

マイクロブラシレスDCモータポンプの開発

三宅良男* 小西康貴* 打田博*

Development of Micro Brushless-DC Motor Pumps

by Yoshio MIYAKE, Yasutaka KONISHI, & Hiroshi UCHIDA

Two types of compact, brushless-DC canned motor pumps have been developed for use with various systems and equipment that are operated at flow rates of 3 L/min or less and under a total head of 10 m or below. Although there are many pumps in this class, namely positive displacement and turbo types, available in the market, there have been few that were compact and lightweight, and featuring high efficiency, long life, and low pulsation. Development of two pumps was carried out in parallel, that of a traditional centrifugal pump optimally configured to realize these concepts, and that of a gear pump for small flow rate application. These pumps are effective for use with compact systems and equipment which are operated long hours. Preparation is underway to release these pumps into the fuel cell, solar-energy-generation system, air conditioning and heat recovery system, and micro air-cooling system markets.

Keywords: Brushless-DC, Centrifugal pump, Gear pump, Permanent magnet rotor, Neodymium, Low pulsation, Friction loss, Canned motor, Impeller, Micro-pump

1. はじめに

流量3 L/min以下、全揚程10 m以下の各種システム・装置に搭載できるコンパクトなブラシレスDCキャンドモータポンプを2種類開発した。このクラスのポンプは容積式（ダイヤフラム式等）とターボ式（マグネット駆動、キャンドポンプ等）の両者が多数市販されているが、「高効率」「長寿命」「低脈動」「コンパクト」「軽量」を同時に満足する製品がなかった。ここでは伝統的渦巻ポンプを最適寸法化することで前述コンセプトの実現を図るとともに、より小流量の用途向けにギヤポンプの開発を並行して行った。以下にその概要を紹介する。

2. マイクロ渦巻ポンプ

流量3 L/min以下、全揚程4 m以下の領域で効果を発揮する渦巻ポンプ（写真1、2）である。従来形の渦巻ポンプ（キャンドタイプ）はモータのロータ径が過大なため、ハイドロモデルを高速小形化（ N_s 最適化）しても総合効率（ポンプ効率×モータ効率×駆動用ドライバ効率）の改善には寄与しないことが分かった。そこで、ロータの摩擦損失低減とポンプ効率改善の両面で balan



05-92 01/207

写真1 マイクロ渦巻ポンプ
Photo 1 Micro centrifugal pump



05-92 02/207

写真2 羽根車
Photo 2 Impeller

* 風水力事業本部 藤沢工場 汎用機器開発第二室

スの良い回転速度を得るべくアプローチを行った。

2-1 高効率化のアプローチ

2-1-1 永久磁石ロータの細径化

シール部品（消耗品）のないキャンド構造は長寿命化に有利であるが、液中ロータの摩擦損失を伴う（一般に回転速度の3乗、直径の5乗に比例）。そこでエネルギー密度を高く設定できるネオジウム焼結磁石の使用を前提に、ロータの細径化（従来形の半分以下）と細長比（ d/L ）の見直しを行った。

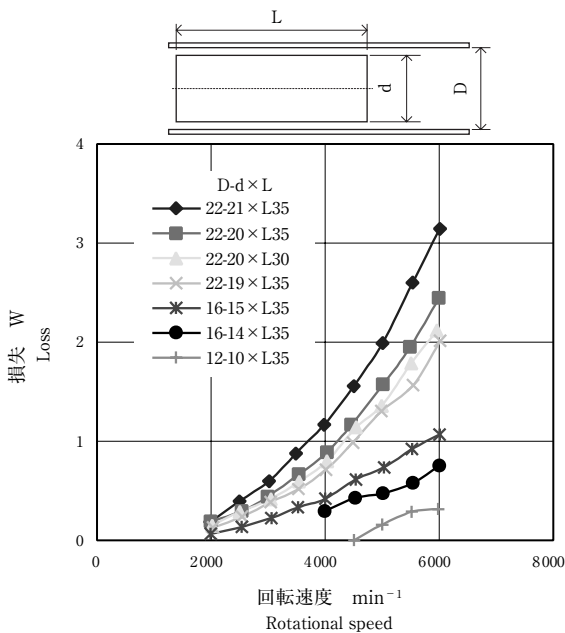


図1 ロータ摩擦損失（試験結果）
Fig. 1 Rotor friction loss

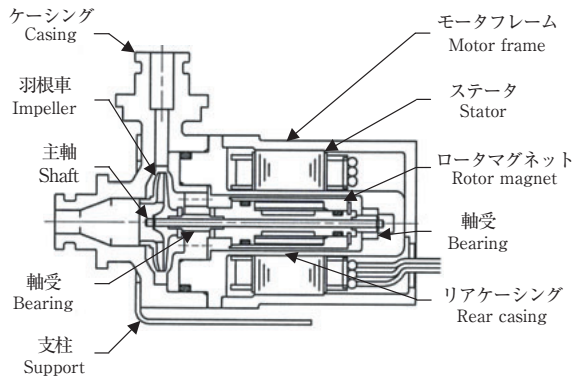


図2 遠心ポンプ断面図
Fig. 2 Sectional view of micro centrifugal pump

モデル試験では、摩擦損失は回転速度の2.5乗、直径の3.5乗程度に比例する結果となった。理論との差異（円筒両端部の形状効果等による）はあるが、細径化によって効率改善を十分期待できることが分かった（図1）。

2-1-2 ハイドロモデルの高速小形化

樹脂成形での羽根車製作を前提に、二次元ハイドロモデルで高効率を期待できる比速度 Ns を選択した。ロータマグネットの摩擦損失と生産性を考慮して羽根径と回転速度を設定した（従来形の羽根径半分、回転速度2倍）（表1）。

2-1-3 細径構造/その他

ロータマグネットと羽根車をつなぐ主軸部の構造を工夫し、「曲げ強度確保」と「トルク伝達」を受持つ部品を二つに分けることで無駄・無理のない細径化を実現した。高速小形・細径化を徹底した結果、軸受の実 PV 値（面圧×速度）を軽減でき、圧力容器部品も小径となった。このため軸受・ケーシング等に樹脂材料を適用することが容易になった（図2, 3）。

2-2 開発品の特長

(1) ロータ細径化とハイドロモデルのマッチングを適正化することで「消費電力」と「外形寸法」を当社従来品に対して半減した。ポンプ効率45%（ロータ摩擦・軸受損失はポンプ損失に含む）、総合効率25%を得た（写真3, 図4）。

(2) 軸封のないキャンド構造のため、液漏れの心配がなく長寿命である。

(3) 回転速度制御範囲が広い（10～100%）ため、流量可変の熱搬送システムなどに好適である。

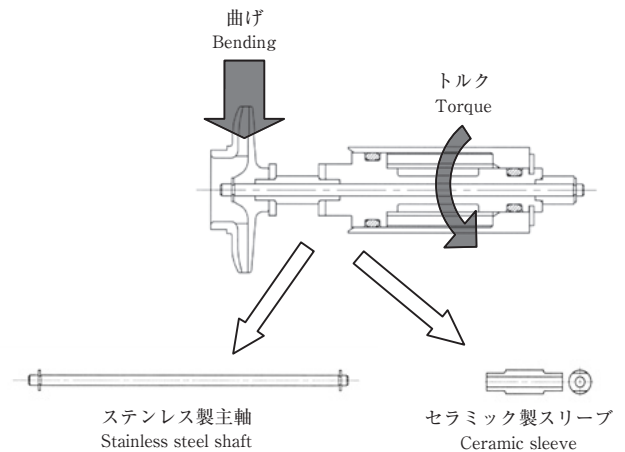


図3 回転体構造
Fig. 3 Rotor structure

3. マイクロギヤポンプ

渦巻ポンプと同じキャンドモータ構造のギヤポンプを開発した。流量100 mL/min以下、全揚程10 m以下の領域で効果を発揮する（写真4、図5）。

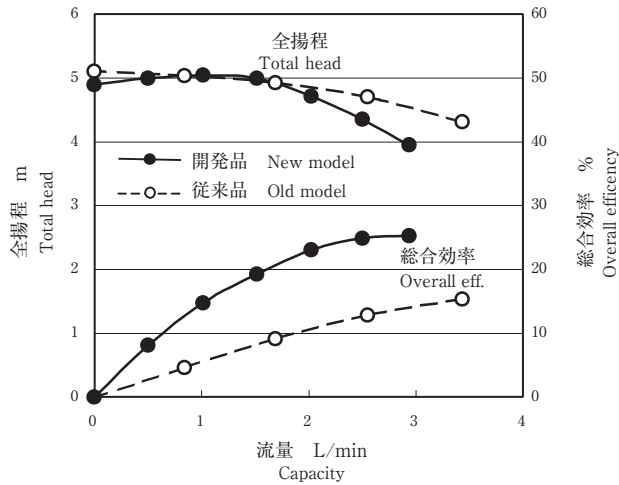


図4 従来品との性能比較
Fig. 4 Performance curves

表1 回転速度と要部寸法
Table 1 Rotational speed and dimensions

参考値 Reference	開発品 New model	従来品 Old model
回転速度 min^{-1} Rotational speed	8500	4500
羽根車径 mm Impeller diameter	21	42
ロータマグネット外径 mm Rotor magnet diameter	10	20

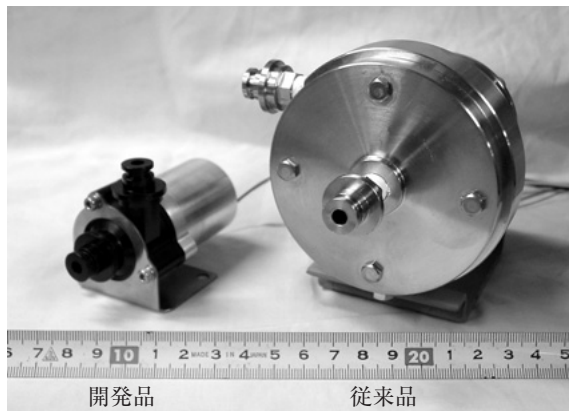


写真3 従来品との大きさ比較
Photo 3 Size comparison

3-1 構造と材料

モータを上部に設けた立形ポンプで、ポンプ部はPEEK（ポリエーテルエーテルケトン）製の軸一体ギヤをアルミナセラミックス製のサイドプレートではさみ込む構造とした。ポンプから吐き出された取扱液は軸方向に移動し、リアケーシングのモータ側端部に設けられたノズルから吐き出される。

3-2 開発品の特長

(1) ロータ室を貫流する流路構成のため、微小流量運転時にも空気溜まりがなく、軸受の潤滑が良好である。

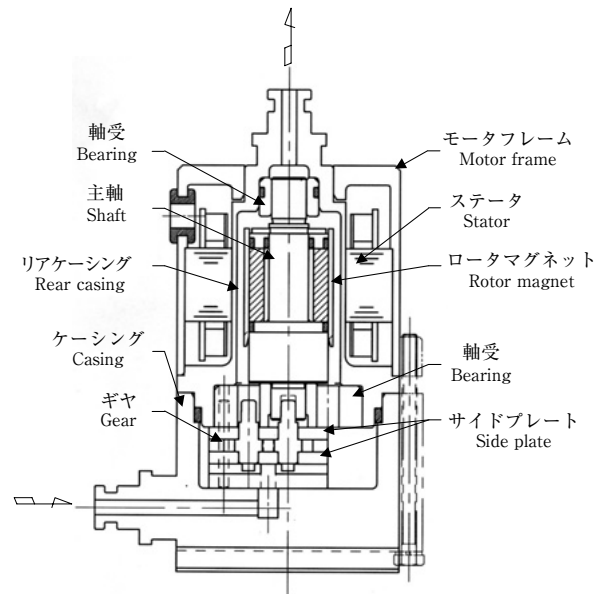


図5 マイクロギヤポンプ断面図
Fig. 5 Sectional view of micro gear pump

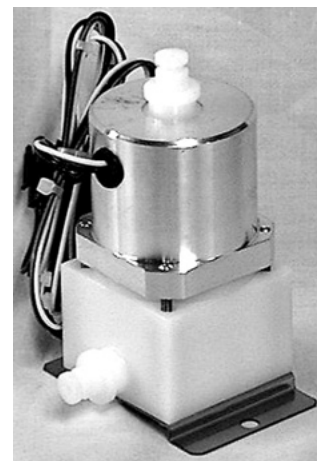


写真4 マイクロギヤポンプ
Photo 4 Micro gear pump

05-92 03/207

05-92 04/207

表2 仕様
Table 2 Specifications

ポンプ Pump	形式 Type	渦巻ポンプ Centrifugal pump	ギヤポンプ Gear pump
	設置場所 Location	屋内 Indoor	
	雰囲気温度 ℃ Ambient temp.	- 10 ~ 60	
	液温 ℃ Liquid temp.	0 ~ 65	0 ~ 60
	回転速度 min^{-1} Rotational speed	0 ~ 8500	0 ~ 1000
主要構成 材料 Main part material	歯車 Gear	—	PEEK
	内ケーシング Inner casing	—	PEEK
	サイドプレート Side plate	—	セラミックス Ceramic
	羽根車 Impeller	PPE	—
	ケーシング Casing	PPE	POM
	リアケーシング Rear casing	PPE	POM
	軸受 Bearing	PEEK/セラミックス PEEK/Ceramic	PEEK/SUS304
主軸 Shaft	SUS304		
モータ Motor	形式 Type	ブラシレスDCキャンドモータ Brushless DC canned motor	
	極数 Pole	4	
駆動用 ドライバ Drive unit	電源 Power supply	DC42V (± 8 V)	
	回転速度制御信号 Rotational speed control signal	DC1 ~ 5 V	

(2) 軸封のないキャンド構造のため、液漏れの心配がなく長寿命である。

(3) 回転速度制御範囲が広い (10 ~ 100%) ため、微小流量制御の純水供給システムなどに好適である。

4. 用途と製品化の展望

渦巻ポンプ、ギヤポンプともに、運転時間の長いコンパクトな装置・システムにおいて効果を発揮できる。分散形エネルギーとして将来拡大が期待されている燃料電池、ソーラ関連、各種冷却・熱回収システム、マイクロ空調などの市場を念頭に製品化を進める予定である (表2)。

5. おわりに

マイクロポンプと言えば、一般にはMEMS (Micro Electro Mechanical Systems) あるいはマイクロマシン技術を使って製作されるものを指すことが多いようである。それに対し、今回の成果は「既存技術の組合せによって当たり前の結果を得た」に過ぎないかもしれない。しかし、当社未踏の領域で、実際に無駄なく小さく創り上げることは苦心した。今後も生産技術と要素技術の両面での研鑽を積みながら、無駄を最小化した流体機械の開発に注力していく所存である。

