

지하주차장 결로예방 방법

아파트 지하 주차장에 발생하는 결로에 대하여 그동안 많은 사람들이 결로를 해결하기위해 노력해 왔지만 확실한 예방및 방지 방법을 찾지못하고있다

특히 건설사에서는 해결하기 어려운 숙제로 남아있다.

그러나 결로의 해결 및 방지 방법을 주택에서와 같은 방법으로 해결코자 하여 왔기에 결로는 해결이 어려운 문제가 되었다.

우리는 결로가 발생하면 대부분 환기를 하여 외부공기유입을 권장하고 그렇게 하여 왔다.

겨울철 집에 결로가 발생하면 그렇듯이

지하주차장의 결로는 봄과 여름이다.

주택과 결로의 발생시기와 외부의 조건이 반대 상황에서 발생한다.

겨울철 주택에 결로가 발생할때는 외부의 공기는 저온 저습하나 주택내부의 온도는 고온 다습할때 발생하므로 외부의 공기를 유입하여 실내의 고온 다습한 공기와 교체하여 결로를 예방하는것은 당연한 조치이다.

지하주차장에 결로가 발생할때는 외부의 공기가 고온 다습하여 지하로 유입되어서 결로가 발생한다.

결로의 발생원인은 대부분의 사람들이알고 있으나 해결 방법에 대하여는 잘못된 판단을 하고 있다.

지하주차장도 결로가 발생시는 환기를 권장하고 있어 결로를 더 많이 발생 시키고있다.

직접 현장에서 결로 방지를 위해 환기를 강화시켜보신분들이 환기로 인해 더 심해진다는 이야기를 하고 있다.

맞는 이야기이다.

지하주차장에 결로가 발생하는 시점은 외부의 고온 다습한 공기의 노점온도가 지하주차장의 표면온도보다 높기 때문이다.

노점온도가 높은 외기는 결로를 발생시키며 노점온도가 낮으면 표면을 건조시킨다.

그러므로 정확한 외부의 노점온도를 파악하여 지하주차장에 환기에 이용하여야한다.

노점온도가 지하주차장 온도보다 높으면 외기유입을 차단하고 낮으면 유입하여 결로를 예방하여야한다.

1. 결로란?

결로란, 대기 중의 공기가 어떤 이유로 온도가 노점온도이하로 낮아 졌을 때 물방울이 발생하는 현상이다.

즉, **따뜻한 공기가 기온이 낮아져 노점온도 이하가 되면 공기 중의 수분이 물방울이 되어 나타나는 것**으로서 흔히 주변에서 목격할 수 있는 현상이 안개와 구름이 이 현상에 해당된다.



◆지하 주차장 바닥 결로 현상◆

2.노점온도란?

노점온도란, 대기중의 습공기가 어느 압력에서 수분의 증감없이 냉각되었을 때 수증기가 응축하여 이슬이 맺히는 온도를 말한다.

노점온도를 대기중의 온도와의 차이를 10°C 또는 15°C 라고 하는 경우가 있다.

그러나 노점온도는 대기온도와 일정온도차가 정해져 있지 않다.

함습량에 따라 결로가 발생할수 있는 노점온도의 온도차가 발생한다.

습도가 높으면 노점온도의 온도차가 작다.

따라서 습도가 낮으면 온도차가 더욱 크게 나타난다.

대기온도가 20°C , 습도 50%,의 공기는 노점온도는 8.7°C ,이나(노점온도차 11.3°C). 대기온도 20°C ,

습도 80%,인 공기의 노점온도는 16.2,도(노점온도차 3.8℃)이다.

3. 결로는 어떤 경우에 발생하나?

그렇다면 결로는 어떤 경우에 발생하게 될까?

결로는 공기가 어떠한 이유로 냉각되어 상대 습도100%에 도달하게 되면 수분을 최대한으로 함유할 수 있는 한계조건이 된다.

이 온도가 노점온도이다.

결로는 이 노점온도 이하로 계속 온도가 낮아지면 공기중의 수분을 더 이상 함유할수 없게되어 수분을 배출하면 결로가 발생하게 된다.

온도 20℃, 습도 50%의 대기중에 냉장고 속의 주전자나 물병을 꺼내 놓으면 표면에 물방울이 맺혀 결로가 발생하는 현상한다,

그러나 온도 20℃ 습도 30%에서는 결로가 발생하지 않는다.

냉장고속의 컵은 4℃로 되어 있으나 온도 20℃. 습도가 50%일 때 노점온도는 8.7℃가 되면 이노점온도에 도달하여 수분 함유량이 100%가 되면 수분을 더이상 함유할 수가 없어 대기중으로 수분을 배출하면 결로가 발생한다.

컵은 4℃로 노점온도보다 낮기 때문에 결로가 발생하며, 습도가 30%일때는 노점온도가 컵의 온도보다낮아 결로가 발생하지 않는다.

지하주차장의 결로는 대기중의 습도50% 이하에서도 온도차 많이 발생하여 노점온도 이하가 되면 결로가 발생한다.

비오는날 장마시기에 대기온도가 낮아지면 온도차가 작거나 지하주차장의 온도가 노점온도보다 높아 결로가 발생하지 않을수 있다.

예를 들어 습도가 50%이나 지하주차장의 온도보다 대기온도가 약 12℃이상 높을 경우에는 결로가 지하주차장내에 발생한다(지하주차장 온도 20℃, 외부온도 32℃). 즉 32℃의 50%습도를 가진 공기는 온도가 낮아져 약 20℃가되면 습도가 100%가 되어 결로가 발생하기 시작한다.

20℃ 50%인 공기(수증기 8.65g)가 냉각이 되어 8.7℃가되면 습도가 포화상태(상대습도 100%)가 되어 노점온도에 도달하게 되어 더 이상의 수증기를 함유 할 수 없는 상태이다.

계속 온도가 노점온도 이하로 낮아져 5℃가 되면 수증기를 함유 할수있는 양은 6.8g이기 때문에 8.65g-6.8g은 1.85g의 수분이 결로가 되어 발생한다.

상대습도에서는 높은 온도에서는 많은 양의 수분을 함유(온도 34℃ ⇒ 37.58 g. 10℃ ⇒ 9.4 g을 함유)하고 낮은 온도에서는 적은 양을 함유할 수 있다.

높은 온도에서 많은 양의 수분을 함유하고 있던 공기가 어떤 이유로 온도가 낮아지면 수분을 함유할수 있는 양이 적어져 수분함유량의 차이만큼 공기중으로 수분을 배출한다.



◆도로변 결로 현상◆

(맑은날 도로의 표면 온도가 노점온도이하로 형성되어 발생한 결로현상)

4. 노점온도는 습도에 따라 기온과 얼마나 차이가 날까?

노점온도를 설명하기 이전에 결로에 대해서 다시 알아보면 결로는 공기중에서 온도차가 **“10℃이상이면 발생한다”** 또 **“습도가 50%~60%이하이면 결로가 발생하지 않는다”** 등의 이야기를 한다.

그러나 결로는 어떠한 이유로 공기가 냉각되어 노점온도 이하로 낮아지면 결로가 발생하므로 습도가 30%, 40%에서도 공기가 냉각 되어 노점온도보다 낮으면 결로가 발생할수 있으며 노점온도는 습도에 반비례하여 온도차가 발생하므로 일정온도가 정해져 있지 않다.

따라서 노점온도는 기온이 30℃ 습도5%의 노점온도는 -12.25℃로 온도편차가 **42.25℃**이며 습도가 50%이면 노점온도가 18.44℃로 편차는 **11.56℃**이다.

습도가 90%이면 28.17℃로 **1.83℃**의 온도차이 밖에 없다.

습도가 100%이면 실온과 노점온도가 같다.

습도가 높으면 노점온도와 실온과 차이가 작아 쉽게 노점온도에 도달한다.

노점온도는 어느 특정기준온도가 정해져 있어 이 기준온도차에 도달하면 결로가 발생한다는 생각은 잘못된 생각이다.

5. 주택과 지하주차장 결로의 특성은 ?

지하주차장과 주택은 결로의 발생 시기와 내 외부조건이 반대일 경우에 발생한다.

지하주차장은 발생시기가 봄과 여름철이며 봄 결로의 지하주차장은 겨울철의 낮은 공기가 유입되어 내부온도가 낮아져 있을 때 외부의 고온 다습한 공기가 차가운 지하주차장내의 공기와 만나면서 결로가 발생된다.

주택은 가을과 겨울철이며 외부의 기온이 낮으며 실내의 온도가 높을 때 외벽이나 창문 등에 결로가 발생된다.

주택의 결로 발생요인으로는 인체에서 발생하는 수분, 음식물 조리과 도시가스 자체에서 발생하는 수분등 여러 요인으로 공기중의 수분이 증가하여 주택 내부의 노점온도가 상승되어 벽면 또는 창문 등의 표면온도보다 노점온도가 높을 때 결로가 발생한다.

이때는 환기를 하면 외부의 노점온도가 낮은 차가운 공기가 유입되면 주택내부의 노점온도를 낮추어 결로를 방지 할 수 있다.

지하주차장의 결로는 1월~5월인 봄에 발생하는 곳과 장마가 시작되는 6월부터 9월까지 발생하는 2가지의 유형이 있다.

봄에 발생하는 아파트는 외부의 기온에 의해 지하주차장의 온도 변화가 많이 나타나는 곳으로 지하주차장의 표면온도가 겨울철에 약 -5°C 여름에 27°C 정도로 지하주차장의 내부온도의 변화 폭이 크며 1월~5월은 지하주차장의 표면의 온도는 천천히 상승되나 외부의 기온과 습도가 갑자기 상승되어 노점온도가 상승되면 결로가 발생된다.

여름에 발생하는 아파트의 결로는 지중의 영향으로 온도의 변화가 작은곳으로 여름철 바닥면 기온이 20°C 이하인 곳에 주로 발생한다.

남부지방의 여름철 노점온도가 2013년 기준 평균 약 23°C 이나 최고 노점온도가 27°C 이상이 관찰되기도 한다.

지하주차장 바닥은 특히 해결하기 어려운 난제로 남아있다.

벽면 천정등을 재료로 재료를 이용하여 해결할 수가 있으나 바닥은 결로방지 제품의 특성상 내구성 확보가 어려워 적용시 차량 운행으로 파손되므로 현재의 기술로 재료를 이용한 결로 방지기술은 해결해야할 난제로 남아 있다.

결로의 발생 유무와 발생량은 당해년도의 기온(노점온도)에 의해 결정된다.

노점온도가 높으면 상대적으로 많은 결로가 발생되나 노점온도가 낮으면 적게 발생한다.

2009년부터 2014년까지 5년간 7월과 8월의 노점온도를 보면 2009년도와 2014년도, 2005년도에
 는 상대적으로 노점온도가 낮아 결로발생이 작다.

그러나 2010년부터 2013년까지 4년간은 노점온도가 높아 많은 양의 결로가 발생되었다.

구 분	주 택	지하 주차장
발생시기	가을, 겨울	봄 여름
외부조건	저온 저습	고온 다습
내부조건	고온 다습	저온 다습
외부공기	저온>> 고온 저습	고온 >>저온 다습
유입시의 변환	외부 공기 유입으로 노점 온도가 낮아져 결로 예방.	노점 온도가 높은 고온의 외부 공기가 유입되어 차가운 지하 주차장 표면에서 결로 발생.
대 책	주기적으로 환기를 하여 노점온도를 낮추어 결로 방지.	외부의 노점 온도와 지하주차장 내부온도를 적절히 파악하여 노점온도가 높을 때는 결로가 발생하므로 외기유입을 차단하며 노점온도가 낮을 때는 외부 공기 유입.

6. 지하 주차장의 결로는 왜 발생하나?

일상생활에 큰 불편을 초래하고 있는 지하주차장 결로에 대하여 좀더 자세히 알아보도록 한다.

지하주차장의 벽면과 바닥 천정등에 결로가 생기는 원인은 **지하주차장의 표면온도가 노점온도 이하 일 때 표면에 접한 공기가 급속히 냉각되어 공기중에 있던 수증기가 배출되어 물방울이 응집되어 나타나는 현상**이다.

외부의 고온 다습한 공기가 지하주차장으로 쉽게 유입되어 지하 주차장 차가운 표면과 만나 온도차에 의해 공기가 냉각되어 표면에 결로가 형성된다.

외부의 높은 노점온도의 공기가 유입되면 차가운 표면과 만나 상대 습도 100%가 되면 지하주차장의 바닥 벽면 천정등에 물방울이 맺히는 현상이다.

결로가 발생하는 곳은 주로 에폭시 또는 우레탄을 사용하여 콘크리트등의 구조물의 조습성을 방해하여 표면에 결로가 발생한다.

콘크리트는 4~8%의 수분을 함유하고 있어 습도가 낮으면 수분을 배출하고 습도가 높으면 수분을 흡수할수 있으나 에폭시등의 고탄성 피막재료 바닥에 사용함으로 조습성을 방해하여 결로가 발생한다.

여름철 결로가 발생하는 지하주차장은 외부기온 35℃, 습도 50%로 가정했을때 노점온도는 23℃이므로 지하 주차장 표면온도가 23℃이하일 경우에만 결로가 발생한다.

결로가 발생하는 아파트의 지하주차장 표면온도는 대부분 20℃이하인 경우이다.

강변 주변의 아파트와 같이 지하수가 많이 흐르는 곳에는 표면온도가 18℃정도로 온도의 변화가 없어 많은 결로가 발생된다.

결로는 노점온도와와의 차가 클 경우에는 지하 주차장 표면 전체에 많은 양의 결로가 발생하지만 노점온도 편차가 적을 경우에 초기에는 외부공기가 유입되어 공기의 흐름이 많아, 수분을 공급받기 쉬운곳인 통로에 먼저 발생되며 특히 지하주차장의 공기가 외부로 나가는 출구측에 집중적으로 발생된다.

공동주택의 아파트지하주차장이 계단과 연결된 경우에는 계단이 굴뚝 효과에 의해 지하주차장의 공기를 빨아들여 배출하므로 지속적으로 계단의 연결통로로 공기 흐름이 발생되어 결로가 많이 발생한다.

외부의 습도가 높거나 고온 다습한 공기도 지하주차장의 온도가 노점온도보다 높으면 결로는 발생되지 않는다.

결로는 온도, 습도에 의해 노점온가 결정되며 습도가 높을수록 작은 온도 차이에도 결로가 발생한다.

즉 온도20℃ 50%의 노점온도는 8.7℃이나(노점온도차 11.3℃) 20℃ 80%인 공기의 노점온도는 16.2도(노점온도차 3.8℃)이다.

노점온도차 이상으로 온도가 낮아지면 결로가 발생한다.

30℃의 상대습도 90%인 경우는 노점온도와 기온차이가 2℃가 되지 않으며 80%는 4℃이내 70%는 6℃정도의 온도차가 발생되어 지하주차장중에 외벽으로 지하수가 흐르거나 상수면 이하에 주차장이 설치된 곳은 끊임없이 외벽으로부터 차가운 기온을 전달되어 지하주차장 내부온도는 상승하지 않으나 고온다습의 공기가 주차장으로 유입된다면 결로가 발생할 수밖에 없는 조건이다.

최근 신축되는 대부분의 아파트의 지하 주차장에서 많은 결로가 발생되고 있으나 정확한 원인분석과 대책을 수립하지 못해 실패를 거듭하고 있다.

건설사와 많은 사람들이 지하주차장결로는 세월이 지나면 없어진다고 하지만 콘크리트의 건조가 덜되어서 그 원인으로 결로는 발생하지않는다.

결로는 공기중의 수분이 응집되어 발생하는 현상으로 온도가 낮아져 노점온도 이하로 낮아지면 발생하는 자연 현상이다.

그러므로 온도차에 의해 발생하는 결로는 조건이 형성되면 영원히 없어지지 않는다.



◆지하주차장 바닥 결로◆

7. 결로발생시 문제점은?

결로는 건강상의 문제와 안전상의 문제가 많이 발생될수 있다.

-결로는 천연 발암물질인 곰팡이발생(차량내부 곰팡이)을 유발할수 있다.

특히 지하주차장에 장기간 주차를 한다면 차량 내부에 심각한 곰팡이가 발생할수 있다.

-지하주차장 바닥에 우레탄이나 에폭시등의 재료를 많이 사용하고 있어 수막현상으로 일반 도로보다 제동거리가 길어 차량간 과 구조물을 충돌하는 사례가 자주 발생한다.

-지하주차장에는 각종의 전기 시설물이 많이 있으며 고압의 전기배전반과 소방수신반, 이동통신사의 통신기기등 고가의 장비가 많이 있어 높은 습도로 인한 안전사고 및 고장이 발생할수 있으며 고장 수리기간입주자들의 불편이 예상된다.

-소방시설의 경우 특히 습도에 민감하며 결로 발생시 오작동이 발생되어 가동을 중지시키는 곳도 있다.

- 지하주차장 결로는 사용자와 시공자간의 하자 분쟁이 발생할수 있으며 지속적으로 결로가 발생한다면 건물 가치와 이미지가 저하될수 있다.

-지하에 설치된 철재 시설물은 녹 발생으로 내구성이 저하되며 유지보수비를 증가시킬 수 있다.

8. 결로의 해결 방법은 ?

그렇다면 속 시원한 결로의 해결방법은 과연 있는것인가?

그 해결방법이 특허 제 10-1139905호 지하주차장 결로방지 장치이다.

결로가 발생하는 곳은 **지하주차장의 출입구(지하차량출입램프)가 기존의 1개에서 2개 이상으로 바뀌면서 온도가 낮은 표면에 고온의 공기(노점온도 높은 공기)가 빠르게 유입되어 발생하는 현상으로 차량 출입구(출입램프)가 2개 이상인 아파트에서 대부분 결로가 발생되고 있다.**

지하주차장의 특성상 외부 지면과 접한 부분은 노점온도 또는 온도가 높은 공기가 유입되어도 지면과 접하여 있어 계속적으로 지면의 차가운 에너지가 전달되기 때문에 벽체의 온도는 변화가 작지만 따듯한 외부의 공기가 지하주차장으로 쉽게 유입되어 수분을 공급받아 결로가 발생하는 원인이 된다.

그러므로 **각출입구에 외부공기의 유입을 제어** 할수 있도록 하여야한다.

지하주차장 **벽체면의 온도보다도 대기중의 노점온도가 높을 경우(상대습도와 온도에 따라 달라짐) 외부의 공기유입을 차단할수 있는 장치를 설치하여 외부의 공기유입을 차단하며 노점온도가 지하주차장 온도보다 낮아지면 외부의 공기를 유입**하여야한다.

결로를 방지하기 위해서는 무조건적인 환기가 아닌 **조건부 환기**로 전환하여야만 결로를 방지할수 있다.

지하주차장 결로방지를 위해 아파트 지하주차장에 설치하여 운전하고 있으며 결과는 노점온도가 높을시 외부의 공기를 차단 했을때와 그렇지 않을때에 결로의 발생 유무는 확실히 차이가 난다.

결과적으로 **외부의 고온 다습한 공기가 지하주차장으로 유입되면 지하 주차장내부의 낮은 온도에 의해 표면에 결로가 형성되므로 상대 습도 100%가 도달하기 전에 외부공기의 유입을 차단**하여야한다.



◆아파트 지하 주차장 차량 출입 램프에 설치된 스피드 도어 ◆

※외부의 노점 온도계와 지하 주차장의 온도계에의해 결로 발생 시기를 예상하며 결로발생조건이 형성되면 메인 콘트롤 패널에서 스피드도어와 에어커튼 제습기를 가동하여 외기유입을 방지하며 노점온도가 낮아지면 스피드도어를 개방한다.

차량의출입시 바닥 센스에 의해 자동으로 개방 될수 있도록 되어있다.

일반의 모든이들이 결로가 발생하면 환기를 권장하고 있다.

그러나 겨울철 주택에서는 당연한 이야기이다.

지하주차장은 발생시기와 발생 요건이 완전히 다르므로 대책도 달라야한다.

겨울철 주택은 환기를 함으로 인해 집안의 노점온도가 높은 따듯한 공기를 외부로 배출하고 노점온도가 낮은 외부의 공기유입하여 결로가 발생하는 부분의 온도보다 낮은 노점온도를 유지할수 있다.

지하 주차장결로발생 요건은 외부의 고온 다습(노점온도가 높은)한 공기가 유입되어 결로발생의 원인이 되고 있는것은 누구나 알고 있는 사실이다.

그러나 대부분이 결로를 방지하기위해 환기헨가동을 증가하여 환기를 권장하고 있는 웃지 못할 상황이다.

노점온도가 높은 외부의 공기가 지하로 유입되면 유입된 공기에 의해 수분을 공급받아 더많은 결로가 발생된다.

차가운 노점온도가 낮은 공기라면 문제가 다르다.

차가운 공기는 노점온도가 낮을 뿐아니라 차가운 공기가 따듯하게 변하면 상대 습도는 낮아지므로 결로방지에 도움이 된다.

실제 결로가 발생하는 현장을 보면 처음 결로가 발생하는 시간대에는 출입구등의 개구부가 있는곳에 결로가 먼저 발생되고 있으며 환기가 되지않는 구석등에는 결로가 작게 관찰되고있다.

계단 연결 통로와 동과 동사이의 좁은 공간에 상대적으로 풍속이 빨라 많은양이 관찰된다.

즉 외부의 고온 다습한 공기가 지하로 유입되면서 온도가 낮아져 습도가 높아지며 결로가 발생되어진다.

화재시에 밀폐된공간에서는 산소가 부족하면 불이꺼지다가 문을 열면 산소를 공급받아 다시 불꽃이 일어나듯이 결로도 외부의 공기가 유입되면 수분을 충분히 공급받아 결로수가 많이 발생한다.

결론적으로 지하주차장의 온도보다 외부의 노점온도가 높으면 외부의 공기 유입을 차단하고 노점온도가 낮아져 지하주차장의 온도보다 노점온도가 낮으면 개방하여 외부공기가 유입될 수 있도록 하여무조건적인 환기가 아닌 조건부로 환기를 하여야 결로를 사전에 예방할수있다.



PSYCHROMETRIC CHART

NORMAL TEMPERATURES

SI METRIC UNITS

Barometric Pressure 101,325 kPa

SEA LEVEL

상대습도: 공기가 습한 정도를 백분율(%)로 나타낸 것

$$= \frac{\text{현재 공기에 포함되어 있는 수증기량}}{\text{현재 온도에서의 포화수증기량 [g/kg]}} \times 100$$

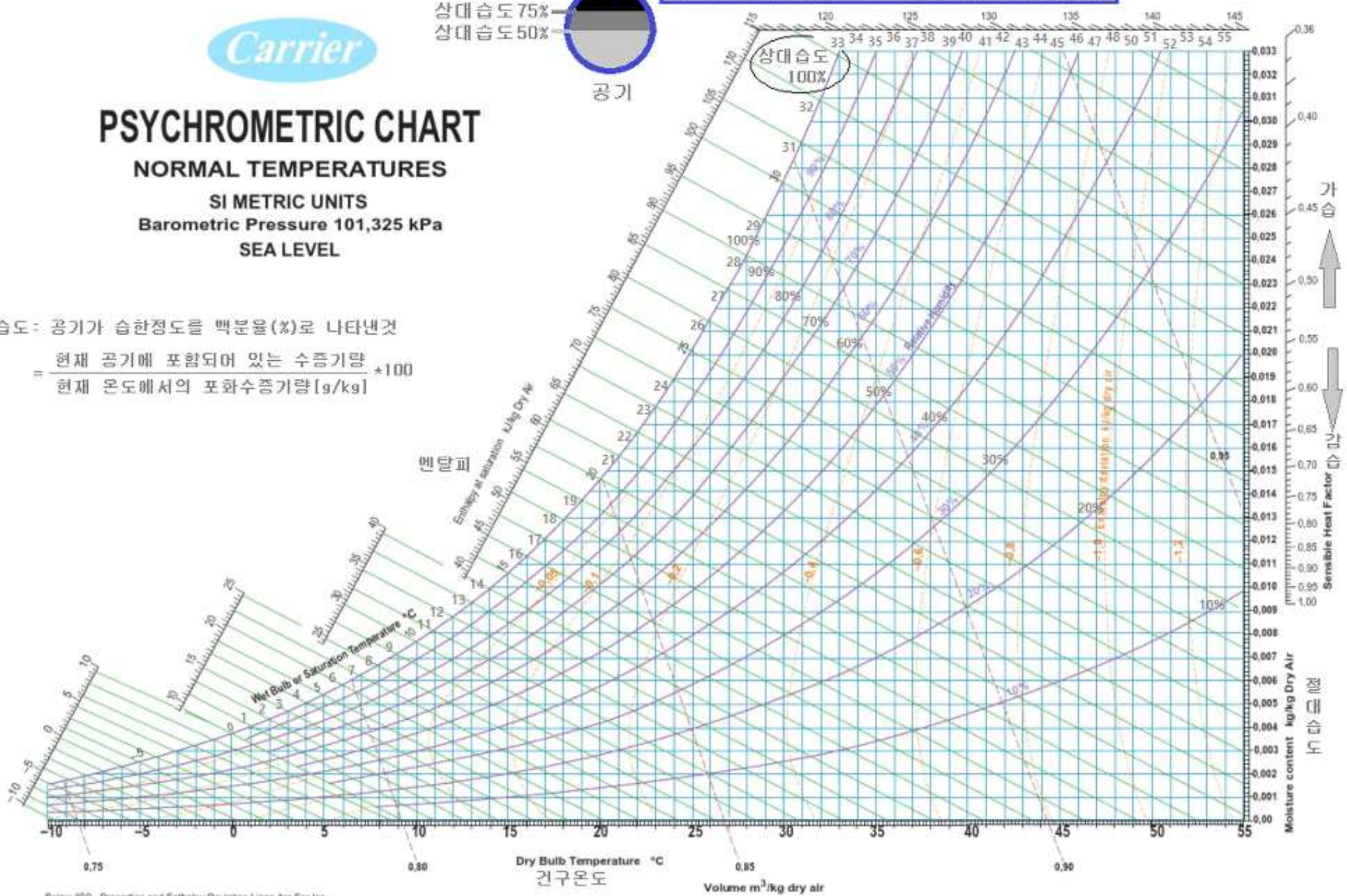
상대습도 75%
상대습도 50%



공기

상대습도 100% 포화수증기량/노점온도선/이슬점

상대습도 100%



Below 0°C, Properties and Enthalpy Deviation Lines Are For Ice