

6 - 5 処理性能

6 - 5 - 1 試料分析結果

(1) トイレ室温および水温測定結果

男女トイレの室温及び循環水の水温を図 6 - 9、6 - 10 に示す。室温のデータは 6 - 3 - 1 で用いた室温データと同一である。室温、水温ともに夏から冬にかけて徐々に低下していった。水温については気温よりも 1 日あたりの変動幅が小さかった。

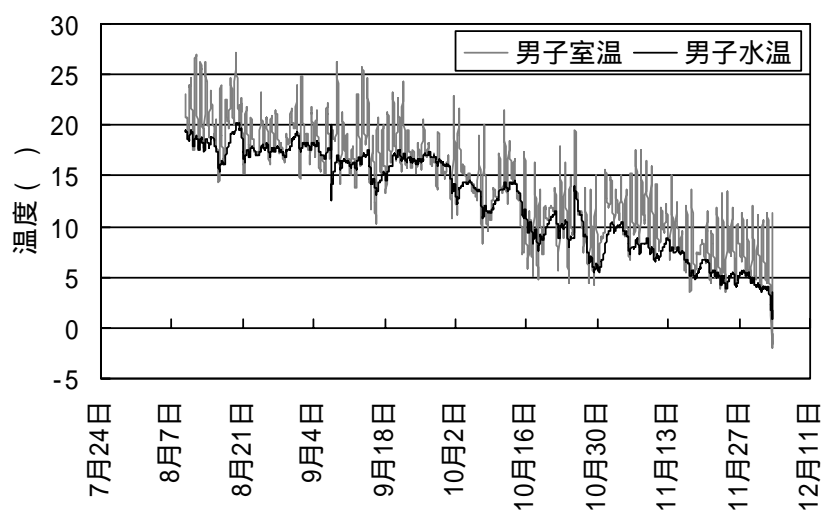


図 6 - 9 男子トイレの室温および水温

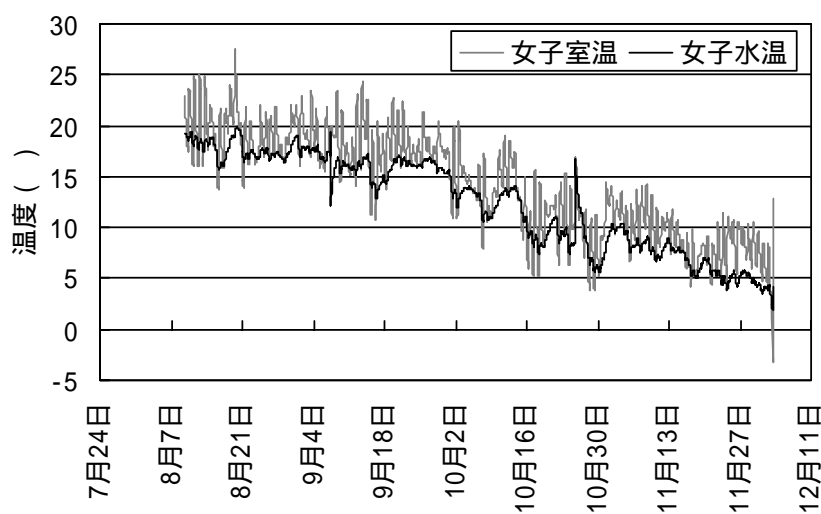


図 6 - 10 女子トイレの室温および水温

(2) トイレ利用者数

本処理システムは水量・水質と利用者数の相関が非常に高いことが想定されるため、調査間隔ごとの利用者数の増加分を整理し、図6-11に示す。9月7日～9月22日、10月13日～10月25日は利用者数のピークが認められた。なお、この期間は調査間隔が長いいため増加人数が多くなっている。

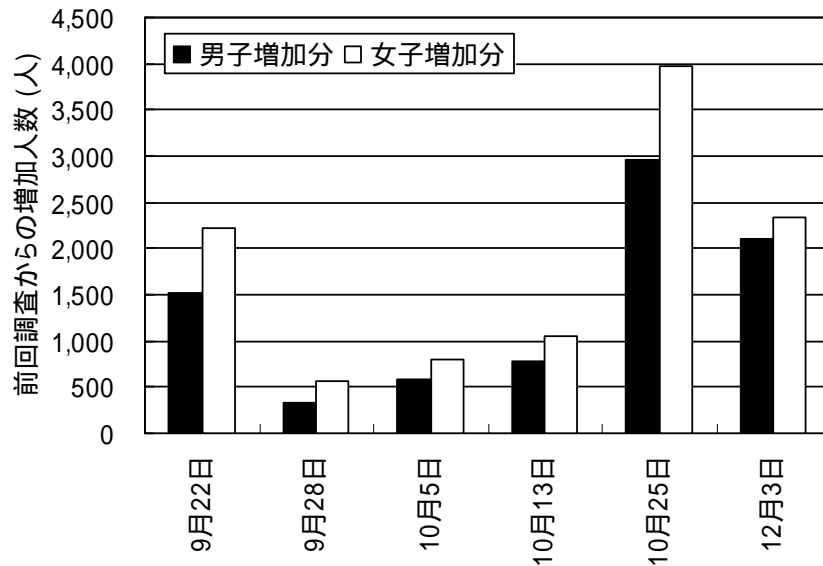


図6-11 トイレ利用者数

(3) 増加水量

調査時に測定した循環水量と貯留室汚泥量の総和を図6-12に示す。なお、図中の点線は汲み取りを行った日を示す。

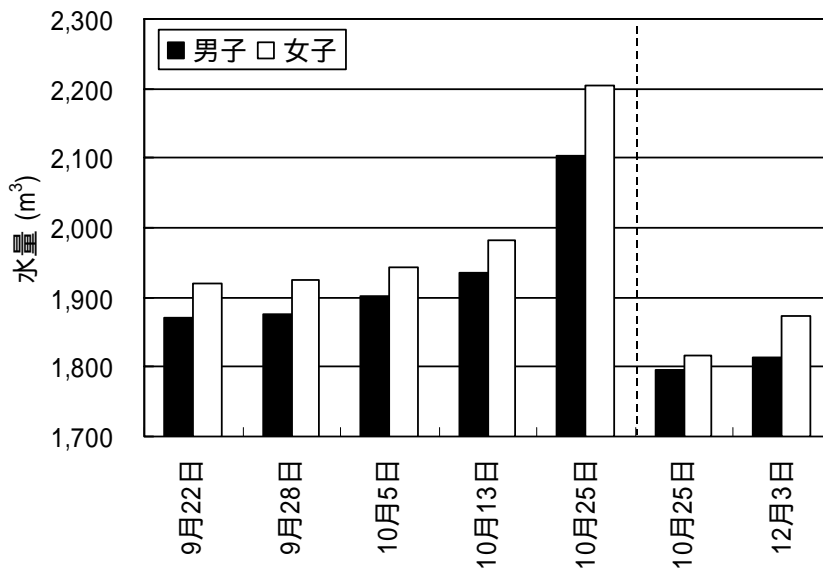


図6-12 装置内の水量

利用者数が多い時期には水量の増加も著しかった。増加した水量を利用者数で割り、1人あたりの汚水量を算出したところ、約50cc/人と算出された。これは1人あたりのし尿の量として少ないと考えられ、循環水の蒸発が起きていると推測される。

(4) 現場測定結果

1) pH (水素イオン濃度指数)

調査期間中のpHの推移を図6-13および6-14に示す。なお、図中の点線は汲み取りを行った日を示しており、点線間の間隔を1サイクルとする。

流動攪拌室、流動接触室、分離室、送水室のpHは調査期間を通して同様の推移を示した。さらに、男子トイレのpHと女子トイレのpHについてもほぼ同一の値を示した。水張りを行い、臭気抑制剤を投入した時点ではpHは3程度を示したが、9月7日の水張りから2週間経過した時点(9月22日、利用者数：男子1,521人、女子2,226人)では8以上を示した。その後、pHに大きな変動は認められなかった。10月25日の水張り時も同様に臭気抑制剤を投入した時点ではpHが3程度を示したが12月3日の調査時(利用者数：男子2,113人、女子2341人)には8以上を示した。

一方、多目的トイレのpHは12月3日の調査時(利用者数：641人)に4弱を示し、大幅な上昇は認められなかったことから、利用者数1,000人前後でpHが7を超える可能性が示唆された。

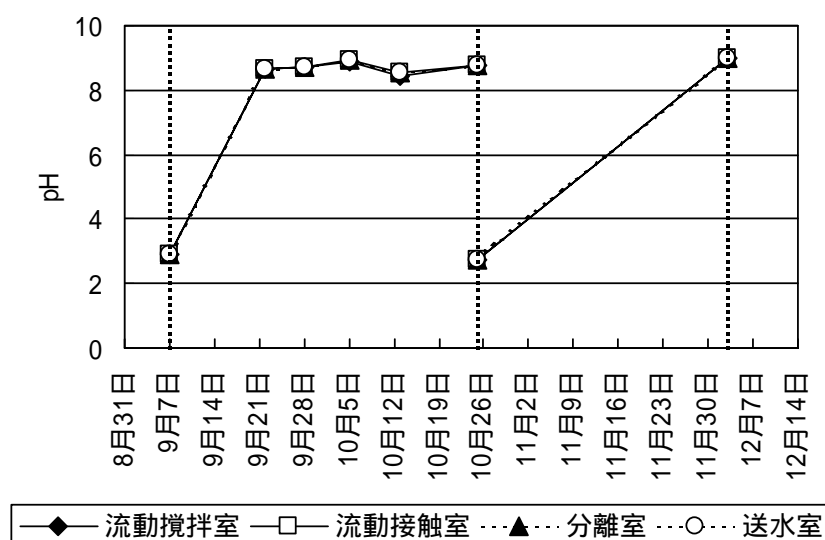


図6-13 pHの推移 (男子)

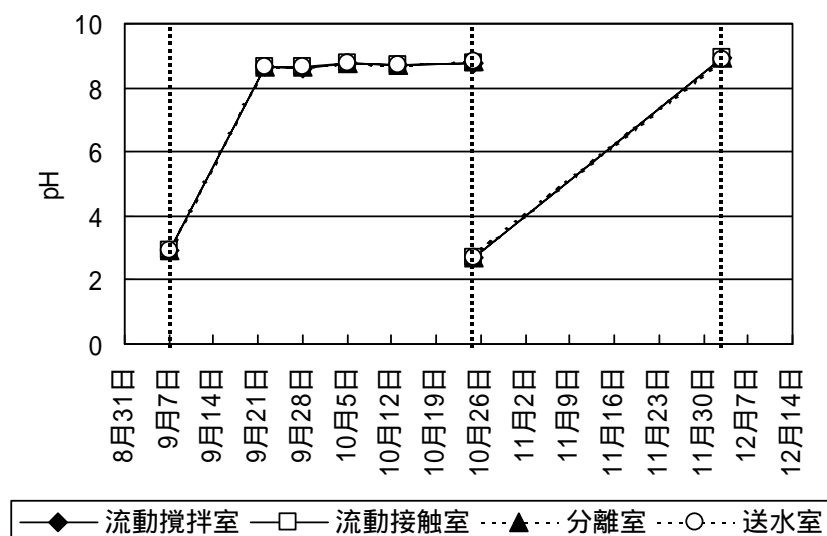


図 6 - 14 pHの推移 (女子)

2) DO (溶存酸素)

調査期間中の DO の推移を図 6 - 15 及び 6 - 16 に示す。トイレ利用者数が増えると DO の低下傾向が認められたことから、有機物の蓄積と生物分解が進行していると考えられる。

男子トイレについては 10 月 5 日の調査までは値の大きな低下は認められなかったが、10 月 13 日の調査時には大幅に低下した。また、単位装置ごとの DO を比較すると、ばっ気を行っている流動攪拌室が最も高い値を示し、ばっ気を行っていない分離室、送水室は値が低かった。次の 10 月 25 日の調査時には DO の上昇が確認されたが、循環水が白濁していたことから何らかの生物相の変化をもたらす物質の流入に伴い、酸素消費量が低下したものと推測される。12 月 3 日の調査時には高い値を示しており、これは水温の低下によるものと考えられる。

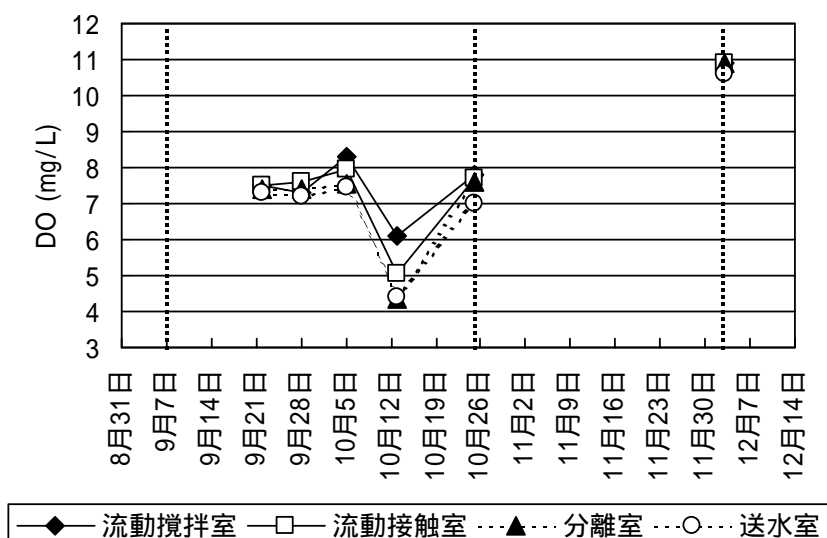


図 6 - 15 DOの推移 (男子)

女子トイレにおいても DO の低下が認められ、その低下の度合いは男子トイレよりも著しかった。負荷が高く有機物がより高濃度になったためと考えられる。

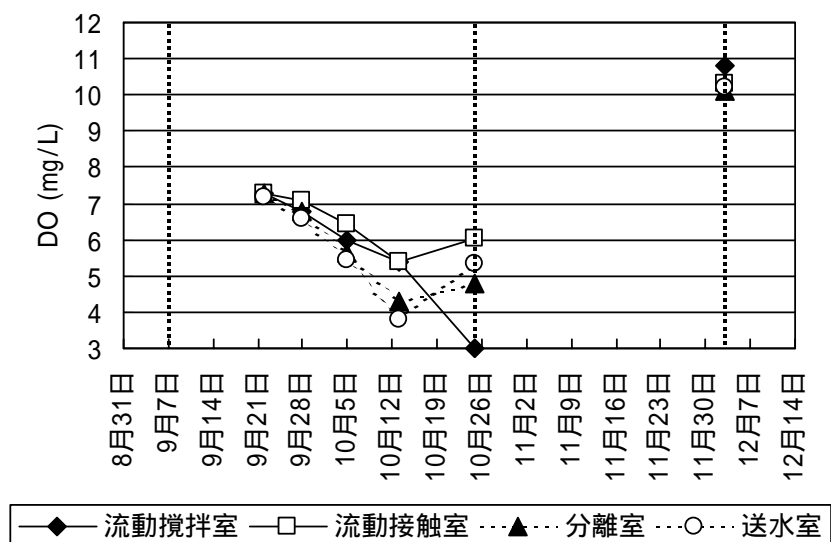


図 6 - 16 DO の推移 (女子)

3) 透視度

調査期間中の透視度の推移を図 6 - 17 及び 6 - 18 に示す。

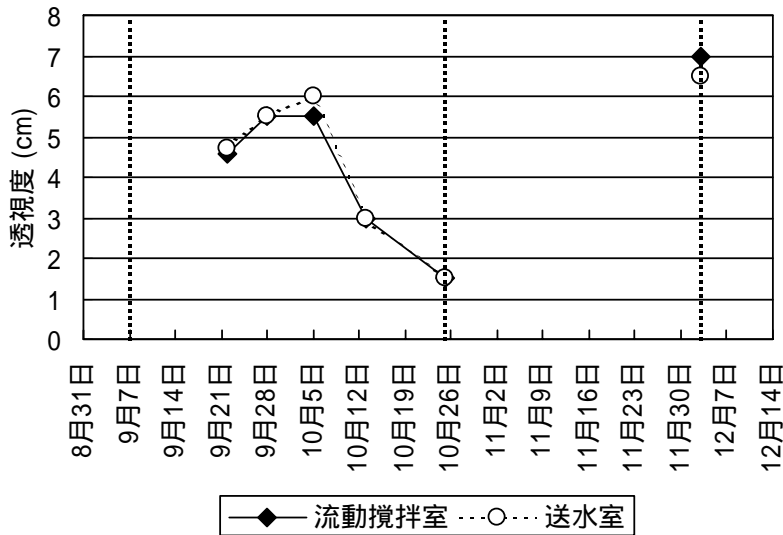


図 6 - 17 透視度の推移 (男子)

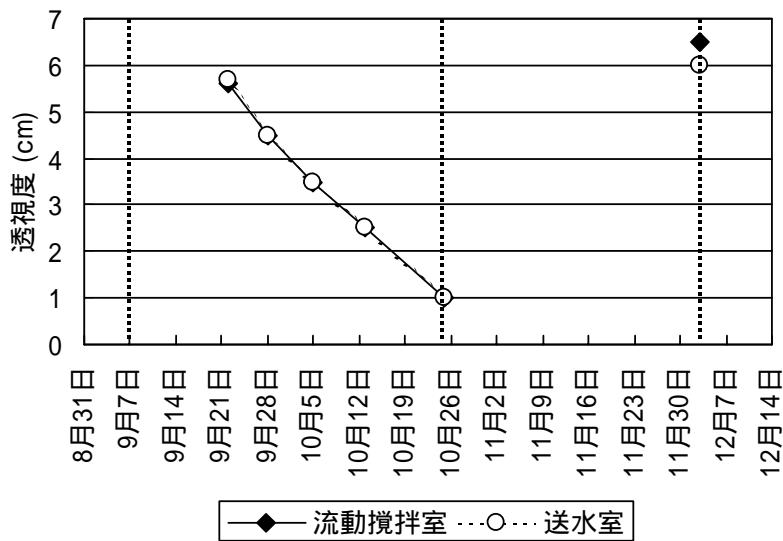


図 6 - 18 透視度の推移 (女子)

各ユニットにおいて水が常時循環しているため、単位装置ごとの透視度の差は認められなかった。トイレ利用者数の増加に伴って透視度が低下する傾向が認められた。なお、水張り直後の透視度は測定していないが、臭気抑制剤の影響でやや白濁していたものの、着色はなく、ほぼ透明な状態であった。

男子トイレの循環水の透視度は 10 月 5 日の調査時までは上昇する傾向が認められたが、

その上昇幅は小さく、また、測定誤差も考えられるため、外観上大きな変化はなかったと考えられる。10月25日の清掃時には1.5cmまで低下し、着色、濁りが著しかった。一方12月3日の清掃時には7cmを維持していたことから、冬期閉鎖前の清掃であり、使用の限界には達していなかったといえる。

女子トイレの循環水の透視度は男子トイレよりもやや低く、10月25日の清掃時には1.0cmまで低下していた。12月3日の汲み取り時には6.5cmを維持しており、女子トイレについても男子トイレと同様であった。

4) ORP (酸化還元電位)

調査期間中のORPの推移を図6-19及び6-20に示す。

単位装置ごとのORPの値を比較すると、ばっ気部にあたる流動攪拌室が最も高く、逆に送水室が最も低いという結果が得られた。また、調査全体を通して男子のほうが女子よりも大きな値を示す傾向が認められた。これは女子のほうが汚泥の蓄積量が多く、腐敗性の有機物がORPを低下させる要因になっていると考えられる。

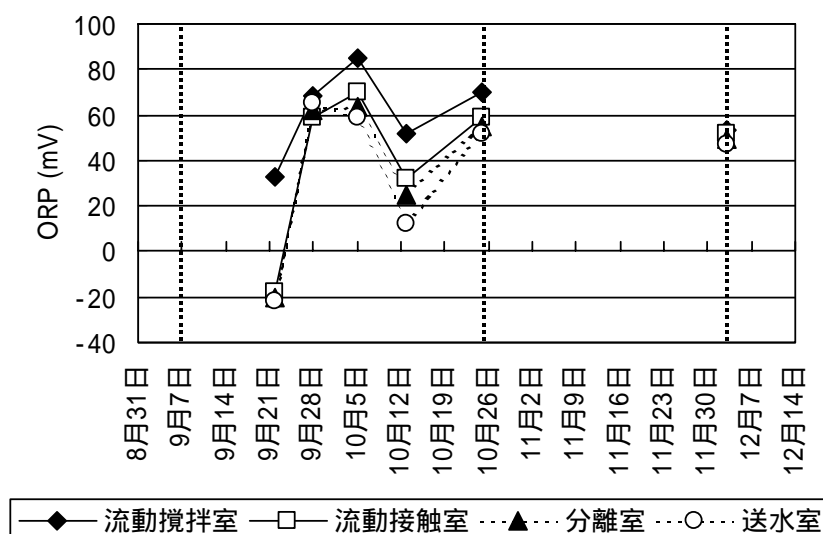


図6-19 ORPの推移(男子)

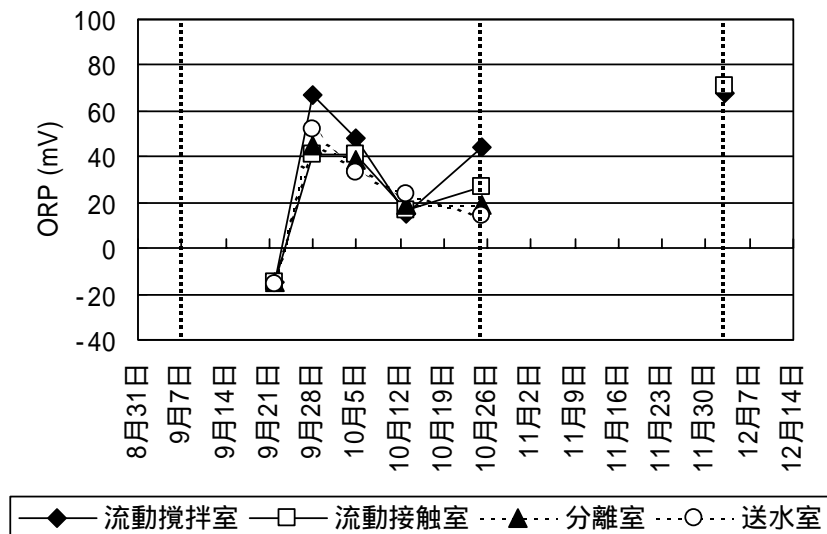


図 6 - 20 ORP の推移 (女子)

5) 色および臭気

表 6 - 18 に男女トイレにおける循環水の色および臭気の変化を示す。9月7日の水張り後は男女とも循環水は透明で臭気は無かったが、9月22日の調査時には色が茶褐色になり、かすかなアンモニア臭が感じられた。これは、pH が 7 を上回り弱アルカリ性を示したことにより、アンモニアが揮散しやすくなったためと考えられた。その後の調査では循環水は常に茶褐色を示し、その度合いは利用者数の増加に伴って強くなった。

10月25日から12月3日までの期間においても、色相及び臭気は同様の変化を示したが、12月3日の調査時は10月25日より薄い茶褐色であった。

表 6 - 18 循環水の色および臭気

	男子		女子	
	色	臭気	色	臭気
9月 7日 清掃後	透明	無	透明	無
9月 22日	茶褐色	微臭	茶褐色	微臭
9月 28日	茶褐色	微臭	茶褐色	微臭
10月 5日	茶褐色	微臭	茶褐色 (男子より濃い)	微臭
10月 13日	茶褐色	微臭	茶褐色 (男子より濃い)	微臭
10月 25日 清掃前	茶褐色	微臭	茶褐色 (男子より濃い)	微臭
10月 25日 清掃後	透明	無	透明	無
12月 3日	茶褐色	微臭	茶褐色	微臭

(2) 室内分析結果

1) pH

図 6 - 21 に pH の推移を示す。

pH は流動攪拌室と送水室、また、男女での顕著な差は認められず、同様に推移した。9月7日から10月25日の期間において、清掃直後では pH は 3 程度を示したが、9月7日の水張りから2週間経過した時点では 8 以上を示した。その後、pH に大きな変動は認められなかった。10月25日の水張り時も同様に臭気抑制剤を投入した時点では pH3 程度を示したが、12月3日の調査時には 8 以上を示した。臭気抑制剤によって pH を低く保つ効果は長期間持続しないことが確認された。

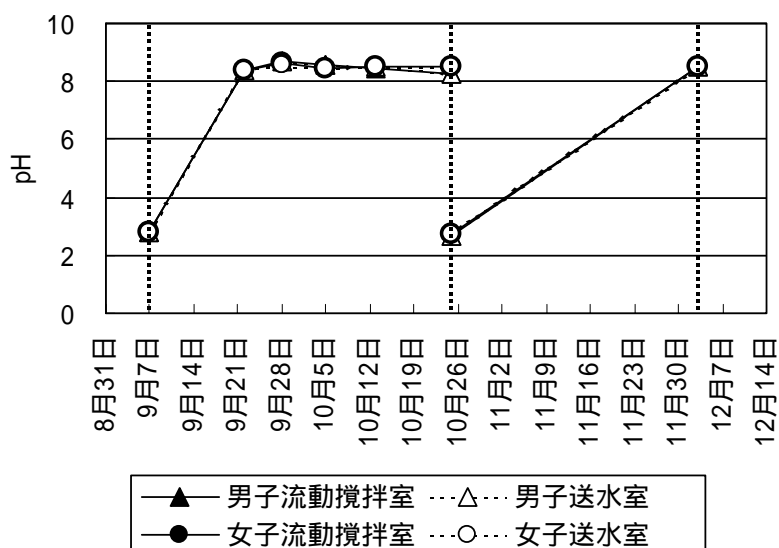


図 6 - 21 pH の推移

2) SS (浮遊物質)

図 6 - 22 に SS の推移を示す。

流動接触室に設置された水中スクリーンの効果を確認する目的で、その前後に位置する単位装置（流動攪拌室及び送水室）の SS を比較したが、男女とも流動攪拌室と送水室で顕著な差は認められなかった。これは、循環水量が多いために水質が平均化した結果と考えられる。よって、SS から水中スクリーンの効果を確認することはできなかった。

水張りからの日数の経過に伴って SS が上昇する傾向が認められた。男女の SS の推移を比較すると、10月13日の調査までは女子の方が男子よりも高い値を示していたが、その後、男子の値が急激に上昇し、10月25日の調査時には男子の方が女子よりも高い値を示した。

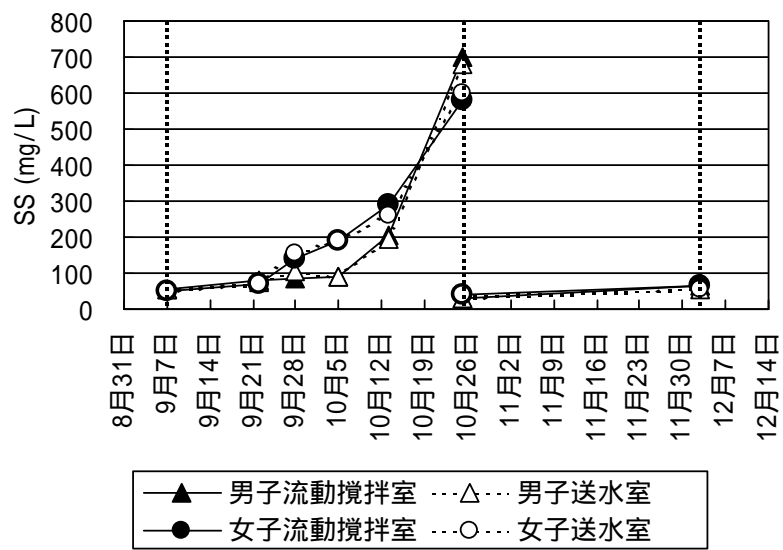


図 6 - 22 SS の推移

3) BOD および溶解性 BOD

図 6 - 23、図 6 - 24 に BOD と溶解性 BOD の推移をそれぞれ示す。

BOD は使用を継続していくと上昇する傾向が認められ、10月25日の調査時には男女ともに 120mg/L を超える値を示した。溶解性 BOD についても上昇傾向が認められたが、その値は BOD と比較して著しく低く、BOD 成分は SS 由来のものが大部分を占めると考えられる。

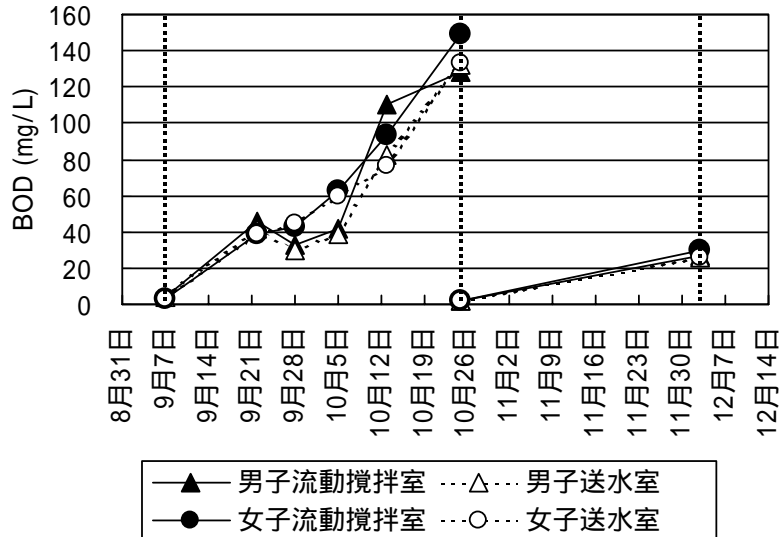


図 6 - 23 BOD の推移

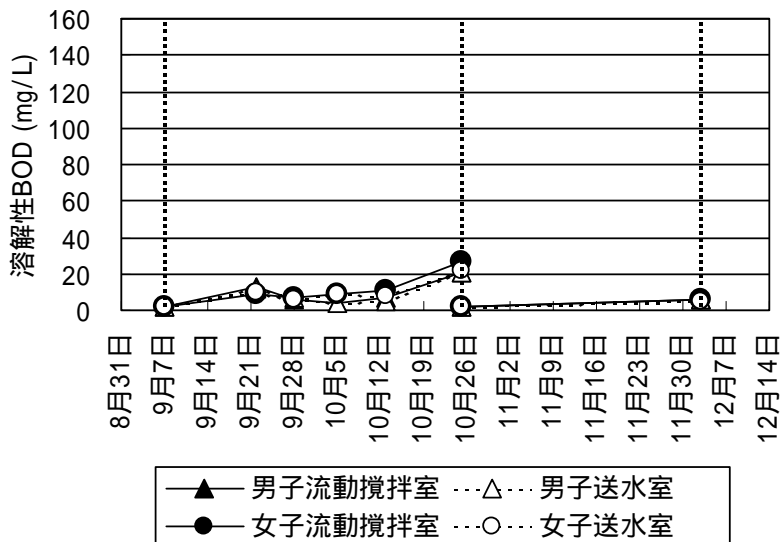


図 6 - 24 溶解性 BOD の推移

4) COD および溶解性 COD

図 6 - 25、図 6 - 26 に COD と溶解性 COD の推移をそれぞれ示す。

COD は、BOD と同様に上昇する傾向が認められたが、COD に対する溶解性 COD の比率は比較的大きく、着色物質の影響が考えられた。また、使用人数の多い女子のほうが COD の上昇速度が大きかった。

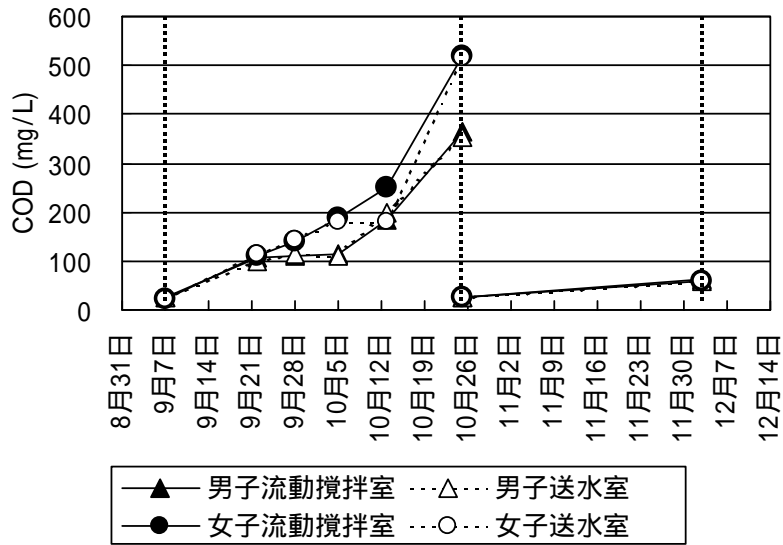


図 6 - 25 COD の推移

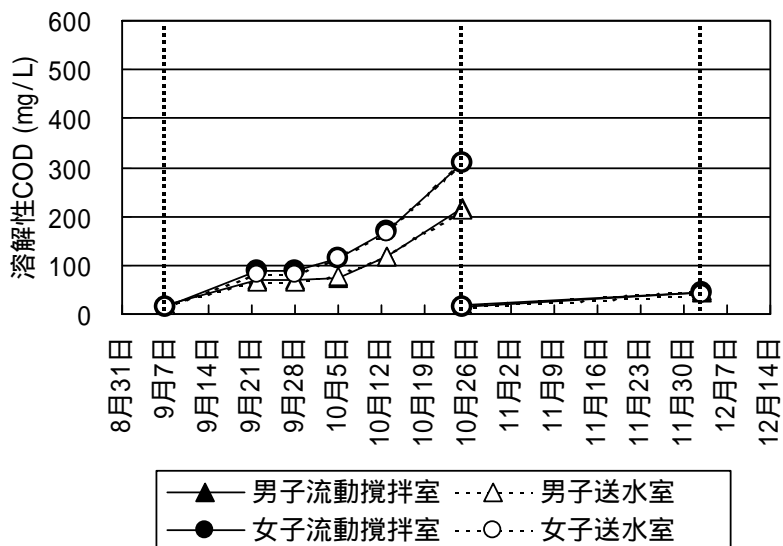


図 6 - 26 溶解性 COD の推移

5) TOC および溶解性 TOC

図 6 - 27、図 6 - 28 に TOC と溶解性 TOC の推移をそれぞれ示す。

TOC は、BOD、COD と同様に上昇する傾向が認められ、TOC に対する溶解性 TOC の比率は COD と同様に比較的大きかった。9 月 28 日から 10 月 13 日までは横ばいあるいは若干の減少傾向が認められた。これは、この期間の使用人数が他と比べて少なかったため、流入 TOC 成分と生物分解された TOC 成分が同数であったか、もしくは分解された TOC 成分の方が若干多かったためと考えられる。

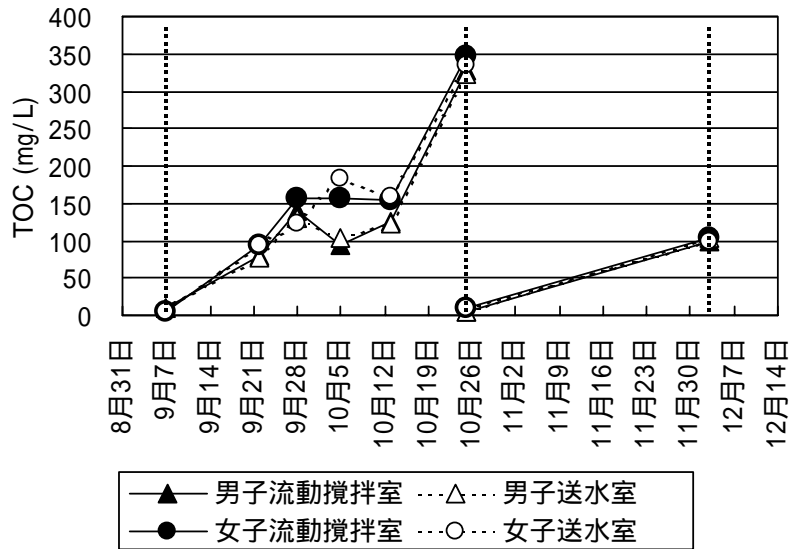


図 6 - 27 TOC の推移

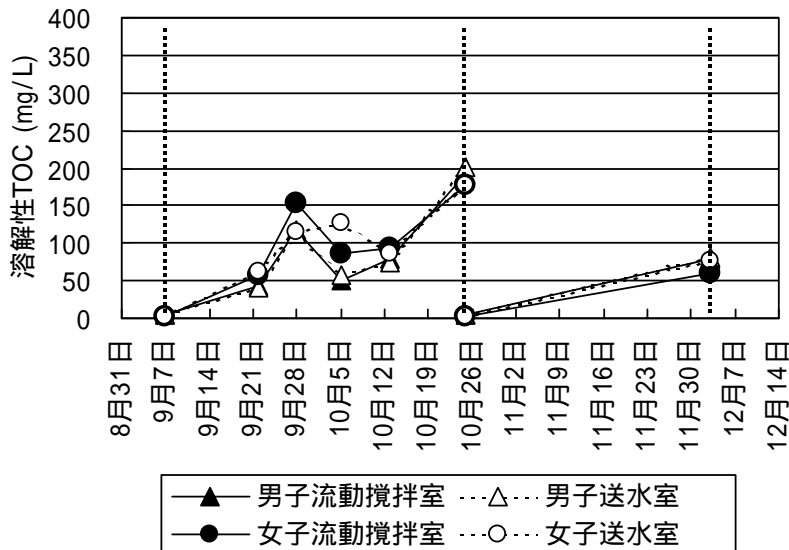


図 6 - 28 溶解性 TOC の推移

6) 各種窒素成分

図 6 - 29 ~ 図 6 - 32 に各態の窒素の推移を示す。

Kje-N、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ は、BOD、CODと同様に上昇傾向が認められ、9月22日までは男女の差がほとんど認められなかった。その後、利用人数の多い女子の方が上昇速度は大きかった。男女ともに流動攪拌室と送水室で顕著な差は認められなかった。

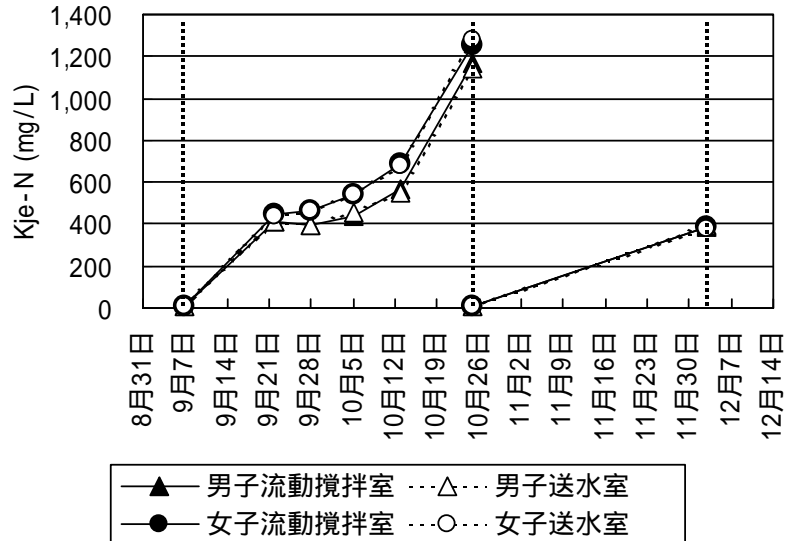


図 6 - 29 Kje-Nの推移

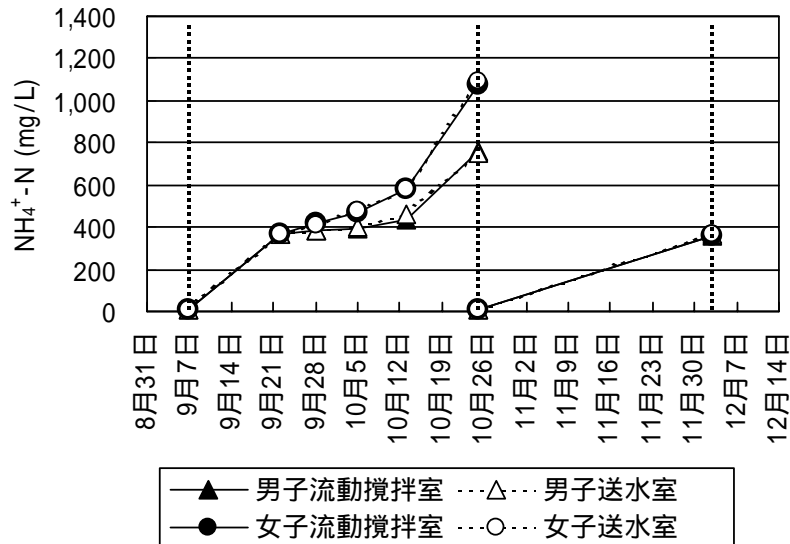


図 6 - 30 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の推移

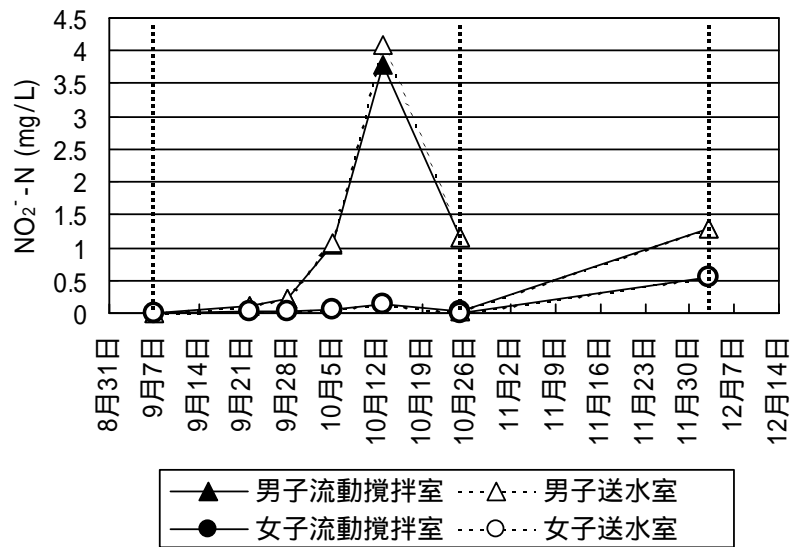


図 6 - 31 NO₂⁻-Nの推移

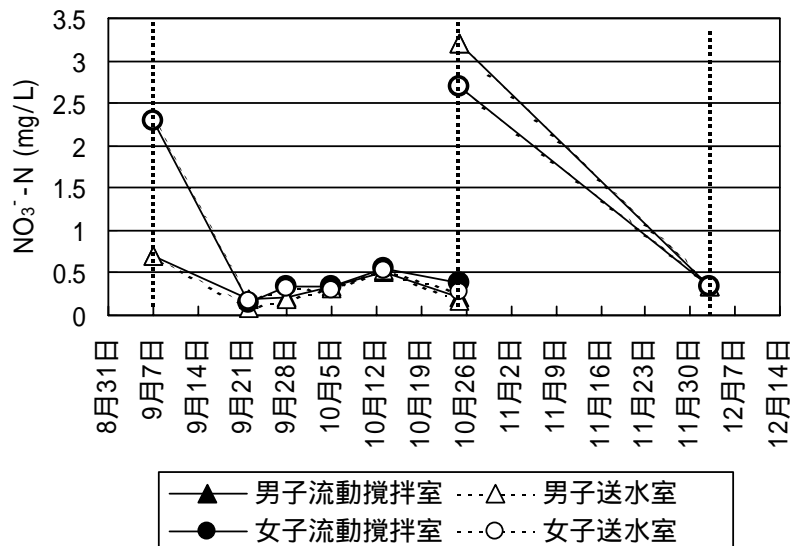


図 6 - 32 NO₃⁻-Nの推移

亜硝酸性窒素について、女子は調査期間中 0.5 mg/L 以下であったのに対し、男子は 10 月 13 日に約 4 mg/L のピークが認められ、女子と異なる挙動が示された。10 月 25 日の清掃後から 12 月 3 日にかけて男女ともに増加傾向にあるのは、この期間の利用者数が少なかったため、硝化反応が若干進行した影響と考えられる。

男女ともに流動攪拌室と送水室で顕著な差は認められなかった。

硝酸性窒素については、男女ともに汲取り後の張水から検出された。これは、水張り後に臭気抑制剤を添加した影響と考えられる。その後の調査では 0.6 mg/L 以下とほとんど検

出されないことから、硝酸性窒素までの硝化反応の進行は認められなかった。

男女ともに流動攪拌室と送水室で顕著な差は認められなかった。

7) アルカリ度

図 6 - 33 にアルカリ度の推移を示す。

アルカリ度は、BOD、COD、Kje-N、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ と同様に上昇傾向が認められたが、利用者人数の多い女子の方が上昇速度は大きかった。

男女ともに流動攪拌室と送水室で顕著な差は認められなかった。

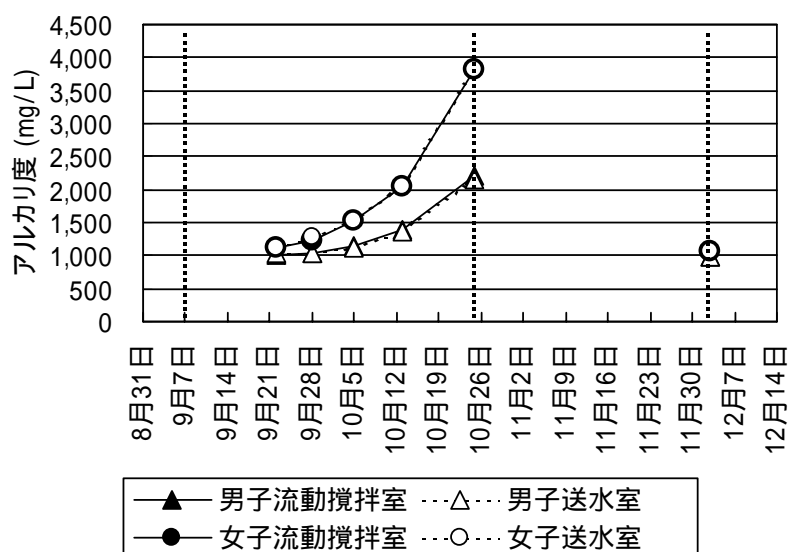


図 6 - 33 アルカリ度の推移

8) Cl^- (塩化物イオン)

図 6 - 34 に塩化物イオンの推移を示す。

塩化物イオンは、アルカリ度、BOD、COD、Kje-N、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ と同様に上昇傾向が認められたが、利用者人数の多い女子の方が上昇速度は大きかった。

男女ともに流動攪拌室と送水室で顕著な差は認められなかった。

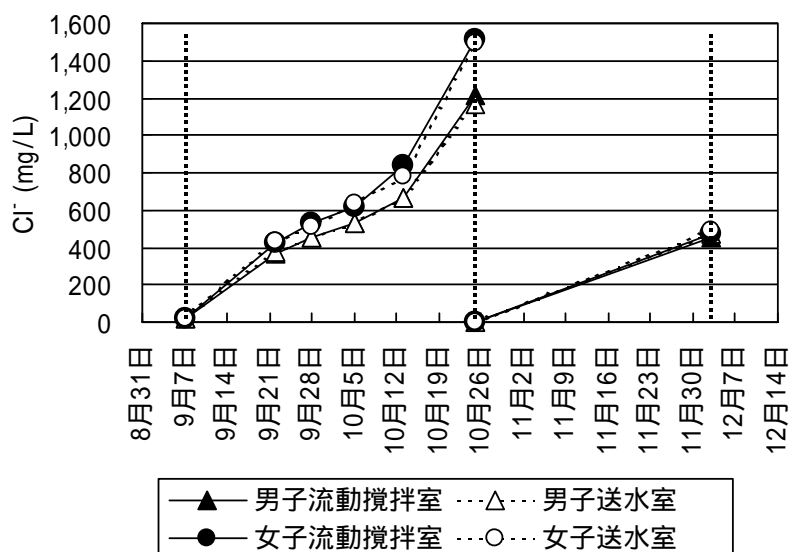


図6-34 Cl⁻の推移

9) 大腸菌群

図6-35に大腸菌群の推移を示す。

男女ともに上昇傾向が認められたが、利用者人数の多い女子の方が上昇速度は緩やかであった。

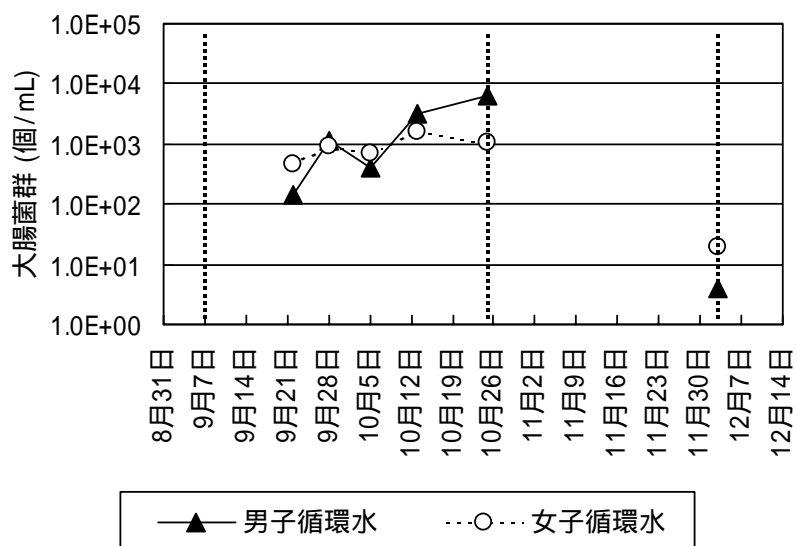


図6-35 大腸菌群の推移

(4) 汚泥蓄積状況

表 6 - 19 に調査日ごとの汚泥蓄積状況を示す。そのうち 9 月 7 日および 10 月 25 日は女子トイレの貯留室の水位が上昇し、今後の利用者数へ対応が困難とされて清掃が実施されたものである。一方、12 月 3 日の清掃は冬季閉鎖に伴い清掃を実施したものである。

男子

表 6 - 19 汚泥蓄積状況

	流動攪拌室	流動接触室	分離室	送水室	貯留室	貯留室 水位
9 月 7 日	落ち口下のみ 5cm	5 ~ 10cm	10cm	無し		36cm
9 月 22 日	無し	5 ~ 10cm	5cm	無し	底部 2 ~ 3cm が高濃度	22cm
9 月 28 日	無し	5 ~ 10cm	5cm	無し		21cm
10 月 5 日	無し	7cm	5cm	無し		22.5cm
10 月 13 日	落ち口下のみ 2 ~ 3cm	10 ~ 15cm	10cm	無し	底部 2 ~ 3cm が高濃度	28.5cm
10 月 25 日	落ち口下のみ 5cm	15 ~ 20cm	10 ~ 15cm	無し	底部 5cm が高濃度	67cm
12 月 3 日	落ち口下のみ 5cm	10 ~ 15cm	5cm	無し		6.5cm

女子

	流動攪拌室	流動接触室	分離室	送水室	貯留室	貯留室 水位
9 月 7 日	落ち口の逆 15 ~ 20cm	15 ~ 20cm	20cm	無し		66cm
9 月 22 日	無し	10 ~ 20cm	5cm	無し	底部 5cm が高濃度	49cm
9 月 28 日	所々 10cm	15 ~ 20cm	両端 5cm	無し		48cm
10 月 5 日	落ち口の逆 のみ	20 ~ 30cm	5cm	無し	底部 3cm が高濃度	48cm
10 月 13 日	落ち口の逆 のみ 5cm	20 ~ 30cm	10 ~ 15cm	2 ~ 3cm	底部 5cm が高濃度	63.5cm
10 月 25 日	5 ~ 10cm	25 ~ 30cm	15 ~ 20cm	無し	底部 30cm が高濃度	110cm
12 月 3 日	落ち口の逆 のみ 5cm	35 ~ 40cm	10 ~ 15cm	無し		36cm

流動攪拌室においては汚泥が点在し蓄積に偏りがみられた。また、蓄積量の顕著な増加は認められなかった。流動接触室および分離室には、日数の経過に伴い堆積汚泥の蓄積が認められ、送水室の底部には汚泥の蓄積はほとんど認められなかった。貯留室に蓄積した汚泥は室内で沈殿分離しており、高濃度の汚泥は全体の水深に対してわずかであった。

流動攪拌室はトイレトーパー等の固形物をばっ気により粉碎し流動化させて、後段

の槽へ移送する目的の室である。汚泥の蓄積状況から十分な攪拌が得られているとは言い難いが、実証期間中におけるトラブルは発生していない。本室を有効に活用するための構造として、水深が浅い平面形状に対するばっ気攪拌の位置、流入と流出の配置への考慮が必要と考えられ、また、トラブル対策として利用者による異物(財布、ハンカチ、生理用品、ペン、飲食物等)の混入への配慮が必要と考えられる。

流動接触室はばっ気式スクリーンによって、後段への大きな固形物の流出防止を目的とする室である。流動攪拌室からポンプアップされる移送量がスクリーンの処理量より過大であり、ポンプアップ時には水位の上昇が観察された。スクリーン面が汚れてくるとばっ気による自己洗浄では間に合わず、異常な水位上昇とともに越流する結果となった。その際には、大きな固形物も後段の分離室へ流出したものと考えられる。なお、本室にはコーナー部から汚泥の蓄積がはじまり、汲取り時期を迎える頃には 30cm 程度まで堆積していたことから、汚泥の貯留が生じ易い構造であることが示された。したがって、本装置の目的と機能について再検討が必要と考えられた。

分離室は最終的な仕上げを行う室であり、沈殿分離機能によって循環水となる処理水が出来上がる。分離室内には底部に堆積汚泥が蓄積し、沈殿分離機能が確認された。この分離機能は、流動接触室から汚水がポンプアップによって移送される時間帯以上に、ポンプの停止時間帯において生じる沈殿効果が大きく影響しているものと考えられる。

送水室にはほとんど汚泥の蓄積は認められなかったのは、本室では上下の水の置き換えりが常に生じていた結果といえる。一部、汚泥が蓄積した現象については、流水状態であっても死水域の存在を示唆しているものと考えられた。

貯留室には、流動攪拌室の水位上昇に応じて、すなわち利用者数に応じて流動接触室から堆積汚泥が移送され、貯留される室である。室の底部は比較的高濃度であるが、全体からするとその比率は高くない。一方、流動接触室に堆積汚泥の蓄積が認められていることは、汚泥の移送が十分ではないことを示している。流動接触室および分離室に汚泥の蓄積が多くなることによって、分離効果の減少と循環水の水質が低下する結果をもたらすことになることから、装置構造についてさらなる工夫が必要と考えられる。

(5) 汚泥の性状分析結果

表 6 - 20 に搬出汚泥の性状分析結果を示す。

清掃が実施された 3 回分の汚泥の性状はそれぞれ異なる性状を示した。12 月 3 日が最も低い濃度を示したのは、実証施設が冬季閉鎖の前に凍結防止を踏まえた汲取りを必要としたためである。

最大に蓄積されたと考えられる 10 月 25 日の汲取りにおいても、汚泥の SS 濃度は 5,500mg/L 程度であり、一般的な収集し尿や浄化槽汚泥に比べて低い値を示した。これは、本実証施設が汲取り時期を迎えた時期の判断の一つは貯留室の汚泥量であり、汲取り時には循環している比較的低濃度の汚泥を含め全部の汚泥を引抜くことから生じたものである。

10月25日の汚泥に比べ9月7日の汚泥の方が、SS濃度は低いのに対し、Cl⁻は高い値を示したのは、夏場における水分蒸発の影響によるものと考えられた。

女子処理槽のVSS/SSが男子に比べ高い値を示したのは、トイレットペーパーの使用量が多い影響と考えられた。

表6-20 汚泥の性状分析結果

		TS	VS	SS	VSS	VSS/SS ×100 %	引抜き 量 L	TS量 kg-TS	SS量 kg-SS
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L				
男子	9月7日	4,520	990	547	430	78.6	1,99	9.0	1.1
	10月25日	6,820	3,450	3,730	2,880	77.2	2,10	14.3	7.8
	12月3日	2,950	1,570	1,410	1,070	75.9	1,81	5.4	2.6
女子	9月7日	8,110	4,170	3,720	3,120	83.9	2,00	16.3	7.5
	10月25日	9,440	5,930	5,410	4,820	89.1	2,20	20.8	11.9
	12月3日	4,170	2,690	2,670	2,300	86.1	1,87	7.8	5.0

		pH	BOD mg/L	COD mg/L	T-N mg/L	NH ₄ ⁺ -N mg/L	アルカ 度 mg/L	Cl ⁻ mg/L	TOC mg/L	T-P mg/L
男子	9月7日	8.0	170	385	665	598	2,010	1,470	316	71.8
	10月25日	7.5	780	1,280	1,120	807	2,300	820	679	39.1
	12月3日	7.9	380	467	441	344	1,010	410	402	41.6
女子	9月7日	6.8	1,630	1,790	1,000	739	2,700	1,540	1,340	101
	10月25日	7.6	910	1,880	1,150	949	3,460	720	1,830	102
	12月3日	7.6	720	1,150	420	327	1,120	400	823	56.7

清掃時に各室を攪拌混合して採取した汚泥のSS濃度を表6-21に示す。

貯留室に蓄積されているSS濃度が流動接触室に比べて低い濃度であることが確認された。一方、流動攪拌室から分離室までが、比較的高濃度に蓄積されていることから、汚泥の堆積による影響が汚泥濃度に反映されている。これらの汚泥が循環水に混入する確率が徐々に高くなり、透視度の低下、水質の悪化へつながることから、堆積汚泥の効率的な移送が必要と考えられた。

表6-21 清掃時における各室混合液のSS濃度

ユニット		男子各室混合液のSS mg/L			女子各室混合液のSS mg/L		
装置	月日	9月7日	10月25日	12月3日	9月7日	10月25日	12月3日
	流動攪拌室	753	2,610	1,120	4,480	5,350	3,480
	流動接触室	477	5,890	2,240	5,240	9,070	6,390
	分離室	440	5,060	1,610	4,370	7,020	1,430
	送水室	277	953	353	757	1,110	193
	貯留室	763	1,960	320	4,510	5,230	270

(6) 利用者数の観点からみた本装置の処理能力

1) 処理装置内の水量

図 6 - 36 に水量と利用者数の相関を示す。図は 9 月 7 日の水張りから 10 月 25 日の清掃までの期間における各調査日において、それぞれの単位装置の水量を水位から算出し、それらを合計した経日変化を示している。

本装置はユニットあたり 1,200L の水量の増加に対応できる仕様となっている。1 人あたりのし尿排出量を 300mL とし、4,000 人まで使用可能としている。9 月 7 日～10 月 25 日においては、男子は 6,200 人、女子は 8,600 人使用しており、貯留水量の観点からは、設計上の使用限度である 4,000 人には十分対応できることが明らかになった。計算上、1 人あたりのし尿排出量が約 50mL となり仕様の数値に比べかなり少ないが、水分蒸発によるものと考えられる。その裏付けとしては河川公園等に本装置を設置した事例において、水温が高く、利用者数が少ないため、水量が減少し水を補充する必要があったことも確認されている。

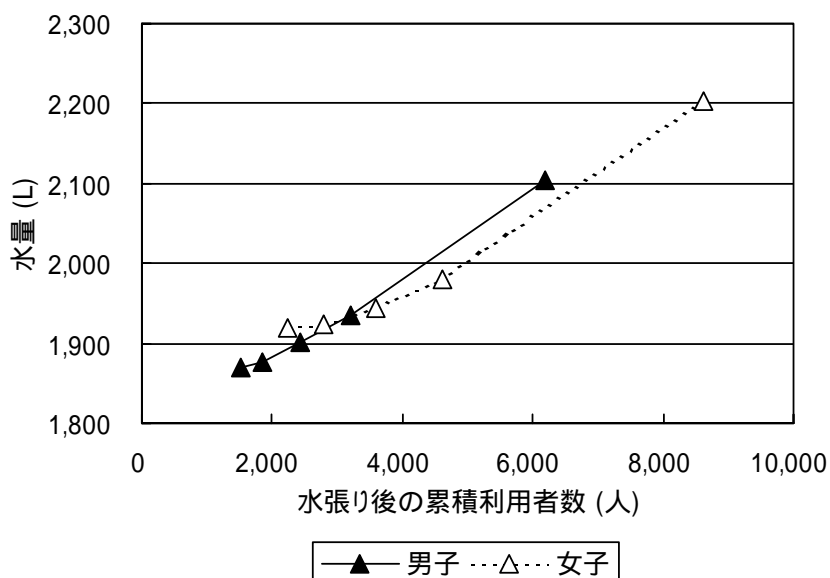


図 6 - 36 水量と利用者数の相関

2) pH

図 6 - 37 に pH と利用者数の相関を示す。

利用者数が 1,500 人の時点で pH は 8.5 程度を示しており、その後値の大幅な上昇は認められなかった。

pH の上昇過程における挙動を確認するため、多目的トイレの pH を測定したところ、利用者数 641 人の時点で 4 弱を示していたことから、累積利用者数が 1,000 人程度までは pH4 以下を示し、1,000 人を超過すると pH8.5 程度まで急激に上昇すると考えられる。

pH を低く保つことを目的としている臭気抑制剤の効果は 1,000 人程度の利用までしか維持できず、使用限度である 4,000 人に対応するためには運転方法の変更等を検討する必要がある。

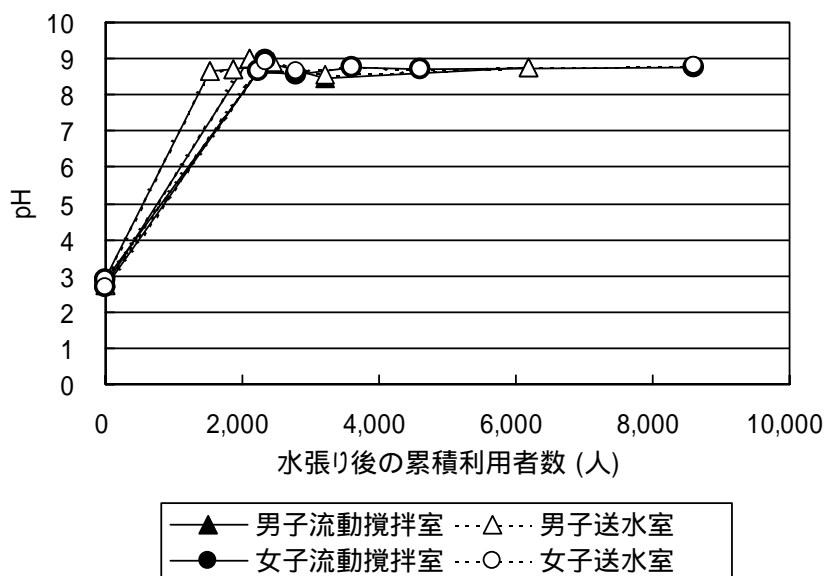


図 6 - 37 pH と利用者数の相関

3) SS

図 6-37 に SS と利用者数の相関を示す。

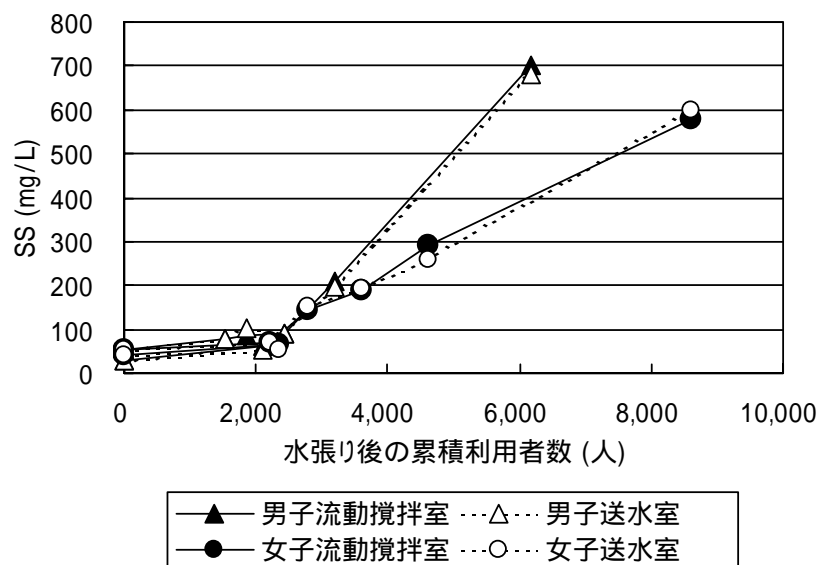


図 6 - 38 利用者人数と SS の相関

SSは累積利用者数が約2,500人までは100 mg/L以下で推移した。これは水中スクリーンの効果や各室の底部にSSが堆積し、SSの流動化が抑制されたためと考えられる。2,500人を超過するとSSは急激に上昇した。これは各室の汚泥蓄積量が増加し、循環水中に流出すること、水中スクリーンの目詰まりによってスクリーン上部を水がオーバーフローし、SSが捕捉されなくなることが原因として考えられる。

使用限度である4,000人に対応するには、汚泥の流出防止、蓄積した汚泥の移送を行うための構造上の工夫が必要と考えられる。

4) 透視度

図6-39に透視度と利用者数の相関を示す。

透視度は利用者数が増加すると低下していく傾向が認められた。これは、SSの増加に伴う水の濁りや、し尿中の色素成分の蓄積による着色と考えられる。

利用者数4,000人の時点では、透視度が2~3cmと低い値を示しているが、循環式便器がアズキ色であり、循環水の濁りや色が確認しづらいため、使用の許容範囲であったと考えられる。

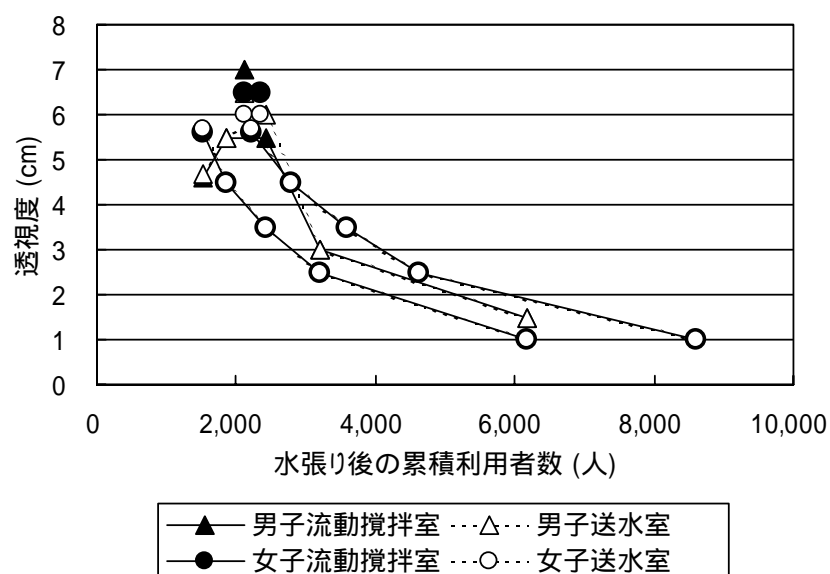


図6-39 利用者人数と透視度の相関

4) BOD および溶解性 BOD

図 6 - 40 に BOD と利用者数の相関を、図 6 - 41 に溶解性 BOD と利用者数の相関をそれぞれ示す。

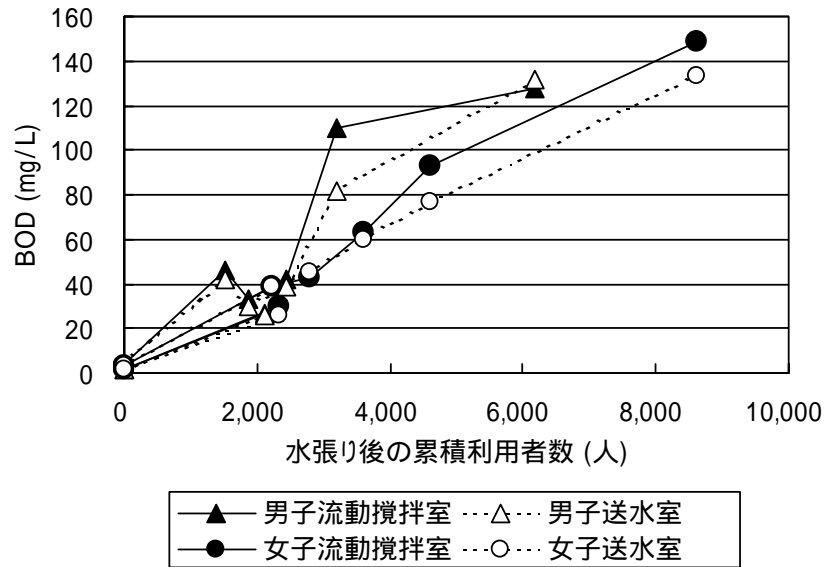


図 6 - 40 利用者人数と BOD の相関

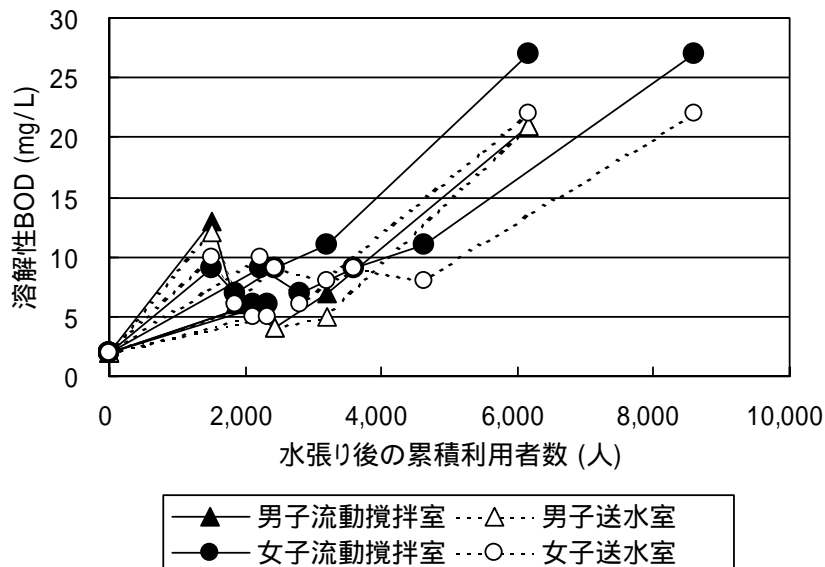


図 6 - 41 利用者人数と溶解性 BOD の相関

BOD、溶解性 BOD とともに、利用者数の増加に伴う値の上昇が認められる。しかし、溶解性 BOD は低い値を維持していることから、BOD の大部分は SS 由来であり、溶解性の有機物については生物分解が進行していると推測される。本装置は臭気抑制剤によって pH を低く保っているが、臭気抑制剤の効果が 1,000 人程度の利用までしか維持できないため、その後の水質維持に課題が残される。沈降分離機能、汚泥貯留機能の充実に加え生物処理を組み込むことによって循環水の水質をより長期間良好に保てる可能性が示唆された。

6 - 5 - 2 処理性能のまとめ

実証試験の結果、本施設に関する処理性能について得られた知見を以下に示す。

単位装置ごとの水質の差は小さく、循環水による平均化がなされた結果といえる。日数の経過、すなわち利用者数の増加に伴って着色の進行、透視度の低下が顕著に生じた。臭気については、臭気抑制剤の効果によって水張り時の pH が低い値を示し、アンモニア臭は抑制されたが、利用者数が 1,000 人前後で pH が 7 を超え液性がアルカリ性側に傾いた。これに伴って、アンモニアの揮散量が増加し、臭気の発生が認められた。

DO は水温の低下とともに飽和 DO が上昇することから、生物反応が進行しなければ室内 DO は上昇するはずであるが、DO は各室ともに低下する傾向を示した。このことから有機物の蓄積、生物反応の進行が示唆された。

しかし、BOD、COD、TOC の有機物指標については利用者数の増加に伴って上昇する傾向が認められ、利用者数との相関は高かった。利用者による負荷の増加に加え、SS の挙動が直線的増加から指数関数的増加に変化したことから、蓄積した汚泥からの溶出や有機性浮遊物質の懸濁による影響が大きいものと考えられた。溶解性 BOD が低い値を維持したことから、生物分解の進行が推測された。

汚泥の蓄積・貯留能力には単位装置ごとの差が認められた。以下にそれぞれの特徴をまとめる。

流動攪拌室

夾雑物の粉碎を目的としているため、大部分の固形物は流動接触室に移送されていた。しかし、水深が浅く、面積が広いため汚泥の点在が確認されたことから、装置の構造、入口・出口の配置、攪拌能力等に注意が必要と考えられる。

流動接触室

ばっ気式水中スクリーンの効果により汚泥の蓄積量が増加する傾向が認められた。しかし、スクリーン面の目詰まりが起これるとオーバーフローが生じ、固形物の流出が引き起こされると考えられた。

分離室

流動接触室の水中スクリーンで捕捉されなかった固形物が蓄積する傾向が認められ、汚泥分離機能が高いことが明らかになった。しかし、蓄積量が増加すると汚泥の流出が起これり、循環水の水質を低下させることが確認された。

送水室

循環水を一時的に貯留する機能を有しており、汚泥の蓄積量は少なかった。固形物が流入しても便器に送水されるものと考えられた。

貯留室

蓄積汚泥に沈殿物と上澄水が形成されたため、貯留室における沈殿分離効果が確認された。汚泥の蓄積速度はトイレの利用状況によって異なり、本施設のように 3 つのユニット

が独立した利用形態を有している場合、その蓄積速度には大きな偏りが認められた。1つのユニットにおいて貯留室が満水になると3ユニットすべてを汲取りしているため、本施設では女子トイレの貯留室が満水になった段階で汲取りを行った。その時点での多目的トイレの貯留室には余裕があったことから、ユニット間で汚泥量を調整することによって汲取り間隔を延ばすことが可能と考えられた。

6 - 6 試験結果の全体的まとめ

<稼働条件・状況>

調査期間中の1日の最高気温は14.4~28.5、1日の最低気温は-3.6~8.6の範囲で推移し、寒暖の差が激しい状況が示された。最低気温は10月には-3.1を示し、11月には-3.6を記録し最低気温のほとんどが氷点下を下回った。

1日の最大降水量は10月に台風の影響で140mmを示したが、本装置は降水量の影響を受け難い装置と考えられる。ただし、設置場所が比較的沢に近い場所であるため、増水等による影響が懸念された。

調査期間中のトイレの利用者数は約30,000人であり、その内訳は男子トイレが約11,000人、女子トイレが約15,000人、多目的トイレが約4,000人であった。利用者数が一番多かったのは、紅葉シーズンである10月であり、約14,000人が利用した。次いで、夏休み期間の8月が、8月11日からのデータではあるが、約7,000人の利用があった。初期水量は5.4m³であり、装置の仕様通りであった。補充水は必要なかった。

消費電力量は、1日当たり13.3kWhで、日変動はほとんどなかった。この値には、センサー運転されている機械室換気扇、室内・室外照明等の電力量も含まれており、処理装置単体の消費電力量は得られなかった。また、本装置は24時間運転しているが、夜間にトイレが使用されない場合、夜間運転を行わないことで消費量を減らすことも可能と思われる。

また、調査期間中、2回の汲取り・水張り後に臭気抑制剤を投入し、1回当たりの費用は6万円であった。

<維持管理性能のまとめ>

日常的な維持管理は、1回当たり2人で通常約1時間程度、利用者の少ない時は20~30分程度で実施された。定期的な作業としてモップ・ブラシ掃除も加えて行われた。機械の故障などはなく、スムーズに日常管理は実施された。

専門的な維持管理は、1回当たり2~3人で約1時間程度を要して実施された。処理装置はコンパクトにまとめられている反面、全体的に作業スペースが狭く維持管理性はやや難と指摘された。また、便器の色が濃く、循環水の色相、濁度が確認しづらいことや、循環水の色判断基準が不明である点なども指摘された。

開山・閉山対応に係る作業性に特に問題はなく、開山対応の作業として水張り・室内掃除、閉山対応では汲取り・水抜き等の凍結対策が実施された。

これらの作業手順については、マニュアルおよび機械室内に明記されており、理解しやすいものであった。マニュアルの信頼性については、日常維持管理において項目のほとんど全て高い信頼を得ていた。専門維持管理では、現在のマニュアルの情報量で適当ではあるが、機器の配置図、各単位装置の水の流れを示す図があると、より理解しやすいとの指摘があった。

<室内環境のまとめ>

トイレ室温は、8月の試験開始時から15～20の間で推移し、9月中旬を境に徐々に低下していった。11月に入ると5～10まで下がったが、氷点下になることはなく、循環水の凍結などは生じなかった。

月ごとの平均湿度はいずれも60%を超えていた。特に9月は男女ともに平均は80%を超えており、循環水の蒸発によるものと考えられた。

許容範囲についてのアンケート調査結果は、101人の回答があり、回答者の約半分を50歳以上が占めていた。質問項目である「トイレ内のおいしさ」、「トイレブースの明るさ」、「洗浄水の色やにごり」については、回答者の85%以上が「許容範囲である」とした。フリーアンサーのなかでも「清潔である」、「よく管理がされている」との意見が多くみられ、快適性、操作性に関して十分許容範囲であったと思われる。

「臭気については、利用者数が増加することでアンモニア臭が感じられるようになり、女子トイレに比べて男子トイレで、強くアンモニア臭が感じられた。循環水を比較すると男子トイレの方が良好であることから、アンモニアは小便器周辺の尿が原因と考えられ、小便器まわりの掃除と換気設備の運転に配慮する必要が示された

<周辺環境への影響のまとめ>

対象装置は、排水を必要としない非放流式であり、汚泥を貯留する貯留室が満水になると循環水と併せて汲取りを行う。そのため、排水による周辺環境への影響は考えられない。また、土地改変状況調査においても地形変更・伐採等はほとんどみられず、周辺に対する影響はきわめて軽微であったと思われる。このことから、本対象装置は山岳地域での設置だけでなく、河川公園等の周辺環境への配慮が必要な場所で活用できると考えられる。

<処理性能>

単位装置ごとの水質の差は小さく、循環水による平均化がなされた結果といえる。日数の経過、すなわち利用者数の増加に伴って着色の進行、透視度の低下が顕著に生じた。臭気については、臭気抑制剤の効果によって水張り時のpHが低い値を示し、アンモニア臭は抑制されたが、利用者数が1,000人前後でpHが7を超え液性がアルカリ性側に傾いた。これに伴って、アンモニアの揮散量が増加し、臭気の発生が認められた。

DOは水温の低下とともに飽和DOが上昇することから、生物反応が進行しなければ室内DOは上昇するはずであるが、DOは各室ともに低下する傾向を示した。このことから有機物の蓄積、生物反応の進行が示唆された。

しかし、BOD、COD、TOCの有機物指標については利用者数の増加に伴って上昇する傾向が認められ、利用者数との相関は高かった。利用者による負荷の増加に加え、SSの挙動が直線的増加から指数関数的増加に変化したことから、蓄積した汚泥からの溶出や有機性浮遊物質の懸濁による影響が大きいものと考えられた。

汲取り時期の判断となる循環水の水質および貯留室の蓄積量については、本実証試験においては主に後者の影響で汲取りが実施された。汚泥の蓄積速度はトイレの利用状況によって異なり、本施設のように 3 つのユニットが独立した利用形態を有している場合、その蓄積速度には大きな偏りが認められた。1 つのユニットにおいて貯留室が満水になると 3 ユニットすべてを汲取りしているため、本施設では女子トイレの貯留室が満水になった段階で汲取りを行った。その時点での多目的トイレの貯留室には余裕があったことから、ユニット間で汚泥量を調整することによって汲取り間隔を延ばすことが可能と考えられた。

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、トイレ汚水を受け入れて固形物を粉砕する槽、固体と液体を分離する槽、処理水を送水する槽から構成され、汚水を順次処理し便器に常に循環し洗浄水として用いるものである。トイレ利用者数に応じて槽内の水量が増大するため、その分を受け入れる貯留室も付加されている。地上のし尿処理装置とトイレが一体的に設置されているが、必要に応じて装置側を分離して設置することも可能である。

本装置を運転するためには、送水のためのポンプ設備、槽内をばっ気攪拌するための空気および増加分を貯留槽へ移送するためのエアリフトポンプ用のブロワ設備が必要であるため、電力の確保が必要である。商用電力か自家発電が必要かを検討しておくことが必要である。また、初期水としての水張り、汲取り時および冬季閉鎖時には槽内水をすべて系外へ搬出が必要であることも、設置地域の自然条件として検討が必要である。

本装置は物理化学処理が主であるとされ、固液分離による物理処理と薬剤添加による化学処理が確認された。さらに、夏季には処理装置から水分蒸発が生じていること、BOD等の除去機能と硝化反応の若干の進行等から生物処理も進行していることが推察された。したがって、設置条件によっては、蒸発する水分量が過大になった場合の補充水量の確保、水温低下による生物処理機能の低下が生じることも想定されることから、設置される地域の自然条件に対応した計画を立案する必要がある。

通年使用の地域に対しては、凍結、結露、強風による破損防止策などに充分配慮した構造としなければならない。

7-1-2 社会条件からの留意点

非放流式の処理槽であるため、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、河川法等も考慮する必要がある。一方、通常運転が開始されると定期的に汚泥の搬出が必要になることから廃棄物処理法にも留意し、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。

また、設置される地域の利便性などによって利用者数は大きく影響されるため、これまでの登山者数、季節、月間、週間、日間変動を考慮した計画が必要である。必要に応じて使用するユニット数を変更する方法も有効と考えられる。

近年、トイレトーパーの分別が行われている地域もあり、これを採用する場合には、

分別されたペーパーの保管、回収、処分方法を効果的に実施できるような計画が必要である。なお、本装置の場合にはトイレトペーパーが処理槽内の固形物量に反映し、循環水の濁りに影響することが考えられる。そのため、ペーパー分別の効果についても検証する意義は大きいと考えられる。

7-1-3 インフラ整備条件からの留意点

本装置は、電力、初期水、槽内汚泥の搬出および張り水が必要であるため、これらを確保できる地域が設置の条件となる。例えば、商用電力が可能な地域か、それが無理な場合には発電設備が必須条件となる。また、初期水、補充水および張り水を確保するための方法、槽内汚泥を系外に搬出するための輸送手段(道路、ヘリコプター)等について十分な検討が必要である。

一方、施工時には大きな地盤の掘削、コンクリート打設などは必要とせず、ユニット化された装置を搬入し、配管設備等を現地で施工することが可能であるため、比較的の施工に要する費用、日数、人員に係る負荷が小さい利点を有する。

7-2 設計、運転・維持管理に関する留意点

<設計>

本装置の処理能力は1ユニットあたり汲取りまでの間隔が4,000人まで使用可能であるとする設計条件は満たされることが実証された。設計にあたっては、導入する地域の利用者数および負荷変動(過負荷)に対して、利便性を考慮したトイレの穴数および処理装置の容量(特に貯留槽)に配慮した設計が必要である。なお、各槽の目的、機能が、まだ十分に熟成していない感が強い。それぞれの機能を維持するための装置構造、その機能を維持するための運転方法に配慮することが必要である。例えば、流動攪拌室についてはトイレ利用者による異物の混入によるポンプのトラブル防止対策、流動接触室および分離室に汚泥が過剰に蓄積しない構造および汚泥の移送方法、スクリーン設備の設置位置と通過流量を考慮した設計が必要と考えられる。

本実証試験では複数ユニットが設けられており、最大に利用されたユニットが満水時に汲取りが必要となったが、山間部に設置された場合、汲取り費用との関係から複数ユニットすべてを合わせて汲取りする必要性が生じた。利用者数の少ないユニットを有効に活用することができる付加装置(例えば汚泥移送装置)の設置、または専門管理時の自給式ポンプによる移送によって汲取り間隔を長く保つことが可能と考えられる。これを設計当初に装置を組み込む方が、効果的と考えられる。

設備面では処理装置が建物内に凝縮されて、各ユニットがコンパクトにおさまっている反面、ポンプ、ブロウ、散気装置、バルブ、電磁弁、配線等の着脱が困難なものも見受けら

れる。設置後の運転の確認、補修、交換が容易に行える装置設計が必要である。

<維持管理>

実証試験期間中における大きなトラブルは発生していない。トラブルが発生した場合でも異常を知らせるパイロットランプによって、日常管理者が速やかに発見し通報できる装置が組み込まれている。ただし、そのトラブルに対しては日常管理者が対応できる要素は少なく、トイレの使用禁止や他のトイレの活用による対応が主となる。なお、マニュアルの充実によって、日常管理者によるトラブル対策も可能な場合もあるが、あらかじめ実地による指導が不可欠と考えられる。

定期的な専門管理としては、汚水処理の進行状況を判断する水質管理、処理に伴って発生する汚泥の管理、増加水量または不足水量の管理、および設備機器の管理がある。それぞれの点検・保守を行うに際し、作業スペースが不十分といえる。入り口からの外観、槽上部からの外観と近づくに伴い飛沫による汚染も懸念される。また、貯留槽においては静止沈殿状態で長期間貯留されるうちに汚泥の腐敗に伴って発生する硫化水素への対策も必要と考えられる。本施設の場合、ばっ気攪拌による希釈効果、排気ファンによる内部空気の交換があるため、比較的到低濃度化される傾向にあるが注意が必要である。ブロウは処理装置内の空気を吸引しばっ気に用いるため、空気が循環利用されている。万一、排気ファンが故障した場合には、室内空気の酸素濃度の低下と硫化水素、アンモニアガス等による弊害が生じるおそれもある。したがって、排気ファンが故障した場合には、入り口を開放して十分な換気を行ってから作業を行う必要がある。

汲取り作業時には、一般に汚泥はバキューム車により搬出される。処理装置内の汚泥を全量引出す際には、先に示した作業スペースがさらに必要である。配管設備などによって作業が容易ではなく、バキュームホースによる内部設備の破損のおそれがある。作業時には処理装置の上部からの作業となるため、足場の確保が容易ではない。維持管理に必要なスペース、足場、点検歩廊等にも十分な配慮が必要と考えられる。

なお、事故や故障の発生時における、日常管理者、設置者、技術管理者、メーカー間の連絡体制を明確にしておくことが必要である。

8. 課題と期待

モデル実証試験により、本装置の稼動状況、維持管理性能、室内環境、処理性能、周辺環境への影響を確認したところ、「すでに適用可能な段階にあり、有用な先進的環境技術」である可能性は高いが、改善すべき課題もある。試験期間中には、平常負荷のほかピーク負荷も経験し、大きなトラブルが発生することなく稼動することができた。また、アンケート調査の結果から、本装置に対する利用者の評価は高く、エネルギーの供給および汚泥の搬出が容易な地域におけるトイレ整備には必要十分な機能を備えた環境技術と考えられる。

本装置はトイレ部と処理装置部を一体化しユニット化することが可能であることから、計画から設置までの工期が極めて短期間で行うことが可能である。場合によっては、移動式とすることも可能と考えられ、河川公園などの河川増水時における移動条件が付加された場合などには、極めて有効と考えられる。また、山岳トイレに限らずトイレが必要な自然環境域に、非放流式のし尿処理を備えた環境への負荷の少ないトイレ整備を可能にする装置といえる。

一方、pH を低く抑えることによるアンモニアの揮散を防止する臭気抑制剤を投入する方式の装置であるが、利用者数が約 1,000 人を超過すると効果を維持することがむずかしいことが明らかとなった。今後、本装置の化学処理機能を高めるには、利用者数が 1,000 人を超す場合においても pH の上昇を抑制できる薬品の改良や添加の方法の改善が期待される。

本装置は物理化学処理方式に分類されたが、処理機能を判断した結果、処理装置において生物処理機能も働いていることが明らかとなり、BOD 除去および硝化反応も部分的に進行していることが確認された。これらの機能をより高めることによって、硝化反応が進行しアンモニアは硝化されることにより臭気抑制がなされる。これらの微生物が生息するための接触材や担体を活用することによって、積極的な生物処理が可能となる。できれば窒素除去機能も付加することによって環境により貢献できる装置とすることが望ましい。

なお、現時点でメーカーが用意している管理者向けの維持管理要領書（メンテナンスマニュアル）は十分に作業者にやさしいものとなっているが、先に示した装置構造面の検討結果を盛り込んだ要領書の作成が必要と考えられる。また、維持管理体制の確立、技術者の支援、資機材の開発等、メーカー、行政、設置者等、関係者の協力のもと推進していくことが必要であろう。

これらの先進的環境技術が普及することにより、国立公園、国定公園などの自然公園の環境保全に大きく寄与することが期待される。

[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1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1につき約18,000mgのSSを含んでいます。
TS：蒸発残留物 (mg/L)	水を加熱して水分を蒸発・乾燥させた時に残留する物質で、総固形物量を表します。水中の固形物量および塩類が多いとTS値が高くなります。
VS (IL)：強熱減量 (mg/L)	蒸発残留物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、有機物量が多くなるとVS (IL) 値が高くなります。
大腸菌群 (個/mL)	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1m 中には100万個以上の大腸菌群が存在します。
C ⁻ ：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1につき約3,800mgの塩化物イオンを含んでいます。

()内は単位

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)	亜硝酸イオンの形で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)	硝酸イオンの形で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。
Kje-N:ケルダール窒素(mg/L)	アンモニア性窒素と有機性窒素の合計量を表します。水中に亜硝酸性窒素と硝酸性窒素を含まない場合には、ケルダール窒素を全窒素とみなすことができます。
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。污水处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。
透視度(cm)	汚水の透明の程度を示すもので、値が大きい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。
NH ₃ :アンモニア(ppm)	特有の刺激臭を有する無色のガスです。粘膜に対し強い刺激作用があり、高濃度のNH ₃ に曝露すると、鼻や喉の刺激、せき、呼吸困難、嘔吐などを起こします。気中濃度が約5ppmで不快臭を感じ、約50ppmで強い不快感、約100ppmで目や鼻に刺激を感じます。
溶解性物質(mg/L)	水をろ紙でろ過してSSを除去し、そのろ液を加熱して水分を蒸発・乾燥させた時に残る物質を溶解性物質といいます。これまでに示した実証項目のうち、例えば溶解性BODの場合、このろ液について分析したBODを示します。

()内は単位