

キャンド水中モートルとその絶縁特性

Canned Type Submersible Motor and Insulation Characteristics

最近、水の有効活用のために各種のポンプが広く使用されているが、汎用小形水中モートルポンプにキャンド水中モートルが多数使用され、その使用条件も特異性があるので、日立製作所においては、使用条件に合った信頼性の高いキャンド水中モートルを開発した。

キャンド水中モートルは、固定子を密閉構造としているためその絶縁方式は特異であるが、日立製作所独自のモールド絶縁方式を開発し改良を図ったので、その耐熱絶縁特性を中心に紹介した。

大和田武義* Takeyoshi Ôwada
牧 直樹** Naoki Maki
磯貝時男** Tokio Isogai
保坂繁夫** Shigeo Hosaka

1 緒 言

近年、産業の発展と社会生活の向上を図るために、資源の有効活用は大きな問題となっている。安価な資源と考えられていた水も地盤沈下、異常渇水などにより他の資源と同様に有効活用を図らなければならず、最近では地下水の公水化による保護などが検討されている。

これらの状況から各種水の有効利用に関する設備が開発され、種々のポンプが使用されているが、これらのポンプの中で水中モートルポンプの使用される例が多くなっている。このポンプ駆動用として各種の水中モートルを開発してきたが、小形量産機種にキャンド水中モートルを適用している。

水中モートルは、据付条件が河川、深井戸、水槽など取扱いが水中でポンプと一体となって使用されるため、直接保守

点検を行なえない。この結果、一般地上用モートルと違った多くの特異点をもっている。今回、これらを十分に検討のうえ改良した新形キャンド水中モートルを開発したので、絶縁特性を主にその概要について紹介する。

2 水の利用状況と水中モートルの適用及び特異点

2.1 水の需要動向と水中モートルの適用

水の需要状況は、昭和49年度の建設白書によると表1⁽¹⁾⁽²⁾の例にみるように農業用水が多いが、一方、都市関係用水の占める割合は大きく伸びるものと考えられており、更に工業用水の水源別用水量をみると表2⁽³⁾に示すように井戸水の占める割合は高く、鉄鋼・化学関係の水使用量が多い。これらの表から井戸、河川などからの取水や配水用として使用される水中モートルポンプの需要は大きく、従って、これらの用途に合った水中モートルは次のように分類される。

(1) 深井戸用

地下水の取水用として深井戸内に据付け、運転することを主体としているので、モートルの外径を井戸径に適した寸法に制限しているため、細長い構造をとっている。図1にポンプと組み合わせた外観例を示す。

(2) 浅井戸、一般用

河川、池などからの取水用、建築物内の給排水用、農業用、下水用などに広く使用されており、その用途に合った各種の方式が使用されている。図2にその外観例を示す。また、モートルの方式により表3に示すような分類がなされるが、本稿においては、深井戸用キャンド水中モートルを中心に説明する。

2.2 水中モートルの特異点

深井戸用水中モートルポンプについて実稼動状況を調査の結果、次のことが確認された。

(1) 電源状況

ポンプ据付場所が人家より離れているとか、専用電源としているなどの理由により、単相変圧器2基によるV結線方式が多い(調査件数の85%に適用)。

(2) 運転状況

運転関係費低減のため、ほとんどが自動運転方式をとっており(85%)、圧力タンク直送式が38%、水槽ピットへの送水方式が62%の割合であったが、出力が小さくなるほど小規模簡易水道用が多いので、圧力タンク直送式の比率が高くなっ

表1 水の需要動向 建設白書による我が国の水需要の動向を示す。昭和60年の都市用水の増加の大きいことを示している。

種別	年度	昭和40年	昭和45年	昭和60年
生活用水		68.3	95.7	207
工業用水		126.9	174.6	371
都市用水計		195.2	270.3	578
農業用水		500.0	523.6	585
合計		695.2	793.9	1,163

注：単位(億m³/年)

表2 工業用水の水源別用水量 産業用水の水源別、産業別取水量を示す。井戸水の依存度が高い。(通商産業省 工業統計表(用地用水編)昭和48年8月発行より転載)

	海水	淡水の水 源						
		淡水計	公共水道	地表水	伏流水	井戸水	その他	回收水
合計	4147.3	9524.7	1427.1	829.2	318.8	1491.5	127.1	5331
構 成 比 (%)	—	100	16	8.7	3.3	15.7	1.3	56
化学工業	1405.7	3396	425.3	200.1	80.7	253.4	74.1	2362.4
鉄 鋼 業	1714.6	2103.6	322.8	56.8	13.3	67.5	16.8	1625.9
パルプ、紙加工	8.9	1378.1	169.9	393.8	156.2	263.8	12.0	382.4
食 品 製 造	139.4	500.3	101.1	86.8	14.1	199.4	1.5	97.4
織 維 工 業	9.3	448.4	46.1	18.0	30.2	326.4	1.9	25.8
石油・石炭製品製造	564.0	325.1	74.7	2.6	0.1	5.0	3.0	239.7
そ の 他	305.4	1373.3	287.2	71.1	24.2	376.0	17.8	97.4
(電 機 製 造)	(0.2)	(131.5)	(48.6)	(1.7)	(1.0)	(45.6)	(0.1)	(34.5)

* 日立製作所習志野工場 ** 日立製作所日立研究所

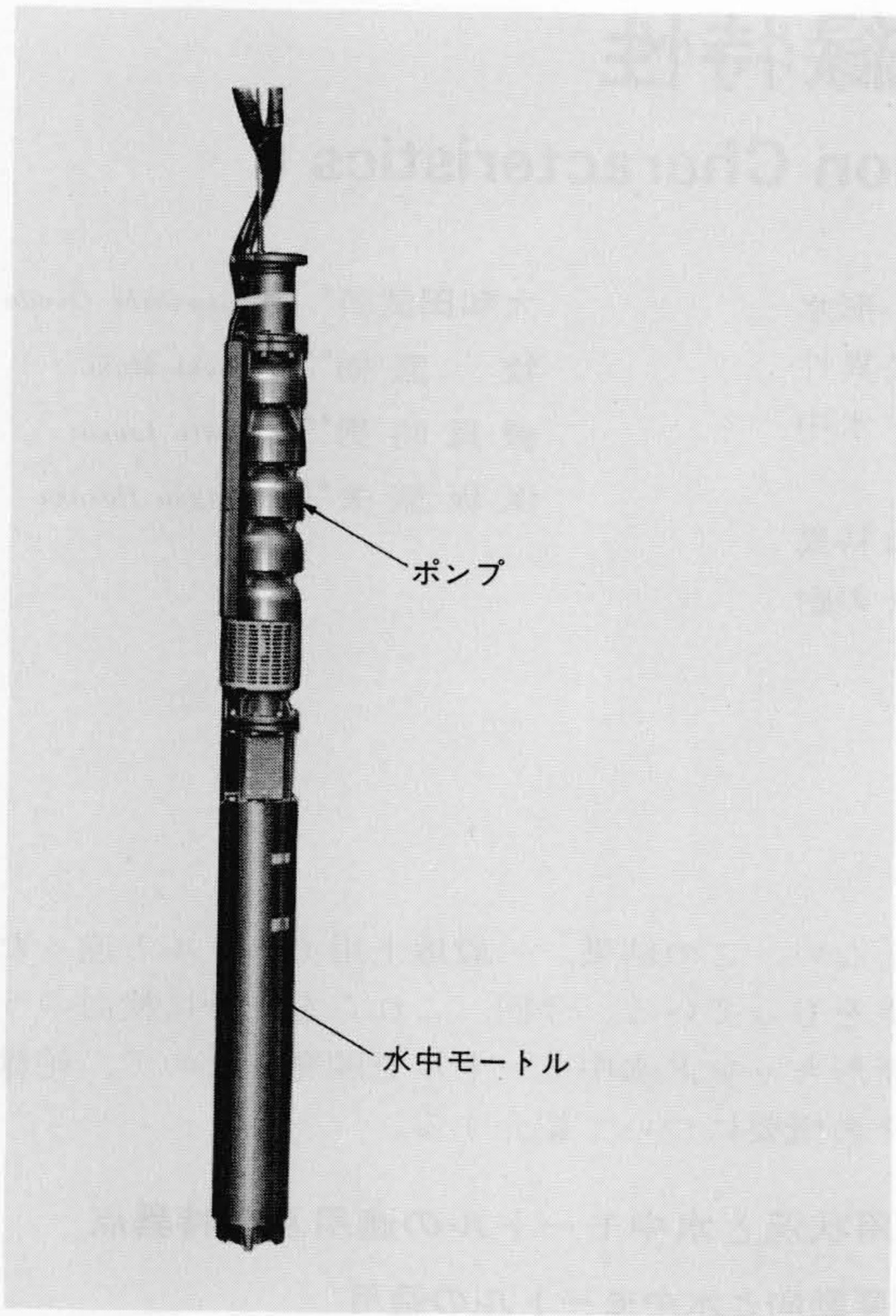


図1 深井戸用水中モートル ポンプ 深井戸用水中モートルとポンプを組み合わせた外観例を示す。

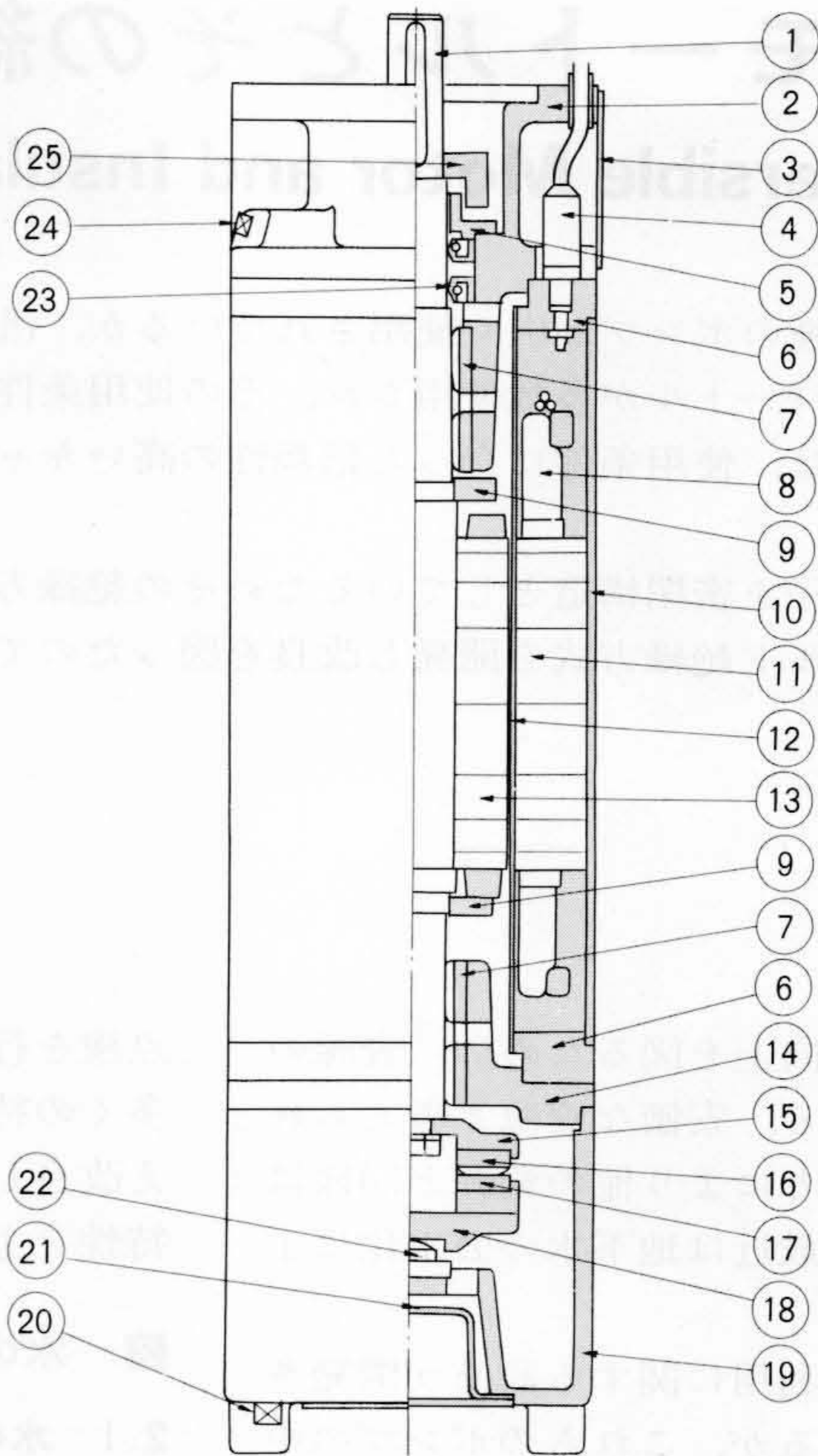


図2 キャンド水中モートルの構造図 深井戸用キャンド水中モートルの断面例を示す。

No.	部 品 名 称
①	シャフト
②	エンドブラケット(上)
③	口出線支え板
④	防水コネクタ
⑤	スリンガーガイド
⑥	エンドブラケット取付板
⑦	ラジアル軸受
⑧	コ イ ル
⑨	バランスリング
⑩	ハウジング
⑪	固 定 子
⑫	キ ャ ン
⑬	回 転 子
⑭	エンドブラケット(下)
⑮	スラスト軸受フレーム
⑯	スラスト軸受
⑰	摺 動 板
⑱	摺動板フレーム
⑲	エンドカバー
⑳	水抜プラグ
㉑	調 圧 装 置
㉒	スラスト板
㉓	軸 シ ール
㉔	注水排気プラグ
㉕	スリンガー

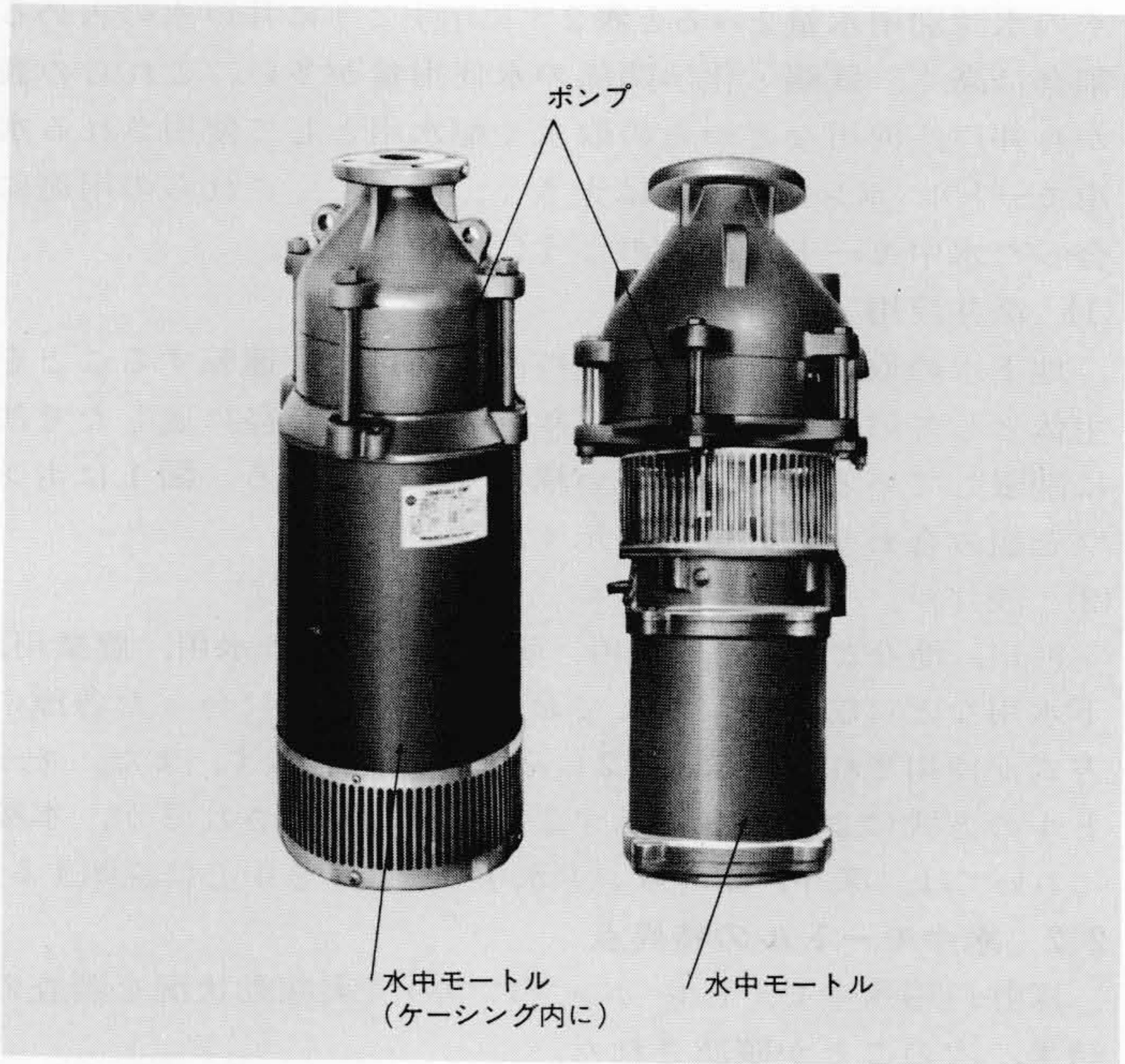


図3 浅井戸用、一般用水中モートル ポンプ ピット、河川建築物内で使用される水中モートル ポンプの外観で、左がタービン ポンプ、右が斜流ポンプの例を示す。

表3 水中モートルの分類 モートルの方式による水中モートルの分類例を示す。

方 式		説 明	用 途
水 封 式	キャンド式 耐 水 線 式	モートル内に水を充満した方式	深井戸用, 一 般 用
油 封 式	—	モートル内に油を充満した方式	農 業 用, 下 水 用
乾 式	—	モートル内に空気, 又はその他のガスを封入した方式	下水設備用, 土木工事用

(c) 電気部分、軸受部分ともに水中に浸せきしているので、耐水絶縁方式、軸受方式及び防食方式が使用条件に合っていること。

耐水絶縁線方式モートルや軸受方式については、既に紹介しているので⁽⁴⁾⁽⁵⁾詳細は省略する。

3 キャンド水中モートル

キャンド水中モートルは、図3の構造例で示すように、固定子電気部分を外わくと薄肉保護円筒(以下、キャンと称す)により保護密閉して耐水絶縁した方式をとっている。従って、まず絶縁構成が特異であるが、日立製作所では独特のモールド絶縁方式(特許出願中)を開発し、且つ各種特性の改良も加えた新形キャンド水中モートルとした。表4に日立キャンド水中モートルの標準仕様を示す。

3.1 絶縁構成とその特性

キャンドモートルの固定子は、外わくとキャンで密閉し、電気部分をモールド絶縁する方式と、ワニス絶縁する方式が使用されているが、日立製作所においては、キャンドモートル用として適したモールド材を開発して使用しており⁽⁶⁾新形キャンドモートルにおいては、更に改良を加えている。

ている。従って、運転停止の頻度も高くなっている。

以上のような状況を考えると、水中モートルとしては次の主要点を一般陸上用ポンプと違った点として考慮しておかなければならない。また別に水中モートル独特の問題もある。

(a) 電源容量の小形化、配電線長尺などによる電圧降下の比較的大きな状態でも、十分始動運転のできるようなトルク特性をもっていること。

(b) 高頻度の運転停止に耐えられる熱特性であること。

表 4 日立キャンド水中モートル標準仕様 キャンド モートルとして製作している機種の標準仕様を示す。

適用	細分類	出力 (kW)	共通仕様	始動方式	許容スラスト荷重 (kg)
深井戸用	M 4 形	0.4~2.2(~ 3)	2 P 200V 50/60Hz	直 入	150
	M 6 形	2.2~11 (~18.5)	"	"	500 (1,300)
一 般 用	給 配 水 用 設備排水用	0.4~1.5	2 P 200V 50/60Hz	直 入	100
		2.2~3.7	"	"	150
		0.4~1.5	4 P 200V 50/60Hz	"	63
		2.2~3.7	"	"	80

注：() は、準標準として製作する機種を示す。

表 5 市販樹脂と新エポキシ系樹脂の一般特性比較 新樹脂は熱変形温度、熱膨張係数及び熱伝導率が特に優れていることが分かる。

特性項目	単位と測定条件		新エポキシ系樹脂	市販エポキシ系樹脂	市販ポリエステル系樹脂
熱変形温度	℃		175	107	60~80
熱膨張係数	cm/cm℃	20~100℃	1.5×10^{-5}	4.5×10^{-5}	5.5×10^{-5}
		100~160℃	"	$10 \sim 13 \times 10^{-5}$	$10 \sim 15 \times 10^{-5}$
熱伝導率	cal/cm・s・℃		17×10^{-4}	11×10^{-4}	9×10^{-4}
曲 げ 強 さ	kg/cm ²	20℃	800	1,300	400
		100℃	700	400	230
		150℃	650	軟化し測定不能	軟化し測定不能
曲 げ 弾 性 率	kg/cm ²	20℃	40×10^4	10×10^4	2×10^4
		100℃	10×10^4	2.5×10^4	5×10^3
		150℃	5×10^4	軟化し測定不能	軟化し測定不能
体積固有抵抗	Ω・cm	20℃	10^{15} 以上	10^{15} 以上	3×10^{14}
		100℃	"	10^{14}	4×10^{13}
		150℃	2×10^{14}	8×10^{11}	9×10^{10}
誘 電 正 接	60Hz	20℃	0.01	0.013	0.026
		100℃	0.012	0.032	0.031
		150℃	0.018	0.5 以上	0.5 以上
破 壊 電 圧	kV/mm	20℃	30 以上	30 以上	15~20

3.1.1 モールド絶縁材の基本特性

キャンは電気的特性からは薄いほど良いが、機械的強度が低くなるので、なんらかの補強を施す必要がある。また、キャンで密閉した固定子内部が空気の場合は熱放散が悪くなるので、水中モートルとして使用条件からは十分とはいえない。従って、モールド絶縁方式を採用しているが、モールド材としては次の点を考慮したものでなければならない。

(1) 構成材と合った耐熱絶縁特性をもっており、き裂その他の異常が発生しないこと。

(2) コイルの冷却をよくするために、熱伝導率が良いこと。

(3) 構成材と合った熱膨張係数をもっていること。

これらを主要点として、エポキシ樹脂やポリエステル樹脂などに各種の無機質粉を充填した極めて広範な材料を比較検討し、表 5 に示したように優れた諸特性を有する新しいエポキシ系組成物を開発した(特許出願中)。同表から明らかなように、膨張係数もキャンやコイル、ハウジング材などとほとんど同等の膨張係数($1.5 \times 10^{-5} \text{℃}^{-1}$)を有する極めて低い膨張率であり、また、熱伝導率も $17 \times 10^{-4} \text{cal/cm} \cdot \text{s} \cdot \text{℃}$ で市販品に比べて大きく、熱変形温度も 160℃ 以上と耐熱特性も良い新組成物の開発に成功した。

更に、樹脂の耐き裂性も極めて重要な特性の一つであり、耐き裂性をみる試験法としては種々あるが、図 4 に示す C 字形ワッシャ試片⁽⁷⁾を用いて、高温側を 100℃ とし、低温側を室温から -10℃ ずつ段階的に下げる冷熱試験を実施したが、そ

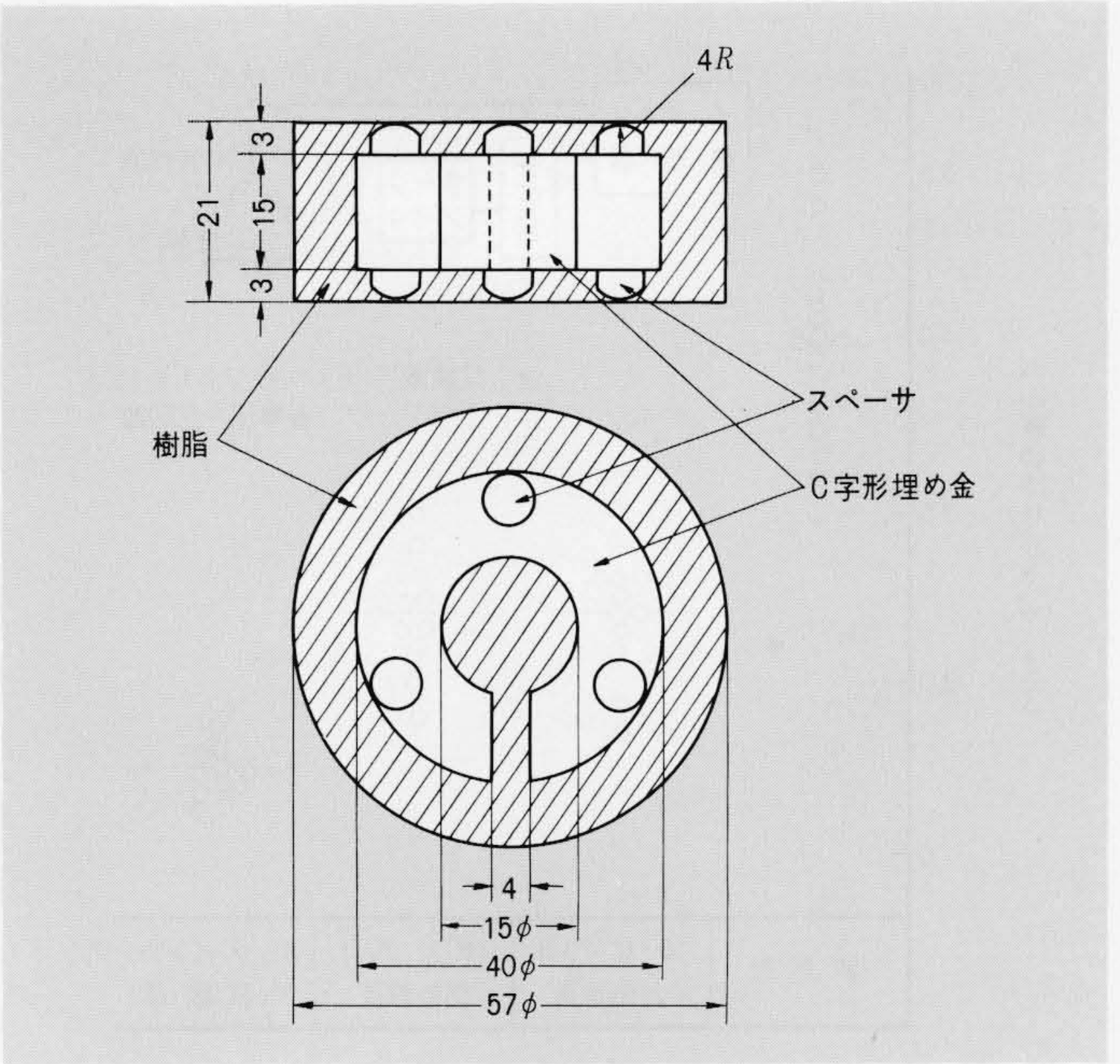


図 4 C 字形ワッシャ法試験片 耐き裂性を的確に検討できるように試験樹脂の中に埋める試験片の形状・寸法例を示す。

表 6 耐き裂性試験結果 新樹脂のき裂発生温度は非常に低く、優れている。

温度 サイクルNo	室 温 0℃ -10℃ -20℃ -30℃ -40℃ -50℃ -60℃ -70℃																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
樹脂名																		
新エポキシ系組成物	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
市販エポキシ系樹脂	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
市販ポリエステル系樹脂	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

注：試片は各 6 個、100℃ ⇄ 各温度(保存時間：1h)
表中→印はパス、×印はき裂を生じた個数を示す。

の結果は表 6 に示すように市販品が室温 ~ 0℃ でき裂が発生したのに対し、新樹脂は -70℃ までの試験に合格し、耐き裂性にも極めて優れていることが確認できた。

3.1.2 絶縁の信頼性

キャンド モートルのコイルは、モールド樹脂中に埋め込んで固定しておくため、一般陸上用モートルに比べて湿気、汚れなど外的条件による影響はほとんど受けないが、使用中の温度上昇によるストレスは一般モートルに比べて厳しく、最も懸念される特性は、高温長時間使用後のスイッチ投入時や、モートル ロックなどのコイル発熱時の絶縁信頼性である。

図 5 はこれらを想定して促進熱劣化した後のレヤー絶縁を示したものである。この絶縁破壊特性は、同図中に示したテスト法により無負荷時立上り 0.2μs、時間幅 4μs の矩形波を U,V,W 各相間に印加したときの破壊値をモートルのレヤー絶縁の試験電圧値との比で示している。拾い込みコイルであるため、この電圧がコイルの線間に加わる可能性が大きく、レヤー絶縁の耐熱性は即エナメル線の耐熱性に負うところが多い。ロック インチング試験の条件としては、回転子を拘束して 200 V 三相 50Hz で 3 秒通電、2 秒休止を繰返し 31 回行なった。31 回目のコイルの平均温度は約 185℃ であった。

同図より 160℃ 70 日、180℃ 20 日の加熱処理〔E 種絶縁の評価に対する IEC(International Electrotechnical Commission)〕

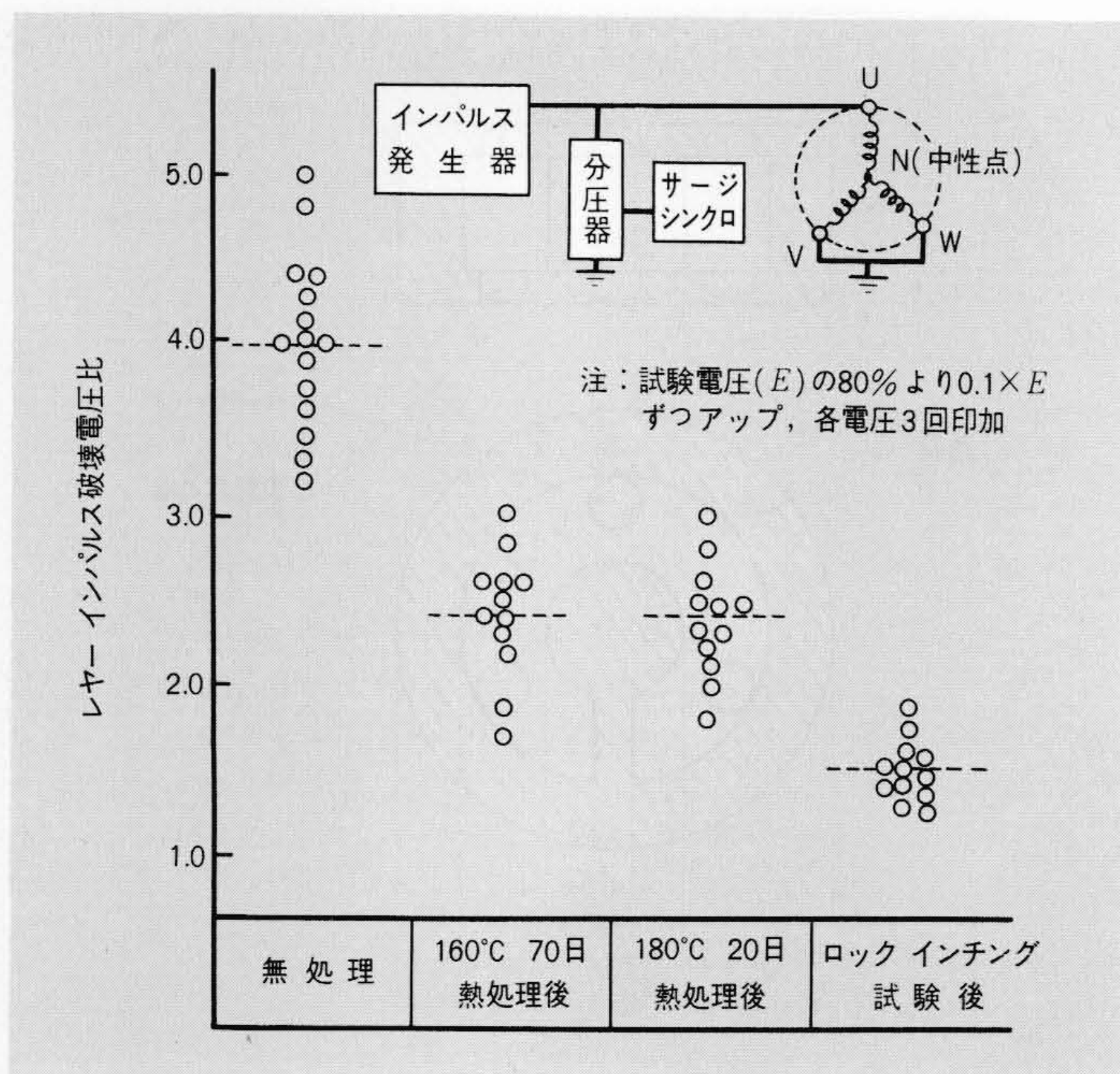


図5 キャンドモートルコイルのレイヤー絶縁インパルス破壊電圧破壊電圧比：破壊電圧と試験電圧との比を示し、ロックインテング時の低下率が大きい。

推奨規格による]においては、いずれも平均値で初期品の約60%の絶縁耐力に低下している。一方、ロックインテングテスト後の絶縁耐力は初期値の約37%に低下しており、短時間でも極めて過酷な条件であることを示している。しかし、このような条件においてもなおコイルのレイヤー絶縁耐力は試験電圧以上の値を示していることから、コイルの絶縁信頼性は非常に高いことが分かる。なお、引き続き耐熱寿命を検討しているが、絶縁耐力が試験電圧まで下がる時間を寿命とした温度特性から、本絶縁構成がE種絶縁としての仕様を十分満足することを確認している。

3.2 一般特性

2.2で述べたように、水中モートルは平常運転特性とともに特殊電源状況にも耐えられるような始動特性であることが必要であり、特殊回転子の採用などにより、図6に示すようなトルク特性にして加速トルクの増大を図り、表7に示すような一般特性を得ることができた。

ポンプの所要始動トルクを一例として測定してみると表8に示すような結果が得られ、ポンプのマウスリング部に砂粒が軽にかみ込んだような場合にこの数値は非常に大きくなることが分かる。しかし、新形モートルにおいては、電圧降下を考慮しても十分な加速トルクを得られることが分かる。

3.3 温度上昇と過負荷耐量

ポンプを自動運転で使用する場合、水の使用量などにより運転停止の頻度が高くなるとか、井戸の条件によっては、拘束インテング、又は電圧降下、過負荷、過熱などの過酷な条件でも急激に劣化しないような耐熱特性をもっていることが要求される。このために、モートルの熱特性確認として次のような各種試験を行なった。

(1) 過負荷耐熱特性

定格電流で所定の温度上昇限度に入らなければならないことはもちろん、保護装置の選定や電圧降下などの状態での過負荷耐熱特性を明確にするため、過電流通電法で確認の結果、図7に示すような過負荷温度特性で、十分な耐熱特性をもっていることが分かった。

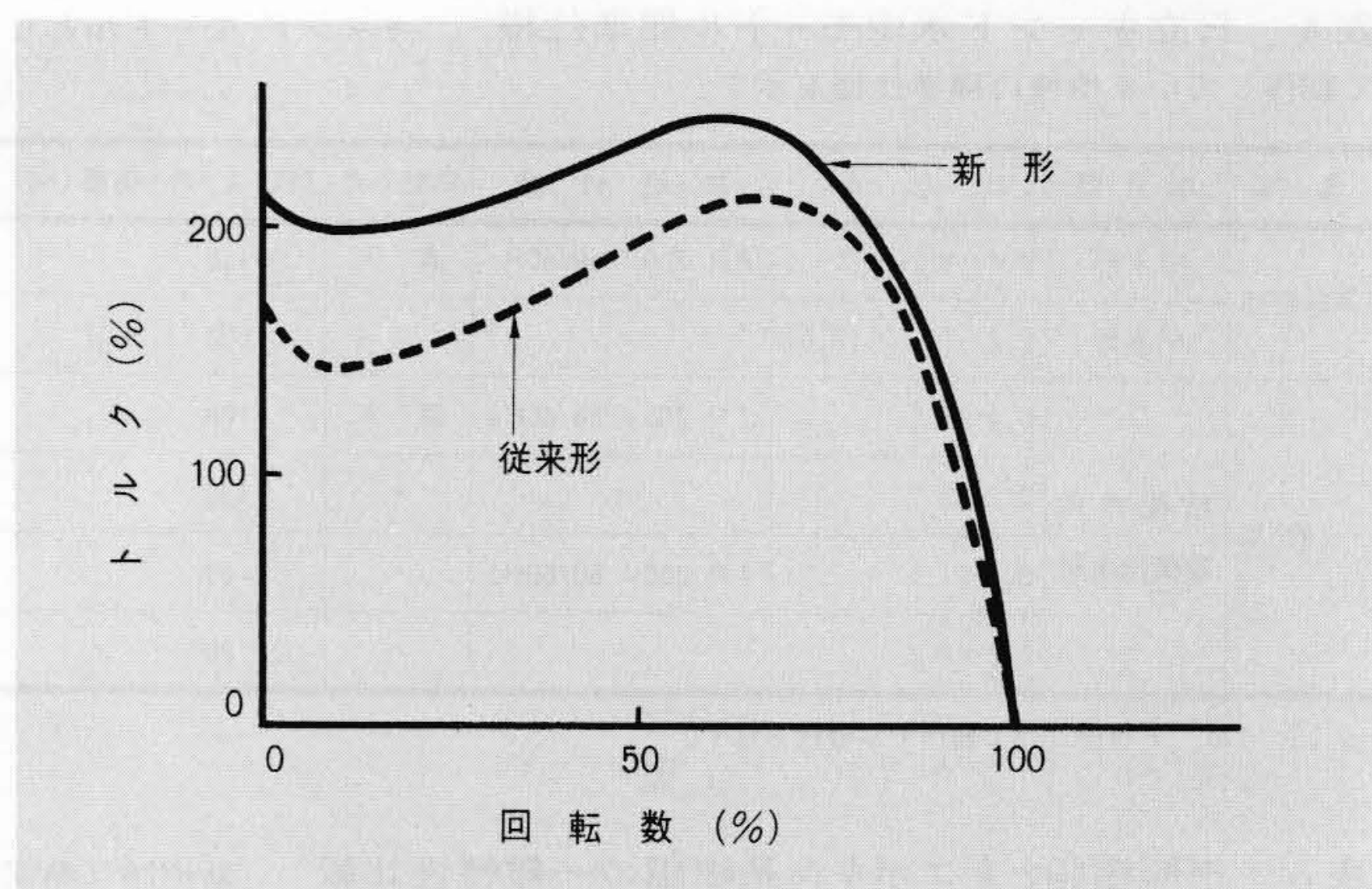


図6 キャンドモートルのトルク特性 キャンドモートルのトルク特性を、新形と旧形との比較で始動トルク、最低トルクが大きくなり加速トルクの増大が分かる。

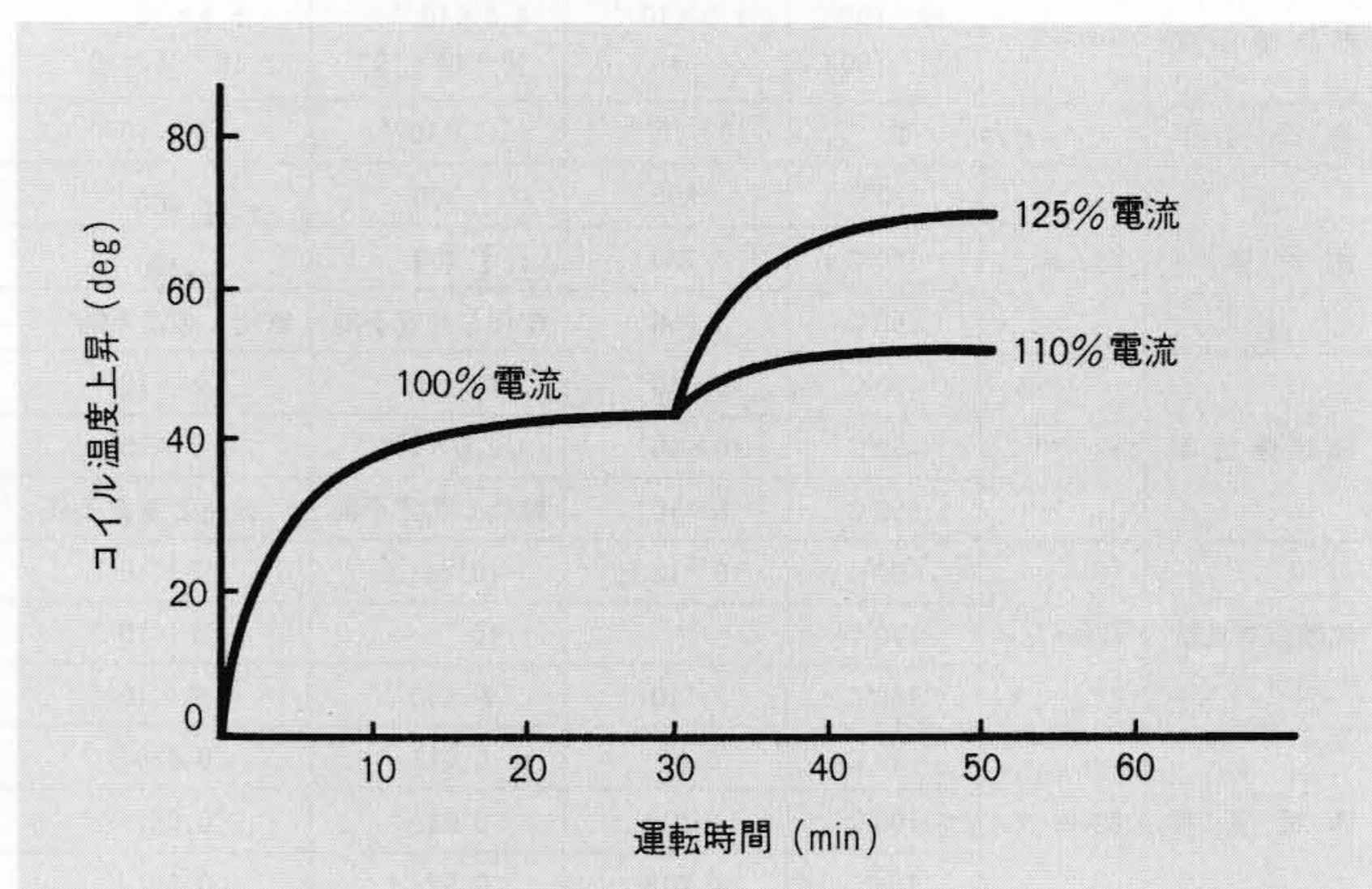


図7 過負荷温度特性 全負荷運転後、過電流に対するコイルの温度上昇を示す。

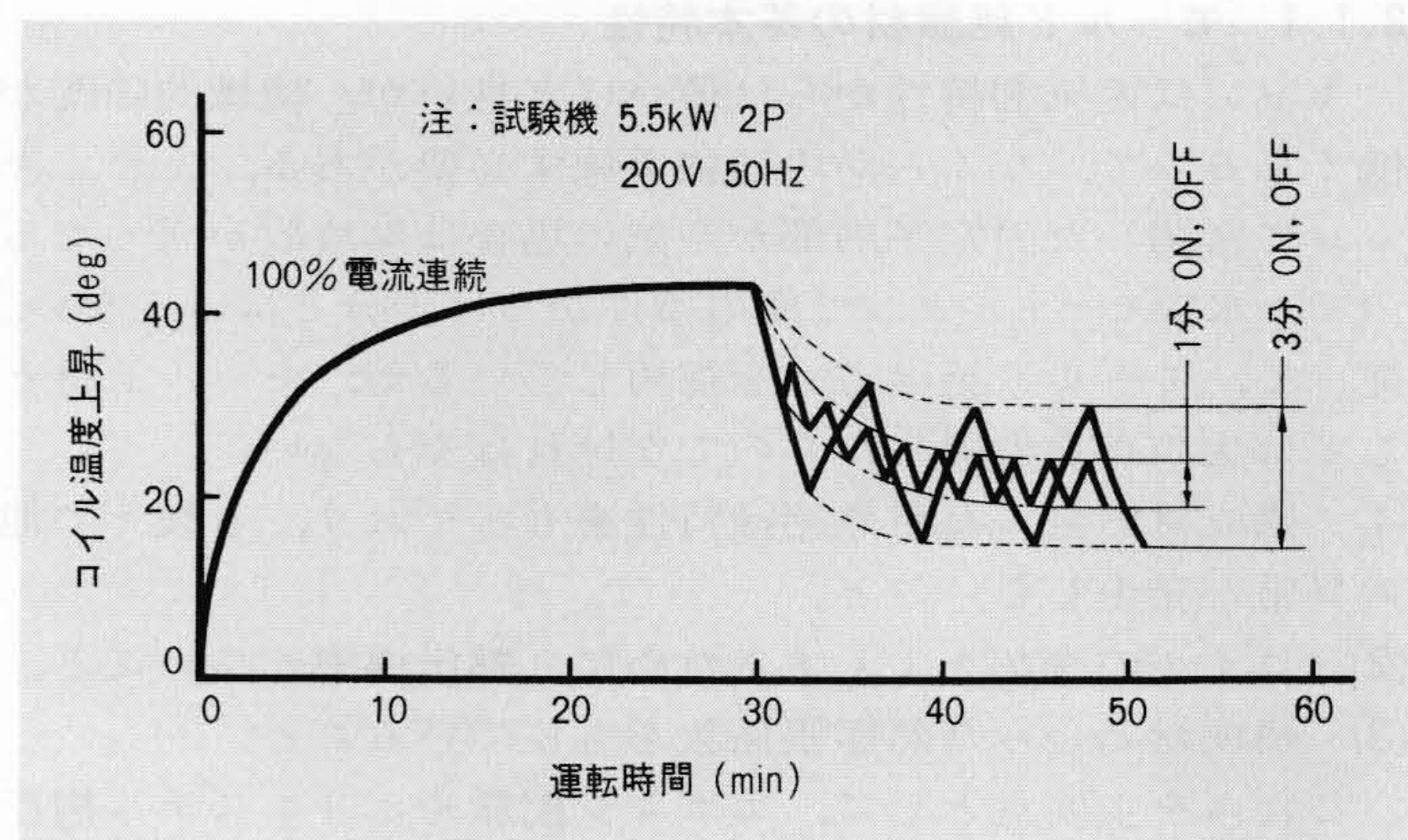


図8 高頻度運転停止時の温度上昇曲線 全負荷連続運転後、高頻度運転停止時のコイルの温度変化を示す。

(2) 高頻度始動時熱特性

タンクへの自動給水運転などにおいての高頻度始動時は、一般には連続運転時よりコイルの温度上昇は高くなる。従って、高頻度始動時の温度上昇を知って使用条件を明確にしておくことが必要であり、図8に例示したような高頻度運転停止による温度上昇を測定の結果、相当の高頻度運転停止を行なっても温度上昇のうえでは十分に余裕のあるモートルであることが確認できた。

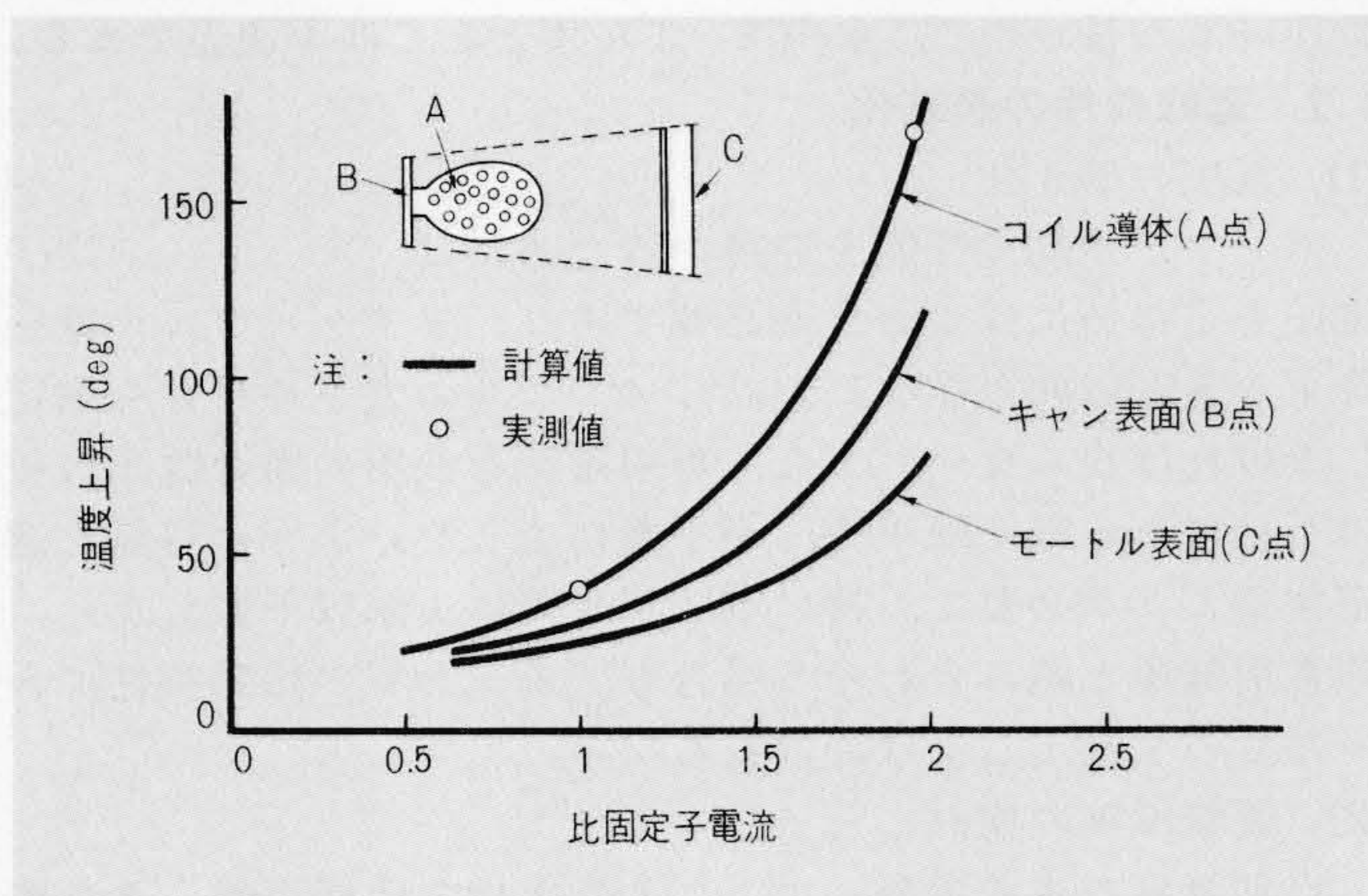


図9 固定子各部温度上昇に及ぼす固定子電流の影響 固定子中央部に対する二次元解析による放射方向温度分布計算によるもので、電流増とともに各部温度上昇は急増している。

3.4 温度分布の解析

モートルの過負荷耐熱特性を向上するためには、温度特性計算によりモートル各部の熱定数、冷却条件が耐熱特性に及ぼす影響を明らかにしなければならない。

5.5kWの水中モートルを使用して有限要素法による固定子各部の温度分布を計算し、実測値と比較した。この結果を図9～12に示す。コイル導体の温度上昇計算値は、埋込形熱電対による実測値とほぼ一致することが確認できた。

図9は固定子中央部におけるコイル導体、キャン表面及びモートル表面の温度上昇特性に及ぼす固定子電流の影響を示すもので、熱源としてはコイル銅損、コア部鉄損、キャン内の損失を考慮しており、定格電流時のコイル導体、キャン表面、モートル外被の温度上昇はそれぞれ40deg、30deg、25degと小さい。しかし、過負荷状態により固定子電流が2倍に増加すれば、コイルの固有抵抗が温度上昇とともに増加するため、コイル銅損が約7倍となりコイル導体の温度上昇は180degと激しく増大する。

図10は固定子電流が2倍流れるときに、同図に示す定常値に落ち着くまでの過渡温度上昇特性を示す。モートル外被の温度上昇は、コイルからの熱伝導に時間を要するため約1分遅れる。温度上昇の等価時定数(定常値の63.3%に達するまでの

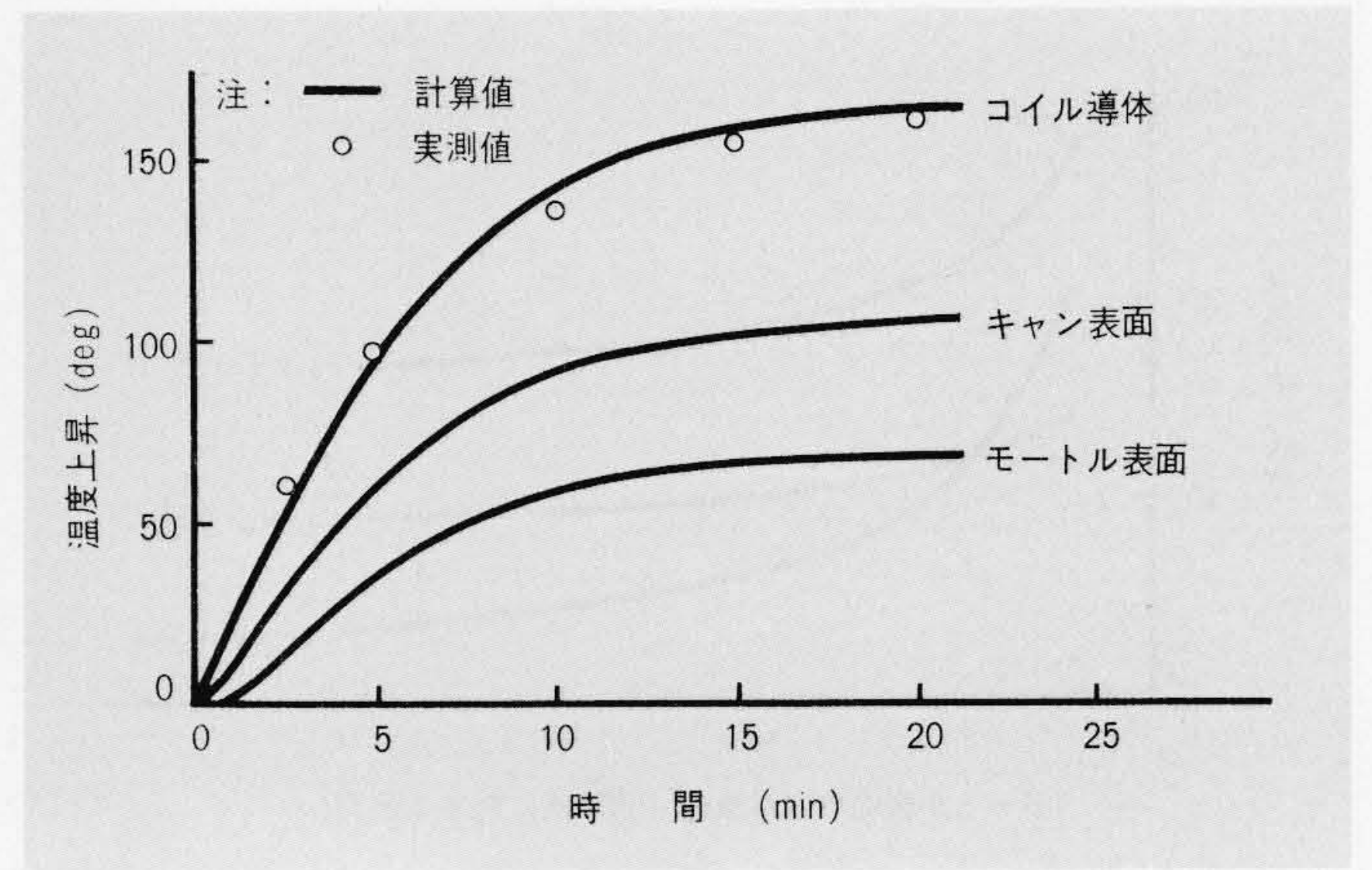


図10 固定子各部の過渡温度上昇特性 図9と同様に、固定子中央部に対する二次元解析による放射方向温度分布計算によるもので、温度上昇時定数の小さいことが分る。

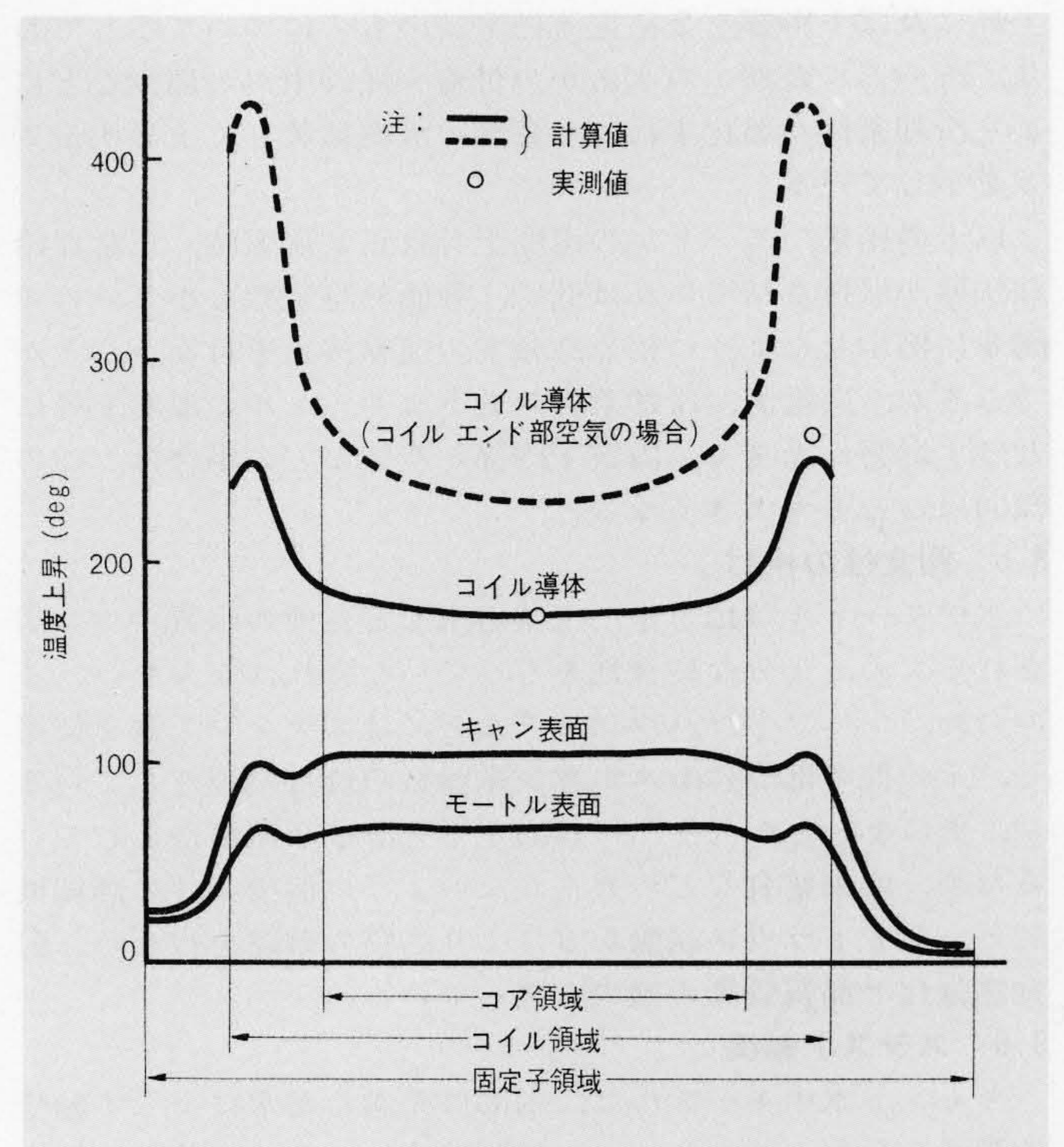


図11 固定子の軸方向温度分布特性 軸対称解析による軸一放射方向温度分布計算によるもので、コイルエンド部の温度上昇が大きい。

表7 キャンド水中モートル一般特性比較 M6形5.5kW2Pキャンド水中モートルの200V 50Hzにおける一般特性例を示し、トルク特性の改良が著しい。

項 目		従 来 形	新 形
無 負 荷 電 流 (A)		10.3	7.5
全 負 荷	電 流 (A)	24.3	22.7
	効 率 (%)	77.6	79.1
	力 率 (%)	83.9	88.6
	滑 り (%)	5.7	5.5
最 大 出 力 (%)		179	177
最 大 ト ル ク (%)		214	250
始 動 ト ル ク (%)		170	212
始 動 電 流 (A)		135	110.5

表8 ポンプ始動トルク測定例 5.5kWのモートルを使用したポンプについて始動トルクを測定した例を示す。

モートル出力	ポンプ仕様	軸受などの摩擦トルク T_a	ランナ1個の砂かみトルク T_b	全段数の半分が砂かみしているとしてのトルク $T_c = N \times T_b$	ポンプの所要始動トルク $T_p = T_a + T_c$	モートルの始動トルク T_M	トルク余裕率
5.5kW	口径50φ段数14	0.1kg-m	0.24kg-m	$0.24 \times 7 = 1.68\text{kg-m}$	1.78kg-m	3.95kg-m	222%

時間)は約6分であることが分る。

図11は固定子電流が2倍流れるときの固定子各部の軸方向温度分布特性を示す。固定子中央部における各部温度上昇値は図9に示す結果とほぼ一致している。コイルエンドの温度上昇が大きいのは二極機でコイルエンド部が長いためであり、樹脂の熱伝導率の影響が大きいことが分る。コイル部をワニス処理して内部に樹脂を充填しない場合は、図11の破線で示すような更に高い温度上昇が予想される。

図12はモートル表面における冷却条件がモートル各部の温度

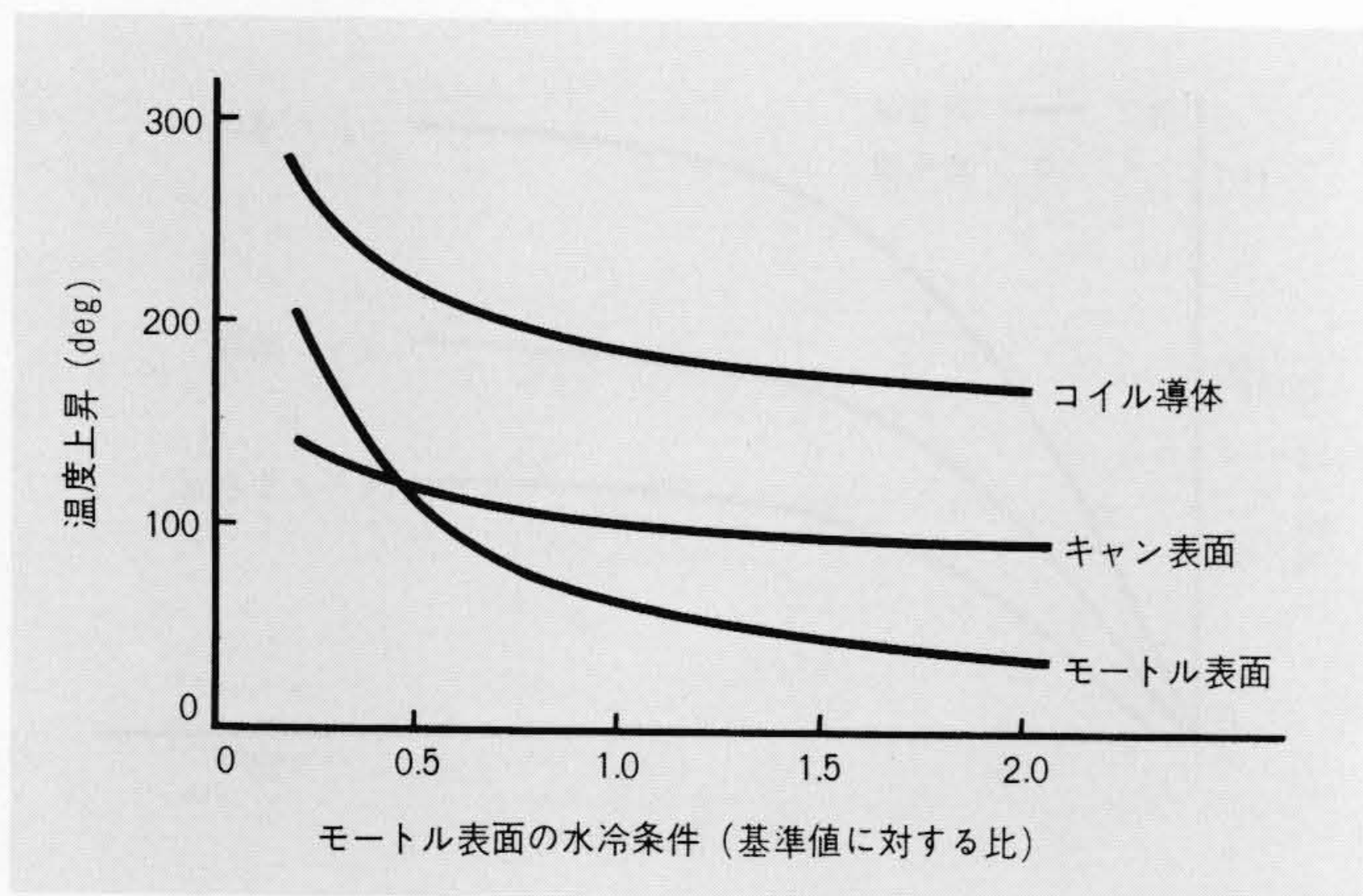


図12 モートル表面の冷却条件が固定子各部温度上昇に及ぼす影響
モートル表面の冷却条件の低下のほうが、コイルの温度上昇に対する影響は大きい。

上昇に及ぼす影響を2倍電流通電時のものについて示しており、モートル表面への水あかの付着や泥砂中への埋没などにより冷却条件が悪化すれば、各部の温度は著しく上昇することを示している。

以上の結果、モートルの温度上昇は正常運転時、正常な冷却状態が保持されていれば低く、等価熱時定数も小さいので図8に例示したように相当高頻度の運転停止を行なうことができるが、過電流、冷却条件の低下はモートルの温度上昇に及ぼす影響が大きく、固定子内部が空気などの場合は、この傾向はもっと大きくなる。

3.5 耐食性の検討

水中モートルは地下水、工業用水など各種の水質中で使用されるため、十分な耐食性をもっていなければならない。このため、シャフト、ハウジングなどにはステンレス鋼を使用し、その他の部品にもエポキシ系塗料の焼付処理をしているが、更にキャンドモートルは固定子を溶接密閉構造としているため、応力腐食などの異常がないように溶接条件の詳細検討と、シュトラウス試験などにより品質の確認を行ない、耐食性強化と品質管理の徹底を図っている。

3.6 スラスト軸受

キャンド水中モートルは、内部に充満した水によって軸受の潤滑を行っており、ポンプ運転時はスラスト荷重が発生するのでこれを受けるスラスト軸受は重要であり、そのため構造が簡単で、且つ保守の容易な高性能軸受を開発した⁽⁵⁾。この詳細は図3の構造例に示すとおりで、キャンドモートルのみならず広く水中モートルに適用している。

4 水中モートル選定使用上の注意

新形キャンドモートルは以上のように各種の特長を持っているが、一方、固定子部分を完全密閉しているため、異常時コイル巻替えなどの自由性はないので、使用上次の点を考慮する必要がある。

4.1 モートルの熱特性に合った保護装置を併用

モートルは3.3、3.4で述べたような耐熱特性をもっているが、過負荷、拘束、欠相などの異常時は速やかに運転を停止して、大事故への波及を防止することが必要であり、このために、保護装置としてはJIS B 8324、同8325にも規定されているように、異常時に高速しゃ断する電流リレーを使用することが最小限必要な条件である。ヒューズは電路保護が目的であり、一般の電磁開閉器に内蔵しているサーマルリレーは

動作時間が長いので、水中モートル用としては不適當である。

4.2 運転条件の適正化

(1) 電圧の適正化

ポンプが予期の性能を発揮するためには、モートルの端子電圧を定格値に保つことが必要であり、まずケーブルの電圧降下が5%以内となるように⁽⁸⁾、ケーブルの太さや長さを選定しなければならない。また、専用電源を使用の場合電源容量の不足による電圧降下や、不平衡が生じないように容量を選定することが必要で、特に電圧不平衡は1%以下にしたい。非常用電源と組み合わせる場合も、モートルの始動特性に合ったものを選定しなければならない。

(2) 運転環境の検討

自動運転方式の場合、ポンプと受水槽の仕様不適、その他により運転頻度が異常に高くなり、ポンプやモートルの損耗を招くことがあるので、運転頻度は4回/時程度までに抑えるように計画しなければならない。

水中モートルは周囲に水のある状態で運転することが必要であり、井戸の水脈との関係、ピット内のポンプの位置などにより、モートル部が露出運転されたり、泥砂中に埋もれるなどの冷却条件の異常がないようにしなければならない。

(3) 平常の保守管理

平常、次の点を監視しておくことと異常の早期発見ができる。

- (a) 電圧、電流及び絶縁抵抗の変化を平常定期的に測定記録
- (b) 吐出し圧、水量の変化を測定
- (c) 水位リレー、圧力スイッチの接続、動作状況点検
- (d) モートル据付場所の泥砂埋積、水位低下状況監視

これらの結果、急変が見られたら、その原因調査と対策を行なうことによって重大な異常が防止できる。

5 結 言

小形水中ポンプ用として多量に使用されているキャンド水中モートルについて、深井戸ポンプ用を中心にその構造・絶縁特性などの紹介、及び運転保守上の注意事項について概説した。日立製作所は、研究、製作など関連部門の総合力を結集して、水中モートルポンプのみならず、各種ポンプ及びその電気品の改良開発と産業の発展のために努力を重ね、広い需要に応じており、今後もいっそう製品・システムの改良開発に努力を重ねてゆく考えである。

終わりに、種々御指導、御援助をいただいた日立製作所日立研究所、同習志野工場の関係各位に対し深謝する次第である。

参考文献

- (1) 建設省「49年版建設白書」
- (2) 建設省「広域利水調査第二次報告書」(昭48-8)
水需要の動向水源別採水量などについて、その実績と見通しを解説している。
- (3) 通産省「工業統計表(用地用水編)」(昭48-8)
- (4) 宮下、大和田、鎌田「水中モートル用絶縁電線の寿命評価」日立評論 52, 587 (昭45-7)
- (5) 大和田、長谷川、岡野「水中モートル用放流形スラスト軸受の特性」日立評論 51, 1103 (昭44-12)
- (6) 大和田「日立キャンド水中モートル」日立評論 52, 400 (昭45-5)
- (7) M.Satoほか3名SPE Tech.Papers 13, 20~24 (1967)
- (8) JIS B 8324, 同8325
深井戸用、建築設備排水用水中モートルポンプについて詳細を規定している。