

小規模事業場向け排水処理施設の設置及び維持管理コストの試算と評価

Estimate and Evaluation of the Installation and Maintenance Cost of a Wastewater Treatment System for a Small Scale Facility

坂本 憲治 岡井 隆
Kenji SAKAMOTO Takashi OKAI

要 旨

1日処理水量が 10m^3 、 30m^3 の排水処理施設の設置及び維持管理コストを試算し、異なる処理方式で比較した。その結果、1日処理水量 30m^3 の場合、本県における現地試験結果を試算の前提条件として用いた「嫌気性ろ床法+膜分離活性汚泥法」は、「活性汚泥法」に比べて、30年の総コスト（設置コスト+月当たりの維持管理コスト $\times 360$ か月）を約64%削減でき、設置面積についても小さくなることが示され、コスト、省スペースの両面から有利であることを見出した。

Abstract

We estimated the installation and maintenance cost of a wastewater treatment system with a daily displacement of $10\text{m}^3 / 30\text{m}^3$, and compared it to a different processing method. The results showed that, in the case of a daily displacement of 30m^3 , when comparing the “anaerobic filter + membrane bioreactor method” used in local tests with the “activated sludge method”, the total cost for 30 years (installation cost + maintenance cost per month $\times 360$ months) was reduced by approximately 64%, and less space was needed to install the device. It proved to have the advantage in terms of both cost and space.

キーワード：排水処理施設設置コスト、維持管理コスト、嫌気性ろ床法、膜分離活性汚泥法

I はじめに

これまで、排水処理方式ごとの設置及び維持管理コストを比較した文献はあるが^{1),2)}、小規模な事業場について記載されたものは少ない。また、小規模な食品製造工場に排水処理施設を導入する際の課題として、設置費及び維持管理費等の経済的負担の抑制や運転管理が容易であることに加え、負荷変動の大きい排水に適応可能であることや、できるだけ省スペースであること等が挙げられる。当所ではこの課題に対して、前段に嫌気性ろ床法を後段に膜分離活性汚泥法を組み合わせた排水処理方式を採用した実験装置を用いて実験的検討を行い、良好な排水処理特性を得たところである³⁾。

実験結果の概要としては、①室内実験において、嫌気処理槽での水温 20°C 、水理的滞留時間(HRT)1.5日の条件下で70%以上の COD_{Cr} 除去率が得られ、計188日間の運転においての汚泥転換率 0.58kgSS/kgBOD と見積もられたこと、②現地試験において、嫌気処理槽の水温は

20°C を大きく下まわらないように適時加温し、HRT1.5日の条件下で60%以上のBOD除去率が得られ、計114日間の運転において、MLSS濃度は一時上昇したものの、曝気槽での余剰汚泥の引き抜きを一度も要しなかったことが主な成果であった。特に②の結果については、排水処理コスト削減の観点⁴⁾からも有利であると考えられる。

そこで、検討を行った実験装置を実機レベル(1日処理水量 10m^3 、 30m^3)に拡張した場合の排水処理施設の設置及び維持管理コストを試算し、活性汚泥法や膜分離活性汚泥法と比較、評価した。

II 方法

排水処理施設の設置及び維持管理コストの試算に当たり、用いた条件を以下の(1)～(4)に示す。

(1) 原水及び処理水の水質、排水量等

原水及び処理水の水質を表1に示す。1日処理水量は 10m^3 、 30m^3 とする。排出源は、食品製造工場とする。

表1 原水及び処理水の水质

項目	原水	処理水
BOD(mg/L)	平均3000~最大4000	—
TOC(mg/L)	平均1500~最大2000	160以下
SS(mg/L)	700	—
n-ヘキサン抽出物質(mg/L)	10	—

(2) 排水処理方式

排水処理方式は、①活性汚泥法、②膜分離活性汚泥法、嫌気性ろ床法+膜分離活性汚泥法とする。嫌気性ろ床法+膜分離活性汚泥法については、「③嫌気性ろ床槽でのBOD除去率が2割、好気性処理で余剰汚泥が発生する」という条件と、④現地試験結果を用いた「嫌気性ろ床槽でのBOD除去率が6割、好気性処理で余剰汚泥が発生しない」という条件(以下、「④方式」という。)の2つを用いた。

(3) 設置コスト

排水処理施設の設置コスト(排水処理施設を設計し、設置するまでに要するコスト)は8項目で計上する。その内訳は、仮設工事費、土木築造工事費、機器購入費、機器据付工事費、配管設備工事費、電気設備工事費、現場管理・試運転調整費、諸経費から成る。施設の耐用年数を30年と想定し、FRP(繊維強化プラスチック)製、RC(鉄筋コンクリート)製などでより安価なものを採用する。④方式については、機器購入費用における脱水機は計上しないものとする。

(4) 維持管理コスト

排水処理施設の維持管理コスト(設置後の維持管理に係るコスト)は6項目で計上し、月単位の金額とする。その内訳は、電気代、水道代、薬品代、汚泥処分費、消耗品費、委託管理費から成る。電気代の単価は14円/kWh、薬品代の単価は、凝集剤が800円/kg、pH調整のためのNaOHの単価が100円/kg、汚泥処分費の単価は15,000円/m³とする。④方式については、汚泥処分費用は計上しないものとする。

III 結果及び考察

1 試算結果

(1) 1日処理水量10m³の場合

排水処理施設の設置コスト、維持管理コストの試算結

果をそれぞれ図1、図2に、コスト及び設置面積について表2に示す。

設置コストの内訳については、土木築造工事費と機器購入費が高く、いずれの処理方式の場合でも、この2つの費用で約8割を占めるが、4つの処理方式別に比較すると、④方式は、①活性汚泥法と比べて約1,550万円低くなり、最も安価となった。このことは、試算条件として「嫌気性ろ床槽でのBOD除去率が6割」であること及び「好気性処理で余剰汚泥が発生しない」と見込んでいることにより脱水機が不要となるため、機器購入費が削減されること、また、槽全体の容積が小さくなり、土木築造工事費が減ることによる。

維持管理コストの内訳については、汚泥処分費や電気代が高く、この2つの費用で約5割を占めるが、処理方式別に比較すると、④方式は、他の3方式と比べて約6~11万円/月低くなり、最も安価となった。これは、好気性処理で余剰汚泥が発生しないと見込んでいることにより、汚泥処分費がかからないことが大きな要因である。

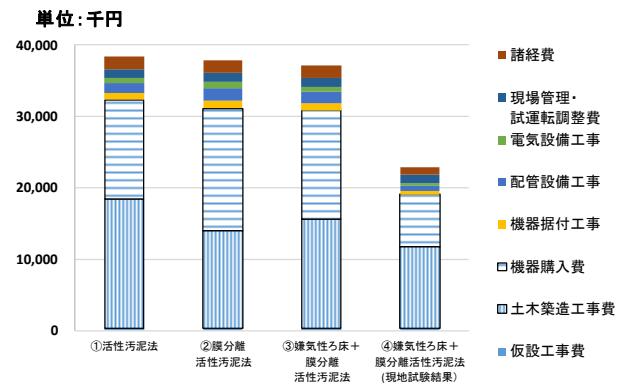


図1 設置コスト試算結果 (1日処理水量10m³)

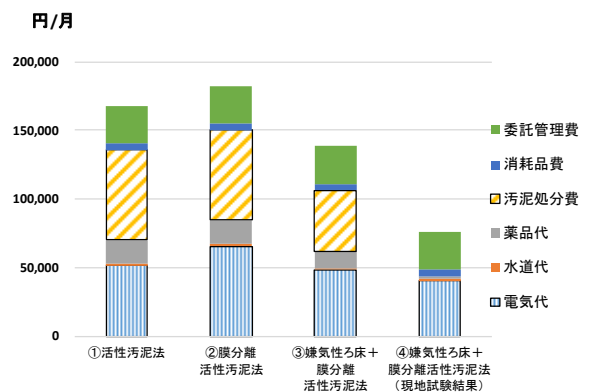


図2 維持管理コスト試算結果 (1日処理水量10m³)

表2 設置及び維持管理コスト、設置面積（1日処理水量10m³）

	①活性汚泥法	②膜分離 活性汚泥法	③嫌気性ろ床法+ 膜分離活性汚泥法	④嫌気性ろ床法+ 膜分離活性汚泥法 (現地試験結果)
設置コスト(千円)	38,388	37,838	37,145	22,886
維持管理コスト(千円)	168	185	141	77
面積(m ²)	148	115	128	104

設置面積についても、④方式は、104m²であり、他の3方式と比べて約11~44m²小さくなり、最も省スペースであると試算された。

(2) 1日処理水量30m³の場合

排水処理施設の設置コスト、維持管理コストの試算結果をそれぞれ図3、図4に、コスト及び設置面積について表3に示す。

設置コストの内訳については、1日処理水量10m³の場合と同様に土木築造工事費と機器購入費が高く、いずれの処理方式の場合でも、この2つの費用で約8割を占めるが、4つの処理方式別に比較すると、④方式は、①活性汚泥法と比べて、約2,150万円低くなり、10m³の場合と同じ要因により最も安価となった。

維持管理コストの内訳についても、10m³の場合と同様に汚泥処分費や電気代が高く、この2つの費用で約7割を占めるが、処理方式別に比較すると、④方式は、他の3方式と比べて、約19~30万円/月低くなり、10m³の場合と同じ要因により最も安価となった。

設置面積については、④方式は、74m²であり、他の3方式と比べて約6~34m²小さくなり、最も省スペースであると試算された。

なお、1日処理水量10m³の排水処理施設の設置面積が1日処理水量30m³の場合よりも広がっているのは、10m³がFRP製であり、30m³のRC製の構造よりも施設の高さが低くなる分、水平方向に広がることやFRP製の水槽が円筒形であるため、直方体のRC製に比して据付面積が増えることが要因である。

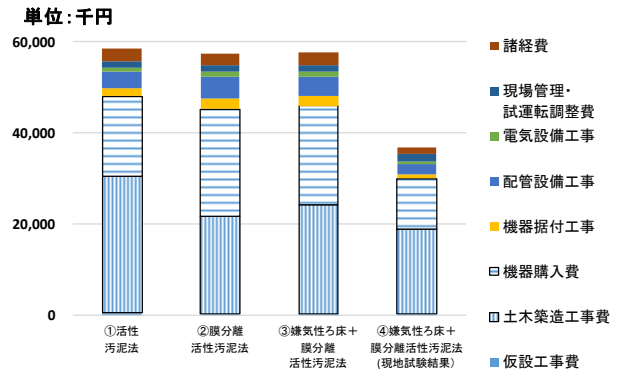


図3 設置コスト試算結果（1日処理水量30m³）

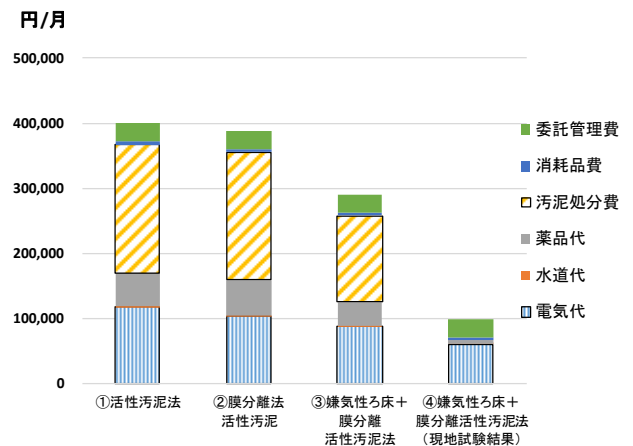


図4 維持管理コスト試算結果（1日処理水量30m³）

表3 設置及び維持管理コスト、設置面積 (1日処理水量 30m³)

	①活性汚泥法	②膜分離 活性汚泥法	③嫌気性ろ床法+ 膜分離活性汚泥法	④嫌気性ろ床法+ 膜分離活性汚泥法 (現地試験結果)
設置コスト (千円)	58,478	57,549	57,624	36,988
維持管理コスト (千円)	399	392	291	99
面積 (m ²)	108	80	87	74

2 30年間の総コストの比較

図5、図6に30年間の総コスト(=設置コスト+月当たりの維持管理コスト×360か月)を示す。④方式の30年間の総コストは、1日処理水量10m³の場合、活性汚泥法と比べて約4,800万円減(49%減)、1日処理量30m³の場合は約1億3,000万円減(64%減)となった。

この結果から、嫌気処理工程でのBOD除去率や好気処理工程における余剰汚泥の発生の有無が総コストに大きな影響を与えることが分かる。

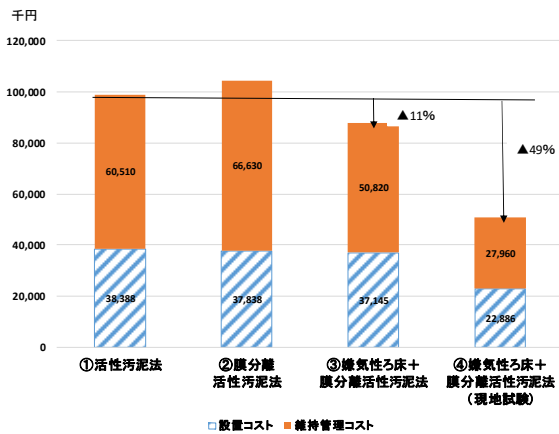


図5 30年間の総コスト (1日処理水量 10m³)

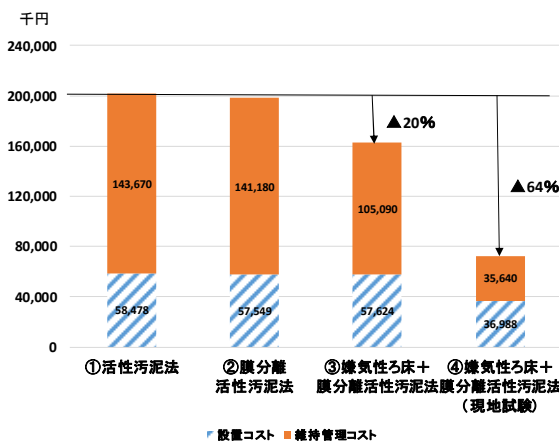


図6 30年間の総コスト (1日処理水量 30m³)

IV まとめ

1日処理水量が10m³、30m³の排水処理施設の設置及び維持管理コストを試算した結果、以下の知見を得た。

- 1) 施設の設置コストの約8割は、土木築造工事費と機器購入費が占める。
- 2) 施設の維持管理コストの約5~7割は、汚泥処分費と電気代が占める。
- 3) 嫌気性ろ床法+膜分離活性汚泥法では、嫌気処理工程でのBOD除去率や好気処理工程における余剰汚泥の発生の有無が設置及び維持管理コストに大きな影響を与える。

文献

- 1) 大隅省二郎:省エネルギーおよび汚泥発生量削減を考慮した高濃度有機物含有排水処理法に関する研究 京都大学学術情報リポジジブ, 12-22(2016)
- 2) 産業廃水処理技術移転マニュアル: 社団法人 海外環境協力センター(総論編、基礎技術編、食品工場排水編), 61-63(2003)
- 3) 岡井隆、坂本憲治:嫌気性ろ床法と膜分離活性汚泥法を組み合わせた排水処理装置を用いた煮豆製造排水の処理特性, 全国環境研会誌, 45(2), 11-16(2020)
- 4) 平石明:活性汚泥処理における余剰汚泥の減量化の生物学的原理とその応用, 用水と水, 44(10), 7-14(2002)