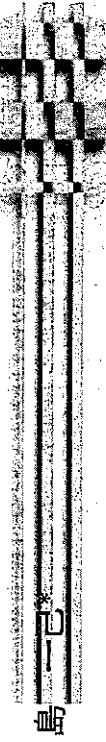


ピグと配管切り替えシステム



多品種変量生産になってくると、設備を共用化しようという動きが高まる。専用の配管、専用の設備にしておく設備投資が大きくなるためである。このため、できるだけ設備を共用化して、うまく運用していくという流れとなる。実際、バッチ生産の多くの現場ではこのような状況にあると思われ、このための切り替え動作を必要としている。

大容量のタンクを扱う食品分野でも同様な状況であるが、タンクが固定されていることから、配管システムでの切り替えとならざるを得ない。この場合に懸案となるのは、配管内の製品残りと洗浄である。ここで、配管内の残りを押し出す仕組みとしてピグを使うことができるようになると、製品残りがなくなるだけでなく、その後の洗浄も容易になるという利点が生まれる。

しかるに、複数と複数のタンクの間でピグを使う場合、従来のシステムでは、切り替えに伴う技術課題が出てきて、ピグの有効性を十分に引出し得ていなかったのではないだろうか。

本稿では、このような視点から、切り替えシステムと、製品残りをなくすためのピグシステムの両方を取り上げて全体的に考察し、自動配管切り替え装置とピグの両者を活用することが、バッチプラントでの生産性の向上を図るうえで有効であることを提案したい。

1. ピグシステムのいろいろ

1-1. ピグシステムの導入背景

多品種生産のために、配管ラインを共通化することは広く行われている。この際に、とくに問題となるのは配管内の製品残りと洗浄である。

配管内の製品残りがあると、次のような問題を生じる。

① 製品が配管内に残るとのことと自体、生産ロスとなる。配管内に残しておくことは、いわば仕掛かり品の在庫で、製品減耗損となる。また、時間経過により品質が劣化するような場合には、配管内に残っていることは製品の品質評価損ともなり得る。

② 製品残りを洗い流すために洗浄液の量を増す必要がある、このための設備および洗浄廃液の処理設備が必要となる。洗浄水の量が増すだけではなく、洗浄処理にかかる費用、例えば、洗剤量、薬剤量の増加に伴う諸費用が増える。

③ 配管網内で枝部があり上手く洗えていないと、次のロットなどへの混入となり、コンタミネーション(汚染)の要因になる。

最近の洗浄技術で、定置洗浄(CIP)や定置殺菌(SIP)の方法が化学工学的にも確立されてきているので、洗浄そのものは一定の品質レベルに達することができるといってよい。しかしながら、洗浄のそもそもの要因である製品残りを極限に近いレベルで少なくするための技術は、ピグ以外には方法がない。

配管内残りを最小限とすることは、全体の歩留まり、生産性を改善する上で今後ますます大切なポイントになってくると思えるし、環境負荷軽減のためにも必要である。このような視点からすると、ピグシステムはこれからの時代には有効かつ、必要な技術であると思える。

1-2. 食品分野でのピグ

さて、従来から粘性が高い物質やチクソトロピックな性状の物質を扱う工場では、ピグで配管内にあるものを押し出すことが行われてきている。

一方、食品の世界でも最近、ピグシステムが使われ出してきた。この分野でも多品種生産となることが不可避な状況にあることと、ピグの技術的な進歩が実現できたことによる。

食品分野で用いられているピグには各種のものが

* Kazumi SHIMA; 東洋エンジニアリング(株)国内事業本部
エンジニアリング技術グループ (Tel. 047-454-1775)
(E-mail: shima@is.toyo-eng.co.jp)

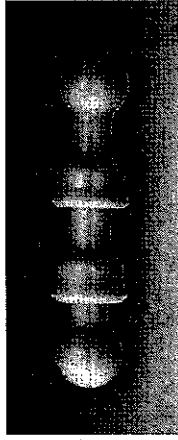


写真1 ピグの一例 (「アプッシュュ君」(株)OEGカタログより)
提供されているが、その代表的な例を以下に記す。
かつこ内は製品愛称である。

- ・(株)ツーヘンハンゲンジャパン社のピグ
- ・アジア化工(株)社のピグ (「APT」ピグ)
- ・(株)OEG社のピグ (「アプッシュュ君」)
- ・ポリユニオン工業社のピグ
- ・日本パイプラインサービス社のピグ (「サッドピグ」)

それぞれ、材質、検知システム、切り替えバルブ、自動洗浄などの点で特徴がある。写真1は、OEG社の「アプッシュュ君」である (同社カタログより引用)。

ここで、食品分野でのピグシステムについて、各社の技術・特徴を俯瞰して概要を述べる。

① ピグシステムには、ランチャーとレシーバーが必要である。従来は、一方通行タイプのものが多かったが、最近では往復タイプのものもある。したがって、ピグを打って移液処理が終わった後に、ピグを元の位置に自動で戻すことができる。

② ピグ自体を定位置で (例えば、ランチャーにて) 自動洗浄できるものがある。これにより、上記の往復タイプの時に、この自動洗浄を行っておけば、次のピグ発射の際に清浄な状態で送れる。

③ ピグの通過を検知するための仕組みもいろいろとあるが、多くはピグ内に磁石を埋め込んでそれを検知している。

④ ピグの材質としては、ポリエチレンなどの樹脂系のもの、EPDMやシリコンゴムなどのゴム系のもの、さらに最近ではテフロンなどのものが使われだしている。食品分野の用途に適する材質が選択できるようになってきている。

2. 配管切り替えシステムとそのピグ適用性

2-1. バルブブロック

前述のように、タンクが大型化して固定せざるえない分野で多品種生産を推し進めようとすると、必ず配管切り替えシステムの問題に突き当たると

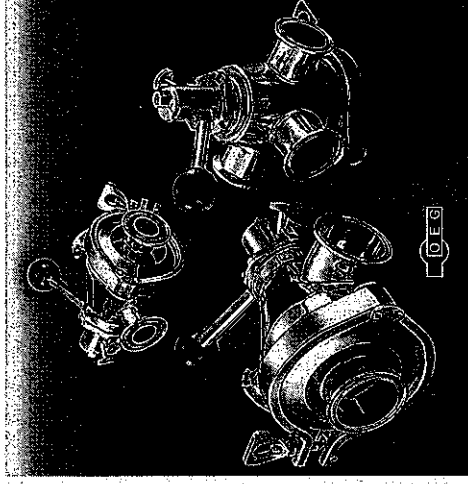


写真2 切り替え三方弁の一例 (「トランスR」(株)OEGカタログより)

ここでは、配管切り替えシステムをピグシステムに対する適用性という観点からみてみたい。本稿では、自動式の方法のみを対象とする。人手で行う方式としては、ホース接続やスイングパネル接続などがあるが、ここでは対象としない。

1) ダブルシート弁によるバルブブロック
食品プラントなどで使われているダブルシートバルブによるバルブブロックの切り替えシステムでは、バルブ内に軸部があるのでピグを通過できない。このため、ピグを利用することができないのは、バルブブロック以外のところとなり、さらにいえば、バルブブロックとバルブブロックの間の枝がない区間となり、設備全体を見たときにはピグの有効性を発揮できる範囲が限定されてしまう。

ピグを使うのであれば、できるだけ長い距離一度にピグ打ちしたいものである。タンク元から別のタンクの間近までピグを一気に通したいというのが、いつわらざるところであろう。

2) 自動切り替えバルブによるバルブブロック
他のバルブを使って切り替えブロックを構成する方式としては、

- ① 従来型の三方弁からなる配管切り替えシステム
- ② 従来型の二方弁からなる配管切り替えシステム

の方式が考えられる。切り替え三方弁の例を写真2に示す (OEG社のカタログより)。

この種の切り替えバルブにおいては、ピグを通過させるという点からフルボアタイプが必要であり、技術的にも難しい点が要求されている。すなわち、

- ① 弁体と弁箱の間で段差ができないようにする
- ② 弁体と弁箱の隙間に溜まらないようにする

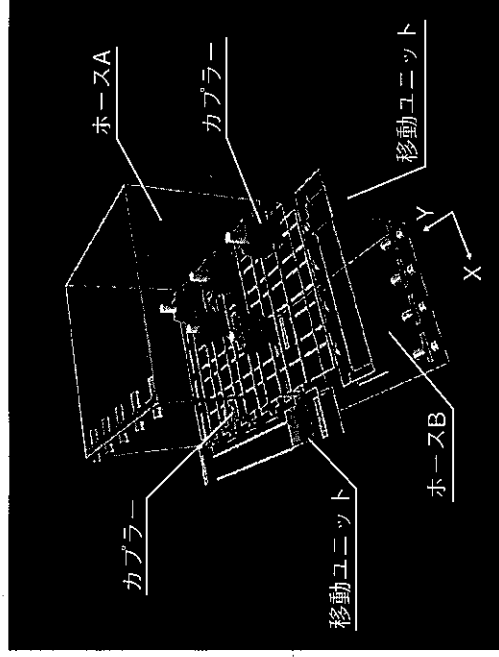


図1 配管自動切り替え装置「XYルーター」外観

三方弁を用いる場合、構造面からノズルの取り付け方向に制約があり、配管レイアウト上の考慮が必要となる。

2-2. 配管切り替え装置

一方、ホースを扱った自動切り替えシステムとして、当社では「XYルーター」を提唱している。

実際に適用する上で、さまざまな構造様式のものを用意されている。ここでは、①マルチタイプ、②ストレートタイプを紹介する。

マルチタイプは、上流、下流側とも複数のホースラインから構成されている。図1には全体外観を、図2には内部の基本構造を示している。

AとBのホースの先端にはそれぞれカプラーがついており、X方向に動くAとY方向に動くBが交点で接続するようになっている。ホースが一次元にしか動かないので、互いに絡み合うことがない。それぞれのホースはすべて別々に動くので、ライン本数分だけ並行して液の移送が可能となる。装置はホースとカプラーとそれらを駆動させる位置決めユニットからできている。ピグを通してためには、カプラーはその内部に弁がないタイプ（フルボアタイプ）のものが必要である。カプラーにはロック機構が取り付いていて、機械的に両者が切り離れないようになっている。ピグはホース内とカプラー内を通過するわけである。

ストレートタイプは、片側を2ラインのみとし、これを移動させるものである。他方のライン（複数）は固定している。このために構造が簡単なものとなり低廉である。

本装置の特徴は次のとおりである。

- ① 流路に枝分かれがないという大きな特徴があり、コンタミの心配、製品ロスがない。

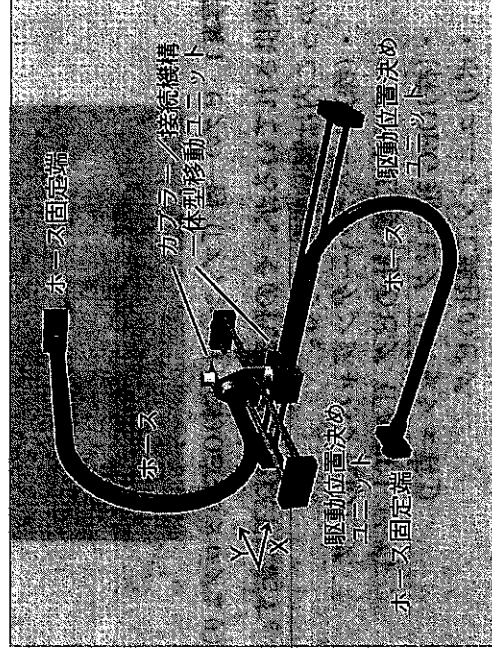


図2 XYルーター内部構造（概念図）

② また、すべての動きが自動制御されているため、接続ミスが発生することがなく、重たいホースを扱うということもなくなり、労働環境の課題も解決することができる。

③ さらに、バルブプロックだとライン本数の制約もあり、大型の切り替えプロックとすることができなかつたが、XYルーターはライン本数の制約がなく、またライン数の将来の拡張にも容易に対応できる。

2-3. ピグ適用性からの比較

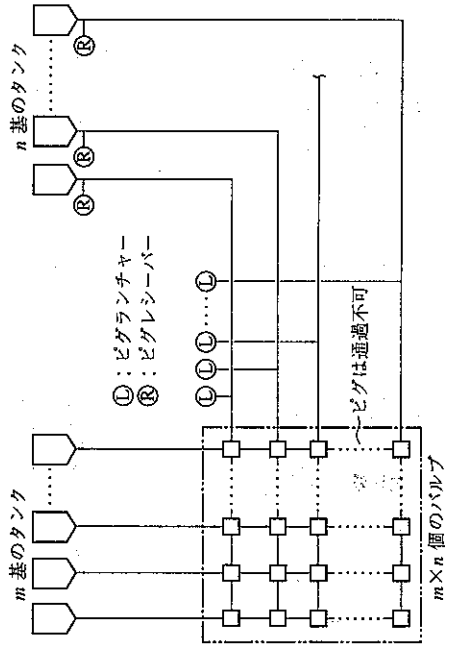
複数のタンク元から複数のタンク元へピグを打つことを想定して、上記のバルブプロックと配管切り替え装置について、比較を行ってみよう。

1) バルブシステムの場合

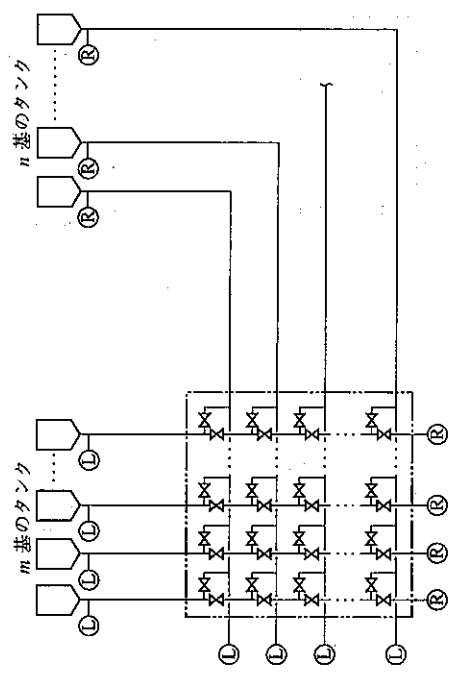
図3(a)～(c)は、それぞれダブルシートバルブ、三方弁、二方弁による切り替えシステムの例図である。

バルブシステムによる場合には、先に述べたように特殊な構造のバルブを必要とする。複数と複数のタンクの間で切り替えを行うとすると、バルブの数がライン m 本とライン n 本の積である $m \times n$ 個となる。このためライン数が多くなると急激にコスト高となりがちである。これらの多数のバルブを制御するソフトも複雑なものとなる。

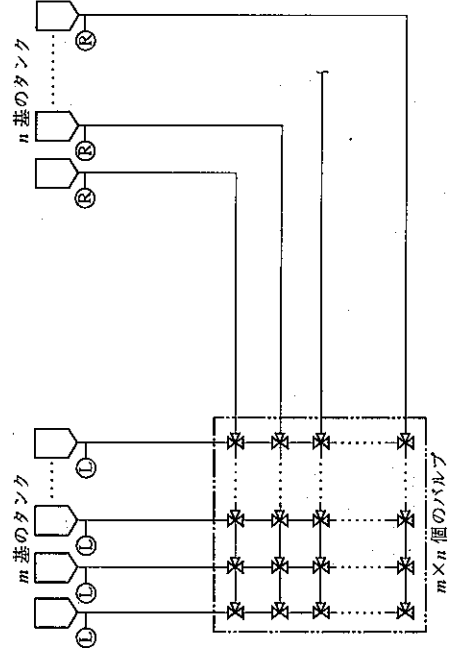
さらに、バルブ自体の構造的な制約からノズルの取り付け方向が一義的に決まってしまうので、多くのバルブを組み上げる場合には配管レイアウトが錯綜してしまう。バルブとバルブの間の枝管もピグが通過できるような曲げ半径を持つことが必要となり、このために据え付け設置エリアが大きくなりがちである。これらのために、従来の適用例では、たとえ図4のように1本のヘッダーラインに複数のタン



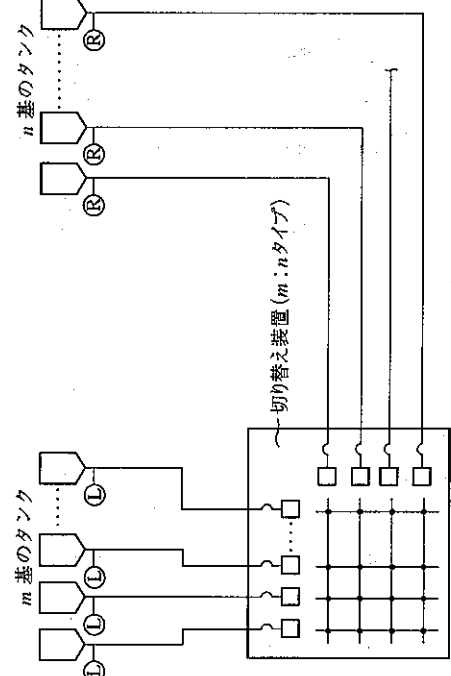
(a) ダブルシートバルブによる切り替えシステム



(c) 二方弁による切り替えシステム



(b) 三方弁による切り替えシステム



(d) XYルータによる切り替えシステム

図3 複数対複数のタンク間の配管切り替え方法

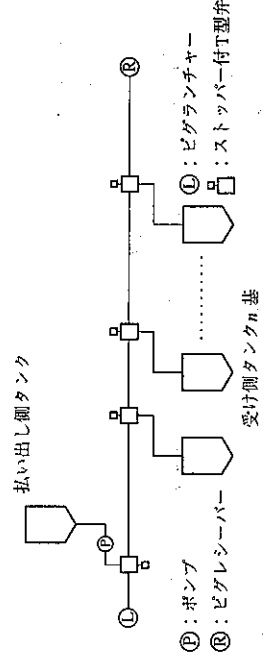


図4 ピグライン (シングルピグシステム) の構成例

ク n 基をぶらさげると比較的小さな構成が多かった。

2) 切り替え装置システムの場合

図3(d)は、切り替え装置を用いる場合の例図であり、枝管部が一切ない一筆書きのルートが構成できる特徴がある。枝管部がまったくないので溜まり部もない。三方弁などによるバルブブロックと較べると、据え付け面積が小さくて済む。また、切り替えのための制御ソフトも容易に構成できる。

これらの比較をしたのが表1である。

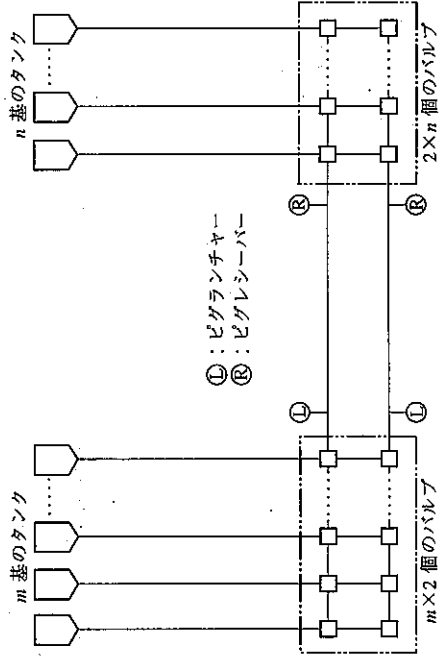
表1

切り替えシステム	ピグの設備		設備エリア	ピグ操作
	ランチャー L (台)	レシーバー R (台)		
a) ダブルシート弁	n	n	小	バルブブロック部はピグ通過不可
b) 三方弁	m	n	大	ピグは1度で可
c) 二方弁	m+n	m+n	大	ピグを2度打つ手間がかかる
d) XYルータ	m	n	小	ピグは1度で可

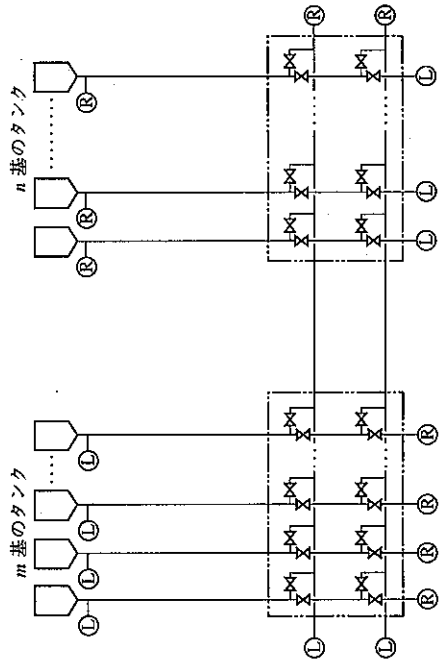
以上は複数のタンクから複数のタンクへのマルチタイプを使った説明であるが、同時に移送作業するのをライン2本のみであるとした場合には、システムはさらに簡単になる。このような例図を図5(a)~(d)に示す。移送やピグ打ち操作において、同時に使うのが2本に限定されることになるが、システムとしては簡単になる。

以上の議論をまとめると、

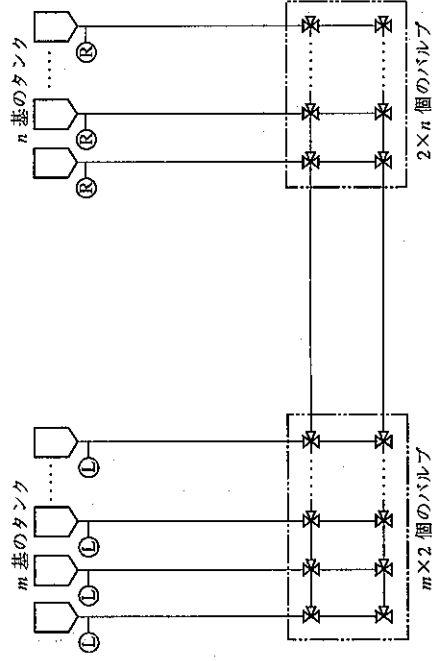
(1) 食品分野で用いられているダブルシートバ



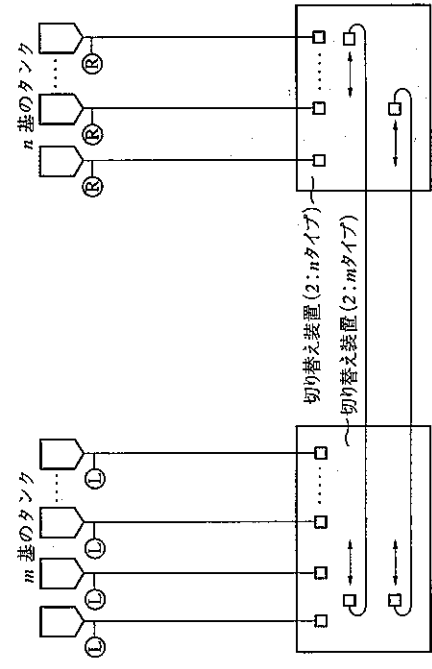
(a) ダブルシートバルブによる切り替えシステム



(c) 二方弁による切り替えシステム



(b) 三方弁による切り替えシステム



(d) XYルーターによる切り替えシステム

図5 2本のラインを使った複数タンク間の配管切り替え方法

ルブブロックは、ピグ通過の点からは、不利であり、バルブブロック間の直線部分でしかピグが通せない。

(2) ピグが通過できる三方弁によるバルブブロックと切り替え装置を比較すると、ライン数が多い場合には切り替え装置の方がピグには適しているように思える。まったく枝のないルートが形成できる。

(3) 最終的にどのような形態の切り替えシステムにするかは、バルブブロックまたは切り替え装置の設置エリア、制御システム、コスト、さらにはピグシステムに関連するラッチャー、レシーバーなどのコストを全体としてまとめて評価するのがよい。

3. ピグと配管切り替え装置を併用したシステムの構築

3-1. システム概要

さて、この自動切り替え装置とピグを用いてシステムを構成してみよう。

切り替え装置が適用できる場面は次のような箇所である。

- ・製品払い出し系
- ・原料系
- ・中間タンク群間

これらのシステムを構築する上で考慮すべき設計因子としては、

- ① 同時に払出しを行いたいラインの本数はいくらか
- ② 同時にピグ操作を行いたいラインの本数はいくらか
- ③ 複数のタンク群でヘッダーを共用する場合には、そのタンク群で同時に払い出すラインの本数はいくらか

などである。

これらの意思決定のためには、シミュレーションを行うのが最適である。想定される生産計画とその実現に必要な設備数、ライン数、運用などが事前に把握できる。

一般論として、 m 基のタンクから n 基のタンク

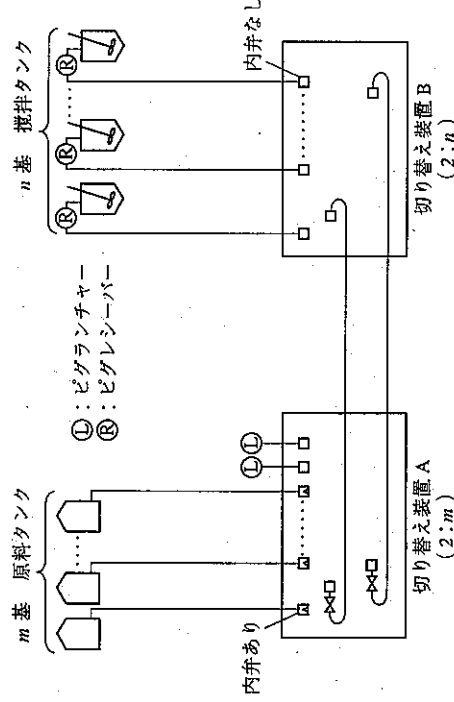


図6 原料供給系への適用例

への送液システムを考慮してみると、全体のシステムは、前掲の通り図3(d)、図5(d)のようになる。すなわち、図3(d)は n 基のタンクへ同時に送液が可能であり、また、ピグも n 本のラインについて打つことができ構成(マルチタイプ)である。図5(d)は、同時に運転するのは2本に限定するよるうな場合であり、したがってピグ打ちも2本が最大である(シングルタイプ)。

3-2. 構成例

原料系に対する使い方のシステム構成例を図6に示す。これは、原料系に特有な使い方といってもよいものである。

原料別に貯蔵された原料タンクが m 基、原料を受けいれて攪拌などの作業を行うタンクは n 基ありと想定する。送液作業は同時に2ラインが行われるものとする。管理の点から、同時に作業を行うのを2ラインとしていくところは多い。

原料タンク側には、(2: m)形式の切り替え装置Aが設けられている。タンクから来るライン(m 本)の先には、内弁付のカプラーが取り付けられている。したがって、原料はこの配管内に閉じこめられている。装置Aには、出口側ラインとして2本の移動可能なホースがあり、それに合わせて2基のピグランチャーを取り付けられている。出口側ラインの先端に取り付くのは内弁なしのカプラーで構わない。一方、攪拌タンク側にも、(2: n)形式の切り替え装置Bが設けられている。 n 個のカプラーは攪拌タンクとつながっている。攪拌タンクのそれぞれには、ピグレシーバーが取り付けられている。

このような構成を行えば、同時に送ることができるのは2ラインのみとなるものの、 m 基のタンクから n 基のタンクへの切り替えは可能となる。送り側の切り替え装置Aには、ピグランチャー

が設けられているので、切り替え装置の出口ライン以降をピグで押すことが可能である。原料タンク側のラインはもともと原料を閉じ込めているので、ピグ操作は不要である。

さらに、攪拌タンクが2基しかないような場合には、切り替え装置Bは不要となり、システム構成はより簡単になる。このような使い方は結構多いと思われる。

4. 実適用例

食品以外の分野も含めて、いくつかの適用例を紹介する。

4-1. 食品会社での例

中間タンクから別のサージタンク(フィルタ前のバツア)2基へ移送する例である。

ピグは中間タンクの元にあり、ポンプを使って送液した後に、ポンプをバイパスしてピグが移動されて、XYルータを経由してヘッダ内の残液を押し出す。XYルータの直後にピグレシーバーを設置している(配管サイズは、6B)。

ピグはポリエチレン製であり、形状は弾丸タイプのものである。受けタンクが2基しかないので、払出ラインが2本となって簡単な構造の切り替え装置を用いている。この場合のシステム構成図は図5(d)において、切り替え装置B側がない場合と同じである。

4-2. 潤滑油プラントでの例

この例は、潤滑油をストレージタンクから充満設備まで移送するシステムである。

配管サイズは3Bで、ピグはゴム製で砲丸タイプである。

このシステムにおける切り替え装置はマルチタイプであり、ライン構成は15×16となっている。

なお、この工場への適用に当たっては、当社にて運転シミュレーションを行い、従来40数本のラインがあったものを統合整理して、切り替え装置へのラインを15本とすることができた。この絞りこみを行うのに3方弁を用いている。

詳細は、本誌1999年10月号p.23以降を参照願いたい。

4-3. 石油会社での例

この例は原料系への適用例であり、しかも攪拌タンクが2基であるためシステム構成は図6において切り替え装置Bがない場合と同じである。切り替え装置は、複数のラインと2本の出口ライン、およびピグランチャーで構成されている。

5. ピグと切り替え装置の併用による効果

ピグと切り替え装置を併用することにより、高い効果を得ることができる。

すなわち、

- ① 枝管の全くない一筆書きのライン構成が実現できるので、タンク元からタンク元までの配管内を残渣なしとすることができ。しかも、1回のピグ操作で、完全に押し出せるようになる。ピグ操作を何回も分割して実施する必要がなく、作業時間が短くできる
- ② システム構成によっては、ピグ関連設備（ラッチャー、レシーバーなど）の設置台数を少なくすることができ
- ③ 複数対複数ラインの間で柔軟にライン構成が可能となる。また、管路切り替えの制御も容易に行える
- ④ 設置エリアも小さく済む
- ⑤ さらに、タンク元のレシーバーを往復タイプのものとするだけで、ピグを常に上流側（ラッチャー側）へ戻しておくことが可能となる。自動洗浄が可能でパイプであれば、まったく人手を介さずに洗浄、送液、ピグ押しなどの一連の運転が可能となる

従来から、食品プラントでは製品移送後に水押しということが行われていたが、これはピグの代わりということもできる。ピグは空気圧で押すことが多

いが、代わりに水で押すことも可能である。製品十ピグ＋洗浄水＋ピグ＋清水という順番で運転すれば、製品の移送と同時に洗浄も可能となる。

多品種変量生産を進めていくと、配管内の残りを最小限にすることが切望される。これを限界まで推し進めるためのツールとしてピグがある。

このピグを複数と複数のタンクの間で使う場合に、一筆書きのラインが簡単に構成できることが期待される。本稿で紹介する切替え装置はこの実現を容易にして、送りタンクの根元から受けタンクの直近まで、文字通り残渣なしで送ることが可能となる。このため、生産性の向上を図ることができ。

本稿では食品用ピグを主に紹介しているが、粘性の高い製品を扱う分野では従来からピグを使っているわけで、同分野でも本装置とピグを併用することにより生産性が高まることは同様である。

適用する場所に応じて、いろいろなシステム構成とすることが可能である。最適なシステムを構築する上では、シミュレーションが欠かせない。当社ではこのための支援業務を行っており、今まで数多くの実績がある。

本稿が読者諸兄の参考になれば幸いである。

なお、本装置は、ライセンサーである(株)ナブコからも製造販売されていることを付記しておく。また、ピグ、切り替えバルブについて、引用の掲載に快諾いただいたOEG社に謝意を表したい。

配管材料ポケットブック

大野 光之 編

B6変・534頁 定価(本体3,200円十税) 千380

長年、好評を博している「配管ポケットブック」を、最新規格を基に新編集。今回は、管や継手、フランジといった配管材料だけに絞り込み、現場で必須の規格データを満載した。JISに準拠しながら、配管材料の概算質量を併記。また、ISOやANSIなどの規格を収録している。プラント配管はもちろん、設備配管においても実際の施工にすぐ役立つ実務書。

主要目次

A；管（炭素鋼管、ステンレス鋼管、ビニル管、他）、B；管継手（ねじ込み式、突き合わせ溶接式、他）、C；管フランジ、D；バルブ、E；ガスケット、F；保温・保冷材（ロックウール、グラスウール、他）、G；鋼材・形鋼（圧延鋼材、熱間圧延形鋼、軽量形鋼、他）、H；配管支持部品、I；接合（管用ねじ、ボルト・ナット、溶接材料）、J；主要材料物性値、K；小形うず巻ポンプ



7693-4132-6

工業調査会

〒113-8466 東京都文京区本郷2-14-7 TEL 03-3817-4706・FAX 03-3817-4709
工業調査会ホームページ URL: <http://www.kcp-ne.jp>