

資料編

1. 実証研究内容
2. ケーススタディ
3. 標準活性汚泥法のダウンサイジング性能（参考）
4. 海外等への適用の留意点
5. 須崎市終末処理場におけるダウンサイジング効果
6. 問い合わせ先

1. 実証研究内容

1.1 実証研究概要

1) 研究名称

DHS システムを用いた水量変動追従型水処理技術実証研究

2) 実施者

三機工業㈱・東北大学・香川高等専門学校・高知工業高等専門学校・日本下水道事業団・
須崎市 共同研究体

3) 実施期間

平成 28 年 7 月 7 日～平成 29 年 3 月 31 日（平成 28 年度 委託研究期間）

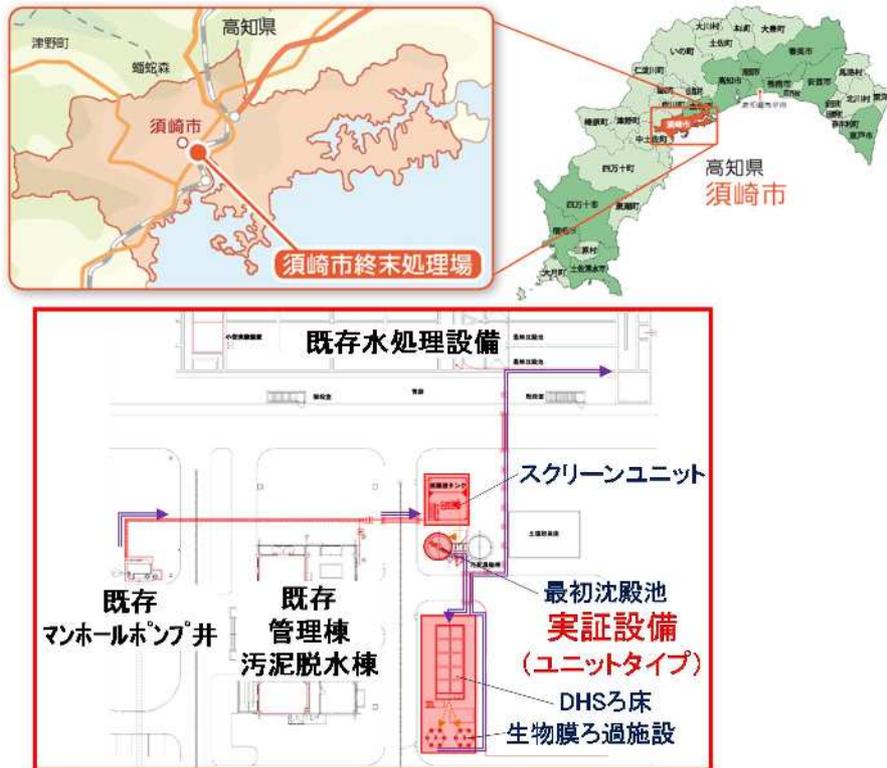
平成 29 年 7 月 31 日～平成 30 年 3 月 30 日（平成 29 年度 委託研究期間）

4) 実施場所

本研究の実証場所となった下水処理場を資表 1-1 に示す。また、当処理場の概略平面図を資
図 1-1 に示す。

資表 1-1 須崎市終末処理場の概要

処理場名	須崎市終末処理場
処理場位置	高知県須崎市潮田町 3-15
下水道事業種別	公共下水道
供用開始年月	平成 7 年 10 月
敷地面積	37,520m ²
計画処理面積（事業計画）	57 ha
計画処理人口（事業計画） （H25 年度末）	2,350 人 1,761 人
計画処理能力（事業計画） （現有）	1,540 m ³ /日 1,800 m ³ /日
現状の流入水量	400 m ³ /日（日平均） 500 m ³ /日（日最大：日平均×1.25） 600 m ³ /日（時間最大：日平均×1.5）
水処理方法	標準活性汚泥法
水処理系列（事業計画・現有）	1 系列
排除方式	分流
汚泥処理フロー（現有）	濃縮-脱水
放流先	須崎港・海域 B



資図 1-1 須崎市終末処理場の概略平面図

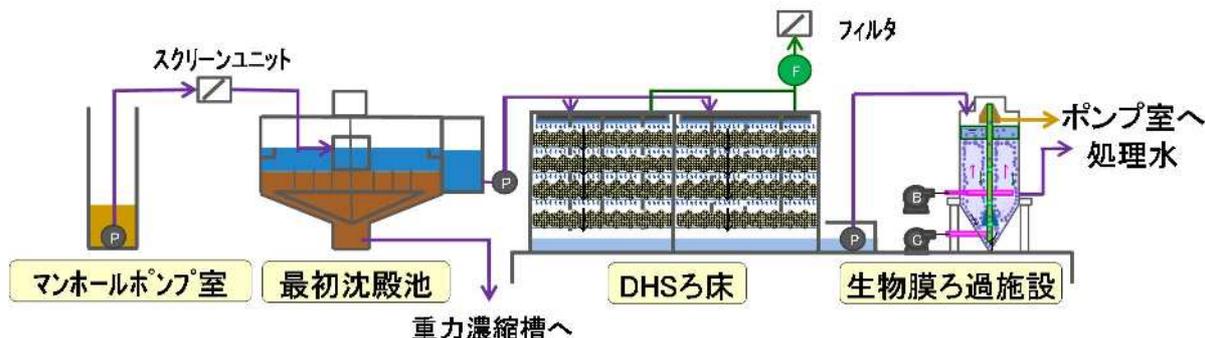
5) 実証施設

実証施設の諸元を資表 1-2 に、実証設備フローを資図 1-2 に、そして実証設備の主要機器リストを資表 1-3 に示す。

なお、本技術は標準活性汚泥法代替であり、DHS ろ床および生物膜ろ過施設は既存反応タンク内に設置することを基本としているが、既存反応タンクの耐震性の都合上、地上設置とした。

資表 1-2 実証施設の諸元

実証施設	処理能力	500 m ³ /day (日最大)
	現状流入水量	約 400 m ³ /day (平成 26 年度日平均)
最初沈殿池	水面積負荷	60 m ³ /(m ² ・day)
DHS ろ床	DHS 担体容積負荷	0.9kg-BOD/ (m ³ -担体・日)
	DHS ろ床段数	4 段
	DHS 担体充填量	125 m ³
生物膜ろ過施設	ろ過速度	50 m/day



資図 1-2 実証実験設備概略フローシート

資表 1-3 実証実験設備機器リスト

機器名称	仕様	数量
【揚水設備】		
汚水ポンプ	水中汚水ポンプ 0.47m ³ /min×16m×3.7kW (VVVF)	2
スクリーンユニット	脱水機構付裏搔スクリーンユニット スクリーン目幅 2mm×1.0m ³ /min×0.9kW	1
【最初沈殿池】		
初沈汚泥搔寄機	中央駆動懸垂形 φ 3.5m×側水深 2.9m×0.4kW	1
【DHS ろ床】		
DHS 移送ポンプ	スラリーポンプ 0.47m ³ /min×8.5m×2.2kW (VVVF)	2
DHS ろ床	鋼板製下向流スポンジ懸垂型リアクター 4mW×10mL(2m 角×10 ユニット),担体部 125m ³	1
通気ファン	耐蝕送風機 2.8m ³ /min×3.5kPa×0.75kW (VVVF)	2
DHS ろ床処理水 移送ポンプ	空冷式水中ポンプ 0.47m ³ /min×7m×1.5kW (VVVF)	2
【生物膜ろ過施設】		
生物膜ろ過槽	鋼板製連続式移動床生物膜ろ過装置 6m ² , LV50m/day	2
コンプレッサ	可搬式空気圧縮機 240L/min×0.93MPa×2.2kW	2
送気ブロワ	ヘリカルブロワ 1.2m ³ /min×40kPa×1.5kW (VVVF)	2

1.2 実証研究結果

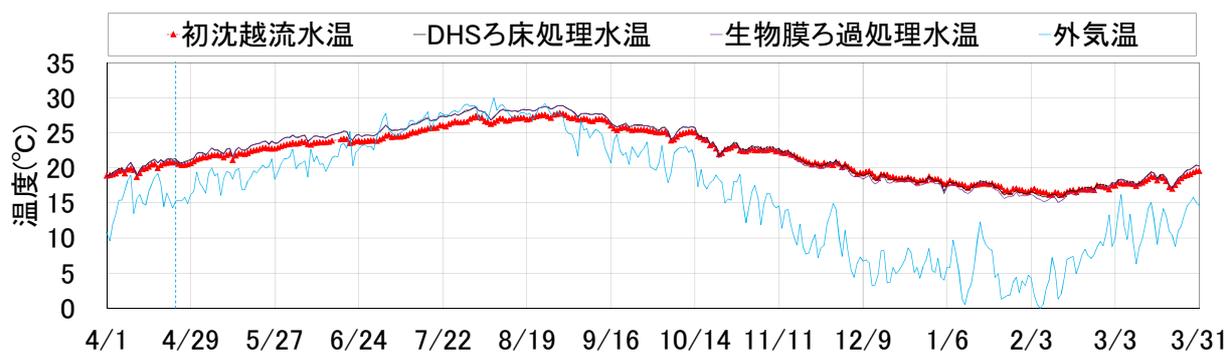
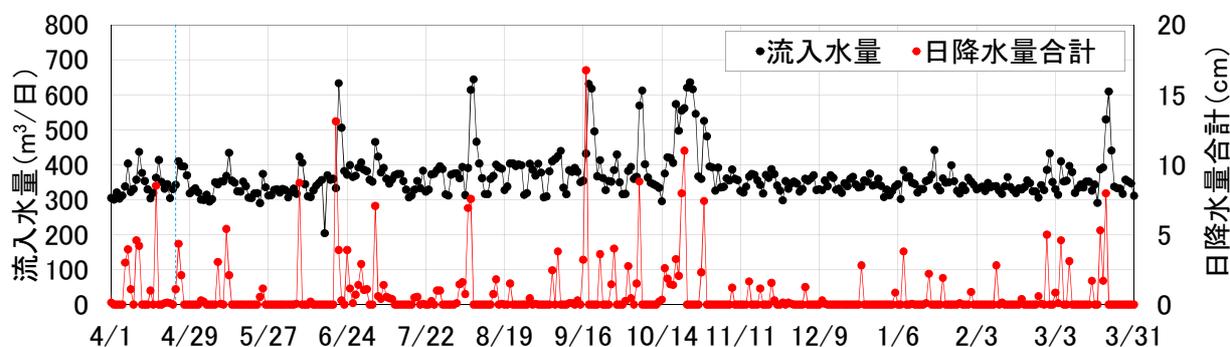
1) 放流水質の安定性

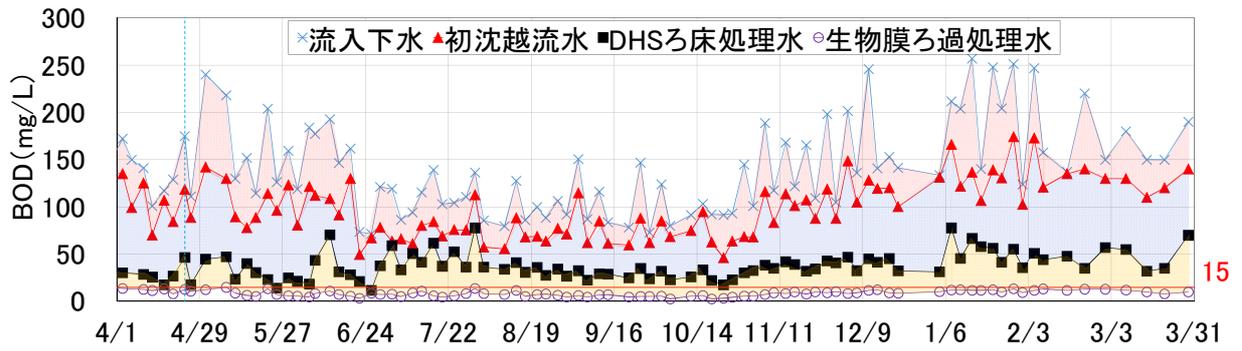
下水道法施行令の計画放流水質「BOD (mg/L) : 10 を超え 15 以下」における評価項目について、生物膜ろ過処理水を対象に、1年間を通じた週2日の日間平均および四季毎の日間変動を確認した。

①日間平均

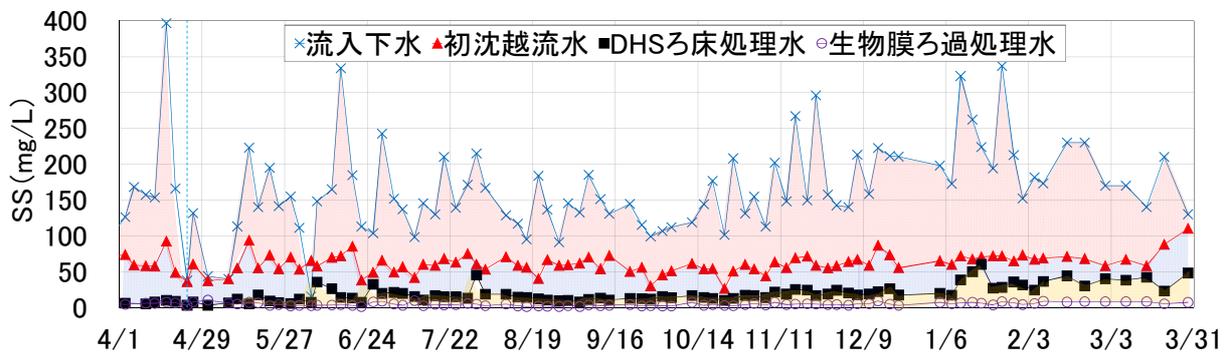
2017年4月1日から2018年3月31日までの実証施設における流入水量や降水量、水温、外気温といった流入条件および各処理工程（流入下水、初沈越流水、DHSろ床処理水および生物膜ろ過処理水）の処理水質（BOD, SS, NH₄-N濃度）の推移を資図1-3に示す。同期間における実水量、流入BOD、流入SS、処理水BODおよび処理水SSのまとめを資表1-4に示す。

資図1-3のとおり、年間を通じて安定して生物膜ろ過処理水BOD15 mg/L以下を確保できることを確認した。生物膜ろ過処理水がBOD15 mg/Lに近い値を示している時期があるが、これは既存標準法の立下げ期間の汚泥処理量上昇に伴う一時的な負荷上昇や、季節的な生物膜ろ過施設の洗浄時間変更が遅れたことが要因と考えられる。また、生物膜ろ過処理水SSが30 mg/L以下であることを確認した。また、年間を通じて、安定したアンモニア性窒素の除去も確認した。

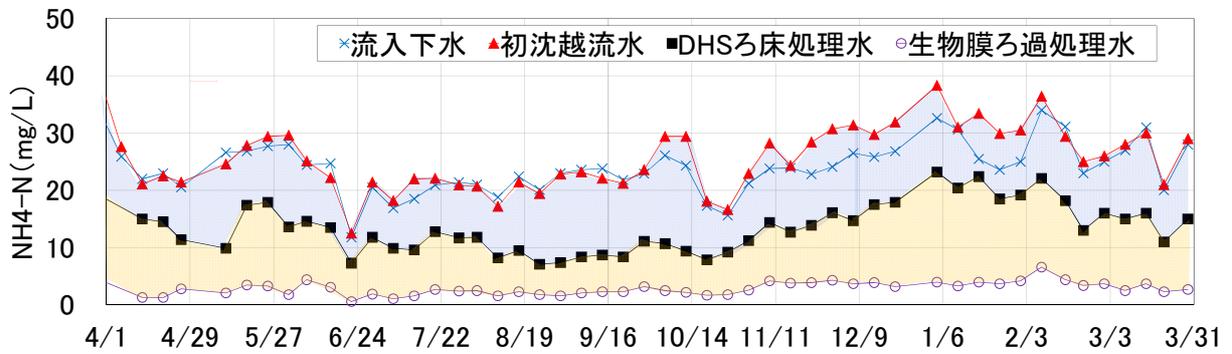




(c) BOD 変動



(d) SS 変動



(e) NH₄-N 変動

資図 1-3 日間変動結果

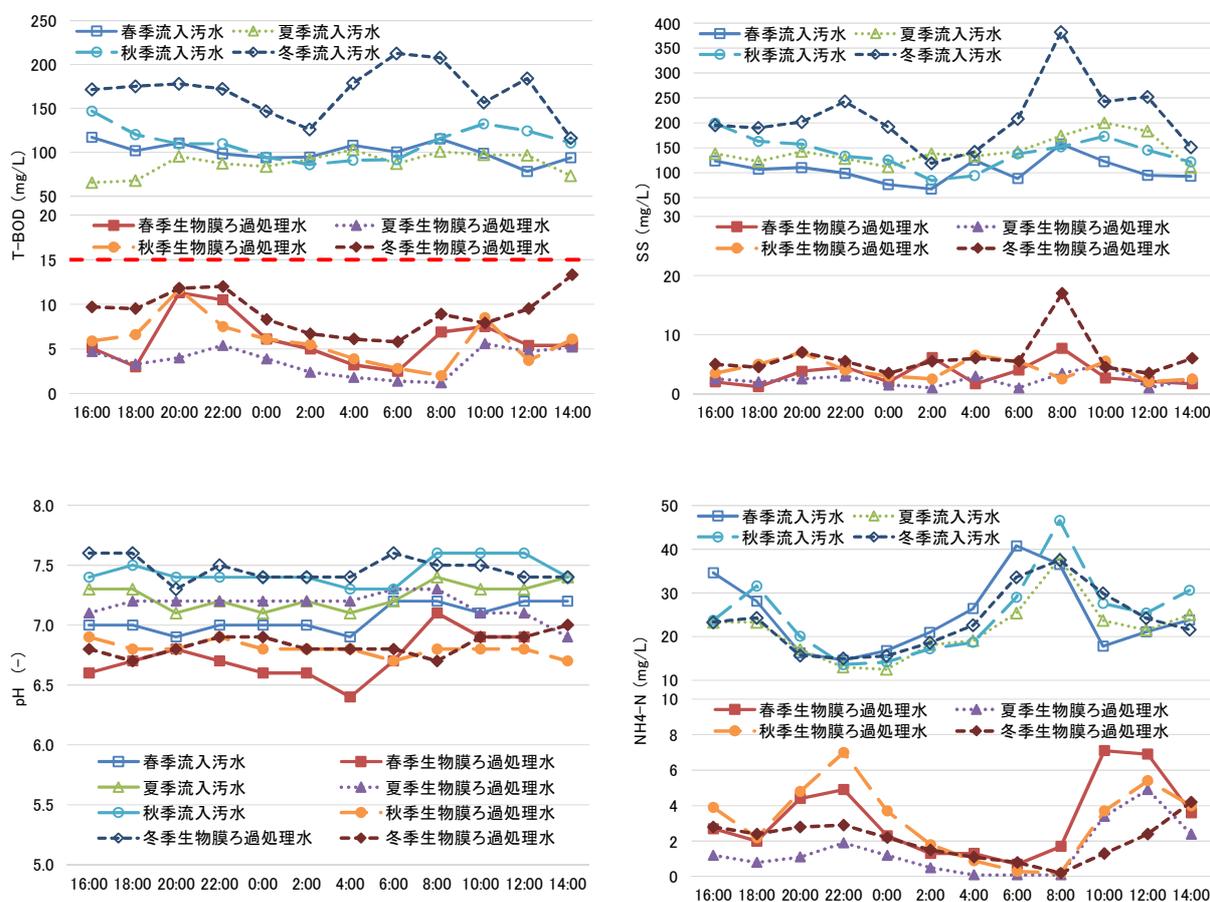
資表 1-4 流入下水および処理水 BOD

項目		範囲		
		平均	± 標準偏差	(最小値 ~ 最大値)
流入条件	流入水量 (m ³ /日)	357	± 63	(201 ~ 627)
	水温 (°C)	22	± 3.5	(16 ~ 28)
	BOD (mg/L)	141	± 47	(72 ~ 257)
	SS (mg/L)	165	± 64	(15 ~ 397)
処理水	BOD (mg/L)	8.7	± 3.0	(2.8 ~ 15.0)
	SS (mg/L)	4.6	± 2.2	(1.0 ~ 10.1)

②時間変動

季節毎に1回ずつ行った通日試験の結果を資図 1-4 に示す。

資図 1-4 のとおり、各季節において生物膜ろ過処理水 BOD が1日を通じて安定して 15 mg/L 以下であることを確認した。また、生物膜ろ過処理水 SS が 30 mg/L 以下であることを、pH が 5.8~8.6 の範囲内と放流基準を満たすことを確認した。



資図 1-4 時間変動結果

※各季節における試料採取日時は以下のとおりであった。

春季：2017年6月1日16時～6月2日14時

夏季：2017年8月31日15時～9月1日13時

秋季：2017年11月16日15時～11月17日13時

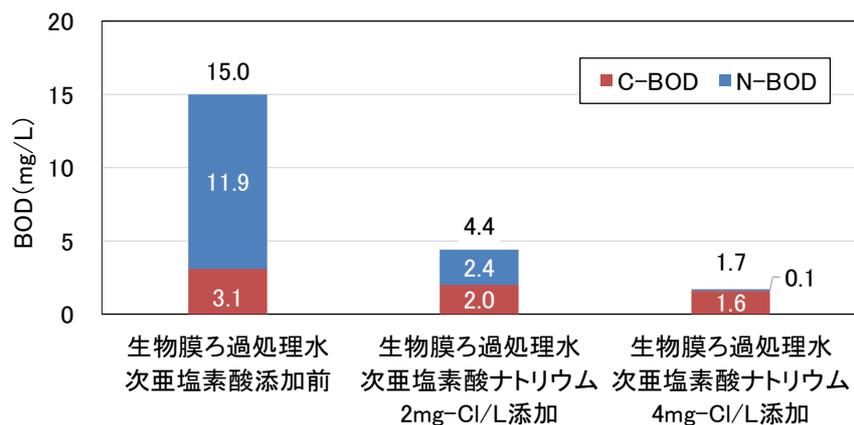
冬季：2018年1月21日8時～1月22日6時

※適切な消毒による効果

生物膜ろ過処理水のコンポジットに次亜塩素酸ソーダをそれぞれ2 mg-Cl/L、4 mg-Cl/Lとなるように添加した試料を調製し、BODおよびC-BODを分析した。

資図1-5に示すとおり、次亜塩素酸ソーダの添加により、N-BODおよびC-BODの減少を確認した。N-BODの減少が著しく、4 mg-Cl/L濃度の添加ではN-BODが添加前に比べて約85%減少した。

実証研究では生物膜ろ過処理水での評価を行っているが、本技術は適切な塩素滅菌により、計画放流水質を十分に満足できる。



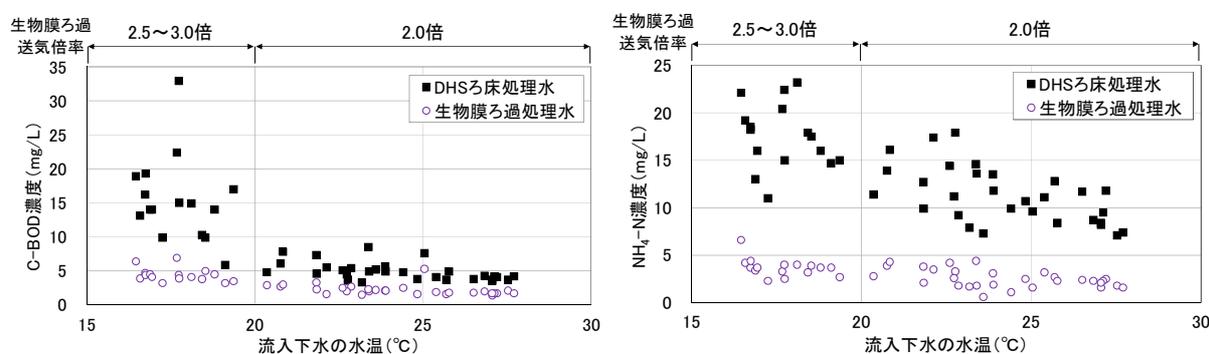
資図 1-5 時間変動結果

2) 流入下水の水温による処理水質への影響

流入下水の水温による DHS ろ床処理水質および生物膜ろ過処理水質への影響を資図 1-6, 資図 1-7 に示す。

資図 1-6 は流入下水の水温と C-BOD, NH₄-N の関係である。DHS ろ床処理水質は C-BOD, NH₄-N とともに、流入下水の水温低下に伴い上昇傾向にあり、特に流入下水の水温 20℃以下において上昇が見られる。

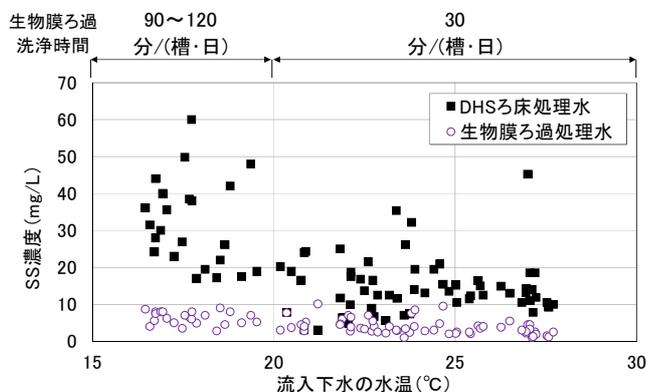
これに対して、生物膜ろ過処理水質は C-BOD, NH₄-N とともに、流入下水の水温低下に伴いわずかに上昇傾向にあるが、安定して低い値を示している。生物膜ろ過施設における送気倍率の調整により、流入下水の水温に関わらず、安定した仕上処理を行うことができることが確認された。



資図 1-6 流入下水の水温と C-BOD, NH₄-N の関係

資図 1-7 は流入下水の水温と SS の関係である。DHS ろ床処理水 SS は、流入下水の水温低下に伴い上昇傾向にあり、特に流入下水の水温 20℃以下において上昇が見られる。

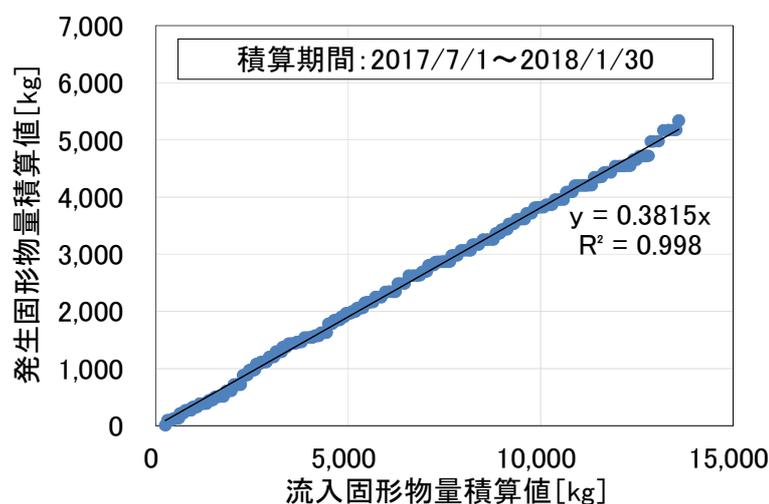
これに対して、生物膜ろ過処理水 SS は、流入下水の水温低下に伴いわずかに上昇傾向にあるが、安定して低い値を示している。生物膜ろ過施設における洗浄時間の調整により、流入下水の水温に関わらず、安定した仕上処理を行うことができることが確認された。



資図 1-7 流入下水の水温と SS の関係

3) 汚泥発生率の削減効果

本技術単独での水処理を開始した7月1日以降の汚泥発生率を確認した。汚泥発生率は発生汚泥固形物量を流入固形物量にて除することにより算出した。2017年7月1日～2018年1月30日の間の積上げた結果を資図1-8に示す。資図1-8の傾きより、汚泥発生率は約0.4であり、目標とする0.7を満足した。



資図1-8 汚泥発生率

ここで、流入固形物量および発生汚泥固形物量は以下の方法により算出した。

○流入固形物量 = $\Sigma[1 \text{ 日流入下水量} \times \text{流入下水 SS (コンポジット)}]$

○発生汚泥固形物量 = 生物膜ろ過処理水固形物量 + 脱水汚泥固形物量

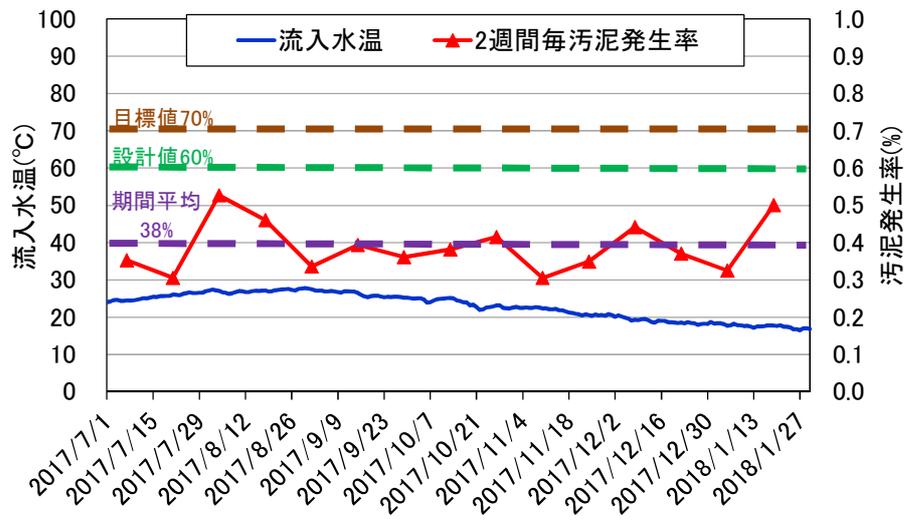
・生物膜ろ過処理水固形物量 = $\Sigma[1 \text{ 日処理水量} \times \text{生物膜ろ過処理水 SS (コンポジット)}]$

・脱水汚泥固形物量 = $\Sigma[1 \text{ 回脱水汚泥発生重量} \times (1 - \text{平均含水率})]$

※流入下水 SS および生物膜ろ過処理水 SS の分析は週2日とし、分析日以外の SS は直前の分析日の値を用いた。

2017年7月1日～2018年1月30日の間の2週間毎の汚泥発生率の推移を資図1-9に示す。期間中に汚泥発生率に増減は見られるが、最大で0.53%であった。これより、本技術の汚泥発生率の設計値は0.6とした。

標準活性汚泥法の汚泥発生率は約1.0のため、本技術では標準活性汚泥法と比べて40%の汚泥発生量の削減効果が見込まれる。

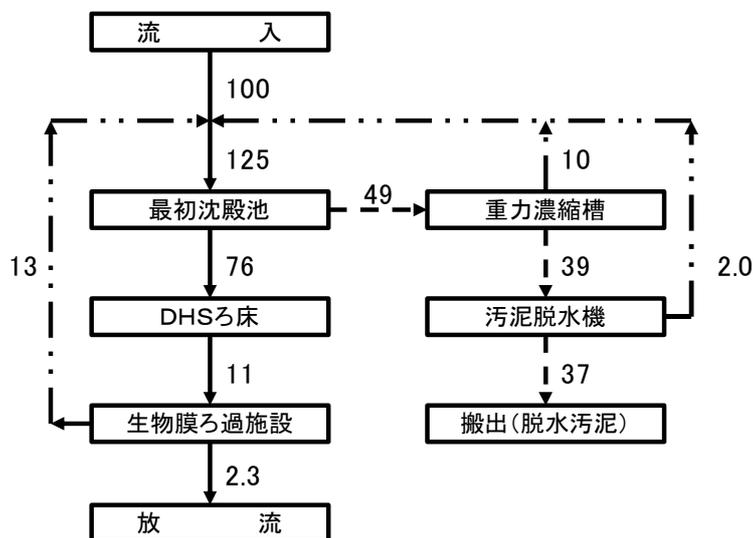


資図 1-9 汚泥発生率の推移

4) 物質収支

須崎市終末処理場における 2017 年 7 月 1 日～2018 年 1 月 31 日の間の物質収支を資図 1-10 に示す。なお、流入固形物量を 100 としている。

資図 1-10 より、DHS ろ床における汚泥発生率は約 15% (=11/76) と小さい。DHS ろ床における汚泥減容化により、処理場全体の汚泥発生率の大幅削減効果 (約 40%=[2.3+37]/100)) が得られている。



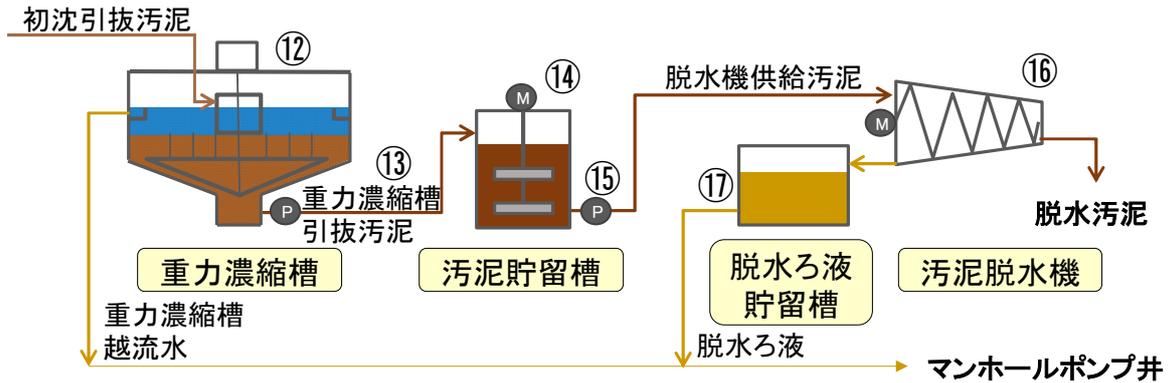
資図 1-10 物質収支

5) 汚泥処理への影響

本技術導入に当たり、汚泥処理への影響を確認した。

[汚泥処理フロー]

汚泥処理フローおよび主要機器仕様は資図 1-11 および資表 1-5 のとおりである。



資図 1-11 汚泥処理フロー

資表 1-5 主要機器仕様 (汚泥処理)

項	機器名称	仕様	数量
⑫	重力濃縮槽汚泥掻寄機	φ 3.5 m×側水深 3.0 m 中奥駆動懸垂形 0.4 kW	1
⑬	重力濃縮汚泥引抜ポンプ	吸込スクリー付汚泥ポンプ φ 80 mm×0.6 m ³ /min×15 m×5.5 kW	2
⑭	汚泥貯留槽	鋼板製円形汚泥貯留タンク (攪拌機付) 5 m ³ ×1.5 kW	1
⑮	汚泥供給ポンプ	一軸ねじ式汚泥ポンプ 50 mmA×3.1 m ³ /h×20 m×1.5 kW	1
⑯	汚泥脱水機	圧入式スクリープレス φ 300 mm×2.86 kW (総合)	1
⑰	脱水ろ液貯留槽	鋼板製角形汚泥貯留タンク (攪拌機付) 30 m ³ ×0.4 kW	1

[汚泥性状]

本技術単独での処理を開始した 2017 年 7 月 1 日以降の脱水機投入汚泥（重力濃縮汚泥）性状分析結果を資表 1-6 に示す。資表 1-6 に示すとおり，強熱減量，繊維状物および粗蛋白質といった成分が標準法の生汚泥の成分に近いことが分かる。

なお，2017 年の汚泥濃度が 0.6～1.9%（6,200～19,000 mg/L）と低い値を示しているが，これは汚泥処理設備運用方法に起因するもので，汚泥貯留槽を使用した一般的な運用を行うことにより，2.7%（27,000 mg/L）に改善された。

資表 1-6 脱水機投入汚泥成分

	本技術脱水機投入汚泥の成分		典型的汚泥の成分※2			
	2017 年※1 最小～最大	2018 年 1 月 19 日	生汚泥	余剰汚泥	混合汚泥	消化汚泥
pH (-)	4.6～5.4	4.7	—	—	—	—
TS (mg/L)	6,200～ 19,000	27,000	—	—	—	—
強熱減量 (%/TS)	75.3～89.5	92.3	60～85	60～80	60～80	50～65
M-アルカリ度 (mgCaCO ₃ /L)	0～250	0	—	—	—	—
アニオン度 (m・eq/g・TS)	0.14～0.19	0.12	—	—	—	—
繊維状物質 (200 メッシュ) (%/SS)	26.7～55.6	64.9	—	—	—	—
繊維状物質 (100 メッシュ) (%/SS)	23.7～45.2	57.8	20～40	3～5	15～25	7
粗蛋白質 (%/TS)	20.2～31.7	19.6	30～40	60～65	40～50	—

※1 試料採取：7 月 11 日,8 月 8 日,9 月 5 日,10 月 3 日,11 月 3 日,24 日,12 月 15 日の 7 回

※2 ポリマー凝集剤使用の手引き(東京都下水道サービス)_平成 14 年

[脱水性]

脱水運転結果を資表 1-7 に示す。資表 1-7 に示すとおり，2017 年 12 月 15 日までは汚泥処理の運用上，脱水機供給汚泥濃度（TS）が安定しないため，薬注率が安定しない状況（0.58～1.76%）が続いた。また，脱水機供給汚泥濃度が低いため，固形物回収率も低い状況（58.1～86.4%）が続いた。

2017 年 12 月 19 日，適切な汚泥処理の運用方法に変更以降，脱水機供給汚泥濃度の安定化に伴い，薬注率が安定し，脱水汚泥含水率および固形物回収率が向上した。

資表 1-7 脱水運転結果

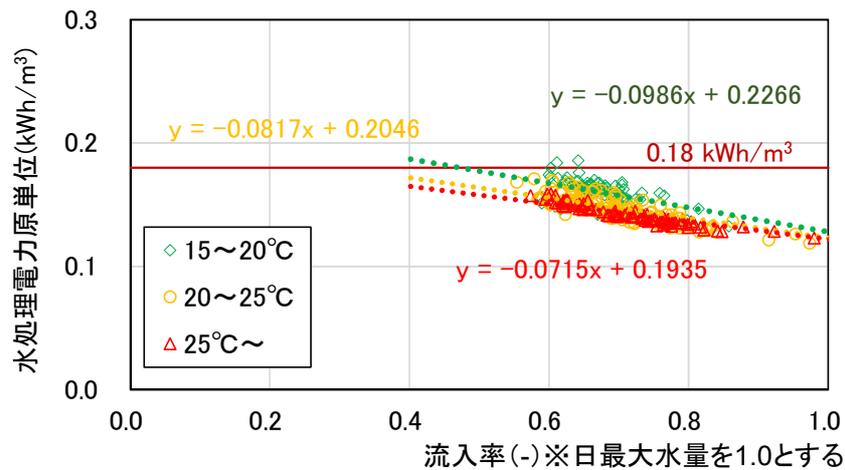
	TS (mg/L)	汚泥 供給量 (m ³ /h)	固形物 処理量 (kg-DS/h)	薬液 供給量 (m ³ /h)	薬注率 (%)	脱水汚泥 含水率 (%)	脱水ろ液 SS (mg/L)	固形物 回収率 (%)
2017年※1 最小～最大	6,200 ～ 19,000	3.0 ～ 3.6	22.3 ～ 56.8	0.102 ～ 0.237	0.58 ～ 1.76	67.3 ～ 75.7	1,000 ～ 5,000	58.1 ～ 86.4
2018年 1月19日	27,000	1.5	40.5	0.097	0.48	63.4	180	99.3

※1 試料採取：7月11日,8月8日,9月5日,10月3日,11月3日,24日,12月15日の7回

6) ユーティリティまとめ

[水処理電力原単位]

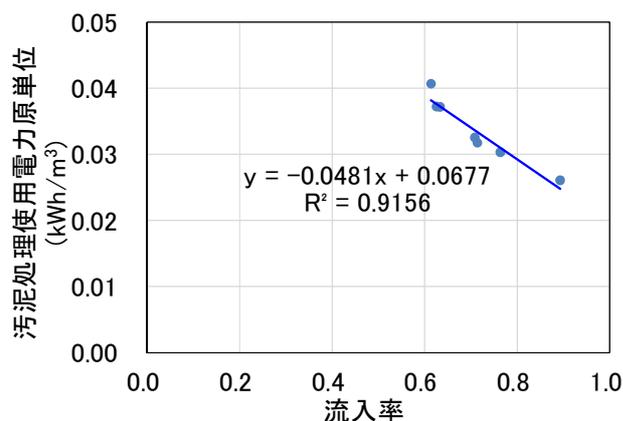
本技術における水温帯毎の水処理電力原単位を資図 1-12 に示す。流入水温の水温帯により生物膜ろ過施設における設定値(送気倍率および洗浄時間)が異なり,特に流入水温 15～20℃の水温帯において水処理電力原単位が高くなることを確認した。ケーススタディでは 15～20℃の水温帯における近似式を用いた。



資図 1-12 本技術の水温帯毎水処理電力原単位

[汚泥処理電力原単位]

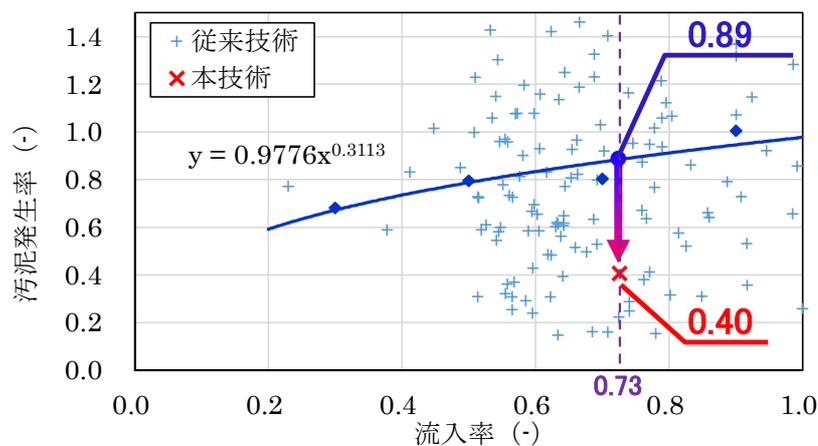
本技術の月毎の流入率と汚泥処理使用電力原単位の関係を資図 1-13 に示す。汚泥処理設備については,重力濃縮槽汚泥掻寄機や汚泥貯留槽攪拌機,脱臭設備など,流入率に関わらず運転を行う機器が多いが,汚泥処理電力原単位の傾きとしては水処理電力原単位と比較して小さい結果となった。なお,ケーススタディでは本近似式を用いた。



資図 1-13 流入率と污泥処理電力原単位

[污泥発生率]

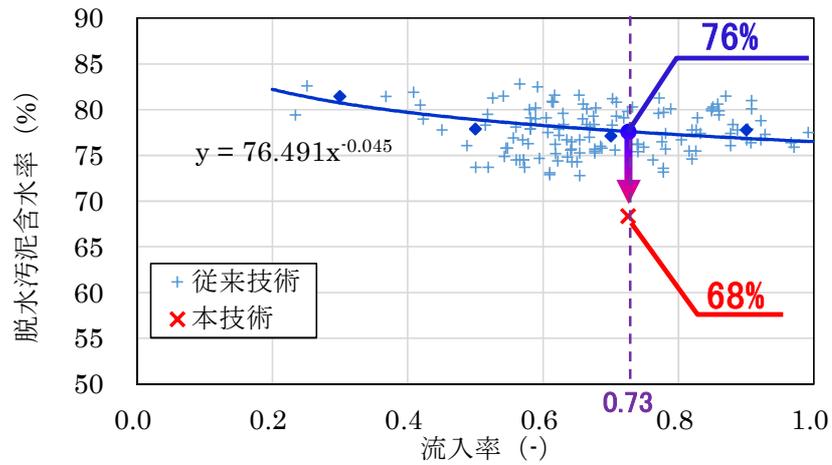
2017年7月1日～2018年1月30日の期間の流入率 0.73 において、本技術における污泥発生率は 0.4 であった。資図 1-14 のとおり、従来技術では流入率 0.73 において污泥発生率は 0.89 であり、55%の削減を確認した。なお、従来技術は下水道統計（平成 25 年度版）より、濃縮方式が重力式であり、消化を行っていない標準法を抽出したものである。



資図 1-14 污泥発生率の比較

[脱水污泥含水率]

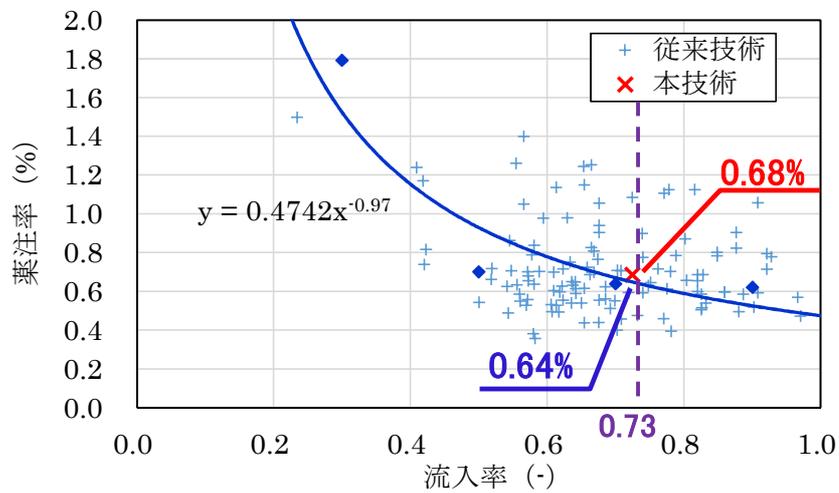
2017年7月1日～2018年1月30日の期間の流入率 0.73 において、本技術における脱水污泥含水率は 68%であった。資図 1-15 のとおり、従来技術では流入率 0.73 において污泥発生率は 76%であり、8%の削減を確認した。なお、従来技術は下水道統計（平成 25 年度版）より、濃縮方式が重力式であり、消化を行っていない標準法を抽出したものである。



資図 1-15 脱水汚泥含水率の比較

[薬注率]

2017年12月19日～2018年1月30日の期間の流入率0.73において、本技術における薬注率（高分子凝集剤注入率）は0.68%であった。資図1-16のとおり従来技術では流入率0.73において薬注率は0.64%であり、同程度であることを確認した。なお、従来技術は下水道統計（平成25年度版）より、濃縮方式が重力式であり、消化を行っていない標準法を抽出したものである。



資図 1-16 薬注率の比較

2. ケーススタディ

第3章第2節導入効果の検討例における試算条件に基づく本技術設計計算例を以下に示す。

2.1 設計条件

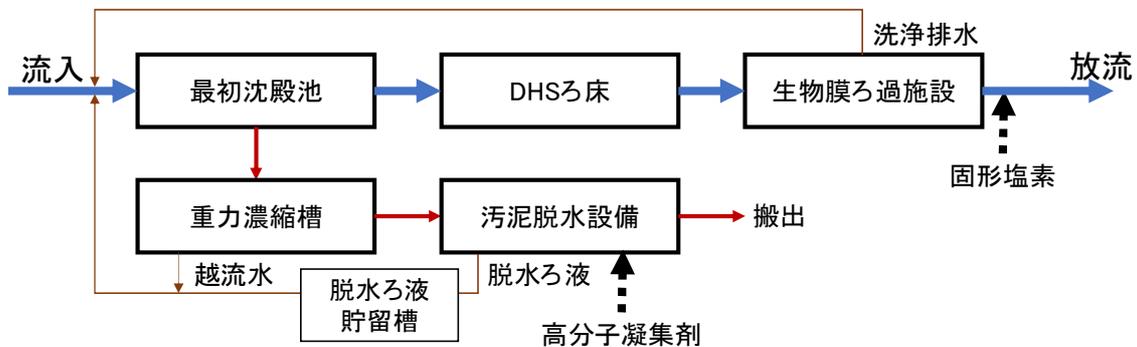
設計諸元を資表 2-1 に示す。

資表 2-1 設計諸元

項目	本技術	
既施設処理規模	3,000 m ³ /日 (日最大)	
流入水量	1,000 m ³ /日 (日最大) 800 m ³ /日 (日平均)	更新時
	800 m ³ /日 (日最大) 640 m ³ /日 (日平均)	再更新時
流入水質	BOD 200 mg/L SS 180 mg/L 水温 15°C以上	
放流水質	BOD 15 mg/L 以下	

2.2 処理フロー

ケーススタディにおける本技術の処理フローを資図 2-1 に示す。



資図 2-1 本技術処理フロー

2.3 容量計算

主要施設の容量計算を以下に示す。最初沈殿池や重力濃縮槽については、設計指針によるものとする。

1) DHSろ床

① 流入条件

DHSろ床に流入する最初沈殿池流出水の水量および水質は資表 2-2 のとおりとする。

水量は、返流量 10%を加えるものとする。水質は最初沈殿池における BOD 除去率を 40%として算出する。

資表 2-2 最初沈殿池流出水

項目		流入下水	最初沈殿池流出水	補正方法
更新時	水量(m ³ /日)	1,000	1,100	返流水分 10%加算
	BOD(mg/L)	200	120	最初沈殿池除去分 40%減算
	BOD 負荷(kg-BOD/日)*	200	132	—
再更新時	水量(m ³ /日)	800	880	更新時に同じ
	BOD(mg/L)	200	120	更新時に同じ
	BOD 負荷(kg-BOD/日)*	160	106	更新時に同じ

※BOD 負荷は水量に BOD を乗ずることで算出する。

②ろ床部容量

DHS ろ床への BOD 容積負荷は 0.9 kg-BOD/ (m³-sponge・日) とする。

更新時

DHS 担体必要量は次のとおりである。

$$\text{DHS 担体必要量} = 132 \text{ kg-BOD/日} / 0.9 \text{ kg-BOD/(m}^3\text{-sponge} \cdot \text{日)} = 147 \text{ m}^3\text{-sponge}$$

DHS 担体の充填率は 50%のため、DHS ろ床容積は次の通りである。

$$\text{DHS ろ床容積} = 147 \text{ m}^3\text{-sponge} / 50\% = 294 \text{ m}^3$$

再更新時

DHS 担体必要量は次のとおりである。

$$\text{DHS 担体必要量} = 106 \text{ kg-BOD/日} / 0.9 \text{ kg-BOD/(m}^3\text{-sponge} \cdot \text{日)} = 118 \text{ m}^3\text{-sponge}$$

DHS 担体の充填率は 50%のため、DHS ろ床容積は次の通りである。

$$\text{DHS ろ床容積} = 118 \text{ m}^3\text{-sponge} / 50\% = 236 \text{ m}^3$$

③DHS ろ床設置場所

DHS ろ床は基本的に次項の生物膜ろ過施設設置場所決定後、既存反応タンクの残った空間に設置する。

既存躯体形状を考慮して、4 槽ある反応タンクのうち 2 槽 (105 m²) に設置する。この場合、DHS ろ床の担体充填部高さは 2.8 m (=294 m³/105 m²) となる。

また、将来再更新時におけるユニット削減を考慮し、躯体形状より配置検討した上で、5 区画 (流入水量 2 割減を想定) 以上となるように区画数を設定する。

2) 生物膜ろ過施設

①流入条件

生物膜ろ過施設に流入する DHS ろ床処理水の水量は最初沈殿池流出水と同量であるため、更新時 1,100 m³/日、再更新時 880 m³/日となる。

②生物膜ろ過槽設置面積

生物膜ろ過槽におけるろ過面積当りの処理量は 50 m³/ (m²・日) とする。

更新時

生物膜ろ過槽のろ過面積は次のとおりである。

$$\text{ろ過面積} = 1,100 \text{ m}^3/\text{日} / 50 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日}) = 22 \text{ m}^2$$

再更新時

生物膜ろ過槽のろ過面積は次のとおりである。

$$\text{ろ過面積} = 880 \text{ m}^3/\text{日} / 50 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日}) = 17.6 \text{ m}^2$$

③生物膜ろ過槽設置場所

既存躯体形状を考慮して、4 槽 (52.5 m²/槽) ある反応タンクのうち 1 槽に設置する。なお、生物膜ろ過槽は池排水管の接続されていない槽に設置する。

また、将来再更新時におけるユニット削減を考慮し、躯体形状より配置検討した上で、可能な場合、5 区画 (流入水量 2 割減を想定) 以上となるように区画数を設定する。

3) 汚泥処理設備

汚泥処理設備の設計にあたっては、本技術における流入固形物量に対する脱水汚泥固形物量の汚泥発生率を 0.6 として設計する。各工程における固形物回収率も考慮し、資表 2-3 のように設定する。

資表 2-3 汚泥処理工程における固形物量

項目		値	備考
更新時	流入固形物量 (kg/日)	144	流入水量 (m ³ /日) × 流入 SS (mg/L) / 1,000 = 800 (m ³ /日) × 180 (mg/L) / 1,000
	脱水汚泥固形物量 (kg/日)	86	流入固形物量 (kg/日) × 0.6
	脱水機投入固形物量 (kg/日)	91	脱水汚泥固形物量 (kg/日) / 0.95 (脱水機 SS 回収率 95%)
	重力濃縮槽投入固形物量 (kg/日)	114	脱水機投入固形物量 (kg/日) / 0.80 (重力濃縮槽 SS 回収率 80%)
再更新時	流入固形物量 (kg/日)	115	640 (m ³ /日) × 180 (mg/L) / 1,000
	脱水汚泥固形物量 (kg/日)	69	更新時に同じ
	脱水機投入固形物量 (kg/日)	73	更新時に同じ
	重力濃縮槽投入固形物量 (kg/日)	91	更新時に同じ

①汚泥貯留槽容量

汚泥貯留槽容量は基本的に週 2 日の脱水（4 日分の貯留）を仮定して決定する。

汚泥濃度は 3%とするが，安全率を 2 として容量を算出する。

$$\text{汚泥貯留量容量 (m}^3\text{)} = 91 \text{ (kg/日)} \div 3\% \div 1,000 \text{ (L/m}^3\text{)} \times 4 \text{ 日} \times 2 = 24 \text{ (m}^3\text{)}$$

②脱水汚泥発生量

脱水汚泥含水率を 70%として算出する。

$$\text{脱水汚泥発生量 (kg/日)} = 86 \text{ (kg/日)} \div (100\% - 70\%) = 287 \text{ (kg/日)}$$

③高分子凝集剤使用量

脱水機投入固形物量に対する注入率を 0.7%として算出する。

$$\text{高分子凝集剤使用 (kg/日)} = 91 \text{ (kg/日)} \div 0.7\% = 0.64 \text{ (kg/日)}$$

2.4 機器リスト

本技術の機器リストと従来技術の機器リストを資表 2-4 および資表 2-5 に示す。

資表 2-4 本技術機器リスト

機器名称	型式	更新時	再更新時	機器台数	備考
最初沈殿池設備					
1 初沈池入可動堰	手動式鍍鉻鋼可動堰	400 mmW × 400 mmST		2 (0)	躯体により仕様固定
2 初沈汚泥掻き機	チェーンフライント式	池幅2.5 m × 池長17.5 m × 0.4 kW		2 (0)	躯体により仕様固定
3 初沈スカムスキマ	手動バウスキマ	φ300 mm		2 (0)	躯体により仕様固定
4 初沈汚泥引扱弁	電動仕切弁	φ150 mm × 0.4 kW		2 (0)	仕様固定
5 初沈汚泥引扱ポンプ	無閉塞型ポンプ	φ100 mm × 0.5 nℓ/min × 5 m × 1.5 kW		2 (1)	仕様固定
DHSろ床					
6 DHSろ床	下降流スポンジ状粗体ろ床	5m W × 21m L, 粗体部294nℓ	5m W × 21m L, 粗体部235nℓ	1 (0)	
7 フィルタ	PVC製			1 (0)	
8 通気ファン	耐蝕送風機	3.3nℓ/min × 3kPa × 0.75kW(VVVF)	2.7nℓ/min × 3kPa × 0.75kW(VVVF)	2 (1)	
9 DHSろ床処理水移送ポンプ	吸込みスクリーンポンプ	φ150 mm × 1.5nℓ/min × 8m × 5.5kW(VVVF)	φ150 mm × 1.2nℓ/min × 8m × 5.5kW(VVVF)	2 (1)	
生物膜ろ過施設					
10 分配槽	鋼板製分配槽	1nℓ		1 (0)	
11 生物膜ろ過槽	連続式移動床生物膜ろ過装置	22m × L V50m	17.6m × L V50m	1 (0)	
12 送気ブロー	ヘルカルフロー	φ65 mm × 4.5nℓ/min × 4m × 6.5kW(VVVF)	φ65 mm × 3.6nℓ/min × 4m × 3.7kW(VVVF)	2 (1)	
13 コンプレッサ	可搬式空気圧縮機	240L/min × 0.93MPa × 2.2kW		2 (1)	
消毒設備					
14 円形塩素接触装置	水路設置型	3,000 nℓ/H, 充填量 70 kg		1 (0)	
用水設備					
15 給水ユニット	圧力タンク式給水ユニット (単鎖交互)	331 L/min × 0.5 MPa × 5.5 kW × 2	331 L/min × 0.5 MPa × 5.5 kW × 2	1 (0)	
16 自動洗浄ストレーナー	逆流式ストレーナー	331 L/min × 0.4 kW		2 (0)	
脱臭設備					
17 脱臭ファン	耐蝕送風機	18 nℓ/min × 2.5 kPa × 2.2 kW		2 (1)	
18 土壌脱臭	土壌脱臭床	18 nℓ/min		1 (0)	
汚泥濃縮設備					
19 重力濃縮槽汚泥かき寄せ機	中央駆動懸垂形	φ3.5 m × 軸水深 3.0 m × 0.4 kW		1 (0)	躯体により仕様固定
20 濃縮汚泥引扱ポンプ	無閉塞ポンプ	φ100 mm × 0.5nℓ/min × 10m × 3.7kW		2 (1)	仕様固定
汚泥脱水設備					
21 汚泥貯留槽攪拌機	水中ミキサー	φ254 mm × 1.5kW		2 (1)	躯体により仕様固定
22 汚泥供給ポンプ	一輪ねじ式	φ50 mm × 1.8nℓ/min × 20m × 0.75kW(VVVF)		2 (1)	
23 汚泥脱水機	回転加圧脱水機	0.3 m × 1.15kW(総合)		1 (0)	
24 ホッパー	電動カッタート式	2 m × 1.5 kW × 2		1 (0)	
25 薬品定量供給機	可変速設定量供給機	0.1 L/min × 0.1kW		2 (1)	
26 薬品溶解タンク	鋼板製円筒槽	0.5 m × 0.4kW		2 (1)	
27 薬品供給ポンプ	一輪ねじ式	φ20 mm × 3.15 L/min × 20m × 0.4kW(VVVF)		2 (1)	
28 空気圧縮機	可搬式空気圧縮機	240L/min × 0.93MPa × 2.2kW		2 (1)	
29 除選器	冷凍式	240L/min × 0.93MPa × 0.25kW		1 (0)	
30 脱臭ろ液貯留タンク攪拌機	水中ミキサー	φ254 mm × 0.75kW		1 (0)	躯体により仕様固定

斜体機器：流入水量に合わせて仕様選定

水処理設備 (最初沈殿池設備・DHSろ床・生物膜ろ過施設・消毒設備) の稼働電動機器点数は 9 台

資表 2-5 従来技術機器リスト

機器名称	型式	更新時	再更新時	機器台数	備考
最初沈殿池設備					
1 初沈流入可動堰	手動式鋳鉄製可動堰	400 mmW × 400 mmST	同左	2 (0)	躯体により仕様固定
2 初沈汚泥掃き機	チェーンフライド式	池幅2.5 m × 池長17.5 m × 0.4 kW	同左	2 (0)	躯体により仕様固定
3 初沈スクラムスキマ	手動ハイパススキマ	φ300 mm	同左	2 (0)	躯体により仕様固定
4 初沈汚泥引抜弁	電動仕切弁	φ150 mm × 0.4 kW	同左	2 (0)	仕様固定
5 初沈汚泥引抜ポンプ	無閉塞型ポンプ	φ100 mm × 0.5 m ³ /min × 5 m × 1.5 kW	同左	2 (1)	仕様固定
反応タンク設備					
6 反応タンク流入可動堰	手動式鋳鉄製可動堰	400 mmW × 400 mmST	同左	1 (0)	躯体により仕様固定
7 散気装置	機械式散気装置	5.5 kW	同左	4 (0)	躯体により仕様固定
8 返送汚泥流入可動堰	手動式鋳鉄製可動堰	300 mmW × 300 mmST	同左	1 (0)	躯体により仕様固定
9 空気流置換機	電流機作式機形弁	φ100×0.4kW	同左	1 (0)	
最終沈殿池設備					
10 終沈流入可動堰	手動式鋳鉄製可動堰	400 mmW × 400 mmST	同左	2 (0)	躯体により仕様固定
11 終沈汚泥掃き機	チェーンフライド式	池幅2.5 m × 池長24 m × 0.4 kW	同左	2 (0)	躯体により仕様固定
12 終沈スクラムスキマ	手動ハイパススキマ	φ300 mm	同左	2 (0)	躯体により仕様固定
13 返送汚泥ポンプ	吸込みスクリュウポンプ	φ100mm×0.7m ³ /min×8.2m×3.7kW(VVVF)	φ100mm×0.6m ³ /min×8.2m×3.7kW(VVVF)	2 (1)	
14 余剰汚泥引抜弁	電動仕切弁	φ150 mm × 0.4 kW	同左	2 (0)	仕様固定
15 余剰汚泥ポンプ	吸込みスクリュウポンプ	φ100 mm × 0.4 m ³ /min × 5 m × 1.5 kW	同左	2 (1)	仕様固定
16 消泡水ポンプ	渦巻ポンプ	432 L/min × 0.15 MPa × 3.7 kW	同左	2 (1)	躯体により仕様固定
17 自動洗浄ストレーナ	逆洗式ストレーナ	432 L/min × 0.4 kW	同左	2 (0)	躯体により仕様固定
送風機設備					
18 送風機	ロータリプロワ	φ65mm×4.2m ³ /min × 56.6 kPa	φ65mm×3.6m ³ /min × 56.6 kPa	2 (1)	
19 送風機用電動機	電動機	7.5 kW(VVVF)	5.5kW(VVVF)	2 (1)	
20 固形塩素投給装置	水路設置型	3,000 m ³ /日, 充質量 70 kg	同左	1 (0)	
用水設備					
21 給水ユニット	圧力タンク式給水ユニット	271 L/min × 0.5 MPa × 5.5 kW × 2	同左	1 (0)	
22 自動洗浄ストレーナ	逆洗式ストレーナ	271 L/min × 0.4 kW	同左	2 (0)	
脱臭設備					
23 脱臭ファン	耐蝕送風機	22 m ³ /min × 2.5 kPa × 2.2 kW	同左	2 (1)	躯体により仕様固定
24 土壌脱臭床	土壌脱臭床	22 m ³ /min	同左	1 (0)	躯体により仕様固定
汚泥濃縮設備					
25 重力濃縮槽汚泥かき寄せ機	中央駆動懸垂形	φ3.5 m × 側水深 3.0 m × 0.4 kW	同左	1 (0)	躯体により仕様固定
26 濃縮汚泥引抜ポンプ	無閉塞ポンプ	φ100 mm×0.5m ³ /min×10m×3.7kW	同左	2 (1)	仕様固定
汚泥脱水設備					
27 汚泥貯留槽掃き機	水中ミキサー	φ300 mm×1.5kW	同左	2 (1)	躯体により仕様固定
28 汚泥供給ポンプ	一輪ねじ式	φ65 mm×3.6m ³ /min×20m×2.2kW(VVVF)	同左	2 (1)	
29 汚泥脱水機	回転加圧脱水機	0.6 m ² ×1.9kW(総合)	同左	1 (0)	
30 ホッパー	電動カゴトゲ	4 m ² ×1.5 kW×2	3 m ² ×1.5 kW×2	1 (0)	
31 薬品定量供給機	可変速設定量供給機	0.1 L/min×0.1kW	同左	2 (1)	
32 薬品溶解タンク	鋼板製田筒槽	0.6 m ² ×0.76kW	同左	2 (1)	
33 薬品供給ポンプ	一輪ねじ式	φ20 mm×7.2L/min×20m×0.4kW(VVVF)	同左	2 (1)	
34 空気圧縮機	可搬式空気圧縮機	240L/min×0.93MPa×2.2kW	同左	2 (1)	
35 除塵器	冷凍式	240L/min×0.93MPa×0.25kW	同左	1 (0)	
36 逆流水槽掃き機	水中ミキサー	φ254 mm×0.75kW	同左	1 (0)	躯体により仕様固定

斜体機器：流入水量に合わせて仕様選定

水処理設備 (最初沈殿池設備・反応タンク設備・最終沈殿池設備・送風設備・消毒設備) の稼働電動機器点数は 20 台

3. 標準活性汚泥法のダウンサイジング性能（参考）

標準活性汚泥法について，流入率が電力使用量原単位や薬品使用量原単位，汚泥発生率，脱水性能および脱水機供給汚泥濃度に与える影響について以下に示す。

3.1 電力使用量原単位

下水道統計（平成 25 年度）より，濃縮方式が重力式であり，消化を行っていない標準活性汚泥法施設における流入水量 1 m³ 当たり電力使用量原単位を資図 3-1 に示す。流入率が少なければ少ないほど電力使用量原単位が大きくなることが分かる。既存標準活性汚泥法施設における流入水量減少に伴う電力使用量原単位の変化は本資図 c)記載の近似式を用いて算出した。

「水処理電力原単位」

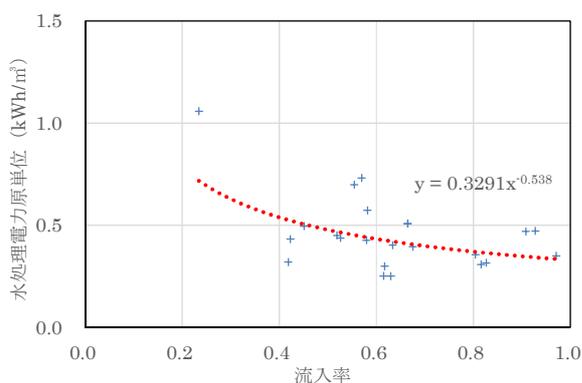
＝「処理場電力使用量のうち水処理分」／「活性汚泥法等処理水量（日平均量）×365 日」

「汚泥処理電力原単位」

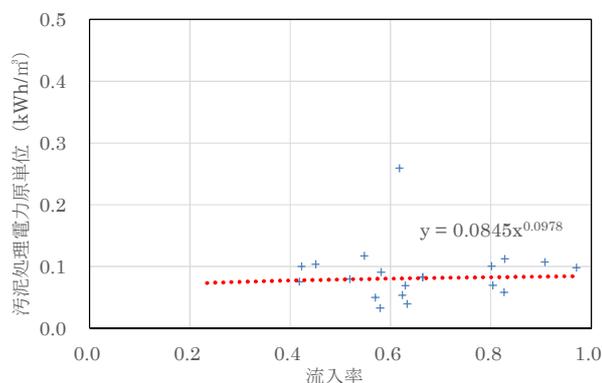
＝「処理場電力使用量のうち汚泥処理分」／「活性汚泥法等処理水量（日平均量）×365 日」

「全体電力原単位」

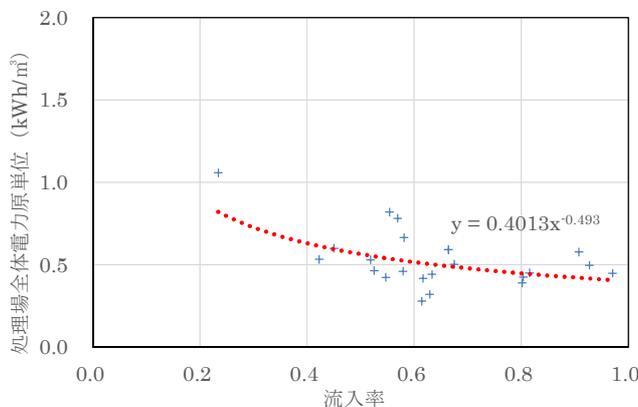
＝「水処理電力原単位」＋「汚泥処理電力原単位」



(a) 水処理電力原単位



(b) 汚泥処理電力原単位



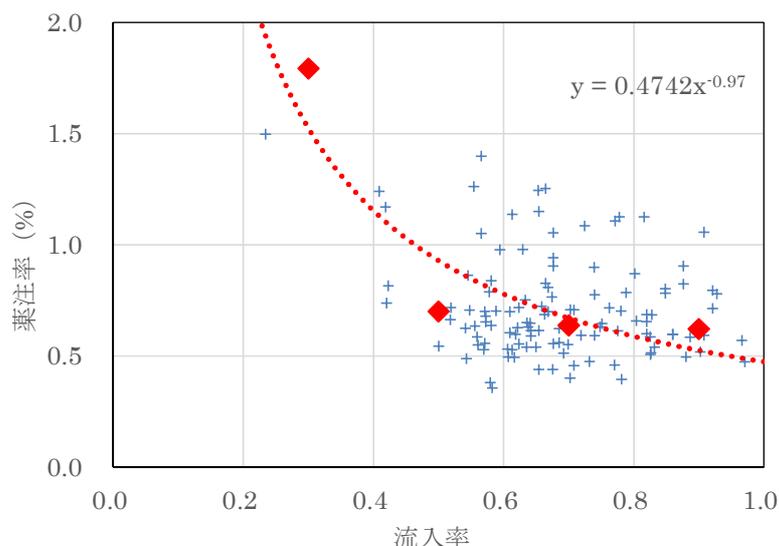
(c) 全体電力原単位

資図 3-1 流入率と電力使用量原単位の関係

3.2 薬品使用量原単位

下水道統計（平成 25 年度）より、濃縮方式が重力式であり、消化を行っていない標準活性汚泥法施設における流入率別の脱水汚泥に対する脱水用高分子凝集剤注入率を資図 3-2 に示す。◆は流入率 0.2 毎の中央値を示す。流入率が少なければ少ないほど凝集剤注入率が大きくなる傾向が見られる。

既存標準活性汚泥法施設における流入水量減少に伴う薬品使用量原単位の変化は本資図記載の近似式を用いて算出した。

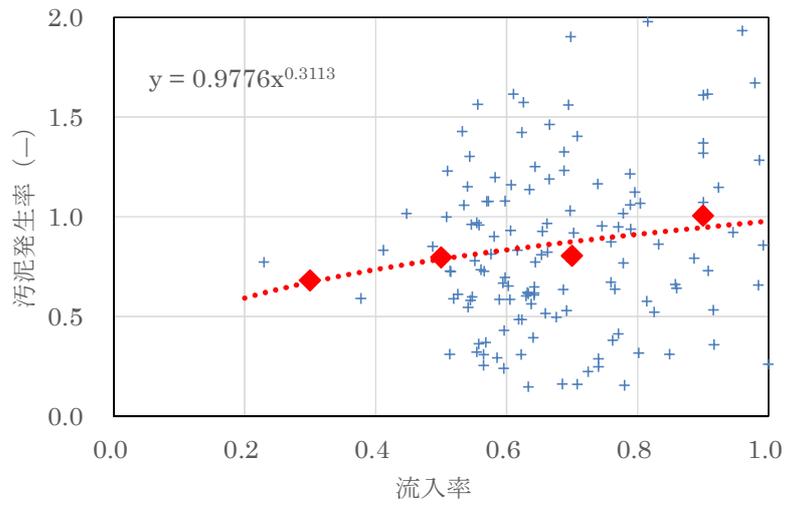


資図 3-2 流入率と標準活性汚泥法施設における脱水用高分子凝集剤注入率の関係

3.3 汚泥発生率

下水道統計（平成 25 年度）より、濃縮方式が重力式であり、消化を行っていない標準活性汚泥法施設における流入率別汚泥発生率を資図 3-3 に示す。◆は流入率 0.2 毎の中央値を示す。流入率 1.0 において汚泥発生率が約 1.0 であり、流入率が少なければ少ないほど汚泥発生率が小さくなる傾向が見られる。

既存標準活性汚泥法施設における流入水量減少に伴う汚泥発生率の変化は本資図記載の近似式を用いて算出した。

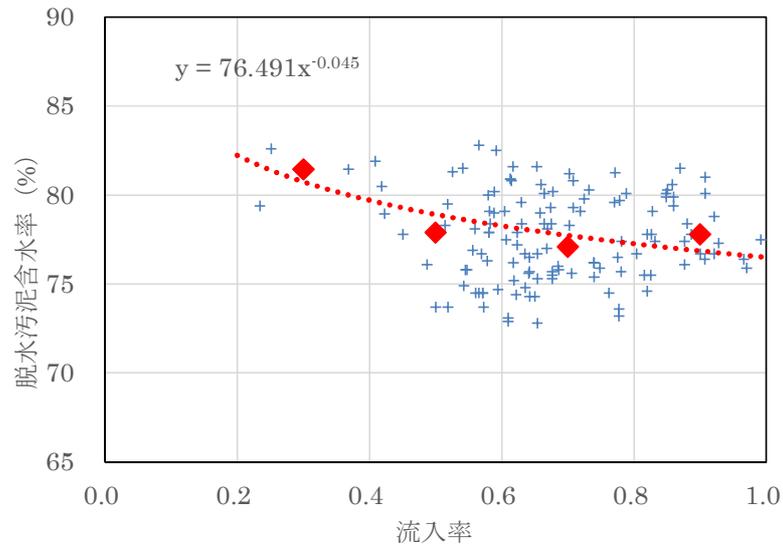


資図 3-3 流入率と標準活性汚泥法施設における污泥発生率の関係

3.4 脱水性能

下水道統計（平成 25 年度）より、濃縮方式が重力式であり、消化を行っていない標準活性汚泥法施設における流入率別の脱水汚泥含水率を資図 3-4 に示す。◆は流入率 0.2 毎の中央値を示す。流入率が少なければ少ないほど含水率が高くなる傾向が見られる。

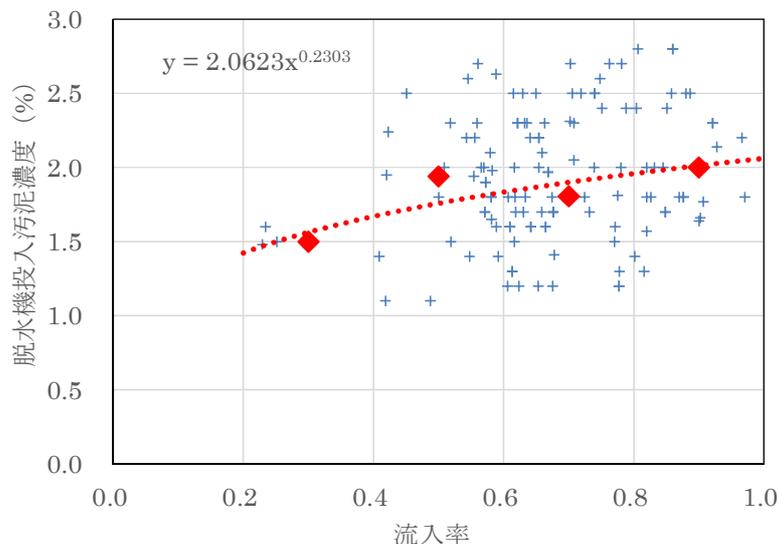
既存標準活性汚泥法施設における流入水量減少に伴う脱水汚泥含水率の変化は本資図記載の近似式を用いて算出した。



資図 3-4 流入率と標準活性汚泥法施設における脱水汚泥含水率の関係

3.5 脱水機供給汚泥濃度

下水道統計（平成 25 年度）より、濃縮方式が重力式であり、消化を行っていない標準活性汚泥法施設における流入率別の脱水機供給汚泥濃度を資図 3-5 に示す。◆は流入率 0.2 毎の中央値を示す。流入率が少なければ少ないほど脱水機供給汚泥濃度が低くなる傾向が見られる。



資図 3-5 流入率と標準活性汚泥法施設における脱水機供給汚泥濃度の関係

4. 海外等への適用の留意点

ガイドラインにおいては、日本における人口減少社会という現状を踏まえて、主として既存施設のダウンサイジングという観点から記載している。本技術は、下水処理場の新設にも適用が可能である。

海外では、流入下水の水質や水温、目標とする処理水質などが多様であり、過剰な設計とならないように、現地の実情に合わせて適切な補正等を行いながら本技術を適用する。例えば、東南アジア等においては、計画放流水質が日本と異なることや、セプティックタンク等を経た下水が流入して流入下水 BOD 濃度が低濃度となる等が想定されるが、このような場合には例えば生物膜ろ過施設を不要とするなどのシステムの組合せ検討が必要である。また、設置方法も、コンクリート躯体内設置と鋼板製ユニット設置の選択が可能である。

以下、海外の適用に当たって、特に留意すべき点を示す。

1) システムの組合せ

実証研究においては、日本国内における標準活性汚泥法代替として、処理水質が BOD15 mg/L 以下としたため、「最初沈殿池」＋「DHS ろ床」＋「生物膜ろ過施設」を組合せたシステムにて実施したが、流入下水が希薄な場合や、処理水質の基準値が高い場合には、「生物膜ろ過施設」は必ずしも必要ではなく、簡易的な沈殿槽にて代替することができる。

2) DHS ろ床における通気

実証研究においては、DHS ろ床は悪臭発散の抑制およびろ床バエの飛散防止のために密閉構造としている。このため、通気ファンにて強制的に DHS ろ床内の通気を行っている。海外で脱臭の必要性がない場合は、DHS ろ床を開放とすることで通気ファンが不要となる。

3) ユニット化

実証研究のように、DHS ろ床と生物膜ろ過施設はユニット化が可能である。最初沈殿池にて簡易処理のみを行っている処理場においては、基礎床盤を現地施工し、その上にユニットを設置するだけとなるため、現地での施工期間の大幅な短縮と工費の縮減が可能となる。

処理量が増加する場合には、ユニットを追加設置することで対応できる。

5. 須崎市終末処理場におけるダウンサイジング効果

須崎市終末処理場におけるダウンサイジング効果（実績値）を参考に示す。なお、須崎市終末処理場では、水処理設備のダウンサイジングに合わせて、汚泥脱水設備（汚泥脱水機および補機ポンプ）のダウンサイジングも同時に行っている。

5.1 施設諸元

本技術および更新前に運用していた従来技術の施設諸元を資表 5-1 に示す。

資表 5-1 施設諸元

項目	本技術	従来技術	
躯体処理規模	500 m ³ /日	1,800 m ³ /日（日最大）	
流入水量	500 m ³ /日（日最大汚水量） 400 m ³ /日（日平均汚水量）		
水処理方式	生物膜ろ過併用 DHS ろ床法	標準活性汚泥法	
躯体形状	最初沈殿池 φ 3.5m × 3.0mD (重力濃縮槽躯体を流用)	なし	
	反応タンク または DHS ろ床	7.4mW × 8mL × 5mD × 4 槽 (4 槽中 2 槽使用)	
	最終沈殿池 または 生物膜ろ過施設	3.5mW × 20.3mL × 3mD × 2 槽	
関連設備	消毒設備	固形塩素	同左
	汚泥濃縮設備	重力濃縮	同左
	汚泥脱水設備	スクリープレス脱水機	ベルトプレス脱水機
	脱臭設備	土壌脱臭	同左
流入水質 (計画)	流入 BOD 160 mg/L 流入 SS 180 mg/L	同左	

5.2 試算範囲

試算範囲を資表 5-2 に示す。

資表 5-2 試算範囲

項目		水処理設備	消毒設備	汚泥濃縮設備	汚泥脱水設備	脱臭設備	
維持管理費	ユーティリティ	電力費	○	○	○	○	
		水道費	—	—	—	○	—
		薬品費	—	○ 固形塩素	—	○ 高分子凝集剤	—
	運転管理費		○	○	○	○	○
	補修費		○	○	○	○	○
	汚泥処分費		—	—	—	○	—

5.3 試算条件

試算使用値を資表 5-3 に示す。なお、本項で使用するデータは運転管理委託業者が取得した維持管理報告書によるものであり、試料採取方法が異なるため、水質データは本編中の値と異なる。また、ユーティリティ単価は資表 5-4 のとおりとした。

資表 5-3 試算使用値

項目	本技術	従来技術
汚泥発生率	0.4 ^{*1}	0.59 ^{*5}
脱水機 投入汚泥性状	汚泥濃度 3.0% ^{*2} 繊維状物 20% ^{*2}	汚泥濃度 1.0% ^{*5} 繊維状物 5% ^{*5}
脱水汚泥含水率	70% ^{*2}	81.7% ^{*5}
高分子凝集剤注入率	0.7% ^{*2}	0.96% ^{*5}
固形塩素使用量	1g/m ³ -流入水量 ^{*3}	1g/m ³ -流入水量 ^{*5}
電力使用量	X は流入水量 (m ³ /日) (揚水設備含む)	
水処理設備	-0.0005X + 0.6123 kWh/m ³ ^{*3}	320.13 X ^{-0.905} ^{*5}
設備全体 ^{*6}	-0.0006X + 0.6800 kWh/m ³ ^{*4}	341.98 X ^{-0.911} ^{*5}

※1 平成 29 年 7 月 1 日～平成 30 年 1 月 31 日実績

※2 平成 29 年 12 月 19 日～平成 30 年 1 月 31 日実績

※3 平成 29 年 4 月 1 日～平成 30 年 2 月 9 日実績

※4 平成 29 年 7 月 1 日～平成 30 年 1 月 31 日実績

※5 平成 21 年 4 月 1 日～平成 28 年 12 月 31 日実績

※6 水処理設備と汚泥処理設備の合計

資表 5-4 ユーティリティ単価

	費目	原単位	設定条件
ユーティリティ	電気代単価	16 円/kWh	須崎市平成 27 年度実績
	上水従量料金	125 円/m ³	須崎市平成 27 年度実績
	固形塩素	525 円/kg	須崎市平成 27 年度実績
	高分子凝集剤	900 円/kg	須崎市平成 27 年度実績
	脱水汚泥処分費	13,000 円/t	須崎市平成 27 年度実績

なお、本技術の運転管理費については、「下水道施設維持管理積算要領-終末処理場・ポンプ場施設編-2011 年版」（公益社団法人日本下水道協会）の終末処理場編（オキシデーションディッチ法）に基づき、週 2 日の巡回管理、労務単価を 18,000 円/人として算出した。従来技術は平成 27 年度実績値を用いた。

5.4 ダウンサイジング性能

須崎市終末処理場における本技術導入前後の維持管理費を資表 5-5 に示す。

本技術導入による維持管理費の削減効果は 63%であった。そのなかでも、高分子凝集剤と電力量の削減効果が 68~69%と大きく、次に運転管理費の削減効果 63%と次いだ。

資表 5-5 維持管理費試算結果

項目	本技術		従来技術		
	使用量	費用	使用量	費用	
ユーティリティ	電力	65,408kWh/年	1,047千円/年	212,754kWh/年	3,405千円/年
	水道	40m ³ /年	5千円/年	83m ³ /年	11千円/年
	固形塩素	146kg/年	88千円/年	146kg/年	88千円/年
	高分子凝集剤	79kg/年	72千円/年	252kg/年	228千円/年
	脱水汚泥処分	36t/年	468千円/年	85t/年	1,105千円/年
	運転管理費	—	10,500千円/年	—	28,000千円/年
	合計	—	12,180千円/年	—	32,837千円/年
	比率	—	37	—	100

須崎市終末処理場における本技術導入前後の維持管理に拘わる温室効果ガス排出量を資表 5-6 に示す。

温室効果ガス排出量の本技術導入に伴う削減効果は、69%という結果であった。従来技術の内訳で 98%を占める電力を、本技術導入に伴い 69%削減したことが大きく影響している。

資表 5-6 温室効果ガス排出量試算結果

項目		本技術		従来技術	
		使用量	CO ₂ 発生量	使用量	CO ₂ 発生量
電力	水処理設備	60,196kWh/年	35.4t-CO ₂ /年	206,450kWh/年	121.2t-CO ₂ /年
	汚泥処理設備	5,212kWh/年	3.1t-CO ₂ /年	6,304kWh/年	3.8t-CO ₂ /年
	計	65,408kWh/年	38.5t-CO ₂ /年	212,754kWh/年	125.0t-CO ₂ /年
上水		40m ³ /年	0.1t-CO ₂ /年	83m ³ /年	0.2t-CO ₂ /年
高分子凝集剤		79kg/年	0.6t-CO ₂ /年	252kg/年	1.7t-CO ₂ /年
固形塩素		146kg/年	0.6t-CO ₂ /年	146kg/年	0.6t-CO ₂ /年
合計		—	39.8t-CO ₂ /年	—	127.5t-CO ₂ /年
比率		—	<u>31</u>	—	<u>100</u>