技術報告

循環曝気法による浄化槽汚泥の処理について

Studies on The Treatment of Septic Wastes with
The Circulating Aeration Process.

広辺 精一*・辻 幸男**・渡辺 辰雄**・大原 勇**

Summary

Septic waste has been usually treated with night soil, but the condition of the night soil treatment goes bad by degrees when a large quantity of the septic waste is added to night soil. Therefore exclusive operating facilities for the septic waste have come into construction in recent years, however, facilities have been constructed, are not many up to now so far as we know.

There are some effects of the studies on the treatment of septic waste we have carried out by use of recirculating aeration and contact aeration processes with Alum coagulation process.

As to the characteristics of effluents from the facility we have operated, BOD values ranged from 4.4 to 1.6 mg/l and suspended solids values ranged from 4.4 to 2.9 mg/l

摘 要

1. 目 的

浄化槽汚泥専用処理施設の処理結果を報告したもので、施設規模は 30kl/日、実際処理量は月間平均 25.8 kl/日であった。

処理方法は、ロータリースクリンによる除渣、および遠心分離機による固液分離液を循環曝気法と接触酸化法による生物酸化を行った。BOD 除去過程で生成される亜硝酸の生物還元を行わせる目的で、亜硝酸除去槽を設けた。生物処理後、凝集沈殿処理を行った。

2. 成 果

生物処理水は 1.59 倍の希釈倍率で BOD 9.5ppm, COD 33.8ppm であった。凝集沈殿処理水は SS 3.6 ppm, BOD 2.8ppm, COD 15.9ppm, 色度 58 度であった。

1. ま え が き

し尿浄化槽汚泥の処理は、現在、そのほとんどが、し尿と混合して処理されているが、し尿浄化槽引抜汚泥は、し尿に比べて、質的、量的変動が大きいので、搬入量が多くなると、し尿処理機能に対する影響が大きく、処理機能を阻害することもある。したがって、し尿浄化槽汚泥搬入量の増加している大都市圏では、その対策は深刻な状況にあり、徐々に地方都市へも波及しつつある。

及しつつある。

し尿浄化槽汚泥のし尿への混入率がわづかであれば、処理機能に対する影響はほとんどないが、し尿搬入量の 30%～50%、あるいは、それ以上になると、なんらかの形で処理機能に影響が現れる。このような場合の対策として、し尿と浄化槽汚泥との受入・除渣・貯留設備を別系列にし、かつ、貯留槽を大きくして、処理系投入の質的、量的関係をできるかぎり一定にして処理の安定化を図っている場合が多いが、浄化槽汚泥の

* 蓮田白岡環境センター Seiichi HIROBE

** 古河鋳業株式会社 Yukio TSUJI, Tatsuo WATANABE, Isamu OHARA

比率が高い処理場では、浄化槽汚泥の専用処理施設で処理を行っている。今後、浄化槽汚泥の発生量が増加するに従って、専用処理方式が増加してくると思われる。

昭和56年に行われたし尿処理施設構造指針の改定も、し尿浄化槽汚泥量の増大に対処する目的で行われたものである。

当蓮田市白岡町衛生組合は、東京に近い関係で、マンション、個人住宅等の建設が盛んな地域であるので、当組合衛生センターし尿処理場へ搬入される浄化槽汚泥量も増加し、さらに増加されることも考えられるので、昭和55年度にし尿浄化槽汚泥処理専用施設の建設を行い、昭和56年4月から運転を行ってきた。施設は、老朽化して使用していなかった旧し尿処理施設を改造した施設である。

処理施設の処理方式は、好気性生物処理方式であるが、浄化槽汚泥の処理は、し尿処理に比べて、質的、量的変動への対処が容易にできることが必要であるとの見地から、従来の散気曝気方式の替りに、循環曝気方式と接触酸化方式との組合せ方式を取り入れた。この処理方式の採用によって、本報で報告するように、少ない希釈水の使用量で、すぐれた処理水質がえられた。本施設は、旧施設の有効利用を図った施設であるが、維持管理も容易であり、処理能力にもかなり余裕があると考えられるので、質的、量的変動への対処も

容易に行えると考えている。

2. 処理施設と処理方法

処理施設は、し尿浄化槽汚泥 30kl/日 処理施設で、高度処理装置として凝集沈殿設備を付加している。

2.1 処理施設概要

図-1は、処理施設のフローシートを示したものである。施設は、搬入浄化槽汚泥を沈砂、破碎、除渣、固液分離、貯留する前処理設備、循環曝気槽、接触酸化槽、亜硝酸除去槽、第一沈殿槽などの生物処理設備、および凝集沈殿設備、消毒設備で構成されている。大きな夾雜物の破碎は、破碎ポンプを使用し、除渣は、目巾2mmのロータリスクリーンを使用し、し渣はスクリーブレスで脱水する。固液分離は、遠心分離機を使用する。脱水し渣、脱水汚泥は、し尿処理から発生する汚泥と混合して焼却処理を行う。

生物処理設備は、散水ろ床を改造したもので、三区分別して、生物酸化によって生成される亜硝酸を生物化学的脱窒素を行う亜硝酸除去槽、BOD、CODの酸化分解、安定化、および窒素化合物の生物酸化を行う循環曝気槽¹⁾と、好気性微生物付着物体を浸漬した接触酸化槽で構成されている。

〔施設の構成〕

(1) 前処理設備

沈砂槽、受入槽、破碎機、破碎汚泥貯留槽、ロー

図-1 処理装置フローシート

タリスクリーン、スクリュープレス、除渣汚泥貯留槽（12.6 m^3 ）、遠心分離装置（5 m^3/Hr 処理能力）、分離液貯留槽（43.2 m^3 ）、および付属設備。

(2) 生物処理設備

亜硝酸除去槽（24 m^3 ）

ポンプ循環搅拌方式

循環曝気槽（44 m^3 ）

循環ポンプ、インジェクタ、プロワ、カセイソーダ注入装置、付属設備

接触酸化槽（22 m^3 ）

充填物：ヘチマロン 10 m^3

付属設備

消泡槽

既設槽を使用するので、接触酸化槽と沈殿槽との水位差が大きくなり、沈殿槽入口で発泡し、微細な泡が污泥に付着して沈殿槽で浮上するので、圧力水を散水して付着泡の消泡を行う。

第一沈殿槽

3.3 $\text{m} \times 3.3\text{m} \times 3.0\text{m}$ H 9.8 m^3

(3) 凝集沈殿設備

反応槽（0.34 m^3 ）

硫酸バンドの注入を行う。

凝集槽（1.1 m^3 ）

高分子凝集剤の注入を行って、沈降しやすいフロック形成を行う。

付属設備：薬注装置、污泥引抜ポンプなど

(4) 消毒設備

塩素接触槽（6.6 m^3 ）

次亜塩素酸ソーダ注入設備

(5) その他

水、アルカリ洗浄による脱臭装置、その他

2.2 処理方法

搬入浄化槽污泥は、前処理後、分離液貯留槽へ貯留して、できるかぎり均一化してから、亜硝酸除去槽へ定量供給する。

被処理液は、亜硝酸除去槽から、循環曝気槽、接触酸化槽へ流入して好気性生物処理をうけ、一部は亜硝酸除去槽へ返送され、一部は第一沈殿槽へ流入する。

第一沈殿槽の上澄水は凝集沈殿設備へ流入し、沈殿污泥は循環曝気槽へ返送される。余剰污泥は除渣汚泥貯留槽へ返送される。

生物処理をうけた処理水は、硫酸バンド、高分子凝集剤を添加して凝集沈殿処理後、次亜塩素酸ソーダで消毒して放流する。

亜硝酸除去槽の作用は、次の生物処理槽で生成される亜硝酸イオン、硝酸イオンを含んだ処理水を亜硝酸除去槽へ返送し、流入する脱水分離液と混合させることによって、分離液中の有機物が、生物化学的脱窒素反応の水素供与体となり、亜硝酸イオン、硝酸イオンが生物化学的還元作用をうけて窒素ガスになる。

凝集沈殿処理では、硫酸バンドの作用によって、BOD、COD、SS、リン、色度などが除去される。

2.3 分析方法

水質分析は、JISK0102、および下水試験方法に従った。

処理液のBOD測定は、硝化菌の影響を防止するため、あらかじめ60 $^{\circ}\text{C}$ の低温殺菌を行い、ウインクラージャ化ナトリウム変法を使用した。また、COD測定は、100 $^{\circ}\text{C}$ 、30分、酸性法を使用した。NH₃-Nの測定は、水蒸気蒸留による前処理後、ネスラー比色法、NO₃-Nは、ブルシンスルファニル酸法を使用した。色度測定は、JISK0101の吸光光度比色法を使用した。

3. 浄化槽污泥の性状

3.1 浄化槽污泥の発生量

昭和55年度末の浄化槽設置基数は370万基といわれている。²⁾また、年間の増加は約40万基といわれている。

昭和52年度の統計によれば、し尿量約93,000 $\text{kl}/\text{日}$ （1.3 $\ell/\text{人} \cdot \text{日}$ ）：84.5%、浄化槽污泥量約17,000 $\text{kl}/\text{日}$ （0.8 $\ell/\text{人} \cdot \text{日}$ ）：15.5%である。³⁾

また、昭和54年度末実績によれば、²⁾し尿浄化槽污泥の処理状況は、20,374 $\text{kl}/\text{日}$ のうち64.2%の13,072 $\text{kl}/\text{日}$ がし尿処理施設で処理され、7.2%の1,473 $\text{kl}/\text{日}$ が下水道へ投入され、24.7%の5,031 $\text{kl}/\text{日}$ が海洋投入されている。浄化槽の形式についてみれば、単独浄化槽のうち、昭和50年度に腐敗型57%、曝気型41%であったものが、昭和55年度には、曝気型が65%に増加している。また、合併処理の場合は、ほとんどが活性污泥

表1 浄化槽引抜污泥の性状(A)⁴⁾

区 分 項 目	腐 敗 式		曝 気 式	
	平均値	中央値	平均値	中央値
PH	6.7	6.6	6.6	
SS (mg/ℓ)	12,597	8,606	6,223	4,774
BOD (mg/ℓ)	6,619	4,709	2,024	1,453
COD _{20$^{\circ}\text{C}$} (mg/ℓ)	1,932	1,420	826	447
T-N (mg/ℓ)	321	356	222	203
Cl ⁻ (mg/ℓ)	203	165	210	217

表2 浄化槽引抜汚泥の性状(B)⁵⁾

	腐敗式 (n=10)	曝気式 (n=10)
PH	6.0(5.8~7.2)	6.7(6.4~7.3)
SS (mg/ℓ)	29,000 ^(12,000~37,000)	9,400 ^(7,900~20,000)
Tot-BOD (mg/ℓ)	7,900 ^(3,100~15,000)	5,600 ^(2,400~12,600)
Sol-BOD (mg/ℓ)	5,400 ^(1,500~9,200)	2,400 ^(1,200~5,200)
T-N (mg/ℓ)	425(200~740)	278(210~460)
Cl ⁻ (mg/ℓ)	220(160~270)	210(190~240)

注 宇都宮市内の採取試料分析値

法である。

以上のことから、今後の浄化槽汚泥は、酸化処理から発生する汚泥が多くなると思われる。

また、今後、浄化槽普及率が高まるのは必然的であり、したがって、浄化槽汚泥の発生量も多くなるので浄化槽汚泥の処理は、従来のし尿との混合処理から、単独専用処理に移行するのが多くなると推定される。

3.2 浄化槽汚泥の性状

表1、表2は、浄化槽汚泥の一般的な性状を示したものであるが、し尿に比べて、PHが低く、BOD、CODともに低いが変動が大きい。また、曝気型は腐敗型に比べて汚濁物質濃度が低くなっている。し尿との大きな相違点は、曝気型において、BODのうち溶存性BODの割合が低いこと、および、窒素化合物、塩素イオン濃度が低いことである。窒素化合物、塩素イ

表3 破碎汚泥、除渣汚泥、遠心分離液の性状

区 分 項 目	破碎汚泥		除渣汚泥		遠心分離液	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
PH	7.50	0.29	7.26	0.48	7.47	0.27
T-S (mg/ℓ)	8,390	2,580	7,210	1,590	—	—
SS (mg/ℓ)	6,910	2,700	6,410	1,200	572	179
BOD (mg/ℓ)	3,660	1,330	3,110	785	701	127
COD (mg/ℓ)	2,970	946	2,930	460	525	97
NH ₃ -N(mg/ℓ)	—	—	186	33.4	60.7	19.1
NO ₂ -N(mg/ℓ)	—	—	0.17	0.25	3.41	2.41
NO ₃ -N(mg/ℓ)	—	—	0.39	0.56	19.0	16.1
T-N (mg/ℓ)	—	—	224	25.5	92.3	19.8
T-P (mg/ℓ)	—	—	—	—	26.8	6.86
Cl ⁻ (mg/ℓ)	288	67	279	29.8	254	22.4

注 56年5月～7月の分析値

オンは、浄化過程で、そのまま放流され、SS、BODのように固定化されなかったためであろう。また、表3からあきらかなごとく、浄化槽汚泥には、し尿ではみられないNO₂-N、NO₃-Nが存在する。これは、浄化槽が曝気型である場合に、汚泥中に硝化菌が存在するためであろう。遠心分離液と除渣汚泥では、T-Nがかなり相違しているが、固液分離によるSS性の窒素化合物除去以外に、なんらかの作用によって脱窒素反応がおきていることを示している。

浄化槽汚泥の性状は、浄化槽型式によって大きく異なり、また、搬入量が日によって大きく異なるので、処理施設の貯留槽は、できるかぎり大きくして、処理

表4 除渣汚泥、遠心分離液の性状

項 目 \ 年 月		56.5	56.6	56.7	56.8	56.9	平 均	構造指針
投入量 (kl/日)		24.2	25.3	26.1	27.4	25.9	25.8	
除渣汚泥	PH	7.1	7.1	7.6	7.4	7.5	7.3	—
	SS (mg/ℓ)	6,090	6,570	6,560	7,730	5,950	6,580	11,000
	BOD (mg/ℓ)	2,770	3,380	3,180	3,760	2,280	3,074	6,000
	COD (mg/ℓ)	2,820	2,760	3,200	3,470	2,440	2,938	—
	T-N (mg/ℓ)	222	225	225	237	241	230	1,000
	Cl ⁻ (mg/ℓ)	292	273	272	263	236	267	—
分 離 液	PH	7.5	7.4	7.5	7.7	7.6	7.5	
	SS (mg/ℓ)	611	535	569	1,210	933	772	
	BOD (mg/ℓ)	699	690	713	760	576	688	
	COD (mg/ℓ)	525	421	629	524	461	512	
	T-N (mg/ℓ)	105	85.3	86.7	87.7	91.5	91.2	
	T-P (mg/ℓ)	30.4	26.7	23.2	29.1	26.4	27.1	
	Cl ⁻ (mg/ℓ)	271	249	241	255	261	255	

工程への供給汚泥の均一化を図る必要がある。

4. 処理結果および考察

表4は、搬入汚泥を沈砂後、破碎ポンプで大きな夾雑物を破碎した汚泥、ロータリスクリーンで夾雑物除去を行った除渣汚泥、および、薬注型遠心分離機で固液分離を行った分離液の性状を示したものである。除渣汚泥を基準とした場合、固液分離処理で、SS 除去率88%、BOD 除去率78%、COD 除去率83%とかなり高い除去率がえられた。BOD、COD の大部分はS S性であることを示している。

し尿は、可溶性 BOD が60%以上といわれているので、⁶⁾固液分離を行っても BOD 除去率は30%程度であろう。われわれの検討結果によれば、⁷⁾し尿の固液分離による BOD 除去率33%、COD 除去率38%であった。また、し尿の凝集沈殿処理による BOD 除去率55%、COD 除去率70%であった。

し尿は、可溶性 BOD、コロイド状 BOD が大部分であるので、固液分離による BOD 除去率は低いが、浄化槽汚泥は、SS 性 BOD が多いので、生物処理の負荷を軽減するために、前処理として固液分離を行うことが必要である。

窒素化合物濃度が低く、また、固液分離による窒素除去率が高い理由と思われる点については先に述べた。

表5は、生物処理の処理水質と、さらに凝集沈殿処理を行った処理水質を示したものである。

表5 処 理 水 質

年 月		56.5	56.6	56.7	56.8	56.9	平均
処 理 水	PH	7.5	7.3	7.5	7.5	7.3	7.5
	SS (mg/ℓ)	27.7	29.5	28.3	21.0	12.3	23.8
	BOD (mg/ℓ)	8.9	7.6	9.1	12.1	9.6	9.5
	COD (mg/ℓ)	35.8	30.6	30.3	38.0	34.2	33.8
	T-N (mg/ℓ)	70.3	47.4	34.1	37.1	33.9	44.6
	T-P (mg/ℓ)	12.1	10.3	6.1	11.8	10.4	10.1
	Cl ⁻ (mg/ℓ)	160	130	188	176	186	168
	色 度(度)	115	95	101	99	98	102
凝沈処理水	PH	6.5	6.5	7.1	6.9	6.8	6.8
	SS (mg/ℓ)	2.9	3.2	3.8	3.6	4.4	3.6
	BOD (mg/ℓ)	1.7	2.1	4.0	1.6	4.4	2.8
	COD (mg/ℓ)	17.6	14.5	17.0	15.7	14.8	15.9
	T-N (mg/ℓ)	66.3	45.1	26.3	27.2	26.5	38.3
	T-P (mg/ℓ)	2.88	1.20	2.20	1.60	1.70	1.92
	Cl ⁻ (mg/ℓ)	152	125	129	131	146	137
	色 度(度)	65	46	59	58	64	58

表6 BOD、COD除去率

区分 年月	遠心分離液		処 理 液		除去率 (%)		希釈 倍率	BOD 負荷率 (kg/㎡・日)
	BOD (mg/ℓ)	COD (mg/ℓ)	BOD (mg/ℓ)	COD (mg/ℓ)	BOD	COD		
56.5	699	525	8.9	35.8	97.7	87.4	1.83	0.256
6	690	421	7.6	30.6	97.8	86.0	1.92	0.265
7	713	629	9.1	30.3	98.3	93.8	1.28	0.282
8	760	524	12.1	38.0	97.6	89.1	1.49	0.298
9	576	461	9.6	34.2	97.9	90.7	1.27	0.226
平均	688	512	9.5	33.8	97.8	89.5	1.59	0.269

(注) 除去率は希釈倍率を考慮した値である。
BOD 負荷率は分離液 BOD を基準とし曝気槽容積は循環曝気槽と接触酸化槽の合計66㎡より算出した。

生物処理における処理水 BOD 9.5ppm、除去率97.8%であった。COD については、処理水 33.8ppm、除去率89.5%であった。希釈倍率は1.59倍であった。とくに処理過程で希釈水を加えていないが、消泡水が結果的に希釈水になっている。無希釈換算すれば、処理水 BOD 15ppmとなる。

曝気槽で、カセイソーダの注入を行っているのは、凝集沈殿処理による PH 低下と、硝酸イオン生成による PH 低下を防止するために行っている。

凝集沈殿処理の硫酸バンド注入率は約200ppmであった。処理水 BOD 2.8ppm、COD 15.9ppm、T-P 1.92ppm、色度58度の処理水がえられた。

希釈倍率2倍以下の処理水質であるので、汚濁物質の総排出量はきわめて少なく、放流水域の環境保全を目的とする総量規制の主旨に適した処理結果と考えられる。

リンの除去率を高くする必要がある場合は、硫酸バンドの注入率を大きくし、かつ、処理 PH の調整を行えば解決される。

表6は、BOD、CODの除去率を示したものである。BOD 除去率97.8%、COD 除去率89.5%がえられ、処理水 BOD 9.5ppm、COD 33.8ppmは、生物処理のみで、水質汚濁防止法に基づく水質総量規制の水質基準値以下である。

浄化槽汚泥の投入量は、計画処理量の86%であった。BOD 負荷率 0.269kg/㎡・日 と低い結果になったのは、固液分離液の BOD が低いこと、および、投入量が少ないためである。現在、負荷が低いため、循環曝気機能を十分働かせていないので、投入量が増加しても良好な処理水質がえられると推定される。

表7は、窒素化合物の挙動を示したものである。し

表 7 窒素化合物の挙動

項目	区分	除渣し尿	分離液	処理水	除去率(%)
NH ₃ -N(mg/ℓ)		186	60.7	1.48	97.5
NO ₂ -N(mg/ℓ)		0.17	3.41	0.26	
NO ₃ -N(mg/ℓ)		0.39	19.0	48.8	
T-N (mg/ℓ)		224	92.3	52.1	43.6

(注) 除去率は分離液に対する値を示す

尿の場合、固液分離過程では、NH₃-Nはほとんど除去されないが、実験結果では67%除去され、硝化反応が行われている。生物処理では、NH₃-Nは97.5%除去されている。T-N除去率は43.6%であるが、処理水のNH₃-N、Org-Nの合計は3.04ppmであるので、分離液の窒素化合物のうち43.6%が硝化、脱窒素反応によって除去され、53%が硝化されている。したがって、NO₃-Nの還元反応が効率よく行われるようにすれば、T-N除去率95%以上がえられることになる。

し尿の好気性生物処理においては、BOD除去率を高くすると、し尿中のアンモニア性窒素の一部は硝化反応をうけて亜硝酸イオン、硝酸イオンを生成する。曝気が十分で、PHが高ければ、亜硝酸イオンも硝酸イオンまで酸化されるが、通常、亜硝酸イオンと硝酸イオンが共存する。亜硝酸イオンはCOD値として検出されるので、COD除去率を高めるには、有機物除去以外に亜硝酸除去も行わなければならない。本施設で、亜硝酸除去槽を設置したのは、BOD除去反応に伴って生成される亜硝酸イオンの除去を行わせるためである。亜硝酸イオン、硝酸イオンを含む処理液を亜硝酸除去槽へ返送して浄化槽汚泥と混合して嫌気性状態にすると汚泥中の基質が生物化学的脱窒素反応の水素供与体として作用し亜硝酸は窒素ガスに還元される。⁸⁾ 亜硝酸は硝酸に比べて還元作用をうけやすいので、容易に窒素ガスになるが、硝酸イオンは、亜硝酸に比べて安定であるので、浄化槽汚泥の基質では簡単に還元されない。したがって、脱窒素率を高くするには、水素供与体にメタール、あるいは酢酸などを使用するか、または、硝化反応を亜硝酸の段階で停止するようにしなければならない。脱窒素反応に関しては、すでに多くの文献が発表されているので本報では割愛した。

5. ま と め

蓮田市白岡町衛生組合し尿処理場内へ設置した浄化槽汚泥の専用処理施設の処理結果を報告したものである。

施設の規模は30kl/日 処理施設であるが、処理量は24~27kl/日であった。

搬入汚泥は大部分が曝気型浄化槽の汚泥であるのでBOD 3,660ppmと比較的低かった。

(1) 薬注型遠心分離機による固液分離による BOD 除去率は78%とかなり高い除去率を示した。

(2) 生物処理は、循環曝気槽と接触酸化槽を直列にした好気性処理方式で、処理は無希釈状態で行った。

(3) 生物処理で生成する亜硝酸を生物化学的還元する目的で亜硝酸除去槽を設け、酸化処理液を亜硝酸除去槽へ返送し、浄化槽汚泥の基質を水素供与体を使用した。

固液分離液の BOD 688ppm, COD 512ppmであった。処理液 BOD 9.5ppm, 除去率 97.8%, COD 33.8 ppm, 除去率 89.5%であった。

T-N 除去率は43.6%であるが、残存窒素はほとんど硝酸イオンまで酸化されていた。

(4) 凝集沈殿処理は、硫酸バンド、高分子凝集剤を使用した。処理水 BOD 2.8ppm, COD 15.9ppm, T-N 38.3ppm, T-P 1.92ppm, 色度58度であり、高度処理としての処理水質がえられた。

参 考 文 献

- 1) 辻, 渡辺 : PPM 1981/11 P 54
- 2) 沢池 : 生活と環境 26, No.12, 25 (1981)
- 3) 木下 : 水の処理 No.156, P2 (1980)
- 4) 馬場, 大野 : 用水と廃水 16, No.7 (1974)
- 5) 辻, 渡辺, 大原 : 未発表
- 6) 橋本 : 用水と廃水 4, No.6, 23 (1962)
- 7) 辻, 渡辺 : 未発表
- 8) 辻 渡辺 : PPM 1982/2 P 46