

コントローラー一体型PMモータ搭載インラインポンプSSLD型

黒 岩 聡* 伊 藤 昭 二* 渡 邊 雅 樹*

Model SSLD In-line Pump equipped with an All-in-one Controller and Permanent Magnet Synchronous Motor

by So KUROIWA, Shoji ITOH, & Masaki WATANABE

This newly developed pump, equipped with an all-in-one controller and PM motor, realizes a Max. 50% plus saving in energy consumption as compared to that of an equivalent conventional pump made by Ebara. Features which make this possible are an upgrade in pump performance by optimized rotational speed control and flow analysis by computational fluid dynamics. This pump model has been introduced into the market in May 2010.

Keywords: Energy saving, Standard pump, High efficiency, Pump controller, Permanent magnet synchronous motor, High speed, Hydro-design, Noise reduction, Cooling, Maintenance-free

1. はじめに

一般の給水用、空調用等に使用されている陸上用汎用ポンプは比較的小出力のものが多く、1台あたりの消費電力は小さい。しかし、日本国内における総稼働台数は約240万台程度と推定され、その総消費電力は大きなものとなる。世界的な環境問題への関心の高まりを背景に、今後はこれらの小出力ポンプにおいても省エネルギー化を更に促進していくことが必須である。今回開発したインラインポンプSSLD型(SSLD型は当社の機種記号である、以下同様)は「環境配慮型」をキーワードにポンプ、電動機、制御の各要素において効率改善を検討し、従来機種と比較して、大幅な効率の向上を図り、2010年5月から販売を開始した。以下、SSLD型の概要を紹介する。

2. 製品概要

SSLD型は、羽根車及びケーシングの新規設計によりポンプハイドロ効率を高めるとともに、コントローラー一体型の高効率永久磁石形同期電動機(PMモータ)を採用することで総合効率の向上を図っている。更にコント

ローラにより用途に合わせた各種の回転速度制御も可能としている。

2-1 製品仕様

SSLD型の外観を写真、製品仕様を表1に示す。当社の従来機種であるインラインポンプLPD型(LPD型は当社の機種記号である)と同一の用途で使用されることを考慮し、取扱い液、吸込全揚程、許容押込み圧力などのポンプとしての基本仕様はLPD型同一としている。また配管取り付け寸法も一部機種(40LPD52.2A, 40LPD63.7A, 50LPD53.7A)を除き、LPD型同一としている。取り付け寸法の異なる機種に関しても、特別附属品の面間調整用相フランジを使用することで、交換が可能である。



10-100 01/229

* 風水力機械カンパニー 汎用ポンプ事業統括 技術生産開発統括部 汎用機器開発設計室 陸上ポンプ開発設計グループ

写真 SSLD型インラインポンプ外観
Photo Exterior of in-line pump SSLD

表1 仕様一覧
Table 1 Specifications

| | | |
|--|---|--|
| 取扱液 Handled liquid | 清水 (pH : 5.8 ~ 8.6) 0℃ ~ 100℃ Clean water | |
| 吸込全揚程 Negative suction head | -6 m (20℃時) | |
| 許容押し込み圧力 Allowable suction pressure | 0.69 MPa | |
| 構造 Components | 羽根車 Impeller | クローズド、両ライナ Closed, double casing rings |
| | ケーシング Casing | インライン方式 In-line |
| | 軸封 Shaft seal | メカニカルシール Mechanical seal |
| | 軸受 Bearing | 密封玉軸受 (電動機内) Sealed ball bearings (Inside of motor) |
| フランジ接続 Pipe connection | φ32・40・50 JIS 10K 並形 JIS 10K Normal type | |
| 材料 Material | ケーシング Casing | FC200 カチオン電着塗装 Cast iron (Electro-deposition painting) |
| | 羽根車 Impeller | SCS13 Cast stainless steel |
| | 主軸 Shaft | SUS316 (接液部) 316 Stainless steel (Liquid contact part) |
| | メカニカルシール Mechanical seal | SiC / カーボン / H-NBR SiC / Carbon / Hydrogenated nitrile rubber |
| 電動機 Motor | 相 / 極 Phase / Pole | 三相 / 4極 3 Phase / 4 Poles |
| | 電圧 Voltage | 50 Hz : 200 V 60 Hz : 200/220 V |
| | 形式 Type | 永久磁石同期電動機 Permanent magnet synchronous motor |
| | 保護方式 Protection | IP44 |
| 設置場所 Installation condition | 屋内, 屋外 周囲温度0 ~ 40℃ Indoor, Outdoor, Atmospheric temperature : 0 - 40deg °C | |

2-2 性能, 機種構成

性能範囲を図1に示す。コントローラーを実装しているため、性能は50 Hz, 60 Hz共通で、口径：32 ~ 50 mm, 水量範囲：0.04 ~ 0.4 m³/min, 出力1.5 ~ 3.7 kWの範囲を8機種でカバーする。

2-3 構造

構造を図2に示す。羽根車を電動機軸に直接取付けることで軸継ぎ手の心出し作業を不要とした、直動型構造となっている。

3. 特長

3-1 高効率

3-1-1 ポンプ

ポンプ効率は設計点の流量, 全揚程と回転速度により達成できる値が経験的に知られている。従来, ポンプの定格回転速度は使用する電動機と電源周波数により決定され, ポンプはその回転速度に合わせて設計されてきた。そのため, ポンプ効率の観点から見て, 設計点によっては必ずしも最適な回転速度となっていない場合もあった。

SSLD型ではインバータ内蔵のコントローラーを実装することで回転速度の制約を排除し, 適切な回転速度とすることでポンプの効率向上を図っている。

更に, 流れ解析により3次元形状の羽根をもつ羽根車と専用ケーシングの新規設計を行った。この結果, 図3に示すように, 従来機種 (LPD型) に比較し, 大幅な効率向上を実現した。

3-1-2 電動機

電動機にはロータの内部に強力な永久磁石を内蔵した

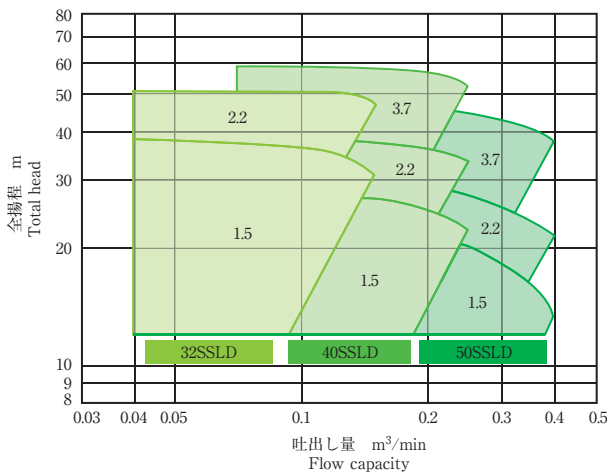


図1 SSLD型 性能曲線
Fig. 1 Performance chart of SSLD

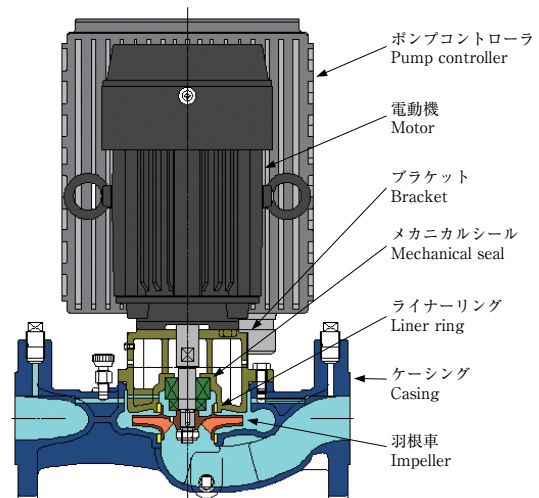


図2 構造
Fig. 2 Construction

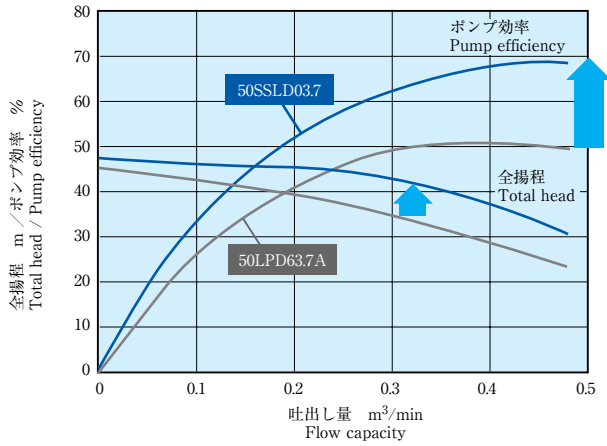


図3 ポンプ性能比較グラフ
Fig. 3 Comparison chart of pump performance

永久磁石形同期電動機を使用している。永久磁石形同期電動機ではロータに電流が流れないため、ロータ内部での損失が無く、誘導機に比較し約10～15ポイントの効率向上を実現している。電動機の効率比較を図4に示す。また、効率が向上することにより、電動機内部の温度上昇が抑えられるため、コイルや軸受への負荷を低減し寿命を延ばす効果も期待できる。

3-2 ポンプ制御機能

ポンプコントローラは様々な外部信号、センサなどが接続できる入力端子を備えている。ユーザ側でセンサ、外部信号をコントローラに接続することにより様々な回転速度制御を行うことが可能となっている。代表的な制御機能を以下に示す。

3-2-1 推定末端圧力一定制御

吸込側、吐出し側の圧力センサなどからの信号により回転速度を変化させ、小水量時の吐出し圧力を大水量時の吐出し圧力よりも配管損失に相当する分だけ下げようとした制御方式で給水装置にて採用されているものと同一の制御である。本方式は負荷変動（必要水量の変動）が大きい場合に有効で、小水量時に必要以上の昇圧を避けることで消費電力の低減が図れる。

3-2-2 吐出し圧力一定制御

吐出し側の圧力センサなどからの信号により回転速度を変化させ、ポンプの吐出し圧力を常に一定に保つようにした制御方式である。

3-2-3 差圧一定制御

吸込側、吐出し側圧力センサや差圧センサなどからの信号により回転速度を変化させ、吐出し圧力と吸込圧力との差を常に一定に保つようにした制御方式である。

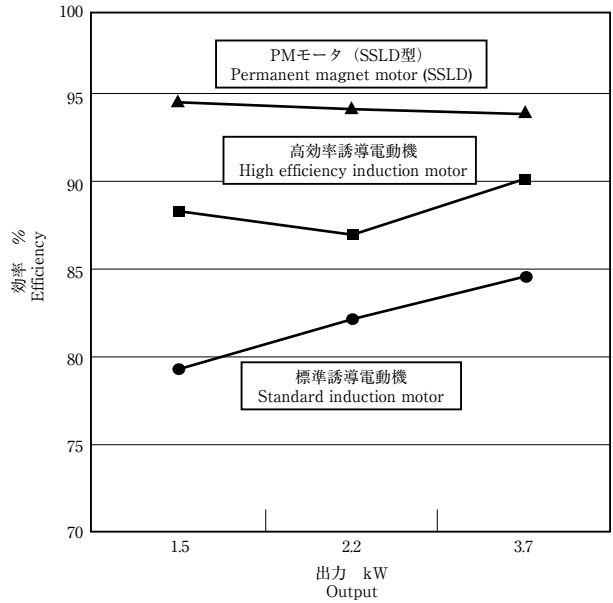


図4 電動機効率比較グラフ
Fig. 4 Comparison chart of motor efficiency

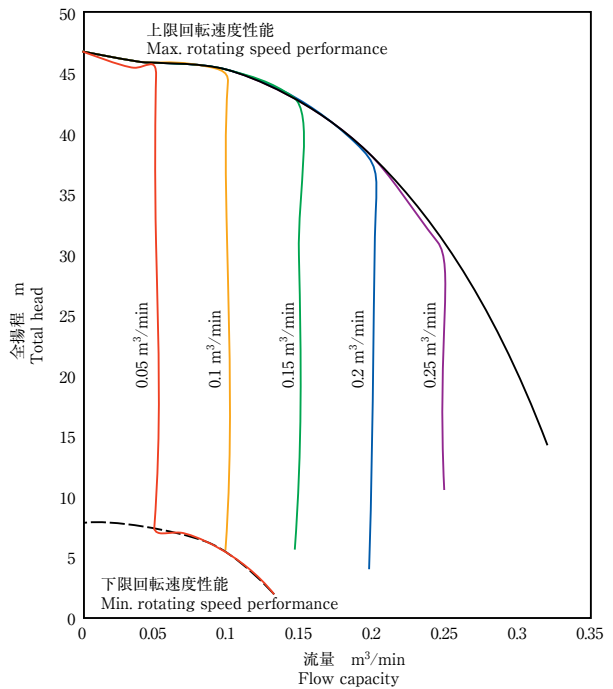


図5 流量一定制御動作イメージ
Fig. 5 Image of constant flow capacity control

3-2-4 流量一定制御

吐出し側の流量センサなどからの信号により回転速度を変化させ、ポンプの吐出し流量を常に一定に保つようにした制御方式である。流量一定制御の動作イメージを図5に示す。

3-2-5 外部信号による回転速度制御

前記によらず、外部信号をポンプコントローラに入力することにより、指定周波数で運転を行うことができる。このため、ユーザの用途に応じた制御が可能である。

3-2-6 ポンプ運転、停止機能

ポンプ運転、停止用の外部信号入力端子を備えている。デジタル信号を入力することによりポンプの運転、停止を制御することができる。水位計を通して水位に応じた運転、停止や非常時の緊急停止が可能である。またこれらの運転、停止、故障等の情報はデジタル出力端子から外部機器へ出力することができる。

3-3 ポンプコントローラー一体形電動機

電動機にはポンプコントローラ部を設け、箱内には電動機の回転速度を変化させるためのインバータ（ドライバ）、使用側の状況に応じて回転速度を制御したり様々な運転情報を表示したりする制御基板、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等を内蔵している。従来は別置きであったこれらの要素を一体化させることにより、ポンプ制御盤などを別途設ける必要がなくなり、使いやすさを向上させている。

3-4 長寿命設計

ポンプコントローラの内部温度や、玉軸受（電動機内）に加わる荷重などに対し、様々な設計の配慮を行うことで、標準的な使用条件（運転負荷率80%、周囲平均温度30℃以下、年間運転時間4400h）において、設計期待寿命10年以上を確保している。

3-5 低騒音設計

SSLD型は前述のとおりポンプ効率向上のため、回転速度の最適化を図り、その結果、従来機種よりも高速となっている。高速化により懸念される騒音に対しては以下の対応により、最大で62.5 dB (A) となっている。

3-5-1 電磁音

インバータ運転に伴う高調波の影響により、電動機には電磁音が発生する。これに加え、永久磁石同期電動機ではロータ磁石の磁気吸引力によりコギングトルクが発生し、騒音の原因となる。そこでステータ、電動機フレームに十分な強度をもたせることで、振動及びその伝播を抑制することで低騒音化を図っている。

3-5-2 電動機冷却ファンの風切音

電動機冷却ファンの風切音に対してはファン、及びファンカバーの形状、寸法の最適化を行うことで低騒音化を図っている。また、1.5 kWの機種は電動機の高効率化により発熱が抑えられるためファンレス構造とした。

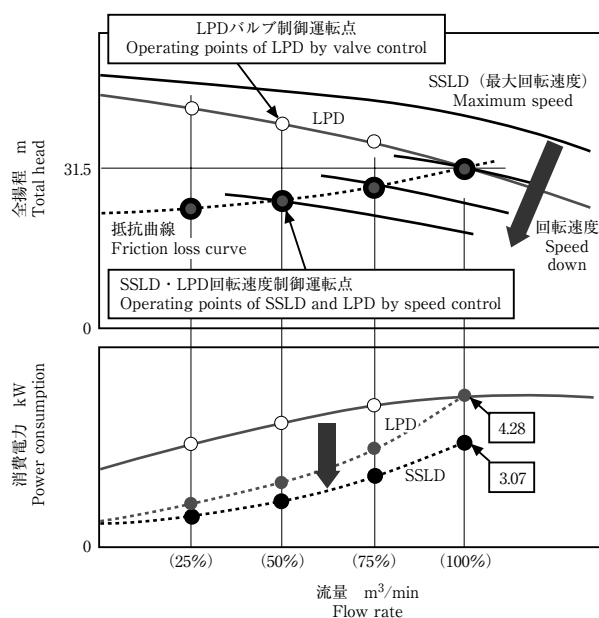


図6 省エネルギー比較グラフ
Fig. 6 Comparison charts of energy saving

表2 消費電力量比較
Table 2 Comparison in power consumption

| 機種 Model | 制御 Control | 消費電力量 (年間) Power consumption (annual) [kWh] | 電気料金 (年間) Electric charge (annual) [JPY] | CO ₂ 排出量 (年間) CO ₂ emission (annual) [t-CO ₂] |
|--------------------|-------------------------|--|---|--|
| LPD 50LPD63.7A | バルブ制御 Valve control | 15867 | 206271 | 6.63 |
| | 回転速度制御 Speed control | 9917 | 128921 | 4.15 |
| SSLD 50SSLD03.7 | 回転速度制御 Speed control | 7292 | 94796 | 3.05 |

1. 電力量料金：13円/kWh (基本料金は含まず)
Electric charge : 13 JPY/kWh (Excluding basic charge)
2. CO₂実排出量原単位：0.418 kg-CO₂/kWh
Specific emission consumption unit of CO₂ : 0.418 kg-CO₂/kWh

4. 消費電力試算

SSLD型と当社従来製品であるLPD型のバルブ制御時及び回転速度制御時の消費電力試算結果を以下に示す。

4-1 計算条件

- ・使用ポンプ：口径50 mm，出力3.7 kW
- ・100%運転点要項：0.36 m³/min，31.5 m（LPD型の第2要項）
- ・負荷変動：冷凍機で採用されている年間の運転割合（NPLV：期間成績係数）をポンプに当てはめて使用（100%負荷：1%，75%負荷：42%，50%負荷：45%，25%負荷：12%）
- ・運転時間：12時間／日，365日運転（年間4380 h）

4-2 計算結果

消費電力の比較を図6に，年間消費電力量の計算結果を表2に示す。100%負荷においてLPD型の消費電力4.28 kWに対し，SSLD型は3.07 kWであり約28%の省エネ

ギーとなる。更に負荷変動を考慮した年間消費電力量ではLPD型バルブ制御の15867 kWhに対し，SSLD型は7292 kWhとなり約54%の省エネルギーとなる。CO₂排出量に換算すると，その差は約3.6 tとなり，東京ドームグラウンドの1.8倍の面積の森林がCO₂を吸収する量に相当する。

5. おわりに

当社では，ランニングコストとCO₂削減を実現するため，省エネルギーを主コンセプトとした新たな製品群を*Save Energy* シリーズ（*SE*シリーズ）として展開していく予定である。本稿にて紹介したSSLD型はこの*SE*シリーズの第1弾として2010年5月に発売したものである。本シリーズの開発により，ますます増加する省エネルギー化要求に応えることで，地球温暖化対策，環境負荷低減に貢献していく所存である。

