

# タンクローリーの油充填における静電気測定について

上 月 三 郎  
坂 主 勝 弘

## 1. は し が さ

絶縁物を摩擦すると静電気の発生することは、すでに紀元前600年頃にギリシャにおいて発見され、別名摩擦電気として一般によく知られていたが、あまり人々の関心を引かずに長い間放置されていた。しかし最近工場に

おける生産工程がスピードアップされるとともに、非導電性物質の使用量の増加にしたがつて各種のプロセス工業や加工業において静電気にもとづくものとみられる引火爆発、火災の事故がかなり報告されるようになり、また生産上の障害として作業能率の低下、品質の低下などの悪影響も多くなつて来た。

このような静電気による災害や障害を防止するため、各分野において、静電気の発生機構、測定方法および除電方法等について研究され漸次解明されつつある。

昭和36年12月、神奈川県下の某石油製精所において、タンクローリーに灯油を充填中、静電気にもとづく

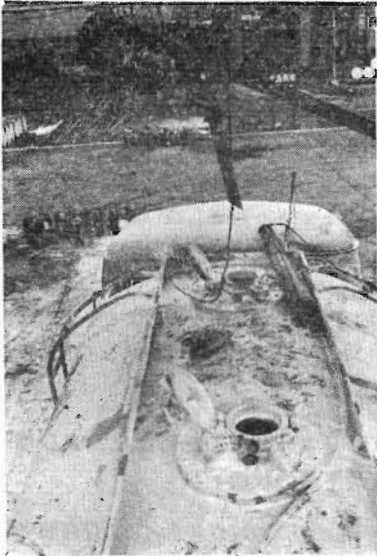


図1 タンクローリーの上部

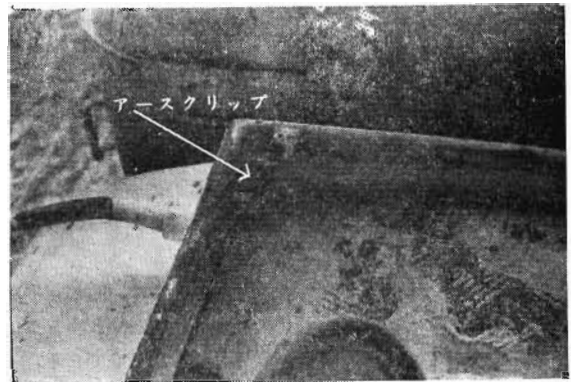


図3 タンクローリー上部のアース箇所

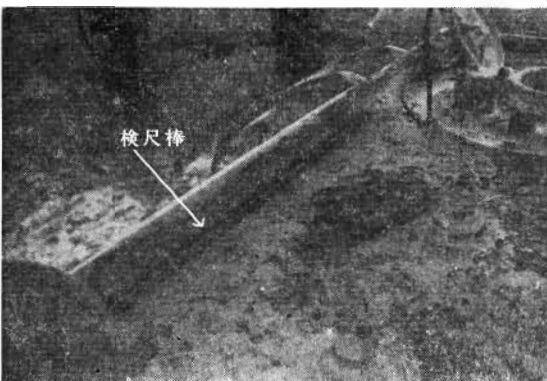


図2 タンクローリーの上部

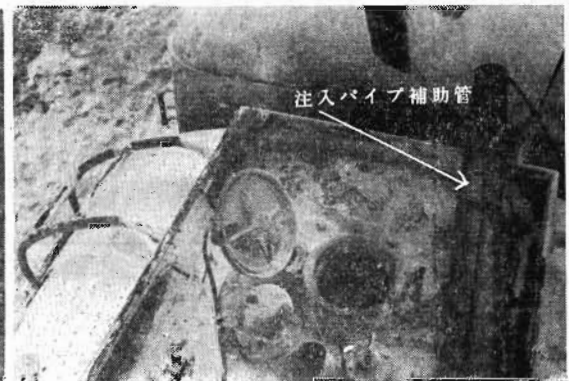


図4 タンクローリーの油注入口

ものと思われる爆発事故が発生した。しかも同じ日に同じ場所で2度も同様な事故が発生し、数名の負傷者をだしている。そこで今後の作業安全対策を樹立するために会社側の協力を得てタンクローリーに油を充填する際の静電気の発生状況を測定した。以下その概要を報告し、大方の参考に供する次第である。

なお同様な災害が昭和29年11月和歌山県下の某石油工場および昭和36年4月山梨県の油槽所でおこっている。

## 2. タンクローリーに油充填中の静電気災害の概要

当日の事故発生前から発生後までの状況および気象条件その他は表1のとおりである。

この度の事故の共通した事柄は、事故をおこしたローリーは当日ガソリンを積載し、それをガソリンスタンドに運搬して全部給油した後再び精製所にもどり、今度は灯油を積込中、積込開始より約1分後に爆発をおこしている。ローリーおよび供給パイプ(金属)はすべてアースされている。

図1, 2, 3, 4は災害後の現場写真である。

## 3. タンクローリーの内部構造

タンクローリーの内部構造は大略図5に示すようである。

タンクは鋼板製でできており、全体の内容積は6,000ℓで、それをタンク内部の仕切板で2,000ℓずつの3等分に分離されている。

またそれぞれの室は完全に独立されており、油の充填は上部の注入口より給油する。また必要に応じ3室をタンクの底部で連絡し1室として使用することもできる。

輸送中油の振動を防ぐための各室内に防波板が設けられている。タンクは約1.6～4.5mm程度の鋼板で製作され、注入口のふた等はアルミ合金でできている。万一タンク内で爆発が発生してもふたの部分が先に破損するようになっている。

## 4. タンクローリーの油充填中の静電気発生経過

精製された油は一室製品貯蔵タンクに入れる。タンクローリーに充填するときは貯蔵タンクより積込用ポンプ(この場合単段渦巻式18.75KW(25HP)100ℓ/H)により油を圧送する。油はメーンパイプ(4吋)およびローディングアームパイプ(3吋)を通りタンクローリーに供給される。この場合油がパイプ内部を流送するとき油がパイプ壁との摩擦により静電気が発生し、ローディングアームパイプ出口より離れるとき、油は正または負の電荷をもつてタンクローリーに供給される。したがってタンクローリーは油と同じ符号の帯電をする。一方パイプは油と反対符号の電荷を帯びることになる(この場合パイプはアースなしのときに限る)。タンクローリーが電氣的に絶縁状態にあるときは、油の電荷は油の流動性によつて拡散して、タンクローリーの壁面に移り、タンクローリー自体が帯電し高い電位を示すことになる。以上がタンクローリーに油を充填する際に発生する静電気の主なものと考えられる。この外に油同志の摩擦、あるいは油と空気との摩擦などによる静電気は発生しにくい傾向にあるのでこの場合は省略して考えてよいものと思われる。

## 5. タンクローリーの絶縁抵抗および静電気容量(平常の状態)

今回の測定のためにガソリンおよび灯油専用のタンク

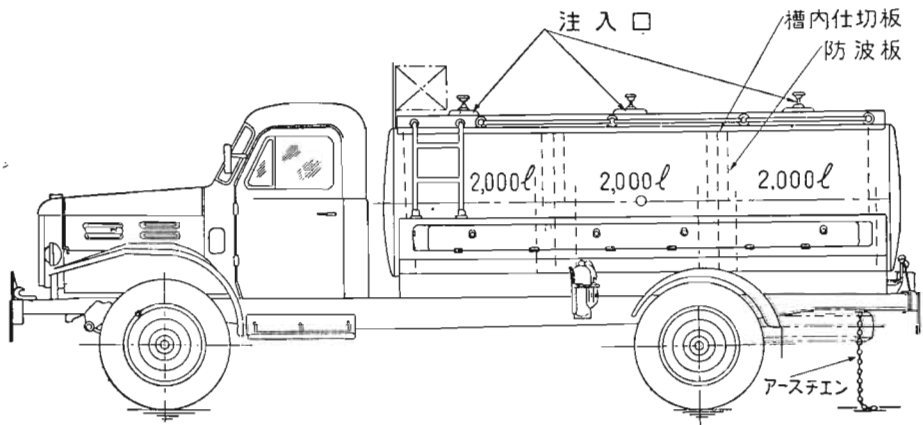


図5 タンクローリーの構造(略図)。

表 1 災 害 事 故 内 容

日 時 所 場 事 故 発 生 車	1 回 目 事 故 内 容	2 回 目 事 故 内 容
<p>事故発生までの状況</p>	<p>昭和36年12月21日 14時00分 第一工場ローリー充車場 15番積場 神8あー0000 N S 運輸 (株) 6トン積. 昭36.3.11. 7時30分 同様の事故経験車</p>	<p>昭和36年12月21日 15時25分 第一工場ローリー充車場 15番積場 神8あー0000 T K 燃料 (株) 6トン積 36年5月 製造車</p>
<p>事故発生時の状況および負傷程度</p>	<p>事故車は当日朝 P<sub>3</sub> ガソリン 4.4ℓ を積載し、I K スタンドに降し、13時45分入門、13時55分現場到着、ローリーのマンホールをあげて、一番槽にローディングアーム挿入、灯油積込ポンプ用モーター (25馬) を起動し、運転手がコックをあげ積込みを開始し約1分後積込量約900ℓ (満杯2,000ℓ) のとき爆発。</p>	<p>事故車は当日11時04分に P<sub>3</sub> ガソリン 2,000ℓ、軽油 4,000ℓ を積載し、P<sub>3</sub> ガソリン 2,000ℓ、軽油 2,000ℓ を積 2 田道スタントに降す。残りの軽油 2,000ℓ を T K 燃料に降し、14時10分入門、15時20分15番積場に到着、直ちにローリーのマンホールをあげて、一番槽にローディングアーム挿入、灯油の積込みを開始 (積込用ポンプ運転中) 積込み開始約50秒積込量約500ℓ (満杯2,000ℓ) のとき爆発。</p>
<p>気 油 積 出 量 タ ン ク の 個 数 ス 種 類 尺 寸 以 前 積 載 類 種 積 込 用 ポ ン プ の 容 積 油 の 圧 送 経 路 ポ ン プ の 圧 力 流 量</p>	<p>激しい爆発音を發し、火炎がふき上り、事故車は一瞬に火だるまとなり、更に爆発によりはねあげられたローディングアームよりもれた油が四散し、これがローリーの周囲に火となつて落ち、火炎再燃が事故車を包んだ。同時に隣りて積込中のローリーのステップにも引火した。約1分間燃えた。3名負傷、顔面左右下唇火傷、1ヶヶ月休業、顔面火傷2週間休業、</p>	<p>激しい爆発音を發し、火炎がふき上り、事故車は一瞬に火だるまとなり、更に爆発によりはねあげられたローディングアームよりもれた油が四散し、これがローリーの周囲に火となつて落ち、火炎再燃が事故車を包んだ。同時に隣りて積込中のローリーのステップにも引火した。約1分間燃えた。3名負傷、顔面左右下唇火傷、1ヶヶ月休業、顔面火傷2週間休業、</p>
<p>温度 湿度 風速 油量 積込用ローリー用一發地盤は地表面より約3cmはなれている。積込用コングクリート床 一番槽検尺棒はローリー右前部におちており (運転手が落下したと思われる地点) 中央線彎曲 P<sub>3</sub> ガソリン 単段巻式25HP 100ℓ/h 油はポンプのところで、パイパス4やま (13やまで全開) 開いている。 デリアバル側圧力2kg/cm<sup>2</sup> (出口) 4.6 m/sec (想定)</p>	<p>温度11°C 湿度60% 風速0 22°C No. 214 ローリー用接地線は地表面にタッチ。積込用接地は一審の規定箇所にとつてあつた。 コングクリート床 P<sub>3</sub> ガソリン 4.6 m/sec (想定)</p>	<p>温度11°C 湿度60% 風速0 22°C No. 214 ローリー用接地線は地表面にタッチ。積込用接地は一審の規定箇所にとつてあつた。 コングクリート床 P<sub>3</sub> ガソリン 4.6 m/sec (想定)</p>

表 2 タンクローリーの絶縁抵抗および静電容量

年月日	天候	温度 (°C)	湿度 (%)	絶縁抵抗 (Ω)	静電容量 (P.F)
37. 1. 25	晴	12.0	26.0	$7.0 \times 10^8$	630

ローリーをそれぞれ1台用意されたので、静電気測定に入る前に油積載場のところでタンクローリーの絶縁抵抗および静電容量を測定した。測定方法は、床上(この場合コンクリート床)にタンクローリーの車輪の間隔に4枚の鉄板を敷き、その上にタンクローリーを乗せる。下に敷いた4枚の鉄板はたがいに接続し、それを一つの極とする。他の極はタンクローリーの金属部分よりとりこの2つの極を用いて測定した。その結果表2のとおりである。

なおこの試験用タンクローリーのタイヤはそのいたみ程度から推定し、現在までに約4,000 km 走行しているものと思われ、平均タイヤの寿命の $1/3 \sim 1/2$ ほどの使用経過のものと考えられる。

次にこの試験用タンクローリーに付属しているアーサ用鎖をコンクリート床上に下げて、タンクローリーの絶縁抵抗を計つてみたところ、鎖をコンクリート床にタッチさせても、はなしても抵抗値は変わらず $7.0 \times 10^8 \Omega$ であった。これはコンクリート床が乾燥しているためその絶縁抵抗が高いものと考えられる。

なお念のため試験用タンクローリーに付属している鎖の電気抵抗はどの位あるものかを調べてみた。すなわち図6のように鎖の床上に下げて鎖の床上立上りのところから鎖のつけ根のところまでを計つてみた。その長さは約80 cmで、抵抗は約 $5.0 \times 10^6 \Omega$ と予想以上に高い値を有していた。次に鎖の両端を引張りながら電気抵抗を測定してみたところそのときは零であった。したがつてこの結果から毎日使用しているタンクローリーでも単に鎖を床上にはわせた程度では電気抵抗が大きすぎるため油充填の際のタンクローリーのアースとしては不充分であり別な箇所に確実な方法によりアースをとる必要がある。参考のため各種の乾燥した床の比抵抗を示せば表3のとおりである。

## 6. 実験装置および実験方法

4で述べたように、タンクローリーに油を充填すると油およびパイプにそれぞれ静電気が発生する。このうちタンクローリーに充填された油の帯電状況を調べる。そのためタンクローリーおよびパイプを次のように絶縁した。

### 6.1 タンクローリーの絶縁方法

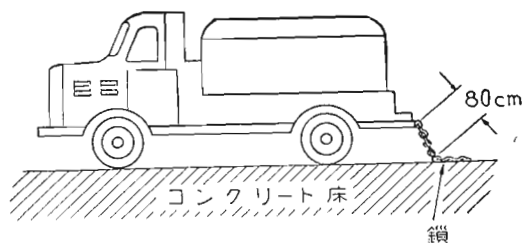


図 6 鎖の電気抵抗

5のタンクローリーの絶縁抵抗および静電容量測定で用いた4枚の鉄板をタンクローリーの車輪の間隔に敷きその上に図7に示すように天然ゴム(1 m平方厚さ10 mm)を2枚、更に硬質ビニール板を1~2枚敷き、それにタンクローリーを乗せた。その結果は表4のとおりである。なお、これら絶縁シートの表面が汚れていると、表面抵抗が低下するので、アルコールで汚れをおとしてから使用した。

表 3 乾燥した床板

物 質	比抵抗 (Ω-cm)
PVD Fliesenbelag	$10^9 \sim 10^{11}$
Läuferbelag	$10^8 \sim 10^9$
Läuferbelag (Sonderausführung)	$10^9$
リノリューム	$10^8 \sim 10^{12}$
Spachtelmassen	$10^8 \sim 10^9$
導電性ゴム張	$10^4$
Gabrannte Fliesen	$10^9 \sim 10^{11}$
人工・石板	$10^4 \sim 10^5$
〃 〃	$10^{13}$
標準コンクリート 3 cm	$10^7$
特殊コンクリート 5 cm	$10^4$
導電性泡沫コンクリート	$10^4$
つや出し板	$10^7 \sim 10^8$
導電性つや出し板	$10^5$
アスファルト	$10^{12}$

乾燥の影響の表し方は次のように示される。

- 導電性つや出し板は  
生産のとき  $9 \times 10^2 \Omega\text{-cm}$   
70° で 24H 乾燥後  $1 \times 10^5 \Omega\text{-cm}$
- 製造者の報告によると導電性のつや出し板  
生産のとき  $4 \times 10^3$   
24H 乾燥後  $2 \times 10^5 \Omega\text{-cm}$   
72 // //  $1 \times 10^7$  //  
36 // //  $4 \times 10^8$  //  
144 // //  $1 \times 10^9$  //
- 以上はベルリンの物理工学協会の報告による。測定法は DIN S 1953

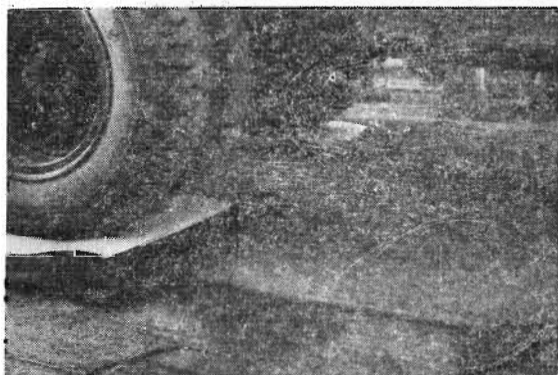


図7 タンクローリーの絶縁方法

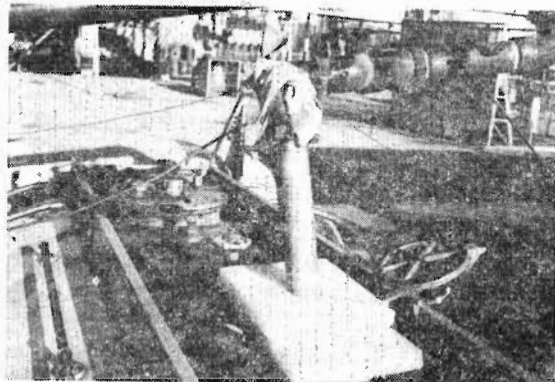


図8 ローディングアームパイプの絶縁方法

表4 タンクローリーの絶縁抵抗および静電容量

年月日	天候	温度 (°C)	湿度 (%)	絶縁抵抗 (Ω)	静電容量 (P·F)
37. 1. 30	晴	8.5	19	$1 \times 10^{13}$ 以上	670

### 6.2 ローディングアームパイプの絶縁方法

油に発生した電荷がパイプをつたわって漏えいするのを防ぐため図8に示すようにタンクローリーの上部油充填口にローディングアームパイプを浅く差し込み、その周囲を固形パラフィンを用いて絶縁した。なおローディングアームの動揺を防ぐため、四方向より鉄線で固定させた。

### 6.3 実験方法

試験用タンクローリーは図7に示したように、そのタイヤはゴムおよびビニールにより絶縁し、またローディングアームパイプも図8に示すとおりパラフィンで固定絶縁した。次にタンクローリーに油を充填する前に回路の絶縁状態を調べるため、静電電圧計をタンクローリーと並列につなぎ、メーガーによりこれを充電する。一定時間電荷の漏えいがないことを確認したのち、油の充

填を開始する。

発生電荷の測定は図9のようにタンクローリーに並列にコンデンサーおよび静電電圧計を接続し、ローディングアームパイプの弁を開き、油を流し込み、そのときに油に発生した電荷を知るために単位時間毎に静電電圧計の指示を記録する。

発生した電流量  $Q$  は

$$Q = V_{sv} (C_1 + C_2)$$

として計算する。

## 7. 実験結果

以上の実験装置および実験方法にしたがつて、タンクローリーに油を充填する際の静電気発生状況を測定した結果はガソリンについては表5～表6および図10、灯油については表7～表8および図11のとおりである。

鉄パイプ中をポンプにて圧送するガソリン、灯油の両者の帯電量の測定結果を比較してみると、ガソリンにくらべ灯油の方が非常に大きく帯電し、約5.5倍大きい値を指示している。

このように両者間の帯電現象に相違のあることは、静

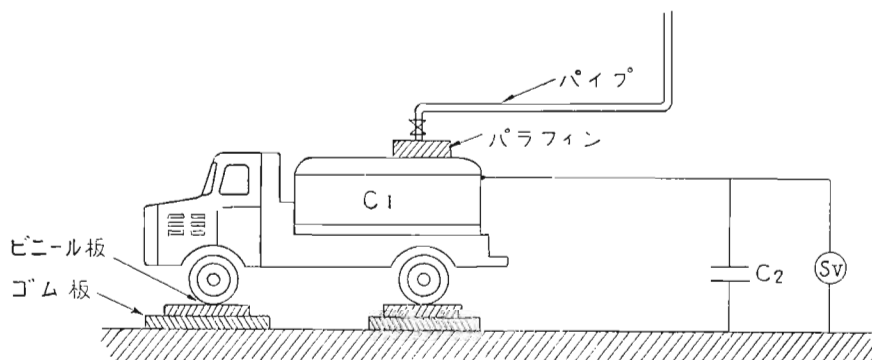


図9 静電気測定方法

電気の発生に大きな変化をもたらす流速、油温度等の因子によるものばかりでなく、鉄パイプと灯油および鉄パイプとガソリン相互の摩擦による発生量が本質的に異なるためと推定される。また、ガソリンと灯油との帯電で異なった現象としては、ガソリンが正に、灯油が負に帯電している。しかし静電気による災害は極性には関係なくその絶対値が問題となる。

なお諸種の油をパイプ中で移送する際に発生する静電気の因子としては次のものが考えられる。

- (1) パイプの材質
- (2) パイプの長さ
- (3) パイプの大きさ
- (4) 油の移送量
- (5) 油の移送速度
- (6) ポンプ移送の場合はその回転数
- (7) 油の温度
- (8) 湿度

今回の現場測定結果においてもこれらの因子に大いに関係しているものと思われるが、因子の変化による帯電量の変化等については測定現場の関係で実験は行なわなかつた。したがって表6および表7に示す各値は平常の作業時における帯電量を記録し、それより換算して

たものである。実際は流速や油の温度による影響が含まれているはずだが、この表ではそれらの相関関係はハッキリしなかつた。しかしこれらの相関関係については、今回の実験に類似した文献があるので後でその点について述べてみることにする。

表6のガソリンにおいてローディングアームパイプ真上についているバルブの調整によつて油量を変化し、それによつて帯電量の影響を調べる目的でバルブ半開で行なつてみた。時間の関係上1回しか実験を行なうことができなかったが、その測定値では単位投入量当りの帯電量はバルブ全開に比べ約 $\frac{1}{3}$ 程度に減少している。

次に表8においてはバルブ全開で8回実際を行なつているが、ガソリンのようにバルブ半開については1度も行なわなかつた。また、液体の帯電は油温度に著しく影響するものであるが、表8は同一のマンホールに対し帯電量の測定を数回重ねて行なつたため油温度は最初マンホール等に熱をうけられるために低い値を示していたが、測定を重ねるにしたがつて油温度が高くなる傾向である。したがって表8では油温度が $14^{\circ}\text{C} \sim 17.2^{\circ}\text{C}$ と異なる値を示しているが、その温度のちがひによる、帯電量の変化については明らかでない。

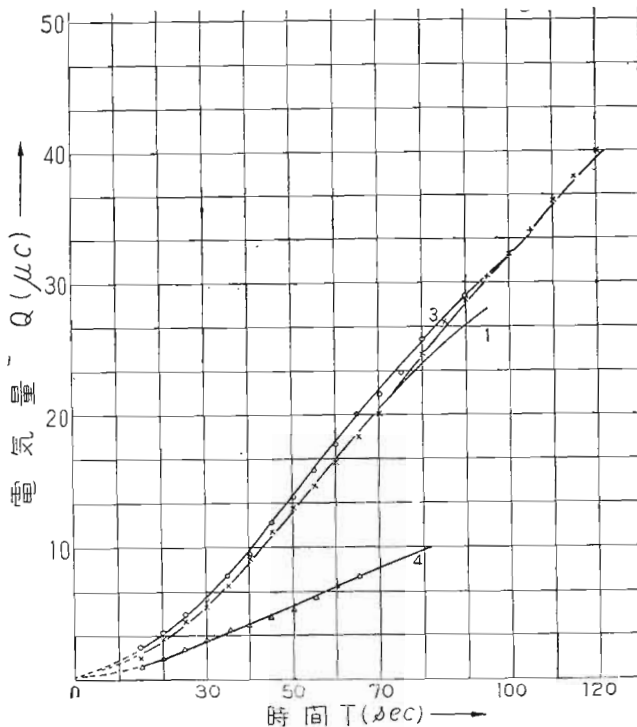


図 10 P<sub>3</sub>揮発油の時間対電荷発生量

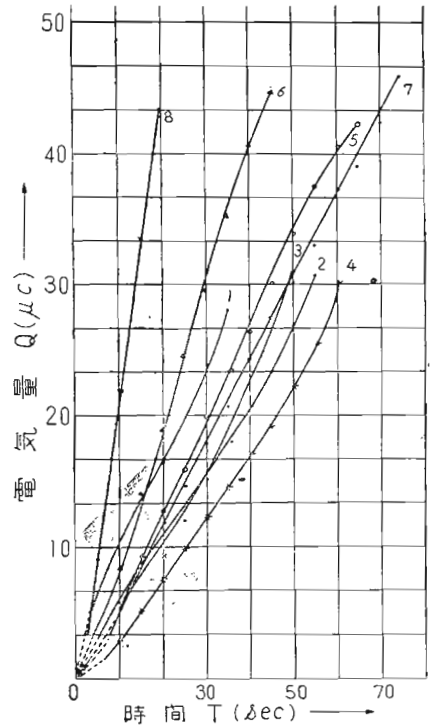


図 11 白灯油の時間対電荷発生量

表 5 P<sub>3</sub>揮発油の時間毎の電荷発生量

(8.5°C 19%)

電荷発生量 時間 (Sec)	実験 No. 1		2		3		4	
	V (volt)	Q ( $\mu\text{C}$ )	V (volt)	Q ( $\mu\text{C}$ )	V (volt)	Q ( $\mu\text{C}$ )	V (volt)	Q ( $\mu\text{C}$ )
5	0	0	0	0	20	0.62	0	0
10	20	0.42	50	1.54	50	1.54	30	0.92
15	100	2.07	50	1.54	70	2.15	30	0.92
20	140	2.97	100	3.07	110	1.54	50	1.54
25	200	4.15	140	4.31	140	4.31	70	2.15
30	280	5.71	180	5.54	190	5.84	100	3.07
35	360	7.47	230	7.08	240	7.38	110	3.38
40	430	8.92	300	9.21	300	9.21	130	4.00
45	530	11.00	360	11.06	370	11.37	150	4.63
50	620	12.86	420	12.90	430	13.22	170	5.23
55	700	14.52	480	14.75	500	15.35	200	6.15
60	800	16.60	540	16.60	560	17.20	230	7.08
65	890	18.35	610	18.75	630	19.35	250	7.69
70	980	20.32	680	20.09	690	21.20		
75	—	—	750	23.05	750	23.05		
80	1,140	23.65	800	24.60	820	25.20		
85	1,220	25.30	880	27.01	880	27.01		
90	1,300	26.98	940	28.90	940	28.90		
95	1,350	28.00	990	30.40				
100			1,040	32.00				
105			1,100	33.80				
110			1,170	36.00				
115			1,240	38.10				
120			1,300	40.00				
挿入コンデンサー (P. F)	20,000		30,000		30,000		30,000	
タンクローリーの静電容量 (P. F)	742		742		742		742	
投入油量 ( $\ell$ )	1,700		1,900		1,900		1,560	
油温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	—		7.5		7.5		—	
タンクローリーマンホール No	A		B		C		C	
備考	バルブ全開		バルブ全開		バルブ全開		バルブ半開	

表 6 P<sub>3</sub>揮発油の電荷発生量の関係比較表

(8.5°C 19%)

投入時間 (sec)	投入油量 ( $\ell$ )	帯電量		蓄積エネルギー (mj)	投入量/時間 ( $\ell/\text{min}$ )	油温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\mu\text{C}/2,000\ell$	mj/ 2,000 $\ell$	備考
		( $\mu\text{C}$ )	( $\mu\text{C}/100\ell$ )						
95	1,700	(+) 28.0	(+) 1.65	18.9	1,054	—	33.0	22.2	バルブ全開
120	1,900	(+) 40.0	(+) 2.10	26.0	800	7.5	44.0	27.4	〃
90	1,900	(+) 28.9	(+) 1.52	13.6	1,267	7.5	30.4	14.3	〃
65	1,560	(+) 7.7	(+) 0.52	0.96	1,440	—	10.4	12.3	バルブ半開





表 8 白灯油の電荷発生量の関係比較表

(85°C 26%)

投入時間 (sec)	投入油量 (ℓ)	帯電量		蓄積エネルギー (mj)	投入量/時間 (ℓ/min)	油温 (°C)	μc/ 2,000 ℓ	mj/ 2,000 ℓ	備考
		(μc)	(μc/100 ℓ)						
35	280	(-) 28.0	(-) 10.00	19.8	480	14.0	200.0	135.0	バルブ全開
55	440	(-) 30.5	(-) 6.93	22.3	480	14.5	138.5	101.0	//
50	380	(-) 30.7	(-) 8.40	22.7	456	14.8	168.0	119.0	//
60	370	(-) 29.9	(-) 8.08	21.5	370	16.4	161.6	116.0	//
65	420	(-) 42.4	(-) 10.10	29.2	420	17.2	202.0	139.0	//
45	420	(-) 44.9	(-) 10.70	36.5	555	17.2	214.0	173.7	//
75	550	(-) 46.1	(-) 8.39	33.9	440	17.2	167.8	125.8	//
20	290	(-) 43.0	(-) 14.32	30.0	870	17.0	286.3	206.5	//

## 8. タンクローリーに油充填に伴う静電気災害防止対策

以上現場の実験結果および関係文献等から考察し、タンクローリーに油を充填する際の静電気による災害防止対策としては一応次のような事柄が考えられる。

### 8-1 タンクローリーをガソリン専用と灯油専用に分離使用

今回の事故で共通した点はガソリン車として使用した後ローリーに灯油を積込中爆発している。従つて、ガソリンを積みおろしたのちにもなお、ローリー内部には、ガソリンガスが十分残留していることが考えられたのでガソリンを積みおろしたローリーについて、ガソリンガス濃度を測定し、更に引続いて灯油を積込み、ガス濃度の変化を測定した。この結果によると、ガソリンを積みおろしたのちのローリー内部のガス濃度は1.1 Vol %以上あり、爆発限界内になつている。次に灯油を、200ℓ～400ℓ位まで投入しても、ガス濃度は1.1 Vol %以上あり、更に灯油を600ℓ位まで投入すると、約0.9 Vol %となり、更に1,200～1,300ℓになると、0.2%となり、爆発限界以下になることが判明した。灯油の積込量が増加するにしたがつて、ガス濃度が減少する理由に投入された灯油のためにローリーのそとに排せきされるものと、灯油の中に吸収されるものの両方が考えられる。

某石油会社の研究所で実験した灯油のガソリンガスの吸収能測定によると、常温、常圧下でガソリンガスの、灯油への吸収速度はきわめて速く、数分間で吸収を終了し、平衡に達すると報告されている。

しかも、この吸収現象は、かき混ぜることなしで容易に行われるといわれている。従つて、この結果からも、明らかな如く、ガソリンの積あとに灯油を積込むと、高

いガス濃度のものが灯油に吸収されて一時的ではあるがローリー槽内のガソリンガス濃度が爆発限界になることがある。

また、浦山氏<sup>6)</sup>は、このガスの吸収能に関して、実際のタンクローリーについて、時間に対するガソリンのガス濃度の変化および油の帯電に関して図12のように実験報告している。この結果によれば、比較的短時間に吸収され槽内爆発範囲内に入り、次第に減小し約3分後には下限界以下になると報告している。

更に、今回の静電気測定結果から明らかなように、パイプ流送による灯油の静電気発生量が著しく大きいため瞬間的大量の電荷を持った灯油が槽内に流れ込んで、その電荷の放電によつて槽内のガソリンガスに引火する危険も十分考えられる。

従つて、爆発災害をなくすためには、爆発の要素である、ガソリンガスと点火源となりうる危険のある灯油の有する静電気が同時に存在するのをさけるために、タンクローリーはガソリンと灯油にそれぞれ専用車をきめて使用することが望ましい。

### 8-2 流速の選定

液体の静電気発生は流速に著しく影響される。今回の

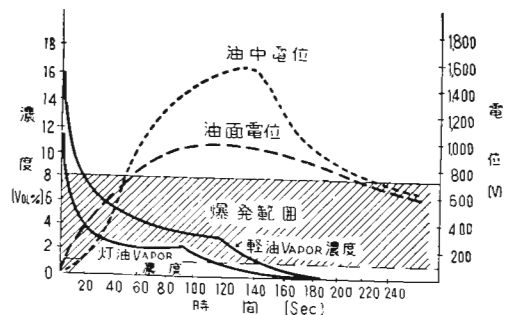


図 12 ローリー区画室内の vapor 濃度と電位曲線

実験では流速による帯電量の変化について実験を行うことができなかったが、森田氏<sup>2)</sup>の実験によれば、

流速とパラメータとして各流出量に対する発生電荷量を測定した結果を 図 13 のように報告している。これによると、流出量とともに発生電荷がほぼ直線的に増加し流速の増加とともに大きく増加している。ただ流速を、5.6 m/sec においては流量 30 ℓ において電荷量が最大となり、流量の増加とともに減少して遂に零となり、逆に負電荷が発生するという特異な現象がみられている。

また、浦山氏<sup>5)</sup>の実験によれば、流速と発生電位との関係は 図 14 に示すような傾向になるといわれている。そして流速と発生電流密度とは指数函数的関係にあるといわれている。

以上のように流速を増加することは静電気的发生を、一層大きくする傾向にあるので、でき得るかぎり流速を遅減し、静電気的发生を抑制することが必要と思う。

某石油工場においては流速の制限として、次のように作業基準を作成している。すなわち、ガソリンを積んだ後に灯油を積込む場合には、確実に、積込管内流速が、3 呎/秒 (0.91 m/sec) 以下であるようにしている。またローリーの一室 2,000 ℓ の場合は、積込管が 3 吋であるならば、初めの 1,000 ℓ は 10 分間 (0.37 m/sec 位) 以上とし、残りの 1,000 ℓ を 5 分間 (0.73 m/sec 位)

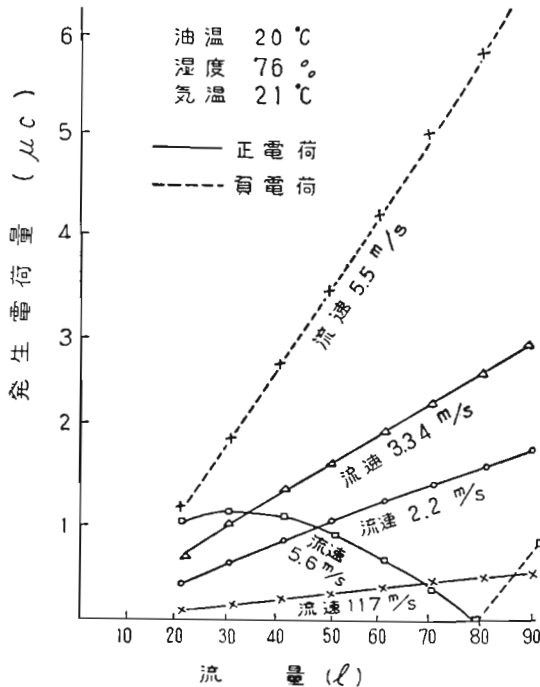


図 13 発生電荷と流量 (流速をパラメータとした場合)

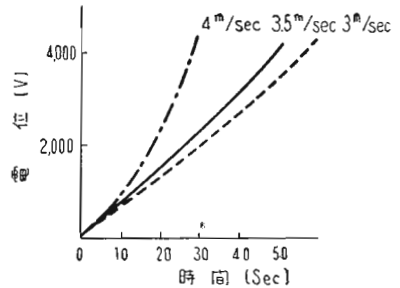


図 14 流速と発生電位

以上かけて積込むようにしているところもある。

ドイツの化学工業会では、液体の最大流速について、例えば、エーテルの場合でパイプ径 12mm までは 1 ~ 1.5m/sec、二硫化炭素の場合はパイプ径 24 mm まで 1 ~ 1.5m/sec、およびエステル、ケトン、アルコール等の場合は 9 ~ 10m/sec 以下に制限している。一般に石油等の油送管の安全な流速は 1m/sec といわれている。

### 8-3 油温度の低下による静電気抑制

静電気的发生と油の温度との関係は当然考えられることであるが、森田氏<sup>2)</sup>の報告によれば、油温の上昇とともに電荷の発生は増加する傾向にあるようである。図 15 および 図 16<sup>4)</sup> は油の温度に対する発生電荷量と流量をパラメータとして求めたものである。

このような結果より考えて、できるだけ電荷の発生を抑えることは災害の原因が減少することになるので、作業上、あるいは品質管理上で問題がなければ、温度の低い油を供給すればよいと考えられる。

### 8-4 油送パイプ材質を検討すること

従来輸送パイプとしては、主として鉄またはゴム系統のものが用いられている。今回の実験でも、鉄パイプを用いた。しかし、最近塩化ビニール系統の高分子質のものが一部で使用されつつあるようであり、また将来、需要もふえてくるものと考えられる。

森田氏<sup>2)</sup>の実験によれば、鉄パイプに比べてビニール系統のものは、電荷の発生が著しい。しかも、同じビニール系統のものでも透明ビニールパイプとエスロンパイプとでは、透明ビニールパイプの方が特に著しく、大きな値を示していると報告している。図 17 はその測定結果を示したものである。したがって油送パイプの材質を選定する場合、なるべく静電気的发生の少ない材質を使用するよう検討する必要がある。

### 8-5 積込途中における検尺の中止

タンクに油を積込途中、タンク上部の孔から金属製の

検尺棒を液底に挿入し、液面の高さを測定する操作が、しばしば行われる。従つて、積込の途中で検尺することは油の持っている電荷が検尺棒との間で放電火花を発生し可燃性蒸気に引火する危険がある。また作業者がゴム手袋をつけるか、ゴム靴をはくことにより、手に握つた検尺棒が電氣的に絶縁状態になるとすれば、棒を液面から引き上げるときに、検尺棒がタンクの孔壁に触れ、放電火花を発生することが考えられる。従つて、終末まで目測積込として、積込途中においては検尺棒を上下しないことにする。

8-6 タンクローリーの接地方法

タンクローリー油を積込む前に必ずアースをとることになつてはいるが、現在の殆どどのローリーはアースをとつている個所が積込口の近くで、しかも簡単なスプリン

グラブでアースをとつている。これは安全上の見地から考えた場合、よい方法とはいえないので、できるだけ速かにアースのとり方を次のように改良するよいと思う。

アースの個所としては、ペーパーのでないところ、あるいはペーパーに触れるおそれのないところがよく、しかも作業上じやまにならなく、容易に操作できる場所が良い。例えば 図 18 のようにタンクローリーの車体の比較的下の方にとりつけるのも良い方法と考えられる。

次にアースのとり方としては、積込途中でアースがとれかかり、接触不十分でスパークを生ずることのないように 図 18 のように引掛型コンセントを利用するとよい。コンセント側は2極一括してローリーの車体に接続し、差し込み器の方も2極一括して使用する。

なお、コンセントおよび差し込み器は防水型を用い、

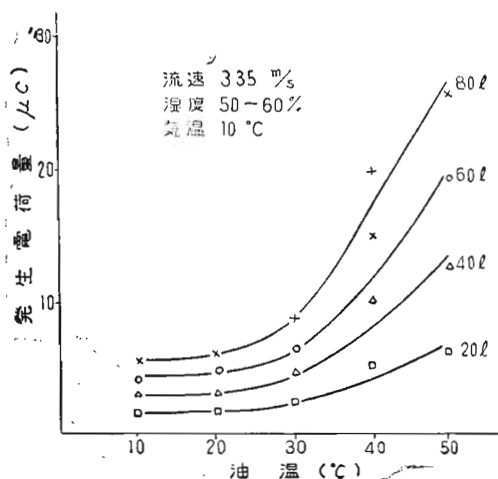


図 15 発生電荷と油温

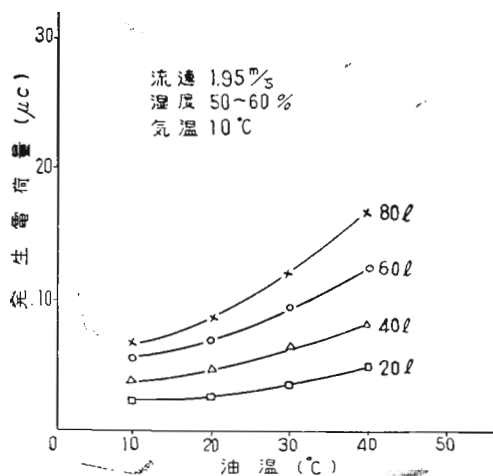
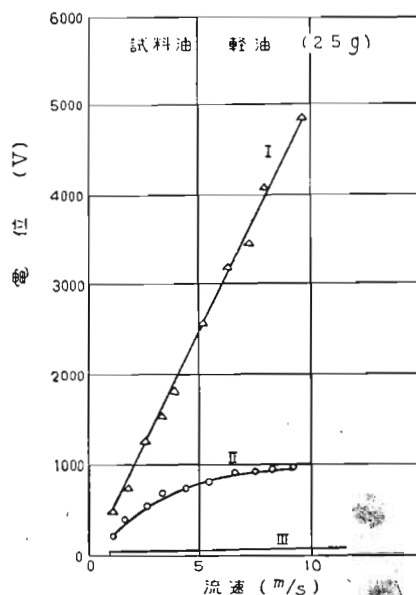


図 16 発生電荷と油温



送油方法	空気圧送
タンク静電容量	623 P.F
送油管内径	1/2"
送油管長 l	5 m

	I	II	III
	透明ビニール	エスロン	鉄
油温	14.9 °C	20 °C	20.9 °C
室温	19.3 °C	19.3 °C	20.4 °C
湿温	85 %	87 %	80 %

図 17 電荷発生と管材質との関係

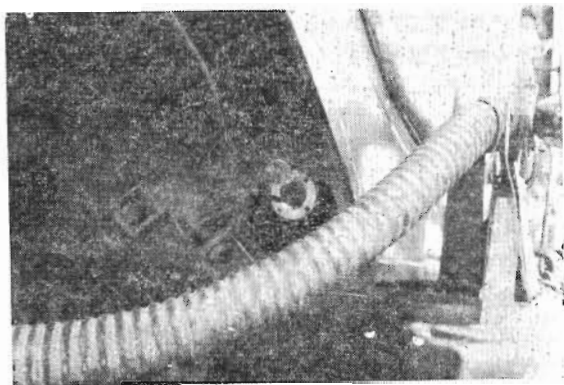


図 18 引掛式コンセントによる接地方法

ローリーの車体の両側に1個ずつ取付け、使用に際しては、アースのとり易い方のどちらか一方を用いるようにする。

また、アースに用いる電線は単線の使用はさけ、柔軟性のあるよい線を用いること。

#### 8-7 その他の対策

(a) 静電気の帯電現象は気象環境に大いに関係する。特に湿度による影響は顕著である。例えば、湿度と帯電量との関係を示すと図19のような変化を示している。

したがって油充填作業場においても、湿度が低下するにつれて作業基準も変えるよう考慮しておくこと。

(b) 作業者が絶縁の高いはき物を着用していると、作業者自身が帯電することがある。この帯電状態でローリーに近づくことは危険となりうることも考えられるので、作業者自身帯電しないような導電性のはき物か、ローリーに近づく直前に人体の電荷を安全な場所で放電したのち作業にかかるようにするとよい。

なお、導電性のはき物としての絶縁抵抗は静電気が、人体に帯電することなく除々に大地に漏減するような、抵抗値を有し、一方、これらのはき物をはいて低電圧に触れた場合、感電危険のない抵抗値が常に維持されてい

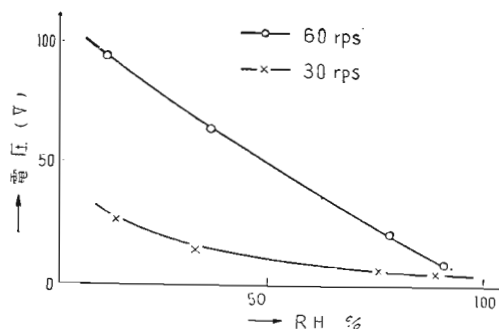


図 19 ゴム・ローリーの帯電量と相対湿度

る必要がある。すなわち、静電気の発生している場所では用いる導電性のはき物の上限の抵抗値は静電気の帯電を防止し、下限の抵抗値は低電圧に触れたときその危険性を防止できるものでなければならない。一応、上限を、 $1 \times 10^8 \Omega$ 以下、下限を $1 \times 10^6 \Omega$ 以上の範囲内に入るものを使用するとよい。

#### 参考文献

- 1) "Richtlinien zur Verhütung von Gefahren durch elektrostatische Aufladungen"  
Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie  
Nr. 4 (1959)
- 2) 森田. "流動による油の帯電"  
東京商船大学研究報告  
第8号(昭和32年9月)
- 3) 森田. "油の流動による静電気の発生について(1)"  
東京商船大学研究報告  
第10号(昭和30年9月)
- 4) 橘高. "合成繊維工業における静電気障害と対策"  
生産と電気 Vol. 8 No 10 (1956)
- 5) 浦山. "石油産業における静電気"  
産業と電気 昭和37年4月

## Measurement of Electrostatic Charges in Loading Oil Tank Trucks.

by S. Kozuki  
K. Sakanushi

Some explosion accidents occurred while oil is loaded into tank trucks were reported. Therefore, to prevent these accidents, the writers measured the electrostatic charges induced and accumulated in loading rubber-tired oil tank trucks with gasoline and fuel oil. The writers found out there are some definite relations between induced electrostatic charges and loading conditions.

## Effects of Material and Construction of Safety Helment on its Performances

by T. Ando  
T. Sato  
S. Sueyoshi

With an aim of adding to the betterment [of performances of safety helmets, the writers conducted the rigidity test on safety helmets made of various materials, so that the suitability of each material might be graded.

Secondly, the writers studied the deformation phenomenon which occurs when the safety helmet is subjected to the impact by a falling object, and found that the method of binding the hammock to the shell affects considerably the performances of helmet.

Thus, backed up by tests writers conducted, they proved that the elongation of hammock greatly influences the performances of safety helmet.

## On Result of Comparison between "On—the—Job" Accidents and "Off—the—Job" Accidents

by Section of Technical  
Gnidance

As the result of our investigation of comparing "on-the-job" accidents with "off-the-job" accidents occurred in the period of Jan. 1st ~ March 31st, 1962 in 133 plants from various industries in Japan each of which employed more than 100 workers, the