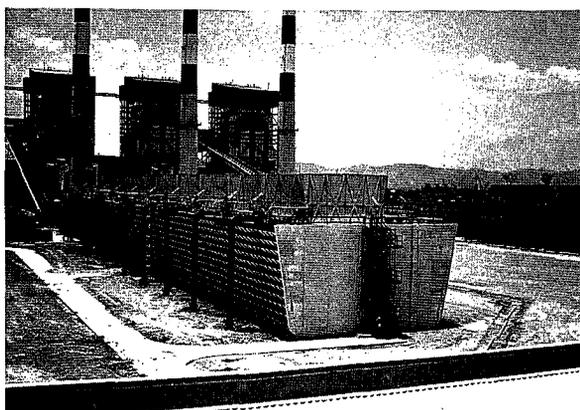


目次
CONTENTS

- GL ニューモデル 90..... 1
GL New Model 90
- 軽量コンテナ..... 7
Light-Weight Tank Container
- 圧力容器への半自動アーク溶接の適用.....13
Application of Semi-automatic Arc Welding Method for Pressure Vessels
- グラスチール製多管式熱交換器.....20
Glass Steel Shell and Tube Heat Exchangers
- FAをめざすGLアクセサリ自動焼成ライン.....22
Automatic Enameling Line for Glassed Steel Accessories
- 生物膜汚過装置「バイオコンタクトフィルター(BCF)」について(その1)(特許申請中).....29
Aerobic Filter Process "Bio Contact Filter (BCF)" (part 1)
- 高効率高脱水型「ベルトプレス脱水機」.....37
High Efficient and High Compressive Belt Press Dehydrator
- 社内ニュース.....45
TOPICS



<表紙写真説明>

タイ国北部のメーモー石炭火力発電所に納入した63360m³/hの大型冷却塔である。

このほど冷却塔ならびに主冷却水ポンプ設備が完成し、現在順調に稼動中である。

The photo shows our 63360m³/h (15840m³/h×4 units) cooling towers for Mae Moh Lignite Fired Power Plant (150MW×4units) located in the northern part of the Kingdom of Thailand.

The cooling towers and main cooling water pump facilities for this particular plant have been completed and are now operated under normal conditions.

GL ニ ュ ー モ デ ル 90

GL New Model 90

化工機事業部 技術部 技術第2課

小林 哲 士
Tetsuji Kobayashi

This paper outlines the new technology and designs to be adopted on Glasteel Reactor Model 90 which were released on 1st August, 1985.

Main features are:

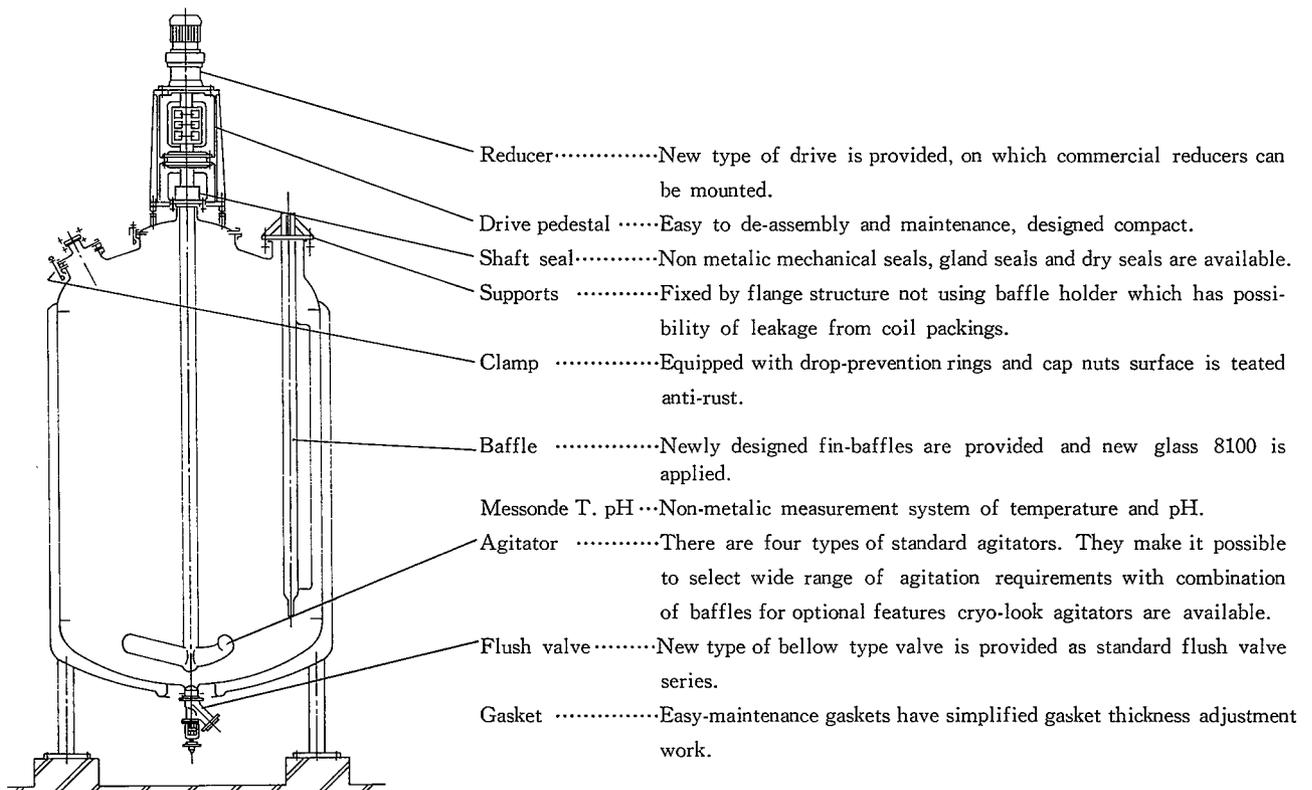
- Development of extremely high alkali resistant glass #9000, which also has first-class acid resistance.
- New devices are applied to accessories such as agitator, baffle, clamps and gaskets, which will assure less maintenance and maximal safety.
- Two-piece (shaft and blade) agitator and monitoring system inside the vessel are introduced as option.

当社は1985年8月1日にGlasteel Reactor New Model 90を発表した。この新しいReactor seriesについて、その特長を解説する。主な特長を上げると、a)耐酸性に加え耐アルカリ性を大幅に向上(従来品の2倍)させたNew glass #9000を採用した。b)攪拌翼、バッフル、ガスケット等付属品に数々の改良を加え、保守の容易さおよび安全性を向上させた。c)オプションとして組立式攪拌翼、缶内モニターリング装置を商品メニューに加えた。などである。

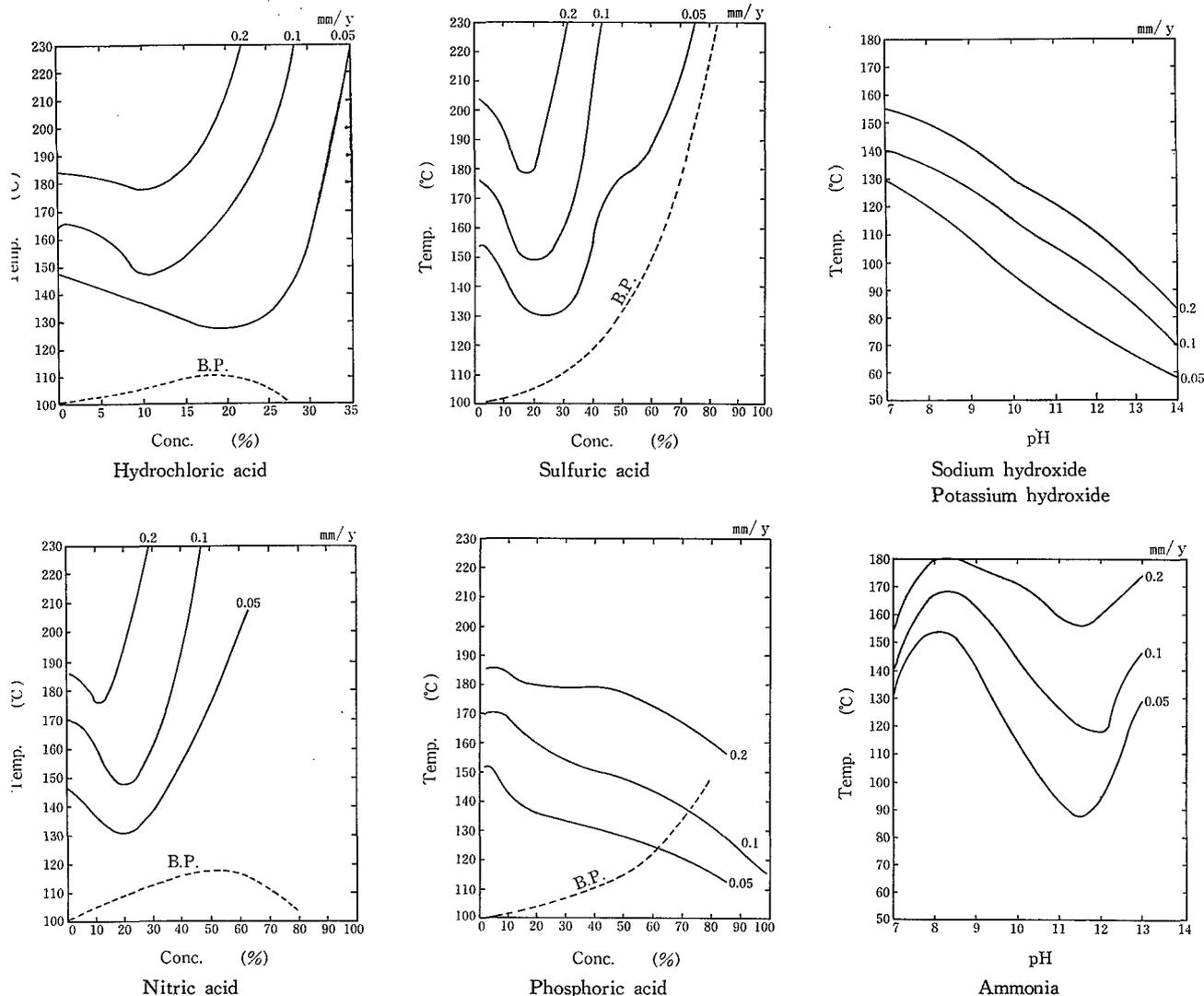
ま え が き

化学業界では製品の多様化が進み、装置もこれに合わせたニーズが生まれ、機器メーカーの製品改良はこのニーズに合わせて進められている。

当社のグラスチール製反応機についても、時代のニーズに合わせて標準化を進め、汎用機種については1977年よりストック生産体制を実施するとともに、部分的な改善および新技術の採用を幾度か行ってきたが、今回全般的な見直



第1図 新標準反応機の概要
Fig. 1 Outline of new model



第 2 図 ニューガラス #9000

Fig. 2 New glass #9000

しを行って面目を一新した新標準反応機のシリーズ化を終えたので、その内容を紹介します。

なお、新標準反応機には次項に述べるような数々の特長が盛り込まれているが、計画に際し、次のことに重点をおいた。

- 1) 高耐食性のガラスの開発を行い、画期的なガラスを提供する。
- 2) 部品の標準ユニット化を進め、組み合わせを変えることによって、目的に応じた多様性が得られる。
- 3) メンテナンスの省力化および安全性の向上。
- 4) 性能を向上するとともにメカトロ化を組み入れた製品とする。

1. ニューモデル反応機の概要 (第1図)

ニューモデル反応機的主要な特長を要約すると

- 1) 耐酸性、特に耐アルカリ性にすぐれた #9000 ガラスを採用した。
 缶体には #9000 ガラスのみを、攪拌翼およびバッフルには結晶化ガラスのソーセライトの上に #9000 のガラスをかけた #8100 ガラスを採用した。

- 2) 従来の攪拌機用標準機種に加え、汎用の減速機を搭載できる伝導装置を設計し低価格で保守の簡単な構造とした。

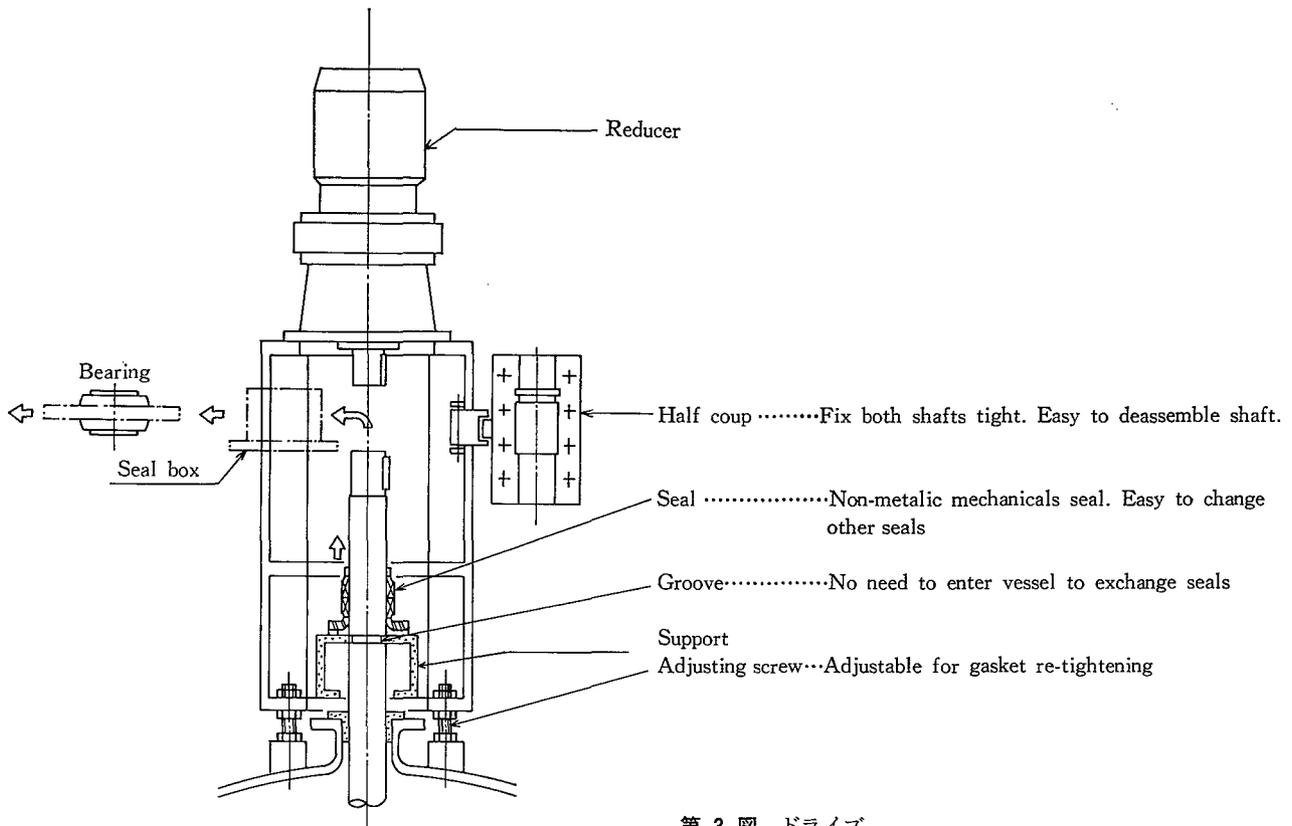
- 3) 実績のあるメカニカルシール、グランドシールに加えドライシールを標準メニューに入れた。
 いずれもノン・メタリック構造で、それぞれの攪拌軸軸頭形状を統一し、各軸封形式の変更に際し、相互移行を容易にした。

- 4) 各種攪拌翼、バッフルの組み合わせ内容を更に充実した。
 攪拌翼は 4 枚後退パドル、傾斜タービン、アンカー翼をオプションとして追加した。

これらはガラスライニング軸と組立式になっており、クライオロック・アジテーターと呼ばれる。

バッフルはフィンバッフルを新標準として採用した。

- 5) ガasket 厚み調整の自動化 (イージーメンテナンス・ガasket) および袋ナット付クランプ (防食処理施行) の採用により、また、ペロー式フラッシュ弁 (ノン・リーク式) を新標準に加え、保守の容易さをはかっ



第3図 ドライブ
Fig. 3 Drive

た。

さらに、クランプには落ち止め金具を設け、作業の安全性が向上した。

6) 缶内モニタリング装置、攪拌速度のコントロールなどメカトロ化された装置をメニューに加えた。

2. ニューグラス #9000

(耐食データは第2図参照)

グラスライニング用ガラスの耐食性は、理化学実験用ガラス器具に匹敵する高耐食性材料であるが、アルカリには弱いという宿命を持っている。

今回、当社は酸に対しては、最高級の耐食性を持つ従来の#3100ガラスに耐アルカリ性を2倍にし、耐酸性も向上させた世界的にも画期的な新しい#9000ガラスを開発し、ニューモデル缶に適用した。

(CAT. No. 124 Glasteel 9000を参照)

3. 伝動装置

従来の攪拌機用減速機SW型、LH型、VH型に加え低価格、イージーメンテナンス型伝動装置を開発した。

この伝動装置の特長は第3図に示すように、特殊な治具を使わなくともシール交換の際、缶内に入って軸を支える必要のない設計となっている。

攪拌軸を支持した後、攪拌軸上部の割型軸接手を開き、軸受を外すと、シール箱およびシールが取り出せ、シール面、シール箱、軸頭部の点検、清浄、シールおよびパッキンの交換ができる。

架台には、当社標準減速機以外に市販の減速機の取付けもでき、多目的用ドライブ機構として使用できる。

4. メカニカルシールおよびグランドシール

(第4図)

グラスライニングされた缶体材質に合致したノン・メタリック構造が標準である。

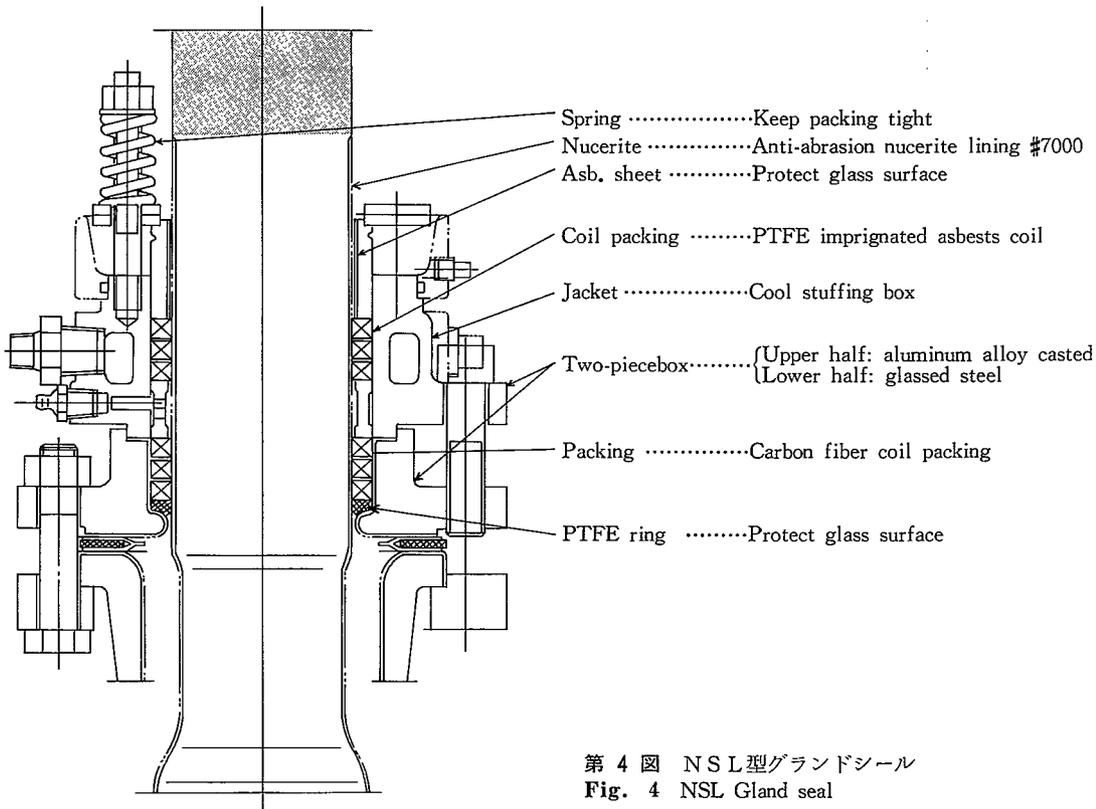
従来、低圧シールにはグランドシールが有利と考えられていたが、腐食液を取扱うグラスチール製反応機には、シール部よりもれるガス体による腐食、作業環境、グランドパッキン部の保全などを考えると、メカニカルシールの価値が浮び上がってくる。

この点を考慮して新標準反応機は、いずれのシール型式にも比較的簡単に仕様変更ができるよう設計されている。すなわちシール軸径をメカニカルシール、ドライシールおよびグランドシールとも同一寸法とし、相互への変更を容易にした。

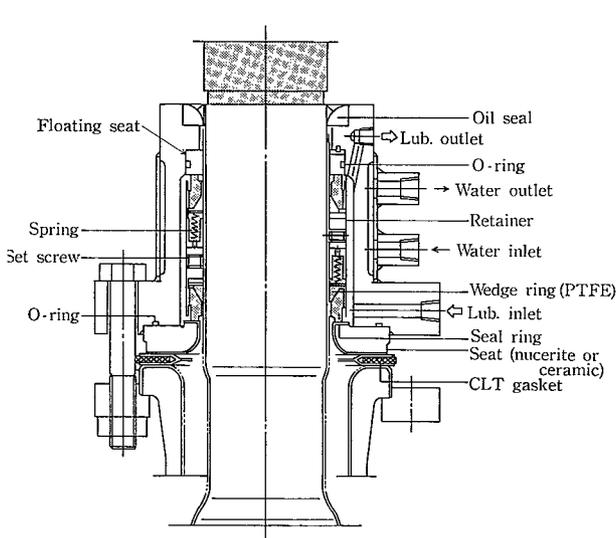
また、軸受部の形状も同一のため、架台は共通化された。標準のメカニカルシール部は、第5図に示すスタックアップ構造で、缶内最大圧力10 kgf/cm²Gの設計となっている。摺動部はカーボン製回転リングとノーセライト製(オプションとしてセラミックソリッド製もある。)固定シートの組み合わせで、グラスライニングされ、研磨された攪拌軸に対してはPTFE材でシールされている。

また、潤滑剤を使わないメカニカルシールの一種ドライシールへの変更も可能で、潤滑剤やシール摩耗粉等の反応機内への異物混入を嫌うプロセスに使用されている。(第6図)

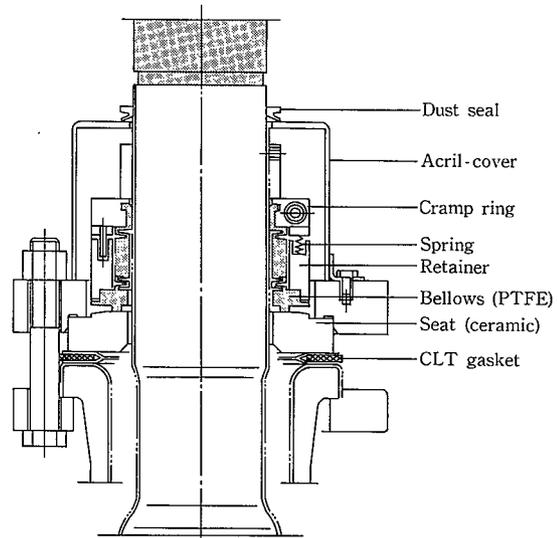
但し、最高使用圧力は、真空、大気圧を標準としている。



第 4 図 NSL 型グランドシール
Fig. 4 NSL Gland seal



第 5 図 メカニカルシール
Fig. 5 Mechanical seal



第 6 図 ドライシール
Fig. 6 Dry seal

5. 攪拌

5.1 ファインバッフル

3枚インペラー翼との組み合わせとして従来フィンガーバッフル（上向，下向），D型バッフルおよびI型（ピーバーティル型）バッフルが使用されてきた。

今回フィンバッフルを標準化した。これにはつぎの様な特長がある。

1) フィンバッフルより強い攪拌が得られる。

取付角度を変える事により強い攪拌から弱い攪拌までが得られ，剪断型から循環流型フローパターンまでが自由に選択できる。

2) グランドによるサポートを止め，ノズルに直接フランジ止めをするため，グランドパッキンからの洩れが無くなり，保守も容易になる。

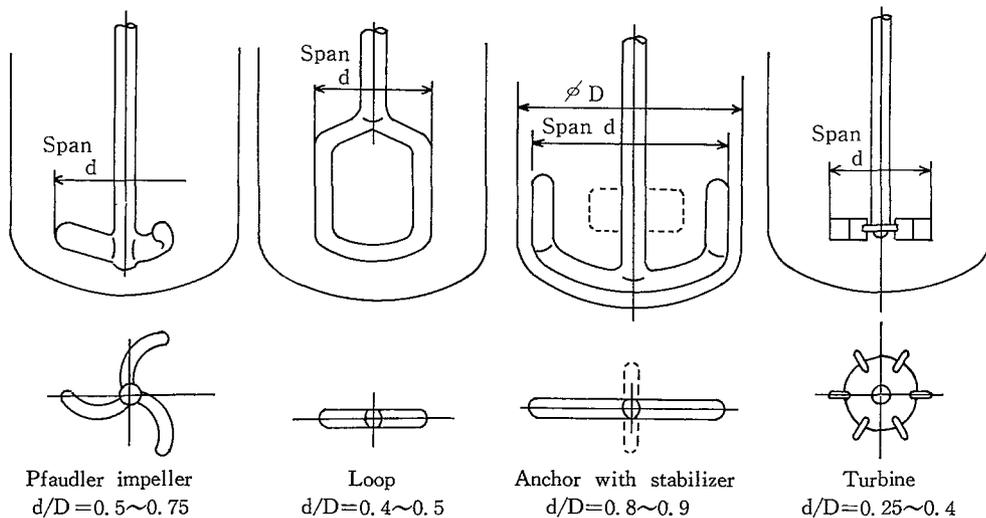
3) ノズルから挿入できるため，缶内深く入れることができる。

このため測温上，最低液面が減り，プロセスの多様化に追隨できる。

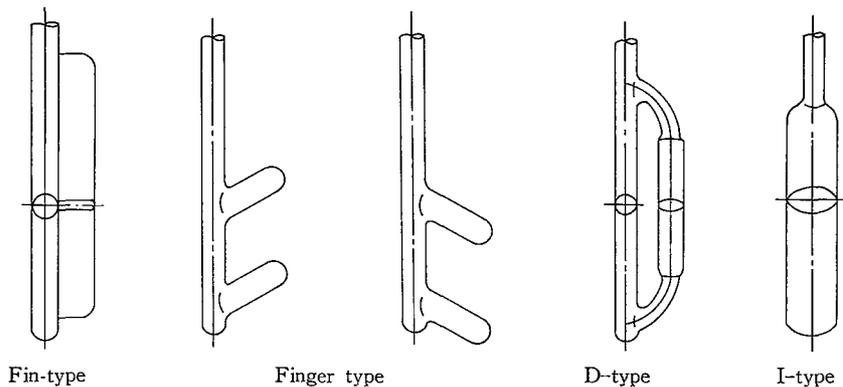
4) バッフル取替えの際，缶内に入る必要がなくなった。

第 7，8 図に各種攪拌翼，バッフルを示す。

3枚インペラー翼は5種のバッフルとの組み合わせが可



第 7 図 攪拌翼の形状
Fig. 7 Agitators



第 8 図 バッフルの形状
Fig. 8 Baffles

能で、タービン翼はフィン型または I (アイ) 型バッフルとの組み合わせが適している。

5.2 クライオロック (第 9 図)

クライオロックアジテータ 攪拌軸と 攪拌翼を別々に造り、これを組立てるものである。

このことはステンレス 機器の場合は当然のことであるが、グラスライニングについては不可能とされていた。

それは、ボス、キー、ボルト、ナットいずれの機械要素をとってみても、オールグラスライニングという訳にはいかないからである。

このたび当社が商品化した、クライオロックアジテータはこの不可能を克服したものである。

原理はいわゆる冷しばめ (クライオロック) である。

攪拌翼と一体になったボスの内面を寸法的に精密に、かつ表面を滑らかに研磨し、相手方の攪拌軸の方も同様に仕上げはめあいをさせる。

軸の方を液体窒素で冷却し、軸径を縮ませてボスにはめる。常温に戻ると軸が元どおり広がり、ボスと強固に結合する。これは温度のみに依存する可逆現象であるから、分解も組立も同じプロセスで行える。

クライオロック翼は、上鏡のサイドマンホールから挿入できるので、翼の取り替えにセンターマンホールを必要としないし、伝動装置を取り外す必要もない。

アンカー翼はスパンが構内壁に合わされているので、通常は、開放型 (NP, NE 型缶) にしか取り付けできないが、クライオロック翼は密閉型 (NR 型) にも、取り付け

することができる。

アンカー翼のほかに、後退タービン翼、平板タービン翼、傾斜タービン翼など、目的に応じた翼を取り付けることができる。

平板タービンと後退タービン翼は、フィンバッフルと組み合わせて強力な攪拌をすることができる。

3 枚インペラーとフィンガーバッフルとの組み合わせの約 5 倍の N_p 値が得られる。

傾斜タービン翼は、半径方向のほかに軸方向の流れが得られ、先述したタービン翼の剪断力の一部を循環流に変えるものである。

クライオロック翼によって得られるメリットは以上のほかに、上鏡ノズル、マンホールの計画がやりやすいことである。センターマンホールが不要のため、サイドマンホールを大きくすることができる。配管用ノズル、ハンドホール等のサイズ、個数を増やすことができる。更に圧力容器設計上のメリットとして、より高圧のベッセルが造れることである。

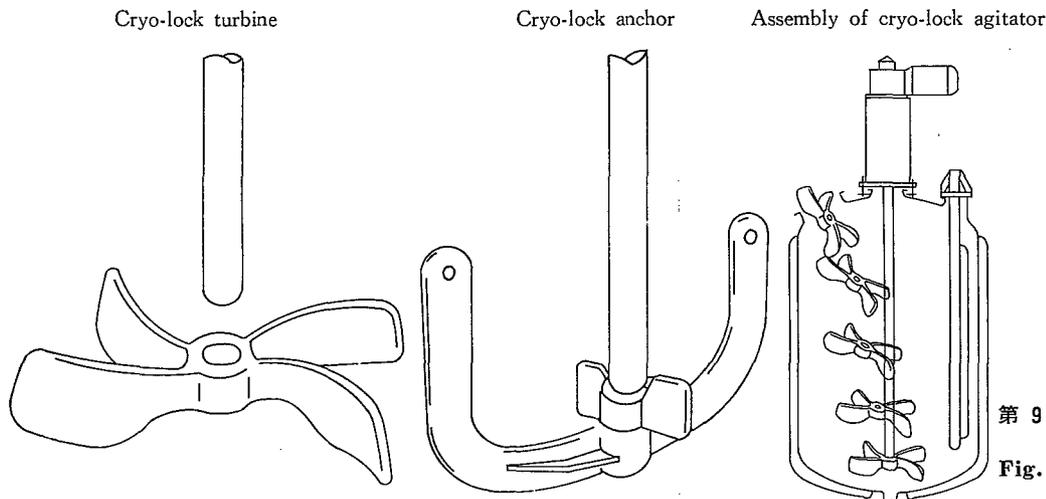
6. イージーメンテナンスと安全性

付属品に関し改善を行った。

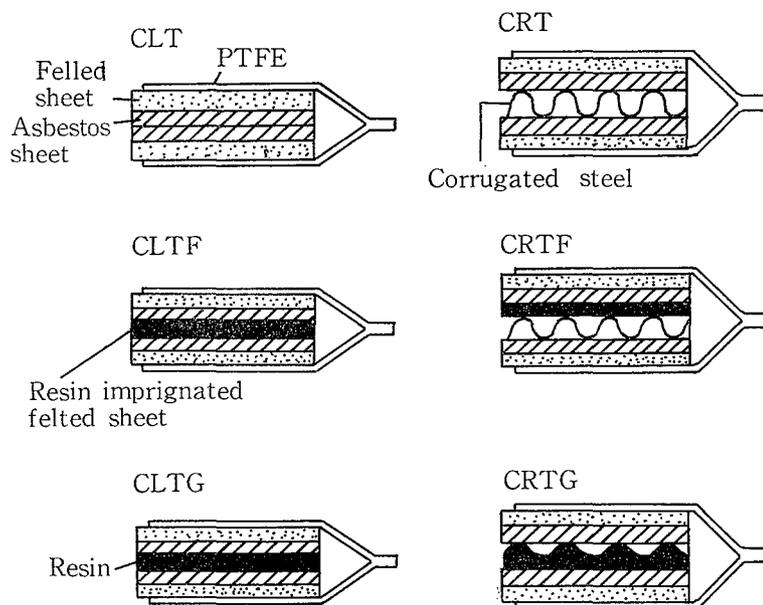
6.1 イージーメンテナンス・ガスケット (CLTF, CRTF, CLTG, CRTG)

グラスライニング機器に設けられている大口徑の開口部のフランジ面は、多少のうねりがあり、ガスケット厚みを調整する必要がある。

この作業を無くし容易に隙間調整のできるガスケットを



第9図 クライオロックアジテータ
Fig. 9 Cryo-lock agitator



第10図 イージーメンテナンス型
Fig. 10 Easy-maintenance gasket

開発した。(第10図)

フランジガラス面の隙間不同を調整する場合、従来のアスベストを使用して行うガスケット調整を、樹脂や樹脂含浸フェルトシートを中芯に使うことによって、調整シートのいらぬ構造とし、ガスケット調整作業を簡略化したものである。

サイズはφ800の径まで標準化している。

F型は150°Cまで、G型は200°Cまで使用可能である。

6.2 クランプ

クランプに特殊な表面処理を行い、耐食性をもたせた。さらに袋ナットを使用しネジ部の耐食性を万全にした。

クランプには落ち止めを設け作業の安全性をはかった。(センターおよびサイドマンホール)

7. メカトロ化

7.1 攪拌速度のセット、コントロール

インバータおよびパソコンを使って、攪拌の自動化を行う。

7.2 缶内モニタリング装置

ファイバースコープを使って、缶内の様子をブラウン管上で見ることができる。

むすび

New Model 90は#9000 グラスと#8100 ヌーセライトのコンビネーションで耐食化学機器として完成させると共に、構造・機能面でユーザー・ニーズを大巾にとり入れたGL反応機である。またクライオロック・アジテータ(神鋼ファウドラ―技報 Vol. 29, No. 2, P21.参照)に見られる様に技術革新の成果もメニューに加え、グラスライニング攪拌槽の多目的用途への展開も試みた。今後共ユーザー各位から御要望を受けながら対応し、更に使い易い機能の充実した機器にするために努力する所存である。

軽 量 コ ン テ ナ

Light-Weight Tank Container

化工機事業部 技術部 技術第2課

西 村 馨
Kaoru Nishimura

ISO provides the maximum weight of the tank containers as 24 000 kgs. Thus, the lighter the tare weight of the tank container, the greater the payload for the tank container. This report describes the experimental results on the strength of tank container frames which have been made lighter by approximately 400 kgs.

当社のタンクコンテナはタンク部とフレーム部より構成されているが、当社はこのたびフレームの構成部材を節減し、形状をスリム化することによりタンクコンテナ全体の軽量化に成功した。ここでは軽量フレーム強度の実験結果を紹介する。

ま え が き

20フィートタンクコンテナ総重量は国際標準機構 (ISO) に 20 320kg と規定されている。ただし ISO では近く 24 000 kg に改正されることが予想される故、当社では 24 000 kg を標準としている。総重量 (Gross weight) = コンテナ自重 (Tare weight) + 積載重量 (Payload) であるから、自重の小さいコンテナほど多量の貨物を積むことができる。

したがって、すぐれたコンテナを設計するには、所定の強度を有した上で、いかに自重を減らしてタンクコンテナを軽量化するかにかかっている。タンクコンテナはタンク部およびフレーム部より成るが、タンク部は耐圧強度および各種規則に定められた最低板厚により、板厚が決定され各メーカーともほとんど差異はないが、フレーム部は各社とも設計に個性があり、種々の形状でそれぞれ重量が異なる。

当社はタンクコンテナのフレームの外のり寸法 19' - 10 1/2" (L) × 8' (W) × 8' 6" (H) のフレームについて軽量のタンクコンテナを試作し、荷重試験においてフレーム各部に取付けた歪ゲージを用いて強度を確認した。さらにフレームの隅柱下部に加速度計を取り付けて衝撃試験を行い、タンクコンテナの損傷の有無を目視で確認した。第1表は当社の新旧タンクコンテナの計算重量の比較を示したもので、約400kgの軽量化が達成された。写真1は完成した軽量コンテナを示す。

1. 荷 重 試 験

1.1 実験方法および項目

第1図に示す供試フレームに歪ゲージ (2軸ゲージ) を取付け、CSC条約 (安全なコンテナに関する国際条約) に定められた荷重試験第2表により、フレームの強度を確認した。歪ゲージで測定された歪は次式で応力換算した。

部材長手方向応力

$$\sigma_l = (2.15 \varepsilon_l + 0.65 \varepsilon_h) \times 10^4 \text{ kg/mm}^2$$

テストは専用のテスト架台上で行い各荷重は油圧ラムで

第1表 新旧コンテナの重量比較 (計算値) 単位: kg
Table 1 Weight comparison of new and old containers (calculated) (Unit: kg)

	Frame weight	Tank weight	Total weight
New type	1 410	1 790	3 200
Old type	1 810	1 790	3 600

第2表 荷重テスト項目
Table 2 Load tests

	Load [kg]	Remarks
Stacking test	54 000	= 24000 × 1.8 × 5 × 1/4 ¹⁾
Lateral racking test	15 240	
Longitudinal stacking test	7 620	
Longitudinal restraint test	24 000	

Note 1) 6 stacks. Safety factor 1.8

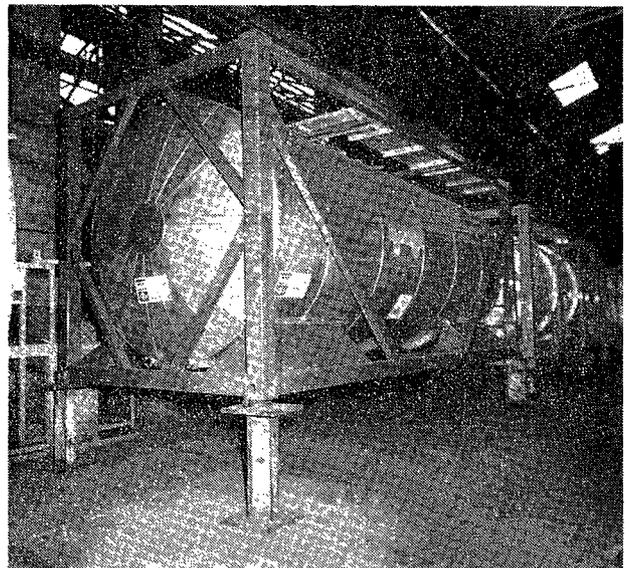


写真1 軽量コンテナ

Photo. 1 Light-weight tank container

負荷した。

荷重試験概略図は第2図に示す。

1. 2 実験結果

各荷重テスト時の部材長手方向の応力値を下記の表にまとめた。

- 1) 積重ね試験 第4表
- 2) 横手方向ラッキング試験 第5表
- 3) 長手方向スタッキング試験 第6表
- 4) 長手方向緊締試験 第7表

1. 2. 1 最大応力

各荷重試験において発生した最大応力を第3表に示す。

1. 2. 2 変形

型式認可試験における判定に用いられる部材変形の測定値を第7～10表に示す。測定にはダイヤルゲージおよび金尺を用いた。いずれの試験においても許容値内である。

1. 3 考察

荷重試験はコンテナの静的荷重に加えて輸送時に加わる負荷状態を想定して試験荷重が定められている。型式認定の際に荷重テストが実施されるが、合否の判定基準は各荷重テスト後の残留変形量で規定されている。また1.2.2に示すように型式認定試験に合格している。

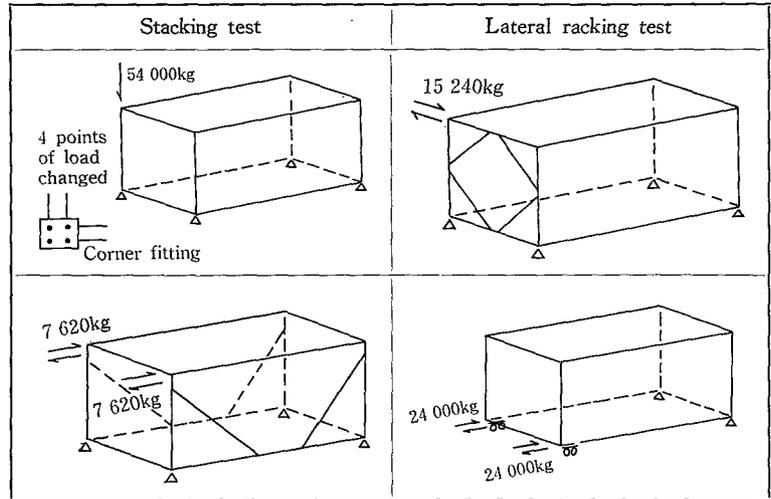
1. 3. 1 積重ね試験

積重ね試験における最大応力は隅柱下部

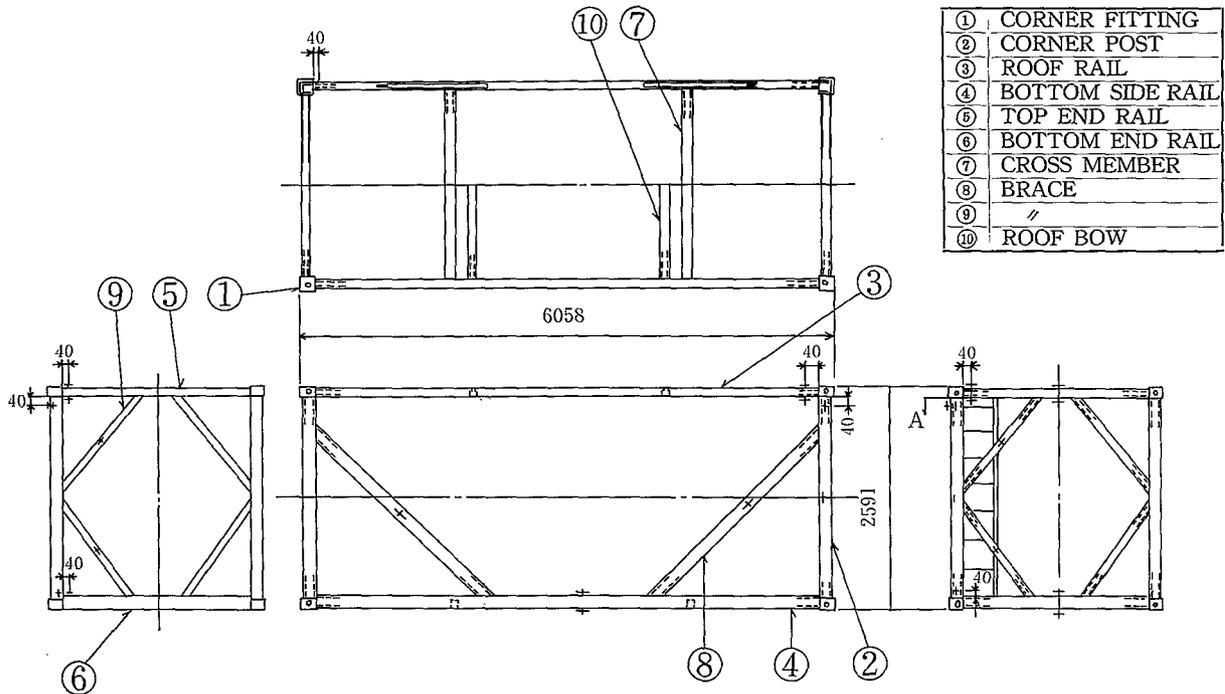
に発生する。第3図に最大応力発生位置近傍の応力分布を示す。この応力分布から次の事がわかる。

- 1) 最大応力は $\alpha_{max} = 23.2 \text{ kg/cm}^2$
- 2) 柱断面の応力分布形状は、荷重位置が異なってもほぼ同一である。
- 3) 隅柱には軸力に加え曲げ応力が発生しており、最大応力も軸力+曲げの合力である。

ここでは日本建築学会の定める「鋼構造設計規準」における許容応力値を最大応力に対する評価を行う。



第2図 荷重試験概略図
Fig. 2 Outline of load tests



第1図 供試フレーム
Fig. 1 Tested frame

許容圧縮応力（短期）

$$f_c = \frac{1.5\{1-0.4(\lambda/A)^2\}F}{\nu} = 23.5 \text{ [kg/mm}^2\text{]}$$

$$A: \text{ 限界細長比} = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.6F}} = 120$$

F: 許容応力度 [kg/mm²]

λ: 細長比 19.3

ν: 安全率 1.517

したがって、

-23.2kg/mm²[最大発生応力] < -23.5 kg/mm² [許容圧縮応力]。鋼構造設計規準の許容応力を超えていない。

1. 3. 2 横手方向ラッキング試験

最大応力はプレスに発生している。同様に鋼構造設計基準により応力評価を行う。

許容圧縮応力

$$f_c = \frac{1.5\{1-0.4(\lambda/A)^2\}F}{\nu} = 21.1 \text{ kg/mm}^2$$

$$A=120, \lambda=46.6, \nu=1.6$$

したがって

-14.9 kg/mm²[最大発生応力] < 21.1 kg/mm² [許容圧縮応力]

1. 3. 3 長手方向スタッキング

最大応力は上桁に発生し、軸力 + 曲げ成分を持っている。

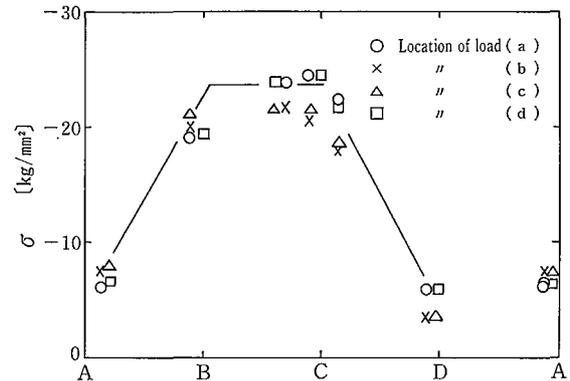
ここでは曲げで応力評価を行う。

許容曲げ応力

$$f_c = \frac{1.5F}{1.5} = F = 24 \text{ kg/mm}^2$$

したがって、

-8.4kg/mm²[最大発生応力] < 24kg/mm²[許容曲げ応力]



第 3 図 隅柱軸方向応力の分布

Fig. 3 Axial stress distribution on corner post.

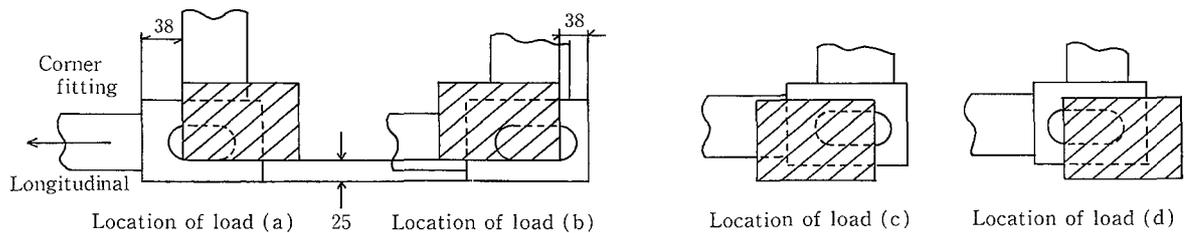
第 3 表 最大応力

Table 3 Maximum stress

	Max. stress [kg/mm ²]	Member
Stacking test	-23.2	Lower section of corner post
Lateral racking test	-14.9	Brace
Longitudinal stacking test	- 8.4	Roof rail
Longitudinal restraint test	- 9.5	Bottom side rail

第 4 表 積重ね試験測定応力値

Table 4 Measured stresses in stacking test



Location Load (kg)	Location of load (a)			Location of load (b)			Location of load (c)			Location of load (d)		
	Upper sec. of corner post	Central sec. of corner post	Lower sec. of corner post	Upper sec. of corner post	Central sec. of corner post	Lower sec. of corner post	Upper sec. of corner post	Central sec. of corner post	Lower sec. of corner post	Upper sec. of corner post	Central sec. of corner post	Lower sec. of corner post
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18 000	- 5.1	- 4.6	- 6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36 000	-11.3	- 9.2	-12.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54 000	-16.2	-13.2	-18.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.1	- 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54 000	-17.2	-12.7	-19.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Unit:kg/mm²

第 5 表 横手方向ラッキング試験測定応力値

Table 5 Measured stresses in lateral racking test

Unit : kg/mm²

Location Load (kg)	Racking (push)				Racking (pull)			
	Corner post	Top end rail	Bottom end rail	Brace	Corner post	Top end rail	Bottom end rail	Brace
0	0	0	0	0	0	0	0	0
15 240	- 1.3	-12.1	- 3.6	14.0	- 0.1	7.7	0.8	-14.9
0	0	0	0	0	0	0	0	0

第 6 表 長手方向スタッキング試験測定応力値

Table 6 Measured stresses in longitudinal stacking test

Unit : kg/mm²

Location load (kg)	Stacking (pushing)				Stacking (pull)			
	Corner post	Top end rail	Bottom end rail	Brace	Corner post	Top end rail	Bottom end rail	Brace
0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 620	1.9	- 8.4	- 0.5	- 3.8	- 1.8	7.4	- 0.6	- 4.4
0	0	0	- 0.1	0	0	0	0.4	0

第 7 表 長手方向緊縮試験測定応力値

Table 7 Measured stresses in longitudinal restraint test

Unit : kg/mm²

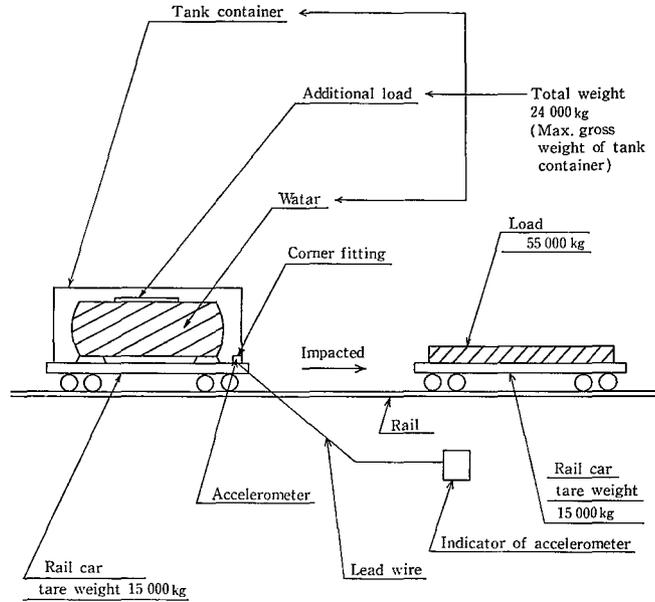
Location Load (kg)	Restraint (push)		Restraint (pull)	
	Corner post	Bottom end rail	Corner post	Bottom end rail
0	0	0	0	0
24 000	5.1	- 9.5	- 5.0	9.1
0	0.2	0	- 0.1	- 0.2

第 8 表 積重ね試験部材変形

Table 8 Distortion of members in stacking test

Unit : mm

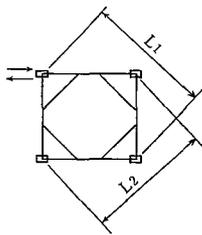
Load	Location of load (a)			Location of load (b)			Location of load (c)			Location of load (d)		
	Change in corner post length	Distortion of corner post		Change in corner post length	Distortion of corner post		Change in corner post length	Distortion of corner post		Change in corner post length	Distortion of corner post	
		Longi-tudinal	Lateral									
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54 000 kg	- 2.0	- 0.8	- 3.0	- 1.5	+ 0.4	- 2.35	- 2.0	+ 0.75	- 2.15	- 2.0	- 1.4	- 3.45
0	0	+ 0.35	- 0.15	0	+ 0.1	- 0.1	0	- 0.15	+ 0.1	0	0	0



第 4 図 AAR-600 衝撃試験概略図
Fig. 4 Outline of AAR-600 impact test.

第 9 表 横手ラッキング試験部材変形

Table 9 Distortion of members in lateral racking test

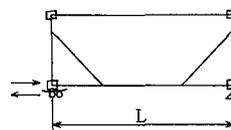


Load (kg)	Push			Pull		
	Differences of diagonal lengths		Sum of differences of diagonal lengths	Differences of diagonal lengths		Sum of differences of diagonal lengths
	ΔL_1	ΔL_2		ΔL_1	ΔL_2	
0	0	0	—	0	0	—
15 240	- 4.0	+ 4.5	9.5	+ 5.5	- 4.5	10.0
0	- 0.5	0	0.5	+ 0.5	0	0.5

第 10 表 長手緊縮試験部材変形

Table 10 Distortion of members in longitudinal restraint test

Unit : mm



Load (kg)	Push	Pull
0	0	0
24 000	- 2.0	2.5
0	0	0

1. 3. 4 長手方向緊縮試験

最大応力は下桁に発生し、軸力が主成分である。

許容圧縮応力

$$f_c = \frac{1.5\{1 - 0.4(A/\lambda)^2\}F}{\gamma} = 21.6 \text{ kg/mm}^2$$

-9.5 kg/mm²[最大発生応力] < 21.6 kg/mm²[許容圧縮応力]

1. 4 結論

軽量化コンテナのフレームを型式認可テストと同一の試験荷重で強度試験を行い、フレーム強度を検討した結果各荷重試験において、残留応力(歪)もなく、型式認可試験に合格する強度を有している。

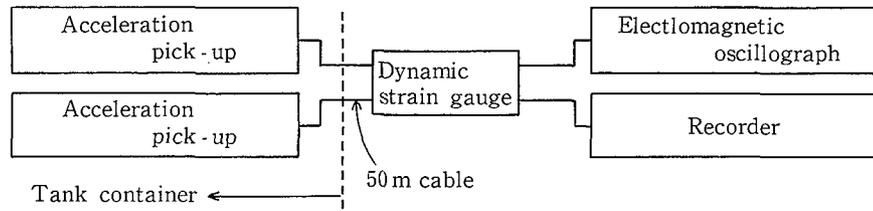
2. 衝撃試験

2. 1 AAR-600

米国の鉄道会社の協会である (Association of American Railroads の略) が定めたタンクコンテナの規定とし

て AAR-600 がある。その中に衝撃試験に関する規定があり、われわれの上述の軽量化タンクコンテナをこの AAR-600 の衝撃試験の手順にもとづいて衝撃試験をおこなった。

第 5 図
計測器ブロック線図
Fig. 5
Block diagram of
instrument.



2. 2 衝撃試験の方法

タンクコンテナの総重量が最大24 000kgになるようにタンクコンテナに水を満積し、さらにその両側に鋼材を取りつけてレール上の台車に載せる。もう一台の台車を同じレール上に用意し、鋼材と台車の重量の和が24 000kgになるように鋼材を台車に載せる。加速度計をタンクコンテナの下部のコーナーフィテングに取りつける。タンクコンテナを載せた台車に70 000 kgの荷重の台車を加速度計が5G以上を示すような速度で衝突させる。その結果タンクコンテナに損傷または異常がないことを目視で確認する。(第4図)

2. 3 計測器類およびデータ

計測器類のブロック線図を第5図に示す。

加速度 α は次式より算出される。

$$\alpha = \frac{x A}{B} \times 1000 [G] \dots \dots \dots (1)$$

x : 試験時オシロの記録巾 [mm]

A: 加速度ピックアップ校正値 [$G/1 \times 10^{-6}$]

B: 電磁オシロ校正時記録巾 [$mm/1000 \times 10^{-6}$]

測定センサー

Ch. 1 [加速度計 Y_N3610] A=0.007418 B=13.5

Ch. 2 [〃 Y_N3612] A=0.007199 B=11.5

これらの数値を(1)式に代入すると下記の式となる。

$$\alpha Ch_1 = \frac{x \times 0.007418 \times 1000}{13.5} = 0.549x [G] \dots (2)$$

$$\alpha Ch_2 = \frac{x \times 0.007199 \times 1000}{11.5} = 0.626x [G] \dots (3)$$

試験時オシロの記録幅の値を(2)式および(3)式の x に代入すると下記加速度が得られた。

	1 回目	2 回目
Ch ₁	4.1G	7.4G
Ch ₂	2.8G	7.2G

上記衝撃試験後タンクコンテナには異常は認められなかった。

む す び

以上フレーム部を軽減し、タンクコンテナの自重を約400kg軽量化図り型式承認を取得した。

今後さらに加熱装置や保温カバーなど付属物を取付けた構造について全体の軽量化を進め輸送効率の向上を行いたい。

圧力容器への半自動アーク溶接の適用

Application of Semi-automatic Arc Welding Method for Pressure Vessels

化工機事業部 第1製造部 製缶課

渡辺 和義
Kazuyoshi Watanabe

This paper describes the application of semi-automatic arc welding method using flux-cored wire for manufacture of pressure vessels, which is one of semi-automatic arc welding methods.

圧力容器を製作する上で溶接は不可欠であるが、種々ある溶接方法のうち、半自動アーク溶接の一つであるフラックス入りワイヤーを用いたフラックスコアードアーク溶接の当社での適用について紹介する。

まえがき

当社では炭素鋼にグラスライニングした機器、ステンレス鋼、クラッド鋼またはその他の耐食金属を用いた反応機、重合機や貯槽などの機器を製作しているが、これらのほとんどが一般に言う溶接構造の圧力容器である。これらの溶接構造の圧力容器の機能および品質を確保する上で、溶接技術は非常に重要であり、そのためにいろいろな溶接方法や溶接材料が改善され、日々に進歩してきている。そして検査技術の向上に伴って、ユーザーからの試験、検査要求も増え、より安全でかつ信頼性の高い高品質の溶接が強く要求されてきている。

また一方、オイルショックを契機に低成長時代をむかえ、溶接作業の生産性向上のために高能率化が必要となってきた。

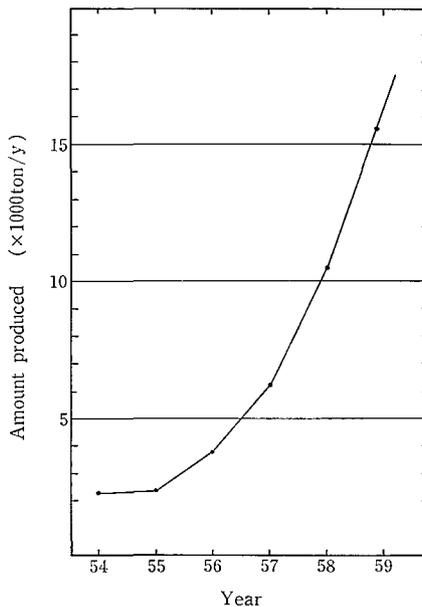
このような要求に応じる溶接として、最近、半自動アーク溶接の一つであるガスシールドアーク溶接が脚光を浴びており、溶接産業分野では被覆アーク溶接にとって代って、その使用率が急速に上昇している。第1図に最近の国内でのフラックス入りワイヤーの生産量推移を示す。ここでは、最近当社の溶接技術を改善し、高品質、高能率化を実現するため半自動アーク溶接、とくにフラックスコアードアーク溶接の圧力容器製作への適用について各種実験を行ったので簡単に紹介する。

1. 既存の溶接技術

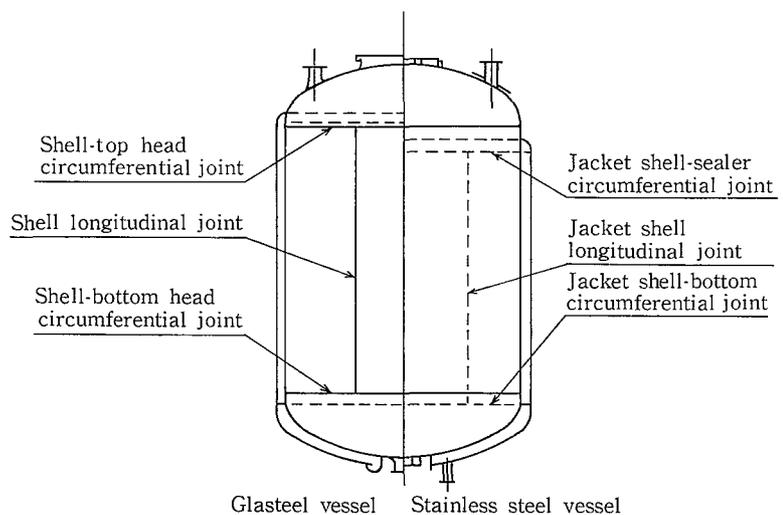
溶接には、その施工手法によって手溶接（マニュアル）半自動溶接（セミオートマチック）、自動溶接（オートマチック）の三つに分けられ、溶接方法の種類で分けると、第1表のように分類される。

1.1 主要継手の溶接

ここで言う主要継手とは第2図に示す、胴の長手継手、胴と鏡の周継手であるが、これらは自動溶接であるサブマージドアーク溶接による内外面の溶接が一般的に用いられ



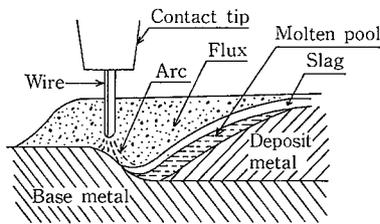
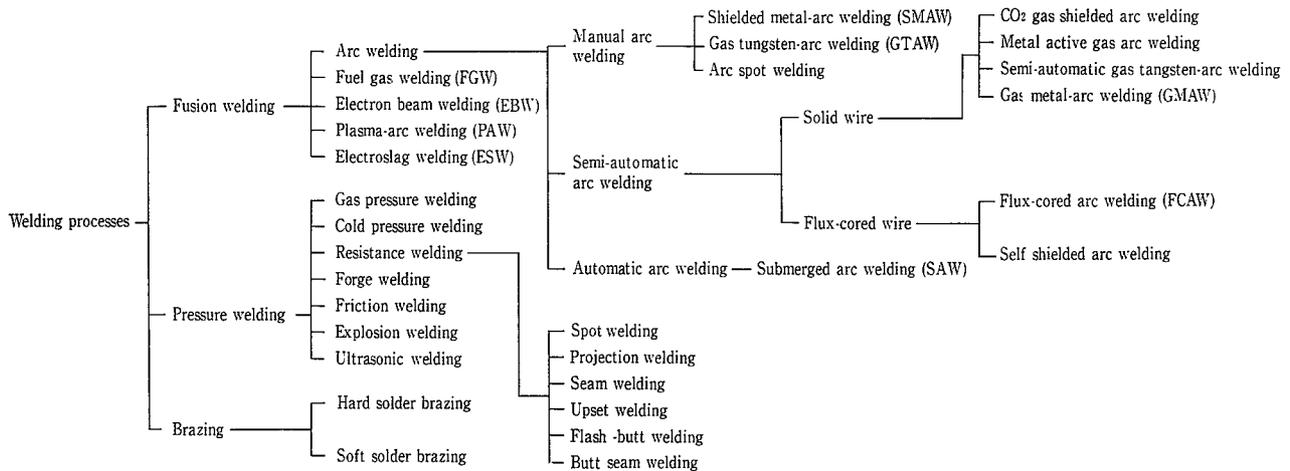
第1図 フラックス入りワイヤ（炭酸ガス用）の生産量推移（日本）
Fig. 1 Production amount of flux-cored wire



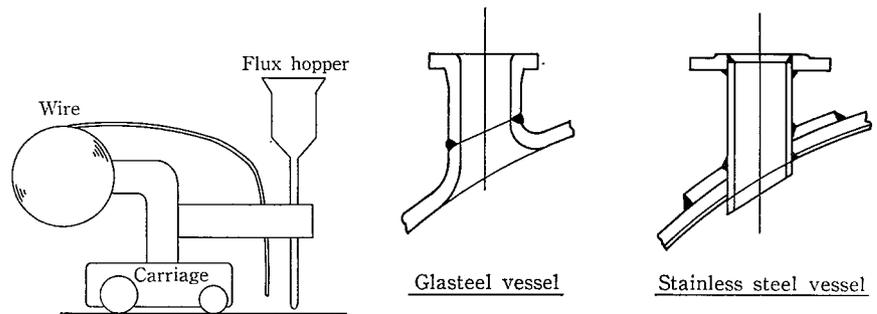
第2図 圧力容器主要継手
Fig. 2 Main seams of pressure vessel

第 1 表 溶接方法の種類

Table 1 Welding methods



第 3 図 サブマージドアーク溶接法
Fig. 3 Submerged arc welding



第 4 図 ノズル管台概略図
Fig. 4 Nozzle necks

ている。

サブマージドアーク溶接とは第 3 図にその原理を示すが、コイル状に巻かれたワイヤー先端と母材との間にアークを発生させ、これに連続的に供給される粒状の溶剤（フラックス）で溶融部を完全に覆い、進行していく自動溶接法である。このサブマージドアーク溶接は大電流で施工されるため、溶着速度が大きく、能率かつ経済的で、信頼度の高い溶接継手が得られるので、今日下向きの溶接では最も広く用いられている方法である。

しかし、クラッド鋼の突合せ両側溶接継手で内面（合せ材）側の溶接の場合、サブマージドアーク溶接では粒状の溶剤で溶融部が完全に覆われてしまい、クラッド鋼の合せ材と母材との境界が確認できないので余り用いられていない。このためクラッド鋼内面の溶接は、被覆アーク溶接が用いられているのが通常である。

1. 2 ノズル管台、外部ラグ等の溶接

圧力容器には主要継手以外に、いろいろなサイズのノズル管台、また外部ラグ類がかならず取り付けられている。

これら部品類の溶接は、その溶接姿勢や溶接の作業性から、被覆アーク溶接が多く用いられている。アーク溶接の中で最も一般的に用いられている方法である。参考までに第 4 図にノズル管台の概略図を示す。

もちろん一部の溶接部位では、炭酸ガスアーク溶接、MAG 溶接や MIG 溶接といった半自動アーク溶接も使用されているが、ソリッドワイヤー特有のビード外観の悪さや、また、X線性能の悪さから、圧力容器への適用は十分なされていなかったのが実状である。第 5 図に半自動アーク溶接の原理を示すが、シールドガスに炭酸ガスを用いるものを炭酸ガスアーク溶接といい、不活性ガス（イナートガス）を用いてステンレス鋼など炭素鋼以外の溶接を行う場合を MIG 溶接とっている。また MAG 溶接はそのガス成分を酸化性のあるガス（アクティブガス）に変えたもので一般的には、アルゴンガスと炭酸ガスとの混合ガスを用いて行う溶接で、スパッタの発生が炭酸ガスアーク溶接と比較し、少ないのが特長である。

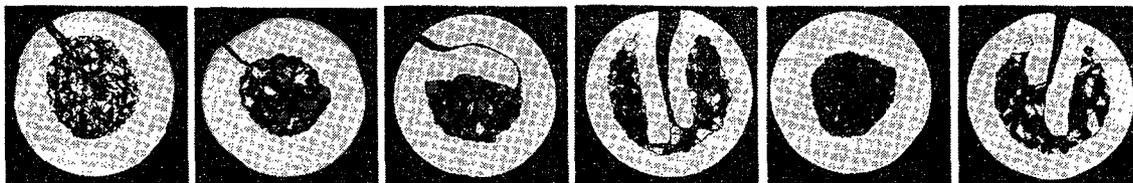
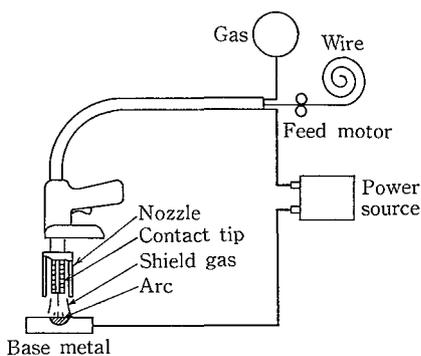
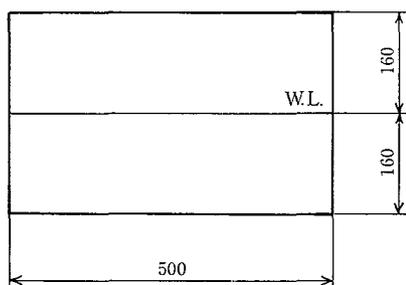


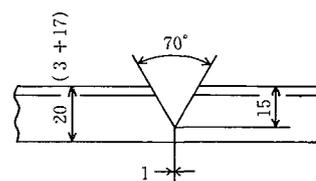
写真 1 各社フラックス入りワイヤー断面
Photo. 1 Cross section of flux-cored wire



第 5 図 半自動アーク溶接法
Fig. 5 Semi-automatic arc welding



第 6 図 クラッド鋼テストピース
Fig. 6 Clad steel test pieces



Welding bevel detail
Material : SUS 304 + SM41B

2. フラックスコアードアーク溶接の導入

以前から半自動アーク溶接方法としてソリッドワイヤーによるものと、ワイヤーの中にフラックスを入れたフラックス入りのワイヤーの二種類があったが、フラックス入りワイヤーはワイヤー内部にフラックスを包み込んでいることから、ワイヤー径が太く、またその性能もいまひとつで、圧力容器関係には余り使用されていなかった。

しかし、最近になって細径のワイヤーが生産され、その溶接作業性、また溶接性能が改善され、造船、橋梁関係で多く使用されるようになった。そして今ではフラックス入りワイヤーはソリッドワイヤー以上に使用されており、またステンレス鋼用のフラックス入りワイヤーも生産販売されるようになった。

当社では先に述べたように、クラッド鋼内面溶接（バッククラディング）ノズル管台、外部ラグ類の溶接は被覆アーク溶接が主流であったが、これらの背景を踏まえて、溶着効率が大きく、そしてビード外観、ビード形状のよいフラックス入りワイヤー、つまりフラックスコアードアーク溶接への変換を図った。

なお、写真1はフラックス入りワイヤーの断面を拡大したものである。

2.1 クラッド鋼への適用

先に述べたようにクラッド鋼突合せ継手部の内面側は、今まで被覆アーク溶接法を適用していたが、その溶着効率の改善を図るべく、バッククラディング部へフラックスコアードアーク溶接（ステンレス鋼）の試験を行った。

テストピースは第6図に示すSUS 304 クラッド鋼を用いて行なった。第2表に溶接方法およびその溶接条件を示す。

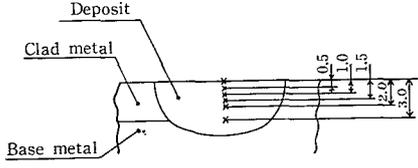
第 2 表 クラッド鋼溶接条件

Table 2 Welding data for clad steel (SUS304+SM41B)

Pass	Welding processes	Filler metal (trade name)	Welding current (A)	Welding voltage (V)	Welding speed (mm/min)	Welding procedure
1	Shielded metal arc welding (SMAW)	LB-26	280~300	31	150	
2	Flux-cored arc welding (FCAW)	DW-309L	230~250	34~35	280	
3		DW-308L	240~260	34~35	260	
4			240~260	34~35	260	
5	Submerged arc welding (SAW)	MF-38×US-36	580~600	34	700	
6					400	
7						

第 3 表 溶接継手試験結果 (クラッド鋼)

Table 3 Results of welded joint test (Clad steel)

Test piece No.	Tensile test					Bend test		Radiographic examination
	Specimen's dimension (mm)	Sectional area (mm)	Load (kg)	Tensile strength (kg/mm ²)	Location of fracture	Face bend	Root bend	
						2TR×180°		
1	18.2×25.0	455.0	23600	51.9	Base metal	Good	Good	JIS Code Gr.1 Good
2	18.6×25.0	465.0	23800	51.2	〃	〃	〃	
3	Chemical composition analysis (EPMA) %			Depth (mm)	Cr	Mn	Fe	Ni
				0	19.84	1.74	67.38	10.07
				0.5	19.47	1.87	67.27	9.60
				1.0	18.88	1.90	67.78	10.52
				1.5	19.27	1.76	68.12	9.46
				2.0	19.39	1.65	67.82	9.83
				3.0	17.70	1.64	68.88	10.70

第 4 表 腐食試験

Table 4 Corrosion test

1) 308 L

Huey Test (65% HNO ₃ Corrosion test) (IPM)		Intergranular corrosion test (Strauss: H ₂ SO ₄ • CuSO ₄ test)	
As weld	0.00059	PWHT (650°C×2Hr A. C)	Bend test: No defect
PWHT (650°C×2 Hr A. C)	0.00093		
〃 (1050°C×0.5 Hr W. Q)	0.00044		

2) 316 L

5% H ₂ SO ₄ Corrosion test (g/m ² h)		Intergranular corrosion test (Strauss: H ₂ SO ₄ • CuSO ₄ test)	
As weld	5.8	PWHT (650°C×2Hr A. C)	Bend test: No defect
PWHT (1050×0.5 Hr W. Q)	5.6		

試験は機械試験、放射線透過試験およびバッククラッピング部の化学成分分析について行い、その結果を第 3 表に示す。

MIG 溶接と比較すると、スラグはビード上を覆うが、その剝離性や X 線性能が良く、溶接性能およびその作業性とも良い結果を得た。また現状の被覆アーク溶接との工数比較をみると、フラックスコアードアーク溶接では 1/2 ~ 3/4 の工数減が期待ができ、その性能も圧力容器製作に何ら支障はないと判断された。また、溶着金属部の耐食試験結果を第 4 表に示す。

2. 2 グラスライニング機器への適用

ガラスライニング機器への適用に当たっては、フラックスコアードアーク溶接の溶接性はもちろんのこと、ガラスと溶着金属とのガラスライニング性についても検討を加えておく必要がある。

溶接性については、一般軟鋼では被覆アーク溶接の感じ度スムーズに溶接ができ、ステンレス鋼と同様の工数削減

が見込まれる。

またガラスライニング性については、ガラスと軟鋼溶接部の熱膨張の差によってクラックが発生し、ガラスがかからない場合がある。

第 7 図はガラスと軟鋼の熱膨張曲線である。溶接材料の多くに被覆剤やフラックスには作業性や溶接性を良くするために、いろいろな添加剤や合金元素が含まれているが、これらが溶接金属部の変態点を移動 (低下) させ、第 7 図の T₀-T₁ 間で引張応力が大きくなり、クラックを発生させる。

これらを生じさせないことを確認することを含めて、フラックスコアードアーク溶接による突合せ継手部についての熱衝撃試験と再加熱試験を実施した。

熱衝撃試験はガラスライニングに許容される急激な温度変化を確認することであり、再加熱試験はガラスライニングをガラスの軟化温度まで加熱して昇温過程におけるクラックの発生の有無をチェックすることで、いずれも母材

第 5 表 溶接継手試験結果 (軟鋼・ステンレス鋼)

Table 5 Results of preliminary welded joint test (Carbon steel & Stainless steel)

Test piece	Tensile test					Bend test		Radiographic examination
	Specimen's dimension (mm)	Sectional area (mm ²)	Load (kg)	Tensile strength (kg/mm ²)	Location of fracture	Face bend	Root bend	
						2TR×180°		
Carbon steel to carbon steel	18.49×19.09	352.9	18020	51.0	Base metal	Good	Good	JIS Code Gr.1 Good
Carbon steel to stainless steel	18.61×19.08	355.0	18030	50.7	〃	〃	〃	
Stainless steel to stainless steel	19.26×19.05	366.9	23300	63.5	Weld metal	〃	〃	

および溶着金属の熱的挙動の変化，バラツキによりガラス層に異常な応力が発生し，フィールドでの使用中の熱的性能の劣化，焼成途中のトラブルによる品質低下を防止するために行う試験である。

写真 2 は熱衝撃試験の試験結果である。温度差230°C以上でクラックの発生が確認されるが，溶着金属によるものではなく，通常のガラスライニングと同等の性能を示している。

また再加熱試験についても250°Cから600°Cまで50°C間隔で炉中に入れ1時間放置後，スタティフлакステストを行ったが，全てについてクラックの発生は認められなかった。

2. 3 溶接施工法認可予備試験

压力容器等に新しい溶接方法を適用する場合は，法規に基づいて溶接施工法の確認試験を実施して，認可を取得する必要がある。

そのための予備試験として

- 1) 軟鋼+軟鋼の突合せ継手
 - 2) ステンレス鋼+ステンレス鋼の突合せ継手
 - 3) 軟鋼+ステンレス鋼の異材突合せ継手
- の三種類について，フラックスコアードアーク溶接法を用いて実施した。

写真 3 はそれぞれの継手部のマクロ写真および組織ミクロ写真を示す。

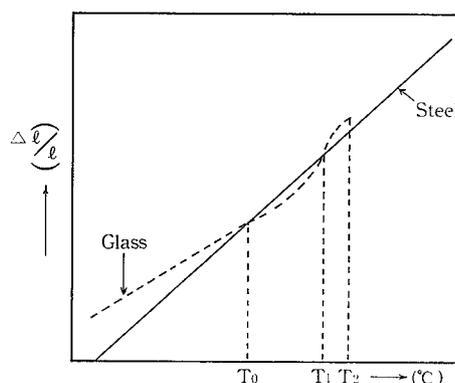
第 5 表は機械試験結果の一例を示す。

これらの結果より，フラックスコアードアーク溶接は軟鋼およびステンレス鋼とも，使用上は 何ら 差しつかえなく，実機器へ適用できるものである。

3. 溶接施工法確認試験の実施と認可

压力容器の製作においてはそのほとんどがある種の法規に基づき，構造や製作方法について規制がある。国内法規では，ボイラーおよび压力容器安全規則からなる第一種，第二種压力容器があり，また高圧ガス取締法の特設設備検査規則からの高圧ガス該当の容器があり，ほとんどがこの二つの法規で規制されている。溶接方法についてもこれらの規則により，実機器に適用する前に，溶接工法についての認可が前もって必要である。

第 6 表にフラックスコアードアーク溶接関係の取得した溶接方法の組合せを示す。



第 7 図 グラスと鋼の熱膨張曲線
Fig. 7 Thermal expansion curve of glass and steel

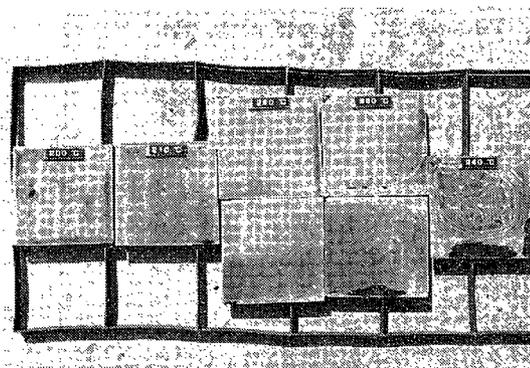


写真 2 熱衝撃試験テストピース
Photo.2 Thermal shock test specimens

4. フラックスコアードアーク溶接の優位性

今までにフラックスコアード溶接の予備試験等を通してその成果を述べてきたが，ここにその溶接方法の特長についてまとめる。

- 1) 高能率の溶接が可能である。

被覆アーク溶接と比較し，フラックスコアードアーク溶接は溶着速度また溶着効率とも約二倍程度の能率向上が図れる。第 7 表にその一例を示す。

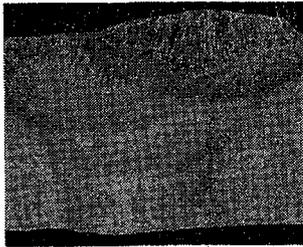
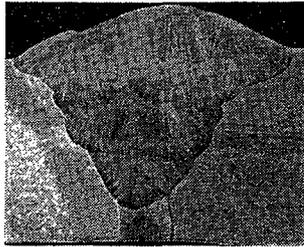
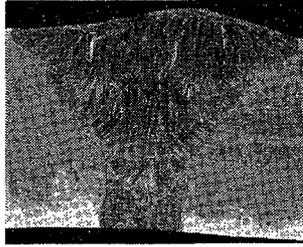
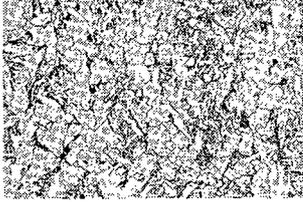
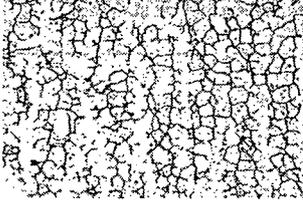
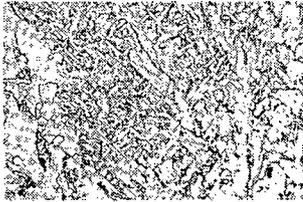
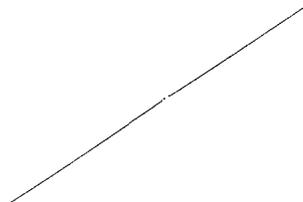
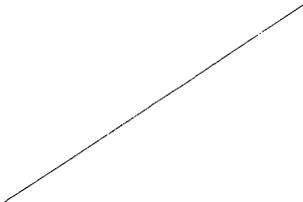
	Carbon steel to carbon steel	Carbon steel to stainless steel	Stainless steel to stainless steel
Welded joint			
Deposit metal			
Bond line			
// (Carbon steel side)			

写真 3 フラックスコアード溶接によるデボ部マクロ観察, ミクロ観察

Photo. 3 Photomicrographs & photomicrographs of cross sections of welded joints by flux cored arc welding

ソリッドワイヤーとフラックス入りワイヤーとの差ではソリッドワイヤーではスパッタの発生による損失, またフラックス入りワイヤーではフラックスによるスラグの損失があり, 両者の差異は余りない。

2) ビード形状・外観が優れている。

これは被覆アーク溶接, またソリッドワイヤーによる炭酸ガスアーク溶接やMAGおよびMIG溶接と比較してであるが, ビード形状・外観が優れている。

一般に隅肉溶接部は放射線透過試験等の溶接部内部の検査は施工しないため, そのビードの外観だけで溶接の良否が判断される。まして压力容器では, できるかぎり溶接姿勢を下向きにしようとするが, 被溶接物の形状や溶接治工具類に限度があり, 立向きや上向きの溶接姿勢を取らざるをえない場合がある。このような時はその姿勢にかかわらず, 良いビード形状やその外観が良く保てるフラックスコアード溶接は, その品質を維持できるので, メーカーにとってもユーザーにとってもメリットがある。

3) 溶込み形状がよく, RT性能がよい。

MAG溶接やMIG溶接と比較した場合, フラックスコ

アード溶接はアークがソフトで広がりがあり, MAG溶接やMIG溶接の場合におこる融合不良等が少ない。第8図にソリッドワイヤーとフラックス入りワイヤーの溶込状況の差を示す。この融合不良が少ないため, 多層盛り溶接においてもRT性能がよくなっている。

4) スラグの剥離性がよい。

被覆アーク溶接と比較した場合, 一般の压力容器に使用される被覆アーク溶接棒は低水素系が多く, これらは他の溶接棒と比較するとスラグの剥離性が悪い。しかしフラックスコアードアーク溶接では拡散性水素量はほぼ低水素系と同等で, そのスラグ剥離性はほとんどが自然に剥離するものが多く, 数段優れているといえる。

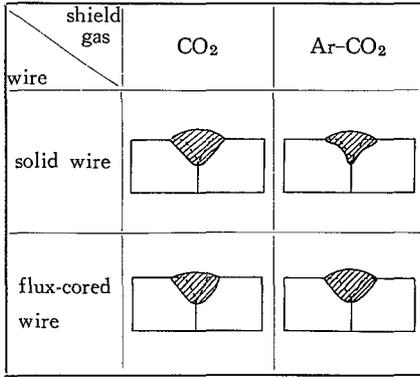
5) 溶接工数の節減

先に述べた高能率の溶接が可能であるため, 当然その溶接工数も節減でき, 生産性の向上を図ることができる。

第9図に被覆アーク溶接のコストを100とした時の他の溶接方法との比較を示す。図から明らかなようにフラックスコアードアーク溶接は被覆アーク溶接と比較し, 約1/2以下である。フラックス入りワイヤーとソリッドワイヤーを

第 6 表 取得した溶接方法の組合せ (一圧, 高圧ガス)

Table 6 Combination of qualified welding procedure (P.V, 1HPG)



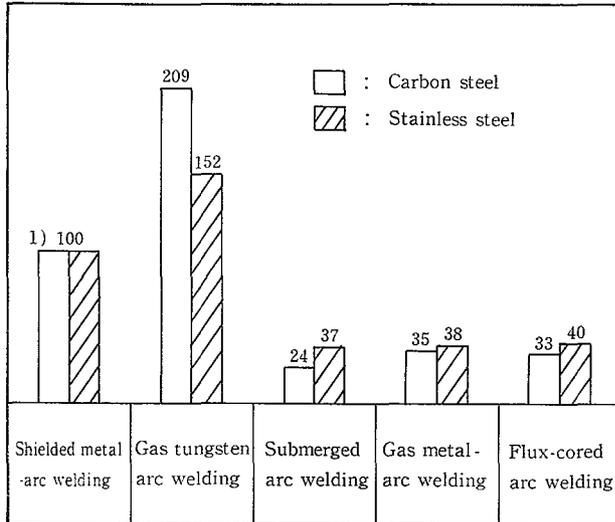
第 8 図 溶込み状況
Fig. 8 Shape of penetration

	Welded joint (combination of base metal)	Combination of welding processes
1	Clad steel to clad steel	Flux-cored arc welding (FCAW) Flux-cored arc welding+Submerged arc welding (FCAW+SAW)
2	Carbon steel to Carbon steel	Flux-cored arc welding (FCAW)
3	Stainless steel to stainless steel	Flux-cored arc welding (FCAW) Flux-cored arc welding+Submerged arc welding (FCAW+SAW) Gas tungsten arc welding+Flux-cored arc welding (GTAW+FCAW)
4	Carbon steel to stainless steel	Flux-cored arc welding (FCAW)
5	Stainless overlay to carbon steel	Flux-cored arc welding (FCAW)

第 7 表 溶着効率と溶着速度

Table 7 Deposition efficiency & deposition rate

Welding processes	Deposition efficiency (%)	Deposition rate (g/min)
Shielded metal-arc welding (SMAW)	50	40
Flux-cored arc welding (FCAW)	85	85



NOTE 1) Based on shielded metal arc welding cost set at 100 %

第 9 図 溶接方法による経済比較
Fig. 9 Comparison of cost for welding processes

比較するとややコストはソリッドワイヤーが優っているが RT性能やその手直し工数を考えると、フラックス入りワイヤーが数段優っていると見える。

む す び

本稿において、重合機や反応機類の圧力容器を製作する場合の溶接技術について、とくに半自動アーク溶接のうち

最近目ざましい伸びをしめしているフラックスコアードアークについて述べ、当社でのフラックスコアードアーク溶接方法の適用やその施工法確認試験等について紹介したが、今後も圧力容器を製作する上で、より高品質な、より信頼性ある製品をユーザーへ提供するように進めていきたい。

圧力容器の製作に関しては、ユーザーの要求、材料の選定、設計そして溶接、これらを一体として考えることが必要である。ガラスライニング機器、ステンレス鋼機器等の圧力容器メーカーとして、当社溶接技術の発展過程のほんの一部の紹介であるが、本稿が圧力容器を実際に発注されているユーザーとの情報交換の一つとして、参考になれば幸いである。

〔参考文献〕

㈱神戸製鋼所 DW-100カタログ
 ㈱神戸製鋼所 溶参資第 880 号ステンレス鋼フラックス入りワイヤー
 溶接学会編 新版溶接技術入門
 日本溶接協会 鋼構造溶接工作法通論
 神鋼ファウドラ-技報 Vol. 29 No. 1

新製品紹介

グラスチール製多管式熱交換器

Glass Steel Shell and Tube Heat Exchangers

化工機事業部 技術部 製品開発課
 榎本 正
 Tadashi Enomoto

This paper describes our newly developed "Glass steel shell and tube heat exchanger" which has good thermal efficiency and compact construction. It is expected that this glass steel shell and tube heat exchanger will be helpful for our customers as the attachment of the reactor.

当社では、この度、熱効率が良くかつコンパクトなグラスチール製多管式熱交換器を開発した。このグラスチール製多管式熱交換器は、プロセスのメイン機器である反応機の周辺機器として、広くユーザ各位に御使用して頂けるものと考えている。本稿では、その概要を紹介する。

はじめに

化学、医薬品工業における製造ライン中には、冷却加熱、凝縮、沸騰の熱交換プロセスがある。プロセス側流体の運転条件および目的に応じて、種々の材質、構造の熱交換器が使用されている。

当社では、グラスチール製熱交換器として、二重ジャケット型、および、ジャケット付グラスチール製パイプ型など、また、耐食金属製多管式熱交換器を数多く製造してきた。

上記の二種類のグラスチール製熱交換器は、単位伝熱面積当たりの容積が大きく、もっともコンパクトなグラスチール製熱交換器をという、ユーザ・ニーズにこたえ、この度グラスチール製多管式熱交換器を販売開始した（写真1）。

構造

第1図にグラスチール製多管式熱交換器の構造を示す。いわゆる、シェル&チューブ、1パス型熱交換器であり、グラスライニングされたチューブ内面側をプロセス流体、シェル側を加熱または冷却媒体が通過する構造である。

このチューブ内面のガラスは、いわゆるインサート方式

（中空ガラス管を鋼管内面に溶着させる方式）によりライニングされており、含泡率の少ない、ピンホールが発生し難いものとなっているため、十分な耐食性を有している。

管板とチューブは溶接一体構造となっており、プロセス流体と熱媒あるいは冷媒は完全に分離されている。この管

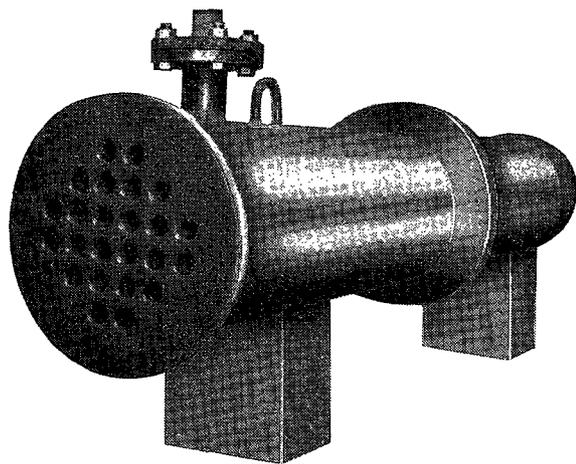


写真1 グラスチール製多管式熱交換器 (H5型)
 Photo. 1 Glass steel shell and tube heat exchanger (Type H5)

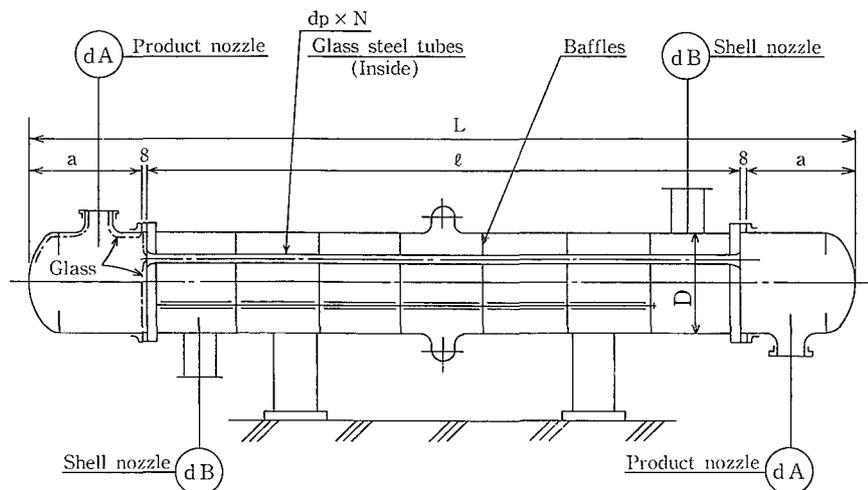


図1
 グラスチール製多管式熱交換器構造図
 Fig. 1
 Glass steel shell and tube heat exchanger

第 1 表 標準寸法表
Table 1 Standard size

Type	Area of heating surface		D	ℓ	a	L	dA	dB	dp×N
	External area of steel tube	Internal area of steel tube							
H 5	5.13m ²	4.1 m ²	300A	2,000	355	2726	80A	50A	25A×24
H 10	10.7 m ²	8.5 m ²	400A	2,000	470	2956	125A	80A	25A×50
H 20	21.3 m ²	17.0 m ²	450A	3,500	500	4516	125A	80A	25A×57
H 30	32.9 m ²	26.3 m ²	550A	3,500	530	4576	150A	100A	25A×88

板とチューブの接合部のランニングは、当社の開発した特殊焼成方法により可能となった。

第 1 図に示す構造は横型であるが、縦型構造も可能である。

2. 標準寸法

第 1 表に標準寸法を示す。伝熱面積 5 m²、10 m²、20 m² および 30 m² を標準型としている。

チューブは全サイズ、25 A に統一している。さらに、管板間の寸法は 2 000 mm と 3 500 mm の 2 種類とし、部品の種類を最少限にすることにより、短納期および製造コストの削減でユーザ・ニーズにこたえる生産体制を整えている。

3. 特 長

1) 高耐食性

グラスチール製多管式熱交換器は、プロセス側が全面ガラスで覆われ、耐食性にすぐれている。

2) 非付着性、洗浄が容易

グラスチールの表面は滑らかで、プロセス物質の付着が少なく、また洗浄が容易である。

3) 設置面積が小さい。

グラスチール製二重ジャケット型あるいはジャケット付パイプ型に比較し、単位伝熱面積当りの占有容積が小さく、コンパクトである。

4. 標準的設計仕様

標準的な設計仕様は下記のとおりである。

- 1) 最高使用圧力：シェル側 10 [kgf/cm²G]
チューブ側 10 ["]
- 2) 最高使用温度：シェル側 180 [°C]
チューブ側 180 [°C]
- 3) 許容熱衝撃温度(ΔT) 100 [°C]
- 4) 総括伝熱係数(U 値) 150~350 [Kcal/m²·h·°C]
(水-水系)

4. 1 最高使用温度

グラスチール製多管式熱交換器は、一般の反応機と比較し、構造が複雑であるため、最高使用温度は 180°C としている。

4. 2 許容熱衝撃温度

許容熱衝撃温度は $\Delta T = 100$ °C である。この値は一般のグラスチール製缶体の値 $\Delta T = 140$ °C に比較して小さい。管板部には多数の開口部が接近して存在し、複雑な形状であるため、安全性を考慮して、上記の値としている。チュ

ーブ内面は、上述したように、インサート方式によりグラスライニングされているが、この部分の耐熱衝撃性はグラスチール製缶体と同等であり、安心して使用できる。

4. 3 総括伝熱係数

上述した総括伝熱係数は、10 m² [H10] 熱交換器を供試体とし、水-温水系で行った実験結果の代表例である。

多管式熱交換器の伝熱性能計算式は、文献、便覧などに記載されており、取扱う流体の物性、運転条件に応じて、精度のよい総括伝熱係数が算出できる。

5. 検 査

ガラス面の検査は、工場出荷前に DC 10KV スパークテストにより行う。納入後の定修時等のガラス面検査は、目視検査を標準とする。

6. グラス部の補修

ガラス部の補修はその場所に 応じて、下記の方法とする。

6. 1 チューブ内および管板とチューブとの接合部

トラブルの生じたチューブの両端をタンタル補修により閉鎖する。一般には、チューブの再焼成は不可能である。

6. 2 管板部

管板部だけのトラブルは、その度合によって異なるが、再焼成が可能な場合もある。

7. 使用上の注意事項

グラスチール製多管式熱交換器の取扱いに関する基本的注意事項は、当社の他のグラスチール機器と同様である。

以下に、熱交換器としての注意事項を示す。

第 4 章で、許容熱衝撃温度 $\Delta T = 100$ °C と説明したが、これは換言すれば、高温側流体と低温側流体の最高温度差である。また使用時には、低温流体をさきに流し、熱交換器全体の温度が定常状態になってから、高温流体を流すという、いわゆる熱衝撃と熱応力に対する配慮が必要である。使用条件については、その都度、弊社に御相談下さい。

む す び

以上、当社の新製品、グラスチール製多管式熱交換器を紹介したが、これは高度の焼成技術と、多種類の熱交換器製造の実績から生まれた製品である。第 1 表に示した H (5m²)~H30 (30m²) を標準仕様としているが、これ以外の仕様についても製造可能である。

FAをめざすGLアクセサリ自動焼成ライン

Automatic Enameling Line for Glassed Steel Accessories

化工機事業部 生産管理第2課
和田 博 美
Hiromi Wada
技術開発本部
広岡 隆 志
Takashi Hirooka

A factory-automation (FA) line for enameling process, which is a conveyer system for spraying, drying, firing, cooling and inspection of glassed steel accessories, has been installed in our Kobe plant.

The conveyer line and enameling processes are controlled by line controller by the use of micro-computer as a central unit.

Data available to line control and production management from line controller are reported also to the central production control system through personal computer in foreman house. The software of this automatic line has originally been developed by Shinko-Pfaudler while the standard hardware consists of products by well-known manufactures.

We intend to develop this system further to other factory line by making some modifications.

当社の主力製品のグラスライニング機器（GL機器）の部品である攪拌翼やパフルの施釉、焼成工程の合理化を求め、アクセサリ自動焼成ラインが、1985年4月30日、当社神戸工場にて完成した。

このラインは、各工程をコンピュータで制御するとともに、その生産管理情報をさらに上位のコンピュータにて処理するシステムとなっている。当社にとって初めての試みであるが、工場のFA化をめざしてすべて自社技術により開発したもので、今後も他のラインへ積極的に展開していく計画である。このラインの構造と制御システムについて説明する。

まえがき

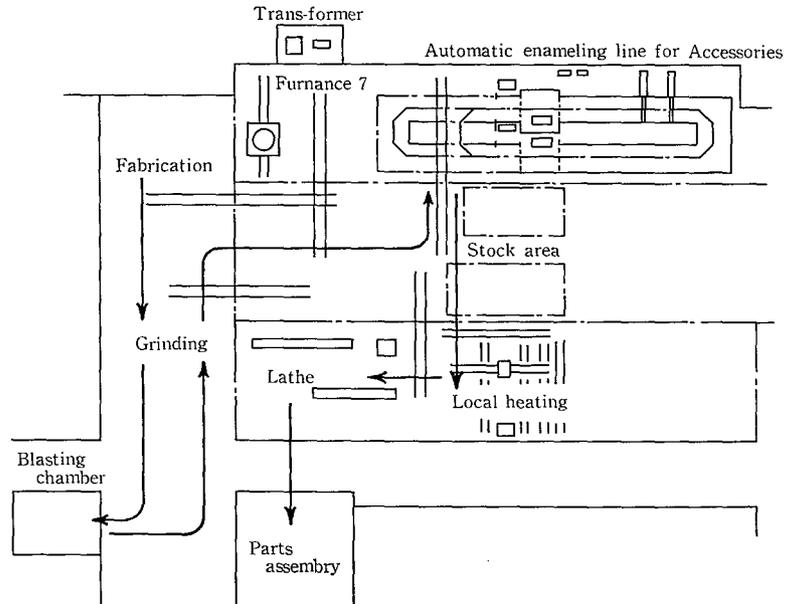
GL機器のユーザーのニーズは近年、大きく変化している。ファインケミカルへの転換にみられるような化学工業界の産業構造の変化が急速に進んで、GL機器への要求も多様化し高度化している。

このようなユーザーニーズにこたえるため、ニューグラスが新たに発売されるなど新しい製品が次々に出て、製品のライフが短くなっている。安易に製品を仕込んでおくとデッドストックになるおそれがある。

また、多様化の時代になると、商品化までの期間が短くなって新しいプラントの投資が決まると短期間のうちに稼働させることが要求されるため、短納期の傾向が強くなっている。

このような製造サイドへの厳しい要求に応じるため、フレキシブルな生産体制を敷くとともに、工程間の仕掛りをできるだけ少なくして短期間に物を作るストックレス生産システムの導入が必要となってきた。

当社はこれまで、大型焼成炉によるまとめ焼成（マルチプルファイヤ）を採用してきたが、工期の短縮がはかれる生産システムへの転換が必要となった。タイムリな供給が生命のGLアクセサリにとってこれが最重要課題であっ



第1図 アクセサリラインのレイアウト
Fig. 1 Layout of Accessories Line

た。現在、神戸工場では全生産ラインを再編成している。細分化され分散されていたアクセサリの製造工程は第1図のとおり統合されモジュール化されてシンプルでフレキシブルなラインへと改善された。このラインで中核をなすのがこれから紹介するGLアクセサリ自動焼成ラインである。

ホウロウのバスタブなどの生産ラインでは、これまで、コンベアによる流れ生産システムが採用されているが、我々が生産している高品位のグラスチール製品の生産ライン、とくに焼成ラインではこのようなシステムは世界的にみても採用されておらず、まったくの新しい試みとなった。もちろん、ファウドラグループでは初めての挑戦である。

GLアクセサリの施釉焼成工程は受注生産のため、一つ一つの形状が異なるだけでなく、釉薬の種類、施釉方法、焼成プロセスなどがすべて異なるため、これまでラインを編成することは困難とされてきた。ところが、最近の優れたメカトロ技術により、フレキシブルな生産システムが作り易くなったので、社内のメカトロ技術により今回のFA（ファクトリ・オートメイション）ラインを完成させたのである。

コンベアで結ばれた各工程をコンピュータにて自動制御するだけでなく、生産状況も把握できるよう、上位のIBM8100生産管理システムとの結合もはかった。

このラインの完成により、一カ月近くかかっていた施釉焼成工程が、約10分の1の2～3日に短縮されるとともに、複雑な炉前作業の無人化をはかって、ラインのワンマンコ

ントロールを実現するなどの大きな成果が得られた。

このラインの開発から建設に至るまで、すべて自社で行ったため、技術が蓄積され、今後の工場のFA化にこの経験が生かされることが期待されている。

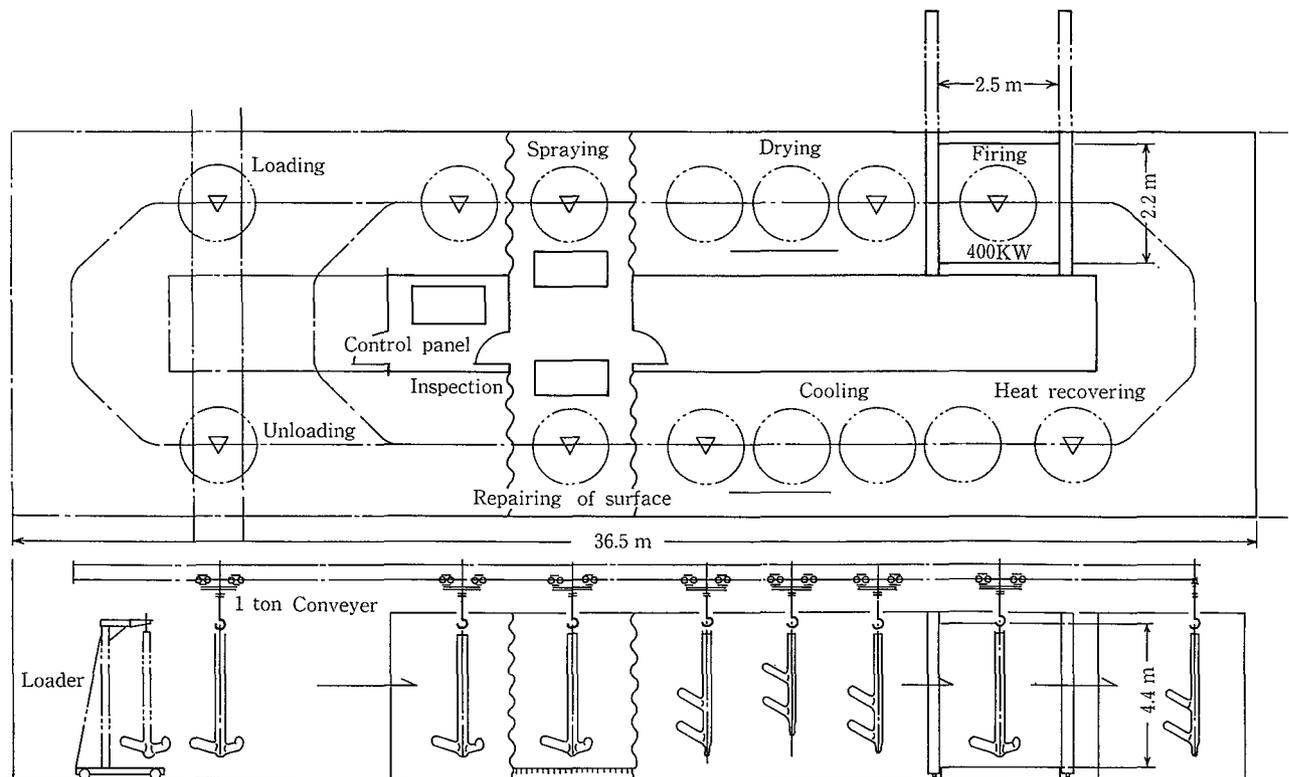
1. ラインの概要

このGLアクセサリ製造工程は、製缶、溶接といった生地を製作する工程と、これにガラスをライニングする工程それに機械加工する工程とに大別される。今回の合理化工事では、散在していた各工程をGLアクセサリ自動焼成ラインの中核として第1図のように統合した。

GLアクセサリ自動焼成ラインは、第2図に示すように、施釉、乾燥、焼成、冷却、ガラス面検査、手入れの各工程から構成される。これらの工程を数回繰り返すことで下引釉から上引釉まで焼成されていくため、コンベアラインはループしている。高品位のガラスライニングは製造工程で起る微小な欠陥ものがさず、丹念に仕上げていくため、バイパスを設けて、万一の場合もラインを止めずに作業を続けられるようにしている。このバイパスはワークのセトリセットにも利用される。設備仕様は次のとおりである。

〔設備仕様〕

- 1) ライン構成：積込、施釉待、施釉、乾燥、焼成、窯回収、冷却、ガラス面検査、ガラス面手入れ、積出
- 2) コンベア：チェーンコンベア、最大吊下荷重1 TON、キャリア数12セット、キャリア間隔2.5 m、バイパスルート、



第2図 アクセサリ自動焼成ライン
Fig. 2 Automatic Enameling Line for Glassed Steel Accessories

チェーン長101.65m,
チェーンスピード 6.6m/min

-) ワークサイズ: 径2.0m×長3.8m
-) 焼成炉: 400 kW電熱炉, 間口2.2m×高4.4m, セラミックファイバーライニング, サイリスタ制御, PID制御
-) 制御: タッチパネルによる対話式入力, コンピュータによるライントラッキング, ヒートパターン自動設定, 加工データの回収, 警報設定
-) 生産管理システム: 加工データの記録, 進捗管理, IBM8100生産管理システムとの結合(オフライン), 能率管理(PACシステム)
-) 施釉室: 集塵装置, 作業用リフタ
-) 検査室: 作業用リフタ
-) 移載装置: 電動走行 1TON

このラインの特長は, ワンマンコントロールを容易にするため, 様々な工夫がなされていることである。その一つはカラーグラフィックターミナルとタッチパネルによる対話式データ入力の採用である。ワークのデータやヒートパターンの入力はカラーの画像に触れるだけで, 簡単に手早く行える。

作業者が施釉や検査エリアで定点作業が行えるようコンベアの制御, 焼成炉の温度制御をすべてコンピュータで自動制御している。

またワークの位置をトラッキングさせて, 画面でライン全体を把握できるようにした。

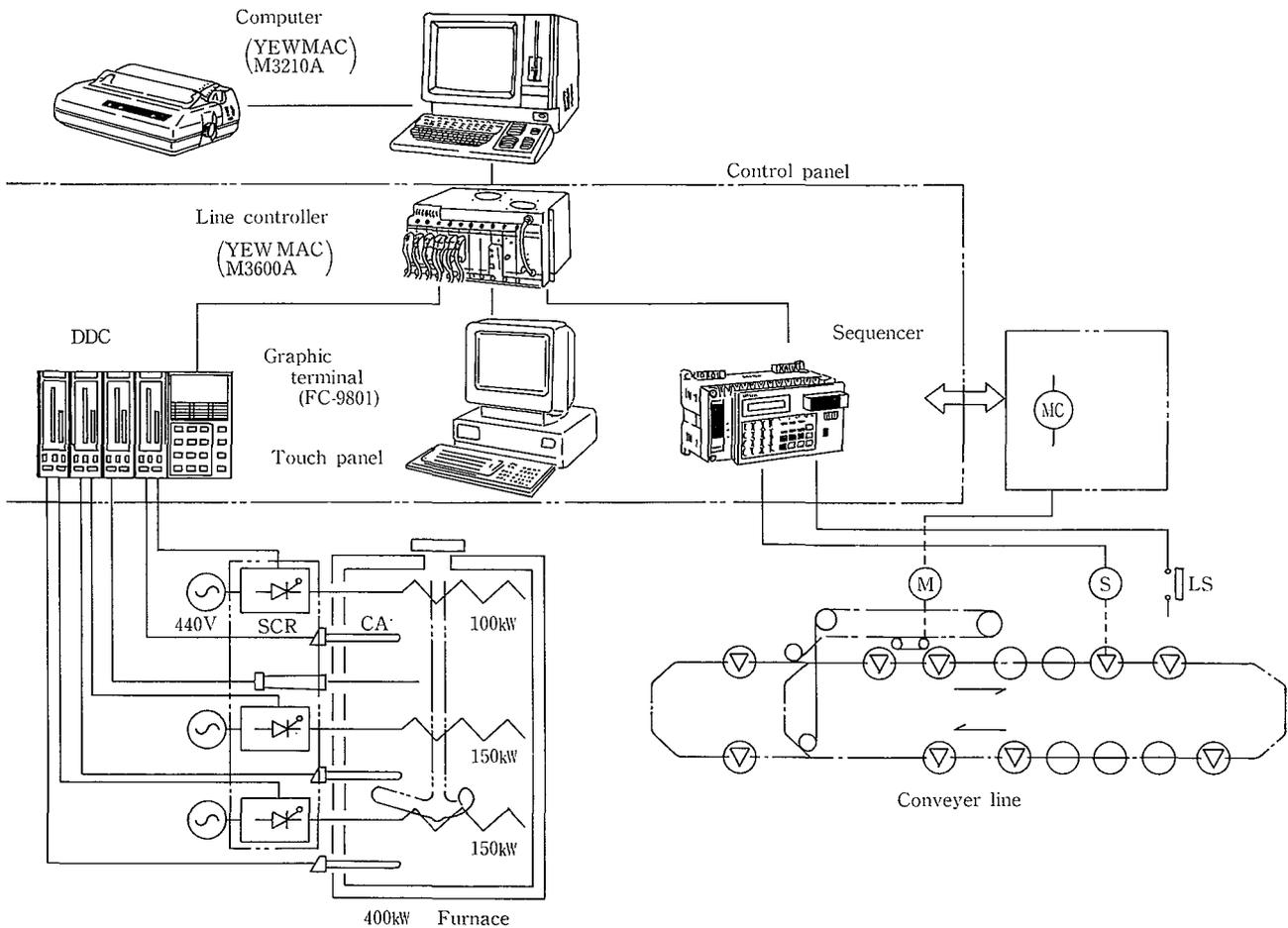
各々のワークの加工履歴も表示して, 加工手順の間違いないようにした。さらに, ワークの旋回装置, 作業用リフター, 移載装置といった付帯設備も充実して, 施釉, 検査といった基本機能の作業に専念できるようにした。これらの作業が, タクトタイム内に納まるようにした。

これだけの自動ラインとなると, 万一のトラブルが予想されるため, 発生する異常について画面で表示するとともに重大なものには, 音声で作業者に知らせるなど安全には特別な配慮がなされている。

2. 制御システム

2.1 制御システム概要

このラインの考えは先に述べたとおりワンマンコントロールである, このため自動化できるものはすべて自動化した。積込, 積出, 施釉, 検査の四カ所は必ず作業者の操作が必要だが, これらを除く他のすべての工程は自動送りとした。乾燥時間, ヒートパターン, 熱回収時間, 冷却時間などの諸条件は事前に研究された最適な条件に設定されている。ヒートパターンだけは様々なパターンがあるので,



第3図 アクセサリーラインコントロールシステム
Fig. 3 Accessory Line Control System

標準化してパラメータの設定だけで簡単に設定できるようにした。

ラインの状態を把握できるようにラインをトラッキングしている。このデータをもとに、加工データの回収を行い加工履歴、工程の進捗、PACシステムのパフォーマンス管理、原価管理などをコンピュータ処理している。制御システムの概要は第3図に示す。

2. 2 制御システムのハードウェア構成

第4図にハードウェア構成図を示す。ラインとの直接のI/Oインターフェイスとしては、シーケンス制御を行うPC（プログラマブルコントローラ）、温度調節動作を行うDDC（ダイレクト・デジタル・コントローラ）の制御機器である。マンマシンインターフェイスとしては、GT（グラフィック・ターミナル）のCRT（カソードレイチューブ）およびその前面に取り付けたATP（アナログタッチパネル）である。

これらの機器と通信をしながらラインの監視、温度コントロールおよび運転情報の管理を行っているのが、ラインコントローラである。ここまでの機器は全て、ひとつの制御パネルに収納され、ラインの運転操作作用に現場に設置されている。

一方、ラインコントローラとMLバス（横河北辰電機専用バス）で結ばれたラインコンピュータは職場長ハウスに設置され遠隔にてラインの監視および情報の管理をすることができる。ラインコンピュータはFA用マイコンとして販売されているYEWMAC 200B（横河北辰製）を使用している。このマイコンはマルチタスクOSを搭載し、最大4タスクを並列処理できる。

ラインコントローラはYEWMACM 3600 A-M（横河北辰製）を使用し、増設ヤードとしてRS2ヤード（4chRS 232Cポートを増設できる）を1枚実装している。4chの

うち、CH No.1はPCとCH No.2はDDCとCH No.3はGTとの通信ポートとして用いている。各ポートの通信条件（ボーレート、キャラクタ長、パリティ、ストップビット、ターミネータ、タイマ等25ヶの条件）はすべてソフトウェアで設定できる。また、通信ケーブルとしては、専用ヌル、モデム、ケーブル（M36921K）を用いたが、PCとの接続において受信時の条件（CDがON）を満足させるためコネクタ内でケーブル接続を変更した。

一方、GTのハードウェア構成を第5図に示す。

2. 3 PCの機能

PCはラインのデジタルI/Oとインターフェースされ、ラインの個々の動作をコントロールする。入力は押ボタン、リミットスイッチの他、外部機器からの異常信号などで128点、出力はランプ、電磁弁、リレーなどで128点である。

キャリアが移動したことをリミットスイッチで検知し、PCはどこにキャリアがあるかを判別、管理し、自動化のコントロールを行う。このPCのみでラインの手動運転が可能となっている。

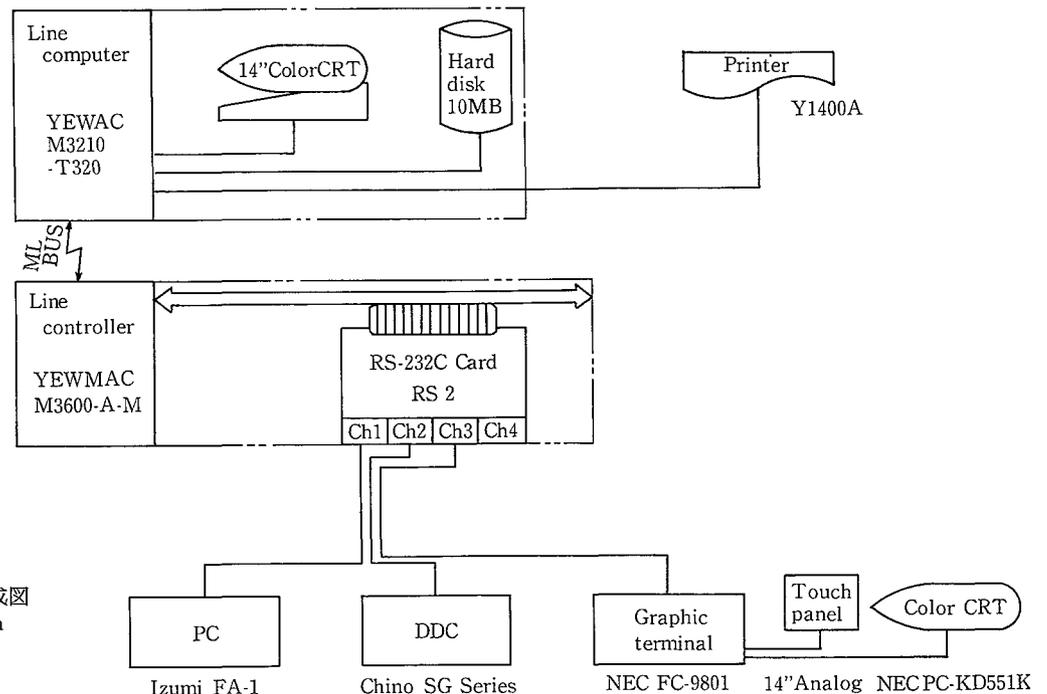
2. 4 DDCの機能

DDCは分散型（1ループ1CPU）デジタルPIDコントローラを4ループ使用しており、電気炉の温度制御に3ループ使用、1ループは予備である。電気炉は炉底部、側壁部、天井部の3ゾーンにヒータ結線が分かれており、3台のDDCで各ゾーンの独立コントロールが可能である。各DDCの操作出力は4~20mA出力で電気炉制御盤へ入力されている。

DDCについても、切換スイッチによりローカルにて手動運転が可能となっている。

2. 5 GTの機能

GTは一般に市販されているグラフィックターミナルを



第4図 ハードウェア構成図
Fig. 4 Hardware System Configuration

はず、FA用パソコンを用いてインテリジェント化を
した。さらに、アナログタッチパネルをCRT前面に取
り付け、粉塵対策およびマンマシンシステムとしての操作性
を高めた。

第5図にGTのハードウェア構成を示す。本体は16ビッ
トFA用パソコンFC-9801(NEC)を用い、内部OS
-部を改造したオートスタートROM(コンテック)を
取り付け、N88-BASICプログラムがパワーオンリセットで立
ち上がるようにプログラムをROM化している。またライ
ンコントローラとの通信に本体内蔵のRS-232Cポートを
用いたほか、アナログタッチパネルとの通信用として、
FC-9861(NEC)のRS-232C増設ボードを用い、第
5図に接続した。アナログタッチパネルは透明導電性フレ
ムを2枚合わせ、指でタッチされた部分が導通し、そ
れを電圧を取り出す抵抗膜式電圧分割方式にて画面上のX-
座標が検出されるようになっている。このタッチパネル
により、作業者は画面に表示された数字キー、図形、ファ
クションキーを指でタッチするだけでコンピュータに入
力でき、マンマシンシステムの操作性向上がはかれた。
GTのマンマシンシステムとしての機能は次の5点であ

オーダー番号入力

新しく積込まれたワークのオーダー番号、品名をタッチパ
ネルから入力し、ラインコントローラへ送信する。

焼成温度設定

生産したワークの焼成温度および時間をタッチパネルか
ら入力し、ラインコントローラへ送信する。

温度監視

電気炉内各ゾーンの温度データを、トレンドグラフに表
し、作業者にワークの焼成過程を知らせる。また、必要
に応じて設定条件の変更ができる。

警 報

DDC, PCの異常, ライン状態の異常, ファン, チェン

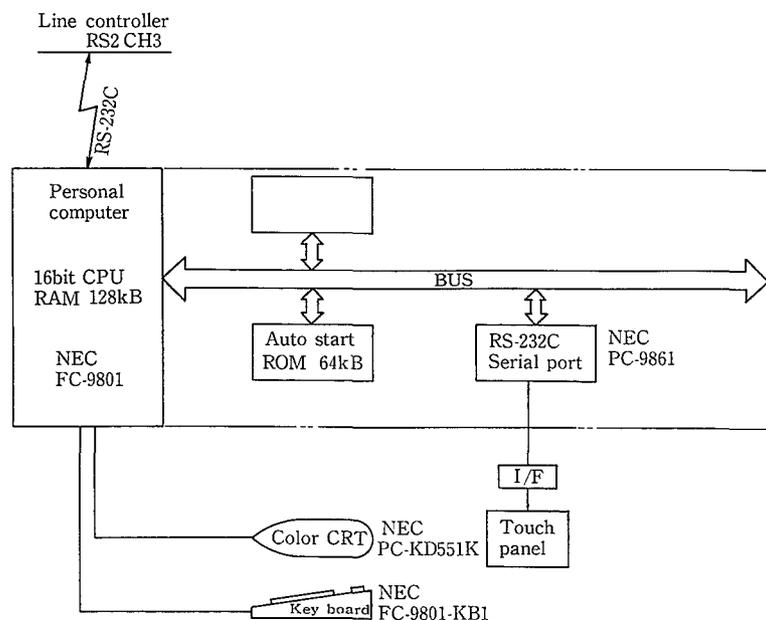
駆動モータの過負荷, 電気炉制御盤の異常, 通信状態の異
常を警報として知らせ、状態、内容、発生時刻等を表示す
る。

尚、アナログタッチパネルの入力はGTに直接入力され
GT内でコマンド処理されるため、ラインコントローラへ
の負荷はまったくない。

2.6 ラインコントローラの機能

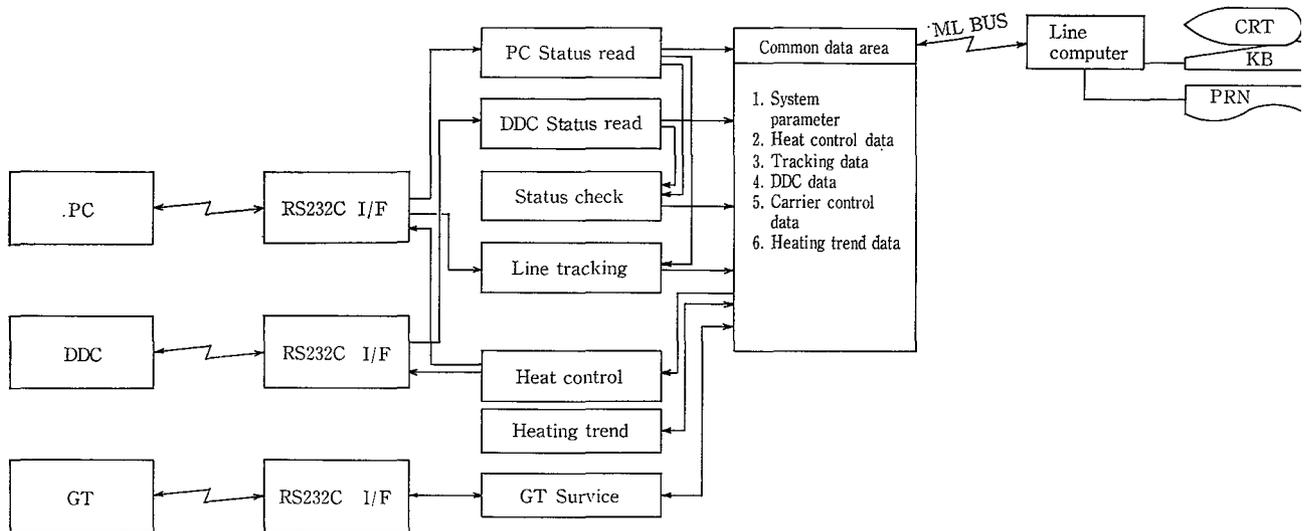
第6図にラインコントローラのソフトウェア機能を示
す。機能としては次の8つに分けられる。

- 1) PCステータスリード
シーケンサのステータスを読む。
- 2) DDCステータスリード
DDCのPV, SV, MV, ΔSVおよびステータスを読
む。
- 3) 通信ステータス
通信ステータスを調べる。
- 4) ステータスチェック
全ステータス情報をチェックし、アラーム情報を出す。
- 5) ライントラッキング
ラインのキャリアをトラッキングする。
- 6) 温度コントロール
電気炉の焼成温度条件をコントロールする。
- 7) 温度トレンド
焼成温度のトレンドを記憶する。
- 8) GT サービス
グラフィックターミナルの各種コマンド処理を行う。
ラインコントローラのOS(オペレーティングシステム)
はシングルタスクであるので、上記機能はシーケンシャル
に処理される。
ステータスチェックでアラームを処理し出力する。アラ
ームはプログラム内でマスク可能である。また、アトリビ
ュートとして発生中は赤色、消滅は緑色、未確認は点滅を
コードとして設けている。



5 図 グラフィックターミナルハードウ
ェア構成図

図. 5 Hardware Configuration of Graphic
Terminal



第 6 図 ラインコントローラのソフトウェア
Fig. 6 Software system of line controller

ライントラッキングは各工程におけるキャリア番号をシーケンサの情報に基づき追跡する。例えば施釉工程からキャリアが消えるとそのキャリア番号を移動中として記憶し、次の乾燥工程にキャリアが現われた時、キャリア番号を乾燥工程に移すという処理を行う。この際、各工程間の移動時刻、焼成回数の管理、乾燥、熱回収、冷却の各タイマ管理、積出し押ボタン入力によるワークの管理等を行う。

温度コントロールは、ワークの焼成温度条件の制御（プログラム制御）を行い、この焼成温度条件は、3つのヒートパターンがある。ヒートパターンの制御はDDCに対するSVおよび ΔSV の設定にプログラム制御を行う。

温度トレンドは温度コントロール中の焼成温度をトレンドする。データはDDCより送信される天井、側壁、炉底の各ゾーンのPV値を各ヒートパターンに合わせたサンプリングタイムでロギングする。

2.7 ラインコンピュータの機能

YEWMACのラインコンピュータはマルチタスクOSを搭載しており最大4タスクのBASICプログラムが実行できる。各タスクエリアはT1～T4と区別され、本システムでは次の3タスクを実行している。

- 1) マンマシンタスク (T1)
- 2) ディスクI/Oタスク (T2)
- 3) プリントタスク (T3)

尚、T4エリアは、デバッグ用に空けている。

マンマシンタスクの機能を次に示す。

- 1) オーダ番号入力：積込位置でのワークのオーダ番号品名を入力する。
- 2) 焼成温度設定：施釉したワークの焼成温度条件を入力する。
- 3) ライン監視：ラインのキャリア位置およびワークのオーダ番号、品名を表示する。
- 4) オーダ履歴表示：各キャリアに搭載されたワークの焼成条件等の履歴を表示する。
- 5) 警報表示：警報情報としてステータス、内容発

生時刻等を表示する。

- 6) 保守：キャリアの登録、削除、位置修正（トラッキングエラー発生時）、オーダー番号訂正、タイマ値変更等の保守作業を行う。

これらの各機能は、ラインコンピュータのキーボードから対話式に操作できる。

ディスクI/Oタスクは、トラッキングデータ、キャリアに搭載されたワークのデータ（オーダー番号、品名、時刻、焼成条件等）のディスク読み出し、書き込みを行う。パワーオン時に、データを各変数へロードし、データの変化の度にディスクへセーブする。

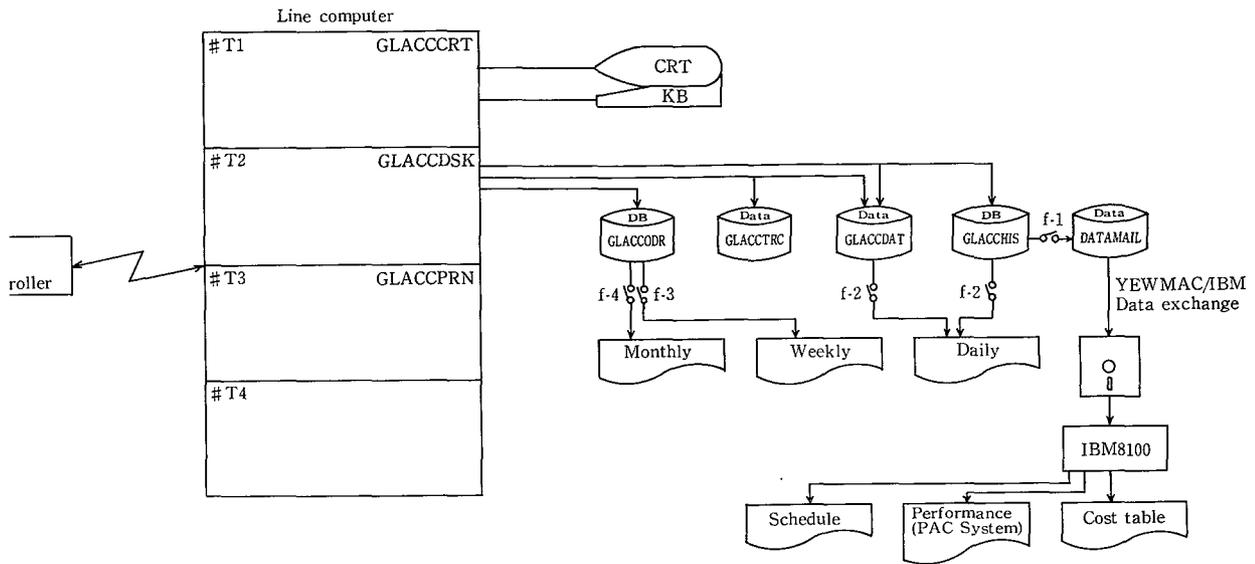
また、プリントタスクはアラーム発生、消滅時にプリンタにその内容、日時等の出力を行う。

3. 生産管理システム

ラインのコントロールデータは生産管理の貴重な元データでもあるため第7図に示すようにラインコントローラのコントロールデータを職場長ハウスに設置のラインコンピュータでデータ処理して、日報、週報、月報を発行する。これらのレポートは先に説明のオーダ履歴とともに、現場での工程管理、品質管理、作業パフォーマンス（能率）管理に利用される。またこのデータを事務所のコンピュータ（IBM8100システム）へフロッピーディスクによりオフラインで渡して、当社のIBM8100生産管理システムとの結合をはかった。データは個別原価管理のデータとして処理される。

むすび

当社はこれまで、データメール（神鋼電機製）を使ってオンラインでデータ回収し、IBM8100生産管理システムで種々の管理を行っている。今回のシステムはまだオフラインではあるが、ラインの制御と生産管理とが結ばれた、初めての試みながら、コンベアの組立、焼成炉の製作などをすべて社内で行い、またソフトも社内開発したことから、随所に不慣れからくる初歩的なトラブルが立上り時



7 図 生産管理システム
 7 Production Control System

た。しかしながら、これらのトラブルを解決すること
 り、技術の蓄積がはかれた。この経験を生かして、他
 インのFA化を推進していきたい。
 のラインもこれですべて完成というのではなく、前工
 サンド、検品といった工程もコンベアにしてラインへ
 込むなど、前後工程へこのシステムを拡張し、また、
 工程には、塗装ロボットを導入による本当の意味のF
 インとして完成させていく計画である。このラインに
 品質上の改善が期待されている。さらに生産体制を整

備し、納期の短縮をはかりユーザーの要求に応じていき
 たい。

〔参考文献〕

1. 多品種少量生産の流れ作業, 並木他著, 日刊工業新聞1960.2
2. GTによる生産管理システム, 人見他著, 日刊工業新聞1981.8
3. M3210Aラインコンピュータマニュアル, 横河北辰, 1985.2
4. M3600ラインコントローラマニュアル, 横河北辰, 1984.11
5. FC-9801ユーザーズマニュアル, NEC

生物膜汚過装置「バイオコンタクトフィルター (BCF)」について (その1) (特許申請中)

Aerobic Filter Process "Bio Contact Filter (BCF)" (part 1)

環境装置事業部 製品開発室

野 中 信 一

Shinichi Nonaka

山 本 勝 年

Katsutoshi Yamamoto

Removal of wastewater organic pollutants by biological degradation is considered to be a most cost effective method.

Recently, high rate fixed-film systems have been developed in an attempt to take advantage of microorganism removal capability and to reduce reactor volume.

This paper describes the structure, characteristics of the aerobic biological filter which has been developed by Shinko-Pfudler and the results of the wastewater treatment application.

まえがき

省エネルギー、省スペースが要求される今日、活性汚泥法にかわる技術として生物膜法が各種開発されてきた。当社でも接触酸化法、回転円板法などの生物膜法が開発され多くの実績を有してきた。

しかし最近はさらに維持管理や性能面からの要求が高くなり、新たな技術が求められている。

生物膜汚過法はこれに答える新技術の一つであり、BOD除去と同時に、汚過機能も合せて持つため最終沈殿池が不要、あるいはO₂溶解効率が高いため省エネルギー形であるといった特長を有している。

当社ではこの生物膜汚過法に於いて、当社方式として洗浄方法に工夫をこらした「バイオコンタクトフィルター」を開発した。

本稿では当社で開発した「バイオコンタクトフィルター」の特性とベンチスケールとパイロットプラントスケールでのテスト結果による処理性能について報告する。

1. 構造と原理

1.1 構造概要

第1図に生物膜汚過装置「バイオコンタクトフィルター」の構造概念図を示す。第1図が示すようにその構造は重力式汚過器に類似している。重力式汚過器との相異は、常時下部より散気していることと、大きな粒径の汚材を使用している点である。

構造を下部より順を追って説明する。まず槽下部層高300~600mmを支持層とし、粒径6~20mmの砂利を充填している。この支持層には、下から逆洗空気管、処理水集水及び逆洗水管、散気空気管の3本のヘッダー管を設置しており、これらはそれぞれ均等な水、空気分散が行えるよう設計されている。なお、集水・逆洗機構には特殊なレオポルドブロックを使用することもある。

支持層の上部2000~2500mmを生物膜汚過層とし、汚材として粒径3~20mmの多孔質媒

体を充填している。汚材の粒径は、処理目的に応じて使い分けられる。

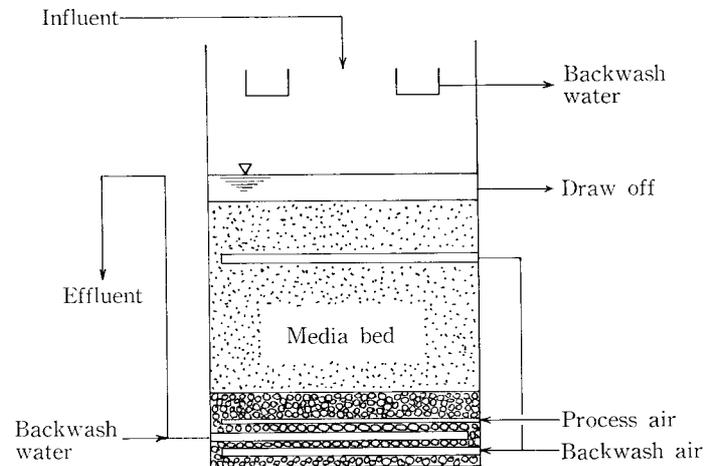
生物膜汚過層の中間部よりやや上部には、「バイオコンタクトフィルター」の特長である中間洗浄管を設置しており、これにより逆洗の効率化を図っている。

生物膜汚過層より上部には、水抜管と逆洗排水トラフを設置され、逆洗が確実に行われるようになっている。

原水は計量槽等を通して槽上部から流入する。

1.2 原理

生物膜汚過法の機能は、BOD酸化と汚過の2つの機能から成り立っている。BOD酸化原理は、他の生物膜法(接触酸化法、回転円板法)と同様、汚材表面に付着した微生物の働きによって行われるものであり、槽上部より流入する原水が汚材間を通過する時、汚水への酸素溶解と、微生物による有機物の吸着、分解が行われる。生物膜汚過法では粒径の小さい汚材を使用しているため、その表面積が600~1000m²/m³もあり、他の生物膜法に比べて多くの微生物を保持でき単位容積当りの有機物負荷を大きく取ることができる。また、気泡は汚材に衝突しながら曲線的に上昇す



第1図 生物膜汚過装置概念図

Fig. 1 Schematic diagram of the aerobic biological filter "BCF"

るので急激に粗大化せず滞留時間も長くなり、高い酸素利用効率を得られるため高負荷運転が可能である。

沓過機能は、沓材粒子間隙での沓過作用だけではなく生物膜表面への吸着による沓過作用によっても、より効率的に行われているものと思われる。そして捕捉された原水中のSSおよび有機物の分解等によって増殖した微生物は、逆洗を行うことにより槽外に逆洗排水として排出される。

これら2つの大きな機能により、1槽で酸化分解と沓過が行われ、コンパクトな装置で安定した良好な処理水が得られことになる。

2. 「バイオコンタクトフィルター」の特長

バイオコンタクトフィルターは通常の活性汚泥法にくらべ多くの特長を持っている。すなわち、

1) 最終沈殿池が不要。

沓過機能があるので最終沈殿池がいらない。

2) 設置面積が小さい。

BOD容積負荷が大きくとれること、および最終沈殿池がいらないため設置面積が小さくてすむ。

3) 処理の安定性に優れている。

微生物菌体を多量に保持できるため、流入原水の水質変動に対しても充分対応でき安定した処理水が得られる。

4) 消費動力が少ない。

粒状充填担体および空気と原水の向流接触により高い酸素利用効率を得られ、供給空気量が少なくすむ。従って消費動力も少なくすむ。

5) 維持管理が容易

逆洗は全て自動化ができ維持管理が容易である。

6) 逆洗排水量が少ない。

当社方式の中間洗浄機構により効率良く捕捉SSを排出するので逆洗排水量が少なくすむ。

3. 装置性能と処理特性

生活排水、故紙再生排水及び食品排水を対象としたパイロットテスト、ベンチテストなどから「バイオコンタクトフィルター」の基本的な処理特性を調査してきた。その結果を以下に示す。

3.1 BOD除去性能

生活排水および食品排水の処理におけるBOD負荷とBOD除去速度の関係を第2図に示す。BOD負荷およびBOD除去速度は充填沓材容積当りで、次式で表わされる。

$$\text{BOD負荷} = Q_i \times L_o \times 10^{-3} / V_M \quad (\text{kg/m}^3 \cdot \text{d})$$

$$\text{BOD除去速度} = Q_i \times (L_o - L_e) \times 10^{-3} / V_M \quad (\text{kg/m}^3 \cdot \text{d})$$

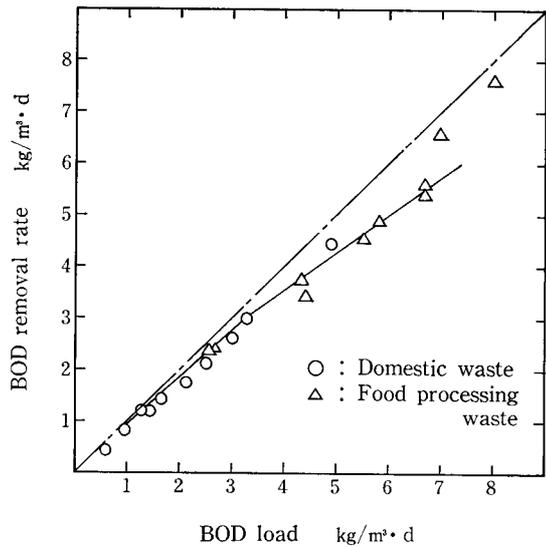
Q_i : 流入原水量 (m³/d)

L_o, L_e : 流入原水, 処理水BOD濃度 (mg/l)

V_M : 充填沓材容量 (m³)

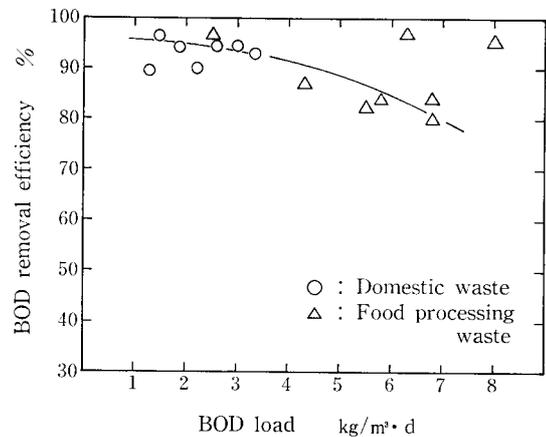
第2図よりBOD負荷とBOD除去速度の関係は負荷が4kg/m³・dまでは直線的に上昇し、それ以上の負荷になるとやや勾配が緩やかになっている。いずれにしる負荷を大きく取る程、除去速度は直線的に増大するので、本装置は高負荷運転の可能性だけでなく、前処理装置としての有用性も示している。

一方、第3図にはBOD負荷とBOD除去率との関係を示す。すなわちBOD負荷が大きくなる程、除去率は低下するが、BOD負荷8kg/m³・d程度でも、BOD除去率80%以上が得られる。



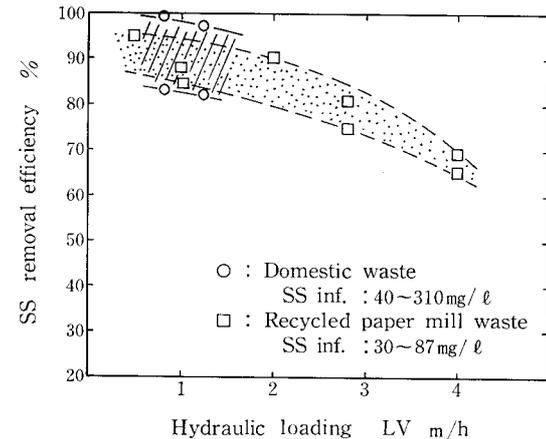
第2図 BOD負荷とBOD除去速度

Fig. 2 Total organic load vs. total organic removal rate



第3図 BOD負荷とBOD除去率

Fig. 3 Total organic load vs. organic removal efficiency



第4図 通水速度とSS除去率の関係

Fig. 4 Hydraulic loading vs. SS removal efficiency

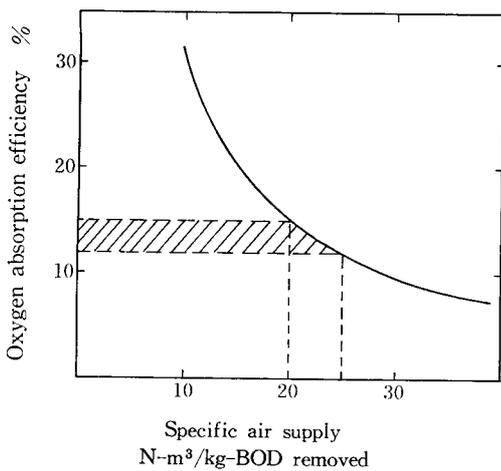
3.2 SS除去性能

「バイオコンタクトフィルター」におけるSS除去性能は、流入SSの性状、沓材粒径と充填高さ、通水速度(LV)等の条件によって異なる。今回LVとSS除去性能の関係について調査した結果を第4図に示す。第4図は生活

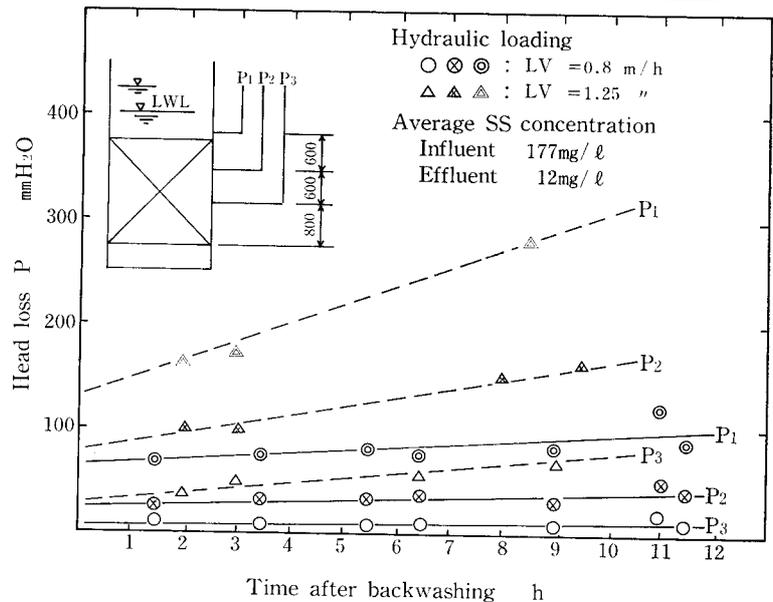
第 1 表 逆洗工程表

Table 1 Time chart of backwash

	Normal operation	Intermediate backwash			Periodical backwash					Normal operation
		Air backwash	Water backwash	Draw off	Draw off	Air backwash	Air and water backwash	Water backwash	Draw off	
Feed pump	■									■
Process air blower	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Backwash blower		■	■	■		■	■			
Backwash pump			■	■			■	■		
Interval	T _i	T ₁			T ₂					T _i
Time (min)		2~5	1~2	2~3	2~3	2~4	2~3	3~5	2~3	



第 5 図 生物膜汚過装置の酸素吸収効率の推定
Fig. 5 Oxygen absorption efficiency of BCF



第 6 図 逆洗後経過時間と損失水頭
Fig. 6 Head loss profile vs. time after backwashing

排水と故紙再生排水のパイロットプラントテスト結果を示したものである。それによるとLV 2m/h以下で80%以上の除去率が得られているが、LVが大きくなるほどSS除去率は低下する傾向にある。また散気ヘッダーを支持層の上200mmの所に設置し、仕上ゾーンとして空気吹き込みがない部分を設けSS除去性能を比較検討したが、第1図に示したものととの差異はみられなかった。

3.3 供給空気量と酸素吸収効率

活性汚泥の酸素利用と基質除去の関係は次式で示される。¹⁾

$$\Delta O_2 = a' \cdot L_r + b' \cdot X_v \dots\dots\dots (1)$$

- ΔO_2 : 必要酸素量 (kg/d)
- L_r : 除去BOD量(kg/d)
- X_v : 活性汚泥量 (kg)
- a' : 除去されたBODのうち増殖のエネルギー

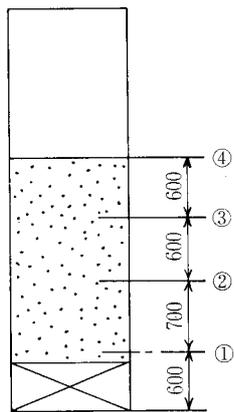
を獲得するのに利用される割合(-)
 b' : 汚泥の内生呼吸に利用される割合 (1/d)
 また、供給空気量は一般に次式で与えられる。

$$Q_a = \Delta O_2 \times 1/1.29 \times 1/0.23 \times 1/E_a \dots\dots\dots (2)$$

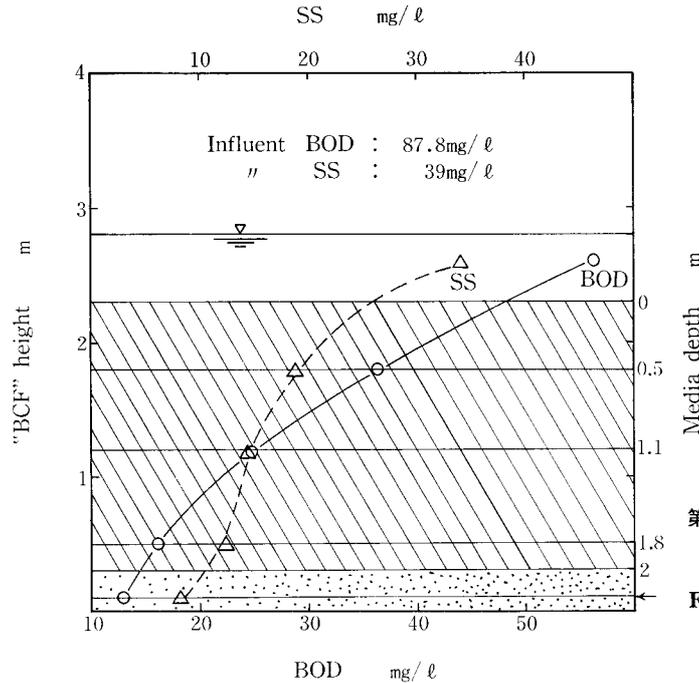
- Q_a : 必要供給空気量(N-m³/d)
- E_a : 酸素吸収効率 (-)

上の2式中の係数 a' , b' , X_v , E_a を与えることによって、生物膜汚過に必要な空気量を求めることができる。

故紙再生排水を対象としたパイロットプラントテストにおいて、供給空気量を単位除去BOD量当りの空気量 Q_a/L_r (N-m³/kg-除去BOD) で表し、一定の負荷条件で Q_a/L_r を15~40の範囲で変えて、 Q_a/L_r とBOD除去率及び処理水DOとの関係から最適 Q_a/L_r 値を検討した結果20~25という値を得た。このパイロットプラントテスト結果と(1)式、(2)式から生物膜汚過装置の酸素吸収効率 E_a を



第 7 図
 汙材付着微生物量測定位置
 Fig. 7
 Measuring point of biomass fixed to granular media



第 8 図
 汙材充填層厚別の BOD, SS 濃度
 Fig. 8
 BOD, SS remaining as a function of media depth

求めた。

故紙再生排水における Q_a/L_r と E_a との関係をもとめた結果を第 5 図に示す。生物膜汙過装置の酸素吸収効率率は第 5 図から、12~15% の範囲であると言える。

3. 4 SS 捕捉量と汙過圧損・逆洗工程について

「バイオコンタクトフィルター」では懸濁質の汙材間隙内への抑留、汙材表面での微生物の増殖による粒子間の水路の閉塞により通水抵抗が増し圧力損失が増加する。生活排水処理パイロットプラントテストでの充填容積あたりの SS 捕捉量を測定したところ、約 $1.5 \text{ kg-dry SS/m}^3$ であった。また、第 6 図に逆洗後の経過時間と損失水頭の関係を示す。この損失水頭が一定の値に達すると、検知器により水位を検出し、決められた工程の逆洗（中間逆洗）を行うことによって捕捉 SS および増殖汚泥を系外に排出する。逆洗は、汙過抵抗の増大だけではなく時間設定による定期的逆洗（本逆洗）の組合せによって行われる。逆洗回数は、原水水质によって異なるが、本逆洗が 1~2 回/日、中間逆洗が 0~4 回/日である。

すなわち、当社方式の逆洗工程は、前記本逆洗工程と中間逆洗工程によって逆洗を確実にし、かつ逆洗時間と逆洗水量の低減化を図っている。

第 1 表に当社方式の逆洗工程を示す。

本逆洗工程における、最適空気及び水逆洗流速や、逆洗時間は、それぞれ空気逆洗で $25 \sim 40 \text{ m/h}$ 、2~4 分、水逆洗で約 30 m/h 、3~5 分であるが、排水の種類によって生成する汚泥フロック径、沈降速度が異なるため、逆洗排水の排出方法に注意を払う必要がある。

3. 5 汚泥発生量

活性汚泥の増殖は一般に次式で示される。¹⁾

$$\Delta X = aL_r - bX_v$$

ΔX : 正味の汚泥発生量 (kg/d)

L_r : 除去 BOD 量 (kg/d)

X_v : 活性汚泥量 (kg)

第 2 表 汙材付着汚泥測定結果

Table 2 Biomass fixed to granular media

Sampling point	Total organic load		
	1 kg/m ³ ·d	2 kg/m ³ ·d	3 kg/m ³ ·d
④	5.69 kg/m ³	6.83 kg/m ³	7.4 kg/m ³
③	6.24 "	7.35 "	8.42 "
②	8.3 "	8.33 "	9.24 "
①	7.1 "	15.1 "	7.24 "
Average	6.83 "	9.4 "	8.08 "

a: 除去された BOD が細胞合成に用いられる割合 (-)

b: 自己酸化による汚泥減少率 (1/d)

実際の活性汚泥処理プロセスでは、正味の汚泥発生量 ΔX と流入原水中の SS に起因する汚泥量の合計を余剰汚泥量として取扱うので、上式を次のように変形して汚泥発生量を求めた

$$\Delta SS = \Delta X + S_o(c+d) - S_e = aL_r - bX_v + S_o(c+d) - S_e$$

ΔSS : 余剰汚泥発生量 (kg/d)

S_o, S_e : 流入, 流出 SS 量 (kg/d)

(c+d): 流入 SS 中の無機質及び 100 メッシュ以上有機質 SS の割合

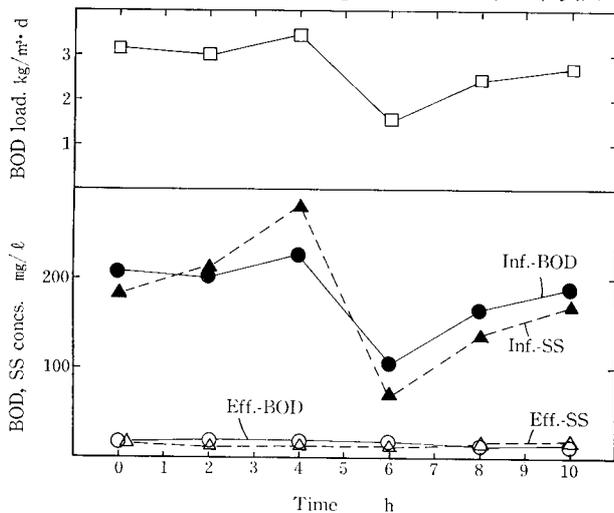
係数 a, b の値は廃水の種類や処理条件等によって異なるが、多くの都市下水や有機性排水について $a = 0.3 \sim 0.8$, $b = 0.05 \sim 0.18$ という数値が報告されている。¹⁾

生活排水を対象としたパイロットプラントテストにて、 $\Delta SS, L_r, X_v, S_o, S_e, (c+d)$ を実測し、正味の汚泥発生量 ΔX 及び a, b の値を求めた。その結果 $a = 0.39$, $b = 0.071$ という数値が得られた。また ΔX は除去 BOD 量当りの比率に換算すると 28% という値が得られた。これらから、生物膜汙過法は、汚泥発生量の少ない方法であると言えることができる。

3. 6 汙材付着微生物量及び微生物相

汙材に付着している微生物量を各 BOD 負荷 1~3 kg/m³·d の条件の下で汙材の充填高さ別に、第 7 図に示す 4 ケ所のサンプリングポイントで測定した。この測定結果を第 2 表に示す。この測定結果では、微生物付着量は、6.83~9.4 (平均 8.12) kg-MLVSS/m³ 汙材であり、充填層の上部③、④よりむしろ中間部②の方が多くなっており、生物膜汙過では全層にわたって、生物酸化と SS 捕捉が行われていることが推察できる。なお、BOD 負荷と微生物付着量との間には相関関係は見られなかった。

付着微生物量の測定と平行して、顕微鏡による微生物の種類を調査した。表層部④では *Vorticella* 等の繊毛虫類や、*Nematoda* 等の線虫類、*Sphaerotilus* 等の糸状菌な



第 9 図 負荷変動の処理水質への影響

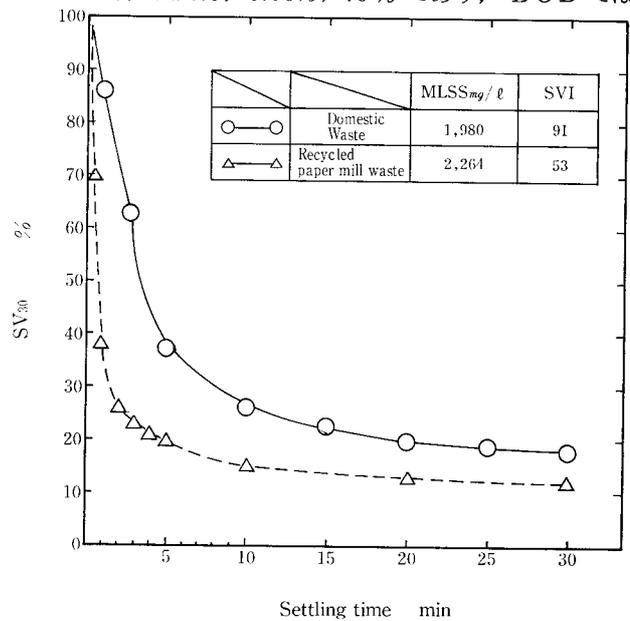
Fig. 9 Profile of effluent quality under various organic loading conditions

ど多種類の微生物が出現しているが、③より下方では、微生物の種類が減少し、繊毛虫類や糸状菌はほとんど見られなくなっている。

3. 7 汙材充填層厚さ毎の処理水変化

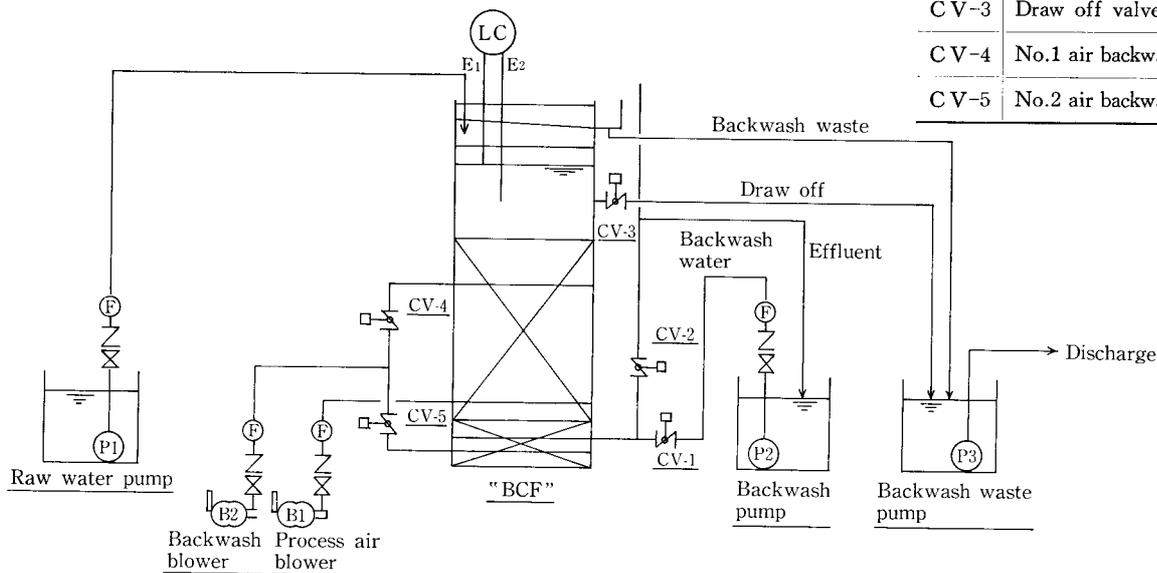
故紙再生排水を対象として、第 7 図に示す各サンプリング管位置の SS, BOD を測定し、汙材充填層厚さ毎の処理水質変化を調査した。この結果を第 8 図に示す。

流入原水に対する SS, BOD 除去率は、充填層厚さ 0.5 m, 1.1 m, 1.8 m 及び処理水出口の位置でそれぞれ、SS は 52.1%, 62.8%, 67.9%, 79% であり、BOD では



第 10 図 逆洗排出汚泥の沈降曲線

Fig. 10 Settling curve of backwash waste



第 11 図 パイロットテスト装置フローチャート

Fig. 11 Flow chart of the pilot plant test

symbol	valve name
CV-1	Backwash water valve
CV-2	Effluent valve
CV-3	Draw off valve
CV-4	No.1 air backwash valve
CV-5	No.2 air backwash valve

第 3 表 生活排水のパイロットプラントテスト結果

Table 3 Test results of domestic waste water using pilot plant

			I	II	III	IV	
Parameters	BOD load		kg/m ³ ·d	0.61~1.54(1.08)	0.89~2.52(1.45)	1.89~3.35(2.62)	2.16~4.91(3.45)
	Hydraulic loading		m/h	0.83	0.83	1.25	1.25
	Specific air supply		Nm ³ /kg·BOD	18.2~25.8(20.4)	28 ~41.8(36.2)	20.7~33.1 (25)	9.4~17.2(13.5)
	Water temperature		°C	23.2~26	19.2~22.5	25~29.1	21.5
Test results	T-BOD	Influent	mg/l	61.1~154(107.4)	97.4~252 (172)	150 ~223 (187)	216 ~327 (254)
		Effluent	mg/l	5.4~17.9(11.9)	11.5~30.2 (20)	11.8~21 (16.7)	15.9~33.7(24.5)
		% Removal		70.7~96.5(88.1)	88 ~89 (88.4)	90 ~94.6(91.1)	84.4~92.7(90.4)
	S-BOD	Influent	mg/l	41.4~55.1(47.1)	48 ~80.9(64.7)	68.2~75 (71.9)	92.4~162 (117)
		Effluent	mg/l	4.46~11.4(8.54)	10.2~22.4(15.8)	9.7~15.6 (12.4)	11.2~23.4(18.7)
		% Removal		72.5~91.9(81.5)	72.3~78.7(75.6)	78.7~86.4(82.8)	74.7~88.4 (84)
	T-COD	Influent	mg/l	43.3~92.4(67.9)	62.5~144.3(102)	90.3~129 (110)	125 ~184 (146)
		Effluent	mg/l	13.5~21.2(18.2)	16 ~32 (23.3)	16.6~25.1(21.1)	19.8~35 (27.1)
		% Removal		55.2~85.4(72.1)	74.4~78 (77.2)	72.9~85.0(80.8)	72.1~85.6(81.4)
	S-COD	Influent	mg/l	29.5~38.5(33.6)	33.7~47.1(41.3)	38.8~45.6(43.8)	50 ~67.6(56.2)
		Effluent	mg/l	12.7~18.8(15.3)	15.2~25.8(20.0)	14.9~20.4(17.5)	16 ~26.6(22.6)
		% Removal		45 ~64.2(54.5)	45.3~55.9(51.6)	54.9~66.7(60.0)	46.8~68.6(59.8)
	SS	Influent	mg/l	40 ~198 (82.7)	125 ~282 (184)	156 ~298 (212)	230 ~530 (388)
		Effluent	mg/l	0.4~ 6.8 (4.1)	2.8~15 (7.5)	6 ~24 (14.3)	14 ~24.5(19.7)
		% Removal		83 ~99.8(92.2)	94.7~97.8(96.4)	87.2~96.2(93.3)	91.1~97.4(94.2)

58.4%, 71.8%, 81.4%, 85.2%である。この結果からみても生物膜汚過が、汚材充填層全体が有効に活用されていることを示している。

3.8 負荷変動の処理水への影響

設定BOD負荷2.5kg/m³·d, L V2.5m/hの条件での生活排水処理テストにおいて、水質変動によるBOD負荷変動の処理水への影響を調査した結果を第9図に示す。BOD負荷は1.55~3.42 kg/m³·dの範囲で変動しているが処理水はBOD12~15 mg/l, S S7.5~13 mg/lの範囲で安定しており、この程度の負荷変動は、処理水質へ影響しないと言える。

3.9 逆洗排出汚泥の沈降性

生活排水及び故紙再生排水の処理テストにおける逆洗排出汚泥の沈降性テスト結果を第10図に示す。S V₃₀は生活排水で18%, 故紙再生排水で12%であり、S V_Iはそれぞれ, 91, 53であった。故紙再生排水の場合は、原水中の粘着性物質の影響もあって、排出される汚泥のフロック径が非常に大きくなっており、沈降性が良く、特に初期沈降性に優れている。

4. テスト実施例

4.1 生活排水処理パイロットプラントテスト

生活排水を対象として'85年4月から7月まで約3ヶ月神戸市内の合併し尿浄化施設内でテストを行った。

4.1.1 テスト装置

テスト装置は、1m²×4m^Hの鋼板製角形槽で、槽内には、粒径4~7 mmの多孔質天然鉱石を2 m高さで充填している。この装置は、逆洗工程を自由に変えられるよう、シーケンサを用いた全自動運転となっている。装置のフローチャートを第11図に示す。

4.1.2 テスト方法

原水には、調整槽の貯留水を使用した。この原水には多量のSSが含まれており、当初はそのままこれを生物膜汚過に流入させていたが、逆洗が頻繁にかかったため、後には20メッシュ金網のカゴ形スクリーンで粗大SSを除去して流入させた。

逆洗はタイマーによる定期的な逆洗(本逆洗)と水位上昇検知による逆洗(中間逆洗)の組合せにより行っている。これらの逆洗工程は第1表に示すように、本逆洗は全工程約15分で、1~2回/日の設定であり、中間逆洗は全工程約7分で3~4回/本逆洗サイクルとし、中間逆洗回数が設定値を越えた時本逆洗に移行するシーケンスとなっている。

テストは種汚泥として、活性汚泥設備の返送汚泥を充填汚材容量に対し500 mg/lとなる量を投入し、BOD負荷3kg/m³·dで馴養運転を1週間行った後、BOD負荷、ばっ気空気量をそれぞれ変えて性能調査テストを実施した。

4.1.3 テスト結果

馴養開始より5日目でBOD除去率90%, S S除去率97.4%に達し、早い立上りであった。第3表に、平均BOD

第 4 表 食品排水のカラムスケールテスト結果

Table 4 Test results of food processing waste water using column scale test plant

			No dilution		Ten times dilution			
			I	II	I'	II'	III'	
Parameters	BOD load	kg/m ³ ·d	6	2.5	4.9	2.6	6.75	
	Hydraulic loading	m/h	0.032	0.032	0.31	0.19	0.52	
	Water temperature	°C	28.5	28	28.5	28	28	
Test results	T-BOD	Influent	mg/l	5 515	2 328	466	398	377
		Effluent	mg/l	997	85.5	96.9	27.6	77.1
		% Removal		81.9	96.3	79.2	93.1	79.5
	S-BOD	Influent	mg/l	5 306	2 287	418	318	367
		Effluent	mg/l	577	35.9	52.0	12.9	53.1
		% Removal		89.1	98.4	87.6	95.9	85.5
	T-COD	Influent	mg/l	1 755	878	164	124	162
		Effluent	mg/l	610	197	93.6	55.2	68.1
		% Removal		65.2	77.5	42.9	55.5	58.0
	S-COD	Influent	mg/l	1 575	700	138	109	138
		Effluent	mg/l	452	166	57.0	42.4	53.9
		% Removal		71.3	76.3	58.7	61.2	61.0
	SS	Influent	mg/l	811	422	92	43	57
		Effluent	mg/l	256	63	70	41	42.5
		% Removal		68.4	85.1	23.1	4.7	25.5

負荷 1.08, 1.45, 2.62, 3.45 kg/m³·d の4つの負荷条件での処理結果を示している。これらの負荷条件における処理水の T-BOD/SS 平均濃度はそれぞれ 11.9 mg/l/4.1 mg/l, 20 mg/l/7.5mg/l, 16.7mg/l/14.3mg/l, 24.5mg/l/19.7 mg/l であり、負荷が高くなるほど処理水質も高くなる傾向にあった。しかし除去率で見ると、それぞれ 88.1%/92.2%, 88.4%/96.4%, 91.1%/93.3%, 90.4%/94.2% と高い除去率を示しており、これらの負荷範囲では処理性能に大きな差は見られなかった。本逆洗の頻度は、流入 SS 負荷が大きい時は2回/日必要であったが、通常は1回/日が適当であった。

4. 2 食品排水処理カラムテスト

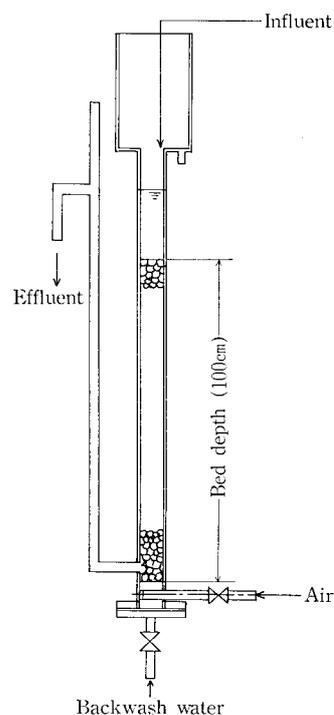
食品排水を対象として、高濃度の醤油製造排水の無希釈高負荷処理を目的とした、実験室カラムテストを実施した。

4. 2. 1 テスト装置

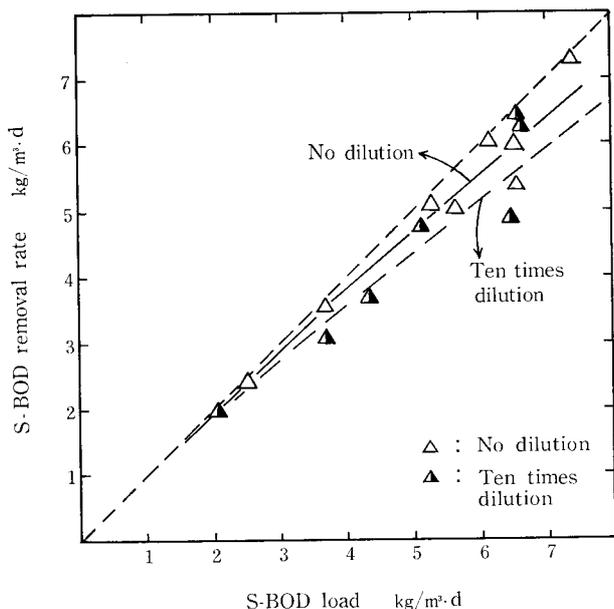
第12図にカラムテスト装置の概略図を示す。カラムはPVC製で、カラムの中には4~7mm径の多孔質天然鉱石を充填している。

4. 2. 2 テスト方法

2基のカラムテスト機により、BOD約5000 mg/lの原水の無希釈処理と10倍希釈処理を平行して行なった。原水の希釈には水道水を使用した。ばっ気空気量はカラムの上



第 12 図 カラムテスト装置概略図
Fig. 12 Schematic diagram of the column scale test plant



第13図 S-BOD負荷とS-BOD除去速度との関係
Fig. 13 S-BOD load versus S-BOD removal rate

部でDOが約1mg/lとなる量とした。充填濾材の逆洗は1回/日水道水を用いて行なった。テスト条件としては、設定BOD負荷2.5, 5.0, 7.5 kg/m³·dの三条件とした。

4. 2. 3 テスト結果

無希釈処理と10倍希釈処理の処理平均値を第4表に示す。

1) 無希釈処理結果

BOD負荷2.5, 6.0 kg/m³·dにおける処理水T-BOD及びT-BOD除去率はそれぞれ85.5mg/l/96.3%, 997mg/l/81.9%であった。このカラムテスト機は濾材充填高さが低く、BOD, CODの除去を主目的とし、SSの除去はあまり考慮していないため、処理水SSは高く各負荷条件で63~256 mg/lの範囲であった。このSSに起因するBODを除いた溶解性のS-BODで見ると、処理S-BOD及びS-BOD除去率は、BOD負荷2.5, 6 kg/m³·dにてそ

れぞれ35.9 mg/l/98.4%, 577 mg/l/89.1%であり、非常に高い処理性能を示している。このテスト結果より、生物膜濾過は、前処理装置として高濃度排水を無希釈で直接処理することが可能と言える。

2) 10倍希釈処理

無希釈処理の場合と同様SSについては除去性能は悪く処理水SSは各BOD負荷範囲にて、41~70 mg/lであった。SSを除いたS-BODの処理水質及び除去率は、BOD負荷2.6, 4.9, 6.75 kg/m³·dにてそれぞれ12.9 mg/l/95.9%, 52 mg/l/87.6%, 53.1 mg/l/85.5%であった。CODについては、難生物分解性物質が含まれているためか、除去性能が悪く各負荷条件での処理水S-COD及び除去率は、42.4~57 mg/l, 58.7~61.2%で負荷条件による差はあまりなかった。無希釈処理と10倍希釈処理との処理性能の差を第13図に示す。S-BOD負荷とS-BOD除去速度との関係で見ると、やや無希釈処理の方が高い性能を示すと言える。

む す び

高効率有機性排水処理装置「バイオコンタクトフィルター」について構造、原理などの概要およびパイロット装置、ベンチテスト装置の運転結果を簡単に述べた。

前述したように「バイオコンタクトフィルター」は生物膜法を発展させ、従来の生物処理法が持つ欠点を克服する目的で開発したものである。本装置は、濾材粒径あるいは負荷条件を考慮する事によって、前処理、二次処理、高度処理および脱窒処理として用いることができ、生物処理装置の主流となるものと思われる。

なお、近々に運転が開始されるゴミ埋立余水処理での運転結果について、後日の機会に報告したいと考えている。

〔参考文献〕

- 1) 園欣弥ほか：水質汚濁防止技術と装置4. 生物学的水処理技術と装置 (1978) 培風館
- Gary R. Lubin: The biological aerated filter-progress of development in the U.S. Wastewater Research Division Municipal Environmental Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency

高効率高脱水型「ベルトプレス脱水機」

High Efficient and High Compressive Beltpress Dehydrator

環境装置事業部 製品開発室

三原 恒美
Tsunemi Mihara

Rotary Diaphragm Press (RDP) was evaluated as "High Efficient and High Compressive Beltpress Dehydrator" by Technical Evaluation Committee of Ministry of Construction. This report reviews briefly the operating data and evaluation contents.

まえがき

1984年度の建設省の技術評価制度のテーマとして「下水汚泥の高効率高脱水型ベルトプレス脱水機の開発」が公募され、当社はロータリーダイヤフラムプレス（RDP）で応募しこの度、その評価を受けたので概要を紹介する。

1. 評価の目的

汚泥の機械脱水は、汚泥中の水分を機械的に除去することによって容積を減少させるもので、後続の焼却、資源化等の工程や脱水ケーキ埋立処分等に与える影響が大きいことから、かねてより脱水機の性能の向上が強く望まれていた。

機械脱水には汙過式と遠心分離式とがあり、汙過式は汙過圧や汙過の方式によって、真空式、加圧式、ベルトプレス式等がある。これらの方式にはそれぞれ特長があるが、なかでもベルトプレス脱水機は、次のような長所がある。

- 1) 消費電力が少なく省エネルギー型である。
- 2) 少量の高分子凝集剤の添加で脱水でき、脱水ケーキの増量が少ない。
- 3) 運転管理が比較的容易である。

などの長所があり、近年、高分子凝集剤の進歩に伴って全国の下処理場をはじめとして産業廃水分野にも急速に普及しつつある。しかし、ベルトプレス脱水機は、加圧式と比較して得られる脱水ケーキ含水率がかなり高く、脱水性能の面で、まだ改良の余地が残されている。

以上の観点から、従来型のベルトプレス脱水機の効率化を一層進めるとともに、特に脱水性能の向上を図るための開発を目的としたものである。

2. 評価の目標

汚泥を効率よく脱水し、低含水率の脱水ケーキを得るためのベルトプレス脱水機を開発すること。すなわち

- 1) 高い脱水性を有すること
通常混合濃縮生汚泥について、120 kg/m³以上の汙過速度で運転し、脱水ケーキ含水率70%以下、固形物回収率95%以上の脱水性能を有すること。

- 2) 維持管理が容易であること

脱水機の運転操作、点検が簡単であるとともに、凝集剤の管理、取扱いも容易であって良好な作業環境が確保できること。（凝集剤、凝集助剤として高分子凝集剤を使用するものとし、塩化第一鉄や消石灰等は除く）

- 3) 十分な耐久性を有すること

力学的な材質、構造面および腐食性の面で十分な耐久

性を有し、汙布の損耗が小さいこと。

- 4) 経済的であること

脱水機及びその付帯設備の費用、並びに維持管理費用が、従来のベルトプレス脱水機と比較して、著しく高くないこと。

3. 評価されたベルトプレス脱水機

3.1 原理

評価された脱水機は、第1図に示すように、供給汚泥に、高分子凝集剤を添加して重力脱水した後、連続移動する2枚の汙布の間にはさみ込んで、くさび状脱水、せん断脱水を行い、最後に特別に設けられた加圧ダイヤフラムとローラによって高圧脱水するもので、その原理は次のとおりである。

- 1) 汚泥凝集装置において、凝集剤と混合攪拌され、フロックを形成した汚泥は、「重力脱水部」に定量的に供給され、下汙布上で重力脱水される。
- 2) 重力脱水された汚泥は、上下2枚の汙布間を徐々に狭くした「くさび状脱水部」において、脱水圧力を漸増することにより加圧脱水される。
- 3) 「せん断脱水部」においては、千鳥状配置のローラに巻きつけた汙布の張力による脱水圧力と上下汙布による汚泥へのせん断力とによって脱水される。
- 4) 「高圧脱水部」は、加圧ダイヤフラムとローラによる高圧脱水機構であり、空気圧によりダイヤフラムに高圧を加え、脱水ケーキをはさんだ上下汙布と圧力受けベルトに押し付けることにより高圧脱水される。
- 5) 以上の脱水工程により脱水されたケーキは、スクレーパーでかき落され排出される。

3.2 装置の構成

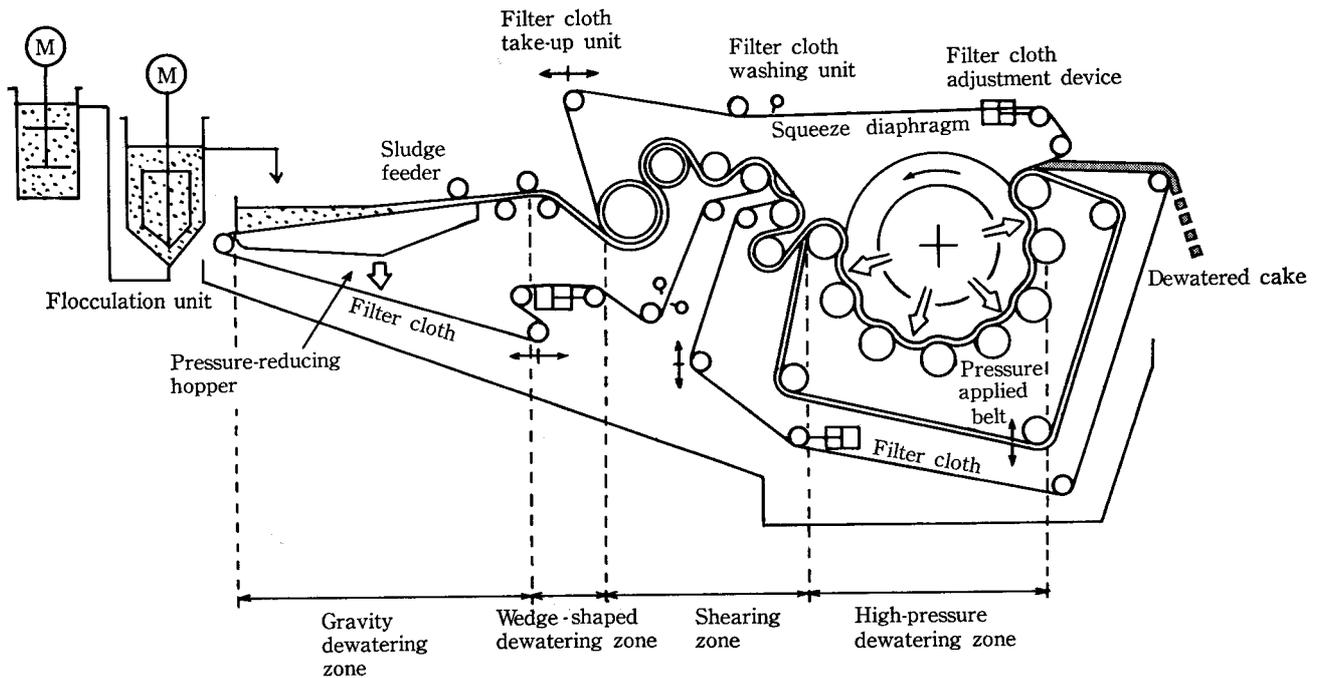
本脱水機は、第1図にも示すように、凝集部、脱水部、汙布洗浄部、汙布および調整機構等で構成される。

3.2.1 凝集部

凝集部は第2図に示すように、第1、第2凝集混和タンクで構成される。各凝集混和タンクは円筒型タンクに攪拌機を取付けた構造である。

凝集剤にカチオン、アニオン性高分子凝集剤の2液を使用する場合は、カチオンを第1凝集混和タンク、アニオンを第2凝集混和タンクに添加する。

1液（通常はカチオン）のみを使用する場合は第2凝集混和タンクに添加する。なお、第2凝集混和タンクの攪拌機の回転数は、手動操作により可変となっている。



第 1 図 原理図
Fig. 1 Mechanism of RDP

3. 2. 2 脱水部

脱水部は、重力脱水部、くさび状脱水部、せん断脱水部および高圧脱水部で構成される。

1) 重力脱水部

第 3 図に示すように、汙布進行方向に対し上り勾配となるように傾斜させた汙過板上の汙布の両側部および後部とゴムスカート付のガイドで囲った構造であり、汙布を走行させることにより連続的に重力脱水される。

2) くさび状脱水部

第 4 図に示すように、上下 2 枚の汙布によって形成されるくさび状の部分であり汚泥は徐々に狭くなる汙布間で漸増する圧力により脱水される。

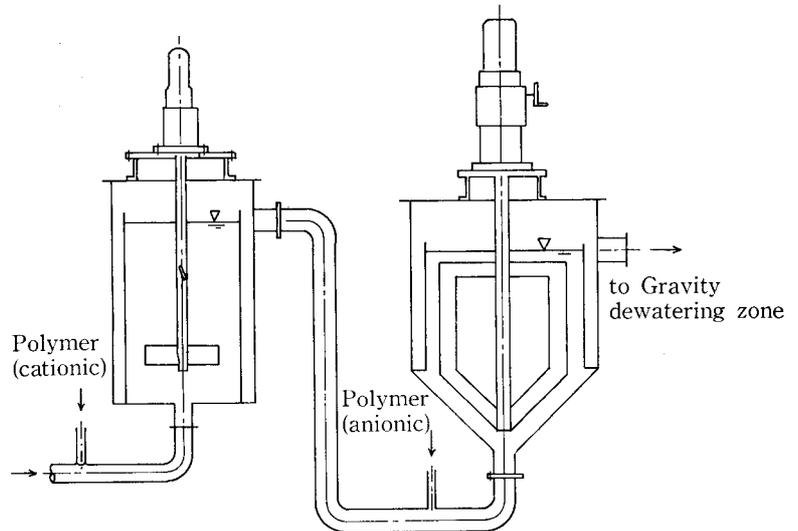
3) せん断脱水部

第 5 図に示すように、4 本のロールが径の大きなものから順に配置され、上下 2 枚の汙布が汚泥をはさんだままロール間を S 字状に走行する構造となっており、汚泥はロール部分のせん断力により脱水される。なお、No. 1 ロールは、汙液の分離を円滑に行うために溝付ゴムライニング製となっている。

4) 高圧脱水部

高圧脱水部は第 6 図に示すように、円筒上に取付けたダイヤ状のダイヤフラムを空気圧力により膨張させ、汚泥をベルトに高圧で押しつける機構である。

No.1 Flocculation tank No.2 Flocculation tank



第 2 図 凝集部
Fig. 2 Flocculation unit

圧搾圧力は最大 4 kg/cm^2 までかけられ、その圧力は調節弁の設定により任意に変えられる。

3. 2. 3 汙布洗浄部

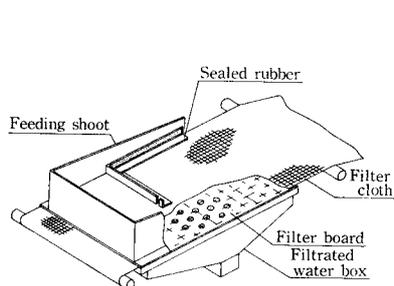
汙布洗浄部は第 7 図に示すように、汙布方向に設けられたスプレーノズルから噴射される高圧水 (3 kg/cm^2 以上) によって洗浄箱の中で洗浄される。

3. 2. 4 汙布

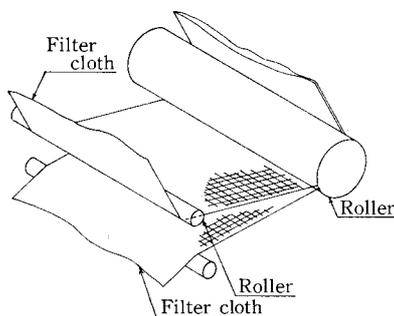
汙布の仕様を第 1 表に示す。

Item	Gravity+roll dewatering section		High-pressure dewatering section	
	Material	Polyester	Polyester+polyamide	Polyester
Woven type	Plain fabrics	Needle punching felt	Double fabrics	
Thickness mm	1.10	5.20	1.06	
Air permeability cc/cm ² •min	10 000	2 500	30	
Rupture strength kg/cm	lengthwise	83	106	140
	breadthwise	133	100	100
Rupture elongation %	lengthwise	25	35	40
	breadthwise	30	30	30
Joint method	SUS-lacing	Mono-lacing	SUS-lacing	
Note	Specially manufactured			

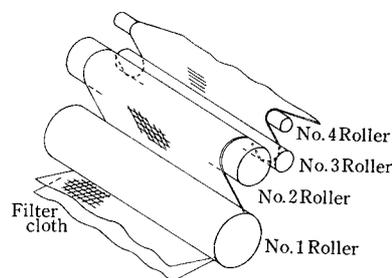
第 1 表 濾布の仕様
Table 1 Specification of filter cloth



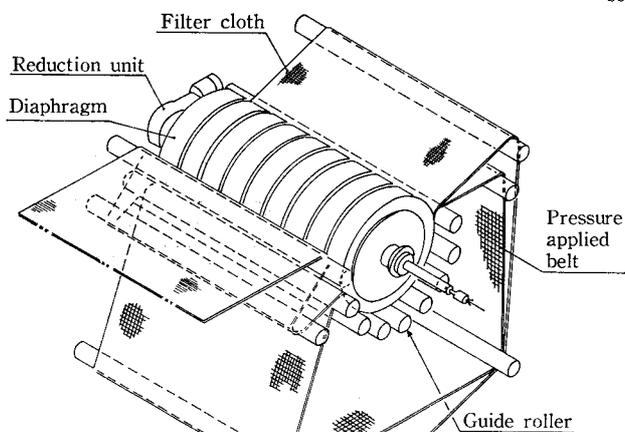
第 3 図 重力脱水部
Fig. 3 Gravity dewatering section



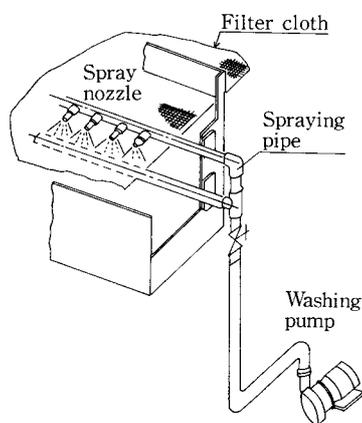
第 4 図 くさび状脱水部
Fig. 4 Wedge-shaped dewatering section



第 5 図 せん断脱水部
Fig. 5 Shearing section



第 6 図 高圧脱水部
Fig. 6 High pressure dewatering section



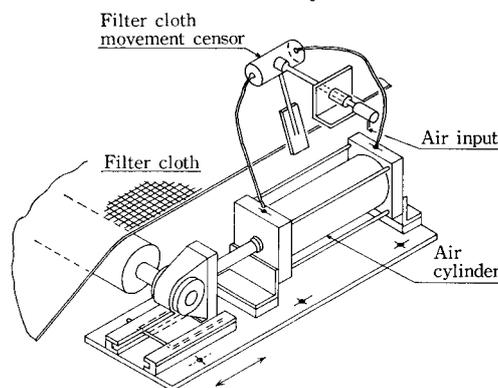
第 7 図 濾布洗浄部
Fig. 7 filter cloth washing unit

3. 2. 5 調節機構—濾布蛇行修正装置

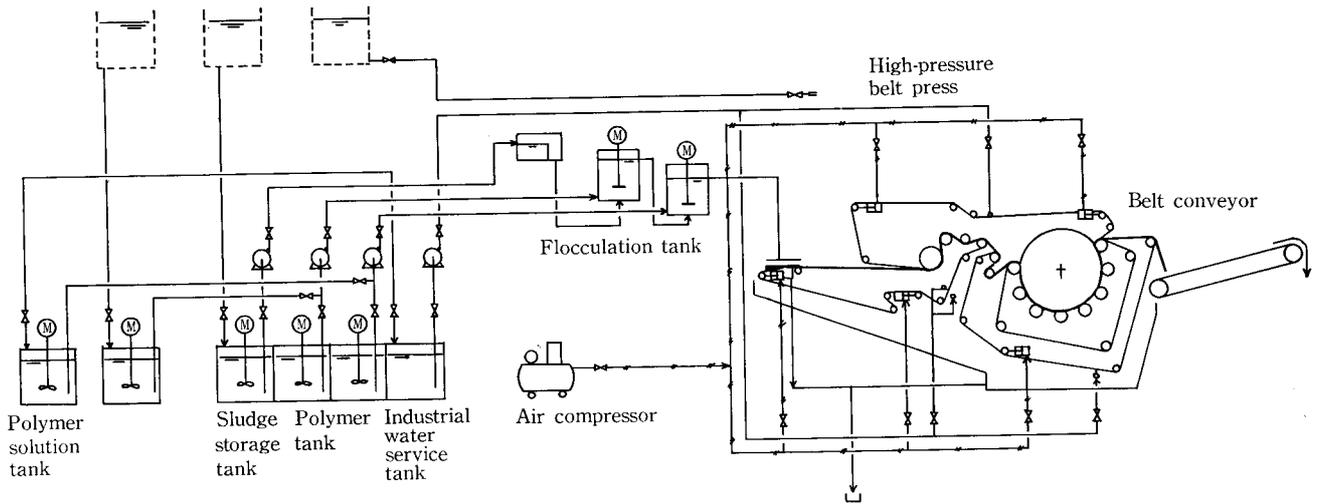
濾布蛇行修正装置は第 8 図に示す通り、濾布の一端をエアバルブのバームで検出し、位置のずれによってバルブを開閉し、エアシリンダーへの供給空気圧力を制御することによりガイドローラを作動し、蛇行を修正、防止するものである。

3. 実験設備の概要

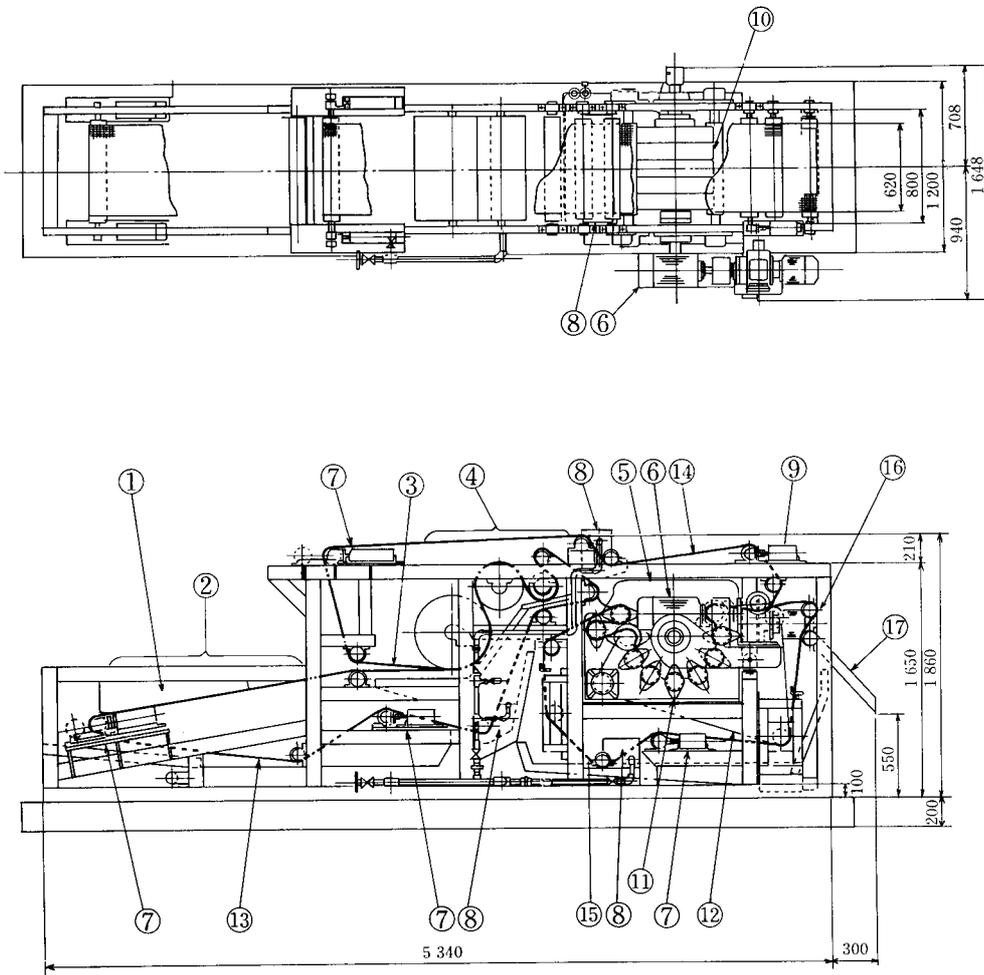
試験機とその補機設備のフローシート、脱水機本体機器図、脱水機本体の仕様をそれぞれ、第 9、10 図、第 2 表に示す。また、外観と運転状況を写真 1、2 に示す。



第 8 図 濾布蛇行防止装置
Fig. 8 Filter cloth adjustment device



第9図 試験機とその補機設備のフローシート
Fig. 9 Test plant system flow



No.	Item
1	Sludge feeder
2	Gravity dewatering zone
3	Wedge-shaped dewatering zone
4	Shearing zone
5	High pressure dewatering zone
6	Drive unit
7	Filter cloth tension unit
8	Filter cloth washing unit
9	Filter cloth adjustment device
10	Squeeze diaphragm
11	Pressure applied roller
12	Pressure applied belt
13	Filter cloth
14	
15	
16	Scraper
17	Shooter

第10図 脱水機本体機器図
Fig. 10 Diagrammatic cross-section and plan of dehydrator RDP

4. 脱水性能に関する評価

4.1 脱水性能

脱水性能は、試験機による実験の結果に基づいて確認した。

4.1.1 投入汚泥性状

投入汚泥性状を第3表に示す。

投入汚泥の平均固形濃度は、RUN-1で2.09% (最小1.98%, 最大2.26%), RUN-2で2.30% (最小2.27%, 最大2.35%)であった。

投入汚泥の平均有機物含有率は、RUN-1で63.7% (最小61.7%, 最大65.2%), RUN-2で65.1% (最小64.8%, 最大65.5%)であった。

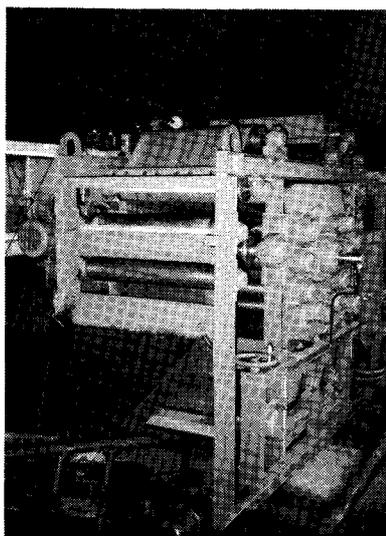


写真 1 脱水機本体
Photo. 1 Dehydrator

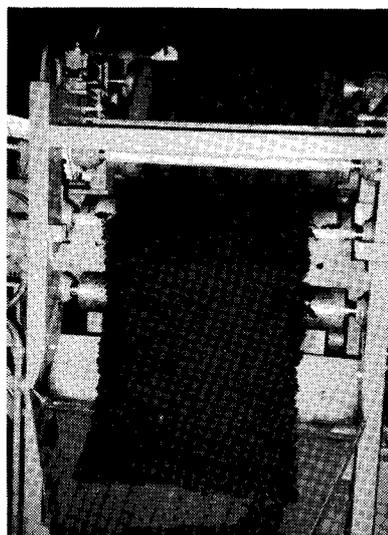


写真 2 脱水ケーキ
Photo. 2 Dewatered cake

第 2 表 脱水機本体の仕様
Table 2 Specification of dehydrator

Item	Specification			
	Gravity dewatering zone	Specification wedge-shaped dewatering zone	Shearing zone	High-pressure dewatering zone
Filter cloth width (m)	0.62			
Filter cloth effective width (m)	0.5			
Filter cloth length (m)	1.75	0.62	3.33	1.45
Effective filtration length (m)	—		2.13	1.01
Filter cloth speed, max. (m/min)	3.0			
Filtration pressure, max. (kg/cm ²)	—		0.44	4.0
Filter cloth tension (kg/cm)	2.5			
Driving unit power	Flocculation (kW)	0.4		
	Dewatering (kW)	2.2		

第 3 表 投入汚泥性状
Table 3 Nature of feed sludge

RUN No.	Test date	Item	TS	SS	VTS/TS	pH	M. alkali-	SS > 100	Tem-
			(%)	(%)	(%)	(—)	linity (mg/ℓ)	mesh (%)	perature (°C)
RUN-1	7/24	average	2.09	1.84	63.7	5.77	853	10.8	26.1
		range	1.98	1.75	61.7	5.72	829	9.02	26.0
			2.26	2.05	65.2	5.81	873	11.5	26.5
	sample number	7	7	7	7	4	4	7	
RUN-2	8/7	average	2.30	2.11	65.1	6.11	—	7.54	28.3
		range	2.27	2.08	64.8	6.10	—	6.91	27.5
			2.35	2.18	65.5	6.11	—	8.03	29.0
	sample number	7	7	7	7	—	4	7	

(operation 10:00~16:00)

4. 1. 2 運転条件

脱水機の運転条件の範囲と平均値を第 4 表に示す。

また、投入固形物濃度、汚過速度、凝集剤添加率の経時変化を第 11~14 図に示す。

4. 1. 3 実験結果

脱水ケーキ含水率および固形物回収率の範囲と平均値を第 5 表に示す。

また、脱水ケーキ含水率および固形物回収率の経時変化を第 15, 16 図に示す。

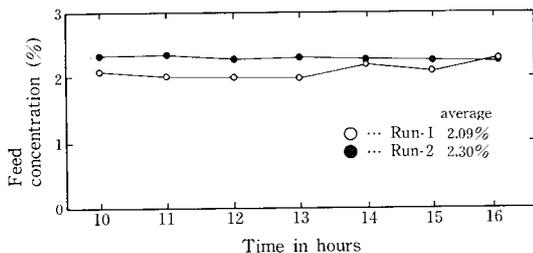
RUN-1 における運転条件 (平均凝集剤添加率総合 1.42%, 平均汚過速度 136 kg/m³h) では、平均脱水ケーキ含水率 66.3% (最小 65.2%, 最大 66.9%), 平均固形物回収率 98.2% (最小 98.1%, 最大 98.4%) であった。

RUN-2 における運転条件 (平均凝集剤添加率総合 1.74% および 1.93%, 平均汚過速度 125 および 173 kg/m³h) では、平均脱水ケーキ含水率 62.2% (最小 61.9%, 最大 62.6%) および 63.9% (最小 63.1%, 最大 64.3%), 平均固形物回収率 98.8% (最大 98.8%, 最大 98.8%) および 98.2%

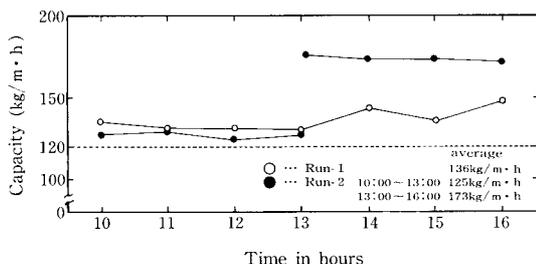
第 4 表 脱水機の運転条件

Table 4 Operating Condition

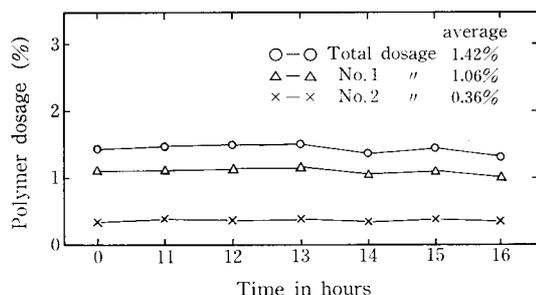
Item	RUN		2	
	1	2	10:00~13:00	13:00~16:00
Test date	1984. 7. 24	1984. 8. 7		
Filter cloth effective width (m)	0.5	0.5		
Feeding sludge (m ³ /h)	3.25 (const.)	2.70 (const.)	3.80 (const.)	3.25 (av.)
Capacity (kg/m ³ h)	136 (av.)	125 (av.)	173 (av.)	149 (av.)
Filter cloth speed (m/min)	1.5 (const.)	1.0 (const.)	1.5 (const.)	1.25 (av.)
Pressure (kg/cm ²)	Shearing section	0.34 (const.)	0.41 (const.)	
	High-pressure section	0.80 (const.)	1.5 (const.)	1.0 (const.)
Filter cloth tension (kg/cm)	Upper	1.0 (const.)	1.0 (const.)	
	Under	2.0 (const.)	2.3 (const.)	



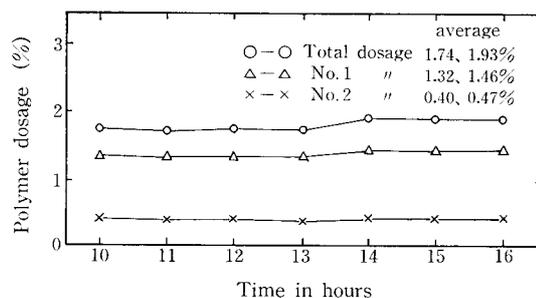
第11図 投入固形物濃度の経時変化
Fig. 11 Profile of feeding sludge concentration



第12図 沷過速度の経時変化
Fig. 12 Profile of capacity



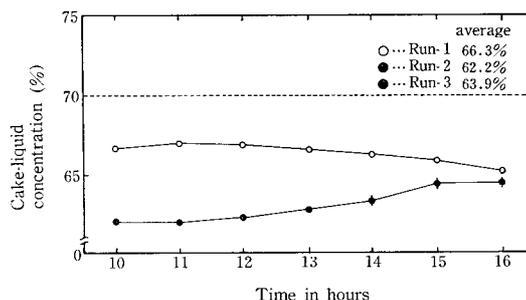
第13図 凝集剤添加率の経時変化 (RUN-1)
Fig. 13 Profile of polymer dosage



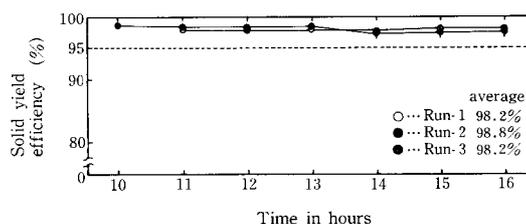
第14図 凝集剤添加率の経時変化 (RUN-2)
Fig. 14 Profile of polymer dosage

第5表 実験結果
Table 5 Result of test

Item	RUN-1	RUN-2			
		10:10~13:00	13:00~16:00	average	
Cake-liquid concentration %	average	66.3	62.2	63.9	62.9
	range	65.2~66.9	61.9~62.6	63.1~64.3	61.9~64.3
Solid yield eff. %	average	98.2	98.8	98.2	98.5
	range	98.1~98.4	98.8~98.8	98.1~98.3	98.1~98.8



第15図 脱水ケーキ含水率の経時変化
Fig. 15 Profile of cake-liquid concentration



第16図 固形物回収率の経時変化
Fig. 16 Profile of solid yield efficiency

(最小98.1%, 最大98.3%)であった。

4. 1. 4 脱水性能に関する総括

本ベルトプレス脱水機(ロータリーダイヤフラムプレス)は、通常の混合濃縮生汚泥について120 kg/m·h以上の沷過速度で運転し、脱水ケーキ含水率70%以下、固形物回収率95%以上の脱水性能を有していると認められる。

4. 2 運転操作因子と脱水性能

運転操作因子と脱水性能について行った試験結果は以下の通りである。

4. 2. 1 凝集剤添加の影響

凝集剤添加による脱水ケーキ含水率の変化を第17図に示す。また、その実験条件を第6表に示す。

実験はアニオンとカチオンの凝集剤注入比をほぼ一定にして行った。両者の総合添加率を1.0~2.0%の範囲で添加率を増加すると脱水ケーキ含水率が低下する傾向がある。添加率を0.8%以下にすると凝集不良となった。

4. 2. 2 沷過速度の影響

沷過速度による脱水ケーキ含水率の変化を第18図に示す。また、実験条件を第7表に示す。

沷過速度120 kg/m·hのとき、脱水ケーキ含水率は64%程度であり、また、ケーキ含水率67%以下となる最大沷過速度は約160~180 kg/m·hであった。

4. 2. 3 投入汚泥濃度の影響

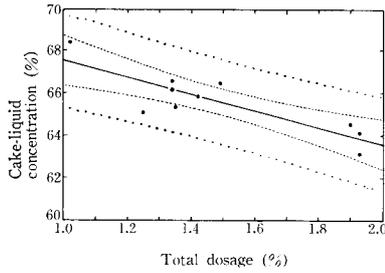
投入汚泥濃度による脱水ケーキ含水率の変化を第19図に示す。また、その実験条件を第8表に示す。

投入汚泥濃度の低下とともに、脱水ケーキ含水率は高くなる傾向がみられた。投入汚泥濃度1.43%では、脱水ケーキ含水率は68%以下であった。

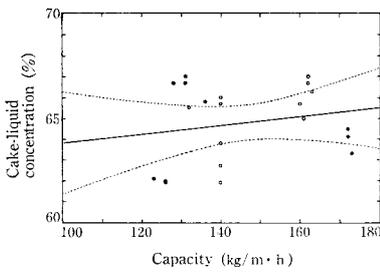
4. 2. 4 圧搾圧力の影響

圧搾圧力による脱水ケーキ含水率の変化を第20図に示す。また、実験条件を第9表に示す。

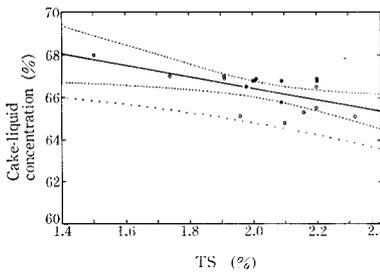
最大面圧の増加とともに脱水ケーキ含水率は低下したが、面圧が2.5 kg/cm²を超えると汚泥量によって、目も



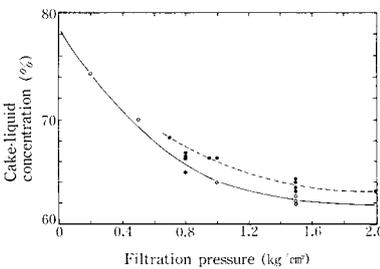
第17図
凝集剤添加率と脱水ケーキ含水率
Fig. 17
Polymer dosage vs cake-liquid concentration



第18図
汙布速度と脱水ケーキ含水率
Fig. 18
Capacity vs cake-liquid concentration



第19図
投入汚泥濃度と脱水ケーキ含水率
Fig. 19
Feed concentration vs cake-liquid concentration



第20図
圧搾圧力と脱水ケーキ含水率
Fig. 20
Squeeze pressure vs cake-liquid concentration

れや、サイドリークが生じ、最大面圧は 2.5 kg/cm^2 くらいであると考えられる。

4. 2. 5 汙布速度の影響

汙布速度による脱水率の変化を第21図に示す。また、その実験条件を第10表に示す。

汙布速度を速くすると脱水ケーキ含水率は高くなる傾向を示した。2.5 m/min までの汙布速度では68%以下の脱水ケーキ含水率が得られた。

5. 経済性に関する評価

本ベルトプレス脱水機と従来型のベルトプレス脱水機について経済性の評価を行った。建設費については、脱水機設備および脱水機棟の範囲とし、維持管理費については、脱水機設備維持管理費（人件費を除く）および焼却費とした。その結果の一例を第11表に示した。

第11表では従来型脱水機の脱水ケーキ含水率を78%と仮定したが、経済性の評価は従来型の脱水ケーキ含水率によって変化する。

第6表 実験条件
Table 6 Test condition

Nature of feed sludge		Operating condition	
Temperature	26.0 (°C)	Capacity	140 ± 20 (kg/m·h)
pH	5.77	Filter cloth speed	1.5 (m/min)
TS	1.98~2.31 (%)	Filtration pressure	0.8~1.0 (kg/cm ²)
SS	1.75~2.12 (%)	Washing water	3.5 (m ³ /h)
VTS/TS	61.7~65.1 (%)	Polymer Dosage ratio	2 kinds cation:anion 1:0.32

第7表 実験条件
Table 7 Test condition

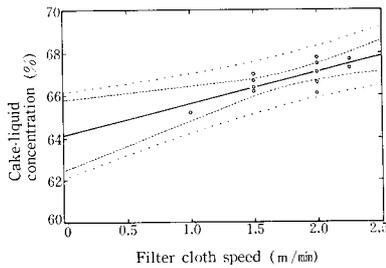
Nature of feed sludge		Operating condition	
Temperature	26.0 (°C)	Filter cloth speed	1.5 (m/min)
pH	5.77	Filtration pressure	0.8~1.0 (kg/cm ²)
TS	1.98~2.31 (%)	Washing water	3.5 (m ³ /h)
SS	1.75~2.12 (%)	Polymer dosage	1.34~1.48 (%)
VTS/TS	61.7~65.1 (%)	anionic	0.33~0.36 (%)
		cationic	1.01~1.12 (%)

第8表 実験条件
Table 8 Test condition

Nature of feed sludge		Operating condition	
Temperature	26.0~27.5 (°C)	Capacity	140 ± 20 (kg/m·h)
pH	5.80~6.11	Filter cloth speed	1.0 (m/min)
VTS/TS	61.5~64.9 (%)	Filtration pressure	0.8~1.0 (kg/cm ²)
		Washing water	3.5 (m ³ /h)
		Polymer dosage	1.45~1.54 (%)
		anionic	0.38~0.42 (%)
		cationic	1.07~1.12 (%)

第9表 実験条件
Table 9 Test condition

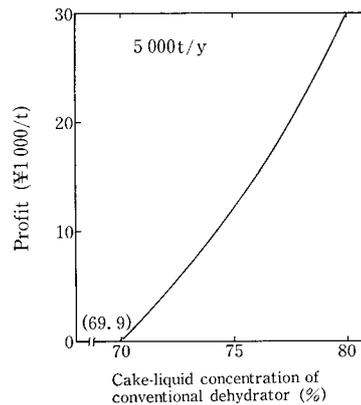
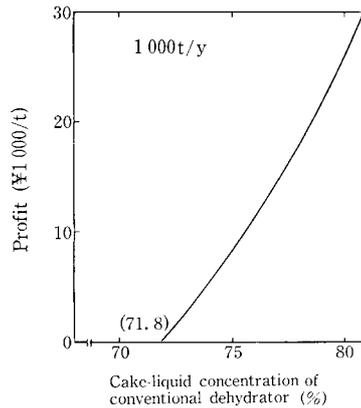
Nature of feed sludge		Operating condition	
Temperature	27.5~29.0 (°C)	Capacity	140 ± 20 (kg/m·h)
pH	5.8~6.11	Filter cloth speed	1.0~1.5 (m/min)
TS	1.98~2.40 (%)	Filter cloth tension	upper cloth 1.0 under cloth 1.95~2.34 (kg/cm)
SS	1.76~2.15 (%)	Washing water	3.5 (m ³ /h)
VTS/TS	58.0~62.3 (%)	Polymer dosage	1.35~1.94 (%)
		anionic	0.84~0.47 (%)
		cationic	1.01~1.47 (%)



第 21 図
 濾布速度と脱水ケーキ
 含水率
Fig. 21
 Filter cloth speed vs
 cake-liquid concentra-
 tion

第 10 表 実験条件
Table 10 Test condition

Nature of feed sludge		Operating condition	
Temperature	27.5~29 (°C)	Capacity	140±20 (kg/m·h)
pH	5.70~6.10	Filtration pressure	0.8 (kg/cm ²)
T S	1.98~2.37 (%)	Filter cloth tension	upper cloth 1.0
S S	1.76~2.12 (%)		under cloth 1.96 (kg/cm)
VTS/TS	58.0~64.3 (%)	Washing water	3.5 (m ³ /h)
		Polymer dosage	1.35~1.50 (%)
		anionic	0.34~0.38 (%)
		cationic	1.01~1.12 (%)



第 22 図
 高効率型脱水機で期待
 される利益
Fig. 22
 Expected profit of
 high efficiency
 dehydrator

第 11 表 経済性に関する総括表
 (例)

Table 11 Economical evaluation

Item		Case	1,000 t/y		5,000 t/y		
			High efficiency type	Conventional type	High efficiency type	Conventional type	
Performance data	Capacity (kg/m·h)		136	120	136	120	
	Cake-liquid concentration (%)		66.3	78.0	66.3	78.0	
	Polymer dosage (%)	cationic		1.06	0.80	1.06	0.80
		anionic		0.36	—	0.36	—
Depreciation	Dewatering unit		25 670	20 130	15 210	12 740	
	Building		5 900	5 120	4 000	3 740	
	Total		31 570	25 250	19 210	16 480	
Maintenance fee			27 180	51 450	24 870	49 430	
Total (¥/t)			58 750	76 700	44 080	65 910	

従来型脱水機を基準として、今回の高効率型脱水機を採用することによって期待される利益を従来型脱水機の脱水ケーキ含水率の関数として示すと第22図のように表わされる。ただし、ここでは高効率型脱水機の脱水ケーキ含水率を従来型脱水機の脱水ケーキ含水率にかかわらず66.3%と設定した例である。

この結果から1,000 t/yのケースでは、従来型脱水機の脱水ケーキ含水率が71.8%以上の場合に、高効率型脱水機の方が経済的である。また、5,000 t/yのケースでは従来型脱水機の脱水ケーキ含水率が69.9%以上の場合に、高効率型脱水機の方が経済的となる。

6. その他の評価

その他の評価は次のようになっている。

1) 維持管理性

本ベルトプレス脱水機は、従来のベルトプレス脱水機と

比較して、運転管理、保守点検および整備補修の難易に関し、特に大きな相違はないと認められる。また周辺への影響についても従来の設備と同様対策を講ずることにより、特に問題はないと認められる。

2) 耐久性

構成部分の材質等から判断して、本ベルトプレス脱水機の耐食性は十分であると考えられる。また、耐摩耗性については、高圧部が付加されたことによる影響は確認できなかったが従来のベルトプレスと同程度と考えられる。

むすび

今回 RDP が高効率高脱水型ベルトプレスとして、建設省の技術評価を受けたわけであるが、今後とも脱水機の技術進歩は大いに進むものと考えられる。当社もこれを機会に脱水機メーカーとして、技術開発に一層努める所存である。

1. ペニシリンの生産に新培養法——担体に発泡体を利用し菌の固化を防ぐ

A novel fermentation method for penicillin production by using urethane foam as a carrier for penicillin chrisogenum,

The researchers have developed a novel fermentation method for penicillin production to controll viscosity of culture medium:

当社は、理化学研究所とライオン(株)と共同で、発泡体であるウレタンフォームに菌を植えた担体を使い、ペニシリンの生産性を2~3倍以上も向上させることに成功した。ペニシリン生産菌は糸状菌(カビ)であるため、タンクで培養すると菌が固まってしまうなどの問題点があったが、研究チームでは、その問題点を発泡体上に菌を植えて、そのままタンク中で培養するという方法で解決した。これまで難しいといわれていたペニシリン生産菌の流動タンクの培養を可能にするとともに、ペニシリンの収量向上に役立つ新しい培養方法として注目されており、さらにペニシリンのほか放線菌などの抗生物質の生産など、発泡体に付着しやすい菌の培養に利用が可能でペニシリンなどの有用物質の分離も簡単にできることが見込まれている。

ペニシリン生産菌はカビの一種で、これをタンク培養(通気攪拌)するとペレット状に固まったり、粘度が非常に高くなり培養ができなくなる。そればかりか、カビの菌糸がタンク内の各種のセンサーを覆い、培養を正しく監視制御できなくしてしまう。

このため、研究チームは発泡体に菌を植えるという方法を検討してきた。その方法は、ウレタンフォームを発泡体に使ったもの。

具体的にはウレタンフォームを2.5ミリメートル角に切り、ペニシリン生産菌の一種、*ペニシリン・クリソゲナム*を植え付け、培地とともに流動層タイプのタンクの中に入れて培養するというもの。

菌の植え付け方法は、1リットル当たり10万~1千万個のペニシリン生産菌の胞子をウレタンフォームに植え付けるというもので、ペニシリン生産菌が培地の菌養を吸収して、ウレタンフォームの表面から深さ方向に0.5ミリメートルほど入り込んだ状態に胞子が発芽して成長し、ペニシリンを生産する。

培地の中ではペニシリンの生産菌がほとんど生育せず、培地中で菌がペレット状や粘度が高くなるという問題は全く発生しない。

研究チームは培地の条件(ラクトースとコーンステープリークの割合)を培地1リットル中60グラム対30グラム量から、1リットル中80グラム対40グラムにすると、ペニシリンの生産量が3倍ほど向上したという。

しかもこの生産量はタンクの大きさを0.8リットルのものから8リットルと10倍にしても生産性は変わらなかった。

このため、同研究チームは、さらにスケールアップしたタンクを使い実用性について検討することになっているが、このほか ①菌に栄養分や酸素が十分に行きわたり、従来法に比べて20~30%ほど生産時間が短縮できる ②発泡体を取り除くことで有用物質を分離することができる ③計測センサーが発泡体によって洗われるため常に正しい計測、制御ができる一などのメリットがあるため工業化が可能としている。

また、この技術はカナマイシンやストレプトマイシンなどの放線菌などの菌がペレット状や、高粘度化する問題を持つ菌の培養にも利用できるとしている。

新しいペニシリンの発酵生産を可能とするとともに、この技術は新しい培養法としても注目されている。

(日刊工業新聞より抜粋)

2. 粒度寸法が均一の微粉砕機「コボール・ミル」 Coball-Mill, new annular type fine grinding mill in the narrow particle size range.

粉砕機は粉体機器の中でも最も古い歴史を持っており、ボールミルに至っては開発以来、一世紀以上経過しているにもかかわらず、基本的設計を変えずに主要機種の地位を占めて来た。またジェット粉砕機や振動ミルなど、比較的新しい機種が発達してきているとみられている微粉砕機も、いずれも戦前に開発されたもので、わが国で広く用いられてからすでに30年近い歳月が流れている。

しかし、ここ数年「新素材革命」の到来と騒がれるように、原料段階での新しい産業構造の変化が急速に進展。それに伴い粉体製造技術も、ファインセラミックスなどサブミクロン域の超微粉砕や粉砕のエネルギー効率改善、粒度分布の精密なコントロールなどを要求・志向する動きが顕著になってきている。

当社がスイス・フリーマ社の日本総代理店、リッカーマン日本(株)〈本社・東京〉と超微粉砕機「コボール・ミル」の輸入販売契約に踏み切ったのも、そのような変化を先取りした積極策。「コボール・ミル」は数多くある粉砕機の中では「アニューラー型ミル」に分類され、1979年に西独の化学機械展「アヘマ」に初めて出品され、今日では欧州を中心に年間100台もの需要があるという。

「コボール・ミル」は本体に内蔵された三角断面の一方の環状容器内のロータが回転し、狭いW字形のギャップ(粉砕室)を構成。このギャップに粉砕材料とサスペンション(粉砕メディア)を投入すると、精度の高い寸法を形成する超微粉砕および高分散工程が得られる。これはロータが三角状で、回転時に狭いギャップを通過するため、エネルギー密度が従来他機種との5~10倍も向上。同時にサスペンション粒子のミル内でのショートパスを防止する機構になっており、粒度寸法が均一な高精度粉砕を実現している。

また狭いギャップとは対照的に冷却面積の機構を広く採っており、冷却効果を高めて粉砕工程を高効率化。ギャップに投入するメディアの量も従来の5分の1から10分の1

で済み、多品種少量生産に最適の微粉碎機となっている。

従来、円筒型の連続式およびバッチ式粉碎機はギャップの広い円形断面構造の設計が大半を占めており、ショートパスの発生など0.1ミクロン以下の超々微粉碎では必ずしも高精度な粉体が得られなかった。しかし「コポール・ミル」は三角形の断面構造を一对にしたW字型のギャップ構造を採り入れ、粉碎能力を大幅に向上した「ハイテク志向」を実証してみせた。

当社では一昨年夏に発売以来、20台の販売量を達成。今後も磁気テープの塗料や精密化学分野に向け、積極的な需要の拡大を見込んでいる。価格は600万円から3500万円、5機種を用意している。(日本工業新聞)

3. 生物処理で良質な水に——高い処理効果と経済性『間欠ばっ気型接触酸化装置』

**Keep water clean with biological treatment
—Intermittent aerated contactor offers satisfactory results in treatment efficiency and economy.**

生活環境審議会が答申で示した「安心して飲める水の供給」「おいしい水の供給」は、安全な水とかけ離れたところから出てきたイメージだとは思えない。「おいしい水」の精神をつきつめれば水源水質の保全にたどりつく。水道法のいう「清浄」な水の確保である。

水質保全が容易な水源状況であればいいが、たいいては息の長い面的な保全が要請され、また費用効果の点からも多くは期待できない。即効果のある対策となれば、どうしても浄水場での水処理に求めざるを得ない。

水源汚染の掃するところは浄水場であり、汚染された原水であっても、水処理により「清浄」な水に質的変換をして供給しなければならない。社会環境の変化によって生じた水源水質汚染の代価を、水道事業者は取水行為を通じて強いられているものであり、異臭味水の問題は、その事実を社会的にクローズアップして見せた。

水源汚染の進んでいる地域ではオゾン・活性炭、あるいは生物処理で対応しており、高度処理は安全な水の延長線上にある「おいしい水」の供給に有用な処理技術として、注目をひいている。

その生物処理の一つに神鋼ファウダーの「間欠ばっ気

型接触酸化装置」がある。同装置は処理槽、間欠空気揚水筒、ハニカムチューブ、二段式水流変更板からなっており、同揚水筒の空気室にコンプレッサーで空気を送り込み、同揚水筒下部より「間欠的に空気泡を噴出させて槽底の水を揚水して表面に拡散させ、慣性力を働かせて脈動しながら順次槽内を循環させる。二段式水流変更板は円筒内を空気泡とともに上昇した水をハニカム表面に均等分散させる働きをしている」。

この間欠ばっ気型接触酸化装置は河川の浄化作用の原理を活用したもので、「ハチの巣状に集めた多数のチューブ(ハニカム)内面に生物膜を形成し、これに十分な酸素供給のもとで原水を繰り返し接触させ、原水中の有機物質や藻類をチューブ壁面に付着した微生物群により吸着、酸化分解して浄化」する装置。

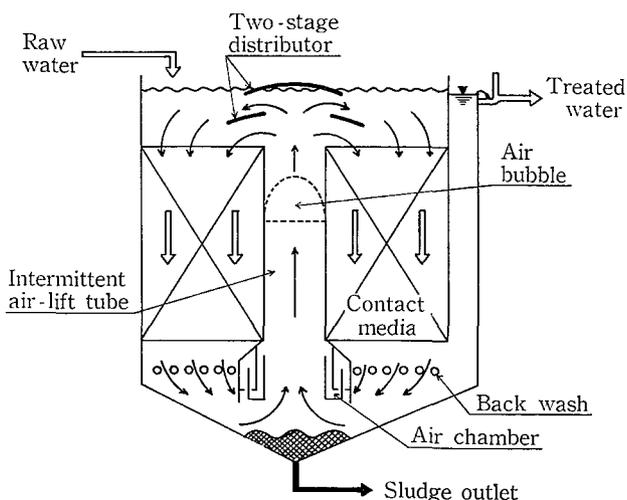
千葉県印旛取水場で同装置を用いて'83年6月1日から同12月20日までの運転期間で、藻類と臭気の除去を主目的に行った実験結果では藻類の除去率96.9%、クロロフィルa同96.4%、臭気濃度同80.9%、アンモニア性窒素同86.2%、濁度同90.7%と良好な除去率を示している。

実験結果から異臭味水対策への有効性が認められたとともに、アンモニア性窒素の除去率から塩素注入量の軽減が図れ、トリハロメタンなど微量有機塩素化合物の生成が抑制できる。塩素だけでなく、凝集剤や活性炭など薬剤の軽減により、ランニングコストが低減。このほか「省エネルギー——従来の連続式と異なり間欠的に空気泡で揚水、循環させるため」「間欠的な脈動流により排水がスムーズに行える」「原水の負荷変動に強く処理が安定している」「構造がシンプルで、メンテナンスが容易」などの特色を有している。(日本水道新聞)

4. 有機廃水処理プラント「ABCシステム」拡販、省力などに好成果

ABC System, organic waste water treatment plant, produces excellent results in cost saving.

当社のABCシステムは高濃度有機廃水を嫌氣的に処理すると同時にメタンガスエネルギーを生産する全く新しい生物処理装置。酸素の存在を必要としない微生物を利用する嫌気性処理法の有望性にいち早く着目し、技術開発を進めるとともに'82年7月に米国のセラニーズ社と業務提携を結んでソフト面の充実を図りながら'83年春にABCシ



ABCシステム
ABC System

システムの实用化のメドをつけた。实用化にあたっては食品・薬品分野などで実際の廃水を対象にパイロット実験を実施し、システムの安定化、高効率化さらには運転管理技術の蓄積を図った。

従来の廃水処理設備は、廃水中の汚濁物質を分解、除去するのみで、そのための動力、エネルギーを単に消費するだけに終わっているが、嫌気性微生物は増殖速度は遅いものの、菌体量当たりの有機物分解速度が好気性微生物と同等以上。このことはリアクター内に大量の嫌気性微生物を保持すれば、有機物の持つエネルギーの大部分がメタンガスに急速に転換され、ガスとして放出できることを意味し、非常に効率の良いエネルギー変換が行われる。この結果、創エネルギー設備への投資額は従来の活性汚泥法に要する電力、汚泥発生量の差額を含めるとほぼ3年以内に回収可能なほか、空気を吹き込む必要がないため好気性汚泥法に比べて電力は3分の1以下、余剰汚泥発生量は10分の1以下と非常に省エネ効果が大きい。

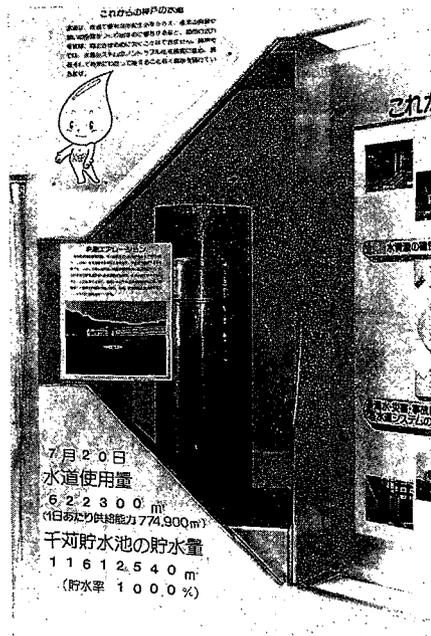
すでに当社ではこのABCシステムの1号機を長田産業(株)に納入したのに続きホクレン、鳥取経済連、フジッコ(株)殿からそれぞれ相ついで受注、完成した。運転経費は現行の活性汚泥法に比べてABCシステムと活性汚泥法の組み合わせ方式はほぼ10分の1というデータも出ている。このため、当社はこれを機に化学工業を中心に幅広い分野で売り込みをかけることにしたもので、ニーズがあれば東南アジアを中心に輸出にも力を入れることになった。

(日刊工業新聞)

5. 展示会出品 Exhibitions

5.1. ウォーターフェア KOBE '85 Water Fair Kobe '85

国土庁、水の週間実行委員会および神戸市共催によるウ



間欠空気揚水筒 (模型)
The intermittent aero-hydraulics gun. (model)

ォーターフェア KOBE '85 が、『考える水——くらしと水・資源としての水』をメインテーマに'85年7月21日から11月4日まで神戸市須磨区の神戸総合運動公園で開催された。このフェアは、例年国土庁等の主催により東京都で実施されていたもので、今回は市民皆水道達成を記念して神戸市において開催され、同時開催された「ユウベグリーンエキスポ'85」の会場内に誘致された。

当社は、神戸市からの要請にこたえて同フェア内のH₂O館に湖沼等の富栄養化防止に貢献している「間欠空気揚水筒」の実演模型を出展し、連日多数の来場者に好評を博した。

5.2. '85 化学プラント・ショー Inchem Tokyo 85

(社)化学工学協会、(社)日本能率協会主催による「'85化学プラント・ショー」が、'85年9月3日から7日までの5日間、東京・晴海・国際見本市会場で開催された。

今回で20年、15回目を迎えた同ショーは高度化、多様化が進む時代にあって、新しいマーケットの獲得、さらなる企業経営・展開を目指す出品各社の積極的な姿勢を反映して、393社、1315小間という過去最大の展示規模となり、期間中海外からの来場者も含め、約81,000名の入場者が訪れ活発な情報交流・商談がおこなわれた。

当社は、2年に1回開催される本ショーには注力しており化工機事業部の新製品、実演出品物を中心に、冷却塔事業部、環境装置事業部が各々出品展示した。

なお、出品物は下記のとおり。

(新製品)

- ・グラスチール製3000ℓ反応機 (NEW MODEL 90)

(新製品)

- ・極低温用1000ℓステンレス製グラスライニング機器

(新製品)

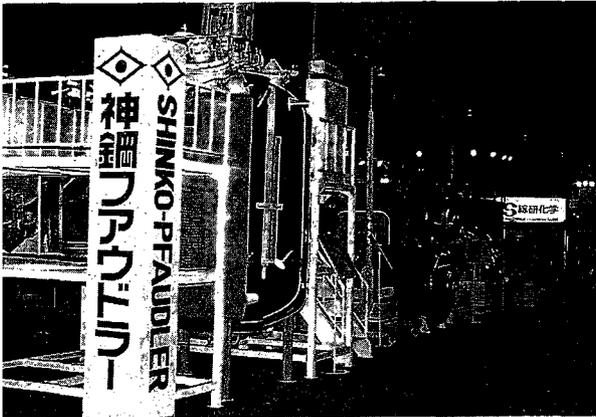
- ・クライオロック・アジテーター (タービン、アンカー翼)
- ・グラスチール製ベロー式フラッシュバルブ
- ・グラスチール製測定システム「メゾンデ pH」(実演)
- ・SVミキサー 100ℓ真空乾燥装置 (実演)
- ・微粉碎機「18型コボール・ミル」



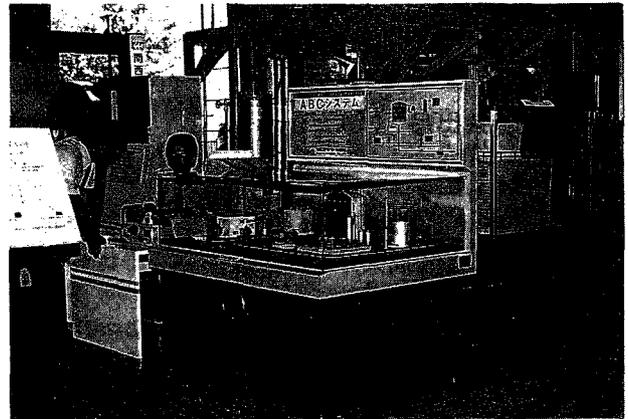
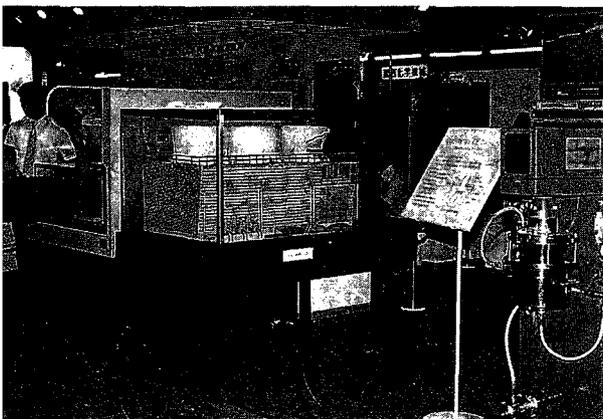
H₂O 館
H₂O Pavilion

- ・12-4型WFE薄膜蒸留装置（実演）
- ・2-03型薄膜蒸留装置
- ・発酵プロセス計測制御システム
モデルプログラムによるCRTディスプレイ（実演）
- ・電解研磨（1500φ上鏡，80Aインペラー翼）
- ・ステンレスEP処理パイプ

- ・VTRの上映
 - ・クライオロック・アジテータ
 - ・コボール・ミル
 - ・攪拌槽内の流動と混合
 - ・ABCシステム（嫌気性処理装置）
- ・乾湿併用形冷却塔（模型）
- ・ABCシステム（固定床式嫌気性処理装置）（模型）



当社小間
Shinko-Pfaudler's exhibition room



5.3. 第19回水道用品展示会 The 19th Federation of Japan Water Industries, Inc. Exhibition

（社）日本水道工業団体連合会主催による第19回水道用品展示会が、'85年10月23日，24日の2日間，岩手県滝沢村・岩手産業文化センター駐車場において開催された。

この展示会は，例年日本水道協会全国総会の開催を記念して同時開催されているもので全国各地の自治体等から約2500名の参会者があり盛況裡に終了した。

出品各社は，いずれも時代に即応した製品，技術を展示し来場者の関心を集めていたが，当社は，うまい水づくりに大きな期待がかけられている「間欠ばっ気型接触酸化装置」（実演模型），汙過器の革命児として全国各地の浄水場で活躍している「開放型サイフォン・フィルター」（模型）および浄水場に納入した各種製品納入写真パネルを出品展示した。



当社小間
Shinko-Pfaudler-s exhibition room