

# 공회전 제한장치 차량에서 냉방 성능 유지를 위한 축냉 시스템 적용에 대한 연구

## Feasibility Study of Cold Storage System to Maintaining Cooling Performance for ISG Vehicle

이대웅(Daewoong Lee)<sup>†</sup>

한온시스템 연구본부

Research Division, Hanon Systems, 95 Sinilseo-ro, Daedeok-gu, Daejeon, 34325, Korea

(Received August 23, 2015; revision received November 20, 2015; Accepted: November 23, 2015)

**Abstract** This study explores the feasibility of a cold storage system to provide thermal comfort for idle stop and go (ISG) vehicles. ISG function is the most valuable and environmental friendly technology in the current automobile industry. However, when an ISG vehicle stops, meaning when the engine standstill, the air-conditioning system does not work, because the compressor also stops. Therefore, passenger thermal comfort is not maintained, as cold air is not provided in the cabin. Consequently, many automakers have studied electric air-conditioning systems based on electrically-driven compressors or cold storage systems using phase-change materials. The experiments herein were conducted for the feasibility testing of different types of cold storage heat-exchangers, cold storage mediums, and thermo-expansion valves with current air-conditioners. The auxiliary cold storage system, filled with phase-change materials, was located behind the evaporator and almost stacked on top of it. In the experimental results, the air discharge temperature rate of increase was better than the conventional air-conditioning system when the compressor stopped and thermal comfort was maintained with 1.9~4.3°C decreases within 60 seconds. The #1 cold storage heat-exchanger (CSH), #2 thermo-expansion valve (TXV) and #2 phase change material (PCM) were chosen because of the best temperature rise delay. It was concluded that a cold storage system is an effective solution for ISG vehicles to maintain thermal comfort during short engine stops.

**Key words** Cold storage heat-exchanger(축냉 열교환기), Cold storage medium(축냉재), Evaporator(증발기), Fuel saving(연비 개선), ISG(공회전 제한장치), Phase-change material(상변화 물질), Thermal comfort(열 쾌적성)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: [dlee6@hvccglobal.com](mailto:dlee6@hvccglobal.com)

### 기호설명

CSH : Cold storage heat-exchanger

FPDM : Fin pitch per decimeter

PCM : Phase change material

Q : 풍량 [ $m^3/h$ ]

T : 온도 [ $^{\circ}C$ ]

TXV : Thermo-expansion valve

## 1. 서 론

차량에서 CO<sub>2</sub> 배출량을 규제하는 환경보호 법규가 일본과, 미국, 유럽 등 여러 나라에서 발효되면서 자동차 산업에서 이러한 규제에 대응할 수 있는 기술개발이

중요해지고 있다. 그 중의 하나가 공회전시 엔진을 정지시키는 ISG(Idle Stop and Go) 기술로, ISG는 신호 대기과 같이 차량의 엔진이 공회전 상태가 되면, 엔진을 꺼버림으로써 연비를 향상하고, CO<sub>2</sub> 배출량을 저감할 수 있는 친환경 기술로 최근 자동차 메이커들의 관심으로 부상하면서, 대안 중의 하나로 공회전 제한장치의 적용이 급격히 확대되고 있다.<sup>(1, 2)</sup>

Gordon<sup>(3)</sup>은 차량에서 연비와 유럽 배기 기준을 만족하기 위하여 엔진 다운사이징, 엔진 제어 기술, 42 V 시스템, 기계식 Stop and Start, 차체 경량화, EGR 기술 등 여러 가지 경우에 대하여 연비에 미치는 영향을 연구하였고, Stop and Start 기술은 8% 이상 연비가 향상된다고 보고하였다. 그러나 이 경우 차량 엔진이 정지하면 공조장치의 압축기도 정지하기 때문에 쾌적성을

위하여 별도의 기술이 필요함을 언급하였다.

Stubberfield et al.<sup>(4)</sup>은 자동차 연비향상과 배기 매연 저감을 위하여 포드자동차의 트랜짓(Transit T280)에 42 V 벨트구동 HyTrans Stop and Start 기술을 적용하여 8~21% 연비를 향상하였다.

공회전 제한장치가 장착된 차량에서 엔진이 정지하면 벨트로 구동되는 에어컨 시스템의 압축기도 정지되어 실내에 냉기 공급이 중단되고, 차 실내의 온도 상승으로 탑승객은 불쾌감을 느끼게 된다. 이에 대한 대안으로 차 실내 열 쾌적성을 유지하기 위해서는 전동압축기를 사용하는 방법과 축냉 시스템을 적용하는 방법 등이 검토되고 있다. 전동식 압축기를 적용한 전동 에어컨 시스템은 엔진의 정지와 상관없이 지속적으로 차 실내를 냉방할 수는 있지만, 전동식 압축기 구동에 많은 전기 에너지가 소모되는 단점이 있다. 또한 상변화 물질을 이용한 축냉 시스템은 기술이 간단하고, 비교적 저렴하지만, 짧은 시간 동안만 냉방을 제공할 수밖에 없다는 단점이 있다.<sup>(5)</sup>

Guyonvarch et al.<sup>(6)</sup>은 전동 에어컨 시스템에 대한 연구로 42 V 전동 공조시스템을 사용하면 냉매 리크(leak)를 약 30% 저감할 뿐만 아니라, 엔진이 정지하는 동안에도 전기로 압축기를 작동하여 쾌적성을 제공할 수 있는 장점에 대하여 연구하였다.

전동 공조 시스템의 비싼 가격과 설치 공간의 제약을 극복하기 위하여, 차량용 축냉 시스템에 대한 연구들은 오래전부터 진행되어왔으며 축냉 열교환기에 대한 연구들이 주로 진행되었다.<sup>(7, 8)</sup>

Guyonvarch et al.<sup>(9)</sup>은 엔진 정지시 쾌적성을 제공하기 위하여 전동압축기를 적용한 전동공조 시스템과 더불어 여분의 열을 저장하는 축냉 장치에 대하여 연구를 하였다. 장시간 엔진 정지시나, 예약 냉방 등이 필요한 경우에는 전동 공조 시스템이 유리하지만, 신호대기와 같은 짧은 정지 시에는 축냉 장치가 경제적인 것으로 분석되었다.

Farid et al.<sup>(10)</sup>은 냉동탑차에 투입되는 전기 에너지를 절감하기 위하여 축냉재가 채워져 있는 벽체를 설치하고, 압축기 정지시에 온도상승 특성을 해석과 실험으로 비교하였다. 결과로 벽체를 축냉 물질로 채울 경우 약 -8℃의 온도로 7시간을 유지할 수 있었다.

Craig et al.<sup>(11)</sup>은 증발기와 축냉 열교환기를 일체로 하는 방법에 대하여 연구를 하였다. 증발기 상부에 상변화 물질을 채우고, 축냉재와 증발기의 튜브로의 열 전달을 열사이폰 효과를 이용하여 축냉과 해빙이 되도록 하였다.

따라서 본 연구에서는 열 쾌적성 향상기술의 하나로 축냉 열교환기의 적용에 대하여 살펴보려고 한다. 증발기 후단에 상변화 물질을 채운 보조 열교환기를 구성하여 축냉과 방냉 특성을 살펴보고 또한 축냉 열

교환기의 형태와 상변화 물질, 팽창밸브 등을 변경하면서, 방냉 성능에 미치는 영향에 대하여 살펴보았다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 축냉 시스템의 벤치 실험장치

Fig. 1은 축냉 시스템의 성능실험에 사용된 시스템 벤치(system bench) 실험 장치이다. 장치는 실제 차량의 엔진룸과 차 실내를 모사하여 제작되었으며, 온도와 습도, 풍량 등 다양한 환경조건과 냉매량 및 압축기의 회전수를 변경하면서 실험할 수 있다.

실험 장치는 크게 실내룸(cabin room)과 엔진룸(engine room), 제어부(control panel)로 구분되며, 먼저 실내룸은 자동차의 실내를 모사하여 공기분배장치(air handling test stand)와 실내 온도와 습도를 제어할 수 있는 공조기(air conditioning test stand)가 있다. 브라인(brine) 냉각기와 전기히터(electric heater)를 이용하여 -20~60℃ 까지 온도 조절이 가능하고, 습도는 스팀 발생기(steam generator)를 이용하여 10~90%까지 제어가 가능하다. 엔진룸은 실제 차량의 엔진룸에 위치하는 에어컨 시스템의 구성품을 장착하여 실험할 수 있으며, 냉방 장치

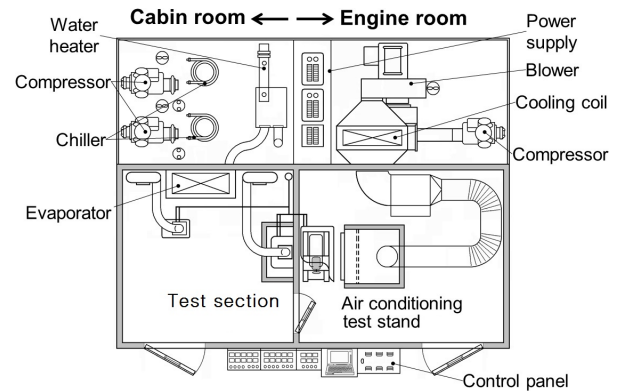


Fig. 1 Schematic of air-conditioning system performance test apparatus.

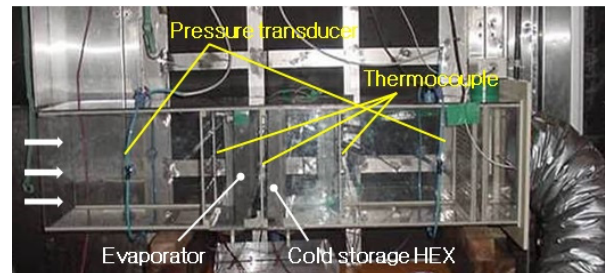


Fig. 2 Photo of test section at air-conditioning system performance test apparatus.

와 온도, 습도를 제어하는 공조기가 별도로 설치되어 있다. 29.8 kW의 압축기를 사용하는 냉동장치와 전기 히터를 이용하여 온도 환경을 제어하고, 340~10,000 m<sup>3</sup>/h의 풍량 제어가 가능한 원심 회전식 송풍기는 차량이 주행할 때 응축기(condenser) 전면으로 불어오는 주행 풍을 모사한다. 그밖에 압축기의 회전수, 투입일, 작동 토크, 냉매 압력과 온도 및 응축기로 공급되는 풍량, 공기 온도, 증발기로 공급되는 온도와 풍량, 습도를 제어하고 측정한다. 에어컨 시스템 내를 순환하는 냉매량은 질량유량계로 측정되며, 각종 환경과 실험조건은 제어부에 설치된 컴퓨터로 제어되고, 모니터링 및 저장된다.

Fig. 2는 시스템 실험 장치에서 실험부(test section)의 상세 사진이다. 사각 덕트 내에 증발기(evaporator)가 위치하고 공기 흐름의 하류 측에 축냉 열교환기가 위치하여 증발기의 차가운 바람에 의하여 축냉 열교환기 내의 상변화 물질이 빙축 된다. 방냉은 에어컨이 정지되면 축냉 열교환기의 상변화 물질이 녹으면서 실내에 냉기를 공급하게 된다. 실험부는 균일유동을 위하여 증발기 전후에 허니콤 스크린(honeycomb screen)을 설치하였고, 증발기와 축냉 열교환기 전후에 각각 열전대를 6개씩 설치하여 온도변화를 측정하였다.

Table 1은 축냉 시스템의 성능 실험조건이다. 에어컨을 가동하는 여름철에 차량이 50 km/h로 주행하고 있다고 가정하고 응축기로 공급되는 공기는 45°C, 풍량은 3,745 m<sup>3</sup>/h로 하였다. 이때 압축기는 2,580 rpm으로 회전하며, 차 실내로 공급되는 바람은 에어컨이 가동

Table 1 Experimental conditions for CSH's system performance at system bench apparatus

Cabin Room	
Air temperature	24°C, 35% RH
Air volume flow rate	300, 450 m <sup>3</sup> /h
Engine Room	
Air temperature	45°C
Air volume flow rate	3745 m <sup>3</sup> /h
Compressor rotational speed	2580 rpm

Table 2 Experimental components for CSH's system performance

Air-conditioning system	
Evaporator	Laminated type, 276×235×60 mm
Condenser	Multi channel type, 680×340×16 mm
TXV	147 kPa at 0°C, 250 kPa at 10°C
Compressor	Swash plate, HS-18
PCM	Melting T = 6°C, Congealing T = 2°C

된 후 실내가 차가워지기 시작할 때의 온도와 풍량으로 선정하였다.

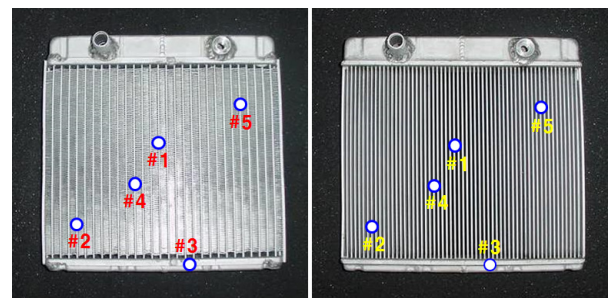
Table 2에 축냉 시스템의 성능 실험에 사용된 에어컨 시스템의 사양을 나타내었다. 적층형 증발기와 다채널형 응축기, 사판식의 압축기와 0°C에서 147 kPa의 설정 값을 가지는 팽창밸브(TXV, Thermo Expansion Valve)가 사용되었다. 상변화 물질(PCM, Phase Change Material)은 녹는점이 6°C, 어는점이 2°C, 비열은 1.8 kJ/kg·K, 열용량은 214 kJ/kg인 축냉재를 사용하였다.

## 2.2 축냉 열교환기 사양

Fig. 3(a)는 실험에 사용된 축냉 열교환기의 사양이다. 축냉 열교환기는 기존의 차량용 에어컨 시스템에 사용되는 핀 앤 튜브형(fin and tube type) 열교환기에서 핀이 있는 Type-A와 핀이 없는 Type-B 열교환기, 2가지 형태에 대하여 고려하였다. Type-A 축냉 열교환기는 축냉재가 약 336 g이 충전되었고, Type-B 축냉 열교환기는 동일한 크기에서 튜브수가 더 많았으므로 내용적이 커져 약 552 g의 축냉재가 충전되었다. Fig. 3(b)와 Fig. 3(c)는 두 축냉 열교환기의 내부에 채워진 상변화 물질의 온도 변화를 측정하기 위하여 설치한 열전대의 위치이다. 각 열전대는 열교환기의 튜브와 탱크 내에 삽입하고 에폭시로 밀봉하여 충전된 상변화 물질이 새어 나오지 않도록 하였다. 열전대의 위치별로 온도를 측정하면 증발기의 냉기만으로 축냉 열교환기가 충분히 축냉이 되는지를 확인할 수 있고, 에어컨이 작동을 멈춘 후에는 상변화 물질이 녹는 온도를 확인함으로써 방냉 특성을 확인할 수 있을 것이다.

	Type-A	Type-B
Size	268×189×26 mm	268×189×26 mm
Fin pitch	102 FPDMM	Finless
Tubes	30 ea	60 ea

(a) Specification of CSHs



(b) Type-A CSH

(c) Type-B CSH

Fig. 3 Comparison of CSHs type and PCM temperature measurement positions in CSHs.

Table 3 Experimental components of CSH's performance optimization

TXV #1	147 kPa at 0°C, 250 kPa at 10°C
TXV #2	196 kPa at 0°C, 265 kPa at 10°C
PCM #1	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Melting T = 6°C, Congealing T = 2°C</li> <li>◦ Specific heat = 1.8 kJ/kg · K,</li> <li>◦ Heat of fusion = 214 kJ/kg</li> </ul>
PCM #2	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Melting T = 8°C, Congealing T = 6°C</li> <li>◦ Specific heat = 1.8 kJ/kg · K,</li> <li>◦ Heat of fusion = 174 kJ/kg</li> </ul>
CSH #1	Size : 200×164×26 mm, 102 FPDM
CSH #2	Size : 200×164×26 mm, 108 FPDM

이어서 축냉 시스템의 성능 최적화 실험으로 에어컨 시스템에서 Table 3과 같이 팽창밸브, 상변화 물질, 그리고 핀이 있는 축냉 열교환기에서 피치를 변경하면서 축냉 성능에 미치는 영향에 대하여 실험하였다. 팽창밸브의 변경은 TXV #1과, #2, 상변화 물질은 각각 PCM #1과 PCM #2, 그리고 축냉 열교환기(CSH, Cold Storage Heat exchanger)의 핀 밀도(FPDM, Fin per Decimeter)를 102 FPDM(CSH #1)에서 108 FPDM(CSH #2)으로 변경하여 방냉 성능에 미치는 영향에 대하여 살펴보고자 한다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 엔진 정지시 토출 공기온도 상승

공회전 제한장치가 장착된 차량에서 엔진 공회전시 에어컨 시스템이 작동을 멈추면 공기 분배장치에서 실내로 토출되는 바람의 온도가 얼마나 상승하는지 확인하기 위하여 환경제어풍동(CWT, Climate Wind Tunnel)에서 에어컨이 작동될 때와 작동하지 않을 때 토출되는 공기의 온도를 비교하였다. 실차 환경제어풍동은 200 km/h까지 주행할 수 있는 세시 다이내모(dynamo)와 주행풍 모사를 위하여 차량의 주행 속도와 동일하게 송풍할 수 있는 송풍기, 다양한 기후조건을 모사할 수 있는 보일러와 냉동기, 스팀 발생기를 구비하고 있어 실차 상태에서 에어컨 시스템의 여러 가지 환경시험이 가능하다. Fig. 4를 보면 차량이 50 km/h로 주행할 때 증발기를 통과하는 공기의 온도는 약 7°C이고, 공회전 제한장치가 작동하여 에어컨 시스템의 압축기가 정지하면, 토출온도는 급격히 상승하고 있으며, 약 60초를 지나면 토출온도는 이미 22°C로 에어컨이 계속 작동될 때와 비교하면 토출온도는 8.8°C 이상 높고, 120초 시점에서는 12°C 이상 높게 나타났다.

이와 같은 결과는 공회전 제한장치 차량이 여름철 신

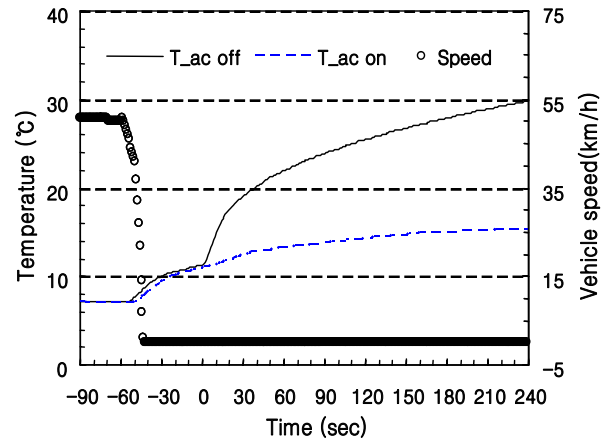


Fig. 4 Comparison of air discharge temperature with air-conditioning system stops.

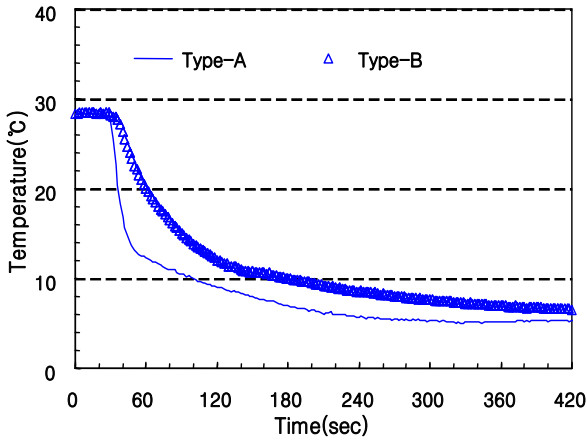
호대기와 같은 짧은 시간동안에도 공회전 제한장치의 작동으로 인하여 에어컨 시스템이 정지하면, 공조장치에서 토출되는 공기온도는 급격히 상승하여 탑승자에게 불쾌감을 줄 수 있다는 것을 보여주고 있다.

#### 3.2 축냉 시스템의 벤치 성능실험

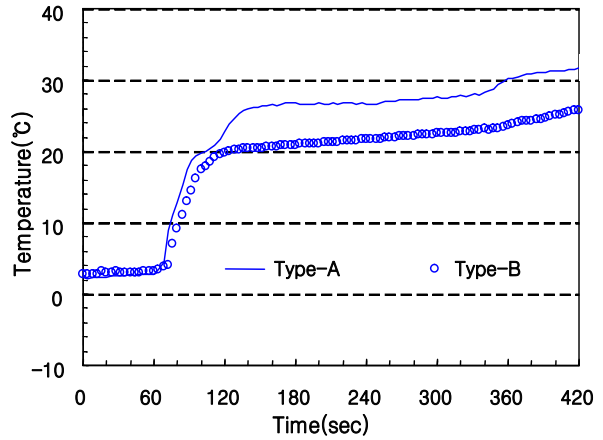
공조장치의 크기에 따라 다르겠지만, 차량용 에어컨 시스템의 냉방용량은 시험조건에서 보통 4 kW 내외이다. 압축기가 정지하면 냉방용량은 급격히 떨어져 0 kW에 도달하였다가 증발기내에 남아있는 냉매의 2차 증발에 의하여 아주 짧은 시간 동안 약 1 kW의 냉방용량을 보이다가, 다시 완전히 0 kW로 된다. 즉, 축냉 열교환기를 장착함으로써 증발기에서 2차 냉매 증발 때 나타나는 1 kW의 냉방용량 정도라도 오랜 시간 동안 지속할 수 있다면 차 실내 열 쾌적성은 상당히 좋아질 것이다. 본 연구에서는 축냉 열교환기의 방냉 성능과 열 쾌적성의 관계는 다루지 않았다.

Fig. 5는 Fig. 3의 핀이 있는 축냉 열교환기(Type-A)와 핀이 없는 축냉 열교환기(Type-B)에 각각 3°C(에어컨 시스템이 안정된 후 증발기 후면의 공기 온도) 공기를 300 m<sup>3</sup>/h로 공급하면서 축냉 열교환기 내에 충전된 상변화 물질의 빙축 특성을 살펴본 것이다. Fig. 5(a)는 두 축냉 열교환기에서 각각 측정한 축냉재의 평균 온도이다.

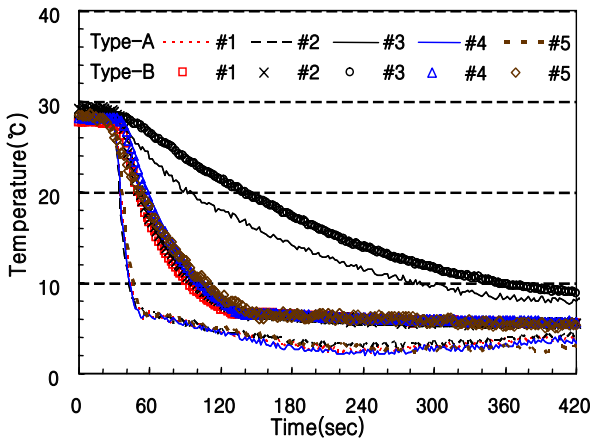
Type-A 축냉 열교환기는 핀의 영향으로 튜브 내의 축냉재 온도가 급격하게 낮아져 40초 시점에 상당부분 빙축이 이루어졌으며, 이후 60초를 지나면서 온도는 완만하게 떨어지다가, 약 180초 시점에서 상변화 물질의 빙결점인 6°C에 도달하였다. 반면 핀이 없는 Type-B 축냉 열교환기의 경우, 온도는 초반부터 완만하게 떨어져 빙축도 천천히 되고 있으며, 빙결 점에 도달하는 시간도 약 300초 정도이다.



(a) Comparison of cold storage performance

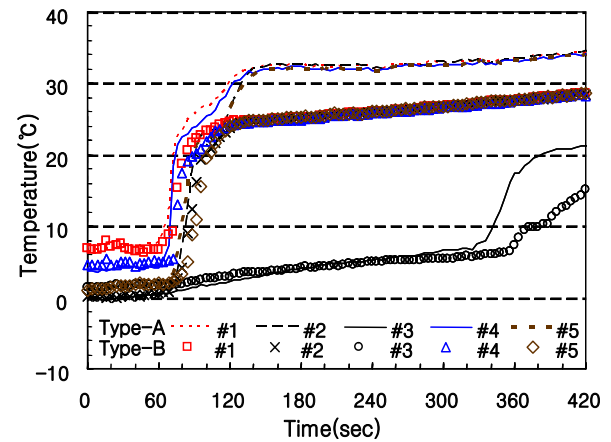


(a) Comparison of cold release performance



(b) PCM's temperature at measurement point

Fig. 5 Experimental results of PCM temperature changes inside CSHs( $Q = 300 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $T_{in} = 3^\circ\text{C}$ ).



(b) PCM's temperature at measurement point

Fig. 6 Experimental results of PCM temperature changes inside CSHs( $Q = 450 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $T_{in} = 35^\circ\text{C}$ ).

Fig. 5(b)는 두 축냉 열교환기에서 각각 측정된 상변화 물질의 온도 변화이다. 열전대는 열교환기의 중앙과 각 좌우측에 있는 튜브와 탱크 등 모두 5군데를 측정하였다. Type-A는 핀에 의한 열전달로 튜브내의 상변화 물질 온도가 빠르게 떨어져 60초 시점에 거의 빙결 온도에 도달하는 반면, Type-B의 경우 약 140초 시점을 지나서야 겨우 도달하였다. 반면 축냉 열교환기의 탱크부 상변화 물질은 두 열교환기 모두 좀처럼 온도가 떨어지지 않고 있으며, 약 420초를 지난 시점에도  $10^\circ\text{C}$ 로 빙결온도에 도달하지 못하였다. 따라서 본 결과로 볼 때 열교환기의 튜브 내에 충전된 축냉재는 핀의 영향을 많이 받는 것을 알 수 있다.

Fig. 6은 Type-A와 Type-B 축냉 열교환기에 각각  $35^\circ\text{C}$ , 공기를  $450 \text{ m}^3/\text{h}$ 로 공급하면서 축냉 열교환기의 방냉 특성을 살펴보았다. Fig. 6(a)는 일정하게 빙축이 된 열교환기에서 방냉을 시작할 때, 두 축냉 열교환기의 평

균온도로, 핀이 있는 Type-A가 핀이 없는 Type-B에 비하여 방냉이 빨리 되고 있다. 약 100초 시점에서 Type-A가 Type-B보다 약  $1^\circ\text{C}$  정도로 온도가 높다가, 120초를 지나면서 약  $5.7^\circ\text{C}$ 로 온도가 급격히 상승하였으며, 두 열교환기 모두 120초 이후에는 토출온도가  $20^\circ\text{C}$ 를 넘어서고 있다. Fig. 6(b)는 두 축냉 열교환기의 튜브와 탱크에서 측정된 상변화 물질의 온도이다. 핀이 있는 Type-A 축냉 열교환기는 핀에 의한 열전달로 튜브내의 상변화 물질 온도가 급격히 상승하여 120초에  $30^\circ\text{C}$ 에 도달하였으나, Type-B의 경우  $25^\circ\text{C}$ 에서 서서히 상승하고 있다. 열교환기의 탱크인 #3의 경우, 두 축냉 열교환기 모두 비슷한 온도로 상승하다가, 340초를 지나면서 Type-A의 온도가 빠르게 상승하였다. 방냉 성능에는 튜브에 채워진 상변화 물질의 온도가 중요하다는 것을 알 수 있다.

상기의 실험으로 축냉 열교환기의 핀은 상변화 물

질의 축냉과 방냉에서 매우 중요한 역할을 하는 것을 알았다. 빙축의 관점에서 보면 핀이 있는 열교환기가 유리하나, 방냉에서는 핀이 없는 열교환기가 유리하게 나타났다.

방냉 성능은 80초 이내에서 두 열교환기에서 튜브의 온도가 크게 차이나지 않기 때문에, 짧은 시간 내 빙축이 되는 핀이 있는 축냉 열교환기가 가다-서다를 반복하는 도심주행에 더욱 적합하다고 판단하고, 다음으로 팽창 밸브와 상변화 물질, 그리고 축냉 열교환기의 핀 밀도를 변경하면서 방냉 성능 최적화 실험을 하였다.

Fig. 7은 #1 상변화 물질이 채워진 CSH #2 축냉 열교환기에서 에어컨 시스템의 팽창 밸브가 축냉 시스템에 미치는 영향에 대하여 살펴보았다. TXV를 #1에서 #2로 변경하면, 과열도가 작아지게 되므로, 에어컨 시

스템에서의 냉매 흐름량은 더 많아지게 된다. 즉, 팽창 밸브를 변경함으로써, 에어컨 시스템이 작동할 때 증발기의 온도를 더 떨어뜨릴 수 있을 것으로 생각하였으나, 실험결과를 보면 팽창 밸브의 차이가 성능에는 큰 영향을 미치지 않았다.

Fig. 8은 팽창 밸브가 #1인 에어컨 시스템에서 CSH #2 축냉 열교환기를 적용하여 상변화 물질을 변경하면서 방냉 성능을 비교한 것이다. 상변화 물질의 녹는점이 8°C인 #2가 에어컨 시스템 정지 후 약 60초까지는 최대 1.9°C 토출 온도의 상승이 지연되었지만, 약 70초 이후에는 동등하게 나타났으며, 두 축냉재 모두 방냉 효과는 110초 정도로 나타났다.

Fig. 9는 에어컨 시스템에서 팽창 밸브를 #2로 고정하고, 핀 밀도가 다른 CSH #1과 CSH #2 축냉 열교환기에 각각 PCM #2를 채워 방냉 성능에 미치는 영향을

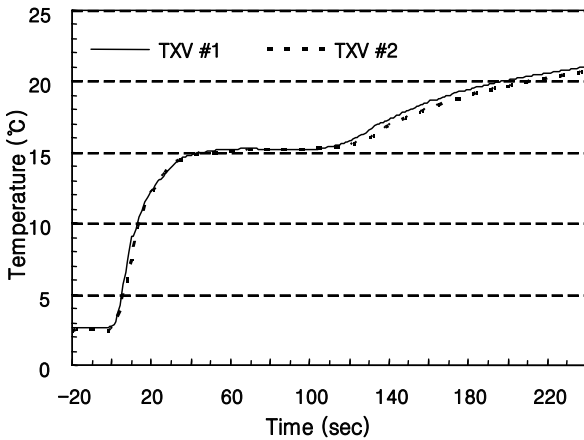


Fig. 7 Comparison of cold release performance with various TXV(PCM #1, CSH #2).

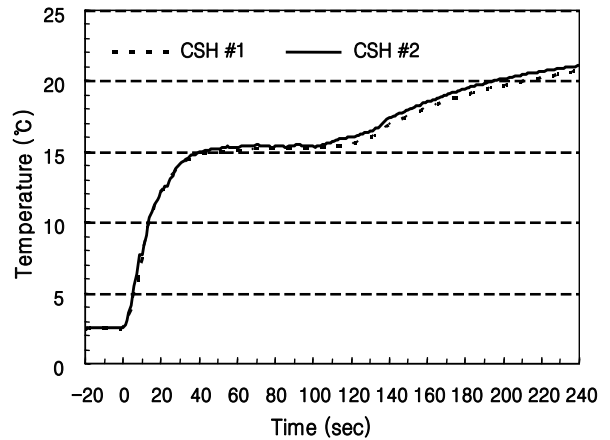


Fig. 9 Comparison of cold release performance with various CSHs(TXV #2, PCM #2).

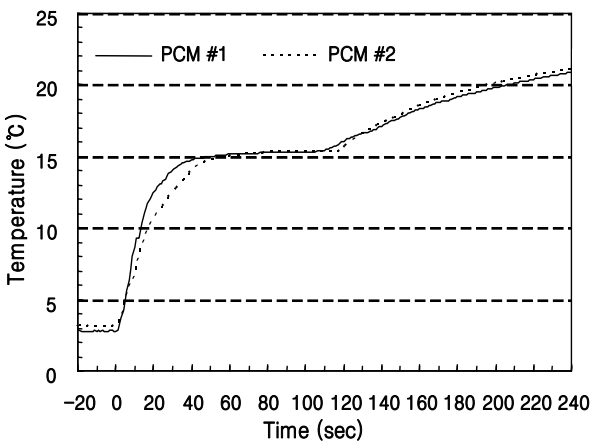


Fig. 8 Comparison of cold release performance with various PCM(TXV #1, CSH #2).

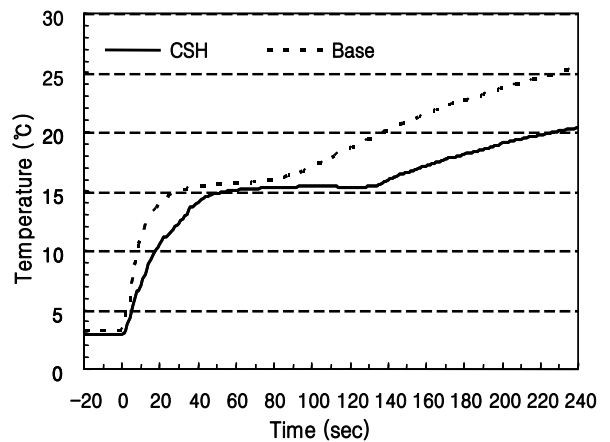


Fig. 10 Comparison of air discharge temperature with CSH and Base system( $Q = 450 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

비교하였다. 핀 밀도는 시스템의 통기저항과 밀접한 관련이 있기 때문에 많이 변경하지는 못하였다. 에어컨 시스템이 작동을 멈춘 후 약 40초까지는 핀 밀도에 따른 방냉 성능은 영향이 거의 없었으나, 시간이 지나면서 핀 밀도가 102 FPDM인 CSH #1이 CSH #2보다 토출온도가 약 0.3°C 정도 낮게 나타났다.

이상의 실험결과로 볼 때 팽창밸브는 축냉과 방냉 성능에 큰 영향이 없으며, 축냉 열교환기의 핀 밀도도 실험 범위 내에서는 크게 영향이 없었다. 다만 상변화 물질은 에어컨이 작동을 멈춘 후 방냉 초기에 가장 많은 영향을 미치는 것으로 평가되었다. 또한 축냉 열교환기에서 토출되는 공기 온도는 약 15°C에서 머물다가 급격히 상승하는 경향을 보이는데, 이는 시험조건인 외기온도 24°C에서는 축냉제가 녹으면서 약 15°C에서 상변화하기(잠열) 때문으로 판단된다. 만약 외기 온도가 변하면 축냉 열교환기에서 토출되는 공기 온도도 달라질 것이다.

Fig. 10은 상기 팽창밸브와 축냉 열교환기, 상변화 물질을 변경하면서 방냉 성능에 조금이라도 유리하게 나타난 TXV #2, PCM #2 및 CSH #1로 에어컨 시스템을 구성하고, 축냉 열교환기가 있을 때와 없을 때에 대하여 토출되는 공기온도를 비교한 것이다. 에어컨이 작동을 멈춘 후 토출 공기 온도는 급격히 상승하며, 약 20초 시점에서 축냉 열교환기가 없는 경우는, 축냉 열교환기가 장착된 경우에 비해 약 4.3°C 높게 나타났으며, 40초 시점에는 약 1.9°C, 60초 시점에는 0.7°C로 높게 나타났다. 이후 약 90초를 지나면서 축냉 열교환기가 없는 경우에는 온도차는 3.1~4.1°C로 크게 나타나고 있으며, 축냉 열교환기가 있는 경우가 240초까지 토출온도가 계속 낮게 나타났다.

#### 4. 결 론

공회전 제한장치 차량에서 에어컨 시스템의 정지로 인하여 나빠지는 차 실내 쾌적성을 향상하기 위한 방안으로 축냉 열교환기의 타당성을 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 축냉 열교환기는 핀이 있는 경우가, 핀이 없는 경우보다 방냉시에는 토출되는 공기온도가 빠르게 상승하나, 빙축시에는 120초 이내의 비교적 빠른 시간 내에 축냉이 되었다.
- (2) 축냉제는 차량용 에어컨 시스템의 작동 특성으로 볼 때, 녹는점이 8°C인 상변화 물질이 녹는점 6°C보다 방냉 성능이 우수하게 나타났다.
- (3) 축냉 열교환기의 핀 밀도는 제작된 시료 범위 내에서는 영향이 크지 않았지만, 핀 밀도가 102 FPDM인 축냉 열교환기가 120초 이후부터 방냉 성능이 약 3.1°C 이상 우수하였다.

- (4) 에어컨 정지 후, 축냉 열교환기가 있을 경우가, 없을 때 보다 60초 이내에서 토출 공기온도는 약 1.9~4.3°C 낮게 나타났다.

이상으로 축냉 열교환기는 신호대기와 같은 짧은 시간동안 엔진 정지시에 에어컨 시스템의 정지로 인한 온도상승을 저지하는 효과가 있으며, 향후 축냉 성능을 향상하기 위하여 축냉 열교환기의 특성과 차량에 적합한 축냉제에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

#### References

1. Okuda, K., Komatsu, Y., Aoki, S., Fujiwara, T. and Nakahara, Y., 2005, Research of low tension ISG belt-driven system for idling stop system, IPC 13, pp. 238-243.
2. Jung, H., Lee, H., Rhee, J. and Lee, S., 2007, Control strategy development for belt-driven ISG(Integrated Starter Generator) system applied to the parallel hybrid vehicle, KSAE Drive and brake session symposium, KSAE07-L0017, pp. 24-36.
3. Gordon, R., 2001, A system approach to the mild hybrid powertrain, KSAE Gasoline engine, diesel engine, fuel and lubricant session workshop, pp. 89-109.
4. Stubberfield, P. J., Goodfellow, C. L., Jackson, N., Gaedt, L. P., Kok, D. B., Neu, M. and Picod, C., 2005, HyTrans-A demonstration micro hybrid vehicle for urban delivery applications programme overview, JSAE Annual congress proceedings, Vol. 85, No. 5, Paper No. 20055455.
5. Guyonvarch, G., 2003, Air conditioning systems adapted to vehicle electrification range, EVS 20 Symposium, Long Beach, California.
6. Guyonyarch, G., Aloup, C., Petitjean, C. and Savasse, A. D., 2001, 42 V Electric air conditioning systems (E-A/CS) for low emissions, architecture, Comfort and safety of next generation vehicles, SAE Paper No. 2001-01-2500.
7. Cathy, B., Roland, B., Gottfried, D., Guenther, F., Kurt, M., Von, R. G., Wolfgang, S., Brigitte, T. R. and Marcus, W., 2002, Air conditioning for automobile, Patent JP2002-274165, Behr GMBH.
8. Regine, H., Didier, L., Loic, L. and Christian, P., 2004, Thermal-inertia heat exchanger for automobile cooling liquid circuit, Patent JP2004-184071, Valeo Climate Co.
9. Guyonvarch, G., Haller, R. and Lepetit, L., 2003, A

- comparison between climate control systems providing thermal comfort during vehicle stops, SAE Paper No. 2003-01-1073.
10. Gin, B., Farid, M. M. and Bansal, P. K., 2010, Modelling of phase change material implemented into cold storage application, International high performance buildings conference at Purdue, Paper No. 3520, pp. 1-8.
  11. Craig, T., Brien, J. O., Polisoto, D. and Wolfe, N., 2010, Integrated air conditioning evaporator with phase change material for thermal storage, SAE 10AARS-022.