

空気圧駆動式動力ホースカーの開発について

Development of the Power Hose Cart by Air Pressure system.

石川 泰 弘*
 神田 淳*
 橋本 嘉 洋**

We developed the power Hose Cart that was moved by air pressure that supplied from air bottle of the air breathing apparatus.

The performance is;

1. Distance covered is about 500m per 8 ℓ air bottle on the level ground.
2. The cart is pulled by one person when it rise with a slope of about 10 degrees.
3. Efficiency is best when air pressure is about 4 kg/cm².

1. はじめに

消防機器の自動化、省力化は、職員の高齢化等に伴い強く要望されているところである。特に、消防活動初期における消火ホース延長時に多くの労力を必要とすることから、ホースカーの動力化の問題が研究課題となっている。

今回、動力源として空気呼吸器用ポンペの空気圧を利用した空気圧駆動式ホースカー（以下「空気ホースカー」という。）を試作したので、その概要を報告する。

2. 構造概要

空気ホースカーの外観、構造は、写真1、2及び図1に、また、各部の名称及び諸元は、図1、表1、2に示すとおりである。

車体は、障害物乗越性の良い現用の手引ホースカーを使用し、動力源として図2に示す空気呼吸器用8ℓポンペを用い、その空気圧エネルギーで作動する空気圧ドライバと呼ばれる動力発生装置を車輪の内側に取り付けた。

空気圧ドライバは、シリンダ、ピストンによる動力発生部と発生した動力をラックとピニオンにより往復運動から回転運動に変える動力変換部で構成されている。この動力発生原理を簡単に説明すると、

(1) インレットから入った圧縮空気は、切換弁を

通過、シリンダ内に供給され、ピストン及びプランジャーに直線運動を与えて運動を継続させる。

- (2) プランジャーの小径部AがB点に至ると、バイパス穴から圧縮空気が流入して切換弁を押しもどし空気の供給を断つとともに排気経路を作るため、シリンダ内の空気は排出される。
- (3) ヒストン及びプランジャーは、スプリングによって始動位置にもどされる。

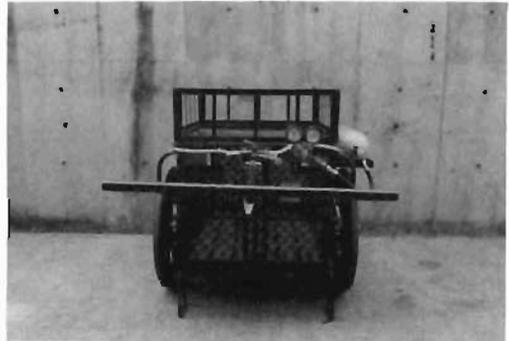


写真1 空気動力ホースカー前面

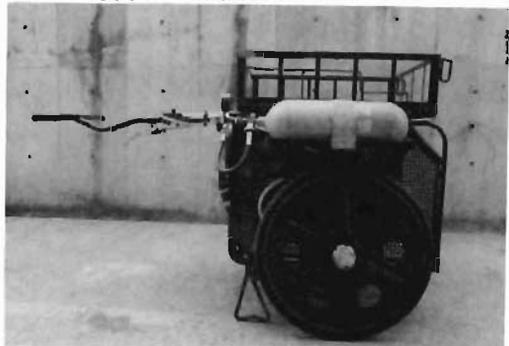


写真2 空気動力ホースカー左側面

*第三研究室 **大森消防署

この一連の行程を連続させ動力を得るものである。

以上のような原理で発生した動力は、一方向クラッチを径てVベルトにより車輪に伝えられ

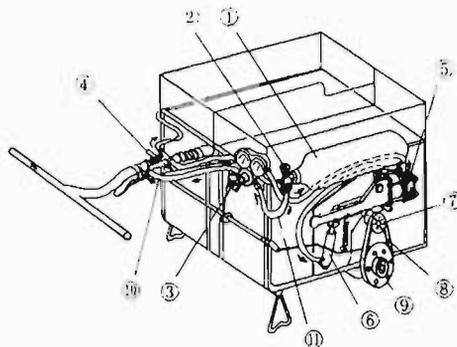


図1 構造図(車輪は省略)

表1 各部の名称等

番号	名称	備考
1	空気ポンペ	8φ
2	そく止弁	
3	減圧器	
4	加圧コック	
5	空気圧ドライバ	
6	テンションシリンダ	
7	一方向クラッチ	
8	Vベルト	減速比1:2
9	プーリー	
10	送気ホース	
11	減圧導管	

表2 仕様諸元

項目	寸法等
全長	1,650mm
全幅	1,100mm
全高	1,050mm
最寄地上高	190mm
車体重量	120kg
駆動機	空気圧ドライバ
作動圧力	4kg/cm ² ~8kg/cm ²
ブレーキ	ドラム・シュー

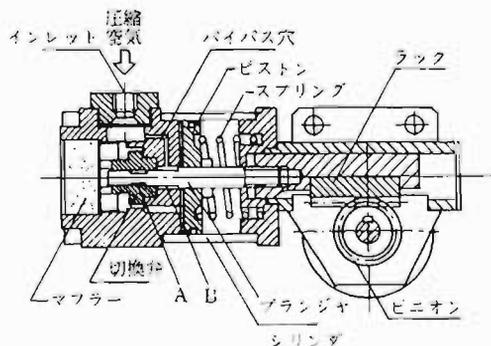


図2 空気圧ドライバ構造図

推進力となっている。(図1参照)

空気ポンペから左右の空気圧ドライバに至る空気の流れとして、空気ポンペ内の高圧空気(最高150kg/cm²)は、そく止弁を経て減圧器により、作動圧力(4~8kg/cm²)に減圧され作動切換のための加圧コックに至る。その後、加圧コック直後で左右に分岐され、それぞれの空気圧ドライバに供給されると同時に、空気圧ドライバの直前で再度分岐され、Vベルトを張るためのテンションシリンダに至っている。

このテンションシリンダは、空気圧を加えた時のみ作動し、非加圧時は、Vベルトを張らず動力装置に負荷がかからないようになっている。そのため動力を使用しない時は手引式ホースカーと同様にえい行ができる。

ここで空気圧ドライバの理論出力を若干述べると、本空気圧ドライバのピストン断面積は、31.2cm²であり、作動圧力を4kg/cm²とすると、ピストンの受ける力Fは、

$$F = A \cdot P$$

$$= 31.2 \times 4$$

$$\approx 124.8 \text{ (kgf)}$$

F:作用力(kgf)
A:ピストンの断面積(cm²)
P:作動圧力(kg/cm²)

となる。

これを機械的ロスがないものと考え、半径15mmのラックを回転させる時の発生トルクTは、

$$T = F \cdot r$$

$$= 124.8 \times 0.015$$

$$\approx 1.87 \text{ (kgf} \cdot \text{m)}$$

T:トルク(kgf・m)
r:ラック半径(m)

となる。さらに動力を求めると、

$$L_M = 2K \frac{T \cdot N}{974}$$

$$= 2 \times 0.8 \times \frac{1.87 \times 147}{974}$$

$$\approx 0.46 \text{ (kW)}$$

L_M:動力(kW)
K:往復動比率
T:トルク(kgf・m)
N:回転数(rpm)

となり、これを馬力に換算すると0.34psとなる。

3. 走行性能実験

空気ホースカーの走行性能を把握するため、平地路及び登坂路において走行実験を行い、その結果の検討を行った。

(1) 実験内容及び方法

試作ホースカーに通常積載しているホース相

当分の荷重（おもり160kg）を積載し、次のような実験を行った。

ア 平坦路走行実験

図3に示すとおり、舗装された平坦路に1周200mのサーキットを設定し、作動圧を3 kg/cm²、4 kg/cm²……8 kg/cm²とした場合の8ℓポンペ（150kg/cm²充てん）1本当りの最大走行距離及び所要時間（平均速度）を測定した。

なお、ホースカーの保持及び方向操作は隊員1名が行った。

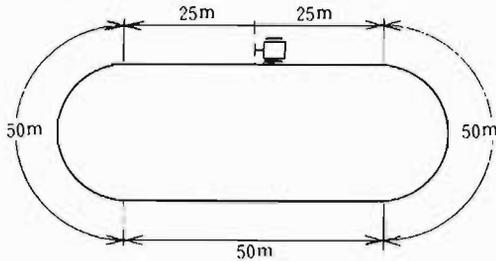


図3 平坦路走行実験用サーキット

イ 登坂路走行実験

図4に示すとおり、舗装された斜度10°の登坂路において、固定したワイヤ巻き上げ装置から荷重変換器を介して空気ホースカーを保持する。この状態からワイヤ巻き上げ装置を作動させ、登坂に要したけん引力及び10m走行当りの所要時間を測定した。

次に、空気圧ドライバを作動圧3 kg/cm²、4 kg/cm²……8 kg/cm²として作動させた場合について同様に測定した。

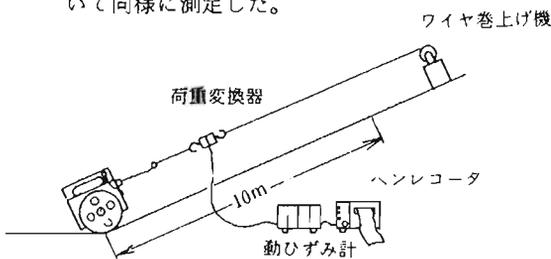


図4 登坂路走行実験

(2) 実験結果

ア 平坦路走行実験

平坦路における作動圧力別の走行性能を測定した結果は、表3のとおりであり、6～11 km/hの平均速度で自走した。

イ 登坂路走行実験

登坂路における作動圧力別の登坂性能を測定した結果は、表4のとおりである。

表3 平坦路における走行性能

作動圧力 (kg/cm ²)	ポンペ圧力変化 (kg/cm ²)	消費空気量 (圧力換算kg/cm ²)	最大走行距離 (m)	所要時間 (sec)	平均速度 (km/H)
3	138→3	135	629	6'20"	6.0
4	136→4	132	635	4'40"	8.2
5	132→5	127	538	4'10"	6.7
6	140→6	134	535	3'30"	8.5
7	137→7	130	515	2'35"	10.5
8	135→8	127	485	2'20"	11.1

表4 登坂路における登坂性能(傾斜度10°)

作動圧力 (kg/cm ²)	消費空気量 (圧力換算kg/cm ²)	平均速度 (km/H)	測定けん引力 (kgf)	ホースカー駆動力 (kgf)
3	47	1.1	41.7	8.3
4	53	1.2	37.7	12.3
5	73	1.2	34.0	16.0
6	103	1.2	31.0	19.0
7	143	1.2	30.3	19.7
8	190	1.2	29.3	20.7
0	0	1.1	50.0	0

* 空気消費量は100m走行当りに換算した値を示す。

4. 実用配置試験

試作した空気ホースカーの性能及び実用上の問題点を確認するため、日野及び玉川両消防署の協力を得て、実用配置試験を行った。

その結果をまとめると次のとおりである。

- (1) 平坦路では、えい行労力を必要とせず非常に省力的であるということ。
- (2) 登坂路では、手引ホースカーと比較すると若干下労力が軽減されたが、なおパワーが不足すること。
- (3) 方向変換は、比較的スムーズであること。
- (4) 障害物を乗り越える際、パワーが不足すること。
- (5) 空気の消費が早く、ポンペ交換が頻繁になること。

5. 考 察

本空気ホースカーの基本的考え方は、主動力を隊員が負担し、補助として空気圧動力装置を取り付けたものであり、この考え方を基に以下考察する。

(1) 平坦路走行

平坦路においては、実験結果及び実用試験結果からも明らかなように、推進に必要な力は、空気圧動力装置が負担し、隊員はホースカーを保持すること及び進路の方向操作をすることだ

けとなり、非常に省力化となる。

ホースカーの平均速度は、作動圧力が高い程高くなり、たとえば、作動圧力 4 kg/cm^2 (8.2 km/h) と 8 kg/cm^2 (11 km/h) とでは、約 3 km/h 増加している。

平坦路における平均速度 8 km/h は、早足程度であり、現状のホースカーによるホース延長速度とほぼ同じである。

8 l 空気ポンペ1本を積載使用時の最大走行可能距離は、作動圧力 4 kg/cm^2 で 659 m 、 8 kg/cm^2 で 560 m と作動圧力が高くなるに従って減少している。

空気ポンペ1本でどのくらいの走行ができれば良いかについては、ホースカー1台当りの 65 mm ホース積載数を10本ないし12本とすると、総延長距離は $200 \sim 240 \text{ m}$ であり往復 $400 \sim 480 \text{ m}$ の距離を走行できるものが必要となり、一応この条件は満たしている。

(2) 登坂路走行

登坂路におけるホースカー駆動力は、図5に示すとおりである。作動圧力 6 kg/cm^2 まではほぼ直線的に増加しているのに対し、 6 kg/cm^2 を越えると駆動力はほぼ一定となる。

これは、駆動力の発生源である空気圧ドライバの設計使用圧力が 4 kg/cm^2 であり、高圧になるにつれて空気の排気効率が低下するためと考えられる。したがって、駆動効率の良い範囲で運用作動圧力を決める必要がある。

傾斜度 10° の登坂路を速度約 1 km/h で登坂するに必要な駆動力 55 kg f に対し、駆動装置による出力の加担率をみると表5のとおりである。

登坂路において作動圧力 $4 \sim 6 \text{ kg/cm}^2$ で運用した場合、登板に必要な駆動力の $20 \sim 35\%$ を空気駆動装置が加担していることがわかった。また、このときのポンペ1本当りの走行可能距離は、作動圧力 4 kg/cm^2 で 280 m 、 6 kg/cm^2 で 145 m である。

傾斜度 10° の登坂路を人力のみでえい行して登るには、2名の隊員が必要であるが、本試作ホースカーでは空気駆動装置を併用することにより、1名の隊員がえい行して登坂することができる。

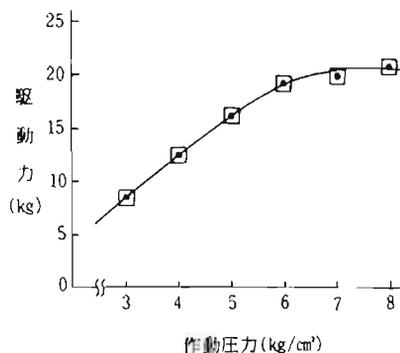


図5 ホースカー駆動力

表5 駆動装置による出力の加担率

作動圧力 (kg/cm ²)	3	4	5	6	7	8
加担率 (%)	15	22	29	35	36	38

6. まとめ

今回、空気圧駆動式動力ホースカーを試作し、走行性能実験及び実用配置試験等を行った結果を総合的に考察すると、平坦地における能力は十分認められ、実用性も高いが、登坂における能力が不足しており、また、ポンペ1本での走行距離が短く、ポンペ交換が頻繁になるなどの致命的な欠点も認められる。

今回の研究開発では、実用化に結びつく結果が得られなかったが、空気動力の応用性については、ホースカー以外にも考えられるので、実験によって得られた結果の活用方法について継続検討していきたい。