電界による冷媒ガス中の油粒子分離の研究*

原 尽造**・磯 安三***
松本隆一****・原文雄*****

Oil Separation by Electric Field in the Refrigerant Gases

By Jinzo Hara, Yasuzo Iso, Ryuichi Matsumoto, Fumio Hara

In order to keep the freshness of fishes for a long duration, the large capacity refrigerators are often used in the refrigerated carriers or fishing boats. In such cases, the use of screw type refrigerators in a way to attend this purpose.

In general, the lubricating oil discharged from the compressor is separated in the oil separator. But, the small particles in oil mist are conveyed to the cooling pipe line by the refrigerant gases and stick on the inner wall of the pipe. This reduces to increase the thermal resistance in the heat exchanger.

In the screw type refrigerators, especially, the lubricating oil consumptions show larger value than the reciprocating type refrigerator because of the oil injection to the screw compressor part. So, the reduction of the lubricating oil consumptions in the screw type refrigerators is the important problem not only to keep the high heat transfer rate in the heat exchanger but also to reduce the refrigerating cost.

From these point of view, in this paper, an experimental research was performed to separate the small size oil particles in the refrigerant gases by the electric field. Namely, applying the phenomena that the oil particles from the nozzle has the electric charge, the separation of the oil particles which could not be separated in the ordinary type oil separator is treated.

As the results of this study, it is found that this method is applicable to the practical system to separate the small size oil particles in the refrigerator.

1. ま え が き

近年、冷凍船、工船、漁船等における冷凍装置は、冷凍製品の品質向上、長期保存の要求に伴って低温、大容量化が進み、現在では船倉内温度 -50°C 、急速凍結温度 -60°C 以下が普通となっている。これに伴い圧縮機も高速多気筒形往復動圧縮機からスクリュウ式圧縮機へと進むう勢にある。

往復動圧縮機ではクランクピン、ピストンピンおよびシリンダの潤滑の必要から、また、スクリュウ式圧縮機ではガスシール、ガス圧縮熱の吸収冷却、ロータしゅう動面潤滑等の必要から、さらにはかみ合い騒音除去のため強制注油を行うのが普通である。一般にスクリュウ式圧縮機での潤滑油消費量は往復式のそれに比較して多く、ロータ内の噴射油量はロータ押しのけ容積の $3/100$ 以

下を目標としている。このような多量の油は、圧縮機出口で油分離器により分離されるが、一部は微粒子となって冷媒ガス中に含まれたまま装置内に運ばれ、これが低温の冷却管、凝縮器内の内面に付着し滞留することになる。しかも、その量は相当多量で、たとえば、就航船の例でいうと、300 GT形まぐろはえなわ漁船で、内径35.9 mm、全長6,000 mの冷却管中に1~2年間に400~600 lの潤滑油が滞留していた。また、10,000 GTさけます母船において、2か月間の操業で急速冷凍用フラットタンク内に1枚当り0.5~1.0 l、合計500~800 lの潤滑油が滞留した例もある。

これら冷却管、凝縮器に運ばれた油は、単に潤滑油消費量の増大をもたらすのみならず、冷却管、凝縮器の熱抵抗の増大¹⁾、管内圧力損失の増加²⁾、さらには、膨張弁における冷媒ガス中の潤滑油の凍結などいろいろの問題を生ずる。

一般に、冷媒ガス中の油粒子の分離除去に採用されている方式として、ガス速度を低下させ粒子の自重によって沈降分離する方法と、接触式分離法の二つがあるが、現状では、これらの油分離器以外に冷媒ガス中の油粒子を積極的に除去する装置を持たないので、小さい粒径の

*原稿受付 昭和52年4月27日

昭和51年秋季学術講演(昭和51年10月27日)

**正会員 函館公海漁業(株)(東京都港区東新橋1-3-9)

***函館公海漁業(株)(東京都港区東新橋1-3-9)

****正会員 神戸大学(神戸市灘区六甲台町)

*****東京理科大学(東京都新宿区神楽坂1-3)

粒子はそのまま冷却管や凝縮器に運ばれて壁面に付着するので、これらの油はドレンとして放出する以外に方法がない。

このような問題を解決するため、本研究では、ノズルから高速で噴出する微粒子が帯電する性質を利用して、特に粒径の小さい油粒子を積極的に除去する機器の開発を目的として、基礎的実験を行った。

2. 静電気の利用による油粒子の捕集とその問題点

圧縮機の吐出弁より高速で噴出された冷媒ガス中の潤滑油微粒子の粒径は $2\sim 50\mu$ といわれている³⁾。これらの粒子中比較的粒径の大きいものは、前述のようにガス速度を低下させることにより、粒子の自重で沈降分離させることができる。たとえば、流路高さと同じ流路長さをもつ分離箱において、流入ガス速度を 1 m/s としたときガス中に含まれている粒子中自重により分離可能な粒子の径は、ストークスの法則を適用すると 200μ となる。しかし、冷媒ガス中に含まれる潤滑油微粒子の径は大小さまざま、これらすべて自重沈降のみで捕集することは困難である。

ところで、ノズルを高速で通過する流体や、ノズルからの噴出によってできた微粒子には荷電現象が発生することが知られている^{4) 5) 6)}。この現象は各種の配管内部でも見られ、たとえば、柴田らはスチームエジェクタでこの問題を取り上げている⁷⁾。同様な現象は圧縮機吐出弁でも生じていると考えられるので、吐出弁出口における潤滑油微粒子の荷電現象を利用すれば、現在、採用されている沈降式分離器では捕集されないような小さい粒径の粒子を捕集することが可能であろう。

荷電現象を利用して粒子を捕集する原理は、電気集じん器や空気清浄器で用いられているところである⁸⁾。電気集じん器では数十kVの高圧直流を用いコロナ放電させてガスをイオン化させ、粒子を荷電させる方法をとっているが、冷凍機系内にこのような高電圧を持ち込むことは危険でもあり、また、船内という特殊事情を考えればなおさら実用的でない、本研究では比較的低電圧、たとえば、数百Vから最高2,000V程度の電圧とし、また粒子の荷電法も吐出弁からの高速噴出により自然に荷電する以外なら特別な手段は講じなかった。

いま、図1のように板に垂直方向に電場 E のかけられている平行平板間を、電荷 e を有する直径 a の球形粒子が x 方向に流体と同じ速度 u で進む時、粒子は電場により

$$F = Ee \quad (1)$$

なる力を受け、これにより y 方向に偏向する。いま、この y 方向の速度を v とすると、これにより起こる粒子の抗力はストークスの法則によって与えられ、その値は F に等しい。すなわち、

$$F = 3\pi\eta av \quad (2)$$

図1 粒子捕集モデル

ここに、

η : 流体の粘性係数

いま、図1の平行平板を電極として用いると、式(1)において電場 E を生じさせるために電極に加える電圧 V は次式で表わされる。

$$V = Es \quad (3)$$

ここに、

s : 平行平板間距離

一方、粒子が長さ l の平行平板間を通過する時間を t とすると、

$$l = ut \quad (4)$$

与えられる。この間に粒子は y 方向に δ だけ偏位するとすると、

$$\delta = vt \quad (5)$$

図2 油粒子の捕集率

の関係が成立する。

したがって、式(1)～(5)を整理すると、

$$\frac{\delta}{s} = \left(\frac{1}{3\pi\eta}\right) \left(\frac{1}{su}\right) \left(\frac{l}{s}\right) \left(\frac{e}{a}\right) V \quad (6)$$

が得られる⁹⁾。

上式の左辺は無次元偏位量、すなわち、粒子の捕集率に相当する。したがって、前述のように、吐出弁からの噴出により粒子に電荷を与え、この粒子を電場のある平行平板間に導いて捕集するとき、捕集率に影響をおよぼす因子として、式(6)を参照するとつぎの項目があげられる。すなわち、

- 1) 粒子の流入速度
- 2) 平行電極捕集器の幾何学的形状
- 3) 吐出弁より噴出される粒子の有する電荷
- 4) 吐出弁より噴出される粒子の粒径
- 5) 印加電圧

いま、電極間隔 7 cm、電極板長さ 20 cm の平行電極板間に速度 1 m/s で荷電粒子が常圧の空気とともに流入するときの偏位 δ と印加電圧 V の関係について考える。図 2 は式(6)において (e/a) をパラメータとして表わした δ/s と V の関係を示す。この図で δ/s は前述のように粒子の捕集率に相当し、この値が 1.0 であることは粒子が 100% 捕集されることを意味する。しかし、実際は粒径は均一でなく、流速分布も一様ではない。また、粒子速度とガス速度は一般には差があると考えられるので、式(6)あるいは図 2 は実験結果とそのままだとすることは無理であるが、いろいろの定性的な考察をする上で有用である。すなわち、この図から電荷が同じならば粒径の小さい粒子ほど δ/s が大きく捕集されやすいことがわかる。したがって、まえがきに述べたように、本研究の目的である、特に小さい粒径の粒子を捕集するためには好都合である。

3. 実験装置および方法

前述の考察を確認するため、圧縮機の吐出弁の代りに空気噴射弁を用い、空気により潤滑油を大気圧下に噴出霧化し、粒子の荷電状態、印加電圧と捕集率の関係等について基礎実験を行った。

実験装置の概要を図 3 に示す。この図で空気圧縮機①より送られた空気はサージタンク②で脈動をとったあと、圧力、流量を弁③、④により調整する。

この圧力、流量はマノメータ⑥および流量計⑤により測定する。所定の値に設定された空気はノズル⑧から噴出させるが、このノズル内には油供給装置⑦により所定量の潤滑油が供給されるようになっている。

ノズルは図 4 に示すように同軸環状形の空気噴射ノズルで、内側の細管内径 $\phi 3.5$ より噴出する潤滑油を周囲から高速で噴出する空気により霧化させる。

さて、実験に際しては前述のように粒子の有する電荷が捕集率に大きな影響を与えるので、捕集実験に先立ち、まず、粒子の荷電状態を測定する必要がある。このためノズル前方に図 5 に示すようなファラデーケージを設置し、ノズルからの潤滑油粒子をファラデーケージ内に捕集し、粒子のもっている電荷を測定し、つぎにファラデーケージの代わりに図 8 に示すような電場箱と計測箱をノズル前方に設置し、前同様潤滑油粒子を噴出させて電場による粒子の捕集率の増大を調査する。このときの空気流量や潤滑油流量に関しては、実船では圧縮機の吐出弁ガス速度は 100 m/s 程度であり³⁾、また、潤滑油消費

図 3 実験装置全体図

図 4 ノズル

図5 ファラデーケージ

量は冷媒ガス $1 \text{ m}^3/\text{min.}$ 当り $0.13 \sim 1.0 \text{ cc}/\text{min.}$ という運転実績を参照して本実験では空気量 $260 \text{ l}/\text{min.}$ 一定として、供給油量を $0.2, 0.5, 1.0 \text{ cc}/\text{min.}$ の3段階に変化させ実験を行った。

なお、ノズルから噴出された油粒子の径は上述の流量から、抜山、棚沢式¹⁰⁾を用いて計算したが、供給油量に比較し霧化用空気量が著しく多いので、油量には無関係の 33.8μ の平均粒径を得た。

4. 電荷密度の実験

4.1 電荷密度の測定 粒子の電荷密度の測定に用いたファラデーケージ¹¹⁾の概要を図5に示す。ファラデーケージは図に示すように内筒①、外筒②にわかれ両者の間はスタイロフォーム製絶縁体③で電気的に絶縁してある。内筒内側には脱脂綿をうすく張りつけてあるので、油粒子のみ捕集され空気は脱脂綿の繊維の間から外へ逃げていく。このとき内筒内面で捕集された荷電粒子群のもっていた静電電量に相当する電気量 Q を内筒がもつことになるので、外筒(接地状態)との電位差 V を電位差計④により測定すれば、

$$Q = CV \quad (7)$$

の関係により粒子の持ちこんだ電気量 Q が測定できる。ここに C はケージの静電容量で、本実験では 235.7 pF であった。

実験に際しては、このファラデーケージをノズル出口に設置して噴霧を流入させる。噴霧流入前はケージの内筒間の電位差 V は零であるが、ノズルからの噴霧がケージ内に流入し、内筒内面で粒子が捕集されると、内筒電位が上昇していく。本実験ではこの内外筒電位差 V の時間的推移を測定した。

4.2 実験結果と考察 一般に液体を霧化したときの荷電機構については、古くは P. Lenard¹²⁾ の液表面の電気的二重層に起因する説がある。また、最近では、E. D. Dodd¹³⁾ は Hopper と Laby の方法¹⁴⁾ により実験を行い、噴霧全体としては電気的に中性であるが、粒子中比較的大きい粒径の粒子は正の電荷を、また、小さい粒子は負の電荷を帯びるという Lenard 説を統計的手法によ

り整理説明している。

これらのことから、前項で説明したファラデーケージの実験を考えると、負の電荷をもった比較的小粒径の粒子の大部分はケージ内の空間に浮遊し、一部のみがケージ内面に付着するのに対し、正の電荷をもつ比較的大きい粒子はケージ内面に捕集されやすいので、定常状態の噴霧をファラデーケージ内に流入させたときには、一般にケージ電位は正の値をとることになる。

本実験で得られたケージ電位と時間の関係の一例を図6に示す。この図で内筒電位が時間と共に上昇する。すなわち、内筒によって捕集される油粒子が増加するにつれて、内筒電位が上昇することがわかる。この図は油量 $0.5 \text{ cc}/\text{min.}$ の例であるが、他の油量の場合もその傾向は同様である。

このような実験結果から、式(7)により計算した電荷を縦軸に、また、その時刻までにケージ内に流入した油粒子の個数をとって整理し直したものが図7である。ただし、粒子数は前述の油粒子の平均粒径と積算供給潤滑油量および時間から算出した。なお、図中の直線が原点を通らないのは、図6に示したような実験結果を整理し直すとき、図の直線部分の実験値のみをプロットしたためである。

この図をみると、ケージ内に流入捕集された粒子数が増加するにつれて、ケージ全体の電荷が直線的に増加していることがわかる。しかし、増加の傾向は、油量が $0.2 \text{ cc}/\text{min.}$ と $1.0 \text{ cc}/\text{min.}$ のときは比較のまとまってそれぞれ一つの直線で表わされるのに対し、 $0.5 \text{ cc}/\text{min.}$ のときは、1本の直線では表わされず、図のように、 $0.2 \text{ cc}/\text{min.}$ および $1.0 \text{ cc}/\text{min.}$ の実験線に平行な2本の

図6 ファラデーケージ内電位差の時間的変化 (油量 $0.5 \text{ cc}/\text{min.}$)

図7 流入粒子数と電荷の関係

直線で表わされる。このような傾向は、図の複雑さを避けるため図7には記入しなかった他の実験値でも同様である。

前述のように本実験では、供給油量に比し霧化用空気が著しく多く、したがって、抜山、棚沢式から計算して得られる平均粒径はいずれの油量でも同じ値33.8 μ を得た。この値と図7から粒子1個あたりの電荷を算出し表の形にまとめてみると表1のようになる。

E. D. Doddによれば、電荷の絶対値の平均を $|\bar{e}|$ 、定数を K とすると、

$$|\bar{e}| = Ka^{3/2} \quad (8)$$

で表わされる。ここに K は液体の種類により定まり、たとえば、オレイン酸では1.31、パラフィン油では0.32であるといっている¹³⁾。

本実験では前述のように油量に比し霧化用空気が著しく多いので、油量が異なるにもかかわらず、粒径の計算値は同じであるから、式(8)からは1個当たり同じ電荷を有するはずである。しかし、表1でみられるように e の値は、油量0.2 cc/min.のときの値は1.0 cc/min.の

きの値の約2倍の値となっている。この理由として、油量の変化による噴霧角の相異やケージ内の流れ状態の変化による付着粒径や付着量変化あるいは、ノズルから噴出した噴霧がケージ内面に付着する間の粒子同志の衝突による影響等が考えられる。このうち、油量の変化による影響については、前述のように油量に比し霧化用空気が著しく多いため、粒径計算に抜山、棚沢式を適用すると、いずれの油量に対しても計算上、同じ平均粒径が得られる。換言すれば、いずれの油量のときも霧化の状態は同じであることになる。しかし、これはあくまでも抜山、棚沢式による平均粒径をもとにした論議で、現実には粒径には分布があり、また、油量の大小による噴霧角の変化やケージ内流れの変化が存在し、これが影響しているものと思われる。

つぎに、粒子同志の衝突については、同一空間に存在する液体量は油量1.0 cc/min.のときは、0.2 cc/min.のときの5倍あり、粒子密度が高いので、したがって衝突回数も多く、その結果ケージ内面に捕集される比較的粒径の大きい粒子の正の電荷の値が、最初もっていた値より小さくなることと考えられる。

以上述べたように、いろいろの原因が重なっていて、現状ではどの因子が効果的であるか不明であるが、これらの現象は油量1.0 cc/min.と0.2 cc/min.では、ほぼ安定しているので、多数の実験結果もほぼ同じであるのに対し、0.5 cc/min.のときは状態が不安定で、図7のように1.0 cc/min.の傾向に近いときもあれば、0.2 cc/min.の傾向に近い状態もあらわれる。

前述のように、本研究では粒子の電荷のために特に手段を講じていないが、ノズルからの噴出のみによっても表1のような荷電量が得られることがわかる。これらの値は前述のようにファラデーケージでの測定であり、また、噴霧角のちがいや粒子同志の衝突の影響もはいたった値である。さらに、比較的粒径の小さい負の電荷を帯びた粒子については触れていないが、粒子の荷電量として一応の日安と考えることができる。これらの値から粒子の直径当りの荷電 e/a を算出すると、油量0.2 cc/min.および1.0 cc/min.に対しそれぞれ 4.55×10^{-4} 、 2.25×10^{-4} となる。これらをパラメータとして図2の中に鎖線で併記した。これをみると、平均粒径で考えると本研究の方法である程度粒子の捕集が可能であることがわかる。

5. 潤滑油粒子捕集実験

粒子捕集実験装置の概略を図8に示す。3節で述べたようにこの捕集実験装置をノズル前方に設置し、ノズルから噴出される油粒子を本装置内に流入させる。本実験装置の主な部分は電場箱②と計測箱⑦から成り、ノズルと電場箱間には、長さ200mm、入口、出口流路断面面積比9:49のディフューザ①が設置してある。前述のようにノズルは外径 $\phi 10$ 、内径 $\phi 8$ の円形であり、これをデ

表1 油粒子1個当りの電荷

油量	油粒子1個当りの電荷	
	$\mu C/\text{個}$	$e\bar{u}/\text{個}$
0.2 cc/min	4.55×10^{-10}	1.365×10^{-6}
0.5 cc/min	4.55×10^{-10}	1.365×10^{-6}
	2.25×10^{-10}	6.75×10^{-7}
1.0 cc/min	2.25×10^{-10}	6.75×10^{-7}

図8 粒子捕集実験装置図

ィフューザ入口に設置したとき構造上多少断面の急激な拡大はまぬがれず、また、ディフューザで減速後、電場箱にはいっても、流れに多少の片寄りがあり、また、速度分布も完全には一様にはなっていない。この傾向は計測箱内でも同様である。このことは実験結果の検討上問題ではあるが、実験結果の普遍性をそこなうほどのものではないので、本研究では多少速度分布に片寄りのあるまま実験を行った。

電場箱②は70 mm×70 mmの正方形断面をもつ長さ200 mmのダクトで、その両側面内側に52 mm×200 mmの銅製電極板③が張りつてある。この電極には変圧器④、整流装置⑤を経て所定の電圧に設定された直流電圧が加えられる。電場箱に流入した空気中の油粒子は前述のように電荷を帯びているので電場の影響を受けて電極板に捕集される。本実験では電極板上の下流側1/3の面積(図の斜線部分で50 mm×50 mm)にわたって測定紙⑥をはり、この測定紙上に一定時間内に付着した潤滑油重量を天びんで測定した。極板には正負があるので、粒子は荷電の正負に応じてそれぞれ逆電位の電極に付着する。事実、本実験でも正負両極板にほぼ同量の油が捕集されたが、ここでは両極板に捕集された油の合計をもって捕集量とした。測定時間は実験条件によって異なるが、3分ないし5分間で、この間に付着した油重量は3 mgから45 mgの範囲である。なお、使用天びんの最小目盛は1 mgで、その1/10まで読みとることができる。

上述の方法で油粒子を捕集するが、粒子は必ずしもすべて電場箱で捕集されるわけではない。とくに、粒径分布を考慮すると、同じV、 e でも粒径の大きいものは、本実験の電場箱の長さのみでは捕集されない。したがって、電極板長さをいろいろ変えて実験を行ない、その影響をみるための段一段階として、本実験では電場箱の後

に同じ大きさの電場のない計測箱⑦を置き、ここで捕集される油量も同時に測定した。測定方法は電場箱と同様である。

図9に捕集油量と印加電圧の関係を示す。図中の実線は電場箱での捕集量を、また、鎖線は計測箱での捕集量を示す。この図は油流量1.0 cc/min.の例であるが、電極に電圧をかけ電場をつくることにより、壁面での捕集油量が相当増加することがわかる。しかし、印加電圧が750 Vを越えると、以後、捕集量の増加はあまり著しくない。この図で電場箱の実験値で1,000 V印加による捕集量の増加をみると、7.0 mgである。実験に用いた油の比重量は0.91であるので、電圧印加による捕集率の増加は 7.7×10^{-3} となる。一方、図2の理論値で、油量1.0 cc/min.のとき、1,000 Vの印加電圧による油粒子の捕集率は 2×10^{-3} である。この値は1枚の電極による捕集であるが、一般には粒子に正負があり、全体としては中性であることから、正負同数の油粒子が存在するとすると、正負2枚の電極では全体として 4×10^{-3} の捕集率が得られることになり、前述の実験値の約1/2の値を示す。この差は実験装置の項で述べたように、本実験ではダクト内流速は必ずしも一様でなく、また、粒子と空気流速の間には速度差があり、また、粒径にも分布があることなどによるものと思われるが、前述の解析は相当程

図9 油捕集量と印加電圧の関係

図10 油比捕集率(無印加電圧時の捕集量を1とした場合)

度正確に現象を説明しているものと考えられる。

図10は計測箱での比捕集率(捕集量/無印加電圧時の捕集量)と印加電圧の関係を示したものである。前述のように計測箱ではもはや直接電場はかかっていないが、上流側の電場の影響によりこの図のように無印加電圧時の、1.7~2.5倍の比捕集率が得られることは注目すべきことであり、また、図9とともに、捕集量増加のためにはあまり高電圧をかける必要はなく、本実験の範囲では750V程度で十分であることがわかる。

6. ま と め

ノズルから液体が高速で噴出するとき、霧化された微粒子に荷電現象が起こることはよく知られたことである。本研究はこの粒子の荷電現象を利用し、冷凍機吐弁のうしろに数百Vの直流電圧をかけた電極板を置き、その間に潤滑油を含んだ冷媒ガスを流し、ガス中の油粒子、とくに自沈法で除去しにくいような小さい粒径の油粒子を捕集するための基礎実験結果を述べたものである。

実験の結果を要約すれば、つぎようになる。

1) ノズルから噴出霧化された微粒子の荷電量は $10^{-10} \mu\text{C}$ /個のオーダーである。

2) この程度の電荷でも、電場をかけることにより油捕集率を増大せしめることが可能で、その値は電場のない場合に比し2~3倍になる。

3) 油捕集量は印加電圧を増加するにつれて増加するが、電圧を750V以上にあげても、もはや捕集量は増加しない。

4) 電場の存在する部分のみならずそれより後流の電場の無い部分でも、電場の影響が残っており、捕集率は無電圧時の2.5倍にもなる。このことは実機への応用上注目すべきことである。

なお、今後の問題として、より大きな粒子荷電量を得られるノズルの開発、適正なダクト長さの決定等実用化のための研究が残されている。

また、本研究に当り終始便宜をはかっていただいた函館公海漁業(株)事業部長 日高健之輔氏、実験に際しいろいろ御指導、御援助頂いた東京理科大学理学部 村田雄司氏、同大学工学部 山下正明氏ならびに実験装置作製に御協力頂いた静浦船渠(株)工場長 三上敏雄氏に深じんの謝意を表します。

文 献

- 1) 小滝ほか, Refrigerator, 48-549(昭和48年4月), 350
- 2) 久保田ほか, ibid., 48-546(昭和48年1月), 370
- 3) 内田編, 冷凍機械工学ハンドブック, (昭和40年), 朝倉書店
- 4) 川崎, 電気試験所報告, 506号(1950)

- 5) 吉田, 低温科学, 第1輯(1946), 岩波書店
- 6) J. Nolan, Proc. Roy. Soc. 90-531(1914)
- 7) 柴田ほか, 日本造船学会誌, 494(昭和45年8月), 411
- 8) たとえば, 高分子学会編, 静電気ハンドブック, (昭和47年), 地人書館
- 9) 霜田, 近角, 電磁気学, (昭和39年), 掌華房
- 10) 抜山, 棚沢, 日本機械学会論文集, 5-18(昭和14年2月), 63
- 11) たとえば, 村崎, 静電気入門, (昭和44年), 朝倉書店
- 12) P. Lenard, Ann. Physik, 49-463(1915)
- 13) Edward E. Dodd, Jr. Appl. Phys. 24-1(1953) 73
- 14) V. D. Hopper and T. H. Laby, Proc. Roy. Soc. (London) A178, 243(1941)

〔質 疑 応 答〕

質問者 神戸商船大学 古川 守

〔質問〕ファラデーケージの静電容量 C の測定要領はどのようなか。

〔回答〕ケージの静電容量は図A1に示すような回路により、電荷実験に先立ち測定した。この図で C は、いま測定しようとしているケージの容量、 C_s は標準コンデンサで本実験では100pHのものを使用した。また、 E は振動形静電電圧計、 B は電池、 S_1, S_2 はそれぞれスイッチである。実験はまず S_1 を閉じて C に充電したのち、 S_1 を開きそのときの電圧 V_c を測定する。ついで、 S_2 を閉じると C に蓄えられていた電気量 Q_c により C_s も充電され、かつ電圧計は V_s を示すようになる。したがって、

$$Q_c = C V_c = V_s (C_s + C) \quad (\text{A-1})$$

の関係から

$$C = C_s \frac{V_s}{V_c - V_s} \quad (\text{A-2})$$

が得られる。

実験に際しては配線に注意し C, C_s 以外の分布容量をもたないように注意した。実験の結果、本研究で用いたファラデーケージの静電容量式(7)の C は、前述のように235.7pHであった。

B = 電池

E = 電圧計 (TR-84M型 タケダ理研(株))

C_s = 標準コンデンサー (stycon. W. V-500 100/2)

図A1 ファラデーケージ静電容量の測定方法