

放水器具・吸水器具に関する研究開発

水流駆動式水中ポンプの開発

Research and Development for Water Discharge/Suction Equipment

Underwater Pump Driven by Water Stream

矢ヶ崎 孝*
 石塚 敏久**
 米田 雅一*
 島倉 宏明*

概 要

放水器具・吸水器具に関する研究開発の一環として、海や河川など真空式のポンプ車では吸水困難な水利の有効活用をすることを目的として、水流駆動式の水中ポンプの研究開発を推進している。今回、開発した水流駆動式水中ポンプはポンプ車から圧送する水流により水流モータが回転し、この回転を揚水ポンプ部に伝え、高落差での給水を可能とするものである。本報は、試作した水流駆動式水中ポンプの各種性能確認実験を行ったので概要について報告するものである。

We have been promoting the research and development for water discharge/suction equipment. In fact, an underwater pump driven by the water stream from a pumper has been studied on. This pump is to be of great use at the sea and in rivers where vacuum-type pumpers have difficulty in obtaining water.

The motor of an underwater pump is operated by the water stream from a pumper. The force given to the motor is transmitted to the suction part of a pump, and then water is pumped up and travels a long distance vertically through a pump.

Following some tests for the underwater pump, we came forth with the general description of and the report on this trial product.

1 はじめに

平成7年1月15日の阪神・淡路大震災では同時多発の災害が発生し、消火栓等の水利が使用できない状態が発生した。通常、消防隊は真空式のポンプを使用する関係上、吸水可能な水利の高さは7～8mで、水利とポンプ車の落差がこれ以上あると吸水できない。従って、比較的落差の大きい河川や海などの無限水利から吸水することは困難又は不能である。このような状況の中で高落差でも吸水可能なポンプシステムの開発が求められている。そこで東京消防庁では吸水器具・放水器具等に関する研究開発を推進する一環として、平成8年度にポンプ車の水流エネルギーを動力源とした水流駆動式水中ポンプを試作した。各種性能確認実験について報告する。

2 試作機の概要

新たに試作した水流駆動式の水中ポンプの諸元・性能を表1に示す。

表1 諸元・性能

項 目	内 容
給 水 揚 程	20m
給 水 ポ ン プ 流 量	1000 ℓ /min
水圧モータ部駆動圧力	1.47MP a (15kgf/cm ²)
水圧モータ部駆動水量	500 ℓ /min
本 体 重 量	46kgf

*第三研究室 **荏原消防署

(1) 駆動源

水中ポンプの駆動は、ポンプ車から送られてきた水エネルギーにより回転力を発生させることのできる水流駆動式のモータとした。駆動するために必要な水圧及び流量は、現在、消防隊が使用しているφ65mmの消火用ホースが活用でき、かつ、このホースで効率よく水馬力が得られるよう入口圧力1.47MPa (15kgf/cm²)、500ℓ/minとした。

(2) 給水ポンプ性能

水流駆動式のモータと減速器を介して組付けられた給水ポンプは、定格回転数3600rpm、0.2MPa(2kgf/cm²)、1000ℓ/minが得られる市販品のものを選定した。

ここで、0.2MPa(2kgf/cm²)、1000ℓ/minとした理由は、20mの落差の水利についての場合、2口放水(500ℓ/min×2口)を可能とするものである。

また、給水ポンプ出口の口径は、圧力損失が少なく、さらに、吸管を併用できるようφ75mmメスとした(図1、写真1、2参照)。

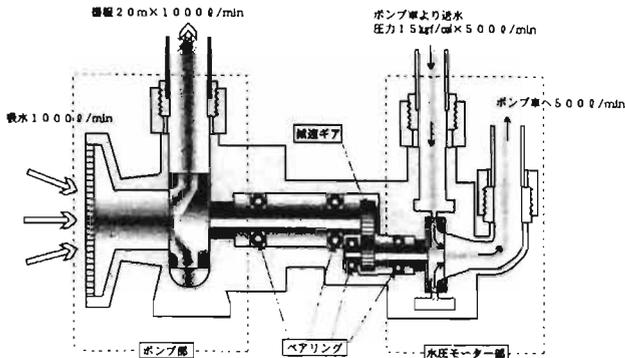


図1 水流駆動式水中ポンプの概要断面図



写真1 水中ポンプ(正面)



写真2 水中ポンプ(横)

3 各種実験

(1) 目的

試作した水流駆動式水中ポンプの各種性能把握をすることを目的とする。

(2) 項目

実験項目は表2の通りである。

表2 実験項目

項目	内容
基礎性能確認実験	水圧モータ部入口圧力と給水ポンプ出口圧力の関係確認実験
	給水ポンプ出口圧力と給水ポンプ流量・回転数の関係確認実験
揚水性能確認実験	実際に20mの揚程で、駆動水圧力と給水流量との関係確認実験

(3) 基礎性能確認実験

ア 実験場所

場所：東京消防庁消防科学研究所1階総合実験室前

イ 実験内容

この水流駆動式水中ポンプは、水圧モータ部に圧力のある水を流すことによってモーターが回転し、この回転をポンプ部に伝え、高落差からの給水を可能とするものである。本実験は、ポンプ車により、駆動水の圧力を変え、水中ポンプからの給水流量と圧力等を測定した(図2参照)。

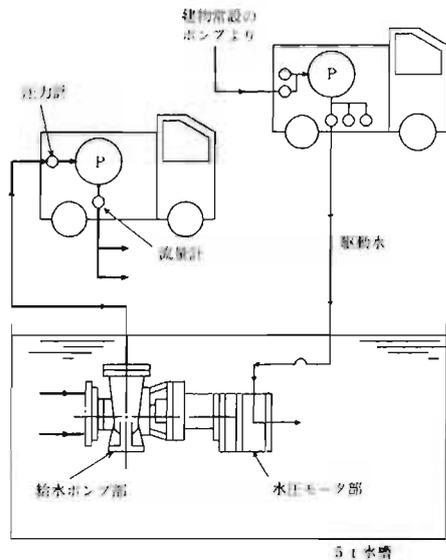


図2 実験概要図



写真3 水中ポンプを水槽にセットしたところ

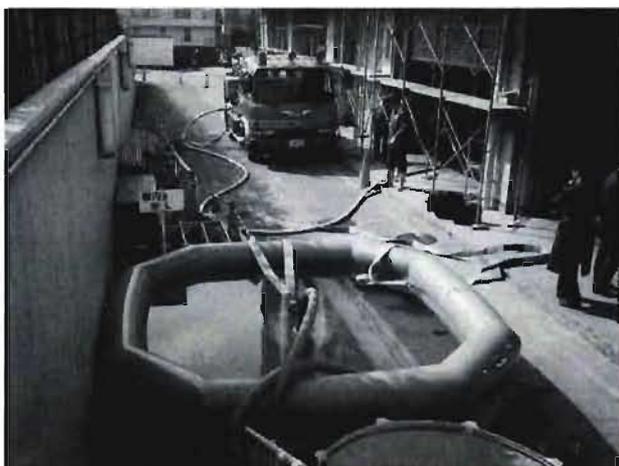


写真4 実験全景

ウ 実験方法及び結果

ア) 水圧モータ部入口圧力と給水ポンプ出口圧力の関係確認実験

水流駆動式水中ポンプの水圧モータ部に0.49、0.68、0.98、1.27、1.47MPa (5、7、10、13、15kgf/cm²)の圧力で水を流し、ポンプ部の出口を締切りとし、そのポンプ部出口の圧力を測定した。その結果を表3及び図3に示す。

水圧モータ部の入口圧力が増加するにつれて、締切った給水ポンプ出口圧力は比例して増加している。

表3 水圧モータ部入口圧力と給水出口圧力

水圧モータ部入口圧力 MPa (kgf/cm ²)	給水ポンプ出口圧力 MPa (kgf/cm ²)
0.49 (5)	0.18 (1.8)
0.69 (7)	0.22 (2.2)
0.98 (10)	0.31 (3.2)
1.27 (13)	0.41 (4.2)
1.47 (15)	0.49 (5.0)

※ 給水ポンプ出口は締切っているので給水ポンプ流量は0である。

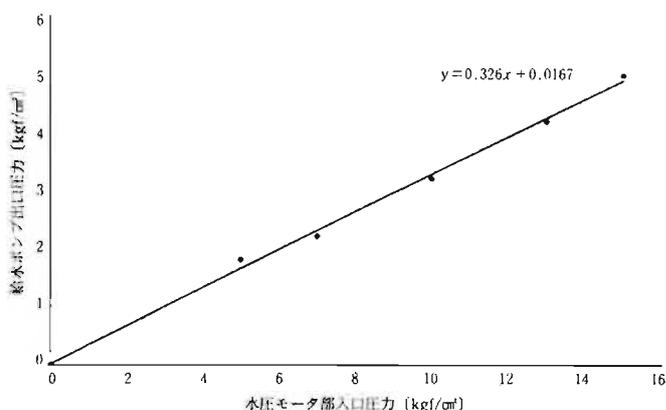


図3 水圧モータ部入口圧力ー給水ポンプ出口圧力

イ) 給水ポンプ出口圧力と給水ポンプ流量の関係確認実験

水流駆動式水中ポンプの水圧モータ部に圧力1.47MPa (15kgf/cm²)、流量500ℓ/minの水を流し、ポンプ部の出口圧力と流量を測定した(給水ポンプ出口からの放水はφ75mmホースを使用した)。

その結果を表4及び図4に示す。実験値はメーカーカタログ値とほぼ同じ性能を示している。

表4 給水ポンプ出口圧力と給水ポンプ流量

給水ポンプ出口圧力 MPa (kgf/cm ²)	給水ポンプ流量 (ℓ/min)
0.44 (4.5)	100
0.41 (4.2)	200
0.40 (4.1)	300
0.39 (4.0)	400
0.36 (3.7)	500
0.32 (3.3)	600
0.27 (2.8)	700
0.25 (2.6)	750
0.23 (2.3)	800
0.20 (2.0)	850
0.18 (1.8)	900
0.13 (1.3)	1000

水圧モータ入口圧力：1.47MPa
水圧モータ入口流量：500 ℓ/min

エ 結論

今回製作した水中ポンプは、水圧駆動水の圧力を1.47MPa (15kgf/cm²) に設定すれば、給水ポンプ部でほぼ目標値の圧力0.2MPa (2 kgf/cm²)、流量850 ℓ/minの値を得られる。給水ポンプ流量が諸元・性能の1000 ℓ/minに至らないのは、給水出口に使用した消火用ホース(φ75)と水圧モータ部の送水用に使用した消火用ホース(φ65)の摩擦損失が原因と思われる。

(4) 揚水性能確認実験

ア 実験概要

本実験は、前(2)の基本性能確認実験の結果を踏まえ、実際に研究所庁舎を使用した揚程20mでの揚水性能を有するかの確認実験を行った。

イ 実験場所

場 所：東京消防庁消防科学研究所庁舎
実験概要図を図5に示す。

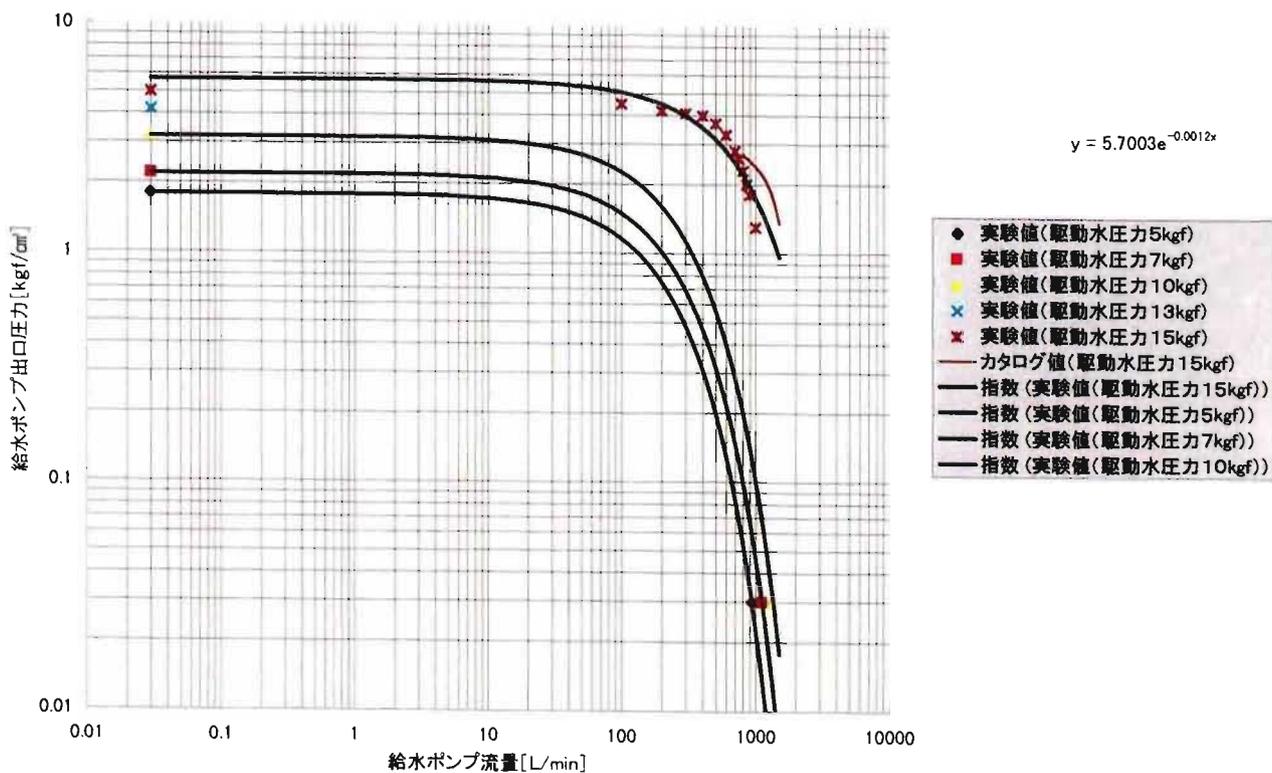


図4 水流駆動式水中ポンプの性能曲線

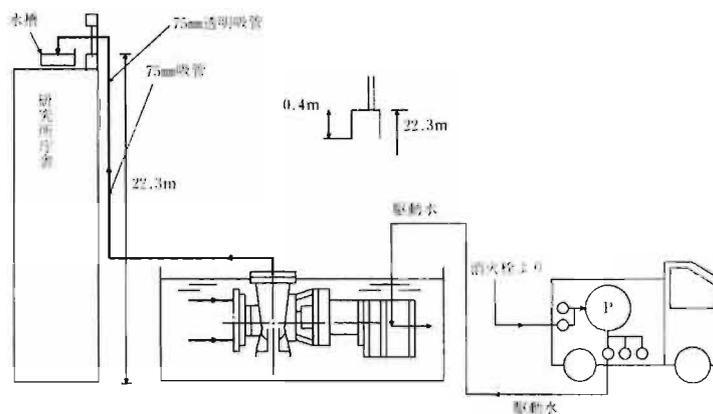


図5 実験概要図

ウ 実験方法

- (ア) 最初に 5 t 水槽に庁舎常設ポンプからφ65×20m 消火用ホースにて充水する。
- (イ) 充水後、充水に使用した65mmホースをポンプ車の中継口に結合し、ポンプ車のポンプに給水する。
- (ウ) ポンプ車の第1放口から、水流駆動式水中ポンプの水圧モータ部に駆動水として圧力のある水を流す。ここでポンプ車の放口圧力は、水中ポンプの入口圧力を基準値とするため、φ65mm×20m 1本分の摩擦損失分を見込んでおり0.2MPa (0.2kgf/cm²) 程度増圧した。
- (エ) 水流駆動式水中ポンプの揚水部の出口に、普通ポンプ車の吸管(φ75mm×12m)を結合し、更にオレンジの透明吸管(φ75mm×12m)を1本結合し、これを消防科学研究所庁舎に沿って屋上に引き上げ、吸管の口から屋上に設定した水槽に水が流れ込むようにする。
- (オ) 毎分当たりの流量測定は、簡易水槽を使用し、500ℓ又は1000ℓをストップウォッチにより何秒で満たすことができるかで計測した。



写真6 水中ポンプを上から見た図

エ 実験結果

実験結果を表5及び図6に示す。

- (ア) 放口流量は、放口圧力にほぼ比例している。
- (イ) 水中ポンプ揚水流量は、推定で放口圧力0.69MPa (7 kgf/cm²) から揚水しはじめている結果となったが、これは前回の実験とほぼ同じ結果であった。
- (ウ) 放口圧力1.47MPa (15kgf/cm²) において、水中ポンプ揚水流量は1004.86ℓ/minであった。

表5 放口圧力ー放口流量・ポンプ流量

放口圧力 [kgf/cm ²]	放口流量 [ℓ/min]	水中ポンプ揚水流量 [ℓ/min]
7.2	300	90.37
10.2	380	573.72
12.2	420	755.19
15.2	480	1004.86
16.1	500	1090.91

※揚程は20mとした。



写真5 屋上で水槽に充水しているところ

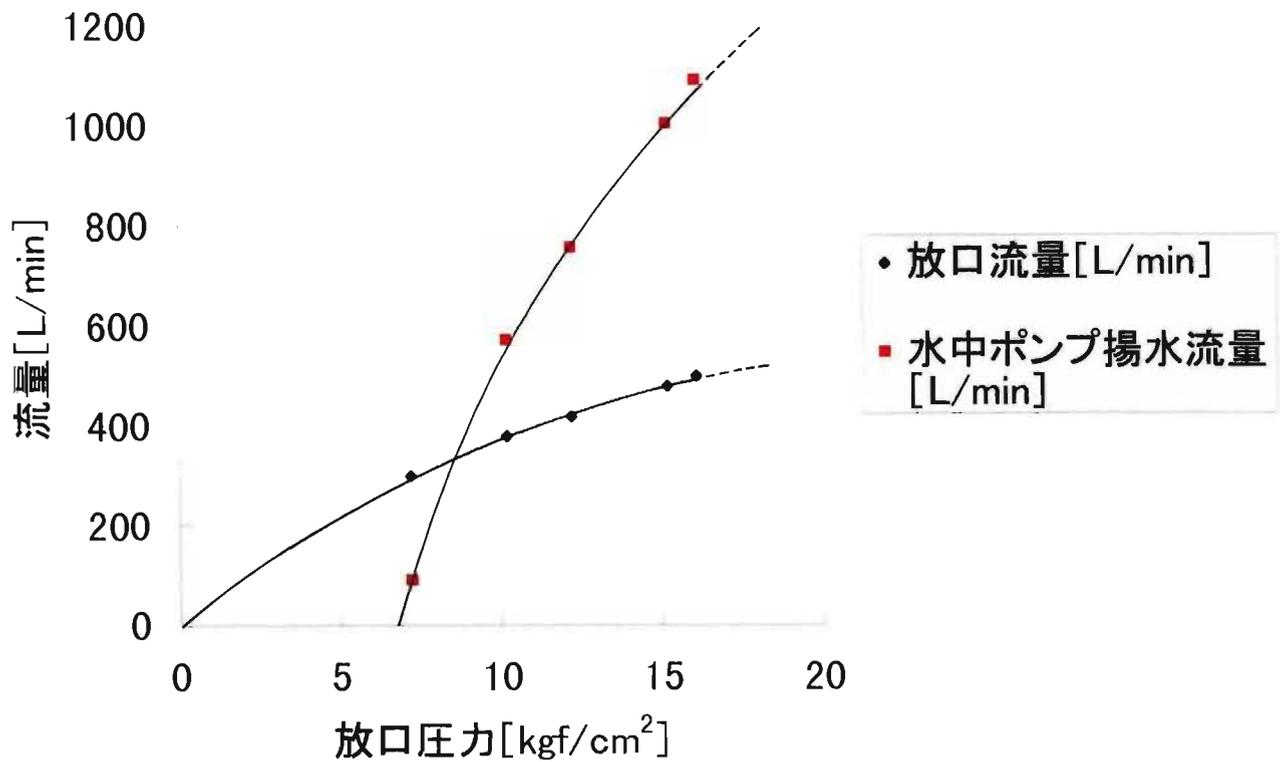


図6 放口圧力ー給水ポンプ流量

4 まとめ

- (1) 水圧モータ部に圧力1.47MPa (15kgf/cm²)、流量480 ℓ/minの駆動水を流すと、20mの揚程で1000 ℓ/minが得られる。
- (2) 基本性能は得られたが、可搬式としては、重く軽量化を検討する必要がある。

5 今後の予定

- 今回試作したものを踏まえ、次の事項を検討課題として、改良機の研究を行う予定である。
- (1) 基本性能を維持しながら、軽量化を図る。
 - (2) 機動性を向上させるため、形状及び小型化について検討する。