

# 水処理設備のモジュール化・ユニット化による施工性の改善 (流動床好気処理装置, および加圧浮上分離装置)

Minimizing on-sight Construction Work with Modularized Water Treatment Equipment “KPM” Modularized MBBR, “KCAS” Packaged DAF



杉峯健太\*  
Kenta Sugimine



山口裕哉\*  
Yuya Yamaguchi



安友邦彦\*  
Kunihiko Yasutomo



糠信輝領謹\*\*  
Kiminori Nukanobu

国内の産業用水処理設備の多くは設備更新の時期を迎えている。また製造品目の変更や増産に応じた水処理設備能力の見直しを迫られている工場も多い。しかしながら、更新や増強に必要な敷地や設備停止期間を確保できず、更新・増強計画の立案さえ困難なケースが散見される。これらの課題に対応するため、水処理装置のモジュール化・ユニット化を推進し、コンパクトかつ現地工事を大幅に短縮できる陸上輸送可能なユニットを開発した。

流動床好気処理装置「KPM」、加圧浮上分離装置「KCAS」を国内食品工場向け排水処理設備の更新・増強に適用し、良好な成果を得た。

A large number of industrial Waste Water Treatment Plants (WWTPs) operate more than their service life in Japan. Not only update but reinforcement of their capacities are also strongly demanded by changes or increase of the factories' products. However, in many cases, even planning for WWTP renewal is difficult due to lack of enough space and difficulty in securing facility suspension period. As a solution to these issues, KES has promoted development of modularized and unitized waste water treatment system. These compact and transportable equipment have minimized required space and on-sight construction work time. We obtained successful results of “KPM” modularized Moving Bed Biofilm Reactor and “KCAS” unitized high speed Dissolved Air Floatation Separator for food industries.

## Key Words :

排水処理  
流動床好気処理装置  
加圧浮上分離装置

Wastewater treatment  
Moving Bed Biofilm Reactor  
Dissolved Air Floatation Separator

## 【セールスポイント】

- ・水処理設備を陸送可能なサイズにユニット化。現地工事を大幅に縮減。
- ・ユニット化により面積効率が向上。狭小地での設備増強を可能に。
- ・処理水量に応じたラインナップを揃え、顧客事情に合わせて柔軟に対応可能。

## まえがき

水質汚濁防止法施行から約50年経ち、民間製造工場に導入された排水処理設備の多くは老朽化し、更新時期を迎えている。また時代のニーズを反映し、製造工場の生産品目や生産量が常に変化の中で、排水処理の能力増強やダウンサイジングの需要も多い。

しかし、費用対効果の観点から、排水処理設備すべてを更新するという需要は少なく、必要な部分だけの更新や増強が望まれている。

また、製造を滞らせることなく既存排水処理設備を運用しながら更新や増強をしなければならず、既存設備の近傍で代替装置や増強装置を新たに設置するにあたっては、敷地の制約が出てくるなど課題は多い。

当社は、主要な排水処理の単位操作である流動床好気処理、加圧浮上分離、汚泥脱水、ろ過の各装置をモジュール化し、排水処理ユニットとして2014年に上市し、冒頭の課題をクリアすべく各工場への適用・提案を進めてきた。本稿では、それらユニットのうち導入実績が顕著に増えている流動床好気処理装置ユニット「KPM」、加圧浮上分離装置ユニット「KCAS」についてそれぞれの特長や納入事例を紹介する。

## 1. 流動床好気処理装置ユニット「KPM」

### 1.1 「KPM」開発経緯

好気的なBOD除去設備として多く普及している方式は活性汚泥法である。主要リアクタであるばっ気槽は土木躯体水槽が多い。ユーザは、水槽躯体の寿命を心配しながら、能力の増減に応じてMLSS濃度の調整と散気風量の調整で対応しているのが現状であり、それも限界と感じるユーザが多い。そこでばっ気槽の増設が検討に挙がるが、土木躯体水槽の建設となると、用地・費用・工事期間・償却年数がネックとなり投資判断が困難となるケースが多い。

このような背景のもと、流動床好気処理装置ユニット「KPM」の開発にあたっては、以下の方針とした。

- ・陸上輸送できるサイズの単位水槽にて最大限の処理能力を持たせる。
- ・単体水槽を連結式にすることで装置の拡張性を持たせ、導入後の交換や増設を容易にする。
- ・散気設備を備え、原水と処理水を接続すれば標準的な処理が完成するものとする。
- ・後段の固液分離は別ユニットや既存設備の流用を前提とし、BOD分解除去に特化させる。

### 1.2 「KPM」の概要

ユニットの単体水槽は陸上輸送の観点から縦横3m未満とし、高さは一般的なルーツ型ブロワによるばっ気水深を考慮し、4.5mとした。その結果、容量を25m<sup>3</sup>とした。

この単位水槽に高負荷処理が可能な当社の流動床好気処理「PABIO MOVER」<sup>1)~3)</sup>を組合わせた。写真1に示す流動担体を充填しばっ気により流動させる方式で、開発当時すでに44件の納入実績があった。

充填材は摩耗劣化が少ないものを使用しており、定期的な補充やメンテナンスは不要である。散気装置には担体を流動させるため、孔の大きな単純な多孔管を採用しており、閉塞にともなうメンテナンスの必要がない。返送汚泥が不要な処理プロセスのため、汚泥の返送に必要な機器類を排除することができ、機器点数を削減できる。

ユニットの仕様概要を表1に示す。処理段数を変更することで、既存設備の前段に配置しBODを粗取りする増強用途から、BOD高除去率が必要な新設や既存設備更新用途など幅広く対応した。活性汚泥と同等の処理性能を前提にする場合、2段処理を原則としており、最小構成で2槽50m<sup>3</sup>の容積になる。これは、一般的な活性汚泥法によるばっ気槽100m<sup>3</sup>相当の代替となり、用地の確保が難しいケースの更新需要に応えられる。さらに、既存設備の増強を想定したBOD負荷の粗取りと位置付けると、容積負荷8kg/m<sup>3</sup>・d程度までの高負荷処理に対して50~90%の除去率が期待できる。日常的に活性汚泥の高負荷に悩まされるユーザに増強を提案できる。

外観イメージは図1のとおりである。メンテナンススペースを確保した間隔で単位水槽を配置し、原水計量槽は先頭水槽の上に配置した。ブロワは防音ボックス付きを標準とし、ブロワ室の設置を不要とした。ブロワの位置は自由に変更可能である。以上の構成により、ユニットを据付後に現地で原水と処理水の取合い接続を実施すれば、現地工事を完了することができる。

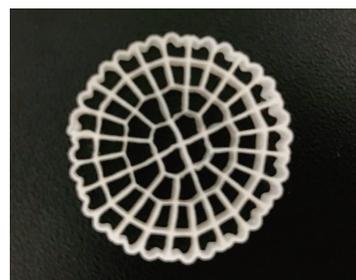


写真1 流動担体外観 (φ25 mm)

表1 「KPM 概要」

型 式		KPM-11	KPM-12	KPM-13	KPM-21	KPM-22	KPM-23
主 な 用 途		既存設備の増強用途			新設・既存設備の更新・増強用途		
水 槽 構 成		1段×1列	1段×2列	1段×3列	2段×1列	2段×2列	2段×3列
最大処理流量	m <sup>3</sup> /h	12.5	25.0	37.5	12.5	25.0	37.5
最大処理BOD量	kg/d	200	400	600	100	200	300
標準BOD除去率	%	50~90			~99 (BOD <10 mg/L)		
消費電力量	kWh/d	71.0	144.0	211.0	106.0	144.0	211.0
供給電源		AC200V 50/60Hz 3φ (動力制御盤受)					
設置寸法	mm	W4 000 × L2 950	W4 400 × L6 800	W4 400 × L10 650	W7 350 × L2 950	W7 750 × L6 800	W7 750 × L10 650
単位水槽内側寸法	mm	□2 600 × TH*4 500					
単位水槽重量	kg	4 600					

※ TH : Total Height (全高)

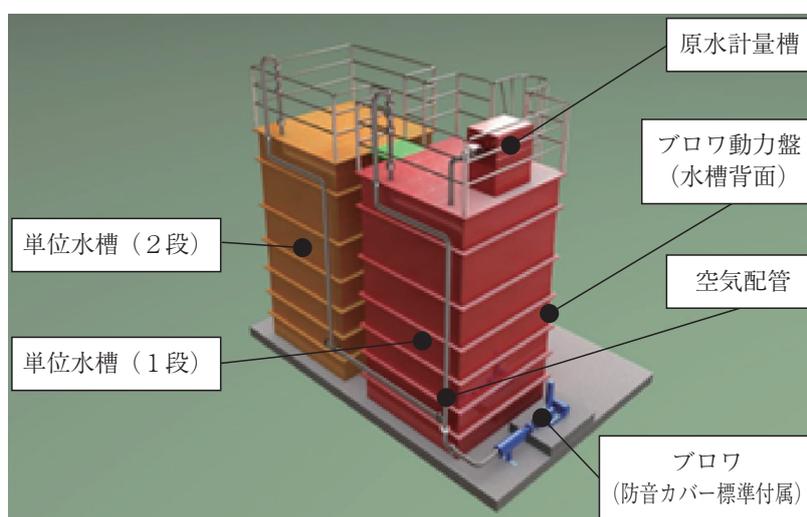


図1 「KPM」外観イメージ

表2 A工場の排水負荷状況

項 目	単 位	既存設備設計条件	増強検討条件	増 加 率
原水量	m <sup>3</sup> /d	≤50	≤75	+50%
原水BOD濃度	mg/L	≤1 000	≤2 000	+100%
原水BOD負荷量	kg/d	≤50	≤150	+200%
既存ばっ気槽容積負荷	kg/m <sup>3</sup> /d	≤0.4	≤1.2	+200%

### 1.3 納入事例

国内食品メーカーA工場は、増産と生産品目の変化により、水量が最大で当初設計の1.5倍、原水BOD濃度が最大で2倍に増えた。その条件が重なると、既存ばっ気槽への負荷は最大で3倍となる状況であった(表2)。水量増への対策として、直列

配置されていた既存沈殿槽を並列化した。BOD負荷増への対策として、「KPM-11」をBODの粗取り用の前処理装置として採用し、150 kg/dのBOD負荷を75 kg/dに半減し、既存ばっ気槽の容積負荷を0.6 kg/m<sup>3</sup>・dに抑えた。

図2に納入フローを示す。既存調整槽が容量不足で処理の余裕がないとの要望により、単位水槽を調整槽として活用し3つの水槽を隣接用地に設置することで客先ニーズに応えた(写真2)。

長期休業中に設備切替を実施し、生物馴養を開始した。約1か月経過後の引渡し直前の水質分析結果を表3に示す。工場の操業は季節により異なり、試運転は負荷の低い時を狙ったため原水の水量、水質共に検討最大値には至らないが、既存設備の設計条件以上でも良好に処理できている状況を確認できた。「KPM」による前処理の結果、残存した溶解性BODによる既存ばっ気槽への負荷は $0.4 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ 未満となり、放流水のBOD濃度は $20 \text{ mg/L}$ 以下の要求値に対して $1 \sim 6 \text{ mg/L}$ となった。その後も負荷の高い時期を含めて、良好な処理を継続している。

## 2. 加圧浮上分離装置ユニット「KCAS」

### 2.1 「KCAS」開発経緯

加圧浮上分離は、水処理に欠かせない固液分離の役割を担う方式のひとつである。固液分離の方法としては沈殿分離法が普及しているが、工場排水処理向けには、

- ・固形分と油分を同時に除去できる
- ・浮上速度の大きさを活かして装置をコンパクトにできる

という特長を持つ加圧浮上分離が広く普及している。

加圧浮上分離装置を導入されているユーザからは、部分補修を施していても主要部材である鋼製浮上槽の更新が迫ってきているとの要望が多い。固液分離装置は水処理工程に必須であり、容易に停止ができない装置であることから、既存設備の撤去を伴う完全更新を短工期で行う必要がある。そういった観点からもユニット化が望まれた。

このような背景のもと、加圧浮上分離装置ユニット「KCAS」の開発にあたっては、以下の方針とした。

- ・浮上速度を高めることで、処理流量を最大 $60 \text{ m}^3/\text{h}$ まで対応可能なものとし、中規模装置の更新まで応えられるものとする。
- ・架台で組み立てられている一体のユニットとし陸上輸送可能なサイズとする。
- ・原水と処理水を接続すれば標準的な処理が可能とする。

### 2.2 「KCAS」の概要

ユニットの仕様概要は表4に示したとおりである。小型化実現のため、センターウェルや集水管の形状を改良し浮上速度を向上させた当社の高速型加圧浮上分離装置<sup>4)</sup>をユニットに採用した。従来は $7 \sim 10 \text{ m/h}$ の浮上速度であったが、 $14 \text{ m/h}$ に高速

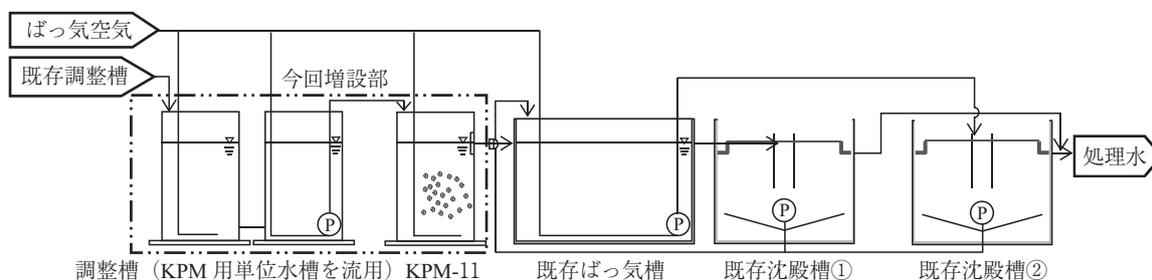


図2 A工場「KPM-11」納入フロー主要部抜粋



写真2 A工場「KPM-11」外観

表3 「KPM」導入結果

項目	単位	導入後 (試運転時)
原水量	$\text{m}^3/\text{d}$	31~62
原水 BOD 濃度	$\text{mg/L}$	350~1700
既存ばっ気槽入口 BOD 濃度	$\text{mg/L}$	13~810 (※)
放流水 BOD 濃度	$\text{mg/L}$	1~6

※ KPM 処理後の溶解性 BOD を示す

表4 「KCAS」概要

型 式		KCAS-1	KCAS-2	KCAS-3
標準処理流量	m <sup>3</sup> /h	20	40	60
標準循環水量	m <sup>3</sup> /h	5	10	15
標準循環率	%	25		
供給電源		AC200V 50/60Hz 3φ (動力制御盤受)		
回転機類電気容量	kW	5.8	8.0	8.7
その他必要用役		工業用水または市水, pH調整剤, 凝集剤		
設置寸法	mm	W6 400× L2 450	W7 550× L2 650	W7 900× L2 750
機器重量	kg	4 700	6 200	7 100

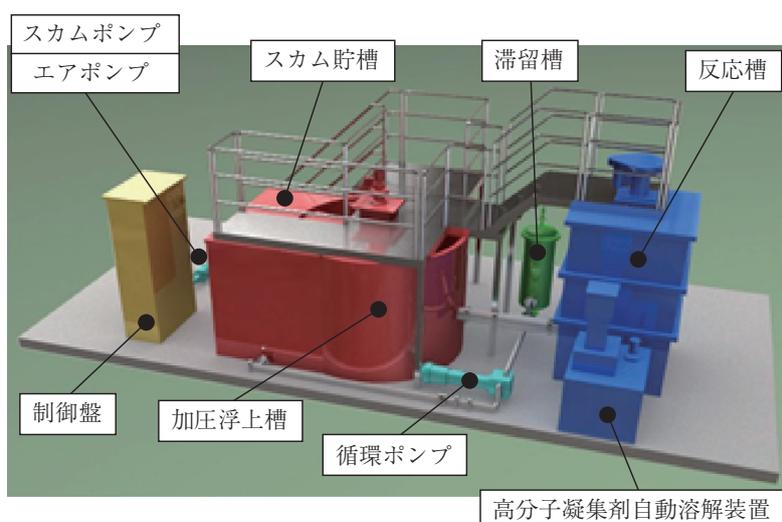


図3 「KCAS」外観イメージ

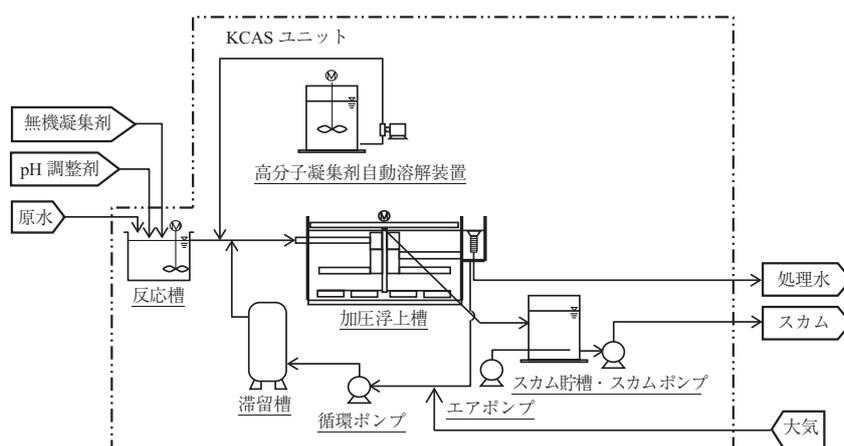


図4 「KCAS」フロー

化し、車載幅3 m以内で60 m<sup>3</sup>/h処理を可能とした。また、高効率の気液混合ポンプを採用したことで、加圧水循環率を従来の対原水比30 %程度から25 %に削減し、機器の小型化と省エネルギーに貢献した。加えて、コンプレッサやラインミキサが不要になるため、機器点数を削減することができた。さらに、

ユニット化することで機器の設置面積効率を向上させた。これらの効果により、同じ設備面積で従来比2倍程度の処理が可能となっている。

ユニットの外観イメージを図3、ユニットのフローを図4に示す。スカム貯槽やスカム移送ポンプを標準で搭載したのは、流動性が悪いスカム汚泥の移

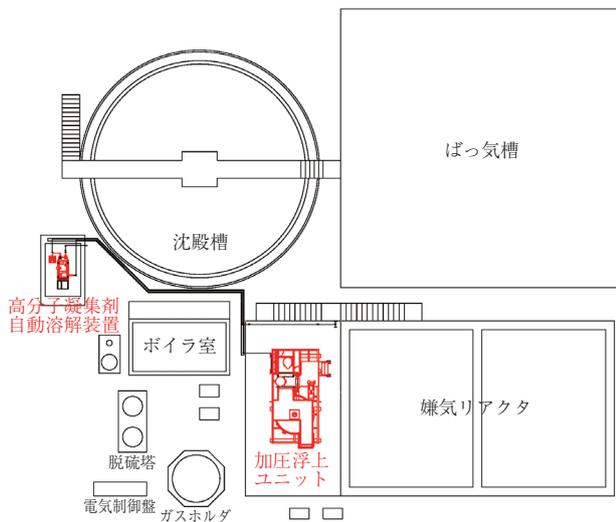


図5 B工場「KCAS-2」平面配置図

送のために設置場所の水位高低に制約が出ることを避け、設置の自由度を高めるためである。また、高分子凝集剤自動溶解装置も搭載している。

無機凝集剤の注入設備と pH 調整剤の注入設備に関しては標準ではユニットに含んでいない。それら薬剤は使用量も多く、車載可能なユニットに搭載するのは非現実的であるためである。ただし既存設備の更新のケースでは、薬剤注入設備は事前に更新済みであることも多く、既存設備をできるだけ流用したいというニーズと合致することが多い。

### 2.3 納入事例

国内食品メーカー B 工場の加圧浮上分離装置が全面的に老朽化しており、設備更新需要があった。当該工場の加圧浮上分離装置は嫌気リアクタの前段に配置し、原水の油分および SS 除去用に使用している。嫌気リアクタの稼働中に停止させることはできず、設備停止期間に限られた中で、撤去と更新が必要であった。さらに、図5に示す嫌気リアクタとガス処理設備の間に挟まれたわずかなスペースで実施する必要があった。これらの課題から、「KCAS」での更新を提案した。

嫌気リアクタは可燃性ガスが発生するため、火気使用にも十分注意が必要で、作業性も低下する中で工事をする必要があった。これら条件の中でも、ユニットは短時間で据付けでき、撤去と配管工事に十分な作業時間を充てることができた。これにより安全作業にもつながった(写真3)。このケースでは、高分子凝集剤の補給作業がしにくい場所であったた



写真3 B工場「KCAS-2」導入工事写真

め、高分子凝集剤自動溶解装置は別の作業のしやすい場所に設置した。3日間の排水停止で工事を完了し、4日目には通水しながら試運転調整し引渡すことができた。

### むすび

本稿では、当社にてモジュール化したユニット装置のうち流動床好気処理装置「KPM」、加圧浮上分離装置「KCAS」の特長と納入事例を紹介した。

これらのユニット装置は工事期間や敷地の制約といった顧客が持つ課題に素早く対応できる商品であり、「KPM」は10基「KCAS」は14基と納入実績も着実に増やしてきている。

時代のニーズはこれからも急速に変化し、顧客が持つ課題も様々に変化していくと思われるが、それぞれの課題に対して水処理装置のモジュール化・ユニット化の推進は有効なソリューションとなり得ると考えられる。

最後に、本稿で紹介させて頂いた工場につきましては、立上げ当時から様々なご協力、ご指導等を頂き、紙面を借りて感謝の意を表します。

### [参考文献]

- 1) 川嶋 淳ほか：神鋼パンテック技報, Vol.41 No.1 (1997), p.18
- 2) 宮本 武ほか：神鋼パンテック技報, Vol.42 No.2 (1999), p.101
- 3) 武田 勉：神鋼パンテック技報, Vol.44 No.1 (2000), p.67
- 4) 山本 平ほか：神鋼環境ソリューション技報, Vol.9 No.2 (2013), p.52