

## 냉동기 팽창장치로서 인젝터 사용의 적합성에 관한 연구

### Study on the Adaptiveness of Using an Injector As an Expansion Device of Refrigerator

조 병 옥\*  
B. O. Cho

#### ABSTRACT

Spray as a liquid atomization technique has wide applications of combustion, painting, chemical, medical and agricultural purpose, and so on. Capillary tubes and expansion valves, as an expansion device of vapor compression type refrigerators, has been used from the early time. But there are some problems in practice, the former can't control refrigerant flowrate exactly and the later most of imported are expensive relatively and has some difficulties to install. Choosing an injector as a new concept of expansion device of refrigerator in this study to improve such troubles of the coming expansion device, the refrigerant spray behavior and refrigeration characteristics are evaluated experimentally. It is verified that the injector with a good function of refrigerant atomization plays a desirable role of refrigerant expansion in the actual refrigeration cycle.

주요기술용어 : Refrigerator(냉동기), Expansion device(팽창장치), Refrigerant spray(냉매분무), Injector(인젝터), Coefficient of performance(COP, 성적계수)

#### 1. 서 론

증기 압축식 냉동기는 작동유체로서 냉매가 액체상태에서 증발하여 냉동효과를 발생하고 증발된 냉매 증기는 기체상태로서 응축과정을 통하여 액체상태로 되돌아오는 2상 유동으로 동작하며 압축기, 응축기, 증발기 및 팽창장치 등의 구성 요소들의 조화로운 작동으로 냉동효과를 높일 수 있다.

특히, 팽창장치는 시스템의 고압을 저압으로 강하하고 응축기에서 과냉각된 냉매액을 증발기에서 증발이 용이하도록 포화액으로 만들며 냉매 유량을 조절하는 역할을 한다. 최근에는 냉동효과와 성적계수 결정에 직접적인 영향을 미치는 팽창장치의 효율 향상에 관한 연구 결과가 다양하게 발표되고 있다.

Buck et al.<sup>(1)</sup>은 냉동기의 팽창장치로서 모세관(capillary tube)의 선택기준에 대한 연구에서 관경과 길이의 산정 관계를 냉동 용량에 따라 실험적으로 구하였고, Park과 Han<sup>(2)</sup>은 감온 팽창밸브(thermostatic expansion valve, TXV)와 모세관의 성능을 예측하는 프로그램을 개발하여 실험결과와 비교한 연구에서 프로그램을 이용한 팽창장치의 비교적 정확한 설계가 가능함을 밝혔다. Hewitt et al.<sup>(3)</sup>은 팽창장치로서 감온형 팽창밸브나 모세관 대신 전자 팽창밸브(electronic expansion valves, EEV)를 실험적으로 연구하여 EEV가 냉동기의 성능을 향상하고 유량조절 기능을 개선하는데 효율적임을 밝혔고, He et al.<sup>(4)</sup>은 다중 인자 제어방법으로 증발기에서의 열전달을 최적화 할 수 있는지를 연구하여 여러 가지 폭넓은 작동 범위에서 장점이 있음을 확인하였다.

이 밖에 냉동기의 시스템적인 연구로서 Sun

\* 정회원, 산본공업고등학교 중장비과

과 Eames<sup>(5)</sup>는 이젝터(ejector)를 이용한 냉동시스템의 연구에서 이중 증발기의 출구에 이젝터를 설치하여 압축 일을 줄임으로서 성적계수를 향상할 수 있음을 이론과 실험을 통하여 밝혔고 Mitsui<sup>(6)</sup>은 비교적 소용량으로 제한되어 있는 자동차 에어컨의 냉매유량 제어기술을 연구하였다.

그러나 이제까지 널리 사용되어 오고 있는 팽창장치로서 모세관은 유량조절과 자동제어가 어렵고 지름과 길이의 산정이 까다로운 문제점이 있으며 팽창밸브는 대부분 수입품으로 가격이 비싸고 균압관의 설치로 인한 장치와 작업의 복잡성 등의 문제점을 여전히 가지고 있다.

본 연구에서는 냉동기의 팽창장치로서 전자인젝터(solenoid injector)를 선택하여, 팽창밸브고유의 역할로서 감압기능과 냉매유량 조절기능이 있는지의 여부와 기존의 팽창장치로서 모세관과 팽창밸브가 갖는 문제점을 보완할 목적으로 사용할 수 있는지 그 적합성 여부를 검토하고자 하였다.

각종 문헌 및 기술 정보를 검색해 본 결과, 이제까지 전자 인젝터를 이용하여 냉매를 분사시켜 그 분무를 냉동기의 팽창장치에 적용하였다는 연구 결과나 기술은 거의 확인되지 않고 있다.

## 2. 인젝터와 사용 냉매의 특성

### 2.1 인젝터와 분무의 특성

액체상태의 작동유체를 미립화하는 분무기술은 자동차 엔진의 연료분사로부터 산업용 노에 이르기까지 각종 연소기기를 비롯하여 도장, 제강, 건조기 및 냉각장치, 화학 및 섬유공업, 의료기기, 농업 등의 산업 분야에서 폭 넓게 응용되고 있다.

자동차 엔진의 연료분무의 경우, 작용압력에 따라 고압분무와 저압분무로 구분하는데 Yule et al.<sup>(7)</sup>과 Bracco<sup>(8)</sup>는 디젤 분무와 같은 고압분무를 연구하였고, Namiyama et al.<sup>(9)</sup>과 Lee et al.<sup>(10)</sup>은 가솔린 분무와 같은 저압분무의 발생과 거동 등의 특성을 연구하였다.

인젝터의 종류에는 분사 노즐의 형상에 따라 홀형(hole type), 스로틀형(throttle type), 핀틀형(pintle type) 및 다공형(multi-hole type) 등이 있으며 분무를 이용하는 목적에 따라 선택한다.

분무의 특성은 미립도(atomization)와 관통도(penetration), 그리고 분산도(dispersion)로 표시한다. 대표적인 분무의 특성으로 미립도는 분무의 사용 용도에 따라 여러 가지 방법으로 나타내는데, 본 연구에서와 같이 물질전달이나 반응을 수반하는 경우에는 액적의 표면적에 대한 체적의 비로서 Sauter 평균 입경(Sauter Mean Diameter, SMD)을 사용하며 이것을 정의에 따라 표시하면 다음의 식 (1)과 같다.

$$D_{32} = \frac{\sum N_i D_i^3}{\sum N_i D_i^2} \quad (1)$$

여기서,  $i$ 는 액적 크기의 급간을,  $N_i$ 와  $D_i$ 는 각각 급간  $i$ 에서의 액적 수와 액적의 지름을 나타낸다.

본 연구에서 사용한 인젝터는 전자제어식 자동차 엔진에 쓰이는 일반적인 형식으로서 3.5~4 bar의 비교적 저압으로도 충분히 미립화가 가능하며 실험에서 사용한 인젝터와 동종의 것으로 옥탄올 작동유체로 한 분무 구조에 관한 실험<sup>(10)</sup>에서 분무의 입경(SMD)은 약 50~70  $\mu\text{m}$ 이고, 분무의 퍼짐 정도를 나타내는 분무각은 약 23° 정도인 것으로 나타났다.

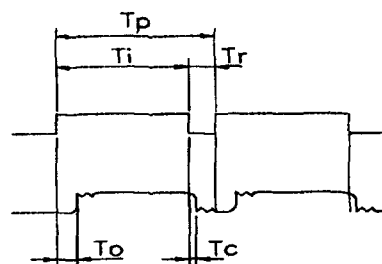


Fig. 1. Injector operating pulse and plunger lift motion

Fig. 1은 인젝터에 인가되는 구동펄스(위)와 인젝터 밸브의 니들 양정(아래)의 관계를 설명하는 것으로  $T_p$ 는 펄스주기를,  $T_i$ 와  $T_r$ 은 각각 분사시간과 휴지시간을 나타낸다. 밸브 니들은 펄스신호에 따라 개변 지연 시간( $T_o$ )과 폐변 지연 시간( $T_c$ )을 가지며 작동한다.

냉동기의 팽창장치로 인젝터를 사용하는 경우, 인젝터의 솔레노이드에 인가하는 전압을 단속하거나 인가 전압의 펄스 폭(pulse width)을 증발기 출구 측에 설치된 온도감지 센서의 신호로 조절하여 기존의 모세관이나 팽창밸브 방식보다 유량조절 및 자동제어가 용이한 잇점이 있을 것으로 판단된다.

2.2 작동유의 특성

분무 입경과 분무각은 인젝터의 기하학적 형상과 작동유의 비중, 밀도, 점도 및 표면장력 등의 물성에 영향을 받는다.

작동유를 옥탄, 솔벤트 및 에탄올로 한 자유분무 실험<sup>(10)</sup>에서 점도와 표면장력이 작을수록 미립화가 잘 이루어지고 밀도가 높을수록 미립화는 잘 되지 않으나 관통도가 긴 특성이 있는 것으로 나타났다.

본 연구에서 사용한 냉매는 R-22( $\text{CHClF}_2$ ; Dilutor chloro methane)로서 옥탄, 솔벤트, 에탄올에 비하여 점도가 상대적으로 작기 때문에 무화가 잘 발달하고, 비중이 커서 관통도도 길겠지만 큰 표면장력의 영향으로 분무 팁의 성장에 시간지연을 가져올 것으로 사료된다. 작동유체의 주요 물성을 정리하면 Table 1과 같다.

Table 1 Physical properties of working fluid

Property	Octane	Solvent	Ethanol	R-22
Specific Gravity	0.692	0.772	0.789	1.215
Density ( $\text{kg/m}^3$ )	690	770	787	1191
Viscosity ( $\times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ )	1.253	1.210	1.508	0.149
Surface Tension ( $\times 10^{-6} \text{ kg/s}$ )	2.653	2.901	2.270	7.653

3. 실험장치 및 방법

3.1 실험장치

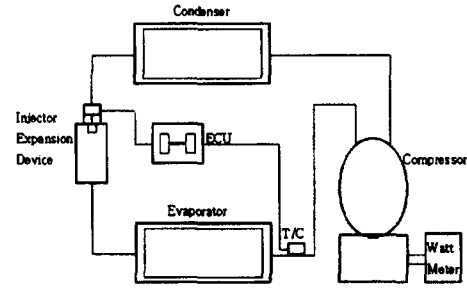


Fig. 2 Diagram of experimental setup.

실험에 사용된 냉동기는 증기 압축식으로 팽창장치로 인젝터를 사용하여 Fig. 2와 같이 장치를 구성하였다. 구성 요소는 압축기, 응축기, 증발기 및 팽창장치 등의 주요 장치 외에 드라이어, 수액기, 사이트글라스, 전자밸브, 온도조절기 및 과부하차단기 등의 부속 장치를 사용하여 유용한 자동제어를 할 수 있도록 하였다. 실험 장치의 주요 제원은 Table 2와 같다.

압축기는 0.6마력의 밀폐형 왕복동식이고, 응축유닛의 응축기와 냉동실에 설치되는 증발기는 튜브에 핀이 부착된 형식으로 동일한 용량의 것을 사용하였다. 팽창장치는 앞서 설명한 바와 같이 인젝터를 사용하고 전자제어장치(ECU)에 의하여 구동 펄스 폭을 제어한다. 전자제어장치는 12 V DC 전원을 인젝터에 공급하며 냉동기의 증발기 출구에서 감지된 온도 센서를 판단하여 펄스 폭으로 분사 냉매량을 조절할 수 있도록 하였다.

Table 2 Specification of used apparatus

Apparatus	Type	Dimension
Compressor	Hermetic reciprocating type	0.6HP
Condenser	Fin & tube	375(kcal/hr)
Evaporator	Fin & tube	375(kcal/hr)
Expansion unit	Pintle & solenoid type injector	15.Ω

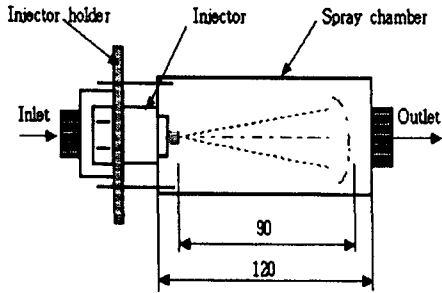


Fig. 3 Schematic diagram of spray injector and its assembly.

고압 및 저압 측의 압력을 검지하기 위하여 각 측에 압력계를 설치하고 배관 내의 압력 범위를 압력스위치로 조절할 수 있도록 하였다.

인젝터와 분무용기는 저압의 포화 냉매 액을 생성하는데 매우 중요하다. 분무 용기의 설계는 분무 형상에 관한 식 (2)와 예비실험에서 얻은 경험을 기초로 하였다. 실험에서 선택한 인젝터 분무의 분무각( $\alpha$ )을 육탄과 같다고 가정하여  $23^\circ$ 로 하고, 용기의 내경( $\phi$ )을 36 mm로 하였을 때 인젝터에서 용기 끝단까지 이르는 분무도달거리( $L$ )는 약 90 mm로 계산된다. 실제로 분사용기의 내부 길이는 이보다 약간 긴 112 mm로 하고 용기 전장은 120 mm로 하였다.

$$\tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{(\phi/2)}{L} \quad (2)$$

Fig. 3은 인젝터와 분무용기를 개략적으로 도시한 것이다. 용기의 입구 측에는 인젝터를 용이하게 고정할 수 있도록 인젝터 홀더를 부착하고 기밀 유지를 위하여 O-ring과 테프론 테이프를 사용하였다. 출구 측에는 분무 액적이 증발기로의 원만한 순환이 가능하도록 내면을 반구형으로 가공한 엔드 캡을 은납 용접하여 용기에 부착하였다.

### 3.2 실험방법

냉동장치의 작동조건은 일반적인 표준 냉동사이클의 운전 조건과 비교가 가능하도록 하고

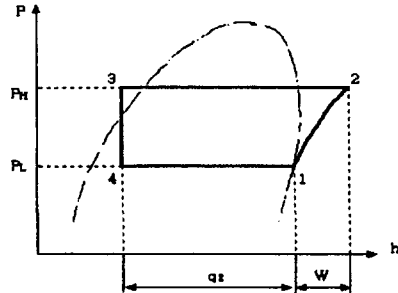


Fig. 4 P-h diagram of standard refrigerating cycle.

냉매 주입량으로 고압 및 저압의 압력을 변화시켰다. 표준 냉동사이클의 운전 점은 Fig. 4의 선도에서 고압( $P_H$ )과 저압( $P_L$ )에 해당하는 응축 온도와 증발온도를 각각  $30^\circ\text{C}$ 와  $-15^\circ\text{C}$ 이고 응축기 출구의 과냉도는  $5^\circ\text{C}$ 이다.<sup>(11)</sup>

인젝터가 냉동기의 팽창장치로서 냉동효과에 미치는 영향을 비교 관찰하기 위하여 분사 유량이 각각 다른 네 종류의 인젝터를 선택하였다. 이들 인젝터의 형식과 분사 유량, 분무 형태는 Table 3과 같다. 여기서 분사 유량은 정적 분사 시의 분당 유량( $\text{cm}^3/\text{min}$ , CCM)을 나타낸다.

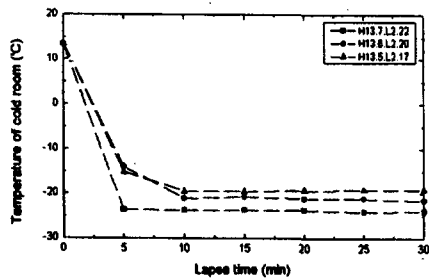
각 조건에 대하여 냉동실 내의 온도변화를 매 5분마다 측정하고, 이와 별도로 냉동효과를 관찰하기 위하여 200 mL의 물을 냉동실에 넣고 30분 후에 물의 양을 측정하여 결빙된 얼음의 양을 구하였다. 이 외 냉동기 작동 후, 시스템이 소비하는 전력량을 측정하였다. 실험 데이터는 동일 조건에 대하여 3~4회 반복 측정하고, 그 평균값으로 취하였다.

Table 3 Characteristics of using injectors and their spray pattern

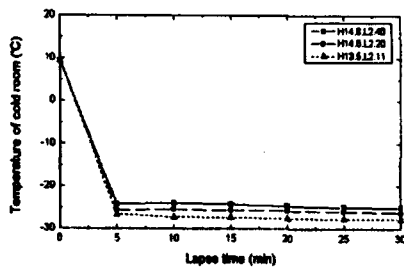
Injector	Type	Flowrate (CCM)	Spray pattern
1	Pintle	150	Solid cone
2	"	220	"
3	"	270	"
4	Multi-hole	650	Liquid column

#### 4. 결과 및 고찰

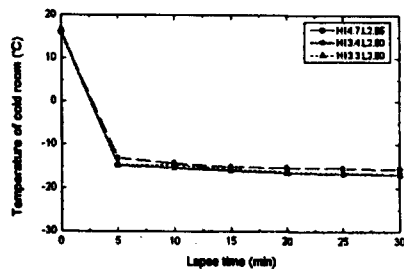
##### 4.1 냉동실내의 온도 변화



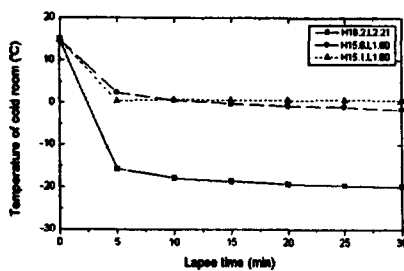
(a) injector 1



(b) injector 2



(c) injector 3



(d) injector 4

Fig. 5 Temperature changes in the cold room.

운전 시작 후 30분 동안 냉동실 내의 측정 온도 값을 도표로 나타내면 Fig. 5와 같다. 그림의 (a), (b), (c) 및 (d)는 각각 인젝터 1, 2, 3 및 4를 사용하였을 때의 결과로서 전반적인 인젝터에 대하여 압력이 높은 경우가 낮은 경우에 비하여 낮은 온도 분포를 보였다.

냉동실 내의 온도는 인젝터 2가 가장 낮은 온도를 보인데 대하여, 고압과 고압이 다소 낮은 인젝터 1이나 이보다 저압이 약간 증가한 인젝터 3의 경우의 온도는 더 높게 나타나고 시험 인젝터 중 고압이 가장 높고 저압은 가장 낮은 인젝터 4의 경우에는 가장 높은 온도 분포를 보여 냉동효과가 그다지 크지 않은 것으로 나타났다.

이와 같은 결과는 먼저, 고·저압의 압력 차이가 클수록 압축비가 증가하여 냉매 유량이 감소하는데 기인하기 때문이며, 그 다음으로 인젝터 4와 같이 분사유량(CCM)이 크다하더라도 미립화가 잘 이루어지지 않는 등의 분무의 질이 나쁘면 냉동기의 냉동효과가 저하하는 원인이 되기 때문인 것으로 판단된다. 실제로 가솔린을 작동유체로 한 자유분무 실험에서 인젝터 1, 2, 3의 분무 형태는 중실 콘(solid cone)의 형태로서 미립화가 비교적 잘 발달하였으나 인젝터 4는 액주(liquid column)상의 형태로서 미립화가 잘 발달하지 않는 거동을 보였다.

냉동기가 실험의 장치보다 더 크고 용량이 많이 증대되는 경우의 인젝터 선정은 이러한 의미에서 매우 신중하게 고려되어야 할 것이다. 즉, 많은 유량을 처리할 수 있으면서 충분한 미립화가 가능한 인젝터를 선택하여야 할 것이다. 그러나 인젝터 1, 2 및 3과 같이 저 유량으로서 분무 액적의 질이 양호한 인젝터로 고 유량을 처리하기 위해서는 수 개의 인젝터를 병렬로 연결하는 방식으로 인젝터 및 분무 용기를 설계 제작하여 사용하면 가능할 것으로 생각된다.

##### 4.2 성적계수 비교

증기 압축식 냉동기의 표준 냉동 사이클은 Fig. 4에서 제시하는 바와 같으며 응축온도와 증발온도에 대응하는 고압( $P_H$ ) 및 저압( $P_L$ )을

Table 4 Comparison of DSH, DSC and COP on each cycle

Injector-condition	$P_H$	$P_L$	DSH	DSC	COP
1-1	13.7	2.20	1.5	13.5	3.731
1-2	13.6	2.20	3.0	10.0	3.857
1-3	13.5	2.20	3.5	8.8	3.531
2-1	14.8	2.40	11.0	24.0	6.875
2-2	14.0	2.20	12.5	22.0	5.790
2-3	13.5	2.11	10.5	21.0	5.163
3-1	14.7	2.85	1.0	14.0	7.592
3-2	13.4	2.80	0.0	11.0	5.578
3-3	13.3	2.60	5.0	10.0	5.145
4-1	16.2	2.21	33.3	19.0	12.286
4-2	15.6	1.80	40.0	18.0	9.773
4-3	15.1	1.60	50.0	17.0	9.310

대략적으로 구하면  $12.156(\text{kg}/\text{cm}^2\text{a})$  및  $3.022(\text{kg}/\text{cm}^2\text{a})$ 이고, 과열도  $5^\circ\text{C}$ 를 고려하였을 때의 성적계수는 4.587정도이다.

각각의 인젝터의 작동 조건에 따른 고·저압과 과열도(Degree of super heated, DSH)와 과냉도(Degree of sub cooled, DSC), 그리고 성적계수를 정리하면 Table 4와 같다. 냉동효과는 증발기 입구부터 출구까지의 엔탈피 차로 구하고 압축일은 압축기 입구부터 출구까지의 엔탈피 차로 구하였다. 인젝터 1을 제외한 인젝터 2, 3 및 4의 대부분 조건에서 표준 냉동사이클의 성적계수를 상회하였다. 인젝터의 유량에 따라서는 유량이 많을수록 높은 성적계수를 가지며 동일한 인젝터에 대하여는 냉매 주입량이 많아 압력이 높은 경우에 보다 높은 성적계수를 갖는 경향을 보였다. Fig. 6 과 7은 각각 인젝터의 시험 조건에 따른 냉동효과와 압축일을 비교한 것이다.

과열도는 인젝터 2와 4의 경우가 1과 3의 경우보다 상대적으로 높고, 과냉도는 인젝터 2, 4, 3 및 1의 순으로 낮아져 전반적으로 인젝터 2와 4의 경우에 높은 과열도와 과냉도를 보였다. 인젝터 1이나 2와 같이 분사 유량이 작은 경우에도 비교적 높은 과열도를 가지는 이유는

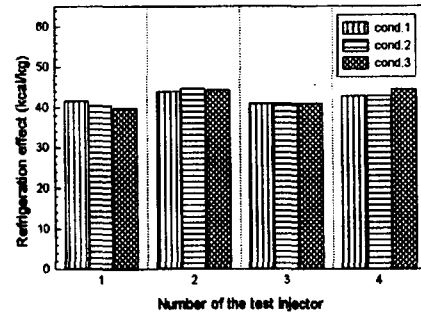


Fig. 6 Comparison of refrigeration effect on the test injector.

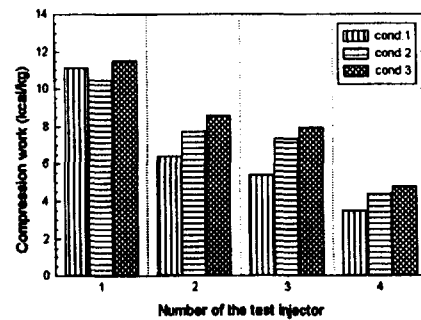


Fig. 7 Comparison of compression work on the test injector.

증발기에서 포화 증기의 급격한 증발로 드라이아웃되어 증발기 출구에 이르러서는 과열상태로 되기 때문인 것으로 생각된다. 또한 전체 시험 인젝터에서 과냉도가 표준 냉동사이클에서 정한  $5^\circ\text{C}$ 보다 작게는  $3.8\sim 8.5^\circ\text{C}$ (인젝터 1)에서 크게는  $16\sim 19^\circ\text{C}$ (인젝터 2)에 이르기까지 큰 값을 보이는 것은 분무 용기에서 이미 일부분의 포화 냉매가 증발하였기 때문으로 생각된다.

따라서 보다 효율적인 냉동기를 만들기 위해서는 과열도를 낮추기 위하여 분사유량이 적절하고 미립화가 양호한 인젝터를 사용하고 분무 용기의 형상과 크기를 최적화 설계하는 기술의 연구가 병행되어야 할 것으로 사료된다.

성적계수를 냉동실내의 온도와 비교하면 성적계수가 높다고 해서 반드시 냉동효과가 뛰어나지는 않는 것으로 나타났다. 특히, 냉매 유량

이 상대적으로 많은 인젝터 4의 경우에는 분무의 대부분이 분무 용기에 액체 상태로 존재하고 실제로 순환되는 냉매는 일부분의 분무와 용기를 넘친 액체일 것으로 생각된다. 이러한 현상은 증발기에서는 포화상태의 냉매가 일찍 증발하여 출구 온도가 높아지게 되므로 이론 성적계수는 높으나 실제 냉동 효과는 떨어지는 결과를 초래한다.

4.3 결빙 효과 및 동력소비율

각 시스템의 냉동효과를 알아보기 위하여 냉동실에 물 200 mL를 넣고 30분 후에 결빙된 얼음의 양을 측정하였다.

Fig. 8에서 보는 바와 같이 결빙된 물의 양은 냉동실 내의 온도 분포를 나타내는 결과와 잘 일치하였다. 대체적으로 인젝터 1이나 4와 같이 유량이 적거나 많은 경우에는 압력이 높은 조건에서 결빙율이 높았으며, 인젝터 2나 3

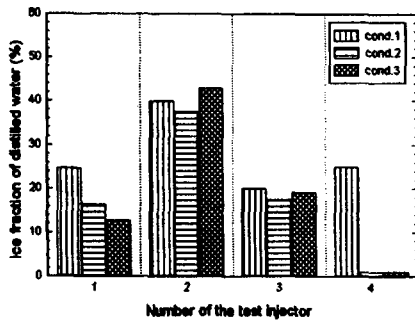


Fig. 8 Fraction of frozen ice on the refrigerant charging condition.

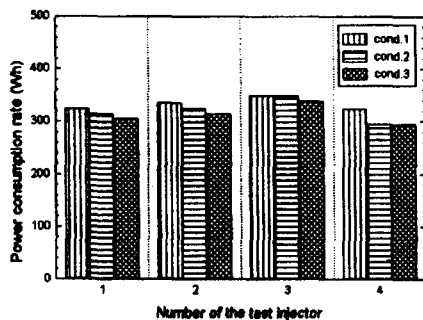


Fig. 9 Comparison of power consumption.

과 같이 보통의 유량을 갖는 경우에는 압력이 높거나 낮은 조건에서 높은 결빙율을 보였다. 인젝터 2의 결빙율이 높은데 대하여 1과 3, 그리고 4의 순으로 낮게 나타났다.

한편, 시스템이 소비한 전력량을 측정하여 나타내면 Fig. 9와 같다. 대체로 인젝터 4를 제외하고는 분사 유량이 많을수록, 그리고 고·저압의 압력이 높을수록 소비 전력량도 증가하는 경향을 보였다. 이것은 흡입압력이 감소하였을 때와 같이 냉동 량에 대하여 압축 일의 량은 증가하나 압축기의 냉동능력이 감소하기 때문에 결국 전동기에 가해지는 부하는 흡입압력의 감소에 따라 감소함을 나타낸다.

5. 결론

중기압축식 냉동기의 팽창장치로서 인젝터를 사용하여 특성을 실험하고 그 적합성의 여부를 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 냉동실 내의 온도는 비교적 적은 유량의 인젝터(인젝터 2, 1)로부터 많은 유량의 인젝터(인젝터 3, 4)의 순으로 온도가 높아져 냉동기의 크기 및 능력에 따라 적절한 인젝터를 선택하는 것이 중요하며 냉동기의 팽창장치로서 충분히 사용이 가능함을 확인하였다.

(2) 성적계수는 표준 냉동 사이클의 성적계수보다 대체로 높았으나 실제 냉동효과는 분무의 형태와 질에 영향을 받는 것으로 나타났다. 특히, 냉매 유량이 가장 크고 분무형태가 액주형인 인젝터 4는 과냉도와 과열도가 커서 이론 성적계수는 높았으나 냉동효과는 매우 낮게 나타났다. 따라서 냉매 량을 효과적으로 순환하기 위하여, 이에 적합한 인젝터 선정과 분무 용기 설계 기술, 그리고 전자제어장치 등에 관한 연구가 필요하다.

(3) 결빙율은 인젝터와 냉매 주입량에 따라서 직접적인 영향이 있으며 인젝터 2가 가장 높은 것으로 나타났다. 그리고 시스템에서 소비한 전력량은 분사 유량이 많을수록, 그리고 고·저압의 압력이 높을수록 증가하는 경향을 보였다.

## 참 고 문 헌

1. R. J. Buck, L. D. Cummings, P. Domanski and D. P. Hargraves, ASHRAE Handbook, Refrigeration Systems and Applications, ASHRAE, 1994, Chapter 44. 21-44. 30.
2. B. S. Park and C. S. Han, "Development of program for TXV and capillary tube performance simulation", Proceedings of the SAREK '99 Summer Annual Conferences(III), pp. 1060-1070, 1999.
3. N. Hewitt, J. McMullan and N. Murphy, "Comparison of expansion valve performance", Int. J. of Energy Research, Vol. 9, No. 4, pp. 347-359. 1995.
4. X. He, S. Liu, H. Asada and H. Itoh, "Multi-variable control of vapour compression systems", J. of HVAC&R Research, Vol. 9, No. 4, pp. 205-229, 1998.
5. D. W. Sun and I. W. Eames, "Recent developments in the design theories and applications of ejectors", J. of the Institute of Energy, Vol. 68, pp. 65-79, 1995
6. M. Mitsui, "Improvement of refrigerant flow control method in automotive air conditioners", SAE Paper 870029.
7. A. J. Yule, M. R. Mirza and I. Filipovic, "Correlation for Diesel Spray Penetration Including the Effects of the Breakup zone", Proceedings of the 5th ICLASS, Gaithersburg, MD, USA, p. 267, July 1991.
8. V. Bracco, "Modelling of Engine Spray", SAE Paper 850394.
9. K. Namiyama, H. Nakamura, K. Kokubo and D. Hosokai, "Development of Ultrasonic Atomizer and its Applications to S.I. Engines", SAE Paper 890430.
10. C. S. Lee, B. O. Cho and K. S. Im, "An Experimental Study on the Spray Structure of Gasoline Engine Injector" J. of the KSAE, Vol. 3, No. 1, p. 126, 1995.
11. J. I. Yoon, J. D. Kim, S. K. Yoon, S. B. Kim, Y. M. Yang, H. S. Jung, S. J. Kim and Y. N. Kim, Refrigeration Engineering, 1st ed., Munundang Book Publishing Co., Seoul, Korea. pp. 62-65, 1998.