

食品工業廃水におけるABCシステムの運転結果

Performance of ABC System Treating Food Processing Waste

(環)技術部 計画第2課
吉川 信
Makoto Yoshikawa

ABC (Anaerobic Bio Contact) System is a new anaerobic treatment system for high strength organic wastewater and produces methane simultaneously. Shinko-Pfaudler has received six orders of ABC System plant, four of them are under operation and the rest two are under construction.

This is the report for the ABC System which has been applied to the food processing wastewater treatment. The wastewater contains the hydrocarbon, protein and other solids generated from the boiling process of soybeans mainly.

This ABC System was constructed in order to reduce the increasing organic load to the existing activated sludge plant followed by the expansion of the factory.

After 75 days acclimation ABC System works satisfactorily, including the activated sludge process.

ABC System combined with activated sludge treatment process has the following advantages in operation.

- ① Production of methane gas as fuel for the factory.
- ② Reducing the total operating cost by 36% of existing wastewater treatment plant.
- ③ Less sludge generation of 25% of existing wastewater treatment plant.
- ④ Easy and stable operation of existing activated sludge process by installing the ABC System.

まえがき

有機性廃水の処理技術としての嫌気性処理法は、従来から都市下水の最初沈殿汚泥や余剰汚泥の消化(汚泥の減量化)、し尿処理に適用されてきたが、産業廃水への採用は極めて少なく、好気性の活性汚泥処理法が主流を占めている。その理由としては、嫌気処理は滞留時間が長いため設備が大きくなり、建設費が高く、大きな敷地面積を必要とすること等が考えられる。

しかしながら嫌気性処理は、好気性処理と比べて省エネルギー、運転操作が容易、余剰汚泥が少ない等の利点とともに発生ガス(メタンガス)を燃料として有効利用できるという利点を有する。

当社においては、この嫌気性処理に早くから着目し研究開発を進めるとともに、米国のセラニーズ社(Celanese Chemical Company Inc.)と技術提携を結び、高負荷のとれる固定床式嫌気性処理装置ABCシステム(Anaerobic Bio Contact System)を開発した。実績は現在のところ、食品廃水を中心に6件を有するに至っている。

本稿においては、某食品会社(以下A社と略)の煮豆廃水を中心とした工場廃水のABCシステムの運転結果を報告する。

1. ABCシステムの食品廃水への適用

A社から受注したABCシステムは、わずか75日の短期間の馴養運転を経て、現在本運転に入り順調に稼動している。

以下に馴養運転から現在の本運転までの運転結果を述べる。

1.1 廃水の性状

A社の食品工場は、煮豆食品、レトルト食品等を製造している。

ABCシステムの対象廃水は、これらの製

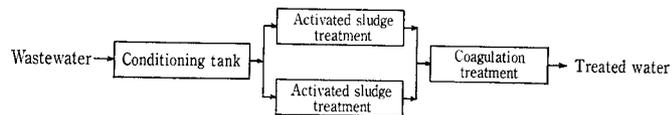
造工程からの排出水であり、日量約350~400 m³である。有機物濃度はTOD 4000~8000 mg/l、BOD 2000~5000 mg/lと製造品目、生産量により日間および季節的な濃度変動が大きい。第1表に廃水的设计計画値を示す。

当廃水は、非常に腐敗しやすく(言いかえれば生物分解性が良い)調整槽で酸敗が起こり、pH 4~5でABCシステムに投入される。

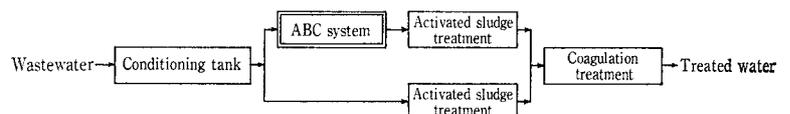
第1表 原水および処理水の水质(设计値)
Table 1 Quality of wastewater and treated water (Design)

Quality		Wastewater			Treated water	
		Conditioning tank	AB Reactor	Activated sludge process		
pH	—	5~6	7.2~7.8	5.8~8.6		
SS	mg/l	100	400	20		
BOD	mg/l	Ave. 4 000 Max. 5 000	600	20		

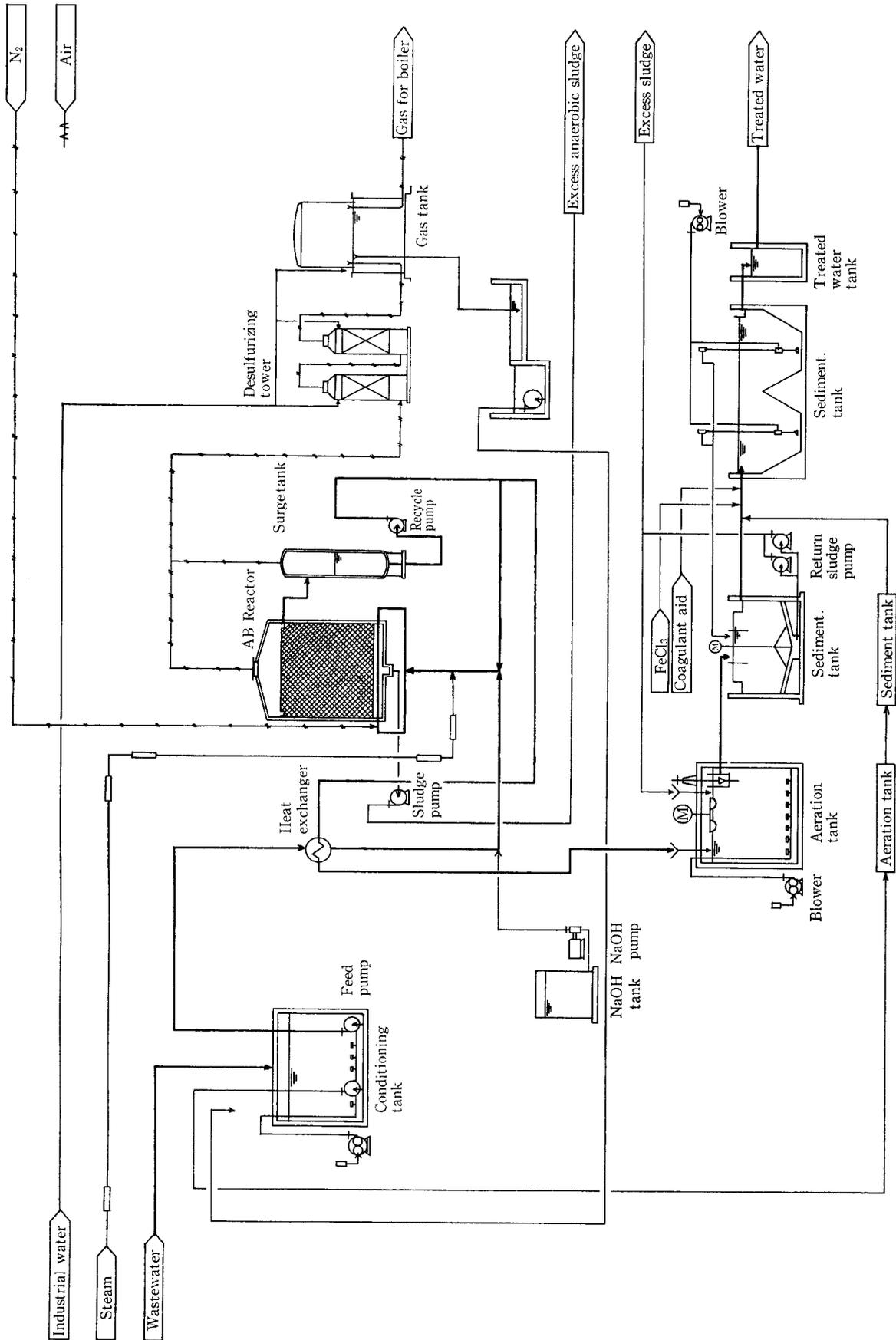
1) Before installing ABC system



2) After installing ABC system



第1図 処理フローのブロックダイアグラム
Fig. 1 Diagram of wastewater treatment process



第2図 廃水処理フローシート
Fig. 2 Flow of wastewater treatment

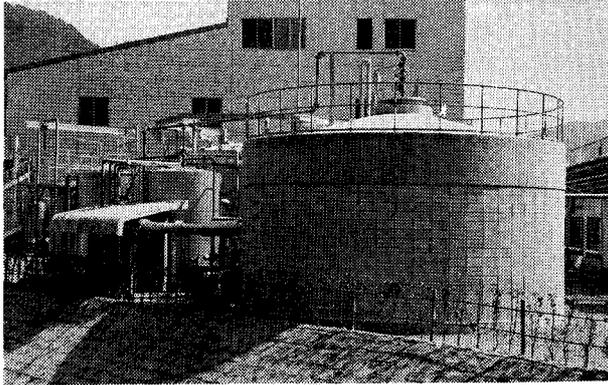


写真 1 ABCシステム外観
Photo.1 Outward of ABC system

ABCシステム導入前および導入後の処理フローのプロックダイヤグラムを第1図に示す。ABCシステム導入前の活性汚泥処理では、前述の濃度変動のため安定した処理運転がむずかしく、また発生する汚泥の処分にも高い経費を要し、処理の安定化と運転費の低減等が大きな課題であった。

これらの課題を解決することに加えて、更に工場増設に伴う廃水中の有機物量増加に対処する必要性が生じてきた。既設処理設備を有効に利用しながら限られた敷地内で設備を改造するため、ABCシステムの導入を計った。

工場からの廃水量は通常 400 m³/d であるが、ABCシステムに投入する設計水量は 300 m³/d とし、残りの100 m³/d は既設曝気槽 2 系列あるうち 1 系列に直接投入し活性汚泥法により処理する方針を採用した。ABCシステムの処理水は、残りの 1 系列の曝気槽により活性汚泥処理される。各々の活性汚泥処理水は混合され凝集沈殿処理後、BOD 20 mg/l 以下で放流される。

1.2 ABCシステム設備概要

廃水処理設備のフローシートを第2図に示す。

ABCシステムの中核となる AB リアクター (Anaerobic Bio-Reactor) は、特殊プラスチックメディアを充填した密閉型構造でその機能は、固定床方式と一部浮遊懸濁方式とを組み合わせた反応槽である。

廃水は循環処理水と混合され、必要に応じて苛性ソーダを添加して pH 調整し、蒸気により加温した後、ABリアクター底部のディストリビューターから流入し、上向流にて嫌気性菌と接触する。ABリアクター上部には、集水トラフがあり、集水された処理水は、サージタンクを経て一部は処理水として既設活性汚泥処理設備に圧送される。残りはABリアクターの循環水として、最適な上向流速の確保と廃水の有機物濃度を一定に希釈する役目をもつ。

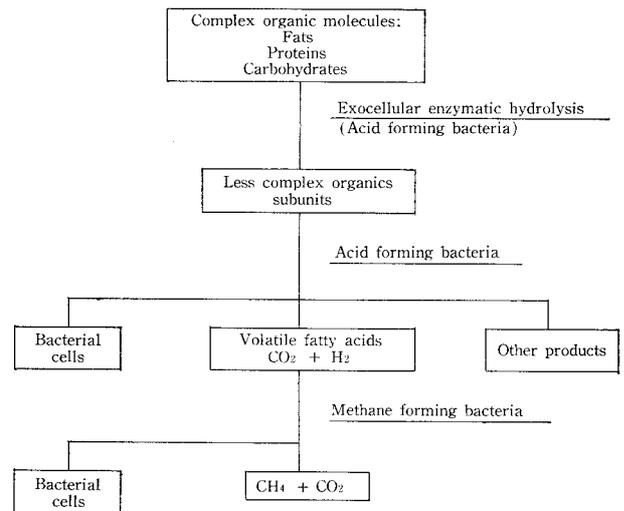
ABリアクター内の運転水温は 37 °C であり、流入廃水 (水温 20~35 °C) は、熱交換器で処理水のもつ熱を回収し、蒸気による加温熱量を極力抑えるシステムにしている。有機物の嫌気分解過程を第3図に示すが廃水中の有機物は、メディアに付着保持される嫌気性菌と接触することにより 80~85 % が分解され最終的に CH₄、CO₂ および一部増殖菌体に転換される。

発生ガスは、硫化水素を 2 000~3 000 ppm 含有するため、脱硫塔で脱硫されたあとガスホルダーに貯蔵される。貯蔵されたガスは、専用ボイラで燃焼され、工場内の生産プロ

第 2 表 設備仕様

Table 2 ABC System specification

Instrument	Specification	Unit
AB Reactor	Volume 267 m ³ 7 300 mmφ × 6 400 mmWD × 7 300 mmH	1
Surge tank	2 200 mmφ × 2 200 mmH	1
Heat exchanger	700 mmW × 2 500 mm L × 1 535 mm H	1
Desulfurizing tower	1 050 mmφ × 2 000 mmH	2
Gas tank	Volume 100 m ³ 5 720 mmφ × 4 000 mmH	1
NaOH tank	Volume 9.0 m ³ 1 900 mmφ × 3 700 mmH	1
Feed pump	0.27 m ³ /min × 35 mAq × 7.5 kW	1
Recycle pump	1.35 m ³ /min × 26 mAq × 15 kW	1
NaOH pump	360 cc/min × 50 mAq × 0.2 kW	1
Sludge pump	0.15 m ³ /min × 10 mAq × 1.5 kW	1



第 3 図 有機物の嫌気分解過程

Fig. 3 Sequential anaerobic biodegradation of a complex wastewater

セス等に有効利用される。

設備仕様を第2表に示す。またABCシステムの外観を写真1に示す。

主要な設計諸元は、以下の通りである。

- (1) 処理水量 300 m³/d
- (2) 廃水有機物濃度

TOD 平均	7 300 mg/l	
BOD 最大	5 000 mg/l	平均 4 000 mg/l
- (3) ABリアクター

水温	37 °C	
負荷	TOD	10 kg/m ³ ·d
	BOD	5.5 kg/m ³ ·d
設備能力	BOD	1 200 kg/d

除去率 TOD 80 %
 BOD 85 %

(4) 発生ガス

発生ガス量 876 Nm³/d
 組成 CH₄ 70 %
 CO₂ 30 %

1. 3 馴養運転

設備の工事完了ならびに水運転終了後、ABリアクターに種汚泥を投入し馴養運転に入った。種汚泥として、既に稼働しているABCシステムの嫌気汚泥を投入した。

種汚泥投入後、リサイクルラインに蒸気を注入しABリアクター内水温を37℃までに昇温した後、廃水量を一定量ずつ増加させて馴養運転を開始した。

嫌気性分解は好気性分解に比較して菌体の増殖率が低いため、馴養期間が長いかかるとの難点があると言われているが、当設備においての馴養期間を2.5カ月と目標設定をし、従来にはない短期間の馴養期間をめざした。

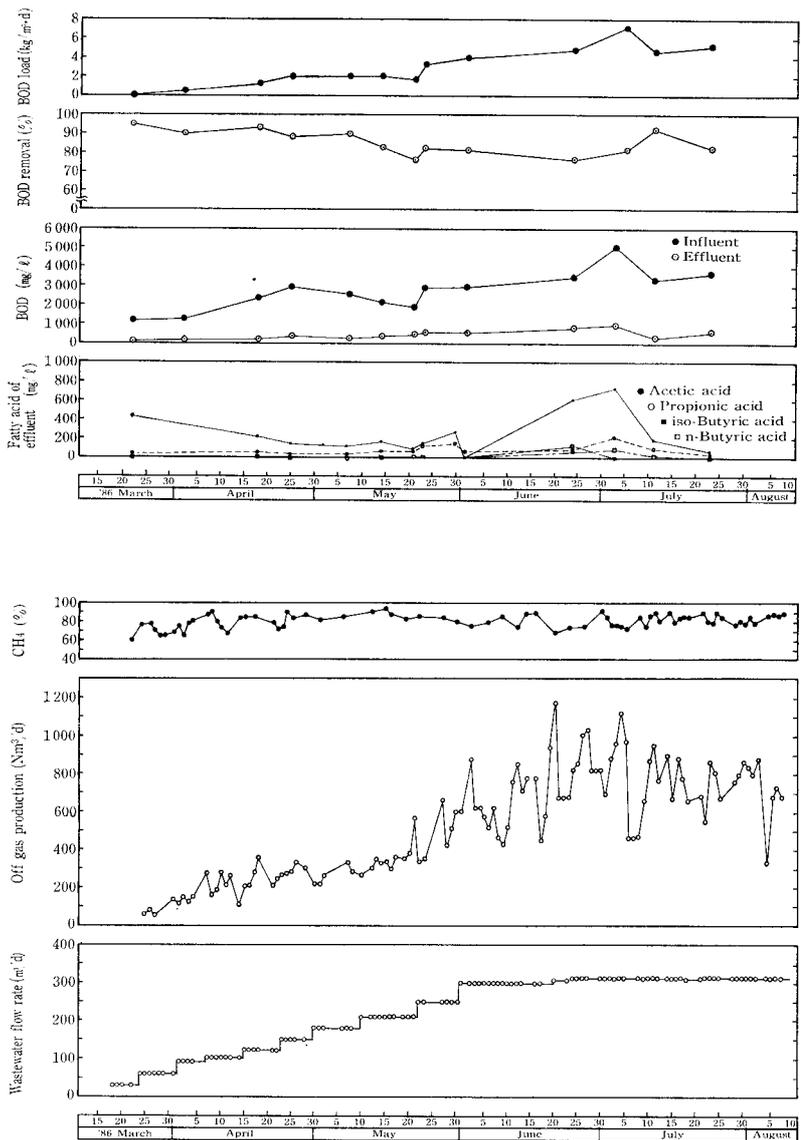
1. 4 運転結果

第4図に馴養運転開始からの運転結果を示す。1986年3月から通水開始し、発生ガス量、処理水質、処理水有機酸濃度をみながら徐々に通水量を増加させ5月末には設計廃水量の300m³/dに達した。この間トラブルもなく廃水量の増加に伴って発生ガス量も増加の傾向にあり順調に推移した。処理水BOD濃度も安定して500mg/l以下、BOD除去率も80%以上あり、2.5カ月という短期間で馴養運転を終えた。

設計廃水量300m³/dを達成した後、本運転に入り、6月上旬から現在に至っている。廃水量一定(300~310m³/d)にもかかわらず発生ガス量は、非常に変動しているが、これは廃水の有機物濃度が前述した様に生産品目により変動するためと考えられる。メタンガス濃度は、苛性ソーダ注入率にもよるが80~85%と高濃度である。

7月上旬のBOD負荷7.24kg/m³・d (BOD負荷量1570kg/d:設計負荷量の130%)の際には、処理水のBOD濃度が高くなった時期もあったが、以後順調に推移した。処理水の有機酸の濃度レベルは7月上旬、若干過負荷によるピークを形成したが、この程度の濃度レベルでは、メタン生成菌に阻害を与えるものでない。このことは、その後のガス発生量、処理水BOD濃度、有機酸の濃度レベル等から明らかである。廃水の変動幅に対して処理水の変動幅は小さく、活性汚泥処理の極めて安定した運転を可能としている。

第5図に馴養運転から現在までにおける負荷と除去率の関係を示す。詳細な結果は、今後の運転実績を待たなければ



第4図 初期運転結果
 Fig. 4 Start-up operation data

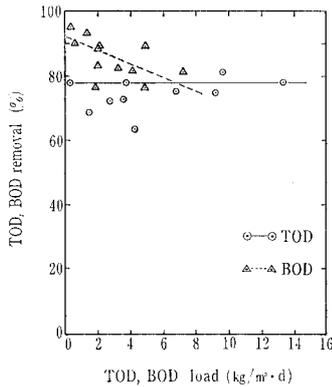
ばならないが、設計負荷 TOD 10 kg/m³・d, BOD 5.5 kg/m³・dにおいては、それぞれ約78%, 約80%となっている。

また第6図に除去BOD量に対しての発生メタンガス量の関係を示した。データがまだ不十分とはいえ、今のところ、BODの除去量に対してメタンガス量はよく相関している。これからメタンガス発生量は、除去BOD量(kg)あたり0.865 Nm³であった。

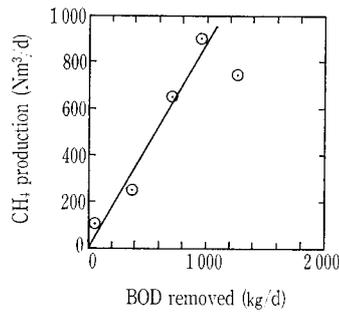
2. ABCシステム導入によるメリット

馴養運転から本運転にかけての運転結果を前述したが、ABCシステム導入によるメリットを現時点で検討する。メリットを項目別に列挙すると以下の様になる。

- (1) 活性汚泥処理の安定化
- (2) 運転管理の省力化
- (3) 余剰汚泥の減量化
- (4) メタンガスの有効利用
- (5) ランニングコストの大幅な低減



第5図 負荷と除去率の関係
Fig. 5 Removal versus TOD, BOD Load



第6図 除去BOD量と発生メタンガス量の関係
Fig. 6 Methane production versus BOD removed

2. 1 活性汚泥処理の安定化

活性汚泥処理に関して、従来の処理フローと現在の処理フローの負荷量、BOD容量負荷を比較したのが、第3表である。(各々の処理フローは第1図の通り)

これから、活性汚泥処理設備へのBOD負荷量は、1600 kg/d から580 kg/d と63.8%も削減され負荷の大幅な軽減による安定した処理運転がなされるようになった。

2. 2 運転管理の省力化

従来活性汚泥の安定化運転(例えば適正なDO濃度やMLSS濃度等の維持)のために非常な苦労があった。しかしながらABCシステム導入後、前述したように大きな変動幅にもかかわらずABC処理水が安定した水質で活性汚泥処理設備に投入されるので、非常に運転が楽になった。また他系列の活性汚泥単独処理についてもABCシステム導入後に、投入廃水量が減少したため負荷が軽減され安定した運転がなされている。このことは、運転管理の省力化につながっている。ABCシステムの運転管理については、活性汚泥のようなDO濃度、MLSS濃度および返送汚泥量の管理や日常的な水質分析は必要なく、生産品目による濃度や変動パターンを把握しておけば、基本的には廃水量とガス発生量の監視だけで運転可能である。

2. 3 余剰汚泥の減量化

従来の余剰汚泥の発生量(実績)と現在の余剰汚泥の発生量を比較したのが第4表である。

これから余剰汚泥量は、従来の約1/4に削減できていることがわかる。余剰汚泥は脱水、乾燥後処理されているが、これだけ減量化できればランニングコスト低減に大きく寄与している。

2. 4 メタンガスの有効利用

廃水処理の安定化とともにメタンガスが回収される。発生量は設計値876 Nm³/d(メタンガス濃度70%)であり、A社が使用しているB重油換算で643 l/dに相当するものである。

2. 5 ランニングコストの削減

ABCシステム導入後に計画どおりのメリットが出たが、総合的な評価としてのランニングコスト比較を以下に述べる。ランニングコスト比較表を第5表に示す。

第3表 BOD負荷量、BOD容量負荷の比較

Table 3 Comparison of BOD load between activated sludge process and ABC, activated sludge combined process

Process	Activated sludge process	ABC, activated sludge combined process
BOD load	1 600 kg/d (1.00) (400 m³/d × 4 000 mg/ℓ × 10⁻³ = 1 600 kg/d)	580 kg/d (0.363) (From AB reactor 300 m³/d × 4 000 mg/ℓ × (1 - 0.85) × 10⁻³ = 180 kg/d① From conditioning tank 100 m³/d × 4 000 mg/ℓ × 10⁻³ = 400 kg/d② ① + ② = 580 kg/d)
BOD-volumetric load	1.28 kg/m³·d (1 600 kg/d ÷ (Aeration tank volume 624 m³ / Tank × 2 Tanks) = 1.28 kg/m³·d)	0.46 kg/m³·d (580 kg/d ÷ (Aeration tank volume 624 m³ / Tank × 2 Tanks) = 0.46 kg/m³·d)

第4表 余剰汚泥の発生量の比較

Table 4 Comparison of excess sludge production between activated sludge process and ABC, activated sludge combined process

Process	Activated sludge process	ABC, activated sludge combined process
Excess sludge production	835.8 kg/d (actual result) Excess sludge ; 0.525 kg/kg BOD removed (400 m³/d × (4 000 - 20) mg/ℓ × 10⁻³ × 0.525 = 835.8 kg/d)	222.6 kg/d (estimate value) Excess anaerobic sludge ; 0.05 kg/kg BOD removed Excess aerobic sludge ; 0.3 kg/kg BOD removed (Anaerobic sludge 300 m³/d × (4 000 - 600) mg/ℓ × 10⁻³ × 0.05 = 51 kg/d Aerobic sludge 100 m³/d × (4 000 - 20) mg/ℓ × 10⁻³ × 0.3 + 300 m³/d × (600 - 20) × 10⁻³ × 0.3 = 171.6 kg/d 51 kg/d + 171.6 kg/d = 222.6 kg/d)

これにより、ABCシステム導入によるランニングコストの削減は、発生ガスのB重油評価を含めて87740円/d - 31745円/d = 55995円/dとなり、大幅な削減金額となっている。

なお生物処理の項で、電力費が大差ないのは現在のところ曝気槽を2系列使用しているためであり今後1系列に集約すれば、さらに経費削減となる。

Process		Activated sludge process	ABC, activated sludge combined process
Biological treatment	Electric power consumption ¥ 17.4/kWh	2 010 kWh/d=¥34 970/d	1 937kWh/d=¥33 700/d
	Desulfurizing agent ¥ 150/kg	—	5.2 kg/d=¥ 780/d
	Steam ¥ 4.5/kg	—	733 kg/d=¥ 3 300/d
	Urea ¥ 84/kg	20.7 kg/d=¥ 1 740/d	—
	FeCl ₃ ¥ 28/kg	152 kg/d=¥ 4 260/d	50 kg/d=¥ 1 400/d
	Anti-foaming agent ¥1 100/kg	2.1 kg/d=¥ 2 310/d	2.1 kg/d=¥ 2 310/d
	NaOH ¥ 135/kg	—	90 kg/d=¥12 150/d
	Heavy oil (calculation from produced CH ₄) ¥ 52/ℓ	—	643 ℓ/d=▲¥33 440/d
Total (1)	¥43 280/d	¥20 200/d	
Sludge treatment	Electric power consumption ¥ 17.4/kWh	101 kWh=¥ 1 760/d	34 kWh/d=¥ 590/d
	FeCl ₃ ¥ 28/kg	25 kg/d=¥ 700/d	6.6 kg/d=¥ 185/d
	Coagulant aid ¥ 850/kg	20.9 kg/d=¥17 770/d	5.6 kg/d=¥ 4 760/d
	Waste oil ¥ 55/ℓ	158 ℓ/d=¥ 8 690/d	42 ℓ/d=¥ 2 310/d
	Sludge disposal ¥7 400/m ³	2.1 m ³ /d=¥15 540/d	0.5 m ³ /d=¥ 3 700/d
Total (2)	¥44 460/d	¥11 545/d	
Total (1)+(2)	¥87 740/d (1.00)	¥31 745/d (0.362)	

第 5 表
ランニングコストの比較
Table 5
Comparison of operating cost between activated sludge process and ABC, activated sludge combined process

尿素は、現在不要となっているが、これは嫌気汚泥の増殖率が活性汚泥のその約10%と言われており、このため廃水中の窒素分だけで十分にまかなえるためである。

消泡剤は調整槽の発泡防止、苛性ソーダはA Bリアクター入口でのpH調整に使用される。

むすび

以上、A社の馴養運転から本運転にかけての運転結果を紹介してきた。短期間での馴養立上がり(2.5カ月)を達成し、本運転も順調に運転されている。

ABCシステム導入によるランニングコストの低減の効果の他に、ランニングコストに含まれていない活性汚泥の負荷低減による処理の安定化や運転管理の容易さに対して、ユーザの高い評価をいただいている。

今後も当実績を注意深くフォローアップして技術蓄積を行い、ABCシステムの一層の改善を図りたい。

なお、ABCシステムは、1985年度優秀省エネルギー機器として、(社)日本機械工業連合会より表彰されたことを付記する。