

氏 名 祝 守新

授与した学位 博 士

専攻分野の名称 工 学

学位授与番号 博甲第3437号

学位授与の日付 平成19年 3月23日

学位授与の要件 自然科学研究科エネルギー転換科学専攻  
(学位規則第4条第1項該当)

学位論文の題目 油の流動帯電に関する基礎研究

論文審査委員 教授 鷲尾 誠一 教授 富田 栄二 教授 柳瀬眞一郎  
助教授 高橋 智

### 学位論文内容の要旨

流動帯電は、互いに接する固体と液体の相対運動によって両者が異符号に帯電する現象であり、特に絶縁性の液体では発生した電荷が内部に蓄積しやすいため、大型変圧器やオイルフィルタ、絶縁性パイプなどにおける帯電の抑制と、発生した電荷の速やかな除去が求められている。流速一定の定常状態における研究が多く行われているのに対し、本研究は流速の時間変化によって帯電量が大きく変化することに着目し、流動帯電への各パラメータの影響から脈動流れにおける帯電現象について実験によって明らかにしようとしたものであり、6章より構成される。

始めに、油圧回路各部で発生する流動帯電について流速との関係を調べ、メッシュ間隔が狭い金属製フィルタエレメントほど発生量が大きく、さらに絶縁材であるろ紙フィルタでは発生量が激増することを確認した。これらの電荷は金属製パイプを流れる間に緩和され、油タンクはほとんど帯電していないことも確かめられている。オリフィスでは流速の増加とともに発生量が増え、特にキャピテーションの発生によって帯電量が激増することが示されている。さらにキャピテーション発生時に肉眼で観察可能な発光現象が見られ、これが油の帯電現象と同期していること、このときの発光スペクトルが放電スペクトルに極めて類似している結果から、帯電した液体中の電荷がキャピテーション発生時の空洞部で放電していると考察している。

次に液体の電気的性質について、主に実験で用いたマシン油について調べており、体積抵抗率の温度傾向と添加剤の影響、油中含有水分量、溶解気体との関係について調べている。また容器内で帯電させた油の緩和現象から油の緩和時間を求めている。

これらの結果を踏まえ、十分除電した液体を圧縮空気によって測定部に流したときの流動帯電による発生電流を測定し、流路形状、管路長さ、材質などについて流速を変えて実験を行っている。発生量は各流路とも流速の増加とともに増え、特にメッシュ間隔が細かく接触面積の大きい網ほど発生量が多いこと、パイプでは逆に長いほど発生量が少なくなった結果を示し、長い流路ほど下流部での電荷の緩和が大きく影響し、流路の通過時間が長いほど測定電流が少なくなるという結果を得ている。さらに穴を開けた板を4枚並べて油を流した時の結果より、流路入口部では電荷の発生が支配的であり、2,3枚目では帯電と緩和が釣り合った定常状態になっていると考察している。

次に液体の流速の変化による発生量の変化を測定しており、流れの急激な変化によって大きな過渡電流が測定され、電荷の発生と界面での電荷分布の変化が大きく影響していると考察している。また流量脈動による流動帯電の発生についても調べ、流れに脈動成分を含む場合は、定常状態における流速変化に対する発生電流の変化量よりも大きな電流が検出されること、さらに平均流量零の振動流れにおいては、さらに大きな電流が測定されたという結果を示し、最後に結論としてまとめを行っている。

## 論文審査結果の要旨

流動帯電は、互いに接する固体と液体の相対運動によって両者が異符号に帯電する現象であり、特に絶縁性流体中に発生した電荷は内部に蓄積されて放電を生じやすいため、大型変圧器、オイルフィルタ、絶縁性パイプ、半導体洗浄液などでは帯電の抑制と発生した電荷の速やかな緩和・除去が求められる。本論文は、こうした重要な工学的課題の解決を目的として、絶縁性の高い油と金属の間に発生する流動帯電現象を対象に、流れの構造をはじめとする各種作用因子の影響を実験によって詳しく調べたものである。

始めに油圧回路各部で発生する流動帯電について調べ、金属製パイプでは緩和の影響が大きく、オイルフィルタでは発生量が多いことを明らかにするとともに、キャピテーションの発生に伴って発生電荷量は急増し、その結果キャピテーション空洞内で発光を伴う放電が起きることを見出した。

次に、油の体積抵抗率を測定して流動帯電に影響を与える因子を検討した上で、十分除電して電荷を持たなくした油に発生する流動帯電の測定装置を考案し、流路形状、管路長さ、材質などの影響を詳しく調べた。その中で、長い管路では固液接触面積が増加するにも関わらず発生量が減少することを見出し、互いに絶縁して重ねた複数枚の板に開けた穴の帯電測定によって、その現象が上流側で固、液に分離した異符号電荷が下流では再び集まって中和するためであることを明らかにした。

さらに、流速の変化が帯電に及ぼす影響を、突然動き出して突如停止する流れ、および正弦波状に脈動する流れを使って調べた。特に脈動流れにおける流動帯電はこれまで測定した例が無く、周波数を変えて行った測定の結果、流量の変化と帯電量の変化の間に周波数に関係なく一定の遅れがあることを明らかにした。

以上のように本論文は、緩和を伴う油と金属の間の流動帯電現象の基礎的特性を詳細に調べ、新たな発見を行うとともに主要な影響因子の作用を明らかにしたものであり、学術上および工学上貢献するところが多い。よって、本論文は博士(工学)の学位として価値あるものと認める。