

[技術資料]

# 浄化槽汚泥がし尿処理施設 に与える影響について

Influence of purifying tank sludge on the function  
of night soil treatment facilities

内藤 美雄\* 稲垣 哲\*

Yoshio NAITO and Satoshi INAGAKI

## 1. はじめに

全国の浄化槽汚泥の処理内訳は、昭和63年度実績によると、し尿処理施設によるものが78%、海洋投入が15%、下水道投入が5%、その他2%であり、し尿処理施設においてその大半が処理されている。(表-1)

一方、し尿処理施設においては、浄化槽汚泥搬入量は年々増加し、汲取りし尿の減少と相まって、搬入量に占める浄化槽汚泥の割合が次第に増加する傾向にある。(表-2)

すなわち、収集し尿を主たる処理対象としてきたし尿処理施設では、処理の比重がしだいにし尿から浄化槽汚

泥に移りつつあると言える。

し尿処理施設では、一般に、浄化槽汚泥の混合処理は処理機能を低下させると言われている。また、浄化槽汚泥混入率が3割を越えると処理機能が低下する等のことも言われることがある。ただし、これらの見解はかなり経験的な部分が大きく、その原因については十分把握されていないのが現状であろうと思われる。

し尿処理施設の浄化槽汚泥混入率は、昭和63年度の実績で全国平均約3割に達しており、今後もさらに増加が見込まれている。またそれに対応して、設備的な、あるいは運転管理上の対応を迫られる施設が今後増えていくことも予想される。

表-1 浄化槽汚泥処理量の推移 (全国)

項目	年度	昭和59年度	昭和60年度	昭和61年度	昭和62年度	昭和63年度
し尿処理施設	kl/日	17,971	19,615	21,106	22,522	23,685
海洋投入	kl/日	4,960	4,833	4,893	4,732	4,565
下水道投入	kl/日	1,641	1,697	1,670	1,510	1,563
その他	kl/日	1,155	940	873	696	669
合計	kl/日	25,727	27,086	28,542	29,459	30,482

(文献-1より)

表-2 し尿処理施設搬入量の推移 (全国)

項目	年度	昭和59年度	昭和60年度	昭和61年度	昭和62年度	昭和63年度
くみ取りし尿量	kl/日	59,748	59,654	59,374	58,254	58,278
浄化槽汚泥量	kl/日	17,971	19,615	21,106	22,522	23,685
合計	kl/日	77,719	79,269	80,480	80,776	81,963
浄化槽汚泥混入率	%	23.1	24.7	26.2	27.9	28.9

(文献-1より)

\* (財) 日本環境衛生センター東日本支局環境工学部  
Department of Environmental Engineering, East  
Branch, Japan Environmental Sanitation Center

ここでは、浄化槽汚泥に関する各種報文および過去に浄化槽汚泥混入率の増加を経験している諸施設の事例をもとに、浄化槽汚泥がし尿処理施設に与える影響とその対策を紹介する。

2. 浄化槽汚泥の質と量

(1) 浄化槽汚泥の性状

浄化槽汚泥の性状は、浄化槽の形式、使用状況、汚泥の濃縮率、清掃頻度等によって大きく異なる。表-3は、日環センターが実施した全国のし尿処理施設精密機

能検査による収集し尿および収集浄化槽汚泥の性状の集計結果である。表-3からみると、収集浄化槽汚泥は収集し尿と比較して性状の変動幅が大きいことがわかるほか、BODが約1/3、COD、SSが約1/2、全窒素が約1/6、全りんが約1/4であるなど、し尿との質的な違いがあることがわかる。

表-3 収集し尿及び収集浄化槽汚泥の性状

項目	区分	収集し尿			収集浄化槽汚泥		
		非超過確率			非超過確率		
		50%	75%	84%	50%	75%	84%
pH		8.0	8.4	8.6	7.0	7.4	7.4
BOD (mg/l)		11,000	13,000	14,000	3,500	5,500	6,800
COD (mg/l)		6,500	7,900	8,600	3,000	4,500	5,600
浮遊物質 (mg/l)		14,000	18,000	20,000	7,800	13,000	16,000
蒸発残留物 (mg/l)		27,000	32,000	35,000	10,000	16,000	19,000
全窒素 (mg/l)		4,200	4,900	5,200	700	1,100	1,400
全りん (mg/l)		480	610	680	110	190	250
塩素イオン (mg/l)		3,200	3,800	4,200	200	360	540

(注) 浮遊物質は、2mmメッシュ篩を通過した試料を分析した値

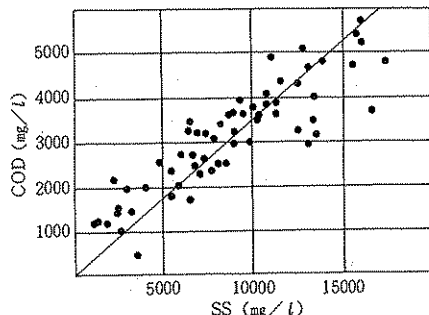
(日本環境衛生センター資料)

山田らは、し尿と浄化槽汚泥について、それぞれ除渣後とろ紙ろ過後の性状を比較し、さらに端的な質の違いを明らかにしている。(文献-2)

その報告によれば、BOD、COD、Kje-N、 $PO_4^{3-}$ 等の溶解成分が占める割合は、し尿がそれぞれ69.5%、72.4%、92.6%、86.0%と比較的高いのに対し、浄化槽汚泥ではそれぞれ28.1%、7.1%、33.1%、25.5%であり、し尿と比べてかなり低いものであった。

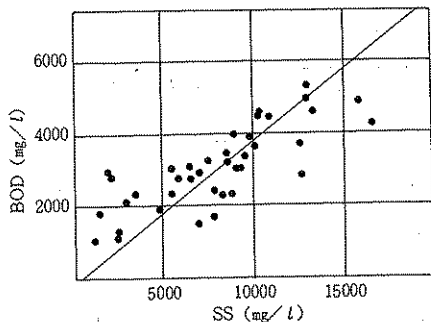
すなわち、し尿では溶解成分の占める割合が相対的に高いのに対し、浄化槽汚泥の場合には浮遊物質に基づく不溶性成分の占める割合が高い。図-1~3は同報告に示す除渣後の浄化槽汚泥の浮遊物質とBOD、COD、Kje-Nの相関グラフであるが、いずれも高い相関がみられ、浄化槽汚泥の性状が浮遊物質によって左右されて

いることがわかる。



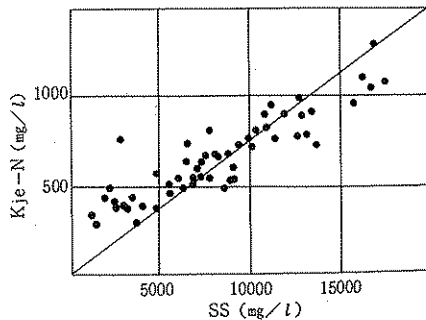
注)  $COD(mg/l) = 0.330 \times SS(mg/l) + 224 (r = 0.860)$

図-2 浄化槽汚泥の浮遊物質とCODの相関



注)  $BOD(mg/l) = 0.402 \times SS(mg/l) - 250 (r = 0.857)$

図-1 浄化槽汚泥の浮遊物質とBODの相関



注)  $Kje-N(mg/l) = 0.0686 \times SS(mg/l) + 76 (r = 0.896)$

図-3 浄化槽汚泥の浮遊物質とケルダール窒素の相関

浄化槽の型式別に収集汚泥の性状を調査した結果例を表-4~6に示す。

浄化槽汚泥の性状は、使用状況、清掃頻度等によっても大きく異なるが、型式別の特徴としては、曝気型浄化槽の汚泥の性状は腐敗型浄化槽の汚泥の性状よりも全般に低濃度である。ただし、当調査例の曝気型浄化槽はほとんどが旧構造基準に従った全曝気型浄化槽であり、現行の構造基準に従った分離曝気型にあっては、収集汚泥は沈殿分離室の汚泥が主体となるため、腐敗型の汚泥と同様の性状になると思われる。

合併浄化槽汚泥の性状は調査例が少ないが、処理方式や規模によって汚泥の引抜方法（濃縮度合い）が異なり、変動幅が非常に大きい。とくに濃縮汚泥で腐敗が進

んだものは、収集し尿よりも高いBODを示す場合がある。

## (2) 浄化槽汚泥のくみ取り量

全国の浄化槽汚泥収集量は、昭和63年度の実績で約30,500 kl/日であり、浄化槽の処理対象人口約3,330万人から1人・1日当たりの排出量を求めると、0.92 l/人・日となる。一方、同様に求めた収集し尿の1人・1日当たり排出量は1.56 l/人・日である。

浄化槽汚泥排出量は、し尿処理施設構造指針でも標準的な値が示されているが、実際には単独・合併型の別、規模、清掃方法・頻度等によって異なる。また浄化槽の清掃が計画的に行われていない場合も多く、収集量の変動を大きくしている。

なお、浄化槽汚泥の清掃状況を型式別に調査した事例によると、次のとおりである。（文献-3, 5）

- ① 曝気型浄化槽の清掃間隔は、6ヶ月以内が50%以上を占め、1年以内に清掃しているものは約90%である。

清掃時のくみ取り量は、曝気室のSVによって異なるはずであるが、実際には全容量分くみ取られている場合が多い。

- ② 分離曝気型（分離接触曝気型を含む）の浄化槽の清掃間隔は1年以内が70~80%であり、6ヶ月ごとに清掃しているものの中にはある。

清掃時のくみ取り量は、報告されていない。

- ③ 腐敗型の浄化槽の清掃間隔は分離曝気型とほぼ同じであり、1年以内が70~80%である。なお、6ヶ月ごとに清掃しているものの中にはある。

清掃時のくみ取り量は、2次処理装置部の清掃状況によっても異なるが、腐敗型にあっては腐敗槽の0.8~1.2倍である。

- ④ 合併浄化槽の清掃状況は、処理方式あるいは管理方法によって大きくことなり、実態の把握が困難である。

表-4 腐敗型浄化槽汚泥の性状

項目	平均	信頼95%範囲
pH	6.7	6.5~6.9
BOD (mg/l)	5,500	3,800~7,200
COD (mg/l)	5,750	4,200~7,300
浮遊物質 (mg/l)	9,000	5,300~12,700
蒸発残留物 (mg/l)	15,000	12,800~17,200
強熱減量 (mg/l)	8,250	3,900~12,600
全窒素 (mg/l)	550	370~730
塩素イオン (mg/l)	160	130~180

（文献-3）

表-5 曝気型浄化槽汚泥の性状

項目	平均	信頼95%範囲
pH	6.6	6.4~6.8
BOD (mg/l)	2,024	1,200~2,848
COD (mg/l)	826	433~1,211
浮遊物質 (mg/l)	6,223	3,797~8,649
蒸発残留物 (mg/l)	7,103	4,577~9,629
強熱減量 (mg/l)	6,002	3,838~8,166
アンモニア+アルブ ミノイド性窒素 (mg/l)	222	149~295
塩素イオン (mg/l)	210	161~259

（文献-4）

表-6 合併処理浄化槽汚泥の性状

項目	名称		沈殿槽汚泥		好気性浄化槽汚泥		濃縮槽汚泥	
	試料数		9		3		11	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
pH	6.35	0.54	6.9	0.19	6.6	0.58		
BOD (mg/l)	2,730	2,038	3,890	552	7,420	5,446		
COD (mg/l)	2,183	915	3,170	689	9,400	4,963		
全窒素 (mg/l)	564	372	760	220	2,168	1,397		
蒸発残留物 (%)	0.94	0.32	1.59	0.24	4.75	2.55		
強熱減量 (%)	0.65	0.29	0.91	0.21	3.48	2.39		
油類 (mg/l)	446	276	387	335	750	498		
塩素イオン (mg/l)	85	32	129	-	124	29		

（大阪府公衆衛生研究所 昭和43年-51年）

### 3. 浄化槽汚泥がし尿処理施設 に与える影響とその対策

収集浄化槽汚泥は、搬入毎の性状の変動が大きいほか、量的な変動も大きく、これをそのまま処理工程に投入すると負荷変動の原因となり、処理機能の不安定化を招く。

し尿処理施設の処理機能を安定して維持するためには、収集浄化槽汚泥の質的および量的な均等化をはかり、し尿との混合率をできるだけ一定にして処理する必要がある。

収集浄化槽汚泥は、容量3～4日程度の専用貯留槽を設け、槽内を攪拌混合することにより相当に濃度の均等化がはかれる。その1例を下記に示す。(文献-6)

収集浄化槽汚泥	2日間滞留 攪拌混合	消化槽投入汚泥
		性状の変動幅 BOD 1,150～6,700mg/l TS 4,340～16,800mg/l VM 2,300～12,800mg/l
収集浄化槽汚泥	4日間滞留 攪拌混合	消化槽投入汚泥
		性状の変動幅 BOD 3,000～5,080mg/l TS 10,200～12,000mg/l VM 7,500～9,400mg/l

現行のし尿処理施設構造指針では、収集浄化槽汚泥の質的、量的な均等化をはかるための専用貯留槽容量として、処理規模も勘案し、表-7の値を示している。ただし、収集区域内に大型の浄化槽を有する場合は、さらに収集汚泥量の最大値も考慮した容量の設定が必要である。

表-7 浄化槽汚泥専用貯留槽の容量

浄化槽汚泥処理量	容量 (m <sup>3</sup> )
10 kl/日未満	5 Qs
10 kl/日以上 30 kl未満	3 Qs + 20
30 kl/日以上	2 Qs + 50

Qs: 浄化槽汚泥計画処理量 (kl/日)

一方、浄化槽汚泥搬入量の増加は収集し尿量の減少を伴う場合が通例であり、浄化槽汚泥の有機物濃度がし尿よりも低いことから、し尿処理施設では浄化槽汚泥混入率の増加にともなって低負荷に移行する傾向にある。

表-3に示した収集し尿と収集浄化槽汚泥の平均的な性状をもとに、し尿処理施設の浄化槽汚泥混入率とBOD負荷率の関係を示すと図-4のとおりである。

図-4によると、し尿100%でのBOD負荷率を100%とすると、浄化槽汚泥混入率が30%の場合は負荷率は80%に減少し、さらに混入率が50%の場合は負荷率は66%まで減少することになる。

すなわち、浄化槽汚泥混入率の増加による影響は、収集浄化槽汚泥の質的、量的な変動による影響と総体的な低負荷への移行による影響が複合している場合が一般的であり、し尿処理施設の浄化槽汚泥対策は、収集浄化槽汚泥の質的、量的な均等化のほか、浄化槽汚泥混入率の増加に伴う低負荷対策も重要であるといえる。

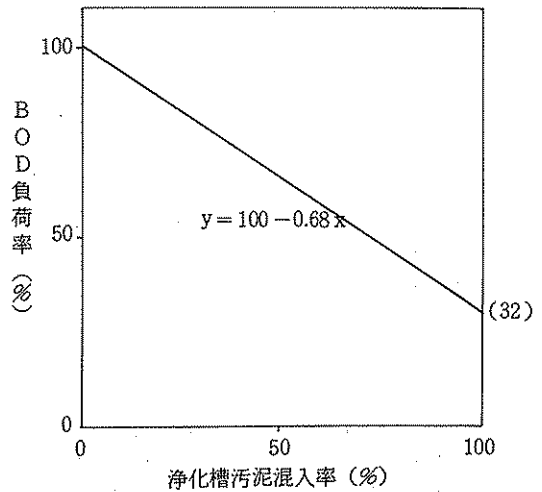


図-4 浄化槽汚泥混入率とBOD負荷率の関係

し尿処理施設の各処理方式別に浄化槽汚泥の影響とその対策をまとめると、以下のとおりである。

#### (1) 嫌気性消化処理施設

嫌気性消化処理方式によるし尿処理施設は、浄化槽の普及が増加する以前に計画され建設されたものが多く、浄化槽汚泥の専用貯留槽を有していないのが一般的である。このため、当方式の施設は、収集浄化槽汚泥の質的、量的な変動を受けやすい施設といえる。

当方式の施設は、基本的には所要容量の浄化槽汚泥貯留槽を追加整備することにより浄化槽汚泥量の増加による影響を低減させることが可能であるが、そのほか、浄化槽汚泥の混入率増加により次のような影響を生じる。

- ① 消化ガス発生量の低下
- ② 消化汚泥脱水効率の低下
- ③ 2次処理工程(活性汚泥法処理工程)の処理機能低下

① 消化ガス発生量の低下は、浄化槽汚泥混入率の増

加にともなって通例みられる現象であるが、従来、消化ガス発生量が消化機能の指標とされてきた経緯から、この現象がそのまま消化機能の低下としてとられやすい。清水らは、投入量の全量を浄化槽汚泥として嫌気性消化処理設備を1年間運転し、その結果を次のとおり報告している。(文献6)

イ. 消化ガス発生量は、平均して投入浄化槽汚泥1klあたり2.8m<sup>3</sup>であり、し尿の嫌気性消化で発生する8~9m<sup>3</sup>/klに対し約1/3であった。また、その比率はし尿と浄化槽汚泥の有機物(強熱減量)の比率とはほぼ同じであった。

ロ. 嫌気性消化処理工程のBOD除去率は平均して90%を越えており、し尿のみを処理した場合の一般的な除去率(80%前後)よりもむしろ高く、浄化槽汚泥の嫌気性消化処理によるBOD除去には問題はなかった。

すなわち、当報告によると、浄化槽汚泥混入率が増加することに伴うガス発生量の低下は、分解してガスを発生する有機物が減少するためであり、消化機能阻害による処理機能低下とは異なることがわかる。

② 消化汚泥の脱水効率低下は、無薬注タイプの遠心脱水機を使用している場合に生じる。このタイプの脱水機は、従来消化汚泥専用脱水機として多用されてきたが、浄化槽汚泥に由来するSS分の回収が困難であり、浄化槽汚泥混入率の増加に伴ってSS回収率が低下する。とくに、消化汚泥脱水分離液を受入槽等を経由して消化槽に返送している場合にその影響が大きい。その場合、第2消化槽(静置槽)では次第に汚泥が蓄積して汚泥面が上昇し、液移送時等に非定常的に汚泥が流出して脱離液の性状変動を生じることがある。

③ 2次処理工程の機能低下は、脱離液の性状の変動によっても生じるが、むしろ低負荷への移行が大きく影響している場合が多い。現象としては、低負荷運転によって曝気槽で硝化反応が進み、NO<sub>2</sub>-Nの生成による処理水CODの上昇や、沈殿槽での脱窒素反応による汚泥の浮上、流出が生じやすくなることがあげられる。

嫌気性消化処理施設の浄化槽汚泥対策は、上記のような影響に対する対策が主体となる。参考として、浄化槽汚泥の混入率が38%に達している嫌気性消化処理施設で、典型的な浄化槽汚泥対策を行っている例を紹介すると次のとおりである。当施設では、浄化槽汚泥混入率の増加に対応して次のような設備的なあるいは運転方法の改善を行い、効果をあげている。

① 貯留日数約7日分の浄化槽汚泥専用貯留槽を追加整備し、浄化槽汚泥の均等化を図っている。

② 浄化槽汚泥混入率の増加に伴って脱離液のBOD値が低下し、2次処理工程の運転が困難になってきたため、次のような変更を行っている。

イ. 消化槽の加温温度を当初設定の38℃から30℃前後に低下させ、脱離液のBOD値が過度に低下するのを防いでいる。なお、これは消化ガス発生量低下に伴う加温用燃料費増加を抑える意味もある。

ロ. 曝気槽では、流入BOD負荷の減少に対応して有効容量を減らし、さらにMLSS濃度、DO濃度を調節して硝化作用を抑制している。

③ 浄化槽汚泥混入率の増加に伴って消化汚泥脱水機のSS回収率が低下してきたため、消化汚泥を余剰汚泥脱水機で余剰汚泥と混合脱水する方法に変更している。

なお、精密機能検査の知見によれば、凝集分離設備等の高度処理設備を設けている各施設では、2次処理水の水質が多少悪化しても放流水質への影響は少ない。凝集分離設備は、放流水質の向上を目的として設置されるが、さらに1次・2次処理工程の処理機能悪化時にそれを補完する機能もあり、浄化槽汚泥混入率の増加に対するし尿処理施設の処理機能の保全対策としても有用であると考えられる。

## (2) 好気性処理施設

好気性処理方式には好気性消化処理、希釈曝気処理、一段活性汚泥法処理、二段活性汚泥法処理等の方式があるが、これら各処理方式のし尿処理施設は嫌気性消化処理施設と同様、建設当初に浄化槽汚泥専用貯留槽を有していないのが一般的であり、収集浄化槽汚泥の質的、量的な変動の影響を受けやすい施設といえる。

また、浄化槽汚泥混入率の増加に伴う低負荷への移行に対しても、活性汚泥法処理工程で硝化作用が進みやすくなるなどの影響は嫌気性消化処理施設と同様であり、沈殿槽で脱窒作用による汚泥の浮上、流出が起りやすくなる。

従って、浄化槽汚泥混入率の増加に対する対策も、所要容量の浄化槽汚泥専用貯留槽を設けて浄化槽汚泥の均等化を図るほか、とくに活性汚泥法処理工程では流入負荷の減少に対応した設備的あるいは運転管理上の低負荷対策が必要になってくる。

好気性処理施設は、曝気装置の改造と循環装置の設置など比較的軽度の改造で生物脱窒素処理方式に変更が可能であり、このため、既存施設では処理機能の安定化や

処理水質の向上を目的として一段の生物脱窒素処理方式に改造されている例が多い。それらの施設では、窒素除去機能を有するため、低負荷への移行に対しては従来の好気性処理施設よりも処理機能への影響は少なく、運転上の対応も容易である。ただし、収集浄化槽汚泥の均等化が図られておらず負荷変動が大きい場合は、一時的に窒素除去機能が低下してNOx-Nが残留し、沈殿槽で汚泥の浮上、流出が生じやすくなる。

(3) 脱窒素処理施設

標準脱窒素処理、高負荷脱窒素処理等の脱窒素処理方式による施設は、比較的新しい処理方式であり、そのほとんどが浄化槽汚泥専用貯留槽を有し、収集浄化槽汚泥の質的、量的な均等化が図られている。また、浄化槽汚泥混入率の増加に伴う低負荷への移行に対しても、窒素除去機能を有するため処理機能への影響は少なく、運転上の対応も容易である。

脱窒素処理施設では、投入負荷の均等化が図られている限り浄化槽汚泥によって処理機能に悪影響を受けることはない。また浄化槽汚泥混入率の増加に対しては、浄化槽汚泥対策よりもむしろ総体的な負荷の減少に対応した処理コストの低減化として設備的なあるいは運転管理上の改善が検討され、実施されている場合が多い。

4. 浄化槽汚泥専用処理方式について

浄化槽汚泥は、し尿に比較して溶解性の成分が少なく、SSを分離することによりBOD, COD等を効率的に除去することが可能である。

このことから、浄化槽汚泥の一次処理として直接に沈殿、濃縮、あるいは脱水処理するような浄化槽汚泥専用処理方式が開発、実用化され、現在では構造指針にも取り入れられている。

図-5に浄化槽汚泥専用処理方式の例を示す。

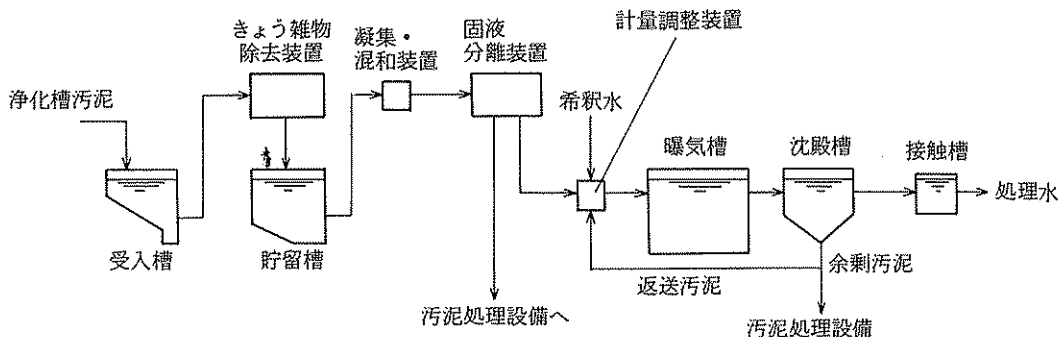


図-5 浄化槽汚泥専用処理方式の処理工程例（日本環境衛生工業会資料）

浄化槽汚泥専用処理方式では、貯留槽で浄化槽汚泥を均質化させた後、固液分離する方法と、曝気時間3日間以上の前曝気槽を設け、曝気処理した後、固液分離する方法がある。前者の場合、固液分離処理によるBOD除去率は一般的に75%程度であるが、後者の場合は、固液分離性の向上が図れるほか、ある程度溶解性にBODの除

去も期待でき、BOD除去率としては85%以上が期待できる。表-8, 9に固液分離例を示す。

浄化槽汚泥専用処理方式は従来、比較的大規模で多系列を有するし尿処理施設などの一部で採用されてきたが、今後は、浄化槽汚泥搬入量の増加にとまない、効率的な処理方式として採用事例が増えるものと思われる。

表-8 前曝気なしの固液分離例

項目	条件	除渣後 浄化槽汚泥	脱水分離液	
			無薬注	薬注
pH		7.0		
BOD (mg/l)		3,220	1,300	530
COD (mg/l)		3,490	990	330
SS (mg/l)		9,200	1,800	300
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)		310	270	260
Cl <sup>-</sup> (mg/l)		330	230	170

日本環境衛生工業会資料

表-9 前曝気後の固液分離例

項目	条件	除渣後 浄化槽汚泥	脱水分離液 (薬注)	
pH		5.5		7.6
BOD (mg/l)		3,300		360
COD (mg/l)		4,500		340
SS (mg/l)		8,000		340
T-N (mg/l)		600		290
Cl <sup>-</sup> (mg/l)		200		170

日本環境衛生工業会資料

## 文 献

1. 厚生省水道環境部環境整備課編：日本の廃棄物処理昭和63年度版
2. 山田 豊, 村田清美：低希釈2段活性汚泥法による浄化槽汚泥処理, 用水と廃水, 24, 12 (1982)
3. 伊与 亨：浄化槽汚泥の性状, 生活と環境, 26, 3 (1981)
4. 馬場恒夫, 大野 茂：浄化槽汚泥の処理方法に関する研究 (第1報), 用水と廃水, 16, 7 (1974)
5. 豊永哲夫, 森本勝也：浄化槽汚泥の搬入状況, 生活と環境, 30, 1 (1985)
6. 清水勝利：嫌気性消化槽による全量処理, し尿処理施設における浄化槽汚泥処理技術特集, 水処理技術, 9, 9 (1980)
7. 厚生省水道環境部監修：し尿処理施設構造指針解説 1988年版