# 変圧器の組立輸送について

On the Transportation of the Transformers

栗 山 卓\*

### 内 容 梗 概

変圧器の組立輸送は、絶縁の信頼度、工事期間の短縮、経費の節減など幾多の利点を有するが、我国においては輸送上の悪条件から進歩が遅れていた。近時、変圧器単位容量の増加にともない、組立輸送の問題がますます重要視されるようになり、変圧器製造業者が専用貨車をもつようになつて、組立輸送の記録が大幅に更新された。

日立製作所においても,日本最初の 16 軸大型貨車を製作私有し,中部電力に 99,000 kVA (等価容量 117,000 kVA) 変圧器の組立輸送に成功した。今後珪素鋼板の発達と巻線,鉄心構造の改善により,200,000 kVA 級の組立輸送も可能となつた。

## [1]緒言

変圧器を組立輸送すると絶縁の信頼度,工事期間の短縮,現地組立室の不要による経費の節減など有形無形の利益は甚大である。

ここに,組立輸送上の諸問題について説明し,参考に 供したい。

### [II] 組立輸送の発達

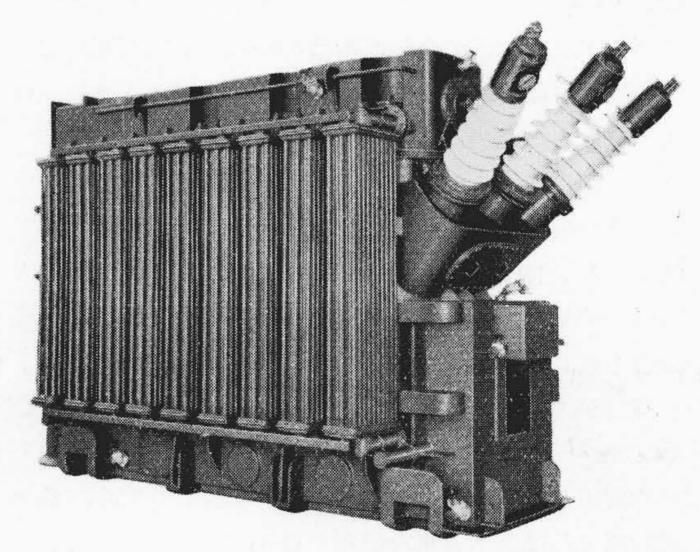
諸外国においては、はやくから大容量変圧器の組立輸送が実施され、とくにドイツにおいては、すでに1929 年に三相変圧器を5 脚鉄心として、220/110/10 kV 100,000 kVA<sup>(1)</sup> 1952 年には、245/10.5 kV 150,000 kVA変圧器、さらにつづいて 245/10.5 kV 200,000 kVA変圧器をコンサベータのみをはずした組立輸送を行つている<sup>(2)</sup>。米国においても最近 GE 社が 220 kV 125,000 kVA変圧器を低床貨車により組立輸送をし、WH 社も161 kV 300,000 kVA変圧器をワンピースタンク (One piece tank) として組立輸送を行つている。

我国においては、道路の不備、鉄道の狭軌、トンネルの多いことなどによつて、極度に輸送能力が制限されているが、最近、変圧器単位容量の増加にともない組立輸送の研究も進み急速に発達した。単相器として輸送し現地据付の際、共通のカバー、ベースを使用して三相器と同様の外観を有する特別三相式変圧器<sup>(3)</sup>の出現、新しく考案された複合三相変圧器<sup>(4)</sup>など、275 kV 200,000 kVA級変圧器も容易に組立輸送が可能となつた。

第1図は我国における,変圧器単位容量の増加と,鉄 道輸送の発達を示す(多巻線の変圧器については最高出 力を表す)。第1図よりあきらかなごとく,1941年から 約10年の間は戦争の影響により,変圧器の進歩も少 く,1950年になりようやく急激な発達をみたわけで ある。すなわち,140kV級の組立輸送の限界は単相で

第1図 変 圧 器 容 量 の 変 遷 Fig. 1. Capacity Record of Transformer in Japan

25,000 kVA, 三相で 30,000 kVA 程度までと考えられていたが、わずか数年間に 99,000 kVA 変圧器の組立輸送に成功していることは意義深い。

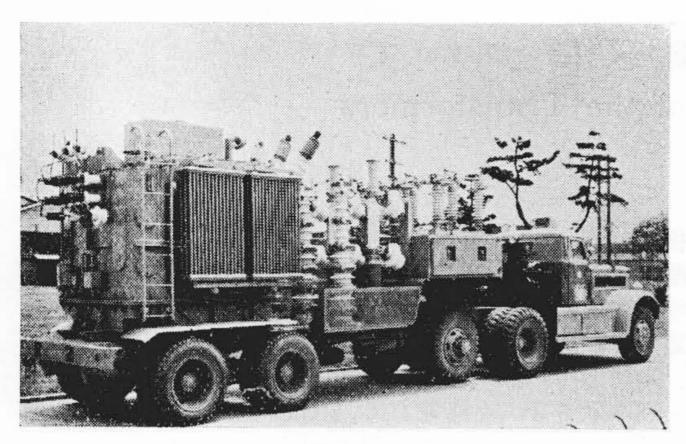


第2図 3,000 kVA 66/3.45 kV 三相負荷時タップ 切換変圧器

Fig. 2. 3,000 kVA 66/3.45 kV 3-Phase Transformer with On-load Tap Changing Equipment

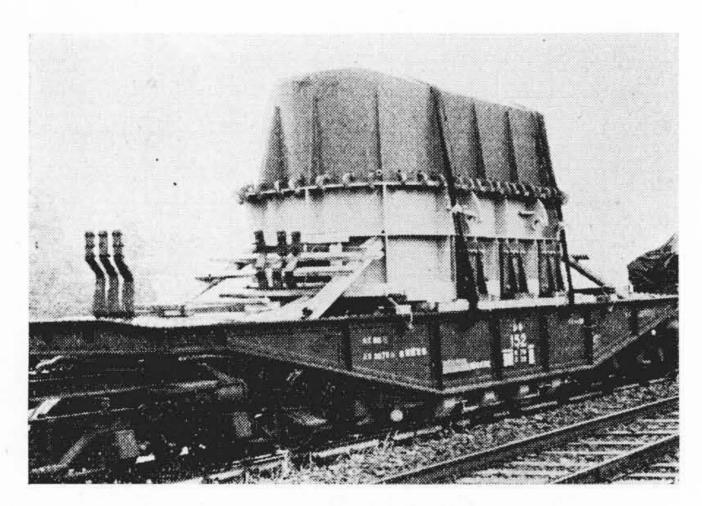
<sup>220</sup> 200 180 製作 160 140 120 100 令 一輸送 80 60 40 20 1960 1940 1930 1950 1920

<sup>\*</sup> 日立製作所日立国分分工場



第3図 1,500 kVA 33-22/6.9-3.45 kV 三相移動変電所用変圧器

Fig. 3. 1,500 kVA 33-22/6.9-3.45 kV 3-Phase Transformer for Transportable Sub-Station



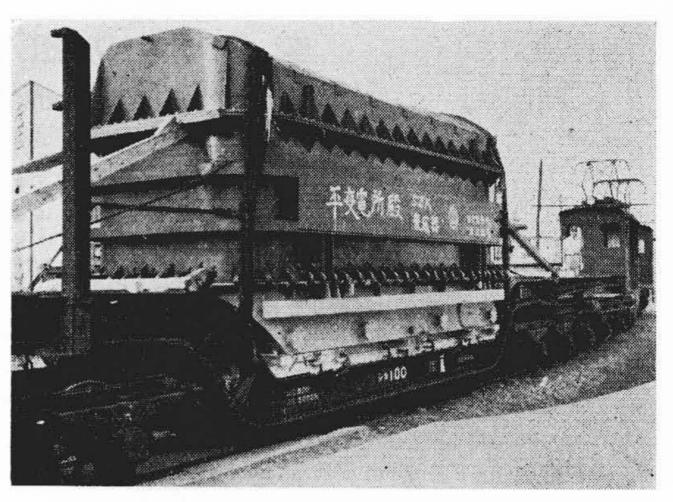
第4図 輸送中の 30,000 kVA 変圧器 Fig. 4. 30,000 kVA Transformer under Transportation

1,000~6,000 kVA 級の、中容量変圧器についてもラジェータ、ブッシングおよびコンサベータなどを取外して輸送、現地において組立ることが常識であつたが、1953年日立製作所において全装可搬型6,000 kVA 三相変圧器<sup>(5)</sup>を完成して以来、第2図のごとく、全装備のまま組立輸送するようになつた。

また非常用として変圧器,避雷器,断路器を組合せトレーラ輸送するいわゆる移動簡易変電所も要望された。 第3図は,関西電力姫路変電所納 33-22/6.9-3.45 kV 1,500 kVA 変圧器であり,好調裡に運転をつづけ,その目的を果している。

容量が大きくなると、ラジエータ、ブッシングおよび コンサベータをはずすことになり、さらに輸送用のカバーを使用し、第4図および第5図に示すように、低床 式貨車または落込貨車を使用し輸送する。

しかしながら最近の変圧器単位容量の増大に対して は,国鉄所有の貨車では満足されず変圧器輸送に便利な 輸送専用車を変圧器製造者が私有するようになつた。



第5図 輸送中 50,000 kVA の変圧器 Fig. 5. 50,000 kVA Transformer under Transportation

日立製作所も国鉄の建設規定および輸送上の諸問題を検討し、日本最初の16軸ボギー大物貨車シキ140号<sup>60</sup>をもつて、東京電力株式会社京北変電所66,000 kVA変圧器を最初に第1表に示すごとく、延べ1,000,000 kVA以上の変圧器を輸送したが、さらに大型変圧器の輸送にそなえて研究をつづけている。

# [III] 組立輸送に関する二,三の問題

大容量変圧器を組立可能とすることは性能の低下を避けて、いかにして重量を軽減し輸送限界寸法に入る形状とするかということになる。この点に関し、説明を加えたい。

数年来珪素鋼板の損失は飛躍的に向上し 10 キロガウ

第 1 表 組立輸送せる大容量変圧器 Table 1. Transportation of Large Capacity Transformers

約		人		先	容量 (kVA)	電 圧(kV)	台数	製作年
東	京	電	カ	(京 北)	66,000	154/66/11	1	1954
東	北	電	カ	(東新潟)	33,000	154/66/10.5	1	1954
東	北	電	力	(平)	50,000	154/66/10.5	1	1954
東	京	電	カ	(京 北)	66,000	154/66/11	1	1955
東	京	電	力	(京 南)	66,000	154/66/11	1	1955
東	京	電	力	(新東京)	81,000	12.6/66	2	1955
東	北	電	力	(上 越)	50,000	161/66/10.5	1	1955
東	京	電	カ	(東千葉)	66,000	154/66/11	1	1956
関	西	電	力	(古川橋)	66,000	147/77/10.5	2	1956
中	部	電	カ	(岩 倉)	99,000	147/77/22	1	1956
九	州	電	力	(大 村)	73,000	12.6/69	1	1956
北	陸	電	カ	(富山)	80,000	154/66/10.5	1	1956
東	京	電	力	(高 輪)	45,000	66/22	2	1957
1771	京		カ	(新東京)	92,000	12.6/66	1	1957
	1 604 813			(華 川)	30,000	161/66/10.5	1	1956

ス 50~で 0.90 W/kg 級のものが多量に国内で生産されるようになつたが、磁化特性は従来品と大差なくこれによる重量の軽減まではえられなかつた。最近冷間圧延珪素鋼板が製作されるようになつたがいまだ国内の需要を満すにいたつていない。

冷間圧延珪素鋼帯は鉄損失が非常に少いばかりでなく, 第6図に示すように磁化特性が非常にすぐれているので, これを使用することにより変圧器の輸送制限容量が驚異的に拡大される。

輸送寸法は高さの方向がもつとも制限を受ける。外鉄型においては横倒し輸送などが採用されているが,三相内鉄型においては第7図に示すように3脚を5脚構造とすることにより,鉄心高さの比  $H_5/H_3$  を  $80\sim95$  %程度に低くすることができ輸送の限界をあげることが可能となる。また単相の場合も第8図に示すように,2脚を4脚とし,さらに5脚,6脚……とすることにより,輸送限界容量を  $32 \cdot 42$  倍……に拡大することができる。

鉄心と同様に巻線の高さを低くしなければならない場合もある。内鉄型の変圧器においては、高さと幅をある程度自由に選択できるが一般に高さを低くすればインピーダンスが増す。

むやみに高さをつめて、インピーダンスを大きくすると電圧変動率が大となり、かつ系統の安定度を悪化せしめるのでおのずから限度があり電圧階級により一応の基準が決められている。インピーダンスの増大を防ぐため低圧巻線分割配置構造が採用される。これは低圧巻線を二つに分けて、高圧巻線をはさんだ構造で変圧器を小型化することができる。

このほかに段絶縁の採用,冷却の改善など直接に輸送の問題に関係する事項もある。

### [IV] 99,000 kVA 変圧器の輸送

中部電力株式会社岩倉変電所納 99,000 kVA 変圧器は,佐久間発電所の受電側である,電源開発株式会社名古屋変電所からの二次変電所用として製作したものですでに運転を開始している。

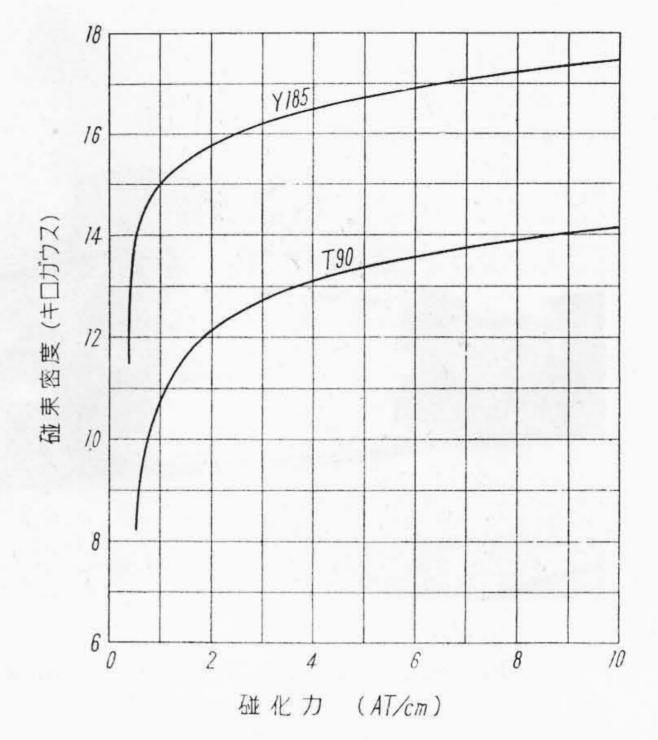
### この仕様は

型式 送油風冷式・屋外用・窒素封 入式コンサベータ付

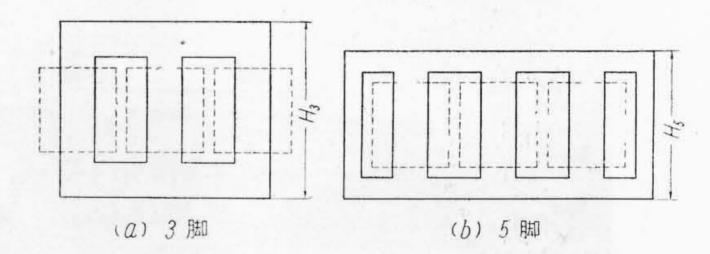
出力 90,000/99,000/45,000 kVA

電圧 147/77/22 kV

であり、制振遮蔽の採用による絶縁 の強化、騒音の低減などの特長を有 するほかに国鉄による組立輸送の変 圧器としては、我国最大の容量であ



第6図 交 流 磁 化 特 性 Fig. 6. A.C. Magnetizing Characteristics

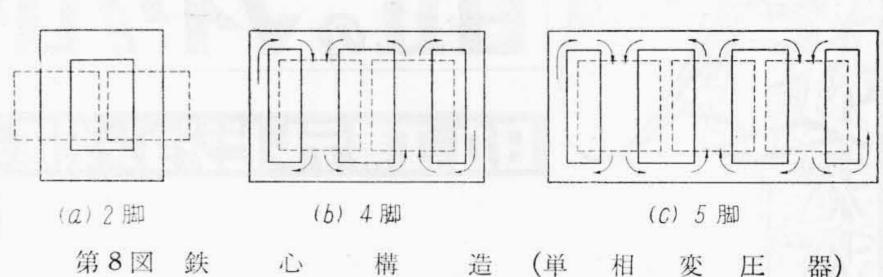


第7図 鉄 心 構 造 (三相 変 圧器) Fig. 7. Construction of Core (3-Phase Transformer)

る。第9図は特大貨車による輸送姿,第10図は現地を輸送中の写真である。輸送姿における寸法・重量は次の通りである。重量(窒素ガス封入)140,000 kg 幅2,820 mm 高さ4,050 mm 長さ7,400 mm であり、輸送上とくに考慮を払つた点は5脚鉄心構造として高さを低くし、数多くの組立輸送の経験を基に、鋼板の材料試験・光弾性による応力分布の確認など、慎重な設計製作により成功をおさめた。

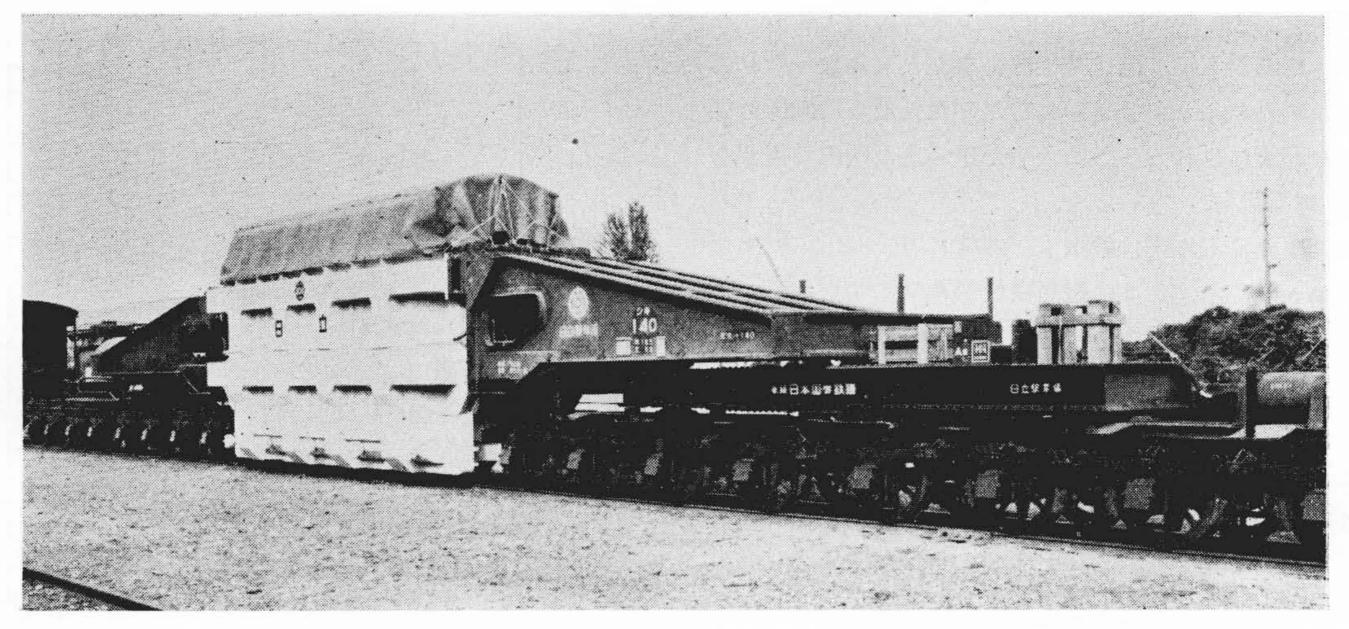
### [V] 結 言

画期的な 99,000 kVA 変圧器の組立輸送に成功し、す

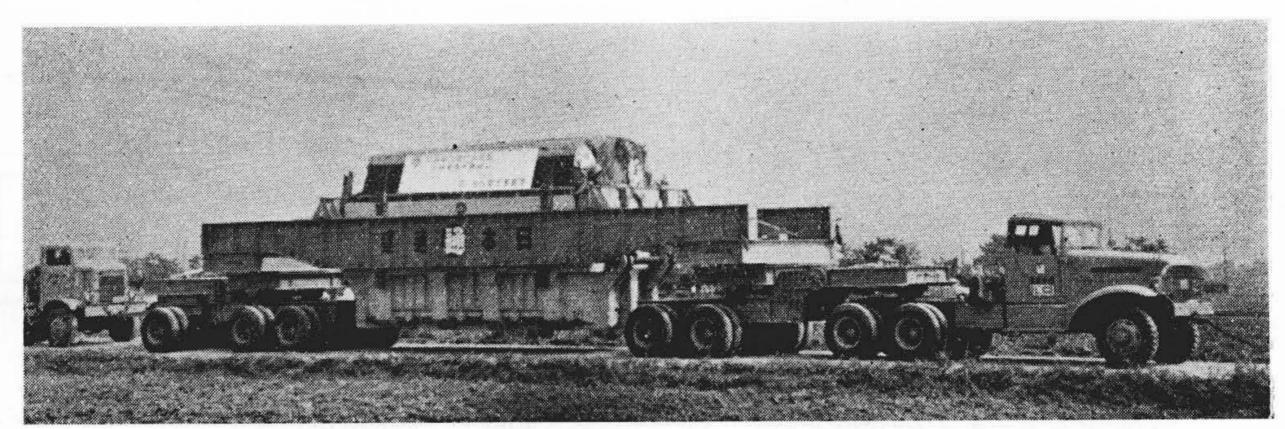


第8回 鉄 心 構 造 (単 相 変 圧 器) Fig. 8. Construction of Core (Single-Phase Transformer)

第 38 巻 第 12 号



第9図 シキ 140 貨 車 で 輸 送 中 の 99,000 kVA 変 圧 器 Fig. 9. 99,000 kVA Transformer under Transportation by SHIKI 140 Freight Car



第10図 現 地 輸 送 中 の 99,000 kVA 変 圧 器 Fig. 10. 99,000 kVA Transformer under Transportation at the Field

でに運転を開始した。この機会に,変圧器輸送の変遷と 輸送上の諸問題について述べた。今後なお輸送上の改善 をはかり,さらに大容量変圧器の輸送に努力したい。

終りに,特大貨車の輸送に対し,当初から援助を賜わった鉄道技術研究所三木課長,中村技師ならびに水戸鉄 道管理局の諸賢に深甚の謝意を表したい。

#### 参考文献

- (1) 宮本: 東芝技報 昭和 18 年 P 530
- (2) R. Elsner: ETZ-A Heft 20 1955 P 736
- (3) 田宮, 村上: 三菱電機 昭和 30 年 P 656
- (4) 日立製作所: 特許出願中
- (5) 斎藤: 日立評論 昭和 28 年 P 1415
- (6) 飯島, 大江: 日立評論 昭和 30 年 P 623

