

3. 設計値の検証

3. 1 反応タンク設備における発生汚泥量の検証

本技術は従来の高度処理と異なり、最初沈殿池に当たる高効率固液分離設備での固形物の除去効果が高く、反応タンクへの流入は溶解性成分が多くなるため、余剰汚泥発生量が従来の高度処理と異なる可能性もある。このため、余剰汚泥発生量を実証データから確認し、S-BOD の汚泥転換率を求めた。

表資 3-1 に実証研究での余剰汚泥量を示す。表資 3-1 で反応タンクへの流入 SS 量、BOD 量、S-BOD 量、余剰汚泥量 (SS 量)、終沈流出 SS 量については実測データより求めた。発生汚泥量については設計指針より下記の式が成り立つものとした。

$$\text{余剰汚泥量} = a \times \text{S-BOD 量} + b \times \text{SS 量} - c \times \text{好気ゾーンの MLSS 量} - \text{放流 SS 量}$$

…………… (式資 3-1)

係数 b 及び c は、処理法の差異によって設計指針の値と大きく異なることはないと考え、 $b=0.95$ 、 $c=0.03$ とした。式資 3-1、表資 3-1 より、S-BOD 汚泥転換率 a は

$$a = \frac{\text{③余剰汚泥 SS 量} - (\text{①}0.95 \times \text{流入 SS 量} - \text{④放流 SS 量} - \text{⑤汚泥自己分解量})}{\text{②流入 S-BOD 量}}$$

…………… (式資 3-2)

から求めることができる。この式より S-BOD の汚泥転換率 a を求めると、 0.461g-MLSS/g-BOD の結果となり、本技術での S-BOD 汚泥転換率は設計指針値 (0.4~0.6) の範囲であることが確認された。

表資 3-1 実証研究での余剰汚泥量

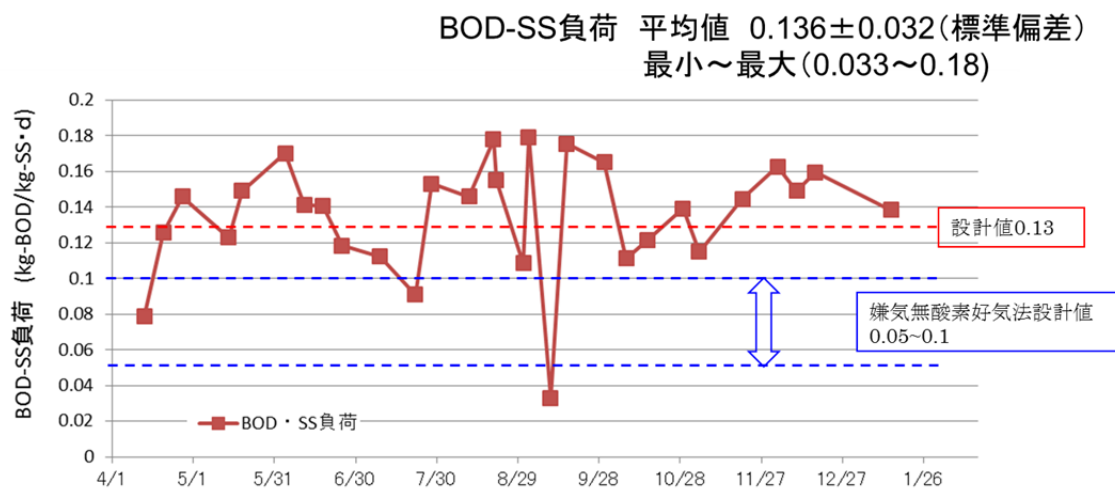
日付 (日常試験日)	反応タンク流入				余剰汚泥 ③SS kg/日	終沈流出 ④SS kg/日	MLSS mg/l	汚泥自己分解 ⑤ C ※2 kg/日
	SS kg/日	①SS×0.95※1 kg/日	②T-BOD kg/日	②S-BOD kg/日				
4/13	73.5	69.8	220.6	141.5	52.5	5.5	2500	41.3
4/20	82.8	78.7	253	140.3	81	9.2	2800	46.2
5/14	112.4	106.8	365.3	247.3	294	16.9	2700	44.6
6/11	118	112.1	337.2	227.6	196	5.6	2170	35.8
6/25	163	154.9	247.3	185.5	185.5	8.4	1900	31.4
7/9	112.4	106.8	309.1	238.9	189	11.2	2500	41.3
7/28	112.4	106.8	337.2	281	192.5	5.6	2000	33
8/21	151.7	144.1	255.7	160.2	227.5	11.2	2000	33
8/31	126.5	120.2	238.9	157.4	192.5	0	2000	33
9/2	129.3	122.8	281	199.5	192.5	16.9	1900	31.4
9/16	112.4	106.8	309.1	177	84	8.4	1600	26.4
10/16	132.1	125.5	281	174.2	175	0	2100	34.7
10/29	182.7	173.6	337.2	207.9	238	8.4	2200	36.3
11/4	151.7	144.1	252.9	126.5	171.5	0	2000	33
12/10	129.3	122.8	393.4	255.7	220.5	0	2400	39.6
12/17	118	112.1	421.5	247.3	84	0	2400	39.6
1/14	134.9	128.2	365.3	199.5	84	0	2400	39.6
平均値	126.1	119.8	306.2	198.1	168.2	6.3	2210	36.5

※1 SSの転換率を0.95とする。

※2 C=MLSS×550(好気ゾーン容量)/1000 ×0.03

3. 2 反応タンク設備の BOD-SS 負荷の検証

本技術においては、標準活性汚泥法の反応タンクを利用する場合に HRT より BOD-SS 負荷をある程度高く保つ必要がある。実証研究における BOD-SS 負荷を図資 3-1 に示す。実証研究における BOD-SS 負荷は、平均すると標準活性汚泥法における施設設計値の 0.13kg-BOD/kg-SS・日と概ね同程度であることが確認された。実証値は嫌気無酸素好気法の設計値 0.05~0.1kg-BOD/kg-SS・日より高く、本技術が従来技術より反応タンクの滞留時間で有利となることが示された。

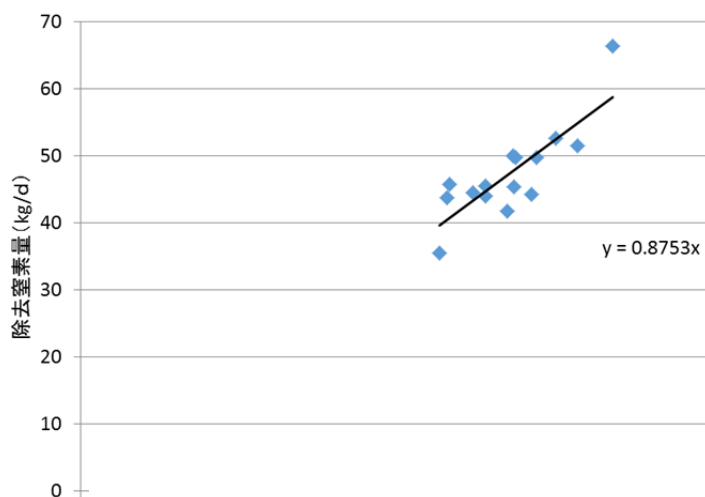


図資 3-1 年間での BOD-SS 負荷実証値

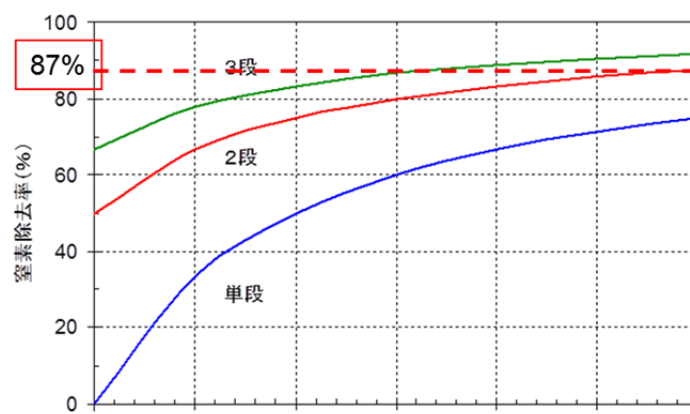
3. 3 反応タンク設備の窒素除去性能の検証

(1) 実証研究における窒素収支の検証

実証研究における窒素除去について、硝化対象窒素と最終沈殿池より流出した窒素量より約 87%と高い窒素除去性能が確認された。本技術は好気ゾーン及び無酸素ゾーンによる硝化脱窒を行うことで見かけ上の循環率が非常に高く、また無酸素槽への空気の持ち込みがないこともあり、効率が良い窒素除去性能が得られていると考えられる。約 87%と高い窒素除去性能は、多段式循環法の3段階ステップ法での循環比 1.5 に相当する。(図資 3-2)

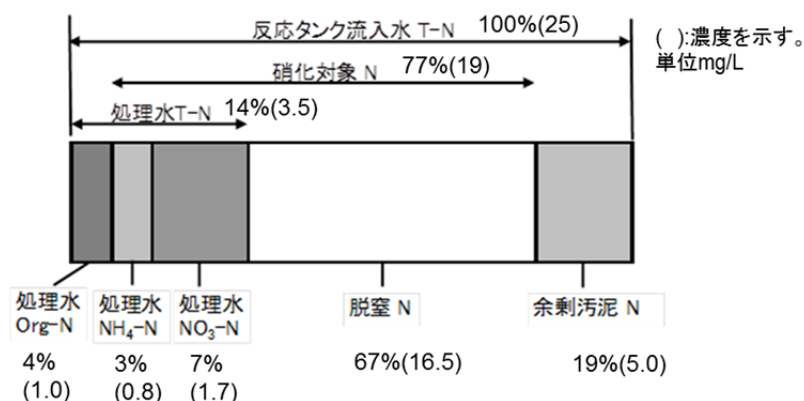


図資 3-2 実証研究における窒素除去性能

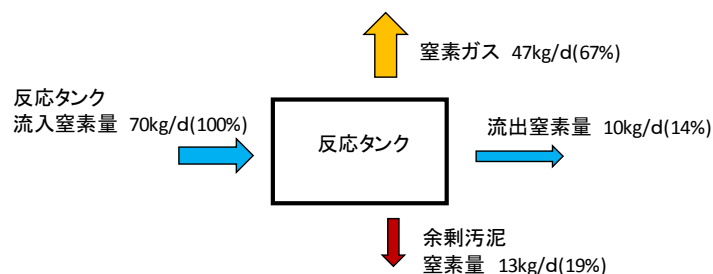


図資 3-3 多段式循環法と比較した本技術窒素除去性能

本技術における反応タンクへの窒素収支について整理した。窒素形態を図資 3-4 に示すが、実証研究では反応タンクへ流入する全窒素 (T-N) の内、余剰汚泥として除去される窒素量が約 19%、及び硝化されない有機性窒素が約 4%あり、余剰汚泥及び有機体窒素を除いた約 77%が硝化対象窒素となり、反応タンクへ流入する全窒素に内、約 67% (硝化対象窒素では約 87%) が脱窒により窒素ガスとなることが確認された。反応タンクでの窒素収支 (図資 3-5) により実証研究では反応タンクへ流入する全窒素の内、最終沈殿池より流出する窒素量は 14%となり、脱窒及び余剰汚泥より 86%の窒素が除去されていることが確認された。



図資 3-4 実証研究における窒素形態



図資 3-5 実証研究における窒素収支の関係

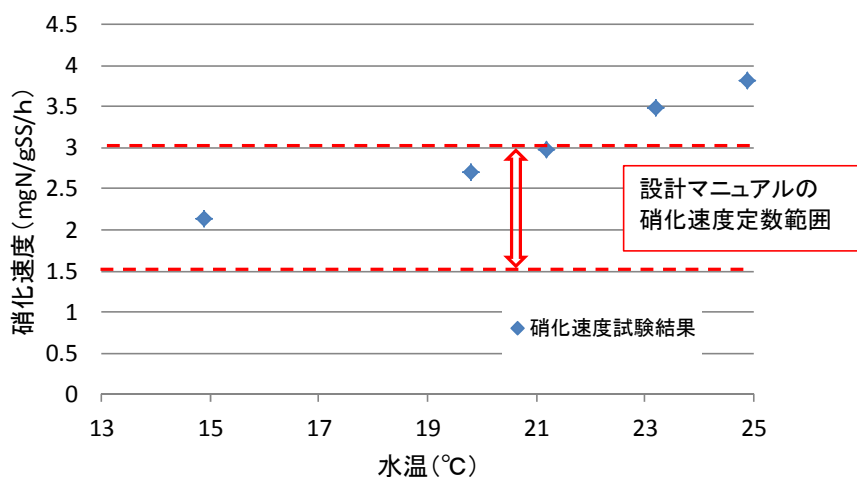
② 硝化速度の検証

実証研究において、硝化速度定数試験により硝化速度定数を確認した。硝化速度定数試験での測定条件を表資 3-2 に示す。

表資 3-2 硝化速度定数の試験条件

測定日	水温 (°C)	pH	MLSS (mg/L)
H27年6月9日	23.2	7.6	2,040
9月3日	24.9	8.1	1,650
11月19日	21.2	7.5	1,670
12月6日	19.7	7.8	2,060
H28年2月10日	14.9	7.8	2,140

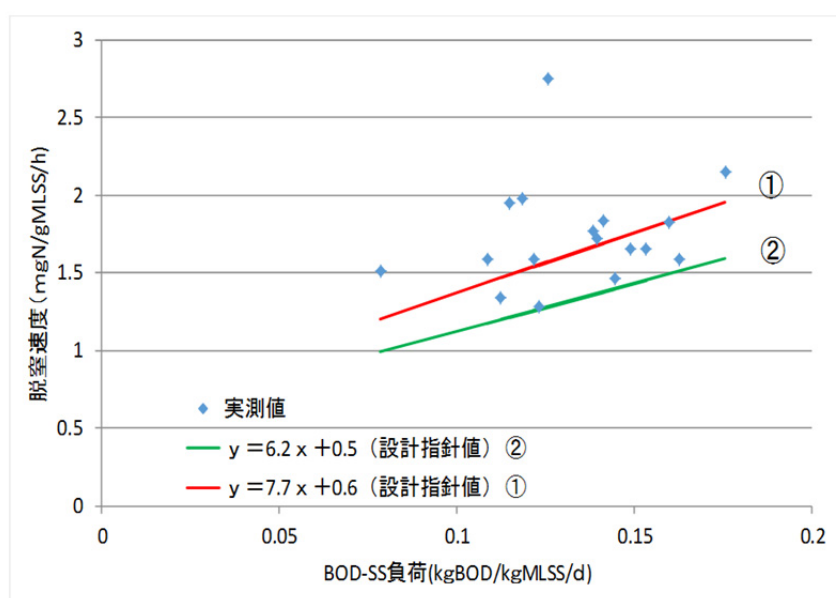
高度処理設計マニュアル(案) (平成6年 日本下水道協会) (以下、設計マニュアル) p.192 に循環式硝化脱窒法の硝化速度は水温 13~25°C で 1.5~3.0mgN/gMLSS/h とある。硝化速度定数試験による実証値と設計マニュアル値の関係を図資 3-6 に示す。実証値は設計マニュアルでの範囲よりやや高い硝化速度となり、水温に比例することが認められた。本技術の硝化速度は循環式硝化脱窒法での設計範囲であり、設計マニュアルでの A-SRT による硝化の考え方で設計可能であると考えられる。



図資 3-6 水温と硝化速度の関係

③ 脱窒速度の検証

設計指針では、脱窒速度と BOD-SS 負荷との関係が示されている。実証研究における日常試験での窒素量の収支から算出した硝化対象窒素の除去量と、無酸素ゾーンでの MLSS 量から脱窒速度を求めた。ここで無酸素ゾーンは DO 計の設定値から反応タンク容量の約 50%として計算した。実証研究で求めた脱窒速度（実測値）と設計指針での値の関係を図資 3-7 に示す。設計指針では通常的设计で使用される①式と脱窒速度に余裕を持たせた（①式の 0.8 倍）②式の両式を図示している。実測値と BOD-SS 負荷の関係は明確ではないが、実測値は設計指針の①の前後の値となっており、②式より脱窒速度が高い値を示すことが確認された。脱窒速度については、安全をみると②式となるが、設計指針で使用されている①式で設計を行うことが可能と思われる。



図資 3-7 BOD-SS 負荷と脱窒速度の関係

3. 4 脱水性能の検証

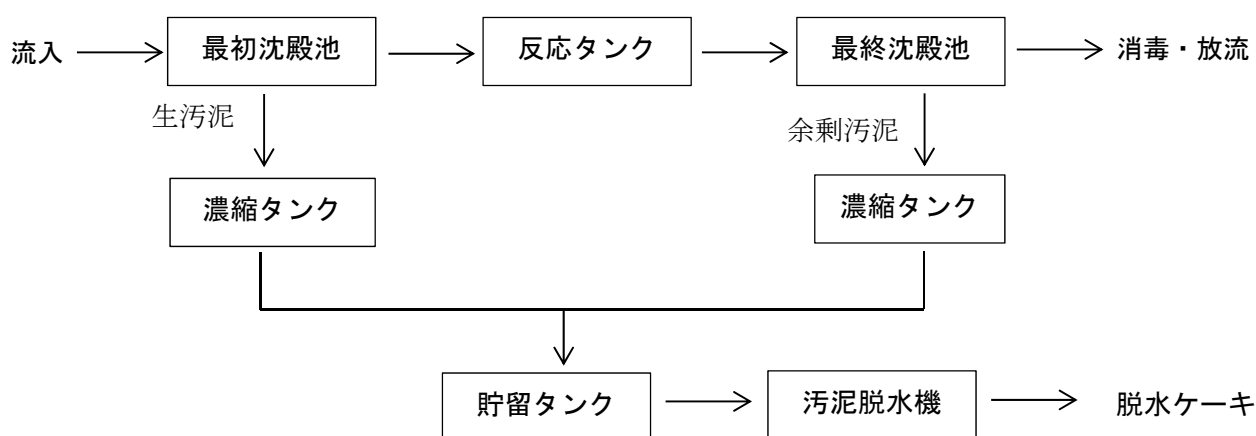
(1) 脱水試験目的

本技術では、既存の最初沈殿池に代えて、前処理設備として高効率固液分離技術を導入する。高効率固液分離技術の特徴として、流入下水中の固形物を最初沈殿池より効率的に除去できる。そのため、水処理工程から発生する汚泥は、既設の生汚泥（初沈汚泥）と余剰汚泥の比率【生：余剰＝5：5程度】に比べて脱水しやすい生汚泥の比率が増加し、脱水性能の向上が期待できる。本試験では、その脱水性能の向上効果を確認することを目的とした。

なお、本項では、既設の標準活性汚泥法を従来系、本技術を実証系と表記する。

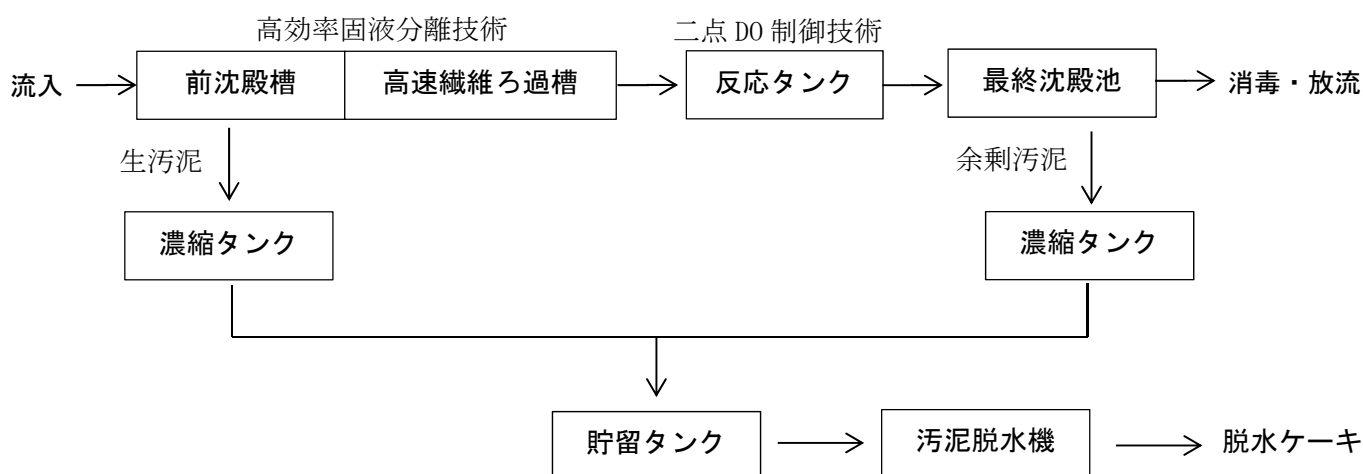
(2) 水処理フロー

1) 従来系（水処理方式：標準活性汚泥法）



図資 3-8 従来系水処理フロー

2) 実証系（水処理方式：高度処理方式）



図資 3-9 実証系水処理フロー

(3) 試験概要

1) 試験期間

表資 3-3 試験期間

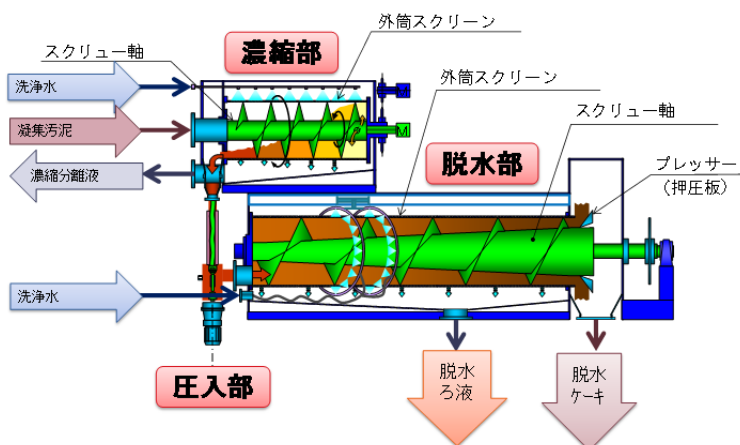
月 日	内 容
8月24日～26日	搬入・据付・試運転
8月27日～9月10日	脱水試験
9月11日～9月17日	片付け・撤去

2) 試験脱水機

表資 3-4 試験脱水機仕様

型 式	圧入式スクリープレス脱水機Ⅲ型※1
スクリーン径	φ 300mm

※1：平成23・24年度にJSと共同研究を実施（平成25年3月終了）
平成25年7月 JS新技術I類登録



図資 3-10 圧入式スクリープレス脱水機Ⅲ型 概念図

圧入式スクリープレス脱水機Ⅲ型のJSの標準性能を表資3-5に示す。

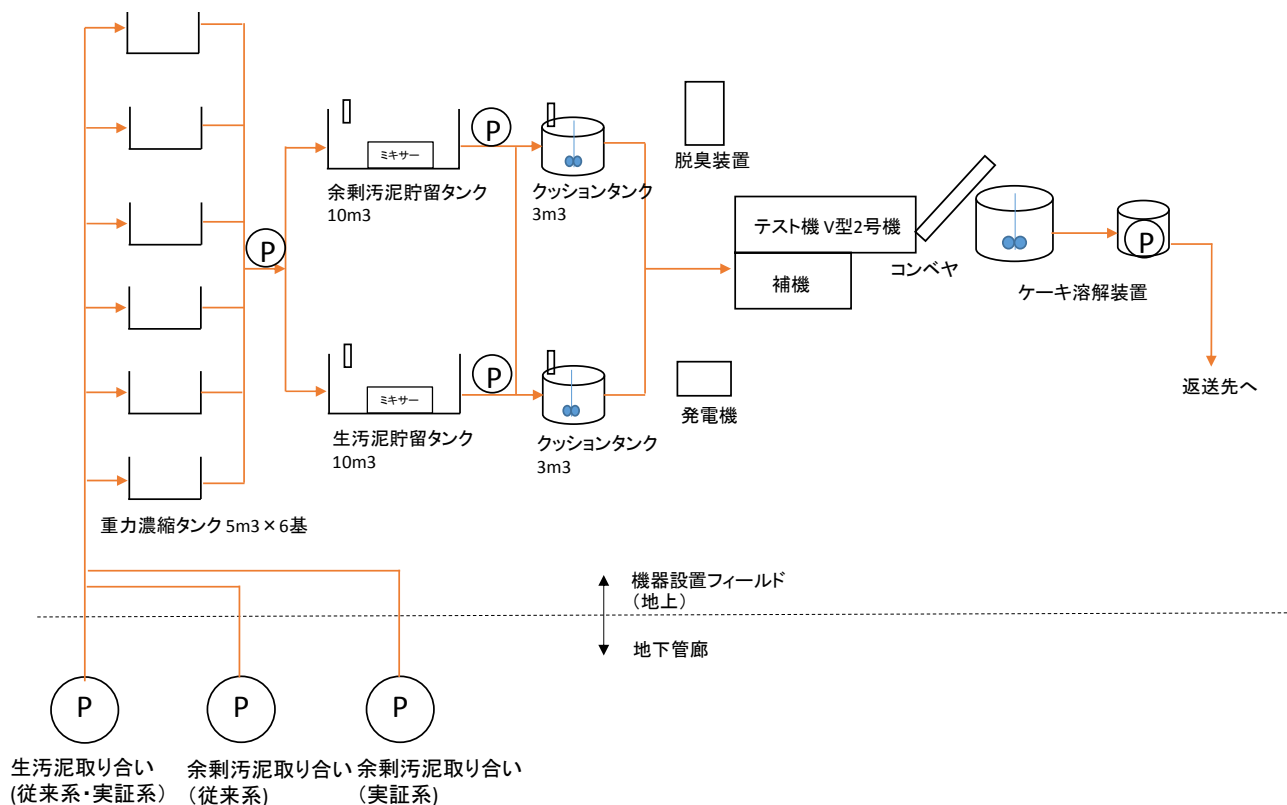
表資 3-5 圧入式スクリープレス脱水機Ⅲ型のJS標準性能

		汚泥の種類		混合生汚泥							
		強熱減量(VTS) (%)		83～86		80～83		77～80		75～77	
汚泥性状	汚泥濃度(TS)	重力式 (%)		1.0		1.5		2.0		2.5	
		機械式 (%)		3.5程度		3.5程度		3.5程度		3.5程度	
	繊維状物(100メッシュ) (%)		10	20	10	20	10	20	10	20	
重力濃縮	1液調質	脱水汚泥含水率 (%)		76	75	75	73	74	72	72	70
		処理量 (kg-ds/h・φ300)		17	29	25	33	33	41	41	49
		固形物(SS)回収率 (%)		95以上		95以上		95以上		95以上	
		薬注率(対TS;ホリマー) (%)		1.4以下		1.3以下		1.2以下		1.0以下	
機械濃縮	1液調質	脱水汚泥含水率 (%)		76	75	75	73	74	72	72	70
		処理量 (kg-ds/h・φ300)		37	47	41	50	41	50	46	53
		固形物(SS)回収率 (%)		95以上		95以上		95以上		95以上	
		薬注率(対TS;ホリマー) (%)		1.3以下		1.2以下		1.1以下		1.0以下	

(4) 試験設備フロー

試験設備フローを図資 3-11 に示す。

本試験では、従来系、実証系ともに生汚泥と余剰汚泥を未濃縮で重力濃縮タンク (5m³) に引抜き、濃縮後各貯留タンク (10m³) に貯留し、クッションタンク (3m³) で生汚泥と余剰汚泥を所定の比率で混合し、脱水試験用汚泥を作成した。



図資 3-11 試験設備フロー

(5) 試験汚泥

試験汚泥の生汚泥と余剰汚泥の混合割合を表資 3-6 に示す。

表資 3-6 試験汚泥の生汚泥と余剰汚泥の混合割合

	試験汚泥 No.	混合割合 (固形物)	
		生汚泥	余剰汚泥
	従来 1	5	5
実証系	実証 1	5	5
	実証 2	7	3
	実証 3	8	2
	実証 4	9	1

(6) 試験結果

1) 汚泥性状分析結果

従来系および実証系の生汚泥と余剰汚泥各単独の汚泥性状と各混合汚泥の汚泥性状の分析結果を表資 3-7 に示す。

表資 3-7 汚泥性状分析結果

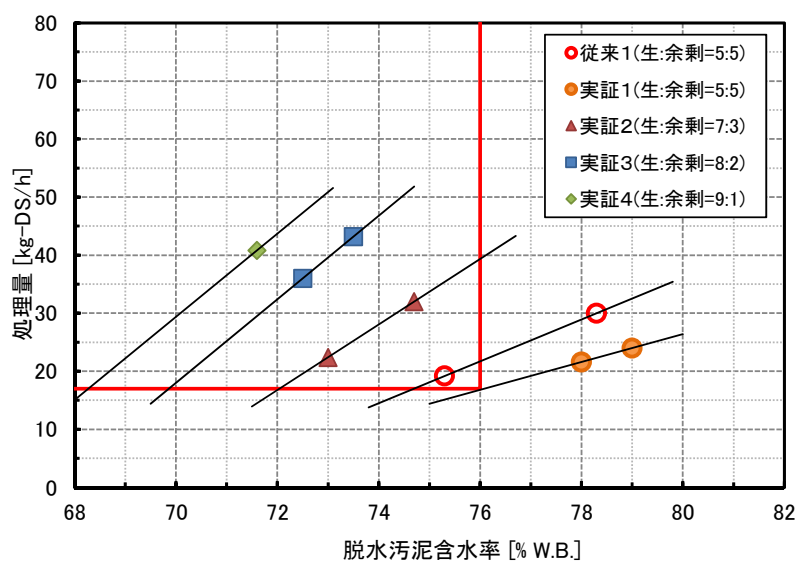
分析項目	単位	従来系		実証系		試験汚泥 No.				
		生汚泥 単独	余剰汚泥 単独	生汚泥 単独	余剰汚泥 単独	従来 1	実証 1	実証 2	実証 3	実証 4
						生 : 余剰 5 : 5	生 : 余剰 5 : 5	生 : 余剰 7 : 3	生 : 余剰 8 : 2	生 : 余剰 9 : 1
採取月日		9/1	9/1	9/3	9/3	9/1	9/10	9/3	9/5	9/8
pH	—	4.5	6.4	4.5	6.1	4.9	4.7	4.6	4.6	4.6
M アルカリ度	mgCaCO ₃ /L	5 未満	360	5 未満	420	46	5 未満	5 未満	5 未満	5 未満
浮遊物質 (SS)	mg/L	16,000	7,800	26,000	7,900	8,600	9,600	14,000	14,000	14,000
蒸発残留物 (TS)	Mg/kgW. B.	19,000	9,000	30,000	10,000	12,000	12,000	16,000	18,000	17,000
強熱減量 (VTS)	%/TS	88.4	82.0	87.9	81.6	83.8	83.3	84.5	85.8	87.3
粗浮遊物	%/TS	24.0	0.5	16.0	0.1	5.3	1.0	2.7	6.8	9.0
アニオン度	m・eq/g-TS	0.33	0.76	0.33	0.74	0.60	0.58	0.48	0.45	0.43
粗蛋白質	%/TS	31	54	39	55	64	53	49	42	39
繊維状物 (100 メッシュ)	%/SS	29	0.7	18	0.2	7.1	1.3	3.2	8.9	11
繊維状物 (200 メッシュ)	%/SS	43	1.7	24	0.4	14	3.3	5.9	11	16

2) 脱水試験結果

脱水試験結果と分析結果を表資 3-8 および図資 3-12 に示す。

表資 3-8 脱水試験結果と分析結果

試験番号	試験汚泥 No.	試験月日	試験結果					分析結果		
			汚泥供給量 (m ³ /h)	薬注率 (%/TS)	脱水スクリー-回転数 (min ⁻¹)	処理量 (kg-ds/h)	固形物回収率 (%)	汚泥濃度 TS (%)	脱水汚泥含水率 (%)	分離液 SS 濃度 (mg/L)
RUN-1	従来 1 (5:5)	9/1	1.6	0.94	0.14	19	98.3	1.2	75.3	100
RUN-2			2.5	0.87	0.29	30	98.4	1.2	78.3	120
RUN-8	実証 1 (5:5)	9/10	1.8	0.74	0.18	22	97.3	1.2	78.0	170
RUN-9			2.0	0.75	0.21	24	99.0	1.2	79.0	67
RUN-3	実証 2 (7:3)	9/3	1.4	0.89	0.24	22	98.5	1.6	73.0	110
RUN-4			2.0	0.81	0.33	32	98.8	1.6	74.7	110
RUN-5	実証 3 (8:2)	9/5	2.0	0.78	0.30	36	98.8	1.8	72.5	120
RUN-6			2.4	0.79	0.37	43	98.6	1.8	73.5	150
RUN-7	実証 4 (9:1)	9/8	2.4	0.78	0.31	41	99.0	1.7	71.6	100



図資 3-12 脱水試験結果

従来系【生：余剰＝5：5】の汚泥性状は、汚泥濃度（TS）1.2%、強熱減量（VTS）83.8%、繊維状物（100メッシュ）7.1%であり、圧入式スクリープレス脱水機Ⅲ型^{※1}の標準性能（表資3-5参照）である処理量（スクリーン径300mm）17kg-ds/h以上、脱水汚泥含水率76%以下を達成した。

実証系の汚泥は、生汚泥の割合が高くなるほど脱水汚泥含水率が低下する傾向を示した。従来系の標準処理量（17kg-ds/h）における実証系汚泥の混合割合の違いによる脱水汚泥含水率と従来系【生：余剰＝5：5】に対する脱水汚泥含水率低減効果を表資3-9に示す。実証系の発生汚泥の混合割合【生：余剰＝7：3】では、脱水汚泥含水率を従来系より3%程度低減できる結果となった。

表資3-9 従来系の標準処理量における脱水汚泥含水率と低減効果

試験汚泥 No.	従来系の標準処理量における脱水汚泥含水率	従来系に対する脱水汚泥含水率低減効果
従来1 (生：余剰＝5：5)	75%	—
実証2 (生：余剰＝7：3)	72%	3%
実証3 (生：余剰＝8：2)	70%	5%
実証4 (生：余剰＝9：1)	68.5%	6.5%