

【日本機械工業連合会会長賞】

下水処理用3次元翼プロペラ水中ミキサ (SMEシリーズ)

新明和工業株式会社

兵庫県宝塚市

1. 機器の概要

水中ミキサは汚泥の沈降防止や均一攪拌のために、下水処理場で多数使用されている(図1)。水中ミキサをはじめ、24時間365日稼働する下水処理関連機器の省エネルギー化は社会的な課題となっている。本機器は、流体解析によって最適な3次元翼プロペラ形状を導き出し、精密鋳造法を利用することでこの翼形状を実現した。さらに、トップランナー制度の対象範囲でなかった水中モータの高効率化に取り組み、モータの巻線仕様や電磁鋼板の形状、材質を見直した。これらの結果、最大40%の省エネルギー化を実現することができた。さらに、浸水によるモータの故障を防止する「独立浸水溜まり室」に加え、摩耗に対する保護強化やオイル交換を容易にするなど、高効率化とともに耐久性やメンテナンス性も向上した。(写真1、図2)

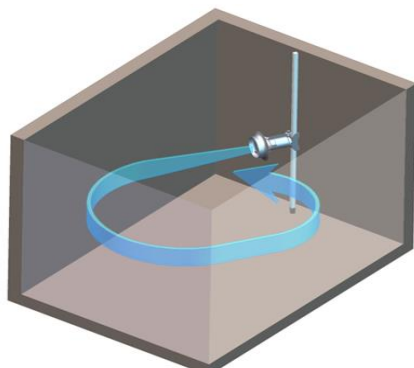


図1 水中ミキサの槽内攪拌



写真1 水中ミキサSME

2. 機器の技術的特徴および効果

2.1 技術的特徴

(1) 高効率モータ

三相誘導電動機は2015年4月より高効率モータへの切り替えが省エネ法で義務化されているが、水中ミキサで使用するモータは特殊モータとして対象範囲外となっている。

高効率モータは鉄損の少ない電磁鋼板や高効率モータ専用のスロット形状をしたモータコアが必要になることが多い。一般的にモータコアは電磁鋼板をプレス成型で打ち抜き、これらを複数積層して製作する。このため、新規開発するためにはモータコアの設計、評価に加えて、金型製作など多額の設備投資が必要になる。従来機のモータコアは汎用的な電磁鋼板で、モータコアに通しボルトの穴があるなど損失が多く、巻線の仕様変更のみでモータ効率の大幅な向上を図るのは難しい。そこで、当社では、モータ効率の大幅な向上を図るべく電磁鋼板の設計を見直し、高効率モータ専用のプレス金型を製作した。電磁鋼板は鉄損の少ないものを採用するとともに、巻線仕様を全面的に見直しモータ効率の向上を図った

(写真2)。その結果、本機器では3割から6割の損失低減を実現し、ほとんどの機種でIE3効率(IEC60034-30-1:2014)を達成した。

(2) 高効率プロペラ

水中ミキサは攪拌を主目的とする機器で実揚程がほとんどない一方、大流量が

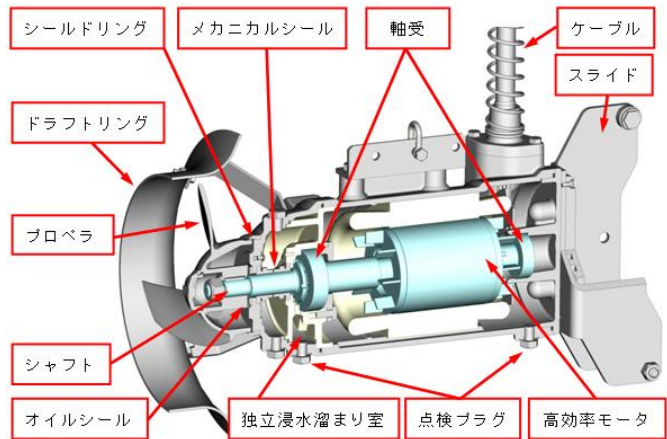


図2 水中ミキサの構造断面図

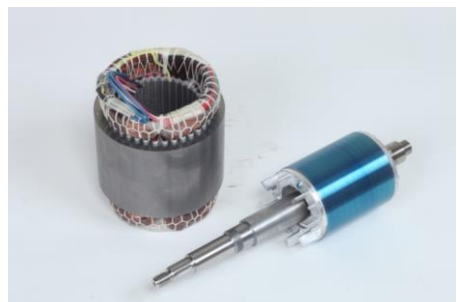


写真2 高効率モータ

必要なため軸流形のプロペラを備える。汚水中で使用されることから固形物を噛みこんでロックしないようにプロペラ外周とドラフトリングの隙間を広く設定する、あるいは、繊維状の異物が巻きつきにくいようにベーン前縁を回転方向に対して後退させる必要があるといった制約があり、高効率と実用性を両立させるのは難しい機器である。従来機のプロペラのベーン部分は生産性の観点からステンレス鋼板をロール成型したもので、各設計断面におけるキャンバー・取付角などといった諸元を詳細に検証すると、航空機のような翼型形状を採用することで改善の余地はあるが、ロール成型では実現できない形状であった。そこで製作方法を精密鋳造法に変更し、流体解析および強度解析を適用することによって、低動力の高効率プロペラを設計することができた。設計形状に自由度を持たせ、かつ寸法再現性の良いプロペラを製作できるようにしたことでベーン断面を翼型形状に成形することが可能となり、取付角の最適化とあわせて消費電力を大幅に低減することができた。(図3)

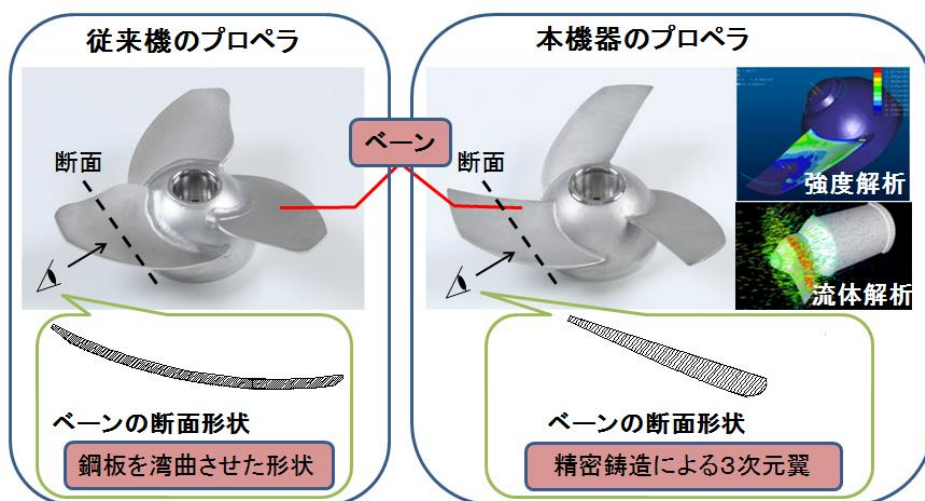


図3 従来機と本機器のプロペラ形状

(3) メンテナンス性、耐久性の向上

メカニカルシールの損耗により浸水が発生した場合でもモータ室の手前に浸水を一時貯留させる独立浸水溜まり室を標準装備した。オプションの浸水検知器を

取付することで警報接点出力が得られるとともに、新たに浸水点検プラグを備えることで水中ミキサを分解することなく現場で容易に点検可能となった。また、下水処理では多くの場合、処理水には毛髪などのし渣が混入している。これらによる過負荷や摩耗などの不具合を防止するため、プロペラボス部外周を保護するシールドリングおよびシャフト周りを保護するオイルシールを備え、シャフト周りを二重のダストシールで保護することで耐久性の向上を図った。

2.2 効果

モータとプロペラの大幅な効率向上により、大幅な省エネルギー化を達成した。本機器と従来機の省エネルギー効果の試算を表1に示す。定格出力 2.8 kW の機種で 40% の省エネルギー化を達成した。

表 1. 省エネルギー効果の試算 (200V-50Hz)

	本機器 SME28A-3513	従来機 SM28A-310
定格出力	2.8 kW	2.8 kW
プロペラ反力	650 N	650 N
消費電力※1	2.1 kW	3.5 kW
年間電気量※2	18,400 kWh	30,700 kWh
年間電力費※3	276,000 円	460,000 円
差額	184,000 円/年 (40%)	

※1 清水攪拌の場合の標準的な消費電力

※2 24 時間連続運転の場合

※3 電力単価 15 円/kWh とする

3. 用途

本機器は下水処理場の反応タンク攪拌用として多く導入されているが、それ以外に畜産廃水処理やため池の攪拌などに利用されており、本機器の利用でエネルギー削減と水環境の改善に貢献することが期待される。