

# 超 高 圧 275kV ド ラ イ バ ル ブ 避 雷 器

落 清\*

## Super High Voltage 275 kV Dry Valve Lightning Arrester

By Kiyoshi Ochi

Taga Works, Hitachi, Ltd.

### Abstract

Two sets Super High Voltage Lightning Arresters, designed and built by Hitachi, Ltd. in November, 1951, have been in satisfactory service at Narude Power Station, which constitutes one of the sending ends of Shinhokuriku main transmission line.

The characteristic element of these arresters consists of six 34.5 kV units, piled up and arranged in built-up type, and the series gap is set on the top of the characteristic element and supported from the overhead steel structure by suspension insulators. Both are made perfect moisture-proof by using a triple packing made of synthetic rubber compound called "Hitacole packing" and semi liquid compound. Especially, the series gaps are filled with nitrogen gas getting rid of moisture from inside. The characteristic element consists of resistance pieces of 100 kA discharge current capacity with excellent follow-current compressing and residual voltage characteristics.

The breakdown voltage characteristics of the series gap competently fulfill the Japan power Generation & Transmission Co. s specifications for 275 kV lightning arrester. The deviation of A.C. breakdown voltage due to various meteorological conditions is diminished to less than 5% by coating the surface of the porcelain container of the series gaps with silicon resin.

These features have made the usefulness of this 275 kV arrester in actual service almost complete and ideal.

### [I] 緒 言

新北陸幹線成出発電所に使用する超高压避雷器として 275 kV ドライバルブ避雷器 6 台 (2 組) を昭和 26 年 11 月完成納入した。新北陸幹線は直接地方式を採用し、送電電圧最高 257 kV、絶縁階級は 200 号とした我国最初の超高压長距離送電線である。避雷器としては 230 kV 相当のものであるが、許容端子電圧の高いこと、懸垂碍子の衝撃閃絡電圧の上昇による避雷器放電電流の増大、変圧器、避雷器間距離の大きいこと等のため、避雷器に対する要求は既に満州、朝鮮に納入したものに比

べ、格段に保護性能の高い、或る点では米国の標準をも上廻る、第 1 表<sup>(1)</sup>(次頁参照)の如き仕様となつている。本器は従来の経験を基として更に幾多の改良を加えたもので、上記の条件を十分満足する我国最初の世界的水準にある超高压避雷器である。以下にその概要を紹介する。

### [II] 特 性 要 素

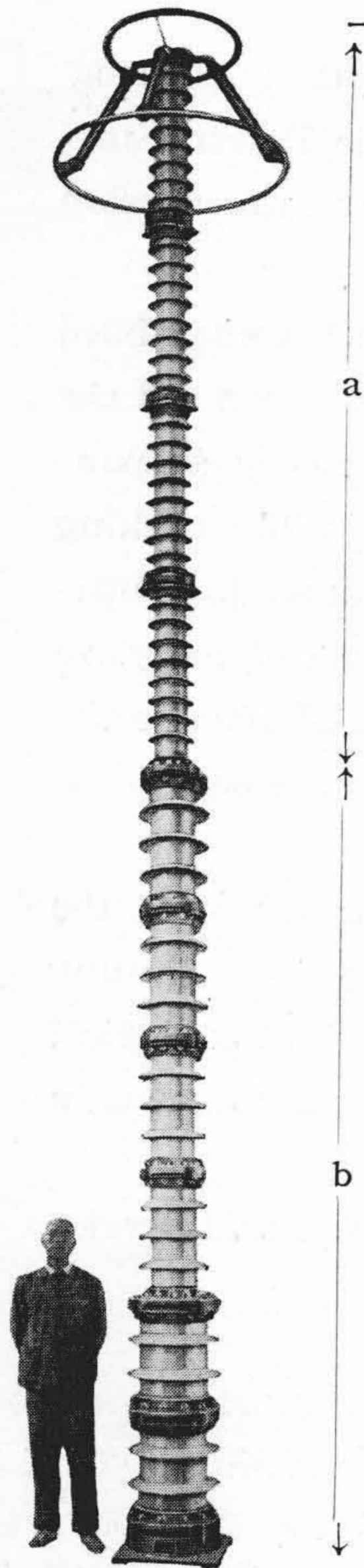
第 1 表(b)(次頁参照)に示す如く、特性要素部分は 34.5 kV ユニット 6 個より構成され据置型であるが、特に下部 2 段は上部 4 段に比べて、一段と大きい碍管を使用し、機械的に十分強い耐震構造とした。容器に対する防湿はヒタコールパッキングと流動軟性コンパウンドを利用し

\* 日立製作所多賀工場

第 1 表 超 高 圧 275 kV 避 雷 器 特 性 比 較 表

Table 1. Comparison between Specification for 275 kV Lightning Arrester and Data of Hitachi Dry Valve Lightning Arrester

仕 様	区 分	衝 撃 絶 縁 基 準 (kV)	放 電 開 始 電 圧		制 限 電 圧 (kV)		放 電 耐 量 (kA)	許 容 端 子 電 圧 (kV)
			交 流 (kV) eff	衝 撃 波 (kV)	5 kA	10 kA		
日 発 仕 様		1,050	500 以上	850 以下	850 以下	950 以下	20	280
DLA 実 測 結 果		1,050	Dry 530 以上 Wet 500 1 分	Dry $\begin{matrix} \oplus & 687 \\ \ominus & 610 \end{matrix}$ Wet $\oplus$ 710	830	920	100	280



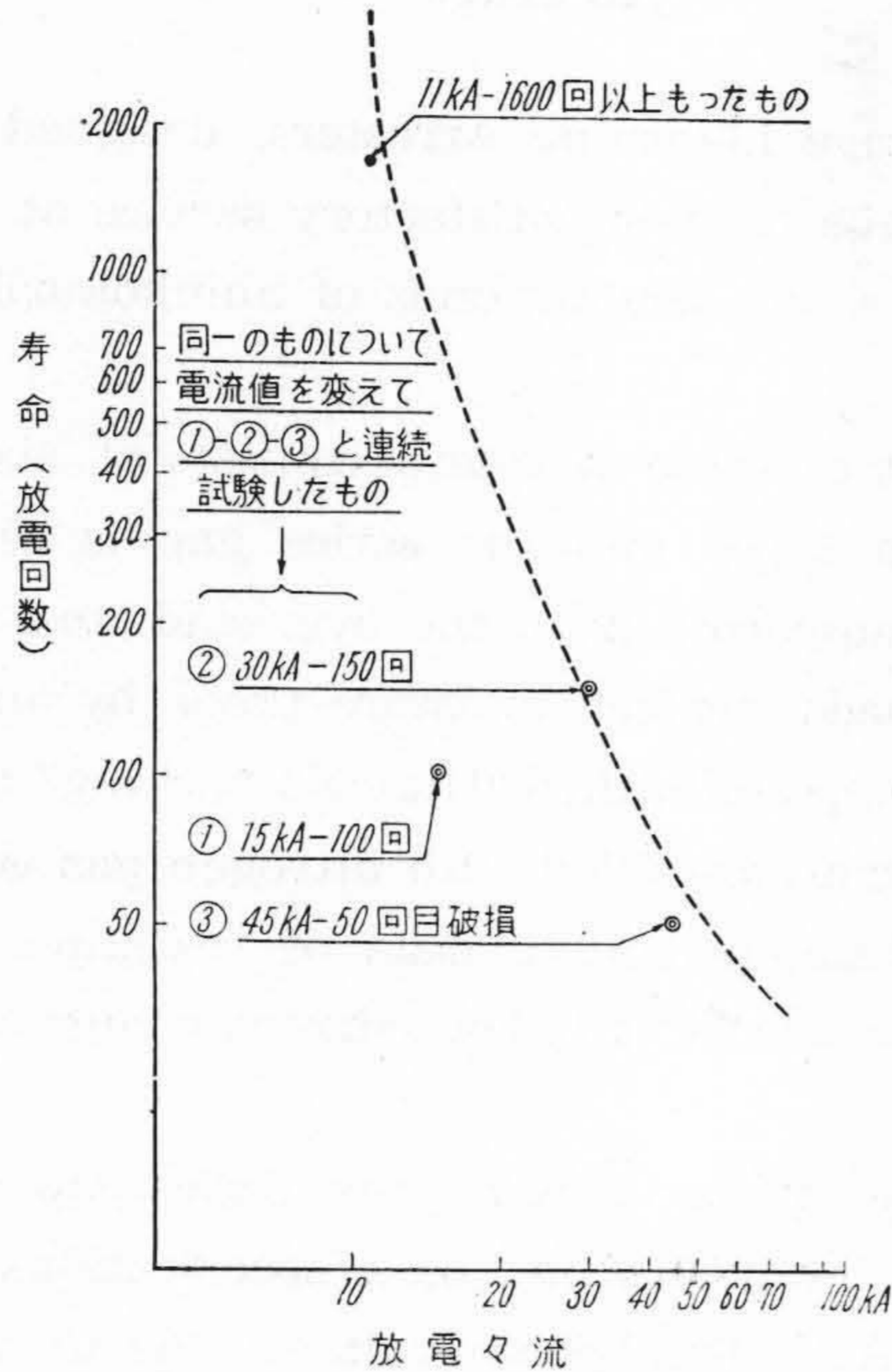
第 1 図 275 kV ドライバルブ避雷器

a. 直列間隙 b. 特性要素

Fig. 1. Type OD-150 275 kV Dry Valve Lightning Arrester a. Series Gap b. Characteristic Element

た三重密封を入念に行い、湿気侵入を完全に防止した。

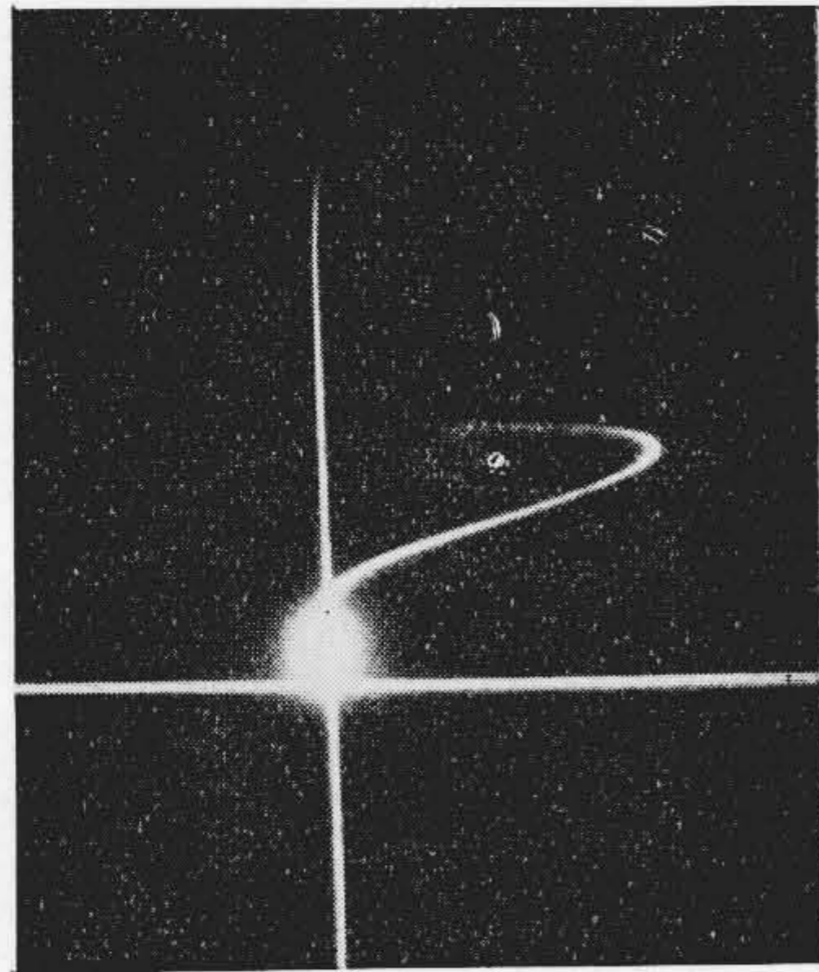
特性要素の優劣は、その弁特性のよいことは勿論のことであるが、主として絶縁の基準をなす制限電圧と、避



第 2 図 抵抗板の放電耐量と寿命  
Fig. 2. Relation between Life and Discharge Current Capacity of Characteristic Element

雷器の保護能力及び耐久力を決める放電耐量の大きさの二つによって決定される。而して特性要素の抵抗板は炭化硅素を主成分とする関係上負の特性を有し、放電電流の小さい間は問題でないが、数千アンペア以上となると電流密度の不均一性による部分的の加熱が加速的に増大されて、電流は局部的に集中し大電流になる程貫通し易い。従つて放電耐量の大きいことは抵抗板の均一であることを示している。又抵抗板の耐久力については第 2 図の如き関係があり、図中の点は、本器に使用したものと同一のものについて、工場で試験し、放電電流 11 kA (半波高時間 32 $\mu$ s)—1,600回以上もつたもの、及び同一製品の他のものに電流値を逐次変えて連続放電試験を行い、15 kA (39 $\mu$ s)—100回、30 kA (38  $\mu$ s)—150回、45 kA (18  $\mu$ s)—50 回目に壊れたことを示したものである。時間間隔はすべて 1 分

間隔で行われた。本器の抵抗板には電気試験所で 100 kA に合格したものと、同じ製法で作られたものを使用しており、上記の関係から耐久性についても十分信頼されるものである。特性要素の他の重要な事柄である電圧従属性のよいこと、即ち制限電圧は 10 kA 以上の放電電流に対しても、絶縁協調を保持する低い値であることが望ましい。第 3 図は本器の抵抗板のうちから任意に抜取つた 10 kV 相当枚数に対する、電流 10 kA の時の  $v-i$  特性のオツシログラムを示したもので、従つて全体としての制限電圧は 920 kV (at 10 kA) となり、日発仕様には勿論、近接電撃等に対しても、機器に対する保



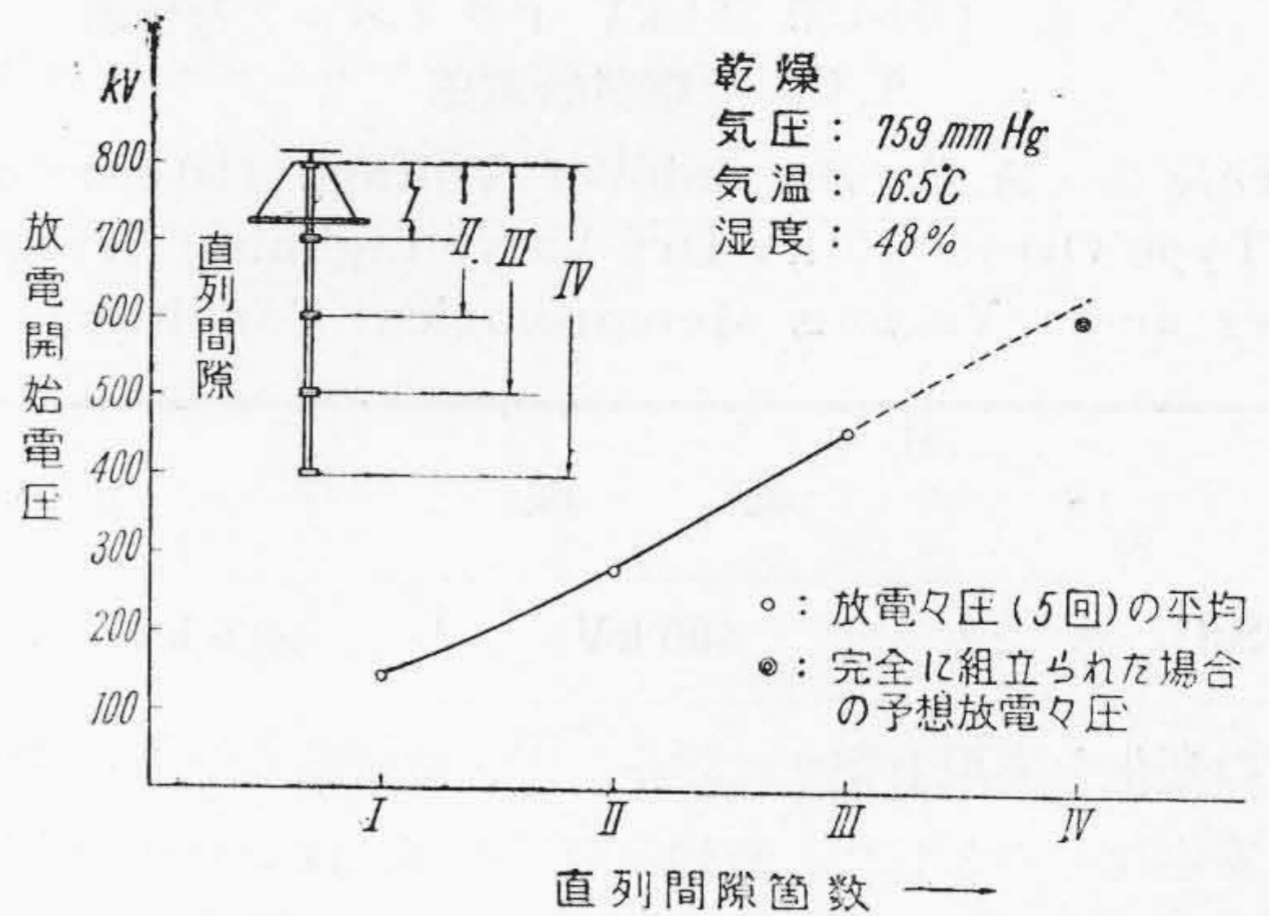
第 3 図 10 kV ユニツト  $v-i$  特性曲線  
Fig. 3. Volt-Ampere Characteristic Curve of 10 kV Unit  
 $i=11,730 \text{ A (} 20 \mu\text{s)}$   $v=45 \text{ kV}$

護効果を期待出来るものである。

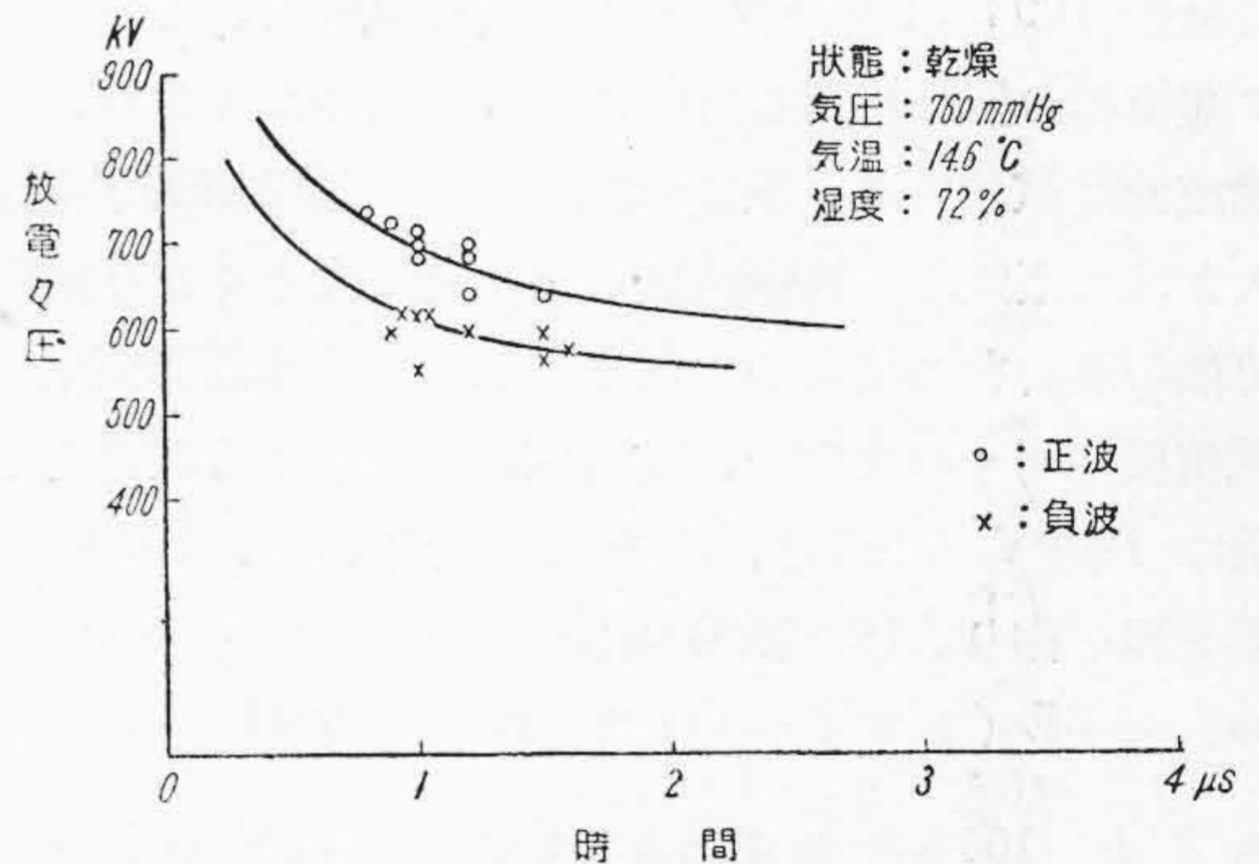
〔Ⅲ〕 直 列 間 隙

第 1 図 (a) に示す如く、直列間隙は 4 箇の碍管により構成し、鉄構より吊下げられる懸垂型とし、特性要素とはフレキシブルなロッドにより機械的に連結し、電気的接続は別に設けた。防湿には特性要素同様三重パッキングを特に入念に行い、更に乾燥脱湿装置により容器内部の湿気を完全に除き、 $\text{N}_2$  ガスを封入して放電を安定確実にした。

直接接地方式の本送電線では、米国等の実測例から開閉サージは相電圧の 3 倍を越えることはない筈であり、又共振異常電圧等の心配もないから、内雷としての最大電圧は  $3 \times \frac{275}{\sqrt{3}} = 450 \text{ kV}$  以下と考えることが出来る。一方変圧器の試験電圧は 460 kV であるから、変圧器の絶縁は開閉サージ等の如き低周波性の異常電圧には十分な強度を有している。従つて変圧器の保護としては雷だけを対象にすればよい。即ち避雷器の交流放電電圧を十分高くして開閉サージ等には避雷器は動作せず、逆に雷の衝撃性過電圧にはその放電電圧を衝撃絶縁基準に対して、余裕のある低い値に選ぶことが理想的である。上記の如き放電電圧の調整は、本器の如く直列間隙に高抵抗シールドリングを採用したものによつてのみ可能である。本器では綱島変電所に於ける現地試験等の実績より第 4 図より判る如く交流放電開始電圧を 600 kV に選定し (試験設備の都合で、完成されたものでは全数、交流放電電圧は 530 kV 以上で放電開始電圧の実測は出来なかつた。許容端子電圧を日弁仕様の 1.4E に対して十分余裕のあるものとした。更に立会試験では注水 500kV, 1 分間 (注水時の電圧印加時間は 10 秒である) の試験を実施したが、避雷器には何等の異常も見られず、放電



第 4 図 OD-150 275kV ドライバルブ避雷器直列間隙 50 サイクル放電開始電圧  
Fig. 4. A. C. Breakdown Voltage (50c/s) of Type OD-150 275 kV Dry Valve Lightning Arrester



第 5 図 OD-150 275 kV ドライバルブ避雷器 V-T 特性曲線  
Fig. 5. V-T Characteristic Curve of Type OD-150 275 kV Dry Valve Lightning Arrester

の安定性を実証した。又本器の衝撃放電開始電圧は第 5 図の V-T 曲線から判る如く、 $1 \mu\text{s}$  に対応する点で 700 kV 以下であり、 $0.5 \mu\text{s}$  に対応する点でも 850 kV 以下で、近接雷撃等の如き急峻波に対しても十分機器の保護が期待出来るものである。又従来雨、霧等の場合には直列間隙の碍管表面に水分により導電性の連続した被薄が形成されるため、交流放電開始電圧は乾燥時と注水時で最大約 20% 程度の放電の偏差を生じた例もあつたが、本器では碍管の表面に珪素樹脂を化学的に結合せしめ、水分による導電性被膜の形成を防止し、この偏差を最少に安定せしめた。第 2 表は珪素樹脂処理した 161kV ドライバルブ避雷器の試験結果で、交流放電開始電圧の偏差は 5% 以下となつている。同時に高抵抗シールド用高抵抗体は、抵抗値に  $10 \sim 300 \text{ M}\Omega$  の広い範囲が許容されるが、これを珪素樹脂処理をしたし管に封入して抵抗

第 2 表 OD-150 161 kV ドライバルブ避雷器  
A. C. 放電開始電圧

Table 2. A. C. Breakdown Voltage (50 c/s) of Type OD-150 161kV Dry Valve Lightning Arrester under Various Meteorological Conditions

条 件	乾 燥	注 水
SiC 処 理	400 kV	406 kV

値の変化を実用上完全に防止し<sup>(1)</sup>、放電特性をより確実に安定なものとした。直列間隙最上部にはコロナ防止用リングを設け、交流 300kV に於ても頭部締金具附近からのコロナ発生を防止した。

[IV] 続流遮断性能

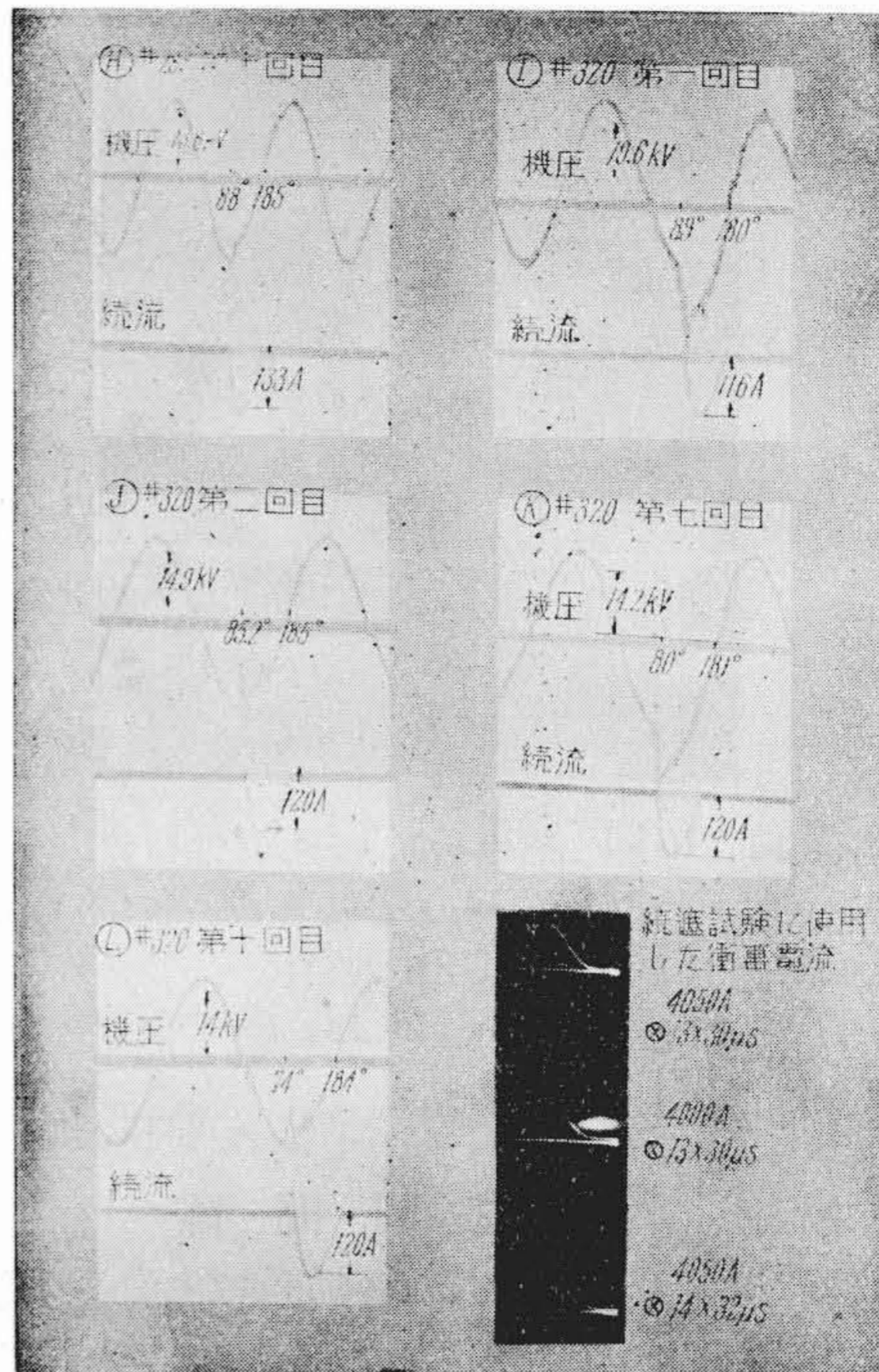
本器の完成したものについての続流遮断試験は電源設備の都合で実施しなかつたが、既に綱島変電所に於ける各社の 100 kV、60 kV 避雷器現地試験で、ドライバルブ避雷器の優れた遮断性能は十分実証されており、更に続流遮断試験では、放電の開始を与える印加衝撃電流が大きければ大きい程続流値も比較的に大きくなり遮断は苛酷の度合を増すものである。工場では本器に使用した抵抗板と同一のもので、電気試験所に於ける放電耐量試験に 100kV を流した抵抗板のみを用いて、10kV 避雷器 3 組を作り、印加衝撃電流 4,050 A (半波高時間 32 μs)、1.5E (ドライバルブ避雷器では 10kV ユニットと

第 3 表 100 kA 放電耐量試験後の 10 kV 単位続流遮断試験結果

Table 3. Follow-Current Rupturing Characteristics of 10kV Unit which met 100 kA Discharge Current Capacity Test

資 料 No.	オツシロ No.	機 圧 (kV)	続流波高値 (A)
#288	1 回	14.1 (16.2)	134
	4 //	14.6 (16.2)	129
	7 //	13.6 (15.1)	118
#313	1 回	14. (15.5)	125
	4 //	14.4 (16.0)	128
	10 //	14.4 (16.0)	128
#320	1 回	14.6 (16.2)	116
	4 //	14.9 (16.5)	120
	10 //	14.2 (15.5)	120

- 備考 1. 印加衝撃電流 4,050A(14×32μs)  
2. gap 放電々圧 50〜25kV Imp 45kV  
3. 10kV 単位 円板 9 枚を使用、制限電圧 39 kV (5,000 A).  
4. ( ) は 10kV ユニットとして抵抗板 10 枚を使用したときの相当機圧



第 6 図 100kA 放電耐量試験後の 10kV 単位続流遮断のオツシログラム

Fig. 6. Oscillogram Showing the Follow-Current Rupturing Test of 10kV Unit which met 100 kV Discharge Current Capacity Test

して抵抗板 10 枚を使用するが、今回 9 枚としたので、1.5E に相当する) の試験を実施した。第 6 図はそのオツシログラム、第 3 表はその結果で続流値は最高 134 A に及んだが、全数 10 回の逆極性試験に合格した。尙等価試験として 60 kV 避雷器につき、日立製作所の 50,000 kVA 短絡試験用発電機を電源とした、許容端子電圧 2E に及ぶ続流遮断試験を近く実施する予定である。

[V] 結 言

許容端子電圧 1.4 E の我国最初の超高压 275 kV 避雷器を完成したので、その大略の構造と特長について述べた。即ち本器は特性要素には放電耐量 100 kA、しかも弁特性の優れた、均一で安定した抵抗板を使用し、直列間隙には硅素樹脂処理をして、気象条件による放電の偏差を最少にし、放電を従来のものより一段と安定せしめる等、電氣的にも機械的にも細心の注意を払つたものである。而して本器は雷進行波のみならず近接雷撃乃至は多重雷撃等に対しても機器を保護して、送電不断の任務を十分達成するものと信ずる。

参 考 文 献

- (1) 避雷器委員会資料 昭 25, 3 月  
(2) 落 : 電学会連合大会予稿、昭 26. 11 月  
(3) 桑山 : 電学誌 70 卷 741 号 272 頁