

CFC 규제동향과 자동차산업

The Trend of Korean Automobile Industry on CFC Regulation of Montreal Protocol

김 은 태
E. T. Kim



김 은 태
• 1958년 6월생
• 자동차대기환경보전
• 한국자동차공업협회 기술부
환경대책과

사용한도 수준으로 동결하고, 규제일정에 따라 단계적으로 삭감을 실시하지 않을 수 없게 되었다.

이어서 1989년 5월의 “헬싱키선언”을 거쳐 1990년 6월 런던에서 개최된 몬트리올의정서 제2회 계약국 회의에서는 지금까지의 오존층 보호 대책을 근본적으로 수정한다는 획기적인 결론 하에 2000년까지 특정프레온의 생산·사용의 전폐와 더불어 추가물질을 규제대상으로 하는 의정서 개정안이 채택되어 오존층 파괴물질에 대한 규제스케줄이 확정되어 환경보호조치가 직접적으로 산업에 영향을 미치게 되었다. 이어서 1991년 6월 나이로비에서 개최된 몬트리올 의정서 제3회 계약국 회의에서는 1992년 5월 27일 이후부터 의정서 비가입국에 대한 무역규제를 실시하기로 결정하여 환경보호를 위해 비가입국에 대한 직접제재를 선포하였다.

1. 몬트리올의정서

프레온가스에 의한 오존층 파괴에 대한 우려가 미 캘리포니아대학의 Rowland 교수에 의해 1974년에 제기된 이후 그간 UNEP를 중심으로 오존층 파괴에 대한 조사 및 검토와 아울러 오존층 보호를 위한 국제적인 노력이 지속적으로 진행되어 왔다.

그 결과 전세계적인 환경문제를 미연에 방지한다는 취지하에 남반구국가와 유럽국가가 중심이 되어 1985년 3월 오존층 보호를 위한 비엔나조약이 채택되었고, 동 조약에 기초해 1987년 9월에 프레온(CFC)과 할론(HALON)등 특정물질의 구체적 규제내용을 정한 “오존층을 파괴하는 물질에 관한 몬트리올의정서”가 채택되었다.

동 의정서는 1989년 7월 1일부터 발효되어 가입국들은 의정서의 규제물질에 대한 자국내의 연간 생산·소비량을 1986년 수준이나 1인당

한편 북반구 고위도지역인 북유럽, 북미에서의 오존층 파괴가 생각했던 것보다 더욱 빨리 진행되고 있으며 북극에서도 오존홀이 커진다는 미항공우주국(NASA)의 연구보고서가 계속 공개됨에 따라 지난 1991년 2월 부시 미국 대통령은 미국내 CFC의 생산을 1995년말까지 증지할 것이라고 발표했으며, 1990년 독일은 1995년말까지 프레온가스의 생산·사용의 전면중지를 결정한 데 이어 지난해 2월 환경처장관의 발표에 의하면

표 1 몬트리올의정서 규제조항

구 분	일반조항의 경우 (선진국 조항)	선진국 특별조항의 경우 (2조6항)	개도국 조항의 경우 (5조1항)
사용한도량	'86년 실적에서 동결	'87. 9월 이전에 착공하여 '90년말까지 완공된 공장의 생산량은 '86년 실적에 포함. 단, 1인당 소비량은 0.5kg을 초과할 수 없음.	의정서 발효일 기준('86. 1)년간 사용실적이 1인당 0.3kg미만인 개도국은 향후 10년간 1인당 0.3kg 범위내에서 생산·사용 가능.
규제스케줄	'94. 1부터 75% 삭감	'94. 1부터 75% 삭감	10년간 삭감 유보
우리나라 한도량	0.28kg/인('86년 실적)	0.5kg/인('91년 0.83kg/인)	0.3kg/인

2년이 추가로 앞당겨질 전망이다.

또 EC 12개 회원국들도 1992년 2월 포르투갈 환경장관회의에서 당초 '97년 폐지일정을 앞당겨 '93년 말까지 모든 CFC, 할론의 생산·사용량을 85%까지 줄이고, '95년 말까지 이의 생산 및 사용을 전면 중단하기로 합의하고 지난해 3월 23일 브뤼셀회의에서 이를 공식화했다.

1992년 4월 6일부터 4월 15일까지 스위스 제네바에서 개최된 몬트리올의정서 개정을 위한 예비회담에서는 미국, EC, 캐나다가 현행 규제물질(CFC, 할론, 사염화탄소, 메틸클로로포름)의 1996년 1월 1일 전폐일정에 동의했으며 스웨덴, 노르웨이, 오스트리아, 스위스, 네덜란드, 독일은 이보다 앞선 1995년 1월 1일 전폐일정을 지지했다. 또 이 회의에서는 과도물질인 HCFC의 조기 폐지일정 명문화 및 Methyl bromide의 규제물질에의 추가포함 여부에 대한 토의도 있었다.

현재 과도적 대체물질인 HCFC(22, 141b, 142b 등)의 규제 및 폐지에 대해서는 미국은 2005년 이후는 신규 장치에의 사용은 금지하고 기존 장치에의 사용은 2015년까지 허용, 독일은 2000년까지 HCFC-22의 사용증지를 지지하고 있는 상태이다.

이러한 일련의 국제적 움직임과 함께 지난해 11월 코펜하겐에서 개최예정인 몬트리올의정서 제4회 계약국회에서는 현행 오존층 파괴물질에 대한 규제스케줄이 더욱 강화·수정되어 지금

표 2 CFC 냉매의 특징

- (1) 높은 안전성
 - 독성, 자극성이 없음
 - 불연성
 - 폭발성이 없음
- (2) 열적, 화학적 안정성
 - 사용 온도에서 분해되지 않음
- (3) 우수한 열역학적 물성
 - 증발 잠열이 큼
 - 밀도가 큼
 - 임계온도가 높고 빙점이 낮음
 - 저온에서도 대기압 이상의 압력에서 기화 가능
 - 상온에서도 비교적 낮은 압력에서 액화 가능
- (4) 우수한 전달 물성
 - 우수한 전기 절연성
 - 높은 열전도율
 - 점도가 낮음
- (5) 부식성이 없음
- (6) 윤활유를 분해하지 않고 서로 용해함
- (7) Leak 발생시 쉽게 감지가능

까지 2000년 1월 1일 전폐 스케줄이 1996년 1월 1일(1994년 1월 1일부터는 '86년 수준의 75% 삭감)로 앞당겨져 이에 적극 대응하기 어려운 우리나라를 비롯한 기술자립이 미미한 국가들

표 3 특정물질의 종류와 현행 규제스케줄

그룹	규제물질			기존 규제스케줄		개정 규제스케줄	
	종류	화학식	ODP	규제 시작년월	년간생산·사용한도	규제시작년월	년간 생산·사용한도
I	CFC-11	CFCl ₃	1.0	'89년 7월	'86년 실적	'94년 1월	'86년 실적×25%
	CFC-12	CF ₂ Cl ₂	1.0	'95년 1월	'86년 실적×50%	'96년 1월	금지
	CFC-113	C ₂ F ₃ Cl ₂	0.8	'97년 1월	'86년 실적×15%		
	CFC-114	C ₂ F ₄ Cl ₂	1.0	2000년 1월	금지		
	CFC-115	C ₂ F ₅ Cl	0.6				
II	HALON-1211	CF ₂ BrCl	3	'92년 1월	'86년 실적	'94년 1월	금지
	HALON-1301	CF ₃ Br	10	'95년 1월	'86년 실적×50%		(필수용도 별도 인정)
	HALON-2402	C ₂ F ₄ Br ₂	6	2000년 1월	금지		
III	CFC-13 등 13종의 CFCs		1.0	'93년 1월	'89년 실적×50%	'94년 1월	'86년 실적×25%
				'97년 1월	'89년 실적×15%	'96년 1월	금지
				2000년 1월	금지		
IV	사염화탄소	CCl ₄	1.1	'95년 1월	'89년 실적×15%	'95년 1월	'89년 실적×15%
				2000년 1월	금지	'96년 1월	금지
V	메틸클로로포름	C ₂ H ₃ Cl ₂	0.1	'93년 1월	'89년 실적	'94년 1월	'89년 실적×50%
				'95년 1월	'89년 실적×70%	'96년 1월	금지
				2000년 1월	'89년 실적×30%		
				2005년 1월	금지		
VI	HCFC-22 등 34종의 HCFCs		미확정	생산·사용 자유규제	규제일정 미확정	'96년 1월	'89년 HCFC실적+'89년 CFC 사용실적×3.1%
						2004년	35% 삭감
						2010년	65% 삭감
						2015년	90% 삭감
						2030년	금지

* ODP : 오존파괴지수

에게는 큰 타격을 받게 될 것으로 보인다.

또한 개도국 적용조항(5조 1항)도 유보기간 10년을 5~7년으로 단축을 추진중에 있다.

몬트리올의정서에 규정된 오존층 파괴물질의 종류와 규제 스케줄은 <표 3>과 같다. 이 중 I, II군은 몬트리올의정서 최초 채택 당시(1987년 9월)부터 규제된 물질이고, III, IV, V군은 개정 몬트리올의정서(1990년 6월 런던회의)에 의해 추가 규제된 물질이다. VI군은 과도적 물질로서 1992년 11월 코펜하겐회의에서 새로이 규제가 언급되기 시작하였다.

2. 우리나라 오존층보호 규제

2.1 오존층보호 관련 규제법 제정과 몬트리올의정서 가입

정부는 1989년 6월 상공부내 CFC 대책위원회를 설치하여, 환경보전을 위한 국제적 오존층 보호를 위한 CFC규제에 적극 대응하고 오존층 파괴물질의 생산·사용규제에 따른 관련산업 및 국민경제에 미치는 영향을 최소화하기 위한 방안으로서 오존층 파괴물질의 생산량·소비량의 기존한도를 정하고 생산량의 허가, 수입의 승인, 배출억제 및 사용합리화, 특정물질 사용합리화 기금징수 등을 정한 "오존층 보호를 위한 특정물질의 제조규제 등에 관한 법률"을 제정하여

1991년 1월 14일 공포하고, 이어 동법의 시행령('91.11.21) 및 시행규칙('91.12.20)을 각각 공포했다. 또한 몬트리올의정서 비가입국에 대한 무역규제에 대한 불이익을 피하기 위해 1992년 2월 27일 의정서 가입서를 기탁하여 정식으로 동년 5월 27일에 가입하였다.(가입서 기탁후 90일째부터 정식가입효력 발생)

정부는 1992년 1월 20일 오존층 보호를 위한 특정물질의 제조규제 등에 관한 법률 제23조 제2항의 규정에 의한 특정물질 사용합리화 기금조성을 위한 징수금액 및 징수방법에 관해서 고시했으며(상공부고시 제92-3호), 특정물질 제조업자 및 수입업자를 징수대상자로 하고 1992년 1월 1일 이후 판매되거나 수입신고되는 특정물질부터 적용하고 있다.

1992년 2월 상공부는 CFC 및 할론가스 등 특정물질의 1992년도 수급조정계획('92년 1월 설치된 특정물질 수급조정심의회에서 업종별, 용도별 CFC 사용량 할당)을 확정·발표하였다. 이 내용중에는 1992년도에 20억원의 특정물질 사용합리화 기금을 조성하여 기금중 14억원은 대체물질 개발 및 이용기술 개발에, 6억원은 대체물질 관련 국제협력 및 교육홍보에 사용하기로 했다.

그러나 1992년 11월 코펜하겐에서 있는 몬트리올의정서 제4회 체약국 회의에서 특정물질에 대한 전폐 스케줄이 1996년 1월 1일로 앞당겨질 것으로 예상되자 지난 1992년 8월 27일 유엔환경사무국에 몬트리올의정서 5조1항(개도국조항 적용: 연간 1인당 0.3kg 사용)으로 가입할 것을 UNEP에 통보하였다.

2.2 우리나라의 CFC 대체물질 개발계획

정부는 국내 CFC 사용실태 조사와 KIST내 CFC 대체기술센터 설립(과학기술처: 1990년 10월에 이어, 1991년 11월에 상공부와 함께 과학기술처는 국내의 CFC 대체물질제조, 특정물질 회수기술, 대체물질 이용기술의 개발에 관한 장기계획을 수립했다. 이는 기본적으로 신규대체물질 개발 및 특정물질의 회수기술은 정부주도로 계획을 수립하여 국책 연구개발사업으로 추진하고,

표 4 국내외 연도별 특정물질 사용현황

(단위: 톤)

년 도	CFC	Halon	CCl	TCE-1,1,1	합 계
1986년	9,033 (8,483)	323 (2,936)	3,088 (3,397)	4,865 (487)	17,309 (15,303)
1987년	16,095	388	7,968	5,021	29,472
1988년	16,169	409	9,287	6,975	33,320
1989년	25,376 (24,127)	451 (3,922)	9,659 (10,625)	10,566 (1,057)	46,052 (39,730)
1990년	16,180	524	10,011	12,977	39,692
1991년	27,804 (26,627)	926 (7,545)	16,789 (18,467)	14,650 (1,465)	60,169 (54,077)

주: ()내는 ODP 환산톤임.

자료: 상공부 1992년 5월 자료.

대체물질 이용기술은 수요업종 및 업체에 따라 기술이 상이·다양하므로 민간주도로 개발하도록 하고 정부는 기술개발 자금을 지원토록 하여 1992년도에는 7개업체에 9억4천여만원을 배분하였다.

그러나 1992년 11월에 CFC 등 특정물질의 규제일정이 선진국의 경우 '96년 1월로 개정될 전망임에 따라 당초 '95년까지 완료하기로 했던 프레온 대체물질의 개발계획을 1년 앞당겨 '94년까지 개발을 완료하여 국내산업의 충격을 줄이고 이에 대한 실용화를 촉진하는 등 대체물질 개발에 많은 노력·지원을 하고 있다.

3. 특정물질 사용감축 방안

3.1 사용한도량의 합리적 배분

'93년도 CFC 및 Halon(그룹 I과 II)의 국내수요는 약 3만톤 수준으로 예상되나, 사용규제 한도량은 13,217톤에 불과하므로 필요량이 절대적으로 부족하게 된다. 특히, 지금까지 내수 소요수량이 소량이라 국내생산이 불가하여 수입하는 물질은 전세계적인 CFC 규제 스케줄이 대폭 단축되어 '94년 이후에는 외국에서도 생산을 감축되기 때문에 필요한 특정물질 품목의 수입이 곤란하고, 이와같은 특정물질을 사용하여 만든 제품의 수출도 상당한 영향을 미칠 것으로 예상

되는 바, 상공부에서는 “오존층 보호를 위한 특정물질의 제조규제 등에 관한 법률”에 의거 '92. 1. 1부터 CFC의 생산, 수입허가 및 판매계획등을 승인과 매년 사용한도량을 가장 효율적으로 사용할 수 있도록 특정물질의 종류별, 용도별, 수요업종별 배정량을 책정하여 운영하고 있다.

그 내용으로는,

- 불요불급한 분야의 사용량은 우선 대폭 감소(분사용은 의료, 의약품 이외 사용금지)
- 기존물질의 사용이나 대체기술 적용 등으로 단계에 대체가 가능한 분야는 우선 감축(세정용, 발포용 등)
- 신규 대체물질 개발속도 및 대체가능성을 보아 배정량 조정(냉매용 등)으로 사용량을 조정하고 있다.

표 5 주요 국가별 오존층파괴 물질 소비량

(1986년, 단위: 톤)

	CFCs	Halon	계	전세계에 대한 비율	1인당 사용량
미 국	322,552	7,542	330,094	28.19%	1.37kg
E E C	311,072	6,818	317,890	27.12%	0.99kg
일 본	130,551	1,769	132,320	11.30%	1.09kg
USSR	121,784	5,100	126,884	10.83%	0.45kg
계	885,959	21,229	907,188	77.44%	

자료: UNEP/OzL. Pro.3/5, 23 May 1991.

3.2 CFC 등 특정물질의 배출억제

일반적으로 CFC를 분사제나 세정제 등으로 사용이 필요할 때 대기중으로 방출됨으로써 오존층 파괴에 큰 문제가 되기에 CFC의 사용방법 개선과 기존설비의 개량이나 대체물질 사용 시스템으로 전환 등 부득불 사용이 필요할 경우 최소량 사용이 되도록 역제가 반드시 필요하다.

이와 같이 사용방법상에 있어서 특정물질의 배출을 최소화하기 위해 1993년 상반기에 상공부에서는 특정물질의 배출억제 및 사용합리화에 대한 자침을 공고할 예정이다.

이에 대한 적극적인 대처로서 논의·연구되고

있는 것이 CFC의 리사이클링 즉, 회수하여 재 사용하는 방법을 적극 강구해야 한다.

이와 같은 재활용 이용증대 및 사용합리화를 촉진하기 위해 정부에서는 “공업기반기술 개발 사업기금” 및 “특정물질 사용합리화기금”을 적극적으로 지원할 계획이다. 지난해 9월에는 특정물질 사용을 줄이기 위해 여러 회사로부터 자금 지원 신청을 받아 7사에 걸쳐 10여억원 지원을 결정한 적이 있고 1993년에는 1992년도 이월금을 포함하여 30억원내 지원될 것으로 예상된다.

3.3 대체물질 사용확대 유도

현재 사용되어지고 있는 CFC나 Halon과 같은 특정물질에 대한 수요를 새로운 무공해 대체물질로 전환을 촉진하고자 “오존층보호를 위한 특정물질의 제조규제 등에 관한 법률”에 의거, 정부에서는 CFC 등 특정물질 생산 및 수입시에 기금을 징수하고 있으며 그 비율을 점진적으로 상향조정하고 있다.

표 6 미국의 CFC 및 Halon 들품세

구분	'92	'93	'94	'95	'96	'97
기준세액(\$)	1.67	2.65	2.65	3.10	5.00	6.90
톤당 세액(\$)	3,670	5,870	5,870	6,820	11,000	15,180

표 7 대체물질의 선정기준

- (1) 환경을 파괴하지 않아야 한다.
 - 낮은 오존파괴지수(가능하면 염소나 브롬이 없는 것)
 - 낮은 지구온난화지수(낮은 대기수명을 갖는 것)
- (2) 높은 안전성
 - 독성, 자극성이 없음
 - 불연성
 - 부식성이 없음
- (3) 열적, 화학적 안정성
 - 사용 온도에서 분해되지 않고 안정함
- (4) 우수한 열역학적물성 및 전달특성
- (5) 경제성

'92년도에는 가격의 20% 비율의 기금을, '93년도에는 30%로 상향조정하여 대체물질과 특정물질과의 가격차를 해소시켜 대체물질로의 사용을 유도하고 있으며 조성된 기금을 KIST, 울산화학등에 투자하여 새로운 CFC 대체물질 개발을 지원하고 있다.

또한 신규 대체물질의 가격인하를 유도하기 위해 '92년 7월부터 할당관계를 11%에서 5%로 내려 공급을 촉진시키고 있다.

3.4 대체물질 개발보급

1990년 9월 과학기술처에서는 한국과학기술

연구원에 CFC 대체기술센터를 설립하여 CFC 대체물질의 개발 및 합리적인 이용기술 개발을 통하여 국내의 CFC 사용 관련산업을 지원하고 대체 신규물질을 개발·보급함으로써 오존층 보호를 위한 몬트리올의정서를 준수하고 국내 산업 기술을 높여 대외무역규제를 타개하기 위함이었다. KIST의 CFC 대체기술센터에서 개발 및 생산계획은 <표 9>에 나와 있다.

그러나 미국의 DUPONT사, ALLIED SIGNAL사, 영국의 ICI사, 일본의 DAIKIN사와 SHOWA DENCO사, ASAHI GLASS사, 독일의 HOECHST사, 불란서의 ELF ATOCHEM사 등은 자

표 8 특정물질 종류별 용도

특정물질	내 용
CFC-11	<ul style="list-style-type: none"> 발포제 : 연질·경질 우레탄 발포제품 연질슬라브 : 침대, 소파, 매트리스, 흡음재, 단열재, 포장용패킹, 식품용기, 자동차내장재 연질몰드 : 자동차시트, 쿠션패드, 암레스트, 헤드레스트 경질품 : 각종 단열재(전기냉장고, 플랜트, 건재, 선박, 차량, 패킹재) RIM : 자동차범퍼, 핸들, 암레스트 냉 매 : 빌딩 냉방용 원심식 냉동기 에어졸 분사제 : 의료, 의약 용 제
CFC-12	<ul style="list-style-type: none"> 발포제 : 압출발포 폴리스티렌(단열재) 압출발포 폴리올레핀(완충포장재 등) 냉 매 : 자동차용 에어컨, 가정용냉장고, 컨테이너냉동기 원심식 냉동기 에어졸 분사제 용 제
CFC-113	<ul style="list-style-type: none"> 세정제 : 전자·전기부품, 정밀기계부품, 시계, 카메라, 렌즈, 섬유 등.
CFC-114	<ul style="list-style-type: none"> 발포제 : 배관단열재, 포장재 냉 매 : 공장 냉각장치용
CFC-115	<ul style="list-style-type: none"> 냉 매 : 냉동용, 타냉매와 혼합사용(CFC-502)
HALON-1211	<ul style="list-style-type: none"> 소화제 : 휴대용 소형소화기
HALON-1301	<ul style="list-style-type: none"> 소화제 : 건물의 총괄 소방시스템(고정소화설비).
사염화탄소	<ul style="list-style-type: none"> 기기세정, 방향족추출, 드라이클리닝용제, 발염제, 살충제, 발연제, 왁스수지제조, 변압기 스위치유, 포스겐원료, 금속탈지, 페인트
메틸클로로포름	<ul style="list-style-type: none"> 금속세정, 드라이클리닝 용제, 발염제, 에어로졸 분사제, 코팅, 잉크, 정밀기기세정, 집착제

표 9 우리나라 대체물질 개발·생산계획

대체물질	주관연구기관	개발계획 및 투자규모
HCFC-22 · 발포·냉매용 · CFC-12 대체	울산화학	'90년 KIST와 공동 개발 완료 '91년 9월 연산 4,500톤 공장건설 '92년중 연산 1만톤 규모 증설예정
HCFC-141b HCFC-142b · 발포·세정용 · CFC-11, 113 대체	울산화학	'91-'92년 : 16억3천만원(상공부, 민간) '92년중 시험생산 공장건설 '94년 말까지 연산 2만톤 공장건설 (상업화를 대비 '92년 상반기중 한국중합화학(80%)과 울산화학(20%)의 합작투자로 별도 법인 "한국신화" 설립)
HFC-134a · 냉매용 · CFC-12 대체	KIST CFC 대체기술센터	'91~'94년 : 31억원(상공부, 과기처, 민간) '95년 말까지 상업화공장 설계
HFC-152a · 발포·냉매용 · CFC-12 대체	KIST CFC 대체기술센터	'91~'94년 : 16억원(상공부, 과기처, 민간) '95년 말까지 상업화공장 설계
HFC-123 HFC-124 HFC-125 · 냉매·세정용 · CFC-11, 113 대체	KIST CFC 대체기술센터	'91~'94년 : 22억5천만원(상공부, 과기처, 민간) 국내수요, 선진국동향 감안 사업화 품목시기 추후 결정
제3세대 대체물질	KIST CFC 대체기술센터	'91~'94년 : 21억6천5백만원(상공부, 과기처) '95년 말까지 후보물질 합성

표10 세계 냉매분야 특정물질의 대체기술 현황

분 류	단기대책	중기대책	장기대책
가정용 냉장고	혼합냉매	혼합냉매	대체사이클
	흡수식	HCFC-22	에테르
		HCFC-134a	HFC-134a
		HCFC-152a	HFC혼합탄화수소
상업용냉동장치	HCFC-22	HCFC-22	대체사이클
		HFC-32	에테르
		HCFC-134a	암모니아
		혼합냉매	HFC혼합물
		HFC-125 HFC-134a	
식품저장 및 처리	암모니아	암모니아	암모니아
	HCFC-22	HCFC-22	HFC계 냉매
산업용 냉장고	암모니아	암모니아	암모니아
	HCFC-22	HCFC-22	HFC계 냉매
	탄화수소	HFC-134a 탄화수소	

냉동기	흡수식	암모니아	에테르
냉동·공조용	HCFC-22 빙축열식	HCFC-22	HFC계 냉매
		HFC-123	
		HCFC-124 HFC-134a HFC-152a	
수송용 냉동기 (트럭, 배, 기차)	HCFC-22	HCFC-22 HFC-134a 혼합냉매	HFC계 냉매 (HFC-134a)
자동차용 에어컨		HFC-134a 3원 혼합냉매	대체사이클 HFC계 냉매
히트펌프	HCFC-22	암모니아 HFC-134a HFC-152a HCFC-123	암모니아 HFC계 냉매 HC-160

자료 : UNEP

표 11 국내 냉매분야 특정물질의 대체기술 현황

구 분	기존냉매	1991년 국내 사용량(톤)	대체물질	대체기술내용
원식식 냉동기	CFC-11	979	HCFC-123	HCFC-123 독성시험 중. 국내 CFC-11과 HCFC-123 겸용 개발 시판중. 빙축열과 흡수식 등 비CFC계 대체기술 있음.
냉장고	CFC-12	677	HFC-134a HFC-152a 혼합냉매	대체물질이 결정되지 않았음. 가전3사 대체냉매로 성능시험과 유탄유 특성 시험중. '95년 완료 예정.
수송용 냉동기	CFC-12	3,900	HFC-134a	<ul style="list-style-type: none"> • HFC-134a가 확정적이며 국내 대체기술 개발중임. • 몇몇 핵심부품은 수입이 필요함. • 원가상승 부담 가중. • 기존의 시스템을 고려하여 설계해야 함. • 보충분의 양이 많은 부분을 차지할 것으로 예상됨.
상업용 냉동기	CFC-115 (R-502 혼합용)	34 (HCFC-22 제의)	암모니아 HFC-32, HFC-125 HFC-143a	독성시험이 2~5년 소요예상. 특성시험중.
산업용 냉동기	CFC-114	14	HFC계	세계적으로 뚜렷한 기술이 나와 있지 않음.

동차 냉매용으로 쓰이는 HFC-134a를 시험생산 단계를 거쳐 양산단계로 들어섰으며 1992년 현재 연간 총 16만톤 이상 생산이 가능한 실정이다. 미국 EPA에서는 이에 대한 사용확인 및 인체 및 환경이 무해한 영향이 있는지를 확인하는 SNAP 계획(Significant New Alternatives Policy Program)에 의거 CFC를 대체할 새로운 물질의 사용유무를 결정할 것이다.

4. 우리나라 자동차업계의 대체냉매 에어컨 개발동향

4.1 생산제작차의 새로운 대체물질 에어컨 적용

자동차에 쓰이는 CFC로는 시트나 범퍼, 핸들, 암레스트, 계기 판넬, 타이어 등에 발포제로 쓰

이는 CFC-11과 엔진이나 트랜스미션 등의 세척제로 쓰이는 CFC-113, 자동차에어컨의 냉매용으로 쓰이는 CFC-12가 있다. 이들 모두가 자동차제작 생산에 영향을 미칠 수가 있어서 몬트리올의정서의 규제에 의한 CFC 생산감소로 완성차 생산에 타격을 받을 수 있으나 가장 큰 영향이 미치는 것은 냉매용으로 쓰이는 CFC-12에 의한 자동차에어컨 사용이다.

현재 새로운 자동차에어컨용 대체냉매로 HCFC-22, HFC-134a, 혼합냉매 등 여러가지가 사용가능성에 대해 연구·검토중에 있다. 그러나 HCFC-22는 일부 염소(CI)분자가 포함되어 있어서 아직 얼마간의 오존파괴가 가능하기에 대체물질로서 사용성이 약하고, 튜폰사에서 SUVA라는 브랜드로도 생산되고 있는 혼합냉매(HFC-22, HFC-152a와 HCFC-124)도 CFC-12와

표 12 1992년과 1993년도 종류별·용도별 수용업종별 특정물질 배정량

(ODP 환산톤)

종류별	용도별	수요업종별	'92 배정내역		'93 배정계획량			비 고
			'92 수 요	배 정 비 율	배정량	배정량	92배정 대 비	
CFC-11	발포용	냉장고단열재	3,347	60%	2,008	1,205	60%	36%
		경질발포제품	6,191		4,151	2,490		
		연질발포제품	1,908		1,145	650		
		(소 계)	12,174		7,304	4,345		
	냉매용	원심식냉동기	784		470	290	60%	36%
		보충분	433		260	160		
		(소 계)	1,217		730	450		
	분사용	의료·의약	123		5	5		
기 타	기 타	266	155	100				
계		13,780	8,194	4,900				
CFC-12	발포용	경질발포제품	1,320	60%	792	475	60%	36%
	냉매용	냉장고	935	80%	762	495	65%	52%
		수송기냉동기	2,032		1,626	1,057		
		제습기	38		30	20		
		보충분	2,552		2,030	1,320		
	(소계)	5,575	4,448	2,892				
분사용	의료·의약	10	100%	10	50	500%	83%	
계		6,983	5,250	3,417	65%	49%		
CFC-113	세정용	전자·전기·정밀기기, 기타	4,266	80%	3,399	1,900	56%	45%
CFC-114	냉매용	보충분	18	—	2	2	100%	40%
	분사용	의료·의약	14	—	2	2		
	계		32	13%	4	4		
CFC-115	냉매용	보충분 (CFC-502용)	78	60%	47	31	65%	40%
합 계			25,139	67%	16,894	10,252	63%	42%
Halon -1211	소화용	소화기 및 고정소화설비	600	75%	450	240	50%	37%
		기타	6,490	—	4,868	2,390		
Halon -2402	소화용	소화기 및 기타	600	75%	450	240	—	—
		기타	—	—	—	30		
계		—	—	—	30			
기 타			—	—	—	305	—	—
총 계			32,229	69%	22,212	13,217	60%	41%

배정유보

유사성과 대체의 편리성 등으로 인해 보급이 검토되고 있으나 사용상 문제점과 작으나마 오존을 파괴하는 물질이 포함되어 있는 과도기적 물질에 불과하고 증발성 등으로 인해 취약한 점이 있어서 향후 자동차에어컨 냉매용으로는 HFC-134a 사용이 가장 유력하다. KIST에서는 CFC-12 대체로 HFC-134a 개발에 열중하고 있다. 국내 자동차메이커 또한 HFC-134a 사용을 전제로 카에어컨시스템 연구개발에 몰두하고 있다.

국내 자동차에어컨 제조업체는 자동차 부품업체로서 규모가 큰 한라공조, 두원공조, 대우기전, 만도기계, 금성전선, 풍성전기, 동환산업 등이 있으며 제한된 여러 여건속에서 짧은시간 내에 기술적 과제를 해결하기 위해 많은 어려움을 겪고 있다. <표 14>에서 보듯이 CFC-12가 HFC-134a는 물성이 여러모로 다르기에 동일 시스템상으로 같이 적용할 수 없다.

즉, 기존의 자동차에 CFC-12가 부족하다 할지라도 HFC-134a를 충전하여 사용할 수가 없기에 자동차에어컨 시스템을 새로이 개발해야 한다. 이에 따라 관련된 각 부품의 개발필요성에 대두되는 것이다.

HFC-134a 시스템에 맞추어 새로이 설계변경해야 할 각 부품은 응축기, 압축기, 팽창밸브, 배관호스류, 팬모터, 냉동기유 등이 있으며 이중 핵심부품으로 응축기(콘덴서)와 압축기(컴프레서)가 개발의 초점이 되고 있다.

국내 업계에서의 연구개발 현황은 기존 CFC 사용 자동차에어컨 제품에 대해서는 80% 이상 국산화가 되어 있지만, 새로 대체되는 냉매의 경우 선진국의 기술이전 기피, 부품소재업체 및 가공업체의 생산기술 낙후와 영세성으로 핵심 부품은 그 개발정도가 미흡하고 또한 새로운 시스템을 테스트 할 수 있는 첨단 테스트장비의 부족등으로 성능 및 내구성에 필요한 시험에 어려움을 겪고 있으며 신냉매 적용시 부품가격 상승 및 생산장비의 고가로 인한 원가상승 압박을 겪고 있는것도 또한 예상된다. 또 자체개발의 경우 선진국 특허권을 침해하지 않고 단시일내 개발하기에는 무척 어렵고 특허권을 피한다고 할지라도 생산원가 상승 및 제품성능의

문제로 값비싼 로얄티를 지불하고 선진 외국기술을 사용할 수 밖에 없는 입장으로 파악되고 있다. 일본에서도 기존자동차에 새로운 대체물질에어컨 시스템을 장착할 경우 교체시 자동차 한대당 2~5만엔의 비용상승이 예상되기에 우리는 그 이상 될 것으로 예측된다.

현재 우리나라의 HFC-134a를 이용한 에어컨 시스템 개발 및 관련차종에 적용은 1993년 4월 현대자동차의 엘란트라를 필수로 올해안에 전체 승용차에 80% 정도 적용이 가능할 것으로 보인다.

선진국의 예를 보면 미국 Big 3를 비롯하여 Toyota 등 미국, 일본, 유럽의 세계각지의 자동차업체에서는 이미 신냉매 HFC-134a를 적용시킨 에어컨 시스템을 개발 완료하여 1992년부터 일부차종에 장착시켜 시판해오고 있으며 1994년 말까지 전차종에 걸쳐 완전 장착시킬 예정이다.

그러나 이와 같은 대체 물질 에어컨 적용 시스템은 승용차에 한하고 상용차에 있어서는 별도 엔진과의 적용성 등으로 인해 당분간 실용화가 어려운 실정이다.

4.2 운행자동차의 에어컨 사용

지금까지 언급된 것은 완성차메이커에서 새 자동차 제작시에 대체물질을 이용한 새로운 에어컨시스템 적용을 언급하였으나 기존의 운행 자동차에 부착된 에어컨은 지속적으로 CFC-12를 사용하여야 한다.

냉장고처럼 움직임이나 진동없는 물체에서는 생산시에 CFC 가스를 주입하면 폐기시까지 별도의 추가충전이 필요없으나 자동차의 경우처럼 이동물체이며 진동을 받는 경우 CFC 분자크기가 다른 물질보다 작아 쉽게 빠져나갈 수 있기 때문에 2~5년에 1번씩 충전을 하는 경우가 있다. 그러나 CFC 생산감축으로 정비업소에서 CFC-12 구입이 어려워지면 에어컨을 장착한 운행자동차들에게 에어컨을 사용하지 못하는 경우가 향후에 발생할 수도 있다. 외국의 일부 화학회사에는 기존 자동차의 에어컨시스템 변경없이 사용할 수 있는 물질을 개발중에 있다는 연구보고도 있다.

표 13 자동차용 대체냉매 물질의 종류

종 류	내 용
HCFC-22	<ul style="list-style-type: none"> • 이미 실용화되어 공급시판되고 있음 • ODP-0.05 • CFC-12에 비해 수지의 투과성이 5배정도 큼 • 비점이 낮기 때문에 작동압력이 크며 누설이 크다. • 임계온도가 96도로 낮아서 일반승용차에 사용곤란
HCFC-22/HCFC-142b (45/55 wt%)	<ul style="list-style-type: none"> • ODP는 HCFC-22에 비슷 • HCFC-142b 및 HCFC-22 모두 기존 물질임. • HCFC-22는 누설성이 크고 HCFC-142b는 가연성임. • 포화증기의 비용적은 CFC-12에 비해 80~90% 정도 • 증발열은 CFC-12에 비해 40% 정도 큼
HCFC-22/HFC-152a/HCF-124 (36/24/40 wt%)	<ul style="list-style-type: none"> • Dupont사에서 1989년 공개 • ODP=0.03 • 증기누설에 따라 조성이 변하여도 불연성이 유지하고 압력의 변화도 CFC-12의 값과 큰 변화가 없음. • 윤활유는 알킬벤진류 Oil과 용해성이 우수 • 과도기적 물질로 사용여부 불투명(Big3에서 사용 포기)
HFC-134a	<ul style="list-style-type: none"> • 선진국은 대량생산체제 돌입 • 수소를 포함하여 흡습성이 높아 수분 용해도가 크다. • 광유에는 잘 혼합되지 않고 윤활성이 작다. • 분자 구조가 CFC-12에 비해 작으며 작동압력이 높음.

그러나 효과적으로 CFC 관리하기를 위해서는 운행자동차의 에어컨속에서 CFC가 빠져나가지 않도록 정비를 철저히 해야함은 물론 CFC Recycling(재회수 기기)를 설치하여 재충전이나 폐차시에 CFC를 대기중에 누출하지말고 회수하여 재사용하여야 한다.

CFC의 원활한 관리와 대기로의 방출을 막기위해 미국에서는 CFC 사용자는 반드시 LICENSE가 있어야 하고 구입·판매시 기록을 하도록 대기정화법(The Clean Air Act)에 명시되어 있으며, 일본에서는 1980년 8월부터 시작하여 CFC 재회수기를 전국에 14,000여대 배치하였고 추가로 향후 10,000대를 더 보급할 예정이며, CFC 생산중단 후에도 생산중지전에 구입한 CFC-12용 자동차에어컨 탑재 자동차를 그대로 계속 사용할 수 있게 하기 폐차에서 CFC를 회수하는 것 이외에 CFC-12용 자동차에어컨을

HFC-134a용 자동차에어컨으로 개조하는 Retrofit-Kit를 개발 중에 있다.

우리나라에서는 아직 운행자동차에 사용되는 CFC-12에 대한 적용기술연구가 아직 진행되지 못하고 있으며 재활용기기 보급 역시 200여대에 불과한 실정으로서 기존 차에 대한 문제점이 아직 충분히 검토되지 못하고 있다.

5. 결 론

산업혁명이후 산업발전과 더불어 가시화되기 시작한 환경오염 문제는 지역적 피해에서 점점 커지기 시작해 전세계적 문제로 대두되면서 산업발전에 반 그림자로 작용하고 있다. 특히 UN 등을 중심으로 전세계적으로 환경규제를 최초로 실시한 것이 오존층 보호를 위한 CFC 등 특정 물질 규제로서 이 규제에 동참하지 않을시 무

표 14 HFC-134a와 CFC-12의 특성비교

냉매기호	HFC-134a	CFC-12
화학적식	CH ₂ F.CF ₃	CCl ₂ F ₂
분자량	102.03	120.91
최소 분자경	4.2A	4.4A
비등점(at 1 atm) (°C)	-26.14	-27.79
응고점(°C)	-108.0	-155.0
임계온도(°C)	101.29	111.8
임계압력(kg/cm ²)	41.43	42.06
임계밀도(kg/cm ³)	510	558
포화증기압(at 0°C) (kg/cm ²)	2.98	3.15
(at 60°C) (kg/cm ²)	17.11	15.51
증발잠열(at 0°C) (kcal/kg)	47.04	36.43
(at 60°C) (kcal/kg)	33.18	27.33
수분용해도(at 25°C) (g/100g 냉매)	0.28	0.009
가연성	없음	없음
독성	T.B.D	없음
대기권내 잔류시간(년)	8~11	95~150
효율(COP)	2.22	2.27
오존파괴지수(ODP)	0	1
Mineral Oil 용해성	NOT GOOD	EXCELLENT

역제제를 당하는 등 산업전반에 크게 피해를 입게 된다.

기술력이 뛰어난 선진국이 먼저 산업발전을 위해 환경을 오염시켜 놓고 이제 그 대응책 발견과 더불어 규제를 시작하여 저기술국이나 저개발국에 동일규제를 적용시키는 것은 논리적으로 합당치 못하다고 할 수 있으나 현실적으로 이와같은 규제 조약에 가입하지 않을 수 없는 실정이다.

표 15 HFC-134a 충전시 CFC-12와 냉동능력 비교

차내부의 온도	냉각 속도 통상 운전 공회전 운전	다소 느려진다	
		+0.6~1.1(°C)	+2.2~3.3(°C)
압축기 입구	운전상태	압력(kg/cm ²)	온도(°C)
	통상 운전 공회전 상태	거의 같다 +0.7~1.1	+1.1~2.2 +2.8~5.6
압축기 출구	운전상태	압력(kg/cm ²)	온도(°C)
	통상 운전 공회전 상태	+1.4~1.8 +5.3~5.6	+7.2~8.3 +4.4~5.6
압축비	CFC-12	8.3~10.3	
	HFC-134a	9.2~11.4	

표 16 자동차 에어컨용 신냉매 적용시 변경예상부품

부 품 명	현 재		변 경 방 향
Condenser	Serpentine Type		Parallel Flow Type
Compressor	Oil	Parafinic Mineral계 Oil	Poly Akylene Glycol계 Oil
	Seal	NBR, HNBR	EPDM
Hose류	재질	내피 NBR, 외피 EPDM	Hybrid Hose
	C/N	A-1 Type	개발 검토중
Receiver	건조제	XH-5	XH-9
	Size	-	기존보다 크기가 커짐
Expansion V/V	-		교감도의 작동 특성 요구됨
Pressure Swich	-		재질, 작동압력, 내압변경
Fan Motor	-		전동 Fan Motor 적용

주) C/N : Charge Nipple(Service Valve)

향후 기존의 특정물질 규제와 같이 지구온난화 방지를 위한 탄산가스 규제, 유해폐기물의 국가간 이동을 금지하는 바젤협약 등 환경규제가 무역규제로 우리앞에 다가설 것이며 이는 곧 자력인 기술력으로 풀어야만 할 것이다. 이 경우 종합기술산업인 자동차에는 여러가지로 큰 영향이 미칠것이 예상되는바 관련규제를 정확히, 빠르게 파악하여 능동적으로 대처해야 할 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

1. 오존층보호 관련 법령집-1992. 5, 한국정밀화학공업진흥회
2. 특정물질의 사용량 감축방안에 관한 연구-1992. 7, 상공부
3. DUPONT CFC ALTERNATIVES-1990. 4, DUPONT KOREA LIMITED
4. CFC 제조 규제 등에 관한 세미나-1992. 7, 한국정밀화학공업진흥회
5. 세계적 환경규제에 대한 자동차의 대응전략-1991. 11, 한국자동차공업협회
6. CFC 대체를 위한 국제회의 참석 및 관련산업시찰보고서-1992. 10, 한국자동차공업협회
7. 특정물질 수급조정심의회 자료-1992. 11, 상공부

1. 오존층보호 관련 법령집-1992. 5, 한국정밀