

# 超臨界二酸化炭素洗浄装置 Rotowasher™

Precision parts cleaning system "Rotowasher™"  
using super critical carbon dioxide



(技)第1研究開発部第3研究室  
西 田 英 夫  
Hideo Nishida  
中 井 寛  
Hiroshi Nakai  
佐 伯 一 丸  
Kazumaru Saeki

当社は超臨界水酸化技術で提携している Chematur 社（スウェーデン）が開発・販売している超臨界二酸化炭素洗浄装置 Rotowasher™ の国内独占販売実施契約を締結した。同装置は、電子、機械部品精密洗浄分野で、従来のフロンや水に代替して洗浄溶媒に超臨界二酸化炭素を使用しその特性を活かすと共に、洗浄チャンバーを高速回転させることで洗浄度を向上させることができる点に大きな特長がある。本稿では Rotowasher™ の特長と仕様を解説する。

Shinko Pantec has contracted the Distribution agreement regarding exclusive distribution right for the precision parts cleaning system with Chematur Engineering in Sweden. The Rotowasher™ uses environmentally benign carbon dioxide as solvent compared to conventional organic solvents or water, and the revolutionary rotation systems allows to be treated efficiently for enhancing the level of cleaning. This paper describes the characteristic on Rotowasher™.

## Key Words :

超臨界二酸化炭素

Super critical carbon dioxide

精密洗浄装置

Precision cleaning system

高速回転洗浄チャンバー

High speed rotating washing chamber

## まえがき

当社は、超臨界水酸化（Super Critical Water Oxidation:SCWO）で提携している Chematur 社（スウェーデン）が開発、販売している超臨界二酸化炭素洗浄装置 Rotowasher™（写真1）の日本国内での独占販売契約を締結した。本 Rotowasher™ 装置は、精密洗浄が求められる電子、機械部品にこれまでの有機溶媒に代わって超臨界二酸化炭素を

用いることで、環境に優しい無公害なシステムである。この二酸化炭素の超臨界流体が有する高浸透性などの特性が付加されるとともに、さらに洗浄チャンバーを高速回転することで、機械的な洗浄効果を大幅に促進したところに大きな特長がある。また、装置は、コンパクトにスキッド化されており、電気、計装用空気、液化炭酸の供給で容易に操作、運転できる。

当社技術研究所に試験機を設置し、洗浄部品の洗浄効果を評価するとともに、必要な洗浄度に対する操作条件の探索試験を行う。

## 1. 超臨界二酸化炭素の特性

第1図に二酸化炭素の状態図を、第1表に超臨界二酸化炭素の物性比較を示す。

二酸化炭素を洗浄剤とするメリットは、次の点が挙げられる。

- ・ 自然環境に存在し安価で入手が容易
- ・ 従来の有機系洗浄剤の代替となる溶解特性を有する
- ・ 粘性や表面張力が小さく微小な間隙への浸透力が大きい
- ・ 乾燥工程が不要
- ・ 除去した汚れ成分の回収が容易
- ・ 溶媒が不燃性及び無毒で安全

一方、超臨界二酸化炭素を洗浄剤として用いるデメリットは、臨界温度が31.2℃と常温近辺にあるが臨界圧力が7.4MPaと高圧になることである。設備が高圧設備になることで、従来の常圧の洗浄装置と比べ、運転、保守の取扱が異なる。しかし、最近の高圧ユニット技術及び計電装技術の進展により、安全性、操作の簡便性は増しており、さらに、装置のシンプル化、コンパクト化が実現している。

## 2. 洗浄プロセス概要

第2図に、Rotowasher™装置のシステムフロー図を示す。

洗浄原理は、二酸化炭素を昇圧、昇温して超臨界二酸化炭素状態（温度=31.2℃、圧力=7.4MPa以上）の洗浄溶媒として、有機物の汚（オイル分等）を溶解除去し洗浄するものである。

洗浄プロセスは、被洗浄物を洗浄チャンバーにセットして、超臨界二酸化炭素を連続的に流す、次のバッチステップからなる。

- 1) 被洗浄部品の洗浄チャンバー内へのセット
- 2) 洗浄工程（洗浄サイクルは、自動制御運転）
- 3) 洗浄部品の取り出し

汚れた被洗浄部品は、洗浄チャンバー内のバスケット内に固定される。第3図に洗浄チャンバーの概要図を示す。

洗浄工程は、操作員が開始ボタンを押すことで開始され、以降、自動的に洗浄サイクルが実施される。最初に、コンデンサータンクからの二酸化炭素

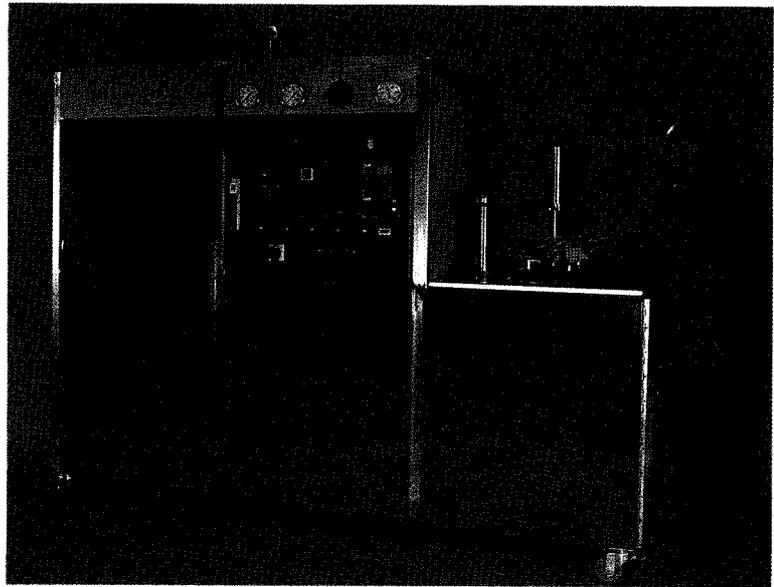
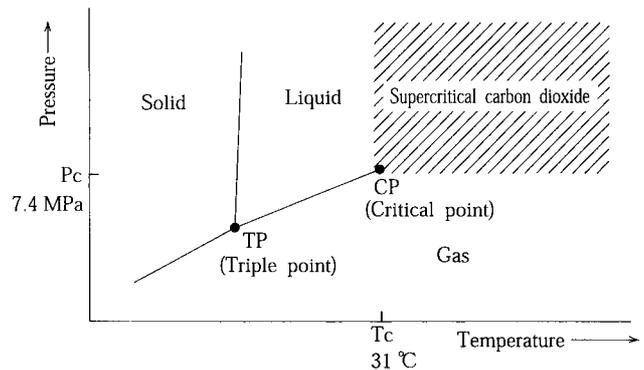


写真1 Rotowasher™の装置外観（2600×800×1800H）  
Photo.1 General view of Rotowasher™（2600×800×1800H）

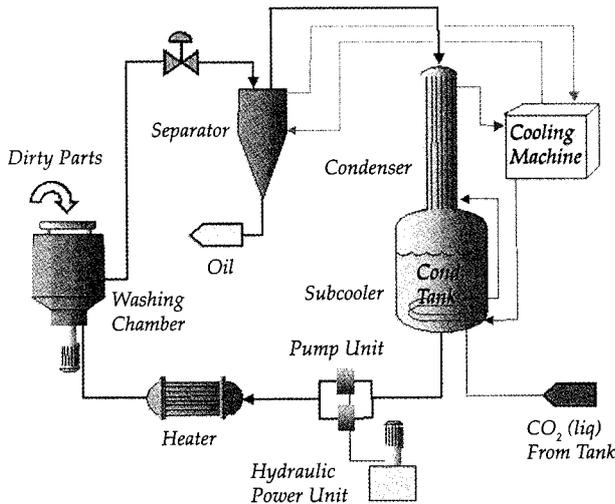


第1図 二酸化炭素相平衡状態図  
Fig.1 Phase diagram of carbon dioxide

第1表 二酸化炭素の物性比較  
Table1 Physical properties of carbon dioxide

	Gas	T <sub>c</sub> =31.1℃ P <sub>c</sub> =7.38MPa	Liquid
Density (g/cm <sup>3</sup> )	0.0006~0.002	0.2~0.5	0.6~1.6
Viscosity (μPa·s)	10~30	10~30	200~3000
Diffusivity (cm <sup>2</sup> /sec)	0.1~0.4	0.7×10 <sup>-3</sup>	(0.2~2)×10 <sup>-5</sup>

で系内が充填され、その後、昇圧ダイアフラムポンプと加熱器が作動し、所定の超臨界の温度、圧力条件が達成される。洗浄は、バスケットが高速回転する中に、溶媒の二酸化炭素が連続供給される中で行



第2図 装置システムフロー  
Fig. 2 System flow sheet

われる。

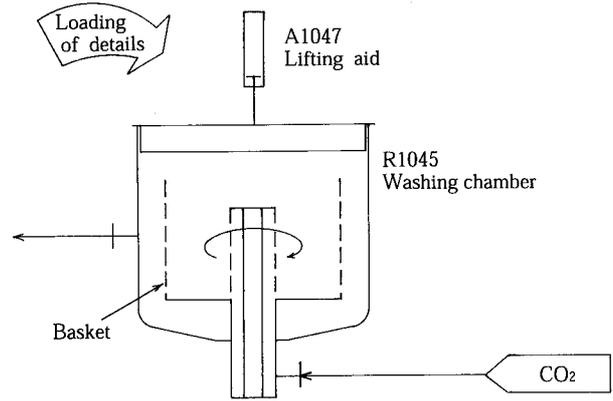
汚れの有機物は、超臨界相の二酸化炭素に溶解し、飽和に達した二酸化炭素は、洗浄チャンバーから流出していく。バスケットの回転作動は、被洗浄物から溶媒への有機物の物質移動を促進させる。

洗浄チャンバーを出た二酸化炭素は減圧バルブで減圧されて分離器に送られ、圧力は、コンデンサに通じた二酸化炭素の貯蔵圧力となる。減圧膨脹により二酸化炭素の一部が液化するので、これを気化蒸発させるために分離器では加熱される。溶解していた有機物は液体で分離器のボトムに収集され定期的に抜き出し除去される。

一方、大部分の気相の二酸化炭素は、活性炭フィルタで精製されてコンデンサに循環される。活性炭フィルタでは、二酸化炭素に同伴する有機廃液のミストが除去される。精製された気相の二酸化炭素は、コンデンサの上部で冷却凝縮されて下部タンクに収集貯蔵される。

洗浄工程が終了すると系内は、コンデンサの貯蔵圧力まで減圧された後、洗浄チャンバーは前後のバルブで遮断される。次に、チャンバー内の残存する二酸化炭素は大気に放散され、これが溶媒二酸化炭素の消費量となる。

洗浄チャンバーの圧力が大気になった時、チャンバーの蓋が開けられ、洗浄された部品がセットされたバスケットが取り出される。これで一連の工程は完了し、装置は、次のバッチ洗浄工程への待機工程となる。



第3図 洗浄チャンバーの概略図  
Fig. 3 Outline drawing of washing chamber

### 3. Rotowasher™ 超臨界二酸化炭素洗浄の特長

超臨界二酸化炭素洗浄の特長は、従来のフロン系洗浄法および水洗浄法と比較して次のとおりである。

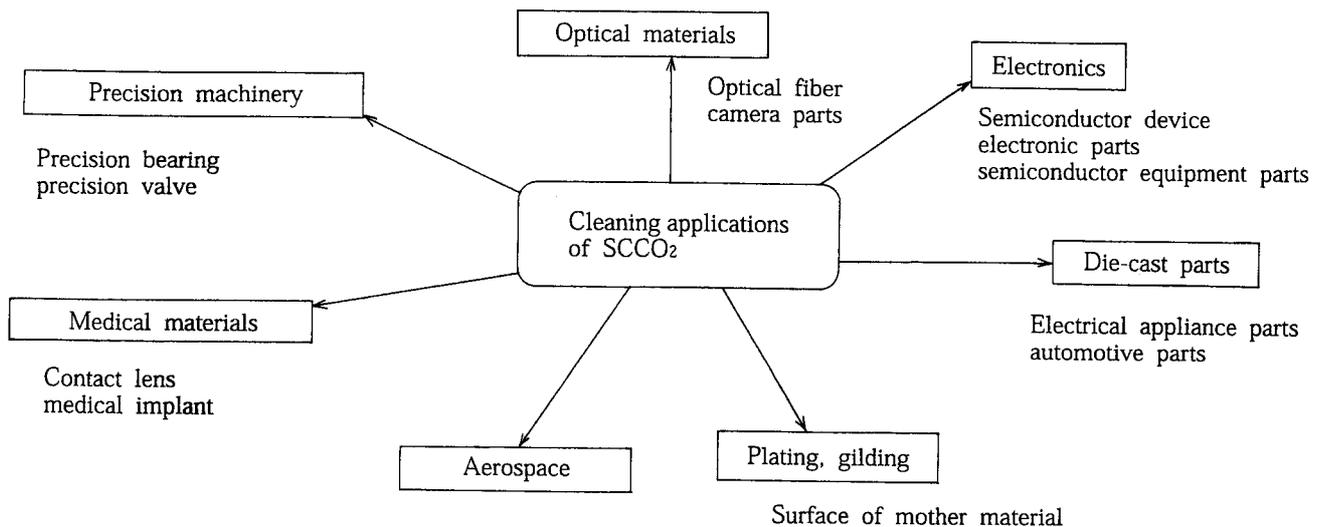
- ① 洗浄溶媒が環境に対して安全
- ② 複雑な形状をもつ細孔や微細などから汚れを容易に除去
- ③ 水による腐食、熱による変質を回避
- ④ 洗浄後の乾燥工程が不要
- ⑤ 処理時間が短く、処理コストが安価
- ⑥ 高い汚れ除去性能
- ⑦ 二酸化炭素は、精製、循環連続使用が可能
- ⑧ ユーティリティ消費量が小さい。

さらに、Rotowasher™ 超臨界二酸化炭素洗浄の最大の特長は、洗浄チャンバーを高速（～1200 rpm）で回転させることで、汚れの溶媒への物質移動溶解を促進させることによる洗浄効果の増大である。また、洗浄度は、回転速度、洗浄時間、溶媒二酸化炭素の温度、圧力条件により調節される。

### 4. Rotowasher™ 装置仕様

#### 4.1 装置仕様

- ・ 最小サイクル時間：20 min
- ・ 洗浄対象物標準径：100 mm
- ・ 洗浄チャンバー標準容積：15L
- ・ 洗浄操作圧力：～40 MPa
- ・ 洗浄操作温度：～100℃
- ・ 洗浄チャンバー回転速度：～1200 rpm
- ・ 装置ユニットサイズ：2600×800×1800  
(写真1)
- ・ 装置ユニット重量：800 kg



第4図 Rotowasher™ の対象洗浄物  
 Fig. 4 Cleanable products by Rotowasher™

#### 4.2 ユーティリティ消費量

- ・消費電力：2.5 kW 以下
- ・計装空気消費量：10 L/h 以下  
 (圧力：0.6~0.7 MPa)
- ・二酸化炭素消費量：1.5 kg/バッチ
- ・ユーティリティ消費量の比較

	TCE (トリクロロエチレン洗浄)	超臨界二酸化炭素洗浄
ユーティリティ消費量	33 kW/ サイクル	7 kW/ サイクル

#### 5. 対象洗浄物

Rotowasher™ 超臨界二酸化炭素洗浄装置の適用

対象洗浄物を第4図に示す。対象洗浄物は、今後の探索試験によりさらに広がりが見込まれるものである。

実際の適用例としては、マシン組立工場の粉末成型部品の切削油除去に用いられている。

#### むすび

超臨界二酸化炭素の特性を活かした精密洗浄装置 Rotowasher™ は、高速回転洗浄による洗浄効果の促進を大きな特長として、フロン、水洗浄の代替適用だけでなく、新たな精密洗浄分野への適用が期待される。

#### 連絡先

西田 英夫 第1研究開発部  
 第3研究室  
 主任研究員  
 TEL 078-992-6525  
 FAX 078-992-6504  
 E-mail h.nishida@pantec.co.jp