

電動機の小型化とその性能

Reduction in Size and Improvement of Characteristics of Electric Motors

広瀬 相* 島田 四郎**
Osamu Hirose Shiro Shimada

内 容 梗 概

近年世界的な趨勢として電動機の小型化が実施されており、わが国においても従来品に比べ大幅に小型化された誘導電動機が製作されつつある。

本稿においては日立製作所が完成した小型電動機の技術的な進歩の諸点を論じ、さらにその性能に言及した。

1. 緒 言

誘導電動機の名は、電動機といえばこれを指すといつてもよいほどに親しみの深いものになっている。これは誘導電動機の特質として、構造が簡単で堅牢であり、安価で、取扱い保守が容易なためであり、現在各種の工業に、また農事用、家庭用など広汎な用途に賞用せられており、その容量も数十ワットから数千キロワットにまで及んでいる。

これらの電動機をさらに使いやすく、経済的なものにするために、小型軽量化して需要家の要望にこたえることを、製造者は常に念頭に置いて不断の研究を続けてい

るが、近年世界的にその成果の著しいものがあり、わが国においても広く小型化が推進されてきた。

日立製作所においては、分相起動単相誘導電動機の小型化をいち早く完了し、三相誘導電動機の新 JEM 寸法化もほぼ完成され、諸外国なみに小型軽量化された標準、特殊の電動機が多量に製作されつつある。ここに日立製作所の小型化電動機の技術的進歩を述べる。

2. 小型化の趨勢

単相誘導電動機では、米国における電動機小型化の気運と期を一にして、昭和 29 年日立製作所が分相起動型の小型化を発表した。以来国内各製作者ともこれに追随し、昭和 32 年現在、200 W 以下の各機種においてはほぼ小型化が完成された。

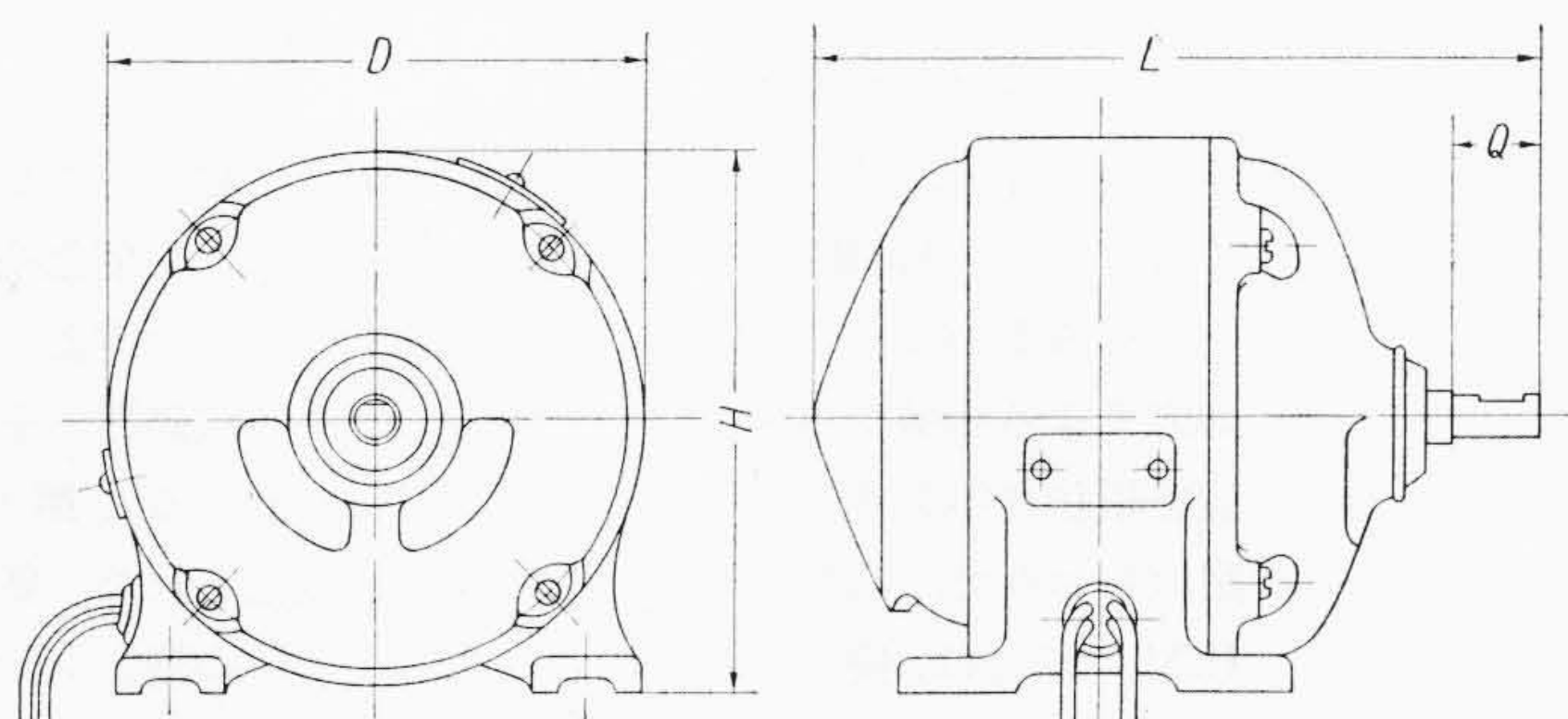
小型化された日立分相起動単相誘導電動機（現在型）の寸法、重量を第 1 表に旧型品のそれと比較して示す。すなわち現在型は容積において 70~94% に、重量において 78~92% に減少している。

三相籠形誘導電動機においては、戦時中に制定せられた JEM 協約寸法について再検討を行う気運にあつたところ、昭和 28

年秋に米国において従来よりも一段と小型化された新 NEMA 寸法を将来標準として採用することが発表された。そこで日本電機工業会においても新標準寸法制定につき本格的な審議を開始し、昭和 31 年 3 月、特性を JIS C 4201(1956)による JEM 1110 標準寸法を発表した。この新 JEM 寸法

は新 NEMA 寸法に準拠しており、第 2 表に示すように従来の協約寸法に比べかなり小型化されており、国際競

第 1 表 日立分相起動単相誘導電動機寸法、重量比較

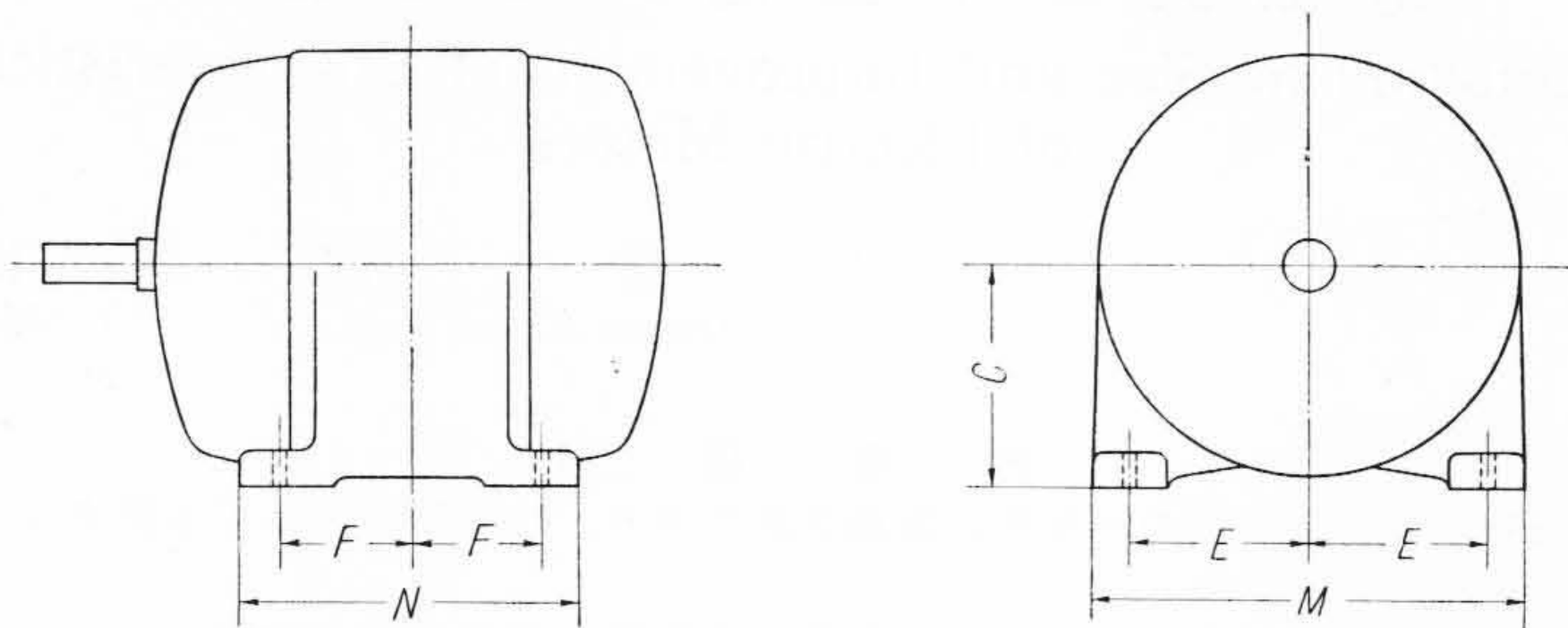


機 種		寸 法				重 量	
		H (mm)	D (mm)	L-Q (mm)	H×D×(L-Q) の比率(%)	重 量 (kg)	比 率 (%)
35W	旧 型	135	128	170	100	5.8	100
	現 在 型	132	124	160	89.0	5.2	90.0
65W	旧 型	149	138	184	100	7.6	100
	現 在 型	145	140	174	93.5	7.0	92.0
100W	旧 型	173	165	219	100	10.9	100
	現 在 型	156	152	182	69.5	8.5	78.0
200W	旧 型	191	182	228	100	12.1	100
	現 在 型	177	174	197	76.0	10.3	85.0

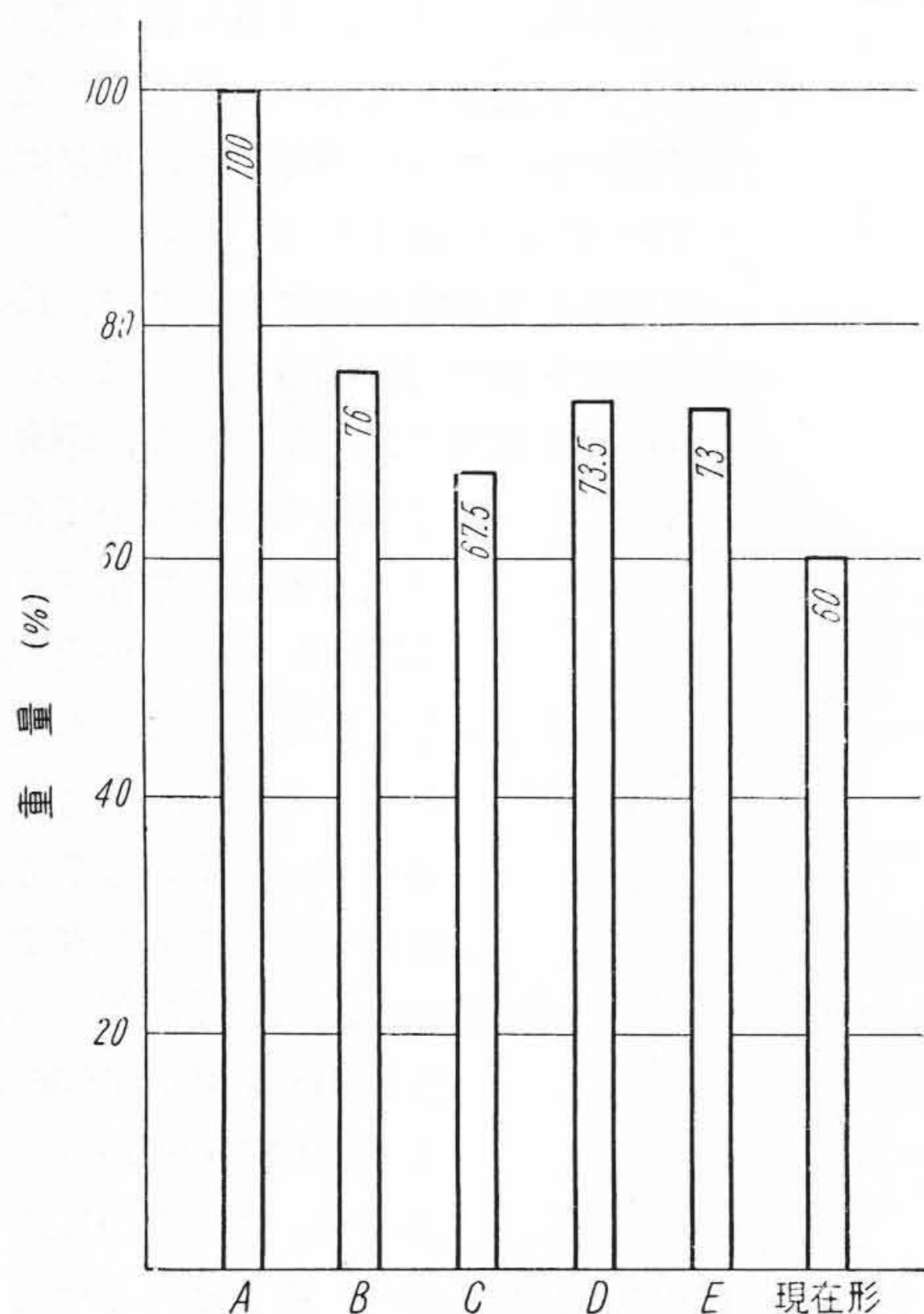
* 日立製作所亀戸工場

** 日立製作所多賀工場

第 2 表 新, 旧 JEM 寸法比較



HP (4P)	種 別	C (mm)	F (mm)	C ² F (cm ³)	C ² Fの比率 (%)
1/2	旧 J E M	100	65	650	100
	新 J E M	90	50	405	62.3
1	旧 J E M	120	70	1,008	100
	新 J E M	115	55	728	72.3
2	旧 J E M	130	90	1,510	100
	新 J E M	115	70	926	61.3
3	旧 J E M	150	80	1,800	100
	新 J E M	135	70	1,275	70.9
5	旧 J E M	150	100	2,250	100
	新 J E M	135	90	1,640	73.0
7.5	旧 J E M	170	100	2,890	100
	新 J E M	160	105	2,690	93.1
10	旧 J E M	170	120	3,468	100
	新 J E M	160	125	3,200	92.2
15	旧 J E M	200	120	4,800	100
	新 J E M	180	120	3,890	81.1



第 1 図 各時期品の重量比較

争にも十分堪えられるものである。

日立製作所は日立モートルの新 JEM 寸法化にいち早く着手して、15HP 以下の量産化を完成した。小型化系列に入るものは、2, 4, 6, 8 極の各機種につき需要に即応できる体勢を整えている。新 JEM 寸法電動機の重量を昭和 8 年を基準として各時期のものと比べると第 1 図のとおりで、旧型より約 20% 程度軽量化された。新 JEM 寸法では、技術的な進歩のために閉鎖防滴型と全閉外扇型との取り付け寸法を同一にしたので、従来に比べて互換性が増している。

第 2 図から第 6 図までに小型化された現在型各種の電動機を示す。

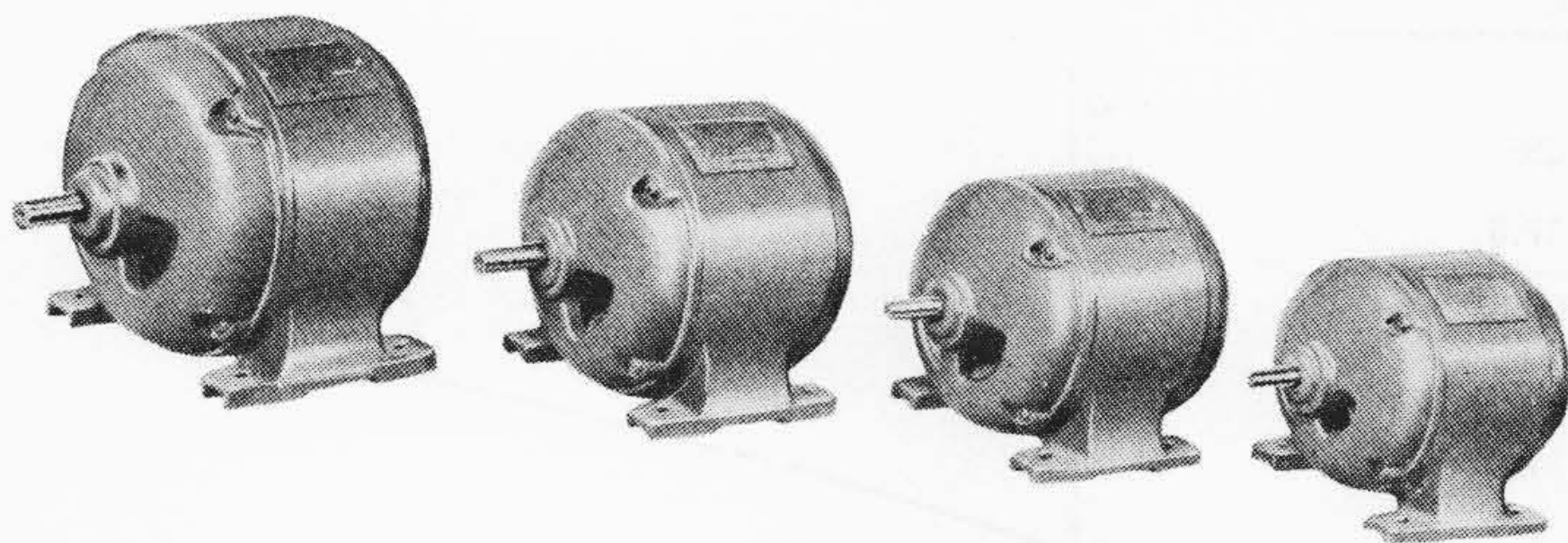
3. 小型化のための技術的方法

電動機のトルク特性や温度特性を低下させることなしに小型軽量化するには主として次の点が考慮せられた。

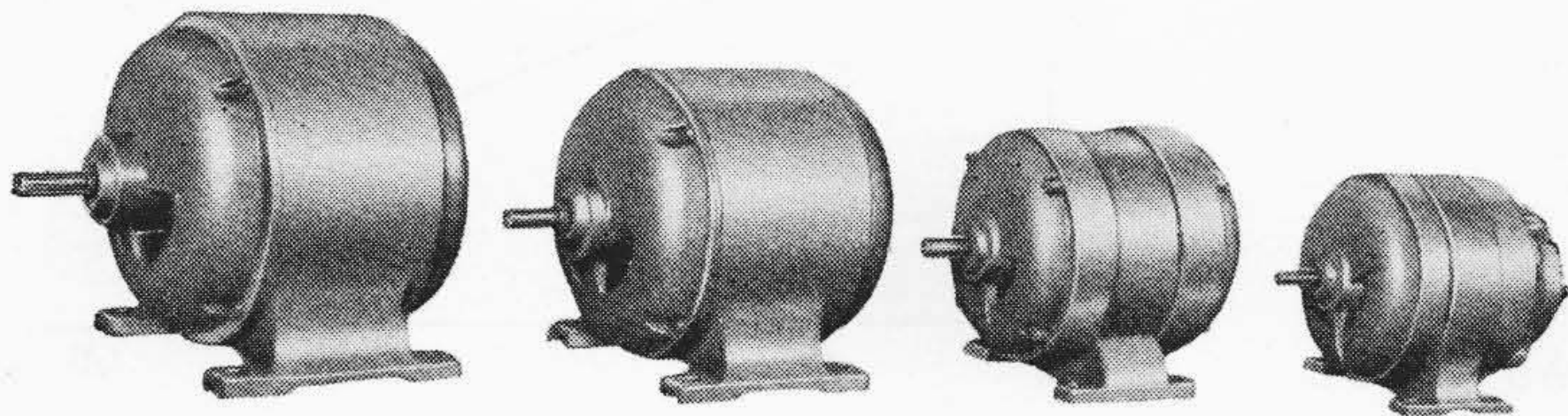
- (a) 進歩した新材料の合理的な利用
- (b) 冷却法の改善
- (c) 工作精度の向上

3.1 新材料の利用

電動機の磁路を構成する珪素鋼板は、戦後数年間の低

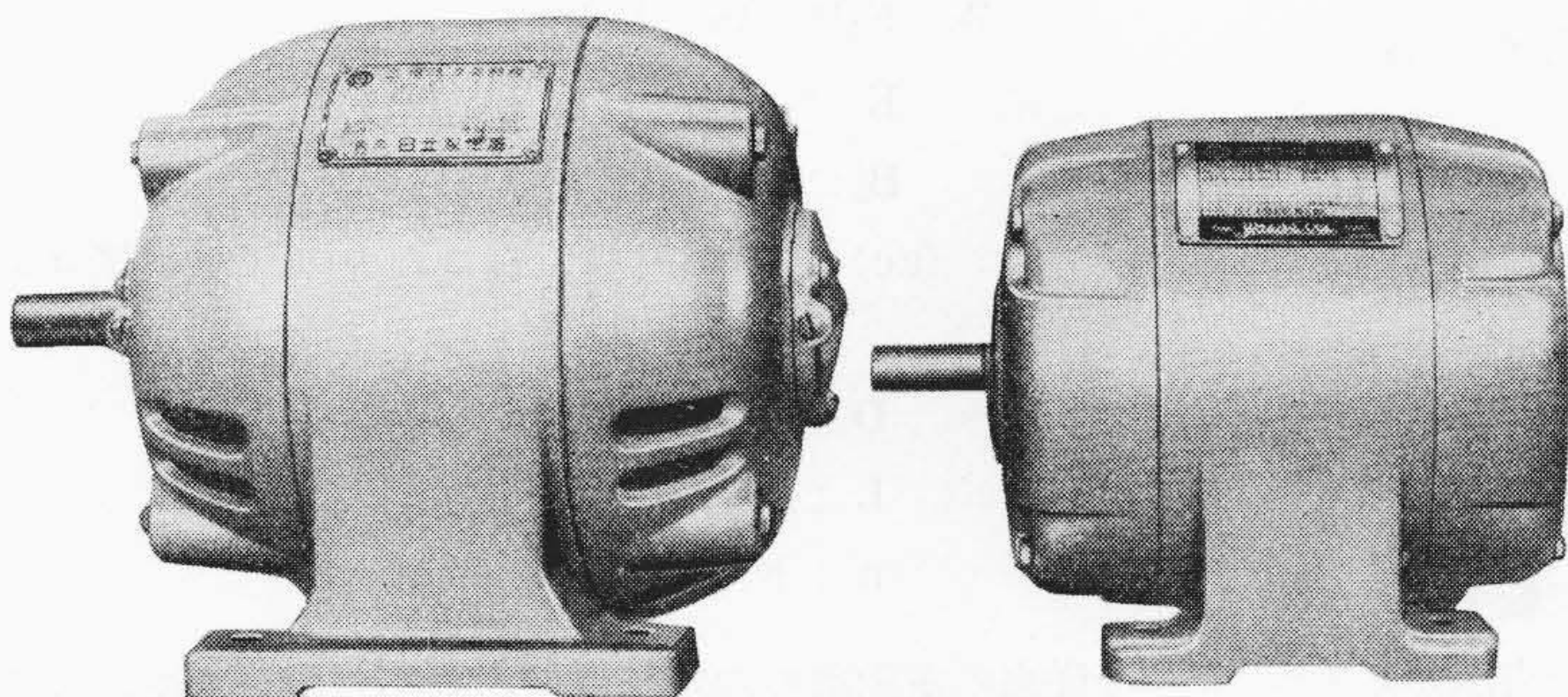


現 在 型



旧 型

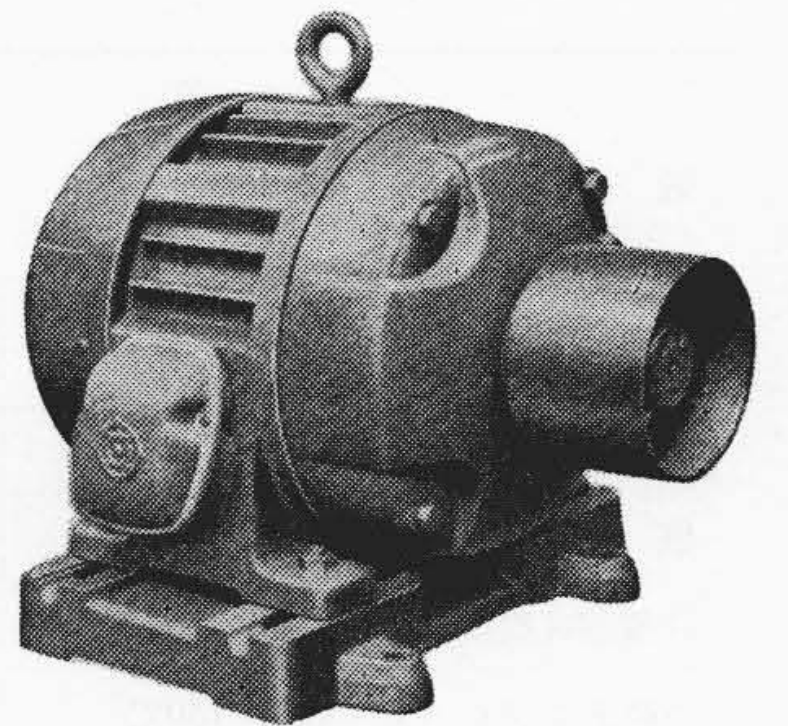
第2図 分相起動单相誘導電動機新旧比較



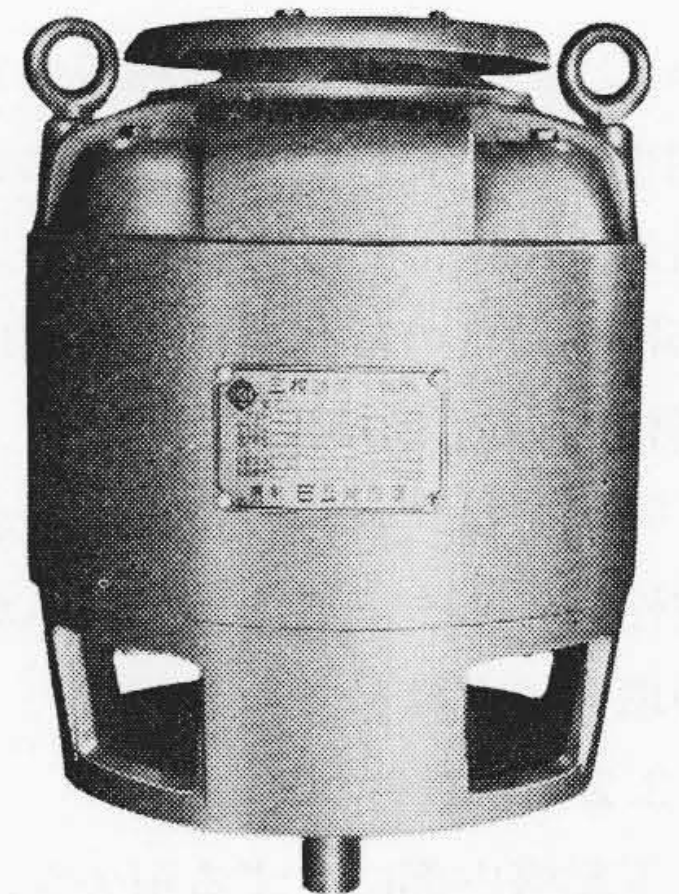
第3図 三相籠形誘導電動機新旧比較 (1 1/2 HP, 4 極)

迷期を脱して製造法に著しい改善が加えられ、現在外国一流銘柄品に匹敵する性能のものが製造されるようになった。安定した品質の、鉄損値の低いものが容易に入手できるようになり、特殊絶縁皮膜付のフープ材として作られたものは、鉄心成型作業の改善に効果的である。

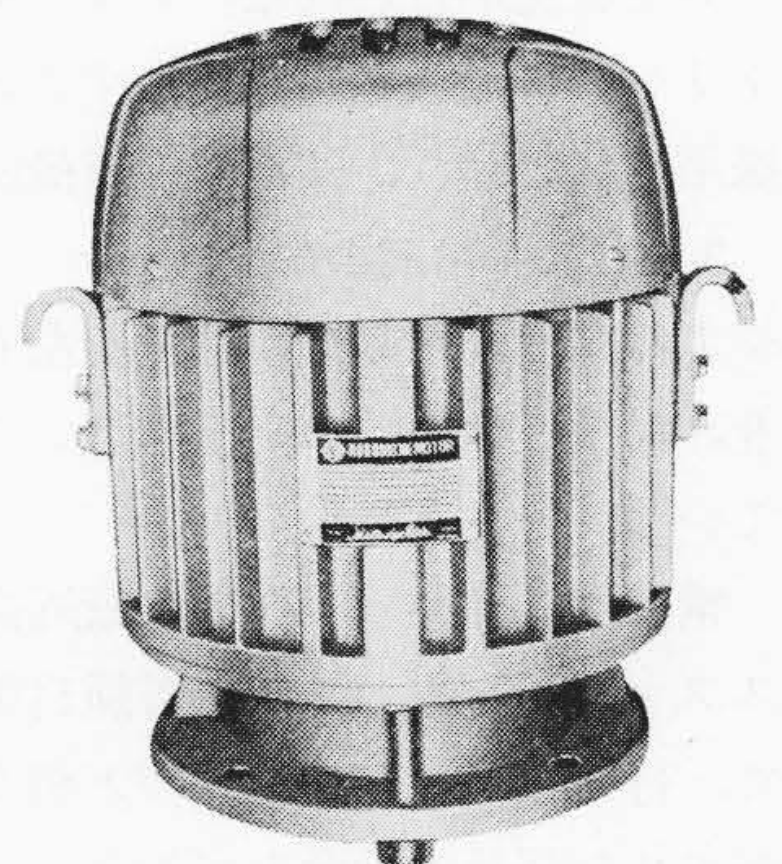
マグネットワイヤについては、高分子化学の発達により、従来の二重綿巻線 (D.C.C 線) に代る新しいすぐれた性能のものが次々に開発せられている。薄い絶縁皮膜にもかかわらず強靱で、耐熱、耐薬品性に富み、耐湿性にすぐれているポリビニールホルマール線 (PVF 線) の出現は、電動機の製作に新紀元を画したのであるが、近來その性能はいよいよ安定し、小型化に主な役割を果たしている。その後新しくポリウレタン線、ポリエステル線が発表され、量産品への応用も近いことと思われる。耐熱電動機用にも、二重ガラス線 (DGC 線) のほかにシリコンエナメル線や、ポリエステル系ファイバーを用いた耐熱線の開発などで、鉄心溝占積率を向上して、より



第4図 小型化三相籠形誘導電動機 (全閉外扇型)



第5図 小型化フランジ型誘導電動機 (閉鎖型)



第6図 小型化フランジ型誘導電動機 (全閉外扇型)

小型化を可能にする趨勢にある。

またスロットライナとしては、薄くて機械的、電氣的にすぐれた性質をもつポリエステルフィルムや貼合せ絶縁物の実現をみた。ことに米国デュポン社のマイラーはエチレングリコールとテレフタル酸の縮合体ポリエチレンフタレート薄膜であるが、第3表に示すすぐれた性能をもっている。薄いもので、しかも耐熱度はA種より

第3表 マイラーフィルムの諸性能

性 質	値
融 点 (°C)	250 ~ 255
引 張 強 さ (kg/mm ²)	12.0 ~ 17.5
引 裂 き 強 さ (g)	18 (1 ミル)
吸 湿 量 (%)	0.3
破 壊 電 圧 (kV)	4.5 (2 ミル)
体積固有抵抗 (Ω-cm) 25°C	1×10^{19}
体積固有抵抗 (Ω-cm) 150°C	1×10^{13}
表面絶縁抵抗 (Ω) 25°C 100% RH	10^{12} 以上
誘 電 率 25°C 60cps	3.16
誘 電 率 150°C 60cps	3.7

15°C 高いE種 (IEC 称呼で日本で規格化審議中) 級に相当するので、これの採用により、絶縁寿命をゆうに2倍以上に延ばしうるのである。日立製作所においては、15HP 以下の電動機に全面的に採用中であり、電動機小型化に有効である。

一方絶縁ワニスの進歩もめざましく、作業性のよい速乾性ワニスや、無溶剤ワニスが開発され、絶縁の信頼性の増大に貢献している。

3.2 冷却法の改善

電動機内部に生ずる損失をほぼ同一にして小型化した場合に、冷却面積の減少を補うように冷却効果を増すことが必要となる。冷却すべき箇所を適切に通風冷却するために、冷却扇のあり方、冷却面積の増大法については十分な研究が行われた。アルミダイカスト回転子のエンドリングに通風羽根を鋳出すことも有効な一方法として採用されており、通風路の新構成も効果をあげている。

3.3 工作精度の向上

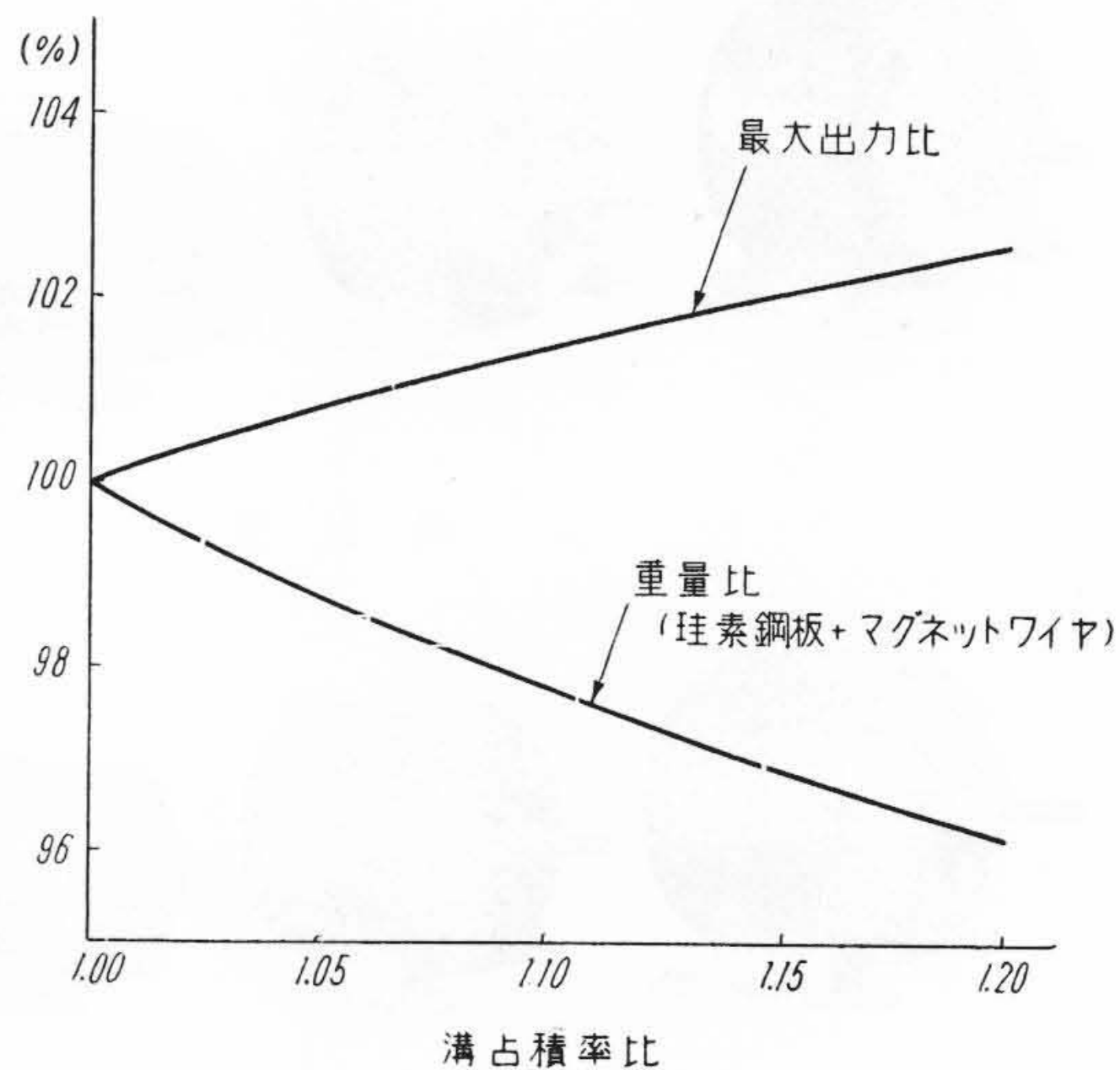
工作精度は電動機の品質を左右する重要な要素であり、精度と生産性の向上について、常に研究が続けられている。

電動機各部品の工作には最近高性能のいわゆるトランスファマシンのほかの各種自動機、専用機が利用されて、行きとどいた品質管理と相まち、精度高く、よく管理された部品の量産を可能とした。誘導電動機のように精密な空隙を正常に保ちながら、高速回転をするものにとって、この効果は大きく、その構造の合理化を容易にさせ、品質の均一度を高めさせた。

3.4 小型化の考察

進歩した新材料の採用は必然的に電動機の固定子または回転子の鉄心溝中における導体の占める面積の割合すなわち占積率を著しく向上させた。この占積率の向上がどの程度電動機の小型化に影響を与えるかを検討してみる。

一般に電動機の出力は次式で表わされる。



第7図 溝占積率向上の影響

$$W = K_1 B_0 (ac) D^2 L n$$

ここに K_1 : 定数

B_0 : 空隙磁束密度

(ac) : 空隙円単位長あたりのアンペアコンダクタ

D : 空隙円直径

L : 積厚

n : 回転数

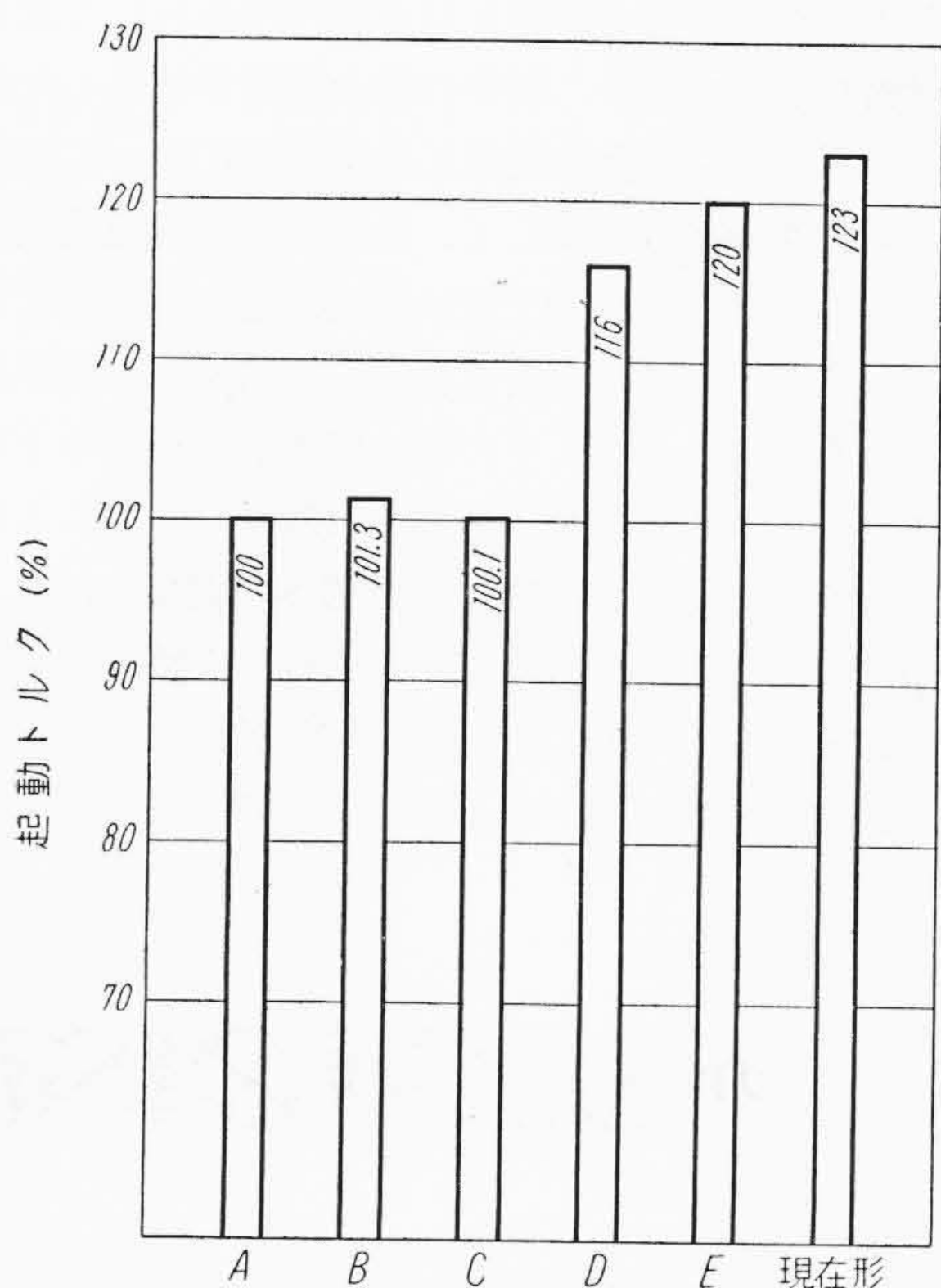
今従来の電動機の固定子外径、各部の磁束密度および電流密度が適当で変更しないものとし、固定子鉄心溝面積を占積率の向上しただけ減少させるため、鉄心の内径、歯幅、背高をそれぞれ α 倍に増加し、積厚を $1/\alpha$ に減少させるものとする。しかるときは上式で B_0 , (ac) D , L などはいずれも変化しないと考えられるので、 W が一定に保たれ、小型化された同一出力の電動機を得ることになる。

一例として、旧型 200W 分相起動電動機を基準にとり、上記の仮定が成立するものとして溝占積率向上の影響を数値計算した結果を第7図に示す。ここには小型化の目安として珪素鋼板とマグネットワイヤの使用量を、また性能の目安として最大出力をとつた。すなわち、性能の向上と小型化を同時に実現できることがわかる。三相電動機についても同様のことがいえる。

実際には、損失を同一にするなら銅損をまだ増すこともできるし、また高級珪素鋼板を採用しての合理化もでき、さらに磁路の改良により鉄心寸法を縮小するなど設計技術と前述の諸種の改善とが有機的に関連し、混然一体となつて小型化を実現しているのである。

第4表 分相起動单相誘導電動機主要特性比較表
(現在型対旧型百分比)

機 種	200W	100W	65W	35W
無 負 荷 電 流	92	84	91	110
全 負 荷 電 流	95	87	96	105
起 動 電 流	99	107	106	120
起 動 ト ル ク	105	116	111	106
最 大 出 力	109	105	116	122
温 度 上 昇	80	90	70	88



第8図 各時期品の起動トルク比較

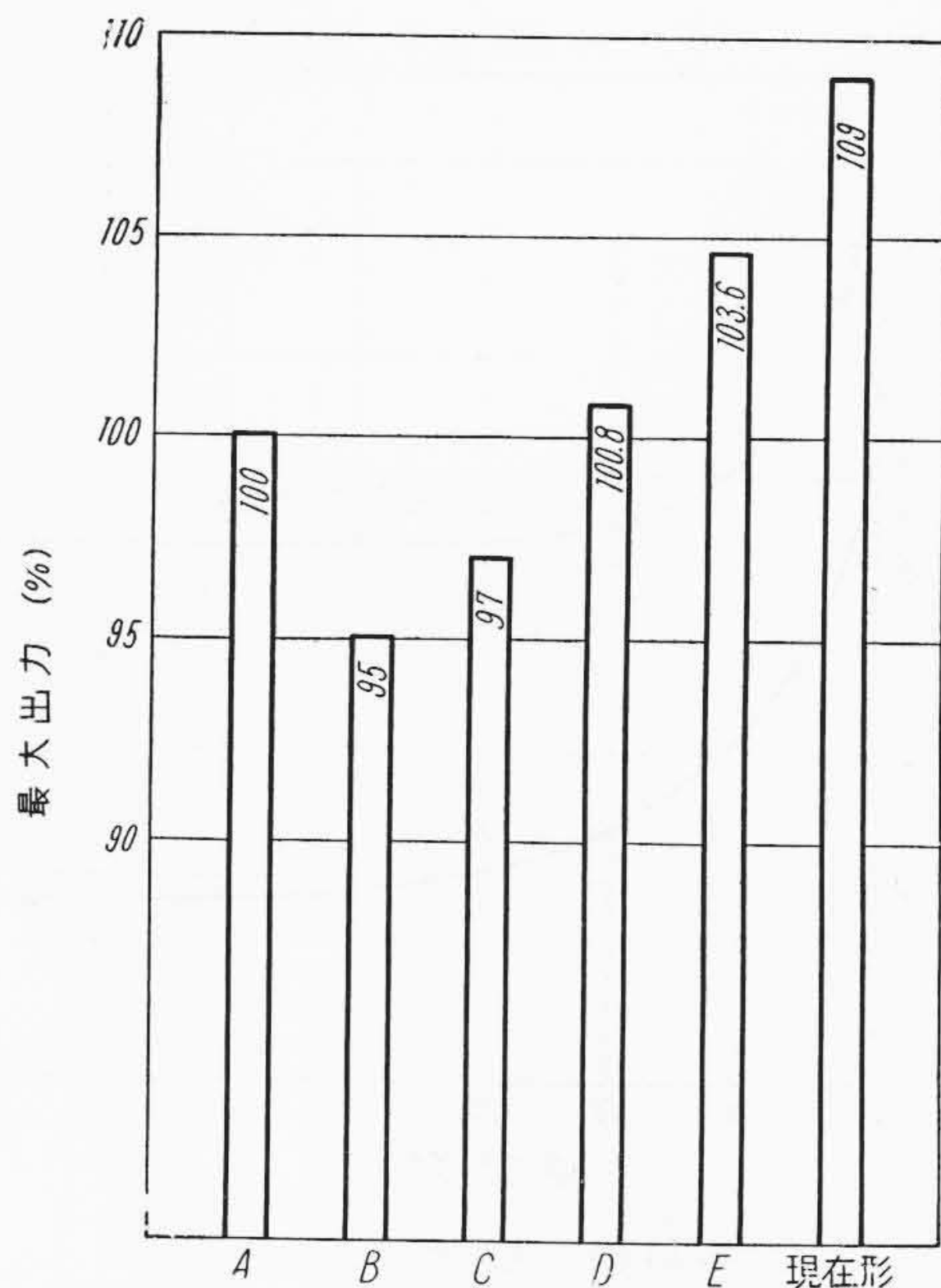
4. 性 能

分相起動型電動機の現在型が旧型に比し、いかに特性に変化があつたかを第4表に示す。この数値は旧型の特性値を100%とした場合の現在型各特性値を示したものである。効率は3~6%, 起動トルクは5~16%, 最大出力は5~22%それぞれ増大し, 温度上昇は10~30%減少している。

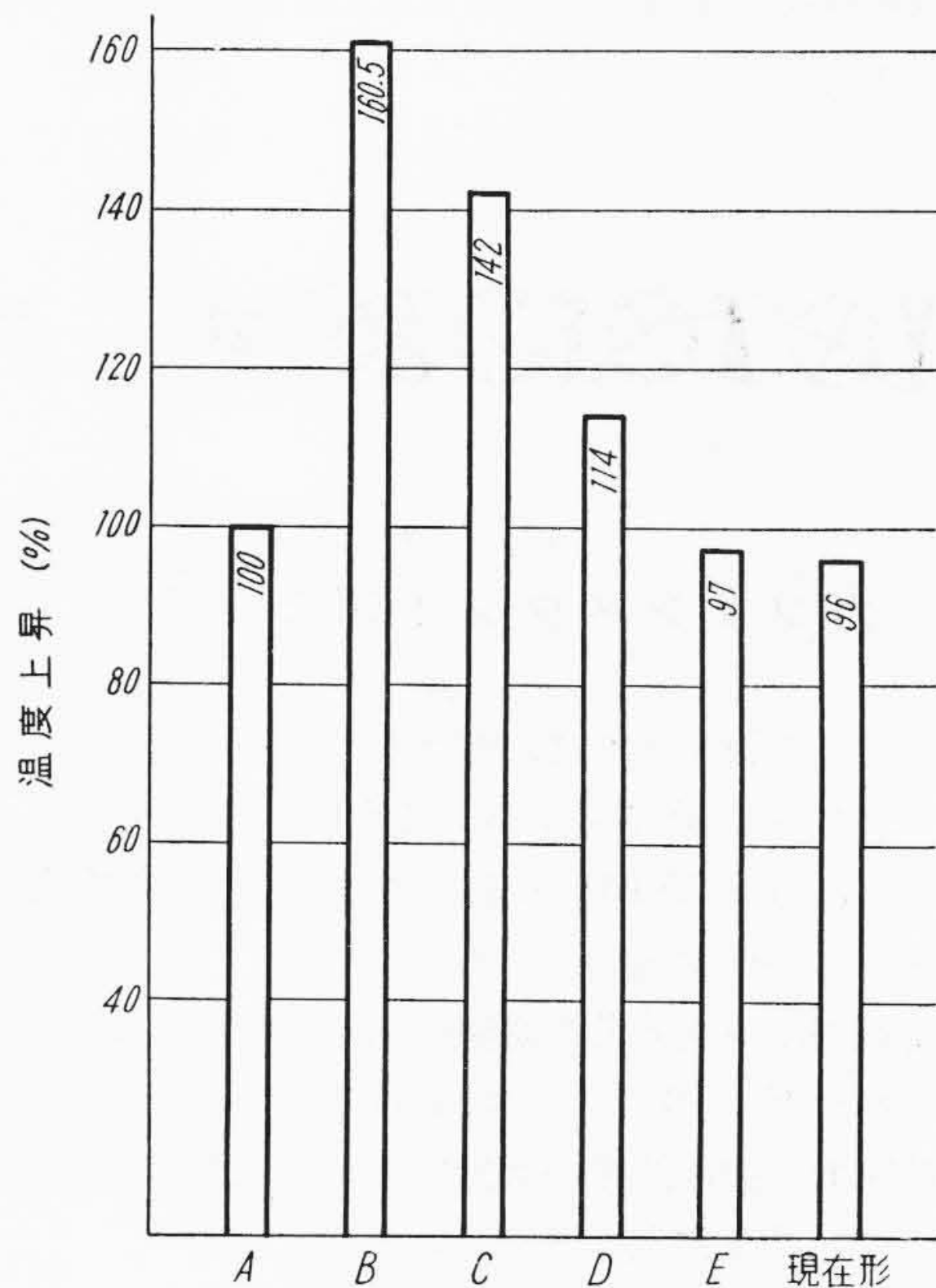
三相電動機においては, 諸特性値はもちろんJISの規格値を十分に満足しており, さらに次の諸点が向上されている。

現在型の起動トルクを昭和8年以降のA~E各時期のものと比較したのが第8図で, 逐次向上しているのがわかる。

最大出力について同様に従来品と比較すると第9図のようになり, 耐熱性の向上とも関連していわゆるさらに無理のきくものになつている。

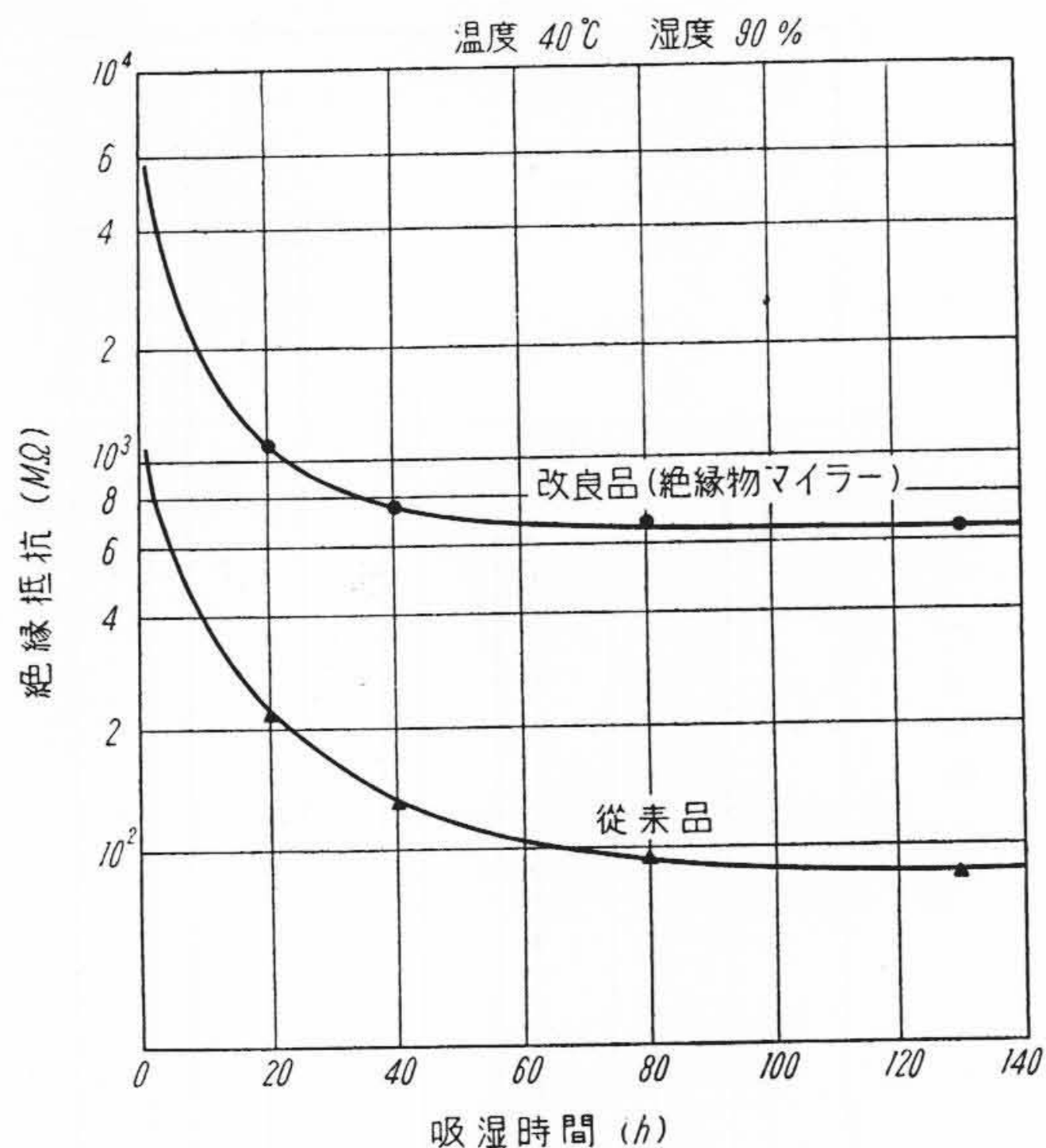


第9図 各時期品の最大出力比較



第10図 各時期品の温度上昇比較

温度上昇については特に意を用いた。おなじく従来品との比較を第10図に示す。温度上昇は, 規格値に対して余裕があつても一般的傾向として指触による感覚温度により批判されがちになる。しかし使用絶縁物の耐熱区分に従い, 妥当な値があるので絶縁材料の進歩に応じて将来さらに合理化を行うことになれば, 温度上昇限度の



第 11 図 電動機の耐湿特性

引上げが主要な問題点となるであろう。

高級絶縁物の採用により向上した耐湿特性の例を第11図に示す。

現在型では新方式の冷却法を採用したので、通風による騒音が減り、機種により多少の差はあるが平均して5フォン以上騒音の低下をもたらし、静粛な運転を実現することができた。

このように容積、重量において大幅の小型化が行われたにもかかわらず、各種の技術的改良が効果を表わし、電動機として要求される主要特性は逆に向上しているものといえる。

5. 結 言

以上電動機小型化の趨勢と日立製作所において進歩した新材料を活用し設計、製作の総合技術を結集した成果として、新標準寸法化を完成した電動機について述べたが、技術的進歩はめざましく、日々向上の各種要因が作られつつある。したがって近い将来、さらに徹底した合理化（取り付け寸法の変更は軽々には論ぜられぬが）が期待されるであろうが、その際は国際的な視野の下に規格のあり方、電力事情など考慮されねばならぬことも多いと考える。ともあれ小型化電動機への期待は、よく国際競争にかち、輸出伸長により国家経済の繁栄をもたらすことにもつながるものであり、関係各位のいつその御協力、御指導をお願いする次第である。

製 品 紹 介

ガソリンスタンド用モートル

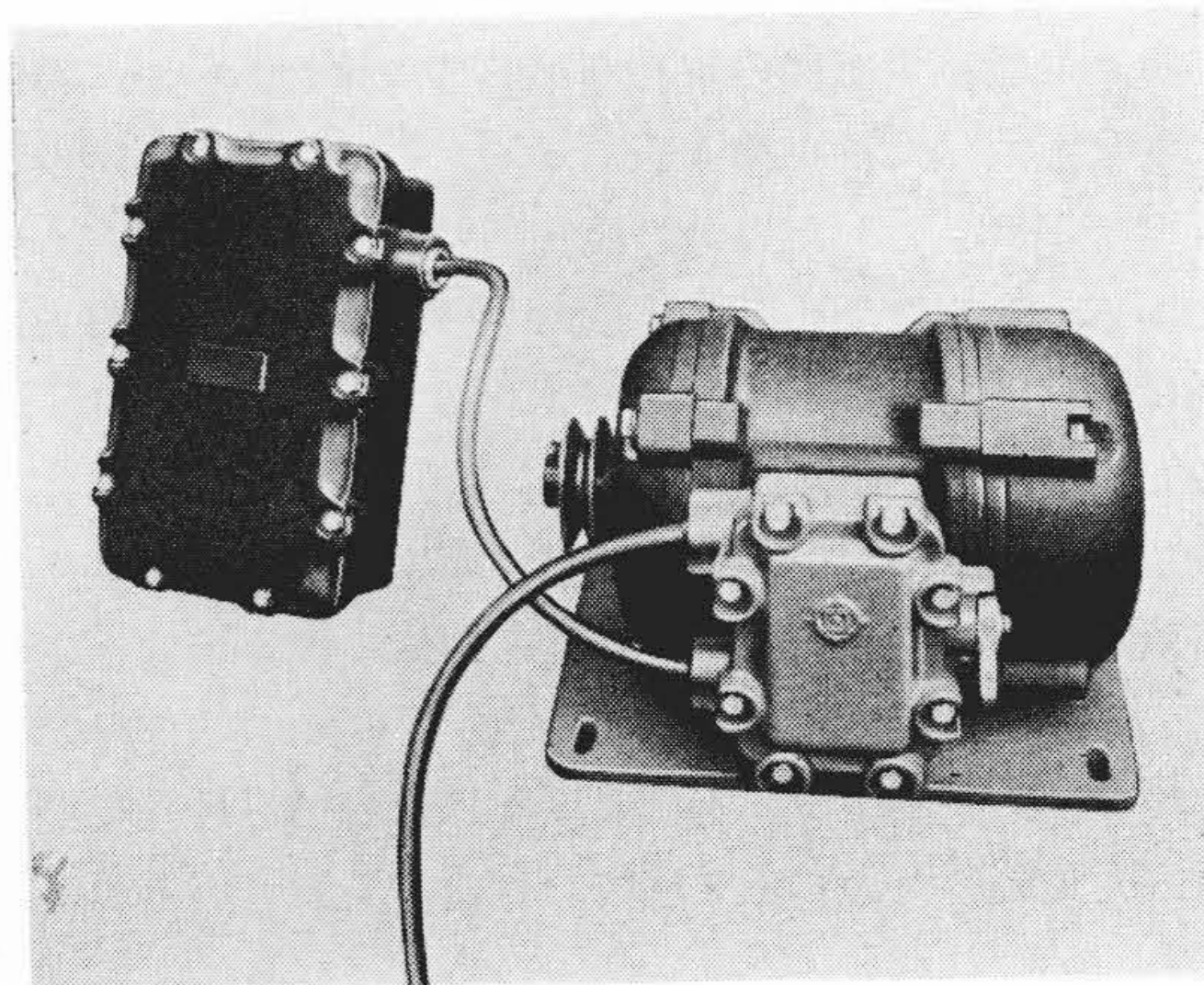
従来、日立製作所では、ガソリンスタンド用モートルとして、安全増防爆構造に準ずるものを製作していたが、今回さらに JIS-C0901 に従った高度の安全増防爆型を標準として製作開始している。

本電動機は防爆構造の電源開閉器を備え、また進相用コンデンサが自由に取り付けられるようになっている。電源開閉器は耐圧防爆の容器にカム型開閉器を収めたもので点検容易な構造になっている。

第 1 表 ガソリンスタンド用モートル標準仕様

形 式	相 数	出 力		極 数	回転数 (rpm)	電 圧 (V)	周波数 (c/s)	電源開閉器		安全増防爆検定番号
		W	HP					電圧 (V)	電流 (A)	
TFOX-K	三相	400	1/2	4	1,500/ 1,800	200	50/60	250	15	九検 第2470号 (安)
TOX-KQ	单相	400	1/2	4	1,500/ 1,800	100/200	50/60	250	15	九検 第2471号 (安)

これらはすでに安全増防爆検定に合格しており、その標準仕様、型式は第1表のとおりである（なお、本機は工場電気設備防爆指針にも準拠している）。



第 1 図 ガソリンスタンド用モートル（左はコンデンサボックス外観）