



주거용 건물의 창호에너지평가시스템에 관한 연구

A Study on the Window Energy Rating Systems in Residential Buildings

김동윤* · 임희원** · 신우철***

Kim, Dong-Yun * · Lim, Hee-Won ** · Shin, U-Cheul ***

* Dept. of Architectural Engineering, graduate school, Daejeon Univ., South Korea (qwerk18@naver.com)

** Coauthor Dept. of Architectural Engineering, graduate school, Daejeon Univ., South Korea (limh2ws@naver.com)

*** Corresponding author, Dept. of Architectural Engineering, Daejeon Univ., South Korea (shinuc@dju.ac.kr)

ABSTRACT

Purpose: The window energy rating system was developed in early 1990's and various kind of rating system has been implemented in advanced country such as Europe, Australia, Canada and the US since 2000. In Korea, the Energy Consumption Efficiency Rating Indication System has been implemented to promote supply of high efficiency window since July 2012. Normally, the window energy rating system based on heat balance which considers both thermal losses and solar heat gain is used and applied only to residential buildings. However, the system used nationally only considers thermal losses and is applied to every building regardless of its usage. Therefore, in this study, we indicated problems of domestic window energy rating system and looked for improvements. **Method:** We analyzed thermal performance of various windows through dynamic simulation applied to detached house and compared results with those of domestic and foreign rating system. **Result :** Thermal performance of south windows is more affected by SHGC than U-value, and that of north windows is also affected by SHGC a lot. The difference between the results of our study and current system is statistically significant. As a result, appropriate evaluation criteria which considers solar heat gain is required.

© 2016 KIEAE Journal

KEY WORD

창호에너지평가시스템
열관류율
일사획득계수

Window Energy Rating System
U-Value
SHGC

ACCEPTANCE INFO

Received April 6, 2016

Final revision received April 18, 2016

Accepted April 20, 2016

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

창호는 조망과 채광 및 환기 등의 역할을 하는 중요한 요소이다. 그러나 외벽체에 비해 상대적으로 높은 열관류율을 갖는 창호는 에너지관점에서 열손실이 많은 부위로 인식되고 있다. 고효율 창호의 보급촉진을 위해 국내에서도 2012년 7월부터 '창호에너지소비효율표시제'를 실시하고 있다. 이와 같은 창호 에너지 평가(rating) 및 표시(labeling)는 소비자, 영업업체, 건축가 등이 건물 용도에 가장 적합한 창호를 선택할 수 있는 정보를 제공하고 창호제조업체에게는 기술개발을 촉진하는 목적을 갖고 있다.

1990년 초 캐나다에서 창호에너지등급시스템이 처음 시작된 이후 2000년대 초 영국 및 덴마크가 뒤를 이었으며, 현재는 주요 선진국에서 다양한 형태의 평가체계가 시행되고 있다. 이들 각국의 창호성과 등급을 살펴보면 평가방법, 적용대상 건물, 난방 및 냉방구분, 적용의 자발성 및 강제성 여부 등에서 상당한 차이를 보이고 있다. 대부분의 국가에서 적용대상을 주거용 건물

에 한정하고 창호의 연간 성능과 등급이 라벨에 표시되는 반면, 국내 '창호에너지소비효율표시제'의 경우 모든 건물이 적용 대상이 되며 열관류율과 기밀성능에 따른 등급만이 표시된다.

이에 본 연구는 국내·외 창호에너지성능평가 제도에 대한 현황 및 특성을 분석하고, 주거용 건물의 동적 시뮬레이션을 통해 해석된 창호의 열성능을 기준으로 국내 '창호 에너지소비효율등급 표시제'의 적정성 여부를 평가하고자 한다.

1.2. 연구동향

창호에너지평가시스템과 관련한 국내의 연구동향을 살펴보면 Kim(2010) 등¹⁾은 국내의 '창호에너지소비효율표시제'의 시행에 앞서, 국외 창호 에너지평가시스템을 소개하고 평가대상에서 제외된 커튼월과 단열문에 대한 규정의 필요성을 제안하였으며, Park(2012) 등²⁾은 국내·외 창호에너지평가시스템의 평가

1) 김희량, 이상진, 옥종호, "국내 창호 에너지 성능 등급 제도의 지속가능한 정착을 위한 기초적 연구", 한국건설관리학회, 전국대학생 학술발표대회 논문집, 2010.11 // (Kim, Hwa-Rang, Lee, Sang-Jin, Ock, Jong-Ho, A Basic Study on Korean Fenestration Energy Performance Rating System for Sustainable Establishment, Proceedings of The Korean Construction Engineering and Project Management Association 2010 Student Nationwide Conference, 2010.11)

2) 박민지, 김태연, "건축물 창호 성능 기준 관련 국내외 제도에 대한 비교", 한국태양에너지학회 학술대회논문집 제33권 제1호, 2013 // (Park, Min-Ji, Kim, Tea-Yeon, The Comparative study on Code of Architecture Fenestration Performance Criteria, Proceedings of the Korean Solar Energy Society Conference, Vol. 33, No. 1, 2013)

항목을 비교하고 일사획득계수(SHGC)와 차폐계수(SC), 가시광선투과율 등 광학적 성능에 대한 도입 필요성을 제기하였다. 또한 Choe 등³⁾은 국내·외 창호 에너지평가제도를 소개하고 ISO 18292 기반의 창호 통합 에너지성능 평가프로세스를 제안하였다. 이어 Kim 등⁴⁾⁵⁾은 ‘창호에너지소비효율표시제’ 이후 에너지관리공단에 등록된 760 ~ 1,540개 제품에 대한 성능현황과 유형별 분석을 실시하였다. 한편 Kwak(2013)⁶⁾ 등주거용 건물과 상업용 건물에 대한 동적 시뮬레이션을 통해 창호 등급이 건물 에너지 소비에 미치는 영향을 정량적으로 평가하고, 광학적 특성을 포함한 평가 항목의 확대와 커튼월 등 평가 대상 추가를 제안하였다. 그러나 이들 연구의 대부분이 국외 에너지평가시스템에 대한 분석과 국내 에너지평가시스템의 적합성에 대한 구체적인 평가가 미진한 실정이다.

2. 국내 창호에너지평가시스템

한국 에너지 공단은 2012년 7월, 창호의 제조업체들이 생산 단계에서부터 원천적으로 에너지절약형 창호를 생산, 판매하도록 하기 위해 ‘창호 에너지소비효율등급 표시제’를 시행하였다. 이와 같은 창호 에너지효율등급제도는 창호제품을 에너지효율 또는 에너지사용량에 따라 1~5등급으로 표시하도록 하고 에너지효율 하한선인 최저소비효율기준(Minimum Energy Performance Standard, MEPS)을 적용하는 의무제도이다.⁷⁾

Table 1. Window Energy Rating System in Korea

Grade	U-Value [W/m ² · K]	Air Leakage [Grade]
1	U ≤ 1.0	1
2	1.0 < U ≤ 1.4	1
3	1.4 < U ≤ 2.1	1, 2
4	2.1 < U ≤ 2.8	-
5	2.8 < U ≤ 3.4	-

Table 1과 Fig. 1은 ‘창호 에너지소비효율등급 표시제’에 따른

- 3) 최윤정, 최경환, 조재훈, “건물의 냉난방부하를 고려한 창호의 통합에너지성능 평가 프로세스”, 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집 제33권 제1호, 2013 // (Choe, Yun-Jeong, Ji, Kyung-Hwan, Jo, Jae-Hun, Evaluation Process of Integrated Energy Performance for window considering Heating and Cooling Load in Building, Proceedings of The Architectural Institute of Korea 2013 Spring Conference Vol. 33, No. 1, 2013)
- 4) 김경상, 최경석, 강재식, 김유민, “창 세트 에너지소비효율등급 시행에 의한 창호 성능 현황”, 대한설비공학회 2013년도 하계학술발표대회, 2013.6 // (Kim Kyoung-Sang, Choi, Gyeong-Seok, Kang, Jae-Sik, Kim, Yu-Min, A Study on Window System Performance by Enforcing the Energy Efficiency Labeling Program of Window System, Korean Air-Conditioning and Refrigeration Engineering 2013 Summer Conference, 2014)
- 5) 김경상, 최경석, 강재식, 김유민, “창 세트 에너지소비효율 등급별 창호 유형 분석”, 대한설비공학회 2014년도 하계학술발표대회, 2014.6, (Kim Kyoung-Sang, Choi, Gyeong-Seok, Kang, Jae-Sik, Kim, Yu-Min, A Study on Window types by Enforcing the Energy Efficiency Labeling Program of Window System, Korean Air-Conditioning and Refrigeration Engineering 2014 Summer Conference, 2014)
- 6) 광희정, 장향인, 이현수, 엄재용, 서승직, “창호 에너지 소비 효율 등급제와 건물 에너지 소비의 상관관계 분석”, 대한설비공학회 설비공학 논문집 제25권 제6호, 2013 // (Kwak, Hee-Jeong, Jang, Hyang-In, Lee, Hyun-Soo, Eom, Jea-Yong, Suh, Seung-Jik, Correlation Analysis Between Fenestration Energy Consumption Efficiency Rating System and Building Energy Consumption, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 25, No. 6, 2013)
- 7) Lim, Ki-Choo, Park, Ki-Hyun, Lee, Kang-Il, Lee, Chul-Song, The Study of Operating Energy Efficiency Labels Program and Improving Post- Management, Korea Energy Economics Institute Spot Report 10-07, 2010.12

등급기준과 라벨을 나타낸 것이다. 에너지등급은 열관류율과 기밀성능에 따라 구분되고 있으며 모든 건물의 창호에 적용된다. 라벨의 기재항목은 열관류율, 기밀성(통기량, 등급), 프레임재질, 유리, 소비효율등급을 포함한다.



Fig. 1. Window Energy Label in Korea

3. 국외 창호에너지평가시스템

3.1. 유럽연합

영국, 독일, 덴마크 등 유럽 8개국은 전 유럽의 창호에너지평가시스템(European Window Energy Rating System)⁸⁾을 개발하기 위한 공동 프로젝트(SAVE Project)를 2001년 4월부터 2003년 3월까지 수행한 바 있다. 국가 간의 문화적 차이와 창 산업구조, 요구사항 등의 내부적 문제로 등급시스템에 관련한 최종합의에 도달하지 못하였다.

한편 Kragh 등⁹⁾은 2008년 유럽의 수직창과 천창에 대한 에너지평가시스템을 제안하였다. 그들은 유럽을 3개 지역으로 구분하고 2가지의 기준주택에 대한 창호 열성능을 순 에너지획득(Net energy gain) 기반으로 분석하였다. 여기서 제안된 창호 에너지평가시스템의 개발 프로세스를 정리하면 다음과 같다.

1) 기후분석

난방도시(Heating Degree Hours)와 연간 수평면일사량에 따라 유럽을 3개의 기후지역(Climate zone)으로 구분하였다. Table 2는 기후 지역구분에 따른 국가를 분류한 것이다.

Table 2. Europe's climate zone

Zone	Degree hours (T _{base} =20°C, kWh)	Annual horizontal solar radiation (kWh/m ²)	Country
1	87 ~ 185	748 ~ 1123	Ireland, United Kingdom, Denmark, Sweden, Finland, The Netherlands, Belgium, Germany, Poland, etc.
2	55 ~ 104	999 ~ 1545	France, Austria, Switzerland, Hungary, Slovenian, Czech Republic, Bulgaria, Romania and Slovakia
3	32 ~ 68	1078 ~ 1765	Portugal, Spain, Italy, Malta, Greece and Cyprus

- 8) Diana Avasoo, Arne Andersson, European window energy rating system, EWERS, The future European-, national- or international standard?, 2003
- 9) J. Kragh, J. B. Laustsen, S. Svendsen, Proposal for Energy Rating System of Windows in EU, DTU Civil Engineering-Report R-201 (UK), 2008.

2) 기준주택의 냉·난방기간

냉·난방기간을 설정하기 위해 유럽의 북부와 남부를 대표할 수 있는 2가지 기준주택(Reference house)을 선정하고 ISO 13790 기반의 WinDesign¹⁰⁾을 이용하여 유럽 주요도시에 대한 냉·난방 기간을 각각 산정하였다. Table 3과 Table 4는 기준주택의 건축사양 및 창의 배치, 열적 물성치를 나타낸 것이다. 여기서 g_w 는 프레임을 포함한 일사획득계수로서 SHGC와 동일하다.

Table 5는 유럽 주요 도시의 기준주택에 대한 냉난방기간을 나타낸 것이다.

Table 3. Envelope condition of Reference models

	House 1	House 2
Stories	1.5	1
Floor area	96m ²	140m ²
Roof pitch	45°	30°
Window area	20% of ground/first floor area	
Window area ratio (Distribution regarding orientations)	East	16.5%
	West	16.5%
	South	41%
	North	26%

Table 4. Thermal properties of reference houses

Item	Zone 1	Zone 2	Zone 3	
U-value (W/m ² K)	Roof	0.2	0.5	0.8
	Wall	0.3	1.0	1.2
	Floor	0.2	0.8	0.8
	Window	2.0	3.5	4.2
Window gw	0.5	0.58	0.58	
Air change rate (h ⁻¹)	winter	0.5	0.5	0.5
	summer	1.5	2.0	2.5
Heat capacity (J/m ² K)	House 1	165,000 (Medium)		
	House 2	260,000 (Heavy)		

Table 5. Calculated heating and cooling seasons

Zone	Countries	City	House	Heating	Cooling
Zone1	U.K	London	1	9.24 - 5.10	6.21 - 8.22
			2	9.16 - 5.25	7.10 - 7.29
	Finland	Helsinki	1	8.9 - 5.18	6.13 - 8.15
			2	9.5 - 5.27	7.5 - 7.26
	Denmark	Copenhagen	1	9.17 - 5.14	6.12 - 8.21
			2	9.12 - 5.23	7.12 - 7.30
Zone2	France	Paris	1	9.19 - 5.27	7.3 - 8.22
			2	9.14 - 6.7	7.15 - 8.16

3) 냉·난방도시 및 입사면 일사량 산정

냉·난방 기간 동안 유럽 주요도시의 시간별 냉·난방도시 (Degree hours)를 식 (1)과 식 (2)을 통해 각각 계산하였다.

$$D_{heating} = \sum_{i=heating\ start}^{heating\ stop} T_{base,heating} - T_{out} \quad (1)$$

$$D_{cooling} = \sum_{i=cooling\ start}^{cooling\ stop} T_{out} - T_{base,cooling} \quad (2)$$

여기서,

$D_{heating}$: 난방도시 [kDh]

$D_{cooling}$: 냉방도시 [kDh]

T_{out} : 외기 건구온도 [°C]

$T_{base,heating}$: 난방 기준 온도 [°C]

$T_{base,cooling}$: 냉방 기준 온도 [°C]

기준주택에서 각 향의 창에 입사되는 시간별 일사량을 식 (3)과 같이 면적가중 평균하고, 식 (4)와 식 (5)을 통해 난방과 냉방 기간의 총 일사량을 각각 산정하였다.

$$I_{\theta} = 0.26 \cdot I_{n,\theta} + 0.165 \cdot I_{w,\theta} + 0.165 \cdot I_{e,\theta} + 0.41 \cdot I_{s,\theta} \quad (3)$$

여기서,

I_{θ} : 창에 입사하는 총 일사량 [kWh/m²]

$I_{n,\theta}$: 북측 창에 입사되는 일사량 [kWh/m²]

$I_{w,\theta}$: 서측 창에 입사되는 일사량 [kWh/m²]

$I_{e,\theta}$: 동측 창에 입사되는 일사량 [kWh/m²]

$I_{s,\theta}$: 남측 창에 입사되는 일사량 [kWh/m²]

$$I_{heating} = \sum_{i=heating\ start}^{heating\ stop} I_{\theta} \quad (4)$$

$$I_{cooling} = \sum_{i=cooling\ start}^{cooling\ stop} I_{\theta} \quad (5)$$

여기서,

$I_{heating}$: 난방기간 창에 입사되는 총 일사량 [kWh/m²]

$I_{cooling}$: 냉방기간 창에 입사되는 총 일사량 [kWh/m²]

Table 6은 유럽 주요 도시의 기준주택에 대한 냉·난방도시와 수직창에 대한 연간 총 일사량을 나타낸 것이다.

Table 6. Calculated solar radiation on vertical window and degree hours for the heating and cooling season

Zone	Countries	City	House	Heating		Cooling	
				D _{heating} (kDh)	I _{heating} (kWh/m ²)	D _{cooling} (kDh)	I _{cooling} (kWh/m ²)
Zone1	U.K	London	1	71	200	0	22
			2	75	234	0	11
	Finland	Helsinki	1	119	252	0	16
			2	118	230	0	14
	Denmark	Copenhagen	1	88	203	0	12
			2	90	227	0	12
Zone2	France	Paris	1	72	239	0	26
			2	75	265	0	17

¹⁰⁾ BYG,DTU, WinDesign, Tool for Selection of Windows in Dwellings, Computerprogram, Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark, 2008

4) 창호의 에너지성능

창호의 에너지성능(Energy Rating, ER)은 투과되는 일사량과 난방과 냉방기간의 열손실량의 차이로 각각 식 (6)과 식 (7)에 따라 계산된다.

$$ER_{ref,heating} = I_{heating} F_s g_W - D_{heating} U_W \quad (6)$$

$$ER_{ref,cooling} = I_{cooling} F_s g_W - D_{cooling} U_W \quad (7)$$

여기서,

$ER_{ref,heating}$: 난방기간 동안의 창호의 에너지성능 [kWh/m²a]

$ER_{ref,cooling}$: 냉방기간 동안의 창호의 에너지성능 [kWh/m²a]

g_W : 일사획득계수 (= SHGC: Solar Heat Gain Coefficient)

F_s : 음영계수(수평창 0.7, 지붕창 0.9로 추정)

U_W : 창호의 열관류율 [W/m² · K]

3.2. 영국

영국의 경우 BFRC(British Fenestration Rating Council)에서 창호의 인증을 주관하며, 주거용 건물에 한정하여 제조업체의 자발적 의지에 따라 난방기간의 에너지성능만을 기준으로 등급을 평가하고 있다. 식 (8)은 난방기간 창호의 에너지평가를 나타낸 것이다. 여기서 창호의 일사획득과 관류열손실 외에 침기에 따른 열손실이 추가되고 있다.

$$ER = 218.6 g_W - 68.5 (U_W + Effective L_{50}) \quad (8)$$

여기서,

g_W : 창호의 일사획득계수

U_W : 창호의 열관류율 [W/m² · K]

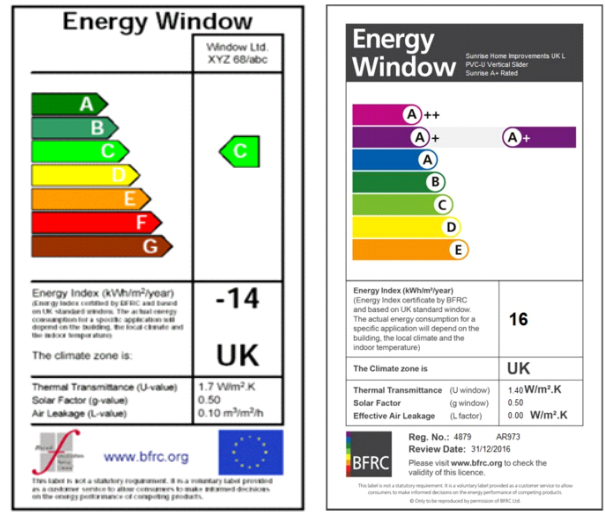
$Effective L_{50}$: 50Pa 압력차 기준 창호의 유효 침기 열손실을 [W/m² · K]

Table 7. Window Energy Rating System in United Kingdom

Grade	BFRC Rating, R [kWh/m ² /year]	
	Before	Present
A++		20 ≤ R
A+		10 ≤ R < 20
A	0 ≤ R	0 ≤ R < 10
B	-10 ≤ R < 0	-10 ≤ R < 0
C	-20 ≤ R < -10	-20 ≤ R < -10
D	-30 ≤ R < -20	-30 ≤ R < -20
E	-50 ≤ R < -30	R < -30
F	-70 ≤ R < -50	
G	R < -70	

Table 7은 BFRC의 등급기준을 나타낸 것이다. 시행초기 A ~ G 등급까지 6단계로 구별되었으나 현재는 F와 G 등급이 제외되고, A등급에 A⁺와 A⁺⁺를 2013년과 2015년에 각각 추가하여 세분화 하였다. 이것은 효율이 낮은 창호는 시장에서 퇴출되고 고효율 창호의 개발이 점차 확대되고 있는 것을 의미한다.

Fig. 2는 BFRC의 창호 에너지라벨을 나타낸 것이다. 에너지 성능과 열관류율, 일사획득계수, 기밀성능 등이 표시된다.



(a) Before

(b) Present

Fig. 2. Window Energy Label in United Kingdom

3.3. 핀란드

핀란드는 Energia Ikkuna에서 창호의 인증을 주관하며, 영국과 거의 유사한 창호에너지평가방식을 채택하고 있다.

창호의 에너지평가는 식 (10)에 따라 계산된다.

$$ER = 140 U_W - 160 g_W + 20 L_{50} \quad (10)$$

여기서,

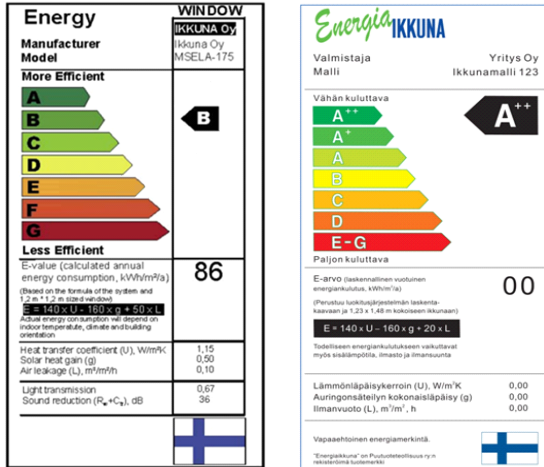
L_{50} : 50Pa 압력차에서 창호의 기밀성능 [m³/m² · h]

Table 8과 Fig. 3은 등급기준과 라벨을 각각 나타낸 것이다. 2003년 최초 시행당시 A ~ G 등급까지 7단계였으나, 2011년부터 A등급을 A⁺와 A⁺⁺로 세분화하여 총 9단계로 구분된다.¹¹⁾

Table 8. Window Energy Rating System in Finland

Grade	Finland Rating, R [kWh/m ²]	
	Before	Present
A++		R < 45
A+		45 ≤ R < 65
A	R < 85	65 ≤ R < 85
B	85 ≤ R < 105	85 ≤ R < 105
C	105 ≤ R < 125	105 ≤ R < 125
D	125 ≤ R < 145	125 ≤ R < 145
E	145 ≤ R < 165	145 ≤ R < 165
F	165 ≤ R < 185	165 ≤ R < 185
G	185 ≤ R	185 ≤ R

¹¹⁾ International Energy Agency, *Issues paper for policy pathway for windows and other glazed areas*, OECD/IEA, 2011



(a) Before (b) Present
Fig. 3. Window Energy Label in Finland

3.4. 덴마크

덴마크는 Vindues Industrien에서 창호의 인증을 주관한다. 대부분의 유럽 국가에서 창호에너지성능등급 표시제도가 자발적인데 비해 덴마크에서는 의무화되어 있으며, 2016년 7월 1일부터 에너지 라벨 B 미만의 창호는 쓸 수 없도록 규정되어 있다.¹²⁾

식 (11)은 창호에너지평가를 나타낸 것으로, 짐기에 따른 열손실은 제외하고 있다.

$$ER = 196.40g_W - 90.36U_W \quad (11)$$

Table 9. Window Energy Rating System in Denmark

Grade	Denmark Rating, R [kWh/m²]
A	$0 \leq R$
B	$-17 \leq R < 0$
C	$-33 \leq R < -17$
D	$-55 \leq R < -33$
E	$-60 \leq R < -55$
F	$R < -60$

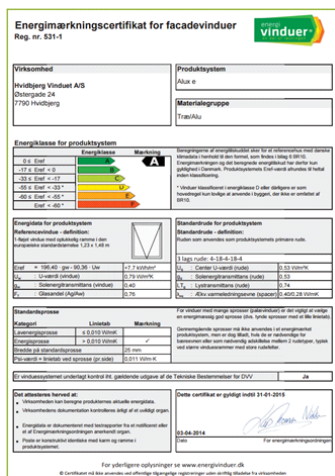


Fig. 4. Window Energy Label in Denmark

Table 9와 Fig. 4는 등급기준과 라벨을 각각 나타낸 것이다. 등급은 A~F까지 총 6단계로 구분하고 있으며, 라벨에는 등급 값과는 별도로 창호 전체와 유리에 대한 열관류율과 일사획득계수, 가시광선 투과율, 간봉(Spacer)의 상당 열전도율 등을 표기하고 있다.

3.5. 프랑스

프랑스에서는 UFME(Union des Fabricants de Menuiseries Extérieures)에서 창호의 인증을 주관하고 있다. 기후조건에 따라 3개의 지역으로 구분하고 각 지역에 따른 창호 성능등급과 하절기 쾌적등급을 동시에 표시하고 있다.

UFME는 창호의 연간 에너지성능을 평가하기 위해 96m²의 바닥면적에 창면적비 20%의 고정창을 갖는 기준주택을 대상으로 94개의 창에 대한 TRNSYS 동적열전달 해석을 통해 회귀분석식 (12) ~ (14)을 유도하였다. 여기서 기밀성능은 제외된다.¹³⁾¹⁴⁾

$$\text{Zone 1 } ER = 75.82 + 8.56U_W - 11.868g_W \quad (12)$$

$$\text{Zone 2 } ER = 61.40 + 7.15U_W - 13.415g_W \quad (13)$$

$$\text{Zone 3 } ER = 41.78 + 4.95U_W \quad (14)$$

창호의 에너지성능등급은 Table 10의 기준창호 적용대비 Table 11의 연간 에너지절감율에 따라 결정된다.

Table 10. Reference's Window

Item	Window	Roof Window
U-value	4.9	3.3
g _w	0.7	0.48

한편 하절기 열쾌적은 동일한 방법으로 유도된 회귀분석식 (15) ~ (17)의 근사식에 따른 Table 11의 하절기 등급기준에 따라 결정된다. 여기서 G 등급은 하절기 모든 일사가 거의 실내로 유입되는 경우로 연간 15 kWh/m² 이상의 냉방부하가 발생할 것으로 예측되며, A 등급에서는 모든 일사가 차폐되어 냉방부하가 거의 없는 것을 의미한다.

$$\text{Zone 1 } Comfort = -2.77 + 9.46g_W \quad (15)$$

$$\text{Zone 2 } Comfort = -4.93 + 17.75g_W \quad (16)$$

$$\text{Zone 3 } Comfort = -8.12 + 37.07g_W \quad (17)$$

Fig. 5는 프랑스의 창호에너지 라벨을 나타낸 것이다. 라벨에는 3개 지역에 대한 연간 에너지 및 하절기 쾌적등급 이외에 열관류율과 일사획득계수, 가시광선 투과율 등이 표시된다.

¹³⁾ LES MENUISERIES FRANCAISES, *Energy Label Windows*, 2012

¹⁴⁾ Norbert Sack, *Comparison of energy labelling schemes for windows in Europe, ift Rosenheim*, 2014

¹²⁾ <http://energivinduer.dk>

Table 11. Window Energy Rating System in France

Grade	Improvement of the total energy demand compared to the reference window, [%]		Summer comfort (energy consumption for cooling in kWh/m ²)	
	min	max	min	max
	A	26.0		0.00
B	24.5	26.0	1.50	3.0
C	22.0	24.5	3.00	5.00
D	19.0	22.0	5.00	7.00
E	16.0	19.0	7.00	10.0
F	13.0	16.0	10.0	15.0
G		13.0	15.0	

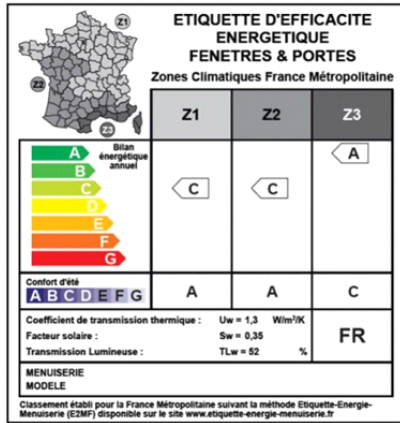


Fig. 5. Window Energy Label in France

3.6. 스페인

스페인에서는 ASEFAV(Asociación Española de Fabricantes de Fachadas Ligeras y Ventanas)에서 창호의 성능인증을 주관하고 있다. 스페인의 창호에너지등급은 난방기와 냉방기로 구분되어 평가된다.¹⁵⁾

Table 12와 Table 13은 난방기와 냉방기의 등급기준을 각각 나타낸 것이다. 난방기의 경우 열관류율과 기밀성능에 따라 A부터 G까지 7단계로 평가되며, 냉방기에는 창호의 일사확득계수에 따라 ★★★부터 ★까지 3단계로 평가된다.

Fig. 6은 ASEFAV의 창호 에너지라벨을 나타낸 것이다. 냉난방기의 에너지성능등급 및 유리나 프레임의 열관류율, 일사확득계수, 기밀성능 등이 표시된다.

Table 12. Window Energy Rating System in Spain (Heating)

Grade	U-Value (W/m ² · K)		Max Air-Leakage (Grade)
	Facade	Roof	
A	$U \leq 1.5$	$U \leq 1.2$	4
B	$1.5 < U \leq 2$	$1.2 < U \leq 1.4$	3
C	$2 < U \leq 2.5$	$1.4 < U \leq 1.8$	3
D	$2.5 < U \leq 2.7$	$1.8 < U \leq 2.0$	3
E	$2.7 < U \leq 3$	$2.0 < U \leq 2.5$	3
F	$3 < U \leq 3.5$	$2.5 < U \leq 3.0$	3
G	$3.5 < U$	$3.0 < U$	1 or 2

Table 13. Window Energy Rating System in Spain (Cooling)

Grade	g-Value	
	Facade	Roof
★★★	$g \leq 0.45$	$g \leq 0.40$
★★	$0.45 < g \leq 0.55$	$0.40 < g \leq 0.60$
★	$0.55 < g$	$0.60 < g$

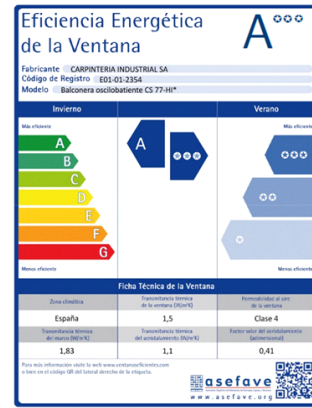


Fig. 6. Window Energy Label in Spain

3.7. 캐나다

캐나다에서는 CSA(Canadian Standard Association)가 창호 성능인증을 주관하고 있다. CSA의 창호 에너지성능평가는 식(18)에 의해 계산된다.

$$ER = 57.76 SHGC - 21.90 U_W - 1.97 L_{75} + 40 \quad (18)$$

여기서,

SHGC : 창호의 일사확득계수

L_{75} : 75Pa 압력차에서 창호의 기밀성능 [L/s · m²]

Table 14는 창호의 에너지평가기준을 나타낸 것이다. 난방도 일에 따라 3개 지역으로 구분되며 각 지역에 따라 식(18)의 최소 난방에너지성능이나 최대 열관류율을 제안하고 있다.

캐나다 CSA에서는 창호성능을 임시라벨과 영구라벨로 Fig 7과 Fig 8과 같이 구분하고 있다. 임시 라벨에는 최종 코드 검사 후 제거되는 반면, 영구 라벨에는 창호 제품에 계속 부착된다.¹⁶⁾¹⁷⁾

Table 14. Window Energy Rating System in Canada

Zone	Heating Degree-day range	Minimum Energy Rating (unitless)	or	Maximum U-factor (W/m ² ·K)	&	Minimum Energy Rating (unitless)
1	< 3,500	25	or	1.60	&	16
2	3,500 to < 6,000	29	or	1.40	&	20
3	≥ 6,000	34	or	1.20	&	24

¹⁵⁾ ASEFAVE, Binar...a Simple, Concerning the Energy Efficiency Labelling Window Facade and roof of Regulation, 2010

¹⁶⁾ Natural Resources Canada, Guidelines for the labelling and promotion of ENERGY STAR® certified fenestration products sold in Canada, 2015

¹⁷⁾ <http://www.nrcan.gc.ca/energy/products/for-participants/13069>

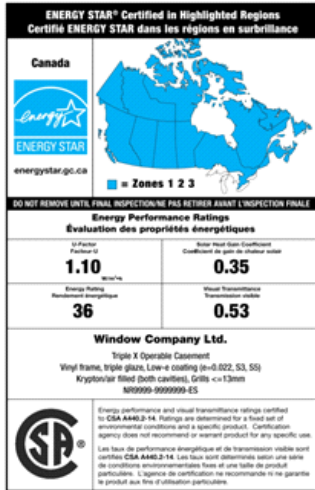


Fig. 7. Window Energy Label in Canada (Temporary Label)

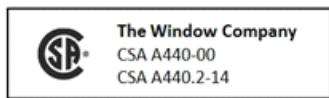


Fig. 8. Window Energy Label in Canada (Permanent Label)

3.8. 국내·외 창호 에너지평가시스템 비교

Table 15는 국내·외 창호에너지평가시스템의 현황을 정리한 것이다. 우리나라를 제외하고 대부분의 나라에서 적용대상이 주거용 건물에 한정하고 있으며, 냉·난방기간에 따른 창호의 열 성능을 열손실과 일사획득을 동시에 고려한 순 에너지획득(Net energy gain) 기반으로 평가하고 있는 것을 알 수 있다. 또한 영국과 핀란드, 덴마크, 캐나다 등이 난방기의 창 성능으로 등급을 결정하는데 비해, 프랑스는 연간 열성능, 스페인은 냉·난방기 성능에 따라 등급을 각각 구별하고 있다.

Table 15. Window labelling system

Country	Object	Statue	Input	Indicator
Korea	all building	obligatory	U_w , L_{50}	U_w & L_{50} (heat loss)
U.K	house	voluntary	U_w , g_w , L_{50}	Heating(energy balance)
Finland	house	voluntary	U_w , g_w , L_{50}	Heating(energy balance)
Denmark	house	obligatory	U_w , g_w	Heating(energy balance)
France	house	voluntary	U_w , g_w	Annual(energy balance)
Spain	house	voluntary	U_w , g_w , L_{50}	U_w for heating & g_w for summer
Canada	house	voluntary	U_w , g_w , L_{75}	Heating(energy balance)

4. 주거용 건물의 창호에너지평가

전술한 바와 같이 국내 창호 에너지등급은 열관류율과 기밀성능의 열손실에 따라 결정되고 있다. 주거용 건물에 대한 동적 시뮬레이션을 통해 난방기 창호의 에너지밸런스를 분석하고 국내

‘창호 에너지소비효율등급 표시제’의 적정성 여부를 판단하고자 한다. 이를 위해 본 연구에서는 실제 건축된 단독주택을 해석모델로 다양한 창호 적용에 따른 열성능을 동적 에너지시뮬레이션 프로그램, EnergyPlus로 해석하였다.

Fig. 9와 Fig. 10은 해석모델의 평면도와 입면도를 나타낸 것이다. 중 2층 구조의 단독주택으로서 연면적과 난방면적은 각각 160㎡와 80㎡이 된다. Table 16은 창호 배치를 나타낸 것이다. 창호 면적은 16.4㎡이며 바닥면적 대비 창면적비는 20.5%가 된다. 주택의 단열은 2015 에너지절약 설계기준 해설서 중부지역 기준의 열관류율을 준용하였다. Table 17은 실내설정온도 및 건물외피의 열관류율, 내부발열 등 시뮬레이션 조건을 나타낸 것이다.

본 연구에서는 해석모델에 4개의 창호 적용하고 각 창호에 갖는 열성능을 비교하였다. Table 18은 선정된 창호의 열관류율과 일사획득계수로서 기밀성능은 제외하였으며, 국내 ‘창호 에너지소비효율등급 표시제’에 따라 1 - 3등급을 갖고 있다.

Table 19는 서울지역 기상자료에 따라 단독주택에 적용된 남측과 북측 창호의 해석결과를 나타낸 것이다. 여기서 창호의 열전달은 열손실(Heat loss)과 일사획득(Heat gain)으로 구별되고 그 합이 순 에너지획득(Heat balance)이 된다. 열손실에 한정할 때 남측과 북측 창호 모두 창호에너지등급과 일치하고 있으나, 일사획득을 포함할 때 창호의 순 에너지획득은 크게 변화하는 것을 알 수 있다. 특히 난방기간 모든 남측 창호에서 손실열량보다 획득열량이 많아지는 것으로 분석되었으며, 이에 따라 일사획득계수가 높은 3 등급 창호 일사획득계수가 낮은 1등급 창호에 비해 우수한 열성능을 나타내고 있다. 북측 창호의 경우도 부분적인 일사획득에 따라 창호의 성능등급과는 다소 상이한 열적 거동을 보이고 있다. 열손실만의 분석에서 3 등급 3번 창호는 2 등급 2번 창호에 비해 43%가 증가하고 있으나 일사획득이 고려될 때 실질적인 열손실의 증가는 7%에 머무르고 있다.

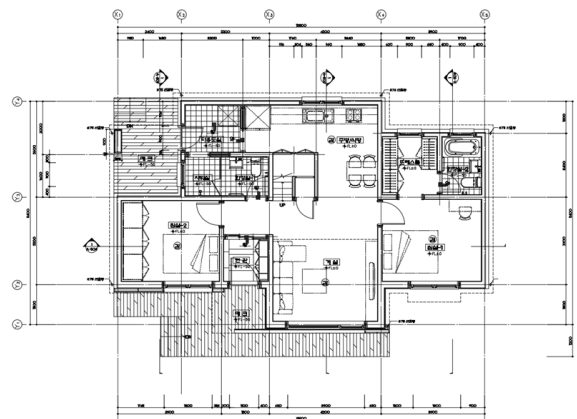


Fig. 9. Floor plan of analysis model

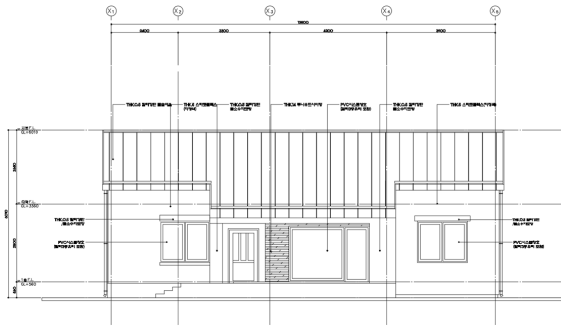


Fig. 10. Front view of analysis model

Table 16. Window distribution of analysis model

Item	Window Area (m ²)	WFR (%)
South	11.1	13.9
East	0.8	1.0
West	1.6	2.0
North	2.8	3.5
Total	16.4	20.5

Table 17. Simulation conditions of analysis model

Item	Input Data	
Location	Seoul	
Setpoint temperature	20°C	
U-Value (W/m ² K)	Ext. wall	0.27
	Ext. roof	0.18
	Ground floor	0.35
Infiltration Rate (h)	3.0ACH@50pa	
Internal heat gain (W/m ²)	Plug	32.7
	Lighting	2.6
	Catering	8.1

Table 18. Technical values for the windows evaluated

Item	Window 1	Window 2	Window 3	Window 4
SHGC	0.47	0.21	0.46	0.69
U-Value (W/m ² K)	0.99	1.21	1.53	2.06
Grade	1	2	3	3

Table 19. Heat Balance of the Windows in Heating Period

Item	Heating Period (day)	South (kWh/m ²)			North (kWh/m ²)		
		Heat Loss	Heat Gain	Heat Balance	Heat Loss	Heat Gain	Heat Balance
Window 1	177	-49	382	333	-174	100	-74
Window 2	205	-87	154	67	-215	44	-171
Window 3	287	-204	519	315	-357	173	-184
Window 4	167	-318	685	367	-379	178	-201

5. 결론

본 연구는 국내·외 창호에너지성능평가 제도에 대한 비교, 고찰을 통하여 국내 '창호에너지소비효율표시제'의 현황을 분석하였으며, 주거용 건물에 대한 동적 시뮬레이션을 통해 창의 열전달을 해석하고 국내 '창호 에너지소비효율등급 표시제'의 적정성 여부를 평가하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 우리나라를 제외하고 대부분의 나라에서 적용대상이 주거용 건물에 한정하고 있으며, 열손실과 일사획득을 동시에 고려한 순 에너지획득(Net energy gain) 기반으로 창호의 열성능을 평가하였다.

둘째, 해당국가의 기후 조건에 따라 창 에너지평가기준이 상이한 것으로 나타났다. 북유럽이나 캐나다의 경우 난방기 창의 열성능에 따라 등급이 결정되는 반면 서유럽에 위치한 프랑스는 연간 열성능을 기반으로 하였으며, 남유럽인 스페인은 냉·난방기 성능에 따라 등급기준을 각각 구별하였다.

셋째, 서울지역 단독주택에 적용된 4개창의 난방기 열성능을 비교·분석한 결과, 열손실에 한정할 때 창호에너지등급과 일치하였으나 일사획득을 포함한 열성능(Heat balance)은 불일치하는 것으로 나타났다. 남측 창의 경우 열성능은 열관류율보다 일사획득계수가 지배적인 인자가 되었으며 북측 창의 경우도 일사획득계수에 따라 창호의 성능등급과는 다소 상이한 열성능이 나타났다. 따라서 주거용 건물에 대한 국내 창호 에너지성능평가 방법과 기준이 재검토되어야 할 것으로 사료된다.

Acknowledgements

This work was supported by the New & Renewable Energy Core Technology Program of the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) granted financial resource from the Ministry of Trade, Industry & Energy, Republic of Korea (No. 20152000000210)

Reference

- [1] 김화량, 이상진, 옥종호, "국내 창호 에너지 성능 등급 제도의 지속가능한 정착을 위한 기초적 연구", 한국건설관리학회 전국대학생 학술발표대회 논문집, 2010.11 // (Kim, Hwa-Rang, Lee, Sang-Jin, Ock, Jong-Ho, A Basic Study on Korean Fenestration Energy Performance Rating System for Sustainable Establishment, Proceedings of The Korean Construction Engineering and Project Management Association 2010 Student Nationwide Conference, 2010.11)
- [2] 박민지, 김태연, "건축물 창호 성능 기준 관련 국내외 제도에 대한 비교", 한국태양에너지학회 학술대회논문집 제33권 제1호, 2013 // (Park, Min-Ji, Kim, Tea-Yeon, The Comparative study on Code of Architecture Fenestration Performance Criteria, Proceedings of the Korean Solar Energy Society Conference, Vol. 33, No. 1, 2013)
- [3] 최윤정, 지경환, 조재훈, "건물의 냉난방부하를 고려한 창호의 통합에너지성능 평가 프로세스", 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집 제33권 제1호, 2013 // (Choe, Yun-Jeong, Ji, Kyung-Hwan, Jo, Jae-Hun, Evaluation Process of Integrated Energy Performance for window considering Heating and Cooling Load in Building, Proceedings of The Architectural Institute of Korea 2013 Spring Conference Vol. 33, No. 1, 2013)
- [4] 김경상, 최경석, 강재식, 김유민, "창 세트 에너지소비효율등급 시행에 의한 창호 성능 현황", 대한설비공학회 2013년도 하계학술발표대회, 2013.6 // (Kim Kyoung-Sang, Choi, Gyeong-Seok, Kang, Jae-Sik, Kim, Yu-Min, A Study on Window System Performance by Enforcing the Energy Efficiency Labeling Program of Window System, Korean Air-Conditioning and Refrigeration Engineering 2013 Summer Conference, 2014)
- [5] 김경상, 최경석, 강재식, 김유민, "창 세트 에너지소비효율 등급별 창호 유형 분석", 대한설비공학회 2014년도 하계학술발표대회, 2014.6, (Kim Kyoung-Sang, Choi, Gyeong-Seok, Kang, Jae-Sik, Kim, Yu-Min, A Study on Window types by Enforcing the Energy Efficiency Labeling

- Program of Window System, Korean Air-Conditioning and Refrigeration Engineering 2014 Summer Conference*, 2014)
- [6] 광희정, 장향인, 이현수, 엄재용, 서승직, “창호 에너지 소비 효율 등급 제와 건물 에너지 소비의 상관관계 분석”, 대한설비공학회 설비공학 논문집 제25권 제6호, 2013 // (Kwak, Hee-Jeong, Jang, Hyang-In, Lee, Hyun-Soo, Eom, Jea-Yong, Suh, Seung-Jik, *Correlation Analysis Between Fenestration Energy Consumption Efficiency Rating System and Building Energy Consumption, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 25, No. 6, 2013)
- [7] Lim, Ki-Choo, Park, Ki-Hyun, Lee, Kang-Il, Lee, Chul-Song, *The Study of Operating Energy Efficiency Labels Program and Improving Post-Management*, Korea Energy Economics Institute Spot Report 10-07, 2010.12
- [8] Diana Avasoo, Arne Andersson, *European window energy rating system. EWERS. The future European-, national- or international standard?*, 2003
- [9] J. Kragh, J. B. Laustsen, S. Svendsen, *Proposal for Energy Rating System of Windows in EU*, DTU Civil Engineering-Report R-201 (UK), 2008.
- [10] BYG.DTU, WinDesign, *Tool for Selection of Windows in Dwellings*, Computerprogram, Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark, 2008
- [11] International Energy Agency, *Issues paper for policy pathway for windows and other glazed areas*, OECD/IEA, 2011
- [12] <http://energivinduer.dk>
- [13] LES MENUISERIES FRANCAISES, *Energy Label Windows*, 2012
- [14] Norbert Sack, *Comparison of energy labelling schemes for windows in Europe*, ift Rosenheim, 2014
- [15] ASEFAVE, Binarýa Simple, *Concerning the Energy Efficiency Labelling Window Facade and roof of Regulation*, 2010
- [16] Natural Resources Canada, *Guidelines for the labelling and promotion of ENERGY STAR® certified fenestration products sold in canada*, 2015
- [17] <http://www.nrcan.gc.ca/energy/products/for-participants/13069>