

태양광조명 디자인 현황 및 제안

정유근 (충주대학교 건축공학과 조교수)

1. 서론

친환경 건축에 대한 사회적 관심이 고조되는 오늘날 건축설계에 있어서 에너지 절감과 신재생에너지의 활용은 중요한 과제로 대두되고 있는 실정이다. 이와 더불어 실내의 쾌적성 향상이라는 건축적 과제는 서로 분리될 수 없는 문제로 태양광조명은 에너지를 절감하며 실내 시환경의 쾌적성을 향상시킬 수 있는 수단으로 다양한 시스템이 개발되어 건축물에 활용되고 있다.

태양광조명이란 일반적으로 기존의 자연채광에 더불어 직사일광을 제어하고 자연광의 유입이 어려운 실 깊숙이 유도하는 채광시스템을 활용한 실내조명방식을 말하고 있다. 본 글에서는 일본을 중심으로 태양광조명 건축물 사례를 설명하고 태양광조명 설계 및 평가지표 그리고 국외 태양광 조명시스템 개발동향에 대해 설명하고자 한다.

2. 태양광조명 적용 사례

태양광조명의 적용 사례는 조명에너지의 사용량이 많고 주간의 이용 빈도가 높은 사무소 건물 및 미술관 건물을 중심으로 소개하고 있다. 기존 연구에 따르면 사무소 건물의 경우에 조명에너지 사용량이 건물 전체 에너지 소비량의 약 1/4을 차지하는 등 태양광조

명의 도입으로 에너지절감 효과가 가장 높은 것으로 보고되고 있다.

2.1 일본 요코하마시 T-빌딩

일본 가나가와현 요코하마시에 위치한 지하 1층, 지상 11층의 사무소 건축물로 태양광조명의 적극적 활용으로 조명에너지 사용량을 효과적으로 절약하고 있는 선구적 건축물이다. 남측과 북측 양쪽에 주개구부를 둔 양측 코어형 건축물로 기준층 남면은 슬랫(slat) 각도를 자동으로 제어할 수 있는 블라인드가 내장된 복층 창 시스템으로 계획되었다. 또한, 창 주변부 2개월까지의 인공조명 시스템에 연속조광장치를 설치하여 유입되는 태양광량에 따라 인공조명을 자동 제어할 수 있도록 계획되었다. 이 시스템의 적용으로 재실자의 시환경과 온열환경을 쾌적하게 유지하며 조명에너지 및 냉방부하의 절감효과를 극대화시키고 있다.

표 1. 조명제어 및 에너지 절약효과(남측면 사무소 기준)

	사용 조명에너지량 ((Kw/h/m^2) 년)	소비 에너지 비율 (절약률)
조광제어 없을 경우	72.5	100(%)
창가 첫째 열만 조광제어	56.5	77.9(%)(-22.1(%)
창가 둘째 열까지 조광제어	42.2	58.2(%)(-41.8(%)
창가 셋째 열까지 조광제어	32.6	45.0(%)(-55.0(%)

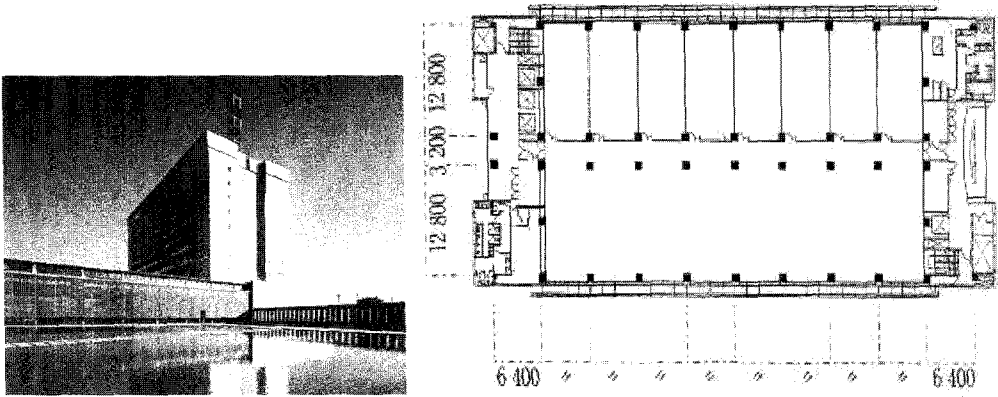


그림 1. 요코하마시 T-빌딩의 외관 및 평면도

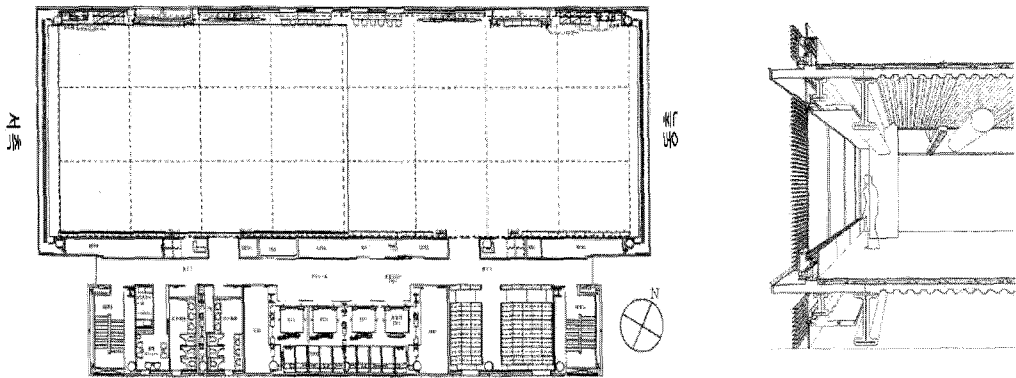


그림 2. 치요타구 N-빌딩 기준층 평면도 및 단면

2.2 일본 치요타구 N-빌딩

일본 동경 치요타구에 위치한 지하 1층 및 지상 14층의 사무소 건축물로 2003년 4월에 준공되었다. 기준층 사무실은 약 20×50[m]로 안길이가 깊은 평면 형태를 취하고 있으며 동서쪽 양면에 자동 제어가 가능한 외부 블라인드가 설치된 큰 개구부를 계획하여 실내에 태양광을 유입하고 있다. 이때, 외부 블라인드의 슬랫각도는 실내 불쾌클레어 억제를 목표로 제어되며 창면 입사 일사량과 창면 연직면조도를 이용하여 PGSV1) 방식으로 글레어 발생여부를 예측하고

있다.

사무소에 설치된 조명기구는 출력 25~100(%)까지 조광이 가능하며 실내 기준설정 조도는 800(lx)로 설정되었다. 조명에너지 절약을 위해 외부 블라인드에 의한 조절이외에 점심 시간(12:00~13:00) 사이에는 인공조명을 소등하고 복도 등 주 사용공간이 아닌 구역에서는 센서를 이용하여 인공조명을 제어하고 있다. 태양광

1) 일본 Iwata에 의해 개발된 창면 불쾌클레어 평가변수, 이진숙 외, 참고문헌(3)

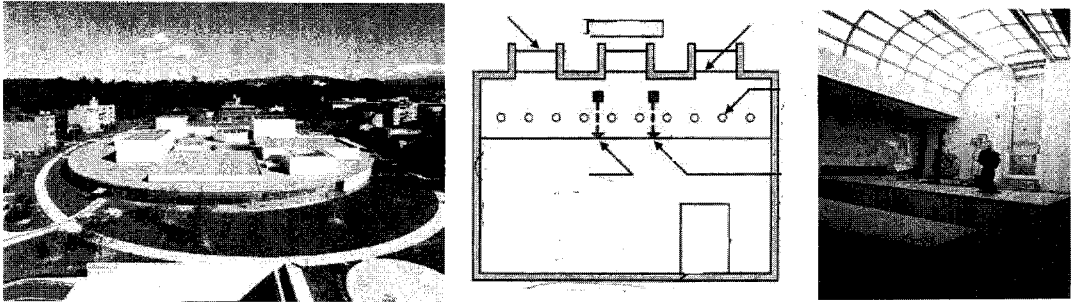


그림 3. 가나자와시 K-미술관 외관 및 천창

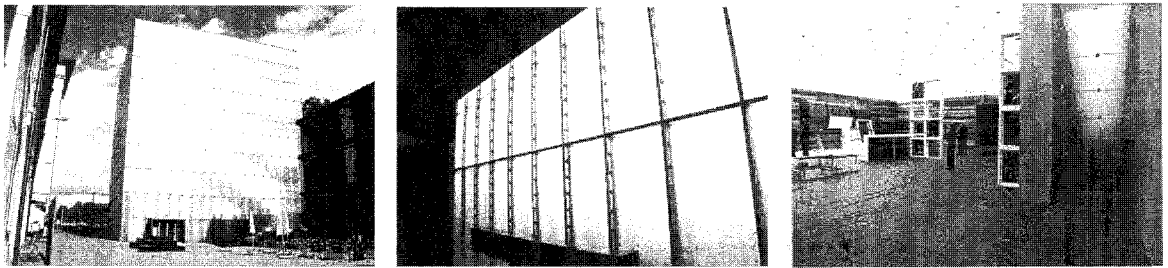


그림 4. 브레겐즈시 B-미술관 외관, 실내전경 및 전시관

조명에 따른 조명에너지 절약효과는 평일 근무시간대(09:00~18:00)를 기준으로 약 3.3((%))로 보고되고 있다.

2.3 일본 가나자와시 K-미술관

일본 이시카와현 가나자와시에 위치한 지하 2층 및 지상 2층의 미술관 건축물로 2004년 10월에 준공되었다. 미술관의 연면적은 약 17,400[m²]로 거리에 개방된 공원 같은 미술관을 목표로 계획되었다. 이 미술관은 일반 전시실, 기획 전시실 그리고 시민 갤러리로 구성되며 전시실마다 바닥면적과 높이(3.7~12[m])를 다르게 계획되었다.

자연광의 도입을 통해 외부의 기후변화에 따라 전시공간에 변화를 제공할 수 있도록 대부분의 전시실에 태양광을 적극적으로 도입하였다. 태양광조명시스템으로 차광 블라인드가 설치된 천창채광이 계획되었

고 확산성 유리를 사용해 직사일광의 유입을 억제하였다. 실내 인공조명은 유입되는 태양광량과 연동된 자동제어 조광시스템을 설치하였다.

전시공간의 실내 벽면조도 수준은 300((lx))로 설정하였으며 청천공시에는 천창 개구율 30((%))에서도 실내 필요조도를 만족시킬 수 있는 것으로 보고되고 있다. 또한, 겨울철이나 날씨가 흐린 경우에는 태양광만으로 충분한 벽면조도를 얻을 수 없으므로 출력률 5~100((%))로 조광할 수 있는 고주파 점등 형광수은램프를 설치되었다. 이때, 조광센서는 천장 내에 설치되었고 형광램프에는 자외선 억제 튜브가 설치되어 전시품을 보호하고 있다.

2.4 오스트리아 브레겐즈(Bregenz)시 B-미술관

건축가 Peter Zumhor에 의해 설계된 미술관으로

표면을 부식시킨 에칭유리를 사용하여 실내로 태양광을 유입하고 있다. 이로 인해, 미술관 외부에서는 내부 계단의 그림자가 희미하게 비치며 내부에서는 건물 외표면에 이어지는 하늘과 주변 호수에서 반사되는 반사광 및 색을 인식할 수 있다. 중공층에 블라인드를 내장한 창 시스템은 틈새를 이용한 여름철 통풍이 가능하며 반투명 부식유리를 통해 유입된 확산광은 실내 벽면에 블라인드에 의한 그림자를 형성하지 않는다. 전시실에 설치된 천창에는 다층의 부식유리를 설치하여 충분히 확산된 주광만을 실내로 유입하고 있다.

전시공간의 실내 벽면조도 수준은 300([lx])로 설정하였으며 청천공시에는 천창 개구율 30((%))에서도 실내 필요조도를 만족시킬 수 있는 것으로 보고되고 있다. 또한, 겨울철이나 날씨가 흐린 경우에는 태양광만으로 충분한 벽면조도를 얻을 수 없으므로 출력률 5~100((%))로 조광할 수 있는 고주파 점등형광수은램프를 설치되었다. 이때, 조광센서는 천창 내에 설치되었고 형광램프에는 자외선 억제 튜브가 설치되어 전시품을 보호하고 있다.

3. 태양광조명 관련 평가지표

태양광조명 설계결과를 평가하기 위한 평가지표는 에너지사용량 이외에 실내 시환경의 질평가 그리고 최근의 친환경건축 개념과 연계되어 환경부하 감소 건축물의 생애주기(life cycle) 평가가 실시되고 있다.

3.1 CEC/L(Coefficient of Energy Consumption/Lighting)

태양광조명의 채택에 따른 조명에너지 절약량을 평가하는 방법으로 CEC/L는 연간 조명에너지 사용량을 태양광조명 적용에 따른 가상 조명에너지 사용량을 나눈 값으로 이 수치가 작을 수록 에너지 효율은

향상된다. 주택을 제외한 5,000[m²] 이하의 건축물에 한해 간략 계산이 허용되며 일반적으로 인공조명 기구의 효율예측에 활용된다.

3.2 CASBEE(Comprehensive Assessment System for Building Environment Efficiency)

건축물의 생애주기를 고려한 평가방법으로 건축종류에 따라 기획, 신축, 기존, 개조의 4단계의 기본 평가도구와 각각의 개별목적에 대응하는 6개 확장도구로 구성되어 있으며 현재 일본에서 널리 사용되고 있다. 평가방법은 '사용자의 어메니티(amenity)'의 평가(Quality : 건축물의 환경품질 성능)와 '외부 환경에 대한 영향'에 대한 평가(Loadings: 건축물의 외부환경 부하)를 정의하고 어메니티 평가결과를 외부 환경영향 평가결과로 나누어(Q/L) 환경성능효율(BEEE)를 계산한다.

빛 환경관련 '어메니티' 평가항목에는 '태양광 이용', '글레어', '조도', '인공조명 제어' 등이 있으며 '외부 환경' 평가항목에는 '광해의 발생여부' 등이 있다. 즉, 광해가 적고 보다 많은 태양광조명 설비를 갖추어 실내를 적정조도로 제어하면서 글레어 발생을 억제할 수 있는 건물이 높은 평가를 받는다. CASBEE 아직 새로운 평가방법으로 다양한 경우에 따라 지속적인 수정이 이루어지고 있으며 다양한 태양광채광시스템의 개발로 보다 다양한 평가항목이 개발되고 있다.

3.3 CP(Commissioning Process)

미국냉난방공조학회(ASHRAE)에 의해 제안된 평가지표로 태양광조명시스템이 기본적인 설계취지에 맞는 성능을 발휘하고 있는지를 검증하는 평가방법이다. 건축물은 부지, 방위 및 형상 등이 모두 동일한 조건에서 이루어지는 경우가 없으므로 각각의 현장에 따른 성능확인이 매우 중요한 일이다. 현재, 현

장에서 이루어지는 측정자료는 다음 설계를 위한 기초자료 및 건물운용 수단으로 유용하게 활용될 수 있으나 이론적인 예측과 실측치 사이의 간격을 최소화해 보다 예측가능한 설계수단을 개발할 필요가 있다.

4. 태양광조명 시스템 개발동향

본 글에서는 IEA SHC Task 21²⁾에 소개된 12개의 첨단채광시스템 중에서 우리나라 기후에 적용하기 어려운 “Angular selective skylight” 시스템 및 “Anidolic solar blinds” 시스템을 제외하고 모두 10개의 태양광조명 시스템을 크게 첨단 차양시스템(shading systems)과 첨단 광학시스템(optical systems)으로 구분하여 적용가능 기후조건, 적용위치 및 특성 등을 간단히 서술하였다.

4.1 첨단 차양시스템(Shading Systems)

첨단 차양시스템은 주로 직사일광을 차단하고 빛을 재반사 또는 확산시키는 태양광조명 시스템이다. 기존의 차양장치가 채광량 감소 및 외부조망을 방해하는데 반하여 첨단 차양시스템은 조망이 가능하고 직사일광을 확산 또는 재반사하여 충분한 자연채광이 가능하다. 첨단 차양시스템은 직사일광을 차단하고 확산광만을 실내로 유입하는 확산광 활용 차양시스템(표 2)과 확산광 또는 재반사된 직사일광을 실내 천장으로 유입하는 직사일광 활용 차양시스템(표 3)으로 구분된다.

표 2. 주로 확산광을 이용하는 차양시스템

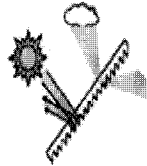
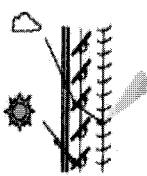
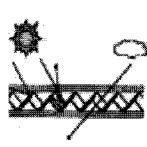
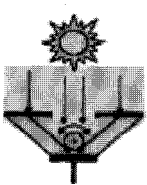
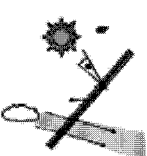
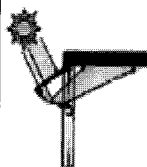
시스템 명	형 상	기후	적용위치	특 성
Prismatic Panels		-모든 기후	-수직창 -천창	-글레어방지 -조망가능 -태양추적필요 -현재 적용가능
Prisms and venetian blinds		-온화한 기후	-수직창	-글레어방지 -실 깊숙이 자연광 유입 -조도분포균일 -현재 적용가능
Sun protecting mirror elements		-온화한 기후	-천창 -유리 -지붕	-실 깊숙이 자연광 유입 -조도분포균일 -현재 적용가능
Directional selective shading system		-모든 기후	-수직창 -천창 -유리 -지붕	-글레어방지 -조망 -태양추적필요 -현재 적용가능
Transparent shading system		-온화한 기후	-수직창 -천창 -유리 -지붕	-글레어방지 -조망 -조도분포균일 -태양추적필요 -현재 적용가능

표 3. 주로 직사일광을 이용하는 차양시스템

시스템 명	형 상	기후	적용위치	특 성
Light guiding shade		-더운 기후 -청천공	-수직창	-글레어방지 -조망 -실 깊숙이 자연광 유입 -조도분포균일 -현재 적용가능

2) IEA SHC(Solar Heating and Cooling Programme) Task 21 연구는 1977년에 시작되어 태양광조명을 주제로 첨단채광시스템의 개발 및 건축적 적용에 관한 연구로 시스템의 성능평가방법, 태양광 제어기법 그리고 태양광 설계기법 및 설계사례를 다루고 있다.

시스템 명	형·상	기후	적용위치	특 성
louvers and blinds		-모든 기후	-수직 창	-글레어방지 -실 깊숙이 자연광 유입 -조도분포균일 -태양추적필요 -현재 적용가능
Glazing with reflecting profiles (Okasolar)		-온화한 기후	-수직 창 -천장	-조망가능 -글레어방지 -실 깊숙이 자연광 유입 -조도분포균일 -현재 적용가능
Skylight with Laser Cut Panels		-더운 기후 -청천공 -저위도	-천장	-실 깊숙이 자연광 유입 -조도분포균일 -현재 적용가능
Turnable lamellas		-온화한 기후	-수직 창 -천장	-글레어방지 -실 깊숙이 자연광 유입 -조도분포균일 -현재 적용가능

표 4. 확산광 가이드 시스템

시스템 명	형 상	기후	적용위치	특 성
Lightshelf		-온화한 기후 -담천공	-수직창	-조망 -실 깊숙이 자연광 유입가능 -조도분포균일 -현재 적용가능
Anidolic Integrated System		-온화한 기후	-수직창	-조망 -실 깊숙이 자연광 유입 -조도분포균일 -현재 적용가능
Fish System		-온화한 기후	-수직창	-글레어방지 -조망 -실 깊숙이 자연광 유입 -조도분포균일 -현재 적용가능

표 5. 태양광 전송 시스템

시스템 명	형 상	기후	적용위치	특 성
Heliostat		-모든 기후 -청천공		-실 깊숙이 자연광 유입 -에너지절약 -태양추적필요 -현재 적용가능
Solar-Tube		-모든 기후 -청천공	-지붕	-실 깊숙이 자연광 유입 -에너지절약 -현재 적용가능
Fibers		-모든 기후 -청천공		-실 깊숙이 자연광 유입 -조도분포균일 -태양추적필요 -현재 적용가능

4.2 첨단 광학시스템(Optical Systems)

첨단 광학시스템은 차양기능은 없으나 주로 자연광을 재반사하여 실내 깊숙이 유입시키는 시스템이다. 이 시스템은 광원 및 자연광 유입방법에 따라 확산광 가이드 시스템(diffuse light guiding systems), 직사일광 가이드 시스템(direct light guiding systems), 태양광 확산시스템(scattering systems) 그리고 태양광 전송 시스템(light transport)으로 구분된다.

표 6. 직사일광 가이드 시스템

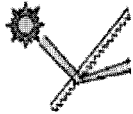
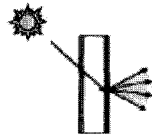
시스템 명	형 상	기후	적용위치	특 성
Prismatic panels		모든 기후	수직창 천창	- 조망가능 - 실 깊숙이 자연광 유입가능 - 현재 적용가능

표 7. 태양광 확산 시스템

시스템 명	형 상	기후	적용위치	특 성
Scattering systems		-모든 기후	-수직창 천창	- 실 깊숙이 자연광 유입 - 조도분포균일 - 현재 적용가능

참고문헌

- [1] 김정태 외, "IEA 첨단채광시스템의 형상 및 특성에 관한 비교분석", 한국생태환경건축학회논문집, 제3권 제1호, 2003. 03.
- [2] Final report of IEA (Task21), "Daylight in Buildings (http://www.iea-shc.org/task21_final)", 2002. 02.
- [3] 社団法人 日本建築學會, "畫光照明 デザイン 가이드", 2007.
- [4] 建築環境省エネルギー機構, "CASB(新築(簡略版)評價マニュアル", 2004.

◇ 저자 소개 ◇



정유근(鄭有根)

1963년 10월 20일생. 1986년 경희대학교 건축공학과 졸업. 1996년 동대학원 졸업(박사). 충주대학교 건축공학과 조교수. 본 학회 편수위원.

5. 결 론

본 글에서는 친환경 건축기술로 태양광조명 기술의 사례 및 평가지표 그리고 개발사례에 대해 간략히 기술하였다. 태양광조명은 에너지 절감과 실내 시환경을 극대화시킬 수 있는 첨단 채광기술로 선진국을 중심으로 다양한 시스템이 연구·개발되어 건축현장에서 활발히 적용되고 있는 실정이다. 그러나 우리나라의 경우에 이에 대한 연구가 부족하며 상업화 사례 또한 적어 보다 적극적인 연구노력과 국외의 경우와 같이 정부 또는 지자체의 인센티브제도 도입 등 활성화를 위한 다양한 대책이 요구되고 있다.