

令和5年度 評価委員会(2月28日)

B-DASHプロジェクト自主研究報告(最終)

[H28採択]

DHS システムを用いた 水量変動追従型水処理技術

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

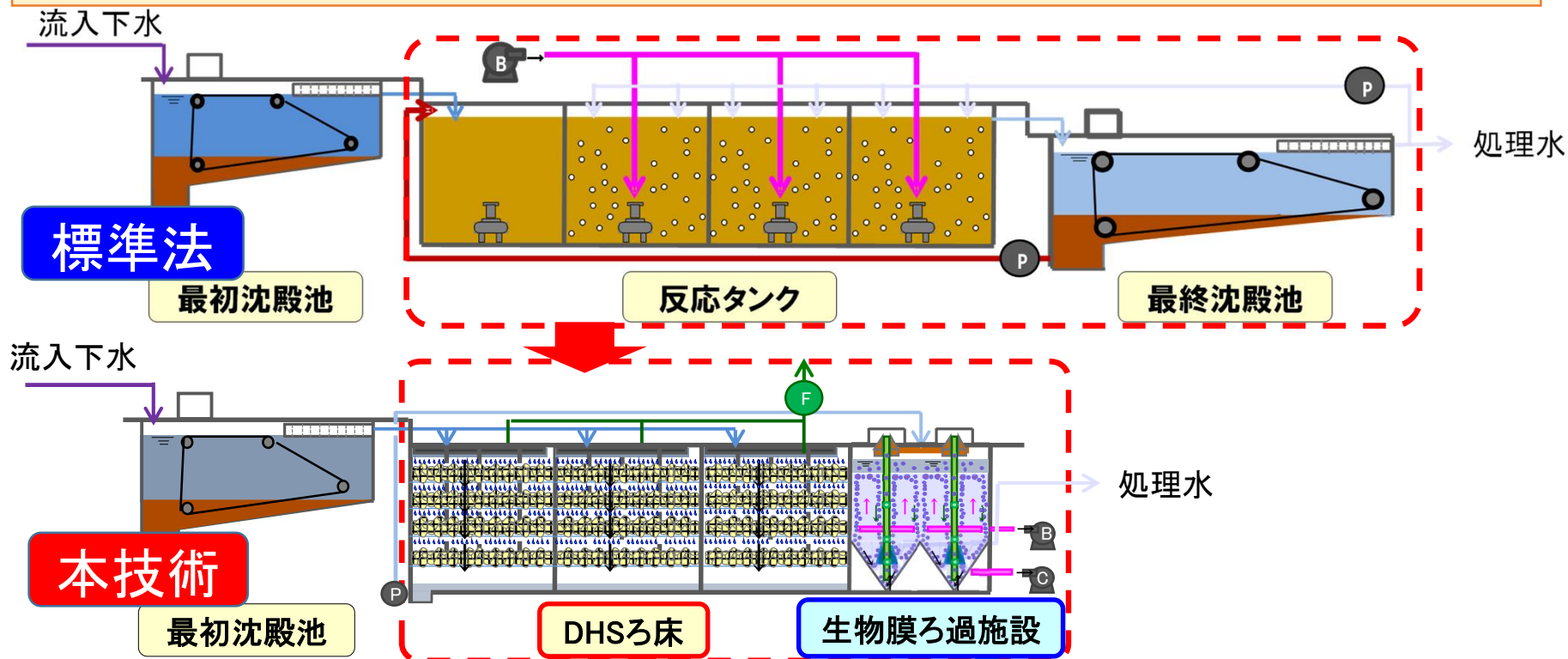
1. 研究概要

◇技術名称	DHSシステムを用いた水量変動追従型水処理技術
◇実施期間	委託研究:平成28年7月7日～平成29年3月31日 (1年目) 平成29年7月31日～平成30年3月30日 (2年目) 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30年12月
◇実施者	(委託研究時) 三機工業(株)・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 (自主研究時) 三機工業(株)・日本下水道事業団(～令和2年度)・須崎市共同研究体
◇実証フィールド	須崎市終末処理場 (高知県) 365 m ³ /日(自主研究期間日平均流入汚水量)
◇実証施設規模	500 m ³ /日 (流入汚水全量処理)
◇実証技術	<p>背景 市財政収入源による財政余力の低下や下水道使用量の収入減に伴う下水処理原価の増加や下水道管理人材の不足といった課題による下水道経営の悪化</p> <p>目的 流入水量減少に合わせた処理規模の縮減、流入水量減少に追従したライフサイクルコストの縮減による下水道経営の改善</p> <p>概要と特長 標準活性汚泥法の反応タンク・最終沈殿池をDHSろ床・生物膜ろ過施設へ代替することにより、以下により下水道経営の改善に貢献</p> <ul style="list-style-type: none"> ・流入水量減少に合わせた処理規模の縮減 ・流入水量減少に追従したライフサイクルコストの縮減 ・使用電力量および汚泥発生量の削減 ・維持管理の簡易化

1. 研究概要

実証技術

反応タンク・最終沈殿池をDHSろ床・生物膜ろ過施設へ代替することにより、省エネルギー化および維持管理性の簡易化を達成する下水処理技術



- ・無曝気で有機分の除去や硝化
- ・流入水量に応じた処理規模の縮減が可能

使用前の
DHS担体



使用中の
DHS担体



- ・残留する有機分の除去や硝化、SS除去
- システムとして

処理水質安定化

- ・流入水量に応じた処理規模の縮減が可能



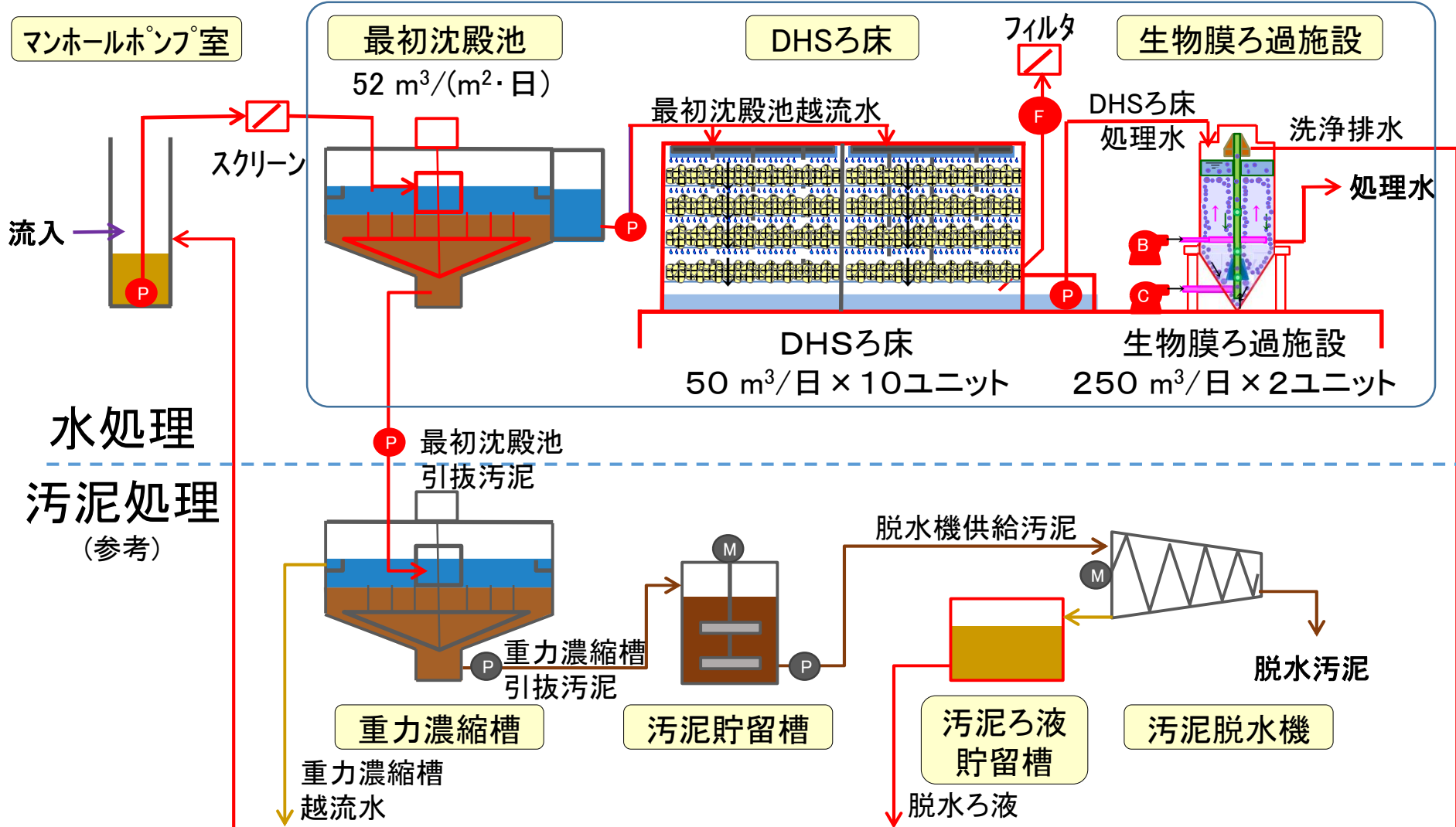
ろ材

1. 研究概要(施設概要)

実証実験設備

処理規模	日最大 500 m ³ /日
流入水質(計画)	BOD: 190 mg/L, SS: 160 mg/L

(実証技術)



— B-DASHでの設置・改造範囲

1. 研究概要(委託研究成果まとめ)

実証項目	目標	委託研究時結果 H29.4～H30.2
1. 放流水質の安定性	1年を通じてBODが15 mg/L以下	満足
2. 水処理使用電力量の削減効果	水処理消費電力が計画日平均(流入率80%)で0.18 kWh/m ³ 以下	満足 0.14 kWh/m ³
3. 流入水量に対する水処理使用電力量の追従性	流入水量減少に追従して使用電力量を削減できる	満足
4. 汚泥発生量の削減効果	汚泥発生率(=(流出DS+脱水汚泥DS)/流入DS [*])が0.6以下 (実証目標は0.7であったが、評価委員会にて設計値を0.6に設定)	満足 0.38
5. 維持管理の容易性	週2日の巡回監視で維持管理できる	満足
6. 費用削減	CSIにより、3000 m ³ /日規模を1/3にダウンサイジング更新時、本技術導入時のLCCが標準法と比べて34%削減	満足 37%削減
7. 省CO ₂	CSIにより、3000 m ³ /日規模を1/3にダウンサイジング更新時、本技術導入時の温室効果ガス排出量が標準法と比べて47%削減	満足 76%削減
8. ダウンサイジング効果	CSIにより、本技術導入時に、流入水量減少に応じた処理規模の縮減が可能	満足 縮減可能
	CSIにより、本技術導入後に、流入水量減少に追従して使用電力量の削減が可能	満足 縮減可能
	CSIにより、将来の再構築時にさらに処理規模(ユニット数)を縮小することでLCCの縮減が可能	満足 縮減可能

※流入DSと流出DSはSSベース、脱水汚泥DSはTSベースにて算出

- 課題
- ・更なるデータの取得の継続、知見の蓄積
 - ・適切な維持管理手法の知見の取得

1. 研究概要(実証施設稼働状況)

概要

委託研究期間に設備を立上げた2016年1月以降、7年間稼働。
須崎市終末処理場に流入する汚水について全量処理を2016年2月以降継続。

長期使用に伴う機器劣化に対しても修繕を行い、適切な維持管理に努めている。



設備外観
(2023年3月撮影)



汚水ポンプ修繕
(2019年9月撮影)

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

- ・ 継続的な処理性能評価
～処理性能・使用電力量・汚泥発生率・維持管理性～
- ・ コストダウンの検討

[システムとしての処理性能の長期安定性の検証]

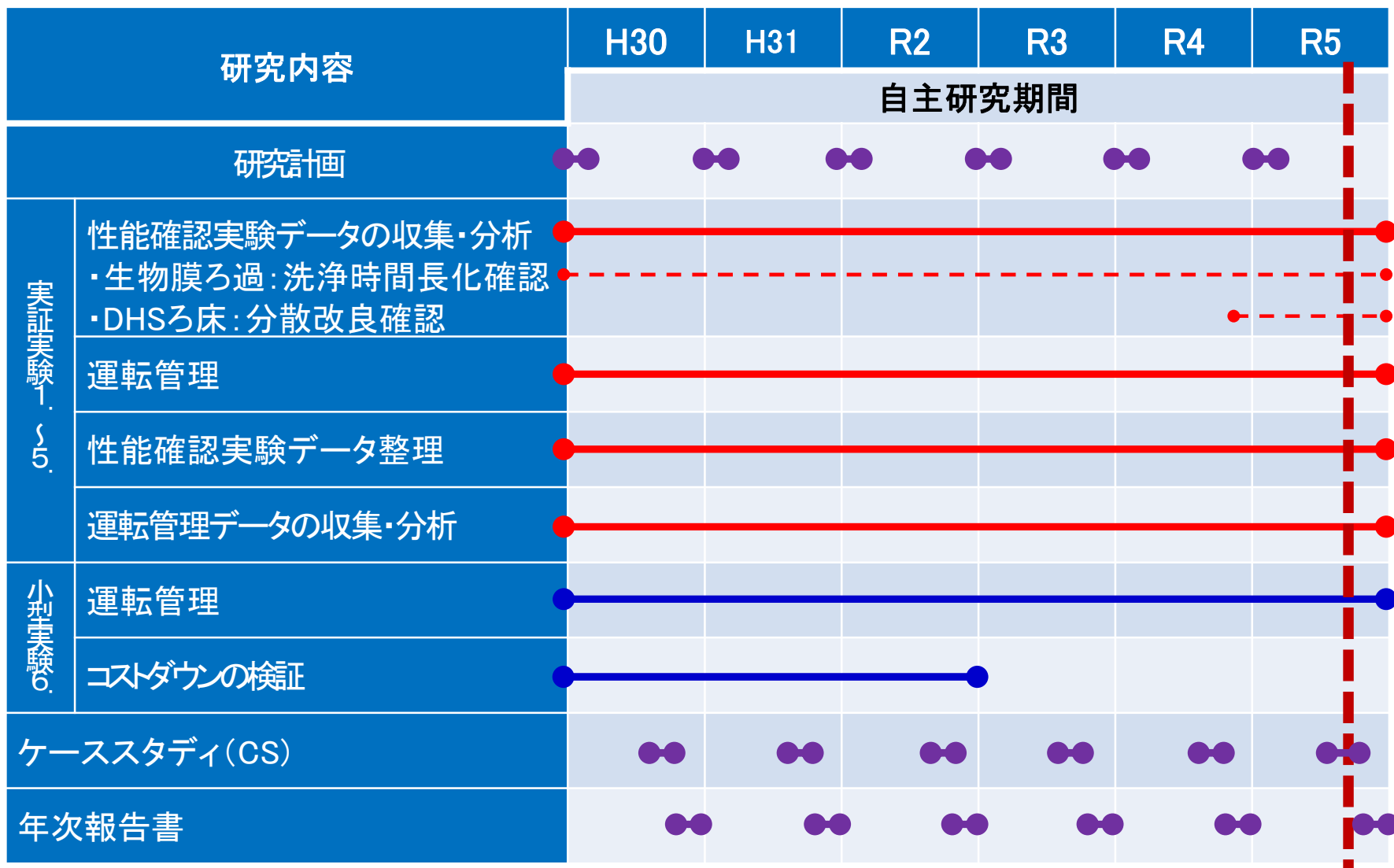
1. 放流水質の安定性: 放流水質が安定してBOD15 mg/L以下であること。
・ より安定した運転方法を確立すること。
(①生物膜ろ過洗浄時間長化・②DHSろ床分散改良)
2. 水処理使用電力量の削減効果:
水処理消費電力が計画日平均(流入率80%)で0.18 kWh/m³以下であること。
3. 流入水量に対する水処理使用電力量の追従性
4. 汚泥発生量の削減効果: 汚泥発生率(=(流出DS+脱水汚泥DS)/流入DS)が
0.6以下であること。
5. 維持管理の容易性

[コストダウンの検証] ※対象 DHSろ床

6. 廉価型の新型のDHSろ床担体を用いても、従来型のDHSろ床担体と同等の処理性能が得られること。

2. 自主研究

自主研究工程



2. 自主研究

自主研究結果

実証項目	目標	自主研究 6年間結果 H30.4～R5.9	備考
1. 放流水質の安定性	1年を通じてBODが ≤ 15 mg/L以下	満足	3. にて 実証期間と比較説明
2. 水処理使用電力量 の削減効果	水処理消費電力が計画日平均(流入率80%)で 0.18 kWh/m ³ 以下	満足 0.15	3. にて 実証期間と比較説明
3. 流入水量に対する 水処理使用電力量 の追従性	流入水量減少に追従して使用電力量を削減できる	満足	3. にて 実証期間と比較説明
4. 汚泥発生量の 削減効果	汚泥発生率(=(流出DS+脱水汚泥DS)/流入DS)が 0.6 以下	満足 0.54	3. にて 実証期間と比較説明
5. 維持管理の容易性	週2日の巡回監視で維持管理できる	満足	3. にて 実証期間と比較説明
6. コストダウンの 検証	廉価型の新型のDHSろ床担体を用いても、従来型のDHSろ床担体と同等の処理性能が得られる	満足	中間報告にて 報告済み

2. 自主研究

概要

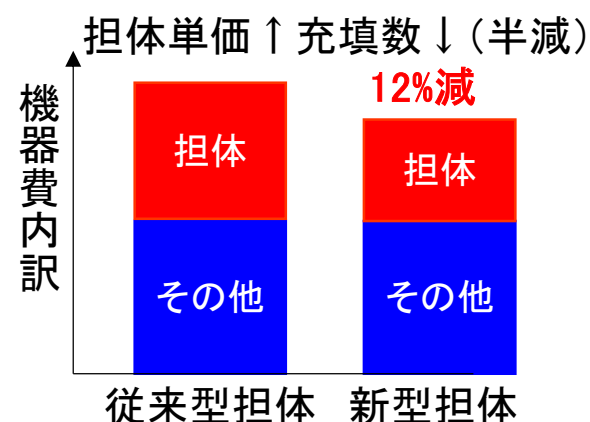
6. コストダウンの検証

小型実験設備を用いて新型担体の処理性能を検証

担体1つ当りのサイズを拡大した新型担体にて小型実験装置を用いて試験
※新型担体は従来型担体と比べて担体充填部容積当りのスポンジ容積は減少
充填部容積負荷を同一にして従来型担体と日最大相当水量にて比較試験を実施
(スポンジ容積当りの負荷は1.38倍)

項目	従来型担体	新型担体
形状		
担体量	担体充填部容積: 0.8 m ³ 担体充填数: 17,185個 スポンジ容積: 0.4 m ³	担体充填部容積: 0.8 m ³ 担体充填数: 8,000 個 スポンジ容積: 0.29 m ³

コスト削減イメージ



- ・水温20℃以上: 従来型担体と充填部容積が同じであれば同等の処理性能
 - ・水温20℃未満: アンモニアの除去性にて新型担体の方が劣る
- ⇒水温20℃以上の温暖な地域においては、コストダウンの可能性を確認

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

委託研究時の実証項目との比較

実証項目	目標	委託研究 結果 H29.4~30.2	自主研究 6年間結果 H30.4~R5.9	ガイドライン 改定要否
1. 放流水質の安定性	1年を通じてBODが15 mg/L以下	満足	満足	不要 [目標値内]
2. 水処理使用電力量の削減効果	水処理消費電力が計画日平均(流入率80%)で0.18 kWh/m ³ 以下	満足 0.14	満足 0.15	不要 [目標値内]
3. 流入水量に対する水処理使用電力量の追従性	流入水量減少に追従して使用電力量を削減できる	満足	満足	不要 [目標値内]
4. 汚泥発生量の削減効果	汚泥発生率(=(流出DS+脱水汚泥DS)/流入DS)が0.6以下 (実証目標は0.7であったが、評価委員会にて設計値を0.6に設定)	満足 0.38	満足 0.54	不要 [目標値内]
5. 維持管理の容易性	週2日の巡回監視で維持管理できる	満足	満足	不要 [軽微な修正]
6. 費用削減	CSにより、3000 m ³ /日規模を1/3にダウンサイジング更新時、本技術導入時のLCCが標準法と比べて34%削減	満足 37%削減	満足 37%削減	不要 [軽微な修正]
7. 省CO ₂	CSにより、3000 m ³ /日規模を1/3にダウンサイジング更新時、本技術導入時の温室効果ガス排出量が標準法と比べて47%削減	満足 76%削減	満足 75%削減	不要 [軽微な修正]
8. ダウンサイジング効果	CSにより、本技術導入時に、流入水量減少に応じた処理規模の縮減が可能	満足 縮減可能	満足 縮減可能	不要
	CSにより、本技術導入後に、流入水量減少に追従して使用電力量の削減が可能	満足 縮減可能	満足 縮減可能	不要
	CSにより、将来の再構築時にさらに処理規模(ユニット数)を縮小することでLCCの縮減が可能	満足 縮減可能	満足 縮減可能	不要

全ての項目において、継続的に満足することを確認
ガイドラインに対して大きな変更が必要ないことを確認

3. 実証施設の性能比較

概要

6年間放流基準を満足

1. 放流水質の安定性

～①生物膜ろ過施設の洗浄時間長化および②DHSろ床分散改良～

ガイドライン		自主研究								
生物膜ろ過施設の洗浄時間 15℃以上20℃未満:90～120分/(槽・日) 20℃以上:30分/(槽・日)		①生物膜ろ過施設の洗浄時間 120分/(槽・日) ②DHSろ床分散改良 分散向上シートの設置による分散改良								
項目	ガイドライン範囲			自主研究(①)			自主研究(①+②)			
	H29年4月1日～H30年3月31日			H30年4月1日～R5年2月28日			R5年3月1日～R5年9月30日			
	平均	±	標準偏差 (最小～最大)	平均	±	標準偏差 (最小～最大)	平均	±	標準偏差 (最小～最大)	
流入条件	流入水量 (m ³ /日)	357	± 63	(201～627)	361	± 77	(273～673)	394	± 103	(280～667)
	水温 (℃)	22	± 3.5	(16～28)	22	± 2.9	(17～28)	23	± 2.7	(18～27)
	T-BOD (mg/L)	141	± 47	(72～257)	134	± 39	(47～411)	112	± 30	(59～200)
	SS (mg/L)	165	± 64	(15～397)	165	± 53	(60～576)	120	± 31	(67～207)
処理水	T-BOD (mg/L)	8.7	± 3.0	(2.8～15.0)	7.8	± 3.1	(1.0～15.0)	5.2	± 2.7	(2.2～12.9)
	SS (mg/L)	4.6	± 2.2	(1.0～10.1)	6.9	± 4.0	(1.0～24.5)	2.2	± 1.2	(0.9～5.5)
				注)比較しているデータ期間は年度単位でない						

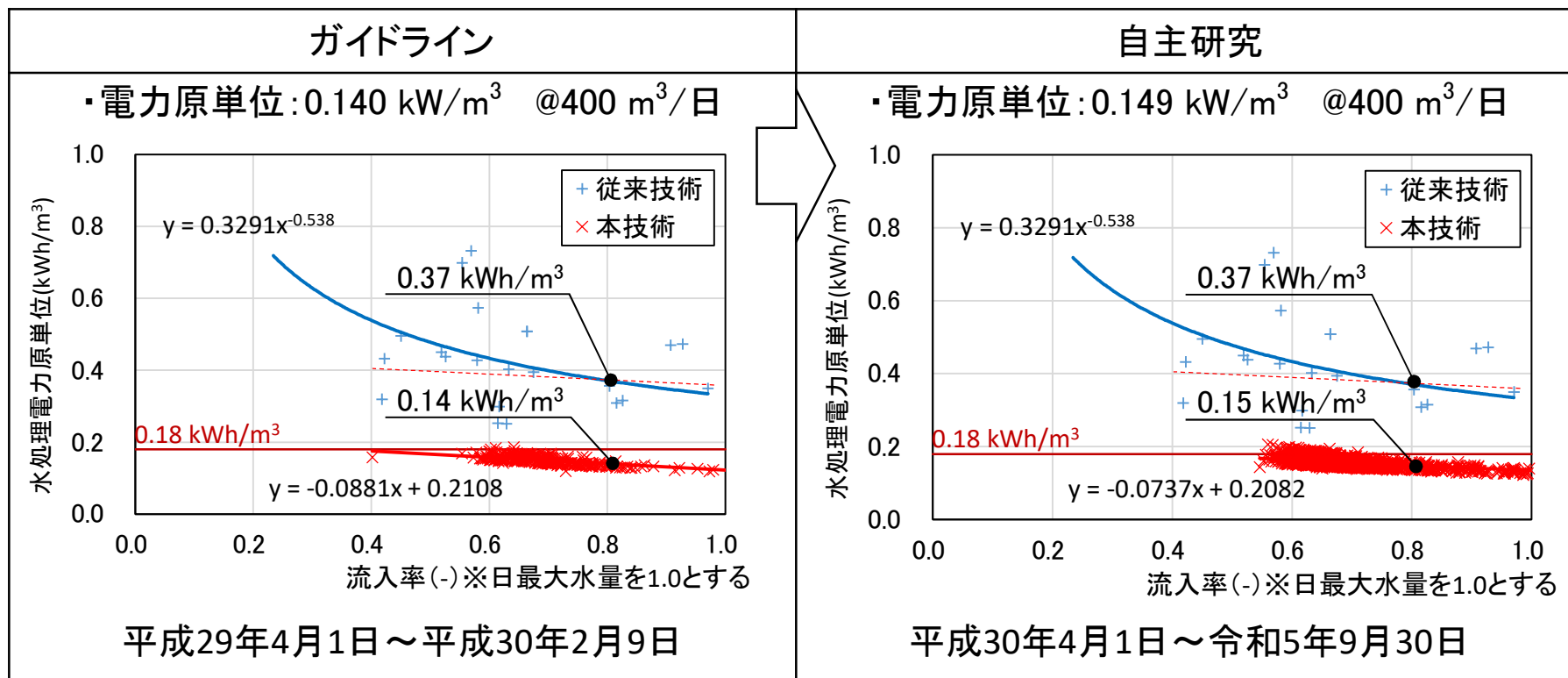
流入水質が低くなっているが、**BOD・SSともに①生物膜ろ過施設の洗浄時間を長くし、②DHSろ床の分散を改良することにより処理水質の向上がみられた**

3. 実証施設の性能比較

概要

6年間目標を満足

2. 水処理使用電力量の削減効果
3. 流入水量に対する水処理使用電力量の追従性



- ・経年的な流入水量の減少はないが、水処理使用電力量はガイドラインと同等
- ・生物膜ろ過洗浄時間を延ばしたことによる結論は以下の通り
 - 電力原単位が若干上昇したが、目標値を満足
 - 流入水量に対する水処理使用電力量の追従性も同等

3. 実証施設の性能比較

概要

6年間目標値を満足

4. 汚泥発生量の削減効果

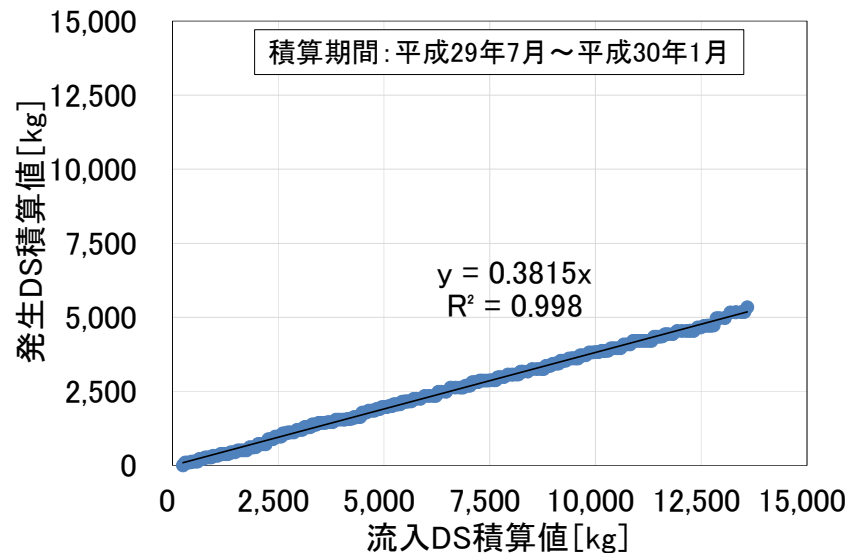
※汚泥発生率=(流出DS+脱水汚泥DS)/流入DS

ガイドライン

自主研究

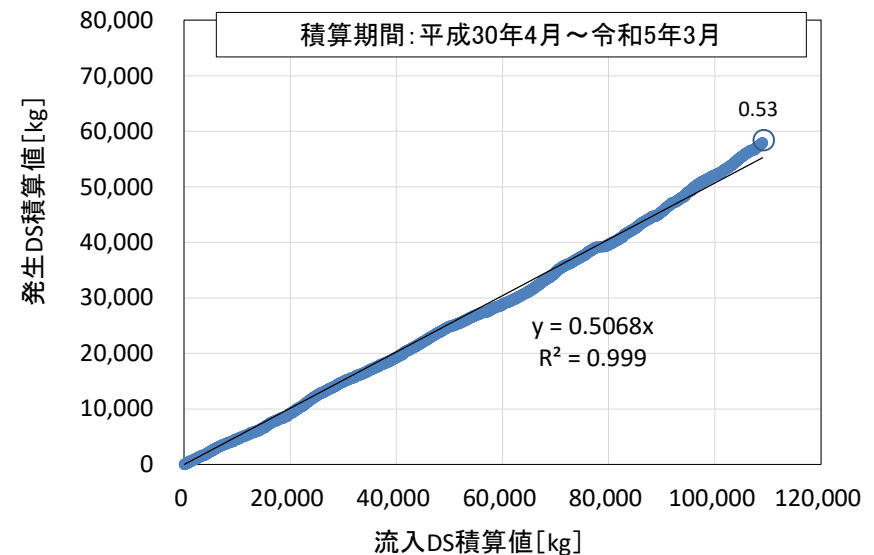
汚泥発生率

・汚泥発生率:0.6以下に対して **0.38**



汚泥発生率

・汚泥発生率:0.6以下に対して **0.53**
目標値内で上昇



次項にて汚泥発生率の差異を考察

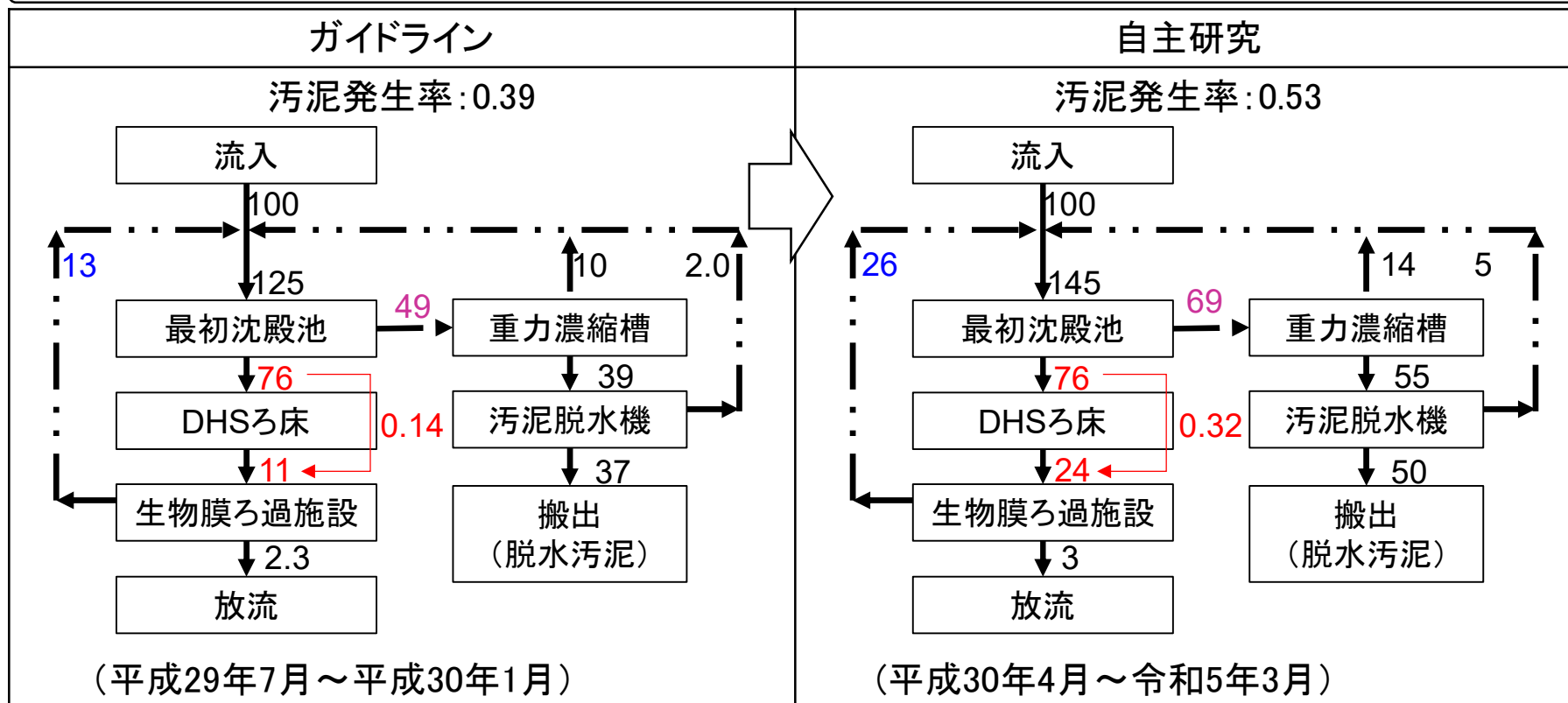
3. 実証施設の性能比較

概要

比較結果の考察

4. 汚泥発生量の削減効果

$$\text{※汚泥発生率} = (\text{流出DS} + \text{脱水汚泥DS}) / \text{流入DS}$$



DHSろ床での汚泥減量化が鈍化(減量化率0.14→0.32)

ガイドラインでは0.4(p.18)

→洗浄排水由来の返流量が増加(13→26)

→最初沈殿池からの固形物引抜量が増加(49→69)

→汚泥発生率が高くなったと考えられる。

次項にてDHSろ床での汚泥減量化の差異を考察

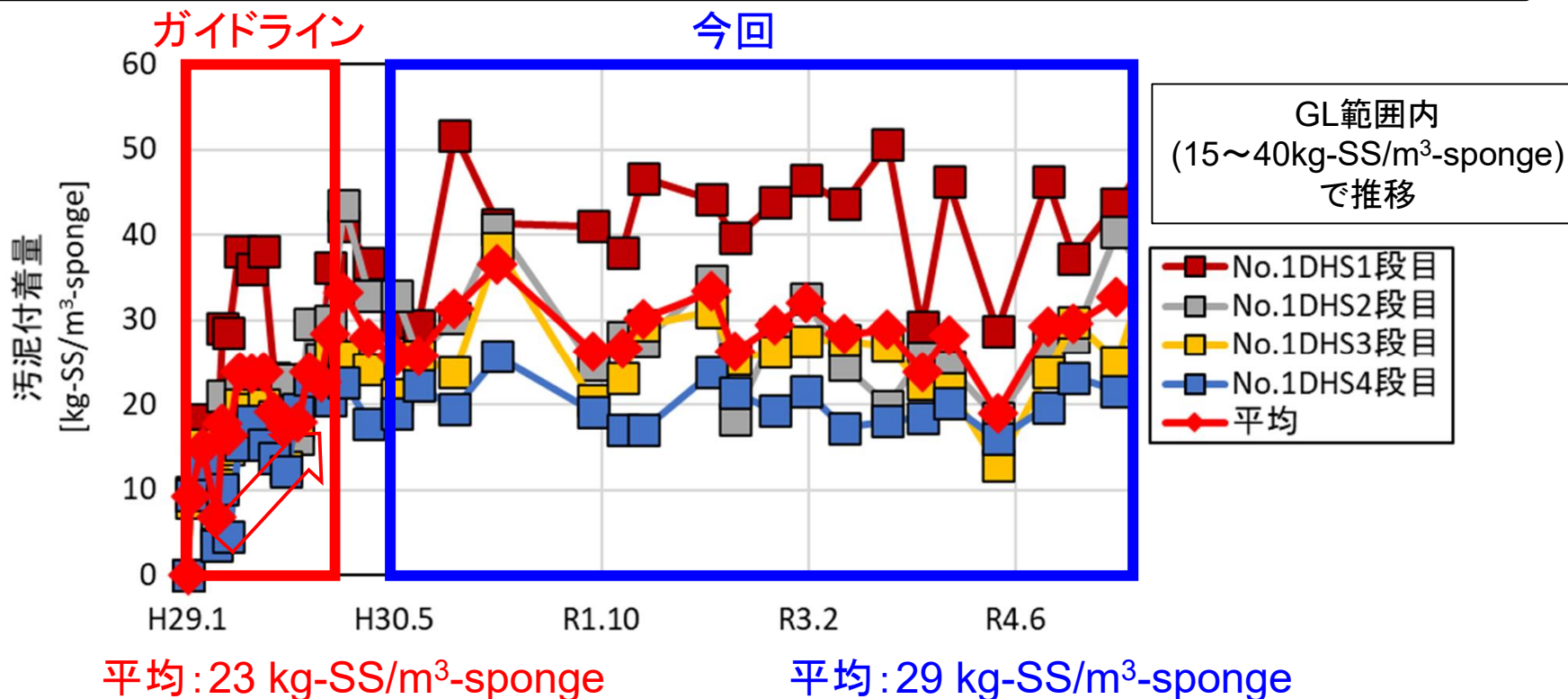
3. 実証施設の性能比較

概要

比較結果の考察

4. 汚泥発生量の削減効果

※汚泥発生率=(流出DS+脱水汚泥DS)/流入DS



- ・ガイドライン期間中はDHS担体における汚泥付着量は増加傾向⇒定常状態未達状態
 - ・定常状態での汚泥発生率は、今回の値が妥当
- ⇒当初目標値の範囲内

GLでは汚泥発生率0.6(設計値)を採用
⇒導入検討に与える影響はない

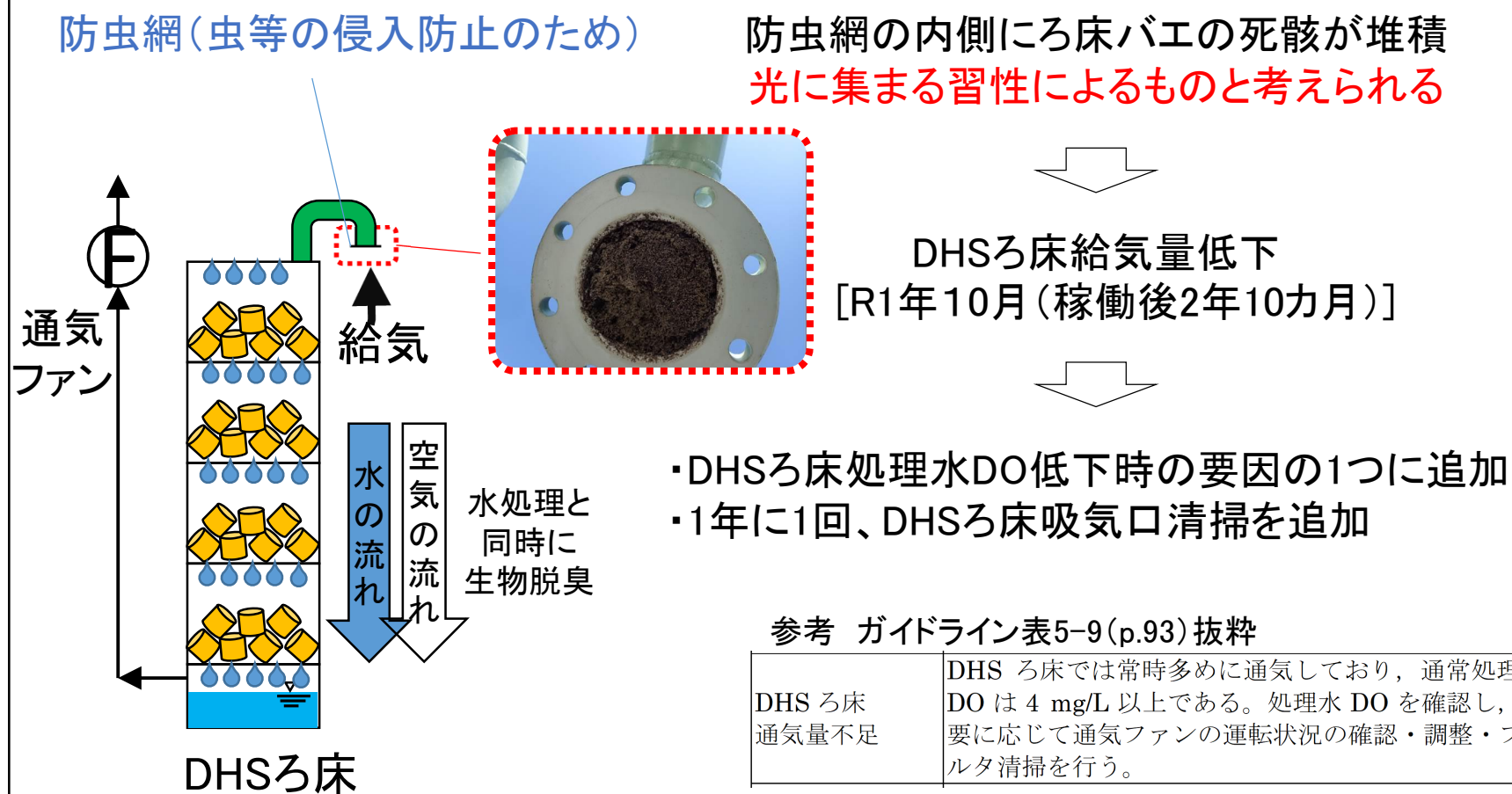
3. 実証施設の性能比較(維持管理)

概要

5. 維持管理の容易性

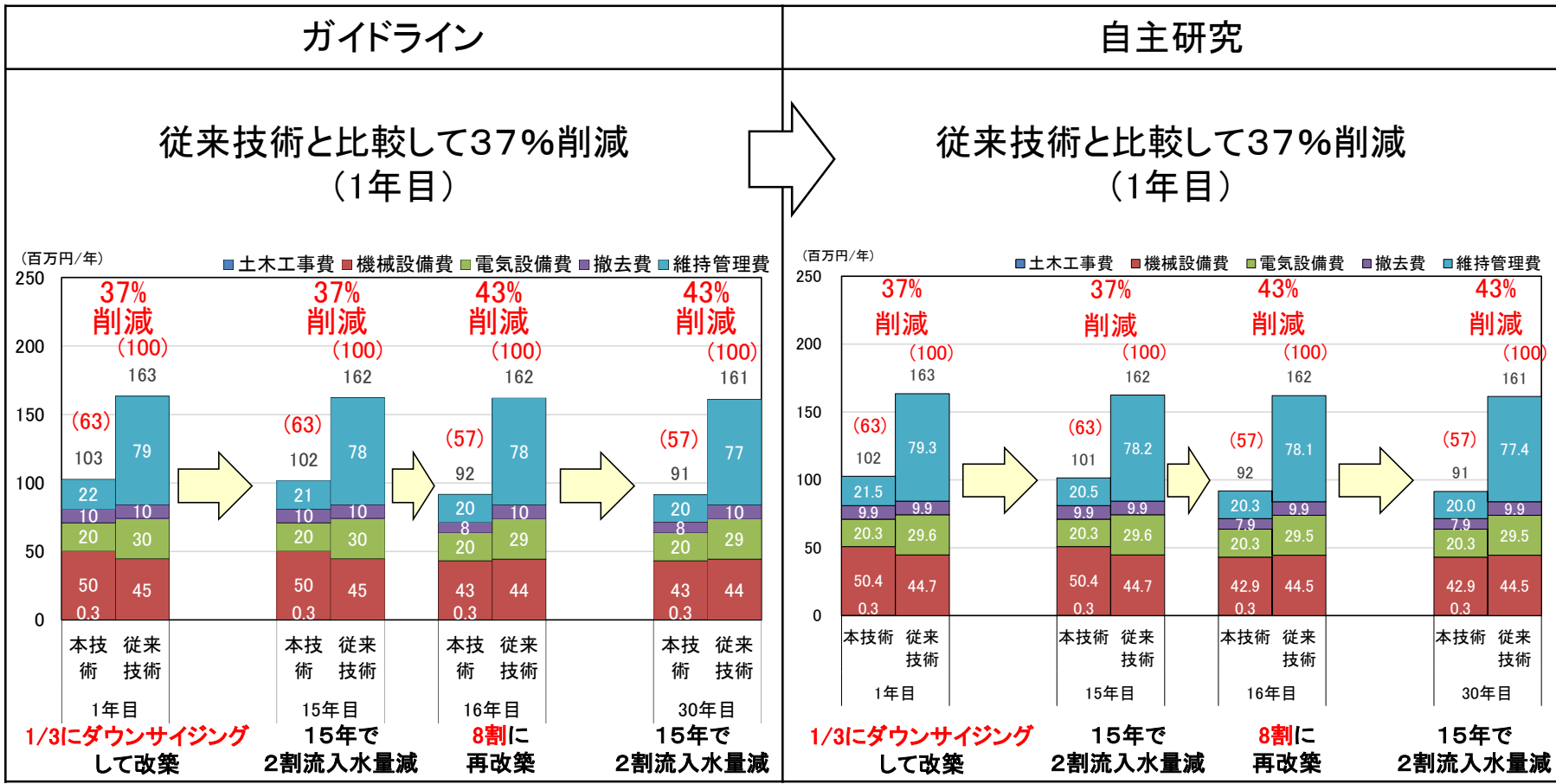
週2日の巡回監視での維持管理に変化なし

※DHSろ床の異常時の対応・清掃項目は1つ追加



3. 実証施設の性能比較(ライフサイクルコスト)

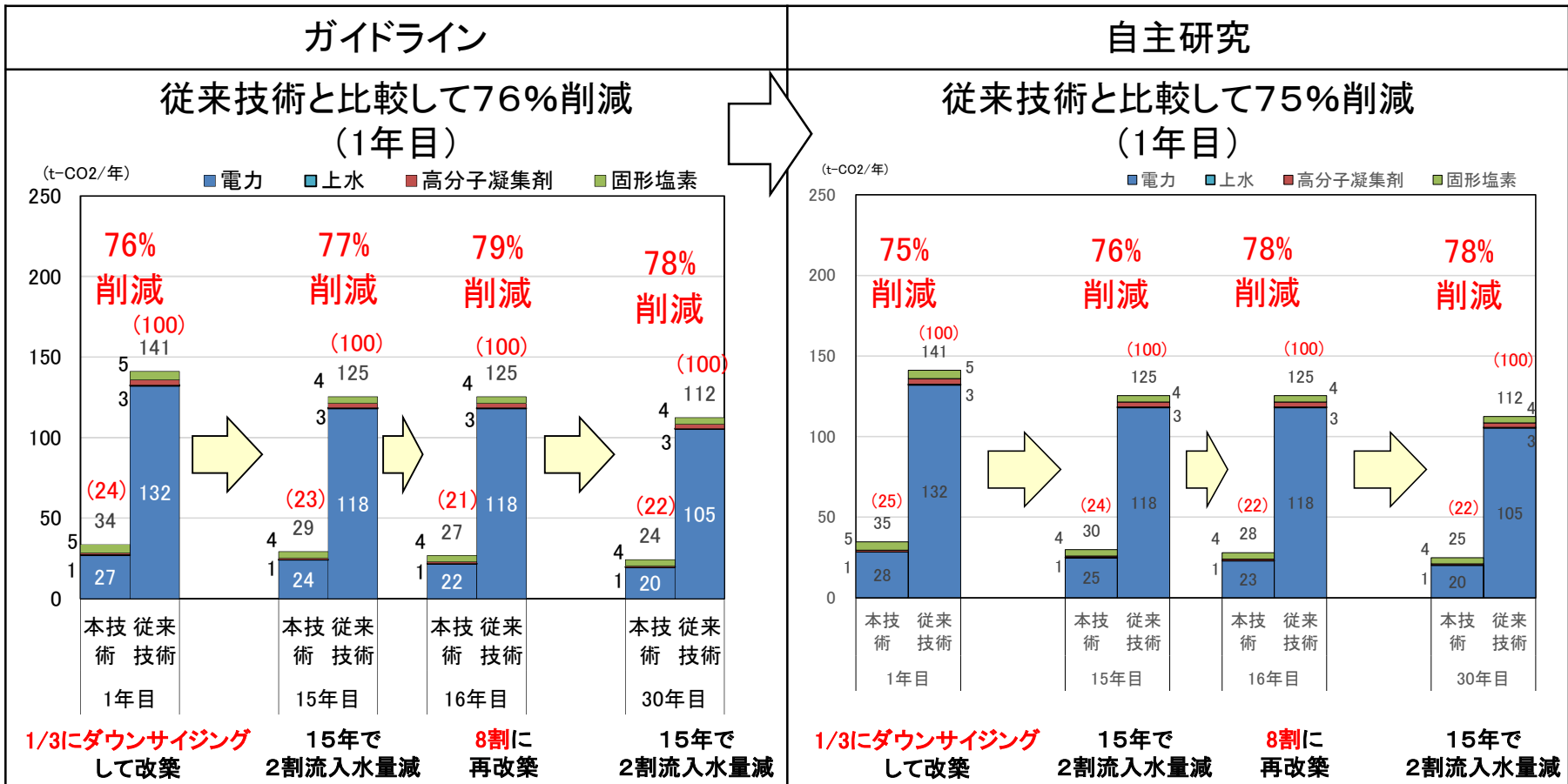
概要 6. 費用削減
 3,000 m³/日を1,000 m³/日にダウンサイジングして更新した場合の、
 標準活性汚泥法とのLCC比較。
 対象は水処理設備・汚泥処理設備の更新費用と維持管理費



同等の結果が得られた

3. 実証施設の性能比較(温室効果ガス排出量)

概要 7. 省CO₂
 3,000 m³/日を1,000 m³/日にダウンサイジングして更新した場合の、
 標準活性汚泥法との温室効果ガス排出量比較。
 対象は水処理設備・汚泥処理設備



同等の結果が得られた

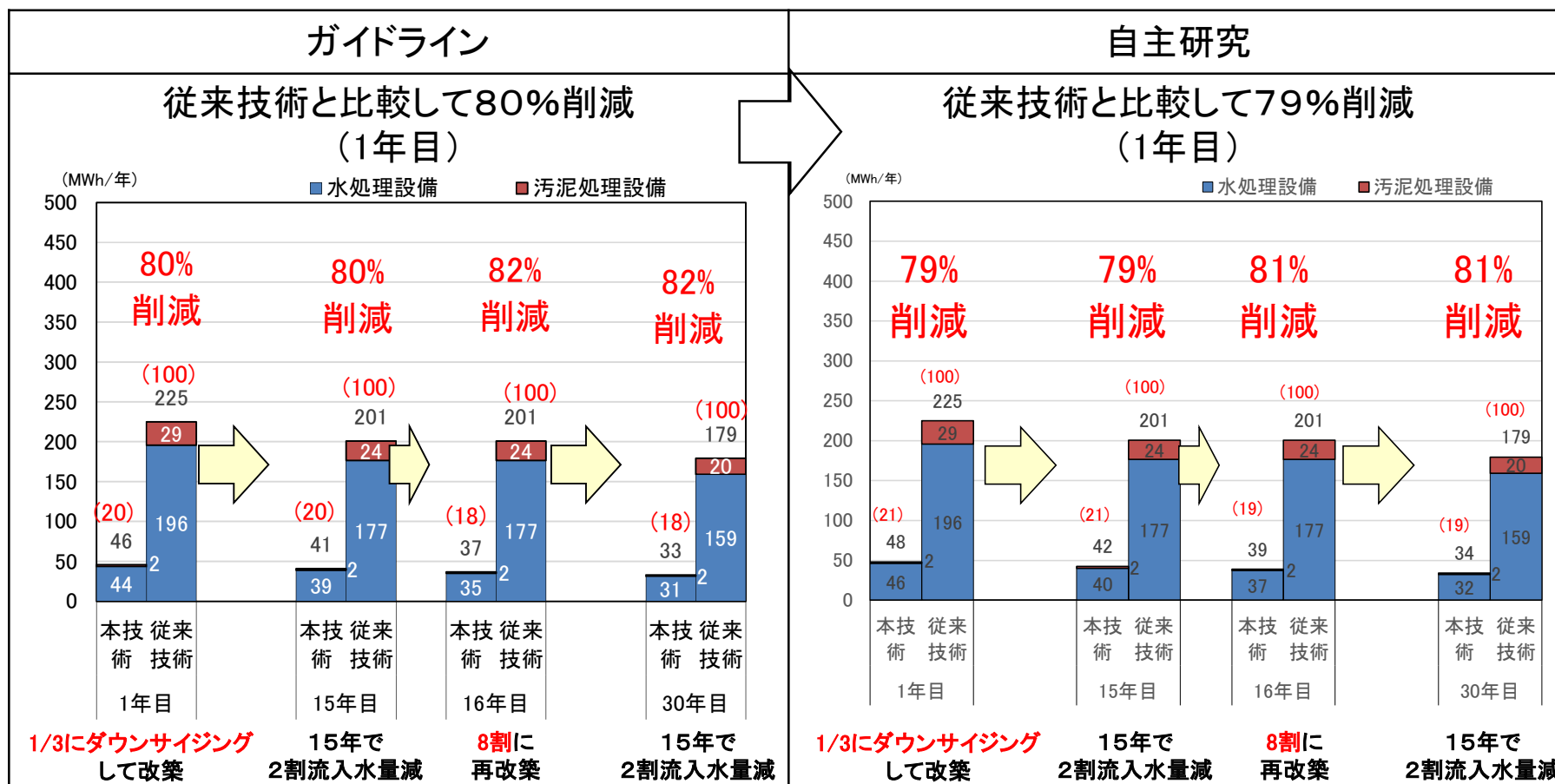
3. 実証施設の性能比較(消費電力量)

概要

8. ダウンサイジング効果

3,000 m³/日を1,000 m³/日にダウンサイジングして更新した場合の、標準活性汚泥法との消費電力量比較。

対象は水処理設備と汚泥処理設備。



同等の結果が得られた

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 ガイドライン記載内容からの変更点は下表の通り
 ただし、大きな変更が必要ないため、ガイドラインの変更は想定していない

旧	新	備考
§ 39 本技術の基本運転方法 表5-2 生物膜ろ過施設 洗浄時間 30～120分/(槽・日)	§ 39 本技術の基本運転方法 表5-2 生物膜ろ過施設 洗浄時間 120分/(槽・日)	(変更)
§ 42 生物膜ろ過施設 表5-4 生物膜ろ過施設 洗浄時間 15℃以上20℃未満:1日槽当り90～120分 20℃以上:1日槽当り30分	§ 42 生物膜ろ過施設 表5-4 生物膜ろ過施設 洗浄時間 120分/(槽・日)	(変更)
§ 45 保守点検 表5-6 DHSろ床の点検内容と点検頻度	§ 45 保守点検 表5-6 DHSろ床の点検内容と点検頻度 吸気口 外観の確認 1回/1年	(追加)
§ 46 異常時の対応と対策 表5-9 DHSろ床通気量不足 必要に応じて通気ファンの運転状況の 確認・調整・フィルタ清掃	§ 46 異常時の対応と対策 表5-9 DHSろ床通気量不足 必要に応じて通気ファンの運転状況の 確認・調整、フィルタ・吸気口清掃	(追加)
資料編 4. 海外等への適用の留意点	資料編 4. 海外等への適用の留意点 ④DHS新型担体の適用 水温が20℃以上の温暖な地域においては DHS新型担体の適用も可能である。	(追加)

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

○施設導入実績	なし
○普及展開状況	<p>[国内] 以下の下水処理場に対して、本技術への更新を提案したが、どちらも長寿命化を選択</p> <ul style="list-style-type: none">・ 標準活性汚泥法(3,000 m³/日)・ 嫌気好気ろ床法(2,400 m³/日) <p>LCCが安価になるにせよ、一時的に発生する建設費の負担が難しいとの声</p>
○今後の予定	<p>[国内] 全面改築を計画している中小下水処理場をターゲットに普及展開を図る</p> <p>[海外] WOW TO JAPANや日本下水道事業団の海外向け技術確認を行い、東南アジア(特にタイ・マレーシア)の中小下水処理場をターゲットに普及展開中</p>

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

[システムとしての処理性能の長期安定性の検証]

1. 放流水質の安定性:

- ・放流水質が安定してBOD15 mg/L以下であることを確認。
- ・以下により、より安定した運転方法を確立。
①生物膜ろ過洗浄時間長化・②DHSろ床分散改良

2. 水処理使用電力量の削減効果:

水処理消費電力が計画日平均(流入率80%)で0.18 kWh/m³以下(0.15)を確認。

3. 流入水量に対する水処理使用電力量の追従性を確認。

4. 汚泥発生量の削減効果:汚泥発生率0.6以下(0.53)を確認。

5. 維持管理の容易性であり、週2日の巡回監視で維持管理できることを確認。

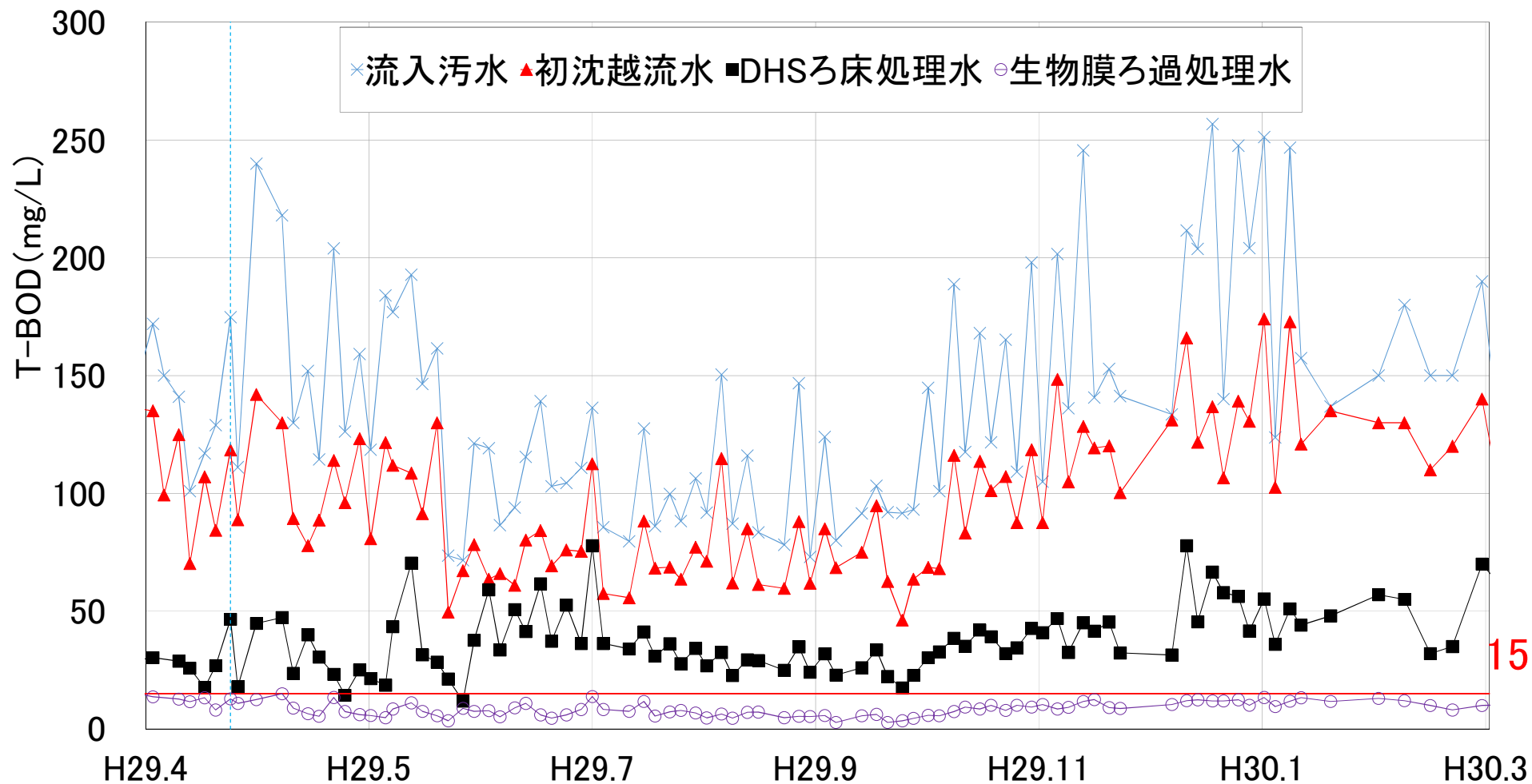
[コストダウンの検証] ※対象 DHSろ床

6. 新型のDHSろ床担体を用いることで、水温20℃以上であればコストダウンできる可能性を確認。

以下、参考資料

実証項目～処理水質の安定性～

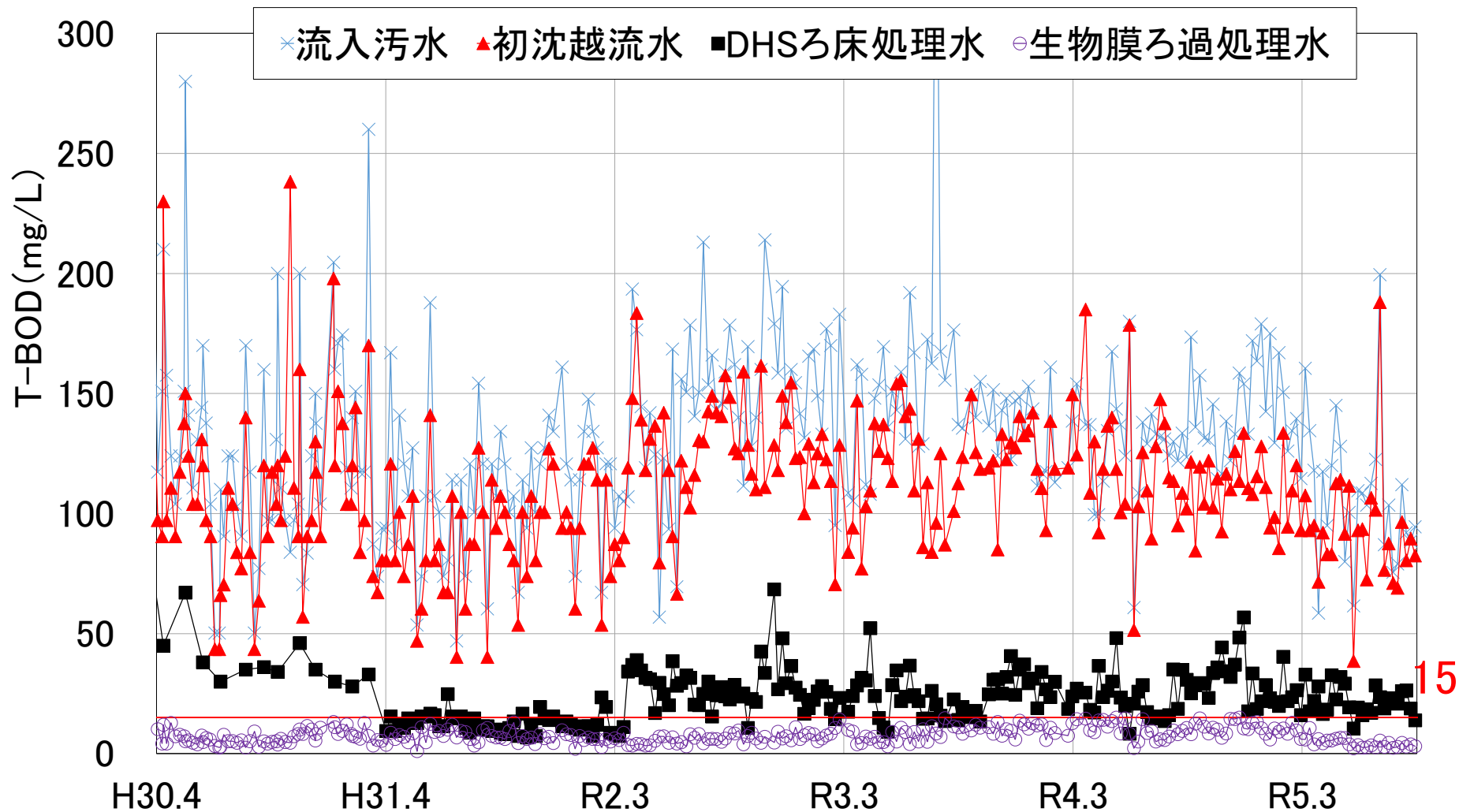
ガイドライン T-BOD ≤ 15 mg/L以下を満足



実証項目～処理水質の安定性～

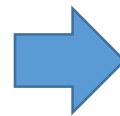
自主研究

T-BOD ≤ 15 mg/L以下を満足



実証項目～処理水質の安定性～

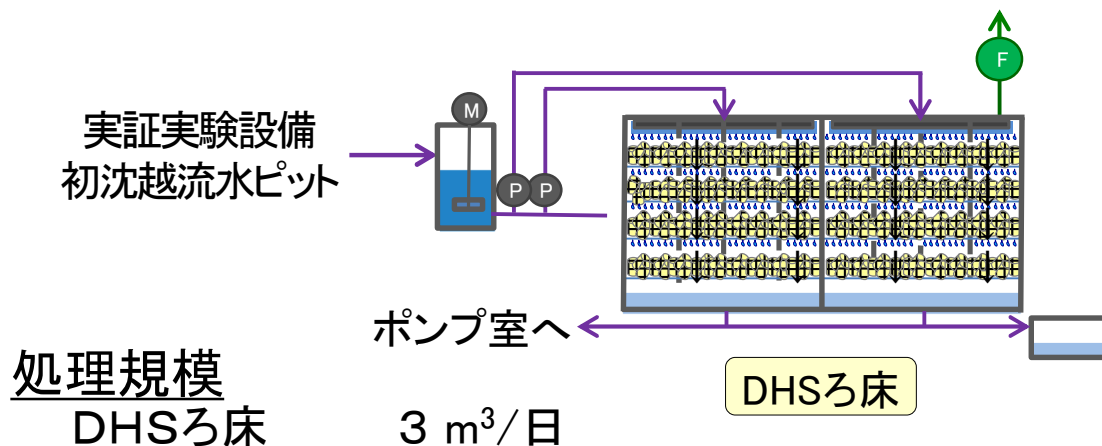
DHSろ床分散改良

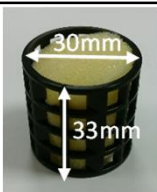
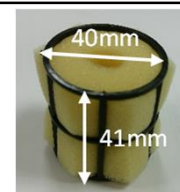


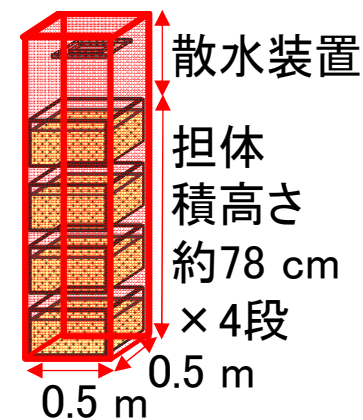
DHSろ床分散改良のため、
1段目にスポンジシートを設置

スポンジシートに一度保水させ、
スポンジでの保持水頭により分散

小型実験装置試験条件



項目		DHSろ床		
		No.1 従来型担体	No.2 新型担体	
運転 条件	担体保持棚段数	段	4	4
	担体形状	—		
	担体充填部容積	m ³	0.8	0.8
	スポンジ総容積	m ³	0.4	0.29
	流入水量 ^{※1}	m ³ /d	3.1 (日最大)	3.1 (日最大)
	散水負荷	m ³ /(m ² ·d)	12.5	12.5
	処理水循環量	%	—	—
	スポンジ容積負荷	m ³ /(m ³ ·d)	10.8	7.8
基本 試験	新型担体性能確認		○	○



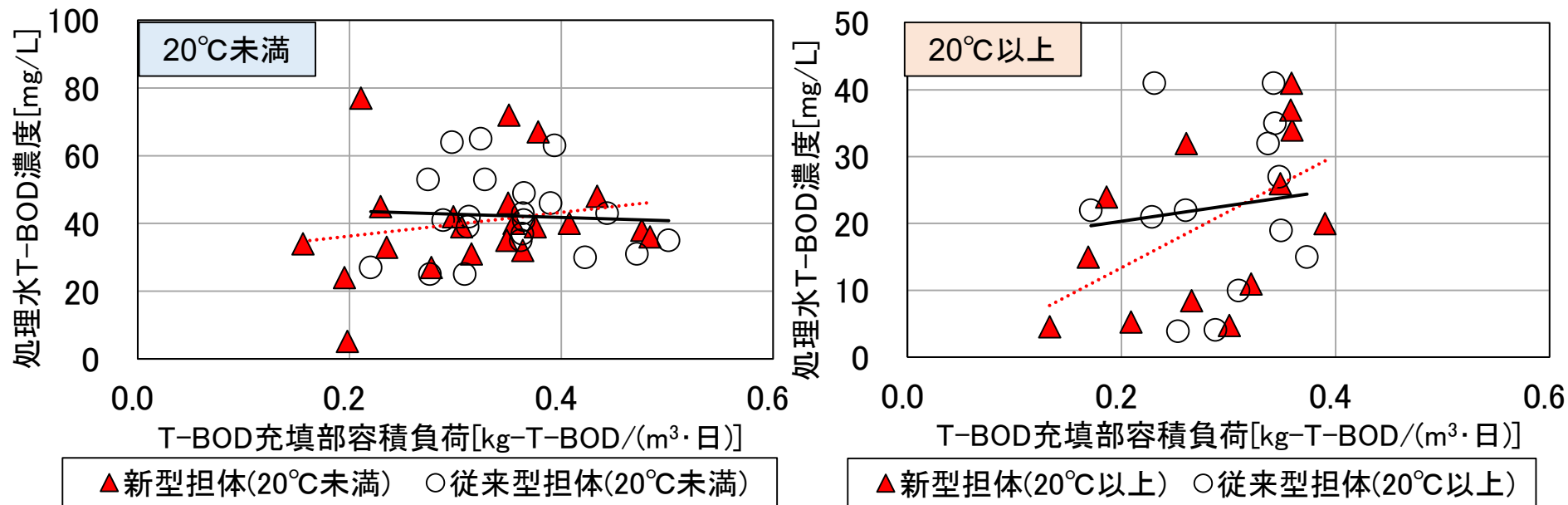
DHSろ床

1ユニット寸法

※1 冬季は表記×0.8とし、低水温試験実施

実証項目～海外への適用の留意点～

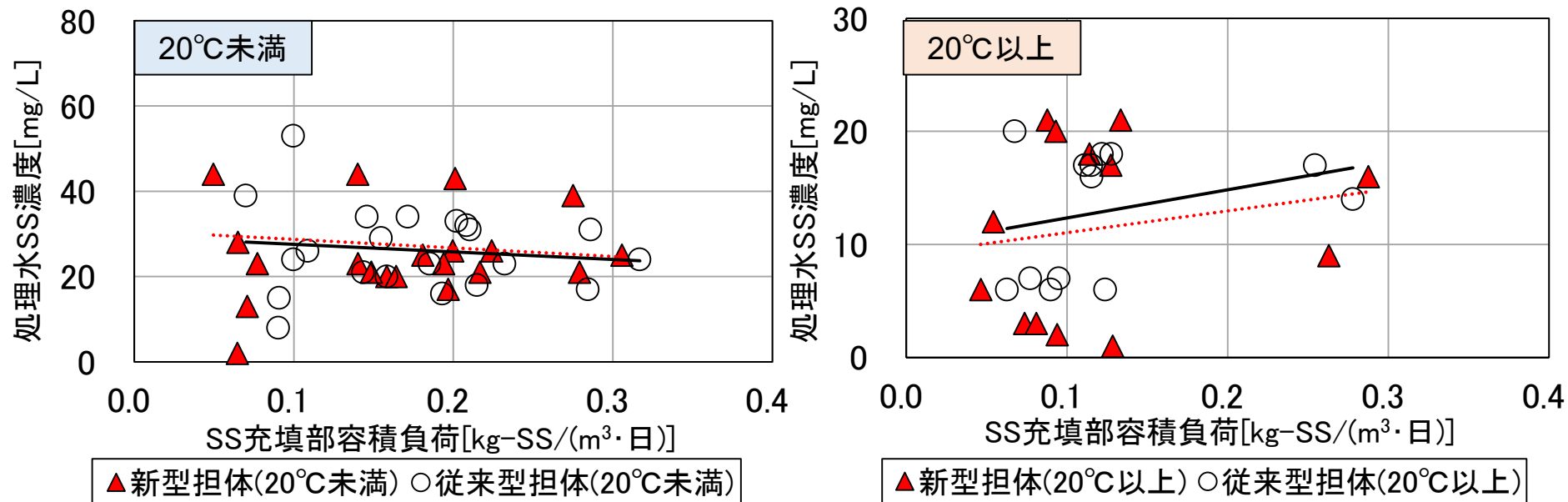
6. DHS新型担体の適用



T-BOD除去能力: 新型担体は従来型担体と同等

実証項目～海外への適用の留意点～

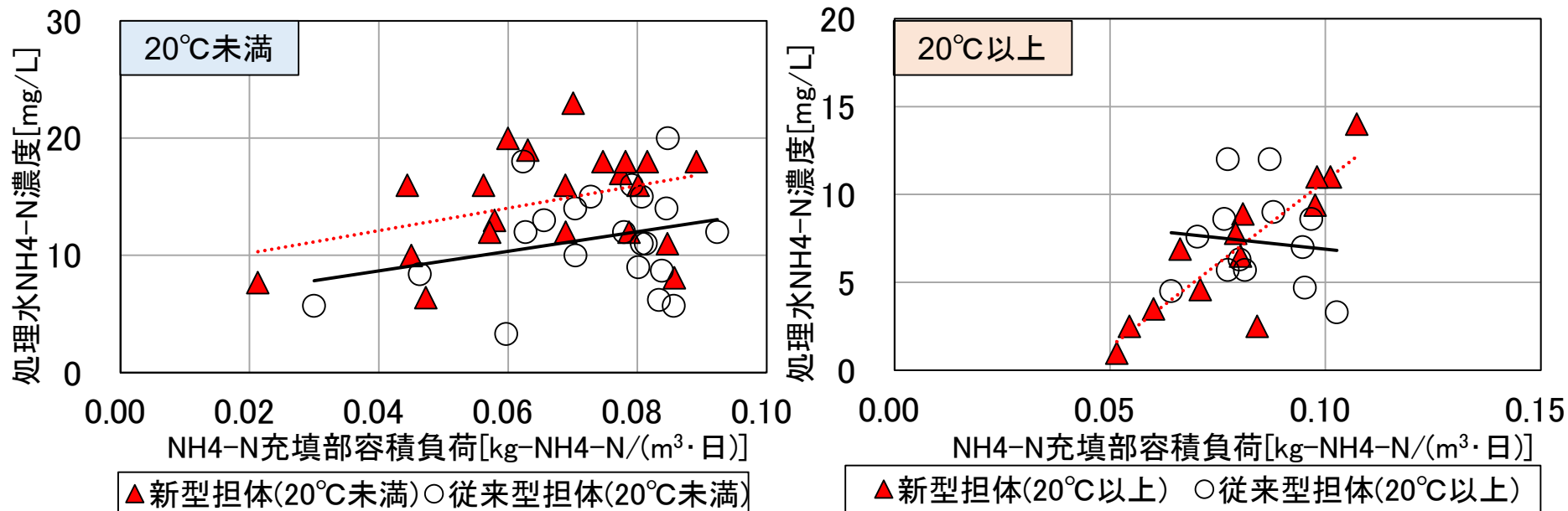
6. DHS新型担体の適用



SS除去能力: 新型担体は従来型担体と同等の能力

実証項目～海外への適用の留意点～

6. DHS新型担体の適用



NH₄-N除去能力: 水温20°C未満において従来型担体の方が除去能力が高い