UDC 621.315.616.96.015.51.024.1: 678.746.22

論 文

51-A 9

架橋ポリエチレンの直流破壊電圧に及ぼす アセトフェノンの影響

正 員 速 水 敏 幸 (住友電工)

1. ま え が き

最近、直流送電用として架橋ポリエチレンなどのプラスチック絶縁ケーブルの適用が検討されているが、架橋ポリエチレンは直流の場合でも厚肉になると破壊強度が低下することや、 $V-t$ 特性がこう配をもつことなどが報告されている⁽¹⁾。

また、厚肉の架橋ポリエチレンは空間電荷の形成により極性反転時の特性が懸念され、この分野の基礎研究の報告も多くなっている⁽²⁾。しかし、架橋ポリエチレンの直流特性に対する上記原因の究明や性能向上のための検討はまだ十分行なわれていない。

一方、架橋ポリエチレンは架橋剤の分解残査であるアセトフェノンなどが絶縁体中に含まれているが、筆者は、このアセトフェノンが表面効果により、交流破壊電圧や耐トリッキング性を向上させることを報告した⁽³⁾⁽⁴⁾。今回は、架橋ポリエチレンの主として直流破壊電圧に及ぼすアセトフェノンの影響について検討した結果を報告する。また、アセトフェノンだけではなく、その他の液体も吸収させて直流破壊電圧に及ぼす液体添加剤の効果を調べた。

2. 試料および実験方法

試料はポリエチレンチューブ及び架橋ポリエチレンケーブルを用いた。チューブはメルトインデックスが 1.2、密度が 0.92 の低密度ポリエチレンを用い、内径 2.0~2.3mm で絶縁厚が 0.5, 0.7, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0mm の 6 種類のチューブを製作した。このうち、厚さ 1.5mm のチューブは電子線照射により架橋させ

た。このときの試料の架橋度を示すゲル分率は 50~60% であった。

試験時には第 1 図に示すように、チューブの内側に直径 1mm の銅線を差し込み、すきまに少量の界面活性剤を混ぜた水を注入し内部電極とした。

ケーブル試料は同じく第 1 図に示すように、導体が直径 1mm の 7 本よりで、厚さ 1.5mm の架橋ポリエチレン（架橋剤による化学架橋）を被覆したモデルケーブルを用いた。この架橋ポリエチレンモデルケーブルは、架橋剤の分解残査を揮散させるため、試験前に 80°C 3 日の乾燥を施した。

試料の外部電極は導電性塗料を塗布後、0.01mm 厚のスズはくを 1/2 重ねで巻き、保護のため 0.1mm 厚のポリエチレンテープを巻いた。

これらの試料は外部電極を施す前に液体を吸収させたが、液体は主としてアセトフェノンを用いた。

比較としてシリコン油、OF ケーブル油、DOS を用いた。液体の構造および特徴を第 1 表に示す。

これらの液体に試料を浸せきして吸収させたが、浸せき条件はアセトフェノン、OF ケーブル油、DOS は主として 80°C 3~7 日、シリコン油は 120°C 1 日とした。

単位: mm

第 1 図 試料の形状

Fig. 1. Test arrangement.

The Influence of Acetophenone on the DC Breakdown Voltage of Crosslinked Polyethylene. By Toshiyuki Hayami, Member (Sumitomo Electric Industries, Ltd.).

速水敏幸: 正員, 住友電気工業株式会社研究開発本部

第 1 表 実験に用いた液体
Table 1. Liquids used for test.

液 体	構造および特徴	粘 度
アセトフェノン		(cs) 約 1
シリコン油	ジメチルシリコン油 (信越 KF-96-10cs)	10
OF ケーブル油	鉱油, 炭化水素系絶縁油	10
D O S	ジオクチルセバケート	20

OF ケーブル油, DOS, シリコン油吸収試料は, 1.5mm厚の照射架橋ポリエチレンチューブを用いた。試験は主として導体側負極性で 500 V/s で昇圧する短時間直流破壊試験を行なった。試料長は 1.5~2.0 m (電極長 0.5m) とし, 少なくとも 1 条件 4 点とした。試料の端末処理は低抵抗端末⁽⁵⁾を施した。

温度特性をとる場合は恒温油そうに試料を入れ, 周囲媒体としてシリコン油を用いた。常温以下の温度はドライアイスで冷却した。

3. 実験結果

〈3・1〉 破壊電圧の絶縁厚依存性 まずポリエチレンの各液体浸せき時の膨潤度 (吸収量) 温度特性を, 架橋ポリエチレン 1mm シートを用いて測定した結果を第 2 図に示す。

この結果, 80℃ ではアセトフェノン, DOS が約 10%, OF ケーブル油は約 100% 膨潤することになる。シリコン油は 80℃ 付近ではほとんど吸収しないが, 120℃ になると 1~2 % 吸収する。

第 2 図 架橋ポリエチレンの膨潤度-温度特性

Fig. 2. Swelling-temperature characteristics of crosslinked polyethylene.

第 3 図 直流破壊電圧に及ぼす液体吸収の影響

Fig. 3. Influence of liquids absorption on DC breakdown voltage.

液体を吸収させた試料は常温中に取り出して電極や端末処理を施し, 主に常温で試験を行なっているため, 試験時の吸収量は第 2 図の値よりも少ないと考えられるため, 各試料の液体吸収量は破壊試験後重量測定法により調べた。

常温 (22~27℃) における破壊試験結果を厚さ特性で表わすと第 3 図に示すようになる。このときの吸収量を第 2 表に示す。

この結果, アセトフェノンを吸収させると著しく直流破壊電圧が低下することがわかった。OF ケーブル油, DOS も直流では低下する傾向を示す。シリコン油は吸収量が微量なせいかわほとんど変化しない。

この結果, 直流破壊電圧に対してはアセトフェノンが最もセンシティブと言える。

なお後述するが, アセトフェノンの絶縁体中の分布が破壊電圧に影響をもたらすが, 特に断わらない限りここでは一様分布しているものとする。

第 2 表 第 3 図の試料の吸収量
Table 2. Swelling content of samples.

液 体	吸 収 量 (%)
アセトフェノン	4~7
OF ケーブル油	約 50
D O S	5~8
シリコン油	0.8~1.0

また、第3図 1.5mm 厚は照射ポリエチレンの値であるが、ポリエチレン試料の直線上にプロットできた。後述する 1.5mm 厚架橋ポリエチレンモデルケーブルも分解残査を揮散させるとポリエチレンと同等の値になることなどから、前報の交流破壊電圧⁽³⁾と同様に直流破壊電圧でも架橋と非架橋の差は認められない。

〈3・2〉 破壊電圧の温度依存性 1.0mm 厚のポリエチレンチューブを用いてアセトフェノン吸収試料(試験時の吸収量は 4~7%)と、非吸収のオリジナル試料の直流破壊電圧の温度依存性を比較した。

試料は各温度で最低 45 分保持後破壊試験を行なった。なお、試料は 4~5 点 1 度に恒温油そうに浸せきし、1 点ずつ破壊試験を行なったため試料間の保持時間は若干のずれがある。

実験結果を第4図に示すが、オリジナル、吸収試料とも破壊電圧は温度と共に低下する。しかし、アセトフェノンを吸収した場合はオリジナルと比較して低温領域ではほとんど差がないが、常温付近以上になると著しく低下することがわかった。

〈3・3〉 アセトフェノンの吸収量と直流破壊電圧

1.0mm 及び 3.0mm 厚のポリエチレンチューブを用いてアセトフェノンの吸収量と直流破壊電圧の関係を調べた。吸収量の調節は浸せき温度、常温放置時間を変化させた。例えば、1.0mm 厚チューブの場合、試験時の吸収量が 0.9~1.5% のものは常温 7 日浸せき後翌日試験、1.5~1.9% のものは 80°C 4 日浸せき後常温浸せき 3 日放置、4~7% のものは 80°C 4 日浸せき後翌日試験を行なって得た。

常温(22~25°C)における破壊試験結果を第5図に示すが、吸収量が2%以下の場合の破壊電圧はオリジナルよりやや低下する程度であるが、4~7% になると著しく低下する。

しかし、常温では低下しない 1.5~1.9% 吸収試料でも表面を加熱処理すると破壊電圧が低下する。加熱処理の方法はスズはく電極を巻かない裸の試料の中央付近約 20cm をガスバーナの弱い炎で約 3 分間あぶり、表面温度を 30~40°C に加熱し、スズはく電極を設けた後破壊試験を行なった。加熱してから試験を行なうまでの時間は 10~20 分で常温ふんい気中で行なった。実験結果を第5図に示すが、加熱処理をすると 1.5~1.9% 吸収試料でも破壊電圧が極端に低下することがわかった。また、比較として同じように加熱したオリジナル試料の破壊電圧はほとんど変化していないことから、この特異な現象は吸収した微量のアセトフェノンの影響と考えられる。

次に前述の実験結果を確認するために、温度条件を

第4図 アセトフェノン吸収ポリエチレンの直流破壊電圧-温度特性

Fig. 4. DC breakdown voltage-temperature characteristics of acetophenone absorbed polyethylene.

第5図 アセトフェノン吸収ポリエチレンの破壊電圧とアセトフェノン吸収量

Fig. 5. Relation between acetophenone content and DC breakdown voltage of acetophenone absorbed polyethylene.

ははっきり決めた実験を行なった。実験は 1.5mm 厚モデルケーブルに約 2% のアセトフェノンを吸収させ、80°C の空気恒温そうに入れて乾燥時間と直流破壊電圧の関係を調べた。なお、比較として交流破壊電圧も調べた。破壊試験は常温で行なった。

結果を第6図に示すが、直流破壊電圧は乾燥すると一度低下し、更に乾燥しアセトフェノンが完全に揮散するとオリジナルポリエチレンと同等になることがわかった。これに対して交流では直流のようなミニマム点はなく、乾燥すると破壊電圧は低下し、その値で飽和する。

第 6 図 アセトフェノン吸収架橋ポリエチレンの乾燥と破壊電圧

Fig. 6. Influence of drying condition on breakdown voltage of acetophenone absorbed crosslinked polyethylene cable.

第 7 図 アセトフェノン吸収ポリエチレンの乾燥と破壊電圧

Fig. 7. Influence of drying condition on DC breakdown voltage of acetophenone absorbed polyethylene tube.

次に、同じくアセトフェノンを約 2% 吸収させた 3mm 厚チューブを用いて直流破壊電圧の 100°C 乾燥効果を調べた結果を第 7 図に示すが、やはりミニмум点が現われ、その値はアセトフェノンを完全に揮散せしめた値に比べて約 1/3 近く低下する。

筆者は前報⁽³⁾で交流においてはアセトフェノンの絶縁体中の分布よりも表面ににじみ出ているか否かの方がより大きい影響をもたらすことを述べた。しかし、今回の実験では直流ではアセトフェノンの吸収量だけではなく、絶縁体中の分布が大きい影響を及ぼしていることが考えられる。

〈3.4〉昇圧速度の影響

1.5mm 厚の架橋ポリエチレンケーブルを用いて昇圧速度が直流破壊電圧に及ぼす影響について調べた。

実験はオリジナル及びアセトフェノン 4% 吸収試料を用い、昇圧速度を 2.7 V/s, 5.5 V/s, 50 V/s, 500 V/s の 4 段階に変えて導体正極性および負極性の常温における破壊試験を行なった。なお、2.7 V/s 及び 5.5 V/s の場合は破壊予想値の 60% まで 500 V/s で昇圧し、その後は 2.7 V/s が 1kV 10 分ステップで、5.5 V/s が 1kV 3 分ステップの階段昇圧法を用いた。

試験結果を第 8 図に示すが、この結果、オリジナル、アセトフェノン吸収は共に昇圧速度をゆっくり上げると破壊電圧は低下し、しかも正極性、負極性の差が小さくなる傾向を示す。しかし、昇圧速度による破壊電圧の変化および極性効果はアセトフェノン吸収の方がオリジナルよりも小さいと言える。

特に昇圧速度が遅いと破壊電圧が低下するのは、交流の $V-t$ 特性がこう配をもつものと同じ傾向と言える。

直流の昇圧速度の影響については、縄田氏ら⁽⁶⁾は針電極を用いてポリエチレンのトリ－発生電圧と昇圧速度の関係を調べた結果、昇圧速度が遅いとトリ－発生電圧が高くなり、この原因は空間電荷によるものと説明している。

今回筆者が行なった実験は全く逆の結果となっているが、これは試料の電極形状（針電極とケーブル状サンプル）、試験方法（トリ－発生と破壊電圧）の相違によるものの他に空間電荷の効果以上にこれを打消するような劣化機構があることが考えられる。しかし、詳細な機構は現状では明らかでない。

第 8 図 直流破壊電圧と昇圧速度の関係

Fig. 8. Relation between DC breakdown voltage and rising speed.

〈3・5〉 極性反転の影響 1.5mm 厚の架橋ポリエチレンモデルケーブルを用いて常温における極性反転の実験を行なった。

試料はオリジナルとアセトフェノン 4% 吸収試料を用いた。実験は 500 V/s で一定電圧まで昇圧し、その電圧を 10 秒間保持した後、極性反転した。反転の方法は高压電極とアース電極を機械的に反転した。すなわち、例えば導体が高压正極性の場合、反転後は導体が接地、外部電極が高压正極性となる。スタート電圧は単極性の破壊電圧の 50% 値で、ステップアップの間隔は 10kV である。

実験結果を第 9 図に示すが、この結果、オリジナル試料は極性反転により破壊電圧が著しく低下するが、(一)から(+)と、(+)から(一)の差はほとんどない。アセトフェノン吸収試料の破壊電圧は極性反転してもほとんど変化しない。

極性反転による低下率を 極性反転破壊値/単極性破壊値 で現わすとオリジナルの場合、(+)から(一)が 0.65、(一)から(+)が 0.55 になり、アセトフェノン吸収ポリエチレンは 1 である。

山田氏ら⁽²⁾はポリエチレン及び架橋ポリエチレンの極性反転特性を調べた結果、いずれも極性反転により低下の傾向があり、この原因は反転前に電極前面にホモチャージの蓄積があるためと考察している。

4. 実験結果の考察

ポリエチレン及び架橋ポリエチレンケーブルの直流破壊電圧に対する添加剤の効果についての報告は数少

第 9 図 アセトフェノン吸収架橋ポリエチレンの直流破壊電圧と極性反転

Fig. 9. Relation between DC breakdown voltage and polarity reversal.

ないが、その中でも例えば菊地氏ら⁽⁷⁾は添加剤として帯電防止剤やコロナ防止剤を混入した場合、直流破壊値は低下するが極性反転特性は優れていると述べている。

宮入氏ら⁽⁸⁾はポリエチレンに帯電防止剤を添加して絶縁破壊強度に及ぼす温度、添加量、パルス幅の依存性について検討した結果、添加ポリエチレンの絶縁破壊は熱破壊の理論によって説明できると述べている。

添加剤とは若干異なるが、天川氏ら⁽⁹⁾はポリエチレンを酸化すると高温領域で直流、パルス共に絶縁破壊強度が低下し、低温領域では反対に高くなると述べている。

筆者は今回アセトフェノンといくつかの液体をポリエチレンに吸収させ直流破壊電圧を調べたが、いずれも向上は認められなかった。

今回の実験でアセトフェノン吸収ポリエチレンの破壊電圧の温度依存性は 20°C 付近以上になると著しく低下した。

筆者はすでに交流の場合は直流と逆に 20°C 以上になると破壊電圧が向上することを報告した⁽³⁾。この原因は 20°C 付近でアセトフェノンが結晶化し、体積抵抗率が増加(約 $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$) するためである。すなわち 20°C 以上になると体積抵抗率の低い液体(約 $10^6 \Omega \cdot \text{cm}$) となるので、ポリエチレン中に一様に分布している場合は表面ににじみ出、ポリエチレンの表面抵抗が下がり、部分放電が起りにくくなる。このため交流破壊電圧が向上することを前報⁽³⁾で明らかにした。

アセトフェノン吸収ポリエチレンの直流破壊電圧の温度特性もこの結晶化付近で変化するが、破壊電圧が低下するのは、ここでは体積抵抗率の低い液体であることが一つの条件であると考えられる。

そこで、液体のアセトフェノン吸収ポリエチレンの破壊原因について考察する。まず、ポリエチレンにアセトフェノンを吸収させた場合の破壊電圧の低下にはアセトフェノンの吸収量だけではなく、絶縁体中の分布の状態も大きい影響を及ぼしていることは第 5 図～第 7 図の実験から推定できる。そこで、実際に絶縁体中のアセトフェノンの分布を調べてみた。

実験は先の第 7 図で用いたアセトフェノンを吸収させた 3mm 厚チューブを 100°C 10 時間、24 時間、48 時間空気恒温そうで乾燥した後、それぞれ厚さ 0.3～0.5mm に切断して重量測定し、更にその試料を十分乾燥して重量測定し、重量変化を求めて厚さ方向の吸収量の分布を調べた。

結果を第 10 図に示すが、アセトフェノンは絶縁体の両側から次第に抜けていくことがわかった。また、

第 10 図 絶縁体中のアセトフェノンの分布

Fig. 10. Distribution of acetophenone in insulation.

試料の表面に 0.01 mm 厚のスズはくを 1/2 重ね 1 層巻き、導体側に 10sc のシリコン油を封入し、100°C 24 時間乾燥したものの吸収量の分布を同じく第 7 図に示す。この結果、アセトフェノンの抜ける量はスズはくを巻かない試料に比べると表面の抜け方が著しく小さいことがわかる。

これらの実験から、高温時の破壊試験や次に示す高温時の体積抵抗率は、スズはくを巻いて測定しているためアセトフェノンは絶縁体中にほぼ均一に詰まっていると推定できる。

一方、アセトフェノンを 4~5% 吸収したポリエチレンの体積抵抗率 (1kV, 1 分値) を、厚さ 0.25 mm のポリエチレンチューブ (電極長 2m) を用いて測定した。温度保持時間は 45 分とし、電圧は導体に高圧負極性を印加した。結果を第 11 図に示すが、アセトフェノンを吸収したポリエチレンはオリジナルのポリエチレンと比較すると 2 けた以上の差がある。

一般に、複合誘電体の電圧分担は第 12 図に示すようなモデルにおいて誘電率 (ϵ_1, ϵ_2)、導電率 (σ_1, σ_2)、厚さ (d_1, d_2)、電界 (E_1, E_2) とし、電圧 V とする電界 E_1 は⁽¹⁰⁾、

$$E_1 = \frac{\sigma_2}{\sigma_1 d_2 + \sigma_2 d_1} V + \left(\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1 d_2 + \epsilon_2 d_1} - \frac{\sigma_2}{\sigma_1 d_2 + \sigma_2 d_1} \right) V \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \dots\dots (1)$$

E_2 も同様な形となる。

普通、直流電圧印加での電圧分担は σ で決定されるので

第 11 図 アセトフェノン吸収ポリエチレンの体積抵抗率-温度特性

Fig. 11. Volume resistivity-temperature characteristics of acetophenone absorbed polyethylene.

第 12 図 複合誘電体のモデル

Fig. 12. Enlarged view of complex-dielectric.

$$\left. \begin{aligned} E_1 &= \frac{\sigma_2}{\sigma_1 d_2 + \sigma_2 d_1} V \\ E_2 &= \frac{\sigma_1}{\sigma_1 d_2 + \sigma_2 d_1} V \end{aligned} \right\} \dots\dots (2)$$

ここで、2 層の絶縁破壊の強さが同じとすると、例えば $\sigma_1 > \sigma_2$ ならば第 2 層の破壊が先に起る。

そこで、前述のアセトフェノン吸収ポリエチレン試料の表面付近のアセトフェノンが揮散して、いわゆるドライバンドができた場合を考える。この場合、高電界における σ の値が不明なので正確な数値計算はできないが、アセトフェノン吸収層とドライバンド層の σ が仮に 1 けたの差があるとする、(2) 式からドライバンド層には約 1 けた高い電界がかかることになる。

以上のことから、アセトフェノン吸収ポリエチレンを加熱すると更に破壊電圧が低下する現象は定性的に説明できる。

なお、交流の場合の電圧分担は誘電率によって決まるが、アセトフェノン吸収ポリエチレンの誘電率は、2.7~3.6 で、ポリエチレンの 2.3 に比べてそれほど差がないため、交流におけるドライバンドは直流ほど効かない。第 6 図の結果はこれを裏付ける。

次に、アセトフェノンが一様分布しているポリエチレンの破壊について考えてみる。不純物を添加するなどして導電率を増加させると熱破壊形式になることは宮入氏ら⁽⁸⁾も指摘しているが、今回行ったアセトフ

ェノン吸収ポリエチレンも熱破壊を示す結果が多く得られた。

一般に熱破壊の基本式は次式で表わされている⁽¹⁰⁾。

$$C_v \frac{dT}{dt} - \text{div}(k \text{ grad } T) = \sigma E^2 \dots \dots \dots (3)$$

ここに、 C_v ：体積比熱（ポリエチレンの場合 $2.23 \text{ J/cm}^3 \cdot \text{K}$ を採用）、 dT/dt ：単位時間あたりの温度変化、 k ：熱伝導度、 σ ：導電率、 E ：電界

すなわち、熱破壊はジュール熱が基本となっていることから、電圧と試料の導電率によって決まること、熱時定数があるので破壊の時間遅れがあることなどが特徴である。

電極などへの熱放散を無視すると、(3)式より温度上昇は次のようになる。

$$\Delta t = \sigma E^2 / C_v \dots \dots \dots (4)$$

また、交流の場合の誘電体損失によって発生する熱は $\omega \epsilon' E^2 \tan \delta$ であるので、温度上昇は

$$\Delta t = \frac{\omega \epsilon' E^2 \tan \delta}{C_v} \dots \dots \dots (5)$$

となる。

そこで、アセトフェノン吸収ポリエチレンの直流および交流破壊電圧の比較を破壊強度-絶縁厚特性 ($E-d$ 特性) で示すと第 13 図のようになる。

この図は今回行ったチューブ及びモデルケーブルのデータと、前回行ったフィルムデータの⁽³⁾をまとめて作製した。この結果、アセトフェノン吸収ポリエチレンの場合、交流の破壊強度が直流とほとんど同じ

第 13 図 アセトフェノン吸収ポリエチレンの $E-d$ 特性

Fig. 13. Breakdown strength-insulation thickness characteristics of acetophenone absorbed polyethylene.

であることがわかった。一般に交流の破壊は部分放電に支配されることが知られているが、アセトフェノン吸収ポリエチレンはアセトフェノンによって部分放電が抑制される。従って、部分放電破壊を抑制した交流の値が熱破壊であるとして検討してみる。

ここで、 ϵ' : $3.6 \times 10^{-13} \text{ F/cm}$, $\tan \delta$: 0.03, E : 10^6 V/cm として、(5)式より誘電体損による温度上昇を求めると 1.83 K/s となる。一方、ジュール熱による温度上昇は E : 10^6 V/cm , ρ : $10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ (ρ -電圧特性の測定結果より外そうして求めた) として計算すると 4.5 K/s となる。いずれの場合も温度上昇は少ないが、試料の形状や局部電界を考慮すると、更に大きくなることが考えられる。

実際に熱破壊を示唆する現象として、次のような観察結果がある。アセトフェノンを 4~7% 吸収させた 3mm 厚の架橋ポリエチレンケーブルの交流破壊試験 (10kV 1 時間ステップで昇圧) を行なったが、150~160kV で表面温度が約 20°C 上昇していることを経験した。

以上のことから、アセトフェノンが一様分布している場合と、部分的にドライバンドができた場合の破壊形態は異なり、前者は熱破壊、後者は抵抗分圧による破壊と推定されることがわかった。

しかし、ここで実用的に問題となるのは、ポリエチレンや架橋ポリエチレンに液体を添加または吸収させた場合は、比較的容易にドライバンドが形成されることであり、長期間充滿していることの方がむしろ少ないと言える。例えば、相溶性のある液体でも温度変化や圧力変化により絶縁体中を液体が移動するが、実用面ではこのような複合形の断続分布が容易に起り得るので注意が必要である。

これらの液体の影響を防ぐ対策として、液体とポリエチレンと組合さないことが当然必要であるが、添加剤として用いる場合、動きにくい固体を添加することが考えられる。

筆者は、固体添加剤としてカーボンブラックをポリエチレンにねり込むと特に厚肉において直流破壊電圧が顕著に向上することを報告⁽¹¹⁾したが、直流ケーブルにおいてはこのような固体添加剤の活用が今後の大きな課題となるであろう。

5. ま と め

ポリエチレン及び架橋ポリエチレンにアセトフェノンなどの液体を吸収させ、直流破壊電圧に及ぼす影響を調べた。実験により得たことを要約すると次のとおりとなる。

(1) アセトフェノン, OF ケーブル油, DOS などの液体をポリエチレンに吸収させると直流破壊電圧は低下する。

(2) アセトフェノン吸収ポリエチレンの破壊電圧-温度特性は 20°C 以上になると低下するが, この原因はアセトフェノンの結晶性に関係があるように考えられる。

(3) アセトフェノンの吸収量が増えると共に破壊電圧が低下する。しかし, 破壊電圧がそれほど低下しない微量の吸収量でも試料を加熱したり乾燥すると, 更に破壊電圧が低下する。

(4) 昇圧速度と破壊電圧の関係は, 昇圧速度が遅いと破壊電圧が下がり, 正極性, 負極性の差が小さくなる傾向を示す。

(5) アセトフェノン吸収ポリエチレンは極性反転しても破壊電圧は低下しない。

(6) アセトフェノン吸収ポリエチレンの破壊電圧は交流と直流で差がない。

(7) これらの結果から, アセトフェノン吸収ポリエチレンの破壊形態は 2 とおりあり, アセトフェノンが一樣分布している場合は熱破壊, 部分的にドライバ

ンドができた場合は抵抗分圧による破壊と考察した。

以上の結果は架橋ポリエチレン直流ケーブル及びその付属品の設計, 実用化に役立つものと考えられる。

終りに, 実験にあたって種々御指導いただいた名古屋大学 家田正之教授に厚くお礼申し上げる次第である。また, 実験を遂行していただいた当社研究開発本部業務課 新内三千男, 宮内将和, 岩船俊彦の諸氏に深く感謝する。

(昭和 51 年 1 月 5 日受付, 同 51 年 8 月 25 日再受付)

文 献

- (1) 田中・坂本・犬石: 昭49電気四学会連大 30
- (2) 例えば, 山田・宮本: 同上 31
- (3) 速水: 電学誌 91, 167 (昭 46-10)
- (4) 速水: 電気学会論文誌 92-A, 27 (昭 47-7)
- (5) 山田: 昭49電気四学会国大 873
- (6) 縄田・河村・家田: 同上 230
- (7) 菊地・二宮・宮内: 昭49電気四学会連大 33
- (8) 宮入・沢・家田: 電気学会論文誌 92-A, 35 (1972-11)
- (9) 天川・吉田・犬石: 第 4 回電気絶縁材料シンポジウム I-4 (昭 46)
- (10) 例えば, 電気学会: 誘電体現象論
- (11) 速水: 第 8 回電気絶縁材料シンポジウム I-7 (昭 50)