

## CFC 대체 해외 동향

### Worldwide Trend in CFC Replacement

정 동 수

D. S. Jung

CFC 대체시스템공학연구소  
인하대학교 기계공학과



- 1959년생
- 냉동공학, 열교환기에 관심이 많음

#### 1. 서 론

오존층을 붕괴시키는 CFC 물질의 생산 및 사용을 규제하기 위해 1987년 몬트리올 의정서가 만들어진 후로 전세계적으로 냉동·공기조화 업계가 큰 영향을 받아왔다. CFC들은 그들이 갖고 있는 우수한 열역학적, 화학적 성질들과 높은 안전도 때문에 지난 반세기간 여러분야에서 다양하게 사용되어져 왔다. 지난 10년간의 집중적인 연구결과 여러 나라에서 새로운 대체 냉매들이 개발되어 졌다. 그러나 대체물질들을 개발하는 것과 이들을 현재의 냉동기에 사용해서 열효율이 감소하지 않도록 적용하는 것은 별개의 문제인 것이다.

한국은 1992년 2월에 몬트리올 의정서에 조인을 했으므로 1992년 5월부터 사실상 CFC 사용의 규제를 받게 된다. 한국 경제의 수출 의존도가 높은 점을 고려해 볼 때 CFC 규제 품목들이 미치는 영향은 지대한 것이다. 따라서 정부, 관련업체들, 대학 그리고 연구소들에 의해 구성된 효과적인 CFC 대체 방안은 CFC 대체가 전반적인 한국 경제에 나쁜 영향을 끼치지 못하도록 하는데 필수적인 것이다. 동시에 이 CFC

대체가 우리의 기술을 개발, 향상시킬 수 있는 절호의 기회가 되리라고 믿어진다.

이 보고서는 전세계적으로 진행되고 있는 CFC 대체기술과 현황에 관한 것이다. 새로 개발되거나 사용이 고려되고 있는 CFC 대체물질들과 냉장고, 자동차의 Air Conditioner, Chiller, 그리고 열펌프 등에 적용되어지는 신기술 등이 요약되어져 있다.

#### 2. 신냉매와 사용이 고려되고 있는 이미 개발된 냉매들

1987년 McLinden과 Didion은 조직적인 화학물질들의 연구를 통해 대체냉매가 지금 사용되고 있는 할로겐 원소들이 들어있는 냉매계열이 아닌 전혀 다른 계통에서 나올 가능성이 희박함을 보여 주었다.

표1은 할로겐 원소들이 들어 있는 냉매들(할로겐 냉매들)을 증기압의 순서대로 환경지수들과 함께 나열하고 있다. (그림1 참조) 표1에서 보여지듯이 CFC들을 제외한 할로겐 냉매들은 그 수가 한정되어 있다.

표1 할로겐냉매들의 환경지수

Fluid	ODP relative to CFC11	GWP relative to CO <sub>2</sub>
HCFC141b	0.1	440
HCFC123	0.02	85
CFC11	1.0	5200
CFC114	1.0	22959
HCFC142b	0.06	1684
HCFC124	0.02	1530
HFC134	0.0	NA, similar to HFC134a
HCFC152a	0.0	140
HFC134a	0.0	1200
CFC12	1.0	15300
CFC115	0.45	114800
HCFC22	0.05	1500
HFC143a	0.0	2900
HFC125	0.0	2500
HFC32	0.0	640
CFC13	NA, very high	NA, very high
HFC23	0.0	NA
Cyclopropane	0.0	8.0
Propane	0.0	NA, very low

### 2.1 혼합냉매

최근들어 여러국가들이 다음과 같은 이유 때문에 공비 및 비공비 혼합 냉매의 사용을 적극 검토하고 있다: 1) 순수냉매가 몇개 없음 2) 혼합냉매를 구성하는 순수냉매들은 이미 개발되어져 있으며 다른 분야에서 사용되고 있음, 3) 냉동시스템 안에서 물질들간의 상호 호환성의 문제가 없음, 4) 안전도 검사들이 이미 끝난 상태임, 그리고 5) 비공비 혼합냉매는 냉동시스템이 열효율을 증대시킴. 두개의 냉매들을 혼합하므로써 각각의 순수 냉매가 갖고 있는 나쁜 성질들이 보완되어지는 것이 또 하나의 특징이라 할 수 있다.

### 2.2 R152

R152는 HFC로써 열역학적, 환경적 측면에서 우수한 성질을 갖고 있다. 가연성이 문제가 되지만 이미 미국의 환경청(EPA)은 Underwriters Laboratory의 실험을 통해서 R152a가 냉장고에

사용될 때 전혀 문제가 되지 않음을 증명했고 환경보호자들도 강력하게 R152a의 사용을 주장하고 있다. Canada, 중국, 영국, 프랑스등도 R152a가 사용될 가능성이 높은 것으로 믿고 연구에 박차를 기하고 있는 실정이다.

### 2.3 R32

R32도 HFC로써 최근들어 지구온난화 현상이 문제가 되면서 R22를 대체할 수 있는 냉매로써 각광을 받고 있다. 이미 오래전에 개발되어졌고 미국의 3대 냉매 제조회사들이 환경청(EPA)의 요청에 의해 양산체제를 갖추려 하고 있다. 증기압이 높은 관계로 단독 냉매로 쓰이기 보다는 혼합냉매로 쓰일 것이다.(그림1 참조)

### 2.4 R23

R23도 HFC로써 지금까지 공비혼합냉매인 R503을 제조하는데 쓰여왔다. 저온냉동이 점점 요구되는 이 시점에 지금까지 사용해온 R503이 오존층 파괴를 일으키므로 사용될 수 없기 때문에 그의 대체물로써 R23이 각광을 받는 것이다. 이것 역시 증기압을 높이기 위해 다른 물질과 혼합되어서 공비 혼합냉매로 쓰일 확률이 높다.

### 2.5 불화 프로판, 부탄, 에테르

HCFC 냉매들은 오존층 파괴지수가 0.0이 아니기 때문에 환경보호 측면에서 장기적으로는 이들을 사용할 수 없다. 따라서 염소가 포함되지 않은 불화물질들의 개발이 고려되고 있다. 미국 전기공사(EPRI)와 환경청(EPA)은 불화 프로판, 부탄, 에테르 등을 생산하기 위해 이들을 공정할 수 있는 기술을 개발하기 위한 연구를 이미 착수했다.

### 2.6 프로판(R290)

프로판의 열역학적 성질들은 R22와 비슷하여 프로판은 석유화학산업에서 냉매로 쓰여졌다. 오존파괴 지수가 0.0이며 지구온난화 지수 역시 0.0에 가깝다. 미국 Lennox사의 연구보고에 의한 기존의 열펌프에 프로판을 넣어서 실험한 결과

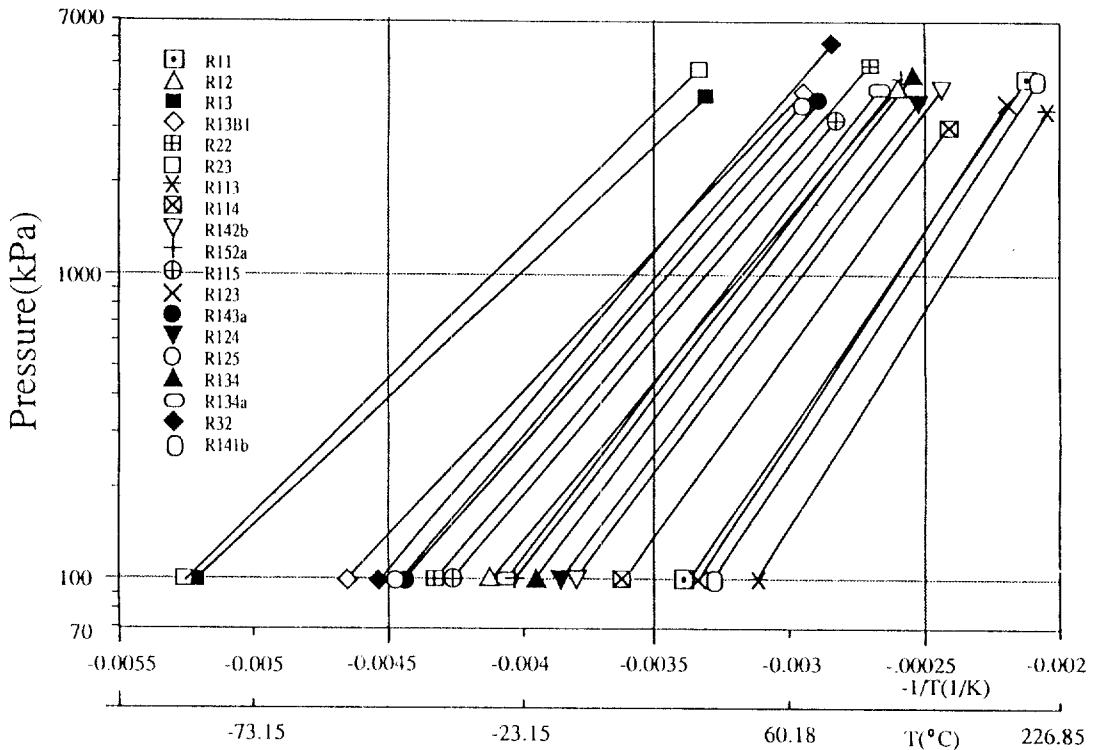


그림 1 각종냉매들의 증기압선도

성능이 향상됨이 증명되었고 매리랜드 주립대학에서는 냉장고에 프로판을 사용해서(혼합냉매로) 15%의 열효율 증대가 생김을 증명했다.

### 2.7 사이클로 프로판(RC270)

이 RC270은 R12와 열역학적 성질들이 비슷하다. 최근에 RC270을 냉장고에 넣어서 실험한 결과 R12보다 6~7%나 열효율이 증가됨이 매리랜드 주립대학 연구팀에 의해 보고되어 졌다.

### 3. 가정용 냉장고

일본과 구주공동체는 냉장고에 사용되는 R12을 R134a로 대체할 것처럼 보여진다. 그러나 미국은 아직도 어느 냉매로 R12를 대체할 것인가를 결정하지 않은 상태이다. 미국정부 관리들과 업계는 오존층 붕괴와 지구 온난화 현상을

동시에 막을 수 있는 종합적인 대체방안이 필요하다고 믿고 있다.

이런 관점에서 R134a는 R12나 R152a보다 열효율이 감소하며 R152a보다 온난화 지수가 훨씬 높기 때문에 정부나 업계에서 R134a 사용에 대해 우려를 표명하고 있다. 그 일례로서 최근에 미국의 냉장고 제조회사인 General Electric이 처음으로 R152a를 적극 검토하기로 하고 실험에 들어갔다. 또한 미국 환경청은 지금 현재 있는 기술을 사용해서 기존 냉장고 소비전력이 50~60%를 줄일 수 있음을 시사했다.

매리랜드 주립대학에서 개발중인 Lorenz 냉장고는 혼합냉매를 사용하는데 현재 기존의 냉장고 보다 15~20% 정도 소비전력이 감소된다. (그림2 참조) 또한 환경청에서 제시한 냉장고 Cabinet 설계에 따라 Whirlpool 사에서 새롭게 냉장고 Cabinet을 제조해서 실험했는데 약 33%의 소비전력의 감소가 있음이 실험적으로 증

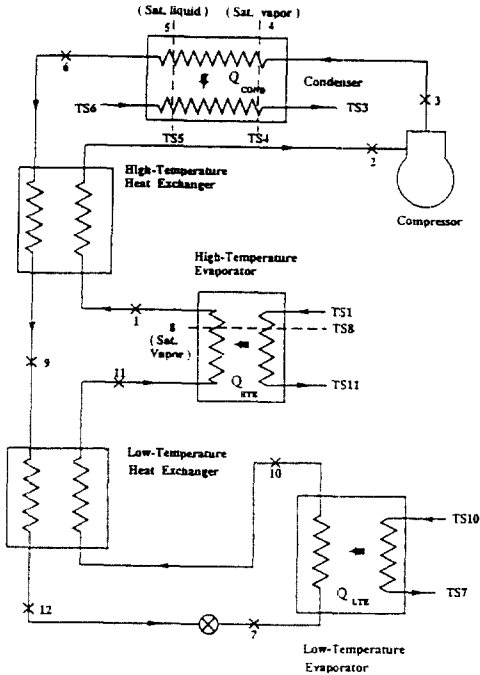


그림2 Lorenz 냉장고 사이클

명되었다.

중국은 미국 환경청의 도움을 받아 R152a와 여러 종류의 혼합냉매를 사용하는 냉장고 개발을 위한 연구를 하고 있다. 특히 Lorenz 냉장고 개발을 위해 많은 투자를 하고 있다.

4. 자동차 Air-Conditioners

현재 자동차 업계는 정부와 환경보호주의 단체들로부터 좀더 효율이 높고 환경공해를 줄이는 자동차를 생산하라는 압력을 받고 있다. 특히 90년대 말에는 전기 자동차가 등장할 전망이고 따라서 좀더 작고 가볍고 효율이 좋은 Air-Conditioner들이 개발될 필요가 있다. 현재 사용되고 있는 R12에 비해 대체물질인 R134a는 열효율의 감소로 말미암아 연료소비율이 증가되며 따라서 지구온난화 현상을 일으키는 요인이 될 것으로 보여진다. 최근 미국 A.D. Little사에서 보고한 바에 의한 R32를 사용하는 혼합냉매를 사용할 때 응축기의 공기유량이 40~50%까지 줄어들며 따라서 자동차의 공기저항이 줄어들어 전체적

으로 연료소비량이 감소한다고 한다. R152a나 RC270도 R134a에 비해 응축기의 공기유량이 40% 정도 줄어들 수 있음이 보고되었다.

5. Chiller, 열펌프, 가정용 Air-Conditioners

R22를 대체하기 위해 가장 각광을 받고 있는 물질은 역시 R32와 그 혼합냉매들이다. 미국의 United Technology사와 Trane사에서 이미 R32 혼합냉매들을 실험하려고 준비중에 있으며 미국표준연구소(NIST)에서는 R32 혼합냉매를 열펌프에 사용해서 이미 10~15%의 효율증대를 얻었다. 미국 전기공사와 환경청 그리고 표준연구소에서는 R32 혼합냉매를 실제 열펌프에 적용시키기 위한 연구를 진행중이다. 일본도 역시 R32와 그 혼합물질들이 장래가 유망할 것으로 보고 열물성치 측정하는 연구를 이미 시작했고 중국 역시 R32를 개발하기 위한 연구에 들어갔다.

원심식 냉동기에 사용되어온 R11은 R123으로 대체될 전망이나 R123의 독성실험 결과가 만족스럽지 못해 그 향방이 결정되지 못한 상태이다. 1991년 6월에 발표된 독성실험 예비결과에 의하면 R123이 쥐의 폐장에 양성종양을 일으킨다고 보고 되어져서 어떤 기업들은 이미 R123을 자신들 공장에서 사용하지 못한다고 결정을 내렸다. 미국 환경청은 여전히 R123을 옹호하는데 그 이유는 R123이 갖고 있는 좋은 환경계수들 때문이다. R123과 R141b를 혼합해서 혼합냉매로 사용하려는 움직임도 보인다.

6. 결 론

여러 종류의 혼합냉매들과 R32, R152a, R23, 프로판, 사이클로 프로판 그리고 불화 프로판, 부탄, 에테르 등의 물질들이 기존에 CFC를 대체할 수 있는 냉매들로 주목을 끌고 있다. 한국 정부와 기업, 연구소, 대학들이 이런 세계적인 동향에 초점을 맞추고 협력해서 연구한다면 CFC 대체를 통해서 기술의 향상과 발전이 이루어지리라 믿는다.

참 고 문 헌

1. Atwood, T. at Allied-Signal company in US, 1991, personal communication
2. Bare, J. at US Environmental protection Agency, 1992, personal communication
3. Beeton, W.L. at Trane Company, 1991, personal communication
4. Biancardi, F. at United Technology, 1992, personal communication
5. Bivens, D. at E.I. Du Pont company, 1992, personal communication
6. Crooker, R. at Atochem North America Corp., 1991, personal communication
7. Elliot, T. at Halocarbon company in US, 1992, personal communication
8. Gordon, J. at General Electric Company, 1992, personal communication
9. Grob, D. at Underwriters Laboratory in US, 1992, personal communication
10. Hoffman, J. at US Environmental Protection Agency, personal communication
11. International CFC and Halon Alternatives Conference, Dec. 1991, Baltimore, MD
12. Johnson, R. at Whirlpool Corp., 1992, personal communication
13. Jung, D., and Radermacher, R. at University of Maryland ; 1992, personal communication
14. Kopko, W. at US Environmental Protection Agency, 1992, personal communication
15. Kruse, H. at University of Hannover Germany, 1991, personal communication
16. Kuijpers, L.J.M. at Phillips Research, Netherlands, 1991, personal communication
17. Leng, X. at Beijing Household Electric Appliances Research Institute, China, 1991, personal communication
18. Ma, Y.T. at Tianjin University, China, 1991, personal communication
19. Merriam, R.L. at A.D. Little company, 1991, personal communication
20. McLinden, M.O., and D. Didion, 1987, Quest for alternatives, ASHRAE Journal, Vol. 29, pp.32-42
21. Pannock, J. at US National Institute of Standards and Technology, 1992, personal communication
22. R32 and R32 mixturs' symposium sponsored by US EPA, March 1991
23. Snelson, W.K. at Canadian National Research Council, 1992, personal communication
24. Tan, L.C. at Xian Jiaotong University, China, 1991, personal communication
25. United Nations Environmental Programme, 1987, Montreal protocol on substances that deplete the ozone layer, Final act, New York ; United Nations
26. Vineyard, E.A., Sand, J.R., and Miller, W.A., 1989, Refrigerator-freezer energy testing with alternative refrigerants, ASHRAE Trans., Vol. 95, Part 2, pp.205-210
27. Watanabe, K. at Keio University, Japan, 1991, personal communication
28. Yu, Z.D. at Qingdao Refrigerator Factory, China, 1991, personal communication
29. Wilson, D. at Allied-Signal Company, 1992
30. Zhu, M. at Tsinghua University, China, 1991, personal communication