275kV 312,000kVA 変 圧 器

275 kV 312,000 kVA Transformer

木 沢 修* 栗 田 健 太 郎*
Osamu Kizawa Kentaro Kurita

内 容 梗 概

電源開発株式会社西東京変電所納 275 kV 312,000 kVA 変圧器 1 台が日立製作所国分工場において完成し、 現地すえ付も完了した。この変圧器は東洋第一の大容量器のみならず、世界でも屈指の大容量器である。製作 にあたっては先に納入した電源開発株式会社西東京変電所納 156,000 kVA 変圧器,九州電力株式会社西谷変電 所納 200,000 kVA 変圧器をはじめ多くの大容量変圧器の製作経験を十分に取入れ、巻線強制冷却、二分割巻 線構造、方向性けい素鋼帯、複導体電線、などの最近の技術により、重量、寸法の低減を計り、鉄道による組 立輸送を行った。

1. 緒 言

電源開発株式会社で只見川水系の開発が行われ、その電力の一部は西東京変電所を通して、東京地区に送られることになり、既納等価容量 156,000 kVA⁽¹⁾の 2 倍の容量を有する世界屈指の等価容量 312,000 kVA 変圧器が、日立製作所において製作納入された。この変圧器は昭和33年日立製作所で製作された九州電力株式会社西谷変電所納 220 kV 200,000 kVA 変圧器⁽²⁾を、電圧、容量の点において上回る東洋第一の記録的変圧器である。構造としては

- (1) 二分割巻線構造の採用
- (2) 巻線の強制冷却の採用
- (3) 方向性けい素鋼帯の採用
- (4) 吊梁式シキ 300 号貨車の採用

など上記 200,000 kVA 変圧器に用いられた技術に加えて

- (5) 特殊複導体電線
- (6) 300 t 積トレーラによる道路輸送

などの新しい技術を導入して,輸送上の種々の困難を克服して 組立輸送を行ったものである。本変圧器の仕様は次のとおりであ る。 形 式 屋外用三相三巻線送油風冷式内鉄形しゃへい付

定格出力 一次: 240,000 kVA

二次: 264,000 kVA 三次: 120,000 kVA

(等価容量 312,000 kVA)

電 圧 一次: F 275-R 262.5-F 250 kV

二次: 147 kV

三次: 12.6 kV

結 線 一次:人(中性点直接接地)

二次:人(中性点抵抗接地)

三次:△

周波数 50~

絶縁階級 一次:線路側 200 号 中性点側 30号

二次:線路側 140 号 中性点側 80号

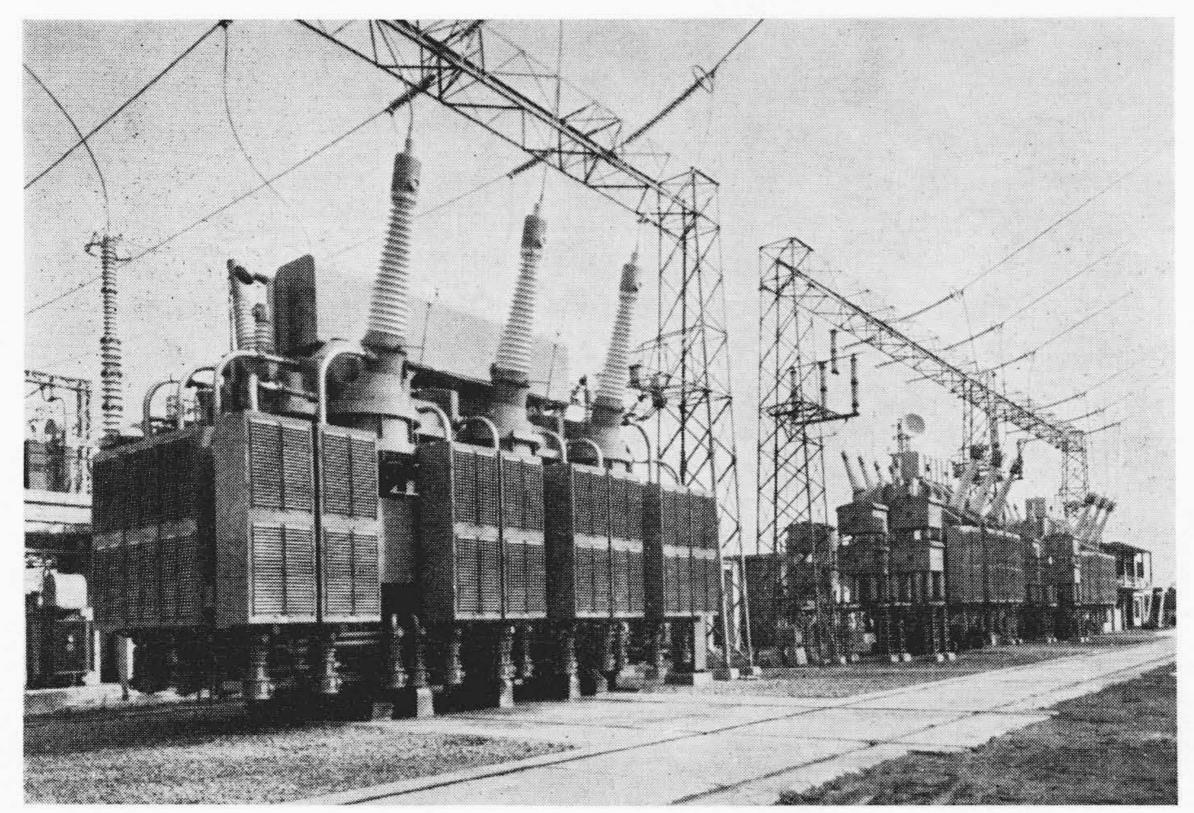
三次: 20号

総 重 量 422 t

油なし重量 334 t

油 量 98,400 1

寸 法 幅 12 m×奥行 6.38 m×高 9.42 m



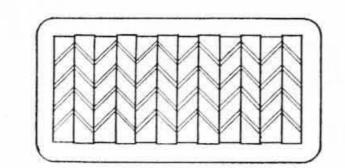
(右方2台は既納 275 kV 156,000 kVA 変圧器) 第1図 275 kV 312,000 kVA 変 圧 器

2. 巻線構造

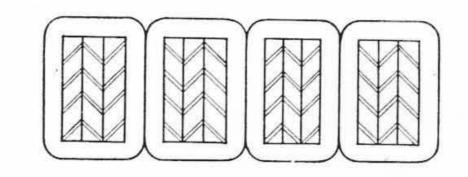
組立輸送を行うために巻線を二つに分けてほかの巻線をはさむ二分割巻線構造とした。この方式は先に九州電力株式会社西谷変電所納 200,000 kVA 変圧器⁽²⁾にも適用したが、本変圧器においては中圧、低圧巻線ともに二分割して高圧巻線をはさむ構造とした。また高圧巻線のタップは直接接地される中性点側に設け、アンペアターンの不平衡による短絡時の軸方向機械力を小さくするために、独立のタップ巻線を最外側に設けた。タップ巻線は極性変換装置により±5%の電圧調整を行う構造とした。

高圧,中圧巻線に対しては衝撃電圧に 対する特性を改善し信頼度を向上させる ために制振しゃへい⁽¹⁾⁽³⁾⁽⁴⁾を施している が,商用周波電圧に対する電界分布を適 当にするために,電界解析装置を使用し て検討を行い,局部的高電界を生じない ようにした。

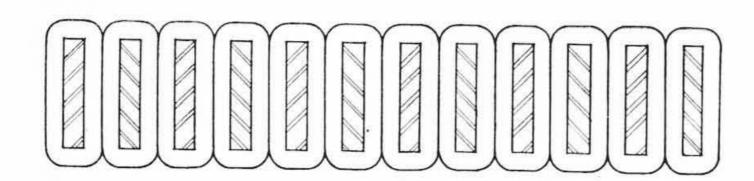
^{*} 日立製作所国分工場



複 導 体 電 線



? 道 体 雷 絢



普 通 電 線

第2図 複導体電線と普通電線の比較

一般に大容量変圧器の導体は渦流損を減少させるために、数本の 導体を並列にしてコイルを製作するが、日立製作所においては、導 体に渦流を防止するに足るだけの薄い絶縁を行い、この導体を2本 ないし3本合わせて、その上を一括絶縁する複導体電線⁽⁴⁾⁽⁵⁾を使用 している。本変圧器は電流容量が大きいためさらにこれを進展させ て、第2図に示すように、10本以上の電線をコイルに巻きながら一 括絶縁をする新方式を開発した。この方式により絶縁をぎせいにす ることなく巻線の占積率を著しく向上させることができた。

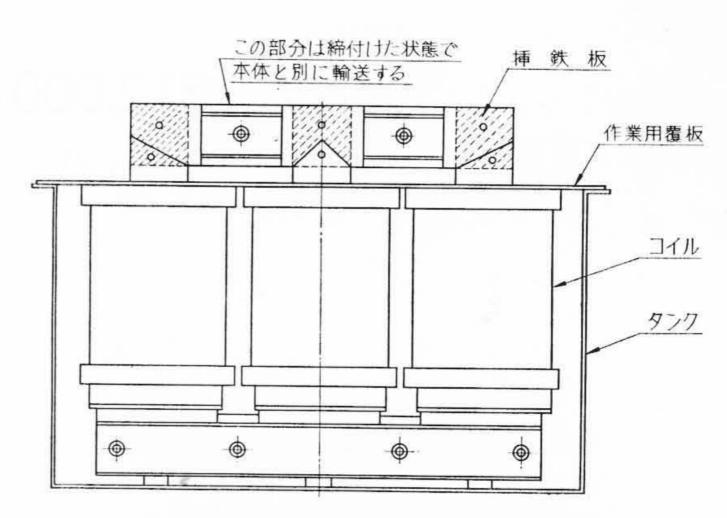
3. 鉄 心 構 造

鉄心材料としては従来の熱間圧延けい素鋼板に比して鉄損,励磁特性,占積率が著しくすぐれている方向性けい素鋼帯を使用した。しかしこれらのすぐれた性能を十分に発揮するためには,鉄心構造,ひずみ取り焼鈍,組立てなどに細心の考慮を払う必要がある。鉄道による組立輸送を行うにあたっては,寸法,重量の制約があり,そのために鉄心は3脚構造とし,輸送の際は,上部継鉄を取外して、中身の組立輸送を行った。このように上部継鉄を取外して輸送することは従来たびたび行われていたが,現地における挿鉄作業において施設の準備,作業日数増加などの不利な点があった。本変圧器においてはその欠点を取り除くために継鉄部の組立法を改善し,作業がじん速,容易であるばかりでなく,角の継ぎ目部分で磁束が圧延方向に通る構造とした。

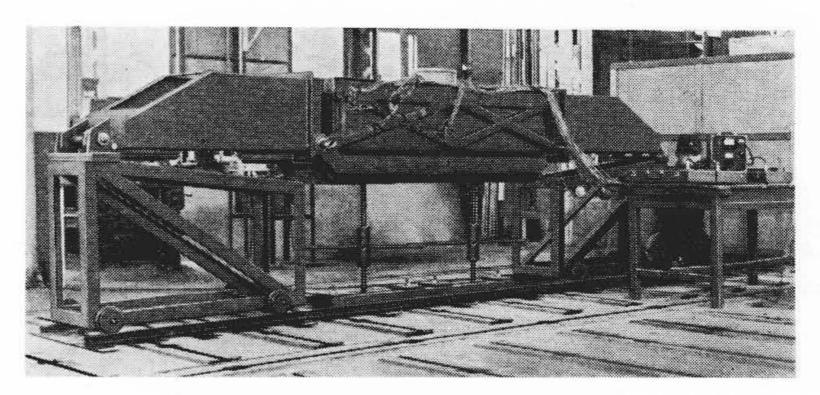
第3回は、その構造を示すもので、継ぎ目はラップジョイントで 図の実線部分は工場で組立た状態のまま現地に輸送され破線で示す 部分を挿鉄する。現地において挿鉄を行う場合はコイルは油漬とし かつおおい板で完全にしゃへいを行い吸湿を防止した。

4. 冷 却 方 式

変圧器の容量が大きくなると冷却の問題は最も重要なものとなってくる。本変圧器においては、タンク周辺にエロフィン管付ユニットクーラを配し、これにより、油を冷却するとともに、クーラにより冷された油を、専用油ポンプで巻線内部に送り込み、巻線の強制冷却を行っている。この巻線の強制冷却は先に 200,000kVA 変圧器⁽²⁾に初めて適用して以来、大形変圧器に採用して良い結果を得ている。巻線内部に送り込まれた油は、各巻線内に設けられたバリヤーによりコイル表面を一様に洗ってジグザグ状に流れ絶縁物中の温度降下、境界面温度降下、および巻線の出入口の油の温度差を低



第3図 継 鉄 部 組 立 説 明 図



第4図 タンク 模型

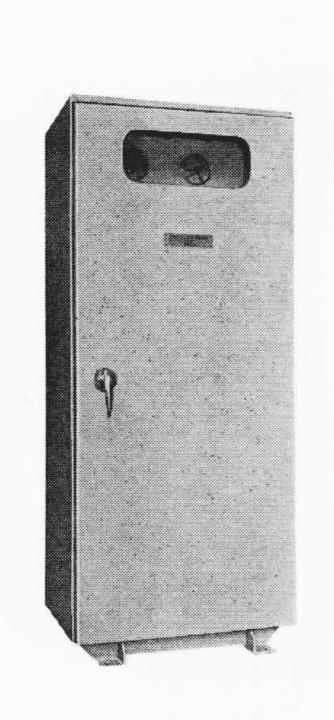
下させ巻線の冷却を効率的に行うことができる。本変圧器の設計製作に当っては実物大の二次元模型により,油の配分を詳細に検討した。

5. 外 部 構 造

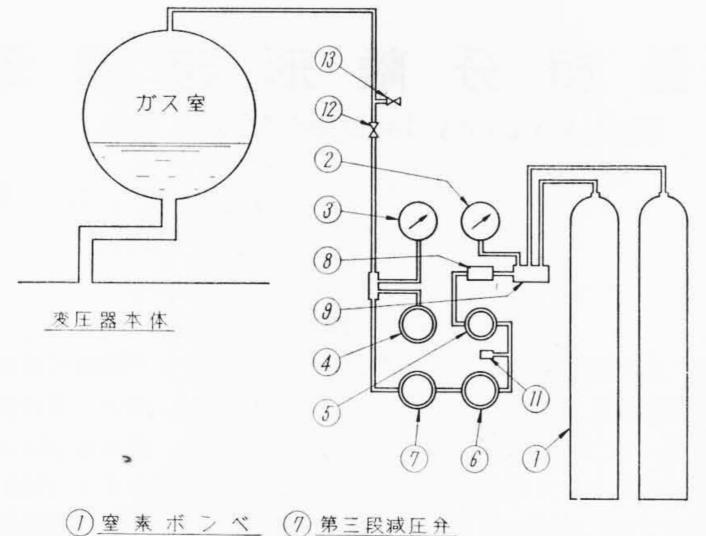
本変圧器の中身は本体タンクに入れて組立輸送を行ったが、輸送 重量、寸法ともに輸送限界に近いため、タンクはプラットフォーム より上の部分は幅を広げるなど、輸送限界寸法を最大限に利用し た。また輸送中の応力に対して安全で、かつ軽量な構造とするため に、第4図に示すような模型により検討を行った。特にヒンジ部分 は応力の集中が起るので孔周辺部に高張力鋼を使用し、各種ヒンジ 構造の模型について光弾性写真により応力分布を検討し、細心の注 意を払って製作された。

本変圧器の窒素ガス封入方式は、窒素ガス圧自動調整装置により、コンサベータガス室のガス圧が低下したときは、ボンベから窒素ガスを自動的に補給し、ガス圧が上昇したときは自動的に放出し、ガス圧を 0.05~0.25 kg/cm² の範囲に保つようにしている。この装置は 第9図に示すように減圧弁、圧力計、連成計および窒素ボンベがケースに収納される。この動作は、ボンベの高圧窒素が第1・2・3の減圧弁により減圧され、圧力が 0.05 kg/cm² 以下になると自動的に開いて窒素ガスを供給し、またコンサベータガス室内の圧力が 0.05 kg/cm² をこせば減圧弁は自動的に閉じ、ボンベからのガスの供給は停止し減圧弁によりボンベが空になるまで、以上の動作を繰返す。また、温度上昇に伴い、ガス圧が 0.25 kg/cm² となると、放圧弁が開き、ガス圧はこれ以上にならないように調整している。なおコンサベータのガス室は本体に取付けている。

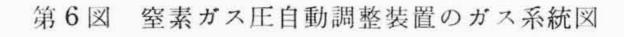
変圧器内部故障の検出、保護用として、従来広く使用されているブッフホルツ継電器は地震の振動で誤動作することがあったので、本変圧器には新しく開発したピトー継電器を取付けた。これは、ブッフホルツ継電器と同様に、故障時の油流、油圧、および気泡により、継電器を動作させるものである。重故障素子は、コンサベータと本体との接続パイプ中を通る油流の動圧をピトー管でとり、これ



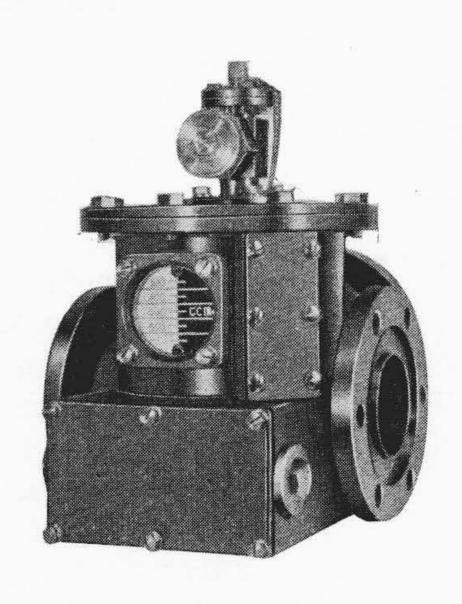
第5図 窒素ガス圧自動調整装置



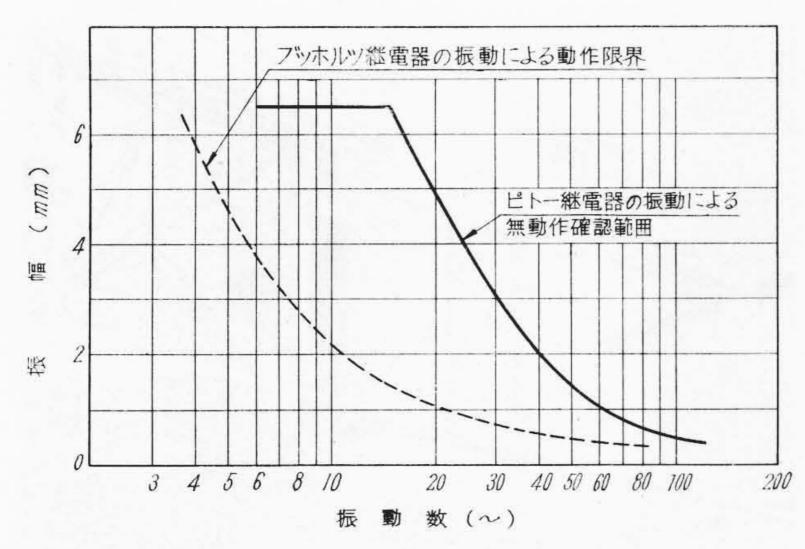
- 窒素ボンベ 圧力計(ボンベ圧力)
- (8)フィルター 連成計(タンク圧力) (10) ターミナルボード
- (5) 第一段減圧弁 6 第二段減圧弁 (72)停 止 弁



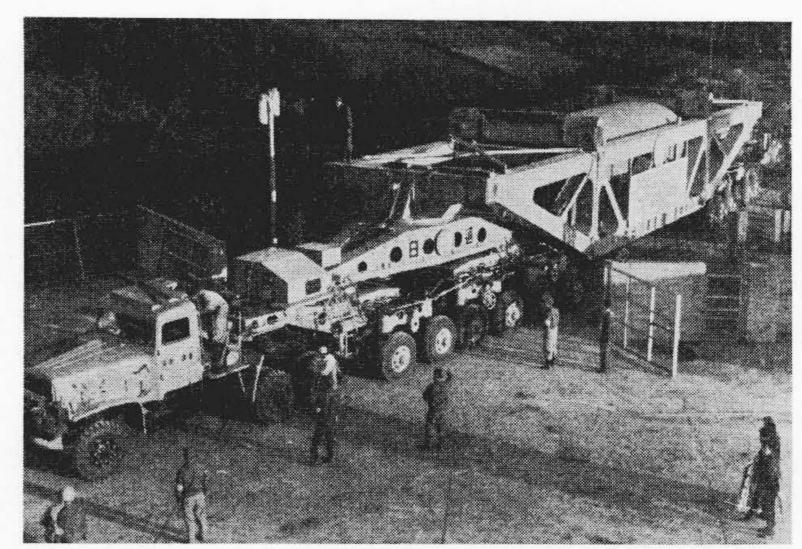
(13) ガス検出弁



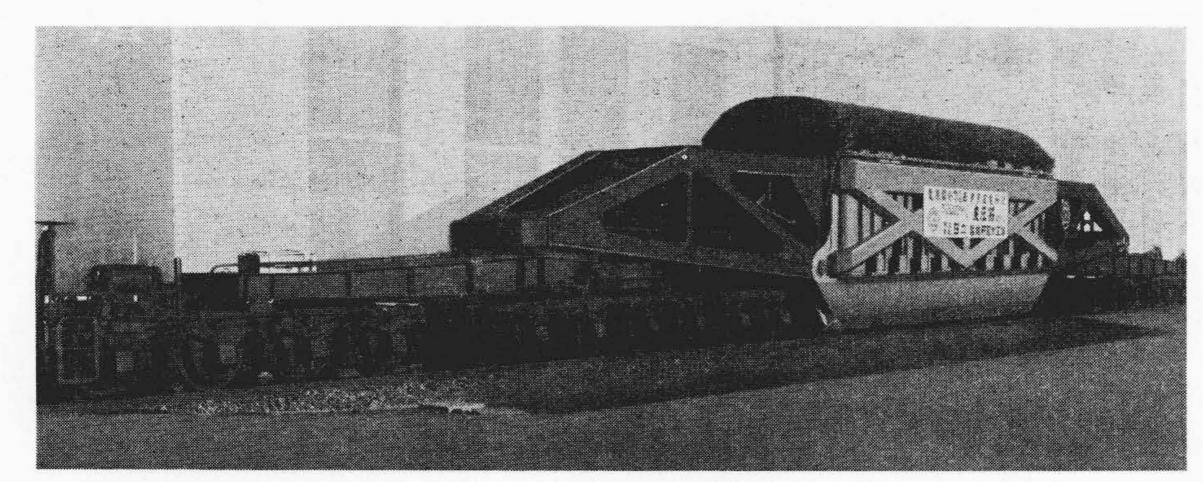
第7図 ピトー継電器



第8図 ピトー継電器とブッフホルツ継電器の振動特性の比較



300 t 積トレーラにて輸送中の 275 kV 312,000 kVA 変圧器



第9図 シキ300号貨車で輸送中の275 kV 312,000 kVA 変圧器

によりベローを動かし、ベローに取付けてあるマグネットでリード スイッチを動作させるものである。軽故障素子も、浮子に取付けて あるマグネットでリードスイッチを動作させるもので、特に振動に より浮子が動かないように振動防止のおおいを取付けてある。

第8図はブッフホルツ継電器とピトー継電器の振動による動作限 界の比較を示した。ピトー継電器については,振動試験器の能力の 限界のため,動作限界点を見出すことはできず,無動作を確認した 範囲を示したが耐振動特性は大幅に改善されている。

6. 輸 送

以上述べたように巻線、鉄心、タンク構造の進歩により、小形軽

量化に成功し、組立輸送を行った。常陸 多賀―橋本間の国鉄は積截量 210 t のシ キ300号特殊貨車により、橋本一変電所 間の道路は日立製作所笠戸工場で製作し 日本通運株式会社に納入した300 t 積ト レーラを使用して輸送した。第9,10図は 輸送中の写真である。

7. 結

記録的超高圧大容量変圧器で, しかも 鉄道による組立輸送を行った本変圧器 は,いくたの大容量変圧器の製作経験を

基にし, さらに新しい技術の開発, 生産および試験設備の総合力を 発揮して製作されたものである。近い将来さらに大容量, 高電圧の 変圧器が要求される情勢にかんがみ, 総力をあげてその体勢をと とのえつつあるので遠からずその一端を報告できることと思う。

- (1) 小川: 日立評論 38,537 (昭 31-4)
- (2) 小川, 栗田: 日立評論 40, 796 (昭 33-7)
- 首藤: 日立評論 別冊 No. 7, 15 (昭 29-7)
- (4) 首藤: 日立評論 別冊No.5 63 (昭 28-12)
- (5) 特許第 219478 号