

小型浄化槽の運転状況と処理水質の実態調査 (第2報)

奥村早代子*¹ 肥塚利江*¹ 東恵美子*² 浅野和仁*³

市町村によって管理されている浄化槽の処理の状況を把握するため、居住人数 1～6 人の 5 人槽、10 型式、23 基の処理水質を調査した。消毒前処理水の生物化学的酸素要求量 (BOD) は、20 mg/L 以下が 83% (19 基/23 基)、BOD 10 mg/L 以下が 74% (17 基/23 基) であった。全窒素 (T-N) は、除去性能を持つ 11 基すべてで 20 mg/L 以下であり、高度処理型は 5 基(6 基)が 10 mg/L 以下であった。消毒後処理水の大腸菌群は、23 基すべてが基準の 3,000 個/cm³ 以下であった。

キーワード：浄化槽、BOD、全窒素、大腸菌群

key words : Johkasou, biochemical oxygen demand, total nitrogen, total coliforms

わが国の生活排水処理施設整備は、これまで下水道を中心に進められてきたが、下水道整備は多額の初期費用が必要となり、地方財政を圧迫する一因となっている^{1) 2) 3)}。さらに、老朽化した設備の更新や維持管理コストの増加が問題となっており、平成 28 年 4 月の財務省財務制度等審議会において、利用者に下水道の維持管理費用の負担を求める方針を示したとされており、生活排水処理施設の整備について、コスト効率性がより求められると考えられる。

大阪府における生活排水適正処理率 (汚水衛生処理率) は、94.1% (平成 25 年度末) で全国 4 位となっている。このうち、下水道が占める割合が 91.8% (813.7 万人) と大部分を占めているが、浄化槽処理人口が 24.6 万人あり、さらに雑排水未処理人口が 48.0 万人⁴⁾ となっている。このため生活排水適正処理に向けては、コスト面で優れている浄化槽による整備も進むものと考えられる。

浄化槽には、処理水の生物化学的酸素要求量 (BOD) 20mg/L 以下の性能を持つものとして構造基準に示さ

れているもの (構造例示型) と、構造例示型と同等以上の性能を持つとして大臣認定を受けたもの (性能評価型) がある。性能評価型は、小容量化と処理性能の高度化の開発が続けられており、型式ごとに構造、維持管理作業内容が大きく異なる。浄化槽の持つ処理性能を発揮させるためには、従来の型式よりも保守点検と清掃が重要となっている。

大阪府で新設される浄化槽は、平成 21 年度以降 99% 以上を性能評価型が占めている。特に平成 22 年以降には構造例示型の有効容積の 50 %程度に小容量化が進んだ型式 (モアコンパクト型) の浄化槽の発売が開始され、大阪府においても設置割合を急速に増やしており⁵⁾ 運転状況の把握が急務である。

浄化槽の処理水 BOD は 7 条検査や 11 条検査 (使用開始 2 年目以降、1 年に 1 回の検査) などの法定検査で確認できるが、大阪府における法定検査受検率は、7 条検査はほぼ 100 %と高いものの 11 条検査は 7.7 % (平成 26 年度) と低い状況⁶⁾ であり、運転状況が把握しにくい状況となっている。

これまでに 7 条検査の処理水 BOD が浄化槽放流水の技術上の基準 (20 mg/L) 以下である割合は、人員比 (居住人数/人槽) が大きいほど小さくなり、型式によって適合率に差がある事が示されている⁷⁾。さらに、11 条検査結果から、高度処理型については、市町村により管理されているものの方が個人管理のものより BOD 平均値が低い事が示されている⁸⁾。

ここでは昨年度に引き続き、処理実態を確認するた

*1 大阪府立公衆衛生研究所 衛生化学部 生活環境課

*2 大阪府立公衆衛生研究所 衛生化学部 食品化学課

*3 富田林市 上下水道部

Survey of Operating Conditions and Effluent Water Quality in Small Scale Johkasou (Part 2)

by Sayoko OKUMURA, Toshie HIZUKA, Emiko AZUMA and Kazuhito

ASANO

表1 浄化槽の概要と使用状況

No.	構造種別	型式分類	汚泥	ろ過 ^{*2}	性能評定値(mg/L)			居住人数	清掃からの経過月数		
			ばっ気 ^{*1}		BOD	T-N	SS				
1	構造例示型	S1	×	×	20	-	-	3	11		
2								3	11		
3								4	1		
4								4	4		
5								5	11		
6								5	11		
7	高度処理型	H1	×	○	10	10	10	3	10		
8								3	11		
9								4	11		
10								4	11		
11								6	8		
12								6	9		
13	性能評価型	コンパクト型	C1	×	○	20	-	-	4	6	
14			C2	○	×				5	11	
15			C3	×	○				4	11	
16			C3	×	○				6	11	
17			C4	○	×				15	3	6
18			C4	○	×					3	8
19	モアコンパクト型	MC1	○	○	15	20	10	1	7		
20								2	8		
21								3	5		
22								4	2		
23								5	2		

*1:汚泥のばっ気処理

*2:担体ろ過または生物ろ過と自動逆洗

め、市町村管理によって浄化槽の維持管理が実施されている富田林市の協力を得て、最小規模である5人槽を1~6人で使用している浄化槽10型式、23基の処理水質を調査したので報告する。

調査方法

1. 調査時期

調査と採水は平成27年7~8月の平日の午前10時~午後1時の間に実施した。

2. 調査浄化槽の概要

調査浄化槽の概要と使用状況として居住人数と前回の清掃からの経過月数を表1に示す。調査浄化槽は、すべて住宅専用の5人槽である。

浄化槽の構造種別として、BOD、全窒素(T-N)、浮遊物質(SS)の性能評定値がともに10mg/L以下のものを高度処理型(H型)、単独処理浄化槽の合併化

を可能とする設置スペースとして開発された超小容量型をモアコンパクト型(MC型)とし、それ以外の性能評価型をコンパクト型(C型)とし、構造例示型(S型)と区別して示した。型式については構造種別ごとの型式分類を作成して表示した。調査基数は構造例示型、高度処理型、コンパクト型がそれぞれ6基、モアコンパクト型が5基である。

対象とする住宅の居住人数は主に3~5人を対象としたが、昨年度の調査において⁹⁾居住人数4~5人の調査で水質が安定していた高度処理型とコンパクト型については、居住人数6人の浄化槽も対象とした。また、大阪府においても近年設置割合が増加しているモアコンパクト型については、居住人数1人と2人の住宅の浄化槽も調査した。

清掃からの経過月数は1~11ヵ月で、清掃直後の1~2ヵ月が3基、半年程度の4~7ヵ月が5基、8~11ヵ月が15基である。

各型式の有効容量について、1次処理槽、2次処理

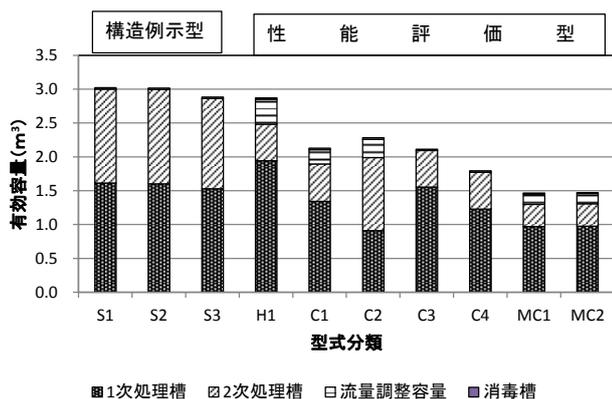


図1 5人槽の型式別有効容積の比較 (構成部分別)

槽、流量調整容量、消毒槽を区別して図1に示した。各型式の有効容量を構造例示型のS1型と比較すると、高度処理型では95%と同程度であるが、コンパクト型では59~76%とコンパクト化されており、モアコンパクト型では48~49%と約半分の容量であった。

装置のコンパクト化は採用されている処理方式によって差がある。1次処理容量のコンパクト化が図られているのは、汚泥好気処理を採用している型式に見られ、コンパクト型のC2型とC4型、モアコンパクト型のMC1型とMC2型が相当し、S1型の60~76%となっている。一方で高度処理型のH1型は構造例示型と同じ嫌気ろ床方式の構造であるが、S1型の120%と大きく設計されている。

2次処理容量は、構造例示型のS1型と比較して、コンパクト型のC2型が78%であるものの、その他の型式では24~40%と半分以下の容量にまでコンパクト化されている。

3. 調査項目と試験方法

処理状況に関する調査項目は、接触ばつ気槽のDO、pH、水温および循環水量とした。測定はDOメーター(飯島電子製ID-100)、pHメーター(東興化学研究所製TPX-90)、アルコール温度計を用いて測定した。循環水量は循環水を採取時間と容器にて採取した容量から、1分値に換算して求めた。循環水量が流入水量に対する循環比(Q)で標準値が設定されているものについては、居住人数1人につき0.2m³/(人・日)とした1日水量に対する比で示した。

水質に関する調査項目は、消毒前処理水の透視度、溶存酸素(DO)、pH、浮遊物質(SS)、BOD、硝化

を抑制した生物化学的酸素要求量(C-BOD)、有機性炭素(TOC)、T-N、アンモニア性窒素(NH₄-N)、亜硝酸性窒素(NO₂-N)、硝酸性窒素(NO₃-N)りん(T-P)および消毒後処理水の遊離残留塩素、総残留塩素、大腸菌群、大腸菌とした。消毒後処理水は消毒槽で採水した。ただし、放流ポンプ槽が設置されている場合は、放流ポンプ槽で採水した。大腸菌に関しては、環境省において生活環境項目の新たな環境基準項目として大腸菌数を導入することが検討されている¹⁰⁾ため測定することとした。

水質分析は下水道試験法1997年版に準拠した。SSはガラス繊維ろ紙法、BODのDO測定は隔膜電極法(飯島電子製B-100S)、T-Nは紫外線吸光光度法(島津作所製UV-160)、NH₄-Nはフローインジェクト法を用いたインドフェノール青吸光光度法(ポンプ:Watson Marlon製、検出器:HIRAMA製)、NO₃-N及びNO₂-Nはイオンクロマトグラフ法で紫外吸光度検出器(Shodex CD-5)220nmで測定した。T-Pはペルオキシ二硫酸カリウムによる分解法、TOCは燃焼酸化-赤外線式TOC自動計測法(島津製作所製TOC-V_{CSH})を用いた。大腸菌群はデソキシコレート寒天培地(日水製薬製)、大腸菌はXM-G寒天培地(日水製薬製)で培養後に計測した。

結果および考察

1. 運転状況

水温は23.5~29.6℃であった。浄化槽の運転状況として、ばつ気槽DO、沈殿槽pH、および循環水量を表2に示す。

ばつ気槽DOは1.1~7.5mg/Lの範囲であり、すべてが浄化槽の維持管理上の目安である1.0mg/L以上であった。

沈殿槽pHは6.8~7.6の範囲で概ね中性であった。

循環水量の標準設定値は、1分あたりの水量が設定されている型式(H1型:1.9~2.4L/分、C4型:2.1L/分、C3型:.0~2.4L/分、MC1型:2.0~2.9L/分、MC2型:1.8~3.3L/分)と循環比Q(流入水量に対する水量割合)が設定されている型式(S1型、C1型、C2型、いずれも1~3Q、S2型:3Q)がある。循環水量が設定範囲内であったものは、23基中3基と少なかった。

表2 DO、pH、循環水量

No.	構造種別	型式分類	DO(mg/L)		pH		循環水量(L/分)		循環水量(Q)	
			ばっ気槽	沈殿槽	測定値	設定値	測定値	設定値		
1	構造例示型	S1	3.3	7.3	-	-	4.8	1~3		
2			5.7	7.5	-		14.1			
3			4.6	7.5	-		6.9			
4			2.0	7.4	-		3.6			
5		S2	1.7	7.3	-		8.1	3		
6		S3	3.3	6.9	3.4		-	-		
7	性能評価型	高度処理型	H1	7.5	7.3	2.5	1.9~2.4	-	-	
8			6.1	7.3	1.2					
9			3.8	7.1	2.6					
10			5.3	7.1	2.0					
11			3.2	6.8	2.6					
12			2.2	7.0	2.0					
13	性能評価型	コンパクト型	C1	1.6	7.2	-	-	0*	1~3	
14			C2	7.5	7.2	-		6.0		
15			C3	3.7	6.9	1.5	2.0~2.4	-	-	
16				1.1	7.6	2.5				
17			C4	3.2	6.9	3.4	2.1	-	-	
18				1.2	7.4	3.6				
19	性能評価型	モアコンパクト型	MC1	7.1	7.1	2.6	2.0~2.9	-	-	
20				2.9	7.4	0*				
21				5.3	7.0	0*				
22				4.0	7.3	0*				
23			MC2	5.2	7.1	1.5	1.8~3.3			

*: 低水位で循環無し

これは昨年度調査⁹⁾と同様の傾向であった。

2. 透視度、BOD、TOC、SS、窒素、りん

2次処理水の透視度、BOD、TOC、SS、窒素、りん濃度を表3に示す。

BODは1~47 mg/Lの範囲で、20 mg/L以下が83% (19基/23基)であった。そのうち10 mg/L以下が74% (17基/23基)あり、良好な処理状況にある割合が高かった。10 mg/L以下であったのは、構造例示型が5基、高度処理型が6基、コンパクト型は4基、モアコンパクト型は2基であった。BOD 20mg/Lを超過した浄化槽は、モアコンパクト型2基とコンパクト型2基 (No.16とNo.18)であった。モアコンパクト型はわずかに20 mg/Lを越えている程度であったが、コンパクト型については、技術上の基準の2倍程度であった。

C-BODは1~40 mg/Lの範囲であった。BODのうち窒素由来によるBOD (BODとC-BODの差)は、1~7mg/Lであった。

TOCは5.8~36.9 mg/Lの範囲であった。TOCが10 mg/L以下であったのは、構造例示型は2基、高度処理型は6基、コンパクト型は4基、モアコンパクト型は2基であった。

SSは1未満~36 mg/Lの範囲であった。SS 10 mg/L以下の処理性能値を持つ高度処理型は6基すべてで、モアコンパクト型は3基 (5基)が10 mg/L以下であった。SS 15 mg/L以下の処理性能を持つコンパクト型のC4型は2基 (2基)が15 mg/L以下であった。SSの性能評定値を満たしているものは84.6% (11基/13基)であった。

T-Nは5.2~38.0 mg/Lの範囲であった。窒素 10 mg/L以下の処理性能値を有する高度処理型は5基 (6基)が10 mg/L以下で、窒素 20 mg/L以下の処理性能値を有するモアコンパクト型は5基すべてが20 mg/L以下であった。

T-Pは1.91~6.14 mg/Lの範囲であった。

今回調査した5人槽、10型式、23基においては、

表3 2次処理水の水質

No.	構造種別	型式分類	透視度	BOD	C-BOD	TOC	SS	T-N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	T-P	
			度	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
1	構造例示型	S1	18	16	11	13.3	19	16.3	7.82	0.50	2.73	6.07	
2			>50	2	1	7.4	3	6.0	0.31	0.12	5.12	2.31	
3			49	8	8	11.7	2	14.7	11.1	0.37	1.82	2.84	
4			47	7	6	10.7	5	22.2	21.5	0.21	<0.1	3.63	
5		S2	38	8	7	14.7	8	25.9	21.2	0.30	2.51	3.39	
6		S3	>50	7	6	8.0	7	10.2	4.63	0.39	4.07	1.91	
7	性能評価型	高度処理型	H1	>50	1	1	5.8	<1	1.9	<0.1	<0.1	1.88	2.33
8			45	4	4	7.0	8	8.8	0.17	0.12	7.64	3.30	
9			>50	4	3	7.6	3	5.9	0.20	<0.1	4.52	3.99	
10			>50	3	2	7.8	3	7.8	0.15	0.16	6.42	6.14	
11			>50	3	2	8.0	2	11.1	3.06	<0.1	5.13	5.15	
12			>50	7	4	6.8	3	9.2	6.88	0.09	1.24	2.70	
13		コンパクト型	C1	>50	8	3	7.2	1	34.7	31.9	0.23	1.11	3.20
14			C2	36	5	4	6.7	7	17.6	0.16	<0.1	12.0	1.96
15			C3	>50	4	2	6.4	2	4.5	0.82	<0.1	2.98	5.34
16			9	47	40	36.9	36	48.7	48.3	<0.1	<0.1	5.22	
17		C4	>50	8	3	6.7	<1	3.1	1.90	0.78	0.33	2.51	
18			24	39	37	32.2	14	32.1	29.3	<0.1	<0.1	4.08	
19	モアコンパクト型	MC1	39	11	10	12.4	8	5.3	1.00	0.11	3.86	3.45	
20			39	22	19	16.0	12	13.7	8.17	0.39	1.81	2.02	
21			19	23	21	17.1	17	16.2	5.58	0.57	6.14	3.43	
22		>50	5	4	6.6	4	19.0	16.5	0.30	0.64	2.59		
23		MC2	>50	4	4	8.1	3	10.4	3.80	0.25	6.33	5.20	

表4 放流水の残留塩素と大腸菌群、大腸菌

No.	構造種別	型式分類	遊離残留塩素	総残留塩素	大腸菌群	大腸菌	
			mg/L	mg/L	個/cm ³	個/cm ³	
1	構造例示型	S1	<0.05	0.15	480	380	
2			<0.05	<0.05	21	7	
3			1.0	>2.0	0	0	
4			0.05	0.4	120	130	
5		S2	<0.05	0.1	6	0	
6		S3	1.3	>2.0	11	4	
7	性能評価型	高度処理型	H1	0.05	0.1	0	0
8			<0.05	0.2	0	0	
9			0.05	0.1	2	0	
10			<0.05	<0.05	22	8	
11			<0.05	<0.05	14	6	
12			<0.05	<0.05	1,400	46	
13		コンパクト型	C1	0.3	0.8	0	0
14			C2	0.1	0.15	490	500
15			C3	0.1	1.0	0	0
16				<0.05	<0.05	2,900	730
17		C4	<0.05	<0.05	150	5	
18			<0.05	<0.05	2,400	570	
19	モアコンパクト型	MC1	0.1	2.0	0	0	
20			0.4	>2.0	0	0	
21			0.1	0.4	5	1	
22		0.6	>2.0	40	48		
23		MC2	1.5	>2.0	11	0	

19基の浄化槽でBOD 20 mg/L以下が確認され、そのうちの17基はBOD 10 mg/L以下であり良好な処理状況であった。

一方で、BODが性能評定値の約2倍と高かったものがコンパクト型で2基確認された。No.16は、2次処理槽の担体が摩耗する素材の型式であることから、担体の摩耗が一因と考えられる。No.18は居住人数は3名であるが、使用水量が30 m³/月程度と居住人数5人相当の使用水量であり、水量負荷が機能低下の一因と考えられた。これらの浄化槽については、修理または浄化槽の入れ替えを検討している。

性能評価型の浄化槽は、型式毎に構造が異なっており、このように担体の入れ替えなどの修理が必要となることがある。個人管理の浄化槽では、コスト面から修理が困難となり、機能改善が難しくなることが想定される。しかし、地域の生活排水処理施設として市町村により維持管理されることで、適切な対応が可能となると考えられる。

3. 残留塩素、大腸菌群数、大腸菌数

消毒後処理水の残留塩素と大腸菌群、大腸菌を表4に示す。遊離塩素が検出されたものは57%（13基/23基）、総残留塩素が検出されたものは70%（16基/23基）であった。総残留塩素が検出されなかったものは30%（7基/23基）であった。

大腸菌群は、1未満～2,900 個/cm³で、すべての浄化槽が処理性能である3,000 個/cm³以下であった。今回の調査では残留塩素が検出されなかった7基でも、大腸菌群3,000 個/cm³以下であった。これは、残留塩素が検出されなかった浄化槽においても消毒薬が充填されていたためと考えられた。

大腸菌は、1未満～730 個/cm³で、検出されなかったものが43%（10基/23基）であった。

浄化槽の処理水質は、居住人数が多いほど、清掃からの月数が多いほど不安定になると考えられるが、今回実施した市町村管理の5人槽10型式、23基の浄化槽調査では、構造例示型、高度処理型、コンパクト型において、居住人数4人または5人で清掃からの経過期間11ヵ月の場合でもBOD 10 mg/L以下の良好な処理が確認された。モアコンパクト型は、おおむね処理性能を満足しているが、他の構造類別よりもBODと

TOCが高い傾向が見られた。

平成26年度の大阪府の7条検査におけるモアコンパクト型5人槽のBOD 20 mg/L以下の適合率は、居住人数4人においてコンパクト型と比較して大きく低下する型式があった⁵⁾事が示されている。浄化槽の運転状況について、設置基数が増えているモアコンパクト型など、調査型式を広げた調査を継続して実施する必要があると考えられた。

謝辞

本調査を実施するに当たり、富田林市下水道課、PFI事業者藤野興業(株)の方々には、お忙しい中、調整および立ち会いのご協力を頂きました。また大阪大学医学部医学科の学生諸君には現地調査に協力を頂きました。ここに深謝申し上げます。

文献

- 1) 市村浩一郎：地方財政と下水道整備事業に関する質問主意書，平成18年6月7日提出，質問第309号
- 2) 遠藤誠作：地方公営企業の現状と課題～水道事業を中心に～，日経研月報，2013.9
- 3) 総務省自治財政局地域企業経営企画室：平成15年度決算における経費回収の状況について，今後の下水道財政のあり方に関する研究会報告書16，平成18年3月
- 4) 大阪府の生活排水処理の現状，大阪府HP，http://www.pref.osaka.lg.jp/kankyohozen/sei-hai/sei-hai_genjyo.html 最終確認平成28年5月31日
- 5) 奥村早代子，中野仁，波元恭子，森川洋佑：住宅に設置される浄化槽の使用水量および放流水質について，第29回全国浄化槽技術研究集会，97-101(2015)
- 6) 平成26年度末における浄化槽の設置状況等について(お知らせ)，環境省ホームページ <http://www.env.go.jp/press/101999.html> 最終確認日平成28年5月30日
- 7) 平成24年度、平成23年度、平成22年度7条検査結果による型式別・人員比とBODの関係，福島県浄化槽協会ホームページ (<http://www.f-jkjk.com/>) より

- 8) 処理形態別 BOD 一覧（浄化槽全体），公益社団法人岩手県浄化槽協会、岩手県浄化槽検査センターホームページ，
<http://iwjoso.sakura.ne.jp/gijutsu/11bod/itiran.html#syoribetu>
- 9) 奥村早代子，東恵美子，肥塚利江，浅野和仁：小型浄化槽の運転状況と処理水質の実態調査（第 1 報），大阪府立公衛研所報，53，76-80（2015）
- 10) 最近の排水基準等の動向について 大腸菌、下層 DO、透視度，公益社団法人日本下水道協会ホームページ，<http://www.jswa.jp/haisuidoukou> 最終確認
平成 28 年 5 月 31 日