

環境省請負業務

環境省

平成 30 年度環境技術実証事業

自然地域トイレし尿処理技術分野 実証報告書

平成 31 年 3 月

実 証 機 関 : 特定非営利活動法人 日本トイレ研究所
試料採取・分析・解析機関 : 公益財団法人 日本環境整備教育センター
環 境 技 術 開 発 者 : 株式会社栃木日化サービス
技 術 ・ 製 品 の 名 称 : オゾンマイクロバブル酸化装置式仮設水洗
トイレユニット（水使用—物理・化学的処理）

実 証 試 験 実 施 場 所 : 宇都宮大学農学部附属船生演習林
実 証 番 号 : 030-1801

環境技術
実証事業
ETV 環境省
本技術は第三者による性能の実証結果を
公開しています。
<http://www.env.go.jp/policy/etv/>
自然地域トイレし尿処理技術分野
平成30年度 実証試験 (No.030-1801)
平成 年度 経年実証試験(No.030-)

本実証試験結果報告書の著作権は、環境省に属します。

本報告書はカラー原稿のため、印刷する際には注意が必要です。

目 次

■全体概要（概要版に同じ）

1. 装置概要	1
2. 試験概要	2
3. 試験結果	3
4. 本装置導入に向けた留意点	5
5. 課題と期待	5
[参考情報]	7

■本編

1. 趣旨と目的	8
2. 実証概要	8
3. 試験地概要	8
4. 装置概要	11
4-1 技術の特徴と処理フロー	11
4-2 装置の仕様	12
4-3 装置の設置・建設方法	17
4-4 装置の運転・維持管理方法	17
4-5 装置の条件設定	18
5. 試験方法	19
5-1 試験の実施体制	19
5-2 役割分担	20
5-3 試験期間	22
5-4 試験項目	22
6. 試験結果及び考察	33
6-1 試験の経過状況	33
6-2 維持管理性能	38
6-3 室内環境	41
6-4 周辺環境への影響	44
6-5 処理性能	45
6-6 試験結果の全体的まとめ	62
7. 本装置導入に向けた留意点	65
7-1 設置条件に関する留意点	65
7-2 設計、運転・維持管理に関する留意点	66
8. 課題と期待	66
8-1 今後の課題	66
8-2 今後の期待	67

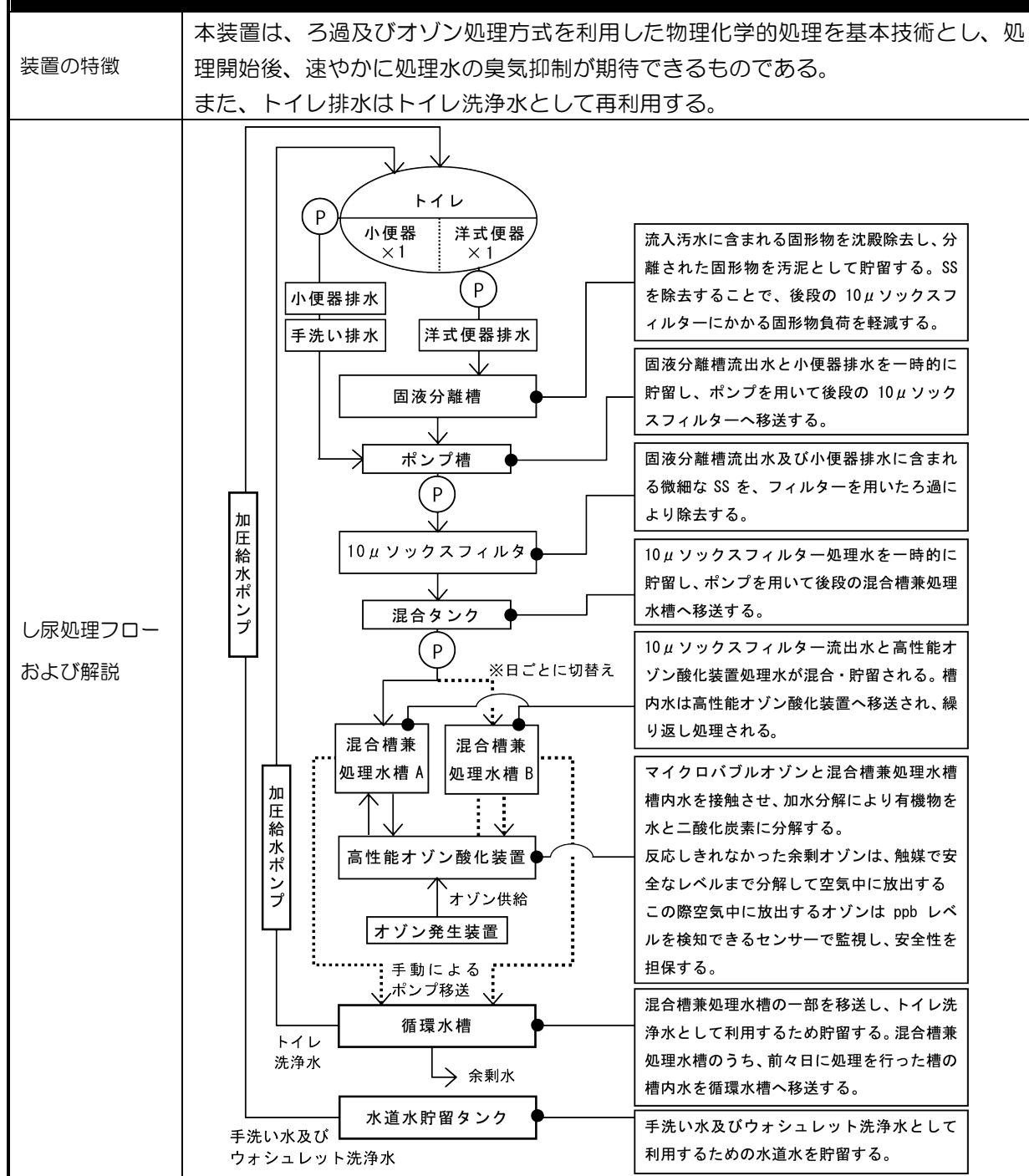
■全体概要

実証報告書の概要を示す。

し尿処理方式*	水使用—物理・化学的処理
実証機関	特定非営利活動法人 日本トイレ研究所
試料採取・分析・解析機関	公益財団法人 日本環境整備教育センター
実証申請者	株式会社 栃木日化サービス
処理方式/技術名	オゾンマイクロバブル酸化装置式仮設水洗トイレユニット／ Tentative Water-washing-Toilet System using- Ozone Micro-bubble Machine

*実証試験要領で定義したし尿処理方式の分類名称

1. 装置概要



①試験地概要

設置場所	宇都宮大学農学部附属船生演習林
地域（山域）名等	栃木県塩谷郡塩谷町
トイレ供用開始日	平成 30 年 9 月 3 日
トイレ利用期間	平成 30 年 9 月～12 月

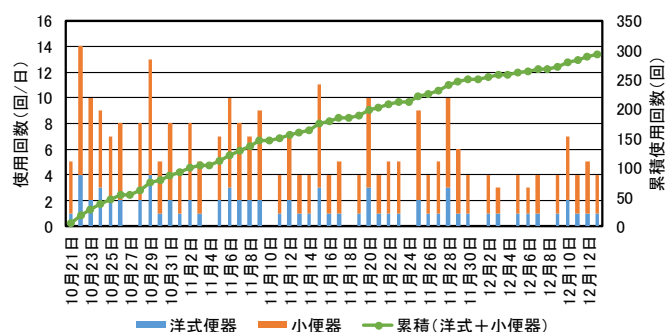


②装置の仕様及び処理能力		
項目		仕様及び処理能力
装置名称		名称：オゾンマイクロバブル酸化装置式仮設水洗トイレユニット／ Tentative Water-washing-Toilet System using-Ozone Micro-bubble Machine
設置面積		W 4,620mm × H 3,050mm
便器数		男女共用 洋：1、男性用小便器：1
処理能力等 （設計・仕様）	使用回数	平常時：50 回/日 （使用集中時：80 回/日）
	必要水量	約 800L
	必要電力	消費電力量：48kWh/日
	必要燃料	軽油：1,000L/月（発電機を使用する場合）
	必要資材	不要
	稼働可能な気温	0℃以上（凍結しないこと）
	専門管理頻度	週 1 回
搬出が必要な発生物		汚泥は、メンテナンス状況で引き抜きが必要と判断された場合、バキューム車等によりくみ取る。（今回の試験では実施していない） 最終処分方法：し尿処理場
3. 試験結果		
①稼働条件・状況		
項目		試験結果
試験期間		試験期間：平成 30 年 9 月 3 日～平成 30 年 12 月 13 日（85 日間）
利用状況	使用回数合計：292 回（54 日間）	
	平均使用回数：約 6.3 回/日	
ペーパー		使用済みペーパーの取り扱い：便槽投入
気象条件		気温（最高：20.8℃、最低-5.7 度）、積雪（なし）
使用水量		初期水量：810L、補充水量 12～16L/回 水の確保方法：上水
使用電力	仮設トイレ（ポンプ 1,2、温水洗浄便座）、ポンプ槽（ポンプ 9）、高性能オゾン酸化装置（オゾン発生器、PSA 酸素発生装置-1、PSA 酸素発生装置-2、ニクニ製軸流ポンプ、オゾン分解ヒーター）	
	使用量 24kWh/日	
搬送方法		燃料、発生物等の搬送手段（車） 処理・処分方法（し尿くみ取り業者によるくみ取り、し尿処理場にて処理）
②維持管理性能		
項目		実証結果
日常管理		内容：便器・トイレブース内の掃除、トイレトペーパー等消耗品の補充、その他 作業量：1 回あたりの作業は 1 人で約 10 分 実施頻度：1 回/週
専門管理		内容：1. 全般的な点検事項 臭気の有無、設備破損等の有無、蚊やハエ等の害虫の発生の有無、異物等の混入の有無等 2. 装置の点検事項 槽内液等の外観確認、臭気の有無、装置周辺等の異常の有無 3. 試料採取、水質測定、臭気測定（検知管） 作業量：1 回あたり 3 人で平均 1 時間 32 分（試料採取を含む） 実施頻度：3 回/実証機関

トラブル	第1回専門維持管理(10/30)の直前に、トイレ用中性洗剤が外部者によると思われるが約 300mL 使用されていたことから、オゾン酸化装置において発泡が認められた。装置からの泡の流出防止及び維持管理作業性の改善のため、固形消泡剤を使用した。なお、洗剤の流入に伴う水質の著しい悪化は確認されず、脱色は十分に行われており、また、濁りもわずかであったため、槽内水の入れ替え等は行わず、試験を続行した。 試験終了日(12/13)の直前には、小便器フラッシュバルブの凍結・破損が認められ、小便器に洗浄水(循環水槽槽内水)が少量ずつ流れ続けるトラブルが発生した。便所の使用を停止することで対応を図った。
維持管理の作業性	作業については容易に行うことができた。本試験においてはオゾン酸化装置の調整やフィルター(ソックスフィルター及びオゾン酸化装置内のフィルター)の交換等を「日常的な運転・維持管理者」が実施したが、本来はこれらの作業も専門維持管理に含まれるため、専門維持管理実施者は本技術に関する十分な知識を有している必要がある。また、固液分離槽を大型の槽に変更する場合は、足場が必要になるとと思われる。
マニュアルの信頼性	維持管理上、マニュアルの内容は適切であった。

使用回数及び管理維持状況グラフ

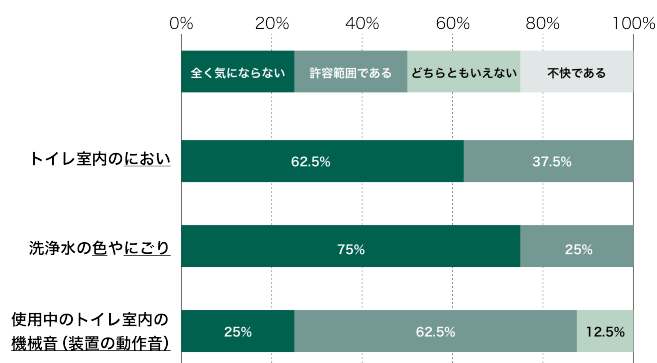
使用回数を計測した 54 日間の累積使用回数は 292 回(小便器 217 回、大便器 75)であり、使用回数を測定した期間中(10/21~12/13)で使用回数が最も多かった日は 10 月 22 日(月)で 14 回使用された。1 日当たりの平均使用回数は約 5.4 回/日(累積使用回数を計測日数で除して算出)であった。なお、毎週土曜日と 12 月 4 日(火)は装置の使用を停止しており、実際の装置稼働日数は 46 日間であることから、累積使用回数を装置稼働日数で除して算出したところ、1 日当たりの平均使用回数は約 6.3 回/日であった。装置は一般の利用者にも開放していたが、大学演習林に設置したため、大学関係者以外の利用が少なく、調査期間中のトイレ使用回数は少なかった。そのため、申請された処理能力(平常時：50 回/日、使用集中時：80 回/日)を確認するのに十分な回数には達しなかった。



③室内環境

実証試験期間に、本実証装置利用者への「室内環境アンケート」を実施した(有効回答数は 8 件)。トイレ室内の臭気について「全く気にならない」との回答は 62.5%となっている。「許容範囲内である」との回答は 37.5%であり、臭気を気にしている旨の回答はみられない。洗浄水の色やにごりについても「全く気にならない」(75%)、「許容範囲内である」(25%)と回答しており、回答者全員が許容範囲内であると回答した。

使用中のトイレ室内の機械音(装置の動作音)については「全く気にならない」(25%)、「許容範囲内である」(62.5%)、「どちらともいえない」(12.5%)とあり、装置の動作音については気になる人が多かった。ただし、「不快である」という回答はなかった。



以上のことから、利用者はトイレの室内環境に対して不快だという評価は見られなかった。

④処理性能

右の資料は、第3回目の調査時に採取した各層槽内水である。左からそれぞれ、①固液分離槽、②ポンプ槽、③混合槽兼処理水槽 A、④混合槽兼処理水槽 B、⑤循環水槽である。



- 固液分離槽内水は pH が 7.4 示したが、処理工程が進むにつれて pH が上昇する傾向が認められた。処理工程が進むにつれて透視度が上昇し、固形物の沈殿除去、ろ過及びオゾン酸化処理が進行していたことが確認された。
- 各回の専門維持管理においては、ポンプ槽及び混合タンクにおける電気伝導率が最も高く、処理工程が進むにつれて値が低下した。
- 固液分離槽、ポンプ槽及び混合タンクの槽内水は黄土色を呈しているが、オゾン酸化処理後の混合槽兼処理水槽及び循環水槽の槽内水は無色であった。
- 洗浄水として利用している循環水槽槽内水の SS は、いずれの専門維持管理でも低い値（6～12mg/L）を示していた。
- 第 1 回専門維持管理では、処理工程が進むにつれて順次 BOD が低下したが、循環水槽では処理能力の性能提示値をわずかに超過した。第 2 回及び第 3 回専門維持管理では、ポンプ槽の BOD が固液分離槽の BOD と比べてわずかに高い値を示していたが、循環水槽の BOD は性能提示値を下回る値となっていた。
- 試験期間を通して、アンモニア及び硫化水素ガスが検出されることはなかった。槽内水の臭気は、オゾン酸化処理後の試料では臭気が確認されず、無臭化が実現されていた。また、高性能オゾン酸化装置の排気口周辺においてもオゾンガスは検出されなかった。
- 循環水槽槽内水の大腸菌群数は、最も高かった第 2 回専門維持管理においても 51 個/mL であり、トイレ洗浄水の衛生上の安全性は確保されていた。

⑤コスト

建設	総事業費	（ 37,785千円）
	①本体工事費	（ 37,000千円）
	②運搬費等	（ 100千円）
維持管理	合計	（ 685千円）
	①廃棄物処理費	（ 80千円）
	②燃料費	（ 70千円）
	③専門管理費	（ 500千円）
	④消耗品費	（ 35千円）
	⑤トラブル対応費	（ 0千円）
	⑥その他	（ 0千円）

4. 本装置導入に向けた留意点

①設置条件に関する留意点

- 地上設置であることから、冬期に著しく温度が低下することが想定される地域で、建屋等の内部に設置されない場合は、配管系統に対する凍結防止、保温対策も必要である。冬期に閉鎖する場所では、閉鎖前に配管内の水抜きを行う等の対策が必要である。
- また、本装置を運転していくためには、初期水、電力が必要であるため、これらを確保できる地域が設置の条件となる。そのため、原則として、商用電力が確保できる地域が必須条件となる。
- 初期水を確保するための方法、定期的な部品交換や保守作業の際の資機材の搬入対策、余剰水や汚泥を系外に搬出するための輸送手段等について十分な検討が必要である。

②設計、運転・維持管理に関する留意点

- 設計上の処理性能を得るためには装置の規模に見合った利用人数となることが必要であり、そのため、装置設計に当たっては利用人数の予測が必要となる。
- 専門維持管理の目的は、設計上の処理機能が発揮されるよう点検及び機器類の調整を行うことにある。特に、水質、汚泥の蓄積状況の点検を行うとともに、処理装置、ポンプ等の機器類の定期的なメンテナンスを行う必要がある。
- 専門維持管理は日常維持管理ほどの頻度で実施する必要はないが、異常時には、日常維持管理実施者から専

門維持管理実施者へ速やかに連絡が取れる連携体制を構築しておく必要がある。

5. 課題と期待

- 本技術はトイレ排水を処理して再利用するものであり、環境中へ汚水が直接排出されることがなく、臭気を伴うガスの発生も認められないことから、周辺環境への影響がない環境保全に貢献できる技術である。
- 処理水の水質は良好でトイレ利用者に不快感を与える可能性は非常に低いことから、自然地域のみならず様々な建築用途で使用することができ、節水効果が得られると考えられる。
- 本技術のような先進的な環境技術が普及することにより、自然地域の環境保全に大きく寄与することが期待される。

【参考情報】

このページに示された情報は、全て実証申請者が自らの責任において申請した内容であり、環境省および実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

○製品データ

項目		実証申請者記入欄			
名称／型式		オゾンマイクロバブル酸化装置式仮設水洗トイレユニット／ Tentative Water-washing-Toilet System using-Ozone Micro-bubble Machin			
し尿処理方式		水使用-物理・化学的処理			
製造（販売）企業名		株式会社栃木日化サービス			
連絡先	TEL/FAX	TEL 028-662-2662 FAX 028-662-1720			
	WEB アドレス	www.tochigi-nikka.co.jp/			
	E-mail	iwai0306@tochigi-nikka.co.jp			
（装置）各設備別の容積 ＜実証規模＞		オゾン酸化装置本体： 外形寸法：W1900mm×D1420mm×H2014mm 重量：725Kg 電源：AC200V 3 相 50A			
設置に要する期間		標準 1 日～10 日（設置場所条件、電源有無、電源容量等による）			
製品寿命		オゾン酸化装置本体：保証期間 1 年			
コスト概算（円）※		費目	単価	数量	計
イニシャルコスト(円) ＜実証規模＞		受注生産：条件によりお見積りさせていただきます。			
		合計			-
ランニングコスト(円/年) ＜実証規模＞		電気代	使用頻度によりお見積り致します		
		水道代	使用頻度によりお見積り致します		
		合計			-

仮設トイレで使用する洗浄水（大、小とも）は、本システムでオゾン処理した再生水を利用します。
地上設置が原則です。高濃度オゾンマイクロバブルによる酸化分解（物理化学的処理）処理しているため、生物処理とは異なり、設置後すぐ使えて、低温時（10℃以下）の水温でも性能低下はありません。
取扱注意事項：高濃度オゾンで水処理しています。十分な安全装置を装備していますが、注意が必要です。

■ 本編

1. 趣旨と目的

本実証は、自然地域トイレし尿処理技術のうち、既に実用化段階にある先進的な技術について、その環境保全効果を客観的にし、情報公開することにより、自然地域トイレし尿処理技術の実証手法・体制の確立をはかり、山岳地等の自然地域の環境に資する適正なトイレし尿処理技術の普及を促進し、環境保全と環境産業の発展を促すことを目的とする。

2. 実証概要

実証概要を表 2-1 に示す。

表 2-1 実証概要

項 目	内 容
実証期間	平成 30 年 9 月 3 日（月）～平成 30 年 12 月 13 日（木）
試験地	宇都宮大学農学部附属船生演習林（栃木県塩谷郡塩谷町）
実証機関	特定非営利活動法人 日本トイレ研究所 〒105-0004 東京都港区新橋 5-5-1 IMC ビル新橋 9F TEL 03-6809-1308 FAX 03-6809-1412
試料採取・ 分析・解析機関	公益財団法人 日本環境整備教育センター 〒130-0024 東京都墨田区菊川 2-23-3 TEL: 03-3635-4885 FAX: 03-3635-4886
実証申請者	株式会社栃木日化サービス 〒321-0971 栃木県宇都宮市海道町 511-3 TEL: 028-662-2662 FAX: 028-662-1720
実証対象装置 （し尿処理方式）	オゾンマイクロバブル酸化装置式仮設トイレユニット／ Tentative Water-washing-Toilet System using-Ozone Micro-bubble Machine （水使用—物理・化学的処理）

3. 試験地概要

3-1 試験地概要

試験場所は栃木県にある宇都宮大学農学部附属船生演習林中に設置されている。交通アクセスは JR 東北本線矢板駅からタクシーで約 20 分となっている。

この演習林では、森林に関する基礎的、応用的な調査・研究が行われ、また学生が実験、実習を通じて森林科学の総合的体系の理解を深める場として活用されている。さらに、森林の保全・修復、環境教育、動植物などに関する研究に利用されている。

図 3-1 に試験地周辺の地図を示す。また、試験地の気象データについて、気象庁ホームページより平成 30 年観測データを表 3-1 に示す。

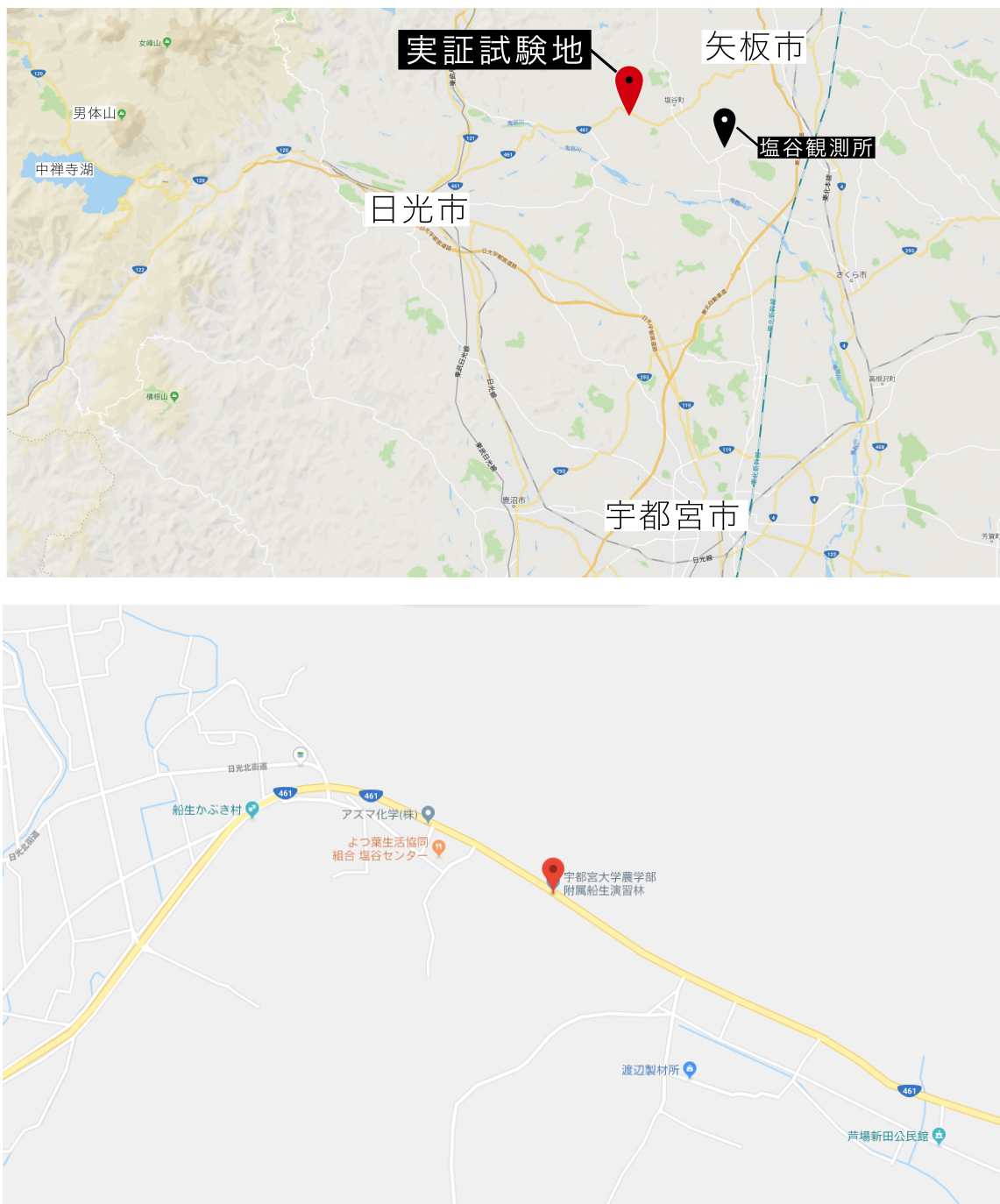


図 3-1 試験地周辺の地図（Google マップ<<https://maps.google.co.jp>>より）

表 3-1 塩谷町観測所の気温（平成 30 年）

月	気温(℃)				
	平均			最高	最低
	日平均	日最高	日最低		
1	-0.1	6.3	-6	11.9	-12.6
2	0.7	7.2	-5.2	12.1	-9.1
3	7.2	14.3	-0.1	23.8	-4.7
4	13.4	20.2	7	29.5	-2
5	16.7	23	10.9	28.7	2.9
6	20.2	25.1	15.6	32.8	10.1
7	25.9	31.1	21.6	35.6	17
8	24.9	30.5	20.7	34.7	11.9
9	20.2	25	16.9	30.9	9.5
10	15.2	21.3	10	31.1	1.8
11	9.9	16.5	4.1	23.1	-2.2
12	3.4	9.7	-2.3	1.2	-8

（気象庁ホームページ <www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html>より：2019 年 2 月 12 日時点）

表 3-2 塩谷町観測所の降水量・風向・風速・日照時間（平成 30 年）

月	降水量 (mm)				風向・風速 (m/s)					日照時間
	合計	日最大	最大		平均	最大風速		最大瞬間風速		
			1時間	10分間		風速	風向	風速	風向	(h)
1	28.5	13	5	1.5	1.9	8.7	北西	15.9	北北西	197.9
2	6.5	3	1	0.5	1.7*	10.0*	北西	17.2*	北西	188.4
3	175.5	64	13	3.5	1.9	11.9	西北西	20	北北西	212.4
4	65.5	34.5	8.5	2	2	9.2	南南西	14.5	北西	198.9
5	141	28.5	9.5	4	1.9	8.7	北西	17.1	北西	199.6
6	83	32.5	10.5	8.5	1.8	7.8	南南西	11.5	南南西	165.9
7	123	47.5	20	7.5	1.6	6.9	南	12.8	北北東	178.8
8	255	78	44	21.5	1.8	8.9	南南西	14.6	南	164.6
9	205	28.5	15	10.5	1.3	11.2	南	19	南	72.3
10	94	38.5	23.5	7.5	1.3	14.8	南	24.4	南	134.6
11	33.5	20	7	4.5	1.1	5.3	北西	9.7	西北西	171.7
12	21	9.5	3.5	1	1.4	7.7	北北西	13.9	北西	161.7

（気象庁ホームページ <www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html>より：2019 年 2 月 12 日時点）

4. 装置概要

4-1 技術の特徴と処理フロー

（１）対象となる技術の概要

水使用－物理・化学的処理方式は、物理処理と化学的処理を組み合わせることで汚水を処理する方式である。処理水をトイレ洗浄水として循環させるため、初期に一定量の水を投入すれば一定回数は給水せずに使用でき、非放流式であるため、山岳地などの自然地域において汚濁負荷削減効果が期待できる。

物理処理にはスクリーニング、ろ過、沈殿、浮上分離、吸着等がある。また、化学的処理には中和、凝集、オゾンや過酸化水素を用いる化学酸化、塩素消毒等がある。活性炭やオゾン処理技術を取り入れることで脱臭や脱色効果が得られることから、物理処理と化学的処理を組み合わせることで良好な処理水を得る方法もあるが、良好な水質を求めるほど設置および維持管理コストが増加し、設備管理に専門性が必要となる。いずれのタイプも汚泥や汚水等の発生物は、使用回数に応じて、部分的に引き抜きをする必要があり、また、洗浄水の循環等に電力が必要となる。

（２）対象技術の特徴

対象装置の『オゾンマイクロバブル酸化装置式仮設水洗トイレユニット』は、固液分離槽、ポンプ槽、10 μ ソックスフィルター、混合タンク、混合槽兼処理水槽、高性能オゾン酸化装置、循環水槽から構成されており、トイレ排水を物理化学的に処理してトイレ洗浄水として再利用する装置である。

固液分離槽には、排水圧送粉砕ポンプで移送された洋式トイレ排水が流入し、排水に含まれる固形物が沈殿分離され、汚泥及びスカムとして貯留される。混合タンクでは固液分離槽流出水及び小便器排水を一旦貯留し、後段の10 μ ソックスフィルターにポンプ移送してフィルターでろ過する。

混合タンクでは、10 μ ソックスフィルターで処理されたる液を一旦貯留し、混合槽兼処理水槽にポンプ移送する。混合槽兼処理水槽の槽内水は高性能オゾン酸化装置に一定量ずつ吸引され、高性能オゾン酸化装置の処理水が混合槽兼処理水槽に戻される。

高性能オゾン酸化装置では、オゾンによる酸化作用を利用し、し尿由来の有機物の分解、脱臭、脱色並びに殺菌を行う。詳細に記述すると、高性能オゾン酸化装置では、空気からPSA（Pressure Swing Adsorption）という装置を2台使って、純度90%以上の酸素を12 L/分（6 L/1台）作り、次いでオゾン発生装置を使い、40 g/時間のオゾンを作る。このオゾンを、80 Lの反応槽の下部から、2種類の孔径10 μ から100 μ のセラミックノズルからマイクロバブルを発生させ、反応槽中の汚水を酸化分解する。オゾンの濃度は、1万～3万ppm程度である。

このマイクロバブルは、有機物を水と二酸化炭素に加水分解することで、脱臭、脱色並びに殺菌も行う。脱色は、トイレの排水であれば、1時間程度で褐色から白色に変化することが予備的検討で確認できている。脱臭は、加水分解により、臭い物質の化学構造が変化することで実現されると考えられる。更に、ニクニ製ポンプの吸気部にオゾンを吸引させサブミクロンレベルのオゾンを供給できる仕様になっている。大腸菌等は、30分以内に死滅する予備的検討の確認を得ている。従って、混合槽兼処理水槽の槽内水が高性能オゾン酸化装置に一定量ずつ吸引され、その処理水が混合槽兼処理水槽に戻されるという循環を槽での滞留時間を加味しても、1時間実施すれば、ほぼ殺菌された

循環水が得られるとみなせる。

処理水はトイレ洗浄水として利用するため、循環水槽に貯留する。なお、装置のトイレでは手洗い及びウォシュレットが利用できる仕様になっているため、それらに供給する水道水を貯留するタンクが設けられており、また、それらの排水についてはトイレ排水と併せて装置で処理する。

混合槽兼処理水槽は2系列設置しており、1日ごとに切替えて運転を行う。槽内水にオゾンが注入されない状態で1日放置することで、溶存オゾン濃度を低減させ、配管等の腐食を抑制する。

各単位装置間の水の移送に用いるポンプ及び高性能オゾン酸化装置の運転に電力が必要となる。また、運転開始時には規定の水位まで水張りを行うため、一定量の初期水（水道水等）が必要となるほか、手洗い及びウォシュレットで使用する水道水を補充する必要がある。処理装置には、し尿のほか、手洗い及びウォシュレットの排水が流入するため水量の増加が予想される。蓄積した汚泥のみならず、余剰水についても定期的に搬出することが必要となる。

4-2 装置の仕様

本装置の標準設計図（建屋図面）を図 4-1 に、フローシートを図 4-2 に、各槽配置図を図 4-3 に、し尿処理フローを図 4-4 にそれぞれ示す。また、技術仕様を表 4-1 に、主要機器の仕様を表 4-2 に示す。

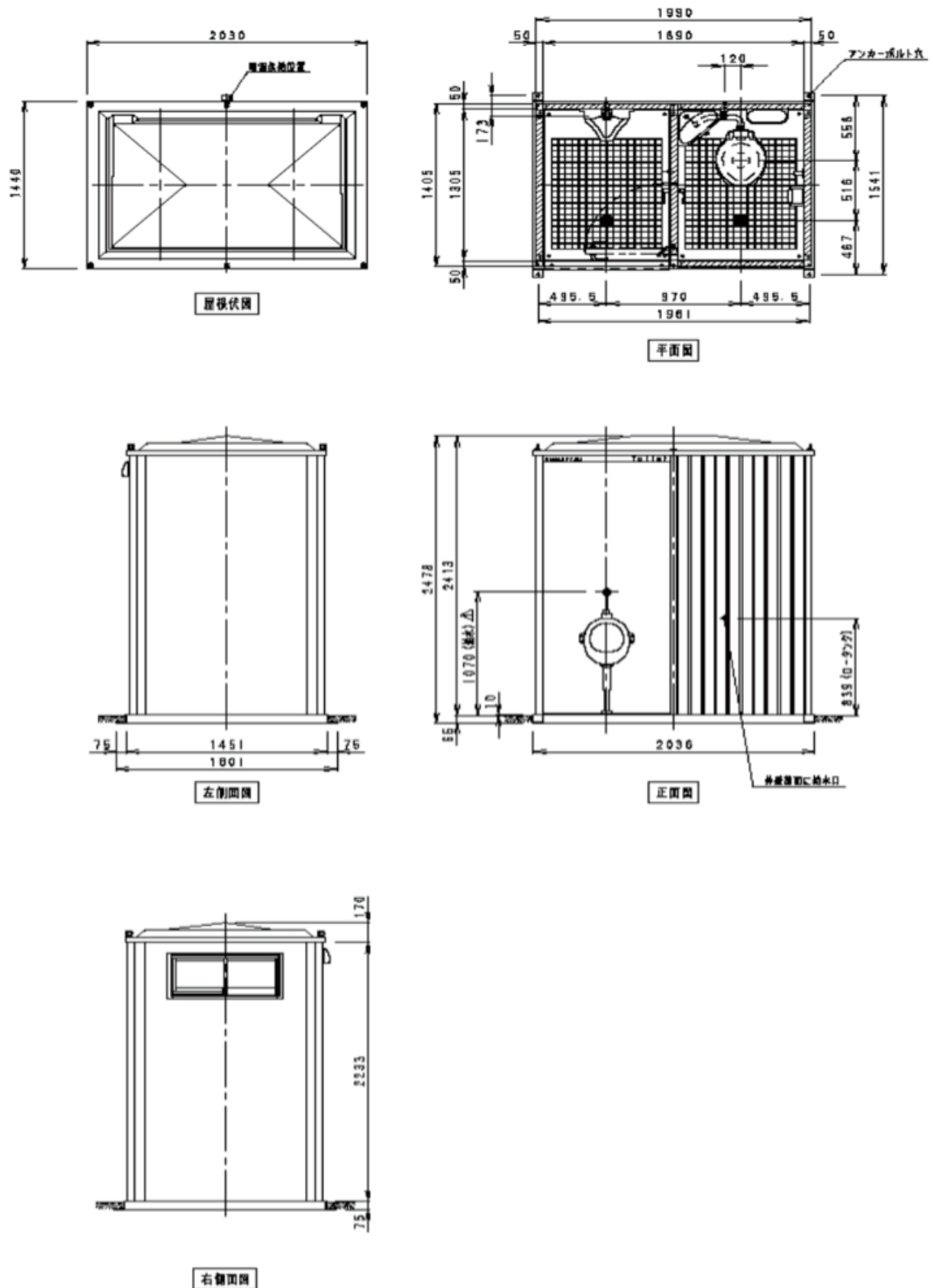


図 4-1 標準設計図（建屋図面）

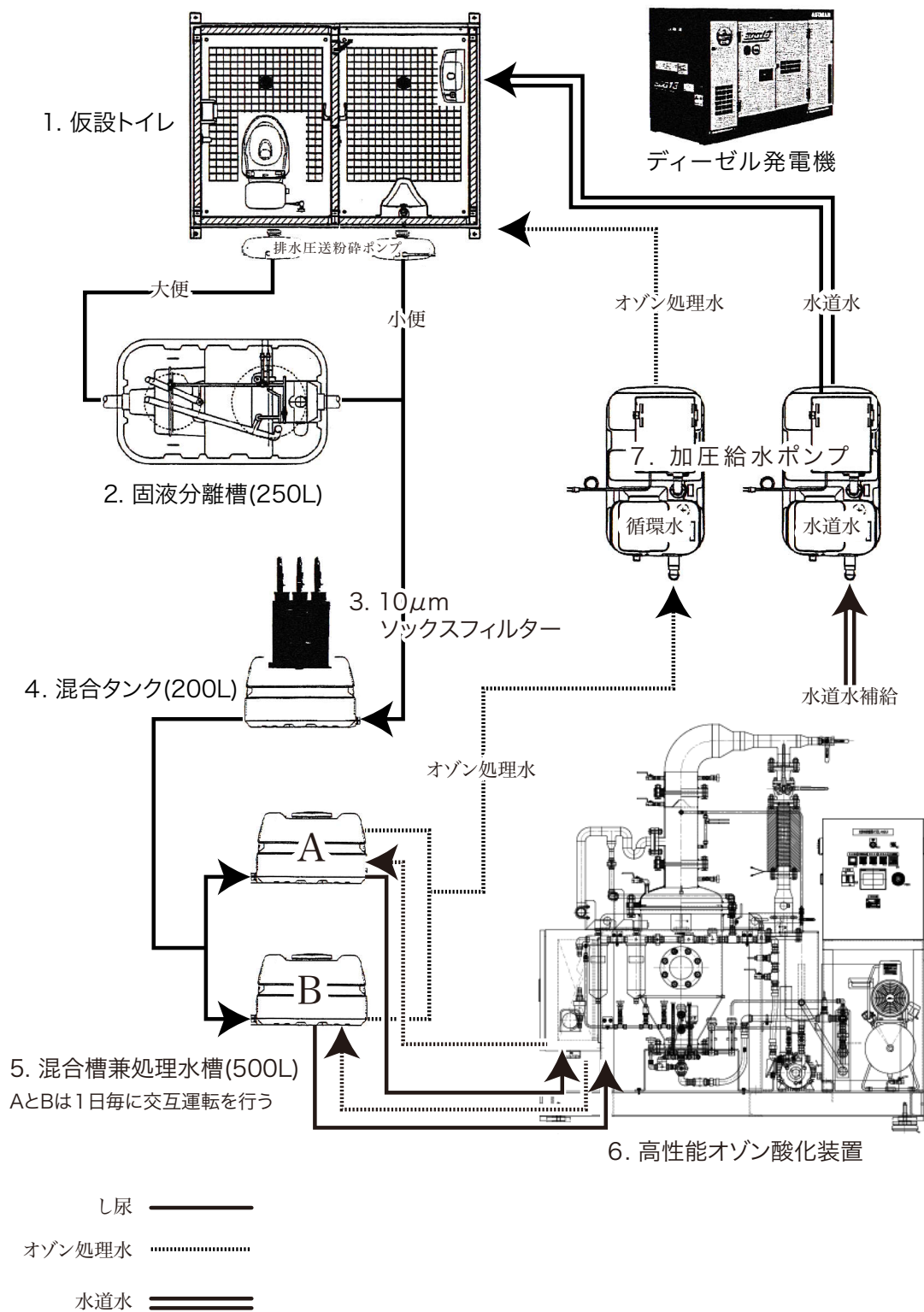


図 4-2 フローシート

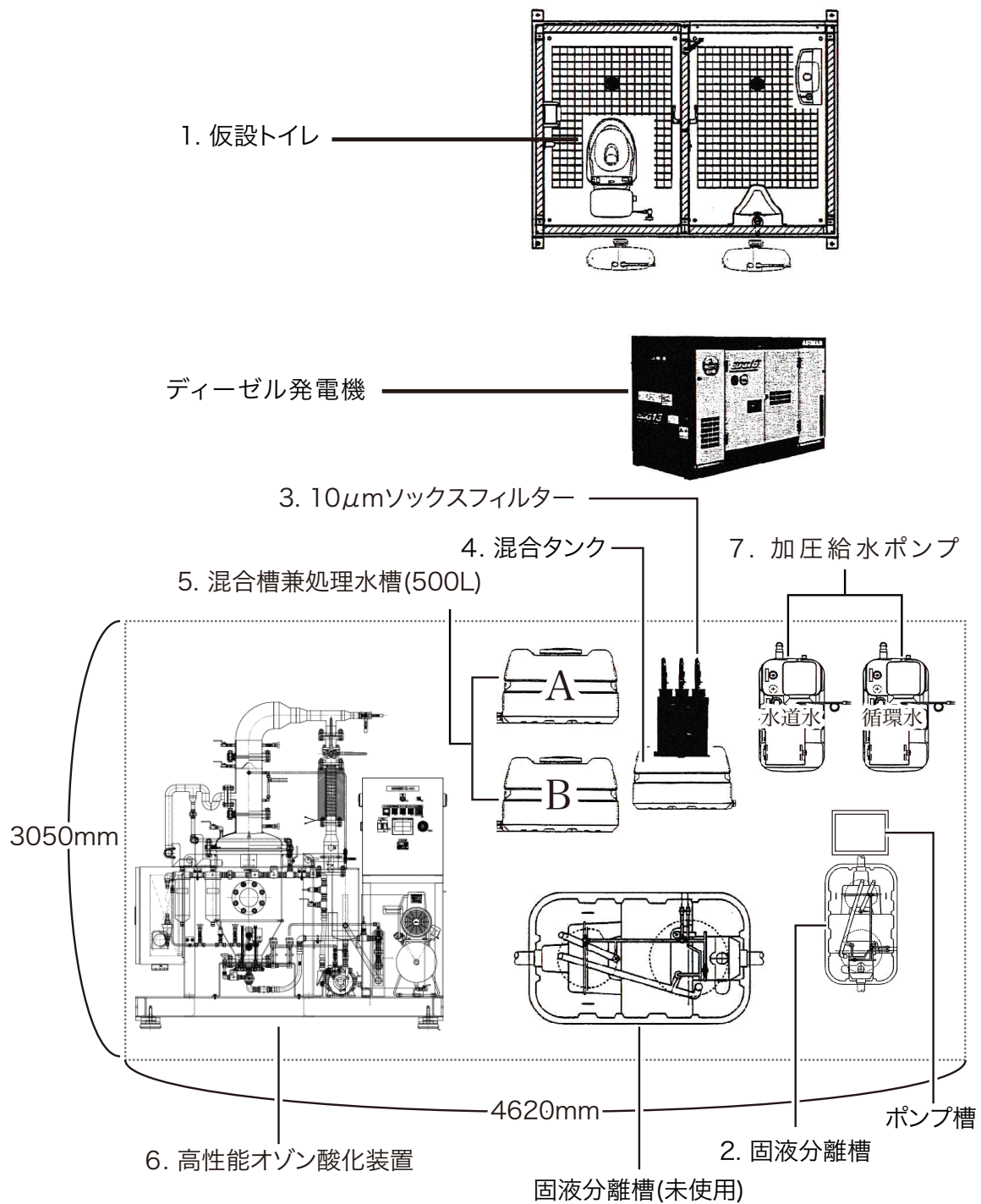


図 4-3 各槽配置図

表 4-1 技術仕様

企業名		株式会社栃木日化サービス Tochigi-Nikka service Co.,Ltd
技術名称		
装置名称		オゾンマイクロバブル酸化装置式仮設トイレユニット Tentative Water-washing-Toilet System using- Ozone Micro-bubble Machine
し尿処理方式		水使用—物理・化学的処理
製造企業名		株式会社栃木日化サービス
連絡先	住所	〒321-0971 栃木県宇都宮市海道町 511-3
	担当者	岩井 満
	連絡先	TEL: 028-662-2662 FAX: 028-662-1720
	E-Mail	m-iwai@tochigi-nikka.co.jp
設置条件	水	十分な量が必要（各槽満水）
	電気	必要（48 kWh/日）
	道路	必要
使用燃料	燃料の種類	軽油
	消費量	1,000L/月
使用資材	資材の種類	-
	投入量	-
温度	適正稼働が可能な気温	0℃以上（凍結しないこと）
装置タイプ		隣接タイプ
サイズ	処理装置のみ	W1900mm × D1420mm × H2014mm
重量	処理装置のみ	4.0 t
処理能力 3L/回として算定	平常時	50 回/日（150L/日）
	使用集中時	80 回/日（240L/日）
	性能提示値	BOD 100mg/L 以下
その他（特記事項）		発電機を使用する場合、軽油を約 30L/日使用

表 4-2 主要機器の仕様

設置箇所	機器名	メーカー名	台数	仕様（1台あたり）
仮設 トイレ	ポンプ 1,2	SANI	2	AC100V、60W
	温水洗浄 便座	TOTO	1	ウォシュレット TCF2111 AC100V
固液分離槽		コダマ樹脂工業	1	ローリータンク LT-200、200L
ポンプ槽	ポンプ 9	桜川ポンプ製作所	1	ピギーパック LS-02 AC100V、400W
最先端二次フィルター		NK シスト		
混合タンク		コダマ樹脂工業	1	ローリータンク LT-200、200L
混合槽兼処理水槽 A		コダマ樹脂工業	1	ローリータンク LT-500、500L
混合槽兼処理水槽 B		コダマ樹脂工業	1	同上
高性能オゾン酸化装置		栃木日化サービス	1	オゾン供給能力、40g/時間 オゾン反応室：80L

4-3 装置の設置・建設方法

本装置は、実証申請者である株式会社栃木日化サービスが平成 30 年 9 月に設置した。

4-4 装置の運転・維持管理方法

本装置に関する日常管理とトラブル対応は申請者であり日常維持管理者である株式会社栃木日化サービスが、また専門維持管理については、栃木日化サービス立会いの下、特定非営利活動法人日本トイレ研究所及び公益財団法人日本環境整備教育センターが行なった。

4-5 装置の条件設定

本装置の設置条件および利用条件について、表 4-5-1 に示す。

表 4-5-1 設備条件及び利用条件

供用開始			平成 30 年 9 月
インフラ条件	給水	上水	あり
		雨水	なし
	電源		あり（商用電力）
	道路		設置場所に舗装道路は無いが、装置前まで車の進入が可能
使用条件	利用形態		水洗
	使用期間		特になし
	使用集中時等の制限		特になし
	トイレットペーパー		そのまま投入

5. 試験方法

5-1 試験の実施体制

自然地域トイレし尿処理技術分野における試験実施体制を図 5-1-1 に示す。また、技術実証検討員を表 5-1-1、参加組織連絡先を表 5-1-2 に示す。

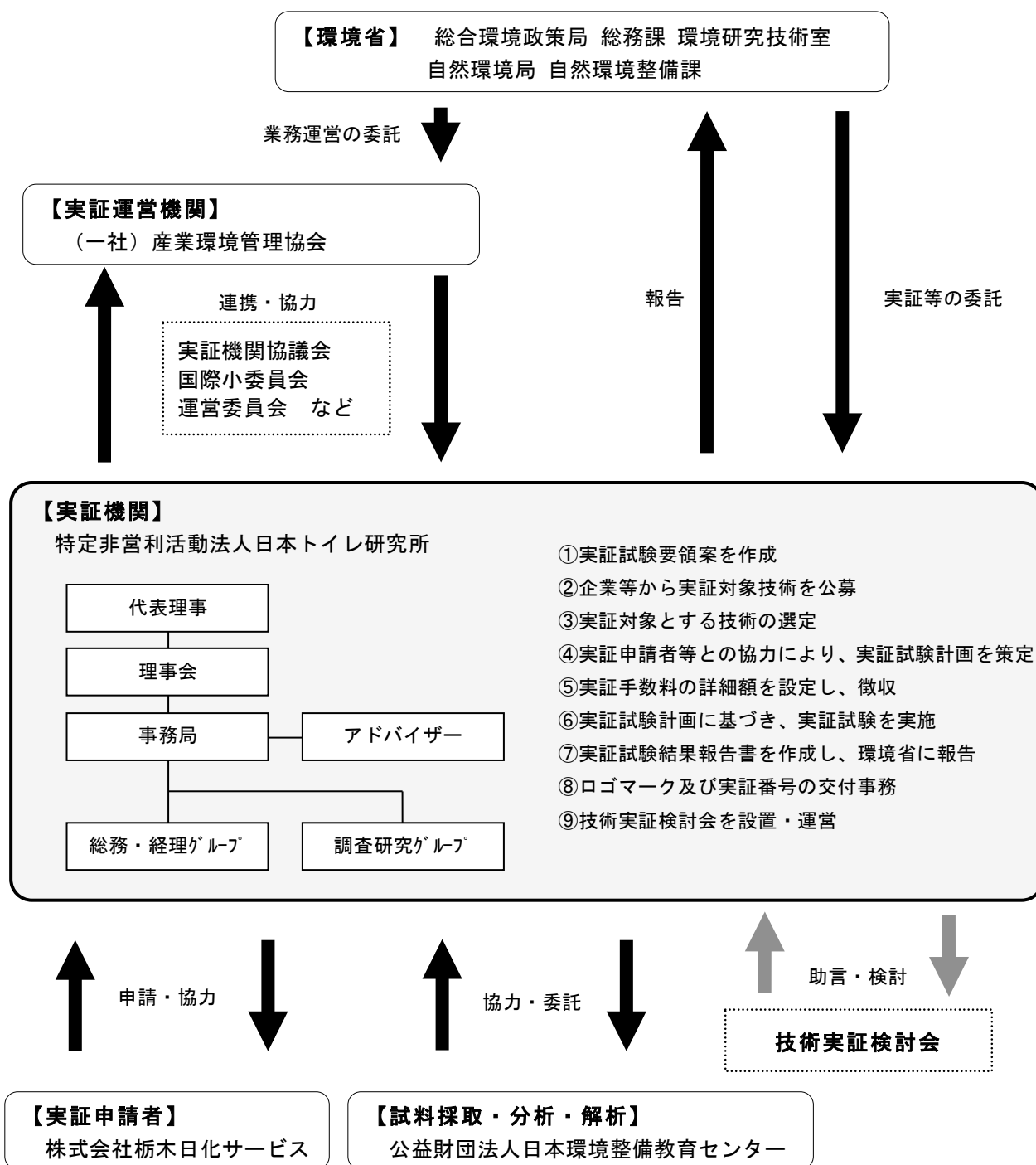


図 5-1-1 実証試験実施体制

表 5-1-1 技術実証検討員

名 前	所属・肩書
石川 郁夫	東京都環境局自然環境部緑環境課 課長代理
伊与 亨	北里大学医療衛生学部 講師
河村 清史	元 埼玉大学大学院理工学研究科 教授
木村 茂雄	神奈川工科大学機械工学科 教授
桜井 敏郎	公益社団法人神奈川県生活水保全協会 理事
藤森 周二	有限会社ふじもり 代表取締役

（50 音順 敬称略）

表 5-1-20 参加組織連絡先

実証機関	特定非営利活動法人 日本トイレ研究所
	〒105-0004 東京都港区新橋 5-5-1 IMC ビル新橋 9F TEL: 03-6809-1308 FAX: 03-6809-1412 上 幸雄 / 松本 彰人 E-Mail etv@toilet.or.jp
試料採取・分析・解析	公益財団法人 日本環境整備教育センター
	〒130-0024 東京都墨田区菊川 2-23-3 TEL: 03-3635-4885 FAX: 03-3635-4886 濱中 俊輔 / 高橋 悟 / 澤村 尚吾 E-Mail hamanaka@jeces.or.jp
運転・維持管理	株式会社 栃木日化サービス
	〒321-0971 栃木県宇都宮市海道町 511-3 TEL: 028-662-2662 FAX: 028-662-1720 岩井 満 E-Mail m-iwai@tochigi-nikka.co.jp
実証申請者	株式会社 栃木日化サービス
	〒321-0971 栃木県宇都宮市海道町 511-3 TEL: 028-662-2662 FAX: 028-662-1720 岩井 満 E-Mail m-iwai@tochigi-nikka.co.jp

5-2 役割分担

本試験実施に関する役割分担（実証試験要領第 13 版（平成 29 年 3 月）に準拠）について、試験参加者と責任分掌を表 5-2-1 に示す。なお、環境省および実証運営機関一般社団法人産業環境管理協会の責任分掌については、実証事業実施要領を参照のこと。

表 5-2-1 試験参加者と責任分掌

区分	実証試験 参加機関	責任分掌	参加者
実証機関	特定非営利活動法人 日本トイレ研究所	①実証試験要領案を作成 ②企業等から実証対象技術を公募 ③実証対象とする技術の選定 ④実証申請者等との協力により、実証試験計画を策定 ⑤実証手数料の詳細額を設定し、徴収 ⑥実証試験計画に基づき、実証試験を実施 ⑦実証試験結果報告書を作成し、環境省に報告 ⑧ロゴマーク及び実証番号の交付事務 ⑨技術実証検討会を設置・運営	○調査研究グループ （理事） 上 幸雄 （研究員） 松本 彰人 ○総務・経理グループ 原田 雄美
実証申請者	株式会社栃木日化 サービス	①実証試験計画の策定にあたり、実証機関に必要な情報を提供する等、実証機関に協力 ②実証対象製品を準備。また、その他実証に必要な比較対象技術の情報等を実証機関に提供 ③実証対象製品の運搬、施工、撤去等が必要な場合は、実証申請者の費用負担及び責任で行う ④実証機関の要請に基づき、必要に応じ、試験作業の一部を実施する。また、その場合、実証試験計画書通りに試験が進められていることを示す、または試験に使用したデータを全て実証機関に提出する等、実証機関の要請に対して協力 ⑤実証対象技術に関する既存の性能データを用意 ⑥実証試験結果報告書の作成において、実証機関に協力	○顧問 岩井 満
日常的な運転・維持管理者	株式会社栃木日化 サービス	①実証申請者が作成する「日常管理者への取扱説明書」をもとに実施 ②トラブル等の異常時を除いて、実証申請者に連絡を取る場合はすべて実証機関を介する （実証機関は、異常が発生した際には速やかに実証申請者に連絡をとり、実証申請者の示した定常運転状態に復帰させるように対処。不測の事態の際には、実証機関は実証申請者とともに対応。）	○顧問 岩井 満
専門的な運転・維持管理者	公益財団法人 日本環境整備教育 センター	①実証試験計画に基づき試料採取・分析・解析を実施 ②実証申請者が作成する「専門管理者への維持管理要領書」をもとに適正に運転・維持管理するための定期的な保守点検、汚泥の引き抜き等を実施	○調査・研究グループ 濱中 俊輔

5-3 試験期間

本試験の専門管理、試料採取スケジュールを表 5-3-1 に示す。表に示した専門管理とは別に、試料採取の事前調査を実施した 10 月 5 日（金）（試験開始から 32 日目）及び試験終了日の 12 月 13 日（木）（試験開始から 101 日目）に汚泥試料の採取を行った。

表 5-3-1 専門管理、試料採取スケジュール

	専門管理、試料採取日		
第 1 回	平成 30 年	10 月 30 日（火）	試験開始から 57 日目
第 2 回	平成 30 年	11 月 8 日（木）	試験開始から 66 日目
第 3 回	平成 30 年	11 月 27 日（火）	試験開始から 85 日目

5-4 試験項目

本試験の試験項目を表 5-4-1 に示す。

表 5-4-1 水使用－物理化学的処理方式の実証視点と調査者

実証視点	調査者
(1) 稼働条件・状況	日本トイレ研究所 日本環境整備教育センター
(2) 維持管理性能	
(3) 室内環境	
(4) 周辺環境影響	
(5) 処理性能	

5-4-1 稼働条件・状況

対象技術となる装置が適正に稼働するための前提条件として想定される項目を表 5-4-1-1 に示す。実証データの算定にあたっては、日常管理者が把握するデータを基礎とする。

表 5-4-1-1 稼働条件・状況実証に関する項目の測定方法と頻度

分類項目	実証項目	測定方法	頻度	調査者
処理能力	トイレ使用回数 (回)	監視カメラ（宇都宮大学の要請により設置）の映像及び利用者によるチェック（トイレブース内に設置したチェックシートに洋式便器利用者が記載）を用い、測定・記録	1 回/日	日本トイレ研究所 日本環境整備教育センター
水	必要初期水量 (m^3)	初期水投入段階に記録	開始時	
	増加水量 (m^3)	装置の水位から水量を計算し、記録	試料採取時	
	引き抜き量 (m^3)	引き抜き時に測定・記録	都度	
汚泥	引き抜き量 (m^3 、kg)	引き抜き時に測定・記録	都度	
電力	消費電力量 (kWh/日)	本試験では消費電力量の実測は行わず、主要な機器の定格消費電力から算出		
気温 ※	設置場所の気温	自動計測器を設置し、測定・記録	1 時間間隔 (自動記録)	

※ 計測器には「試験機材」であることを明示する。なお、計測は自動測定器を用いる。

（１）使用回数

使用回数は、トイレブース入り口に設置した監視カメラ（宇都宮大学の要請により設置）の映像及び利用者によるチェック（トイレブース内に設置したチェックシートに洋式便器利用者が記載）を用い、測定・記録した。監視カメラの設置状況を図 5-4-1-1 に示す。



図 5-4-1-1 監視カメラの設置状況

（２）室内温度、外気温、湿度

室内温度、外気温、湿度、大気圧は、自動計測器を設置して測定・記録した。自動計測器の仕様を表 5-4-1-2 に示す。

表 5-4-1-2 温度センサー

エスペックミック株式会社		
	a.名称	温度データロガー
	b.型式	RT-30S 及び RT-32S
	c.チャンネル	1 チャンネル（外部センサ）
	d.測定範囲	-60～155℃
	e.測定表示	0.1℃
	f.測定精度	±0.3℃（-20～80℃） ±0.5℃（-40～20℃/80～110℃） ±1.0℃（-60～-40℃/110～155℃）
	g.動作環境	温度：-40～80℃
	h.記録容量	16,000 データ×1 チャンネル
	i.記録間隔	1・2・5・10・15・20・30 秒・1・2・5・10・15・20・30・60 分 から 選択
	j.寸法・重量	H62×W47×D19mm、55g（電池含む）
	k.使用電池	リチウム電池（ER3V M）1 本（CR2 使用可能）
	l.電池寿命	最長 2 年

5-4-2 維持管理性能

実証申請者が提出する日常管理者用の取扱説明書及び専門管理者用の維持管理要領書に沿って運転・管理を行い、管理作業全般について、その実施状況、実施の難易性、作業性、作業量等を総括的に判断し、報告書の作成を行うものとする。維持管理性能実証項目の記録方法及び頻度を表 5-4-2-1 に示す。

表 5-4-2-1 維持管理性能に関する実証項目の記録方法及び頻度

分類項目	実証項目	測定方法	頻度	調査者
日常管理全般	作業内容、 所要人員、 所要時間、 作業性等	日常管理チェックシートに記録、またはそれに準じた記録を行う	実施時	日本トイレ研究所 日本環境整備教育センター
専門管理全般		専門管理チェックシートに記録	試料採取時	
トラブル対応		トラブル対応チェックシートに記録	発生時	
汚泥の搬出 及び 処理・処分		発生汚泥処理・処分チェックシートに記録	汚泥の搬出時	
信頼性	読みやすさ、理解のしやすさ、正確性等	マニュアルチェックシートに記録	試験終了時	

5-4-3 室内環境

トイレを使用する利用者にとって、トイレブース内の空間が快適であることを実証する。また、試験期間中にはトイレ利用者へのアンケート調査を行い、室内環境に対する快適性・操作性に関する許容範囲を把握する。トイレ利用者室内環境に関する実証項目を表 5-4-3-1 に、温湿度センサーの仕様を表 5-4-3-2 に示す。

表 5-4-3-1 室内環境に関する実証項目

実証項目	方法	頻度	調査者
温度 ※	自動計測器を建屋内に設置し、気温を測定・記録	1 時間間隔	日本トイレ研究所
湿度 ※	自動計測器を建屋内に設置し、湿度を測定・記録		
許容範囲	利用者へのアンケート調査により、室内環境に対する快適性・操作性に関する許容範囲を把握。	合計 50 人程度	日本環境整備教育センター

※ 計測器には「試験機材」であることを明示する。なお、計測は自動測定器を用いる。

表 5-4-3-2 温湿度センサー

エスペックミック株式会社		
	a.名称	温度、湿度データロガー
	b.型式	RS-12 及び RS-13
	c.チャンネル	温度、湿度各 1 チャンネル
	d.測定範囲	温度:0～50℃ 湿度:10～95%RH
	e.測定表示	温度:0.1℃ 湿度:1%RH
	f.測定精度	温度:±0.3℃ 湿度:±5%RH
	g.動作環境	温度:－10～60℃ 湿度:90%RH 以下(結露しないこと)
	h.記録容量	8,000 データ×2 チャンネル
	i.記録間隔	1・2・5・10・15・20・30 秒・1・2・5・10・15・20・30・60 分 から選択
	j.寸法・重量	H55×W78×D18mm、62g(電池含む)
	k.使用電池	単 3 アルカリ電池×1 本
	l.電池寿命	約 1 年

5-4-4 装置の設置における周辺環境への影響

対象技術は非放流式であるが、設置に伴う土地改変状況等周辺環境に何らかの影響を与える可能性も否定できない。そのため、本技術運用に伴う土地改変状況等についてチェックを行う。周辺環境への影響に関する実証項目について、表 5-4-4-1 に示す。

表 5-4-4-1 装置の設置における周辺環境への影響に関する実証項目

分類項目	実証項目	方法	頻度	調査者
土地改変状況	設置面積、地形変更、伐採、土工量等	図面及び現場判断により記録	試験前 (1 回)	日本トイレ研究所 日本環境整備教育センター
騒音状況	騒音	騒音計	専門維持管理 (1 回)	日本環境整備教育センター

5-4-5 処理性能

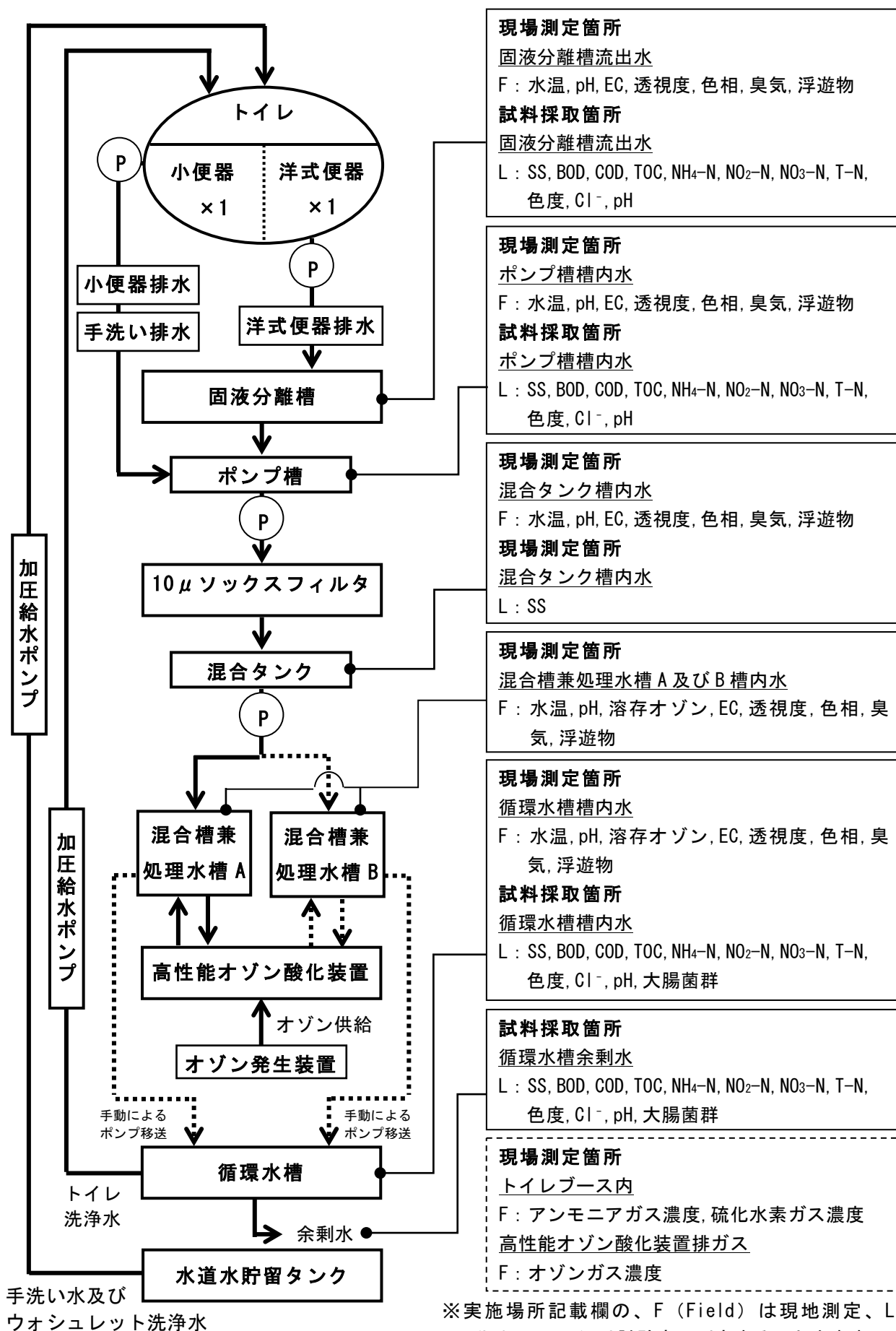
処理性能は、各単位装置が適正に稼働しているかをみる「稼働状況」、処理が適正に進んでいるかをみる「処理状況」、運転に伴って何がどれだけ発生したかをみる「発生物状況」等に分けられる。これらの処理性能を実証するため、処理水の分析、現地測定、現地調査（発生物調査等）を行うこととした。

（１）試料採取場所

試料採取場所と分析項目について表 5-4-5-1 と図 5-4-5-1 に、処理性能に関する実証項目について表 5-4-5-2 に示す。

表 5-4-5-1 試料採取場所

分類項目	試料採取場所
循環水	循環水槽槽内水
処理工程水	固液分離槽流出水、ポンプ槽槽内水、混合タンク槽内水
余剰水	搬出余剰水
汚泥	搬出汚泥



※実施場所記載欄の、F（Field）は現地測定、L（Laboratory）は試験室で測定することを表す。

図 5-4-5-1 試料採取場所と分析項目

表 5-4-5-2 処理性能に関する実証項目

分類項目	実証項目	調査・分析方法	実施場所
1 単位装置の稼働状況	—	構造・機能説明書、維持管理要領書をもとに確認 (専門管理シートに記入)	F
	—	維持管理者へのヒアリングを実施	F
2 処理工程水循環水	増加水量	槽内水位及び汚泥引き出し量により把握	F
	色相	目視	F
	臭気	臭気の確認	F,L
	透視度	下水試験方法第2編第1章第6節	F
	水温	試料採取時に計測	F
	pH	ポータブル計測器で測定、JIS K0102 12.1	F,L
	溶存オゾン	ポータブル計測器で測定	F
	電気伝導率 (EC)	ポータブル計測器で測定	F
	浮遊物質 (SS)	下水試験方法第2編第1章第12節	L
	生物化学的酸素要求量 (BOD)	JIS K 0102 21	L
	有機性炭素 (TOC)	JIS K 0102 22	L
	化学的酸素要求量 (COD _{Mn})	JIS K 0102 17	L
	アンモニア性窒素 (NH ₄ -N)	下水試験方法第2編第1章第25節	L
	亜硝酸性窒素 (NO ₂ -N)	下水試験方法第2編第1章第26節	L
	硝酸性窒素 (NO ₃ -N)	下水試験方法第2編第1章第27節	L
	全窒素 (T-N)	下水試験方法第2編第1章第29節	L
	塩化物イオン (Cl ⁻)	下水試験方法第2編第1章第31節	L
	大腸菌群	下水試験方法第6編第4章第2節 (デソキシコール酸塩培地法)	L
	色度	下水試験方法第2編第1章第4節 1.透過光測定法	L
3 汚泥	色相	目視	F
	臭気	臭気の確認	F
	汚泥蓄積状況	スカム厚及び堆積汚泥厚測定用具により測定	F
	蒸発残留物 (TS)	下水試験方法第5編第1章第6節	L
	強熱減量 (VS)	下水試験方法第5編第1章第8節	L
	浮遊物質 (SS)	下水試験方法第5編第1章第9節	L
4 その他	アンモニアガス濃度	検知管による測定	F
	硫化水素ガス濃度	検知管による測定	F

※実施場所記載欄の、F (Field) は現地測定、L (Laboratory) は試験室で測定することを表す。

（２）試料採取スケジュール及び採取方法

１）試料採取者

環境計量証明事業所、または、それと同等の品質管理が確保できる機関が担当し、装置の構造・機能を理解し、試料採取に関する知識を有する担当者が試料採取、単位装置の稼働状況調査を行うこととした。

２）試料採取頻度、体制

調査実施時期は、調査期間を集中時と平常時に分類し、以下の３つの視点で処理性能を把握することを原則とする。

視点１：平常時の比較的負荷が高くない場合の処理性能を調査する。

視点２：集中時における負荷が高い場合の処理性能を調査する。

視点３：集中時を終えたあとの処理性能を調査する。

本試験においては、大学の敷地内に設置した装置であったため、集中時を調査期間に設けることができなかった。調査回数は計３回とし、試料採取は可能な限り定刻とした。

具体的な試料採取実施日については表 5-4-5-3 に示す。

表 5-4-5-3 試料採取日

	試料採取実施日			
第１回	平成 30 年	10 月 30 日	（火）	試験開始から 57 日目
第２回	平成 30 年	11 月 8 日	（木）	試験開始から 66 日目
第３回	平成 30 年	11 月 27 日	（火）	試験開始から 85 日目

３）試料採取方法

試料採取方法は、JIS K 0094 または下水試験方法に沿って行うこととした。

① 液状試料：作動時に有姿状態で採取

（流水状態で採取＝洗浄水フラッシュ時）（必要に応じ 0.5～2 L）

（細菌試験以外の項目の試料はポリエチレンびん等、細菌試験の試料は滅菌びん）

② 汚泥試料：槽内水をひしゃくを用いて攪拌混合し、採取

４）試料採取器具

①液状試料：状況に応じひしゃく、スポイト採水器等

（細菌試験の試料は直接滅菌びんに採取する）

②汚泥試料：ひしゃく

５）試料の保存方法

保冷容器輸送（保冷剤入り）後、冷暗所（冷蔵庫等）で保存する。

6) 試料採取時の記録事項

試料採取時の記録事項については、JIS K 0094「6.採取時の記録事項」を参考に、以下の項目を記録することとした。

- ① 試料の名称及び試料番号
- ② 採取場所の名称及び採取位置（表層または、採取深度等）
- ③ 採取年月日、時刻
- ④ 採取者の氏名
- ⑤ 採取時の試料温度、試料周辺温度
- ⑥ その他、採取時の状況、特記事項等

7) 処理性能に関する調査の分類

処理性能に関する調査は、正常な水の流れや機器設備の稼働状況等を把握する単位装置の稼働状況調査、各単位装置流出水の性状を把握するための処理工程水質調査、及び汚泥の蓄積状況等を把握するための汚泥調査に分類される。これらは、機能の判断のための試料採取時にその場で行う現場測定と、試験室に持ち帰ったのち行う分析に分かれる。

現地で行う現場測定は、稼働状況調査として装置の稼働状況や汚泥生成量等を確認するとともに、感応試験、化学分析、機器測定により必要な項目を現地で表 5-4-5-2 に従って測定することとした。試験室で行う分析項目は、その他の機器分析、化学分析等とした。

6. 試験結果及び考察

6-1 試験の経過状況

試験における、試験の全体スケジュールを図 6-1-1、本装置の運転状況を表 6-1-1 に示す。試験期間は平成 30 年 9 月 3 日（月）（試験装置の設置）から平成 30 年 12 月 13 日（木）（最終の試料採取（汚泥）及び計測機器の撤去）までである。気温・水温の測定は平成 30 年 10 月 30 日（火）（第 1 回現地調査）から平成 30 年 12 月 13 日（木）（最終の試料採取（汚泥）及び計測機器の撤去）までで行った。また、トイレ使用回数については平成 30 年 10 月 21 日（日）から測定を行った。

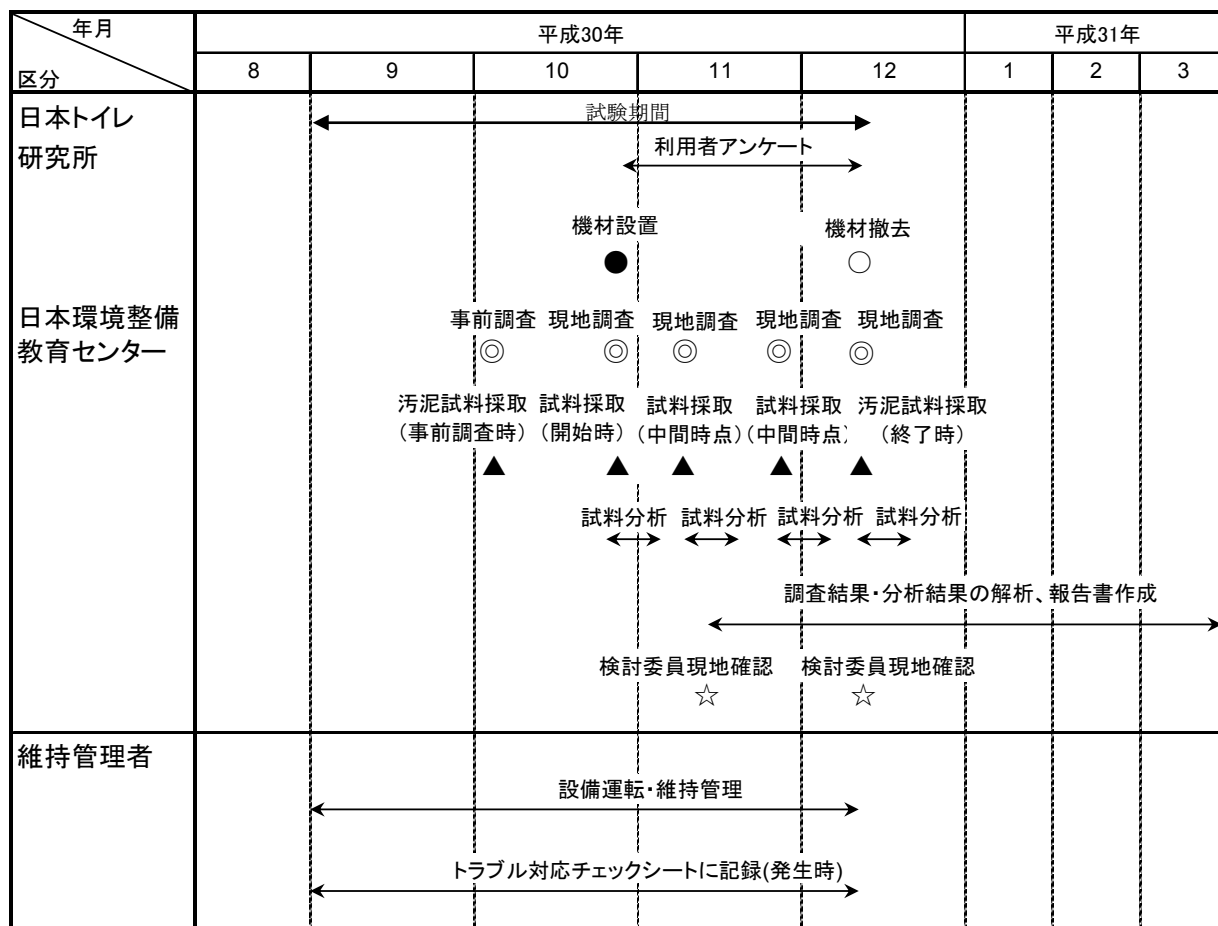


図 6-1-1 試験事業の全体スケジュール

表 6-1-1 運転状況

日時	経過日数	作業内容等
9/3(月)	0 日	装置設置
10/5(金)	32 日後	事前調査
10/30(火)	57 日後	計測機器（温度計）設置及び計測開始 第 1 回現場調査：試料採取、臭気・水質測定、設備チェック
11/8(木)	66 日後	第 2 回現場調査：試料採取、臭気・水質測定、設備チェック 騒音測定
11/27(火)	85 日後	第 3 回現場調査：試料採取、臭気・水質測定、設備チェック
12/13(木)	101 日後	第 4 回現場調査：試料採取（汚泥） 試験終了、計測機器（温度計）撤去及び計測終了 検討委員現地確認

※供用開始後、汚泥の搬出は行っていない。

6-1-1 気温、使用回数、電力量等

（１）気温、降水量

装置設置場所の気温を図 6-1-1-1 に示す。

参考として、試験期間における塩谷観測所（北緯 36 度 45.4 分、東経 139 度 53.0 分、標高 225 m：装置から直線距離で約 6km 地点）の日ごとの降水量を図 6-1-1-2 に示す。降水量データは気象庁ホームページ（<http://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html>）から引用した。

装置の設置場所における気温は、試験開始（10/30）から 11 月中旬まで日間平均気温が 10℃以上となる日が多かったが、その後徐々に低下していき、試験期間の終了段階である 12 月上旬には日間平均気温が 10℃を下回っていた。

試験期間における最高気温は 20.8℃、最低気温は－5.7℃であった。

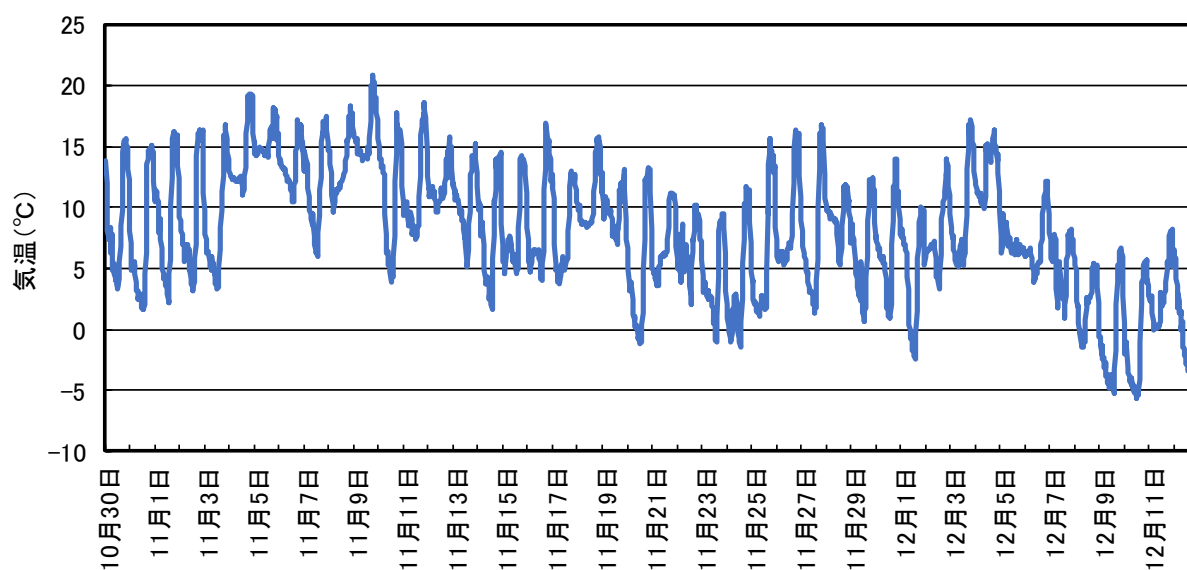


図 6-1-1-1 装置設置場所における気温データ

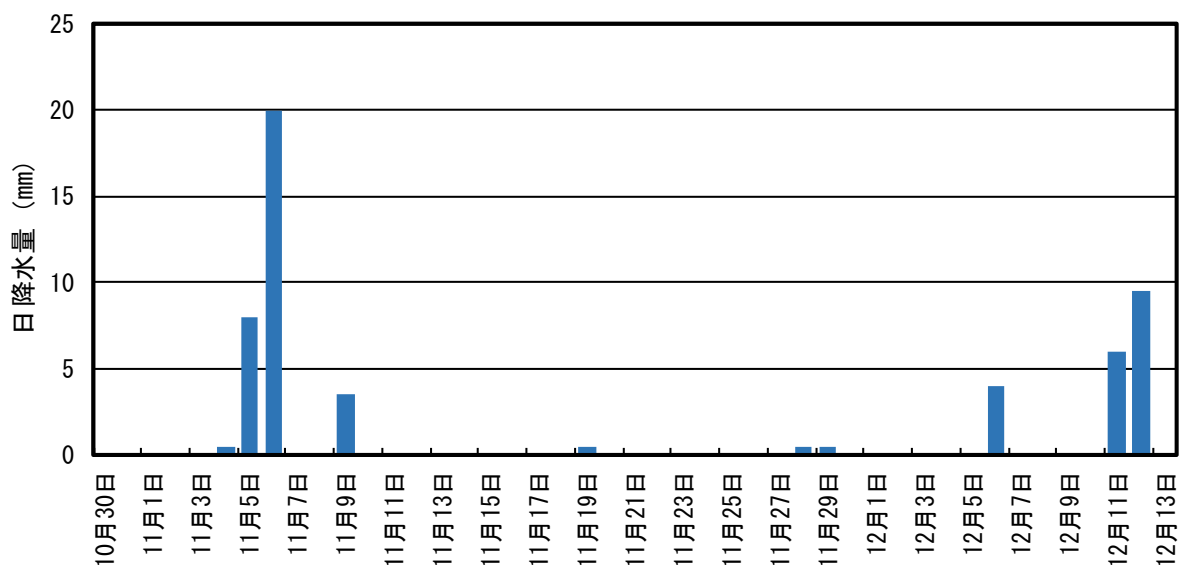


図 6-1-1-2 塩谷観測所における降水量データ

（２）消費電力量

試験では消費電力量を測定していないため、各使用機器類の消費電力及び稼働時間を表 6-1-2 に示す。各種装置への通電時間（発電機稼働時間）は 8 時間/日となっており、土曜日は稼働させていない。トイレフラッシュ用ポンプ（60W）、ポンプ槽用ポンプ 1 台分（400W）はトイレ使用時のみ稼働し、常時稼働している装置は高性能オゾン酸化装置（3kW）及び温水便座の温座機能のみである。高性能オゾン酸化装置の定格消費電力量は 24kWh/日である。

表 6-1-2 各機器類の消費電力量及び稼働時間

設置箇所	機器名	メーカー名	台数	仕様(1 台当たり)	稼働時間
仮設トイレ	ポンプ 1, 2	SANI	2	AC100V、60W	使用時
	温水洗浄便座	TOTO	1	AC100V	発電機稼働時
ポンプ槽	ポンプ 9	桜川ポンプ製作所	1	AC100V、400W	使用時
高性能オゾン酸化装置	オゾン発生器	栃木日化サービス	1	AC100V、700W	8 時間/日
	PSA 酸素発生装置-1		1	AC100、320W	
	PSA 酸素発生装置-2		1	AC100V、320W	
	ニクニ製軸流ポンプ		1	AC200V、1.5kW	
	オゾン分解ヒーター		1	AC200V、180W	

（３）使用回数

本試験においては、仮設トイレ入口に設置された監視カメラの撮影映像から使用者数をカウントし、個室に設置したチェックシートに記載された洋式便器使用回数と組み合わせることで、洋式便器、小便器それぞれの使用回数を算出した。使用回数の計測開始（10/21）から試験終了までの装置の使用回数及び累積使用回数の推移を図 6-1-1-4 に示す。

使用回数を計測した 54 日間の累積使用回数は 292 回（小便器 217 回、大便器 75）であり、使用回数を測定した期間中（10/21～12/13）で使用回数が最も多かった日は 10 月 22 日（月）で 14 回使用された。1 日当たりの平均使用回数は約 5.4 回/日（累積使用回数を計測日数で除して算出）であった。なお、毎週土曜日と 12 月 4 日（火）は装置の使用を停止しており、実際の装置稼働日数は 46 日間であることから、累積使用回数を装置稼働日数で除して算出したところ、1 日当たりの平均使用回数は約 6.3 回/日であった。装置は一般の利用者にも開放していたが、大学演習林に設置したため、大学関係者以外の利用が少なく、かつ本試験のための期間および利用時間に制限のある限定的な解放であったこともあり、調査期間中のトイレ使用回数は少なかった。そのため、申請された処理能力（平常時：50 回/日、使用集中時：80 回/日）を確認するのに十分な回数には達しなかった。

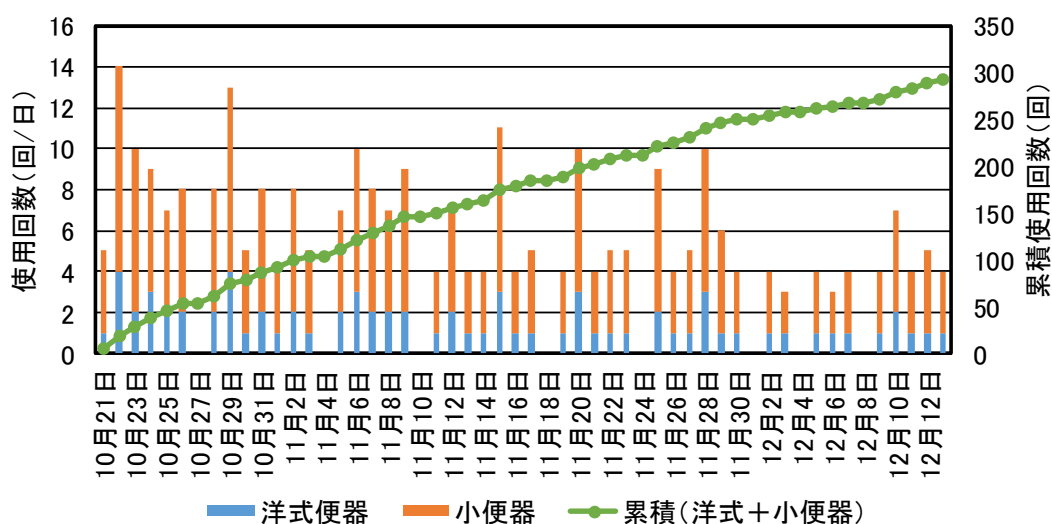


図 6-1-1-4 使用回数の推移

（４）水道水の補充量

本試験においては、手洗い及び温水洗浄便座のウォッシュレットに使用する水道水を定期的に補充した。補充した水道水及び累積使用回数の推移を図 6-1-1-5 に示す。

測定期間中（10/30～12/13）に 60～80L の水道水を 5 回補充している。10 月 26 日（金）の補充後から 12 月 2 日（日）までのデータを用い、トイレの使用 1 回当たりの手洗い及びウォッシュレットによる水道水消費量を算出したところ、約 1.42L/回と試算された。日常維持管理に携わった作業者等が手洗いのためだけに水道水を使用した可能性もあるため、試算されたトイレの使用 1 回当たりの水道水消費量は過大であると考えられる（図 6-1-1-6）。

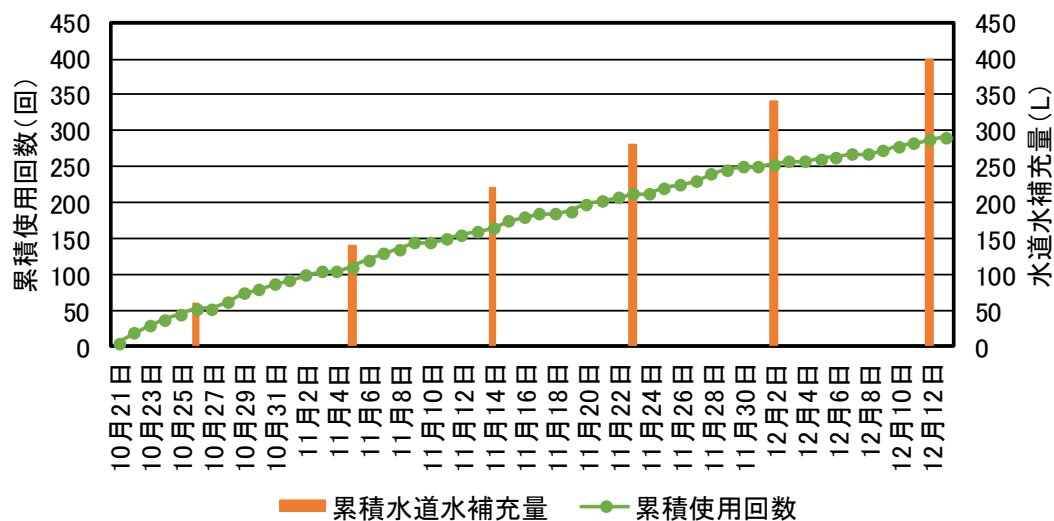


図 6-1-1-5 水道水給水量とトイレ使用回数の推移

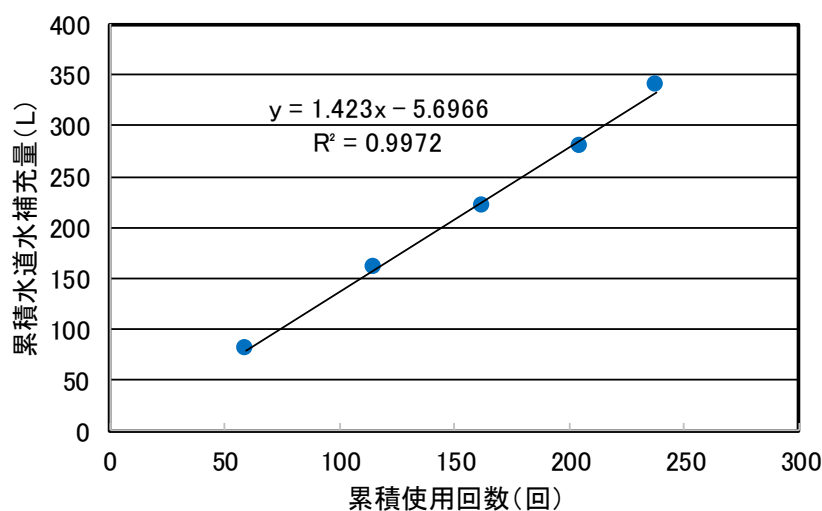


図 6-1-1-6 累積水道水補充量とトイレ累積使用回数の相関

6-1-2 稼働条件・状況のまとめ

<外気温、降水量>

装置の設置場所における気温は、試験開始（10/30）から12月中旬まで日間平均気温が10℃以上となる日が多かったが、試験期間の終了段階である12月には日間平均気温が10℃を下回った。

試験期間における最高気温は20.8℃、最低気温は-5.7℃であった。

<消費電力量>

各種装置への通電時間（発電機稼働時間）は8時間/日となっており、土曜日は稼働させていない。常時稼働している装置は高性能オゾン酸化装置（3kW）及び温水便座の温座機能のみである。高性能オゾン酸化装置の定格消費電力量は24kWh/日である。

＜使用回数＞

使用回数を計測した 54 日間の累積使用回数は 292 回であり、1 日当たりの平均使用回数は 6.3 回/日であった。また、試験中で使用回数が最も多かった日は 11 月 15 日（木）で 11 回使用された。

＜水道水の補充量＞

試験期間中（10/30～12/13）に 60～80L の水道水を 5 回補充しており、トイレの使用 1 回当たりの手洗い及びウォッシュレットによる水道水使用量は約 1.42L/回と試算された。

6-2 維持管理性能

6-2-1 日常維持管理

日常維持管理は、申請者でもある株式会社栃木日化サービスが実施した。表 6-2-1-1 に概要を示す。

表 6-2-1-1 日常維持管理の概要

項目	試験結果
実施日	1 回/週
実施者	株式会社栃木日化サービス
作業人数	1 人
作業時間	約 10 分間
作業内容	便器・トイレブース内の掃除、トイレットペーパー等消耗品の補充、その他
作業内容についての意見	上記作業は容易に実施できた

6-2-2 専門維持管理

専門維持管理は、水使用－物理・化学的処理方式実証計画（平成 30 年 9 月）の専門管理チェックシートの内容に従い、公益財団法人日本環境整備教育センターが実施した。表 6-2-2-1 に概要を示す。

表 6-2-2-1 専門維持管理の概要

項目	試験結果		
実施日	第1回	平成30年10月30日	人数：3人
	第2回	11月 8日	人数：3人
	第3回	11月27日	人数：3人
実施者	公益財団法人 日本環境整備教育センター		
作業時間	平均 1 時間 32 分（試料採取を含む）		
作業内容	1. 全般的な点検事項 臭気の有無、設備破損等の有無、蚊やハエ等の害虫の発生の有無、異物等の混入の有無等 2. 装置の点検事項 槽内液等の外観確認、臭気の有無、装置周辺等の異常の有無 3. 試料採取、臭気測定（検知管）		
作業内容についての意見	上記の作業については容易に行うことができた。本試験においてはオゾン酸化装置の調整やフィルター（ソックスフィルター及びオゾン酸化装置内のフィルター）の交換等を「日常的な運転・維持管理者」が実施したが、本来はこれらの作業も専門維持管理に含まれるため、専門維持管理実施者は本技術に関する十分な知識を有している必要がある。		

6-2-3 発生物の搬出及び処理・処分

本技術は処理水再利用のクローズドシステムであるが、使用回数増加に伴い、スカム・汚泥の蓄積が進行するため、スカム・汚泥の定期的な引き抜き処分が必要になると考えられる。

試験期間中、スカム・汚泥の蓄積量は主に固液分離槽で増加したが、貯留能力の限界まで達するほどではなかったことから、試験期間中にスカム・汚泥の搬出は実施しなかった。

試験の事前調査実施日（10/5）及び試験終了時（12/13）に、固液分離槽内を攪拌混合し混合汚泥を採取した。汚泥試料の分析結果を表 6-2-3-1 に示す。なお、表 5-4-5-2 には記載されていないが、汚泥の性状をより詳細に把握するため、揮発性浮遊物質（VSS）についても分析を実施した。

固液分離槽に蓄積された SS 量は、事前調査実施日が 388g、試験終了時が 1,458g と試算され、69 日間で 1,070g 増加した。

表 6-2-3-1 汚泥試料の分析結果

	蒸発残留物 (TS) (mg/L)	浮遊物質 (SS) (mg/L)	強熱減量 (VS) (mg/L)	揮発性浮遊物質 (VSS) (mg/L)
事前調査実施日（10 月 5 日）	3,780	3,280	2,590	2,480
試験終了時（12 月 13 日）	11,600	10,200	9,720	9,170

6-2-4 トラブル事例及び対応

第1回専門維持管理（10/30）の直前にトイレ用中性洗剤が外部者によると思われるが約 300mL 使用されていたことから、オゾン酸化装置において発泡が認められた。

試験終了日（12/13）の直前には、小便器フラッシュバルブの凍結・破損が認められ、小便器に洗浄水（循環水槽槽内水）が少量ずつ流れ続けるトラブルが発生した。

発泡への対応としては装置からの泡の流出防止及び維持管理作業性の改善のため、固形消泡剤を使用した。なお、洗剤の流入に伴う水質の著しい悪化は確認されず、脱色は十分に行われており、また、濁りもわずかであったため、槽内水の入れ替え等は行わず、試験を続行した。

小便器フラッシュバルブの凍結・破損については便所の使用を停止することで対応を図った。

6-2-5 維持管理性能のまとめ

<日常維持管理>

試験期間における日常維持管理に示された作業は、容易に実施できた。

<専門維持管理>

試験期間における専門維持管理に示された作業は、一回当たり3人で平均1時間32分のものを計3回実施した。管理作業は容易に行うことができた。本試験においてはオゾン酸化装置の調整やフィルター（ソックスフィルター及びオゾン酸化装置内のフィルター）の交換等を「日常的な運転・維持管理者」が実施したが、本来はこれらの作業も専門維持管理に含まれるため、専門維持管理実施者は本技術に関する十分な知識を有している必要がある。

<発生物の搬出及び処理・処分>

試験期間中、スカム・汚泥の蓄積量は主に固液分離槽で増加したが、貯留能力の限界まで達するほどではなかったことから、試験期間中にスカム・汚泥の搬出は実施しなかった。

固液分離槽に蓄積されたSS量は、事前調査実施日が388g、試験終了時が1,458gと試算され、69日間で1,070g増加した。

<トラブル対応>

便器内へトイレ用中性洗剤が多量（300mL程度と推定）に使用されたことから、オゾン酸化装置において発泡が認められた。装置からの泡の流出防止及び維持管理作業性の改善のため、固形消泡剤を使用することで対応した。洗剤の流入に伴う水質の著しい悪化は確認されず、脱色は十分に行われており、また、濁りもわずかであった。

小便器フラッシュバルブの凍結・破損が認められ、小便器に洗浄水（循環水槽槽内水）が少量ずつ流れ続けるトラブルが発生した。便所の使用を停止することで対応を図った。

6-3 室内環境

6-3-1 室温、湿度

試験期間（10/30～12/13）におけるトイレブースの室温の変化を図 6-3-1-1、湿度の変化を図 6-3-1-2 に示す。また、トイレ室内の温度及び湿度の最大値、最小値、平均値を表 6-3-1-1 に示す。

温湿度計は洋式便器の後ろ（床上 30cm 程度の高さ）に設置して測定を行ったが、外気温と室温の差はほとんど認められなかった。

室温は $-4.4\sim 20.8^{\circ}\text{C}$ （平均 8.4°C ）で、湿度は $36.0\sim 99.0\%$ （平均 80.6% ）であった。

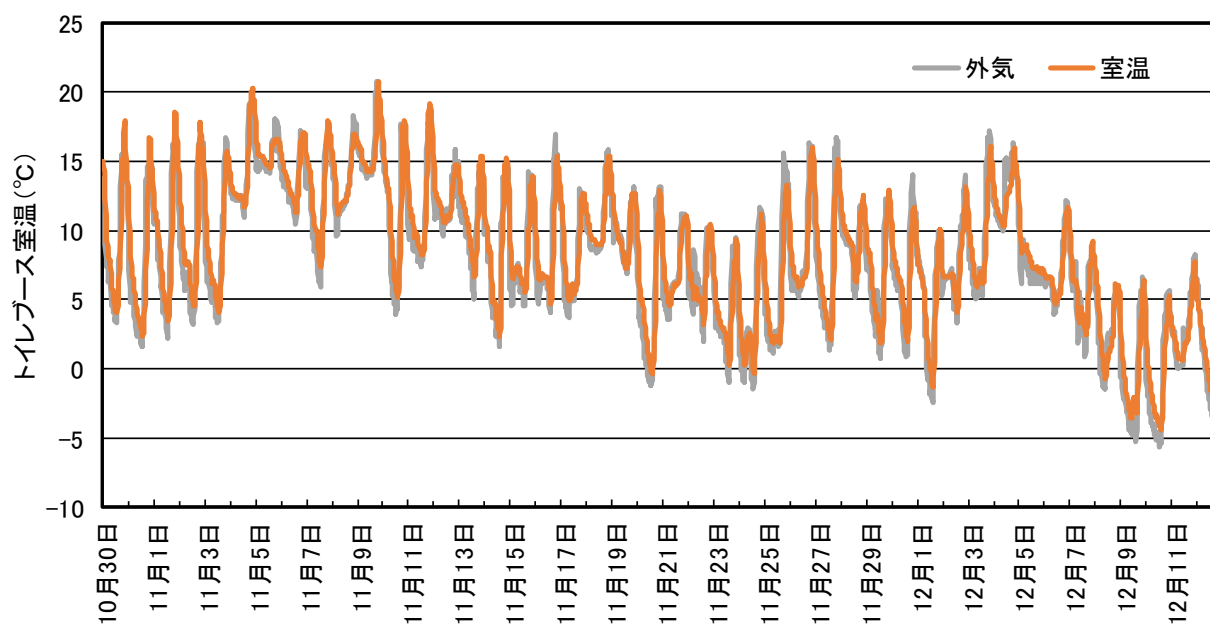


図 6-3-1-1 トイレブースの室温の変化

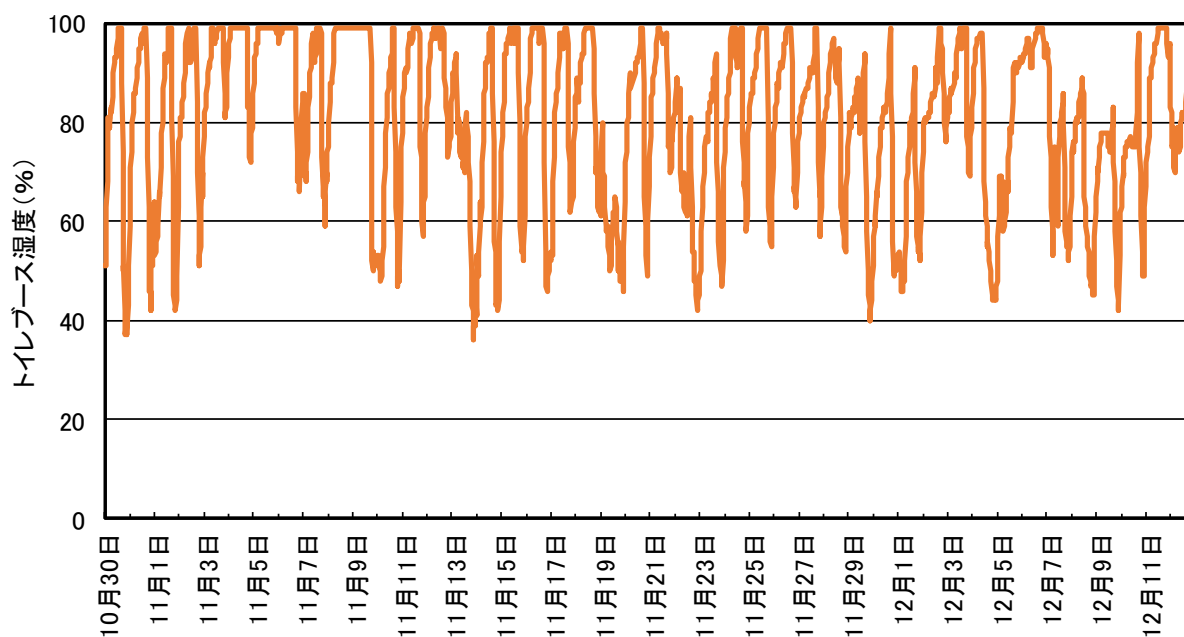


図 6-3-1-2 トイレブースの湿度の変化

表 6-3-1-1 トイレ室内の温度、湿度の最大値、最小値、平均値

	下部	
	温度 (℃)	湿度 (%)
最大値	20.8	99.0
最小値	-4.4	36.0
平均値	8.4	80.6

6-3-2 室内環境に関する許容範囲

試験期間に、本実証装置利用者への「室内環境アンケート」を実施した。有効回答数は8件。アンケート実施は試験期間を通じて行われた。回答者属性、および質問項目の集計結果を下記に示す。

（１）回答者属性

① 性別と年代

性別と年代について、図 6-3-2-1 に示す。女性からの回答は得られなかったため、男女比は 100:0 となっている。年代別（男性のみ）では 50 代と 60 代以上が多く、20 代より下の年代は見られなかった。

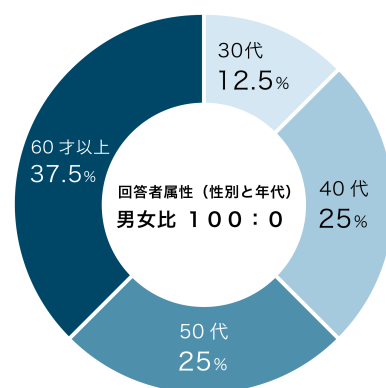


図 6-3-2-1 回答者の性別と年代

② 利用時間帯

利用時間について、図 6-3-2-2 に示す。朝～昼にかけての利用が多く、夜間はトイレを開放しておらず、利用はない。

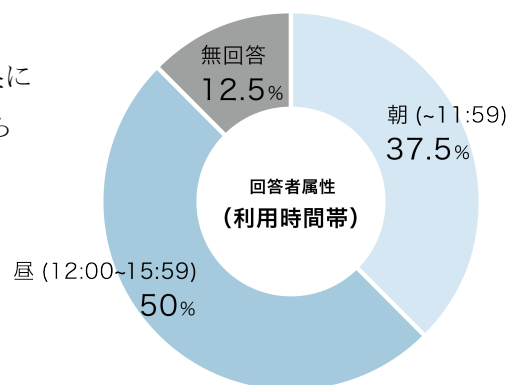


図 6-3-2-1 回答者の利用時間帯

③ 利用時の混雑状況と使用した便器の種類について

利用時の混雑状況は、「空いていた（待ちなし）」「やや混雑していた（列なし）」「非常に混雑していた（列あり）」の3段階で調査をしたところ、全員が「空いていた（待ちなし）」と回答した。

また、使用した便器の種類は全員が大便器を使用したと回答している。

（２）トイレ室内の臭気

トイレ室内の臭気について、「全く気にならない」との回答は 62.5%となっている。「許容範囲内である」との回答は 37.5%であり、臭気を気にしている旨の回答はみられない。

（３）洗浄水の色やにごり

洗浄水の色やにごりについて「全く気にならない」（75%）、「許容範囲内である」（25%）と回答しており、回答者全員が許容範囲内であると回答した。

（４）使用中のトイレ室内の機械音（装置の動作音）

使用中のトイレ室内の機械音（装置の動作音）については「全く気にならない」（25%）、「許容範囲内である」（62.5%）、「どちらともいえない」（12.5%）とあり、装置の動作音については気になる人が多かった。ただし、「不快である」という回答はなかった。

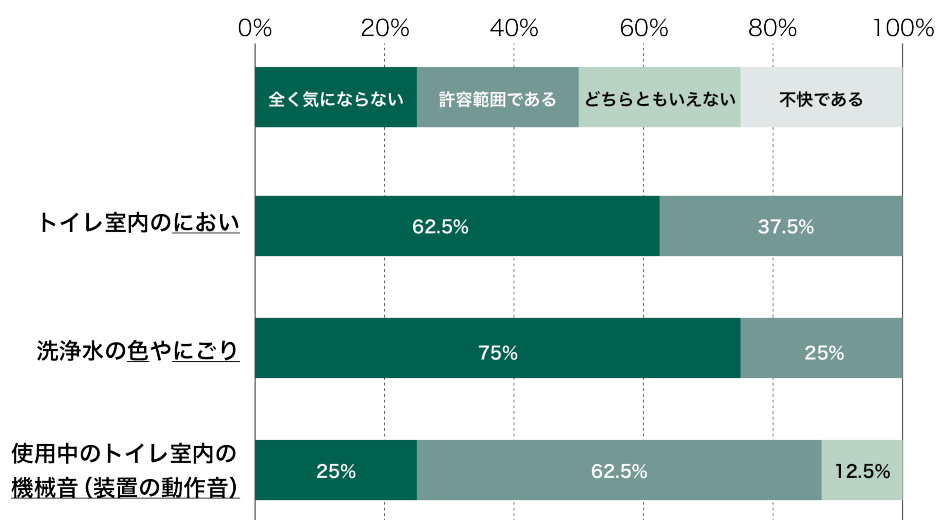


図 6-3-2-3 使用したトイレの使用感について①

（５）トイレブース内の明るさ

トイレブース内の明るさについて、「とても明るい」（25%）、「明るい」（25%）となっており、「普通」（50%）とあわせると回答者全員が普通以内であると回答している。

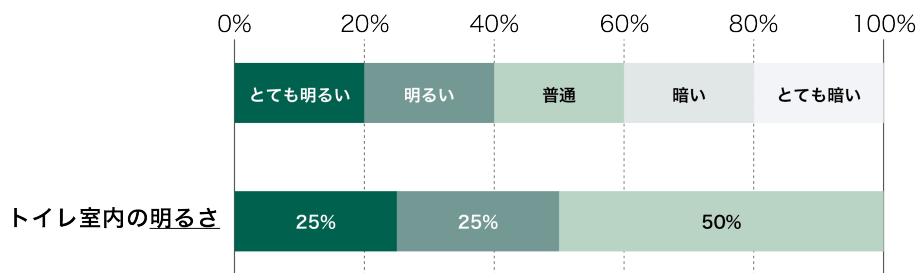


図 6-3-2-3 使用したトイレの使用感について②

6-4 周辺環境への影響

装置は処理水循環式であり、処理水が系外に排出されることは原則としてない。し尿、手洗い排水等の流入により槽内水が増加すると、処理水槽の水位が上昇するが、満水予告灯の設置といった溢流に対する予防措置が講じられていないため、槽内水が系外に排出されてしまう可能性がある。

装置における騒音の主な発生源は発電機と考えられたため、発電機から 5m 間隔の各地点で等価騒音レベル（ L_{Aeq} ）を測定した。第 2 回専門維持管理における騒音の測定結果を表 6-4-1 に示す。

発電機から 20m 離れた地点での等価騒音レベルは 49.3db であり、これは、表 6-4-2 に示す環境基本法の環境基準に当てはめると、AA 地域（療養施設、社会福祉施設等が集合して設置される地域など特に静穏を要する地域）の基準値を下回る水準であった。

また、装置は地上設置型のため掘削等はない。

表 6-4-1 騒音測定結果

	①5m 地点	①10m 地点	①15m 地点	①20m 地点
L_{Aeq} (db)	61.6	55.2	50.7	49.3

表 6-4-2 騒音に係る環境基準

地域の類型	基準値	
	昼間	夜間
AA	50 デシベル以下	40 デシベル以下
A 及び B	55 デシベル以下	45 デシベル以下
C	60 デシベル以下	50 デシベル以下

AA：療養施設、社会福祉施設等が集合して設置される地域など特に静穏を要する地域とする。

A：専ら住居の用に供される地域とする。

B：主として住居の用に供される地域とする。

C：相当数の住居と併せて商業、工業等の用に供される地域とする。

6-5 処理性能

6-5-1 現場測定結果

（１）温度経時変化の測定結果

固液分離槽、混合槽兼処理水槽 A 及び混合槽兼処理水槽 B における水温については温度データロガーを使用して測定を行った。水温の測定結果を図 6-5-1-1、外気温との比較を表 6-5-1-1 に示す。

各単位装置は地上設置型で外気の影響を受けやすいため、変動が大きかった。混合槽兼処理水槽では日替わりでオゾン処理を行っており、処理を行っている槽で水温の上昇が認められた。

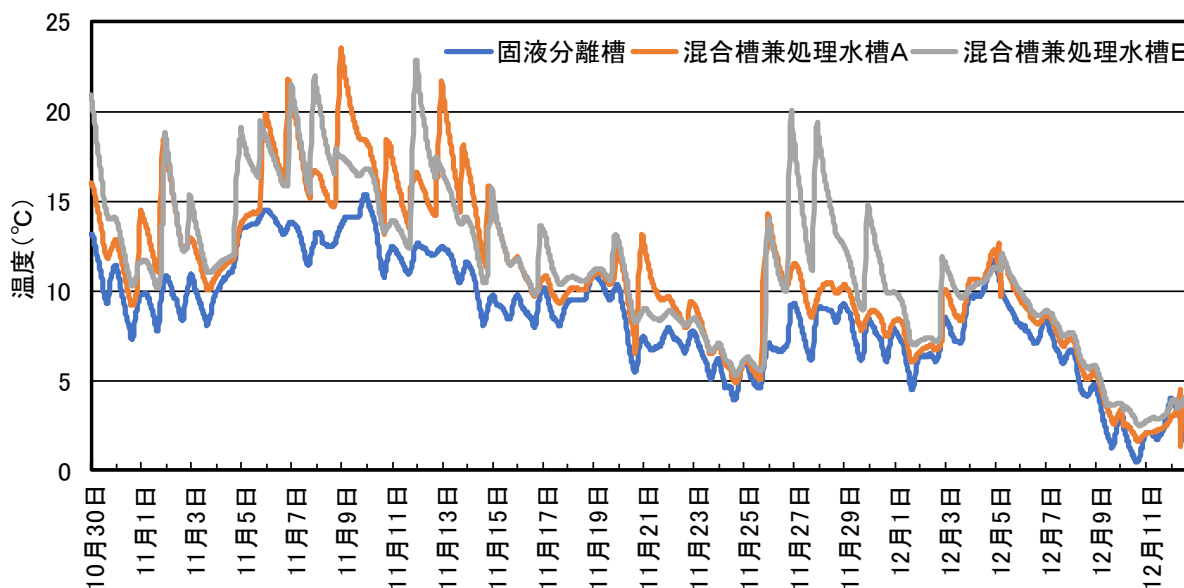


図 6-5-1-1 装置内の水温の経時変化

表 6-5-1-1 水温及び外気温

	固液分離槽	混合槽兼 処理水槽 A	混合槽兼 処理水槽 B	外気温
最大値 (°C)	15.3	23.5	22.8	20.8
最小値 (°C)	0.4	1.3	2.5	-5.7
平均値 (°C)	8.6	10.8	11.4	8.1

（２）現地調査時の測定結果

専門維持管理実施日（第 1 回：10 月 30 日、第 2 回：11 月 8 日、第 3 回：11 月 27 日）に実施した各項目の測定結果を以下に示す。専門維持管理を実施した日はいずれも混合槽兼処理水槽 B の処理を行っていた。

ア．水素イオン濃度指数（pH）

専門維持管理において測定した各槽槽内水の pH の結果を表 6-5-1-2 及び図 6-5-1-2 に示す。槽内水は pH が 7.4～8.5 を示し、アルカリ性であった。また処理工程が進むにつれて pH が上昇

する傾向が認められた。これは主に尿素の分解に伴うアンモニア生成によると考えられる。

表 6-5-1-2 各処理工程の pH

	①	②	③	④	⑤	⑥
第 1 回	7.4	8.2	8.4	8.2	8.2	8.0
第 2 回	7.4	8.0	8.5	8.4	8.4	8.2
第 3 回	7.4	7.6	8.2	8.5	8.4	8.5

①固液分離槽、②ポンプ槽、③混合タンク、④混合槽兼処理水槽 A、⑤混合槽兼処理水槽 B、⑥循環水槽

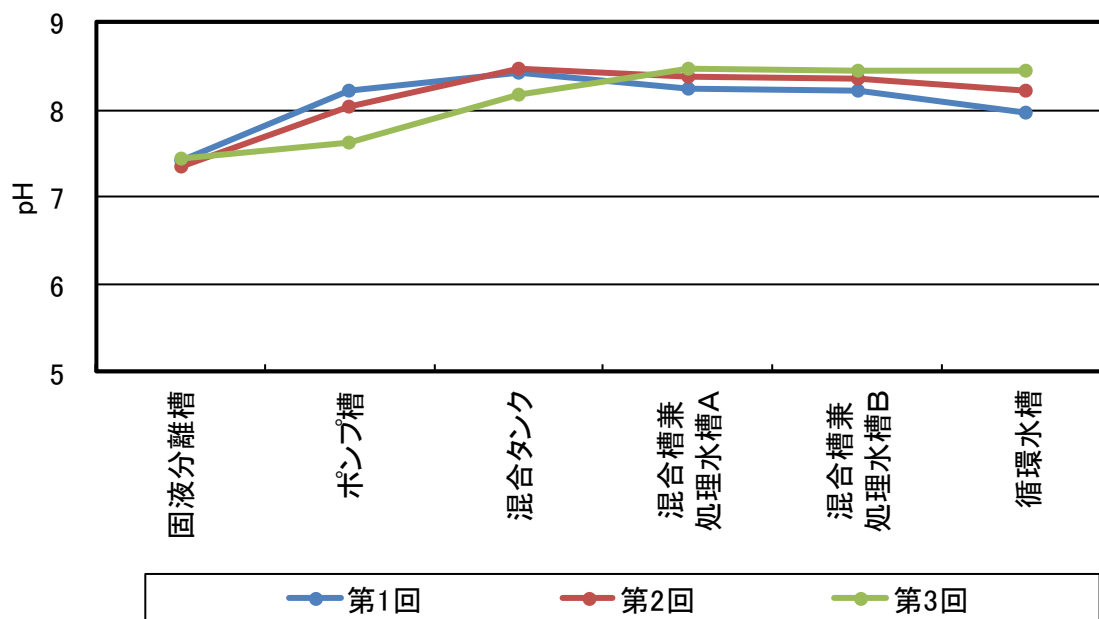


図 6-5-1-2 pH の推移

イ. 透視度

専門維持管理において測定した各槽槽内水の透視度の結果を表 6-5-1-3 及び図 6-5-1-3 に示す。

処理工程が進むにつれて透視度が上昇し、固液分離槽、ソックスフィルター及びオゾン酸化装置内のフィルターにおける固液分離及びオゾン酸化装置における酸化処理が進行していたことが確認された。第 2 回専門維持管理では循環水槽槽内水がやや白濁しており、透視度が 29cm と低くなっているが、後述する BOD や COD の測定値は第 1 回専門維持管理よりも低下していたことから、無機成分が残存していたと考えられる。

表 6-5-1-3 各処理工程の透視度

	① (cm)	② (cm)	③ (cm)	④ (cm)	⑤ (cm)	⑥ (cm)
第 1 回	2.0	3.0	3.5	29.5	29.0	42.5
第 2 回	1.5	2.0	2.0	32.0	38.0	29.0
第 3 回	2.0	2.0	2.5	45.0	33.5	62.0

①固液分離槽、②ポンプ槽、③混合タンク、④混合槽兼処理水槽 A、⑤混合槽兼処理水槽 B、⑥循環水槽

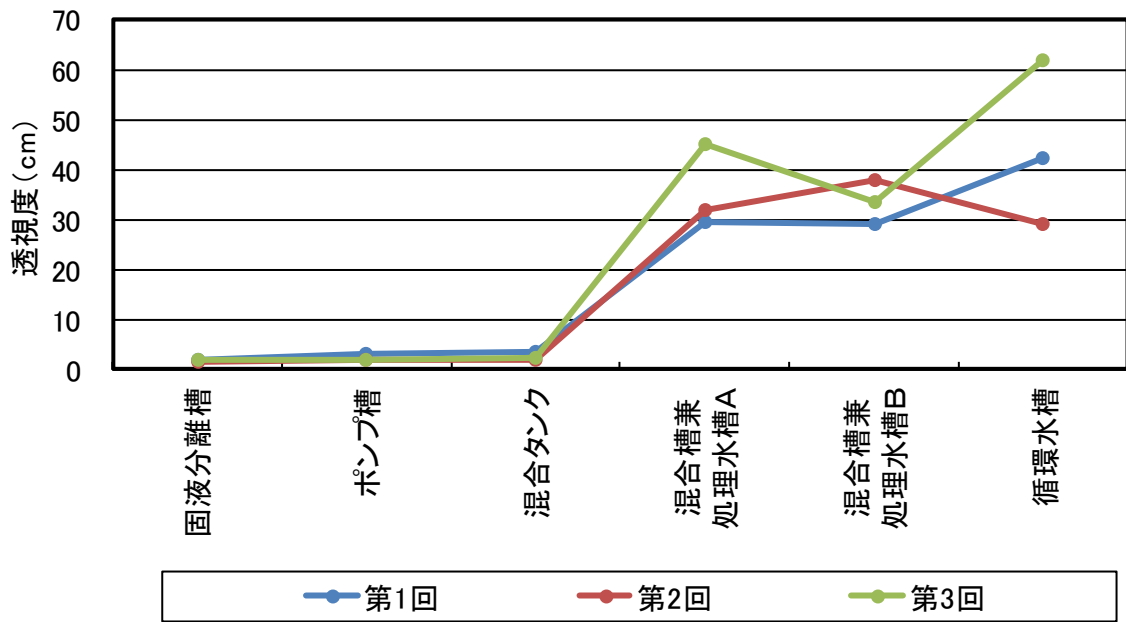


図 6-5-1-3 透視度の推移

ウ．電気伝導率（EC）

専門維持管理において測定した各槽内水の電気伝導率の結果を表 6-5-1-5 及び図 6-5-1-5 に示す。

ポンプ槽又は混合タンクにおける電気伝導率が高く、処理工程が進むにつれて値が低下した。固液分離槽は、洋式便器排水のみが流入する構造となっているが、洋式便器は小便器と比較して 1 回当たりのフラッシュ水量が多く、循環水による希釈の影響を受けやすいため、電気伝導率は比較的低くなっている。混合タンク以降の処理工程においては、電気伝導率の高い前段の槽からの移流水と元々の槽内水が混合され、順次電気伝導率が低下する。

また、試験開始からの日数の経過に伴い電気伝導率は上昇した。

表 6-5-1-5 各処理工程の電気伝導率

	① (mS/m)	② (mS/m)	③ (mS/m)	④ (mS/m)	⑤ (mS/m)	⑥ (mS/m)
第 1 回	221	257	274	229	224	214
第 2 回	288	424	413	275	269	240
第 3 回	350	393	413	332	321	311

①固液分離槽、②ポンプ槽、③混合タンク、④混合槽兼処理水槽 A、⑤混合槽兼処理水槽 B、⑥循環水槽

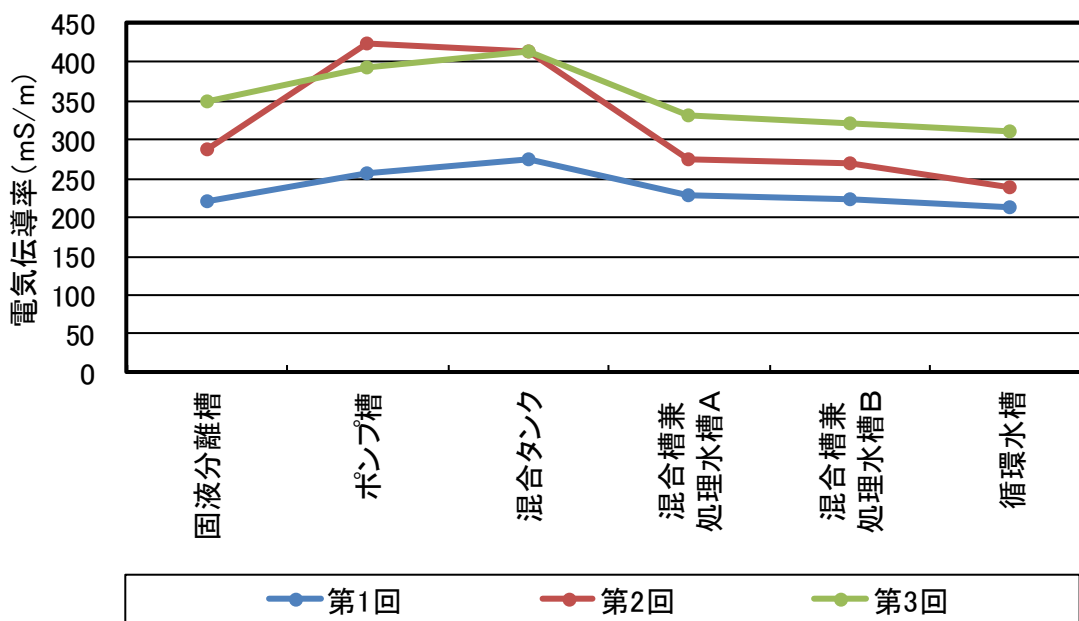


図 6-5-1-5 電気伝導率の推移

オ. 色相

専門維持管理において測定した各槽内水の色相の結果を表 6-5-1-6 に示す。

固液分離槽、ポンプ槽及び混合タンクは黄土色を呈していたが、オゾン酸化処理が行われた後の混合槽兼処理水槽及び洗浄水として使用される循環水槽の槽内水は無色となっていた。なお、第 2 回専門維持管理における混合タンク槽内水は、槽底部に堆積した汚泥を攪拌混合して採取したため褐色を呈している。

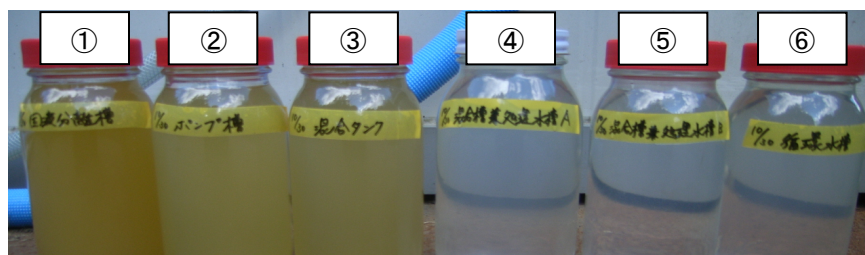
表 6-5-1-6 各処理工程の色相

	①	②	③	④	⑤	⑥
第 1 回	黄土	黄土	黄土	無	無	無
第 2 回	黄土	黄土	黄土 (褐色)	無	無	無
第 3 回	黄土	黄土	黄土 (微褐色)	無	無	無

①固液分離槽、②ポンプ槽、③混合タンク、④混合槽兼処理水槽 A、⑤混合槽兼処理水槽 B、⑥循環水槽

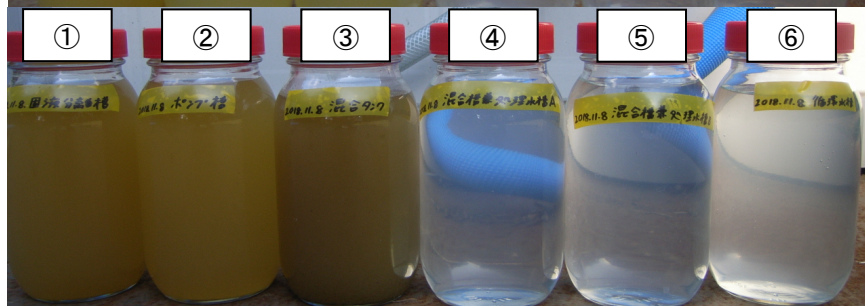
第 1 回

平成 30 年 10 月 30 日



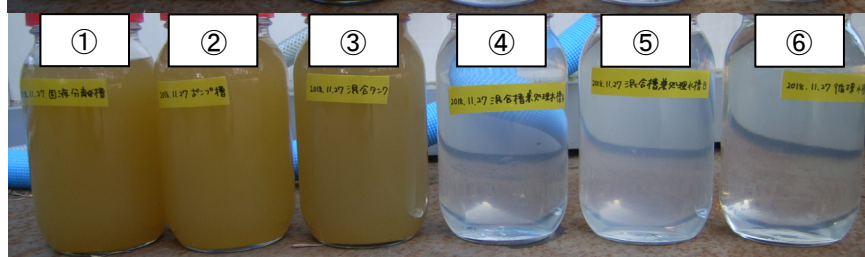
第 2 回

平成 30 年 11 月 8 日



第 3 回

平成 30 年 11 月 27 日



①固液分離槽、②ポンプ槽、③混合タンク、④混合槽兼処理水槽 A、⑤混合槽兼処理水槽 B、⑥循環水槽

図 6-5-1-6 試料の外観

カ. 汚泥蓄積状況

専門維持管理において測定した各槽のスカム厚及び堆積汚泥厚の結果を表 6-5-1-7 に示す。

スカムは各回の専門維持管理において、固液分離槽でのみ確認された。

第 1 回専門維持管理においては、固液分離槽で堆積汚泥が確認された。第 2 回専門維持管理においては、固液分離槽及びポンプ槽で堆積汚泥が確認された。第 3 回専門維持管理においては、固液分離槽及び混合タンクで堆積汚泥が確認された。

表 6-5-1-7 各処理工程のスカム厚及び堆積汚泥厚

		① (cm)	② (cm)	③ (cm)	④ (cm)	⑤ (cm)	⑥ (cm)	⑦ (cm)	⑧ (cm)
第 1 回	スカム厚	2	2	0	0	0	0	0	0
	汚泥厚	2	2	2	0	0	0	0	0
第 2 回	スカム厚	3	3	0	0	0	0	0	0
	汚泥厚	14	12	8	1	1	0	0	0
第 3 回	スカム厚	2	1	1	0	0	0	0	0
	汚泥厚	10	14	11	0	7 (希薄)	0	0	0

①固液分離槽（流入部）、②固液分離槽（中間部）、③固液分離槽（流出部）、④ポンプ槽、⑤混合タンク、⑥混合槽兼処理水槽 A、⑦混合槽兼処理水槽 B、⑧循環水槽

キ. 臭気測定結果

専門維持管理の実施日におけるトイレブース内及びオゾン酸化装置の臭気測定結果を表 6-5-1-8 に、槽内水の臭気測定結果を表 6-5-1-9 に示す。なお、トイレブース内及びオゾン酸化装置の臭気測定は検知管法で行い、槽内水の臭気測定は嗅覚により行った。

表 6-5-1-8 トイレブース内及びオゾン酸化装置の臭気

	トイレブース		オゾン酸化装置
	硫化水素 (ppm)	アンモニア (ppm)	オゾン (ppm)
第 1 回 : 平成 30 年 10 月 30 日	ND	ND	ND
第 2 回 : 平成 30 年 11 月 8 日	ND	ND	ND
第 3 回 : 平成 30 年 11 月 27 日	ND	ND	ND

ND : 0.1ppm 未満

表 6-5-1-9 槽内水の臭気

	①	②	③	④	⑤	⑥
第 1 回	中 (し尿臭)	多 (アンモニア臭)	多 (アンモニア臭)	微 (オゾン臭)	微 (オゾン臭)	無
第 2 回	多 (し尿臭)	多 (アンモニア臭)	多 (アンモニア臭)	微 (オゾン臭)	微 (オゾン臭)	無
第 3 回	中 (し尿臭)	中 (アンモニア臭)	少 (アンモニア臭)	微 (オゾン臭)	微 (オゾン臭)	無

①固液分離槽、②ポンプ槽、③混合タンク、④混合槽兼処理水槽 A、⑤混合槽兼処理水槽 B、⑥循環水槽

試験期間を通して、トイレブース内でアンモニア及び硫化水素ガスが検出されることはなかった。槽内水の臭気は、固液分離槽、ポンプ槽及び混合タンクにおいて検出されたが、その他の試料では臭気を確認されず、処理水の無臭化が実現されていた。また、オゾン酸化装置排気口周辺においても、オゾンガスは検出されなかった。

ク. 溶存オゾン

専門維持管理において測定した各槽槽内水の溶存オゾンの結果を表 6-5-1-10 に示す。

試験期間を通して、いずれの槽からも溶存オゾンが検出されることはなかった。

表 6-5-1-10 各単位装置における溶存オゾン

	混合槽兼処理水槽 A (mg/L)	混合槽兼処理水槽 B (mg/L)	循環水槽 (mg/L)
第 1 回	0.0	0.0	0.0
第 2 回	0.0	0.0	0.0
第 3 回	0.0	0.0	0.0

ケ. 水位及び水量

事前調査及び専門維持管理の実施日における各槽の水位及び水量を表 6-5-1-10 及び図 6-5-1-7 に示す。

表 6-5-1-10 各単位装置における水位及び水量

	第 1 回		第 2 回		第 3 回	
	水位 (mm)	水量 (L)	水位 (mm)	水量 (L)	水位 (mm)	水量 (L)
固液分離槽	—	150.0	—	150.0	—	150.0
ポンプ槽	120	26.6	165	36.6	160	35.5
混合タンク	210	76.7	110	35.3	275	108.0
混合槽兼処理水槽 A	250	171.5	250	171.5	199	132.3
混合槽兼処理水槽 B	362	253.6	353	247.1	298	207.9
循環水槽	322	135.9	438	185.7	510	217.7
合計	—	814.4	—	826.3	—	851.4

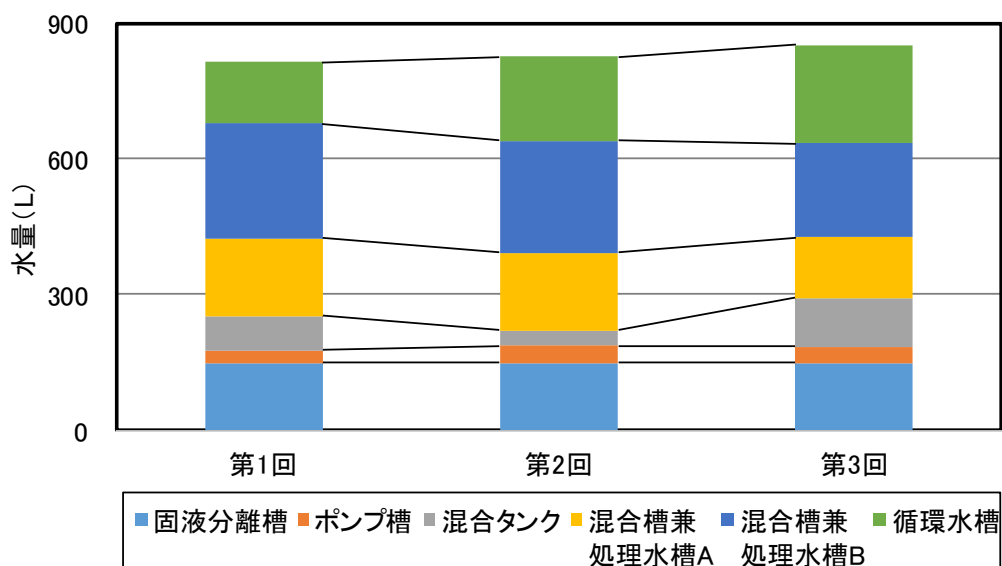


図 6-5-1-7 各単位装置における水量

第 1 回専門維持管理から第 3 回専門維持管理の間に著しい水量の増加は認められなかった。トイレ使用回数と装置内保持水量の相関から、使用 1 回当たり保持水量が約 0.18L 増加した。第 1 回専門維持管理から第 3 回専門維持管理の間のトイレ使用回数は 133 回であり、水道水補充量から試算したトイレ使用 1 回当たりの水道水消費量 (1.42L/回) を用いると、この間 189L の水道水が流入したことになる。しかし、第 1 回専門維持管理から第 3 回専門維持管理までに増加した保持水量は 37L であることから、相当量の水分が蒸発していると考えられる。そのため、試験期間中に余剰水は発生していない。

6-5-2 試料分析結果

（１）水質分析結果

専門維持管理実施日（第１回：10月30日、第２回：11月8日、第３回：11月27日）に採取した試料の分析結果を表 6-5-2-1～表 6-5-2-2 に示す。

表 6-5-2-1 採取試料の分析結果

■ 第1回（試料採取日：平成30年10月30日）

試料名	SS (mg/L)	BOD (mg/L)	ATU- BOD (mg/L)	溶解性 BOD (mg/L)	COD (mg/L)	溶解性 COD (mg/L)	TOC (mg/L)	溶解性 TOC (mg/L)
固液分離槽流出水	330	340	300	130	370	244	791	202
ポンプ槽槽内水	120	200	200	130	245	188	364	156
循環水槽槽内水	11	110	110	58	271	225	177	177
混合タンク槽内水	116	—	—	—	—	—	—	—

試料名	T-N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	色度 (度)	大腸菌群 (個/mL)
固液分離槽流出水	256	178	ND	0.5	160	864	—
ポンプ槽槽内水	267	226	ND	0.3	185	408	—
循環水槽槽内水	207	176	1.77	7.7	165	0	51

■ 第2回（試料採取日：平成30年11月8日）

試料名	SS (mg/L)	BOD (mg/L)	ATU- BOD (mg/L)	溶解性 BOD (mg/L)	COD (mg/L)	溶解性 COD (mg/L)	TOC (mg/L)	溶解性 TOC (mg/L)
固液分離槽流出水	545	760	580	490	470	341	674	398
ポンプ槽槽内水	290	840	630	500	451	405	657	505
循環水槽槽内水	12	73	49	48	222	182	127	120
混合タンク槽内水	387	—	—	—	—	—	—	—

試料名	T-N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	色度 (度)	大腸菌群 (個/mL)
固液分離槽流出水	272	189	ND	0.8	191	525	—
ポンプ槽槽内水	449	369	ND	0.6	217	495	—
循環水槽槽内水	178	145	0.20	7.5	163	24	44

■ 第3回（試料採取日：平成30年11月27日）

試料名	SS (mg/L)	BOD (mg/L)	ATU- BOD (mg/L)	溶解性 BOD (mg/L)	COD (mg/L)	溶解性 COD (mg/L)	TOC (mg/L)	溶解性 TOC (mg/L)
固液分離槽流出水	550	680	530	340	521	346	644	397
ポンプ槽槽内水	373	720	710	440	451	371	611	439
循環水槽槽内水	6	26	23	17	138	134	105	101
混合タンク槽内水	250	—	—	—	—	—	—	—

試料名	T-N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	色度 (度)	大腸菌群 (個/mL)
固液分離槽流出水	408	331	0.01	0.2	188	472	—
ポンプ槽槽内水	458	388	0.01	0.2	251	472	—
循環水槽槽内水	358	300	0.04	0.5	222	16	30未満

ND：NO₂-N 0.01mg/L 未満

ア. 浮遊物質（SS）

各槽槽内水の SS の推移を図 6-5-2-1 に示す。

第 1 回専門維持管理では、固液分離槽流出水の SS は 330mg/L であったが、ポンプ槽で小便器排水と混合されることにより 120mg/L まで低下した。ソックスフィルター通過後の混合タンク槽内水の SS がポンプ槽流出水の SS と同水準（116mg/L）であったことから、ポンプ槽流出水に含まれる SS はソックスフィルターに捕捉されない程度の粒径の小さな SS であったといえる。循環水槽の槽内水は SS が 11mg/L ときわめて低く、オゾン酸化装置における SS の分解及び装置内のフィルターによるろ過の効果が認められる。

第 2 回専門維持管理では、第 1 回専門維持管理と比較して固液分離槽流出水の SS が上昇しており（545mg/L）、固液分離槽内の汚泥の蓄積に伴い流出 SS が増加したと考えられる。ポンプ槽槽内水は固液分離槽流出水が小便器排水で希釈されるため固液分離槽流出水よりも低い SS（290mg/L）を示した。混合タンク槽内水の SS がポンプ槽槽内水の SS よりも高い値を示したのは、混合タンク槽内水の採取時に槽底部に堆積した汚泥を攪拌し、その混合物を採取したことが原因である。循環水槽槽内水の SS は 12mg/L ときわめて低かった。

第 3 回専門維持管理では、固液分離槽流出水の SS が 550mg/L で第 2 回専門維持管理と近似した。ポンプ槽槽内水の SS が 373mg/L であったのに対し、混合タンク槽内水の SS は 250mg/L と濃度低下が認められた。混合タンク槽内水として採取した試料は、槽内に設置された排水ポンプ付近からスポイト式採水器を用いて採取した試料であり、流出水と同等とみなすことができる。ポンプ槽槽内水と混合タンク槽内水の濃度差は、ソックスフィルターによる SS のろ過及び混合タンク内での SS の沈殿除去に起因する。循環水槽槽内水の SS は 6mg/L ときわめて低かった。

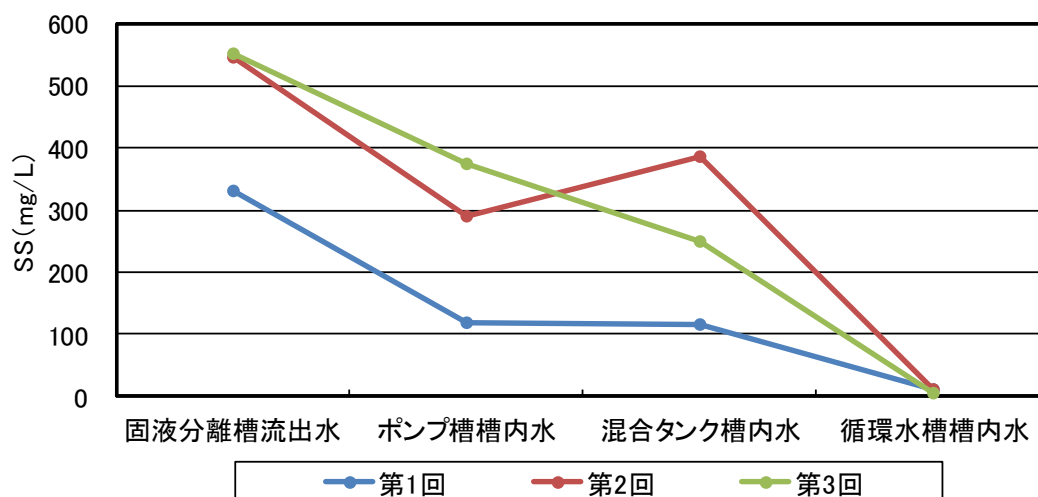


図 6-5-2-1 SS の推移

イ. 生物化学的酸素要求量（BOD）

各槽槽内水の BOD、硝化を抑制した生物化学的酸素要求量（ATU-BOD）及び溶解性 BOD の推移を図 6-5-2-2～6-5-2-4 に示す。

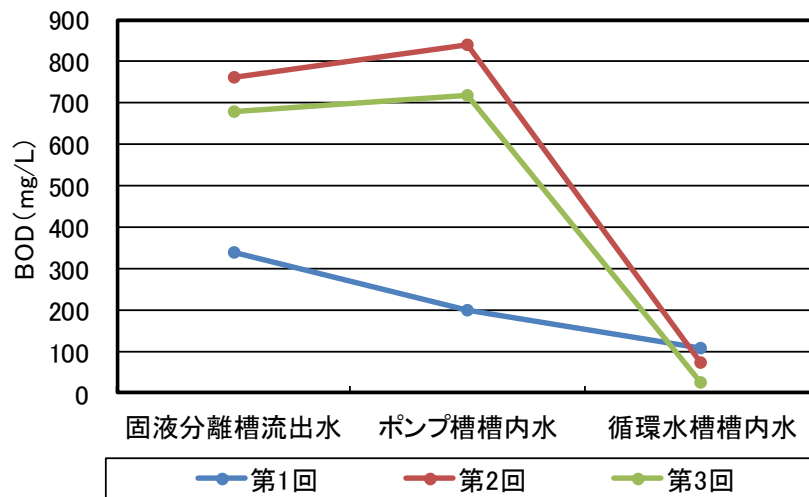


図 6-5-2-2 BOD の推移

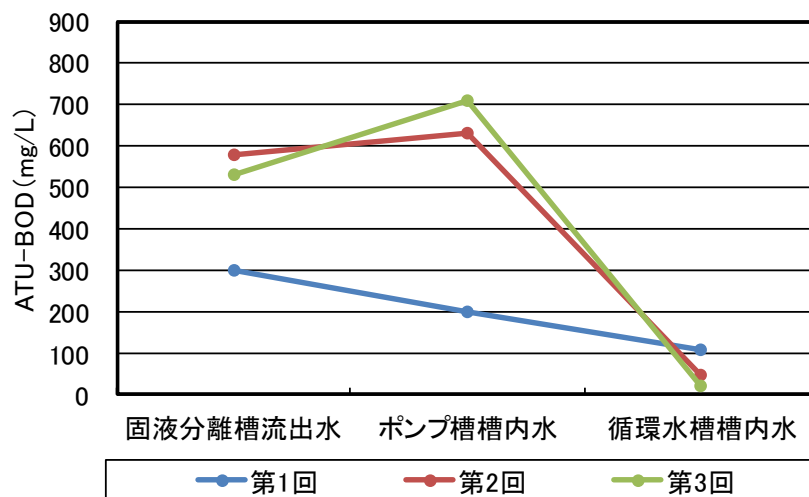


図 6-5-2-3 ATU-BOD の推移

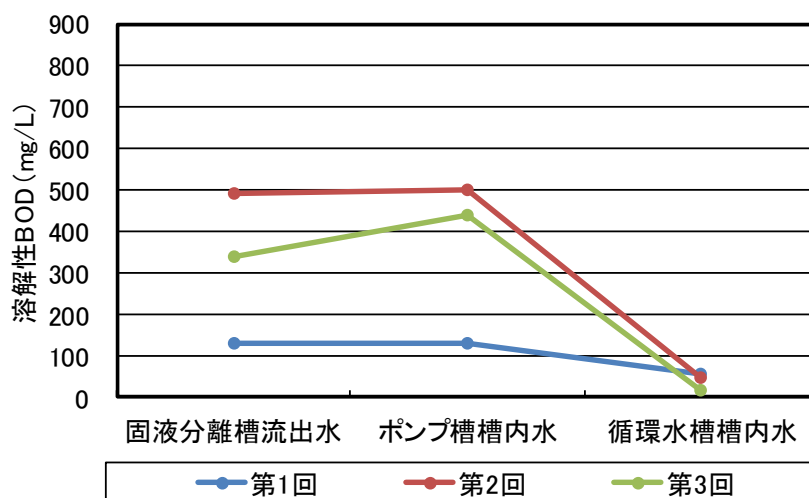


図 6-5-2-4 溶解性 BOD の推移

第1回専門維持管理では、処理工程が進むにつれて順次 BOD が低下したが、循環水槽では 110mg/L を示し、処理能力の性能提示値（BOD 100mg/L 以下）をわずかに超過した。

第2回専門維持管理では、固液分離槽流出水の BOD が第1回専門維持管理よりも上昇しており、固液分離槽内の汚泥の蓄積に伴い流出 SS が増加した影響と考えられる。ポンプ槽槽内水は固液分離槽流出水よりもやや高い BOD を示しており、循環水槽槽内水は処理能力の性能提示値を下回る 73mg/L を示した。

第3回専門維持管理では、第2回専門維持管理と近似した BOD を示し、循環水槽槽内水の BOD は 26mg/L と性能提示値を下回っていた。

ウ. 化学的酸素要求量（COD）

各槽槽内水の COD 及び溶解性 COD の推移を図 6-5-2-5～6-5-2-6 に示す。

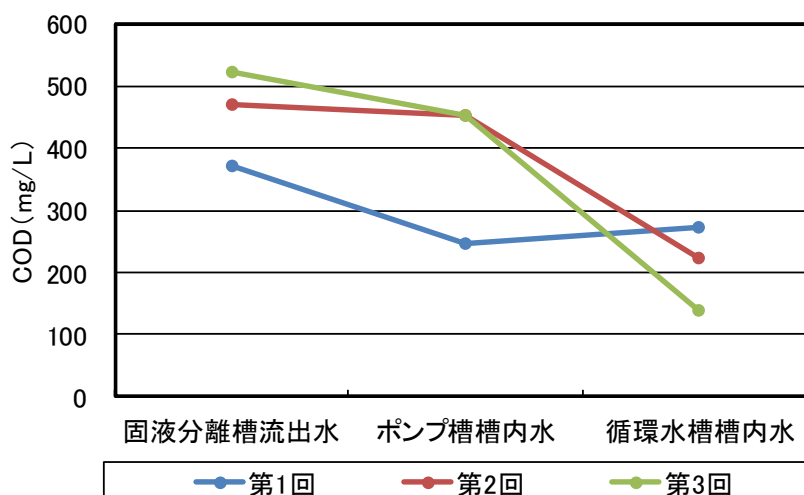


図 6-5-2-5 COD の推移

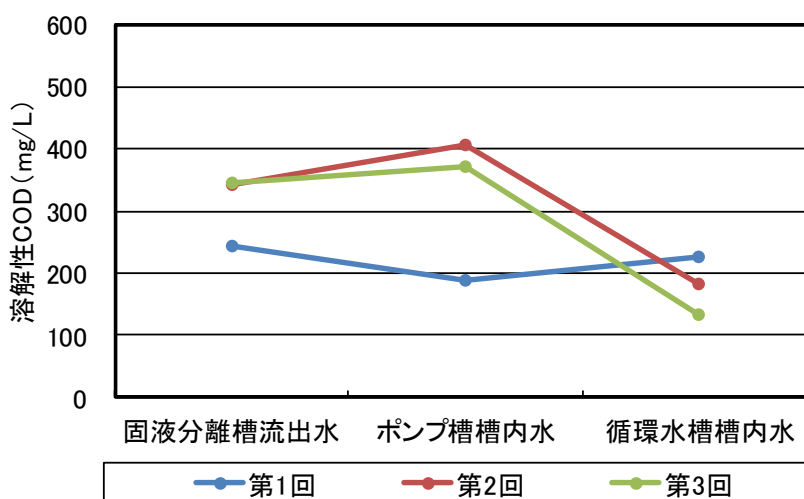


図 6-5-2-6 溶解性 COD の推移

処理工程ごとの COD の変化は BOD と類似しており、第1回専門維持管理では固液分離槽流出水

及びポンプ槽槽内水の COD が低いものの、循環水槽槽内水の COD がやや高い傾向を示した。第 2 回及び第 3 回専門維持管理においては、固液分離槽流出水及びポンプ槽槽内水の COD が第 1 回と比べて上昇していたが、循環水槽槽内水の COD はいずれも第 1 回より低く、第 2 回が 182mg/L、第 3 回が 138mg/L であった。

循環水槽槽内水の COD/BOD の値は、第 1 回専門維持管理が 2.47、第 2 回が 3.04、第 3 回が 5.30 と上昇していったことから、生物分解性の高い有機物が優先的に酸化され、槽内水に含まれる生物分解性の低い有機物の比率が上昇したことが確認された。

エ. 有機体炭素（TOC）

各槽槽内水の TOC 及び溶解性 TOC の推移を図 6-5-2-7～6-5-2-8 に示す。

COD と同様、第 2 回及び第 3 回専門維持管理における処理状況が近似しており第 2 回専門維持管理以降は定常状態に至っていたと考えられる。

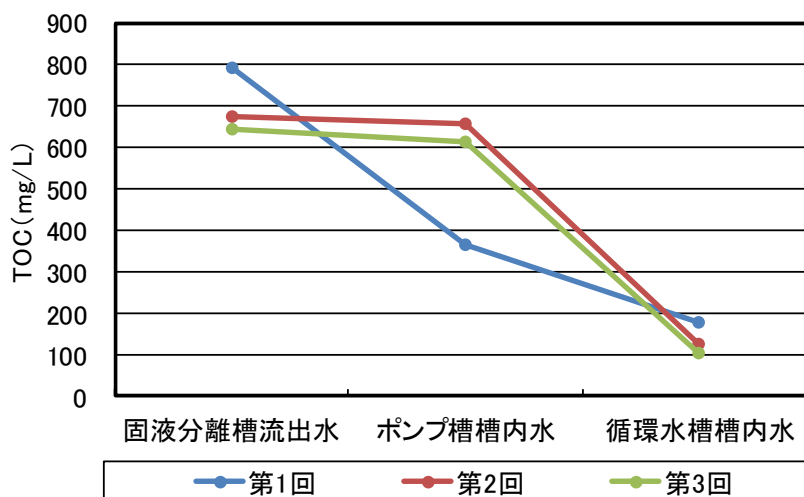


図 6-5-2-7 TOC の推移

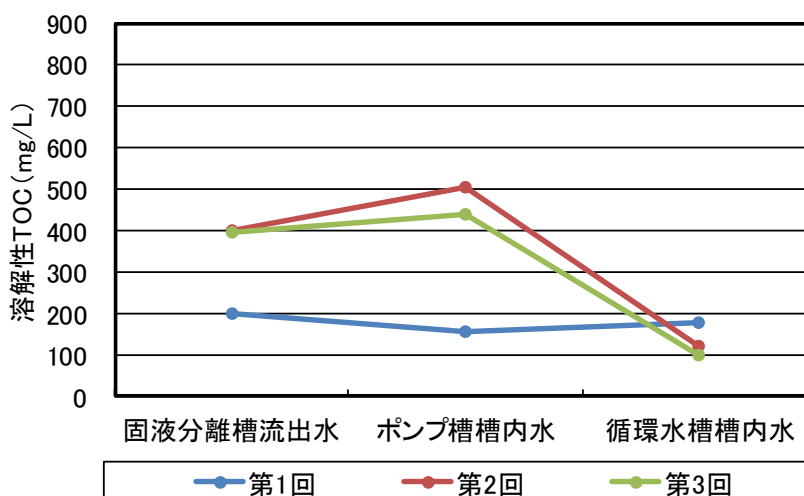


図 6-5-2-8 溶解性 TOC の推移

オ. 窒素

各槽槽内水の全窒素の推移を図 6-5-2-9 に、各試料の窒素形態を図 6-5-2-10～図 6-5-2-12 に示す。

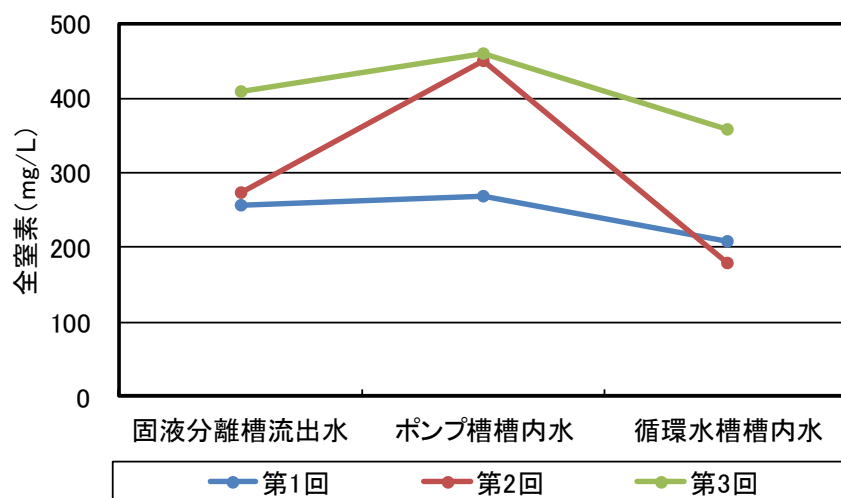


図 6-5-2-9 全窒素の推移

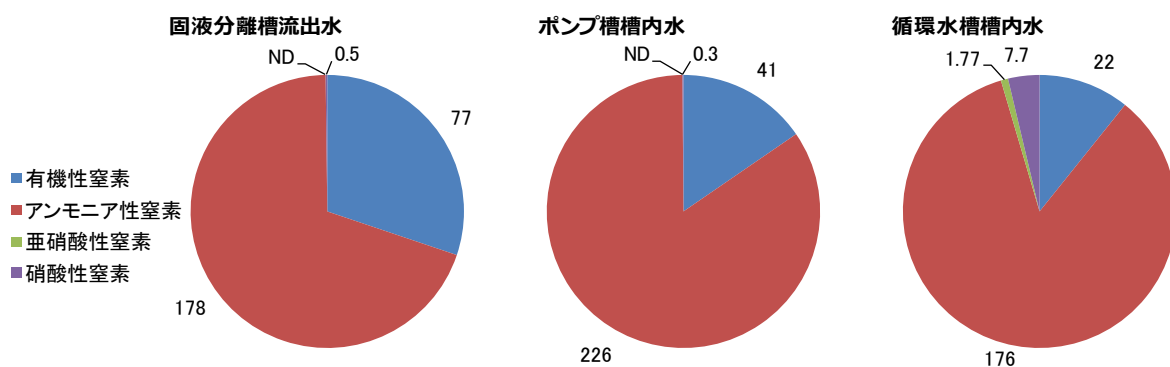


図 6-5-2-10 第1回専門維持管理における各試料の窒素形態

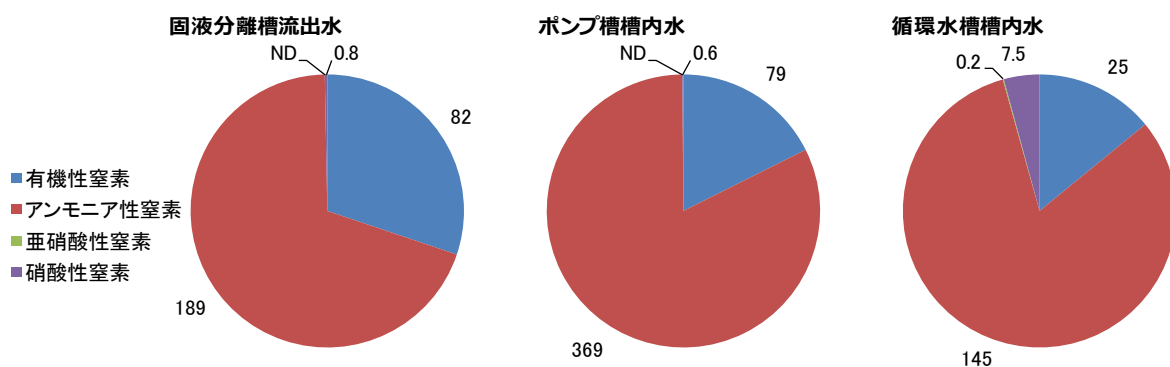


図 6-5-2-11 第2回専門維持管理における各試料の窒素形態

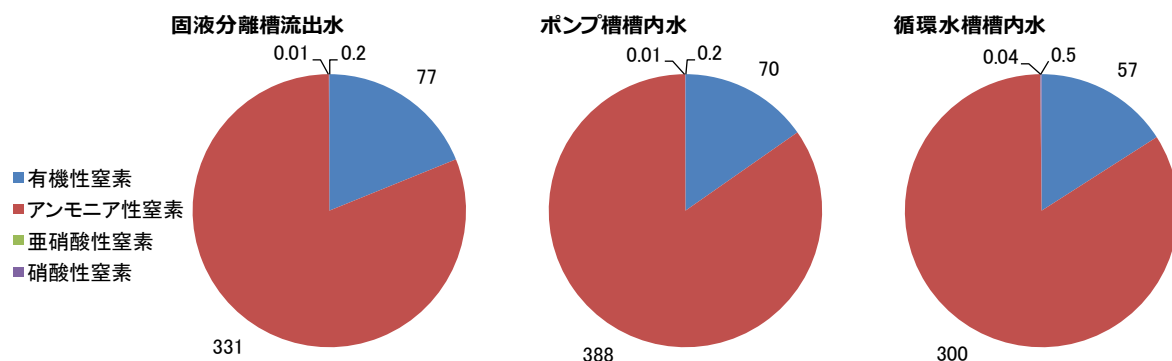


図 6-5-2-12 第 3 回専門維持管理における各試料の窒素形態

いずれの専門維持管理においても固液分離槽流出水に比べてポンプ槽槽内水の全窒素濃度が高く、また、ポンプ槽槽内水に比べて循環水槽槽内水の全窒素濃度が低くなった。全窒素の内訳は、有機性窒素及びアンモニア性窒素が大部分を占めており、第 1 回及び第 2 回専門維持管理における循環水槽槽内水については硝酸性窒素がわずかに検出された。

ポンプ槽では、固液分離槽流出水に対して小便器排水が流入するが、小便器の洗浄水量が少ないため小便器排水の窒素濃度が高く、それらが混入したポンプ槽槽内水は固液分離槽流出水よりも窒素濃度が高く検出された。

オゾン酸化装置における処理の過程で窒素濃度の低下が認められるが、高 pH 条件であることからアンモニアストリッピングによる窒素除去が進行したと推測される。また、循環水槽槽内水から硝酸性窒素が検出された時期には、オゾン酸化装置において硝化反応、固液分離槽及びポンプ槽において脱窒反応が進行したと考えられる。

カ. 塩化物イオン (Cl^-)

各槽槽内水の塩化物イオンの推移を図 6-5-2-13 に示す。

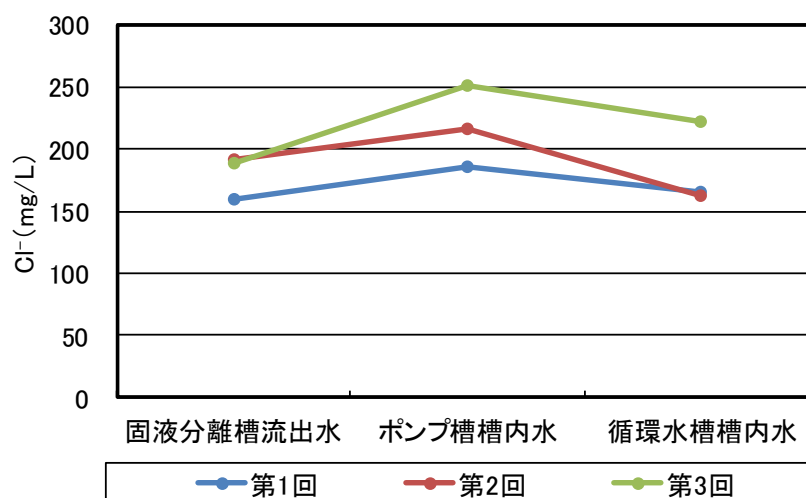


図 6-5-2-13 塩化物イオンの推移

塩化物イオンは、いずれの専門維持管理でもポンプ槽槽内水が最も高濃度であった。第1回専門維持管理から第3回専門維持管理にかけて塩化物イオンが高濃度化する傾向が認められた。

キ. 色度

各槽槽内水の色度の推移を図 6-5-2-14 に示す。

固液分離槽流出水及びポンプ槽槽内水は高い色度を示したが、循環水槽槽内水はきわめて低い色度を示し、オゾン酸化装置による脱色効果が確認された。

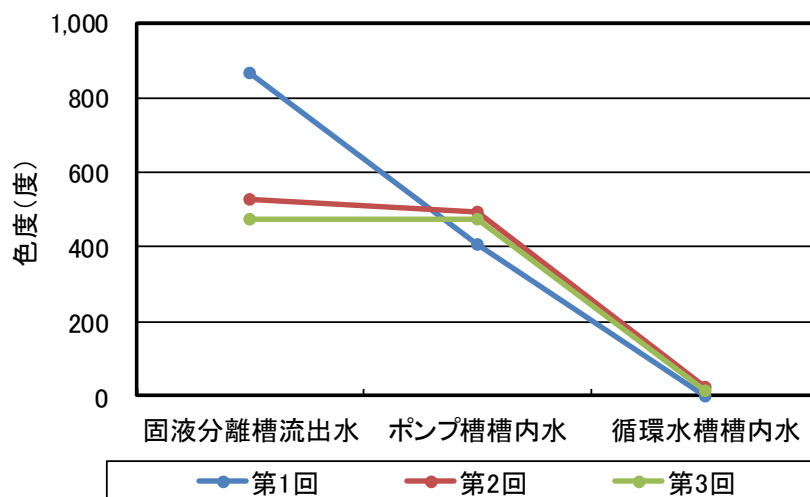


図 6-5-2-14 色度の推移

ク. 大腸菌群

循環水槽槽内水の大腸菌群数を表 6-5-2-2 に示す。

循環水槽槽内水の大腸菌群数は、最も高かった第2回専門維持管理においても 51 個/mL であり、トイレ洗浄水の衛生上の安全性は確保されていた。

表 6-5-2-2 循環水槽槽内水の大腸菌群数

	大腸菌群数 (個/mL)
第1回：平成30年10月30日	51
第2回：平成30年11月8日	44
第3回：平成30年11月27日	30未満

6-5-3 処理性能のまとめ

試験の結果、本処理方式における処理性能に関して得られた知見を以下に示す。

<現場測定結果>

地上設置型であり、建屋等の内部に処理施設が設置されていないため、外気温の低下とともに各

単位装置の槽内水も温度が低下する。生物処理が用いられていないため、槽内水の温度低下により処理が妨げられることはないが、配管内の水が凍結することにより、小便器フラッシュバルブが破損するトラブルが起きているため、寒冷地に設置する場合には凍結対策が必要となる。

固液分離槽内水は pH が 7.4 を示し、ほぼ中性であった。処理工程が進むにつれて pH が上昇する傾向が認められ、これは、主に尿素の分解に伴うアンモニア生成が原因と考えられる。

処理工程が進むにつれて透視度が上昇し、固液分離槽及び各種フィルターによる固液分離及びオゾンによる酸化処理が進行していたことが確認された。第 2 回専門維持管理では循環水槽槽内水がやや白濁しており、透視度が 29cm と低くなっているが、BOD や COD の測定値は第 1 回専門維持管理よりも低下していたことから、無機成分が残存していたと考えられる。

ポンプ槽又は混合タンクにおける電気伝導率が高く、処理工程が進むにつれて値が低下した。固液分離槽は、洋式便器排水のみが流入する構造となっているが、洋式便器は小便器と比較して 1 回当たりのフラッシュ水量が多く、循環水による希釈の影響を受けやすいため、電気伝導率は比較的低くなっている。混合タンク以降の処理工程においては、電気伝導率の高い前段の槽からの移流水と元々の槽内水が混合され、順次電気伝導率が低下する。試験開始からの日数の経過に伴い電気伝導率は上昇した。

固液分離槽、ポンプ槽及び混合タンクは、黄土色を呈していたが、オゾン酸化処理が行われた後の混合槽兼処理水槽及び洗浄水として使用される循環水槽の槽内水は無色であり、オゾン酸化処理により脱色が実現された。

スカムは各回の専門維持管理において、固液分離槽で 1～3cm 認められた。また、堆積汚泥は各回の専門維持管理においては固液分離槽で、第 2 回専門維持管理ではポンプ槽及び混合タンクで、第 3 回専門維持管理では混合タンクで確認された。混合タンクにおいて確認された堆積汚泥は、厚密されたものではなく希薄な汚泥であった。

試験期間を通して、トイレブース内でアンモニア及び硫化水素ガスが検出されることはなかった。槽内水の臭気は、固液分離槽、ポンプ槽及び混合タンクにおいて検出されたが、オゾン酸化処理が行われた後の槽内水では臭気が確認されず、無臭化が実現されていた。また、高性能オゾン酸化装置排気口周辺においてもオゾンは検出されなかった。槽内水溶存オゾンも同様に検出されなかった。

第 1 回専門維持管理から第 3 回専門維持管理の間に著しい水量の増加は認められず、使用回数との相関から、使用 1 回当たり約 0.8L 水量が増加したと試算された。

< 試料分析結果 >

固液分離槽流出水の SS は第 1 回専門維持管理の際が 330mg/L、第 2 回が 545mg/L、第 3 回が 550mg/L であり、汚泥の蓄積に伴い上昇する傾向が認められた。ポンプ槽槽内水は固液分離槽流出水が小便器排水で希釈された性状であるため、ポンプ槽槽内水 SS は 120～373mg/L と固液分離槽流出水よりも低濃度であった。循環水槽の槽内水はソックスフィルターによるろ過、オゾン酸化装置における SS の分解及び装置内のフィルターによるろ過の効果により、6～12mg/L ときわめて低い SS を示した。

トイレ用中性洗剤が多量に流入した時期に、循環水槽槽内水の BOD が処理能力の性能提示値をわずかに超過する 110mg/L を示したが、その後、値が低下していき、第 2 回専門維持管理では 73mg/L、第 3 回専門維持管理では 26mg/L と性能提示値を下回った。

固液分離槽流出水の COD が専門維持管理を重ねるごとに上昇したのに対して、循環水槽槽内水の COD は低下していった。循環水槽槽内水の COD/BOD の値は、第 1 回専門維持管理が 2.47、第 2 回が 3.04、第 3 回が 5.30 と上昇していったことから、生物分解性の高い有機物が優先的に酸化され、槽内水に含まれる生物分解性の低い有機物の比率が上昇したことが確認された。

いずれの専門維持管理においても固液分離槽流出水に比べてポンプ槽槽内水の全窒素濃度が高く、また、ポンプ槽槽内水に比べて循環水槽槽内水の全窒素濃度が低くなった。全窒素の内訳は、有機性窒素及びアンモニア性窒素が大部分を占めており、第 1 回及び第 2 回専門維持管理における循環水槽槽内水については硝酸性窒素がわずかに検出された。

塩化物イオンは、いずれの専門維持管理でもポンプ槽槽内水が最も高濃度であった。第 1 回専門維持管理から第 3 回専門維持管理にかけて塩化物イオンが高濃度化する傾向が認められた。

固液分離槽流出水及びポンプ槽槽内水は高い色度を示したが、循環水槽槽内水はきわめて低い色度を示し、オゾン酸化装置による脱色効果が確認された。

循環水槽槽内水の大腸菌群数は、最も高かった第 2 回専門維持管理においても 51 個/mL であり、トイレ洗浄水の衛生上の安全性は確保されていた。

6-6 試験結果の全体的まとめ

<稼働条件・状況>

装置の設置場所における気温は、測定開始（10/30）から 11 月中旬まで日間平均気温が 10℃以上となる日が多かったが、試験期間の終了段階である 12 月には日間平均気温が 10℃を下回った。

試験期間における最高気温は 20.8℃、最低気温は -5.7℃であった。

各種装置への通電時間（発電機稼働時間）は 8 時間/日となっており、土曜日は稼働させていない。通電時、常時稼働している装置は高性能オゾン酸化装置（3kW）及び温水便座の温座機能のみである。高性能オゾン酸化装置の定格消費電力量は 24kWh/日である。

使用回数を計測した 54 日間の累積使用回数は 292 回であり、1 日当たりの平均使用回数は 6.3 回/日であった。また、利用回数が最も多かった日は 10 月 22 日（月）で 14 回利用された。また、小便器と洋式便器の使用割合は 3 : 1 であった。

手洗い及びウォッシュレットに用いられる水道水は、トイレの使用 1 回当たり約 1.42L/回と試算された。

<維持管理性能>

専門維持管理は、一回当たり 3 人で平均 1 時間 32 分のものを計 3 回及び汚泥採取を 1 回実施した。維持管理作業性に問題はなかったが、固液分離槽を大型の槽に変更する場合は、足場が必要になると思われる。

試験期間中にスカム・汚泥の搬出を行う必要はなく、実施しなかった。

第 1 回専門維持管理（10/30）の直前にトイレ用中性洗剤が多量に使用されたことから、オゾン酸化装置において発泡が認められた。装置からの泡の流出防止及び維持管理作業性の改善のため、固形消泡剤を使用した。洗剤の流入に伴う水質の著しい悪化は確認されず、脱色は十分に行われており、また、濁りもわずかであった。

試験終了日（12/13）の直前には、小便器フラッシュバルブの凍結・破損が認められ、小便器に洗

浄水（循環水槽内水）が少量ずつ流れ続けるトラブルが発生した。便所の使用を停止することで対応を図った。

＜室内環境＞

室内環境について把握するため、試験期間中に本装置利用者に対し「室内環境アンケート」を実施した。（有効回答数 8 件）。調査内容は臭気、洗浄水の色や濁り、使用中のトイレ室内の明るさ、機械音について必要最小限の条件を満たしているか否かおよび許容範囲内であるかについて回答を得た。

トイレブース内の明るさをのぞき、いずれの設問も「許容範囲内である」という回答が 8 割強を占めた。トイレブース内の明るさについても「暗い」以下の回答は見られず、装置利用時の快適性がうかがえる結果となった。

＜周辺環境への影響＞

装置は処理水循環式の装置であり、処理水が系外に排出されることは原則としてない。し尿の流入により槽内水が増加すると、処理水槽の水位が上昇するが、装置は満水予告灯の設置といった溢流に対する予防措置が講じられていないため、槽内水が系外に排出されてしまう可能性がある。

発電機から 20m 離れた地点での等価騒音レベルは 49.3db であり、これは、環境基本法の環境基準に当てはめると、AA 地域（療養施設、社会福祉施設等が集合して設置される地域など特に静穏を要する地域）の基準値を下回る水準であった。

また、装置は地上設置型のため掘削等は必要ない。

＜周辺環境への影響＞

装置は処理水循環式であり、処理水が系外に排出されることは原則としてない。し尿の流入により槽内水が増加すると、処理水槽の水位が上昇するが、満水予告灯の設置といった溢流に対する予防措置が講じられていないため、槽内水が系外に排出されてしまう可能性がある。

発電機から 20m 離れた地点での等価騒音レベルは 49.3db であり、これは、環境基本法の環境基準に当てはめると、AA 地域（療養施設、社会福祉施設等が集合して設置される地域など特に静穏を要する地域）の基準値を下回る水準であった。

また、装置は地上設置型のため掘削等は必要ない。

＜処理性能＞

試験の結果、本処理方式における処理性能に関して得られた知見を以下に示す。

○現場測定結果

固液分離槽内水は pH が 7.4 示したが、処理工程が進むにつれて pH が上昇する傾向が認められた。

処理工程が進むにつれて透視度が上昇し、固形物の沈殿除去、ろ過及びオゾン酸化処理が進行していたことが確認された。

各回の専門維持管理においては、ポンプ槽及び混合タンクにおける電気伝導率が最も高く、処理

工程が進むにつれて値が低下した。固液分離槽は、洋式便器排水のみが流入する構造となっているが、洋式便器は小便器と比較して 1 回当たりのフラッシュ水量が多く、循環水による希釈の影響を受けやすいため、電気伝導率は比較的低下している。混合タンク以降の処理工程においては、電気伝導率の高い前段の槽からの移流水と元々の槽内水が混合され、順次電気伝導率が低下する。試験開始からの日数の経過に伴い電気伝導率は上昇した。

固液分離槽、ポンプ槽及び混合タンクの槽内水は黄土色を呈しているが、オゾン酸化処理後の混合槽兼処理水槽及び循環水槽の槽内水は無色であった。

スカムは各回の専門維持管理において、固液分離槽で 1～3cm、第 3 回専門維持管理においては混合タンクで認められた。固液分離槽以外の堆積汚泥はポンプ槽及び混合タンクで確認されたが、希薄なものであった。

試験期間を通して、アンモニア及び硫化水素ガスが検出されることはなかった。槽内水の臭気は、オゾン酸化処理後の試料では臭気が確認されず、無臭化が実現されていた。また、高性能オゾン酸化装置の排気口周辺においてもオゾンガスは検出されなかった。

○試料分析結果

固液分離槽流出水の SS は第 1 回専門維持管理の際が 330mg/L、第 2 回が 545mg/L、第 3 回が 550mg/L であり、汚泥の蓄積に伴い上昇する傾向が認められた。ポンプ槽槽内水は固液分離槽流出水が小便器排水で希釈された性状であるため、ポンプ槽槽内水 SS は 120～373mg/L と固液分離槽流出水よりも低濃度であった。循環水槽の槽内水はソックスフィルターによるろ過、オゾン酸化装置における SS の分解及び装置内のフィルターによるろ過の効果により、6～12mg/L ときわめて低い SS を示した。

第 1 回専門維持管理では循環水槽槽内水の BOD が処理能力の性能提示値をわずかに超過する 110mg/L を示したが、その後、値が低下していき、第 2 回専門維持管理では 73mg/L、第 3 回専門維持管理では 26mg/L と性能提示値を下回った。

固液分離槽流出水の COD が専門維持管理を重ねるごとに上昇したのに対して、循環水槽槽内水の COD は低下していった。循環水槽槽内水の COD/BOD の値は、第 1 回専門維持管理が 2.47、第 2 回が 3.04、第 3 回が 5.30 と上昇していったことから、生物分解性の高い有機物が優先的に酸化され、槽内水に含まれる生物分解性の低い有機物の比率が上昇したことが確認された。

いずれの専門維持管理においても固液分離槽流出水に比べてポンプ槽槽内水の全窒素濃度が高く、また、ポンプ槽槽内水に比べて循環水槽槽内水の全窒素濃度が低くなった。全窒素の内訳は、有機性窒素及びアンモニア性窒素が大部分を占めており、第 1 回及び第 2 回専門維持管理における循環水槽槽内水については硝酸性窒素がわずかに検出された。

塩化物イオンは、いずれの専門維持管理でもポンプ槽槽内水が最も高濃度であった。第 1 回専門維持管理から第 3 回専門維持管理にかけて塩化物イオンが高濃度化する傾向が認められた。

固液分離槽流出水及びポンプ槽槽内水は高い色度を示したが、循環水槽槽内水はきわめて低い色度を示し、オゾン酸化装置による脱色効果が確認された。

循環水槽槽内水の大腸菌群数は、最も高かった第 2 回専門維持管理においても 51 個/mL であり、トイレ洗浄水の衛生上の安全性は確保されていた。

7. 本装置導入に向けた留意点

7-1 設置条件に関する留意点

7-1-1 自然条件からの留意点

本装置は、ろ過及びオゾン処理方式を利用した物理化学的処理を用いている。そのため、本装置における処理は温度等の自然条件の影響を受けにくい。しかし、地上設置であることから、冬期に著しく温度が低下することが想定される地域で、建屋等の内部に設置されない場合は、配管系統に対する凍結防止、保温対策も必要である。冬期に閉鎖する場所では、閉鎖前に配管内の水抜きを行う等の対策が必要である。

7-1-2 社会条件からの留意点

トイレブース側は不衛生となりやすいので日常の清掃が欠かせない。さらに、設備、機器の日常的な点検、保守も機能を維持するうえで必須となる。日常管理を確実に行える体制を整えておくことが必要である。

非放流式の処理装置であるため、浄化槽法や水質汚濁防止法に抵触しないが、トイレの建築物としては建築基準法に従う必要がある。また、設置される地域によっては自然公園法、森林法等も考慮する必要がある。

設置場所の自然条件（気温、湿度等）や使用回数によっては余剰水の搬出が必要になる。また、累積使用回数が増加するとスカム、汚泥が蓄積し、貯留能力を超過すると処理機能に影響するため、スカム、汚泥の定期的な搬出が必ず必要になる。廃棄物処理法にも留意し、余剰水や汚泥の処理方法、輸送手段、業者等についても検討しておく必要がある。

7-1-3 インフラ整備条件からの留意点

本装置は、地下埋設となる単位装置を有していないため、施工時には通常、地盤の掘削、コンクリート打設等は不要である。しかし、装置の搬入のための道路が整備されていることが望ましい。

施工時に搬入路が整備されているか否かによって、装置の搬入、施工に要する費用、日数、人員が左右されるため、導入にあたって工期や費用面の十分な検討が必要である。また、本装置を運転していくためには、初期水、電力が必要であるため、これらを確保できる地域が設置の条件となる。そのため、原則として、商用電力が確保できる地域が必須条件となる。さらに、初期水を確保するための方法、定期的な部品交換や保守作業の際の資機材の搬入対策、余剰水や汚泥を系外に搬出するための輸送手段等について十分な検討が必要である。特にスカム、汚泥の系外搬出及び水張り用水の搬入を行うための輸送手段としてはバキューム車使用が条件となるため、施設（装置）の側まで道路が整備されていることが必要である。

7-2 設計、運転・維持管理に関する留意点

7-2-1 設計上の留意点

本装置は、水使用・循環処理技術が使われているため、トイレ排水が処理され洗浄水として循環・再利用される。そのため、処理水は利用者に不快感を与えない程度に臭気、色及び濁りが抑えられている必要があり、さらに、大腸菌群数等が少なく、衛生的であることが望まれる。本装置は、ろ過及びオゾン処理方式を利用した物理化学的処理を基本技術とし、処理開始後、速やかに処理水の臭気抑制が期待できるものである。しかし、設計上の処理性能を得るためには装置の規模に見合った利用人数となる必要があり、そのため、装置設計に当たっては利用人数の予測が必要となる。

7-2-2 運転・維持管理上の留意点

日常維持管理の目的は、トイレの機能を維持（衛生維持）することにあるため、高い頻度で確実に実施される体制を検討しておく必要がある。

専門維持管理の目的は、設計上の処理機能が発揮されるよう点検及び機器類の調整を行うことにある。特に、水質、汚泥の蓄積状況の点検を行うとともに、処理装置、ポンプ等の機器類の定期的なメンテナンスを行う必要がある。

専門維持管理は日常維持管理ほどの頻度で実施する必要はないが、異常時には、日常維持管理実施者から専門維持管理実施者へ速やかに連絡が取れる連携体制を構築しておく必要がある。

8. 課題と期待

8-1 今後の課題

8-1-1 設計上の課題

本装置の最も基本的な課題は使用回数に応じた適正な規模の設定である。洋式便器の排水は固液分離槽に流入し、固液分離槽流出水、小便器排水及び手洗い排水がソックスフィルター及びオゾン酸化装置で処理される設計となっていることから、各単位装置の容量、処理能力を設定するためには、洋式便器と小便器のそれぞれの使用回数を予測し、それらに基づく装置設計を行う必要がある。また、使用回数が多く大型の槽に変更する場合で、地上設置の仕様となる場合は、足場を設置する等の維持管理作業性を向上させるための配慮が必要となる。

本試験で用いた装置は、混合槽兼処理水槽を 2 槽設置し、日毎に反応槽を切り替える交互運転を行っているが、混合槽兼処理水槽に接続されたホースの切り替え及び循環水槽への処理水のポンプ移送を手動で行っているため、無人での自動運転が困難である。自然地域で使用するためには、無人自動運転が可能な構造が望ましく、装置の改造が必要となる。また、ソックスフィルター及びオゾン酸化装置内のフィルターの交換頻度が高いと、専門的な維持管理を頻繁に行う必要があるため、フィルターの構造等を工夫し交換頻度を低下させることで現実的な運用が可能となる。

オゾン酸化装置はステンレス製でかつ複雑な構造であることから、高価な装置となっている。構造、材質を見直し、コストを抑えることも課題の一つとなる。

試験では装置内の保持水量が大幅に増加する現象は認められなかったが、使用回数が多い場合に

は保持水量の増加速度が上昇する可能性もあるため、満水予告灯の設置等の溢流に対する予防措置を講じることが望ましい。また、寒冷地で使用する場合は、冬期におけるトイレ閉鎖を含めた凍結対策を検討する必要がある。

8-1-2 電力供給の課題

装置は処理に電力を使用するため、商用電力が整備されている山岳、山麓、海岸、離島、河川敷、観光地等では有効である。本試験のように自家発電により装置を稼働させる場合、太陽光等の自然エネルギーを組み合わせることで燃料消費量を削減することが可能となるが、より消費電力の少ない運転方法を検討することも課題となる。

8-1-2 処理水（循環水）の課題

本技術により処理が適正に行われると、わずかに白濁は認められるが、有機物量が減少するに伴い臭気及び着色がほぼ完全に除去された処理水（循環水）が得られる。また、大腸菌群数も低減し衛生上の安全性も確保することができるため、処理水に関する課題は少ない。

処理水中の溶存オゾン濃度は検出できないほど低濃度であるが、わずかにオゾン臭が感じられるため、配管等に使用される金属部材の腐食に及ぼす影響を長期的な運転で検証することが望ましい。

8-1-3 維持管理・保守管理の課題

本技術は、高性能オゾン酸化装置でオゾン及びマイクロバブルを発生させ、それらを汚水と接触させることで高い処理効率を実現できる技術であるが、汎用性の高い技術とはいいがたく、使用される装置や処理原理に関して専門知識を有する技術者は少ないと考えられる。専門維持管理を担当する技術者に対して十分な技術情報を伝達することが課題となる。また、試験においてトイレ用中性洗剤が多量に流入することで処理水質が悪化する現象が認められたことから、トイレ利用者や日常管理担当者にも、トイレに流入させてはならない物質等について注意喚起する必要がある。

8-2 今後の期待

本技術はトイレ排水を処理して再利用するものであり、環境中へ汚水が直接排出されることがなく、臭気を伴うガスの発生も認められないことから、周辺環境への影響がない環境保全に貢献できる技術である。

処理水の水質は良好でトイレ利用者に不快感を与える可能性は非常に低いことから、自然地域のみならず様々な建築用途で使うことができ、節水効果が得られると考えられる。また、生物処理を行わないため、運転開始とともに処理機能が立ち上がることから、（災害時の仮設住宅など）早急にし尿を処理するシステムが必要な場合に対応が可能な点も大きなメリットとなる。

オゾン酸化装置の稼働時間や固液分離槽の容量を変更すること及び処理目標水質の水準を下げる（衛生上の問題が発生せず、使用者が不快に感じない最低限の水準に引き下げる）ことで処理可能回数が大幅に増加すると考えられることから、様々な場面での活用が期待できる。

本技術のような先進的な環境技術が普及することにより、自然地域の環境保全に大きく寄与することが期待される。

■ 付録 —用語集—

用語	解説
BOD: 生物化学的 酸素要求量 (mg/L)	水の汚濁状態を表す有機汚濁指標の一つ。水中の還元物質が、微生物の呼吸作用により酸化される際に消費される酸素量で表した値。通常 20℃、5 日間で消費された溶存酸素量を mg/L で表す。
COD: 化学的 酸素要求量 (mg/L)	水中に含まれる有機物質の指標の一つ。有機物質を化学的に酸化するとき消費した酸化剤の量を相当する酸素量で表した値。
DO: 溶存酸素 (mg/L)	水中に溶解している分子状の酸素量を表す。その濃度は水温、圧力、酸素分圧、塩類濃度等に影響される。
SS: 浮遊物質 (mg/L)	水中の濁り成分のうち、溶解しているものを除いた粒子径が 2 mm 以下の固形物量を表し、水の濁り、汚れが進むと数値が高くなる。処理により SS が除去されると BOD も低くなる。一般に収集し尿は 1L につき約 18,000 mg の SS を含んでいる。
pH: 水素イオン濃度 指数	酸性、アルカリ性の度合いを示す指標。pH が 7 のときに中性で、7 より高い場合はアルカリ性、低い場合は酸性を示す。一般にし尿は、排泄時は弱酸性であるが、時間が経過すると加水分解されて弱アルカリ性を示す。
EC: 電気伝導率 (mS/m)	水溶液の電気の通しやすさを表し、水に溶けているイオン総量を示す指標であり、塩類蓄積の指標となる。純水では電気伝導率はほぼ 0 に近い数値を示し、逆に不純物の多い水では電気伝導率は高くなる。
Cl ⁻ : 塩化物イオン (mg/L)	水中でイオン化している塩素量を表す。通常の生物処理では塩化物イオンは除去されないため、洗浄水等によって薄められた倍率や濃縮された度合いを推定することができる。
TOC: 有機体炭素 (mg/L)	有機物中の炭素量を表す。有機物量が多く、水が汚れてくると TOC 値が高くなる。BOD の分析には 5 日間かかるが、TOC は分析装置により短時間で分析できる。
T-N: 全窒素 (mg/L)	有機性窒素化合物及び無機性窒素化合物に含有される窒素の総量。
T-P: 全リン (mg/L)	栄養塩類の一つ。溶解性及び浮遊性のリンの総量。
NH ₄ -N: アンモニア性 窒素 (mg/L)	アンモニウムイオンとして存在する窒素量を表す。アンモニアはタンパク質のような有機窒素化合物が分解して生成する。
NO ₂ -N: 亜硝酸性窒素 (mg/L)	亜硝酸イオンの形で存在する窒素量を表す。亜硝酸は、主にし尿及び下水に由来するアンモニアが生物化学的に酸化されて生成する。
NO ₃ -N: 硝酸性窒素 (mg/L)	硝酸イオンの形で存在する窒素量を表す。硝酸は、水中に存在する様々な窒素化合物が生物化学的酸化を受けて生じた最終生成物。
大腸菌群 (個/mL)	大腸菌及びそれに良く似た性質をもつ細菌の総称。大腸菌群は人や動物の腸管内に多く生息しているので、大腸菌群が存在する水は、糞便や他の病原菌により汚染されている可能性があることを意味する。一般に収集し尿 1 mL 中には 100 万個以上の大腸菌群が存在している。

用語	解説
色度（度）	水の色の程度を表す指標。
活性汚泥法	汚水の生物処理法の一つ。活性汚泥とは、主に好気条件下で生息する微生物の集合体で、活性汚泥と汚水をばっ気槽内で接触させると、汚水中の有機物質が微生物の代謝作用等で除去される。
生物膜法	接触材、ろ材、回転板等の表面に付着した生物膜と汚水とを接触させて行う汚水の処理方式。好氣的な生物膜を用いる方式と、嫌氣的な生物膜を用いる方式がある。
スカム	汚泥を貯留する槽や沈殿槽に発生する浮上物。有機物質の嫌気性分解で発生するメタンや二酸化炭素、脱窒作用で発生する窒素などの気泡が浮遊物質や汚泥等に付着することで、見掛け比重が小さくなり浮上する。
脱窒反応	脱窒素細菌の作用により、水中の亜硝酸性窒素、硝酸性窒素が主として窒素ガスにまで還元される反応。硝化反応と組み合わせることで、汚水中の窒素を除去することができる。
ATU-BOD：硝化を抑制した生物化学的酸素要求量（mg/L）	BOD 測定時にアリルチオ尿素（ATU）をフラン瓶中に加え、フラン瓶中における硝化反応を抑制して得られた BOD。有機物質のみの分解、安定化に要する酸素量を表す。
Org.-N：有機性窒素（mg/L）	タンパク質、アミノ酸等の有機窒素化合物に含有される窒素量

■ 資料編 —試験場所および装置写真—



写真 1 処理装置外観（遠望）



写真 2 仮設トイレ外観



写真 3 仮設トイレ



写真 4 アンケート用紙設置



写真 5 温水洗浄便座



写真 6 固液分離槽



写真 7 固液分離槽内部



写真 8 採水中の固液分離槽



写真 9 固液分離槽からポンプ槽へ



自然流下方式

写真 10 固液分離槽からポンプ槽へ



写真 11 ポンプ槽



写真 12 10 μ ソックスフィルター



写真 13 混合タンク



写真 14 混合槽兼処理水槽 A, B



写真 15 混合槽兼処理水槽 A



写真 16 混合槽兼処理水槽 B



写真 17 高性能オゾン処理装置



写真 18 オゾン発生装置



写真 19 水道水槽



写真 20 発電機



写真 21 循環水槽