

## 二酸化炭素による繊維製品の洗浄 ～圧力と洗浄効率～

## Textile Cleaning with Carbon dioxide ～The influence of pressure on detergency～

0030104 金重 麻美 Mami KANESHIGE

## 1. 目的

ドライクリーニング溶剤として主に、塩素系溶剤、炭化水素系溶剤が使用されているが、その環境・人体への有害性が問題となっている。近年、欧米のドライクリーニング業界では溶剤の規制が強くなったことから、超臨界二酸化炭素あるいは液体二酸化炭素を用いた新しいドライクリーニングシステムの開発・実用化が進められている。

日本では、染色、分離・抽出、機能性加工、洗浄など、様々な分野で超臨界二酸化炭素が利用され始めている。

本研究では二酸化炭素による繊維製品の洗浄システムを構築することを目的とし、洗浄性に影響する温度、圧力や界面活性剤、添加剤などの要因を探ることとした。ここでは洗浄効率に対し、主に圧力およびアルコール添加がどのように影響するかについて調べた。

## 2. 実験

## (1) 洗浄装置

- ・ペルチェ型超臨界流体送液ポンプ  
(日本分光, SF-Jet)
- ・恒温槽と循環ポンプ  
(ADVANTEC DRM620DA, AKICO)
- ・脱着カラム( $\phi$  30mm, 100mmステンレス製)
- ・回収カラム( $\phi$  10.7mm, 100mmステンレス製)
- ・フィルター (GLサイエンス SUS 316 製)
- ・内部配管 (Swagelok ステンレス製)

## (2) 試料

- ・多成分複合湿式人工汚染布 (洗濯科学協会)
- ・白布 カネボウ綿晒金巾 #2023
- ・二酸化炭素 純度 99.997%
- ・メタノール 特級

## (3) 洗浄条件

## ① 温度・圧力条件の設定

試験布：上記人工汚染布 ( $5 \times 5 \text{cm}^2$ ) 5枚  
 洗浄時間：1時間 (循環 15分、30分)  
 洗浄温度：15、25、50、75、100℃  
 洗浄圧力：5、10、15、20、23、25 MPa

## ② 白布共存の影響と再汚染率

試験布：上記人工汚染布 3枚  
 白布( $5 \times 5 \text{cm}^2$ ) 2枚  
 洗浄時間：1時間 (循環 15分)  
 洗浄温度：25℃、50℃、75℃  
 洗浄圧力：5、10、15 MPa

## ③ 添加剤 (メタノール) の影響

試験布：人工汚染布 5枚  
 洗浄時間：1時間 (循環 15分)

洗浄温度・圧力：50℃・15 MPa

洗浄方式：汚染布 1枚に付き、メタノール 0.7mL 添加後、すぐに脱着カラムに設置し①と同様に洗浄。

比較実験：人工汚染布 1枚にメタノール 0.7mL 添加後、イオン交換水 200mL のビーカーに静置した。  
 (温度 50℃、常圧、1時間、循環なし)

\*①, ②, ③全ての実験において、循環ポンプの回転周期は 12rpm

## (4) 洗浄力評価

表面反射率測定 (ハンディ型分光色差計

日本電色工業 NR-3000)

から、K/S 値を求め (クベルカムンク式)

洗浄効率 D (%) 及び再汚染率 SR (%) を算出した。

## 3. 結果と考察

## (1) 温度圧力条件の洗浄効率への影響

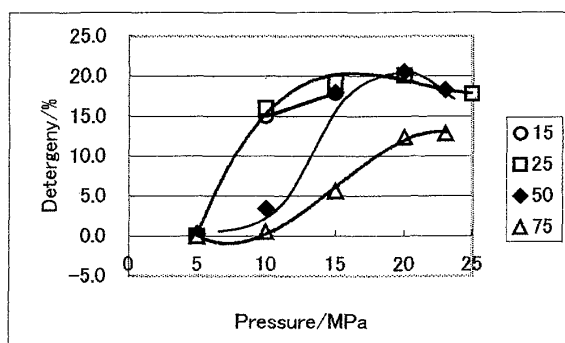


Fig 1. Detergency as a function of pressure of CO<sub>2</sub> at various temperatures for 15min circulation

いずれの温度でも、圧力の増加に伴い洗浄効率は増大するが、高压側では増加が抑えられ、それぞれの温度において最適の圧力が見出される。

この極大洗浄効率は低温ほど低圧側で、しかも洗浄性も高い。一方 Fig. 1 から、20MPa を除いて、超臨界より亜臨界 (液体) の方が洗浄性が高いことが判明した。

CO<sub>2</sub> の臨界点は 31℃, 7.4 MPa であり、この条件を超えた点 10 MPa 以上では、50℃, 75℃ は全て超臨界、15℃, 25℃ では全て亜臨界の状態にある。

超臨界状態で圧力効果が現れた原因は次のように考えられる。

臨界点を超えた圧力 (7.4~15MPa) では、圧力上昇に伴い CO<sub>2</sub> 密度は急激に上昇する。この

密度上昇によって物質の溶解度も急激に増加することが分かっている。<sup>1)</sup> そのことが、汚染物質の溶解に結びついていると考えられる。

しかし、最も洗浄効率が高い条件（亜臨界状態の 25℃ 高压領域、超臨界状態の 50℃ 高压領域）でも、二酸化炭素のみでの洗浄効率の上限は 20% 程度であり、さらに向上させる工夫が必要である。

15 分、30 分の二段階では循環時間は洗浄効率へほとんど影響を与えない。

## (2) 白布共存の影響と再汚染率

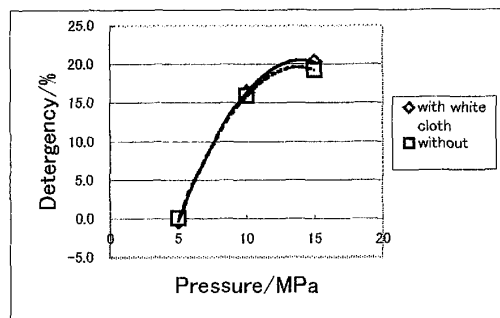


Fig. 2. Effect of white cloth added to washing column on detergency of artificially soiled test cloth at 25℃

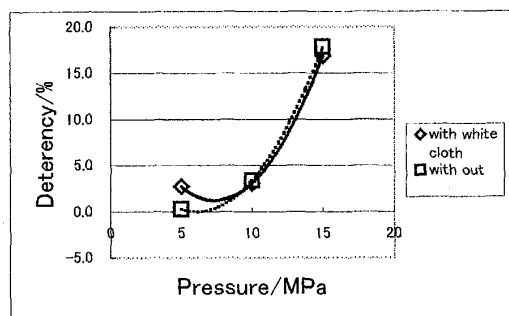


Fig. 3. Effect of white cloth added to washing column on detergency of artificially soiled test cloth at 50℃

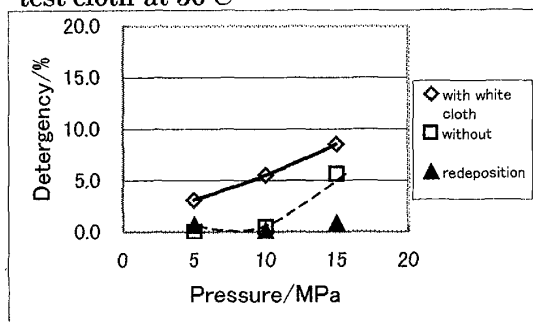


Fig. 4. Effect of white cloth added to washing column on detergency of artificially soiled test cloth at 75℃

汚染布と白布を共存させて洗浄した結果を各温度毎に Fig. 2～4 に示した。実験した条件下で、洗浄効率の高い 25℃、50℃ では白布の存在は全く洗浄効率に影響しないが、洗浄効率の低い 75℃ の洗浄では、白布を混入した事で、どの圧力でも洗浄効率が 3% ほど上昇している。

しかし、白布の再汚染率 (Fig. 5) に着目すると、特に 75℃ での再汚染率が高いわけではなく、

どの温度でも 1% 未満で、再汚染はほとんど認められない。

このことから、除去された汚れが白布に移ることで洗浄効率が上昇したのではないということが分かる。この原因については現状では不明である。

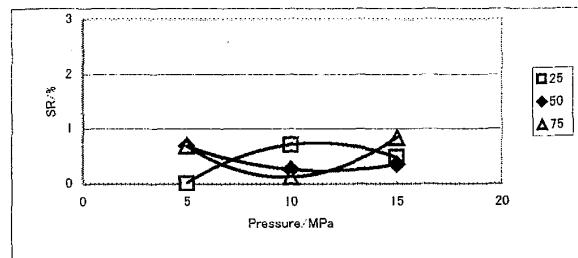


Fig. 5. Soil redeposition of white cloth added to washing column

## (3) 添加剤（メタノール）の影響

Table 1. Effect of methanol as a modifier on detergency

Solvent	Addition of methanol	Detergency/%
CO <sub>2</sub>	With	35.5
	Without	17.9
Water	With	10.3

汚染布にメタノールを添加した事で、二酸化炭素のみで洗浄した時よりも 2 倍程度洗浄効率が上がっている。

ここから、非極性溶媒である二酸化炭素に、極性の modifier を加えることで極性汚れの除去量が増加すると予想される。ただし今回は多成分が複合した汚染布について反射率測定から判定しているため、個々の汚れ成分に対する効果は分析できないのでこの点に関しては今後の課題である。

## 4. 今後の課題

- 1) 今回特異的な挙動を示した白布存在時の高温での洗浄効率を詳しく調べる。
- 2) CO<sub>2</sub> 溶媒への添加物質の検討として、
  - ① modifier としてのアルコール鎖長
  - ② 界面活性剤の有無及び種類の効果
  - ③ 水の微量添加効果
 について実験を進めていく。
- 3) 個々の汚れ成分に対する洗浄性を確かめる。

## 5. 参考文献

- 1) Color. Technol., I. Tabata, L. Lyu, S. Cho, T. Tominaga, T. Hori, 117, 346–351(2001)

## 6. 謝辞

送液ポンプ、恒温槽等のご提供とご助言を賜りました福井大学、堀照夫教授ならびに田畑功技監に謝意を表します。

(指導教官 駒城 素子)