

汚損沿面上部分アークの光学的観測

Optical Observations of Partial Arc on Contaminated Surface

石 井 勝*・河 村 達 雄*・大 橋 広 和**

Masaru ISHII, Tatsuo KAWAMURA and Hirokazu OHASHI

1. は じ め に

今後、世界的に長距離・大電力用の送電線として多く建設されようとしている高圧直流送電線においては、耐汚損設計が、その外部絶縁設計の上で支配的な要素となっている。塩などで汚損されたいし類は、その表面が吸湿して導電性を帯びると絶縁耐力が極端に低下し、重汚損がいしにおいては、その度合いは交流電圧よりも直流電圧、中でも負極性直流電圧のもとにおいて著しい。このような性質を示す原因は、汚損面上に陽極または陰極点をもつ比較的安定なアーク放電が発生し、それが進展して最終的に高圧側と接地側を橋絡するという特異な経過をたどることに負うところが大きい。フラッシュオーバーに至る前に汚損面上を進展するアーク放電を、以下では部分アークと呼ぶことにするが、その特性を明らかにすることが汚損フラッシュオーバー機構の解明と効果的な対策の立案の上で極めて重要と考えられる。

これまでに部分アークの電圧・電流特性の研究が、種々のモデル汚損面を使用して試みられてきた。放電のパラメータに及ぼす影響を最少限にとどめるため、モデル汚損面として電解質水溶液の液面を使用し、プローブを液中に置く方法がしばしば採用されているが、液面上の放電は、汚損がいし表面上を進展する放電とはやや性質が異なることがみだされている¹⁾。光学的な方法による非接触計測においては、放電のパラメータに影響を与えることなく実際に近い汚損面上の部分アークの観測を行うことができる。著者らはこれまでに可視光の分光を通じて部分アークのパラメータの計測を行ってきたが¹⁾²⁾、今回は干渉法によって部分アークの温度分布の観測を行った。

2. 実 験 方 法

観測の対象とした汚損面は筆塗り法により、ガラス板上に作成した。その形状を図1に示す。人工汚損液濃度

* 東京大学生産技術研究所 第3部

** 株式会社 東芝

は食塩、とのこ各40g/lで、汚損面の等価塩分付着密度は0.2mg/cm²である。電極形状は棒対平板で、高圧側の棒電極と汚損面との間にギャップは設けていない。直流電源にはサイリスタ制御の安定化電源³⁾を使用し、電圧印加方法は突印とした。

部分アーク中の光路長の分布を測定することにより、その中の各種の粒子密度を推定することができる。測定にはマッハツェンダ干渉計を使用した。光学系を図2に示す。光源にはヘリウムネオンレーザを使用し、時間分解した干渉縞像を得るために高速度カメラを用いた。

光路長を支配する屈折率は、中性粒子密度、電子密度、正イオン密度に影響を受けるが、部分アークに関するこれまでの研究¹⁾によれば、電子、正イオンの密度は十分に低いと見做すことができる。し

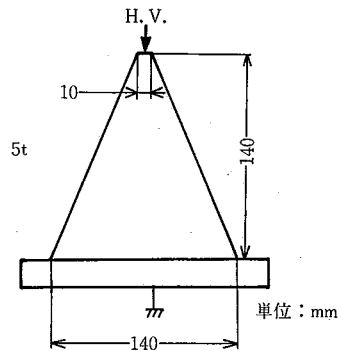


図1 モデル汚損面形状

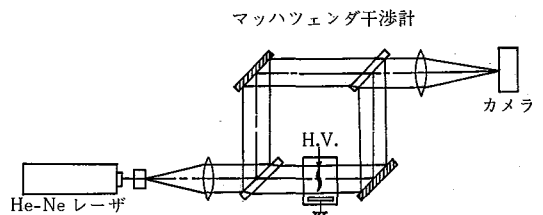


図2 マッハツェンダ干渉計の光学系

研 究 速 報

たがって、撮影される干渉縞像からは中性粒子密度、すなわち温度に関する情報を得ることができる。さらに温度分布が何らかの対称性を有していれば、横方向からの観測によって、アーク断面の温度分布を推定することが原理的には可能だが、そのためには部分アークの形状を正確に把握する必要がある。この目的で、部分アークの

上方と側面からの同時撮影を静止カメラを用いて行った。

3. 結 果

筆塗り汚損面に最低フラッシュオーバー電圧付近の直流電圧を印加したときの部分アーク進展速度は 1 m/s 程度となることが判明している¹⁾。このため静止画像を撮影

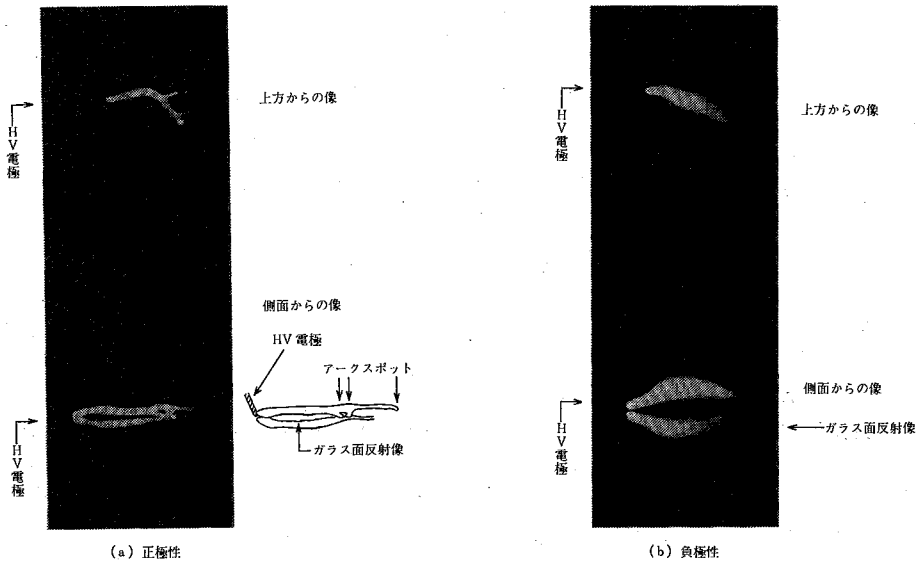


図 3 側面および上方から見た部分アーク

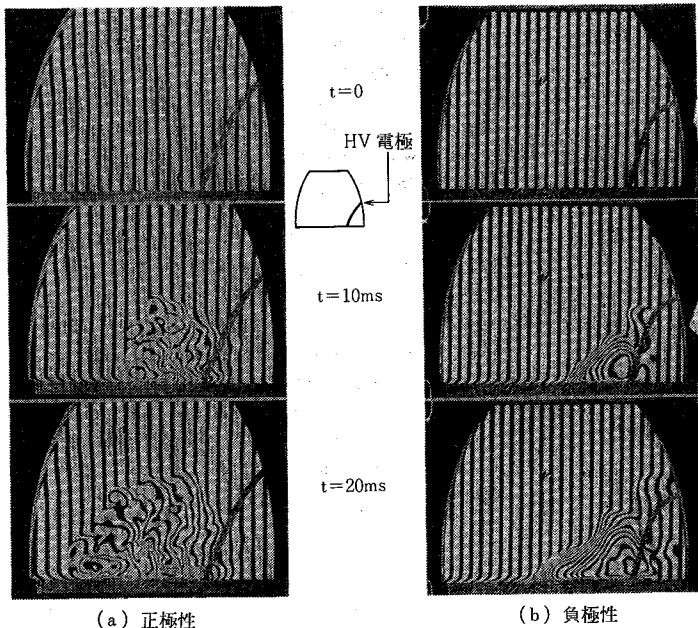


図 4 高速度カメラによる部分アークの干渉縞像

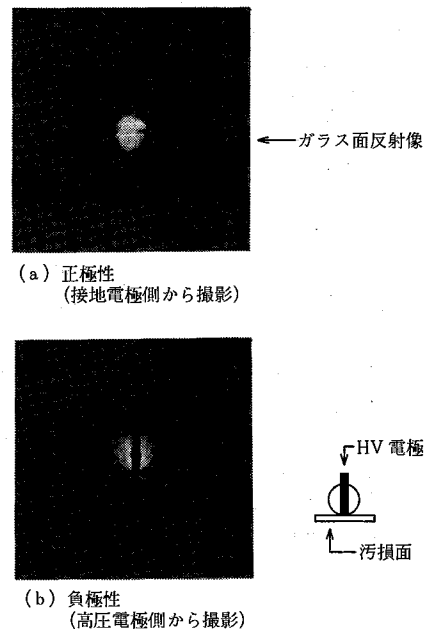


図 5 軸方向から見た部分アーク

研究速報

することが比較的容易である。図3は上方および側面の2方向から同時撮影した部分アークで、(a)が高圧電極に正極性電圧を印加した場合、(b)は同じく負極性の場合である。正極性部分アークは汚損面上に複数の陰極点を持っており、それぞれの陰極点は分枝した部分アークの先端に存在している。液面上の高速の部分アークでは、このような分枝が正極性、負極性の双方の場合に観察されているが⁴⁾、汚損面上の負極性部分アークには分枝が見られない。また正極性部分アークは汚損面からほとんど浮き上がっていないのに対し、負極性部分アークはその中央部がかなり浮き上がっており、正極性に比べて太く、輝度も低いといった特徴が見られる。

図4に高速度カメラで撮影したマツハツェンダ干渉計による干渉縞の連続写真を示す。同図(a)は正極性、(b)は負極性部分アークで、いずれも側面から撮影した。正極性部分アークの上方には乱流の自然対流が生じているのに対し、負極性部分アークでは自然対流は層流であり、当然ながら干渉縞移動領域の上昇速度も遅い。このような顕著な差は、生じる自然対流の速度の差によるものだが、これには部分アークのエネルギー密度の差が原因となっているとみられる。正極性部分アークでは特にアーク先端の陰極点付近のエネルギー密度が高く、高圧電極近傍では自然対流が層流となっていて、負極性アークと同様な傾向を示す。負極性部分アークにおいては、逆に高圧電極の陰極点付近でエネルギー密度が高くなっている。正極性部分アーク先端では、このように乱流が生じていることに加えて分枝の影響もあるため、定量的な解析を困難にしている。

以上の観測結果は、静止写真で観察される正極性部分アーク直径が負極性部分アークよりも細いという事実とも符合する。すなわち正極性部分アークでは自然対流の速度が大きく、アーク柱外縁から流出する熱量の密度が大きい。これは正極性部分アークの径方向の温度傾度が大きいことを意味する。正負の部分アーク先端におけるエネルギー密度の差は、霧中耐電圧試験の際に正極性の高圧電極の周囲のみでできる汚損物の除去された領域⁵⁾の成因も説明している。主として部分アーク先端から供給されているとみられるアーク中のNa原子の密度も、正極性部分アーク中のほうが高いと推測される。

アーク断面形状についての知見を得るため、部分アークの軸方向からの静止写真を撮影した。図5(a)に正極性、(b)に負極性部分アークの写真を示す。いずれも撮影された像なので、正確な断面形状をこれらから知るこ

とは困難だが、正極性部分アークは汚損面に近接した半円状となっているのが観察される。干渉縞像からも、正極性部分アークにおいては干渉縞移動量が最大となる位置が、汚損面直上になっているのが見てとれる。これらは正極性部分アークにおける陰極点以外からのNa原子の供給と、正極性部分アークが浮上しない理由に唆を与えている。負極性部分アークは軸方向からの写真でも浮上しているのが観察され、その中のNa原子の大部分は部分アークの陽極側から供給されていると推測される。同時に、干渉縞写真と側方、上方からの静止写真は、共に負極性部分アーク先端付近の温度が比較的低いことを示している。

4. ま と め

重汚損がいしの表面に近い状態のモデル汚損面上に発生させた直流部分アークを初めてマツハツェンダ干渉計によって観測し、その温度分布に関する知見を得ることができた。この干渉縞像と3方向からの静止写真像より、直流部分アークの特性の極性による大きな差を明らかにした。これらの成果は直流汚損フラッシュオーバー現象における極性効果の解明に向けて貢献するところが大きい。

本研究は当研究所選定研究費の補助により行われた。高速度カメラによる撮影には当研究所写真技術班の協力を得た。
(1985年9月3日受理)

参考文献

- 1) T. Matsumoto, M. Ishii and T. Kawamura: "Optoelectronic Measurement of Partial Arcs on a Contaminated Surface," IEEE Trans. EI-19, 6, pp 543-549, 1984
- 2) M. Ishii, K. Shimada, T. Kawamura and T. Matsumoto: "Flashover of Contaminated Surfaces under Low Atmospheric Pressure," 4th Int. Symp. on High Voltage Engineering, Athens, 46.02, 1983.9
- 3) T. Kawamura, M. Ishii, M. Akbar and K. Nagai: "A Thyristor-Controlled HVDC Source for Contamination Studies," to be printed in IEEE Trans. EI-20, 1985
- 4) F. Boylett and I. Maclean: "The Propagation of Electric Discharges across the Surface of an Electrolyte," Proc. Royal Soc. London, A, 324, pp 469-489, 1971
- 5) C.T. Wu and T.C. Cheng: "Formation Mechanisms of Clean Zones during the Surface Flashover of Contaminated Insulators," IEEE Trans. EI-13, 3, pp 149-156, 1978