

# 双曲面形攪拌機 (パビオミックス)

Hyperboloid Mixer, PABIOMix



上田 豊\*  
Yutaka Ueda



吉田忠広\*  
Tadahiro Yoshida

パビオミックスは、主に下水処理場の反応タンクの攪拌にもちいる攪拌機である。双曲面形の大きな攪拌翼を水槽底部でゆっくり回転させるため、低動力で底部流速を確保するとともに、駆動装置が水上部にあるためメンテナンスが容易である特長を有している。また、2008年上期現在、国内での納入実績は200基を超え、良好な攪拌性能を確保している。

本稿では、パビオミックスの仕様と特長を紹介するとともに、国内下水処理場での稼働状況を報告する。

PABIO Mix is a mixer to use for mixing of the reaction tank of the sewage treatment plants mainly. To rotate the big mixer of hyperboloid form slowly in the water tank bottom, it can secure bottom speed by low power. Moreover, its maintenance is easy because a reduction gear is installed outside the tank. The sales achievement in Japan became more than 200 sets as of 2008. In addition, the high mixing performance has been proven. In this report, we introduce specifications, characteristics and running data of PABIO Mix at the sewage treatment plants.

## Key Words :

下水処理	Sewage treatment
高度処理	Advanced sewage treatment
嫌気槽	Anaerobic tank
無酸素槽	Anoxic tank
攪拌機	Mixer
低動力	Low power
維持管理容易性	Maintainability

## 【セールスポイント】

低動力で反応タンクの攪拌が可能であるため、地球温暖化抑制へ寄与することができる。駆動部が水槽の外にあるため、メンテナンスが容易である。

## まえがき

近年、閉鎖性水域のさらなる水質改善や、処理水の再利用のため、下水の高度処理化が進められている。2005年6月には下水道法が改定され、閉鎖性水域の水質環境基準の達成のため、流域別下水道整備

総合計画に、終末処理場からの放流水に含まれる窒素またはりんの終末処理場ごとの削減目標量および削減方法を定めることが義務付けられるようになった。このことから、高度処理化の流れはさらに加速するものと考えられる。

また、先進国の温室効果ガスの削減を規定する京都議定書が2005年2月に発効され、自治体の事業活動にともなう温室効果ガス排出量の中でも大きな割合を占めている下水道事業については、消費電力の低減が求められており、低動力な水処理機器のニーズは高まっている。

そのような背景のなか、2000年にドイツから導入した低動力攪拌機であるパビオミックスは、高度処理化および低動力ニーズに合致した機器として、下水処理場の反応タンクへの採用が増加しており、閉鎖性水域の環境保全ならびに地球温暖化抑制の一役をになっている。

本稿では、パビオミックス（写真1）の仕様と特長を紹介するとともに、納入実績および下水処理場での納入事例を報告する。

## 1. 用途

パビオミックスは、嫌気状態を確保した状態で、活性汚泥の攪拌・混合をおこなう攪拌機である。パビオミックスはさらに、水深7m以下の標準槽設



写真1 パビオミックス外観

置型と、7mを超える深槽設置型の2種類に分けられる。

また、酸素を供給しながら攪拌する場合は、好気攪拌のパビオエアレーターがある（表1）。

下水処理の反応タンクにおける用途として、パビオミックスは嫌気槽、無酸素槽で使用され、パビオエアレーターは、好気槽のほか、酸素を供給しない場合は嫌気攪拌も可能であることから、嫌気・好気兼用槽でも使用されている。

## 2. 構造・仕様

### 2.1 パビオミックス

図1にパビオミックスの構造を示す。標準槽設置型は大きく分けて、駆動装置、シャフト、攪拌翼の3つのパーツから構成される。

駆動装置は槽外に、FRP製の攪拌翼は水槽の底部に設置され、SUS製のシャフトが駆動装置からの動力を攪拌翼に伝えている。深槽設置型は、軸先端のプッシュの交換を容易にするため、シャフトが分割構造となっているほか、水槽底部に下部振止め

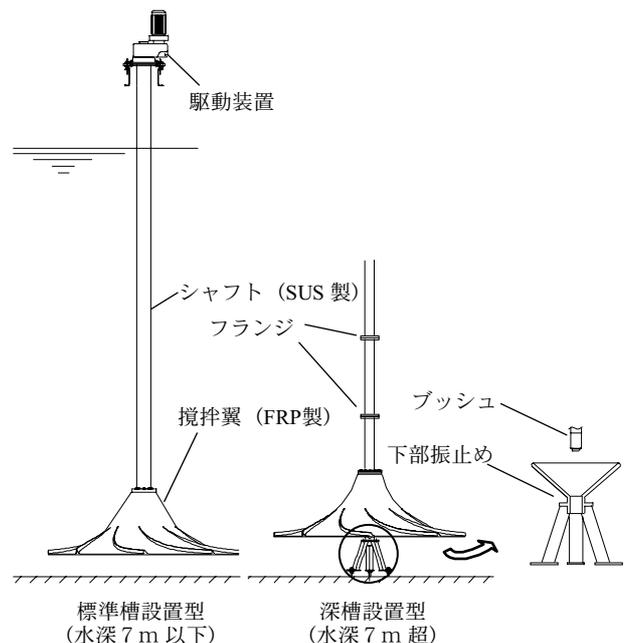


図1 パビオミックスの構造

表1 パビオミックスの分類と用途

種類	適用水深		主な用途
パビオミックス (PABIO Mix)	標準槽設置型	7m以下	下水処理の嫌気槽・無酸素槽
	深槽設置型	7mを超える場合	
パビオエアレーター (PABIO Aerator)	8m以下		下水処理の好気槽・嫌気好気兼用槽

表2 パビオミックスの標準仕様

項目	標準槽設置型	深槽設置型
攪拌翼径 (mm)	φ 2 000, 2 300, 2 500 mm	φ 2 500 mm
モーター定格出力 (kW)	0.4~5.5	1.5~11

がついている。

表2にパビオミックスの標準仕様を示す。

標準槽設置型の場合、下水処理向けには攪拌翼径2000 mm、2300 mm、2500 mmの3種類を標準機種として設定しており、設置する槽の形状に応じて翼径を選定する。減速機の動力は翼径および水槽の形状により0.4~5.5 kWまでのシリーズがある。

水深が7 mを超える深槽設置型の場合は、攪拌翼径2500 mmを標準とし、電動機出力は、水槽の形状により1.5 kW~11 kWでシリーズ化している。

### 2.2 パビオエアレーター

図2にパビオエアレーターの構造を示す。水槽底盤にリングスパージャと呼ばれる散気管と、下部振止めが設置される。また、攪拌翼の先端部に切断リブが付属しており、リングスパージャから散気した気泡を攪拌翼周囲の切断リブで微細化するため、効率良く水中に酸素を溶解することが可能である。

表3にパビオエアレーターの標準仕様を示す。

下水処理向けには攪拌翼径1500 mm、2000 mm、2500 mmの3種類を標準機種として設定しており、設置する槽の形状および必要な酸素供給能力に応じて翼径を選定する。

電動機の出力は、翼径および水槽の形状により3.7~11 kWまでシリーズ化している。酸素供給能力は6~88 kgO<sub>2</sub>/hである。

## 3. 特長

パビオミックスの特長として次のような項目が挙げられる。また、表4に、従来型の攪拌機である水中攪拌機との比較を示す。

### 3.1 低動力

攪拌混合に適した双曲面形の攪拌翼を、水槽中央の底部付近で低速回転させるため、底部を効率よく攪拌し、小さな動力で十分な底部流速をえることができる。

図3は攪拌の状況を可視化したものであるが、効率良く槽底部の流速を高めていることがわかる。このことから、1 m<sup>3</sup>あたりの攪拌に必要な動力を表す動力密度は水槽の縦横比1:1以下、水深5.5 mの条件で1.4~2.7 W/m<sup>3</sup>であり、水中攪拌機の6 W/m<sup>3</sup>にくらべ、大幅に低くなっている。

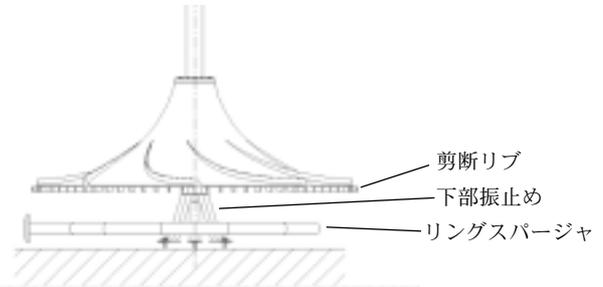


図2 パビオエアレーターの構造

表3 パビオエアレーターの標準仕様

項目	仕様
攪拌翼径 (mm)	φ 1 500, 2 000, 2 500 mm
モーター定格出力 (kW)	3.7~15
酸素供給能力 (kgO <sub>2</sub> /h)	6~88

### 3.2 メンテナンスが容易

水中攪拌機は水中部に駆動装置があるのに対し、パビオミックスは水上部に駆動装置があるため、メンテナンス時に駆動装置を水槽外へ吊り出す必要がない。このため、水中攪拌機と比較し、動力低減を含めた維持管理経費は従来の約60%となる。

また、下部振止めがあるタイプについては、下部振止め部のブッシュの交換時、軸を水槽から取り出すことによって水槽を空にすることなく軸先端部のブッシュを交換することができる。

### 3.3 シンプルな構造

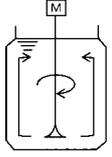
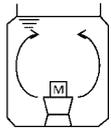
主として駆動装置、シャフト、攪拌翼の3つのパーツから構成されており、構造が非常にシンプルである。また、攪拌翼の重量は、最大径の2500 mmでも約70 kgであり、軽量である。

### 3.4 生物処理に適している

水槽底部付近で攪拌するため、水槽表面の流速が低く抑えられており、嫌気槽や無酸素槽などの、酸素を好まない条件において、酸素の取込みが少ない。

また、低速回転かつ双曲面形のなめらかな攪拌翼で混合するため、汚泥フロックの破壊が起こりにくい。このため、生物の反応が阻害されにくく、反応槽の後段の沈殿槽での沈殿効果の向上や、安定した処理水質が期待できる。

表4 水中攪拌機との比較

項目	双曲面形攪拌機 (パビオミックス)	水中攪拌機
概要	 <ul style="list-style-type: none"> <li>・双曲面形の攪拌翼を槽底部付近で回転させ、底部から槽内全体を攪拌させる。</li> <li>・攪拌翼はFRP、シャフトはSUS製。</li> <li>・駆動部は水上にある。</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ケーシング内のインペラの回転により、放射状に広がる水流を発生させ、槽内の攪拌をおこなう。</li> <li>・送気の有無により嫌気・好気運転の切替ができる。</li> <li>・ケーシングはFC、インペラはステンレス鋳物。</li> <li>・駆動部は水没している。</li> </ul>
動力投入密度 (槽縦横比 1:1 以下、水深5.5 m 時)	◎ 1.4~2.7 W/m <sup>3</sup>	△ 6 W/m <sup>3</sup>
性能	底部流速の確保	◎ 0.1 m/秒以上
	最終沈殿池への影響	◎ 攪拌翼は低回転でせん断による微細フロックの生成が少ない。
維持管理性	無酸素状態の確保	◎ 水面の乱れが少ないため、気液接触面からの酸素のとけ込みは少ない。
	異物からみつきの有無	◎ 攪拌翼はなめらかな双曲面を有し、かつ低速回転であるため異物によるからみつきはほとんどない。
維持管理性	作業性	◎ オーバーホールは、槽上の減速機のみで容易である。軽量のため吊上等の作業性は比較的容易である。
	経費	◎ (58)

槽形状：6m×6m×6m（水深）

条件：攪拌翼径2 000 mm 回転数20 rpm

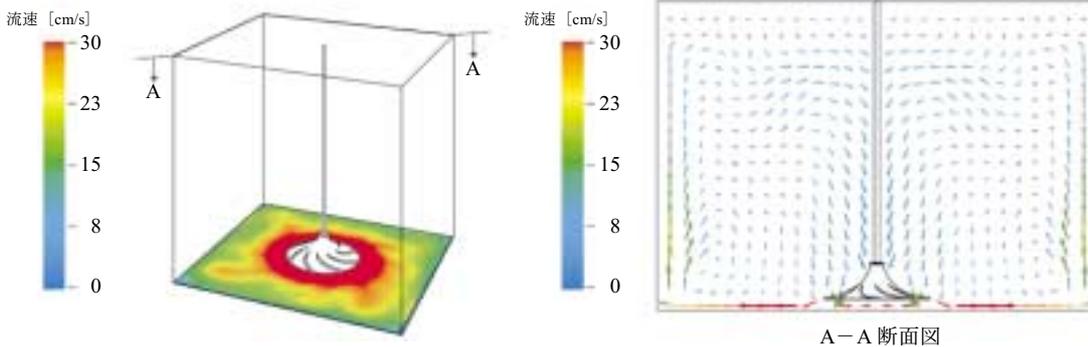


図3 流動解析

### 3.5 高い酸素移動効率

パビオエアレーターは、リングスパーチャから散気した気泡を攪拌翼周囲の剪断リブで微細化するため、効率良く酸素を溶解することができる。このため、酸素移動効率は、25-35%を確保することができる。

また、空気の供給を止めれば、攪拌装置として使用することも可能である。

### 4. 納入実績

2000年にドイツより導入以降、当社では下水処理場を中心に納入実績を伸ばし、2008年上期現在では34ヶ所（内1ヶ所海外含む）、200機以上を納入して

いる（図4）。

納入の内訳は表5のとおりであり、下水処理場のほか、食品工場などの工場排水処理設備などにも納入されている。

## 5. 稼働状況

ここでは、国内稼働中のパビオミックスのうち、3ヶ所の下水処理施設での稼働状況を紹介します。

### 5.1 岡東浄化センター

本施設は岡山県岡山市の児島湾に面した場所に位

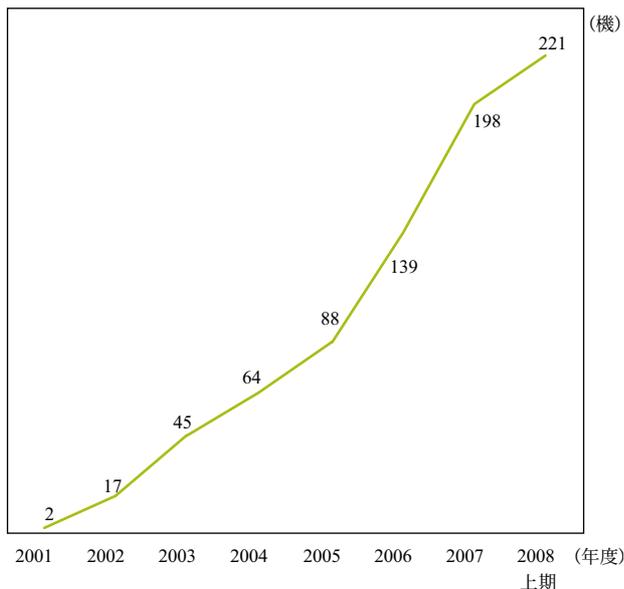


図4 パビオミックス・パビオエアレーター納入実績

置する。攪拌翼径2500mm×5.5kWと2500mm×3.7kWのパビオミックスが2台納入されており、2007年4月から稼働している。

処理方式は2段嫌気・好気活性汚泥法であり、パビオミックスはそのうちの嫌気槽に設置されている。図5に底部流速の測定箇所および結果を示す。底部流速はいずれの箇所も沈降防止の指標とされる底部流速10cm/s以上を確保している。

### 5.2 武庫川下流浄化センター

本施設は、兵庫県尼崎市の大阪湾に面した場所に位置する。攪拌翼径2500mm×0.75kWが6台、2500mm×1.5kWが12台、計18台のパビオミックスが納入されており、2008年4月から全系列が稼働している（系列の半分は2007年4月から稼働）。

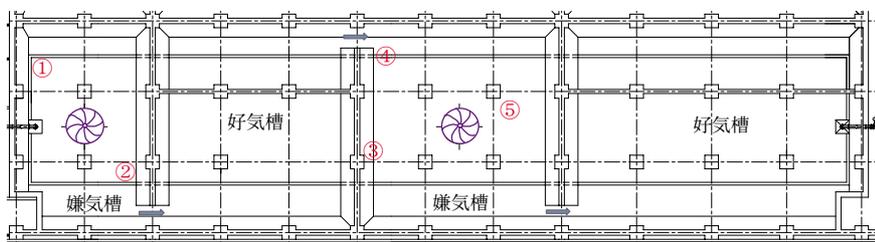
図6に処理フローを示す。処理方式は3段階流入式硝化脱窒法であり、パビオミックスはそのうちの無酸素槽に設置されている。好気槽には当社

表5 用途・機種別納入内訳

用途	機種別納入内訳		合計
	パビオミックス	パビオエアレーター	
下水処理	165	36	201
工場排水処理	11	9	20
合計	176	45	221

単位：機

2008年上期現在



測定箇所	底部流速 cm/s	測定箇所	底部流速 cm/s
①	31.1	④	12.9
②	27.8	⑤	55.7
③	28.6	—	—

図5 岡東底部流速測定結果

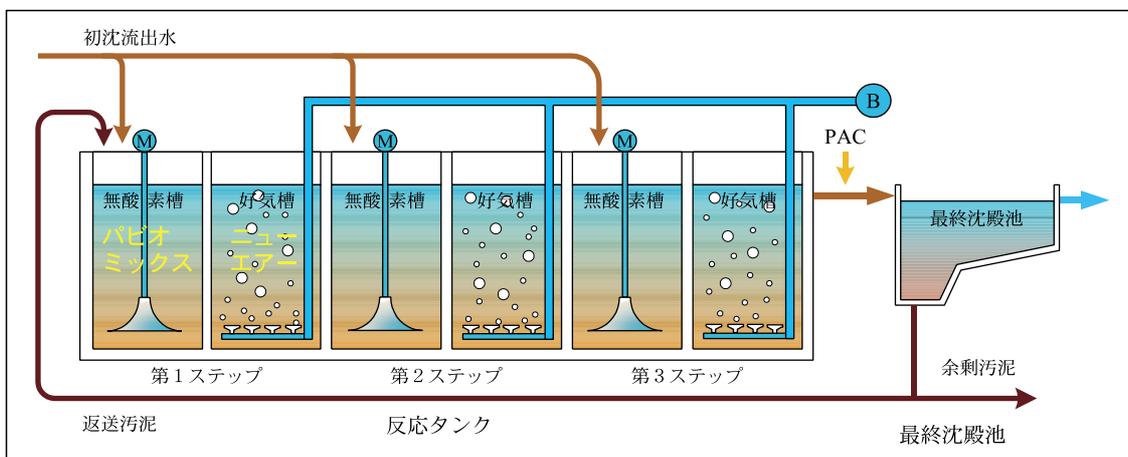
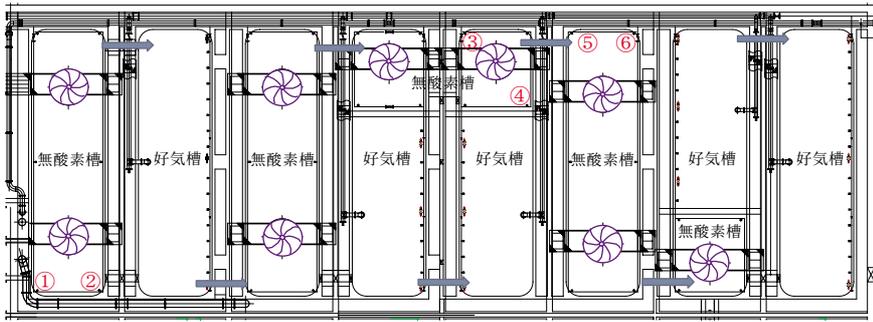


図6 武庫川下流浄化センター処理フロー



測定箇所	底部流速 cm/s	測定箇所	底部流速 cm/s
①	30.0	④	23.4
②	21.7	⑤	23.3
③	28.4	⑥	30.8

図7 武庫川下流底部流速測定結果（3系 No.1）



写真2 武庫川下流浄化センター据付状況

の散気装置ニューエアーが設置されており、本設備はパピオミックスとニューエアーを組み合わせた、当社独自の高度処理設備が納入されている。写真2

に据付状況を示す。

図7に、3系のNo.1の水槽について、底部流速の測定箇所および測定結果を示す。底部流速はいずれの箇所も20 cm/s以上の流速であり、10 cm/s以上を確保している。

### むすび

パピオミックスは、近年の下水の高度処理化および低動力のニーズに合致した機器として、閉鎖性水域の環境保全ならびに地球温暖化抑制を実現する有用な機器である。また、シンプルな構造からもたらされるメンテナンスの容易性は、維持管理に係る労力および経費の削減にも寄与している。今後も地球環境の改善、およびユーザの方々の期待に答えられるよう取組んでいく所存である。

\*水処理事業部 技術部 水処理室