

## 資料 1 実証研究結果

### 1. 実証研究の概要

#### 1.1 研究名称

災害時に応急復旧対抗可能な汚水処理技術実証研究

#### 1.2 実施者

株式会社エステム・帝人フロンティア株式会社・積水アクアシステム株式会社

株式会社日新技術コンサルタント・豊橋技術科学大学・田原市 共同企業体

(なお、豊橋技術科学大学は令和2・3年度業務のみ参画)

#### 1.3 実証期間

令和2年度9月3日～令和3年3月31日（令和2年度委託研究期間）

令和3年度6月17日～令和4年3月31日（令和3年度委託研究期間）

令和4年度5月25日～令和5年3月31日（令和4年度委託研究期間）

#### 1.4 実証場所（実証フィールド）

本実証研究は、次の理由により愛知県田原市の田原浄化センターを実証フィールドとして選定した。ただし、本実証研究は、独立した本実証施設（＝ユニット型水処理システム）を、**図 資 1-1-1**に示すように田原浄化センター内で現在空地となっている将来増設予定敷地に築造・設置したものである。よって、田原浄化センターの既存施設の直接的な活用は行わず、実証研究で用いる処理原水（＝汚水）として田原浄化センターへの流入汚水を活用したものである。

- ① 本実証施設を設置するためのスペースが十分に確保され、本実証施設の設置にあたって支障がない。
- ② 想定される本実証研究期間（3ヶ年）内に、本実証研究の支障となる可能性を有する工事計画がない。
- ③ 流入BOD150 mg/L、平均水温 22.3℃（最低水温 16.0℃）であり、全国の下水処理場と比較しても、特殊な要件ではない。
- ④ 本実証研究の研究代表者であるエステムが、現在包括委託業務にて維持管理に携わっており、当該浄化センターの諸条件について熟知している。

さらに、間接的ではあるが田原市の下水道事業には次のような課題もあり、実証フィールド選定の要因とした。

- ⑤ 田原市は南海トラフ地震では平野部の大部分が震度7に襲われ、沿岸部を中心に3,000 haを超える津波被害も予測されており、処理施設の被害を皆無にすることは困難だと考えられた。
- ⑥ 田原市には、3カ所の終末処理場が現在稼働するとともに、20ヶ所余り農業集落排水処理施設等が存在しているが、その多くは人口減少地域に存している。

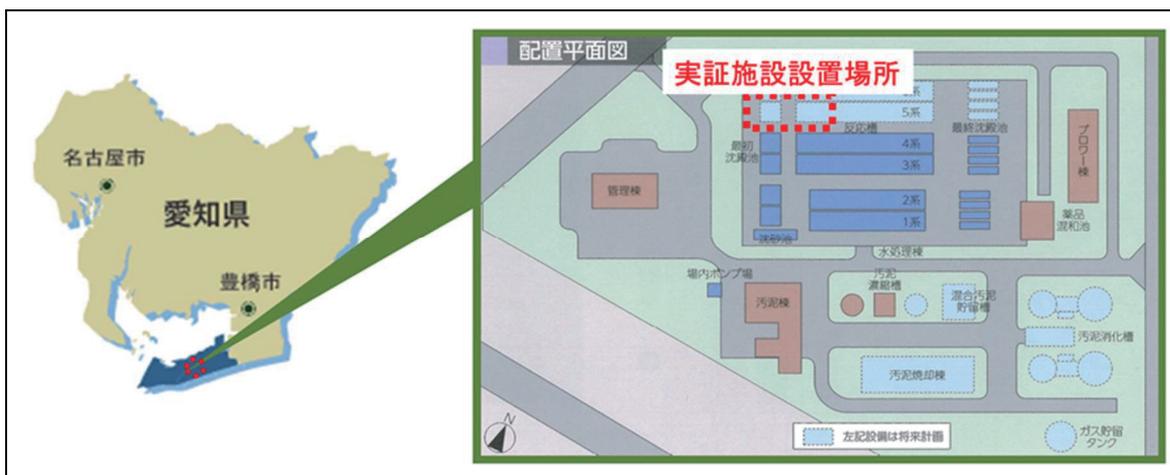


図 資 1-1-1 実証フィールドの概要

### 1.5 研究成果のまとめ

本実証研究は、図 資 1-1-2 及び表 資 1-1-1 に示す、「下水道地震・津波対策検討委員会第 2 次提言段階的応急復旧のあり方」で提言された「応急復旧施設③」に求められる処理性能等を、本実証施設で検証・実現することをその研究目的とした。

「応急復旧施設③」とは、図 資 1-1-2 に記載の上から 3 段目の段階的復旧を想定したもので、発災直後は、「①沈殿消毒により SS : 150 mg/L 以下、BOD : 120 mg/L 以下」を達成目標とし、「3 ヶ月から 6 ヶ月の間に③生物処理+沈殿処理により段階的に二次処理水レベルの BOD : 15 mg/l」とし、本復旧に 1 年程度以上の期間が必要な場合に選択される。

本技術は、「③生物処理+沈殿処理により段階的に二次処理水レベルの BOD : 15 mg/l」を達成するための技術として適応可能性に関する検証項目を設定し、3 ヶ年にわたり実証研究を行った。表 資 1-1-2 に示すように、本技術が復旧時に導入可能であることを実証した。

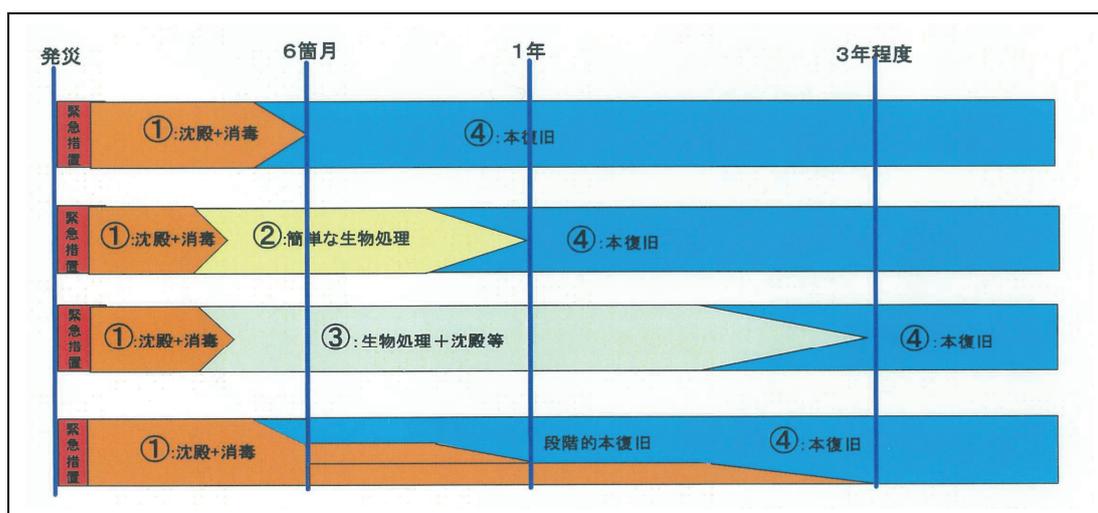


図 資 1-1-2 段階的応急復旧の概念

表 資 1-1-1 各段階の目標水質

手 法		目標水質	
		BOD (mg/L)	大腸菌偶数 (個/cm <sup>3</sup> )
応急復旧	① 沈殿+消毒	120	3,000
	② 沈殿+簡単な生物処理+消毒	120 → 60	
	③ 生物処理+沈殿+消毒	60 → 15	
④ 本 復 旧		15 以下	

表 資 1-1-2 研究結果のまとめ

検証項目	検証条件等	検証目標	検証結果
I. 迅速さに係わる検証	① 施設組立の迅速さ	実際に現地組立を行い確認する。 以下の条件下で運転する。	実働 26 日で達成され、検証目標を実現する。
	② 目標水質達成の迅速さ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BOD 容積負荷： 0.3 kg/m<sup>3</sup>・日程度 (従来負荷) ～0.6 kg/m<sup>3</sup>・日程度 (実証負荷)</li> <li>• 日最大水量： 75 m<sup>3</sup>/日 (従来負荷) ～150 m<sup>3</sup>/日 (実証負荷)</li> </ul> (流入 BOD 水質 200 mg/L と想定)	種汚泥有・無に係わらず、水処理装置の組立開始から <ul style="list-style-type: none"> <li>• 従来負荷条件では 68 日で目標水質の達成・維持が図られ</li> <li>• 実証負荷条件では 99 日で目標水質の達成・維持が図られ</li> </ul> いずれの条件であっても、検証目標を実現する。
II. 放流水質の安定に係わる検証	① 実証負荷条件下での運転性能	以下の条件下で運転する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>• BOD 容積負荷：0.6 kg/m<sup>3</sup>・日程度 (実証負荷)</li> <li>• 日最大水量：150 m<sup>3</sup>/日</li> </ul> (流入 BOD 水質 200 mg/L と想定)	春先の一時期、BOD 15 mg/L を超える状況が発生したが、運転管理 (汚泥の引抜頻度) により、速やかに解消したことにより、検証目標を実現したと判断する。
	② 従来負荷 <sup>注)</sup> 条件下での運転性能	以下の条件下で運転する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>• BOD 容積負荷：0.3 kg/m<sup>3</sup>・日程度 (従来負荷)</li> <li>• 日最大水量：75 m<sup>3</sup>/日</li> </ul> (流入 BOD 水質 200 mg/L と想定)	四季変動を含め放流水質 <ul style="list-style-type: none"> <li>• BOD 15 mg/L 以下</li> <li>• 大腸菌群数 3,000 個/cm<sup>3</sup> 以下</li> </ul> を維持することを検証する。
III. 施設撤去の容易さ、移設・転用等に係わる検証	① 施設撤去の容易さ	実際に現地撤去を行い確認する。	実証試験の終了後、水槽内の水抜き開始から機器・部材の搬出までの期間を実働 15 日以内とする。
	② 施設の移設・転用等に係わる検証	機器・機材ごと劣化状況を目視等で確認・整理する。	撤去時の劣化状況、及び移設・転用時の衛生管理の視点等より、機器・機材別に移設・転用の可否について判断・整理する。

(注) 従来負荷：設計指針に示された「接触酸化法」に係わる標準的負荷。

## 2. 実証研究方法

### 2.1 検証項目

「応急復旧③」に求められる性能要件は、次のように整理される。

#### ① 迅速さ

「段階的応急復旧のあり方」では、「応急復旧③」施設の導入は震災後 3～6 ヶ月程度で生物処理移行可能な期間であると考えられることから、本実証技術に求められる第一の要求性能は、「迅速さ」の目標設定として 3～6 ヶ月以内の立上が可能なことを性能要件とした。

#### ② 放流水質の安定

「段階的応急復旧のあり方」では、「応急復旧③」施設は本復旧までに 1 年以上 3 年程度に必要な場合に導入する処理施設であることが考えられることから、当該施設に求められる第二の要求性能は、本復旧までの期間を想定した四季を通じた放流水質が安定していることを性能要件とした。

#### ③ 移設・転用の可能性

本実証施設は「応急復旧③」施設として導入されるため、本復旧完了の後撤去が必要となることから、本実証技術に求められる第三の要求性能は、役割を終えた段階で容易に撤去可能なことを性能要件とした。

これらの性能要件を実証するため、本実証研究では前章の「表 資 1-1-2 研究結果のまとめ」で示した、検証項目等を設定したものである。

### 2.2 実証施設

本実証研究のため設置したユニット型水処理システムの概要を図 資 1-2-1 及び表 資 1-2-1 に、またその外観等を写真 資 1-2-1 に示す。

なお、写真 資 1-2-1 に示すように、「表 資 1-1-2 研究結果のまとめ」で示した、検証条件・検証目標の実証に資するため、本実証研究では同一施設規模 2 系列の実証施設を設置した。

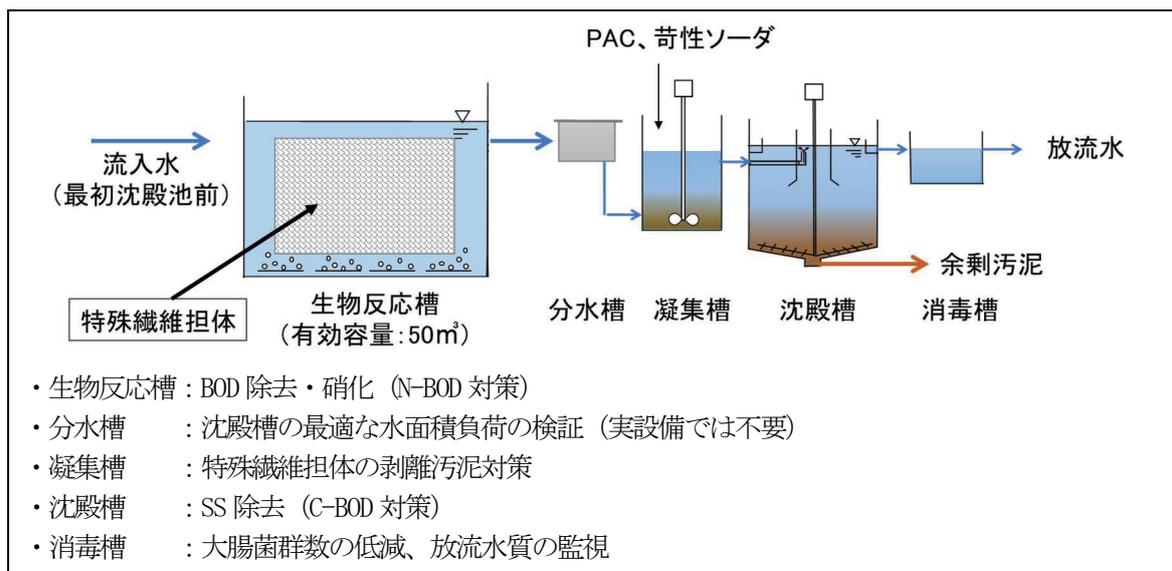


図 資 1-2-1 本処理施設の概要

表 資 1-2-1 各水槽の仕様概要

施設名	仕様概要
生物反応槽	<ul style="list-style-type: none"> <li>・槽形式：パネルタンク</li> <li>・槽寸法：長 8.0 m × 巾 2.0 m × 高 3.5 m (有効水深：3.2 m)</li> <li>・特殊繊維担体ユニット：長 840 mm × 巾 840 mm × 高 3110 mm</li> <li>・設置設備：ディフューザー</li> </ul>
分水槽	<ul style="list-style-type: none"> <li>・槽形式：SUS タンク</li> <li>・槽寸法：長 1000 mm × 巾 800 mm × 高 600 mm (有効水深：400 mm)</li> <li>・設置設備：三角堰 (90°)</li> </ul>
凝集槽	<ul style="list-style-type: none"> <li>・槽形式：SUS タンク</li> <li>・槽寸法：長 1200 mm × 巾 1200 mm × 高 1500 mm (有効水深：1200 mm)</li> <li>・設置設備：急速攪拌機</li> </ul>
沈殿槽	<ul style="list-style-type: none"> <li>・槽形式：パネルタンク</li> <li>・槽寸法：長 3.0 m × 巾 3.0 m × 高 3.0 m (有効水深：2.5 m)</li> <li>・設置設備：掻寄機、減速機、センターウェル、トラフ</li> </ul>



### 3 実証工程

本実証研究は、令和2年度～令和4年度の3ヶ年度にわたって実施された。前項で示した各実証項目が実施された年度を表 資 1-2-2 に示す。また各検証項目の検証のため現地において実作業をした実施工程概要を図 資 1-2-2 に示す。

表 資 1-2-2 検証項目の実施年度

検証項目	検証年度
I. 迅速さに係わる検証 ① 施設組立の迅速さ ② 目標水質達成の迅速さ	令和2年度
II. 放流水質の安定に係わる検証 ① 実証負荷条件下での運転性能 ② 従来負荷条件下での運転性能	令和2年度 ～令和4年度
III. 施設撤去の容易さ、移設・転用等に係わる検証 ① 施設撤去の容易さ ② 移設・転用の可否等	令和4年度

		令和2年度											
実証項目		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
I. 迅速さに係わる検証	① 施設組立の迅速さ												
	② 目標水質達成の迅速さ												
II. 放流水質の安定に係わる検証	① 高負荷条件下での運転性能												
	② 標準負荷条件下での運転性能												
III. 施設撤去の容易さ、移設・転用等に係わる検証	① 施設撤去の容易さ												
	② 移設・転用等												

		令和3年度											
実証項目		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
I. 迅速さに係わる検証	① 施設組立の迅速さ												
	② 目標水質達成の迅速さ												
II. 放流水質の安定に係わる検証	① 高負荷条件下での運転性能												
	② 標準負荷条件下での運転性能												
III. 施設撤去の容易さ、移設・転用等に係わる検証	① 施設撤去の容易さ												
	② 移設・転用等												

		令和4年度											
実証項目		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
I. 迅速さに係わる検証	① 施設組立の迅速さ												
	② 目標水質達成の迅速さ												
II. 放流水質の安定に係わる検証	① 高負荷条件下での運転性能												
	② 標準負荷条件下での運転性能												
III. 施設撤去の容易さ、移設・転用等に係わる検証	① 施設撤去の容易さ												
	② 移設・転用等												

図 資 1-2-2 現地実施工程概要



表 資 1-3-1 組立工程別の期間及び実働日数

組立工程	期 間	実働日数
① 基礎鋼材組立・設置	9月21日～9月23日	3日
② 平架台組立・設置	9月23日～9月24日	2日
③ 管理用歩廊組立・設置	9月25日～10月1日	3日
④ 足場組立・設置	9月28日～9月29日	2日
⑤ パネルタンク組立・設置	9月29日～10月17日	16日
⑥ 特殊繊維担体ユニット組立・設置	10月7日～10月17日	7日
⑦ 付帯設備組立・設置	9月26日～10月20日	6日
⑧ 電気工事	10月7日～10月17日	6日
⑨ 足場撤去	10月19日	1日
⑩ 水張	10月21日	1日
全体工事	9月21日～10月21日	26日

### 3.1.2 目標水質達成の迅速さ

立上期間における流入水量、流入BOD濃度、BOD容積負荷を表 資 1-3-2 に示す。1系（種汚泥なし）系列の流入水量及びBOD容積負荷の経時変化を図 資 1-3-2 に、流入水及び放流水BOD濃度の経時変化を図 資 1-3-3 に、放流水大腸菌群数の経時変化を図 資 1-3-4 に示す。また、2系（種汚泥あり）系列の同様な図表を、図 資 1-3-5～図 資 1-3-7 に示す。

10月30日から1系（種汚泥なし）・2系（種汚泥あり）の両系列ともに同条件で処理を開始し、段階的に流入水量を増加してBOD容積負荷を増加した。11月18日に両系列とも沈殿槽にスカムが浮上して放流水中にスカムの一部が混在したため、11月23日から両系列ともにPACによる凝集処理を開始した。凝集開始直後の11月24日には、1系（種汚泥なし）の系列で沈殿槽に残存したスカムの影響で一時的に放流水BOD濃度が21 mg/Lとなったが、それ以降は両系列ともにPACによる凝集処理の効果で沈殿槽ではスカムが発生しなくなり、放流水のBOD濃度は目標値を遵守した。

両系列ともに、水処理装置の組立開始（9月21日）から68日目（2ヶ月強）の11月27日に従来負荷・BOD容積負荷0.3 kg/m<sup>3</sup>・日程度の条件下で、放流水が目標とするBOD 15 mg/L以下、大腸菌群数3,000 個/cm<sup>3</sup>以下で安定して維持できることが確認された。その後さらにBOD容積負荷を増大させ、組立開始から99日目（3ヶ月強）の12月28日には、実証負荷・BOD容積負荷0.6 kg/m<sup>3</sup>・日程度の条件下でも、放流水が目標とするBOD 15 mg/L以下、大腸菌群数3,000 個/cm<sup>3</sup>以下で安定して維持できることが確認された。

このことより、目標水質の迅速さの達成目標「水処理装置の組立開始から4ヶ月以内に、BOD容積負荷0.6 kg/m<sup>3</sup>・日程度で放流水のBODを15 mg/L以下、大腸菌群数を3,000 個/cm<sup>3</sup>以下とする。」を実現することが出来た。

なお、種汚泥の有無の相違については、処理開始から7日間は窒素硝化の進行で違いがみられたが、その後は処理に大きな差異はみられなかった。

表 資 1-3-2 立上げ期間における各種指標の結果一覧

条件	期間	流入水量 ( $\text{m}^3/\text{日}$ )	流入BOD濃度 平均値 ( $\text{mg}/\text{L}$ )	BOD容積負荷 平均値 ( $\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{日}$ )
①	10月30日～11月16日	17	310	0.1
②	11月17日～11月27日	33	427	0.3
③	11月28日～12月10日	66	345	0.5
④	12月11日～12月28日	100	328	0.7

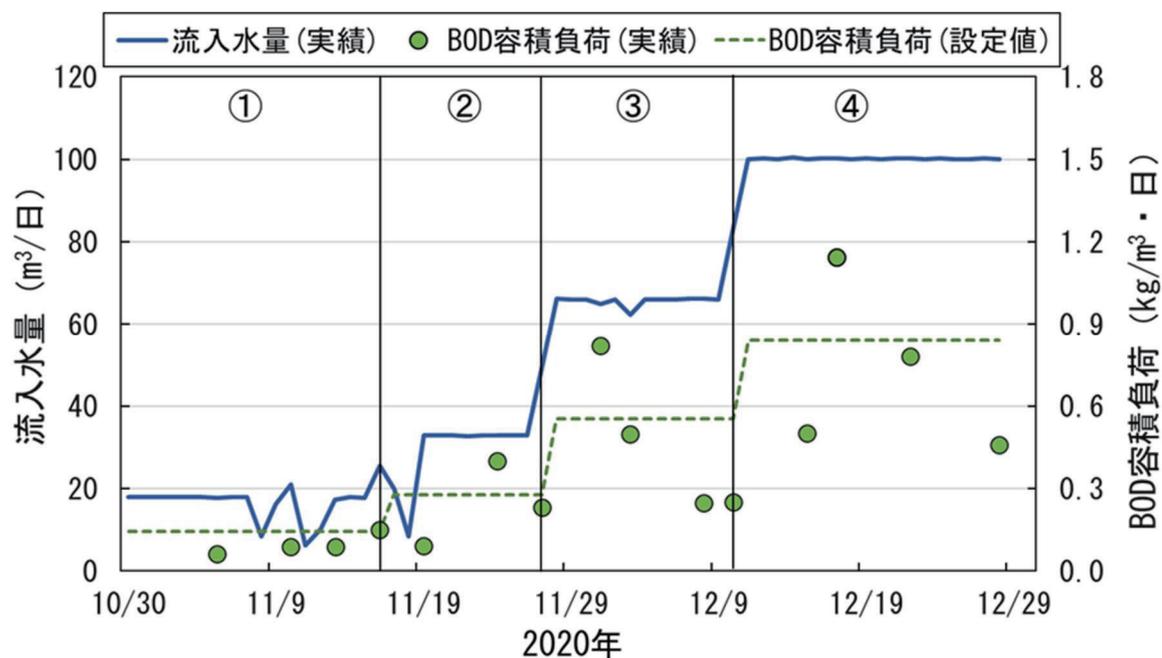


図 資 1-3-2 1系（種汚泥なし）の流入水量及びBOD容積負荷の経時変化

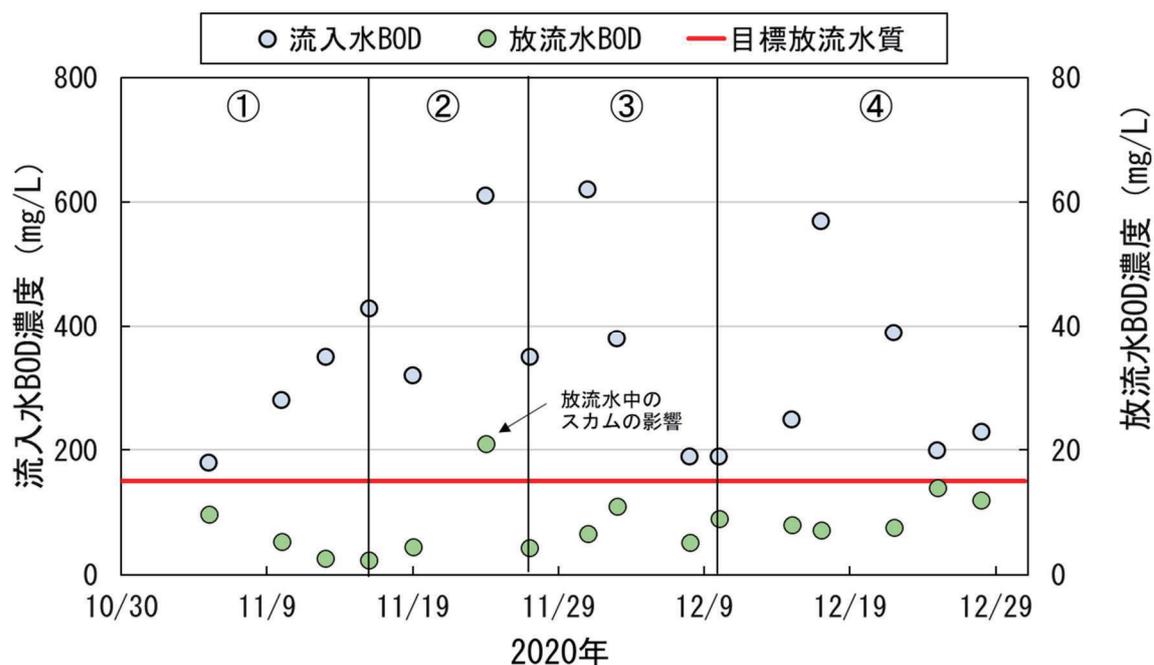


図 資 1-3-3 1系（種汚泥なし）流入水及び放流水 BOD 濃度の経時変化

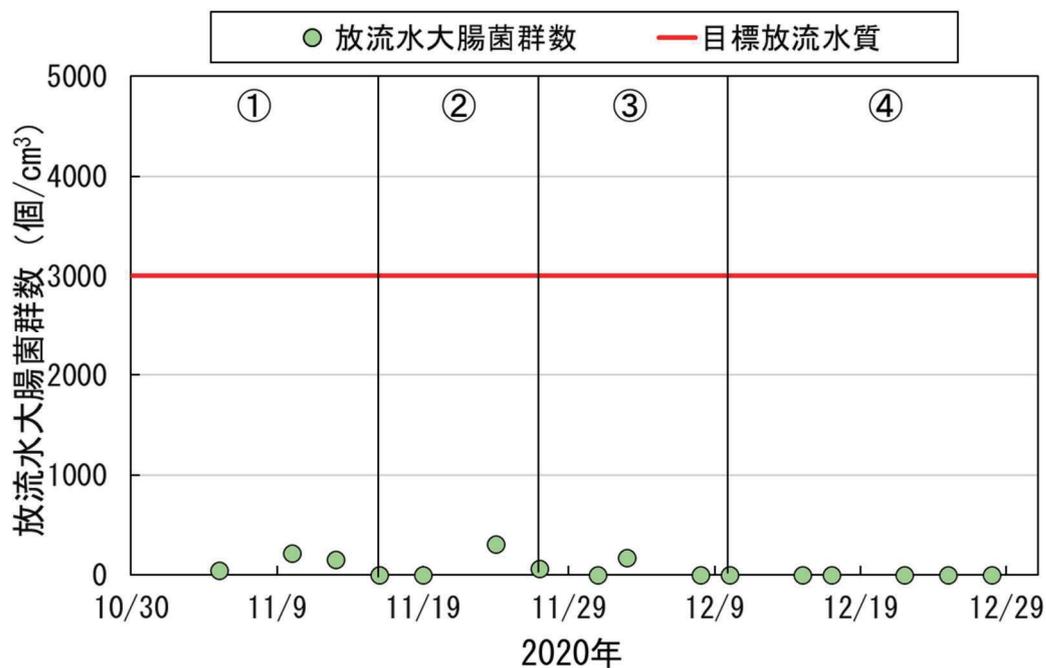


図 資 1-3-4 1系（種汚泥なし）放流水大腸菌群数の経時変化

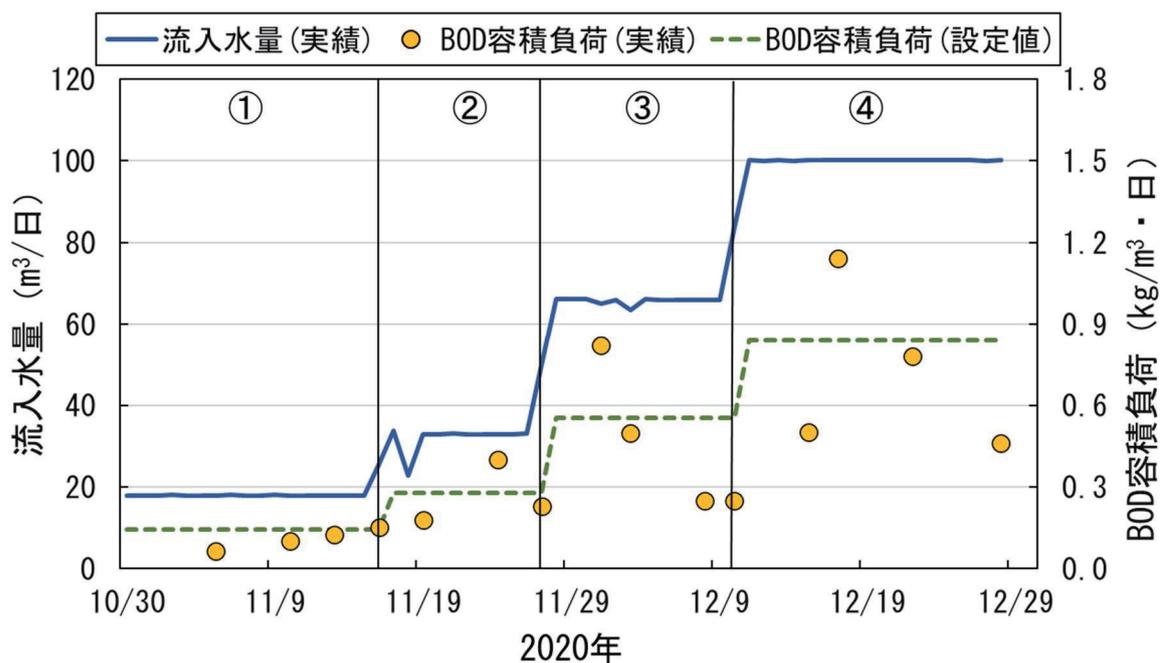


図 資1-3-5 2系（種汚泥あり）の流入水量・BOD容積負荷の経時変化

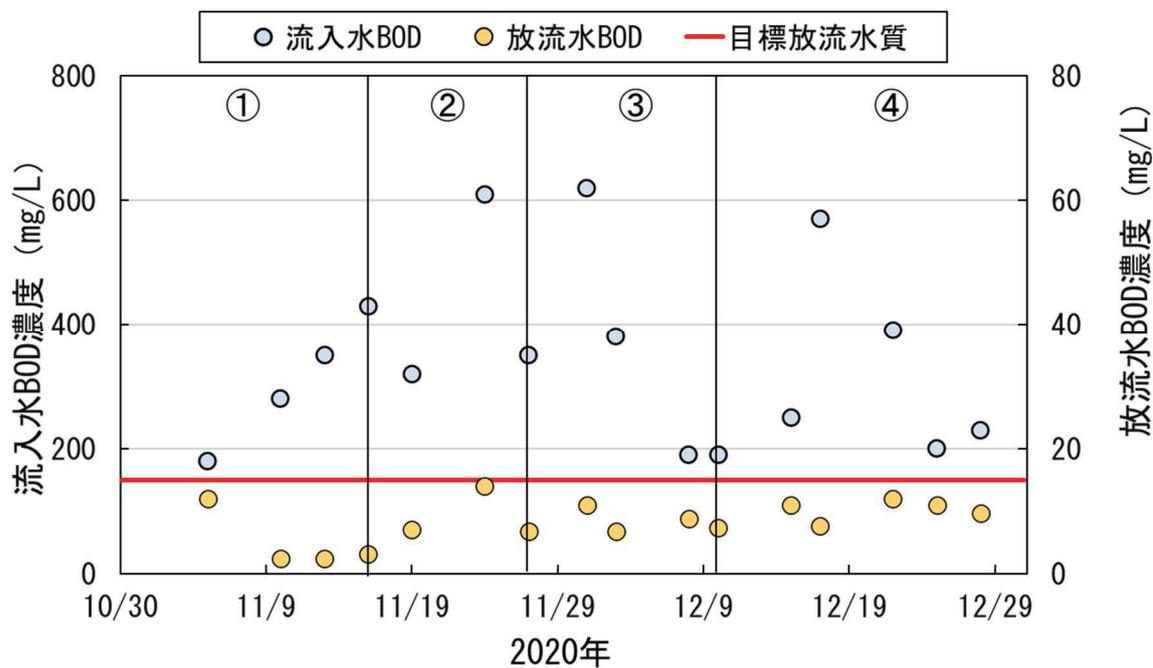


図 資1-3-6 2系（種汚泥あり）流入水及び放流水 BOD 濃度の経時変化

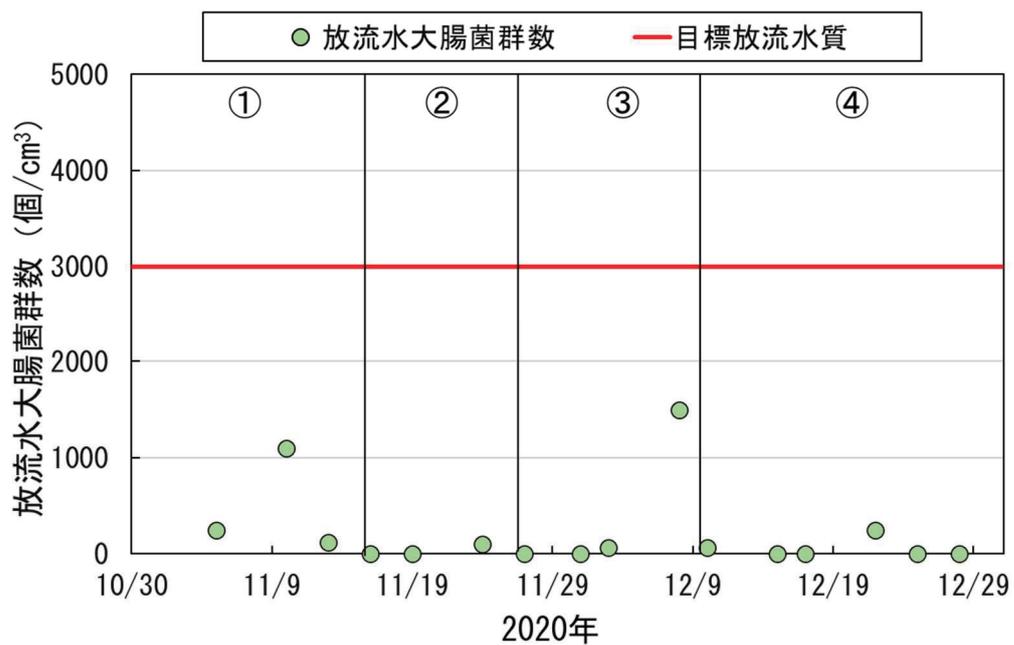


図 資 1-3-7 2系 (種汚泥あり) 放流水大腸菌群数の経時変化

### 3.2.1 放流水質の安定性

放流水質の安定に係わる評価は、令和3年11月1日より令和4年10月31日までの1年間の実証実験結果により評価した。

図資1-3-8に実証負荷・BOD容積負荷 $0.6 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{日}$ 、図資1-3-9に従来負荷・BOD容積負荷 $0.3 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{日}$ の実証実験結果を示す。

図資1-3-8に示すように、従来負荷・BOD容積負荷 $0.3 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{日}$ の条件下では、1年間を通じての放流水質目標であるBOD  $15 \text{ mg/L}$ 以下、大腸菌群数 $3,000 \text{ 個/cm}^3$ 以下を安定して維持できることが確認された。

一方、図資1-3-9に示すように、実証負荷・BOD容積負荷 $0.6 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{日}$ の条件下では、春季の一時期BOD放流水質が目標とする $15 \text{ mg/L}$ を上回る事態が発生した。この状況については、本実証研究では次のように考察をし、対策を行った。

<状況>

- ① 令和3年度11月1日から運転を開始、初めての水温上昇期となった。
- ② この水温上昇期間では、放流水はBOD濃度のみならず、N-BOD濃度、S-BOD濃度もほぼ同様な傾向で上昇している。
- ③ 放流水のBOD上昇時には沈殿槽の汚泥浮上が見られた。
- ④ 生物反応槽出口のS-BOD濃度は、放流水BOD濃度上昇時にも安定していた。

<考察>

- ① 水温上昇によって硝化菌が活性化したことで、沈殿槽の堆積した汚泥部分で脱窒を誘引し、汚泥を浮上させた。
- ② 浮上汚泥の分散によってSSが流失し、したことで、放流水のBOD濃度が上昇したと考えられた。

<対策>

沈殿槽の汚泥引抜インターバルを3時間/回 → 1.5時間/回に短くし、沈殿槽での浮上汚泥を防止した。

<対策後の放流水質>

対策後の放流水BOD濃度は、目標値 $15 \text{ mg/L}$ 以下を達成・維持した。

このことにより、適切な維持管理・沈殿槽の汚泥引抜インターバルの管理により、実証負荷運転・BOD容積負荷 $0.6 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{日}$ 条件下でも、1年を通じて放流水質の安定性（BOD  $15 \text{ mg/L}$ 以下、大腸菌群数 $3,000 \text{ 個/cm}^3$ 以下）は達成可能であると判断した。

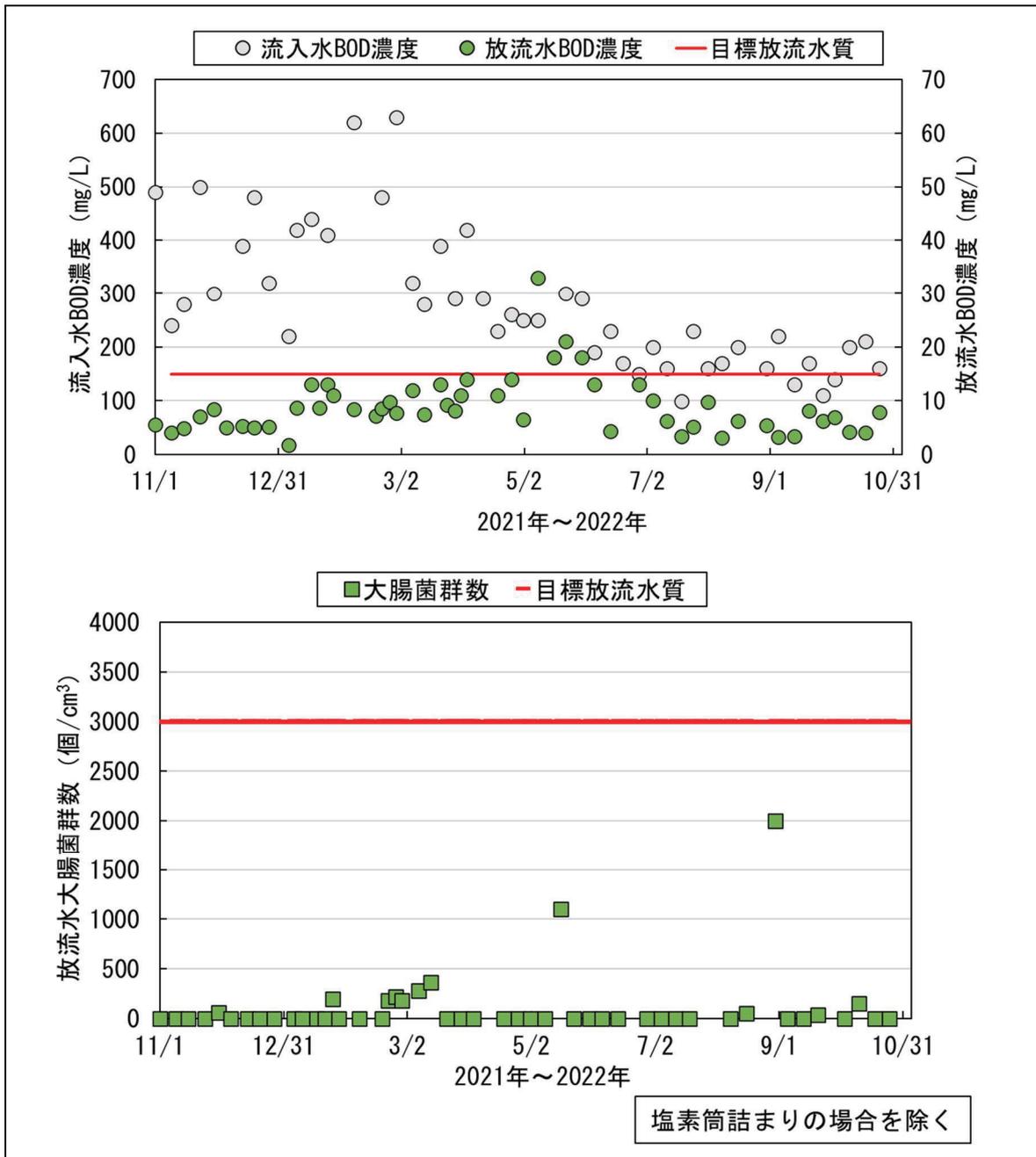


図 資 1-3-8 実証負荷・BOD 容積負荷  $0.6 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{日}$  に係わる実証実験結果

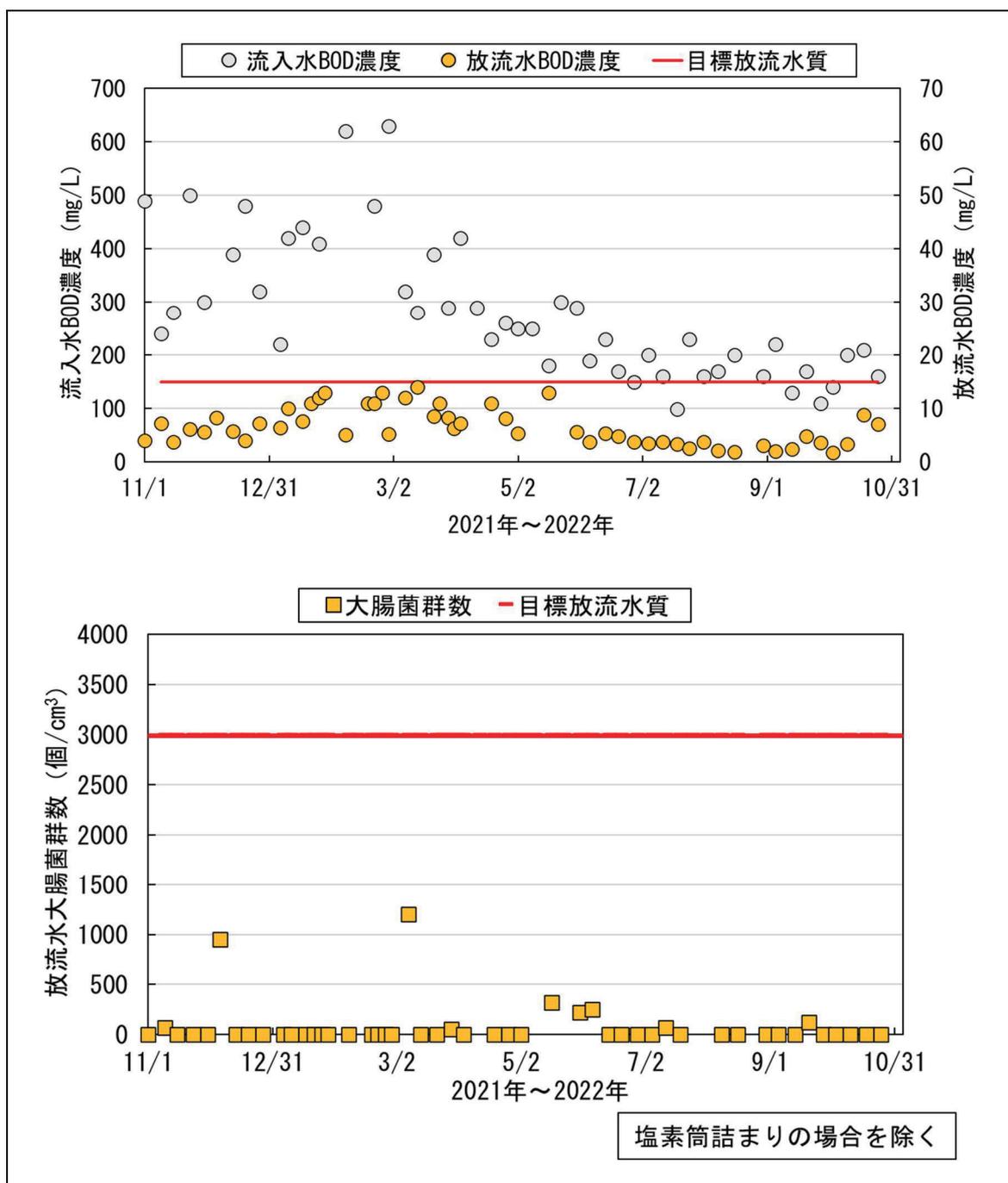


図 資 1-3-9 従来負荷・BOD 容積負荷  $0.3 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{日}$  に係わる実証実験結果

### 3.2.2 運転状況及び各種水質指標

前項で示したように、本処理施設が高い処理能力を安定的に有することが実証された。本項では、本処理施設全体としての評価に係わる運転状況及び各種水質指標について、実証負荷・BOD 容積負荷  $0.6 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{日}$  の条件における放流水質の安定に係わる検証期間（2021年11月1日から1年後の2022年10月31日）について概説する。

## (1) 水温

流入水温及び生物反応槽水温の経時変化を図 資 1-3-10 に示す。流入水の水温は 15.9～29.1℃（平均 22.9℃）の範囲で推移し、生物反応槽の水温は 14.2～29.4℃（平均 22.6℃）の範囲で推移した。

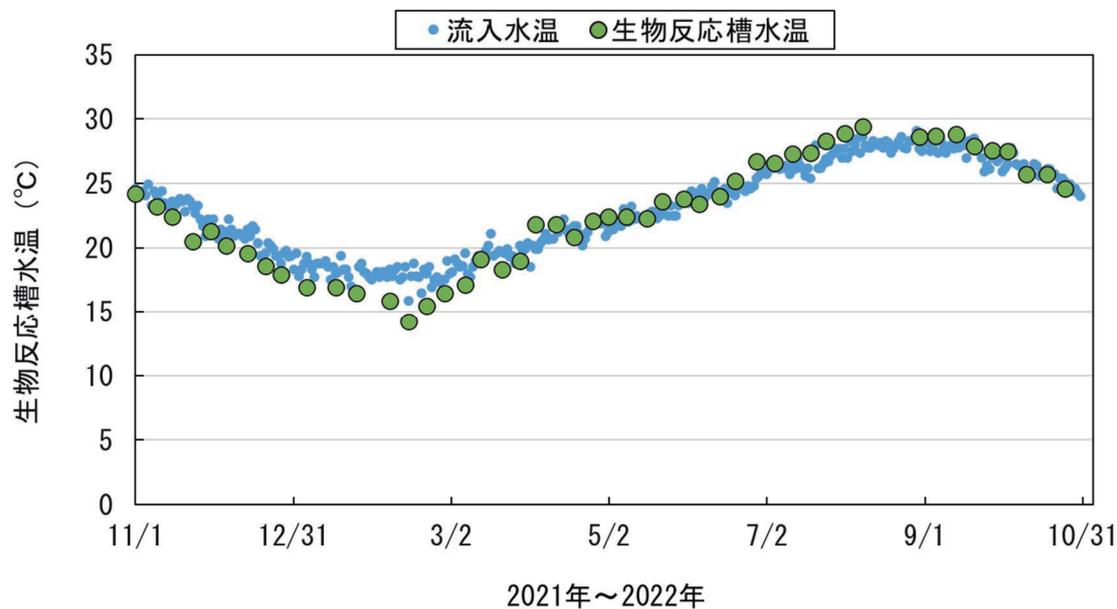


図 資 1-3-10 流入水温及び生物反応槽水温の経時変化

## (2) 生物反応槽の DO 濃度

生物反応槽の DO 濃度と曝気風量の経時変化を図 資 1-3-11 に示す。曝気風量は 3.2～4.4 m<sup>3</sup>/分の範囲（平均 4.0 m<sup>3</sup>/分 = 空気倍率 38.4 倍）であり、生物反応槽の DO 濃度が 4～7 mg/L の範囲となるように曝気風量を自動制御した。

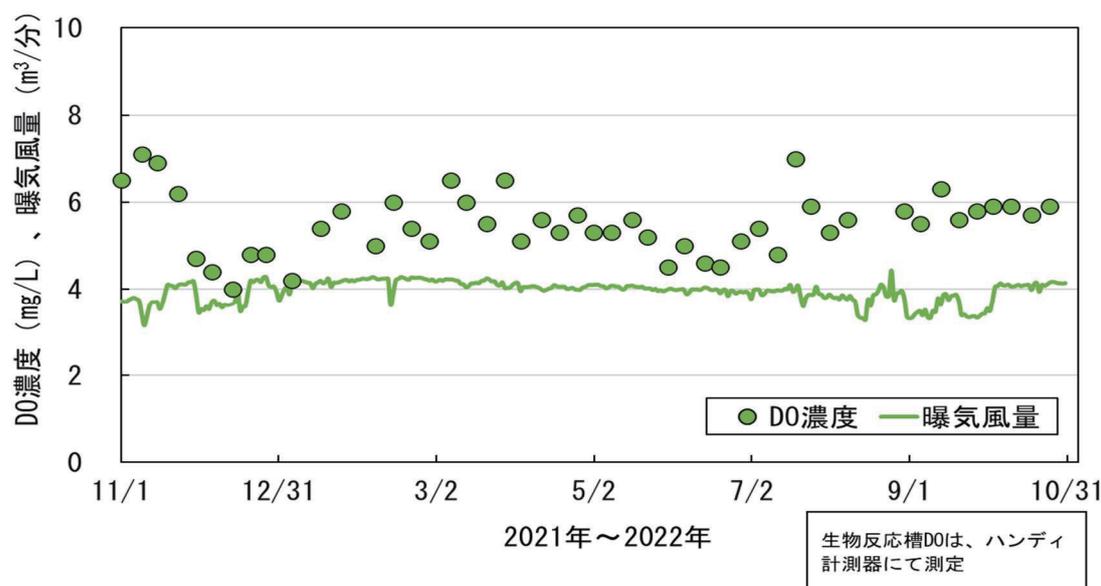


図 資 1-3-11 生物反応槽の DO 濃度、曝気風量の経時変化

## (3) 有機物処理

放流水の形態別 BOD 濃度の経時変化を図 資 1-3-12、生物反応槽出口の S-BOD 濃度の経時変化を図 資 1-3-13 に示す。

2022 年 5 月に一時的に放流水 BOD 濃度が上昇した。この期間は、生物反応槽の水温の上昇により硝化菌が活性化したことで、沈殿槽の底部に堆積した汚泥部分で脱窒を誘引し、汚泥の浮上が観測された。また、生物反応槽出口の S-BOD 濃度の上昇はみられなかったため、生物処理による影響ではなく、沈殿槽で浮上した汚泥が溶出したことで、放流水 BOD 濃度が一時的に上昇したものと考えられる。対策として、沈殿槽の汚泥引抜インターバルを 3 時間に 1 回から 1.5 時間に 1 回に引抜頻度を増加して運転調整を実施したことで、それ以降、放流水 BOD 濃度は 15 mg/L 以下を維持した。

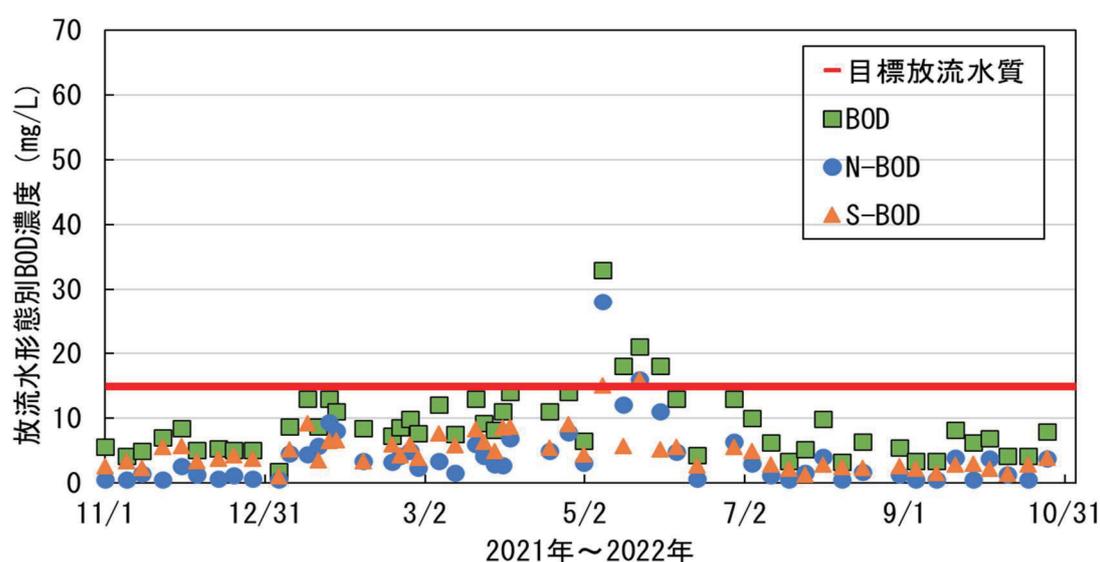


図 資 1-3-12 放流水の形態別 BOD 濃度の経時変化

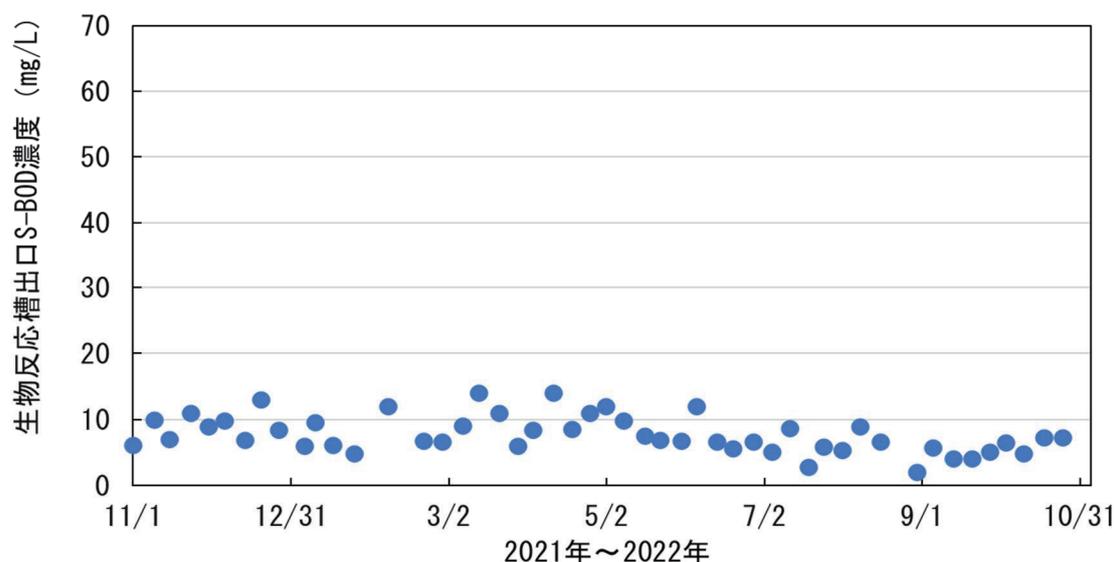


図 資 1-3-13 生物反応槽出口の S-BOD 濃度の経時変化

## (4) 窒素処理

流入水及び放流水の T-N 濃度の経時変化を図 資 1-3-14 放流水の形態別 N 濃度の経時変化を図 資 1-3-15 に示す。

流入水の T-N 濃度は 30~85 mg/L (平均 50.5 mg/L) で変動していたが、放流水 T-N 濃度は 11~27 mg/L (平均 18.4 mg/L) を維持しており、平均除去率は 63.6%であった。また、放流水の形態別 N については定期的に  $\text{NH}_4\text{-N}$  や  $\text{NO}_3\text{-N}$  が残存していた。

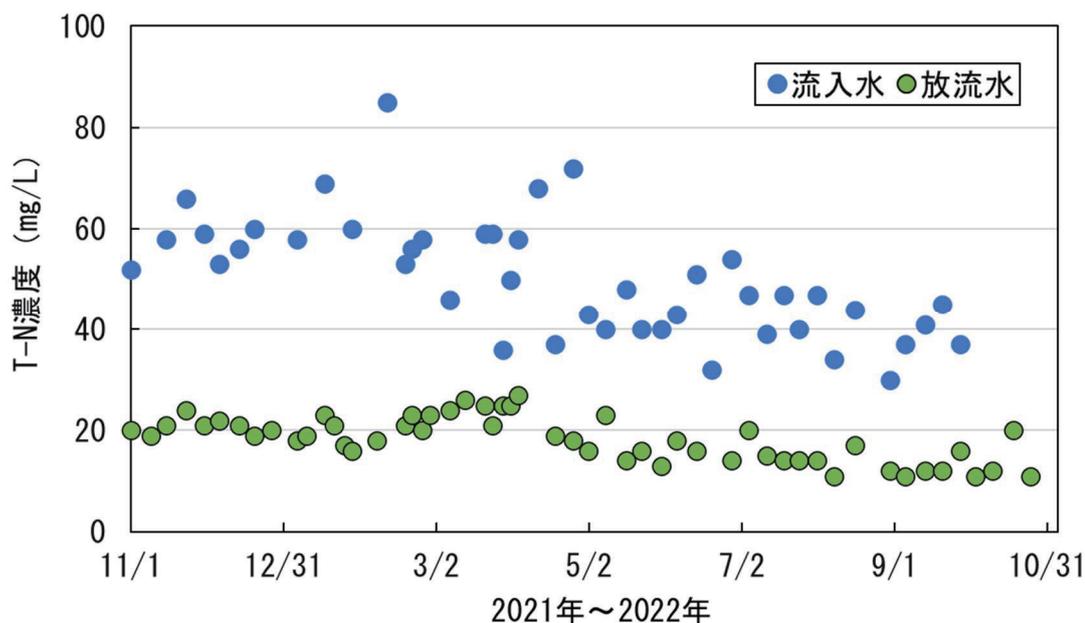


図 資 1-3-14 流入水及び放流水 T-N 濃度の経時変化

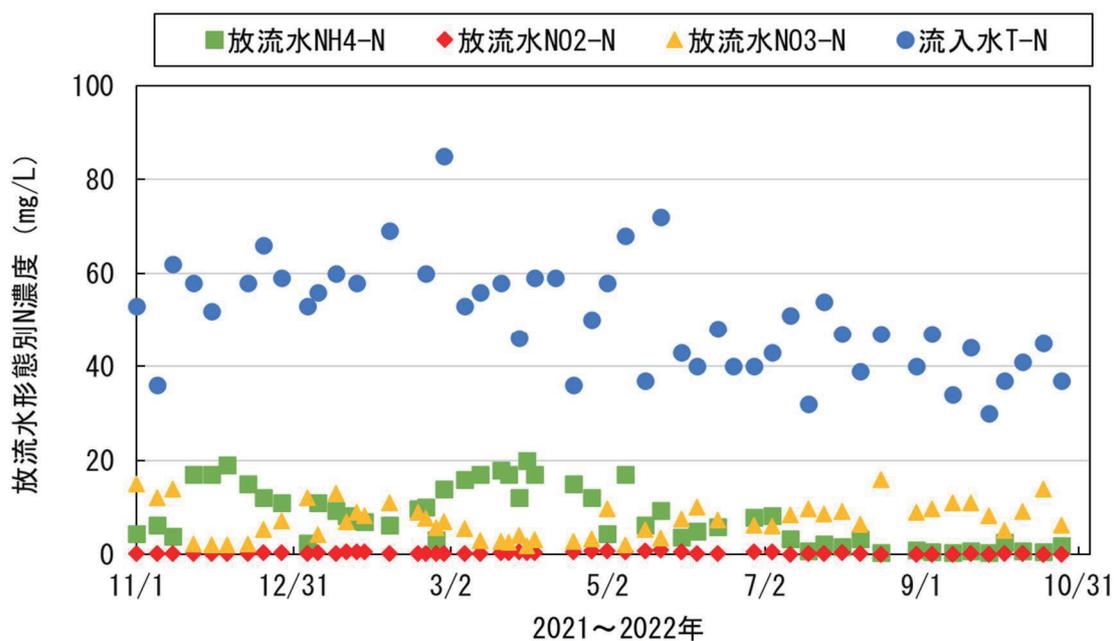


図 資 1-3-15 放流水の形態別 N 濃度の経時変化

## (5) リン処理

流入水及び放流水の T-P 濃度の経時変化を図 資 1-3-16 に示す。流入水の T-P 濃度は 2.9～15 mg/L (平均 8.3 mg/L) で変動していたが、放流水 T-P 濃度は 0.5～2.6 mg/L (平均 1.2 mg/L) で安定しており、平均除去率は 86.1%であった。

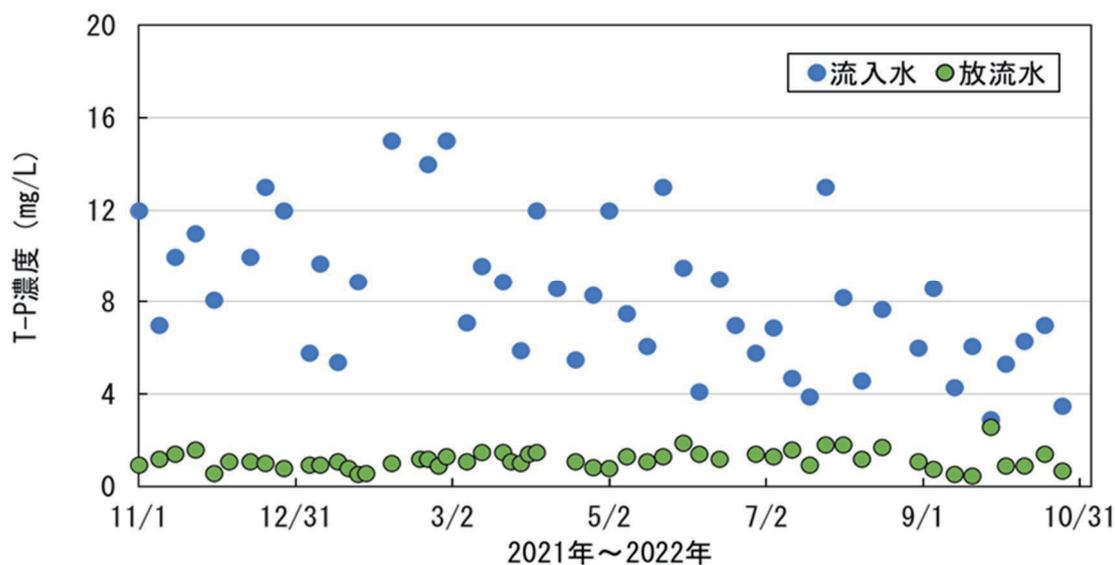


図 資 1-3-16 流入水及び放流水 T-P 濃度の経時変化

## (6) 凝集処理

流入水及び放流水 SS 濃度の経時変化を図 資 1-3-17、放流水透視度と PAC 注入量の経時変化を図 資 1-3-18 に示す。

流入水の SS 濃度は 96～660 mg/L (平均 324 mg/L) で大きく変動していたが、放流水の SS 濃度は 9.0～34 mg/L であり、40 mg/L 以下を維持した。

放流水の透視度は、透視度が 20 度以上となるように PAC の注入量を増加して調整した。

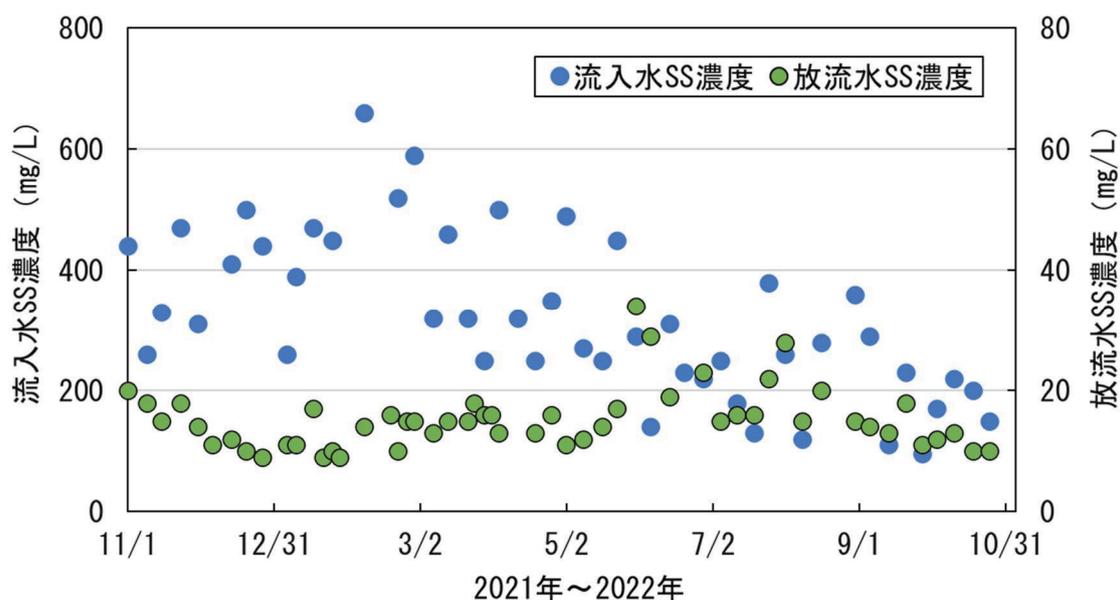


図 資 1-3-17 流入水及び放流水 SS 濃度の経時変化

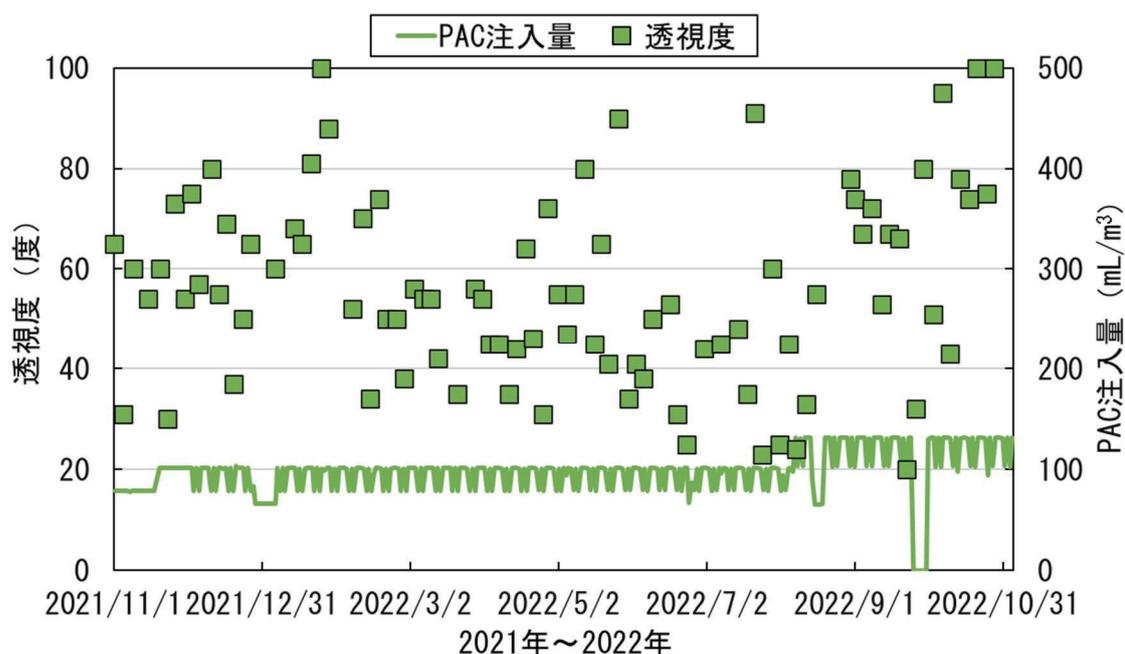


図 資 1-3-18 放流水透視度と PAC 注入率の経時変化

### 3.3 最適運転条件

#### (1) 生物反応槽の BOD 容積負荷

本実証技術の最適運転条件を表 資 1-3-3 に示す。2021 年 11 月 1 日～2022 年 10 月 31 日の期間における実証結果より、標準的な接触酸化法の生物反応槽よりも 2 倍高い負荷である

BOD 容積負荷  $0.6 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{日}$  の条件で、放流水 BOD 濃度、放流水大腸菌群数ともに目標水質を維持できた。このため、本実証技術の最適運転条件は BOD 容積負荷  $0.6 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{日}$  とした。

表 資 1-3-3 最適運転条件

BOD 容積負荷	0.6 kg/m <sup>3</sup> ・日
生物反応槽タンク容量	50 m <sup>3</sup>

## (2) 生物反応槽の DO 濃度

生物反応槽後段の DO は、有機物の除去に必要な酸素、硝化及び内生呼吸に必要な酸素を供給するため、表 資 1-3-4 に示す DO 範囲を 4 mg/L 以上とした。

表 資 1-3-4 生物反応槽後段の DO 範囲

運転目的	維持管理における DO 範囲
有機物除去及び硝化、内生呼吸	4 mg/L 以上

## (3) 凝集剤添加量の調整

本実証技術では、生物反応槽から流出する特殊繊維担体の剥離汚泥により放流水 BOD 濃度が 15 mg/L を超過する可能性があるため、凝集槽で凝集剤を添加し、沈殿槽での沈降性を改善することとした。

本実証研究で確認された放流水 SS 濃度と放流水 BOD 濃度の関係を図 資 1-3-19 に示す。立上げ時に沈殿槽でスカムが浮上して放流水中にスカムの一部が混在したため、2020 年 11 月 23 日から凝集剤を常に添加することとした。放流水 SS 濃度が 30 mg/L 程度以下であれば、放流水 BOD 濃度は 15 mg/L を下回ると考えられる。

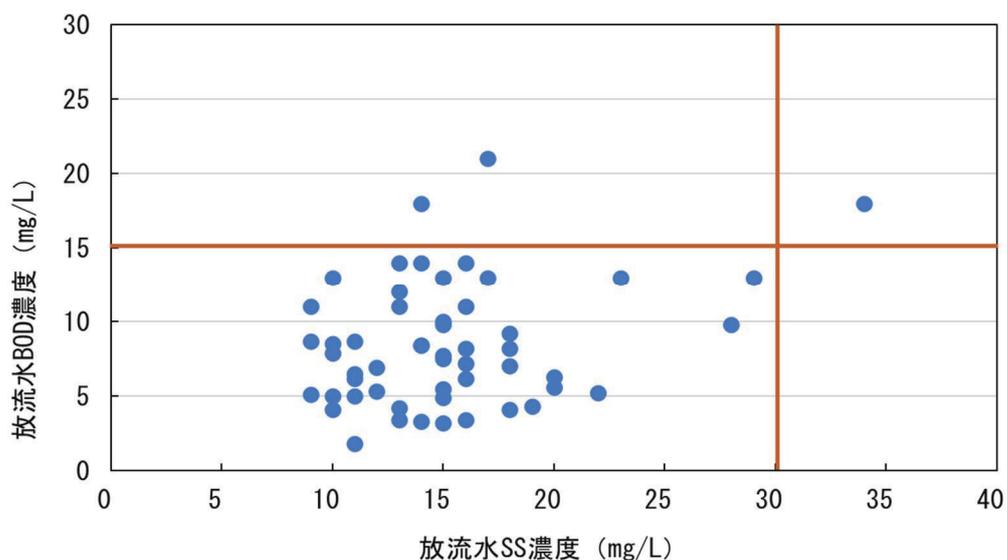


図 資 1-3-19 放流水 SS 濃度と放流水 BOD 濃度の関係

次に、凝集剤添加量と放流水 SS 濃度の関係を図 資 1-3-20 に示す。凝集剤添加量が 100 mL/m<sup>3</sup>時の放流水 SS 濃度は 9～34 mg/L であったが、凝集剤添加量を 140 mL/m<sup>3</sup>に増加すると放流水 SS 濃度は 10～20 mg/L となり、放流水 SS 濃度は 30 mg/L を下回った。

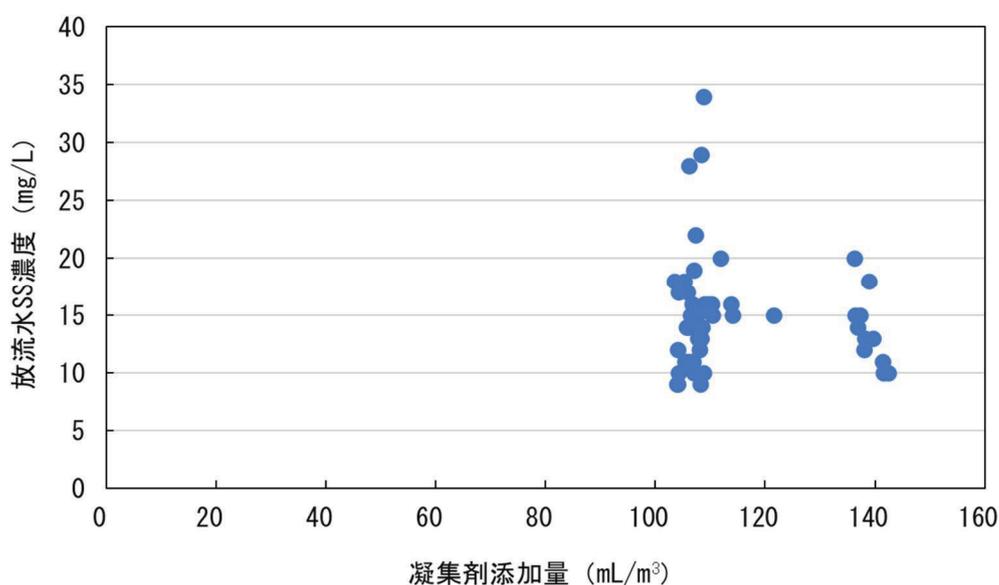


図 資 1-3-20 凝集剤添加量と放流水 SS 濃度の関係

放流水 SS 濃度と放流水透視度の関係を図 資 1-3-21 に示す。放流水透視度が 20 cm 以上の場合は放流水 SS 濃度が 30 mg/L 以下であるため、放流水 BOD 濃度も 15 mg/L を下回ると考えられる。

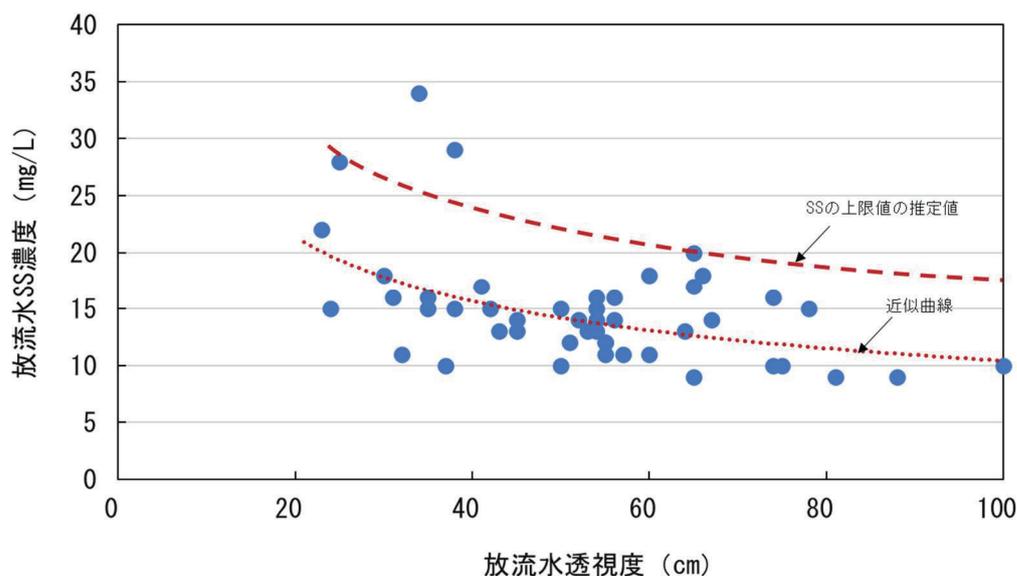


図 資 1-3-21 放流水透視度と放流水 SS 濃度の関係

### 3.4 施設撤去の容易さ、移設・転用等に係わる検証

#### 3.4.1 施設撤去の容易さに係わる検証

施設撤去に係わる実工程結果の概要を図 資 1-3-22 に、施設撤去工程別の期間及び実働日数を表 資 1-3-5 に示す。これらの図表より明らかなように、12月1日に撤去作業を開始し、本実証研究における施設撤去完了の指標となる「機器・部材の搬出」は12月15日に完了した。結果、暦の上では15日かかったこととなるが、撤去期間内の日曜日・2日間日は全作業を休止しており、撤去期間内の実働は13日となる。このことより、施設撤去の容易さに係わる達成目標「実働15日以内とする。」を実現することが出来た。

なお本容易さに係わる評価は、本処理システム2系列を同時撤去した期間を単純に評価したものであることを明記する。

解体手順	解体日数 (実働)	12月														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木
① 水抜き・槽内(担体)洗浄	2日	■	■													
② 配管・鋼材類撤去	5日		■	■	■	■	■		■			■				
③ 機器類撤去	3日	■	■	■												
④ タンク廻り解体用仮設足場設置	2日			■	■											
⑤ 繊維担体撤去・敷地内仮置き(乾燥)	2日							■	■							
⑥ パネルタンク解体・搬出用梱包	6日				■	■	■	■	■	■						
⑦ 電線管撤去	3日					■			■	■						
⑧ 足場撤去	1日											■				
⑨ 基礎鋼材撤去	2日													■	■	
⑩ 機器・部材搬出(場内移設)	4日											■	■	■	■	

図資 1-3-22 撤去実工程表

表資 1-3-5 撤去工程期間及び実働日数

撤去工程	期 間	実働日数
① 水抜き・槽内(担体)洗浄	12月1日～2日	2日
② 配管・鋼材類撤去	12月2日～12日	5日
③ 機器類撤去	12月1日～3日	3日
④ タンク回り解体用仮設足場設置	12月3日～5日	2日
⑤ 特殊繊維担体撤去・敷地内仮置き(乾燥)	12月7日～8日	2日
⑥ パネルタンク解体・搬出用梱包	12月5日～10日	6日
⑦ 電線管撤去	12月6日～10日	3日
⑧ 足場撤去	12月12日	1日
⑨ 基礎鋼材撤去	12月14日～15日	2日
⑩ 機器・部材搬出(保管・養生)	12月12日～15日	4日
全体	12月1日～15日	13日

### 3.4.2 移設・転用等に係わる検証

#### (1) 機器・機材の劣化状況調査

施設の供用開始から約2年経過後に実施した、施設の機器・機材の劣化状況調査に基づき、劣化が懸念された機器・機材を抽出・整理したものを表資1-3-6に示す。また、表資1-3-6の基となる全機器・機材の劣化状況調査結果を表資1-3-7に示す。

なお、本実証施設の持つ特性を構成するパネルタンクは、外面の表面樹脂の退化が多少みられたが、機能性・耐久性ともに問題はなかった。特殊繊維担体も担体繊維の破損や大きな夾雑物の絡まりはなく、機能性・耐久性ともに問題はなかった。同時に、クラウド型遠方監視システムについても、機能性・耐久性ともに問題はなかった。

表 資 1-3-6 機器・機材の劣化状況

設備名称	状況
原水ポンプ	1系原水ポンプNo.1は絶縁抵抗値が低下(2 MΩ)
パネルタンク	外面に表面樹脂の退化が多少あり
特殊繊維担体	破損や大きな夾雑物の絡まりなし
ディフューザー	繊維部分の伸び多少あり
レーキ・センターウェル	タールエポキシ塗装したが、劣化・剥離で錆が発生
PACタンク・苛性ソーダタンク	補強枠のボルトに錆が発生(タンク自体は問題なし)
沈殿槽減速機	モータから若干異音があるが機能上問題なし
配管(PVC)	紫外線による劣化・硬化あり

表 資 1-3-7 機器・機材の劣化状況に関する調査結果

機器・機材名称			形式・仕様等	数量	外観 (腐食・劣化など)	動作状況 (正常/異常、異常音等)
施設名称	施設種別	設備名称				
取水施設	機器設備	原水ポンプ	型式：水中ポンプ	4	○	△
		原水流量計	型式：クランプオン流量計	2	○	○
	計装設備	原水槽フロートスイッチ	型式：液面制御用 LS型	4	○	○
		原水槽温度センサー	測定項目：水温	2	○	○
		原水槽濁度計	測定項目：濁度	2	○	○
生物反応槽	水槽・タンク	生物反応槽	型式：パネルタンク	2	○	○
	機器設備	曝気ブロー	型式：ルーツブロー	2	○	○
	内部設備	特殊繊維担体	仕様：1系…フレーム取り付けタイプ 2系…直付タイプ 材質：ポリアミド異形断面糸	2	○	○
		ディフューザー	型式：微細気泡散気装置	64	○	○
	計装設備	生物反応槽pH計	測定項目：pH	2	○	○
		生物反応槽SS計	測定項目：SS	2	○	○
		風量計（基幹）	型式：エア用超音波流量計	2	○	○
		風量計（分岐）	型式：オリフィス式風量計	8	○	○
		水質監視盤	測定項目：DO・OPR・水温	2	○	○
分水槽	水槽・タンク	分水槽	材質：SUSタンク	2	○	○
凝集槽	水槽・タンク	凝集槽	材質：SUSタンク	2	○	○
	機器設備	攪拌機	型式：サイクロ減速機堅型電動攪拌機	2	○	○
	計装設備	凝集槽pH計	測定項目：pH	2	○	○
沈殿槽	水槽・タンク	沈殿槽	型式：パネルタンク	2	○	○
	内臓設備	トラフ	材質：SUSタンク	2	○	○
		レーキ・センターウエル	材質：SGP・SS400	2	×	○
	機器設備	減速機	型式：サイクロ減速機	2	○	△
		汚泥引抜ポンプ	型式：一軸型スクルーポンプ	2	○	○
	計装設備	沈殿槽流量計	型式：クランプオン式流量計	2	○	○
汚泥引抜流量計		型式：クランプオン式流量計	2	○	○	
監視槽	水槽・タンク	監視槽	材質：SUSタンク	2	○	○
	計装設備	監視用水質モニタ	測定項目：NH <sub>3</sub> ・NO <sub>2</sub> ・NO <sub>3</sub> ・COD・TSS・pH・DO・ORP・水温	2	○	○
薬注設備	水槽・タンク	PACタンク	材質：PEタンク	1	△	○
		苛性ソーダタンク	材質：PEタンク	1	△	○
	機器設備	PACポンプ	型式：ソレノイド駆動式ダイヤフラム定量ポンプ	2	○	○
		苛性ソーダポンプ	型式：ソレノイド駆動式ダイヤフラム定量ポンプ	2	○	○
	計装設備	PAC流量計	型式：クランプオン式流量計	2	○	○
苛性ソーダ流量計		型式：クランプオン式流量計	2	○	○	
脱水設備	水槽・タンク	高分子タンク	材質：PEタンク	1	○	○
		汚泥サービスタンク	材質：PEタンク	1	○	○
	機器設備	汚泥脱水機	型式：ベルトプレス式（ろ布駆動モ	1	○	○
		汚泥供給ポンプ	型式：モノフレックスポンプ	1	○	○
		脱離液ポンプ	型式：水中ポンプ	1	○	○
		脱水機用PACポンプ	型式：ソレノイド駆動式ダイヤフラム定量ポンプ	1	○	○
		高分子ポンプ	型式：ダイヤフラムポンプ	1	○	○
汚泥濃度監視槽	水槽・タンク	汚泥濃度監視槽	材質：SUSタンク	2	○	○
	計装設備	汚泥槽MLSS計	測定項目：MLSS	2	○	○
監視制御設備	制御盤		仕様：SS製屋外自立型焼付塗装	2	○	○
	クラウド型遠方監視装置		仕様：SS製屋外自立型焼付塗装	1	○	○
配管	樹脂（PVC）			1	△	○
	鋼管（SGP）			1	○	○
	鋼管（SUS）			1	○	○

## (2) 移設・転用可能な機器・機材の選別・整理

前項で示した機器・機材の劣化状況を踏まえて、表 資 1-3-8 に移設転用可能な機器・機材を選別し、保管方法、必要な整備方法について整理した。なお、本実証研究の研究目的のために設置した機器・機材や、設置場所によって寸法等が異なり移設・転用に不向きと判断される配管・ケーブル類は選別の対象外とした。

選別により移設・転用の対象から除外し処分の対象となった機器・機材の処分理由について表 資 1-3-9 に示す。ただし、本実証施設は移設・転用を前提としていないため、センターウェルや搔寄機に錆が発生して処分としたが、移設・転用を前提とする場合には、事前に錆に強い塗装を実施することで、移設・転用に対応できる。

運用期間さらには運用環境によって使用された機器・機材の劣化は大きく異なる。よって一概に評価することは困難であるが、本実証施設で用いられる多くの機器・機材は、移設・転用の可能性を十分有するものと判断された。

なお、生物反応槽、沈殿槽内の汚泥については、実証場所である田原浄化センターの汚泥処理施設で処理したが、撤去場所に汚泥処理施設がない場合は、別途汚泥処理が必要であるため留意が必要である。

また、移設・転用を図る機器・機材については、移設・転用時にその機能が移設・転用時に円滑に機能するよう、その機器・機材の劣化状況等に対応し、次のような整備を行わなければならない。

- ① 清掃 : 保管時の劣化の進行を最小限とするため、標準的な整備方法として、汚れ等を除去するための清掃を行う。
- ② 分解・整備 : 機器・機材の特性より、機器・機材の内部まで汚れ等の侵入が想定される場合は、可能な範囲で分解・清掃を行う。
- ③ 給油等 : 機器・機材の稼働の円滑性を保つため、必要に応じて給油あるいはグリスアップを行う。
- ④ 部品交換 : 劣化が進み、機器・機材の移設・転用後に円滑な運用に支障が発生すると判断される部品については、適宜交換を行う。

表 資1-3-8 移設・転用可能な機器・機材と保管・整備方法

施設名称	機器・機材名称		再利用の有無	保管方法	必要な整備方法
	施設種別	設備名称			
取水施設	機器設備	原水ポンプ	○	屋外シート養生	取替
		原水流量計	○	屋内段ボール	
	計装設備	原水槽フロートスイッチ	×	処分(消耗品のため)	取替
		原水槽温度センサー	○	屋内段ボール	
生物反応槽	水槽・タンク	生物反応槽	○	屋外シート養生	パッキン、ボルトナット交換
	機器設備	曝気ブロワー	○	屋外シート養生	オイル・バルブ・圧力計・吐出消音器交換
	内部設備	特殊繊維担体	×	処分(衛生的理由のため)	取替
		ディフューザー	×	処分(衛生的理由のため)	取替
	計装設備	生物反応槽pH計	○	屋内段ボール	
		生物反応槽SS計	○	屋内段ボール	
		風量計(基幹)	○	屋内段ボール	
風量計(分岐)		○	屋内段ボール		
分水槽	水槽・タンク	分水槽	○	屋外シート養生	
凝集槽	水槽・タンク	凝集槽	○	屋外シート養生	
	機器設備	攪拌機	○	屋外シート養生	ガラスアップ
	計装設備	凝集槽pH計	○	屋内段ボール	電極交換
沈殿槽	水槽・タンク	沈殿槽	○	屋外シート養生	パッキン、ボルトナット交換
	内蔵設備	トラフ	○	屋外シート養生	
		レーキ・センターウェル	×	処分(錆・腐食のため)	取替
	機器設備	減速機	○	屋外シート養生	ガラスアップ or モータ1段目取替
		汚泥引抜ポンプ	○	屋外シート養生	バルブ交換
計装設備	沈殿槽流量計	○	屋内段ボール		
		汚泥引抜流量計	○	屋内段ボール	
監視槽	水槽・タンク	監視槽	○	屋外シート養生	
	計装設備	監視用水質モニタ	○	屋内段ボール	電極交換
薬注設備	水槽・タンク	PACタンク	○	屋外シート養生	補強枠ボルト交換、塗装
		苛性ソーダタンク	○	屋外シート養生	補強枠ボルト交換、塗装
	機器設備	PACポンプ	○	屋内段ボール	チャッキ部品の交換
		苛性ソーダポンプ	○	屋内段ボール	チャッキ部品の交換
	計装設備	PAC流量計	○	屋内段ボール	
		苛性ソーダ流量計	○	屋内段ボール	
脱水設備	水槽・タンク	高分子タンク	○	屋外シート養生	
		汚泥サービスタンク	○	屋外シート養生	
	機器設備	汚泥脱水機	○	屋外シート養生	ろ布交換
		汚泥供給ポンプ	○	屋外シート養生	
		脱離液ポンプ	○	屋外シート養生	オイル交換
		脱水機用PACポンプ	○	屋外シート養生	チャッキ部品の交換
	高分子ポンプ	○	屋外シート養生	チャッキ部品の交換	
監視制御設備	制御盤		○	屋外シート養生	
	クラウド型遠方監視装置		○	屋外シート養生	

表 資 1-3-9 機器・機材の処分理由

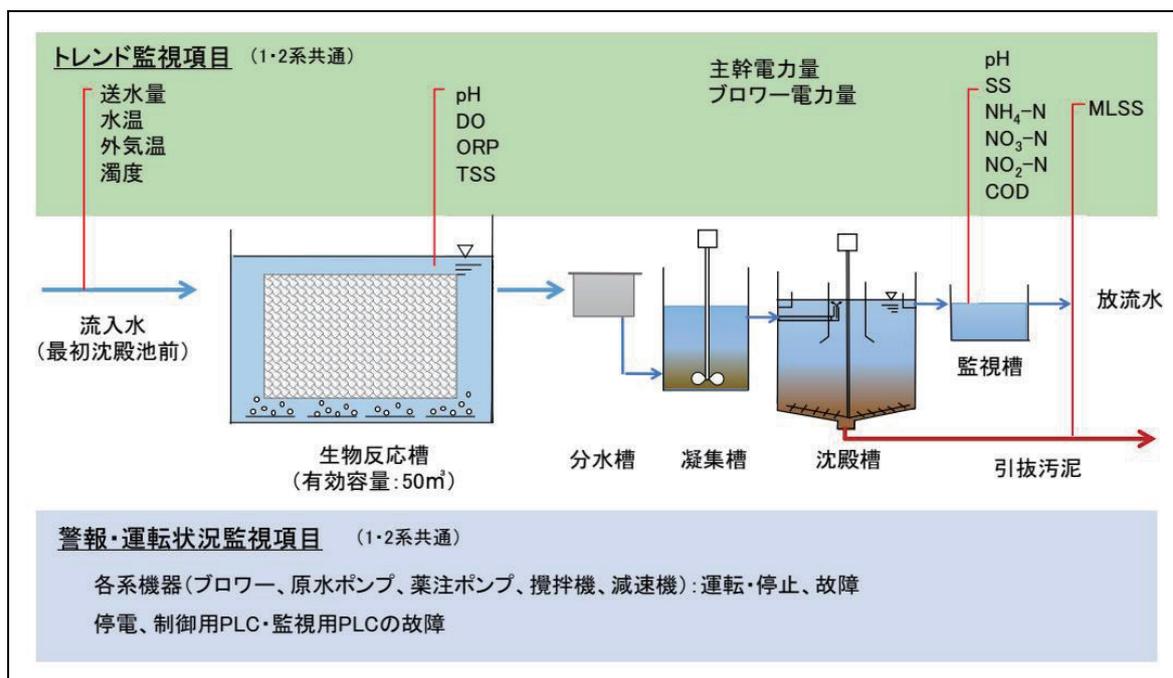
設備名称	処分理由
原水ポンプ	1系原水ポンプ No.1 は絶縁抵抗値が 2 MΩまで低下したため処分とし、代替品と交換
原水槽フロートスイッチ	機能上は問題なかったが、消耗機器であることから処分
特殊繊維担体	耐久性や機能上は問題なかったが、汚泥が内部まで浸透しているため、衛生的理由で処分
ディフューザー	耐久性や機能上は問題なかったが、汚泥が内部まで浸透しているため、衛生的理由で処分
レーキ・センターウェル	タールエポキシ塗装をしていたが、劣化・剥離で錆が発生し、長期保管した場合に劣化が進行する恐れがあることから処分

### 3.5 クラウド型遠方監視システムの運用検証

#### (1) クラウド型遠方システムの概要

運転管理の情報支援として、実証施設を供用している期間（2020年10月30日～2022年10月31日）、1系（実証負荷）、2系（従来負荷）ともにクラウド型遠方監視システムを運用した。クラウド型遠方監視システムの監視項目を図資1-3-23に、状態監視画面を図資1-3-24に、トレンド監視画面を図資1-3-25に示す。

クラウド型遠方監視システムでは、連続的な情報収集による日常点検時以外のデータ補間と省力化を目的にトレンド監視を行った。また異常発生時の早期対応を目的に、機器の運転状況の異常を素早く検知する警報監視も併せて実施した。



図資1-3-23 クラウド型遠方監視システムの監視項目

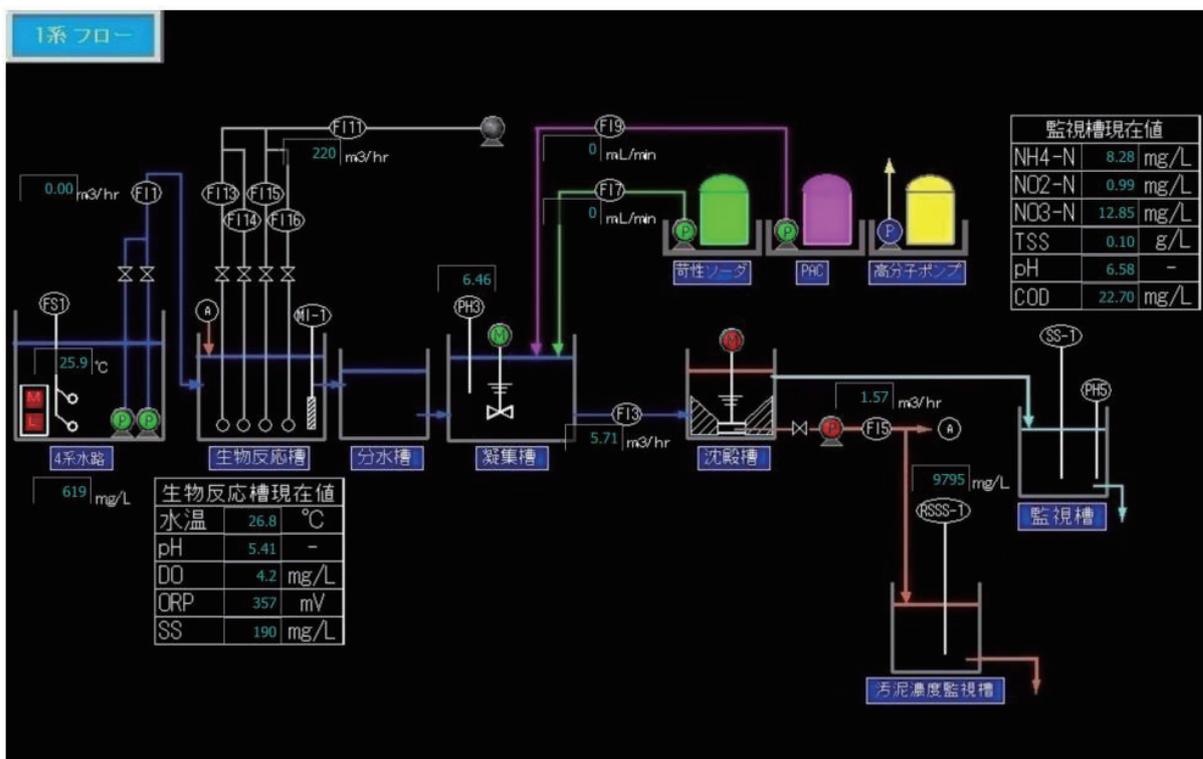


図 資 1-3-24 クラウド型遠方監視システムの状態監視画面

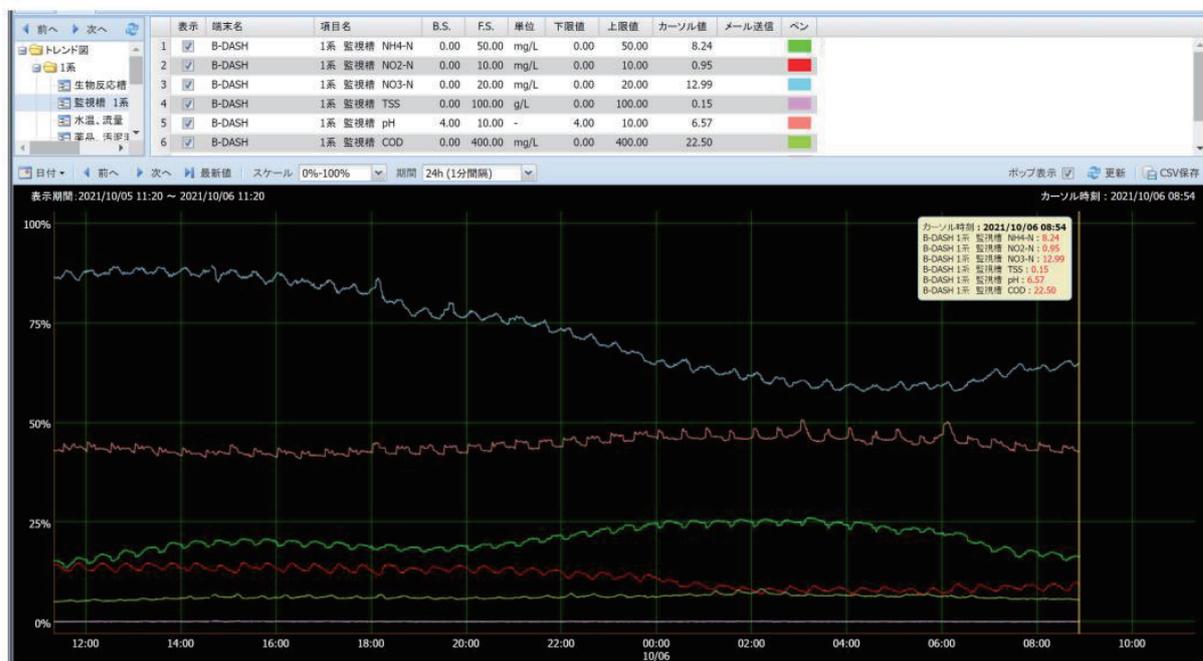


図 資 1-3-25 クラウド型遠方監視システムのトレンド監視画面（放流水質）

## (2) 運用状況

## 1) トレンド監視

クラウド型遠方監視システムのトレンドを図 資 1-3-26～図 資 1-3-30 に示す。日常的にリアルタイムで処理状況を監視して処理状況を把握した。



図 資 1-3-26 生物反応槽 DO・ORP・水温・pH・SS・風量のトレンド



図 資 1-3-27 監視槽 NH<sub>4</sub>-N・NO<sub>2</sub>-N・NO<sub>3</sub>-N・TSS・pH・COD のトレンド

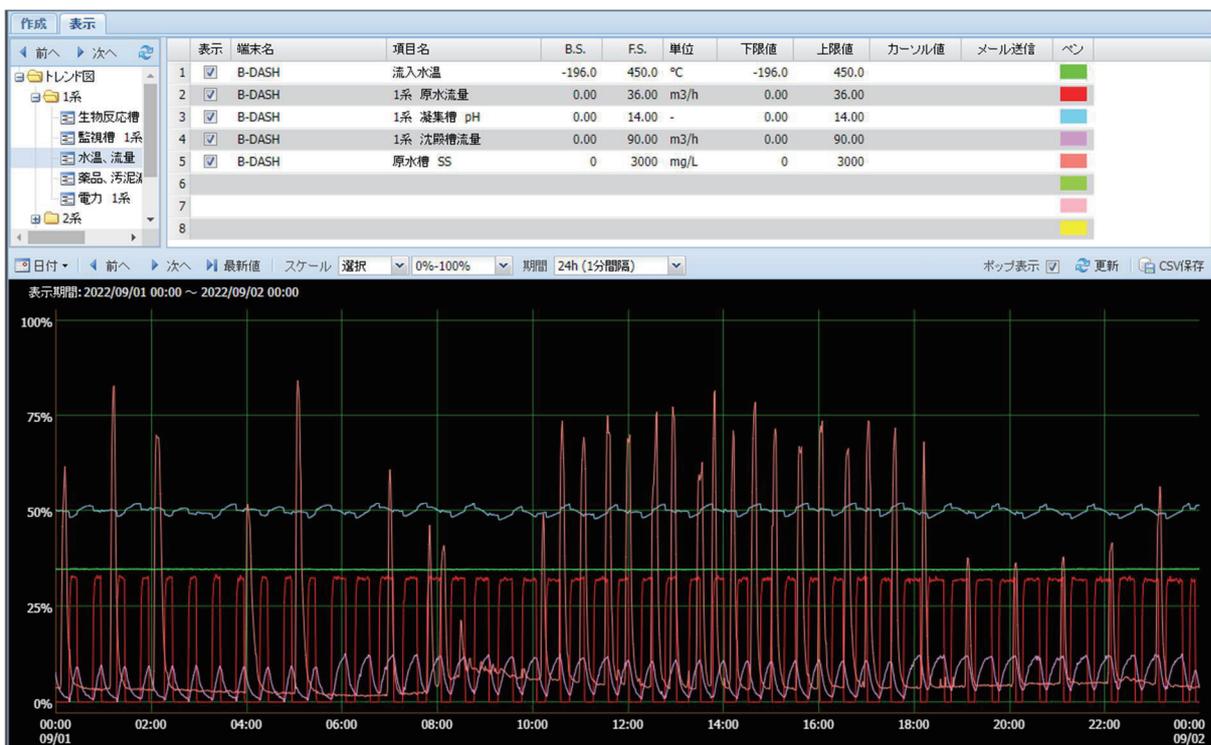


図 資 1-3-28 流入水温・原水流量・凝集槽 pH・沈殿槽流量・原水槽 SS のトレンド



## 2) 警報監視

実証試験中に発生した警報と対応内容を表 資 1-3-10 に示す。曝気ブローヤや原水ポンプの故障が発生した際に警報連絡で早期に対応できたため、水質悪化等のトラブルを防止することができた。

表 資 1-3-10 発生警報と対応内容

発生警報	対応内容
1系・2系曝気ブローヤ故障	1系及び2系曝気ブローヤの故障発生後に復旧の連絡がなかったため、クラウド上で各機器の運転状況とブローヤの停止、トレンドから実際にD0の低下等を確認した。このため、実証施設に急行し、1系及び2系曝気ブローヤの再起動を行ったことで、水質悪化を防止することができた。
1系原水ポンプNo.1漏電	1系原水ポンプNo.1の故障発生後に、クラウド上で代替機(1系原水ポンプNo.2)が自動で起動していない状態を確認した。このため、実証施設に急行し、代替機の起動操作を行ったことで、実証施設の供給停止を防止することができた。
2系原水ポンプNo.1故障	2系原水ポンプNo.1の警報発生後に、クラウド上で代替機により正常運転が継続していること確認した。勤務時間外であったため、翌日の勤務時間内に機器の確認(異物噛み込み)と対処(異物除去)を行った。クラウド上で機器の運転状況が確認できたことで、勤務時間外での緊急対応がなくても翌日対応で対処することができた。
停電	停電(瞬停)によって1系及び2系ブローヤが停止したことをクラウド上で確認した。 このため、実証施設に急行し、1系及び2系曝気ブローヤの再起動を行ったことで、水質悪化を防止することができた。

## 3) 帳票の自動作成

本実証研究で導入したクラウド型遠方監視システムでは、図 資 1-3-31 に一例を示すように帳票類を自動作成する機能も備わっている。

【日報】					【月報】				
日報時	外気温	流入水温	1系生物反応槽水温	2系生物反応槽水温	月報日	外気温	流入水温	1系生物反応槽水温	2系生物反応槽水温
単位	℃	℃	℃	℃	単位	℃	℃	℃	℃
0時	3.4	18.8	16.8	15.8	12/1(水)	16.7	22.2	21.7	21.1
1時	3.0	19.1	16.8	15.7	12/2(木)	7.5	21.1	20.5	20.0
2時	3.0	19.8	16.7	15.7	12/3(金)	4.7	20.7	20.5	19.9
3時	2.9	18.5	16.6	15.5	12/4(土)	10.6	21.4	20.7	20.3
4時	2.6	19.4	16.5	15.4	12/5(日)	7.4	20.9	20.2	19.6
5時	2.5	18.3	16.4	15.3	12/6(月)	9.6	21.2	20.2	19.6
6時	1.9	19.1	16.2	15.2	12/7(火)	11.8	22.2	20.6	19.9
7時	1.8	18.3	16.2	15.1	12/8(水)	10.7	21.4	20.3	19.6
8時	2.6	17.8	16.2	15.0	12/9(木)	10.9	20.9	20.3	19.8
9時	3.9	17.3	16.2	15.1	12/10(金)	6.7	21.1	20.4	20.0
10時	5.6	18.3	16.3	15.2	12/11(土)	8.1	21.1	20.4	20.2
11時	6.1	16.9	16.2	15.3	12/12(日)	10.0	20.9	20.5	20.3
12時	6.8	17.2	16.2	15.5	12/13(月)	12.8	20.7	20.5	20.4
13時	7.5	17.7	16.2	15.5	12/14(火)	6.3	21.4	19.6	19.3
14時	7.8	17.7	16.2	15.5	12/15(水)	3.4	20.9	20.0	19.3
15時	7.0	16.9	16.2	15.6	12/16(木)	7.7	21.7	20.1	19.6
16時	6.4	16.5	16.2	15.7	12/17(金)	9.7	21.4	20.4	20.0
17時	5.4	17.0	16.2	15.7	12/18(土)	3.6	20.4	19.1	18.7
18時	4.4	17.3	16.1	15.5	12/19(日)	2.7	19.4	18.7	18.0
19時	3.9	17.5	16.1	15.6	12/20(月)	4.8	19.3	18.7	18.1
20時	3.7	18.0	16.1	15.5	12/21(火)	4.7	19.6	19.2	18.7
21時	3.7	17.7	16.2	15.5	12/22(水)	8.7	20.4	19.5	19.0
22時	3.4	18.6	16.2	15.5	12/23(木)	6.7	20.2	19.1	18.8
23時	3.6	18.1	16.4	15.5	12/24(金)	3.2	19.9	19.1	18.7
平均	4.3	18.0	16.3	15.5	12/25(土)	8.2	19.4	19.3	19.1
最大	7.8	19.8	16.8	15.8	12/26(日)	4.3	19.4	18.8	18.3
最小	1.8	16.5	16.1	15.0	12/27(月)	0.8	18.8	17.5	17.0
					12/28(火)	4.6	19.6	17.6	16.6
					12/29(水)	2.0	19.8	17.4	16.5
					12/30(木)	4.8	19.3	17.9	16.9
					12/31(金)	5.3	19.4	17.4	16.8
					平均	7.1	20.5	19.6	19.0
					最大	16.7	22.2	21.7	21.1
					最小	0.8	18.8	17.4	16.5

図 資 1-3-31 自動作成帳票例

(3) クラウド型遠方監視システムによる省力化

クラウド型遠方監視システムを活用した場合と活用しなかった場合の作業時間を表 資 1-3-11 に示す。クラウド型遠方監視システムを活用することで、45%程度の作業量削減が可能であると考えられる。

表 資 1-3-11 クラウド型遠方監視システムの活用の有無による作業時間の比較

項目	クラウド型遠方監視あり				クラウド型遠方監視なし				差
	作業時間 (分/回)	頻度 (年/回)	合計 (分/年)	備考	作業時間 (分/回)	頻度 (年/回)	合計 (分/年)	備考	クラウドの有無
計測機器清掃・校正	120	12	1,440		120	12	1,440		0
水質測定	150	52	7,800	1回/週	150	209	31,350	4回/週	23,550
簡易分析	180	104	18,720	2回/週	180	209	37,620	4回/週	18,900
運転調整(薬品・風量・取水)	60	104	6,240	2回/週	60	104	6,240	2回/週	0
採水	60	52	3,120	1回/週、クラウドで放流水質監視	60	104	6,240	2回/週	3,120
データ整理・考察	60	209	12,540	4回/週	60	156	9,360	3回/週	▲ 3,180
クラウドのトレンド・日報・月報確認	30	209	6,270	4回/週	0	0	0	クラウド利用なし	▲ 6,270
計測データの取得	0	0	0	クラウドによる自動取得	40	209	8,360	4回/週、4回/日	8,360
計測データの日報・月報化	0	0	0	SFNによる自動化	5	209	1,045	4回/週	1,045
計測データの情報共有	0	0	0	クラウドによる共有	5	209	1,045	4回/週、メール連絡	1,045
合計			56,130	分/年			102,700	分/年	46,570 分/年
人件費削減率									45 %

#### (4) 運用結果

本実証研究で導入したクラウド型遠方監視システムの運用結果は、次のように総括される。

- ① 計測機器のトレンドデータによる処理状況・処理水質の監視
- ② 警報監視・警報連絡
- ③ 機器の運転状況の監視
- ④ 計測データの自動日報・月報化
- ⑤ 45%の作業時間の削減

災害復旧時の復旧に携わる関係者の多忙さは容易に想像できる。クラウド型遠方監視システムを活用することにより、無人の状況においても遠隔地で処理施設の状況把握が可能となる。また、警報による異常発生の早期発見・対応によって、処理悪化に起因する事象を未然に防止するとともに、関係者の労力削減に対する貢献できるものと判断する。

### 3.6 運転に係わるエネルギー使用量及び削減方法

#### (1) エネルギー使用量の把握

本実証技術及び従来技術の消費電力量を表 資 1-3-12 に示す。消費電力量は日平均処理量 1,200 m<sup>3</sup>/日とした場合の換算値とした。汚泥処理と消毒施設は本実証研究の対象外であったが、本実証技術と従来技術の汚泥発生量は同程度であり、放流量も同等であったため、汚泥処理と消毒施設の消費電力量は、本実証技術と従来技術で同等とした。

本実証技術は電力消費量が大きい汚泥返送が不要であるため、従来技術に対して 3 倍程度高い BOD 容積負荷で処理を行ったため、本実証技術は従来技術に対して 10%程度削減する結果となった。

表 資 1-3-12 消費電力量の比較

項目	水処理	汚泥処理	消毒	合計
実証技術 <sup>*1</sup> (千 kWh/年)	250.4	63.6	23.5	337.5
従来技術 <sup>*2</sup> (千 kWh/年)	289.3	63.6	23.5	376.4
削減率 (%)	13.4	0.0	0.0	10.3

<sup>\*1</sup> 実証技術は 1 系 (実証負荷) のデータとし、日平均処理量 1,200 m<sup>3</sup>/日とした場合の換算値とした。

<sup>\*2</sup> 国土交通省国土技術政策総合研究所：特殊繊維担体を用いた余剰汚泥削減型水処理技術導入ガイドライン(案)，国土技術政策総合研究所資料第 1060 号，2019 (OD 法曝気装置稼働時間は、一般値 18 h/日とした)

#### (2) エネルギー使用量の削減方策

エネルギー使用量の削減方策は表 資 1-3-13 に示すとおりである。

表 資 1-3-13 エネルギー使用量の削減方策

項目	エネルギー使用量の削減方策
電力費	生物反応槽の設定 DO 値を処理状況に応じて調整することで、曝気ブロワーの電力費を削減する。

### 3.7 運転に係わる温室効果ガス排出量及び削減方法

#### (1) 温室効果ガス排出量の算出方法

温室効果ガス排出量の算定対象を表 資 1-3-14 に示す。下水処理場内の項目は電力消費と薬品使用とした。汚泥の処理及び有効利用方法では、汚泥を焼却した場合と堆肥化した場合の二つのケースについて検討した。

なお、水処理プロセスで発生する N<sub>2</sub>O は発生メカニズムが不明瞭であるため、温室効果ガスの項目からは除外した。

表 資 1-3-14 温室効果ガス排出量の算定対象

項 目	
下水処理場内	電力消費
	薬品使用
汚泥処理及び有効利用	焼却
	堆肥化及び施用

温室効果ガス排出量の算出に関わる地球温暖化係数及び排出係数を表 資 1-3-15 に、温室効果ガス排出量の算出に関わる算出条件を表 資 1-3-16 に示す。

表 資 1-3-15 地球温暖化係数及び排出係数

項 目		単 位	条件値	備 考	
地球温暖化係数	CO <sub>2</sub>	-	1	※1	
	CH <sub>4</sub>	-	25	※1	
	N <sub>2</sub> O	-	298	※1	
排出係数	電力消費	t-CO <sub>2</sub> /kWh	0.000453	※2	
	薬品消費	PAC	t-CO <sub>2</sub> /t	0.41	※3
		NaOH(50%)	t-CO <sub>2</sub> /t	1.20	※3
		ポリ鉄	t-CO <sub>2</sub> /t	0.0308	※4
		高分子凝集剤	t-CO <sub>2</sub> /t	6.5	※3
		次亜塩素酸カルシウム	t-CO <sub>2</sub> /t	3.5	※3
	燃料消費	軽油	t-CO <sub>2</sub> /L	0.00258	※5
		A重油	t-CO <sub>2</sub> /L	0.00271	※5
自動車の走行に関わる地球温暖化ガス排出係数	CH <sub>4</sub>	kg-CH <sub>4</sub> /km	0.0000076	※6、軽油を燃料とする小型貨物車	
	N <sub>2</sub> O	kg-N <sub>2</sub> O/km	0.000009	※7、軽油を燃料とする小型貨物車	
脱水ケーキ焼却時エネルギー消費	電力消費	kWh/wet-t	92	※8	
	燃料消費	L/wet-t	25	※8	
汚泥焼却に関わる地球温暖化ガス排出係数	CH <sub>4</sub>	t-CH <sub>4</sub> /wet-t	0.0000097	※9、高分子・流動炉（高温約850°C）	
	N <sub>2</sub> O	t-N <sub>2</sub> O/wet-t	0.000645	※10、高分子・流動炉（高温約850°C）	
堆肥製造及び施用に関わる地球温暖化ガス排出係数	製造	CH <sub>4</sub>	t-CH <sub>4</sub> /wet-t	0.0040	※9
		N <sub>2</sub> O	t-N <sub>2</sub> O/wet-t	0.0003	※10
	施用	N <sub>2</sub> O	kg-N <sub>2</sub> O/t-N	9.74	※11、水稲、茶樹以外

※1 温室効果ガス総排出量算定方法マニュアル ver1.0、環境省総合環境政策局環境計画課、平成29年3月、p4

※2 国土交通省国土技術政策総合研究所 提示値

※3 下水道における地球温暖化対策マニュアル、環境省・国土交通省、平成28年3月、p38

※4 廃棄物処理施設の基幹的設備改良マニュアル、環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課

※5 温室効果ガス総排出量算定方法マニュアル ver1.0、環境省総合環境政策局環境計画課、平成29年3月、p17

※6 温室効果ガス総排出量算定方法マニュアル ver1.0、環境省総合環境政策局環境計画課、平成29年3月、p41

※7 温室効果ガス総排出量算定方法マニュアル ver1.0、環境省総合環境政策局環境計画課、平成29年3月、p73

※8 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン-改訂版-、国土交通省水管理・国土保全局、平成27年3月、p109

※9 下水道における地球温暖化対策マニュアル、環境省・国土交通省、平成28年3月、p34

※10 下水道における地球温暖化対策マニュアル、環境省・国土交通省、平成28年3月、p35

※11 温室効果ガス総排出量算定方法マニュアル ver1.0、環境省総合環境政策局環境計画課、平成29年3月、p81

表 資 1-3-16 温室効果ガス排出量の算出に関わる算出条件

項 目		単 位	条件値	備 考	
日平均処理水量		m <sup>3</sup> /日	1,200	日最大処理水量×80%	
汚泥発生量	実証技術	kg/日	185	実証結果を1.2千m <sup>3</sup> /日に比例計算、流入SS200mg/Lの場合	
	従来技術	kg/日	180	一般的OD法(流入SSに対して0.75)、流入SS200mg/Lの場合	
脱水ケーキ含水率	実証技術	%	79	実証結果	
	従来技術	%	83	一般的OD法脱水後含水率	
脱水ケーキ乾燥重量当たりの窒素量		%	5.6	実証結果	
年間エネルギー使用量	実証技術	kWh/年	339,000	実証結果を1.2千m <sup>3</sup> /日に比例計算	
	従来技術	kWh/年	377,000	一般的OD法(2千m <sup>3</sup> /日)を1.2千m <sup>3</sup> /	
薬品使用量	PAC	実証技術	kg/日	168	実証結果を1.2千m <sup>3</sup> /日に比例計算
		従来技術	kg/日	0	-
	NaOH(50%)	実証技術	kg/日	120	実証結果を1.2千m <sup>3</sup> /日に比例計算
		従来技術	kg/日	0	-
	ポリ鉄	実証技術	kg/日	0	汚泥発生量×15%
		従来技術	kg/日	0	-
	高分子凝集剤	実証技術	kg/日	0.17	実証結果を1.2千m <sup>3</sup> /日に比例計算
		従来技術	kg/日	5.40	汚泥発生量×3%
固形塩素剤	実証技術	kg/日	1.4	実証結果を1.2千m <sup>3</sup> /日に比例計算	
	従来技術	kg/日	3.6	日平均処理水量×0.3%	
処理プロセスから発生する地球温暖化ガス	実証技術	CH <sub>4</sub>	kg-CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup>	0.00080024	実証結果
		N <sub>2</sub> O	kg-N <sub>2</sub> O/m <sup>3</sup>	0.00014234	実証結果
	従来技術	CH <sub>4</sub>	kg-CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup>	0.00088	一般的OD法
		N <sub>2</sub> O	kg-N <sub>2</sub> O/m <sup>3</sup>	0.000012	一般的OD法
脱水ケーキ運搬距離(処理場、焼却炉間)		km	50	片道	
燃費(軽油を燃料とする普通貨物車)		km/L	10	仮定値	
堆肥化時の燃料使用	燃料使用	ホイールローダ	L/時間	4.4	カタログ値
		切り返し頻度	日/週	1	仮定値
	作業時間	実証技術	時間/日	5	仮定値
		従来技術	時間/日	5	仮定値

## (2) 実証技術の温室効果ガス排出量

## 1) 概要

本実証技術の適用先としては中小規模の下水処理場を想定しており、汚泥の処分方法は、場外搬出及び他処理場での焼却又は堆肥化が考えられる。本節において処理場内と合わせて以下の二つのケースの汚泥処分方法について温室効果ガス排出量を算定し、本実証技術と従来技術を比較した。

## 2) 処理場内と汚泥焼却を合わせた温室効果ガス排出量

下水処理場内と余剰汚泥を場外搬出して他処理場で焼却した場合を合わせた本実証技術の温室効果ガス排出量を表 資 1-3-17 に、従来技術の温室効果ガス排出量を表 資 1-3-18 に示す。

本実証技術の温室効果ガス排出量の割合は、電力が約46%で最も多く、汚泥焼却が約29%、薬品が約24%であった。

表 資 1-3-17 実証技術の温室効果ガス排出量(処理場内と污泥焼却の合計)

排出区分		処理水量,薬品使用量, 燃料使用量,走行距離, 脱水ケーキ量	単位処理量当たり エネルギー使用量	年間エネルギー使 用量、年間走行距 離,年間処理量	排出係数	地球 温暖化 係数	CO <sub>2</sub> 換算 排出量 (t-CO <sub>2</sub> /年)	計		
処理場内	水処理	電力	1,200 m <sup>3</sup> /日	0.8 kWh/m <sup>3</sup>	339,000 kWh/年	CO <sub>2</sub>	0.000453 t-CO <sub>2</sub> /kWh	153.6	80.0	
		薬品使用	PAC	168 kg/日		61 t/年	CO <sub>2</sub>	0.41 t-CO <sub>2</sub> /t		25.2
	NaOH		120 kg/日		44 t/年	CO <sub>2</sub>	1.2 t-CO <sub>2</sub> /t	52.6		
	ポリ鉄		0 kg/日		0 t/年	CO <sub>2</sub>	0.0308 t-CO <sub>2</sub> /t	0.0		
	高分子凝集剤		0.17 kg/日		0.1 t/年	CO <sub>2</sub>	6.5 t-CO <sub>2</sub> /t	0.4		
	固形塩素剤	1 kg/日		0.5 t/年	CO <sub>2</sub>	3.5 t-CO <sub>2</sub> /t	1.8			
処理場外	運搬	燃料使用 軽油	10 L/日		1,043 L/年	CO <sub>2</sub>	0.00258 t-CO <sub>2</sub> /L	2.7	2.7	
		燃焼 プロセス	CH <sub>4</sub>	100 km/日		10,429 km/年	CH <sub>4</sub>	0.000076 kg-CH <sub>4</sub> /km		0.002
			N <sub>2</sub> O	100 km/日		10,429 km/年	N <sub>2</sub> O	0.000009 kg-N <sub>2</sub> O/km		0.03
	焼却	電力	0.880 wet-t/日	92 kWh/wet-t	29,550 kWh/年	CO <sub>2</sub>	0.000453 t-CO <sub>2</sub> /kWh	13.4	97.0	
		燃料使用 重油	0.880 wet-t/日	25 L/wet-t	8,030 L/年	CO <sub>2</sub>	0.002710 t-CO <sub>2</sub> /L	21.8		
		燃焼 プロセス	CH <sub>4</sub>	0.880 wet-t/日		321 wet-t/年	CH <sub>4</sub>	0.000097 t-CH <sub>4</sub> /wet-t		0.1
N <sub>2</sub> O	0.880 wet-t/日			321 wet-t/年	N <sub>2</sub> O	0.000645 t-N <sub>2</sub> O/wet-t	61.7			
計							333.2	333.2		

表 資 1-3-18 従来技術の温室効果ガス排出量(処理場内と污泥焼却の合計)

排出区分		処理水量,薬品使用量, 燃料使用量,走行距離, 脱水ケーキ量	単位処理量当たりエ ネルギー使用量	年間エネルギー使 用量、年間走行距 離,年間処理量	排出係数	地球 温暖化 係数	CO <sub>2</sub> 換算 排出量 (t-CO <sub>2</sub> /年)	計		
処理場内	水処理	電力	1,200 m <sup>3</sup> /日	0.861 kWh/m <sup>3</sup>	377,000 kWh/年	CO <sub>2</sub>	0.000453 t-CO <sub>2</sub> /kWh	170.8	17.4	
		薬品使用	PAC	0 kg/日		0 t/年	CO <sub>2</sub>	0.41 t-CO <sub>2</sub> /t		0.0
	NaOH		0 kg/日		0 t/年	CO <sub>2</sub>	1.2 t-CO <sub>2</sub> /t	0.0		
	ポリ鉄		0 kg/日		0 t/年	CO <sub>2</sub>	0.0308 t-CO <sub>2</sub> /t	0.0		
	高分子凝集剤		5.4 kg/日		2.0 t/年	CO <sub>2</sub>	6.5 t-CO <sub>2</sub> /t	12.8		
	固形塩素剤	4 kg/日		1.3 t/年	CO <sub>2</sub>	3.5 t-CO <sub>2</sub> /t	4.6			
処理場外	運搬	燃料使用 軽油	10 L/日		1,043 L/年	CO <sub>2</sub>	0.00258 t-CO <sub>2</sub> /L	2.7	2.7	
		燃焼 プロセス	CH <sub>4</sub>	100 km/日		10,429 km/年	CH <sub>4</sub>	0.000076 kg-CH <sub>4</sub> /km		0.002
			N <sub>2</sub> O	100 km/日		10,429 km/年	N <sub>2</sub> O	0.000009 kg-N <sub>2</sub> O/km		0.03
	焼却	電力	1.059 wet-t/日	92 kWh/wet-t	35,555 kWh/年	CO <sub>2</sub>	0.000453 t-CO <sub>2</sub> /kWh	16.1	116.7	
		燃料使用 重油	1.059 wet-t/日	25 L/wet-t	9,662 L/年	CO <sub>2</sub>	0.002710 t-CO <sub>2</sub> /L	26.2		
		燃焼 プロセス	CH <sub>4</sub>	1.059 wet-t/日		386 wet-t/年	CH <sub>4</sub>	0.000097 t-CH <sub>4</sub> /wet-t		0.1
N <sub>2</sub> O	1.059 wet-t/日			386 wet-t/年	N <sub>2</sub> O	0.000645 t-N <sub>2</sub> O/wet-t	74.3			
計							307.6	307.6		

## 3) 処理場内と污泥の堆肥化を合わせた温室効果ガス排出量

下水処理場内と余剰污泥を場外搬出して堆肥化工場で堆肥化した場合の本実証技術の温室効果ガス排出量を表 資 1-3-19 に、従来技術の温室効果ガス排出量を表 資 1-3-20 に示す。

本実証技術の温室効果ガス排出量の割合は、電力が約 40% で最も多く、污泥堆肥化が約 39%、薬品が約 21% であった。

表 資 1-3-19 実証技術の温室効果ガス排出量(処理場内と污泥堆肥化の合計)

排出区分		処理水量,薬品使用量, 燃料使用量,走行距離, 脱水ケーキ量,堆肥中 窒素量	単位処理量当たり エネルギー使用量	年間エネルギー使 用量、年間走行距 離,年間処理量	排出係数	地球 温暖化 係数	CO <sub>2</sub> 換算 排出量 (t-CO <sub>2</sub> /年)	計		
処理場内	水処理	電力	1,200 m <sup>3</sup> /日	0.8 kWh/m <sup>3</sup>	339,000 kWh/年	CO <sub>2</sub>	0.000453 t-CO <sub>2</sub> /kWh	153.6	80.0	
		薬品使用	PAC	168 kg/日		61 t/年	CO <sub>2</sub>	0.41 t-CO <sub>2</sub> /t		25.2
			NaOH	120 kg/日		44 t/年	CO <sub>2</sub>	1.2 t-CO <sub>2</sub> /t		52.6
			ポリ鉄	0 kg/日		0 t/年	CO <sub>2</sub>	0.0308 t-CO <sub>2</sub> /t		0.0
			高分子 凝集剤	0.17 kg/日		0.1 t/年	CO <sub>2</sub>	6.5 t-CO <sub>2</sub> /t		0.4
			固形塩素剤	1 kg/日		0.5 t/年	CO <sub>2</sub>	3.5 t-CO <sub>2</sub> /t		1.8
処理場外	運搬	燃料使用 軽油	10 L/日		1,043 L/年	CO <sub>2</sub>	0.00258 t-CO <sub>2</sub> /L	2.7	2.7	
		燃焼 プロセス	CH <sub>4</sub>	100 km/日		10,429 km/年	CH <sub>4</sub>	0.0000076 kg-CH <sub>4</sub> /km		0.002
			N <sub>2</sub> O	100 km/日		10,429 km/年	N <sub>2</sub> O	0.000009 kg-N <sub>2</sub> O/km		0.03
	堆肥化	燃料使用 軽油	22.0 L/回	25 L/wet-t	28,600 L/年	CO <sub>2</sub>	0.002710 t-CO <sub>2</sub> /L	77.5	138.3	
		製造 プロセス	CH <sub>4</sub>	0.880 wet-t/日		321 wet-t/年	CH <sub>4</sub>	0.0040 t-CH <sub>4</sub> /wet-t		32.1
			N <sub>2</sub> O	0.880 wet-t/日		321 wet-t/年	N <sub>2</sub> O	0.000300 t-N <sub>2</sub> O/wet-t		28.7
		施用	N <sub>2</sub> O	10.3 kg-N/日		3.78 t-N/年	N <sub>2</sub> O	9.74 kg-N <sub>2</sub> O/t-N		11.0
計							385.5	385.5		

表 資 1-3-20 従来技術の温室効果ガス排出量(処理場内と污泥堆肥化の合計)

排出区分		処理水量,薬品使用量, 燃料使用量,走行距離, 脱水ケーキ量,堆肥中 窒素量	単位処理量当たり エネルギー使用量	年間エネルギー使 用量、年間走行距 離,年間処理量	排出係数	地球 温暖化 係数	CO <sub>2</sub> 換算 排出量 (t-CO <sub>2</sub> /年)	計		
処理場内	水処理	電力	1,200 m <sup>3</sup> /日	0.9 kWh/m <sup>3</sup>	377,000 kWh/年	CO <sub>2</sub>	0.000453 t-CO <sub>2</sub> /kWh	170.8	17.4	
		薬品使用	PAC	0 kg/日		0 t/年	CO <sub>2</sub>	0.41 t-CO <sub>2</sub> /t		0.0
			NaOH	0 kg/日		0 t/年	CO <sub>2</sub>	1.2 t-CO <sub>2</sub> /t		0.0
			ポリ鉄	0 kg/日		0 t/年	CO <sub>2</sub>	0.0308 t-CO <sub>2</sub> /t		0.0
			高分子 凝集剤	5.4 kg/日		2.0 t/年	CO <sub>2</sub>	6.5 t-CO <sub>2</sub> /t		12.8
			固形塩素剤	3.60 kg/日		1.3 t/年	CO <sub>2</sub>	3.5 t-CO <sub>2</sub> /t		4.6
処理場外	運搬	燃料使用 軽油	10 L/日		1,043 L/年	CO <sub>2</sub>	0.00258 t-CO <sub>2</sub> /L	2.7	2.7	
		燃焼 プロセス	CH <sub>4</sub>	100 km/日		10,429 km/年	CH <sub>4</sub>	0.0000076 kg-CH <sub>4</sub> /km		0.002
			N <sub>2</sub> O	100 km/日		10,429 km/年	N <sub>2</sub> O	0.000009 kg-N <sub>2</sub> O/km		0.03
	堆肥化	燃料使用 軽油	22.0 L/回	25 L/wet-t	28,600 L/年	CO <sub>2</sub>	0.002710 t-CO <sub>2</sub> /L	77.5	150.7	
		製造 プロセス	CH <sub>4</sub>	1.059 wet-t/日		386 wet-t/年	CH <sub>4</sub>	0.0040 t-CH <sub>4</sub> /wet-t		38.6
			N <sub>2</sub> O	1.059 wet-t/日		386 wet-t/年	N <sub>2</sub> O	0.000300 t-N <sub>2</sub> O/wet-t		34.6
		施用	N <sub>2</sub> O	10.1 kg-N/日		3.68 t-N/年	N <sub>2</sub> O	9.74 kg-N <sub>2</sub> O/t-N		10.7
										10.7
計							352.3	352.3		

## (4) 温室効果ガス排出量のまとめ

表 資 1-3-21 に示す処理場内と污泥焼却を合わせた温室効果ガス排出量の比較では、本実証技術が 333.2 t-CO<sub>2</sub>/年であるのに対して従来技術は 307.6 t-CO<sub>2</sub>/年であり、本実証技術と従来技術との差は 1 割未満であった。

また表 資 1-3-22 に示す処理場内と污泥堆肥化を合わせた温室効果ガス発生量の比較でも、本実証技術が 385.5 t-CO<sub>2</sub>/年であるのに対して従来技術は 352.3 t-CO<sub>2</sub>/年であり、本実証技術と従来技術との差は 1 割未満であった。

表 資 1-3-21 温室効果ガス排出量の比較（処理場内と汚泥焼却の合計）

項目	電力消費	薬品使用	汚泥運搬	汚泥焼却	計
実証技術 (t-CO <sub>2</sub> /年)	153.6	80.0	2.7	97.0	333.2
従来技術 (t-CO <sub>2</sub> /年)	170.8	17.4	2.7	116.7	307.6
増加率(%)	-11.2	78.2	0.0	-20.3	7.7

表 資 1-3-22 温室効果ガス排出量の比較（処場内と汚泥堆肥化の合計）

項目	電力消費	薬品使用	汚泥運搬	汚泥堆肥化		計
				製造時	施用時	
実証技術 (t-CO <sub>2</sub> /年)	153.6	80.0	2.7	138.3	11.0	385.5
従来技術 (t-CO <sub>2</sub> /年)	170.8	17.4	2.7	150.7	10.7	352.3
増加率(%)	-11.2	78.2	0.0	-8.9	2.6	8.6

## (5) 温室効果ガス排出量の削減方策

温室効果ガス排出量の削減方策は表 資 1-3-23 に示すとおりである。

表 資 1-3-23 温室効果ガス排出量の削減方策

No.	項目	温室効果ガス排出量の削減方策
1	電力費	生物反応槽の設定 DO 値を処理状況に応じて調整することで、曝気ブローの電力費を削減する。
2	薬品費	透視度の状況に応じて凝集剤注入量を調整することで、薬品費を削減する。
3	汚泥処理	薬品使用量を削減することで、薬品の使用量に伴う汚泥処理量を削減する。

### 3.8 導入効果の検討例

本技術を導入する場合の検討事例を以下に示す。従来技術は小規模下水処理場に数多く採用されているOD法とし、処理能力1,500 m<sup>3</sup>/日において本技術と従来技術であるOD法のLCCを比較して導入効果の試算を行った。また、処理能力ごとの概算建設費、概算維持管理費、概算建設費+概算維持管理費を試算し、推定式を算出した。

なお、本技術の導入は、生物反応槽と沈殿槽がパネルタンクで15年使用する場合（導入例①）と、応用検討として生物反応槽と沈殿槽がRC造で50年使用する場合（導入例②）についてそれぞれ検討した。

## (1) 本技術の導入例①

1) 処理能力 1,500 m<sup>3</sup>/日の試算条件及び試算方法

処理能力 1,500 m<sup>3</sup>/日における本技術と従来技術である OD 法の試算条件と試算方法を表 資 1-3-24 に示す。使用年数は 15 年とし、生物反応槽と沈殿槽の躯体については、本技術は FRP 製パネルタンク、OD 法は RC 造として試算を行った。

表 資 1-3-24 試算条件及び試算方法

項目		本技術	従来技術 (OD 法)
対象施設		<b>【建設費】</b> 水処理施設、消毒施設 <b>【維持管理費】</b> 水処理施設、消毒施設、汚泥処理施設	
試算条件	対象水量	日最大水量：1,500 m <sup>3</sup> /日・日平均水量：1,200 m <sup>3</sup> /日	
	計画水質	流入水 BOD 200 mg/L、放流水 15 mg/L	
	耐用年数	機械、電気、土木・建築 15 年	
	BOD 容積負荷	0.6 kg/m <sup>3</sup> ・日	—
	生物反応槽、沈殿槽の躯体	FRP 製パネルタンク	RC 造
	建設年価格	利率率 2.3%	
試算方法	建設費	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モデルケース</li> <li>・特殊繊維担体、パネルタンクは機械区分</li> <li>・標準タイプ (I・II・III) 8 点の積算式から推定式を求めて算出した。</li> </ul>	流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説 参考資料 平成 27 年 10 月 オキシデーションディッチ法 (現場打ち) 費用関数と工種別構成比を基に、建設工事費デフレーター (下水道) 2015 年度基準で 2006 年度 (91.4) を 2021 年度 (112.3) に補正して算出した。
	維持管理費	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モデルケース</li> <li>・電力費、薬品費、汚泥処分費は本実証研究結果を水量で比例計算して算出した。</li> <li>・補修費は機械・電気の建設費の 2% として算出した。</li> <li>・人件費は実証研究結果を下水道施設維持管理積算要領—処理場・ポンプ場施設—2020 年版の保守点検業務基準日数に比例計算して算出した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電力費、薬品費、汚泥処分費は、平成 28～29 年度 B-DASH プロジェクトの OD 法を水量で比例計算して算出した。</li> <li>・補修費は機械・電気の建設費の 2% として算出した。</li> <li>・人件費は下水道施設維持管理積算要領—処理場・ポンプ場施設—2020 年版の保守点検業務基準日数を基に算出した。</li> </ul>

2) 処理能力 1,500 m<sup>3</sup>/日の試算結果

処理能力 1,500 m<sup>3</sup>/日における本技術と従来技術の建設費及び維持管理費に係わる試算結果を表資 1-3-25、表 資 1-3-26、及び図 資 1-3-32 に示す。

表 資 1-3-25 建設費に係わる試算結果

項目		機 械	電 気	土木・建築	合 計
本技術	建設費 (百万円)	212.3	73.6	17.1	303.0
	年価 (百万円/年)	16.9	5.9	1.4	24.2
従来技術	建設費 (百万円)	225.9	188.1	185.2	599.2
	年価 (百万円/年)	18.0	15.0	14.7	47.7
削減率	建設費 (%)	6.0	60.9	90.8	49.4
	年価格 (%)	6.0	60.9	90.8	49.4

表 資 1-3-26 維持管理費に係わる試算結果

項目	電力費	薬品費	補修費	汚泥処分費	人件費	合計
本技術 (百万円/年)	5.2	3.9	5.7	5.1	24.7	44.6
従来技術 (百万円/年)	6.4	2.2	8.3	6.2	29.5	52.6
削減率 (%)	18.8	-78.7	30.9	17.7	16.3	15.1

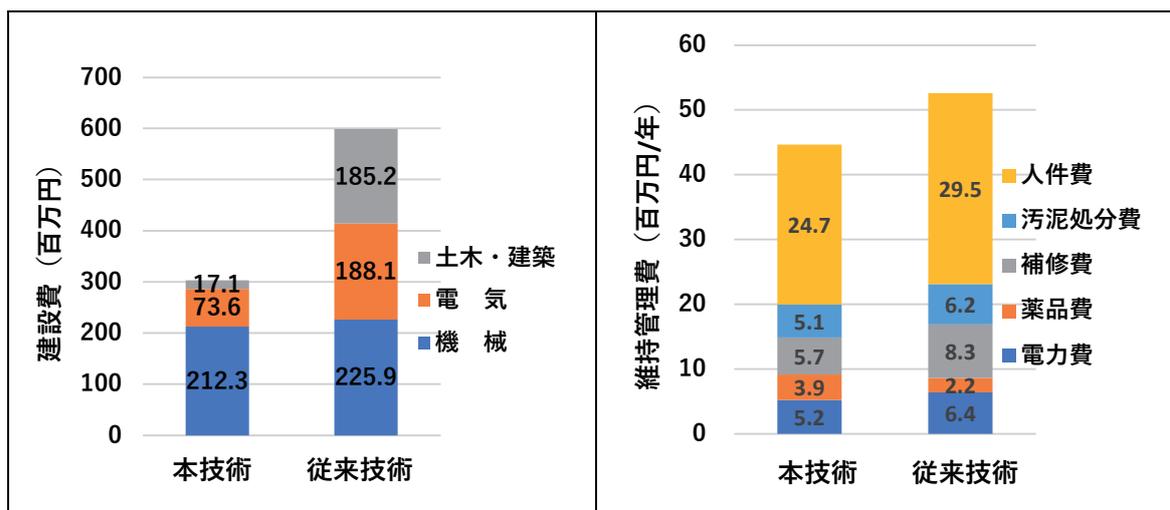


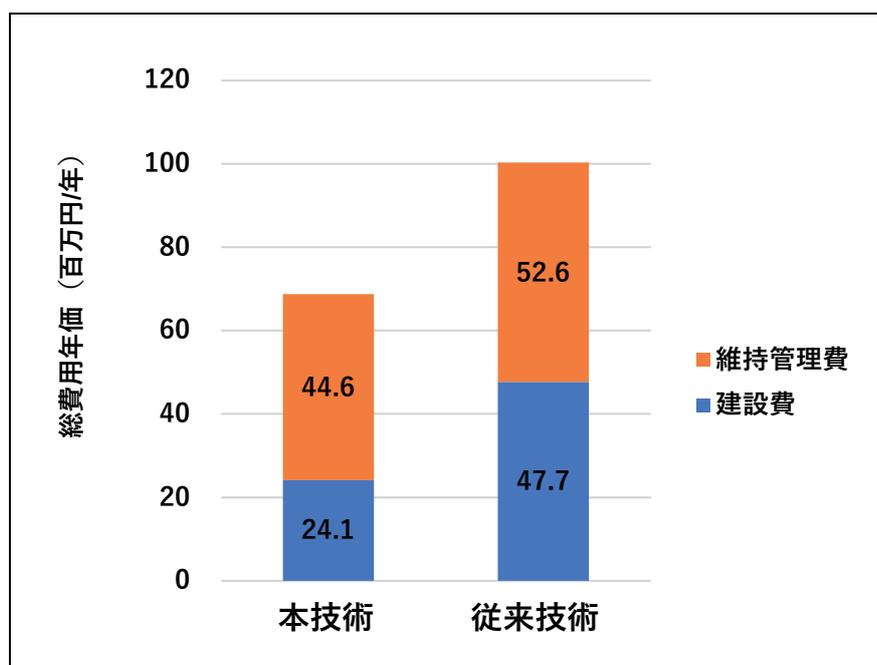
図 資 1-3-32 建設費及び維持管理費に係わる試算結果

試算された建設費・維持管理費に基づき、LCCを総括した結果を表資1-3-27及び図資1-3-33に示す。本技術（ユニット型水処理システム）は従来技術（OD法）に比較し、LCC削減効果は30%程度と評価された。

適用期間がパネルタンクの耐用年数の15年以内であれば、本技術は従来技術に対してLCCの観点からも優位性があると考えられる。

表資1-3-27 LCC総括

項目	本技術 (百万円/年)	従来技術 (百万円/年)	削減率 (%)
建設費(年価)	24.1	47.7	49.4
維持管理費	44.6	52.6	15.1
計	68.7	100.3	31.5



図資1-3-33 LCC総括

## 3) 費用推定式の試算結果

費用推定式は、表 資 1-3-24 に示した試算条件と試算方法を基に、処理水量 1,500 m<sup>3</sup>/日、5,400 m<sup>3</sup>/日、8,100 m<sup>3</sup>/日ごとの各費用を算出して推定式を試算した。

本技術と従来技術の処理能力ごとの概算建設費と推定式を図 資 1-3-34 及び表 資 1-3-28、概算建設費（年価）と推定式を図 資 1-3-35 及び表 資 1-3-29、概算維持管理費と推定式を図 資 1-3-36 及び表 資 1-3-30、概算建設費（年価）＋概算維持管理費と推定式を図 資 1-3-37 及び表 資 1-3-31 に示す。処理能力が 8,000 m<sup>3</sup>/日以下の場合では、概算建設費は本技術の方が従来技術よりも安く、概算維持管理費、概算建設費（年価）＋概算維持管理費は同程度の試算結果となった。

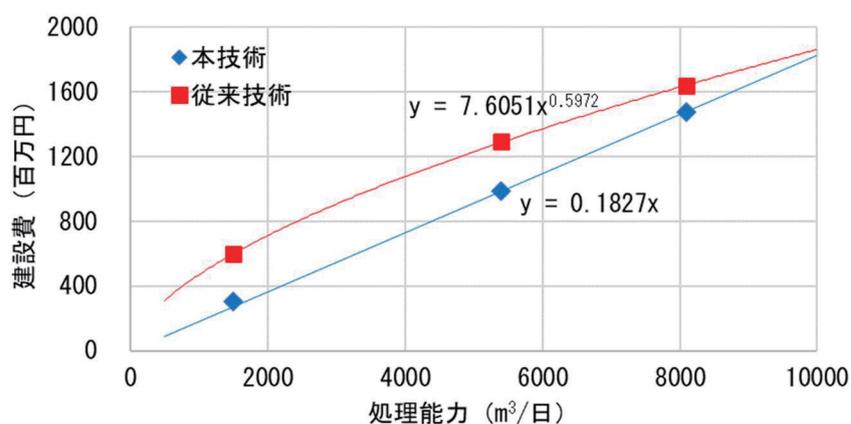


図 資 1-3-34 処理能力ごとの概算建設費

表 資 1-3-28 処理能力ごとの概算建設費推定式

項目	推定式
本技術	$0.1827Q_R$
従来技術	$7.6051Q_R^{0.5972}$

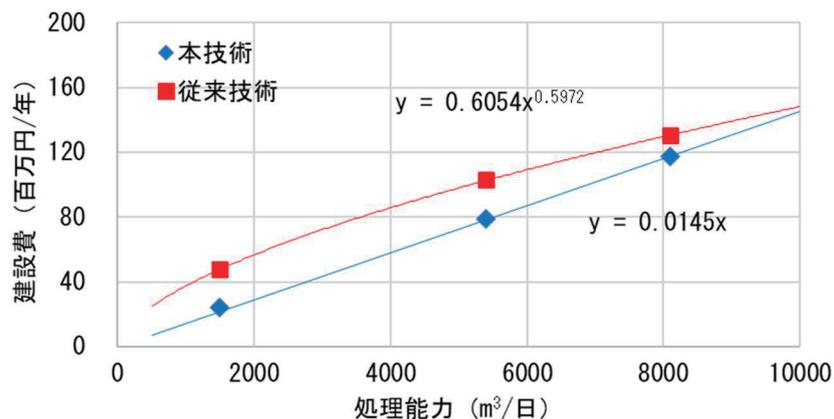


図 資 1-3-35 処理能力ごとの概算建設費 (年価)

表 資 1-3-29 処理能力ごとの概算建設費 (年価) 推定式

項目	推定式
本技術	$0.0145Q_R$
従来技術	$0.6054Q_R^{0.5972}$

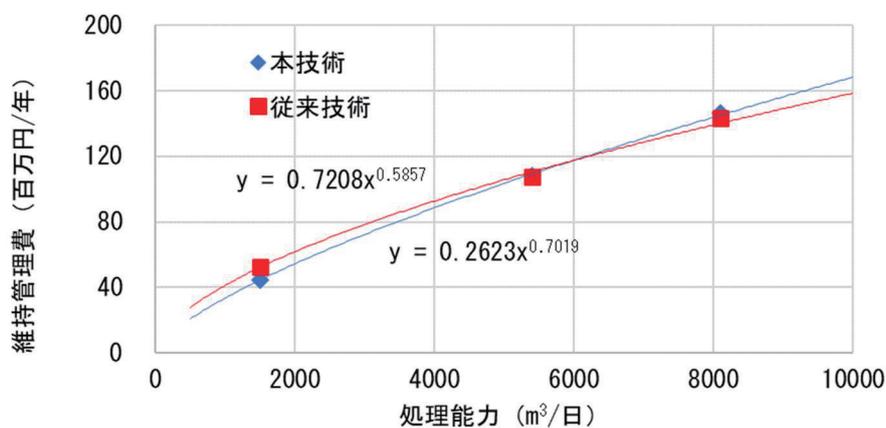


図 資 1-3-36 処理能力ごとの概算維持管理費

表 資 1-3-30 処理能力ごとの概算維持管理費推定式

項目	推定式
本技術	$0.2623Q_R^{0.7019}$
従来技術	$0.7208Q_R^{0.5857}$

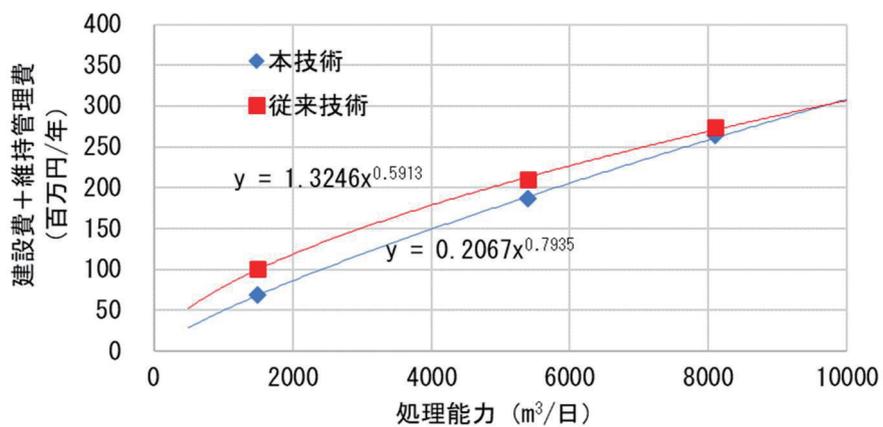


図 資 1-3-37 処理能力ごとの概算建設費（年価）＋概算維持管理費

表 資 1-3-31 処理能力ごとの概算建設費（年価）＋概算維持管理費推定式

項目	推定式
本技術	$0.2067Q_R^{0.7935}$
従来技術	$1.3246Q_R^{0.5913}$

## (2) 本技術の導入例②

1) 処理能力 1,500 m<sup>3</sup>/日の試算条件及び試算方法

処理能力 1,500 m<sup>3</sup>/日における本技術と従来技術である OD 法の試算条件と試算方法を表 資 1-3-32 に示す。使用年数は 50 年とし、生物反応槽と沈殿槽の躯体については RC 造として試算を行った。

表 資 1-3-32 試算条件及び試算方法

項目		本技術	従来技術 (OD 法)
対象施設		【建設費】 水処理施設 【維持管理費】 水処理施設、汚泥処理施設	
試算条件	対象水量	日最大水量：1,500 m <sup>3</sup> /日・日平均水量：1,200 m <sup>3</sup> /日	
	計画水質	流入水 BOD 200 mg/L、放流水 15 mg/L	
	耐用年数	機械・電気 15 年、土木・建築 50 年	
	BOD 容積負荷	0.6 kg/m <sup>3</sup> ・日	—
	生物反応槽、沈殿槽の躯体	RC 造	
建設年価格	利率率 2.3%		
試算方法	建設費	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モデルケース</li> <li>・個別積み上げ方式</li> <li>・特殊繊維担体は機械区分</li> <li>・生物反応槽、沈殿槽の躯体を RC 造とした場合の標準ユニットタイプを算出した。</li> </ul>	流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説 参考資料 平成 27 年 10 月 オキシデーションディッチ法（現場打ち）費用関数と工種別構成比を基に、建設工事費デフレーター（下水道）2015 年度基準で 2006 年度（91.4）を 2021 年度（112.3）に補正して算出した。
	維持管理費	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モデルケース</li> <li>・電力費、薬品費、汚泥処分費は本実証研究結果を水量で比例計算して算出した。</li> <li>・補修費は機械・電気の建設費の 2%として算出した。</li> <li>・人件費は実証研究結果を下水道施設維持管理積算要領—処理場・ポンプ場施設—2020 年版の保守点検業務基準日数に比例計算して算出した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電力費、薬品費、汚泥処分費は、平成 28～29 年度 B-DASH プロジェクトの OD 法を水量で比例計算して算出した。</li> <li>・補修費は機械・電気の建設費の 2%として算出した。</li> <li>・人件費は下水道施設維持管理積算要領—処理場・ポンプ場施設—2020 年版の保守点検業務基準日数を基に算出した。</li> </ul>

2) 処理能力 1,500 m<sup>3</sup>/日の試算結果

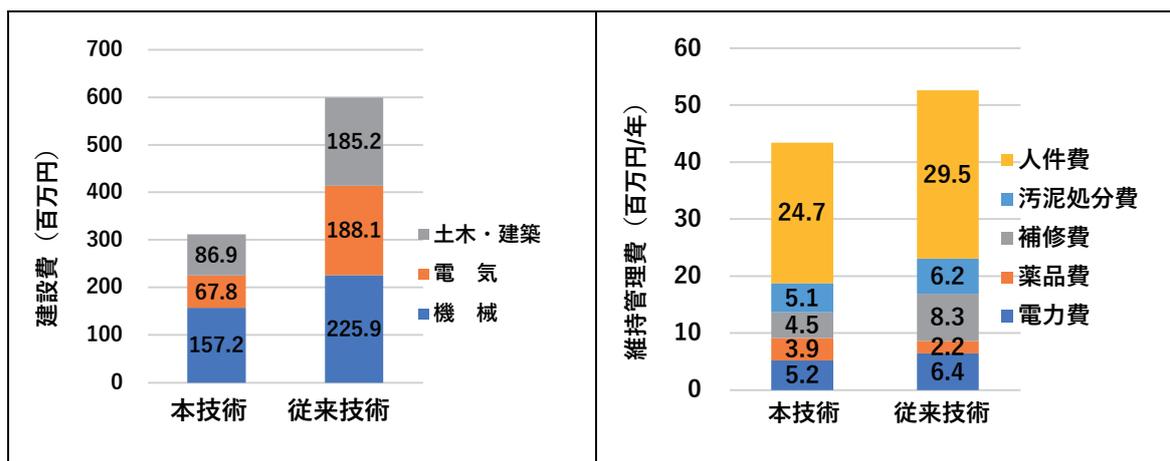
処理能力 1,500 m<sup>3</sup>/日における本技術と従来技術の建設費及び維持管理費に係わる試算結果を表資 1-3-33、表資 1-3-34、及び図資 1-3-38 に示す。

表資 1-3-33 建設費に係わる試算結果

項目		機 械	電 気	土木・建築	合 計
本技術	建設費 (百万円)	157.2	67.8	86.9	311.9
	年価 (百万円/年)	15.2	5.4	2.9	23.5
従来技術	建設費 (百万円)	225.9	188.1	185.2	599.2
	年価 (百万円/年)	18.0	15.0	6.3	39.2
削減率	建設費 (%)	30.4	64.0	53.1	47.9
	年価格 (%)	15.5	64.0	53.1	40.0

表資 1-3-34 維持管理費に係わる試算結果

項目	電力費	薬品費	補修費	汚泥処分費	人件費	合計
本技術 (百万円/年)	5.2	3.9	4.5	5.1	24.7	43.4
従来技術 (百万円/年)	6.4	2.2	8.3	6.2	29.5	52.6
削減率 (%)	18.8	-78.7	45.6	17.7	16.3	17.4



図資 1-3-38 建設費及び維持管理費に係わる試算結果

試算された建設費・維持管理費に基づき、LCC を総括した結果を表資 1-3-35 及び図資 1-3-39 に示す。本技術で生物反応槽、沈殿槽の躯体を RC 造とした場合でも従来技術 (OD 法) に比較し、LCC 削減効果は 27%程度と評価された。

本条件において、本技術は従来技術に対してLCCの観点からも優位性があると考えられる。

表 資 1-3-35 LCC 総括

項目	本技術 (百万円/年)	従来技術 (百万円/年)	削減率 (%)
建設費 (年価)	23.5	39.2	40.0
維持管理費	43.4	52.6	17.4
計	66.9	91.8	27.1

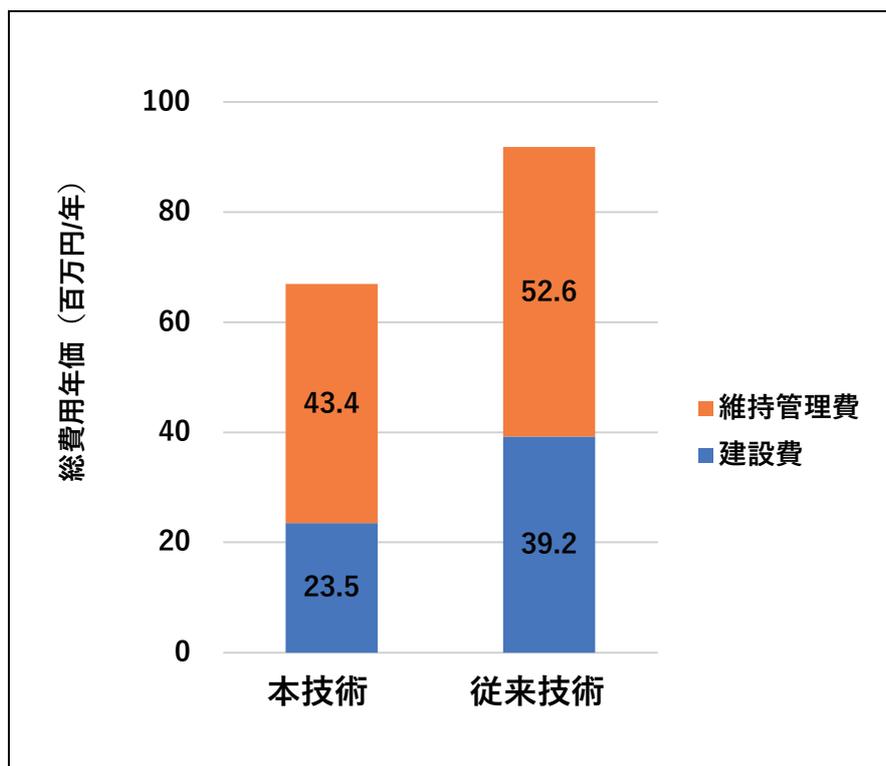


図 資 1-3-39 LCC 総括

### 3) 費用推定式の試算結果

費用推定式は、表 資 1-3-32 に示した試算条件と試算方法を基に、処理水量 1,500 m<sup>3</sup>/日、5,400 m<sup>3</sup>/日、8,100 m<sup>3</sup>/日ごとの各費用を算出して推定式を試算した。

本技術と従来技術の処理能力ごとの概算建設費と推定式を図 資 1-3-40 及び表 資 1-3-36、概算建設費（年価）と推定式を図 資 1-3-41 及び表 資 1-3-37、概算維持管理費と推定式を図 資 1-3-42 及び表 資 1-3-38、概算建設費（年価）＋概算維持管理費と推定式を図 資 1-3-43 及び表 資 1-3-39 に示す。処理能力が 10,000 m<sup>3</sup>/日以下の場合では建設費は本技術の方が従来技術よりも安く、処理能力が 8,000 m<sup>3</sup>/日以下の場合では、概算維持管理費、概算建設費（年価）＋概算維持管理費は同程度の試算結果となった。

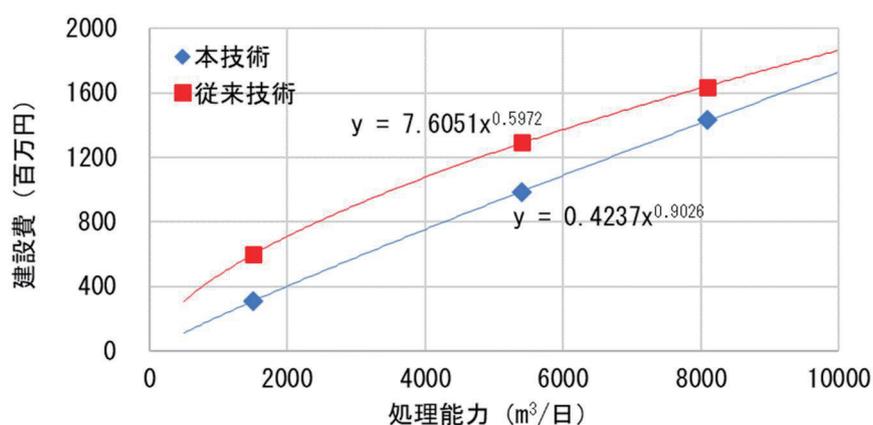


図 資 1-3-40 処理能力ごとの概算建設費

表 資 1-3-36 処理能力ごとの概算建設費推定式

項目	推定式
本技術	$0.4237Q_R^{0.9026}$
従来技術	$7.6051Q_R^{0.5972}$

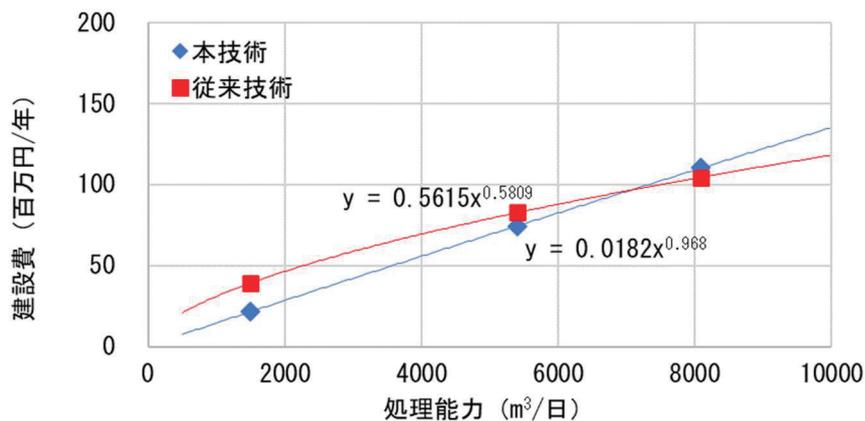


図 資 1-3-41 処理能力ごとの概算建設費（年価）

表 資 1-3-37 処理能力ごとの概算建設費（年価）推定式

項目	推定式
本技術	$0.0182Q_R^{0.968}$
従来技術	$0.5615Q_R^{0.5809}$

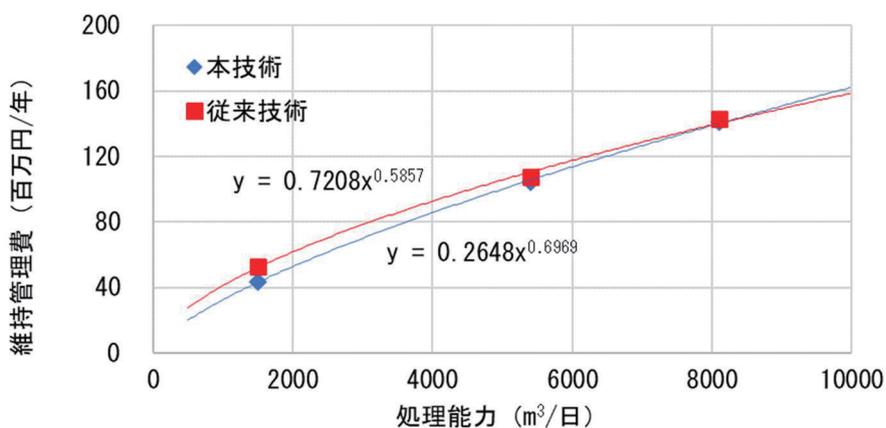


図 資 1-3-42 処理能力ごとの概算維持管理費

表 資 1-3-38 処理能力ごとの概算維持管推定式

項目	推定式
本技術	$0.2648Q_R^{0.6969}$
従来技術	$0.7208Q_R^{0.5857}$

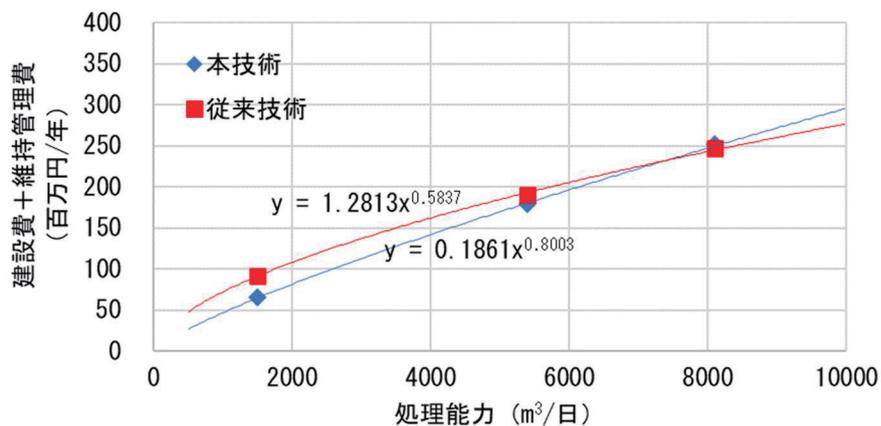


図 資 1-3-43 処理能力ごとの概算建設費（年価）＋概算維持管理費

表 資 1-3-39 処理能力ごとの概算建設費（年価）＋概算維持管理費推定式

項目	推定式
本技術	$1.2813Q_R^{0.5837}$
従来技術	$0.1861Q_R^{0.8003}$