



## 창세트 전체 열관류율( $U_w$ ) 평가 방법에 따른 시뮬레이션 결과 비교 분석 - 단창 창세트에 대한 시뮬레이션 결과 비교를 중심으로 -

*A comparative analysis of the simulation results of total window thermal transmittance( $U_w$ ) according to the evaluation method*

*- Focused on comparison of the single window simulation results -*

이용준\* · 오은주\*\* · 김사겸\*\* · 최현중\*\*\* · 김유민\*\*\*

Lee, Yong-jun\* · Oh, Eun-joo\*\* · Kim, Sa-kyum\*\* · Choi, Hyun-jung\*\*\* · Kim, Yu-min\*\*\*

\* Corresponding author, BEL Technology CO. Ltd., Seoul, Korea(leejy@beltec.co.kr)

\*\* BEL Technology CO. Ltd., Seoul, Korea (ohya@beltec.co.kr), (sakyum@beltec.co.kr)

\*\*\* Korea Institute of Construction Technology, Gyeonggi-do, Korea (mingineu@kict.re.kr), (ymkim@kict.re.kr)

### ABSTRACT

**Purpose:** The aim of this study is to calculate U-factor of the window using international standard methods and compare quantitative and tendency difference focused on ISO standard 15099 and ISO standard 10077. And the result of ISO standard calculation methods is verified using thermal performance experiment to evaluate applicability of domestic certification system. This study is utilized a basis for activation of domestic window certification system. **Method:** First, 16 cases are selected that is combined a variety of frame, Glazing, spacer, etc. The selected cases were simulated using WINDOW&THERM based on ISO 15099 and 10077 calculation method. Second, experiment was conducted based on Korean standard condition. Then, it was compared the error of experiment and simulation results. Through this process, ISO 15099 and 10077 calculation methods were evaluated accuracy and utilization. **Result:** The results show that the difference of ISO 15099 and ISO 10077-2 is maximum 5.4%. The results of comparing U-factor errors based on the Korea standard experiment test found 2.4%. Consequently, it will be possible to combination calculation methods of ISO 15099 and ISO 10077 for a single window.

### KEYWORD

창세트 에너지소비효율등급제  
창세트 열관류율  
국제표준 15099  
국제표준 10077

Fenestration energy consumption efficiency rating system  
Total window thermal transmittance  
ISO 15099  
ISO 10077

### ACCEPTANCE INFO

Received April 19, 2016  
Final revision received May 2, 2016  
Accepted May 4, 2016

© 2016 KIEAE Journal

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

국내 고성능 창호의 개발 및 보급 확대를 위하여 2012년 7월부터 산업통상자원부에서 '창세트 에너지소비효율등급 표시제도'가 시행되고 있으며, 이와 함께 제도의 활성화와 창세트 에너지소비 성능 평가의 효율화를 위하여 상기의 제도에 더하여 2013년 6월부터 시뮬레이션 방법을 이용하여 창세트의 열관류율을 평가할 수 있도록 개정되었다.

시뮬레이션 방법을 활용하여 창세트의 에너지소비효율등급 중 열관류율 성능을 평가하기 위해서는 실물 실험과 시뮬레이션 평가법의 평가 결과가 상응하는 정확성을 확보하여야 하며, 또한 다양한 유리 및 프레임의 조합에 따른 열관류율의 변화를 쉽고 빠르게 평가하여 비교 분석할 수 있는 방법을 제공하는 것이 시뮬레이션 평가방법의 활성화에 필수적인 것으로 판단된다.

본 연구에서는 창세트의 열관류율( $U_w$ ) 산출을 위하여 국제 표준화 기구(ISO)에서 제시하는 두 가지 방법의 차이를 이론적으로 비교 분석하여 각 평가법의 적용 시 실험 결과 대비 상응하는 정확도의 확

보 여부 및 제도 적용 가능성을 분석하여 제도의 활성화를 위한 기초 자료를 제시하는 것을 목적으로 하였다.

### 1.2. 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 창세트의 에너지소비효율등급 제도 운영 시 창세트 전체의 열관류율 산출을 위한 시뮬레이션 평가법을 비교하기 위하여 두 가지 국제표준에 대한 이론적 고찰 및 평가 결과의 비교 분석이 실시되었으며, 실험 결과와의 상응도를 비교하기 위하여 별도의 창세트에 대한 실물 실험이 실시되었다.

본 연구에서 비교하고자 하는 국제표준(ISO Standard)은 ISO 15099와 ISO 10077-2로서 각 표준에서 제시하고 있는 창세트 전체의 열관류율( $U_w$ )의 산출 방법에 따른 결과 비교 및 시뮬레이션 평가법과 실물 실험 결과와의 비교 분석이 실시되었다.

단, 본 연구에서는 단창 창세트(Single window)만을 대상으로 하였는데, 이는 각 국제 표준에서 제시하고 있는 평가법상에는 국내에서 일반적으로 적용되고 있는 이중창(Double window)에 대한 계산이 가능한 이론적인 방법을 제시하지 않고 있기 때문이다. 이는 국내에서 일반적으로 적용되고 있는 이중창의 경우 실외측 창과 실내측 창간의 이격 거리가 약 70mm~110mm의 범위로 형성되고 있는데, 국제 표준에서 제시하고 있는 평가법에서 계산을 통하여 평가

가능한 중간 공기층의 최대 간격은 50mm로 제한되어 있고, 그 이상의 공간이 형성되는 창세트의 경우, 보다 정밀한 해석 방법이나 실험 결과 활용하도록 규정하고 있다.

## 2. 열관류율 산출 방법의 이론

### 2.1. 해외 사례 고찰

국내에서 시행되고 있는 창세트 에너지소비효율등급 표시제도와 유사한 제도를 운영하고 있는 해외 사례를 조사하여 각 국에서 적용하고 있는 창세트의 열관류율 산출 방법을 비교하였다.

다음의 Table 1은 창세트 열관류율 평가를 위하여 미국, 유럽, 일본 및 국내 제도에서 활용하고 있는 평가 방법에 대한 각국 표준과 이에 상응하는 국제 표준을 조사 정리한 것이다.

Table 1. Evaluation Standards for Thermal Insulation performance of the Window in the World

Division	Calculation method	Measurement method
USA (NFRC) <sup>1)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedure for determining U-value of windows</li> <li>NFRC 100(2010)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>NFRC 102(2010)</li> <li>ASTM C1199-09</li> </ul>
Europe (EN)	<ul style="list-style-type: none"> <li>EN ISO 10077-1(2006)</li> <li>EN ISO 10077-2(2003)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>EN ISO 12567-1(2010)</li> <li>EN ISO 12567-2(2005)</li> </ul>
Japan (JIS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>JIS A 2102-1 (2011)</li> <li>JIS A 2102-2 (2011)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>JIS A 4710 (2004)</li> <li>JIS A 1492 (2006)</li> </ul>
Domestic (KS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISO 15099</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>KS F 2278</li> </ul>
ISO standards	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISO 10077-1 (2006)</li> <li>ISO 10077-2 (2003)</li> <li>ISO 15099 (2003)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISO 12567-1 (2010)</li> <li>ISO 12567-2 (2005)</li> </ul>

각국에서 적용하고 있는 평가 방법에 대한 조사 결과 미국과 국내의 평가방법은 ISO 15099에 기초하고 있으며, 유럽과 일본의 경우 ISO 10077에 기초하고 있음을 알 수 있어, 본 연구에서 비교하고자 하는 두 가지 국제표준의 평가법이 다소간의 차이에도 불구하고 각국의 판단에 따라 활용되고 있음을 알 수 있다.

### 2.2. 전체 열관류율(total U-value, U<sub>w</sub>) 평가 방법 비교

본 연구에서 비교하고자 하는 국제표준 평가 방법 중 현재 국내 제도에서 활용되고 있는 기준인 ISO 15099와 비교 대상인 ISO 10077에서 제시하고 있는 평가 방법의 이론적 차이를 정리하였다.

다음의 식(1)은 ISO 15099와 ISO 10077에서 공통적으로 제시하고 있는 전체 열관류율(U<sub>w</sub>) 산출식이다.

$$U_w = \frac{\sum A_{gv} U_{gv} + \sum A_f U_f + \sum l_{\psi} \Psi}{A_w} \quad (1)$$

여기서, U<sub>w</sub> : 창세트 전체 열관류율(W/m<sup>2</sup>K)  
 U<sub>gv</sub> : 유리 열관류율(W/m<sup>2</sup>K)  
 U<sub>f</sub> : 프레임 열관류율(W/m<sup>2</sup>K)  
 A<sub>w</sub> : 창세트 전체 창면적(m<sup>2</sup>)  
 A<sub>gv</sub> : 유리 면적(m<sup>2</sup>)  
 A<sub>f</sub> : 프레임 면적(m<sup>2</sup>)  
 l<sub>ψ</sub> : 유리,간봉,프레임에 의한 선형열관류율(W/mK)  
 Ψ : 유리,간봉,프레임에 의한 선형열관류율(W/mK)

단, ISO 15099에서는 선택적인 접근법으로 다음의 식(2)를 제시하고 있다. 식(2)의 각 부분은 Fig. 1에 구분되어 있다.

$$U_w = \left( \frac{\sum U_{cg} A_c + \sum U_{fr} A_f + \sum U_{eg} A_e}{\sum U_{div} A_{div} + \sum U_{de} A_{de}} \right) / A_w \quad (2)$$

여기서, U<sub>cg</sub> : 유리 중앙의 열관류율(W/m<sup>2</sup>K)  
 U<sub>fr</sub> : 프레임 열관류율(W/m<sup>2</sup>K)  
 U<sub>eg</sub> : 프레임 edge 열관류율(W/m<sup>2</sup>K)  
 U<sub>div</sub> : divider 열관류율(W/m<sup>2</sup>K)  
 U<sub>de</sub> : divider edge 열관류율(W/m<sup>2</sup>K)  
 A<sub>c</sub> : 유리 중앙부의 면적(m<sup>2</sup>)  
 A<sub>f</sub> : 프레임 면적(m<sup>2</sup>)  
 A<sub>e</sub> : 프레임 edge 면적(m<sup>2</sup>)  
 A<sub>div</sub> : divider 면적(m<sup>2</sup>)  
 A<sub>de</sub> : divider edge 면적(m<sup>2</sup>)

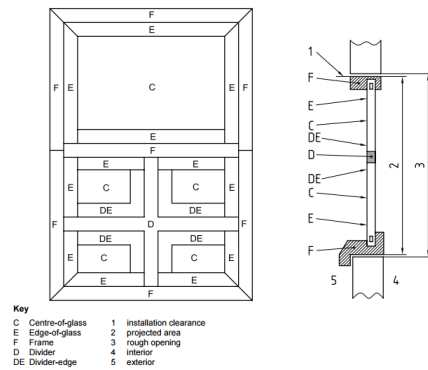


Fig. 1. Centre-of-glass, edge-of-glass, divider, divider-edge and frame areas for a typical fenestration product

상기 두 식을 적용하기 위해서는 다음과 같은 과정을 거쳐야 하는데 각 표준별 전체 열관류율(U<sub>w</sub>)의 산출을 위한 과정을 간략히 정리하면 다음의 그림과 같다.

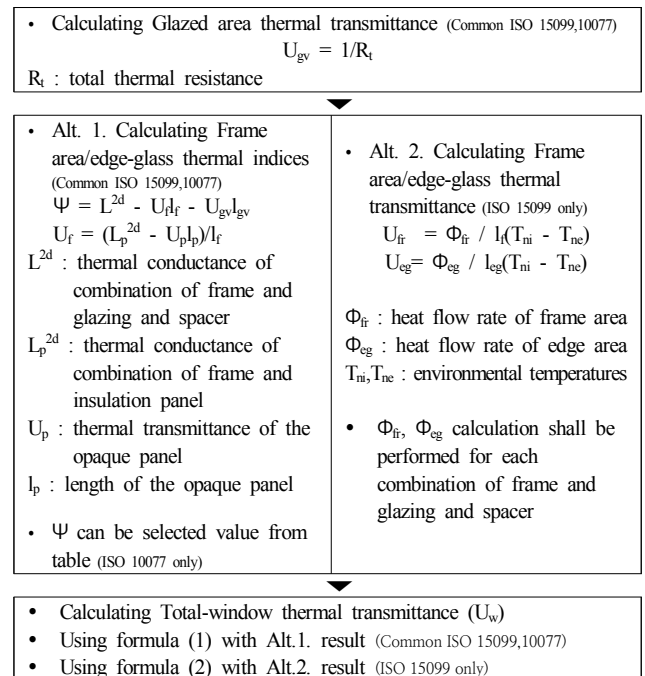


Fig. 2. Total-window Thermal-transmittance(U<sub>w</sub>) Calculation Process

1) NFRC : National Fenestration Rating Council

Fig. 2에서 볼 수 있는 바와 같이 각 표준에 따른 전체 창세트의 열관류율 계산 과정은 공통적인 부분이 많고, 특히 프레임의 열관류율과 프레임, 유리, 간봉에 영향을 받는 edge 부위에 대한 선형 열관류율의 산출 과정은 공통적으로 제시되어 있다.

그러나 ISO 15099에서 제시하고 있는 방법에서는 edge 부위의 선형열관류율( $\Psi$ )을 산출하기 위해서 창세트를 구성하는 특정 단면의 프레임과 유리, 간봉을 조합한 열전도 열량 ( $L^{2d}$ )과 동일 프레임에 단열 패널(전도율 0.035 W/mK의 패널을 복층창(pair glazing) 24mm, 삼중창(triple glazing) 36mm로 적용)을 적용하였을 경우의 열전도 열량( $L_p^{2d}$ )을 모두 시뮬레이션 하여 선형열관류율을 도출하여야 한다. 이를 위해서는 동일한 프레임이라 하더라도 유리의 종류 또는 간봉의 종류가 변경되면 변경된 부재와 프레임을 조합한 단면을 다시 시뮬레이션 하여야 한다.

또한 선택적인 접근법으로 제시되는 Alt.2의 계산법도 유리 또는 창호가 변경되면 각각의 조합을 다시 시뮬레이션 하여야 전체 창세트의 열관류율( $U_w$ )을 산출할 수 있다.

이에 비하여 ISO 10077에서 제시하는 방법은 특정 종류의 창세트에 포함된 프레임 단면에 대하여 단열 패널을 적용하였을 경우의 열전도 열량( $L_p^{2d}$ )을 계산하여 특정 프레임의 열관류율( $U_f$ ) 산출 이후, 유리 또는 간봉을 변경한다 하여도 이에 대한 조합을 다시 시뮬레이션 하지 않아도 기존에 계산된 프레임의 열관류율( $U_f$ )과 변경되는 유리 중앙의 열관류율( $U_{cg}$ ) 그리고 다음의 Table 2에서 제시하는 (참조 ISO 10077-1의 Annex E) edge 부위의 선형열관류율( $\Psi_g$ )을 활용하여 전체 창세트의 열관류율을 산출할 수 있다.

Table 2. Lineal thermal transmittance( $\Psi_g$ ) for common types of glazing spacers

Frame type	Double or triple glazing uncoated glass air-or gas-filled		Double <sup>a</sup> or triple <sup>b</sup> glazing low-emissivity glass air-or gas-filled	
	aluminium or steel	improved thermal performance	aluminium or steel	improved thermal performance
Wood or PVC	0.06	0.05	0.08	0.6
Metal with thermal break	0.08	0.06	0.11	0.08
Metal without thermal break	0.02	0.01	0.05	0.04

a One pane coated for double glazed  
b Two panes coated for double glazed

두 표준간의 산출방법의 차이는 두 방법의 결과가 충분한 정확도의 결과를 도출할 수 있다면 ISO 10077에서 제공하는 방법이 시뮬레이션 부하의 저감, 유리 또는 간봉의 성능 변화에 따른 전체 창세트 열관류율 변화에 대한 빠른 산출, 그리고 전체 창세트의 열성능 평가를 위한 프레임, 유리, 간봉의 성능에 대한 축적 및 활용 등에서 유리하며, 이러한 이점으로 제도에서 활용하기에 유리한 방법으로 판단된다.

이에 각 방법에 따른 해석 결과와 동일 창세트에 대한 실물실험 결과의 비교를 통하여 각 방법의 차이점이 비교 분석되었다.

### 3. 평가방법에 따른 전체 창세트 열관류율의 비교

본 연구에서는 상기에서 고찰한 이론적인 차이를 비교하여 평가

법에 따른 전체 창세트의 열관류율 차이를 분석하기 위하여 두 가지 창세트에 대하여 열성능 시뮬레이션 해석이 실시되었다.

시뮬레이션은 프레임의 종류에 따라 알루미늄 재질 프레임으로 구성된 창세트와 PVC 재질 프레임 창세트로 구분하여 실시되었으며, 각각의 창세트에 대하여 알루미늄 간봉과 단열 간봉을 적용한 경우와 4가지 서로 다른 성능의 유리를 조합하여 각 프레임 종류에 따라 8가지 Case를 해석하여 비교 분석하였다.

다음의 Table 3은 본 연구에서 해석한 Case를 정리한 것이다.

Table 3. Alternatives of frame, glazing and spacer for the composition of simulation cases

Division	Alternative			
Frame type	Aluminium frame single window (fixed) / PVC frame single window (sliding)			
Glazing	CL+Air+CL	CL+Ar+CL	LE+Air+CL	LE+Ar+CL
Spacer	Aluminium spacer / Warm edge spacer			

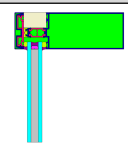
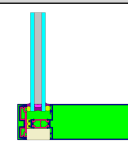
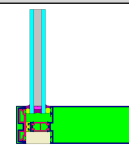

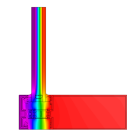
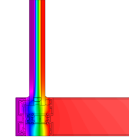
상기의 Table 3과 같이 프레임 2개 종류, 유리 4개 종류, 간봉 2개 종류를 조합한 총 16개 Case에 대하여 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션은 16개 Case에 대하여 두 가지 국제 표준 방법이 활용되었으며, 특히 ISO 15099 적용 시는 선택적 접근법(Alt.2)이 활용되었다. 본 연구에서 각 Case에 대한 시뮬레이션은 THERM(LBNL<sup>2</sup>, 미국) 프로그램이 사용되었다.

#### 3.1. 알루미늄 프레임의 평가방법에 따른 열관류율 비교

Table 4에 나타낸 바와 같이 알루미늄 프레임 전체 창세트의 열관류율 시뮬레이션을 실시하였으며, 적용된 국제 표준별 평가 결과를 정리하면 다음의 Table 5와 같다.

해석 시 적용된 경계 조건(Boundary condition)은 CEN(ISO 10077) 조건이 적용되었으며, 각각의 시뮬레이션 Case는 유리 성능 및 간봉 성능 대안을 조합한 모델과 단열 패널만을 적용한 모델을 시뮬레이션 하여 적용된 표준별 평가 방법에 따른 차이를 비교하였다.

Table 4. Simulation model and sample result images of the aluminium frame window

Division	Head	Sill	Jamb
Model			
Result			
Boundary condition	CEN (ISO 10077)		
Material property	NFRC material DB		
Window size	2.0m X 2.0m		

2) LBNL : Lawrence Berkeley National Laboratory

Table 5. Simulation results of the aluminium frame window

Division			ISO 10077						ISO 15099				Difference (%)
Spacer	Glass	Part	L_2D	U <sub>p</sub>	U <sub>f</sub>	Ψ <sub>g</sub>	U <sub>g</sub>	U <sub>w</sub>	U <sub>f</sub>	U <sub>e</sub>	U <sub>g</sub>	U <sub>w</sub>	
Aluminium	CL+A+CL	Head	1.363	1.171	1.950	0.08	2.807	2.875	3.897	3.154	2.807	2.986	3.7
		Sill	1.432		2.228				4.065	3.041			
		Jamb L	1.451		2.307				4.083	3.138			
		Jamb R	1.381		2.020				3.915	3.151			
	CL+AR+CL	Head	do.	do.	do.	0.08	2.655	2.741	3.885	3.043	2.655	2.856	4.0
		Sill	do.	do.	do.				4.051	2.936			
		Jamb L	do.	do.	do.				4.070	3.027			
		Jamb R	do.	do.	do.				3.902	3.040			
	LE+A+CL	Head	do.	do.	do.	0.11	1.672	1.933	3.810	2.358	1.672	2.017	4.2
		Sill	do.	do.	do.				3.966	2.284			
		Jamb L	do.	do.	do.				3.995	2.342			
		Jamb R	do.	do.	do.				3.826	2.355			
	LE+AR+CL	Head	do.	do.	do.	0.11	1.360	1.659	3.789	2.153	1.360	1.753	5.4
		Sill	do.	do.	do.				3.941	2.086			
		Jamb L	do.	do.	do.				3.973	2.136			
		Jamb R	do.	do.	do.				3.805	2.149			
Warm edge spacer	CL+A+CL	Head	do.	do.	do.	0.06	2.807	2.837	3.061	2.784	2.807	2.848	0.4
		Sill	do.	do.	do.				3.282	2.701			
		Jamb L	do.	do.	do.				3.306	2.787			
		Jamb R	do.	do.	do.				3.075	2.786			
	CL+AR+CL	Head	do.	do.	do.	0.06	2.655	2.704	3.030	2.655	2.655	2.713	0.3
		Sill	do.	do.	do.				3.250	2.579			
		Jamb L	do.	do.	do.				3.276	2.659			
		Jamb R	do.	do.	do.				3.043	2.657			
	LE+A+CL	Head	do.	do.	do.	0.08	1.672	1.877	2.847	1.857	1.672	1.849	-1.5
		Sill	do.	do.	do.				3.060	1.821			
		Jamb L	do.	do.	do.				3.100	1.866			
		Jamb R	do.	do.	do.				2.861	1.861			
	LE+AR+CL	Head	do.	do.	do.	0.08	1.360	1.603	2.795	1.617	1.360	1.577	-1.6
		Sill	do.	do.	do.				3.005	1.590			
		Jamb L	do.	do.	do.				3.050	1.628			
		Jamb R	do.	do.	do.				2.788	1.621			

Table 5에 제시한 바와 같이 알루미늄 프레임 전체 창세트의 열관류율에 대한 시뮬레이션 결과를 도출하였으며, 각 평가 방법에 따른 전체 창세트의 열관류율 차이를 ISO 15099에 따른 평가결과에 대비하여 비율로 비교하면 다음의 Fig. 3과 같다.

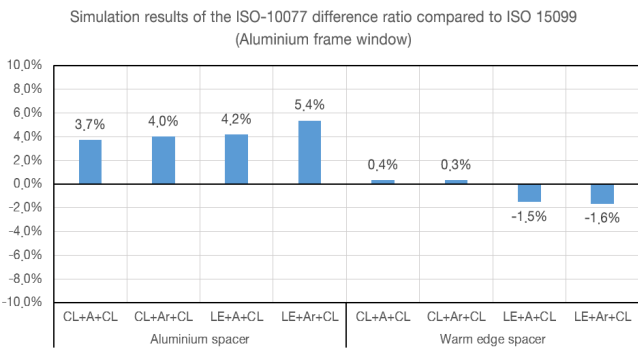


Fig. 3. Comparison of the difference ratio of aluminium frame window simulation results

### 3.2. PVC 프레임의 평가법에 따른 열관류율 비교

Table 6에 나타난 바와 같이 PVC 프레임 전체 창세트의 열관류율 시뮬레이션을 실시하였으며, 적용된 국제 표준별 평가 결과를 정리하면 다음의 Table 7과 같다.

해석 시 적용된 경계 조건 및 유리, 간봉의 단열성능은 알루미늄 프레임 창세트 시뮬레이션 시 적용된 것과 동일하게 적용하였으며, 알루미늄 창세트를 해석할 때와 동일한 평가방법을 적용하여 시뮬레이션을 실시하였다.

다음의 Table 7에 제시한 바와 같이 PVC 프레임 창세트의 열관류율에 대한 시뮬레이션 결과를 도출하였으며, 각 평가 방법에 따른 전

체 창세트의 열관류율 차이를 ISO 15099에 따른 평가결과에 대비하여 비율로 비교하면 다음의 Fig. 4와 같다.

Table 6. Simulation model and sample result images of the PVC frame window

Division	Head_L	Sill_L	Head_R	Sill_R
Model				
	<b>Jamb_L</b>	<b>Jamb_R</b>	<b>Meeting-rail</b>	
Result				
Window size	2.0m X 2.0m			

Table 7. Simulation results of the PVC frame window

Spacer	Division		ISO 10077					ISO 15099				Difference (%)	
	Glass	Part	L <sub>2D</sub>	U <sub>p</sub>	U <sub>r</sub>	Ψ <sub>g</sub>	U <sub>g</sub>	U <sub>w</sub>	U <sub>r</sub>	U <sub>e</sub>	U <sub>g</sub>		U <sub>w</sub>
Aluminium	CL+A+CL	Head L	1.730	1.171	2.481	0.06	2.807	2.841	2.761	3.255	2.807	2.854	0.4
		Head R	1.638						2.547	3.251			
		Sill L	1.731						2.482	3.256			
		Sill R	1.637						2.264	3.251			
		Jamb L	1.788						2.635	3.267			
		Jamb R	1.682						2.383	3.260			
		Meeting rail	1.413						2.311	3.091			
	CL+AR+CL	Head L	do.	do.	do.	0.06	2.655	2.736	2.758	3.150	2.655	2.754	0.7
		Head R							2.544	3.146			
		Sill L							2.758	3.150			
		Sill R							2.543	3.146			
		Jamb L							2.774	3.162			
		Jamb R							2.646	3.154			
		Meeting rail							3.081	3.104			
	LE+A+CL	Head L	do.	do.	do.	0.08	1.672	2.102	2.737	2.494	1.672	2.111	0.4
		Head R							2.523	2.490			
		Sill L							2.737	2.494			
		Sill R							2.523	2.490			
		Jamb L							2.738	2.498			
		Jamb R							2.625	2.499			
Meeting rail		3.021							2.445				
LE+AR+CL	Head L	do.	do.	do.	0.08	1.360	1.885	2.731	2.294	1.360	1.908	1.2	
	Head R							2.517	2.291				
	Sill L							2.731	2.295				
	Sill R							2.517	2.291				
	Jamb L							2.731	2.299				
	Jamb R							2.606	2.291				
	Meeting rail							3.003	2.245				
Warm edge spacer	CL+A+CL	Head L	do.	do.	do.	0.05	2.807	2.816	2.657	2.962	2.807	2.771	-1.6
		Head R							2.433	2.959			
		Sill L							2.657	2.963			
		Sill R							2.433	2.959			
		Jamb L							2.675	2.973			
		Jamb R							2.546	2.969			
		Meeting rail							2.828	2.927			
	CL+AR+CL	Head L	do.	do.	do.	0.05	2.655	2.710	2.650	2.841	2.655	2.667	-1.6
		Head R							2.434	2.835			
		Sill L							2.650	2.841			
		Sill R							2.426	2.838			
		Jamb L							2.668	2.852			
		Jamb R							2.539	2.848			
		Meeting rail							2.808	2.806			
	LE+A+CL	Head L	do.	do.	do.	0.06	1.672	2.052	2.608	2.084	1.672	2.002	-2.5
		Head R							2.392	2.078			
		Sill L							2.608	2.084			
		Sill R							2.392	2.077			
		Jamb L							2.627	2.097			
		Jamb R							2.496	2.093			
Meeting rail		2.693							2.050				
LE+AR+CL	Head L	do.	do.	do.	0.06	1.360	1.835	2.596	1.853	1.360	1.793	-2.3	
	Head R							2.380	1.846				
	Sill L							2.596	1.853				
	Sill R							2.379	1.846				
	Jamb L							2.615	1.867				
	Jamb R							2.484	1.862				
	Meeting rail							2.659	1.819				

Simulation results of the ISO-10077 difference ratio compared to ISO 15099 (PVC frame window)

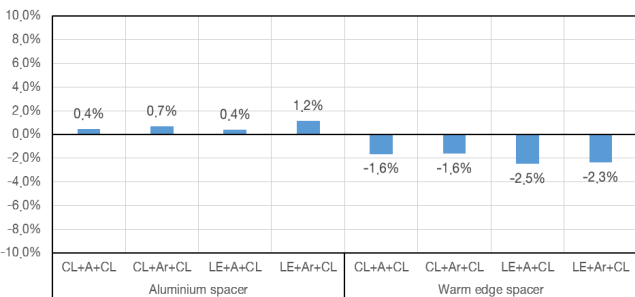


Fig. 4. Comparison of the difference ratio of PVC frame window simulation results

### 3.3. 평가법에 따른 열관류율 평가 결과 비교

앞서 제시한 모든 Case의 창세트에 대하여 평가 방법의 차이에

따른 시뮬레이션 결과와 결과값의 차이를 함께 비교하면 다음의 Fig. 5 와 같다.

유리 및 간봉의 열성능 변화에 따른 창세트의 열관류율 시뮬레이션 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 해석 대상 알루미늄 프레임 창세트의 경우 유리 성능 및 간봉 성능에 따라 다소간의 시뮬레이션 결과의 차이를 보이나 평가 방법 간 최대 약 5.4%의 차이를 나타내고 있으며, PVC 창호는 약 2.3%의 차이를 나타내어 알루미늄 프레임 창호에서 보다 큰 차이를 보였다.

(2) 유리의 단열성능 변화에 따른 평가 방법별 시뮬레이션 결과의 차이를 살펴보면, 유리의 단열성능이 향상 될수록 평가방법간의 결과 차이가 커지는 경향을 나타내고 있으며, 유리 단열성능 향상에 따른 평가 방법간 결과 차이의 증가 경향은 알루미늄 프레임 창세트에서 보다 큰 경향을 나타내었다.

(3) 간봉의 단열성능에 따른 평가 방법별 시뮬레이션 결과의 차이



를 살펴보면, 간봉의 단열성능이 좋은 경우 ISO 15099의 평가법보다 ISO 10077의 평가법의 열관류율이 크게 평가되는 경향을 나타내었다. 이는, 유리가 고성능일 경우 간봉에 의한 열교의 영향은 커지게 되는데, 유리 및 간봉이 변화되면 각 조합을 별도로 다시 계산하는 ISO 15099의 평가법에 비하여 간봉에 따른 선형열관류율( $\Psi$ )을 제시하는 ISO 10077의 평가법이 이러한 영향을 민감하게 반영하지 못하기 때문으로 사료된다. 이에 따라, 알루미늄 간봉이 적용된 경우 유리가 고성능일수록 ISO 10077의 결과가 ISO 15099의 평가 결과보다 상대적으로 작게 평가되고, 단열간봉이 적용된 경우 유리가 고성능일수록 상대적으로 크게 평가되는 경향을 나타내었다.

그러나 이러한 평가 방법 간 결과의 차이도 프레임의 단열성능이 높은 경우에는 다소 감소되는 경향을 나타내었다.

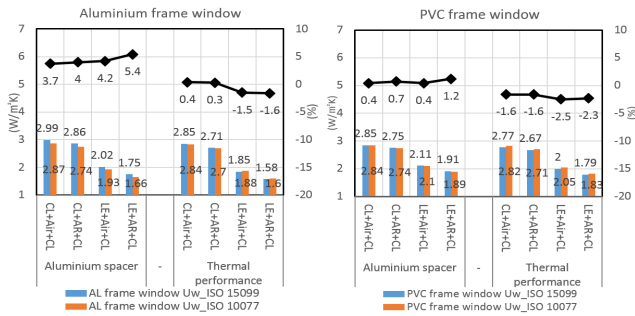


Fig. 5. Simulation results and the difference ratio of the windows

#### 4. 시뮬레이션 결과와 물리적 실험 결과의 비교

본 연구에서 비교한 두 가지 프레임 재질에 따른 유리 및 간봉의 단열성능을 조합한 총 16가지 Case 중 시뮬레이션에 의한 전체 창세트의 열관류율 평가방법에 따른 평가 결과 차이가 상대적으로 크게 나타난 알루미늄 프레임 Case중 (단열 간봉+LE+AR+CL)를 대상으로 물리적 실험을 통하여 시뮬레이션과의 평가 결과 차이를 확인하였다. 다음은 본 연구에서 수행한 물리적 실험의 결과를 정리한 것이다.

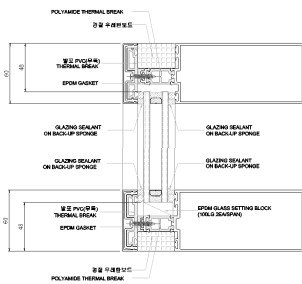


Fig. 6. Vertical section of the window case



Fig. 7. Experimental scene of the window case

상기의 Fig. 6과 Fig. 7은 본 연구에서 선택한 비교 대상 Case 창세트에 대한 형상을 알 수 있는 단면과 해당 창세트에 대한 실물 실험 장면이다. 대상 창세트에 대한 실물 실험은 KS F 2278을 활용하여 실험을 진행하였다. 앞서 제시한 시뮬레이션 결과는 CEN 기준에 따른 경계조건으로 실시되어, 실물 실험과 경계조건에 차이가 있으며, 이에 비교 대상 Case에 대해서는 ISO 15099 및 ISO10077에 준한 평가방법을 적용하고 경계조건은 KS 기준에 제시된 조건을 적용

하여 추가적인 시뮬레이션을 실시하였다. 다음의 Table 8은 실물 실험 결과와 시뮬레이션 결과를 비교한 것이다.

Table 8. Comparison of the experiment and simulation results

Division	Experiment	Simulation	
		ISO15099	ISO10077
Thermal transmittance (W/m <sup>2</sup> K)	1.402	1.434	1.469
Difference (%)	-	+ 2.3 %	+4.8%

- Boundary condition (KS F 2278\_2008)  
 - hot : temperature 20 °C, h<sub>hot</sub> : 9.1 W/m<sup>2</sup>K  
 - cool : temperature 0 °C, h<sub>cool</sub> : 20.0 W/m<sup>2</sup>K  
 - Window size : 2.0m X 2.0m

실물 실험과 시뮬레이션에 의한 결과를 비교하면, 시뮬레이션 결과가 실험 대비 ISO 15099 평가법의 결과는 약 +2.4%, ISO10077 평가법의 결과는 약 +4.8%의 오차를 나타내어 현행 등급제도에서 제시하는 실물실험과 시뮬레이션 평가법의 오차 한계(±10%, 실물 실험 Uw 1.4W/m<sup>2</sup>K 이상의 경우)내의 오차를 나타내었다.

#### 5. 결론

창세트 전체의 열관류율을 산출하기 위한 평가 방법으로 두 가지 평가 방법이 국제 표준(ISO 15099와 ISO 10077)에서 제시되고 있으며, 평가방법에 따른 결과의 차이를 확인하기 위하여 각각의 방법을 적용하여 총 16 Case의 창세트 조합에 대하여 시뮬레이션이 실시되었다. 시뮬레이션 결과, 유리 및 간봉의 단열성능에 따라 다소간 결과의 차이가 발생하였으나 본 연구에서 실시한 분석 Case에서는 최대 5.4%의 차이가 발생하여 방법간의 결과 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 또한 실물 실험을 통하여 시뮬레이션 결과와 비교한 바, 약 2.4%의 오차가 발생하였다. 그러므로 단창의 창세트에 대해서는 시뮬레이션 평가법에서 ISO 15099와 ISO 10077에서 제시하는 평가법을 병용하는 것이 가능할 것으로 사료된다. 단, 이중창에 대해서도 평가방법의 차이에 따른 결과의 차이를 확인하고 용이한 평가법을 확보할 수 있도록 추가 연구가 필요한 것으로 판단된다.

#### ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE) of the Republic of Korea (No. 2015000000210).

#### Reference

- [1] ISO, ISO 15099 Thermal performance of windows, doors and shading devices - detailed calculations, 2013
- [2] ISO, ISO 10077-2 Thermal performance of windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance part 2: Numerical method for frames, 2003
- [3] NFRC, NFRC 100 Procedure for Determining Fenestration Product U-Factors, 2004
- [4] KS, KS F 2278:2014 창호의 단열성 시험방법 // KS, KS F 2278:2014
- [5] 구소영, “국내의 창호 인증제도에서의 창호 열성능 평가 방법 비교 분석”, 대한건축학회논문집 제 31권 9호, 2015 // (Koo, So Young, Comparative Analysis of Window Thermal Performance Calculation Method between Window Certification System, Journal of The Architectural Institute of Korea, Korea, Vol.131, No. 9, 2015)
- [6] 장향인, 안형준, 강혜숙, 최창호, 서승직 “창세트 시뮬레이션 시험법에 따른 부위별 열관류율 비교”, 한국건축친환경설비학회논문집, 제9권 제5호, 2015 // (Jang Hyang-In, Ann Hyung-June, Kang Hye-suk, Choi Chang-Ho, Suh Seung-Jik "Comparison of U-Value on Defferent part According to Window-Set Simulation Criterion" Journal of KIAEBS, Korea, Vol.9, No. 5, 2015)