

154kV OFケーブル用 新型油止め接続箱の開発

Development of New Type Oil Stop Joint for 154 kV OF Cable

In view of a growing demand on diminution of joint size as well as on shorter jointing time, the authors have undertaken simplification of the construction process of oil stop joints for 154 kV OF cable as a first step in this direction. By using epoxy resin as a barrier for oil stop, they have devised a construction which dispenses with the most troublesome part of field hand wrapping process of oil impregnated insulating paper.

In initial characteristics tests and long-time loading cycle tests with an OF cable fitted with new oil stop joints thus made, the joints proved fully serviceable for 154 kV class lines. Recently, this new type oil stop joint went into service on the transmission line of the Oi Thermal Power Station, Tokyo Electric Power Co. with satisfactory results.

金子輝雄*	Teruo Kaneko
橋本博治**	Hiroji Hashimoto
加藤勇次郎***	Yûjiro Katô
井出成夫***	Shigeo Ide
佐藤英男****	Hideo Satô

1 緒 言

大都市におけるケーブル接続用入孔合理化のための各種接続箱の縮小化の要望、また、省力化のための接続作業時間短縮に対する要望が非常に強い。これらに対処するため、われわれは66kV OFケーブル用普通および油止め接続箱、さらに154kV普通接続箱の簡素化のための開発研究を行なっており、従来の接続箱に代わりうる新しい接続箱を完成してきた。

東京電力株式会社大井火力線(以下、大井火力線と略す)では工期の関係から、ケーブル接続作業時間をできるだけ短縮しなければならないという要求があり、なかでも、最も施工時間のかかる油止め接続箱はその工程組入れの関係から、ぜひとも、新しい型の油止め接続箱を開発し、施工時間を短縮しなければならないなかった。

そのため、下記諸項目を開発目標としてかけ、6ヶ月の期間で154kV OFケーブル用新型油止め接続箱の開発を行なった。すなわち、

- (1) 開発研究終了後、ただちに実線路に適用できるものであること。
- (2) 施工時間を短縮すること。
- (3) 作業が簡単で個人差の出ないものであること。
- (4) 寸法をできるだけ小さくすること。

ここでは、従来型の油止め接続箱と比較しながら、新しく開発した油止め接続箱の構造および特性を述べ、最後に大井火力線での施工結果を紹介する。

2 新型油止め接続箱の構造

新型油止め接続箱の構造を従来型のそれと比較しながら説明する。図1は従来型、図2は新型油止め接続箱の内部構造を示すものである。従来型は油止め素子として、磁器製のがい管を2本使用している。接続される両ケーブルの末端の絶縁処理を行なった後、がい管をかぶせ、左右ケーブル導体を中央で接続し、絶縁油浸紙により絶縁補強をする構造である。

これら油浸紙は、すべて現地手巻作業で行なわれており、作業はきわめて長時間を要する。また、導体接続管とケーブル導体を圧縮接続した部分は、構造上かなりの電界がかかるところなので圧縮後は、グラインダまたはやすりで突起のないよう仕上げる必要があり、これにかなりの時間を必要としている。

図2に示した新型油止め接続箱は、上記従来型の作業を分析し現地での接続時間短縮のため、現地作業をできるだけ省略し、工場内で組み立てられるものはあらかじめ組み立てておくようにしたほか、導体接続管の仕上げ作業の省略、主絶縁部のプレハブ化、現地油浸紙巻作業の減少化、ケーブル絶縁体のペンシリング作業の省略などが簡素化の面で特に考慮を払った点である。その具体的設計は、66kV級での簡易油止め接続箱の経験を生かし⁽¹⁾、その拡張型を基本としている。

この接続部は導体接続部を電氣的にしゃへいし、また油止め機構の主要部分となるエポキシ樹脂で絶縁被覆されたしゃへい電極(エポキシユニット)を有している。このしゃへい電極の効果により、導体接続管の仕上げ作業が不要になるばかりでなく、ケーブル絶縁体のペンシリング作業も不要となっている。

ケーブル末端のストレスコントロールコーン部にはエポキシ樹脂製ベルマウスを使用し、油浸紙巻き部を少なくして長さの縮小および作業時間の短縮を図っている。このため、外径は従来型と同じであるが、長さにおいて約75%に縮小された。

中央のエポキシユニットがすべてエポキシ樹脂でなく、油浸紙との積層絶縁の型になっているのは、エポキシ樹脂層が厚くなることによる熱的ストレスに対する不安定さを避けるためおよびエポキシ樹脂と油浸紙との誘電率の差に基づく段絶縁の効果をおねらったものである。この部分の油浸紙はあらかじめ、工場内で巻いておき、専用の容器に入れ現地へ送ら

* 東京電力株式会社 ** 日立電線株式会社日高工場 工学博士 *** 日立電線株式会社日高工場 **** 日立電線株式会社

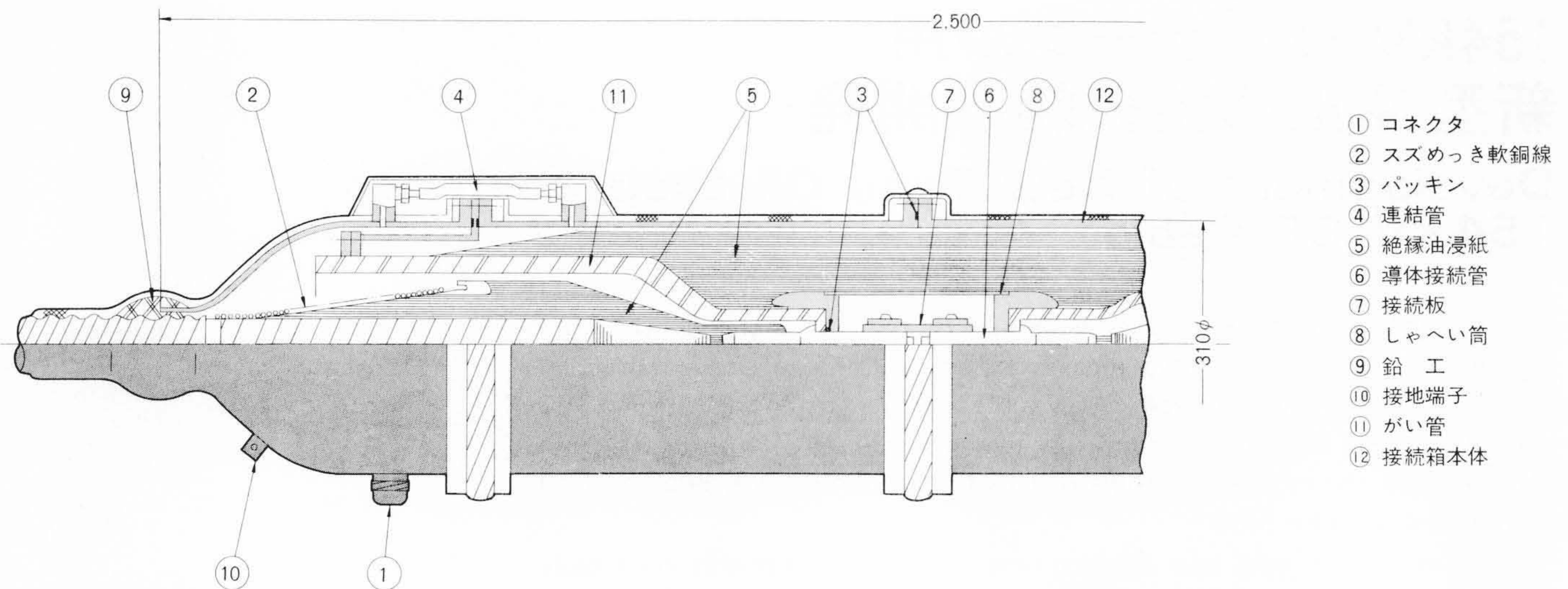


図1 従来型油止め接続箱の構造 磁器製がい管2本を油止めのための隔壁として使用した。油浸紙はすべて現地巻きのため、施工時間は長くなる。

Fig. 1 Old Type Oil Stop Joint

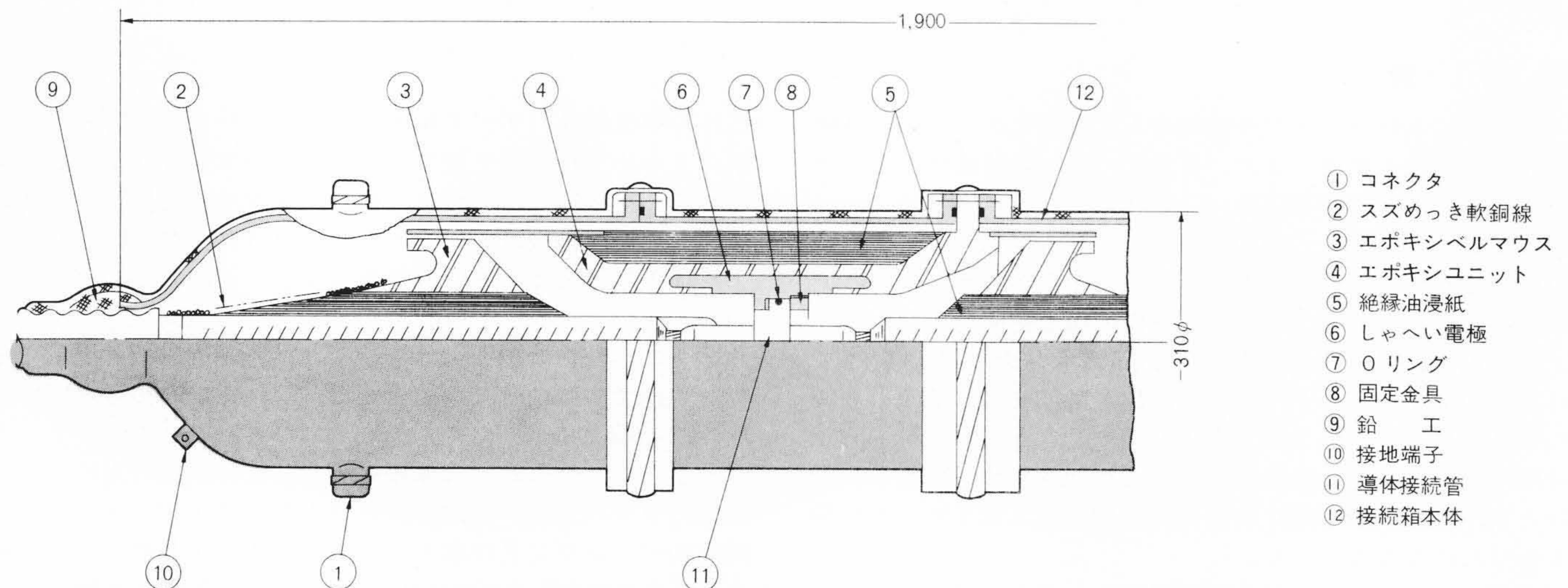


図2 新型油止め接続箱の構造 エポキシ樹脂を有効に利用し、現地油浸紙巻作業を極力少なくした構造を示す。長さは従来型の約75%と縮小されている。

Fig. 2 New Type Oil Stop Joint

れる。現地では、これを圧縮後の導体接続管に固定するだけなので、作業はきわめて簡略化される。現地での油浸紙巻作業はエポキシベルマウスの下の油浸紙と外部しゃへい層がおもなものである。

3 新型油止め接続箱の諸特性

次に、新型油止め接続箱の部品および組立品に対し行なった諸試験の結果につき述べる。

3.1 交流長時間および衝撃電圧絶縁破壊試験

現地組立てに準じて組み立てた接続部について交流長時間絶縁破壊および衝撃電圧絶縁破壊試験を実施した。表1はその結果を示したものである。特性値のばらつき状態を調べるため、新しい部品で組み立て直し数回の試験を行なったが、いずれも154kV級としては十分な特性を有していることがわかった。

3.2 部分放電試験

接続箱全体の部分放電開始電圧を測定した結果、200kVま

で部分放電は発生しなかった。154kV系統の対地電圧89kVに対し、十分な余裕を持っていると考えられるので、本接続箱は実用上問題ないと判断できる。

また、本接続箱は、工場内でエポキシユニットにあらかじめ油浸紙を巻いておき、これを専用の容器に収め輸送されるため、輸送中の衝撃および振動により油浸紙がずれたり、変形したりすることが懸念されたので、納入品の出荷に先だち、日立～東京間をトラックで往復輸送し、前後に部分放電試験を行なった。

表2はその結果を示すものである。表からもわかるとおり、特性上なんら変化はなく、解体結果も油浸紙のずれや変形はなく、エポキシ絶縁体にもき裂その他異常は認められなかった。

現地施工後の接続箱の部分放電開始電圧を測定することは不可能に近いが、この接続箱では油浸紙を巻いたエポキシユニット単体の工場内での試験ができ、この特性を確認しておけば、現地では電界の強くかかる金属部分の絶縁補強作業は

表1 電気絶縁破壊試験結果 154kV級としては十分な性能を有しており、性能も安定している。

Table 1 Result of Electrical Breakdown Test

試料 番号	破 壊 電 圧	
	交 流	衝 撃 電 圧
1	400kV / 3 時間 OK	⊖ 1,060kV / 3 回 OK
2	"	⊖ 1,040kV / 3 回 OK
3	"	⊖ 1,040kV / 2 回め 破壊 *1
4	—	⊖ 1,040kV / 3 回 OK
5	435kV / 5 分 *2	—
6	—	⊖ 1,040kV / 1 回め 破壊 *3

注：課電方法

試番1～3＝AC 300kV / 3 時間 +20kV / 3 時間昇圧

Imp 800kV / 3 回 +20kV / 3 回昇圧

試番4～6＝AC 300kV / 6 時間 +15kV / 3 時間昇圧

Imp 900kV / 3 回 +10kV / 3 回昇圧

*1 破壊点は、ストレスコントロールコーンの立上り部

*2 試験用ケーブル端末で外部せん絡

*3 破壊点は、ストレスコントロールコーンの立上り部

ほとんどないので安心である。部分放電試験はエポキシユニットに実使用時と同様の電界がかかるように課電用ケーブル端末、ケーブルを使用し、実際の接続箱に準ずる構造に組み立てて行なった。表3はこの試験の結果を示すものである。対地電圧89kVに対し、十分な余裕をもっていることがわかる。

3.3 誘電正接および温度特性

導体通電および外部からの加熱を併用して接続部の温度を調節し、誘電正接および温度特性を測定した。図3はその結果を示すものである。90℃での誘電正接は0.26～0.28%であり、磁器を使用した油止め接続箱と比較してかなり低い値を示しており良好である。

3.4 エポキシユニットの冷熱試験

本接続箱は油止め素子として、かなり大形のエポキシ成形品を使用しており、その冷熱サイクルに対する安全性を確認しておかなければならない。まず、高温側、低温側とも液体を利用した急冷急熱のヒートショック試験を実施したところ表4のような結果を示した。すなわち、温度差120℃、10回まで異常なかった。

この値は従来のエポキシ成形品に対する経験より十分安心のできるものと判断できる。実際の運転時の温度変化はゆるやかであり、その温度差も80℃以下と考えられるので問題は

表2 エポキシユニットの輸送試験結果 トラック輸送時の衝撃および振動による影響を部分放電開始電圧の差で調査した結果、輸送前後で変化はなく、輸送上の問題はない。

Table 2 Result of Transportation Test of Epoxy Unit

試験 区分	部 分 放 電 開 始 電 圧 (kV)	部 分 放 電 消 滅 電 圧 (kV)
輸 送 前	280	270
輸 送 後	"	"

注：輸送方法は、日立～東京間1往復のトラック輸送。

表3 エポキシユニットの部分放電試験結果 主要部分の単体の部分放電試験により工場内での品質管理が可能である。結果はばらつきはなく、その値も154kV級として余裕がある。

Table 3 Partial Discharge Voltage of Epoxy Unit

試 料 番 号	部 分 放 電 開 始 電 圧 (kV)	部 分 放 電 消 滅 電 圧 (kV)
1	280	265
2	"	"
3	"	"
4	270	260
5	280	270

表4 エポキシユニットのヒートショック試験結果 実使用におけるゆるやかな温度変化に対し、ヒートショック試験において温度差120℃まで耐え得た。このことは、十分熱応力に対する余裕があることを示している。

Table 4 Result of Heat Shock Test of Epoxy Unit

温 度 差	高 温 / 時 間	低 温 / 時 間	回 数	結 果
80℃	100℃ / 1 時間	20℃ / 1 時間	10サイクル	良
100℃	"	0℃ / 1 時間	"	"
110℃	"	-10℃ / 1 時間	"	"
120℃	"	-20℃ / 1 時間	"	"

注：高温側、低温側とも液体使用

ない。

また、実際の製品については、初期の欠陥を発見するため、空冷空熱により95℃差の冷熱試験を実施し、前後に部分放電試験を行ない異常のないことを確認している。

さらに、長期ヒートサイクルによる疲労破壊も考えられるので+90～-30℃の空冷空熱による冷熱試験を実施しており、すでに、500サイクル以上になっているが、き裂などの異常は発生していない。

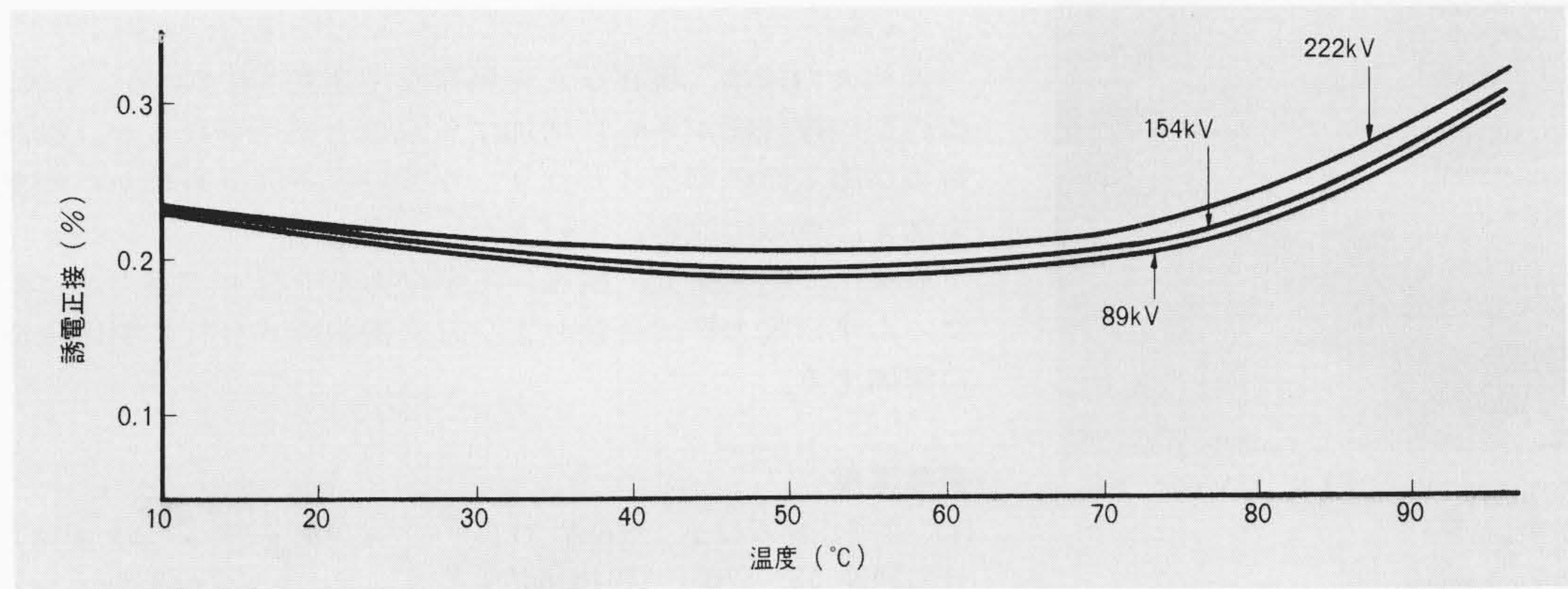


図3 誘電正接温度特性 磁器製がい管を使用した従来型油止め接続箱に比べ誘電正接が小さい。

Fig. 3 Characteristic of Dielectric Loss-Temperature of Joint

3.5 エポキシユニットの油密および耐圧力試験

本油止め接続箱はエポキシ成形品を油止めの主構成部品として使用しているので、このエポキシユニットを実際の組立に準ずる構造に組み立て、油密試験と同時に油圧による耐圧力試験を実施した。エポキシユニットは図2の構造からわかるように、筒形をしており、その耐圧強度に方向性があると考えられるが、今回の試験は弱い方向である内圧により耐圧力試験を実施した。結果は40kg/cm²Gまで油密および強度ともに異常はなかった。この値は中油圧ケーブルの最大使用圧力6kg/cm²G(気密試験圧力11kg/cm²G)と比較し、十分な特性を有していると考えられる。また、より強度のある外圧方向に油圧がかかるように使用すれば高油圧ケーブルにまで適用できるものと考えられる。

今回の大井火力線では安全性を考え、外圧方向に油圧がかかるように使用している。

3.6 油污損に対する絶縁強度

油がなんらかの理由により汚損した場合、接続箱の油通路の耐電圧が低下することが懸念されたので、はんだペースト、銅粉などで汚損させた油(ペースト0.1g/l、銅粉0.1g/l)を入れ、電気試験を行なった。結果は交流電圧400kV以上、衝撃電圧1,040kV以上であり、この程度の油污損でも154kV級としての特性は保持していることがわかった。

3.7 長期課通電試験

長期課通電による安定性を検証するため、日立電線株式会社の実負荷試験場にて接続部を組み立て、課通電試験を昭和46年9月より実施している。条件は下記に示すとおりである。

印加電圧：200kV
通電電流：1,200 A

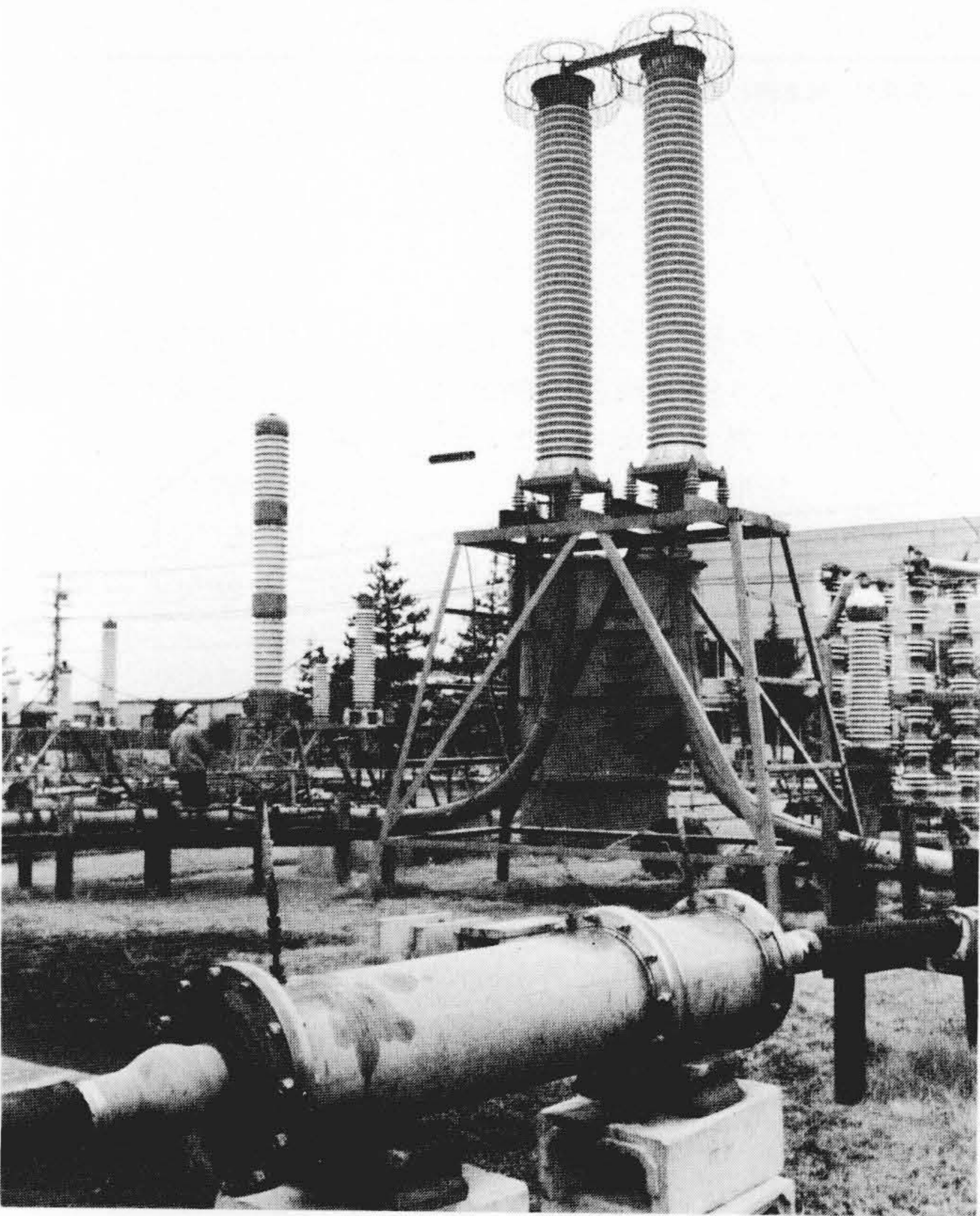


図4 実負荷試験状況 試験条件は次のとおりである。印加電圧：200kV
通電電流：1,200A(8時間通電、16時間しゃ断)
Fig. 4 Long Time Loading Cycle Test

表5 従来型および新型油止め接続箱の施工時間 新型は従来型の約1/2の時間で施工できる。

Table 5 Jointing Hours of Old and New Type Oil Stop Joint			
項 目		従 来 型	新 型
段 取 り		前 日	前 日
作業開始～導体接続管		2 時間 10 分	1 時間 20 分
～鉛 工		8 時間 30 分	3 時間 10 分
～注 油		16 時間 20 分	8 時間
所 要 時 間 合 計		27 時間	12 時間 30 分

(ただし、8時間通電、16時間しゃ断)

定期的に特性調査として誘電正接を測定しているが、0.26～0.29%の範囲で初期からの変化は認められない。今後も継続課電の予定である。図4は試験の実施状況を示すものである。

4 実線路での施工結果

昭和47年3月、大井火力線(154kV1×800mm²OFAZV)6番線に3組の新型油止め接続箱が実用化され、4月以降異常なく運転されている。表5は今回施工した3組の平均作業時間と同じ人孔内に併設された従来型油止め接続箱のそれとを比較した結果を示すものである。新型油止め接続箱採用の最も大きなねらいであった施工時間短縮の効果が顕著なことは明白である。作業項目として、特に大幅に改良されたものは、(1)導体接続作業、(2)紙巻作業、(3)真空排気作業の各作業である。すなわち、導体接続は導体接続管の両端を圧縮するだけであり、従来型のように整形作業をする必要がなく、30分以内に施工可能であった。紙巻作業は前述のように、主要部分は工場内で巻いてあるので、現地紙巻作業は従来型の1/3程度の時間で完了している。紙巻量が少ないので、必然的に真空排気時間が短くて済むことになり、今回の例では従来型に比べ約1/2程度に低減されている。従来型は現場で巻く油浸絶縁紙が大量のうえ、中央室が非常に排気しにくい構造となっているため10時間以上の排気が必要であった。

5 結 言

以上述べたように、当初の目的にかなった新型油止め接続箱を開発することができ、その初期特性は154kV級として十分余裕をもったものであることを示した。さらに、長期にわたる安定性をみるため、実負荷試験場において過電圧印加による課通電試験を実施しており、すでに約1年半問題なく経過している。

大井火力線は、現在なんら異常なく運転されている。今後、この型の接続部がさらに増加するものと期待されるが、設計および施工面の細部にわたり、なおいっそうきめ細かい配慮を加え、さらに改善していきたいと考えている。

最後に、開発研究、検査、工事にあたり種々ご協力をいただいた東京電力株式会社および日立電線株式会社の関係各位に深謝する。

参考文献

(1) 金子、深沢ほか：「66kV OFケーブル用簡易形接続箱の開発」、日立評論 53, 576(昭和46-6)