神鋼フアウドラー技報 Shinko-Pfaudler Engineering Reports 1984 Vol. 28 No. 3 通巻103号

次

CONTENTS

| • The Present Status and Future Prospects of Process Systems Engineering 1 |
|---|
| • Decontamination of Radioactive Metallic Waste by Electropolishing |
| • Dry Seal 9 |
| ° Comparison of Agitating Characteristics between Pitched Impellers and Retreated Impellers13 |
| • Easy Maintenance Gasket ······17 |
| • Auto balance System Pinhole Tester - SPM-00-1 |
| • Flotation Thickener for Excess Sludge20 |
| • Economic Evaluation of Aerator Systems |
| Biological Simultaneous Removal of Nitrogen and Phosphorus (Part 2) |
| -Development of REPHONITE System |
| • Presentation of VICARB Plate Heat Exchanger (Part 1) |
| • Sewage Treatment Plant |
| • Topics43 |
| |



<表紙写真説明>

中華人民共和国の新彊省ウルムチに このほど 完成した 30,000 m3/h の冷却塔で、寒冷地向対策を備えた大型冷却 塔である。

当社は宇部興産(株)殿経由で、日産1,000トンのアンモ ニア肥料プラント用の冷却塔を浙江省杭州,宁夏省銀川お よびウルムチの3地区向けに1980年に出荷していたもので, 杭州向けはすでに建設を完了し、現在順調に稼動中である。

The photo shows our 30,000 m³/h cooling tower with anti-freeze device installed recently in The People's Republic of China for a 1,000 ton/day ammonia fertilizer plant at Urumuchi, Sinkiang Province. The cooling tower was shipped in 1980 through Ube Industries, Ltd. together with one each identical unit for fertilizer plants at Hangchow, Chekiang Province, and Yinchwan, Ninghsia Province, respectively. The cooling installation at Hangchow has already been operated under normal conditions.

創立30周年「記念講演会」抄録 二 プロセスシステム工学の現状と将来の展望 —

The Present Status and Future Prospects of Process Systems Engineering



 講師 京都大学工学部教授
 高 松 武 一 郎
 Prof. Dr.
 Takeichiro Takamatsu at Kyoto Univ.
 抄録 技術開発本部 平 尾 俊 策

This is a summary of the lecture spoken by Prof. Dr. T. TAKAMATSU of Kyoto Univ. at the 30 th anniversary of our foundation. He emphasised as follows: Process Systems Engineering is an academic and techonological field related to methodologies for chemical engineering decisions, and it should be made progress to the direction of seeking the truth by means of "Synthesis". In this article, Process Systems Engineering are referred to its definition, history, general structure and future prospects.

1984年8月1日,当社の創立30周年記念行事の一環とし て,大阪日本生命中之島研修所にて,約300名のユーザー 各位を迎え,記念講演会を開催いたしました。本講演会に おいて,プロセスシステム工学の世界的権威であります京 都大学工学部高松武一郎教授より,首記演題にてご講演頂 きました。本文は,このご講演内容の要旨をまとめたもの です。

1. プロセスシステム工学の定義

'82年京都で, 化学工学協会主催にて, 「プロセスシステ ム工学」に関する国際シンポジウムが開催され、続いて '85年, 英国での開催が予定 されているように, プロセス システム工学(以下PSEと略す)は、化学工学という学 問分野における一つの核として発展してきた。技術用語の 意味内容は、時代やその用語の用いられる分野の状況によ り変化するがPSEという用語は、1963年、AICHE(米 国化学工学協会)のシンポジウムシリーズの中で、単位操 作の動特性の解析分野の総称として初めて用いられた。シ ステムとは、一つの具体的な物ではなく、一つの * 見方、 であり、多くの部分より構成され、全体として何らかの目 的条件を達成 するものを いう。 従って, システム工学と は、このシステムの目的、条件を達成させるべく工学的意 思決定を行う方法論であると表現できる。一方、PSEに おいては,単位操作,化学プロセス等の明確な対象を有 し、これら対象物に蓄えられた解析情報を効率的に、一般 的方法論と結びつけることが重要となる。従って、PSE とは、エネルギー、物質の変化全般を対象とする広義の化 学プロセスにおいて,その計画,設計,運転,制御の工学 的意思決定を行うための方法論と定義できる。

2. 化学工学とプロセスシステム工学

化学製品を生産する化学プロセスは無数にあるが,それ らは反応操作, 沪過操作等のある限られた数の単位操作よ り構成されている。つまり,全ての化学プロセスは第1図 OA軸からOB軸に示すように,単位操作の結合系であ り,化学プロセスを合理的に設計,運転するためには,単 位操作としての工学的確立が必要であった。これが化学工 学という学問分野の出発点である。ところが,単位操作の 改良,新しい単位操作の開発のためには,第1図OB軸か らOC軸に示す単位操作を構成する基礎現象の解析が必要 となり,化学工学の分野において移動現象論,流体力学等 の現象解析が,1950年代より重視されるようになった。こ こで,基礎現象の解析知識のみで,単位操作,ひいては,







化学プロセスの正当な工学的決定が可能かという疑問がお きる。工学分野において、現象を緻密に解析していくこと は重要なことである。しかし、化学工学の最終目的が化学 プロセスの設計,運転にあるとすれば,基礎現象の合成と しての単位操作、単位操作の合成としての化学プロセスを 合理的に作り出す学問分野が必要となる。この合成のため の学問分野こそPSEであり、PSEは第1図の全象限を 回転するものであり、 OC軸からOB軸、 OB軸からOA 軸をとりつぐ重要な役割を果たす。新しい化学工学の展開 のためには、現在までバルクとしてとらえていた基礎現象 を,よりミクロな 分子レベルに 着目した 現象解析と同時 に、より大規模なシステムへの着目が必要とされている。 つまり、全ての化学プロセスは、経済性のみならず、工 場、地域社会というようなより大きいシステムに対して合 理的であることが要求される。また、PSEは第1図OD 軸に示すプロセスを 越えた 地域、 国家レベルで、 環境間 題、エネルギー問題等のより広範な問題における工学的決 定の上でも寄与していくことが期待される。

PSEは合成のための学問分野であると述べたが,第1 図に示すように合成と解析は,経路として逆方向であるものの,合成のためには解析情報が必要である。第2図に合成と解析の概念を示す。解析とは対象をいくつかの部分に分解し,その間の因果関係および部分の機能,特性を把握することである。無限小の要素に分解された無限大の情報を得ること、つまり,完全な解析的情報を得ることは現実的には不可能である。一方,合成とは計画,運転,設計,制御の工学的意思決定を意味するが,合成しようとするシステムは,そのシステムを包含するより大きいシステムの部分であり,その必然性により,合成しようとするシステムの目的,条件が決定される。ところが,無限大のシステムの目的,条件が決定される。ところが,無限大のシステムからの必然性を把握することは事実上不可能である。従って,解析的情報,合成の目的,条件には,必ず不確定性が存在しているという認識が大切である。そこで,

- 1) できるだけ詳細な解析情報と,
- 2) できるだけ大きなシステムからの必然性 を把握して,
- 3) できるだけ早く意思決定する

ことが理想的であるが、どれを優先させるかと いう検討も必要となる。このためには、多大な 情報量を取扱う必要がある。欧米では Computer Application in Chemical Engineering という分野があるが、内容的には、ここで述べ るPSEと同じものである。これは、PSEの 発展が電算機の発展、活用とともに歩んだこと を示している。

3. プロセスシステム工学の方法論

PSEの意義はどのような対象に対しても共通のアプローチの仕方ができることにあり,第

3図にPSEの一般的な方法論の構造を示す。システムの 意思決定を行なうにあたって,まず関連する現象.事象を 選定することが第一段階となる。例えば、収率に着目する 定常反応条件と,異常反応防止に着目する反応条件とは, おそらく、その状態や変数の種類も異なるように、合成の 対象の目的, 条件を満足させるための 必要かつ 十分 な現 象、事象を取り上げねばならないが、先見的にこの選定を 行なう方法は、今後の研究の進歩にゆだねざるを得ない。 次に, その選定された 現象, 事象の 因果関係構造を仮定 し、これを定量的に表現するにあたって、欠けている事項 を観察、実験で補うという方法をとる。ここまでのステッ プは,対象に対するモデリングと呼ばれる。次に、この定 量的表現を用いて,工学的意思決定を行なう。ところが, この定量的表現の中には、不確定性を含むので、意思決定 した結果への、その不確定性の影響を考察することが重要 である。この不確定性のバックアップを、設計余裕とか制 御系に頼るだけでなく、対象の目的、条件は本質的に多く の不確定性を持つものであり、バックアップの考察で満足 すべき結果が得られない場合は,再度,対象の目的,条件 および関連する現象、事象を吟味することが必要となる。 つまり、モデリングと合成の思考、検討段階を分離するこ となく、繰り返しフィードバックしながら行なうことがポ イントである。

4. プロセスシステム工学の従来の成果

1) プロセスシステム工学の誕生

化学工学の分野では、昔から最適経済設計の理念は存在 していたのであり、流体輸送における最経済的流速の存 在、蒸留塔における最適環流比の問題等が、化学工学の教 育の中に取り上げられていた。しかし、これらの最適性の 多くは、数値計算や経験から得られたものであった。1950 年代になって、ダイナミックプログラミングや Pontryagin の最大原理などの最適化の数理的手法が開発され、こ れらの数理的手法を単位操作の最適設計に応用することに より、1960年頃、PSEの一部が誕生したといえる。

一方,プロセス制御という流れとして,単位操作に対するPIDフィードバック制御が,ほぼ同年代に誕生した。 2)不確定性の考察

数理的手法により得られた結果は、用いた数式モデルの 構造やモデルの持つ不確定性に依存するところが多く、あ る平均値を用いた結果を現実の単位操作にそのまま適用し



かねるという評価があった。そこで、用いた数式モデルの 不確定性を全てパラメータの値の変動に集約したとき、そ のパラメータの値の変化が得られた結果にどのような影響 を与えるかといった研究が活発に行なわれるようになっ た。また、プロセス制御の流れでは、不確定性のバックア ップとしての制御系における必要制御精度について論じら れた。

3) システム境界の拡大

単位操作の最適な入出力条件の決定や評価は、単位操作 独自の立場からはなされ得ず、単位操作の結合系であるプ ロセスの立場からなされるべきものである。また、この発 展として、単位操作からプロセスへ、ひいては単一プロセ スからより大きいプロセスの結合系へと、次第により大き なシステムの計画、設計を合理的に行なうべくPSEは、 展開されてきた。このプロセスにおける物質収支、エネル ギー収支、単位操作の決定変数などの関係をシミュレート するというようなPSEの展開を可能にしたのは、電算機 の著しい発展であり、数多い変数に関する膨大な計算処理 が極めて短時間で行なえるようになったことによる。従っ て、PSEの内容の中で、CAD(Computer Aided Design)、 CAO (Computer Aided Operation)等のプログラム開発 およびその基礎となる論理の研究も、極めて重要な位置を 占める。

4) 単一目的から多目的に

従来PSEは、プロセスシステムの計画,設計問題を経 済的評価のもとで解決する分野を中心に展開してきた。し かし、対象とするプロセスが大規模になるにつれ、単なる 経済評価のみならず、環境への影響,安全性,柔軟性など に対する評価も加えた、いわゆる、多目的評価のもとでの プロセスシステムの合成が社会的に要求されるようになっ た。ここで、安全性、柔軟性等に関しては、計画,設計の 問題より、運転、制御に関する意思決定の問題が大きく浮 かびあがってくる。従って、現在PSEは従来,設計を中 心に考えられてきた方法論から,設計,計画問題と運転、 制御問題とを一体化して解決しうる合成の有効な方法論に チャレンジしていく段階にある。

5. バッチプロセスシステム 工学へのアプローチ 近年、多品種少量生産の観点からバッチプロセスの利点 が見直されてきている。これはプロセスに対する生産量や 品質の変更などの要求に対する柔軟性、一つのプラントを 多目的に利用できることなどによる。多人数複雑操作とい った感のある従来のバッチプロセスから、最近急速に進歩 しているマイコン、ロボットを利用しながら、理論的操作 に基いた少人数自動化による新しいバッチプロセスが期待 されている時代ともいえる。従来,化学工学では、連続プ ロセスを設計することに比重が置かれていたが、 バッチプ ロセスは, 連続プロセス以上に, 自由度が大きく, 先に述 べた設計問題と運転問題を一体化して解決していかねばな らない。これらの点から, PSE の一部として, スイス E.T.H の Rippin 教授らによっても、 その研究が展開され つつあることは喜ばしいことである。

バッチプロセスシステム工学の必要性を,2工程よりな る簡単なプロセスを例にとって説明する。 各バッチ 装置



第4図 非重複運転計画

Fig. 4 Non-overlapping Operation Schedule



第5図 重複運転計画 Fig. 5 Overlapping Operation Schedule

は, 流入, 処理, 流出という操作を繰り返し運転されるもの として、最も単純なバッチプロセスを第4図に示す。この プロセスでは、工程2から製品の流出が終わるまで工程1 の装置への原料の流入は行なわないとする。このようなバ ッチプロセスでは、ポンプのような工程間移動を目的とす る間欠的連続装置の能力を適当に調節したとしても、バッ チ装置からみるとかなり長い遊休時間を持つ生産周期とな る。いいかえると、生産効率は悪いが、変動に対して柔軟 性があるプロセスといえる。次に、このプロセスの生産周 期を短くする方法を考える。第5図に示すように工程1の 装置の処理時間に比べ、工程2の処理時間が短いと仮定す ると,工程1に並列に装置を設置し,等間隔に位相をずら して運転することにより生産周期が短縮でき、その結果小 さなバッチサイズで生産要求を満たすことができるように なる。バッチ装置の遊休時間を減らすもう一つの方法は, 第6図に示す工程間に中間タンクを設置することである。 中間タンクの設置により,工程1からの出力は,直接工程 2の入力とならない。従って、両工程のバッチサイズ、周 期を等しく選ぶ必要がなくなり、生産要求に見合う処理能 力を持つ装置を各工程に設置することが可能となる。以上 のような生産周期,設備費,変動に対する柔軟性,操作性 などの数多くの情報を合成することにより、より良いバッ チシステムを合理的に設計、運転することが期待される。 ここでは、バッチプロセス工学の必要性についての概念を 述べたが、この方面の研究は、まだその数が少なく、今後



第6図 中間タンクを持つプロセスの運転計画

Fig. 6 Operation Schedule of a Batch Process with Intermediate Storage Tanks,

の展開が期待される。

おわりにかえて

昨今 R&D (Research & Development)の方法論について、様々な論議がされているが、R&Dの道具として、 プロセスシステム工学的アプローチについて若干の考察を 加える。R&Dを論じる場合、一般的に個人の創造性がク ローズアップされがちであるが、第7図に示すように、R &Dの本質は、社会の要求という束縛の中で創造性に端を 発した発見、発明を社会の中に具現化するためのプロセス と考えることができる。技術的可能性、経済性、市場性、



Fig. 7 Structure of R&D

生産性、タイムリー性等の各方面からみた最終ゴールの選定、つまり対象の目的を不確定性を含みながらも決定する ことが最も大切であり、R&Dとは、この最終ゴールまで の経路であり、情報、データの製造プロセスといえる。

よく、学問とは真理の追求であるといわれるように、プロセスシステム工学とは、合成のための真理の追求である と表現でき、今後とも健全な発展により、社会に貢献して いくことが期待される。

電解研摩による放射性金属廃棄物の除染 Decontamination of Radioactive Metallic Waste by Electropolishing

技術開発本部

和 田 耕 Koichi Wada

The nuclear fuel cycle generates a large amount of radio active metallic waste. Most of this waste will be contaminated only on the surface, so removing the surface only is adequate and will reduce the expense of waste storage and disposal.

Electropolishing is the most effective method of surface decontamination. Solution treatment is the main difficulty encounted with this method due to the need to minimize the volume of secondary waste. We are developing an electrolyte treatment technique that removes dissolved metals and other contaminants from the electrolyte, making re-use possible. This paper discusses the electropolishing decontamination equipment we installed at the Oarai Engineering Center of the Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation (PNC) and our electrolyte treatment technique.

放射性金属廃棄物を除染する装置の開発を目的として, 電解除染技術の開発を行なっている。本稿では,当社が動 力炉・核燃料開発事業団殿に納入した電解除染装置の概要 を紹介するとともに,当社の開発した電解除染システムに ついて報告する。

1. まえがき

原子力発電所,燃料加工施設,あるいは再処理施設など のいわゆる核燃料サイクル施設から発生する放射性廃棄物 は,第1図に示す流れの中から発生し,第2図に示すよう な処理がなされている。処分方法は、様々な角度から評価 検討されており,現状は暫定貯蔵が実施されている段階で ある。しかし,第1表に示すように、原子力発電所のドラ ム缶貯蔵能力は約50万本で,1982年度での貯蔵本数は約30 万本である。年間のドラム缶発生量は数万本といわれてお り,このままでは数年のうちに貯蔵能力を上まわることに なる。原子力発電所などの各施設では、貯蔵施設の増設で 対応しているが、敷地に制限もあることから、国策レベル での総合的対応が緊急の課題となっている。

以上の背景をもとに,原子力委員会放射性廃棄物対策専 門部会は,1982年6月の「低レベル放射性廃棄物対策につ いて」と題する報告書の中で,固体廃棄物に対し「極低レ ベルのものは放射能で汚染されていないものと同等に取扱





第2図 低レベル放射性廃棄物の処理

Fig. 2 Treatment of low level radioactive waste

第1表 原発における放射性廃棄物の貯蔵能力および貯蔵量 Table.1 Storage capacity and stored quantity of radioactive waste in terms of 200ℓ drum (July '82)

| POWER STATI | $\begin{array}{c} \text{Storage} \\ \text{Capacity} \\ \begin{pmatrix} \times 10^4 \\ \text{drums} \end{pmatrix} \end{array}$ | Stored Quantity $\begin{pmatrix} \times 10^4 \\ drums \end{pmatrix}$ | |
|--------------------------|---|--|-------|
| The Japan Atomic Powe | 2.7 | 1.7 | |
| | Tsuruga | 3. 5 | 2.6 |
| Tokyo Electric Power F | ukushima 1 | 21.0 | 14.4 |
| F | ukushima 2 | 3. 2 | <1 |
| Chubu Electric Power H | amaoka | 4.2 | 3. 3 |
| The Kansai Electric Powe | er Mihama | 3. 5 | 1.7 |
| | Takahama | 3.1 | 1.8 |
| | Ohi | 1.9 | 1.2 |
| Chugoku Electric Power | Shimane | 3.6 | 1.7 |
| Shikoku Electric Power | 1.9 | 0.6 | |
| Kyushu Electrie Power (| 1.9 | 1.0 | |
| Total | | 50. 5 | 30. 2 |

うなどの合理的な処理処分が必要」と訴えている。これがいわゆる「すそ切り」といわれるものの概念である。

一方,原子力発電所の寿命は30~40年といわれており, 原子炉の恒久的な運転終了に伴なってとられる廃止措置の あり方が原子力委員会廃炉対策専門部会で検討されてい る。わが国における廃止措置は解体撤去の方向で考えられ ている。原子炉の解体撤去では,解体廃棄物の処理処分が 大きなウェートを占めており,1982年3月の同部会報告の 中で「すそ切り」の必要性が訴えられている。

「すそ切り」の法制化により,金属廃棄物などは除染に より一般廃棄物と同等の取扱いができる可能性もあるの で,除染技術は,減容技術の1つとして重要な開発課題と なっている。

金属廃棄物の除染技術には物理的および化学的手段があ るが,その中で電解研摩技術は高い除染効果の得られるこ とから,将来の除染技術の中心となるものと考えられてい る。

当社は十年以上にわたり, 化学工業, 食品工場, 医薬品 工業向けの機器に電解研摩技術を適用してきた。しかし, 電解研摩技術を除染技術として適用する上で様々な問題点 があり, 当社では動力炉・核燃料開発事業団殿より委託を 受け, またあるいは独自でそれら問題点の解決をはかって きた。

本稿では,動力炉・核燃料開発事業団殿に納入した電解 除染装置の概略仕様と,当社が新たに開発した電解除染シ ステムの概要について報告する。

2. 電解除染技術の概要

2.1 電解研摩の原理

第3図のように,被研摩物を陽極とし陰極との間に直流 を通電すると陽極と陰極とでそれぞれ以下に示す反応が起 こる。

```
(陽極反応)
M→M<sup>n+</sup>+n•e
2H<sub>2</sub>O→O<sub>2</sub>↑+4H<sup>+</sup>+4•e
(陰極反応)
2H<sup>+</sup>+2•e→H<sub>2</sub>↑
```



すなわち,被研摩物の表面層を電気化学的に溶解することで表面に付着していた放射性物質も完全に除去すること ができる。

溶解される量(Wg)はファラデー則より

$$\frac{A \times T \times \frac{M}{n}}{96500} \times \frac{\eta}{100}$$
A:電流(A)
T:電解時間(sec)
M:溶解金属の原子量(g)
n:溶解金属のイオン価数
\eta:電流効率(%)

で表わされる。

W=

2.2 電解研摩技術を除染に適用する上での問題点 1) 電解液

通常の電解研摩で用いられる電解液は鏡面光沢を得る目 的から,特定の材料に対して特定の成分組成を持つ電解液 が使用される。また光沢剤として有機物も添加されてい る。

電解除染では高い除染効果を得ることが目的である。減 容効果の面から,液の成分組成を単純化し液の処理が容易 になるように考えねばならない。当社は、動力炉・核燃料 開発事業団殿より委託を受け、最適除染液として5 vol % 硫酸を提示した。

2) 電極構造

作業者の被曝低減の目的から,陰極の配置,陽極の接続 作業が短時間ですむような工夫が必要である。

3)洗浄

除染対象物を電解槽から取り出す際に,放射性物質が電 解液と共に再付着してくる。洗浄が不十分な場合,期待さ れるような除染効果が得られないので,効果的洗浄方法の 検討が必要である。

4) 廃液処理

電解液は液中の放射能が増加して基準値を超えるか,あ るいは金属イオン濃度増加により液の研摩能力が低下した 場合,廃液として処理しなければならない。処理により発 生する二次廃棄物量はできるだけ少なくしなければならな い。電解除染システムにおける最大の技術的課題はこの電 解液処理である。

3. 電解除染装置

動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センター固体廃棄物 前処理施設(Waste Dismantling Facility)に設置された 電解除染装置の概要を述べる。

3.1 WDFの概要

WDFは核燃料サイクル施設から発生するプルトニウム 等の超ウラン元素(TRU)を含んだいわゆるTRU廃棄物 の処分のための前処理を行なう施設である。 TRU廃棄物は長半減期の放射性核 種を含んでいるため,処理処分にあた っては高レベル廃棄物対策に準じた長 期間の隔離が必要とされている。TR U廃棄物のうち金属廃棄物は効果的な 除染により低レベル廃棄物と同等の処 理処分を行える可能性があり,このこ とは廃棄物管理コストの面からきわめ て重要である。

WDFでは高レベルTRU廃棄物の ハンドリングはマニプレーターを用い た遠隔操作で行なわれ,低レベルTR U廃棄物はフロッグマンスーツと呼ば れる特殊密閉服を着用した作業員がハ ンドリングを行なっている。

3.2 装置概要

3. 2. 1 機器仕様

- 1)電解槽 500×800×700^H(mm) 角型槽
 2)水洗槽 400×800×700^H(mm) 角型槽
- 3) 整流器 15V-500A
- 4) 陽極 チタン製バスケット
- 5) 制御盤
- 6) 現場操作盤
- 7) 超音波洗浄器 600W×2台 水洗槽内取付
 8) 水洗水処理 混床型イオン交換 95
- 塔 9)局所排気装置
- 3. 2. 2 操作性

フロッグマンスーツによる操作性を 確保するため,バルブ配置,機器形状 等に配慮がなされている。

3.2.3 安全性

- 1) フロッグマンに対する安全性の 目的で,装置の各エッジ部はすべ て面取りを行なっている。
- 2)各機器の保護,作業安全の目的 で、インターロック等を設定して いる。
- 3) 水素ガス発生量を十分考慮した 排気量を確保すると共に,構造上 ガスだまりを生じないよう配慮し ている。
- 4)酸ミスト飛散を防止するため, 局所排気装置およびデミスターを 設置している。
- 5) 耐震設計はBクラスで設計して いる。



4. 電解液処理技術の概要

2.2 で述べたように、電解除染システムにおける最大の



第4図 WDF内の電解除染装置配置図 Fig. 4 Arrangement for electropolishing-decontamination equipment in WDF









第5図 電解除染装置外観図

Fig. 5 Electropolishing-decontamination equipment

技術的課題は劣化た電解液の処理にある。当社の開発した 技術は,隔膜電解法を応用したものである。

4.1 原 理

隔膜で仕切られた陰極室に劣化電解液を入れ電気分解を 行うと、陽極室で電解液が再生されると同時に陰極室では



電解除染装置 写 真 1 Photo 1 Electropolishing-decontamination equipment

金属イオンが陰極板上に析出(電着)し金属固体として分 離回収できる。この時の反応を以下に示す。



4.2 電着再生試験

- 4.2.1 装
- 置 装置フローシートを第6図に示す。
- 1) 電解槽 100ℓ
- 2) 電着再生槽 30ℓ
- 3)整流器 15V-500A
- 4) 電解液 5vol%硫酸

4. 2. 2 試験方法

研摩対象物はSUS304を用いた。 電解研摩と電着再生 運転を約2か月間にわたり実施した。 電解研摩 は15分運 転,45分休止の条件をタイマー設定し、連続的に運転し た。電着再生は連続運転とした。運転中の電解液の特性変 化を導電率と化学分析により検知した。

4. 2. 3 試験結果および考察

試験結果を第7図に示す。導電率は試験開始時150mS/ cm近くあったものが、1か月後に約50mS/cmにまで低下 した。その後、やや回復して60~80 mS/cm で安定した値 をとるようになった。

液中の金属イオン 濃度は、電解研摩の電流効率と電着再 生の電流効率とに影響しており,両者の効率から求められ る研摩量と電着量が一致するイオン濃度でバランスが保た れたものと考えられる。



Fig. 7 Results of continuous test

5. むすび

本稿においては、電解除染装置と、電解除染システムに おいて最も重要な電解液処理技術を紹介した。当社の開発 した電解除染 システムは、 放射性廃棄物 処理分野 におい て、きわめて重要な処理技術になるものと期待される。

また、当社の開発した電解液処理技術は、新しい分野へ の適用も検討されており、これらの概要については.別稿 で報告する予定である。

ドライシール Dry Seal

化工機事業部 製品開発室 榎本正 Tadashi Enomoto 小南 達也 Tatsuya Kominami

A variety of mechanical seals and gland packings are used for the agitator shaft closures of reactors mainly in accordance with the pressure conditions. This paper describes the features of Dry-Seal, one of the seals which are used for lower pressure conditions, and reports the test results on the sealing characteristics of Dry-Seal.

当社反応機の撹拌機の軸封装置には、主として圧力条件 に応じて、種々のメカニカルシールおよびグランドシール が使用される。ここでは、比較的低い圧力条件で使用され る軸封装置の中で、ドライシールの特長を紹介し、また、 ドライシールの諸性能に関して実験を行った中から、主と して軸封性能についての実験結果を紹介する。

1. まえがき

当社が取扱う反応機の使用圧力は、真空から100kg/cm² を越える高圧力におよび、各圧力条件に応じて経済的かつ 最適の軸封装置を選択する必要がある。このニーズに応え るべく、また信頼性の高い軸封装置を使用願うため、日々 研究を続けている。

最近の医薬品およびファインケミカル関係には、ドライ シールが用いられることが多い。これは、反応機内容物へ の異物の混入が嫌われ、従来のグランドシールではグラン ドパッキンの摩耗粉の缶内混入が避けられず、また、ダブ ルメカニカルシールにおいても、万が一の事故発生時にシ ーラントが缶内に流入する危険性を有することによる。

ドライシールはシーラントを使用せず, 摩耗粉が少ない ため, このような反応機内への異物混入が嫌われる場合に は,現在のところ最適の軸封装置であるといえる。

テストに使用したシールは液体用の一段型メカニカルシ ールである。したがって、本来は無潤滑状態、すなわち、 ドライタッチで使用されるものではない。

しかし, テフロン--アルミナソリッドの摺動材の組合せの摺動特性が良好であるため,反応機の軸封装置としてド ライタッチで使用されるようになった。

しかし,このような条件での運転に対しての技術的バッ クデータは十分とはいえず,したがって当社はドライシー ルの使用条件をマイルドな条件におさえてきた。

ここに、ドライシールの諸性能について種々の実験を行ったので、その一部を紹介するとともに、この種のシール について正しいご理解を願うため、その特長についても説明する。

2. ドライシールの適用範囲

第1図にドライシールを示す。主要部の材質は下記のとおりである。

- 1)回転環(符号①):カーボン入りテフロン
- 2) フローティングシート(符号2):アルミナ



第1図 ドライシール

Fig. 1 Dry seal

4章に示すドライシールの性能試験結果を参考にして, 適用範囲を以下のとおり決めた。

- 1) 使用圧力 真空~1kg/cm² 注) 1
- 2)使用温度 -40~175°C 注)2
- 3) 使用回転数 最高400rpm 注) 3
- 注) 1 主として、 洩れ量を基準にして決定した。
- 注) 2 ここに示す温度は缶体内容物の温度であり、缶 体内容物からの熱伝導を考慮して決定した。した がって、反応機の大きさにより検討を要する。
- 注) 3 缶内が常温以上の温度条件においての最高使用 回転数であり,摺動発熱量を考慮して決定した。 使用温度が高い場合はそれに応じて最高使用回転 数も低くする必要がある。

3. ドライシールの特長

ドライシールの長所として,下記2項目を挙げることが できる。

- 1) 摩耗粉の発生が少ない。
- 2) シーラントを使用しない。
- しかし、構造的な宿命として
 - 1) 反応機内気体の洩れは若干生じる。
 - 2) 運転時に、"鳴き"が発生する場合がある。

ドライシールはスプリングの反力を利用して回転環およ びフローティングシートの摺動面を密着させて、缶内圧力 気体を密封する構造である。摺動面に液体潤滑膜が形成さ れないため、摺動面を通しての洩れを完全に防止すること は難しい。液体用メカニカルシールの洩れ量は、JISで 3 cm³/h 以下と規定されているが、ドライシールの場合 のようなガス体については規定がない。

また,運転時に発生する¹鳴き″の問題については,その解決方法を含めて後述する。

4. ドライシールの性能試験結果

ドライシールの諸性能を明らかにするため,第2図に示 す試験装置を用いて試験を行った。

- 1)供試材:85%ドライシール
- 2) 缶体側圧力: Pv=0.5, 1.0, 1.5, 2.0kg/cm²および5 Torr
- 3) 軸回転数: N=0, 60, 150, 230rpm
- 4) 缶体内温度: Tv=-60, 30, 150°C
- 5) 運転時間:計3000 h

缶体内の加圧にはN2ガスを使用した。渡れたN2ガスを 図示の洩れ量測定装置に導き,大気圧状態の体積を測定し た。また,缶体側真空状態における洩れ量の測定は,真空 ポンプを用いて設定した真空度の変化を,水銀マノメータ を用いて読み取る方法を用いた。

また,フローティングシートの摺動面近傍に熱電対を接 着し,温度を測定した。



第2図 試 験 装 置 Fig. 2 Test equipment



第3図 缶体内圧力と洩れ量の関係 Fig. 3 Effect of vessel pressure on leakage

4.1 ドライシールの洩れ量

第3図に, 軸回転数 N=150 rpm, 缶体内温度Tv=30°Cにおける,缶体内 圧力に対する洩れ量の傾向を示した。 なお, 試験開始時と3000時間経過後 における洩れ量はほとんど変化なかっ た。

- テスト結果.
- 1) 缶体側圧力が増加すれば洩れ量 は増加する。
- 2)実験の範囲内の圧力では、軸回転時より静止時の方が洩れ量は多い。これは、回転環テフロンの表面のミクロのあらさが、回転時の摺動熱により平担になり、摺動端面の隙間が小さくなるためと思われる。
- 3) 摺動部に^い鳴き"が発生した場合 には,正常時に比べ,数倍の洩れ 量となる。

洩れ量に影響を与えるパラメーター は上記缶体圧力に加えて,温度が挙げ られる。したがって,実機での許容洩 れ量の決定に際しては使用温度も考慮 する必要がある。この点については次 節で述べる。

また, 洩れの許容値は内容物の危険 性に応じてその都度ユーザー殿との打 合せが必要と考えている。



第4図 シート温度と洩れ量の関係

Fig. 4 Effect of floating seat temp. on leakage

4.2 洩れ量に対する温度の影響

前節で述べたように, 洩れ量は摺動部温度により大きく 影響を受ける。一般に, メカニカルシールの温度仕様は反 応機内容物の温度で打合せが行われるが, メカニカルシー ルの洩れ特性を左右する摺動部の温度と反応機内容物の温 度は異なる。摺動部の温度に影響を与えるパラメータは下 記のようになる。

- 1) 反応機内容物温度
- 2) 反応機の大きさ(内容物液面からメカニカルシール までの距離)
- 3) 軸回転数

本節では、紙面の関係上, 摺動部の温度と洩れ量の関係 に限定して述べる。第4図にその結果を示した。

なお, 摺動部の温度を直接測定することができないため 第2図に示すように, 摺動部のごく近傍で, 熱電対を用い てフローティングシートの温度を測定し, これを摺動部の 温度とした。

フローティングシートの温度が0°C以下になると洩れが 急増することがわかる。その理由を以下のように推定する。

1) 摺動面部および近傍で大気中および缶内の水分が凍 結し, 摺動部の隙間が増大する。

2) また,水分の凍結によりテフロン製回転環の摺動面 の摩耗が進行し,面が荒れる。

以上の結果から,ドライシールを 0°C 以下の低温域で 使用する場合には,注意を要することがわかる。

また**第4図**において,シート温度85°Cのデータ(◆、◆) は実験缶体内にマシンオイルを入れ,オイル部を加熱して 行った場合である。洩れ量は非常に少いことがわかる。

これは、実験缶体内のオイルのベーパーがドライシール の密封端面である摺動部に付着、凝縮しオイル潤滑に近い 状態となるために洩れが少なくなったと考えられる。実機 においても、高温での使用時には内容物のベーパーの影響 により同様の現象を示し、常温使用に比べ洩れは少いもの と思われる。

4.3 摺動部からの "鳴き" の発生

ドライシールは、シーラントを使用しない乾燥摩擦状態

Vol. 28 No. 3 (1984/10)

で使用するため,時としてキーキーという耳ざわりな **〝**鳴 き″が発生する場合がある。

この現象は,数十分~数時間発生しては消える。この音 は比較的高い周波数であるため,耳ざわりであるだけでな く,第3図にも示したように,洩れが急増するため好まし くない。^い鳴き″の現象については,以下の事がいえる。

- 1) シールの組立精度(直角度)が悪い場合に音の発生 割合が多い。
- 2) 摺動部にエタノールあるいは水等を少量滴下すれば 音は瞬時に消える。
- 3) 高温運転(缶内容物は150°Cのマシンオイル) 時に は合計2400時間の運転中において、 鳴き"は全く発 生しなかった。

当社では、 [№]鳴き″ 消去機構(実用新案申請中)を準備 している。[№]鳴き″が発生した場合には、弁を開いて少量の 液体を注入すれば、摺動部がウェットな状態となり[№]鳴き″ が消える。使用に際して、缶体側圧力が大気圧以上であれ ば使用液が缶内へ流入する心配は全くないが、缶内真空時 には若干の流入の可能性があるため、使用液の選定には注 意を要する。

4. 4 真空洩れ量

缶体が真空時の洩れ量を測定した。真空ポンプを用いて 缶体内圧力を Pv=5 Torr に設定しておき, その圧力変化 を水銀マノメータで読み取った。

第5図に, 洩れ量に対する軸回転数の影響を示した。な お, 洩れ量は次式に示す単位で表示した。



第5図 回転数と真空洩れ量の関係





第5図より,真空洩れは比較的小さく,実使用に耐える ことがわかる。今回の実験範囲では,軸回転数の影響はあ まり認められない。しかし,軸停止時の方が軸回転時より 洩れが多いという傾向は,加圧時のデータの傾向と同じで ある。さらに,真空試験においても4.3節で説明した^い鳴 き″が発生する場合があり,第3図,洩れ量と圧力の関係 で示したと同様, ^い鳴き″発生時は発生しない場合より洩 れが多くなる。

4.5 シール寿命

シール寿命を算定するため、供試材である回転環(カー ボン入りテフロン)の摩耗量を測定した。試験開始後600 時間経過時,およびその後再組立し2400時間運転,合計 3000時間運転時に、回転環の摩耗量を測定した。なお、フ ローティングシート(アルミナ)はほとんど摩耗せず,寿 命の算定は回転環の摩耗量で推定できる。

第6図にその結果を示す。缶体温度が30°C,および150 °Cでの実験では、3000時間運転に供しても、摩耗量は約 0.075mmであり、この値からシール寿命を推定すると以 下のようになる。ただし、摩耗限度を1mmと仮定する。





計算寿命=3000時間×1mm/0.075mm=40000時間 ただし、試験条件が連続運転に近いため、実機でのバッ チ運転においては、今回のデータより摩耗量が多いと予想 されるが、一年間の保証には十分耐えうると考えられる。 しかし、実機においては下記項目に注意し判断する必要

がある。 1) シート部の温度が 0°C 以下になれば, 摺動面近傍 の水分が凍結し, 摩耗が急激に進行する。

2) 摺動部に結晶物が生成するような場合は、同様にか じりがあり摩耗が早いことが予想される。

5. む す び

以上,最近医薬品関係,ファインケミカル関係での使用 が増えているドライシールの性能試験結果の中から, 洩れ 特性を中心に紹介した。効率良く多量のテストデータを得 るため,最多時5台のドライシールを同時運転し, データ の信頼性を向上させるよう努めた。したがってドライシー ルに関して必要な性能データはほぼ取得し、ユーザー各位 のご相談に応じられると考えている。

ユーザー各位のご採用計画に参考になれば幸いである。

傾斜翼と後退翼との撹拌特性の比較

Comparison of Agitating Characteristics between Pitched Impellers and Retreated Impellers

化工機事業部 技術部 化工機設計課 岡本 幸 道 Yukimichi Okamoto

There are various types of impellers used for the mixing of low viscous liquid, i.e., under the turbulent regime.

In this paper, some types of impellers, mainly pitched blade impellers and retreated blade impellers are compared in their agitating characteristics such as power, discharge, flow pattern, and solid particle suspension.

比較的粘度の低い液の撹拌,いわゆる乱流撹拌に用いら れる翼には種々の形式の翼がある。ここでは、それらの形 式のうちから、傾斜翼と後退翼に重点をおいて、各翼の特 性---動力特性、フローパタン、粒子懸濁能力など---を 比較する。

1. 乱流用の撹拌翼の形式

乱流用撹拌翼には、パドル、タービン、それらの傾斜翼 および後退翼、プロペラ、ブルマージン、フアウドラー、 ゲート、ミグ、コーン、軸流翼^{*)}などの形式がある。これ らの翼は、基本的には次の3種のいずれかに分類される。

- 1) 垂直平羽根翼系
 - パドル, タービン, ゲート
- 2) 傾斜翼系 傾斜パドル, 傾斜タービン, プロペラ, ミグ, 軸 流躍

3)後退翼系

湾曲パドル,後退タービン,ブルマージン,フア ウドラー,特殊ゲート

よく知られているように、回転するパドル翼から吐出さ れる流れは、放射流と旋回流の合成流である。傾斜翼は、 このうちの放射流を軸流に変更するべく採用された翼であ り、後退翼は、放射流の比率を増し吐出効率を高めるため に採用された翼であると考えられる。

傾斜翼の最も簡単な形状は傾斜パドルであり,スラリー 撹拌での使用例が多い。プロペラ翼は弱い撹拌でブレンデ ィングや,ドラフト・チューブと組み合せて伝熱操作に用 いられる。軸流翼はマリーン・プロペラの一部を傾斜パド ル状に切り取った形状であり,プロペラなみの非常に良い 吐出効率をもった翼であるといわれている。

*広義の意味では傾斜翼系を軸流翼とよぶが、ここでは第1図(b)の翼を軸流翼とよぶ。



第1図 実験用の撹拌槽と翼

Fig. 1 Mixing vessel and impellers used in the experiments

一方,後退翼としての端的な特徴を示す翼はブルマージ ンである。この翼も非常に良い吐出効率をもつ。過去に懸 濁重合や乳化重合に使用された例が多い。後退タービンや フアウドラー翼の後退角はブルマージンよりも小さく,そ の後退翼としての 特徴も ブルマージンに 比べれば やや弱 い。後退タービンはガス分散に,フアウドラー翼は懸濁重 合や乳化重合などに使用されることが多い。

2. 撹拌動力特性, 吐出特性およびフローパタン 撹拌翼の最も基本的な性質は動力特性, 吐出特性および フローパタンによって表示される。

本章では、 タービンおよび数種の傾斜翼と後退翼につい

第1表 各翼の Np, Nq の測定結果

Table 1 Measured data of $N_p,~N_q$ for several impellers (Re=105~2 $\times10^5)$

| Impeller | d/D | b/d | np | θ | p/d | φ | Baffles* | H/D | C/D | Np | Nq | N_p/N_c |
|------------------------------|-------|-------|----|-----|-----|-----|----------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| Flat blade | 0.40 | 0.20 | 6 | 90° | — | 0° | 4-P | 0.75 | 0. 38 | 4.60 | 0.79 | 5.8 |
| disc turbine | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 1.00 | 0.50 | 4.96 | 0.88 | 5.6 |
| | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 1.25 | 0.63 | 5.11 | 0. 92 | 5.6 |
| | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 1.50 | 0.75 | 5.41 | 0.88 | 6.1 |
| _ | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 1.75 | 0. 88 | 5.45 | 0. 93 | 5.9 |
| Axial flow | 0.54 | 0.12 | 4 | | 1.0 | 0° | 4-P | 0. 75 | 0. 38 | 0.26 | 0.44 | 0. 59 |
| impeller | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 1.00 | 0.50 | 0.28 | 0.41 | 0.68 |
| | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 1.25 | 0. 63 | 0.28 | 0.40 | 0.70 |
| | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 1.50 | 0.75 | 0.29 | 0.40 | 0.73 |
| | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 1.75 | 0.88 | 0. 29 | 0.42 | 0.69 |
| Propeller | 0. 38 | 0.45 | 4 | 30° | - | 0° | 4-P | 0.75 | 0. 38 | 0. 52 | 0. 70 | 0.74 |
| | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 1.00 | 0.50 | 0.62 | 0.65 | 0.95 |
| | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 1.25 | 0.63 | 0.68 | 0.64 | 1.06 |
| | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 1.50 | 0.75 | 0.68 | 0.65 | 1.05 |
| | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 1. 75 | 0.88 | 0.67 | 0.67 | 1.03 |
| | 0. 38 | 0.45 | 4 | 20° | 11 | 11 | 11 | 1.25 | 0.63 | 0.27 | 0.44 | 0.61 |
| | 0.38 | 0.45 | 4 | 45° | 11 | 11 | 11 | 1.25 | 0.63 | 1.67 | 1.25 | 1.34 |
| | 0.38 | 0.35 | 4 | 30° | 11 | 11 | 11 | 1.25 | 0.63 | 0.67 | 0.61 | 1.10 |
| Pitched | 0. 50 | 0.20 | 4 | 45° | _ | 0° | 4-P | 1.00 | 0.50 | 1.25 | 0. 74 | 1.69 |
| paddle | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 1.25 | 0.63 | 1.27 | 0.76 | 1.67 |
| | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 1.50 | 0.75 | 1.22 | 0.76 | 1.61 |
| | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 1.75 | 0.88 | 1.25 | 0.77 | 1.62 |
| Flat-section | 0. 53 | 0.14 | 3 | 90° | _ | 50° | 4-F | 0.75 | 0.10 | 1.03 | 0.46 | 2.2 |
| pfaudler | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 1.00 | 11 | 1.31 | 0.50 | 2.6 |
| | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 1.25 | 11 | 1.41 | 0.51 | 2.8 |
| | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 1.50 | 11 | 1.47 | 0.51 | 2.9 |
| | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 1.75 | 11 | 1.49 | 0.50 | 3.0 |
| | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 4- P | 1.25 | 11 | 1.56 | 0.54 | 2.8 |
| Oval-section pfaudler | 0. 53 | 0. 14 | 3 | 90° | | 60° | 2-D | 1.40 | 0. 10 | 0. 61 | 0.26 | 2. 3 |
| Curved blade disc turbine | 0.16 | 0. 20 | 6 | 90° | | 53° | 4- P | 1.25 | 0. 63 | 3.06 | 0.95 | 3. 2 |
| Brumargin | 0. 38 | 0. 30 | 3 | 90° | | 70° | 4- P | 1. 25 | 0. 63 | 0. 48 | 0. 59 | 0. 81 |

*Baffles: P=Plate baffles, F=Finger baffles, D=D-type baffles

て, 撹拌動力数と吐出流量係数の 測定結果 を示し 比較す る。また各翼 でのフローパタン についてもその 概略を示 す。

測定に用いた槽と各翼を第1図に示す。撹拌動力は回転 計と歪ゲージ式トルク計により測定し、吐出流量は井上・ 佐藤¹⁾の粒子追跡法により測定した。これらの測定による 誤差は、動力で5%以内、吐出流量で10%程度と見込まれ る。

撹拌動力と吐出流量の測定値を、それぞれ、撹拌動力数 N_p および吐出流量係数 N_q に換算し、その結果を第.1 表に示す。約半数の翼については、参考までに、液深を変えた

場合の結果も併記した。これは、吐 出流量測定の検証を兼ねて、混合不 良な領域が存在する場合の吐出流量 と循環時間の関係を調べる目的で行 われた。詳細は省略するが、結果的 には、わずかでも液が動いている限 り、均相系での液の平均循環時間は 液容量と吐出流量の比に等しく、少 なくとも液深と槽径の比 H/D=1.75 程度まではこの 関係が 成立してい る。

各種の翼を比較する場合,その特 性は N_p , N_q の個々の値よりも, N_p / N_q の比を比較する方がよい²⁾³⁾。 第1表に示す各翼の N_p/N_q 値を液深 H/D=1.25について比較した結果が 第2図である。この図から,従来い われるように,次の3点が確認でき る。

傾斜翼系,後退 翼系 とも 垂直平 羽根翼系に比べ N_p/N_q が小さく 吐 出効率の良い吐出型としての性格を もつ。特に,傾斜翼系 では 軸流翼 (A.F.I)とプロペラ (Pr.),後退翼系 では ブルマージン (Br.) が 強 い 吐 出型の 翼である。 タービンを 剪断 型の翼とするならば,後退タービン (C.B.D.T.),ファウドラー翼 (Pf.), 45°傾斜パドル(P.Pa.)は吐出剪断折 中型の翼といえる。

簡単な 解説 をさらに 付け 加えれ ば, 傾斜翼の傾斜角の効き方と後退 翼の後退角の効き方にはかなり差が ある。今, 仮に傾斜角および後退角 を通常のパドルやタービンからの変 移角, 90°- θ および ϕ として評価す ると, 傾斜翼では、この変異角が0° から30°あたりまで N_p/N_q が急激に 減少し、45°以上では比較的ゆるや かに減少すると推測される。一方, 後退翼では、逆に0°から 30° あたり までゆるやかな減少を示し 45° 以上 では比較的急な減少を示すようである。

近年, ブルマージンの使用例が少なくなっている理由の 一つに, この翼の特性が不安定であることがあげられてい る。わずかな形状の 差異 によって $N_p や N_p/N_q$ の 値が大 幅に変化するためであり,上記の推測と合致する。後退翼 のこのような傾向を考慮すれば,典型的な吐出型の翼とし ては, N_p/N_q 特性の安定した傾斜翼の方が望ましい。

各翼での典形的なフローパタンを第3図に示す。プロペ ラおよび後退タービンについては省略したが、 $\theta=20^{\circ}0$ プロペラは軸流翼に、 $\theta=45^{\circ}0$ プロペラは45[°]傾斜パドルに 類似であり、後退タービンはタービンに類似のフローパタ ンを示す。

軸流翼での流れは、槽下半分を見る限り十分その名に値 する流れとなるが、槽上部では流れの弱い領域を生じ易い 傾向がある。45°の傾斜パドルでは軸流になりきらず、ま だ幾分か放射流としての吐出が見られる。また、ブルマー ジンは、タービン、フアウドラー翼など放射流吐出を行う グループの中では、比較的整った循環流路を形成する点に 特徴がある。

以上で、各翼の基本的な 特性をほぼ 示したことに なる が、いずれも、重要な因子である槽と翼の寸法比――端的 には 翼径と 槽径の比 d/D で表示される ――を 比較の考慮 には入れていない。実際には、上記の特性はフローパタン







Vol. 28 No. 3 (1984/10)

| 第2表 | 循環時間(θ | cir)と泪 | 昆合時間 | $(\theta_{\min}),$ | Pv= | 0.5kV | ₹ V /1 | n ³ |
|---------|----------------|--------|--------------------|--------------------|------|-----------------|---------------|----------------|
| Table 2 | Circulation | time t | θ_{cir} and | mixing | time | θ_{\min} | at | Pv= |
| | $0.5 kW/m^{3}$ | | | | | | | |

| Impeller | | n (R/M) | πnd (m/sec] | $\theta_{\rm cir}$ [sec] | $\theta_{\rm mix}$ (sec) |
|----------------------|-----------------------|------------|----------------|--------------------------|--------------------------|
| Flat blade disd tur | 227 | 1.90 | 4. 1 | 9.8 | |
| Axial flow impelle | 365 | 4.10 | 2.4 | 9.0 | |
| Propeller | (20°) | 674 | 5.29 | 3.5 | 10.4 |
| 11 | (30°) | 495 | 3. 89 | 3. 3 | 10.4 |
| 11 | (45°) | 367 | 2.88 | 2.3 | 10.3 |
| Pitched paddle (45 | Pitched paddle (45°) | | | 2.3 | 9.1 |
| Flat-section pfaudle | Flat-section pfaudler | | | 3.4 | 9.0 |
| Oval-section pfaudl | 293 | 3.19 | 5.0 | 8.6 | |
| Curved blade disc | 269 | 2.25 | 3.4 | 10.0 | |
| Brumargin | | 556 | 4. 37 | 3.2 | 10.5 |

 n, θ_{cir} and θ_{mix} are calculated from the data shown in Table 1, under the conditions, D=400 mm, H=500 mm, Pv=0.5 kW/m³-water.

2) $\theta_{\rm mix}$ is calculated with the following equation⁴⁾



も含めて d/D の影響を受ける。 また, 吐出と循環の動力 効率も大いに d/D の値に依存する。 一方, 上記の各翼を 実際に使用する場合には d/D の選定範囲がある。例えば, タービンは d/D=0.3~0.5, ファウドラー 翼は d/D=0.5 ~0.7で使用する。 したがって, 各翼の比較を行うには, その翼が常用される d/D の値をも 考慮 に入れた上で比較 することが望ましい。さいわい, この実験に用いた翼はす べて 10m³ 以上の実装置と幾何学的に相似に作られた翼で あり d/Dの値もほぼ実装置での実情を反映している。そこ で, 試みに各翼の d/D 値の効果を含む評価として, 撹拌 動力が一定の条件で各翼の循環時間*)を比較した結果を**第** 2 表に示す。

この表と第2図の N_p/N_q 値を見れば、 N_p/N_q の値と吐 出循環の動力効率との相関が弱いことが理解される。これ が寸法比の効果である。具体的には、翼径が比較的大きく N_q 値が大きい翼の効率が良くなっており、 傾斜翼系と後 退翼系では、幾分か傾斜翼系の方が良い傾向にある。第2 表には、参考のため、混合時間(計算値)の比較も併記し た。混合時間に対しては、剪断作用の効果も加わるため、 各翼の性能と N_p/N_q 値との関係は 一層弱まり、 両者が無 関係にすら見える。これらの結果は、翼形式、寸法比のみ

> ならず場合によっては剪断作用と循環作用の バランスをも考慮した翼の選定が必要となり うることを示唆する。

3. 粒子懸濁

ここでは先に示した各翼を用いて粒子懸濁 を行い,その結果について比較する。

搅拌槽で粒子懸濁を行うと,

槽内では高さ

*) 検査面を翼回転体とする時の循環時間で同伴流を 含まない。





方向に粒子濃度分布を生じる。液体よりも重い粒子であれ ば、粒子濃度は下方で大きく上方で小さい。そこで、液面 近辺での粒子濃度と仕込粒子濃度の比をもって粒子濃度分 布の一様性を評価することにし、各翼について撹拌速度を 変えて液面近辺での粒子濃度を測定した。

実験に用いた粒子は径約 500μ のガラスビーズであり, その水中での沈降速度は平均7.4cm/sec,沈降速度の標準 偏差は約0.7 cm/sec であった。 仕込濃度は約 $140 g/\ell$ と し,全液量は 58.6ℓ とした。また,粒子濃度は液面から少 量ずつ計 2ℓ の液を採取して測定した。液深はH/D=1.25とし,各翼の取付け高さは次の通りとした。

| タ | - Ľ | $\sim: 0.42 \mathrm{D}$ | フアウドラー翼:0.10D |
|----|-----|-------------------------|---------------|
| 軸 | 流 | 翼:0.63D | ブルマージン:0.42D |
| 偱: | 斜パド | ル:0.42D | |

実験結果を第4図に示す。縦軸に粒子濃度を,横軸に撹 拌動力をとり,各翼の懸濁状態を比較している。いずれの 翼でも動力を十分に大きくすれば粒子濃度は粒子仕込濃度 に漸近し,均一な懸濁状態に近づく。各翼により均一化の 度合は多少異なるが,全体的にみれば,翼形状の差異より も撹拌動力自体の過不足に依存するところが大きい。いず れの翼でも,一様な懸濁を目的とするのであれば,この系 では約3kW/m³程度の撹拌は必要であろう。

懸濁操作の一つのクリテリアとしてオフボトム撹拌速度 という考え方がある。各翼のオフボトム時の撹拌動力は概 略次の通りであった。

- タービン:2kW/m³
- 軸 流 翼:4 kW/m³
- 傾斜パドル:4kW/m³
- フアウドラー翼:1kW/m³
- ブルマージン:3kW/m³ 以上(未確認)

フアウドラー翼はボトム設置であるためにオフボトムと いう点では優れているが, 槽全体の均一性という点では, タービンと良く似た結果になっている。一方, オフボトム に多大な動力を必要とする軸流翼, 傾斜パドル, ブルマー ジンでは, 大きな動力を与えた時の均一性においても若干 タービンやフアウドラー翼に劣る傾向がある。このような 懸濁困難な粒子の均一浮遊では撹拌トルクの大きい翼がオ フボトムの条件において有利であるため上記の結果に至っ



第5図 傾斜パドル翼による懸濁状況の変化

Fig. 5 Change in solid suspenion patterns with a pitched paddle impeller

たと考えられる。

ただし,第4図で動力が極端に小さい時には各翼での粒子濃度が逆転し,翼形式による懸濁能力の差異が固一液系の条件や撹拌条件により変わる可能性がある。一概に優劣のみを論じることには疑問の余地がある。

なお、傾斜パドルの懸濁の状況は $Pv = 0.3 \text{ kW/m}^3$ あた りで急激に変化している。これは次の現象が生じることに 対応する。 0.3 kW/m^3 以下ではバッフルの 手前にボトム から液面まで達する細い流路があり、ここで粒子が運ばれ る。 0.3 kW/m^3 付近から、液面と翼と中間の高さでこの 流路の位置に粒子群が停滞しはじめ、流れは内側に曲り翼 に回帰するようになる(第5図参照)。この粒子群は Pv = $0.3 \sim 2 \text{ kW/m}^3$ の範囲で周方向に成長しリング状の境界面 を形成するに至る。

以上の点を考慮して、ここでの実験に限って各翼の粒子 懸濁能力をまとめれば、懸濁困難な固一液系の均一分散に は、トルクが小さい極端な吐出型の翼よりも、タービンや ボトム設置のフアウドラー翼の方が適しているといえる。 このことにも増して、対象とする固一液系の分散に必要な 動力レベルを適切に判断することが重要である。

4. むすび

以上, 乱流搅拌用の種々の形式の翼について, 動力およ び吐出特性, 粒子懸濁能力の比較を行い次の結果を得た。

- 1) N_p/N_q比という観点からは,吐出型の翼として特性の安定した軸流翼やプロペラが有効である。
- 2) 循環と吐出の 動力効率という 観点 からは、d/D が 大きく N_q の大きい 翼が有効である。必ずしも、 N_p/N_q 比にはよらない。
- 3) 混合時間の動力効率は循環作用と剪断作用のバラン スに依存するため一概に翼の優劣を決定することはで きない。
- 1. 懸濁困難な固一液系の一様な分散にはトルクの大き いタービンやフアウドラー翼が有効である。

参考文献

- 1) 井上•佐藤:化学工学, Vol.33 (1969), p. 293
- 2) Nagata: Mixing, (1975), Kodansha, p. 136
- 3) 山本:京都大学学位論文, (1961), p.79
- 4) 山本:京都大学学位論文,(1961), p. 129

イージーメンテナンスガスケット

(特許出願中)

Easy Maintenance Gasket

化工機事業部 生産技術室 米 沢 勝 Masaru Yonezawa

A PTFE sheathed gasket is generally used in between two flanges of glass-lined equipment. When unevenness in clearance between two flanges is larger than the limit for PTFE sheathed gasket to absorb the unevenness, adjustment of the gasket thickness and shimming is required. We have developed the following gaskets to simplify the above-mentioned adjustment.

- a) 3~4mm thick felt sheet impregnated with special resin (F) is inserted between asbestos sheets in a PTFE sheathed gasket.
- b) 3~4 mm thick rubber sheet is inserted between asbestos sheets in a PTFE sheathed gasket.
- c) Special resin (G) is coated to 3-4mm thickness between asbestos sheets in a PTFE sheathed gasket.

When these gasket are tightened between flanges, they take the shape of the uneven clearance between flanges and stiffen to make the flanges leakproof.

グラスライニング機器のフランジ面には一般にテフロン 包みガスケットが使用されているが、フランジ面間のスキ マの不同が大きな場合にはガスケットの厚さを調整する作 業が必要である。今回この作業を簡略化する新しいガスケ ットを3種開発したのでここに紹介する。

ŗ

- a) 3~4 mm 厚さの フエルトシートに 樹脂を含侵させ, テフロン包みガスケットの中芯間に挾む。
- b) 3~4 mm 厚さのゴムシートを中芯間に挾む。
- c) 樹脂を 3~4 mm 厚さに中芯に塗布する。
- 第1表 イージーメンテナンスガスケットの型式と適用範囲

 $Table \ 1 \quad Type \ \& \ application \ of \ easy \ maintenance \ gasket$

上記の **a**), **b**), **c**) 各々をフランジ面間に締付け, スキ マ不同に馴ませる。**a**), **c**) は完全に馴んだ後, 硬化する。

1. まえがき

グラスライニング機器のフランジ径が大きくなるに従っ てフランジ面のうねりが大きくなり,フランジ面間のスキ マ不同が大きくなる傾向がある。スキマ不同がテフロン包 みガスケットの凹凸吸収能力を超える場合はガスケットの 厚さを調整する必要がある。従来はガスケットの中芯であ るアスベストシートをグラインダーで削って厚さを調整し

| | Symbol | Construction | Curing time | MAX. Working temp. (°C) | MAX. Working press. (kg/cm²) | MIN Tightening press. (kg/cm²) |
|------------|--------|---|--|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| | CLTF | Wool felt sheet with resin(F) (or Acryl mixed * * *(*)) Hard sheet asbestos PTFE Soft asbestos | 1 h (15°C) | 150 (150) | 8.5 | 110 |
| a) | CRTF | Wool felt sheet with resin(F) (or Acryl mixed * * * (*) Corrugated steel | 1 h (15°C) | " (| 21 | " |
| L. | CLTR | Silicon rubber | 0 | 200 (150) | 8.5 | " |
| b) | CRTR | Silicon rubber (or Acryl rubber) | 0 | 200 (150) | 10 | 4 |
| | CLTG | Resin(G) | $\begin{array}{c} 8 h (20^{\circ} \mathbb{C}) \\ 1 \\ 24 h (8^{\circ} \mathbb{C}) \end{array}$ | 200 | 8.5 | <i>"</i> |
| c) | CRTG | Corrugated steel Resin(G) | 8 h (20°C) $(20^{\circ}C)$ $(24 h (8^{\circ}C))$ | 200 | 21 | " |

ていた。 この作業をいわゆる ガスケット 調整と呼んでいる。

しかし米国はもとより日本でも労働安全衛生法により, このアスベストシートの取扱いについて厳しい規制を受け ている。一方顧客においてはメンテナンスの省力化の面か らガスケット調整作業の省略が要求されている。近年アス ペストフリーガスケットやクッション性の高い石綿布編ガ スケットが開発されてはいるが,そのまま使用したのでは 大径フランジのスキマ不同を完全に吸収しきれず洩れが生 じるという難点がある。今回当社で種々のガスケット材料 を組み合せてテストを繰返し,信頼性がありかつ経済性も 備えたイージーメンテナンスガスケットを開発した。(第 1表)a),b),c)。

2. テスト方法および結果

第1図に示すようにスキマ不同が最大1.7 mmの300× 400楕円マンホールカバーを2枚用意し、テスト用ガスケッ トを上・下に1枚ずつ取付けて、所定の締付トルクで締め 付けた。その後加熱炉でガスケット材料の耐熱温度まで加 熱し、5時間保持した後放冷した。そして加熱前と放冷後 に気密テストにより洩れの有無とその時の圧力およびクラ ンプボルトの締付トルクを測定した。1枚のガスケットに ついてこの操作を2回行い、テストの結果2回共洩れが止 り、十分信頼性のあるもののみ採用した。(第1表参照)



第1図 試験装置 Fig.1 Test equipment

3. イージーメンテナンスガスケットの 種類と適 用範囲

第1表a)は所定寸法に形切りした3~4mm厚さの純毛フ エルトシートに特殊樹脂(F)を含侵させ当社の標準テフロ ン包み 300×400 CRT ガスケットの中芯間に挾んだもの をフランジ面間に締付ける。するとスキマ不同に完全に馴 んだ後硬化する。硬化時間は樹脂と硬化剤の混合割合で任 意に選ぶことができるが、作業時間を考慮すると60分が適 当である。このガスケットの最高使用温度は樹脂の耐熱温 度150°Cより決まる。このガスケットの密封性は非常に良 好である。また純毛フエルトシートの代りにアクリル混紡 純毛フエルトシートを使用した場合も同様である。テスト 後の状況を写真1に示す。

b) は所定寸法に形切りした 3~4 mm厚さのシリコンゴ ムシートをガスケットの中芯間に挾んだものである。作業



写 真 1 イージーメンテナンスガスケット a) Photo.1 Easy Maintenance Gasket a)

性は最も容易である。またシリコンゴムの代りにアクリル ゴムを使用した場合も同様である。このガスケットの最高 使用温度はシリコンゴムを使用のものは200°C, アクリル ゴムを使用のものは150°Cである。

c) は特殊樹脂(G)を専用エアーガンを用いて3~4mm 厚さにガスケットの中芯間に塗布して締付ける。するとフ ランジ面間のスキマに完全に馴んだ後硬化する。樹脂(G) の硬化時間は $8h(20^{\circ}C)\sim 24h(8^{\circ}C)$ を必要とする。

4. むすび

グラスライニング機器の使用条件(温度,圧力,開閉頻度,内容ガスの危険度等)を考慮してa),b),c)のいづれ かを選定するが,選定の指針としては

- a)は密封性が非常に良くて、微少の洩れも許されない内 容物に適する。
- b)は開閉頻度が高いマンホールに適し, ガスケットの取 替作業が容易である。
- c)はa)ではもたない温度範囲(150°C~200°C)に適す る。

適用サイズは現時点では300×400楕円マンホールおよび \$500までのサイドマンホールまでである。これらのイージ ーメンテナンスガスケットを採用することにより,メンテ ナンスの省力化の一助となろう。

オートバランスシステム高電圧ピンホールテスター

「SPM-00-1」(特許出願中)

Auto balance System Pinhole Tester SPM-00-1

化工機事業部 生産技術室 桑 原 隋 彦 Haruhiko Kuwahara

This paper outlines our newly developed glass-lining pinhole tester which is compact and portable.

1. まえがき

このたび当社は,軽重量で高性能の携帯用高電圧ピンホ ールテスター「SPM-00-1」を開発した.

このテスターは、本格的直流高圧補償装置をはじめ、オ ートバランスシステムを完備した小型、軽量で、十分な高 電圧が得られる高性能ピンホールテスターである。

2. 主な特長

2.1 小型, 軽量である

従来の高圧ピンホールテスターに比べ格段の小型軽量化 に成功したため,ポータブル用として十分な活用が可能と なった。

2. 2 高性能,省エネタイプである

大幅な電子回路を導入したことにより,不必要なパワー ロスを無くし, I.C, トランジスター等を多く採用し, 高性能化を図るとともにケースの発熱を低くおさえた省エ ネタイプである。

2.3 電圧降下がない

グラス面テスト中に発生するコロナ放電による電圧降下 を完全に補償する定電圧供給方式を採用しており使用中の 電圧降下がない。

2.4 正確なトリップ (電流遮断) 動作が得られる

直流高電圧による放電々流を均等化したあと、オペレー ショナルアンプ I.C とトランジスタ等により、指定した 電流で正確なトリップを実行する。

2.5 連続スパークテストが可能である

選択スイッチで条件設定することにより放電開始まで直 流設定電圧を維持し、放電開始と同時に電流維持回路が動 作し、1.5~1.7 mA を自動的に実行するので、トリップす ることなく作業を進める事ができる。

2.6 リード線は全て脱着式である

ピンホールテスター本体には,電源ケーブル,操作ケーブル,高圧ケーブル,接地ケーブル等が接続されるが,これらは全て簡単に脱着できる構造である。

3. 信 頼 性

当社では、G.L用ピンホールテストに従来より使用している高電圧ピンホールテスターと、今回開発された「SPM-00-1」との比較テストを実缶体で行った。その結果、G.L



写真 1 ピンホールテスター Photo.1 Pinehole Tester

面の欠陥検出能力は全く同一であることを確認しており, 今後は「SPM-00-1」を当社のスタンダードのピンホー ルテスターとして使用していくことにしている。

また当社では,現在ユーザーで使用いただいている G. L機器の寿命診断を実施しているが,この工事に際して も,ハンドリングが可能で信頼性の高い本テスターは不可 欠なものとなる.

4. 「SPS-00-1」の仕様

| 電 | 源 | : | A. C 100V $50 \sim 60 \text{ Hz}$ |
|----------|------|---|---|
| 出 力 | 電 圧 | : | D. C 0~24 kV |
| 出力 | 電 流 | : | D. C 0~1.7 mA |
| 高圧発 | 生方式 | : | 100~120 HZ パルス電流 |
| 出力電 | 圧 設定 | : | 直列レギュラー制御 |
| 出力電 | 圧 補償 | : | 出力電圧検出コンパレータ制御 |
| 出力電 | 流 設定 | : | 出力電流検出コンパレータ制御 |
| オートノ | ドランス | : | 出力電圧,電流複合コンパレータ制御 |
| 操作 | 方 式 | : | 本体,手許双方向操作 |
| <u>J</u> | 法 | : | $200 \text{ H} \times 180 \text{ W} \times 310 \text{ L}$ |
| 重 | 量 | : | 約 6.8 kg |
| | | | |

5. む す び

近年ユーザーにおいても、各社独自で G.L 機器のメン テナンスを行なったり、または計画されている会社が多々 ある。このような時「SPS-00-1」は十分満足して使用 いただけるものと確信している。 余 剰 汚 泥 の 浮 上 濃 縮 装 置

Flotation Thickener for Excess Sludge

環境裝置事業部 技術部神戸G 岡 靖 Yasushi Oka

Dissolved air flotation is a gravity separation process in which air bubbles attach to solid particles.

This process is now effectively and economically used to thicken excess sludge from an activated sludge plant.

This paper discusses the sludge flotation thickening equipment (capacity, 2,243 m^3 per day) that Shinko-Pfaudler has installed at municipal sewage treatment facilities.

余剰汚泥の効率的,経済的濃縮設備として,浮上濃縮装置が脚光を浴びている。当社ではこのほど,某市下水処理場に処理量2,243m³/dの浮上濃縮機械設備を納入し,良好な結果を得たのでその概要を紹介する。

1. まえがき

下水処理施設の維持管理には多額の経費を必要としてい る。したがって,施設の効率化,省エネルギーによる維持 管理費の低減が緊急の課題となっている。このような背景 のなかで汚泥処理プロセスの見直しが進められている。

汚泥処理の基本的プロセスは、濃縮一調質一脱水一焼却 の各工程の組合せにより構成されている。汚泥処理プロセ スの最初の工程である濃縮の目的は、汚泥の流動性を保っ たままでその体積を極力減容化することにより、後続の汚 泥処理工程の効率化、規模の縮小化を図ることである。し たがって濃縮は効率的、経済的汚泥処理のためには必要不 可欠のものである。従来の重力濃縮では、高濃度の濃縮汚 泥が得られず、また濃縮効果も不安定である。またSS回 収率も悪く水処理系へも悪影響を及ぼしている。これらの 欠点を是正するために、生汚泥と余剰汚泥を分離して濃縮 する方法が考案された。すなわち、生汚泥は従来どおりの 重力濃縮,余剰汚泥は高効率の浮上濃縮装置がよく使われ るようになってきた。

当社でも公共下水処理場向として,すでに5個所の処理 場に8基の浮上濃縮装置を納入し,順調に稼動している。 本稿では,当社の最近の実績例として,某市下水処理場に 納入した浮上濃縮設備とその 試運転結果の 概要を 紹介す る。

2. 浮上濃縮のメリット

浮上濃縮は、その処理原理からも余剰汚泥の性状によく 合致し、高い固形物負荷で高濃度の汚泥が得られ、しかも 処理コストが比較的安いことから、余剰汚泥の濃縮には最 も適した方法とされている。浮上濃縮を余剰汚泥の単独濃 縮に採用することにより次のようなメリットが生れる。 汚泥体積の減容化により

- 1) 脱水機処理能力のアップ
- 2) 脱水薬品量の減少
- 3) 消化槽の処理量アップと加温熱量の減少
- 4) その他,熱処理,凍結融解に要するエネルギーの減 少

など汚泥処理関係の他に,浮上濃縮は高負荷で安定した

余剰汚泥の処理ができるため,



今 具 I 存工版相保/N90 Photo.1 General view of flotation thickener building

5)高いSS回収率によって、 水処理系に返送されるSSを カットできる
6)余剰汚泥引抜量に余裕がで き、安定した処理水質を得る ことができる Ł

- という水質管理面でのメリット も見逃すことができない。
- 3. 浮上濃縮プロセス

本装置は空気を加圧条件下(4 kg/cm²G)で水に溶解した空気溶 解水と余剰汚泥を減圧下で混合 し,浮上濃縮槽にて大気圧下に解 放させ,その際に空気溶解水より 発生する微細気泡を汚泥粒子に付 着させ,汚泥の見掛比重を小さく することにより,濃縮槽表面に汚 泥を浮上,濃縮する原理を利用し た減圧下混合方式による,加圧浮



to Sewage treatment plant

- (1) Flotation thickener
- (2) Floss collector
- ③ Excess sludge basin
- (4) Agitator
- (5) Excess sludge feed pump
- (6) Clarified water basin
- Telescopic ralve
- (8) Circulation pump (9) Air dissolution tank
- 10 Air compressor
- (i) Floss basin
- 12 Ag tator
- 13 Floss transfer pump
- (1) Clarified water transfer pump
- (5) Drainage pump

第1図 浮上濃縮設備概略フロー

Fig. 1 Flow diagram of flotation thickening unit

上濃縮装置である。

第1図に概略フローを示した。以下に順次プロセスの概 要を説明する。

1)余剰汚泥の受入

最終沈殿池から間歇的にポンプ圧送される余剰汚泥を, 余剰汚泥貯留槽に貯留する。次に余剰汚泥供給ポンプによ り、連続して定量を浮上濃縮槽に供給する。この際の供給 量は電磁流量計で確認する。

なお,余剰汚泥貯留槽には汚泥の沈殿防止と均一化を目 的として撹拌機を設置している。

2)加圧水の受入および微細気泡の発生

浮上濃縮で重要な働きをする微細気泡は、次の要領で発 生させ汚泥に付着させる。

空気圧縮機で混気タンク(Air dissolution tank)に空気

を送り込み 4 kg/cm²G の圧力下 で、水中に空気を飽和溶解度まで 溶解させる。次に空気溶解水(以 下混気水と呼ぶ)は一次圧力調節 弁(減圧弁)を経て、減圧下で余 剰汚泥と混合され, 浮上濃縮槽に 放出される。この際に混気水より 微細気泡が析出し,汚泥に付着す る。なお、加圧水は浮上濃縮槽の 分離水を循環使用している。

3) 汚泥の濃縮と貯留

U

濃縮槽に流入した余剰汚泥と混 気水の混合液は、槽内下部にある 整流板 を 経て, 槽内へ分散され る。微細気泡の付着した汚泥は槽 上部に浮上し, 分離水は分離水収 集管を通じて分離水貯留槽に貯留 される。 槽上部に 浮上 した 汚泥 は、浮力により圧密濃縮され濃縮 汚泥層(以下フロス層と呼ぶ)を

形成する。フロス層のレベルは分離水貯留槽に設けた分離 水越流弁(Telescopic valve)にて調整する。

所定の濃度に達したフロスは、フロス掻取機により掻取 られ,トラフを通じてフロスピットに貯留される。一方, 分離水は加圧水として循環使用されるとともに、分離水越 流弁を通じて分離水排水槽に貯留され、排水ポンプにより 水処理系へ返送される。

4) フロスの搬出

フロスピットに貯留されたフロスは撹拌機により脱気さ れ、フロス移送ポンプにより消化タンクへ圧送される。

5) 底部沈殿物の除去

余剰汚泥中の夾雑物等の一部浮上し難い汚泥は浮上槽底 部に徐々に蓄積し、これが嫌気化することにより濃縮度の 悪化及び分離水SS上昇の原因になる。したがってこれを



写 直 2 浮上濃縮槽及びフロス掻取機 Photo. 2 Flotation thickener and floss collector

防ぐために底部汚泥掻寄機(フロス掻取機に装備)により 沈殿汚泥を掻寄せ、沈殿汚泥移送ポンプで系外に排出して いる。 4. 納入装置の概要 4.1 設計条件 余剩汚泥供給量 2,243 m3/d 余剰汚泥濃度 7,000 mg/e (平均) $120 \sim 150 \text{ kgSS/m}^2 \cdot d$ 固形物負荷 0.02 kg·Air/kg·SS 気固比(A/S) フロス濃度 3.5%以上 固形物回収率 79%以上分離水 SS 200mg/ℓ(以下) 4. 2 浮上濃縮装置主要機器諸元 浮上濃縮槽 形 式 鉄筋コンクリート製円形槽 4 法 内径 12,000 mm 側深 4,580 mm 浮上面積 有効 101.67 m² 池 数 1池 フロス掻取機 形 式 スクロール形フロス搔取機 (回転ドラム形中央駆動式) 台車走行用 駆動装置 走行速度 1.1~4.07 m/min 0.4 kW バイエルサイクロ可変減 速機 ドラム回転用 回転数 2.0~8.0 r.p.m. 1.5 kW バイエルサイクロ可変減 速機 スクリュウコンベア用 回転数 62 r.p.m. 3.7 kW サイクロ減速機 数 畺 1台 余剰汚泥貯留槽撹拌機 ピッチドパドル式4枚翼2段 式 形 翼 1,350 mm 径 回転数 42 r. p. m. 5.5 kW \times 4 P \times 400 V **電動機** 数 量 1台 余剰汚泥供給ポンプ 式 一軸ネジポンプ 形 150 mm \square 径 $1.6 \text{ m}^3/\text{min}$ 揚 水 量 揚 程 10 mAg電 動 機 $15 \text{ kW} \times 4 \text{ P} \times 400 \text{ V}$ 数 雷 2台(内1台予備) 加圧水ポンプ 片吸込渦巻ポンプ 形 式 $200 \times 150 \text{ mm}$ 径 $5.0 \text{ m}^3/\text{min}$ 揚水量 揚 程 50 mAq 電動機 $75 \text{ kW} \times 4 \text{ P} \times 400 \text{ V}$ 数 2台(内1台予備) 量 混気タンク 形 式 鋼板製円筒立形

 $\overline{\mathbf{T}}$ 1,900 mm 法 内径 直線部高さ 5,000 mm 12.5 m³ 有効容量 使用圧力 常用 4.0 kg/cm²G 最高 7.0 kg/cm²G 空気溶解効率 80%以上 数 昰 1 基 空気圧縮機 形 式 圧力スイッチ式 吐出空気量 830 Nℓ/min 最高使用圧力 9.5 kg/cm²G 7.5 kW \times 4 P \times 400 V 電動機 量 2台(内1台予備) 数 フロスピット撹拌機 形 式 ピッチドパドル式4枚翼2段 1,600 mm 翼 径 回転数 30 r. p. m. 電 動 機 5.5 kW \times 4 P \times 400 V 数 量 1台 フロス移送ポンプ 形 式 スクリュウ渦巻ポンプ 100 mmП 径 $0.6 \text{ m}^3/\text{min}$ 揚水量 19 mAq 揚 稆 電 動 機 7.5 kW \times 4 P \times 400 V 2台(内1台予備) 数 昰 分離水越流弁 形 式 手動開閉台付テレスコープ弁 Д 径 400 mmストローク 800 mm 量 1台 数 分離水排水ポンプ 着脱式水中汚水ポンプ 形 式 $125 \mathrm{mm}$ 口 径 揚水量 $2.2 \text{ m}^3/\text{min}$ 掦 11 mAq 程 $11 \text{ kW} \times 4 \text{ P} \times 400 \text{ V}$ 雷動機 数 2台 量 沈殿汚泥引抜ポンプ(既設ポンプ流用) 無閉塞渦巻ポンプ 形 式 100 mm径 $1.0 \text{ m}^3/\text{min}$ 揚水量 10 mAq 掦 程 5.5 kW \times 4 P \times 400 V 電動機 数 量 1台 付帯設備 余剰汚泥貯留槽及びフロスピット脱臭装置 脱臭塔 型 式 FRP製立形乾式脱臭塔 処理風量 $3.0 \text{ m}^3/\text{min}$ 処 理 臭 臭気強度2以下 数 1基 量 脱臭フアン 型 式 片吸込ターボフアン 3.0 m³/min 風 量 80 mmAq 吐出圧力 $0.4 \text{ kW} \times 4 \text{ P} \times 400 \text{ V}$ 電動機

1,

数

畳

1台



第2図 浮上濃縮棟構造図

Fig. 2 Construction drawing of flotation thickener building

4.3 浮上濃縮装置の構造

本装置は,既設の汚泥洗浄タンクを改造したものである。 その構造は第2図に示すとおり中央部に浮上濃縮槽,外周 部には余剰汚泥貯留槽,フロスピット,分離水槽及び補機 室を設けた合理的なものである。

浮上濃縮装置の技術的ポイントと本装置の対応

5.1 浮上濃縮装置の技術的ポイント

浮上濃縮のポイントはいうまでもなくフロス濃度を高め ることにあり、大きく分けると次のようになる。

- 1)対象汚泥の性状
- 2) 濃縮装置の運転条件 固形物負荷

気固比(A/S)

フロス厚み

上記条件で浮上濃縮装置としての諸元は決定するが,浮 上濃縮を効果的に行うためには,次のような機能上(又は 機構上)のポイントがある。

- 1) 混気タンクの空気溶解効率
- 2) 汚泥と気泡の効率的な付着
- 3) 粗大気泡発生の抑制
- 4) 混気汚泥の槽内への均一分散
- 5) 粗大気泡の円滑な排出
- 6)フロスの適切な掻取り
- 5.2 機能上のポイントとその対応

前項の機能上(又は機構上)のポイントとその対応について順に述べる。

1) 混気タンクの空気溶解効率

混気タンクの空気溶解効率が悪い場合

①必要な A/S を保つためには加圧水量が多く必要となる。

②上記により、加圧水ポンプの能力不足を招いたり、電力消費量の増大を招くことになる。

当社方式では、下記の機構で空気溶解効率を高めるとと もに、操作性及び維持管理面でも優れたものになっている。



- ①空気吸収理論に基づいて設計されており、その機構は 多孔板を多段積としたトイレ方式であり、常に80%以 上の高い空気溶解効率を得ている。また、加圧水流入 部には噴射分散板を設けて、気液接触効果を高めてい る。
- ②加圧水流入部に特殊なノズルを使用せず、また充填材 も使用していないため、目詰りが起らない長所を有し ている。
- ③空気の吹き込みは, 混気タンク内水位によるON-OFF 方式を採っているため, シンプルかつ確実な制御方式 となっている点も当社方式の特長である。

2) 汚泥と気泡の効率的な付着

フロス濃度を高めるためには,汚泥に微細気泡を効果的 に付着させ,汚泥の浮力を増加させることである。

3) 粗大気泡発生の抑制

粗大気泡が発生すると,汚泥と微細気泡の付着を妨げる ばかりでなく,気泡どおしが合体してさらに大きな気泡と なって槽内を上昇してフロス層を乱すために,フロス濃度 低下の原因となる。

4) 混気汚泥の構内への均一分散

円形槽の場合,槽容積を有効に使用し,性能を十分に発 揮させるために,混気汚泥を特定方向に片寄らせることな く,中央部から放射状に分散させる必要がある。分散が不 均一な場合にはフロス厚さ不均一によりフロス濃度のむら が生じ,平均フロス濃度の低下をもたらす。

以上の2)~4)に対応するため、下記の構造としており、これが円形浮上濃縮槽としての当社方式の大きな特長となっている。(第1図及び第3図参照)

- ①浮上濃縮槽中央部に支柱で支えられたドライピット (操作室)を設けている。
- ②ドライビット内に一次圧力調節弁(減圧弁)及び混合 器を設けて余剰汚泥と加圧水を混合させ、混気汚泥を ドライビット底部中央一点より吹き出す構造とする。 以上の構造にすることにより

- ①一次圧力調節弁と混合器が最短距離で接続できるため、粗大気泡の発生を抑制し、汚泥と微細気泡の効果的な付着が行われる理想的な減圧下混合となっている。
- ②混合後の混気汚泥は、配管途中に分岐部や曲り部がなく直線流で、しかも短距離で放出するため、気泡の合体を防ぎ、粗大気泡の発生を抑制している。
- ③混気汚泥はドライピット下部中心一点より下向に吹出され、ドライピット支柱開口部よりバッフルプレートを通じて槽内に放出される。すなわち、混気汚泥は槽中心一点より放射状に放出されて上昇する理想的なフローパターンとなり、均一分散される。

槽底部に設けられたバッフルプレートは混気汚泥の 整流と分離水集水管への短絡防止の二つの役割を果し ている。

5) 粗大気泡の円滑な排出

前項に述べたように粗大気泡の発生は極力抑制している が、余剰空気等による粗大気泡の苦干の発生はやむを得な いといえる。粗大気泡発生によるフロスゾーンの撹乱を防 止するためには、発生した粗大気泡を速やかに槽外に排出 する必要がある。粗大気泡の円滑かつ速やかな排出機構と して当社ではドライピット底部に下部気泡ガイド、ドライ ピット上部外周部に気泡捕集部を設けて十分な効果を得て いる。

6) フロスの適切な搔取り

安定した高濃度のフロスと高い固形物回収率を得るため には、フロス層表層部の高濃度のフロスを円滑に搔取り、 かつ適切なフロス厚みを維持する必要がある。

このため当社ではスクロール型フロス掻取機(台車走行 式ドラム回転形)を採用している。その機構及び操作は下 記のとおりである。(**第3図**に概略構造を示す)

- ①走行台車に取付けた回転ドラムによりフロスを掻取る。掻取られたフロスはドラム中央部に導かれ、スクリュウコンペアにより濃縮槽外周部のトラフに排出される。
- ②さらに、回転ドラム下部には強制板を設け、希薄フロスの流れ込みをカットするとともに、強制板先端の可動板により、フロス掻取深さの微調整を行っている。
 ③走行台車に底部汚泥掻寄機を設け、フロス掻取りと同
- 時に沈殿汚泥の掻寄せを行っている。 ④台車及び回転ドラムには可変速減速機を使用し, 掻取







第1表 余剰汚泥の性状

Table 1 Composition of excess sludge

| | Northern plant sludge | Southern plant sludge | Mixed sludge |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|
| SS (mg/ℓ) | 8,400~10,200 | 8,200~8,700 | 8,400~11,600 |
| VSS/SS () | 0.80 | 0. 81~0. 83 | 0.80 |
| SVI (Aeration tank) (ml/g) | 96~97 | 102~105 | |

量の調節を行っている。安全装置としては台車及び走 行用はトルクリミッター,スクリュウコンベア用には 2 Eリレーを使用している。

⑤フロス掻取機の自動運転は、今回装置ではタイマー及 び電極による ON-OFF 制御を行っている。

当社では上記以外の制御方法として、フロス界面計 によるON-OFF制御(特許出願中)の実績を有してい る。

6. 試運転結果の概要

本処理場は,南処理場,北処理場の2個所の処理施設からなっており,試運転はそれぞれの単独余剰汚泥及び混合 汚泥について行った。

6.1 余剰汚泥の性状

エアレーションタンクMLSSのSVIが低いほど、フ ロス濃度は高くなる。SVI100~150ではフロス濃度3.5 ~4.0%が得られることを確認している。参考として、当 社の実績(パイロットプラントも含む)で得られたSVI とフロス濃度の関係を第4図に示す。

試運転中の余剰汚泥性状を第1表に示す。北処理場の方 が余剰汚泥濃度は多少高いが、汚泥性 状そのものには 両者に 大差 は なく、 S V I 100 前後であり、浮上濃縮に適 した汚泥といえる。

6.2 試運転結果

試運転結果の一覧表を第2表に示す。

1) フロス濃度

固形物負荷 100~150 kg·SS/m²·d, A/S 0.015~0.023 kg・Air/kg·SS の 条件でフロス濃度3.6~4.3%が得られ ており,目標(3.5%以上)を達成し た。

2)分離水SS

分離水SSは大略100mg/ℓ, 固形物

Vol. 28 No. 3 (1984/10)

第2表 試運転結果

| Table 2 Ru | nning test i | results | | | | |
|--------------------------|------------------|--|--|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| | | $ \begin{vmatrix} A/S \\ kg \cdot Air / \\ kg \cdot SS \end{vmatrix} $ | Floss solids concentra- tion (%) | Excess sludge SS (mg/ℓ) | Clarified water SS (mg/l) | SS recovery rate (%) |
| Southern | 105~110 | 0.015 ~ 0.02 | 4 . 0∼4. 2 | 8, 300~8, 400 | 50~70 | 99. 2 ~ 99. 4 |
| plant sludge | 127~129 | 0. 017~0. 022 | 3.8~4.2 | 8, 200~8, 300 | 65~100 | 98. 8 ~ 99. 2 |
| Northern plant sludge | 140 ~ 150 | 0. 021~0. 024 | 3. 8~4. 3 | 8,400~ 10,200 | 72~75 | 99. 1 ~ 99. 3 |
| Mixed sludge | 120~140 | 0. 017~0. 023 | 3. 8 ~ 3. 9 | 10, 300~ 11, 600 | 70~90 | 99. 1 ~ 99. 4 |
| wixed sludge | 150~170 | 0. 02 ~0. 023 | 3.6~3.9 | 9,800~ | 65~135 | 98. 6 ~ 99. 4 |

Note : Term of test Southern plant sludge : May 8~May 11, 1984 Northern plant sludge: May 14~May 17, 1984 Mixed sludge: May 21~May 22, 1984

第3表 フロスゾーンの分布

Table 3 Distribution of floss depth below top of floss



回収率99%が得られており、目標値(SS200mg/e以下、回 収率97%以上)を満足した。

3) A/S

今回の処理対象汚泥は、 A/S 0.0 2kg・Air/kg・SS 以下 では適切なフロスレベルを維持するのがやや困難であっ た。安定した運転をするためには A/S0.02kg・Air/kg・SS が必要であった。

4) フロス搔取機運転

今回の運転では、20分運転、20分休止の運転を行い、1) 項のフロス濃度を得るとともに, 適切なフロスレベルを維 持することができた。なお、フロス搔取機20分運転で走行 台車が1周するように速度調整した。

5) フロスゾーンの分布

浮上濃縮槽中心部,中間部,外周部について4個所のポ イントでフロス厚を測定し、フロスゾーンの厚み分布を確 認した。その結果は第3表のとおりである。

フロス厚みは中心部がやや薄い傾向が見られるが、全体 的にはほぼ均一といえる。

フロス厚みの測定は、ポータブル式フロス界面計により 行った。

6) 表層フロス濃度の分布

浮上濃縮槽中心部,中間部,外周部の表層フロスを採取 し, 濃度測定した結果を第4表に示した。

2回の測定結果とも外周部ほど濃い結果を得ている。

7) フロスの濃度勾配

浮上濃縮槽外周部で,採取深さを変えてフロス濃度を測 定した結果は次のとおりである。

| 表層~ 50mm | 4.3% |
|-------------------|------|
| 表層 ~ 100mm | 4.0% |
| 表層 ~ 150mm | 3.8% |

第4表 表層フロス濃度の分布

 $\mathbf{2}$

3

4

4

Table 4 Distribution of surface floss solids concentration

| Measuring | Floss solids concentration (%) | | |
|-----------|-----------------------------------|--------|--|
| point | Test 1 | Test 2 | |
| Α | 4.0 | 3. 9 | |
| В | 4.1 | 3.8 | |
| С | 4.5 | 4.3 | |

表層~200mm 3.3%

以上の結果より, 高濃度フロスを得るためには極力浅く 搔取るべきであり, 搔取深さは 100mm 以下が望ましいと いうことが確認できた。本試運転中の掻取深さは70~80 mmで行った。

7. む す び

浮上濃縮装置の最新の納入実績を紹介したが、フロス濃 度, 固形物回収率とも良好な結果を得ることができ, 現在 順調に運転中である。

当社としては、今回の実績も含めて実運転データを集積 するとともに、さらに効率の良い浮上濃縮装置にするため の改善点を研究中である。

また,当社はこのほど,(社)日本産業機械工業会の第10 回優秀公害防止装置表彰事業において、加圧浮上濃縮装置 が「日本産業機械工業会会長賞」を受けたことを付記する。

最後に本装置の設計,据付,試運転に際し多大な協力と 助言をいただいた下水道局ご担当各位に対し、深く感謝の 意を表する次第である。

〔参考文献〕

1) 森田正己ほか:環境技術, Vol. 11, No. 12 (1982) p.29

2) 神鋼フアウドラーニュース: Vol. 24, No. 3・4 (1980) p.40

エアレーション装置の経済比較

Economic Evaluation of Aerator Systems

環境裝置事業部 技術部神戸G 村 義 郎 高 Yoshio Takamura

Aeration equipment should be effective and economical. The mechanics of the aeration, oxygen transport, and oxygen utilization systems must each be considered when selecting equipment.

The SP JET System developed by Shinko-Pfaudler is an economical aeration system that achieves a high dispersion of air in the treated liquid with a low energy consumption.

汚水処理設備の省エネルギー対策の一つに、エアレーシ ■ン設備に消費される電力量の削減があげられる。

本稿では、当社が開発し販売している省エネルギー型ば っ気装置「SPジェット」を種々のエアレーション装置と 比較紹介するとともに、省エネ比較検討例を報告する。

1. まえがき

近年,オイルショックを契機として電力料金が高騰し, 多方面の分野で省エネルギー,省資源の対策が実施されて きている。

汚水処理の分野もその例外ではなく、水処理設備や汚泥 処理設備における省エネルギー化が検討実施されている。 例えば、公共下水道の各設備における電力構成の調査結果 によると、エアレーション設備(散気方式が主流)におけ る消費電力量は、処理場全体の消費電力量の約40%(処理 水量が10,000m3/d以下では、約50%を超える)を占める と報告されている。」)

当社は、このエアレーション装置の省エネルギー化に着 目し,水深5mの水槽を用いて種々の実験を繰返し,省エ ネルギー型のエアレーション装置として「SPジェット」 を開発し、家庭下水や工場廃水の処理設備に販売提供して いる。

本稿では、当社の「SPジェット」をはじめとして、種 々の散気装置を簡単に説明するとともに、これらの省エネ 比較例を紹介する。

2. 各種エアレーション装置

エアレーション装置は, 散気式, 機械式および併用式に 大別される。

いずれの方式を 採用 するかは、 処理場の規模、 処理方 式、エアレーションタンクの形状、維持管理上の諸条件を 考慮して決定するが、通常は操作の簡便さ、故障や騒音の 少なさ、自動運転の容易さなどから散気式が多く用いられ ている。

2.1 散気式エアレーション装置

一般的によく用いられており、次の様に分類される。

2. 1. 1 粗大気泡型

エアレーションタンクの片側に設置し、旋回流をおこす 形式で用いる。発生気泡径が大きいため気液接触効率が悪 く,酸素の溶解効率が低い。そのため、ブロワーの設備容 量が大きくなる。

などがある。

2.1.2 微細気泡型

このタイプに属するものとしては、(第1図参照)

- 1) スパージャー
- 2) ディスクディフューザー

3) ノンクロッグディフューザ

4) スタティックエアレーター

5) シャーフューザー 6) ボックスエアレーター り

)

Porous Diffuser(Plate type) Porous Diffuser(Cylinder Type) Lattice Aerator



Static Aerator

Nonclog Type Diffuser



粗大気泡型と同様、エアレーシ ョンタンクの片側に設置し、旋回 流をおこす形式で用いる。発生す る気泡は粗大気泡型に比べて小さ く,酸素溶解効率が高いためにプ ロワー容量は小さくできる。発生 気泡径を小さくするために散気孔 が 400 μ 前後であるため 目詰りの 対策を考慮する必要がある。この タイプに属するものとしては,(第 1図参照)

1) 散気筒

2)散気板

3) エアレーション格子

4) サラン巻き散気管

などがある。

2. 1. 3 超微細気泡型

この散気装置は、省エネ型として下水処理分野で最近注 目されてきているもので、エアレーションタンクの底部に 均等に多数の散気部を配置し、全面ばっ気の形式をとって いる。微細気泡型に比べ発生気泡径が小さい(2mm)こ とを特長としており、酸素の溶解効率は高いが、散気孔が 200 μ 前後と微細構造であるため目詰りの可能性が極めて 高い。

2.2 機械式エアレーション装置

機械式エアレーション装置は次の様に大別される。

2.2.1 縦軸式

本方式には固定式とフローティング式のものがあり,固 定式には,水中部にドラフトチュープを有するものと無い ものとがある。最近では,小規模下水処理用として注目さ れているオキシデーションディッチ法用のエアレーターと しても使用されている。当社のオキシデーションディッチ システム(シグマディッチ)では,縦軸式のシグマエアレ ーターを使用している。

2.2.2 横 軸 式

本方式はケスナブラシに代表されるもので,改良型のエ アレーターは オキシデーションディッチに 利用 されてい る。

第1表 散気装置比較表

Table 1 Comparison of gas dispersing devices

| | | | | | 1 | | | | | | | |
|---|--|-----|----------------|----------------------------------|--|--|--|--------------------------------------|--|-------------------------------------|------------------------------------|--|
| | 名 | | 7 | 弥 | 散 | 気 | 板 | 散 | 気 | 筒 | ディスク | フューザー |
| 根 | £ | 略 | | Ø | **** | 3931 1 | 散気板 | | | a. | | |
| 形 | 彡状・ | 4 | 法 | mm | 300W> | <300 L | ×30 t | 外径 75¢> | 内径 <50\$> | < 500 L | 円形 | ディスク |
| 友 | ţ | | | 質 | 多孔質(| 合成樹 セラミ | 脂又は) ック) | 司 | | 左 | 非多孔質 | (鋳鉄又は) (塩ビ製) |
| 楆 | い りょうしょう しょうしん しょうしょ しょうしん しょうしょう しょうしょう しょう しょう しょう しょう しょう しょう し | 通 | 気 | 量 | (80 <i>l</i> /min | ~ 100ℓ | ?/min) 個 | (120ℓ/mi | n∼150 | ℓ/min)個 | (200 <i>ℓ</i> /min- | ~400ℓ/min)個 |
| 酡 | 愛素; (水深 (20°C | 溶 | 解交 n 、気E | ^{动 率} _王) | 気泡径か 全面より 酸素溶解 (1) | ×細かく 〕通気だ 昇効率だ 4.5% 00 <i>e</i> /m | く散気板 が均一で が高い。 in) | 円形のため からの通 なるため や劣る。 (10 | め 御 気 密 の 、 溶 、 浴 、 名 、 ろ % の の の 、 溶 、 、 溶 、 、 、 客 、 の 、 、 ろ 、 の 、 の 、 の 、 の 、 の 、 の 、 の 、 | 気筒上部 度が高く 解効率は 同様かや in) | 気泡が大き 左記の二 素溶解が 2 (200 | きいために, 者に比べて酸 ちる。 ? % ℓ/min) |
| 通 | 录 | (| 抵 | 抗 | 160~ (100 | -230mr 0ℓ/min | nAq 時) | 24 (150 | 0mm le/min | Aq n時) | 約12 | 0 mmAq |
| 最 | と 大 | : | П | 径 | | 400 μ | | | 450 μ | | - | |
| 耶 | 々 付 | ÷ . | 位 | 置 | エアレ- の底面J mm 上に 付ける。 | - ション こり500 げた位置 | /タンク ~1,000 電に取り | エアレー の底面。 mm 上け 付ける。 | - ショ こり50 げた位 | ンタンク 0~1,000 置に取り | 同 | 左 |
| i | L I | | | Ю | 空 汚 よ 間 50mm 抵 方 が 増 払 た フ ィ ク の ま の の の の の の の の の の の の の の の の の | D 塵浮り な り 程 す り 程 す 優 の 名 q す 思 感 し の た れ る の た の た の た の た の た の た の た の た の た の た の た の の の し の た の た の の の し の た の の の し の の の し の の の し の の の の し の の の の し の の の の の の の の の の の の の | ・ 物質りの。込設 ・ 加質りの。込設 ・ に年気の ・ 込み | 同 | | 左 | 左記の二 ほとんど ターは設 い。 | 者に比べれば 無し,フィル けなくてよ |

2.2.3その他

その他としては, タービンスパージャーがある。

2.3 併用式エアレーション装置

散気式と機械式の併用型で,散気式に比べて送風量を減 少することが可能で,トータルエネルギーを小さくするこ とを目的とする。この方式のものとしては,

1) ジェットエアレーション

2) 水中エアレーター

などがある。

以上簡単に紹介したもののうち,通常よく用いられる散 気式について**第1表**に比較表を,**第1図**に形状を示す。

SPジェット

3.1 SPジェットエアレーションシステム

当社が開発したSPジェットは,エアレーション装置としては併用式に属する。

エアレーションシステムは第2図に示す様に、①循環水 用ポンプ(渦巻きポンプまたは、水中ポンプを使用し、エ アレーションタンク内の混合液を循環するのに用いる)② プロワー③SPジェット④液体用配管と⑤空気用配管の5 つから構成される。

3.2 SPジェットのエアレーション機能

エアレーターの型式をとわずエアレーション機能として は、①必要酸素量の効率的な供給機能と②撹拌混合機能の 両者が要求される。

第3図にSPジェットのエアレーション機能の模式図を 示す。

3.2.1 必要酸素量の供給機能

第1表に示した散気板,散気筒 やディスクフューザーに代表され る従来型の散気装置では

1) 散気孔から放出される気泡
 の上昇力に起因するエアーリ
 フト効果による気液接触作用
 2) エアレーションタンク内の
 気泡の滞留

といった2つの作用に依存してい るが,これに対して,SPジェッ トのエアレーション方式では,第 3図に示したように,

- SPジェットの気液混合室 内における激しい気液接触作 用(第3図A)
- 2) 気液界面のせん断効果によ る気泡の微細化(**第3図B**)
- 3)気液ノズルから水平方向に 噴出するジェット流による周辺液の巻き込み作用と同伴作 用に起因する気液界面の更新 と気液接触(第3図C)
- 4) 微細気泡(2mm以下)の エアーリフト効果による気液 接触と微細気泡なるがゆえの 気液接触面積の増大とエアレ

ーションタンク内の長期滞留(**第3図D**)

という4つの作用に依存している。この様に従来の散気方 式とは、1)~3)の点で異なっており、4)についても 微細気泡(2mm以下)の点で異なっている。

3. 2. 2 撹拌混合機能

従来の散気方式では, 散気部から発生する気泡のエアー



第2図 SPジェットエアレーションシステム Fig. 2 SP Jet aeration system





リフト効果に起因する旋回流にのみ依存しているが、SP ジェットエアレーション方式では、

- 1)循環水ポンプに起因するジェット流による撹拌混合 作用(第3図E)
- 2)発生気泡のエアーリフト効果による 撹拌 混合作用 (第3図F)

の2つに依存しており、1)の点で異なっている。

この1)の作用は、ジェット流の流速が槽内周辺液の流 速に比べて速いために周辺液を巻き込み、同伴する効果か ら生じるものであり本エアレーション方式の特長の1つと いえる。

4. 各種散気装置の省エネ比較

2, 3 項で通常よく 用いる 散気式 エアレーション 装置 と, 当社が 開発したSP ジェットについて 簡単に 説明し た。

エアレーション装置を決定する際には、対象とする汚水のBOD濃度やエアレーションタンクのMLSS濃度や,汚水中のNH₃-Nの濃度等を考慮する必要がある。

L

ところが、対象汚水の種類は、下水、し尿、産業廃水と さまざまであり、各汚水によりBOD濃度や、MLSS濃 度が異なるため特定の汚水性状を想定してエアレーション 装置を比較することは容易ではない。

しかしながら,エアレーション装置を決定する場合,汚 水を処理する上で要求される酸素量を基本とすることは共 通している。そこで,特定の汚水性状を想定せずに,必要 とする酸素量 を 1,000 kg-O₂/日 と仮定して各種の散気装 置を比較した結果を**第2表**に示す。

第2表の比較に用いた散気装置は、①SPジェット②全 面ばっ気(超微細気泡型ディフューザー)③微細気泡型デ

ィフューザー(円筒型旋回流方式)④粗大気泡 型ディフューザー(ノンクロッグ型旋回流方 式)と⑤粗大気泡型(スタティックエアレータ ーの一種)の5種類である。

4.1 設備動力

第2表に示す様に設備動力を比べた場合, S Pジェットが33kWと最小であり, 全面ばっ 気, 微細気泡型, スタティックエアレーター, 粗大気泡型の順に高くなる。

一般には, 散気部から発生する気泡径が小さ い程酸素吸収効率が高くなり必要酸素量の供給 が効率よく行なえる。

第2表 で比較した 種々の 散気装置の 発生気 泡径を比べるとSPジェットや全面ばっ気で2 mm前後, 微細気泡型から粗大気泡型の順に大 きくなる。すなわち, 設備動力の大小は気泡径 の大小と関連していることになる。

4.2 軸 動 力

軸動力については**第2表**に示す様に,設備動力と同一傾向がみられ,SPジェットや全面ばっ気が小さい値となる。この両者を比べてみると,SPジェットは約26~28 kW,全面ばっ気は約28 kW となり,運転条件によればSPジェットの方がより小さい軸動力で済む。

第2表 散気装置の比較データー

| Table 2 Comparative | e data | of | gas | dispersing | devices |
|-----------------------------|--------|----|-----|------------|---------|
|-----------------------------|--------|----|-----|------------|---------|

| Туре | Jet aerater | | Fine bubble diffuser (total floor coverage) | Fine bubble diffuser (single side aeration) | Coarse bubble diffuser (single side aeration) | Coarse bubble aerator |
|---|--|---|---|---|--|--|
| Item Device | SP Jet | aerator | Porous disk or Porous plate | Porous diffuser (Cylinder type) | Disk type diffuser | Static aerator |
| Oxygen requirement (kg-O ₂ /D) | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1.000 | 1,000 | 1.000 |
| Water depth (m) | 5. 0 | 5.0 | 5.0 | 5. 0 | 5.0 | 5.0 |
| Diffuser depth (m) | 4. 6 | 4.6 | 4. 8 | 4. 5 | 4.5 | 4.8 |
| DO in aeration tank (mg/ℓ) | 2.0 | 2.0 | 2. 0 | 2. 0 | 2. 0 | 2.0 |
| Water temperature (°C) | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Oxygen absorption at 20°C (%) | 27.5 | 23 | 20 | 10 | 6. 0 | 8.5 |
| Operating condition (gas volume/circulating water volume) | 1.5 | 3.0 | | | | |
| Blower Spec | $\begin{array}{c} 13.\ 1{\rm m^{3}/min} \\ \times \ 0.\ 5{\rm kg/cm^{2}} \\ \times \ 18.\ 5{\rm kW} \end{array}$ | $\begin{array}{c} 15.7\mathrm{m^3/min}\\ \times0.5\mathrm{kg/cm^2}\\ \times22\mathrm{kW} \end{array}$ | $\begin{array}{c} 20.\ 2\mathrm{m^3/min}\\ \times0.\ 6\mathrm{kg/cm^2}\\ \times37\mathrm{kW} \end{array}$ | $\begin{array}{c} 40.\ 6\mathrm{m^3/min}\\ \times0.\ 5\mathrm{kg/cm^2}\\ \times55\mathrm{kW} \end{array}$ | $\begin{array}{c} 63.\ 6{\rm m^{3}/min} \\ \times \ 0.\ 55{\rm kg/cm^{2}} \\ \times \ 110{\rm kW} \end{array}$ | $\begin{array}{c} 44.8\mathrm{m^3/min}\\ \times0.55\mathrm{kg/cm^2}\\ \times75\mathrm{kW} \end{array}$ |
| Circulating pump | $8.7 \text{m}^3/\text{min} \times 7 \text{m} \times 15 \text{kW}$ | $5.2 \text{m}^3/\text{min} \\ \times 7 \text{m} \times 11 \text{kW}$ | | | — | |
| Installation power (kW) | 33. 5 | 33 | 37 | 55 | 110 | 75 |
| Motor shaft power(kW) | 28.5 | 26. 3 | 27.8 | 47. 8 | 81.3 | 57.3 |
| Oxygenation efficiency (kWh/kg-O ₂) | 0. 68 | 0. 63 | 0. 67 | 1. 15 | 1.95 | 1. 38 |

4.3 単位動力

各種散気装置の省エネ比較を、必要酸素量1kg当りの動 力量(kWh/kg-O₂)に換算したものを**第2表**に示す。

SPジェットは0.63~0.68 kWh/kg-O2であり、微細気 泡型に比べて約40~45%,粗大気泡型に比べるとそれ以上 の省エネ化が可能である。

ー方,全面ばっ気は 0.67 kWh/kg-O_2 であり, SP ジ ェットとほぼ同程度であるが, 散気孔が 200μ 前後と小さ く目詰りの可能性があることや,エアレーションタンクの 底部に固定するため散気部の交換時に槽内を空にする必要 があるなど維持管理面での問題がある。

この様な維持管理の面を考慮すると**SP**ジェットの方が 優れていると考える。

5. むすび

エアレーションタンク設備の中心となる各種の散気装置 や、当社のSPジェットの概要を説明するとともに、これ らの省エネルギー比較結果を紹介した。

簡単な説明ではあるが、SPジェットの省エネ性を理解 いただけたものと考える。

次の機会には、本誌の紙面を借りて実装置の運転データ ーを紹介したい。

〔参考文献〕

- 1)日本下水道協会「下水道施設の省資源,省エネルギー化に関 する調査報告書」1983年1月
- 2) 下水道施設設計指針と解説 社団法人日本下水道協会編

生物学的窒素・リンの同時除去技術(その2)

ーリフォーナイトシステムの開発ー

Biological Simultaneous Removal of Nitrogen and Phosphorus (Part 2) —Development of REPHONITE System—

環境装置事業部 製品開発室 野中信一 Shinichi Nonaka 小林哲男 Tetsuo Kobayashi

Ļ

The technology for biological nitrogen and phosphorus removal has been well developed. Shinko-Pfaudler has developed a proprietary activated sludge process, the REPHONITE SYSTEM, which biologically removes phosphorus and can also be modified for total nitrogen control. This system is a single sludge suspended growth system, which combines an anaerobic section and anoxic section in paralell, deficient in oxygen, with a conventional stage aerobic section. Experimental results have shown the advanced REPHONITE system, in which sludge recycle and mixed liquor recycle and DO control are adapted, to be a viable and stable process for nutrient removal.

近年,湖沼,内湾等閉鎖性水域の富栄養化の進行が著し く,富栄養化防止対策として,その原因物質とされる 窒 素,リンの排水規制が検討されている。

前報¹⁾では, 富栄養化問題にかかわる諸問題や, 窒素, リンの除去技術を紹介するとともに, パイロットプラント 規模による 従来型同時脱窒 脱リン法の 実験結果を 報告し た。従来型同時脱窒脱リン法では, 汚水流入条件の変動に より処理水質が大きく変動するという欠点が見られた。こ の問題を解決するため検討を重ねた結果, 原水分注方式を 特徴とする生物学的同時脱窒脱リン法 ^{*}リフォーナイト[®] システム、を開発するに至った。

さらに,負荷変動に対する処理の安定化を目的として, 各種制御をリフォーナイトシステムで試み,DO制御,返 送汚泥量制御,循環液量制御の有効性を確認した。本報告 では,リフォーナイトシステムの開発経過と処理成績およ び,リフォーナイトシステム制御実験結果を記述する。

1. 従来型同時脱窒脱リン法

第1図に示す修正 Phoredox 法²⁾は、日本国内では最も 一般的な生物学的同時脱窒脱リン法である。本報では修正 Phoredox 法を従来型同時脱窒脱リン法と称することにす る。この従来型同時脱窒脱リン法による窒素、リンの除去 原理は前報に詳しく記載しているが、再度ここに簡単に述 べておく。生物学的同時脱窒脱リン法は、循環脱窒法と生 物学的脱リン法とを組合せた方法で、硝化菌、脱窒菌、リ ン蓄積菌の働きを有効に活用して、薬品の添加なしに窒 素、リンを除去しようとするものである。このプロセス は、嫌気槽、脱窒槽、硝化槽、沈殿槽で構成され、窒素除去 とリン除去はそれぞれ次のようにまとめることができる。

1) 窒素除去





Fig. 1 Modified Phoredox process for nitrogen and phosphorus removal

もしくは NO_2-N ($NO_3-N \ge N_2-N$ の合量を以下NOx-N と表す) に硝化される。硝化液は脱窒槽に循環返送され, 嫌気条件で脱窒菌により N_2 ガスに還元され大気中に放散 除去される。還元反応では有機炭素を必要とし,有機炭素 として原水のBOD成分が使用される。

2) リン除去

嫌気条件と好気条件の履歴によってある種の菌は細胞内 にリンを過剰に取込む能力を有するようになり,汚泥中の リン含有率も3~8%に増加する。リン含有率の高い汚泥 を余剰汚泥として系外に引抜くことでリン除去が達成され る。嫌気槽では汚泥細胞からリンが放出され,硝化槽ではリ ンの過剰摂取により,放出した分以上のリンが摂取される。

従来型同時脱窒脱リン法により,第2図に示す回転円板 併用式実験装置を使用して,団地下水を対象として実験を 行ない,以下に示す処理に関する諸因子を見出した。

1.1 窒素除去に関する処理因子

窒素除去については、各種報文³⁾ で処理因子が報告され ているが、われわれは特に同時脱窒脱リンプロセスにおい て重要となるDOの影響を詳細に検討した。

1) 硝化槽内DO

硝化槽のDO設定値によって、 NH_4-N 除去量はある程 度制御できる。第3図に硝化槽内DOをパラメーターとし た、 NH_4-N 負荷と NH_4-N 除去量との関係を示す。DO の制御範囲は $2mg/\ell$ 以下で有意差が生じ、 $2mg/\ell$ 以上で



Fig. 2 Flow sheet of the combination system of RBC and activated sludge



はほぼ完全硝化となる。同一負荷でDO 値 $0.5\sim1.0 mg/\ell$ と $2.0\sim3.0 mg/\ell$ では $20\sim40\%$ の NH_4N 除去量の差が生じる。またDOが低い場合好気性脱窒が生じる。

2) 脱窒槽内DO

脱窒槽では、循環液による持込みDOが多い程 NOx-N 除去率は低くなる。これは、DOによる有機物消費のため NOx-N 除去に必要な有機物量が不足するということに起 因する。したがって、硝化槽のDOはできるだけ低くする のが望ましい。

1.2 リン除去に関する処理因子

生物学的リン除去は,汚泥のリン過剰摂取作用によるものであるが,リン過剰摂取は嫌気槽でのリン放出工程が大きな要因となる。

1) 嫌気槽内リン放出量

第4図にリン放出量とリン摂取量との関係を示すが,好 気槽でのリン過剰摂取量は,嫌気槽でのリン放出量が大き い程大きいといえる。嫌気槽でのリン放出量は有機物負荷 が高い程大きくなる。リン放出の際,有機物は汚泥細胞内 に取込まれ,有機物をT-CODで表わした時,リン放出量 と取込み T-COD 量の割合は約1:5である。

2)水 温

第5図に、水温とリン摂取量との関係を示す。リン摂取 は、水温に大きく影響され、リン摂取量 K_{pt} は次式で表 わすことができる。

 $K_{pt} = 3.741 \theta^{T-20} \ (\theta = 1.112)$

以上のような同時脱窒脱リン処理における,基本的な諸 知見を得るとともに,いくつかの問題点も見られた。

1.3 従来型同時脱窒脱リン法のポイントと問題点

従来型同時脱窒脱リン法による実験で,以下の点が判明 し,新たな開発のための指標となった。



第6図 従来型同時脱窒,脱リン法試験結果



Time (days)

- 1) 硝化液の循環量を増大させ、脱窒槽での脱窒量を増大 させるとP過剰摂取機能が弱まる傾向にある。
- 2) 原水中の有機物濃度が高ければ, 窒素, リン除去は安定している。
- 3) 好気性槽のDOを低めに設定すると,好気性脱窒量を 高めることができ,リン除去量も高くすることができる。
- 4) 第6図に示すように、水質経日変化をみると、処理水 の窒素は比較的安定しているが、処理水のリンに大きな 変動がみられる。

2. リフォーナイトシステムへの展開

1.3 項に示した,従来型同時脱窒脱リン法の問題点全て に共通するのは,窒素,リン除去においてはそれぞれ有機 物を必要とし,有機物の量によって窒素,リンの除去率が 左右されるということである。そこで,窒素,リン除去に 必要な有機物の量をまず把握し,次に最適な処理法の検討 を行なうこととした。

2.1 リン過剰摂取に必要な有機物量

窒素については数多くの研究が行なわれており、一般的 に除去NOx-N当り約3倍のBODが必要とされている。³⁾ リンについては、同時脱窒脱リン法ではリン過剰摂取に 必要な有機物量を数値的に示された報告例はなく、生物脱

リン法において汚泥増殖量と汚泥中のリン含有率からリン 除去量を求める次式⁴⁾が示されている程度である。

 $\Delta P = \Delta BOD \cdot Y \cdot Px$

- ⊿P :除去されたリン (mg/ℓ)
- ⊿BOD:除去された BOD(mg/ℓ)
- Y :除去 BOD に対する汚泥転換率
- Px :汚泥のリン含有率

生物学的脱リン法では、有機物量がリン除去に大きく影

第1表 N槽内P摂取に必要な基質濃度呈示式

 Table 1
 Equation of necessary substrate concentration for phosphate up-take in nitrification tank

| $Sbp=(Sbi-\Delta Sbs)/(1+r+n)$ | (1) |
|--|---------------------|
| | DO_N $\cdots (2)$ |
| $PS = (P_{ANe} - P_{ANi}) \cdot (1 + r) / (1 + r + n)$ | •••••(3) |
| $PU=(P_{Ni}-P_{Ne})$ | $\cdots (4)$ |
| $\Delta P = (PU - PS) \cdot (1 + r + n)$ | •••••(5) |
| | |

- Sbp : biodegradable substrate conc. carried in N tank (calculated on N tank base) (mg/ℓ)
- Sbi : biodegradable influent substrate conc., following equation (calculated on feed water base) (mg/ℓ) Sbi=0.85•T-COD-7
- ⊿Sbs: biodegradable substrate conc. used in AN and DN tank for NOx-N and DO removal (calculated on N tank base) (mg/ℓ)
- PS : phosphorus conc. released (calculated on N tank base) (mg/ℓ)
- PU : phosphorus conc. up-taken (calculated on N tank base) (mg/ℓ)
- $\varDelta P$: phosphorus conc. luxury up-taken (calculated on feed water base) (mg/\ell)
- m₁ : NOx-N removal const. r : sludge recycle ratio
- m_2 : DO removal const. n : mixed liquor recycle ratio additional subscript AN : anaerobic tank i : influent

N : nitrification tank e : effluent

響することは上式でもわかるが, 窒素除去を含む生物学的 同時脱窒脱リン法では NOx-N やDOによって消費される 有機物量も考慮しなければならない。

我々は、これを考慮した有機物量として、硝化槽流入有 機物濃度でリン過剰摂取との量的関係を表わすことができ ると考えた。硝化槽流入有機物濃度(Sbp)を第1表に示 す一連の計算式より算出し、Sbpとリン放出やリン摂取と の関係を求めることにした。⁵⁾

硝化槽に持込まれる 有機物量 は, 原水中の 生物分解性 有機物量 (Sbi) から嫌気槽および脱窒槽で, DOの 消費 や NOx-N の除去の際に使用された有機物量 (*d*Sbs) を差 し引いたものと定義する。Sbp はこの有機物量を全流入水 量で除したものであり, 硝化槽流入水の溶解性有機物濃度 と, 汚泥内基質の合計を表わすものとも言える。

第7図は、有機物をCODで表わして、嫌気槽でのリン 放出濃度PS,硝化槽でのリン摂取濃度PU、およびリン 過剰摂取濃度 *dP* をそれぞれ Sbp との関係で表わしたもの である。第7図から、Sbp が増加すると、結果としてPS およびPUは高くなり、*dP* も大きく、リン除去が達成され るといえる。そして、過剰摂取に必要な Sbpは10 mg/ℓ以



上であり、下水を対象とした時処理水リン濃度を0.5mg/ℓ 以下にするには Sbp は25mg/ℓ以上必要であるといえる。

2.2 最適処理法の検討

窒素,リン除去で必要な有機物を量的に把握することが できた。しかし,排水の種類によってBOD/N/P比が定ま り,窒素,リン除去に必要な有機物は必ずしも十分に存在 しているとはいえない。したがって,限られた有機物量 で,高い窒素,リンの除去率を得るためには,違った角度 からプロセスを見直し,有機物を有効に利用する方法を考 えなければならない。この観点からの検討の結果,**第8図** に示すような原水分注方式と嫌気槽と脱窒槽の並列的配置 という処理フローの改良を試みた。この処理方法はのちに ^{*}リフォーナイト[®]、システムと命名した。

k

リフォーナイトシステムの2大特徴である,原水分注方 式と,嫌気槽と脱窒槽の並列的配置は以下の論拠に基づく ものである。リフォーナイトシステムでは,硝化槽を好気 性槽という名称に変更したが,これは,好気条件では硝化 だけでなく,リン過剰摂取が行なわれること,および従来 型と区別して特徴づけることによるものである。

1) 原水分注方式の意義

◎窒素,リンの除去に対して,それぞれ適切な量の有機 物を注入することにより,目標除去率を設定でき管理が 容易となる。

◎原水分注方式によって,嫌気槽の汚泥濃度を高めるこ とができ,その分 P 放出量が増大し,結果的に好気性槽 でのリン過剰摂取量の増大が期待できる。また滞留時間 を長くとることができ,水量負荷変動に対しても安定化 をはかることができる。

2) 嫌気槽と脱窒槽の並列的配置の意義

◎処理水の 変動 は窒素 よりもリンの方に 顕著に現われ る。これは流入水質の変動による影響が大きいと考えら れるが、 嫌気槽から 好気性槽に 直接流入させる ことに





第9図 リフォーナイトシステム試験結果

- Fig. 9 Daily variations in N and P concentrations in REPHO-NITE system
- 第2表 処理成績例

Table 2 Experimental conditions and results

| | | | REPHONITE System |
|------------|------------------------|----------------------|------------------|
| Influe | ent flow rate | (m ³ /d) | 4.5 |
| Sludg | e recycle ratio | () | 0.5 |
| Mixed | l liquor recycle ratio | () | 1~2 |
| Feed | ratio | (AN:DN) | 1:1 |
| ion me | Anaerobic tank | (h) | 1.0 |
| tent ti | Denitrification tank | (1/) | 2.5 |
| Ď | Aerobic tank | (#) | 7.0 |
| T-N | Influent | (mg/ℓ) | 30~40 |
| | Effluent | (∥) | 5~10 |
| тр | Influent | (//) | 4 ~ 5 |
| II | Effluent | (//) | 0. 3~0. 5 |
| BOD | Influent | (//) | 160~200 |
| вор | Effluent | (//) | 10 |
| 99 | Influent | (//) | 130~180 |
| 55 | Effluent | (//) | 15 |

より,リン除去に必要な有機物量を安定確保でき,リン 除去率も安定しやすい。

◎嫌気槽でリンを放出した汚泥は,脱窒槽を経ずに直接 好気槽に流入する方が,嫌気 --- 好気のストレスが高ま り,リン過剰摂取機能が高く維持できる。

- 3. リフォーナイトシステムによる処理実験
- 3.1 リフォーナイトシステム処理成績



Fig. 10 Flow chart of REPHONITE system

第2図に示した回転円板併用式実験装置をリフォーナイ トシステムに改造した。団地下水を対象とした実験の処理 条件および処理成績を第2表に,処理水質の経日変化を第 9図に示す。処理水質としてT-N5~10mg/ℓ, PO₄-PO.3 mg/ℓ以下の水質が得られた。また第9図に示すように実 験期間中処理水質は低い値で安定した。第9図に示した水 質の値は,一定流量処理条件下におけるコンポジットサン プルの測定結果である。団地下水等では,1日の各時刻の 流入汚水量および流入水質は一般に午前と午後に2つの大 きなピークをもったパターンを示し,実処理施設では流入 水の負荷変動に応じて処理水質も変動する。したがって負 荷変動対策についても検討する必要がある。

4. リフォーナイトシステムにおける制御実験

リフォーナイトシステムは従来型同時脱窒脱リン法に比 べると安定した窒素,リンの除去ができるが,流入水の大 きな負荷変動には対処できず,処理水質に変動が生じる。 この負荷変動に対して安定した処理水質を得ることを目的 として,DO制御,返送汚泥量制御および循環液量制御を 試みた。これら各制御の目的は次の通りである。

1) DO制御

循環液からの脱窒槽への持込みDOをできるだけ少なく し, NOx-Nの除去率を高めると同時に好気性槽での好気 性脱窒量を多くするため,好気性槽のDOを1~2 mg/ℓの 低い値に一定制御する。処理効果の面以外に,曝気動力の 低減化も目的としている。

2) 返送污泥量制御

好気性槽のNH₄-N-MLSS負荷が一定になるよう,返送 汚泥量制御によって,負荷変動に応じて好気性槽のMLSS 濃度を変化させる。返送汚泥量は,負荷洗入時に直接対応 させて制御する。

3) 循環液量制御

好気性槽の処理水の NOx-N 濃度が一定となるよう,流入負荷の高い時に循環液量を増加させ,負荷の低い時は減少させる。循環液量は負荷流入時より数時間の遅れをもたせて制御する。

4.1 実験装置

実験はベンチスケールテスト装置により、模擬排水を使 用して行なった。テスト装置は生物反応を行なう処理装置 と各種制御を行うコントローラから構成される。

S V 3 : excess sludge waste valve



1) 処理装置

第10図に処理装置のフローシートを示す。処理装置は嫌 気槽,脱窒槽,好気性槽および沈殿槽で構成され,槽容量 はそれぞれ5.2ℓ, 10.5ℓ, 32.2ℓ, 21ℓ(有効容量)である。 嫌気槽と脱窒槽は密閉構造で,2槽仕切となっており,そ れぞれの槽に撹拌機を設けている。好気性槽は4槽仕切と なっており,それぞれの槽に多孔散気管と撹拌機を設けて いる。好気性槽の撹拌機は,DO制御においてエアポンプ のON/OFF 動作を伴なうため,低風量時の汚泥の沈降を 防止し,混合接触を常時行なうようにするため設けてい る。原水ポンプにはパルスポンプを,返送汚泥ポンプと循 環ポンプにはローラポンプを使用し,空気供給はエアポン プを使用した。

2) コントローラ

コントローラのシステムブロック図を第11図に示す。本 システムの特徴は、1台のパーソナルコンピューターで制 御、データの入出力、データ処理、CRTオペレーション 等を実現しているところにある。これはパーソナルコンピ ュータ内蔵のリアルタイム割込みを有効に利用した、リア ルタイムモニタの製作によって可能となった。コントロー ラは以下の各機器から構成されている。

• C P U (PC8800 mk **I** model 30 : NEC)

- 入出力インターフェースボード(PIO 8/16:コンテック)
- 。AD変換ボード(ADC 8/12:コンテック)
- 高解像度カラーCRTディスプレイ(PC-8058:NEC)
- ○ドットプリンタ (PC-8024:NEC)

4.2 実験条件

流入負荷変動は、団地下水の流入負荷変動パターンに類 似した変動パターンを与えた。変動パターンは12時間1サ イクルとしてこれを連続して与えた。原水には第3表に示 すような成分と水質からなる、高濃度原水と低濃度原水の 2種類の模擬排水を作成して用いた。

この2種類の原水の混合比によって,流量と濃度が決定 され,流量と濃度の設定はコントローラで行なわれる。以 下の各制御実験における流入負荷条件は全て同じとした。 この流入負荷条件を第4表に示している。分注条件も各制 御実験を通じて同一とし,嫌気槽と脱窒槽への分注比は1 :1とした。

4.3 制御方法

コントローラは**第12図**に示すように各種の機能を備えて いるが、処理実験におけるコントローラの主な制御は負荷 変動量制御,DO一定値制御,返送汚泥量制御および循環液 量制御である。それぞれの制御方法は以下の通りである。

1)負荷変動量制御

時間毎の流量と濃度をあらかじめ12時間分プログラム設定しておく。高濃度および低濃度に調整した2種類の原水を用いて、原水切換弁 RV₁, RV₂の切換動作と、原水ポンプのパルス周期切換によって、流量と濃度が制御される。

2) 原水分注制御

原水の分注は分注弁 DV_1 , DV_2 の切換によって行なわ れる。分注弁の切換は、嫌気槽と脱窒槽にそれぞれ同じ濃 度の原水が設定した分注比で注入されるよう、原水切換弁 の動作と関連して行なわれる。

| Composition | Dos High conc. | sage Low conc. | Water | quality | Concer High conc. | tration Low conc. |
|---------------------------------------|----------------------|----------------------|------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Glucose (g/100ℓ) | 21 | 8.4 | BOD | (mg/ℓ) | 320 | 128 |
| Peptone (1/1) | 21 | 8.4 | COD | (//) | 163 | 66 |
| $(\mathrm{NH}_4)_2\mathrm{SO}_4$ | 23.5 | 9.4 | T-N | (11) | 92.5 | 37 |
| NaHCO ₃ (1/1) | 21 | 8.4 | NH4-N | [(//) | 50 | 20 |
| KH ₂ PO ₄ (1/1) | 3.5 | 1.4 | T-P | (#) | 9.8 | 3. 9 |
| $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (1/) | 10. 5 | 4.2 | PO4P | (∥) | 8.0 | 3. 2 |
| $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ | 5.25 | 2.1 | BOD:T- | N:T-P= | =1:0.2 | 9:0.03 |
| NaCl (1/) | 4. 75 | 1.9 | 赤 3 衣 Table 3 | 候艇排/J Composi syntheti | い成分 ition of c waste | と水質 water |

第4表 制御実験における原水流入条件

 Table 4
 The condition of raw water feed at control examinations

| Time | Flowrate (ℓ/h) | $\begin{array}{c c} T-N & Conc. \\ (mg/\ell) \end{array}$ | T-P Conc. (mg/ℓ) | BOD Conc. (mg/ℓ) |
|-------|-------------------|---|--------------------------|-----------------------|
| 0:00 | 2.7 | 55.8 | 5.87 | 192.2 |
| 1:00 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| 2:00 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| 3:00 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| 4:00 | 4.0 | 65.1 | 6.88 | 225.3 |
| 5:00 | 5.4 | 82.6 | 8.73 | 286.0 |
| 6:00 | 6.9 | 83. 5 | 8.83 | 289.2 |
| 7:00 | 8.2 | 86.1 | 9.11 | 298.3 |
| 8:00 | 6.4 | 75.5 | 7.24 | 237 |
| 9:00 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| 10:00 | 4.4 | 63.4 | 6.70 | 219.4 |
| 11:00 | 11 | 11 | 11 | 11 |

3) DO一定值制御

好気性槽に設置した DO センサーの DO 値を入力とし て、ディジタルPID制御を行なう。PID演算により出 された ON/OFF パルスにしたがい、エアポンプの時間比 例制御を行なう。

4) 返送污泥量, 循環液量制御

設定した負荷変動パターンに基づいて、計算式により時間毎の必要な量の返送汚泥量と循環液量を算出する。算出した値に基づいて返送汚泥量および循環液量をあらかじめ プログラム設定する。設定された値に対して、DCモータのPWM制御(パルス幅変調制御)を行ない、返送汚泥 量、循環液量を制御する。

4.4 制御実験結果

1) 非制御実験結果

制御実験に先立ち,負荷変動による処理水質への影響を 調べるため,制御を含まない負荷変動だけの実験を行なっ た。この結果を**第13図**に示す。流入負荷量変動の影響は, 流入時から数時間の遅れで処理水側に現われており,流入 負荷変動により処理水の窒素,リン濃度は大きく変動する といえる。好気性槽のDOも同様に負荷流入時から,数時 間の遅れをもって現われ,DO0.5~4.5 mg/ℓの間で変動 している。

2) DO制御の効果

好気性槽のDOを1mg/ℓ, 2mg/ℓ, 3mg/ℓ に制御し てそれぞれ実験を行なった。各DO制御実験の処理結果を 第14図に, DO制御応答結果を第15図に示す。







第14図 DO制御試験結果

Fig. 14 Variations in N and P concentrations of AE tank effluent (DO control)

制御DO値1mg/ ℓ の処理結果は、 $2 mg/\ell$ 、 $3 mg/\ell$ に 比べて処理水 PO₄-P, NH₄-N 濃度が高くなっている。こ れはDOの影響よりむしろ,混合撹拌強度の不足による生 物反応効率の低下という,実験装置上の問題と考えられる。

DO 制御値 $2 mg/\ell \ge 3 mg/\ell$ での処理結果を比較する と、リンについてはほとんど同じであるが、窒素について は、NH₄-NはDO $3 mg/\ell$ の場合が低く、T-N は逆にDO $2 mg/\ell$ の場合が低くなっている。これはDO $2 mg/\ell$ の方 が脱窒槽での NOx-N 除去率が高いこと、好気性槽での好 気性脱窒量が大きいためである。

第14図のDO 制御値 2 mg/ℓ と 3 mg/ℓ の結果と,**第10** 図のDO非制御結果を比較すると,負荷変動の高い時から 3~4時間後の処理水 PO₄-P,NH₄-N濃度に差が生じてお り,DO制御した方が低い値となっている。

これは高負荷時における酸素供給量の差によるもので, DO非制御の場合は酸素供給が不足するが, DO制御の場 合は常に必要量が供給されているといえる。

DOの制御方法に関しては、実験の範囲では特に問題な く第15図に示すように安定して制御が行なわれた。図中の エアポンプ稼動率は、連続運転時を100%として、ON/OFF 運転時の実際に運転された時間の割合を示すものである。



第15 図 DO制御応答結果 Fig. 15 DO control response



制御因子 control factors · 原水負荷量 · loading feed • 返送汚泥量 · sludge recycle feed • DO · DO in AE tank 第 16 図 返送汚泥制御試驗結果

Fig. 16 Variations in N, P and DO concentrations of AE tank effluent (Sludge recycle control)

DO1mg/ℓ, 2mg/ℓ, 3mg/ℓ 制御時の12hr の平均稼動 率を求めると,それぞれ23.9%,30.9%,45.5%となり,設定 DO値により,この値の差分の動力が節減できると言える。

3) 返送汚泥量制御の効果

DOを一定制御し(2 mg/ ℓ), 返送汚泥量を負荷変動量 に対応させて制御した。第16図に実験時の水量変動パター ンと,処理結果を示す。返送汚泥量制御によって,負荷の 高い時間帯のMLSS濃度を高めることができ,その結果基 質,MLSS負荷が一定化され,処理水のPO₄-P,NH₄-N 濃度も安定化している。処理水T-N 濃度はNH₄-NがNOx -N に変換されるだけでDO 制御時と変わっておらず,10 ~14.5 mg- ℓ と変動している。

4) 循環液量制御の効果

DO一定制御(2mg/ℓ)と返送汚泥量制御とともに循環 液量を負荷流入時より4Hrの時間遅れをもたせて制御し た。4Hrの遅れは,流入負荷が,嫌気槽,脱窒槽を経て好気



制御因子 control factor
 ・ 原水負荷量・loading feed
 ・ 返送汚泥量・sludge recycle feed・DO
 ・ DO in AE tank
 第 17 図 循環液量制御試験結果

Fig. 17 Variations in N, P and DO concentrations of AE tank effluent (Mixed liquor recycle control)

性槽に到達し、その後好気性槽内の平均水質となるまでの 時間を考慮したものである。第17図に実験時の水量変動パ ターンと処理結果を示す。循環液量制御によって、処理水 の PO_4 -P, NH_4 -N が安定化するとともにT-N も NOX-N 除去量の増加により 9.8~11.9 mg/ ℓ と 返送汚泥量制御時 より安定化されている。

5. 負荷変動の推定による制御の検討

実験により、DO制御、返送汚泥量制御、循環液量制御の有効性を確認できたが、今回の制御方法は既知の流入負荷量に基づいて、返送汚泥量や循環液量を制御したもので完全な制御とは言えない。完全な自動制御を目標として検討を行ない、活性汚泥の比酸素消費速度 Kr (mg-O₂/g-MLSS・h)と流入汚水量によって、流入負荷量を推定し、さらに計算によって返送汚泥量、循環液量を決定する方法を考えた。(特許申請中) この方法については、今後さらに検討を行なっていく予定である。

6. むすび

窒素,リンの排出規制が検討される時期に際して,経済 的で効率的な窒素,リン除去技術の開発が急務となってい る。リフォーナイトシステムはこれらの要求に十分答える ことのできる技術である。負荷変動等の外乱に対し,処理 の安定化を図ることを目的として各種制御運転を実施し, 処理に対する有効性を確認した。今後は,実装置規模での テストを実施し,より効果的,より実用的なリフォーナイ ト制御システムを開発していく所存である。

参考文献

- 1)野中信一ほか:神鋼フアウドラー技報, Vol. 27, No.3 (1983)
- 2) Marais G. V. R ほか: Review, IAWPR Post conference seminar on Phosphate removal in biological treatment process (1982)
- 3) 八木橋一郎ほか:下水道協会誌, Vol. 18, No. 207 (1981)
- 4) 稲森悠平ほか:用水と廃水, Vol. 24, No. 10 (1982), p. 3
- 5) 小林哲男ほか: 化学工学シンポジウムシリーズ4 *排水処 理技術の最近の動向。(1984). p. 52

ビッカーブ社製プレート式熱交換器の概要 (第一報)

Presentation of VICARB Plate Heat Exchanger (1)

冷却塔生産部 技術課 岩 崎 昭 Akihiko Iwasaki

> 八 木 Takashi Yagi

彦健

Shinko-Pfaudler has started marketing of plate heat exchanger manufactured by world-famous Vicarb of France. This paper describes the product in 2 installments, dealing with the subjects of theory, structure and descriptive account of the product in the first installment and of installation, dismantling and assembly in the second installment.



写 真 1 プレート式熱交換器 Photo.1 Plate Heat Exchanger

当社はこのたび世界的な製造実績を誇るフランス・ビッ カーブ社製プレート式熱交換器の販売を開始しました。本 稿では第一報として,このプレート式熱交換器の性能的な 基本理論,構造の説明を行い,第二報にて据付・分解・組 立方法を詳説します。

1. まえがき

プレート式熱交換器は波状のリブをもつ伝熱プレートを ガスケットを介して重ね合わせ、プレート間交互に流体を 通して熱交換を行うもので、その構造上の取扱いの容易 さ、熱交換性のよさおよび経済性の点等大きな利点があり 広範囲に使用され、ビッカーブ社はこの分野で世界有数の 実績を誇っています。本稿はこのビッカーブ社プレート式 熱交換器の性能についての基本理論、構造について説明し ます。

プレート式熱交換器(略称 "PHE")の選定 基準

PHEの型式選定に必要な総括伝熱係数は、与えられた 仕様条件から一義的に決定されるものではなく、プレート に接触して流れる流体の速度で変化する境膜伝熱係数, プ レート肉厚, プレートの熱伝導率, 汚れ係数によって求め られます。従って各種のプレートおよび流路構成について 与えられた仕様に合致する型式選定を行い最適の型式をそ の中から選びだすためにはコンピュータ計算が不可欠とな ります。

2.1 熱 収 支

$$Q = q_1 \cdot c_1(t_{o1} - t_{s1}) = q_2 \cdot c_2(t_{s2} - t_{o2})$$

ここに Q:熱量 kcal/h
q:流量 kg/h
c:比熱 kcal/kg・°C
 $t_o: 入口温度$ °C
 $t_s: 出口温度$ °C
添字1は被冷却側の,2は冷却側の流体を示
します。

2. 2 对数平均温度差(*dt*m)

| t _{e1} | $\rightarrow t_{s1}$ | <i>4</i> t | ⊿t₀ | $h - \Delta t_{fr}$ |
|---------------------|----------------------|-------------------|---------|---------------------|
| $t_{s2} \leftarrow$ | $-t_{e2}$ | | I. | Δt_{eh} |
| Δt_{ch} | Δt_{fr} | _ | 11 | Δt_{fr} |

 $CCK \Delta t_{ch} = t_{e1} - t_{s2}$ $\Delta t_{\rm fr} = t_{\rm s1} - t_{\rm e2}$ 2.3 伝熱画積 $S = Q/K \cdot \Delta t_m \cdot F$ m^2 ここに S: 伝熱面積 K:総括伝熱係数 kcal/h·m²·°C F:補正係数 2. 4 総括伝熱係数 $\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{e_o}{\lambda_o} + R_1 + R_2$ ここに α:境膜伝熱係数 kcal/h·m²·°C e_o: プレート肉厚 m **ふ**: プレトの熱伝導率 kcal/h•m•°C m²·h·°C/kcal R:汚れ係数 ・汚れ係数Rは通常、PHE用として下記の値を用い ます。 ・海 水:5×10-5 m²•h•°C/kcal ・特に汚れた河川水:8×10⁻⁵ m²・h・°C/kcal •河川水:4~6×10⁻⁵ m²·h·°C/kcal m²•h•°C/kcal ・軟 水:2×10-5 ・飲料水:1×10-5 m²•h•°C/kcal 2.5 境膜伝熱係数 $N_u = a R_e {}^b P_r {}^c \frac{(\mu)^{0.14}}{(\mu_p)}$ および $N_u = \frac{\alpha d}{\lambda}$ ここに a, b, c: プレートの形状による特性定数 0.1 < a < 0.35 *µ*; 流体の粘度 0.65<b<0.75 μp;プレート壁温度にお 0.33< c <0.40 ける流体の粘度 R_e: レイノルズ数(無次元); 流体のある流量 および流速での特性値 Nu: ヌッセルト数(無次元);熱伝達特性値 d:水力学的直径=プレート間隙の2倍。 Pr: プラントル数 λ:流体の熱伝導率 (kcal/h・m・°C) 2.6 圧力損失 $\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2$ ここに ΔP_1 : プレート内圧損。すなわち動的損失で あり,流速の2乗に比例します。 4P1 が高くなればなる程Kは大きくなりま す。 △P2:分配とノズルによる圧損。プレート枚 数の2乗に比例します。 圧損は極力小さくとどめるべきです。 2.7 熱移動単位数(NTU) $NTU = \frac{KS}{E} = \frac{t_{e1} - t_{s1}}{E}$ F•⊿t_m qc このNTU値は熱伝達の難易度を示し、この値が大きい 程,熱交換はより困難となります。 t_{e1}:70°C → t_{s1}:30°C (高温側) 例えば t_{s2}:68°C ← t_{e2}:28°C (低温側) $\Delta t_{ch}: 2^{\circ}C \qquad \Delta t_{fr}: 2^{\circ}C$ $\therefore \Delta t_m = 2^{\circ}C, t_{e1} - t_{s1} = 40^{\circ}C, NTU = \frac{40}{2} = 20$ 通常プレートはそのパス数で決る NTU 値を有してお

り, 伝熱面積 2 m² のプレートではNTU=3~4, 1m² の プレートではNTU=2~3です。

この例に於ては2m²のプレートで6パスを必要としま す。

- 2.8 パス数の概念
 - N:全プレート枚数

N-2:実質的に熱交換に関与するプレート枚数

N-1:間隙数

 $\frac{N-1}{2}$: 流体ごとの間隙数

- -S₀:間隙の断面積
- S :間隙の総断面積

Sの値を非常に大きくとると, 流速は伝熱係数と同様に 小さくなります。この様な場合は複数パスの循環を考慮す る必要があります。

n :パス数。1パス当りの断面積はS/nとなります。

標準PHEの仕様

添付のデータシートで**第1表**はコンピュータにインプッ トすべきデータであります。**第2表**はコンピュータにより アウトプットされるデータであり,選定されたPHEの仕 様諸元を示します。

第1表 熱交換器データシート

Table 1 Data sheet for heat exchangers

| Performance | Unit | Side-1 | Side-2 |
|--|--------------|--------|--------|
| Fluid Circulated | | | |
| Inlet Flow Rate(Liq.) | kg/h | • | |
| (Vap.) | kg/h | | |
| (Tot.) | kg/h | | |
| -Condensed Vapour | kg/h | | • |
| -Sprayed Liquid | kg/h | | |
| -Steam | kg/h | • | |
| -Non Condensables | kg/h | | |
| Liquid | | | |
| -Specific Weight | kg/dm³ | | |
| -Specific Heat | kcal/°C kg | | |
| -Thermal Conductivity | kcal/h•m•°C | | |
| -Dynamic viscosity -Vapour-non Condensables -Molecular Weight | Centipoise | | |
| -Specific Weight | kg/m³ | | |
| -Specific Heat | kcal/°C•kg | | |
| -Thermal Conductivity | | | |
| -Dynamic Viscosity | | | |
| -Latent Heat | | | |
| Temperature In | °C | | |
| Out | °C | | |
| Inlet Pressure | kg/cm² gauge | | |
| Limit Pressure Drop | kg/cm² | | |
| Fouling Factor | m²∙h∙℃/kcal | | |
| Heat Exchanged | kcal/h | | |
| LMTD | °C | | |

第2表 熱交換器データシート

Table 2 Data sheet for heat exchangers

| Performance | Unit | Side-1 | Side-2 | | |
|-------------------------|---------------|--------------|--------|--|--|
| Definition of The Unit | t: Number of | Exchangers : | | | |
| | Overall Sur | face : | | | |
| Nh Circuits in Parallal | | | | | |
| Nb. of Exchanger in | | | | | |
| Series Per | | | | | |
| Circuit | | | | | |
| Definition of One Hea | t Exchager | | | | |
| Туре | | | | | |
| Correction on LMTD | | | | | |
| Transfer Rate | kcal/h•m²•C | | | | |
| Calculated Surface | m² | | | | |
| Surface Area Per Exch. | m² | | | | |
| Surface Area Per Plate | m² | | | | |
| Number of Plates | | | | | |
| Construction Data Per | Heat Exchange | er | 1 | | |
| Distance Batter | | | | | |
| Plates | mm | | | | |
| Number of passes | | | | | |
| Velocity | m/s | | | | |
| Pressure Drop | kg/cm² | | | | |
| Working Pressure | kg/cm² gauge | | | | |
| Design Pressure | 11 | | | | |
| Test Pressure | . 11 | | | | |
| Design Temperature | °C | | | | |
| Connections | | | | | |
| Position: In/Out | | | | | |
| General Dimentions | <u> </u> | | I | | |
| Fluid Volume Testa | ρ | | | | |
| Weight Dry | E I | | | | |
| Weight Flooded | kg lr~ | | | | |
| Overall Width | ĸg | | | | |
| Overall Length | , mm , , | | | | |
| Overall Height | 11 | | 1 | | |
| Plate Thickness | 11 | | | | |
| Size A Min /May | " | | | | |
| Size B Min./Max. | " | | 1 | | |
| Size C | | ÷ | | | |
| Size D | 11 | | | | |
| Materials | | | | | |
| Plates | | | | | |
| Connections | | | | | |
| Gaskets | | | | | |
| | | | | | |

4. 標準構造のPHE仕様

- 4.1 フレーム
- ・固定フレームおよび移動フレームは強固な厚鋼板製です。
- ・上部ガイドバーは 固定 フレーム および ガイドバーサポ ート上に設置されており, プレートを懸吊支持すると共 に, プレートの洗浄の際, プレートの取外しおよび再取 付けを容易にします。
- 下部ガイドバーは、プレートを定位置に保持するものであります。
- タイロッドは熱交の全周に等間隔に付いており、固定フレームと移動フレーム間のプレートを締付調整します。
 確実な熱交の組立には油圧による締付方法を採用しております。
- ・組立完了後は、フレームに塗装またはエナメルコーティングを施します。
- 4.2 プレート
- ビッカーブ社のプレートには3種類の波形形状があります。
- (1) HKタイプ:このタイプはプレートの長手方向に垂直の波形をもった型式で、さらに流路方向に平行に突起が並んでおり、この突起が、隣接するプレートをサポートしています。これらの突起の数と位置は、各プレートのみならず熱交全体が最適な強度を保つ様設計されています。
- (2) FPCタイプ:このタイプは、プレートの長手方向 に平行の波形をもっています。突起はHKタイプとよ く似ていますが、ほとんど垂直です。
- (3) CHタイプ:このタイプは、ヘリングボーン状の波 形を有しています。二つの波形の間にあるプリッジの 数は HK タイプ 及び FPCタイププレートよりも多 く、高圧力差に耐えることができますが、閉塞の傾向 が若干強くなります。
- ・HKタイプと傾斜角度の緩い波形を使ったCHタイプ は、高い熱伝達率を取れますが圧損は高くなります。
- ・FPCタイプと傾斜角度の鋭い波形を使ったCHタイプ は熱伝達率は低くなり圧損も低くなります。
- HKタイプとFPCタイプは同一フレーム内に組み込み 可能であります。
- ・CHタイプでは、傾斜角度の異なるプレートを、同一フ レーム内に組み込み可能であります。
- ・ビッカーブ社は、プレス可能な全ての金属又は合金のプレート、例えば、ステンレス、チタン、0.2%パラジウム入りチタン、ハステロイB,C,G、タンタル、アルミニウム合金、キュプロニッケル、キュプロアルミニウム、ニッケル合金、モネル、インコネル、フエラリウム、インコロイ825、カーペンター20、等々で製作可能であります。
- 4.3 ガスケット
- ・ほとんどのガスケット用材質として、多種多様の合成ゴムを使用することが可能です。例えば、ニトリル、エチレン、プロピレン、ブチル、ブチル系樹脂、バイトン等々。
- ・ガスケットは石綿でも製作可能であります。



Fig. 1 Specifications of Standard Structural Members

- ・これらのガスケットを扇状のエッジにそって溝に正確に 取り付けます。接着の際は、特殊工具は不要であり、ユ ーザーにて、容易に接着可能であります。
- •数年間の運転後でも、ガスケットは取外し、また再使用 可能であります。
- 4.4ノズル
- ・流体はノズルを通り、フレームに接触することなく第1 番目のプレート開口部から最後列のプレートへと流れます。ノズルはプレートと同材料で製作されています。
- 5. 設計および使用上の留意点
- 5.1 プレート
 - a) プレート間へ流体を通さないプレートの開口部は、
 その周囲をガスケットにより十分シールし、開口部は
 大気開放となっています。
 - b) 隣接する交互のプレート間には、金属接触部が多点 接触となるように設計上配慮されています。
 - c) プレートは上部ガイドバーでサポートされ、小溝を 付けた ボトムバーは ガイドの 役目に 使用されていま す。
 - d) 両端のプレートは、入口および出口の流体をシール するため、固定フレームと移動フレームに密着して取 付けます。

5.2 固定フレームと移動フレーム

- a) 1パス向流型PHEには全て固定フレームにノズル 接合部が設けられています。
- b) フレームの全周にはタイロッド用穴が等間隔に配分 されています。
- c) 移動フレームはローラーを介して、上部ガイドバー でサポートされ、下部支持バーがガイドとなっていま す。
- 5.3 タイロッドおよびナット
 - a) タイロッドは追加プレート分を見込んだ長さにして あります。
 - b) タイロッド最小径は19mmであります。
 - c) タイロッドの両端に専用ナットおよびワッシャーを

取付け,固定フレームと移 動フレームを固定します。

- 5.4 上部ガイドバー
 - a) 移動フレームのローラー
 移動のため、上部ガイドバー上面は特に滑らかな仕上
 げを施してあります。
 - b) 上部ガイドバーは満水状 態での熱交の1.5倍の重量 (移動フレーム,タイロッド、ナットおよびノズル重 量を含む)をサポートでき る様設計されています。
- 5.5 接続部(ノズル)
 - a) 入口, 出口の 接続 方式
 は,フランジ,ネジ込みい
 ずれの方式でも可能です。

b) 接続用ネジ部 開口部に

は、プレート材質と同じ金属およびガスケット材料と 同質のエラストマーを取付けます。

- c) ノズル突出長さは組立を確実にし、ノズルフランジ ボルトを交換するのに十分な寸法にしてあります。
- 5.6 プレート用ガスケット
 - a) ガスケットはプレート伝熱面周囲の溝および流体出入口の周囲に取付けられます。プレートの溝はガスケットを組み込み可能な様に設計してあり、また圧力によって流体が溝から漏れない様に設計されています。
 - b) ガスケットとガスケット溝の構造は、プレートの位置決め、取付けが容易にできる様に設計されています。ガスケットはプレート間が金属接触するまで圧縮されます。
 - c) プレートのガスケット埋込み溝表面には、ガスケット材質に適合しかつプレートとガスケット間を十分接 着可能な合成ボンドを塗布します。
 - d) ガスケット溝の表面は、溶剤での洗浄かサンドブラ ストを施し、十分乾燥の後に接着剤を塗布します。洗 浄には布ヤスリや研磨剤を使用してはなりません。
 - e) 両端のプレートとフレーム間に使用するガスケット 以外は全て同一材質とします。ガスケットは継ぎ目の ない一枚ものを使用します。
- 5.7 塗 装
- フランジ仕上面とガスケット表面以外の熱交表面には,
- メーカー標準規格に従った塗装を行います。

5.8 ガスケットの許容温度

ガスケット材料に 対する 最大許容温度は 以下の 通りで す。

- ・ニトリル系:140°C ・EPDM(エチレン・
- ・ブチル系:150°C プロピレン系):150°C
- ・バイトン系:200°C ・アスベスト系 :180°C

5.9 圧力および最大圧力差

- ・熱交における設計圧力は二つの構成材(フレームとプレ ート)に分けて考える必要があります。
- a) フレーム:標準フレームは10kgf/cm²の設計圧力 で厚みを決定しており、それ以上の圧力では設計仕様

に応じてフレーム厚みをその都度決定します。

- b) プレート:プレートは最高差圧に耐え,かつ歪みや 伝熱係数の低下を生じないように設計されています。
- ・水圧試験値に用いる安全係数は,客先仕様の規定に従い ます。
- ・第3表には各タイプ毎のプレートの最大試験圧力差を肉 厚および材質別に示しています。
- PHEとシェルアンドチューブ (S&T)式
 熱交との対比

| 項目 | РНЕ | S & T |
|-----------|--------------------------------|---------------------------------|
| 1. 効率 | "U"値がS&Tに 比べて3~5倍高い | "U"値が低い |
| 2. 据付面積 | S&Tの½~⅓ | チューブバンドル引 き出し用に据付面積 の2倍必要 |
| 3. 構造 | 分解が容易 | チューブバンドルを 引き出さねばならず 複雑 |
| 4. 伝熱面積 | 増減可能 | 一定 |
| 5. 重量 | S&Tの½以下 | 重い |
| 6. 二液の混合 | ガスケットの設計考 慮により 起 り え な い | 溶接部やチューブか ら起り得る |
| 7. 汚れ度合 | 波形と乱流により小 さい | 円形断面と層流によ り大きい |
| 8. 交換 | 容易 1枚1枚のプ レート交換のみでよ い | チューブの目詰り対 策や,チューブ交換 が難しい |
| 9. 漏れ | 常に外側へ漏れるの で発見が容易 | 漏れの発見のために は特殊方法が必要 |
| 10. 検査 | 分解後目視点檢 | チューブバンドルを 引き出す要あり困難 |
| 11. 能力アップ | プレートの追加で可 | 不可能 |
| 12. 化学洗浄 | 波形と流路形状のた め容易 | 十分可能 ただし死 角に注意 |
| 13. 最高圧力 | 20kgf/cm ² | 100 kgf/cm ² |
| 14. 最高温度 | 140∼200° C | 500° C |
| 15. 最大流量 | 4,000m³/h | 制限なし |
| 16. 最高粘度 | 20,000~30,000CPS | 100,000 C P S |
| 17. 上刀損失 | 半時的 | シエル側は低い |
| 10. 熙烺大 | 実質セロごのり断熱 | 熟損失か入さいので |
| 19 特殊合金の値 | 221小女 | 窓窓が必要 |
| 用 | 用でも低コスト | |
| 20. 価格 | ステンレス鋼又はよ | 炭素鋼使用の場合は |
| | り高級鋼使用の場合 でもS&Tより安価 | PHEより安価 |
| 21. アプローチ | 2°Cまで設計可能 | 最小5~10°C必要 |
| 22. 設計誤差 | ミスはない 万一あ | 常に安全側に設計す |
| | った場合でもプレー ト枚数の追加のみで よい | る必要がある |
| 23. 保有水量 | 少ない | 非常に多い |
| 24. 利用範囲 | プレートを接続する ことにより多目的運 転が可能 | 1基で1用途 |
| <u>}</u> | t | · |

第3表 最大圧力差:溝とエラストーマ付プレート **Table 3** Maximum Differential Pressure : Plates With

Channels and Elastomer Gaskets

| Channels and Elastomer Gaskets | | | | | | |
|--------------------------------|-----------------|----------------|-------------------------------------|-----|---------------------|-------|
| Module | Type | Thick- ness | Plates Stainless Steel/Hastelloy | | Titanium Plates | |
| | | | kgf/cm² | PSI | kgf/cm ² | PSI |
| V 4 | СН | 0.5 | | | | |
| | | 0.6 | 20 | 290 | 15 | 218 |
| | | 0.8 | 30 | 435 | 25 | 363 |
| V 7 | нк | 0.6 | 10 | 145 | 8 | , 116 |
| | | 0,8 | 25 | 363 | 15 | 218 |
| V13 | CH | 0.5 | | | | |
| | | 0.6 | 20 | 290 | 15 | 218 |
| | | 0.8 | 30 | 435 | 25 | · 363 |
| V28 | S HK | 0.6 | 10 | 145 | . 8 | 116 |
| | | 0.8 | 20 | 290 | 15 | 218 |
| | | 1 | 25 | 363 | 20 | 290 |
| V 55 | нк | 0.6 | 8 | 116 | 6 | 87 |
| | | 0.8 | 15 | 218 | 12 | 174 |
| | | 1 | 19 | 276 | 15 | 218 |
| V85 | HK or FPC | 0.6 | 10 | 145 | 9 | 131 |
| | | 0.8 | 20 | 290 | 15 | 218 |
| | | 1 | 25 | 363 | 20 | 290 |
| V85 or V50 | СН | 0.6 | 18 | 261 | 15 | 218 |
| | | 0.7 | 25 | 363 | 20 | · 290 |
| | | 0.8 | 30 | 435 | 25 | 363 |
| V120 V180 V260 | HK or FPC | 0.6 | 9 | 131 | 8 | 116 |
| | | 0.7 | 13 | 189 | 11 | 160 |
| | | 0.8 | 18 | 261 | 14 | 203 |
| | | 1 | 23 | 334 | 18 | 261 |
| V180 or V260 | СН | 0.6 | 15 | 218 | 13 | 189 |
| | | 0.7 | 22 | 319 | 17 | 247 |
| | | 0.8 | 26 | 377 | 21 | 305 |

7. むすび

以上当社販売品であるビッカーブ社製プレート式熱交換 器の性能的な基本理論および構造の概要について述べてき ました。別稿では第二報としてビッカーブ社製プレート式 熱交換器の取扱い説明について記述する予定であります。

当社では別にビッカーブ工業用プレート式熱交換器のカ タログを用意しておりますのでご用命下さい。





写真 1 下水処理場全景 Photo. 1 Panoramic view of the plant



▲ 写 真 3 脱水機棟と15m³のケーキホッパー(左端) Photo. 3 Building for Sludge Dewatering Unit



4写真4 前濃縮装置付ベルト幅2 mのベルトプレス (10m³/h) Photo.4 Belt Press Type Sludge Dewatering Unit with Preconcentrator

神鋼フアウドラー技報



1. <新型>混床型イオン交換技術の導入

当社は、かねてより純水および超純水製造用に混床型イオン交換装置を広く採用しており、その処理容量は、100~6,000 m³/d と小規模から大規模におよび国内外に多数の実績を誇ってきている。

さらに水処理装置の専業メーカーであるスイス・クリス ト社の混床型 イオン 交換技術を 導入すべく 検討していた が、両社の合意に達したので、このほど技術提携した。

技術導入したクリスト社の混床型イオン交換装置は,独 特の内部構造,再生工程の採用およびコンパクト化により 従来型に比べ,非常に優れた特長を持っている。

クリスト社は、同装置を標準化しており、半導体製造 用、医療用、医薬品製造用、化粧品製造用などの純水、超 純水装置としてすでに100件以上の実績を持っている。

技術導入した混床型イオン交換装置の主な特長は

- 再生に要する時間が従来型の約½,2時間足らずで十 分であり、洗浄40分以内に18 MΩ・cmの水質を得ることが可能。
- 超純水のように高度な処理水質が必要な場合でも再生 用水として脱塩水でなく原水を使用してイオン交換樹脂 の再生を行なうことが可能。
- 3. 再生廃液量が、従来型の約½のため、廃液中和設備が



写 真 1 混床型イオン交換装置 Photo. 1 Mixed Bed Type Ion Exchanger

小さくてすむ。

行なうことになった。

- 4. 装置をコンパクトにまとめたことにより,設備面積が 従来型の約%でよい。
- 5. 処理水量 3 m³/h ~最大 120 m³/h まで標準化されて おり,現地工事が少なく納期が短い。

この結果,24時間連続運転の半導体洗浄用超純水設備に は,最適の混床型イオン交換装置であるため,積極的に拡 販に乗り出す予定となっている。

当社は、従来から保有する技術と共にこの技術の導入と 合わせ、あらゆる純水、超純水製造を必要とする電子、電 力、医薬などの各分野向けの超純水製造プロセスに対し、 初年度12億円、3年後20億円の売上計画を立てている。

2. 超微粉砕・高分散機「コボール・ミル」の販売 当社は、このほど粉体機器部門の拡充をはかり、微粉 砕、分散の分野へ進出すべく、スイス・フリーマ社の超微 粉砕機「コボール・ミル」をリッカーマン(日本)株式会 社と契約し、輸入販売並びにエンジニアリングサービスを

わが国においてもここ数年,粉体分野が急成長してきているが,当社が輸入販売することになった「コボール・ミル」は,1979年に開催された世界的権威のある「アヘマ」 (西ドイツ・フランクフルトで3年に1回開催される国際 化学機械展)に回期的な新製品として初めて出品展示され,業界の脚光をあびているものである。

コボール・ミルは,新しい設計思想に基づくユニークな 機構でサンド・ミルに代表される従来の媒体撹拌ミルを発 展させた湿式の高能率連続超微粉砕・高分散機であり,外 国においては発売後 200 基におよぶ 納入実績を もってい る。

構造は,三角断面の環状容器内を,同形のロータが回転 し,その狭いW形のギャップ(粉砕室)に粉砕メディアを 入れ,ポンプにより送液されるサスペンションの固体粒子 を粉砕,分散するものである。

コボール・ミルの最もユニークな点は、粉砕室を狭いギ ャップで構成しているところにあるが、その特長は、

- 1) 粉砕室のエネルギー密度が従来のミルの 5~10 倍もある。このためサブ・ミクロン域の 超微粉砕が可能となり、さらにショートパスのない構造であるためシャープな粒度分布をした製品が得られる。
- 2) 容器及びロータを冷却することにより, 粉砕室容積に 対する冷却面積の比が高く, 極めて冷却効果が高い。
- 3) メディアがミル内を循環するシステムで、サスペンション粘度の大小にかかわらず自由に運動するため、高粘度にも最適である。
- 4)洗浄が極めて容易である。このため品替時の製品ロス が少なく多品種少量生産にも極めて有効である。 などとなっている。

用途は, 塗料, 磁気テープ, 化粧品, 食品, セラミックス, 農薬, バイオなど幅広い産業分野に適用される。

コボール・ミルには、ラボ・タイプ(処理量10ℓ/h)から 大量処理の生産機(1,000ℓ/h)まで標準化された5つのタ イプがあるが、そのうちMS-18型(処理量約10~100ℓ/h) のテスト機を当社のテストセンターに設置し、ユーザーの テスト依頼に応じており、テストを実施したユーザーの評 価が極めて高く、すでに引き合いも多数よせられている。

今後わが国においてコボール・ミルが各産業界に幅広く 採用されるものと大きく期待している。また, コボール・ ミルのテスト, 機種の選定からアフターサービスにいたる まで周辺機器を含めあらゆるエンジニアリングサービスを 実施する予定となっている。

当社は、このたびのコボール・ミルの輸入販売で、従来 から実績の豊富な混合機「SVミキサー」およびその乾燥 タイプ「T型SVミキサー」をはじめ、容器回転型混合乾 燥機「コニカル・ドライヤー・ブレンダー」、振動ふるい 機「スエコセパレーター」など混合から超微粉砕まで粉体 に関するメニューが整ったことになり、この分野でのユー ザーからのあらゆるニーズに応えられる体制となり、より 一層粉粒体機器の販売に注力する方針である。

そのため、来る10月3日から6日まで大阪市において開催される「'84ケミカルエンジニアリングショー」にコボ ール・ミルを出品展示し実演するのをはじめ、さらに10月 15日から19日まで東京・晴海で開催される「'84粉体工業 展には、コボール・ミルを中心に粉体関連製品を一堂に出 品展示し、販売促進に拍車をかける予定となっている。



写真 2 コボール・ミル Photo. 2 COBALL-MILL

なお,コボール・ミルの販売目標は,初年度約2億円の 売上を計画している。

3. 「湖をみんなで美しくする環境展」(略称:湖 沼環境展)に出品展示

滋賀県環境公害防止協会主催,環境庁,滋賀県など後援 により「湖をみんなで美しくする環境展」が,'84年8月28 日(火)から31日(金)まで滋賀県大津市滋賀県立体育館 周辺で開催された。

この展示会は、「人と湖の共存の道をさぐる」をテーマ に湖沼再生への手掛かりを模索する世界初の「世界湖沼環 境会議」と同時開催された。同会議には海外約30カ国,80 人を含む全国各地から2,200名の参加者が出席。

文明の発達に伴い,富栄養化による環境破壊が進んでい る湖沼をよみがえらせるため,会議に出席した自治体,科 学者,住民運動家など熱心な討議が行なわれ,展示会場に 多数の参観があり盛況裡に終了した。

当社は,この展示会に湖の水を浄化する間欠空気揚水筒 の模型を実演,農業集落排水に最適なシグマディッチ下水 処理装置の模型などを出品展示,多数の来場者があった。



写 真 3 間欠空気揚水筒とシグマデッチシステムに人気が集中した当社小間

Photo. 3 Intermittent Aero-hydraulics Gun/SIGMA DITCH SYSTEM stole the show



写 真 4 農業集落排水に最適なシグマディッチシステムの模型を熱心に見学する来場者 Photo. 4 SIGMA DITCH SYSTEM Model drew visistors

神鋼フアウドラー技報

Vol. 28 No. 3 (1984/10)