

표면 온도 저하율에 따른 창호부 결로성능 예측에 관한 연구

성 욱 주*, 조 수**†, 장 철 용**, 이 진 성*, 백 상 훈***
한양대학교*, 한국에너지기술연구원**, 인하대학교***

Study on Estimate of Window Condensation performance Due to Temperature Depreciation Ratio

Uk-Joo Sung*, Soo Cho**†, Cheul-Yong Jang**, Sang-Hun Peak***

Department of Architectural Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

High Efficiency Energy Research Dept., Korea Institute of Energy Research, Daejeon 305-343, Korea

Department of Architectural Engineering, Inha University, Incheon 402-751, Korea

ABSTRACT: This present study analyzed temperature depreciation ratio of window inside surface by KS F 2295 'Procedure for determining fenestration product condensation resistance values'. it estimated window indoor surface condensation due to variable environmental condition. Performance of condensation resistance by using temperature depreciation ratio until applied Low-e and Ar glazing improved about 45% from 24 mm clear. Temperature depreciation ratio by KS F 2295 considers analytic index of window condensation due to variable boundary condition.

Key words: Condensation(결로), Temperature depreciation ratio(온도 저하율)

기 호 설 명

- P_x : 온도 저하율
- θ_H : 항온 항습실 공기온도 [°C]
- θ_x : 시험체 표면온도 [°C]
- θ_c : 저온실 공기온도 [°C]

1. 서 론

1.1 연구배경

최근 발코니 확장과 관련하여 주거형 창호의

†Corresponding author

Tel.: +82-42-860-3231; fax: +82-42-860-3202

E-mail address: scho@kier.re.kr

단열 및 결로의 취약성을 보완하기 위한 노력과 연구가 창호업계 및 연구기관 등 다양한 분야에서 활발히 진행되고 있다. 단열성능의 향상은 주로 열전도율이 낮은 구성 재료의 보안을 통해 전체 창호에서 손실되는 열량을 최소화 시키는 방법으로 접근하고 있다. 국내의 창호 단열성능을 판단하는 지표로는 열관류 저항을 사용되고 있으며 측정 방법은 KS F 2278 '창호의 단열성 시험 방법'에 의거하여 실시되고 있다. 창호 결로의 경우 단열성능과 마찬가지로 열손실에 의해 발생하는 현상이며 열손실이 활발한 국부적인 취약 부위에서 먼저 발생하므로 결로 방지를 위해서는 창호의 단열성능보다 더욱 세심한 개선을 요한다.

KS F 2295 '창 및 문의 결로 방지 성능 시험

방법'에서 제시하고 있는 결로 성능의 지표로는 시험체 내부측의 표면온도와 저온실 공기온도의 상관그래프에서 표현되는 창호내부 측의 결로 발생시점의 저온실 공기온도가 있다. 다른 하나의 지표로는 내부 공기온도와 창호 내부 측 표면 온도의 차이를 내외부 공기 온도차로 나누어 표현하는 온도 저하율(Temperature Depreciation Ratio)을 들 수 있다.

동절기에 창호에서 발생하는 결로의 일반적인 원인으로는 크게 두 가지 영향 요소를 들 수 있다. 첫째는 실내외 온도차이며, 둘째는 실내 습기의 과다 발생이다. 전자의 경우 창호 자체의 단열 성능 개선으로 보완이 가능하다. 하지만, 후자는 주거 생활 패턴에서 필연적으로 발생하는 수증기으로써 실내 노점온도를 상승시키기 때문에 사실상 창호내부 표면 결로 발생의 지배적 요인으로 작용한다. 또한 주거 내 시설 및 사회 관습의 변화로 목욕, 세면, 세탁 및 조리 등과 같은 수증기 발생 요인들이 점차 늘고 있는 반면 에너지 절약을 위한 건물의 고기밀 시공으로 인하여 실내의 수증기 잔류 시간을 지속시키는 요인이 되고 있다. 이런 창호부 결로의 지배적 요인인 수증기 발생량을 고려하여 결로 해석시 경계조건으로 적용되어야 하며 다양한 범위의 실내 환경에 대한 결로 성능분석이 이루어져야만 한다.

NFRC(National Fenestration Rating Council)에서는 창호의 결로 성능을 CR(Condensation Resistance)이라는 지표를 통하여 제시하고 있다.

성능 측정 시 실내 환경 조건으로는 온도 21℃, 상대습도를 30% ~ 70%의 범위로 하여 수증기 발생에 따른 다양한 경계조건을 적용하고 있다. 국내의 경우 KS F 2295의 결로 성능측정 시험방법상의 실내 경계조건은 온도 20℃, 상대습도 50%의 조건에 의해서만 이루어지고 있다. 국내에서도 실내 수증기 발생량을 고려한 다양한 범위의 결로 성능 해석이 필요한 실정이다.

1.2 연구방법 및 목적

창호 내표면의 온도 저하율은 시험을 통한 온도 측정치를 사용하여 산출할 수 있다. 온도 저하율은 정상상태 조건에서 실내외 온도가 변하더라도 구성 부위의 표면 열저항이 불변하므로 항상 일정하게 유지 된다.

결로 방지성능의 지표로 사용되는 창호 내표면 온도 저하율은 다양한 범위의 경계조건에 대한 결로 발생 여부를 간접적으로 판단할 수 있다. 구성 부위의 온도 저하율을 알고 있을 경우 실내외 온도조건에서 창호의 내부측 표면온도를 산출할 수 있으며, 실내 공기의 노점온도에 대한 결로 분석이 가능하다.

본 연구에서는 KS F 2295 '창 및 문의 결로 방지 성능 시험 방법'에 의한 주거형 창호의 결로 방지성능 시험을 실시하였으며, 측정 결과를 이용하여 온도 저하율을 산출하였다. 산출된 온도 저하율을 이용하여 다양한 실내외 경계조건에 대한 창호 내부 표면의 결로 발생 여부를 예측하였다.

또한 일반 주거형 창호의 구성 부위별 온도 저하율 및 결로 취약부위 등의 연구 결과를 관련 분야의 기초 자료로 제시하고자 한다.

2. 결로 방지성능 측정 방법

KS F 2295 '창 및 문의 결로 방지 성능 시험 방법'에 의한 창호 내부 구성 부위의 온도 저하율을 산출하기 위한 시험을 실시하였다. Fig. 1은 시험에 사용된 측정 챔버의 외관 및 챔버 구성, 챔버 온습도 측정위치를 나타내고 있다.

2.1 시험장치

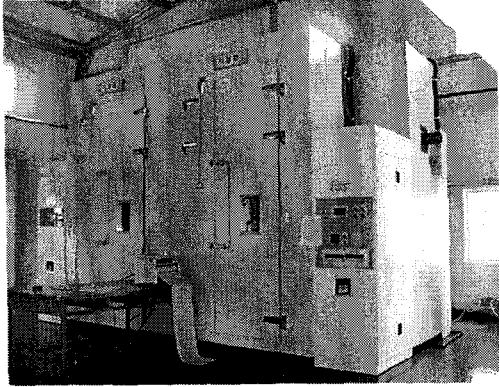
시험장치는 향온 향습실, 저온실, 온도 측정기기, 습도 측정기기로 구성되어 있으며 저온실과 향온 향습실간의 시험장치 개구 치수는 2,000 mm × 2,000 mm로 되어 있다. Table 1은 향온 향습실 및 저온실의 온습도 범위를 나타내고 있다.

2.2 시험방법

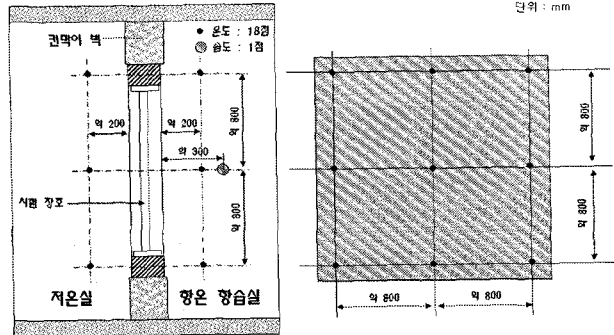
결로 발생 예상부위에 표면온도 측정기기를 부착한 시험 대상 창호를 설치한 후, 저온실과 향

Table 1 Range of temperature and relative humidity of test chamber.

구분	저온실	향온 향습실
온도	20℃ ~ -30℃	-10℃ ~ 20℃
습도	-	30% ~ 70%



(a) Test measurement chamber.



(b) Constitution and location of measuring sensor.

Fig. 1 Constitution of test chamber and location of measuring sensor.

온 항습실의 공기온도를 20℃, 상대습도 40%로 설정하여 시험 창호 각 부위의 온도와 저온실 및 향온 항습실의 공기온도가 평형을 이룬 상태에서 실시한다. 향온항습실의 상대습도를 50%로 상승시킨 이후 각 단계마다 저온실 공기 온도를 5℃씩 하강시켜 단계별로 시험대상 창호의 내부 표면온도 및 결로 발생 상태를 관찰한다.

2.3 결과산출

시험결과는 시험체의 내부측 표면온도 및 조건상 외부를 의미하는 저온실 공기온도의 상관그래프와 온도 저하율로 나타낸다.

상관그래프는 저온실 공기온도에 따른 시험체의 내부 측 표면온도 변화를 나타낸 것으로 1차 곡선으로 표현한다.

결로 발생의 판정 방법은 향온 항습실의 공기

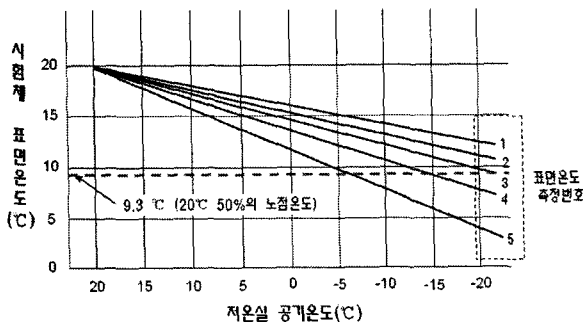


Fig. 2 Correlation graph of specimen inside surface temperature and cool chamber air.

온도 20℃, 상대습도 50%의 조건하에서 노점온도 9.3℃ 상태를 기준으로 시험체 내부 표면 온도가 노점온도 이하일 때 결로 발생 유무를 판단한다.

온도 저하율은 측정된 표면온도를 통하여 식 (1)과 같이 산출한다.

$$P_x = \frac{\theta_H - \theta_x}{\theta_H - \theta_c} \quad (1)$$

3. 주거형 창호의 온도 저하율 산출

일반적인 주거형 창호의 구성 부위별 온도 저하율을 산출하기 위하여 Frame의 재질별로 창호를 선정하였으며, KS F 2295에 의한 결로 방지 성능시험을 실시하였다. Fig. 3과 Table 2는 선정 창호의 구성 및 단면을 나타내고 있다. 창호의 개폐 방식으로는 플라스틱 창호의 경우 사면이 고정된 Fix 방식이며, 알루미늄 창호는 Lift & Sliding, 알루미늄과 목재의 복합재료를 사용한 창호는 Tilt & Turn 방식이다. 각 창호에 적용된 유리의 총 두께는 24 mm로 구성되어 있으며, 알루미늄 창호는 Clear유리, 플라스틱 창호는 Low-e 코팅, 알루미늄과 목재의 복합 재료를 사용한 창호는 Low-e 코팅에 아르곤(Ar)가스를 충전한 구성을 하고 있다.

창호 구성 재료의 열적 특성에 따라 부위별 전열량이 다르게 나타나게 되며 Fig. 4와 같이 유리(Glazing)부위 및 창틀(Frame)부위 그리고 두 구역이 인접하는 사실상 Glazing부위인 Edge로

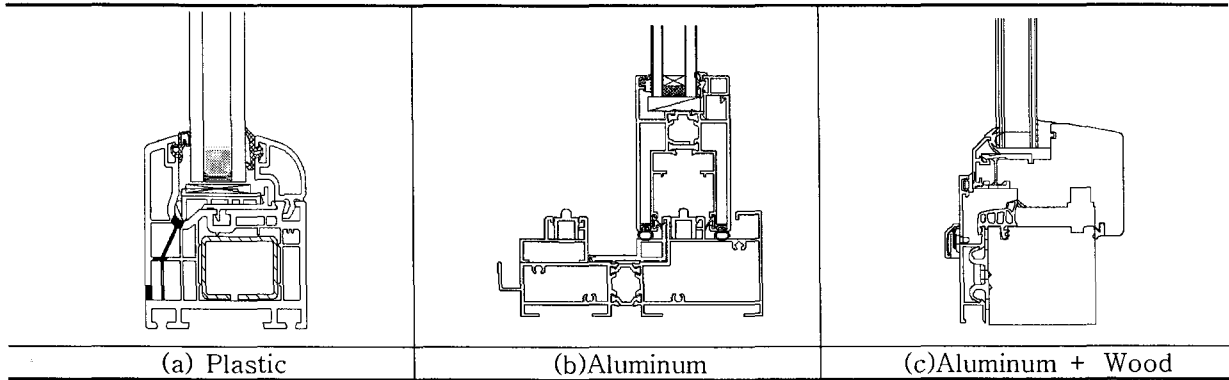


Fig. 3 Cross section of selected window.

Table 2 Composition of selected window.

창틀재료	유리 구성	창틀폭
플라스틱	6mmCL+ 12mmAir+ 6mmLow-e	70 mm
알루미늄	6mmCL+ 12mmAir+ 6mmCL	142 mm
알루미늄 목재	6mmCL+ 12mmAr+ 6mmLow-e	86 mm

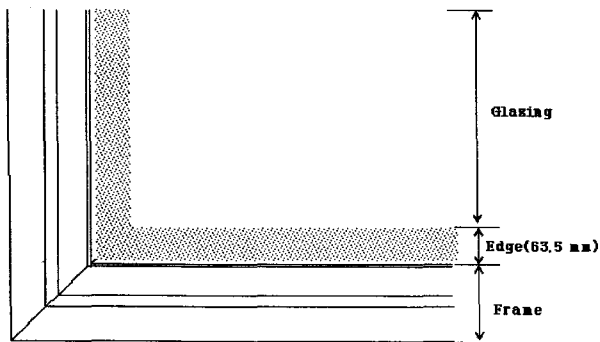


Fig. 4 Separation of window section by thermal property.

나뉘게 된다. Edge부위는 Frame 및 Glazing의 구성에 따라 다소 차이는 있지만 일반적으로 Frame 상단에서 63.5 mm 떨어진 부위의 면적으로 정의된다.

본 연구에서는 각 선정 창호의 내부 측의 구성 부위별 표면온도와 저온실 공기온도의 상관 그래프를 작성하여 창호 내부 측 표면의 결로 발생시 저온실 공기온도를 산출하였다. 또한, 측정된 각 챔버의 공기온도 및 창호의 내부 측 표면온도를 이용하여 결로 발생 부위의 온도 저하율을 산출하였다.

3.1 상관 그래프에 의한 분석

Fig. 5, 6, 7은 각 창호의 저온실 온도 하강에 따른 내부 측 구성 부위별 표면온도 변화를 나타내고 있다.

플라스틱 창호의 경우, KS F 2295에 명시된 항온 항습실 공기온도 20℃, 상대습도 50%의 노점온도 9.3℃에 대한 창호 내부 측의 각 구성 부위별 결로 발생은 Edge부위에서 먼저 시작되는 것을 알 수 있다. Edge부위의 결로 발생 시 저온실 공기온도는 -20℃이며 나머지 구성 부위인 Glazing 및 Frame에서는 저온실 공기온도가 -20℃까지 결로가 발생되지 않았다. 또한 항온 항습실 공기온도 20℃, 상대습도 70%의 노점온도 14.2℃에 대한 창호 내부 측의 부위별 결로 발생 시 저온실 온도는 Edge부위가 -5℃, Glazing은 -10℃, Frame은 -15℃에서 결로가 발생하였다.

알루미늄 창호의 경우, KS F 2295에 명시된 항온 항습실 공기온도 20℃, 상대습도 50%의 노점온도 9.3℃에 대한 창호 내부 측의 각 구성 부위별 결로 발생순서는 플라스틱 창호와 마찬가지로 Edge부위에서부터 시작되었다. 이후, 낮은 열전도율로 구성된 알루미늄 Frame이 Glazing보다 먼저 결로가 발생했다. Edge부위의 결로 발생 시 저온실 공기온도는 -10℃, Frame은 -15℃, Glazing은 -20℃에서 결로가 발생 하였다. 항온 항습실 공기온도 20℃, 상대습도 70%의 노점온도 14.2℃에 대한 창호 내부 표면의 결로 발생은 저온실 온도가 영하의 조건에서부터 전 구성 부위에 결로가 발생했다.

알루미늄과 목재의 복합 창틀 창호의 경우, KS F 2295에 명시된 항온 항습실 공기온도 20℃, 상대습도 50%의 노점온도 9.3℃에 대한 창호 내부

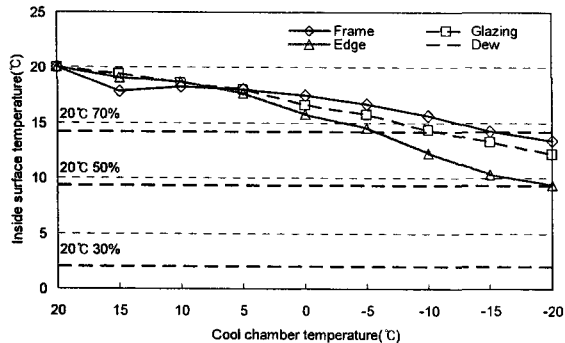


Fig. 5 Surface temperature variation of plastic frame window.

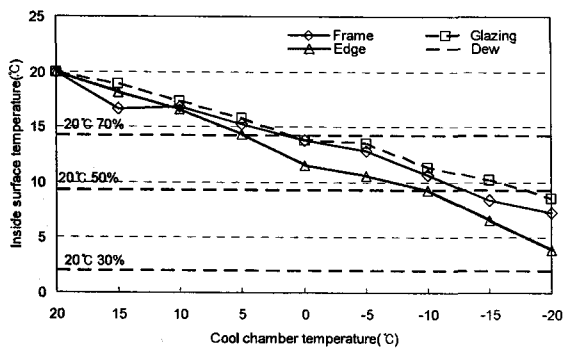


Fig. 6 Surface temperature variation of aluminum frame window.

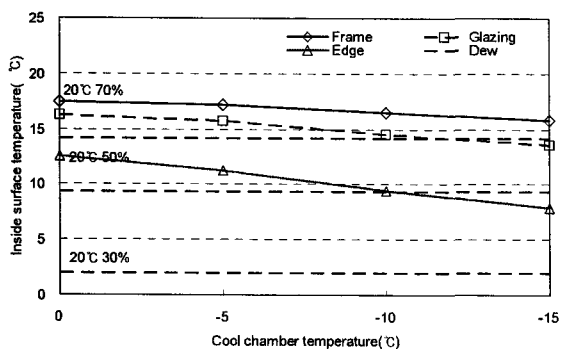


Fig. 7 Surface temperature variation of aluminum and wood frame window.

측의 각 구성 부위별 결로 발생순서는 플라스틱 및 알루미늄 창호와 마찬가지로 Edge부위에서 결로 발생이 시작되었고 나머지 부위에서는 결로가 발생하지 않았다. Edge부위의 결로 발생 시

저온실 공기온도는 -10°C 로 나타났다. 항온 항습 실 공기온도 20°C , 상대습도 70%의 노점온도 14.2°C 에 대한 창호 내부 측의 부위별 결로 발생 시 저온실 온도는 Edge부위는 0°C , Glazing은 -15°C 부터 결로가 발생 하였으며, 단열 성능이 뛰어난 목재 Frame에서는 -20°C 까지 결로가 발생하지 않았다.

3.2 온도 저하율에 의한 분석

Table 3와 Fig. 8은 각 창호의 구성 부위별 온도 저하율을 나타내고 있다. Frame 및 Glazing 구성 부위별 온도 저하율은 그 부위를 구성하고 있는 재료의 단열 성능과 밀접한 관계가 있다.

본 연구에서는 선정된 창호의 Glazing에서 단열 성능 향상에 따른 온도 저하율을 분석하였다.

알루미늄 창호의 24 mm Clear, 플라스틱 창호의 Low-e코팅을 적용, 알루미늄과 목재 복합창호의 Low-e코팅과 Ar가스충진 적용한 경우의 온도 저하율에 의한 결로 방지성능 향상치를 수치적으로 계산하면 24 mm Clear에서 Low-e코팅 적용시 약 40%, Low-e코팅에서 Ar가스 충전시 약 5%로 전체 45%의 결로 방지성능이 향상되는 것을 알 수 있다.

온도 저하율을 이용하여 다양한 실내의 환경

Table 3 Temperature depreciation ratio of selected window

창틀재료	Frame	Glazing	Edge
플라스틱	0.165	0.166	0.235
알루미늄	0.331	0.274	0.381
플라스틱+나무	0.118	0.153	0.354

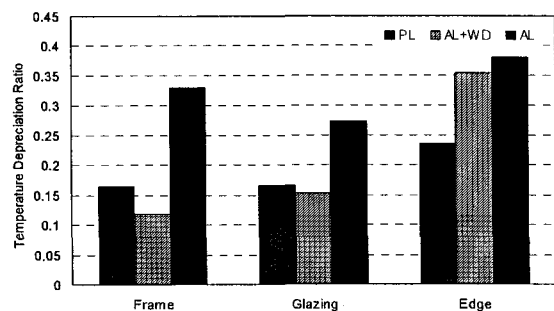


Fig. 8 Comparison of temperature depreciation ratio by frame material.

조건에 대한 창호 내부 표면의 결로 발생에 대한 분석이 가능하다. 최저 온도저하율을 보인 알루미늄과 목재 복합 창호의 Frame부위는 향온 향습실 공기온도 20℃, 상대습도 70%에서도 결로가 발생되지 않았으나, 시험에 의해 산출된 0.118의 온도 저하율을 이용하여 Frame부위에 결로가 발생하는 예상 저온실의 공기온도를 구할 수 있다. 온도 저하율 계산식에서 예상부위의 표면온도에 향온 향습실 공기의 노점온도를 대입하여 결로 발생시 저온실 공기 온도를 예측하는 방법이다. 산출결과, 저온실 공기 온도가 약 -29℃ 일 때 목재 Frame에서 결로가 발생하는 것을 예상 할 수 있다. 이와 같이 시험을 통해 산출된 온도 저하율은 다양한 경계조건에서의 결로 발생 여부를 분석 할 수 있는 결로 성능 판단의 지표라 사료된다.

3. 결론

KS F 2295에 의한 플라스틱, 알루미늄, 알루미늄과 목재의 복합 창호에 대한 결로 성능 시험을 실시하였으며, 저온실 공기온도와 창호의 내부 측 표면온도의 상관그래프 및 온도저하율을 산출하여 선정 창호에 대한 결로 성능을 분석하였다. 분석 결과는 다음과 같다.

(1) 플라스틱 창호의 경우, 향온 향습실 공기온도 20℃, 상대습도 50%의 노점온도 9.3℃에 대한 각 구성 부위별 결로 발생은 Edge부위에서만 나타났으며, Edge부위의 결로 발생 시 저온실 공기온도는 -20℃로 나타났다. 또한 향온 향습실 공기온도 20℃, 상대습도 70%의 노점온도 14.2℃에 대한 창호 내부 측의 부위별 결로 발생 시 저온실 온도는 Edge부위가 -5℃, Glazing은 -10℃, Frame은 -15℃에서 결로가 발생하였다.

(2) 알루미늄 창호의 경우, 향온 향습실 공기온도 20℃, 상대습도 50%의 노점온도 9.3℃에 대한 창호 내부 측의 각 구성 부위별 결로 발생 시 저온실 공기 온도는 Edge부위가 -10℃, Frame이 -15℃, Glazing은 -20℃에서부터 결로가 발생 하였다. 향온 향습실 공기온도 20℃, 상대습도 70%의 노점온도 14.2℃에 대한 창호 내부 표면의 결로 발생은 저온실 온도가 영하의 조건에서부터

전 구성 부위에 결로가 발생했다.

(3) 알루미늄과 목재의 복합 창틀 창호의 경우, 향온 향습실 공기온도 20℃, 상대습도 50%의 노점온도 9.3℃에 대한 창호 내부 측의 각 구성 부위별 결로 발생은 저온실 공기온도 -10℃부터 Edge부위에서만 발생했다. 향온 향습실 공기온도 20℃, 상대습도 70%의 노점온도 14.2℃에 대한 창호 내부 측의 부위별 결로 발생 시 저온실 온도는 Edge부위는 0℃, Glazing은 -15℃부터 결로가 발생 하였으며, 단열 성능이 뛰어난 목재 Frame에서는 -20℃까지 결로가 발생하지 않았다.

(4) Glazing의 단열성능 향상에 따른 결로 방지성능의 향상치를 온도 저하율에 의해 수치적으로 계산하면, 24 mm Clear에 Low-e코팅을 적용시 약 40%, Low-e코팅에 Ar가스 충전시 약 5%로 전체 45%의 결로 방지성능이 향상되는 것을 알 수 있다.

이와 같이 온도 저하율을 이용하여 창호의 결로 성능을 수치적으로 표현이 가능 하다. 또한 다양한 경계조건에서의 결로 발생 여부를 분석 할 수 있는 결로 성능의 판단 지표라 사료된다.

참고문헌

1. Test method of dew condensation for windows and doors, 1984, KS F 2295, Korea Industrial Standard.
2. Procedure for determining fenestration product condensation resistance values, 2004, NFRC-500, National Fenestration Rating Council.
3. Kim, S. M. and Song, S. Y., 2005, Insulation performance Evaluation of the aluminum window system with low-e coating and insulation spacer, Proceedings of the AIK, pp 295-298.
4. Chung M. S. and Jeong C. S., 2005, A study on heat transmission and condensation performance of curtain-wall window in high-rise residential building, Proceedings of the SAREK, pp 783-788.