

## CFC 113의 대체 세정제

노경호 · 이윤용

CFC 대체기술센터  
한국과학기술연구원

### 1. 서 론

현재 전세계적으로 시급한 문제가 되고 있는 CFC에 의한 환경문제는 1970년대 초반까지 저슬러 올라갔다. 안전하다고 여겨졌던 CFC가 지구의 환경을 보호하려는 취지에서 범세계적으로 감축 및 사용금지의 초점이 되고 있다. 이를 규제하지 않을 경우 하나뿐인 지구의 환경은 점점 파괴되어 인류 생존의 터가 되지 못할 것이라는 우려가 커짐에 따라 1987년 몬트리올 의정서가 채택되어 1989년 1월 1일 발표되었고, 이 의정서의 규제 일정에 따르면 모든 CFC는 2000년까지는 전면 생산과 사용이 금지될 예정으로 있다. 그러나 오존층의 파괴가 당초 예상보다 훨씬 빠르게 진행되고 있으며 상당히 심각하다는 NASA 등의 강력한 전의에 따라 금년 2월 11일 미국의 부시 대통령은 규제일정을 4년 앞당기기로 결정하였으며 일본 및 EC 등 선진국에서도 이에 동조하고 있다. 또한 대부분의 개도국도 이에 별다른 이견이 없을 것으로 보이기 때문에 금년 4월 나이로비에서 열리는 실무회의에서 제안된 단축안은 11월 코펜하겐에서 열리는 가입국회의에서 채택될 것으로 전망된다.

CFC는 전산업에 걸쳐서 광범위하게 사용되고 있어서 각 분야별로 대체물질의 개발이 미국 등 선진 각국 뿐만 아니라 우리나라에서도 활발히 진행되고 있다. 지금까지의 CFC 대체물질 개발 현황을 보면 냉매로서 HFC-134a와 HFC-152a, 발포제로서 HCFC-141b와 HCFC-123 등이 대체물질로서 유력하고 세정제의 경우 다양한 종류의 대체물질이 이미 상품화되어 있다. 그러나 피세정물질의 범위가 상당히 크기 때문에 각종

대체물질들에 대한 세정성능, 독성, 환경영향성, 경제성 등의 종합적이고 체계적인 시험방법이 절대적으로 필요하다. 본 고에서는 CFC 113의 대체세정제로서 현재 개발중이거나 상품화된 세정용 CFC 대체물질의 특성에 관해서 기술하고자 한다.

### 2. 몬트리올의정서와 국내 파급효과

#### 2.1. 몬트리올의정서의 채택

1985년 3월 채택된 비엔나조약에 명시되어 있는 구체적인 규제내용이 담긴 의정서의 채택을 위해 UNEP는 산하에 위원회를 설치하고 1986년 12월 제네바에서 이 위원회의 제1차 회의를 개최하였다. 이어서 1987년 2월의 제2회 회의(비엔나), 4월의 제3회 회의(제네바)를 거쳐 9월의 제4회 회의(몬트리올)에 바로 이어 열린 외교관회의에서 최종적으로 "오존층을 파괴하는 물질에 관한 몬트리올의정서(Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer)"가 채택되었다.<sup>1,2</sup> 이 의정서는 지구의 환경을 보호하기 위해 전세계적으로 특정 물질의 생산과 사용을 강제적으로 규제하는 최초의 것으로서 의미가 있다. 규제물질로서는 CFC-11, 12, 113, 114, 115(Group I), Halon-1211, 1301, 2402(Group II)이고, 1990년 London 회의에서 CFC-13, 111, 112, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217(Group III), CCl<sub>4</sub>(Group IV), CH<sub>3</sub>CCl<sub>3</sub>(Group V)가 추가되었다. 몬트리올의정서의 주요한 내용은 다음과 같다.

- 가입국은 의정서 발효 후 1년 이내에 비가입국으로부터 수입금지
- 가입국은 1993.1.1부터 비가입국으로의 수출금지

- 의정서 발효 후 3년 이내(1992.1)에 해당 제품의 항목을 작성. 항목작성 후 1년 이내에 비가입국으로부터의 수입금지
- 의정서발효 후 5년 이내(1994.1)에 실행 가능성을 검토, 실행이 가능하다고 결정될 경우 제품항목을 작성. 작성 후 1년 이내(1995.1)에 금지
- 생산 또는 사용기술의 수출억제와 생산에 필요한 제품, 장치, 기술 등의 수출에 관한 보조금, 원조, 차관의 공여금지
- 1990년을 초년도로 하여 최소한 4년에 한번씩 과학적, 기술적, 경제적 관련 자료를 기초로 규제내용의 평가 및 검토
- 규제대상물질의 대체품 등에 관한 협력, 연구개발, 정보교환을 촉진
- 개발도상국이 원할 경우 기술원조를 촉진

**2.2. 국내 파급효과**

몬트리올의정서에의 가입에 대비하여 우리나라에서는 오존층을 파괴하는 특정 물질의 제조 및 사용 등을 규제하고 대체물질의 개발 및 이용의 촉진과 특정 물질의 배출억제 및 사용합리화 등을 효율적으로 추진하기 위해 1991년 "오존층보호를 위한 특정 물질 제조 등에 관한 법률"을 제정 공포하였으며, 1992년 1월 1일부터 시행하고 있다. 그리고 지난 2월에 몬트리올의정

서에 가입을 신청한데 이어 5월 27일부터는 정식 가입국이 되었다. 이에 따라 우리나라도 몬트리올의정서의 규정을 준수하여야 하며 금년부터 바로 CFC 사용량을 대폭 감축해야 한다.

우리나라의 CFC 사용량을 보면 1986년에 9,244톤에 불과하던 것이 1987년에는 15,039톤으로 증가하였으며 1990년에는 20,897톤에 이르렀다. 이와 같은 결과는 냉동·공조산업, 전자공업, 반도체공업, 자동차공업 등 국내 CFC 관련 산업 규모가 1979년 총매출액기준으로 4조에서 1988년 25조로 급격하게 커졌다. 이 중에서 CFC 113은 전체 CFC 사용량의 25~30%를 차지하고 있으며 용도는 다음과 같다(참조 Fig. 1).<sup>3</sup>

- (1) Flux 제거 : 납땜 후 PCB 기판에 묻어 있는 Flux를 부품을 손상시키지 않고 제거할 수 있어 기판의 전기특성과 신뢰성을 확보할 수 있다.
- (2) 탈지 : 물에 의한 탈지와 비교하여 폐액의 발생량이 훨씬 적으며 이 폐액은 일반 공해방지지설로 처리가 가능하다.
- (3) 먼지, 지분의 제거 : 광학부품, 반도체 부품, 메모리디스크, 정밀부품 등은 표면상태가 품질을 결정하므로 품질향상에 기여한다.
- (4) 수치환 건조 : 전자부품, 도금부품, 광학부품은

Total amount = 5944.2 ton

Total amount = 6473.4 ton

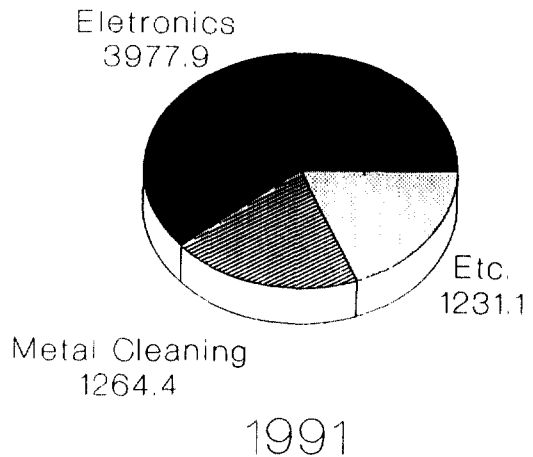
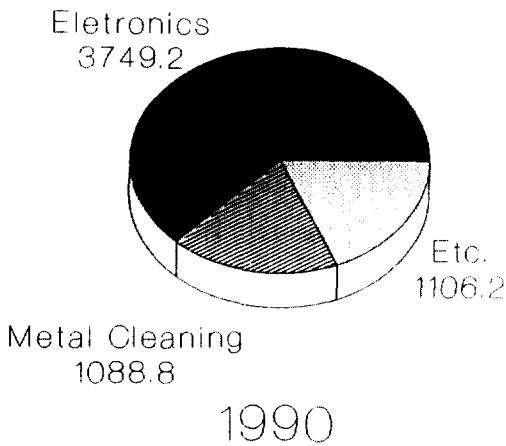


Fig. 1. Uses of CFC 113 in Korea

제조과정 중 물을 많이 사용하므로 건조해야 하는데 CFC 건조시 스포트가 생기지 않고 에너지 소모가 적다.

(5) 유성오염물질 제거 : 고급 의류의 dry cleaning제로 사용되고 있다.

몬트리올의정서의 규제물질 중에서 세정제로 사용되고 있는 물질은 CFC 113(C<sub>2</sub>F<sub>3</sub>Cl<sub>3</sub>, 1, 1, 2-trichloro-1, 2, 2-trifluoro ethane), 1, 1, 1 TCE (C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>Cl<sub>3</sub>, 1, 1, 1-trichloroethane, methyl chloroform), Carbon tetrachloride (CCl<sub>4</sub>)이다. 이밖에도 현재 대체물질로서 경과물질인 HCFC 141b(C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>FCI<sub>2</sub>), HCFC 225 (C<sub>3</sub>HF<sub>5</sub>Cl<sub>2</sub>)도 궁극적으로 규제를 받는 물질이다.<sup>4</sup>

CFC 전폐일정이 1996년으로 앞당겨질 전망임을 감안할 때 단계적으로 CFC를 합리적으로 사용하고 절감 및 회수하는 방안을 강구하지 않으면 안 될 것이고<sup>5</sup> 중장기적으로는 가능한 한 CFC가 아닌 기존 및 신규 대체물질로 바꾸는 노력을 해야 한다.

### 3. 대체 세정제

몬트리올의정서의 발효 직후에는 CFC 113을 줄이려는 조기방안으로 CFC 113의 우수한 물성을 보유하면서도 양을 20~40%를 적게 첨가하여 절감할 수 있는 혼합세정제가 보급되었다. 이러한 절감형 세정제

는 세정장치를 개조하지 않고 그대로 사용할 수 있는 잇점이 있다. 그러나 CFC 113의 전폐시기가 1996년으로 앞당겨짐에 따라 CFC 113을 전혀 포함하지 않는 새로운 형태의 대체세정제가 현재 주류를 이루고 있다. CFC 113과 1, 1, 1 TCE의 기본적인 물성은 대체세정제의 물성과 비교하기 위해서 Table 1에 표시하였다. CFC 113의 대체세정제의 분류는 수계, 준수계, 알코올 및 케톤계, 할로젠, 지방족, 에스테르, 불화탄소계 세정제 등으로 구분할 수 있다.

#### 3.1. 수계 세정제<sup>6-8</sup>

수계 세정제란 물을 주요 성분으로 하고 있다. 합성세척제와 계면활성제를 builder, pH 완충액, inhibitor, saponifier, emulsifier, deflocculant, complexing agent, antifoaming agent 등의 특수한 첨가제와 함께 혼합하여 사용한다. 수세정단계에서 가장 중요한 단계는 세척, 행굼, 건조 및 폐수처리이다. 행굼과 건조는 모든 경우에 꼭 필요한 것은 아니며 폐수처리도 규제 정도에 따라 달라질 수 있다. 수계세정공정을 잘 이용하기 위해서는 세정제의 효율성, 세정장치 및 첨가제들을 잘 선정해야 한다. 수세정의 장점은 다음과 같다.

- (1) 수세정은 다른 세정제와 비교하여 작업자 안전에 거의 문제가 없다. 비가연성이며 비폭발성이다.
  - (2) 장치설계, 수계 세정제의 제조 및 농도에 선택성이 다양하다. 이러한 다양한 선택성으로 인해서 피세정물의 오염물의 범위가 확대될 수 있다.
  - (3) 무기물질이나 극성물질에 특히 유용하다. 많은 기계가공업체에서 환경 등의 문제 때문에 유성보다는 수성 윤활유가 냉각제를 이용하고 있다.
  - (4) 유기막, 유분이나 왁스가 수계방법으로 효과적으로 제거할 수 있다.
  - (5) 수세정은 그 자체의 용해력보다는 첨가제에 의해서 효율이 증가한다. 이는 saponification, displacement, emulsification, dispersion 등이다. 입자들은 에너지를 적용하여 표면활동도에 의해서 제거효율이 좋다.
  - (6) 초음파세정은 CFC 113 또는 1, 1, 1 TCE보다 수계가 더 효율적이다.
  - (7) 일반적으로 수세정제의 가격은 비수계보다 저렴하다.
- 단점으로서는 다음과 같다.

Table 1. CFC 113과 1, 1, 1 TCE의 기본적인 물성

| 특 성                         | CFC 113                              | 1, 1, 1 TCE                      |
|-----------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| 구조식                         | CCIF <sub>2</sub> CCl <sub>2</sub> F | CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub> |
| 끓는 점(°C)                    | 47.6                                 | 74.0                             |
| 어는 점(°C)                    | -35                                  | -32.6                            |
| 비 중(g/cm <sup>3</sup> )     | 1.57                                 | 1.33                             |
| 점 도(cp)                     | 0.68                                 | 0.80                             |
| 표면장력(dyne/cm)               | 17.3                                 | 25.4                             |
| KB 값 <sup>1</sup>           | 31                                   | 125                              |
| 중발속도(CCl <sub>4</sub> =100) | 170                                  | 139                              |
| 인화성                         | 없음                                   | 없음                               |
| 오존파괴지수 <sup>2</sup>         | 0.8                                  | 0.15                             |

① 25°C

<sup>1</sup> : KB=Kauri Butanol Value

<sup>2</sup> : 오존파괴지수=Ozone Depleting Potential (CFC-11=1.0)

- (1) 미세한 구멍이나 작은 틈새에 들어 있는 오염물 질들은 제거하기 힘들다.
- (2) 수세공정은 주의깊게 설계를 해야 한다.
- (3) 일부 수계세정제의 잔사나 계면활성제는 헹구기 힘들 뿐 아니라 잔사로 인해서 피세정물의 응용 범위가 작아질 수 있다. 진공증착, 액화산소의 접촉 등 특수하게 취급해야 할 경우도 있다. DI water나 알코올로 헹굴 수 있다.
- (4) 틈새나 미세한 구멍을 가진 부품을 건조하기가 힘들기 때문에 별도의 건조장치가 필요하다.
- (5) 수세정기의 소요 면적이 타세정기보다 크다.
- (6) 금속에 부식의 위험이 있다.
- (7) 경우에 따라 고순도의 물이 필요하다. 순도와 양에 따라 경비가 클 수 있다.
- (8) 에너지 소모량이 타세정제에 비해서 가열된 헹굼 단계와 건조단계를 거쳐야 하기 때문에 많을 수 있다.
- (9) 수세정에서 배출하기 전에 폐수처리를 해야 하는 경우도 있다.

수계세정제는 기본적으로 세 가지 주요 성분으로 구성되어 있다. (1) 수세정제에서 가장 크게 차지하는 부분, (2) 세척력을 증가시키고 금속 표면에 영향을 미치는 유기 또는 무기첨가제, (3) 계면활성제나 wetting agents.

수계세정제에 첨가되는 다양한 물질 때문에 다양한 세정효과를 가질 수 있다. 물성에 영향을 주는 분자구조는 광범위하게 변할 수 있다. 예를 들면, 탄소의 구조(straight chain, branched chain, ring chain) 및 친수성과 소수성의 비율 등은 바람직한 세정 요구조건에 맞출 수 있다. Builder는 수계세정제에서 알칼리염이다. 알칼리 금속 orthophosphate, 응축된 phosphate, 알칼리 금속 hydroxide, silicate, carbonate 등의 혼합물로서 수세정제를 만들게 된다. Phosphate는 가장 많이 사용되는 builder이다. Ethylenediamine tetra acetic acid(EDTA)나 nitrate의 킬레이팅 화합물은 phosphate 대신에 사용될 수 있다. Silicate는 종종 헹구기가 힘들고 완전히 제거되지 않으면 연속작업을 하기가 힘들다. Carbonate나 hydroxide는 값싸게 얻을 수 있는 builder로 사용되기도 한다. 첨가제는 유기 또는 무기 물질로 세정효과를 더욱 높이고 표면상태를 변형시키는 데 사용한다. Glycol, glycol ether, chelating agent,

polyvalent metal salts가 첨가제로 사용될 수 있다. 이들 물질의 일부는 휘발성 유기용매(VOC)로서 규제가 된다. 계면활성제는 유기화합물로서 알칼리 세정제에 세척력, emulsification, wetting 효과를 준다. 계면활성제는 특성 있는 화학구조로 독특하다. 이들은 두 개의 다른 구조가 합하여 한 개의 분자를 이루는데 소수성 부분은 물에 녹지 않으며 친수성 부분은 극성으로 물에 잘 녹는다. 이러한 특성은 강력한 표면흡착성질을 갖게 된다. 계면활성제의 분류는 음이온성, 양이온성, 비이온성 및 amphoteric으로 나뉘는데, 이 중에서 음이온성 및 양이온성은 금속세정에 많이 사용된다. 알칼리 분부세정에서는 거품이 생기지 않도록 계면활성제를 사용해야 한다. 비이온성 계면활성제는 거품을 줄이고 좋은 세척력을 준다. Immersion 세정에서는 주로 음이온이나 비이온성 계면활성제가 사용된다.

수용성 flux를 포함하여 대부분의 flux를 제거하기 위한 방법으로 알칼리 감화 수세정(alkaline saponified water cleaning)으로 한다. 수세정방법에 의한 rosin flux 제거에는 강력한 알칼리 감화 세척제를 사용한다. 감화공정에는 알칼리화합물질을 사용하여 rosin을 수용성 물질로 만들어 물로 세척이 잘 되게 한다. 전자산업에 사용되는 알칼리 세정제는 monoethanolamine과 같은 alkanoamine으로 일반적으로 구성되어 amine이 rosin acid를 감화시킨다. 즉 PCB에 전도도문제를 일으킬 수 있는 전해물질을 생기게 하는 가능성을 줄이기 위해서 monoethanolamine을 첨가한다. 전자세정제의 구성은 alkanoamine, ethyl butyl glycol ether와 같은 builder와 비이온성 계면활성제로 되어 있다.

### 3.2. 준수계 세정제<sup>6-8</sup>

준수계 세정제는 탄화수소계 세정제라고도 하며, 계면활성제를 첨가하여 CFC 113 및 1, 1, 1 TCE의 대체품으로 사용되기 시작하고 있다. 탄화수소/계면활성제 세정제는 두 가지 방법으로 사용된다. 첫째는 수세정제와 같이 물에 녹여서 사용하는 방법이고, 두번째는 응축된 형태로 사용하고 물로 헹구는 방법이다. 위의 두 가지 세정공정에는 물을 사용하기 때문에 준수계 공정이라고 한다. 준수계 세정제의 장점으로서는

- (1) 그리스, 타르, 왁스 및 제거하기 힘든 오염물질에 탁월한 세정력이 있다.
- (2) 대부분의 금속과 플라스틱에 호환성이 있다.

- (3) 특히 유화된 형태로 사용되면 증기압이 낮다.
  - (4) 비알칼리성 공정이기 때문에 금속의 부식물이 적고 폐수에서 금속이 거의 존재하지 않는다.
  - (5) 증발손실이 적다.
  - (6) 장치 구입단가가 내릴 수 있다.
  - (7) 첨가제를 넣어서 녹을 방지할 수 있다.
- 단점은 다음과 같다.
- (1) 남아 있는 잔사 때문에 행금단계가 필요하다.
  - (2) 재순환 및 폐수처리비용으로 경제성이 낮을 수 있다.
  - (3) 농축된 형태로 분무세정기에서 사용되면 가연성의 위험이 생길 수 있다. 그러나 적절한 장치 설계를 하여 이러한 문제를 크게 완화할 수 있다.
  - (4) 일부 세정제는 불쾌한 냄새가 있다.
  - (5) 일부 세정제는 휘발성 유기 용매이다.
  - (6) 경우에 따라서 건조기가 필요할 수 있다.
  - (7) 일부 세정제는 자연적으로 산화하여 산화방지제를 사용해야 한다.

### 3.3. 알코올 및 케톤계 세정제<sup>9,10</sup>

가장 일반적인 유기용매는 ethanol, IPA와 같은 알코올과 glycol ethers(methyl, n-butyl, diethyl)들이다. 이들 용매는 높은 극성과 용해력을 가지고 있다. 알코올은 일반적으로 인화점이 낮기 때문에 주의를 기울여서 사용해야 한다. 특히 IPA는 CFC 113의 유력한 대체품이고 대개의 비금속 물질과 호환성이 있다. 대부분의 CFC 113 세정제에는 알코올과 공기조성으로 만들어진다. 알코올계 대체세정제를 생산하고 있는 미국의 Kyzen Corp.에서 심지어 주장하기를 CFC 113과 알코올 혼합물에서 CFC 113은 단지 운반체와 알코올의 가연성질을 억제하는 역할을 할 뿐이고 용해력은 IPA와 같은 알코올에 의한다고 하였다.<sup>11</sup> 실제로 IPA는 탁월한 용해력 때문에 모든 표준 이온 청결도 시험기에서 추출용매로 사용한다. 이 회사에서 생산되는 Ionox계 세정제는 특수첨가제를 섞어서 인화점을 상당히 높였다. 일부 glycol ethers는 고분자 탄소중합물질에 swelling, crackinhg 등의 재질호환성의 문제가 있다. 케톤계 물질도 강력한 용해력을 가진 용매로서 대표적인 물질은 아세톤과 MEK(Methyl ethyl ketone, 2-Butanone)이다. 그러나 가연성물질(인화점이 0°F)이고 알코올계 세정제와 마찬가지로 고분자물질에는

재질의 호환성이 없다.

### 3.4. 할로젠 세정제<sup>4,12</sup>

CFC 113과 1, 1, 1 TCE의 대체세정제의 할로젠화합물 중에서 HCFC, HFC와 기존의 규제받지 않는 염소계로 나눈다. 이 중 HCFC는 HCFC 123, HCFC 141b, HCFC 225 ca, HCFC 225cb 등이다. HCFC는 오존 파괴지수가 CFC 113이 0.8인데 비해서 상당히 낮은 0.05~0.13이지만 0이 아니기 때문에 이 물질들도 2000년 이후에는 규제의 대상이 될 것으로 예상하고 있다. 일부 물질이 현재 고객 선전용으로 소량 생산되어 있고 곧 양산될 것이다. 이들 물질은 CFC 갖고 있는 낮은 표면장력과 비가연성의 물리적 성질을 갖고 있다. 다른 HCFC간의 혼합물도 대체세정제로 사용할 수 있는데, 이 중에는 HCFC 123과 HCFC 141b의 혼합물로 일정한 온도에서 끓는 물질로 만들어서 개발하였는데, 그리스나 수용성 오일 잔사에 특히 제거효율이 좋다. 그러나 용매세정공정에서 CFC 113이나 1, 1, 1 TCE를 HCFC로 대체하려는 노력은 어려움이 따르고 있다. 미국의 두 화학회사인 Du Pont와 Allied Signal에서는 HCFC 123의 생산을 줄이거나 취소하였다. Du Pont에서는 HCFC 123을 세정제로서는 공급하지 않을 것이라고 발표하였고 Allied Signal에서는 HCFC 123의 모든 제품생산을 취소할 것이라고 하였다.<sup>4</sup> 뿐만 아니라 Du Pont에서는 HCFC 141b를 포함하는 모든 제품도 만들지 않을 것이라고 하였다.

HCFC의 장점은 다음과 같다.

- (1) CFC 113과 1, 1, 1 TCE에 필적하는 우수한 세정 능력이 있다.
- (2) 장치 투자비가 최소화할 수 있다. 이러한 물질을 사용하기 위해서는 세정기 장치의 일부를 보완하거나 그대로(drop-in replacement) 사용할 수 있기 때문에 장치 투자비가 최소화할 수 있고 장치면적도 추가되는 부분이 적기 때문에 작을 수 있다.
- (3) 복잡한 구조를 갖거나 틈새가 매우 작은 부품에도 세정이 가능하다.
- (4) HCFC 세정제의 에너지 소모량이 수계 또는 준수계에 비해서 상대적으로 작다.
- (5) 플라스틱에 대한 재질호환성이 우수하다.
- (6) 건조는 쉽게 할 수 있고 세정공정에 물을 사용하지 않기 때문에 얼룩이 생기지 않는다.

이에 비해서 단점은 다음과 같다.

- (1) HCFC는 과도기의 물질이다. 현재의 몬트리얼의 정서에는 2020~2040년에 HCFC 사용을 금지하도록 되어 있다.
- (2) HCFC는 휘발성 물질이기 때문에 용매방출을 최소화하기 위해서는 회수장치를 갖추어야 한다.
- (3) HCFC는 1, 1, 1 TCE가 사용되는 일부 응용에서는 사용될 수 없다.
- (4) HCFC 123/HCFC 141b의 혼합물은 magnesium, zinc 등 일부 금속과 ABS, acrylic, Hi-impact styrene 등의 고분자 물질과 재질의 호환성이 없다.
- (5) HCFC의 독성검사가 현재 진행 중이다. HCFC 123, 141b는 1993년 이전에 끝날 예정이고 HCFC 225는 1995년 이전에 끝날 예정이다.

HCFC 225 ca와 HCFC 225 cb는 오존파괴지수가 CFC 113의 1/12이고 중요 물리적 성질이 CFC 113과 유사하다(참조 Table 3). 그러므로 HCFC 225s는 장치의 변환 없이 그대로 사용할 수 있다. 예를 들면, 정밀 세정에서 디스크드라이브, 자이로스코프, 유압조절 시스템, 광학부품, 전기적 접촉이 있는 스위치, 플라스틱 조립품들이다. HCFC 225s에 대한 평가는 모든 응용할 수 있는 분야에서 현재 진행 중이다. 특히 수계 또는 준수계를 사용할 수 없는 경우에 HCFC 225s가 유력한 대체물질로 부상하고 있다. 그러나 HCFC 225s는 광학제조공정에서 사용되는 왁스나 피지(종래에는 1, 1, 1 TCE가 사용됨)에는 낮은 용해력을 나타내었고 아크릴에는 재질호환성분제로 사용하기가 곤란하고 근본적인 문제로서 과도적인 물질이기 때문에 장래의 명확한 대체물질이기에는 의문의 여지가 있다.

HFC 43-10 mee는 현재까지 발표된 유일한 HFC 계통의 세정제로서 일본 三井·Du Pont에서 개발하였다.<sup>13</sup> 염소분자가 포함되어 있지 않기 때문에 오존파괴지수는 0이고 재질호환성도 비교적 다양한 물질에 적용할 수 있지만 세정제로서의 제거효율은 아직까지 알려지지 않고 있다.

Trichloroethylene, perchloroethylene, methylene chloride 등 염소계 용제는 세정제로서 오래 전부터 사용되었다.<sup>14</sup> 이 때문에 안전성 및 환경에 미치는 영향이 자세히 조사되었다. 장점으로는 현재 사용되는 탈지기에 그대로 적용할 수 있고 비가연성 및 비부식성,

건조속도가 빠르고 대량생산에 적용할 수 있으며 세정 효과도 좋다. 뿐만 아니라 몬트리얼의 정서의 규제물질이 아니다. 그러나 이들 물질은 광화학적으로 반응성 있는 휘발성 유기용매로 규제를 받고 있으며 작업장 허용농도는 각기 50ppm, 25ppm, 50ppm으로 CFC 113이 1000ppm에 비해서 매우 낮다. 이 수치들은 오랫동안 이들 화학물질에 대해서 광범위하게 시험을 하고 동물검사와 장기간 작업자를 대상으로 역학조사를 한 결과이다. 동물검사를 토대로 International Agency for Research on Cancer에서는 trichloroethylene을 Group 3(인간에게 암의 위해성이 없음), perchloroethylene과 methylene chloride를 Group 2B(인간에게 암의 위해성의 가능성이 있음)로 규정하였다. 이들 물질은 장래에 휘발성 유기용매 및 공기 오염물질로서 규제를 받을 가능성이 매우 높다. 또한 상온 담금 세정방법을 사용하기는 곤란하고 KB 값이 1, 1, 1 TEC 정도의 90-136으로 높기 때문에 재질호환성에 주의할 해야 한다. 적절한 관리와 더불어 작업자에게 노출되지 않고 대기로 방출을 거의 하지 않는 매우 밀봉이 잘 된 세정기의 발달로 인해서 기존 세정기술과 동등하거나 심지어 개선된 대체 세정방법이 되고 있다. 그러나 스웨덴 국회가 제안하고 정부가 공표한 바에 따르면 염소계 용제는 1995년에 생산금지를 할 것이라고 하였다. 독일과 스위스에서는 1992-1994년에 예외규정이 있기는 하지만 1, 1, 1 TEC를 생산금지를 하기로 하였다. 스위스는 다른 염소계 용제에 대해서도 곧 규제를 발표할 예정이다. 유럽 경제회의에서는 1, 1, 1 TCE를 2005년에 생산금지하기로 제안하였다.<sup>4</sup>

### 3.5. 지방족 세정제<sup>7,8</sup>

주로 금속 및 정밀기기세정에 사용되는 지방족 탄화수소 세정제는 mineral spirit이나 케로센과 같은 석유분류물질들이다. 세정방법은 뚜껑이 없는 단일조에서 이루어지는데, 공기로 건조를 시킨다. 대부분의 경우에서 이러한 세정방법은 합성 지방족 탄화수소인 경우에만 기계부품 또는 장치를 제작한 후 세정을 하는데 사용한다. 지방족 탄화수소 세정제의 장점으로는

- (1) 중그리스, 타르, 왁스, 제거하기 힘든 오염물질에 우수한 세정력이 있으며 표면장력이 낮기 때문에 침투성이 좋다.
- (2) 대부분의 고무, 플라스틱, 금속에 사용할 수 있

Table 2. 지방족 탄화수소의 물성

| PRODUCT                  | Lb./Gal. | Sp. Gr.  | Boiling  | 인화점    | KB | 증 발<br>속 도 <sup>1</sup> |
|--------------------------|----------|----------|----------|--------|----|-------------------------|
|                          | 60°F     | 60°/60°F | Range °F | °F TCC |    |                         |
| Mineral Spirits          | 6.37     | 0.764    | 305-390  | 105    | 32 | 0.1                     |
| Odorless Mineral Spirits | 6.33     | 0.760    | 350-395  | 128    | 27 | 0.1                     |
| 140 Solvent              | 6.54     | 0.786    | 360-410  | 140    | 30 | 0.1                     |
| C10/C11 Isoparaffin      | 6.25     | 0.750    | 320-340  | 107    | 29 | 0.3                     |
| C13 N-Paraffin           | 6.35     | 0.760    | 320-340  | 200    | 22 | 0.1                     |
| C10 Cycloparaffin        | 6.75     | 0.810    | 330-360  | 105    | 54 | 0.2                     |
| Kerosene                 | 6.60     | 0.790    | 330-495  | 130    | 30 | .                       |

<sup>1</sup> : n-Buty Acetate=1

다.

- (3) 물을 사용하지 않기 때문에 수분에 민감한 부품에 사용할 수 있다.
- (4) 냄새가 적고 독성이 적은 제품을 구할 수 있다.
- (5) 증발손실이 적다.
- (6) 폐수가 생기지 않는다.
- (7) 종류에 의해서 재사용할 수 있다.

단점은 다음과 같다.

- (1) 가연성이 문제가 될 수 있다. 적절한 장치보완으로 이러한 문제를 줄일 수 있다.
- (2) 건조시간이 할로젠 물질보다 오래 걸린다.
- (3) 비휘발성 유기용매의 방출을 제어해야 할 경우도 있다. 그러나 탄소흡착이나 응축기와 같은 장비를 사용하여 배출 공기에서 용매를 회수할 수 있다.
- (4) 일부 품목은 허용농도가 낮다.

세정방법은 수계 및 준수계공정과 비슷하여 세척단계, 건조단계, 필요한 경우에 용매 회수단계이다.

Table 2에는 세정제로 사용되는 대표적인 지방족 탄화수소의 물성이 나타나 있다.

### 3.6. 에스테르계 세정제<sup>9,12</sup>

Dibasic ester, aliphatic mono ester 등의 에스테르는 우수한 용매의 성질을 갖고 있어 때, 먼지, 기타 오염물질을 제거할 수 있다. 이들 용매는 대부분 알코올, 케

톤, 에테르 등에 쉽게 녹지만 물에는 약간 녹는다. Dibasic ester는 인화점이 높고 증기압이 낮으며 고분자 파라핀계 탄화수소에 약간 용해된다. 증기압이 낮기 때문에 세정 후에 막으로 남아 있다. 지방족 에스테르의 범위는 주로 ethyl acetate에서 tridecyl acetate까지이며 hexyl acetate가 탈지 세정용으로 사용된다. 이들 물질은 가연성과 비가연성 경계 부근에서 인화점이 있다. 또한 대부분의 고분자의 재질과 호환성이 있으며 강제대류형 공기를 사용하여 오염 없이 건조시킬 수 있다.

### 3.7. 불화탄소계 세정제<sup>4</sup>

CFC 113의 대체세정제로서 pentafluoropropanol (PEFOL™)을 일본의 Daikin 공업(주)에서 개발하여 시판중에 있다. 염소원자를 함유하지 않아서 ODP가 0이고 불연성이며 안전하며 허용농도가 6800ppm이다. 수용성이므로 수용성 flux와 수용성 오염물질을 물 없이 세정할 수 있고 극성이나 이온성 물질을 쉽게 제거할 수 있으며 금속의 세정에도 적합하다. 그러나 유지성 오염의 세정에는 그다지 효과가 없다. 표면장력이 작아서 좁은 틈에도 침투할 수 있어서 우수한 세정능력을 갖고 있다. Elastomer 중 chloroprene rubber, butyl rubber, butadiene rubber, SBR, silicone rubber에 대한 영향은 CFC 113보다 적으나 NBR에 대한 영향은 크다. 비점이 높아서 증발손실이 적을 뿐 아니라 증기,

세정법을 이용할 경우 세정효과를 높일 수 있다.

세정제로 사용하는 분자량이 작은 알코올은 세정력은 우수하지만 가연성이 있기 때문에 작업자와 기기를 보호하기 위해서 폭발 및 화재장치를 갖추는 것이 필연적이다. 불화탄소를 사용하면 알코올 증기는 비가연성이 되기 때문에 증류를 할 정도로 충분히 온도를 높일 수 있다. 불화탄소는 알코올과 섞이지 않기 때문에 교반을 거의 하지 않고 함께 사용할 수 있다. 이 세정방법의 장점으로는

- (1) 매우 극성이 큰 알코올은 용해력이 우수하고 CFC 113보다 입자와 유기오염물질을 제거하는데 보다 폭넓게 사용할 수 있다.
- (2) 비가연성인 불화탄소는 독성과 반응성이 낮고 오존을 파괴하지 않는 물질이다.
- (3) 사용되는 알코올의 양은 공정에 따라 변할 수 있지만 비교적 작은 양을 사용할 수 있다.
- (4) 알코올과 불화탄소의 증기가 비가연성이기 때문에 연속적인 증류를 할 수 있다.
- (5) 알코올과 불화탄소는 비점이 다르기 때문에 두 비점 사이에서 조업을 함으로써 선택적으로 비등을 시킬 수 있으며 증기내의 알코올의 조성을 가연성이 있는 증기까지 되지 않도록 할 수 있다. 물을 섞어서 불화탄소의 비점 이상으로 알코올의 발화점을 올릴 수 있다.
- (6) 알코올과 불화탄소는 잔사가 없고 낮은 온도에서 쉽게 증발하는 세정제이다.  
반면에 단점으로는 다음과 같다.
- (1) 안전설비를 갖추어서 불화탄소의 농도가 폭발방지수준 이하에서 작업을 하도록 해야 한다.
- (2) 순수한 알코올은 그리스나 flux 잔사와 같은 비극성 잔사를 제거하는 데 효율적이 아니지만 세정력은 초음파세정을 추가하여 높일 수 있다.
- (3) 장치 제작비가 많이 든다.
- (4) 불화탄소는 지구온난화의 가능성이 있는 물질이고 대기에서의 수명이 길다.
- (5) 불화탄소는 값이 15,000원/kg으로 비싸다.

#### 4. 상업화된 대체세정제

Table 3에는 현재 시판중인 일부 대체세정제를 분류별로 제조회사와 규격을 나열하였다. 수계세정제 15

개, 준수계 세정제 15개, 알코올 및 케톤계 세정제 8개, 할로젠 세정제 8개, 불화탄소계 세정제 3개의 총 49개의 대체세정제의 제조회사와 물성의 목록이다. 일부 대체세정제의 제조 회사가 다수인 경우에는 한 회사만을 기입하였다. 규격에 나타난 물성들은 각 세정제의 Material Data Sheet 또는 Catalogue에 나타난 물성이고 Table 1에 나타난 CFC 113의 물성과 비교하여 세정장치 및 utility 등 설비시설에 맞도록 결정할 수 있다.

#### 5. 결 언

몬트리올의정서에서 규제물질로 분류된 CFC 113 세정제가 장치 사용 금지됨에 따라서 많은 대체 세정제가 개발중이거나 상업화되어 시판중이다. 대체세정제는 각기의 장단점이 있기 때문에 최종 사용자는 각자의 실정에 적합한 세정제를 선택하기에 앞서 대체세정제로서 효율성, 안전성, 안정성, 경제성, 환경평가 등을 고려한 종합적인 평가를 하는 것이 매우 중요하다.

#### 참 고 문 헌

1. "국제환경협약의 진전과 기업의 대응방향", 대한상공회의소, 1992년 6월.
2. "오존층보호관련법령집", 한국정밀화학공업진흥회, 1992년 5월.
3. "CFC 대체기술개발을 위한 사전조사연구", 한국과학기술연구보 보고서 UCQ24-4344-6, 1991년 11월.
4. 1991 UNEP Solvents, Coatings, and Adhesives Technical Options Report, (S.O. Anderson, Chairman).
5. "Conservation and Recycling Practices for CFC 113 and Methyl Chloroform", Report of EPA and ICOLP Technical Committee, 1991, June.
6. "Aqueous and Semi-Aqueous Alternatives for CFC 113 and Methyl Chloroform Cleaning of Printed Circuit Board Assemblies", Report of EPA and ICOLP Technical Committee, 1991, June.
7. "Alternatives for CFC 113 and Methyl Chloroform in Metal Cleaning", Report of EPA and ICOLP Technical Committee, 1991, June.
8. "Eliminating CFC 113 and Methyl Chloroform in Precision Cleaning Operations", Report of EPA and ICOLP Technical Committee, 1991, June.
9. "Post Solder Solvent Cleaning Handbook", ANSI/



- IPC-SC-60, 1987, April.
10. D.S.L. Slinn and B.H. Baxter, Proceedings of NEPCON WEST 1990, 1811, 1990.
  11. M. Bixenman, Kyzen Coporation, 413 Harding Industrial Dr., Nashville, TN 37211.
  12. "Guidelines for Cleaning of Printed Boards and Assemblies", ANSI/IPC-CH-65, 1990, December.
  13. 三井·Du Pont, Catalogue "HFC-43-10 mee", 1992.
  14. "Conversion Considerations for Chlorinated Solvents in Surface Cleaning", DOW Form #100-06555-91, March, 1991.

Table 3. 대체 세정제의 제조 회사 및 규격

| 분 류    | 상 품 명   | 제 조 회 사  |
|--------|---------|--|
| 1. 수 계 | 815 PCX | <p>BRULIN &amp; COMPANY, INC.<br/>                     INDIANAPOLIS, INDIANA 40206<br/>                     U.S.A.</p> <hr/> <p style="text-align: center;">규 격</p> <hr/> <p>Boiling Point : 338-342 F<br/>                     Vapor Pressure (mm Hg) : Ethanolamine 0.2 @ 68 F<br/>                     Vapor Density (Air=1) : Ethanolamine 2.1<br/>                     Solubility in water : Complete<br/>                     Appearance and Odor : Clear liquid, mild ammonia odor.<br/>                     Specific Gravity (water=1) : 1.015<br/>                     Melting Point : Approx. 40 F<br/>                     Evaporation Rate (n-Butyl Acetate=1) : .02<br/>                     Flash Point (Method Used) : 150°F TCC</p>  |
|        | ET 1000 | <p style="text-align: center;">제 조 회 사</p> <hr/> <p>FREE-COL LABORATORIES, INC.<br/>                     Meadville, Pennsylvania 16335-0557</p> <hr/> <p style="text-align: center;">규 격</p> <hr/> <p>No Hazardous Ingredients-Biodegradable<br/>                     Cas NUMBER : Proprietary<br/>                     RCRA HAZARD CLASS : (If discarded) Non-Hazardous<br/>                     EPA PRIORITY POLLUTANTS : None<br/>                     DOT HAZARD CLASSIFICATION : Non-Hazardous<br/>                     SARA REPORTING : None<br/>                     PRIMARY CHEMICAL FAMILY : Sulfonate<br/>                     pH of a 20% Solution = 9.6<br/>                     pH of Neat Solution = &lt;12.5<br/>                     Boiling Point ..... &gt; 212°F<br/>                     Vapor Pressure (mm Hg) Similar to water<br/>                     Vapor Density (Air=1) ..... N/A<br/>                     Solubility in Water Complete<br/>                     Appearance and Odor Clear to hazy, slight odor<br/>                     Specific Gravity (water=1) : &gt;1<br/>                     Melting Point : N/A<br/>                     Evaporation Rate (Butyl Acetate=1) : &gt;1<br/>                     Flash Point (Method Used) : Not Applicable</p> |
|        | ET 2000 | <p style="text-align: center;">규 격</p> <hr/> <p>No Hazardous Ingredients - Biodegradable<br/>                     CAS NUMBER : Proprietary<br/>                     RCRA HAZARD CLASS : (If discarded) Non-Hazardous<br/>                     EPA PRIORITY POLLUTANTS : None<br/>                     DOT HAZARD CLASSIFICATION : None Hazardous</p>   |

|                                    |  |  |
|------------------------------------|--|--|
|                                    |  | <p>SARA REPORTING : None<br/>                 PRIMARY CHEMICAL FAMILY : Sulfonate<br/>                 pH of a 20% Solution = 9.6<br/>                 pH of Neat Solution = &lt;12.5<br/>                 Boiling Point ..... &gt;212°F<br/>                 Vapor Pressure (mm Hg) Similar to water<br/>                 Vapor Density (Air=1) ..... N/A<br/>                 Solubility in Water Complete<br/>                 Appearance and Odor Clear to hazy, slight odor<br/>                 Specific Gravity (water=1) : &gt;1<br/>                 Melting Point : N/A<br/>                 Evaporation Rate (Butyl Acetate=1) : &gt;1<br/>                 Flash Point (Method Used) : Not Applicable<br/>                 No Foam</p> |
| <p>KAO<br/>Cleanthru-<br/>710M</p> | <p>제 조 회 사<br/><br/>                 화왕주식회사<br/>                 東京都 中央区 日本</p> <p>규 격</p> <p>引火點 없음<br/>                 沸點 100°C 부근<br/>                 比重 1.012 / 25°C<br/>                 0.992 / 60°C<br/>                 粘度 1.92 cp / 40°C<br/>                 1.27 cp / 60°C<br/>                 表面張力 30.3dyn/cm<br/>                 (25°C)<br/>                 pH(25°C) 9.0 (原液)<br/>                 BOD 1.5 * 10<sup>4</sup> mg/l<br/>                 COD 2.8 * 10<sup>5</sup> mg/l<br/>                 使用溫度 60°C</p> | <p>규 격</p> <p>引火點 없음<br/>                 沸點 100° 부근<br/>                 比重 0.936 / 40°C<br/>                 0.920 / 60°C<br/>                 粘度 5.3 cp / 40°C<br/>                 3.1 cp / 60°C<br/>                 表面張力 23.8dyn/cm<br/>                 (25°C)<br/>                 pH(25°C) 9.3 (原液)<br/>                 BOD 2.1 * 10<sup>5</sup> mg/l<br/>                 COD 7.9 * 10<sup>5</sup> mg/l<br/>                 使用溫度 40°C~60°C</p>   |

|              |                                  |              |
|--------------|----------------------------------|--------------|
|              |                                  | 제 조 회 사      |
| Bioseven RE  | 주식회사 Heritas<br>東京都 區 愛官1-1-9 日本 |              |
|              | 규 격                              |              |
|              | Specific Gravity (20°C) .....    | 1.015        |
|              | pH .....                         | 10.5         |
|              | Viscosity (20°C) .....           | 1.5 ps       |
|              | Boiling Point .....              | 101          |
|              | Flash Point .....                | -2°C         |
|              | 규 격                              |              |
| Bioseven AL  | Specific Gravity (20°C) .....    | 1.010        |
|              | pH .....                         | 8.5          |
|              | Viscosity (20°C) .....           | 2.13 ps      |
|              | Boiling Point .....              | 100          |
|              | Flash Point .....                | -2°C         |
|              | 규 격                              |              |
| Bioseven HTC | Specific Gravity (20°C) .....    | 1.107        |
|              | pH .....                         | 13.0         |
|              | Viscosity (20°C) .....           | 0.09 ps      |
|              | Boiling Point .....              | 100          |
|              | Flash Point .....                | -7.1°C       |
|              | 제 조 회 사                          |              |
| DK CW 5720   | 제일공업제약주식회사<br>京都市下京區西七 東久保 55    |              |
|              | 규 격                              |              |
|              | pH .....                         | 10.0~11.5    |
|              | 比重 .....                         | 1.00~1.10    |
|              | 有效成分 .....                       | 20%          |
|              | 규 격                              |              |
| DK CW 5740   | pH .....                         | 9.5~11.0     |
|              | 比重 .....                         | 1.00~1.10    |
|              | 有效成分 .....                       | 37%          |
|              | 규 격                              |              |
| DK CW 5790   | pH .....                         | 8.5~9.0      |
|              | 比重 .....                         | 0.90~1.00    |
|              | 表面張力 .....                       | 28.5 dyne/cm |
|              | 引火點 .....                        | 없음           |
|              | 제 조 회 사                          |              |
| RBS 48 S     | 丸本工業株式會社<br>東京都中央區 地2-12-10      |              |

|                       |   | 규격   |
|-----------------------|---|--|
|                       |   | pH ..... 12.1~13.4<br>比重 ..... 1.1(20°C)<br>引火性 ..... 없음   |
|                       |   | 제 조 회 사  |
| Chem-Crest<br>200/222 | ULTRASONICS CORPORATION<br>MERCER COUNTY AIRPORT,<br>TRENTON, N J   |  |
|                       |   | 규격   |
|                       |   | Boiling Point : N/A<br>Vapor Pressure (mm/Hg) : N/A<br>Vapor Density (Air=1) : N/A<br>Solubility in water : Complete<br>Apperance and Odor<br>Specific Gravity (water=1) : 1.08<br>Melting Point : N/A<br>Evaporation Rate (Butyl Acetate=1) : N/A<br>Flash Point (Method Used) : NO FLASH |
|                       |   | 규격   |
| Chem-Crest<br>222     | Boiling Point : N/A<br>Vapor Pressure (mm Hg) : N/A<br>Vapor Density (Air=1) : N/A<br>Solubility in water : Complete<br>Appearance and Odor : MEDIUM TO DARK REDDISH BROWN LIQUID<br>Specific Gravity (water=1) :<br>Melting Point : N/A<br>Evaporation Rate (Butyl Acetate=1) : N/A<br>Flash Point (Method Used) : NO FLASH    |  |
|                       |   | 규격   |
| Chem-Crest<br>250K    | Boiling Point : N/A<br>Vapor Pressure (mm Hg) : N/A<br>Vapor Density (Air=1) : N/A<br>Solubility in water : Complete<br>Appearance and Odor : WHITTE POWDER BLEND DETERGENT ODOR<br>Specific Gravity (water=1) : N/A<br>Melting Point : N/A<br>Evaporation Rate (Butyl Acetate=1) : N/A<br>Flash Point (Method Used) : NO FLASH |  |

| 분 류  | 상 품 명   | 제 조 회 사   |   |
|--|---|---|---|
| 2. 준수제   | Actrel 3356L  | KOREA PERCHEM CO., LTD<br>4F.DAEWANG BLDG.#355 CHUNGLIM-DONG, CHUNG-KU, SEOUL, KOREA.   |   |
|  |   | 규 격   |   |
|  |   | Surface Tension (25 C mN/m) ..... 24<br>Drying Rate(water=100) ..... n. a.<br>Density ltrs/ton(15 C) ..... 1300<br>OEL (ppm) ..... 300  |   |
|  |   | Actrel 1140L  | 규 격   |
|  | Surface Tension (25 C mN/m) ..... 23<br>Drying Rate(water=100) ..... 33<br>Density ltrs/ton(15 C) ..... 1277<br>OEL (ppm) ..... 300 |   |   |
|  | Actrel ED   |   | 제 조 회 사   |
|  |   |   | KT.S. Tai<br>Exxon Chemical (Malaysia) Sdn Bhd<br>13th Floor, Pemas International Jalan Sultan Ismail<br>50250 Kuala Lumpur |
|  |   | 규 격   |   |
|  |   | Boiling Point/Range(C) : 184 to 242<br>Vapor Pressure (kpa @ C) : 1,200 at 38 approximate<br>Density : 0,79 g/cc at 15 C<br>Solubility in water : Negligible<br>Viscosity (est @ C) : 2,33 at 25<br>Specific Gravity of Vapor(@ 1 atm. Air=1) : Greate Than 1,00<br>Melting Point : N/A<br>Evaporation Rate (n-Butyl Acetate=1) : Less Than 0,01<br>Freezing/Melting Point/Range (C) : Not available<br>Is Material Hygroscopic? No |   |
|  |   | Axarel 32   | 제 조 회 사   |
| Du Pont Electronics<br>Barley Mill Plaza Wilmington, DE 19880-0013   |   |   |   |
| 규 격  |   |   |   |
| pH (5% solution in water) ..... 5-6<br>Flash Point (TCC) ..... 99°C(210°F)<br>Vapor Pressure (20°C[68°F]) ..... <0.1 mm Hg<br>Odor ..... Almost None<br>Aromatic Content ..... <0.2%<br>Specific Gravity (25°C[77°F]) ..... 0.84<br>Viscosity (25°C[77°F]) ..... 2.8 cp<br>Surface Tension (25°C[77°F]) ..... 27 dyne/cm |   |   |   |

|                                    |                                     |                  |
|------------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| Axarel 38                          | 규격                                  |                  |
|                                    | pH (5% solution in water) .....     | 5-6              |
|                                    | Flash Point (TCC) .....             | 71°C (159°F)     |
|                                    | Vapor Pressure (20°C[68°F]) .....   | 0.2 mm Hg        |
|                                    | Odor .....                          | Mild/Low         |
|                                    | Aromatic Content .....              | < 100 ppm        |
|                                    | Specific Gravity (25°C[77°F]) ..... | 0.85             |
|                                    | Viscosity (25°C[77°F]) .....        | 1.4 cp           |
| Surface Tension (25°C[77°F]) ..... | 28 dyne/cm                          |                  |
| MG-DGB                             | 제 조 회 사                             |                  |
|                                    | Parker Corp. (Japan)                |                  |
|                                    | 규격                                  |                  |
|                                    | 外觀                                  | 無色透明液體           |
|                                    | 比重(25°C)                            | 約 1.108          |
|                                    | 引火點                                 | 없음               |
|                                    | 毒劇物取級法                              | 該當 事項 없음         |
| 消防法危險物                             | 該當 事項 없음                            |                  |
| 有機溶劑中毒豫防規則                         | 第 2 種有機溶劑等級該當                       |                  |
| MG-MKLN                            | 규격                                  |                  |
|                                    | 外觀                                  | 無色透明液體           |
|                                    | 比重(25°C)                            | 約 0.846          |
|                                    | 引火點                                 | 70°C 以上          |
|                                    | 毒劇物取級法                              | 該當 事項 없음         |
|                                    | 消防法危險物                              | 第 4 類 第 3 石油類該當  |
|                                    | 有機溶劑中毒豫防規則                          | 第 2 種 有機溶劑等級該當   |
| Solfine TM                         | 제 조 회 사                             |                  |
|                                    | Showa Denkko Corp. (Japan)          |                  |
|                                    | 규격                                  |                  |
|                                    | 留分(155~180°C) (vol%) .....          | 99.0             |
|                                    | 比重(15/4°C) .....                    | 0.875            |
|                                    | 水分(%) .....                         | 0.005            |
|                                    | 強熱殘分(ppm) .....                     | 5                |
|                                    | 酸(ppm) .....                        | 2                |
|                                    | 硫黃化合物 <asS>(ppm) .....              | 100              |
|                                    | Ag (ppb) 2.0 以下,                    | Al (ppb) 5.0 以下, |
| Ca (ppb) 2.4 以下,                   | Cb (ppb) 0.5 以下,                    | Co (ppb) 0.5 以下  |
| Cr (ppb) 0.5 以下,                   | Cu (ppb) 2.0 以下,                    | Fe (ppb) 1.0 以下  |
| K (ppb) 2.0 以下,                    | Li (ppb) 2.0 以下,                    | Mg (ppb) 0.5 以下  |
| Mn (ppb) 0.5 以下,                   | Na (ppb) 5.0 以下,                    | Ni (ppb) 1.0 以下  |
| Pb (ppb) 5.0 以下,                   | Sr (ppb) 0.5 以下,                    | Zn (ppb) 0.7 以下  |

|               |  |
|---------------|--|
| EC-7          | 제 조 회 사  |
|               | Alphametals Inc./Petroferm Inc.  |
|               | 규 격  |
|               | Appearance ..... Clear, light-colored liquid<br>Odor ..... Orange<br>Specific Gravity @77°F ..... 0.84 ± .01<br>Flash Point (T.C.C) ..... 117°F (Min.)<br>Freeze Point ..... < -40°F<br>pH, 5% Solution in water ..... 5-6   |
| EC-7R         | 규 격  |
|               | Appearance ..... Clear, light-colored liquid<br>Odor ..... Orange<br>Specific Gravity (25°C) ..... 0.84 ± 0.02<br>Flash Point (TCC) ..... 117°F (Min.)<br>(COC) ..... 145°F<br>Freeze Point ..... Below -40°F<br>pH, 5% solution in DI water ..... 5-7<br>Viscosity (25°C) ..... 0.8 cp<br>COD (Concentrate) ..... 2.5 * 10 <sup>3</sup> g/l<br>Specific Heat ..... 0.6 cal/g °C<br>Vapor Pressure (20°C) ..... 1.6 torr |
|               | 제 조 회 사  |
| EC-Ultra      | Petroferm Inc.<br>5400 First Coast Highway, Femandina Beach, FL 32034  |
|               | 규 격  |
|               | B.P. (760mmHg) > 500°F, % volatile = not determined<br>Density = 0.87 @25°C, Vapor pressure < 0.01 mmHg (20°C)<br>Vapor density (air=1) > 1, Evaporation rate (BUAC=1) < 1<br>Appearance and odor : water-white to light yellow liquid<br>pratically no ord<br>Solubility in water = emulsifiable  |
| d-Limonene    | 제 조 회 사  |
|               | Sigma Chemical Co.P.O.<br>Box 14508 St. Louis, MO 03176<br>U.S.A.  |
|               | 제 조 회 사  |
| Glidco 913-9N | SCM Glidco Orgnles Jacksonviffe, FL 32201  |
|               | 규 격  |
|               | Odor ..... Mild<br>Specific Gravity (25°C) ..... 0.898   |



|                   |  |
|-------------------|--|
|                   | Flash Point (TCC) ..... 128°F<br>Residue on Evaporation : ..... < .1%                                      |
| Glidco 425-1R     | 규 격  |
|                   | Flash Point (TCC) ..... 132°F<br>Specific Gravity (25°F) ..... 0.906<br>pH of 10% Water solution ..... 6-8 |
| Turpentine<br>oil | 제 조 회 사<br>Wako Pure Chemical Industries, LTD.<br>오사카시, 일본   |

| 분 류        | 상 품 명    | 제 조 회 사   |
|------------|----------|---|
| 3. 알코올, 케톤 | Methanol | ©J. T. Baker INC.<br>Phillipsburg, NC 08865<br>U. S. A.   |
|            |          | <p style="text-align: center;">규 격</p> ACTUAL ANALYSIS, LOT C47119<br>Assay (CH <sub>3</sub> OH) (by GC, corrected for water) 100.0%<br>Fluorescent Trace Impurities (as quinine base) in ppb :<br>Measured at 450 nm ..... 0.09<br>Measured at Emission Maximum for Solvent Impurities ..... 0.2<br>Acetone ..... 0.0007<br>Titrable Acid (meq/g) ..... 0.0003<br>Titrable Base (meq/g) ..... <0.00002<br>Residue after Evaporation ..... 0.3<br>Water(H <sub>2</sub> O) (by Karl Fischer titrn) ..... <0.01<br>Refractive Index, $\eta_D^{20}$ ..... 1.3280<br>Gradient Elutrition Test<br>254 nm ..... 0.001<br>Physical Data (not specifications) :<br>Elutropic Value (on Silica), g° ..... 0.73<br>Density, g/mL at 20°C ..... 0.791<br>Polarity Index (1) ..... 6.6<br>Solvent Group (1) ..... 2 |
|            |          | 제 조 회 사   |
|            | Ethanol  | MERCK<br>E. Merck, D-6100 Darmstadt,<br>F. R. Germany   |
|            |          | <p style="text-align: center;">규 격</p> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH<br>M = 46.07 g/mol<br>II = 0.79kg<br>Garantieschein Gehalt(GC) min. 99.8 %<br>Identität IR-Spektrum entspricht<br>Freies Alkali (als NH <sub>3</sub> ) max. 0.0003 %<br>Freie Säure (als CH <sub>3</sub> COOH) max. 0.001 %   |
|            |          | 제 조 회 사   |
| IPA        |          | ©J. T. Baker INC.<br>Phillipsburg, NJ 08865<br>U. S. A.   |
|            |          | <p style="text-align: center;">규 격</p> ACTUAL ANALYSIS, LOT DI6120<br>Assay (CH <sub>3</sub> CHOHCH <sub>3</sub> ) (by GC) 100.0 %  |

|                 |   |
|-----------------|---|
|                 | Ultraviolet Absorbance (1.00-cm path vs. water)<br>225 nm ..... 0.09<br>254 nm ..... 0.017<br>280 nm ..... 0.01<br>350 nm ..... 0.003<br>UV Cut-off, nm ..... 204<br>Fluorescent Trace Impurities, in ppb, measured as quinine Base :<br>at 450 nm Emission ..... 0.1<br>at Emission Max for Impurities ..... 0.1<br>Residue after Evaporation, Water (H <sub>2</sub> O) ..... 0.07<br>(by Karl Fischer titrn) ..... 0.01<br>Refractive Index, $\eta_D^{20}$ ..... 1.3766<br>Physical Data (not specifications) :<br>Eluotropic Value (on Silica), $\epsilon^\circ$ ..... 0.83<br>Density, g/mL at 20°C ..... 0.785<br>Polarity Index (1) ..... 4.3<br>Solvent Group (1) ..... 2<br>1) Snyder, L. R. J. Chromatography 92, 223-230 (1974) |
| n-Butyl alcohol | 제 조 회 사   |
|                 | Distributed Exclusively in<br>USA by American Scientific<br>Products  |
|                 | 규 격   |
|                 | Product 024<br>Boiling point- 117.7°C<br>Lot AM 487<br>UV Cutoff (nm) 208<br>Water (%) 0.009  |
| 2-Butanol       | 제 조 회 사   |
|                 | KANTO CHEMICAL CO., INC.<br>2 8 Nihonbashi Honcho 3<br>chome, Chuo-ku, Tokyo, Japan   |
|                 | 규 격   |
|                 | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CHOHCH <sub>3</sub> FW : 74.12<br>Certificate of Analysis Miscibility with water<br>Specific gravity (20/20°C) 0.807~0.809<br>Refractive Index, $\eta_D^{20}$ 1.396~1.398<br>Fraction (98.5~100.5°C) min. 96 <sup>V</sup> /v %<br>Water max. 0.3 %<br>Non-volatile matter max. 0.002 %<br>Acidity (as CH <sub>3</sub> COOH : max. about 0.003) to pass test   |

|            |   |
|------------|---|
| 1-Propanol | 제 조 회 사   |
|            | KANTO CHEMICAL CO., INC.<br>2 8 Nihonbashi honcho 3<br>chome. Chuo-ku, Tokyo. Japan   |
|            | 규 격   |
|            | <p>CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH      FW : 60.10</p> <p>Certificate of Analysis Miscibility with water</p> <p>Specific gavity (20/20°C)      0.802~0.808</p> <p>Refractive Index, <math>\eta_D^{20}</math>      1.383~1.387</p> <p>Water      max. 0.3%</p> <p>Non-volatile matter      max. 0.004%</p> <p>Acidity (as C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>COOH : max. about 0.003%      to pass test</p> <p>Substances darkened by sulfuric acid      to pass test</p> <p>Assay (by gas chromatography)      min. 99.0%</p>   |
| Acetone    | 제 조 회 사   |
|            | ©J. T. Baker INC.<br>Phillipsburg, NC 08865<br>U. S. A.   |
|            | 규 격   |
|            | <p>ACTUAL ANALYSIS, LOT D09142</p> <p>Assay ((CH<sub>3</sub>)CO) (by GC, corrected for water)      99.9%</p> <p>(1.00-cm path vs. water)</p> <p>350 nm ..... 0.002</p> <p>400 nm ..... &lt;0.002</p> <p>UV Cut-off, nm ..... 329</p> <p>Fluoresbt Trace Impurities (as quinine base) in ppb :</p> <p>Measured at 450 nm ..... 0.2%</p> <p>Measured at Emission Maximum for Solvent Impurities ..... 0.3</p> <p>Residue after Evaporation ..... 0.2</p> <p>Water(H<sub>2</sub>O) (by Karl Fischer titrn) ..... 0.05</p> <p>Refractive Index, <math>\eta_D^{20}</math> ..... 1.3585</p> <p>Titration Acid (meq/g) ..... 0.0002</p> <p>Titration Base (meq/g) ..... &lt;0.00001</p> <p>Physical Data (not Specifications) :</p> <p>Eluotropic Value (on Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), <math>\epsilon^\circ</math> ..... 0.56</p> <p>Density, g/mL at 20°C ..... 0.791</p> <p>Polarity Index(1) ..... 5.4</p> <p>Solvent Group (1) ..... 6</p> <p>1) Snyder, L. R. J. Chromatography      92, 223-230(1974)</p> |
| Ionox MC   | 제 조 회 사   |
|            | Kyzen Corporation<br>413 Harding Industrial Drive Nashville, Tennessee 37211  |

## 규격

Boiling Point : 101 to 102°C  
Vapor Pressure Formulation : <15mm Hg at STP  
Vapor Density (Calculated) : 1.1 (Air=1)  
Solubility in water : Complete  
Odor : mild/Low  
Specific Gravity 60°F : 1.058  
Melting Point : <-20°C  
Evaporation Rate (Butyl Acetate=1) : Not Available  
Vapor Pressure Organic Components : 0.6 mm Hg  
pH (Neat Solution) : 9.2-9.7

| 분 류    | 상 품 명               | 제 조 회 사  |
|--------|---------------------|--|
| 4. 할로젠 | Trichloroethylene   | 東洋化學株式會社<br>서울特別市 中區 小公洞 50  |
|        |                     | 규 격  |
|        |                     | Specific gavity (20/20°C) ..... 1.470~1.477  |
|        |                     | Refractive Index, $n_D^{20}$ ..... 1.477~1.478   |
|        |                     | Fraction (86~88°C) ..... min. 95 <sup>V</sup> / <sub>V</sub> %   |
|        |                     | Non-Volatile matters ..... max. 0.01 %   |
|        |                     | Water ..... max. 0.05 %  |
|        |                     | Free Acid (as HCl) ..... max. 0.002%<br>Free Alkali (as NH <sub>3</sub> ) ..... max. 0.001%<br>NH <sub>3</sub> -AgNO <sub>3</sub> Soln. reducing Substances ..... to pass test<br>Free Chlorine ..... to pass test |
|        | Methylene Chloride  | 제 조 회 사  |
|        |                     | DOW U.S.A.<br>Midland, Michigan 48674  |
|        |                     | 규 격<br>B.P. (°F) 103.5, OSHA PEL (ppm) 500<br>ACGIH TLV (ppm) 50, Flash point = none,<br>Flammable limits = 14-22%, Density (lb/gal) = 10.98<br>KB = 136   |
|        | Perchloroethylene   | 규 격  |
|        |                     | B.P. (°F) 250.0, OSHA PEL (ppm) 25<br>ACGIH TLV (ppm) 50, Flash point = none,<br>Flammable limits = none, Density (lb/gal) = 13.47<br>KB = 90  |
|        | New-Tri solvent     | 규 격  |
|        |                     | B.P. (°F) 189.0, OSHA PEL (ppm) 50<br>ACGIH TLV (ppm) 50, Flash point = none,<br>Flammable limits = 8-44%, Density (lb/gal) = 12.11<br>KB = 129  |
|        | Carbontetrachloride | 제 조 회 사  |
|        |                     | Malilnckrodt, Inc. Paris,<br>Kentucky 40361  |
|        |                     | 규 격<br>Meets A.C.S. Specifications Aldehyde ..... Passes Test<br>Boiling Range ..... 76.4~76.8°C<br>Chloride (Cl) ..... <0.0001%<br>Color (APHA) ..... 5<br>Density (g/ml) at 25°C ..... 1.584                     |

|                   |  |                                |
|-------------------|--|--------------------------------|
|                   | Free Chlorine .....  | Passes Test                    |
|                   | Iodine-Consuming Substances .....  | Passes Test                    |
|                   | Residue after Evaporation .....  | 0.0001%                        |
|                   | Substances Darkened by H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....                    | Passes Test                    |
|                   | Suitability for uses in Dithizone Tests .....                                  | Passes test                    |
|                   | Sulfur Compounds(as S) .....   | < 0.00005%                     |
|                   | Water Soluble Titrable Acid .....  | 0.0001 meg/gm                  |
|                   | 제 조 회 사  |                                |
| HCFC 225<br>ca/cb | ASAHI GLASS CO., LTD.<br>1-2, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100, Japan |                                |
|                   | 규 격  |                                |
|                   |  | ca                  cb         |
|                   | Chemical formula   | *3                  *4         |
|                   | Molecular weight   | 202.94              202.94     |
|                   | Standard boiling point (°C)  | 51.1                  56.1     |
|                   | Freezing point (°C)  | -94                   -97      |
|                   | Critical temperature (°C)  | 203.6                211.8     |
|                   | Critical pressure [kgf/cm <sup>2</sup> ]                                       | 30.1                  29.2     |
|                   | Critical volume [cm <sup>3</sup> /mol]   | 365                   366      |
|                   | Critical density [kg/m <sup>3</sup> ]  | 556                   555      |
|                   | Vapor pressure (25°C) [kgf/cm <sup>2</sup> ]                                   | 0.237                0.1868    |
|                   | Density ρ <sup>m</sup> (25°C) [kg/cm <sup>3</sup> ]                            | 1.936                1.518     |
|                   | Latent heat of vaporization (25°C)   | 40.14                40.99     |
|                   | Cp <sup>r</sup> (25°C) [kcal/kg · K]   | 0.246                0.258     |
|                   | Specific Cp <sup>n</sup> (25°C) [kcal/kg · K]                                  | 0.1565               0.1563    |
|                   | heat Cp <sup>l</sup> (25°C 1atm) [kcal/kg · K]                                 | 0.1729               0.1730    |
|                   | Ratio of specific heat   | 1.076                1.076     |
|                   | Thermal λ <sup>r</sup> (25°C) [10 <sup>-2</sup> kcal/m · hr · K]               | 4.600                4.542     |
|                   | Conducti λ <sup>n</sup> (25°C) [10 <sup>-2</sup> kcal/m · hr · k]              | 0.7153               0.6763    |
|                   | -vity λ <sup>l</sup> (25°C 1atm) [10 <sup>-3</sup> // ]                        | 8.723                8.265     |
|                   | η <sup>r</sup> (25°C) [cP]   | 0.58                  0.60     |
|                   | Viscosity η <sup>n</sup> (25°C) [cP]   | 0.0106               0.0105    |
|                   | η <sup>l</sup> (25°C 1atm) [10 <sup>-5</sup> P]                                | 11.85                11.73     |
|                   | Surface tension (25°C) [dyn/cm]  | 15.8                  16.7     |
|                   | Water solubility (25°C 1atm)   | 0.037                          |
|                   | ODP  | (.01~.04)            (.01~.04) |
|                   | Combustibility   | None                  None     |
|                   | Toxicity   | PAFT IV              PAFT IV   |
| Genesolv 2004     | Allied Signal Inc.<br>Morristown New Jersey 07962                              |                                |
|                   | 규 격  |                                |
|                   | Composition, (wt%) : HCFC 141b   | 95.8                           |
|                   | Methanol   | 3.9                            |
|                   | Nitromethane   | 0.3                            |

|                         |  |                         |
|-------------------------|--|-------------------------|
|                         | Ozone Depletion Potential                    | 0.14                    |
|                         | Greenhouse Warming Potential                 | 0.14                    |
|                         | Thershold Limit Value, (ppm)                 | 400                     |
|                         | Normal Boiling Point, (°F)                   | 84.9                    |
|                         | (°C)   | 29.4                    |
|                         | Vapor Pressure, (psia)                       | 10.2                    |
|                         | Liquid Density : (g/ml)                      | 1.22                    |
|                         | (lb/gal)                                     | 10.1                    |
|                         | Surface Tension, (dynes/cm)                  | 18.5                    |
|                         | Latent Heat of Vaporization at NBP, (Btu/lb) | 111.3                   |
|                         | Liquid Viscosoty, (cP)                       | 0.450                   |
|                         | Kauri-Butanol Number                         | 76                      |
|                         | Vapor Flammability (a)                       |                         |
|                         | -Lower Limit (vol.%)                         | 6.0                     |
|                         | -Upper Limit (vol.%)                         | 20.4                    |
|                         | -Flash Point (°F) (b)                        | None                    |
|                         | 제 조 회 사                                      |                         |
| 1, 1, 2 Trichloroethane | JANSSEN CHIMICA                              |                         |
|                         | Turnhoutseweg 30 B-2340 Beerse Belgium       |                         |
|                         | 규 격  |                         |
|                         | FW 133.40<br>mp -37°C                        | $C_2H_3Cl_3$<br>d 1.435 |



| 분 류     | 상 품 명       | 제 조 회 사   |
|---------|-------------|---|
| 6. 불화탄소 |             | Daikin 工業株式會社<br>오사카시 북구 중기서 2정목 4번 12호, 일본   |
|         | PEFOL™ 5P   | 규 격<br>성분조성 = $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (5FP),<br>끓는점 (°C) = 80.7, 어는점 (°C) = -94<br>비중 @ 25°C = 1.510, 점도 (cp) @ 25°C = 2.82<br>표면장력 (dyne/cm) = 18.9, KB값 = 36<br>증발속도 ( $\text{CCl}_4=100$ ) = 46, 인화성 = 없음<br>오존파괴지수 = 0       |
|         | PEFOL™ 5P-W | 규 격<br>성분조성 = $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (5FP)/물공비혼합물<br>끓는점 (°C) = 77.3, 어는점 (°C) = -97<br>비중 @ 25°C = 1.466, 점도 (cp) @ 25°C = 2.73<br>표면장력 (dyne/cm) = 22.0, KB값 = 33<br>증발속도 ( $\text{CCl}_4=100$ ) = 38, 인화성 = 없음<br>오존파괴지수 = 0 |
|         | PEFOL™ 5P-X | 규 격<br>성분조성 = $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (5FP)/계면활성제<br>끓는점 (°C) = 81.0, 어는점 (°C) = -35<br>비중 @ 25°C = 1.405, 점도 (cp) @ 25°C = 4.85<br>표면장력 (dyne/cm) = 18.0, KB값 = 43<br>증발속도 ( $\text{CCl}_4=100$ ) = 271, 인화성 = 없음<br>오존파괴지수 = 0 |