

3 インチ高速深井戸用水中ポンプ3TP型シリーズ

坂 頂 浩 美* Ugo TURETTA**

Andrea FONGARO**

Model 3TP 3-inch High Speed Submersible Pump for Deep Wells

by Hiromi SAKACHO, Ugo TURETTA, & Andrea FONGARO

A high speed submersible pump (Model 3TP) for deep wells, equipped with an inverter-driven high speed motor, has been developed. The pump, motor and inverter are assembled in one structure. Its inverter-driven high speed motor achieves a high pump rotation speed, thus allowing less stages and a smaller diameter. The performance of a 4-inch pump is realized in this 3-inch pump. As for 4-inch wells, whose number exceeds 70% of all wells, vinyl chloride pipes are generally used as their casings. Decrepit casings of 4-inch wells tend to be bent and deformed due to subsidence or earthquakes. There are even cases where it is impossible to install new pumps because of this. The Model 3TP fulfills the demand in pump replacement for 4-inch wells.

Keywords: 3-inch high speed submersible pump for deep wells, Inverter driven high speed motor, Submersible induction motor with oil filled, Plastic part, High-speed rotation, Overload protection, Dry running protection, Voltage change protection, Arrester protection, Overheating protection

1. はじめに

深井戸用水中ポンプは飲用やかんがい用の地下水汲み上げに世界中で数多く使用されている。その数は人口増に伴う水需要の拡大により増加を続け、1千万台を優に超えると推定される。

井戸の大きさは通常、井戸ケーシング（井戸管）の呼び径で示され、3, 4, 6, 8, 12インチのように規格化されている。このうち4インチ井戸が全体の約7割以上を占めている。この井戸ケーシングには一般に塩化ビニル管が用いられるが、老朽化した井戸ケーシングは地盤沈下や地震などの地盤変動により歪められ、ポンプの取替えができないケースがある。このような場合、既設ポンプよりサイズの小さなポンプ、例えば4インチ井戸であれば3インチ井戸用のポンプで代替することが考えられる。しかし、サイズの小さなポンプで既設ポンプと同一の性能を得るためには、羽根車段数を極端に積み増す必要があり、現実的な解決策にはならなかった。

この度製品化した3TP型（3TP型は当社の機種記号である、以下同様）深井戸用水中ポンプは、4インチ井戸用ポンプの取替え需要に対応するため、インバータ駆動高速電動機を搭載してポンプ回転速度を高速化することで段数低減、小径化を図り、3インチサイズで4インチポンプの性能を実現したものである。3TP型は2011年から欧米を中心に販売を開始した。

2. 製品概要

2-1 製品仕様

3TP型の外観を写真1、製品仕様を表1に示す。

3TP型は、ポンプ、電動機、インバータを一体構造とし、インバータ駆動電動機によりポンプ回転速度を 8400 min^{-1} と従来機種の2.3～2.8倍に高速化することで羽根車段数の大幅低減、ポンプの小径化、軽量化を図った。ポンプ接液部は合成樹脂及びステンレス鋼材を用い、電動機は耐久性に優れた油封式水中誘導電動機を採用した。また、インバータ制御装置に各種の保護機能を内蔵したため、ポンプを外部電源に接続するだけで運転が可能である。

2-2 性能、機種構成

ポンプ選定図を図1に示す。3TP型はインバータにより回転速度を一定に制御するため、ポンプ性能は電源周

* 風水力機械カンパニー 汎用ポンプ事業統括開発統括部 汎用機器開発設計室 水中モータポンプ開発設計グループ
* Sumoto S. r. l.

表1 3TP型の仕様
Table 1 Specifications

ポンプ Pump	適用井戸径 Well size		呼び径4インチ Normal ϕ 4 inches
	取扱液 Liquid handled	液質 Type of liquid	清水 (pH : 5 ~ 8) Clean water
		液温 Temperature	35°C Maximum 35°C
		許容砂含有量 Sand content	50 mg/L以下 50mg/L or less
		許容塩素含有量 Chlorine ion density	200 mg/L以下 200 mg/L or less
	構造 Construction	羽根車 Impeller	クローズ Closed centrifugal
		軸受 Bearing	スリーブ Sleeve type
	材料 Material	羽根車 Impeller	合成樹脂 Synthetic resin
		中間ケーシング Intermediate casing	合成樹脂 Synthetic resin
		主軸 Shaft	AISI 304
吐出しケーシング Discharge casing		ASTM CF8	
吸込ケーシング Suction casing		ASTM CF8	
吐出し部接続パイプ Pipe connection		Rp1 : 3TP2型, 3TP3型 Rp1½ : 3TP5型	
電動機 Motor	型式 Type		三相誘導電動機 (インバータ内装) 3-phase induction motor (Inverter integrated)
	供給電源 Power supply		単相50/60 Hz Single phase 50/60 Hz
	極数 Poles		2 Poles
	回転速度 Rated speed		8400 min ⁻¹
	出力 Output power		0.6, 0.9, 1.5 kW
	最大設置深さ Maximum immersion		150 m
	封入液 Sealing liquid		流動パラフィン Liquid paraffin
	材料 Material	ブラケット Bracket	FC200 + AISI 304 (カバー) Cast iron + AISI 304 (Cover)
フレーム Frame		AISI 304	



写真1 3TP型の外観
Photo 1 Exterior of model 3TP

12-52 01/235

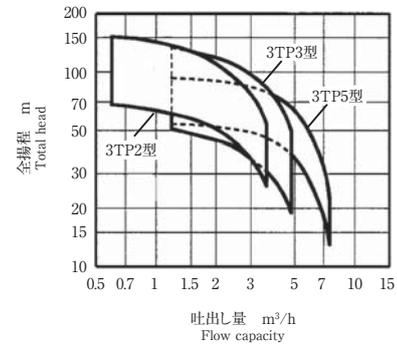


図1 3TP型 選定図
Fig. 1 Performance chart of model 3TP

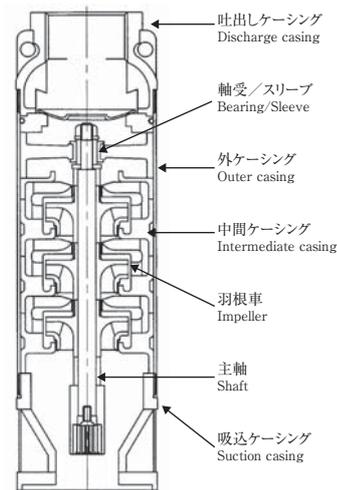


図2 ポンプの構造
Fig. 2 Structure of pump

波数に依存しない。機種構成は呼び流量2, 3, 5 m³/hの3種類とし、出力0.6 ~ 1.5 kWで、水量0.6 ~ 7.5 m³/hの範囲を計8機種でカバーする。

2-3 構造

2-3-1 ポンプ部

ポンプ構造図を図2に示す。高揚程が要求される深井

戸用水中ポンプでは、主軸に羽根車を複数重ねた多段構造を採用する。ポンプ揚程は羽根車の段数に比例し、直

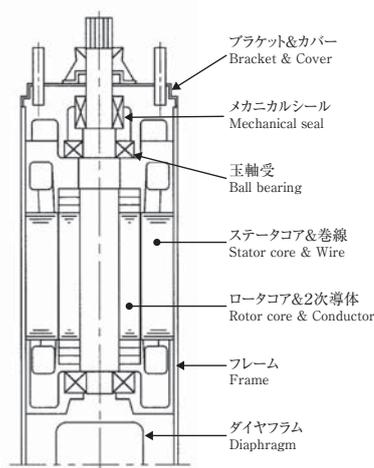


図3 電動機の構造
Fig. 3 Structure of motor



図4 インバータの構造
Fig. 4 Structure of inverter

径及び回転速度の二乗に比例する。3TP型は羽根車直径を4インチポンプの約70%に小型化したため、回転速度を最大2.8倍にしたため、羽根車段数を約1/4に低減することができた。回転機械にとって細長い回転体は振動等の面で不利であるが、3TP型は4インチポンプと比較し主軸の長さが格段に短くなったため、高速回転にもかかわらず軸の振れ回りが抑制される。

安定したポンプの運転を行うためには、ポンプ軸受の耐摩耗性、耐久性が重要である。3TP型は軸受にアルミナセラミックス製スリーブとゴムの組合せを採用し耐久性を高めた。

羽根車及び中間ケーシングはグラスファイバ強化合成樹脂を射出成形により成形し製作した。これらの部品は十分な強度と耐久性をもつことを検証済みである。羽根車を合成樹脂としたことで回転体を軽量化し、振動を抑制するとともに軸受の負荷を低減した。羽根車のマウスリング及びバックシュラウドにはステンレス製のリングを取り付け、耐摩耗性を高めた。

ポンプと電動機の接続部である吸込ケーシング及びねじ込み式揚水管と接続する吐出しケーシングには剛性の高いステンレス製精密鋳造品を使用した。外ケーシングは吐出しケーシングと吸込ケーシングを上下からねじ込み、実装部品の保護とポンプ全体の耐圧機能を果たしている。

2-3-2 電動機部

電動機の構造を図3に示す。電動機内部に絶縁性のある流動パラフィンに封入しメカニカルシールで密封している。このためキャンド形のように巻線を溶接キャンで隔離する必要がなく、封入液が巻線の発熱を効率良く吸

収して電動機の冷却効果を高めている。また、軸受には油潤滑の玉軸受を採用しており、シンプルな構造で信頼性が高い。更に電動機の2次導体に銅バーを採用することで、アルミ製ロータより高効率を達成した。

なお、封入液に用いた流動パラフィンは環境負荷が低く、安全衛生上も無害である。

2-3-3 インバータ

インバータ部の構造図を図4に示す。インバータは電動機の下部に、電動機と一体構造として設けてある。インバータ内部には電動機と同様に流動パラフィンを封入することで、インバータの要素部品の発熱を吸収、分散し冷却効果を高めている。

ポンプをインバータ駆動する場合、インバータは電動機と離して設置するのが一般的で、深井戸用水中ポンプも例外ではない。しかし、インバータと電動機の距離が長く動力ケーブルが数十mにも及ぶ場合には、サージ電圧が発生し、電動機巻線の絶縁破壊や劣化などの影響を与えることが多い。3TP型は電動機とインバータを一体構造とすることでこの問題を解決した。更に、力率改善回路を設け、外部からの電磁ノイズ等の影響を低減するノイズフィルタを内蔵して信頼性向上を図った。また、インバータ制御装置に各種の保護機能を組み込み、ポンプを外部電源に接続するだけで運転を可能にした。

2-4 保護機能

2-4-1 過負荷保護

過負荷になると自動的に回転速度を下げた運転を継続し、過負荷状態が続く場合は運転を停止して電動機焼損を防止する。

表2 既設品の取替え例
Table 2 Example of replacement

	4BHS型 (既設品) Model 4BHS (Existing)	3TP型 (代替品) Model 3TP (Replacement)
機種 Model	4BHS2-36-1.5	3TP2-9-1.5
出力 (kW) Motor power	1.5	1.5
吐出量 (m ³ /h) Capacity	3	3
全揚程 (m) Total head	79	77
羽根車段数 Number of impellers	36	9
最大外径 (mm) Maximum outer diameter	98	80.5
全長 (mm) Total length	1332	1222
質量 (kg) Total mass	24.9	12.1

2-4-2 空運転保護

井戸水位が低下し空運転状態になると電動機の出力が低下する。電動機出力と力率を連続的に検知し、設定値以下になるとポンプ及び電動機の損傷防止のため運転を停止する。

2-4-3 電圧変動の保護

電源の供給電圧が所定の範囲から外れると運転を停止し電動機を保護する。供給電圧が許容範囲内に復帰するとポンプは自動的に運転を再開する。

2-4-4 雷サージ保護

サージ保護バリスタにより、誘導雷サージから電動機

及びインバータ電子部品を保護する。

2-4-5 過熱保護

インバータ封入液の温度が上昇し所定の温度に達すると自動的にポンプ回転速度を下げる。それでも温度が所定の温度に下がらない場合は運転を停止し、電動機及びインバータの損傷を防止する。温度が低下し安全な温度に復帰すると自動で運転を再開する。

3. 4インチ井戸用ポンプの3TP型への代替例

既設の4インチ井戸用ポンプを3TP型へ取り替える場合の両ポンプの比較を表2に示す。3TP型は4インチ井戸用ポンプと比較して外径が小さく、質量も半分以下である。また、段数が約1/4となるため、インバータを含めても全長が約1割短い。このように、3TP型は既設4インチポンプの代替が可能だけでなく、小型・軽量で取り扱いや据付工事が容易である。

4. おわりに

3TP型深井戸用水中ポンプは、需要の多い4インチ井戸用ポンプの中間流量までの範囲をカバーし、2011年から欧米を中心に発売を開始した。市場の反響も高く、大流量域及び高揚程域の範囲拡大の要求も多い。

国内の深井戸ポンプ市場においても、取替え需要を中心に、本製品のような小型、小径ポンプの要求が高まるものと思われる。

今後、本製品を更に市場要求に適応した製品群に展開していく所存である。