

漏油拡散防止用水のう及び漏油汲上げポンプ装置の開発について

Development of the water bag and the suction pump device for accident of leaking

島	光	男*
脇		賢*
城	田	剛*
菊	池	定男*
松	田	啓行*
神	田	淳*

This water bag was developed for protective equipment in accident of spread oil from a tank truck. When water is poured into the bag about 320ℓ, size of the bag is 2m in length, 40cm in high, 25cm in upper width and 55cm in lower width. And it can fold up at putting back because of no hard frame. The cloth of the bag is made of hemp that have a high performance against oilproof. And fireproof performance of the bag is kept by spread water on surface of the cloth.

We developed the pump device as more safety and efficient work. The pump is constructed by a water turbine of Francis type and a centrifugal pump. The suction performance is about 100ℓ/min (suction head 0m) or 50ℓ/min (suction head 5m) at 3000rpm.

1. はじめに

昭和60年5月、目黒区柿の木坂三丁目1番地先、環状7号線外回り野沢交差点付近でガソリン、灯油などを20,000ℓ積載したタンクローリーの横転事故が発生し、道路に流出したガソリンに引火、炎上したため、積載ガソリン16,000ℓ余りを焼失、流失したほか付近の建物を焼失し、さらに下水道内を広範囲にガソリンが流下拡散して付近の住民に大きな不安を与えた。

この火災の直後、火災の実態、消防活動、消火資器材、漏油拡散防止器材、残油処理器材及び方法等について検討委員会で調査され、その結果は「柿の木坂タンクローリー火災にかかわる消防活動に関する検討結果報告書」にまとめられている。

今回試作した漏油拡散防止用水のう及び漏油汲上げポンプ装置については、上記報告書の中で今後整備すべき資器材として開発、実用化の提言がなされているものである。

2. 開発の必要性

タンクローリー車等からの漏油の流下拡散を阻

止する方法としては、周囲をホースラインで囲む方法、土のう、吸油マット、流出油処理剤などを設定する方法がある。

しかし、これらの方法は、現用の資器材を転用しているものが多く、専用資器材として考えられたものでないため、十分な効果が期待できない。そのため、災害の状況に合った資器材の開発が必要である。

また、漏油汲上げポンプについては、漏油処理を安全かつ能率的に行うために必要とするもので、引火点の低いガソリン等の蒸気が発生している環境の中で、漏油あるいは残油をドラム缶等に汲みとり、あるいは移し替える作業を安全に行うことができる水流駆動式ポンプ装置を開発し、油処理作業の省力化をはかろうとするものである。

3. 漏油拡散防止用水のうの開発

(1) 水のうの構造及び特徴

構造は図1、表1、写真1～6に示すように断面形状が台形の細長い袋体で作られており、内部に15cm間隔でセパレーターが設けてある。1袋当たり約320ℓを充水すると所定の形状になるもので、骨材などが使われていないため、収納時には折りたたむこともできる。

*第三研究室

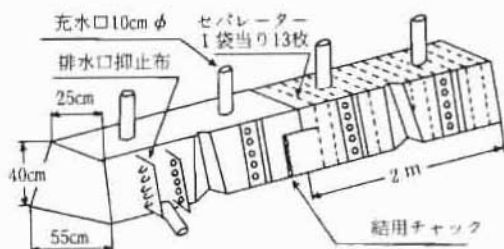


図1 漏油拡散防止水のうの構造
(2袋連結した状況)

寸法等は性能実験等を行う際の規模等を考え、全長2m、高さ40cm、幅は底部55cm、上部25cmとした。(乾燥重量6.2kg、収納寸法 縦50cm×横40cm×高さ20cm)

この水のうは、漏油拡散防止用ということから、使用布地の特性として耐油、耐火性に優れている麻布を使用し、水のうの外面に水がしみ出ることによって耐火性能をもたせていることが大きな特徴である。

また、水のう中央部にくびれた部分が設けてあり、若干曲げてでも設定することができるようになっている。

水のう相互の連結方法は、迅速に行えるように防熱カバー付ファスナーを採用し、さらに連結部からの漏水を少なくする配慮がされている。

充水口は水のう上面に2箇所、排水口は側面下部に2箇所設けた。

(2) 水のうの使用手順

- ア 油の流下、拡散を阻止する現場まで水のうを運ぶ。
- イ 水のう側面に排水口のない面が油をせき止める面となるように設定する。
- ウ 水のう設定位置までポンプ車からホースを延長する。
- エ 水のう上部充水口より充水する。このとき他方の充水口は水のう内部の空気が排出できるようにしておくこと。
- オ 充水が完了したら充水口をひもで閉止する。
- カ 2袋以上連結して使用する場合は、あらかじめ連結してから充水する。
- キ 排水要領は、排水口を開け、同時に充水口も開いて空気を入れる。
- ク 使用後の管理は、水のうをよく乾燥した後、収納すること。

表1 漏油拡散防止水のうの諸元

項 目	諸 元
本体材料	麻 布 製
全 長	2000mm
全 高	400mm
巾	上底 250mm
	下底 550mm
断 面 積	0.16m ²
内 部 容 積	0.32m ³
乾 燥 重 量	6.2kg
給 水 口	内径 100mm φ 閉めひも付き
排 水 口	内径 100mm φ 閉めひも付き
収 納 寸 法	縦50cm×横40cm×高さ20cm

(3) 性能実験

次の項目について実験を行った。

ア 実験項目

- (ア) 充水所要時間の測定
- (イ) 水のうの布目からの漏水量の測定
- (ウ) 水圧に対する安定性の実験及び理論的検討
- (エ) 水のうで水をせき止めた場合の漏水量の測定
- (オ) 耐火性能実験

イ 実験方法、結果及び考察

(ア) 充水所要時間の測定

ポンプ車から延長したホースの先端に21型ノズルを取付け、管そう根元圧力を2 kg/cm²で水のう上部充水口より充水した。

充水所要時間は約1分である。

(イ) 水のうの布目からの漏水量の測定

供試水のう本体を乗せた台板の四隅にワイヤーロープを付け、2トン用荷重変換器を取付け電動ウィンチで吊上げ、水のうを傾斜角度0度及び10度にしたときの経過時間と漏れ量(重量変化)をペンレコーダで記録した。

測定結果は、図2のとおりであり、1袋当り1時間経過後約40ℓ(12.5%)、2時間経過後約55ℓであった。

布の繊維に水が十分に含まれた時点では布目からの漏水量は徐々に少なくなった。



写真1 水のうの収納状況



写真4 水のう連結部の状況

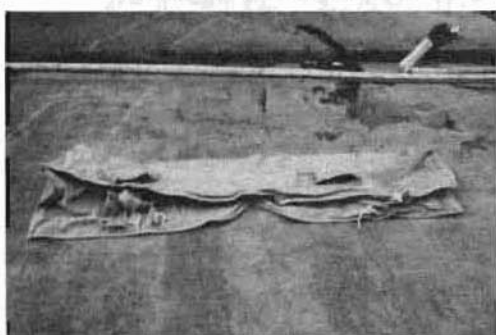


写真2 水のうの展開状況



写真5 水のう一袋を展開した状況



写真3 水のうに充水した状況

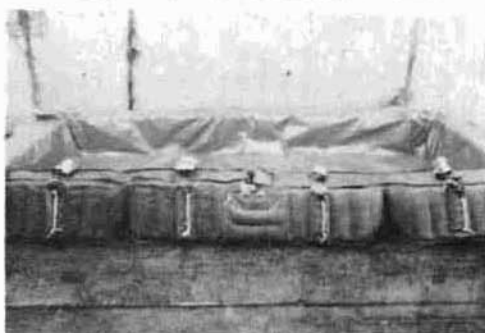


写真6 水のう二袋を連結展開した状況

(ウ) 水圧に対する安定性の実験及び理論的検討

a 動摩擦係数の測定

水のうがせき止めた水圧で移動する可能性を検討するため、水のうと設定道路面との動摩擦係数の測定を行った。

測定方法は充水した水のうを荷重変換器を介してウィンチで引きずる方法で行った。

コンクリート舗装道路面における測定結果は図3のとおりであり、動摩擦係数は約0.7である。

b 耐水圧実験

平坦地及び坂路(傾斜度10°)に水のう

を設定し、せき止めた水の水位40cmにおける安定性を実験した結果、水平移動あるいは転倒等の可能性は認められなかった。

なお、水のうの安定性に関する計算結果は次のとおりである。

せき止めた水位40cmの条件で水平移動に対する安全率は約1.58, 転倒に対する安全率は約5.56である。

c 水圧に対する安定度の計算

[水平移動に対する計算]

h_1 : 水のうに影響する水位(0.4m)

W : 水のう長さ1m当りの重量(kg)

P_H : 全水圧力 P に対する水平分力(kg)

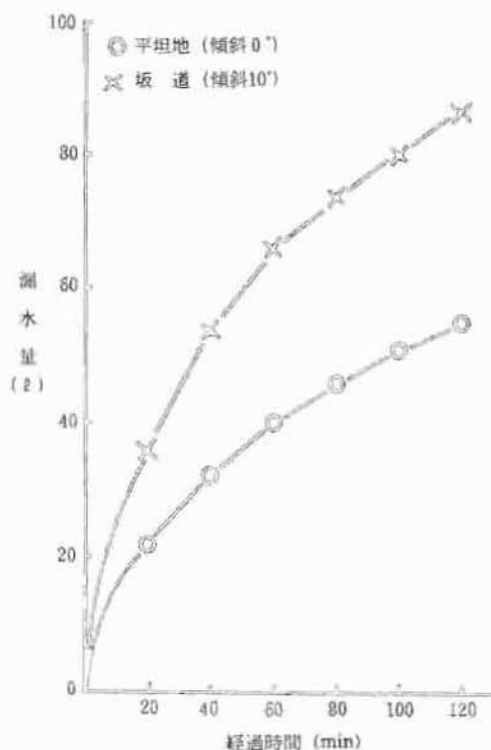


図2 水のうの布目からの漏水量 (一袋当り)

P_v : 全水圧力 P に対する垂直分力 (kg)

水平移動が生じないためには、

$$P_H < \mu (W + P_v) \quad \cdots \cdots \textcircled{1}$$

μ : 水のう底面と接地面との摩擦係数 (0.7 = 実測値)

①式の左辺を計算すると

$$\begin{aligned} P_H &= \frac{1}{2} \gamma \times h_1^2 \times \ell \\ &= \frac{1}{2} \times 1000 \times 0.4^2 \times 1 \\ &= 80 \text{ (kg)} \end{aligned}$$

γ : 水の単位体積の重量
(1000 kg/m³)

ℓ : 単位長さ (1 m)

h_1 : 水位 (0.4 m)

①式の右辺を計算すると

$$\mu (W + P_v)$$

$$\mu = 0.7$$

$$\begin{aligned} W &= S \times \gamma \times \ell \\ &= 0.16 \times 1000 \times 1 \\ &= 160 \text{ kg} \end{aligned}$$

S : 水のうの断面積 (0.16 m²)

$$P_v = P_H \tan \theta$$



写真7 水のうをウィンチにより引張っている状況 (道路面との摩擦係数の測定)

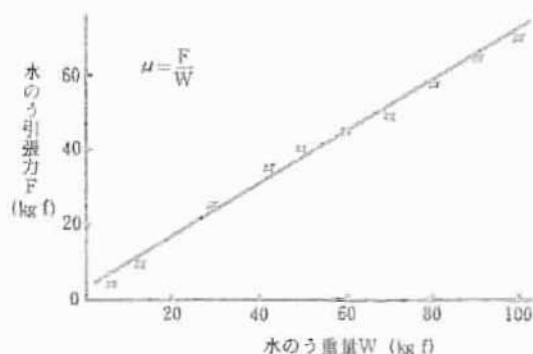


図3 水のう底面と接地面との摩擦係数測定結果

$$= 80 \times \tan 15^\circ$$

$$\approx 21.4 \text{ (kg)}$$

$$\begin{aligned} \therefore \mu (W + P_v) &= 0.7 \times (160 + 21.4) \\ &\approx 127 \text{ (kg)} \end{aligned}$$

したがって、 $P_H < \mu (W + P_v)$ が成立し、水位が上端までであっても安定である。安全率 S_M を求めると

$$\begin{aligned} S_M &= \frac{\mu (W + P_v)}{P_H} \\ &\approx 1.58 \end{aligned}$$

[転倒に対する計算]

L_1 : 水のうの重心 G からモーメントの作用点 A までの水平距離 (0.297 m)

L_2 : P_H の作用点からモーメントの作用点までの水平距離 (0.483 m)

h_F : P_H の作用点から水のうの底面までの垂直距離 (0.13 m)

転倒が生じないためには、

$$P_H \times h_F < W \times L_1 + P_v \times L_2 \quad \cdots \cdots \textcircled{2}$$

②式の左辺を計算すると

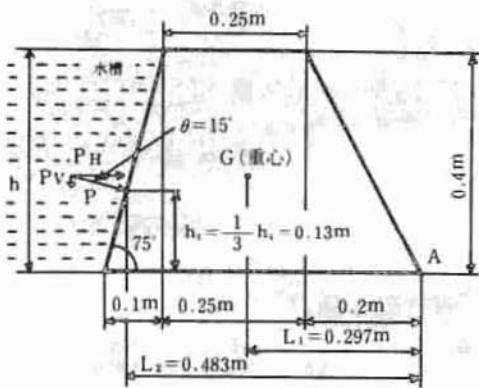


図4 水のうの断面図

$$P_H \times h_F = 80 \times 0.13 \\ = 10.4 (\text{kg} \cdot \text{m})$$

②式の右边を計算すると

$$W \times L_1 + P_V \times L_2 \\ = 160 \times 0.297 + 21.43 \times 0.483 \\ = 57.9 (\text{kg} \cdot \text{m})$$

したがって、②式が成り立ち、安全率 S_R を求めると

$$S_R = \frac{W \times L_1 + P_V \times L_2}{P_H \times h_F} = 5.56$$

(エ) 水のうで水をせき止めた場合の漏水量の測定

水のうでせき止めた水がどの程度漏洩するかを確認する方法は、水のう1袋の場合、2袋連結した場合について写真7に示す要領で行った。

漏水量の測定結果は図5、表2のとおりである。

実験の結果、連結部からの漏水量はほとんどなく良好な結合状態になっているのが認められた。

なお、道路面と水のう底面との間にゲル化剤をほどこすことによりさらに漏水量は少なくなった。

(オ) 耐火性能実験

写真8に示すとおり水のう及び不燃材により縦90cm×横180cmを囲み、この中に水位25cmとし、水のうの側面に熱電対を6箇所に取り付けた。

次に写真9のとおり、水面に灯油20ℓを注入して燃焼させた結果、写真10のとおり、水のうには焼損箇所はみとめられなかった。

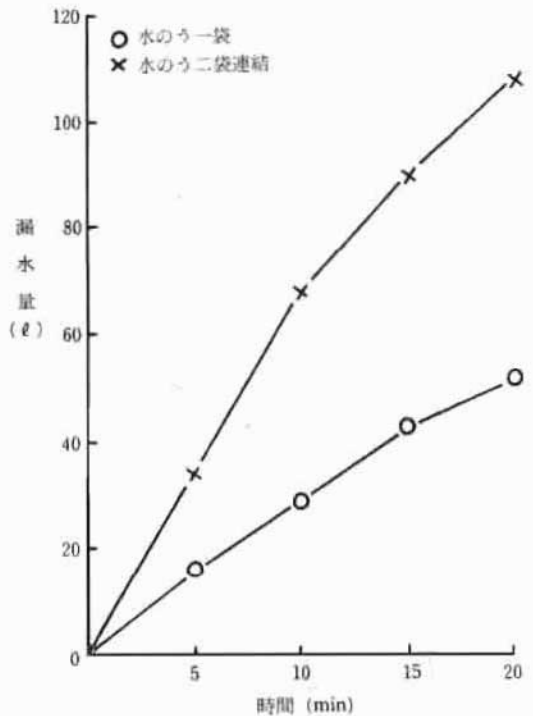


図5 水のう一袋及び二袋連結したときの漏水量と経過時間の関係

表2 水のうにより水をせき止めたときの漏水量と経過時間の関係

水のう一袋の場合			水のう二袋連結の場合		
せき止めた面積縦125×横180cm			せき止めた面積縦60×横375cm		
経過時間 (分)	水位の低下 (cm)	漏水量 (ℓ)	経過時間 (分)	水位の低下 (cm)	漏水量 (ℓ)
5	0.7	16	5	1.5	34
10	1.3	29	10	3.0	68
15	1.9	43	15	4.0	90
20	2.3	52	20	4.8	108

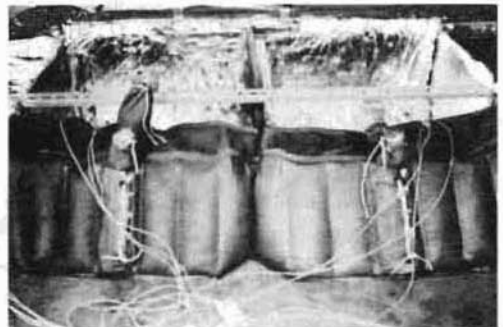


写真8 耐火性能実験のため熱電対取付けた状況



写真9 水のうの耐火性能実験の状況

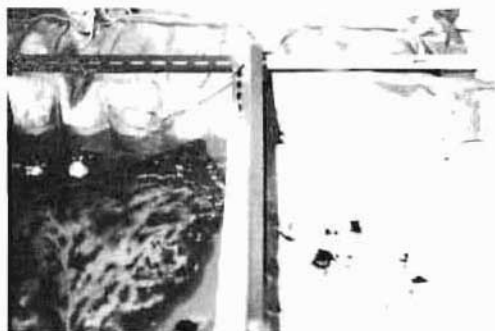


写真10 耐火性能実験後の水のう側面の焼き状況

なお、熱電対取付位置の最高温度は500℃であった。

4. 漏油汲上げポンプ装置の開発

(1) 漏油、残油処理方法の構想（検討委員会報告の構想）

危険排除活動検討部会で示された構想は図6に示すとおり、水流駆動タービンとポンプが同一軸に連結されたもので、ポンプ車（水槽付）の送水流により水流駆動タービンを回転させ、これに連結するポンプによって漏油又は残油等を吸上げるものである。

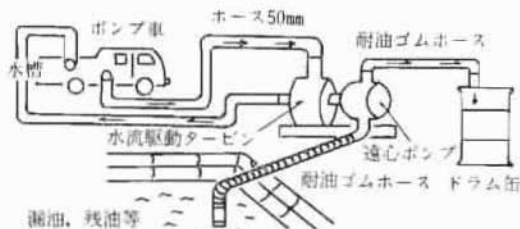


図6 油処理の構想図

また、ポンプ性能は50 l/min程度のものとし、容易に搬送可能で取扱い容易なものが考えられている。

(2) 試作にあたっての各部の仕様

ア ポンプ動力源について

災害現場でガソリン等の処理に当っては発火危険があるため、防爆対策のない電動機やエンジン等の原動機は使用できない。本試作機ではポンプ動力源としてポンプ車からの送水圧力を回転力に変換する水流駆動タービンを採用した。

イ ポンプについて

漏油汲上げポンプ装置は可搬型として装置全体の重量が30kg以内で、流量が50～100 l/min を目標に設計した。

また、ポンプの構造、材質面では、発火危険のない安全性の高いもの、砂、小石等の混入に強く、耐油性の強いことを考慮した。

(3) 漏油汲上げポンプ装置の構造、諸元、性能

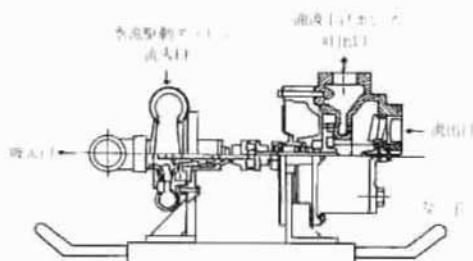


図7 漏油汲上げポンプ装置の構造

表3 漏油汲上げポンプの諸元・性能

項	目	諸 元 ・ 性 能
ポンプ	型 式	遠心ポンプ
	材 質	アルミニウム合金鋳物
	定 格 回 転 数	3000rpm
	性 能	50～100 l/min（吸水落差0～5 m）
ホース	吸 込 ホ ー ス	口径32mm耐ガソリン性ゴムホース3 m
	吐 出 ホ ー ス	口径25mm耐ガソリン性ゴムホース3 m ノズル付
タービン	型 式	フランシス型
	材 質	青銅鋳物
	駆 動 電 圧 （入・出圧力差）	2.5～3.0kg/cm ²
	駆 動 消 費 水 量	350～400 l/min
タービン	吸 入 ・ 吐 出 口 径	50mm消防ホース
	総 重 量	約30kg
装 置 の 大 き さ		縦250×横600×高さ350mm

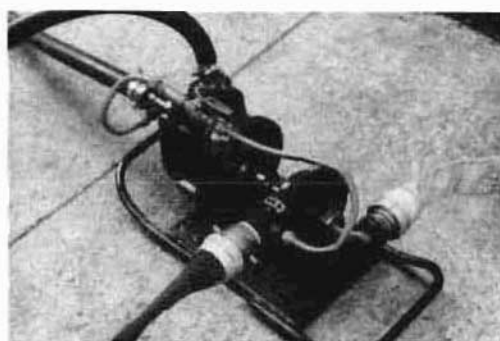


写真11 試作したポンプ装置
矢印：呼び水用のコック

各部の仕様決定にあたり次のことを考慮した。

ア 水流駆動タービン

水流駆動タービンをフランシス型としたのは、低水圧で高出力が得られ、駆動水を循環させて使用するのに適しているためである。

イ ポンプ

漏油汲上げ用ポンプに遠心ポンプを用いたのは、流出した油の汲上げに伴い同時に吸上げる可能性の高い土砂等の異物による損傷が少ない構造であること、空転した場合にすれ合う部分が少なく発熱の心配がないこと、駆動タービンとポンプを直結した場合、回転数の整合がとれることなどである。

この型式のポンプは吸水側に呼び水が必要とするため、水流駆動タービンの駆動水を分岐し、油汲上げポンプケーシング及び吸管内に呼び水を送り込む装置を取付けた。(写真11参照)

ウ 搬送用取っ手

大きさ、重量等から二人搬送となるため取っ手をつけた。

(4) 漏油汲上げポンプ装置の使用手順

ア 油を処理する現場まで漏油汲上げポンプを運ぶ。

イ ポンプ車からホース延長し、漏油汲上げポンプ装置のポンプ駆動用タービン受水口に結合し、送水する。

ウ 駆動タービンに送水するポンプ車は流量計付のものをを使い、送水量を350~400ℓ/minで運用するのが適当である。このときの油汲上げポンプの吐出流量は50~100ℓ/minとなる。

エ 油の汲上げ作業に先立ち、ポンプ及び吸管部への呼び水用コックの開閉操作を行う。

オ 駆動タービン排水口からの吐出水はホースでポンプ車の水槽に戻すことによって水利のない場所でも長時間の連続運転を行うことができる。

カ 使用後の管理には次のことを留意する。

漏油汲上げ時における発火危険のないように設計されたポンプであるが、使用後は必ずポンプ内を通水することによって清掃しなければならない。これは、ガソリン等を汲上げた後、ポンプ内にガソリン等が付着したまま倉庫等に置くと、ガソリンペーパーが庫内に充満し発火しやすい状態になることが考えられるためである。

(5) 性能実験

ポンプ装置の性能把握及び安全性を確認するため次の項目について実験を行った。

ア 実験項目

(ア) 駆動タービン及びポンプの性能

(イ) ガソリン汲上げ実験及び静電気の測定

(ウ) 土砂吸込時のポンプ損傷の有無確認実験

イ 実験方法、結果及び考察

(ア) 駆動タービン及びポンプの性能

a 実験方法

図8のとおりポンプ車、水槽、試作ポンプ装置及び計器を配置し、タービン回転数、汲上げポンプの吐出圧力及び吸水落差等を変化させ、タービンの駆動流量、流入圧力、吐出圧力及び汲上げポンプの吐出量を測定した。

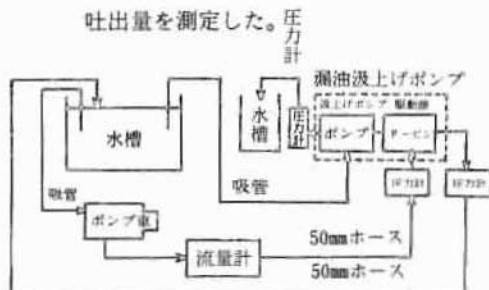


図8 性能実験要領図

b 実験結果及び考察

図9は吸水落差0m及び5mの場合のポンプの性能実験結果である。

駆動タービンの流量とポンプ回転数の関係は図10のとおりであり、ポンプの定格回転数が3000回転であるから、駆動タービンの運用流量は350~400ℓ/minで

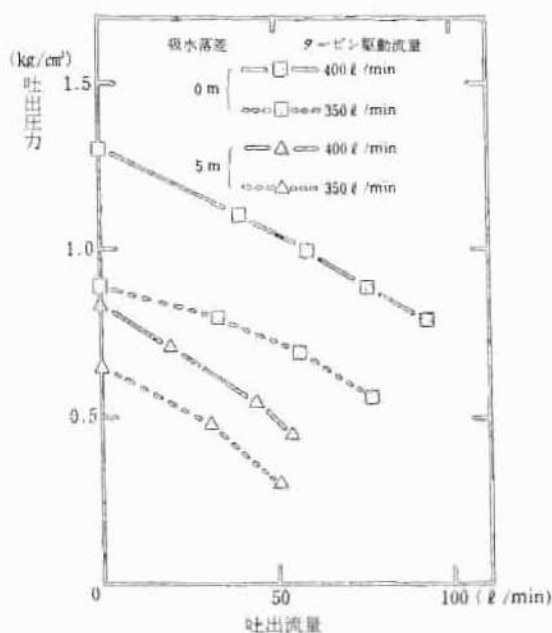


図9 ポンプの吐出圧力と吐出流量の関係

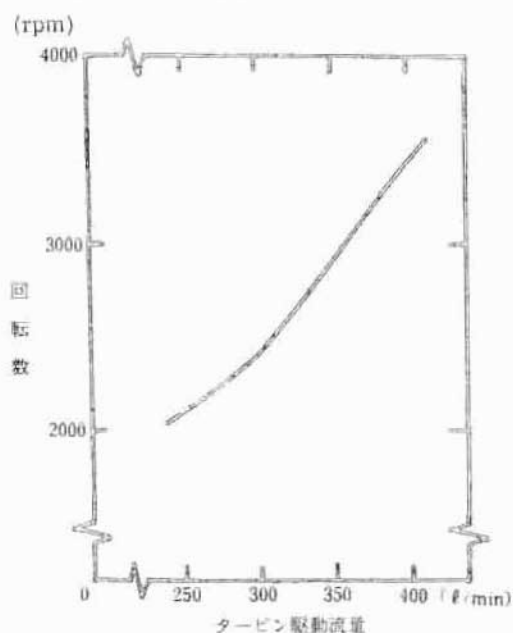


図10 タービン駆動流量とポンプ回転数の関係

行うのが適当である。したがって、このポンプ装置は吸水落差0～5 mの範囲で使用した場合ポンプ吐出流量としては50～100 ℓ/minが得られる。

(イ) ガソリン汲上げ実験及び静電気の測定

a 実験方法

ガソリンを汲上げ、直径60cm、深さ70

cmの金属缶に吐出量90 ℓ/minで注入し、15分間連続運転を行った。金属缶内の油面の静電気発生状況を集電式電位測定器で測定した。(写真12、13参照)



写真12 ガソリン汲上げ実験



写真13 ガソリンを金属缶に注入している状況

b 実験結果及び考察

油汲上げ性能

吸水落差0 m、ポンプ回転数3000rpmで吐出量90 ℓ/min (水の場合より若干多い)

静電電圧及び発火の有無

ポンプ本体及びホース

通水前 100～200 V
通水後 0～100 V

金属缶にガソリンを注入した油面

700～1000 V

今回の実験で発火することはなかった。

(ウ) 土砂吸込時のポンプ損傷の有無確認実験

a 実験方法

水槽に砂と小石 (大きさ5 mm) と水100 ℓを入れ、漏油汲上げポンプで吸い上げ、30分間の連続運転を行った。また、実験後にポンプを分解し、損傷状態を調べた。

b 実験結果及び考察

吸管の吸い込み口を直接砂の中へ入れるとストレーナー部に詰まりを生じたため、ストレーナーをはずして実験を行った。

吸い上げ実験の結果、砂や小石の大きさが5mm程度のものは支障なくポンプ内を通過し、吐出量もほとんど変化しなかった。

ポンプを分解した結果は、インペラとケーシングに引っ掻いたような傷がついていたが、ポンプの機能、性能に及ぼす影響はなかった。(写真14~17参照)



写真14 ケーシング下部に溜まった砂と小石の状態



写真15 インペラについた傷

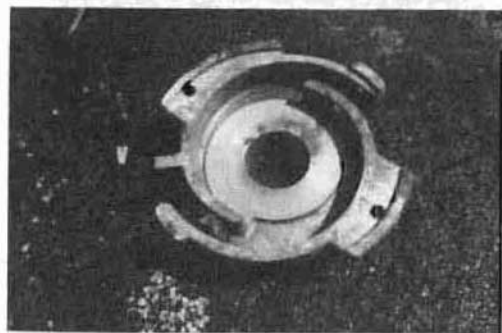


写真16 ケーシングについた傷
まぎれこんだ小石

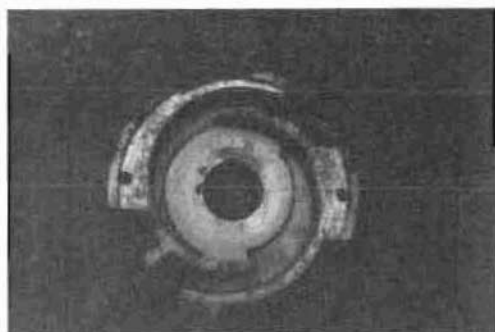


写真17 同上

以上のことから実用機に取付けるストレーナーは5mmメッシュ程度のもので良いと思われる。

吸込んだ砂や小石の一部がケーシング下部にかなり溜まっているのが認められたので、使用状況等を勘案し、使用後の分解点検が必要である。

5. おわりに

タンクローリーなど危険物を輸送する車両等からの油流出災害に対応する消防器材については、十分なものが整備されていない現状である。今回開発した資器材については所期の性能が確認されたので、さらに実用化にむけて改良研究をすすめていきたい。