

II-179 中小水力発電所型式（立軸、横軸）選定について

北電産業(株) 取締役 土木部長 正員 稲松敏夫 (技術士)

北電産業(株) 土木部 課 長 大沢久則

北電産業(株) 土木部 主 任 正員 〇有賀 明

1. はじめに 中小水力発電所の建設事業は、近年の石油危機を契機に見直され、最近特に活発化しており、水力発電計画の調査、設計業務は増々多忙なものとなる事が予想される。中小水力発電の現状での弱点は経済性（KWH当りの建設費）であり、これを克服する為、基本設計において最適使用水量及び最適施設と比較設計により立案しなければならぬ。この業務の中に発電所の型式（立軸型、横軸型）選定がある。3,000 KW以下及び10,000 KW以上は発電機が支配的となり小水力は横軸、大水力は立軸の傾向を示しているが、この中間規模は土木工事費と機器費の絡みから簡単には決らず、経済比較等により決定するまで時間を要し、最近の急を以て設計のネックとなっている。また、今後は5,000 KW程度の発電所の設計が多いと思われるので、筆者らが手がけた【上市川第三発電所（ $P=4,700\text{KW}$ $Q=4.8\text{m}^3/\text{s}$ $H=120.6\text{m}$ ）】等を参考に型式選定について取りまとめ、今後の設計業務が円滑に進められる様役立てたい。

2. 適用範囲

発電所の型式選定は、発電方式、出力、水車の種類によって考慮しなければならない要素が夫々違い、複雑になるので、今回は中落差に適用されている、フランス式水車を使った流れ込み式発電の中小水力（5,000 KW前後）の発電所を主に対象として選定に関する考察を行った。

3. 立軸、横軸発電所の特長

1) 立軸発電所（図-1参照） これは、発電所と水車との主軸が一直線上に垂直に接続されているもので、床面積が横軸に比べて小さくなる。よって狭小地での建設や、近傍に構造物があったり、地下式発電所に多く採用されている。

2) 横軸発電所（図-2参照） この方法は、発電機と水車とが同一床面に据付けられ、主軸が横に一直線上に接続されているもので、小容量の機械およびペルトン水車に広く採用されている。床面積が立軸に比べて大きくなるが、地下室が不要なので岩盤線が浅い場合は、掘削深さが小さくてすむ事と機器がすべて地上にあるので維持管理上有利である。

3) 総合効率〔発電効率 $\times$ 水車効率〕（図-3参照） 総合効率曲線については、図-3に示す通り、最大出力時は立軸フランス式水車（VF）の方が約1%程度良く、軽負荷時はこの逆となり横軸フランス（HF）の方が良い値となるのが普通である。

4. 経済比較

経済比較する項目としては、土木工事費、建築費、機械費、年間発生電力量があげられる。上市川第三発電所を例にとると、表-1の様になる。このケースは岩盤地上より、4.0mと比較的浅い位置にあったので、遂に横軸が有利となり、横軸フランス式水車を採用した。次に岩盤がもっと深い所（120M）にあった場合を想定し、試算した結果を表-2に示す。

5. 考 察 以上の試算及び過去の適用例（表-3）から判断すると中小水力の流れ込み式の発電所型式選定について次のことが言える。

- 1) よほど地形地質に恵まれない場所（狭小地等）でない限り一般には横軸が有利である。
- 2) 岩盤線が10m以上深くなると立軸が次第に有利となってくる。
- 3) 河川の洪水水位が高い場合、立軸は発電所床面を放水位より相当高くする事が出来る長所があるので、この

ようなケースには立軸が採用される。

以上のように概ね横軸が有利であるが、これは立軸の機械費が横軸のそれより相当高い事と、流れ込み発電であるとVFの最大出力時に効率が良いというメリットが発揮されず電力増の利益が少ないからと考えられる。

6. あとがき 以上発電所型式選定について筆有うなりにまとめてみたが、まだ不十分な点も多く、今後もう少し発電規模の大きいものや、ダム式などについても検討を望む必要があると思われる。

図-1 立軸発電所断面図 5% $\times$ 100

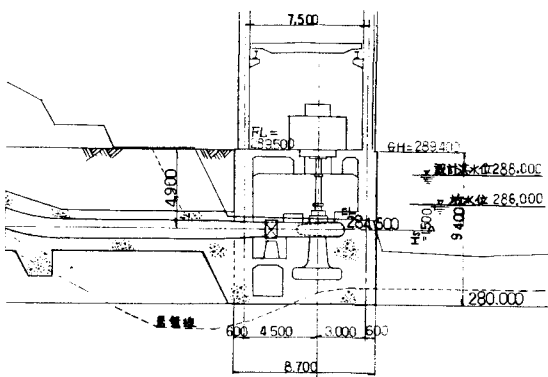


図-2 横軸発電所断面図 5% $\times$ 100

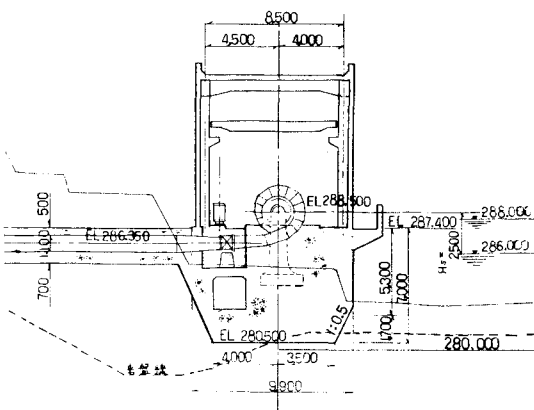


図-3 総合効率曲線

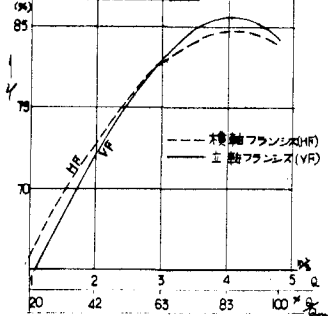


表-1 立軸・横軸建設費の比較 (上川第三区)

項目	単価	立軸 数量場	立軸 金額場	備考
土木				
掘削	2,000円	100m³	200千円	
コンクリート	21,000	30	630	型枠こみ
運搬	600	1,000	600	
計			1,430千円	
機械				
水車	2,500円	8台	20,000千円	45t-35t
発電機	2,500	3	7,500	41t-38t
ケーブル			1,000	
工事費			900	0.3%
その他			100	
計			29,500千円	
建築	33円/m²	600m²	19,800千円 (概算)	立-8 $\times$ 12 $\times$ 9 横-17 $\times$ 9.5 $\times$ 9
合計			11,130千円	
年間KWH場	15% $\times$ 1000	33,000kWh	495千円	立-20,583kWh 横-20,550kWh

年々率を0.15として収支計算は次の通りである。

$11,130 \times 0.15 - 495 = 1,300$ (概算)

以上より立軸は年間1,300千円ある。

(注) 横軸を0として計上した。

表-2 岩盤線が12mの位置の場合

項目	立軸の増減	横軸	備考
土木費	-7,260千円	0	立軸-32,400千円 横軸-39,660千円
建築費	-19,800	0	
計	-27,060		
機械費	29,500	0	
合計	2,440千円		
年間発電 電力量	495千円	0	$33,000 \times 15\%$
同様に収支計算すると			$2,440 \times 0.15 - 495 = -105$ (概算)
			(390,400)

僅かに立軸が有利となる。

表-3 適用例

河川名称	出力(MW)	型式	設置深さ(m)	備考
内川	2.2	HF	6.0	
上市川第三	4.7	HF	4.0	
横川第一	5.1	HF	10.0	
早月	6.0	VK	16.0	狭小地 民営利
新内川	7.4	VF		ダム造成
笹倉第二	10.2	HF	12.0	
北小谷	10.5	VF	9.0	狭小地 国営利

(注) HF: 横軸フランシス

VF: 立軸フランシス

VK: 立軸カプソン