

## 第8章 本技術の応用導入検討

### 第1節 本技術の応用導入検討に関する基本事項

#### § 61 本章に係わるガイドラインの基本方針

本章で示すガイドラインは、本技術を下記の目的で応用導入検討する際に必要となる事項について整理・記載したものであり、本章の記載以外の事項については、災害時の応急復旧施設に関連して記載した事項に準拠するものとする。

- (1) 将来人口減少が想定される地域への適用
- (2) 小規模処理施設の改築・更新時への適用

#### 【解説】

本章におけるガイドラインは、第2章技術の目的で示したように設置、撤去の容易性、処理能力の高さを活かし、将来の人口減少に伴う流入水量の減少が予測される施設において一時的な処理水量増加に対応可能な下水処理を実現する技術としても活用可能であることから、下記の(1)、(2)における本技術の応用導入が可能であり、本技術の応用導入について検討する際に求められる事項について、整理・記載したものである。

#### (1) 将来人口減少が想定される地域への適用

流域別下水道整備総合計画や都道府県構想において将来人口の減少を考慮することが想定され、下水道施設の施設整備方針を考えるにあたり、水量予測に基づく効率的な整備が求められている。このため、以下の場合において本技術の適用が可能である。

- ① 人口減少に伴う流入水量の減少に応じ、処理場内の系列を段階的に統合する場合。
- ② 計画水量が一時的に増加するものの将来的に人口の減少が想定され、ダウンサイジング可能な下水処理施設計画が必要である場合。

#### (2) 小規模処理施設の改築・更新時への適用

将来の施設の能力の検討をするにあたっては、設備更新時の下水処理能力の維持についても考慮する必要があり、更新時のダウンサイジング化や(1)における一時的な流量増加時におけるの仮施設としても本技術の適用が可能である。

ただし、本章で示すガイドラインは、前章までに示した災害復旧時に応急復旧施設として導入されるユニット型水処理システムの持つ技術的特性を生かしたものであり、導入に際して本技術の持つ基本的事項は災害時における活用方法と大きく変わるものでない。そのため、本章で示すガイドラインは、本技術の応用導入に必要な事項について整理し、本章で示された以外の事項については、前章までに示された災害時の応急復旧施設に関連して記載された事項に準拠するものとする。

なお、システム全体における各水槽は、規模や使用環境によって材質を可搬可能な鋼板製、PEタンクもしくは流用可能な既存品を使用することもできる。

また、更新時のダウンサイジング化に応用導入を検討する際、使用年数が15年以上と想定される場合は、経済性を考慮して改築、もしくは新設のプレキャストコンクリートやRC造とする検討も可能である。

## § 62 技術の適用条件

本技術の応用導入検討時の技術の適用条件は「§ 12 技術の適用条件」で示した以下の事項に準拠する。

- (1) 対象施設：下水処理場
- (2) 流入水質：一般的な都市下水（BOD 280 mg/L 程度以下、SS 320 mg/L 程度以下）
- (3) 流入水温：15℃以上
- (4) 前処理設備：スクリーン設備、又は破碎型ポンプを設置
- (5) 放流目標水質：BOD 15 mg/L 以下、大腸菌群数 3,000 個/cm<sup>3</sup> 以下  
(窒素・リンは除去の対象外)

### 【解説】

「§ 12 技術の適用条件」参照。

なお前述の更新時のダウンサイジング化として応用導入を検討する際、使用年数が15年以上と想定され、かつ、経済的にも有利だと判断される場合は、改築、もしくは新設のプレキャストコンクリートやRC造とする適用も可能である。

また、要素技術のみを活用し、躯体をRC造等とする場合の検討については、資料編3.8 導入効果の検討例を参考にされたい。

### § 63 技術の推奨条件

本技術の応用導入検討に際しての推奨条件は次のとおりである。

- (1) 日最大汚水量は10,000 m<sup>3</sup>/日以下の施設
- (2) 処理施設統廃合等により一時的に処理能力不足が見込まれる施設
- (3) 供用開始から15年以内に処理規模の縮小が見込まれる施設

#### 【解 説】

- (1) 日最大汚水量は10,000 m<sup>3</sup>/日以下の施設

「§ 13 技術の推奨条件」参照。

- (2) 処理施設統廃合等により一時的に処理能力不足が見込まれる施設

本技術の応用導入検討は、本章の「第2節 人口減少時地域での応用導入検討・§ 64 導入シナリオ」及び「第3節 小規模処理施設の改築・更新時での応用導入検討・§ 69 導入シナリオ」の項で示すように、施設の統廃合時や施設更新時に生じる一時的な処理施設の能力不足を暫定的あるいは仮設的に補う処理施設として導入することを推奨する。

- (3) 供用開始から15年以内に処理規模の縮小が見込まれる施設

前項で述べたように、本技術の応用導入検討では、導入対象となる既存処理施設の能力不足を暫定的あるいは仮設的に補う処理施設として導入される。暫定あるいは仮設として導入するにあたって、大きな課題となるのは導入期間である。

小規模処理施設の改築・更新時での応用導入として検討される場合、その導入期間は改築・更新に要する期間であり、比較的短期間で終了するものと想定され、導入期間が大きな課題となることはないものと判断される。一方、人口減少地域での応用導入が検討される場合、前提となる人口減少の進捗度合い等によっては、その導入期間は一定程度長期間に及ぶことも想定される。

## 第2節 人口減少予想地域での応用導入検討

### §64 導入シナリオ

人口減少予想地域での応用導入検討時に求められる導入シナリオには、次のような暫定施設としてのシナリオが想定される。

- (1) 増設計画を持つ処理施設への導入シナリオ
- (2) 施設の統廃合が求められる処理施設への導入シナリオ

#### 【解説】

人口減少予想地域の現実の課題として浮上し、流入水量の伸びの鈍化、さらには流入水量の減少が予測される処理施設が顕在化している。こうした処理施設の将来構想としては、必然的に施設のダウンサイジングが求められるため、次のようなシナリオが想定される。

#### (1) 増設計画を持つ処理施設への導入シナリオ

本導入シナリオは、以下の場合において、本技術を一時的な能力不足対応のため暫定処理施設として導入することを検討する。

- ① 現状の処理能力では、近い将来の一時期能力不足をきたす可能性がある。
- ② ただし、将来的には人口減少等により、現状の処理能力以内に流入下水量が収まると予測される。
- ③ 既計画に基づき系列を増設した場合、将来的には処理能力が過大となる。

#### (2) 施設の統廃合が求められる処理施設への導入シナリオ

本導入シナリオは、以下の場合において、本技術をB処理施設の一時的な能力不足対応のための暫定的施設として導入することを検討する。

- ① A処理施設は老朽化が著しく、施設全体の更新が早急に必要とされる。
- ② 一方、近接のB処理施設は比較的設置年度が新しく、人口減少により施設能力に余裕が生じている。
- ③ よって、A処理施設のB処理施設への統合を早急に図りたい。
- ④ ただし人口減少により、将来的にはB処理施設の現有処理能力で統合後も十分処理能力は確保されるが、A処理施設の老朽化対策として早急に統合した場合には、B処理施設は一時的に処理能力不足となる。

### § 65 導入シナリオの検討

応用導入の検討には各種の導入シナリオが想定されるため、当該地区で求められる適切な導入シナリオを検討する。

#### 【解説】

前項「§ 64 導入シナリオ」の【解説】項で、導入シナリオの代表的な事例を示したが、「(2) 施設の統廃合が求められる処理施設への導入シナリオ」では、一処理施設内に複数系列がある個別処理施設を対象に、次のような状況下における導入シナリオも想定される。

- ① 当初に築造された一処理系列の更新時期が迫っている。
- ② ただし、人口減少に伴い近い将来（上記更新必要時期より15年以内程度）には、他の処理系列で十分処理能力が確保される。

こうした状況下にあっては、更新が必要な処理系列を廃止し、本技術を廃止に伴う一時的な能力不足対応のための暫定的施設として導入することを検討する。

このように、人口減少時での応用導入検討には、当該地区の置かれた状況により、いくつかの導入シナリオが考えられ、当該地区で求められる適切な導入シナリオを検討する。また、複数の導入シナリオが併存する場合には、導入の優先順位についても検討しなければならない。

## § 66 基礎調査

応用導入の検討シナリオに基づき基礎調査を行うものとするが、基礎調査で最も重要な調査項目は、次の2項目である。

- (1) 将来流入水量の推定
- (2) 既存処理施設の状況把握

### 【解 説】

#### (1) 将来流入水量の推定

本技術をダウンサイジング施策としての応用導入の検討にあたっての最大の課題は、将来流入水量の的確な推定となる。すなわち、適用する施設の増設対策あるいは統廃合対策のいずれの場合も、将来流入水量が漸減することが必須の前提条件となる。

この流入水量の漸減の傾向は、導入される本処理システムの施設規模や、暫定処理施設として導入される本処理システムの暫定期間を定める重要な要件となる。よって、よりの確な将来流入水量の推定が求められる。

#### (2) 既存処理施設の状況把握

既存処理施設の現状処理能力および将来にわたる耐用年数等の状況把握が重要な課題となる。すなわち、少なくとも既存処理施設の耐用年数（処理能力の維持）は、暫定処理期間を十分に超えることが求められる。既存処理施設の耐用年数が十分でない場合には、既存処理施設の耐用年数を延伸する対策を立案・実施することも検討する。

**§ 67 導入計画**

応用導入の検討シナリオ、及び基礎調査で把握された状況に基づき、導入計画を立案する。導入計画で最も重要な検討項目は、次の2項目である。

- (1) 導入する施設規模
- (2) 運用期間

**【解 説】**

## (1) 導入する施設規模

推定された将来流入水量と既存施設の処理能力より、導入予定の本施設の施設規模を検討する。施設規模の検討にあたって、まず求められることは設置する系列数である。本施設をパネルタンクの構造で検討する場合は、「§ 42 標準タイプの設定」で示したように、その1系列の最大施設規模は1,350 m<sup>3</sup>/日である。

1系列でこの規模を超える施設の導入は可能ではある。ただし、パネルタンクの強度を確保するための構造補強材等の設置、あるいは特殊繊維担体の設置方法等の検討を別途行わなければならないことを留意事項として付記する。

## (2) 運用期間

「§ 66 基礎調査・(1) 将来流入水量の推定」で述べたように、流入水量は漸減し、本施設は暫定処理施設として運用される。よって導入計画にあたっては、この運用期間をあらかじめ把握し、耐用年数等を考慮しなければならない。

また、全体としての運用期間の把握とともに、前項で述べた複数系列を導入する事例にあっては、系列ごとの運用期間も把握しなければならない。すなわち、暫定施設としての適用時の前提条件には流入水量の漸減があり、流入水量の減少に伴い、設置された複数系列も順次廃止することが可能となる。

**§ 68 施設計画・設計**

本処理システムの計画・設計は「第4章 計画・設計」に準拠して行うものとする。

**【解 説】**

応用導入検討時においても、本処理システムの構造・能力・運転等は災害復旧時同様に検討可能である。そのため、応用導入検討時にあっても、施設計画・設計は災害復旧時の適用として「第4章 計画・設計」で示した基本的な方針及び各種設計諸元に準拠して行うものとする。

### 第3節 小規模処理施設の改築・更新時での応用導入検討

#### § 69 導入シナリオ

小規模処理施設の改築・更新時での応用導入検討時に求められる導入シナリオには、次のような仮施設としての導入シナリオが想定される。

- (1) 1 処理系列全体の改築・更新への導入シナリオ
- (2) 部分的な処理施設の改築・更新への導入シナリオ

#### 【解説】

- (1) 1 処理系列全体の改築・更新への導入シナリオ

小規模処理施設の改築・更新の手法には、幾つかの手法が想定される。本導入シナリオは、系列全体の老朽化が進み、系列単位で一括して改築・更新することにより、より円滑かつ効率的に事業が進められる場合に適用される導入シナリオである。すなわち、対象とする系列の休止により生じる、処理場全体としての処理能力不足を補う仮施設として本処理施設を導入するシナリオである。

- (2) 部分的な処理施設の改築・更新への導入シナリオ

本処理システムは、一つの完結した処理システムとして提案されている。しかしながら、処理システムを構成する個別システム（生物反応槽・沈殿槽・消毒槽等）は、それぞれ、単体としての設置・運用も可能である。本処理システムが有するこの特性を生かすことにより、部分的な施設で改築・更新が求められる場合には、その施設に対応する施設を個別に仮施設として導入するシナリオである。

## § 70 導入シナリオの検討

改築・更新が求められる既存施設の状況により、適切な導入シナリオを検討する。

### 【解説】

前項「§ 64 導入シナリオ」で示したように、小規模処理施設の改築・更新時での応用導入検討時に求められる導入シナリオには、2種の導入シナリオが想定される。これらの導入シナリオの検討は、対象となる既存施設の改築・更新の必要性に左右される。すなわち、老朽化が全面的に進捗し、系列単位に改築・更新が求められる場合には「(1) 1 処理系列全体の改築・更新への導入シナリオ」を、老朽化の進捗が部分的に大きな差異があり、当面は部分的な改築・更新で対応可能な場合には、「(2) 部分的な処理施設の改築・更新への導入シナリオ」を検討する。

## § 71 基礎調査

採用された導入シナリオに基づき基礎調査を行うものとするが、基礎調査で最も重要な調査項目は、次の2項目である。

- (1) 処理対象水量の推定
- (2) 既存処理系列の処理能力把握

### 【解 説】

#### (1) 処理対象水量の推定

小規模処理施設の改築・更新時での応用導入検討は、改築・更新対象の処理施設の一時的休止による処理能力不足を補完する仮設的施設として本処理システムを導入するものである。よって、導入される本技術の処理対象水量は、原則として一時的休止施設の現有処理水量を対象とする。

ただし、次項で示す既存処理施設の処理能力の把握に関する事項について、留意しなければならない。

#### (2) 既存処理系列の処理能力把握

改築・更新対象外の既存処理系列の処理能力を把握する。その際、求められるのは現状の処理水量ではなく、あくまで処理能力として把握することである。すなわち、小規模処理施設に限らず、現状の処理水量が現有処理能力を大幅に下回っている状況が少なからずみられる。このような場合、改築・更新対象外の処理応力を活用することにより、導入される仮設施設の処理規模を低減させることが可能となる。

## § 72 導入計画

採用された導入シナリオ、及び基礎調査で把握された状況に基づき、導入計画を立案する。導入計画で最も重要な検討項目は、導入する施設規模である。

### 【解説】

推定された将来流入水量と既存施設の処理能力より、導入予定の本施設の施設規模を検討する。施設規模の検討にあたって、まず求められることは設置する系列数である。系列数の検討にあたっては、「§ 67 導入計画・(1) 導入する施設規模」で言及した各事項に準拠するものとする。

なお、「§ 71 基礎調査」の「(2) 既存処理系列の処理能力把握」の項で述べた、既存処理系列の処理能力を全面的に生かすために、必要な対策（系列への分水方法の改良等）についても導入計画検討の対象とする。

### § 73 施設計画・設計

本処理システムの計画・設計は「第4章 計画・設計」に準拠して行うものとする。

#### 【解説】

小規模処理施設の改築・更新時での応用導入を検討する際も、本処理システムの構造・能力・運転等は災害復旧時に適用されるシステムと変わることはない。そのため、応用導入時であっても、施設計画・設計は災害復旧時の適用として「第4章 計画・設計」で示した基本的な方針及び各種設計諸元に準拠して行うものとする。

## 第4節 導入効果の検討例

## §74 導入効果の検討例

処理能力1,500 m<sup>3</sup>/日の場合について、本技術と従来技術であるOD法のライフサイクルコスト（以下、「LCC」）を比較した場合の導入効果の試算例と、処理能力ごとの概算建設費、概算維持管理費、概算建設費+概算維持管理費の試算例を紹介する。

## 【解説】

処理能力1,500 m<sup>3</sup>/日を有する小規模処理場に本技術を導入する場合の検討事例について紹介する。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、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。

(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8-1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。なお、国土交通省の耐用年数基準を基に、パネルタンクは15年、特殊繊維担体と散気管は10年で計算した（LCCの計算上、散気管交換に併せて特殊繊維担体も交換を実施）。

表 8-1 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8-2、表8-3、及び図8-1に示す。

表8-2 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8-3 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

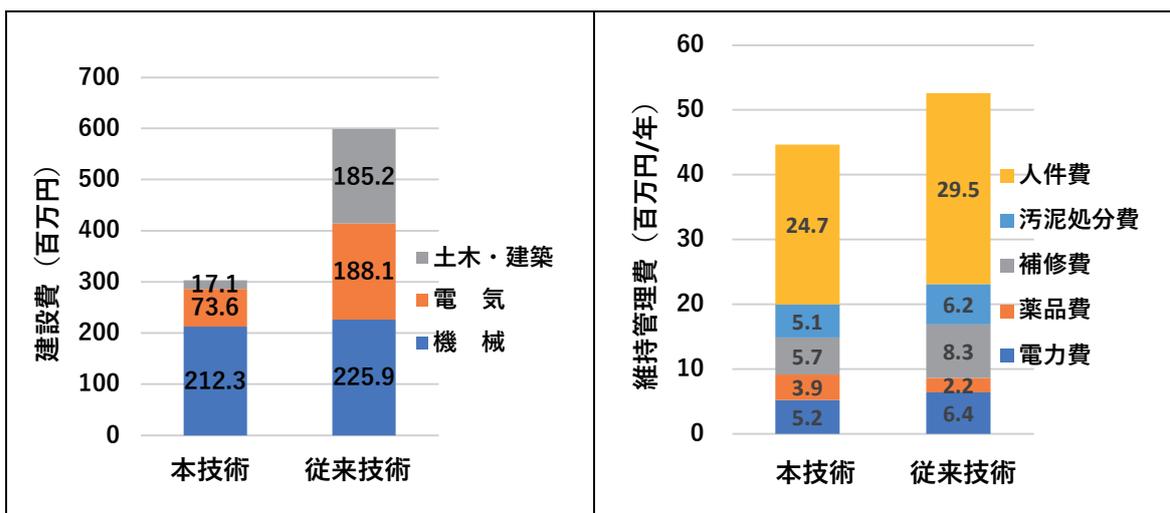


図8-1 建設費及び維持管理費に係わる試算結果

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8-4及び図8-2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8-4 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
合計	68.7	100.3	31.5

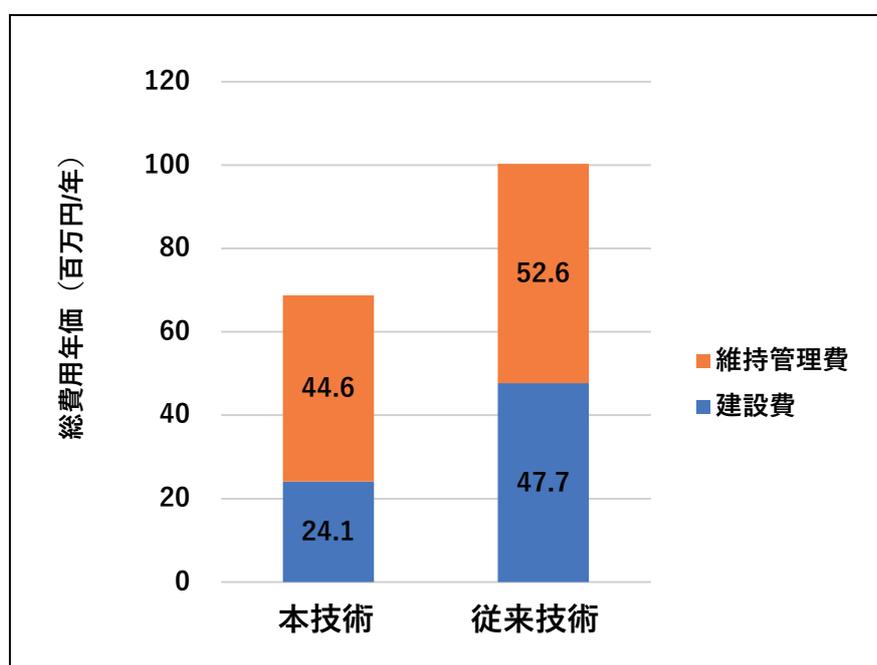


図8-2 LCC総括

(3) 費用推定式の試算結果

費用推定式は、表8-1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8-3及び表8-5、概算建設費（年価）と推定式を図8-4及び表8-6、概算維持管理費と推定式を図8-5及び表8-7、概算建設費（年価）＋概算維持管理費と推定式を図8-6及び表8-8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。

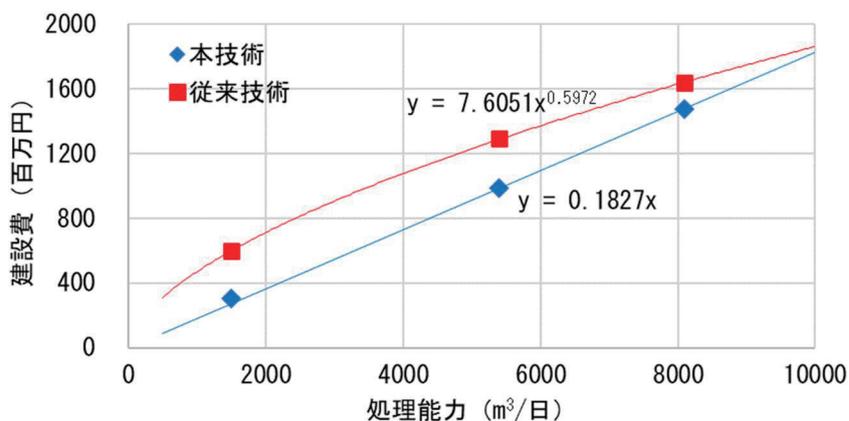


図8-3 処理能力ごとの概算建設費

表8-5 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	$7.6051Q_R^{0.5972}$

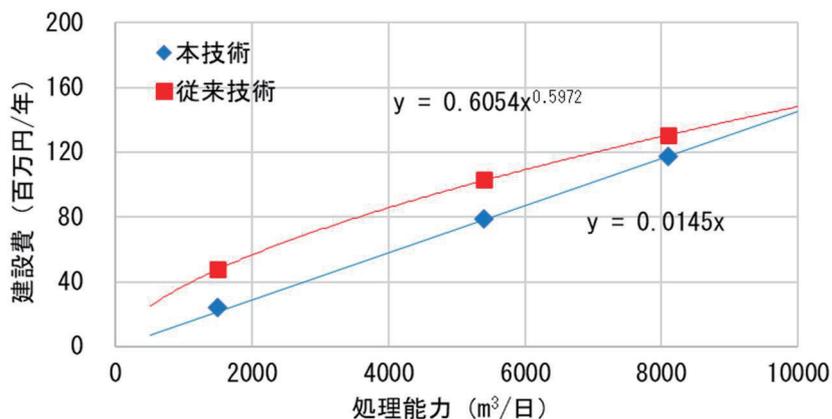


図8-4 処理能力ごとの概算建設費（年価）

表8-6 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	$0.6054Q_R^{0.5972}$

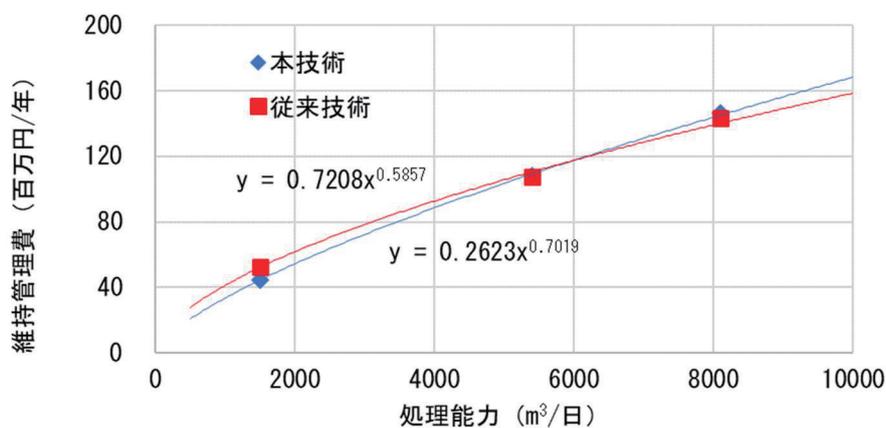


図8-5 処理能力ごとの概算維持管理費

表8-7 処理能力ごとの概算維持管理費費推定式

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

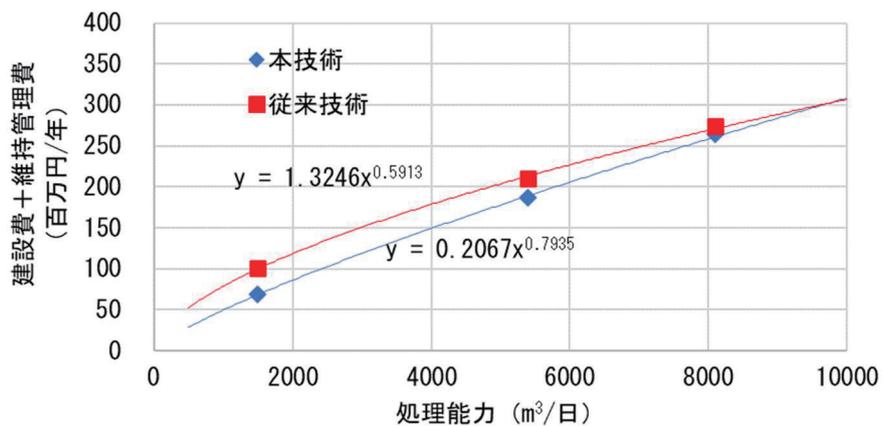


図8-6 処理能力ごとの概算建設費（年価）＋概算維持管理費

表8-8 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	$1.3246Q_R^{0.5913}$

## 第5節 本技術の使用後の移設・転用による活用

## § 75 移設・転用による活用

本技術の特性の一つに、移設・転用の容易性が挙げられる。この特性を生かし、本技術の移設・転用による活用が可能となる。

## 【解説】

本技術の応用導入検討として本章では、将来の人口減少に伴う流入水量の減少時が想定される地域への導入として、

- ① 人口減少地域に応用導入検討可能な技術として移設・転用による適用
- ② 小規模処理施設の改築・更新時に応用導入検討可能な技術として移設・転用による適用

の2種の応用導入検討について言及した。一方「§ 17 移設・転用による応急復旧」では、本技術の持つ特性を生かした応急復旧時における移設・転用について言及した。本技術の持つ移転・転用の容易性は、応用導入検討時においても活かされる。

そのため、本技術の導入される地方自治体に複数の小規模処理施設が併存する場合、A小規模処理施設の改築・更新時に導入され、改築・更新事業が終了した後に、B小規模処理施設の改築・更新事業に移設・転用を図るといった導入シナリオが想定される。また、更新事業に導入された本処理施設を、人口減少時の対策として導入することも可能である。さらに、いったん役割を終えた本処理施設の機器・機材を、災害に備え備蓄することも可能となる。よって、本施設の導入にあたっては、こうした移転・転用による応用導入の可能性についても十分考慮する必要がある。

なお、移設・転用、あるいは備蓄を図る際には、「§ 60 機器・機材の整備・保管の留意事項」各種留意事項について考慮する。

## 第6節 本技術の普及展開に向けた検討

### § 76 本技術の普及展開に向けた検討

短期、中期、及び長期の段階的な施設の導入方法を検討し、本技術の普及展開を推進する。

#### 【解 説】

本技術の普及展開を推進するため、以下の導入方法を検討する。

短期的には、民間のメーカー在庫を活用することで災害時に本技術の導入を検討するが、小規模の下水処理しか対応できない課題がある。

このため、中期的には、都道府県等が下水道広域的災害対応支援事業を活用することで、下水処理機能の確保に必要な施設整備・設備の配備を予め行い、被災した地方公共団体を支援する体制を構築していくことが必要である。また、災害時以外でも、下水処理施設の改築・更新時等に本技術を有効活用することで、本技術の普及展開を推進させる。加えてリースやレンタルでの本技術の導入方法等も検討を進めていく必要がある。

更に長期的には、中期的な導入によって日本全国に配備された施設を、被災した地方公共団体へ円滑に導入できる体制を構築していくことが重要となる。

## 参考文献

- 1) 公益財団法人・日本下水道協会
  - ・下水道施設計画・設計指針と解説 ―2019年版―
  - ・令和元年（2019年）9月26日
- 2) 公益社団法人 日本下水道協会
  - ・「下水道用語集 2000年版」
  - ・2000年
- 3) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部
  - ・新下水道ビジョン加速戦略
  - ・平成29年（2017年）8月10日
- 4) 国土技術政策総合研究所
  - ・災害時における下水の排除・処理に関する考え方（案）
  - ・平成24年9月、p15
- 5) 国土交通省・国土技術政策総合研究所
  - ・国土技術政策総合研究所資料
  - B-DASH プロジェクト No. 22
  - 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）
  - ・平成31年（2019年）2月
- 6) 公益財団法人・日本下水道協会
  - ・事業場排水指導指針と解説 ―2016年版―
  - ・平成29年（2017年）3月1日
- 7) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部
  - ・下水道施設の復旧にあたっての技術的緊急提言
  - ・平成23年（2011年）4月15日

# 資料編



## 資料編

資料1 実証研究結果	資-1
1. 実証研究の概要	資-1
2. 実証研究方法	資-5
3. 実証研究	資-9
資料2 ケーススタディ	資-59
1. 目的	資-59
2. 災害復旧時の応急復旧施設としてのケーススタディ	資-59
3. 人口減少時の暫定施設としてのケーススタディ	資-62
資料3 問い合わせ先	資-65



## 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。

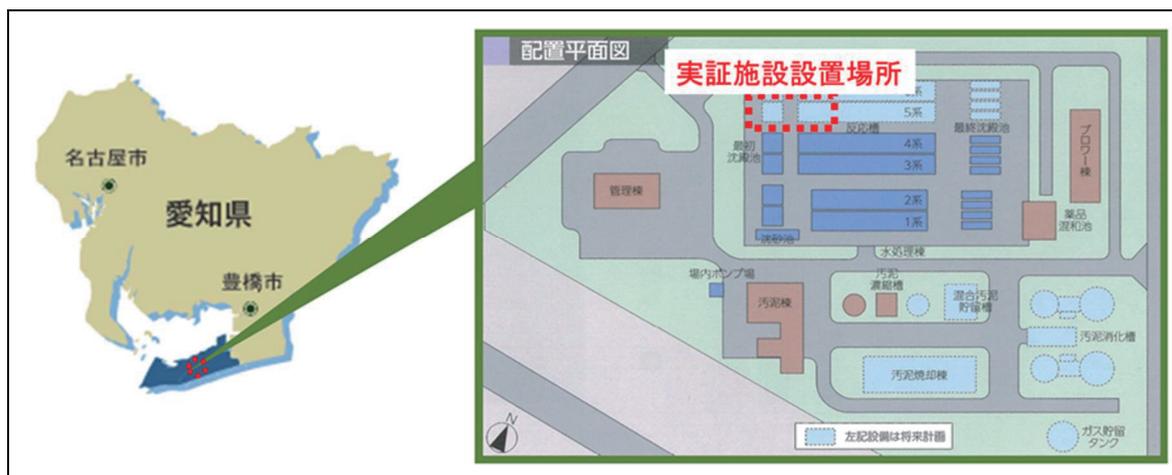


図 資 1-1-1 実証フィールドの概要

### 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。

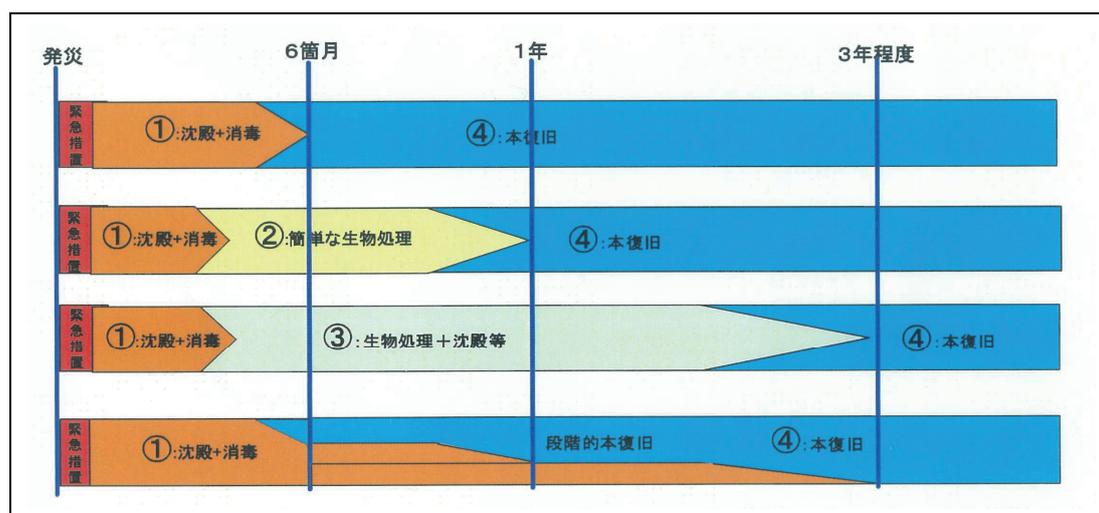


図 資 1-1-2 段階的応急復旧の概念

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から、検証目標を実現したと判断する。
	② 従来負荷 <sup>※)</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観点等より、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。

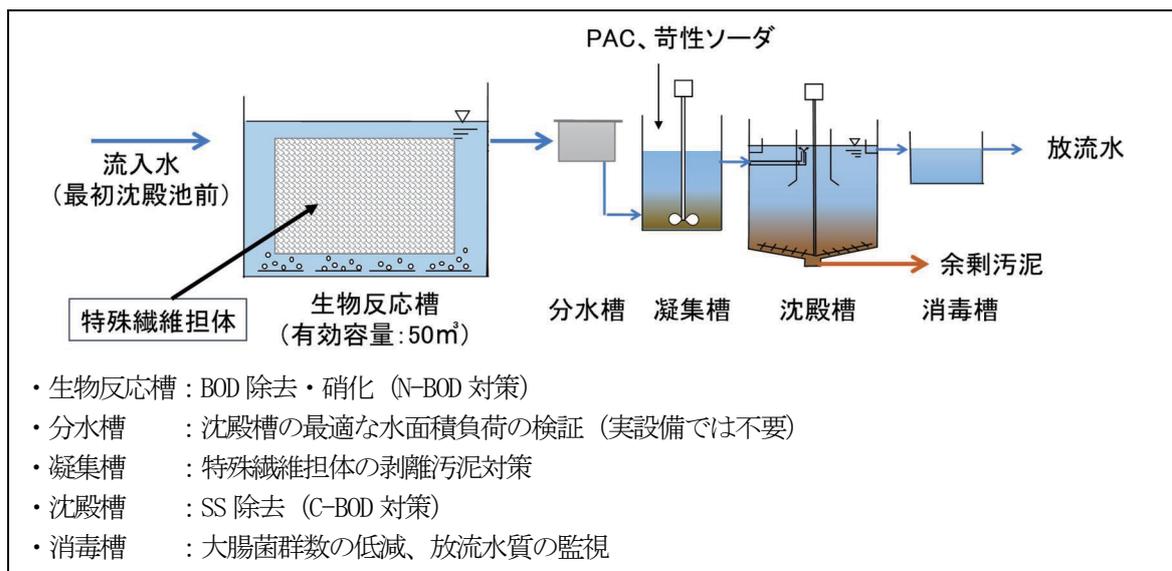


図 資 1-2-1 本処理施設の概要

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 : デイフューザー</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>

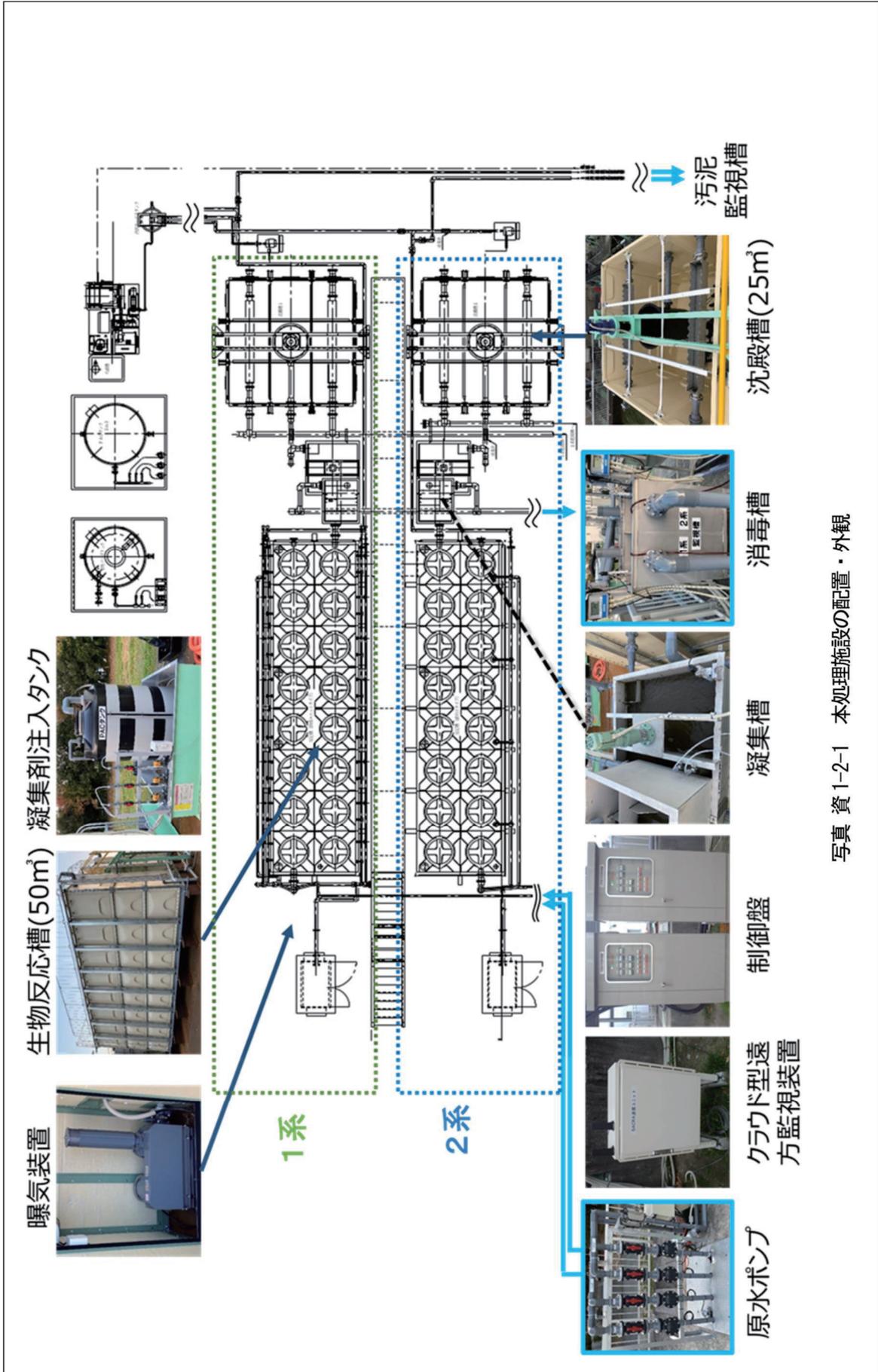


写真 資 1-2-1 本処理施設の配置・外観

### 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

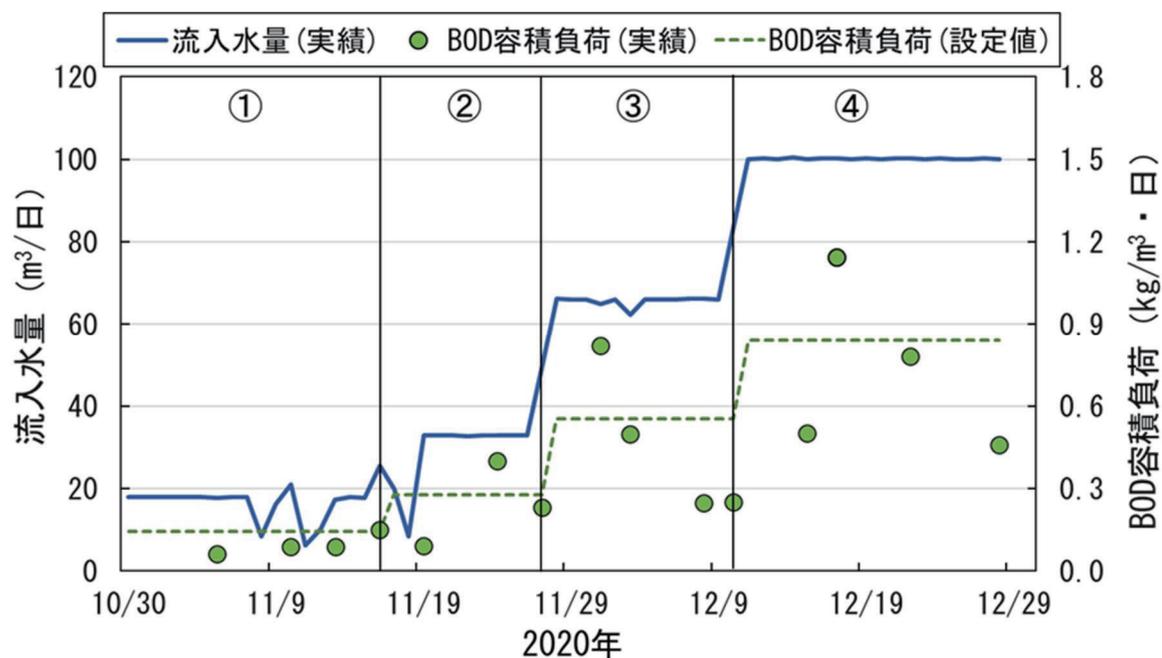


図 資 1-3-2 1系（種汚泥なし）の流入水量及びBOD容積負荷の経時変化

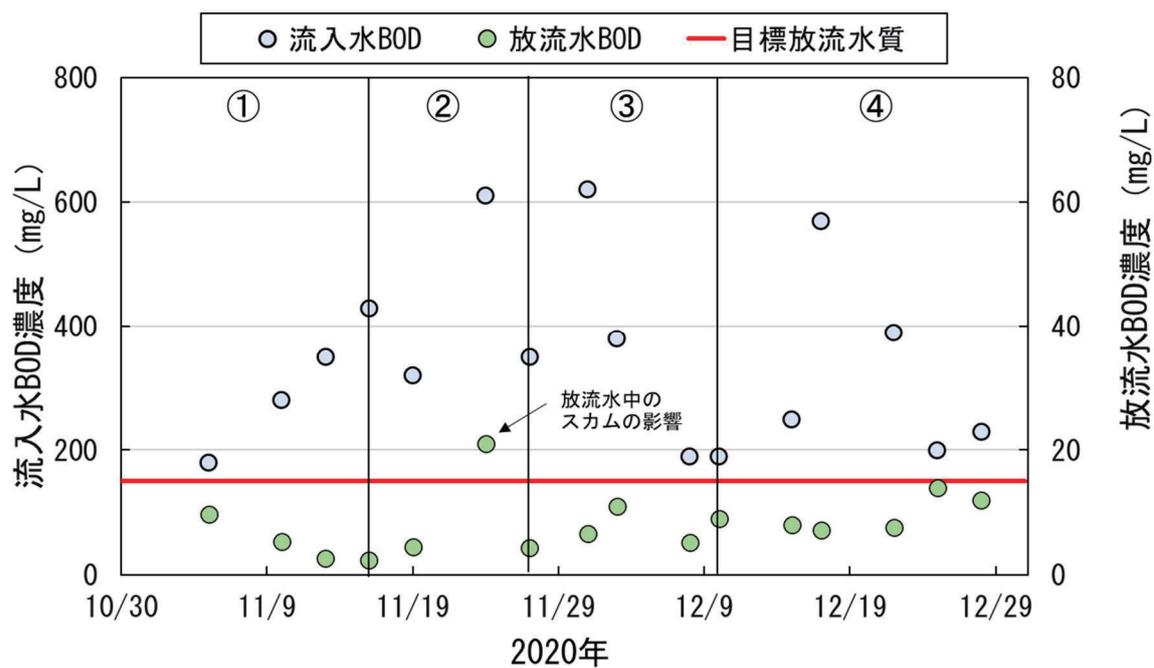


図 資 1-3-3 1系（種汚泥なし）流入水及び放流水 BOD 濃度の経時変化

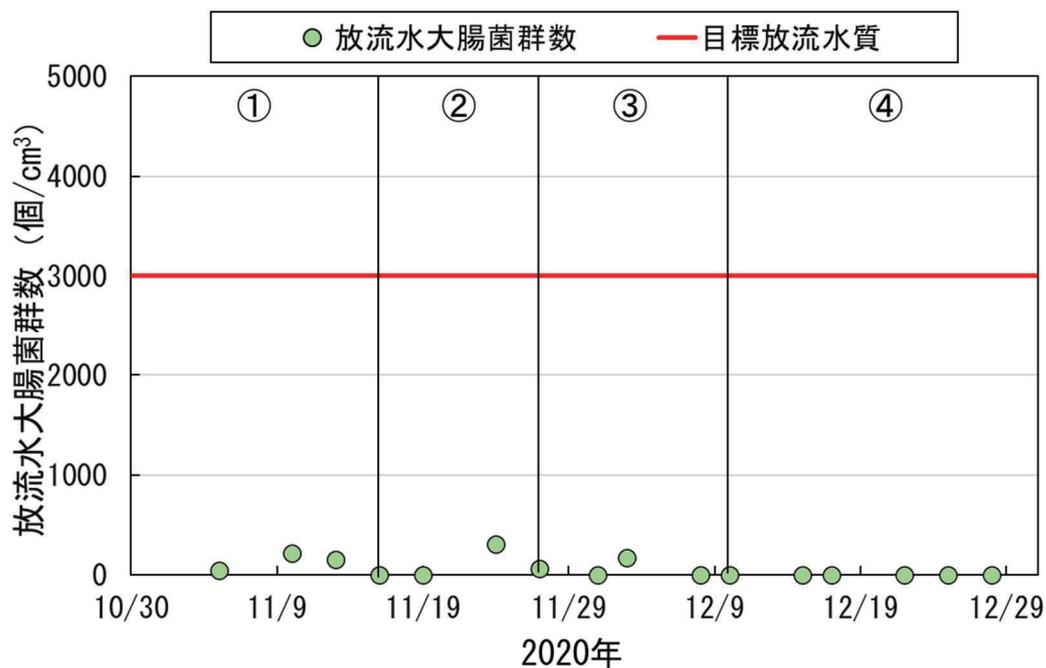


図 資 1-3-4 1系（種汚泥なし）放流水大腸菌群数の経時変化

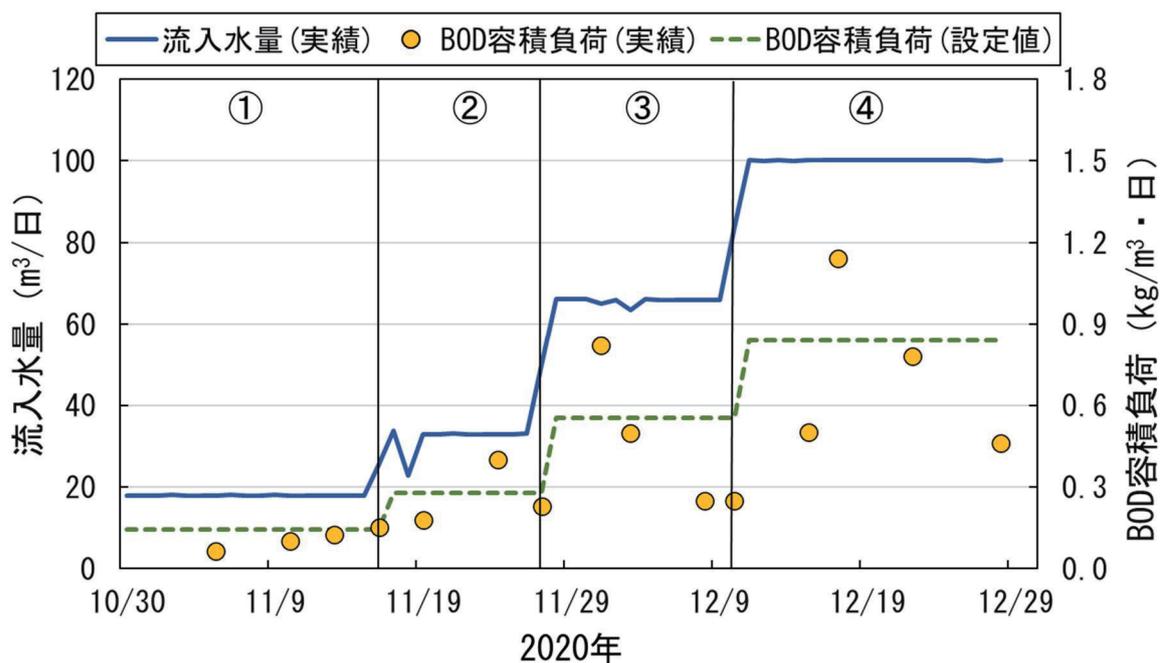


図 資1-3-5 2系（種汚泥あり）の流入水量・BOD容積負荷の経時変化

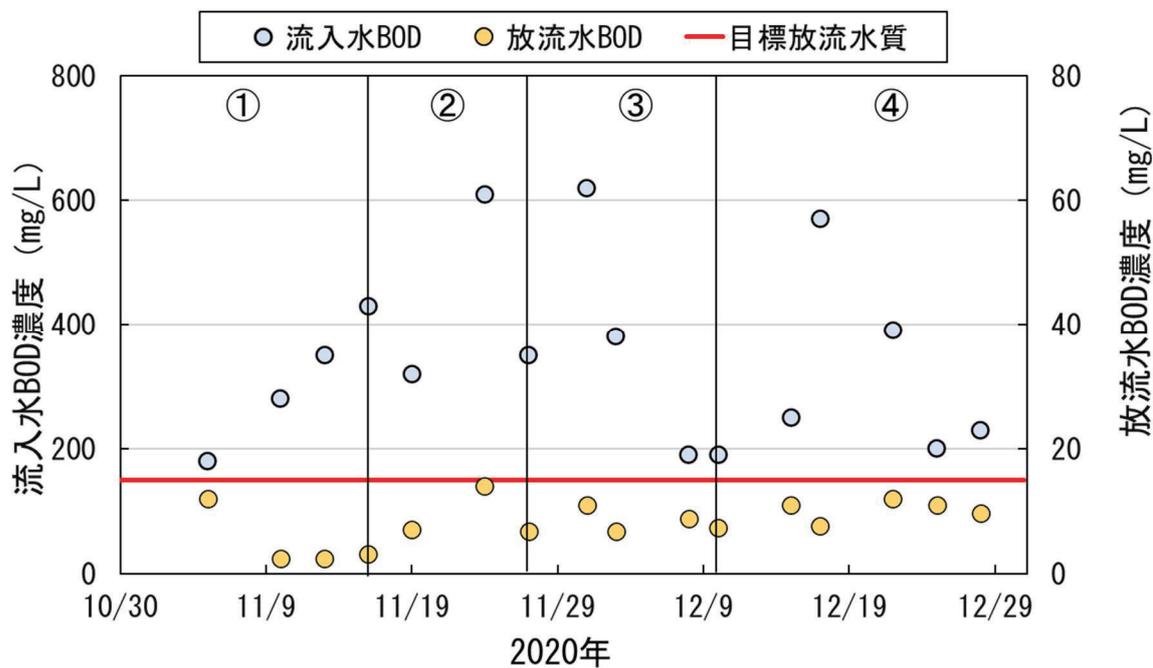


図 資1-3-6 2系（種汚泥あり）流入水及び放流水 BOD 濃度の経時変化

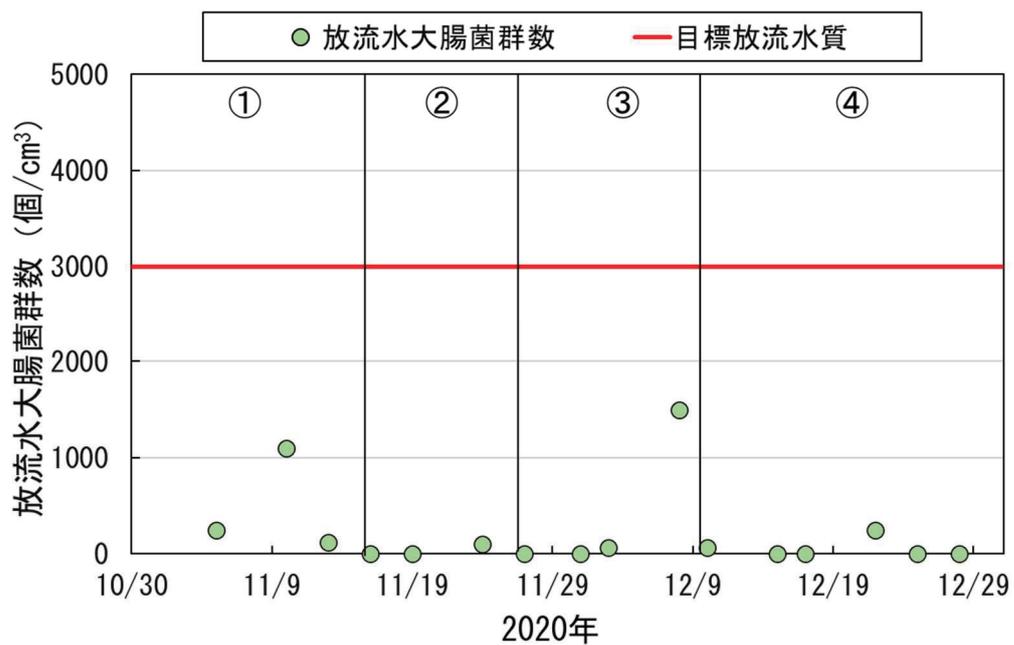


図 資 1-3-7 2系 (種汚泥あり) 放流水大腸菌群数の経時変化

### 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。

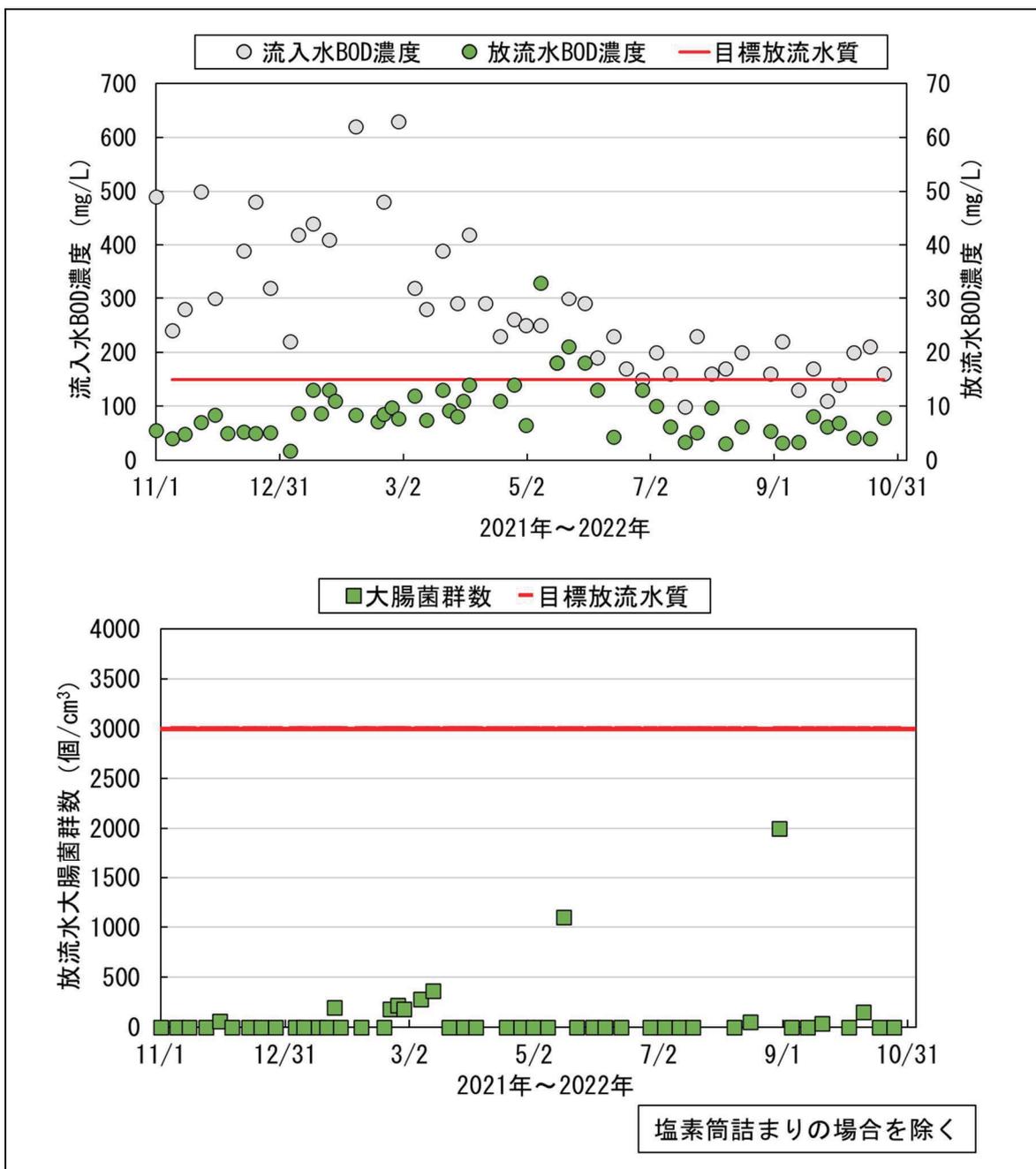


図 資 1-3-8 実証負荷・BOD 容積負荷  $0.6 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{日}$  に係わる実証実験結果

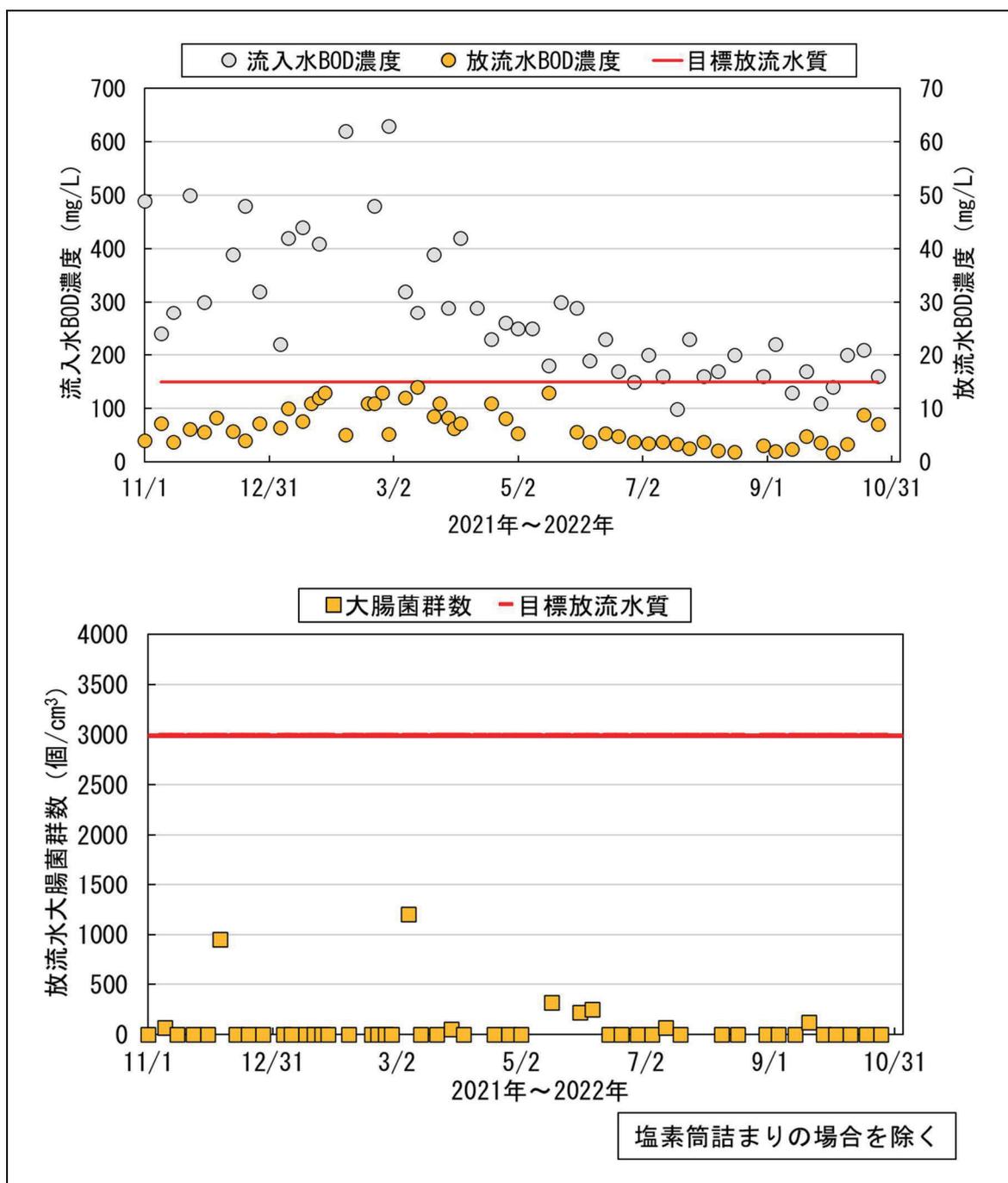


図 資 1-3-9 従来負荷・BOD 容積負荷  $0.3 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{日}$  に係わる実証実験結果

### 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。

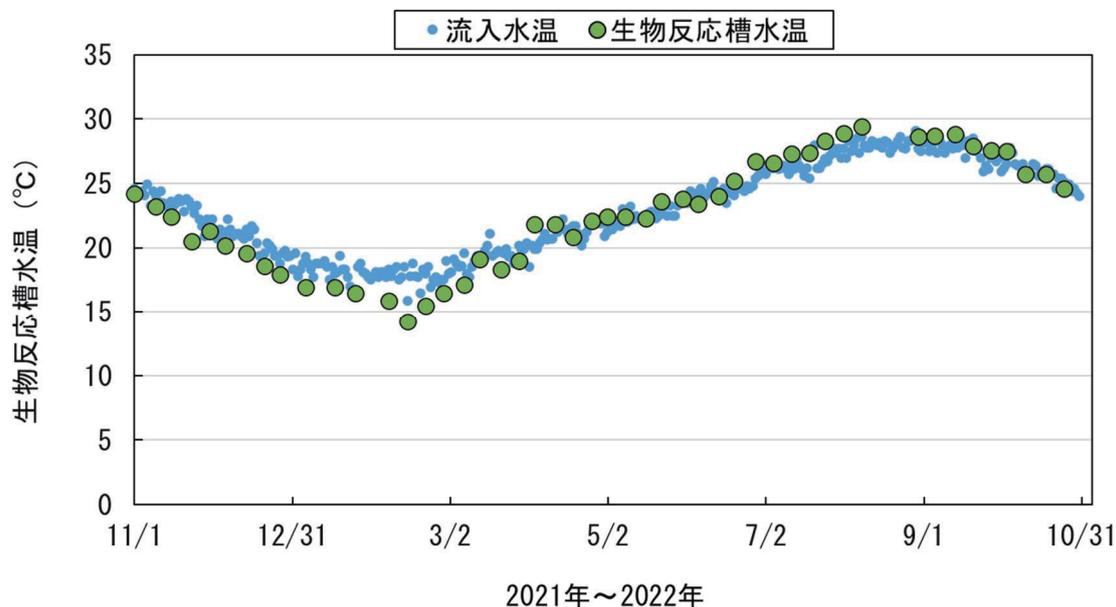


図 資 1-3-10 流入水温及び生物反応槽水温の経時変化

(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。

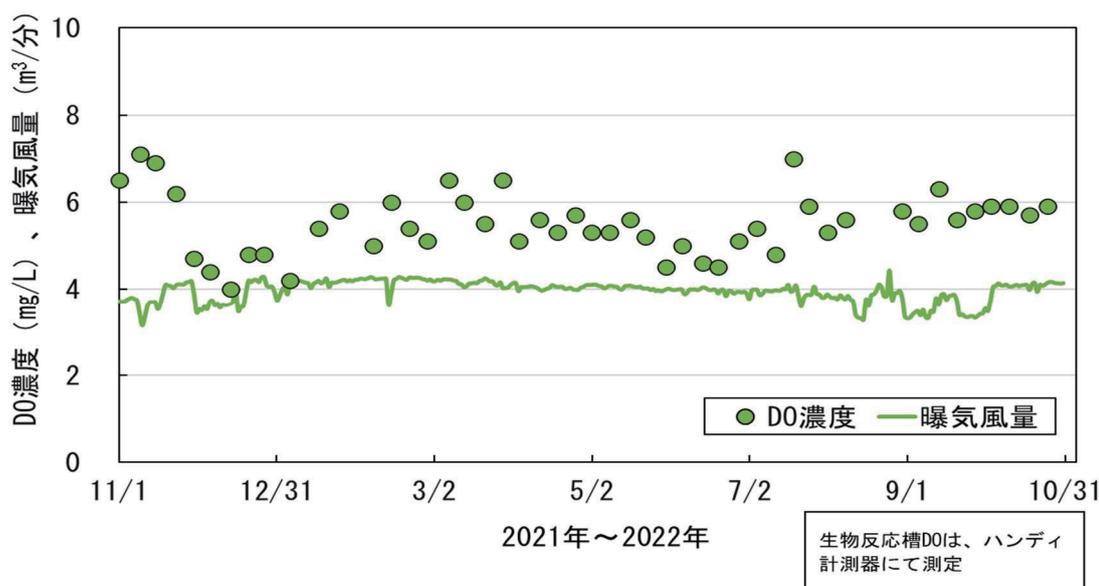


図 資 1-3-11 生物反応槽の DO 濃度、曝気風量の経時変化

## (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。

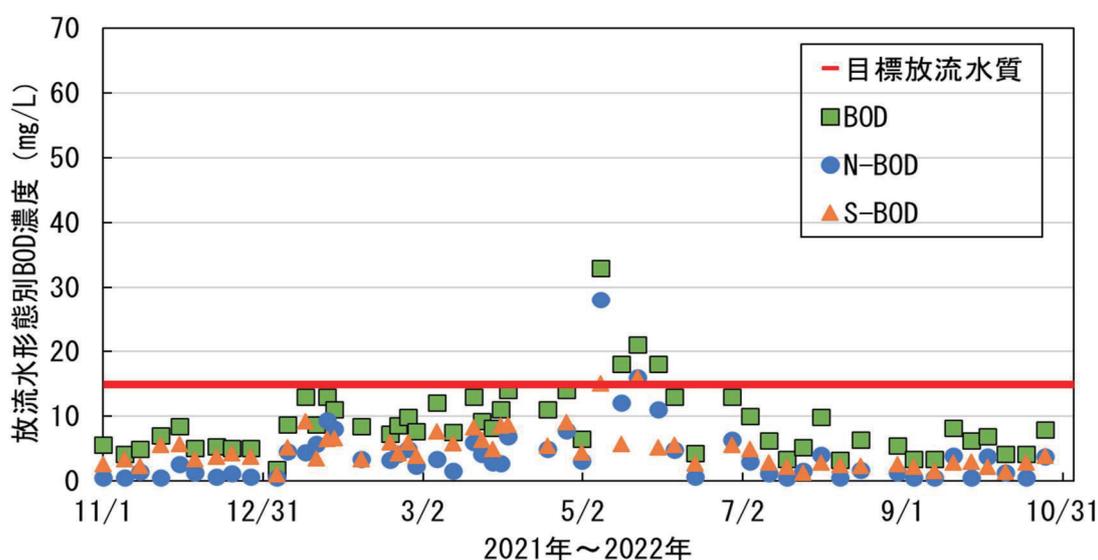


図 資 1-3-12 放流水の形態別 BOD 濃度の経時変化

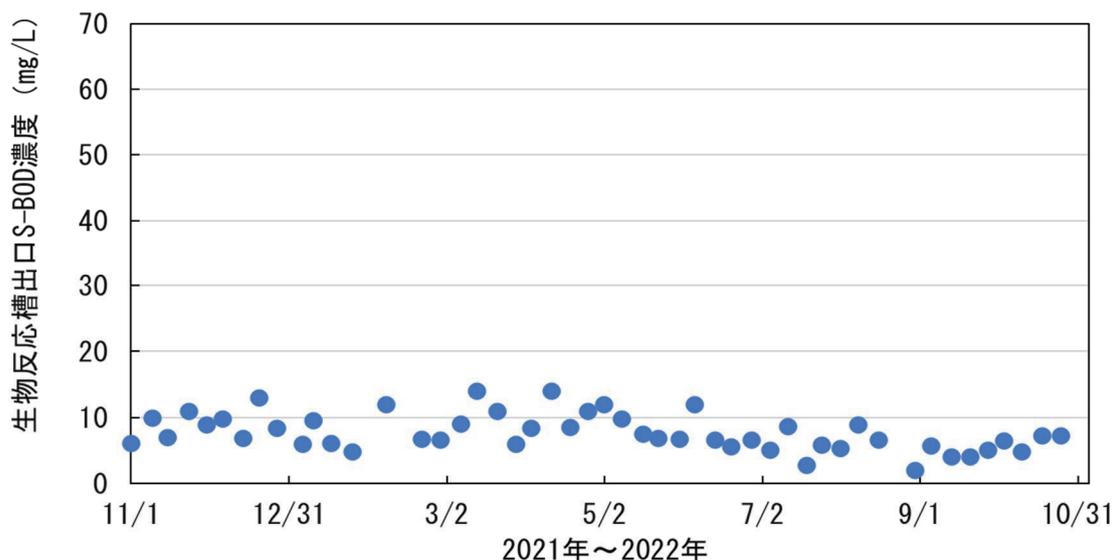


図 資 1-3-13 生物反応槽出口の S-BOD 濃度の経時変化

## (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。

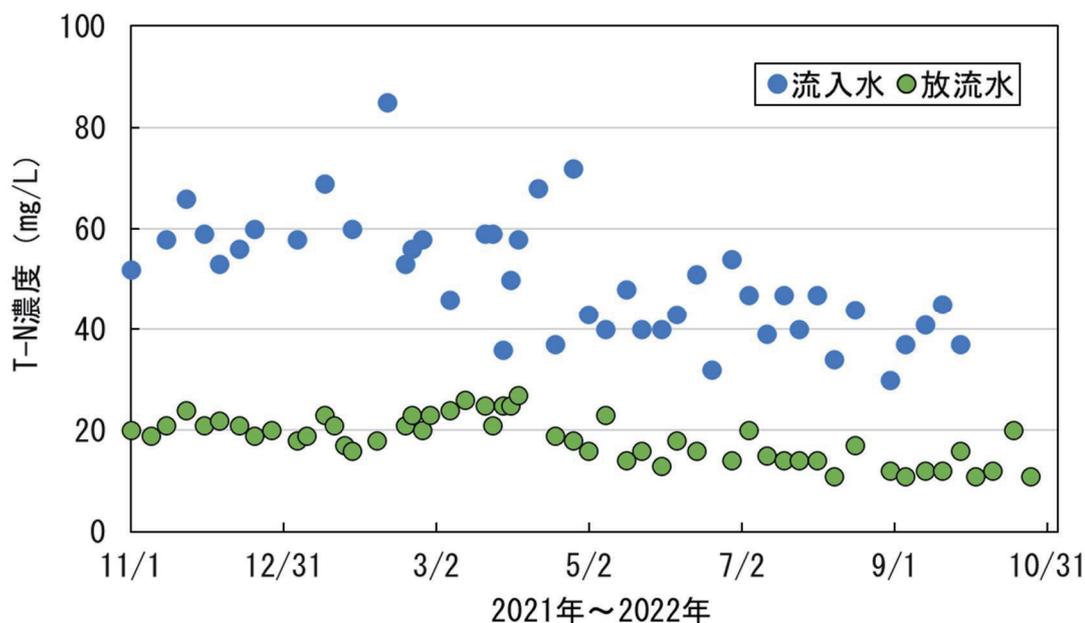


図 資 1-3-14 流入水及び放流水 T-N 濃度の経時変化

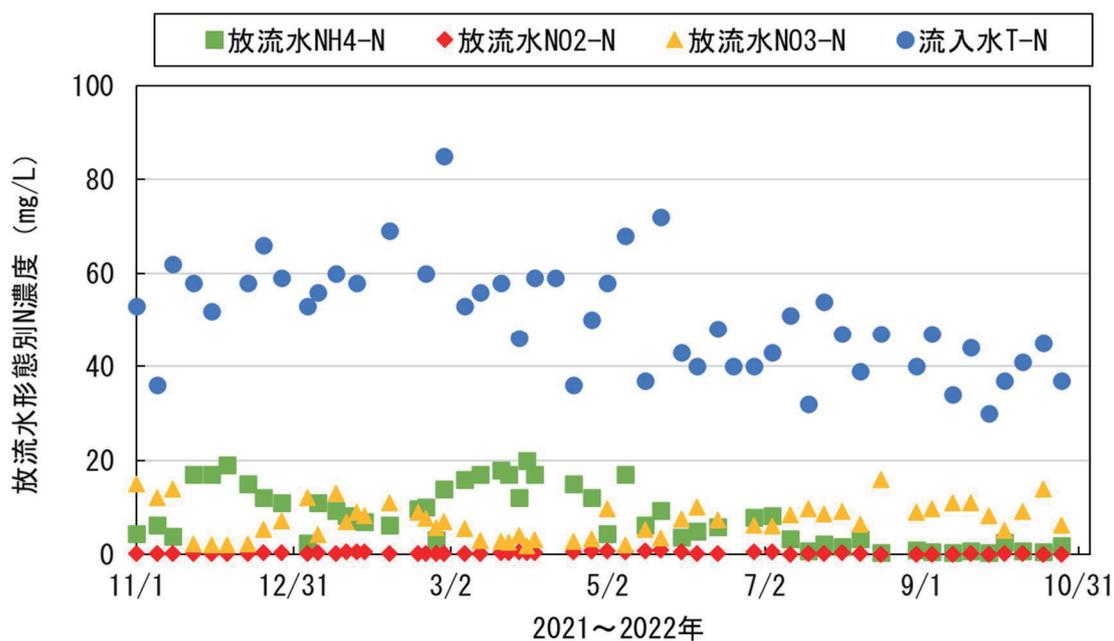


図 資 1-3-15 放流水の形態別 N 濃度の経時変化

## (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。

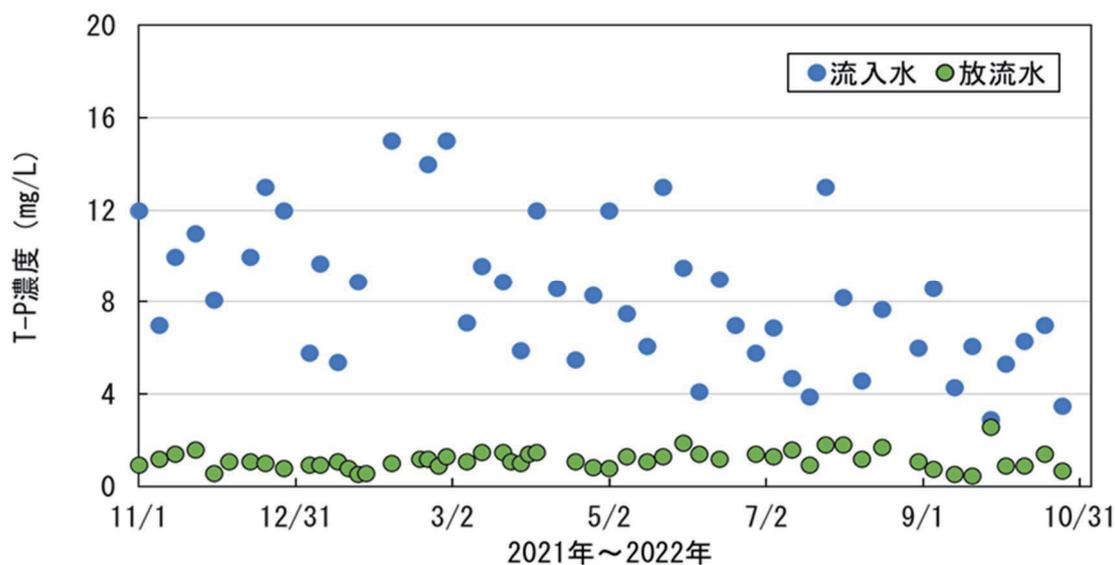


図 資 1-3-16 流入水及び放流水 T-P 濃度の経時変化

## (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。

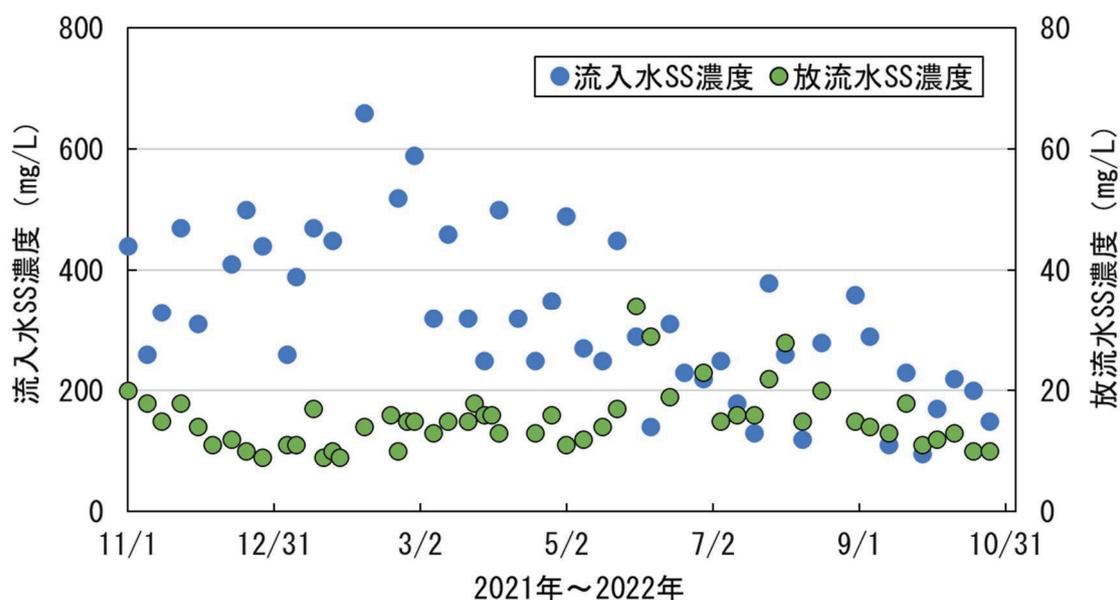


図 資 1-3-17 流入水及び放流水 SS 濃度の経時変化

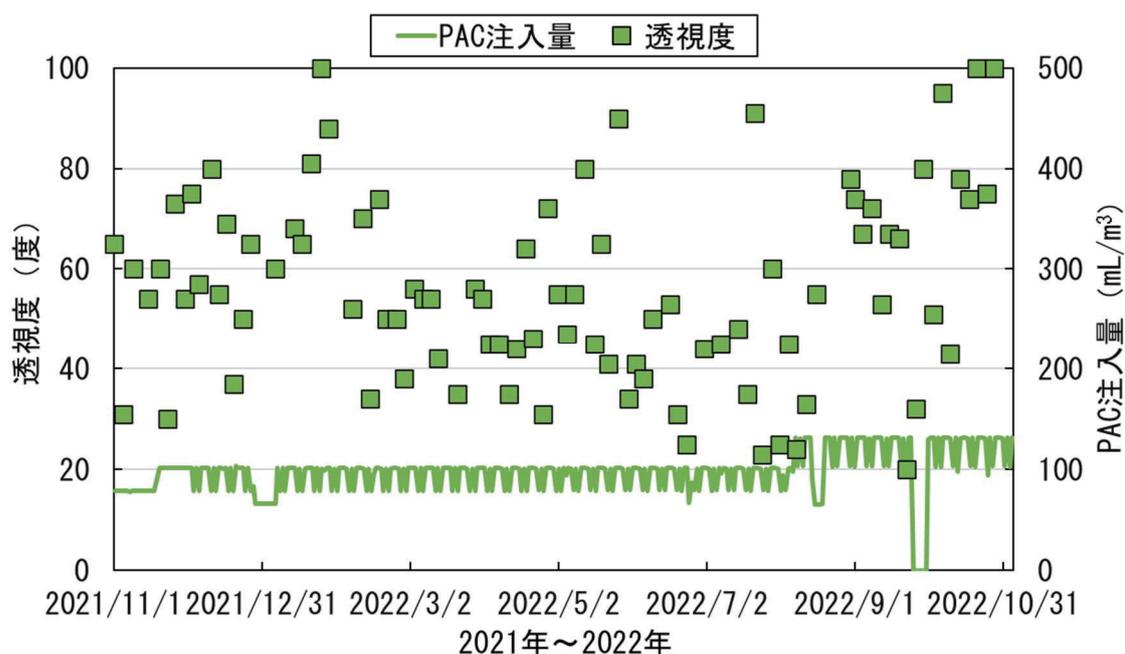


図 資 1-3-18 放流水透視度と PAC 注入率の経時変化

### 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。

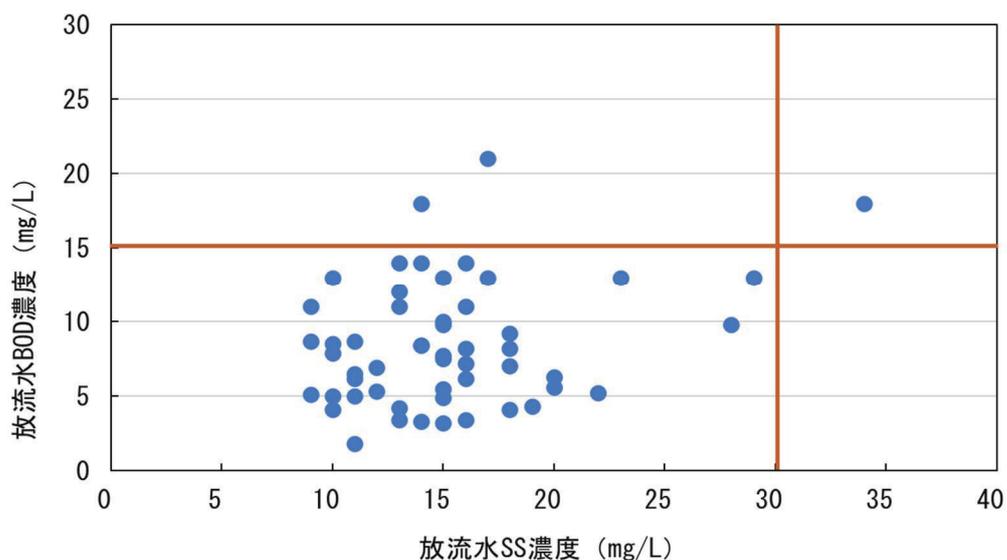


図 資 1-3-19 放流水 SS 濃度と放流水 BOD 濃度の関係

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。

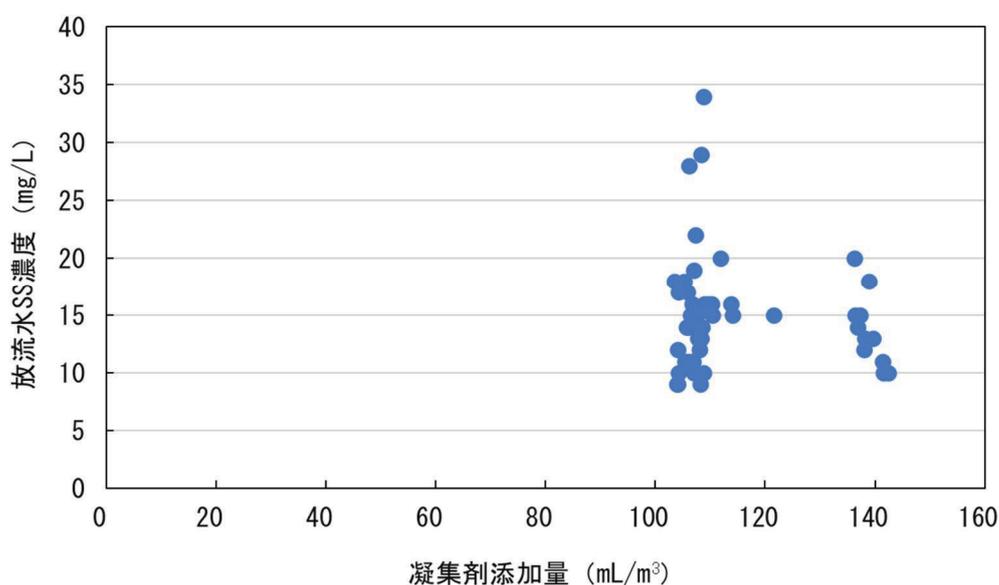


図 資 1-3-20 凝集剤添加量と放流水 SS 濃度の関係

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。

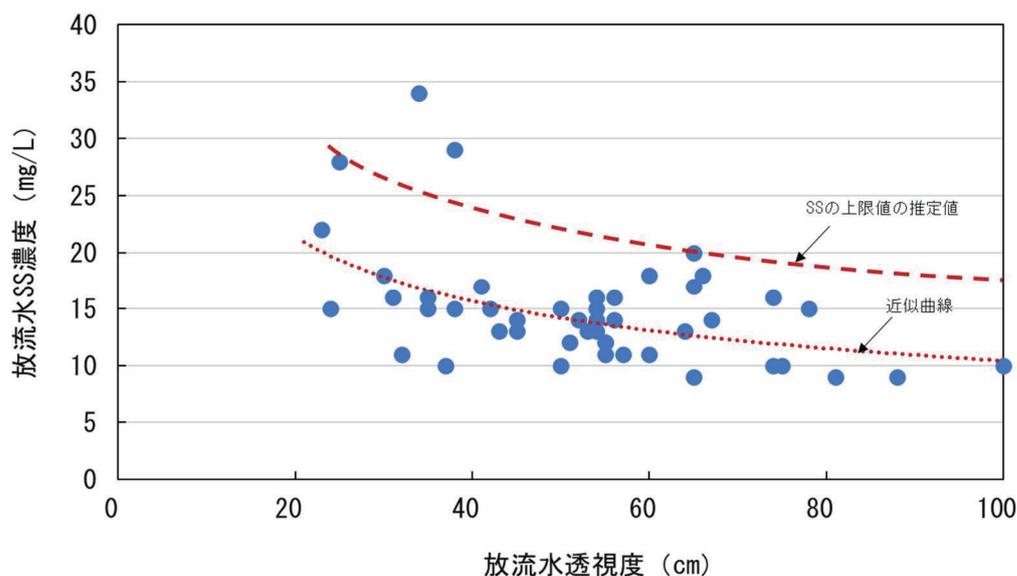


図 資 1-3-21 放流水透視度と放流水 SS 濃度の関係

### 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

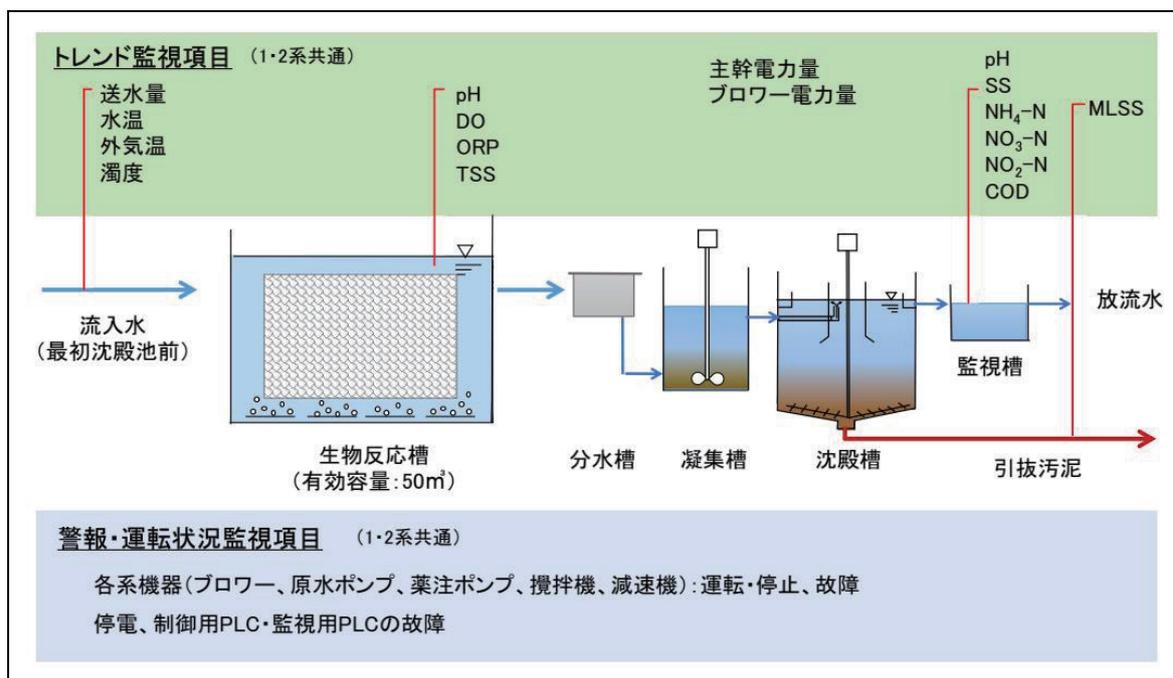
設備名称	処分理由
原水ポンプ	1系原水ポンプ No.1 は絶縁抵抗値が 2 MΩまで低下したため処分とし、代替品と交換
原水槽フロートスイッチ	機能上は問題なかったが、消耗機器であることから処分
特殊繊維担体	耐久性や機能上は問題なかったが、汚泥が内部まで浸透しているため、衛生的理由で処分
ディフューザー	耐久性や機能上は問題なかったが、汚泥が内部まで浸透しているため、衛生的理由で処分
レーキ・センターウェル	タールエポキシ塗装をしていたが、劣化・剥離で錆が発生し、長期保管した場合に劣化が進行する恐れがあることから処分

### 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

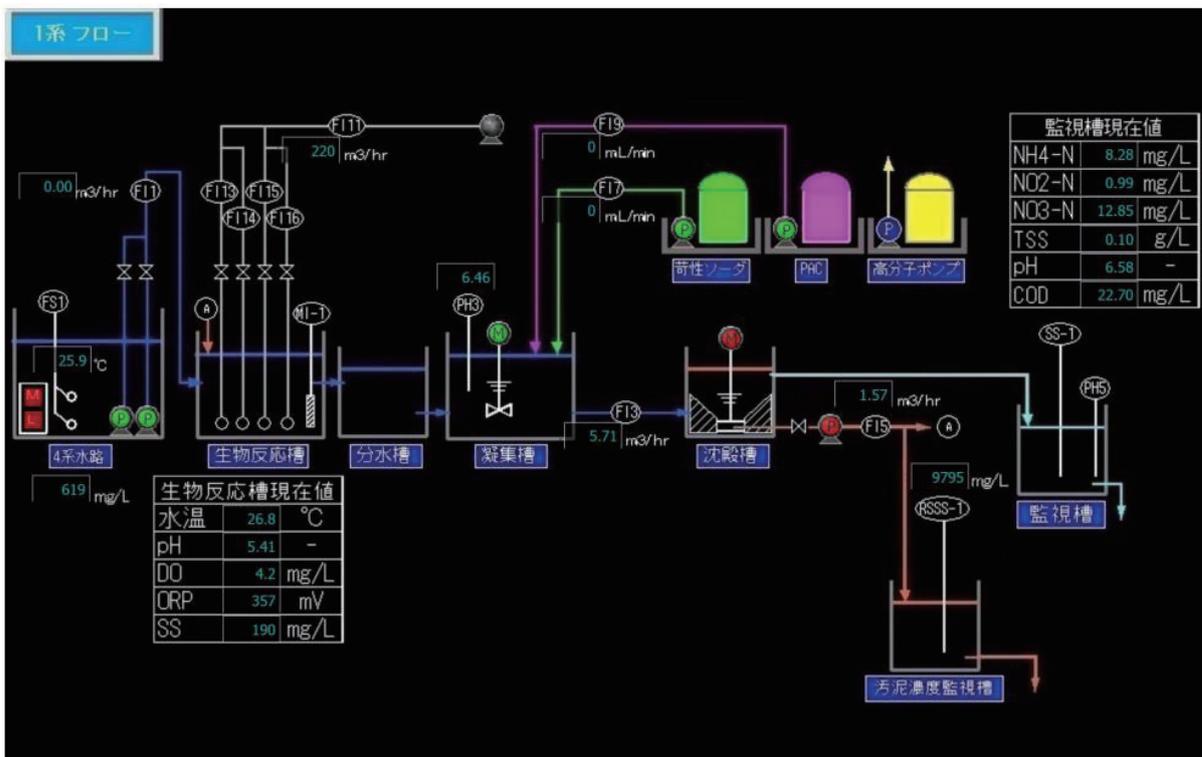


図 資 1-3-24 クラウド型遠方監視システムの状態監視画面

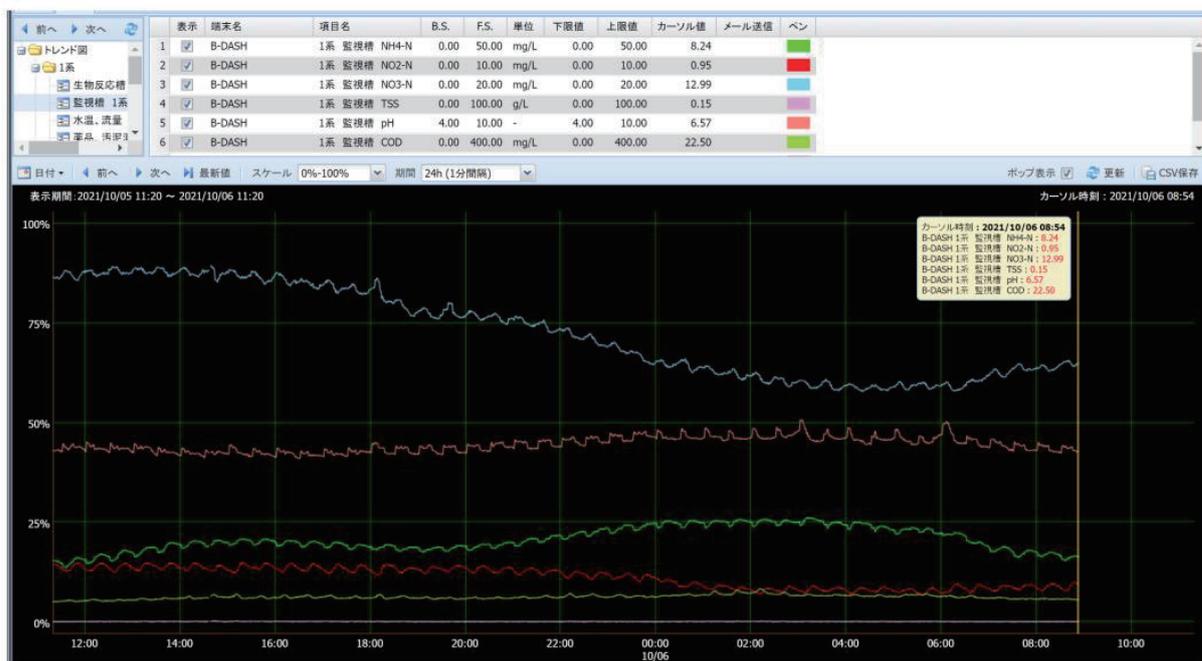


図 資 1-3-25 クラウド型遠方監視システムのトレンド監視画面（放流水質）

## (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

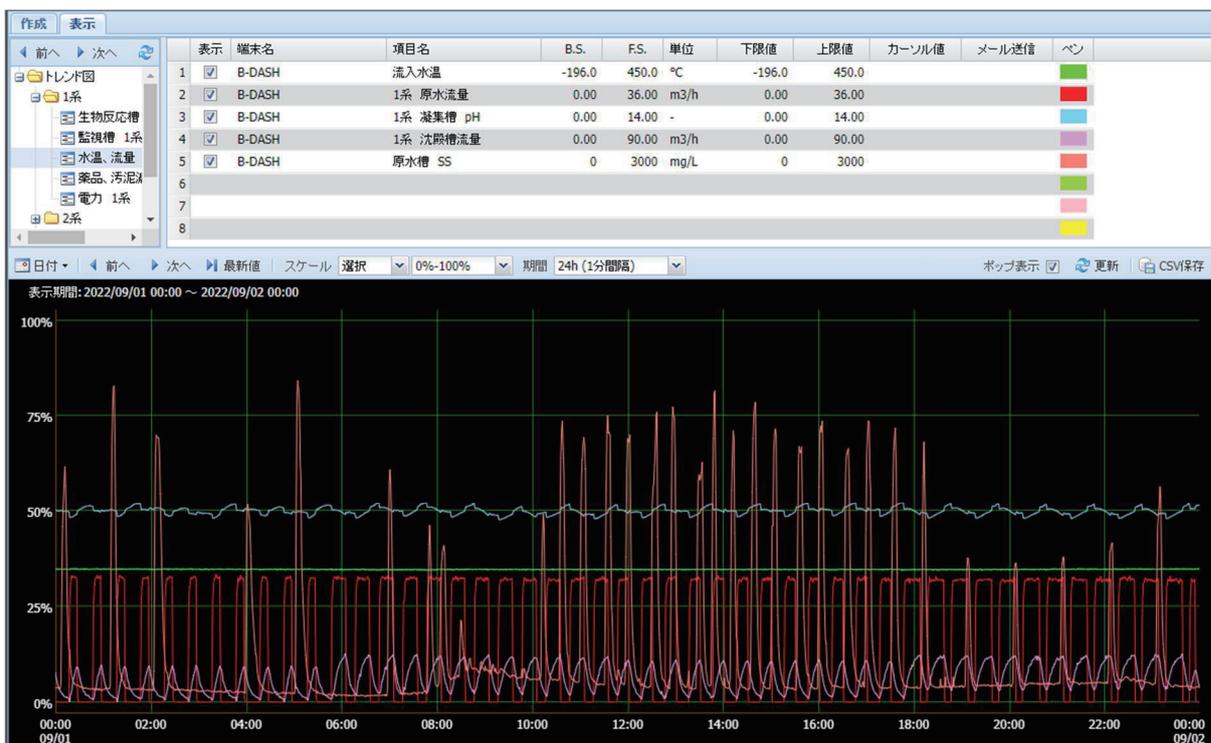


図 資 1-3-28 流入水温・原水流量・凝集槽 pH・沈殿槽流量・原水槽 SS のトレンド



図 資 1-3-29 苛性ソーダ流量・PAC 流量・汚泥引抜量・汚泥濃度監視槽 SS のトレンド

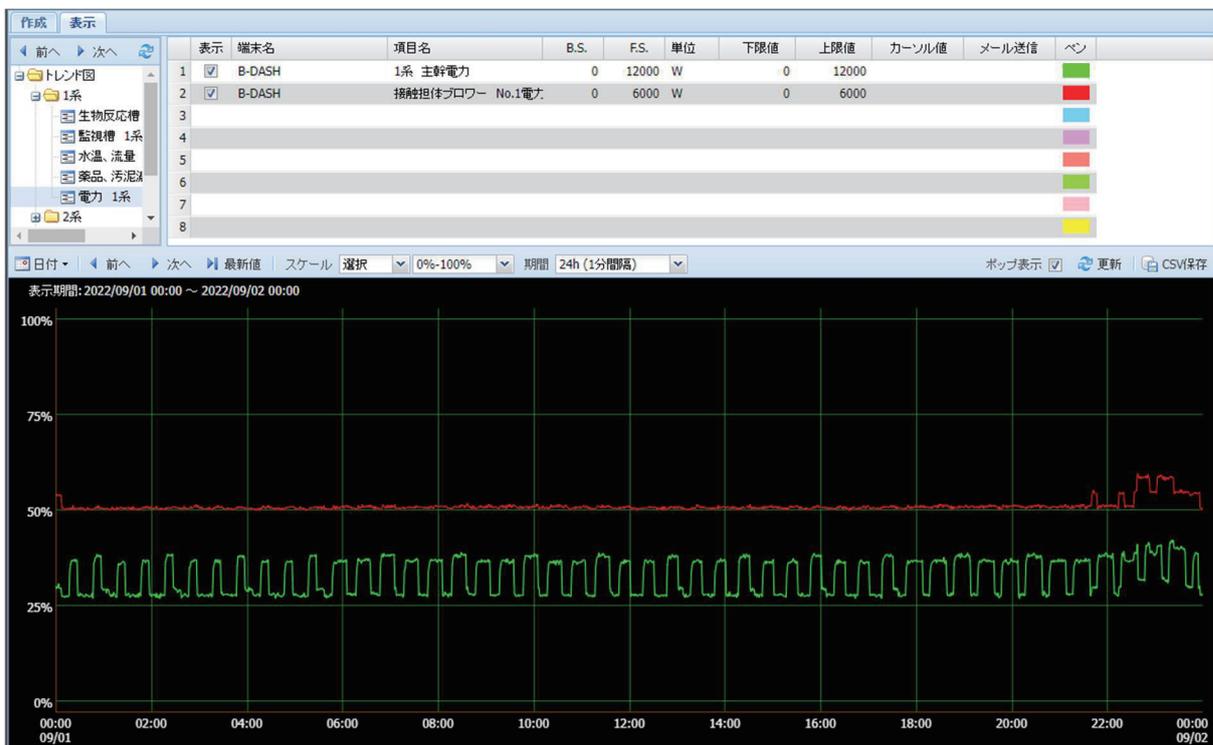


図 資 1-3-30 主幹電力・曝気ブローワー電力のトレンド

## 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
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

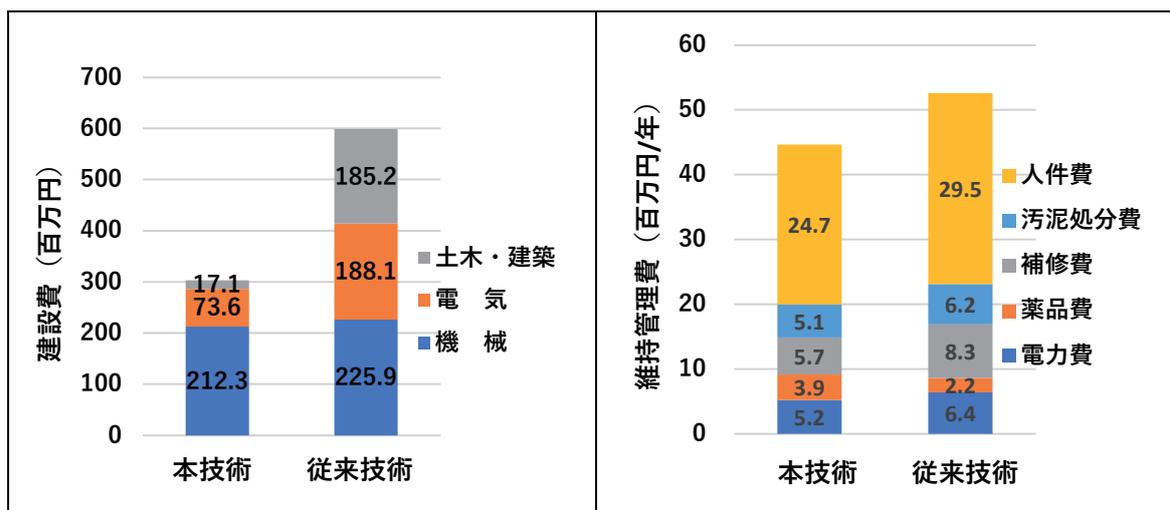


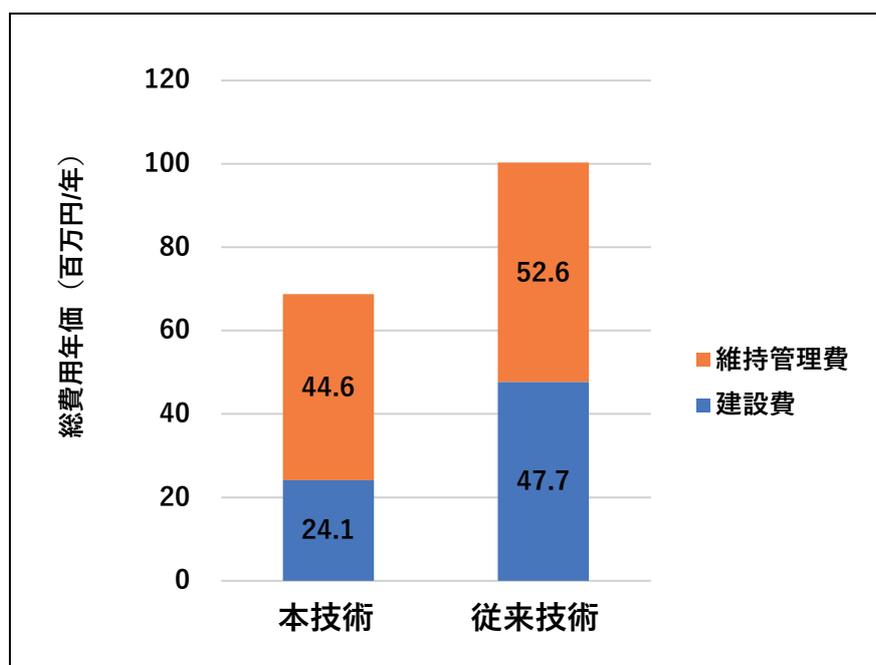
図 資 1-3-32 建設費及び維持管理費に係わる試算結果

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。

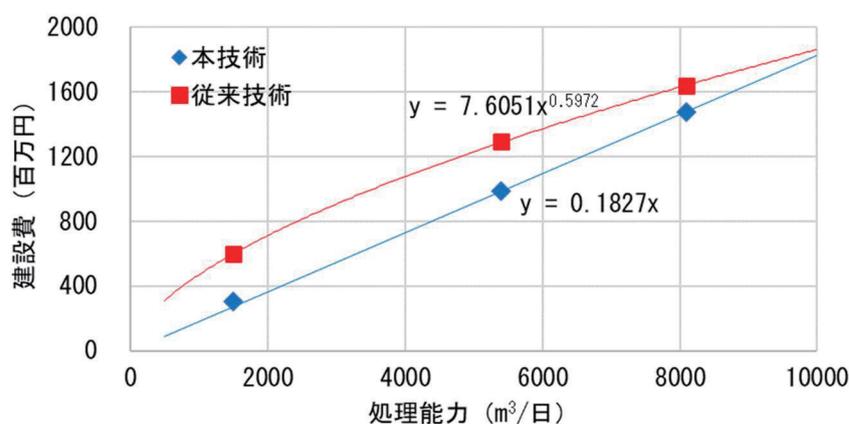


図 資 1-3-34 処理能力ごとの概算建設費

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	$7.6051Q_R^{0.5972}$

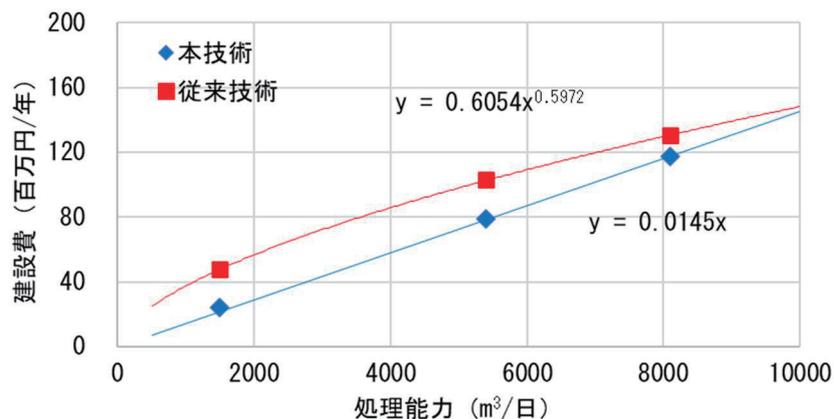


図 資 1-3-35 処理能力ごとの概算建設費 (年価)

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	$0.6054Q_R^{0.5972}$

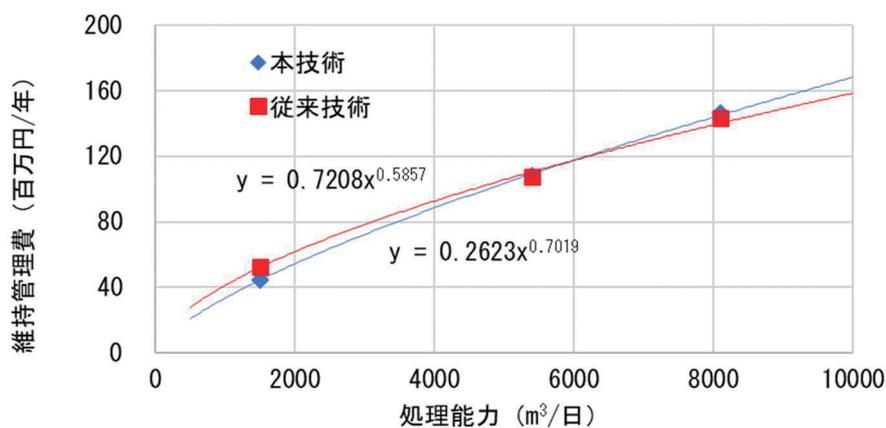


図 資 1-3-36 処理能力ごとの概算維持管理費

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	$0.7208Q_R^{0.5857}$

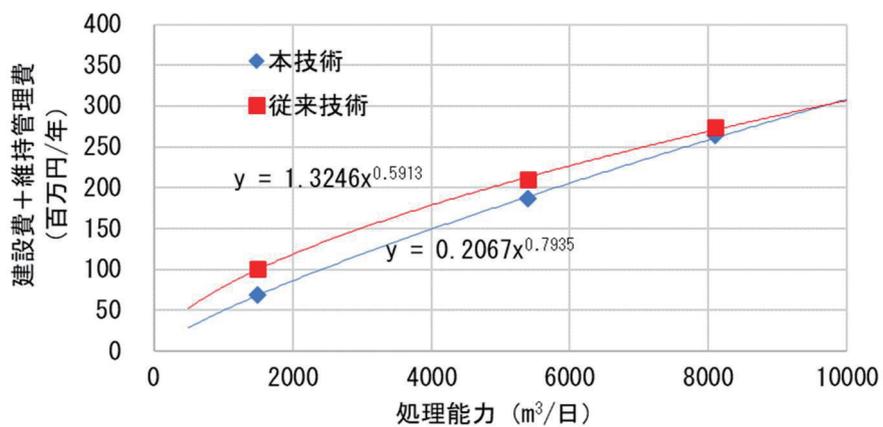


図 資 1-3-37 処理能力ごとの概算建設費（年価）＋概算維持管理費

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		<b>【建設費】</b> 水処理施設 <b>【維持管理費】</b> 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

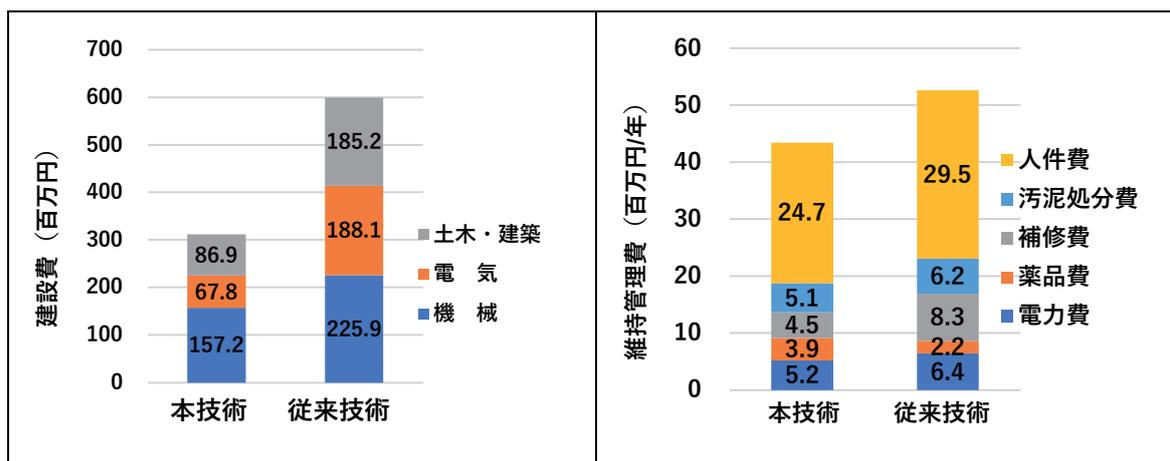
処理能力 1,500 m<sup>3</sup>/日における本技術と従来技術の建設費及び維持管理費に係わる試算結果を表資 1-3-33、表資 1-3-34、及び図資 1-3-38 に示す。

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

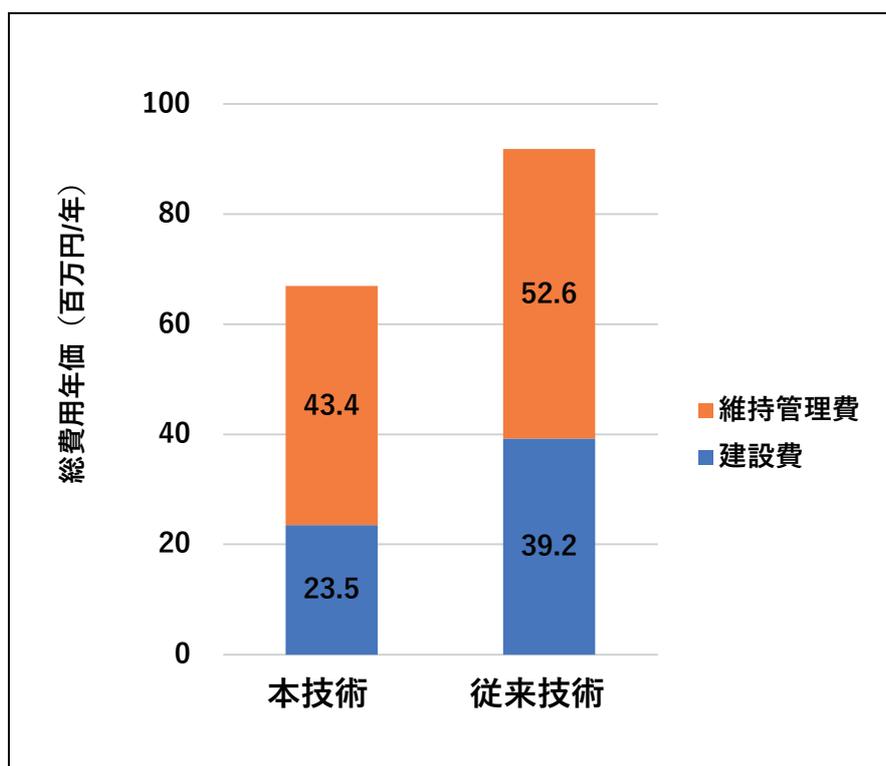


図 資1-3-39 LCC総括

## 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。

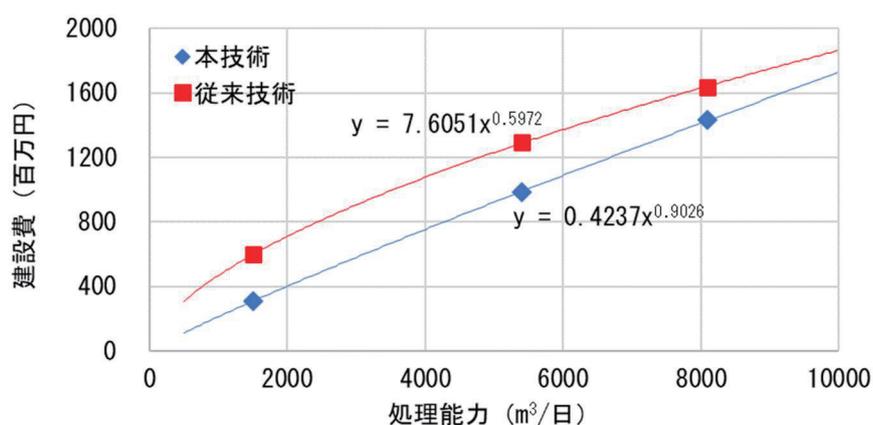


図 資 1-3-40 処理能力ごとの概算建設費

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	$7.6051Q_R^{0.5972}$

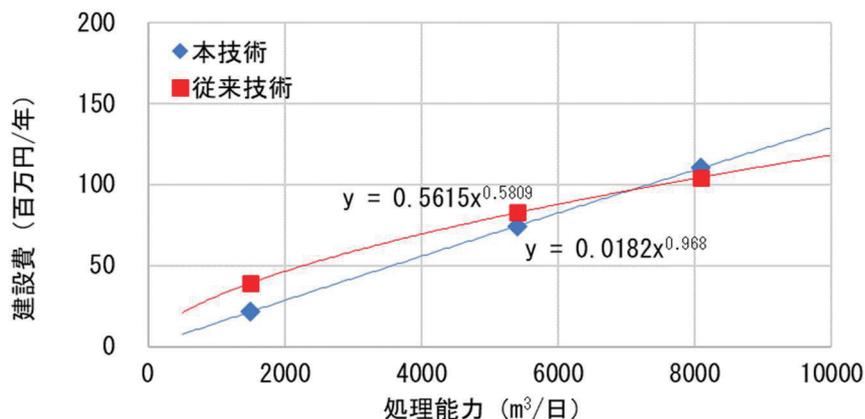


図 資 1-3-41 処理能力ごとの概算建設費（年価）

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	$0.5615Q_R^{0.5809}$

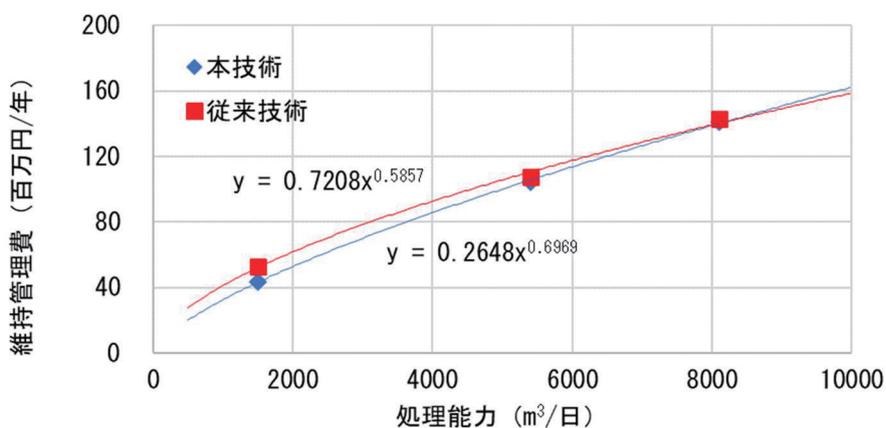


図 資 1-3-42 処理能力ごとの概算維持管理費

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	$0.7208Q_R^{0.5857}$

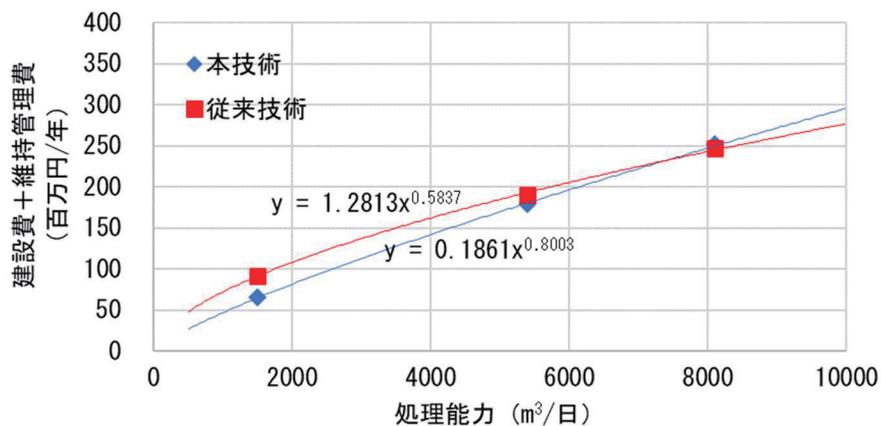


図 資 1-3-43 処理能力ごとの概算建設費（年価）＋概算維持管理費

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	$0.1861Q_R^{0.8003}$

## 資料2 ケーススタディ

### 1. 目的

実証フィールドの選定理由として、選定された田原浄化センターの存する

- 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言わざるを得ない。
- 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。

と言及した。こうした田原町の状況を考慮し、田原町の実情を反映させたケーススタディを行うことにより、本実証施設の有効性について検証するものとした。

### 2. 災害復旧時の応急復旧施設としてのケーススタディ

#### 2.1 対象施設の概要

ケーススタディの対象施設として、表 資2-2-1に示す渥美浄化センターを選定した。

表 資2-2-1 渥美浄化センターの概要

処理方式	凝集剤添加高度処理 オキシデーションディッチ法
計画処理人口	6,300人
計画処理能力	4,100 m <sup>3</sup> /日
現有処理能力	2,050 m <sup>3</sup> /日

#### 2.2 導入シナリオの設定

検討にあたっては、次に示す2ケースの導入シナリオを設定した。

##### ① 「応急復旧③」施設の必要規模一括導入シナリオ

渥美浄化センターの被災が甚大で早期応急復旧（概ね1年未満）が困難な状況であるが、処理区域内の被災は軽微であり、中継ポンプ場や管きょ施設を含めた汚水の流集機能は比較的早期に復旧する。

このため、渥美浄化センターの処理機能の早期回復が求められ、現有処理能力に匹敵する本実証施設を一括して導入する状況を想定。

##### ② 対象施設への段階的水質改善を想定した導入シナリオ

渥美浄化センターの被災が甚大で早期復旧（概ね1年未満）が困難な状況であるとともに、処理区域内の被災も甚大で、中継ポンプ場や管きょ施設を含めた汚水の流集機能を早期に復旧することが困難である。

また、汚水の流集は段階的に回復するため、渥美浄化センターの処理機能の確保は、汚水の流集に併せて段階的に求められる状況を想定。

## 2.3 導入施設

導入施設の検討にあたっては、実証研究の中で提案した本実証技術の標準タイプの活用性を検証することを一つの目的とした。

### (1) 必要規模一括導入

現有処理能力は2,050 m<sup>3</sup>/日であり、現有処理能力に匹敵する施設を導入する。

標準タイプⅡ (600 m<sup>3</sup>/日) ×1系列 = 600 m<sup>3</sup>/日

標準タイプⅢ (1,350 m<sup>3</sup>/日) ×1系列 = 1,350 m<sup>3</sup>/日

計 = 1,950 m<sup>3</sup>/日 (≒2,050 m<sup>3</sup>/日 × 95%)

### (2) 対象施設への段階的水質改善を想定した導入シナリオ

最終的には、(1) 必要規模一括導入に必要な施設の導入が求められる。一方、流入汚水の増加傾向を的確に推計・把握することは困難さを伴う。よって初期段階では、より柔軟・長期の運用が可能な標準タイプⅢを導入する。

初期段階として導入された標準タイプⅢ施設は、当面「応急復旧②」(放流BOD水質BOD 60 mg/L以下) 施設として運用を図る。

その後、汚水の流集状況等に応じて導入された標準タイプⅢを「応急復旧③」として運用を図るとともに、最終的には標準タイプⅠの導入を図る。

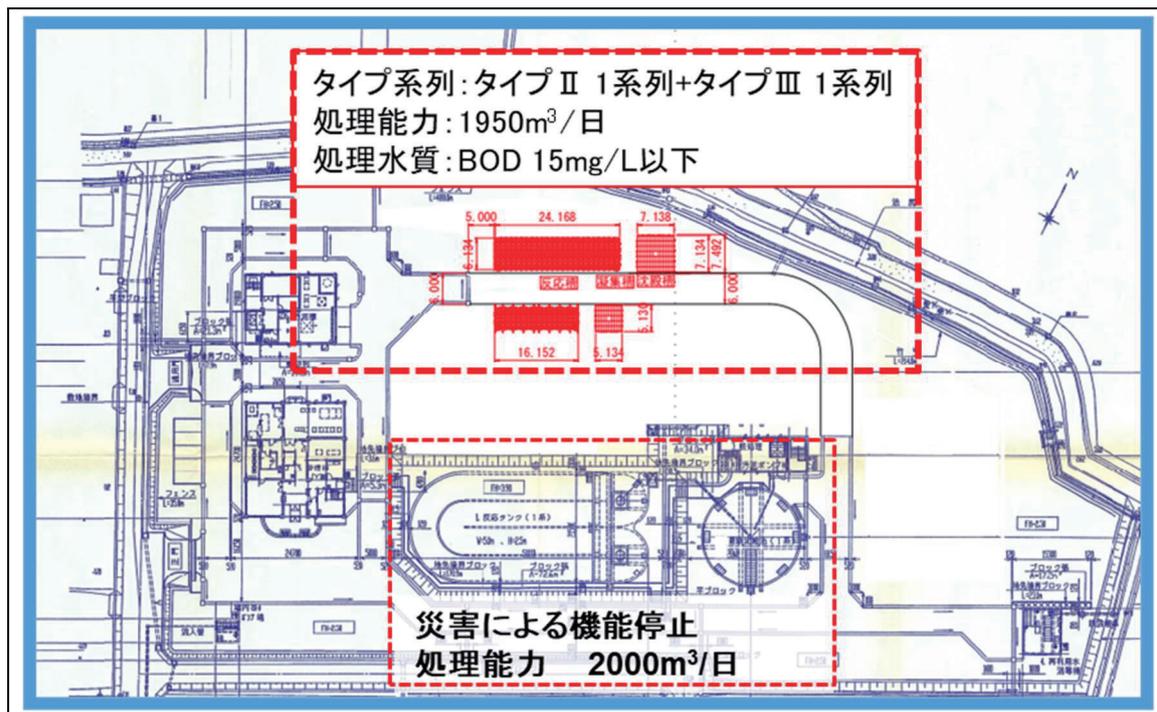
導入施設等の概要を表 資 2-2-2 に示す。

表 資 2-2-2 導入施設等の概要

	① 必要規模 一括導入	② 段階的施設高度化導入	
		初期段階	最終段階
期間	震災後1年 ～3年程度	震災後概ね1年以内	震災後1年 ～3年程度
放流水質	BOD 15 mg/L 以下	BOD 60 mg/L 以下	BOD 15 mg/L 以下
BOD容積負荷	0.6 kg/m <sup>3</sup> ・日		
導入するタイプ	タイプⅡ×1系列 タイプⅢ×1系列	タイプⅢ×1系列	タイプⅡ×1系列 タイプⅢ×1系列
処理能力	600×1系列 +1,350×1系列 =1,950 m <sup>3</sup> /日	1,350×1系列 =1,350 m <sup>3</sup> /日	600×1系列 +1,350×1系列 =1,950 m <sup>3</sup> /日

## 2.4 施設配置

「① 「応急復旧③」施設の必要規模一括導入シナリオ」に基づく施設配置を図 資 2-2-1 に示す。幸いにして渥美浄化センターでは、2期施設の建設工事が未着手であり、2期施設の建設予定地が十分活用できることより、図 資 2-2-1 に示す配置を想定した。



図資 2-2-1 ② 必要規模一括導入時の施設配置

次に、対象施設への段階的水質改善を想定した導入シナリオに基づく施設配置を図 資 2-2-2 に示す。本導入シナリオにおいては、最終段階の施設導入をより円滑に進めることを考慮し、初期段階の施設を将来管理用道路として想定される位置より北側（図面では上部）にまず導入することを想定した。

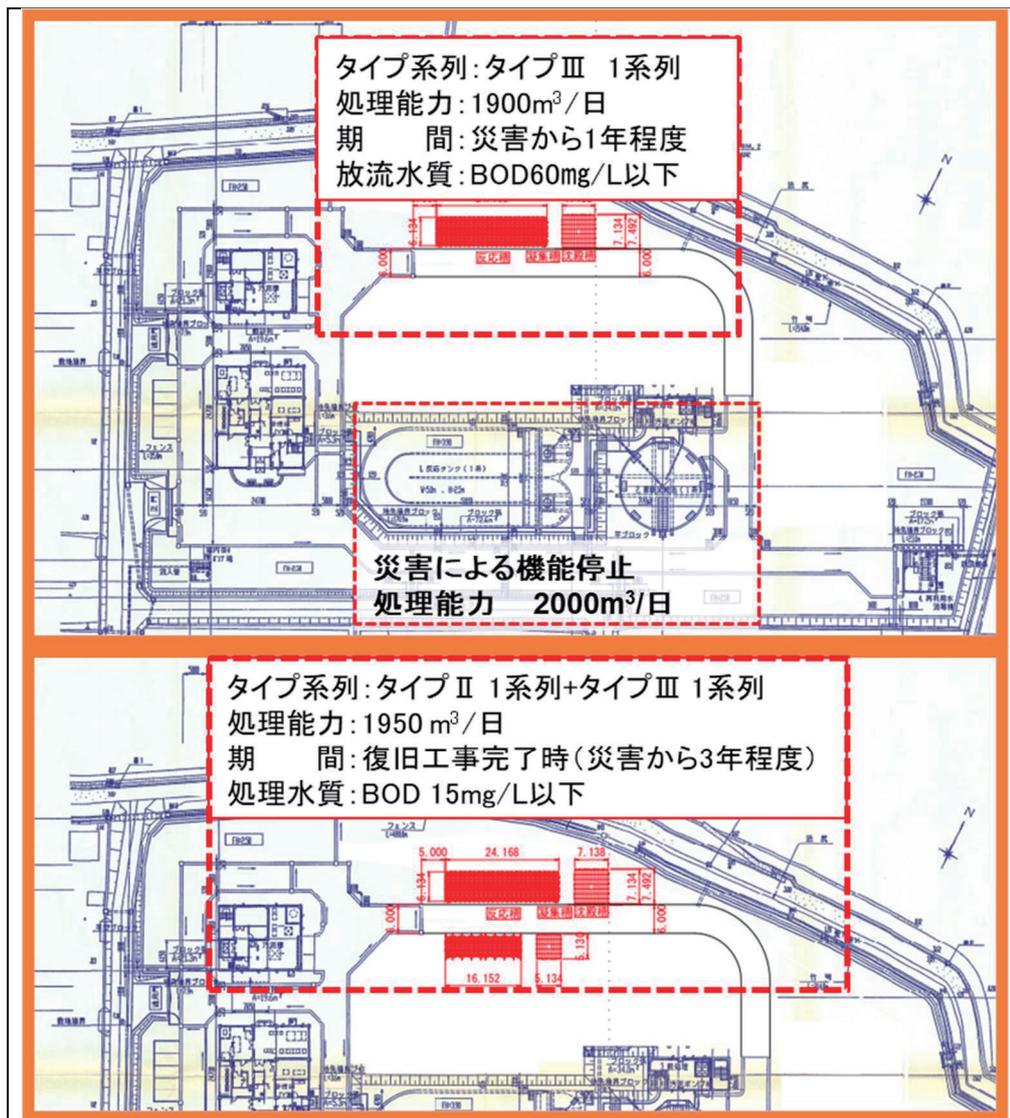


図 資 2-2-2 ② 段階的施設高度化導入時の施設

### 3. 人口減少時の暫定施設としてのケーススタディ

#### 3.1 対象施設の概要

田原市では、人口増加に寄与する様々な対策を積極的に進めているが、過疎地域における人口減少を完全に食い止めることは残念ながら実現していない。こうした状況を踏まえ、人口減少が課題となっている表資 2-3-1 にその概要を示した田原市公共下水道赤羽根浄化センターを対象に「人口減少時等における導入シナリオ」の検討を行った。

表 資 2-3-1 赤羽根浄化センターの概要

処理方式	オキシデーションディッチ法
計画処理人口	2,300 人
計画処理能力	1,600 m <sup>3</sup> /日
現有処理能力	1,600 m <sup>3</sup> /日

### 3.2 導入シナリオの設定

対象とする赤羽浄化センターには、現在2系列（1系列800 m<sup>3</sup>/日）の施設が設置されている。本ケーススタディでは、「一処理施設内に複数系列がある個別処理施設」への導入シナリオとして、次のようなシナリオを想定して検証を行った。

- ① 2系列運転の施設で、初期に運用開始された1系列が更新期を迎え更新が必要となったが、人口減少にともない、将来的には更新が必要な1系列を配しても、残存する1系列の運転で必要な処理能力が確保される。
- ② よって、更新が必要な1系列を廃止し、廃止後に不足する処理能力に対応した能力を有する本実証技術を暫定的に導入・設置する。
- ③ その後流入水量が低減し、既存1系列のみで処理可能となった場合、本実証技術は撤去する。

### 3.3 導入施設

「2. 災害復旧時の応急復旧施設としてのケーススタディ」と同様に、本実証技術の標準タイプの活用性することとした。また、導入施設の検討にあたっては次のような想定を行った。

- ① 躯体の更新時点の日最大汚水量は、人口減少に伴い処理能力を下回る1,100 m<sup>3</sup>/日まで減少する。
- ② 躯体の更新時点から、15年後には日最大汚水量は1系列分の処理能力800 m<sup>3</sup>/日まで減少する。

この流入汚水量の減少に併せ、導入施設は次のように設定した。

標準タイプ I (150 m<sup>3</sup>/日) × 2 系列 = 300 m<sup>3</sup>/日

以上までに検討した導入シナリオに基づく全体のイメージを図 資 2-3-1 に示す。



## 資料3 問い合わせ先

本ガイドラインに関する問い合わせは以下にお願いします。

国土交通省 国土技術政策総合研究所	国土交通省 国土技術政策総合研究所 上下水道研究部 下水処理研究室 〒305-0804 茨木県つくば市旭1番地 TEL : 029-864-3933 URL : <a href="https://www.nilim.go.jp/">https://www.nilim.go.jp/</a>
----------------------	--

本書は、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）により国土交通省国土技術政策総合研究所が以下の企業・団体に委託研究を行い、その成果を取りまとめたものです。

<実証研究者 連絡先>

株式会社エステム	本社 〒457-0821 愛知県名古屋市南区弥次エ町 2丁目19番地の1 TEL : 052-611-0611 URL : <a href="https://www.stem.co.jp/">https://www.stem.co.jp/</a>
帝人フロンティア株式会社	本社 〒530-8605 大阪府大阪市北区中之島3丁目2番4号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト TEL : 06-6233-2489 URL : <a href="https://www2.teijin-frontier.com/">https://www2.teijin-frontier.com/</a>
積水アクアシステム株式会社	東京事業所 〒104-0045 東京都中央区築地四丁目7番5号 TEL : 03-5565-6516 URL : <a href="http://www.sekisuia.co.jp/">http://www.sekisuia.co.jp/</a>
株式会社日新技術コンサルタント	本社 〒103-0004 東京都中央区東日本橋1-1-7 TEL : 03-5823-5077 URL : <a href="http://www.nict.co.jp/">http://www.nict.co.jp/</a>
田原市	上下水道部 下水道課 〒441-3492 愛知県田原市田原町南番場30-1 TEL : 0531-23-3571 URL : <a href="http://www.city.tahara.aichi.jp/">http://www.city.tahara.aichi.jp/</a>



-----  
国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 1305

January 2025

-----  
編集・発行 ©国土技術政策総合研究所  
-----

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675