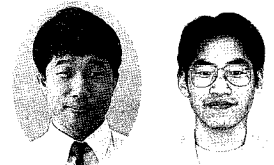


# PANBIC-Gシステムの回収ビール処理への適用

## Application of PANBIC-G System to Waste beer



(環) 技術部計画第3課

宮本 武  
Takeshi Miyamoto  
吉田 健 作  
Kensaku Yoshida

UASAB式嫌気性廃水処理装置、PANBIC-Gシステムを回収ビール処理目的に納入した実績について紹介する。本実績では、従来の2倍以上の高容積負荷である17.4 kgBOD/m<sup>3</sup>dにおいてBOD除去率96%と極めて高い値を確認した。また、高負荷時においてもグラニュー汚泥の処理水への流出が少なく、グラニュー汚泥がリアクター内で安定保持されていることを確認した。

The PANBIC-G, a UASB system, has been delivered to a brewery for treatment of waste beer. The system achieved the removal ratio of 96% at volumetric loading rate of 17.4 kg BOD/m<sup>3</sup>d, twice as high as the conventional rate. Stable retention of granule sludge in the reactor is confirmed even at high loading rates, minimizing the flow of granule into treated water.

### Key Words :

嫌気性処理  
グラニュー

Anaerobic treatment  
Granule

### まえがき

近年、産業界においては省資源、省エネルギー、廃棄物の低減を重視した企業活動の社会的要請が高まってきており、排水処理分野においても同様な観点から環境を重視した処理システムへの転換が望まれている。

有機系排水処理システムには、生物学的処理法として活性汚泥法に代表される好気性処理法と嫌気性処理法があり、好気性処理法は従来より都市下水から多種の産業排水にわたり幅広く適用されてきている。しかし基本的には多大な曝気動力、多大な余剰汚泥の発生を生じ、省エネ、廃棄物の低減という点では課題があった。

そういう中で嫌気性処理法は、好気性処理法に比べ高負荷処理(容積当たり5~10倍以上の処理能力)が可能であり、また曝気動力が不要な上に燃料に利用できるメタンガスの回収ができ、余剰汚泥が少ないという利点から食品業界を中心に実用化されてきている。当社の嫌気性処理装置においても、固定床設備(当社商標: PANBIC-Fシステム)は食品工場に17件、化学工場に9件の計26件の納入実績があり、またUASB設備(当社商標: PANBIC-Gシステム)についても9件の納入実績がある。

本稿では、PANBIC-Gシステム(以下Gシステムと称

す)の4号機となる回収ビール処理への適用において、高負荷処理の実証例を紹介する。

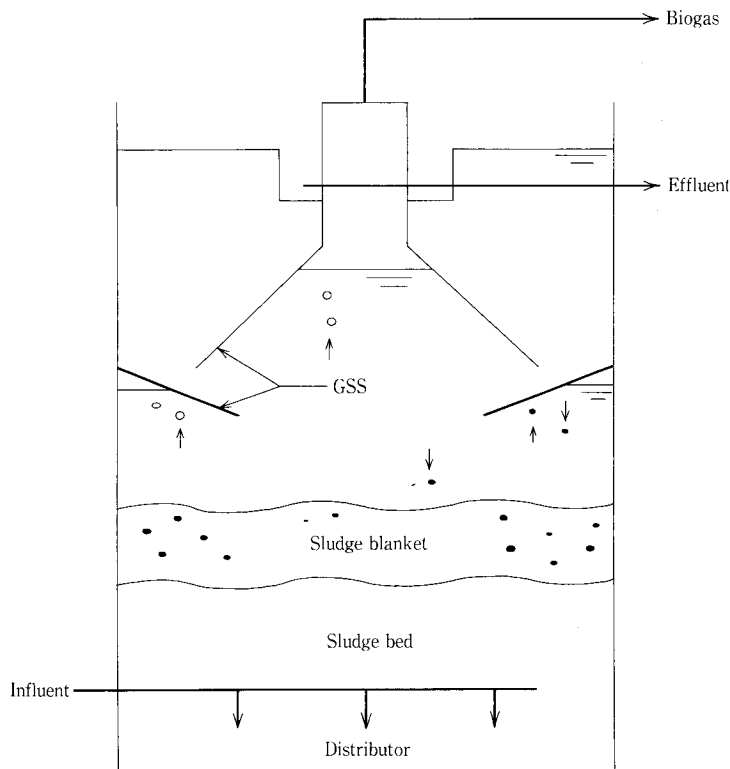
### 1. 設備導入背景

近年、ビール業界は、市場に常に新鮮な製品を提供するために、市場からのビールを早期に回収するなどして、市場品質の向上に努めている。回収されたビールは、酒税法上の取り扱いに従い工場にて処理されている。

回収ビールの含有する有機成分は高濃度かつ溶解性であり、製造工程排水(全体)がBOD2000 mg/l前後、SS500~1000 mg/l程度であるのに比べてBOD100000 mg/l前後、SS数mg/l以下と性状は大きく異なる。回収ビールは工程排水に比べ生物分解は容易ながら少量で大きな負荷になる。

従来回収ビールは嫌気性処理設備及び活性汚泥処理設備にて製造工程排水とあわせて処理されていた。しかし生産量の増加、回収ビールの増加による有機物負荷の増大に対応して将来ともに安定した処理を達成するための設備増強が検討された結果、高濃度、少量の回収ビール専用の嫌気性処理設備が導入されることとなった。

設備導入にあたっては、パイロットテストの結果をもとに、高負荷処理かつ短期間で立ち上げが可能なGシステムを採用した。



第 1 図 PANBIC-Gリアクター概念図  
Fig. 1 Scheme of PANBIC-G reactor

## 2. 設備概要

### 2.1 PANBIC-Gシステムの特長

嫌気処理とは排水中の有機成分を嫌気性汚泥（微生物）により無酸素下で消化ガス（メタン、二酸化炭素）に転換し有機物を除去する排水処理法である。またGシステムは、PANBIC-Fシステムとリアクター内の汚泥の保持方法が異なり、Fシステムは充填材に付着させた汚泥を保持するのに対してGシステムは充填材を使用せず、嫌気性汚泥自体の凝集・集塊作用によって形成された粒径1～2mm程度のグラニュール汚泥を保持するのが大きな特長である。

Gシステムの概念図は第1図に示すが、ディストリビューター部（廃水流入部）、グラニュール汚泥が保持されているスラッジベット部、汚泥膨脹部としてのブランケット部及び気固液分離を行うGSS部（Gas Solid Separator）の3つ部分から構成されている。

ディストリビューター部は流入水をリアクター底部で均等に分散させる構造になっており、流入する廃水をスラッジベット層に均一に行き渡らせ、汚泥の分解能力を十分発揮させるための重要な部分である。リアクターは主にリアクター内で発生するガスで攪拌されているが、流入水がリアクター底面で均等に分散されないと短絡流が生じ易くなるため、流入水が均等分散できるように設計に注意が必要である。

スラッジベット部において保持されるグラニュール汚泥は、一般に食品系廃水ではおよそ粒径1～2mm程度、MLSS濃度5～10%と言われている。しかし、グラニュール汚泥の性状は運転条件（負荷、上昇流速）や環境条件（廃水性状等）によって異なる。

GSS部はリアクター内で発生したガス及びブランケット部上方へ浮上したグラニュール汚泥を効率的に分離でき

る構造となっており、清澄な処理水を得、かつ汚泥流出を最小限に抑える役目を持ち、リアクター内の高濃度汚泥の保持に役立つ。したがって、このGSS部の構造はリアクター全体としての性能を大きく左右し、リアクターの装置上最も重要な部分である。

### 2.2 設備仕様

写真1にGシステムの全景、第2図に処理フローシート、第1表に設計条件、第2表に設備仕様を示す。

回収ビールはBOD 100 000 mg/lと非常に高濃度である為に濃度調整に希釈水を使用し、苛性ソーダによるPH調整設備と冬季のリアクター温度適正化の為にスチーム注入による加温設備を設ける。

Gリアクターは鋼板製で設計処理能力は1 000 kgBOD/d (1 200 kg COD<sub>Cr</sub>/d) 容積負荷で20 kgBOD/m<sup>3</sup>dを有している。

流入される有機成分はリアクター内のグラニュール汚泥で分解除去され、嫌気処理水は既設の活性汚泥設備に流入しさらに処理される。活性汚泥設備への排水水質は設計値としてBOD 1 000 mg/l以下としている。

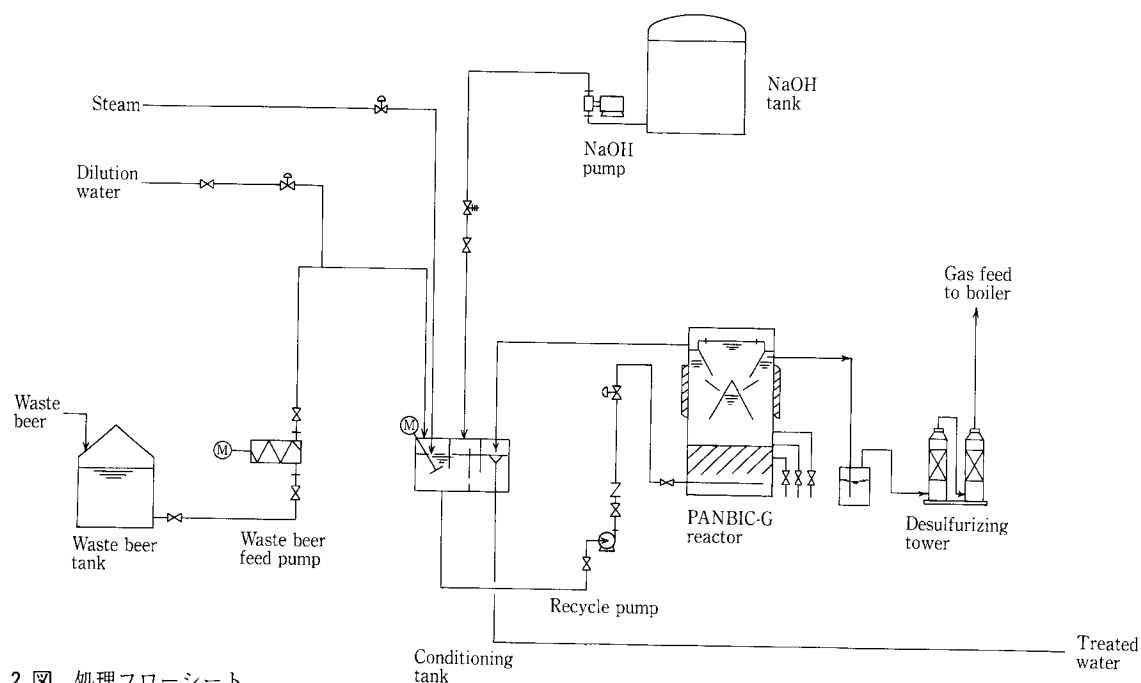
嫌気分解で発生した消化ガスは、脱硫塔で硫化水素が吸着除去され、一旦ガスホルダーに貯留されたのちボイラーの燃料として使用される。ボイラーで発生したスチームは工場の熱源として有効利用される。

## 3. 運転結果

### 3.1 原水水質

嫌気性処理は分解気質に対する菌体増殖率が低い為、栄養塩の必要量も好気性処理に比べて少なく好気性処理のBOD:N:P=100:5:1に対して10～20%程度<sup>1)</sup>とも言われている。

第3表に各製品の分析結果を示す。a, bと、c, dと比較



第 2 図 処理フローシート

Fig. 2 Schematic diagram of the wastewater treatment

第 1 表 設計条件

Table 1 Design conditions

	Influent		Dilution waste beer	Treated water
	Waste beer	Dilution water		
Flow rate (m <sup>3</sup> /d)	10	40	50	50
BOD (mg/l)	100 000	—	20 000	<1 000

第 2 表 設備仕様

Table 2 Specification for the plant

Item	Specification
PANBIC-G reactor	2 600 mm <sup>w</sup> ×3 500 mm <sup>l</sup> ×5 800 mm <sup>h</sup>
Seal tank	400 φ mm×900 mm <sup>h</sup>
Conditioning tank	1 000 mm <sup>w</sup> ×2 600 mm <sup>l</sup> ×1 500 mm <sup>h</sup>
Waste beer feed pump	0.42 m <sup>3</sup> /h×10 mAq×0.4 kw
Recycle pump	12 m <sup>3</sup> /h×10 mAq×1.5 kw
NaOH pump	0.5 L/min×10 <sup>6</sup> ×0.2 kw
Agitator	0.4 kw

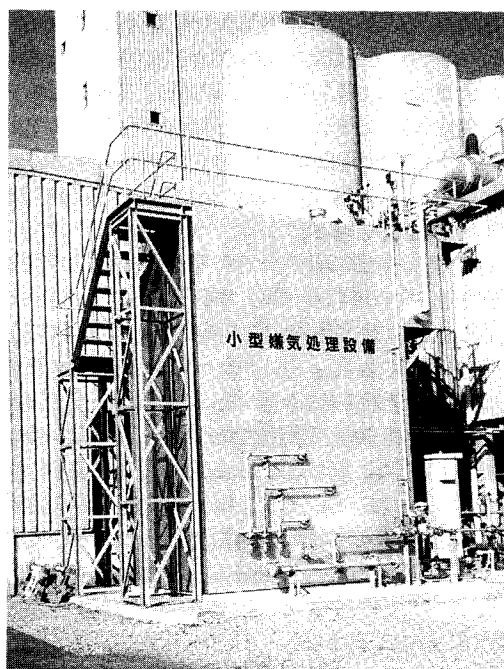


写真 1 PANBIC-Gシステムの全景

Photo.1 Outside view of PANBIC-G system

第3表 各製品分析結果

Table 3 Water quality of Beer

Item	a	b	c	d
pH	4.5	4.3	3.7	3.7
BOD <sub>5</sub>	90 900	80 300	84 600	83 300
T-N	699	442	157	179
T-P	202	132	62	68.4

第4表 PANBIC-Gリアクター処理性能

Table 4 Operating performance of PANBIC-G reactor

Item	Wast beer	Manufacturing process wastewater
Reactor temperature	35.5 °C	36.0 °C
Reactor pH	7.2	—
BOD load	17.4 kg/m <sup>3</sup> d	6.9 kg/m <sup>3</sup> d
BOD Influent Effluent	14 500 mg/l 630 mg/l	1 860 mg/l 167 mg/l
BOD removal	95.6 %	91.0 %
Gas production	400 Nm <sup>3</sup> /d	—

するとBOD, COD<sub>Cr</sub>がほぼ同等なのに比べて窒素, リンの濃度がかかなり低いため, c, bの通水時には栄養塩(窒素, リン)の添加を実施した。

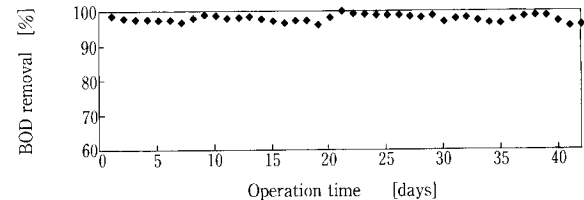
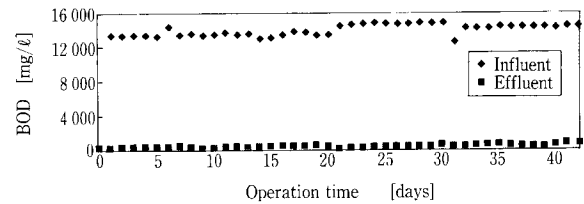
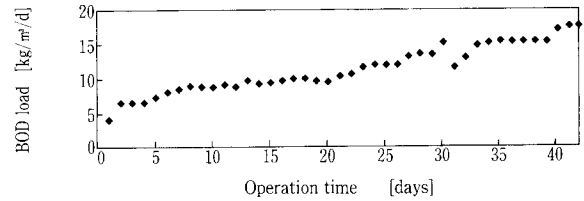
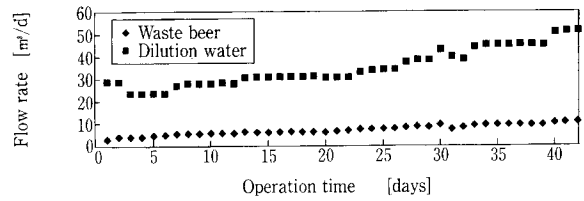
### 3.2 処理性能

第4表にGリアクターの処理性能, 第3図に試運転データを示す。リアクター供給原水濃度はCOD<sub>Cr</sub> 20 000 mg/l程度に調整する為, 希釈水として既設廃水処理設備処理水を使用し, リアクター内温度は常に35 °C程度に調節した。

設計水量通水において, 容積負荷は17.4 kgBOD/m<sup>3</sup>d (24 kg COD<sub>Cr</sub>/m<sup>3</sup>d)程度にて運転され, 処理水COD<sub>Cr</sub>は940~1 190 mg/l, 処理水BODは442~642 mg/lと設計条件のBOD 1 000 mg/l以下の良好な水質が確認された。またCOD<sub>Cr</sub>除去率94~95%, BOD除去率96%と極めて高い値が確認された。

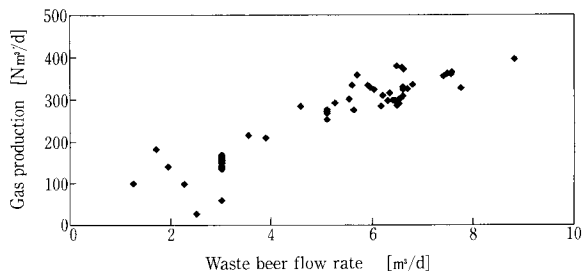
これは文献等<sup>2)</sup>で報告されている比較的分解されやすい廃液での容積負荷10~12 kg COD<sub>Cr</sub>/m<sup>3</sup>d, 成分が複雑な廃液での容積負荷8~10 kg COD<sub>Cr</sub>/m<sup>3</sup>dと比較しても2倍以上の能力である。また第4表に示される製造工程排水処理実績と比較しても非常に高い能力である。

第4図に原水通水量とガス発生量の関係を示す。ガス発生量は原水通水量とよく相関しており, 原液1 m<sup>3</sup>当たり約50 Nm<sup>3</sup>のガスが発生した。ガス組成はCO<sub>2</sub> 20~30%, H<sub>2</sub>S約1 000 ppm (v/v)であり, 発生ガス中のCH<sub>4</sub>の含有率は70~80%であった。



第3図 試運転データ

Fig. 3 Start-up operation data



第4図 原水通水量とガス発生量の関係

Fig. 4 Relationship between flow ratio and gas production

### 3.3 リアクター内汚泥

リアクター内におけるグラニュール汚泥の増殖量は, 0.023 kgSS/kg 除去COD<sub>Cr</sub>であった。これは文献等<sup>2)</sup>で報告されている0.005~0.03 kgSS/kg 除去COD<sub>Cr</sub>と一致する値であり, 分解された有機物は良好にグラニュール汚泥に転換されていると判断される。

除去COD<sub>Cr</sub>当たりのグラニュール汚泥増殖量 (kgSS/kg 除去COD<sub>Cr</sub>)

$$= \frac{\text{リアクター内増殖グラニュール汚泥} + \text{流出グラニュール汚泥}}{\text{COD}_{Cr} \text{除去量}} \dots\dots(1)$$

第5表 ランニングコストの比較  
Table 5 Comparison of operating cost

Item		PANBIC-G process		Activated sludge process	
Electric power consumption	14 円/kWH	40 kWh/d	560 円/d	1 800 kWh/d	25 200 円/d
NaOH (25%)	14 円/kg	210 kg/d	2 920 円/d	—	—
Steam	3 円/kg	640 kg/d	1 920 円/d	—	—
Conversion of steam	3 円/kg	4 300 kg/d	-12 900 円/d	—	—
Desulfurizing agent	500 円/kg	1.62 kg/d	810 円/d	—	—
Dewatered cake disposal	50 円/kg-DS	—	—	260 kg-DS/d	13 000 円/d
Total		-6 670 円/d		38 200 円/d	

設計水量通水時の処理水へのグラニュール汚泥の流出量は2～3 kgSS/d, グラニュール汚泥増殖量は約25 kgSS/dであった。一般的にUASBリアクターは、原水中のSS濃度が高いとリアクター内汚泥の安定保持が困難といわれている<sup>2)</sup>。本設備では原水SS濃度が低いこともあり、流出グラニュール汚泥量が増殖量の10%程度であり、リアクター内にグラニュール汚泥が安定保持されていることを確認した。

### 3.4 ランニングコスト

第5表に本設備と従来の処理方式におけるランニングコストの比較を示す。本設備導入により電力費、汚泥処分費の減少、発生ガスの熱源の回収によってランニングコストの低減を確認した。

### むすび

負荷増大に対応する設備増強の一環として回収ビール専用の処理にPANBIC-Gを適用することにより次の成果が得られた。

- 1) 既設処理設備の負荷軽減により安定処理が可能になった。
- 2) 省電力、余剰汚泥の削減とともに消化ガスの有効利用によるエネルギー回収が達成できた。

従来法の場合ランニングコスト38 200 円/dに対しGシステム-6 670 円/dと44 870 円/d低減した。

納入設備の性能に関しては以下の結果を得た。

- 1) PANBIC-Gリアクターは設計水量で運転した結果、容積負荷17.4 kgBOD/m<sup>3</sup>d程度で運転され、処理水BOD 442～642 mg/lと設計条件以下の良好な水質が確認された。またBOD除去率も96%と極めて高い値が得られた。これは従来の嫌気性処理の2倍以上の能力である。
- 2) 除去COD<sub>Cr</sub>量あたりのグラニュール汚泥増殖量は0.023 kgSS/kg除去COD<sub>Cr</sub>の値を得、分解された有機物が良好にグラニュール汚泥に転換されていることを確認した。
- 3) 設計水量通水時の流出グラニュール汚泥量は、グラニュール汚泥増殖量の10%程度であり、リアクター内にグラニュール汚泥が安定保持されていることを確認した。

PANBIC-Gシステムは優れた処理性能を有する省エネルギー処理設備であることが再確認出来た。

当社は今後とも顧客ニーズにマッチするより高性能なシステムを提供し、食品業界をはじめとしてさらに嫌気性処理設備の普及に努める所存である。

### 〔参考文献〕

- 1) 宝月章彦：用水と廃水：Vol.33 No.4 (1991) p.40-47
- 2) Grontmij Product Manual (1994)

### 連絡先

宮 本 武 環境装置事業部  
技術部計画第3課

TEL 078 - 232 - 8104

FAX 078 - 232 - 8056

E-mail t. miyamoto@pantec. co. jp

吉 田 健 作 環境装置事業部  
技術部計画第3課

TEL 078 - 232 - 8104

FAX 078 - 232 - 8056

E-mail kn. yoshida@pantec. co. jp