

[논문] 한국태양에너지학회 논문집  
Journal of the Korean Solar Energy Society  
Vol. 24, No. 3, 2004

## 창호시스템의 환경성능평가기법 정립에 관한 연구

최두성\*, 김은규\*, 조균형\*\*

\*수원대학교 대학원 건축공학과(trebelle@mail.suwon.ac.kr),

\*\*수원대학교 건축공학과(khcho@mail.suwon.ac.kr)

### A study on the proposal of environmental capacity criterion method for windows system in buildings

Choi, Doo-Sung\*, Kim, Eun-Gyu\*, Cho, Kyun-Hyong\*\*

\*Dept. of Architectural Engineering, Graduate School, Suwon University(trebelle@mail.suwon.ac.kr),

\*\*Dept. of Architectural Engineering, Suwon University(khcho@mail.suwon.ac.kr)

#### Abstract

This research investigates the life-cycle energy consumption of the windows used for the building's exterior cladding, and its environmental potential aspects by utilizing the LCA. The research scope has taken account of the entire life-cycle of the windows from the extraction of raw materials to its disposal, of which given sample building type is an apartment building. Results gained from the LCA of the windows as one of the steps in analysis reflects the current global interest and analysis trend towards the world's environmental issue on all fields of industry including the architectural industry, of which its newly established standards of architectural windows can further promote more environmentally sustainable factor compared to the previous analysis (focused more on energy efficiency assessment of the use stage).

**Keywords** : 창호시스템(Windows system), 전과정평가(Life cycle assessment), 온실가스(Greenhouse gas), 배출권거래(Emission trading), 탄소배출권가격(Carbon emission value)

#### 1. 서론

창호는 타 구성요소에 비해 종합적인 열전달 계수가 6~8배 이상 높게 분석되는 등 건물에서 열적으로 가장 취약한 부위로 평가되고 있으며 이에 현

재까지 진행된 많은 관련 연구가 사용단계에서 창호의 종합적인 에너지효율(단열성능)향상을 목표로 하고 있다. 그러나, 변화하는 국외적 상황을 보면 더 이상 어느 특정 단계에서의 에너지효율개선에 관한 단편적인 개선의 노력보다는 관련 전생애과정

을 하나의 라이프사이클로 묶어 환경문제를 에너지와 연계·평가하는 필요성을 강조하고 있으며, 현재 국제사회에서의 환경에 관한 중요성을 인지할 때 국내에서 이와 관련한 연구체계의 정립이 중요시된다.

이에 본 연구는 사용단계에서의 에너지효율 개선만을 고려해온 국내의 제한된 연구범위에서 벗어나 건물에서 에너지효율과 높은 민감도를 나타내는 창호를 대상으로 전생애과정에 걸친 에너지·환경·경제성 등 총체적인 요소를 일괄 평가할 수 있는 창호시스템의 환경성능평가체계 정립을 목표로 다양한 창호유형에 대한 사례분석을 통해 평가체계의 정립과 세부적인 분석방법을 제시하고자 하였다.

## 2. 분석방법론의 이론적 고찰

환경성능을 정량적으로 평가할 수 있는 방법으로 LCA(life cycle assessment)가 널리 활용되고 있다. LCA는 분석제품의 전과정 즉 원료물질의 채취단계부터 제조, 사용, 폐기단계에 걸쳐 환경부하를 정량적으로 분석함으로써 이를 저감·개선하고자 하는 평가방법이다.

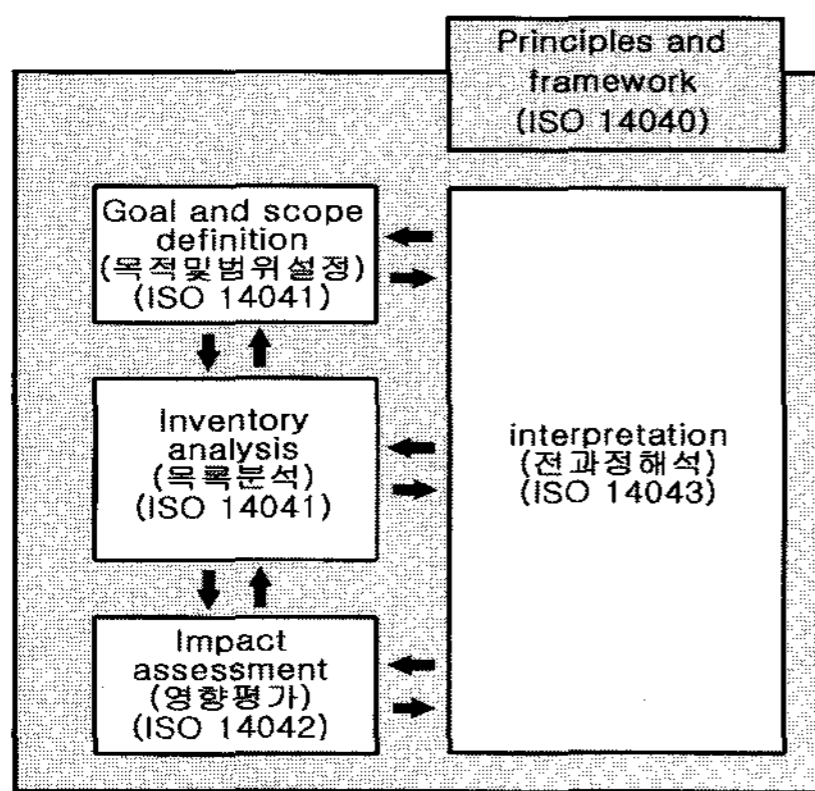


그림 1. LCA 기본 구조(ISO 14040's)

그림 1에서의 LCA를 구성하는 각 평가단계별 주요 수행내용을 정리하면 다음과 같다.

목적 및 범위설정 단계에서 LCA를 실시하는 목적과 범위, 제품, 기능단위(functional unit), 데이터 수집방법 등이 정의되며 목록분석단계에서는 정의된 분석범위(system boundary) 내에서 제품의 전생애과정에 걸쳐 투입·산출되는 모든 물질을 정량화한다. 목록분석에서 취합된 데이터를 근거로 영향평가단계는 환경부하에 대한 결과를 기술적 및 정량적으로 파악하고 마지막 해석단계에서 목록분석과 영향평가 결과를 종합·평가한 후 본 결과를 토대로 시스템의 주요 환경이슈를 규명함으로써 체계적으로 대상제품에 대한 환경영향을 평가한다.

이상 서술된 LCA 세부 평가단계의 순차적인 진행을 통해 대상제품의 환경평가를 정량적으로 제시할 수 있다. 이에 이하 서술되는 본 연구의 내용 및 결과 또한 본 평가단계의 순차적인 분석흐름에 맞추어 진행·서술하도록 한다.

## 3. 창호시스템의 LCA 수행

### 3.1 목적 및 범위설정(Goal & Scope definition)

본 연구의 평가목적은 창호시스템의 에너지, 환경, 경제성 등을 일괄 반영할 수 있는 환경성능평가기법을 사례분석을 통해 정립하는데 있다. 이에 국내 창호관련 생산업체(유리:H유리공업주식회사, 프레임:E창호시스템)의 주요 생산제품인 총 9가지의 프레임 및 창유리를 공동주택 단위세대 발코니 창호에 설계·적용하여 평가하였다. 평가대상에 대한 세부선정결과 및 기능단위는 아래 표 1과 같다.

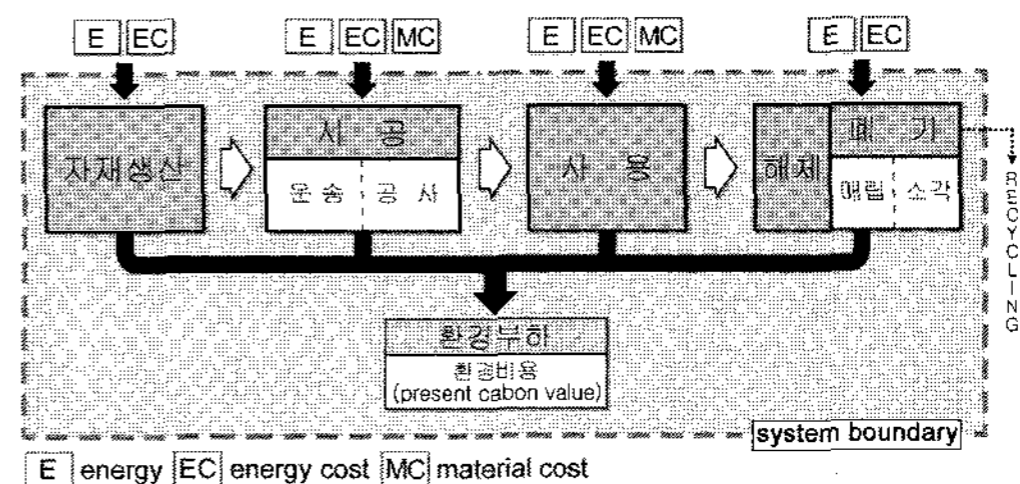
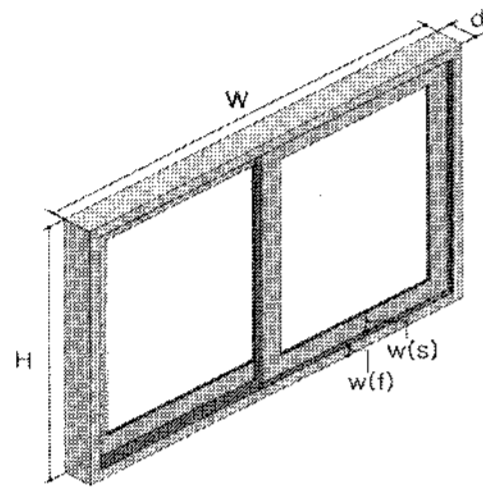


그림 2. 시스템영역 및 투입·산출물의 정의

표 1. 평가대상의 선정 및 기능단위

(functional unit : 3×2m)

구분	분석 코드	자재규격(mm)					무게 (kg)		
		W	H	d	w(f)	w(s)			
프레임	Aluminum	3000	2000	단층유리용	AF(s)	105	30	70	21.00
				복층유리용	AF(p)	112			22.40
	PVC	단층유리용	PF(s)	96	30	70	19.20		
		복층유리용	PF(p)	115			23.00		
유리창	5CL(clear)	SG-1	4.91m <sup>2</sup>	5	-	-	60.20		
	6CL	SG-2		6	-	-	72.24		
	8CL	SG-3		8	-	-	96.31		
	5CL-12Air-5CL	PG-1		22	-	-	120.39		
	6CL-12Air-6CL	PG-2		24	-	-	144.47		
	8CL-12Air-8CL	PG-3		28	-	-	192.63		
	6CL-12Air-6LE(Low-e)	PG-4		24	-	-	144.47		



이외 본 연구의 시스템영역 내 운송과 시공, 사용, 해체 및 폐기등 각 단계에서의 일정 분석기준 선정을 위해 그림 3과 같은 공동주택의 단위유닛 1세대(9층 내 1단위세대)를 선정하였다.

본 단위유닛은 서울이라는 분석공간영역을 나타내며 이에 시스템간(내)의 운송거리, 사용단계의 에너지분석을 위한 기상조건 등의 일정 분석기준을 제시한다.

투입·산출물 중 에너지소비량의 정량화를 주요 내용으로 서술한다. 에너지소비량 외 관련비용은 모두 투입되는 물량(자재, 에너지)에 분석년도의 물량단가를 곱하며 구하고, 환경부하(CO<sub>2</sub>)는 투입되는 에너지원과 소비량이 정량화 되면 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 탄소배출계수를 적용하여 비교적 단순한 계산로직 하에 산출가능 하기에 본 목록 분석 단계의 세부 서술내용에서 제외하였다.

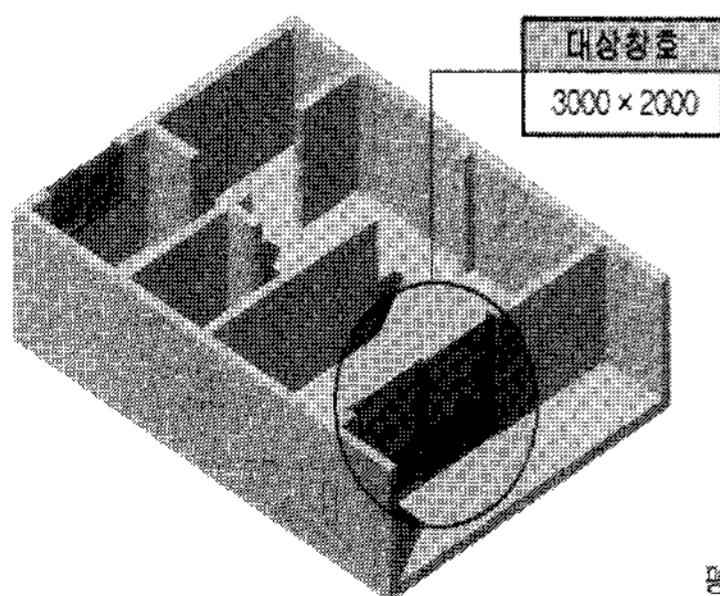


그림 3. 단위세대의 개요

### 3.2 목록분석(Inventory analysis)

본 평가단계에서는 시스템영역(그림 2)으로의

#### 3.2.1 자재생산단계

자재생산단계에서 에너지소비량을 산출함에 있어 모든 분석대상에 대하여 원료채취부터 최종제품생산 공정에 대한 현장분석을 통해 정량화 하는 것은 현실적으로 불가능하다. 따라서, 생산에너지를 비교적 단시간 내에 추계·정량화 할 수 있는 산업연관표(2000년)분석을 통해 각 제품의 단위비용 수요 발생에 따른 총 9개의 에너지원에 대한 소비량을 산출하였다.

본 단계의 최종 목록분석 결과는 표 2와 같다.

표 2. 자재생산단계에서의 투입·산출물 분석결과(f.u)

구분		에너지소비량 (kcal)	환경부하량 (kg-CO <sub>2</sub> )
프레임	AF(s)	742,335.34	264.90
	AF(p)	793,183.82	283.05
	PF(s)	498,709.16	173.65
	PF(p)	534,982.37	186.28
유리창	SG-1	197,394.55	64.29
	SG-2	250,579.66	81.62
	SG-3	368,283.71	119.95
	PG-1	582,386.77	189.87
	PG-2	674,289.99	219.83
	PG-3	793,666.06	258.75
	PG-4	1,283,647.95	418.49

3.2.2 시공단계

(1) 운송에너지

생산지에서 시공현장으로 각 자재(유리 및 프레임)의 운송에너지소비량 산출을 위한 모든 조건은 표 3에서의 실제 유리 및 프레임 생산업체의 운송자료 분석치(적재량)를 적용하며, 이 외 운송거리는 각 생산지에서 본 연구 공간영역(그림 3)으로의 실측거리(왕복)를 적용하였다.

표 3. 운송단계에서의 에너지소비량분석조건 (/f.u)

대상 자재	사용 장비	적재량 (kg)	연비* (km/ℓ)	에너지 소비량 (ℓ/kg.km)
프레임	5ton 트럭	462.00	4.48	0.00048
		470.40		0.00047
		460.80		0.00048
		460.00		0.00049
창유리 (SG1~PG4)	11ton 트럭	9,000	2.84	0.00004

\* 트럭 급수별 평균연비(에너지총조사보고서, 2003)

(2) 시공장비에너지

현장에서의 창호설치 공사시 소비되는 에너지소비량 산출은 다음 조건하에 일괄·분석하였다.

- 창호공사에 투입되는 장비는 건물의 수직적 이송에 필요한 hoist car(표 4 장비사양 참조)로 함.

표 4. Hoist Car의 세부사항

용도	적재용량 (kg)	인양속도 (m/min)	전력소비량 (kwh)
화물, 승객용	1,000	37.7	19.5

\* D기계 공업 주식회사 model number : RGL-1000K2

- hoist car 법규상 최대 적재용량 800kg을 적용.
- 프레임(유리창) 두께별 부피단위를 유리 비중 288.6(2,450)kg/m<sup>3</sup>을 적용하여 ton단위로 환산 적용.

이상의 전제조건을 적용한 hoist car의 최종 에너지소비량은 다음 식으로 최종 정리된다.

$$E_{h.c} = \sum_{n=1}^n 0.0216a \cdot h \cdot (n-1) \quad (1)$$

- 여기서, E<sub>h.c</sub> : hoist car 에너지소비량(kwh)
- n : 층수
- h : 층고(m)
- a : 각층으로 이송되는 창호무게(ton)

본 단계의 최종 목록분석 결과는 표 5와 같다.

표 5. 시공단계에서의 투입·산출물 분석결과 (/f.u)

구분	에너지소비량 (kcal)		환경부하량 (kg-CO <sub>2</sub> )		
	운송	시공	운송	시공	
프레임	AF(s)	6,017.90	25.40	1.8475	0.0044
	AF(p)	6,304.46	27.10	1.9355	0.0047
	PF(s)	5,516.41	23.22	1.6935	0.0040
	PF(p)	6,619.69	27.82	2.0323	0.0048
유리창	SG-1	1,396.87	72.81	0.4288	0.0127
	SG-2	1,676.24	87.38	0.5146	0.0152
	SG-3	2,234.99	116.50	0.6861	0.0203
	PG-1	2,793.74	145.63	0.8577	0.0253
	PG-2	3,352.49	174.75	1.0292	0.0304
	PG-3	4,469.98	233.00	1.3723	0.0405
	PG-4	3,352.49	174.75	1.0292	0.0304

### 3.2.3 사용단계

#### (1) 운용에너지

프레임 및 유리창의 물성치<sup>1)</sup>를 조사하고 이를 단위세대 에 에너지분석(DOE2.1E)에 적용하여 사용단계에서 창호를 통한 총 에너지소비량<sup>2)</sup>을 정량화 하였다.

표 6. 프레임 및 창호의 열적 물성치

구분		열관류율 (kcal/m <sup>2</sup> h°C)	태양열 획득계수	흡수율
프레임	Aluminum	5.4	-	0.9
	PVC	1.6	-	0.9
유리창	SG-1	6.22	0.94	-
	SG-2	6.17	0.92	-
	SG-3	6.08	0.89	-
	PG-1	2.8	0.80	-
	PG-2	2.8	0.77	-
	PG-3	2.7	0.72	-
	PG-4	1.9	0.74	-

표 6의 물성치 외 창호를 통한 침입외기 난방부하 산출을 위해 각 창호별 압력차에 따른 틈새풍량 실험치<sup>3)</sup>(압력차 10Pa기준 미서기창 Aluminum 0.72m<sup>3</sup>/hm, PVC 0.68m<sup>3</sup>/hm)를 단위세대 총 환기회수로 변환·적용하였다.

#### (2) 교체·수선에너지

교체·수선에 의한 에너지소비량 산출은 시스템 영역 내 사용단계를 제외한 생산·시공·해체 및 폐기단계의 분석 총계치에 생애주기수선율을 곱하여 산출하였다. 공동주택에서의 교체·수선기간은 건물의 내용연수 기간 내에 반복되는 것으로 법인

- 1) 국내 생산업체에 따라 프레임 및 창유리의 열적 물성치가 상이한 차이를 나타내는 바, 본 분석에서는 모두 미국 국립창호인증협회(national fenestration rating council)의 분석자료를 기준 하였다.
- 2) 난방기간은 총 5개월(11~3월)로 단위세대 내 분석창호를 통한 난방에너지소비량만을 분석한 후, 이에 설비효율 85%를 고려하여 최종 에너지소비량을 산출·적용함.
- 3) 김성실 외, 창호의 침기부하 산정용 노모 그래프 개발, 대한건축학회 제16권 11호, 2000

세법 및 한국감정원 내용연수표 상에서는 40~50년으로 규정하고 있으며 실제 분석치는 약 20년(19.7년)으로 제시하고 있다. 이에 본 연구는 실제 국내 공동주택의 수명주기 내에서 창호의 교체·수선행위가 미치는 영향도를 분석하기 위해 내용연수를 20년으로 기준 하였으며 다만, 내용연수 50년이 미치는 영향도에 대해서는 민감도분석을 통해 평가하였다.

건물 내용연수 내 총 교체·수선율<sup>4)</sup>을 분석하면 표 7과 같다.

표 7. 생애주기수선율 산정

구분	수선방법	수선주기 (년)	수선율 (%)	생애주기수선율 (%)	
				50년**	20년***
알루미늄 창호	부분수선	15	10	130	10
	전면교체	25	100		
플라스틱 창호	부분수선	20	10	120	0
	전면교체	30	100		

- \* 장기수선계획 수립대상시설과 표준수선주기 및 수선율 (주택관리규정 시행세칙 제12조 및 13조 관련)
- \*\* 유형고정자산내용연수표, 한국감정원
- \*\*\* 공동주택단지 리모델링방안 연구, 대한주택공사

본 단계의 최종 목록분석 결과는 표 8과 같다.

표 8. 사용단계에서의 투입·산출물 분석결과 (/f.u)

창호유형	에너지소비량 (kcal)		환경부하량 (kg-CO <sub>2</sub> )		
	운용	교체수선	운용	교체수선	
AF	SG-1	1,960,147.70	94,875.61	458.10	33.19
	SG-2	1,946,392.28	100,252.02	454.88	34.94
	SG-3	1,927,478.57	112,138.16	450.46	38.81
	PG-1	1,318,801.13	138,778.30	308.21	47.66
	PG-2	1,305,905.42	148,084.35	305.20	50.69
	PG-3	1,288,711.14	160,253.09	301.18	54.65
	PG-4	1,104,732.37	209,020.17	258.18	70.56
PF	SG-1	1,832,910.04	-	428.36	-
	SG-2	1,822,593.47	-	425.95	-
	SG-3	1,802,820.06	-	421.33	-
	PG-1	1,188,984.33	-	277.87	-
	PG-2	1,176,948.33	-	275.06	-
	PG-3	1,161,473.48	-	271.44	-
	PG-4	974,915.57	-	227.84	-

- 4) 유리의 경우 프레임의 교체·수선주기와 같은비를 적용하였다.

### 3.2.4 해체 및 폐기단계

본 단계에서의 에너지소비량 산출을 위해 우선 해체에너지는 인력철거 후 하층으로 해체물을 이송하는 에너지로 간주하여 시공단계에서의 hoist car에 의한 에너지소비량과 같은 양을 적용하였다. 해체 이후 폐기에너지는 프레임 및 창유리를 그 성분별로 분류하고, 성분별 조사된 재활용·매립·소각비<sup>5)</sup>에 따라 각 처리공정 실측(매립 및 소각공정 에너지)을 통해 에너지량을 산출하였다. 또한, 해체 후 매립 및 소각장으로 운송되는 거리는 본 연구의 공간영역으로부터 매립·소각장으로의 실측거리를

적용하고 폐기물 평균적재율 및 트럭운송연비<sup>6)</sup> 등을 고려하여 최종 운송에너지를 산출하였다.

그림 4는 본 단계에서 고려한 해체 및 폐기단계에서의 에너지소비량 산출개요를 나타낸다.

본 단계의 최종 목록분석 결과는 표 9와 같다.

### 3.3 영향평가(Impact assessment)

목록분석만으로는 비교대상이 되는 제품들간의 상대적인 환경성 순위만을 인지할 수 있을 뿐, 대상 제품의 총체적인 환경성능을 평가하기는 곤란하다. 영향평가는 이러한 목록분석 결과를 이용하여 다양한 평가요소를 환경범주로의 분류화, 특성화, 정규화, 가중치 부여 등 4단계로의 분석과정을 거쳐 단일 평가단위로 도출한 후 최종 환경으로의 잠재적인 영향을 규정한다. 그러나, 본 연구의 목적은 에너지·환경부하·비용 등 서로 다른 개념의 독립된 평가요소를 단일평가단위체계로 일괄·분석하는 것을 목표로 기존 영향평가에서 분석하는 동일 평가요소(환경부하)간의 평가단위 단일화방법(즉, 환경범주별 가중치분석)과는 다소 다른 분석방법이 필요하다. 이에, 본 연구는 크게 에너지소비량, 환경부하발생량(CO<sub>2</sub>), 비용(투입 물질 비용) 등 서로 다른 3개의 범주를 정의하고 이들을 최종 비용(총생애비용)이라는 공통의 평가단위로 제시하고자 하였다. 이는 3개의 범주 중 에너지소비량과 비용은 이미 본 연구의 변환목표단위인 “원”으로 산출되어 있거나 단순 물질소비량에 단가(에너지)를 곱하여 쉽게 평가단위변환이 가능하여 최종 환경부하량만을 비용의 체계로 전환해주면 되고, 동시에 본 평가단위(원)<sup>7)</sup>는 에너지효율·환경영향·경제성 등 본 연구가 목표하는 창호시스템의 종합적인 성능평가 분석결과를 일괄 반영할 수 있기 때문이다.

환경부하(CO<sub>2</sub>) 발생량 “kg”단위를 비용을 나타내

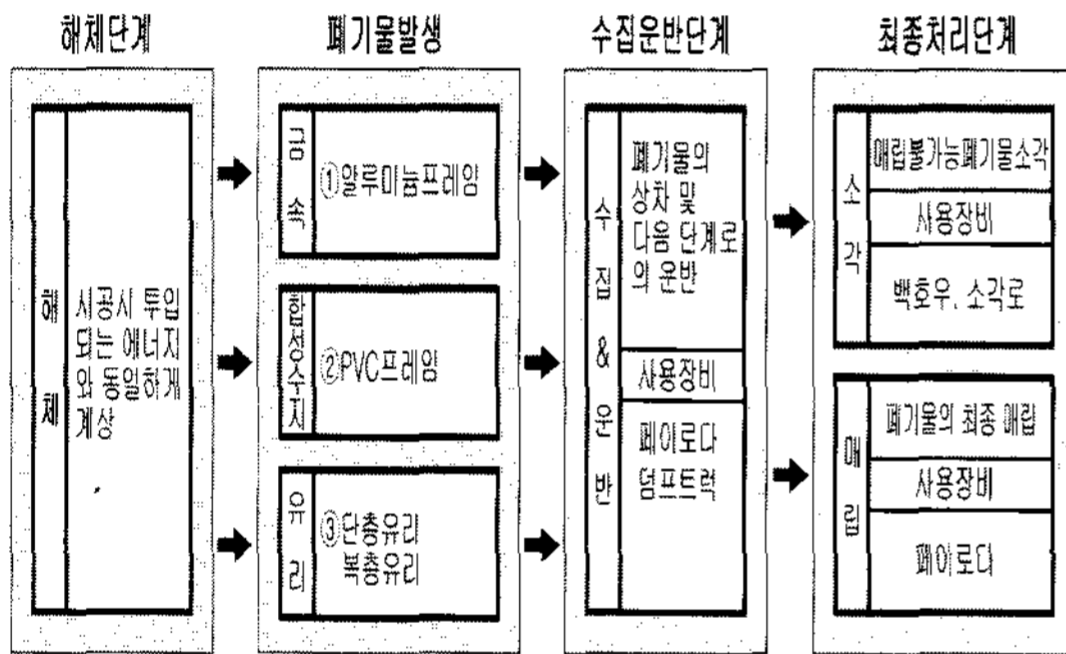


그림 4. 해체 및 폐기 세부공정 및 투입물 산출기준

표 9. 해체 및 폐기단계에서의 투입·산출물 분석결과 (/f.u)

구분		에너지소비량 (kcal)			환경부하량 (kg-CO <sub>2</sub> )		
		해체	매립	소각	해체	매립	소각
프레임	AF(s)	25.40	56.95	9.39	0.0044	0.0175	0.0029
	AF(p)	27.10	60.75	10.01	0.0047	0.0186	0.0031
	PF(s)	23.22	103.70	1,042.97	0.0040	0.0318	0.3200
	PF(p)	27.82	124.23	1,249.39	0.0048	0.0381	0.3833
유리창	SG-1	72.81	1,349.13	-	0.0127	0.4142	-
	SG-2	87.38	1,618.95	-	0.0152	0.4970	-
	SG-3	116.50	2,158.60	-	0.0203	0.6627	-
	PG-1	145.63	2,698.25	-	0.0253	0.8284	-
	PG-2	174.75	3,237.90	-	0.0304	0.9940	-
	PG-3	233.00	4,317.21	-	0.0405	1.3254	-
	PG-4	174.75	3,237.90	-	0.0304	0.9940	-

5) 2003년 환경부 건설폐기물 통계자료를 이용하여 프레임 성분별 매립·소각·재활용 비를 적용하였으며, 창유리는 관련 업체(제생, 해체업체) 분석자료를 적용 100%매립으로 전제하였다.

6) 15ton트럭의 평균적재율 76.3%, 연비 2.49km/l(에너지총조사보고서, 2003)

7) 본 연구에서 “원”으로 통일·산출되는 결과 값을 이하 총생애비용으로 정의·서술한다.

는 “원”으로 변환하고자 본 연구는 배출권거래가격을 적용하였다. 배출권거래(emission trading)란 온실가스 배출총량을 제한(감축)하는 내용을 담고 있는 97년 국가간 서약된 교토의정서를 이행하는 방안 중 하나로 총량을 규제하는 대신 국가간의 온실가스의 거래를 허용하는 개념이다.

아직은 일부 유럽국가들에서 선점효과를 피하기 위해 시범적으로 배출권거래를 시행하고 있으나 2005년부터는 EU자체적으로 온실가스 중 CO<sub>2</sub>를 우선하여 배출권거래를 계획하고 있다. 이에 실제 배출권거래 실행에 대비하여 관련 전문협회 및 배출권전문중개기업을 중심으로 다양한 배출권거래 가격을 예측·발표하는 보고서를 제시하고 있으며 이중 IETA(international emissions trading association)에서 제시한 탄소배출권거래 예측 값이 배출권거래에 대비한 다양한 보고서상의 분석치로 널리 활용되고 있다. IETA에서 시뮬레이션 분석을 통해 제시한 2010년도 탄소배출권가격은 9.9\$/t-CO<sub>2</sub>로 이를 보고서에서 제시하는 할인율

7%로 계산하면 2004년 PCV(present carbon value)는 CO<sub>2</sub>발생 톤당 6.6\$로 계산이 된다.

본 탄소배출권거래가격을 적용하여 최종 에너지 소비량·환경부하·비용 등을 모두 비용의 단위인 “원”으로 단일 변환·산출하기 위한 조건은 다음과 같다.

- 모든 비용의 산출시점은 2004년(6월)을 기준으로 현재 계산함.(기본할인율은 3.85%로, 탄소배출권거래가격은 IETA가 분석한 7%를 적용)
- 에너지(자재)비용은 에너지원(자재)별 단가를 기준 하여 산출함.(2004년 6월 건설물가 정보지)
- 환경비용의 경우는 PVC 6.6\$/t-CO<sub>2</sub>를 기준함.

이상 제시된 분석방법 및 조건에 의해 산출된 결과(표 10)를 본 연구에서 목표하는 에너지소비량, 환경부하량, 비용 등을 일괄 반영하는 총생애비용으로 분석한 결과는 다음과 같다.

표 10. 환경성능 분석·결과 제시(건물내용연수 20년)

(천원/f.u)

창호유형		자재구입		자재생산단계		시공단계		사용단계		해체폐기단계		총생애비용
		초기 투자	교체 수선	에너지 비용	환경 비용	에너지 비용	환경 비용	에너지 비용	환경 비용	에너지 비용	환경 비용	
AF	SG-1	161.38	9.16	29.84	2.57	0.71	0.02	1,219.86	37.87	0.07	0.00...	1,461.49(2,290.42)
	SG-2	170.43	9.67	32.22	2.71	0.74	0.02	1,211.29	37.60	0.08	0.00...	1,464.77(2,293.49)
	SG-3	188.56	10.70	37.49	3.01	0.80	0.02	1,199.52	37.24	0.11	0.00...	1,477.45(2,309.23)
	PG-1	295.42	16.77	48.47	3.70	0.88	0.02	820.73	25.48	0.13	0.00...	1,211.61(1,836.86)
	PG-2	318.03	18.05	52.58	3.93	0.93	0.02	812.70	25.23	0.16	0.00...	1,231.64(1,890.72)
	PG-3	347.39	20.69	57.91	4.24	1.04	0.03	802.00	24.90	0.21	0.00...	1,257.44(1,925.24)
	PG-4	467.91	26.56	79.81	5.48	0.93	0.02	687.51	21.34	0.16	0.00...	1,289.73(1,949.91)
PF	SG-1	190.14	0.00	23.82	1.79	0.63	0.02	1,140.67	35.41	0.11	0.00...	1,392.60(2,173.29)
	SG-2	199.19	0.00	26.07	1.93	0.66	0.02	1,134.25	35.21	0.12	0.00...	1,397.44(2,178.66)
	SG-3	217.32	0.00	31.06	2.21	0.71	0.02	1,121.95	34.83	0.14	0.00...	1,408.23(2,191.06)
	PG-1	311.54	0.00	41.21	2.84	0.86	0.02	739.94	22.97	0.18	0.00...	1,119.56(1,710.19)
	PG-2	334.15	0.00	45.10	3.06	0.91	0.02	732.45	22.74	0.20	0.00...	1,138.63(1,735.12)
	PG-3	363.51	0.00	50.15	3.36	1.01	0.03	722.82	22.44	0.25	0.00...	1,163.56(1,767.72)
	PG-4	484.02	0.00	70.87	4.56	0.91	0.02	606.72	18.83	0.20	0.00...	1,186.14(1,774.85)

\* 총계( )안은 건물내용연수를 총 50년으로 변경하였을 경우의 결과치를 반영함.

\* 에너지비용과 자재구입비는 모두 2004년 6월 건설물가정보지 가격을 기준·적용함.

각 생애단계별로 분석되는 총생애비용(표 10의 모든 자재 평균값을 분석)의 반영 비는 자재구입비 23.61% 외 자재생산, 시공, 사용, 해체 및 폐기단계 각각 3.79, 0.07, 72.51, 0.017%로 나타나 사용 및 생산단계가 전체의 76.31% 이상을 나타내는 것으로 분석된다. 이는 사용단계와 생산단계가 그만큼 에너지소비량과 환경부하량 그리고 이에 따른 비용(에너지 및 환경비용)의 지출이 큰 것으로 분석되는 결과이다. 자재구입비를 제외한 생산, 시공, 사용, 해체 및 폐기단계의 총생애비용만을 비교할 경우 단계별 비용은 각각 5.31, 0.09, 94.58, 0.02%로 사용단계가 총생애비용의 절대적인 비를 나타내는 것으로 분석된다. 본 결과를 다시 환경부하를 반영하는 환경비용만으로 평가·고려할 경우 생산, 시공, 사용, 해체 및 폐기단계는 각각 10.92(+5.61), 0.07(-0.02), 89.00(-5.58), 0.007(-0.010)%로 자재생산단계가 차지하는 전체적인 환경비용이 높게 상승·평가되는 것으로 나타난다. 이는 자재생산단계에서 사용되는 연료가 타 단계와 달리 탄소배출계수가 높은 석탄류를 사용하는 결과를 반영한 것으로 실제 탄소배출권거래가 실행 될 경우 생산단계로의 영향(생산 단가상승)이 클 것이라는 예측을 할 수 있으며, 창호 총생애비용에서는 약 2.44%의 비용이 상승되는 영향을 나타내는 것으로 분석된다.

생애단계별 외 창호구성 자재별 분석시 프레임의 경우 동일 창유리를 적용한(Aluminum SG-1, PVC SG-1) 경우 PVC가 약 4.71%정도 총생애비용이 낮게 평가된다. 비록, PVC가 Aluminum에 비해 초기 구입비가 약 17.81%, 해체 및 폐기단계<sup>8)</sup>에서 비용이 56.01% 이상 높게 분석되나, 생산, 시공 및 사용단계에서 각각 20.98, 26.23, 11.71% 정도 비용이 저감되어 최종 총생애비용은 약 4.71% 낮게 분석된다. 이는 앞서 생애단계별 분

석에서 제시된 바와 같이 생산 및 사용단계가 총생애 비용에 미치는 영향도가 높기 때문이다.

창유리의 경우는 동일 구성(단층群 및 복층群) 내에서는 창유리 두께에 따라 에너지소비량, 환경부하량 및 비용을 반영하는 총생애비용이 비례·증가하는 것으로 나타났다. 이는 현재까지 사용단계에서 창호의 에너지성능만을 평가해온 기존 연구결과와 비교해 상반되는 것으로 사용단계에서 창유리 구성이 같을 경우 사용단계에서의 두께의 증가에 따른 비용의 저감보다 타 단계(생산, 시공, 해체 및 폐기)에서 증가되는 비용의 합이 더 크다는 것을 의미한다. 실제로 알루미늄프레임을 적용한 단층유리 SG1(5mm)과 SG3(8mm)를 비교할 경우 사용단계에서는 SG3가 11.42%정도 생애비용이 낮게 분석되나 자재비용 및 생산, 시공, 해체 및 폐기단계 등에서 각각 16.84, 24.93, 15.71, 56.97%정도 높게 분석되어 전체적으로는 총생애비용이 약 1.09%정도 높게 분석된다. 본 결과는 현재 복층창을 중심으로 에너지성능개선을 목표로 개발된 많은 창유리가 전생애과정을 평가한 결과에서는 오히려 높은 생산단가와 자재생산단계에서의 에너지소비량 상승을 전제하여 전체적으로는 일반 복층유리창과 비교해 총생애비용이 높게 평가되는 모순된 결과를 나타낸다.

건물의 총 내용연수를 50년으로 변경하여 분석할 경우에도 본 결과와 같게 나타나며, 단지 총생애비용의 차가 20년에 비해 다소 줄어드는 결과를 나타낸다.(SG1와 SG3의 경우 : 1.09→0.82%) 이는 사용단계의 비용 저감이 증가함과 동시에 교체·수선에 의해 타 단계에서의 비용의 결과도 사용단계의 생애비용 저감비보다는 작지만 일정 증가하고 있는 결과를 반영하기 때문이다.

#### 4. 결 론

본 연구는 창호시스템의 환경성능 즉, 전생애과정에 걸쳐 에너지·환경·경제성 등을 종합적으로

8) 재활용비가 Aluminum 87%, PVC 51%로 최종 PVC처리에 소요되는 매립·소각에너지비가 높게 분석된다.



일괄·분석할 수 있는 평가기법의 정립을 목표로 하여 다양한 창호시스템에 대한 총체적인 환경성능 평가 사례분석이 이루어 졌다.

주요 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 창호 생애단계별 분석의 경우 사용, 생산, 시공, 해체 및 폐기 단계 순으로 총생애비용이 높게 분석되었으며 이 중 사용과 생산단계가 자재구입비 23.61%를 제외하면 76.31%로 절대적인 비를 나타내는 것으로 분석된다. 본 분석비는 에너지소비량, 환경부하량, 비용 등 본 연구에서 분석하는 일체의 평가요소를 반영한 결과이다. 본 결과에 단지 환경부하량을 반영하는 비용을 고려할 경우 자재생산단계가 총 환경비용에 차지하는 바가 10.92%로 상승(5.31→10.92%) 분석되어 추후 탄소배출권거래가 현실화 될 경우 생산단계가 가지는 부담이 가장 클 것으로 분석된다. 또한, 창호 전생애과정에서 환경비용이 총생애비용의 약 2.44%의 상승영향을 주는 것으로 분석된다.

(2) 프레임의 경우는 PVC가 Aluminum에 비해 4.71% 총생애비용이 저감되는 것으로 평가되었으며 창유리의 경우는 동일 구조의 경우 두께의 증가와 총생애비용의 증가는 비례하는 것으로 분석되었다. 본 결과는 기존 사용단계만을 평가해온 연구결과와 비교해 상반되는 결과로 창호의 전생애과정을 범위로 에너지 외 환경 및 비용 등 총체적인 평가요소를 반영하는 연구의 중요성을 나타낸다.

본 연구에서 최종 제시하는 총생애비용은 본 연구가 최종 목표하는 창호의 전생애과정에 걸친 에너지효율, 환경성능, 경제성 등의 평가요소가 유기

적인 연계 하에 총체적으로 반영하고 있는 것으로 평가되는 만큼 본 연구에서 제시한 환경 성능평가 기법은 건물에서 창호시스템 외 보다 다양한 평가 범위로 시스템(건물)의 총체적인 성능을 평가할 수 있는 방법으로 활용가능 할 것으로 사료된다.

## 후 기

이 논문은 2003년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음. (과제번호 : KRF-2003-042-D20131)

## 참 고 문 헌

1. 조균형, 최두성, 건축산업의 에너지 및 환경부하 산출방법론에 관한 비교연구, 대한건축학회 논문집, 제19권 6호, 2003
2. 김성실 외, 창의 침기부하 산정용 노모 그래프개발, 대한건축학회 제16권 11호, 2000
3. 2000년 산업연관표, 한국은행, 2003
4. 강광화, 산업연관분석론, 연암사, 2000
5. IETA, Greenhouse Gas Market, 2003
6. INTERNATIONAL STANDARD ISO 15099 -Thermal performance of windows, doors and shade devices-Detailed calculations, 2003
7. T Munger, N Abodahab and J Kubie, Windows in Buildings-Thermal, Acoustic and Solar Performance, Architectural Press, 2000
8. Christian Schittich, Glass Construction Manual, BIRKHAUSE, 1999
9. <http://www.ieta.org/>
10. <http://www.nfrc.org/>
11. <http://windows.lbl.gov/>