

環境技術実証モデル事業
山岳トイレ技術分野(山岳トイレし尿処理技術分野)

メーカー：有限会社 山城器材
技術名：生物処理方式(かき殻を利用した浄化循環式トイレ)
実証機関：静岡県
実証番号：030-0420

実証試験結果報告書

環境技術実証モデル事業 山岳トイレ技術分野 実証試験結果報告書について、平成18年3月1日付けで承認しました。

本モデル事業は、普及が進んでいない先進的環境技術について、その環境保全効果等を第三者機関(実証機関)が客観的に実証する事業をモデル的に実施することにより、環境技術の普及を促進し、環境保全と環境産業の発展に資することを目的としたものです。

本報告書における技術実証の結果は、環境技術の性能を保証するものではなく、一定の条件下における環境技術の環境保全効果のデータを提供するものです。

平成18年3月

環境省



環境技術実証モデル事業

山岳トイレ技術分野

山岳トイレし尿処理技術
実証試験結果報告書

平成17年10月

実証機関：静岡県

環境技術開発者：有限会社 山城器材

技術・製品の名称：かき殻を利用した浄化循環式トイレ・

ダブルクリーン地上設置型低床式（生物処理方式）

目 次

[概要編]

1. 趣旨と目的	1
2. 実証試験の概要.....	2
3. 実証試験場所の概要.....	3
4. 実証装置の概要.....	5
4-1 実証装置の特徴と処理フロー.....	5
4-2 実証装置の仕様.....	7
4-3 実証装置の設置・建設方法.....	9
4-4 実証装置の運転・維持管理方法.....	9
4-5 実証装置の条件設定.....	9
5. 実証試験方法.....	10
5-1 実証試験の実施体制.....	10
5-2 役割分担.....	12
5-3 実証試験期間.....	14
5-4 実証試験の項目.....	15
5-5 稼働条件・状況.....	16
5-5-1 気温	
5-5-2 利用者人数	
5-5-3 水量・電力量	
5-5-4 活性炭使用量および費用	
5-6 維持管理性能.....	20
5-7 室内環境.....	21
5-7-1 室温・湿度	
5-7-2 許容範囲	
5-8 処理性能.....	24
5-8-1 試料採取・分析項目および分析方法	
5-8-2 試料採取スケジュール及び採取手法	

[結果編]

6. 実証試験結果.....	29
6-1 稼働条件・状況.....	29
6-1-1 気温	
6-1-2 利用者数	
6-1-3 水量・電力量	
6-1-4 活性炭使用量および費用	
6-1-5 稼働条件・状況のまとめ	
6-2 維持管理性能.....	34
6-2-1 日常維持管理	
6-2-2 専門維持管理	
6-2-3 開山・閉山対応	
6-2-4 発生物の搬出及び処理・処分	
6-2-5 トラブル対応	
6-2-6 維持管理マニュアルの信頼性	
6-2-7 維持管理性能のまとめ	
6-3 室内環境.....	41
6-3-1 室温・湿度	
6-3-2 許容範囲	
6-3-3 室内環境のまとめ	
6-4 処理性能.....	46
6-4-1 試料分析結果	
6-4-2 処理性能のまとめ	
6-5 試験結果の全体的まとめ.....	62

[導入編]

7. 本装置導入に向けた留意点.....	64
7-1 設置条件に関する留意点.....	64
7-1-1 自然条件・インフラ整備条件からの留意点	
7-1-2 社会条件からの留意点	
7-2 設計、運転・維持管理に関する留意点.....	65
8. 課題と期待.....	66

[参考資料] 処理性能に関する主な実証項目の解説.....	67
-------------------------------	----

1. 趣旨と目的

静岡県では、日本の象徴であり、日本一の標高を持つ富士山において、環境、産業、交流等の視点から様々な施策を展開してきている。

このうち環境保全の面からは「富士山総合環境保全指針(平成8年3月策定)」と行動規範としての「富士山憲章(平成10年11月策定)」に基づき、県民・企業・NPO等と行政が協働し、総合的かつ長期的視野に立った対策を推進している。

その一つに富士山のし尿処理対策がある。かつての山小屋トイレは放流・浸透方式であり、衛生面や環境面、また悪臭、景観など様々な問題を抱えていたため、平成10年度に民間の学識経験者等で構成する「富士山トイレ研究会」を立ち上げ、富士山にふさわしいトイレのあり方について検討を行ってきた。本県では平成14年1月の研究会の最終報告を受け、平成14年度から環境に優しい自己完結型の山小屋トイレの整備をスタートさせた。

平成17年度までに整備対象とした24箇所の山小屋トイレが全て整備され、本県側の富士山からは浸透・放流式のトイレがなくなることとなった。

山小屋トイレに導入されたし尿処理技術は、バイオ式(オガクズ)、水浄化循環式(かき殻)、焼却式、土壌処理式の4技術であるが、気象条件や利用負荷等の変化による処理性能への影響についての情報が少なかった。

このような経緯を踏まえ、本県は平成16年度から環境省が実施する「環境技術実証モデル事業」に実証機関として参画し、かき殻を利用した水浄化循環式トイレについて実証試験を実施することとした。

今後、本実証試験をとおして得られる試験結果と実証ノウハウを活用し、他の山岳地のトイレ整備により自然環境の保全が推進されるとともに本事業の成果を広く情報発信することで、山岳におけるし尿処理技術の改善、普及、利用者への啓発につながることを期待したい。

2. 実証試験の概要

実証試験の概要を表 2-1 に示す。

表 2-1 実証試験概要

項目	内容
実証試験期間	平成 16 年 7 月 27 日～平成 17 年 6 月 30 日（越冬期間含む）
実証試験場所	富士山須走口登山道 5 合目（標高 2,000m）
実証機関	静岡県環境森林部自然保護室
	〒420-8601 静岡市葵区追手町 9 番 6 号 TEL054-221-2963 FAX 054-221-3278
実証申請者	(有)山城器材
	〒607-8306 京都市山科区西野山中鳥井町 156-18 TEL 0771-63-0080 FAX 0771-63-0082
実証装置 (し尿処理方式)	ダブルクリーン地上設置型低床式（生物処理方式）

3. 実証試験場所の概要

東富士山荘は、富士山の静岡県側の3つの登山道のうち、一番東側のルートである須走口登山道の新五合目（標高2,000m）にある。頂上への登山者だけでなく、小富士などへの散策に訪れる観光客もあわせると、年間約10万人の利用がある。トイレの供用期間は、5月から11月までと、ほとんどの山小屋のトイレ供用期間が7、8月の2ヶ月間であるのに対して最も長い。富士山の登山ルートを図3-1に示す。

以下に須走口新五合目周辺の自然・社会条件を示す。

- ①標高：2,000m
- ②気温：参考値として三島市の気温データを表3-1に示す。
- ③降水量：2,750～3,000mm/年（富士砂防事務所発行 富士山の自然と社会から）
- ④積雪量：平均3m前後（日本気候表から）
- ⑤商用電源：無
- ⑥水：雪解け水・雨水であれば利用可
- ⑦地形：粘土の小さい玄武岩質溶岩とテフラの堆積によってできた円錐形火山
- ⑧東富士山荘トイレの供用期間：5月～11月
- ⑨東富士山荘トイレの利用者数（人/日）：

	土日	平日
盛夏	1,000	250
春秋	1,000	100
5月連休	2,000	
- ⑩法規制：周辺一帯は
 - ・富士箱根伊豆国立公園第1種特別地域
 - ・富士山南鳥獣保護区特別保護地域
 - ・特別名勝（文化財保護法）
 - ・水源涵養保安林

表3-1 三島市内の月別最高・最低、平均気温（2004）（気象庁提供）

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
三島市	最高	15.4	18.5	24.3	28	30.1	31.7	36.2	34.4	32.6	28.8	23.8	25.2
	最低	-4.3	-3.5	-4.4	3.7	11.8	9.1	19.9	18.4	14.5	4.4	5.2	-0.8
	平均	5.2	7.7	9.3	15.8	19.9	23.4	27.4	26.6	25.1	17.5	14.5	9.9

※新五合目周辺の気温データがないため気象庁が公表している三島市の気温データを参考値として以上に示す。なお、新五合目周辺の気温の推定値は、標高補正すれば-11.0℃である。

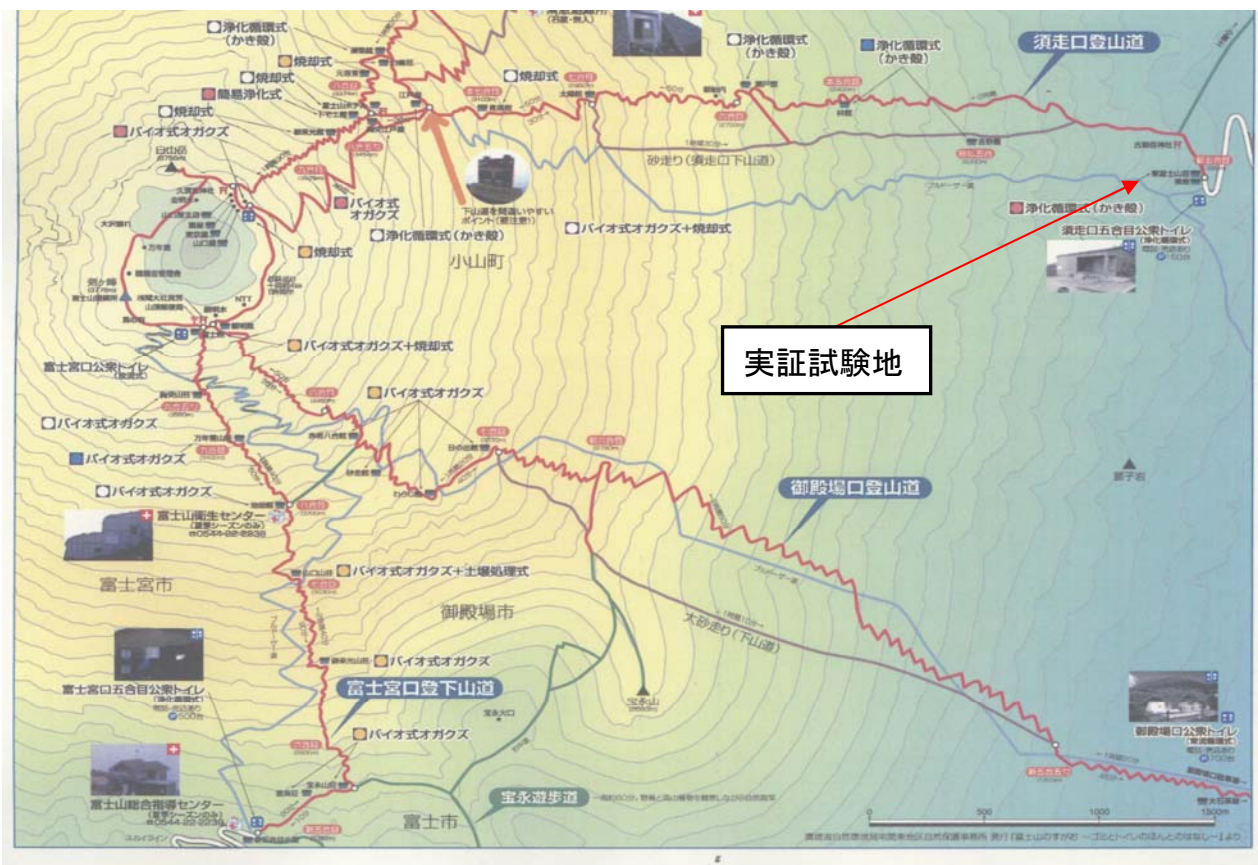
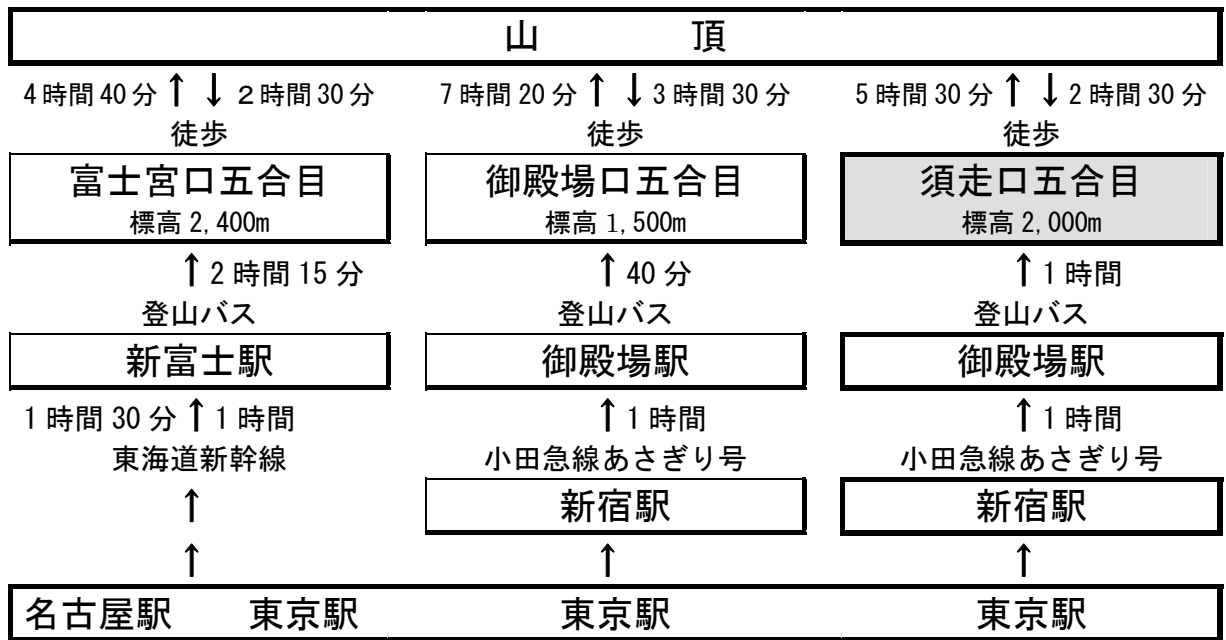


図 3-1 富士山登山ルート

4. 実証装置の概要

4-1 実証装置の特徴と処理フロー

本装置の技術的特徴は、浄化槽、処理槽内の接触ろ材として、かき殻を使用し、効率的に生物処理および物理化学処理を行うことである。また、かき殻がごく微量づつ溶け出すことにより循環水を中性に保つことができる。

図4-1に、し尿処理フローを示す。また、技術仕様を表4-1に示す。トイレからの汚水は排水処理装置に流入する。排水処理装置は、初期貯留槽、嫌気ろ床槽、6槽の接触曝気槽、最終貯留槽からなり、主たる処理機能は好気性微生物による生物処理である。各槽の有効水深は1.5~1.65m、総有効容量は約20m³、水理的滞留時間は約7日間となる。この間に再利用可能な水質まで高度に処理されて給水ポンプにより洗浄用水としてトイレに送水される。

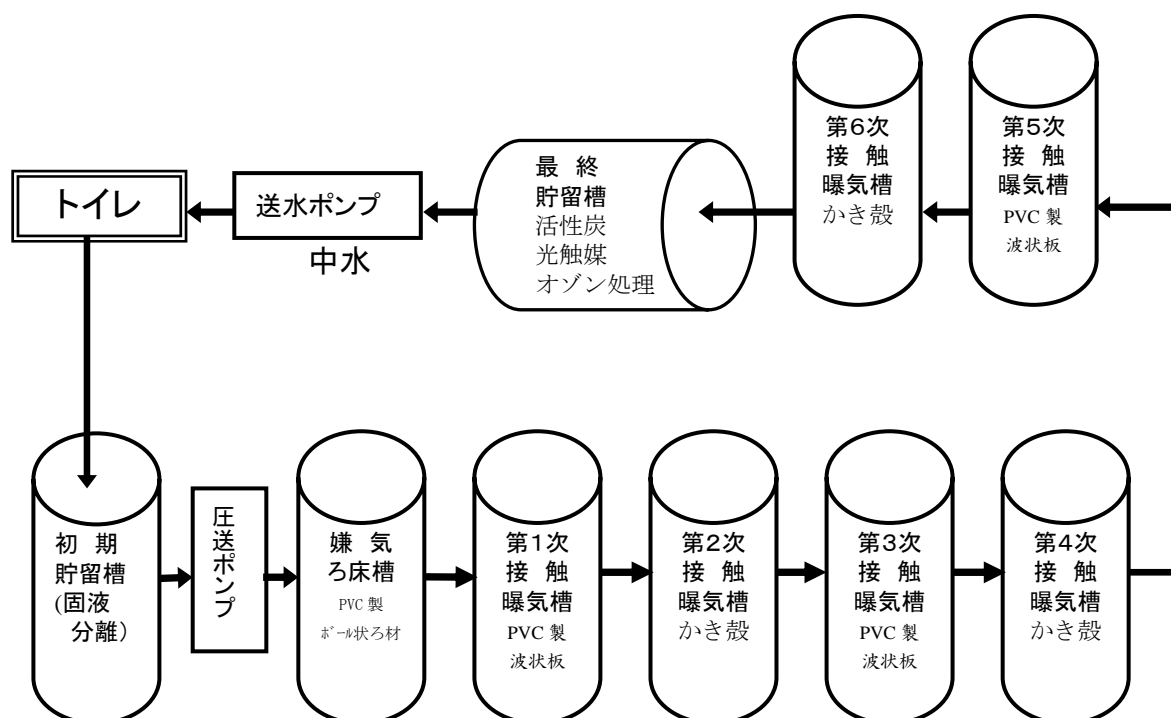


図4-1 し尿処理フロー

各槽の構造の概略は次の通りである。

①初期貯留槽

汚水は、この初期貯留槽で沈殿物や浮遊物などの固形物と中間水に分離され、中間水のみが次の嫌気ろ床槽に送られる。容量は2.79m³である。固形物は随時除去する。

②嫌気ろ床槽

嫌気条件下での有機物の分解、脱窒素細菌による脱窒も期待される。容量は2.74m³である。

③第1接触曝気槽

容量は 2.58m^3 で、ポリ塩化ビニール製の波状板が充填されており、曝気によって好氣的に保たれ、接触ろ材に付着した微生物によって有機物などが酸化分解される。

④第2接触曝気槽

容量は 2.12m^3 で、かき殻が充填されており、曝気によって好氣的に保たれている。かき殻に付着した微生物によって有機物などの酸化分解が行なわれるが、そのほかにかき殻から溶出するカルシウムイオンにより汚水が中和される。

⑤第3接触曝気槽

容量は 2.12m^3 で、ポリ塩化ビニール製の波状板が充填されており、第1次接触曝気槽と同様に好氣的条件下で微生物によって有機物などが酸化分解される。

⑥第4接触曝気槽

容量は 1.48m^3 で、かき殻が充填されており、第2接触曝気槽と同様に好氣的条件下で微生物によって有機物などが酸化分解、かき殻からアルカリ性のカルシウムを溶出することにより汚水を中和する。

⑦第5接触曝気槽

容量は 1.3m^3 であるが、第3接触曝気槽と同様の構造となっている。

⑧第6接触曝気槽

容量は 1.3m^3 であるが、第4接触曝気槽と同様の構造となっている。

⑨最終貯留槽

容量は 1.28m^3 で処理水（再利用水）の貯留槽となっている。槽内には活性炭 10kg ／本を充填した3本の活性炭吸着筒が設置されており、ポンプ2台によって槽内の処理水を循環して生物処理では除去しにくい着色物質等の吸着を行なっている。活性炭を通過した処理水は、さらに、ポンプ室内に設置されたオゾン発生装置から発生したオゾンと光触媒により殺菌・脱臭される。

4-2 実証装置の仕様

実証装置の仕様を表4-1に示す。

表4-1 実証装置の仕様

企業名	(有)山城器材	
装置名称	ダブルクリーン地上設置型低床式	
し尿処理方式	生物処理	
型番	30型	
製造企業名	(有)山城器材	
連絡先	住所	京都市山科区西野山中鳥井町 156-18
	担当者	田中 磐
	連絡先	TEL : 075-593-0080 FAX : 075-593-0082
	E-mail	ホームページ : http://www.yamashirokizai.co.jp
設置条件	水	20m ³ (初期水のみで可)
	電気	電力容量 1.2kW 通常消費電量 2.5kWh/日 最大消費電量 4.0kWh/日
	道路	不要
使用燃料	種類	LPGガス
	消費量	約 30kg/日
使用資材	種類	かき殻、活性炭
	消費量	かき殻 : 4,5年に1回約20%追加 活性炭 : 年1回交換
付加装置	オゾン発生装置	定圧水銀ランプ UVLD3 消費電力 20W
	光触媒	チタニックス
適正稼働可能気温		-20℃~40℃
サイズ	隣接型の場合	処理装置のみ w2,000mm×d3,900mm×h2,000mm×1 箇所 w2,000mm×d4,000mm×h2,500mm×1 箇所
重量	隣接型の場合	1,000kg (処理装置のみ)
処理能力	平常時	2,000人/日 (200人/日)
	利用集中時	5,000人/日 (500人/日)
	※し尿原単位	洗浄水込み 大便器 10人/回 小便器 7人/回
最終処分法 (汚泥・スカム)		汚泥・スカムは約1回/4年の頻度で搬出し、し尿処理場で処分。
保証期間		10年
償却期間		15年
ランニングコスト		8~9万円
納入実績		4件 (山岳地上置き型)、100件 (山岳埋設型)

[実証装置の写真]



東富士山荘トイレ外観



トイレ内部



処理槽外観



初期貯留槽



第3接触曝気槽（かき殻）



最終貯留槽（中水）

4-3 実証装置の設置・建設方法

本実証装置は、平成 14 年に環境省・静岡県・小山町の補助金を活用して東富士山荘が整備し、平成 15 年 5 月から供用開始しているものである。表 4-2 に、実証装置の設置・建設方法概要を示す。

表 4-2 実証装置の設置・建設方法概要

No.	項目	内容																				
1	施工期間	平成 14 年 11 月 5 日から平成 14 年 11 月 13 日																				
2	施工方法	基礎工事後、処理槽、便器、外壁、屋根等はユニット式のため、組立てた。配管、配線をして完成した。																				
3	建設コスト	<table border="0"> <tr> <td>総事業費</td> <td>15,000 千円</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>○直接工事費</td> <td>13,706 千円</td> <td>○共通仮設費</td> <td>30 千円</td> </tr> <tr> <td>○現場管理費</td> <td>50 千円</td> <td>○一般管理費</td> <td>140 千円</td> </tr> <tr> <td>○付帯工事費</td> <td>310 千円</td> <td>○事務費</td> <td>50 千円</td> </tr> <tr> <td>○消費税</td> <td>714 千円</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	総事業費	15,000 千円			○直接工事費	13,706 千円	○共通仮設費	30 千円	○現場管理費	50 千円	○一般管理費	140 千円	○付帯工事費	310 千円	○事務費	50 千円	○消費税	714 千円		
総事業費	15,000 千円																					
○直接工事費	13,706 千円	○共通仮設費	30 千円																			
○現場管理費	50 千円	○一般管理費	140 千円																			
○付帯工事費	310 千円	○事務費	50 千円																			
○消費税	714 千円																					
4	搬入方法	道路があるため、ユニット式設備をトラックにて搬入																				

4-4 実証装置の運転・維持管理方法

実証装置に関する通常の運転・維持管理は東富士山荘が実施し、開閉山時においては実証申請者である（有）山城器材が保守・点検を実施している。なお、実証期間中の専門維持管理は、静岡県環境衛生科学研究所が行った。

4-5 実証装置の条件設定

本対象装置は既設トイレであり、現地利用状況を考慮して設計されているため、実証試験において利用者数制限は実施しない。

使用済みトイレットペーパーは当該装置の処理負荷を軽減することを目的に、便器横の回収ボックスで分別回収する。



使用済みトイレットペーパー回収ボックス

5. 実証試験方法

5-1 実証試験の実施体制

実証試験実施体制を図5-1に示す。また、各組織の連絡先を表5-1に示す。

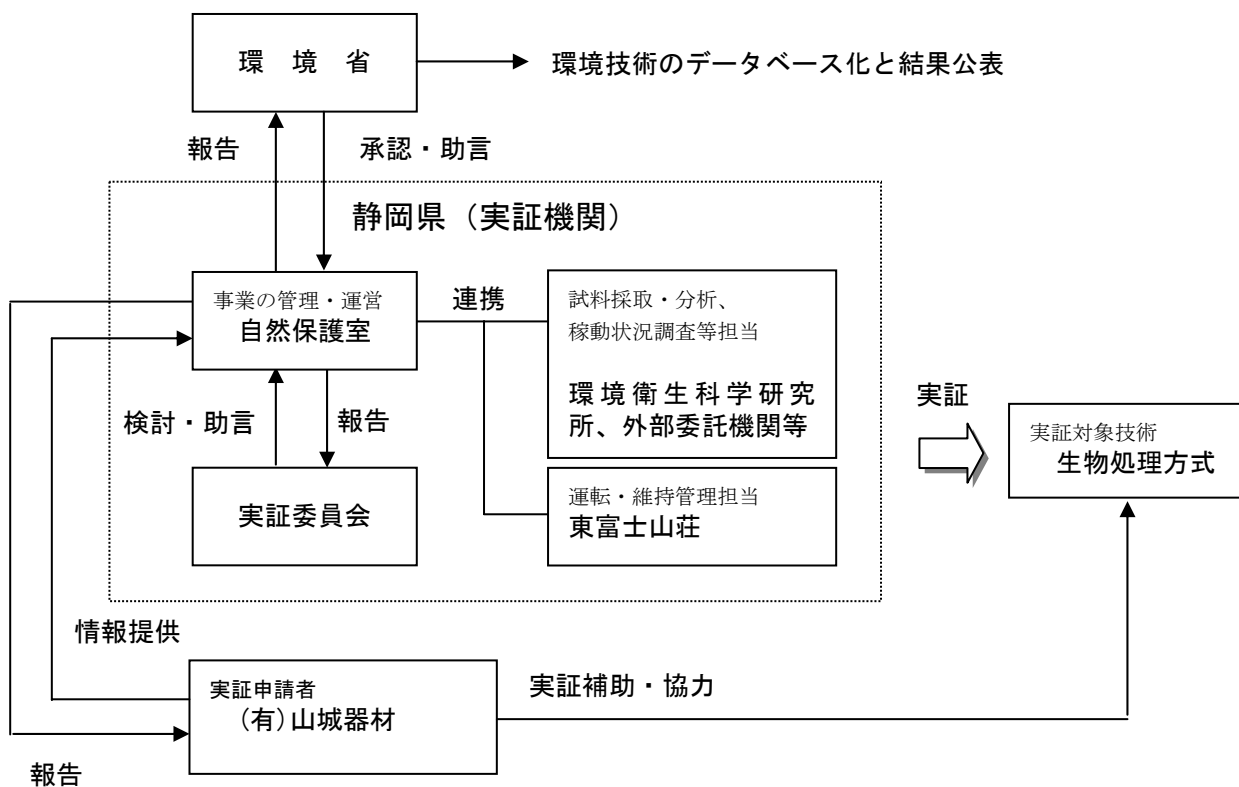


図5-1 実施体制図

表 5 - 1 参加組織の連絡先

実証機関	静岡県
	〒420-8601 静岡県静岡市葵区追手町 9 番 6 号 環境森林部自然保護室 TEL054-221-2963 FAX054-221-3278
技術実証委員	委員長 中崎清彦（静岡大学工学部物質工学科教授）
	吉野常夫（北里大学医療衛生学部講師）
	小川 浩（(財)日本環境整備教育センター 調査研究部主幹）
	三好廣志（静岡県環境衛生科学研究所 主幹）
	米山千晴（富士山須走口 5 合目東富士山荘事業者）
実証試験実施機関	静岡県環境衛生科学研究所 大気・水質部
	〒420-8637 静岡県静岡市葵区北安東 4 丁目 27-2 TEL054-245-2129 FAX054-245-7636
	東富士山荘
	静岡県駿東郡小山町須走 富士山須走口五合目 TEL 0550-84-5057
	日本トイレ協会
	〒105-0001 東京都港区虎ノ門 1-11-7 第 2 文成ビル 3F TEL03-3580-7487 FAX03-3580-7176
実証申請者	(有)山城器材
	〒607-8306 京都市山科区西野山中鳥井町 156-18 TEL075-593-0080 FAX075-593-0082

5-2 役割分担

本試験の実施は、山岳トイレし尿処理技術実証試験要領に準拠した。参加組織の役割分担を以下に示す。

実証試験参加組織と実証試験参加者の役割分担を以下に示す。

(1) 環境省

- 実証する対象技術を承認する。
- 実証試験計画について、必要に応じて助言を行う。
- 実証試験結果報告書を承認する。
- 環境技術の普及に向けた環境技術データベースを構築し、実証試験結果を公表する。

(2) 実証機関

- 環境省からの委託により、実証事業を管理・運営する。
- 実証試験の対象技術を公募・選定し、環境省の承認を得る。
- 対象技術の選定結果について、全ての申請者に通知する。
- 技術実証委員会を設置、運営する。
- 実証試験要領に基づき、実証申請者との協議を行い、技術実証委員会で検討し、実証試験計画を作成する。
- 実証試験要領及び実証試験計画に基づき、実証試験を実施する。そのための、各種法令申請や土地の確保等の手続きについての業務を行う。
- 実証申請者の作成した「取扱説明書および維持管理要領書」に基づき、実証装置の維持管理を行う。
- 実証機関は、必要に応じ実証試験の一部を外部機関に委託することができる。その際、実証機関は、外部機関の指導・監督を行う。
- 実証試験のデータを分析・評価し、実証試験結果報告書を作成する。
- 承認された実証試験結果報告書の内容をデータベース機関に登録する。

(3) 技術実証委員会

- 実証機関により設置されるもので、有識者（学識経験者、ユーザー代表等）により構成される。
- 対象技術の公募・選定について検討・助言を行う。
- 実証機関が作成する実証試験計画について検討・助言を行う。
- 実証試験の過程で発生した問題に対して、検討・助言を行う。
- 実証試験結果報告書の作成にあたり、検討・助言を行う。

(4) 実証申請者

- 実証機関へ、実証試験に参加するための申請を行う。
- 既存の試験データがある場合は、実証機関に提出する。
- 実証試験計画の策定にあたり、実証機関と協議して計画案を確認・承諾する。
- 実証機関に対し、実証試験計画の内容について承諾した旨の文書を提出する。
- 「専門管理者への維持管理要領書」、「日常管理者への取扱説明書」を実証機関に提出する。
- 実証試験実施場所に実証装置を設置する。
- 既に設置してある装置については、必要に応じて、実証試験に必要な付帯機器・装置を設置する。
- 実証申請者は、装置の読みやすい位置に、以下の内容を示したデータプレートを添付する。
 - ・ 装置名称
 - ・ モデル・製造番号等
 - ・ 実証申請者の社名と住所・担当者名、緊急連絡先
 - ・ 電源電圧、相数、電流、周波数
 - ・ 搬送・取り扱い時の注意事項
 - ・ 認識しやすく、読みやすい注意書きまたは警告文
 - ・ 処理能力等
- 実証試験計画に基づき、または実証機関の了承を得て、実証試験中に装置の操作や測定における補助を行う。
- 機器の操作、維持管理に関し必要な訓練を受けた技術者を提供する。
- 運転トラブルが発生した際は、実証機関の承認を得て、できれば立ち会いの上で、迅速に対処するとともに、対処状況を実証機関に報告する。
- トラブルを発見した際は、速やかに実証機関に報告する。
- 実証試験結果報告書の作成において、実証機関の求めに応じて協力し、報告案を確認する。

5-3 実証試験期間

実証試験期間を表5-2に示す。試験期間は、集中時と平常時に分類する。集中時とは設置場所において1年間で最もトイレ利用者が多いと見込まれる期間のことを指し、ここでは平成16年7月27日～8月23日とする。また、平常時とは集中時以外の期間を指す。

表5-2 実証試験期間

No.	項目	内容
1	試験期間	平成16年7月27日～平成17年6月30日（339日間）
2	集中時	平成16年7月27日～8月24日（29日間）
3	平常時	平常時① 平成16年8月25日～11月12日（80日間） 平常時② 平成17年4月27日～6月30日（65日間）
4	越冬期間	平成16年11月13日～平成17年4月26日（165日間）

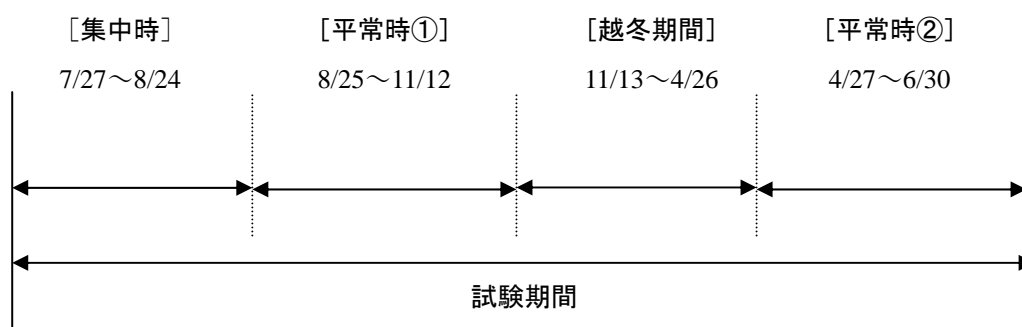


図5-2 試験期間分類図

5-4 実証試験の項目

実証の視点、分類項目および実証項目を表5-3に示す。

表5-3 実証の視点、分類項目、実証項目

実証の視点	分類項目	実証項目
稼働条件・状況	気温	設置場所の気温
	天気	設置場所の天気
	利用状況	トイレ利用人数
	水量・電力量	必要初期水量、補充水量、消費電力量
	汚泥	引き抜き量、蓄積量
	資材	活性炭使用量
維持管理性能	日常維持管理	作業内容、所要人員、所要時間、作業性等
	専門維持管理	
	開山、閉山対応	
	発生物の搬出および処理・処分	
	トラブル対応	
	維持管理マニュアルの信頼性	読みやすさ、理解のしやすさ、正確性等
室内環境		室温・湿度
		臭気
		許容範囲
処理性能	単位装置の稼働状況	単位装置の稼働状況
	循環水	増加水量
		色
		臭気
		透視度
		水温
		水素イオン濃度 (pH)
		有機体炭素 (TOC)
		生物化学的酸素消費量 (BOD)
		塩化物イオン (Cl ⁻)
		浮遊物質 (SS)
		大腸菌群
		溶存酸素 (DO)
		総アルカリ度
		アンモニア性窒素 (NH ₄ -N)
		全窒素 (T-N)
		硝酸性窒素 (NO ₃ -N)
		亜硝酸性窒素 (NO ₂ -N)
		リン酸塩 (PO ₄ -P)
		カルシウムイオン (Ca ²⁺)
		汚泥
	臭気	
	汚泥蓄積状況	
	強熱減量 (VS)	
	揮発性浮遊物質 (VSS)	
	浮遊物質 (SS)	

5-5 稼働条件・状況

実証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 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
気温	設置場所の気温	温度計を設置して測定	毎日	東富士山荘
天気	設置場所の天気	天気を把握し記録	毎日	
処理能力	トイレ利用人数(人)	カウンターを設置してAM10時に測定	毎日	
水	必要初期水量(t)	初期水投入段階に記録	始動時	
	余剰水量(t)	余剰水量が多い場合に記録	随時	
汚泥	引き抜き量、蓄積量(m ³)	引き抜き時と閉山時に記録	都度	環境衛生科学研究所等
電力	消費電力量(kWh/日)	消費燃料から計算	適宜	東富士山荘
燃料	燃料の種類、消費量	消費ごとに記録	適宜	

5-5-1 気温

設置場所の気温は、実証対象トイレ入口の軒下に自動計測タイプの温湿度センサー(TR-72U)を設置し、30分間隔で記録した。温湿度センサーの設置位置を図5-3に示す。また、温湿度センサーの仕様を表5-5に示す。



上：軒下に設置した温湿度計

右：温湿度センサー(TR-72U)仕様

表5-5 温湿度センサー(TR-72U)仕様

機種	TR-72U	
測定チャンネル数	2チャンネル(温度・湿度 各1チャンネル)	
測定項目	温度	湿度
内臓温度センサ	-10~60°C	—
付属センサ	0~50°C	10~95%RH
オプション温度センサ	-40~110°C	—
測定精度	平均±0.3°C(-20~80°C)	±5%RH
(付属センサ使用時)	平均±0.5°C(-40~20/80~110°C)	(25°C・50%RHに於いて)
測定・表示分解能	0.1°C	1%RH
センサ	サーミスタ	高分子湿度センサ
記録間隔	1.2.5.10.15.20.30秒 1.2.5.10.15.20.30.60分より選択	
記録容量	8000データ×2チャンネル	
記録モード	エンドレスモード/ワンタイムモード	
液晶表示	測定値(1ch.表示のみ・2ch.表示のみ・交互表示)・測定記録状態・電池寿命警告・記録データ量・測定値単位	
電池	単3アルカリ電池(LR6)1本	
電池寿命	約1年	
データバックアップ	電池電圧低下時・スイッチOFF時 約1年	
インターフェイス	USB・シリアル通信(RS-232C)	
USB転送時間	データ吸い上げ時 データフルで1台 約8秒	
本体寸法/質量	H55×W78×D18mm・約62g(単3アルカリ電池1本を含む)	
本体動作環境	温度:-10~60°C・湿度:90%RH以下(結露しないこと)	
付属センサ	TR-3100 1本	
付属品	単3アルカリ電池(LR6)1本	
	USB通信ケーブル 1本(US-15C ケーブル長:1.5m)	
	ソフトウェア・取扱説明書(保証書)一式	

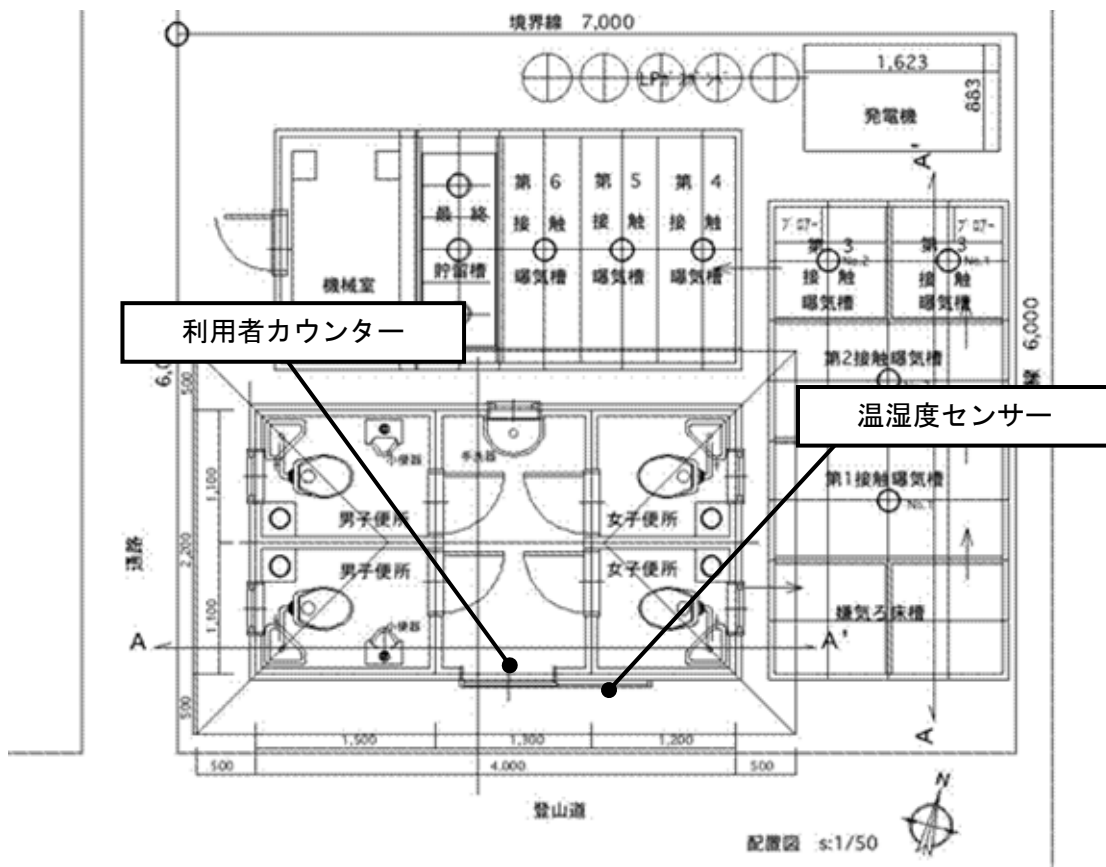


図5-3 温湿度センサーの設置位置

5-5-2 利用者人数

トイレ入口の上部にセンサー式の利用者カウンターを設置し（図5-3参照）、期間中のトイレ利用者数を計測した。カウンターに表示される数字を東富士山荘の協力を得て、毎日朝10:00に記録した。



センサー式カウンター内部



センサー式カウンター外観

5-5-3 水量・電力量

装置を稼働させるために必要な水量および電力量を調査した。水量は初期水量と補充水量を確認し、電力量は設備稼働率を利用者人数から割り出して算定することとした。初期水量は本装置を設置した段階で投入した水量のことを指し、補充水量とは試験期間中に水が不足した場合、人為的に追加した水量を指す。

5-5-4 活性炭使用量および費用

本装置は着色物質等を吸着することを目的として、最終貯留槽に活性炭を投入している。ここでは、試験期間中に使用した活性炭の使用量および費用を把握する。表5-6に使用した活性炭の仕様を、表5-7に活性炭ポンプの仕様を示す。

表5-6 活性炭（プロコールC M）仕様

項目	プロコールC M
pH	6.3
乾燥減量	2.8 %
粒度	500 μ m~2.36mm (#8~30)
よう素吸着性能	1,080 mg/g
ベンゼン吸着性能	35.6 %
メチレンブルー吸着性能	190 ml/g
充填密度	0.42 g/ml

表 5-7 活性炭ポンプ（川本CS形カスケードポンプ）仕様

形式	C 3 - 1 3 6 S H
吸込口径	Φ 2 0 mm
吐出口径	Φ 2 0 mm
吐出量	1 7 L/min
全揚程	1 5
モータ出力	0 . 1 3 kW
回転速度	3 6 0 0 min-1
周波数	6 0 Hz
電圧	1 0 0 V
電流	2 . 2 A
極数	2 極

5-6 維持管理性能

実証申請者が提出したメンテナンスマニュアルに沿って運転・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、作業量等を調査した。維持管理性能に関する実証項目の記録方法と頻度を表5-8、専門維持管理に関する性能の実証スケジュールを表5-9に示す。

日常的な維持管理および開山・閉山対応、発生残渣の搬出に係る調査は東富士山荘の協力を得て実施した。

一方、専門的な維持管理に係る調査は静岡県環境衛生科学研究所が平常時は1回/月、集中時は1回/週の頻度で実施した。トラブル対応やメンテナンスマニュアルの信頼性に係る調査は、東富士山荘と静岡県環境衛生科学研究所がそれぞれ実施した。

表5-8 維持管理性能に関する実証項目の記録方法と頻度

分類項目	実証項目	記録方法	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	毎日	東富士山荘
専門管理全般		専門管理チェックシートに記録	1回/月	静岡県環境衛生科学研究所等
開山、閉山対応 ※1		冬季閉鎖時及び運転再開時の処置チェックシートに記録	開山・閉山時	
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	東富士山荘 静岡県環境衛生科学研究所等
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	

※1：翌シーズンの装置立ち上げ時（開山時）における稼働状況をもとに越冬能力を確認

表5-9 専門維持管理性能の実証スケジュール

	平成16年度				平成17年度
	4月	—			
5月	—				5/30
6月	—				—
7~8月 集中時※	1回目	2回目	3回目	4回目	—
	7/27	8/2	8/9	8/16	
9月	9/13				—
10月	10/12				—
11月	11/12（閉山）				—

5-7 室内環境

トイレを使用する利用者にとっての、トイレブース内の快適性を実証する。

表5-10 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	温度計を建屋内の入口付近に設置し、気温を測定・記録	実証期間中	自動測定
湿度	湿度計を建屋内の入口付近に設置し、湿度を測定・記録	実証期間中	
臭気	建屋内のブース前で、人の感覚により記録。	試料採取時	東富士山荘
許容範囲	利用者へのヒアリング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	

5-7-1 室温・湿度

平成16年7月27日～11月12日までは、図5-4のA地点に温湿度センサーを設置し室温・湿度を測定した。測定器の仕様を表5-11に示す。また、平成17年4月27日～5月30日までは、自動計測タイプの温湿度センサー（TR-72U）をトイレ入口の利用者カウンターの上（図5-4のB地点）に設置し、室温・湿度を30分間隔で計測した。

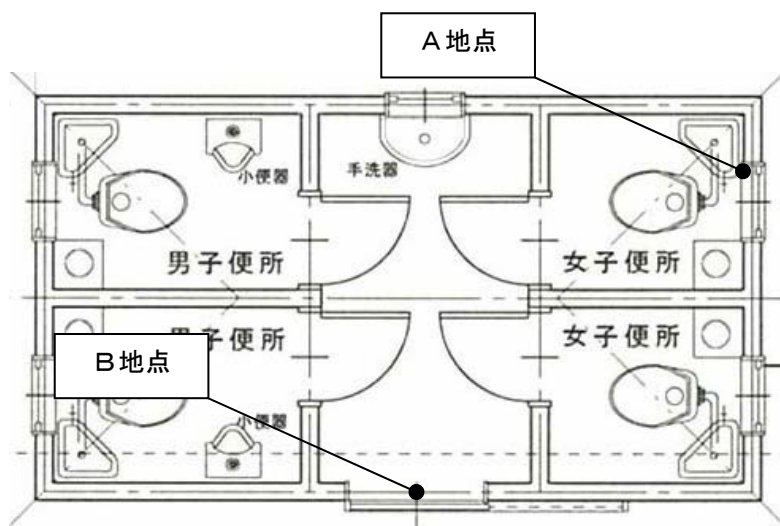


図5-4 温湿度計の設置位置



温湿度センサーA



温湿度センサーB

表5-11 温湿度センサー（自記温湿度計I型大田計器）仕様

受感部	温度 バイメタル、湿度 毛髪
精度	温度 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 以内、湿度 $\pm 5\%$ 以内（極差7%以内）
測定範囲	温度 $-15^{\circ}\text{C}\sim +40^{\circ}\text{C}$ 、湿度0~100%RH
時計駆動	電池時間
記録期間	31日兼用
記録紙記号	31日用/MB-31
寸法	305（巾） \times 321（高さ） \times 140（奥行）mm
重量	4.1kg

5-7-2 許容範囲

トイレ利用者にアンケートを実施し、室内環境の快適性と装置の操作性に係る許容範囲を調査した。なお、本アンケートは東富士山荘が行った。アンケート項目は以下の4つとした。

- ①トイレブース内において
- ②トイレブース内の明るさ
- ③洗浄水の色やにごり
- ④紙（使用済みペーパー）の分別に対する抵抗感

なお、ここでは、通常的生活の場と同じような機能や快適性の要求や、それらとの比較をするのではなく、山岳地のトイレとして、室内の環境が必要最小限の条件が満たされているか、許容範囲内であるかについて調査することとした。

5-8 処理性能

5-8-1 試料採取・分析項目および分析方法

(1) 試料採取場所

試料採取場所を図5-5に示した。また、試料採取写真及び各処理槽の写真については資料編に掲載した。

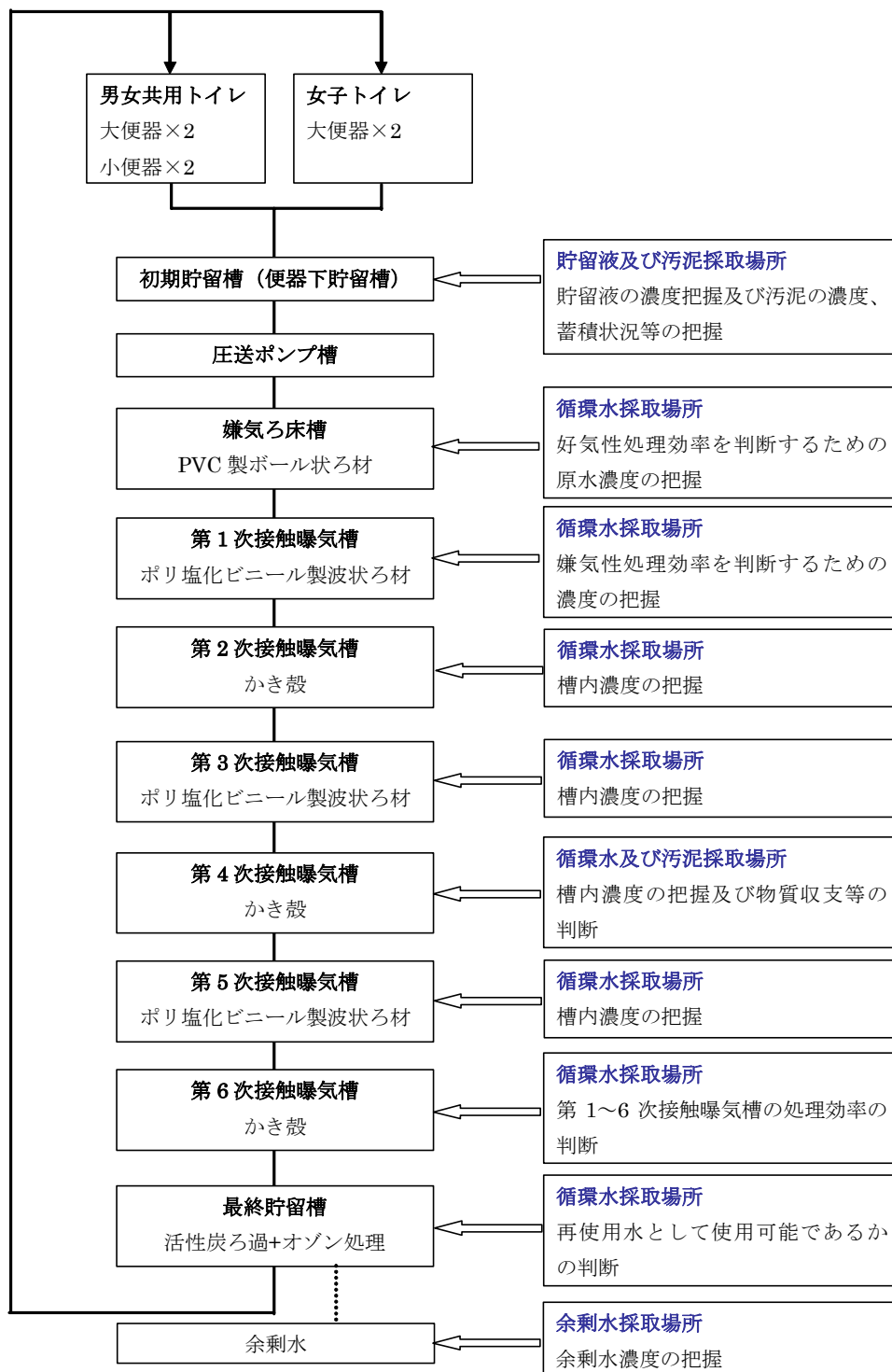


図5-5 試料採取場所

(2) 調査地点及び調査項目

調査地点及び調査項目を表5-12に示した。

表5-12 調査地点及び調査項目

区分	対象媒体	調査地点	調査項目	
			現地調査項目	室内調査項目
項目-1 ○	循環水	全層（上、中、下層）	水温、DO、水位測定	—
項目-2 ●	循環水	嫌気ろ床槽	気温、増加水量、色、臭気、水温、透視度、pH、DO	TOC、BOD、Cl ⁻ 、SS、大腸菌群数、総7ㄥり度、NH ₄ -N、NO ₃ -N、NO ₂ -N、PO ₄ -P、Ca ²⁺
		第1次接触曝気槽		
		第4次接触曝気槽		
		第6次接触曝気槽		
		最終貯留槽		
余剰水				
項目-3 ◇	循環水	第1次接触曝気槽	気温、色、臭気、水温、透視度、pH、DO	Cl ⁻ 、SS、総7ㄥり度、NH ₄ -N、NO ₃ -N、NO ₂ -N、PO ₄ -P、Ca ²⁺
		第2次接触曝気槽		
		第3次接触曝気槽		
		第4次接触曝気槽		
		第5次接触曝気槽		
項目-4 ◆	循環水	嫌気ろ床槽	色、臭気、pH	TOC、BOD、Cl ⁻ 、SS、大腸菌群数、総7ㄥり度、NH ₄ -N、NO ₃ -N、NO ₂ -N、PO ₄ -P、Ca ²⁺ 、T-N、
		第6次接触曝気槽		
		最終貯留槽		
		余剰水		
項目-5 △	貯留液	初期貯留槽（中間水）	色、臭気、pH	Cl ⁻ 、Ca ²⁺ 、T-N
項目-6 ▲	汚泥、スカム	初期貯留槽	色、臭気、汚泥蓄積状況	—
項目-7 □	汚泥、スカム	初期貯留槽	色、臭気、汚泥蓄積状況	強熱減量、Ca、Cl ⁻ 、SS、VSS
項目-8 ■	汚泥（かき殻）	第4次接触曝気槽	—	SS、VSS

備考) 第4次接触曝気槽の汚泥は、かき殻の蓄積量を調査することを目的とした。

項目-4における大腸菌群数調査は最終貯留槽及び余剰水を対象とした。

項目-4におけるT-Nは嫌気ろ床槽を対象とした。

(3) 分析方法

測定分析方法を表5-13に示した。

表5-13 分析項目及び分析方法の一覧

区分	調査項目	調査・分析方法
循環水	色（外観）	下水試験方法第2編第2章第3節
	臭気	臭気官能試験法 TIA 尺度
	透視度	下水試験方法第2編第2章第6節
	水温	下水試験方法第2編第2章第2節
	pH	JIS K0102 12
	TOC	JIS K0102 22
	BOD	JIS K0102 21
	DO	JIS K0102 32
	Cl ⁻	JIS K0102 35
	SS	下水試験方法第2編第2章第12節
	大腸菌群数	下水試験方法第3編第3章第7節
	総アルカリ度	下水試験方法第2編第2章第15節
	NH ₄ -N	下水試験方法第2編第2章第25節
	NO ₃ -N	下水試験方法第2編第2章第26節
	NO ₂ -N	下水試験方法第2編第2章第27節
	PO ₄ -P	簡易測定（吸光光度法 HACH 社製 DR2000 型）
	Ca ²⁺	河川水質試験方法(案)
	T-N	下水試験方法第2編第2章第29節
	貯留液	色（外観）
臭気		臭気官能試験法 TIA 尺度
水温		下水試験方法第2編第2章第2節
pH		JIS K0102 12
Cl ⁻		下水試験方法第2編第2章第31節
Ca ²⁺		河川水質試験方法(案)
T-N		下水試験方法第2編第2章第29節
汚泥、スカム	色（外観）	下水試験方法第2編第2章第3節
	臭気	臭気官能試験法 TIA 尺度
	泥温	下水試験方法第2編第4章第2節
	汚泥蓄積状況	スカム厚測定器及び汚泥厚測定器により測定
	pH	JIS K0102 12
	Cl ⁻	下水試験方法第2編第2章第31節
	強熱減量	下水試験方法第2編第4章第8節
	Ca	下水試験方法第5編第3章第20節
	SS、VSS	下水試験方法第2編第4章第9節

備考) 汚泥、スカムのCl⁻分析は遠心分離後、純水により希釈し溶出量を測定した。

スカム厚測定器及び汚泥厚測定器の写真を写真-1に示した。



スカム厚測定器



汚泥厚測定器

写真-1. スカム厚測定器及び汚泥厚測定器

5-8-2 試料採取スケジュール及び採取手法

(1) 試料採取スケジュール

調査は、平成16年7月下旬から平成17年5月下旬までの間に実施した。

調査日は、調査期間をトイレ利用の集中時と平常時に分類し、集中時は週1回、平常時は月1回とし、計9回の調査とした。また、平成16年11月の調査は、調査日を運転停止時とし、平成17年4月の調査は、調査日を運転開始時とした。

調査時刻は、原則として午前中の定刻としたが、トイレ利用客の混雑時を避け調査を行った。

調査日時を表5-14に示した。また、各処理槽の調査回数及び調査区分を表5-15に示した。

表5-14 調査日時

調査月	調査頻度	調査日	調査時刻
7月～8月(集中時)	週1回	平成16年7月27日	13:15～14:50
		平成16年8月2日	12:45～13:45
		平成16年8月9日	11:30～12:30
		平成16年8月16日	10:50～11:37
9月(平常時)	月1回	平成16年9月13日	10:30～11:50
10月(平常時)	月1回	平成16年10月12日	10:35～11:20
11月(平常時)	運転停止時	平成16年11月12日	10:10～13:30
4月(平常時)	運転開始時	平成17年4月27日	11:00～15:00
5月(平常時)	月1回	平成17年5月30日	10:50～13:30

備考) 7月27日～8月23日をトイレ利用集中期間と想定した。

表5-15 各処理槽の調査回数及び調査媒体

調査媒体	調査地点	調査回数	調査日									
			7/27	8/2	8/9	8/16	9/13	10/12	11/12	4/27	5/30	
循環水	嫌気ろ床槽	9回	●	●	●	●	●	●	●	●	◆○	◆○
	第1次接触曝気槽	3回	●		●	◇					○	○
	第2次接触曝気槽	1回				◇					○	○
	第3次接触曝気槽	1回				◇					○	○
	第4次接触曝気槽	2回				◇			●	○	○	
	第5次接触曝気槽	1回				◇				○	○	
	第6次接触曝気槽	9回	●	●	●	●	●	●	●	●	◆○	◆○
	最終貯留槽	9回	●	●	●	●	●	●	●	●	◆○	◆○
	余剰水	2回							●			◆
貯留液	初期貯留槽(中間水)	2回									△○	△○
汚泥	初期貯留槽	5回	▲					▲		▲	□○	□○
	第4次接触曝気槽	2回								■	■	

備考) ○は項目-1、●は項目-2、◇は項目-3、◆は項目-4、△は項目-5、▲は項目-6、□は項目-7、■は項目-8の調査項目について調査した。調査地点及び調査項目の詳細については表5-10に示した。

(2) 採取手法

1) 循環水採取方法

試料採取は、JIS K 0094 及び下水試験方法に従って実施した。

採取した試料は、採取容器に密閉し、クーラーボックス内で保冷して実験室に持ち帰った。

大腸菌群数調査には滅菌瓶を使用し、クーラーボックス内で保冷して実験室に持ち帰った。
実験室に搬入後、分析を行うまでの試料は冷暗所で保管した。

2) 汚泥採取方法

初期貯留槽の汚泥は、汚泥厚測定器により採取した。初期貯留槽のスカムは、スカム厚測定器により採取した。

採取した試料は、採取容器に密閉し、クーラーボックス内で保冷して実験室に持ち帰った。
実験室に搬入後、分析を行うまでの試料は冷暗所で保管した。

6. 実証試験結果

6-1 稼働条件・状況

6-1-1 気温

平成16年7月27日～11月12日の気温は、三島市内の測定値を標高補正して算出した。一方、平成17年4月27日～5月30日は、実証対象トイレ入口横の軒下に自動計測タイプの温湿度センサーを設置して記録した。気温のグラフを図6-1に示す。また、最高・最低気温、平均気温を表6-1に示す。

試験期間のうちトイレ使用期間の平成16年7月27日～11月12日、17年4月27日～5月30日における最高気温は8月21日の25.2℃、最低気温は10月29日の-6.6℃で、零下を記録した日は10月に6日間、11月に6日間の計12日間であった。

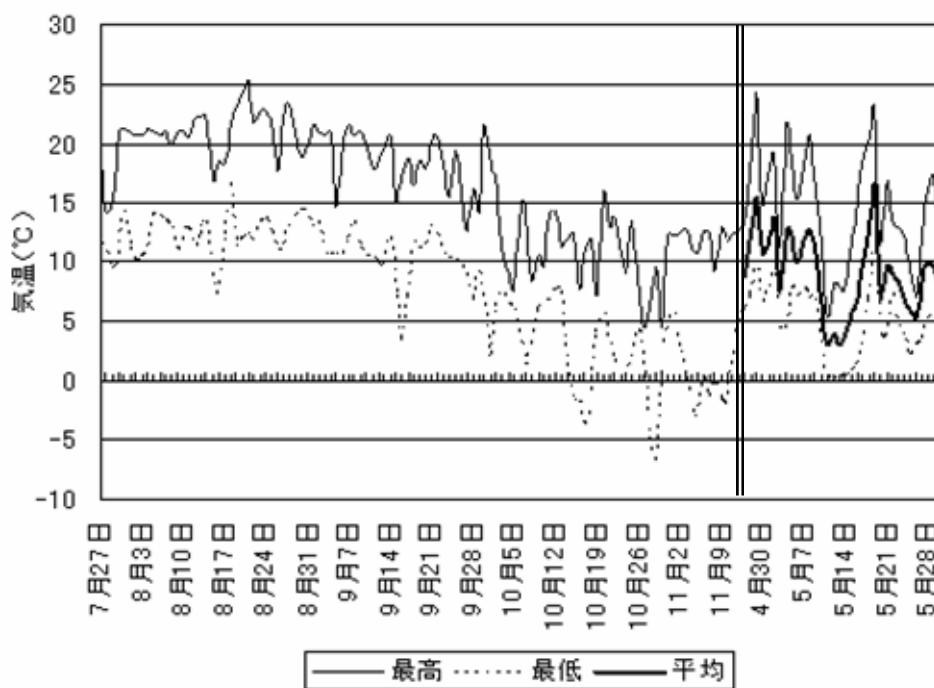


図6-1 気温グラフ

表6-1 最高・最低気温、平均気温

	04/7月	04/8月	04/9月	04/10月	04/11月	05/4月	05/5月
最高気温(℃)	21.2	25.2	21.6	17.8	12.8	24.4	22.9
最低気温(℃)	9.5	7.4	3.5	-6.6	-3.1	6.2	0.2
平均気温(℃)	-	-	-	-	-	11.9	8.8

※7/27～11/12、4/27～5/30までの(143日間)のデータを基に作成

6-1-2 利用者数

1日毎のトイレ利用者数および累積人数を図6-2に示す。また、計測結果を表6-2、6-3に示す。

期間中の総利用者数は32,786人にも上り、1日あたりの利用者数が最も多い日は、8月14日の土曜日で1,457人であった。また、本装置の設計値である1日あたりの利用者数が500人を超えた日は、8月に23日間あり、この内、1,000人を超えた日は7日間もあった。

利用集中時とした7月27日～8月24日の29日間においては、合計20,962人の利用者があり、1日あたりの平均利用者数は723人である。5月のゴールデンウィーク以降、若干、利用者が増える傾向が見られるが、ほとんどは富士山登山シーズンである7月～8月に集中している。

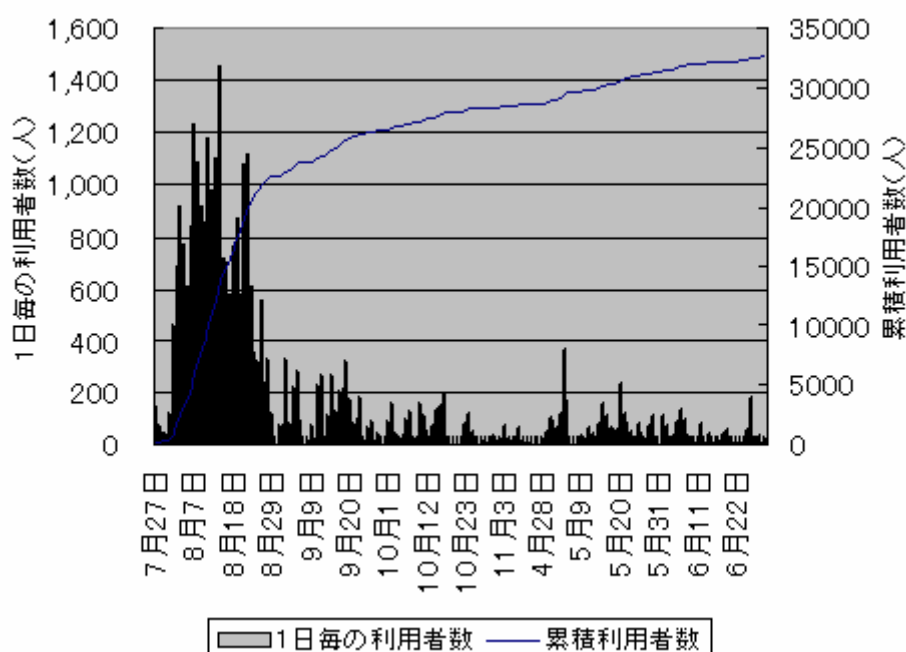


図6-2 利用者数の推移

表6-2 利用者数 (7/27～11/12、4/27～6/30までの(174日間)のデータを基に作成)

単位:人	平成16年					平成17年			全体
	7月	8月	9月	10月	11月	4月	5月	6月	
最高利用者数(1日)	156	1,457	332	201	73	104	365	183	—
平均利用者数(1日)	90	715	127	62	25	45	86	43	平均 188
延べ人数	451	22,159	3,817	1,931	300	181	2,670	1,277	計 32,786
測定日数	5	31	30	31	12	4	31	30	計 174

表 6-3 利用者数 (日毎)

	2004 年					2005 年		
	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	4 月	5 月	6 月
1 日		462	76	93	18		89	113
2 日		687	332	159	21		71	78
3 日		918	83	44	73		126	0
4 日		776	221	29	26		365	36
5 日		613	283	35	13		168	90
6 日		839	97	98	31		0	135
7 日		1,233	2	132	66		0	96
8 日		1,090	24	31	12		211	35
9 日		921	79	0	10		36	29
10 日		854	34	163	7		24	5
11 日		1,182	226	118	0		68	8
12 日		983	267	57	23		44	85
13 日		1,100	21	19			34	11
14 日		1,457	118	75			87	43
15 日		718	271	138			162	6
16 日		702	133	156			113	8
17 日		584	203	201			72	13
18 日		763	211	32			60	45
19 日		874	322	0			58	61
20 日		584	178	0			236	3
21 日		1,079	84	0			125	6
22 日		1,118	103	25			83	8
23 日		613	183	84			56	6
24 日		361	21	126			33	12
25 日		323	68	56			86	62
26 日		558	93	0			44	183
27 日	156	235	23	0		0	26	28
28 日	78	327	48	13		24	75	42
29 日	43	126	0	11		53	118	9
30 日	49	3	13	0		104	0	21
31 日	125	76		36			0	
合計	451	22,159	3,817	1,931	300	181	2,670	1277
平均	90	715	127	62	25	45	86	43
最高	156	1,457	332	201	73	104	365	183

※ 網掛け部分は、土日・祝日

6-1-3 水量・電力量

初期水量と補充水量、電力量に関する試験結果を表6-4に示す。

初期に投入した水は20m³であることが、設計書により確認できた。また、初期水は、各槽に注水する方式で実施された。試験期間中に人為的な補充はなかった。

本装置に必要な電力は、各ポンプ類とブロワー、低圧水銀ランプを稼働させるためのものである。この内、洗浄水給水用ポンプ、手洗い用ポンプは使用状況に応じて随時稼働し、活性炭用ポンプ、ブロワー、低圧水銀ランプは常時稼働するものである。申請者へのヒアリングをもとに随時稼働のポンプは、トイレ利用者100人毎に1時間稼働するとして使用電力量を算定した。試験期間中の総使用量は2421.39kWh、1月の平均使用量は417.48kWh、1日当たりの平均使用量は13.92kWhであった。また、一日当たりの最高使用量は18.74kWhで、最低使用量は13.20kWhであった。

表6-4 水量・電力量

分類項目	実証項目	実証試験結果		
水量	初期水量	20m ³		
	補充水量	0m ³		
電力量	消費電力量	総使用量2,421.39kWh		
		1月当たりの平均使用量417.48kWh/月		
		1日当たりの平均使用量13.92kWh/日		
	内訳	随時	洗浄水給水用ポンプ (N3-256)	0.25kW
			手洗用ポンプ (N3-136)	0.13kW
		常時	活性炭ポンプ	0.13kW
ブロワー (LP-80HN)			0.08kW	
(LP-120H)			0.12kW	
(LP-200H)	0.20kW			
低圧水銀ランプ (UVL20DH-2)	0.02kW			

6-1-4 活性炭使用量および費用

本装置は最終貯留槽に活性炭を用いている。ここでは、開山時に交換した活性炭量およびコストを調査した。表6-5に結果を示す。最終貯留槽で使用している活性炭の全量は30kgで、それをすべて交換したことが確認された。費用は10kgあたり20,000円のため、合計60,000円となる。

表6-5 活性炭および燃料使用量とコスト

分類項目	実証項目	実証試験結果	
資材	活性炭	使用量 30kg	コスト60,000円 (10kg/本/回×3本/年)

6-1-5 稼働条件・状況のまとめ

稼働条件・状況の試験結果のまとめを以下に示す。また、性能表示値との比較表を表6-6に示す。

<気温>

トイレ使用期間中の気温は-6.6~25.2℃で、本装置が適切に稼働する範囲内(-20~40℃)であった。また、使用期間のうち零下を記録した日が12日間あったが、凍結等によるトラブルは発生しなかった。

<利用者数>

本装置の使用集中時における設計人数は500人回/日である。実際の結果では、使用集中時とした7月27日~8月24日の29日間においては、合計20,962人の利用者があり、1日あたりの平均利用者数は723人となり、設計人数を上回っていた。また、1日あたりの利用者数が500人を超えた日は、8月に23日間あり、この内、1,000人を超えた日は7日間あった。

<水量・電力量>

本装置は、初期水20m³をトイレ供用開始時に投入して稼働している。今回の試験期間中に人為的な補充は行わなかった。また、本装置において電力が必要な主な設備としては、トイレの使用頻度に伴って稼働するポンプと常時稼働しているポンプ、ブロワー、低圧水銀ランプがある。性能表示では2.5~4.0 kWh/日となっているが、実証値では平均13.92 kWh/日という値が確認された。本データは利用人数からの算定数値ではあるが、性能表示値を大幅に上回っているため、仕様の表示値の再検討が必要と思われる。

<活性炭使用量>

開山時における活性炭の全量交換以外は、特に補充・交換の必要性は生じなかつた。

表6-6 性能表示と試験結果の比較表

No.	性能表示項目・数値		試験結果
1	適正稼働気温	-20~40℃	-6.6~25.2℃ (使用期間)
2	処理能力	平常時 200 人/日 集中時 500 人/日	平常時 80 人/日 集中時 723 人/日
3	水	20m ³	20m ³
4	電力	通常消費量 2.5kWh/日 最大消費量 4.0kWh/日	平均 13.92kWh/日 最高 18.74kWh/日 最低 13.20kWh/日
5	活性炭	1回/年 (30kg)	1回/年 (30kg)

6-2 維持管理性能

6-2-1 日常維持管理

東富士山荘が日常管理チェックシートをもとに調査した結果を表6-7に示す。

表6-7 日常維持管理結果

項目	内容
実施期間	平成16年7月27日～平成17年6月30日（実施頻度：越冬期間除く毎日）
実施者	組織名 東富士山荘 担当者 米山千晴
作業人数	1人
作業時間	平均1時間
作業内容	便器の洗浄、拭き掃除、床の掃き掃除、使用済みトイレトペーパーおよび汚物の片付け、トイレトペーパーの交換（日に2～3回）
作業性	始動時（小屋開け時）に保守点検すれば、その後の機器点検はほとんど無い。 清掃についても特に問題はない。

6-2-2 専門維持管理

専門維持管理は、環境衛生科学研究所が実施した。実施日、実施者、作業人数・時間、内容、および作業性を表6-8に示す。

表6-8 専門維持管理結果

項目	内容		
実施日	第1回	7月27日（火）	人数：2人 所要時間 13:15-14:50
	第2回	8月 2日（月）	人数：2人 所要時間 12:45-13:45
	第3回	8月 9日（月）	人数：2人 所要時間 11:30-12:30
	第4回	8月16日（月）	人数：2人 所要時間 10:50-11:40
	第5回	9月13日（月）	人数：2人 所要時間 10:30-11:50
	第6回	10月12日（火）	人数：2人 所要時間 10:40-11:20
	第7回	11月12日（金）	人数：2人 所要時間 10:10-13:30
	第8回	4月27日（水）	人数：1人 所要時間 11:00-15:00
	第9回	5月30日（月）	人数：1人 所要時間 10:50:13:30
実施者	組織名 静岡県環境衛生科学研究所 担当者 三好廣志		
作業人数	平均 2 人		
作業時間	平均 30 分 水質調査を含む場合：約 2時間		
作業内容	<ul style="list-style-type: none"> * 便器本体の破損等の有無の確認 * 初期貯留槽のスカム、沈殿物の状況 * 接触曝気槽の曝気状況、水質の外観（透視度、色、臭気） * 最終貯留槽の水位の確認 * 余剰水の有無の確認 		
作業性	<p>初期貯留槽のスカム、沈殿物の状況を把握するには特殊な器具が必要であり、操作も難しい。</p> <p>他の作業性は良好であった。</p>		

6-2-3 開山・閉山対応

開山および閉山に必要な作業の内容、作業性等に係る調査については、東富士山荘と環境衛生科学研究所が実施した。表6-9、表6-10に試験結果を示す。

表6-9 開山対応に係る試験結果

項目	開山対応	
実施日	2005年4月27日（水）	
実施者	組織名 静岡県環境衛生科学研究所、 担当者 三好廣志	組織名 東富士山荘 担当者 米山千晴
作業人数	3 人	1 人
作業時間	3 時間	1 時間
作業内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水質調査 嫌気ろ床層、第6次接触曝気槽、最終貯留槽において、透視度、TOC,BOD,CL,SS,総アルカリ度の水質調査を行った。また、最終貯留槽では大腸菌群を、初期貯留槽では中間水のCLを調査した。なお、DO,水温については上中下の3層について全ての槽で測定を行った。 ・ 水位調査 全ての槽で測定を行った。 ・ 汚泥量調査 初期貯留槽のスカム、汚泥量について測定を行った。調査項目はCL,Ca,SS,VSS,強熱減量 ・ かき殻の目視点検 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 最終貯留槽からトイレに繋がっているパイプの繋ぎ込み。(凍結防止のため、閉山時ははずしてある。) ・ ポンプの呼び水の注入。(500m l程度) ・ オゾン発生装置と活性炭の入ったカートリッジの投入。 ・ 各槽の凍結状態の確認。 ・ 便器等の清掃。
作業性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 曝気槽の表層水が氷結しており、これを細かく砕く作業が必要となった。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 山小屋経営者が一人で容易にできる作業である。 ・ 作業上、危険性、やりにくさ等は感じられない。

表 6 - 1 0 閉山対応に係る試験結果

項目	閉山対応	
実施日	2004年11月12日（金）	
実施者	組織名 静岡県環境衛生科学研究所、 担当者 三好廣志	組織名 東富士山荘 担当者 米山千晴
作業人数	3 人	1 人
作業時間	3 時間	1 時間
作業内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 便器本体の破損等の確認 ・ 初期貯留槽のスカム、汚泥調査 ・ 曝気槽の水位調査 ・ 第4次接触曝気槽内の沈殿物の堆積量調査 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 最終貯留槽からトイレに繋がっているパイプを外す。（凍結防止のため） ・ ポンプ内の水抜き。 ・ オゾン発生装置と活性炭の入ったカートリッジを外す。 ・ 便器等の清掃。 ・ 便器内に不凍液の注入。
作業性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 今後、維持管理していく上で、汚泥の引抜き時期、引抜き量の推定は重要な項目となることから、第4次接触曝気槽内の沈殿物の堆積量調査を実施したが、槽内の充填物（かき殻等）を全て取り出さなくてはならないため、非常に作業性が悪かった。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 山小屋経営者が一人で容易にできる作業である。 ・ 作業上、危険性、やりにくさ等は感じられない。

6-2-4 発生物の搬出及び処理・処分

搬出の必要があるものとしては、利用者に分別の協力をお願いしている使用済みトイレットペーパー、曝気槽にろ材として投入しているかき殻、最終貯留槽で使用している活性炭、そして処理過程で生じる汚泥である。試験期間中に使用したペーパーの量は468ロールで、1日当りの使用量は約3ロールになる。また、活性炭の搬出量は30kgであった。かき殻と汚泥の搬出及び処理・処分は実施していないが、初期貯留槽に蓄積した汚泥量および性状については分析を実施した。分析結果は、「汚泥蓄積状況および分析結果」に示す。

6-2-5 トラブル対応

トラブル内容及び対応結果を表6-11に示す。

表6-11 トラブル対応の結果

項目	内容		
発生日	平成16年7月10日	平成17年5月7日	平成17年5月21日
対応担当者	組織名 東富士山荘 担当者 米山千晴	組織名 静岡県環境衛生 科学研究所 担当者 三好廣志	組織名 東富士山荘 担当者 米山千晴
対応日	平成16年7月10日	平成17年5月30日	平成17年5月21日
修復日	平成16年7月10日	平成17年5月30日	平成17年5月21日
作業人数 (時間)	1 人 2 時間	2 人 0.1時間	1 人 0.1時間
発見理由	山小屋経営者が点検中に発見した。	第1次から第6次曝気槽の水位点検の際、発見した。	最終貯留槽の再利用水配管のバルブからの水漏れを発見した。
発生時の状況	生理用品が流れず、管路が詰まり排水が溢れた。	第1次、第2次及び第3次曝気槽において曝気が停止していた。又、曝気槽周辺で異臭がした。	水漏れが確認されたが、少量であった。
対処方法	便器を取り外して生理用品を取り除いた。	曝気槽の電源をONにより曝気を再開した。なお、再開後の曝気状況に異常は見られなかった。	バルブの調整によって水漏れは止まった。(調整時にバルブがはずれ、一時的に最終貯留槽の水が外に排出した。)
発生原因	便器内への生理用品の投入による。	トイレ周辺の点検中に誤ってコンセントから電源プラグを外してしまった。	バルブが緩んでいたのか、配管内に異物が混入した可能性がある。
作業性	便槽までの配管が複雑ではないため、山小屋事業者が自分で処理できた。	—	バルブの交換作業は、大変と思われる。

6-2-6 維持管理マニュアルの信頼性

日常維持管理を実施した東富士山荘、専門維持管理を実施した環境衛生科学研究にそれぞれアンケートを実施し、維持管理マニュアルの信頼性を確認した。表6-12に実証結果を示す。

表6-12 維持管理マニュアルの信頼性

項目	実証結果	
	日常維持管理	専門維持管理
読みやすさ	① とてもよい ② よい ③ ふつう ④ あまりよくない ⑤ よくない ⑥ その他()	① とてもよい ② よい ③ ふつう ④ あまりよくない ⑤ よくない ⑥ その他()
理解しやすさ	① とてもよい ② よい ③ ふつう ④ あまりよくない ⑤ よくない ⑥ その他()	① とてもよい ② よい ③ ふつう ④ あまりよくない ⑤ よくない ⑥ その他()
正確性	① とてもよい ② よい ③ ふつう ④ あまりよくない ⑤ よくない ⑥ その他()	① とてもよい ② よい ③ ふつう ④ あまりよくない ⑤ よくない ⑥ その他()
情報量	① とても多い ② 多い ③ 適当 ④ 少ない ⑤ とても少ない ⑥ その他()	① とても多い ② 多い ③ 適当 ④ 少ない ⑤ とても少ない ⑥ その他()
信頼性	月2回、実証申請者が現地指導をしているため、簡単なマニュアルで十分対応する事ができる。	既存のマニュアルでは、実証申請者の現地指導なしに維持管理することがむずかしいと思われる。実証申請者が常に関わることなく運転・管理できるような精度がもとめられる。

6-2-7 維持管理性能のまとめ

以下に維持管理性能のまとめを示す。

<日常及び専門維持管理>

日常的な維持管理については特に問題はなかった。ただし、本装置は使用したトイレットペーパーを便器に流すのではなく、便器横の専用ボックスで回収しているため、利用者の協力を徹底するためにも、分別回収の目的を明示することが必要である。また、分別したペーパーの回収作業がスムーズにできるよう工夫することが望まれる。

専門的な維持管理は、基本的には開山時と閉山時の作業に合わせて実施することになっているが、今回は、処理性能調査時においてもスカムや曝気状況、水質の外観、余剰水のチェックをした。試料採取等を行わないのであれば、2人で30分程度で実施できることが確認できた。点検口の開閉作業が容易にできるよう工夫することで作業の効率化が図れると考えられる。

<開山・閉山対応>

山小屋管理者が一人で容易にできる作業であり、作業上、危険性、やりにくさ等はなかったことが確認できた。

<汚泥等の搬出>

試験期間中に汚泥等の引き抜きは必要にならなかったが、初期貯留槽では1年に1回程度、その他の槽ではおおよそ3～5年に1回の頻度で処理水や汚泥の引き抜きが必要になる。かき殻についても3～5年に1回程度の充填や交換作業が必要になる。このような作業を適切に実施するには蓄積状況等が定期的に点検できるような仕組みが必要である。初期貯留槽のスカムや沈殿物の状況を把握するためには、特殊な器具が必要となり操作も容易でない。また、接触曝気槽内の堆積量を測定するためには、槽内充填物であるかき殻をすべて取り出す必要があるため作業性が悪い。各槽に関しての作業内容や方法、引き抜き量や時期等の判断基準が示されていないので、今後も安定的に長期間稼動するには、これらの維持管理に関しての対策を検討することが求められる。

<トラブル対応>

トラブルは①異物混入による便器の詰まり、②ブロワー停止、③再利用水の漏水、という3回が確認されたが、いずれも機械上のトラブルではなく、誤操作等が原因であり、幸いにも装置としての致命的トラブルまでには至らなかった。ただし、②のブロワー停止が発見されるまで1ヶ月近くもの期間を要したことから、今後は主なトラブル状況の把握と対処方法を整理したマニュアル等の準備が必要と考えられる。また、③の漏水に関しては、周辺環境への影響や衛生的問題もあるため、早急な改善が必要である。

6-3 室内環境

6-3-1 室温・湿度

測定結果を表6-13に示す。また、室内温度グラフを図6-3、湿度グラフを図6-4に示す。

使用期間中における最高室温は8月19日と20日の23.5℃で、最低室温は10月28日と29日の1℃だった。一方、湿度は最高が5月14日の80%で、最低は10月1.16.17.22.25日の5%であった。

表6-13 室温・湿度

	H16年7月		H16年8月		H16年9月		H16年10月		H16年11月		H17年4月		H17年5月	
	室温	湿度	室温	湿度	室温	湿度	室温	湿度	室温	湿度	室温	湿度	室温	湿度
最高	21	75	23.5	70	20	68	16.5	63	10.5	50	22.7	64	25.4	80
最低	14	42	10.5	18	8.5	18	1	5	2.5	10	8.5	14	4.6	10
平均	16.2	61.9	16.6	50.7	14.8	51.0	8.4	38.3	7.1	34.5	14.8	46.9	12.7	56.7

※7/27~11/12、4/27~5/30までの(143日間)のデータを基に作成

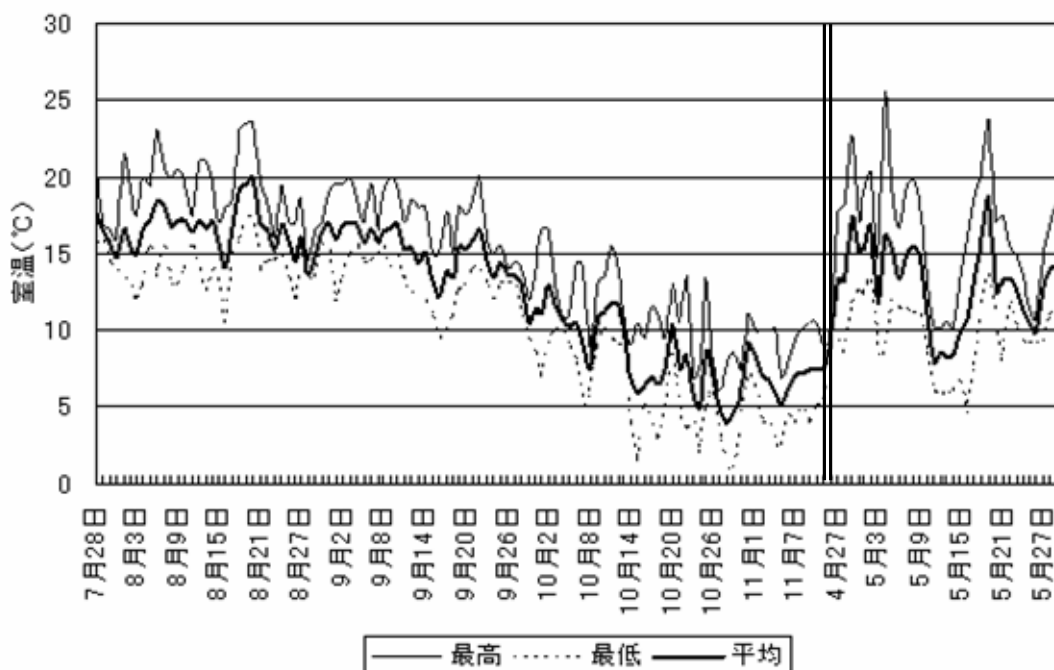


図6-3 室内温度グラフ

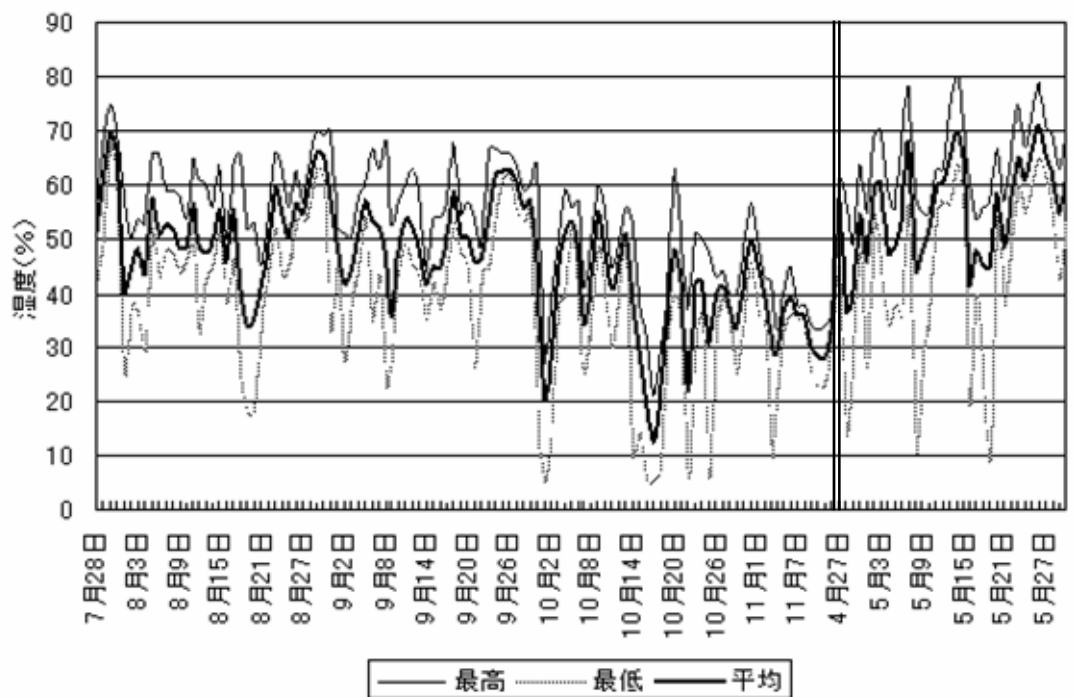


図6-4 湿度グラフ

6-3-2 許容範囲

室内環境の快適性と装置の操作性に関する許容範囲の調査を、東富士山荘の協力を得てトイレ利用者を対象に実施した。アンケート結果を以下に示す。

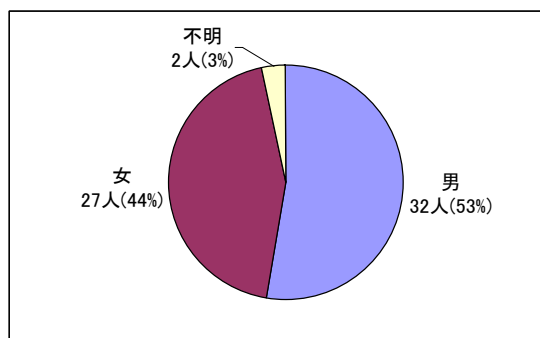
アンケートに協力いただいた人数は合計で61人。回答者の男女比は男32人（53%）女27人（44%）不明2人（3%）であった。各項目別の回答をみると、①トイレブース内のおいについては75%が「許容範囲内」、③洗浄水の色やにごりについても77%が「きれい」であった。また、②トイレブース内の明るさは「十分明るい」と「明るい」を併せると97%であった。最後に、⑤使用済みペーパーの分別については、抵抗感があると回答した人は21%、どちらとも言えないは26%で、「抵抗感がない」の53%とほぼ同数であった。

■調査実施日：2005年4月27日～5月30日

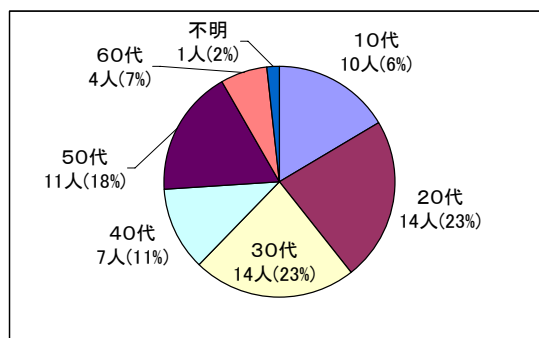
■調査者：静岡県環境森林部自然保護室

■回答数：61人（男32人、女27人、不明2人）

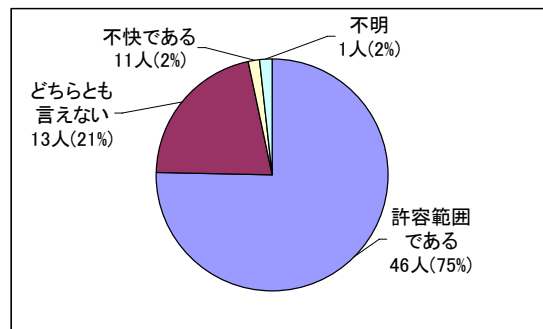
性別



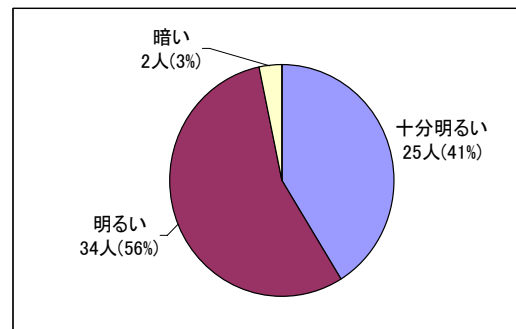
年代



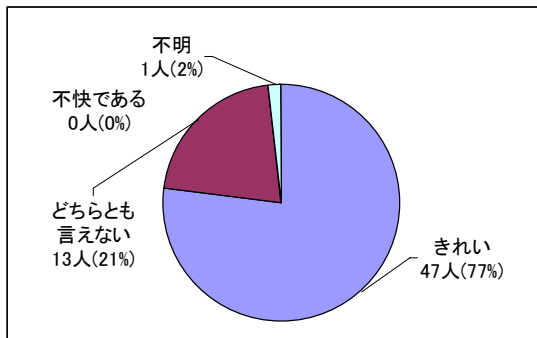
1. トイレ室内のにおいはどうでしたか？



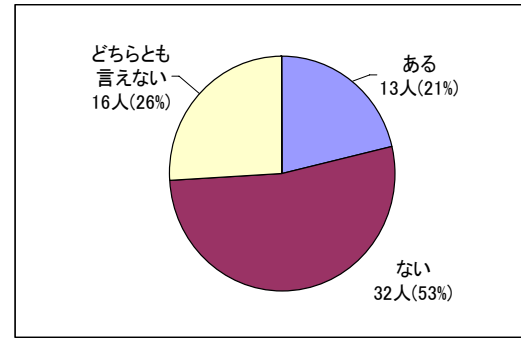
2. トイレ室内の明るさはどうでしたか？



3. 洗浄水の色やにごりはどうでしたか？



4. 紙の分別に抵抗感がありますか？



5. その他、気付いたことなど。

- ・ トイレ室内は全然臭わなかった
- ・ 紙の分別は慣れていないため抵抗感がある
- ・ ペーパーを見ないで、紙を分別できるとよい
- ・ キレイなトイレで凄く使用しやすかった
- ・ 紙が面倒だけどトイレ内はキレイだった
- ・ (お金のこと)入口に専門の人を立たせておいた方がよいと思う
- ・ 紙の分別がちょっと面倒くさい。間違えそうになりました
- ・ 紙の分別は大か小かで抵抗感があると思う

6-3-3 室内環境のまとめ

以下に、室内環境のまとめを示す。

<室温・湿度>

トイレ使用期間中の最高室温は8月19日と20日の23.5℃で、その時の最高気温は23℃と23.5℃であった。最低室温は10月28日と29日の1℃で、その時の最低気温は-4.7℃と-6.6℃を記録した。気温が高い場合は、室温もほぼ同じであるが、気温が低い時の室温はその温度よりも4～5℃高い値を示した。平均気温と室温を比較した場合は、約4℃、室温の方が高い結果が得られた。利用者からも特に室内温度に関する意見は出ていたため、本装置内の気温については、問題ないと考えられる。

また、湿度は最高が80%で最低は5%であったが、平均は約50%であった。一般的に室内湿度は、30～60%ぐらいが好ましいと言われているため、湿度についても問題ないと考えられる。

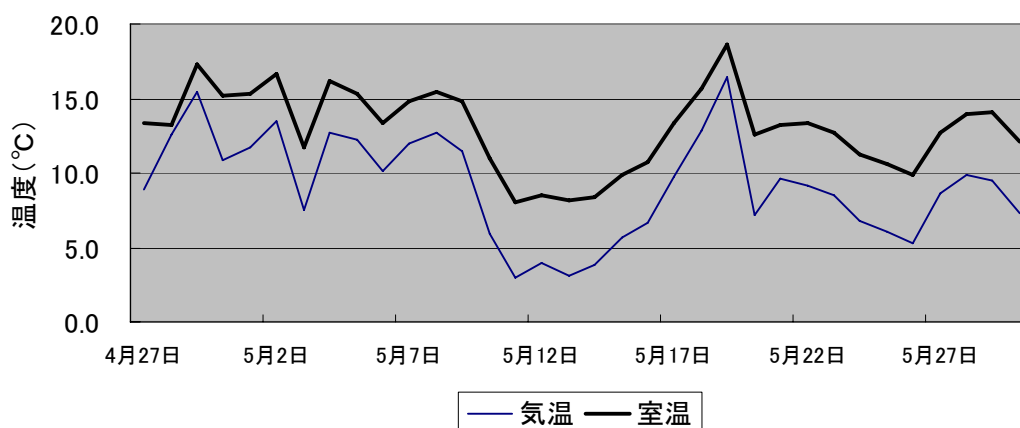


図6-5 平均気温と平均室温の比較

<利用者アンケート>

トイレブース内のおいについては75%、洗浄水の色やにごりに関しては77%、トイレブース内の明るさは97%の人が好意的な回答であったことから、利用者に対して使い心地のよいトイレ環境を提供できていると考えられる。一方、使用済みペーパーの分別については、「抵抗感がある」と回答した人は21%、「どちらとも言えない」は26%、「抵抗感がない」と回答した人は53%であったことから、今後、さらに協力を求めていくためには、利用者に理解してもらえらるような工夫を検討することが望まれる。

6-4 処理性能

6-4-1 試料分析結果

(1) 調査結果

1) 現地調査結果

調査結果概要を表6-14に示した。

嫌気ろ床槽は、水温が0.0~26.2℃の範囲、pHは7.4~8.4の範囲、DOは0.0~0.1mg/Lの範囲であった。第6次接触曝気槽は、水温が1.0~24.1℃の範囲、pHは7.2~8.0の範囲、DOは4.2~8.2mg/Lの範囲であった。最終貯留層は、水温が0.3~27.1℃の範囲、pHは6.5~7.8の範囲、DOは6.0~7.5mg/Lの範囲であった。

表6-14 各処理槽の調査結果概要 (n=9)

現地調査項目		嫌気ろ床槽	第6次接触曝気槽	最終貯留槽
水温 (°C)	最高	26.2	24.1	27.1
	最低	0.0	1.0	0.3
pH	最高	8.4	8.0	7.8
	最低	7.4	7.2	6.5
DO (mg/L)	最高	0.1	8.2	7.5
	最低	0.0	4.2	6.0

詳細な現地測定結果を表6-15に示した。

嫌気ろ床槽の色及び臭気では褐色及び腐敗性臭気を感じられたが、最終貯留槽では、8月16日の調査を除き無色無臭であった。8月16日の調査では最終貯留槽でも微黄色が見られた。

表6-15. 現地調査結果

調査日	調査場所	天候 気温(°C)	利用者数 (人)	水温 (°C)	色 (外観)	臭気	pH	DO (mg/L)
7/27	嫌気ろ床槽			26.2	濃茶褐色	有(2)	8.4	0.1
	第1次接触曝気槽	曇り	1081	24.7	濃黄褐色	無(0)	7.6	2.4
	第6次接触曝気槽	22.1	(1081)	23.1	淡褐色	無(0)	7.2	6.8
	最終貯留槽			26.2	無色	無(0)	7.1	6.0
8/2	嫌気ろ床槽	曇り	913	20.5	濃茶褐色	有(3)	8.0	0.1
	第6次接触曝気槽	20.5	(1994)	22.5	淡褐色	無(0)	7.7	7.1
	最終貯留槽			26.0	無色	無(0)	7.5	6.3
8/9	嫌気ろ床槽			26.0	濃茶褐色	有(2)	8.2	0.1
	第1次接触曝気槽	曇り	6156	25.5	濃黄褐色	無(0)	7.8	1.5
	第6次接触曝気槽	26.5	(8150)	23.6	淡褐色	無(0)	7.6	7.5
	最終貯留槽			27.1	無色	無(0)	6.5	6.5
8/16	嫌気ろ床槽			25.5	白濁黄褐色	有(3)	8.1	0.1
	第1次接触曝気槽			25.5	濃黄褐色	有(1)	7.7	0.4
	第2次接触曝気槽			25.5	濃黄色	無(0)	7.5	1.7
	第3次接触曝気槽	曇り	7215	25.5	濃黄色	無(0)	7.2	4.1
	第4次接触曝気槽	25.0	(15365)	24.5	淡黄色	無(0)	7.6	4.1
	第5次接触曝気槽			24.1	淡黄色	無(0)	7.7	6.8
	第6次接触曝気槽			24.1	淡黄色	無(0)	7.8	6.9
最終貯留槽			27.0	微黄色	無(0)	7.8	6.0	
9/13	嫌気ろ床槽	曇り	729	23.8	白濁黄褐色	有(3)	7.4	0.1
	第6次接触曝気槽	26.0	(25415)	21.8	淡黄色	無(0)	7.8	7.8
	最終貯留槽			25.5	無色	無(0)	7.3	6.4
10/12	嫌気ろ床槽			19.0	白濁黄褐色	有(3)	7.5	0.1
	第6次接触曝気槽	雨	577	16.0	淡黄色	無(0)	7.8	8.1
	最終貯留槽	14.5	(28410)	20.0	無色	無(0)	7.5	7.0
	余剰水			14.1	淡黄色	無(0)	6.7	8.1
11/12	嫌気ろ床槽			17.6	白濁黄褐色	有(3)	7.7	0.1
	第4次接触曝気槽	晴れ	139	12.8	淡黄色	無(0)	7.7	8.7
	第6次接触曝気槽	16.0	(29716)	12.5	淡黄色	無(0)	7.8	7.8
	最終貯留槽			17.0	無色	無(0)	7.7	7.5
越冬								
4/27	初期貯留槽 (スカム)				茶色	有(3)	7.5	
	初期貯留槽 (汚泥)				茶色	有(3)	7.0	
	初期貯留槽 (中間水)	晴	0	表6-16	茶褐色	有(3)	7.1	表6-16
	嫌気ろ床槽	12.5	(29840)	参照	褐色	有(2)	7.5	参照
	第6次接触曝気槽				無色	無(0)	7.5	
	最終貯留槽				無色	無(0)	7.8	
5/30	初期貯留槽 (スカム)				茶色	有(3)	8.3	
	初期貯留槽 (汚泥)				茶色	有(3)	7.9	
	初期貯留槽 (中間水)	雨	438	表6-17	茶褐色	有(3)	8.0	表6-17
	嫌気ろ床槽	14.5	(32691)	参照	褐色	有(3)	7.9	参照
	第6次接触曝気槽				淡黄色	無(0)	8.0	
	最終貯留槽				無色	無(0)	7.7	
	余剰水				無色	無(0)	7.7	

備考) 利用者数は調査日の前7日間の利用者数を示した。また、括弧内に7/27調査の前7日間からの利用者総数を示した。

臭気欄の括弧内は、TIA尺度 (Total Intensity of Aroma) を示した。以下にTIA尺度を示した。

TIA尺度
 0: 無臭
 1: わずかに臭う
 2: はっきり臭う
 3: 強く臭う

4月27日及び5月30日に調査を行った全槽調査項目の測定結果を表6-16、表6-17に示した。

5月30日の調査では、最終貯留槽の貯水量が減少していた。これは、余剰水排出弁の修理の際に水が漏れたとのことだった。また、第1次接触曝気槽から第3次接触曝気槽までの区間で、5月7日から30日までの間、曝気設備が停止していた。

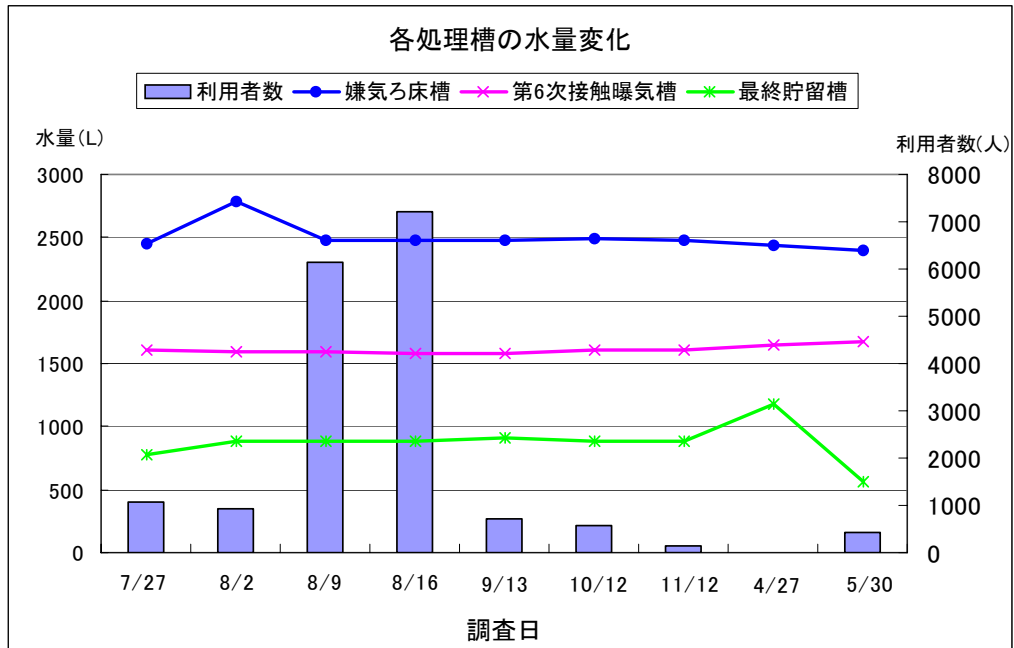
表6-16 全槽調査項目調査結果 (4月27日調査)

調査場所	槽高 (cm)	水深 (cm)	調査水深 (cm)	DO (mg/L)	水温 (℃)	
初期貯留槽	78	51	上層	10	0.2	2.8
			中層	30	0.2	2.8
			下層	51	0.2	3.1
嫌気ろ床槽	240	159	上層	10	0.0	0.0
			中層	80	0.2	0.0
			下層	159	0.5	0.0
第1次接触曝気槽	240	155	上層	10	0.0	0.7
			中層	80	0.3	0.1
			下層	155	1.0	0.4
第2次接触曝気槽	240	154	上層	10	0.2	0.5
			中層	80	0.3	0.5
			下層	154	0.4	0.4
第3次接触曝気槽	240	154	上層	10	0.0	2.5
			中層	80	0.4	0.4
			下層	154	1.4	0.1
第4次接触曝気槽	200	148	上層	10	2.7	4.0
			中層	70	1.6	3.4
			下層	148	1.1	2.5
第5次接触曝気槽	200	148	上層	10	測定不可	3.6
			中層	70	3.9	1.4
			下層	148	3.8	1.0
第6次接触曝気槽	200	147	上層	10	測定不可	1.6
			中層	70	4.2	1.0
			下層	147	4.3	1.0
最終貯留槽	200	112	上層	10	測定不可	0.3
			中層	60	測定不可	0.4
			下層	112	測定不可	0.5

表6-17 全槽調査項目調査結果 (5月30日調査)

調査場所	槽高 (cm)	水深 (cm)	調査水深 (cm)	DO (mg/L)	水温 (℃)	
初期貯留槽	78	50	上層	10	0.4	16.9
			中層	20	0.4	16.5
			下層	50	0.6	16.6
嫌気ろ床槽	240	157	上層	10	0.4	12.8
			中層	70	0.4	11.6
			下層	157	0.4	9.8
第1次接触曝気槽	240	153	上層	10	0.5	10.2
			中層	70	0.6	10.1
			下層	153	0.8	10.1
第2次接触曝気槽	240	152	上層	10	0.8	9.0
			中層	70	0.8	9.0
			下層	152	0.9	9.0
第3次接触曝気槽	240	153	上層	10	0.4	7.9
			中層	70	0.4	7.9
			下層	153	0.6	7.8
第4次接触曝気槽	200	150	上層	10	7.8	12.0
			中層	70	7.8	12.0
			下層	150	7.7	11.9
第5次接触曝気槽	200	150	上層	10	9.0	11.5
			中層	70	9.0	11.5
			下層	150	8.8	11.5
第6次接触曝気槽	200	150	上層	10	8.2	12.1
			中層	70	8.2	12.1
			下層	150	8.0	12.1
最終貯留槽	200	54	上層	10	6.8	18.1
			中層	30	6.5	18.1
			下層	54	6.6	18.1

処理槽の水量調査結果をグラフ図6-6に示した。また、汚泥現地測定結果は表6-18に示した。



備考) 利用者数は調査日の前7日間の利用者総数を示した。

図6-6 処理槽の水量調査結果

表6-18 汚泥調査結果

調査日	調査場所	色 (外観)	臭気	スカム厚 (m)	スカム量 (m ³)	汚泥厚 (m)	汚泥量 (m ³)
平成16年 7月27日	初期貯留槽	茶色	有(3)	0.02	0.091	0	—
平成16年 9月13日	初期貯留槽	茶色	有(3)	0.05	0.22	0	—
平成16年 11月12日	初期貯留槽	茶色	有(3)	0.05	0.22	0	—
平成17年 4月27日	初期貯留槽	茶色	有(3)	0.02	0.091	0.05	0.22
平成17年 5月30日	初期貯留槽	茶色	有(3)	0.03	0.13	0.10	0.45

備考) 臭気欄の括弧内は、TIA 尺度 (Total Intensity of Aroma) を示した。以下に TIA 尺度を示した。

- TIA 尺度
- 0: 無臭
 - 1: わずかに臭う
 - 2: はっきり臭う
 - 3: 強く臭う

2) 循環水調査結果

2004年7月27日から2005年5月30日までの嫌気ろ床槽、第6次接触曝気槽、最終貯留槽の循環水における調査結果の概要を表6-19に示した。

嫌気ろ床槽は、透視度が1.7~12cm、TOCは30~260mg/L、BODは65~330 mg/L、Cl⁻は290~470 mg/L、SSは27~110 mg/L、大腸菌群数は $4.9 \times 10^5 \sim 7.9 \times 10^6$ 個/100mL、総アルカリ度は960~1400 mgCaCO₃/L、無機態窒素は150~270 mg/L、PO₄-Pは3.9~11 mg/L、Ca²⁺は43~140mg/Lであった。

第6次接触曝気槽は、透視度が50cm以上、TOCは1.9~11mg/L、BODは<0.5~2.4 mg/L、Cl⁻は30~360 mg/L、SSは<1~2 mg/L、大腸菌群数は $3.3 \times 10^4 \sim 4.9 \times 10^3$ 個/100mL、総アルカリ度は20~160 mgCaCO₃/L、無機態窒素は13~170 mg/L、PO₄-Pは0.6~3.3mg/L、Ca²⁺は27~270mg/Lであった。

最終貯留槽は、透視度が50cm以上、TOCは1.1~3.2mg/L、BODは<0.5~1.9mg/L、Cl⁻は19~360 mg/L、SSは<1~1 mg/L、大腸菌群数は不検出~ 1.1×10^3 個/100mL、総アルカリ度は12~80 mgCaCO₃/L、無機態窒素は7.7~170 mg/L、PO₄-Pは0.4~3.0 mg/L、Ca²⁺は15~250mg/Lであった。

表6-19 各処理槽の循環水調査結果の概要 (n=9)

現地調査項目		嫌気ろ床槽	第6次接触曝気槽	最終貯留槽
透視度 (cm)	最大	12	>50	>50
	最小	1.7	>50	>50
TOC (mg/L)	最大	260	11	3.2
	最小	30	1.9	1.1
BOD (mg/L)	最大	330	2.4	1.9
	最小	65	<0.5	<0.5
Cl ⁻ (mg/L)	最大	470	360	360
	最小	290	30	19
SS (mg/L)	最大	110	2	1
	最小	27	<1	<1
大腸菌群数 (個/100mL)	最大	7.9×10^6	4.9×10^3	1.1×10^3
	最小	4.9×10^5	3.3×10^3	不検出
総アルカリ度 (mgCaCO ₃ /L)	最大	1400	160	80
	最小	960	20	12
NH ₄ -N (mg/L)	最大	270	17	4.4
	最小	150	<1.5	<1.5
NO ₂ -N (mg/L)	最大	<1.2	<1.2	<1.2
	最小	<1.2	<1.2	<1.2
NO ₃ -N (mg/L)	最大	0.9	170	170
	最小	<0.6	13	7.7
PO ₄ -P (mg/L)	最大	11	3.3	3.0
	最小	3.9	0.6	0.4
Ca ²⁺ (mg/L)	最大	140	270	250
	最小	43	27	15

備考) 嫌気ろ床槽、第6次接触曝気槽の大腸菌群数については、2005年4月27日、5月30日の調査を行っていないため、2004年の調査7回の最大・最小について示した。

詳細な循環水調査結果を表6-20及び表6-21に示した。

表6-20 循環水調査結果-①

調査日	調査場所	透視度 (cm)	TOC (mg/L)	BOD (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SS (mg/L)	大腸菌群数 (個/100mL)	総硬度 (mgCaCO ₃ /L)
7/27	嫌気ろ床槽	2.2	200	150	410	76	4.9×10 ⁶	1300
	第1次接触曝気槽	11	25	39	400	6	4.9×10 ⁵	330
	第6次接触曝気槽	>50	7.8	0.6	300	<1	1.7×10 ²	20
	最終貯留槽	>50	3.0	0.6	310	<1	2.2×10 ²	25
8/2	嫌気ろ床槽	2.0	260	180	380	73	4.9×10 ⁶	1400
	第6次接触曝気槽	>50	7.0	0.8	270	<1	4.9×10 ³	35
	最終貯留槽	>50	2.7	0.8	280	<1	1.1×10 ³	25
8/9	嫌気ろ床槽	2.3	51	180	450	52	7.9×10 ⁶	1300
	第1次接触曝気槽	19	30	23	450	12	4.9×10 ⁴	560
	第6次接触曝気槽	>50	8.7	0.8	330	<1	3.3×10	30
	最終貯留槽	>50	2.5	0.8	300	<1	2.6×10	27
8/16	嫌気ろ床槽	2.5	74	170	470	46	1.7×10 ⁶	1300
	第1次接触曝気槽	15	—	—	420	8	—	590
	第2次接触曝気槽	29	—	—	460	5	—	380
	第3次接触曝気槽	>50	—	—	460	3	—	15
	第4次接触曝気槽	>50	—	—	410	<1	—	27
	第5次接触曝気槽	>50	—	—	400	<1	—	30
	第6次接触曝気槽	>50	11	1.1	360	<1	2.2×10 ²	27
	最終貯留槽	>50	4.2	0.8	360	<1	1.3×10 ²	25
9/13	嫌気ろ床槽	1.7	190	330	460	110	4.9×10 ⁶	1300
	第6次接触曝気槽	>50	8.1	0.9	300	<1	7.9×10	45
	最終貯留槽	>50	1.9	<0.5	300	<1	2.2×10	42
10/12	嫌気ろ床槽	3.0	76	190	370	47	2.4×10 ⁶	1000
	第6次接触曝気槽	>50	3.2	0.7	170	<1	7.9×10	42
	最終貯留槽	>50	1.1	<0.5	150	<1	5.0	30
	余剰水	>50	1.8	0.9	150	1	2.8×10 ³	27
11/12	嫌気ろ床槽	5.1	43	83	290	51	4.9×10 ⁵	960
	第4次接触曝気槽	>50	4.9	<0.5	190	<1	1.7×10 ²	42
	第6次接触曝気槽	>50	3.7	<0.5	150	<1	1.4×10 ²	40
	最終貯留槽	>50	2.6	<0.5	160	<1	8.0	32
越冬								
4/27	初期貯留槽(中間水)	—	—	—	320	—	—	—
	嫌気ろ床槽	12	130	65	300	27	—	1000
	第6次接触曝気槽	>50	1.9	1.8	30	2	—	22
	最終貯留槽	>50	1.5	1.5	19	1	不検出	12
5/30	初期貯留槽(中間水)	—	—	—	370	—	—	—
	嫌気ろ床槽	3.0	160	180	320	37	—	1000
	第6次接触曝気槽	>50	8.7	2.4	170	<1	—	160
	最終貯留槽	>50	3.2	1.9	140	1	不検出	80
	余剰水	>50	1.3	1.2	130	4	不検出	57

備考) 大腸菌群数の調査は7月27日から11月12日までの期間は最確数法で行い、4月27日及び5月30日は平板培養法で行った。

表6-21 循環水調査結果-②

調査日	調査場所	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	T-N (mg/L)	I-N (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)
7/27	嫌気ろ床槽	170	<1.2	0.9	—	170	3.9	120
	第1次接触曝気槽	70	79	45	—	190	5.8	160
	第6次接触曝気槽	<1.5	<1.2	170	—	170	2.5	270
	最終貯留槽	<1.5	<1.2	170	—	170	2.6	250
8/2	嫌気ろ床槽	170	<1.2	<0.6	—	170	7.5	140
	第6次接触曝気槽	<1.5	<1.2	150	—	150	2.3	220
	最終貯留槽	<1.5	<1.2	150	—	150	2.1	200
8/9	嫌気ろ床槽	250	<1.2	<0.6	—	250	6.2	100
	第1次接触曝気槽	110	61	22	—	190	6.2	130
	第6次接触曝気槽	<1.5	<1.2	160	—	160	2.4	210
	最終貯留槽	<1.5	<1.2	150	—	150	2.3	200
8/16	嫌気ろ床槽	270	<1.2	<0.6	—	270	6.6	43
	第1次接触曝気槽	120	46	29	—	190	7.1	100
	第2次接触曝気槽	85	52	58	—	190	6.5	110
	第3次接触曝気槽	28	21	140	—	180	5.5	160
	第4次接触曝気槽	<1.5	<1.2	170	—	170	3.5	230
	第5次接触曝気槽	<1.5	<1.2	180	—	180	3.2	220
	第6次接触曝気槽	<1.5	<1.2	170	—	170	3.1	220
	最終貯留槽	<1.5	<1.2	170	—	170	3.0	240
9/13	嫌気ろ床槽	210	<1.2	<0.6	—	210	10	120
	第6次接触曝気槽	<1.5	<1.2	94	—	95	2.5	120
	最終貯留槽	<1.5	<1.2	92	—	93	2.2	110
10/12	嫌気ろ床槽	150	<1.2	<0.6	—	150	8.8	92
	第6次接触曝気槽	<1.5	<1.2	56	—	57	1.8	68
	最終貯留槽	<1.5	<1.2	51	—	52	1.7	60
	余剰水	<1.5	<1.2	49	—	50	1.4	52
11/12	嫌気ろ床槽	150	<1.2	<0.6	—	150	9.7	71
	第4次接触曝気槽	<1.5	<1.2	76	—	77	2.9	100
	第6次接触曝気槽	<1.5	<1.2	54	—	55	2.0	76
	最終貯留槽	<1.5	<1.2	51	—	52	1.9	83
越冬								
4/27	初期貯留槽(中間水)	—	—	—	240	—	—	110
	嫌気ろ床槽	210	<1.2	<0.6	210	210	7.2	44
	第6次接触曝気槽	<1.5	<1.2	13	—	14	0.6	27
	最終貯留槽	<1.5	<1.2	7.7	—	9.2	0.4	15
5/30	初期貯留槽(中間水)	—	—	—	260	—	—	93
	嫌気ろ床槽	230	<1.2	<0.6	250	230	11	67
	第6次接触曝気槽	17	<1.2	50	—	67	3.3	96
	最終貯留槽	4.4	<1.2	53	—	58	2.7	79
	余剰水	<1.5	<1.2	55	—	56	2.4	100

備考) I-Nの数値はNH₄-N、NO₂-N、NO₃-Nの総量を示した。なお、検出下限値以下のものは検出下限値の1/2の値を用いて算出した。

3) 汚泥調査結果

11月12日に採取した第4次接触曝気槽内の汚泥及び、4月27日、5月30日に採取した初期貯留槽内の汚泥、スカム、第4次接触曝気槽内の汚泥の調査結果を表6-22に示した。初期貯留槽の汚泥、スカム量については2004年から調査を行っていたが、2005年4月27日より汚泥の蓄積が確認されたため試料採取をおこなった。

調査結果に関しては、初期貯留槽のスカム及び汚泥を溶出試験した結果、Cl⁻の水相への溶出は認められなかった。また、SS、VSS、強熱減量の結果から、スカム、汚泥には多くの有機物が含まれていた事がわかる。

11月12日に採取した第4次接触曝気槽内の汚泥は、かき殻に付着した有機物の沈降によるものと、かき殻が砕けて沈降したものとがあった。汚泥に含まれる固形物含有量(SS)を分析した結果3200mg/Lであった。また、汚泥のSSに含まれる有機物量(VSS)を測定した結果1200mg/Lであった。これらの結果から、汚泥中の固形物に含まれている有機物の割合は37.5%であり、無機物の割合は62.5%と推定された。また、無機物の割合から、かき殻が砕けて沈降したものは約6割と推定された。4月27日の調査では、第4次接触曝気槽内の汚泥は、11月12日の調査で汚泥を採取したこともあり、ほぼ蓄積していなかった。

表6-22 汚泥、スカム調査結果

調査日	調査場所	Cl ⁻ (mg/L)	Ca (mg/g)	SS (mg/L)	VSS (mg/L)	VSS/SS比 (%)	強熱減量 (%)
11/12	第4次接触曝気槽	—	—	3200	1200	37.5	—
	初期貯留槽(スカム)	不検出	51	54000	52000	96.3	81.7
4/27	初期貯留槽(汚泥)	不検出	200	19000	15000	78.9	72.7
	第4次接触曝気槽	—	—	18	8	44.4	—
5/30	初期貯留槽(スカム)	不検出	30	53000	47000	88.7	85.6
	初期貯留槽(汚泥)	不検出	100	25000	19000	76.0	68.4

(2) 汚泥蓄積状況について

閉山時である平成16年11月12日の調査では、初期貯留槽内の角付近で0.15mの汚泥の蓄積がみられたが、定点(点検口直下)では0mであった。開山時である平成17年4月27日の調査では、初期貯留槽の定点で0.05mあり、5月30日の調査では0.10mであった。

越冬期間内における汚泥量の増加については、以下の2点が推察された。

- ① 閉山時調査である平成16年11月12日のスカム厚が0.05mであったのに対し、開山時調査である平成17年4月27日ではスカム厚が0.02mであったことから、越冬期間における水温の低下に伴い、嫌気性反応並びにガス化の速度が減少したことによる浮上したスカムの沈殿が考えられた。
- ② 冬期間においてトイレ使用による貯留液の攪拌がないことから、懸濁態が沈殿したものと考えられた。

1) 汚泥蓄積状況の点検について

日常的管理において、初期貯留槽の汚泥厚を測定するには特殊な器材が必要であることから、初

期貯留槽の汚泥厚の指標として、第1次接触曝気槽の活性汚泥沈殿率 (SV) の測定が考えられた。方法については下記に示した。

<方法>

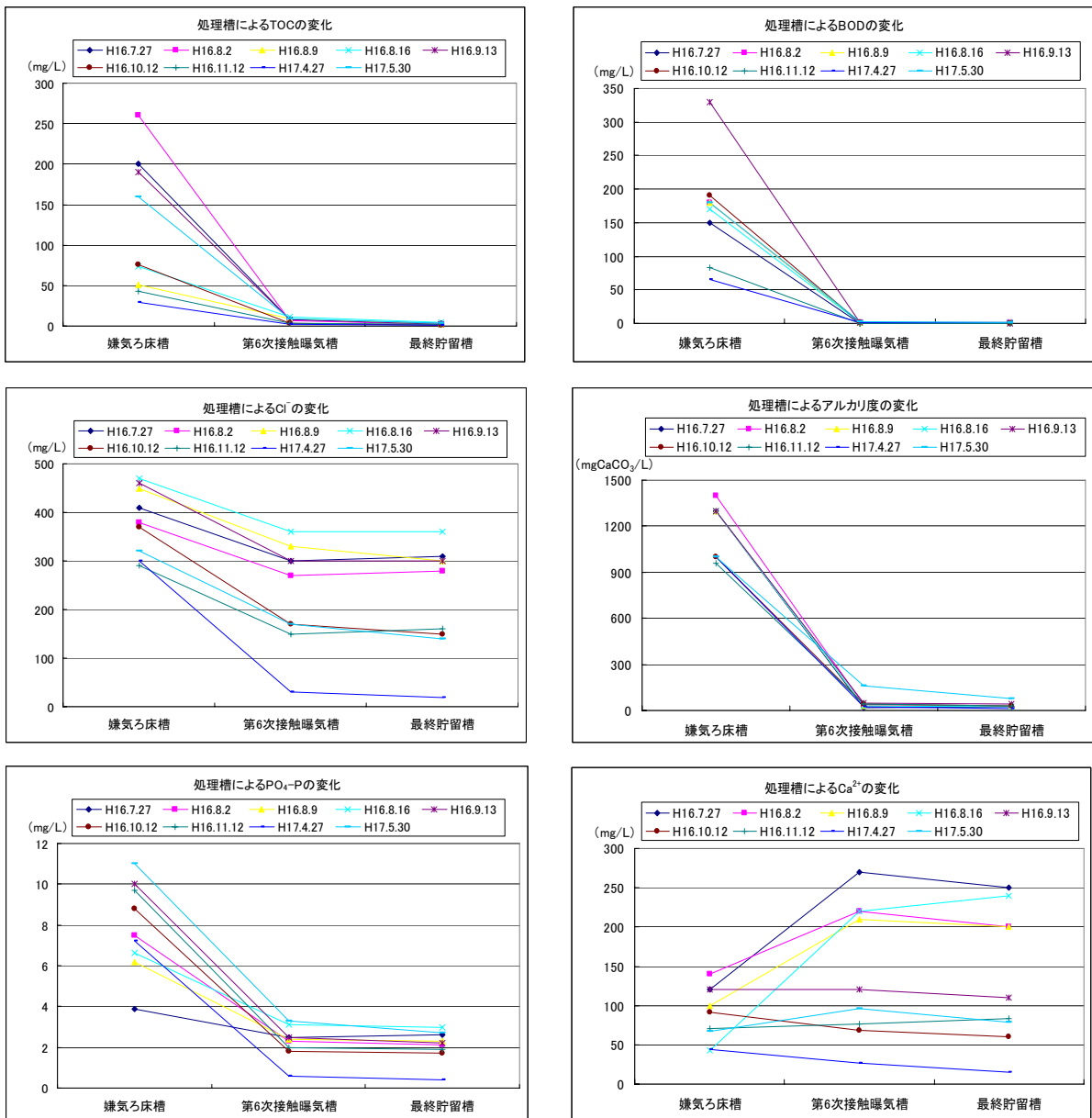
あらかじめ、初期貯留槽中間水のSVを測定し、指標となる沈殿率を定める。
 定期的に第1次接触曝気槽のSVを測定し、初期貯留槽中間水の指標値と比較する。
 第1次接触曝気槽のSV値が指標値と同レベルになっていれば、初期貯留槽内の汚泥はポンプの取水口の水位 (45cm) まで達し、なおかつ嫌気ろ床槽でも第1次接触曝気槽への送水口の水位 (60cm) に達していると考えられ、汚泥の引き抜き時期と推定される。

<参考>

初期貯留槽内の汚泥厚が45cmになった場合の汚泥量は約2.0m³。嫌気ろ床槽内の汚泥厚が60cmになった場合の汚泥量は約0.9m³。

(3) 処理槽の性能について

各処理槽における濃度変化グラフを図6-7に示した。



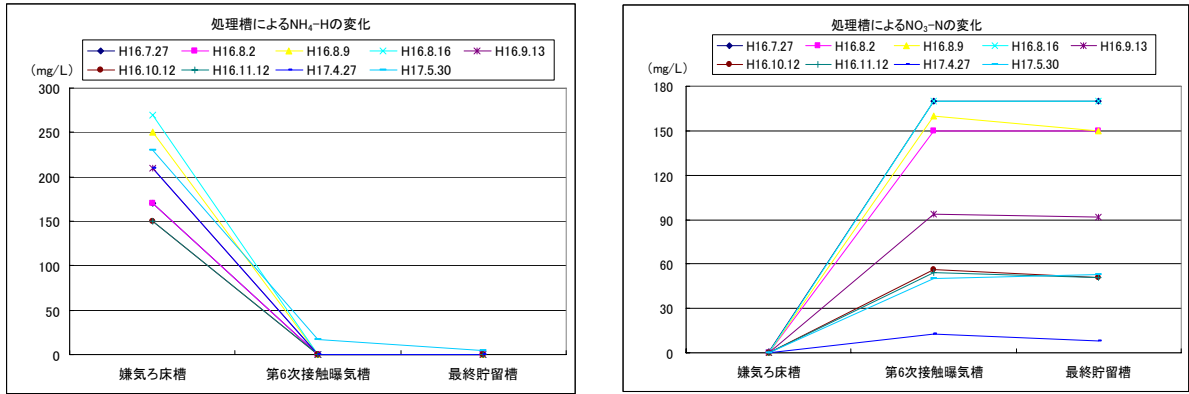


図6-7 各処理槽における濃度変化グラフ

1) 施設稼動時における処理槽の濃度変化

① 有機物

TOCは、嫌気ろ床槽から第6次接触曝気槽までに平均で95%低減した。BODは、嫌気ろ床槽から第6次接触曝気槽までに平均で99%低減した。

このことから、各処理槽内の微生物による有機物の分解が進んでいることが考えられた。

② 栄養塩類

NH₄-N、NO₂-N、NO₃-Nは硝化作用により、NH₄-NがNO₂-Nを経てNO₃-Nと変化していると考えられた。NH₄-Nは第6次接触曝気槽までにNO₃-Nへと100%（第1次接触曝気槽から第3次接触曝気槽までの曝気設備が停止していた5月30日の調査結果を除く）変化していた。また、施設内の窒素がトイレ使用による負荷によって増加しないことから、初期貯留槽及び嫌気ろ床槽で脱窒作用が起こっていると考えられた。各処理槽の無機態窒素の変化を図6-8に示した。

硝化作用に伴い、総アルカリ度は、嫌気ろ床槽から第6次接触曝気槽までに平均で96%低減した。

PO₄-Pは嫌気ろ床槽から第6次接触曝気槽までに平均で69%低減した。

③ 大腸菌群

大腸菌群数は、嫌気ろ床槽から第6次接触曝気槽までに平均で99.9%低減した。大腸菌群数の低減については、各処理槽においてTOC、BODが十分除去されており、栄養源となる有機物が少ないことから大腸菌が低減したと推察された。

④ その他

Cl⁻は、嫌気ろ床槽から第6次接触曝気槽までに平均で35%低減した。これは、CaCl₂の生成が考えられた。

Ca²⁺は、嫌気ろ床槽から第6次接触曝気槽までに平均で70%増加した。また、増加したCa²⁺は、初期貯留槽の汚泥中に蓄積されていると考えられることから、汚泥中に含まれるCaを測定したところ、平成17年4月27日調査結果は200mg/g、5月30日の調査結果は100mg/gであった。なお、かき殻からのCa²⁺の溶出により硝化作用に伴う著しいpHの低下は、認められなかった。

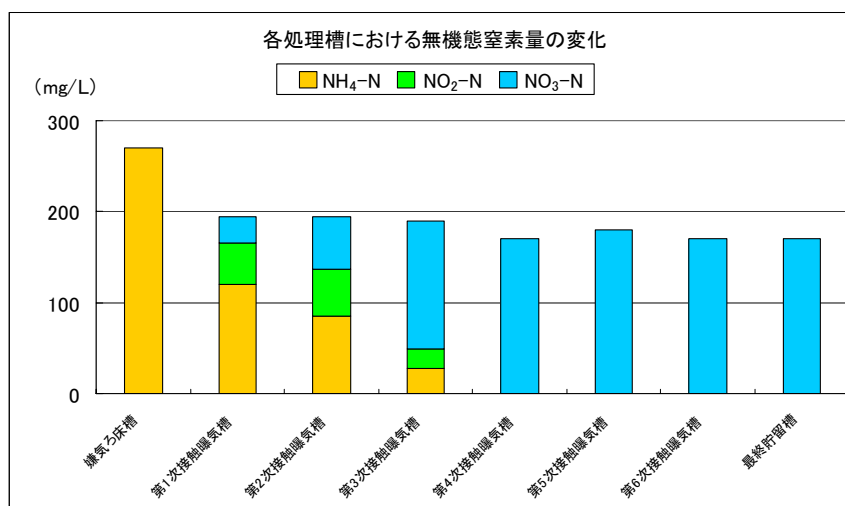


図6-8 各処理槽における無機態窒素の変化 (平成16年8月16日調査結果)

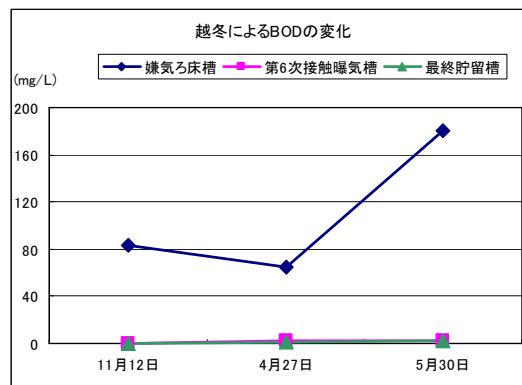
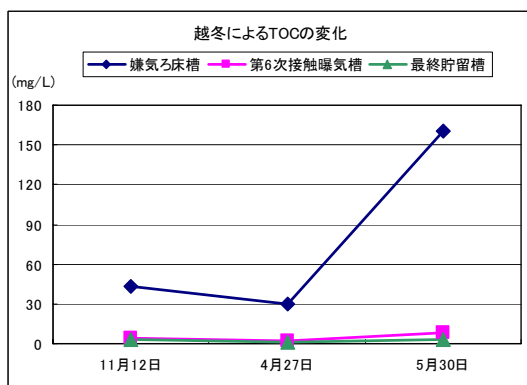
2) 稼動時における処理能力について

調査期間中における時系列での各処理槽調査項目の著しい濃度変化はみられなかった。また、調査期間中の利用者数負荷量に対しても著しい濃度変化はみられなかった。

最終貯留槽の処理水に関して、色及び臭気の観点から、利用客に直接不快感を与える要因は取り除かれていた。また、大腸菌群数も、嫌気ろ床槽から第6次接触曝気槽までに平均で99.9%低減したことから、衛生面でも利用客への負荷は取り除かれていた。

(4) 越冬後の処理性能について

越冬による処理槽の濃度変化グラフを図6-9に示した。



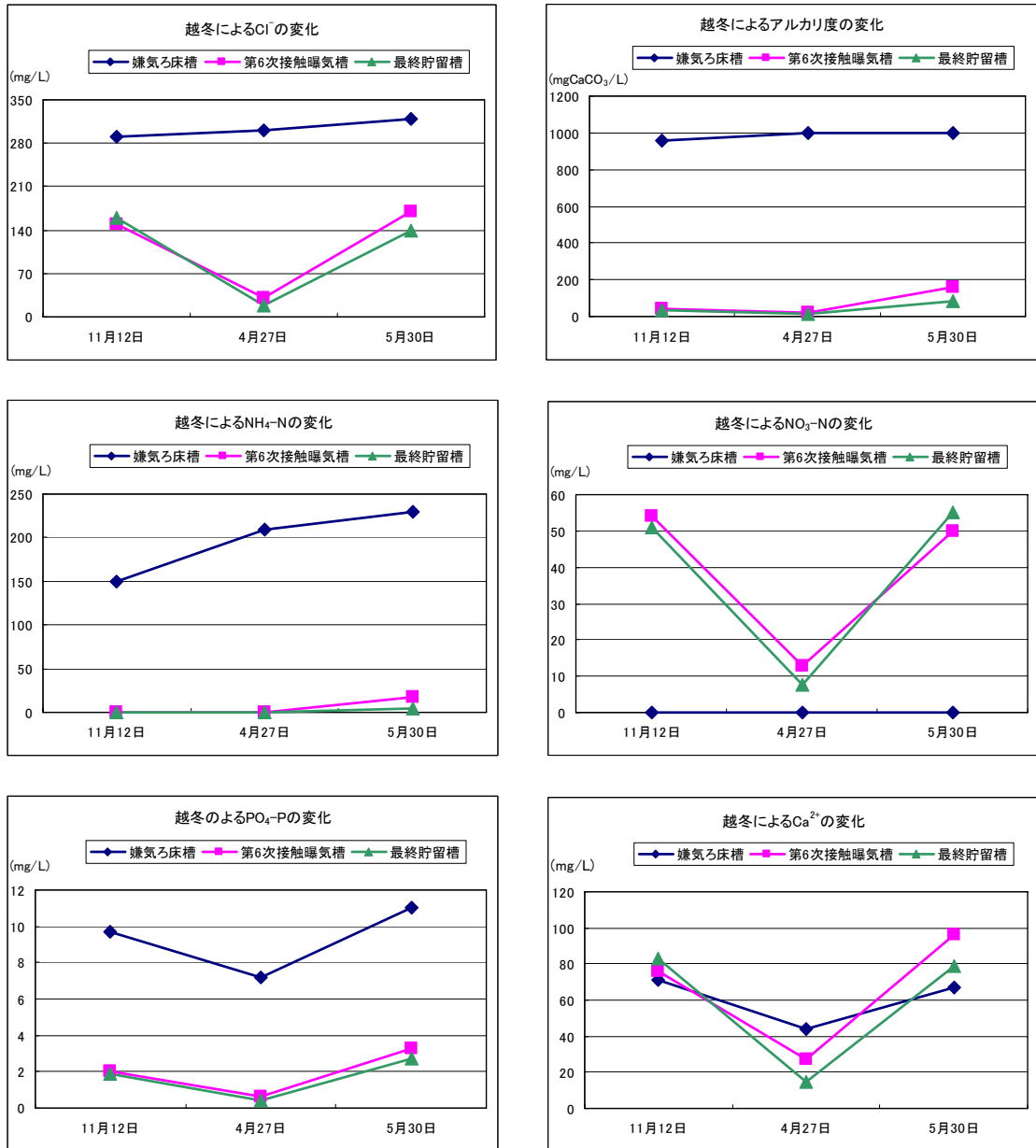


図6-9 越冬による処理槽の濃度変化グラフ

1) 越冬による処理槽の濃度変化

① 有機物

越冬による TOC の変化は、越冬前に比べ嫌気ろ床槽で 30%の低減、第 6 次接触曝気槽では 49%低減、最終貯留槽では 42%低減していた。BOD の変化は、越冬前に比べ嫌気ろ床槽で 22%低減していた。第 6 次接触曝気槽及び最終貯留槽では 11 月 12 日の調査では下限値以下であったが、4 月 27 日の調査では第 6 次接触曝気槽で 1.9mg/L、最終貯留槽では 1.5mg/L であった。

② 栄養塩類

無機態窒素は硝化作用により、嫌気ろ床槽内の NH₄-N が、第 1~6 次接触曝気槽内において NO₂-N を経て NO₃-N と変化していると考えられた。越冬による無機態窒素の変化は、嫌気ろ床槽の NH₄-N は有機物が分解したために増加したと考えられた。また、第 6 次接触曝気槽及び最終貯留

槽のNO₃-Nの低減については、脱窒作用によるものと考えられた。

PO₄-Pの変化は、越冬前に比べ嫌気ろ床槽で26%低減、第6次接触曝気槽では70%低減、最終貯留槽79%低減していた。

③ その他

越冬によるCl⁻の変化は、越冬前に比べ嫌気ろ床槽ではほぼ変化しなかった、第6次接触曝気槽では80%低減、最終貯留槽では88%低減していた。総アルカリ度の変化は、越冬前に比べ嫌気ろ床槽ではほぼ変化はなかった、第6次接触曝気槽では45%低減、最終貯留槽では63%低減していた。Ca²⁺の変化は、越冬前に比べ嫌気ろ床槽で38%低減、第6次接触曝気槽では64%低減、最終貯留槽では82%低減した。また、硝化作用に伴い低下したpHは、かき殻からのCa²⁺の溶出により安定していると考えられた。

2) 越冬後の処理能力について

平成16年7月27日から11月12日までの稼働時処理性能と、越冬後約1ヶ月稼働した後の平成17年5月30日の処理性能がほぼ同様の結果であることから、越冬時の水温低下に伴う処理性能への影響は認められなかった。

嫌気ろ床槽から第6次接触曝気槽までの処理施設において、越冬前と越冬後における嫌気ろ床槽の濃度に対する第6次接触曝気槽の濃度の割合を表6-23に示した。

平成17年5月30日の調査でNH₄-Nは、第6次接触曝気槽までにほぼNO₃-Nへと変化していた。第6次接触曝気槽及び最終貯留槽においてもNH₄-N多少確認されたが、これは平成17年5月7日から5月30日までの期間で第1次接触曝気槽から第3次接触曝気槽までの曝気設備が停止していたことによるものと考えられた。

表6-23 越冬前と越冬後における嫌気ろ床槽の濃度に対する第6次接触曝気槽の濃度の割合

	TOC (%)	BOD (%)	Cl ⁻ (%)	I-N (%)	PO ₄ -P (%)	Ca ²⁺ (%)	総アルカリ度 (%)
越冬前	5	1	66	63	31	173	3
越冬後	5	1	53	29	30	143	16

備考) I-Nの数值はNH₄-N、NO₂-N、NO₃-Nの総量を示した。なお、検出下限値以下のものは検出下限値の1/2の値を用いて算出した。

(5) 余剰水について

実証試験を実施していく過程で、余剰水の発生が確認されたため、平成16年10月12日の処理性能調査の際に、循環水と併せて余剰水も試料採取し、分析を実施した。分析結果を、表6-20および表6-21に示す。その結果、最終貯留槽の処理水とほぼ同質のものがオーバーフローしていることが確認された。この時点では、発生量が確認できなかったため、翌年の4月27日の開山時に発生量を把握するための貯留タンクを設置し、水量を計測することとした。結果として、4月27日～5月30日の間に60、5月31日～6月30日の間に430、また7月1日～7月25日の間に180の余剰水が確認された。

計測をスタートした4月27日～5月30日の期間においては、接続の不具合等により正確な水量が把握できなかったため、ここでは、5月31日～6月30日の間に発生した430をモデルとして利

用者数当りの水量を換算することとする。同期間におけるトイレ利用者数は延べ1277人であるため、計算上は、一人利用する毎に約34mlの余剰水が発生し、期間全体利用者に換算すると1000ℓを超える余剰水が発生することになる。気象条件や利用頻度などによっても蒸発量が異なるため、この数値をそのまま実測値と同等に取り扱うことはできないが、今後の余剰水対策を実施するうえでは、有効であると考えられる。



6-4-2 処理性能のまとめ

- (1) 施設稼動時において、TOCは、嫌気ろ床槽から第6次接触曝気槽までに平均で約95%低減していた。BODは、嫌気ろ床槽から第6次接触曝気槽までに平均で約99%低減していた。このことから、各接触曝気槽での有機物の分解が進んでいることが確認された。
- (2) Cl⁻は、嫌気ろ床槽から第6次接触曝気槽までに平均で約35%の低減がみられた。これは、CaCl₂の生成が考えられた。
- (3) 無機態窒素では、硝化作用によりNH₄-Nの低減、NO₃-Nの増加がみられた。NH₄-Nの低減量は第6次接触曝気槽までに100%（第1次接触曝気槽から第3次接触曝気槽までの曝気設備が停止していた平成17年5月30日の調査結果を除く）であった。また、これに伴い、総アルカリ度は、第6次接触曝気槽までに約96%低減がみられた。また、硝化作用に伴い低下したpHは、かき殻からのCa²⁺の溶出により安定していると考えられた。
- (4) 施設内の窒素がトイレ使用による負荷によって増加しないことから、初期貯留槽及び嫌気ろ床槽で脱窒作用が起きていることが考えられた。
- (5) PO₄-Pは、各接触曝気槽の処理により第6次接触曝気槽までに平均で約69%低減がみられた。
- (6) Ca²⁺は、接触曝気槽内のかき殻からの溶出により第6次接触曝気槽までに嫌気ろ床槽と比較して約70%の増加がみられた。大腸菌群数の低減については、各処理槽においてTOC、BODが十分除去されており、栄養源となる有機物が少ないことから大腸菌が低減したと推察された。
- (7) 調査期間内において各調査項目が安定していたことから、処理日数及び利用者数に対する処理能力は十分であると考えられた。
- (8) 最終貯留槽の処理水に関して、色及び臭気の観点から、利用客に直接不快感を与える要因は取り除かれていた。また、大腸菌群数も、嫌気ろ床槽から第6次接触曝気槽までに平均で約99.9%低減したことから、衛生面でも利用客への負荷は取り除かれていた。また、増加したCa²⁺は、初期貯留槽の汚泥中に蓄積されていると考えられることから、汚泥中に含まれるCaを測定したところ、平成17年4月27日調査結果は200mg/g、5月30日の調査結果は100mg/gであった。
- (9) 越冬期間における汚泥の変化としては、初期貯留槽の汚泥の増加がみられた。これはトイレ使用による貯留液の攪拌がないことから懸濁態の沈降、スカム厚が減少していることから、水温の低下に伴い、嫌気性反応並びにガス化の速度が減少したことによる浮上したスカムの沈殿が考えられた。
- (10) 越冬期間における循環水の変化としては、嫌気ろ床槽でNH₄-Nの増加がみられた、これは有機物の分解によるものと考えられた。また、第6次接触曝気槽及び最終貯留槽でNO₃-Nの減少がみられた、これは脱窒作用と考えられた。

TOCは、越冬前に比べ嫌気ろ床槽で30%、第6次接触曝気槽では49%、最終貯留槽では42%低減していた。BODは、越冬前に比べ嫌気ろ床槽で22%低減していた、第6次接触曝気槽及び最終貯留槽は、越冬前では下限値以下であったが、越冬後の4月27日の調査では第6次接触曝気槽で1.9mg/L、最終貯留槽では1.5mg/Lであった。

Cl⁻は、越冬前に比べ嫌気ろ床槽ではほぼ変化しなかった、第6次接触曝気槽では80%、最終貯留槽では88%低減していた。総アルカリ度は、越冬前に比べ嫌気ろ床槽ではほぼ変化はなかった、第6次接触曝気槽では45%、最終貯留槽では63%低減していた。Ca²⁺は、越冬前に比べ嫌気ろ床槽で38%、第6次接触曝気槽では64%、最終貯留槽では82%低減した。

(11) 越冬後においても、越冬前と同様の処理性能が確認されたため、越冬による処理性能の変化はないもの考えられた。

(12) 利用者の増加に伴い、最終貯留槽の処理水が余剰水としてオーバーフローすることが確認された。

6-5 試験結果の全体的まとめ

<稼動気温、使用水量・電力量>

トイレ使用期間中の最低気温は-6.6℃、最高気温は25.2℃を記録した。これは、本装置の適正稼動気温である-20~40℃の範囲内であった。また、本装置を稼動させるために必要な水量についても、計画どおりの20 m³を初期投入したのみであり、期間中に補充の必要性はなかった。一方、電力量に関しては、性能表示では2.5~4.0 kWh/日となっているが、実証値では13.92 kWh/日という値が確認された。本データは利用人数からの算定数値ではあるが、性能表示値を上回っているため、表示値の再検討が必要である。

<利用者数および室内環境>

総利用者数は、32,596人で、利用集中時の平均利用者数は723人/日、平常時の平均利用者数は80人/日を記録した。性能表示では、利用集中時の総定数が500人/日、平常時が200人/日であることから、平常時の利用負荷は若干少なかったが、8月はほとんどの日が500人/日以上であり、1000人/日を越える日も7日間記録した。利用者は7~8月がかなり多く、全体の7割近くが集中する結果となった。

室内環境の実証項目である室温・湿度の結果は、最高室温は23.5℃、最低室温は1℃、平均約13℃であり、最高湿度は80%、最低湿度は5%、平均約50%であった。室温は、気温に比べ約4℃高い数値を示す結果となった。

利用者アンケートの結果は、トイレブース内において、洗浄水の色やにごりについては、いずれも7割以上の方が許容範囲内と回答しており、明るさにおいては、ほぼ全ての方が好意的な回答であった。一方、使用済みペーパーの分別に関しては、「抵抗感がない」と回答した人が53%で、「抵抗感がある」は21%、「どちらでもない」は26%であった。

<維持管理性>

実証申請者が提示する日常および専門維持管理に関する作業性について、特に大きな問題はなかった。ただし、使用済みトイレットペーパーの回収は、日常管理者の作業負担を軽減するための工夫が求められる。また、致命的なトラブルはなかったものの、ブロワーの停止や漏水が確認され、開山時においては凍結した表層水を砕く作業が必要となった。日常的な維持管理や開閉山時の作業は、比較的容易であるが、試験期間中にトラブルの発生が確認されたことから、トラブル状況の把握と対処方法を整理したマニュアルの作成が望まれる。試験期間中に、かき殻の交換や汚泥の引き抜き等の必要性は発生しなかったものの、いずれはかならず実施することが必要であるため、その作業内容や方法、判断時期が分かるような維持管理要領の作成も必要と考えられる。

<処理性能>

調査期間内において各調査項目が安定しており、最終貯留槽の循環水のBODが5 mg/l以下という性能表示を満たしていたことから、処理日数および利用者数に対する処理能力は十分であると考えられる。

無機態窒素量の変化から、硝化によるアンモニア性窒素の低減、硝酸性窒素の増加が確認された。嫌気ろ床槽から第6次接触曝気槽にいたるまでBODおよびTOCがかなり低減していることから、各接触曝気槽での有機物の分解が進んでいることが確認できた。処理水を循環させていることや滞留時間が長いことから、初期貯留槽および嫌気ろ床槽で脱窒作用が起こっている可能性があると考えられる。一

方、硝化が起きているにもかかわらずpHが低下しないのは、接触曝気槽のろ材として活用しているかき殻の効果と考えられる。また、循環水中にCl⁻およびリンが濃縮していない要因として、かき殻から溶出するCa²⁺が作用していることも考えられるが、はっきりとした原因は確認できなかった。越冬後の試験期間において、余剰水の発生が確認されたため、これについては、汲み取ることも含め、適切な対策を講じる必要がある。

汚泥に関しては、越冬期間の水温低下によりスカム厚が減少し、汚泥厚の増加が確認された。生物処理過程上、必ず汚泥は発生し、実際、初期貯留槽での汚泥量は増加していることから、適切な対応をするために点検や作業内容・方法に関する事前の情報提供が必要である。

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・インフラ整備条件からの留意点

本装置は、生物処理を中心として汚水を処理し、再度、洗浄水として循環する方式である。導入にあたっては、一定量（本実証試験では 20 m³）の初期水を確保することが前提となる。初期水は、車やヘリコプターなどで外部から持ち込むことも可能だが、引き抜き時には張り水や槽内を清掃する洗浄水等も必要になるため、現地でも水を確保することが望ましい。

一方で、汚泥を搬出する際の輸送手段も事前に十分検討することが必要である。とくにバキューム車でアクセスできない場所に導入する場合は、汚泥を槽内から汲み取るための機械や輸送するための貯留タンクなどについても準備することが望ましい。

電気に関しては、曝気のためのブロワーは 24 時間連続で稼動することが必要で、この他にも間欠運転するポンプが 2 箇所、24 時間連続運転するポンプが 1 箇所、常時運転する低圧水銀ランプが 1 箇所ある。それほど大きな電力ではないが、商用電力もしくは発電機が必要になるため、燃料のストックや輸送方法、コストについて検討しなければならない。

今回の試験期間のうちトイレ利用期間における最低気温は -6.6°C であったが、凍結することはなかった。ただし、越冬後の開山時においては、曝気槽の表層水が数センチ凍結したことが確認された。凍結した部分を砕かずに、曝気を開始した場合、槽内に圧力がかかり設備等が故障することが懸念される。地域によっては、かなりの厚さ凍結することが想定され、そうなった場合、人力で簡単に砕くことができず、結果として数日間使用ができなくなることも考えられる。このような事態を招かないためにも地下埋設や保温等、凍結防止対策を実施することが必要である。

本実証装置の設置に要するスペースは約 25 m² であるが、これは、処理能力や便器数によっても異なってくる。本実証装置は処理能力に比較的余裕を持った設計となっているが、事前に利用者数やし尿量の負荷変動をしっかりと把握することで、処理槽内全体の流量や滞留時間等について、より正確な設計が可能となる。そうすることで、全体の有効容量や曝気槽の室数を減らすこともできるため、省スペース化を行うことができる。

7-1-2 社会条件からの留意点

本装置は、通常の水洗トイレと同様に洗浄水を用いて便器を洗浄し、し尿を処理装置に移送する方式であるが、汚水は浄化して再利用することで循環させている。公共用水域への放流を前提としていないため、法的には引き抜き便所に位置づけられる。そのため、本装置の機能は、建築基準法の汲み取り便所としての基準に適合しなければならない。また、一定の利用回数または期間が経過した段階で汚泥の搬出が必要になるため、廃棄物の処理および清掃に関する法

律の規定にも留意し、蓄積汚泥の引き抜き方法や搬送手段、処理・処分方法、清掃業者等についても検討しておく必要がある。

本実証試験では、年間利用者の約7割もの人が8月に集中する結果が得られた。ここに限らず、ほとんどの山域では登山者が集中する期間がある。本装置は、汚水を処理して循環するため、一度に多くの人々が集中して利用すると、処理が追いつかず、予定の処理性能が得られないことが想定される。だからといって利用者が集中する時期に合わせて設計すると過大設備になってしまう。また、トイレを整備・改善すると、以前の利用者より多くの人々がトイレを利用する場合が少なくない。そのため、規模を算定する際は、流量調整機能などを検討すると同時に、周辺にあるトイレの位置や整備状況や将来計画等を考慮して実施することが必要である。一箇所に利用者が集中しないよう誘導することも同時に検討することが望ましい。

7-2 設計、運転・維持管理に関する留意点

本装置は、生物処理を中心とした污水浄化システムである。特徴は、ろ材にかき殻を用いていることである。設計にあたっては、利用者数および負荷変動を考慮し、前述したとおり過大設備にならないよう配慮することが必要である。また、各槽の目的・機能を明確にし、その機能を維持するための運転・管理方法を確立することが望まれる。例えば、初期貯留槽や嫌気ろ床槽は、汚泥やスカムが蓄積するため、それらを引き抜く時期やその判断基準、点検方法を提示することが必要になり、作業がしやすいよう設計することが求められる。また、接触曝気槽は、ろ材としてかき殻が投入されているため、汚泥と同様に交換時期やその判断基準、点検方法を明確にすることが必要である。さらに、接触曝気槽には、槽底部にかき殻が崩れたもの等が蓄積するため、投入されているかき殻を取り出すことなく、これらを引き抜くための方法も検討することが望ましい。

現状では、汚泥の引き抜きやかき殻の交換等が発生していないため、簡単な維持管理のみで順調に稼働できている。ただし、今後は、専門的な維持管理や保守点検、想定されるトラブル内容と対応策、発生時の連絡体制等を記載したマニュアルの整備が必要になる。また、あわせて維持管理者を対象に現地での指導を行うことも必要である。

本装置において循環水が蒸発して減量することはあまり期待できないため、利用に伴い余剰水が発生する。本実証試験の結果では、循環水の水質がBOD1.2 mg/lで大腸菌群は不検出であったが、処理水の放流はできないため、汚泥・汚水を引き抜いた際の張り水などに活用するか、引き抜きが必要となるので、事前に対策を講じることが不可欠である。

8. 課題と期待

実証試験の実施により、本実証装置の稼働状況、維持管理性能、室内環境、処理性能に関する客観的データを取得することができた。その結果、処理水の周辺への放流が困難なエリアにおいて、電力の供給と初期水の準備が可能であれば、改善すべき課題もあるが、水洗トイレとして整備できる有効な技術と考えられる。仮に道路が整備されていない場所でも、ヘリコプター等を活用すれば本装置の導入は可能であるが、汚泥の搬出や循環水の交換が必要になった場合を想定すると車でのアクセスが可能な場所の方が適していると考えられる。また、本実証装置は、地上設置型であったため、施工に関して掘削等の必要はなく比較的容易に設置できたと考えられるが、地上設置の場合は凍結や積雪対策が必要である。

今回の試験結果では、循環水として利用される最終貯留槽水の水質は、**BOD** が最大でも 1.9 mg/l という好結果が得られ、利用者アンケートからも洗浄水の色やにごり、において高評価が得られた。ただし、汚泥の蓄積が確認されていることから、汚泥の引き抜きも含め、今後もこの水質を維持するための適切な維持管理の確立が望まれる。まずは、本報告書で指摘された内容、とくに汚泥やかき殻の引き抜き時期や判断基準、作業方法、余剰水の取り扱いと対策、各装置の機能と構造等を図面と連動させながら分かりやすく解説した維持管理マニュアルを作成し、関係者に徹底することが必要である。また、利用集中時に最終貯留槽水が着色したことが認められたことから、活性炭や滞留時間を増やすことについても検討することが望ましいと考えられる。さらに、本装置はろ材にかき殻を用いているため、かき殻の調達、加工、再利用、処理・処分の流れを確立することで廃棄物の有効活用という特徴も打ち出すことが可能である。なお、ここで言うかき殻の加工とは、5年間、天日干しする前処理を実施することである。

以上の課題を改善し、維持管理方法や体制を確立することで、山岳地に限らず、湖畔等の富栄養化が危惧される閉鎖性水域や離島、海岸、河川公園などへの普及も期待できるし、自己完結型のシステムであるがゆえに、都市公園や学校の校庭に整備することで震災時に利用できるトイレとして活用できる可能性もあるため、今後の技術改善や取り組みに期待したい。

[参考資料]

処理性能に関する主な実証項目の解説

pH	酸性、アルカリ性の度合いを示す指標です。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します。一般にし尿は、排泄時は弱酸性ですが、時間が経過すると加水分解されて弱アルカリ性を示します。
BOD：生物化学的酸素消費量 (mg/L)	水の処理状態を示す代表的な水質項目の一つです。水中に含まれる有機物質等が、微生物により分解される際に消費される酸素量を表します。生物分解が可能な有機物量が多く、水が汚れてくるとBOD値は高くなります。一般に収集し尿1ℓにつき約13,000mgのBODを含んでいます。
TOC：有機体炭素 (mg/L)	有機物中の炭素量を表します。有機物量が多く、水が汚れてくるとTOC値が高くなります。BODの分析には5日間かかりますが、TOCは分析装置により短時間で分析できます。
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2mm以下の固形物量を表します。BODとともに重要な項目で、水の濁り、汚れが進むと数値が高くなります。処理によりSSが除去されるとBODも低くなります。一般に収集し尿は1ℓにつき約18,000mgのSSを含んでいます。
VSS (mg/L)	SSを高温で灰化したときに揮散する物質を表します。主に有機物質が揮散するので、有機物量が多いとVSS値が高くなります。
強熱減量 (%)	有機物の含有量の指標として用い、次式によって計算します。 $\text{強熱減量 (\%)} = \text{蒸発残留物 (\%)} - \text{強熱残留物 (\%)}$ 蒸発残留物とは、試料を蒸発乾固、乾燥したとき残る物質をいい、強熱残留物とは、蒸発残留物を高温で灰化したときに残留する物質をいいます。
大腸菌群 (個/100mL)	大腸菌およびそれによく似た性質を持つ細菌の総称です。大腸菌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を意味します。一般に収集し尿1mℓ中には100万個以上の大腸菌群が存在します。
アルカリ度 (mg/L)	水中に含まれている炭酸水素塩、炭酸塩または水酸化物などのアルカリ分を、炭酸カルシウムの濃度で表したものです。污水処理においては生物化学的硝化や凝集沈殿等の処理効果を左右する重要な因子で、反応上不足する場合は測定値に基づき必要なアルカリ分を添加することがあります。
DO：溶存酸素 (mg/L)	水中に溶解している酸素を表します。酸素の溶ける量は気圧、水温、塩類などに影響されます。一般に、水が清純であるほど、その温度における飽和量に近く含まれ、場合によっては過飽和になります。

※ () 内は単位

透視度 (cm)	汚水の透明の程度を示すもので、値が大きいかほど清澄であることを表します。汚水や下水でSS、BOD、CODなどと相関を示すことが多いので、汚水の汚濁状態の推定に役立ちます。
Cl ⁻ : 塩化物イオン (mg/L)	水中でイオン化している塩素を表します。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ます。一般に収集し尿1ℓにつき約3,800mgの塩化物イオンを含んでいます。
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します。アンモニアは、蛋白質のような有機窒素化合物が分解して生成します。
NO ₂ -N: 亜硝酸性窒素 (mg/L)	亜硝酸イオンとして存在する窒素量を表します。亜硝酸は、主にし尿およ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します。
NO ₃ -N: 硝酸性窒素 (mg/L)	硝酸イオンとして存在する窒素量を表します。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です。
T-N: 全窒素	無機性窒素及び有機性窒素の総量を表します。無機性窒素とは、アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素をさし、有機性窒素とは、蛋白質をはじめ種々の有機化合物をさします。
PO ₄ -P: リン酸性りん (mg/L)	水中のりん酸イオンをそのりんの量で表します。りん酸イオンは、富栄養化の直接原因になる物質です。
Ca ²⁺ : カルシウムイオン (mg/L)	水中でイオン化しているカルシウムを表します。
Ca: カルシウム (mg/g)	カルシウムの化合物は一般に無色のイオン型結晶で、水溶性の塩として、塩化物、よう化物、臭化物、硝酸塩等が、水に難溶の塩として、硫酸塩、ふっ化物、けい酸塩、炭酸塩やりん酸塩等が知られています。

※ () 内は単位