

高落差ポンプの開発と性能実験について

Development of and Performance Tests on A High Head Pump

渡	辺	貢**
正	村	厚*
堀	井	幸一*
池	辺	昇一*
村	上	信義*

A high head pump utilizing a water turbine was developed. Consisting of a water-driven turbine and a suction pump, this pump is capable of drawing water from more than 8 meter head which an ordinary pump is incapable of. The suction principle is to operate the suction pump by circulating water to the water-driven turbine from the water tank of a pumper. The maximum water drawn by the pump is 500 ℓ /min (using 38 mm nozzle tip) at the suction head of 17 meters and the water supply pressure of 15 kg/cm^2 from a pumper. With the total weight of 27 kg, it is small in size and easy to operate.

1. はじめに

平常時の火災はもちろん、特に震災時の消防力を確保するために、河川等の自然水利を有効に活用する方法等の開発が重要な研究課題になっている。現用の普通ポンプ車の吸水限界は約8mで、もしこれ以上落差があると近くに水源があってもこれを利用することができない。そこで今回、このような問題を解決するため、普通ポンプ車では吸水不能な高落差水利でも有効に揚水できる高落差ポンプを試作し、その性能実験を行ったので、その概要を報告する。

2. 構造・諸元及び原理

高落差ポンプの構造は、写真1及び図1に示すとおりで、本体は水流駆動タービン及び揚水ポンプによって構成されている。タービンの羽根車とポンプの羽根車は、同一軸で結合されているので、タービンの回転は、そのまま羽根車に伝達される。

各部の諸元は、表1のとおりである。駆動ター

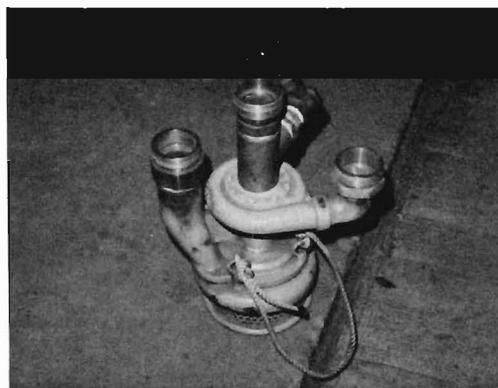


写真1 高落差ポンプ外観

ビンと揚水ポンプは、上下に組み込まれており、水位が約15cmの浅い水利からでも揚水可能である。

また、ホースの接続口は、すべて上向きに設け、ホースの折れ曲り等による損失をできるだけ小さくした。

揚水原理は、図2に示すとおりで、高落差ポンプを水中に投入し、ポンプ車の水そうからホースを介して水流タービンに水を循環させると、水の反動力で羽根車が回転し、これに伴い揚水ポンプが駆動して貯水池等の水が、吐出口に結合したホ

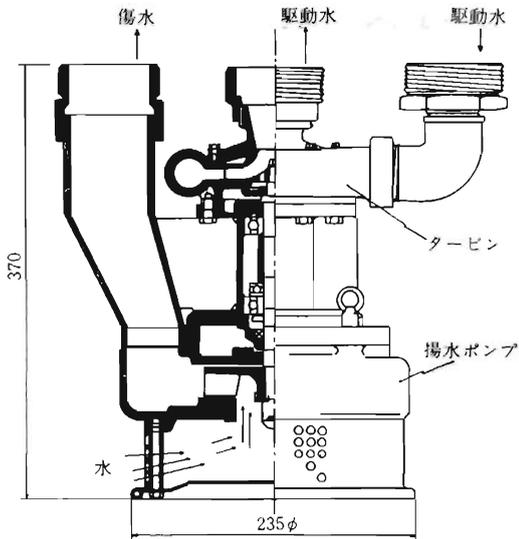


図1 高落差ポンプ構造図

表1 高落差ポンプ諸元

外 径	235mm
高 さ	370mm
重 量	27kg
タービン駆動形式	フランシス型反動水車
タービン材質	青銅鑄物 (BC)
ポンプ型式	1段ポリュートポンプ
ポンプ材質	ねずみ鑄鉄 (FC)

ースによって高所まで揚水される。

3. 性能実験

試作した高落差ポンプについて、揚水落差 0 m、9 m、24.5 m の各高さで吐出水量及び吐出圧力を

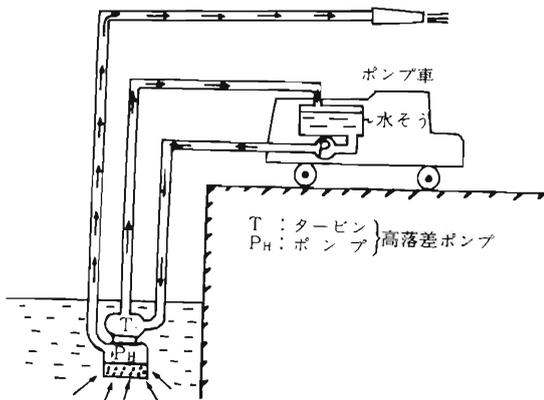


図2 吸水原理図

測定し、揚水性能及び実際の運用に耐え得るかどうかの実験を行った。

(1) 実験方法

図3に示す実験体系に高落差ポンプと水そう付ポンプ車(積載水量1トン)を結合し、高落差ポンプの水流タービン入口、出口及び揚水ポンプ吐出口にブルトン管式圧力計、また、ポンプ車の放口及び揚水ポンプに連結したホースに電磁式流量計を設定し、ポンプ車の放口圧力(ポンプ車運用圧力)を 5 kg/cm^2 から 17 kg/cm^2 まで順次あげて各部の圧力と吐出水量を計測した。

なお、揚水ポンプの吐出水量を変化させるためノズル口径を替口によって18mmから4mmごとに38mmまで変化させた。ホースは、原則として各ラインとも65mmホースを使用した。

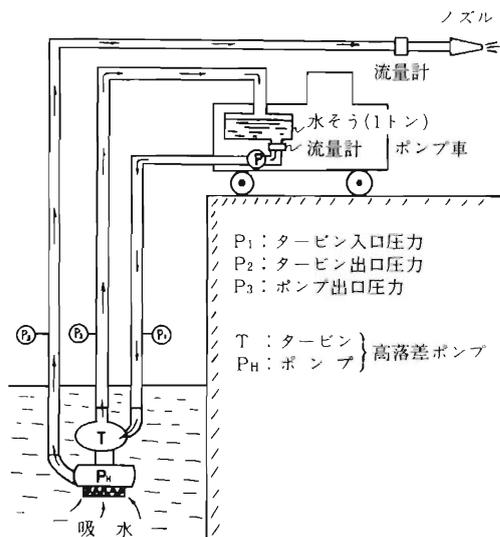


図3 実験体系図

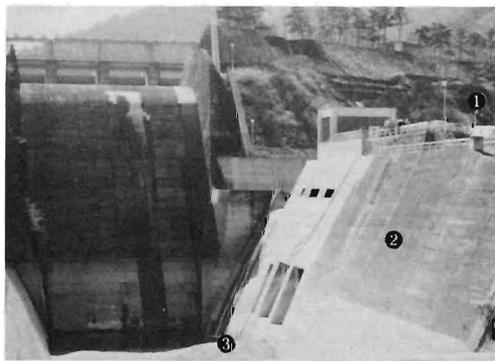


写真2 落差24.5m(奥多摩湖)での実施状況

- ①…ポンプ車
- ②…ホース
- ③…高落差ポンプ



写真3 貯水池に高落差ポンプを投入した状況

(2) 実験結果

各落差での最大吐出水量は、表2のとおりである。ポンプ車運用圧力をパラメーターにして、落差と最大吐出水量の関係を求めると、図4の

表2 各落差での最大吐出水量 (ℓ/min)

落差(m) \ ポンプ車圧力(kg/cm ²)	0	9.0	24.5
5	470	220	0
7	580	320	0
10	720	510	0
12	800	590	180
15	920	710	300
17	* 980	770	400

* ポンプ車圧力16kg/cm²

ような落差—吐出水量曲線が得られ、各落差でどれ程の揚水量を得られるかを知ることができる。また、ポンプ車運用圧力をパラメーターにして吐出圧力と吐出水量の関係を求めると、図5～図7のような各落差でのポンプ性能曲線を得ることができる。落差0mの場合、ポンプ車運用圧力16kg/cm²で4.6kg/cm²、350ℓ/minとC₁級可搬ポンプに近い性能を示している。落差が増加すると同一ポンプ車運用圧力では当然揚水ポンプ吐出圧力、吐出水量とも減少するが、減少の割合は、吐出圧力よりも吐出水量の方が大きく、落差が大きくなる程この傾向は著しい。

また、ポンプ車運用圧力を上昇させた時の吐出水量の増加の割合も、落差が大きくなる程減少する。この傾向は、吐出口のノズルの口径が大きい程著しく、吐出圧力よりも、落差が吐出水

量に大きく影響していることを示している。

ポンプ車からの駆動水量は、ポンプ車運用圧力が一定なら、同一落差では揚水ポンプからの吐出水量に係わず一定であるが落差がつくと駆動水量は減少し、ポンプ車運用圧力12kg/cm²では落差9mの場合、落差0mの時より約5%、落差24.5mでは約12.6%減少している。ポンプ車運用圧力が高くなるとこの減少の割合は、小さくなる。

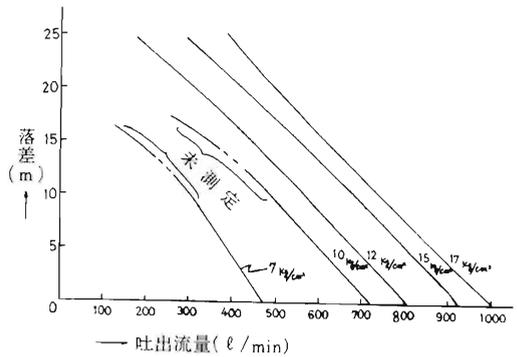


図4 落差—吐出水量曲線

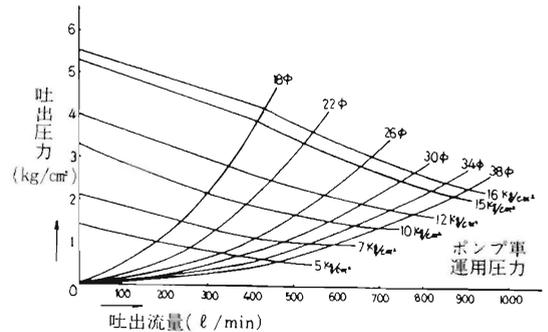


図5 ポンプ性能曲線 (落差0m)

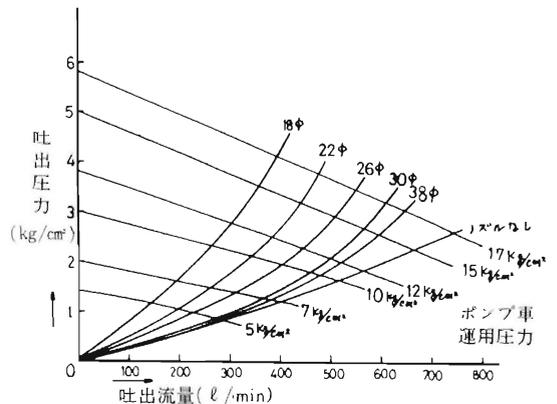


図6 ポンプ性能曲線 (落差9m)

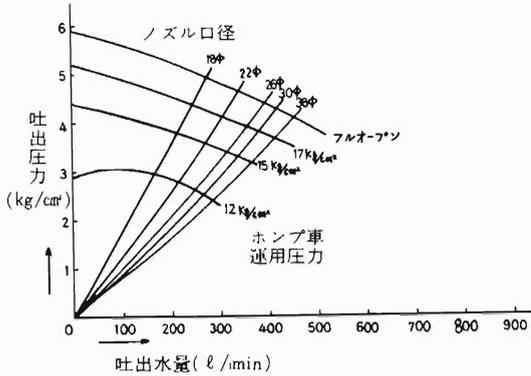


図7 ポンプ性能曲線（落差24.5m）

各落差でのタービン流入水量とポンプの吐出水量の比は、図8のとおりである。落差0mの場合、流入水量に対して最大約92%の吐出水量が得られるが、落差24.5mになると約38%と半分以下に減少している。

ポンプの総合効率は、落差0mの場合、最高で13.6%、落差24.5mでも10.0%と他の水力タービンを駆動源にする機器とほぼ同等の効率を示している。

4. 考 察

(1) 今回試作したポンプの性能を要約すると、落差24.5mで揚水ポンプの吐出口に65mmホース（20m）2本を結合し、口径18mmのストレ

ートノズルを使用した場合、ポンプ車運用圧力17kg/cm²では、ノズル圧力1.1kg/cm²、放水量240 l/min、口径22mmの場合、ポンプ車運用圧力17kg/cm²では、ノズル圧力1.0kg/cm²、放水量300 l/minとなる。

落差17mでは、口径16mmのストレートノズルを使用し、ポンプ車圧力15kg/cm²で運用すれば、ノズル圧力2.6kg/cm²、放水量270 l/minとなり、火点に近い場合は、直接放水することも可能である。

(2) 本ポンプは、タービンの最大駆動圧力（タービン入口圧力と出口圧力の差）が10kg/cm²で設計されている。実験の結果からいずれの落差の場合もポンプ車運用圧力が15kg/cm²を超えると、この駆動圧力が10kg/cm²以上になることが確認されているので実際に運用する場合、ポンプ車運用圧力を最高15kg/cm²におさえ、吐出水量500 l/minを得ることを目標とすれば、放水のために中継隊形をとったとしても、吸水落差は、最大17m前後であると思われる。

(3) ポンプの吸水性能を低下させる要素としてタービン出口にかかる背圧がポンプ駆動力に大きく影響するので、タービン出口からポンプ車水そうへの戻り水の通るホースは、折れ曲り等がないよう特に配慮する必要がある。

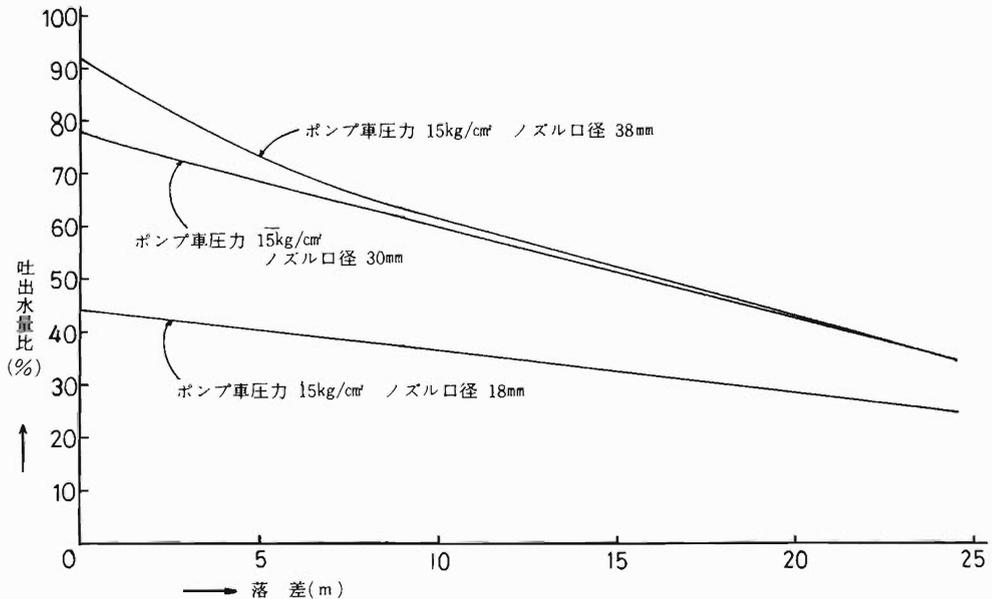


図8 タービン流入水量—ポンプ揚水量比（吐出流量比）

- (4) 通常の水そう付ポンプ車の積載水量を1 m³とすると、高落差ポンプに20 mホース3本（往復6本）を結合した場合、ホース、ポンプの中へ充てんされる水量は、約416 ℓで、ポンプ車水そうの中には、約584 ℓの水が残り、高落差ポンプを駆動させるには十分な水量である。従って、ポンプ車に積載されている水量からみると、ポンプ車と高落差ポンプとのホース結合本数は、往復6本以内が適当であると思われる。
- (5) ポンプ車運転中にタービン駆動側のホースライン等からの漏水によるものと思われるポンプ車水そうの減水は、60分運転して50 ℓ程度であるから、ポンプ車の運転にはほぼ支障ないものと思われ、また、運転中の水そうの水温の上昇も90分の運転で13～15℃で、ポンプ車のポンプ性能に及ぼす影響は、特に考慮

しなくてもよいものと思われる。

- (6) 本ポンプは、圧力よりも吐出水量を得ることを目標としているため、放水するには、原則として揚水した水を何らかの方法で加圧してやらなければならない。

揚水した水をポンプ車の水そうへ入れ、ポンプ車のポンプで駆動水とともに加圧し、放口ロック開度の調整により揚水した分だけ放水するという運用も、ポンプ車のポンプ性能から考えて十分可能であると思われる。

5. おわりに

高落差ポンプの研究については、今後本体の軽量化、収納を容易にするためにタービン駆動側のホースから遠隔操作によって水を抜くことのできる排水弁等について検討していきたい。