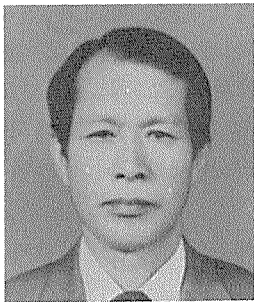


# 세정용 CFC대체물질 개발 현황



이 윤 용  
KIST CFC대체기술센터장/공박

## 1. 서 론

염화불화탄소(CFC)가 지구의 오존층을 파괴하는 물질로 판명됨에 따라서 이의 생산과 사용을 규제하는 몬트리올의정서가 1989년 1월 1일 발효되었고 우리나라는 1992년 중에는 가입할 예정으로 있다. 이에 대비해 정부는 「오존층보호를 위한 특정물질의 제조규제 등에 관한 법률」을 제정, 공포(1991년 1월 14일)하였고 19

92년 1월 1일부터 시행할 계획으로 있다. 이 의정서의 규제 일정에 따르면 전자공업 및 정밀기기산업에서 세정제 및 탈수건조제로 사용되고 있는 CFC-113을 포함한 모든 CFC는 2000년까지는 전면 생산과 사용이 금지될 예정으로 있어 CFC를 사용하는 산업에 큰 영향을 줄 것으로 예상된다. 이에 따라 미국, 일본, 독일 등 선진국에서는 CFC대체물질개발에 전력을 쏟고 있으며 우리나라도 일부 대체물질을 개발중에 있다. 지금까지의 CFC대체물질 개발 현황을 보면 냉매로서 HFC-134a가, 발포제로서 HFC-141b와 HCFC-123 등이 대체물질로서 유력하지만 세정제의 경우 뚜렷한 대체물질이 부각되지 않고, 세계 유수의 화학회사에서 개발한 각종 후보물질들에 대한 세정성능, 독성, 환경영향성 등의 시험이 활발히 진행되고 있는 실정이다. 본고에서는 현재 논의되고 있는 세정용 CFC대체물질의 특성, 장단점 및 응용범위에 관해 개략적으로 기술하였다.

## 2. CFC세정제의 특성

불소는 주기율 표상 오른쪽 상단에 위치하며 가장 전기음성도가 큰 물질이다. 따라서 이 불소가 다른 물질과 결합할 경우 결합에 관여하는 전자를 강하게 잡아당기기 때문에 결합길도 짧고 결합력도 강해진다. 따라서 CFC는 이 강한 탄소-불소사이의 결합력때문에 다른 물질과의 상호작용이 적어져 독성이 없으며 염소가 이 분자에 들어오면 탄소-염소사이의 결합력은 그다지 크지 않지만 불소의 강한 힘이 염소를 끌어당겨 독성이 적어지게 된다. 또 전기음성도가 크다는 것은 다른 원소를 산화하는 힘이 크다는 것을 의미하므로 불소는 모든 원소중에서 가장 산화력이 큰 원소이다. 즉 불소가 함유된 CFC는 연료로 사용되는 메탄과는 정반대로

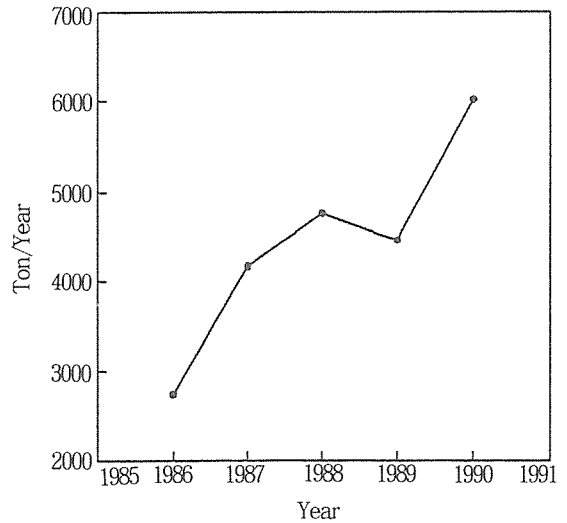


핵심적인 CFC대체 세정물질과 이를 응용하는 기술의 개발이 시급하게 이루어져야 한다.

중심탄소가 산화되어 있는 상태이기 때문에 불연성이고 비폭발성이며 대기중에서도 잘 분해되지 않는다.

또한 CFC는 열적, 화학적으로 안정하기 때문에 별도의 안정제가 불필요하며 금속을 부식시키지 않고 플라스틱, 고무 등을 Swelling시키지 않아 세정장치의 제작이 간편하게 된다. CFC는 분자내의 결합력이 강한 반면 분자사이의 상호작용은 약하기 때문에 기화하기 쉽고 증발잠열이 적어 세정후 건조가 빠르고 회수시 에너지사용량이 적으며 탄화수소에 비해 표면장력과 점도가 낮고 밀도가 커서 부품의 미세한 부분까지 침투하여 세정할 수 있다. 무엇보다도 CFC세정제의 가장 큰 장점은 유지 및 지방성분의 용해력이 커서 세정시 용이하게 제거할 수 있으며 탄화수소, 알코올, 케톤, 에스테르 등과 층이 지지 않고 완전히 혼합되므로 이 물질과 함께 사용할 경우 용해력이 크게 증가될 수 있는 점이다. 이밖에도 물에 대한 용해성이 없어 용액관리가 용이하고 전기절연성이 우수하다. 이와 같이 CFC세정제는 세정성능, 세정응용성, 안정성면에서 보면 지금까지 알려진 세정제중 가장 우수한 세정제로 평가되고 있다.

### 3. CFC세정제의 수요 및 용도



〈그림-1〉 CFC-113의 국내사용량

세정제로 사용되는 CFC-113의 연간 국내사용량을 [그림-1]에 나타내었다. 1986년의 사용량은 연간 약 2,000톤에 불과하였으나 국내 전자공업, 반도체공업 및 정밀기기산업의 급격한 발전에 따라 1990년에는 연간 약 6,000톤에 이르고 있으며 당분간 이 증가율로 계속 늘어날 것으로 예측하고 있다. <표-1>에 현재 시판되고 있는 CFC-113 혼합세정제를 열거하였다.

〈표-1〉 CFC-113 혼합 세정제

제조회사	ethanol 공 비	IPA공비	methylene chloride공비	ethanol 참가제	methanol 공 비	계면활성제	수·유화제	기 타
Asahi Glass	Flonsolve AE	Flonsolve AP	Flonsolve AM	Flonsolve AES	Flonsolve AMS	Flonsolve AD-7	Flonsolve AW	Flonsolve UF-2
	Nanofion E			Nanofion A		Flonsolve AD-9		Flonsolve UF-3 (acetone 계)
				Nanofion B		Flonsolve AD-17		Flonsolve AC
						Flonsolve AD-19		Flonsolve UF-1
Showa Denko	Flonshowa FS-3E	Flonshowa FS-3P	Flonshowa FS-3M	Flonshowa FS-3ES	Flonshowa FS-3D	Flonshowa FS-3W		
Central Class	CG Triflon E	CG Triflon P	CG Triflon M	CG Triflon ES	CG Triflon MES	CG Triflon C1	CG Triflon W1	CG Triflon CP
				CG Triflon EE		CG Triflon D1		CG Triflon EC (acetone 계)
				CG Triflon E35		CG Triflon D3		CG Triflon A (acetone 계)
Daikin	Daiflon S3-E	Daiflon S3-P35	Daiflon S3-MC	Daiflon S3-ES			Daiflon S3-W6	Daiflon S3-EN Daiflon S3-HN
				Magic dry MD-E6				(acetone 계) Daiflon S3-A
				Magic dry MD-E35				
Mitsui Dupont	Freon TE	Freon T-P35	Freon TMC	Freon TES	Freon TMS	Freon T-B1	Freon T-WD602	(acetone 계) Freon TA
				Freon T-E6 Freon T-E35	Freon SMT	Freon T-DA 35 Freon T-DA 35X		
				Freon T-DEC Freon T-DECR		Freon T-DFC Freon T-DFCX		Freon MCA

〈표-2〉에는 CFC가 사용되는 대표적인 피세정물의 예를 제시하였다. CFC-113은 〈표-2〉에 나타난 것처럼 전기부품, 전자부품, 기계부품, 광학부품 등의 세정 및 건조에 널리 사용되어 왔다. CFC를 세정에 사용할 때의 주요 목적은 Flux 제거, 탈지, 먼지와 지문의 제거, 수치환 건조, 유성 오염물질의 제거 등으로 그 특색은 다음과 같다.

- Flux제거 : 납땜후 PCB기판에 묻어 있는 Flux를 부품을 손상시키지 않고 제거할 수 있어 기판의 전기특성과 신뢰성을 확보할 수 있다.
- 탈지 : 불에 의한 탈지와 비교하여 폐액의 발

생량이 훨씬 적으며 이 폐액은 일반 공해방지시설로 처리가 가능하다.

- 먼지 및 지문의 제거 : 광학부품, 반도체 부품, 메모리디스크, 정밀부품 등은 표면상태가 품질을 결정하므로 품질향상에 기여한다.
- 수치환 건조 : 전자부품, 도금부품, 광학부품은 제조과정중 물을 많이 사용하므로 건조해야 하는데, CFC로 건조시 스포트가 생기지 않고 에너지 소모가 적다.
- 유성오염물질 제거 : 고급의류의 Dry Cleaning제로 사용되고 있다.

〈표-2〉 CFC가 사용되는 대표적 피세정물

세정 및 세정후 건조		
전자부품	○프린트기판 ○Hook재 관련 ○액정 표시기 ○자기기록부품 ○반도체재료	○전산기 및 주변기기, OA기기, 통신기기, 가전기기, 기타전자 응용기기 ○IC리드프레임, 저항기, 콘덴서 릴레이 등 접점부품 ○OA기기, 시계, 전산기기, 완구, 가전기기 ○영상, 음성 등 기록/재생 부품 및 관련부품 ○실리콘, 세라믹
전기부품	○전동기부품 ○발전용부품 ○화폐감정부품	○Brush, 로-타, housing ○각종 기계판매기 ○각종기계판매기, Cash Dispenser
정밀기계부품	○베어링	○정밀구동기구기기, VTR
수지가공부품	○정밀수지 가공용	○카메라, 자동차용부품 (급속피막형성, 도장전의 공정 세정)
건 조		
광학부품	○렌즈	○카메라, 안경, 광학기기
전자부품	○반도체재료 ○전신축용수정 ○전기기록부품 ○광전변화부품	○실리콘, 세라믹 ○수정진동자 ○영상, 음성 등 기록/재생 Head, 전산기용 HD ○CD, PD, 복사기기, 광기록기기
정밀기계부품	○가공용부품	○초경 Chip
기타부품	○안경부품 ○시계부품	○안경테 ○시계케이스, 시계판

#### 4. CFC대체 세정제의 개발 현황

##### 1) CFC절감형 혼합물의 개발

몬트리올의정서의 규제에 따라 CFC의 수요를 줄이는 조기적 대응방안으로 CFC제조업자들은 CFC-113용제의 저독성, 불연성, 빠른 건조성 등의 우수한 특성을 보유하면서도 20~40%의 CFC-113을 절감할 수 있는 혼합용제를 개발하여 보급하고 있다. 이들 절감형 혼합물은 세정장치 및 설비 등을 개조하지 않고 그대로 사용할 수 있다. 그러나 수요자가 사용전에 이들 혼합물의 특성(물성, 용해성, 안전성 등)을 확인하는 것이 중요하다. 〈표-3〉에는 CFC절감형 혼합물의 특성 및 용도, 삭감률 등을 나타내었다.

##### 2) 기존대체물질의 이용

물은 이온성 오염물질, 수용성 Flux, 수용성 절삭유에 대한 우수한 세정제이다. 특히 Saponifier를 같이 사용하는 경우 금속중의 유지성분이나 전자회로기판의 Rosin Flux도 제거할 수 있다. 물은 ODP가 0이며 작업시 허용 농도 한계가 없고 안정하며 불연성이다. 또한 특별한 전처리공정이나 증류장치 등의 공정이 필요없

〈표-3〉 절감형 CFC대체 세정제

상 품 명	성 분	비중	KB	b. p.	표면장력	용 도	삭감률	제조회사
FREON SMT		1.38	96	38.4	22.9	전자 용제제거	30%	Du Pont
FREON TMS		1.48		39.7				
FREON MCA		1.42	79	44.2	20.8	금속 유지제거	43%	
Flonsolve UF-1		1.55	40	46.3	17.5	일반세정	20%	Asahi Glass
Flonsolve UF-2		1.41		45.1	18.3	전자 용제제거	28%	
Flonsolve UF-3		1.31		46.4	18.6	금속 유지제거	30%	
Flonsolve UF-4			35	46.6	18.4		20%	
Flonsolve UF-5			48	43.8	18.5		27%	
CF Triflon FD			40	45.4	19.0		30%	Central Class
CF Triflon CP		1.40	37	47.0	18.0	일반세정	20%	
CF Triflon EC	CFC-113/Acetone	1.36	47	46.4	18.0	일반세정	25%	
CF Triflon MC			70	57.0			55%	
Daiflon S3-HN			35	48.1	18.0	일반세정	20%	Daikin
Daiflon S3-EN			46	44.2	18.0	전자 용제제거	25%	
Daiflon S3-CN	113/할로젠화탄화수소		57	53.0		금속 유지제거	34%	

단위 : 표면장력(dyne/cm), b. p. [°C], 비중 25C

KB : Kauri-Butanol Value

이 비용이 적게 사용된다. 특히 무기물 또는 극성물질의 세정에 좋으며, 물의 용해력 뿐만 아니라 초음파 등의 기계적에너지, 표면장력, 세정온도, Saponification(화학반응), 대치, 에멀전, 분산 등의 세정 Mechanism을 활용할 수 있다. 알칼리염과 같은 Builders, pH Buffers(pH 10.5-11.8), Neutraliser(EDTA), Inhibitors, Saponifiers, Emulsifiers(Alkanolamines), Deflocculants, Complexing Agents, Antifoaming Agents, Surfactants 등을 넣어서 다양한 Formulation, Blending, 농도, 산도 등을 유지할 뿐 아니라 유용한 효력을 얻을 수 있다. 또한 고도의 세정이 요구되는 경우에는 이온교환수를 사용할 수 있다. 그러나 세정후 건조성이 나쁘고 비이온성 계면활성제와 같은 일부 세정잔유물이 세정후 씻겨지지 않아서 부식문제도 고려해야 하며 일부 고분자는 분해되기도 한다. 오염물질이 작은 틈사이에 있을 경우에 제거하기 곤란하여 Surface Mounted Assembly의 세정에는 부적합하다. 물세정이후 폐수처리시설을 갖추어야 할 필요성이 있다.

개발된 제품의 예로는 Aquarin, Solite K, DI POSH(전자, 광학, 유리제품), JC-cleaner(Rosin계 Flux용 알칼리세정제), LIQUIDET, Techno Care FRS(Silicone/계면활성제), Finecleaner, PK-SAL(열처리용세정, 방청제), MP Series, RBS 등이 있어 용도에 따라 사용될 수 있다.

유지분, Rosin계 Flux 등의 비극성 오염물질에 대해서는 알칼리 세정제를 사용하며 건조공정이 요구되는 경우 물세정을 사용하며 녹의 발생가능성이 높기 때문에 방청제를 사용하여 세정할 필요성이 있다. 알칼리세정은 이온성잔사를 효과적으로 제거하여야 하며, 배수처리부하가 커지는 문제점을 갖고 있다. Alkyl benzene sulphonates, Anionic surfactants 또는 Non-ionic surfactants 등이 흔히 쓰이는 알칼리세정제들이다.

### 3) 신규대체물질의 개발

#### (1) HCFC-225ca/cb

CFC-113 "Drop-in" 대체물질로서 예상되는 HCFC-225ca/cb는 현재 일본의 Asahi Glass(주)에서 개발하고 있는 세정제이다. CFC-113의 대체물질을 탐색할 때 비점, 안정성, 용해도를 고려해서 메탄계, 에탄계 중에서는 HCFC-132b가 가장 유력한 후보였으나 독성이 있기 때문에 탈락하였으며 330개의 프로판계열화합물 중에서 비점범위가 40-100°C이고 화학적 안정성이 있는 -CF<sub>2</sub>-기를 갖는 것 중에서 CFC-113과 비슷한 용해능력을 갖는 것을 분자설계기법을 이용하여 탐색한 결과 HCFC-225ca/cb가 선정되어 졌다. 특히 이 물질들은 CFC-113과 비슷한 조성에서 Ethanol과 공비를 형성한다. HCFC-225ca/cb의 문제점은 공급시기, 가격 등이 있으며, 일부재질에 대한 상용성 문제가 연구중이며 독성도 검토 중에 있다(PAFT IV: 11990/6-1994 또는 1995). <표-4>에 HCFC-225ca/cb의 특성을 표시하였으며 [그림-2]에 이들의 구조를 나타내었다.

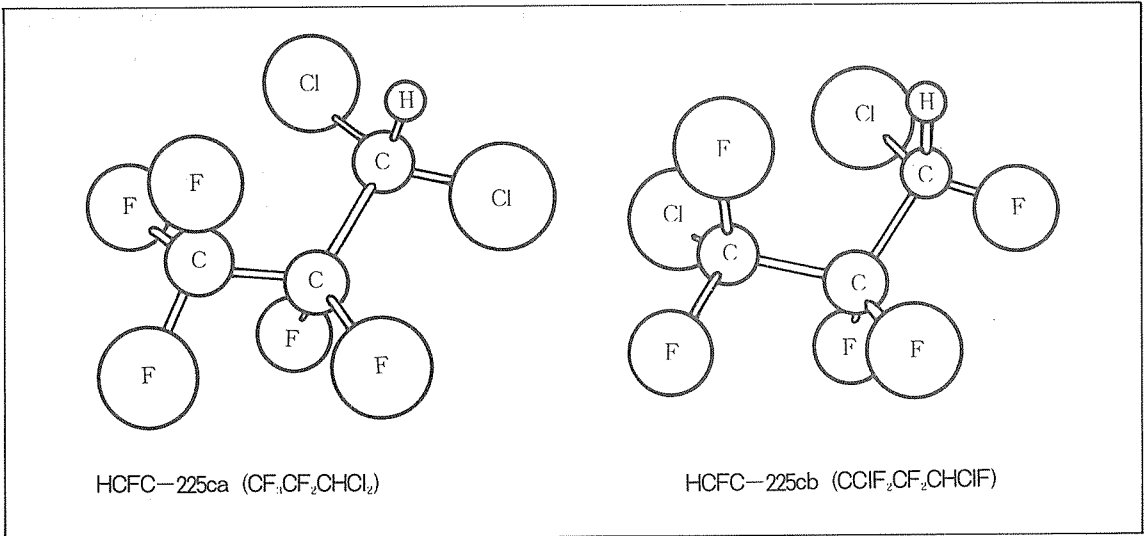
<표-4> HCFC-225ca/cb의 특성

특 성	HCFC-225ca	HCFC-225cb	CFC-113
구조식	CF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CHCl <sub>2</sub>	CClF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CHClF	CClF <sub>2</sub> CCl <sub>2</sub> F
끓은점(°C)	51.1	56.1	47.6
어는점(°C)	-94	-97	-95
비중 25°C	1.55	1.56	1.57
점도(cp) 25°C	0.58	0.60	0.68
표면장력(dyne/cm)	15.8	16.7	17.3
KB값	34	30	31
증발속도(CCl <sub>4</sub> =100)	46	38	271
인화성	없음	없음	없음
오존파괴지수	0.01-0.04	0.01-0.04	0.8

오존파괴지수 : Ozone Depleting Potential(CFC-11=1.0)

#### (2) HCFC-141b/HCFC-123

CFC-113의 대체물로서 HCFC-141b/HCFC-123의 혼합물과 Methanol 또는 안정제를 첨가한 물질들을 미국의 Du Pont과 Allied Signal사에서 개발하여 평가 중에 있다. 일반적으로 Grease, 수용성유지, 경질절삭유 등의 제거에 우수한 효능을 나타내고 있으며 고형불순물의 제거에는 적합하지 못하다. 금속과는 반응하지 않고 안정하지만 아연, 알루미늄, 마그네슘,



〈그림-2〉 HCFC-225ca/cb의 구조

베틸륨과는 격렬하게 반응하기 때문에 주의를 요한다. 플라스틱, 고무 등에 미치는 영향이 CFC-113보다 다소 크며 특히 ABS, 아크릴, Hi-Impact Styrene 등에 영향이 크다 이들 혼합물들은 CFC-113보다 비점이 낮아서 세정장치의 Chiller를 더 강화하여 증기의 손실을 방지하여야 하는 등 전용 세정장치를 개발할 필요가 있다. 낮은 ODP를 가지며 2020년 이후에는 규제가 될 것으로 예상된다. 현재 HCFC141b / (PAFT II : 1988/9-1993) 과 HCFC-123 (PAFT I : 1988/1-1992) 의 독성검사가 진행중에 있다. 〈표-5〉에 이들의 특성을 나타내었다.

(3) 불화알코올계 세정제

CFC-113의 대체세정제로서 Pentafluoropropanol (PEFOL™) 을 일본의 Daikin공업(주)에서 개발하여 시판중에 있다. 염소원자를 함유하지 않아서 ODP가 0이고 불연성이며 안전하여 허용농도가 6800ppm이다. 수용성이므로 수용성 flux와 수용성 오염물질을 물없이 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. Elastomer중

〈표-5〉 HCFC-141b/HCFC-123 혼합물 세정제의 특성

상 품 명	성 분	KB	b. p.	표면장력	용도/비고	제조회사
KCD-9434	HCFC-141b/123MeOH/안정제 (62, 2/35, 0/2, 5/0, 3%)	70	30	19	프린트기관세정 로진계용제세정	Du Pont
KCD-9438	Axarel 38			28		
KCD-9450	HCFC-141b/123/안정제 (34, 9/68, 4/0, 3%)	59	29.2	17.3	금속의 탈지세정	
Genesolv 2004	HCFC-141b/MeOH/NM (96, 0/3, 9/0, 1%)		8		NM: Nitromethana	Allied Signal
Genesolv 2010	HCFC141b/123/MeOH/NM (86, 1/10, 0/3, 6/0, 3)	79	29.9		프린트기관세정 로진계용제세정	
Genesolv 2020	HCFC-141b/123 (80, 0/20, 0)	76	31.3			

〈표-6〉 PEFOL™의 특성

특 성	PEFOL™ 5P	PEFOL™ 5P-W	PEFOL™ 5P-X
성분조성	CF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH (5FP)	5FP/물공비혼합물	5FP/계면활성제
끓는점(C)	80.7	77.3	81
어는점(C)	-94	-97	-35
비중 25C	1.510	1.466	1.405
점도(cp) 25C	2.82	2.73	4.85
표면장력(dyne/cm)	18.9	22	18
KB값	36	33	43
증발속도(CCl <sub>4</sub> =100)	46	38	271
인 화 성	없음	없음	없음
오존파괴지수	0	0	0
주요용도	수용성flux세정 탈수건조	수용성flux세정 탈수건조	Rosin계flux세정 탈수건조

오존파괴지수 : Ozone Depleting Potential (CFC-11=1.0)

Chloroprene Rubber, Butyl Rubber, Butadiene Rubber, SBR, Silicone Rubber에 대한 영향은 CFC-113보다 적으나 NBR에 대한 영향은 크다. 비점이 높아서 증발손실이 적을 뿐 아니라 증기세정법을 이용할 경우 세정효과를 높일 수 있다. 〈표-6〉에 PEFOL™의 특성을 나타내었다.

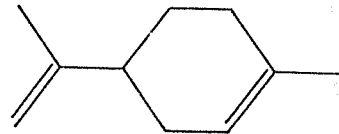
(4) Terpene계 세정제

Citrus나 Pine계 Terpene과 같은 Isoprene Oligner 등이 탄화수소/계면활성제의 예멸전 형태 세정제로 미국의 Petroferm사의 EC-7이 그 대표적인 예이다. 인체와 환경에 무해하고 (ODP=0) 생분해 특성이 있다. 대부분의 금속, 플라스틱에 쓸 수 있고, SMT기판의 세정에 쓰이며 특히 Heavy Grease, Tar Wax 등과 같이 제거하기 어려운 오물, 때를 세정하는 데에 유효하다. 극성물질은 물론 비극성 오염물질의 세정도 가능하며, 비알칼리 공정이므로 금속의 부식을 방지할 수 있다. 낮은 온도(실온이나 그보다 약간 높은 온도)에서 세정이 가능하며, 점도가 낮아 거품이 잘 형성되지 않는다. 예멸전형태로 사용되기 때문에 증기압을 감소시켜 증발손실이 줄어 들지만 건조공정이 요구된다. 또한 폐액의 잔유물이 존재하기 때문에 행굼공정이 문제가 되며 폐액의 재연소성이 문제가 되어 안전한 장치의 설계가 요구된다. 어떤 것

들은 나쁜 냄새가 있다. d-Limonene 등과 같은 세정제는 자동산화 되기 쉬워서 안정제가 필요하다. Polystyrene과는 사용하지 못하며, 50°C 이상에서는 LDPE, PVC와도 사용할 수 없다. 〈그림-3〉에 EC-7의 주요성분인 d-Limonene의 구조를 〈표-7〉의 특성을 나타내었다.

〈표-7〉 EC-7의 특성

특 성	EC-7
외 관	담황색 투명
끓는점(C) 최저	172
어는점(C)	-40
비 중 25C	0.840
점도(cp) 25C	1.0
표면장력(dyne/cm)	33
KB 값	70
인 화 성	있음
오존파괴지수	0
5%용액의 PH	4-6



〈그림-3〉 EC-7의 주요성분인 d-Limonene의 구조

(5) 탄화수소계 세정제

탄화수소계 또는 고급알코올 세정제가 일본의 荒川화학공업(주)에서 개발되어 시판되고 있다. Pine Alpha라는 상품명으로 ST-930, ST-100S가 그 예로서 이 세정제는 수용성으로 Rosin계 수지와 Flux의 활성제로 사용되는 Dimethyl Amine염산염에 대해 탁월한 용해력을 갖고 있으며 비인화성이고 낮은 독성을 갖고 있다. 그러나 세정후 다시 물로 세척하고 건조하는 공정이 필요하기 때문에 폐수처리공정이 첨가되어야 하는 단점도 있다. 주로 Rosin계 Flux제거용인 이 세정제의 특성을 〈표-8〉에 나타내었다.

4) 제3세대 세정제

현재 사용되고 있으며 몬트리올의정서에 의

<표-8> Pine Alpha의 특성

특 성	ST-930	ST-100S
외 관	무색투명	무색투명
어는점 (C)	20이하	20이하
비중 25C	0.96	0.96
점도 (cp) 25C	3	4
표면장력 (dyne/cm)	27.8	31.0
비열 (cal/gK)	0.588	0.639
오존파괴지수	0	0
독성 (LDsoiMg/kg)	5,300	6,100

해 규제를 받고 있는 CFC를 제1세대, 그리고 중단기 대응책으로 개발하고 있는 HCFC계열을 제2세대 대체물질이라 한다. 이들 제2세대 대체물 역시 작지만 오존파괴지수를 갖고 있고, 지구온난화 물질로 2020년 부터는 이의 사용과 생산도 규제를 받을 것으로 예상된다. 또한 제2세대 대체물을 대체하여 사용할 때의 에너지 사용량이 CFC를 쓰는 경우보다 훨씬 많이 증가하여 지구온난화물질(예: 이산화탄소)을 많이 방출시키는 결과를 초래하게 된다. 따라서 오존파괴지수를 갖고 있지 않으면서 에너지도 효율적으로 사용할 수 있는 제3세대의 대체물질의 개발이 여러나라에서 경쟁적으로 연구하고 있다.

- 제3세대 세정제로서는,
- Fluorinated Aromatics (b. p. 100~115C)
- Fluorinated Ester (b. p. 50~60C)
- Fluorinated Cyclics
- Fluorinated Polyethers
- 3C Halocarbons

- Mixtures
- Silicone, Sulfur 등의. Hetero형
- 다당류
- 등의 개발이 고려되고 있으며 현재 발표된 제3세대 세정제로는,
- Perfluoro-1, 2-dimethylcyclobutane (C5I-12) (Du Pont),
- m-Xylenehexafluoride (MF-6, Central Glass) 등이 있다.

## 5. 결 론

몬트리올의정서는 물질문명의 발달로 위협 받고 있는 지구의 생태계를 보호하기 위하여 각국의 산업과 무역을 제재하는 최초의 국제적인 환경협약으로서 역사적인 것이다. 몬트리올 의정서는 2000년에 CFC의 생산과 사용을 전폐하기로 하므로써 산업의 발전에 앞서 지구환경을 보전하려는 강력한 인류의 의지를 표시하고 있다. CFC의 생산과 사용규제는 전산업에 막대한 영향을 줄 것이며 특히 전자, 정밀기기산업에 미치는 영향은 매우 클 것이다. 따라서 이를 극복하고 지속적인 산업의 발전을 기하기 위해서는 핵심적인 CFC대체 세정물질과 이를 응용하는 기술의 개발이 시급하게 이루어져야 할 것이다. 특히 자국의 기술보호주의의 경향이 날로 높아지는 국제환경에 비추어, 우리나라 산업의 지속적인 발전을 위한 독자적인 CF C대체기술개발의 중요성은 더욱 크다고 할 수 있다.

