

6 . 実証試験結果及び考察

6-1 実証試験の経過状況

実証試験における、実証試験の全体スケジュールを図 6-1-1、本装置の運転状況についてを表 6-1-1 に示す。実証試験実施期間は平成 25 年 8 月 22 日（計測機器の設置及び第 1 回現場調査）から平成 25 年 12 月 31 日までである。

車山肩の公衆トイレは凍結等が発生し始める 11 月末頃をもって、男子用トイレ（実証装置）以外 は閉鎖するのが通例であるが、本年は例年と比較して気温低下時期が早まったこともあり、11 月 12 日をもってトイレの閉鎖措置を行った。ただし、男子用トイレは例年どおり、11 月 12 日以降も引き続き開放した。

年月	平成25年							平成26年			
	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
区分	平常時	集中時	平常時	集中時	平常時	冬期閉鎖（一部トイレは稼動）					
山の ECHO 日本環境衛生センター			機材設置 現地調査 試料採取	現地調査 試料採取	現地調査 試料採取	現地調査 試料採取					
			試料分析	試料分析	試料分析	試料分析					
			調査結果・分析結果の解析、報告書作成								
技術実証検討会 現地確認	第 1 回	第 2 回		第 3 回 現地確認		第 4 回				第 5 回	
維持管理者			設備運転・維持管理								
			日常管理チェックシートに記録								
			トラブル対応チェックシートに記録（発生時）								

図 6-1-1 実証事業の全体スケジュール

表 6-1-1 運転状況

日時	作業内容等
2013/4/20	平成 25 年度シーズン使用開始
8/22	実証試験開始、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、臭気測定、設備チェック
9/17	そば殻補給（実証装置 20 kg）
10/1	検討会（現地調査） 第 2 回現場調査：試料採取、臭気測定、設備チェック

11/12	平成 25 年度シーズン終了 (トイレ閉鎖: 実証装置のみ稼働) 第 3 回現場調査: 試料採取、臭気測定、設備チェック
12/17	第 4 回現場調査: 試料採取、臭気測定、設備チェック
12/31	実証試験終了

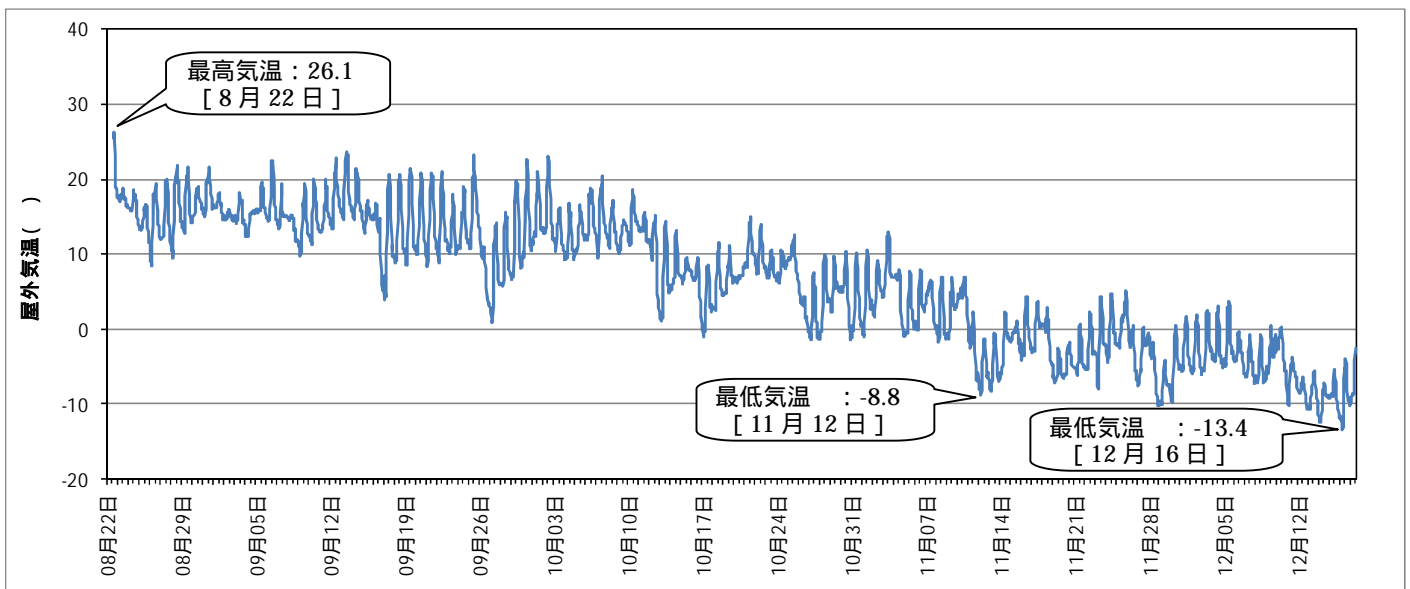
6-1-1 気温、利用者数、電力量等

(1) 外気温、湿度、大気圧

実証試験期間(外気温等については、温度計が第4回現地調査時に雪で埋まっていたため、当日で計測を終了した)におけるトイレ屋外の気温、湿度、大気圧の測定結果は図 6-1-1-1 ~ 6-1-1-2 に示す。

実証試験期間における最高気温は 32.1、最低気温は-13.4 であった。ただし、この最低気温はシーズンオフ時(冬期閉鎖時)の数値であり、シーズン期間中(~11/12)における最低気温は-8.8 である。

なお、参考として、実証試験期間における諏訪气象台(北緯 36 度 02.7 分、東経 138 度 06.5 分、標高 760.1m)の月ごとの気温、降水量、湿度を表 6-1-1-1 及び図 6-1-1-4 に示す。データは気象庁ホームページ気象統計情報(<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>)から引用した。



最低気温 : シーズン期間(8/22~11/12)における最低気温
 最低気温 : 実証試験期間(8/22~12/17)における最低気温

図 6-1-1-1 実証対象トイレ設置場所における気温

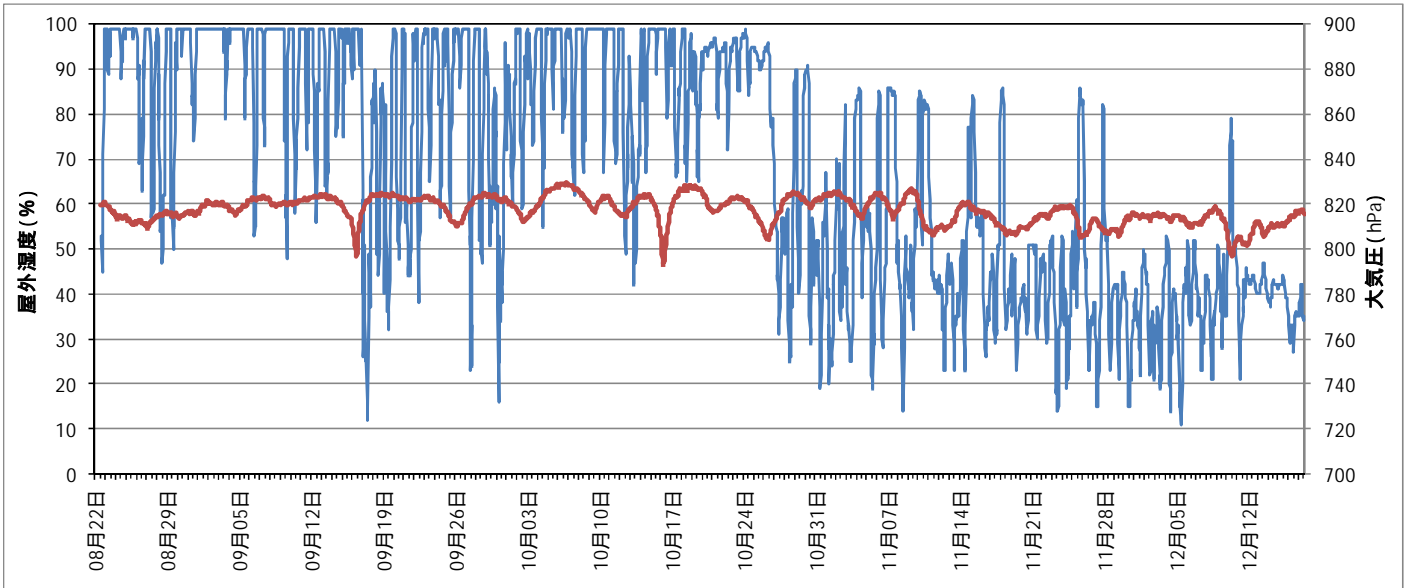


図 6-1-1-2 実証対象トイレ設置場所における湿度及び大気圧

表 6-1-1-1 諏訪气象台における降水量・気温データ

	降水量		気温				
	合計 (mm/月)	時間最大 (mm/時)	平均			最高 ()	最低 ()
			日平均 ()	日最高 ()	日最低 ()		
2013/ 8月	206.5	74.5	24.7	27.8	20.4	34.4	15.6
2013/ 9月	206.5	27.5	19.9	24.2	14.4	30.2	8.0
2013/10月	146.5	8.5	15.2	21.7	8.8	26.8	2.9
2013/11月	55.0	5.0	6.6	12.7	1.6	18.0	-3.3
2013/12月	36.0	5.0	1.0	5.1	-3.1	11.0	-8.3

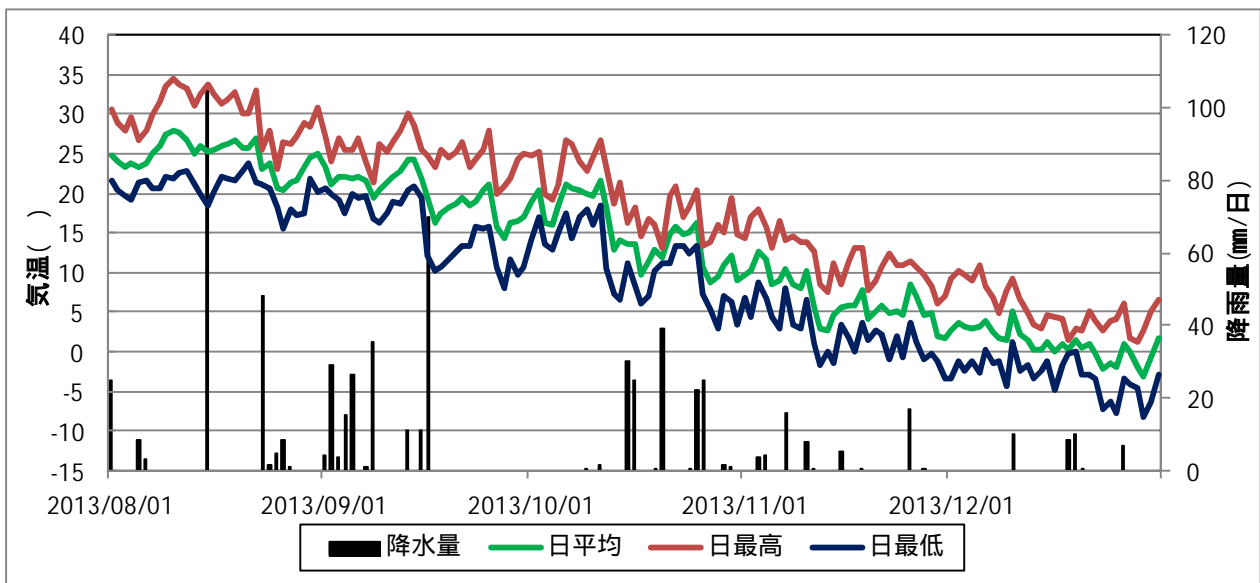


図 6-1-1-3 諏訪气象台における降水量・気温データ

(2) 消費電力量

実証試験期間における消費電力量について図 6-1-1-5 に示す。シーズン期間(11/12 まで)は実証装置を含む 4 基のトイレ全てが稼動しており、合計電力消費量を按分することで実証装置の電力消費量を算出した。11/12 以降については実証装置(男子トイレ)を除いて閉鎖したため、実証装置単独の電力消費量である。

実証試験期間(8/22 ~ 12/31)における実証装置の電力消費量(1日あたり)は平均で 8.7kWh/日、最大で 10.0kWh/日、最小は 7.1kWh/日であった。また、シーズン期間外(11/13 ~ 12/31)を除外して集計すると、平均は 9.2kWh/日、最大は 10.0kWh/日、最小は 8.3kWh/日であった。利用状況の変化(ピーク時/平常時)や気温変化等にそれほど大きく影響されていない。なお、実証試験期間(8/22 ~ 12/31)における実証装置の累積電力使用量を集計すると、1,152.1kWh であった。この間の利用者数は 4,269 人であり、利用者 1 人当たりの電力消費量は 270Wh/人である。

シーズン中の電力消費量はトイレ 4 基の合計量を按分して算出したが、これはすべてのトイレが同様の処理条件及び処理機能であると仮定している。しかし、実証装置である男子トイレは他のトイレと比較して、し尿のうち尿の割合が多い、回転が速い(1人あたりの使用時間が短い)ため利用者数も多めとなる、紙を使用するケースが少なく発酵槽混合物の含水率が高くなる、といった傾向がある。このように、実証装置は他のトイレと比較して発酵には不利な処理条件となる傾向があり、発酵が進まずヒーターの稼動頻度が増加するなどの影響で、他のトイレと比較して電力消費量が多めであることも推察される。

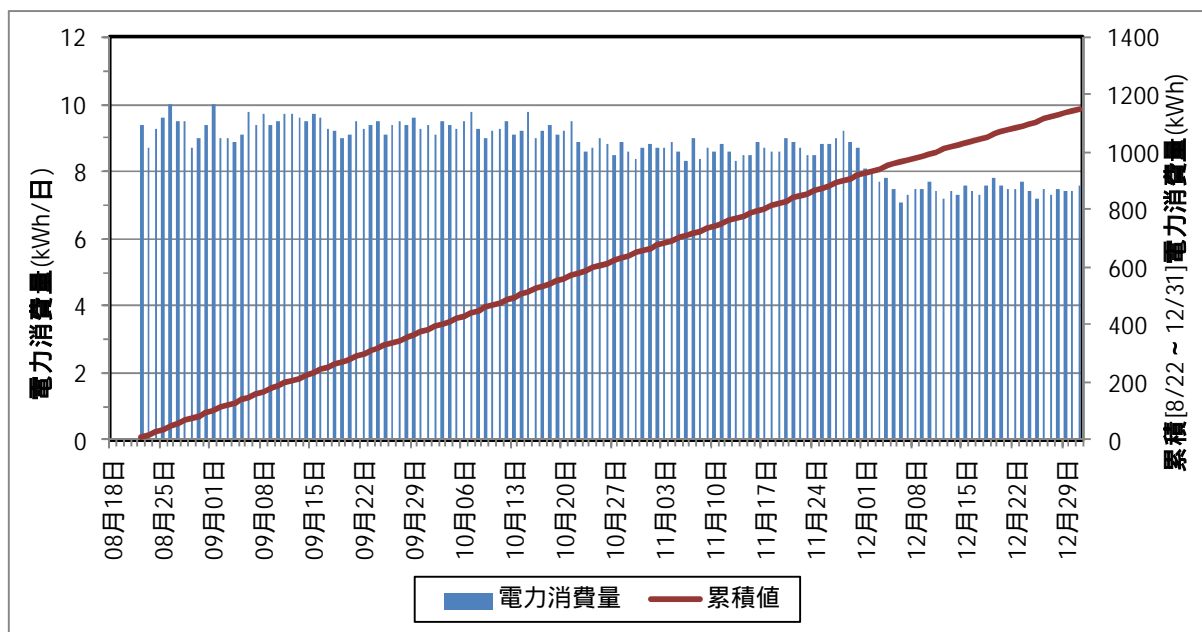


図 6-1-1-4 消費電力量

(3) 使用人数

実証試験期間(8/22 ~ 12/31)における実証装置の使用人数及び累積使用人数の推移を表 6-1-1-2 ~ 6-1-1-3 及び図 6-1-1-6 に示す。また、参考として、諏訪市より提供された平成 25 年度の利用者数データ(4/1 ~ 7/29: 週 1 回の頻度で計測されたものである)も使用し、平成 25 年度における実証装置の利用状況についてまとめたものを図 6-1-1-7 に示す。

利用者のピークは週末毎にある程度規則正しく確認されている。中でも一般的に行楽シーズンといわれる夏休み、9月後半、連休時等に比較的大きなピークが認められる。

1日当たりの平均使用人数は32.3人/日であった。なお、利用ピーク時を夏休み期間(8/22~8/31)と、9月後半(9/15~9/30)に設定し、平均使用人数をそれぞれ集計すると、ピーク[その1]は69.2人/日(夏休み期間) 55.1人/日(9月後半)となった。

実証試験期間において、平常時の処理能力(120人/日)を超えたのは延べ5日であった。このうち、最も多く使用されたのは135人/日(8月30日)であった。これらのピークは一時的なものであり、平常時の処理能力を超える状態が相当期間継続することはなかった。また、これらピークはあくまで実証試験期間における結果であり、実証試験期間以外にも利用ピーク時があることに留意する必要がある。

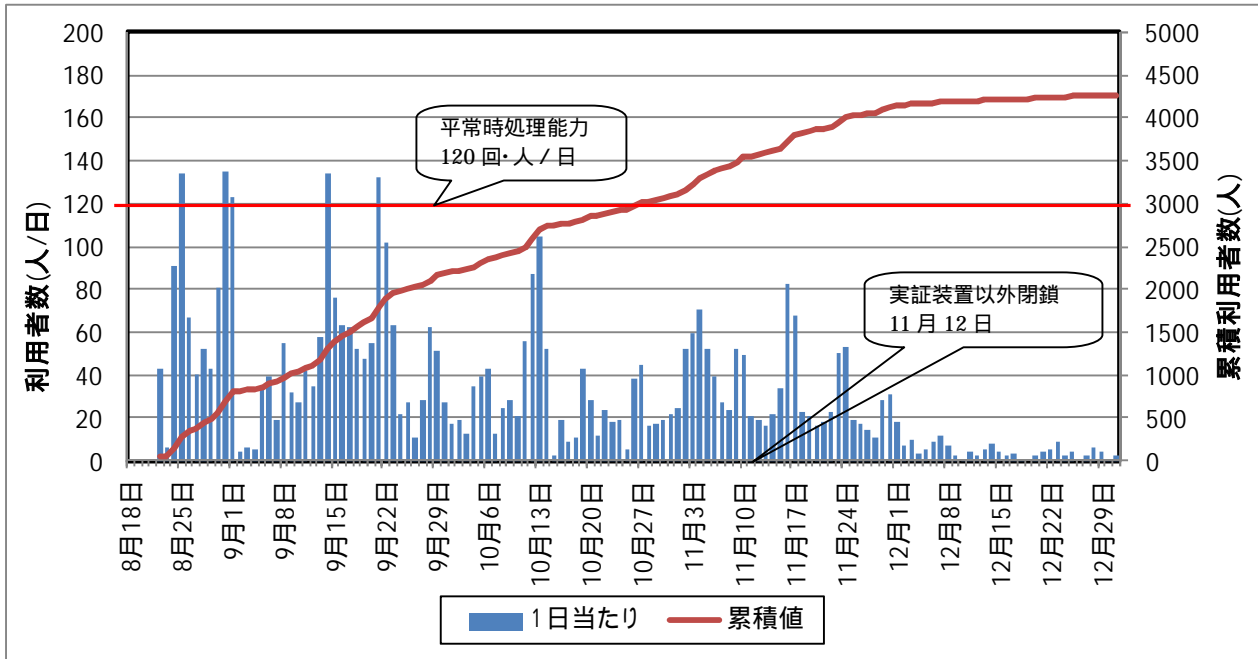
実証試験期間における累積使用人数は4,269人であった。また、平成25年度当初から実証試験開始時までは、少なくとも7,975人(7/29時点)の利用実績があり、平成25年度当初からの累積使用人数は12,244人である。

表 6-1-1-2 実証装置における日平均使用人数

区分	該当期間	日数 (日)	使用人数 (人)	1日平均使用人数 (人/日)	
実証期間全体	25. 8.22 ~ 25.12.31	132	4,269	32.3	
シーズン全体	25.8.22 ~ 25.11.12	83	3,559	42.9	
	ピーク[その1]	25. 8.22 ~ 25.8.31	10	692	69.2
	ピーク[その2]	25. 9.15 ~ 25.9.30	16	881	55.1
冬期(シーズンオフ)	25. 11.13 ~ 25.12.31	49	710	14.5	

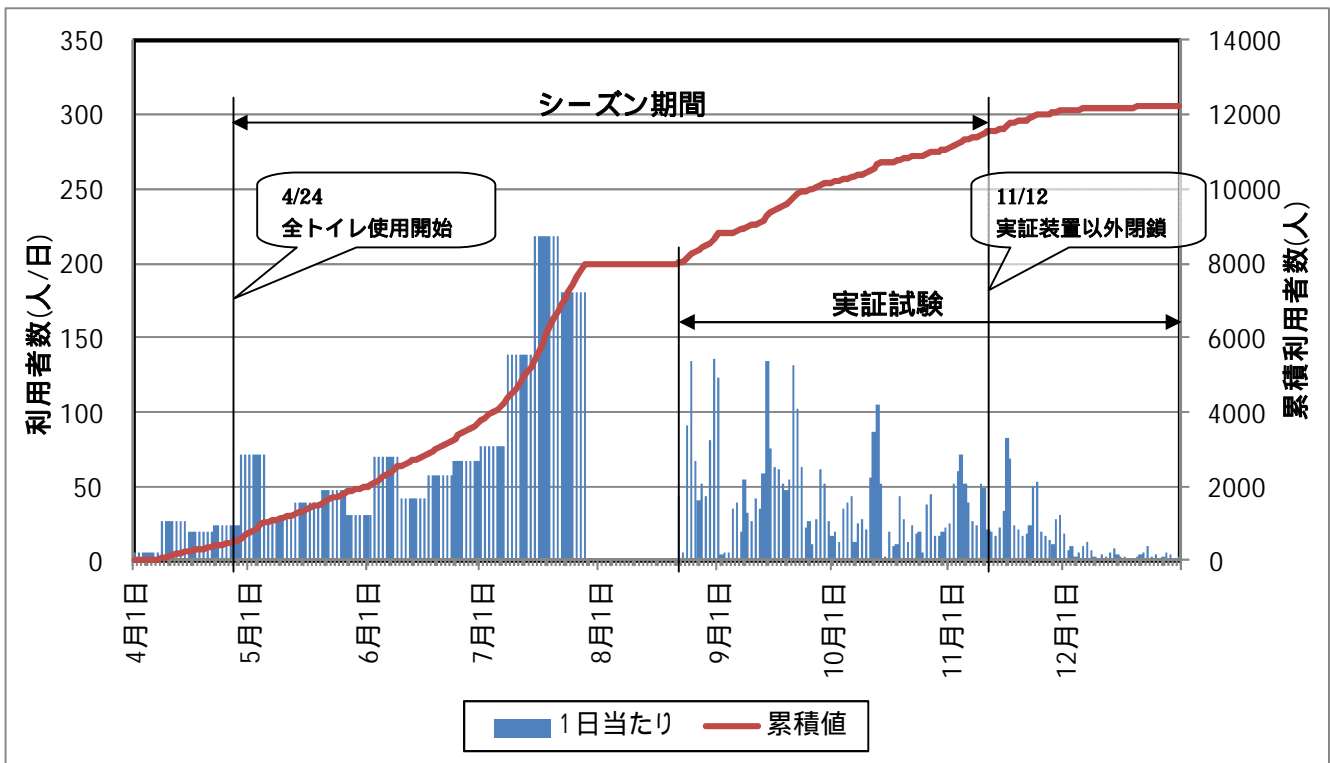
表 6-1-1-2 試料採取日前日までの使用人数

区分	採取日	稼働日数 (日)		累積使用人数 (人)		1日平均使用人数 (人/日)	
		実証期間 (8/22~)	平成25年度 (4/1~)	実証期間 (8/22~)	平成25年度 (4/1~)	実証期間 (8/22~)	平成25年度 (4/1~)
第1回試料採取	25. 8.22	0	142	0	7,975	-	56.2
第2回試料採取	25.10. 1	40	182	2,187	10,162	54.7	55.8
第3回試料採取	25.11.12	82	224	3,559	11,534	43.4	51.5
第4回試料採取	25.12.17	117	259	4,224	12,199	36.1	47.1



丸数字は試料採取を示す

図 6-1-1-5 実証期間における使用人数の推移



4/1~7/28のデータは諏訪市提供。週1回の計測であり、1日当たりの使用人数は週平均値。
 7/29~8/21はデータは欠損(トイレは稼働)

図 6-1-1-7 平成 25 年度における実証装置(男子トイレ)の利用状況

6-1-2 稼働条件・状況のまとめ

< 外気温、降水量、湿度 >

実証試験期間における最高気温は 32.1、最低気温は-13.4 であった。ただし、この最低気温はシーズンオフ時(冬期閉鎖時)の数値であり、シーズン期間中(~11/12)における最低気温は-8.8 である。外気温の測定結果は実証申請書に記載の「適正稼働が可能な気温範囲:-20~50」の範囲内であった。

< 消費電力量 >

実証試験期間における実証装置の消費電力量は、1,152.1kWh であった。この間の利用者数は 4,269 人であり、利用者 1 人当たりの電力消費量は 270Wh/人である。

1 日当たりの消費電力量は、平均で 9.2kWh/日、最大で 10.0kWh/日、最小で 7.1kWh/日であり、実証申請書に記載の消費電力(9.6kWh/日)と同程度であった。電力消費の主たる要因は発酵槽ヒーターの稼働であり、外気温等の影響を受けることで季節的に電力消費量が変動することも予想されたが、試験結果ではそれほど大きな差異は認められなかった。夏期等気候が温暖な季節は外気温等による発酵温低下の要素が少ない反面、利用者が多い傾向にあるため、使用後の攪拌頻度が増加することで発酵槽温度を低下させていると推測される。逆に、冬期等の気温低下時においては利用者が比較的少なく、槽内攪拌による発酵槽温度低下は緩和されていると推測される。これらを考慮すると、冬期等に多くの利用があった場合には電力消費量の増加に留意が必要と考えられる。このような場合が想定される場合には発酵槽ヒーターの稼働設定を検討する必要があると思われる。

シーズン中の電力消費量はトイレ 4 基の合計量を按分して算出したが、実証装置である男子トイレは他のトイレと比較して発酵には不利な処理条件となる傾向があり、発酵が進まずヒーターの稼働頻度が増加するなどの影響で、他のトイレと比較して電力消費量が多めであることも推察される。

< 使用人数 >

実証試験期間における実証装置の累積使用人数は 4,269 人で、単純平均すると 1 日当たりの使用人数は 32.3 人/日であった。

実証試験期間で平常時の処理能力(120 人/日)を超えたのは延べ 5 日であり、最も利用が多かった実績は 135 人/日であった。これらのピークは一時的なものであり、平常時の処理能力を超える状態が相当期間続くことはなかった。また、実証試験の期間外であるが、7 月~8 月にかけて大きな利用者ピークが認められている。

6-2 維持管理性能

6-2-1 日常維持管理

日常維持管理は、水不要 生物処理 木質等 [そば殻] 方式実証試験計画 (平成 25 年 8 月) の資料 1 - の日常管理チェックシートに従い、諏訪市が実施した。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

	実証試験結果
実施日	利用集中時: 毎日 利用平常時: 週 1 ~ 2 回
実施者	諏訪市 (維持管理委託業者)
作業人数	1 人
作業時間	約 30 分間
作業内容	トイレブースの掃除、トイレトーパー等消耗品の補充、給水(雨水)タンクの確認及び必要に応じて水補充、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、水不要 生物処理 木質等 [そば殻] 方式実証試験計画 (平成 25 年 8 月) の資料 1 - の専門管理チェックシートに従い、日本環境衛生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

	実証試験結果		
実施日	第1回	2012年 8月22日	人数: 2人
	第2回	10月 1日	人数: 2人
	第3回	11月12日	人数: 2人
	第4回(冬期)	12月17日	人数: 2人
実施者	一般財団法人 日本環境衛生センター		
作業時間	約 1 時間(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 発酵物の外観確認、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	上記作業は容易に実施できた。		

6-2-3 発生物の搬出及び処理・処分

本実証試験期間中には、発生物の搬出・運搬はなかった。

実証試験において尿タンクの液位上昇が確認されているため、今後、適切な時期に場外搬出する必要性が考えられる。尿タンクの貯留容量は 300L であり、貯留能力のみで判断すれば余裕ある状況である。ただし、尿をあまり長期間貯留しておくことは維持管理上望ましくないため、適切な頻度で定期的に場外搬出することが望ましいと思われる。

また、発酵槽内混合物についても適切な時期に部分入替え等で一部を場外搬出する必要性も考えられる。

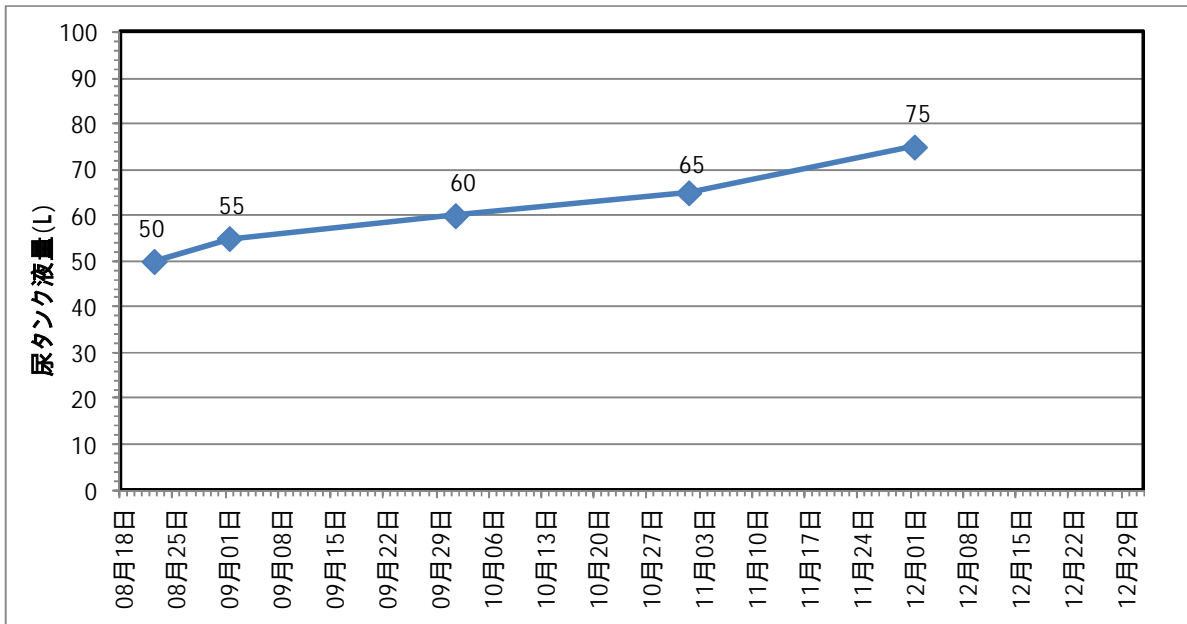


図 6-2-3-1 尿タンク貯留量

6-2-4 トラブル対応

本実証試験期間中において、特にトラブルは報告されなかった。

6-2-5 維持管理マニュアルの信頼性

維持管理マニュアルの信頼性は、維持管理要領書の記載項目チェック票に従い、日本環境衛生センターが実施した。表 6-2-5-1 に維持管理要領書の記載項目チェック票を示す。

表 6-2-5-1 維持管理要領書の記載項目チェック票

記入者名(組織名): 岡崎 貴之 (日本環境衛生センター)	
担当作業内容: 専門管理 (主な作業内容: 現場調査、試料採取、分析)	
申請者名 大央電設工業(株)	技術名 自動制御バイオ型・し尿分離処理システム
維持管理マニュアル類	

大項目	小項目	記載の有無	コメント
1. 日常管理全般 (製品説明)	1. 利用上の注意	有	
	2. 処理の仕組み	有	
	3. 各部名称	有	
	4. 主要機器一覧	有	
	5. 運転・使用方法	有	
	6. 日常点検・清掃・頻度	有	
	7. 製品仕様	有	
	8. 充填材 (雨水浄化用竹炭)	有	
2. 専門管理全般 (専門技術者向け)	9. 保守点検表	無	点検項目の表はあるが、点検表のひな形があるとよい。
	10. 制御盤	有	
	11. 処理槽(発酵槽)	有	
	12. 循環水等	無	該当なし。
	13. 補修・交換部品	無	
	14. 充填材	無	
3. 開始・閉鎖時 対応	15. 開始・閉鎖時対応	無	
4. 発生物の搬出 及び処理・処分	16. 清掃方法 (汚泥引き抜き等)	有	尿について一部記載あるのみ。
5. トラブル対応	17. トラブル対応 (想定及び対応例)	有	設備毎に記載。

維持管理要領書の信頼性の確認

大項目	小項目	記載内容	コメント
1.日常管理全般 (製品説明)	1. 読みやすさ	普通	日常管理と専門管理の区分が明確ではない。 写真や図を使用して説明するとよい。 十分な情報がある。
	2. 理解しやすさ	普通	
	3. 正確性	良い	
	4. 情報量	普通	
2.専門管理全般 (専門技術者向け)	1. 読みやすさ	普通	日常管理と専門管理の区分が明確ではない。 写真や図を使用して説明するとよい。 十分な情報がある。
	2. 理解しやすさ	普通	
	3. 正確性	良い	
	4. 情報量	普通	
3.開始・閉鎖時対応	1. 読みやすさ	少ない	記載がほとんどない。 記載がほとんどない。 記載がほとんどない。 雨水設備について一部記載されているのみ。
	2. 理解しやすさ		
	3. 正確性		
	4. 情報量		
4.発生物の搬出及び 処理・処分	1. 読みやすさ	少ない	記載がほとんどない。 記載がほとんどない。 記載がほとんどない。 尿について一部記載されているのみ。
	2. 理解しやすさ		
	3. 正確性		
	4. 情報量		
5.トラブル対応	1. 読みやすさ	普通	設備毎に記載している。トイレ全体として1項目にまとめるとよい。 写真や図を使用して説明するとよい。 Q&Aがあるとよい。 事故や故障時の連絡体制がない
	2. 理解しやすさ	普通	
	3. 正確性	普通	
	4. 情報量	普通	

小項目1-3については「良い 普通 悪い」の3段階、小項目4については「多い 普通 少ない」の3段階で評価している。

6-2-6 維持管理性能のまとめ

< 日常維持管理 >

実証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 >

実証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2人で1時間程度のものを計4回実施し、その作業は容易に実施できた。

< 発生物の搬出及び処理・処分 >

本実証試験期間中においては、発生物の搬出・運搬はなかったが、尿タンクの液位上昇等は確認され、今後、場外搬出の可能性は認められた。

< トラブル対応 >

本実証試験期間中に、トラブル等は特に報告されなかった。

< 維持管理マニュアルの信頼性 >

維持管理マニュアルの信頼性の評価は、維持管理要領書の記載項目チェック票に従い、日本環境衛生センターが実施した。概ね基本事項や必要事項は記載されている。「開始・閉鎖時対応」及び「発生物の搬出及び処理・処分」については記載がほとんどなく、追記が望ましい。マニュアルの構成については、一部内容が分かりづらい部分も認められた。マニュアル構成の一部見直し、写真・図の利用等について検討することが望ましい。

6-3 室内環境

6-3-1 室温、湿度

実証試験期間中の8月22日から12月31日におけるトイレブース室温の変化を図6-3-1-1、湿度の変化を図6-3-1-2に示す。また、温度及び湿度の平均値、最大値、最小値を表6-3-1-1に示した。

室温は-13.7~30.9 (平均6.8)であった。11月中旬(シーズン終了)以降、室内温度0程度で、最高温度でも10以下、最低温度は氷点下であった。

湿度は27~94%(平均68.5%)であった。11月以降の低温期は湿度変化が少ないが、それ以外の時期は湿度変化が大きくなっている。

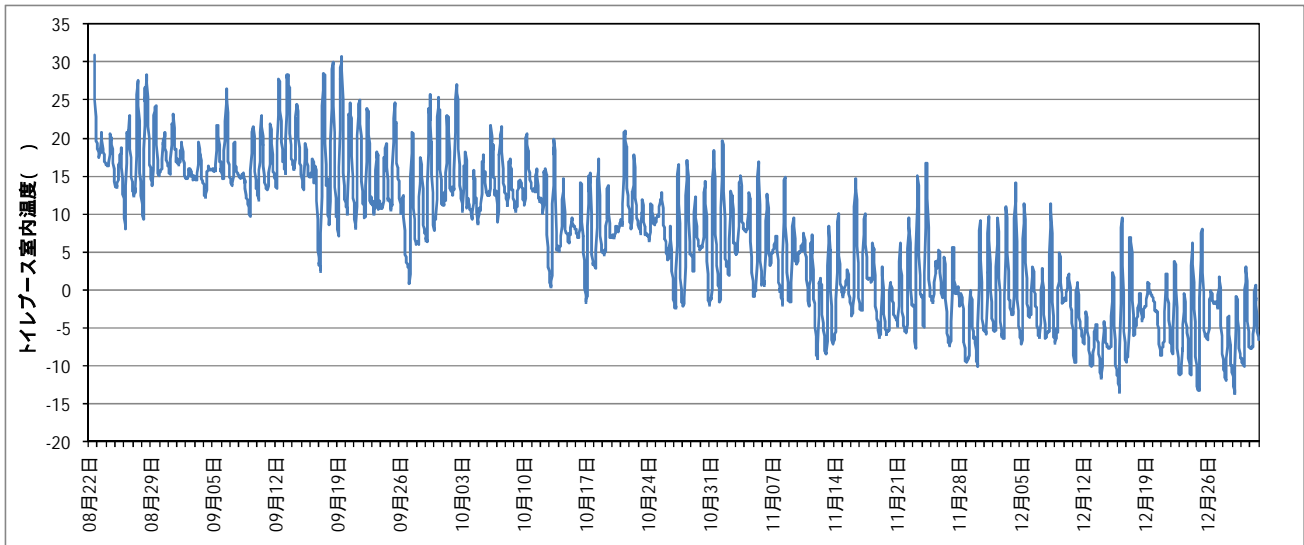


図6-3-1-1 トイレブース内の室温変化

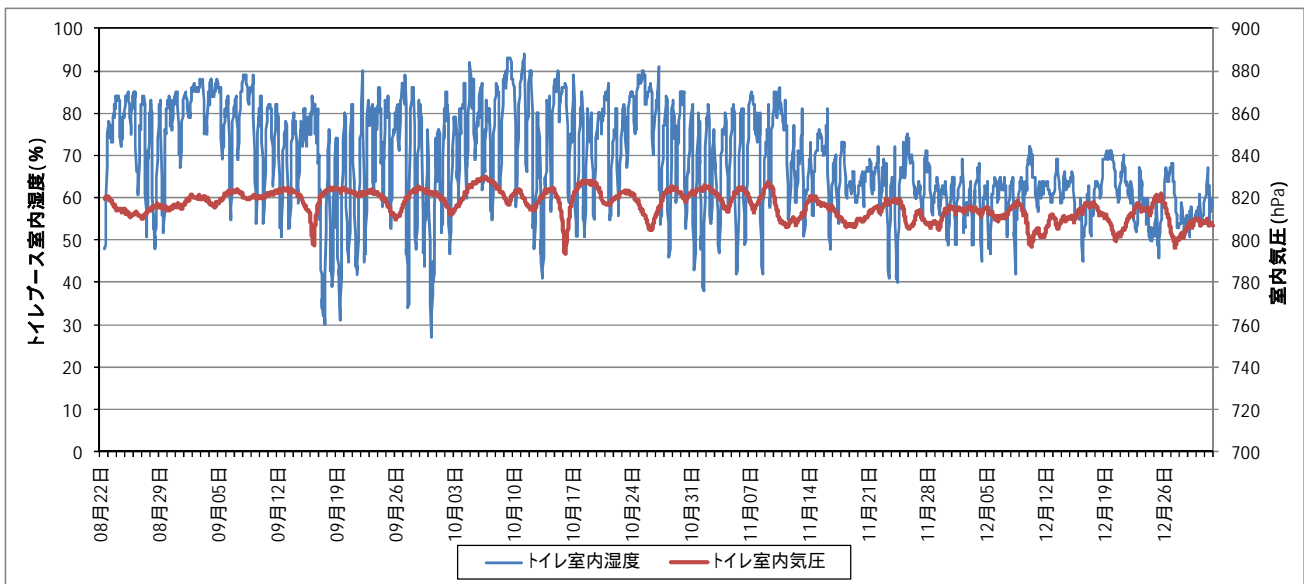


図6-3-1-2 トイレブース内の湿度・気圧変化

表 6-3-1-1 処理装置内の温度、湿度の最大値、最小値、平均値

	実証試験期間 (8/22 ~ 12/31)		シーズン時のみ (8/22 ~ 11/12)	
	温度 ()	湿度 (%)	温度 ()	湿度 (%)
最大値	30.9	94	30.9	94
最小値	-13.7	27	-9.1	27
平均値	6.8	68.5	12.2	72.7

6-3-2 室内環境に関する許容範囲

実証試験期間において、車山肩公衆トイレ(バイオ R21)利用者に対する「室内環境アンケート」を実施し、149 件の有効回答が得られた。アンケートの集計結果を下記に示す。

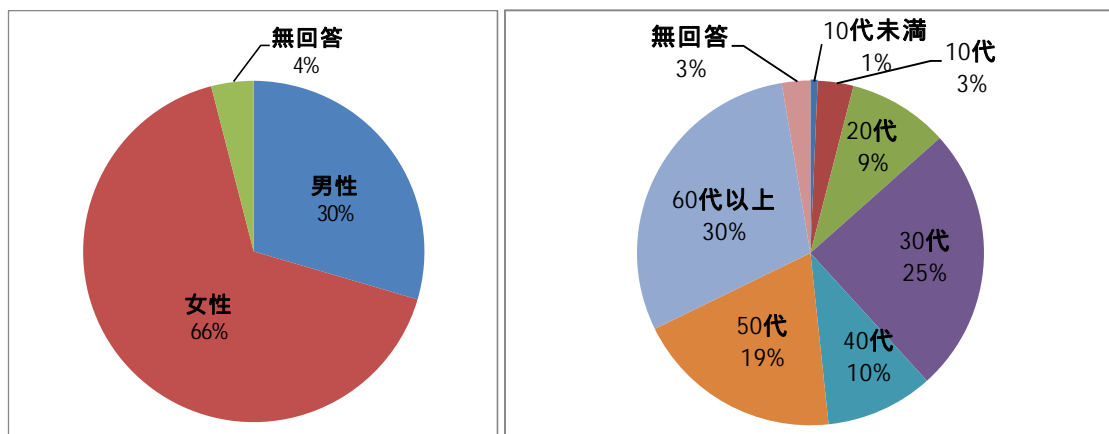
(1) 回答者属性

ア. 性別と年代

表 6-3-2-1 を見ると、回答者の男女比は 6 割強が女性となった。年代別では 60 代(30%)と 30 代(25%)の割合がやや高めであるが、比較的多年代の利用者から回答が得られた。

表 6-3-2-1 回答者属性(性別と年代)

性別と年代	性別			回答数
	男性	女性	記入なし	
10歳未満	0	1	0	1
10代	2	3	0	5
20代	6	7	1	14
30代	11	25	1	37
40代	1	12	2	15
50代	12	17	0	29
60代以上	11	33	2	46
無回答	1	1		2
計	44	99	6	149

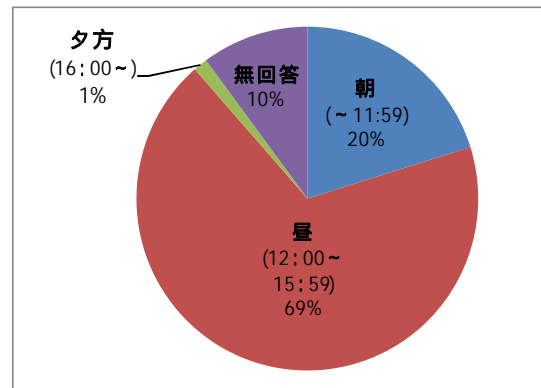


イ．利用時間帯

表 6-3-2-2 のとおり利用時間帯を 3 つに区分して見ると、回答者は昼(午後)の時間帯が (69%) で最も多い。

表 6-3-2-2 利用時間帯

利用時間帯	回答数
1. 朝(～11:59)	30
2. 昼(12:00～15:59)	102
3. 夕方(16:00～)	2
4. 無回答	15
計	149

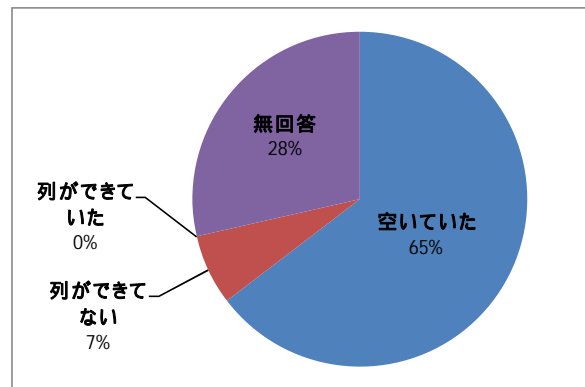


ウ．利用時の混雑状況

表 6-3-2-3 のとおり 65%の回答者が「空いていた」と答えている。ただし、無回答の分を除いて集計すると、90%の回答者が「空いていた」との回答となる。残り 10%の回答者においても「列はできていない」程度の混雑具合であり、全体的に利用はスムーズであった。

表 6-3-2-3 利用時の混雑状況

利用時の混雑状況	回答数
1. 空いていた	95
2. 混雑(列はできていない)	10
3. 混雑し列ができていた	0
5. 無回答	44
計	149



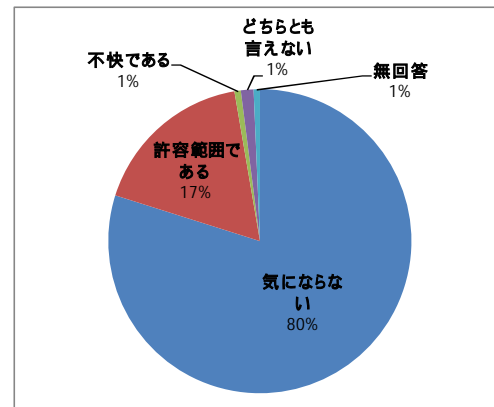
(2) 実証装置についてのアンケート

ア．トイレ室内の臭気

トイレ室内の臭気は、「 気にならない」が 80%で最も高い。「 許容範囲である」(17%) と合わせると 97%となっている。臭気はほとんどの利用者が不快と感じていないと言える。

表 6-3-2-4 トイレ室内の臭気

トイレ室内のにおいについて	回答数
1. 気にならない	119
2. 許容範囲である	26
3. 不快である	1
4. どちらとも言えない	2
5. 無回答	1
計	149

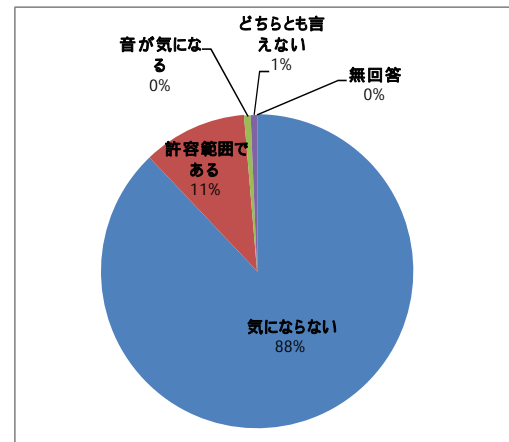


イ. 攪拌機やファン等の稼働音

攪拌機やファン等機械設備の稼働音については、「気にならない」が88%で最も高い。「許容範囲である」(11%)と合わせると99%となっている。設備の稼働音についてはほとんどの利用者が気になっていないと言える。

表 6-3-2-5 攪拌機やファン等の稼働音

発酵槽の音について	回答数
1. 気にならない	131
2. 許容範囲である	16
3. 音が気になる	1
4. どちらとも言えない	1
5. 無回答	0
計	149

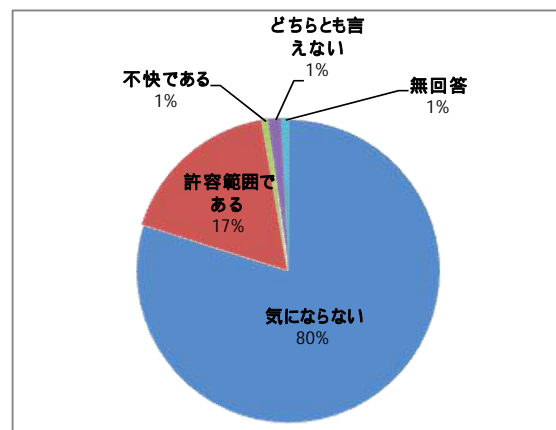


ウ. 発酵槽内部が見えること

発酵槽内部(便器下)が見えることについては、「気にならない」が80%で最も高い。「許容範囲である」(17%)と合わせると97%となっている。発酵槽内部が見えることについてはほとんどの利用者が気になっていないと言える。

表 6-3-2-6 発酵槽内部がみえることについて

発酵槽の内部がみえることについて	回答数
1. 気にならない	119
2. 許容範囲である	26
3. 不愉快である	1
4. どちらとも言えない	2
5. 無回答	1
計	149

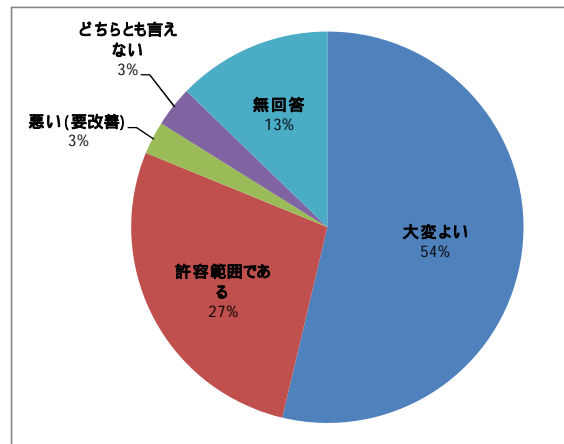


エ．全体的な使い勝手

全体的な使い勝手については、「大変よい」が54%で最も高い。「許容範囲である」(27%)と合わせると81%となっている。

表 6-3-2-7 全体的な使い勝手

使い勝手について	回答数
1. 大変よい	80
2. 許容範囲である	41
3. 悪い(要改善)	4
4. どちらとも言えない	5
5. 無回答	19
計	149



(3) 自由回答結果・考察

有効回答 149 件のうち、63 件からコメントが得られた。コメントのうち、40 件(63%)が「大変よい」、「きれい」、「快適」、「臭わない」といった好意的な感想であった。一方、改善点の指摘は 20 件、その他コメントは 3 件得られた。

最も指摘が多かったのは「スイッチの位置」であり、8 件の指摘があった。使用後の押すスイッチの位置が「分かりづらい」、「子供にとっては高い」といった指摘である。スイッチの位置については、設置当初は便器の近傍に設置していたが、必要以上に押される傾向があったことからスイッチの位置を変更した経緯がある。これら利用者の意見を参考にスイッチの位置を再検討してみることが適当である。また、過剰操作やいたずら防止対策としてはスイッチにカバーを設置する改善等も考えられる。

次いで指摘が多かったのは「便器の構造等」に関してであり、6 件の指摘があった。実証装置は大小分離のセパレート便器を使用していることが大きな特徴であるが、通常の便器と構造が異なっていることから、使用方法に違和感を感じることもあるようである。特に子供にとっては使い方が難しいといったコメントが多かった。

その他少数意見としては、「暗い(ライトがすぐ消える)」、「水が出ない」、「説明文字が小さく読みづらい」等の意見が得られた。



図 6-3-2-1 使用後の攪拌スイッチ

6-3-3 室内環境のまとめ

< 室温、室内湿度 >

実証試験期間中の8月22日から1月4日(1/29まで測定したが、暖房器具等の使用もあり、集計から除外)にかけて実証装置のトイレブースにおける室温及び湿度を測定した。

トイレブース内の室温は最高温度 30.9、最低温度 -13.7 であった。ただし、この最低気温はシーズン期間外(11/12以降)の測定値であり、シーズン期間中(11/12まで)に限って集計すると最低気温は-9.1 となった。

トイレブース内の湿度は27~94%で推移した。

< 許容範囲 >

トイレ室内の臭気は、「 気にならない」が80%で最も高く、「 許容範囲である」(17%)と合わせて全体の97%が、臭気については不快と感じていないと回答している。実証装置も含めて車山肩公衆トイレは清掃等の日常管理が行き届いており、ピーク時等においてはほぼ毎日清掃等を行っている。このような維持管理体制によりトイレが清潔に保たれていることが大きいと思われる。

トイレの構造(機械設備の稼働音、発酵槽内部が見える構造)についても、「 気にならない」と「 許容範囲である」を合わせて95%を占めており、利用者は特に不快要素とは感じていないようである。

全体的な使い勝手としても、「 大変よい」が54%最も多く、次いで「 許容範囲」が27%となっている。これらを合わせて81%の回答が高評価であった。

自由回答では、「スイッチの位置」や「便座(セパレート便器)の構造」等について改善要望が見られた。トイレの処理機能に影響しうる内容でもあるので、慎重な検討が必要である。

6-5 処理性能

6-5-1 現場測定結果

(1) 発酵槽内温度

発酵槽内混合物温度の経時変化について図 6-5-1-1、発酵槽内混合物温度の平均値、最大値、最小値を表 6-5-1-1 に示す。実証試験開始当初は温度センサを発酵槽ケーシングにテープで貼り付けて測定したが、攪拌羽根の接触によるセンサ破損が発生した。また、この場所ではヒーターの影響を大きく受けるといった事項を考慮し、10/9 以降、ヒーターの影響を受けにくい場所として攪拌シャフト付近に温度センサを取り付けて測定した。なお、参考として、発酵槽ケーシング付近の測定も継続して実施した。

シャフト部付近の温度推移はシーズン時において概ね 20~40 であり、発酵処理を基本に考慮するとやや低い水準であると考えられる。さらに、ヒーターによる加温についても考慮すると、発酵処理による発酵熱の発生はそれほどなく、発酵処理はそれほど進行していないと考えられる。ただし、発酵槽混合物の外観(性状)は、比重も軽く通気性も良好な状態である。これは、乾燥効果によるところが大きいと推察される。

発酵槽ヒーターは 30 で ON、60 で OFF の自動制御である。ヒーターの影響を大きく受けるケーシング付近の温度推移をみると、シーズン時期においては概ね 20~60 の範囲で大きく変動している。これは、シーズン時期は利用者が多く、それに伴って発酵槽の攪拌頻度も多くなり、発酵槽内が攪拌されることで発酵槽温度が低下すると考えられる。逆にシーズンオフ時期は利用者が比較的少ないため、温度低下も緩やかである。このように、発酵槽の攪拌によって発酵槽内の温度低下が認められることから、発酵槽内において発酵処理がそれほど進行しておらず、乾燥処理のウエイトが大きいことが推察される。

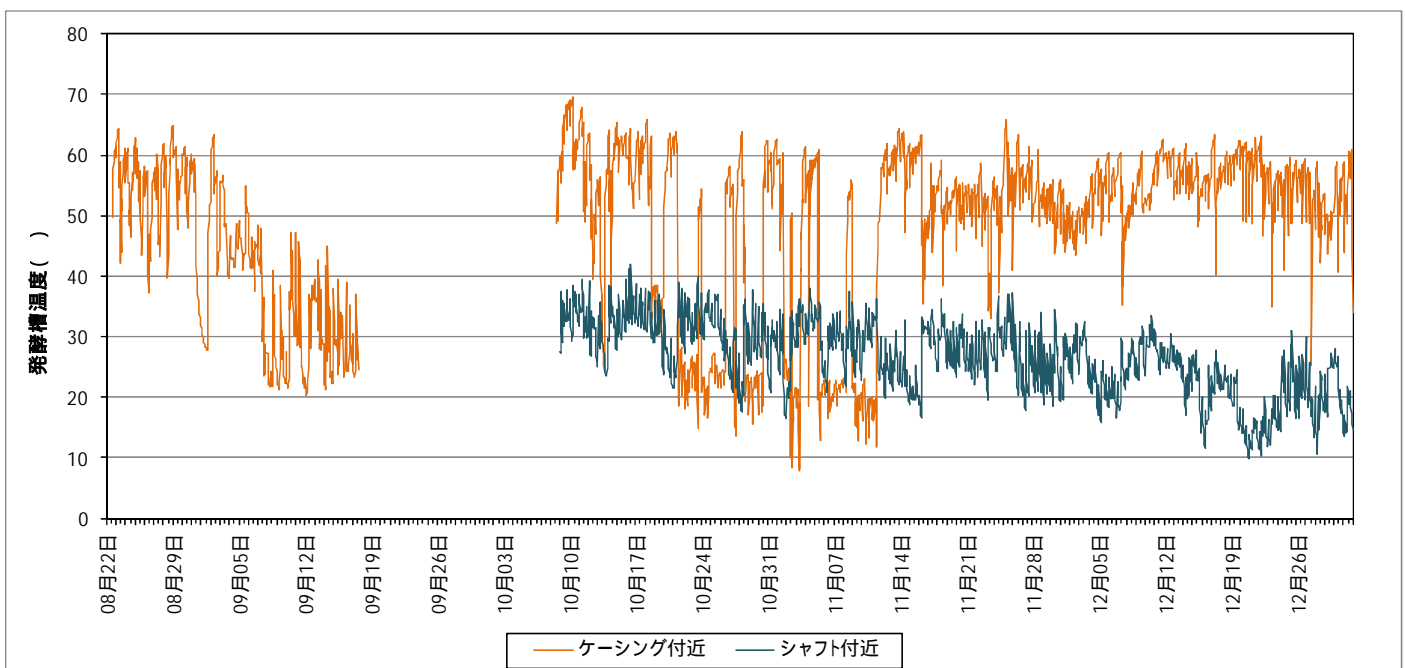


図 6-5-1-1 発酵槽内混合物温度の経時変化

表 6-5-1-1 発酵槽内温度の最大値、最小値、平均値

	シャフト部付近		ケーシング付近(参考)	
	実証期間 (10/9 ~ 1/29)	シーズン時のみ (10/9 ~ 11/12)	実証期間 (8/22 ~ 1/29)	シーズン時のみ (8/22 ~ 11/12)
最大値()	41.9	41.9	69.6	69.6
最小値()	9.9	16.7	7.8	7.8
平均値()	26.2	30.1	47.8	42.3

(2) 発酵槽重量

発酵槽の重量は処理状況を把握するのに重要な指標であり、本システムは発酵槽重量を指標に尿の移送先を自動で切換(発酵槽または尿タンク)している。発酵槽重量の経日変化について図 6-5-1-2 に示す。

大きく 3 つのピークが認められる。8 月下旬と 9 月下旬のピークは、利用者数のピークと重なることから、利用者増に伴って発酵槽重量も増加したと考えられる。一方、11 月下旬のピークは最も大きいですが、利用者数はそれほど多くはない(平常処理能力の範囲内である)。発酵槽の温度低下等により処理能力(乾燥能力も含めて)が低下したことによってし尿やトイレトペーパーの蓄積が優先したと考えられる。

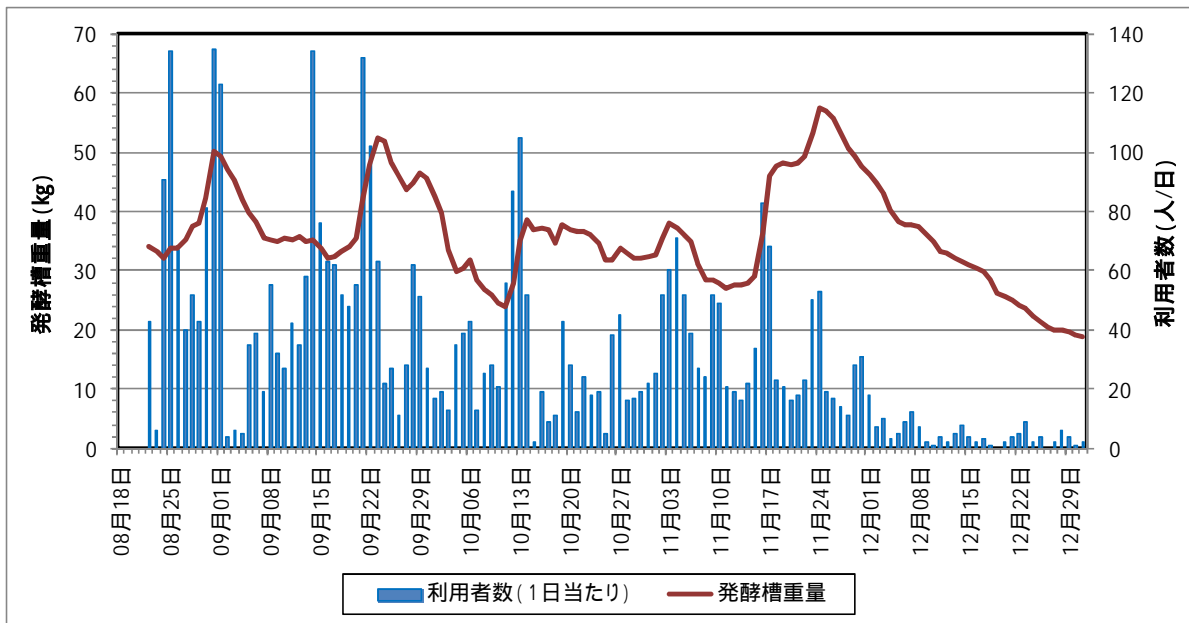


図 6-5-1-2 発酵槽重量の経日変化

(3) 臭気測定結果

専門維持管理の実施日(第 1 回: 8 月 22 日、第 2 回: 10 月 1 日、第 3 回: 11 月 12 日、第 4 回: 12 月 17 日)におけるトイレブース内、臭突(発酵槽臭気)の臭気測定結果を表 6-5-1-2 に示す。なお、臭気測定は北川式検知管法にて行った。

トイレブース内においては、検知管の測定レベルでは、硫化水素、アンモニアともに不検出であ

った。また、感覚的にも臭気はほとんど感じられなかった。アンケートの結果においても臭気はほとんど感じないといった回答がほとんどであった。

臭突の臭気（発酵槽内臭気）においては、硫化水素は不検出であったが、アンモニアは相当濃度が認められた。4回の測定中、1回目測定時(8月22日)の測定結果が最も高濃度のアンモニアが認められた。同時期はトイレ利用者数が多いピーク時であり、相応のアンモニアが発生したものと考えられる。臭突付近では高濃度のアンモニアが認められたが、トイレ周辺の臭気としては気になるほどではなかった（若干の臭気は認められた）。

表 6-5-1-2 トイレブース内、臭突（発酵槽臭気）の臭気

	トイレブース内		臭突（発酵槽臭気）	
	硫化水素 (ppm)	アンモニア (ppm)	硫化水素 (ppm)	アンモニア (ppm)
2013/8/22	0.05 未満	0.1 未満	0.05 未満	100
2013/10/1	0.05 未満	0.1 未満	0.05 未満	20
2013/11/12	0.05 未満	0.1 未満	0.05 未満	10
2013/12/17	0.05 未満	0.1 未満	0.05 未満	18

6-5-2 試料分析結果

(1) 発酵槽混合物

専門維持管理実施日（第1回：8月22日、第2回：10月1日、第3回：11月12日、第4回：12月17日）に採取した発酵槽混合物の分析結果を表6-5-2-1～6-5-2-2に示す。また、3回目試料採取時から4回目試料採取時にかけては、トイレ使用者の減少に伴い水分補充（加水）を行っている。

表 6-5-2-1 発酵槽混合物の分析結果

項目	pH	単位体積重量 (g/mL)	蒸発残留物 (%)	含水率 (%)	強熱減量 (%)	C (乾物) (%)	N (乾物) (%)	P (乾物) (%)	C/N比
試料採取									
1回目 平成25年8月22日	8.5	0.49	14.0	86.0	13.1	-	-	-	-
2回目 平成25年10月1日	8.4	0.35	15.8	84.2	15.0	-	-	-	-
3回目 平成25年11月12日	8.7	0.45	17.9	82.1	16.6	-	-	-	-
4回目 平成25年12月17日	8.6	0.48	17.3	82.7	16.1	49	1.7	0.4	28

表 6-5-2-2 発酵槽混合物の分析結果（溶出試験）

項目	有機性炭素 (mg/L)	塩化物イオン (mg/L)	電気伝導率 (mS/m)	浮遊物質 (mg/L)	全窒素 (mg/L)	アンモニア 性窒素 NH ₄ -N (mg/L)	亜硝酸性 窒素 NO ₂ -N (mg/L)	硝酸性 窒素 NO ₃ -N (mg/L)	大腸菌 (陰性・陽性)	大腸菌群数 (個/cm ³)
試料採取										
1回目 平成25年8月22日	880	600	290	850	180	53	<0.1	<0.1	判定不可	<30
2回目 平成25年10月1日	500	370	190	360	100	24	<0.1	0.2	<30	70
3回目 平成25年11月12日	930	880	380	980	170	47	<0.1	0.4	0	0
4回目 平成25年12月17日	1,000	840	370	620	170	43	<0.1	0.4	0	<30

ア．pH

pHは8.4～8.7の範囲であり、シーズンによって大きな差異は見られなかった。

イ．単位堆積重量

単位堆積重量0.35～0.49g/mLの範囲であり、シーズンによって大きな差異は見られなかった。

ウ．含水率・強熱減量・灰分

含水率は82.1～86.0%の範囲であった。ピーク時(8月22日)において含水率が高く、利用者数減少に伴い含水率も下がる傾向がみられる。

全体的に発酵槽混合物の含水率は、発酵処理を行うには高めである。しかし、その割には発酵槽混合物の比重は小さく、通気性もあり、発酵の対象としては良好な状態である。副資材のそば殻が水分を吸収せずに通気性を保っていることが大きいと考えられる。

発酵混合物の3成分を図6-5-2-1に示す。水分以外の固形物における有機物の割合は90%程度であり、どのシーズンも大差ない。また、参考としてし尿処理汚泥の発酵肥料(副資材として剪定枝を使用)のデータも図6-5-2-1に示す。水分の差はあるが、固形物中の有機物の割合は同程度(90%程度)となっている。

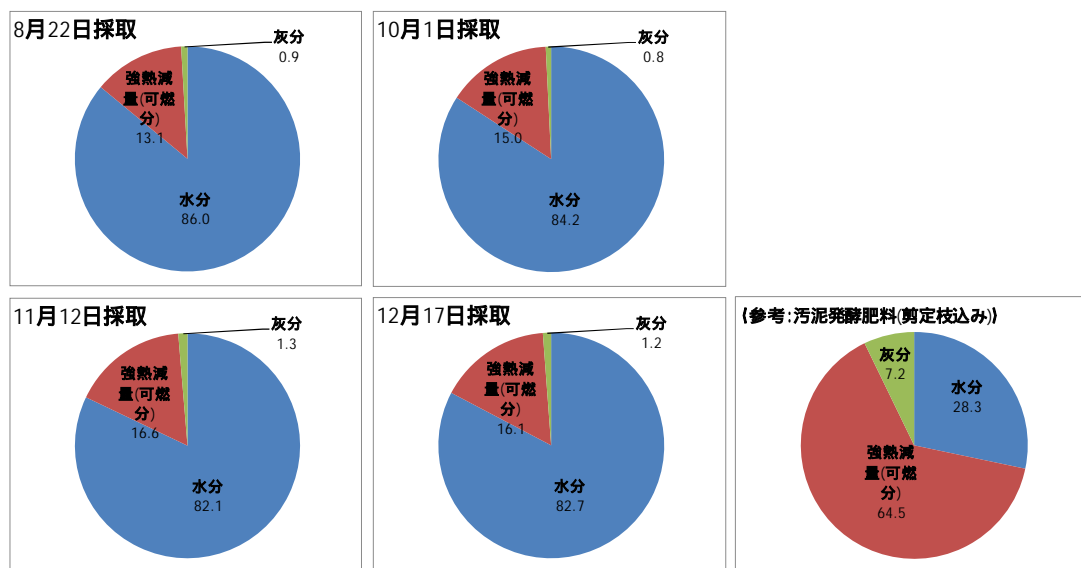


図 6-5-2-1 発酵混合物の構成(水分、可燃分、灰分)

エ．乾物中のC/N/P

発酵槽混合物の炭素、窒素、リンの含有量を表6-5-2-3に示す。また、参考としてし尿処理汚泥の発酵肥料(副資材として剪定枝を使用)のデータも同表に示す。

発酵槽混合物のC/N比は28.8で、大きめである。発酵槽混合物の溶出液におけるC/N比は5.3(4試料の平均)であり、副資材のウエイトが大きいと考えられる。

表 6-5-2-3 発酵混合物の C・N・P 含有量(乾物中)

	炭素 (%)	窒素 (%)	リン (%)	C / N 比
発酵槽混合物	49	1.7	0.4	28.8
発酵槽混合物溶出液	-	-	-	5.3
汚泥発酵物(参考)	29.0	6.3	10.8	4.6

オ．溶出試験の結果

(ア) 有機性炭素・浮遊物質

発酵混合物溶出液の TOC 及び SS 濃度の変化を図 6-5-2-2 に示す。

9 月 17 日にそば殻を 20 kg 投入したこともあり、2 回目試料採取時(10 月 1 日)の分析結果はやや低濃度となっている。その後、10 月中旬に利用者がやや多かった時期もあり、3 回目試料採取時(11 月 12 日)においては、1 回目試料採取よりも高濃度となった。また、3 回目試料採取時から 4 回目試料採取時にかけてはシーズン終了時期であることもあり、トイレ利用者はそれほど多くなかったが、TOC は高濃度化した。

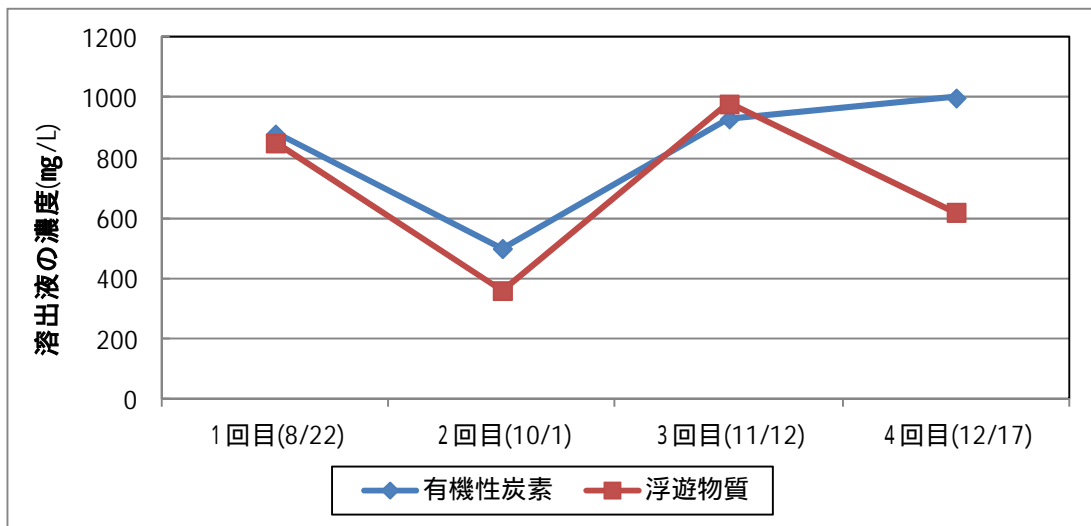


図 6-5-2-2 発酵混合物溶出液の性状変化 (TOC、SS)

(イ) 電気伝導度・塩化物イオン

発酵混合物溶出液の電気伝導度及び塩化物イオン濃度の変化を図 6-5-2-3 に示す。

前述したように、9 月 17 日のそば殻投入により、2 回目試料採取時(10 月 1 日)の分析結果は低濃度となっている。その後は、全般的に累積利用人数が増加するに伴い、各濃度の高濃度化が認められる。

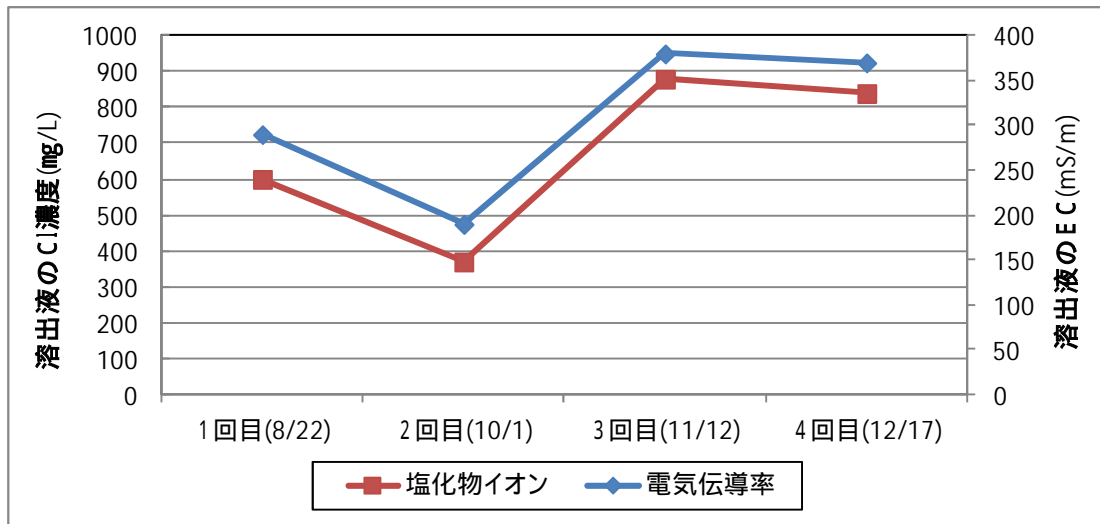


図 6-5-2-3 発酵混合物溶出液の性状変化 (EC、Cl⁻)

(ウ) 窒素

発酵混合物溶出液の全窒素濃度とアンモニア性窒素濃度の変化を図 6-5-2-4 に示す。

9月17日そば殻投入により、2回目試料採取時(10月1日)の分析結果は低濃度となっている。他は、大きな濃度変動は認められない。

また、形態別窒素の構成割合を図 6-5-2-5 に示す。硝酸性窒素や亜硝酸性窒素はほとんど認められず、有機態窒素とアンモニア性窒素で構成されている。その割合は有機態窒素 3 : アンモニア性窒素 1 である。嫌気条件下での発酵がメインであると考えられ、処理(分解)速度が遅くなっていることが推測される。

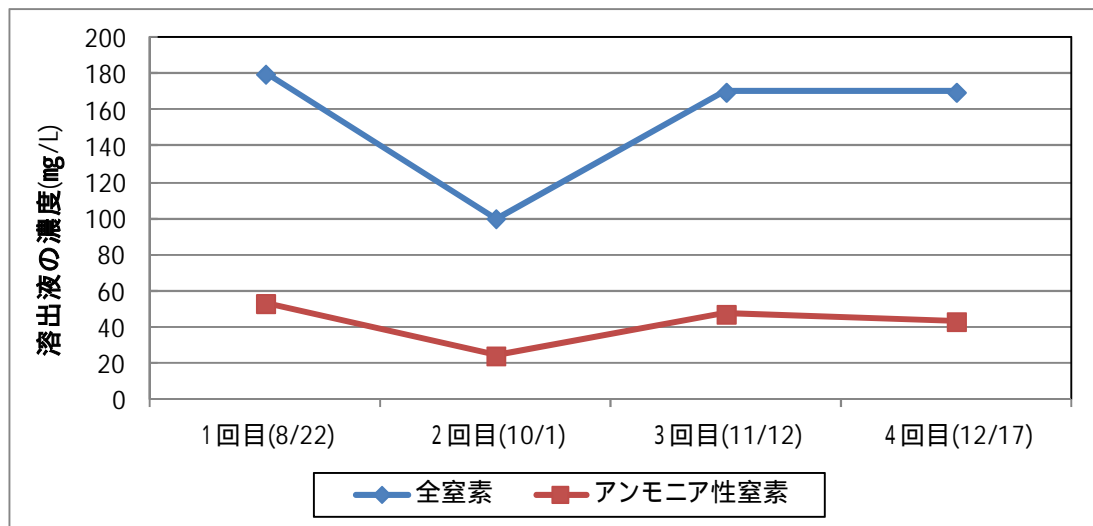


図 6-5-2-4 発酵混合物溶出液の性状変化

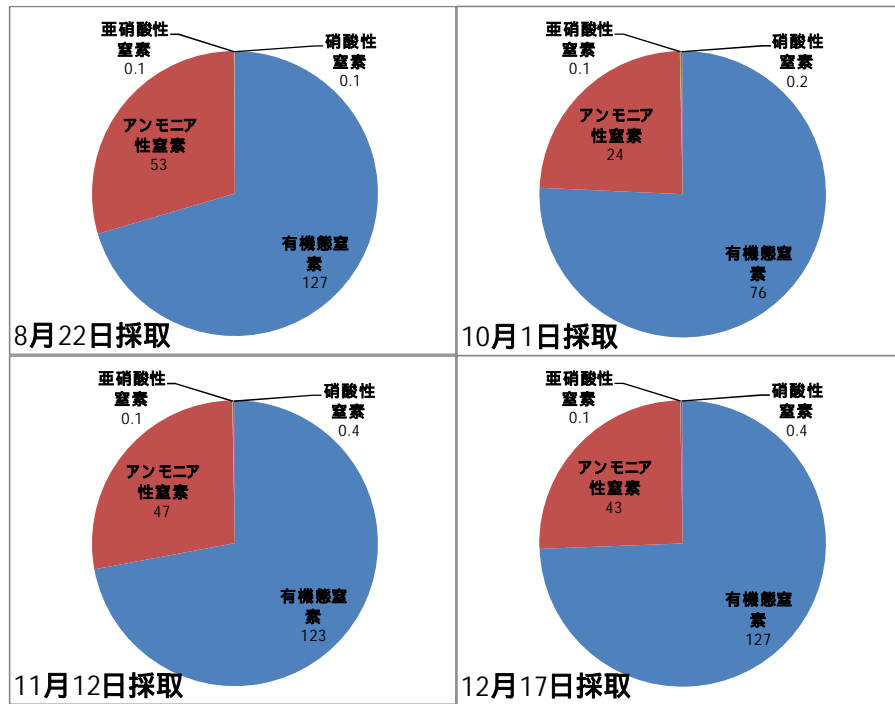


図 6-5-2-5 発酵混合物溶出液の窒素形態

(エ) 大腸菌群

発酵混合物溶出液の大腸菌、大腸菌群を表 6-5-2-4 に示した。

2 回目試料採取時(10 月 1 日)に大腸菌群が若干(100 個/mL 以下)検出されたが、その他のサンプルでは 30 個/ml 未満であった。

表 6-5-2-4 発酵混合物溶出液の大腸菌、大腸菌群

	大腸菌 (個/mL)	大腸菌群数 (個/mL)
1 回目採取(8/22)	-	30 未満
2 回目採取(10/1)	30 未満	70
3 回目採取(11/12)	0	0
4 回目採取(12/17)	0	30 未満

(2) 尿タンク液

専門維持管理実施日(第 2 回: 10 月 1 日に採取した尿タンク液の分析結果を表 6-5-2-5 に示す。

大腸菌類(糞便性大腸菌、大腸菌群数)は検出されなかった。本実証装置の特色である大小分離式便器は適切に機能していたと思われる。

尿タンク液の性状としては、塩化物イオン濃度が一般的なし尿の性状等と比較するとやや高濃度であり、滞留時間が長いこと等を考慮すると、かなり濃縮されていたと考えられる。

表 6-5-2-5 尿タンク液の分析結果

項目		pH	有機性炭素 (mg/L)	塩化物イオン (mg/L)	全窒素 (mg/L)	アンモニア 性窒素 NH ₄ -N (mg/L)	糞便性 大腸菌群 (個/cm ³)	大腸菌群数 (個/cm ³)
試料採取								
2回目	平成25年10月1日	8.9	3,300	5,000	7,500	7,100	0	0

(3) 使用人数と水質との関係

ア. 使用人数とTOC

使用人数と発酵槽混合物溶出液TOCの関係を図6-5-2-6に示す。9月17日に副資材(そば殻)を補充したため、2回目試料採取時には濃度が下がっているが、その後はTOC濃度が上昇している。3回目試料採取から4回目試料採取にかけては、シーズンオフ期間ということもあり、それほど利用者数は多くなかった(合計:649人、1日当たり平均:18人/日)が、溶出液TOCの高濃度化が見られた。溶出液の窒素形態において酸化態窒素(NO₂-N、NO₃-N)がほとんど認められなかったこと、発酵槽混合物において好気性発酵のような温度上昇が認められなかったこと等から推測して、発酵槽において好気性発酵はあまり進行していなかったと考えられる。このため、有機物の分解がそれほど進行しなかったと考えられる。

累積使用人数と発酵槽混合物溶出液TOCの関係を図6-5-2-7に示す。全体的に、使用人数の増加に伴い溶出液のTOC濃度も増加する傾向である。発酵槽内部では発酵処理よりも乾燥処理がメインに進行していたと推測される。

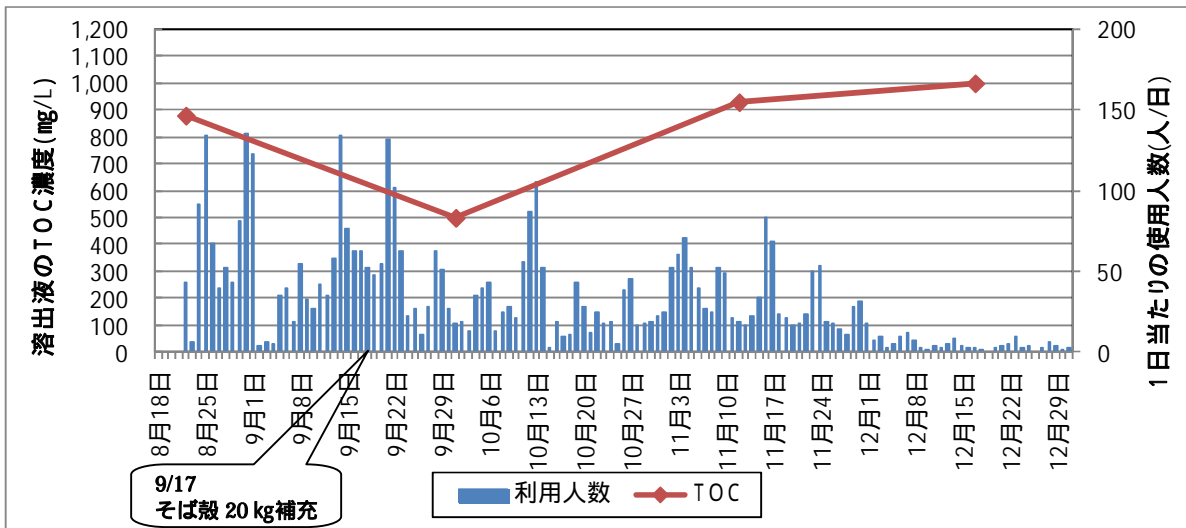


図 6-5-2-6 使用人数と溶出液TOC濃度の関係

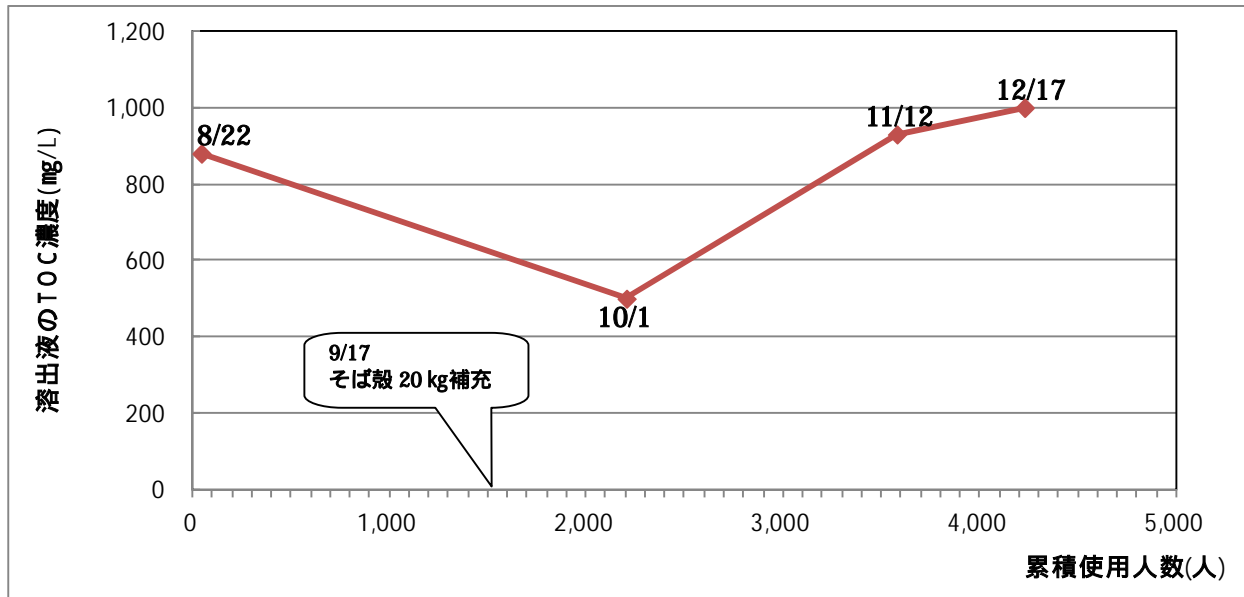


図 6-5-2-7 累積使用人数と溶出液TOC濃度の関係

イ．使用人数と窒素

使用人数と窒素濃度の関係を図 6-5-2-8 に示す。9月17日に副資材(そば殻)を補充したため、2回目試料採取時には濃度が下がっている。TOC濃度と同様に、2回目試料採取時から3回目試料採取時にかけては濃度上昇が認められるが、3回目試料採取時と4回目採取時の間については特に濃度上昇は認められていない。使用状況との関連は認められなかった。

累積使用人数と窒素濃度の関係を図 6-5-2-9 に示す。2回目試料採取時の濃度を除外して考察すると、実証試験期間を通じて大きな変動は認められない(全窒素: 170~180 mg/L、アンモニア性窒素: 43~53 mg/L)。累積使用人数との相関は小さいと考えられる。

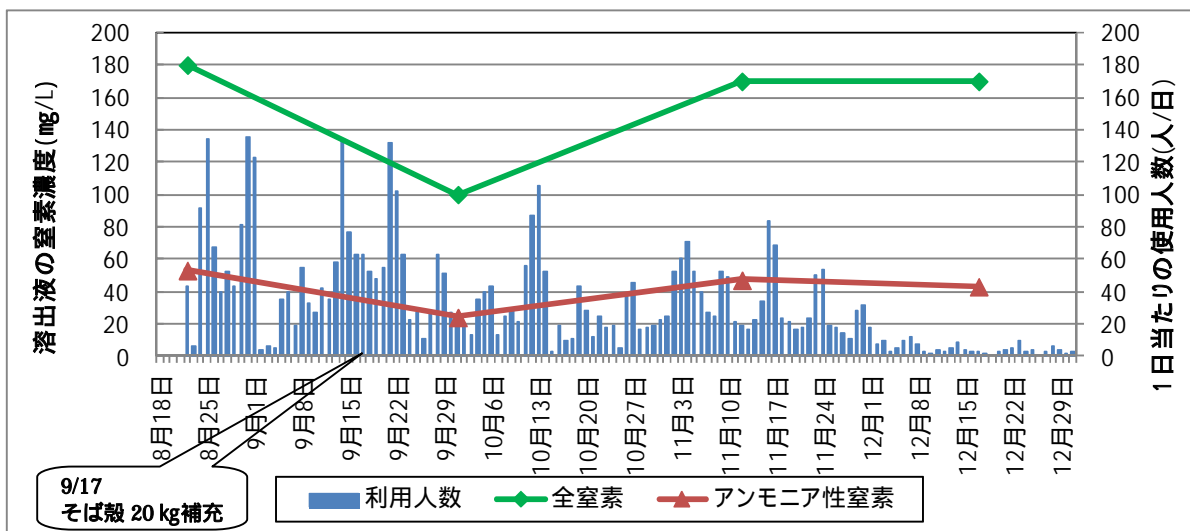


図 6-5-2-8 使用人数と溶出液窒素濃度の関係

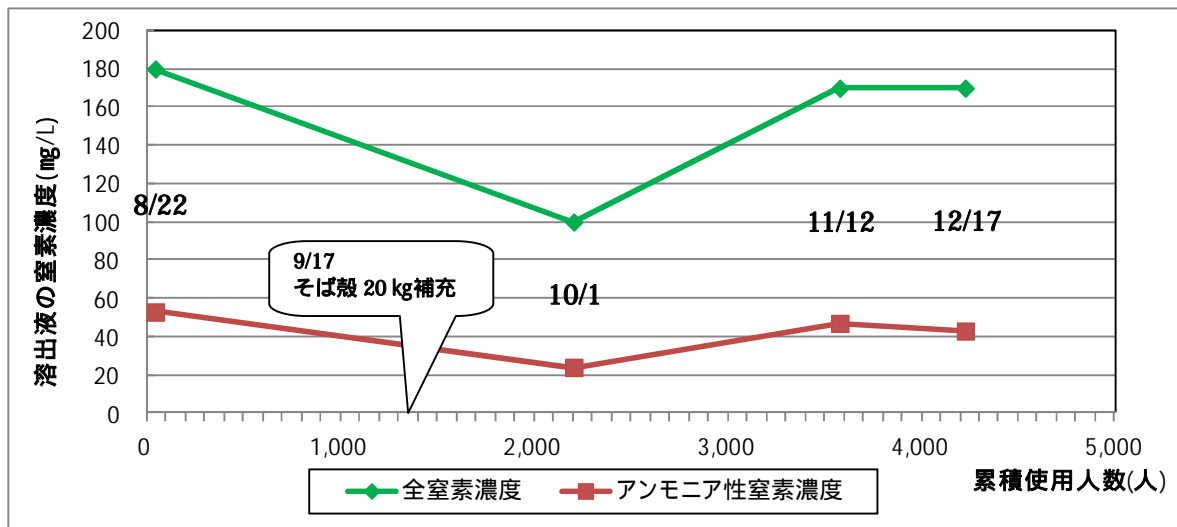


図 6-5-2-9 累積使用人数と溶出液窒素濃度の関係

ウ．使用人数と塩化物イオン濃度及び電気伝導度

使用人数と塩化物イオン濃度及び電気伝導度の関係を図 6-5-2-10 に示す。9月 17 日に副資材(そば殻)を補充したため、2 回目試料採取時には濃度が下がっている。その後は使用者数増加に伴い、濃度は上昇する傾向である。また、3 回目試料採取時から 4 回目試料採取時にかけては若干濃度低下が認められるが、トイレ使用者の減少に伴い水分補充(加水)を行ったためである。

塩化物イオン濃度や電気伝導度は発酵処理(生物処理)で除去できる成分ではないため、使用量者数の増加に伴って、発酵槽混合物中に濃縮・蓄積されることが考えられる。図 6-5-2-11 は累積使用人数と塩化物イオン及び電気伝導度との関係を示したものである。なお、図中の回帰式及び相関係数は、そば殻投入の影響を大きく受けた 2 回目試料採取時のデータを除外して算出したものである。

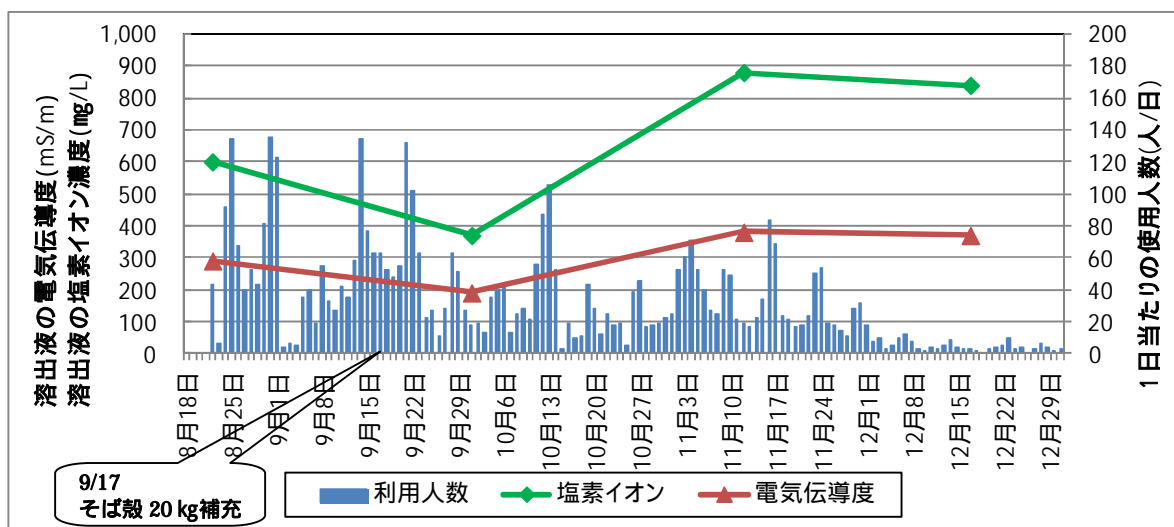


図 6-5-2-10 使用人数と溶出液塩化物イオン濃度、電気伝導度の関係

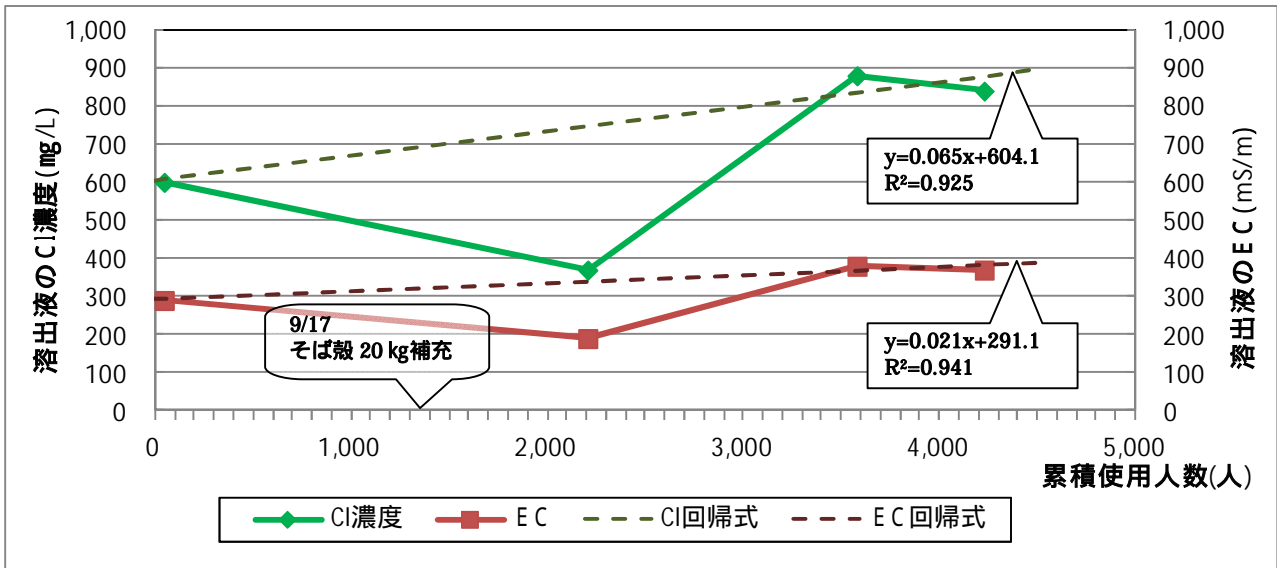


図 6-5-2-11 累積使用人数と溶出液塩化物イオン濃度、電気伝導度の関係

6-5-5 処理性能のまとめ

実証試験の結果、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 >

発酵槽内シャフト付近の温度は 9.9~41.9 (平均 26.2) であった。最低温度は 1 桁台の温度となっているが、これはシーズンオフ(11/12)以降の実績であり、シーズン期間に限って集計すると最低温度は 16.7 である。また、参考として発酵槽内ケーシング付近で同様に温度を測定したところ、7.8~69.6 (平均 47.8) であった。ヒーターの影響等もあるが、測定箇所によって温度の相違がみられた。

発酵槽重量は 18.7~57.5 kg (平均 36.1 kg) の範囲で推移していた。大きく 3 つのピークが認められたが、うち 2 つは使用者数の増加(利用ピーク時)、1 つは気温低下(発酵槽温度低下)による処理機能の低下が要因と考えられる。

トイレブース内の臭気については、硫化水素及びアンモニアともに検知管測定レベルでは検出されなかった。臭突の臭気(発酵槽臭気)については、硫化水素は検出されなかったが、アンモニアは検出された。特に、利用者が多めであった 1 回目現場検査時においては 100ppm 程度のアンモニアが検出され、トイレ周辺に若干臭気が認められる場合もあった。

< 発酵槽混合物の分析結果 >

発酵槽混合物の含水率は 82.1~86.0% であり、発酵処理を行うには高めであった。ただし、比重は 0.35~0.49 と軽く、また、大きな団塊等も認められず、通気性も良好な性状である。好気性発酵処理が進行するのに、それほどの悪条件とは考えられない。

発酵槽混合物の C/N 比は 28.8 と大きい。溶出液の C/N 比は 5.3 (4 試料の平均) であり、副資材(そば殻)のウエイトが大きいと考えられる。

< 発酵槽混合物溶出試験の分析結果 >

発酵槽混合物溶出液のTOC、塩化物イオン、電気伝導度は2回目試料採取時にそば殻投入の希釈効果が認められた他は、利用者数の増加に伴って高濃度化する傾向が認められた。

窒素については、2回目試料採取時以外は分析結果に有意な差はみられなかった。窒素形態について、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素はほとんど認められず、有機性窒素とアンモニア性窒素で構成されていた。好気性発酵はあまり進行していないと推測される。なお、有機性窒素とアンモニア性窒素との構成比は、概ね3(有機性窒素):1(アンモニア性窒素)であった。

大腸菌、大腸菌群についてはほとんど検出されなかった。

< 尿タンク液の分析結果 >

尿タンク液において大腸菌類(糞便性大腸菌、大腸菌群数)は検出されなかった。大便の混入はないと考えられ、大小分離式便器は適切に機能していたとも考えられる。ただし、本実証試験の対象機は男子トイレであり、ほとんどは小便器から流入したとも考えられる。

< 使用人数と水質の関係 >

塩化物イオン及び電気伝導度は、累積使用者数が増加するに伴い、溶出液が高濃度化する傾向が認められた。これら成分は基本的に発酵処理(生物処理)で分解処理される成分ではないため、使用人数の増加に伴って発酵槽で濃縮・蓄積されたものと考えられる。

一方、TOCについても累積使用者数の増加に伴い、溶出液が高濃度化する傾向が認められた。これにより、有機成分の発酵分解がそれほど進行していないと考えられる。溶出液の窒素形態から判断しても発酵槽内の雰囲気は嫌気環境が主体であることが推測されており、処理速度が遅くなったことで処理しきれない有機成分が副資材(そば殻)に吸着していると考えられる。特に、3回目試料採取時と4回目試料採取時においては、トイレ利用者数がそれほど多くなかったにも関わらず、溶出液のTOC濃度は上昇した。気温が低いことで発酵槽温度も低下し、生物の処理速度がさらに低下したと考えられる。

窒素については、そば殻投入の影響があった2回目試料採取時を除けば、ほぼ同等の分析結果であったことから、累積使用者数との関係に有意な差は認められなかった。

6-6 試験結果の全体的まとめ

<稼働条件・状況>

実証試験期間における実証装置設置場所の最高気温は 32.1、最低気温-13.4 であった。ただし、この最低気温はシーズンオフ(冬期)の実績であり、シーズン中に限って集計すると、最低気温は -8.8 である。実証申請書記載の「適正稼働が可能な気温範囲:-20~50」の範囲内であった。

実証期間における実証装置の消費電力量は、実証試験期間内で合計 1,152.1kWh であった。この間の利用者数は 4,269 人であり、利用者 1 人当たりの電力消費量は 270Wh/人である。1 日当たりの消費電力量は、平均で 9.2kWh/日、最大で 10.0kWh/日、最小で 7.1kWh/日であり、実証申請書記載の消費電力量(9.6kWh/日)と同程度であった。電力消費の主たる要素は発酵槽ヒーターの稼働であり、外気温の影響を受けることによる季節的な消費電力量の変動も予想されたが、試験結果ではそれほど大きな差は認められなかった。比較的温暖な時期には、外気温による発酵槽温度低下の要素が小さい反面、利用者が多いことによる攪拌頻度の増加等により、発酵槽温度を低下させる要素が大きいと推測される。逆に、冬期等の寒冷期は利用者数が少ないことから発酵槽の攪拌頻度も少なく、発酵槽温度が下がりにくい要素があると考えられる。

実証試験期間における実証装置の累積使用人数は 4,269 人で、単純平均すると 1 日当たりの使用人数は 32.3 人/日であった。また、諏訪市の計測データによれば、平成 25 年度 4 月 1 日から実証試験開始時(8/22)までには少なくとも 7,975 人/日(7/29 時点)の利用実績があった。

実証試験期間中で平常時の処理能力(120 人/日)を超えたのは延べ 5 日であり、最も利用が多かった実績は 135 人/日であった。これらの利用ピークは一時的なものであり、平常時の処理能力を超える状態が相当期間続くことはなかった。利用条件としては想定の範囲内で良好であった。

<維持管理性能>

日常維持管理に示された作業は、容易に実施できた。また、専門維持管理に示された作業は、1 回当たり 2 人で 1 時間程度のものを計 4 回実施し、その作業は容易に実施できた。

本実証試験期間中においては、発生物の搬出・運搬はなかったが、尿タンクの液位上昇は確認された。尿タンクの貯留能力は 300L であり、実証試験終了時の貯留量 75L から判断して、貯留能力としてはまだかなりの余裕がある。ただし、長期間尿を貯留しておくことは維持管理上望ましくないため、適切な頻度で定期的に場外搬出することが適切と考えられる。

本実証試験期間中において特にトラブル等は報告されなかった。

維持管理マニュアルについては、主要機器一覧、製品仕様等の基本事項、維持管理要領等について記載されている。記載内容としては概ね適正と判断されるが、「開始・閉鎖時の対応」、「発生物の搬出及び処理・処分」に関する記述がないことは今後の改善課題である。また、維持管理要領において一部内容が分かりづらい部分も認められ、構成の見直しや写真・図のさらなる活用、Q & A の記載等について検討することが望ましい。

<室内環境>

実証試験期間における実証装置室温の最高温度は 30.9、最低温度-13.7 であった。ただし、この最低気温はシーズンオフ(冬期)の実績であり、シーズン中に限って集計すると、最低温度は-9.1

である。シーズン終了(11/12)以降、室温は概ね0前後で、最高温度でも10以下、最低温度は氷点下であった。

実証試験期間中において、車山肩公衆トイレ(バイオ R21)利用者に対する「室内環境アンケート」を行った。トイレ室内の臭気については「気にならない」が80%で最も多く、「許容範囲内である」(17%)と合わせると、全体の97%が許容範囲内と回答した。実証装置も含めて車山肩公衆トイレは清掃等の維持管理が行き届いており、ピーク時にはほぼ毎日清掃等日常管理を実施している。このような維持管理体制によってトイレは清潔に保たれていることが、アンケートの高評価につながっていると考えられる。また、トイレの構造に関する内容(機械設備の稼働音、発酵槽内部が見える構造)についても、「気にならない」と「許容範囲内である」を合わせて95%以上を占めていた。総合的には室内環境(臭気)、トイレの構造(音、構造等)ともにほとんどの利用者は許容範囲と回答しており、好評価が得られた。

アンケートの自由回答では幾つか改善要望が寄せられた。最も多かったのは「使用後に押すスイッチの位置が分かつらい」といった指摘である。スイッチの位置については、当初便器の近傍に設置していたが、必要以上に押される傾向があったことから、対策としてスイッチの位置を変更した経緯がある。これら利用者の意見を参考に、もう一度スイッチの位置を再検討してみることが望ましい。また、本システムの特徴である「大小分離セパレート便器」について、使い方が難しい等の指摘があった。説明書きの改善等を検討することが望ましい。

< 周辺環境への影響 >

実証対象装置は水不要式の発酵処理であり、処理水がトイレ系外に排出されることはなく、排水による周辺環境への影響はない。ただし、尿タンクに溜まった尿や、発酵槽混合物の一部は適宜外部搬出する必要があり、搬出先の確保・適正処理について確立する必要がある。

発酵槽内臭気は排気ファンにより24時間連続で排出される。臭突排出口(GL+2,800mm)付近では相応のアンモニアが検出されるが、直ちに拡散され、トイレ周辺に臭気を感じることはほとんどない。ただし、利用者数が多い場合等は臭突出口でアンモニアが高濃度となることもあり、その場合はトイレ周辺においても若干の臭気が認められることがある。

実証対象装置はコンパクトで設置面積が小さく、設置の際に大規模な土地改変は原則として実施されない。実証対象装置はトイレユニットから処理装置(発酵槽、尿タンク、他)までは自然流下で汚物が流れるため、トイレブースの床レベルと処理装置設置レベルに一定のレベル差を設ける必要がある。通常は、トイレブースの床レベルを高く設計するが、身障者対応等でトイレブースの床レベルが高く設定できない場合は、処理装置の設置レベルをGL以下にする必要がある。このようなケースは掘削が必要となる。

< 処理性能 >

実証試験の結果、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

発酵槽内温度(シャフト付近)は9.9~41.9(平均26.2)であった。うち、シーズン期間(11/12まで)に限って集計した場合、最低気温は16.7である。全体的に発酵槽温度は低めであり、好気

性発酵(発熱反応)がそれほど進行していないことが推測される。発酵槽内温度(ケーシング付近)ではシーズン期間において温度変動幅が大きくなっているが、これは利用者が多い時期であり、使用後の槽内攪拌によって温度が低下したと推測される。槽内攪拌を行うことで発酵槽温度が低下するという事象から判断しても、好気性発酵はそれほど進行していないと推測される。ただし、発酵槽混合物の性状は、比重も軽く通気性も良好である。これは、そば殻を用いた効果と併せて発酵槽ヒーターによる乾燥効果によるところが大きいと考えられる。

発酵槽重量は 18.7~57.5 kg(平均 36.1 kg)の範囲で推移していた。大きく 3 つのピークが認められた。うち 2 つは利用者が多い時期に認められており、利用ピークによる一時的な利用者の増加が要因と思われる。もう 1 つのピークはシーズンオフ(冬期)時に認められており、利用者数がそれほど多くないにもかかわらず、発酵槽重量が増加している。気温低下に伴う発酵槽温度の低下による発酵または乾燥効率の悪化等が要因と考えられる。

トイレブース内の臭気については、硫化水素及びアンモニアともに検知管測定レベルでは検出されなかった。臭突の臭気(発酵槽臭気)については、硫化水素は検出されなかったが、アンモニアについては相応の濃度が検出された。利用者が多い時期については 100ppm のアンモニアが認められ、トイレ周囲にも若干のアンモニア臭が認められた。

発酵槽混合物、同溶出液、尿タンク液の分析結果

発酵槽混合物の含水率は 82.1~86.0%であり、発酵条件としては高めであったが、比重は 0.35~0.49 と軽く、大きな団塊も認められず、通気性も良好な性状であった。

発酵混合物の C/N 比は 28.8 であった。溶出液の C/N 比は 5.3 であり、副資材のウエイトが大きいと考えられる。

溶出液の TOC 濃度、塩化物イオン濃度、電気伝導度は、利用者数の増加に伴って高濃度化する傾向が認められる。窒素濃度については各分析結果に有意な差は認められなかった(2 回目試料採取時を除く)。窒素形態について硝酸性窒素や亜硝酸性窒素はほとんど認められず、また、発酵槽混合物の発酵温度がそれほど上昇しなかったこと等から、好気性発酵がほとんど進行していないと推測される。また、溶出液に大腸菌、大腸菌群数はほとんど検出されなかった。

尿タンク液において、大腸菌類(糞便性大腸菌、大腸菌群数)は検出されず、大便の混入はなかったと思われる。本装置の大きな特徴である大小分離セパレート便器の効果とも考えられるが、実証装置は男子トイレであり、ほとんどは小便器から流入したものである可能性が高いことも考慮すべきである。

使用人数と発酵槽混合物溶出液との関係

塩化物イオン及び電気伝導度は、累積使用人数が増加するに伴い、溶出液が高濃度化する傾向が認められた。これらの成分は基本的に発酵等の生物処理で分解される対象ではないことから、使用人数の増加に伴い発酵槽で濃縮・蓄積されることは容易に予想される。適切な時期に発酵槽混合物の一部入替等が必要と考えられる。

一方、TOC についても累積使用人数の増加に伴い、溶出液が高濃度化する傾向が認められ、有機成分の発酵処理がそれほど進行していないことが推測された。溶出液の窒素形態から発酵槽は嫌気処理が主体と推測され、発酵(生物処理)の処理速度が低下していることが考えられる。また、

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

本装置の基本技術は好気性バクテリアを利用した発酵処理である。生物処理全般に言えることであるが、微生物が活発に活動できるような環境を整えることは、良好な処理機能を維持するための基本である。うち、発酵槽の温度は微生物の活動に影響を与える大きな要素であり、これを踏まえて自然条件の影響を考慮する必要がある。

実証装置の発酵槽には加温ヒーターが設けられており、ある程度の環境(気温)条件には対応可能である。ただし、加温ヒーターに頼りすぎると、消費電力量も増加し、ランニングコストにも影響する。低気温環境で使用する場合には留意が必要である。

実証装置は標高約 1,800m の地点に設置されており、11 月以降は最低気温が氷点下となる。実証装置は冬期も開放(利用可)して運用しているが、本実証試験において冬期に処理効率が低下することが確認された。山岳地域や寒冷地等で通年使用する場合には特に留意が必要である。

7-1-2 社会条件からの留意点

(1) 維持管理体制

トイレ設備を良好に維持するためには、清掃等によるトイレユニット(ブース)の清潔維持、機械設備の点検及び保守等の日常管理が大変重要である。日常管理を適正・確実に実施できる体制を整備することが必要である。本実証試験での利用者アンケートでは非常に高評価を得たが、トイレの日常管理が適切に実施されていた(ピーク時は毎日、平常時は週 1~2 回実施)ことが大きな要因と考えられる。

(2) 残渣の外部搬出

実証対象装置は非放流式の処理装置である。ただし、累積使用人数の増加に伴い、尿タンク液や発酵槽混合物(一部入替のため)の外部搬出が予想される。これらは、廃棄物処理法に準拠した適性処理が必要であり、輸送方法、処分方法・処分先等について検討しておく必要がある。また、これらは肥料としての農地活用も考えられるが、その際には肥料取締法等の関係法令にも留意する必要がある。

7-1-3 インフラ整備条件からの留意点

(1) 部品・機材等搬入道路、残渣の搬出道路

実証装置は、発酵槽(バイオ R21)、配管設備、電気設備、その他補機類からなる処理装置とトイレユニット(便器類)から構成される。これらは工場生産品であり、通常はこれら工場生産された構成設備を現地に搬入、組み立てる方法で施工する。このため、現地での施工期間は比較的短い利点がある。

実証装置は比較的コンパクトな装置であり、通常は地盤改良も必要としないが、安定地盤が確保されない場合は地盤改良の必要性も考えられる。この場合は、地盤改良機材の搬入方法等についても十分な留意が必要である。

発酵槽への汚物流入は、自然流下(落下)であるため、トイレユニットと発酵槽等処理装置の設

置にレベル差を設ける必要がある。通常はトイレブースの床レベルを高く設置するが、身障者対応等でトイレブースの床レベルを高く設定できない場合には、処理装置をGL以下に設置する必要がある、掘削を要する。この場合はコンボ等の重機搬入についても検討が必要である。

また、トイレを設置して運用を開始してからも、残渣(尿タンク液、発酵槽混合物)の外部搬出が見込まれるため、これらの搬出方法も検討する必要がある。

このように、現地への搬入・搬出道路の整備状況により、イニシャルコスト(本機施工に要する工期や費用)、ランニングコスト(日常管理費、残渣搬出費用等)が大きく影響することに留意が必要である。

(2) 電力

本装置は電力が必要(概ね9.6kWh/日・基)であるため、原則として商用電力が確保できる地域が条件となる。

(3) 水

実証対象装置は、通常稼動においては特に水を使用しないが、トイレの使用回数が極端に少ない場合等においては発酵槽混合物の水分調整(水分補給)が必要となる場合もある。実証装置はシーズンオフ(冬期)においても稼動させていたが、この時期は利用者数が極端に少なく、尿による水分補給が追いつかなかったことから、若干の水補給を実施することがあった。通常の使用では水補給は不要と考えられる(実証装置においてもシーズン期間中においては水補給の実績なし)が、実証装置のように利用者数が著しく減少するような特殊なケースが想定される場合においては、水の使用についても検討する必要がある。水の補給については乾燥し過ぎた発酵物を湿らす程度のものであり、それほど多くの水量は必要としない。水道のインフラ設備がない場合は雨水の利用等が考えられるが、天候に左右されるので十分な検討が必要である。実証装置には雨水利用設備が設置されていたが、水の補給を実施したのは冬期であり、雨水の利用ができなかったため、維持管理業者がポリタンクで水を補給した。また、通常稼動で発酵槽への水補給が想定されない場合においても、維持管理(清掃等)等において水の使用が考えられるため、若干の水使用については検討しておくことが望ましい。

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

(1) 処理能力の設定

実証装置の処理能力は平常時120人/日で、集中時460人/日と設定している。本システムは発酵槽重量と連動して、発酵槽混合物の水分が過多と判断した場合、小便の移送先を尿タンクに自動切換するシステムである。よって、尿タンクの貯留能力に応じて、集中時の処理能力は自由に設定できるのが特徴である。ただし、あまり尿タンクへの流入頻度が多くなると場外搬出の頻度も増加するため、留意が必要である。原則として平常時処理能力を基本に設計し、尿タンクへの移送は一時的なピーク対応と設定することが適当と考えられる。

(2) 副資材の確保

実証装置は副資材としてそば殻を使用している。実証試験では発酵槽混合物の含水率が高めであったにも関わらず、見掛け比重は軽く(0.5kg/m³以下)、通気性も良好な状況であった。これはそば殻が必要以上に水分を吸収しなかったことが大きく、本システムにとって、そば殻は非常に適した副

資材であると考えられる。副資材は定常的な投入は不要であるが、発酵処理により嵩容量が減った場合や発酵槽混合物の部分入替（場外搬出時）時等の補充に必要となる。そば殻の入手方法について確認しておく必要がある。

（３）水分の補充

実証装置は水不要の乾式トイレであり、運用にあたって特に水は必要としない。発酵処理（生物処理）に供される水分は全てし尿（ほとんど尿）で賄うのが基本であるが、利用状況（トイレの使用回数が極端に少ない場合等）によっては発酵槽混合物の水分が必要以上に低下するケースも考えられる。通常使用では加水の必要性はそれほどないと考えられるが、本技術採用の際には水分補給の可能性を検討する必要がある。仮に水の補充が想定される場合、対策方法としては、本実証装置のように雨水貯留設備等を設置する方法、尿タンクに貯留されている尿を発酵槽に戻す方法、等が考えられる。雨水貯留設備を設置する場合は手洗いやトイレの洗浄水としても若干の水使用が可能であるといったメリットがあるが、天候に大きく影響するため、十分な検討が必要である。尿タンク液を発酵槽へリターンする方法は外部への搬出頻度を減らし、よりクローズドタイプに近いトイレとなるが、ポンプ等の設備が必要となる。なお、維持管理要領書に「ロードセルの重量が kg を下回った場合には尿タンクから柄杓によって 程度を便槽側に投入する」旨を記載することも一方法と考えられる。

（４）臭気

発酵槽の臭気は24時間連続で吸引され、臭突より屋外に排出される。発酵槽の臭気としては主にアンモニアが検出された。臭突から排出された臭気は直ちに希釈・拡散され、トイレ周辺に悪臭が認められることはほとんどない。ただし、排出される臭気のアンモニア濃度はトイレの使用状況や発酵槽の状況等により大きく変動すると考えられ、状況によっては高濃度のアンモニアが排出されることも推測される。実証試験においては1回目現地調査時（夏休みで比較的用户が多かった）に臭突付近で100ppmのアンモニアが認められ、トイレ周辺に若干の悪臭が感じられる場合もあった。臭突から高濃度のアンモニアが排出されることは留意しておく必要がある。トイレ周辺にまで悪臭（アンモニア臭）が頻繁に認められる場合には、臭突高さを調整するような対策も必要と考えられる。

7-2-2 運転・維持管理上の留意点

日常管理について、必要作業は容易に行うことができ、特に課題はみられなかった。日常管理はトイレの機能に直結する重要な事項であるので維持管理体制については十分検討する必要がある。

専門管理の作業性についても特に課題はみられなかった。なお、専門管理については、本システム設置者（オーナー）のほとんどがメーカーとパフォーマンス契約を締結しており、機器メンテナンスを含めた専門管理はメーカーが行う事例が多いとのことである。

事故や故障の発生時において迅速な対応を行うため、設置者、日常管理者、技術者、メーカー間等の連絡体制を明確にしておくことが重要である。

8. 課題と期待

8-1 今後の課題

実証試験により、実証対象装置の稼動状況、維持管理性能、室内環境、処理性能、周辺環境への影響等を確認したところ、自然地域トイレに求められる機能（処理水を系外に排出することなくし尿を衛生処理する機能）については良好な結果が得られ、本技術は「適用可能な段階にあり、有用な先進的環境技術」であると考えられるが、今後の検討課題もある。

8-1-1 インフラ面の課題

本実証装置は水不要の乾式トイレである。発酵処理に供される水分はし尿で賄われるのが基本であり、定常時においては運用にあたって水は原則必要としないが、トイレ利用状況によっては発酵槽混合物の水分が必要以上に低下するケースも考えられる。本実証装置ではシーズンオフ後に極端にトイレ使用者数が減少した際に過度の水分低下を防止する目的で若干の加水を行った（シーズン中の稼動においては水補給なし）。通常使用では加水の必要性はそれほどないと考えられるが、本技術採用の際には水分補給の可能性を想定して計画する必要がある。また発酵処理の観点以外においても、トイレの維持管理（清掃等）を考慮した場合、多少の水使用は不可欠であるので、水使用については計画しておくべきである。水道設備等のインフラが整備されていない地域に本技術を計画する場合には、本実証装置のように雨水貯留装置等を設置するなどの給水対策を検討する必要があると考えられる。

8-1-2 処理機能面の課題

（1）発酵処理の可能性

本実証装置は発酵処理を基本に設計された装置であるが、本実証試験においては、好気性発酵はほとんど進行しておらず、好気性発酵処理よりもヒーターによる乾燥処理の要素が大きいと推測された。ただし、このような状況においてもトイレの機能（し尿の衛生処理）としては十分得られており、運用に影響することはほとんどない。発酵槽混合物は、比重も軽く通気性も良好な性状であり、好気性発酵が進行する可能性は認められる。発酵槽内で好気性発酵が良好に進行すれば、発酵熱による加温効果もあってヒーターの稼動頻度の削減（電力消費量の削減）も期待できる。発酵促進策については今後の検討課題である。

（2）発生残渣の利用

本実証装置において外部搬出が必要となる発生残渣は、発酵槽混合物と尿タンク液である。搬出頻度はそれほど多くない（発酵槽混合物の部分搬出は1回/5年程度、尿タンク液は貯留状況により適宜）が、搬出先や処分方法等については確立しておく必要がある。なお、これらは廃棄物処理法に基づき適正処分する選択もあるが、肥料として農地利用する可能性も考えられる。その際には関係法令（肥料取締法等）に従い、別途検証する必要がある。

また、残渣の外部搬出については維持管理マニュアルにほとんど記載されていないので、必要事項を明記する必要がある。

8-2 今後の期待

本技術は電気、道路等のインフラが整備されている地域に適している。また、非水洗の乾式トイ

レであり、特に多量の水は必要としないため、水道設備が整備されていない地域でも適用が可能である。電気や道路等のインフラが整備されている山岳地域、山麓地域、海岸、離島、河川敷、観光地等では有効である。

本技術のような先進的環境技術が普及することにより、自然環境の豊かな自然公園等の環境保全に大きく寄与することが期待される。

[付録] 主な実証項目の用語解説

用語	解説
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、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 1 につき約 18,000mg 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す。
電気伝導率 (μ S/cm または 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事ができる。
TOC: 全有機炭素 (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 日間がかかるが、TOC は分析装置により短時間で分析できる。
T-N : 全窒素	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。
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 万個以上の大腸菌が存在している。