

令和4年2月

B-DASHプロジェクト自主研究報告(最終)

[H26採択]

高効率固液分離技術と二点DO制御技術  
を用いた省エネ型水処理技術の技術実証事業

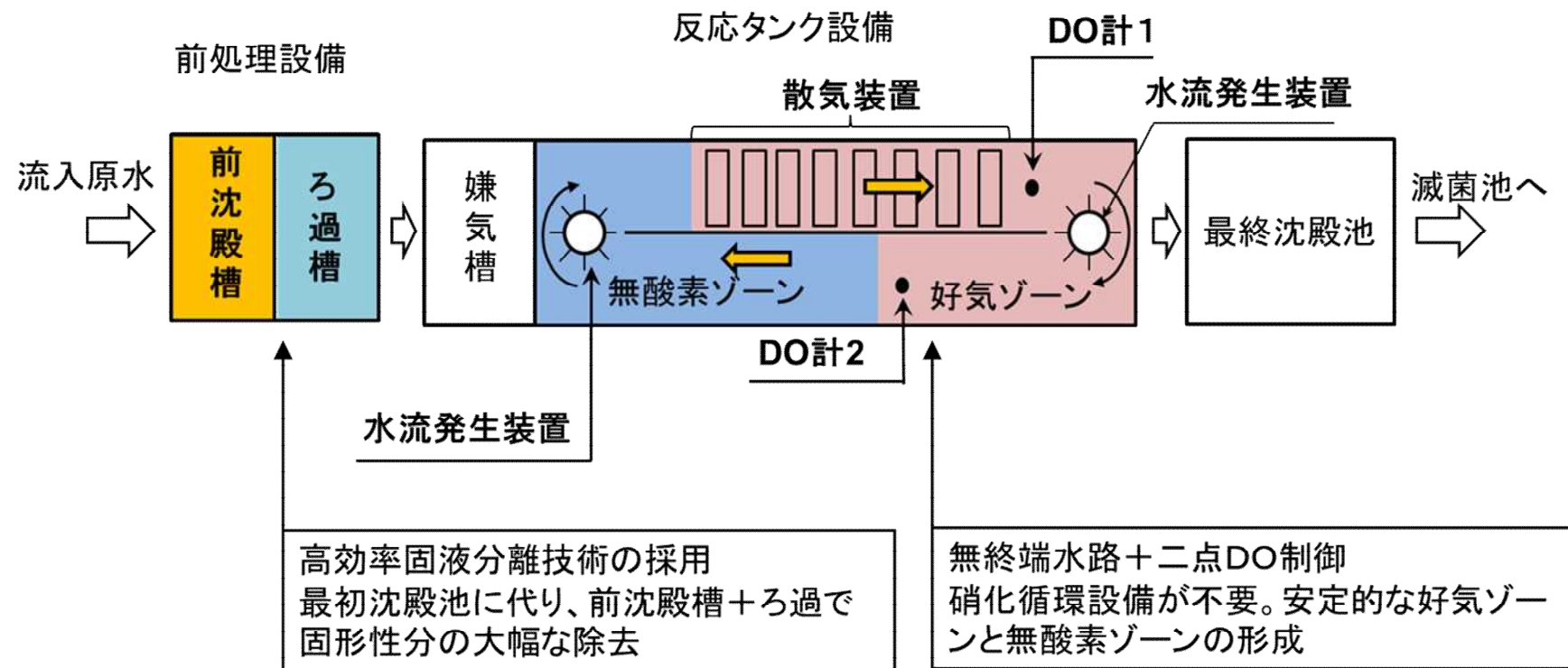
1. 研究概要
2. 自主研究
3. 実証施設の性能比較
4. 普及展開
5. まとめ
6. その他(ガイドラインについて)

1. 研究概要
2. 自主研究
3. 実証施設の性能比較
4. 普及展開
5. まとめ
6. その他(ガイドラインについて)

# 1. 研究概要

◇技術名称	高効率固液分離技術と二点DO制御技術を用いた省エネ型水処理技術の技術実証事業
◇実施期間	委託研究:平成26年7月～平成28年3月 自主研究:平成28年4月～令和3年11月現在継続中 ガイドライン発刊:平成29年1月
◇実施者	前澤工業(株)・(株)石垣・日本下水道事業団・埼玉県共同研究体
◇実証フィールド	埼玉県利根川右岸流域下水道小山川水循環センター 30,000m <sup>3</sup> /日(計画処理水量)(処理人口51,830人 令和元年度末)
◇実証施設規模	3,750m <sup>3</sup> /日(計画日最大水量) 2,810m <sup>3</sup> /日(計画日平均(冬期日最大)水量)
◇実証技術	<p>本技術は、最初沈殿池に代わる前処理設備に高効率固液分離技術を採用するとともに、無終端水路とした反応タンクに二点DO制御技術を採用することにより、有機物に加えて、窒素及びりんを効率的に除去する高度処理技術である。</p> <p>本技術の特徴は、以下のとおりである。</p> <p>①高度処理での処理時間の短縮、②既存施設の活用による省コスト、省スペース化、③循環ポンプの削減と効率的な風量制御による省エネ化、④自動制御による安定した高度処理、⑤汚泥発生量の削減</p>

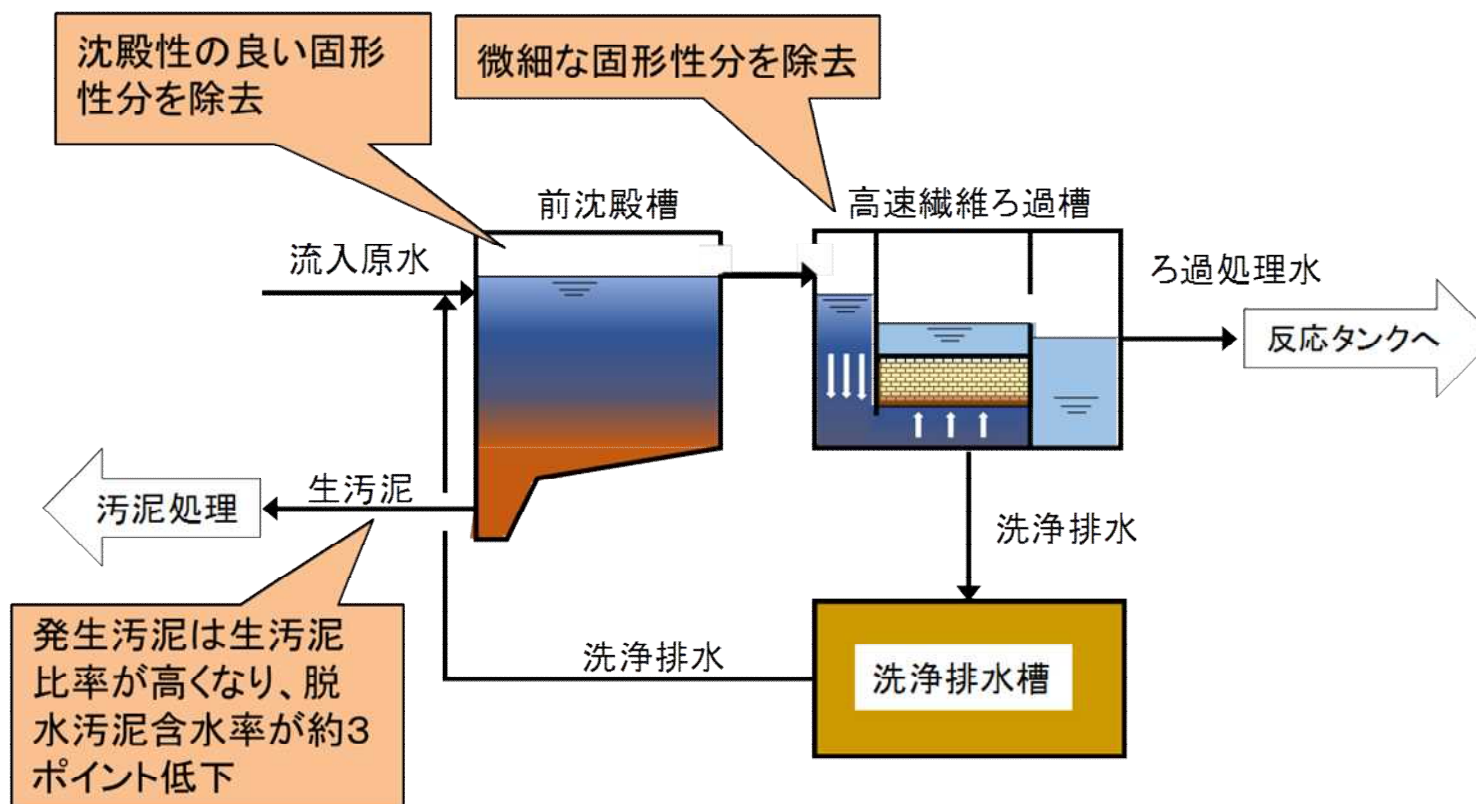
# 1. 研究概要 ー処理フロー



# 1. 研究概要 — 前処理設備

## 【前処理設備の概要と特徴】

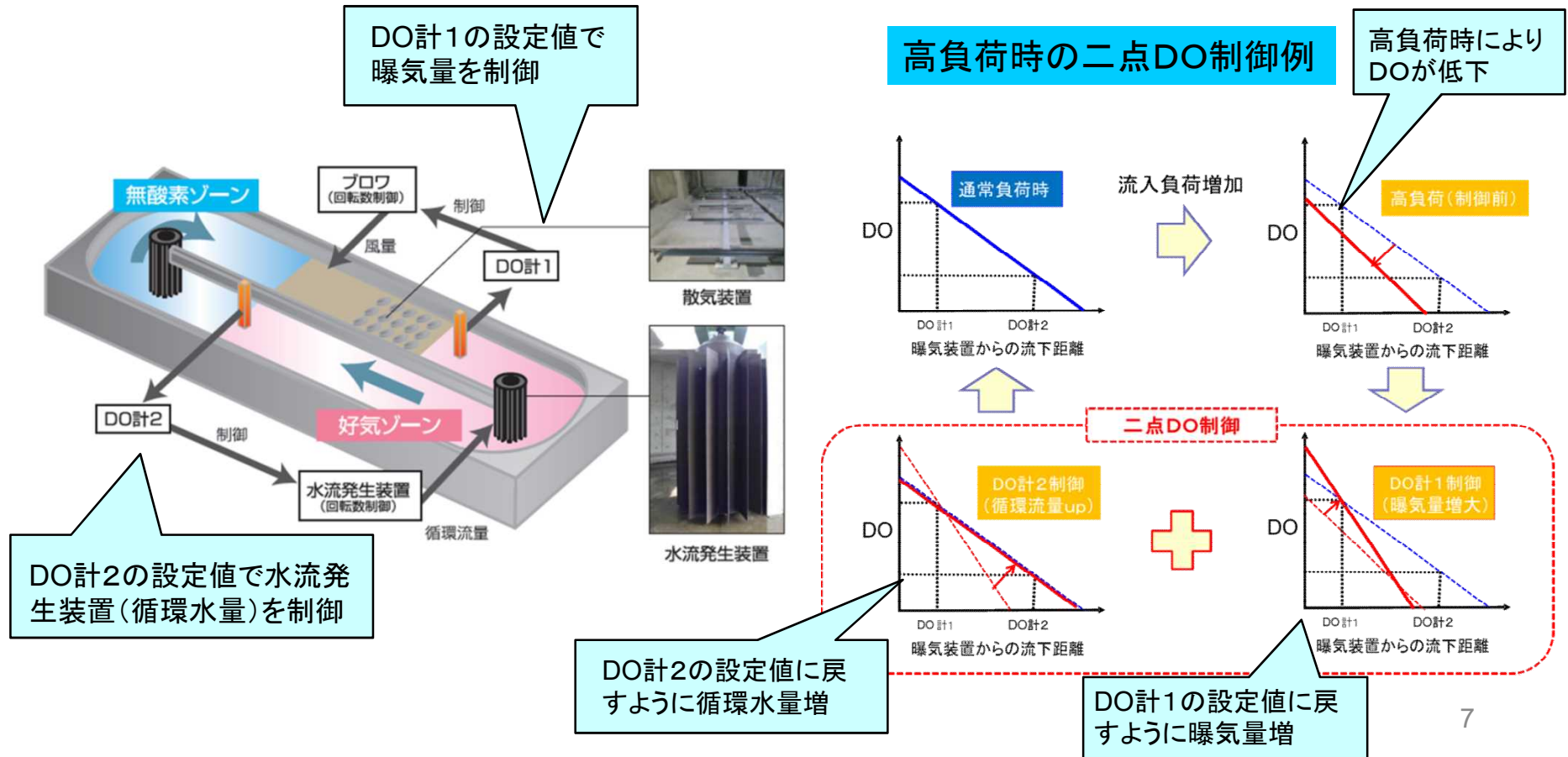
前処理設備は沈殿性の良い固形物を沈殿除去する前沈殿槽と前沈殿槽では除去しきれなかった微細な固形物をろ過する高速繊維ろ過槽にて除去するシステム。固形物に由来する有機分が除去されるため反応タンクの好気槽容量の低減が可能となる。



# 1. 研究概要 – 反応タンク設備

## 【反応タンク設備の概要と特徴】

本技術では、反応タンクを無終端水路に改造し、送風機からの空気を散気する散気装置、循環流を起こす水流発生装置を設置する。また、散気装置設置部の下流側2箇所にDO計を設置し、二点DO制御技術を導入する。二点DO制御技術は、2点間のDO勾配を一定範囲内となるように曝気風量と循環流量を独立的に制御することで効率的な窒素除去が可能。



# 1. 研究概要 – 実証フィールドの概要

## 実験フィールド

- 処理場名 : 利根川右岸流域下水道 小山川水循環センター(埼玉県本庄市)
- 処理方式 : 標準活性汚泥法(DO一定制御)
- 現有処理能力 : 30,000m<sup>3</sup>/d
- 処理実績 : 13,835m<sup>3</sup>/d(H26年度実績値)

小山川水循環センター8水路の内、1水路を改造し、実証設備として運転。

小山川水循環センター 流入及び流出水質

項目	平成25年度実績値 (当循環センター)		平成25年度 全国平均値	
	流入水	放流水	流入水	放流水
BOD	260	5.2	192	3.1
SS	270	2.5	172	2.9
T-N	42	17	36	9.1
NH <sub>4</sub> -N	22	5.2	—	—
T-P	4.6	1.2	4.8	1.3
水温	20°C(最低14°C)		—	—



## 実証時の目標と達成状況

本技術は従来技術の嫌気無酸素好気法と同等以上の処理が可能な技術で、以下の処理水質を満足すると評価された。

- ・BOD(mg/L) : 10を超え15以下
- ・T-N(mg/L) : 10以下
- ・T-P(mg/L) : 1を超え3以下

実証時(H27年度)の流入原水、反応タンク流入水及び処理水質(単位:mg/L)

項目	流入原水	反応タンク流入水	最終沈殿池流出水
SS	205±109 (78~530)	44±7.9 (25~65)	2.1±1.8 (0~6.0)
T-BOD	246±112 (67~580)	118±27 (24~220)	8.4±2.8 (3.0~14.0)
T-N	34±8 (14~59)	26±4.3 (11~33)	4.3±1.4 (1.5~6.8)
T-P	5.1±1.7 (2.1~12.0)	3.7±0.8 (1.4~6.0)	0.34±0.30 (0~1.6)

1. 研究概要
- 2. 自主研究**
3. 実証施設の性能比較
4. 普及展開
5. まとめ
6. その他(ガイドラインについて)

## 2. 自主研究

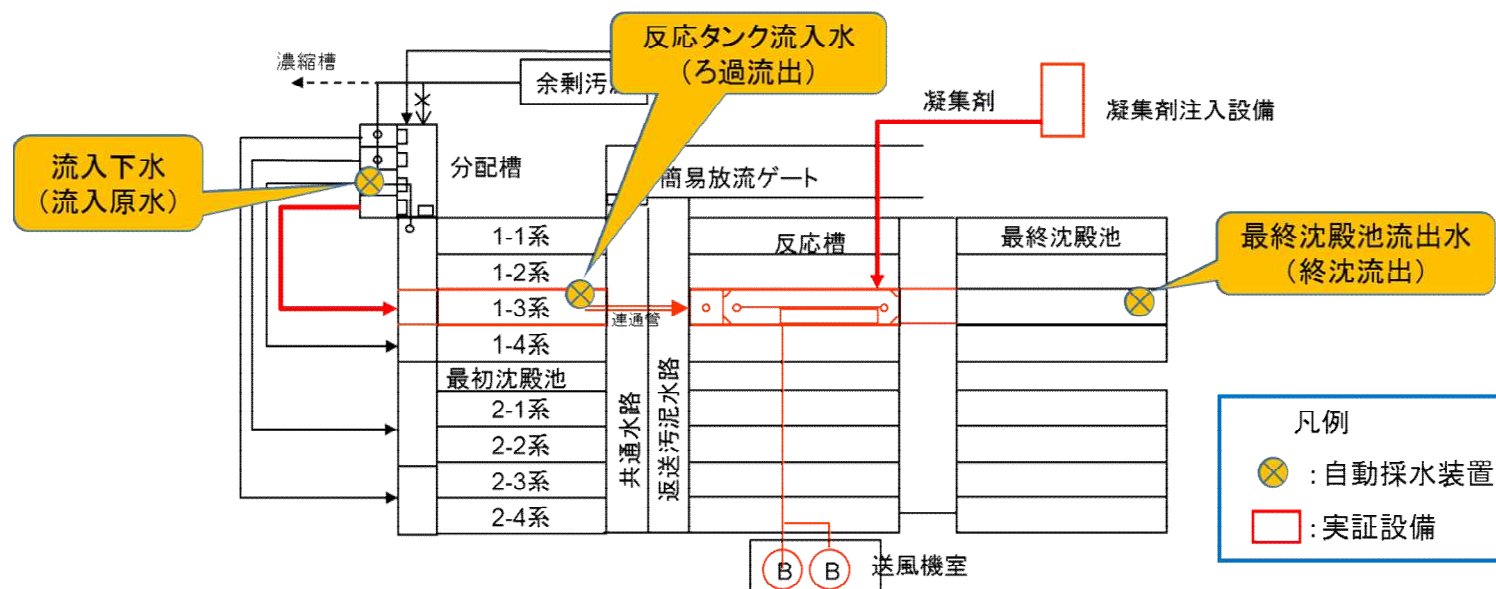
### 概要

自主研究では、委託研究に引き続き実証設備を実証フィールドの施設の一水路として運用を行い、処理水質の安定性及び消費電力量削減について検証した。

### 2-1 実験条件

平成28年度は、委託研究期間の平成27年度と同様、実証設備の計画日平均汚水量(=冬期日最大汚水量に相当)に当たる2,810m<sup>3</sup>/日で運転。

平成29～令和3年度は、他の水路と均等分配し同一水量(平均1,763m<sup>3</sup>/日)で運転。月2回以上の水質分析を実施。分析試料は、自動採水装置にて2h間隔で採水し当量コンポジット試料を調製した。



実証設備の配置と採水箇所

## 2. 自主研究

### 2-2 処理水質安定性の検証

流入水質及び流出水質  
(計画日平均水量運転 平成28年4月～平成29年2月)

	流入原水(mg/L)		ろ過流出(mg/L)		終沈流出(mg/L)	
SS	189.5	± 43.2	59.4	± 16.8	4.6	± 2.6
最大～最小	266.0	～ 101.0	82.0	～ 17.0	13.8	～ 1.6
T-BOD	198.6	± 54.9	113.9	± 38.3	7.7	± 2.9
最大～最小	295.0	～ 91.8	183.0	～ 30.4	14.0	～ 3.3
D-BOD	62.6	± 21.4	54.4	± 20.2	2.6	± 0.9
最大～最小	102.0	～ 18.8	89.5	～ 14.1	4.6	～ 1.1
T-N	32.7	± 5.8	25.7	± 4.7	6.3	± 2.1
最大～最小	38.0	～ 17.8	31.0	～ 14.4	9.9	～ 2.8
T-P	4.9	± 1.2	3.9	± 1	0.8	± 0.6
最大～最小	6.9	～ 2.4	5.4	～ 1.7	2.1	～ 0.2

※上段： 平均値±標準偏差、 下段：最小値～最大値

ガイドラインでの実証研究に基づく評価結果  
BOD：10を超え15mg/L以下  
T-N：10mg/L以下  
T-P：3.0mg/L以下



計画日平均水量運転（委託研究時と同じ条件）では終沈流出水質は実証研究に基づく評価値を満たした。

## 2. 自主研究

### 2-2 処理水質安定性の検証

流入水質及び流出水質  
(均等水量運転 平成29年7月～令和3年8月)

	流入原水(mg/L)		ろ過流出(mg/L)		終沈流出(mg/L)	
SS	277.5	± 161.6	62.5	± 13	2.5	± 0.9
最大～最小	783.0	～ 117.0	122.0	～ 33.2	5.6	～ 0.2
T-BOD	260.7	± 133.7	100.7	± 25.7	5.4	± 1.6
最大～最小	832.0	～ 112.0	185.0	～ 45.0	11.1	～ 2.0
D-BOD	58.3	± 22	43.4	± 19.3	2.4	± 1.1
最大～最小	141.0	～ 22.6	113.0	～ 13.6	6.8	～ 0.4
T-N	38.0	± 11.2	26.3	± 3.6	5.5	± 1.3
最大～最小	76.0	～ 20.0	36.0	～ 15.0	8.9	～ 2.4
T-P	7.2	± 3.6	4.6	± 1.5	1.9	± 1
最大～最小	19.0	～ 2.6	8.5	～ 0.6	6.6	～ 0.2

※上段： 平均値±標準偏差、 下段：最小値～最大値

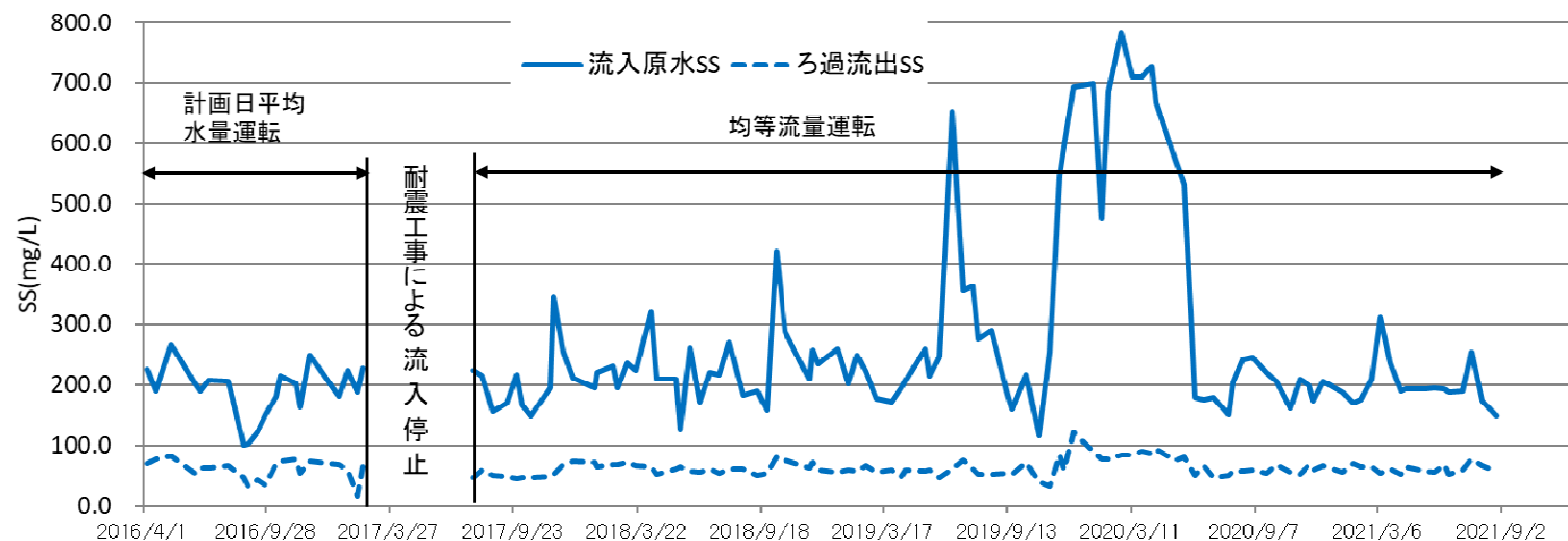
ガイドラインでの実証研究に基づく評価結果  
BOD：10を超え15mg/L以下  
T-N：10mg/L以下  
T-P：3.0mg/L以下



均等水量運転では終沈流出水質T-P以外は実証研究に基づく評価値を満たしている。  
T-Pについては流入原水悪化の影響が見られた時期があった。

## 2. 自主研究

### 2-2 処理水質安定性の検証(前処理設備)



前処理設備SSの変動

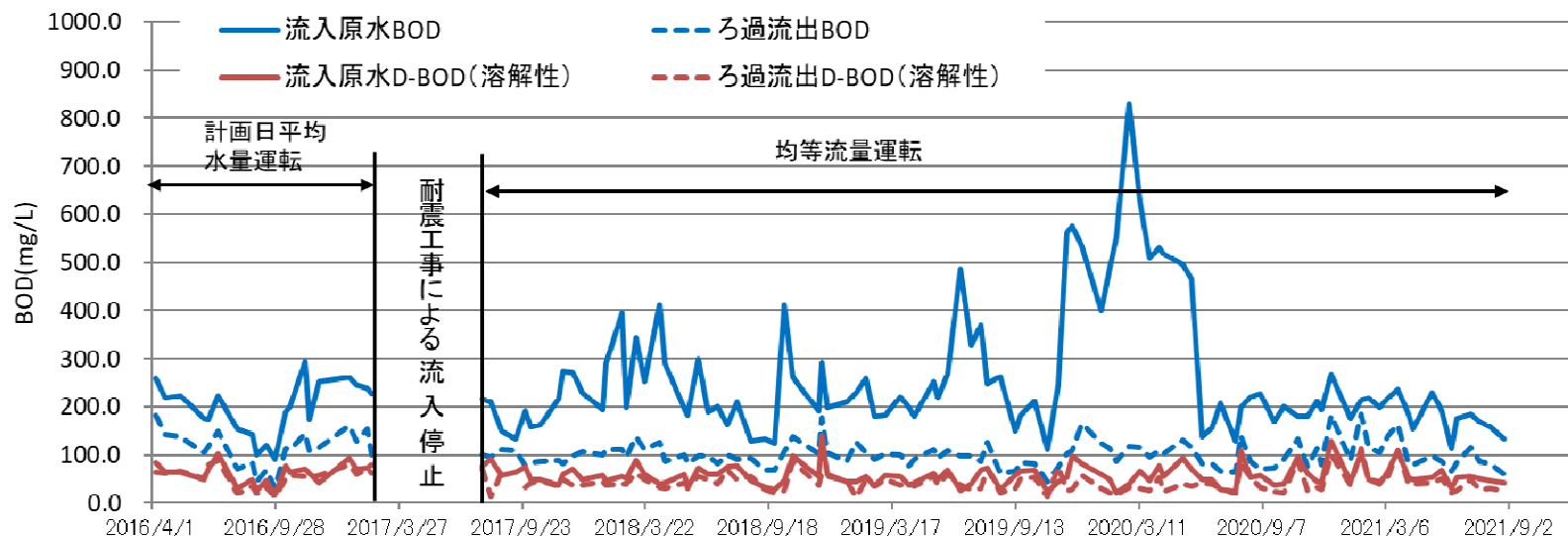
#### ◆SS除去率

- ・実証研究期間平均 78%
- ・自主研究期間平均  
計画日平均水量運転 平成28年4月～平成29年2月 平均 69%  
均等水量運転 平成29年7月～令和3年8月 平均 77%

SS除去率は自主研究期間の計画日平均水量運転期間では、流入原水の平均SSが189.5mg/Lと低いため、除去率は下がっているが、その後の均等水量運転期間では実証研究機関とほぼ同程度であり、流入原水水質が悪化した場合でもろ過後のSSの変動幅は安定していることが確認された。

## 2. 自主研究

### 2-2 処理水質安定性の検証(前処理設備)



前処理設備BODの変動

#### ◆BOD除去率

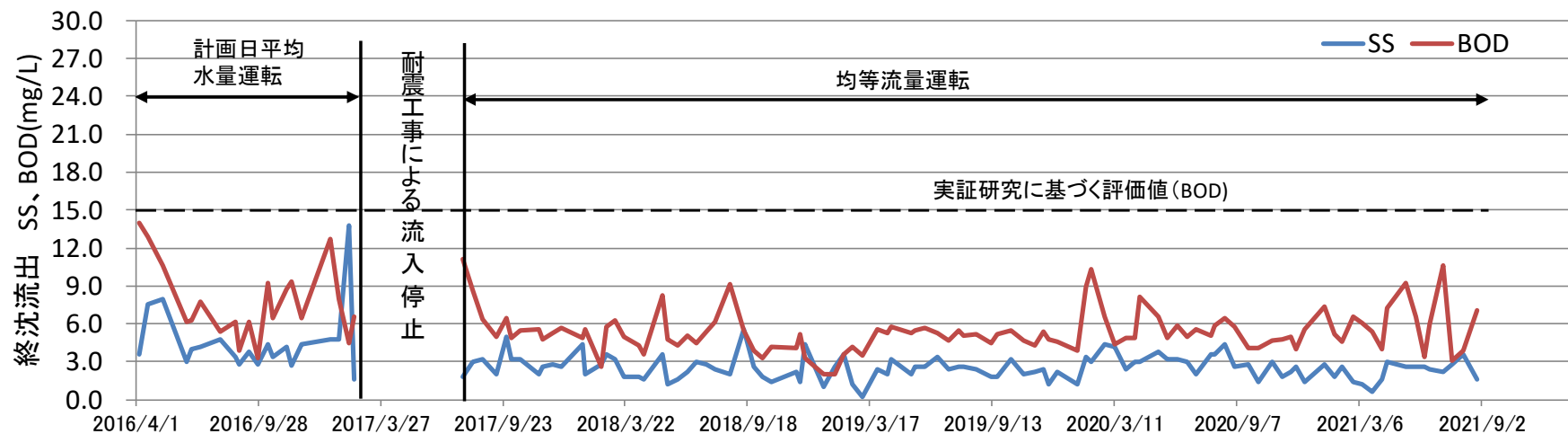
- ・実証研究期間平均 53%
- ・自主研究期間平均

計画日平均水量運転 平成28年4月～平成29年2月 平均43% 溶解性BOD 13%  
均等水量運転 平成29年7月～令和3年8月 平均61% 溶解性BOD 25%

BOD除去率は自主研究期間の計画日平均水量運転期間では、流入原水の平均BODが198.6mg/Lと低いため、除去率は下がっているが、その後の均等水量運転期間では実証研究機関より高い除去率となった。SSと同様に流入原水の変動幅に比べ、ろ過後のBODは安定していた。また、ガイドラインの記述通り、固形性BODが効果的に除去されているが、溶解性BODの除去率は低く、ろ過処理水は溶解性BODが主体となることが確認された。

## 2. 自主研究

### 2-2 処理水質安定性の検証(反応タンク設備)



終沈流出水のSS、BODの変動

◆実証研究に基づく評価結果

BOD:10を超え15mg/L以下を自主研究期間でも達成。

・実証研究期間

平均値 8.4mg/L

最小値~最大値 3.0~14.0mg/L

・自主研究期間

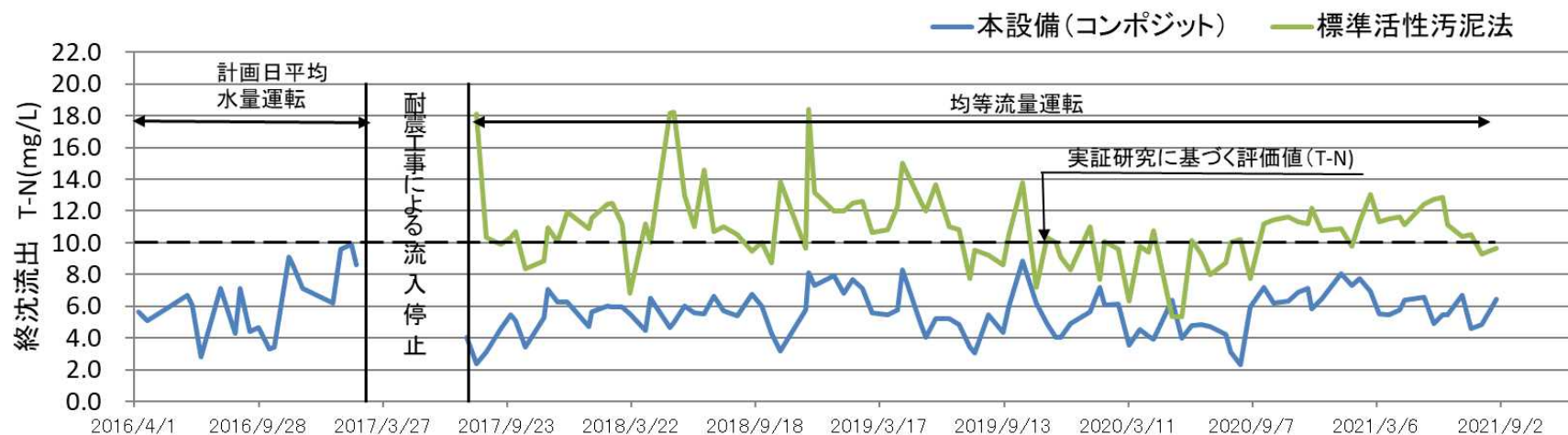
計画日平均水量運転 平成28年4月~平成29年2月 平均値 7.7mg/L 最小値~最大値 3.3~14.0mg/L

均等水量運転 平成29年7月~令和3年8月 平均値 5.4mg/L 最小値~最大値 2.0~11.1mg/L



## 2. 自主研究

### 2-2 処理水質安定性の検証(反応タンク設備)



終沈流出水のT-Nの変動

◆実証研究に基づく評価結果

T-N:10mg/L以下を自主研究期間でも達成。隣接する標準活性汚泥法(一部疑似嫌気法)でのT-N処理水質: 平均値 10.9mg/Lに比較しても高い窒素除去が行われていることが確認された。

・実証研究期間

平均値 4.3mg/L

最小値~最大値 1.5~6.8mg/L

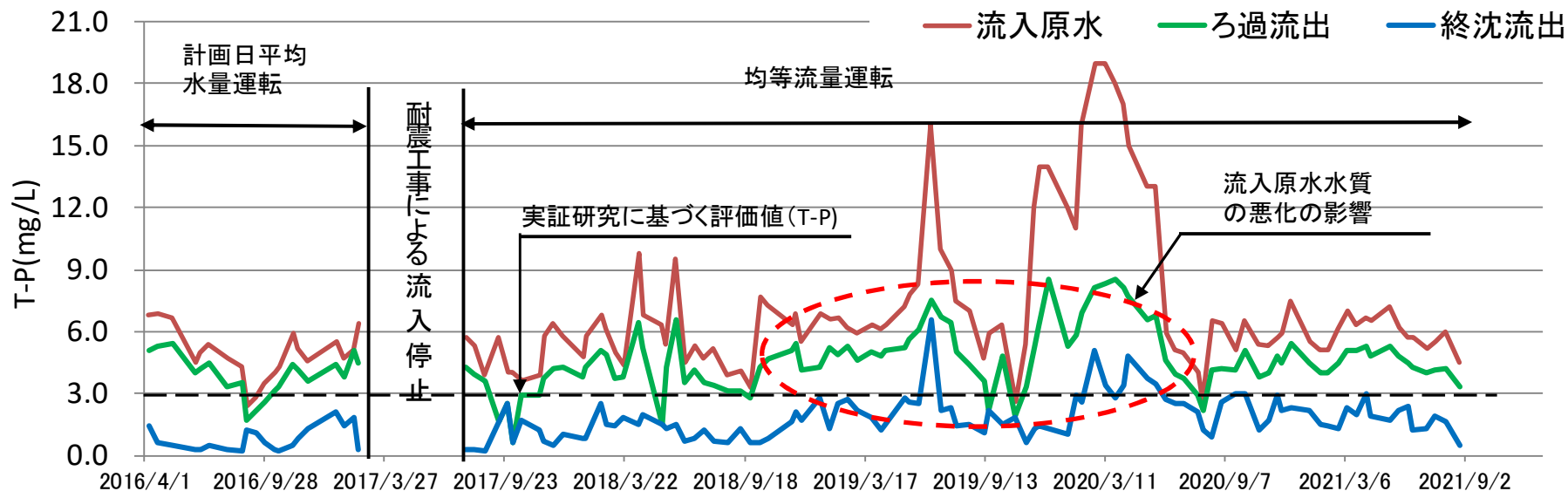
・自主研究期間

計画日平均水量運転 平成28年4月~平成29年2月 平均値 6.3mg/L 最小値~最大値 2.8~9.9mg/L

均等水量運転 平成29年7月~令和3年8月 平均値 5.5mg/L 最小値~最大値 2.4~8.9mg/L

## 2. 自主研究

### 2-2 処理水質安定性の検証(反応タンク設備)



終沈流出水のT-Pの変動

#### ◆実証研究に基づく評価結果

T-P:1を超え3mg/L以下を自主研究期間の均等水量運転(平成29年7月~令和3年8月)で原水水質が悪化した時期に評価値を達成できなかった。重力濃縮槽の沈降性の悪化により、SS濃度が高い返流水の流入原水への混入により一時的に流入原水水質濃度が非常に高い時期があり、比例してT-P処理水質も悪化したと思われる。流入水質が悪化した時期(2019年6月~2020年6月で流入原水T-P10mg/Lを超えた場合)を除いた平均値は1.6mg/Lで最大でも3.0mg/Lとなった。

#### ・実証研究期間

平均値 0.34mg/L 最小値~最大値 0~1.6mg/L

#### ・自主研究期間

計画日平均水量運転 平成28年4月~平成29年2月 平均値 0.8mg/L 最小値~最大値 0.2~2.1mg/L

均等水量運転 平成29年7月~令和3年8月 平均値 1.9mg/L 最小値~最大値 0.2~6.6mg/L



流入原水T-Pが10mg/L以下の場合 平均値 1.6mg/L 最小値~最大値 0.2~3.0mg/L

## 2. 自主研究

### 2-3 A-SRTによる水温と反応タンクMLSS濃度の関係

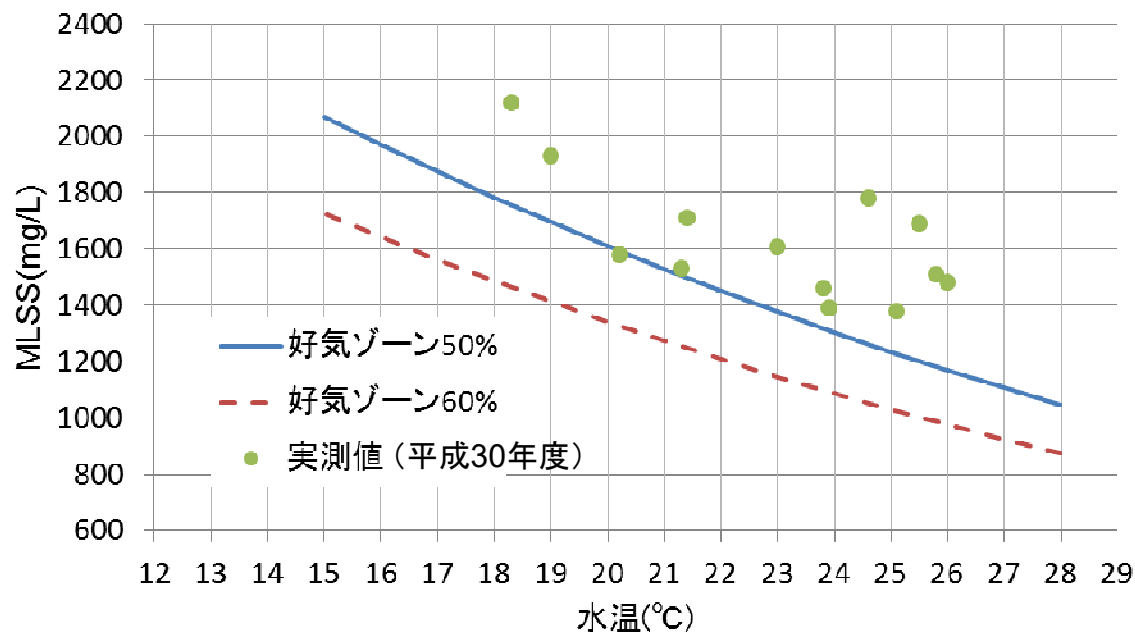
平成30年度より、必要A-SRTを満足する条件で反応タンクのMLSS濃度をできる限り低くし、微生物の自己酸化による酸素消費量を削減することにより送風量を抑え、更なる消費電力量の削減が可能か検証を行った。

具体的には、平成29年度データにより必要A-SRTを確保するための水温とMLSS濃度の関係を求め、これに基づいて水温に応じたMLSS濃度を目標値として設定し、実証設備の運転を行った。

この結果、次項に示すとおり、処理水量の減少に伴う運転条件の変更により消費電力量の削減を図ることができた。

好気ゾーン計算条件  
(平成29年度平均値)

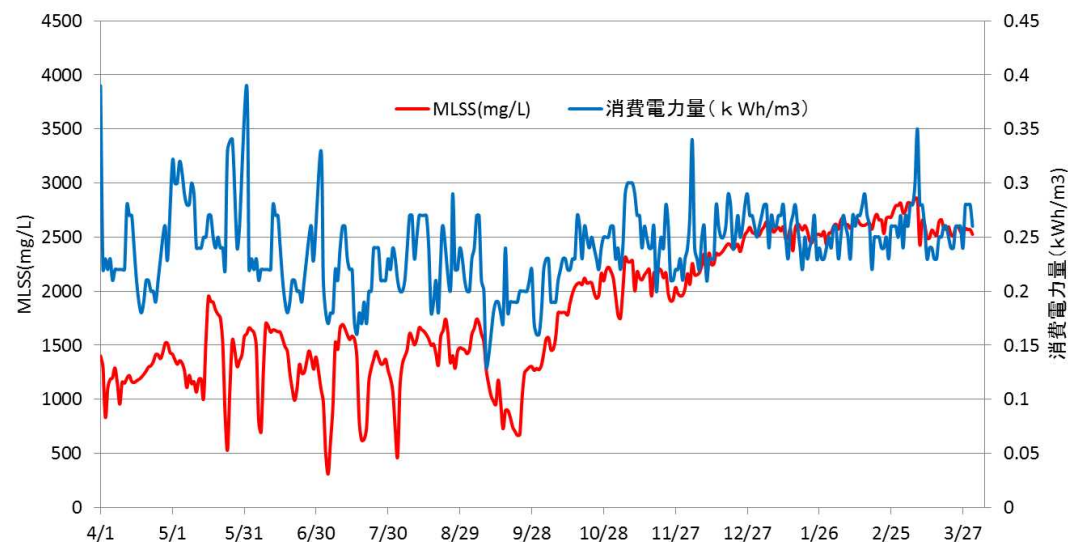
処理水量	1,800m <sup>3</sup> /日
反応タンク流入SS濃度	60mg/L
反応タンク流入溶解性BOD	50mg/L
好気ゾーン容量	50% : 550m <sup>3</sup> 60% : 660m <sup>3</sup>



水温とMLSS濃度の関係

## 2. 自主研究

### 2-4 消費電力量の削減効果



#### ◆消費電力量

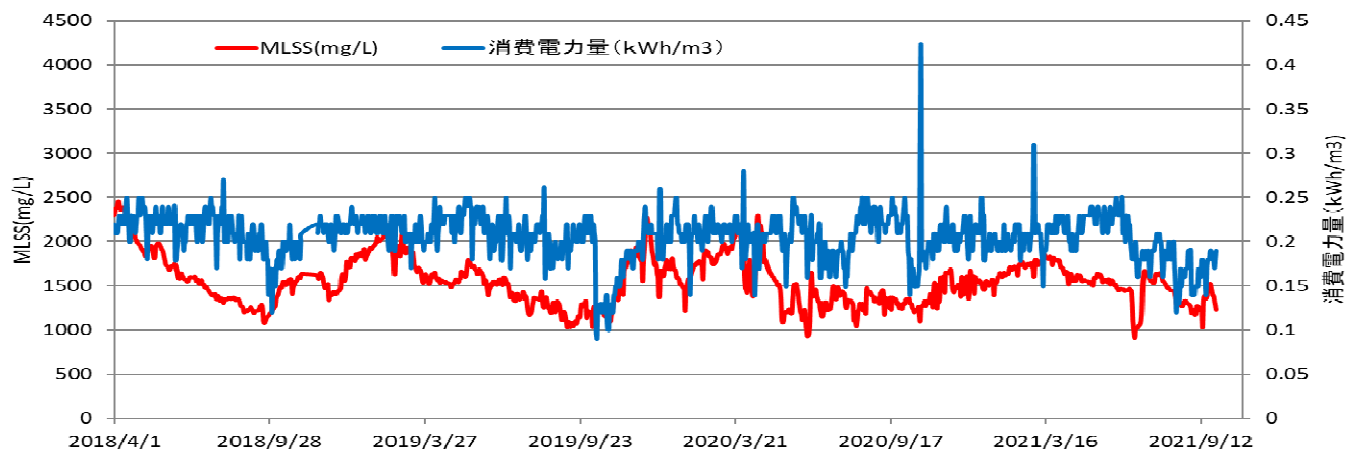
平成27年度平均値 0.233kWh/m<sup>3</sup>

平成30年～令和3年平均値 0.205kWh/m<sup>3</sup>

実証研究期間である平成27年度は処理水量が計画冬期日最大流量と多いこともあり、冬期には窒素除去の低下を懸念し、MLSS濃度を上げて運転した。

平成30年～令和3年は水温とMLSS濃度の関係より夏期には1,200mg/L程度、冬期は2,000mg/L以下にMLSS濃度に抑えた運転を行うことで消費電力量の削減を行うことができた。

#### MLSS濃度と消費電力量の関係(平成27年度)(実証研究期間)



#### MLSS濃度と消費電力量の関係(平成30～令和3年)

※ 消費電力量:送風機+返送汚泥ポンプ+水流発生装置 の消費電力量の和

1. 研究概要
2. 自主研究
- 3. 実証施設の性能比較**
4. 普及展開
5. まとめ
6. その他(ガイドラインについて)

### 3. 実証施設の性能比較(処理水質)

#### 概要

実証研究に基づく本技術の評価とした処理水質を平成28年4月～平成29年2月の計画日平均汚水量運転でも満足し、安定した運転が可能なが確認された。

ガイドライン	今回
実証研究に基づく評価結果	自主研究期間(計画日平均汚水量運転)の水質
BOD(mg/L) : 10を超え15以下	BOD(mg/L) : 平均7.7 最小3.3~最大14.0
T-N(mg/L) : 10以下	T-N(mg/L) : 平均6.3 最小2.8~最大9.9
T-P(mg/L) : 1を超え3以下	T-P(mg/L) : 平均0.8 最小0.2~最大2.1

### 3. 実証施設の性能比較(処理水質)

#### 概要

実証研究に基づく本技術の評価とした処理水質を平成29年7月～令和3年8月の均等水量運転でも満足し、安定した運転が可能なが確認された。

ガイドライン	今回
実証研究に基づく評価結果 BOD(mg/L) : 10を超え15以下 T-N(mg/L) : 10以下 T-P(mg/L) : 1を超え3以下	自主研究期間(均等水量運転)の水質 BOD(mg/L) : 平均5.4 最小2.0~最大11.1 T-N(mg/L) : 平均5.5 最小2.4~最大8.9 T-P(mg/L) : 平均1.5 最小0.2~最大3.0  ※流入原水水質が悪化した2019年6月~2020年6月で流入原水T-Pが高い場合を除く

### 3. 実証施設の性能比較(処理水質)

#### 概要

高効率固液分離設備のSS除去率は実証期間での除去率よりやや低下したが、ろ過後のSSは安定した水質を得ることができた。BOD、T-N、T-Pについても除去が確認できた。

ガイドライン	今回
<p>流入SS濃度200mg/Lに対し、SS除去率は75%程度。実証期間の実SS除去率は78%であった。SSに伴う固形物由来のBOD、窒素、リンの除去が認められた。</p>	<p>SS: 流入原水 262.6mg/L →ろ過後 62.0mg/L 除去率76%</p> <p>BOD: 流入原水 250.1mg/L →ろ過後 102.9mg/L 除去率 59%</p> <p>T-N: 流入原水 37.1mg/L →ろ過後 26.2mg/L 除去率 29%</p> <p>T-P: 流入原水 6.8mg/L →ろ過後 4.5mg/L 除去率 34%</p> <p>数値は平均値を示す。</p>



### 3. 実証施設の性能比較(保守点検項目)

#### 概要

ガイドラインで想定した保守点検項目と実証設備で実際に行われた保守点検について、点検項目や頻度にいくつか異なる箇所が見られた。(B-DASH実証設備 小山川水循環センターでの点検結果による。)

#### ガイドライン

#### 保守点検表(異なる箇所のみ抜粋)

点検項目	点検頻度
電流値、周波数の確認	週1回
絶縁抵抗の確認	月1回
センサー類の交換	年1回

#### 今回

点検項目	点検頻度
電流値、周波数の確認	毎日
絶縁抵抗の確認	年1回
センサー類の交換	消耗品につき その都度(※)

(※)センサー類の交換は実証設備では経済性から校正等でも復旧しなかった場合に部品交換としている。センサーの消耗品については常に予備を保管しており、速やかに交換可能としている。

1. 研究概要
2. 自主研究
3. 実証施設の性能比較
- 4. 普及展開**
5. まとめ
6. その他(ガイドラインについて)

## 4. 普及展開

本技術「高効率固液分離技術と二点DO制御技術を用いた省エネ型水処理技術」の導入実績はないが、次のような処理場を対象に普及展開のための活動を行っている。

◆ 標準活性汚泥法を高度処理設備に変更を予定している処理場

現況は標準活性汚泥法であるが、流域別下水道整備総合計画(以下:流総計画)により将来高度処理化を予定している処理場に対し、増設工事を行うことなく高度処理化が可能で省エネ化が期待できる点をPR。

◆ 高度処理設備の更新・増設予定の処理場

循環式硝化脱窒法や嫌気・無酸素・好気法を採用している処理場の更新及び増設を計画している処理場に対し、建設費の低減や省エネによる電力料金の削減効果をPR。

普及活動としては、ターゲットとする処理場の更新・増設時期や計画設計の情報を(株)石垣、前澤工業(株)の営業が収集し、技術員を伴った説明会開催、技術資料や提案書の作成を行っている。また、下水道展示会等の資料の展示、説明を行っている。

1. 研究概要
2. 自主研究
3. 実証施設の性能比較
4. 普及展開
- 5. まとめ**
6. その他(ガイドラインについて)

## 5. まとめ

- 自主研究期間を通じて、前処理設備は高い固形物除去効果があることが検証された。
- 安定した高度処理運転が可能なが検証された。
- 実証フィールドの実態を踏まえ、均等水量運転に変更し、処理水量が減少したことで、水温に適したMLSS濃度での運転が可能となった。その結果として省エネ効果が確認できた。

1. 研究概要
2. 自主研究
3. 実証施設の性能比較
4. 普及展開
5. まとめ
6. その他(ガイドラインについて)

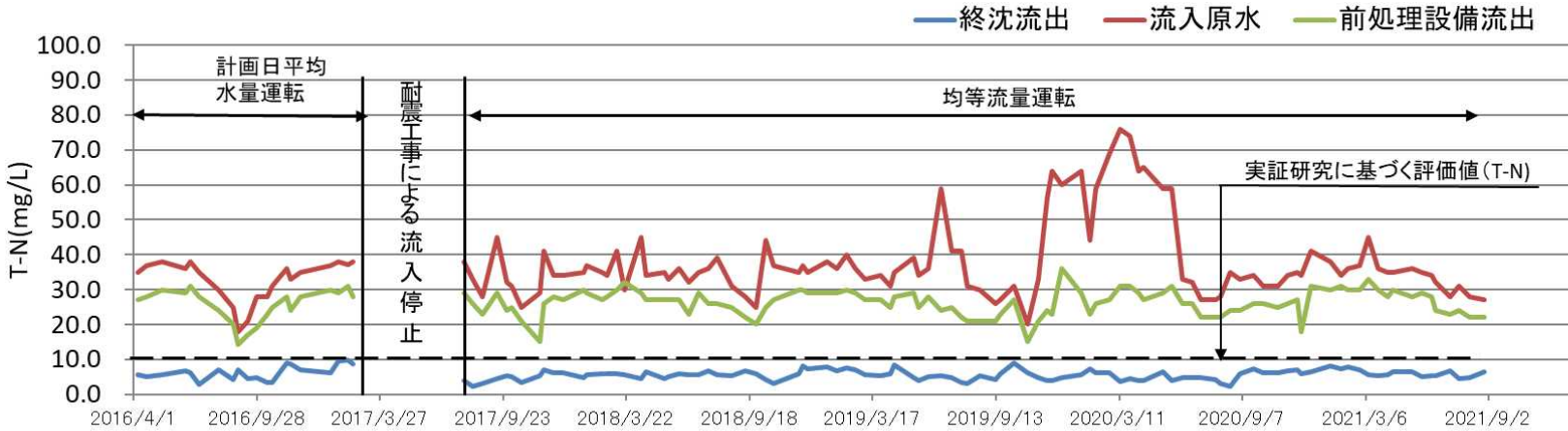
## 6. その他(ガイドラインについて)

ガイドラインについて、自主研究成果を踏まえた修正や追記、及び数値の見直し等の必要性を確認した結果、

- ・自主研究の運転結果による追記や修正はなし。
- ・「§ 16 導入効果の検討」については、設備費や維持管理費の設定条件について、誤記等が判明したため費用関数等を修正した。
- ・「§ 18 標準活性汚泥法から高度処理化を行う検討事例」について、設定水質に誤りがあり、修正した。

# 参考資料 1

本設備の流入原水、前処理設備流出及び終沈流出水のT-Nの変動を下記に示す。

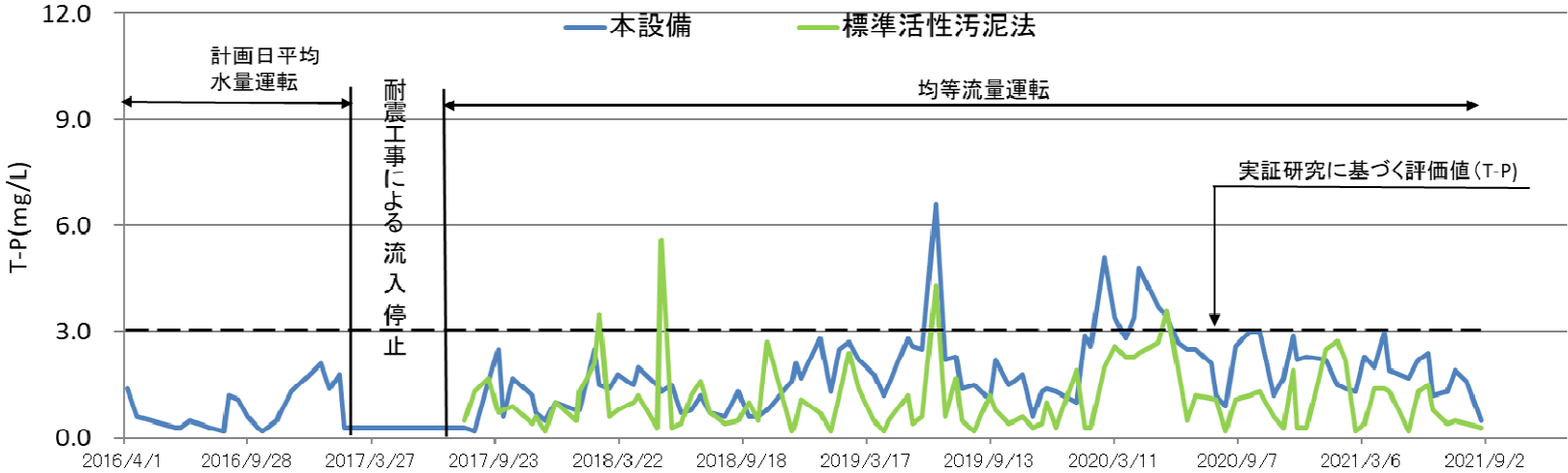


流入原水、前処理設備流出及び終沈流出水T-Nの変動



# 参考資料 2

本設備及び他の系列の標準活性汚泥法での終沈流出水のT-Pの変動を示す。変動の差はあるが本設備のT-P上昇時には標準活性汚泥法でもT-Pの上昇が見られた。



終沈流出水T-Pの変動