

令和6年2月

B-DASHプロジェクト自主研究報告(最終)

[H28採択]

特殊繊維担体を用いた 余剰汚泥削減型水処理技術

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

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

1. 研究概要

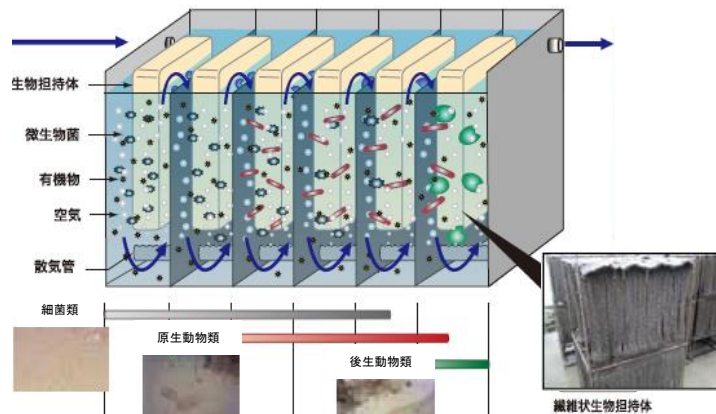
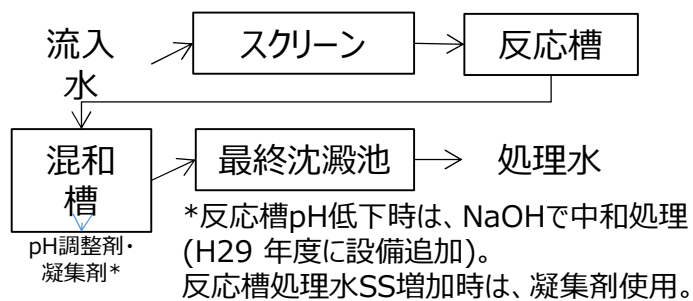
◇技術名称	特殊繊維担体を用いた余剰汚泥削減型水処理技術
◇実施期間	委託研究：平成28年7月～平成30年3月 自主研究：平成30年4月～令和6年3月 ガイドライン発刊：平成31年2月
◇実施者 (委託研究時)	(株)IHI環境エンジニアリング・帝人フロンティア(株)・ 日本下水道事業団・辰野町共同研究体
◇実証フィールド	長野県辰野町 辰野水処理センター 処理方式：OD法 計画処理能力：現有6,270m ³ /日
◇実証施設規模	日最大汚水量2,030m ³ /日 日平均汚水量1,670m ³ /日
◇実証技術	本技術はOD法の改築(代替)のための技術であり、OD槽を多段(12段)に区切り、各段に特殊繊維担体を配置した接触酸化法である。汚泥の自己酸化と食物連鎖環境の形成により、汚泥発生量を削減することにより建設費及び維持管理費を削減する。

1. 研究概要

実証技術の定義

- ・本技術は多段式反応槽をもつ接触酸化法。
 - ・反応槽を多段(本実証時は12段)に区切り、各段に特殊繊維担体を配置。
- ⇒汚泥の自己酸化と食物連鎖環境の形成により、汚泥発生量を削減する。

システム構成



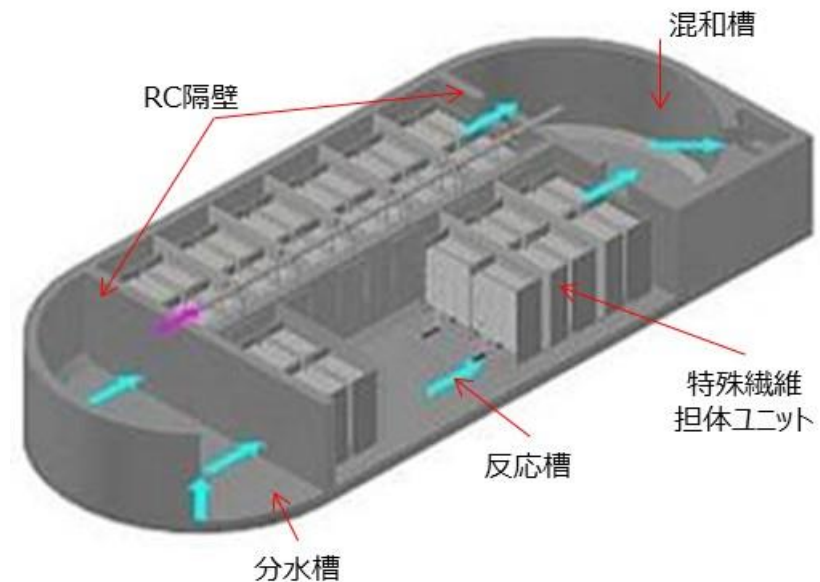
<実証技術反応槽イメージ図>

本技術を既設OD槽へ適用

⇒余剰汚泥削減型水処理技術へ改築

OD槽への適用に際しての工夫点

- ・RC隔壁を設けて槽内を2水路へ改築。
- ・槽内に分水槽、混和槽を設置。
- ・槽の寸法に合わせて特殊繊維担体ユニット(複数連結型)を設計することで様々な形状のOD槽に対応可能。



<長円形水槽を改築したイメージ図>

1. 研究概要(委託研究成果まとめ)

評価項目	評価指標	実証方法	委託研究 目標値	具体的な研究内容	委託研究 結果
①余剰汚泥 発生量の 削減効果	余剰汚泥 削減率※1	<ul style="list-style-type: none"> ・実証系列における余剰汚泥固形物量の実績に基づき評価 ・対照系列(OD法)と比較し、削減率を算出 	年間平均 60%以上	<ul style="list-style-type: none"> ・実証施設を連続運転し、評価対象期間を定め、その期間の実績から余剰汚泥発生量年平均値を推定する。 ・余剰汚泥量は最終沈殿池沈殿汚泥のSS計(連日計測)に引き抜き汚泥量を掛けて算出する。 	年間平均 55%
②LCC 削減効果	LCC 削減率※2	<ul style="list-style-type: none"> ・モデルケースで試算 ・汚泥発生量削減効果に基づき試算 ・電力費、汚泥処分費、ダウンサイズ機器費等から15年間でのLCC評価を実施 	30%以上	<ul style="list-style-type: none"> ・モデルケースを設定し、LCCを算定する。 ・対照技術(OD法)、実証技術とも建設費、維持管理費を積上方式で算定する。 ・余剰汚泥削減率は実績値(評価期間の平均値)とする。 ・電力費は動力公式から求めた動力及び稼働時間(実証データを反映)を使用して算定する。 ・薬品費は実績データ(評価期間の平均消費量)を使用して算定する。 ・人件費は維持管理項目毎に人工数を算定し、積み上げる。 	6.5%
③BOD 除去性能	処理水BOD 年間最大値	<ul style="list-style-type: none"> ・対照系列処理水質に対し、実証系列処理水質が適合しているか評価 ・コンポジット採水に基づく1日平均水質の2回/週での測定結果が目標値を超えないことを確認 	15mg/L 以下	<ul style="list-style-type: none"> ・実証施設を連続運転し、評価対象期間を定め、その期間の処理水BODが15mg/Lを超過しないことを確認する。 ・測定頻度は週2回(月、木)とする。 	15mg/L 以下

※1 余剰汚泥削減率=(1-実証技術の余剰汚泥固形物量÷対照技術の余剰汚泥固形物量)×100(%)

※2 LCC削減率=(1-実証技術のLCC÷対照技術のLCC)×100

1. 研究概要(稼働状況)

概要

自主研究期間を通して実証施設を連続的に運転した。BOD容積負荷は概ね設定どおりに運転を実施できたが、自主研究期間中、数回程度、設定BOD容積負荷が上限値($0.2\text{kg-BOD}/(\text{m}^3\cdot\text{日})$)を超過した。

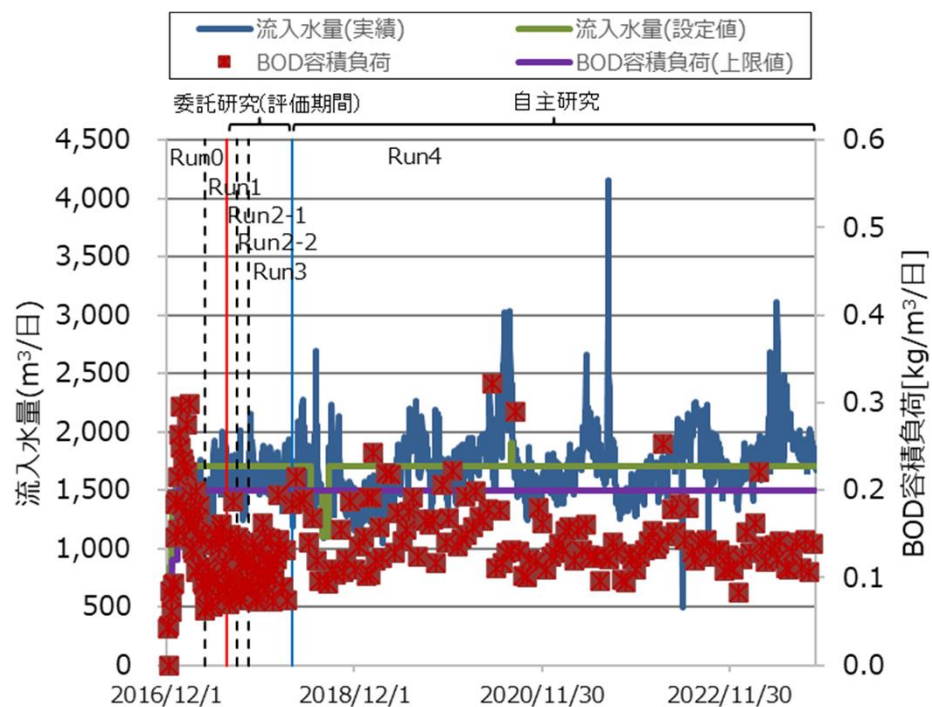


図1 流入水量、BOD容積負荷



写真1 実証施設



写真2 ブロワ操作盤

1. 研究概要
- 2. 自主研究**
3. 実証施設の性能評価
4. ガイドラインについて
5. 今後の予定
6. まとめ

2. 自主研究

概要

余剰汚泥削減効果の長期実証、処理水質安定化及び硝化の安定化について、委託研究時に掲げられた課題に対する対応方法を実証した。

調査項目	B-DASH研究結果	課題	自主研究期間における対応方法
余剰汚泥削減効果	余剰汚泥削減率が55%	通年での実データを取得する必要がある。	データを継続取得する。
処理水質の安定化	処理水BODが15mg/L以下	処理水質の長期安定化を目的として自主研究においても、処理水BODを継続調査したが、一時的に処理水BODが15mg/Lを超過したため、維持管理方法を見直すこととした。	処理水N-BODの抑制を目的として、DO濃度の管理値下限を引き上げた※1。
硝化の安定化	全体風量40m ³ /分および反応槽水温が15℃程度未満の条件において硝化が悪化した。	冬期硝化性能の向上	反応槽水温が15℃を下回る期間で中段及び後段の曝気風量を各槽あたり0.1～0.5m ³ /分を目安に増加させる(変更前の全体風量40m ³ /分の場合、10%増の44m ³ /分となる)。

※1 詳細については、本資料p.17、3.実証施設の性能比較、4)運転管理手法の変更(その1)参照

2. 自主研究

1) 実施工程

<全体工程>

項目	H28年度	H29年度	H30年度	R元年度	R2年度	R3年度	R4年度	R5年度
B-DASH実証研究	→		▼	ガイドライン(案)公表				
自主研究(共同研究体)					評価委員会(中間報告)▼			
自主研究(辰野町)								評価委員会(最終報告)▼

●—● 計画 ●—● 実績

項目	H30年度	R元年度	R2年度	R3年度	R4年度	R5年度
・研究計画の立案	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●
・連続運転	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●
(1)実証研究データの再検証	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●
1)余剰汚泥削減効果の長期実証	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●
2)処理水質安定化に係る検討	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●
3)最適曝気量の検証	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●

2. 自主研究

2) 余剰汚泥削減効果

概要

対照技術(OD法)に対する新技術の余剰汚泥の平均削減率は委託研究時の55%から52%となった。新技術の余剰汚泥発生率には変化が見られなかった一方、対照技術(OD法)の余剰汚泥発生率が低下したことが原因と考えられた。

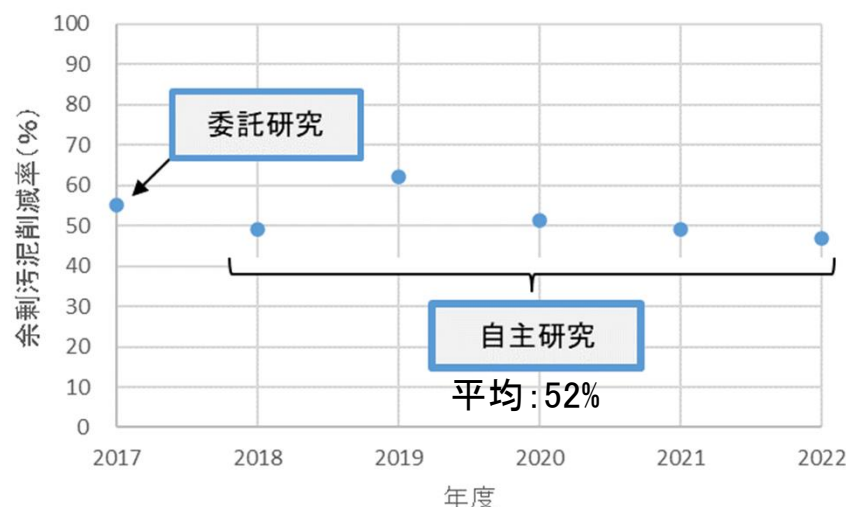


図1 各年度の余剰汚泥削減率

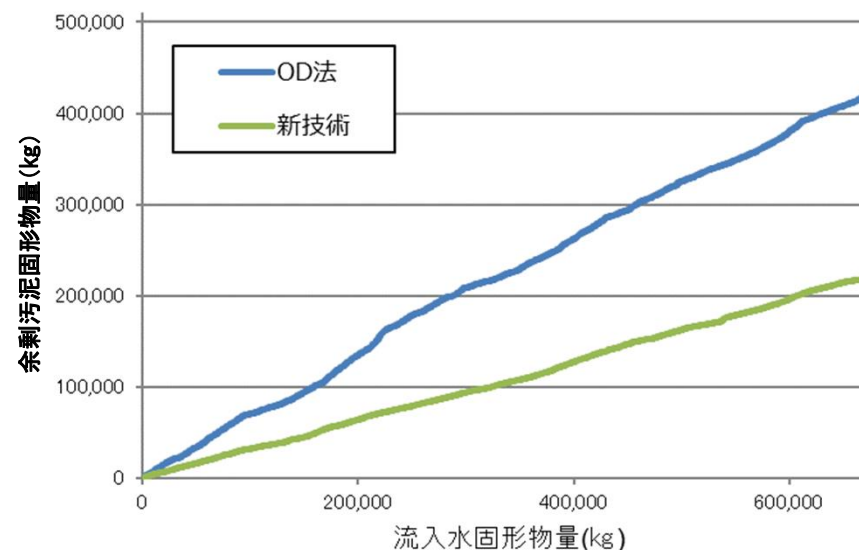


図2 累積流入水固形物量及び累積余剰汚泥固形物量

表1 余剰汚泥発生率※1

研究期間	新技術 (%)	OD法 (%)	備考
委託研究(評価期間)	32	71	対象期間: H29.7.24~H30.3.31
自主研究	33	61	対象期間: H30.4.1~R5.10.31

※1 余剰汚泥固形物量/流入水固形物量 × 100

2. 自主研究

3) 処理性能

(1) BODの除去

概要

自主研究開始後1～3年の期間で、処理水BODが目標値を上回ることがあったため、DO濃度の管理下限値を引き上げた。その後の処理水BODは15mg/L以下を維持できている。

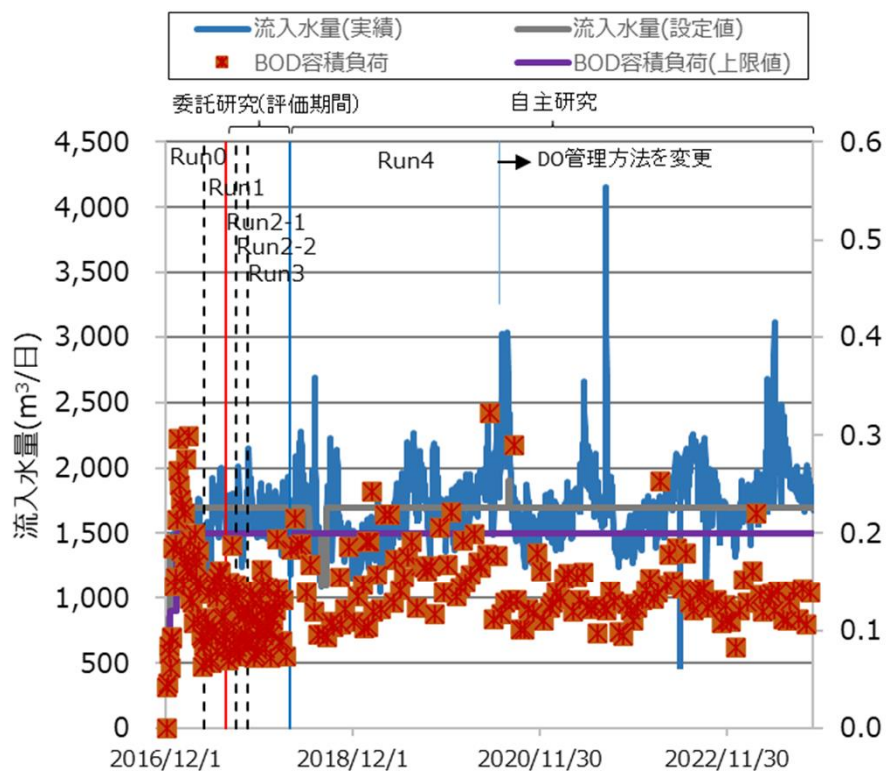


図3 流入水量、BOD容積負荷

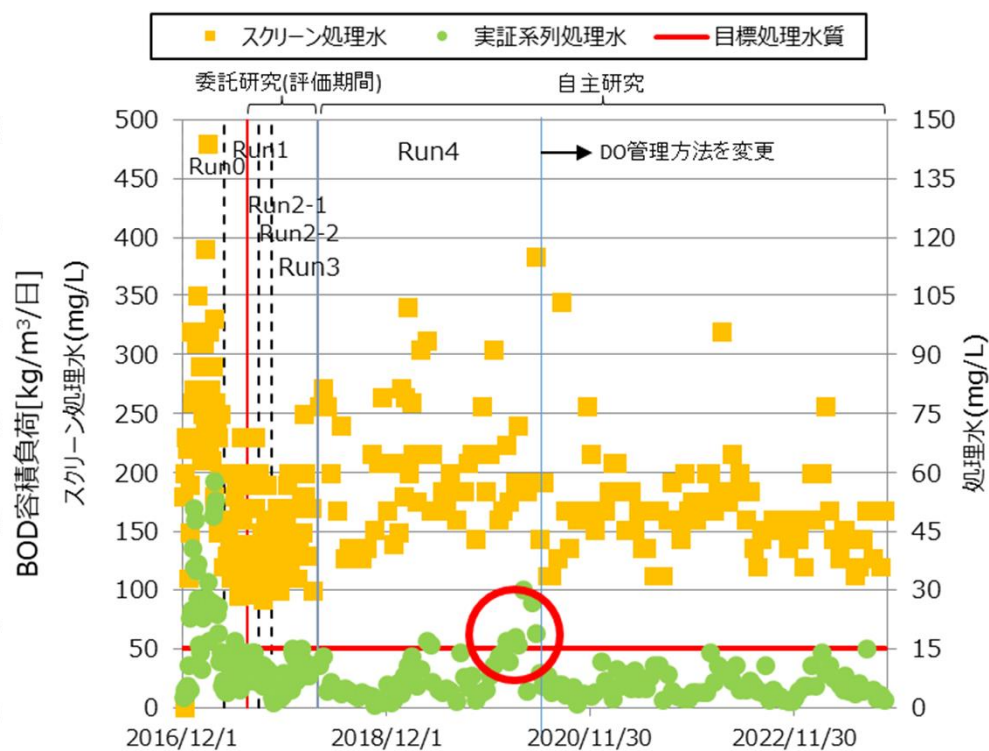


図4 BOD

2. 自主研究

3) 処理性能

(2) $\text{NH}_4\text{-N}$ の除去

概要

反応槽水温が 15°C を下回った時に曝気風量を増加させた結果、処理水 $\text{NH}_4\text{-N}$ は 4mg/L 以下となり硝化が安定して行われることにより処理水 N-BOD が抑制されることになり、 BOD の安定した処理を行うことができた。

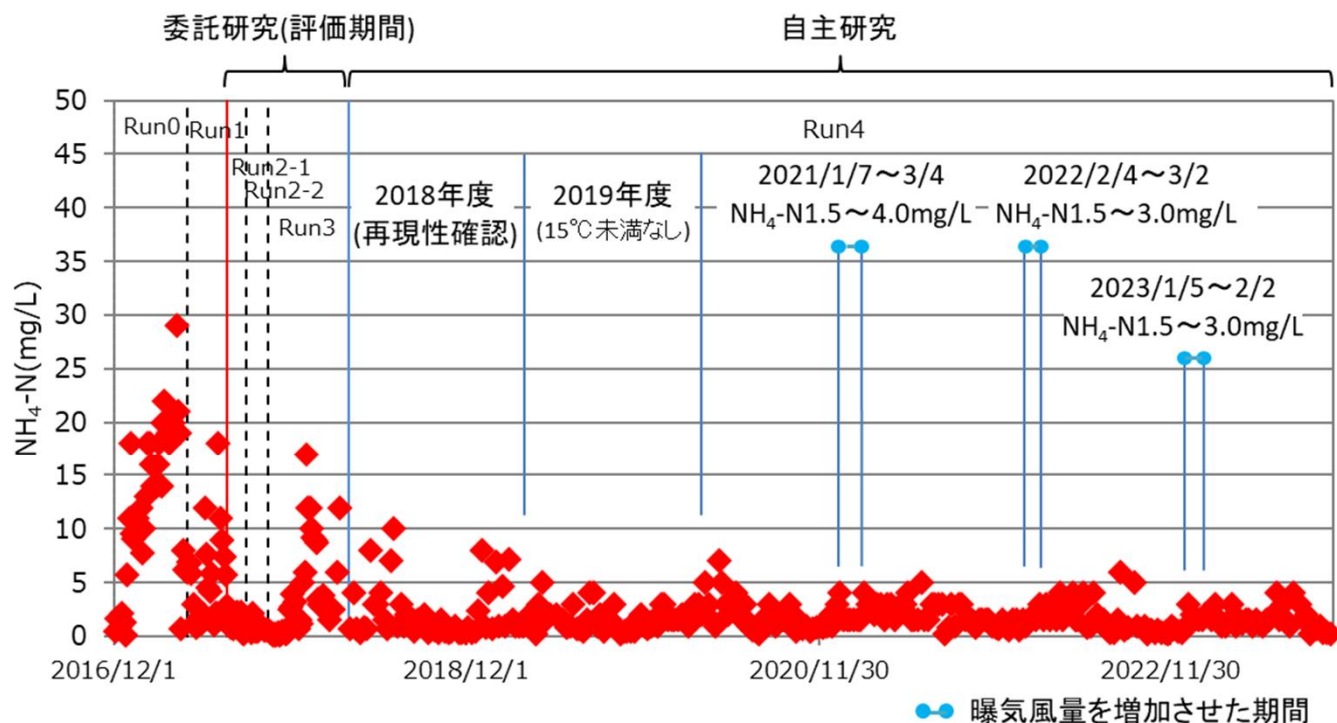


図5 処理水 $\text{NH}_4\text{-N}$

※ 反応槽水温が 15°C 以上の期間で処理水 $\text{NH}_4\text{-N}$ が上昇することがあった。2020年5月の上昇は一時的なものであり、その後、徐々に低下した。それ以外は DO が管理範囲よりも低くなったことが原因であり、風量調整により硝化は安定した。尚、2023年8月17日に1点のみ 10mg/L となったが異常値と判断した。

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

3. 実証施設の性能比較

1) 設計諸元等

概要

設計諸元等は、委託研究と比較して自主研究における実績値に大きな差は見られなかった※1。

分類	項目	委託研究実績 (H29.7~H30.3)	自主研究実績 (H30.4~R5.10)	ガイドライン 諸元等	ガイドラインにお ける見直しの要否	
運転条件	BOD容積負荷(kg/m ³ /日)	0.07~0.19	0.08~0.32	0.2	否	
	反応槽HRT(時間)	32.7	30.5	-	-	
処理性能	処理水BOD濃度(mg/L)	7.9	6.9	15	否	
	処理水SS濃度(mg/L)	13.7	13.0	40	否	
	余剰汚泥発生率	0.32	0.33	0.3	否	
設備容量	最終沈殿池水面積負荷 (m ³ /(m ² ・日))	7.6	8.1	8~12	否	
適用条件	流入下水の最低水温(月間平均 水温の年間最低値)(°C)	15.3※2	14.2※3	15以上	否	
消費電力量	風量倍率	実績値基準	36	32	-	否
		日最大汚水量基準	29	27	約30	否
維持管理 (PAC添加率)	PAC添加率(ml/m ³ -処理量)	35	35	30(標準) 60(最大)	否	

※1 BOD容積負荷は最小値~最大値を示す。それ以外の項目は平均値を示す。

※2 第1槽の水温

※3 対象水は流入下水(調査期間は2020年1月2日~2023年1月31日)。2020年2月に最低値を記録した。

3. 実証施設の性能比較

2) 実証研究目標

概要

実証研究目標に関し、自主研究で得られた結果は委託研究時とほぼ同等と判断した。

評価項目	評価指標	委託研究目標値	委託研究結果	自主研究結果	比較結果の考察
①余剰汚泥発生量の削減効果	余剰汚泥削減率※1	年間平均 60%以上	年間平均 55%	年間平均 52%	本技術の余剰汚泥発生率からほぼ同等と判断
②LCC削減効果	LCC削減率※2	30%以上	6.5%	委託研究時と同等	多少の変動はあったものの汚泥処分費、曝気風量、薬品費はほぼ同等と判断
③BOD除去性能	処理水BOD年間最大値	15mg/L以下	15mg/L以下	15mg/L以下	自主研究開始後、処理水BODが目標値を一時的に超過したため、維持管理方法を見直し、その後は安定して処理されている。

※1 余剰汚泥削減率=(1-実証技術の余剰汚泥固形物量÷対照技術の余剰汚泥固形物量)×100(%)

※2 LCC削減率=(1-実証技術のLCC÷対照技術のLCC)×100

3. 実証施設の性能比較

4) 運転管理手法の変更(その1)

概要

自主研究期間で流入負荷の増加等の原因により一時的に処理水BODが15mg/Lを超過したため、DOの管理方法を変更し、処理水質の安定化を図った。

ガイドライン

表1 第1,6及び12槽のDO

区画	第1槽	第6槽	第12槽
DO(mg/L)	1~3	3~6	4~8

今回

第12槽DOの下限値を6mg/Lとし、これを下回る場合には第7~12槽の風量を増加させる。
また第12槽水温が18℃未満においては、さらに第6槽DOの下限値を4mg/Lとし、これを下回る場合には第2~6槽の風量を増加させる(2020年7月30日より実施)。

表2 第1,6及び12槽のDO(第12槽の水温18℃以上)

区画	第1槽	第6槽	第12槽
DO(mg/L)	1~3	3~6	6~8

表3 第1,6及び12槽のDO(第12槽の水温18℃未満)

区画	第1槽	第6槽	第12槽
DO(mg/L)	1~3	4~6	6~8

3. 実証施設の性能比較

5) 運転管理手法の変更(その2)

概要

自主研究期間で全体風量40m³/分および反応槽水温が15°C程度未満の条件において硝化が悪化した。そこで第12槽水温が15°Cを下回った時に新たに規定したDO管理値を確認しながら全体風量を約10%増加させ、硝化の安定化を図った。

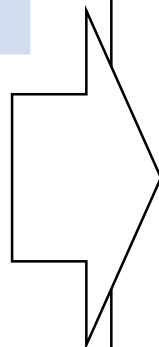
ガイドライン

DO管理範囲に入るように風量を設定する。

区画	第1槽	第6槽	第12槽
DO(mg/L)	1~3	3~6	4~8

今回

第12槽水温が15°Cを下回った時に、新たに規定したDO管理値を確認しながら全体風量を約10%増加させた。



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

4. ガイドラインについて

概要

「運転管理」において自主研究期間中、DOの管理方法を変更し、処理性が安定したため、ガイドライン記載内容を下記のとおり変更する。

ガイドライン	追加等内容												
<p>§ 34 運転管理</p> <p>p.5-2</p> <p>②反応槽内各区画のDO濃度・最低風量の監視・管理 処理性能及び汚泥削減量の目標値を達成するためには、DO濃度管理が重要である。日常点検において各区画のDO濃度を測定し、管理値の範囲内であるか監視する。合わせて、各区画の散気量が攪拌に必要な最低風量を下回っていないことを確認する。各区画のDO濃度の目安と最低風量を表5-2に示す。管理指標から外れた場合は運転操作項目に示す「曝気風量」に従い、管理値内になるよう調整を行う。</p> <p>表5-2 反応槽内の管理指標</p> <table border="1" data-bbox="241 1093 996 1311"> <thead> <tr> <th>区画</th> <th>1槽目</th> <th>6槽目</th> <th>12槽目</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DO濃度(mg/L)</td> <td>1~3</td> <td>3~6</td> <td>4~8</td> </tr> <tr> <td>最低風量 (m³/(m²-槽平面積・時))</td> <td colspan="3">2.2</td> </tr> </tbody> </table>	区画	1槽目	6槽目	12槽目	DO濃度(mg/L)	1~3	3~6	4~8	最低風量 (m ³ /(m ² -槽平面積・時))	2.2			<p>(追加) ・なお、低水温期(15℃程度以下)の場合には、DO値を確認しながら全体風量を約10%毎増加させ、DO値が管理値範囲に入ることを確認する。</p> <p>(変更) ・6槽目のDO濃度を「3(4)~6^{※1}」</p> <p>(変更) ・12槽目のDO濃度を「6~8」に変更</p> <p>(追加) ・注記「※1 12槽目水温18℃未満においては、6槽目DOの下限値を4mg/Lとし、これを下回る場合には全体風量を約10%毎増加させてDO値を確認する。」</p>
区画	1槽目	6槽目	12槽目										
DO濃度(mg/L)	1~3	3~6	4~8										
最低風量 (m ³ /(m ² -槽平面積・時))	2.2												

4. ガイドラインについて(新旧対照表)

旧	新	備考																								
<p>§ 34 運転管理</p> <p>p.5-2 ②反応槽内各区画のDO濃度・最低風量の監視・管理 処理性能及び汚泥削減量の目標値を達成するためには、DO濃度管理が重要である。日常点検において各区画のDO濃度を測定し、管理値の範囲内であるか監視する。合わせて、各区画の散気量が攪拌に必要な最低風量を下回っていないことを確認する。各区画のDO濃度の目安と最低風量を表5-2に示す。管理指標から外れた場合は運転操作項目に示す「曝気風量」に従い、管理値内になるよう調整を行う。</p> <p>表5-2 反応槽内の管理指標</p> <table border="1" data-bbox="241 1043 996 1262"> <thead> <tr> <th>区画</th> <th>1槽目</th> <th>6槽目</th> <th>12槽目</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DO濃度(mg/L)</td> <td>1~3</td> <td>3~6</td> <td>4~8</td> </tr> <tr> <td>最低風量 (m³/(m²-槽平面積・時))</td> <td colspan="3">2.2</td> </tr> </tbody> </table>	区画	1槽目	6槽目	12槽目	DO濃度(mg/L)	1~3	3~6	4~8	最低風量 (m ³ /(m ² -槽平面積・時))	2.2			<p>§ 34 運転管理</p> <p>p.5-2 ②反応槽内各区画のDO濃度・最低風量の監視・管理 処理性能及び汚泥削減量の目標値を達成するためには、DO濃度管理が重要である。日常点検において各区画のDO濃度を測定し、管理値の範囲内であるか監視する。合わせて、各区画の散気量が攪拌に必要な最低風量を下回っていないことを確認する。各区画のDO濃度の目安と最低風量を表5-2に示す。管理指標から外れた場合は運転操作項目に示す「曝気風量」に従い、管理値内になるよう調整を行う。なお、低水温期(15℃程度以下)の場合には、DO値を確認しながら全体風量を約10%毎増加させ、DO値が管理値範囲に入ることを確認する。</p> <p>表5-2 反応槽内の管理指標</p> <table border="1" data-bbox="1048 1043 1825 1262"> <thead> <tr> <th>区画</th> <th>1槽目</th> <th>6槽目</th> <th>12槽目</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DO濃度(mg/L)</td> <td>1~3</td> <td>3(4)~6※1</td> <td>6~8</td> </tr> <tr> <td>最低風量 (m³/(m²-槽平面積・時))</td> <td colspan="3">2.2</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 12槽目水温18℃未満においては、6槽目DOの下限値を4mg/Lとし、これを下回る場合には全体風量を約10%毎増加させてDO値を確認する。</p>	区画	1槽目	6槽目	12槽目	DO濃度(mg/L)	1~3	3(4)~6※1	6~8	最低風量 (m ³ /(m ² -槽平面積・時))	2.2			<p>(追加)</p> <p>(変更)</p> <p>(追加)</p>
区画	1槽目	6槽目	12槽目																							
DO濃度(mg/L)	1~3	3~6	4~8																							
最低風量 (m ³ /(m ² -槽平面積・時))	2.2																									
区画	1槽目	6槽目	12槽目																							
DO濃度(mg/L)	1~3	3(4)~6※1	6~8																							
最低風量 (m ³ /(m ² -槽平面積・時))	2.2																									

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

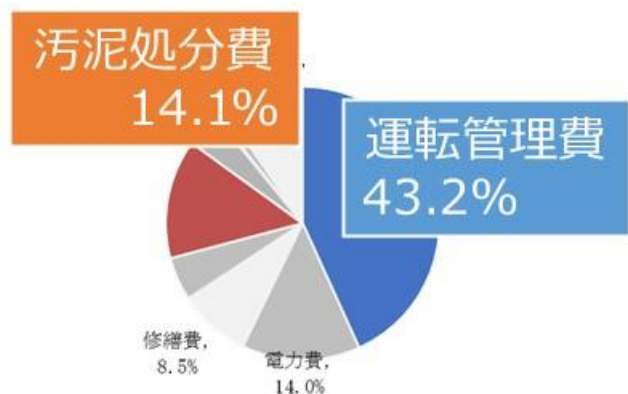
5. 普及展開

1) 導入状況

現時点において、本技術の導入検討中の自治体件数は1件である(導入実績はない)。

2) 普及展開戦略

- ・OD法の維持管理費は汚泥処分費及び運転管理費で全体の6割を占めていることから、維持管理費削減ニーズの高い自治体向けに普及展開を図る。
- ・更新時期を迎えるOD法処理場は今後増加するため、営業展開を加速させる予定である。



b) 中小規模処理場* (OD法)
*1千~10千m³/日のOD処理場データを集計

図6 中小規模処理場の維持管理費の構成

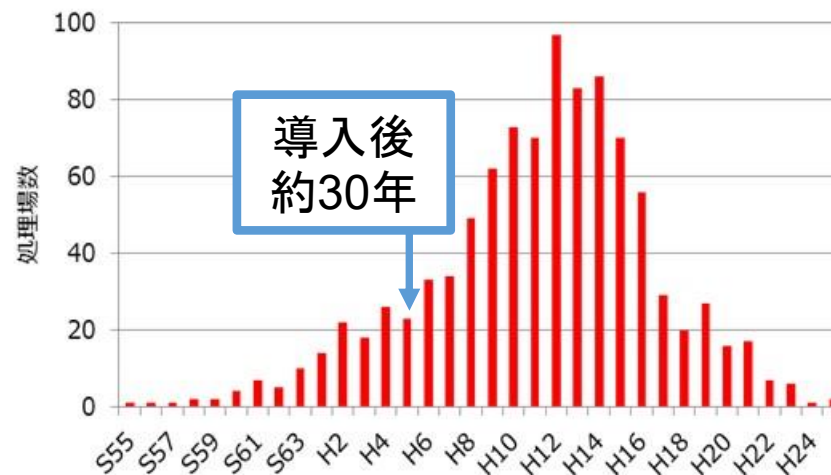


図7 稼働開始年別のOD法処理場数

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

6. まとめ

委託研究を約1.3年間後、自主研究を約6年間実施し、余剰汚泥削減効果の長期実証、処理水質安定化に係る検討、最適曝気量の検証を実施した。

- 自主研究期間中、一時的に処理水BOD濃度が目標値を超過したが、DO濃度管理値の見直し(下限値の引き上げ)を行い、処理性が改善された。
- 委託研究期間中、低水温下で硝化が不安定となったが、反応槽水温が15°Cを下回った時に曝気風量を10%程度増加させることで安定して硝化が行われた。
- 適用条件、ライフサイクルコスト他は委託研究時と自主研究時でほぼ同等と判断された。