

II-12 高見発電所，取・放水口の水利模型実験

北海道電力㈱ 正員 南部 節雄
北海道電力㈱ ○ 佐々木 晃
北海道電力㈱ 正員 松下 啓郎

1. まえがき

高見発電所は新設の高見貯水池（高見ダム：ロックフィルダムで高さ120m，総貯水容量 $229 \times 10^6 \text{ m}^3$ ，有効容量 $149 \times 10^6 \text{ m}^3$ ）を上部池とし，既設の静内調整池（総貯水容量 $29.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ ，有効容量 $7.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ ）を下部池としてこの間の有効落差104.5mを利用して，最大200MWの発電を行う混合式揚水発電所である。使用水量の最大は，発電時 $115 \text{ m}^3/\text{s} \times 2$ 台，揚水時 $101 \text{ m}^3/\text{s} \times 2$ 台であり，この取・放水に関する水利設計を，水利模型実験によって検討し，当地点における工作物の形状の適性を確認した。

2. 取水口の水利模型実験

2.1 基本設計

本実験の目的は，発電時における取水口の流速分布を均等化するとともに，流入渦の発生防止をする。また揚水時には発電時と同様に流速分布の均等化をはかるとともに，上部池の低水位における対岸に及ぼす影響などであり，基本設計を図-1に示す。なお取水口は，表・中層の選択取・放水設備である。

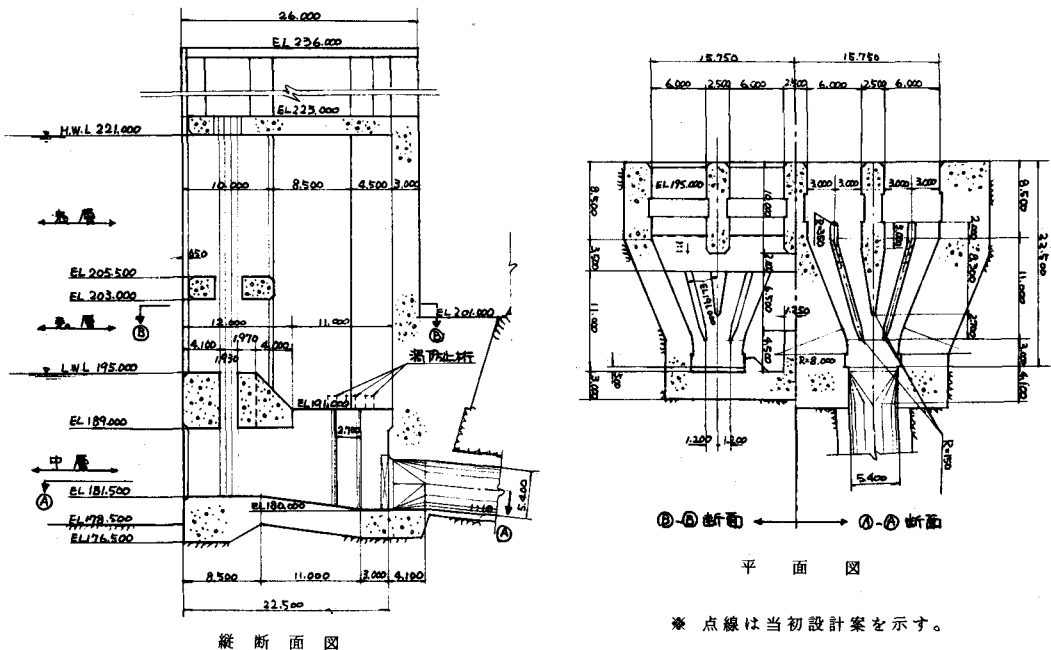


図-1. 取水口基本設計図

2.2 実験設備と相似律

水利実験用模型は縮尺 $1/36$ の幾何学的に相似な三次元模型とし，取水口の1台分をアクリル部と木製部に分けて製作した。

相似律は重力の影響が支配的となるため，フルードの相似律を適用した。

2.3 実験結果

当初の設計案は表層揚水時において水圧鉄管路内の速い流れが、十分拡散しないで下部選択ゲートに衝突する流況を呈した。このためゲートの振動等に関して構造上、若干の不安があるのでゲートに衝突する流況を緩和するため、下部の水圧鉄管側横桁の幅を広げ、ゲート前面に死水域を設けた効果について検討を行った。この結果、横桁幅を4m広げることにより、流れはゲートに衝突しないでスムーズに流出し、スクリーン部の最大流速は当初設計案の3.2 m/s から2.5 m/s に減じた。

最終的に図-1に示す基本設計図による実験を行い、次の結果を得た。流速測定の平面的な位置を図-2に示す。

2.3.1 発電時の流況

(1) 中層からの取水

取水ロススクリーン部における流入流速の測定結果は図-3に示すように、ほぼ一様な流速分布であり、流入性状は良好である。また取水口内に懸念された流入渦は発生しないので、取水口内の渦防止桁は必要ないことを実験的に確認した。

(2) 表層からの取水

表層取水の下端をEL195mとし、上部池水位を取水深5mとした場合のWL200mと6mのWL201mならびに7mのWL202mとした場合のスクリーン位置における流入流速の検討を行った。この測定結果を図-3に示す。いずれも良好な流入性状である。

しかし、取水深の変更に伴いゲート天端をEL200mに設定した場合に上部池水位がWL204~205.5mの範囲では横桁間の水面が動揺し、取水口内の水面も不安定となる。したがって上部池水位が横桁標高付近の場合のゲート天端の設定は必要なゲート開度に横桁高を加えた高さだけ水面より下げる必要があることがわかった。

2.3.2 揚水時の流況

(1) 中層からの放水

取水ロススクリーン部における流出流速の結果は図-4に示すように、取水口敷付近が速く、天端付近が遅い流速を示している。この場合の最大流速は2.7 m/s 程度であるが、この値はトンネル内の平均流速4.41 m/s の約60%であり、この種の形状の取水口においては、ほぼ妥当な値である。また、取水口先20m地点の流速は最大0.9 m/s 程度である。

(2) 表層からの放水

表層取水と同様な検討を行い、その結果を図-4に示す。貯水池の水面付近の流出流速はいずれの場合も2 m/s 強であるが、流出性状はかなり良好である。しかし、上部池水位が横桁付近の場合は取水時と同様に考える必要がある。また、取水口先20m地点の流速は、ゲート開度

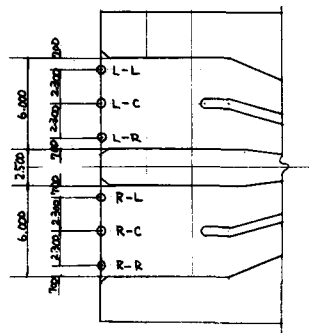


図-2. 測定位置図

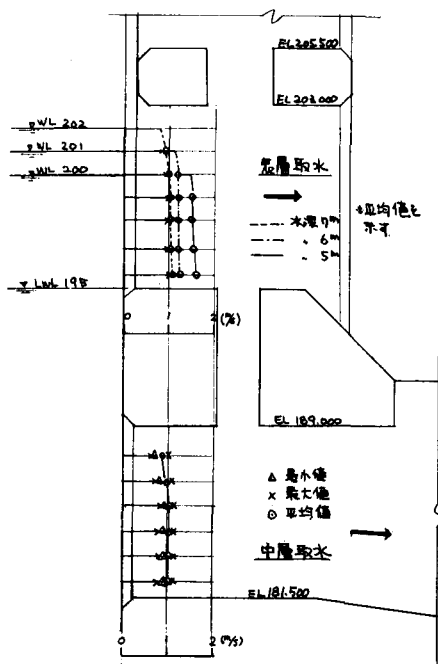


図-3. 発電時の流速分布

($Q = 230 \text{ m}^3/\text{s}$)

5 m の場合で最大 1.7 ‰ 程度である。

2. 3. 3 最終設計案

水理模型実験の結果をまとめると下記のとおりであり、最終設計案は図-1に示したものとする。

- (1) 発電時ならびに揚水時とも良好な流況を示す。ただし、上部池水位が横桁付近での取・放水については、ゲート開度の調整が必要である。
- (2) 発電時に懸念された流入渦に対する対策は必要としないことが確認された。
- (3) 揚水時における対岸への影響は、対岸距離、約 600 m あることから影響はないものと推定される。

3. 放水口の水利模型実験

3. 1 基本設計

本実験の目的は、発電時における放水口からの流速分布を均等化するとともに、下部池の低水位における対岸の洗掘の防止をはかる。

また揚水時に取水する場合の下部池水位と限界取水量との関係、土砂の流入を防止する

ための放水口前面堆砂標高の決定、渦の発生防止等であり、基本設計案を図-5に示す。

3. 2 実験設備と相似律

水理実験用模型は、縮尺 $\frac{1}{46.7}$ の幾何学的相似な三次元とし、地形は放水口センターを中心に上流側 70 m、下流側 70 m の範囲を復元した。放水口前面河床は、洗掘状況検討のため移動河床とした。放水口は、木製部とアクリル部分に分けて製作した。

相似律は重力の影響が支配的となるため、フルードの相似律を適用した。

3. 3 実験結果

3. 3. 1 発電時の流況

(1) 流出流速分布および対岸の流速

発電時に下部池水位 L.W.L 103 m, M.W.L 106 m, H.W.L 109 m に対して放水口出口から対岸までの流速分布を測定し図-6に示す。

- (イ) 下部池水位 L.W.L の場合、放水口出口の最大流速は約 4.2 ‰ で、設計平均流速 3.54 ‰ の約 1.2 倍であり、良好な流出性状であると判断される。また対岸の流速は 1.5 ‰ 程度であるが、この値はこの河川に 500 ‰ 程度の洪水が流下する場合の流速に相当するものと推定される。
 - (ロ) 下部池水位 M.W.L の場合、放水口出口の最大流速は約 2.7 ‰ であり、L.W.L の場合に比べて約 65% に減じている。この場合対岸の流速は約 1.1 ‰ である。
 - (ハ) 下部池水位 H.W.L の場合、放水口出口の最大流速は約 2.5 ‰ であり、L.W.L の場合に比べて約 60% に減じている。また対岸の流速は約 0.7 ‰ である。
- (2) 下部池堆砂面の流況に及ぼす影響および砂礫の移動

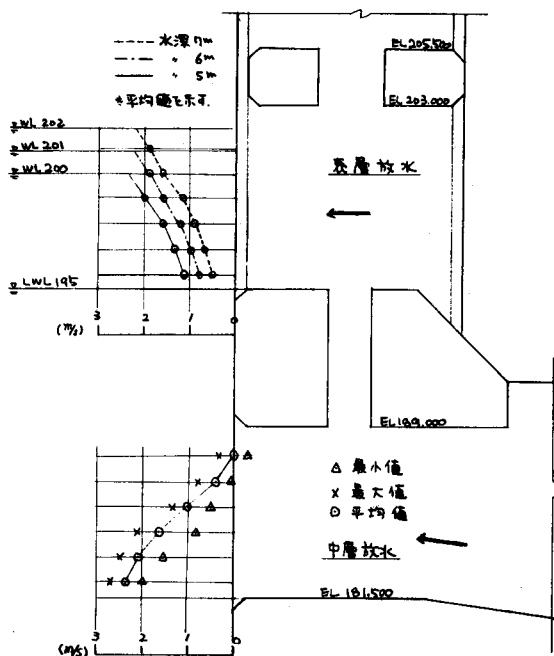


図-4. 揚水時の流速分布

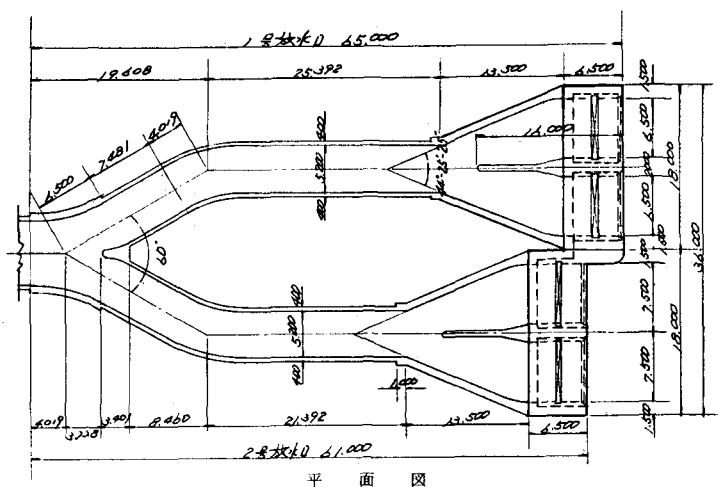
($Q = 202 \text{ ‰}$)

下部池内の流況は、堆砂面標高により異なるので、下部池水位L.W.L103mに対して堆砂面がE.L98m、99m、100mとなった場合について下部池内の流速を測定した。河床標高と堆砂面流速の関係を図-7に示す。

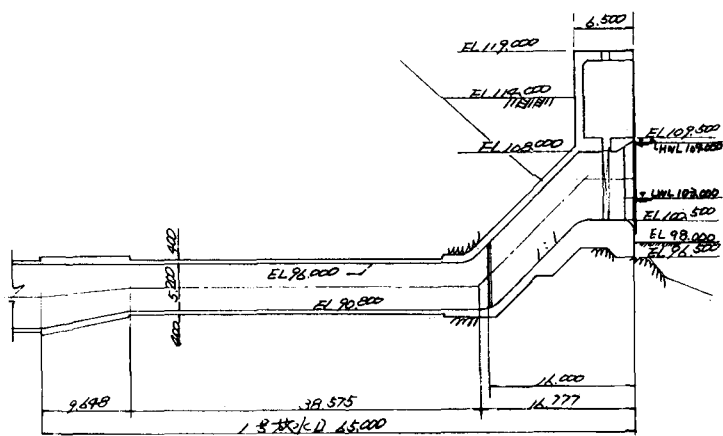
放水口先10m地点における砂礫の移動は、流速は実験値を用い、移動粒径は文献(河川工学)にもとづき推測すると表-1のようになる。

表1. 放水口先10m地点の砂の移動

河床高	発電時	
	平均流速 (m/sec)	粒径(mm)
E.L 100	1.7	40
E.L 99	1.25	15
E.L 98	0.8	5



平面図



縦断面図

図-5. 放水口基本設計図

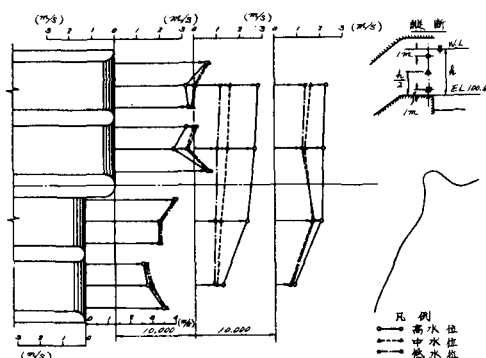


図-6-(1) 放水口発電時流況

$$\text{L.W.L } 103.000 \quad Q = 230 \frac{m^3}{s}$$

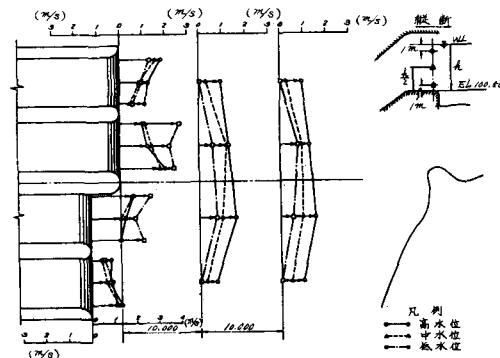


図-6-(2) 放水口発電時流況

$$\text{M.W.L } 106.000 \quad Q = 230 \frac{m^3}{s}$$

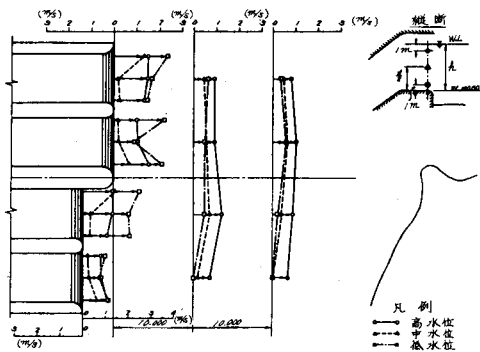


図 - 6 - (3) 放水口発電時流況

H.W.L 109.000 $Q = 230 \frac{m^3}{s}$

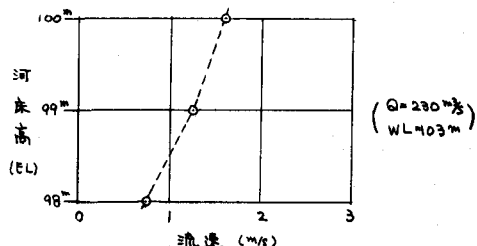


図 - 7 . 河床標高と堆砂面流速の關係

(放水口 10 m 先)

3. 3. 2 揚水時の流況

(1) 流入流速分布

下部池水位が低い場合の揚水可能量を実験的に求めると図 - 8 のようになり、L.W.L でほぼ最大 $202 \frac{m^3}{s}$ の揚水が可能であることが認められた。揚水時に、下部池水位が WL103.5m, M.W.L 106m, H.W.L 109m に対して放水口の流入流速を測定し図 - 9 に示す。

(イ) 下部池水位 W.L 103.5m の場合、最大流入流速は $2.6 \frac{m}{s}$ 程度であり、設計平均流速 $2.88 \frac{m}{s}$ より小さい値である。これは測定位置、流向のちがいによるものであり、かなり良好な流入性状である。

(ロ) 下部池水位 M.W.L 106m の場合、最大流入流速は $1.3 \frac{m}{s}$ 程度であり良好な流入性状である。

(ハ) 下部池水位 H.W.L 109m の場合、最大流入流速は $0.9 \frac{m}{s}$ 程度であり、良好な流入性状である。

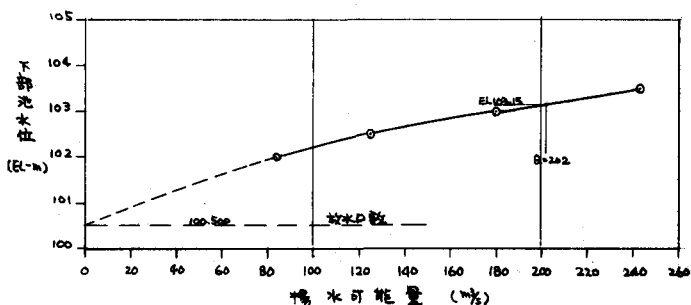


図 - 8 . 下部池水位 ~ 揚水量の關係

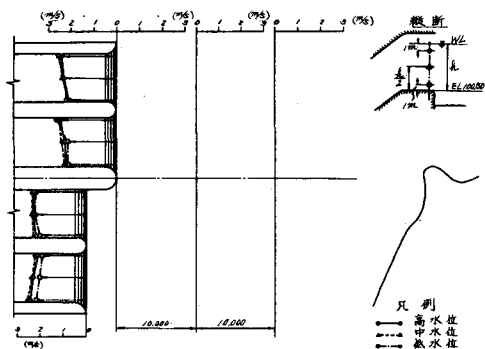


図 - 9 - (1) 揚水時流況

W.L 103.500 $Q = 202 \frac{m^3}{s}$

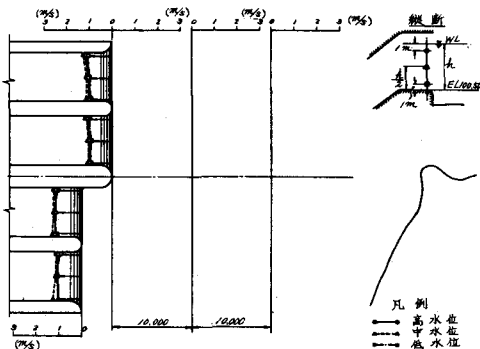


図 - 9 - (2) 揚水時流況

M.W.L 106.000 $Q = 202 \frac{m^3}{s}$

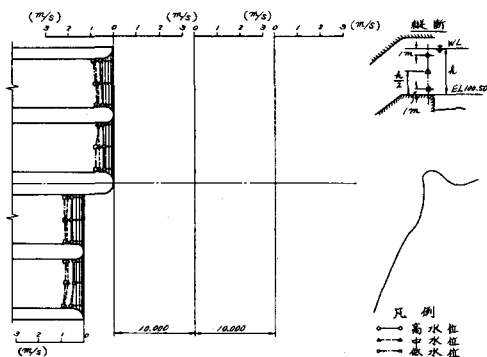


図-9-(3) 揚水時流況

$$H.W.L109.000 \quad Q=202 \frac{m^3}{s}$$

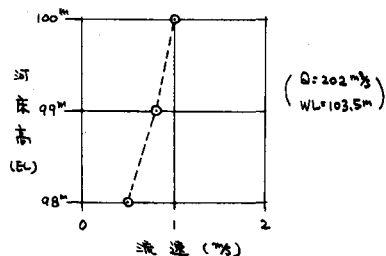


図-10. 河床標高と堆砂面流速の關係

(放水口10m先)

以上(1)~(4)の実験によれば、良好な流入性状を示し、特に流入渦に対する対策も必要でないことが認められた。

(2) 下流堆砂面の流況に及ぼす影響および砂礫の移動

下部池水位WL103.5mとし、堆砂面がEL98m, 99m, 100mに対する下部池内の流速を測定した。河床標高と堆砂面流速の關係を図-10に示す。

放水口先10m地点における砂礫の移動を発電時と同様に推則すると表-2のようになる。

表2 放水口先10m地点の砂の移動

河床高	揚水時	
	平均流速 (m/sec)	粒径(mm)
EL 100	1.0	10
EL 99	0.9	7.5
EL 98	0.5	1

3.3.3 最終設計案

水理実験の結果をまとめると下記のとおりであり、最終設計案は、図-5に示した基本設計案とする。

- (1) 基本設計案形状は、発電時ならびに揚水時とも良好な流況を示す。特に揚水時に懸念された流入渦に対する対策も必要としないことが確認された。
- (2) 発電時の放流水が対岸に及ぼす影響は、 $Q=500 \frac{m^3}{s}$ 程度の洪水の流下時の流況に相当するものと推定される。
- (3) 下部池堆砂標高の流況に及ぼす影響は、堆砂面標高の低い方が流速が小さいことが確認された。当放水口の堆砂標高は、しゅんせつを行い、EL98mとするので、実験ケース中の最も良好な流況を示すものと考えられる。
- (4) 堆砂礫の移動については、発電放流時の速い流れによって移動した調整池内の堆積物は、揚水時の遅い流れでは、放水口の方に(上流に向かって)移動しないものと推定される。したがって、砂礫の移動による濁水については、他の地点における揚水発電所の放水口において、最初の発電放流において、濁水の発生がみられたが、その後は特に問題がないとの報告があり、同様の経緯を経るものと考えられる。

4. あとがき

高見発電所の取・放水口工物の水理設計は前述のとおり基本設計の形状で中規模混合揚水式発電所としての運転に適性な性状と機能が得られることが水理模型実験によって確認された。

現在(55.12末)、取水口工事は58%、放水口工事は57%の進ちょく率に達し、昭和58年12月、1号機の運開をめざし、鋭意施工中である。

参考文献

- (1) 丸岡計；電力中央研究所報告380513，昭和55年8月
- (2) 吉川秀夫；河川工学，朝倉土木工学