

## 자동차 공조용 대체 냉매로서의 H냉매에 대한 연구

최 정 원<sup>\*1)</sup> · 남 수 병<sup>2)</sup> · Scott Bang<sup>3)</sup>

한라공조(주)<sup>1,2)</sup> · HATCI<sup>3)</sup>

### A Study on the Fluid H in Automotive Air Conditioning System as an Alternative Refrigerant

Jeongwon Choi<sup>\*1)</sup> · Soobyeong Nam<sup>2)</sup> · Scott Bang<sup>3)</sup>

<sup>1,2)</sup>Halla Climate Control Corp., 1689-1 Sinil-dong, Daedeok-gu, Daejeon 306-230, Korea

<sup>3)</sup>Hyundai Kia America Tech Center, Inc., Ann Arbor, MI 48105, USA

(Received 11 May 2007 / Accepted 6 August 2007)

**Abstract** : It is time to prepare the phaseout of R134a, the current refrigerant, in automotive air conditioning system because the EC deadline has been coming with new platform vehicles in 2011 and all vehicles by 2017.

Until now a high-pressure carbon dioxide(CO<sub>2</sub>) system is the leading replacement of R134a in European auto-makers but there is no firm agreement in the world automotive market. Recently three new fluids have been announced as the possibilities from Honeywell, DuPont and INEOS Fluor. The new alternative refrigerant should meet the requirements like non flammable, non toxic, no ozone depletion effect and low GWP(under 150 to meet EC regulation).

The objectives of this paper are to review the fluid H from Honeywell, the more possible alternative refrigerant in 3 new fluids, compare the properties of R134a & fluid H and see the possibility as a replacement of R134a. In this experimental paper we ran and reviewed the cooling performance data in the bench system, the vehicle and the field test. We found the possibility of fluid H system to meet the R134a system performance with some hardware modifications but agreed that it is still needed to study about the long term safety, environmental effects, material compatibilities and so on.

**Key words** : EC(European Commission), GWP(Global Warming Potential), Alternative refrigerant

#### Nomenclature

Q : cooling capacity

T/P : tank/pass

h : enthalpy, kJ/kg

$\dot{m}$  : mass flow rate

CMH : m<sup>3</sup>/hr

SH : super heat

RH : relative humidity, %

SC : sub cooling

#### Subscripts

h : fluid

g : gas

hg : fluid to gas

### 1. 서론

자동차의 기술 발전과 더불어 자동차용 공조 기술 또한 비약적인 발전을 거듭해 오고 있다. 특히 냉매에 대한 연구는 그 시대의 기술 수준과 환경에 대한 관심이 고조됨에 따라 지속적으로 개발 및 개선

\*Corresponding author, E-mail: jwchoi@mail.hcc.co.kr

되어 오고 있다.

자동차용 공조시스템은 1928년 미국의 GM 社가 처음으로 CFC(Chlorofluoro Carbon)계 냉매를 개발하면서 본격적인 연구가 진행되었으며, 1939년 Packard 社에서 최초로 자동차용 공조시스템을 적용한 이래, 약 50여년간 대부분의 차량용 공조시스템에 CFC12(R12) 냉매가 사용되었다.

1974년 California 대학의 Rowland 교수 등이 Nature 지에 CFC계 냉매에 포함된 염소 성분이 오존층을 파괴한다는 문제를 지적하면서 대체 냉매의 필요성이 대두되기 시작하였다. 이를 계기로 오존층 보호를 위한 국제적인 연구와 협력이 이루어져, 1992년부터는 선진국을 중심으로 염소 성분을 함유하지 않은 HFC(Hydrofluorocarbon)계의 HFC134a (R134a) 냉매가 자동차용 공조시스템의 신냉매로 채택되어 현재까지 사용되고 있다.

하지만, R134a 냉매 또한 지구 온난화지수(GWP, Global Warming Potential)가 높아 EC(European Commission)에서는 2011년부터 신규 형식승인 차량에는 GWP가 150 이하인 냉매를 사용할 것을 결의하였으며, 2017년부터는 이를 모든 차량에 적용하는 것을 목표로 추진하고 있다.

이러한 EC 규제에 대응하기 위한 유력한 대안으로 지금까지 CO<sub>2</sub> 냉매를 이용한 공조시스템이 주목받아 왔으나, 2006년 3월 미국의 Honeywell社가 일본에서 개최된 심포지엄에서 H 냉매를 소개하였고<sup>1)</sup>, 같은 해 6월 미국 피닉스에서 개최된 대체냉매 심포지엄에서는 H 냉매에 대한 개선 평가 결과를 발표<sup>2)</sup> 하면서 자동차업계와 관심을 모으기 시작했으며, Honeywell社에 이어서 미국의 DuPont 社<sup>3)</sup>와 영국의 INEOS Fluor 社<sup>4)</sup>가 잇따라 GWP 150 이하의 신냉매 개발을 발표하는 등 R134a 대체냉매 개발은 새로운 국면으로 접어들고 있는 상황이다.

또한, 2006년 각국의 주요 자동차업체 및 관련 회사들이 참가한 가운데 미국 피닉스에서 개최된 대체냉매 심포지엄에서는 CRP-150(Cooperative Research Program)의 구성을 결의하고, 관심 있는 업체들이 협력하여 차세대 대체냉매에 대한 공동 연구를 수행하여 2007년 상반기까지 향후 추진 방향을 결정하기로 의견을 모으고 공동연구를 추진 중이다.

본 연구에서는 현재 대체 냉매로서 가장 유력하게 검토되고 있는 H 냉매에 대한 화학적, 물리적 특성을 파악함과 아울러, 벤치 시스템과 실차 평가를 통하여 얻은 결과에 대해 소개하고자 한다.

본 연구는 한라공조와 현대자동차, 그리고 현대자동차의 북미 연구소인 HATCI와 Visteon이 공동으로 수행하였으며, 실제 공조시스템을 이용하여 H 냉매를 평가하고 적용 가능성을 검토한 최초의 연구라는 점에서 그 의의가 크다고 할 수 있다.

## 2. 대체 냉매로서의 H 냉매

최근, R134a의 대체냉매로서 가능성이 부각되고 있는 타 냉매들과 본 연구에서 중점 검토한 H 냉매의 특성을 R134a와 비교 분석하였다(Table 1).

Table 1 Global warming impact comparison

Refrigerant	ODP	GWP	Flammability
R12	0.82	8500	None
R134a	0	1300	None
CO <sub>2</sub>	0	1	None
Fluid H	0	< 10	None
DP-1	0	40	None

### 2.1 대체 냉매의 동향

EC에서 결의한 대체 냉매의 조건은 오존파괴지수(ODP, Ozone Depletion Potential)가 '0' 이고, GWP가 150 미만이어야 하며, 비가연성(Inflammability) 물질이어야 한다. 이러한 조건을 만족하는 자연 냉매로서 그동안 CO<sub>2</sub> 냉매가 주로 연구되어 왔으며, EC에서는 CO<sub>2</sub>를 R134a 대체물질로 인정한 바 있다. 하지만, CO<sub>2</sub>는 R134a에 비해 작동 압력 범위가 5배 이상 높아, 고압의 작동 압력에 상응하는 내압성과 내구성, 지닌 부품이 필요하다는 단점을 가지고 있으며, 이에 따른 투자비용의 규모도 커져 북미 자동차업체들로부터 큰 호응을 얻지 못해왔다.<sup>5)</sup>

이러한 가운데, Honeywell社는 GWP가 10 이하이고 비가연성이며, Tetrafluoropropene(CF<sub>3</sub>CF=CH<sub>2</sub>)를 주성분으로 하여 Trifluoromethyl Iodide (CF<sub>3</sub>I)를 소량 함유한 공비혼합물(Azeotropic Mixture)인 H 냉매를 발표하였는데, 공비혼합물인 H 냉매는 혼합물이지만, R12나 R134a와 같은 단일 냉매와 동일한 거

등을 한다는 점에서 의미가 크다. 다만, 장기적인 독성에 대해서는 DuPont 社의 DP-1 냉매와 함께 아직 검증이 끝나지 않은 상태이므로 그 결과에 대하여 주목할 필요가 있다.

DuPont 社의 DP-1 냉매는 H 냉매에 비하여 잘 알려져 있지 않으며, 일부 자동차 메이커와 공동으로 R134a 시스템과의 비교 평가를 진행 중인 것으로만 알려져 있다. 작년 6월, 미국 피닉스에서 개최된 대체 냉매 심포지엄에서 발표된 내용에 의하면 DP-1은 비공비혼합물(Zeotrope Mixture)로써, 새로운 화합물을 주성분으로 하여 기존의 상업용 냉매를 소량 첨가한 냉매라고만 소개되었다. 소개된 내용을 토대로 유추해 보면, DP-1 냉매는 비공비혼합물이기 때문에 냉매 누설 등 비정상적인 상태에서 혼합물 간의 혼합비율이 변경될 경우, 냉매의 성질 자체가 변할 수 있는 단점을 가진 것으로 판단된다.

이 밖에 가장 최근에 발표된 영국 INEOS Fluor 社의 대체 냉매에 대해서는 아직 구체적인 자료나 평가 결과가 공개되지 않았으며, 조만간 상세 내용이 발표되면 추가 검토가 필요할 것으로 예상된다.

## 2.2 H 냉매의 특성

H 냉매와 R134a 냉매의 특성을 쉽게 비교할 수 있도록 포화증기 온도와 압력의 관계를 Fig. 1에 나타내었다. 그래프에서 H 냉매의 포화증기 온도-압력 선은 R134a와 매우 유사함을 알 수 있다.

실제 냉동 사이클의 작동 범위 내에서 H 냉매의 포화 압력선은 R134a 냉매와 거의 근사하며, 37°C 부근에서 상호 교차점이 발생하게 된다. 즉, H 냉매

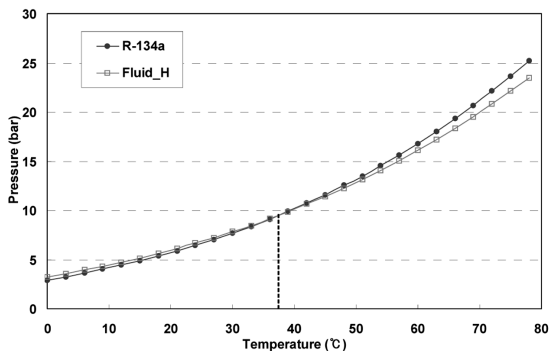


Fig. 1 P-T comparison of R134a & fluid H

Table 2 Physical properties of R134a & fluid H

Properties	R134a	Fluid H
Chemicals	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> F	CF <sub>3</sub> CF=CH <sub>2</sub> +CF <sub>3</sub> I
Boiling point, Tb	-26°C	-30°C
Critical point, Tc	102°C	97°C
Molecular weight	102	139

의 포화 압력선은 37°C 이하 영역에서는 R134a 대비 높고 그 이상의 영역에서는 낮게 나타나, H 냉매로 실제 냉동 사이클을 구성할 경우, 유효 작동 범위 내에서 시스템 내의 고압과 저압 간의 압력차를 다소 낮출 수 있을 것으로 기대된다.

Table 2는 R134a 냉매와 H 냉매에 대한 기본 물성치를 비교한 것으로 비등점과 임계 온도는 H 냉매가 약간 더 낮다는 것을 알 수 있다. 또한, 두 냉매의 물성치 중에서 분자량의 차이에 주목할 필요가 있는데, H 냉매의 분자량이 R134a에 비해 크기 때문에 동일 체적의 냉매가 냉동시스템으로 유입될 경우, 냉동사이클 내에서 H 냉매의 질량 유량이 R134a에 비해 상대적으로 커진다는 것을 예측할 수 있다.

두 냉매의 냉동사이클 특성을 이론적으로 비교하기 위해 저온영역인 증발측 온도를 0°C로, 고온영역인 응축측 온도를 60°C로 가정하고, 동일한 사이클을 구성하여 Table 3에 비교하였다.

이상 사이클로 가정하여 증발 및 응축 온도 조건을 고정하고 사이클 특성을 비교하면, R134a 냉매에 비하여 H 냉매가 증발 압력은 약 1.107배로 높은 반면, 응축 압력은 약 0.958배로 낮다. 여기서, H 냉매의 증발 잠열은 R134a에 비해 약 0.697배 작지만, 가스 밀도는 오히려 1.436배 정도 크므로, 냉매의 질량 유량이 크다는 것을 알 수 있다. 냉매의 열역학적인 특성을 고려하여 두 냉매의 이론적 냉방성능을 냉매 질량 유량과 엔탈피의 곱으로 각각 표현하면,

$$Q_{R134a} = \dot{m}_{R134a} (\Delta h_{hg,R134a}) \quad (1)$$

$$Q_{FluidH} = \dot{m}_{FluidH} (\Delta h_{hg,FluidH}) \quad (2)$$

와 같이 나타낼 수 있으며, 이것을 Table 3에서 구한 각각의 비(Ratio)를 이용하여 다시 정리하면, H 냉매의 질량 유량은 R134a의 1.436 배, 증발 잠열은 0.697 배가 되므로, 다음 식으로 표현할 수 있다.

Table 3 Characteristics of refrigerant cycle

	R134a	Fluid H	Ratio*
Evap. temp.(°C)	0.0	0.0	-
Cond. temp.(°C)	60.0	60.0	-
Evap. press.(bar)	2.93	3.24	1.107
Cond. press.(bar)	16.81	16.10	0.958
Vapor density(kg/m <sup>3</sup> )	14.52	20.85	1.436
Heat of vaporization (kJ/kg)	197.2	137.4	0.697

(\* Ratio : Fluid H / R134a)

$$Q_{FluidH} = 1.436 \dot{m}_{R134a} (0.697 \Delta h_{hg,R134a}) \approx Q_{R134a} \quad (3)$$

이상에서, H 냉매를 이용한 냉동사이클의 증발기 성능은 R134a 냉매를 이용한 증발기 성능과 거의 대등한 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있는데, 이와 같은 가정에는 실제 냉방 사이클에서의 열전달 특성과 작동 시의 압력 강하 등과 같은 변수들은 고려하지 못했으나, H 냉매가 R134a를 대체하는 냉매로서의 가능성은 충분히 확인할 수 있다고 생각된다.

### 3. A/C Bench 평가

본 장에서는 앞에서 살펴본 H 냉매와 R134a 냉매의 기본 특성을 바탕으로, 실제 에어컨 시스템에서의 성능을 비교하기 위해 현대자동차의 소형 차량용 공조 시스템을 이용하여 벤치(Bench) 냉방성능을 평가한 결과를 소개한다.

먼저, 특성 분석을 통하여 H 냉매는 분자량이 크고 밀도가 커서 냉매 질량 유량이 증가하기 때문에 공조 구성 부품에서 압력강하(Pressure Drop)가 크게 발생되어 냉방성능 저하를 일으킬 수 있는 것으로 예측된다. 따라서, 압력 강하를 최소화하기 위하여 기존 R134a 냉매 시스템의 Suction Line 연결부위를 최대한 줄이고 유선화하여, H 냉매 평가용 Suction Line을 구성하였다.

또한, 냉방 성능에서 주요 인자인 증발기의 냉매 유동 구조를 개선하여 압력 강하를 최소화할 필요가 있으므로, 3.1항과 같은 방법을 이용하여 H 냉매 시스템에 적합한 증발기 사양을 선정하였다.

참고로, 냉매결정량 시험에서 H 냉매의 적정주입량은 R134a 시스템 대비 27% 증가하는 것으로 나타났다.

### 3.1 증발기 성능 평가 및 사양 결정

증발기는 헤드(Tank), 튜브(Tube), 핀(Fin) 부로 구성되어 있다. 먼저, 냉매의 압력 강하를 최소화할 수 있는 증발기를 선택하기 위해 R134a 냉매를 이용하여 증발기의 헤드 수와 튜브의 Pass를 바꾸면서 각 조건별 냉방 성능과 냉매측 압력 강하량을 평가하였다. Table 4에 증발기 평가 조건을, Fig. 2에 평가 결과를 나타내었다.

Table 4 Evaporator test conditions

Inlet air flow (CMH)	424
Inlet air temperature(°C)	26.7
Humidity	50% RH
Inlet pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	15.5
Outlet pressure(kg/cm <sup>2</sup> )	2.0
Super heat / Sub cooling	7°C SH / SC

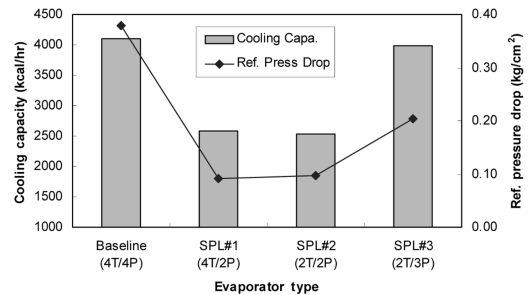


Fig. 2 Evaporator test data

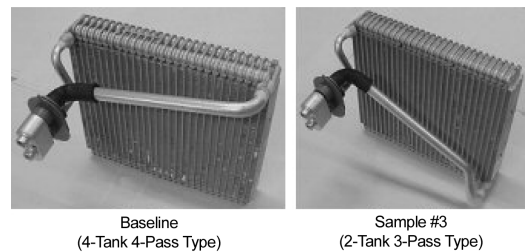


Fig. 3 Evaporator comparison

증발기 사양별 평가를 통하여 헤드 수와 튜브의 Pass를 너무 단순화 할 경우, 냉매측 압력 강하는 최소화 할 수는 있으나, 냉방 성능도 함께 저하되는 것을 확인할 수가 있었다. 따라서, 냉방성능은 다소 열세이지만 냉매측 압력 강하가 상대적으로 작은 증발기(2tank-3pass)를 H 냉매 평가용으로 사용하기로 결정하였다. Fig. 3에는 현 R134a 사양과

H 냉매 평가용으로 사용한 증발기의 형상을 표시하였다.

### 3.2 A/C Bench System 평가 결과

증발기의 구조에 따른 냉방 성능과 냉매측 압력 강하 평가 결과를 토대로 실차 상태를 모사한 A/C Bench System을 구성하고, 먼저 R134a 냉매를 이용하여 평가를 실시하였다.

다음으로, H 냉매를 이용하여 Suction Line 개선 품만 적용(Mod#1)하여 평가를 실시한 후, 이어서 증발기 개선품을 추가 적용(Mod#2)하여 평가를 실시하였다. 평가 조건은 Table 5에 나타내었다.

A/C System Bench는 Fig. 4와 같이 실차 상태를 모사하여 Engine Room과 Passenger Room을 독립적으로 구성하여 평가하였으며, 그 결과를 Fig. 5에 나타내었다.

상대적으로 냉매측 압력 강하가 큰 H 냉매의 경우, 저속 조건에서는 성능 저하를 보였으나 고속 조건에서는 증발기측 토출 온도가 R134a 대비 우세하였으며, 냉매측 압력 강하를 Suction Line만 개선한 사양(Fluid H\_Mod#1)에 비해 증발기측 냉매 유동까지 함께 개선한 사양(Fluid H\_Mod#2)이 보다 우세한 성능을 가지는 것으로 나타났다.

A/C System Bench 평가를 통하여 H 냉매가 냉매측 압력 강하에 매우 민감하며, 이러한 압력 강하 문제를 해결할 경우, 현재 사용되고 있는 R134a를 대체할 수 있는 수준의 냉방 성능 확보가 가능함을 확인할 수 있었다.

한편, 2500 rpm 이상의 고속 조건에서는 H 냉매가 R134a 대비 우세한 냉방 성능을 보이지만, 상대적으로 저속 구간인 900 rpm 조건에서는 열세를 보였으므로, 실제 차량운행시의 다양한 운전 조건을 고려할 때, 특히 Idle 상태에서의 성능이 저하될 것으로 예상된다.

따라서, R134a A/C System에 H 냉매를 직접 적용하는데는 한계가 있으므로, H 냉매의 특성을 고려하여 현행 A/C System의 부품을 개선할 필요가 있으며, 특히, 냉매측 압력 강하의 관점에서 개선이 진행되어야 함을 간접적으로 확인할 수 있었다.

Table 5 A/C system bench test conditions

Compressor RPM	Condenser air		Evaporator air		
	T.(°C)	CMH	T.(°C)	CMH	RH
900	40	1530	25	390	50%
2500	25	4750		480	
3000					
3500					

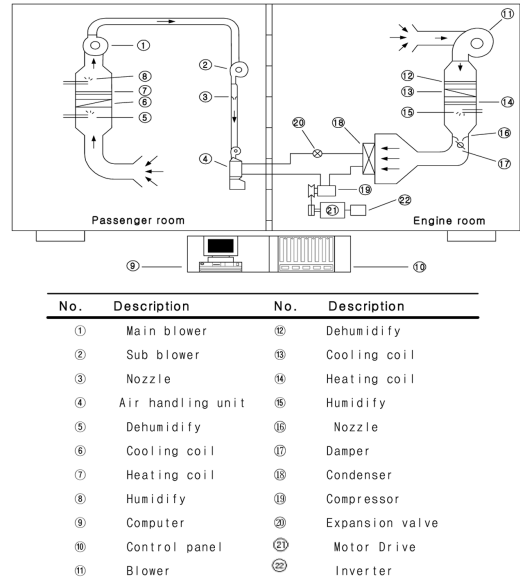


Fig. 4 A/C bench test stand

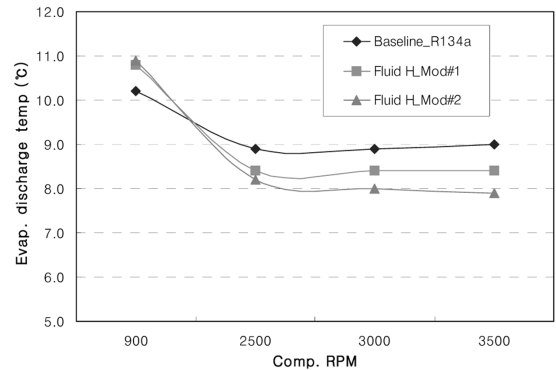


Fig. 5 A/C bench test data

## 4. 실차 A/C 성능 평가

A/C Bench 평가를 통하여 R134a 냉매시스템에 H 냉매의 특성을 고려하여 부품을 적절히 변경하여 적용할 경우, H 냉매를 이용하더라도 기존의 R134a 시

스텝과 유사한 수준의 냉방 성능을 확보할 수 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 냉방 성능을 실제 차량에서도 확보할 수 있는지를 검증하기 위하여 HMC의 소형 차량을 이용하여 비교 평가를 실시하였다.

실차 평가는 HATCI에서 주관한 혹서지 평가(Hot Test Trip)에 참여하여 동일한 기간에 동일한 방법으로 실시하였으며, Stop & Go Test 방법과 Fresh A/C Test 방법에 준하여 평가를 실시하였다.

먼저, Stop & Go Test 방법은 주로 시내주행과 같이 저속 주행과 정지를 반복하는 상태를 모사한 것으로, 평가조건은 Table 6과 같다. 이 평가조건을 이용하여 R134a와 H 냉매에 대하여 평가한 결과를 벤트(Vent) 토출온도를 기준으로 Fig. 6에 나타내었다.

R134a 냉매 시스템에는 현재 양산중인 A/C 부품을 그대로 적용하여 평가하였으며, H 냉매 시스템에는 압력 강하를 개선한 Suction Line 및 증발기(2 tank-3 pass)를 적용하여 비교 평가하였다. 평가는 미국 캘리포니아 주의 Palm Desert 부근에서 6월 중순경에 실시하였으며, 당시의 외기 온도는 45°C 이상으로 매우 무더운 조건이었다.

고온 고압의 운전 조건인 Stop & Go Test 조건에서는 두 냉매 모두 유사한 경향을 보이지만, H 냉매가 R134a 냉매 대비 약 1~2°C 정도 열세 구간이 발

생하였다. 이것은 Bench System 평가에서도 Idle 및 저속 조건에서 H 냉매가 R134a 대비 약간 열세의 냉방 성능을 보였던 결과와 유사하며, 이는 H 냉매가 비체적이 낮고 가스 밀도가 높아 R134a 대비 압력 강하 등에 따른 영향이 크기 때문인 것으로 사료된다.

다음으로, Fresh A/C Test 방법은 실제 정상 운전 상태를 모사한 것으로, A/C OFF 상태에서 시작하여 Idle 상태에서 A/C를 ON 한 다음, 중속(50 KPH) 및 고속(100 KPH) 조건으로 바꾸면서 평가하는 것이다. Table 7에 상세한 평가 조건을 나타내었다.

주행 상태가 Idle의 저속 운전 조건에서 시작하여 고속 운전 조건으로 변경되는 Fresh A/C Test에서는, H 냉매 시스템이 R134a 시스템과 동등한 수준의 냉방 성능을 가지는 것으로 나타났다.

Fig. 7은 Fresh A/C Test 방법을 이용하여 H 냉매와 R134a 냉매 시스템을 실차에서 평가한 결과를 벤트 토출 평균온도로 비교 표시한 것이다. 모든 평가 구간에서 H 냉매와 R134a 시스템이 동등한 성능을 보이고 있음을 알 수 있다.

이상과 같이, H 냉매의 물리적 특성을 고려하여, 냉매측 압력 강하를 위해 Suction Line과 증발기 냉매 유로를 개선한 사양을 H 냉매 시스템에 적용하

Table 6 Stop & go test conditions

A/C mode	Drive mode	
- A/C on start - Max. blower - Recirc mode	Cycle test (8 times)	40 KPH (2min)
		Idle (2min)
	70 KPH	10min
	Idle	10min

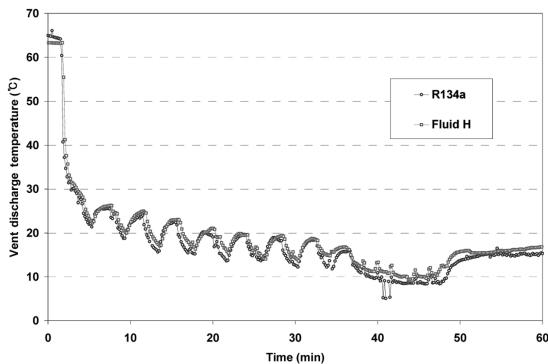


Fig. 6 Stop & go vehicle A/C test data

Table 7 Fresh A/C test conditions

A/C mode	Drive mode	
- A/C off start	Idle	15min (A/C off)
	Idle	15min (A/C on)
- Max. blower	50 KPH	15min (A/C on)
- Fresh mode	100 KPH	15min (A/C on)

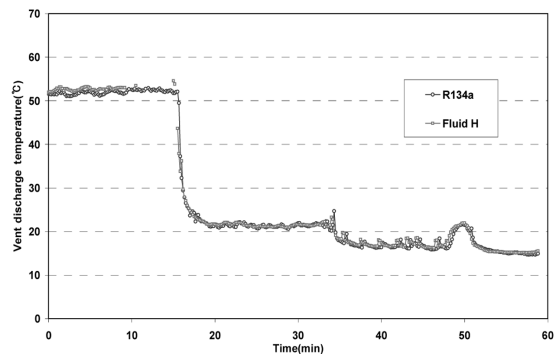


Fig. 7 Fresh mode vehicle A/C test data

여 평가한 결과, 고속 운전 조건에서 압력 강하 개선품의 효과가 크다는 것을 알 수 있었으며, H 냉매가 현재의 R134a 냉매를 대체할 수 있다는 가능성을 다시 한번 확인할 수 있었다.

## 5. 결론

차세대 대체 냉매에 대한 선택이 불가피한 시점이 점차 현실로 다가오고 있는 가운데, 선진국의 자동차 산업 및 냉매 업체에서는 자신들이 주도하는 냉매를 채택하기 위해 보이지 않는 노력을 기울이고 있다.

본 연구는 현재 가장 주목받고 있는 대체 냉매 중의 하나인 H 냉매를 대상으로 R134a를 대체할 수 있는 가능성을 검토하기 위하여 수행되었으며, 냉매의 물리적 특성에 대한 비교 분석과 냉방 성능에 대한 비교 평가를 실시하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 물리적 특성을 비교한 결과, H 냉매의 경우 포화 증기선이 R134a와 상당히 유사하였으나 37°C 부근에서 교차점이 발생하며, 이 교차점 이하의 온도 범위에서는 R134a 대비 압력이 높고, 그 이상의 온도 범위에서는 압력이 낮아 상대적으로 낮은 압축비를 가질 수 있다.
- 2) H 냉매의 경우 R134a 대비 증발열이 작지만 가스의 밀도가 높아서 냉매 질량 유동이 증가하므로, 저온 작동 영역인 0°C에서의 증발기 냉방 성능을 이론적으로 비교하여 R134a와 유사한 냉방 성능을 예측할 수 있었다.
- 3) H 냉매의 분자량은 R134a에 비해 크므로 냉매의 압력 강하와 성능 저하가 예상되며, 본 평가에서는 Suction Line 및 증발기 유로 개선품을 사용하여 성능 개선 효과를 검증할 수 있었다.
- 4) Bench System을 이용한 냉방 평가에서 H 냉매 시스템에 Suction Line 개선품과 추가 증발기 개선품을 적용할 경우, 고속 조건에서 R134a 대비 우세한 냉방 성능을 얻을 수 있었으나, 저속 구간에서는 압력 강하의 영향으로 성능이 열세로 나타

났다.

- 5) 실차 평가에서 유로 개선품을 적용한 H 냉매 시스템 차량의 냉방성능은 Stop & Go Test 조건에서는 R134a 시스템 대비 다소 열세, Fresh A/C Test 조건에서는 R134a 시스템과 동등한 것으로 나타났다.
- 6) H 냉매를 냉방 성능의 관점에서 검토한 결과, R134a 대체 가능성을 충분히 확인하였으며, H 냉매를 적용하기 위해서는 현 R134a 냉매 대비 냉매측 압력 강하를 줄이는 방법과 저속 운전 조건에서의 냉방 성능을 개선하는 관점에서 진행되어야 함을 확인할 수 있었다.

## 후 기

Special thanks to John Meyer in Visteon and Mark W. Spatz in Honeywell for their supports.

## References

- 1) M. W. Spatz, "Ultra-Low GWP Refrigerant For Mobile Air Conditioning Application," JSAE Automotive Air-Conditioning Conference, 2006.
- 2) M. W. Spatz, "Updated on an Ultra-Low GWP Refrigerant For Mobile Air Conditioning Application," SAE 7th Alternative Refrigerant Systems Symposium, 2006.
- 3) B. H. Minor, "DuPont Next Generation Refrigerant MAC Global Industry Solution," SAE 7th Alternative Refrigerant Systems Symposium, 2006.
- 4) INEOS Fluor, "New Refrigerant from INEOS Fluor Developed to Meet Long Term Needs of the Automotive Air-conditioning Sector," [www.ineosfluor.com](http://www.ineosfluor.com), 2006.
- 5) P. Weissler, "Air Conditioning and Global Warming," Automotive Engineering International, pp.52-56, 2006.