

냉동공조용 대체냉매의 선정 및 적용시의 문제점과 대책

한국해양대학교
냉동공조공학과
김 옹 찬

— 목 차 —

- 1. 서언
- 2. 냉매의 분류 및 환경문제
- 3. 대체냉매의 선정
- 4. 대체냉매적용시 문제점 및 대책(다음호)
- 5. 결론

1. 서 언

인류의 문명과 산업의 발달에 따라 대기 중에 방출되는 화합물질은 계속 증가되었고 환경문제는 날로 심각해지고 있다. 그 중에서 냉동공조산업의 발전은 인류의 주거환경의 쾌적도 및 생활의 편리함을 제공하였지만, 현재 냉동공조시스템에 사용되고 있는 CFC 및 HCFC계의 냉매가 지구의 오존층 파괴 및 온난화 효과에 영향을 미치는 것으로 판명되어 전세계적으로 이에 대한 생산 및 사용규제에 동의하였고, 대체냉매 및 적용기술의 개발에 많은 노력을 기울이고 있다. 한국은 1992년 2월에 오존층 파괴물질의 생산, 사용 및 무역을 제한한 몬트리올 의정서에 조인을 하였으므로 1993년 5월 27일 이후부터 의정서에 조인된 사항들에 의하여 실제적인 제약을 받고 있다. 최근 미국 및 유럽의 여러 나라에서 CFC 및 HCFC계 냉매의 생산 및 사용규제를 점차 강화시키고, 규제 일정을 가속화하고 있다. 새로운 냉매 및 적용기술을 개발하지 못하면, 1995년 이후에는 생산량의 감소 또는 중단으로 인해 필요냉매량보다 생산냉매량이 절대부

족하게 되고 우리의 냉동공조산업은 큰 타격을 받게 될 것이다.

본 고에서는 먼저 CFC 및 HCFC의 사용에 따른 환경문제, 그리고 사용 및 생산의 규제동향에 대하여 알아보고, 앞으로 냉동공조시스템에 사용될 수 있는 대체냉매의 선정 및 시스템에 적용시의 문제점과 대책에 대하여 간략히 서술한다.

2. 냉매의 분류 및 환경문제

가. 냉매의 분류

각종의 냉동공조장치에서 열을 수송하는 매체를 냉매라고 부르는데 증기압축식 냉동공조시스템의 냉매는 크게 CFC, HCFC, HFC로 분류할 수 있다. CFC는 (Chloro Fluoro Carbon) 염화불화탄소 화합물을 의미하며 염소, 불소 및 탄소로 구성되어 있고, HCFC(Hydro Chloro Fluoro Carbon)는 구성원자 중에 수소가 한 원자 이상 포함되어 있는 염화불화탄소 화합물이며 HFC(Hydro Fluoro Carbon)는 오존층을 파괴하는 주요인자인 염소원자는 포함하고 있지 않고 수소, 불소 및 탄소로만 구성되어 있는 화합물이다. 이러한 화합물들은 냉매뿐만 아니라 발포제, 세정제, 분사제 등 여러 용도로 쓰이고 있다. 표 1은 여러 순수냉매의 구분, 사용용도 및 환경지수를 보여주고 있다.

여러 화합물중 R-11, R-12, R-22 및 R-502 등이 냉매로 널리 사용되고 있다.

종 류	ODP	GWP	용 도
CFC11	1.00	3400	냉매(원심냉각기), 분사제, 발포제
CFC12	1.00	7100	냉매(자동차에어콘, 냉장고), 분사제
CFC113	1.07	1600	세정제
CFC114	0.80	4500	냉매(원심냉각기), 분사제
CFC115	0.50	7000	냉매(혼합냉매), 분사제
CFC502	0.599	5000	냉매(냉동장치)
HCFC22	0.055	1600	냉매(공기조화기), 분사제
HCFC123	0.020	90	냉매(원심냉각기), 발포제
HCFC124	0.022	440	냉매(혼합냉매)
HCFC141b	0.110	580	발포제
HCFC142b	0.065	1800	분사제, 발포제
HFC32	0.0	490	냉매(혼합냉매)
HFC125	0.0	3400	냉매(혼합냉매)
HFC134a	0.0	1200	냉매(냉장고, 자동차에어콘, 혼합)
HFC143a	0.0	3800	냉매(혼합냉매)
HFC152a	0.0	150	냉매(냉장고, 혼합)

* ODP(ozone depletion potential)는 CFC11에 대한 상대적인 수치이며, GWP(global warming potential)은 이산화탄소(CO₂)에 대한 상대적인 수치이다.

R-12는 가정용 냉장고, 자동차 에어컨, 어선의 냉장어창 등에 사용되고 있으며, R-22는 상업용 및 가정용 공조기기 (에어콘 및 열펌프)의 냉매로서 사용되고 있다. R-11은 원심식 냉각기에 사용되고, R-115와 R-22의 혼합냉매인 R-502는 냉동기용 냉매로서 저온의 냉동장치 (어선의 냉동어창)에 사용되고 있다.

최근에는 R-502의 가격상승으로 냉동어창에서 HCFC계인 R-22을 많이 사용하고 있다. R-123의 경우는 R-11를 대체할 수 있는 냉매로 선정되어 (독성이 문제가 되고 있지만) 한국에서도 시스템이 개발되었지만 HCFC계통의 냉매가 새로운 규제 대상에 포함됨으로서 2015년 이후에는 사실상 사용이 금지된 상태다. HCFC계의 냉매인 R-32, R-134a 및 R-152a는 오존층파괴에 영향을 미치지 않으므로 대체냉매의 대상이지만 R-32 및 R-152a는 가연성을 갖고 있어 순수냉매로는 사실상 사용이 어렵고 R-134a만이 현재 R-12의 대체냉매로 사용되고 있다. 그 밖에 2개 또는 3개의 순수냉매를 혼합하여 순수냉매의 단점을 보완시킨 여러 가지의 공비 또는 비공비의 혼합냉매가 있다. 대체냉매의 선택에 관한 내용은 다음 절에서 구체적으로 설명하기로 한다.

현재 분사제로는 R-11과 R-12의 혼합물이 가장 많이 쓰이고 있고, 발포제로는 R-11가 기체상태에서 열전도율이 낮기 때문에 가장 널리 사용되고 있으며, R-113는 점성 및 표면장력이 작고 건조성이 좋아 전기 및 전자 부품의 세정제로서 널리 사용되고 있다. 하지만 이들 모두가 규제대상의 화합물이므로 이를 대체할 수 있는 물질에 대한 연구가 시급한 실정이다. 특히, 현재 냉동용 콘테이너, 어선의 냉동 및 냉장어창의 단열은 CFC의 발포(우레탄)를 이용하고 있기 때문에 CFC사용규제에 따른 대안을 마련해야 할 것이다.

나. 환경문제와 규제현황

CFC계 화합물은 그들이 갖고 있는 우수한 열역학적, 화학적 성질과 높은 안전도 때문에 지난 반세기 동안 여러 분야에서 다양하게 사용되었다. 그런데 1974년 Rowland 및 Molina 교수가 CFC화합물이 성층권의 오존층을 파괴한다는 가설을 발표한 이래, 이러한 가설을 증명하는 항공관측이 이루어졌으며 전세계적으로 CFC의 사용 및 생산의 규제에 대한 의정서를 채택하여 법적인 기준의 틀을 마련하였다.

CFC화합물에 의한 오존층파괴의 매카니즘은 이미 많이 소개되었으며 잘 알려져 있다.

오존층파괴의 이유로는 CFC가 염소를 함유하고 있다는 것과 화합물이 시스템의 바깥에 방출되어 졌을 경우에는 구조가 안정되어 파괴 또는 소멸되지 않고 오랜 기간(100여년)동안 존재한다는 것이다. 즉 대기 중에 방출된 대부분의 CFC화합물은 화학적으로 안정되어 분해되지 않고 성층권에 도달하며, 태양의 자외선에 의하여 분해되어 염소를 방출한다. 방출된 염소는 오존층(O₃)과 반응 일산화염소를 생성시키고, 또한 촉매반응에 의하여 염소는 다시 분리되어 다른 오존과 반응하며 염소 원자가 불활성화되거나 안정한 대류권으로 돌아가기까지 계속해서 오존층을 파괴하게 된다. 이러한 오존층의 파괴는 지구표면에 도달하는 유해한 자외선의 양을 증가시키고 인류와 생태계에 중대한 영향을 끼칠 수 있다 (표 1의 오존층파괴지수(ODP) 참조). 그리고 HCFC는 CFC에 비하여 오존층파괴지수는 낮지만 염소의 존재로 인하여 여전히 오존층을 파괴하므로 개정된 규제대상에 포함되었다.

오존층 파괴와 더불어 또하나의 커다란 환경문제는 지구온난화 현상이다. 지구온난화 효과의 주요인자는 석탄, 석유 및 천연가스의 연소에 의하여 발생하는 이산화탄소이지만 미량가스인 메탄, 산화질소 및 CFC의 영향도 무시할 수 없다. 특히, CFC는 이산화 탄소와 비교해서 수천수만 배의 적외선 흡수능력을 가지고 있고 대기 중의 수명이 길다는데 문제의 심각성이 제기되고 있다. 현재 미국에서는 기후변화에 대한 대책을 세우고 있으며 온난화 효과를 일으키는 가스의 사용규제 및 효율개선에 의한 에너지사용의 감소를 법률로 제정하여 규제하려 하고 있다. 특히 1992년 환경회의가 브라질의 리오데 자네이로에서 개최되었고, 기후변화에 대한 협약인 리오협약은 161개국이 가입했으며 2000년까지 1990년의 수준으로 온난화 가스의 방출을 줄이려는 계획을 세우고 있다. 이러한 움직임은 대체냉매의 선택에 더욱 어려운 문제점을 제기하고 있다. 즉 대체냉매로 선정될 가능성이 높은 일부의 HFC가 오존층 파괴지수(ODP)는 낮지만

지구온난화지수 (GWP)가 상당히 높고 (CFC보다는 낮지만) 대기중 수명이 길기 때문에 앞으로 온난화 가스에 대한 규제가 강화될 경우 새로운 대체냉매의 파동을 가져올 수 있기 때문이다.

기본적으로 온난화 현상에 대한 대책은 온난화 가스의 생성 및 방출을 줄이는 것이다. 만약 낮은 GWP를 갖는 냉매를 사용하였지만 시스템의 성능이 기존의 시스템보다 저하되었다면, 직접적인 온난화가스의 배출은 줄었지만 같은 용량을 얻기 위해서는 에너지 소비를 증가시켜야하고 이산화 탄소의 배출은 증가된다. 그러므로 온난화현상의 고려에서는 GWP 및 COP를 동시에 고려하여야 한다. 온실효과는 환경문제전반에 걸쳐 영향을 끼치는 만큼 앞으로 오존층 파괴보다 더 심각하게 다루어질 전망이며 생각보다 빨리 우리의 당면과제로 다가오고 있다.

대부분 냉동 및 열펌프 사이클에서 CFC, HCFC계의 냉매를 사용하고 있는데 냉매로 사용되고 있는 화합물보다 오존층의 파괴 및 온실효과에 더 심각한 영향을 미치는 것은 세정제, 발포제, 분사제로 사용되고 있는 화합물이다. 왜냐하면 냉매는 시스템 내에 존재할 때는 아무런 문제가 없지만, 후자의 경우는 대기 중에 전부 방출하는 것과 같기 때문이다.

이와 같은 CFC화합물에 의한 지구의 환경문제는 국지적인 논의 또는 규제만으로 해결할 수 없다는 인식을 하게 되었고, 1985년 3월에는 오존층보호를 위한 비엔나 조약을 체결하여 국제적 협력의 기본틀을 마련하였다. 그후 국제 연합 보건기구(WHO) 회의(1985년), 미항공우주국(NASA) 보고서(1986년)에서 오존층의 파괴와 온실효과의 원인 중 프레온의 비중이 상당하다고 보고되었으며, 1987년 3월에 오존층 파괴물질의 생산, 사용 및 무역을 금지시키는 주 내용으로 하는 몬트리올 의정서가 세계 24개국과 구주공동체에 의하여 조인되었다.

이 의정서에는 일부 CFC의 연차적 생산감소 계획을 수립하였고, 비가입국의 규제대상물질과 규제대상물질이 함유된 제품에 대한 수출 및 수입의

규제를 결정하였다. 1990년 6월의 런던대회에서는 종래의 계획을 수정하여 모든 CFC를 규제하는 것을 결정하였고 2000년 이후에는 CFC의 생산을 중단하고 사용을 규제하도록 하였다. 그뒤 1992년 11월 코펜하겐에서 열린 제4차 몬트리올의정서 가입국회의에서 CFC의 소비 및 생산의 규제를 앞당겼고, HCFC도 규제의 대상에 포함시켰다. 이 협

약에 의하면 모든 CFC는 1995년 12월말까지 생산이 완전히 금지되고 HCFC화합물은 1996년부터 2003년까지 1989년의 소비량수준으로 생산 및 소비가 동결되며, 그후 점차 사용량이 감소되고, 2030년에는 모든 HCFC의 생산 및 소비가 금지된다. 표 2는 몬트리올의정서 가입국회의에서 조정한 규제물질 및 규제일정을 보여주고 있다.

표 2 몬트리올의정서의 규제물질 및 규제일정

Annex	Substance Group I	규 제 내 용		
		몬트리올의정서 '87	런던개정의정서 '90	제4차 코펜하겐 '92
A	CFC11 CFC12 CFC113 CFC114 CFC115	기준: '86 소비량 '89. 7. 1. 100% '93. 7. 1. 80% '98. 7. 1. 50%	기준: '86 소비량 '89. 7. 1. 100% '95. 1. 1. 50% '97. 1. 1. 15% 2000. 1. 1. 0%	기준: '86 소비량 '89. 7. 1. 100% '94. 1. 1. 15% '96. 1. 1. 0%
C	HCFCs	경과물질	경과물질	기준: '89 소비량 * '96. 1. 1. 100% 2004. 1. 1. 65% 2010. 1. 1. 35% 2015. 1. 1. 10% 2020. 1. 1. 0.5% 2030. 1. 1. 0%

* HCFC 기준년도 소비량: '89년도 CFCs 소비량의 3.1%에 '89년도 HCFCs 소비량을 합한 양.
HCFC규제는 ODP에 가중치를 두고 있음.

한국은 1992년 2월 몬트리올의정서에 조인하였으므로 1992년 5월부터 사실상 CFC사용규제를 받으며, 개정된 의정서의 규제일정에 따라 CFC 및 HCFC의 생산 및 소비를 연차적으로 삭감해나가야 한다. 여기서 우리가 생각해야 할 것은 소비량규제의 기준년도이다. CFC 소비량산정의 기준년도는 1986년이며 HCFC는 1989년으로 우리의 냉동공조 산업은 미약한 상태였고, 소비량 또한 적었다. 그렇지만 현재 우리의 냉동공조 산업은 사치가 아닌 생활의 일부로 자리를 잡아가고 있으며 소비량 또한 날로 증가하고 있는 실정이다. 이에 비해, 선진국은 1989년에 소비량이 최대였기때문에, 연차적으로 소비량을 기준 년에 비해서 줄여나갈 때 선진국보다 우리가 받는 타격은 훨씬 크다. 그림1은

CFC 생산량 및 소비량의 규제일정의 변화를 보여주고 있다. 이 그림에서 알 수 있는 것처럼 CFC의 규제는 점차 가속화 되었고, 1993년 12월 미국환경보호국(EPA)이 발표한 규제규정(연방등록부에 공포됨)은 1994~1995년은 각각 1986년 소비량의 25%만 생산하도록 제한하고 있다(1995년말 완전 폐기). HCFC는 1993년 11월 방콕에서 열린 의정서 가입국 5차회의에서 폐기일정의 가속화가 동의 되었고, HCFC의 규제일정이 앞당겨질 전망이다. 특히 유럽공동체는 1995년 HCFC의 생산량을 1989년 CFC생산량의 2.6%에다 1989년의 HCFC 생산량만큼 더한 양으로 제한하고, HCFC의 완전 폐기를 2014년으로 앞당기는데 동의하였다. 여기서 주목할 것은 모든 HCFC규제일정이 동일하지

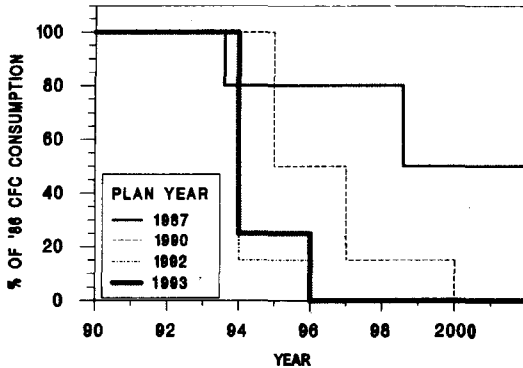


그림 1 CFC 생산 및 소비 규제의 변화

않고 높은 ODP를 갖는 화합물(R-141b, R-22 및 R-142b)일수록 규제일정이 빠르다는 것이다.

3. 대체냉매의 선정

CFC 또는 HCFC계의 냉매를 대체하기 위한 대체물질은 냉매로서의 우수한 열역학적, 물리화학적 특성을 가짐과 동시에 환경에 나쁜 영향을 최소화할 수 있어야 한다. 즉, 궁극적으로 채택될 대체냉매는 ODP가 낮아야 하고 지구온난화 효과를 거의 갖지 않으며 에너지 효율이 높아야 한다. 또한 독성 및 가연성이 없어야 한다. 1987년 McLinden 및 Didion 등은 현재 인류가 개발한 860종의 산업용 액체 중 냉매의 기준조건을 만족하는 물질은 51개가 있으며 그 중 가연성과 유독성이 높은 물질을 제외하면 단지 20여개만이 냉매로 쓰일 수 있다고 보고했다. 그리고 대체냉매를 선택할 때 대체물질의 증기압이 기존의 냉매와 비슷하면 시스템의 설계변화를 줄일 수 있으므로 순수냉매에서 이를 만족하는 냉매를 찾으려면 선택할 수 있는 대체물질을 찾는 것이 어렵다. 그러므로, 최근 R-22 및 R-502의 경우 대체냉매로 혼합냉매의 사용이 적극 고려되고 있는 실정이다.

가정용 냉장고, 자동차 에어컨 및 냉장어창에 사용되고 있는 R-12를 대체할 수 있는 냉매로는 R-

134a, R-152a 및 사이클로 프로판(RC270)이 있다. 현재 미국의 자동차 회사 및 구주공동체는 R-134a를 R-12의 대체냉매로 사용하고 있다. 하지만 앞으로 지구온난화 가스에 대한 규제가 강화될 경우 열효율이 낮으며 GWP가 높은 R-134a는 규제 대상이 될 가능성도 있다. 이와 같은 이유 때문에 미국의 일부회사에선 R-134a에 비하여 환경지수가 훨씬 좋은 R-152a의 사용을 검토하고 있지만 가연성의 문제가 여전히 남아 있는 상태이다. 온난화 가스규제가 강화되고 R-152a를 가정용 냉장고에 사용시 가연성이 큰 문제가 되지 않는다면 (미국 환경보호국(EPA)은 실험을 통해 이같이 주장함), R-152a를 사용하므로써 효율향상을 가져올 수 있고 소비전력을 줄일 수 있을 것이다. RC270은 열역학적 성질이 R-12와 비슷하며 냉장고에 주입하여 시험하였을 때 R-12보다 6~7%의 열효율이 증대되는 것으로 보고되었지만 가연성의 문제점을 안고 있다.

현재 냉장고의 경우, 냉동실의 증발기를 이용하여 냉동실과 냉장실에 필요한 냉각을 얻고 있으며 이 과정에서 열교환기의 비가역성이 증가하여 시스템 효율이 감소된다. 이와 같은 단점 보완을 위하여 환경지수가 좋은 비공비 혼합냉매(non-azeotropic refrigerants mixtures, NARMs)를 사용한 새로운 냉동사이클에 대한 많은 연구가 되고 있다. 즉, NARMs를 사용하여 냉동실과 냉장실의 열교환기를 따로 설치하고 비공비 혼합냉매(NARMs)의 이상시(two-phase) 온도구배를 이용하면 하나의 압축기로도 냉동실과 냉장실에 적절한 온도를 제공할 수 있으며 시스템의 비가역성을 감소시켜 효율을 증대시킬 수 있다. 이와 같은 냉동사이클을 Lorenz-Meutzner 사이클이라 한다. 여기서 NARMs이란 두개 이상의 냉매가 혼합되어 각기 개별적인 성격을 띄우며 등압의 증발 및 응축시 온도가 증가 또는 감소되는 온도구배를 갖는 냉매를 말한다. 반대로 혼합냉매가 순수냉매처럼 작동하고 등압의 이상과정시 온도구배가 없는 냉매를 공비 혼합냉매(azeotropic refrigerant mixtures)라 한다.

열펌프 및 각종 공조기에 사용되고 있는 R-22의 대체냉매로는 R-32의 혼합냉매들이 고려되고 있으며 많은 연구가 진행 중이다. 혼합냉매가 고려되는 주요 이유로는 순수냉매로 R-22와 비슷한 증기압을 갖으면서 좋은 환경지수를 갖는 대체냉매가 존재하지 않기 때문이다. 그리고 순수물질이 가지고 있는 단점이 혼합냉매의 사용으로 보완되고, 좋은 환경지수를 갖으며 열효율을 개선시킬 수 있다. 또한 2개 또는 3개 순수물질의 적절한 혼합비로 증기압을 R-22와 비슷하게 조절할 수 있으므로 현재의 냉동공조기기의 설계를 크게 변화시키지 않고 사용할 수 있다. 그렇지만, 모든 혼합냉매가 항상 열효율을 개선 시키면서 위와 같은 장점을 갖는 것이 아니며 현재의 냉동공조시스템에 맞는 적절한 혼합냉매를 선택하여야 하고 적용시 문제점에 대한 강도 깊은 연구가 필요하다. 미국과 일본, 유럽의 대기업들은 이미 1992년부터 미국공조협회(ARI) 산하에 AREP라는 콘서시움을 구성하여 R-32의 혼합냉매를 사용한 R-22 대체냉매의 응용기술의 연구에 박차를 가하고 있다. 일본도 자체적으로 JAREP라는 프로그램을 만들어 R-22대체냉매에 대한 연구를 실시하고 있다. 표 3은 현재 AREP에서 고려하고 있는 R-22 및 R-502의 대체냉매를 열거하고 있다.

표 3의 혼합냉매 중, R32/125(AZ20)와 R32/125/134a(AC9000) 및 R32/134a가 공기조화용 R-22의 대체냉매로 가장 유력시 되고 있다. R-22와 열역학적 성질이 비슷한-프로판(R290)도 좋은 환경지수 때문에 유럽 여러 나라에서 열펌프나 에어컨의 R-22 대체냉매로 고려되고 있지만 가연성의 문제 때문에 사용이 결정되지 못하고 있다. R-134a는 증기압이 R-22에 비하여 50% 낮으므로 R-22와 같은 냉각용량을 얻으려면 압축기의 체적변위(volumetric displacement)가 50% 정도 커져야 한다. 그러므로 R-134a 사용시 압축기를 포함한 전체 시스템이 50%정도 커지며 비경제적이다.

R32/125는 공비혼합물로 증기압이 R-22보다 50% 정도 높으며 (54℃의 응축온도에서 토출압력이 약 33 기압) 체적용량은(volumetric capacity)

표 3 R-22 및 R-502 AREP 대체냉매

냉 매	조성비(질량비)	특 징(명칭)
R-22 대체냉매		
R32/125	50/50 (60/40) *	Azeotrope (AZ20)
R32/134a	25/75 (30/70)	NARM
R32/125/134a	10/70/20	NARM (Blend 61)
R32/125/134a	22/25/52 (30/10/60)	NARM (Blend 66, AC9000)
R32/125/290/134a	20/55/5/20	NARM
R32/227ea	35/65	NARM
R-134a	100	
R-290 (propane)	100	
R-717 (ammonia)	100	
R-502 대체냉매		
R125/143a	50/50	Azeotrope (AZ50)
R125/143a/134a	44/52/4	NEARM (HP62)
R32/125/143a	10/45/45	NEARM (FX40)
R32/125/134a	20/40/40	NARM (Blend 60, KLEA60)
R32/125/134a	10/70/20	NARM (Blend 61, KLEA61)

* 괄호안에 나타난 조성비는 원래의 값으로 지금은 사용안함

R-22보다 50%높다. 그러므로 압축기를 포함한 전 시스템이 작아져 경제적이지만 압축기를 높은 압력에 견딜 수 있도록 재설계하여야 한다. R32/125(AZ20)의 처음의 조성비는 60%/40% (질량비)였는데 냉매 누설시 가연성의 문제가 제기되어 최근 50/50으로 조정되었다. R32/125/134a(AC9000)는 비공비 혼합물로 R-22에 비하여 2~5% 낮은 체적용량을 갖으며 COP는 비슷하다. 일반 운전조건에서, 토출압력은 R-22에 비하여 0.7~1 기압정도 높으며 토출온도는 약간 낮다. 비공비 혼합물이므로 누설시 혼합물의 조성비가 변하여 취급이 어려

운 단점이 있지만, 증기압이 R-22와 비슷하므로 압축기 등 주요부품을 설계변화 없이 그대로 사용할 수 있다. 이 혼합물의 경우도 처음의 조성비는 30/10/60였는데, 표준시험에서 증기상태로 냉매를 주입하였을 때 가연성의 문제가 제기되어 냉매회사인 23/25/52의 새로운 조성비를 제시하였다.

R32/134a는 증기압 및 COP가 R22와 비슷하지만 가연성 문제 때문에 새로 조정된 25/75를 사용할 경우 체적용량이 R-22보다 12% 정도 낮은 것으로 보고되었다. 이상의 세가지 혼합물 중 어느 냉매가 최종적인 대체냉매가 될 지는 아직 결정되지 않은 상태이다. 앞으로 냉매선정의 변수는 GWP규제이며(일부 HFC화합물의 GWP는 상당히 높음), GWP규제가 결정된 후 냉동공조기 제작자들이 각 냉매의 장단점을 비교하여 대체냉매를 선정해야 할 것이다. 특히, 현재 R32/125 및 R32/125/134a는 미국의 주요냉매회사인 Allied Signal과 DuPont이 각각 특허권을 갖고 있으며 치열한 판촉 경쟁을 벌이고 있다.

저온 및 중간온도의 냉동장치에 사용되고 있는 R-502 대체냉매에 대한 연구는 CFC계인 R-115 (R-502의 주요성분)의 규제가 1995년말이므로 R-22 대체냉매보다 시급한 문제이다.

R-502 대체냉매는 표 3에 주어진 것처럼 모두가 HFC의 혼합냉매로 공비 혼합물인 R125/143a, 근공비 혼합물(near azeotropic refrigerant mixture, NEARM)인 R125/143a/134a 및 R32/125/143a 등이 있다. NEARM은 온도구배가 2~3℃보다 작아 공비 혼합물에 가까운 냉매를 말한다. 최근 GWP의 문제 때문에 (R143a가 상대적으로 GWP 높음) 비공비 혼합물인 R32/125/134a가 포함되었다. 여기서 주의할 것은 현재 많은 냉동장치에서(냉동어창, food warehouse, supermarket)에서 R-502 대신 사용하고 있는 R-22는 영구적인 대체냉매가 아니고 규제물질이다.

R125/143a(AZ50)는 작동압력이 R-22 보다 높으며, 체적냉각용량이 10% 정도 높다.

R125/143a/134a(HP62)는 R-502와 성질이 비슷하며 R125/143a에 비하여 작동압력이 낮다. 증기압이 R-502와 비슷해서 기존의 시스템을 조금만 변경시키고 윤활유를 교체 후 그대로 적용할 수 있으므로 제작자들이 추천하는 냉매이며, 많은 연구가 행해지고 있다. R32/125/143a는 압축기 토출온도가 R-502보다는 높고 R-22보다는 낮으며, 증발온도가 -18℃ 보다 낮을 때 냉동용량은 R-502와 R-22의 중간 정도이다. (다음호에 연재)

어업질서 확립하여

수산자원 보호하자