

消防装備に関する技術改良・検証

ボリュートポンプの性能及び耐久性等の検証（第1報）

仙田 健太郎*, 中西 智宏*, 加藤 達仁**, 栗原 豪***, 山口 敦史*, 町井 雄一郎*

概 要

近年これまでのタービンポンプに替わり、軽量、省スペースタイプのボリュートポンプを積載した消防自動車が開発されており、他の消防本部等では既に運用されている。しかしながら当庁は他の消防本部に比べ、消防活動におけるポンプ車の使用環境が著しく苛酷であることから、ボリュートポンプ運用上の支障の有無及びポンプ特性等を十分に把握しておく必要がある。このことから本検証では、ボリュートポンプとタービンポンプを用いて、当庁のポンプ車と同レベルの使用環境におけるポンプ性能試験等を行った。

その結果、ボリュートポンプ及びタービンポンプの運用方法に大きな違いがなかったこと及び0.9MPa以上の圧力帯では、ボリュートポンプの方がタービンポンプよりも流量が多かったこと等から、ボリュートポンプはタービンポンプと同等以上の性能を有することがわかった。

1 はじめに

近年これまでのタービンポンプに替わり、ボリュートポンプを積載した消防自動車が開発され、他消防本部で既に運用されている。一般的にボリュートポンプは動力消防ポンプの技術上の規格を定める省令（昭和61年10月15日自治省令第24号）で定める性能は確保されているが、高圧力が確保されにくい等の特性がある。

また、当庁は他の消防本部に比べ火災件数が多い等、当庁のポンプ車の使用環境は苛酷であると考えられることから、ボリュートポンプの特性及びポンプ運用上の支障の有無を十分に把握しておく必要がある。

そこで本検証では、ボリュートポンプとタービンポンプを用いて、当庁のポンプ車と同レベルの使用環境におけるポンプ性能試験等を行い、今後当庁でボリュートポンプの導入を検討する際の判断材料とすることを目的とした。本検証は2箇年で行うこととし、本年度は基本的な性能試験を行った。来年度は耐久試験を行う予定である。

2 消防用ポンプにおけるボリュートポンプの導入意

義

ボリュートポンプは渦巻きポンプの一種であり、案内羽根の有無によりボリュートポンプとタービンポンプに分類される。羽根車の外周に接して渦巻室だけのポンプをボリュートポンプといい、羽根車の外周に案内羽根があるポンプをタービンポンプという（図1及び図2）。

ボリュートポンプの取扱要領は、タービンポンプの

場合と同じであり、ボリュートポンプ特有の事項は生じないとされている。

従来、低揚程用ポンプは羽根車から出る水の速度が比較的小さいので、速度エネルギーから圧力エネルギーへの変換は、ポンプケーシングだけでも効率をあまり損なうことなく出来るため、ボリュートポンプが多く使われていた。

一方で、高揚程のポンプは、羽根車から出る水の速度が大きいことから、この速度を一度に失わせることは、効率を損なうことになることから、案内羽根によって徐々に無理なく整流する方法がとられている。タービンポンプは、設計点における効率が高いことから高圧型ポンプとして広く使われている。

特に、消防用ポンプは高圧型ポンプであり、主として消防車にはこのタービンポンプが使われてきた。しかし、案内羽根があることから、摩擦抵抗が増し設計点をはずれると効率が急に低下する。そこで近年は案内羽根を取って、室内の渦巻室の形状を改良することにより、ボリュートポンプで十分性能を満たし得るものが作られるようになり、また小型軽量で工程数も少ないことから、タービンポンプに変わってボリュートポンプが多く使われる傾向にある。今後、改良が重ねられることにより消防用ポンプの主流が、タービンポンプからボリュートポンプに変わって行くことが考えられる。

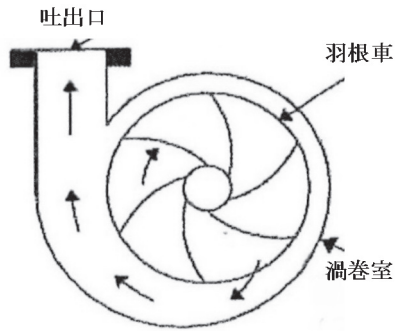


図1 ポリュートポンプ

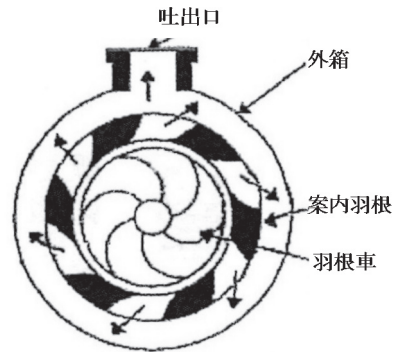


図2 タービンポンプ

3 検証対象としたポリュートポンプの概要

(1) 型式等

A-2 級ポリュートポンプ(A 社製、写真1)

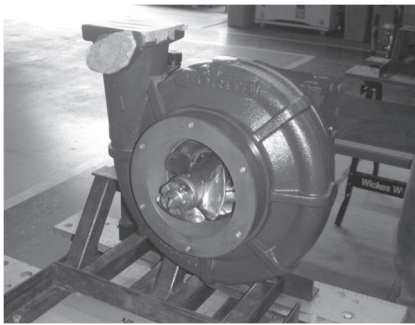


写真1 ポリュートポンプ

(2) 重量

ア ポンプ ASSY

88.45kg(タービンポンプ ASSY 133.8kg)

イ 配管合計

66.46kg(タービンポンプ配管合計 78.8kg)

なお配管については、本検証に重大な影響を与えないことから、A 社製タービンポンプに用いられていた配管を使用した。

(3) ポリュートポンプ積載車両及び比較車両

当庁で耐用年数 15 年を経過し使用廃止になった平成 12 年度製作の普通ポンプ車を改造し、ポリュートポンプ一式を積載替えした。改造時の走行距離及び PTO 稼働時間を表 1 に、改造後の車両を写真 2 及び 3 に示す。また、比較車両の改造時の走行距離及び PTO 稼働時間を表 2 に、車両を写真 4 に示す。

表1 実験車両データ

改造時走行距離	65,264 km
改造時 PTO 稼働時間	約 660 時間



写真2 改造後車両

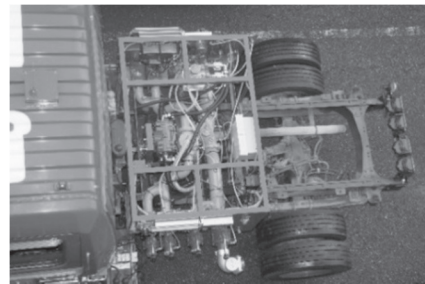


写真3 ポンプ・配管車両積載状況

表2 比較車両(タービンポンプ)データ

検証時走行距離	32,242 km
検証時 PTO 稼働時間	約 676 時間



写真4 比較車両

4 実験項目等

- (1) 実験項目
- ア ポリユートポンプ及びタービンポンプのポンプ性能及び吸水限界高さ測定
 - イ ポリユートポンプ及びタービンポンプの圧力及び流量測定
 - ウ 連結送水管未使用時の限界高さにおけるポンプ性能
 - エ 連結送水管使用時におけるポンプ性能
 - オ 遠距離送水時におけるポンプ性能
 - カ 吸管本数ごとのポンプ性能
 - キ 吸管本数ごとの多口放水時のポンプ性能
 - ク 当庁における1火災あたりの平均PTO稼働時間（5時間）に伴う連続放水時のポンプ性能
- (2) 実験期間
- ア (1)アは平成27年7月16日～平成27年7月22日
 - イ (1)イ～クは平成27年8月8日～平成27年8月29日
- (3) 実験場所
- (1)アについてはA社工場において、(1)イ及びオ～クについては東京消防庁第三消防方面訓練場（以下「訓練場」という。）において、そして(1)ウ及びエについては東京消防庁第三消防方面訓練場内の訓練棟（以下「訓練棟」という。）において実施した。
- (4) 測定機器
- 放水実験中の各種データを測定した機器を表3に示す。

表3 計測機器

測定項目	測定機器	メーカー：型名	測定範囲等
ノズル 圧力	デジタル 圧力計	(株)クローネ： KDM30	0～ 5.0MPa
	ブルドン 管圧力計	エヌケイエス (株) ：型番不明	0～ 2.5MPa
ポンプ 圧力	車載 圧力計	OSAKA： 型番不明	0.35MPa
流量	電磁 流量計	愛知時計電機 (株)： TAV065V- 30UEFIZ010	精度± 0.5%

5 実験方法

- (1) ポリユートポンプ及びタービンポンプの性能及び吸水限界高さの測定
- 今回搭載したポリユートポンプ及び廃車車両に搭載されていたA社製タービンポンプにおけるポンプ性能を把握するため、17Φ、20Φ、21Φ、23Φ、26Φ、29Φ、32Φ、35Φ、38Φ及び41Φのスムーズノズルを用いてポンプ元圧、放口圧力及びエンジン回転数を測定し、性能

曲線を作成した。

また、ポリユートポンプにおいては、落差8.0mから0.1mごとに水槽水面を低下させ、吸水限界高さを測定した。タービンポンプにおいては、本検証前にポンプ装置を取り外していることから実施していない。

- (2) ポリユートポンプ及びタービンポンプの圧力及び流量測定

ポリユートポンプ及びタービンポンプの圧力と流量を確認するために、ポリユートポンプを積載したポンプ車及びタービンポンプを積載したポンプ車に対して、0.1MPaから1.6MPaまで0.1MPaごとにポンプ圧を設定した時のポンプ元圧、放口圧力及び65mmホースを通過する流量を測定した。

なお、放水隊形は消防技術安全所報第51号「アルミニウム合金製動力消防ポンプの性能、耐久性等の検証¹⁾」頁2～11に示されている理由により、図3の隊形を用いた。

- ・65mm×1本→二又分岐→50mm×1本で2口
- ・0.5MPa型ガンタイプノズル(以下「0.5GN」という。)
流量350L/min
- ・ポンプ圧、放口圧、流量計測



図3 5(2)の実験設定図及び実験条件

- (3) 連結送水管未使用時の限界高さにおけるポンプ性能
- 消防法施行令（昭和36年3月25日政令第37号）第29条において、地階を除く階数が7以上の防火対象物の3階以上の階に連結送水管を設置することとなっている。従って、階数が6以内の防火対象物の6階までの高さにおいては、地上からホースを延長しポンプ車で送水する必要がある。このことから訓練棟6階（GLから16.2m）まで送水した場合におけるタービンポンプ及びポリユートポンプの圧力及び流量を測定した。（写真5及び6）

なお、(2)と同じ理由により図4の隊形を用いた。

- ・訓練棟 6 階 (GL から 16.2m) において実施
- ・65 mm × 4 本 → 二又分岐 → 50 mm × 2 本で 2 口
- ・消火栓圧力 0.2MPa

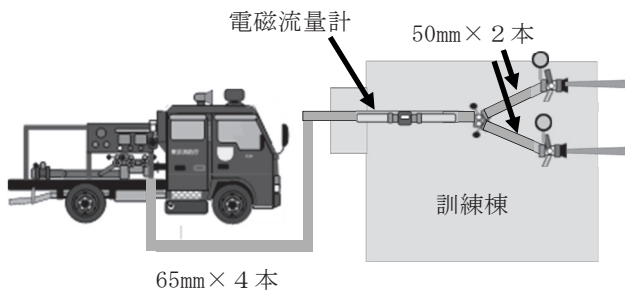


図4 5(3)の実験設定図及び実験条件



写真5 ホース設定状況 (吊上げ)



写真6 放水状況

(4) 連結送水管使用時におけるポンプ性能

連結送水管はホースと比較して摩擦損失が低く、高層階まで送水することが可能である。消防法施行規則（昭和36年4月1日自治省令第6号）第31条では、地階を除く階数が11以上の建築物に設置する連結送水管については、高さ70mを越える建築物には加圧送水装置を設けることとなっていることから、連結送水管を用いて70mの高さまでの送水が可能か検証を行う必要がある。しかしながら、訓練棟に設置された連結送水管はGLから8階までの高さしかないことから、その高さ限界である8階 (GL から 22.3m) まで送水した場合における、ポリュートポンプ及びタービンポンプの圧力及び流量を測定

した。

また、連結送水管送水口へは 65mm × 1 本をダブルで延長した。(図5及び写真7及び8)

- ・訓練棟 8 階 (GL から 22.3m) において実施
- ・65 mm × 1 本でダブル中継 → 二又分岐 → 50 mm × 2 本で 2 口
- ・消火栓圧力 0.2MPa

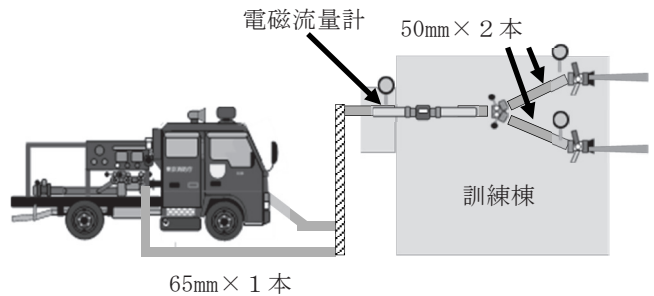


図5 5(4)の実験設定図及び実験条件



写真7 ホース設定状況 (流量計)



写真8 放水状況

(5) 遠距離送水時におけるポンプ性能

遠距離送水に関して、関係規程等にその距離や使用ホースの具体的な記載はなく、東京消防庁震災警防規程事務処理要綱（平成6年11月30日警防部長依命通達、以下「震災警防規程」という。）において、震災時はポンプ車1台あたり45本以上のホースを積載すると記されているのみである。そこで震災時における、遠距離送水を想定して、本検証では65mmホースを45本延長した場合におけるポンプ元圧及びホースの流量を測定した。

また、中継側ポンプ車の入口圧力が0.1MPaになるよ

うにホースを延長し、その場合のホース延長本数、ポンプ元圧及びホース流量を測定した。(図6及び写真9及び10)

- ・65mm ホース 45本
- ・消火栓圧力 0.3MPa

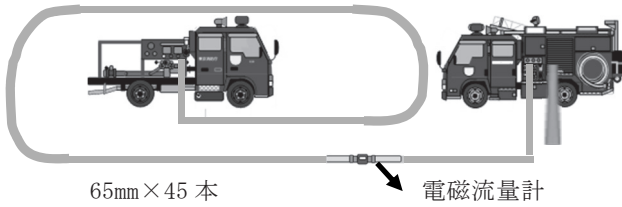


図6 5(5)の実験設定図及び実験条件



写真9 ホース設定状況(送水側)



写真10 ホース設定状況

(6) 吸管本数ごとのポンプ性能

平成27年現在において当庁のポンプ車仕様書では、落差を伴う試験は1.0m以上(低落差)及び4.5m以上(高落差)において評価することになっている。ポリュームポンプの自然水利及び消火栓に対する吸水性能及び放水性能を把握するため、吸管本数が1本もしくは2本の場合における最大ポンプ元圧、最大ホース流量及び揚水完了時間を測定した。(図7及び写真11)

- ・65mm ホース 1本
- ・吸管 1本もしくは2本
- ・吸水落差 1.0mもしくは4.5m
- ・防火水槽

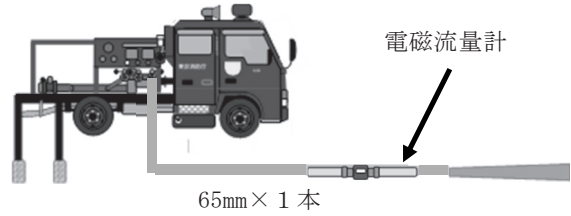


図7 5(6)の実験設定図及び実験条件

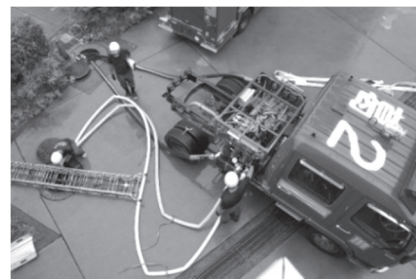


写真11 放水状況

(7) 吸管本数ごとの多口放水時のポンプ性能

ポンプの吸水及び放水に関する限界性能測定及び同時に何口まで放水可能かを測定するため、吸管1本もしくは2本の場合における3口もしくは4口で放水した場合の最大流量及び最大圧力を測定した。(図8及び写真12及び13)

- ・吸管 1本もしくは2本
- ・吸水落差 1.0mもしくは4.5m
- ・0.5GNを使用
- ・防火水槽及び消火栓

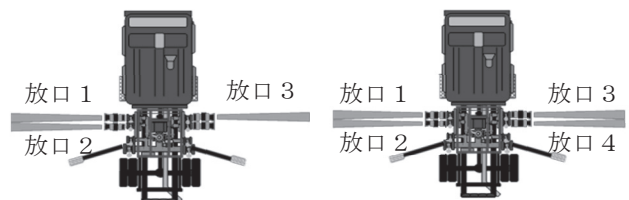


図8 5(7)の実験設定図及び実験条件

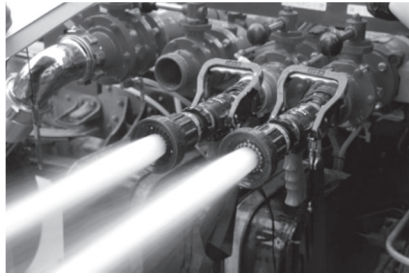


写真 12 放水状況



写真 13 放水状況

(8) 当庁における1火災あたりの平均PTO稼働時間(5時間)に伴う連続放水時のポンプ性能

ポリュートポンプの連続運転に対する耐久性能を把握するため、当庁の1火災あたりの平均PTO稼働時間である5時間の連続運転を行い、耐久性能の把握を実施した。(図9)

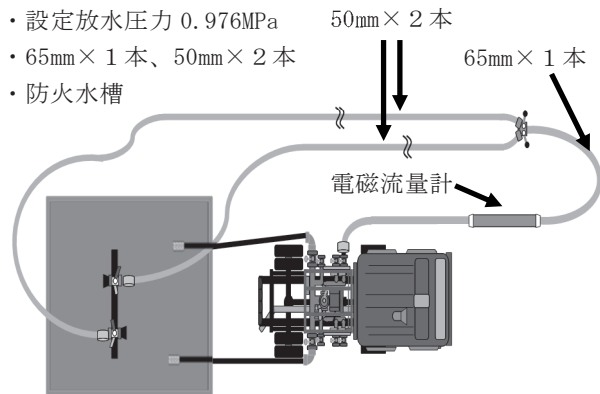


図9 5(8)の実験設定図及び実験条件

6 結果

(1) ポリュートポンプ及びタービンポンプの性能及び吸水限界高さの測定

ア 落差1.0m及び落差4.5mにおける性能曲線(図10及び図11)

①落差4.5m吸管20m×1本、②落差4.5m吸管10m×1本、③落差1.0m吸管20m×1本及び④落差1.0m吸管10m×1本の放水量を比較すると、ポリュートポンプの放水量は、タービンポンプのそれよりも少なかった。

た。⑤落差4.5m吸管10m×2本及び⑥落差1.0m吸管10m×2本で放水した場合のポリュートポンプの放水量はタービンポンプのそれよりも多かった。

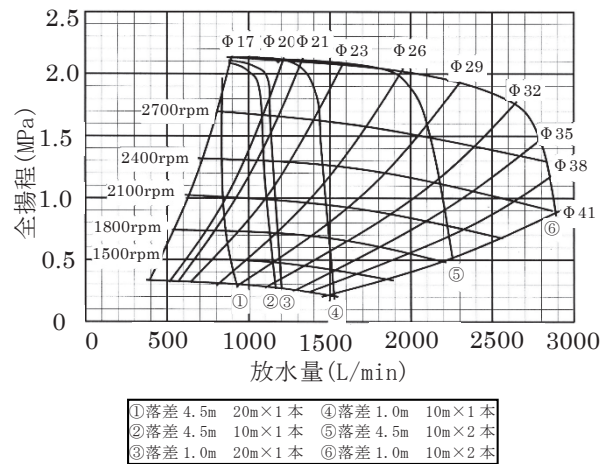


図10 ポリュートポンプの性能曲線(落差4.5m、1.0m)

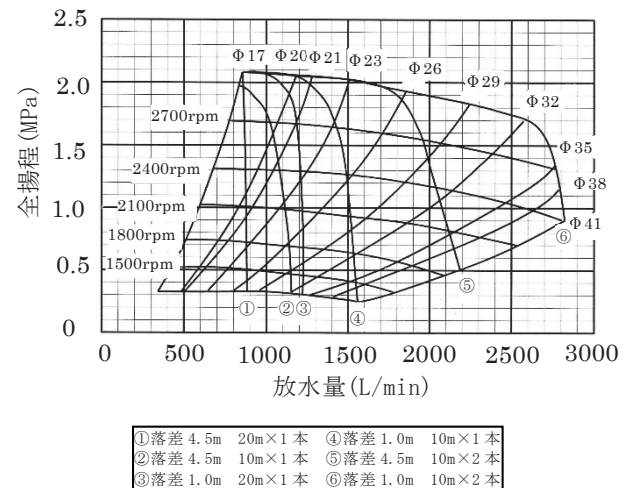
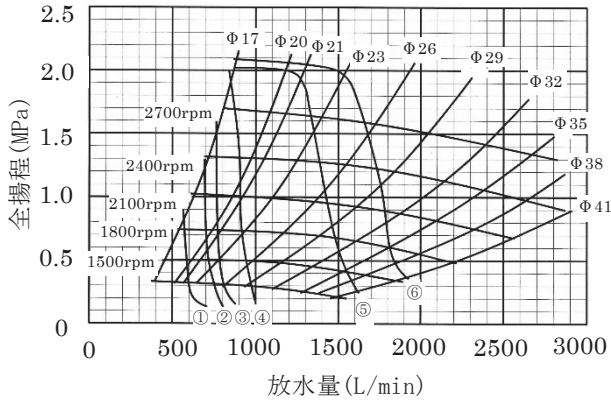


図11 タービンポンプの性能曲線(落差4.5m、1.0m)

イ 落差7.0m及び落差6.0mにおける性能曲線(図12及び図13)

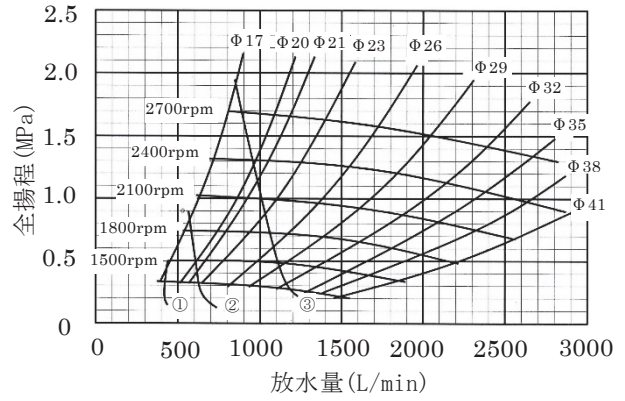
①落差7.0m吸管20m×1本、②落差6.0m吸管20m×1本、③落差7.0m吸管10m×1本及び④落差6.0m吸管10m×1本の放水量を比較すると、ポリュートポンプの放水量は、タービンポンプのそれよりも少なかった。⑤落差7.0m吸管10m×2本及び⑥落差6.0m吸管10m×2本の放水量を比較するとポリュートポンプの放水量は、タービンポンプのそれよりも多かった。

また、⑤落差7.0m吸管10m×2本のノズル径21Φまで及び⑥落差6.0m吸管10m×2本のノズル径23Φまでの性能曲線でポリュートポンプの全揚程は余り下がらないことから、吸管2本で吸水した場合のポリュートポンプ放水量はタービンポンプのそれよりも多く得られることが分かった。



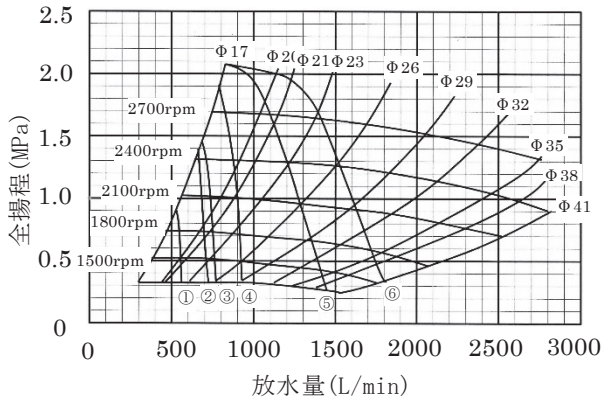
① 落差 7.0m 20m×1本	④ 落差 6.0m 10m×1本
② 落差 6.0m 20m×1本	⑤ 落差 7.0m 10m×2本
③ 落差 7.0m 10m×1本	⑥ 落差 6.0m 10m×2本

図 12 ポリユートポンプの性能曲線 (落差 6.0m、7.0m)



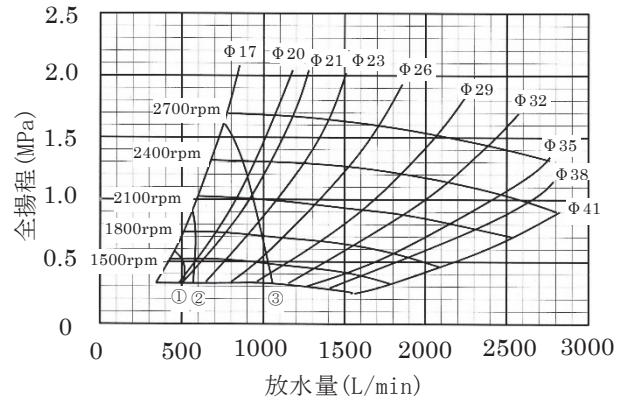
① 落差 8.0m 20m×1本	③ 落差 8.0m 10m×2本
② 落差 8.0m 10m×1本	

図 14 ポリユートポンプの性能曲線 (落差 8.0m)



① 落差 7.0m 20m×1本	④ 落差 6.0m 10m×1本
② 落差 6.0m 20m×1本	⑤ 落差 7.0m 10m×2本
③ 落差 7.0m 10m×1本	⑥ 落差 6.0m 10m×2本

図 13 タービンポンプの性能曲線 (落差 6.0m、7.0m)



① 落差 8.0m 20m×1本	③ 落差 8.0m 10m×2本
② 落差 8.0m 10m×1本	

図 15 タービンポンプの性能曲線 (落差 8.0m)

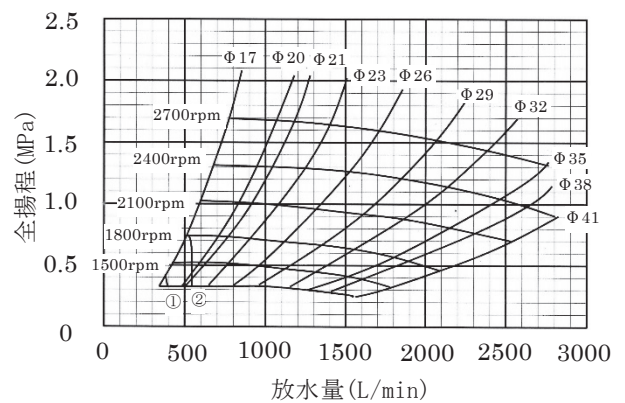
ウ 落差 8.0mにおける性能曲線 (図 14 及び図 15)

① 落差 8.0m 吸管 20m×1本、② 落差 8.0m 吸管 10m×1本及び③ 落差 8.0m 吸管 10m×2本の放水量を比較するとポリユートポンプ及びタービンポンプ共に放水量は同程度であった。しかし、ポリユートポンプは③ 落差 8.0m 吸管 10m×2本ノズル径 32Φでも放水することが出来た。

エ 落差 9.0mにおける性能曲線 (図 16)

ポリユートポンプは落差 9.0mでは吸管 10m及び 20mいずれも揚水することが出来なかった。

タービンポンプは落差 9.0mでも吸管 10m×1本及び 2本で揚水することが出来たが、吸管 20m×1本では揚水することが出来なかった。



① 落差 9.0m 10m×1本	② 落差 9.0m 10m×2本
------------------	------------------

図 16 タービンポンプの性能曲線 (落差 9.0m)

オ ポリユートポンプの吸水限界高さ

前エの結果より、ポリユートポンプの吸水限界高さを確認するために吸管 20m×1本で落差 8.0mから 0.1m

ずつ水位を下げ揚水試験を実施したところ、落差 8.3m で揚水出来ることを確認した。(写真 14～16)



写真 14 吸水落差測定状況

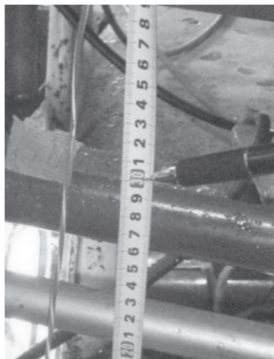


写真 15 落差 8.3mでの吸水状況



写真 16 落差 8.3mでの放水状況

(2) ポリユートポンプ及びタービンポンプの圧力と放水量

ポンプ車積載の圧力計による設定圧、放口圧力及び流量を表 4 及び図 17 に示す。ポンプ圧力が 0.1MPa から 0.9MPa 程度まではポリユートポンプとタービンポンプで流量に大きな違いは確認できないが、1.0MPa を過ぎたあたりからポリユートポンプの流量は、タービンポンプの流量より多くなり、ポンプ圧 1.4MPa において最大 68.3L/min 多く放水することが確認された。

表 4 ポリユートポンプ及びタービンポンプの放口圧と流量

ポンプ種類	ポリユート		タービン	
	放口圧 (MPa)	流量 (L/min)	放口圧 (MPa)	流量 (L/min)
0.10	0.10	231.7	0.14	223.3
0.20	0.20	338.3	0.23	343.3
0.30	0.28	430.0	0.32	433.3
0.40	0.37	511.7	0.40	508.3
0.50	0.48	578.3	0.51	581.7
0.60	0.57	641.7	0.60	633.3
0.70	0.68	696.7	0.70	676.7
0.80	0.77	743.3	0.78	733.3
0.90	0.85	800.0	0.87	775.0
1.00	0.95	853.3	0.95	808.3
1.10	1.05	900.0	1.05	841.7
1.20	1.15	945.0	1.15	883.3
1.30	1.25	983.3	1.24	916.7
1.40	1.35	1026.7	1.35	958.3
1.50	1.45	1061.7	1.45	1000.0
1.60	1.55	1091.7	1.54	1038.3

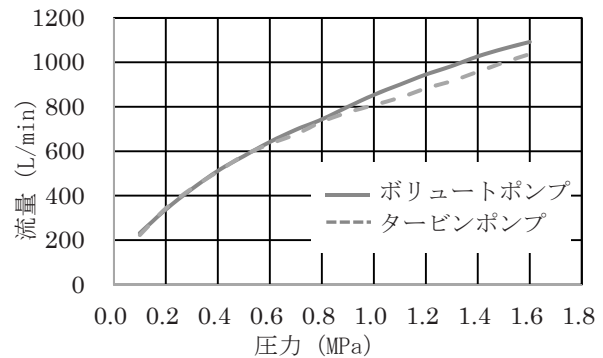


図 17 ポリユートポンプ及びタービンポンプのポンプ圧と流量

(3) 連結送水管未使用時の限界高さにおけるポンプ性能

連結送水管未使用時の限界高さにおける、実験条件及びポンプ種類ごとのポンプ元圧、第 1 線圧力、第 2 線圧力、6 階部分における流量及びポンプ車の流量を表 5 に示す。第 1 線及び第 2 線の圧力を 0.5GN の既定圧力である 0.5MPa になるようにポンプを加圧した場合、ポンプ種類にかかわらず、ポンプ元圧及び流量に大きな差は確認できなかった。

また、ポンプ元圧をホースの耐圧限界である 1.6MPa になるように加圧した場合においても、ポンプ種類にかかわらず、ポンプ元圧及び流量に大きな差は確認できなかった。

表5 連結送水管未使用時の限界高さにおける圧力及び流量

実験条件	第1線及び第2線圧力を0.5MPa		ポンプ元圧を1.6MPa	
	ポリュート	タービン	ポリュート	タービン
ポンプ元圧 (MPa)	1.10	1.00	1.60	1.60
第1線圧力 (MPa)	0.50	0.50	0.85	0.85
第2線圧力 (MPa)	0.50	0.50	0.85	0.85
6階流量 (L/min)	710	698	900	1040
ポンプ車流量 (L/min)	707	706	913	1010

(4) 連結送水管使用時におけるポンプ性能

連結送水管使用時における実験条件及びポンプ種類ごとのポンプ元圧、8階連結送水管放水口圧力、第1線圧力、第2線圧力、8階での流量及びポンプ車流量を表6に示す。訓練棟の連結送水管は8階（GLから22.3m）までしかなく、この高さまでで実験を行った。表5と同様にノズル圧力を0.5MPaに設定した場合、ポンプ種類に対する圧力及び流量に大きな差は認められなかった。

表6 連結送水管使用時における圧力及び流量

実験条件	第1線及び第2線圧力を0.5MPa	
	ポリュート	タービン
ポンプ元圧 (MPa)	1.00	0.95
8階連結送水管放水口圧 (MPa)	0.65	0.62
第1線圧力 (MPa)	0.50	0.50
第2線圧力 (MPa)	0.50	0.50
8階流量 (L/min)	712	685
ポンプ車流量 (L/min)	800	750

(5) 遠距離送水時における有効圧力を得るホース本数及びポンプ性能

遠距離送水時における有効圧力を得るためのポンプ種類ごとのホース本数、ポンプ元圧、中継口圧及び流量を表7に示す。本実験では中継側ポンプ車の中継口圧力が0.1MPa以上になる圧力を有効圧力とした。その結果、ホース本数を34本にした場合に中継側ポンプ車の入口圧力が0.1MPaとなり、流量計流量はポンプ種類にかかわらず575L/minであった。

また、震災警防規程に示されているように、65mmホースを45本延長した場合、ポンプ元圧をホース耐圧限界である1.6MPaまで加圧したが、ポンプ種類にかかわ

らず、中継側ポンプ車の入口圧力は0.07~0.08MPaであった。また、その時の流量はタービンポンプで450L/min、ポリュートポンプで417L/minであった。

表7 遠距離送水時における圧力及び流量

ホース本数 (本)	34		45	
	ポリュート	タービン	ポリュート	タービン
ポンプ元圧 (MPa)	1.60	1.60	1.60	1.60
中継口圧 (MPa)	0.10	0.10	0.07	0.08
流量計流量 (L/min)	575	575	417	450

(6) 吸管本数及び落差の違いにおける、ポンプ種類ごとの最大圧力、最大流量及び揚水性能

吸管本数及び落差の違いにおける、ポンプ種類ごとの最大圧力、最大流量及び揚水完了までの時間を表8に示す。落差1.0mの場合、吸管1本では最大ポンプ元圧、最大流量及び揚水完了時間は大きな差が認められなかった。吸管2本の場合、最大ポンプ元圧及び最大流量はタービンポンプよりもポリュートポンプの方が大きく、最大流量に関してはタービンポンプよりも約250L/min多かった。揚水完了時間はタービンポンプよりもポリュートポンプの方が約3秒早かった。

落差4.5mの場合、吸管1本では最大ポンプ元圧、最大流量及び揚水完了時間は大きな差が認められなかった。吸管2本の場合、最大ポンプ元圧及び最大流量はタービンポンプよりもポリュートポンプの方が大きく、最大流量に関してはタービンポンプよりも約300L/min多かった。揚水完了時間は吸管1本の場合は、ポリュートポンプよりもタービンポンプの方が約2秒早かった。

消火栓使用の場合、ポリュートポンプの最大ポンプ元圧はタービンポンプのそれよりも大きかったが、最大流量はいずれのポンプにおいてもほぼ同等であった。

表8 水利条件の異なる吸管本数ごとの最大ポンプ元圧、最大流量及び揚水完了時間

水利条件		落差 1.0m		落差 4.5m		消火栓(落差-1.0m)	
ポンプ種類		ボリュート	タービン	ボリュート	タービン	ボリュート	タービン
吸管 1本	最大ポンプ元圧(MPa)	0.25	0.20	0.15	0.10	0.10	0.05
	最大流量(L/min)	1350	1340	1100	1030	1900	1910
	揚水完了時間(s)	7.8	7.7	13.1	10.7	—	—
吸管 2本	最大ポンプ元圧(MPa)	0.70	0.35	0.45	0.20	—	—
	最大流量(L/min)	2400	2150	2000	1690	—	—
	揚水完了時間(s)	7.3	10.3	14.3	13.3	—	—

(7) 多口放水時のポンプ性能

ポンプ種類に対する吸管本数及び落差の違いおける、多口放水時の圧力及び流量を表9及び表10に示す。表9は3口、表10が4口で放水した場合である。いずれの放口においてもガンタイプノズルの流量ダイヤルは470L/minに設定し、圧力は0.5MPaに設定した。

放水口数が3口で、吸管1本、落差が1.0mの場合、いずれのポンプにおいても合計流量は1200L/min程度であり、1口あたりの放水量はいずれのポンプにおいても350L/min以上放水できていた。

落差が4.5mの場合、いずれのポンプにおいても合計流量は1000L/min程度であり、1口あたりの放水量は、ボリュートポンプの場合は350L/min以上であったが、タービンポンプの場合の1口あたりの流量は、290～340L/minであった。

消火栓の場合は、いずれのポンプにおいても合計流量は1800L/min程度であり、1口あたりの放水量は600L/min程度であった。

吸管2本、落差が1.0mの場合、ボリュートポンプの合計流量は2350L/minであり、タービンポンプのそれよりも600L/min多かった。1口あたりの放水量はボリュートポンプの場合は750～800L/min程度であったが、タービンポンプの場合は540～630L/minであった。

落差が4.5mの場合、ボリュートポンプの合計流量は2080L/minであり、タービンポンプのそれよりも410L/min多かった。1口あたりの放水量はボリュートポンプの場合は550～780L/minであったが、タービンポンプの場合は510～610L/minであった。

放水口数が4口では、吸管1本、落差が1.0mの場合、いずれのポンプにおいても合計流量は1250L/min程度であり、1口あたりの放水量はいずれのポンプにおいても280～340L/minであった。

落差が4.5mの場合、いずれのポンプにおいても合計流量は950～1100L/minであり、1口あたりの放水量はボリュートポンプの場合は250L/min以上放水できていたが、タービンポンプの場合の1口あたりの流量は、210～250L/minであった。

消火栓の場合は、いずれのポンプにおいても合計流量は1800L/minであり、1口あたりの放水量は450L/min程度であった。

吸管2本、落差が1.0mの場合、ボリュートポンプの合計流量は2400L/minであり、タービンポンプのそれよりも320L/min多かった。1口あたりの放水量はボリュートポンプの場合は550～630L/minであったが、タービンポンプの場合は460～560L/minであった。

落差が4.5mの場合、ボリュートポンプの合計流量は2020L/minであり、タービンポンプのそれよりも400L/min多かった。1口あたりの放水量はボリュートポンプの場合は400～550L/minであったが、タービンポンプの場合は370～430L/minであった。

表9 放口数3口の場合の圧力及び流量

水利条件		落差 1.0m		落差 4.5m		消火栓 (落差-1.0m)		
ポンプ種類		ボリュート	タービン	ボリュート	タービン	ボリュート	タービン	
吸 管 1 本	第1 放口	圧力(MPa)	0.50	0.40	0.35	0.25	1.00	0.85
		流量(L/min)	400	370	350	320	600	570
	第2 放口	圧力(MPa)	0.50	0.40	0.35	0.25	1.00	0.85
		流量(L/min)	400	410	350	290	600	610
	第3 放口	圧力(MPa)	0.45	0.40	0.35	0.25	0.95	0.90
		流量(L/min)	400	450	390	340	660	630
合計流量(L/min)		1200	1230	1090	950	1860	1810	
吸 管 2 本	第1 放口	圧力(MPa)	1.00	0.80	1.40	0.70	—	—
		流量(L/min)	800	580	750	550	—	—
	第2 放口	圧力(MPa)	1.60	0.80	1.40	0.70	—	—
		流量(L/min)	750	540	550	510	—	—
	第3 放口	圧力(MPa)	1.55	0.80	1.34	0.72	—	—
		流量(L/min)	800	630	780	610	—	—
合計流量(L/min)		2350	1750	2080	1670	—	—	

表10 放口数4口の場合の圧力及び流量

水利条件		落差 1.0m		落差 4.5m		消火栓 (落差-1.0m)		
ポンプ種類		ボリュート	タービン	ボリュート	タービン	ボリュート	タービン	
吸 管 1 本	第1 放口	圧力(MPa)	0.20	0.20	0.20	0.10	0.55	0.50
		流量(L/min)	300	310	250	240	420	430
	第2 放口	圧力(MPa)	0.20	0.20	0.20	0.10	0.55	0.50
		流量(L/min)	300	280	250	210	430	460
	第3 放口	圧力(MPa)	0.25	0.20	0.20	0.15	0.55	0.50
		流量(L/min)	320	330	290	250	500	465
第4 放口	圧力(MPa)	0.30	0.20	0.28	0.22	0.60	0.55	
	流量(L/min)	340	320	310	250	500	465	
合計流量(L/min)		1260	1240	1100	950	1850	1820	
吸 管 2 本	第1 放口	圧力(MPa)	0.90	0.60	0.80	0.40	—	—
		流量(L/min)	600	460	550	400	—	—
	第2 放口	圧力(MPa)	0.90	0.60	0.80	0.40	—	—
		流量(L/min)	550	520	400	370	—	—
	第3 放口	圧力(MPa)	0.90	0.60	0.75	0.58	—	—
		流量(L/min)	620	560	540	430	—	—
第4 放口	圧力(MPa)	0.90	0.60	0.80	0.45	—	—	
	流量(L/min)	630	540	530	420	—	—	
合計流量(L/min)		2400	2080	2020	1620	—	—	

(8) 1 火災あたりの当庁平均PTO稼働時間(5時間)に伴う連続放水時のポンプ性能

図 18 にポリュートポンプにおける5時間連続運転に伴う圧力及び流量を示す。図中の x 軸はポンプ運転時間、y 軸は流量で y 第2軸は圧力を示す。その結果、5時間連続運転の前後において圧力及び流量の低下は確認できなかった。

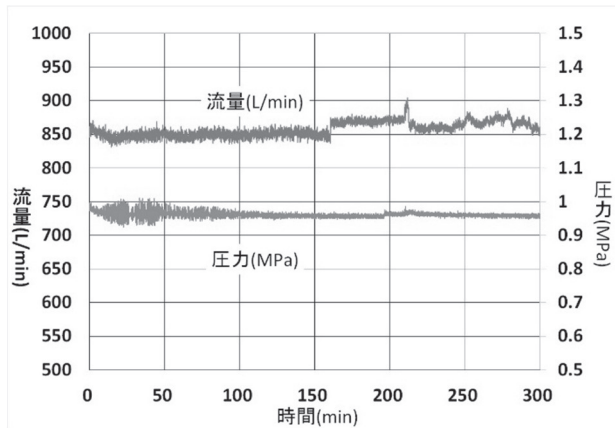


図 18 5時間連続運転時の圧力及び流量の変化

7 まとめ

- (1) ポリュートポンプ及びタービンポンプの性能を確認した結果、吸管1本で吸水した場合はポリュートポンプの放水量はタービンポンプのそれよりも少なかったが、吸管2本で吸水した場合はポリュートポンプの放水量はタービンポンプのそれよりも多かった。
- (2) 吸水限界高さ測定の結果、タービンポンプは落差9.0mでも吸水することが出来たが、ポリュートポンプは落差9.0mでは揚水することが出来なかった。ポリュートポンプの吸水限界高さは落差8.3mであった。
- (3) ポリュートポンプ及びタービンポンプの圧力と放水量は、低圧時の流量は大きな違いは無かったが、高圧になるほどポリュートポンプの流量が勝ることが分かった。
- (4) 連結送水管使用時及び未使用時における放水実験の結果、ポリュートポンプとタービンポンプにおいて、圧力及び流量に大きな差は認められなかった。
- (5) 遠距離送水実験の結果、ホース45本延長したときの中継側ポンプ車入口圧力は、ポリュートポンプ及びタービンポンプ共に0.07~0.08MPaであり、流量は430L/minであった。

また、中継側ポンプ車入口圧力が0.1MPaとなるホースの本数は両ポンプ共に34本であった。

- (6) 吸管本数及び落差の違いにおける、ポンプ種類ごとの最大圧力、最大流量及び揚水性能は吸管1本の場合で、落差に関係なく最大ポンプ元圧、最大流量及び揚水完了時間に大きな差が認められなかった。吸管2本の場合は、いずれの落差でもポリュートポンプの流量は、タービンポンプのそれよりも多かった。

消火栓使用の場合、ポリュートポンプの最大ポンプ元圧はタービンポンプのそれよりも大きかったが、最大流量はいずれのポンプにおいてもほぼ同等だった。

- (7) 多口放水実験の結果、落差4.5m、吸管1本、放口3口の場合、ポリュートポンプの放水量はいずれの放口においても350L/min以上の流量であった。落差4.5m、吸管1本、放口4口の場合、ポリュートポンプの放水量はいずれの放口においても230L/min以上であった。

吸管2本の場合はいずれの放口数で放水した場合においても、両ポンプとも1口あたり370L/min以上であり、合計流量はポリュートポンプの方がタービンポンプのそれよりも400L/min~600L/min多かった。

- (8) ポリュートポンプにおける5時間の連続放水実験の結果、5時間後における圧力及び流量の減少は確認できなかった。

- (9) 本実験の結果、ポリュートポンプはタービンポンプと同等以上の性能を有することがわかった。

8 おわりに

今後は当庁ポンプ車における納入から廃車までの平均PTO稼働時間である500時間の耐久試験を行い、主管課へ報告する予定である。

[参考文献]

- 1) 相河好江、中西智宏、田中守人、加藤達仁、石井剛、小林長壽、齋藤勉、鎌形健司、町井雄一郎、渡・茂男：アルミ合金製動力消防ポンプの性能、耐久性等の検証、消防技術安全所報第51号、pp.4-11、2014

Study on the Performance and Durability of Volute Pump(First Report)

Kentarou SENDA*, Tomohiro NAKANISHI*, Tatsuhito KATOU**

Go KURIHARA***, Atsushi YAMAGUCHI*, Yuuichirou MACHII*

Abstract

A light weight, compact volute pump does not maintain high water pressure easily. However, in recent years, fire engines equipped with the volute pump, instead of a turbine pump, have been developed and used in some fire departments. Since the fire engines of the Tokyo Fire Department (TFD) operate under more severe conditions than those of other fire departments, the Fire Technology and Safety Laboratory needs to fully understand the characteristics of the volute pump and the effect that the pump has on the TFD' s water shooting operations.

To collect necessary information to decide whether the TFD introduces the volute pump, the Fire Technology and Safety Laboratory will spend two years examining the performance of the volute and turbine pumps, testing them under the same conditions as the TFD' s fire engines actually operate. This year, it examined the basic performance of the pumps and found that the volute pump has equal or better results than the turbine pump.

*Equipment Safety Section **Denenchoufu Fire Station ***Fuchuu Fire Station