

# 水中モーターとその絶縁特性

## Immersible Motor and Characteristics of Insulation

大和田 武義\* 鎌田 長生\*\*  
Takeyoshi Ôwada Nagao Kamata

### 内 容 梗 概

水中モーターポンプは、多くの特長が認識されて、各種の産業に広く使用されつつあるが、これを駆動する水中モーターは、水中に据付け運転されるため、高い信頼性が要求される。

本論は各種水中モーターの紹介と、信頼性の主要な要素である絶縁特性について述べる。特に水中で使用される絶縁電線については、モーターに使用した場合の総合絶縁特性に対する検討結果を説明する。

また過負荷保護装置と組み合わせて運転することが水中モーターの安定した寿命を保持することになるので、保護装置、保守点検についても紹介する。

### 1. 緒 言

産業の発展、生活の向上とともに、水処理、水利用の問題はますます重要になっており、この目的のために種々のポンプが使用されている。この中で、近年使用されるようになった各種の水中モーターポンプを駆動する水中モーターは、ポンプと一体となって水中に据付けられるため、ポンプの信頼性は水中モーターによって左右されるといっても過言ではない。水中モーターは、絶縁物や構成材料の進歩改良により、信頼性は高まり、多くの特長が認識されて、飛躍的に伸びつつあり、JIS規格も一部の機種には制定される機運が熟している。

日立製作所においては、総合技術を結集して、日立水中モーターの改良と標準系列化を行ってきたので、その概要と、最も重要である絶縁特性について述べる。

### 2. 水中モーターの用途と構造

水中モーターは、用途によって構造が異なり、次のように大別できる。

#### (1) 深井戸用

地下水の取水用として深井戸内に据付けられることが多く、このため、モーターの外径は井戸径に適した寸法に制限される。したがって、モーターの外観は、一般モーターに比べて非常に細長くなっている。

#### (2) 浅井戸用

ビル、工場、ホテルなどの建築物内で使用される各種の水の給水排水用に、河川などよりの取水用に、また、水道用農業用などの配水に適している。

水中モーターは、モーターの保護構造によって次のように分けられる<sup>(1)</sup>。

#### (1) 水密形

モーター内に空気や油を充満し、外被を完全密封構造として、周囲の水と完全に分離した構造で、主として浅井戸用に使われている。

#### (2) 浸水形

モーター内に清水を充満してコイルの冷却と軸受の潤滑をおこなう方式で、水中モーターに広く採用されている。

日立水中モーターは、浸水形を標準としており、深井戸用は清水循環式、浅井戸用は、清水封入式をとっている。以下その構造について述べる。

\* 日立製作所習志野工場

\*\* 日立電線株式会社日高工場



第1図 深井戸用水中モーター

#### 2.1 深井戸用水中モーター

深井戸の大きさは揚水量によって定まり、モーターの外径寸法は、井戸径に制限される。また、井戸内に深く据付けるため、できるだけ小形であることが望ましく、このため、2極モーターを採用している。取扱用水は一般用地下水で、清水が大部分であるため、フィルタを通して、フレームの内外を貫流する循環式を標準としている。モーターの外観を第1図に、構造を第2図に示す。

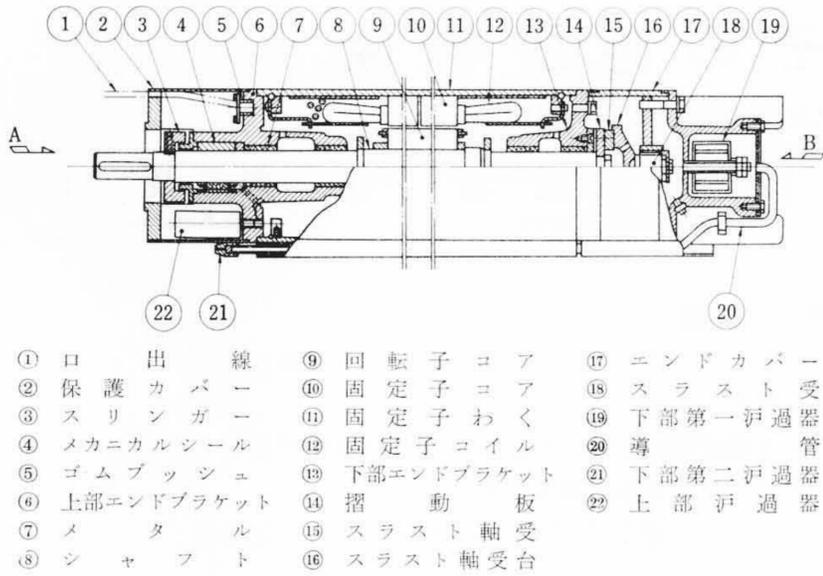
##### (1) 外 観

モーターの外観は良質の鋳鉄または鋼管を用いて、堅固な構造とし、エポキシ系樹脂の焼付塗装を施し、耐食処理をしている。

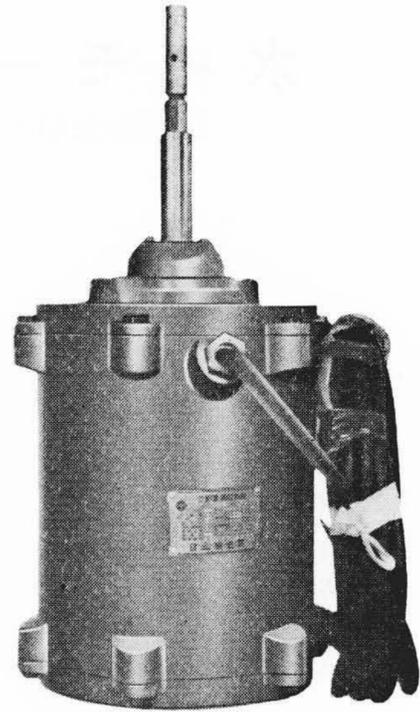
##### (2) 固 定 子

固定子鉄心には、特殊処理ケイ素鋼板を用い、さらにエポキシ系樹脂の焼付塗装によりさび止め処理を行なっている。

コイルには耐水絶縁電線を用いており、口出線には耐水性、耐油性のすぐれたキャプタイヤケーブルを使用している。これらの接続部は、十分な耐水絶縁構造をとっているため、水圧の高いところで使用しても、安定した特性と、高い信頼性を保持して



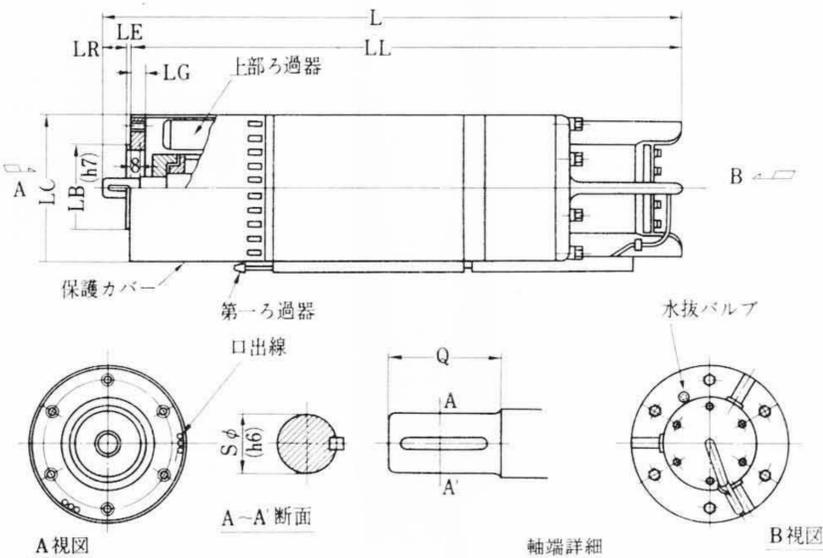
第2図 深井戸用水中モートル構造



第4図 汚水用水中モートル

第1表 深井戸用水中モートル標準仕様

項目	仕様
形式	縦形全閉水循環式 VTI-KK
電源	200V 50/60 c/s
極数	2 極
回転数	3,000, 3,600 rpm
適用水質	25°C 以下の一般地下水またはこれと同等の水質
口出線本数および起動方式	7.5 kW 以下 3本口出 直入起動方式 11 kW 以上 6本口出 人-△ 起動方式



備考 11 kW 以下 口出線 3 本  
15 kW 以上 口出線 6 本

適用井戸径	出力 (kW)	寸法 (mm)								
		LB	LC	LE	LG	L	LL	LR	S	Q
6#	2.2	80	136	3	13	791	744	44	25	55
6	3.7	80	136	3	13	831	784	44	25	55
6	5.5	80	136	3	13	931	884	44	25	55
6	7.5	80	136	3	13	971	924	44	25	55
8#	3.7	102	178	3	15	906	851	52	32	63
8	5.5	102	178	3	15	946	891	52	32	63
8	7.5	102	178	3	15	1,006	951	52	32	63
8	11	102	178	3	15	1,116	1,061	52	32	63
8	15	102	178	3	15	1,211	1,156	52	32	63
8	19	102	178	3	15	1,311	1,256	52	32	63
10#	2.2	120	220	3	20	1,275	1,220	52	32	63
10	3.0	120	220	3	20	1,385	1,330	52	32	63
10	3.7	155	220	3	20	1,350	1,295	52	42	63
12#	4.5	155	280	3	20	1,555	1,380	172	42	63
12	5.5	155	280	3	20	1,705	1,530	172	42	63

第3図 深井戸用水中モートル寸法図

いる。

(3) 回転子

かご形回転子で、回転子鉄心には固定子鉄心と同じケイ素鋼板を用い、閉みぞを採用して流体損失の減少をはかっている。導体

および短絡環には、良質の電気銅またはアルミニウムを用い、回転子全体で特殊防錆処理している。また、日立独自のバランス取りを行なうとともに回転子の回転によって生ずる水流による固定子コイルへの影響を少なくするような構造をとっている。

(4) 軸受

モートル内には、回転子をささえるラジアル軸受と、ポンプよりのスラスト荷重をささえるスラスト軸受をもっており、これらの軸受材としては、水潤滑性能の非常にすぐれた特殊処理カーボンメタルを使用している。

シャフトにはステンレス鋼を用い、軸受部に、軸受メタルに合った熱処理を行ない、潤滑性能の向上をはかっているため、長い寿命を保持している。

(5) 防砂構造

モートルの防砂構造が不完全であれば、モートル内に異物や砂が侵入しモートルの寿命を著しく低下することになる。日立深井戸用水中モートルは、次のような点を考慮して、異物の侵入を完全に防止している。

(a) モートル内の水は運転による温度変化により下部第2 汙過器→下部第1 汙過器→モートル内部→上部汙過器の経路を経て外部へ貫流している。

これらの各汙過器としては数ミクロンの異物も通さないような、高性能品を使用している。

(b) 軸貫通部は、メカニカルシールとスリンガーによる完全防砂構造をもっており、各部品の接合面や口出線引出部は、高圧水が外部よりかかっても、モートル内へ侵入しないようにしてある。

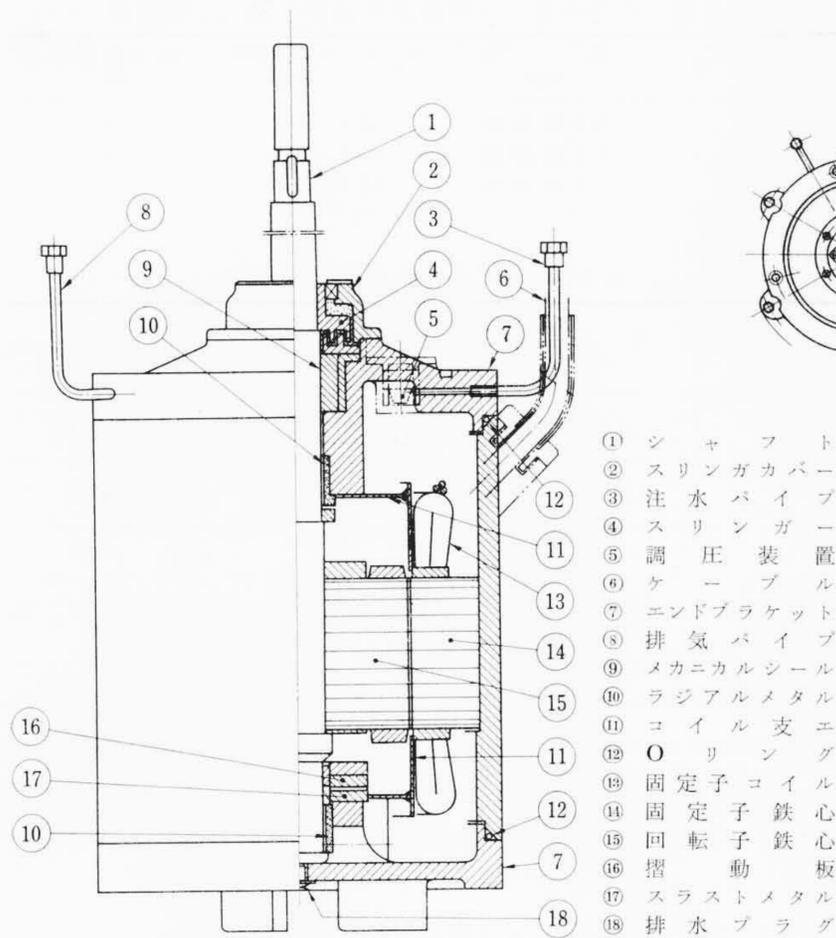
標準の深井戸用水中モートルの仕様を第1表に、種類と寸法を第3図に示す。

2.2 浅井戸用水中モートル

浅井戸用ポンプは取扱う水質の範囲が非常に広いので、水中モートルには封水式を採用しており、使用条件によって、汚水用と清水用に大別される。

2.2.1 汚水用水中モートル

汚水用水中ポンプは、取扱う水質が非常に悪く、据付場所も汚水槽中なので、モートル内に清水を封入充満して運転する方式をとっており、ポンプをモートルの上部に取付ける構造を標準としている。外観を第4図に、構造を第5図に示す。



第5図 汚水用水中モーターの構造

(1) 外 わ く

汚水中でも十分な耐食性を保持するように良質の鋳鉄を用い、さらに、モーター内外面とも耐食性にすぐれたエポキシ系樹脂焼付を施している。

(2) 固定子および回転子

固定子および回転子鉄心には、特殊処理ケイ素鋼板を用い、外わくと同様にエポキシ系塗料による防食処理を行なっている。

固定子コイルは、過酷な条件にも高い絶縁特性を示す耐水絶縁電線を使用して、接続部に高信頼度の耐水絶縁処理をしている。また、コイルの寿命をさらに高めるために、モーターの温度上昇はできるだけ低くしている。

回転子導体には純良なアルミニウムを用いたダイキャストロータを採用して特性の向上をはかり、エポキシ系樹脂による完全防食処理を行なっている。

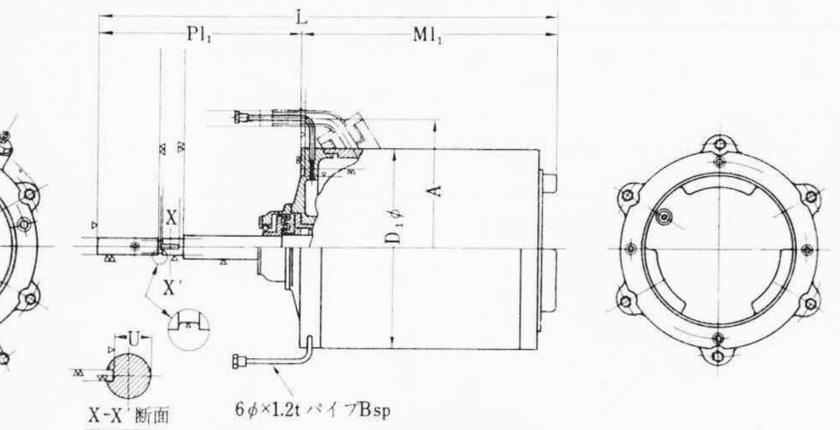
(3) 軸 受

深井戸用モーターと同様に、特殊処理カーボンメタルを使用し、ポンプ側のスラスト荷重も受けるようにしている。

(4) モーターの密封性・防砂構造

取扱液のモーター内への侵入、またはモーター内の清水の漏えいを防ぐため、各部品間の接合部には、パッキングとシールコンパウンドの組合せにより、十分なシールを行なっている。口出線引出部には、特殊ゴムパッキングを用いて、外部よりの大きな圧力や、水による腐食に耐えるようにしている。

軸貫通部は、独自のメカニカルシールとスリンガーの2重組合せによって、完全な漏えい防止をはかっている。



ケーブルサイズ

出力 (kW)	芯	外径	長さ
0.4	2 mm <sup>2</sup> 3芯 2 RNCT	12.0	8,000
0.75	3.5 mm <sup>2</sup> 3芯 2 RNCT	13.9	8,000
1.5	5.5 mm <sup>2</sup> 3芯 2 RNCT	15.4	8,000
2.2	8 mm <sup>2</sup> 3芯 2 RNCT	16.9	8,000

定 格	ボルト	サイクル	毎 分 回 転	極 数
連 続	200	50/60	1,500/1,800	4

出力 (kW)	形 式	L	A	pl <sub>1</sub>	Ml <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	W	U	重量 (kg)
0.4	VT11-KK	481.5	132.5	211.5	270	195	18	5	15	30
0.75	VT19-KK	491.5	132.5	211.5	280	195	18	5	15	40
1.5	VT11-KK	518.5	132.5	211.5	307	195	18	5	15	50
2.2	VT11-KK	555	155	245	310	240	20	5	17	75
3.7	VT11-KK	580	155	245	335	240	20	5	17	85
5.5	VT11-KK	633.5	180	268.5	365	280	25	7	21	100
7.5	VT11-KK	658.5	180	268.5	390	280	25	7	21	130

第6図 汚水用水中モーター寸法図

モーターが密封構造をとっているため、運転停止および周囲水温の変化によって、モーター内の封水が容積変化する。これを吸収し、モーター内圧が外圧より若干高い圧力で外圧と平衡するように、モーターの上部または側面に調圧装置を設けている。

標準の汚水用水中モーターの仕様を第2表に、また寸法を第6図に示す。このほかに注文生産品として、水道用や農業用など各種産業用水中モーターを製作している。

2.2.2 清水給配水用水中モーター

ビル、ホテルなどの建築物内では、各階に種々の目的の清水を給水する必要があり、一般には、深井戸より汲上げられた貯水槽の水は、屋上などの給水槽に揚水する方式がとられている。現在のように、床面の利用度を高める必要のある場合、床面据付形ポンプを用いると、それだけ有効床面は減少する。水中モーターポンプは据付面積が小さいため、従来の床面据付形ポンプに代わって使用されるようになった。この種の目的に使用する水中モーターは、汚水用水中モーターと異なり、取扱う水質が清水のため、汚水用モーターを循環的に改めて使用している。標準としては、低圧2極で11 kW以下を製作している。

3. 水中モーターの耐水絶縁特性

水中モーターポンプの信頼性は、これを駆動する水中モーターによるところが多く、特にモーターの軸受特性と耐水絶縁特性によって決定されるといえる。軸受特性や耐食処理などについては、今までに種々発表している<sup>(1)(2)</sup>、以下耐水絶縁特性について述べる。

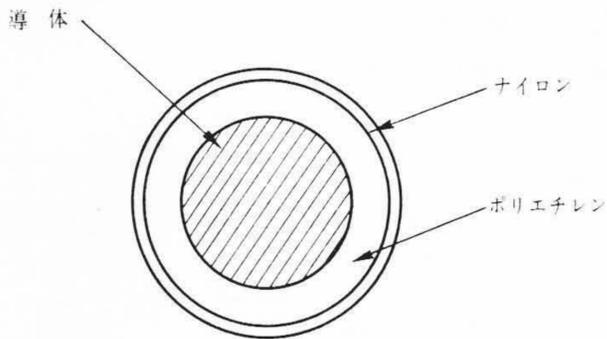
日立水中モーターは、モーター内に清水を充満した浸水形をとっているため、コイルに耐水絶縁電線を用いている。したがって電線自身の耐水絶縁寿命の良否が問題となるので、以下電線の絶縁特性と、モーターに使用した場合の比較検討結果について述べる。

第2表 汚水用水中モーター標準仕様

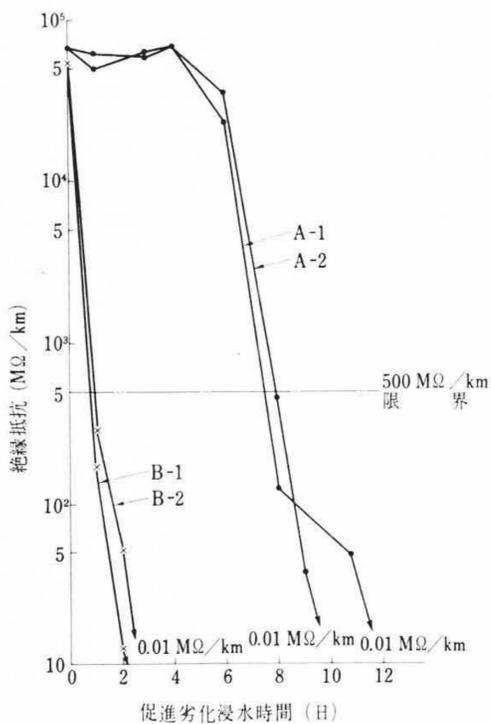
項 目	仕 様
形 式	縦形全密閉清水封入式 VT11-KK
電 源	200 V 50/60 c/s
極 数	4 極
回 転 数	1,500, 1,800 rpm
適 用 水 質	30°C 以下の一般建築汚水
口 出 線	3心ケーブル 1本 直入起動方式

第3表 試料ポリエチレン絶縁ナイロンシース電線の構造

試 験 番 号	導 体 (mm)	ポリエチレン絶縁体	
		材 質	シ ー ス
A-1 A-2	1.4φ 軟銅線	低 密 度	ナイロン
B-1 B-2	1.4φ 軟銅線	高 密 度	ナイロン



第7図 水中モートル用電線の構造



第8図 ポリエチレン絶縁ナイロンシース電線の絶縁低下状況

3.1 電線の耐水絶縁特性

水中モートル用耐水絶縁電線は、一般にポリエチレンを絶縁材としたものが多く使用されている。ポリエチレンは、耐水性、耐薬品性のすぐれたプラスチックとして広く用いられており、その製造法により、高密度(低圧重合)ポリエチレンと低密度(高圧重合)ポリエチレンに大別される。一般に水中モートル用電線としては、第7図に示す構造をとっており、ポリエチレンの機械特性保護のため、ナイロンシースを施している。

高密度ポリエチレンは、耐熱性、機械的特性において低密度ポリエチレンよりすぐれているが、本質的に耐水絶縁特性が低い傾向にある。一方低密度ポリエチレンは、耐熱性、機械的強度は高密度ポリエチレンより若干低いが、耐水絶縁特性が安定しているといわれている。この特性を確認するため、第3表のような試料により、耐水絶縁特性の比較試験を行なった。試験条件は各種界面活性剤を入れた60°Cの温水中に浸漬し、600V交流電圧を課電して、その耐水絶縁抵抗の変化を測定した。この試験結果を第8図に示す。この促進劣化試験において、電線の使用限界を500 MΩ/kmとした。また、種々の検討結果より、この試験方法での7日間の寿命は、一般の井戸に据付けて使用した場合の4~6年の寿命に相当することが

第4表 ポリエチレンの耐水絶縁性とM. I. の関係

試 験 番 号	導 体 (mm)	ポリエチレン絶縁体	
		材 質	耐水絶縁性 (日)
1	1.4 軟銅線	M. I. = 1.2	18
2	1.4 軟銅線	M. I. = 0.3	8
3	1.4 軟銅線	M. I. = 0.2	4

第5表 試料電線の構造

試 験 番 号	導 体 (mm)	絶 縁 体	
		材 質	照射線量
1	1.4 軟銅線	低密度ポリエチレン M. I. = 1.2	未 照 射
2	1.4 軟銅線	低密度ポリエチレン M. I. = 1.2	β線 25 Mrad

わかった。この試験結果より、高密度ポリエチレン絶縁電線は、水中モートル用としては不相当であることが明らかである。

高密度ポリエチレン絶縁電線がこのように耐水絶縁特性の低いのは、ポリエチレン中の極微量の触媒の残存のために、導体の変色をきたし、ポリエチレンを劣化させるためと考えられる。

次に、ポリエチレン電線の耐水絶縁劣化とその対策について説明する。

3.1.1 ポリエチレンの分子量の影響

一般に高分子材料の諸性質は分子量によって相当変化する。水中モートルのような使用状況下において絶縁劣化の原因としてまず一般的に容易に推察されることは、環境応力き裂<sup>(3)~(6)</sup> (Environmental Stress Cracking) 現象で、これはポリエチレンが応力下である種の界面活性剤に接触するときき裂を発生する現象であって、一般的序列からすると分子量の高いほど耐え<sup>(3)</sup>、また結晶度とも関係があり、その点、高密度ポリエチレンは非常に良好である。

この観点からすると第3表、第8図にみられるように、高密度ポリエチレンがかえって急速に絶縁劣化することはいちじるしく不合理である。

この不合理は低密度ポリエチレンの分子量の相違の中にも見出された。すなわち第4表に示すように、分子量に反比例するところの M. I. (Melt Index) の異なる3種類の低密度ポリエチレンを、前述と同じ促進劣化試験法で耐水寿命を比較した結果は、M. I. の大きいほど耐水絶縁特性は良好である。ここで選んだポリエチレンの M. I. は電線用として一般に使用されるものである関係上 M. I. 範囲は広範でないため、この関係があらゆる M. I. に拡大されるとは考えがたいが、現象としては明らかに絶縁劣化の原因が環境応力き裂にあるとする考え方が必ずしも妥当でないことを示している。

3.1.2 ポリエチレンの架橋の影響

最近、ポリエチレンの諸性能を改良するため、分子間を架橋させた、いわゆる架橋ポリエチレンを使用した電線が急速に伸展している。

ポリエチレンの架橋方法には、β線のような高エネルギーの放射線を照射する方法と<sup>(7)~(11)</sup>、di-cumyl peroxide のような過酸化化物をもって架橋する化学架橋法<sup>(12)~(13)</sup>との2種類がある。

いずれにしても、架橋処理をするときはポリエチレンの環境応力き裂の傾向はいちじるしく減少することが知られている<sup>(14)</sup>。もし、水中モートル用ポリエチレン絶縁電線の浸水絶縁劣化の原因が環境応力き裂に基づくものであれば、架橋ポリエチレンを使用することによってほとんど絶縁劣化を起さなくなるはずである。したがって、以下、これら2方法による架橋ポリエチレン絶縁電線の耐水絶縁性の比較を行なった。

第6表 試料電線の構造

試 験 番 号	導 体 (mm)	ポリエチレン絶縁体		シ ー ス
		材 質		
3	1.4 軟銅線	化学架橋 (ゲル分率 87%)		ナイロン
4	1.4 軟銅線	未架橋 (M.I.=1.2)		ナイロン

第7表 水中モートル用一般電線の構造

項目	導 体		絶 縁 体	シ ー ス
	寸 法 (mm)	材 質		
A	0.9	すずメッキ線	高密度ポリエチレン 比重 0.932	6.10 ナイロン
B	1.6	軟銅線	低密度ポリエチレン 比重 0.917	6.10 ナイロン

(a) 放射線架橋ポリエチレン

未架橋低密度ポリエチレンと架橋ポリエチレン絶縁電線の試料構造を第5表に示す。架橋条件は Van de Graaff 電子加速装置により 25 Mrad の電子照射を行なったものである。

両試料の前記と同じ促進劣化試験による結果は第9図の試#1, 試#2に示すとおりで、電子架橋ポリエチレンのほうがたしかに耐水絶縁性はすぐれているが、それでもわずかに 30% の寿命延長にすぎない。

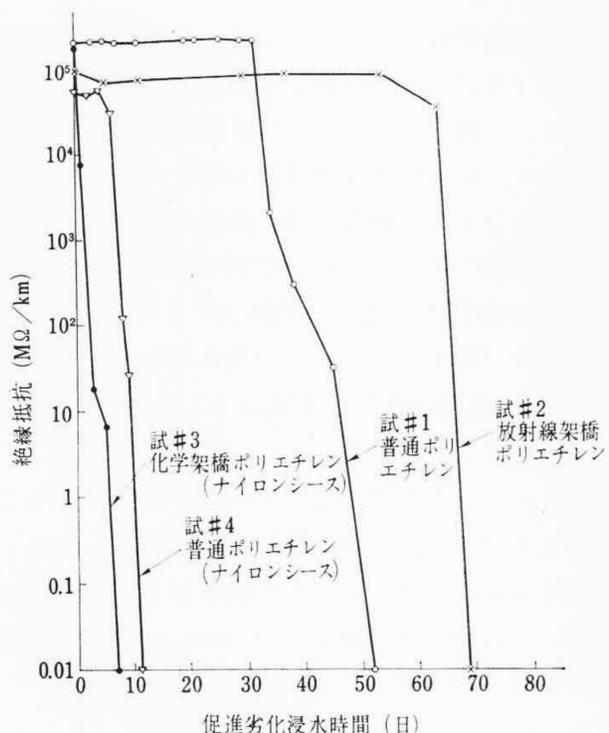
(b) 化学架橋ポリエチレン

未架橋低密度ポリエチレンと化学架橋ポリエチレン絶縁電線の試料構造を第6表に示す。この場合、絶縁厚の関係でナイロンシースを施してある。ポリエチレンの架橋は di-Cumyl peroxide で行なった。

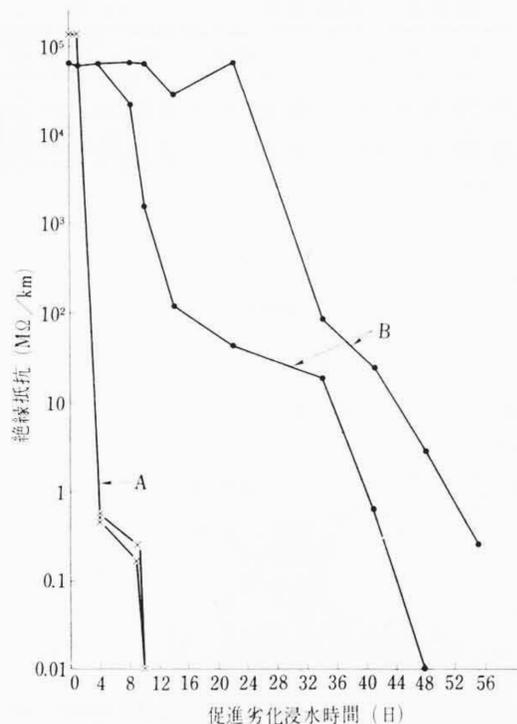
促進劣化試験の結果は第9図に併記した試#3,4のとおりで、化学架橋ポリエチレン絶縁電線は、いちじるしく短時間で絶縁劣化を起こしている。

以上、両架橋ポリエチレンは、劣化原因を環境応力き裂に求めたとするとき、あまりにも急速な劣化傾向を示し、浸水絶縁劣化の原因は単なる応力き裂と考えることに無理があり、複雑な他の要因が潜在していると考えたほうが自然である。

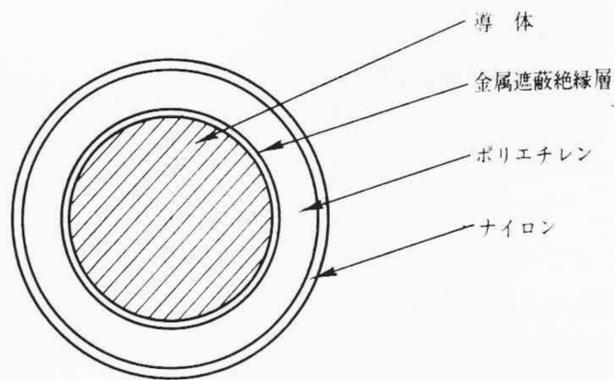
なお化学架橋ポリエチレンの場合は、架橋による効果よりも、架橋剤の分解反応残渣(ざんさ)の悪影響のほうが大きく現われたとみられ、この目的には不適當である。



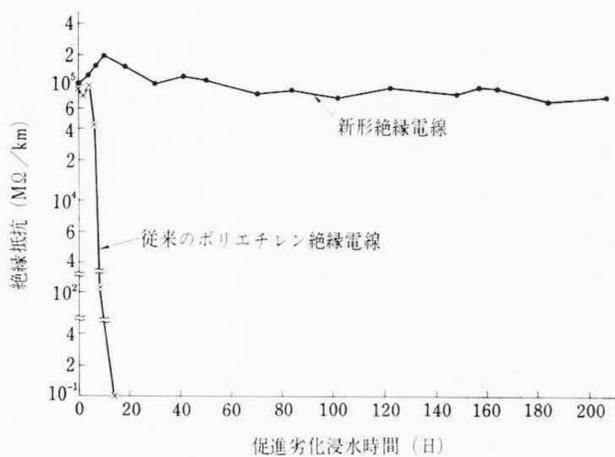
第9図 ポリエチレンの架橋化と耐水絶縁特性の関係



第10図 一般市販水中モートル用電線の耐水絶縁特性



第11図 新形耐水絶縁電線の構造



第12図 新形耐水絶縁電線の浸水絶縁特性

3.1.3 水中モートル用一般電線の特性比較

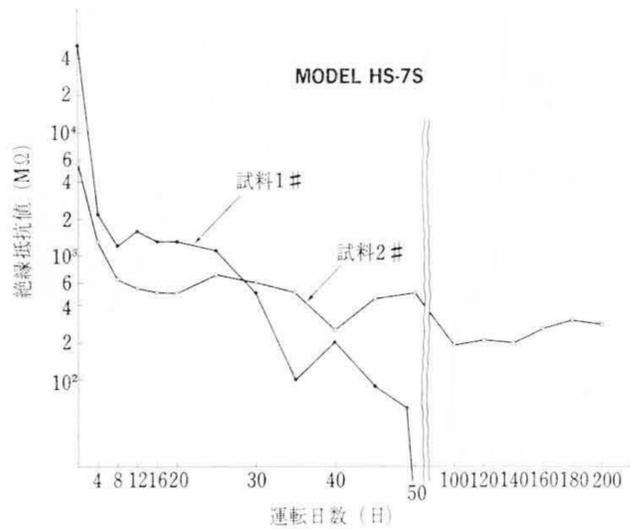
さきに述べたように、従来から各社ではこの目的に対してほとんどの場合、ポリエチレン絶縁単独か、あるいはポリエチレン絶縁ナイロンシース構造の絶縁電線を使用してきた。

このような形式の一般に使用されている水中モートル用絶縁電線の耐水性能について検討したので以下に述べる。

試料の構造は第7表に示すとおりで、Aは絶縁体として高密度ポリエチレンを、Bは低密度ポリエチレンを使用し、それぞれナイロンシースを施している。これらの試料の促進劣化試験の結果を第10図に示す。両試料とも、ある時点から急速に絶縁低下を起こしている。そのうち高密度ポリエチレンを使用したAは特に短時間できわめて顕著な絶縁劣化を示し、高密度ポリエチレンの不適當なことを示している。

第8表 試験水中モータルの仕様

試料番	モートル仕様	コイル導体	絶縁体	シース
1#	3.7kW 2P 深井戸用	軟銅線	低密度ポリエチレン	ナイロン
2#	3.7kW 2P 深井戸用	軟銅線	金属遮蔽絶縁層 低密度ポリエチレン	ナイロン



第13図 水中モータルの促進劣化試験による絶縁抵抗変化

3.1.4 新形式耐水絶縁電線の性能

前述のようにポリエチレンを絶縁体として使用した場合、種々の変性を試みても大幅にその耐水絶縁特性を改善することは困難であった。このような急速な絶縁劣化の原因が、単に応力き裂によるだけでなく、ポリエチレンの金属イオンによる接触劣化によるものであろうという推論を得るに至った。

この解釈にたつて、水中モートル用絶縁電線の必要条件であるスペースファクタを犠牲にすることなく、その耐水絶縁性をいちじるしく向上した新形式の数種類の電線を開発することに成功した。第11図はその基本構造の一例であるが、上記の絶縁劣化原因の推論に基づき導体の金属、たとえば銅あるいはすずに対して接触劣化の傾向のない絶縁物質を第一層に設けポリエチレンからなる主絶縁層への金属イオンの影響を遮断した構造である<sup>(45)</sup>。

第12図は新形絶縁電線の耐水絶縁特性の一例として促進劣化試験結果を示したものであるが、同図に併記した従来の形式の電線と比較した場合、少なくとも20倍以上の絶縁寿命をもつことが明らかである。

3.2 モートルの耐水絶縁特性

モートルの絶縁特性は、材料と作業技術の結集によって初めて好結果が得られるものである。

3.2.1 絶縁法

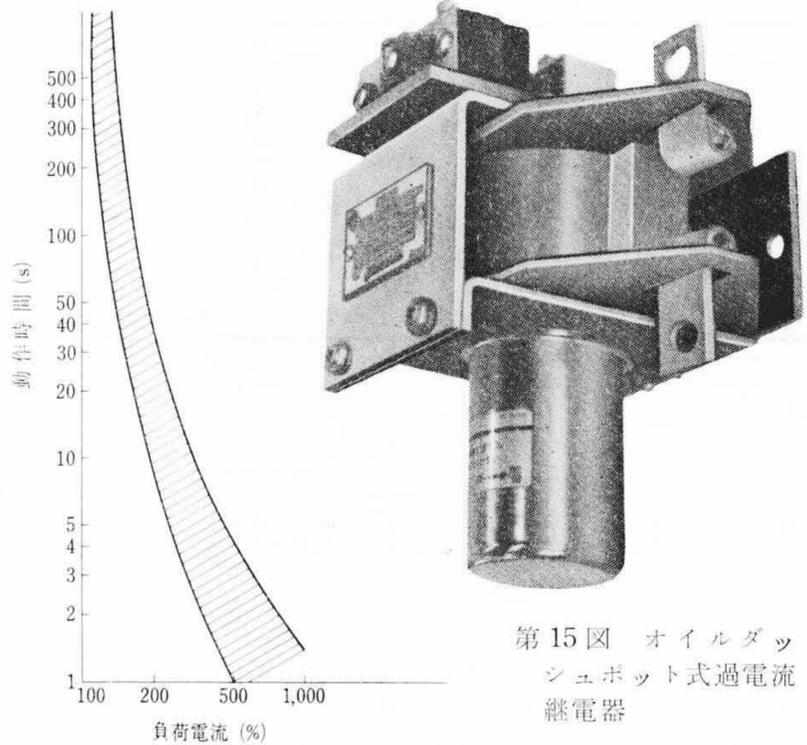
水中モートルは水中に浸漬して使用されるため、その製法も一般用と大きく異なっている。

(1) 連続巻コイルの採用

普通のモートルは一般に数個のコイルを接続して一相を形成する方式をとっているが、水中モートルはコイルが水中に浸されているため、三相連続巻方式を採り極力接続部を少なくしている。一方、連続巻のため、コイル1個の使用電線長が非常に長くなったが、この中の1個所の不具合も許されない。このため、まず、使用電線が完全であることを数段階の検査で確認し、コイル巻や組線作業においても、電線に悪影響を与えないように種々の工夫と改良を加えている。

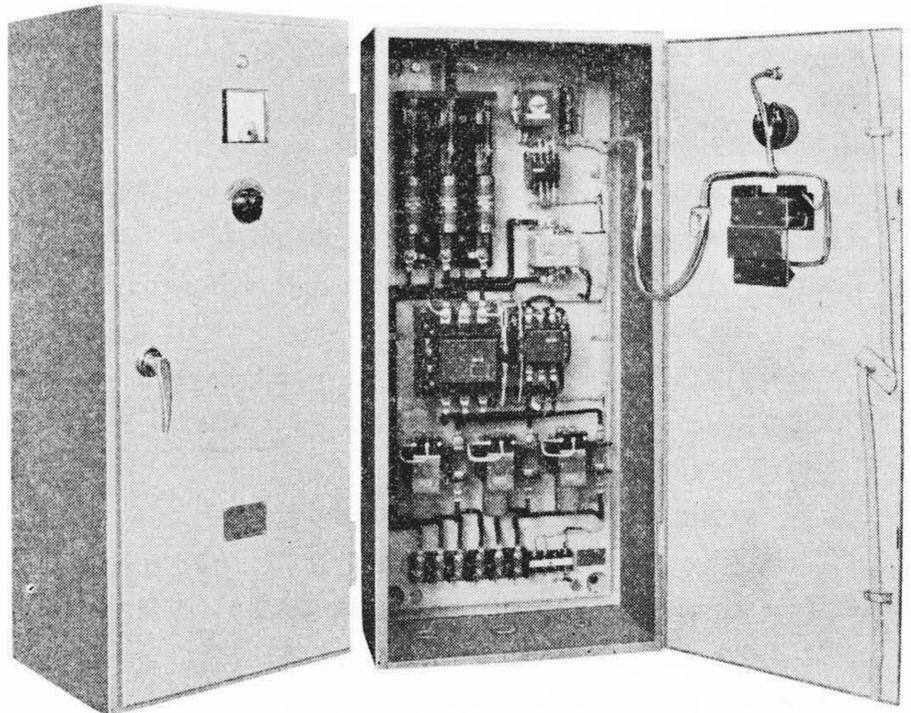
(2) 接続部の絶縁

コイルが完全でも、口出線や中性点の接続部が不完全であれば、モートルとしての総合特性は不良になる。日立水中モートルにおいては、化学的に安定な材料を用いたスリーブ接続方式をとって



第14図 過電流継電器特性曲線 (周囲温度 25°C)

第15図 オイルダッシュボット式過電流継電器



第16図 制御盤

第17図 制御盤の内面

おり、10 kg/cm<sup>2</sup>の高水圧にも耐える構造としてある。

3.2.2 絶縁特性

モートルの総合絶縁特性は、前記のように電線や製作技術のすぐれた条件の下ではじめて好結果を得ることができる。これを確認するために、一般のポリエチレン絶縁電線と新形電線を用いたモートルにより、絶縁特性確認試験を行なった。第8表は試験モートルの仕様を示す。試験条件は、前項の電線単独での試験と同様に、濃い界面活性剤入りの汚水中で200V 50 cpsで8時間連続運転、16時間停止放置の促進劣化試験法による。水温は、運転中は60°C、停止中は常温とした。この条件でモートルの絶縁抵抗の変化を測定し、限界絶縁抵抗を1MΩとした。この結果を第13図に示す。

この結果より明らかのように、モートルの絶縁特性は使用電線によって著しく異なり、新形の電線を使用したものは、長寿命の耐水絶縁特性を保持していることが明らかとなった。なお、種々検討の結果、本促進劣化試験での10日は、一般用井戸に据付けた場合の5年程度に相当することがわかった。

#### 4. 水中モーター用保護装置

水中モーターは、ポリエチレンを主体とした絶縁電線を使用しているため、モーターに合った保護装置と組み合わせて運転されなければならない。特に水中モーターは一般用と異なり、水中に据付けられるため、モーター自身を点検することは困難であり、モーター自身の絶縁特性はすぐれていても、異常時の確実な保護がされなければ、重大事故にもなりかねず、保護装置の性能と信頼性はいやがうえにも高いことが必要である。

水中モーターの温度上昇の時定数は、一般モーターに比べて非常に短く、しかも、コイルの絶縁材がポリエチレンを主体としているため、温度上昇を低く制限されている。このため、異常時には瞬時動作してモーターを保護するような特性をもつものでなければならない。このため、日立製作所においては、第14図に示すような特性のオイルダッシュポット式過電流継電器を使用しており、それを内蔵した水中モーター用制御盤を製作している。過電流継電器の外観を第15図、制御盤の外観を第16図、内部を第17図に示す。

本制御盤は、人-△起動方式に対しても内部に自動切換装置をもっており、また、異常停止時はインテグレーション操作のできないようにするなど、保護性能の向上と操作の簡単化をはかっている。

#### 5. 保守点検

水中モーターおよび制御装置は、以上のように種々の考慮を払って設計製作されているが、保守点検がよくなってはじめてその性能が十分に発揮されるものである。しかも、一般用と異なり床下や河川井戸など特殊な場所に据付けられるため、据付時より注意が払われなければならない。これらについて簡単に述べてみる。

##### (1) 据付時

据付時はまず次の点に注意を払わなければならない。まず口出線とケーブルの接続に十分な耐水絶縁処理をしなければならない。次に、据付場所と電源との距離を考慮して、モーターの端子電圧が異常に低下しないようにケーブルの太さを決定しなければならない。長距離で細いケーブルを使用すると、モーターやケーブルの寿命を短くするおそれがある。

さらに新しい井戸などでは、わき水が安定し、砂が少ない状態になったところで使用するようにしなければならない。

##### (2) 平常運転時

平常運転時には、定期的に絶縁抵抗や電流を測定して記録しておくことがたいせつである。これらが急変した場合は何らかの異常として注意し原因を調査することが必要である。

深井戸以外の場所に据付けた場合は、モーターの据付環境をときどき点検して、モーターが砂中に埋まった状態で運転されていないかどうか監視し、モーターの絶縁特性を良好に保つことが必要である。

なお、定期的に引き上げて分解点検し、モーター内の掃除や摩擦部品の交換を行なうことも、モーターの寿命を延ばすうえにたいせつなことである。

#### 6. 結 言

以上、深井戸や浅井戸用水中モーターについて構造と特性を説明したが、モーターの信頼性は耐水絶縁電線の絶縁特性に負うところが大きい。

水中モーターポンプの今後の課題としては品質の向上と小形軽量化の推進とが考えられるが、われわれはこれらの点について十分検討したい所存である。

終わりに本研究に種々ご指導ご援助をいただいた関係各位に深謝する次第である。

#### 参 考 文 献

- (1) 松井, 久郷: 日立評論別冊 22, 44 (昭 33)
- (2) 篠田: 日立評論 46, 24 (昭 39-2)
- (3) 川和田, 梅井, 吉川: 日立評論別冊 28, 75 (昭 33)
- (4) V. T. Wallder, J. B. Decoste, J. B. Howard: Ind. Eng. Chem., 42, 2320 (1950)
- (5) R. B. Richards: Trans. Farad. Soc., 42, 10 (1946)
- (6) R. H. Carey: A. S. T. M. Bulletin, No. 167, 56 (1946)
- (7) B. H. Horper: J. Appl. Poly. Sci., 5, No. 17, 601 (1961)
- (8) J. B. Meikle, B. Graham: Electronics, 29, 146 (May, 1956)
- (9) A. Charlesby: Neucleonics, 14, 82 (No. 9, 1956)
- (10) D. S. Ballantine: Mod. Plastics, 32, No. 2, 131 (1954)
- (11) C. J. Lyons, R. I. Leinniger: Insulation, 19 (May, 1959)
- (12) E. R. Kerwin, A. R. Lec, J. E. Vostonich: Rubber World, 141, 429 (1959)
- (13) M. M. Suba, L. G. Imhof, A. E., Tarbox, F. J. Crimi: Wire & Wire Products, 35, 195 (1960)
- (14) 川和田, ほか: 日立評論 43, 95 (昭 36)
- (15) 特許出願中