

油タンクの帯電に関する2, 3の実験について

藤 井 求・村 瀬 正 義・鳥 取 孝太郎

On a few experiments of a charged oil tank

Motomu HUZII, Masayoshi MURASE, Kotaro TOTORY

It is well common that an oil tank during pumping shows a state of electrification.

The authors had a few experiments about the discharging phenomenon, by insertion of an electrical probe into the tank which was charged through circulating oil. Especially, the authors studied experimentally the static of electrification around the probe.

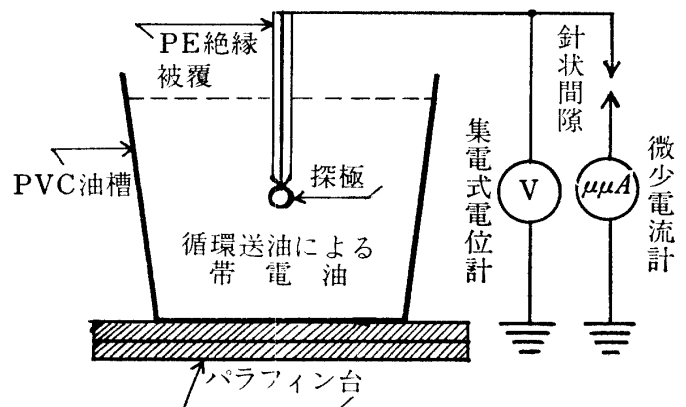
1 ま え が き

張込み中の油タンクは帯電状態となるが、この帯電現象についてはすでに理論的、実験的研究が進められ、報告されている^{1), 2), 3)}。

筆者らは更に、探極周辺の帯電状態を究明するため、とりあえず球探極の大小、油種による放電現象について基礎的実験を試みたので今回はこれら実験結果について報告する。

2 実 験 (I)

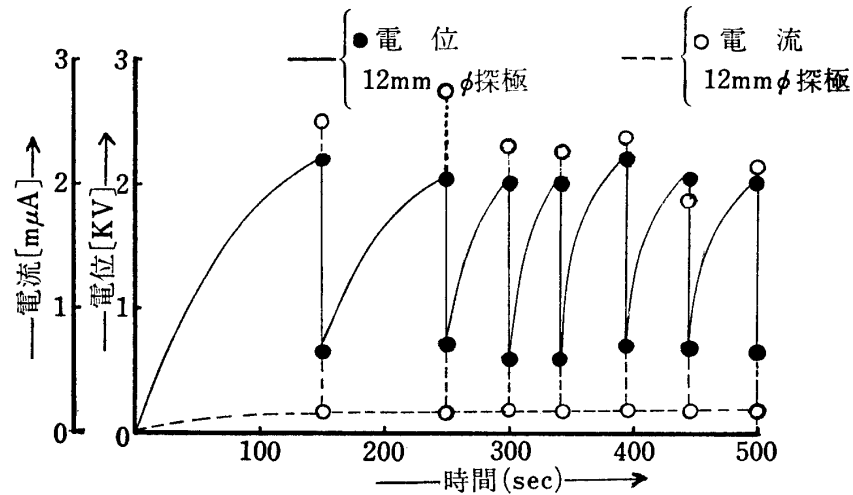
第1図に示すように、便宜上タンクは PVC 65ℓ の絶縁油槽を用い、循環送油 (50ℓ/min) によって油を帯電状態とする。球探極はその油中中心に設け、探極の電位は PE 絶縁電線にてリードし、このリード線の一端は集電式電位計 (春日電機製) に、他は間隙装置を経て高感度直流電流計 (東亜電波製) に通じて接地する。



第1図 油中探極による放電実験回路図

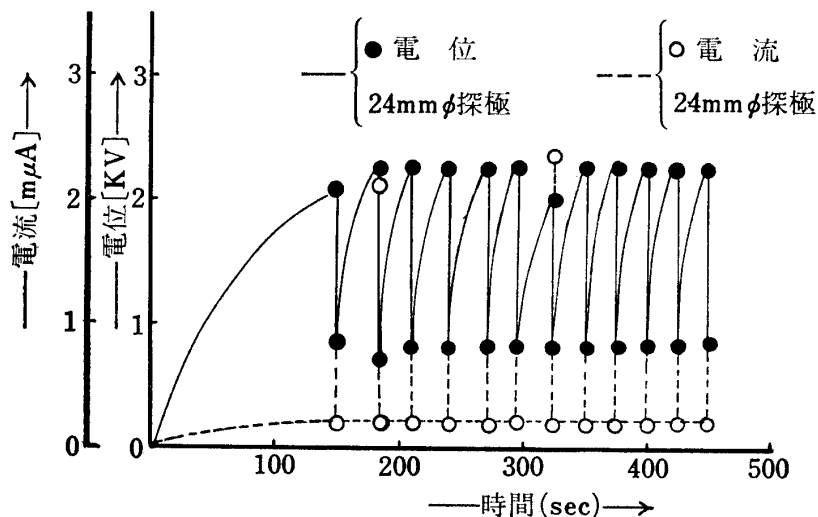
3 実験 (I) の 結 果

間隙装置として針対針電極を用い、油種は軽油、トランス油、球探極は 12mmφ, 24mmφ の二種を用いたが、放電傾向としては電位、



第2図 油中探極による放電（軽油の場合）

針対針 0.5mmgap, 気温 38.5°C, 湿度 65%, 油温 31.5°C



第3図 油中探極による放電（軽油の場合）

針対針 0.5mmgap, 気温 38.5°C, 湿度 65%, 油温 32.5°C

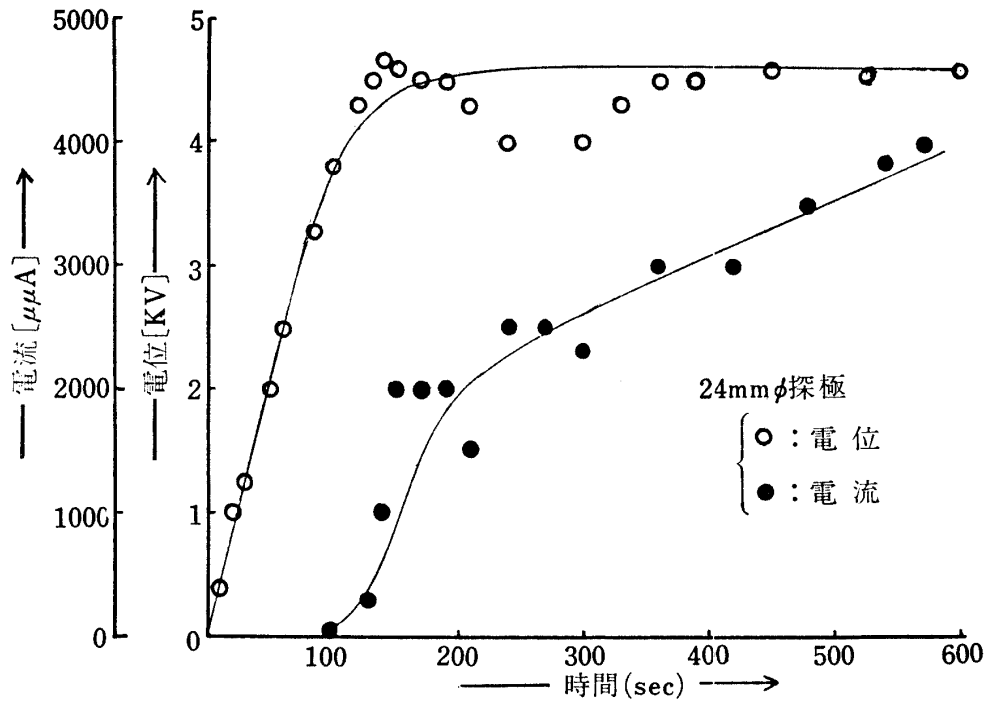
電流の大小はあるが、おおまかには同一である。

第2図、第3図は軽油の場合で球探極が 12mmφ, 24mmφ の各場合の放電特性を示すが、これをながめると探極の径が大きくなれば放電間隔が短くなることが認められる。

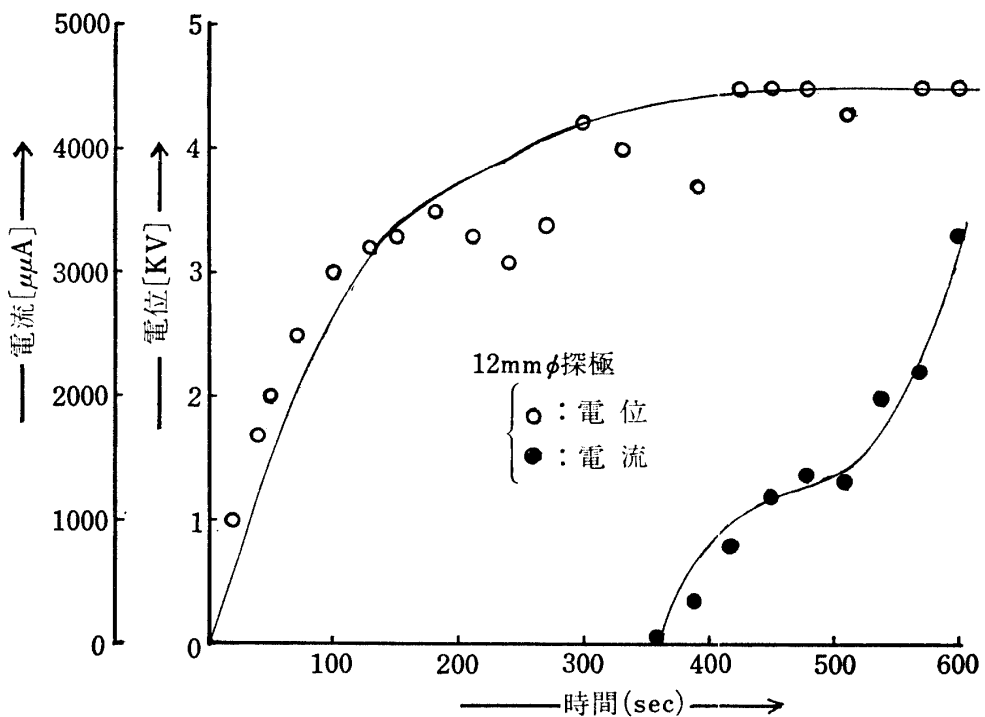
第4図、第5図は針対針 10mm ギャップにおけるトランス油の場合の放電特性を示す。また第6図は針対針 5mm ギャップ、第7図は針対針 10mm ギャップ（いずれも軽油の場合）の放電傾向を示す。これらの実験結果からギャップ長が短い場合には間欠放電し、ある程度長くなると持続放電することがわかる。また第4図、第5図を比較すると、探極の径が大きい場合は持続放電電流の立ち上がり時間が早くなることが認められる。

第6図、第7図は放電間隙が比較的短くなると持続放電電流の立ち上がり時間が早くなること

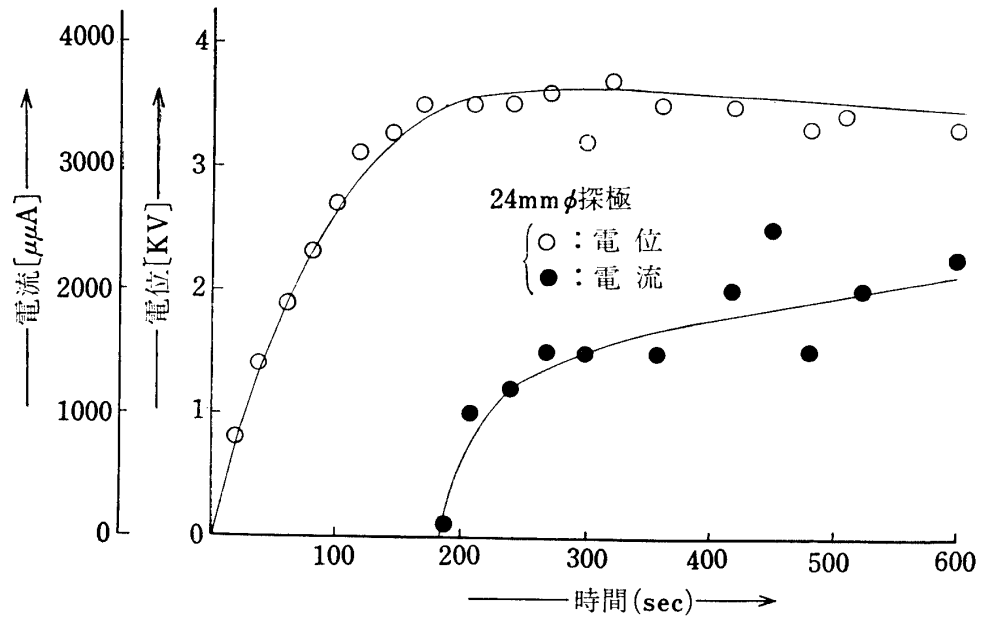
を示している。



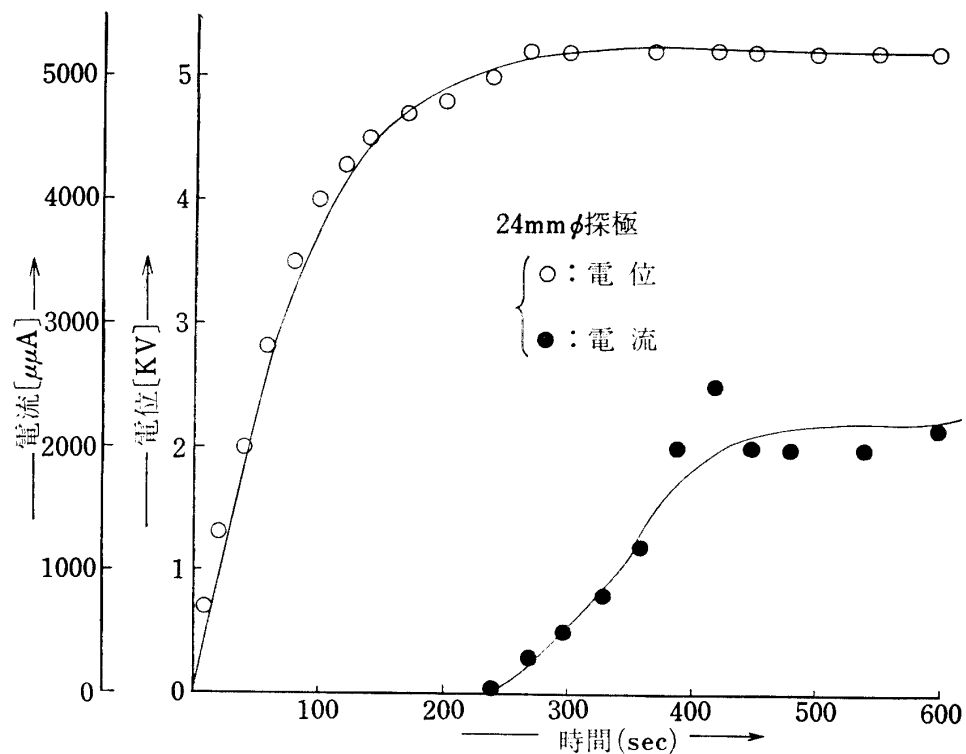
第4図 針対針 10mmgap 時間—放電電圧, 電流
気温 28.5°C, 湿度 65%, 油温 28°C (トランス油の場合)



第5図 針対針 10mmgap 時間—放電電圧, 電流
気温 28.5°C, 湿度 65%, 油温 28°C (トランス油の場合)



第6図 針対針 5mmgap 時間一放電電圧, 電流
気温 29.6°C, 湿度 67%, 油温 30°C (軽油の場合)



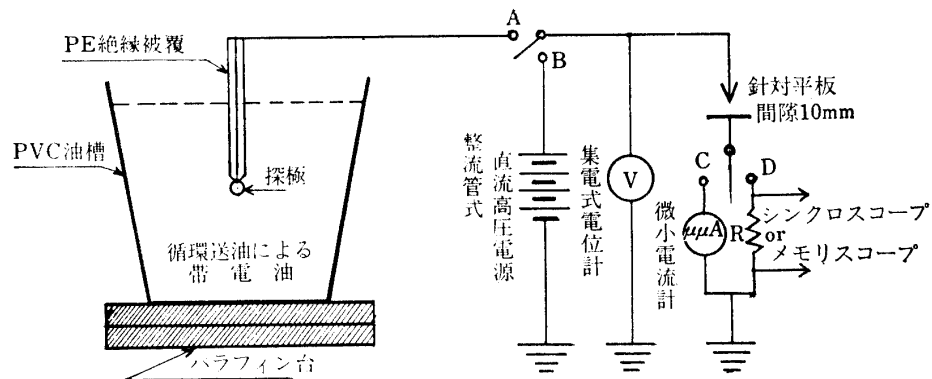
第7図 針対針 10mmgap 時間一放電電圧, 電流
気温 30.5°C, 湿度 53%, 油温 29°C (軽油の場合)

4 実 験 (II)

そこで例示の持続放電電流の立ち上がり傾向の特異性に着目して, 立ち上がり持続放電電流における電流波形を観測し, これと整流管式直流高圧電源による立ち上がり持続放電電流とを比較する

油タンクの帯電に関する2,3の実験について

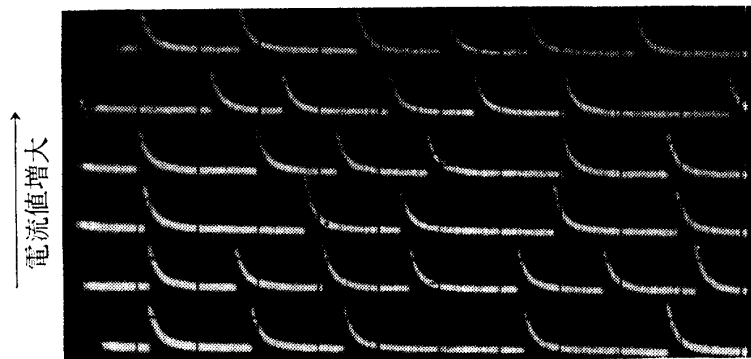
ために、第8図に示すような実験を行なう。



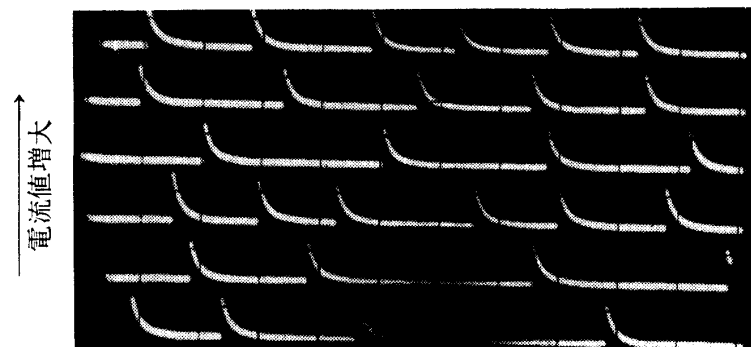
第8図 帯電液体電源と直流高圧電源との比較実験回路図

すなわち循環送油によって帯電した油中中心の電位を球探極によってリードし、針対平板間隙10mmに加えて持続放電させる。この持続放電電流を微小電流計（東亜電波製）で測定し、電流波形をシンクロスコープあるいはメモリスコープで観測、記録する。一方油中よりリードした電位と同じ大いさの電位を整流管式直流高圧電源より同じ間隙に印加し、これによる持続放電電流を微小電流計で測定し、電流波形はシンクロスコープあるいはメモリスコープで観測、記録できるようにしてある。

5 実験(II)の結果



第9図



第10図

放電電流波形
 室温：19.6°C
 湿度：53%
 24mmφ 探極
 針対平板 10mmgap
 a_t ：0.5V/cm
 ST ：0.1msec/cm
 （軽油の場合）

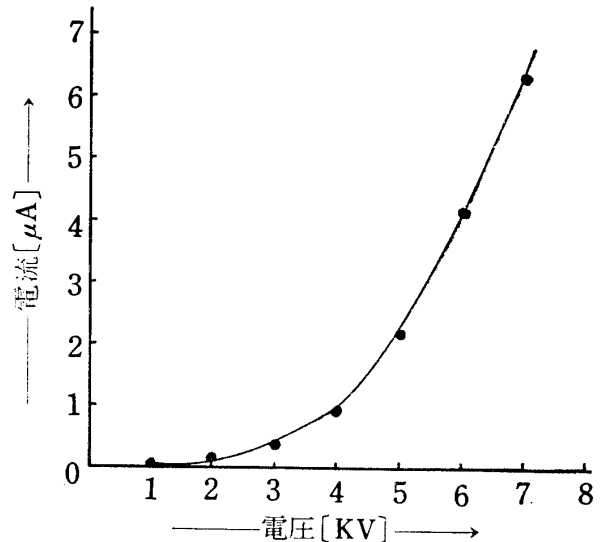
第9図, 第10図はいずれも軽油の場合で, ギャップ長一定(10mm)における放電電流波形をメモリスコープにて記録したものであるが, これらは電流値の上昇に伴ない電流波形の周期が短くなっていることが認められる。

次に整流管式直流高压電源より同じギャップ間に電圧を印加し, この持続放電電圧—電流特性を第11図に示し, 各印加電圧に対して発生する放電波形の傾向をメモリスコープで記録した結果が第12図である。

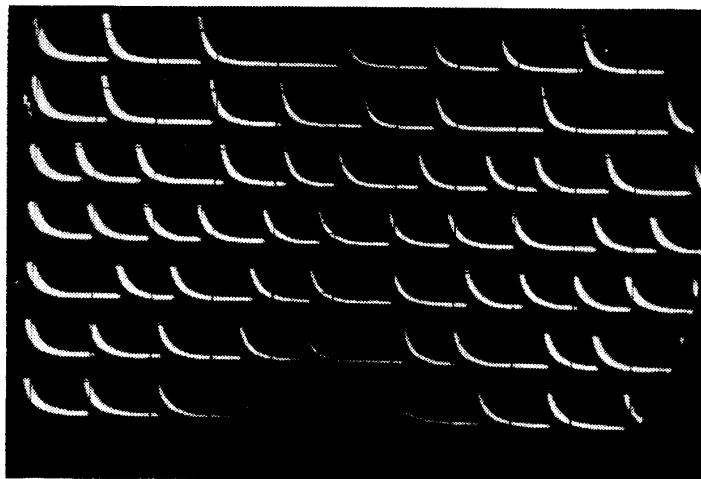
第13図, 第14図は油中探極による放電電流波形, 直流高压電源による放電電流波形のそれぞれ一発を拡大したものである。

これらの結果から例示の針対平板 10mm ギャップにおける持続放電電流のオーダについて比較すると次の通りである。

(i) 立ち上がり持続放電電流における電流パルスの平均ピーク値について。

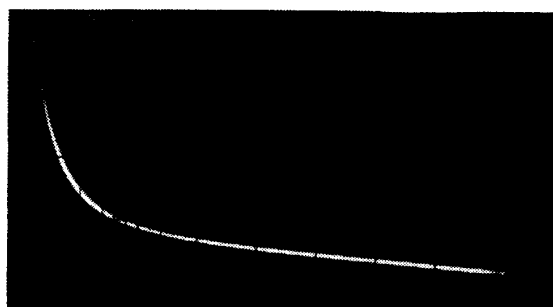


第11図 直流高压電源による放電電圧—電流特性 (針対平板 10mmgap)



第12図 直流高压電源による持続放電電流波形

室温: 19.6°C
湿度: 53%
針対平板 10mmgap
 a_t : 0.5V/cm
ST: 0.2msec/cm



第13図 油中探極による放電電流波形の拡大図 (軽油の場合)

室温: 19.6°C
湿度: 53%
針対平板 10mmgap
 a_t : 0.5V/cm
ST: 20 μ sec/cm



室温：19.6°C
湿度：53%
針対平板 10mmgap
 a_t ：0.5V/cm
 ST ：50 μ sec/cm

第14図 直流高圧電源による電流波形の拡大図

放電電圧 4500 V において油中探極の場合は 0.6 μ A, 直流高圧電源の場合は 0.42 μ A で, 油中探極の放電電流パルスのピーク値の方が大きい。

(ii) 放電電流パルスの周期について

放電電圧 4500 V において, 油中探極の電流パルスの平均周期は 0.291msec, 直流高圧電源による放電電流パルスの平均周期が 0.391m sec であり, 油中探極の放電電流パルスの周波数の方が高い。

(iii) 電流パルスの減衰時間については, 油中探極の方が 24 μ sec, 他方が 32.8 μ sec で, 油中探極の減衰時間の方が短い。

6 考 察

帯電する油タンクの過渡的状態（電位上昇）の t 時刻における探極電位は, タンクが接地タンクであれば

$$v' = v'_\infty \left\{ 1 + \frac{1}{\frac{1}{C'R_0} - \frac{1}{\varepsilon\rho}} \left(-\frac{e^{-t/C'R_0}}{\varepsilon\rho} - \frac{e^{-t/\varepsilon\rho}}{C'R_0} \right) \right\} \quad (1)$$

で示される。

ただし, C' : 探極系の静電容量

v'_∞ : 定常状態 ($t = \infty$) における探極電位で $v'_\infty = p\varepsilon\rho R_0 I / r$

ここに, p : 探極の位置によって決まる定数

ε : 油の誘電率

ρ : 油の抵抗率

I : 送油系の流動電流

r : 探極定数

また絶縁タンクであれば, タンクの静電容量を C , 絶縁抵抗を R とすると探極電位 v' は電位上昇の場合, 次式で示される。

$$v' = v'_{\infty} \left\{ 1 + \frac{1}{\frac{1}{C'R_0} - \frac{1}{\varepsilon\rho}} \left(\frac{e^{-t/CR_0}}{\varepsilon\rho} - \frac{e^{-t/\varepsilon\rho}}{C'R_0} \right) \right\} + R \frac{IR_0}{r} \left\{ 1 + \frac{1}{\frac{1}{C'R_0} - \frac{1}{CR}} \left(\frac{e^{-t/C'R_0}}{CR} - \frac{e^{-t/CR}}{C'R_0} \right) \right\} \quad (2)$$

(1), (2)式とも探極定数 r という重要な仮定¹⁾が考慮されている。

さて実験(I)において放電間隙の gap 長一定の場合、球探極の径が大きければ間欠放電の周期が短くなることが認められるが、これは接地タンクにおいては探極の径が大きくなる程(1)式の時定数 $C'R_0$ が小さくなることを示し、絶縁タンクの場合でもタンクの CR は一定であるから(2)式の $C'R_0$ が小さくなることを意味する。そこで一般的には球探極の径が大きくなればそれに比例して探極系の静電容量 C' も大きくなるはずであるが、円筒形タンクをこれと同容積の球形タンクと考えるとき、球探極の半径は球形タンクの半径に比べて非常に小さいため、ある程度球探極の径が増加したとしても C' の値にはさほど影響がないであろう。

ところが探極定数 r は探極の径が大きいか程小さくなる¹⁾(例えば 24mmφ 球では $3.9 \times 10^{11} \Omega$, 45mmφ 球では $1.8 \times 10^{11} \Omega$ 程度)したがって探極の径が大きいか程 R_0 が小さくなる。よって探極系の時定数 $C'R_0$ は探極の径が大きいか程小さいと云える。このことはタンクの接地の有無にかかわらず探極の径が大きいか程電位上昇時間が短い⁴⁾。(減衰時間についても探極の径が大きいか程減衰時間が短い)という実験結果も説明でき、探極定数 r の仮定は一応妥当であるとしてよいであろう。

筆者らは放電間隙系の時定数 C_1R_1 を求めて補正すれば、実験(I)の間欠放電周期から探極系の時定数 $C'R_0$ を求めることが可能であると考えている。

次に油タンク中のある点 P における真の電位 v とその点の探極電位 v' の間に

$$\Delta v = v - v' = ri \quad (3)$$

なる仮定¹⁾より、 Δv に比例した電流 i が球探極に向かって流れ込むことになり、探極周辺にはたえず電荷が集まろうとする。したがって探極は周辺をイオン鞘によって閉れているものとすれば⁵⁾、実験(II)の持続放電電流において、放電と同時に探極の電荷は減小するが電荷密度の大きいイオン鞘によって電荷がすぐさま探極に充電されるため、放電電流パルスのピーク値は伸びるであろう。以下電流パルスの周期、減衰時間等については、今後実験、考察を必要とする。

7 結 び

循環送油によって油タンクを帯電状態とし、油中に球探極をそう入することによって油タンクの放電の実験を試みた。これらの実験結果と考察から探極定数 r なる仮定は一応妥当であると云い得るであろう。

探極周辺のイオン鞘なる仮定については、今後理論的、実験的解析を進める必要がある。

油タンクの帯電に関する 2, 3 の実験について

文 献

- 1) 鳥取：福井工大研究紀要，第 1 巻，133（昭46）
- 2) 鳥取：電気学会誌，86， 8（昭41）
- 3) 鳥取：石油学会誌 9， 11（昭42）
- 4) 藤井，鳥取：電気四学会東海支部連大 4 p-D-13（昭44）
- 5) 伊藤，上田：第12回静電気研究発表大会 6（昭42）

（著者 電気工学科 昭和47年 3 月19日受理）