

쾌적한 실내환경을 위한 클러스터이온 발생장치 기술

■ 지용준 / 한라공조(주) 기술연구소 연구1팀, yjlee@mail.hcc.co.kr

자동차 내부의 공기정화를 위하여 설치되는 공기청정기술에서 새로운 방식의 클러스터이온 발생장치에 의한 클러스터 음·양이온 공급, 제균, 항균 및 악취제거로 쾌적한 실내환경을 제공할 수 있는 기술에 대하여 소개하고자 한다.

사회가 발전함에 따라 대부분의 현대인들은 자동차를 보유하고 있으며, 자동차에서 생활하는 시간이 점점 길어지고 있다. 이로 인하여 많은 시간을 차실내에서 보내야 하는 승객들에게 신선한 공기를 유지해주는 것이 중요한 관심사로 대두되고 있다. 따라서 최근의 자동차 공기조화 시스템에서는 공조 장치 외에 별도의 공기정화장치를 부착하여 차내의 공기를 쾌적하게 유지하려는 연구가 진행되고 있다.

이러한 공기정화장치는 공기중에 함유되어 있는 VOCs(휘발성 유기물질), 곰팡이, 박테리아 및 바이러스 등의 각종 인체 유해 물질과 악취 물질들을 저감 또는 방지함으로써 차실내 공기를 보다 신선하고 쾌적한 상태로 만들어 주는 역할을 한다.

본고에서 소개하는 기술은 클러스터이온 발생기에 대한 내용으로, 기존의 차량용 공기청정기는 코로나 방전방식의 음이온 발생장치를 장착하여 음이온을 차실내로 공급하고 있으며, 일반적으로 많이 사용되는 방식으로 어느 정도 쾌적한 차실내를 제공하지만, 유해물질 및 악취 물질들을 제거할 수 없는 단점이 있었다.

차량용 클러스터이온 발생장치는 공조시스템의 냄새제거, 특히 공조장치내에 있는 증발기의 냄새를 제거함과 동시에 차실내로 클러스터이온을 제공함으로써 쾌적한 차실내 공기를 유지할 수 있는 기술의 연구에 중점을 두었다.

음이온 발생원리 및 종류

이온 발생장치에는 여러 가지 방식이 사용되고 있으며, 그 중 상용화된 가정용 공기청정기를 예를 들어 보면, 코로나 방전 방식, 전자 방사 방식, 수파쇄 방식 및 플라즈마 방식 등이 있다.

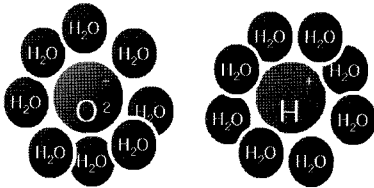
각 방식에 대하여 간략히 살펴보면, 코로나 방전 방식인 방전 전극과 접지 전극 사이에 매우 높은 전압을 인가하여 양(+) 전극 사이에 코로나 방전을 발생시킴으로써 두 전극 사이에 있는 산소 등의 공기 분자를 이온화시켜 공기를 정화하는 방식이다. 전자방사 방식은 양(+) 전극을 설치하지 않고, 침상의 도체를 음(-) 전극화한 후 이 음(-) 전극에 고전압을 가하여 공기 중에 직접 전자를 방출하는 방식으로, 방출된 전자가 산소 또는 수분과 결합하여 음 이온을 생성하여 공기를 정화하는 방식이다. 또한, 수파쇄 방식은 소위 레너드효과(Lenard effect), 즉 물이 높은 곳에서 아래쪽으로 떨어지면서 수면 또는 바위 등에 부딪힐 때 그 주위의 공기에 미약한 전기를 띄는 음(-) 이온을 발생시키고, 물방울은 스스로 양(+) 전기를 띄는 현상을 이용하여 음(-) 이온을 생성시킴으로써 공기를 정화하는 방식이다. 플라즈마 방식은 공기가 플라즈마 상태로 변할때 공기 분자로부터 전자가 유리되는 현상을 이용하여 음(-) 이온을 생성시켜 공기를 정화하는 방식이다.

클러스터이온 효과

본고에서 소개하는 클러스터이온 발생 원리 및 과정은 다음과 같다. 클러스터이온의 정의는 이온이 여러 개의 물 분자에 둘러싸여 소이온 상태로 된 모양으로 한다(그림 1 참조).

다음 음이온의 생성과정을 화학적으로 그리고 도식적으로 표현하면 아래와 같다. 먼저 물 분자에 강한 음전기를 가하면 물 분자는 수소와 산소로 결합이 분리되고, 분리된 산소원자는 그 상태가 불안정하여 서로 붙으려는 성질을 띄게 되어 전자와 함께 산소원자들은 결합을 하게 된다. 결국 이렇게 됨으로써 물 분자는 수소와 산소 음이온으로 변형되어 음이온이 생성된다(그림 2 참조).

양이온의 생성과정을 표현하면 아래와 같다. 먼저 물 분자에 강한 양전기를 가하면 물 분자는 전자를 방출하고 수소이온과 산소로 결합이 분리되고, 분리된 산소원자는 그 상태가 불안정하여 서로 붙으려는 성질을 띄게 되어 산소원자들끼리 결합을 하여 산소분자를 형성하게 된다. 이때 물 분자로부터 방출되어 나온 전자들은 양전극 쪽으로 이동하여 흡수된다. 결국 이렇게 됨으로써 물 분자는 산소와 수소양이온으로 변형되어 양이온이 생성



[그림 1] 클러스터이온의 정의

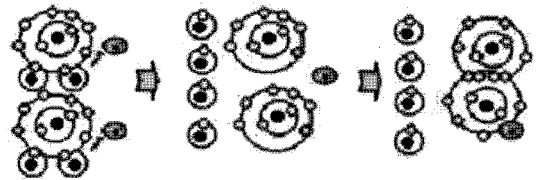
된다(그림 3 참조).

클러스터이온의 생성과정은 다음과 같다. 공기 중에 토출된 음이온과 양이온은 불안정하므로 주위의 물 분자들과 결합하려는 성질을 가지게 되며, 결국 여러 개의 물 분자들과 결합하여 포도송이처럼 형성된 상태의 클러스터이온을 형성한다. 이렇게 형성된 클러스터이온들은 각각 극성을 띄고 있게 된다(그림 4 참조).

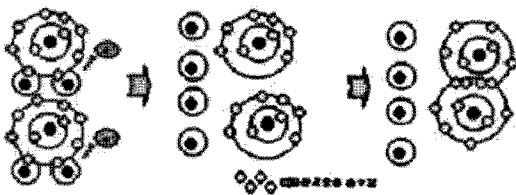
극성을 가진 클러스터이온들은 공기에 의해 유동되면서 안정화되기 위하여 공기중의 유해물질에 달라붙게 된다(그림 5 참조).

유해물질에 달라붙은 클러스터이온들은 주위의 물 분자와 반응하여 수산화기를 생성하고, 이때 생긴 과산화수소(H₂O₂)로 공기 중으로 증발된다(그림 6 참조).

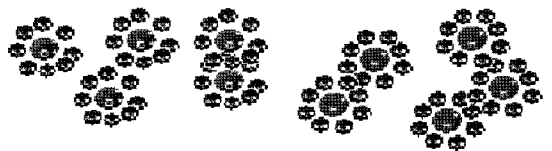
발생한 수산화(OH)기는 유해물질의 최외곽의 수소원자를 빼앗아 H₂O로 변하여 공기 중으로 방출되며, 수소원자를 빼앗긴 유해물질은 활성도가 떨어



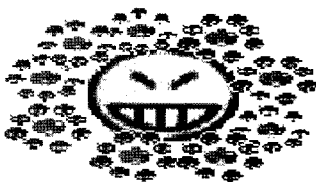
[그림 2] $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{강한 음전기 방사} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2^-$



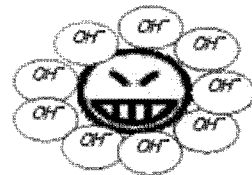
[그림 3] $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{강한 양전기 방사} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2$



[그림 4] $\text{H}_3\text{O}^+ (\text{H}_2\text{O})_n, \text{O}_2^- (\text{H}_2\text{O})_n$ 생성



[그림 5] $\text{H}_3\text{O}^+ (\text{H}_2\text{O})_n, \text{O}_2^- (\text{H}_2\text{O})_n + \text{NH}_3$



[그림 6] $\text{H}_3\text{O}^+ (\text{H}_2\text{O})_n, \text{O}_2^- (\text{H}_2\text{O})_n \rightarrow \text{OH} + \text{H}_2\text{O}_2(\uparrow) + (\text{H}_2\text{O})_n(\uparrow) + \text{NH}_3$



어져서 무해한 물질로 변화하게 된다(그림 7 참조).
이상의 과정으로 인하여 공기 중의 여러 형태의 유해물질과 미생물 등이 분해되거나 멸균됨으로써 냄새를 제거할 수 있음이 입증되었다.

해외 개발사 개발 현황

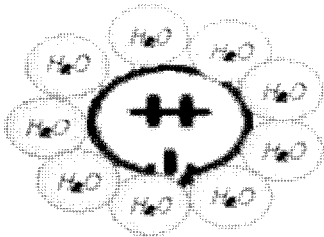
플라즈마 방식을 이용한 클러스터이온 발생장치는 2003년에 일본의 샤프사에서 최초로 개발하여 가정용 공기청정기에 장착하여 시장에 제품을 판매하기 시작했다. 그림 8은 클러스터이온 발생장치가 채용된 샤프사의 공기청정기를 보여주고 있다.

2004년에 닛산자동차는 마치(March) 차량에 클러스터이온 발생장치를 탑재하여 최초로 일본 내

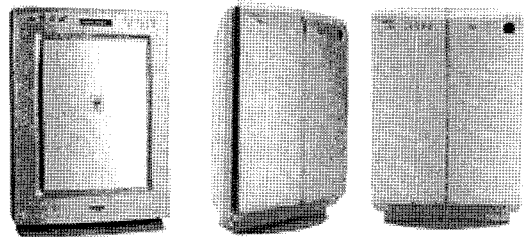
에서 양산에 들어갔으며, 클러스터이온 발생방식은 일본의 샤프사에서 개발한 플라즈마 방식을 적용하였다. 클러스터이온 발생장치는 운전석쪽 덕트 통로에 설치되어 운전석쪽 통풍구로만 이온이 배출되도록 구성되었다. 그림 9는 닛산자동차 마치차량의 클러스터이온 발생기가 장착된 형상을 보여주고 있다. 그림 10에서는 클러스터이온 발생장치가 설치된 위치와 공조시스템을 보여주고 있다.

2005년에는 닛산자동차의 쿠베(Cube) 및 도요다 자동차의 포르테 (Porte) 차량이 동일한 개념의 클러스터이온 발생장치를 적용하여 점차로 적용추세를 확대하였다.

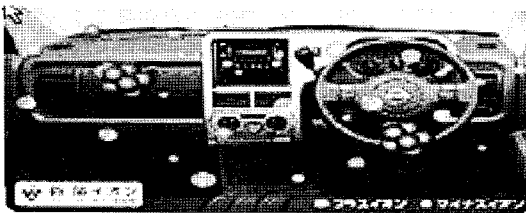
또한 일본의 덴소(Denso)에서는 차실내 공기정



[그림 7] $OH + H_2O_2(\uparrow) + (H_2O)n(\uparrow) + NH_3$
 $\rightarrow H_2O + NH_2$



[그림 8] 샤프사의 클러스터이온 발생기를 장착한 가정용 공기청정기



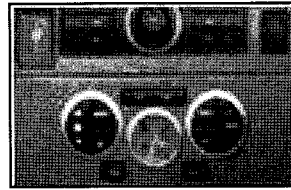
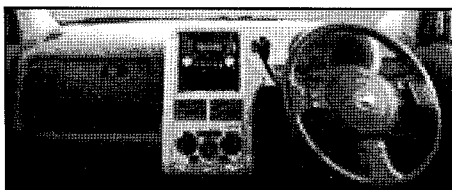
[그림 9] 클러스터이온 발생장치를 채용한 닛산 마치 (March) 차량



クリーンモード
積極的に車内の
除菌を行います。



イオンコントロールモード
車内のイオンバランスを
調整します。



[그림 10] 클러스터이온 발생장치를 채용한 닛산 쿠베 (cube) 차량

화를 목적으로 2004년에 레이디팩(Lady pack)이란 상품명으로 클러스터이온 발생장치를 상품화하여 애프터마켓 시장에 판매를 시작하였고, 이것 또한 샤프사의 방식을 그대로 이용한 것이었다. 그림 12는 덴소사의 레이디팩의 모습을 보여주고 있다.

그러나 상기에 언급한 클러스터이온 발생장치는 단순히 클러스터이온만을 방출하도록 되어 있어 차실내의 공기정화 및 운전자의 쾌적성 향상에는 어느 정도 효과가 있지만, 에어컨 작동시 발생하는 냄새 제거에 대한 실질적인 방안을 제공하지는 못하고 있다. 차량에서 냄새의 실질적인 원인은 공조장치 내부에 있는 증발기가 주원인이며, 이 증발기에 외부로부터 유입된 여러형태의 이물질과 곰팡이, 박테리아 등의 미생물이 부착되어 오염되고 에어컨을 작동하는 동안 증발기에 발생된 응축수에 의하여 오염물질들의 부패작용을 촉진, 미생물의 성장환경을 제공하게 되어 결국 이러한 복합적인 요인들로 인하여 불쾌한 냄새가 발생하게 되는 것이다.

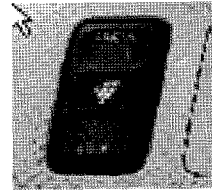
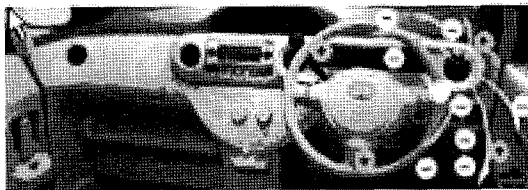
본고에서 다루는 차량용 클러스터이온 발생장치는 공조시스템의 냄새 제거, 특히 공조장치 내에 있는 증발기의 냄새를 제거할 수 있도록 그 장치

위치를 고안하고, 동시에 쾌적한 차실내 공기를 제공할 수 있는 클러스터이온 발생장치를 개발함으로써 경쟁력이 있는 제품을 개발하는 데 연구의 중점을 두었다.

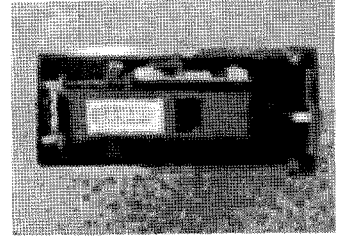
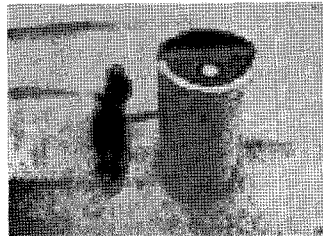
클러스터이온 발생장치의 구성

제안된 새로운 방식의 클러스터이온 발생장치는 전자 방식식 방법을 사용하고 있으며, 이 방식은 샤프사의 플라즈마 방식에 비하여 그 구성이 간단하여 가격도 저렴하다. 특히 이온발생량을 극대화하고 오존발생을 억제하는 측면에서도 플라즈마 방식에 비하여 우수함이 입증되었다. 그림 13은 본고에서 제안된 클러스터이온 발생장치를 보여주고 있다.

개발된 클러스터이온 발생장치의 기본구성은, 특정 주파수의 전류를 인가하여 일정한 파형의 주파수를 제공하도록 이루어지는 발진회로와, 이 발진회로에서 제공되는 주파수를 제공받아 전압으로 변환하여 고전압을 발생시키도록 이루어지는 한 쌍의 트랜스와, 한 쌍의 트랜스에서 제공되는 고전압을 이용하여 양(+)이온 및 음(-)이온을 발생시키도록 결정하여 주는 배압부, 그리고 이 배압부에



[그림 11] 클러스터이온 발생장치를 채용한 도요다 포르테 (Porte) 차량의 모습



[그림 12] 덴소사의 상품명 레이디팩 클러스터이온 발생장치



연결되어 전기적 토출방식에 의하여 이온을 발생 시키도록 이루어지는 발생부로 구성되어 있다. 이온발생기의 위치는 발생된 이온이 항상 증발기를 통과하여 이온에 의하여 제균될 수 있도록 증발기 입구측에 설치하였다.

실차 이온 발생량 시험 결과

개발한 클러스터이온 발생장치의 효과를 검증하기 위하여 제네시스 차량의 공조시스템에 클러스터이온 발생장치를 장착하여 음이온과 양이온의 발생량을 시험하였다. 시험 조건은 공조장치의 송풍량에 따라 토출구를 지나 차실내로 토출되는 음이온과 양이온의 수량을 이온측정기(Dan Science 83-101B)를 이용하여 측정하였으며, 각각 5분씩 3회를 측정하여 평균한 결과이다.

최대 송풍량일 때 음이온은 약 11만개, 양이온은 약 10만개가 측정되었으며, 송풍량이 저단일 때는 음이온은 7천개, 양이온은 5천개 정도가 측정되었다.

실차 오존발생량 시험 결과

동일 차량에서 음이온과 양이온이 발생될 때 오존 발생량도 동시에 측정하였다. 오존은 논란의 여지가 있지만, 차실내에 직접 토출시 인체에 미칠 수 있는 유해성을 검증하기 위해서였다. 측정 위치는 운전석과 조수석 중간 탑승자가 앉았을 때 가슴 정도 높이의 위치에 분석 장치의 흡입구를 설치하고, 미국 EPA 공인 분석 장비인 API Photometric O₃ analyzer model 400을 이용하여 차량 실내 공기 중에 포함된 오존 농도를 측정하였다.

오존 발생 측정방법은 오존이 가장 많이 발생하

는 모드로 8시간 작동하면서 차량 실내 오존 농도를 측정하였으며, 비교평가를 위하여 도요다 자동차 Reiz도 동일한 방법으로 측정하였다.

오존량 발생 시험결과 차량 내의 초기값과 8시간 작동후의 후기값을 비교해 보면 약 0.02 ppm 정도로 인체에 전혀 무해한 수준이며, 도요다 자동차의 Reiz에 비하여는 매우 적은 오존량을 발생하였다.

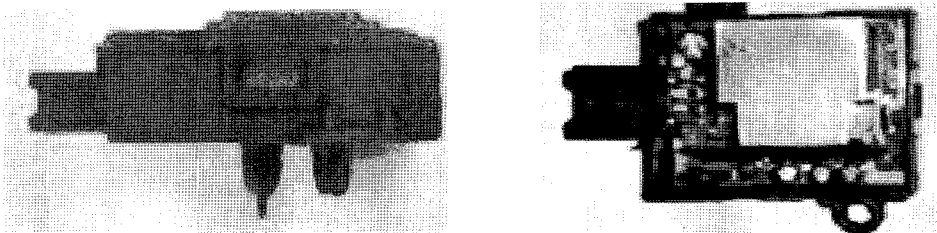
항균력 시험 결과

마찬가지로 차량에서 클러스터이온 발생기를 가동하였을 때 차량 실내 공기의 부유균과 증발기의 곰팡이 및 세균을 죽이는 능력을 평가하였다. 제균 능력을 확인하기 위하여 실내의 부유균 평가 방법과 자동차의 에어컨을 가동하여 증발기에 발생하는 응축수를 받아 배양하는 방법을 사용하였다. 부유균을 채집하기 위하여 낙하법과 포집법을 사용하여 시료를 채취하였으며, 응축수는 무균 비커를 사용하여 채집하였다.

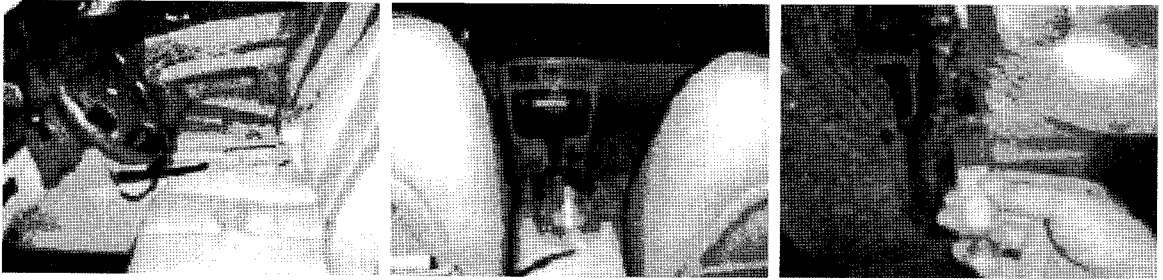
차량에서 공조장치를 가동할 때 발생되어 응축수를 비커에 받아서 이 응축수에 포함되어 있는 곰팡이 및 세균을 배양하는 방법을 사용하였으며, 이때 클러스터이온 발생기를 가동했을 때와 하지 않았을 때를 각각 비교하였다.

다음은 클러스터이온 발생기 작동시와 작동하지 않았을 때에 대하여 수거된 응축수를 배양하였을 때 곰팡이와 세균의 상태를 보여주고 있다.

전체적으로 클러스터이온 발생기를 작동하기 전에는 공조시스템 내 증발기에 많은 양의 곰팡이와 세균이 서식하고 있으므로, 부유균과 세균 및 곰팡이가 많이 배양되었으나, 클러스터이온 발생기를 작동하였을 때에는 대부분의 곰팡이와 세균이 죽



[그림 13] 개발된 전자 방사식 클러스터이온 발생장치

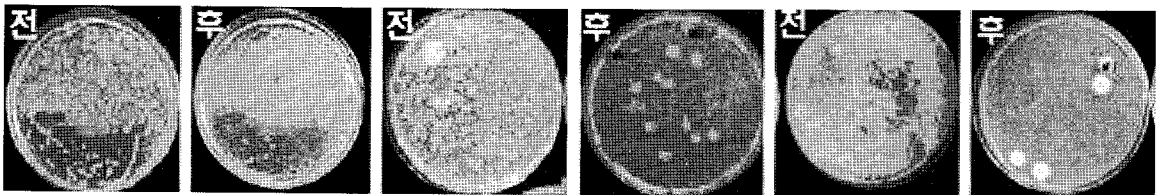


a) 낙하법

b) 포집법

c) 응축수 채집

[그림 14] 차량에서 시료를 채취하는 모습



a) 부유균 배양

b) 세균 배양

c) 곰팡이 배양

[그림 15] 클러스터이온 발생기 작동 전후의 부유균, 세균, 곰팡이 배양 결과

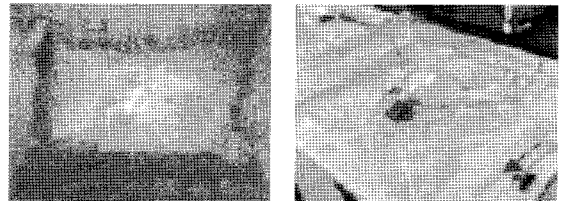
고 극히 적은 수만 배양된 것으로 나타났으며, 이것은 다량의 클러스터이온이 증발기에 서식하던 곰팡이와 세균을 사멸시켰다고 볼 수 있다.

탈취력 시험 결과

공조시스템 내의 증발기에는 곰팡이와 세균 등의 미생물의 부패와 성장에 의한 냄새뿐만 아니라, 여러 가지 형태의 고약한 냄새도 함께 포함되어 있다. 특히 미생물들에 의한 대표적인 냄새로는 저급 지방산 냄새와 대기중에 존재하는 암모니아 들도 증발기로 유입되는 악취류 중의 하나이다.

따라서 클러스터이온 발생장치에 의한 냄새 제거 능력도 시험하였다. 시험은 Blank 시료용, 이온 발생기 삽입용으로 20 l Tedler bag을 사용하였으며, 악취가스 검지관을 사용하여 농도 변화를 측정하였다.

시험방법은 먼저 반응기 내의 암모니아 가스의 초기농도를 15 ppm 수준이 되도록 암모니아 표준 가스를 주입한 후 클러스터이온 발생장치를 가동



[그림 16] 탈취력 성능 평가 모습

하였다. 클러스터이온 발생기 작동시간을 일정 주기로 확인하면서, 반응기내의 가스의 농도를 검지관을 이용하여 측정하여 그 감소량을 확인하였으며, 클러스터이온 발생기 작동 약 4시간 후에 50% 정도의 가스를 제거하는 우수한 탈취효율을 확인하였다.

맺음말

본고에서 소개하는 고전압 전자 방사방식의 새로운 개념의 클러스터이온 발생장치를 개발하여, 여러 가지 시험과 차량에서의 모니터링을 통하여 그



효과를 검증하였다. 차실내 음이온의 공급에 의한 쾌적성 향상뿐만 아니라 공조장치의 증발기에 부착되어 자생하는 각종 세균과 곰팡이 등에 대해 우수한 제균력과 항균력으로 운전자의 건강을 지켜 줄 수 있게 되었다. 나아가 최근 소비자의 불만인 각종 악취 발생에 대한 억제 및 탈취성능도 입증되

어 보다 근원적인 냄새 저감기술로써 자리매김을 할 수 있을것으로 기대된다.

이제 자동차는 이동수단을 넘어 움직이는 생활·복합 공간으로 인식되고 있으므로, 운전자에게 보다 쾌적하고 친환경적인 공간을 제공하기 위하여 많은 연구개발이 이루어질 것으로 기대된다. ㉔