効落差と流量が定まれば水車ランナ径、回転速度及び $Z's$ が読み取れる。

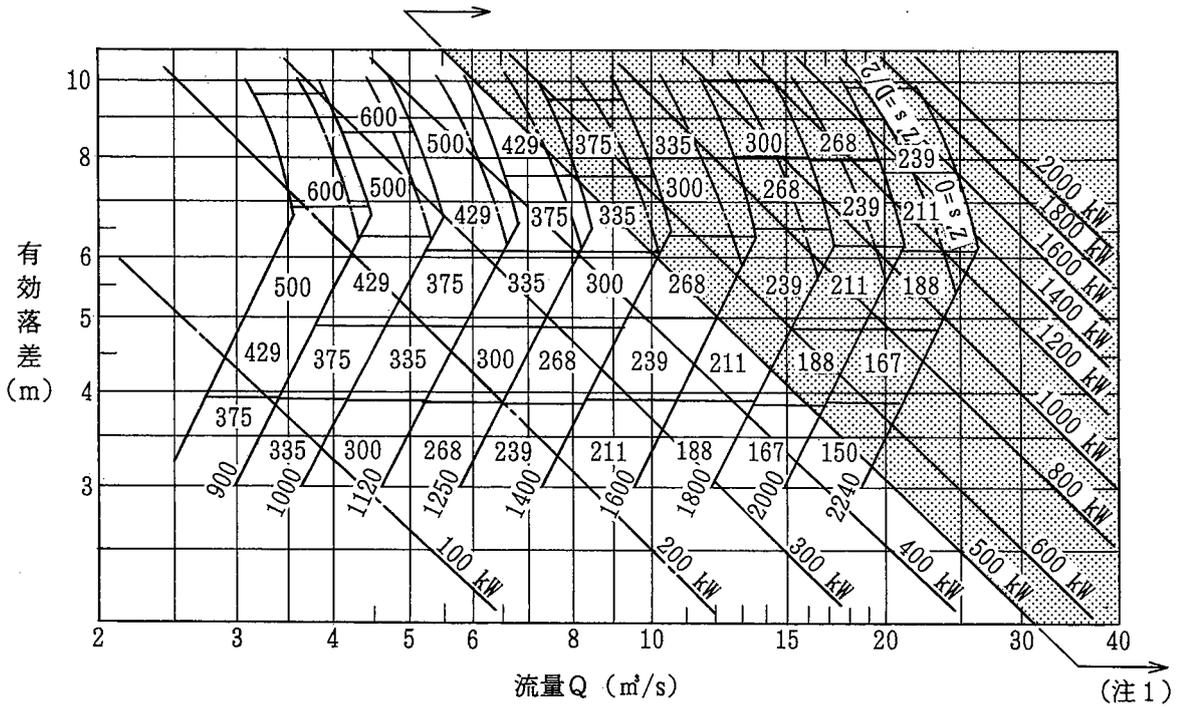
(2) 選定例

60Hz地区で有効落差10m、流量5.5m³/sの選定点にはA点となり水車ランナ径1000mm、水車回転速度514r/minとなる。また有効落差10mの線上で選定点は水車中心吸出し高さ $Z's = \frac{D}{2}$ の左側にあるので水車の中心の据付高さは $Z's$ は放水面に対し $\frac{D}{2} = 500$ mm高くしてよいことになる。



(注1) 500kW以上は本マニュアルの対象でないが、参考用として記載する。

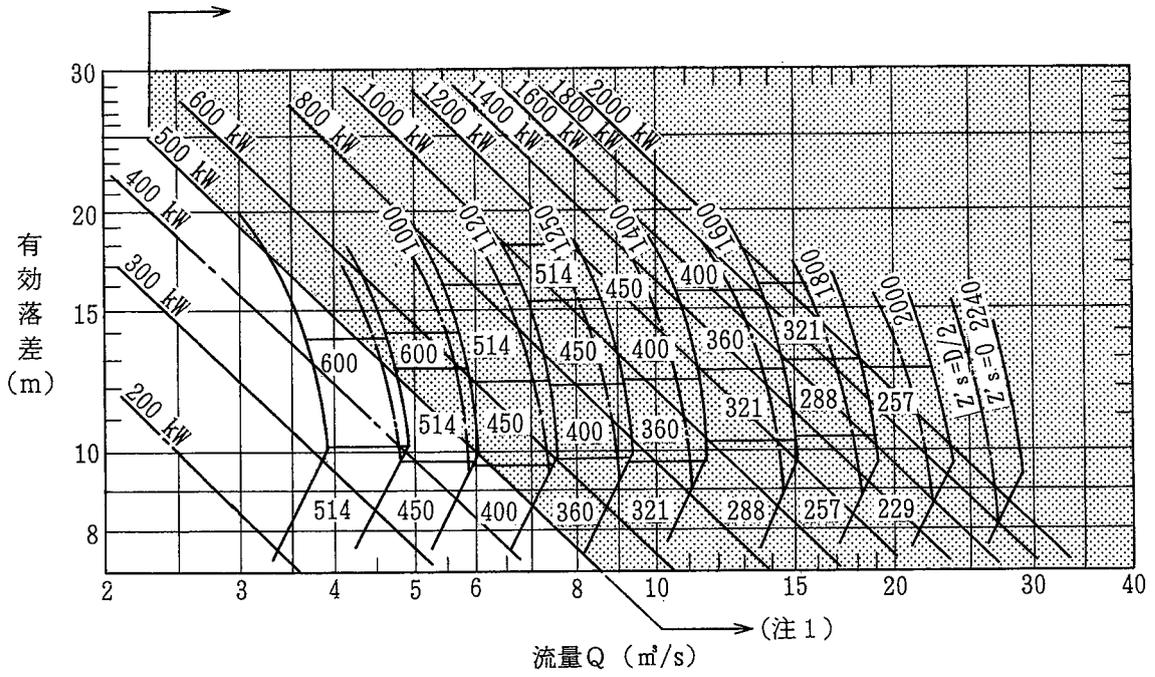
(a) ランナベーン枚数5枚



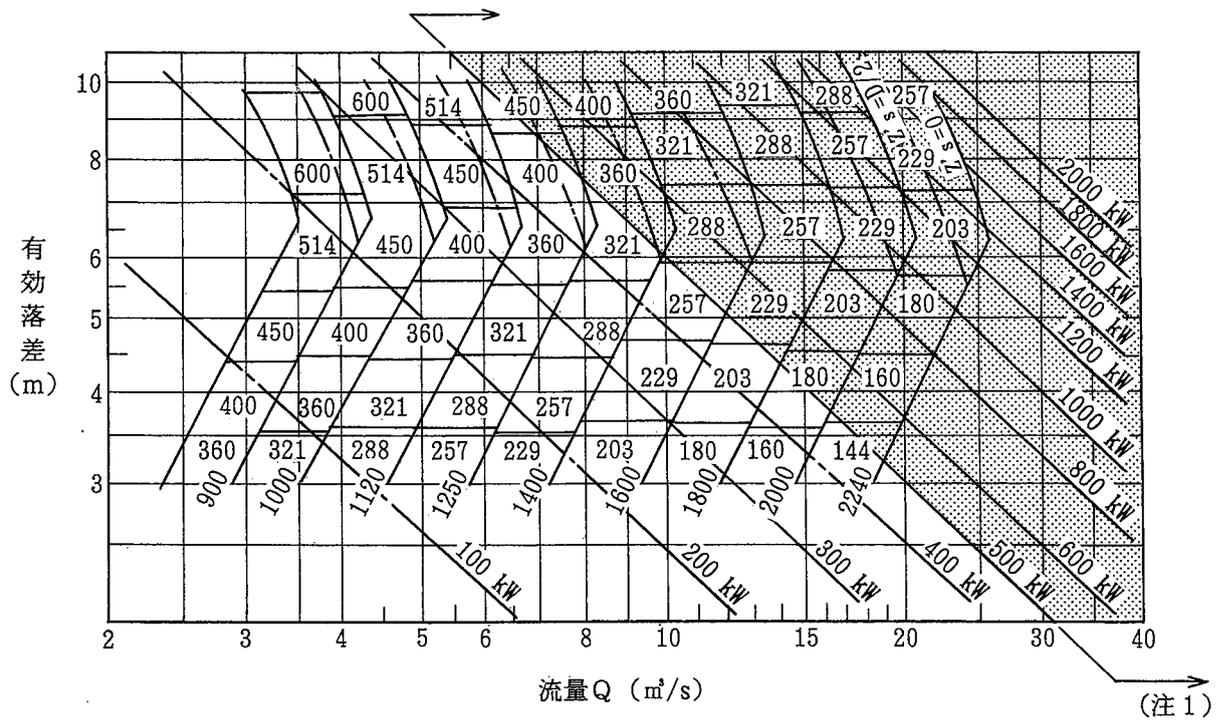
(注1) 500kW以上は本マニュアルの対象でないが、参考用として記載する。

(b) ランナベーン枚数4枚

図4. 3-22 S形チューブラ水車選定図1 (50Hz)



(c) ランナベーン枚数 5 枚



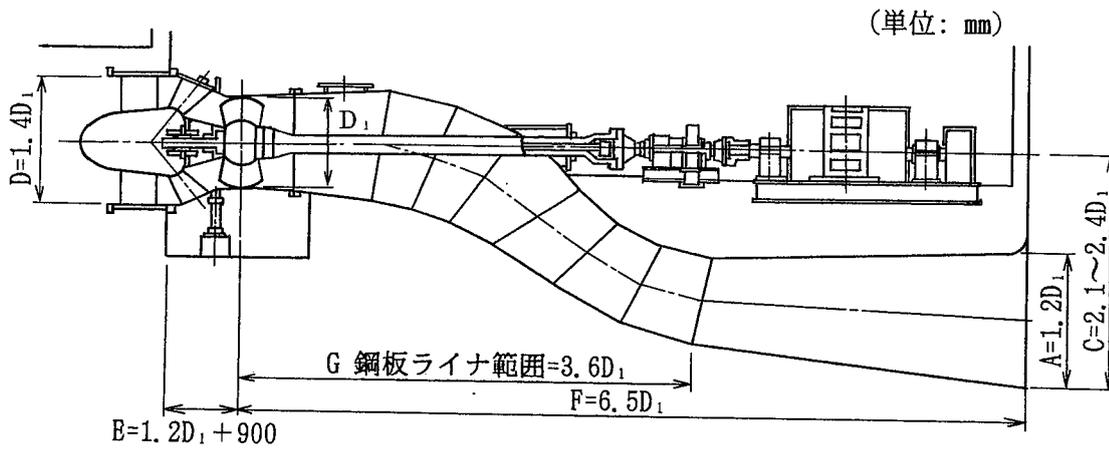
(注 1) 500kW以上は本マニュアルの対象でないが、参考用として記載する。

(d) ランナベーン枚数 4 枚

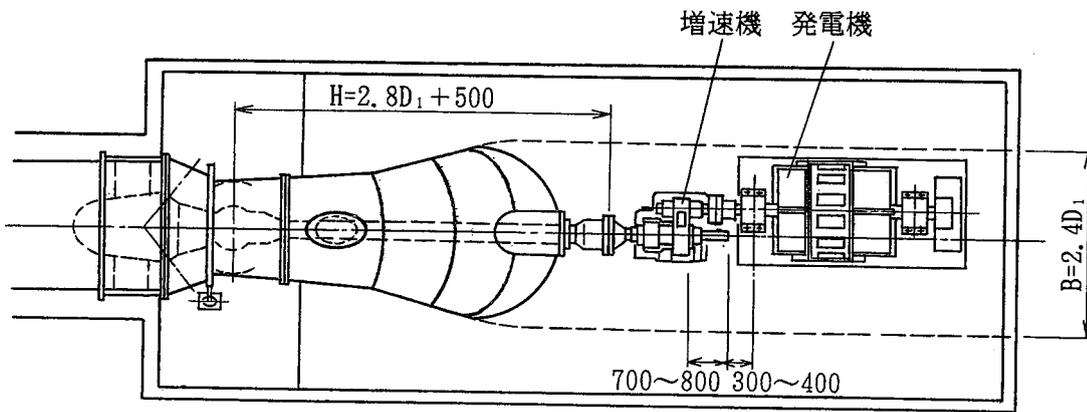
図 4. 3-23 S形チューブラ水車選定図 2 (60Hz)

3) S形チューブラ水車の概略寸法

S形チューブラ水車の外形寸法は、全てランナ径 D_1 に対する比率関係にあり、比率を図4.3-24に各部の寸法を表4.3-10に示す。



(a) 断面図



(b) 平面図

図4.3-24 S形チューブラ水車寸法図

表4. 3-10 S形チューブラ水車外形寸法表

(単位 mm)

D ₁	A	B	C	D	E	F	G	H
900	1,080	2,160	2,160	1,260	2,000	5,900	3,250	3,000
1,000	1,200	2,400	2,400	1,400	2,100	6,500	3,600	3,300
1,120	1,350	2,700	2,700	1,570	2,250	7,300	4,050	3,650
1,250	1,500	3,000	3,000	1,750	2,400	8,100	4,500	4,000
1,400	1,680	3,360	3,360	1,960	2,600	9,100	5,050	4,450
1,600	1,920	3,840	3,840	2,240	2,800	10,400	5,750	5,000
1,800	2,160	4,320	4,320	2,520	3,050	11,700	6,500	5,550
2,000	2,400	4,800	4,800	2,800	3,300	13,000	7,200	6,100
2,240	2,690	5,380	5,380	5,380	3,600	15,200	8,050	6,800

4) S形チューブラ水車の概略基礎荷重

S形チューブラ水車の概略基礎荷重を図4. 3-25に示す。落差20m以下ではチューブラ水車の重量は概ね機械の剛性を考えランナ径により定まる。

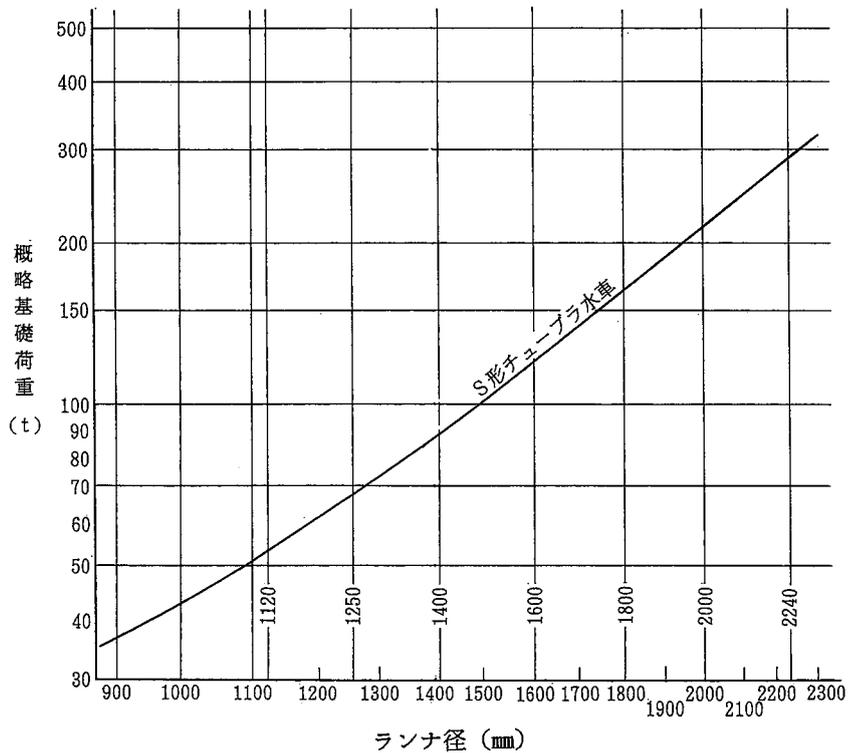


図4. 3-25 概略基礎荷重

(注) 概略基礎荷重は (水車本体重量+吸出し管荷重+吸出し管内水重量) ×1.2としている。

4. 3. 5 100kW未満クロスフロー水車発電装置（パッケージ形）

1) 概要と特徴

(1) 概要

a) 500kW未満の標準化の場合と同様に屋外対応の水車発電装置とし、水車、発電機、増速機（必要な場合）を共通ベッド上に設置し、かつ発電機、または発電機と増速機、または発電機とVベルトを屋外カバーで覆ったパッケージ構造とする。

本標準での出力は100kW未満を対象としているので、発電機駆動方法は直結、増速機付きの他に、Vベルト掛けも加えた3方式を採用した。

b) 制御方式は100kW未満の場合、単独運転のダミーロード方式を標準としているので、無拘束速度での連続運転が可能な設計となっている。

(2) 適用範囲

100kW未満標準化クロスフロー水車適用範囲を下記とする。

- a) 有効落差 5～60m
- b) 流量 $0.2 \sim 2 \text{ m}^3/\text{s}$
- c) 出力 20～100kW未満
- d) ランナ径 250～630mm

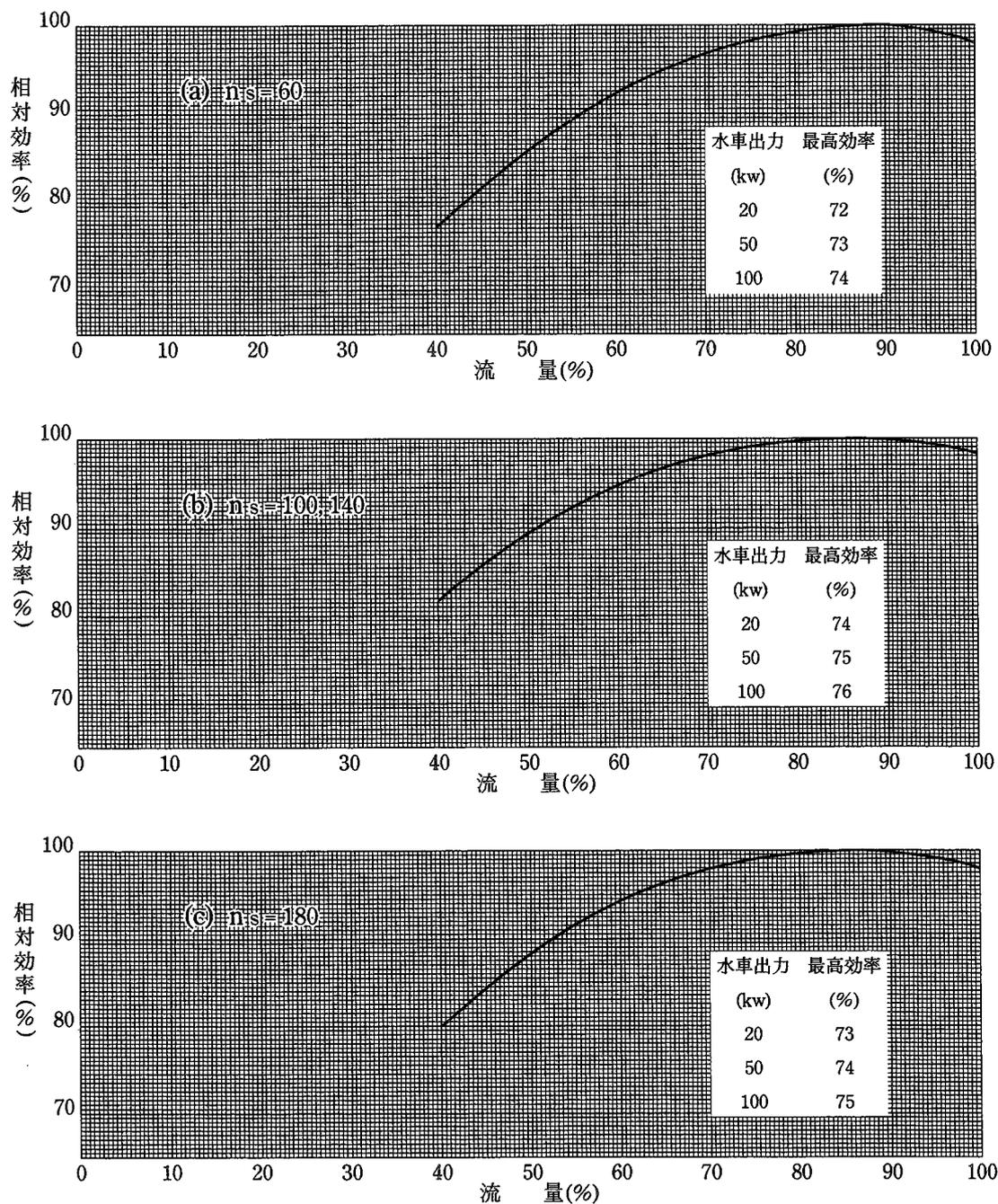
(3) 特徴

- a) ガイドベーンは分割せず一体とする。
- b) ガイドベーンは手動可能とする。
- c) 水流による軸方向スラストが生じないので軸受はころがり軸受とする。
- d) クロスフロー水車の有効落差は、水車ランナ下流側に空間部が必要なため放水路水面までは利用出来ない。
- e) パッケージには原則として換気のための強制換気装置は設けないものとするが、気象条件によっては強制換気装置の設置あるいは発電機を出口管通風形とすることで対応する。
- f) 水車と発電機は共通ベースの上のせ一体形とする。

従って、工場にて一体組立をおこない現地工事の短縮が可能となる。

2) 効 率

クロスフロー水車の代表的特性を図4.3-26に示す。この特性は相対値で表してあるが、計画に当たっては、比速度と水車出力によってそれぞれ最高効率を示してあるので、水車効率は相対効率にその場合の最高効率を乗じて算出することが出来る。



注) 単独運転の場合にはダミーロードによる負荷制御方式となるので水車は計画点で運転する。従って水車効率は曲線上の一点となる。

図4.3-26 クロスフロー水車特性曲線

3) 選 定

(1) 選定図

図4.3-28及び図4.3-29にクロスフロー水車選定図を示す。

a) 直結時の発電機回転速度

、発電機容量に対応する極数は下記とする。

6極、8極	20、30、40、50、75、100kW
10極	30、40、50、75、100kW
12極	40、50、75、100kW

b) 増速時の発電機回転速度

(a) 水車出力50kW以上

増速機を標準とする。(増速機効率は96%とする)

50Hz : 1,000r/min (6極)

60Hz : 1,200r/min (6極)

増速機の増速比はJIS標準数列R20系列による標準数とした。

(b) 水車出力50kW未満の場合

Vベルト掛を標準とする。(Vベルト効率は95%とする)

50Hz 1,000r/min (6P) 又は 750r/min (8P)

60Hz 1,200r/min (6P) 又は 900r/min (8P)

標準Vプーリの最高周速は水車の無拘束速度は30m/s以下とする。

(2) 選定例

50Hz地区、有効落差30m、流量 $0.4\text{m}^3/\text{s}$ の条件で水車を選定する場合を次に示す。

a) 図4.3-27の縦軸、有効落差30mと横軸、流量 $0.4\text{m}^3/\text{s}$ の交点が選定するクロスフロー水車となる。

b) 図より

ランナ外径 315mm
水車出力 約90kW
回転速度 750r/min

となる。

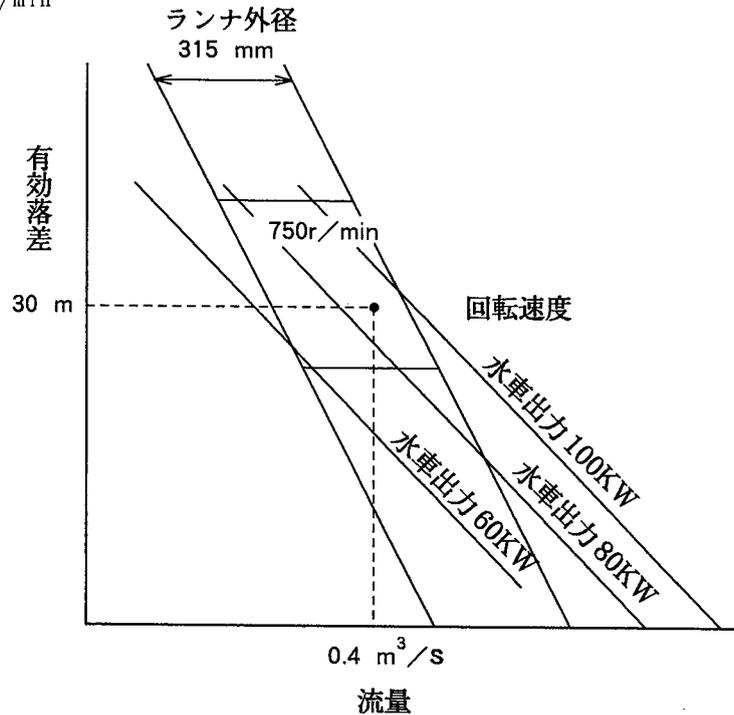


図4.3-27 選定図

4) 概略寸法及び概略基礎荷重

- (1) パッケージ形100kW未満クロスフロー水車発電装置の外形図を図4.3-30に又トレーラーによる輸送車両図を図4.3-5に示す。
- (2) 表4.3-11には50Hzと60Hzのパッケージ形クロスフロー水車発電装置方法、輸送寸法、概略基礎荷重を示す。
- (3) 表中の概略基礎荷重は(水車+発電機+共通ベース+水車内水重量)×1.2とした。
- (4) パッケージ形100kW未満クロスフロー水車発電装置の据付けに使用する移動クレーン等を計画する場合の最大吊上げ荷重は、概略基礎荷重×0.7を目安に選ばばよい。

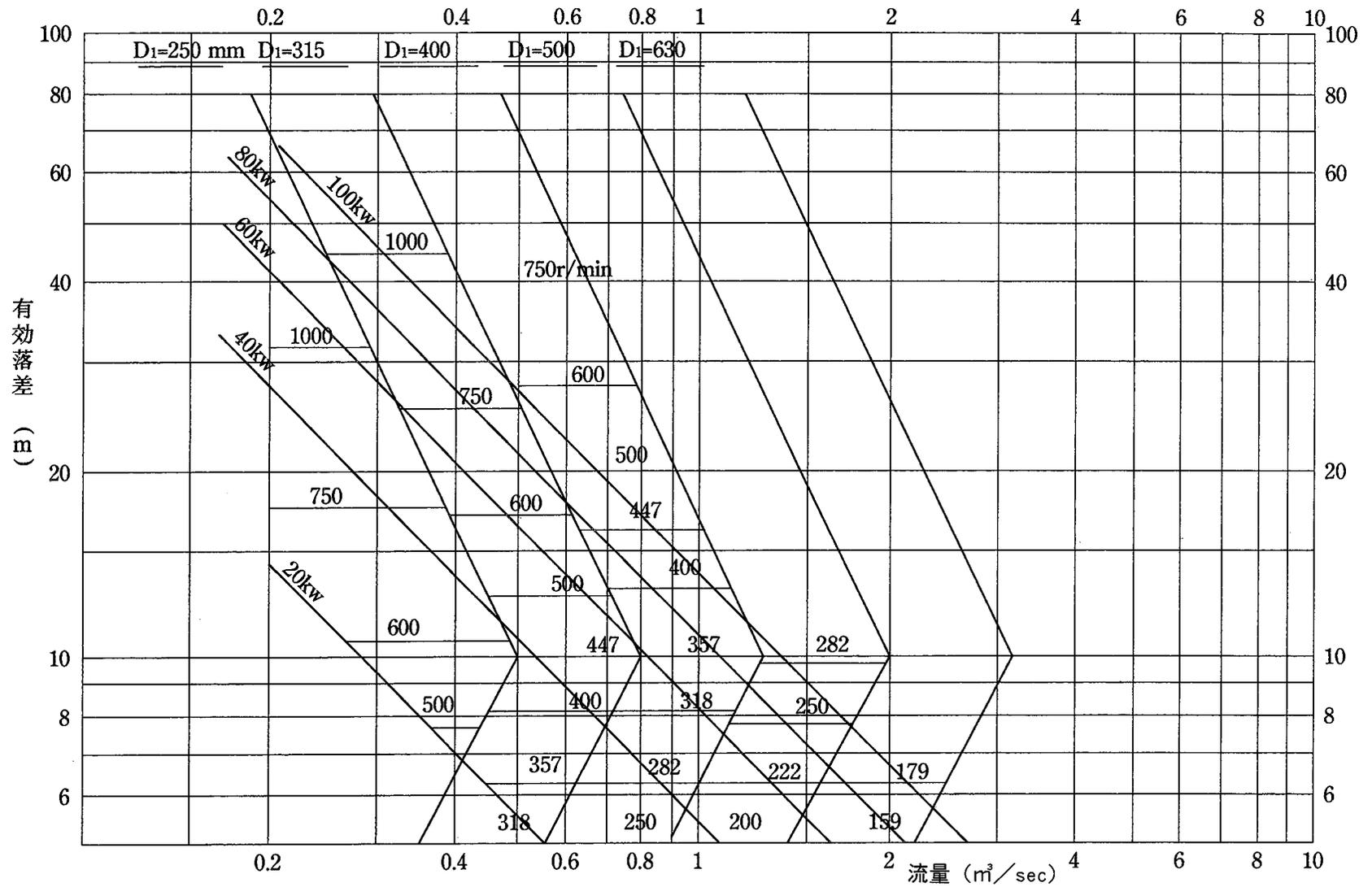


図 4. 3 - 28 クロスフロー水車選定図 (50Hz)

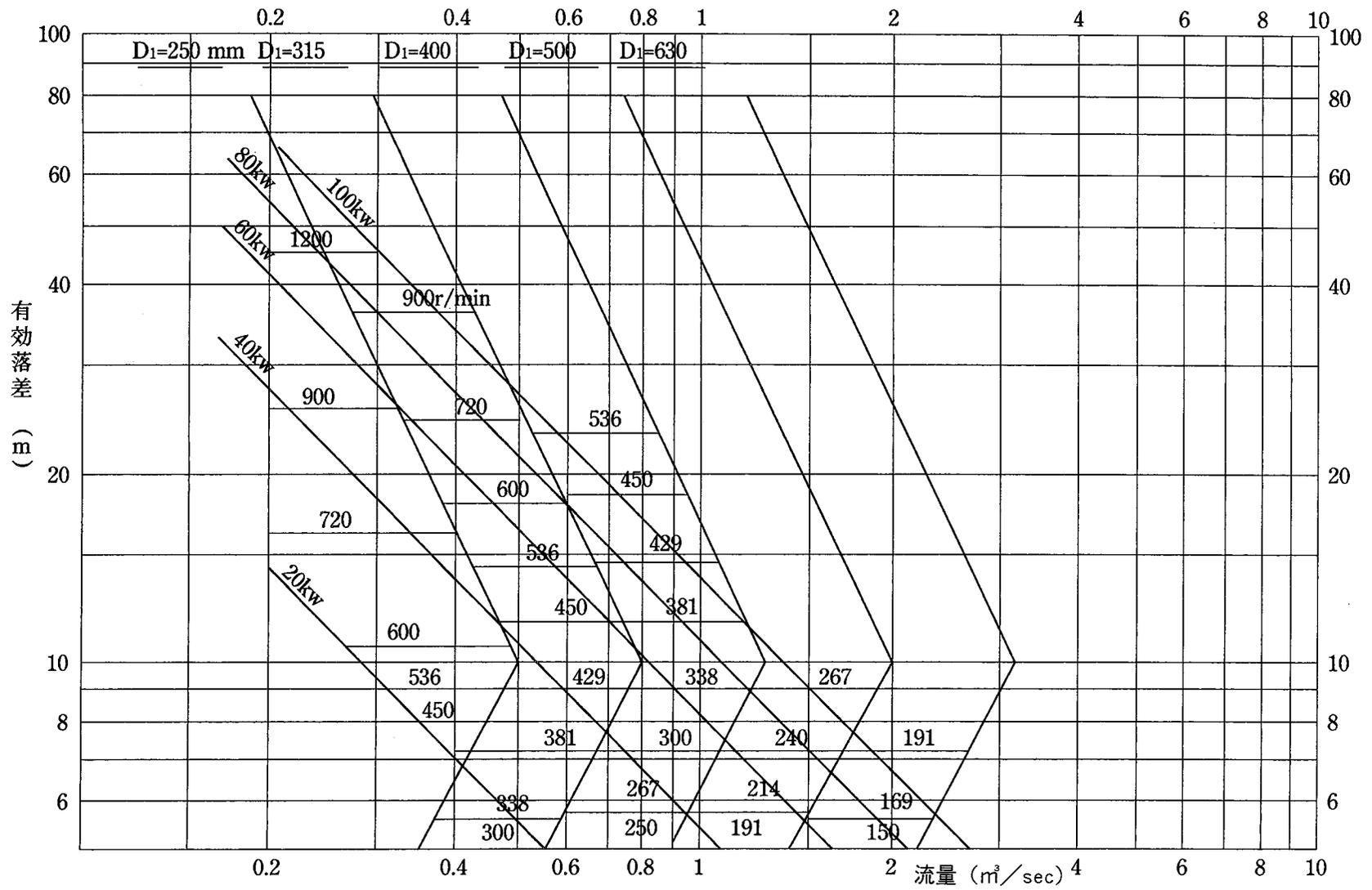


図4. 3-29 クロスフロー水車選定図 (60Hz)

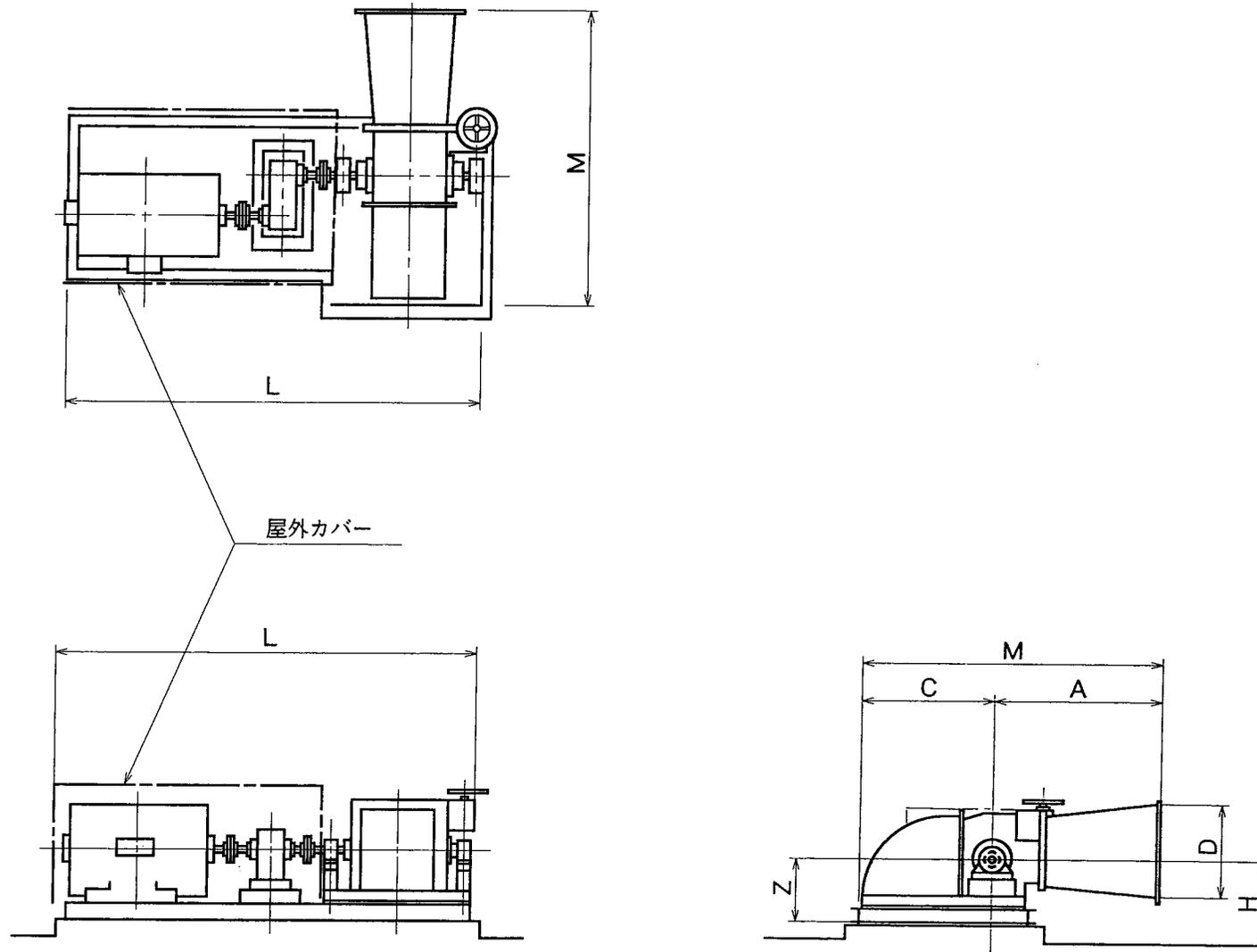


図4. 3-30 100kW未満標準化クロスフロー水車発電装置外形図 (ギヤー結合)

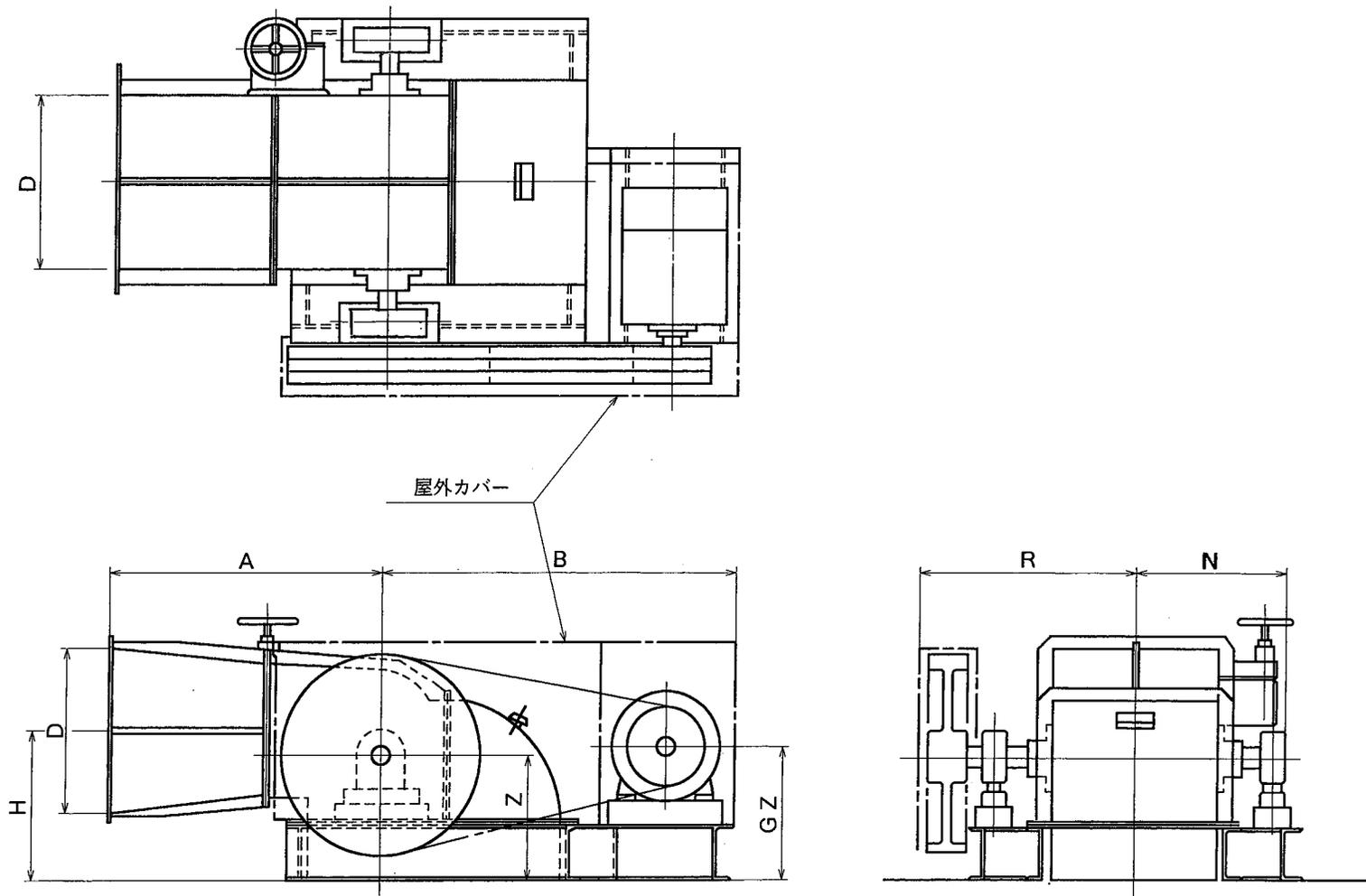


図4. 3-31 100kW未満標準化クロスフロー水車発電装置外形図（ベルト結合）

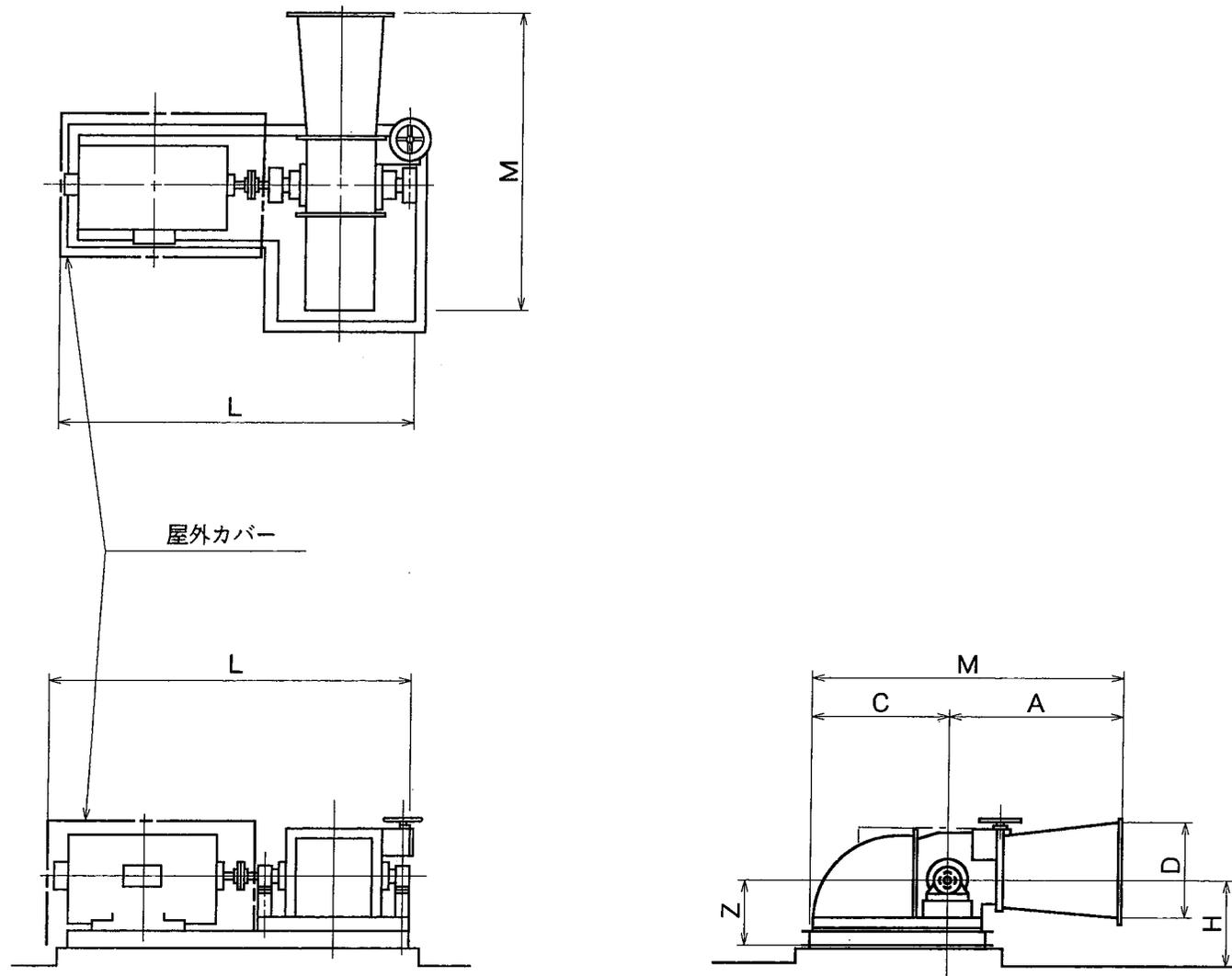


図4. 3-32 100kW未満標準化クロスフロー水車発電装置外形図(直結)

表4. 3-11 (1/4) 100KW未満標準化クロスフロー水車発電装置概略寸法及び概略基礎荷重表 (50Hz)

ケース		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
水 力諸 元	有効落差 (m)	20	40	60	10	20	30	5	10	15	20	5	10
	流量 (m ³ /s)	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8
	発電所出力 (kW)	24	48	74	23	48	78	17	35	54	74	22	48
水 車	回転速度 (r/min)	750	1,000	1,000	500	600	750	250	447	500	500	250	357
	ランナ径 (mm)	250	250	250	250	315	315	400	315	315	315	400	400
発 電 機	電 圧 (V)	440、220	440、220	440、220	440、220	440、220	440、220	440、220	440、220	440、220	440、220	440、220	440、220
	周 波 数 (Hz)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	極 数 (P)	D 8	D 6	D 6	V 6	D 10	D 8	V 6	V 6	D 12	D 12	V 6	G 6
主 要 寸 法 (mm)	D	300	300	300	400	400	400	500	500	500	500	600	600
	H	470	490	490	470	520	560	520	440	630	585	520	510
	Z	430	450	450	430	480	520	460	400	570	525	460	450
	GZ	—	—	—	430	—	—	430	430	—	—	430	—
	A	915	865	815	825	760	760	1,210	1,210	950	880	1,320	1,210
	B	—	—	—	1,330	—	—	1,500	1,310	—	—	1,560	—
	C	500	500	500	—	570	570	—	—	570	570	—	690
	R	—	—	—	670	—	—	800	800	—	—	950	—
	N	—	—	—	580	—	—	700	700	—	—	840	—
	M	1,415	1,365	1,315	—	1,330	1,330	—	—	1,520	1,450	—	1,900
	L	2,195	2,195	2,195	—	2,480	2,610	—	—	3,030	3,065	—	3,685
		概略基礎荷重 (t)	2.0	2.2	2.6	2.9	3.0	3.8	4.0	2.7	4.2	4.3	4.7
	適用外形図 図 番	4.3-30	4.3-30	4.3-30	4.3-31	4.3-30	4.3-30	4.3-31	4.3-31	4.3-30	4.3-30	4.3-31	4.3-32

(注) 1) D:直結 V:ベルト掛 G:増速機
 発電機極数 (P) 柵の記号

4. 3. 6 100kW未満チューブラ水車

1) 概要と特徴

(1) 概 要

- a) 100kW未満の標準化の場合は共通ベッド上に水車、発電機、増速機を設置し、屋内形一体型構造とした発電機駆動方法は直結、増速機付きの他に、Vベルト掛けも加えた3方式を採用した。
- b) 制御方式は単独運転のダミーロード方式を標準としているので、無拘束速度での連続運転が可能な設計となっている。
- c) 水車は通常落差を利用し、サイホン方式は採用していない。

(2) 適用範囲

100kW未満の標準化チューブラ水車の適用範囲を下記とする。

有効落差	2～8 m
流 量	0.5～3 m ³ /s
出 力	20～100kW
ランナ直径	400～800mm
	但し、立軸は400～630mm

(3) 特 徴

- a) 水車と発電機は共通ベースの上へのせ、一体形とする。
現地では共通ベースに水車、発電機をのせたまま据付することとし、現地工事の短縮を図った。
- b) ランナベーン、ガイドベーン共固定にする、負荷しゃ断時ガイドベーンを閉鎖できないため、逆方向スラストは考えない。

2) 特 性

(1) 効 率

100kW未満の標準化では、ランナベーン、ガイドベーンを固定とし、100%出力時の水車の効率を図4.3-33に示す。なお変落差時の変落差特性を図4.3-34に示す。

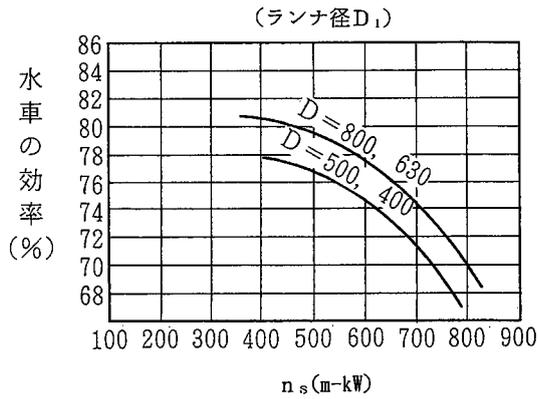


図4.3-33 水車の効率

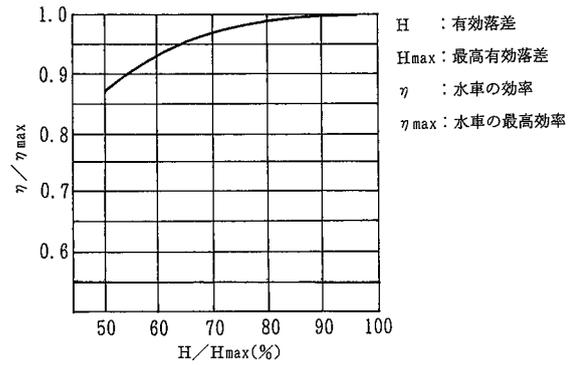


図4.3-34 変落差時の効率特性

(2) 吸出し高さ

比速度と吸出し高さの関係を図4.3-35に示す。

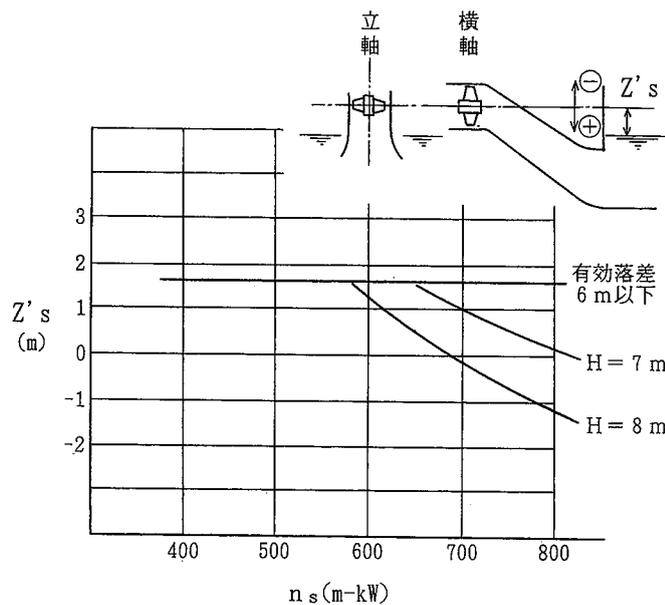


図4.3-35 比速度と吸出し高さ

(3) 運転範囲

100kW未満の標準化では、ランナベーン、ガイドベーン共固定にするため、その運転範囲は落差の変動により流量が変化する。その落差と流量範囲を図4.3-36に示す。

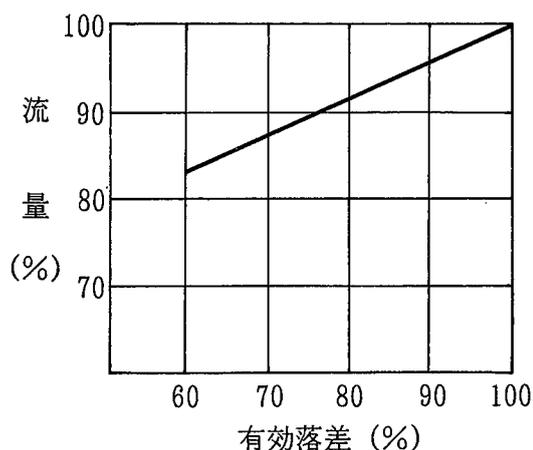


図4.3-36 運転範囲

3) 選 定

(1) 選 定 図

図4.3-38 (50Hz) 及び図4.3-39 (60Hz) にチューブラ水車選定図を示す。

この図中より、ランナ径、回転速度を選定する。

なお、発電機の回転速度は下記とする。

a) 直結時の発電機回転速度

50Hz	1,000r/min (6 P)	60Hz	900r/min (8 P)
	750r/min (8 P)		720r/min (10 P)
	600r/min (10 P)		600r/min (12 P)
	500r/min (12 P)		

尚、発電機容量に対する極数は下記とする。

6極、8極	20, 30, 40, 50, 75, 100kW
10極	30, 40, 50, 75, 100kW
12極	40, 50, 75, 100kW

b) 増速時の発電機回転速度 (横軸機のみ)

(a) 水車出力50kW以上の場合

増速機を標準とする。(増速機効率は96%とする。)

50Hz 1,000r/min (6 P)

60Hz 900r/min (8 P)

増速機の増速比はJIS標準系列、20系列による標準数とした。

(b) 水車出力50kW未満の場合

Vベルト掛を標準とする。(Vベルト効率は95%とする。)

50Hz 1,000r/min (6 P)

60Hz 900r/min (8 P)

標準Vプーリの最高周速は30m/sである。

(2) 選定例

50Hz地区、有効落差4 m、流量1.0m³/sの条件で水車を選定する場合を示すと次の様になる。

a. 図4. 3-37の縦軸、有効落差4 mと横軸、流量1.0m³/sの交点を選定するチューブラ水車となる。

b. 図より、
 ランナ径 500mm
 水車出力 約30kW
 回転速度 600r/min
 となる。

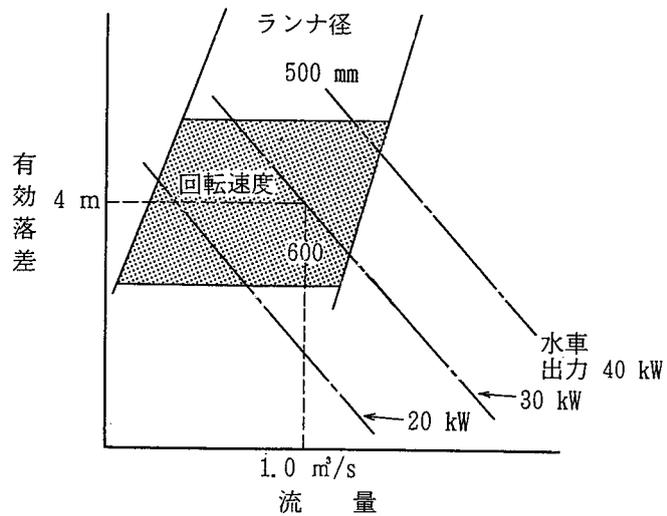


図4. 3-37 選定図

4) 概略寸法及び概略基礎荷重

- (1) 100kW未満チューブラ水車発電装置概略寸法を図4. 3-43、図4. 3-44、図4. 3-45、図4. 3-46に示す。
- (2) 表4. 3-12には100kW未満横軸チューブラ水車発電装置の組合せ概略寸法を示す。表4. 3-13には100kW未満立軸チューブラ水車発電装置の組合せ概略寸法を示す。
- (3) 表中の概略基礎荷重は(水車+発電機+共通ベース+水車内水重量)×1.2とした。
- (4) 100kW未満チューブラ水車発電装置の据付けに使用する移動クレーン等を計画する場合の最大吊上げ荷重は、概略基礎荷重×0.7を目安に選べばよい。

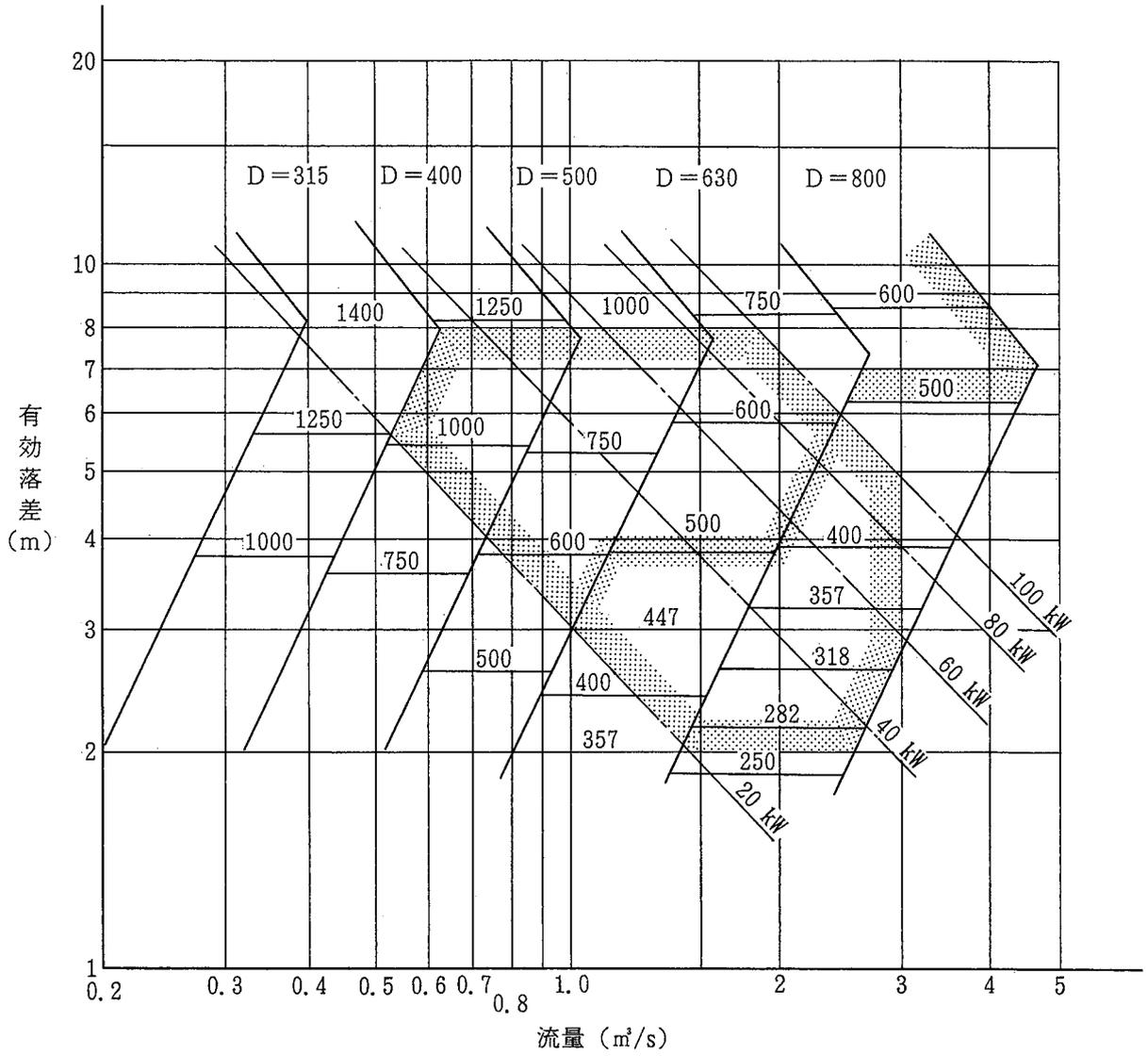


図 4 . 3 - 38 チューブラ水車選定図 (50Hz)

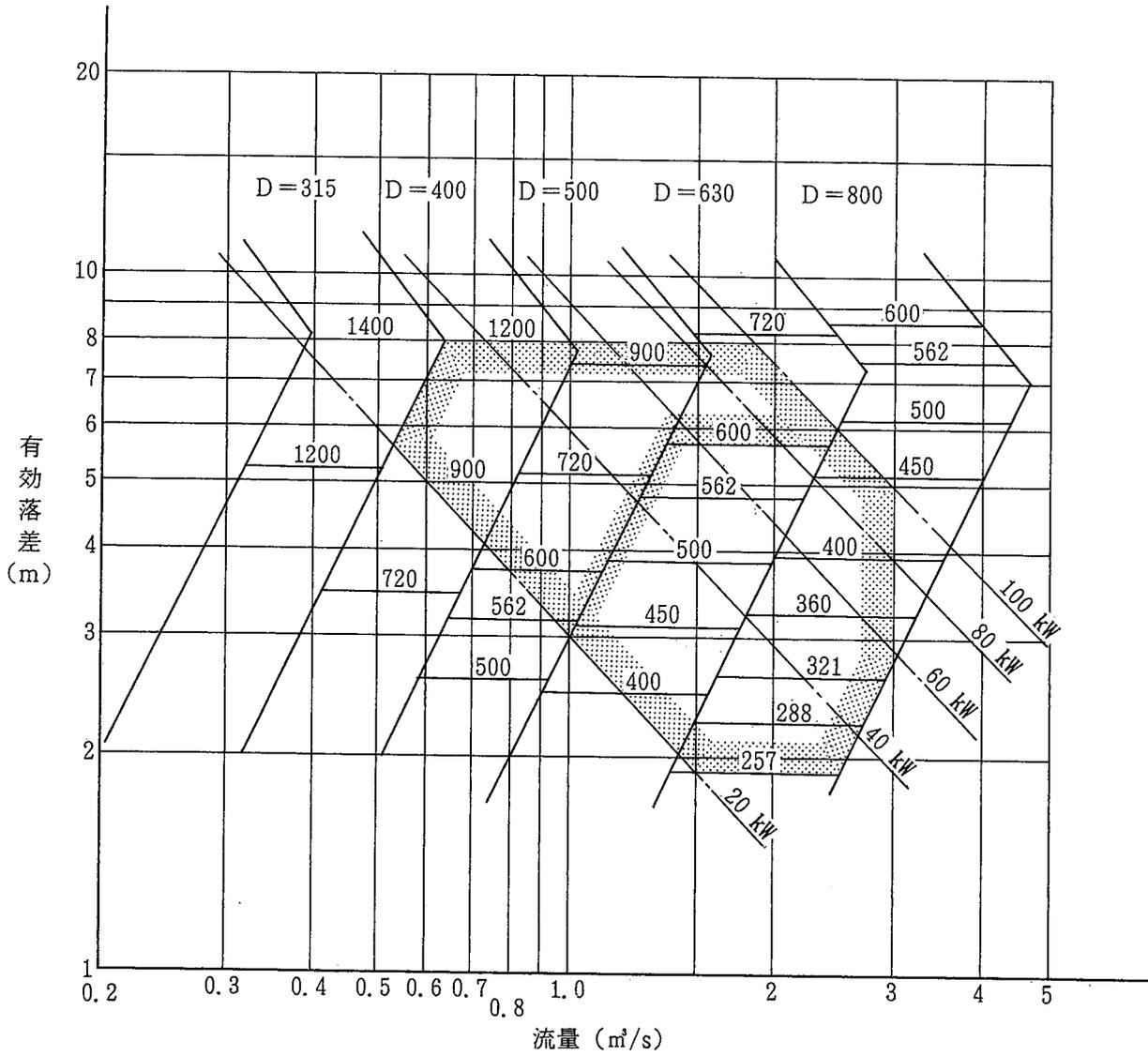


図 4 . 3 - 39 チューブラ水車選定図 (60Hz)

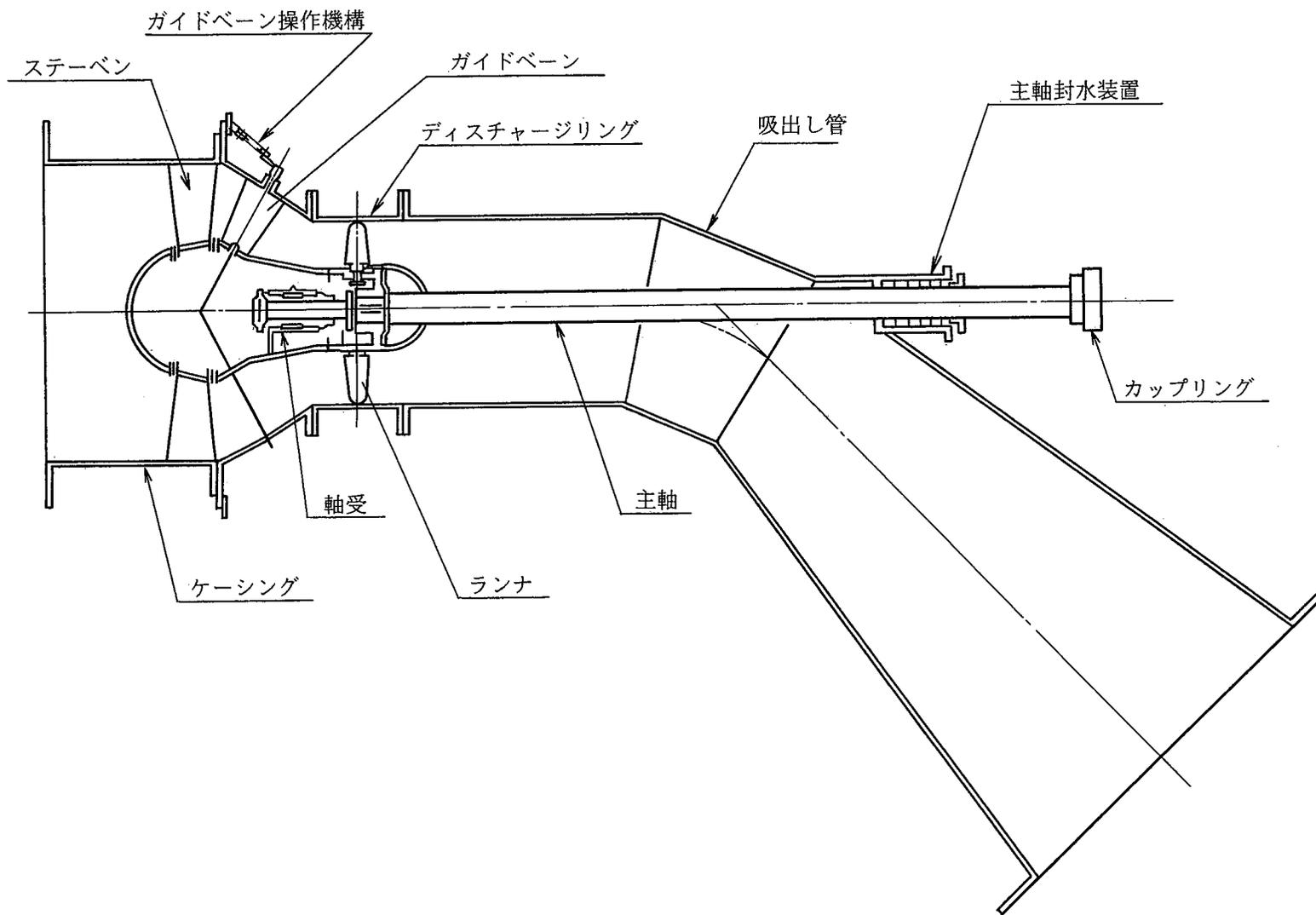


図4. 3-40 横軸チューブラ水車構造図 (直結及び増速機)

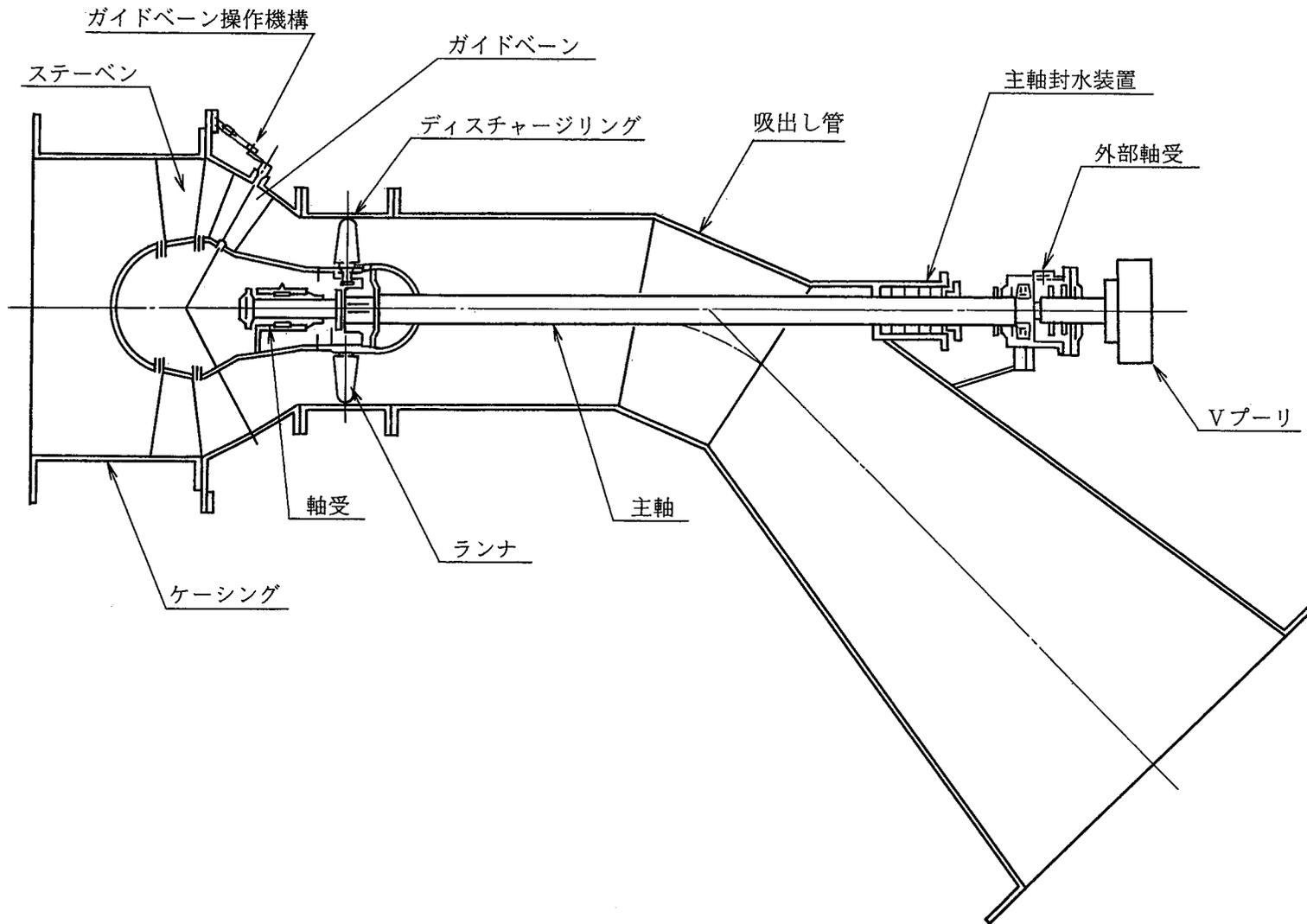


図4.3-41 横軸チューブラ水車構造図 (Vベルト掛け)

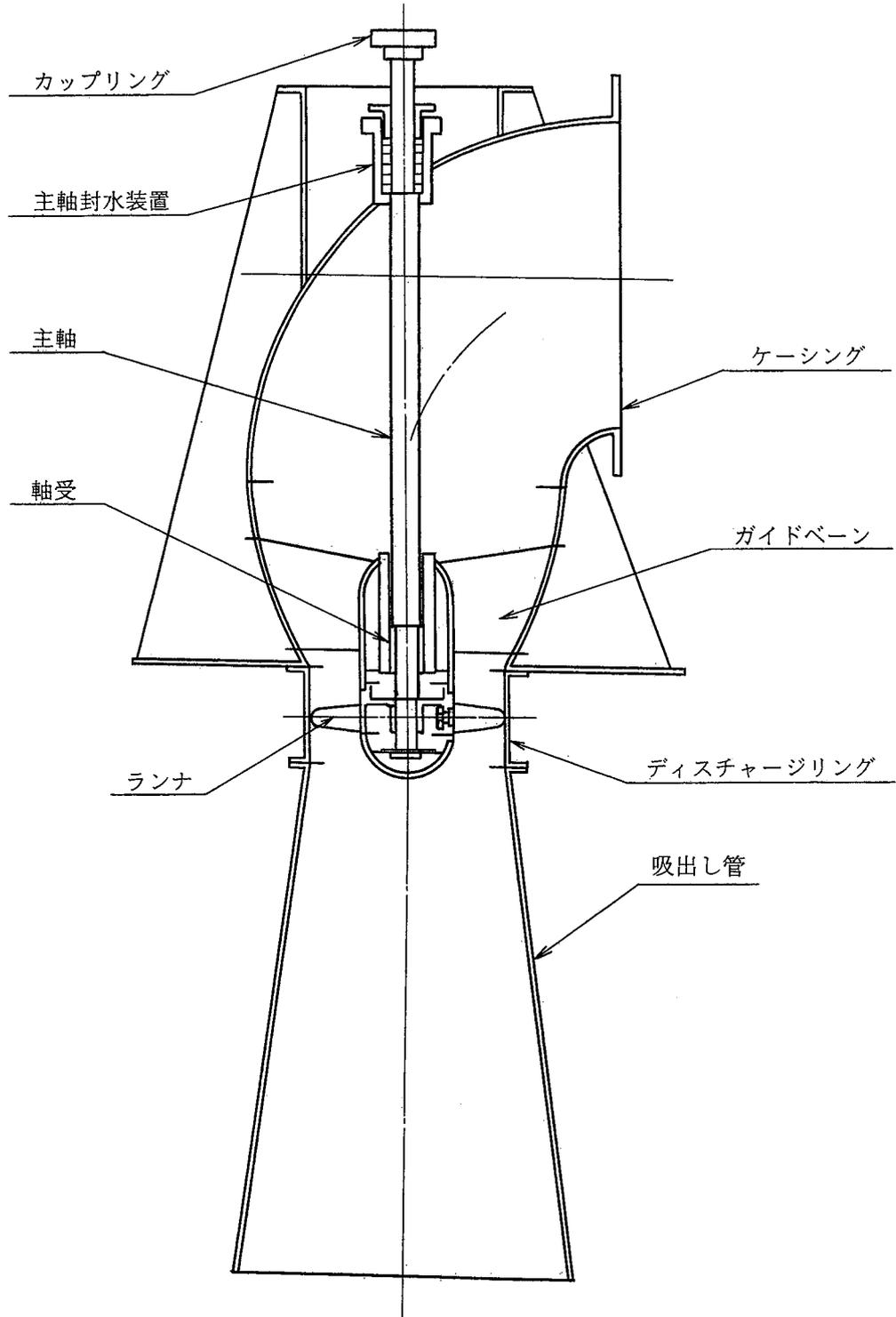


図 4 . 3 - 42 立軸チューブラ水車構造図

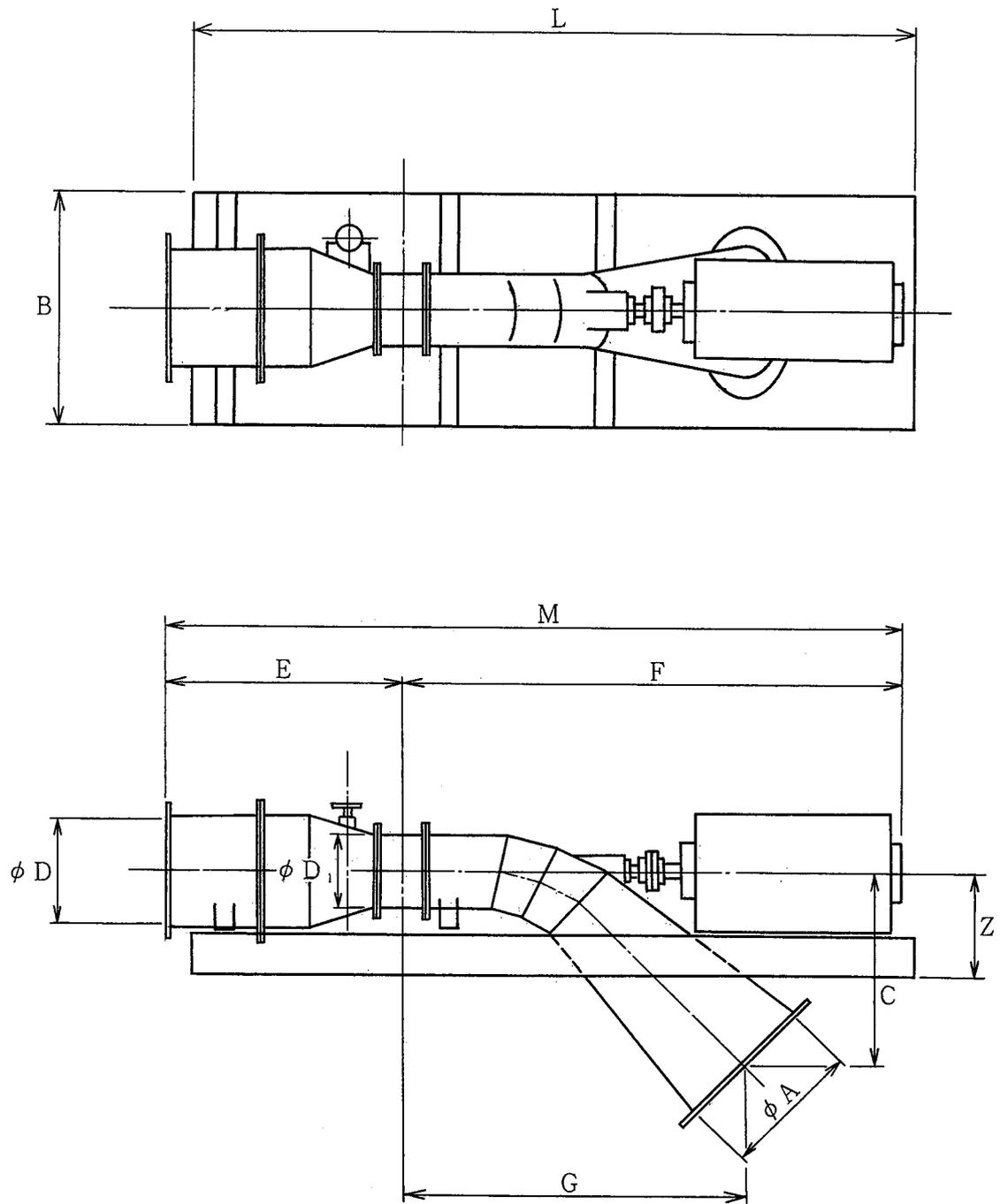


图 4 . 3 - 43 50KW以上直結外形寸法图

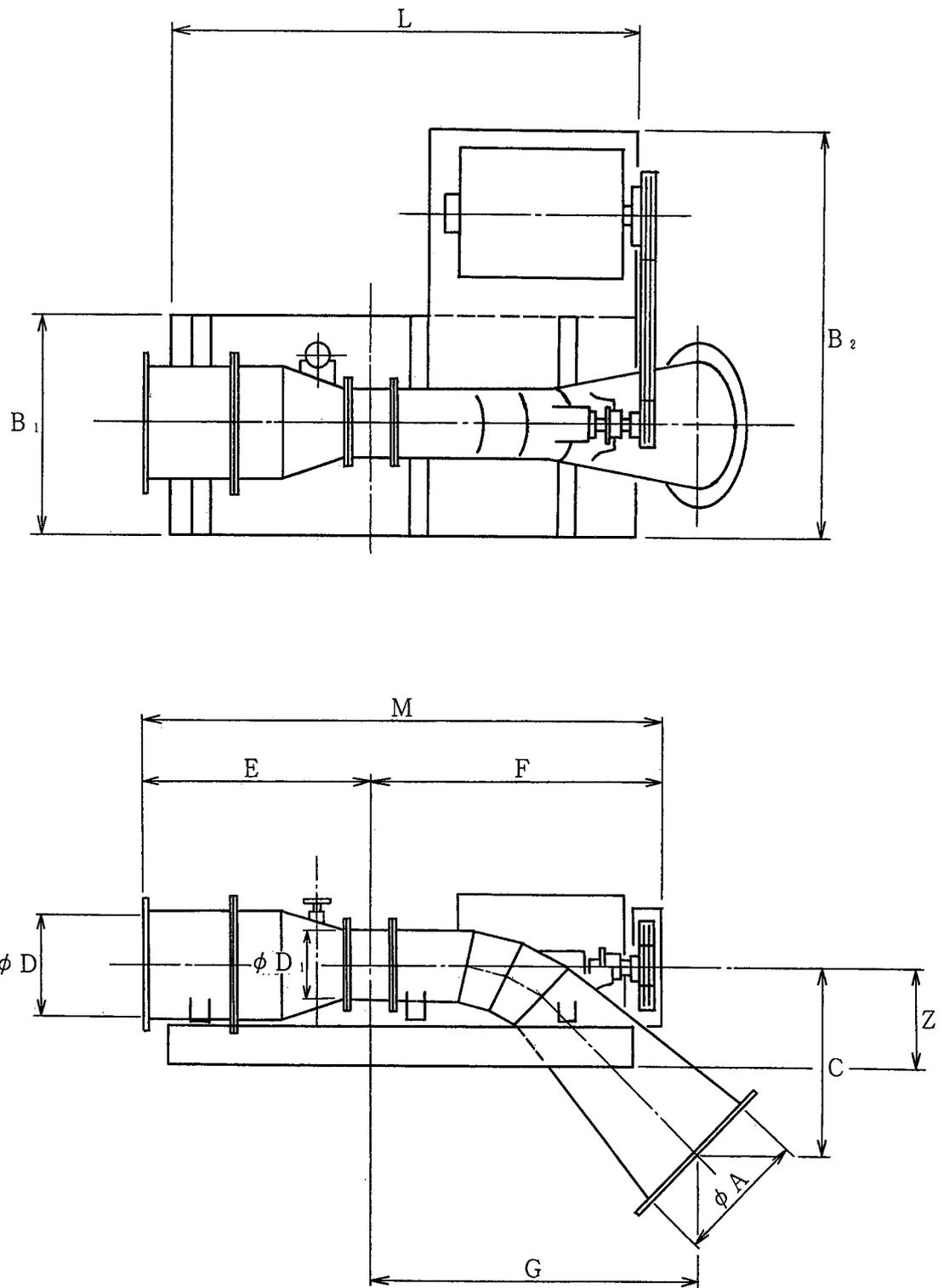


図 4 . 3 - 44 50KW未満Vベルト掛外形寸法図

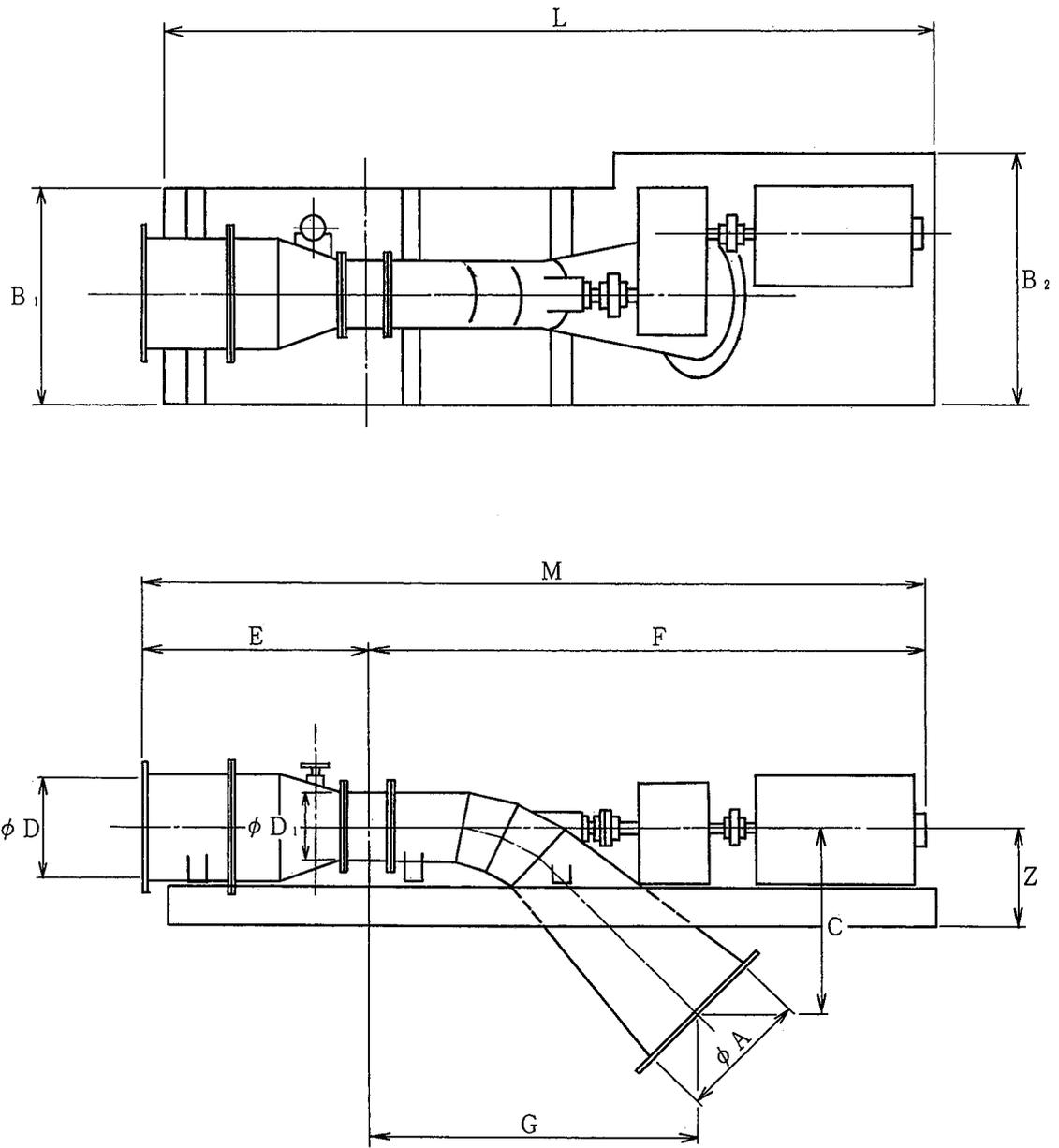


图 4. 3 - 45 50KW以上增速機外形寸法图

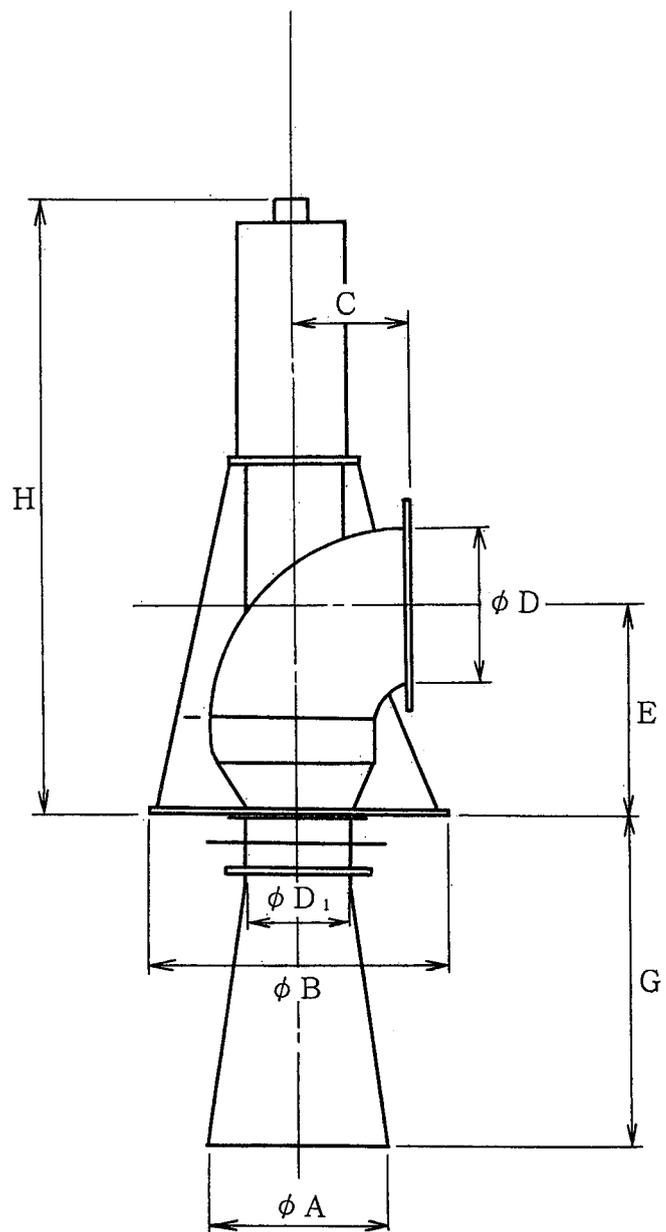


图 4 . 3 - 46 100KW 未滿立軸外形寸法圖

表 4. 3-12 (1/8) 100KW未満横軸チューブラ水車発電機の組合せ概略寸法表 (50Hz, 同期機)

ケース		1	2	3	4	5	6	7	8
水力諸元	有効落差 (m)	4	4	4	4	4	4	6	6
	使用流量 (m ³ /sec)	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.6	0.8
	発電所出力 (kW)	20	25	38	50	63	74	23	30
水車	回転速度 (r/min)	600	600	500	500	400	400	1000	1000
	ランナ径 (mm)	500	500	630	630	800	800	400	400
同期発電機	電 圧 (V)	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220
	回転速度 (r/min)	600	600	500	500	1000	1000	1000	1000
	極 数	D 10	D 10	D 12	D 12	G 6	G 6	D 6	G 6
寸法 (mm)	D	800	800	1000	1000	1200	1200	600	600
	A	900	900	1100	1100	1500	1500	700	700
	G	2000	2000	2270	2270	2730	2730	1720	1720
	C	1100	1100	1270	1270	1530	1530	920	920
	Z	630	630	730	730	830	830	530	530
	E	880	880	1100	1100	1400	1400	700	700
	F	3340	3340	3330	4070	5530	5530	3060	3060
	M	4220	4220	5030	5170	6930	6930	3760	3700
	L	4080	4080	4880	5020	6630	6630	3690	3690
	B	1360	1360	1570	1570	2000 (B1) 2200 (B2)	2000 (B1) 2200 (B2)	1140	1140
概略基礎荷重	ton	14.4	14.4	20.0	20.5	30.6	30.6	11.5	11.5
外形図		4.3-43	4.3-43	4.3-43	4.3-43	4.3-45	4.3-45	4.3-43	4.3-43

注) 1: D:直結, V:ベル掛, G:増速機

表 4. 3-12 (2/8) 100KW未満横軸チューブラ水車発電機の組合せ概略寸法表 (50Hz, 同期機)

ケース		9	10	11	12	13	14	15	
水力諸元	有効落差 (m)	6	6	6	6	8	8	8	
	使用流量 (m ³ /sec)	1.0	1.5	2.0	2.5	0.8	1.0	1.5	
	発電所出力 (kW)	39	59	76	98	39	52	81	
水車	回転速度 (r/min)	750	600	600	447	1000	750	600	
	ランナ径 (mm)	500	630	630	800	400	500	630	
同期発電機	電 圧 (V)	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	
	回転速度 (r/min)	750	600	600	1000	1000	750	600	
	極 数	D 8	D 10	D 10	G 6	D 6	D 8	D 10	
寸法 (mm)	D	800	1000	1000	1200	600	800	1000	
	A	900	1100	1100	1500	700	900	1100	
	G	2000	2270	2270	2730	1720	2000	2270	
	C	1100	1270	1270	1530	920	1100	1270	
	Z	630	730	730	830	530	630	730	
	E	880	1100	1100	1400	700	880	1100	
	F	3340	3740	3930	5140	3060	3380	4020	
	M	4220	4840	5030	6540	3760	4260	5120	
	L	4070	4690	4880	6230	3690	4110	4970	
B	1360	1570	1570	2000 (B1) 2200 (B2)	1140	1360	1570		
概略基礎荷重 ton		14.3	19.6	20.0	29.4	11.5	14.7	20.8	
外形図		4.3-43	4.3-43	4.3-43	4.3-45	4.3-43	4.3-43	4.3-43	

表 4. 3-12 (3/8) 100KW未満横軸チューブラ水車発電機の組合せ概略寸法表 (60Hz, 同期機)

ケース		1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'
水力諸元	有効落差 (m)	4	4	4	4	4	4	6	6
	使用流量 (m ³ /sec)	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.6	0.8
	発電所出力 (kW)	20	25	37	49	63	74	24	30
水車	回転速度 (r/min)	600	600	480	480	400	400	900	900
	ランナ径 (mm)	500	500	630	630	800	800	400	400
同期発電機	電 圧 (V)	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220
	回転速度 (r/min)	600	600	900	900	900	900	900	900
	極 数	D 12	D 12	V 8	G 8	G 8	G 8	D 8	D 8
寸法 (mm)	D	800	800	1000	1000	1200	1200	600	600
	A	900	900	1100	1100	1500	1500	700	700
	G	2000	2000	2270	2270	2730	2730	1720	1720
	C	1100	1100	1270	1270	1530	1530	920	930
	Z	630	630	730	730	830	830	530	530
	E	880	880	1100	1100	1400	1400	700	700
	F	3340	3340	2300	5060	5570	5570	3060	3060
	M	4220	4220	3400	6160	6970	6970	3760	3760
	L	4070	4070	3400	6010	6670	6670	3690	3690
B	1360	1360	1570 (B1) 2800 (B2)	1570 (B1) 1900 (B2)	2000 (B1) 2200 (B2)	2000 (B1) 2200 (B2)	1140	1140	
概略基礎荷重	ton	14.6	14.6	20.2	21.9	31.2	31.2	11.5	11.5
外形図		4.3-43	4.3-43	4.3-44	4.3-45	4.3-45	4.3-45	4.3-43	4.3-43

表4. 3-12 (4/8) 100kW未満横軸チューブラ水車発電機の組合せ概略寸法表 (60Hz, 同期機)

ケース		9'	10'	11'	12'	13'	14'	15'
水力諸元	有効落差 (m)	6	6	6	6	8	8	8
	使用流量 (m ³ /sec)	1.0	1.5	2.0	2.5	0.8	1.0	1.5
	発電所出力 (kW)	37	59	76	97	39	52	81
水車	回転速度 (r/min)	720	600	600	450	900	900	600
	ランナ径 (mm)	500	630	630	800	400	500	630
同期発電機	電 圧 (V)	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220
	回転速度 (r/min)	720	600	600	900	900	900	600
	極 数	D 10	D 12	D 12	G 8	D 8	D 8	D 12
寸法 (mm)	D	800	1000	1000	1200	600	800	1000
	A	900	1100	1100	1500	700	900	1100
	G	2000	2270	2270	2730	1720	2000	2270
	C	1100	1270	1270	1530	920	1100	1270
	Z	630	730	730	830	530	630	730
	E	880	1100	1100	1400	700	880	1100
	F	3340	3930	4070	5690	3060	3340	4170
	M	4220	5030	5170	7090	3760	4220	5270
	L	4070	4880	5020	6790	3690	4070	5120
B	1360	1570	1570	2000 (B1) 2200 (B2)	1140	1360	1570	
概略基礎荷重 ton		14.4	20.0	20.2	31.6	11.5	14.6	20.8
外形図		4.3-43	4.3-43	4.3-43	4.3-45	4.3-43	4.3-43	4.3-43

表 4. 3-12 (5/8) 100KW未満横軸チューブラ水車発電機の組合せ概略寸法表 (50Hz, 誘導機)

ケース		1	2	3	4	5	6	7	8
水力諸元	有効落差 (m)	4	4	4	4	4	4	6	6
	使用流量 (m ³ /sec)	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.6	0.8
	発電所出力 (kW)	20	25	38	50	67	76	24	31
水車	回転速度 (r/min)	600	600	500	500	400	400	1000	1000
	ランナ径 (mm)	500	500	630	630	800	800	400	400
誘導発電機	電 圧 (V)	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220
	回転速度 (r/min)	600	600	500	500	1000	1000	1000	1000
	極 数	D 10	D 10	D 12	D 12	G 6	G 6	D 6	D 6
寸法 (mm)	D	800	800	1000	1000	1200	1200	600	600
	A	900	900	1100	1100	1500	1500	700	700
	G	2000	2000	2270	2270	2730	2730	1720	1720
	C	1100	1100	1270	1270	1530	1530	920	920
	Z	630	630	730	730	830	830	530	530
	E	880	880	1100	1100	1400	1400	700	700
	F	2870	2870	3420	3780	5070	5190	2520	2520
	M	3750	3750	4520	4880	6470	6590	3220	3220
	L	3590	3590	4360	4730	6170	6290	3150	3150
B	1360	1360	1570	1570	2000 (B1) 2200 (B2)	2000 (B1) 2200 (B2)	1140	1140	
略基礎荷重 ton	14.1	14.1	19.3	19.5	30.1	30.4	11.0	11.0	
形 図	4.3-43	4.3-43	4.3-43	4.3-43	4.3-45	4.3-45	4.3-43	4.3-43	

表4. 3-12 (6/8) 100KW未満横軸チューブラ水車発電機の組合せ概略寸法表 (50Hz, 誘導機)

ケース		9	10	11	12	13	14	15	
水力諸元	有効落差 (m)	6	6	6	6	8	8	8	
	使用流量 (m ³ /sec)	1.0	1.5	2.0	2.5	0.8	1.0	1.5	
	発電所出力 (kW)	40	60	78	100	39	53	83	
水車	回転速度 (r/min)	750	600	600	447	1000	750	600	
	ランナ径 (mm)	500	630	630	800	400	500	630	
誘導発電機	電 圧 (V)	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	
	回転速度 (r/min)	750	600	600	1000	1000	750	600	
	極 数	D 8	D 10	D 10	G 6	D 6	D 8	D 10	
寸法 (mm)	D	800	1000	1000	1200	600	800	1000	
	A	900	1100	1100	1500	700	900	1100	
	G	2000	2270	2270	2730	1720	2000	2270	
	C	1100	1270	1270	1530	920	1100	1270	
	Z	630	730	730	830	530	630	730	
	E	880	1100	1100	1400	700	880	1100	
	F	2870	3400	3580	5190	2520	2940	3580	
	M	3750	4500	4680	6590	3220	3820	4680	
	L	3600	4350	4530	6270	3140	3660	4520	
B	1360	1570	1570	2000 (B1) 2200 (B2)	1140	1360	1570		
概略基礎荷重 ton		14.0	19.3	19.5	30.4	11.0	14.1	19.5	
外形図		4.3-43	4.3-43	4.3-43	4.3-45	4.3-43	4.3-43	4.3-43	

表4.3-12 (7/8) 100KW未満横軸チューブラ水車発電機の組合せ概略寸法表 (60Hz, 誘導機)

ケース		1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'
水力諸元	有効落差 (m)	4	4	4	4	4	4	6	6
	使用流量 (m ³ /sec)	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.6	0.8
	発電所出力 (kW)	20	25	39	52	66	76	24	31
水車	回転速度 (r/min)	600	600	480	480	400	400	900	900
	ランナ径 (mm)	500	500	630	630	800	800	400	400
誘導発電機	電圧 (V)	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220
	回転速度 (r/min)	600	600	900	900	900	900	900	900
	極数	D 12	D 12	V 8	G 8	V 8	V 8	D 8	D 8
寸法 mm	D	800	800	1000	1000	1200	1200	600	600
	A	900	900	1100	1100	1500	1500	700	700
	G	2000	2000	2270	2270	2730	2730	1720	1720
	C	1100	1100	1270	1270	1530	1530	920	920
	Z	630	630	730	730	830	830	530	530
	E	880	880	1100	1100	1400	1400	700	700
	F	2940	2940	3230	3300	5130	5250	2520	2590
	M	3820	3820	4330	4400	6530	6650	3220	3290
	L	3670	3670	4180	4250	6230	6350	3150	3220
B	1360	1360	1570	1570	2000 (B1) 2200 (B2)	2000 (B1) 2200 (B2)	1140	1140	
概略基礎荷重 ton		14.1	14.1	18.9	19.1	30.2	30.5	11.0	11.2
外形図		4.3-43	4.3-43	4.3-44	4.3-45	4.3-44	4.3-44	4.3-43	4.3-43

表4. 3-12 (8/8) 100KW未満横軸チューブラ水車発電機の組合せ概略寸法表 (60Hz, 誘導機)

ケース		9'	10'	11'	12'	13'	14'	15'	
水力諸元	有効落差 (m)	6	6	6	6	8	8	8	
	使用流量 (m ³ /sec)	1.0	1.5	2.0	2.5	0.8	1.0	1.5	
	発電所出力 (kW)	39	60	78	99	40	53	83	
水車	回転速度 (r/min)	720	600	600	450	900	900	600	
	ランナ径 (mm)	500	630	630	800	400	500	630	
誘導発電機	電 圧 (V)	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	
	回転速度 (r/min)	720	600	600	900	900	900	600	
	極 数	D 10	D 12	D 12	V 8	D 8	D 8	D 12	
寸法 (mm)	D	800	1000	1000	1200	600	800	1000	
	A	900	1100	1100	1500	700	900	1100	
	G	2000	2270	2270	2730	1720	2000	2270	
	C	1100	1270	1270	1530	920	1100	1270	
	Z	630	730	730	830	530	630	730	
	E	880	1100	1100	1400	700	880	1100	
	F	2990	3400	3770	5250	2590	2940	3770	
	M	3870	4500	4870	6650	3290	3820	4870	
	L	3720	4350	4720	6350	3220	3670	4720	
B	1360	1570	1570	2000 (B1) 2200 (B2)	1140	1360	1570		
概略基礎荷重 ton		14.3	19.5	20.0	30.5	11.2	14.2	20.0	
適用外形図図番		4.3-43	4.3-43	4.3-43	4.3-44	4.3-43	4.3-43	4.3-43	

表4.3-13 (1/4) 100KW未満立軸チューブラ水車発電機の組合せ概略寸法表 (50Hz, 同期機)

ケース		1	2	3	4	7	8	9	10	11	13	14	15
水力諸元	有効落差 (m)	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6	8	8
	使用流量 (m ³ /sec)	0.8	1.0	1.5	2.0	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	0.8	1.0	1.5
	発電所出力 (kW)	20	25	37	50	23	30	39	59	76	39	52	81
水車	回転速度 (r/min)	600	600	500	500	1000	1000	750	600	600	1000	750	600
	ランナ径 (mm)	500	500	630	630	400	400	500	630	630	400	500	630
同期発電機	電圧 (V)	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220
	回転速度 (r/min)	600	600	500	500	1000	1000	750	600	600	1000	750	600
	極数	10	10	12	12	6	6	8	10	10	6	8	10
寸法 (mm)	D	800	800	1000	1000	600	600	800	1000	1000	600	800	1000
	A	850	850	1070	1070	680	680	850	1070	1070	680	850	1070
	G	1580	1580	1980	1980	1270	1270	1580	1980	1980	1270	1580	1980
	C	550	550	690	690	440	440	550	690	690	440	550	690
	E	1030	1030	1300	1300	820	820	1030	1300	1300	820	1030	1300
	H	3140	3140	3720	3860	2740	2740	3140	3530	3720	2740	3170	3810
	B	1000	1000	1240	1240	800	800	1000	1240	1240	800	1000	1240
概略基礎荷重 ton		11.5	12.0	16.3	17.0	9.5	10.0	10.5	15.9	12.3	9.5	12.0	17.1
適用外形図番		4.3-46	4.3-46	4.3-46	4.3-46	4.3-46	4.3-46	4.3-46	4.3-46	4.3-46	4.3-46	4.3-46	4.3-46

注) 1: 立軸の場合水車と発電機は直結されるのでギア又はVベルト結合の場合のケースは除く。

表 4. 3-13 (2/4) 100KW未満立軸チューブラ水車発電機の組合せ概略寸法表 (60Hz, 同期機)

ケース		1'	2'	7'	8'	9'	10'	11'	13'	14'	15'		
水力諸元	有効落差 (m)	4	4	6	6	6	6	6	8	8	8		
	使用流量 (m ³ /sec)	0.8	1.0	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	0.8	1.0	1.5		
	発電所出力 (kW)	20	25	21	30	37	59	76	39	52	81		
水車	回転速度 (r/min)	600	600	900	900	720	600	600	900	900	600		
	ランナ径 (mm)	500	500	400	400	500	630	630	400	500	630		
同期発電機	電圧 (V)	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220	440, 220		
	回転速度 (r/min)	600	600	900	900	720	600	600	900	900	600		
	極数	12	12	8	8	10	12	12	8	8	12		
寸法 (mm)	D	800	800	600	600	800	1000	1000	600	800	1000		
	A	850	850	680	680	850	1070	1070	680	850	1070		
	G	1580	1580	1270	1270	1580	1980	1980	1270	1580	1980		
	C	550	550	440	440	550	690	690	440	550	690		
	E	1030	1030	820	820	1030	1300	1300	820	1030	1300		
	H	3140	3140	2740	2740	3140	3720	3860	2740	3140	3960		
	B	1000	1000	800	800	1000	1240	1240	800	1000	1240		
概略基礎荷重 ton		11.8	12.0	9.5	9.8	11.6	16.3	16.5	10.0	11.8	17.1		
外形図		4.3-46	4.3-46	4.3-46	4.3-46	4.3-46	4.3-46	4.3-46	4.3-46	4.3-46	4.3-46		

表4. 3-13 (3/4) 100KW未満立軸チューブラ水車発電機の組合せ概略寸法表
(50Hz, 誘導機)

ケース		1	2	7	
水力諸元	有効落差 (m)	4	4	6	
	使用流量 (m ³ /sec)	0.8	1.0	0.6	
	発電所出力 (kW)	20	25	24	
水車	回転速度 (r/min)	600	600	1000	
	ランナ径 (mm)	500	500	400	
誘導発電機	電圧 (V)	440, 220	440, 220	440, 220	
	同期) 回転速 (r/min)	600	600	1000	
	極数	10	10	6	
寸法 (mm)	D	800	800	600	
	A	850	850	680	
	G	1580	1580	1270	
	C	550	550	440	
	E	1030	1030	820	
	H	2660	2660	2190	
	B	1000	1000	800	
概略基礎荷重 ton		11.3	11.3	9.0	
外形図		4.3-46	4.3-46	4.3-46	

表4. 3-13 (4/4) 100KW未満立軸チューブラ水車発電機の組合せ概略寸法表
(60Hz, 誘導機)

ケース		1'	2'	7'	
水力諸元	有効落差 (m)	4	4	6	
	使用流量 (m ³ /sec)	0.8	1.0	0.6	
	発電所出力 (kW)	20	25	21	
水車	回転速度 (r/min)	600	600	900	
	ランナ径 (mm)	500	500	400	
誘導発電機	電圧 (V)	440, 220	440, 220	440, 220	
	同期) 回転速 (r/min)	600	600	900	
	極数	12	12	8	
寸法 (mm)	D	800	800	600	
	A	850	850	680	
	G	1580	1580	1270	
	C	550	550	440	
	E	1030	1030	820	
	H	2730	2730	2200	
	B	1000	1000	800	
概略基礎荷重 ton		11.3	11.3	9.5	
外形図		4.3-46	4.3-46	4.3-46	