

21世紀の革新的 「移送システム」 —配管自動切り替え装置—

東洋エンジニアリング(株)
産業システム事業部
島 一己氏



島 一己 (しま かずみ) 氏略歴
1975年 東北大学大学院工学研究科
機械工学専攻 修了
東洋エンジニアリング(株)入社
1997年 技術研究所メカトログループマネージャ
1998年 総合技術センター メカトロ技術室長

98年度の化学工学会の技術賞に輝いた東洋エンジニアリング(株)の新しい移送システム「XYルータ」。従来の配管で繋いでいく固定式あるいはタンクを移動するタンク移動式に加えてこの配管自動切り替え装置の出現で21世紀の新しい生産設備の道が拓けそうだ。

—タンク移動方式を超えて—

—開発背景から。

島 7, 8年前になると思いますが, ファインの世界で多品種少量とか変種変量生産の要求が出てきました。従来の生産方式だと, タンクが固定されているために, 配管が錯綜して, バルブと配管のお化け状態になっていたのですが, これをなんとかしたいという要望があったわけです。

そこで, フレキシブルな生産を具体化するための, いろいろな検討・研究がされて, その一つの結果として, タンクを動かす「パイプレス」という考えが出てきたわけです。

弊社でも出発点そのものは, タンク移動方式でしたが, いろいろなお客様にお会いして, お話をうかがううちに, タンクが大きい場合も結構多く, タンクを動かさない状況が多々あることが分ってきました。そのような場合でもコンタミなくフレキシブルに生産したいという要求は多くて, 「何とかいいシステムを考えてもらえないだろうか」という声がありました。実際, そのような例としては, 飲料工場の話がありました。タンクの大きさが約200klという大きなものなのですが, 中身だけでも200tあるわけで, これを動かすのは大変です。固定せざるを得ないわけです。それでも切り替えをうまくやって, コンタミなく生産したいということから「XYルータ」の開発に本格的に取り組み始めました。

飲料工場での液の動かし方を仲間で「ああだこうだ」とやっているうちに, 「バルブをその都度動かして繋げばいいんだ」という発想に至ったのです。それが今回技術賞をいただいた「XYルータ」の開発の出発点だったわけです。

—バルブを動かすということのヒントは…。

島 四角い枠にはめこまれた「15数字並べ」という遊びがありますが, これをヒントに「バルブを動かしてホースを繋いでいけばうまく行くのではないか」ということになりました。

そのような仮説をたてて飲料工場のバルブシステムとかホース繋ぎの使い方を見ていくと, 既存のシステ

ムにも欠点があることが見えてきました。

バルブブロックは、自動化には適しているけれどもコンタミの可能性があるとか、一方、ホースの場合にはその都度繋ぐということで安全性はあるのだけれども、ホース繋ぎのめんどくささがあってなかなか自動化できていないとかが見えてきました。ものごと何でも長所と欠点があるわけですが、この2つの方式のいいところを合体してなにかできないだろうかと思えたわけです。それが装置の構想に繋がったわけです。

——X-Yにクロスさせカプラーで
Z方向にドッキング——

——「XYルータ」の機能、構造など分かりやすくお聞かせ下さい。

島 この装置はホースを自動で繋ぐというところに特徴がありますので、ホースを動かすのに都合のいいように工夫しています。というのは、従来ホースを扱う場合、人間の手で三次元的に自由に好きな場所に持っていくわけですが、何本ものホースを操作していくと絡み合ってしまう。そのような状況をスパゲッティハウスとかスネークピットといっています。

そこで、ホースの動きを拘束させて、一次元にしか動かないようにしたのがミソです。写真にもあるようにホースをUの字に曲げて、ちょうど電線を保護するのに使うケーブルベヤーと同じ格好に曲げて動かしてやると、細くても太くてもホースは自由に動かすこ

とができます。実際に3、4inのホースを手で動かしてみました。非常にスムーズに動きました。

写真にある装置の場合には、上と下の2つのセクションがあります。それぞれのセクションの内には、複数本のホースが含まれています。ホースはUの字になっていて、移動する側の先端には接続するためのカプラーを取りつけています。上のホースはX軸方向に、下のホースはY軸方向に動くようにしています。そうすると交差点の(X, Y)で互いに向き合うようになります。そこで、Z方向にドッキングして接続が行われます。

複数本同時に個別に動かせるから、流路の組み合わせがいろいろとできるようになるわけです。基本形はホースを使うわけですが、ホースを使う場合でもいろいろな方式を用意しています。また、最近ではホースを使わない方式も考え出して具体化しています。

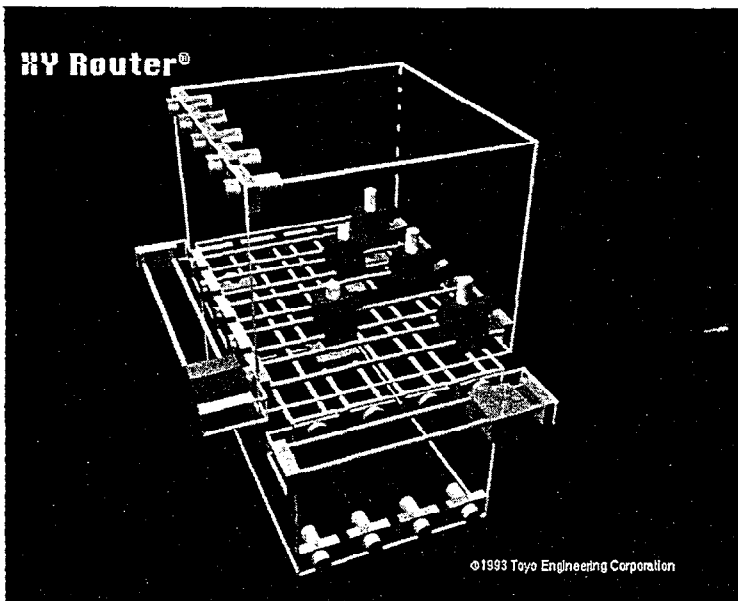
——用途に合わせたカプラーの
開発は今でも続く——

——ホースをドッキングするときに非常に重要なものが「カプラー」だと思いますが、このカプラーについて。島 やはり繋ぐということではこのカプラーが命でして、ここが要なところ。カプラーの種類を揃えるといいますが、使う場所、物により適切なカプラーがあり、洗浄性がよいとか、中にピグが通れるとか、いろいろなご要求に応えられるカプラーを準備していく必要があると考えています。また、ロックシステムといって繋いだ後、圧力で切離されないようにする必要がありますが、このためのメカニズムは簡単なものが望まれるわけです。このロックシステムも含めたカプラーを重要なコンポーネントとして開発してきました。——開発にどのくらい時間がかかりましたか。

島 カプラーは重要な要素なので、よりよいものを目指して今も開発が続いているのが実状です。

実は INCHEM 93 にこのデモ装置を出展しましたところ、非常に多くの方々から反響をいただき意を強くしました。しかし、その時はカプラーのいいものがなかったわけです。XYルータは先ほどご説明しましたように、切り替えのために使いますのでカプラーの洗浄性が大切です。カプラー自体に製品が残ったりしますと次の製品に交じりコンタミを起こします。これは絶対に避けなければなりません。

当時はそのような要求にあったカプラーがなくて、



配管自動切り替え装置「XYルータ」

XY ルータ実績表

No	用途	設置位置	台数	ラインサイズ	ライン本数	装置サイズ	防爆基準	納入年
1	ワックス製造工場	原料タンクから攪拌タンクへの間	2台	1.5 B	2×11・ 2×13	W 1,000×L 5,300 (4,700) ×H 1,750 mm	耐圧防爆	1996/10
2	潤滑油ブレンディング設備	貯蔵タンクから充填機への間	1台	3 B	15×16	W 5,500×L 5,500 ×H 3,030 mm	非防爆	1997/8
3	自動車塗装工程/ 塗料供給システム	色タンクと塗装ガンとの間の塗料供給	1台	NA	NA	W 800×L 1,700 ×H 1,900 mm	耐圧防爆	1997/9
4	実験設備 (国立大学)		1台	10 mm	4×3	NA	非防爆	1998/3
5	飲料工場	貯蔵タンクから充填機への間	1台	3 S	6×7	W 1,500×L 5,000 ×H 1,900 mm	非防爆	1998/12
6	飲料工場	貯蔵タンクから充填機への間	1台	3 S	20×4	W 2,500×L 2,500 ×H 2,000 mm	非防爆	1999/2

独自に一から新たに設計していくことが必要でした。カプラーの構想、設計、確認を2年半くらいかけてやりました。洗浄の試験が一番大変で、具体的には塗料でもって洗浄試験をやっていたわけですが、流して洗って分解してうまく洗えているかどうか、それがうまく行かなかったらなぜだろうかということのを考案して、設計を変えてみる。その繰り返しの連続でした。

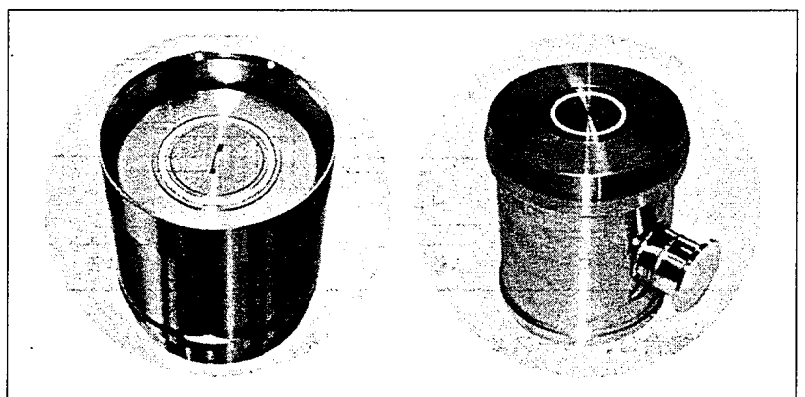
流体の流れをスムーズにするだけなんです、どこにネックがあるかということを探していく作業が延々と続きました。

何とか洗浄性も問題なく、実機に使えるレベルのカプラーが開発できたのが96年頃だったと思います。

洗浄試験での確認項目はたくさんあり、流れる流路がスムーズな輪郭線をもっているかどうかの他に、Oリングの溝はどうだとか、洗浄液をタンジェンシャルで流したらいいのか真っ直ぐに流したらいいのかとか、機械加工の面仕上げの影響はどうだとか、有機溶剤を使うと膨らんでしまうことがあるのでOリングの膨潤テストとか、カプラーでは脱着が繰り返されるので耐久試験とか、あるいは空気巻き込みがどれくらいあるかの測定とか、当然、色替え試験などを行います。また、お客様が使用しているホースを使ってホースの繰り返し曲げ試験も結構やりました。

—装置の特徴は。

島 切り替えの対象となるタンクの容量やラインの大きさに制約がないことです。また、複数のライン間での切り替えが可能であり、ライン構成が任意にできることがあげられます。次に、ホース作業の際の人為的なつなぎミスをなくし、また、現場での3K作業を追放し、労働環境の改善ができる点です。それと、洗浄システムを組み込むことで、洗浄作業の自動化が容



用途に合わせたカプラーが用意されている

易であることも大きなメリットとなるでしょう。

—ワックス製造工場では人手が約50%削減—

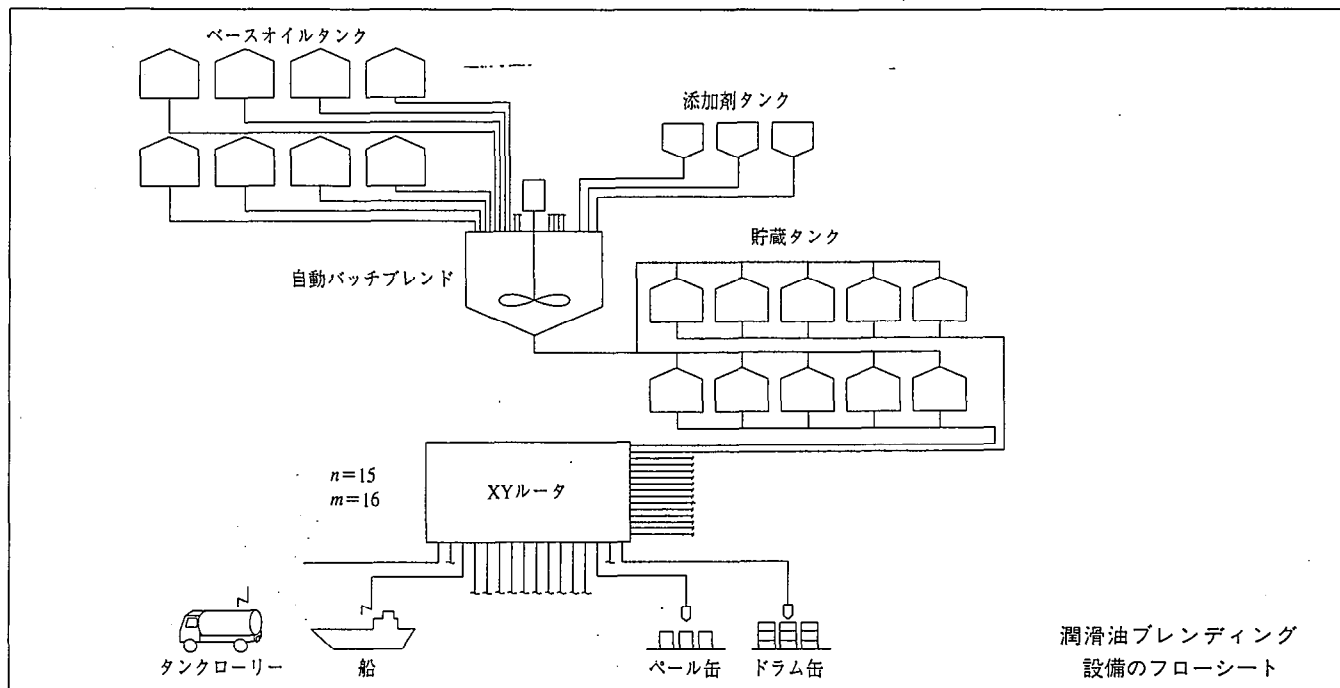
—それで96年の10月に1号機が納入されるわけですが、どのようなところに採用されたのでしょうか。

島 ワックスの工場で、原料を供給する工程に採用されました。屋外の20基のタンクから室内の20基のタンクに原料を投入するときに使われました。ライン数は2対12、2対13です。従来はドラム缶からホースで供給していたようですがその作業が大変だったようです。そこに2基納入しました。

その結果、作業要員が約50%削減できたということで、お客様にも喜んでいただいています。また、作業環境もよくなったということです。

—これまでの実績は、表にも掲げられているように7基、6種類の用途がありますが、特徴的な、非常にうまく使われている事例は。

島 そのような例として、潤滑油工場での使用例があります。入口が15本、出口が16本ということで、複数本と複数本の組み合わせになっていて、しかもサイズが3inと大きく、当然装置自体も大型になります。



潤滑油の場合は、ベースオイルと添加剤を入れて攪拌して、その後ストックタンクに溜めておきます。ストックタンクから何台もある充填機への移送に配管自動切り替え装置「XYルータ」を使っていたわけです。ここの特徴は、洗浄用のピグを通せるように、カプラーもピグが通過できるようなタイプを新たに開発して、それを使っています。

——個人的には自動車用の塗装工程/塗料供給システムに興味を持ちましたが…。

島 自動車の塗装工程ではガンでいろいろな色を吹くわけです。従来はバルブで切り替えているのですが、これもバルブと配管のお化けになっているところがあって、供給ラインをシンプルにしたいというご要求がありました。従来の方式だと色の数だけ供給ラインが要るので塗装ブースの周りには配管が錯綜しているんです。

それを極端な話1本にしたいということで、そのためには上流側で色タンクと供給ラインをその都度繋ぐということを考えて提案したのがこの例です。

——塗料ですら混ざらないシステムということが非常に重要な要素としてあったと思いますが。

島 そうです。先ほどもお話ししましたが、最初に塗料でもってカプラーの洗浄試験をやっていたので「カプラーはこのようなタイプを使えば大丈夫だ」ということが分っていました。少し変形して最適なカプラーをつくりました。

実際にお客様が色替え試験を行い「まったく問題なし」という報告を受けています。

——最近の事例に、食品工場の実績が2つありますが。

島 これは飲料工場です。貯蔵タンクと充填機の間「XYルータ」を置いたもので、ここでは、食品用の特別なカプラーを開発したのが特徴です。

——薬ですとGMP、食品ですとHACCPという流れですが、それに対応できるものとしてという意味ですね。

島 今すぐそれに対応できるかどうか分かりませんが、食品用として、サニタリーデザインになっています。この装置を食品の工場でする場合、HACCPの点からは、こういうことがいえるのではないのでしょうか。それは、食品工場ではホースを使って切り替えているところが結構あります。このホースの扱いというのが大変なんですね。例えばホースを切り離れたときに中身が出て床にこぼれたり、それでホースの外側が濡れてしまったりとか、そのまま引きずったりすると、ホース側にも床にもよくないわけです。また、ホースの口金のところの洗い方によってはいろいろな影響が出てくるわけです。そんなことからホース全体を洗い槽にどぶづけして殺菌して使用するケースが多いのですが、ホースを入れたり出したり、またその仕舞いが大変な作業になるんです。ホースを食品工場内で使うということはホースの管理業務が大変なんです。

そこで、ホースを「XYルータ」のような一つの装

置の中に収めてしまう、つまり、限定した空間に収めてしまうとそこだけ管理すればいいということになり、管理すべき点も少なくなり、監視作業も非常に簡単になります。「XY ルータ」ですと液漏れもなく、口金の洗浄に必要な洗浄システムも簡単に組み込めますので、クリティカルポイント、管理ポイントの少ない集約したシステムが組めることになります。

——スケジューラーと「XY ルータ」を組み合わせたインテリジェントな液移送システム (ILTS) ——

——最後に今後の展開を。スケジューリングのソフトもお持ちですしそれを利用することで営業的にも幅広い展開ができると思うのですが。

島 TECではスケジューラーソフト「孔明」というのがありまして、これと組み合わせてお使いいただくと最適な移送システムが実現できると考えています。先にご紹介しました潤滑油のプラントでもスケジューラーが上位システムに組み込まれていて、そこから出てくる情報で順番通りに切り替えを行うとリードタイムが従来の6割ぐらいいになり、速く生産できることが立証されています。

この場合、スケジューラーからの要求に応えられるだけの柔軟性といえますか、追従性をもっている切り替え装置が必要で、それもマルチに希望通りに流路形成ができるという自由度がいろいろあります。それが「XY ルータ」というわけです。

当社ではスケジューラーと「XY ルータ」を組み合わせ、「インテリジェント・リキッド・トランスファー・システム」(ILTS) と称して食品やファインケミカル、医薬などいろいろな分野にご紹介しているところです。

考え方としては、時間と設備を統合して、全体の最適化を図って運用するという事で、「タイム・アンド・ファシリティ・マネジメント」ともいっています。

その具体的なものが「ILTS」ということです。

適用分野に関しては、食品のところまで実例ができましたので、これから医薬品製造の分野に拡大していこうと思っています。

FDAの規格でクロスコンタミをなくす方策として、物理的にラインがアイソレーションされていることが必要だといわれています。

具体的な方法については何も示されていないのです

が、物理的に切れているということは、ホースのようなものでもって、その都度繋ぐということなんです。その都度繋ぐというところに「XY ルータ」が威力を発揮するのではないかと考えています。医薬分野はGMPやバリデーションの問題もありますから、これからそれらをクリアしていかなければいけないと思います。この他の分野としては、粉体関連の処理設備で利用できそうなので、この分野での市場開発も考えています。

話のはじめにタンク移動方式を越えてということをお話しましたが、適材適所といえますか、方式の棲み分けが可能だと思います。タンクの容量やライン数、切り替え頻度によりシステム全体として最適な切り替え方式があるわけです。タンク移動方式や、当社では「配管 MILOX」といっている配管を動かす方式や、技術賞の対象となった「XY ルータ」の中から、「こういうところではこのシステムが最適ですよ」とご提案させていただいています。

——長時間どうも有り難うございました。(本誌・一色)

実用 化学装置設計ガイド

社団法人 化学工学会 編

A5 上製函入・436頁 定価(本体9,660円+税)



昨今のようにコンピュータがすべての計算を行う時代になっても、ケミカルエンジニアにとって装置設計は最も重要な仕事の一つと言え、基礎的な設計概念あるいは設計方法の修得は重要な課題である。本書はこれから化学装置の設計を学ぶ学生並びに実際の設計に携わってられるケミカルエンジニアの座右の設計ガイドとなるよう、すなわち化学工学の教科書と化学工学便覧などの便覧類の中間ともいえる、手軽に読めて単位操作・機器の設計指針が得られる単行本として編集・企画された。

主要目次

- 第1章 総論
 - 1.1 化学装置の現状と最近の動向
 - 1.2 化学装置の選定方法
 - 1.3 化学装置の設計方法
- 第2章 化学装置設計ガイド各論
 - ①液体輸送装置 ②伝熱装置および熱交換器 ③蒸留装置 ④蒸発装置 ⑤晶析装置 ⑥吸収装置 ⑦吸着装置 ⑧抽出装置 ⑨反応装置 ⑩乾燥装置 ⑪攪拌装置 ⑫粉体貯槽装置 ⑬粉体輸送装置
- 第3章 話題の化学装置設計ガイド各論
 - ①バイオリクター ②超臨界抽出



工業調査会

〒113 東京都文京区本郷2-14-7
-0033 TEL. (03)3817-4706