

# 아르곤 가스 충전율 변화에 따른 창호의 열관류율 변화 분석 기초 연구

## - 건축물의 에너지절약설계기준을 중심으로

조경주<sup>1\*</sup> · 구보경<sup>2</sup> · 조동우<sup>3</sup>

<sup>1</sup>한국건설기술연구원, 전임연구원

<sup>2</sup>한국건설기술연구원, 수석연구원

<sup>3</sup>한국건설기술연구원, 선임연구위원

## Analysis of Changes in U-values of Windows According to Changes in Argon Gas Filling Rates - Focusing on Energy-saving Design Standards for Buildings

Cho Kyung-Joo<sup>1\*</sup> · Koo Bo-Kyoung<sup>2</sup> · Cho Dong-Woo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Research Specialist, Department of Building Energy Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

<sup>2</sup>Senior Researcher, Department of Building Energy Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

<sup>3</sup>Senior Research Fellow, Department of Building Energy Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

†Corresponding author: [kyungjoocho@kict.re.kr](mailto:kyungjoocho@kict.re.kr)

 OPEN ACCESS



Journal of the Korean Solar Energy Society  
Vol.43, No.5, pp.69-79, October 2023  
<https://doi.org/10.7836/kjes.2023.43.5.069>

pISSN : 1598-6411

eISSN : 2508-3562

Received: 12 September 2023

Revised: 24 September 2023

Accepted: 16 October 2023

Copyright © Korean Solar Energy Society

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NonCommercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

### Abstract

In this study, we examined the effect of argon gas leakage on the insulation performance of high-performance windows filled with argon gas according to energy-saving design standards for buildings. Field surveys, insulation tests per KS F 2278 at various argon gas-filling rates, and WINDOW 7.8 simulations yielded the following main results. First, we found an average gas-filling rate of 49.9% in insulating glass for buildings constructed after the 2018 revision of the building energy code in the scope of this study. A strong correlation was found between completion years and argon gas-filling rates. Second, the insulation performance test per KS F 2278 indicated that decreasing argon gas-filling rates from 95% to 0% resulted in a 10.9% decrease in insulation for low-E double-glazed windows and a 28.8% decrease for low-E triple-glazed windows. Third, for window specifications from the building energy code, WINDOW 7.8 simulations showed an average insulation performance decrease of 11.6% for low-E double-glazed windows and decrease of 15.8% for low-E triple-glazed windows when the argon gas-filling rate was decreased from 95% to 0%. This supports the KS F 2278 test results, with the simulation indicating a greater decrement in insulation performance for triple-glazed windows.

**Keywords:** 아르곤 가스 충전율(Argon gas filling rates), 창호의 열관류율(U-values of windows), KS F 2278, 건축물의 에너지절약설계기준(Building energy code)

## 1. 서론

건축물을 건축하거나 대수선, 용도변경 및 건축물 대장의 기재내용을 변경하는 경우 해당 거실의 외피는 열 손실 방지 조치 등의 에너지이용합리화를 위한 조치를 하여야 한다<sup>1)</sup>. 이때, 거실의 외피는 해당 거실을 둘러싸고 있는 벽, 지붕, 바닥, 창과 같은 부위를 의미하며, 본 부위는 동 기준 별표 1의 열관류율 기준을 준수해야 한다.

열관류율이란 고체 벽을 사이에 둔 두 유체 사이에 온도차가 존재할 때 단위 면적, 단위 시간에 이동하는 열량을 의미하는 관류 열량의 계수이다. 즉, 본 열관류율이 낮을수록 이동하는 열량이 작기 때문에 단열 성능이 좋다고 말할 수 있고, 위의 열관류율 기준은 지속적으로 낮아져왔다. 이에 과거의 창호를 그대로 적용하는 것으로는 열관류율 기준을 준수하기가 어려워져, 복층유리나 삼중유리와 같은 다층 유리의 적용, 로이 코팅, 열교 차단재, 유리 사이 불활성 가스의 주입 등 다양한 기술이 복합적으로 적용되고 있다<sup>2)</sup>. 아르곤 가스는 다층 유리 공기층 내에 보통 90 ~ 95% 정도 채워지는데, 90%의 아르곤 가스와 10%의 공기로 채워진 복층 유리는 공기로만 채워진 복층 유리에 비해 유리 중앙의 단열값이 약 5% 이상 향상되는 것으로 알려져 있다<sup>3)</sup>. 유리에 로이 코팅을 실시하는 것이 아르곤 가스를 주입하는 것보다 창호의 단열 성능에 미치는 영향이 더 큰 편이지만, 로이 코팅과 아르곤 가스 주입이 동시에 적용될 때 최고의 단열 성능을 발휘할 수 있는 것으로 알려져 있다<sup>4)</sup>. 하지만 창호의 단열 성능은 설치 환경, 설치 방법, 노후화 등 여러 가지 이유로 실험실에서 측정된 값과 달라질 수 있다<sup>5,6)</sup>. 특히 동·하계 실내외 온도차에 의한 유리의 신축 팽창 등으로 유리 사이에 주입된 가스는 누기될 수 있고<sup>7,8)</sup>, 이 충전 가스 누출 하자의 가장 큰 원인 중 하나는 적절한 공정을 거치지 못한 실링재의 적용인 것으로 알려져 있다<sup>9)</sup>.

해외에서는 이런 문제에 대처하기 위해 관련 기준을 제정하여 가스 주입 유리의 가스의 손실률을 점검하고 있다<sup>10)</sup>. 대한민국에도 가스 주입 유리의 누기율 점검을 위한 단체 표준이 존재하지만<sup>11)</sup> 이를 득하는 것은 의무 사항이 아니기 때문에 실제 현장에서는 아르곤 가스의 누기로 인한 단열성능 저하 사례가 많을 것으로 추정된다. 특히 그 단열성능 저하 정도에 대한 문헌은 해외에만 드물게 존재하며 국내에서는 존재하지 않는 상황이다.

이에 본 연구는 실제 건물에서의 아르곤 가스 충전율을 측정 후, KS 시험을 통한 아르곤 가스 충전율별 단열 성능 저하 정도를 확인하였다. 다음 단계로 건축물의 에너지절약설계기준 별표 4에 명시된 창호의 종류에 따른 단열 성능을 아르곤 가스 충전율 별 시뮬레이션을 통해 추정하고 그 단열 성능 저하 경향을 KS 시험 결과와 비교하여 실제 현장에서의 단열성능 저하에 대해 분석하였다.

## 2. 창호의 아르곤 가스 충전율 현장 조사

건축물의 에너지절약설계기준 별표 1 '지역별 외피의 단열성능 기준'은 건물을 신축 시 준수해야하는 단열 성능 기준으로 2018년까지 강화된 후 현재에 이르고 있다. 이에 2018년 이후 중부 지방에 준공된 비주거 건물의 복층 창호를 현장 측정 대상으로 선정하여 유사한 성능의 창호가 분석 대상이 되게 하였다. 실제 현장에 설치된 창호의 아르곤 가스 충전 상태를 파악하기 위한 측정기는 Sparklike Handheld 3.0이 사용되었다. 이 측정기

는 고압 스파크를 통해 복층 단열 유리 공간층으로 유도되는 빛 방출을 측정하여 가스 농도를 측정한다. 메이커가 제공하는 자료에 따르면, 본 장비의 측정 오차는 아르곤 가스의 농도가 90% 이상일 때는 2% 이내이나, 50% 이하가 되는 경우 약 5% 대로 떨어지게 된다. Fig. 1은 Sparklike Handheld 사진과 현장 측정 전경이다.

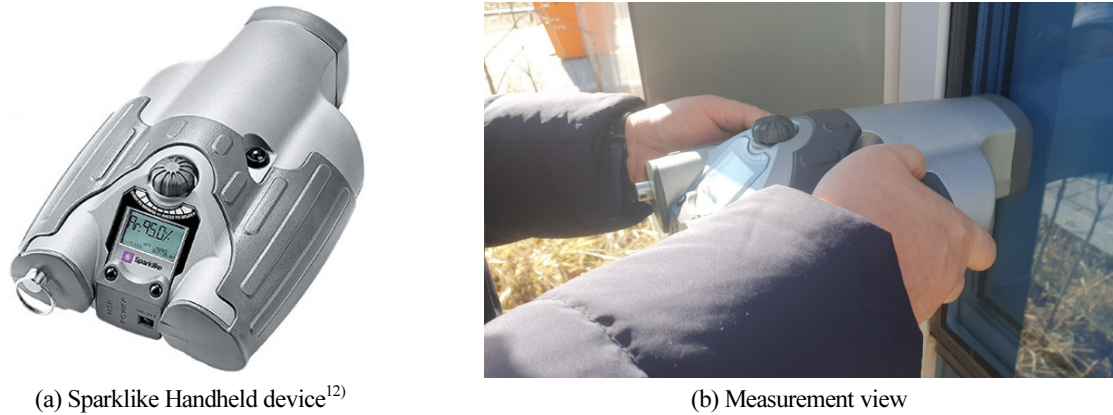


Fig. 1 Measuring the argon gas filling rate of a window

측정 대상 창호의 유리와 프레임 구성에 따라 부위 별로 아르곤 가스의 충전율이 다를 수 있어 유리 모서리에서 10 cm 떨어진 4 부위의 가스 충전율을 측정하여 평균값을 산정하였다. 또한, 건물은 보통 여러 면으로 구성되며 동일 건물이라도 방위나 인접 건물 등과 같이 해당 입면이 처한 환경적 특성에 따라 아르곤 가스의 누기량이 다를 수 있다. 이에 건물 별로 3면의 창호를 골라 아르곤 가스 충전율을 측정한 후 이 3개 값의 평균을 산정하였다. Fig. 2는 Window 1,2,3 값을 건물별로 나열한 그래프이다.

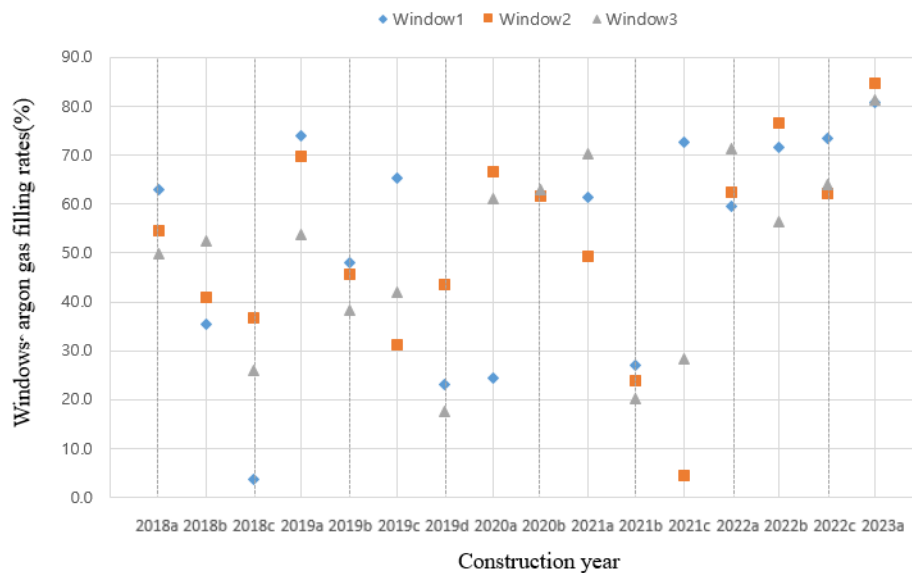
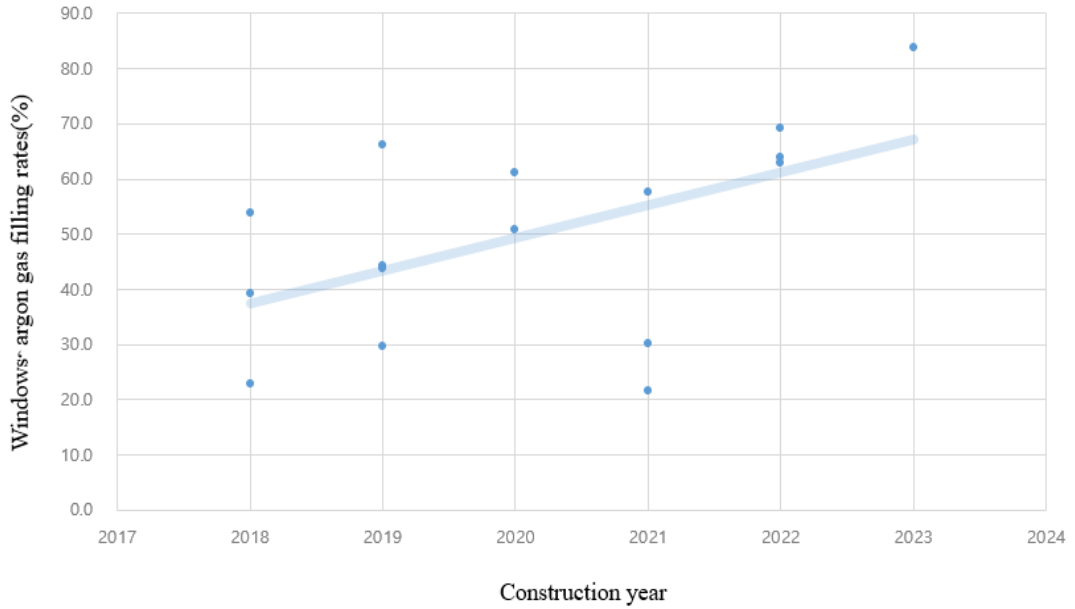


Fig. 2 Argon gas filling rates for each building and window



**Fig. 3** Argon gas filling rates for each building by year of completion

**Table 1** Argon gas filling rates and window specifications of windows measured on site

Building / Construction year	Window size (mm)	Glass structure <sup>1)</sup>	Frame material	Window 1 Ar (%)	Window 2 Ar (%)	Window 3 Ar (%)
2018a	1000*1500	6+12a+6	AL	63.0	54.5	49.8
2018b	2000*3000	6+12a+6	AL	35.4	41.0	52.4
2018c	1500*2500	6+12a+6	AL	3.6	36.7	26.0
2019a	1300*2500	6+14a+6	AL	74.0	69.6	53.8
2019b	1000*2700	6+12a+6	AL	48.1	45.5	38.3
2019c	1200*2700	6+14a+6	AL	65.4	31.3	42.1
2019d	1700*2500	6+12a+6	AL	23.0	43.7	17.7
2020a	1700*2500	6+12a+6	AL	24.3	66.7	61.0
2020b	2400*2300	6+16a+6	PVC	62.2	61.7	63.0
2021a	2500*5000	6+14a+6	AL	61.4	49.2	70.3
2021b	1500*2500	6+14a+6	AL	27.0	24.0	20.3
2021c	1200*1500	5+16a+5	AL	72.6	4.5	28.4
2022a	2300*2400	6+14a+6	PVC	59.5	62.4	71.5
2022b	1300*2400	6+16a+6	AL	71.5	76.6	56.4
2022c	1700*2300	6+16a+6	AL	73.4	62.2	64.0
2023a	1700*2300	6+16a+6	PVC	80.8	84.7	81.4

1) Glass thickness + Air thickness + Glass thicknes

Fig. 3은 Table 1의 Window 1,2,3의 평균값을 준공연도 별로 나열한 그래프이며, Table 1은 측정된 건물의 준공연도, 측정 창호의 정보, 창호별 아르곤 측정값 평균 등의 자료를 정리한 표이다. 건물 별로 3면의 창호를 선정하고 각 창호 별 네 모서리의 아르곤 가스 충전율을 측정 및 평균한 값을 Window 1, 2, 3로 표현하고 있다. 2018년 ~ 2023년까지 준공된 측정 대상 건물 창호의 평균 아르곤 가스 충전율은 49.9%이며 준공연도가 최근 일 수록 아르곤 가스의 충전율이 높은 상관관계를 어느 정도 보여준다. 다만, 동일 준공연도의 건물임에도 아르곤 가스의 충전율이 30% 이상 차이 나는 경우가 많아 창호의 초기 품질이나 창호가 면한 기후 환경적 특성 등 노후화 이외의 요인도 아르곤 가스의 누기에 중요하게 작용하는 것으로 분석되었다.

### 3. KS F 2278에 의한 창호의 단열성능 시험

건축물의 에너지절약설계기준 별표 1 ‘지역별 건축물 부위의 열관류율표’에 명시된 단열 기준 중 창호의 열관류율 기준에 적합함을 증명하는 방법은 다음과 같은 2가지이다.

- 1) KS F 2278 창호의 단열성 시험 방법에 의한 시험성적서를 제출할 것
- 2) 별표 4의 열관류율 값을 충족할 것

하지만 별표 4의 열관류율 값으로 ‘지역별 외피의 단열성능 기준’인 별표 1을 준수하기 어려운 경우가 많기 때문에 실무적으로는 KS F 2278에 의한 시험성적서를 제출하여 위 기준에 적합함을 증명하는 경우가 많다. 이에 아르곤 가스의 충전율에 따른 다층 유리창의 단열성능 변화 정도를 실험에 의해 파악하기 위해 KS F 2278에 따른 창호의 열관류율 시험을 실시하였다. 한국에너지공단에서 제공하는 고효율 에너지 기자재 인증 창세트 자료<sup>13)</sup>에 근거하여 일반적으로 현장에서 많이 적용하는 26 mm 복층창과 39 mm 삼중창을 제작하였다.

Fig. 4는 시험용 창호 제작에 사용된 설계도이며 KS F 2278 시험 기준에 따라 2,000 × 2,000 mm 복층창과 삼중창을 제작하였다. 시험 조건은 아르곤 가스 충전율 0%, 65%, 95% 세 가지이며 다음과 같은 이유로 선정되었다.

- 1) Sparklike Handheld 3.0는 아르곤 가스의 충전율이 50% 이하로 떨어질 경우 그 오차가 5% 이내로 커지므로 50% 이하의 충전율은 측정 조건에서 제외한다.
- 2) 아르곤 가스의 최고 충전율은 기존 연구에 따라 95%로 한다.
- 3) 현장 측정시 창호별로 측정된 아르곤 가스 충전율 값 중 50% 이하를 제외하고 제일 빈도수가 많았던 구간인 60 ~ 70%의 중간값인 65%를 최저 충전율로 한다.

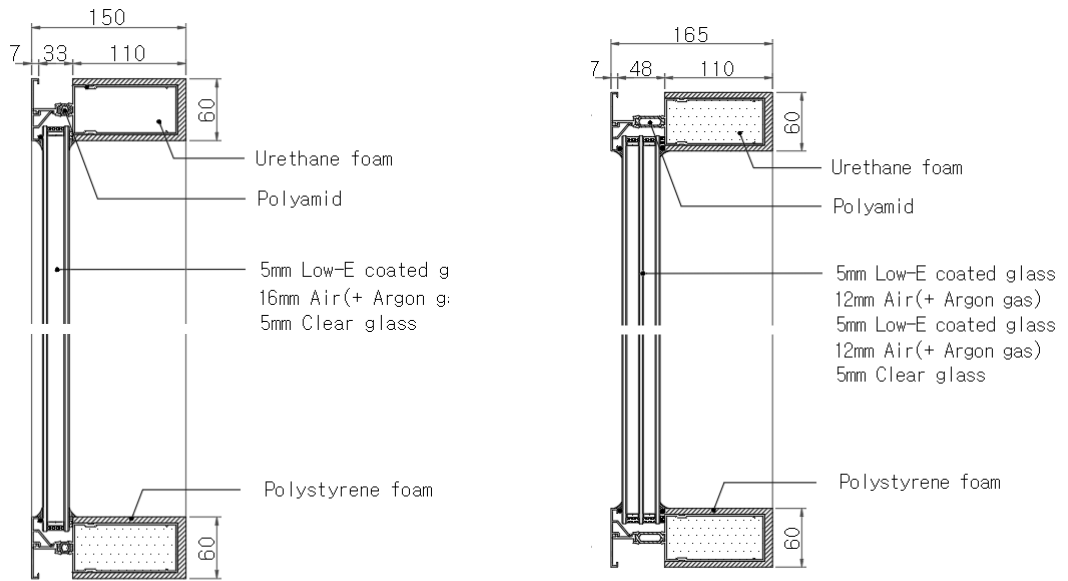
위의 0%, 65%, 95% 세 가지의 조건에 대한 KS F 2278 시험 결과는 Fig. 5와 같다.

시험 결과를 살펴보면, 복층창의 경우 아르곤 가스 농도가 줄어들면서 열관류율이 1.332 W/m<sup>2</sup>K에서 1.477 W/m<sup>2</sup>K까지 상승하여, 단열성능이 10.9% 저하됐고, 삼중창의 경우 열관류율이 0.943 W/m<sup>2</sup>K에서 1.215 W/m<sup>2</sup>K까지 상승하여 단열 성능이 28.8% 저하되는 것으로 분석되었다.

복층창 아르곤 가스 농도 95%를 기준으로 하여 각 케이스의 단열 성능을 비교할 때 각각, 아르곤 가스 65%의



경우 3.0%, 0%의 경우 10.9%의 열관류율이 높아졌다. 한편, 삼중창 아르곤 가스 농도 95%를 기준으로 하여 각 케이스의 단열 성능을 비교하면 각각, 65%의 경우 9.7%, 0%의 경우 28.8% 열관류율이 상승하였다. 즉, 본 시험 조건에서 삼중창의 아르곤 가스의 농도 감소로 인한 단열성능 저하가 복층 유리에 비해 더 큰 것으로 분석되었다.



VERTICAL SECTION DETAIL  
(a) 26 mm double glazing window

VERTICAL SECTION DETAIL  
(b) 39 mm triple glazing window



(c) Measurement view

**Fig. 4** Windows for the KS F 2278 test

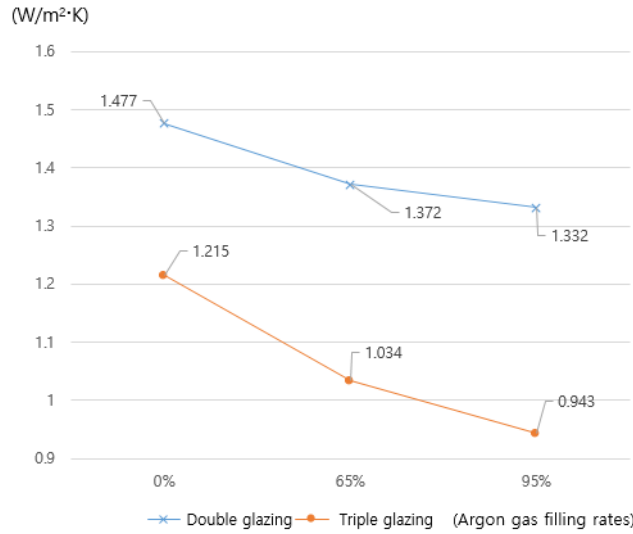


Fig. 5 U-values for the windows according to the argon filling rate

## 4. 건축물의 에너지절약설계기준 별표 4의 창호와 시뮬레이션

### 4.1 건축물의 에너지절약설계기준 별표 4

아르곤 가스의 누기가 창호의 단열 성능 저하에 미치는 영향을 건축물의 에너지절약설계기준 별표 4에서 분류된 창호별로 분석하기 위해 별표 4의 창호 분류에 맞추어 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션을 위한 프로그램은 Lawrence Berkeley National Laboratory에서 개발한 WINDOW 7.8이며, WINDOW 7.8은 창호의 열성능 지수를 계산하는 관련 연구에 일반적으로 사용되는 프로그램이다.

별표 4는 로이 코팅이나 아르곤 가스의 주입이 없는 일반 복층창부터 로이코팅, 아르곤 가스를 적용한 삼중창, 사중창까지 다양한 창호의 열관류율을 명시하고 있다. 단, 사중창의 경우 본 연구 범위에 포함되지 않아 제외하였다. 이 별표 4는 보수적인 기준으로 별표 1과는 달리 오랜 기간 개정되지 않았고, 현재의 창호는 고성능 유리를 활용하기 때문에 현장에 적용되는 창호들은 별표 4의 열관류율 값보다 낮은 수치의 제품이 적용되게 된다. 이에 KS F 2278 시험에서 활용한 소프트코팅이 된 로이유리의 IGDB (International Glazing Database)와 Fig. 4의 프레임 사양을 적용하여 아르곤 가스 충전율별 열관류율을 산정하였다.

본 시뮬레이션은 아래의 세가지 조건으로 진행하였다.

- 1) 시뮬레이션 조건을 0%, 35%, 65%, 95%로 네가지로 함
- 2) 복층창, 삼중창 프레임의 경우 Fig. 4 프레임의 정보를 활용함
- 3) 복층유리의 경우 소프트코팅 로이 유리 + 공기층(아르곤) + 일반 유리의 구성이며, 삼중유리의 경우 소프트코팅 로이 유리 + 공기층(아르곤)+소프트 코팅 로이 유리 + 일반 유리 구성임

Table 2는 WINDOW 7.8 프로그램을 사용하여 열관류율을 계산한 결과로 이를 요약 분석하면 아래와 같다.

**Table 2** U-values of windows by argon gas filling rates

Types of windows		U-values by types of windows ( $W/m^2 \cdot K$ )								
		Metal						PVC or Wood		
		No thermal break			Thermal break					
Thickness of air layer in glass[mm]		6	12	16 and above	6	12	16 and above	6	12	16 and above
Double glazing window	Low-E + Ar 0%	3.331	2.717	2.577	3.698	3.084	2.944	2.823	2.209	2.069
	Changes to A	11.8%	10.1%	8.0%	10.5%	8.8%	6.9%	14.2%	12.7%	10.1%
	Low-E + Ar 35%	3.205	2.625	2.507	3.572	2.993	2.875	2.697	2.118	2.000
	Changes to A	7.6%	6.4%	5.0%	6.8%	5.5%	4.4%	9.1%	8.0%	6.4%
	Low-E + Ar 65%	3.093	2.547	2.447	3.460	2.914	2.815	2.586	2.039	1.940
	Changes to A	3.8%	3.2%	2.5%	3.4%	2.8%	2.2%	4.6%	4.0%	3.2%
Triple glazing window	(A) Low-E + Ar 95%	2.979	2.468	2.387	3.346	2.835	2.754	2.471	1.960	1.879
	Low-E + Ar 0%	2.255	1.697	1.549	2.596	2.039	1.890	1.715	1.158	1.009
	Changes to B	16.8%	13.9%	11.7%	14.3%	11.3%	9.4%	23.3%	21.8%	19.2%
	Low-E + Ar 35%	2.136	1.620	1.488	2.477	1.961	1.829	1.597	1.080	0.948
	Changes to B	10.7%	8.7%	7.3%	9.1%	7.1%	5.9%	14.8%	13.6%	12.0%
	Low-E + Ar 65%	2.033	1.554	1.436	2.375	1.896	1.778	1.494	1.015	0.897
	Changes to B	5.3%	4.3%	3.6%	4.5%	3.5%	2.9%	7.4%	6.8%	5.9%
	(B) Low-E + Ar 95%	1.930	1.490	1.386	2.272	1.832	1.728	1.391	0.951	0.847

1) Changes to A(B) : Insulation performance changes compared to A(B)  
 2) Low-E + Ar 00% : Low-E coated and Argon gas filled with 00%

먼저 복층창의 시뮬레이션 결과를 아래와 같이 분석하였다.

- 1) 아르곤 가스 0%의 로이 복층창은 아르곤 가스가 95% 충전된 로이 복층창에 비해 6 mm 공기층에서 10.5 ~ 14.2%, 12 mm 공기층에서 9.3 ~ 14.8%, 16 mm 이상 공기층에서 7.1 ~ 12.8%의 단열성능 저하를 보여주었으며 그 평균은 11.6%로 나타났다.
- 2) 아르곤 가스가 35% 충전된 로이 복층창은 아르곤 가스가 95% 충전된 로이 복층창에 비해 6 mm 공기층에서 6.8 ~ 9.1%, 12 mm 공기층에서 5.5 ~ 8.0%, 16 mm 이상 공기층에서 4.4 ~ 6.4%의 단열성능 저하를 보여주었으며 그 평균은 6.6%로 나타났다.
- 3) 아르곤 가스가 65% 충전된 로이 복층창은 아르곤 가스가 95% 충전된 로이 복층창에 비해 6 mm 공기층에서 3.4 ~ 4.6%, 12 mm 공기층에서 2.8 ~ 4.0%, 16 mm 이상 공기층에서 2.2 ~ 3.2%의 단열성능 저하를 보여주었으며 그 평균은 3.3%로 나타났다.

위의 결과는 아르곤 가스 0% 충전시 10.9%, 아르곤 가스 65% 충전 시 3%의 단열성능 저하를 보여준 KS F 2278 시험 결과의 추세와 유사한 것으로 분석된다. 한편, 삼중창의 시뮬레이션 결과를 분석하면 아래와 같다.

- 1) 아르곤 가스 0%의 로이 삼중창은, 아르곤 가스가 95% 충전된 로이 삼중창에 비해 6 mm 공기층에서 14.3 ~ 23.3%, 12 mm 공기층에서 11.3 ~ 21.8%, 16 mm 이상 공기층에서 9.4 ~ 19.2%의 단열성능 저하



를 보여주었으며 그 평균은 15.8%로 나타났다.

2) 아르곤 가스가 35% 충전된 로이 삼중창은 아르곤 가스가 95% 충전된 로이 삼중창에 비해 6 mm 공기층에서 9.1 ~ 14.8%, 12 mm 공기층에서 7.1 ~ 13.6%, 16 mm 이상 공기층에서 5.9 ~ 12.0%의 단열성능 저하를 보여주었으며 그 평균은 9.9%로 나타났다.

3) 아르곤 가스가 65% 충전된 로이 삼중창은 아르곤 가스가 95% 충전된 로이 삼중창에 비해 6 mm 공기층에서 4.5 ~ 7.4%, 12 mm 공기층에서 3.5 ~ 6.8%, 16 mm 이상 공기층에서 2.9 ~ 5.9%의 단열성능 저하를 보여주었으며 그 평균은 4.9%로 나타났다.

위의 결과는 KS F 2278 시험 결과와 비교할 때, 복층창보다 삼중창의 단열성능 저하가 더 큰 폭이라는 점에서는 유사하다. 단, 삼중창 시뮬레이션의 경우 KS F 2278 시험 결과에 비해 약 절반 정도 작은 단열 성능 저하 정도를 보였다. 이는 현장에서의 단열 성능 저하가 시뮬레이션보다 클 수 있다는 점을 시사하는 것으로 보인다.

## 5. 토의

Table 3는 2018년 개정된 건축물의 에너지절약설계기준 별표 1 ‘지역별 외피의 단열성능 기준’ 중 창호관련 파트이다. 한국에너지공단에 고효율 기자재로 최근까지 등록된 약 15,000세트의 창호의 열관류율을 분석한 결과 열관류율  $0.9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  이하의 제품은 약 37.5%를 차지하고 있었으나, 이 중 아르곤 가스가 주입되지 않은 경우는 단 15.8%에 불과했다. 이 아르곤 가스가 주입되지 않은 15.8%의 창세트는 합성수지 프레임에 복층유리 2장, 즉 사중창을 이용한 케이스였으며 알루미늄 프레임의 경우 아르곤 가스를 충전하지 않은 케이스는 존재하지 않았다.

현장 조사, KS 시험, 시뮬레이션의 종합 분석 결과에 따르면, 준공 후 2년이 지나면 창호의 아르곤 가스 충전율이 65% 이하가 될 확률이 약 92%에 달했고, 이 경우 복층창 약 2.2 ~ 3.6%, 삼중창 약 2.9 ~ 9.7%의 단열성능 저하가 예측되었다. 동 조사에서 아르곤 가스의 충전율이 35% 이하가 될 확률도 약 33%에 달했는데 이 경우 복층창 약 4.4 ~ 9.1%, 삼중창 5.9 ~ 14.8%의 단열성능 저하가 예측된다.

즉, 위와 같은 상황에서 중부 1지역에 주거용 건물을 신축 시 복층창이 설치되었다면, 법정 기준보다 9.1% 단열 성능이 높은 열관류율  $0.819 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  이하, 삼중창이라면 법정 기준보다 14.8% 단열성능이 높은  $0.767 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  이하의 제품을 설치해야 준공 후 2년이 지난 시점에서 법정 단열성능을 유지할 수 있었을 것으로 분석된다.

**Table 3** U-values of windows in new buildings, region wise compliance

(W/m <sup>2</sup> · K)		Central Region1	Central Region2	Southern region	Jeju island
Exposed directly to the outdoor air	Apartment houses	Below 0.9	Below 1.0	Below 1.2	Below 1.6
	Except for Apartment houses	Below 1.3	Below 1.5	Below 1.8	Below 2.2
Exposed indirectly to the outdoor air	Apartment houses	Below 1.3	Below 1.5	Below 1.7	Below 2.0
	Except for Apartment houses	Below 1.6	Below 1.9	Below 2.2	Below 2.8

## 5. 결론

본 연구에서는 아르곤 가스가 충전된 고성능 창호의 아르곤 가스 누기로 인한 단열 성능 저하 정도를 건축물의 에너지절약설계기준 창호 분류에 따라 분석하였다. 이를 위해 현장 조사, 아르곤 가스 충전율 별 KS F 2278에 따른 단열 성능시험, WINDOW 7.8에 의한 시뮬레이션을 실시하였고 그 주요 결과는 다음과 같다.

- 1) 건축물의 에너지절약설계기준의 별표 1의 가장 최근 개정 시점인 2018년 이후 준공된 건물을 대상으로 가스 충전 유리의 아르곤 가스 충전율을 조사한 결과, 본 측정 대상 건물 범위에서 평균 아르곤 가스 충전율은 49.9%이며 준공연도가 최근일수록 아르곤 가스의 충전율이 높은 상관관계가 있었다. 다만, 동일 준공연도의 건물임에도 아르곤 가스의 충전율이 30% 이상 차이나는 등 건물 별로도 큰 차이를 보여 기존 연구에서 언급된 창호의 초기 품질이나 창호가 면한 기후 환경적 특성 등 노후화 이외의 요인도 중요하게 작용하는 것으로 분석되었다.
- 2) KS F 2278에 의한 창호의 단열 성능 시험 결과, 아르곤 가스 충전율이 95%에서 0%까지 줄어들 때, 본 연구 조건에서 로이 복층창의 단열성능은 10.9%까지 로이 삼중창의 단열성능은 28.8%까지 하락한 것으로 분석되었다.
- 3) 건축물의 에너지절약설계기준 별표 4에 의한 창호 스펙에 따라 WINDOW 7.8에 의한 시뮬레이션을 실시한 결과, 아르곤 가스 충전율이 95%에서 0%까지 줄어들 때, 로이 복층창의 단열성능은 평균 11.6%, 로이 삼중창의 단열성능은 평균 15.8% 하락한 것으로 분석되었다.
- 4) 시뮬레이션을 KS F 2278 본 시험 결과와 비교할 때, 복층창보다 삼중창의 단열성능 저하가 더 큰 폭이라는 점에서는 유사하지만 삼중창의 시뮬레이션은 단열 성능 저하의 폭이 절반 수준인 양상을 보였다. 이는 현장에서의 단열 성능 저하가 시뮬레이션보다 클 수 있다는 점을 시사하는 것으로 보인다.
- 5) 위의 연구 결과를 종합해 볼 때, 준공 후 2년이 지나면 창호의 아르곤 가스 충전율이 65% 이하가 될 확률이 약 92%에 달했고, 이 경우 복층창 약 2.2 ~ 3.6%, 삼중창 약 2.9 ~ 9.7%의 단열성능 저하가 예측되었다. 동 조사에서 아르곤 가스의 충전율이 35% 이하가 될 확률도 약 33%에 달했는데 이 경우 복층창 약 4.4 ~ 9.1%, 삼중창 5.9 ~ 14.8%의 단열성능 저하가 예측되었다.

고성능 단열 유리의 기술적 수명은 일반적으로 30 ~ 40년 정도로 예상되고 있으며, EN 1279는 고성능 단열 유리의 단열 성능이 잘 유지될 수 있는 기한을 25년으로 가정하고 있다. 현장에 적용되는 창호가 이와 같은 수준에 도달하기 위해서는 제작 단계에서의 공법 개선이 요구되며, 시간의 흐름에 따른 아르곤 가스 누기를 개선하기 위한 가스 충전 기술 개발이 시급한 것으로 분석된다.

## 후기

본 연구는 2023년도 과학기술정보통신부의 재원으로 수행한 연구과제 결과의 일부임(과제번호 : 20230146).

## REFERENCES

1. Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MLIT), (MOLIT), Building Energy Code, MOLIT Notice number 2023-104, 2023.
2. Choi, J., A Study on Performance of Ar Gas Filled Insulating Glass by Accelerated Weathering Test, Master thesis, Inha University, Inha University Press, 2014.
3. Lawrence Berkeley National Laboratory, WINDOW 7 User Manual, 2018.
4. Wakili, K. G., Radle, W., Krammer, A., Uehlinger, A., Schuler, A., and Stockli, T., Ug-value and Edge Heat Loss of Triple Glazed Insulating Glass Units: A Comparison Between Measured and Declared Values, *J. Build. Eng.*, Vol. 44, 103031, 2021.
5. Garvin, S. L. and Wilson, J., Environmental Conditions in Window Frames with Double-glazing Units, *Constr. Build. Mater.*, Vol. 12, No. 5, pp. 289-302, 1998.
6. Lingnell, A. W. and Spetz, J. L., Field Correlation of the Performance Of Insulating Glass Units in Buildings-A Twenty-Five Year Study, Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Whole Buildings X International Conference, Buildings X Proceedings, 2007, Florida, USA.
7. Wolf, A. T., Design and Material Selection Factors That Influence the Service-life and Utility Value of Dual-sealed Insulating Glass Units, Proc. of 9th International Conference on Durability of Building Materials and Components, July 2002, Brisbane, Australia.
8. Asphaug, S. K., Jelle, B. P., Gullbrekken, L., and Uvsløkk, S., Accelerated Ageing and Durability of Double-glazed Sealed Insulating Window Panes and Impact on Heating Demand in Buildings, *Energy and Buildings*, Vol. 116, pp. 395-402, 2016.
9. Window Technology, 'Gas-injected Insulating Glass Standard' Should Be Used to Properly Maintain the Insulation Performance of Windows. <http://www.windownews.co.kr/detail.php?number=3253&thread=11>. last accessed on th 15 May 2023.
10. EN 1279-3, Glass in Building- Insulating Glass Units-Long Term Test Method and Requirements for Gas Leakage Rate and For Gas Concentration Tolerances, 2018.
11. SPS-KFGIA 002-1799, Gas-Injected Insulating Glass, Korea Plate Glass Window Association, 2013.
12. Sparklike Handheld. <https://www.inagas.com/gas-testing/sparklike-handheld.php>. last accessed on th 10 May 2023.
13. Efficiency Management System, Korea Energy Agency. <https://eep.energy.or.kr/report/report.aspx>. last accessed on th 2 May 2023.