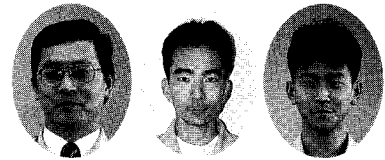


好熱性微生物を利用した余剰汚泥が 発生しない活性汚泥プロセス

Elimination of Excess Sludge Disposal with Thermophilic Bacteria in Activated Sludge System



(技)研究開発部
長 谷 川 進
Susumu Hasegawa
三 浦 雅 彦
Masahiko Miura
桂 健 治
Kenji Katsura

著者らは、これまで生物性汚泥を可溶化する好熱性細菌を分離し、その性状を調べてきた。本稿では、活性汚泥処理プロセスより排出される余剰汚泥を汚泥可溶化好熱性細菌で可溶化し、その可溶化液を活性汚泥曝気槽に返送して処理することにより余剰汚泥を著しく減少できる方法を提案した。本法を組み入れることによって、曝気槽内活性汚泥の生菌数は幾分減少する傾向にあったが、BODの除去は良好であった。ただ、処理水CODは幾分上昇する傾向にあった。従来の脱水後搬出処理する場合と比較したところ、運転経費は1/2~1/3に低減されると推算された。

A recent study on the thermophilic bacteria revealed that it can solubilize biological sludge. Based on the study, a method has been established to significantly reduce the generation of excess sludge in activated sludge system with the thermophilic bacteria in an experimental unit. The unit is mainly composed of three tanks for aeration, settling and sludge solubilization. The excess sludge was solubilized with thermophilic bacteria in the solubilization tank and returned to the aeration tank. When all solubilized sludge was returned to the reactor, excess sludge was not sufficiently reduced. The sludge concentration in the aeration tank showed a tendency to increase until sludge disposal was conducted. Increasing the solubilized sludge by three times could get rid of the need of sludge disposal. Although the counts of active bacteria in the activated sludge was on a slight descending trend, the BOD concentrations remained low. The COD concentrations in the treated water showed an upward trend. The calculated running cost of the system is about one third or one half compared to the dewatering and landfill processes in the conventional activated sludge system.

Key Words :

好 熱 性 細 菌	Thermophilic bacteria
余 剰 汚 泥	Excess sludge
可 溶 化	Solubilization
活 性 汚 泥 法	Activated sludge system

まえがき

活性汚泥法は都市下水、有機性廃水の処理技術として開発された経済的かつ効果的な生物酸化処理法である。生物処理法は、一言でいえば廃水中の有機物質を一部ガス化し、残りを生物性汚泥として処理水より分離する操作である。従って、余剰汚泥が発生することを避けることはできない。この余剰汚泥の発生量は下水道の普及とともに着実に増加しており、その処理・処分が大きな問題となっている。現在、大都市を中心に採用されている汚泥処理法としては、脱水あるいは焼却後、埋立て処分する方法が多く採用されている。¹⁾しかし、今後普及率の増大が予想される中小市町村においては、専門技術者の不足や財政面での制約等があり、大都市向けに開発された技術がそのまま適用できるとは限らず、むしろ中小市町村に適した新たな技術開発が望まれている。²⁾

汚泥処理の基本は、汚泥を出さないことであり、そのような観点から、昨年、公共下水道に関して、「発生汚泥等の処理に当たっては、脱水、焼却、再生利用等によりその減量に努めなければならない。」との責務条項を盛り込んだ下水道法の一部改正がなされた。従来の生物処理法で余剰汚泥が全く発生しないプロセスは存在しないが、汚泥の発生量の少ない生物処理プロセスとしては、第1表に示す方法が提案されている。

長時間曝気法は、曝気槽内の活性汚泥を長時間曝気することにより微生物を飢餓状態に保ち、微生物の自己分解により余剰汚泥の生成を減少させるものである。生物膜ろ過法は、充填担体に微生物を大量に保持して自己分解速度を高め、さらに、汚泥転換率の低い微小動物など多種の生物を系内に維持することにより汚泥の発生量を減少させるものである。これらの方法は、標準活性汚泥法に比べると汚泥の発生量は比較的少ないが、それでもなお余剰汚泥は発生する。

また、系外に引抜いた後の汚泥減量処理の1つとして嫌気性消化法がある。この方法はエネルギー回収ができるため魅力的な方法であるが、反応速度が遅い、消化率が低いなどといった問題が残されている。近年、これらの問題点

第1表 汚泥発生量の少ない生物処理プロセス
Table 1 List of low sludge yield process

	conventional	Extended aeration	Biological film
BOD Loading rate [kg-BOD·m ⁻³ ·d ⁻¹]	0.3~0.8	0.09~0.2	5
Sludge Yield [kg-SS·kg-BOD ⁻¹]	0.4~0.6	0.3~0.4	0.25~0.3

を克服するため、前処理法として熱処理³⁾、熱アルカリ処理⁴⁾、機械破碎処理⁵⁾、酸素処理⁶⁾などの研究が行われている。これらの方法は処理時間の短縮、消化率の向上には有効であるが、運転費が増大するため実設備ではほとんど採用されていない。

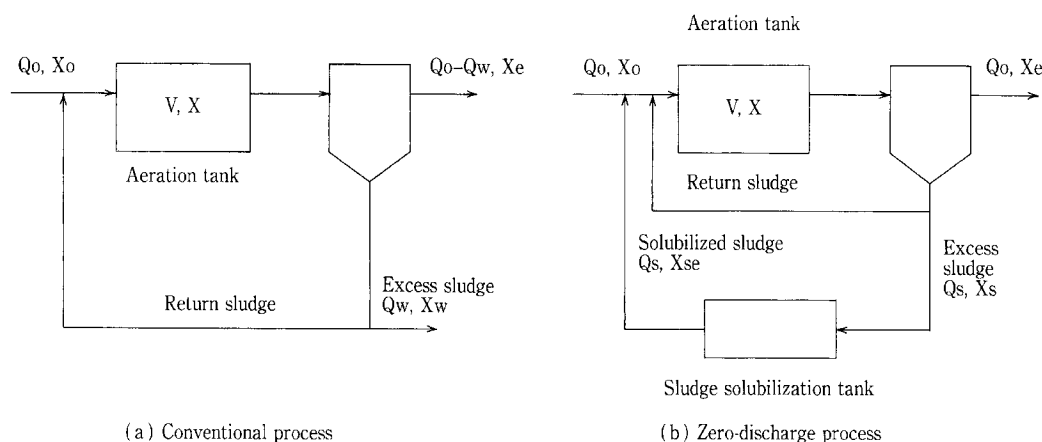
著者らは、これまでに、ある種の好熱性微生物が酵素を体外に分泌し、有機性汚泥を可溶化、さらには無機化することを明らかにした。⁷⁾本報では、余剰汚泥を好熱性微生物で可溶化し、可溶化汚泥を活性汚泥槽に返送して無機化することにより、余剰汚泥の発生をゼロにすることが可能な活性汚泥法について報告する。

1. 余剰汚泥が発生しない活性汚泥プロセスの原理

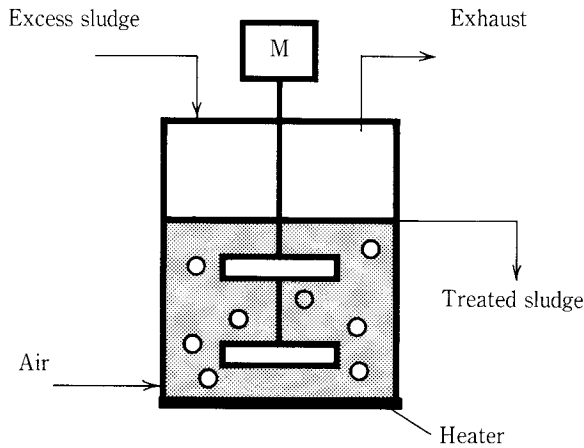
従来の標準活性汚泥法と本法の基本フローを第1図に示す。本法のフローは、従来引き抜いていた余剰汚泥を汚泥可溶化槽で可溶化し、その可溶化汚泥を曝気槽へ全量返送するという簡単なものである。

汚泥可溶化槽へ連続的に供給された余剰汚泥は、好熱性微生物が分泌する体外酵素の作用で可溶化され、一部は無機化(ガス化)される。この時、余剰汚泥を全量可溶化及び無機化できるのであれば可溶化汚泥を曝気槽へ返送する必要はないが、実際には可溶化率及び無機化率はそれぞれ30~50%、15~25%である。従って、汚泥可溶化槽への余剰汚泥供給量を調整して想定される余剰汚泥発生分を可溶化し、そして、可溶化汚泥を曝気槽へ返送して無機化することによって、余剰汚泥が発生しない活性汚泥プロセスが達成されることになる。次にその原理を説明する。

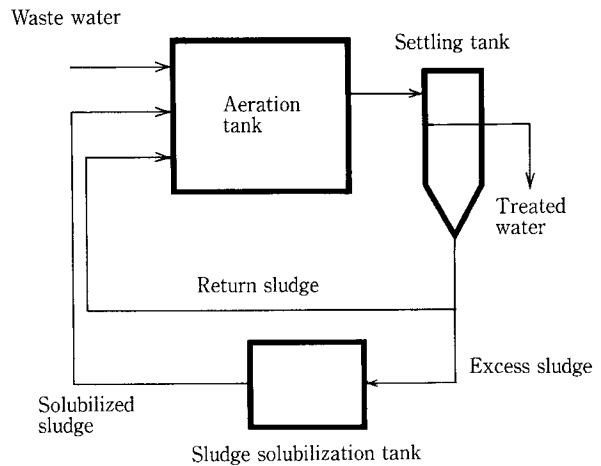
なお、可溶化率、無機化率は次のように定義した。



第1図 汚泥の出ない活性汚泥プロセス
Fig. 1 Zero-discharge activated sludge process



第 2 図 汚泥可溶化槽
Fig. 2 Sludge solubilization tank



第 3 図 実験フロー
Fig. 3 Experimental flow

可溶化率[%] = (1 - 可溶化後の VSS / 可溶化前の VSS)
無機化率[%] = (1 - 可溶化後の VM / 可溶化前の VM)

第 1 図においてプロセス周辺の汚泥収支を考える。
従来の標準活性汚泥処理法では、

$$V(dX/dt) = Y_0 \cdot Q_0 \cdot \Delta S + Q_0 \cdot X_0 - \{(Q_0 - Q_w)X_e + Q_w \cdot X_w\} \quad (1)$$

ここで、

- V : 曝気槽容積 [l]
- X : 曝気槽内汚泥濃度 [$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$]
- Y_0 : 流入 BOD に対するみかけの汚泥収率 [-]
- ΔS : 除去 BOD 量 [$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$]
- X_0 : 流入汚泥濃度 [$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$]
- X_e : 処理水汚泥濃度 [$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$]
- X_w : 余剰汚泥濃度 [$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$]
- Q_0 : 流入水量 [$\text{l} \cdot \text{d}^{-1}$]
- Q_w : 余剰汚泥引抜量 [$\text{l} \cdot \text{d}^{-1}$] である。
- $X_0 \approx 0, X_e \approx 0$ とし、定常状態を仮定すると、(1)式は次式のようにになる。

$$Q_w = Y_0 \cdot Q_0 \cdot \Delta S / X_w \quad (2)$$

本法では、

$$V(dX/dt) = Y_0 \cdot Q_0 \cdot \Delta S + Q_0 \cdot X_0 + Q_s \cdot X_{se} + Y_s \cdot Q_s \{(1 - I/100)X_s - X_{se}\} - (Q_0 \cdot X_e + Q_s \cdot X_s) \quad (3)$$

ここで、

- Y_s : 可溶化汚泥に対するみかけの汚泥収率 [-]
- X_s : 汚泥可溶化槽への流入汚泥濃度 [$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$]
- X_{se} : 汚泥可溶化槽からの流出汚泥濃度 [$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$]
- Q_s : 余剰汚泥可溶化量 [$\text{l} \cdot \text{d}^{-1}$]
- I : 汚泥可溶化槽における無機化率 [%] である。
- $X_0 \approx 0, X_e \approx 0$ とし、定常状態を仮定すると、(3)式は次式のようにになる。

$$Q_s = Y_0 \cdot Q_0 \cdot \Delta S / \{(1 - Y_s(1 - I))X_s - (1 - Y_s)X_{se}\} \quad (4)$$

余剰汚泥引抜倍率を Q_s/Q_w とすると(2)、(4)式から Q_s/Q_w は次式のようにになる。

$$Q_s/Q_w = X_w / \{(1 - Y_s(1 - I))X_s - (1 - Y_s)X_{se}\} \quad (5)$$

$X_w \approx X_s$ とすると、(5)式は次式のようにになる。

$$Q_s/Q_w = 1 / \{1 - Y_s(1 - I) - (1 - S/100)(1 - Y_s)\} \quad (6)$$

ここで、

S : 汚泥可溶化槽における可溶化率 [%]

$$S = (1 - X_{se}/X_s) \times 100$$

即ち、余剰汚泥引抜倍率 Q_s/Q_w は、可溶化汚泥に対するみかけの汚泥収率 Y_s 、汚泥可溶化槽における無機化率 I 、可溶化率 S によって決定される。

2. 実験装置及び実験方法

2. 1 好熱性微生物による余剰汚泥の可溶化

2. 1. 1 供試余剰汚泥

下水処理場の浮上濃縮汚泥と化学工場の余剰活性汚泥を用い、SS が約 1.5% となるように調整して使用した。

2. 1. 2 汚泥可溶化好熱性微生物

汚泥を可溶化する好熱菌は、通常の活性汚泥中にも存在しており、適した条件で培養することにより、集積培養が可能である。

2. 1. 3 好熱性微生物による余剰汚泥の可溶化

リアクターには第 2 図に示す有効容積 2 l のガラス製ジャーファーマンターを用いた。このリアクターに汚泥を連続的に供給し、操作温度 65 °C、攪拌速度 300 rpm、通気量 0.4 vvm の条件で可溶化実験を行った。可溶化汚泥は 2 l の位置に設置したノズルからオーバーフローさせた。また、汚泥供給量を段階的に上げることによって、汚泥可溶化槽滞留時間 (HRT) と可溶化率の関係について検討した。

第 2 表 汚泥可溶化槽の汚泥引抜条件 (人工廃水)

Table 2 Operating conditions on sludge solubilization tank (Artificial wastewater)

Run No.		1	2	3	4	
Sludge disposal on conventional process	Q_w [L·d ⁻¹]	1.8	—	—	—	
Sludge disposal on zero-discharge process	Q_w' [L·d ⁻¹]	—	1.1	0.4	0	
Solubilized sludge	Q_s [L·d ⁻¹]	0	1.8	3.6	5.4	
	Q_s/Q_w	[—]	0	1	2	3

2. 2 余剰汚泥が発生しない活性汚泥プロセス

2. 2. 1 実験装置

第 3 図に実験装置の概要を示す。曝気槽は有効容積 40 l の塩ビ製角槽、沈殿槽は 2 l とし、汚泥可溶化槽には 2, 1, 3 で用いたガラス製ジャーフェーマンターを用いた。

2. 2. 2 原水

原水としては、PGY 人工廃液と化学工場活性汚泥流入廃水を用いた。

人工廃液はポリペプトン：グルコース：酵母エキス = 1 : 1.5 : 0.25 とし、所定の濃度に調整して用いた。安定した運転を維持するため、HRT を実設備より長くとり、原水 BOD 濃度を $1200 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ と高くして BOD 容積負荷を約 $0.6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ に設定した。また、化学工場廃水は無調整のまま使用し ($\text{BOD} = 1500 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$)、BOD 容積負荷を約 $0.7 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ に設定した。

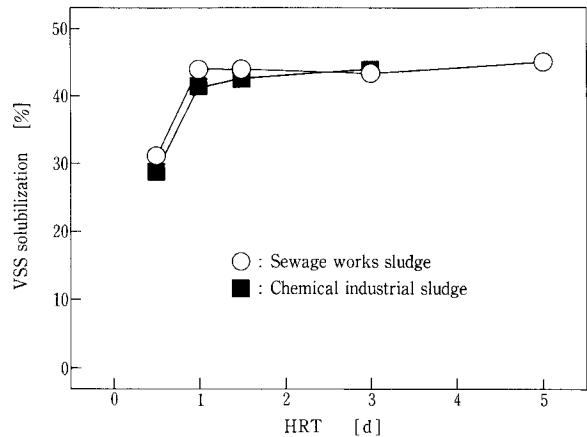
2. 2. 3 実験方法

第 2 表に人工廃水を用いた実験における汚泥可溶化槽の汚泥引抜条件を示す。

RUN-1 では汚泥可溶化槽を使用せず、余剰汚泥を系外へ引抜く従来型の標準活性汚泥法とし、MLSS が $2000 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ となるように余剰汚泥を引き抜いた。

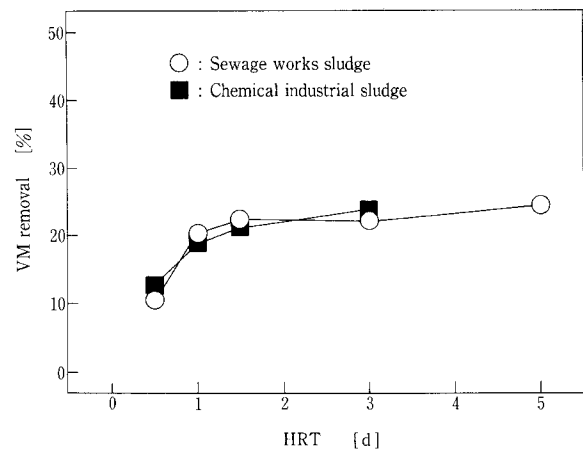
RUN-2~4 では余剰汚泥引抜倍率 Q_s/Q_w (以下、 Q_s/Q_w とする) を 3 段階に設定した。予備実験より、 $Y_s \approx 0.3$ 、 $I \approx 20\%$ 、 $S \approx 40\%$ の値が得られたため、余剰汚泥の発生しない系としては、(6)式より $Q_s/Q_w = 2.94$ となることから、RUN-4 では $Q_s/Q_w = 3$ に設定し、余剰汚泥の引き抜きを全く行わない運転を行った。また、RUN-2, 3 では Q_s/Q_w をそれぞれ 1, 2 に設定した。この条件では余剰汚泥の生成が予想されたため、引抜きを併用して、曝気槽内 MLSS を $2000 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ に維持した。汚泥可溶化槽は、HRT 1 日、操作温度 65°C で、酸素供給が律速とならないよう攪拌速度 300 rpm、通気量 0.4 vvm で運転した。

化学工場廃水を用いた実験は、2 系列行った。RUN-1 では余剰汚泥を引き抜く標準活性汚泥法を行い、MLSS を $2500 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ に調整した。RUN-2 では予備実験より $Q_s/Q_w = 3$ に設定し、余剰汚泥の引き抜きを全く行わない運転を行った。汚泥可溶化槽の操作条件は前述のとおりとした。



第 4 図 HRT と VSS 可溶化率の関係

Fig. 4 Relationship between HRT and VSS solubilization



第 5 図 HRT と VM 除去率の関係

Fig. 5 Relationship between HRT and VM removal

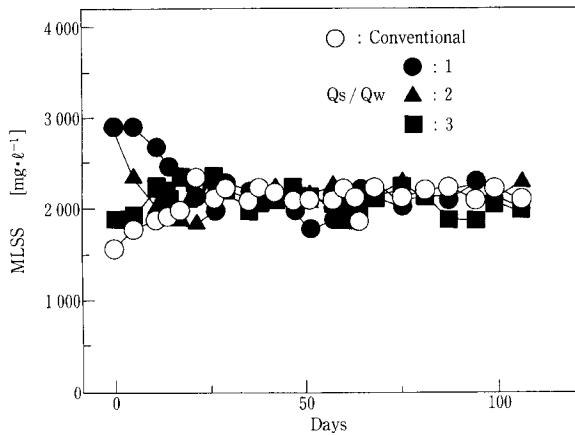
2. 2. 4 分析方法

処理水質の分析は、下水試験法に準じた。なお、全有機体炭素 (TOC) は、鳥津製作所製 TOC-500 により測定した。

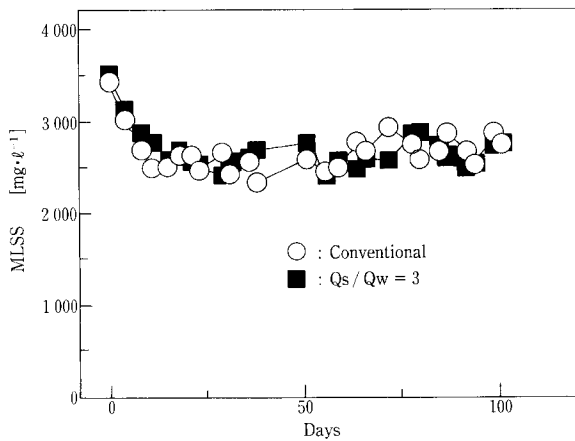
3. 実験結果

3. 1 好熱性微生物による余剰汚泥の可溶化

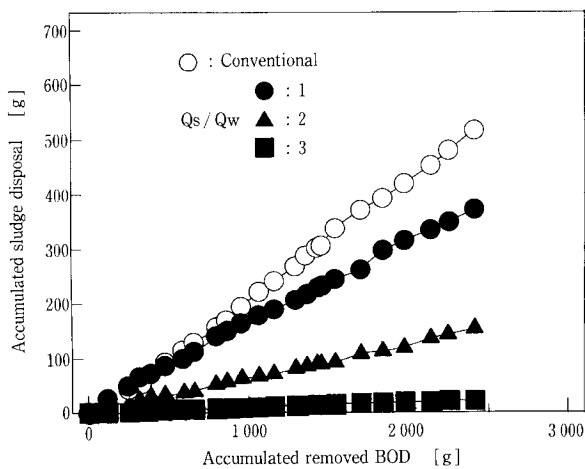
第 4 図に好熱性微生物により余剰汚泥を可溶化した場合の HRT と VSS 可溶化率の関係、第 5 図に HRT と VM 除去率の関係を示す。第 4 図から、汚泥の種類に関係なく HRT 1 日以上で 40% 以上の VSS 可溶化率が得られたが、HRT を 12 時間まで下げると 30% 前後まで低下することがわかる。これまでの実験で、余剰汚泥は好熱性微生物が関与しない場合でも熱分解により 20~25% が可溶化することがわかっていることから、HRT 12 時間の条件では、酵素生成能を有する好熱性微生物が wash-out されたため、十分な可溶化が進行しなかったものと推察される。この結果より、汚泥可溶化槽の HRT は 1 日で十分で、約 40% の



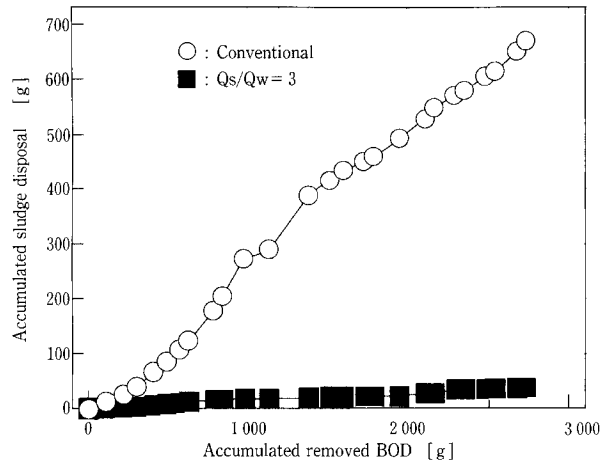
第 6 図 MLSS 経日変化 (人工廃水)
Fig. 6 Time course of MLSS
(Artificial wastewater)



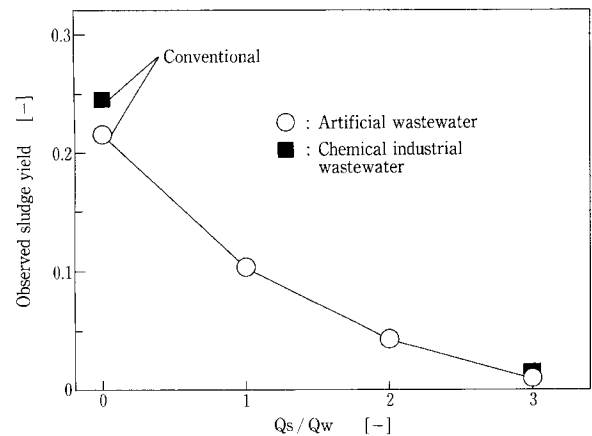
第 7 図 MLSS 経日変化 (化学工場廃水)
Fig. 7 Time course of MLSS
(Chemical industrial wastewater)



第 8 図 積算除去 BOD と積算汚泥引抜量の関係
(人工廃水)
Fig. 8 Relationship accumulated removed BOD
and accumulated sludge disposal
(Artificial wastewater)



第 9 図 積算除去 BOD と積算汚泥引抜量の関係
(化学工場廃水)
Fig. 9 Relationship accumulated removed BOD and
accumulated sludge disposal
(Chemical industrial wastewater)



第 10 図 Q_s/Q_w と見かけの汚泥収率の関係
Fig. 10 Relationship between Q_s/Q_w and observed
sludge yield

可溶化率が得られることがわかった。また、第 5 図から VM 除去率 (無機化率) も汚泥の種類に関係なく HRT 1 日以上以上の条件で 20~25% となることがわかった。

3. 2 余剰汚泥が生成しない活性汚泥プロセス

3. 2. 1 処理性能

第 6, 7 図に MLSS の経日変化を示す。人工廃液を用いた実験では、各条件において経過日数 20 日あたりから目標値の $2000 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ となり、その後安定した運転が可能であった。化学工場廃水を用いた実験においても目標値の $2500 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 前後で安定した運転が可能であった。 Q_s/Q_w をパラメータとした場合の積算除去 BOD と積算汚泥引抜量の関係を第 8, 9 図に示す。この汚泥引抜量には処理水中の SS を含んでいるため、 $Q_s/Q_w = 3$ の条件でも若干の傾きが見られるが、余剰汚泥を全く引抜かないで長期運転が可能であった。また、第 8, 9 図のグラフの傾斜はみか

第3表 処理水質 (単位: $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)
Table 3 Quality of treated water [unit: $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]

Items	Artificial wastewater					Chemical industrial wastewater		
	Raw	Run-1	Run-2	Run-3	Run-4	Raw	Run-1	Run-2
BOD ₅	1 250	< 5	< 5	< 5	< 5	1 300	< 5	< 5
SS	20	21.1	20.3	20.6	22.5	35	30.1	39.8
S-TOC	480	18.3	20.8	20.1	22.9	930	41.2	55.8
T-N	80	70	72	75	70	110	95	87
T-P	4.5	2.3	2.0	1.9	2.5	3.8	2.8	3.3

けの汚泥転換率を表しており、第10図は、第8、9図より求めたみかけの汚泥転換率と Q_s/Q_w の関係を示している。標準活性汚泥法での汚泥転換率は人工廃液で0.22、化学工場廃水で0.25であったが、 Q_s/Q_w を大きくすることによって大幅な低減が見られた。今回の実験では2種類の廃水を用いたが、 $Q_s/Q_w=3$ 、すなわち想定される余剰汚泥量の3倍量を可溶化処理することにより、廃水の種類に関係なく汚泥転換率が見かけ上ほぼゼロになり、余剰汚泥が全く発生しないプロセスが実現された。

定常時の処理水質の一例を第3表に示す。処理水BODは廃水の種類に関係なくいずれも良好で5 ppm以下であった。余剰汚泥を可溶化することによって対照系 (Run-1) と比べS-TOC, SSに若干の増加が認められたが、T-P, T-Nはほとんど同等であった。本法においては、可溶化した余剰汚泥のうち、生物難分解性のものはCODとして処理水中に流出する可能性があるため、処理水質が若干悪化したものと考えられる。

3. 2. 2 経済性

本法の運転費用は、汚泥可溶化槽の槽内温度を維持するためのエネルギーと曝気動力である。

第4表に示す経済性算出条件に基づいて、流入水当たりの運転経費を概算した。余剰汚泥濃度を2%、 $Q_s/Q_w=3$ とした時、汚泥可溶化槽への余剰汚泥供給量は $15\text{ l}\cdot\text{m}^{-3}$ となる。汚泥可溶化槽の槽内温度を維持するための供給熱量は、流出する可溶化汚泥が持ち出す熱量を流入する汚泥を用いて70~80%熱回収するものとする。この条件では、未回収熱量分及び通気ガスの持ち出す熱量分を補うための熱源として約 $0.54\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ の蒸気が必要で、これは経費にすると約 $1.4\text{ 円}\cdot\text{m}^{-3}$ になる。通気動力も約 $1.4\text{ 円}\cdot\text{m}^{-3}$ とほぼ同等で、さらに、可溶化汚泥を曝気槽で無機化するための追加曝気動力は約 $1.6\text{ 円}\cdot\text{m}^{-3}$ である。これらを合計すると、総運転経費は約 $4.4\text{ 円}\cdot\text{m}^{-3}$ となる。一方、従来どおり余剰汚泥を脱水して搬出する場合、汚泥発生量は $100\text{ g}\cdot\text{DS}\cdot\text{m}^{-3}$ となる。82%含水率ケーキとして搬出すると、搬出量は $556\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ となり、脱水搬出費用は約 $8\text{ 円}\cdot\text{m}^{-3}$ となる。これに、脱水に要する凝集剤、電力費を加算すると総脱水運転経費は約 $10.6\text{ 円}\cdot\text{m}^{-3}$ となり、本法によると運転経費を従来法の $\frac{1}{2}\sim\frac{1}{3}$ に削減できる。

第4表 経済性算出条件
Table 4 Operating conditions and cost for running cost estimation

Inf.BOD	[$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	200
Sludge yield	[$\text{kg}\cdot\text{SS}\cdot\text{kg}\cdot\text{BOD}^{-1}$]	0.5
Sludge solubilization tank		
Temp.	[$^{\circ}\text{C}$]	65
Aeration	[vvm]	0.1
Q_s/Q_w	[—]	3
Steam	[$\text{Yen}\cdot\text{t}^{-1}$]	2 500
Electricity	[$\text{Yen}\cdot\text{kwh}^{-1}$]	15
Chemicals	[$\text{Yen}\cdot\text{kg}^{-1}$]	1 000
Industrial water	[$\text{Yen}\cdot\text{m}^{-3}$]	30
Sludge disposal	[$\text{Yen}\cdot\text{m}^{-3}$]	15 000

今後、汚泥可溶化槽からの持出熱量の削減及び熱回収方法を検討することにより、更に経済的なプロセスになると考えられる。

むすび

室内実験ではあるが、廃水の種類に関係なく余剰汚泥が発生しない活性汚泥プロセスが実現することを明らかにした。現在、化学工場において写真1に示すパイロットテスト (曝気槽容積: 4.5 m^3) を実施中である。

普及率の上昇が予想される中小市町村に適した汚泥処理施設の条件をまとめれば、信頼性、安全性が高く、維持管理性が容易、かつ経済性に優れた施設ということになるが、これらの条件をすべて満足することは容易ではない。⁸⁾ 本法は処理水質に若干の課題を残すものの、維持管理も比較的容易で、汚泥処分費の大幅な削減に貢献できるため、汚泥一水処理一体型プロセスとして今後の発展が期待される。

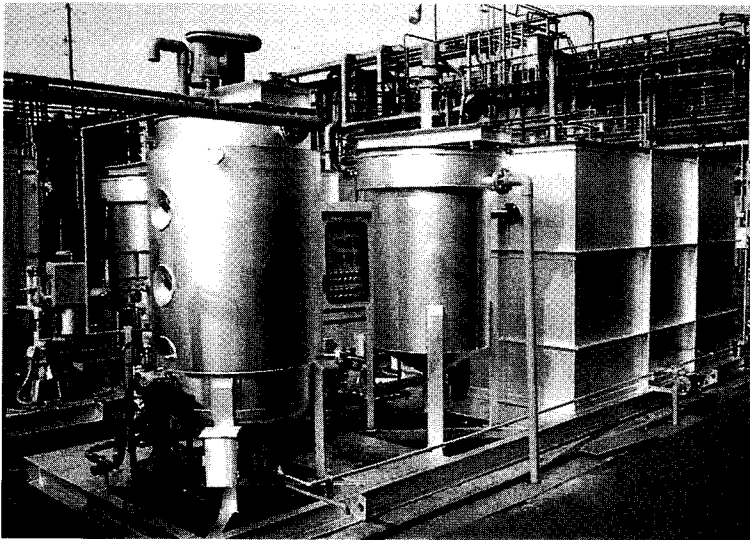


写真 1 パイロットテスト実験装置
Photo.1 Experimental Equipment for Pilot Test

最後に本研究に際し、浮上濃縮汚泥を提供頂いた神戸市建設局西事務所水環境センターの関係者の皆様に深く感謝致します。

<使用記号>

V : 曝気槽容積	[l]
X : 曝気槽内汚泥濃度	[$mg \cdot l^{-1}$]
Y_0 : 流入 BOD に対するみかけの汚泥収率	[$-$]
Y_s : 可溶化汚泥に対するみかけの汚泥収率	[$-$]
ΔS : 除去 BOD 量	[$mg \cdot l^{-1}$]
X_0 : 流入汚泥濃度	[$mg \cdot l^{-1}$]
X_e : 処理水汚泥濃度	[$mg \cdot l^{-1}$]
X_w : 余剰汚泥濃度	[$mg \cdot l^{-1}$]
X_s : 汚泥可溶化槽への流入汚泥濃度	[$mg \cdot l^{-1}$]
X_{se} : 汚泥可溶化槽からの流出汚泥濃度	[$mg \cdot l^{-1}$]
Q_0 : 流入水量	[$l \cdot d^{-1}$]
Q_w : 余剰汚泥引抜量	[$l \cdot d^{-1}$]

Q_s : 余剰汚泥可溶化量	[$l \cdot d^{-1}$]
I : 汚泥可溶化槽における無機化率	[$\%$]

[参考文献]

- 1) 渡部春樹 (1996) 汚泥処理技術の現況と将来展望, 下水道協会誌, 33 (396), pp. 12-17
- 2) 渡部春樹 (1996) 中小市町村の汚泥処理, 下水道協会誌, 33 (405), pp. 13-17
- 3) 李玉友, 野池達也 (1989) 余剰汚泥の嫌気性消化に及ぼす前熱処理および滞留時間の影響, 水質汚濁研究, 12, pp. 112-121
- 4) 鈴木重浩, 稲垣智亮 (1994) 熱アルカリ処理による嫌気性汚泥消化の効率化, 下水道研究発表会, pp. 570-572
- 5) 福島裕三ら (1990) 湿式ミルを用いた汚泥の高速消化法, 下水道研究発表会, pp. 480-482
- 6) 青木伸浩, 川瀬三雄 (1989) 下水汚泥の高温二相消化の研究, 下水道研究発表会, pp. 577-579
- 7) 長谷川進, 三浦雅彦, 桂健治 (1997) 好熱性微生物による有機性汚泥の可溶化, 下水道協会誌, 34 (408), pp. 76-82
- 8) 村上孝雄 (1996) 中小市町村の水処理技術, 下水道協会誌, 33 (405), pp. 8-12

連絡先

<p>長谷川 進 (工学博士)</p> <p>技術開発本部 研究開発部 主任研究員</p> <p>TEL 078 - 992 - 6525 FAX 078 - 992 - 6504</p> <p>E-mail s. hasegawa@pantec. co. jp</p>	<p>三浦雅彦</p> <p>技術開発本部 研究開発部</p> <p>TEL 078 - 992 - 6525 FAX 078 - 992 - 6504</p> <p>E-mail m. miura@pantec. co. jp</p>	<p>桂 健治</p> <p>技術開発本部 研究開発部</p> <p>TEL 078 - 992 - 6525 FAX 078 - 992 - 6504</p> <p>E-mail k. katsura@pantec. co. jp</p>
---	--	--