

## 49 水中ポンプ方式による揚水機場について

石狩川開発建設部 目黒正二  
" 小林俊男

### まえがき

河川改修の進捗に伴い、堤外地に取残される大、中小の種々の揚水機場の処置を如何にするか？河道内に取残すと洪水疎通の障害となり又出水が高くなると洪水の侵入等で揚水機場に損傷を与えることとなる。用水樋門を作り堤内に導水し堤内用地外において揚水するのが一番望ましいのであるが、非常に工費が嵩むことおよび河床が安定しない場合はその取水位導水路の敷高決定に種々の難しい問題がある。

将来の河床低下を予想し、導水路を下げすぎると土砂の侵入等でその維持補修に費用が嵩む。また現河床に併せて敷高を決めておくと予想外の河床低下等で揚水不能の状態となることもある。

石狩川の改修工事の内捷水路工事は砂川地区の切替を残し大きなものは残っていない。過去における河床変遷の記録および種々の研究記録により計画河床高をある程度推定することは出来るが、正確なものを把握することは非常に難しい問題である。この様な改修途上の石狩川の河岸において揚水機場の計画をするには種々の検討を加えなければならない。

ここに高性能の水中ポンプを堤外地の河道内に埋設し、洪水疎通に支障をきたさぬ構造として堤内地において遠隔操作運転する方法を計画し実施することとした。

### 1 施工箇所

石狩川改修区域内には数多くの揚水機場があるが、その中より次の2箇所を昭和39年度において施工することとした。

#### (1) 雨竜川筋幌新太刃別川(図49-1参照)

波止場揚水機場

使用水量 0.174  $m^3/s$

口径300mm 30KW

計画実揚程 7.84m

#### (2) 幌向川筋桃井揚水機場(図49-2参照)

使用水量 0.0898  $m^3/s$

口径 250mm 15KW

計画実揚程 8.05m

### 2 計画概要

#### (1) 波止場揚水機

雨竜川の改修計画に基づき北竜第1, 2, 3, 新水路を掘削したがこの捷水路の影響を受け河床の低下が著しい。またこの揚水機場の用水路の築堤横断箇所が不施工区間となっており、ここをつなぐ事によりこの地区の築堤工事は一応完了となる。諸般の事情からこれを水中ポンプに改造し、不施工区間の築堤を完成することがより効果的であると考え実施することとした。

図49-1 幌新太刃別川揚水機場

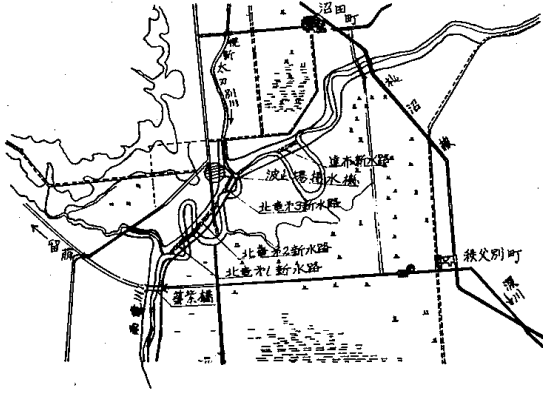
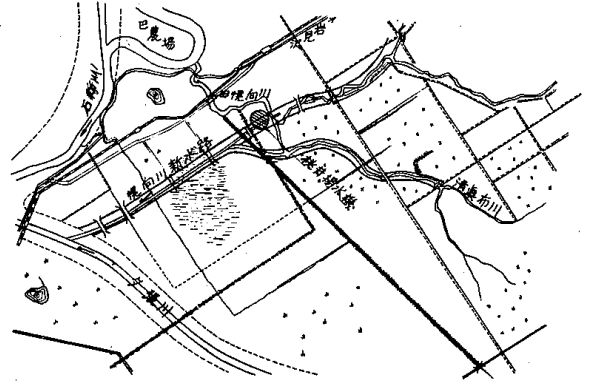


図49-2 桃井揚水機場



(2) 桃井揚水機

幌向川新水路は昭和40年春通水を目途に各改修工事が進んでいる。新水路通水後は旧川を直ちに〆切予定なのでここに取残される旧揚水機を水中ポンプにて移設するものである。(図49-3, 4参照)

図49-3 波止場揚水機場一般側面図

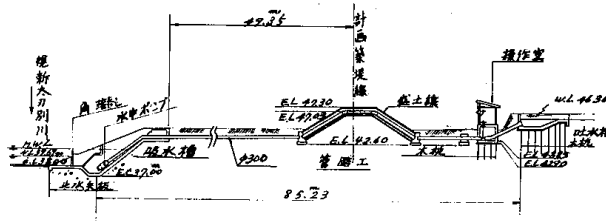
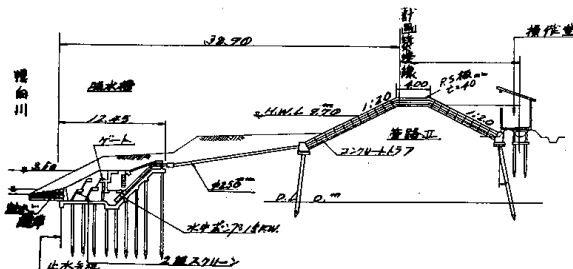


図49-4 桃井揚水機場一般側面図



### 3 ポンプ水理計算書

表49-1 (波止場揚水機) 参照

表49-2 (桃井揚水機) 参照

表49-1 波止場揚水機水理計算書

W-64-1346 300-MTP

#### 1 全揚程計算

|       |   |   |  |
|-------|---|---|--|
| 主要諸元  | 計画吐出量   | $Q = 10.44 \quad \frac{m^3}{m} = 0.174 \quad \frac{m^3}{s}$   |  |
|       | 計画実揚程   | $H_a = 46.84 - 39.00 = 7.84 \text{ m}$  |  |
| 速度ヘッド | 管径  | $D = 0.3 \text{ m}$   | $D_2 = 0.45 \text{ m}$   |
|       | 管内平均流速  | $V = \frac{0.174}{\pi/4 \times 0.3^2} = 2.47 \text{ m/s}$   | $V_2 = \frac{0.174}{\pi/4 \times 0.45^2} = 1.09 \text{ m/s}$       |
| 損失係数  | 管内平均速度ヘッド   | $\frac{V^2}{2g} = \frac{2.4^2}{2 \times 9.8} = 0.310 \text{ m}$   | $\frac{V_2^2}{2g} = \frac{1.09^2}{2 \times 9.8} = 0.061 \text{ m}$ |
|       | 流入損<br>バルブ損<br>スルース<br>チエツキ<br>ベンド損<br>40°<br>30°<br>90°<br>断面変化損<br>摩擦損 ( $\zeta = f \frac{L}{D}$ )<br>逆流防止弁 (含放流損)<br>放流損 | $\zeta = 0.05$<br>$\zeta = 1.00$<br>$\zeta = 0.15$<br>$0.14 \times 5 = 0.70$<br>$= 0.21$<br>$\zeta = 0.05$<br>$\zeta = 0.216 \times 1.5 \times \frac{82}{0.3} = 8.86$ | $\zeta' = 1.00$<br>$\Sigma \zeta' = 1.00$                          |
| 損失ヘッド | $h_l = \Sigma \zeta \frac{V^2}{2g} = 3.417 \text{ m}$   | $h'l = \Sigma \zeta' \frac{V_2^2}{2g} = 0.061 \text{ m}$  |  |

全揚程  $H = H_a + h_l + h'l + \Delta h$  (余裕値)  
 $= 7.84 + 3.417 + 0.061 = 11.318 \text{ m}$   
 $H = 11.4 \text{ m}$  とする

#### 2 原動機容量

水動力  $= 0.163 \times Q \cdot H = 0.163 \times 10.44 \times 11.4 = 19.4$   
 総効率  $\eta = \eta_p \times \eta_g = 75\%$  とし  $14\%$  の余裕を見込めば  
 原動機容量  $= \frac{19.4}{0.74} \times 1.15 = 29.9 \text{ KW}$   
 従つて  $30 \text{ KW}$  とする。

### 3 仕様決定

|          |       |                   |
|----------|-------|-------------------|
| 全揚程      | 11.4  | m                 |
| 吐出量      | 10.44 | m <sup>3</sup> /m |
| 回転数(ポンプ) | 970   | rpm               |
| (原動機)    | 1000  | rpm (同期回転数)       |
| 原動機容量    | 30    | KW                |

表49-2 桃井揚水機水理計算書

W-64-1410 260-MTP

### 1 全揚程計算

|                                 |  |  |   |
|---------------------------------|--|--|---|
| 主要諸元                            | 計画吐出量  | $Q = 5.4 \quad \text{m}^3/\text{m} = 0.0898 \quad \text{m}^3/\text{s}$ |   |
|                                 | 計画実揚程  | $H_a = 8.20 - 0.15 = 8.05 \text{ m}$                                   |   |
|                                 | 管径   | $D = 0.25 \text{ m}$   | $D_2 = 0.35 \text{ m}$  |
| 速度ヘッド                           | 管内平均流速   | $V = \frac{0.0898}{\pi/4 \times 0.25^2} = 1.83 \quad \text{m/s}$       | $V_2 = \frac{0.0898}{\pi/4 \times 0.35^2} = 0.94 \quad \text{m/s}$      |
|                                 | 管内平均速度ヘッド  | $\frac{V^2}{2g} = \frac{1.83^2}{2 \times 9.8} = 0.171 \quad \text{m}$  | $\frac{V_2^2}{2g} = \frac{0.94^2}{2 \times 9.8} = 0.045 \quad \text{m}$ |
| 損失係数                            | 流入損  |  |   |
|                                 | バルブ損   | $\zeta = 0.05$   |   |
|                                 | スルース   |  |   |
|                                 | チエツキ   |  | $= 1.00$  |
|                                 | ベンド損 45°   | $\zeta = 0.16$   |   |
|                                 | 25°  | $= 0.13$   |   |
|                                 | 90°  | $= 0.21$   |   |
| 断面変化損                           |  |  |   |
| 摩擦損 ( $\zeta = f \frac{L}{D}$ ) | $\zeta = 0.022 \times 1.5 \times \frac{52}{0.25} = 6.86$   |  |   |
| 逆流防止弁(含放流損)                     |  |  |   |
| 放流損                             |  |  | $\zeta' = 1.00$   |
|                                 | $\Sigma \zeta = 8.46$                                      |  | $\Sigma \zeta' = 1.00$  |
| 損失ヘッド                           | $h_l = \Sigma \zeta \frac{V^2}{2g} = 1.448 \quad \text{m}$ |  | $h'_l = \Sigma \zeta' \frac{V_2^2}{2g} = 0.045 \quad \text{m}$          |

全揚程  $H = H_a + h_l + h'_l$   
 $= 8.05 + 1.448 + 0.045 = 9.543 \text{ m}$   
 $H = 10.0 \text{ m}$ とする

### 2 原動機容量

水動力  $= 0.163 \times Q \cdot H = 0.163 \times 5.4 \times 10.0 = 8.80 \text{ KW}$   
 総効率  $\eta = \eta_p \times \eta_g = 74\%$  とし15%の余裕を見込めば

$$\text{原動機容量} = \frac{8.80}{0.74} \times 1.15 = 13.67 \text{ KW}$$

従つて 15 KW とする。

### 3 仕様決定

|          |      |                   |
|----------|------|-------------------|
| 全揚程      | 10.0 | m                 |
| 吐出量      | 5.4  | m <sup>3</sup> /m |
| 回転数(ポンプ) | 1450 | rpm               |
| (原動機)    | 1500 | rpm (同期回転数)       |
| 原動機容量    | 15   | KW                |

### 4 構造

吸水槽および管路工吐水槽操作室に大別する

#### (1) 吸水槽

使用するポンプの型により堅型および斜型の2種類に分けられ、それぞれ特長あるが土木工事費の節減および取付け取外しの簡易なことを考慮に入れ斜型とした。幌向川桃井揚水機はゴミの非常に多い幌向川に設置する

図49-5 波止場揚水機吸水槽詳細図

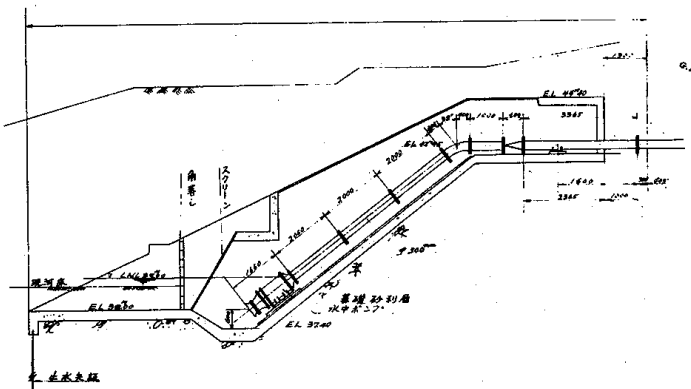
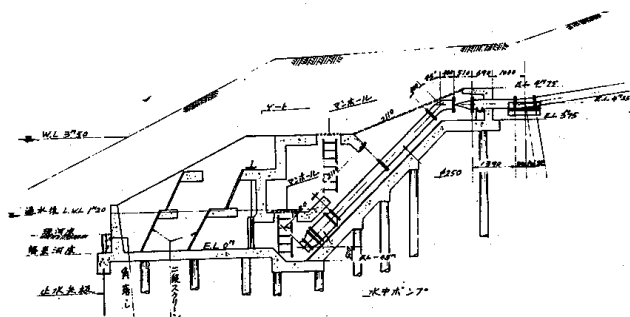


図49-6 桃井揚水機吸水槽詳細図



ためスクリーンを2重とし2段スクリーンとしてある亦洪水の場合本流の水位の影響により高い水位の滞水が永いと考えられるので、ポンプ室はゲート操作により気密室になる様考慮した。両機場共将来の河床低下を考え可成り下げて敷高を決定しているが、現河床とは角落しにより調整して合わせている。(図49-5, 6参照)

両機場共斜のコンクリートの上にレールを埋込み上方よりクレーン装置にて引下げる。

#### (2) 管路工

築堤横断箇所は計画築堤断面外に  $l = 1.0$  m のコンクリートトラフを並べ不平等沈下などを起こした場合は個々に是正することとし、トラフの中に管を布設した後はクッション材として砂またはおがくずの如きものを入れ鋼管に悪い影響のない構造としてある。

鋼管の伸縮についてはビクトリックジョイントを施け伸縮可能としてある(図49-7参照)

#### (3) 操作室

操作に必要な諸器具配電盤オイルタンク等を格納し遠隔操作に便ならしめている。

(図49-8参照)

## 5 水中ポンプの特徴及操作方法

(1) 水中モーターポンプ形式であるので堤内に設けた操作室より自由にポンプを起動停止することが出来、又河川水位が上昇したときでもポンプおよびモーターは全く安全である。

(2) ポンプとモーターの回転軸貫通部には2組のダブルメカニカルシールを設け全体をポンプ室緩衝室モーター室の各室に分離し緩衝室およびモーター室には絶縁油を充填させてあるので外部悪水の侵入発錆による弊害等全くなく恒久的ポンプ設備として使用出来る。

(3) 操作室内にモーター室および緩衝室内の別々のヘッドタ

図49-7 築堤横断箇所詳細図

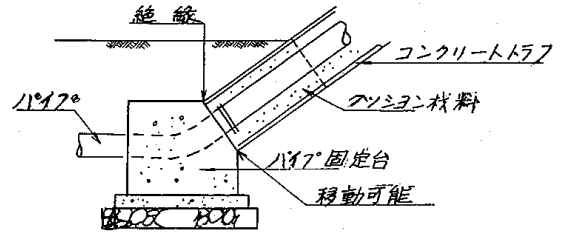
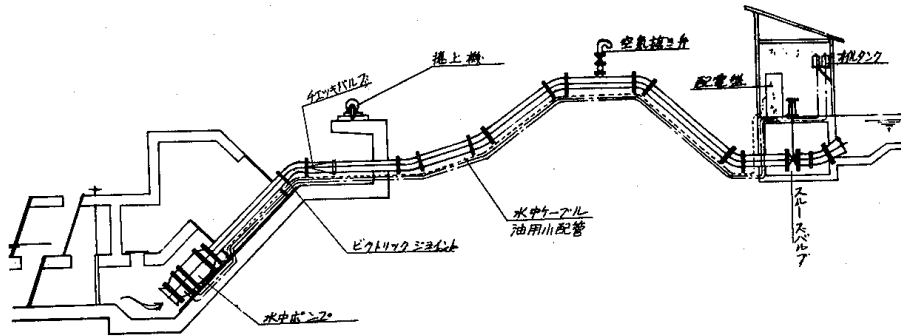


図49-8 水中ポンプ構造図



ンクを設け運転時にはモーター室内の油を常に循環させるので、ヘッドタンクの油面および油流れ状態を監視することにより常にポンプおよびモーター部分の異常をチェックすることが出来る。

(4) ポンプ締切揚程は十分高いので運転開始に際し操作室内のスルースバルブを全閉鎖してポンプを起動し、堤防最上部のエアバルブを開いて空気を完全に抜いた後スルースバルブを全開すれば水はサイフォン作用で流れるので実揚程の損失は全く無く所要動力費も通常のポンプと殆んど変わらない。

(5) 斜取付方式であるので万一の場合でも簡単な巻上機を使用して走行レール上を容易に引き揚げる事が可能である。

## あとがき

以上が水中ポンプについての概要であるが、昭和40年の春より揚水を開始する予定である。現在の改修工事は河道内の支障なるものは支障木も含めて1切取除こうと云う様な計画のもとに進められている。この様な状況でも水中ポンプによる揚水が成功すれば、各所に取残された揚水機場が改良されることになり、河川の維持上非常に良好であると考えられる。