

# エポキシ樹脂製品のケーブル付属品への応用

## Application of Epoxy Resins to Cable Accessories

池田 忠 禧\* 若月 貞 夫\*  
Chuki Ikeda Sadao Wakatsuki

浜田 義 雄\* 井出 成 夫\*  
Yoshio Hamada Shigeo Ide

### 要 旨

エポキシ樹脂の電氣的破壊特性、耐トラッキング性、耐アーク性、内部収縮圧力の変化について行なった実験の結果を報告し、エポキシ樹脂の特性を実際の製品製造と関連して明らかにするとともに、エポキシ樹脂の利点を活用したケーブル付属品の性能、特長を紹介した。

### 1. 緒 言

エポキシ樹脂は過去10年間に電気絶縁物としての用途が広く開発されてきているが、今後もまた原材料の改良、充てん材の選択、製造方法の進歩により応用範囲の拡大と、性能の向上が期待できるので、絶縁構成の革新を促すものと考えられる。

エポキシ樹脂製品の電氣的、機械的強度は、ほかの合成樹脂製品と比較して遜色がないほか、他の樹脂製品にはない下記の特長を持っているので、それがケーブル付属品のみならず、高圧機器絶縁物として特にすぐれている理由である。

- (1) 室温または100℃前後で硬化させることができ、加圧の必要がない。
- (2) 硬化時に溶剤蒸気、反応ガスなどの発生がなく、硬化収縮がわずかである。
- (3) 充てん材を大量に入れること、紙、ガラス繊維、合成樹脂布などに含浸することができ、電氣的、機械的特性を使用目的に応じて変えることができる。
- (4) 金属との接着性にすぐれ、金属の被覆、埋込みが容易である。

われわれはこれらの特性を用途に応じ巧妙に生かしてケーブル付属品、高圧機器部品を製作しているわけである。

この論文においては、エポキシ樹脂の基礎的な特性に関して研究して得た知見の一部を述べるとともに、エポキシ樹脂製ケーブル付属品の特長、利点を紹介する。

### 2. エポキシ樹脂の電氣的特性

#### 2.1 エポキシ樹脂の電氣的破壊強度

エポキシ樹脂の電氣的破壊強度については、現在までに数多く報告されているが<sup>(1)</sup>、薄い試料についてのものがほとんどであり、実際の絶縁構成に使用される程度の厚い試料の電氣的破壊強度は知られていない。固体絶縁物の破壊電界強度は、一般に試料が厚くなるほど減少するので、破壊電界強度の厚さ特性をしらべた。

試料の形状は沿面せん絡を防ぐため十分長い円筒の両端に半球状の先端を持つ凹みをつけ、その凹みに導電性ペイントを塗布したものである。試料の中央部で貫通破壊が起こるが、この部分が平等電界となるように半球の半径と絶縁厚を選んである。

ここでは、一般に絶縁がよい子、ケーブルの油止接続素子、Y分岐接続素子などの製作に用いる充てん材入り高温硬化注型用樹脂と、エポキシ樹脂含浸コンデンサブッシングの製作に用いる紙基材含浸樹脂の交流破壊電界強度をそれぞれ図1、図2に示す。

両試料とも、十分脱気した樹脂を、注型あるいは含浸したもので

\* 日立電線株式会社日高工場

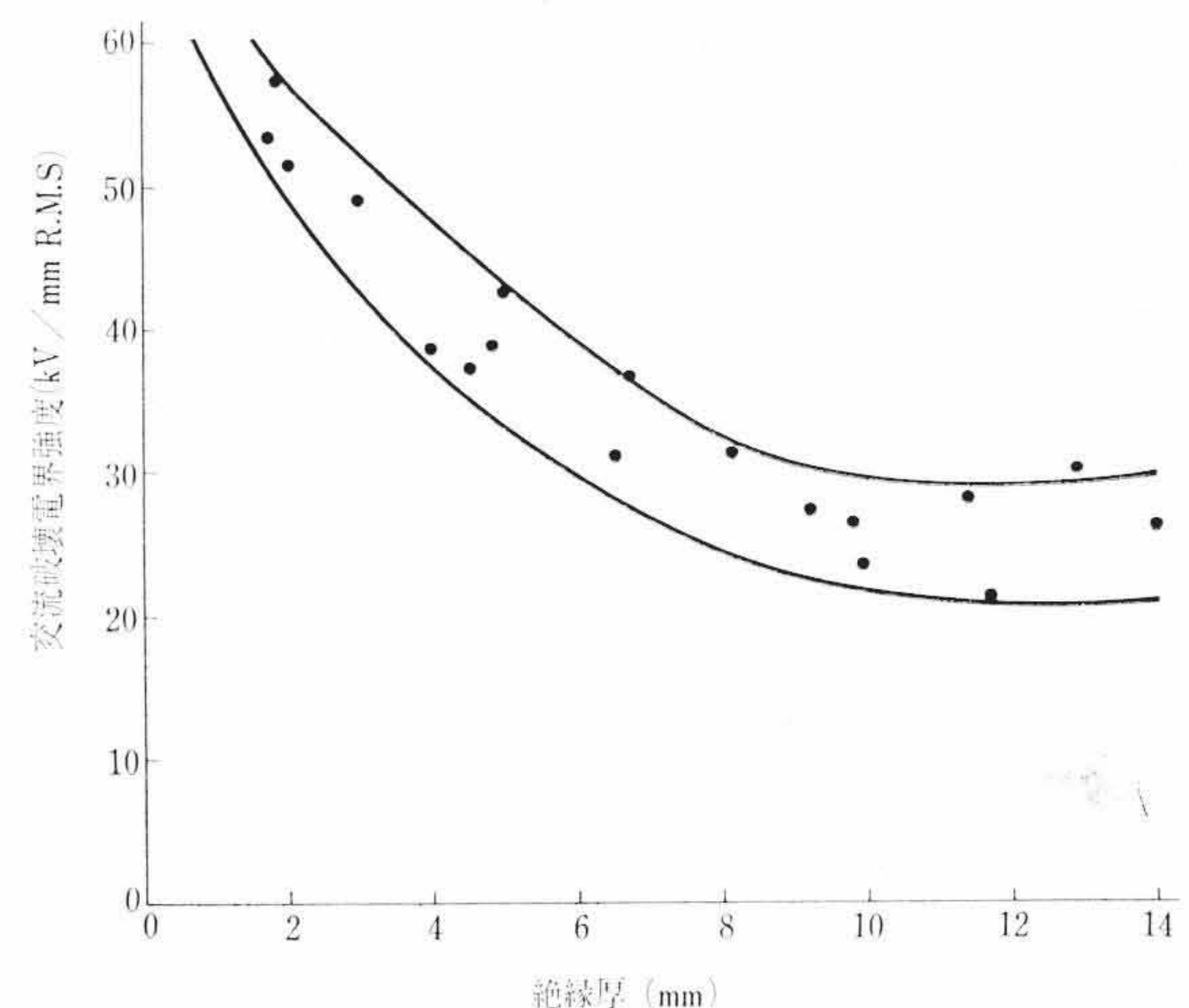


図1 注型樹脂の交流破壊電界強度

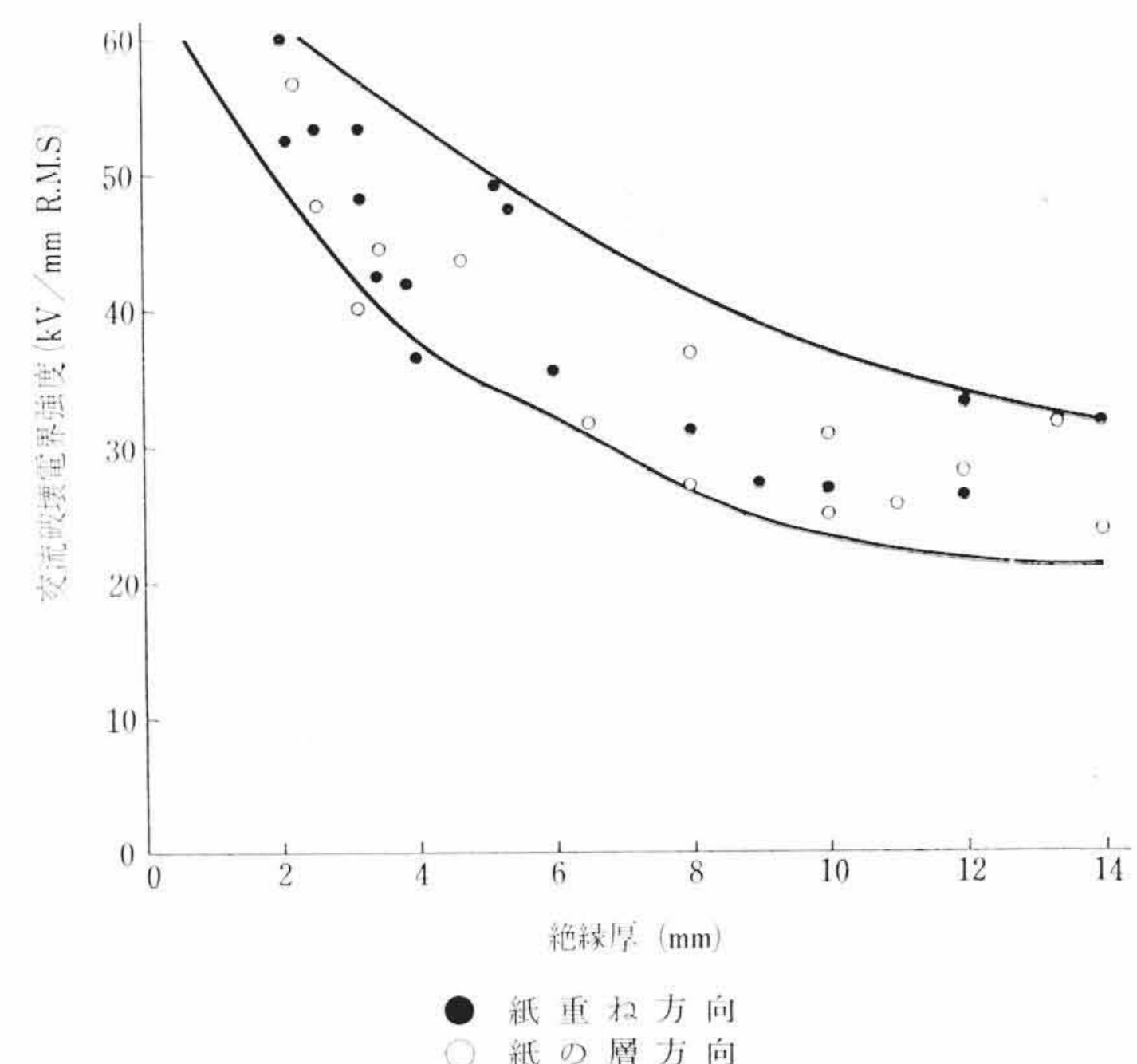


図2 紙基材含浸樹脂の交流破壊電界強度

ある。

図1、図2からわかるとおり、注型品、含浸品ともに2mm程度の絶縁厚では、50 kV/mm (R・M・S) 以上の絶縁強度を持つが、10 mm以上の絶縁厚では25 kV/mm (R・M・S) 程度になる。

また、含浸品の紙基材重ね合わせ方向と、層方向との絶縁強度に差がほとんどないのは、エポキシ樹脂の含浸が完全であり、積層絶縁物にありがちの絶縁強度の方向性がないことを示している。

### 3. エポキシ樹脂の耐トラッキング性、耐アーク性

エポキシ樹脂絶縁は従来おもに汚損、湿潤のおそれがない屋内で



表1 塩水噴霧耐トラッキング試験法  
下記の3種類の試験を行ない、下記の基準で判定した。

| テ ス ト           | 試 験 状 件                                   |        |                       |                |                                                                                                           |                       |
|-----------------|-------------------------------------------|--------|-----------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
|                 | 電極間隔                                      | 印加電圧   | 噴 霧 液                 | 噴 霧 サイクル       | 試料配置, 噴霧量                                                                                                 |                       |
| テスト(1)          | 15 mm                                     | 1.5 kV | Nacl 0.2%<br>NEP 0.1% | 10秒噴霧<br>20秒休止 | 噴霧ノズルと試料は水平<br>52 cm の距離, 試料は<br>20φ 円筒で, 所定の間隔<br>に金属テープを巻いて電<br>極とする。<br>噴霧量は 秒噴霧 秒休<br>止で1サイクル約 2.2 cc |                       |
| テスト(2)          | 30 mm                                     | 3 kV   | Nacl 0%<br>NEP 0.1%   | 5秒噴霧<br>25秒休止  |                                                                                                           |                       |
| テスト(3)          | 30 mm                                     | 3 kV   | Nacl 0.1%<br>NEP 0.1% | 10秒噴霧<br>20秒休止 |                                                                                                           |                       |
| 結 果 の 判 定       |                                           |        |                       |                |                                                                                                           |                       |
| C <sub>1</sub>  | 30 サイクル以下で電極間橋絡                           |        | 外 観 の 変 化             |                |                                                                                                           |                       |
| C <sub>2</sub>  | 31 サイクル以上, 100 サイクル<br>以下で電極間橋絡           |        | 0                     | 損傷ほとんどなし       | ET <sub>1</sub>                                                                                           | 軽度の浸食<br>とトラッキ<br>ング  |
| C <sub>3</sub>  | 101 サイクルで電極間橋絡せず                          |        | E <sub>1</sub>        | 軽 度 の 浸 食      |                                                                                                           |                       |
| C <sub>3a</sub> | 101 サイクル後, トラッキング<br>があるか 0.6 mm 以上の浸食    |        | E <sub>2</sub>        | はげしい浸食         | ET <sub>2</sub>                                                                                           | はげしい浸<br>食とトラッ<br>キング |
| C <sub>3b</sub> | 101 サイクル後, トラッキングの<br>痕跡があるか 0.6 mm 以下の浸食 |        | T <sub>1</sub>        | 軽度のトラッキング      |                                                                                                           |                       |
| C <sub>3c</sub> | 101 サイクル後, 変化なし                           |        | T <sub>2</sub>        | はげしいトラッキング     |                                                                                                           |                       |

(注) NEP：表面活性剤

使用されてきたが、機械的強度、電気的強度が十分高いうえに、金属との接着性が良く、金属埋込みが容易であること、寸法精度、加工精度が良く、複雑な形状のものも製作可能であることにより、屋外用の高圧絶縁物としても大きな利点を持ち、小形軽量であうえに、多くの機能を兼ね備えることができる。

磁器がい子と比較して問題となるのは耐トラッキング性、耐アーク性、耐候性が劣ることである。エポキシ樹脂の耐トラッキング性は環状脂肪族系樹脂の使用<sup>(2)</sup>、水和アルミナの充てん<sup>(3)</sup>により向上することが知られているが、筆者らは通常知られている配合でどの

程度の耐トラッキング性、耐アーク性があるか、また屋外での使用に耐えるかどうかを検討した。

耐トラッキング性の試験は塩水噴霧法<sup>(4)</sup>によった。試験条件の詳細を表1に示す。この試験法は、絶縁電線の耐トラッキング性の評価に用いているものであり、噴霧液塩分濃度を三通り変えて行なった。耐アーク性の試験は、JEC 149 によって行なった。

現在入手容易な環状脂肪族樹脂には、アラルダイト CY 175、CY 176、チッソノックス 201、チッソノックス 221 があり、これらを使用した。

両試験の結果を表2および表3に示す。表2の結果より、トラッキング性は、適当な樹脂と充てん材を組み合わせることにより C<sub>3b</sub> の程度になることがわかる。なお、これらの樹脂の選択にあたっては、機械的特性、作業性を加味した総合的判断が必要である。

表2の試料のうち、優秀なものは耐トラッキングブチルゴムなどに比較して遜色がないことから、エポキシ樹脂製品も十分屋外使用の可能性があることがわかる。表3のデータからも、充てん材の量と特性、および樹脂の性質が大きく影響し、適当な樹脂と充てん材との組み合わせが耐アーク性の向上に大きな役割をはたすことがわかる。

4. エポキシ樹脂の収縮応力

エポキシ樹脂は熱硬化性樹脂の中でも、硬化収縮が非常に小さいものであるが、容積の大きいもの、形状の複雑なものの注型、含浸にあたっては、硬化時の収縮応力、温度変化による熱伸縮による内部応力などによってクラックを発生するおそれがある。

具体的なある一つの製品の製作にあたっては、形状、樹脂の配合、硬化過程などを勘案して最適な作業を行なうが、一般的に樹脂の内

表2 各種配合エポキシ樹脂の耐トラッキング性

| No. | 組       |             | 成                 |                 | 結 果                               |                                    |                                    | 備 考                                  |
|-----|---------|-------------|-------------------|-----------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
|     | 樹       | 脂           | 硬 化 剤             | 充 て ん 剤         | テ ス ト 1                           | テ ス ト 2                            | テ ス ト 3                            |                                      |
| 1   | アラルダイト  | CT200 (100) | アラルダイト HT903 (30) | 石 英 粉 (200)     | C <sub>1</sub> (T <sub>2</sub> )  | C <sub>1</sub> (T <sub>2</sub> )   | C <sub>1</sub> (T <sub>2</sub> )   | ビ<br>ス<br>フ<br>エ<br>樹<br>脂           |
| 2   | アラルダイト  | CT200 (100) | アラルダイト HT903 (30) | 水和アルミナ (300)    | C <sub>3a</sub> (T <sub>1</sub> ) | C <sub>1</sub> (T <sub>2</sub> )   | C <sub>3a</sub> (T <sub>1</sub> )  |                                      |
| 3   | アラルダイト  | GY250 (100) | THPA + PA (74)    | 石 英 粉 (200)     | C <sub>1</sub> (—)                | C <sub>3a</sub> (—)                | C <sub>1</sub> (—)                 |                                      |
| 4   | アラルダイト  | GY250 (100) | THPA + PA (74)    | 水和アルミナ (300)    | C <sub>3a</sub> (—)               | C <sub>1</sub> (—)                 | C <sub>1</sub> (—)                 |                                      |
| 5   | アラルダイト  | CY175 (100) | HHPA (75)         | な し             | C <sub>3a</sub> (E <sub>1</sub> ) | C <sub>3a</sub> (T <sub>1</sub> )  | C <sub>3a</sub> (E <sub>1</sub> )  | 環<br>状<br>脂<br>肪<br>族<br>系<br>樹<br>脂 |
| 6   | アラルダイト  | CY175 (100) | HHPA (75)         | 石 英 粉 (300)     | C <sub>3b</sub> (T <sub>1</sub> ) | C <sub>3b</sub> (0)                | C <sub>3b</sub> (—)                |                                      |
| 7   | アラルダイト  | CY175 (100) | HHPA (75)         | 水和アルミナ (300)    | C <sub>3a</sub> (E <sub>1</sub> ) | C <sub>3b</sub> (0)                | C <sub>3b</sub> (ET <sub>1</sub> ) |                                      |
| 8   | アラルダイト  | CY176 (100) | HHPA (55)         | な し             | C <sub>3a</sub> (E <sub>1</sub> ) | C <sub>3a</sub> (T <sub>1</sub> )  | C <sub>3a</sub> (E <sub>1</sub> )  |                                      |
| 9   | チッソノックス | 201 (100)   | HHPA (50)         | な し             | C <sub>3b</sub> (E <sub>1</sub> ) | C <sub>3a</sub> (ET <sub>1</sub> ) | C <sub>3a</sub> (E <sub>1</sub> )  |                                      |
| 10  | チッソノックス | 201 (100)   | MHAC—L (80)       | な し             | C <sub>3b</sub> (—)               | C <sub>3a</sub> (—)                | C <sub>2</sub> (—)                 |                                      |
| 11  | チッソノックス | 201 (100)   | MHAC—L (80)       | 石 英 粉 (200)     | C <sub>3b</sub> (—)               | C <sub>3a</sub> (—)                | C <sub>3b</sub> (—)                |                                      |
| 12  | チッソノックス | 201 (100)   | MHAC—L (80)       | 水和アルミナ (300)    | C <sub>3a</sub> (—)               | C <sub>3a</sub> (—)                | C <sub>3a</sub> (—)                |                                      |
| 13  | チッソノックス | 221 (100)   | HHPA (60)         | な し             | C <sub>3a</sub> (E <sub>1</sub> ) | C <sub>3a</sub> (ET <sub>1</sub> ) | C <sub>3a</sub> (E <sub>1</sub> )  |                                      |
| 14  | チッソノックス | 221 (100)   | MHAC—L (90)       | 水和アルミナ (200)    | C <sub>3b</sub> (E <sub>1</sub> ) | C <sub>3a</sub> (ET <sub>1</sub> ) | C <sub>3b</sub> (ET <sub>1</sub> ) |                                      |
| 15  | チッソノックス | 221 (100)   | MHAC—L (90)       | 石 英 粉 (200)     | C <sub>3b</sub> (E <sub>1</sub> ) | C <sub>3a</sub> (ET <sub>1</sub> ) | C <sub>3b</sub> (ET <sub>1</sub> ) |                                      |
| 16  | チッソノックス | 221 (100)   | MHAC—L (90)       | 充 て ん 剤 A (200) | C <sub>3b</sub> (E <sub>1</sub> ) | C <sub>3b</sub> (ET <sub>1</sub> ) | C <sub>3b</sub> (E <sub>1</sub> )  |                                      |

(注) カッコ内の数字は、樹脂を100とした重量部

表3 各種配合エポキシ樹脂の耐アーク性 JEC 149

| No. | 組       |             | 成                 |              | 結 果    |        |      | 備 考                                       |  |
|-----|---------|-------------|-------------------|--------------|--------|--------|------|-------------------------------------------|--|
|     | 樹       | 脂           | 硬 化 剤             | 充 て ん 剤      | 最 高    | 平 均    | 最 低  |                                           |  |
| 1   | アラルダイト  | CT200 (100) | アラルダイト HT903 (30) | —            | 93 秒   | 84 秒   | 72 秒 | ビ<br>ス<br>フ<br>エ<br>樹<br>ノ<br>ー<br>ル<br>脂 |  |
| 2   | アラルダイト  | CT200 (100) | アラルダイト HT903 (30) | 石 英 粉 (200)  | 190    | 157    | 65   |                                           |  |
| 3   | アラルダイト  | CT200 (100) | アラルダイト HT903 (30) | 水和アルミナ (300) | 203    | 194    | 190  |                                           |  |
| 4   | アラルダイト  | GY250 (100) | HHPA (80)         | —            | 90     | 85     | 79   |                                           |  |
| 5   | アラルダイト  | GY250 (100) | HHPA (80)         | 水和アルミナ (200) | 199    | 195    | 192  |                                           |  |
| 6   | アラルダイト  | CY175 (100) | MHAC—L (80)       | —            | 97     | 94     | 89   | 環<br>状<br>系<br>脂<br>肪<br>樹<br>脂           |  |
| 7   | アラルダイト  | CY175 (100) | MHAC—L (80)       | 石 英 粉 (300)  | 194    | 190    | 184  |                                           |  |
| 8   | アラルダイト  | CY175 (100) | MHAC—L (80)       | 水和アルミナ (300) | 216    | 213    | 209  |                                           |  |
| 9   | チッソノックス | 221 (100)   | HHPA (60)         | —            | 溶<br>溶 | 融<br>融 |      |                                           |  |
| 10  | チッソノックス | 201 (100)   | HHPA (50)         | —            |        |        |      |                                           |  |
| 11  | チッソノックス | 201 (100)   | MHAC—L (80)       | 水和アルミナ (300) | 243    | 226    | 194  |                                           |  |
| 12  | チッソノックス | 201 (100)   | MHAC—L (80)       | 石 英 粉 (200)  | 191    | 189    | 186  |                                           |  |



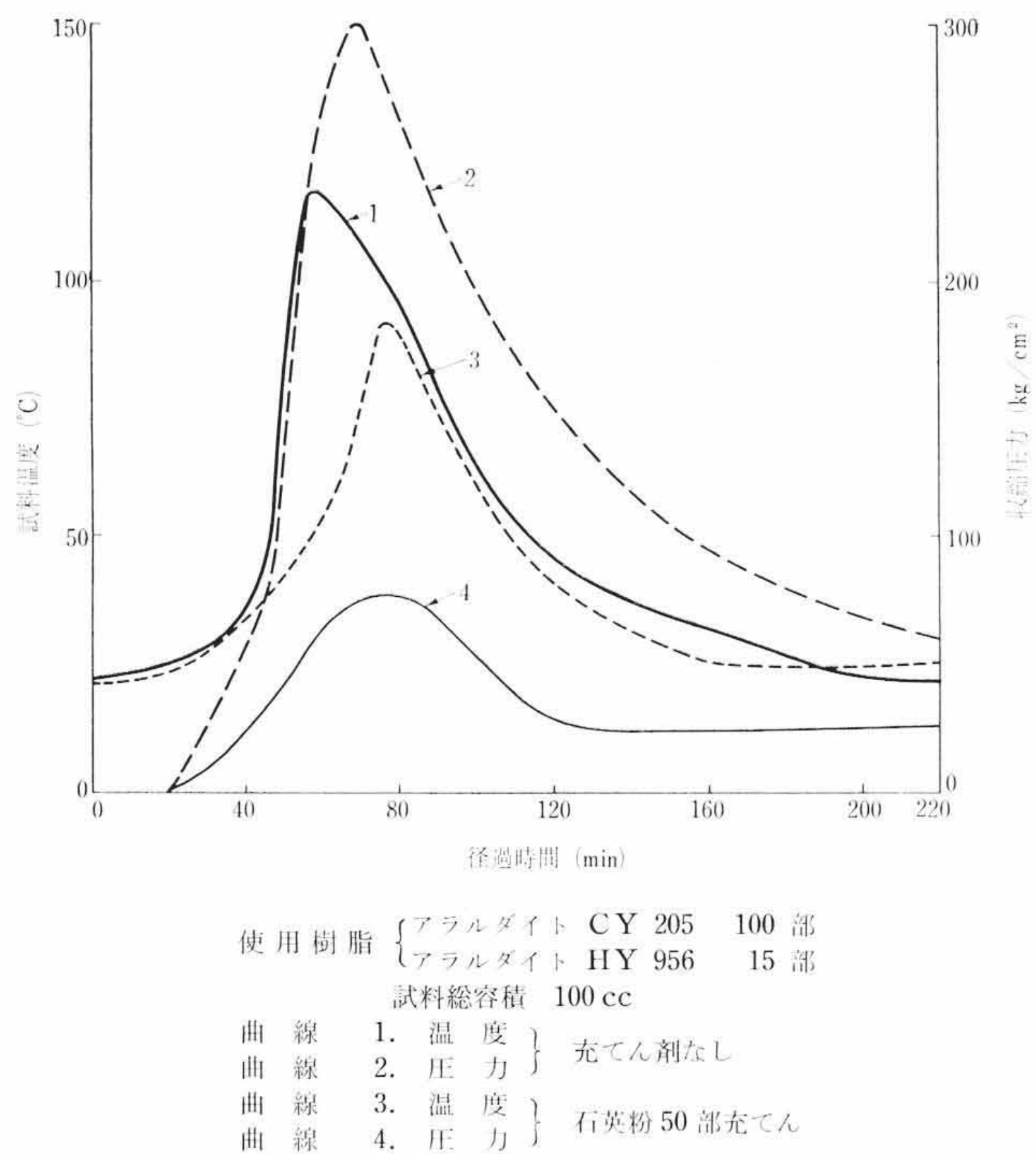


図3 エポキシ樹脂の内部収縮応力 (常温硬化)

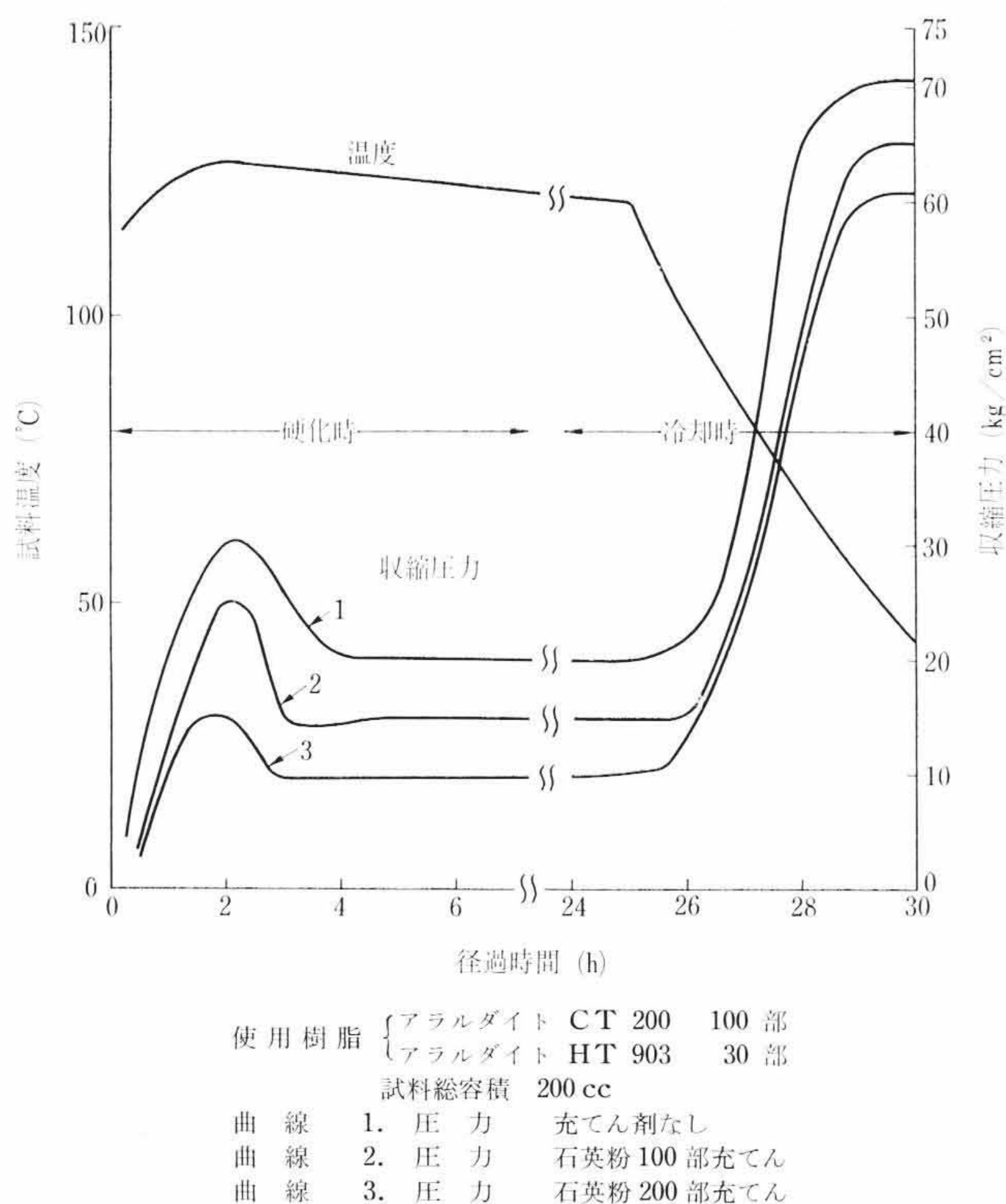


図4 エポキシ樹脂の内部収縮圧力 (高温硬化)

部応力を検討するには、ひずみゲージの使用<sup>(5)</sup>、光弾性の応用によっている。筆者らは、圧力に対して較正した温度計を用いる方法<sup>(6)</sup>によって樹脂の内部応力を検討した。

測定装置は樹脂中に温度計と熱電対とを埋め込んだものである。樹脂の収縮応力によって、温度計の水銀だめが圧縮され、温度計の指示値が熱電対による実際の温度よりも高くなる。この温度指示の差をあらかじめ行なった較正により圧力に換算する。

使用した樹脂およびその硬化時、硬化後の内部収縮圧力の変化を図3および図4に示す。

図3は、常温硬化のアミン系硬化剤を使用した場合の硬化収縮を示すもので、急激な発熱反応と収縮圧力の上昇とを示している。

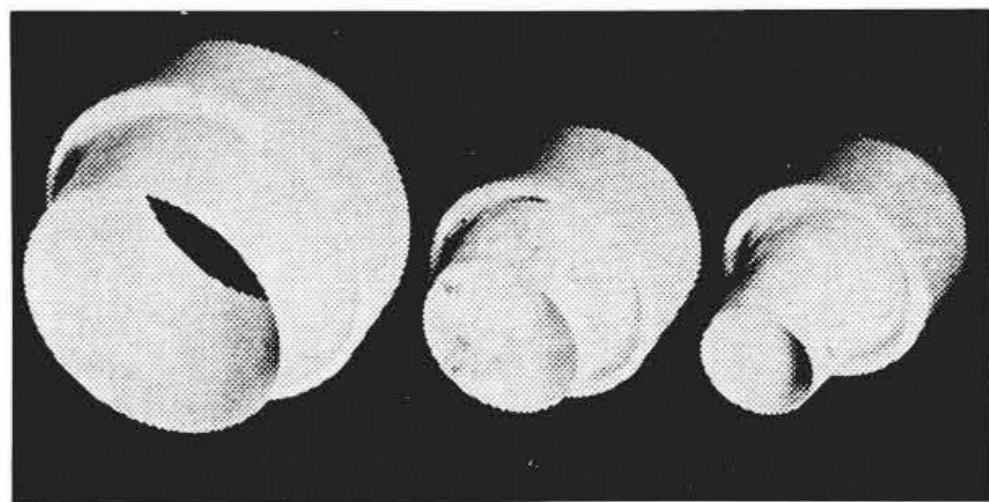
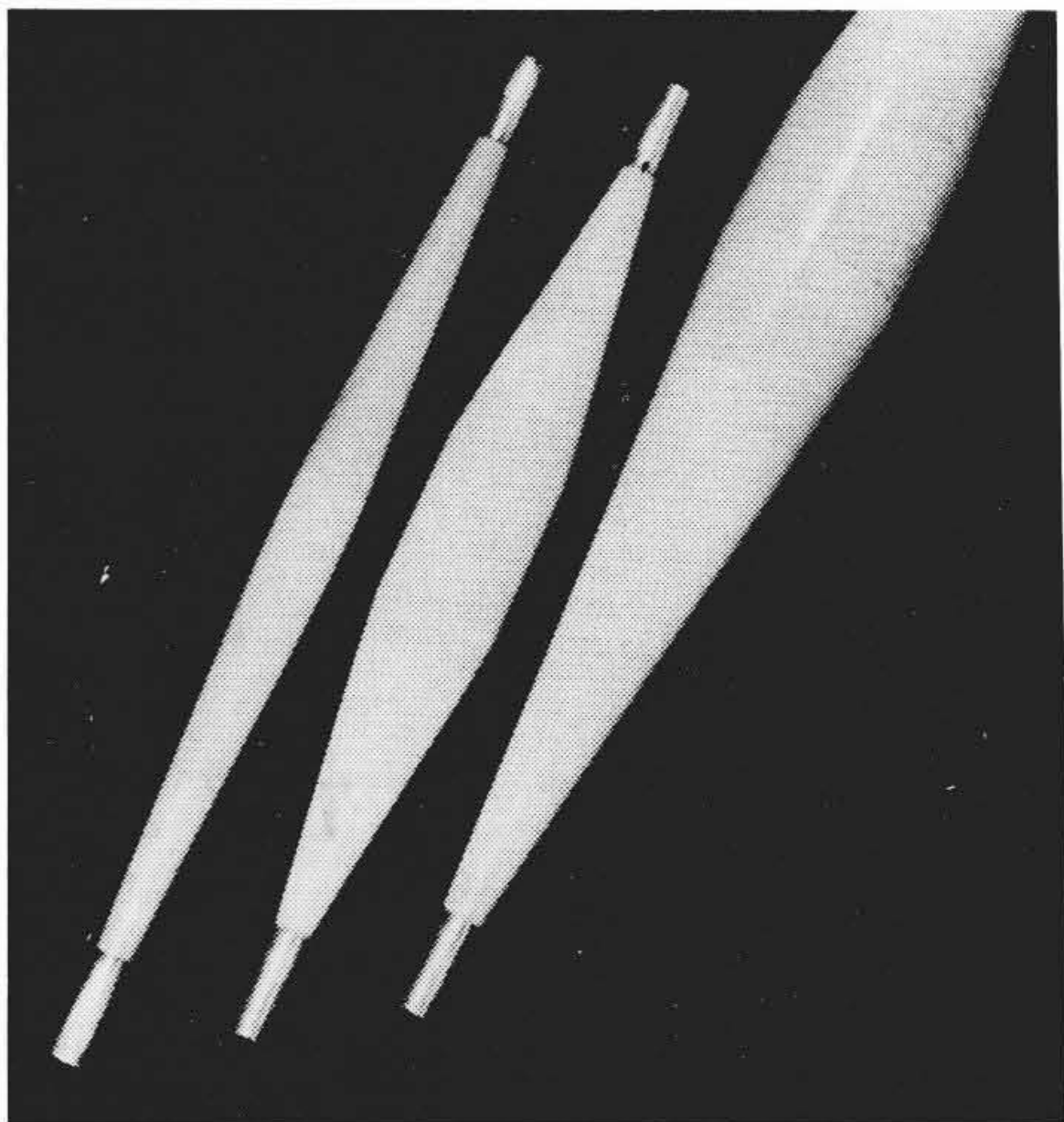


図5 エポキシ樹脂油止接続素子および油浸ケーブル用ベルマウス

充てん材石英粉50重量部の充てんにより、著しく発熱および収縮圧力上昇がおさえられる。

図4は、酸無水物系硬化剤を使用した場合の120℃高温硬化の例を示す。硬化時の発熱、収縮圧力上昇は、常温硬化の場合よりもはるかに小さいが、常温までの冷却による収縮圧力上昇はかなり大きい。この場合にも、充てん材を入れることにより硬化時および冷却時の収縮圧力がかなり低下している。

## 5. エポキシ樹脂注型品の応用例

エポキシ樹脂注型品のうち、屋内使用のものはビスフェノール系樹脂を高温で硬化したものであり、屋外使用のものは環状脂肪族系樹脂を高温で硬化したものである。

新製品は交流耐圧試験、インパルス耐圧試験、コロナ開始電圧測定、長期課電ヒートサイクル試験、機械的強度試験（屋外使用品については長期屋外暴露課電試験）を行ない、初期の特性が十分要求性能を満足し、しかも長期間にわたる過酷な使用条件の下での特性劣化が許容範囲内にはいることを確認する。

現在筆者らが製作している各種エポキシ樹脂製品の性能、特長を下記に概説する。

### 5.1 油止接続素子

油止接続素子は、油浸ケーブルとゴムまたはプラスチックケーブルとの接続個所で片側の絶縁油が、他の側に流通するのを阻止するために用いる。銅導体とエポキシ樹脂との強固な接着と、エポキシ樹脂のすぐれた電気的特性、耐油性などを利用したものであり、エポキシ樹脂付属品のうちで、初期に開発されたものの一つで、10～60 kV 級線路で多数実用に供されている。また同種の形状のものが高電圧ケーブル油中分岐箱の導体引出しに用いられている。(図5上部参照)

### 5.2 油浸ケーブル用ベルマウス

油浸ケーブルの遮へい形端末としてベルマウス形ストレスコーンが用いられる。従来は油浸紙をケーブルコアにロール巻きすることにより作られていたが、油浸紙絶縁は紙の層方向電界に対する破壊強度が低いこと、施工に特殊な技術を必要としかつ時間がかかると



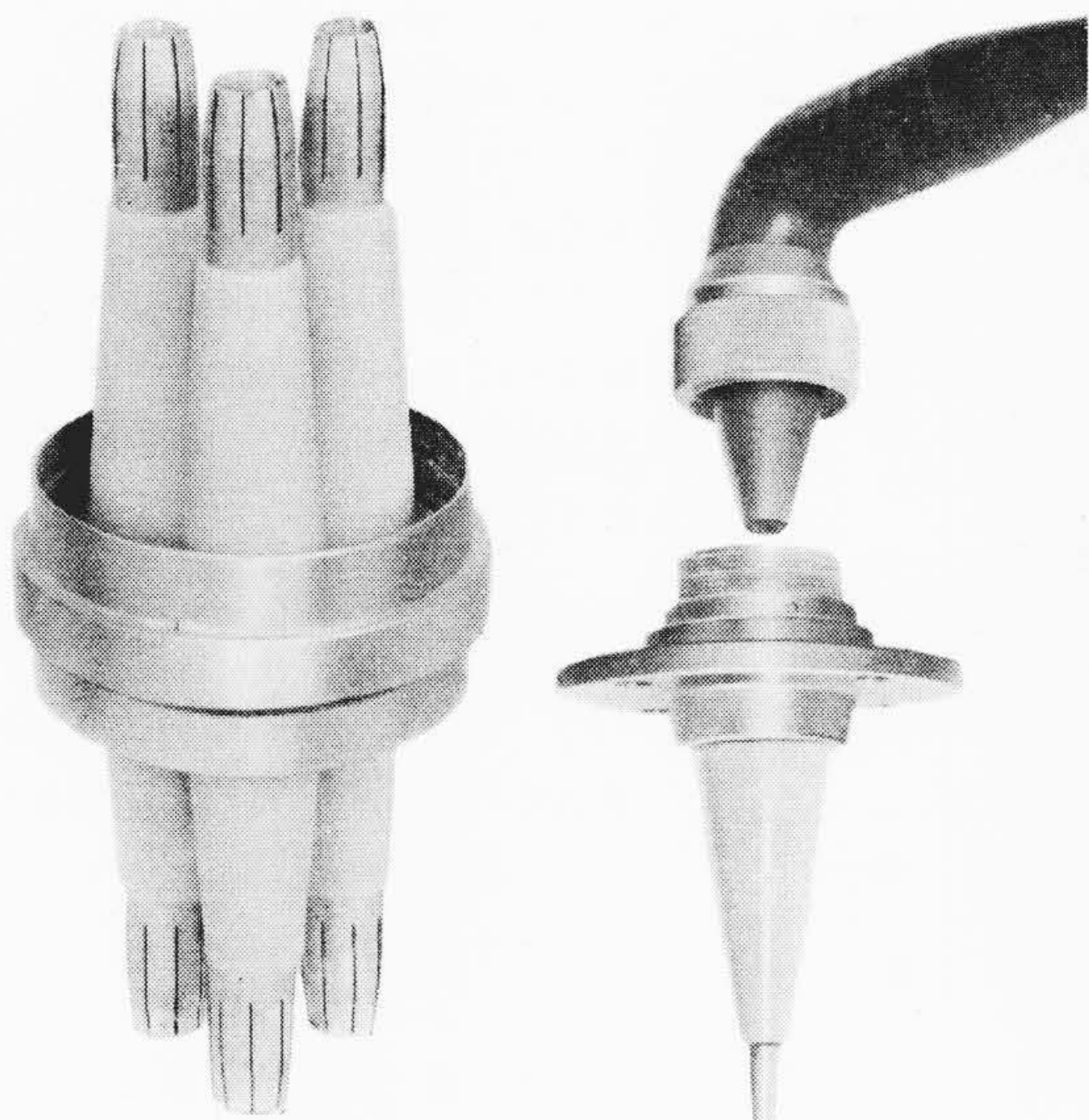


図6 6 kV 3心異種隔壁管 図8 6 kV 変圧器引出口プラグインユニット

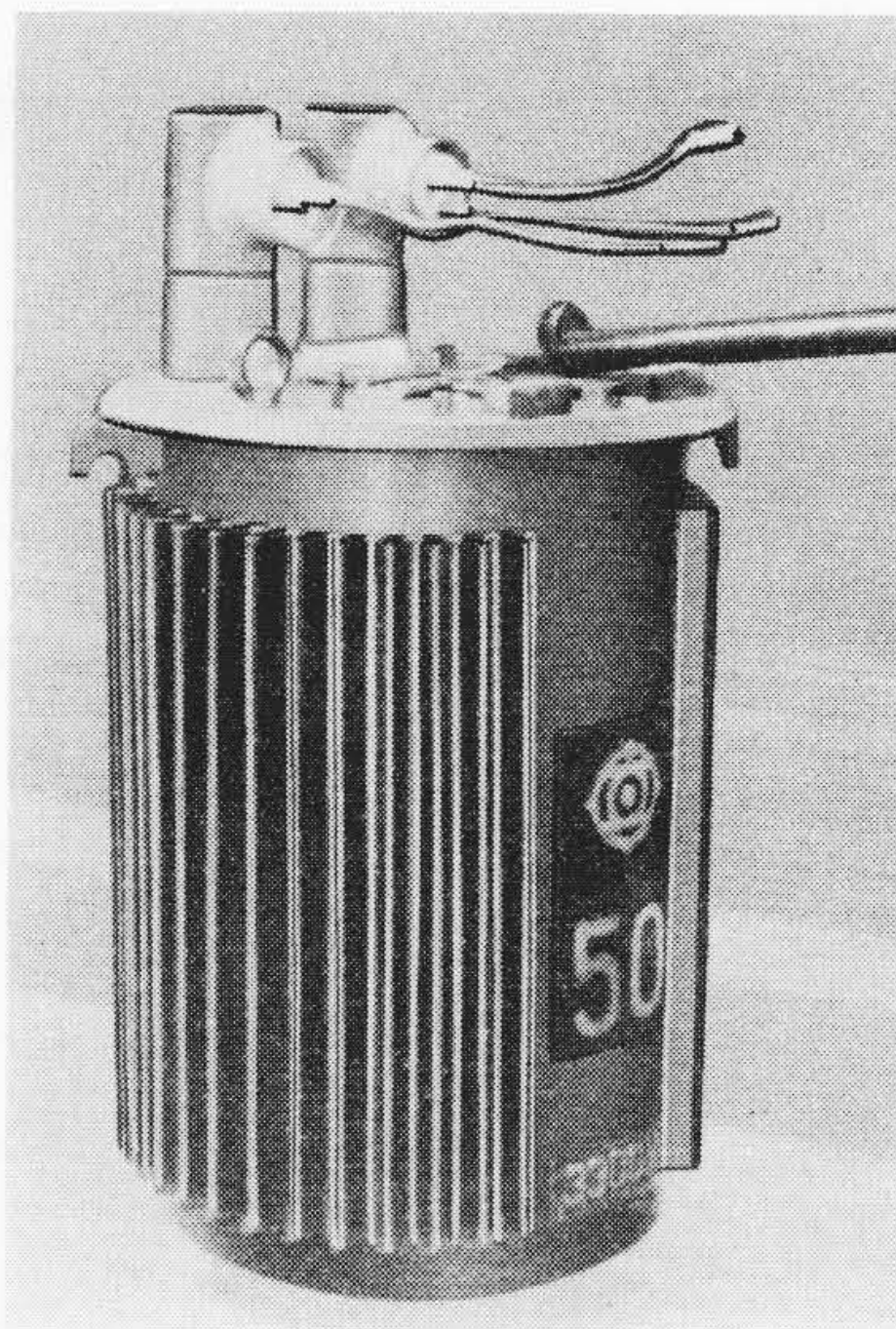


図9 6 kV 直埋変圧器引出口

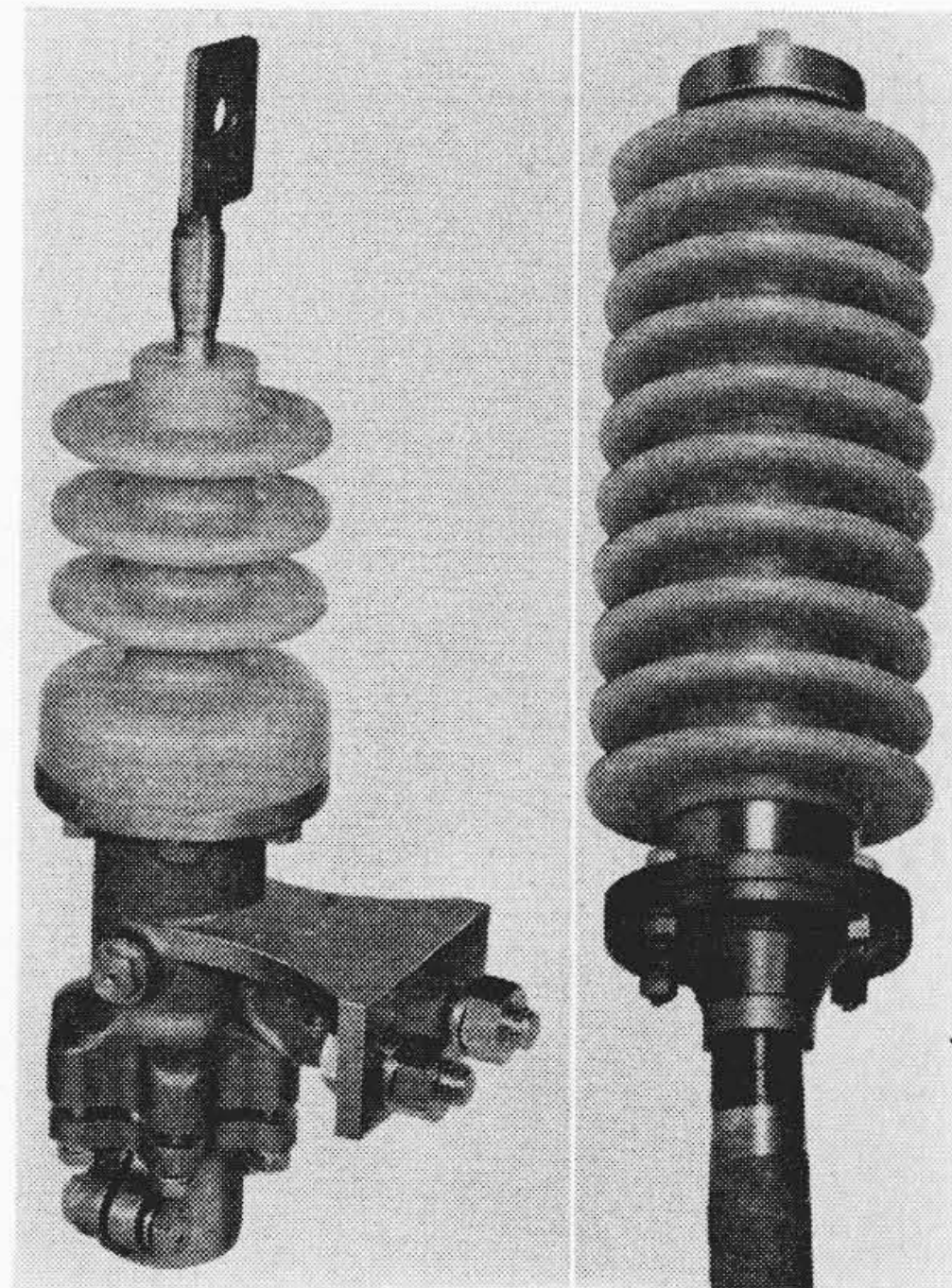


図10 6 kV 屋外用ケーブル端末および20 kV そう入形屋外用ケーブル端末

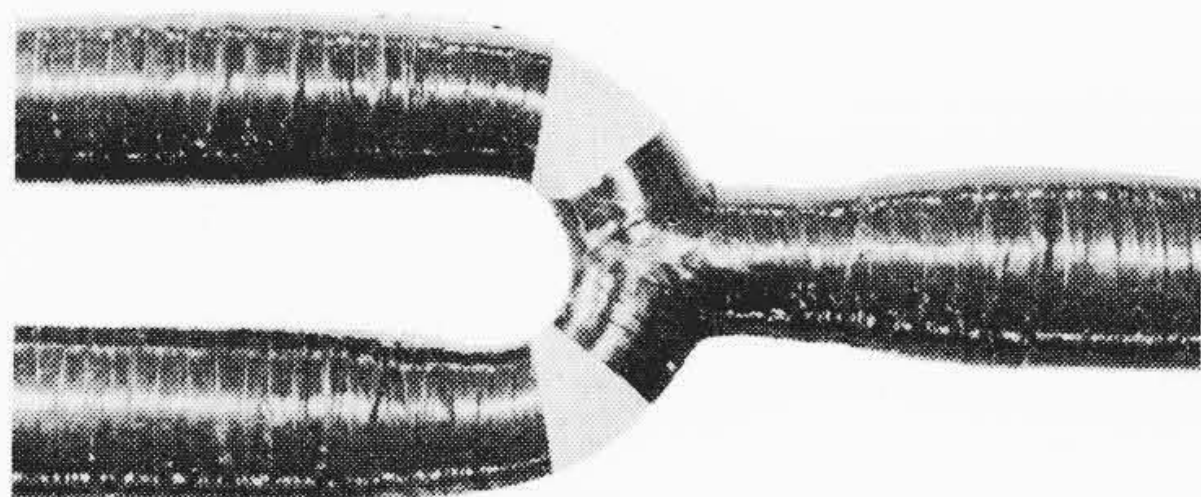


図7 Y分岐接続素子

いう欠点があった。これは、ストレスコーン一体をエポキシ樹脂で製作し、導電ペイント塗布面で電界を制御するものである。電氣的強度に方向性がないため電氣的特性がきわめて優秀であり、しかも小形であること、短時間で容易に施工できることなどのすぐれた利点を持っており、275 kV OF ケーブルにまで使用できる（図5下部参照）。

### 5.3 6 kV 3心異種隔壁管

6 kV SL ケーブルと、ゴムまたはプラスチックケーブルとの接続において、両ケーブル接続部に充てんされるコンパウンドの混合を防ぐために用いられる。中央の外部金属リングには、両ケーブルの鉛被が鉛工される。中央のエポキシ樹脂製隔壁は、鉛工による局部的加熱の後にも三心の銅導体、中央の外部金属リングとの間ですき間を生ぜず、5 kg/cm<sup>2</sup> の圧力差で気密を保つ。

### 5.4 Y分岐接続素子

Y字形銅導体をエポキシ樹脂で絶縁被覆したものである。Y字形の形状のためテープ巻が非常に困難であるが、エポキシ樹脂でモールドすることにより、小形で施工容易な分岐を製作することができる。10 kV、および20 kV 級線路で用いられている。

### 5.5 6 kV 変圧器引出口プラグインユニット

6 kV 変圧器引出口の接続をプラグ式としたものであり、接続、切り離しがきわめて容易である。エポキシ樹脂製のテーパ凹部に、それとかな合するブチルゴム製凸部が差し込まれ、外部金属リングで締め付けられる。施工作業簡易化、使用の便宜化の典型でもあり、今後さらに高電圧においてもこの種のユニットが活用されると思われる。新しい絶縁機構である差し込み部は、十分満足できる絶縁特性と水密性を示した。

### 5.6 6 kV 直埋変圧器引出口

配電線地中化に伴い、配電用変圧器も地下に埋設されるが、洪水の場合は水中に没するおそれがあるため、引出口は金属ケースでお

おわれ密閉構造となる。引出口は変圧器上部で垂直から水平に90度で折れ曲がりケーブルが接続される。金属ケース内で引出線をスペーサにより保持する方式では大きな絶縁空間が必要であり、金属ケースが大きくなるため、変圧器側接続部からケーブル側接続部までの3心あるいは2心の引出線をエポキシ樹脂でモールドし、しかも変圧器側とケーブル側とが気密を保つ構造としてある。非常に小形であると同時に取り付けも容易である。

### 5.7 6 kV 屋外用ケーブル端末

図10左半部は、C・D ケーブル用端末として試作したものである。内部にストレスコーンを内蔵しているのでテープ処理によるストレスコーン製作が不要であること、コンパウンド充てんが不要であること、上部電流端子をあらかじめ樹脂中にモールドし、圧縮あるいははんだ付により容易にケーブル導体と接続することができ、しかも水分が端末内部に浸入するおそれが全くないこと、ケーブルダクトとは下部金具により水密に接続されること、全体がきわめて小形であることなどの長所を持つ。耐トラッキング性、汚損せん絡特性は十分長期使用に耐えられ性能を示した。

### 5.8 20 kV そう入形屋外用ケーブル端末

20 kV 級ゴムまたはプラスチックケーブルのそう入形端末であり、たわみ性のあるベルマウスを内蔵している。小形、軽量であるだけでなく、施工時間がきわめて短縮される。現在屋外長期課電暴露試験中である（図10右半部参照）。

## 6. エポキシ樹脂含浸品の応用例

エポキシ樹脂含浸品は、低粘度のエポキシ樹脂を紙基材、ガラス布基材などに含浸し、加圧硬化したものである。ほかの合成樹脂積層品よりも著しく電氣的特性、機械的特性がすぐれている。

### 6.1 エポキシ樹脂含浸コンデンサブッシング

金属ハクと紙基材とを用いたものであり、図2に見るとおり高い電氣的強度を持つ。しかも基材の層方向と巻き重ね方向との電氣的強度に差がないので、ハク端の局部的にひずんだ電界に対しても電氣的に特に強い。ケーブル用コンデンサブッシングとしては、60～250 kV 級のものを製作しているが、壁貫ブッシング、高電圧機器ブッシングとしても十分使用できる。

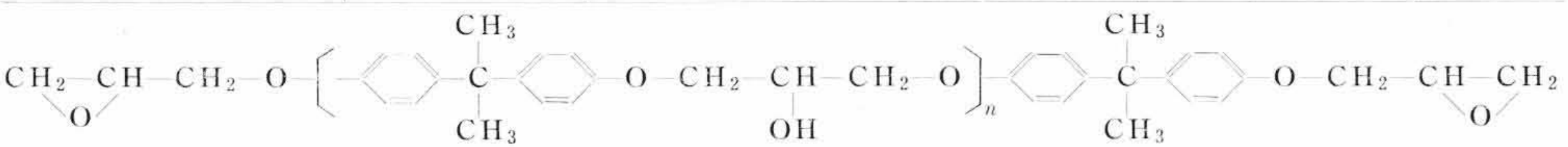
### 6.2 グラス布含浸積層板および積層板

ガラス布基材を用いることにより機械的強度は著しく増す。現在フィラメントワインディング、ガラス布基材プリプレグなどで機械的



付録 エポキシ樹脂および硬化剤の性状

| エポキシ樹脂           |          |                       |     |                  |                    |
|------------------|----------|-----------------------|-----|------------------|--------------------|
| 名 称              | 分 類      | 構 造 式                 | 分子量 | エポキシ当量<br>(g/eq) | 粘 度<br>(P. at 25℃) |
| アララダイト CY175     | 脂 環 族 系  |                       | 266 | 161              | 1,500—2,000        |
| アララダイト CY176     | 脂 環 族 系  | —                     | —   | 173—200          | 150—300            |
| チツソノックス 201      | 脂 環 族 系  |                       | 280 | 152—156          | 16—10              |
| チツソノックス 221      | 脂 環 族 系  |                       | 252 | 131—136          | 3—4                |
| アララダイト GY250     | ビスフェノール系 | 欄 外 参 照<br>(n=約 0.05) | 355 | 175—210          | 100—150            |
| アララダイト CT200 (B) | ビスフェノール系 | 欄 外 参 照<br>(n=約 1.6)  | 900 | 450—500          | 固 体                |
| アララダイト CY205 (F) | ビスフェノール系 | 欄 外 参 照<br>(n=約 0.15) | 385 | 約 190            | 70—110             |



| 硬 化 剤                |       |       |                         |
|----------------------|-------|-------|-------------------------|
| 名 称                  | 構 造 式 | 分 子 量 | 融 点 (℃)                 |
| アララダイト HT903         |       | 151   | 79                      |
| アララダイト HY956         | —     | —     | 液 状                     |
| ヘキサヒドロ無水フタル酸 (HHPA)  |       | 154   | 36                      |
| 無水メチルハイミック酸 (MHAC-L) |       | 178   | 液 状<br>(1.5—3P. at 25℃) |

強度の著しく高いものが知られているが、大気中での製造のため電氣的強度は低い。真空含浸そのほか電氣的特性に留意した製造法により、機械的強度、電氣的強度ともに十分大きい製品を作ることができる。機械的強度と電氣的強度の両方を必要とする気中および油中の絶縁筒、絶縁支持物として使用されている。

6.3 絶 縁 母 線

変電所、工場、ビルなどで使用される母線の相間および対地間絶縁距離の縮小、他の物体との接触による短絡事故の防止、人体の感電事故防止のために母線の絶縁が必要である。エポキシ樹脂絶縁母

線は、電氣的特性が特にすぐれていること、耐薬品性が良いこと、ヒートサイクル、母線の変形などによっても母線と樹脂とのはがれが生じないことなど他の合成樹脂による絶縁母線よりはるかにすぐれた性能を持っており、3～60 kV の母線に用いられている。

7. 結 言

- (1) エポキシ樹脂の絶縁厚—破壊強度の特性をしらべ、絶縁破壊強度は絶縁厚によって大きく変わることを明らかにした。
- (2) エポキシ樹脂の耐トラッキング性、耐アーク性を検討し、樹脂、充てん材の選択によっては屋外でも十分使用できる可能性を見いだした。
- (3) エポキシ樹脂の内部収縮圧力を測定し、これが硬化時および温度変化による熱伸縮に対する安定性の尺度となることを示した。
- (4) 各種エポキシ樹脂付属品の特長と性能を概説した。
- 終りに本研究、試作にあたり、種ご教示、ご助力をいただいた日立電線株式会社日高工場研究部依田、外山主任研究員、沼尻主任、鈴木氏に厚くお礼を申し上げます。

参 考 文 献

(1) H. Hartmann, C. Musy: The B. B. Rev. 52(8), 575 (Aug. 1965)

(2) R. Schmidt, R. Stierli: Chimia, 19(6), 359 (1965)

(3) R. Norman, A. Kessel: T. A. I. E. E. pt. III, 77, 632 (Aug. 1965)

(4) 依田、佐藤: オーム 53, 69 (昭 41-2)

(5) R. Sampson, J. Lesnik: Mod. Plastics, 150 (Feb. 1958)

(6) R. Isleifson, F. Swanson: Plastics Eng. 123 (Nov. 1965)