

# 嫌 気 2 段 処 理

## Two-Step Anaerobic Wastewater Treatment Process

(環)技術部 製品開発課  
高 村 義 郎  
Yoshio Takamura

Up to this time, there haven't been any anaerobic reactor which was able to hold methane producing bacteria at high concentrations.

The methanogenesis has been regarded as the rate-limiting step in an anaerobic treatment. ABC System developed by Shinko-Pfaudler Company, Ltd. is known as the anaerobic filter process where the microorganisms become attached to the contact media in an up-flow column providing long SRT, short HRT and high organic loading rate with high concentrations of methane producing bacteria.

As examination of anaerobic treatment ability on various wastewater, the hydrolysis is the rate-limiting step in ABC system and another process for high suspended solid concentration in wastewater. This paper describes technical consideration of two-step anaerobic wastewater treatment process which separates the hydrolysis step from ABC system.

### ま え が き

公害規制が実施されて以来、さまざまな廃水処理装置が考案され環境浄化に寄与してきている。中でも有機系の廃水は生物のもつ浄化能力に期待し、それを最大限にいかすべく進歩してきているといえる。

生物処理は廃水中の有機物を分解除去するのに関与する生物の特性上、好気性処理と嫌気性処理の2つに大別される。好気性処理は、酸素を必要とする好気性のバクテリアや原生動物等の浄化能力を利用するもので、活性汚泥法がその代表格である。これに対して嫌気性の処理は、酸素をまったく必要としない微生物（主にバクテリア）を利用する処理方式で、下水、し尿の処理や高濃度廃水の限定された分野に用いられているにすぎなかった。

二度にわたるオイルショックを経験する中で、生物処理の方法自体も効率アップが進められてきたが、実設備への普及程度の差や研究の容易さから好気性処理にかたよっていた観があり、活性汚泥法以後、接触曝気法、回転円板法、純酸素曝気法、深槽曝気法そして最近の生物膜汚過法へと酸素供給の効率アップと高負荷安定処理へと進歩してきている。

ところが、数年前の省エネルギー・省コストの風が吹きあれた頃より、嫌気性処理方式が見直されはじめ、最近のバイオテクノロジーブームが嫌気性処理に火をつけたといえよう。

当社はこの嫌気性処理の検討に早くから着目し、従来の嫌気性技術が有していた課題を解決し、1983年長田産業(株)に嫌気性廃水処理設備(ABCシステム)の一号機を受注して以来、1987年1月末現在8基の受注実績を数えるに至っている。(ABCシステムの実績を下に示す。)

しかしながら、実績を重ねるに従って嫌気性処理の難しさや、適用分野拡大のために解決しなければならない新たな課題が生まれてきている。

本稿では、ABCシステムの特長を簡単に振り返るとともに、新たな課題の一つである高濃度SS含有廃水の処理について検討した結果を紹介する。

### 1. ABCシステムの特長

ABCシステムは、当社が開発した固定床方式の嫌気性廃水処理装置で、従来の嫌気性処理装置がもっていた欠点を克服した高効率型の処理装置である。

このABCシステムについては、本誌の紙面を通して過去に紹介してきたが、ここで簡単に特長をふりかえってみる。

#### 1.1 特殊プラスチックメディア(メタパック)の採用

本装置で使用する『メタパック』は、当社がABCシステム用に開発した充填材で、嫌気性菌を高濃度に保持保留できるようなさまざまな工夫をこらしたものである。

1) メタパックの比重は水よりも小さく、槽内で浮遊状態にあるため槽内にサポート類が不要となり、嫌気性状態

納 入 先	廃水の種類	廃 水 量 m <sup>3</sup> /d	廃 水 濃 度 mg/l	リアクター容量 m <sup>3</sup>	ガス発生量(A重油) Nm <sup>3</sup> /d l/d	受注年月
長田産業(株)	澱粉廃液	500	COD <sub>Cr</sub> 16 000	1 000	3 200 (2 300)	1983. 10
H農業協同組合	屠場廃液	100	BOD 4 000	50	150 ( 120)	1984. 4
T経済連	養豚し尿	20	BOD 5 000	40	40 ( 32)	1984. 12
F食品工場	煮豆廃液	300	BOD 4 000	300	700 ( 500)	1985. 8
NK生活協同組合	食品廃液	500	BOD 5 000	500	1 400 ( 900)	1986. 4
(株)D製麺工場	湯で麵廃液	50	BOD 5 700	62	200 ( 160)	1986. 7
S食料工業(株)	澱粉廃液	1 500	COD <sub>Cr</sub> 6 700	1 000	4 000 (2 880)	1986. 11
T染工(株)	糊拔廃液	600	COD <sub>Mn</sub> 4 000	300	360 ( 280)	1987. 1

におけるサポート類の腐蝕（例えば硫化水素による腐蝕等）を考慮する必要がなく、反応槽自体も長期間にわたって使用することが可能である。

- 2) メタパックの表面は菌体が付着しやすいような特殊な加工を施している。
- 3) 嫌気性菌を槽内に高濃度に保持できれば高負荷運転が可能となるため、充填材の表面以外のメディアとメディアの空間にも、有効な菌体を保留可能なように特異な形状にしている。したがって、ABCシステムの反応槽（ABリアクター）は固定床型というよりは、固定床型にスラッジブランケット型の特長をも併せもったものであるといえる。

- 4) 有効な嫌気性菌がメディア表面やメディア空間に高濃度に保持・保留されてくると、ついには目詰り状態となり、流入原水中の有機物は槽内をショートパスしたりして菌体との接触効率が低下してくる。メタパックメディアでは、メディアの空隙率を95%と大きくすることで目詰りの頻度を抑制することを特長としている。

このようにして、槽内の菌体濃度を高濃度に維持できることにより、従来よりも高負荷処理が可能となり、反応槽を小さくし、短期間（2日以内）の処理を可能としている。

## 1.2 処理水のリサイクル

嫌気性処理が普及しなかった原因の一つにメタン菌への阻害物質があることや、固定床方式では目詰りの問題があることがあげられていた。

当社は、処理水の一部をリサイクルすることにより槽内の流速（ABリアクターでは上昇流速）を適正速度に保ち、菌体と有機物の接触効率の向上に努め、あわせて目詰りの防止にも役立っている。また、処理水中には炭酸ガスが溶解しているためpH緩衝効果が期待できるばかりか、メタン菌への阻害要因の一つである有機酸濃度をリアクター流入部で抑制することが可能となる。

## 1.3 加温エネルギー低減のため処理水の熱回収

ABリアクターの運転水温は、通常36°C前後の中温醗酵域である。メタン醗酵の課題の一つにこの温度コントロ

ールが必要であることがあげられていた。

従来、菌体の保持技術が不十分であったため大容量の反応槽が必要であり、発生ガスの熱エネルギーだけでは反応槽を加温するのに要する熱エネルギーを補うことができなかった。

ABCシステムでは槽容量が小さくなったことにより放散熱量も減少し、加温エネルギー自体減少できるようになったこともあるが、それに加えて、処理水の持ち出す熱量を熱交換器で回収し流入水に熱交換するシステムを組み込んでいるため、加温エネルギー（通常蒸気で加温）が大幅に減少できる。

## 1.4 バイオマスコントロールの確立

1.1項で述べたように、槽内には高濃度の有効な菌体（バイオマス）が蓄積してくるが、徐々に目詰り状態となり反応効率が低下してくる。したがって、槽内を健全な状態に保つためには、槽内のバイオマス濃度とメディアの空隙率を検知し、適正に維持する必要がある。当社はこのバイオマスコントロールの手法を確立し、ABリアクターの適正な運転を可能としている。

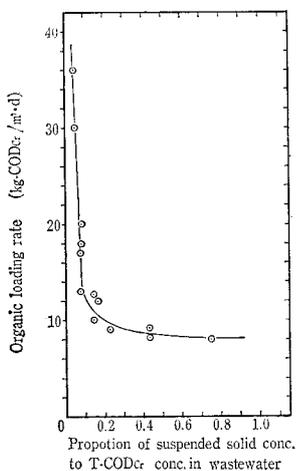
## 2. ABCシステムの適用分野拡大への課題

1項で紹介したように、ABCシステムは従来の嫌気性処理の課題を解決し、工場廃水の処理設備としての可能性を開き、1983年以来、現在食品分野を中心に化学分野、畜産分野などに8基の受注実績を数えるようになってきている。

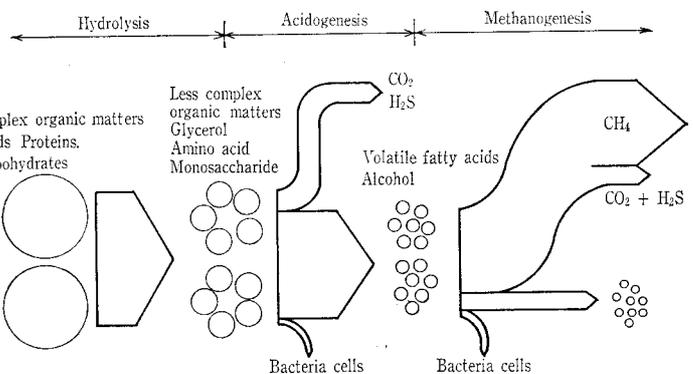
このABCシステムは、工場廃水中に含まれる溶解性有機物の処理を目的として開発したものであり、有機性固形物（例えばSS成分等）は処理の対象としてはあまり考えていなかった。元来嫌気性処理は下水汚泥やし尿処理において、有機性固形物を嫌気消化するために長い滞留時間（約30日）で処理することが可能であった。

最近では嫌気性廃水処理として溶解性有機物を短い滞留時間（約1日）で高効率に処理することができるようになってきた。

しかし、実際には有機性固形物を含む廃水も多く、従来の長時間方式では効率も悪く、有機性固形物を短時間で分解することが特に必要となってきた。



第1図 廃水中のSS濃度と運転有機負荷の関係  
**Fig. 1** Effect of suspended solid in wastewater on operating organic loading rate in ABC system



第2図 有機物の嫌気分解過程  
**Fig. 2** Schematic representation of eco-physiological interaction occurring at anaerobic degradation of organics

pH		3~4	第1表 供試原水の水質 Table 1 Physical & chemical characteristics of waste water
SS	mg/l	av. 15 000	
Total COD <sub>Cr</sub>	mg/l	av. 20 000	
Soluble COD <sub>Cr</sub> *	mg/l	av. 1 500	
BOD	mg/l	av. 9 500	

\*Filtered with No. 5A filter paper

第1図は、種々の工場廃水を対象としたABCシステムのパイロットテストを通じて得られた処理効率に対する有機性固形物の影響を示したものである。

横軸は廃水中の有機性固形物(SS)濃度とCOD<sub>Cr</sub>で表示した有機物濃度との比を表わし、縦軸はCOD<sub>Cr</sub>の除去率が80%以上を満足する有機物負荷量をCOD<sub>Cr</sub>量で表わしたものである。

この図においてCOD<sub>Cr</sub>は2000 mg/l以上(最大30000 mg/l)であり、SS成分が少ないほど、すなわちSS/COD<sub>Cr</sub>の比が小さければ高負荷処理が可能であるが、SS成分が多くなるに従って運転負荷を抑える必要性が出てくる。この現象を第2図に示した嫌気分解過程からみると、廃水中の有機物はまず細胞外酵素による加水分解作用を受けて低分子化される。例えば脂肪は長鎖脂肪酸やグリセリンに、タンパク質はアミノ酸や短鎖ペプチドに、多糖類は単糖類や二糖類へと低分子化が進行する。有機性の固形物は脂肪、タンパク質、多糖類から構成されることが多く、加水分解作用により低分子化され、溶解性有機物の形にスムーズに変化することが重要である。この低分子化された有機物は、酸生成菌により微細化され、メタンの前駆体である低級脂肪酸(例えば酢酸)やアルコールやアルデヒドなどに変化する。メタン生成菌は生成されたメタン前駆体を急速にメタンガスと炭酸ガスに分解し嫌気分解は終了する。しかしこれらの分解過程は個々独立して進行するというよりは、反応系内で互いにバランスを保ちながら同時的にかつ連続的に進行する。

従来、この嫌気分解過程においては、関与微生物群の菌学的な特性からみて、メタン生成菌の増殖速度が酸生成菌等に比べて遅いため、メタン生成段階が嫌気処理全体の律速段階と思われるがちであった。ABCシステムでは、この問題をメタン菌の保持・保留技術を確立するとともに系内の菌体濃度を常に高濃度に健全な状態に維持することで解決した。一方、嫌気分解の対象有機物質の特性からは、第一段階の加水分解反応が全体の反応速度を律することも知られている。例えば、東北大学の野池らによれば、セルロースの嫌気分解においては加水分解反応が全体の律速段階であり、グルコース等の可溶性有機物の嫌気分解とは顕著な違いがあることを報告している<sup>1)</sup>。

このように、有機性固形物を含有する廃水の嫌気処理においては、加水分解反応の速度に全体の反応速度をあわせる必要が生じ、第1図に示したように固形物の割合が増えるに従って運転負荷を低下せざるをえなくなってくる。この現象は固定床方式を採用しているABCシステムだけの現象ではなく、むしろ流動床方式や浮遊床方式の嫌気処理においてはより顕著な現象としてあらわれてくる。

Column size	200 mm $\phi$ × 1 000 mm <sup>H</sup>	第2表 主要実験装置の仕様 Table 2 Specification of bench scale reactor
Column volume	30 l	
Mixer tank	140 mm $\phi$ × 100 mm <sup>H</sup>	
Tank volume	1.3 l	

嫌気分解反応は第2図に示すように複数の反応系が組みあわさっているため、学術的な研究においては二槽(二相)に分けて別々に検討されることが多く、一部では二相方式で実設備化が進められている。

各反応系が個々に進行するものでなく同時にバランスよく進行する点に着目するとともに、一槽でも処理が可能であるならば複数槽に分ける必要もなく、また、一槽の方が計装面や維持管理が容易であることを重視し、一連の嫌気分解を一つの反応槽(ABリアクター)で行わせるABCシステムを完成させた。ところが、有機性固形物を対象とする処理においては、高負荷短時間処理が難しく、反応律速となる加水分解段階を分離する必要が生じてきた。すなわち、ABリアクターの前段に前処理的な嫌気槽を設け、有機性固形物を生物学的に分解・可溶化し、ABリアクターの能力を最大限に発揮させ、全体としてABリアクター単独処理よりも処理効率が高くなればよいわけである。

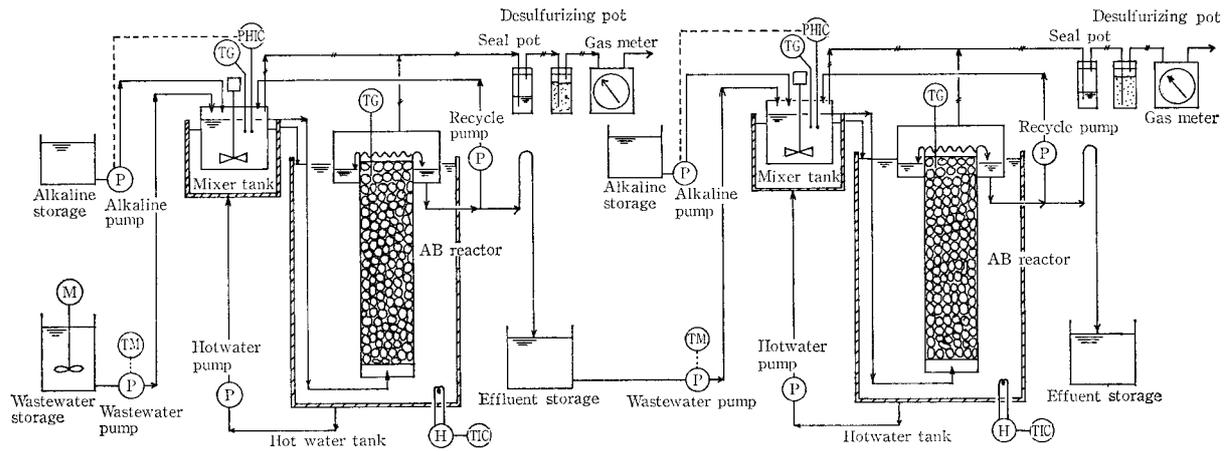
そこで、SS成分に由来する高濃度廃水をモデル廃水として、律速段階の反応、すなわち加水分解反応(SSの可溶化反応)を別の槽に分離した嫌気2段階処理の検討を実施し、ABリアクター単独処理に比べて二倍以上の高負荷安定処理が可能であり、中和剤の使用量も少なく済む可能性を見いだした。詳細については次に示す。

### 3. 嫌気2段階処理の検討方法

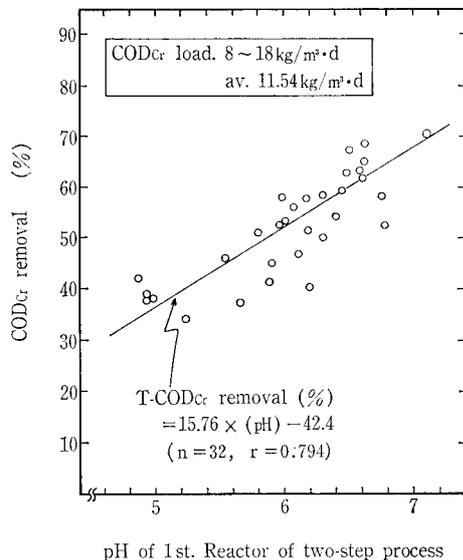
嫌気処理の対象となるSS成分は当然のことながら有機物であることが大前提となる。

検討に用いたモデル廃水は、小麦粉より回収できる小麦デンプンの最下等級のものを水に再溶解して調整したもので、この水質は第1表に示すようにpHは3~4の酸性側であり、Total COD<sub>Cr</sub>は平均20000 mg/l、No 5 A 汚紙汚液のCOD<sub>Cr</sub>(以下S-COD<sub>Cr</sub>と略す)は平均1500 mg/lである。廃水のSSはデンプン粒に由来するもので濃度は平均15000 mg/lと高く、この廃水のCOD<sub>Cr</sub>成分はいわばSS成分に由来しており、可溶性の有機物は1500/20000 = 0.075と約8%にすぎない特異な水質である。この廃水のBODは平均9500 mg/lで、窒素やリンが不足しているためCOD<sub>Cr</sub>:N:P = 1000:5:1の比率になるよう栄養塩を補添したものを検討に供した。

第3図に実験装置のフローシートを示すとともに、第2表に主要装置の仕様を示す。なお、第3図のフローシートは2段階処理用のフローであり、比較用の1段階処理(ABC単独処理)のフローは2段階処理の前半部分に相当する。装置の中心をなすリアクターは、透明塩化ビニル製の円筒型反応槽で、内部に特殊加工をしたメディアを浮遊充填させた密閉型の上向流固液分離槽で、有効容量は30 lである。



第3図 実験フローシート (2段階処理)  
Fig. 3 Flow sheet of two-step anaerobic treatment

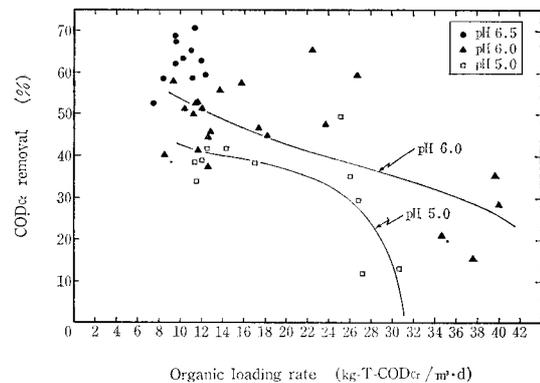


第4図 2段階処理の一段目における pH と COD 除去率の関係  
Fig. 4 Effect of pH on COD<sub>Cr</sub> removal in the first reactor of two-step process under lower loading rate

供試廃水は、電動式パルス駆動のダイヤフラムポンプでミキサータンクに送りこまれるが、送液量は手動セットによるパルス数の調整、およびタイマー制御により調整し、リアクターへの有機物負荷量を調整することが可能で、ガス発生量をみながら送液量を順次高めていく方法で、馴養から本実験に移行した。

ミキサータンクに送られた廃水は、リサイクル水(返送処理水)と混合され、pH計に連動したアルカリポンプにより苛性ソーダ液を注入しpH調整されたのち、水位差によりリアクターの下部から流入し、リアクター内の微生物と接触し、処理されてリアクター上部の越流堰から流出していく。2段階処理は、一段目の処理水をもう一度同じ方法で二段目のリアクターに流入させることにより実験を行った。

発生ガスは、シールポットをへて脱硫処理後、湿式ガス積算流量計で計量したのち系外に放出した。ABCシステ



第5図 2段階処理の一段目における pH と負荷と COD 除去率の関係  
Fig. 5 Relation between loading rate and COD removal in the first reactor of two-step process under constant pH

ムは、原則として36 °C前後の中温醗酵域を採用しているため、本検討においてもリアクターの運転水温は36 °C前後となるよう温水浴槽にリアクターを浸漬し温度コントロールを行った。

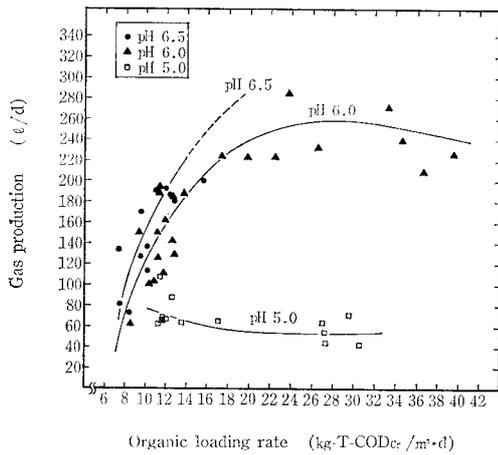
#### 4. 嫌気2段階処理の特長と効果

##### 4.1 2段階処理の一段目

2段階処理は、ABC単独処理における反応律速段階、すなわち供試原水においてはSSの可溶化(加水分解)反応を遅滞なく進めることに主目的がある。このため一段目は、主に可溶化反応を促進させ、次いでおこる酸生成反応やメタン生成反応を容易にさせるものであり、pH条件も中性付近で運転するABC単独処理とは異なってくる。

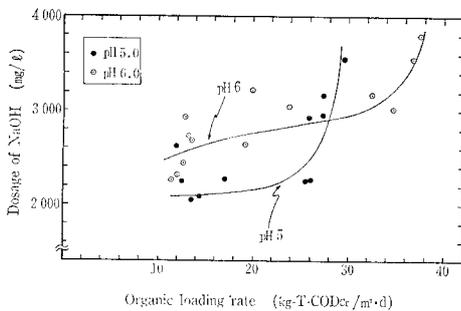
第4図に COD<sub>Cr</sub> 負荷が比較的低い条件における pH と COD<sub>Cr</sub> の除去率の関係を示す。また、第5図には、低負荷から高負荷にかけての pH と負荷と除去率の関係を示す。

同一負荷条件においては、反応 pH が低いほど COD<sub>Cr</sub> の除去率は低くなり、pH を一定とすれば、COD<sub>Cr</sub> 負荷が高



第6図 2段処理の一段目における負荷とガス発生量の関係

Fig. 6 Relation between organic loading rate and gas production in the first reactor of two-step process under constant pH



第7図 2段処理の一段目におけるNaOHの添加量

Fig. 7 Performance of NaOH dosage in the first reactor of two-step process under increasing organic loading rate

まるにしたがって除去率の低下がみられた。

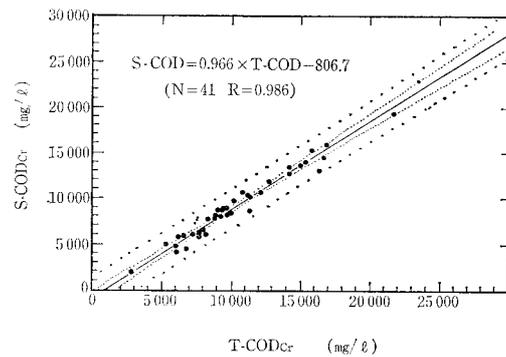
一段目の目的は前にも述べたように、SS成分の可溶化にあるため、固形物が生物分解を受けやすい状態に変わりさえすれば、有機物量としてはかならずしも減少させる必要はなく、この意味では、COD<sub>Cr</sub>の除去率は高くなくてもよい。

嫌気処理においては、分解除去された有機物は、メタンガスや炭酸ガスに変換される。

第6図は、COD<sub>Cr</sub>負荷に対する各pH条件におけるガス発生量を表わすが、pH5では負荷の増加にかかわらずガス発生量はほぼ一定していた。これは、pHが5と低いためにメタン生成菌の活性が低いことや、SSの可溶化が進行するとともに酸生成反応がおこり、有機酸が蓄積しメタン生成菌の活性が阻害されたことによる、ガス化反応の停滞が原因と考えられる。一方、pHが6~6.5においては、ガス発生量は負荷の上昇にともなって増加していくが、pH6においてはCOD<sub>Cr</sub>負荷20 kg/m<sup>3</sup>·dをこえるあたりから徐々に減少していく傾向がみられた。

このpH6の条件は、pH5の条件に比べればメタン生成菌の活性が一部期待できる状態であり、メタン生成反応がある程度進行するが、高負荷になるにしたがって有機酸の蓄積量が増加するためガス化反応は停滞してくる。

このため可溶化されたSS成分は、有機酸の形で系内に残留しはじめ、見かけ上COD<sub>Cr</sub>の除去率は低下もしくは



第8図 2段処理における一段目処理水の水质(反応pH5~6)

Fig. 8 Relation between total COD<sub>Cr</sub> and soluble COD<sub>Cr</sub> of the first reactor effluent of two-step process at pH 5 to 6.

停滞してくる。この現象は、中和用の苛性ソーダの添加量にも影響してくる。第7図にCOD<sub>Cr</sub>負荷に対する苛性ソーダの添加量を示すが、負荷の増加に伴って増大していく。この傾向は第5図に示したCOD<sub>Cr</sub>の除去カーブによく対応しており、除去率の低下に伴って苛性ソーダの注水量が増加し、有機酸がガス化されないで系内に蓄積してきていることがわかる。系内に残留する有機酸は、反応pHや負荷条件によってその濃度は変化するが、酢酸、プロピオン酸、酪酸が主体であり、負荷が高まるに従って吉草酸やカプロン酸の生成がみられた。

第8図にpH5~6で可溶化処理した処理水の水质を示すが、T-COD<sub>Cr</sub>とS-COD<sub>Cr</sub>がほぼ近似した水质となっており、原水の水質(T-COD<sub>Cr</sub> 20000 mg/l, S-COD<sub>Cr</sub> 1500 mg/l)と比べると可溶化の目的は十分満足できるものであった。

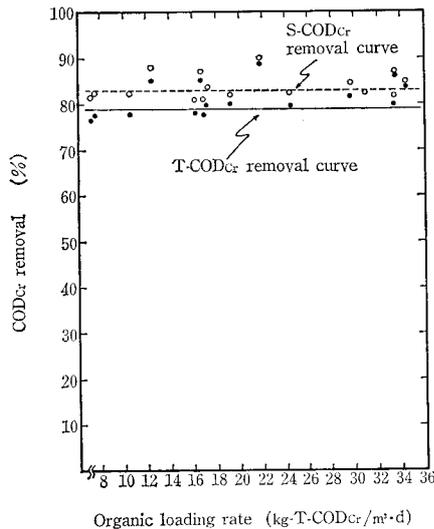
#### 4.2 2段処理の二段目

4.1項で得られた処理水をABリアクターに流入させ、二段目の処理を行った。

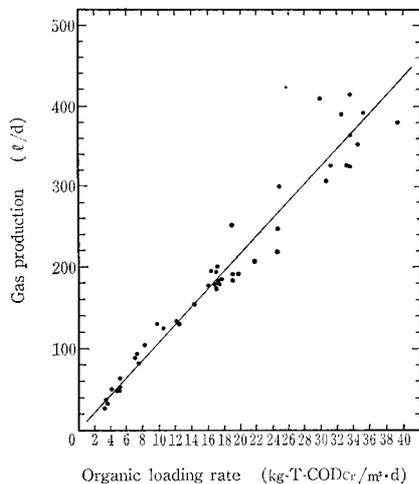
一段目の処理水质、すなわち二段目の流入水质のCOD<sub>Cr</sub>に基づくCOD<sub>Cr</sub>負荷量とCOD<sub>Cr</sub>除去率の関係を第9図に、負荷量とガス発生量の関係を第10図に示す。

第9図に示すように、COD<sub>Cr</sub>負荷8~36 kg/m<sup>3</sup>·dと低負荷側から高負荷側において安定した除去率がえられ、T-COD<sub>Cr</sub>で約80%、S-COD<sub>Cr</sub>では83%と良好な結果がえられた。ガス発生量も第10図に示すように、負荷の増加に伴って順調に増加していき、負荷の上昇に伴って一段目からもちこまれる種々の有機酸の増大にもかかわらず、スムーズなガス化反応を示した。ただ、COD<sub>Cr</sub>負荷が30 kg/m<sup>3</sup>·dを越えるあたりからガス発生量の不安定さがやや見られるようになったが、これは一段目処理水中のn-酪酸の急増や、吉草酸、カプロン酸といったC数の多い有機酸が増加してきたことに起因していると思われる。しかしながら、二段目処理水中にはこのような有機酸が残留することはなかった。

COD<sub>Cr</sub>負荷30~34 kg/m<sup>3</sup>·dにおける処理水质は、T-COD<sub>Cr</sub>約2900 mg/l、S-COD<sub>Cr</sub>約2400 mg/lで、もともとの原水からみればCOD<sub>Cr</sub>の85%以上が除去されたことになり、比較のために行ったABリアクター単独処理の負荷8 kg/m<sup>3</sup>·dの処理水质と比べても遜色のないものであった。



第9図 2段処理の二段目における負荷と除去率の関係  
Fig. 9 Relation between loading rate and COD<sub>Cr</sub> removal in the second reactor of two-step process



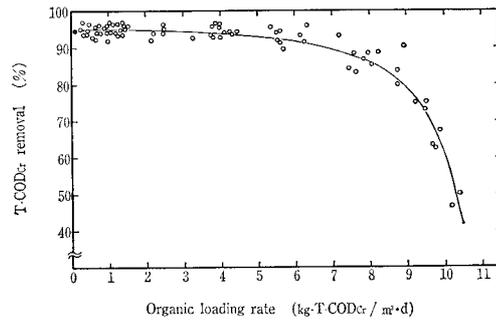
第10図 2段処理の二段目における負荷とガス発生量の関係  
Fig. 10 Effect of organic loading rate on gas production in the second reactor of two-step process

### 4.3 ABC単独処理（1段処理）

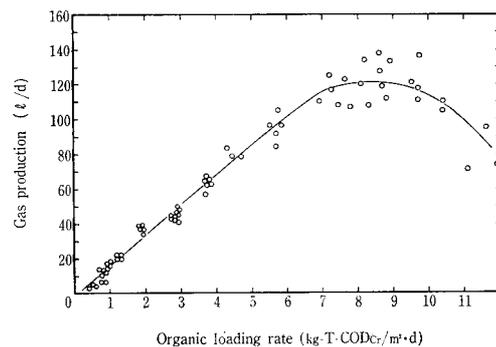
前項と同様、COD<sub>Cr</sub> 負荷と除去率の関係を第11図に、また、COD<sub>Cr</sub> 負荷に対するガス発生量の関係を第12図に示す。

COD<sub>Cr</sub> 負荷が2~7 kg/m<sup>3</sup>·dにおいてはCOD<sub>Cr</sub> 除去率は約90%を維持しており、ガス発生量も負荷量の上昇に追従して順調に増加している。ところが、COD<sub>Cr</sub> 負荷が7 kg/m<sup>3</sup>·dを越えるあたりから除去率は徐々に低下する傾向がみられ、9 kg/m<sup>3</sup>·dを越えると急激に悪化する状況がみられた。発生ガスにもこの影響が顕著に表われ、8~9 kg/m<sup>3</sup>·dをピークとして低下していった。

除去率が悪化した状態の槽内には、供試原水中のSS成分が未分解の状態に蓄積しており、加水分解(可溶性反応)が十分に進行していない状況であった。この加水分解反応の遅れは他の反応系にも悪影響を及ぼし、槽内には有機酸が高濃度に蓄積しメタン生成菌の活性を阻害する状況となっていた。



第11図 ABC単独処理におけるCOD負荷とCOD除去率  
Fig. 11 Effect of organic loading rate on COD<sub>Cr</sub> removal in ABC system



第12図 ABC単独処理におけるCOD負荷と発生ガス量  
Fig. 12 Effect of organic loading rate on gas production in ABC system

以上のように、供試原水のように高濃度のSSを含有する廃水をABCシステム（1段処理）で処理するとすれば、COD<sub>Cr</sub> 負荷として8 kg/m<sup>3</sup>·dが常用最大条件と考えられる。

### 4.4 2段処理の効果

第13図に以上述べてきた2段処理と1段処理を比較した模式図を示す。

ABCシステムの前段に可溶化を目的とする前処理槽を設けた2段処理を行うと、後段のABリアクターへの流入基質の低分子化が促進されているため、ABリアクターの能力を最大限に発揮することが可能となる。

今回の検討においては、一段目の負荷35 kg/m<sup>3</sup>·d、二段目の負荷30~34 kg/m<sup>3</sup>·dの処理が可能であり、全体としてみれば約18 kg/m<sup>3</sup>·dの処理が可能であった。この負荷量は、ABC単独の処理の負荷量(8 kg/m<sup>3</sup>·d)の約2.3倍に相当する極めて高いものであった。また、ランニングコストに関係する中和剤についても、2段処理では苛性ソーダが3000~4000 mg/l必要であったのに対し、ABC単独では約4500 mg/lであり、500 mg/l以上(10~34%)の削減が可能であった。

### 5. 2段処理の設備コスト

ABCシステムの前段に可溶化槽等を設ける2段処理方式は、ある物質の阻害レベルが高くABC単独処理では嫌気分解できないようなケースを除けば、ABC単独処理の設備コストと同等か安価でなければ適用のメリットは少ない。

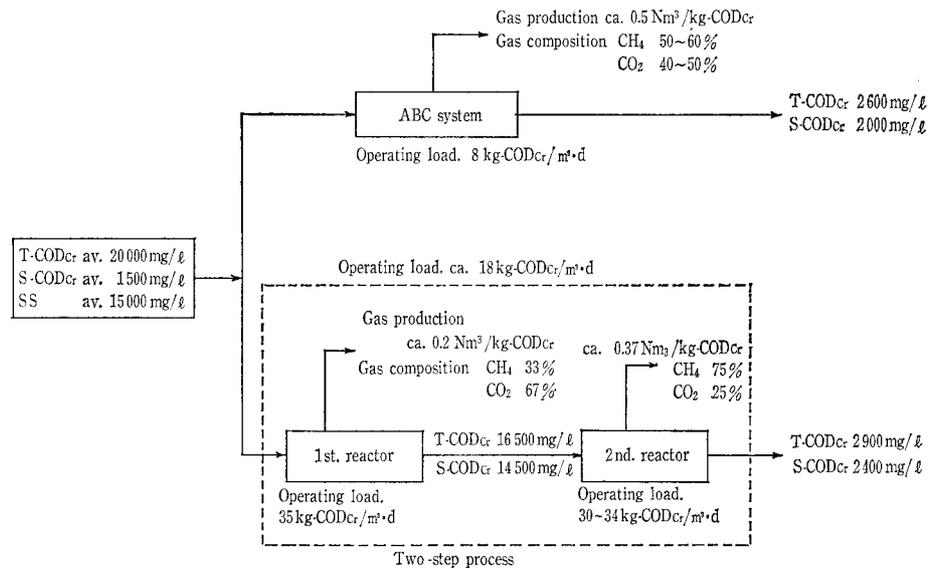
第14図は、ABC単独処理とABCによる2段処理のコ

第 13 図

ABC 単独処理と 2 段階処理の比較  
模式図

Fig. 13

Performance of anaerobic treatment by ABC system and two-step process



第 3 表 発生ガスの比較

Table 3 Composition of produced gas from anaerobic reactor in ABC system or two-step process

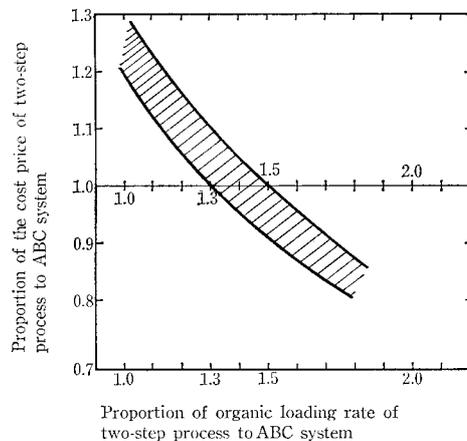
	ABC system	Two-step process	
		1st. reactor	2nd. reactor
COD <sub>Cr</sub> kg	1 000	1 000	830
Gas production Nm <sub>3</sub> /kg-COD <sub>Cr</sub>	0.5	0.2	0.37
CH <sub>4</sub> conc. %	55	33	75
CO <sub>2</sub> conc. %	45	67	25
Off gas vol. Nm <sup>3</sup>	500	200	307
CH <sub>4</sub> gas vol. Nm <sup>3</sup>	275	66	230
		sun. 296	

ストを比較したもので、横軸はABC単独処理における運転負荷量に対する2段階処理全体として可能な負荷量の比(倍数)を表わし、縦軸は設備コストの比を表わしている。

両者の運転負荷が同じであれば、2段階処理の設備コストは20~30%程度高くなるのは当然のことで、1.5倍以上高い運転負荷がとれれば2段階処理方式を採用しても設備コストが安くなる可能性がある。今回の検討においては2倍以上の運転負荷が可能であったことからみれば、高濃度にSSを含有する廃水に対しては2段階処理は有効な処理方式といえる。

嫌気性処理の特長の一つに、発生するガスにメタンが含まれており、燃料価値をもっていることがあげられる。通常、嫌気分解により発生するガスは脱硫処理したのち、ガスホルダーに貯蔵する。メタンガスの割合は対象とする有機物の種類にもよるが、おおむね60~70%のケースが多く、有効利用からみると不要な炭酸ガスも貯蔵せざるをえず、ガスホルダーは結構大きなものになってくる。

今回の検討においては、第3表に示すように除去率が同じであればABC単独処理も2段階処理もほぼ同一量のガスを回収できたが、ABC単独におけるメタンガス濃度は約55%に対し、2段階処理においては一段目からは67%の炭酸ガスを含むガスが発生するが、二段目からはメタン濃度75%のガスが回収でき、二段目のメタン発生量は2段階処理全体の約8割に相当した。このことより、2段階処理においては一段目のガスを回収せずに二段目の発生ガスのみをガスホルダーに貯蔵しても、ABC単独処理で有効利用



第 14 図 ABC システム：1 段階処理と 2 段階処理のコスト比較

Fig. 14 Comparison of the cost price between ABC system and two-step process based on ABC system

できるメタンガス量の約84%に相当するメタンガスを有効利用することが可能で、ガスホルダーの容量も約60%に縮少できそうである。

### むすび

嫌気性処理は従来、下水、し尿の固形物処理を中心に採用されており、20~30日という滞留日数で嫌気分解反応における律速段階をカバーしてきた。

当社のABCシステムは、単一の反応槽から成る高負荷短時間処理を可能とした嫌気性廃水処理装置であるが、実績を数えるに従い、有機物自体の分解速度が遅いような廃水、例えば今回紹介した高濃度のSSを含有するような廃水などでは、単一反応槽であるための弱点がみられるようになってきた。

石油価格の低下により、多少省エネルギーのメリットは減少しているが、化石エネルギーの枯渇問題は解決されておらず、今こそ省エネルギー・創エネルギーを以前にも増して積極的に推進していく必要がある。この意味においても嫌気性処理の発展は急務であるといえる。

ここに紹介した嫌気2段階処理方式が嫌気処理の高効率化や適用拡大の一つの道しるべになれば幸甚である。

### 【参考文献】

- 野池達也ほか：化学工学テクニカルレポート10廃棄物廃水循環利用技術の動向(第2集)(1986)化学工学協会産業部門委員会編 p.1