

アルミ合金製動力消防ポンプの性能、耐久性等の検証

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*, 渡邊 茂男*****

概要

消防車両に積載するポンプ装置を砲金製からアルミ合金製とすることで、ポンプ車の軽量化及び燃費の向上等のメリットが期待できる。このことから、当庁ポンプ車の耐用年数である15年間の平均ポンプ稼働時間である500時間において、アルミ合金製ポンプの耐久性試験を実施するとともに、消火薬剤に対する耐腐食性についての検証を行った。

その結果、500時間稼働後のアルミ合金製ポンプ装置は、A-2級のポンプ性能を維持し、放水性能の変化、主要部分の劣化及び消火薬剤等による腐食は確認できなかった。

1 はじめに

消防車両に積載するポンプ装置については、従来の砲金製のものから、アルミ合金製のものが開発、製作されており、欧米諸国では多く使用されている。日本においても他消防本部等での導入が進んでおり、ポンプ及び配管をアルミ合金製に変えることで消防車両の軽量化が図られ、新たな資器材の積載が可能となるなど消防活動上の大きなメリットが期待できる。しかし、当庁のポンプ車の使用環境は、他消防本部等と比較すると非常に過酷であるため、性能を維持できるか否か確認されていない。このことから、アルミ合金製ポンプ（以下、「アルミポンプ」という。）について、当庁の現行ポンプ車に積載された砲金製ポンプと同レベルの使用環境における耐久性等について検証した。

イ 配管合計重量

29.2kg

(3) ポンプ駆動装置及びポンプの使用実態

当庁で耐用年数15年を経過し使用廃止になった平成10年度製作の小型ポンプ車を改造し、アルミポンプ一式を積載替えした。（写真2、3）

平成21、22及び23年度に耐用年数（15年）を満了し使用廃止となったポンプ車のうち、各消防方面本部ごとに1台ずつ無作為に抽出した車両のPT0稼働時間は平均約500時間であった。例として、平成23年度における各消防方面本部ごとのPT0稼働時間を表1に示す。なお、車両の抽出は装備課により行われた。

2 期間及び場所

(1) 実験期間

平成25年7月から平成26年1月まで

(2) 実験場所

東京消防庁消防技術安全所総合実験室前及び装備工場

3 検証対象としたアルミポンプ及び検証条件

(1) 型式等

A-2級2段バランスタービンポンプ(写真1)

(2) 重量

ア ポンプ ASSY

100.8kg

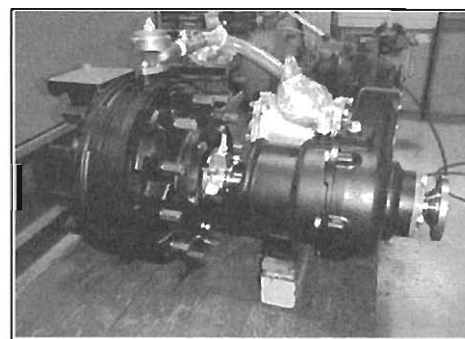


写真1 アルミポンプ

* 装備安全課 ** 西新井消防署 *** 成城消防署 **** 装備工場 ***** 小平消防署



写真2 改造後車両 写真3 ポンプ積載状況

表1 平成23年度使用廃止ポンプ車のPTO稼働時間

消防方面本部	所属	整理番号	稼働時間(時間)
第1	神田	P08042	662
第2	大井	P08033	421
第3	目黒	P08034	551
第4	荻窪	P08090	648
第5	赤羽	P08037	895
第6	上野	P08045	330
第7	向島	P08046	703
第8	小金井	P08088	398
第9	多摩	P09092	394
第10	石神井	P08038	497
平均稼働時間			550

※ 平成21年度使用廃止ポンプ車のPTO稼働時間は390時間、平成22年度使用廃止ポンプ車のPTO稼働時間は552時間であった。

(4) 放水条件等

平成24年中に従事した東京消防庁管内の火災2833件における先行小隊の隊形図とホース延長状況(隊形、各ホース平均使用本数及び実施比率)、各延長状況におけるポンプ元圧力(ノズル圧力0.5MPa、流量360ℓ/minの場合)及びホース平均使用本数における総摩擦損失を表2に示す。

ポンプ元圧力及び総摩擦損失は、次の式1を基に算出した。このときの二又分岐媒介金具の摩擦損失は、0.1MPaとした。

$$\left[\begin{array}{l} \text{呼称65ホースの摩擦損失} = 0.136 \times NQ^2 \\ \text{呼称50ホースの摩擦損失} = 0.361 \times NQ^2 \end{array} \right] \dots \text{式1}$$

N:ホース数(本)、Q:流量(m³/min)

ア 放水隊形

表2よりA~Dの隊形が95%を占めていたが、A~Dの各隊形において実施比率を比較すると、Aの隊形が35%と最も高く、B~Dの隊形の1.5~1.9倍であった。しかしながら、Dの隊形は実施比率18%(498件)ではあるものの、総摩擦損失を考慮したポンプ元圧力は1.01MPaであり、全ての隊形で最も大きくなった。このことから、ポンプ負荷が最も大きいDの放水隊形(ポンプ車の放口から呼称65ホースを1線延長し分岐隊形で呼称50ホースを2線延長した場合)で検証を行うのが望ましいと判

断した。

表2 先行小隊のホース延長状況(平成24年)

隊形	放口使用数(箇所)	呼称65ホース		呼称50ホース		実施比率(%)	ポンプ元圧力(MPa)	総摩擦損失(MPa)	
		平均使用本数(本)	平均使用本数(本)	平均使用本数(本)	平均使用本数(本)				
A	1	0	0	1	2.2	35	0.60	0.10	
B	1	1	4.4	1	2.1	23	0.68	0.28	
C	2	0	0	2	2.5	19	0.62	0.24	
D	1	1	4.4	2	2.1	18	1.01	0.61	
E	3	0	0	3	2.5	4	0.62	0.36	
その他							1		
合計							100		

※1 ノズル圧力0.5MPa、流量360ℓ/minで放水するのに必要なポンプ元圧力

※2 それぞれの隊形、ホース平均使用本数における総摩擦損失

イ 放水圧力

前アで想定した放水隊形を図1に示す。なお、筒先は0.5MPa型ガンタイプノズル(流量設定360ℓ/min、棒状放水)2口とした。

式1より、図1に示す放水隊形で放水したときのポンプ圧力を以下の計算式より求める。

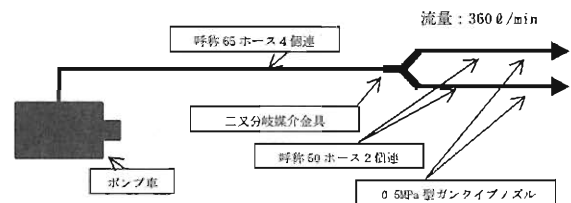


図1 検証想定とした放水隊形

$$\text{ポンプ圧力} = \text{ホースの摩擦損失} + \text{二又分岐媒介金具の摩擦損失} + \text{ノズル圧力} = 0.376 + 0.1 + 0.5 = 0.976 \text{ (MPa)} \dots \text{式2}$$

$$\therefore \text{ホースの摩擦損失} = \text{呼称65ホースの摩擦損失} + \text{呼称50ホースの摩擦損失} = (0.136 \times 4 \times 0.72 \times 0.72) + (0.361 \times 2 \times 0.36 \times 0.36) = 0.376 \text{ (MPa)} \dots \text{式3}$$

計算結果からポンプ車からの放水は、0.976MPaのポンプ圧力で実施した。

ウ 放水時のエンジン回転数

前ア及びイで設定した条件において、放水を実施した

時のポンプ車のエンジン回転数を車両のエンジン回転計で測定を行ったところ、2200r/minであった。動力であるエンジンの出力が一定の条件であることがポンプ性能の変化を検証するために必要であることから、エンジン回転数を2200r/minで統一し、放水を実施した。

エ ポンプ稼働時間の設定

前(3)の結果において、ポンプ車の平均PTO稼働時間が約500時間であったことから、前(4)の放水条件で合計500時間の放水を行うこととした。

4 検証方法

放水実験の設定を図2、写真4及び5に示す。

(1) ポンプ性能の変化

稼働前、稼働後50時間後、100時間後、200時間後、300時間後、400時間後及び500時間後のポンプ性能を測定し、ポンプ性能の変化の有無を確認した。

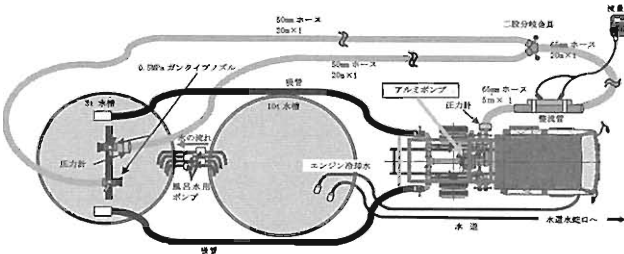


図2 放水実験設定条件



写真4 実験設定状況

写真5 放水圧力測定

ア 時間経過におけるポンプ性能

(ア) 確認条件

- ・エンジン回転数：1200、1500、1800、2100、2400、2700r/min
- ・ノズル口径：17、20、23、26、29、32、35、38mm

(イ) 確認要領

上記(ア)の各エンジン回転数で各口径を有するスムーズノズルを用いて放水した場合のノズル圧力、ポンプ圧力及び真空指度を計測し、計測結果から放水量及び全揚程を算出した。その値を使用してポンプ性能曲線を作成し、稼働時間の経過に伴うポンプ性能の変化を確認した。性能試験の放水隊形を図3に、試験状況を写真6及び7に示す。

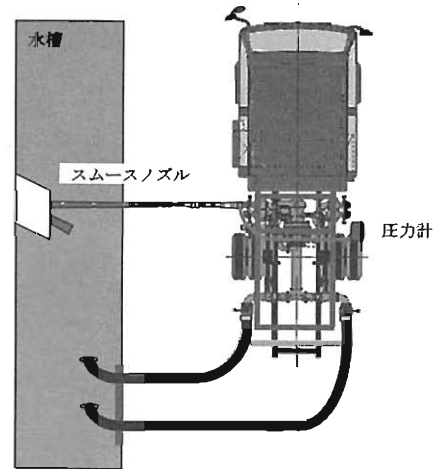


図3 時間経過における性能試験の設定条件

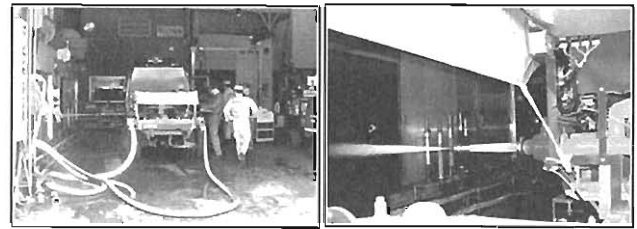


写真6 設定条件

写真7 放水状況

イ 規格に準ずる性能試験

500時間稼働後のポンプが動力消防ポンプの技術上の規格を定める省令(以下「規格省令」という。)第2条に定めるA-2級の動力消防ポンプの性能を満たしているかを確認した。

(ア) 確認条件

規格省令第21条及び第22条で定める放水試験に準ずる試験を実施し、規格放水性能及び高圧放水性能がA-2級の動力消防ポンプの性能を満たしているかを確認した。A-2級の動力消防ポンプの性能基準を表3に示す。

表3 A-2級の規格放水性能及び高圧放水性能基準

規格放水性能		高圧放水性能	
放水圧力 (MPa)	放水量 (m ³ /min)	放水圧力 (MPa)	放水量 (m ³ /min)
0.85	2.0以上	1.4	1.4以上

(イ) 確認要領

規格省令第21条に基づき、表3で示す規格放水圧力及び高圧放水圧力で放水した際のポンプ圧力及び放水圧力を計測した。計測結果から放水量を算出し、それぞれが表3に掲げる規格放水量及び高圧放水量を有しているかを確認した。また、規格省令第22条に基づき、規格放水圧力で6時間、高圧放水圧力で2時間の連続放水運転を

行い、連続運転中のポンプ圧力及び放水圧力を測定した。なお試験状況は図3と同様で、吸水高さは規格省令第21条で定める3mとした。

ウ 耐圧試験

500時間稼働後のポンプが、東京消防庁普通ポンプ車仕様書で定める耐圧性能を満たしているかを確認した。

(ア) 確認条件

以下に示す条件で漏水の有無を確認した。

- ・吐出側：締切圧 3.0MPa を 3分間
- ・吸水側：締切圧 2.0MPa を 3分間

(イ) 確認方法

- ・吐出側：
 - アルミポンプ車で吸水し、吐出口を閉鎖したままポンプ圧力を 3.0MPa に設定し、3分間の耐圧試験を行った。
- ・吸水側：
 - 他の普通ポンプ車からアルミポンプ車の中継口へ 2.0MPa で送水し、3分間の耐圧試験を行った。

(2) 主要部分の劣化

500時間稼働後のポンプを分解し、主要部品の寸法を測定した。

ア 確認部位及び計測機器

測定部位を図4に示す。また図4の①から⑬の寸法を表4に示す。

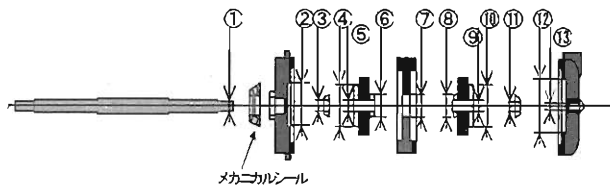


図4 測定部位

表4 確認部位名称、測定機器及び設計値

部位	部品名称	測定器及び測定範囲	設計値
①	ポンプシャフト	・マイクロメーター (0-25mm)	φ22.17 +0.02 -0.01
②	高圧側カバー	・マイクロメーター (125-150mm) ・インサイドゲージ	φ150 +0.03 -0.01
③	スベアサー	・ノギス (300mm)	φ30 +0.29 -0.14
④	高圧側インペラー	・マイクロメーター (125-150mm)	φ149.8 +0.09 -0.05
⑤	高圧側インペラー	・ノギス (300mm) ・限界ゲージ (φ30)	φ30 +0.02 -0.01
⑥	高圧側インペラー	・マイクロメーター (50-75mm)	φ59.8 +0.05 0.00
⑦	ガイドベーン	・マイクロメーター (50-75mm) ・シリンダーゲージ	φ60.3 +0.04 -0.09
⑧	低圧側インペラー	・マイクロメーター (50-75mm)	φ59.8 +0.05 0.00
⑨	低圧側インペラー	・ノギス (300mm) ・限界ゲージ (φ30)	φ30 +0.02 -0.01
⑩	低圧側インペラー	・マイクロメーター (125-150mm)	φ149.8 +0.09 -0.05
⑪	スベアサー	・ノギス (300mm)	φ30 +0.29 -0.19
⑫	低圧側カバー	・マイクロメーター (125-150mm) ・インサイドゲージ	φ150 +0.03 -0.01
⑬	ドライベアリング	・限界ゲージ (φ22)	φ22 +0.17 -0.11

イ 確認方法

ポンプ主要部品の寸法を測定し、検証前と検証後で寸法の差異を確認した。測定者の変更に伴う誤差の発生を防止するため、組み立て前に測定した者が分解後の測定も行った。また変形、損傷及び摩耗状況等を目視により確認した。

(3) 消火薬剤等による腐食性

アルミポンプ及び砲金製ポンプの部材を適当な大きさに切断して試験体とし、これらに対して、消火薬剤等に対する腐食試験を行った。

ア 試験方法

試験体を各消火薬剤(原液及び3%希釈液)、水道水及び海水に500時間浸漬し、試験前及び浸漬時間100時間ごとにおける質量を測定するとともに、表面及び浸漬液の変色状況を観察した。試験条件及び使用消火薬剤を表5に示す。なお、各消火薬剤に対し記号A、B及びCを付与した。

表5 試験条件及び使用消火薬剤

		浸漬時間 (時間)	測定(観察) 項目	
消 火 薬 剤	たん白泡消火薬剤 (薬剤A)	原液	質量 表面変化 変色変化	
		3%		
	水成膜泡消火薬剤 (薬剤B)	原液		0
		3%		100
	合成界面活性剤 (薬剤C)	原液		200
		3%		300
海水		400		
水道水		500		
※空气中				

※1 質量の測定方法は各溶液に浸漬した試験体を蒸留水にて洗浄後、圧縮空気を吹き付けることにより乾燥させ、電子天秤にて質量測定を行った。

※2 空气中とは試験体を空のビーカーに入れ、他の試験体と同条件下においた状況とする。

5 検証結果

(1) 性能確認

ア 時間経過におけるポンプ性能の変化

4(1)ア(ア)に示す各条件での、検証開始前(0時間)及び500時間経過後におけるノズル圧力、ポンプ圧力、真空指数、放水量及び全揚程を表6及び7に示す。また、検証開始前(0時間)及び500時間のポンプ性能曲線を図5及び6に示す。なお、放水量及び全揚程については、下記の式4及び5より算出した。

$$\text{放水量}(\text{m}^3/\text{min}) = 0.208d^2\sqrt{p} \dots \text{式4}^{\circledast}$$

$$\text{全揚程}(\text{MPa}) = \text{真空計実測値} + \text{圧力計実測値} \dots \text{式5}$$

d: ノズル口径(cm)、p: ノズル圧力(MPa)

図5及び6のポンプ性能曲線を比較した結果、ポンプ稼働時間の増加に伴う性能曲線の形状に明らかな差異はなく、大きな性能の変化は確認できなかった。

表6 ノズル圧力、連成計示度、ポンプ圧力(0時間)

エンジン回転数	ノズル圧力						ポンプ圧力					
	ノズル径	ノズル圧力	ポンプ圧力	真空度	放水量	全揚程	ノズル径	ノズル圧力	ポンプ圧力	真空度	放水量	全揚程
1200r/min	φ	MPa	MPa	cmHg	m ³ /min	MPa	φ	MPa	MPa	cmHg	m ³ /min	MPa
	1.7	0.3	0.3	90	0.32	0.32	1.7	0.9	1.0	130	0.67	0.99
	2.0	0.3	0.3	100	0.43	0.32	2.0	0.9	1.4	150	0.73	0.99
	2.3	0.3	0.3	120	0.53	0.30	2.3	0.8	0.9	200	1.41	0.95
	2.6	0.2	0.3	130	0.68	0.33	2.6	0.8	0.9	240	1.23	0.93
	2.9	0.2	0.3	150	0.79	0.32	2.9	0.7	0.9	300	1.48	0.92
	3.2	0.2	0.3	160	0.91	0.92	3.2	0.6	0.9	300	1.69	0.92
	3.5	0.2	0.3	210	1.03	0.30	3.5	0.6	0.8	450	1.91	0.89
	3.8	0.1	0.3	230	1.09	0.29	3.8	0.5	0.8	510	2.06	0.85
φ	ノズル圧力	ポンプ圧力	真空度	放水量	全揚程	φ	ノズル圧力	ポンプ圧力	真空度	放水量	全揚程	
1.7	0.5	0.5	105	0.42	0.93	1.7	1.2	1.3	140	0.67	1.33	
2.0	0.5	0.5	130	0.59	0.94	2.0	1.2	1.3	190	0.93	1.31	
2.3	0.4	0.5	150	0.73	0.92	2.3	1.1	1.2	220	1.16	1.25	
2.6	0.4	0.5	170	0.90	0.92	2.6	1.0	1.2	250	1.42	1.22	
2.9	0.4	0.5	200	1.06	0.90	2.9	0.9	1.2	300	1.69	1.20	
3.2	0.3	0.5	250	1.24	0.91	3.2	0.8	1.1	400	1.96	1.19	
3.5	0.3	0.5	300	1.44	0.90	3.5	0.7	1.1	570	2.15	1.13	
3.8	0.2	0.4	340	1.69	0.89	3.8	0.5	0.9	570	2.15	0.94	
φ	ノズル圧力	ポンプ圧力	真空度	放水量	全揚程	φ	ノズル圧力	ポンプ圧力	真空度	放水量	全揚程	
1.7	0.7	0.8	120	0.52	0.81	1.7	1.5	1.6	150	0.73	1.63	
2.0	0.7	0.8	150	0.70	0.79	2.0	1.4	1.5	200	0.96	1.56	
2.3	0.7	0.8	170	0.90	0.78	2.3	1.4	1.5	250	1.30	1.54	
2.6	0.6	0.7	200	1.10	0.74	2.6	1.3	1.4	300	1.58	1.48	
2.9	0.6	0.7	250	1.39	0.73	2.9	1.1	1.4	410	1.85	1.47	
3.2	0.5	0.7	300	1.51	0.71	3.2	1.0	1.3	540	2.10	1.35	
3.5	0.4	0.7	400	1.67	0.70	3.5	0.7	1.1	570	2.15	1.13	
3.8	0.4	0.6	450	1.82	0.68	3.8	0.5	0.6	570	2.15	0.92	

表7 ノズル圧力、連成計示度、ポンプ圧力(500時間)

エンジン回転数	ノズル圧力						ポンプ圧力					
	ノズル径	ノズル圧力	ポンプ圧力	真空度	放水量	全揚程	ノズル径	ノズル圧力	ポンプ圧力	真空度	放水量	全揚程
1200r/min	φ	MPa	MPa	cmHg	m ³ /min	MPa	φ	MPa	MPa	cmHg	m ³ /min	MPa
	1.7	0.3	0.3	80	0.32	0.31	1.7	0.9	0.9	130	0.56	0.92
	2.0	0.3	0.3	70	0.43	0.33	2.0	0.8	0.9	150	0.72	0.94
	2.3	0.3	0.3	80	0.59	0.32	2.3	0.8	0.9	180	0.99	0.92
	2.6	0.3	0.3	110	0.68	0.32	2.6	0.7	0.9	205	1.21	0.90
	2.9	0.2	0.3	120	0.83	0.28	2.9	0.7	0.8	275	1.46	0.89
	3.2	0.2	0.3	170	0.94	0.31	3.2	0.6	0.8	350	1.67	0.88
	3.5	0.2	0.3	200	1.06	0.33	3.5	0.5	0.8	410	1.87	0.86
	3.8	0.1	0.3	210	1.09	0.30	3.8	0.4	0.6	480	2.03	0.84
φ	ノズル圧力	ポンプ圧力	真空度	放水量	全揚程	φ	ノズル圧力	ポンプ圧力	真空度	放水量	全揚程	
1.7	0.5	0.5	110	0.42	0.92	1.7	1.1	1.2	130	0.64	1.23	
2.0	0.4	0.5	120	0.55	0.93	2.0	1.1	1.2	170	0.95	1.17	
2.3	0.4	0.5	150	0.71	0.94	2.3	1.0	1.1	200	1.11	1.15	
2.6	0.4	0.5	170	0.89	0.94	2.6	0.9	1.1	250	1.37	1.10	
2.9	0.4	0.5	200	1.06	0.91	2.9	0.9	1.1	300	1.62	1.09	
3.2	0.3	0.5	250	1.22	0.89	3.2	0.8	1.0	430	1.89	1.06	
3.5	0.3	0.5	300	1.39	0.90	3.5	0.7	1.0	500	2.12	1.09	
3.8	0.2	0.4	350	1.69	0.89	3.8	0.6	0.9	570	2.25	1.02	
φ	ノズル圧力	ポンプ圧力	真空度	放水量	全揚程	φ	ノズル圧力	ポンプ圧力	真空度	放水量	全揚程	
1.7	0.7	0.7	120	0.52	0.76	1.7	1.4	1.5	130	0.73	1.51	
2.0	0.6	0.7	150	0.67	0.73	2.0	1.2	1.4	190	0.97	1.47	
2.3	0.6	0.7	170	0.86	0.71	2.3	1.3	1.4	220	1.24	1.43	
2.6	0.6	0.7	190	1.07	0.79	2.6	1.2	1.3	300	1.52	1.39	
2.9	0.5	0.7	220	1.27	0.80	2.9	1.1	1.3	380	1.83	1.38	
3.2	0.5	0.7	300	1.48	0.70	3.2	1.0	1.3	500	2.10	1.35	
3.5	0.4	0.6	350	1.63	0.67	3.5	0.8	1.2	560	2.37	1.36	
3.8	0.4	0.6	400	1.74	0.65	3.8	0.6	0.8	570	2.37	1.02	

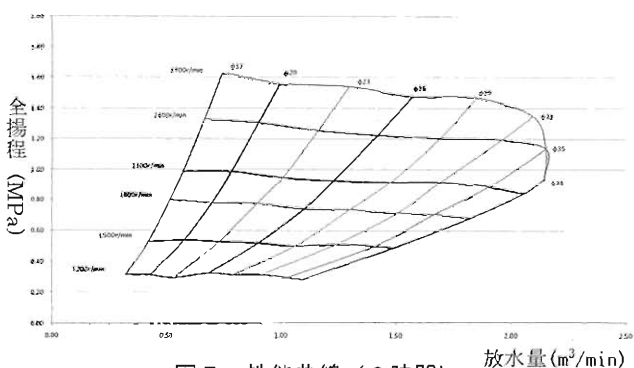


図5 性能曲線(0時間)

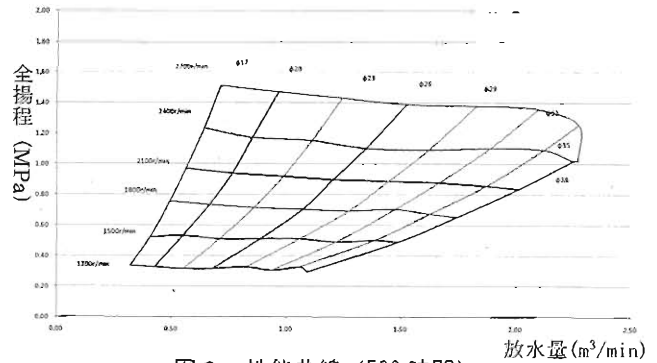


図6 性能曲線(500時間)

イ 規格に準ずる性能試験

4(1)イの測定結果を表8に、計器の状況を写真8~15に示す。なお、表8における放水量は5(1)アで使用した式4により算出した値を使用した。

表8 連続放水中の放水圧

規格放水性能 (φ32ノズル使用)			高压放水性能 (φ24ノズル使用)		
時間	放水圧力 (MPa)	放水量 (m ³ /min)	時間	放水圧力 (MPa)	放水量 (m ³ /min)
開始時	0.85	2.0	開始時	1.4	1.4
6時間後	0.85	2.0	2時間後	1.4	1.4

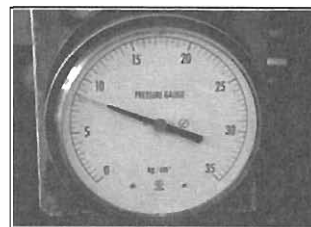


写真8 規格放水圧力
試験開始前

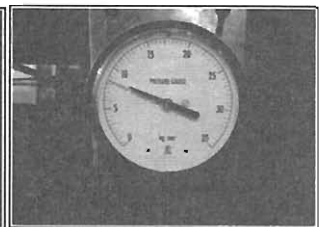


写真9 規格放水圧力
6時間後

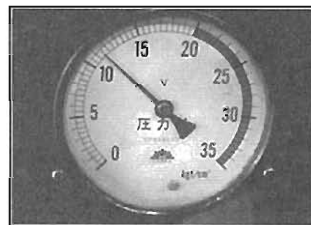


写真10 ポンプ圧力
試験開始前(規格)

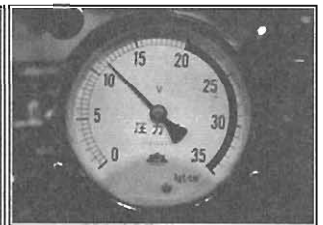


写真11 ポンプ圧力
6時間後(規格)

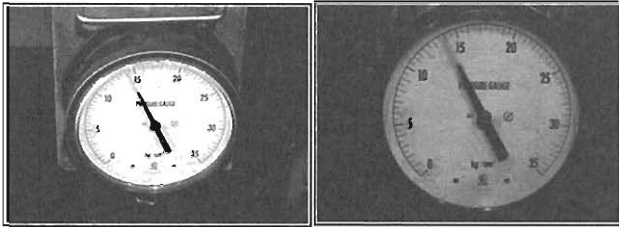


写真12 高压放水圧力
試験開始前

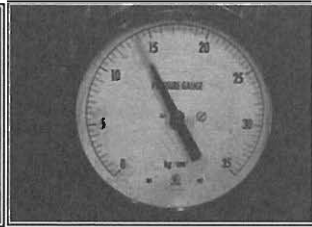


写真13 高压放水圧力
2時間後

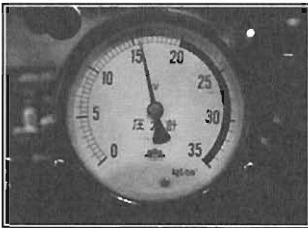


写真14 ポンプ圧力
試験開始前(高压)

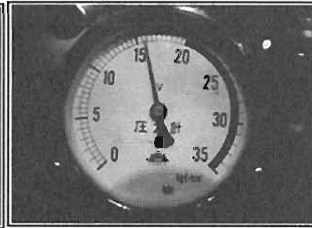


写真15 ポンプ圧力
2時間後(高压)

(ア) 規格省令第21条に基づく連続放水試験

下記 a 及び b から、本検証で使用したアルミポンプは500時間稼働後においても、規格省令第21条で定める規格放水性能及び高压放水性能においては、A-2級の動力消防ポンプの性能を満たしていることが確認できた。

a 規格放水性能(φ32ノズル使用)

表8に示すとおり、規格放水圧力0.85MPaで、放水量2.0m³/minを確認した。

b 高压放水性能(φ24ノズル使用)

表8に示すとおり、高压放水圧力1.4MPaで、放水量1.4m³/minを確認した。

(イ) 規格省令第22条に基づく連続放水試験

表8、写真8、9、12及び13で示すとおり、規格放水圧力における6時間連続放水及び高压放水圧力における2時間連続放水のいずれにおいても、規格省令第22条に示す放水圧力及び流量を維持できることを確認した。また、写真10、11、14及び15で示すとおり、ポンプ圧力も規格放水圧力及び高压放水圧力を維持していた。

ウ 耐圧試験

(ア) 吐出側

写真16及び17に示すように3分間の耐圧試験での配管等の破損、漏水がなかったことから、耐圧性能を満たしていることが確認できた。

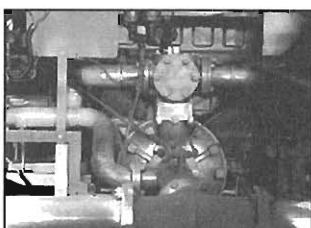


写真16 配管状況

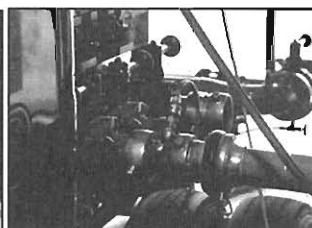


写真17 放口結合部

(イ) 吸水側

写真18に示すように、試験開始から約1分間においては、配管等の破損、漏水がなかった。しかしながら写真19に示すように、耐圧試験開始後、約1分10秒経過した時点で、ポンプ装置と吸水配管結合部のゴム製パッキンが破損し、破損部分から水が漏洩した。

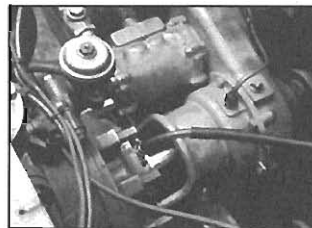


写真18 配管状況

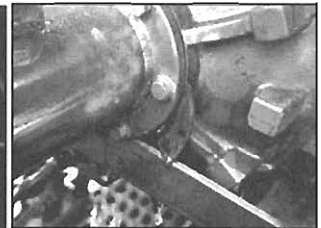


写真19 破損したパッキン

(2) 主要部分の劣化

ア 外観

組立て・分解を担当した技術者によると、本アルミポンプの部材の一部は、機械的強度を高めるため及び腐食を抑制するために、セラミックス塗装^{※1}の上にカチオン塗装^{※2}が施されており、その他の部品はカチオン塗装のみが施されているとのことであった。

500時間稼働後のアルミポンプを分解した結果、カチオン塗装が施されている高压側(写真21)及び低压側(写真23)の各カバー部及びガイドベーン(写真24)内部の広範囲にカチオン塗装の剥離が認められた。また同じくカチオン塗装が施されている低压側カバー内面部(写真23)のカチオン塗装が剥離し、その一部に錆びが確認できた。カチオン塗装の下にセラミックス塗装が施されているインペラー部分(写真20、22)の広範囲においても、カチオン塗装の剥離が認められたが、セラミックス塗装の剥離は確認できなかった。また、低压側カバーに固定されたネジ部(写真25)に白色の粉末付着物が確認でき、ガイドベーンの紙状のフィルター部(写真24)にもカチオン塗装の塗膜片の付着物が確認できた。なお、主要部分に明らかな亀裂、損傷は確認できなかった。

※1 セラミックス(無機材料)を用いた塗装で、高硬度であり、耐熱性及び耐候性に優れた塗装方法

※2 被塗物を塗料に浸漬し、被塗物を陰極、電着槽内の電極を陽極としてこの間に直流電流を流すことで、被塗物側に塗膜を析出させる方法で、耐腐食及び防錆力に優れた塗装方法

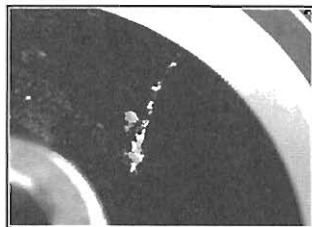


写真20 高压側インペラー
(カバー側)

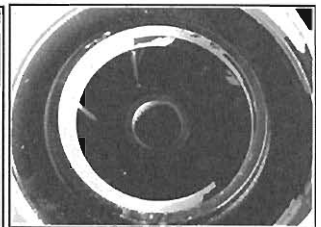


写真21 高压側カバー内面
(カバー側)

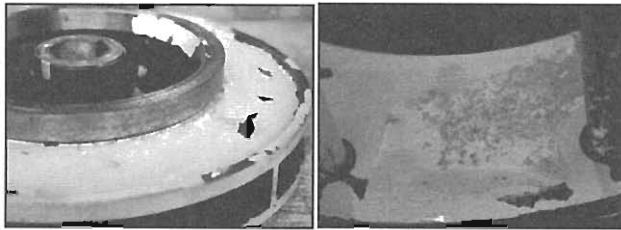


写真 22 低圧側インペラー 写真 23 低圧側カバー内面
(カバー側)

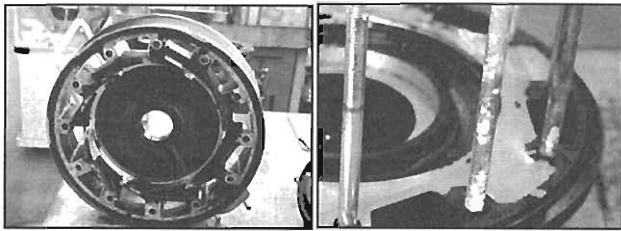


写真 24 ガイドベーン 低圧側 写真 25 低圧側カバー
ネジ部分

イ 寸法の測定値

各部位の測定結果を表 9 に示す。一部にカチオン塗装の剥離が認められ、各部位において若干の測定数値の変化が確認できた。

表 9 耐久試験実施前後の各部位測定結果

部位	部品名称	測定器及び測定範囲	設計値	耐久試験前 (平成25年5月25日)	500時間後 (平成26年1月1日)
①	ポンプシャフト	・マイクロメーター (0-25mm)	φ22 f7	φ21.97	φ21.97
②	高圧側カバー	・マイクロメーター (125-150mm) ・インサイドゲージ	φ170	φ150.01	φ150.02
③	スベアー	・ノギス (300mm)	φ91	φ90.10	φ90.10
④	高圧側インペラー	・マイクロメーター (125-150mm)	φ149.8	φ149.50	φ149.50
⑤	高圧側インペラー	・ノギス (300mm) ・限界ゲージ (φ20)	φ74	φ30.05	φ30.02
⑥	高圧側インペラー	・マイクロメーター (50-75mm)	φ59.8	φ59.62	φ59.62
⑦	ガイドベーン	・マイクロメーター (50-75mm) ・シリンダーゲージ	φ60.3	φ60.30	φ60.33
⑧	低圧側インペラー	・マイクロメーター (50-75mm)	φ59.8	φ59.62	φ59.61
⑨	低圧側インペラー	・ノギス (300mm) ・限界ゲージ (φ30)	φ30	φ30.02	φ30.01
⑩	低圧側インペラー	・マイクロメーター (125-150mm)	φ149.8	φ149.51	φ149.50
⑪	スベアー	・ノギス (300mm)	φ30	φ30.10	φ30.02
⑫	低圧側カバー	・マイクロメーター (125-150mm) ・インサイドゲージ	φ150	φ150.05	φ150.07
⑬	ドライブアソング	・限界ゲージ (φ22)	φ22	○	○

- ※ 1 ④、⑥、⑧及び⑩は現物合わせにて加工するため、設計値と異なる。
- ※ 2 ②、⑤、⑦、⑨及び⑫は表面処理に伴い、設計値と異なる場合がある。
- ※ 3 ⑬の○は寸法ではなく、限界ゲージで測定したものであり、内径を通過した場合に合格として扱ったものである。

(3) 消火薬剤等による腐食性

ア 質量変化

検証開始時 (0時間) から 500 時間までの、アルミポンプ及び砲金製ポンプの試験体の質量変化を表 10 に示す。

その結果、ほぼすべての試験体において若干の質量変化が確認できた。なお、各試験体にはそれぞれの条件に

より番号を付与した。

表 10 浸漬時間に対する質量変化(g)

合金種	試験体No.	液種	試験体質量 (g)		質量変化 (g)
			浸漬前	500時間後	
アルミ合金	1	たん白泡消火薬剤 原液	8.4858	8.4870	0.0012
	2	水性懸濁消火薬剤 原液	9.1638	9.1636	0.0006
	3	合成界面活性剤消火薬剤 原液	7.7800	7.7816	0.0016
	4	たん白泡消火薬剤 3%溶液	7.1340	7.1360	0.0020
	5	水性懸濁消火薬剤 3%溶液	7.4009	7.4015	0.0006
	6	合成界面活性剤消火薬剤 3%溶液	7.3309	7.3319	0.0010
	7	海水	7.4134	7.4157	0.0023
	8	水道水	8.6340	8.6344	0.0004
	9	空气中	7.3062	7.3073	0.0011
砲金	11	たん白泡消火薬剤 原液	37.4451	37.3997	-0.0454
	12	水性懸濁消火薬剤 原液	38.9209	38.9025	-0.0184
	13	合成界面活性剤消火薬剤 原液	37.2134	37.2231	0.0097
	14	たん白泡消火薬剤 3%溶液	38.5385	38.5367	-0.0018
	15	水性懸濁消火薬剤 3%溶液	33.9594	33.9573	-0.0021
	16	合成界面活性剤消火薬剤 3%溶液	40.8667	40.8629	-0.0038
	17	海水	40.2583	40.2199	-0.0384
	18	水道水	43.7071	43.7150	0.0079
	19	空气中	37.4064	37.4074	0.0010

イ 試験体の表面状況変化

検証開始時及び 500 時間浸漬後のアルミポンプ及び砲金製ポンプの試験体において、目視による表面変化の観察を行ったが、アルミポンプ及び砲金製ポンプの試験体ともに、表面及び切断面に変化は確認出来なかった。

ウ 浸漬液の変色状況


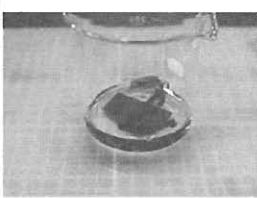

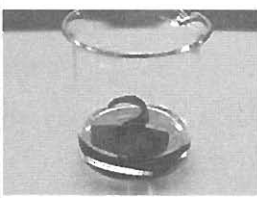


砲金製ポンプ試験体のNo.12、13及びNo.17の3種類において、500 時間後の浸漬液に変色が確認された。変色状況を表 11 に示す。

一方、表 12 に示すように、アルミポンプ試験体においてはいずれの溶液においても変色は確認できなかった。

表 11 浸漬液の変色状況(砲金製ポンプ)

No.	浸漬開始時 (0時間)	500 時間後
12		
	薄黄色 (透明)	暗青色
13		
	橙色 (透明)	橙色 (白濁)
17		
	無色 (透明)	青色 (白濁)

表 12 浸漬液の変色状況(アルミポンプ)

No.	浸漬開始時(0時間)	500 時間後
2	 薄黄色 (透明)	 変化なし
3	 橙色 (透明)	 変化なし
7	 無色 (透明)	 変化なし

6 考察

(1) ポンプ性能の変化

本検証の条件において、アルミポンプの放水性能に大きな変化は認められず、A-2級の性能を維持した。

ア 5(1)アから稼働時間の増加によるポンプ性能の劣化は確認できなかった。

イ 5(1)イから500時間稼働後においてA-2級動力消防ポンプの性能を満たしていることが確認できた。

ウ 500時間の放水実験中において、ポンプからの漏水、異音や異臭、急激な水温変化等のトラブルはなく、随時測定したポンプ圧力、ノズル圧力及び流量に大きな変化がなかった。

(2) 主要部品の劣化について

以下のことから、今回設定した耐用年数中の平均的使用強度での使用において、アルミポンプの主要部品及び配管に大きな劣化はないことが確認できた。

ア 試験開始前及び耐久試験後のポンプ各部位の寸法の測定値に若干の変化が確認できた。これは測定誤差に起因すると考えられる。また、表9の②、⑦、⑧、⑩及び⑫に関してはポンプ駆動中の振動や削れにより、測定数値に変化が生じた可能性も考えられる。外観については亀裂、摩耗等は見られなかったが、カチオン塗装の剥離が見られた。これは水流の影響で剥離したと考えられるが、カチオン塗装内側のセラミックス塗装の剥離及びアルミ部分の摩耗は見られなかった。

イ 耐圧試験において吸水側の配管結合部内のゴムパッキンが破損したが、アルミ配管部分においては破損、漏水は見られなかった。装備工場に確認したところ、パッキン破損箇所の結合部については比較的緩みやすい部分であり、定期入工の都度増し締めを行う箇所であるとのことである。今回の検証では試験終了までに増し締めを行っていなかったことから、緩んでいた結合部分に加圧した結果、パッキンが破損したと推測される。

(3) 消火薬剤等による耐腐食性

アルミポンプ試験体における質量変化が見られたが、その値が最大で0.0023gと極めて小さいことから、4(3)アで示した洗浄及び乾燥方法では不十分であり、試験体に水分が付着していたため、測定値に誤差が生じたことが推測される。また、目視による表面の変化及び浸漬液の変色が観察されなかったことから、消火薬剤における著しい腐食はないと考えられる。砲金製ポンプ試験体においても若干の質量変化が確認できた。質量変化があった試験体の一部において、浸漬液においても変色が見られたことから、わずかながら腐食が発生し金属の溶出があったと推測される。

7 まとめ

本検証のまとめは以下の通りである。

- (1) 500時間稼働後のポンプ装置は、A-2級のポンプ性能を維持していた。
- (2) 500時間稼働後のアルミポンプにおける放水性能の変化、主要部分の劣化及び消火薬剤等による腐食は確認できなかった。

8 おわりに

本検証を実施したアルミポンプは、主要部品の塗装の剥離及び配管結合部の破損等が発生したが、耐久性及び耐腐食性等においては現行ポンプ車と同等の性能を有していることが確認された。

[参考文献]

- 1) 新消防機器便覧<第一巻>、平成17年3月1日、消防機器研究会 編著、東京法令出版、p.401~402)
- 2) 東京消防庁法令・例規集<第5巻>平成11年11月、第3章機器技術資料5-1
- 3) 動力消防ポンプの技術上の規格を定める省令、昭和62年10月15日自治省令第244号 第6章第21条

Study on the Performance and Durability of Aluminum Alloy Engine-Driven Fire Pump

Yoshie AIKAWA*, Tomohiro NAKANISHI*, Morito TANAKA**, Tatsuhito KATOU*,
Tsuyoshi ISHII***, Nagatoshi KOBAYASHI****, Tsutomu SAITOU*****,
Kenji KAMAGATA*****, Yuuichirou MACHII*, Shigeo WATANABE*****

Abstract

We expect the merit of the weight saving of firefighting vehicles and improvement of mileage to load pump unit with a product made from an aluminum alloy instead of the product made from gun metal to firefighting vehicles. Therefore, we studied the durability examination of the a pump units to load a firefighting vehicles with a product made from an aluminum alloy, during we operated them at the same level of intense usage as that for the existing firefighting pumps made from a gunmetal of the Tokyo Fire Department (TFD).

As a result, it shows that A2 class performance was maintained in the pumps, and that weren' t any change of water drainage performance, conspicuous deformation of main parts, and corrosion of extinguishing agent, in 500 hours later.

*Equipment Safety Section **Nishiarai Fire Station ***Seijyo Fire Station
****Maintenance Shop *****Kodaira Fire Station