

# 가변 유리투과체로 구성된 실내공간의 채광성능평가

(Daylighting Performance of Interior Space with Differentiated Glazing Systems)

정인영\* · 김정태\*\*

(In Young Jeong · Jeong Tai Kim)

(\*경희대학교 대학원 박사과정, \*\*경희대학교 건축공학과 교수)

## Abstract

본 연구는 우리나라 유리건축에서 적용되고 있는 유리투과체를 조사하여 투과율이 다른 4종류 즉, 투명유리, 색유리, 파스텔유리, 로이유리를 선정하여 복층유리로 제작하였다. 투과체에 따른 실내공간의 채광성능평가를 위하여 축소모형을 1/10으로 제작하였으며, 투과체의 구성을 일반형과 이중분할형으로 구성하여 기준실과 실험실에 설치하였다. 또한, 채광성능평가시 IEA모니터링 프로토콜을 적용하여 작업면, 벽면, 천정면에 대하여 조도를 외부조도와 동시에 측정하였고, 본 논문에서는 작업면에 대한 채광성능평가를 중심으로 분석하였다. 평가지표로서 주광조도비를 사용하였으며, 일반형과 이중분할형에 대한 가변 유리투과체를 변화시켰을 경우 투과율에 따른 실내공간의 채광성능을 평가하였다.

가변 유리투과체로 구성된 실내공간의 채광성능평가는 다음과 같이 분석되었다. 첫째, 실내공간에 일반형을 적용하여 서로 다른 투과성을 가진 유리투과체가 적용된 경우 외부조도에 대한 내부조도 비율은 투과율이 증가할수록 일정하게 증가하는 것으로 나타났다. 이는 투과체가 갖는 투과성의 영향으로 판단된다. 둘째, 일반형에 비해 이중분할형은 채광창으로 유입되는 채광학적 기여가 증가하여 실 전체의 조도를 증가시키며 특히, 실 중간부와 후면부의 경우 채광적 잠재력이 증대되어 실의 쾌적함과 시 환경적 질이 증대될 것으로 사료된다. 현재 유리건축물에 많이 적용되고 있는 저 투과체에 이중분할형을 적용할 경우 채광학적으로 많은 효과가 있을 것으로 기대된다.

## 1. 서론

유리의 기본적인 기능은 건물 실내로 빛을 유입하여 인간과 자연환경 사이의 끊임없는 시각적 접촉을 가능하게 하는 것이다. 현대 사무소 건축물은 투명성을 조형 철학으로 하는 유리건축이 주도하고 있는 실정이나 유리투과체에 대한 연구는 단열, 기밀, 결로를 중심으로 열적 성능에 집중되어 진행되어 왔다. 그러나 자연채광을 적극적으로 유입하여 실의 쾌적함과 업무능률향상을 조성할 수 있는 유리투과체에 대한 다양한 채광학적 연구와 대안들이 제시되어야 함에도 불구하고 그렇지 못한 실정이다.

이에 본 연구는 실내공간에 서로 다른 투과성을 가진 유리투과체가 적용되는 경우 유리투과체가 갖는 채광학적 특성이 실내의 조도분포에 미치는 영향과 투과체의 구성을 채광창과 조망창으로 이루어진 경우 실내환경에 대한 영향을 분석하여 가변 유리투과체에 대한 효율성과 채광성능 자료를 제시하는데 목적이 있다.

이를 위해 본 연구는 우리나라에서 적용되고 있는 유리투과체를 조사하여 투과율이 다른 4종

류 즉, 투명유리, 색유리, 파스텔유리, 로이유리를 선정하여 복층유리로 제작하였다. 투과체에 따른 실내공간의 채광성능평가를 위하여 투과체의 구성을 일반형과 이중분할형으로 구성하여 기준실과 실험실에 설치하였다.

또한, 채광성능평가시 IEA모니터링 프로토콜을 적용하여 작업면, 벽면, 천정면에 대하여 조도를 외부조도와 동시에 측정하였고, 본 논문에서는 작업면에 대한 채광성능평가를 중심으로 분석하였다. 평가지표로서 주광조도비를 사용하였으며, 일반형과 이중분할형에 대한 가변 유리투과체를 변화시켰을 경우 투과율에 따른 실내공간의 채광성능을 비교분석하였다.

## 2. 실험방법

### 2.1. 가변 유리투과체

서로다른 투과율을 갖는 유리투과체가 실내공간에 미치는 영향을 채광학적으로 분석하기 위하여 일반 사무소에 적용되고 있는 유리투과체의 종류를 사례조사하여 실험을 수행하기 위한 4종

류의 유리 투과체를 선정하였다[1]. 구체적으로 보면, 투명유리(CL78), 색유리(GN66), 파스텔유리(PTS27), 로이유리(LE58)로 선정하였으며, 선정된 유리투과체는 6[mm]의 건조 공기층을 갖는 복층 유리 18[mm]로 제작되었다. 각각의 유리투과체의 특성은 다음과 같다.

① 투명복층유리(CL78)

모든 유리에 있어서 기본이 되며, 복층유리로 제작됨으로써 단열 및 소음차단에 효과가 있다. 광학적 특성 중 가시광선 투과율이 가장 높으며 외 부조망에 있어서 선명감을 줄 수 있다.

② 색복층유리(GN66)

그린계열의 유리와 투명유리사이에 공기층을 두어 복층유리로 제작되며, 색유리는 열선을 흡수하여 여름철에는 태양열을 알맞게 차단시켜주고, 겨울철에는 우리자체의 온도가 높아져 실내온도를 보온하는 특징이 있다. 가시광선을 적절히 투과시켜 주어 프라이버시를 보호하고, 자외선 투과를 차단하여 실내가구의 변색을 방지하는 기능을 가지고 있다.

③ 파스텔복층유리(PTS27)

외부에 파스텔유리를 사용하고 내부에 투명유리를 사용한 유리로 저반사 복층유리이다. 태양열에너지를 반사하여 냉방부하를 줄여줌과 동시에 가시광선을 약 15-35[%]반사시켜 건물의 외관을 개성있게 연출할 수 있다.

④ 로이복층유리(LE58)

특수금속막을 코팅하여 단열성능을 극대화시킨 고단열 복층유리이다. 특수금속막은 가시광선을 투과시켜 일반 복층과 거의 동일 수준의 투과성을 유지하면서 적외선을 반사시키는 성질 때문에 여름철에 태양에너지를 여과시키고, 겨울철에는 난방열의 방출을 방지함으로써 에너지를 절약할 수 있다.

각각의 유리투과체에 따른 광학적 특성과 열적 특성은 표 1과 같다. 유리투과체의 형상은 사무소의 창호형상(4.8m×1.8m)을 1/10으로 축소하여 제작하였으며, 창틀의 두께도 실제 사용되고 있는 창틀의 기본 두께를 1/10으로 축소하여 흰색의 시트지로 제작하여 부착하였으며, 채광부분과 조망부분으로 분할하여 투과체를 구성하였다.

본 연구에서는 투과체 구성에 따라 일반형과 이중분할형의 두가지 유형을 설계 및 제작하여 실험을 수행하였다. 분할된 투과체에 동일한 투과율을 갖도록 한 투과체구성을 일반형이라 명하였으며, 빛을 적극적으로 유입하기 위하여 채광창에는 투명유리를 사용하고, 조망창에는 서로 다른 투과율을 갖는 유리투과체를 적용한 것을 이중분

할형이라 명하였다.

연구대상의 가변 유리투과체의 종류는 그림 1과 같고, 투과체 구성에 따른 연구대상 유형은 그림 2와 같다.

표 1. 유리 투과체의 종류 및 특성

유리 투과체의 종류	모델명	두께 (mm)	광학적 특성				색
			가시광선		태양 복사열		
			투과율 (%)	반사율 (%)	투과율 (%)	반사율 (%)	
투명 유리	CL	18	78	14	63	12	투명
색 유리	GN	18	66	11	41	8	녹색
파스텔 유리	PTS	18	27	16	19	15	열정 은색
로이 유리	GN+LE	18	58	10	29	11	녹색

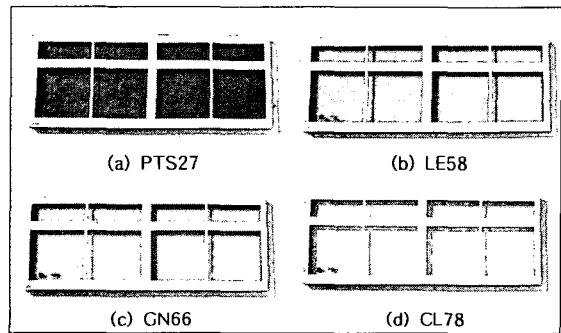


그림 1. 연구대상 가변 유리투과체의 종류

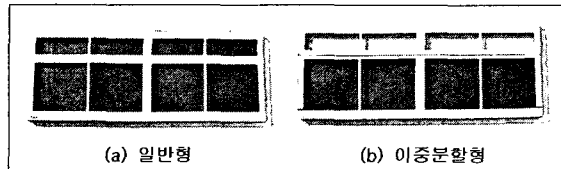


그림 2. 연구대상의 투과체 구성 유형

2.2. 축소모형의 제작

가변 유리투과체로 구성된 실내공간의 자연채광성능평가를 위하여 대상은 일반 사무실의 형상(4.9m×7.2m×2.6m)을 기본으로 축소모형을 1/10으로 제작하였다. 모형은 동일한 영역에 두 개의 실(기준실과 실험실)로 구성하였으며, 설치는 채광에 방해건물이 없는 K대학교 공과대학 건물옥상에 남향으로 설치하였다.

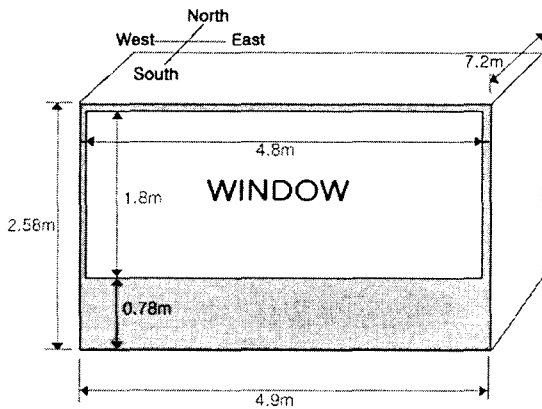
각 실의 남측에는 실제 사무실에서 적용되고 있는 창의 형상(4.8m×1.8m)을 축소하여 측창을 설치하여 자연광이 유입되도록 하였다. 창은 조망창과 채광창으로 분리되었으며, 바닥위 창대높이

는 실제 시공상 적용되고 있는 높이 0.79[m]를 1/10으로 축소하여 축소모형에 적용하였다. 축소 모형의 기본형상은 그림 3(a)과 같으며, 이를 기초로 제작한 축소모형의 실제 모습은 그림 3(b)과 같고, 제작된 모형은 모형받침대위에 설치하였다.

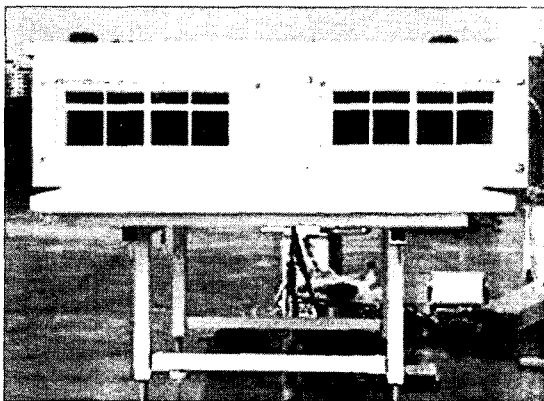
실내마감은 일반 사무실에 적용된 마감재를 사용하였다. 기준실과 실험실 모두 밝은 색의 표면(벽-아이보리색, 바닥-연갈색, 천장-흰색)으로 되어있으며, 가구는 배치하지 않았다. 축소모형의 내부마감재의 종류 및 반사율값은 표 2와 같다.

표 2. 실내마감재료 및 반사율

부분	재 료	반사율(%)
벽체	합판 1200×2400mm위에 도색	68
바닥	아스타일300×300mm	51
천장	텍스300×300mm	87



(a) 축소모형의 기본형상



(b) 축소모형의 영상

그림 3. 축소모형의 기본형상과 실제 모습

### 2.3. 모니터링 시스템

1998년 IEA(International Energy Agency)에서는 Task21 연구를 통하여 자연채광성능 평가시 모니터링과정에서 고려해야 되는 매개변수를 선정하고 측정을 하는데 있어서 가이드라인을 제공하여 채광성능평가의 기초를 확립할 수 있도록 모니터링 프로토콜(Monitoring protocol)을 제시하였다[2].

수직창과 수평작업면을 가진 일반 사무실을 대상으로 실제 천공상태에서 실험실과 기준실을 비교하는데 이 프로토콜을 적용하고 있다. 모니터링 시스템을 이용한 평가방법은 같은 기상 조건 아래에서 시스템이 설치되어 있는 실험실과, 시스템이 설치되어 있지 않은 기준실을 비교함으로써 평가할 수 있다. 또한, 두 실의 실내 채광상태와 외부상태가 동시에 모니터링 되어야 한다.

이에 본 연구에서는 IEA의 모니터링시스템을 적용하여 구성하였다. 모니터링시스템의 구성은 측정시스템과 데이터취득시스템으로 구성되었다. 측정시스템은 Li-cor사의 실내외조도센서, mA를 mV로 전환해주는 Millivolt adaptor로 구성되었다. 또한, 데이터취득시스템은 Agilent사의 단자채널, 데이터로거 그리고 PC로 구성되어 있으며, Agilent 4.1프로그램을 사용하여 센서와 데이터로거를 제어하였다. 모니터링시스템 구성도는 그림 4와 같다.

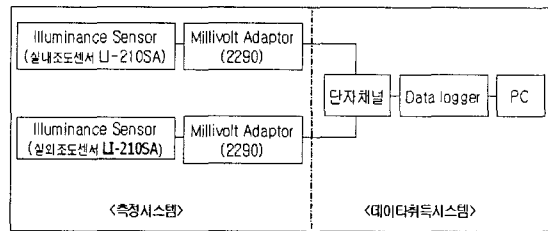


그림 4. 모니터링 시스템의 구성도

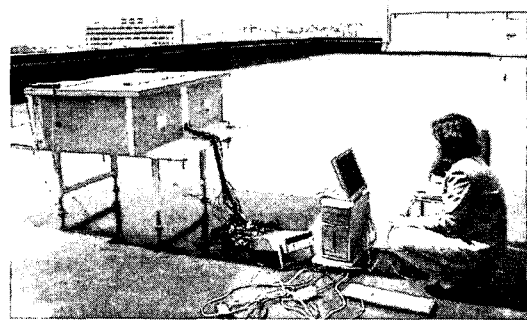


사진 1. 모니터링 시스템

## 2.4. 측정점의 선정

IEA Task21에서는 측정시 실내측정과 외부측정으로 나누어 동시에 측정하며, 실내조도를 측정할 경우 작업면높이를 0.7-0.85[m]에서 측정해야 하고, 실외조도를 측정할 경우는 천공에 대해 수평면 조도와 수직면 조도를 측정하도록 제시되어 있다. 또한, 대부분의 채광시스템들은 간접적인 반사광을 이용하기 위한 것이므로 이에 대한 채광성능평가를 정교하게 하기 위하여 조도레벨이 높은 부분, 중간인 부분의 벽과 천장의 조도를 같이 측정하는 것을 권장하고 있다.

센서의 위치는 사용가능한 센서의 개수와 모니터링 단계(최소화하거나 추가적인 요구가 있을 경우)를 고려하여 선정한다. 채광시스템을 모니터링하기 위한 위치는 채광시스템의 종류를 고려하여 선정하며, 자연채광에 반응하는 인공조명 제어시스템을 사용할 경우는 창의 크기, 투과율을 고려하여 산정하도록 되어있다[2].

이에 본 연구는 IEA Task21의 내용을 기초로 본 실험의 채광성능평가를 위해서 물리량(실내조도, 실외조도)을 측정하였다. 실내 조도측정은 창의 수직중심선에서 작업면높이를 0.85[m]로 하여 조도를 측정하였다. 측정점은 창으로부터 0.5[m] 간격으로, 중앙부와 후면부는 1[m]간격으로 측정 위치를 선정하여 실험실(8점)과 기준실(8점)을 외부수평면조도와 수직면조도를 동시에 측정하였으며, 측정점의 위치도는 그림 5와 같다.

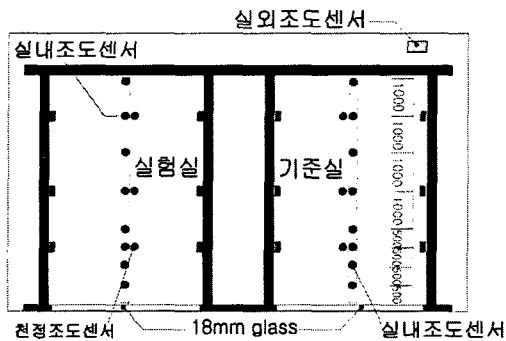


그림 5. 측정점의 위치도(평면)

또한, 채광성능평가를 정교하게 하기 위하여 IEA에서 권장하는 벽면과 천정면에 대한 조도를 측정하였다. 측정점은 다음과 같이 선정하였다. 거주자의 앉은 때의 눈높이와 거의 같고, 서면 주위가 잘 보이는 눈높이 1.2[m]에서 양측벽에 창으로부터 1.5[m], 3.0[m], 6.0[m]지점에 측정점을 선정하여 셀을 설치하였다. 또한, 벽면과 동일한 거리의 천장면에 셀을 설치하여 조도를 측정하였다.

조도센서를 작업면, 천정면, 벽면에 설치시 실험실과 기준실의 모습은 사진 2 및 사진 3과 같다.

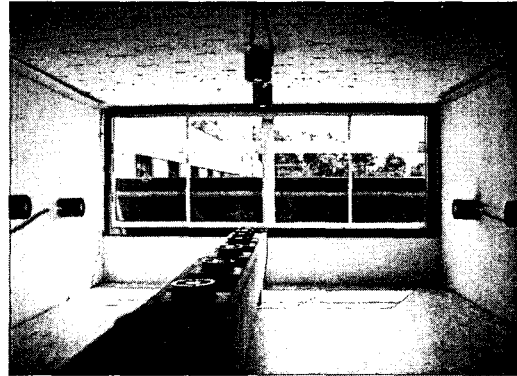


사진 2. 셀설치시 기준실의 모습

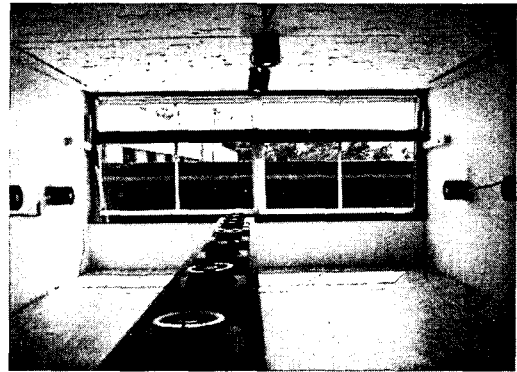


사진 3. 셀설치시 실험실의 모습

## 3. 가변 유리투과체의 채광성능평가

### 3.1. 실험현황

실험은 2004년 9월 24일 오후 1시 15분부터 1시 41분까지 방해건물이 없는 K대학교 공과대학 옥상에서 측정이 이루어 졌다. 기상상태는 구름이 없고 외부조도가 80,000[lx]이상인 청천공상태에서 수행되었다.

각각의 유리투과체에 대해 10초간격으로 측정하여 2분간 실내의 작업면, 벽면, 천정면에 대한 조도를 측정하였다. 이와 동시에 기준실과 실험실위에 조도센서를 설치하여 외부수평면조도를 측정하였으며, 평균값을 구하여 사용하였다.

측정에 앞서 측정에 사용될 센서값의 오차를 알아보기 위하여 조도측정에 사용된 조도센서(LI-210SA)와 Topcon IM-5조도계와 조도값을 비교해본 결과 3%이내의 오차를 갖는 것으로 확인되었다. 이것으로 IEA에서 제시한 모니터링시스템 적용시 시스템에 대한 신뢰성을 검증하였다.

2분간 측정된 값의 평균값을 구하고, 채광성능평가 지표로서 외부조도에 대한 내부조도의 비율인 주광조도비를 구하여 사용하였다.

### 3.2. 일반형의 채광성능평가

채광창과 조망창이 단일 투과체로 구성된 일반형의 작업면 조도에 대해 창으로부터 이격거리에 따라 측정된 결과, 그림 6과 같이 투과율이 2배, 3배 증가할수록 외부조도에 대한 내부조도의 비율이 일정하게 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 이는 빛의 채광학적 특성이 유리투과체의 투과능력에 따른 것으로 사료된다. 창으로부터 0.5[m]인 측정점의 주광조도비의 분포는 측정시간에 따른 태양의 위치와 창틀에 의한 영향으로 판단된다.

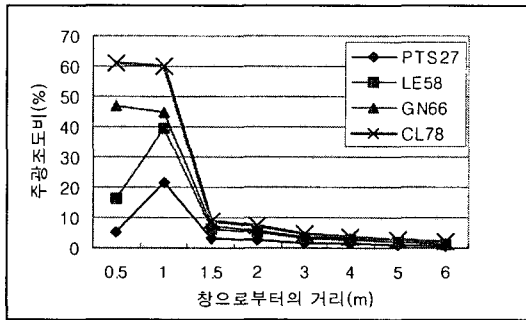


그림 6. 투과체에 따른 이중분할형의 주광조도비

### 3.3. 이중분할형의 채광성능평가

많은 양의 채광확보를 위하여 채광창에는 투명유리를 사용하고, 조망창에는 서로 다른 투과성을 가지는 유리투과체를 사용한 이중분할형의 측정결과, 그림 7과 같이 창에 근접한 실의 전면부 중 1[m]인 측정점에서는 투과율이 낮을수록 높은 주광조도비가 나타났으며, 창으로부터 0.5[m]인 측정점, 실의 중간부와 후면부에서는 투과율이 증가할수록 높은 주광조도비를 나타내었다. 이는 채광창에 사용된 투명유리의 높은 투과능력이 창으로부터 거리가 1[m]인 측정점에 큰 영향을 준 것으로 사료된다. 또한, 모든 측정점에서 일반형에 비해 조도비가 높은 것으로 나타나 이중분할형이 실내공간에 채광학적 기여를 증대시키는 것으로 분석되었다.

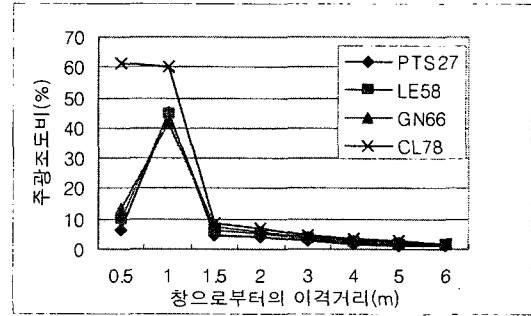


그림 7. 투과체에 따른 이중분할형의 주광조도비

표 3. 투과체 구성과 투과율변화에 따른 작업면조도의 조도값과 주광조도비

유리투과체의 구성	유리투과체의 종류	분석 지표	창으로부터의 이격거리(m)								외부수평면 조도	측정시간
			0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0		
일반형	PTS27	조도값(lx)	4,690	18,430	2,910	2,360	1,520	1,160	870	580	85,220	1:15-1:16
		주광조도비 (%)	5.5	21.6	3.4	2.8	1.8	1.4	1.0	0.7		
	LE58	조도값(lx)	14,100	34,850	5,610	4,530	2,850	2,220	1,650	1,090	87,780	1:20-1:21
		주광조도비 (%)	16.1	39.7	6.4	5.2	3.2	2.5	1.9	1.2		
	GN66	조도값(lx)	40,600	38,670	6,360	5,120	3,270	2,560	1,910	1,260	86,790	1:30-1:31
		주광조도비 (%)	46.8	44.6	7.3	5.9	3.8	2.9	2.2	1.5		
	CL78	조도값(lx)	52,720	51,580	7,640	6,200	4,090	3,210	2,400	1,640	85,940	1:40-1:41
		주광조도비 (%)	61.3	60.0	8.9	7.2	4.8	3.7	2.8	1.9		
이중분할형	PTS27	조도값(lx)	5,310	38,310	4,170	3,430	2,270	1,650	1,140	960	85,220	1:15-1:16
		주광조도비 (%)	6.2	45.0	4.9	4.0	2.7	1.9	1.3	1.1		
	LE58	조도값(lx)	8,730	39,140	5,810	4,720	3,070	2,290	1,600	1,340	87,780	1:20-1:21
		주광조도비 (%)	9.9	44.6	6.6	5.4	3.5	2.6	1.8	1.5		
	GN66	조도값(lx)	11,410	36,170	6,460	5,170	3,410	2,550	1,790	1,510	86,790	1:30-1:31
		주광조도비 (%)	13.1	41.7	7.4	6.0	3.9	2.9	2.1	1.7		

### 3.4. 투과율별 일반형 대비 이중분할형의 채광성능평가

각각의 투과체의 경우 그림 8~그림 10과 같이 채광성능을 증가시키기 위한 이중분할형이 일반형에 비해 실중간부와 후면부의 주광조도비가 증가한 것으로 나타났다. 이는 일반형보다 채광창을 적용한 이중분할형이 실의 중간부와 후면부에 크게 기여한 것으로 판단된다.

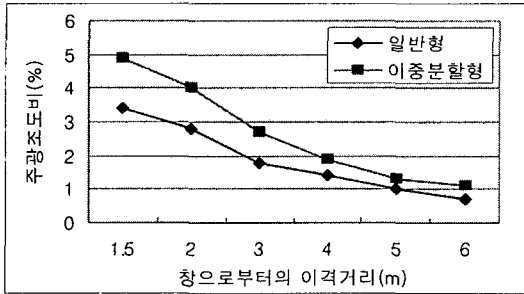


그림 8. LE58의 주광조도비

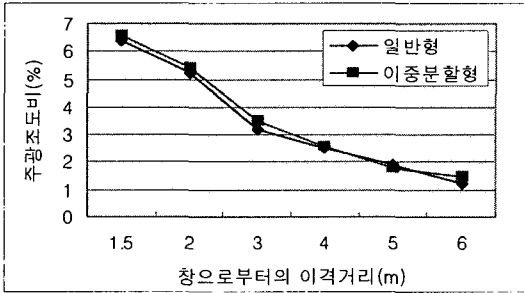


그림 9. LE58의 주광조도비

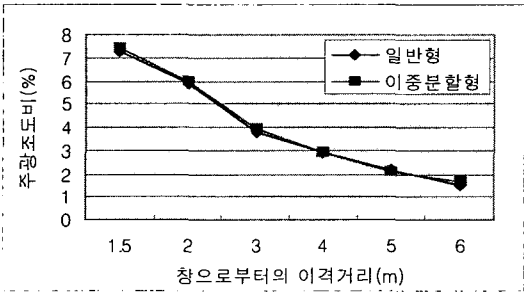


그림 10. GN66의 주광조도비

일반형 대비 이중분할형의 증감율은 그림 11과 같이 나타났고, 투과율이 50[%]이하인 저 투과체에 대해 채광창의 기여도를 분석한 결과, 실 후면부에서 20-50[%]이상의 증감율을 나타내었다. 이중분할형의 채광학적 기여가 투과율이 낮은 저 투과체 적용시 효과적임을 나타내주고 있다.

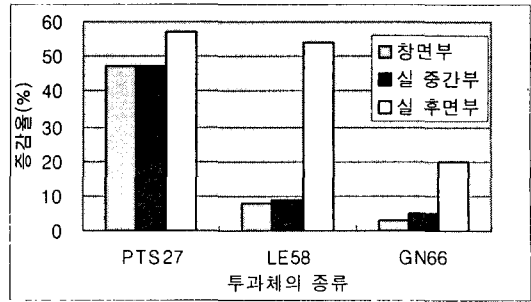


그림 11. 일반형 대비 이중분할형의 주광조도비 증가율

## 4. 결론

자연채광을 적극적으로 유입하여 실의 쾌적함과 업무능률향상을 조성할 수 있는 유리투과체에 대한 채광학적 연구의 필요성을 제기하면서 가변 유리투과체로 구성된 실내공간의 채광성능평가시 IEA모니터링 프로토콜을 적용하여 기초적 연구를 수행한 연구결과는 다음과 같이 도출하였다.

실내공간에 일반형을 적용하여 서로 다른 투광성능을 가진 유리투과체가 적용된 경우 외부조건에 대한 내부조도비율은 투과율이 증가할수록 일정하게 증가하는 것으로 나타났다. 이는 투과체가 갖는 투과성능의 영향으로 판단된다.

일반형에 비해 이중분할형은 채광창으로 유입되는 채광학적 기여가 증가하여 실 전체의 조도를 증가시키며 특히, 실 중간부와 후면부의 경우 채광적 잠재력이 증대되어 실의 쾌적함과 시 환경적 질이 증대될 것으로 판단된다.

현재 유리건축물에 많이 적용되고 있는 저 투과체에 이중분할형을 적용할 경우 채광학적으로 많은 효과가 있을 것으로 기대된다.

후 기

이 논문은 과학기술부 국가지정연구실사업(과제번호M1-0318-00-0272)의 지원에 의해서 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- [1] 정인영, 김근, 김정태, "자연채광요소로서의 유리 구성에 따른 첨단 유리건축물의 적용사례분석", 대한건축학회춘계학술발표대회논문집, 2002, 4
- [2] Daylighting in Buildings, IEA SHC Task21, pp 8.44-8.48, 1998
- [3] 건축설계자료집성 단위공간II, 건축공간연구회, p3, 1983
- [4] <http://www.ica-shc.org>