

日本化成(株)小名浜工場殿向け 排水処理設備性能試験報告

Wastewater Treatment System Delivered
to Nippon Kasei Chemical



技術本部
水処理第三技術部技術室
岩本圭介
Keisuke Iwamoto
塩田憲明
Noriaki Shiota
武田勉
Tsutomu Takeda

当社は、日本化成(株)小名浜工場殿向けに高負荷運転に適した排水処理設備（パビオムーバー）および余剰汚泥の減量化に有効な汚泥処理設備（エステプロセス）を納入した。本稿では、設備概要を紹介するとともに、性能確認運転時の状況とその結果について報告する。

A fluidized-bed aerobic organic wastewater treatment system suitable for high load operation (PABIO MOVER) was delivered to Onahama Plant of Nippon Kasei Chemical to meet increased requirement, together with S-TE Process for reducing excess sludge generated from the preceding wastewater treatment. The performance test marked BOD removal ratio 98.4% and sludge conversion rate 22% as total system. This paper describes the outline of the systems and test conditions.

Key Words :

パビオムーバー
エステプロセス

PABIO MOVER
S-TE PROCESS

まえがき

日本化成(株)小名浜工場は1939年に操業を開始し、以来、硫安、硝酸等のアンモニア系製品やホルマリン、各種接着剤、ポリマーの耐熱性・機械特性改良に使用するタイク等の化学製品、さらに近年は電子工業用高純度薬品、紫外線硬化樹脂、世界で初めて商業化に成功した水性ウレタン、ポリエステル原料であるDMBA等の高付加価値製品の製造開発をおこなう工場である。

日本化成(株)殿では、2003年にRC宣言を実施し、化学物質の製造・取扱いにあたって、開発から製造、流通、使用、最終消費を経て廃棄に至る全ライフサイクルにわたり、環境保全、製品の安全性や社会とのコミュニケーションに尽力されている。そうしたなかで、今回、排水処理の負荷増大にともなう既設排水処理設備（活性汚泥法）の増強ならびに汚泥処理設備の建設にあたり、当社のパビオムーバーおよび排水の処理過程で発生する余剰汚泥の減量化に有効なエステプロセスを採用いただいた。

ここでは、その設備概要と運転状況を報告する。

1. 納入設備概要

1.1 パビオムーバーの特長¹⁾

パビオムーバー（流動床式好気性有機排水処理装置）は、排水・酸素・微生物の「高い接触効率」および「高い酸素供給効率」がえられることにより、次のような特長を有している。

- ① 微生物を担体上に固定して高濃度の微生物量を保持し、反応槽内でほぼ一定の状態を維持できることから高負荷処理に適する。
- ② 生物膜法であるために返送汚泥が不要。
- ③ 流動床式であるため担体は流動しており、常に水中で洗浄状態にあるため、生物膜の閉塞が起きず、逆洗操作が不要。

1.2 エステプロセスの特長²⁾

エステプロセスは、*Bacillus*属に分類される好熱菌が出す耐熱性の酵素で汚泥を可溶化する技術で、次のような特長を有している。

- ① 余剰汚泥の発生が大幅に減量され、廃水の性状

など条件によっては余剰汚泥の発生ゼロも可能である。

- ② 運転費が安価であり、従来の脱水・焼却・投棄に要した汚泥処理費が大幅に削減される。
- ③ エステ槽内の温度を60～70℃、微好気条件に保つ以外に面倒な維持・管理は不要である。
- ④ 化学薬品を使用することなく、自然界に存在する安全な微生物を使用するため、環境に優しいプロセスである。

1.3 設計条件

納入した排水処理設備の設計条件を、表1に示す。納入設備は、時間最大 BOD 負荷120 kg/h (COD_{Mn} 負荷72 kg/h) に対して、処理水 COD_{Mn} 濃度を120 mg/L 未満とする、有機物の除去を目的とした排水処理設備 (COD_{Mn} 除去率90%相当) である。流入原水の BOD 濃度は16 400 mg/L 未満、COD_{Mn} 濃度は9 840 mg/L 未満で、処理水質としては前述の COD_{Mn}120 mg/L 未満であることに加えて、pH=6.0～8.0、SS≤55 mg/L が求められた。また、排水処理で発生した有機汚泥を1日あたり608 kg 可溶化する汚泥処理設備を有する。

1.4 設備フロー

図1に設備のフローを示す。原水は原水ポンプで計量槽へ送液され、ここで前段のパビオ槽と後段の既設曝気槽へと分注される。曝気槽は既存の従来型活性汚泥設備であり、その許容 BOD 負荷に限られており、計量槽での負荷の分配が設備全体の安定運転に大きく影響することとなる。

パビオ槽では有機物の除去がおこなわれ、その処理水は計量槽で振り分けられた原水と混合され、後段の曝気槽へと流入する。曝気槽ではパビオ槽で除去し切れなかった有機物と計量槽で振り分けられた

原水中の有機物の除去に加えて、後述する汚泥の可溶化液に含まれる有機物の除去をおこなう。

次に、曝気槽処理水は沈殿槽へと流入し、ここで固液分離がおこなわれ上澄水は放流水路へ、沈殿汚泥は大部分が曝気槽へと返送され、残りの一部がエステ槽へと移送され可溶化処理される。エステ槽で可溶化された汚泥は前述の曝気槽へと送液され、そこで活性汚泥生物により分解・無機化される。エステ槽では主に有機汚泥の可溶化処理がおこなわれており、無機汚泥については系内に蓄積されることが考えられ、この場合には沈殿汚泥の一部を系外へ排出することが必要となる。

表1 設計条件
(a) 排水処理設備設計流量

計画原水量	7.4 m ³ /h
計画希釈水量	55 m ³ /h
最大 BOD 負荷	120 kg/h
最大 COD _{Mn} 負荷	72 kg/h

(b) 排水処理設備計画水質

単 位	原 水	処 理 水
pH	4.0～8.5	6.0～8.0
SS mg/L	< 50	≤ 55
BOD mg/L	< 16 400	—
COD _{Mn} mg/L	< 9 840	< 120

(c) 汚泥処理設備設計流量

投入汚泥量	1 824	kg - VSS/d
可溶化汚泥量	608	kg - VSS/d
汚泥 MLVSS/MLSS 比	0.80～0.85	mg/L
MLSS 濃度	15 000～20 000	mg/L
汚泥温度	20～28	℃
pH	6.0～8.5	—

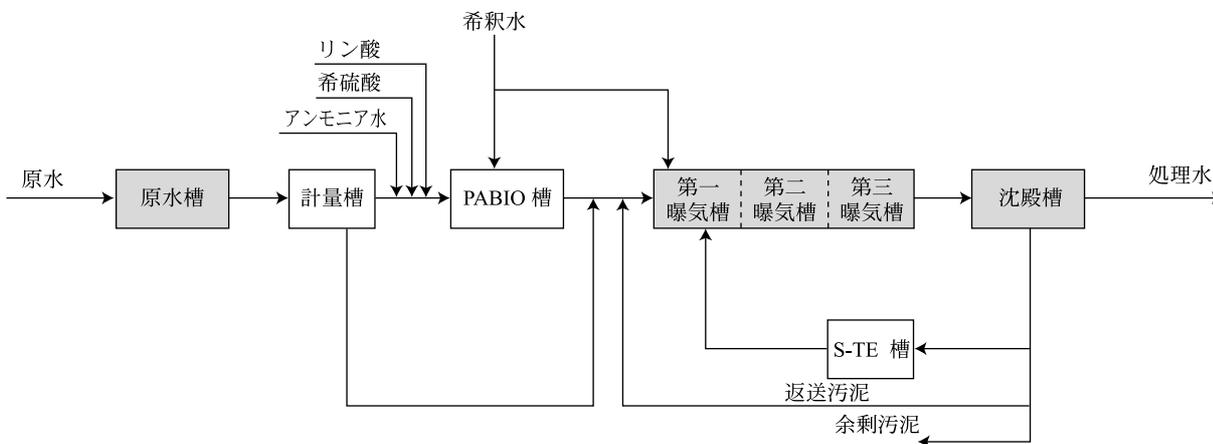


図1 設備フロー

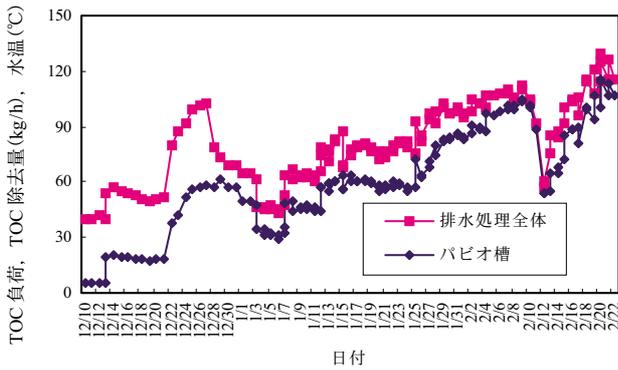


図 2 - 1 排水処理設備負荷の推移

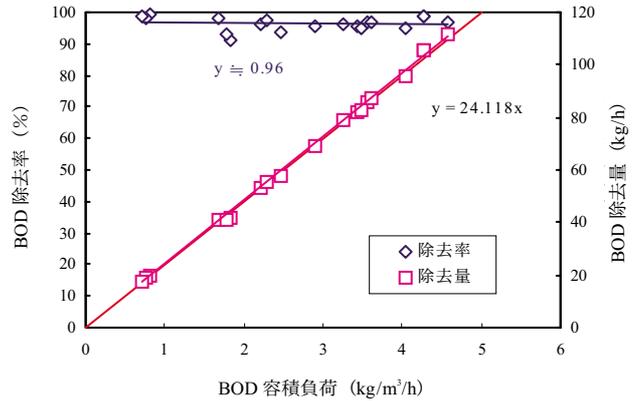


図 2 - 3 パビオ槽の BOD 除去率と除去量

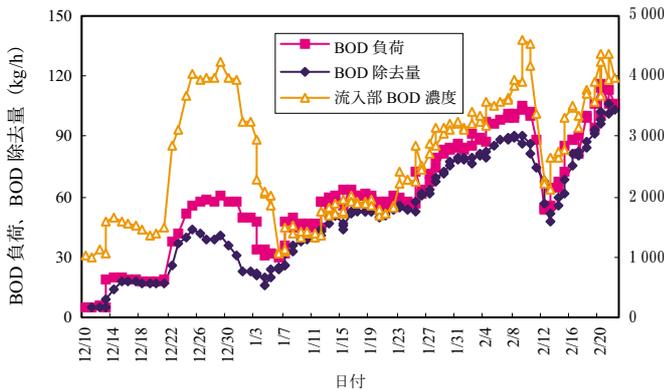


図 2 - 2 パビオ槽の BOD 負荷と除去量

納入設備はこれらのメインフローに加えて、pH調整や生物処理に必要とされる栄養塩を供給するための薬品注入設備、希釈用水ラインおよびエステ槽加温用蒸気ライン等で構成される。

2. 運転結果

2.1 試運転概要

性能確認運転においてはパビオ槽の立ち上げから開始し、最終的には排水処理設備にかかる BOD 負荷 120 kg/h の条件で連続 72 時間の確認運転を実施した。

図 2 - 1 に性能確認運転中の排水処理設備全体およびパビオ槽の BOD 負荷推移を示す。パビオ槽の立ち上げにあたっては、性能確認運転の開始直後は 5 kg/h 程度の BOD 負荷で汚泥の馴養期間を約 1 週間設けた。このときの排水処理全体の負荷は約 40 kg/h で、曝気槽単独運転時に許容される負荷であった。パビオ槽の馴養期間を終えた後は、後段の曝気槽の運転が不安定にならないように気をつけながら、排水処理全体およびパビオ槽の負荷を段階的に増加させた。

性能確認運転条件の 120 kg/h 負荷運転に至るまでに負荷を低減した時期があるが、いずれも一時的に

表 2 性能確認運転時の処理水水質
排水処理設備計画水質

単 位	保証 値	実 測 値
pH	6.0~8.0	7.4~7.5
SS mg/L	≦55	16~19
COD _{Mn} mg/L	< 120	51~59

パビオ槽での有機物の除去状況が悪くなったためである。図 2 - 2 にパビオ槽における BOD 負荷、除去量および希釈後の流入部 BOD 濃度の推移を示す。BOD 除去量が低下した時期と重なって、希釈後の流入部 BOD 濃度が約 4 000 mg/L を超えている。このことから、今回の設備においては流入部 BOD 濃度 ≦ 4 000 mg/L で運転することが安定運転の条件となることがわかった。また、パビオ槽内の水温の変動、攪拌強度、有機物に対する窒素・リンのバランスや槽内の pH も有機物の処理状況に影響を与えることが確認された。

次に、BOD 負荷 120 kg/h での 72 時間連続運転における処理水質の確認データを表 2 に示す。処理水は pH = 7.4~7.5、COD_{Mn} = 51~59 mg/L、そして SS = 16~19 mg/L と、すべての項目に対して保証値を満足する結果がえられた。

2.2 有機物除去

パビオ槽の負荷に対する有機物の除去能力について、性能確認運転中にえられたデータを図 2 - 3 に示す。図の横軸にパビオ槽の BOD 容積負荷 (kg/m³/d) を、左縦軸に BOD 除去率 (%), 右縦軸に BOD 除去量 (kg/h) を示し、図中の実線は除去率を 100% とした場合の除去量 (kg/h) を表している。今回の性能確認運転の結果から、BOD 容積負荷 ≦ 4.6 kg/m³/d の範囲においては、パビオ槽の BOD 除

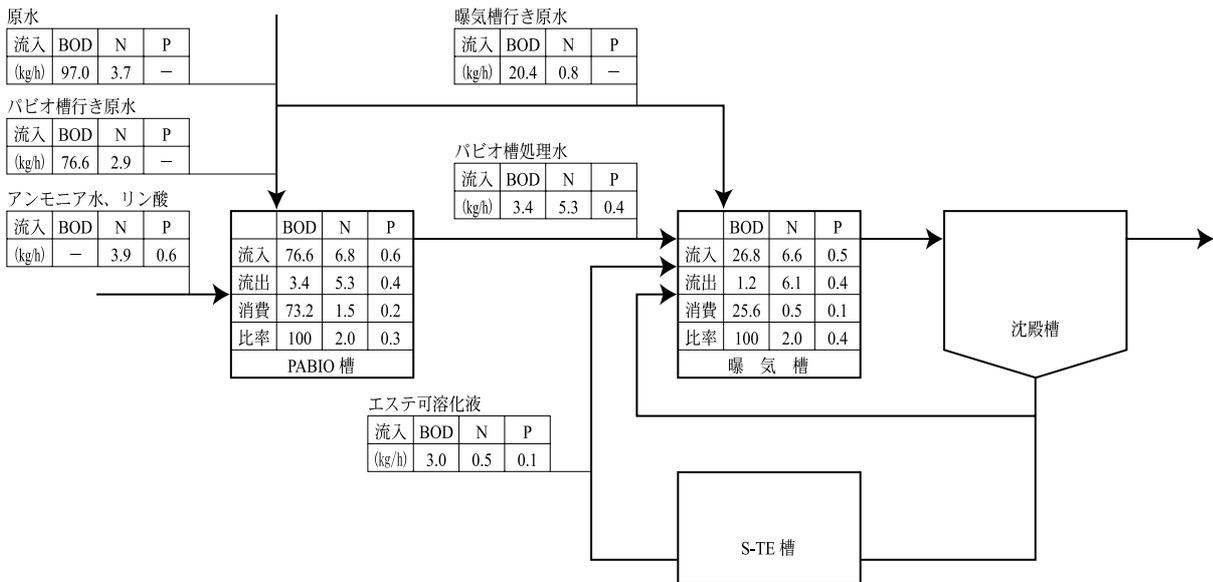


図 2 - 4 有機物除去量に対するマテリアルバランス

去率は90～98 %で維持できることがわかった。

次に、有機物除去量にともなうマテリアルバランスを図 2 - 4 に示す。本設備においては、生物処理に必要な栄養源（窒素，リン）を、窒素は主に原水中に含まれるものから、不足する分についてはアンモニア水（22 %）を添加して補った。また、リンはリン酸（45 %）を添加して補った。

図中には、パビオ槽および曝気槽における BOD、窒素およびリンの収支を示しており、それぞれの槽における有機物（BOD）除去量、窒素およびリンの消費量を整理した。その結果、パビオ槽における除去 BOD 量に対する窒素およびリンの消費量の比率は、窒素1.4 %，リン0.4 %であった。同様に曝気槽においては窒素3.7 %，リン0.7 %であった。パビオ槽における窒素，リンの消費率が曝気槽のそれと比較して小さいのは、①パビオ槽における無機化率が高い、②パビオ槽では有機物（BOD）を吸着しているものの、未分解のものが多い、のいずれかの可能性が考えられる。

なお、排水処理設備全体を見た場合の除去 BOD 量に対する窒素およびリンの消費率は窒素2.2 %，リン0.5 %であった。活性汚泥法では、その汚泥転換率が40 %の場合、窒素およびリンの消費率の計算値は、窒素5 %，リン1 %と一般に知られる。詳細は後述するが、本設備における汚泥転換率は22 %であり、この場合の窒素およびリンの消費率の計算値はそれぞれ2.8 %，0.6 %となり、今回えられたデータは妥当な数値と考える。

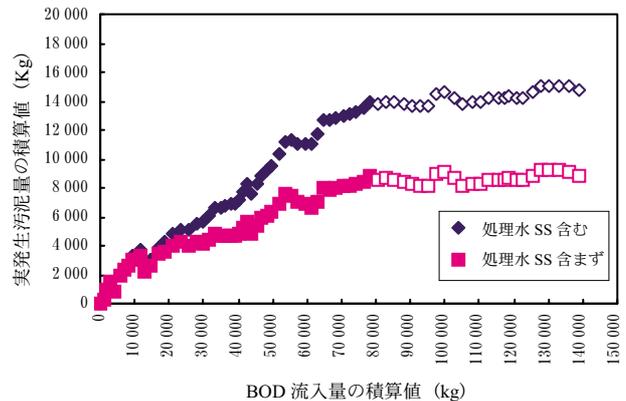


図 2 - 5 系内汚泥量の推移（流動 BOD ベース）

2. 3 汚泥処理（エステプロセス）の運転

本設備では、排水処理過程で発生する余剰汚泥をエステプロセスにより減量している。したがって、エステプロセスの運転にあたっては、排水処理において発生する汚泥量の予測が必要となる。図 2 - 5 に本設備における系内汚泥量の推移を示す。図の横軸に BOD 流入量の積算値 (kg) を、縦軸に実発生汚泥量 (kg) の変化を示す。実発生汚泥量は、曝気槽および沈殿槽内保持汚泥の増減量と余剰汚泥引抜き量および沈殿槽から流出する SS 量の合計から計算している。運転立上げ時より、エステプロセスの処理汚泥量を徐々に増加し、引抜き汚泥量の減少を図った。積算流入 BOD 量 \div 80 000 kg 以降、試運転を終えるまでの期間（約50日間）においては、余剰汚泥引抜き量をゼロとしたが、系内の保持汚泥量

はほぼ一定値を維持しており、汚泥引きゼロ運転が達成されていることがわかる。

次に、本設備における発生汚泥量の推移を示す。

図2-6の横軸にBOD流入量の積算値(kg)を、縦軸に積算推定発生汚泥量(kg)の変化を示す。積算推定発生汚泥量は、曝気槽および沈殿槽内保持汚泥の増減量と余剰汚泥引き量および沈殿槽から流出するSS量に加えてエステ槽における汚泥の可溶化量の合計から算出している。系内の保持汚泥量がほぼ一定となった積算流入BOD量≒80000kg以降のデータの傾きから、本設備で処理をおこなった廃水の流入BOD量に対する汚泥発生量の比率は21.9%となる。また、今回の性能確認運転期間中にえられたデータから、排水処理設備全体のBOD除去率は98.4%であったので、除去BODに対する汚泥への転換量の比率を表す汚泥転換率は22.3%となる。

実操業における運転調整では、まず、上記のようにしてえられた汚泥転換率のデータを基に、排水処理設備の負荷(除去BOD量)に応じた余剰汚泥の発生量(可溶化すべき汚泥量)を予測して、発生量相当分の汚泥可溶化量がえられるようにエステプロセスの処理汚泥量を決定する必要がある。

むすび

日本化成(株)小名浜工場殿に納入したパビオムーパーおよびエステプロセスについて、その設備概要と性能確認運転の状況とその結果について報告した。

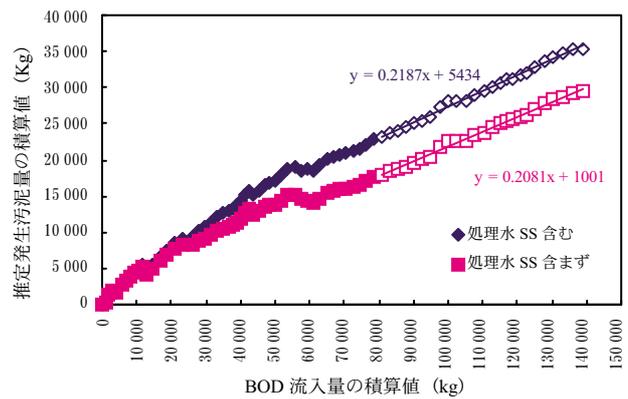


図2-6 推定発生汚泥量の推移(流入BODベース)

関係各位の協力のもと無事、性能確認を完遂することができ、その後も、設備は順調に稼動中である。今後も、有機排水処理の高効率化が可能なパビオムーパー、および余剰汚泥の減量化に有効なエステプロセスを、最善のかたちで提案し、納入していきたいと考える。

最後に、性能確認運転の実施にあたり、また本稿の執筆にあたり多大なご協力を頂きました日本化成(株)小名浜工場殿、ならびに関係各位に深く感謝の意を表します。

[参考文献]

- 1) 武田勉：神鋼パンテック技報，Vol.44，No.1（2000），p.67.
- 2) 塩田憲明，宮本武：神鋼パンテック技報，Vol.46，No.1（2002），p.8.