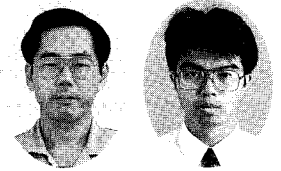


高負荷嫌気性処理装置の開発

Development of High Rate Anaerobic Treatment System



(環)製品開発室
加 治 正 廣
Masahiro Kaji
隅 晃 彦
Akihiko Sumi

嫌気性廃水処理についてはその省エネルギー性が評価され、現在も適用範囲の拡大、高効率化等様々な研究開発が行われている。本稿では、ビール製造廃水を用いて行った新型の高効率装置の実証実験結果について紹介する。装置は反応槽と分離槽で構成されており、反応槽上部でガスのみを分離した後、分離槽で菌体と処理水を分離し、菌体はリサイクルされる。菌体は粒状化しており非常に沈降速度が大きいため、分離槽は極めて小型となっている。これらの特長により、装置全体として大幅なコンパクト化が可能である。実証試験では、COD_{Cr}容積負荷32 kg/m³・dまでの条件で良好な成績を得た。

Various R&D works on anaerobic treatment are widely conducted with high appreciation of its energy saving characteristic. This paper describes the test results of a new anaerobic treatment unit, using brewery wastewater. The highly efficient unit, composed of a reactor and a separator, is designed for high organic loading. Gas is separated from wastewater at the upper section of the reactor, while biomass is separated from treated water in the separation tank for recycle. The separation tank is minimized owing to high settling velocity of granular biomass. These features can improve the overall performance of the unit. The test shows favorable results at 32 kg/m³・d COD_{Cr} loading.

Key Words :

嫌 気 性 処 理
グ ラ ニ ュ ー ル
分 離 槽
高 負 荷

anaerobic treatment
granule
separation tank
high rate

まえがき

食品製造や有機化学製品製造工程等より排出される有機物を含む廃水を微生物により分解し低濃度化する生物処理には、大きく分けて、活性汚泥法に代表される好気性処理とUASB法に代表される嫌気性処理とがある。これらの内で、最近では嫌気性処理が適用されることが多くなっている。日本国内においても多数の実設備が稼働しているが、この理由として、嫌気性処理が次のような優れた特長を備えていることが挙げられる。

1) 余剰汚泥の発生量が少ない。

有機物は主にメタンガスと二酸化炭素に分解され、好気性処理に比べ菌体への転化が少ない。

2) 省エネルギーである。

発生したメタンガスは燃料として再利用できる。また、好気性処理のように酸素を供給する必要がないため、曝気動力費が不要である。

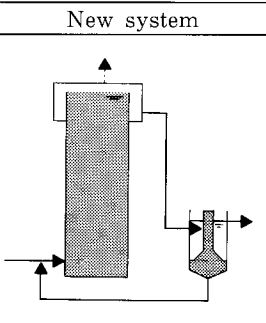
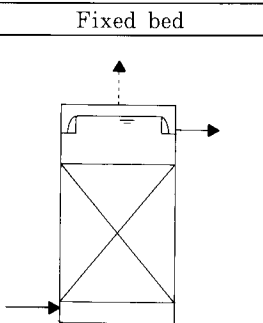
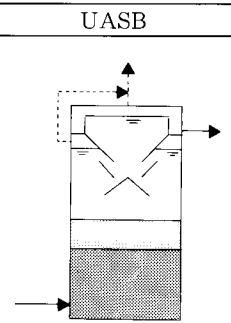
3) 省スペースである。

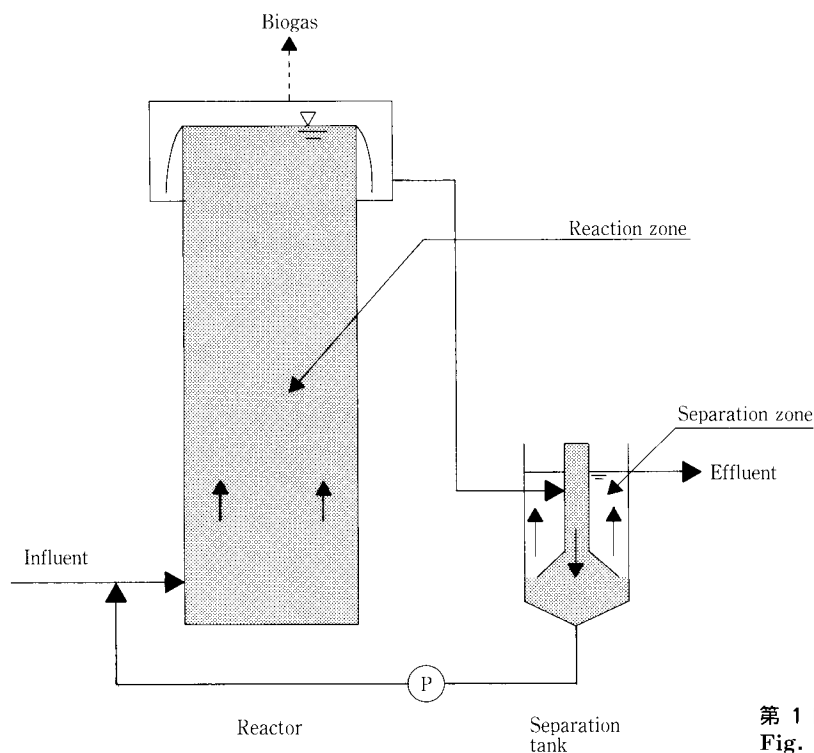
酸素の供給の制約を受けないため、高負荷での運転が可能である。結果として装置がコンパクトになる。

嫌気性処理には固定床方式とUASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) 法があり、日本国内では1996年現在固定床34基、UASB 78基がそれぞれの特性に応じた分野で稼働している。嫌気性処理の適用分野としてはビールや製糖等の食料品業界が主流となっており、日本国内では80%以上を占めている。また、最近の動向としては、UASBが多くなっている。¹⁾

第 1 表 新型装置と従来型との比較

Table 1 Comparison of new system and conventional system

	New system	Fixed bed	UASB
Structure			
Total volume	○	△	○
Volumetric loading rate	○	△	○
Concentration of microbe	○	△	○
Allowable influent SS concentration	○	◎	△
Startup	○	△	○
Others		Media required	



第 1 図 新型装置概念図

Fig. 1 Concept of new system

当社はこれらに比べて大幅に能力を向上させた新しい嫌気性処理装置を開発し、パイロットスケールでの実証試験を行った。本稿では、装置の原理・特長及びパイロットテストの実験結果について報告する。なお、第 1 表に各方式の比較を示す。

1. 原理及び特長

1. 1 システム構成

装置は、第 1 図に示す通り反応槽と分離槽の 2 槽及びリサイクルポンプで構成される。

生物処理装置における装置全体としての有機物除去能力は、微生物の保持量と活性、基質と微生物との接触効率等

の因子に影響されるものと考えられる。本装置では、主として微生物保持量を高めることにより能力の向上を図っている。その方法として、微生物を高濃度に充填した反応槽、反応槽から処理水とともに流出する微生物を回収する分離槽、回収した微生物を反応槽に戻すリサイクルポンプを組み合わせた。

1. 2 反応槽

反応槽には、グラニュールと呼ばれるメタン生成菌等からなる直径 1 ~ 2 mm 前後の粒子が充填される。

原水はリサイクルグラニュールとともに下部より導入され、原水中の有機物は、酸生成菌及びメタン生成菌の作用

第2表 新型装置容量及び設置面積
Table 2 Volume and area of new system

			New system	UASB
Conditions	Volume of granular sludge	-	1	1
	Overflow rate in separator	m/h	10	1
	Height of separator	-	0.5	1 (Reactor total)
Volume	Reactor	-	1	3 (includes GSS)
	Separation tank	-	0.05	-
	Total	-	1.05	3
		%	35	100
Area	Reactor	-	0.33	1
	Separation tank	-	0.1	0 (GSS in the Reactor)
	Total	-	0.43*	1
		%	43	100

* Pump & Maintenance space not included.

により中間生成物の有機酸を経てメタンガスと二酸化炭素に分解される。処理水はグラニューールと分離されることなく反応槽上部から流出するが、発生ガスはここで処理水と分離される。流出部には落差を設けており、グラニューールに付着したガスの分離を促進する構造としている。このため、反応槽流出水中のグラニューールは優れた沈降性を有する。

また、グラニューール充填層は底部から水面まで及んでいるため、全槽を反応領域として有効に活用できるとともに微生物を大量に保持できる。

1.3 分離槽

分離槽では、反応槽流出水からグラニューールを分離する。分離されたグラニューールは、リサイクルポンプにより反応槽へ返送される。また分離槽は、グラニューールからの発生ガス及び処理水中の残存ガスを捕集するとともに浮上グラニューールをトラップできる構造としている。

グラニューールの沈降速度はガスが付着していない場合非常に速く、実際に運転中の装置から引き抜いた直後のものについて実測した結果、0.25~0.5 mm のもので平均16 m/h、0.5~1 mm では40 m/h、1~2 mm では67 m/hとなっていた。このことはグラニューールを10 m/h 以上の高い水面積負荷で沈降分離できることを示唆している。一方、UASBではグラニューールの分離をリアクター内に設置されたGSS (Gas-Solid Separator) と呼ばれる装置により行っているが、この部分での上昇流速は1~2 m/h程度である。

本装置では、分離槽は反応槽本体と独立して設計できるためグラニューール本来の沈降速度を活かすことが可能であり、きわめてコンパクトなものとなる。

1.4 特長

1) コンパクトな設備

グラニューールを大量に保持した反応槽と小型の分離槽の組み合わせにより、設備全体として大幅なコンパクト化を達成した。UASBと比較した試算結果を第2表に示す。

なお、条件は次の通りとした。

- ・グラニューールの濃度、保持量、単位微生物量当たりの有機物処理量は同一とする。
- ・UASBにおける微生物保持容量を1、有効反応域の比

率を1/3とする。

新型装置はUASBに対し容量で35%、面積で43%となり、大幅なコンパクト化が可能であることがわかる。

2) 低い建設費

設備のコンパクト化に加え、構造がシンプルであることから建設費が低減できる。

3) 混合状態の改善

反応槽内の液上昇流速を増すことができ、また面積当たりのガス発生量も増加するため、槽内の混合状態が改善されると考えられる。このことにより、

- ① 基質と微生物との接触効率の改善によるVSS負荷の向上
- ② 流入部許容有機物濃度及びpH範囲の拡大
- ③ 流入SSの蓄積防止による流入SS濃度の許容範囲の拡大

等が期待できる。

2. パイロットテスト

前項の検討結果を基にパイロットテスト機を作成し、実廃水を用いた実証試験を行った。次にその結果の一部を示す。

本テストでは、新型装置においてグラニューールを減少させることなく運転が行えることを実証するとともに、限界負荷の確認を行うことが主目的となる。

2.1 設備概要

設備は反応槽、分離槽を主とし、回収グラニューール返送ポンプ、原水流入設備、処理水排出設備、ガス処理設備から構成される。第2図に設備のフローシートを、写真1に装置の外観を示す。

原水はビール製造廃水であり、既設廃水処理設備の加圧浮上処理水ラインより、自動弁を介してpH調整槽へ導かれる。原水はpH調整の後、返送グラニューールとともに反応槽下部より流入し、グラニューール層を上向流にて通過する過程でメタンガスと二酸化炭素に分解される。なお発生したガスは脱硫塔へ送られ、ここで硫化水素が除去される。

反応槽内でグラニューールと接触し有機物を除去された原水は、反応槽出口でガスと分離された後、グラニューールとともにトラフを通り分離槽へ送られる。反応槽上部の流出

部では、堰の上端とトラフ下面との間に落差を設けてあり、ここを流下する仮定で過程でグラニューールに付着した気泡の分離が促進され、沈降性を回復させる構造となっている。

グラニューールは分離槽で沈降分離され、これをポンプで反応槽へ返送する。分離槽内で新たに発生したガス及び再浮上してくるグラニューールは、流入部でトラップされ、沈降分離ゾーンには出ていかないようになっている。

なお、メタン発酵反応には適切な温度条件が不可欠であるため、pH調整槽内部及び反応槽外周にヒーターを設置している。

装置主要部の諸元は次の通りである。

反 応 槽	: $\phi 1000 \text{ mm} \times 7800 \text{ mmH}$	5.9 m ³
	(水深7500mmH)	
分 離 槽	: $\phi 800 \text{ mm} \times 3000 \text{ mmH}$ (半割円筒)	0.8 m ³
	沈殿部面積	0.22 m ²
pH調整槽	: $\phi 850 \text{ mm} \times 760 \text{ mmH}$	0.36 m ³
原水ポンプ	: 4.4 m ³ /h \times 15 m	1.5 kW
返送ポンプ	: 7.0 m ³ /h \times 15 m	1.5 kW
ヒーター	: pH調整槽 投込式	15 kW
	反応槽 テープ式	5 kW

原水ポンプ流量は、COD_{Cr}容積負荷 32 kg COD_{Cr}/m³・d までの実験が可能なものとした。32 kg COD_{Cr}/m³・d の場合の滞留時間は約1.5 hr となる。

2. 2 実験方法

2. 2. 1 運転方法

1) 原水量の設定

基本的には容積負荷が所定値となるよう当日午前の原水濃度に応じて原水量を調整した。実験開始当初 (Run 1 ~ 3) は各日の濃度に応じ調製したが、分離槽での流量変動の影響を避けるため、Run 4 以降は予想 COD_{Cr} 濃度が 2000 mg/L \pm 20 % 範囲に入らない場合のみ流量を変更するものとした。

2) グラニューール返送量の設定

開始当初 (Run 1 ~ 2-1) は原水に対する返送比を100 % とし、原水量に応じて調整した。Run 2 - 2 以降は、反応槽内上昇流速を一定とするため、原水量と返送グラニューール量の合計を所定の値に調整した。

2. 2. 2 実験条件

COD_{Cr} 容積負荷を12, 16, 20, 25, 32 kg COD_{Cr} / m³・d の5段階とし、それぞれ Run-1~4 とした。Run- 2 及び Run- 4 では、反応槽内の液上昇流速 (LV) を中途で変更している。第3表に運転条件の一覧及び実験結果を示す。

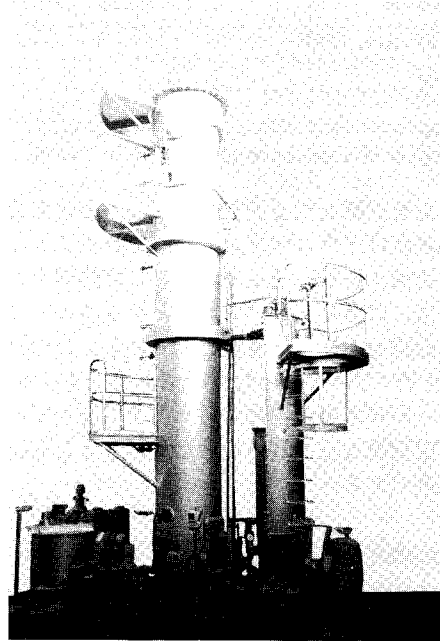
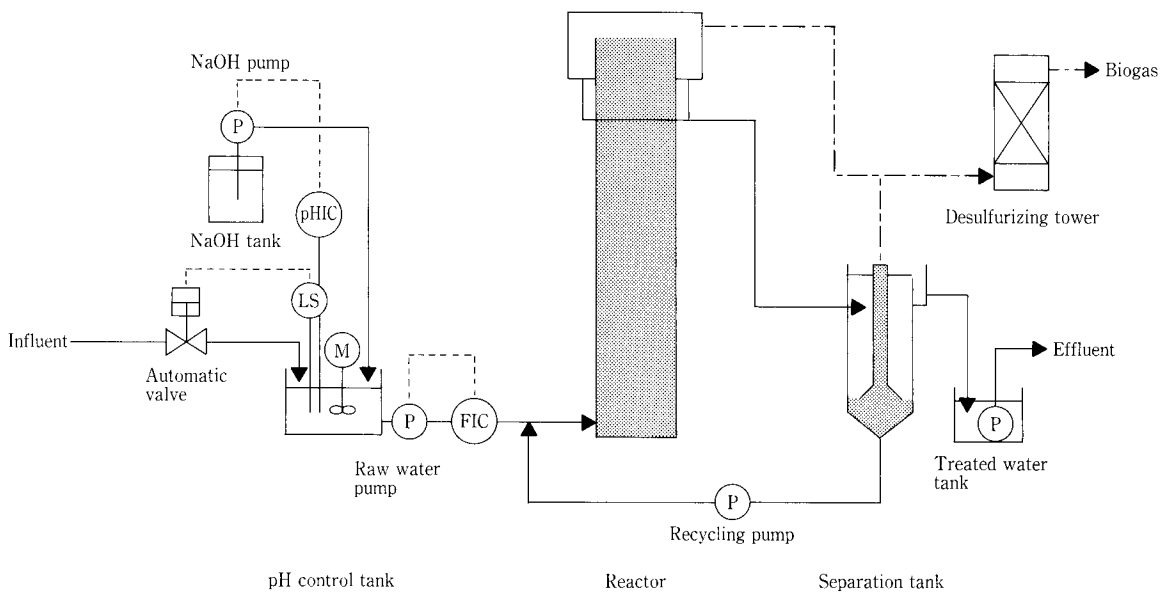


写真 1 パイロットテスト機
Photo.1 Pilot test plant



第 2 図 パイロットプラントフローシート
Fig. 2 Flowsheet of pilot plant

第3表 各期間運転条件及び結果

Table 3 Conditions and operation results (average in each condition)

			Run-1	Run-2		Run-3	Run-4		Run-5
				2-1	2-2		4-1	4-2	
Conditions									
COD _{Cr} volumetric loading rate	Target value	kg/m ³ /d	12	16	16	20	25	25	32
	Average (actual)	kg/m ³ /d	11	15	16	19	20	24	33
	Hydraulic retention time	h	4.5	3	3	2.4	1.9	1.9	1.5
Linear velocity of water	Reactor	m/h	4.2	5.6	10	6	6	7	7
	Separation tank	m/h	7.5	10	10	12.5	15.6	15.6	20
	Results								
COD _{Cr}	Influent	mg/L	2530	1940	1940	1890	2030	1940	2220
	Effluent	mg/L	537	484	428	412	514	470	522
	Removal efficiency	%	78.7	74.7	77.9	78.2	73.9	75.7	76.3
S-COD _{Cr}	Influent	mg/L			1680	1560	1830	1610	2000
	Effluent	mg/L			239	253	325	266	313
	Removal efficiency	%			85.6	83.6	81.2	83.3	84.3
BOD	Influent	mg/L	1640	1220	1150	1030	1100	1100	1260
	Effluent	mg/L	133	178	89	141	93	81	111
	Removal efficiency	%	91.4	85.5	92.4	86	95.3	91.4	90.5
SS	Influent	mg/L	313	290	174	228	236	210	280
	Effluent	mg/L	194	271	156	196	310	236	317

表中の容積負荷は、原水 COD_{Cr} 濃度を2000 mg/L、BOD 濃度を1500 mg/Lとして計算したものである。実際の負荷は原水濃度の変動により上下したが、土日の低負荷時を除き、概ね設定目標値の±30%以内となっていた。

また、原水 pH の設定値は6.7とし、NaOH の注入により制御した。また、反応槽温度は36℃～37℃とした。

2. 2. 3 水質分析

原水、処理水、反応槽内グラニューール濃度について、次の方法でサンプリング後分析を行った。

1) サンプリング方法

・原水、処理水

オートサンプラーを用いて1hr毎に採水を行い、24時間分のコンポジットサンプルを調製した。原水採取位置は、パイロットプラントのpH調整槽内とした。処理水採取位置は当初処理水槽内としていたが、Run-4-2より分離槽出口に変更した。

・反応槽内グラニューール

槽に設けたサンプリングノズル(16Aボール弁)より採取した。ノズルは上下方向に1mないし0.5mおきに設置した。

2) BOD, SS, VSS

JIS-K-0102 工場排水試験方法により分析した。グラニューールの粒径分布では、目開きが0.25, 0.5, 1.0, 2.0 mm のふるいを用いて予め分級し、それぞれについてSS, VSSを測定した。また、反応槽内グラニューール平均濃度は各高さの濃度から計算により求めた。

3) COD_{Cr}

Hach社DR-2000型簡易分析計を用い、波長620nmにおける吸光光度法により測定した。

4) 有機酸

ガスクロマトグラフ法(絶対検量線法)により測定した。カラムとしてはG-300(化学品検査協会製)を用い、カラム温度は145℃とした。

2. 3 実験結果

第3表に、各条件下における水質の平均値を示す。

2. 3. 1 有機物除去性能

1) COD_{Cr}

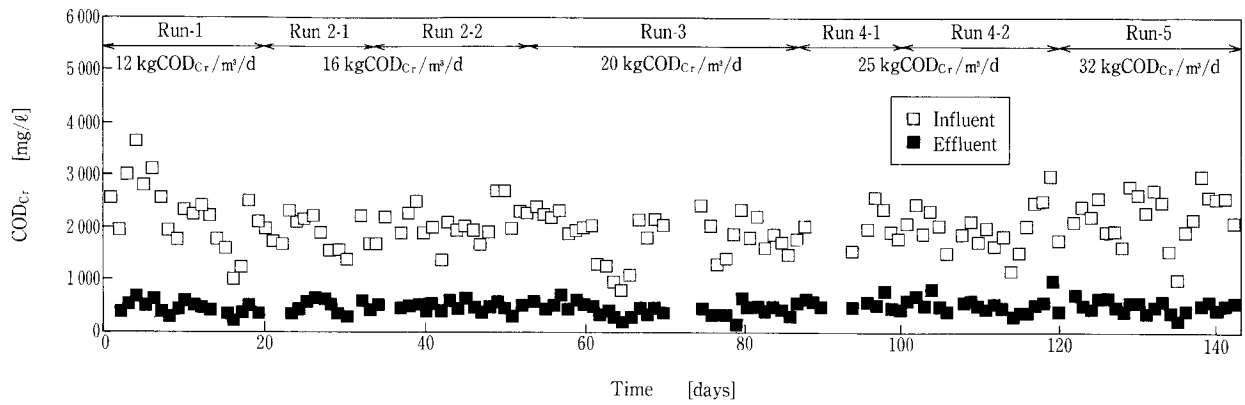
第3図に原水および処理水のCOD_{Cr}濃度の経時変化を、第4図にCOD_{Cr}除去率の経時変化を示す。

原水COD_{Cr}濃度は1300～3000 mg/Lの範囲で変動しているが、大半は当初想定濃度の2000 mg/L前後となっている。これに対して処理水COD_{Cr}濃度は原水の変動に対して比較的安定しており、ほぼ300～600 mg/Lの範囲にあり、平均では480 mg/Lとなっている。また、除去率は、概ね70～90%の範囲におさまっている。

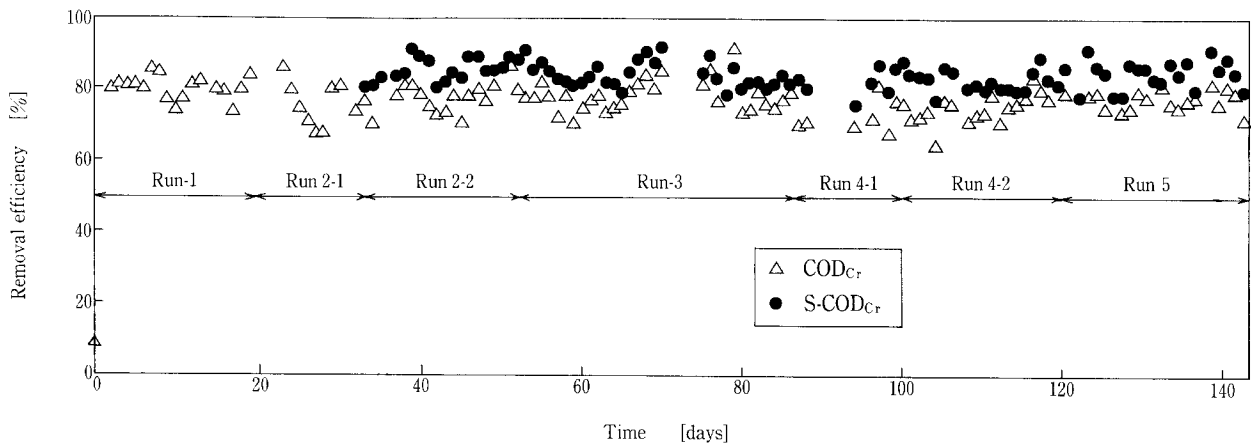
次に、第5図にCOD_{Cr}容積負荷と単位容積当たりの除去量の関係を示す。全期間のデータに対し、負荷と除去量の間には次式の関係が成立する。

$$\text{COD}_{Cr} \text{ 除去量 (kg/m}^3\cdot\text{d)} \\ = 0.77 \times \text{COD}_{Cr} \text{ 容積負荷 (kg/m}^3\cdot\text{d)} \quad (1)$$

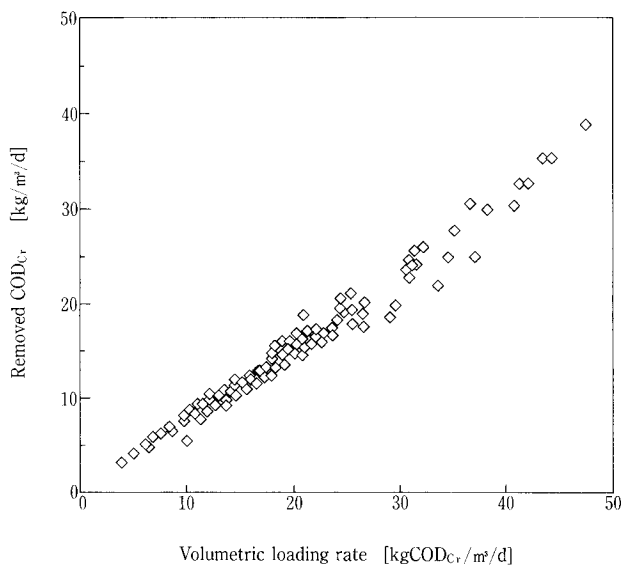
式(1)の直線の傾きは除去率を示すことになる。すなわち、全期間の平均除去率は77%となる。また、容積負荷と除去率の関係を示したのが第6図である。32 kg COD_{Cr}/m³・dまでについては負荷の上昇に伴う除去率の明確な低下はなく、ほぼ70～90%の範囲内にある。各条件毎の平均値は、第3表に示した通りであり、全体の平均では77%となっていた。同じ範囲で、溶解性COD_{Cr}(以下S-COD_{Cr})についても、負荷上昇に伴う除去率の低下は見ら



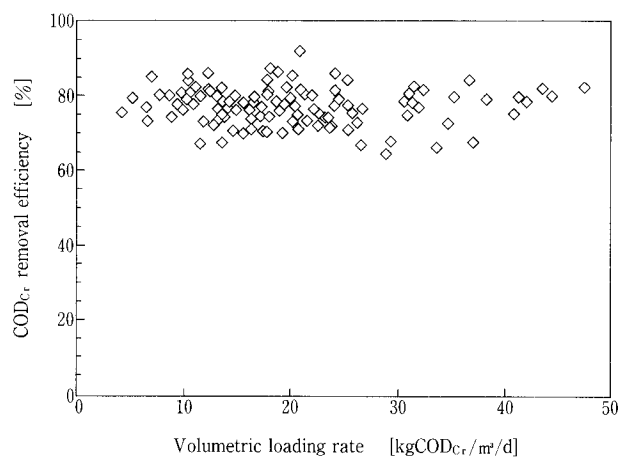
第 3 図 COD_{Cr} 濃度の経時変化
Fig. 3 COD_{Cr} concentration



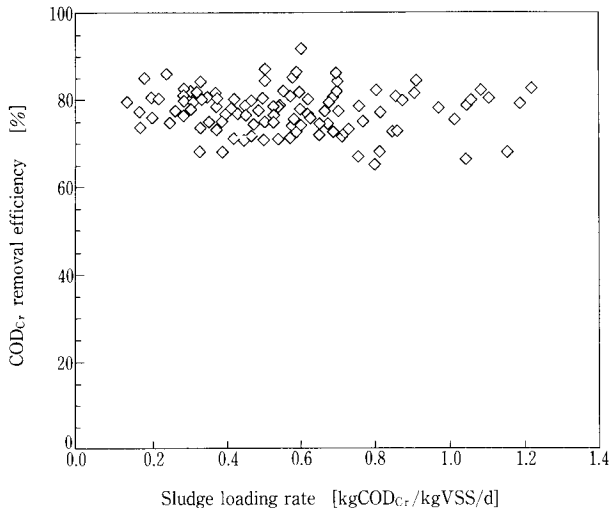
第 4 図 COD_{Cr} 除去率の経時変化
Fig. 4 COD_{Cr} removal efficiency



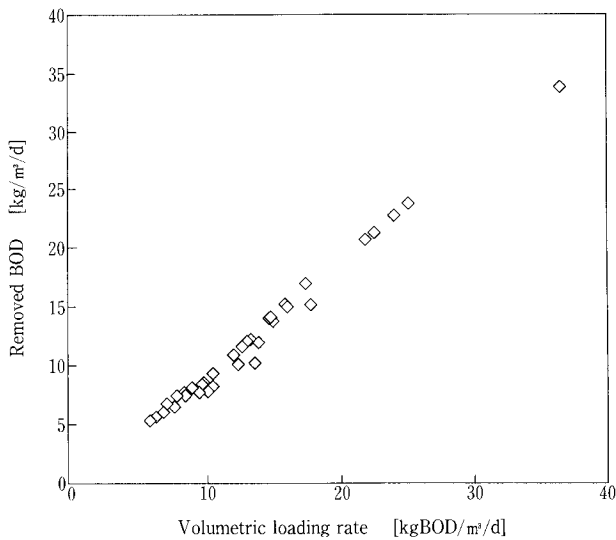
第 5 図 COD_{Cr} 容積負荷と除去量の関係
Fig. 5 Volumetric loading rate and removed COD_{Cr}



第 6 図 COD_{Cr} 容積負荷と除去率の関係
Fig. 6 COD_{Cr} Volumetric loading rate and removal efficiency



第7図 COD_{Cr} VSS 負荷と除去率の関係
Fig. 7 COD_{Cr} sludge loading rate and removal efficiency



第8図 BOD 容積負荷と除去量の関係
Fig. 8 Volumetric loading rate and removed BOD

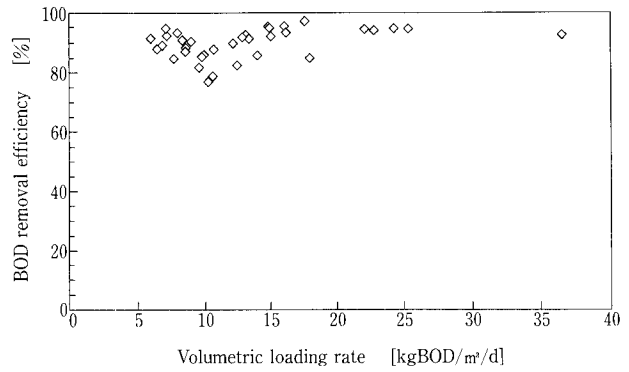
れなかった。S-COD_{Cr} 除去率はほぼ80~90%の範囲にあり、各条件毎の平均値は81~86%であった。

次に、汚泥負荷についての実験結果を示す。COD_{Cr}-VSS 負荷と COD_{Cr} 除去率の関係を第7図に示す。1.0 kg COD_{Cr}/kgVSS・d までの範囲において明確な除去率の低下はみられず、限界負荷には到達していないものとみられる。

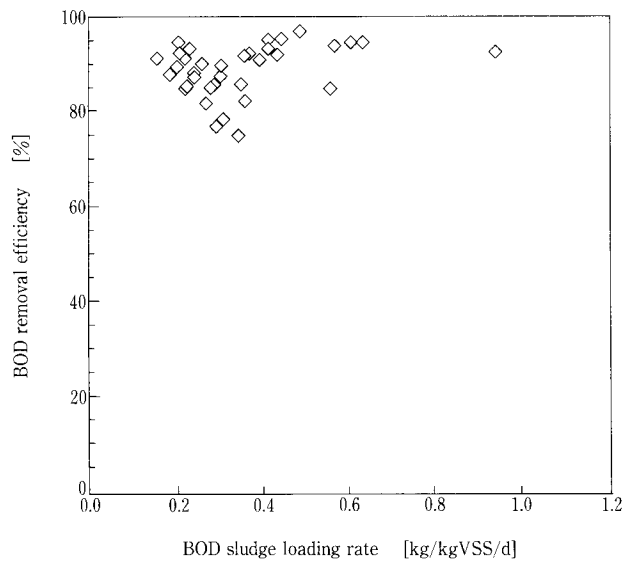
2) BOD
第8図に BOD 容積負荷と除去量、第9図に BOD 容積負荷と除去率、第10図に BOD-VSS 負荷と除去率の関係を示す。第8図に示した通り、BOD 容積負荷と除去量の間には次式の関係が成立する。

$$\begin{aligned} \text{BOD 除去量 (kg/m}^3\cdot\text{d)} \\ = 0.91 \times \text{BOD 容積負荷 (kg/m}^3\cdot\text{d)} \quad (2) \end{aligned}$$

前項と同様、式(2)の直線の傾きは除去率を示し、全期



第9図 BOD 容積負荷と除去率の関係
Fig. 9 BOD volumetric loading rate and removal efficiency



第10図 BOD-VSS 負荷と除去率の関係
Fig. 10 BOD sludge loading rate and removal efficiency

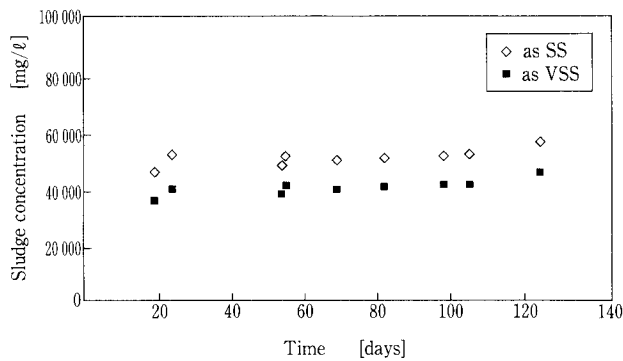
間の平均 BOD 除去率は91%となる。また、各条件における BOD 平均除去率は、第3表に示した通り86~95%となっている。容積負荷、VSS 負荷と除去率については、第9、10図に示した通り、COD_{Cr} の場合と同様負荷上昇による除去率の低下は見られない。

3) 有機酸

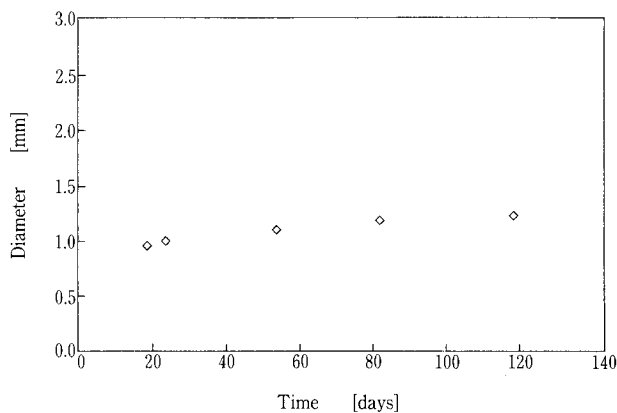
メタン発酵反応では、中間生成物として酢酸等の有機酸(VFA)が生じる。処理水中の VFA 濃度を分析した結果、COD_{Cr} 容積負荷 25 kg COD_{Cr}/m³・d までの条件では常時不検出であった。すなわち、生成した VFA はすべてメタンガスと二酸化炭素に転換されており、メタン発酵反応は良好に行われているといえる。負荷 32 kg COD_{Cr}/m³・d ではプロピオン酸がわずかに検出されたが、平均濃度 15 mg/L と非常に低濃度であった。

2. 3. 2 反応槽内グラニューール濃度及び粒径

第11図に反応槽内グラニューール濃度の経時変化を示す。濃度変動は特にみられず、SS で 50 000 mg/L、VSS で 40 000 mg/L となっている。また、SS に対する VSS の比



第11図 反応槽内汚泥濃度の経時変化
Fig. 11 Sludge concentration in the reactor



第12図 グラニュール平均粒径の経時変化
Fig. 12 Mean diameter of granule

は、平均的には80%であった。

次に、グラニュール平均粒径の経時変化を第12図に示す。平均粒径は1~1.3mmであり、わずかながら増加傾向が認められる。また第13図に、Run-1, Run-5における反応槽内グラニュールの高さ別濃度分布を示す。各高さで、明確な濃度差は認められない。

本実験では、反応槽から流出したグラニュールを回収してポンプで返送する方式をとっているためグラニュールの破壊、微細化が懸念されたが、本図からも明らかなように、そのような状況は生じていないといえ、ポンプ返送が有効であることが確認できた。

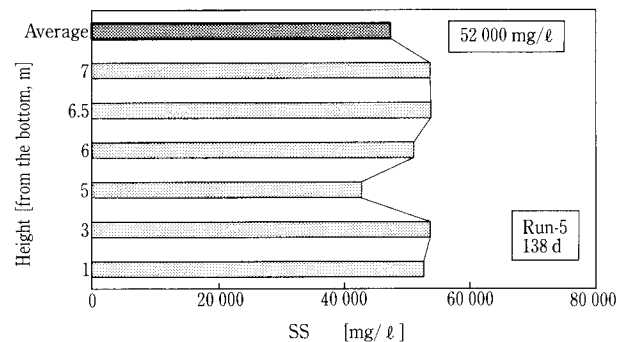
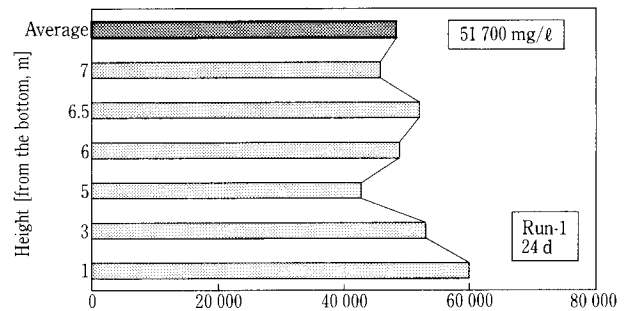
2. 3. 3 SS収支

第14図に原水及び処理水のSS濃度の経時変化を示す。原水SS濃度と処理水SS濃度の関係は、図からもわかる通り

Run-2 (COD_{Cr} 容積負荷16 kg/m³·d) まで：原水 > 処理水
Run-3 (同 20 kg/m³·d) 以降：原水 < 処理水
となっている。

本装置の理想的な運転状態は、SSに関していえば次の通りである。

- ・原水中のSSが内部に蓄積せず、全量が処理水とともに排出される。



第13図 高さ別グラニュール濃度分布(Run-1, Run-5)
Fig. 13 Distribution of Granule concentration

- ・増殖したグラニュールが内部に良好に保持され、系外に流出しない。ただし、系内のグラニュール濃度が飽和に達した場合は増殖分のみが系外に流出する。

増殖量をSSとして除去COD_{Cr}の2.8%²⁾とし、原水の平均COD_{Cr}濃度を2000 mg/L、除去率を77%とすれば、原水1L当たりのCOD_{Cr}除去量は1540 mgであり、原水1L当たりの微生物増殖量は

$$1540 \times 0.028 = 43 \text{ mg/L}$$

となる。COD_{Cr} 負荷32 kg/m³·d (Run 5) における原水SSと処理水SSの濃度差は平均で37 mg/Lであり、またグラニュール保持量についても変動がないことから、現在のところ増殖SS量と流出SS量は見かけ上バランスしているものとみられる。SS収支については今後さらに検討を続け明確にしていく予定である。

2. 3. 4 反応槽内液上昇流速 (LV) の影響

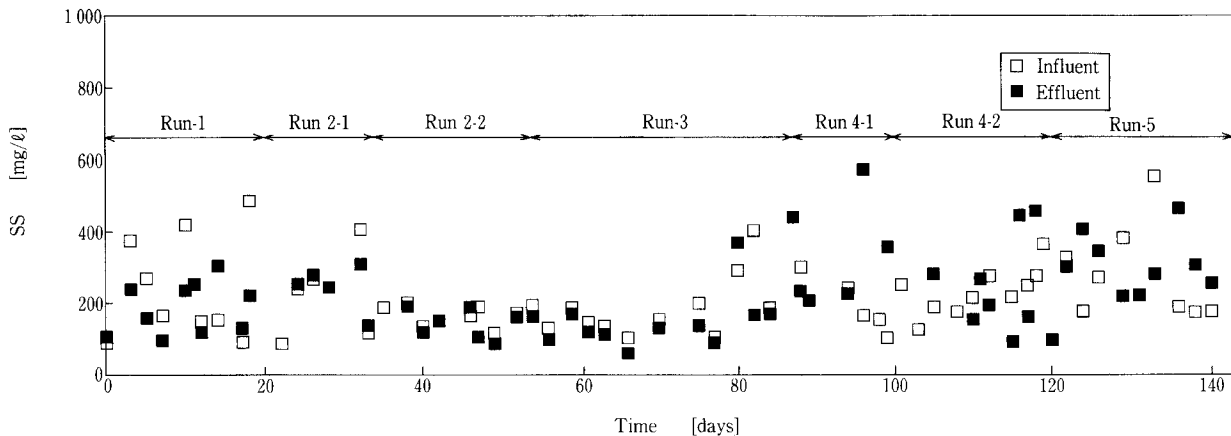
Run-2 (負荷16 kg COD_{Cr}/m³·d) の中途において、混合状態を改善し更に有機物除去率の改善を図る目的で液LVを5.6 m/hから10 m/hに上げ、その影響について調査した。

1) SSの流出

反応槽からのグラニュール流出は増加したが、処理水中のSSは増加せず、LV変更の影響はなかった。本装置ではSSは分離槽で良好に分離されていると考えられる。

2) 有機物除去

COD_{Cr} 除去率は平均値で74.4%から77.9%と若干の向上がみられた。



第 14 図 SS 濃度の経時変化
Fig. 14 SS concentration

原因としては、上昇流速が上がったため基質とグラニューールの接触効率が改善されたことが考えられる。一方、LV を上げるには循環量を増加させるか槽を高くして断面積を小さくする等が考えられるが、ポンプ動力費や建設費に影響をおよぼすため、今後更に検討を加えていく考えである。

2. 4 結 論

パイロットテスト装置を用いて実証試験を行い、以下の結果を得た。

有機物除去に関しては、COD_{Cr} 負荷 32 kg/m³・d (1.0 kg/kg VSS・d) の条件下で良好な性能が得られることがわかった。この時、BOD は原水濃度 1260 mg/L に対し処理水では 111 mg/L (除去率 91%) であり、低負荷の場合と比べ特に除去率の低下はない。濃度変動により一時的に 40 kg COD_{Cr}/m³・d を超えた場合もあったが、特に影響はみられなかった。

処理水中の有機酸は上記負荷において不検出もしくはごく微量であり、メタン発酵反応が良好に行われていることが確認された。

反応槽内でのグラニューールの保持に関しては、直径 0.25 mm 以上の SS 濃度は期間中ほぼ一定であり減少はみられなかった。流出 SS 量は 32 kg COD_{Cr}/m³・d、反応槽液 LV 7 m/h の条件下で、流入 SS 量と微生物理論の増殖量の和よりも小さく、グラニューール保持量が減少するほどの SS

流出は生じていなかった。

グラニューールの返送にポンプを用いることについては、現在まで粒子の微細化がみられず、むしろ平均粒径が増加傾向にあることから、悪影響はないことが確認できた。

以上より、本装置でビール総合廃水を COD_{Cr} 容積負荷 32 kg COD_{Cr}/m³・d、滞留時間 1.5 hr の条件で処理できることが確認された。

なお嫌気処理ではメタン発酵の前段に酸生成槽を設置するケースがみられるが、本実験では原水を直接反応槽に投入して上記の結果を得ており、本装置によるビール総合廃水の処理において酸生成槽は不要と考えられる。

今後、混合状態の解析等を主眼に、装置の完成度を更に高めるべく、実験を続けたいと考えている。

む す び

新型の高負荷嫌気性処理装置について紹介した。

この装置は UASB や固定床方式に比べて大幅なコンパクト化を実現したものであり、またシンプルな構造のため建設費が非常に安価であるという特長を持つ。

ユーザー各位に満足いただけるより安価かつ高性能な設備を提供できるようになれば、これに勝る喜びはない。

[参考文献]

- 1) 造水技術, Vol. 23, No. 1 (1997), p. 66.
- 2) 池本春樹: 神鋼パンテック技報, Vol. 39, No. 2 (1996), p. 56

連絡先

加 治 正 廣 (環) 製品開発室

隅 晃 彦 (環) 製品開発室

担当課長

T E L 078 - 992 - 6532

T E L 078 - 992 - 6532

F A X 078 - 992 - 6503

F A X 078 - 992 - 6503

E-mail m. kaji@pantec. co. jp

E-mail a. sumi@pantec. co. jp