

# 洗浄剤[1]：非水系溶剤

( Ver.1.00, 2006.9.27 )

横浜国立大学教育人間科学部 大矢 勝

非水系溶剤とはベンジンやアルコール等を代表とする油性の液体です。ドライクリーニングやしみ抜きで馴染み深いものですが、工業用洗浄では非常に重要な意味を持っています。オゾン層破壊の原因物質として排除対象となったフロンも非水系溶剤の代表的なものでした。非水系洗浄剤は可燃性洗浄剤（炭化水素系、アルコール系、シリコン系）と不燃性洗浄剤（フッ素系、塩素系、臭素系）に分けられます。

## （１）炭化水素系洗浄剤

炭化水素とは炭素と水素からなる石油由来の物質ですが、さらにパラフィン系、ナフテン系、芳香族系などが含まれます。パラフィン系とは飽和炭化水素（ $C_nH_{2n+2}$ ）、ナフテン系とは単結合で環状になった炭化水素（シクロパラフィン、 $C_nH_{2n}$ ）、芳香族系はベンゼン環を有するものをそれぞれ指します。

パラフィン系は更にノルマルパラフィン系（直鎖型飽和炭化水素）とイソパラフィン系（分岐型炭化水素）に分けられます。パラフィン系の一般製品では炭素数のばらつきが生じますが、そのばらつきを非常に小さく抑える等の工夫で差別化が図られています。

芳香族系にはトリメチルベンゼン、メチルエチルベンゼンなどの炭素数 9 を主成分とするものと、テトラメチルベンゼン、ナフタレン、メチルナフタレン等の炭素数 10～11 のものがあります。洗浄力が高いのですが乾燥性に乏しいのが欠点です。一般にはメタノール、イソプロパノール等のアルコール類、アセトン、メチルエチルケトン等のケトン類といった低沸点溶剤と混合して用い、それらの溶剤でリンス処理することで乾燥時間の短縮化が可能となります。

なお、炭化水素系洗浄剤は溶解力（指標：アニ

リン点）は次のようになるとされています。

芳香族系 > ナフテン系 > イソパラフィン系 > ノルマルパラフィン系

## （２）アルコール系洗浄剤

アルコールは一般式  $R-OH$  で表されますが、洗浄剤としてはメタノール（ $CH_3OH$ ）、エタノール（ $C_2H_5OH$ ）、イソプロパノール（ $CH_3CH(OH)CH_3$ ）などが用いられます。炭化水素の部分は親油性、水酸基（ $-OH$ ）は親水性であり、上記の 3 種では親水性は、エタノール > メタノール > イソプロパノール、の順となります。

メタノールは水との親和性が高く、炭化水素とは一定限度しか溶解しないかまたは全く混合しません。エタノールはメタノールよりもやや油性物質を溶解する性質がありますが、一般には安価なイソプロパノールが用いられることが多いようです。なお、エタノールは酒類の重要な原料なので、酒税法との関係で洗浄用エタノールには少量のイソプロパノール等の添加剤が加えられています。

## （３）フッ素系洗浄剤

フッ素を含んだ溶剤の名称としてはフロンが有名です。フロンはフルオロカーボンの略ですが、実際にはクロロフルオロカーボン（CFC）を指します。フロンはハロン（臭素を含んだ化合物）と共にオゾン層破壊の原因物質であるとして規制対象になりました。具体的には以下の物質が規制対象となりました。

【特定フロン 5 種：1996 年全廃】

CFC-11( $CCl_3F$ ), CFC-12( $CCl_2F_2$ ),

CFC-113( $C_2Cl_3F_3$ ),

CFC-114( $C_2Cl_2F_4$ ), CFC-115( $C_2ClF_5$ )

【ハロン 3 種：1994 年全廃】

halon-1211(CF<sub>2</sub>BrCl), halon-1301(CF<sub>3</sub>Br),  
halon-2402(C<sub>2</sub>F<sub>4</sub>Br<sub>2</sub>)

【その他の CFC10 種：1996 年全廃】

CFC-113(CClF<sub>3</sub>), CFC-111(C<sub>2</sub>Cl<sub>5</sub>F),  
CFC-112(C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub>F<sub>2</sub>), CFC-211(C<sub>3</sub>FCl<sub>7</sub>),  
CFC-212(C<sub>3</sub>F<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub>), CFC-213(C<sub>3</sub>F<sub>3</sub>Cl<sub>5</sub>),  
CFC-214(C<sub>3</sub>F<sub>4</sub>Cl<sub>5</sub>), CFC-215(C<sub>3</sub>F<sub>5</sub>Cl<sub>4</sub>),  
CFC-216(C<sub>3</sub>F<sub>6</sub>Cl<sub>3</sub>), CFC-217(C<sub>3</sub>F<sub>7</sub>Cl<sub>2</sub>)

上記の中でもCFC-113(CCl<sub>2</sub>F- CClF<sub>2</sub>)は洗淨関係でよく用いられてきましたが、1996 年の全廃決定は洗淨分野に大きな衝撃を与えました。そこで、これらの構造に水素を添加して分解しやすくしたハイドロクロロフルオロカーボン (HCFC) がフロン代替物質として注目されることになりました。しかし、HCFCは地球温暖化係数が二酸化炭素と比較して著しく大きなものが多いため新たに規制対象となりました。

HCFCの代表格にHCFC-225(C<sub>3</sub>F<sub>5</sub>Cl<sub>2</sub>H)が挙げられます。不燃性で熱的・化学的安定性が高く、その他洗淨に関する性能が優れており、CFC-113の代替物として精密洗淨等に用いられていますが、2020 年には全廃されることが決定しました。

更にHCFCの代替品としてはHFC(ハイドロフルオロカーボン)の一種のC<sub>5</sub>H<sub>10</sub>F<sub>2</sub>の構造をもったものや、HFE(ハイドロフルオロエーテル)として HFE-7100(C<sub>4</sub>F<sub>9</sub>-O-CH<sub>3</sub>) や HFE-7200(C<sub>4</sub>F<sub>9</sub>-O-C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)などが注目されています。また、環状フッ素系洗淨剤なども開発されています。

( 4 ) 塩素系洗淨剤

塩素系溶剤としては 1,1,1-トリクロロエタン (CCl<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>)がオゾン層破壊物質として 1996 年に全廃になりました。その他ではトリクロロエチレン(C<sub>2</sub>HCl<sub>3</sub>)、パークロロエチレン(C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub>)および塩化メチレン(ジクロロメタン: CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)などが古くから洗淨に用いられてきました。

これらは不燃性で、優れた洗淨力を有しており機器部品洗淨やドライクリーニング等で多用さ

れてきましたが、その地下水汚染や毒性が問題視されるようになって、種々の法律の規制対象となり、現在では使用が縮小傾向にあります。