

## 報告

### し尿処理施設に搬入される浄化槽汚泥の排出特性

田所正晴  
(環境工学部)

#### Note

#### Study on Characteristics of Domestic Wastewater Treatment Sludge Collected in Night Soil Treatment Plant

Masaharu TADOKORO  
(Environmental Engineering Division)

#### 1. はじめに

近年、生活排水対策の整備が進むにつれて、各種用途の建築物に合併処理浄化槽が設置されるようになってきた。このため、合併処理浄化槽から清掃時に排出される浄化槽汚泥の収集量が増加するとともに、その性状も多様化する傾向にある。

浄化槽汚泥は一般廃棄物であるため、その大部分はし尿処理施設でし尿と混合処理されているが、し尿処理施設は本来し尿処理を目的として整備された施設であるため、浄化槽汚泥の混入率が著しく高くなると運転に支障を来したり、効率的な処理が難しくなる。しかし、神奈川県の場合下水道の急速な普及によりし尿搬入量が大幅に減少していること、浄化槽は現在でも全国で4番目に多い約45万基が設置され浄化槽汚泥搬入量も非常に多いことなどから、県内のし尿処理施設では浄化槽汚泥混入率が平均71%で、全国平均の2倍以上と非常に高いのが特徴である<sup>1)2)</sup>。

一方、最近のレストランや中華料理店など油分濃度の高い排水を排出する飲食店に合併処理浄化槽が設置されるケースも多く、このような建築用途から油分濃度の高い浄化槽汚泥が多く排出されるようになったが、その特性がまだ明らかでないため、し尿処理施設の運転管理を困難にしている<sup>3)</sup>。また、最近普及の著しい小規模合併処理浄化槽の汚泥特性についても十分に把握されていないのが現状である。

しかし、し尿処理施設の機能の安定化を図るには、処理対象、すなわち搬入される浄化槽汚泥の特性を的確に把握して運転することが基本である。

そこで、本研究はし尿処理施設の処理計画の適正化および処理機能の安定化を図ることを目的に、種々の浄化槽から収集した浄化槽汚泥の排出特性について検討を行ったので報告する。

#### 2. 方法

##### 2.1 対象浄化槽

調査対象として、一戸建ての専用住宅に設置された嫌気性濾床方式の小規模合併処理浄化槽11基(処理対象人員5～8人(平均6.6人)、実使用率57～100%(平均71%))、各種用途の建築物に設置された長時間曝気方式の中・大規模合併処理浄化槽7基(処理対象人員210～1,500人)、および学校給食センター排水処理施設1基を選定した。

##### 2.2 浄化槽の清掃時期および清掃方法

対象浄化槽の清掃は、厚生省令で定める回数に基づいて行い、特に小規模合併処理浄化槽については設置後または清掃後1年経過時とした。清掃作業は、厚生省関係浄化槽法施行規則第3条の「清掃の技術上の基準」に準じて行った。

### 2.3 浄化槽汚泥の発生量および性状の測定分析

浄化槽汚泥の発生量は、清掃終了時に汚泥を収集したバキューム車の容量計により測定した。汚泥試料は、バキューム車のタンクより汚泥を少量吐出して採取した。汚泥の性状は、下水試験方法に準じて分析した。ただし、油分中のグリセライドの組成はTLC/FID法(薄層自動分析装置：ヤトロン製、イアトロスキャンMK-5型)により分析した<sup>4)5)</sup>。

## 3. 結果および考察

### 3.1 小規模合併処理浄化槽の浄化槽汚泥の特性

#### (1) 汚泥発生量

対象浄化槽の汚泥発生量は表1のとおりで、3.1～5.8m<sup>3</sup>/基・年(平均4.3m<sup>3</sup>/基・年)の範囲にあった。

表1 小規模合併処理浄化槽の汚泥発生量(n=11)

項目	最小値	最大値	平均値	標準偏差
槽容量 (m <sup>3</sup> )	2.848	5.046	4.005	0.772
処理対象人員 (人)	5	8	6.6	1.1
実使用人員 (人)	3	6	4.6	0.8
実使用率 (%)	57	100	71	12
汚泥量 (m <sup>3</sup> )	3.10	5.80	4.30	0.87
汚泥量/槽容量比 (-)	0.84	1.30	1.08	0.13
洗浄水量 (m <sup>3</sup> )	0.22	1.25	0.62	0.31
洗浄水量/槽容量比 (-)	0.08	0.30	0.16	0.07
処理人員当たり汚泥量				
(m <sup>3</sup> /人・年)	0.53	0.77	0.65	0.07
(ℓ/人・日)	1.45	2.11	1.77	0.19
実使用人員当たり汚泥量				
(m <sup>3</sup> /人・年)	0.68	1.16	0.93	0.13
(ℓ/人・日)	1.86	3.18	2.55	0.35

注) 槽容量：浄化槽の有効容量(浄化槽メーカーによる測定値)

浄化槽の有効容量に対する汚泥量の比(容量比)は0.84～1.30倍(平均1.08倍)の範囲にあった。清掃時には浄化槽容量に対して8～30%の水量が洗浄水として使用されていたことから、容量比が大きい浄化槽は清掃に多量の洗浄水を必要としたためと考えられた。すなわち、洗浄水は汚泥量を増減させる大きな影響因子であると思われる。

また、図1から明らかなように、1基当たりの汚泥発生量は浄化槽の処理対象人員や実使用人員が増すほど多くなる傾向を示した。この関係は回帰分析により次式が得られた(ただし、Y：汚泥発生量(m<sup>3</sup>/基・年)、X<sub>A</sub>：処理対象人員(人)、X<sub>B</sub>：実使用人員(人)、r<sub>A</sub>、r<sub>B</sub>：相関係数)。

①処理対象人員と汚泥発生量の関係式と相関係数

$$Y_A = 0.661X_A - 0.109 \quad (r_A = 0.819)$$

②実使用人員と汚泥発生量の関係式と相関係数

$$Y_B = 0.793X_B + 0.600 \quad (r_B = 0.710)$$

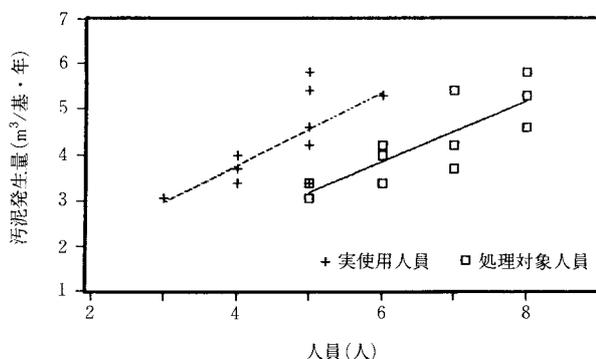


図1 小規模合併処理浄化槽の処理対象人員および実使用人員と汚泥発生量との関係

これより、小規模合併処理浄化槽の汚泥発生量は、処理対象人員や実使用人員に大きく影響され、特に処理対象人員と高い相関があることが認められた。

一方、1日1人当たりの汚泥発生量は、処理対象人員当たりで平均1.77ℓ/人・日、実使用人員当たりでは2.55ℓ/人・日と算出された。単独処理浄化槽の汚泥発生量は、厚生省の調査<sup>6)</sup>によれば、現構造基準の分離接触ばっ気方式、分離ばっ気方式で実使用人員当たりそれぞれ平均0.78、1.05ℓ/人・日、また、全国のし尿処理施設整備計画資料(昭和60～62年度)<sup>7)</sup>に基づいた平均排出量実績値で0.75ℓ/人・日と報告されている。小規模合併処理浄化槽の汚泥発生量はこれらのそれぞれ3.3倍、2.4倍、3.4倍に相当することから、単独処理浄化槽と比較して約3倍程度になるといえる。このため小規模合併処理浄化槽の普及が予測される地域のし尿処理施設では、合併処理化による浄化槽汚泥搬入量の増加対策が必要と思われる。また、同上の資料にある従来の中規模以上の合併処理浄化槽の汚泥発生量1.2ℓ/人・日<sup>7)</sup>と比較しても2.1倍と多いことから、小規模な合併処理浄化槽の場合、大規模のものに比べ汚泥が多量に発生するものと推測された。

#### (2) 汚泥の性状

汚泥の性状は、表2のとおりであった。平均的性状は、TS(蒸発残留物)は11,200mg/ℓで、このうちSSは9,990mg/ℓであった。このほかBOD<sub>3</sub>3,350mg/ℓ、COD1,890mg/ℓ、T-N530mg/ℓ、T-P64mg/ℓ、ヘキサン抽出物質(以下「油分」とする)720mg/ℓであった。

表2 小規模合併処理浄化槽汚泥の性状(n=11)

	最小値	最大値	平均値	標準偏差
pH	6.6	7.5	7.04	0.28
TS (mg/l)	3,700	22,700	11,200	6,540
SS (mg/l)	3,100	20,600	9,990	5,920
VSS (mg/l)	2,070	14,700	6,650	4,050
BOD (mg/l)	1,250	5,770	3,350	1,740
COD (mg/l)	820	4,200	1,890	990
T-N (mg/l)	240	970	530	260
T-P (mg/l)	29	150	64	36
油分 (mg/l)	160	1,550	720	530

これらの性状を腐敗型および曝気型の単独処理浄化槽の汚泥と比較すると、図2に示したように、これらの汚泥の中間の濃度であることが明らかである。

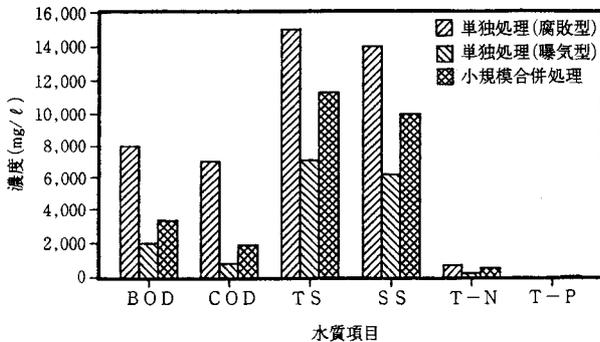


図2 単独処理浄化槽汚泥と小規模合併処理浄化槽汚泥の性状比較

また、従来の中規模合併処理浄化槽の汚泥の平均的性状<sup>6)</sup>と比較すると、沈殿槽汚泥の性状(TS9,400mg/l、BOD2,730mg/l、COD2,183mg/l、T-N564mg/l、油分446mg/l)におおむね近い値を示したが、油分については濃縮槽汚泥(750mg/l)並みの高い濃度であった。BOD:N:Pの比は平均100:16:1.9で、生物処理する場合のバランスとしては窒素がやや多いといえる。

(3) 汚濁負荷量

小規模合併処理浄化槽から排出される汚泥の発生量と

性状から汚濁負荷量を算出すると、BODが13.8kg/基・年、SS40.7kg/基・年、T-N2.2kg/基・年、T-P0.26kg/基・年、油分2.8kg/基・年となった。

したがって、表3に示したように処理対象人員1人当たり排出される汚濁負荷原単位として、BOD2.2kg/人・年、SS6.7kg/人・年、T-N0.35kg/人・年、T-P0.041kg/人・年、油分0.48kg/人・年が得られた。また、実使用人員当たりでは、BOD3.2kg/人・年、SS9.3kg/人・年、T-N0.51kg/人・年、T-P0.06kg/人・年、油分0.66kg/人・年と算出された。

表3 小規模合併処理浄化槽汚泥の汚濁負荷量(n=11)

	最小値	最大値	平均値	標準偏差
汚泥量 (m <sup>3</sup> /人・年)	0.53	0.77	0.65	0.07
TS (kg/人・年)	2.0	15.1	7.5	4.8
SS (kg/人・年)	1.6	13.7	6.7	4.3
BOD (kg/人・年)	0.79	4.5	2.2	1.3
COD (kg/人・年)	0.57	2.8	1.2	0.69
T-N (kg/人・年)	0.15	0.75	0.35	0.21
T-P (kg/人・年)	0.016	0.100	0.041	0.025
油分 (kg/人・年)	0.080	1.02	0.48	0.35

注)人：処理対象人員

3.2 中・大規模合併処理浄化槽等の浄化槽汚泥の排出特性

(1) 汚泥発生量

ここで対象とした長時間曝気方式のような中・大規模浄化槽では、保守点検業者が余剰汚泥を適時移送して濃縮後、汚泥貯留槽等に貯留し、清掃時にこれを浄化槽汚泥として引き抜く。したがって、その汚泥量は浄化槽の規模、濃縮度合、清掃頻度等によって異なる。

1回の清掃で排出される汚泥量は、その浄化槽の規模や構造、汚泥管理の状況、清掃頻度等によって異なるが、今回対象とした浄化槽の規模では表4に示したようにほとんどのものが10~30m<sup>3</sup>も排出され、数台のバキューム車が必要であった。清掃頻度は、0.5~6.0カ月毎(清掃回数2~24回/年)で広い範囲にあった。

表4 対象とした中・大規模合併処理浄化槽の概要と汚泥発生量

浄化槽等 No	建築用途	名称	処理形式	処理方法	処理規模	処理対象人員 (人)	汚泥発生量			
							1回量 (m <sup>3</sup> /回)	年回数 (回/年)	年間量 (m <sup>3</sup> /年)	人員当たり (l/人・日)
1	娯楽施設	Nゴルフ場	合併	長時間曝気	大規模	600	10.0	12	120	0.55
2	作業場	J工場	合併	長時間曝気	中規模	210	4.3	20	86	1.12
3	作業場	M工場	合併	長時間曝気	中規模	210	7.5	12	90	1.17
4	宿泊施設	M旅館	合併	長時間曝気	中規模	240	29.7	12	356	4.06
5	店舗(飲食店)	Iレストラン	合併	長時間曝気	中規模	220	10.8	2	22	0.27
6	店舗(飲食店)	Fレストラン	合併	長時間曝気	中規模	250	14.4	2	29	0.32
7	住宅施設	H団地	合併	長時間曝気	大規模	1,500	10.8	24	259	0.47
8	学校給食センター	S給食センター	—	長時間曝気	(大規模)	—	18.0	12	216	—

注1)処理規模の分類は、小：50人以下、中：51~500人、大：501人以上

注2)S給食センターの排水量：約120m<sup>3</sup>/日

処理対象人員当たりの汚泥発生量は、宿泊施設(M旅館)の浄化槽汚泥量の原単位が異常に大きかったため0.27~4.06 l/人・日と大きなバラつきがあったが、それを除けば0.27~1.17 l/人・日(平均0.65 l/人・日)の範囲にあった。M旅館の汚泥量原単位が異常に大きかった原因としては、何度も繰り返し行った増築の際に、増設の設計条件と現在の負荷量に大きな相違が生じていることが考えられた。清掃方法については、後述するようにTSで10,000mg/l以上の濃度の汚泥が得られていることから、特に問題がないと思われた。

なお、汚泥量が1.0 l/人・日を超えていた工場2基については、いずれもTSが5,000mg/l程度と低濃度であることから、汚泥管理によって濃縮度を高めたり、清掃時に濃縮された汚泥のみを引き抜くことによって汚泥量を減量化できるものと考えられた。

(2) 汚泥の性状

汚泥の性状は、表5のとおりであった。BODは3,120~20,270mg/l、TSは5,010~28,580mg/lと濃度幅が非常に大きかった。建築用途別にみると、学校給食センターや飲食店(I、Fレストラン)の汚泥がBOD10,000mg/l以上と高濃度であった。また、し尿処理施設の前処理設備の閉塞障害等を起こすため問題化している油分についても、学校給食センター、レストランおよび宿泊施設(M旅館)の汚泥が2,300mg/l以上と高く、なかでも学校給食センターの汚泥は8,830mg/lと著しく高かった。自治体によっては学校給食センターの排水処理施設から発生する汚泥を収集し、し尿処理施設で処理するところがあるが、このような高含油汚泥を受け入れることには処理機能上問題があると思われた。

このほか、場内に飲食店を有する娯楽施設(Nゴルフ場)や業務用厨房施設を有する作業場(J、M工場)の汚泥中の油分は低く、いずれも500mg/l以下であった。また、

大規模な共同住宅の浄化槽汚泥は、同じく家庭排水を処理した小規模合併処理浄化槽の汚泥とほぼ同様な性状を示したが、油分についてはその半分程度の460mg/lと低かった。この原因としては、大規模浄化槽の場合スクリーン設備が一つのプロセスとして組み込まれているため、これによって夾雑物とともにスクリーンかすとして油分が除去されたことが考えられた。

(3) 汚泥中の油分の組成

一般に、食用になる天然の油脂(グリセライド)の生物分解の経路は、まず細胞外酵素の働きによってグリセロールと高級脂肪酸等に加水分解される。このため、油分の組成を測定することにより、油脂の分解状況を推測することが可能である。

そこで、浄化槽汚泥中の油分組成をみたところ、トリグリセライドが2~7%、ジグリセライドは1,2-ジグリセライドが0~5%、1,3-ジグリセライドが0~2%、モノグリセライドが0~6%含まれ、グリセライドとしては2~17%の範囲にあった。高級脂肪酸はおおむね15~30%の範囲にあったが、工場の浄化槽汚泥と給食センターの高含油汚泥は1%以下と非常に低かった。したがって、これらの浄化槽等では油脂の分解が十分進行していないものと推測され、分解不十分の状態でし尿処理施設に搬入されていることがわかる。なお下水汚泥の油分組成は、グリセライド20~40%、高級脂肪酸40~60%との報告<sup>8)</sup>があり、それに比較すると浄化槽汚泥はいずれの含有率も低く、この違いの原因について検討が必要と思われた。

(4) 汚濁負荷量

中・大規模規模合併処理浄化槽から排出される汚泥の汚濁負荷量は表6のようになった。ただし、汚泥発生量が異常に多かったM旅館および処理対象人員で設計されていないS給食センターは除いた。

表5 中・大規模合併処理浄化槽汚泥の性状

対象浄化槽No	1	2	3	4	5	6	7	8	最小値	最大値	平均	標準偏差
建築用途 名称	娯楽施設 Nゴルフ場	作業場 J工場	作業場 M工場	宿泊施設 M旅館	飲食店 レストラン	飲食店 Fレストラン	共同住宅 H団地	給食センター Sセンター				
pH	6.50	6.58	4.99	4.99	5.60	5.40	6.82	4.93	4.93	6.82	5.73	0.74
TS (mg/l)	8,340	5,010	5,500	13,530	23,800	17,600	9,930	28,580	5,010	28,580	14,040	8,090
SS (mg/l)	7,440	3,810	4,100	12,030	19,200	13,900	8,930	26,780	3,810	26,780	12,020	7,360
VSS (mg/l)	6,470	3,220	3,750	11,010	17,000	11,000	7,040	19,870	3,220	19,870	9,920	5,640
BOD (mg/l)	5,600	6,900	6,240	7,920	14,700	10,500	3,120	20,700	3,120	20,700	9,460	5,350
COD (mg/l)	2,590	1,400	1,350	1,570	11,300	8,240	3,010	15,970	1,350	15,970	5,680	5,180
TOC (mg/l)	4,420	2,680	2,730	2,620	5,440	5,820	3,400	11,800	2,620	11,800	4,860	2,880
T-N (mg/l)	671	479	510	852	614	525	688	1,030	479	1,030	671	177
T-P (mg/l)	44.4	42.4	40.4	52.0	73.2	47.4	71.2	87.2	40.4	87.2	57.3	16.4
油分 (mg/l)	457	344	490	2,700	3,770	2,320	461	8,830	344	8,830	2,420	2,710

注) VSS: Volatile Suspended Solids(SS中の強熱減量分)

表6 中・大規模合併処理浄化槽汚泥の汚濁負荷量

対象浄化槽No	1	2	3	5	6	7	最小値	最大値	平均	標準偏差
建築用途	娯楽施設	作業場	作業場	飲食店	飲食店	共同住宅				
名称	Nゴルフ場	J工場	M工場	Iレストラン	Fレストラン	H団地				
汚泥発生量 (ℓ/人・日)	0.55	1.12	1.17	0.27	0.32	0.47	0.27	1.17	0.65	0.36
SS (kg/人・年)	1.49	1.56	1.75	1.89	1.62	1.53	1.49	1.89	1.64	0.14
BOD (kg/人・年)	1.12	2.82	2.66	1.45	1.23	0.54	0.54	2.82	1.64	0.83
COD (kg/人・年)	0.52	0.57	0.58	1.11	0.96	0.52	0.52	1.11	0.71	0.24
T-N (kg/人・年)	0.13	0.20	0.22	0.06	0.06	0.12	0.06	0.22	0.13	0.06
T-P (kg/人・年)	0.009	0.017	0.017	0.007	0.006	0.012	0.006	0.017	0.01	0.00
油分 (kg/年・人)	0.09	0.14	0.21	0.37	0.27	0.08	0.08	0.37	0.19	0.10

表より、処理対象人員当たりの汚濁負荷原単位は、BOD1.64kg/人・年、SS1.64kg/人・年、T-N0.13kg/人・年、T-P0.01kg/人・年、油分0.19kg/人・年が得られた。これは、小規模合併処理浄化槽と比較するといずれも低く、ほとんどが1/2.5~1/4程度であった。

4. おわりに

し尿処理施設に搬入される浄化槽汚泥の特性について検討した結果、以下のような知見が得られた。

小規模合併処理浄化槽の汚泥発生量は、処理対象人員当たり平均1.77ℓ/人・日、実使用人員当たりでは平均2.55ℓ/人・日で単独処理浄化槽の約3倍に相当した。汚泥の平均的性状はBOD3,350mg/ℓ、SS9,990mg/ℓ、T-N530mg/ℓ、T-P64mg/ℓ、油分720mg/ℓで、処理対象人員当たりの汚濁負荷原単位はBOD2.2kg/人・年、SS6.7kg/人・年、T-N0.35kg/人・年、T-P0.04kg/人・年、油分0.48kg/人・年が得られた。

中・大規模合併処理浄化槽の汚泥の特性は建築用途によって異なり、汚泥発生量は0.27~1.17ℓ/人・日(平均0.65ℓ/人・日)の範囲にあり、その性状はBOD3,120~20,270mg/ℓ、TS5,010~28,580mg/ℓと濃度幅が非常に大きかった。また、飲食店等の浄化槽の汚泥は高濃度の油分を含んでおり、し尿処理施設における種々の障害が懸念された。

最後に、小規模合併処理浄化槽の調査の実施にご協力をいただきました衛生研究所の小川雄比古専門研究員に深謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 厚生省水道環境部浄化槽対策室編：平成5年度浄化槽行政組織等調査(1994)
- 2) 神奈川県環境部環境整備課編：平成四年度「清掃事業の実態」、120~122(1994)
- 3) 五木田一雄：し尿処理施設における浄化槽汚泥の処理、月刊浄化槽、193、21~28(1992)
- 4) 榎ヤトロン編：ヤトロンデータ集(イアトロスキヤン分析法12)、1~4(1987)
- 5) 鎌田恒夫：TLC・FID法によるトリグリセリド組成の分析、油化学、34、36~41(1985)
- 6) 厚生省水道環境部：昭和63年度合併処理浄化槽汚泥の有効利用及び処理システムに関する調査報告書(1990)
- 7) 厚生省水道環境部監修：し尿処理施設構造指針解説、(社)全国都市清掃会議、pp.10~12(1988)
- 8) Heukelekian, H.and Mueller, P. : Transformation of some lipids in anaerobic sludge digestion, Sewage and Industrial Wastes, Vol.30, No. 9 , pp.1108~1120(1985)