

大 容 量 電 力 用 コ ン デ ン サ

Large Power Capacitors

齋 藤 亮 二* 山 中 敬 二*
Ryoji Saitō Keiji Yamanaka

内 容 梗 概

近時変電所設備費の節減を計るため単器容量の大形化が望まれる気運にある。大容量コンデンサの製作にあたり第一に問題となる点は温度上昇である。今回 1,200 kVA コンデンサを製作し試験を行った結果、1,400 ~ 1,500 kVA コンデンサの製作が可能であることがわかった。また保守に便ならしめるためコンデンサの外箱最高温度上昇値と内部最高温度上昇値との関係を示した。

1. 緒 言

変電所の床面積を縮少し設備費の節減を計るために最近の進相用コンデンサは大容量変電所用のみならず中小容量変電設備においても単器容量の大形化が望まれている。

大容量コンデンサの製作にあたって最も重要な問題は温度上昇である。電気標準規格 JEC-61 によれば、コンデンサの温度は外箱の温度上昇値のみが規定されていて内部素子の温度は構造上測定困難のため規定されていない。しかしコンデンサの寿命を左右するものは内部の最高温度であって外箱の温度ではないから、われわれ製作者は絶えずこの点に留意して温度上昇の低減に努力を続けている。さきに 417 kVA コンデンサの内部温度分布について発表した⁽¹⁾、その後の絶縁材料の特性向上と絶縁処理技術の進歩による誘電損失の著しい低減と、冷却構造の合理化による温度上昇の低下により大容量コンデンサの製作が可能となり、さきに 720 kVA コンデンサにより温度上昇値を検討したが、さらに今回 1,200 kVA コンデンサを製作して内部温度分布を詳細に検討した。その結果冷却構造は現状のままで 1,400 ~ 1,500 kVA 程度のコンデンサの製作が可能であり、しかもこれらは著しい利点をもつことが確められたのでこれを記して御参考に供する次第である。

2. 大形コンデンサの利点

電気標準規格 JEC-61 が制定された 1942 年ころまではコンデンサの単器容量はせいぜい 300 kVA 止りであったが、その後単器容量は年々大きくなる傾向にある。

単器容量が大きくなると次のような利点がある。

(1) 据付面積が小さくなり設備価格が低廉となる

10,000 kVA 群を 417 kVA 単相コンデンサ 24 台で構成する場合と 834 kVA コンデンサ 12 台で構成する場合の配置図を第 1 図と第 2 図に示す。図より明らかなように単器容量が大きくなると設備面積ならびに

機器の製作費用が大幅に減少する。さらに大容量変電所の例として 66kV 50 ~ 30,000 kVA コンデンサ群について比較すると第 1 表のようになる。また中容量変電所の例として 3.3kV 50 ~ 2,000 kVA コンデンサ群について示すと第 2 表のようになり、いずれの場合も大容量器の採用が経済的に有利であることがわかる。

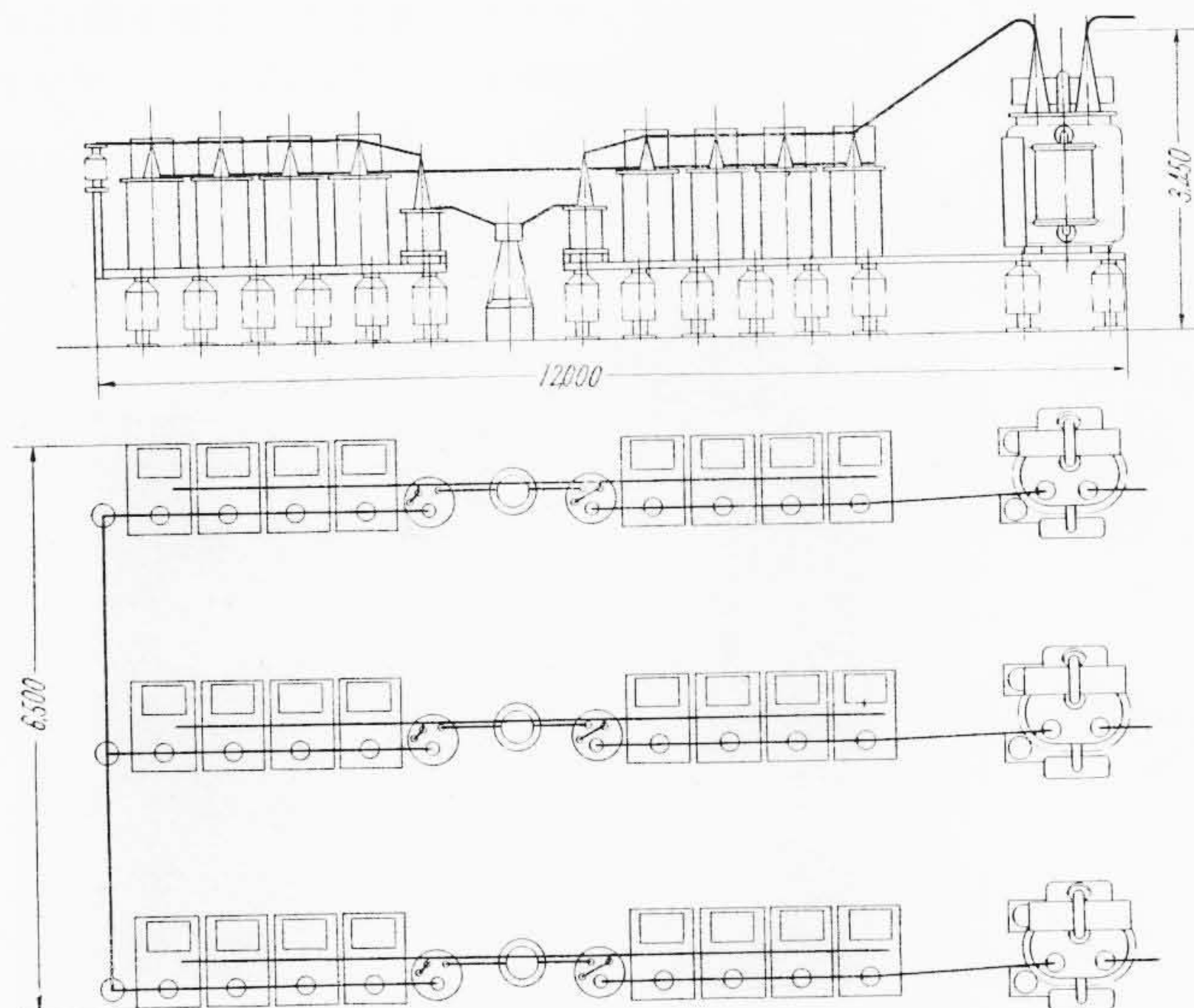
(2) 保護が容易になる

一般に星形接続のコンデンサ群では、中身の一素子が絶縁破壊した場合の事故検出法として電圧差動継電方式が採用されている。この場合検出感度は各相コンデンサの直並列台数と各コンデンサの直列素子数によって左右される。一例として第 1, 2 図に示した 10,000 kVA コンデンサ群について事故時継電器端子に現われる電圧を計算すると後者は前者の 186% となる。すなわち大容量器を使用し各相の並列台数を減少することが検出感度を上げるのにきわめて有効である。

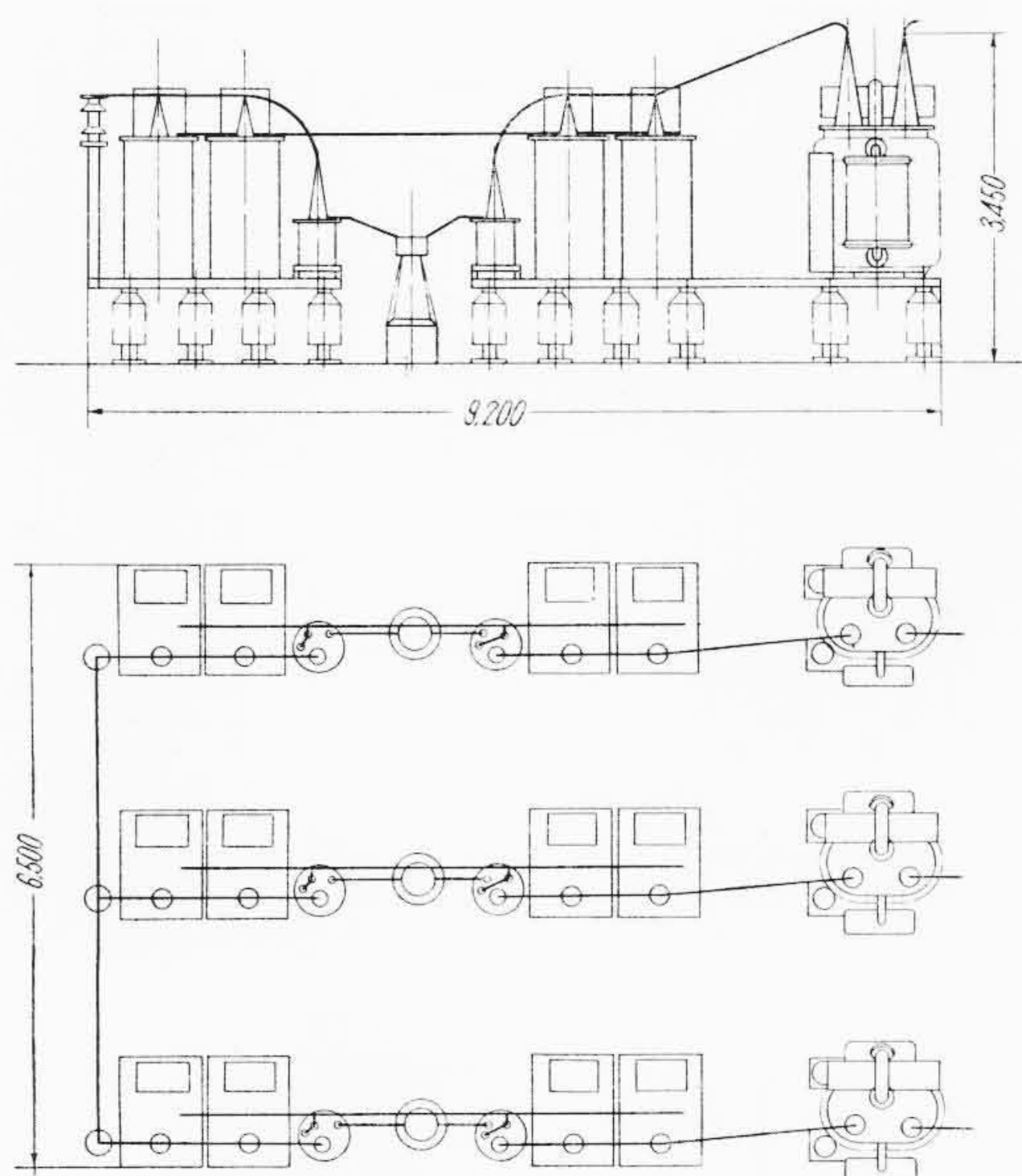
3. コンデンサの温度上昇

コンデンサの温度上昇は電気標準規格 JEC-61 によれば外箱最高温度部において 25°C 以下と規定され、内部素子の温度上昇については規定されていない。これはほかの電気機器と異なり構造上測定が困難なこと、および規格制定当時最大単器容量と考えられていた 300 kVA コンデンサについて各社製品の温度上昇値が 25°C 以下であったことから判断してこの程度が妥当であろうと考えられたためである。しかし実際コンデンサの使用上問題となるのは外箱の温度ではなく誘電体内の最高温度であって、これが高すぎるとコンデンサの寿命を著しく短くする。単器容量が大きくなると発熱量の増大に比して冷却面積の増加の割合が小さいので温度上昇値が高くなることは避けられない。しかし規格制定当時に比べ最近では絶縁材料の特性向上と絶縁処理技術の進歩により誘電体損失が大幅に減少した。第 3 図は最近数年間におけるコンデンサ損失減少の傾向を示す。すなわち従来の標準紙を使用したコンデンサに比べ低密度高気密度紙を使用した現在のコンデンサは著しく改善されていることがわ

* 日立製作所国分工場



第1図 417 kVA 単相コンデンサ 24 台よりなる
10,000 kVA 66 kV コンデンサ群配置図



第2図 834 kVA 単相コンデンサ 12 台よりなる
10,000 kVA 66 kV コンデンサ群配置図

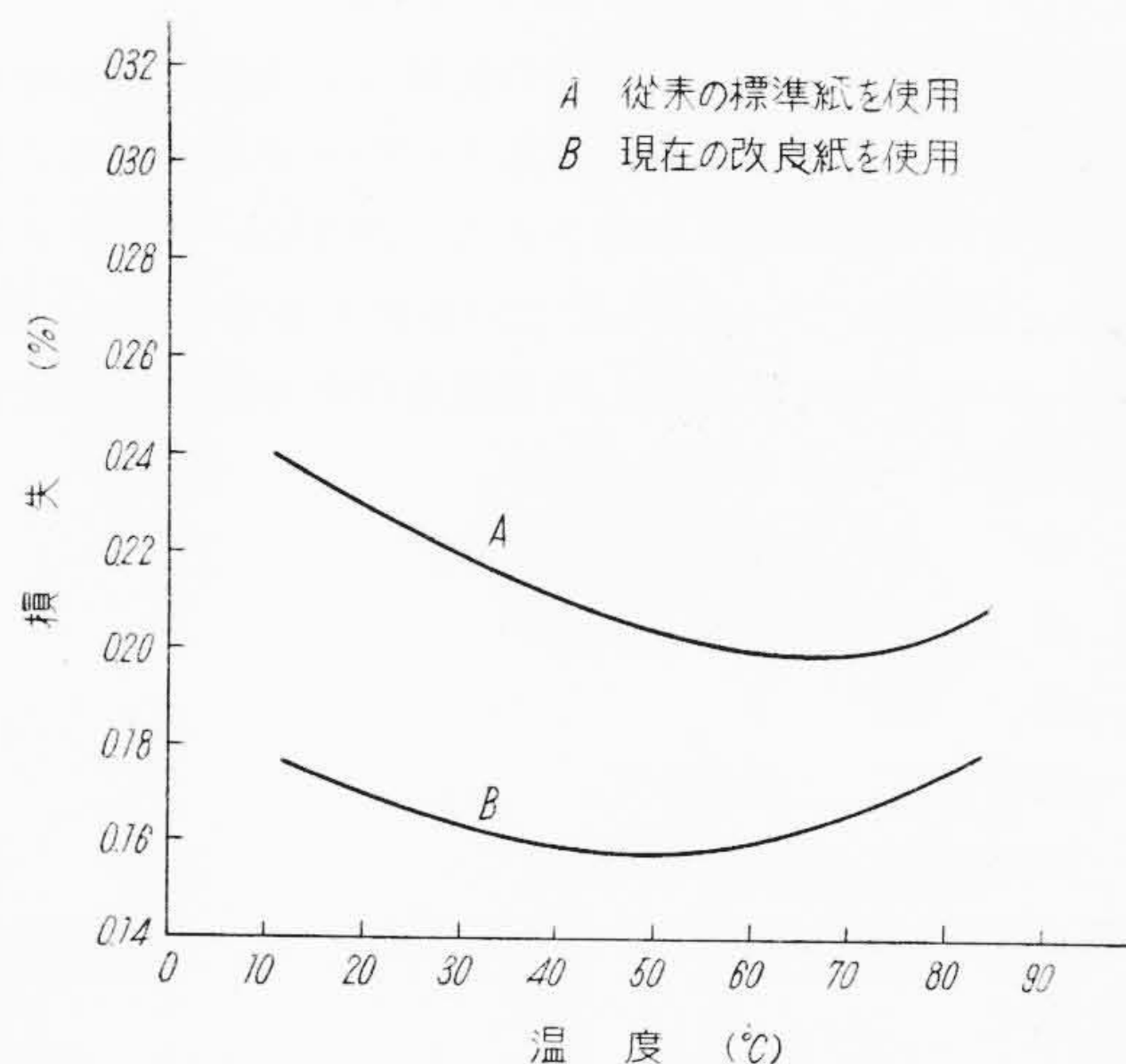
第1表 30,000 kVA 群における比較

構 成	コンデンサ価格	コンデンサ据付面積
417 kVA × 72 台	100	100
625 kVA × 48 台	90	80
1,000 kVA × 30 台	82	65

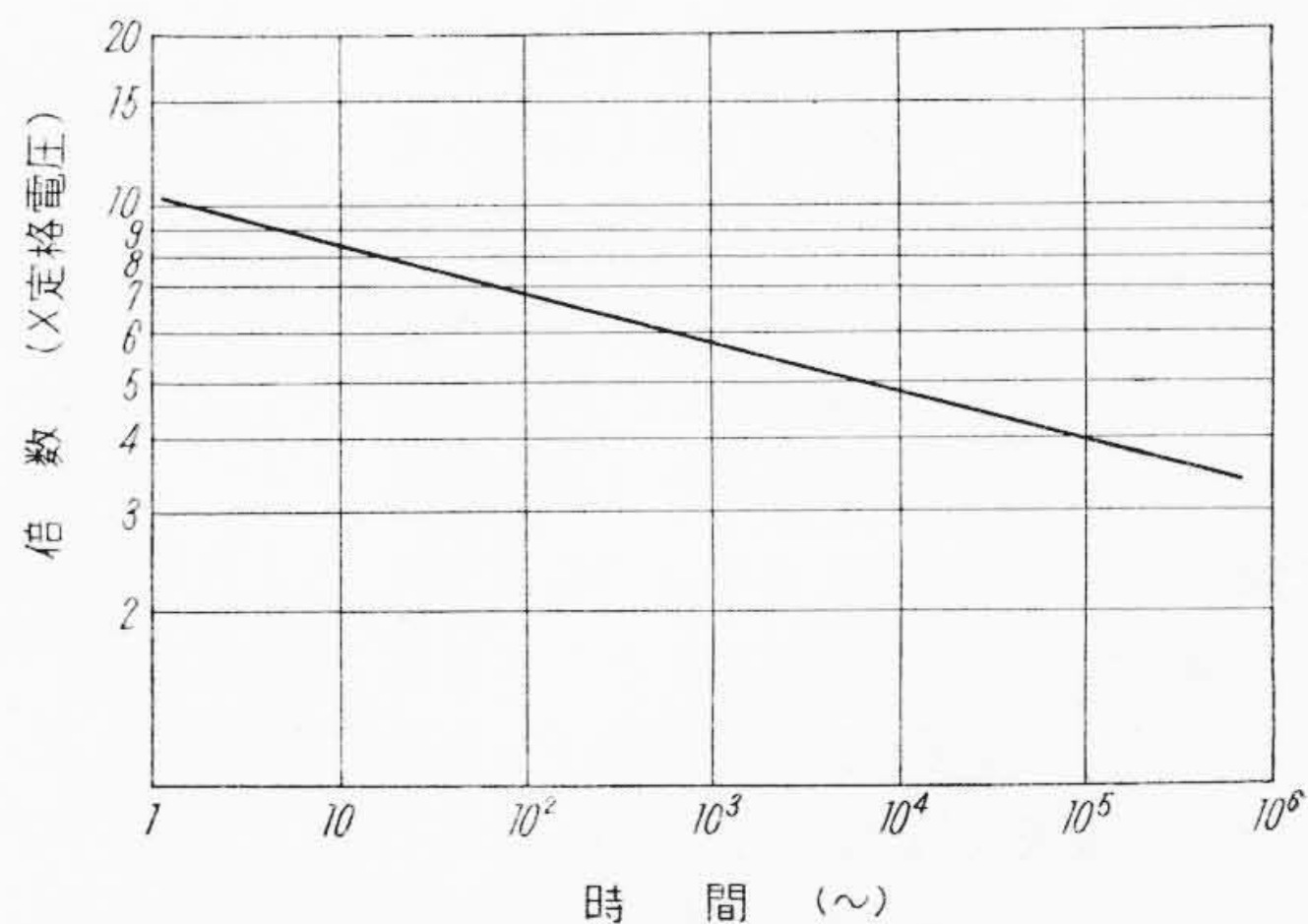
第2表 2,000 kVA 群における比較

構 成	コンデンサ価格	コンデンサ据付面積
250 kVA × 8 台	100	100
1,000 kVA × 2 台	75	60

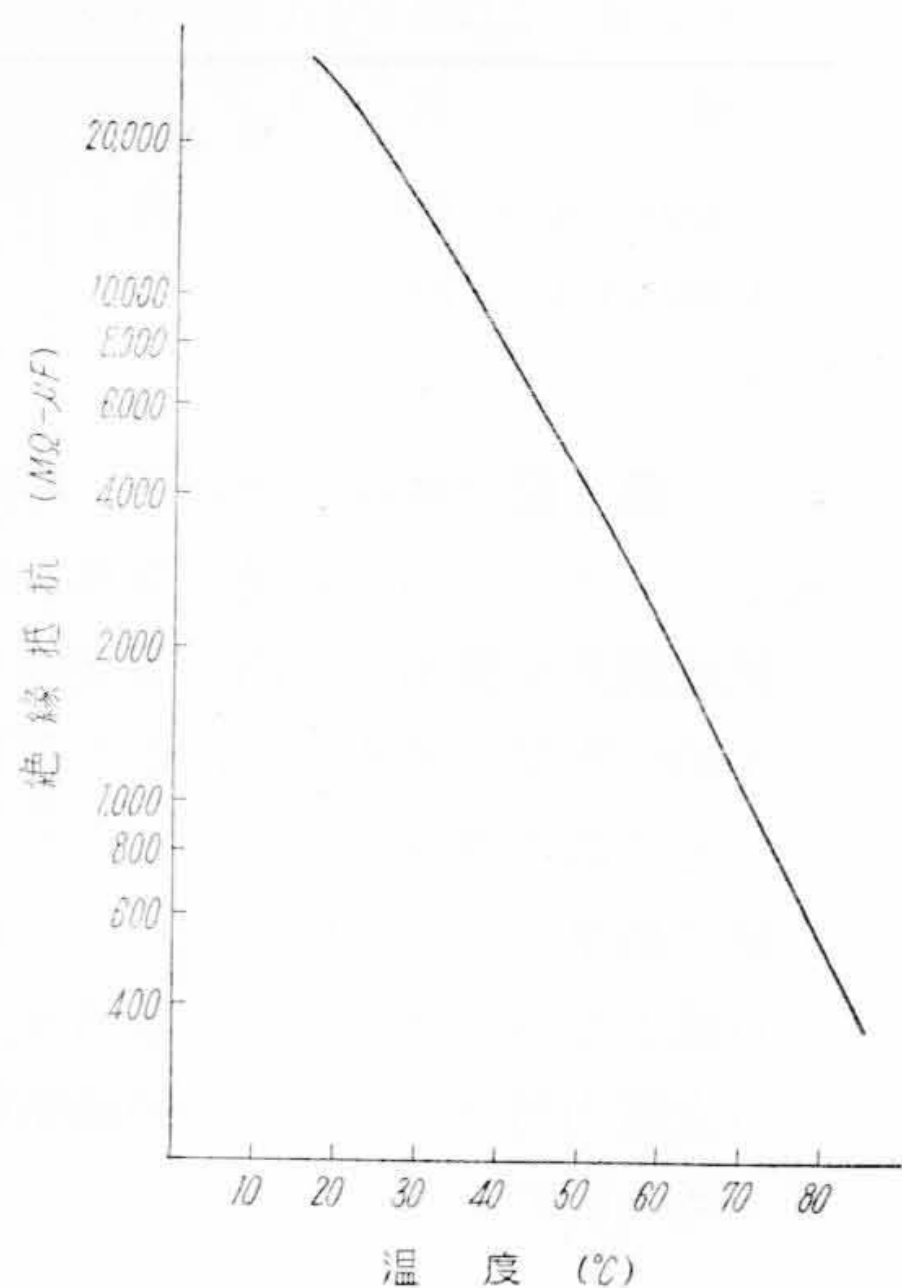
かる。第4図は絶縁破壊電圧—時間特性の向上を示す。さらに効果的な冷却構造および絶縁構造を採用して内部温度分布の著しい不均一をなくすることにより最高温度をいっそう低下させることができた。これらの総合結果として大容量コンデンサの製作が可能となってきた。なお参考までに最近の日立電力用コンデンサの絶縁抵抗値を示すと第5図のとおりである。



第3図 コンデンサの損失温度特性曲線



第4図 絶縁破壊電圧時間特性



第5図 コンデンサの絶縁抵抗温度特性曲線

4. 温度上昇試験

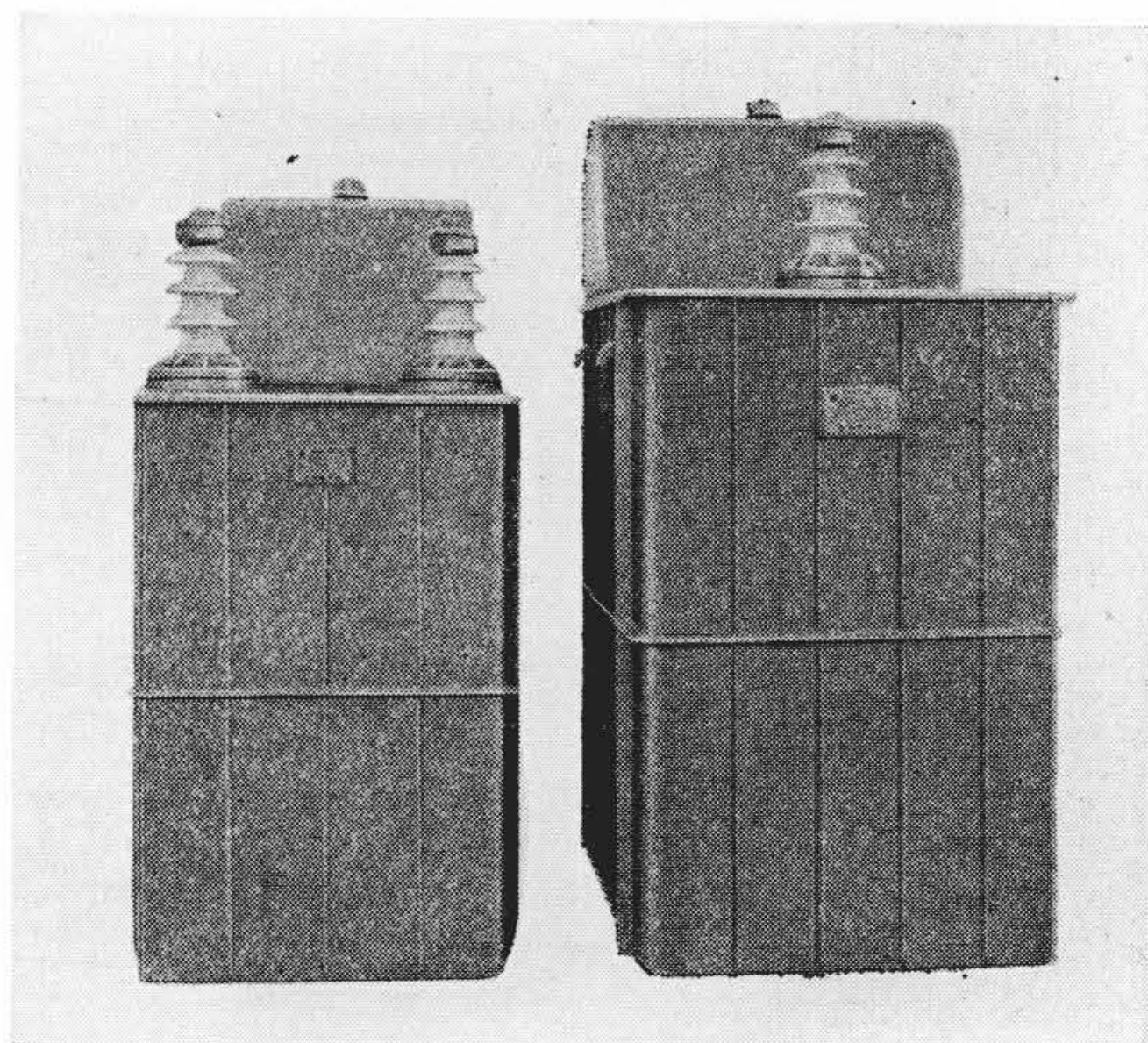
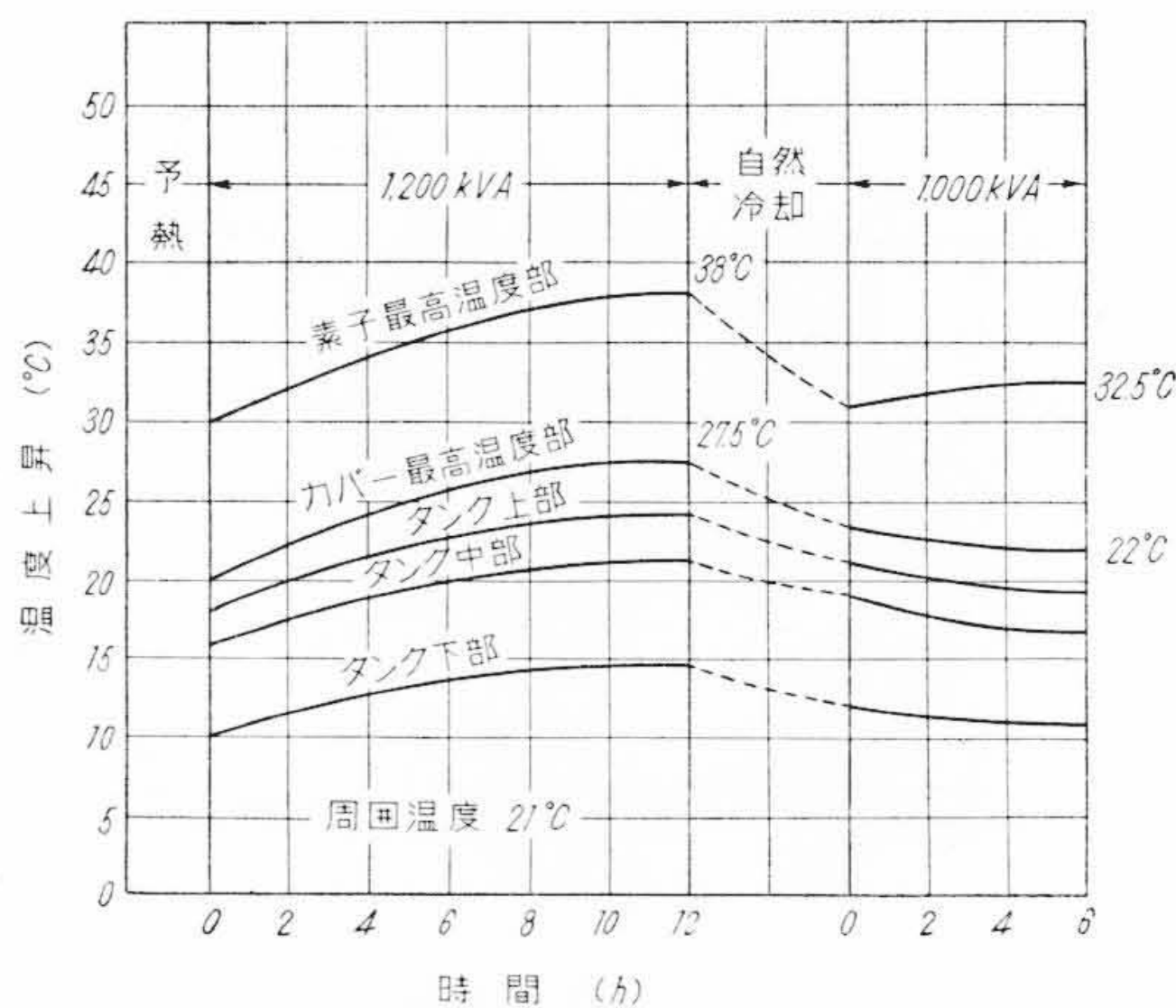
大容量器の温度上昇は損失の低減および合理的な冷却構造の採用により十分余裕のあるものとする事ができるが、これを確認するためさきに 720 kVA コンデンサについて試験を行い、さらにこの結果を参考として 1,200 kVA コンデンサを製作し内部温度分布を詳細に検討した。仕様は下記のとおりである。

容量	1,200 kVA
周波数	60~
相数	3
定格電圧	19,000 V
回路電圧	66,000 V

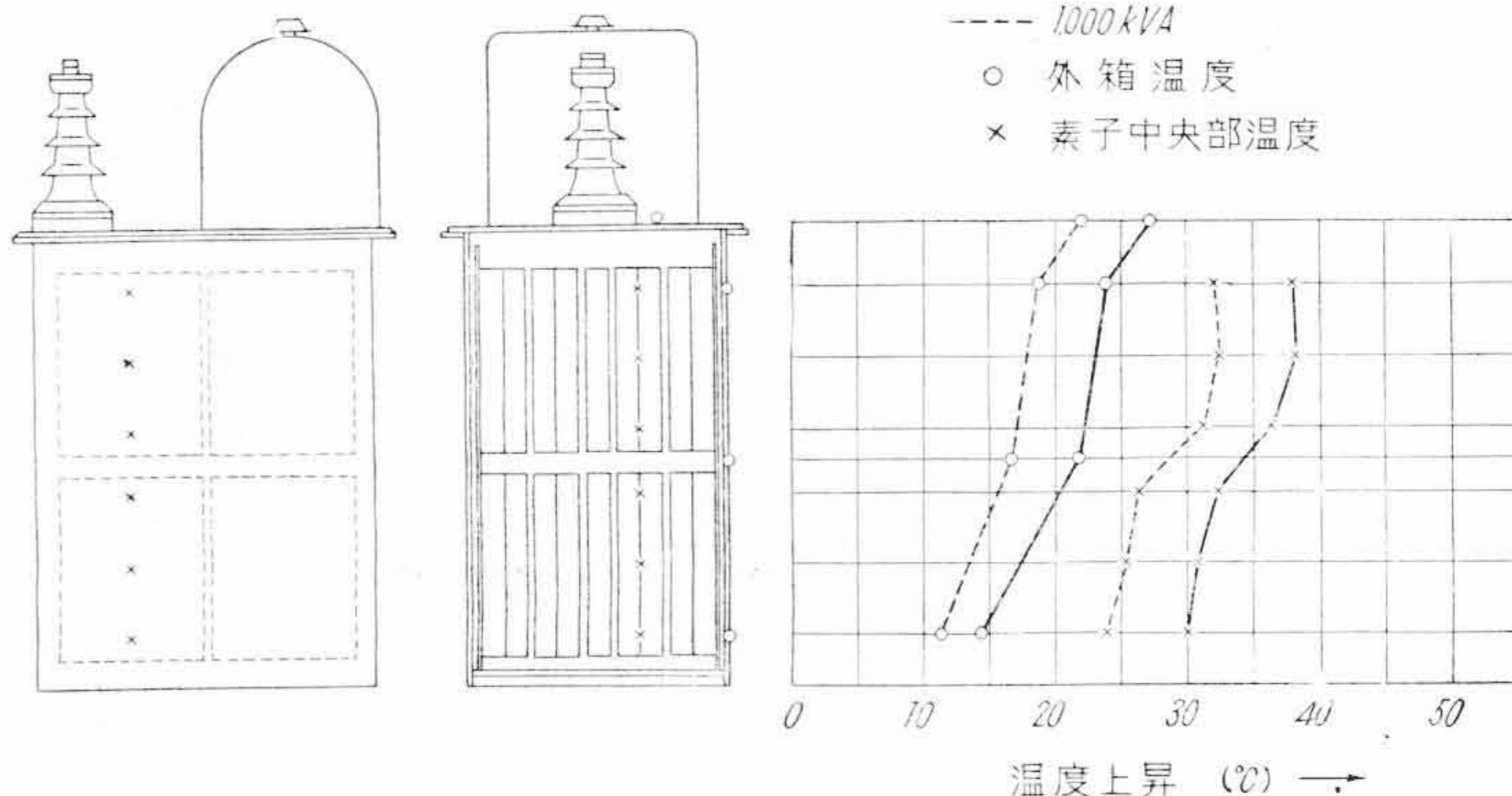
第6図は 720 kVA および 1,200 kVA コンデンサの外観を示す。

第7図は 1,200 kVA コンデンサの温度上昇曲線であって本器のように大容量器の温度上昇試験に際してはコンデンサの熱容量が大きいため内部が一定温度となるには長時間を要するので、試験の際は初め恒温槽で予熱したのち定格電圧を加えて温度を測定した。この結果は内部最高温度上昇値は 38°C であり、また外箱最高温度上昇値は 27.5°C であった。また本器は 50~ の場合 1,000 kVA に使用できるので、この場合の温度上昇値を確かめるため一時加電を中止して自然冷却を行い、予想値付近まで降下した時ふたたび電圧を印加して温度を測定した。この結果最高温度上昇値は 32.5°C であり外箱最高温度上昇値は 22°C であっ

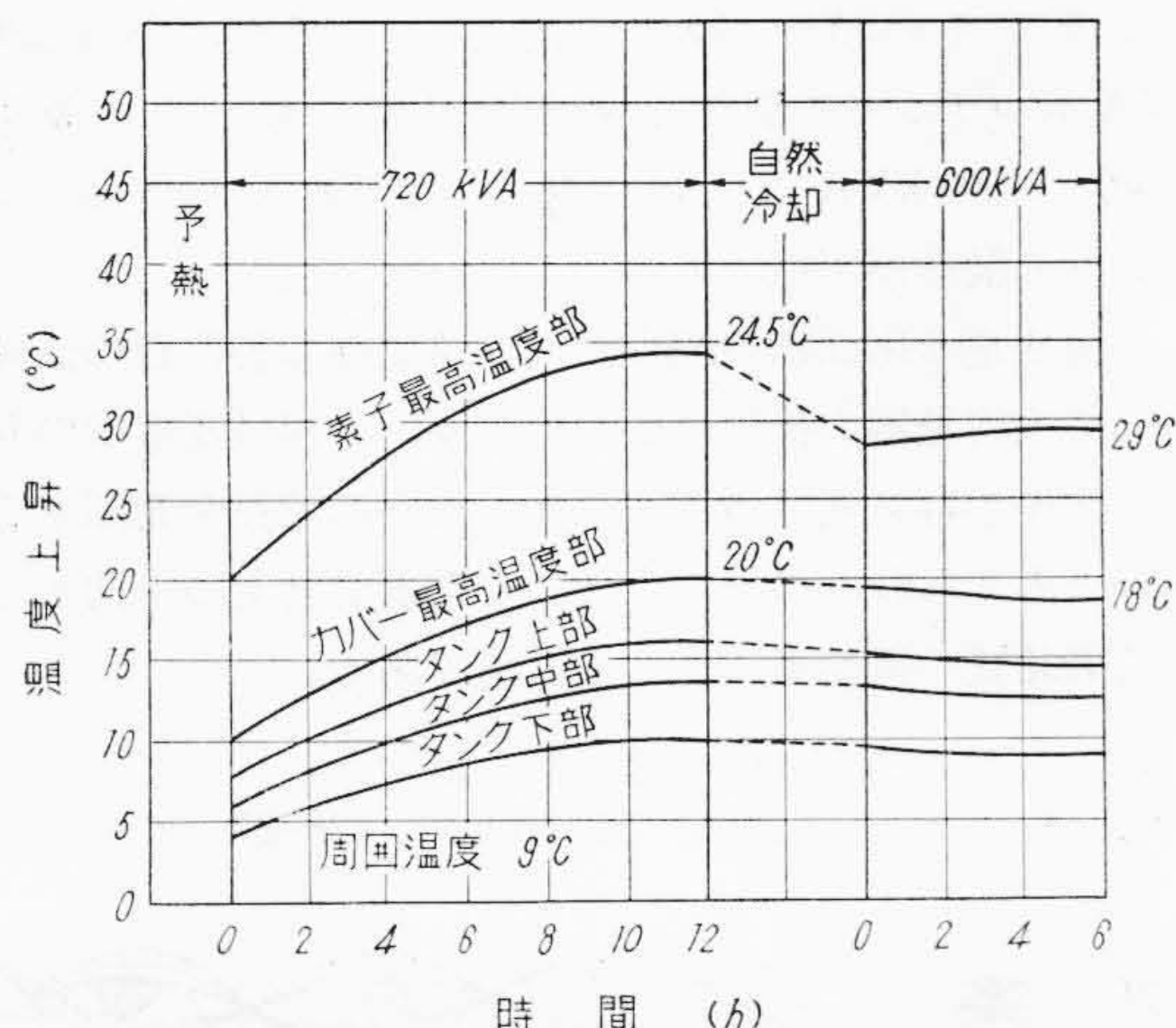
た。この場合コンデンサ内部の温度分布は第8図に示すとおりである。なお参考までに 720 kVA コンデンサ

第6図 720 kVA コンデンサ (左)
1,200 kVA コンデンサ (右)

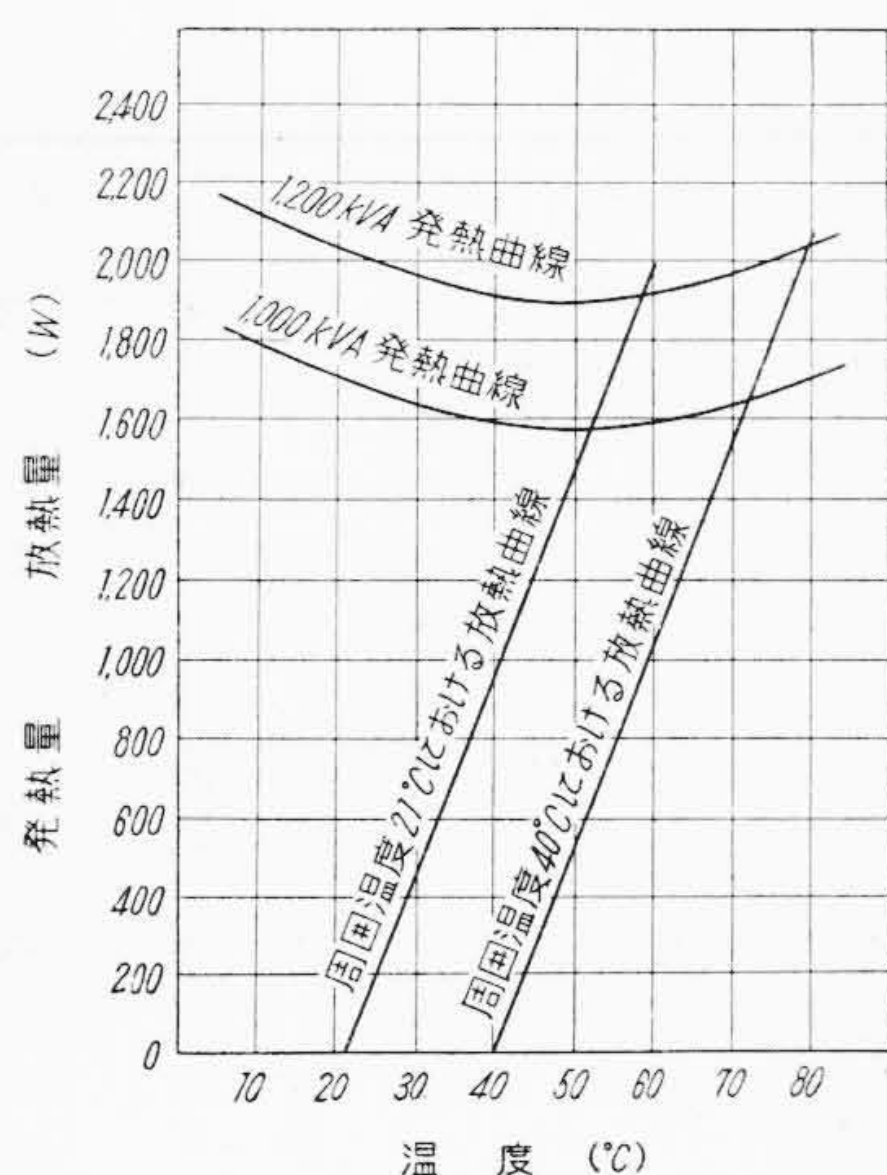
第7図 コンデンサの温度上昇曲線



第8図 1,200 kVA コンデンサの温度分布 (周囲温度 21°C)



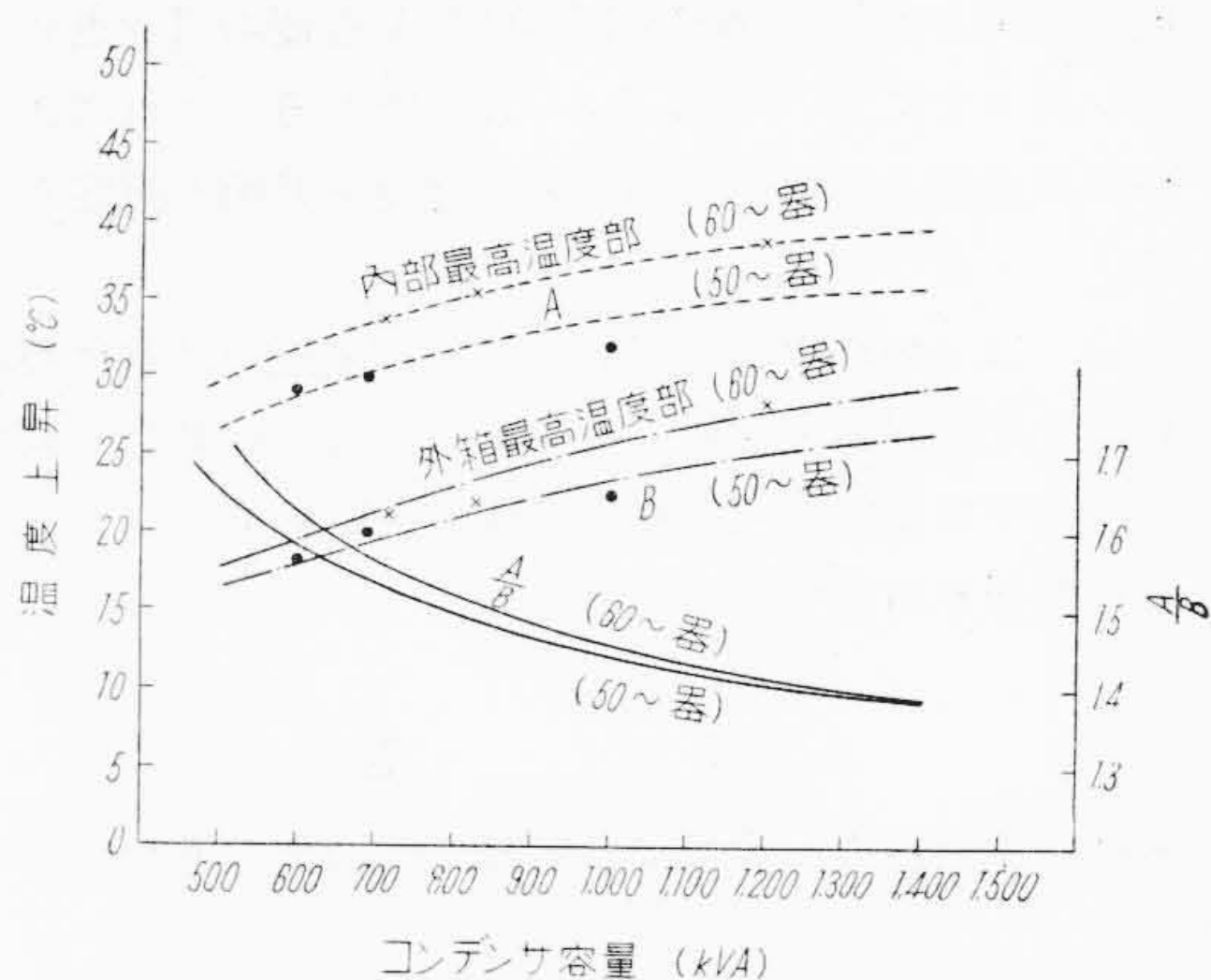
第9図 コンデンサの温度上昇曲線



第10図 コンデンサの発熱量および放熱量の温度特性

の温度上昇を示すと第9図のとおりである。これらは図に示した室温で測定した実測の温度上昇値であるが、コンデンサの温度上昇は誘電体の損失によるものであって、この損失は温度の函数であるから測定時の周囲温度により温度上昇に僅差を生ずる。第10図は 1,200 kVA コンデンサの発熱量および放熱量の温度特性であって周囲温度が変わると温度上昇も変わってくる。これにより周囲温度 40°C の場合の各コンデンサの温度上昇値を算出すると第11図のようになり、内部最高温度上昇値と外箱最高温度上昇値との比は $\frac{A}{B}$ に示す曲線となる。すなわちこれからわかるように 600～1,200 kVA の日立電力用コンデンサの場合この値は大略1.4～1.6 であることがわかる。したがって外箱温度上昇値から内部最高温度上昇値を容易に推定することができる。

また一般に油入電気機器の油の温度上昇は熱放散率の



第11図 コンデンサ容量と温度上昇値の関係 (周囲温度 40°C)

函数であって次の関係式が成立つ。

$$\frac{T'}{T} = \left(\frac{\alpha'}{\alpha} \right)^K$$

ここに T, T' : 油の温度上昇値

α, α' : T, T' における熱放散率

$$\alpha = \frac{W_T}{S}$$

W_T : 全損失

S : 冷却面積

実測結果によれば 600～1,200 kVA コンデンサの場合 $K=0.6$ 程度であるから、これを基礎として検討すると、現在程度の冷却構造で 1,400 kVA 60～においても外箱最高温度上昇は 29°C 程度であり、また素子最高温度上昇値は 40°C 程度であり周囲温度 40°C として $40+40=80^\circ\text{C}$ となり、A種絶縁物の最高許容温度 105°C に対し十分余裕のあることがわかる。

5. 結果の検討

以上の結果次のことが明らかとなった。

(1) 現行の電気標準規格は 300 kVA 以下のコンデンサにおいて外箱温度上昇値を 25°C 以下と規定しているが 1,000 kVA 以上の大容量器となると発熱量の増大に比し冷却面積の増加の割合が減るので温度上昇は高くなり 25°C 以上となることもある。

(2) コンデンサの寿命に影響するのは外箱の温度ではなくて内部の最高温度であるから、上記 25°C は単に一つの基準であってあくまで内部温度によって判断しなければならない。1,200 kVA コンデンサの内部最高温度は周囲温度 40°C の場合でも 79°C であってA種絶縁物の最高許容温度 105°C に比し十分余裕のあることがわかる。

(3) コンデンサの内部最高温度上昇値と外箱最高温

度上昇値との比は 600~1,200 kVA 程度の日立進相用コンデンサにおいては 1.4~1.6 である。これにより外部の温度上昇値から内部最高温度上昇値を推定する。

(4) 以上の結果より判断すれば、最近の誘電体特性の向上と絶縁処理技術の進歩により損失が著しく減少したので単器容量 1,400~1,500 kVA 程度のコンデンサの製作が可能である。

6. 結 言

近時誘電材料の向上および絶縁処理技術の進歩により

コンデンサの特性が著しく向上しているが、今回 120 kVA コンデンサを製作し温度上昇値を検討した結果 1,400~1,500 kVA でも最高内部温度が 80°C 程度のコンデンサの製作が可能であることがわかった。

今後変電所床面積の縮小および電気機器製作費の低減の点で大容量器の採用は必至であり、大容量変電所のみならず中小容量変電所用としても大いに特長を発揮するものと考えられるので、今後の変電所設計上の一助として読者諸賢の御参考に供する次第である。

参 考 文 献

(1) 村山：日立評論 35, 401 (昭 28-2)

特 許 と 新 案

最近登録された日立製作所の特許および実用新案

(その3)

(第15頁より続く)

区 別	登録番号	名 称	工 場 別	氏 名	登録年月日
実用新案	482866	配 電 盤 配 線 止 め 装 置	国 分 工 場	星 野 遷	33. 10. 8
"	482877	電 力 フ ユ ー ズ	国 分 工 場	内 儀 忠 恕	"
"	482881	転送引外し式表示線保護継電装置	国 分 工 場	矢 代 朝 一	33. 10. 8
"	482547	タ ン ク 車 の 波 除 板	笠 戸 工 場	中 山 敬 造	33. 10. 1
"	482548	タ ン ク 車 波 除 板	笠 戸 工 場	中 村 正 治	"
"	482554	嵌込式窓を組合せた展望兼用窓	笠 戸 工 場	藤 岡 多喜男	"
"	482561	カーブドコンベヤフレーム	亀 有 工 場	洪 谷 英 寅	33. 10. 1
"	482860	液圧制水弁の液圧操作装置	亀 有 工 場	小 藤 澄 雄	33. 10. 8
"	482861	液圧制水弁の緩衝装置	亀 有 工 場	近 野 村 茂	"
"	482862	急速動緩速動の2段動作を行うピストン装置	亀 有 工 場	木 暮 健三郎	"
"	482871	スキップカー積込用ホッパーフード	亀 有 工 場	山 内 章 正	33. 10. 8
"	482552	ピ ス ト ン 油 上 り 防 止 装 置	川 崎 工 場	田 中 春 雄	33. 10. 1
"	482573	冷 凍 装 置	川 崎 工 場	早 桑 原 敏 光	33. 10. 1
"	482864	空気圧縮機における給油装置	川 崎 工 場	芹 野 英 雄	33. 10. 8
"	482869	冷却用ジャケットを設けた粉体出入口を有する空気輸送装置	川 崎 工 場	大 谷 巖	"
"	482870	ロ ー タ リ ー パ ル プ	川 崎 工 場	西 岡 富 夫	"
"	482872	二重フラップ弁式粉粒体取出装置	川 崎 工 場	多々良 恒 三	33. 10. 8
"	482549	速度選択装置付電子顕微鏡	多 賀 工 場	西 岡 田 宏	33. 10. 1
"	482550	平 衡 形 電 気 計 器	多 賀 工 場	渡 辺 宏 稔	"
"	482553	P H メ ー タ ー	多 賀 工 場	島 田 井 陽 秀	"
"	482562	真 空 掃 除 機 用 吸 込 ノ ズ ル	多 賀 工 場	河 洪 吉 田 霞	"
"	482564	減 速 機 の 給 油 装 置	多 賀 工 場	大 屋 三 郎	"
"	482565	堅 形 真 空 掃 除 機	多 賀 工 場	林 田 沢 子 三 昌	"
"	482571	継 電 器	多 賀 工 場	安 川 三 平	"
"	482585	チ ョ ー ク 弁 絞 弁 連 動 装 置	多 賀 工 場	渡 井 三 夫	"
実用新案	482586	始 動 電 動 機 用 フ ー ト ス イ ッ チ	多 賀 工 場	大 藤 満 心	33. 10. 1

(第35頁へ続く)