

최신 자연채광 디자인 사례들 분석 및 그 적용에 관한 연구*

- 미국 LEED 인증 공동주택 사례분석을 바탕으로 -

Study on the Analysis and the Application of State-of-the-Art Daylighting Design Cases

- Based on the Case Studies of LEED(Leadership in Energy and Environmental Design) Multi-Family housing -

Author 윤혜경 Yoon, Hea-Kyung / 정희원, 홍익대학교 건축학과 조교수, 건축학박사

Abstract The purpose of this study is to analyze the state-of-the-art daylighting design among LEED(Leadership in Energy and Environmental Design) multi-family housing cases and to explore the feasibilities for their applications in domestic housing design. Occupants in multi-family houses are reported to consume more electricity power than those in single houses. That may imply the problems of daylighting design in domestic housing design for multi-family houses have better insulation system and less windows and outside walls than single houses. Therefore two systems, daylight delivery system and daylight control system, are scrutinized for daylighting design with LEED cases. The findings show when windows as a daylight delivery system are combined with overhangs, fins, louvers, fenestration materials, speciality fenestration, or interior controls as a daylight control system, the outcome goes with more energy savings and better facade design. Beside those, lightshelves as a daylight delivery system seem to have potentials in domestic multi-family houses with deep plans and less outside walls. Daylighting designs in domestic multi-family houses need to pursue available options more to achieve the integration of energy and aesthetics values.

Keywords 자연채광디자인, 미국 친환경건축인증, 공동주택, 자연광 유입 시스템, 자연광 조절 시스템
Daylighting Design, LEED(Leadership in Energy and Environmental Design), Multi-Family Housing, Daylight Delivery System, Daylight Control System

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

전 세계적으로 기록적인 한파, 수십 년 만의 최대 폭우 등 더욱 확연히 나타나는 기후변화를 각 지역마다 체험하고 있다. 이 기후변화는 화석연료 등에서 배출되는 온실가스가 지구의 온난화를 초래해서 나타나고 있다고 세계 학계에서는 얘기하고 있고, 그에 따른 온실가스 감축 노력에 전 세계의 협력을 요청하며 이산화탄소 가스 배출규제 의무 수행을 요구하고 있다. 1994년 기후변화에 관한 UN협약이 만들어졌고, 1997년 12월에 세계적으로 합의된 '교토의정서' 이후에 2007년 12월에 채택된 '발리 로드맵'에 따라, 우리나라도 온실가스 양을 감축하게 되었다.

이에 따른 우리나라의 노력으로 2013년 2월부터 녹색용을 받고 있지는 않지만, 2012년 4월부터 시행된 저탄

소 녹색성장 기본법을 바탕으로 한 녹색건축물 조성 지원법은 건축계 전반에 걸쳐 영향을 미치게 될 것이다. 녹색건축물 조성 지원법은 다섯 가지의 녹색건축물 기본 원칙을 제 3조에서 다음의 내용으로 명시하고 있다. 온실가스 배출량 감축을 통한 녹색건축물 조성, 환경 친화적이고 지속가능한 녹색건축물 조성, 신·재생에너지 활용 및 자원 절약적인 녹색건축물 조성, 기존 건축물에 대한 에너지효율화 추진, 녹색건축물의 조성에 대한 계층 간, 지역 간 균형성 확보이다.

그러나 이 다섯 가지 기본원칙들을 살펴보면 세 가지 의문이 생긴다. 첫째는 녹색건축물이 얼마나 새로운 건축물인가 하는 것이고, 둘째는 우리가 사용하고도 남은 에너지를 지구에 쏟아 붓고 있는 태양에너지를 우리는 충분히 활용하고 있는가이다. 그리고 셋째는 과거 획일적인 디자인에서 벗어나 다양한 평면과 입면을 시도하고 있는 최근의 국내 공동주택들은 어찌될 것인가 하는 의구심이다. 공동주택이 고층화되면서 주동 형태 배치가

* 이 논문은 2010학년도 홍익대학교 학술연구진흥비에 의하여 지원되었음.

일자형의 판상형에서 탑상형 또는 절곡형으로 바뀌고 있다. 그에 따라 주거환경의 표정이 다양해지고, 획일적인 단위평면에서 벗어나 여러 유형의 라이프스타일에 더 적합한 평면들이 제공되는 등의 많은 장점들이 나타나는 반면에, 외기와 만나는 면이 적은 깊은 단위 평면으로 인한 일조권 확보의 문제와 에너지 절약차원에서는 문제점들이 나타나고 있다. 이 세 가지 의문들을 함께 살펴볼 수 있는 부분인 국내 공동주택의 자연채광 활용 부분을 이 논문을 통해 해외 LEED 사례들을 통해 고찰해 보는 것은 의미 있는 일일 것이다.

1.2. 연구 방법 및 절차

녹색건축물 조성 지원법에서 언급하고 있는 녹색건축물이 가장 잘 모여 있는 집단은 지금 현재로는 국내·외 친환경 건축물 인증을 받은 건물들일 것이다. 여러 타입의 건물들 중에서 먼저 이 연구에서는 공동 주택을 중심으로 살펴보고자 한다. 삶의 기본을 이루는 주택이지만, 단독주택의 경우 상대적으로 녹색건축물로 건설하고자하면 디자인의 자유가 모든 건물타입들 중에서 가장 크다. 그러나 공동주택의 경우는 서울 인구의 반 이상이 사는 주택 유형임에도 불구하고, 그 자유가 그리 크지 않다. 그러므로 생각할 수 있는 모든 녹색건축물 요소를 적용한 단독주택의 사례보다는 제한을 가지면서도 디자인 개선이 지속적으로 필요한 공동 주택에 대한 녹색건축물 연구가 필요하다.

또한 녹색건축물로서의 공동주택 디자인 요소들 중 자연채광에 이 논문은 중점을 맞추고 있다. 태양광은 지구가 태양으로부터 받는 무한하고 비용이 들지 않는 에너지이다. 태양으로부터 지구에 도달하는 태양 에너지양은 전 인류가 소비하는 에너지양의 약 1만 배에 달한다. 그러므로 아직까지는 효율이 낮은 태양전지를 통한 전기로의 전환 가능성 등이 고려되기 이전에, 효율이 높은 태양광의 형태로 우리의 삶에 충분히 사용되고 있는지를 먼저 살펴보고 더 적합한 자연광(주광) 조명 시스템을 건물에서 사용되도록 디자인해야 하기 때문이다.

본 연구에서는 첫째, 공동주택과 관련된 주거 부분에서 소비되는 에너지양과 전력량, 국내 공동주택의 자연채광 시스템의 인식, 디자인 서울로 나타난 공동주택의 문제점에 관한 문헌들을 살펴본다. 둘째, 건축에서 사용되는 일반적 자연채광 시스템을 건물 초기 디자인에서 고려되는 사항들과 연계하여 정리한다. 셋째, 국내 LEED 사례들을 살펴보고, 국외 LEED 사례들 중 공동주택에 관한 사례들에서 사용된 자연채광 시스템들을 분류하고 새로운 경향을 분석한다. 분석에 사용된 국외 LEED 사례들은 <표 1>과 같다. 마지막으로, 국내 공동주택에서 사용 가능한 자연채광 시스템들의 방향을 제안한다.

<표 1> 공동주택 분야 미국 친환경 건축물 인증 LEED 취득 사례

건물명	면적(제곱미터) / 지역(미국)	건립 연도	취득 인증	인증 년도
1 Alcyone	19,000/ 시애틀	2004	certified	2005
2 Aqua Tower	176,510/ 시카고	2010	silver	진행
3 Blair Towns	10,000/ 실버스프링	2003	certified	2004
4 Bachelor Enlisted Quarters Bldg 1044	9,300/ 브레머튼	2004	certified	2004
5 Cherokee Studio Loft	2,072/ 로스 앤젤스	2010	platinum	진행
6 Colorado Court Affordable Housing	2,800/ 산타모니카	2002	gold	2005
7 Davenport University Lettinga Housing, Phase II	3,600/ 그랜드 라피드	2006	certified	2007
8 Dockside Green, Phase I(복합건물)	16,570/ 빅토리아 항구(캐나다)	2008	platinum	2009
9 Dominican Sisters House of Formation	580/ 산라파엘	2005	gold	2006
10 Eastern Village Cohousing Condominium	8,600/ 실버스프링	2004	silver	2005
11 Gish Family Apartments	7,000/ 산호세	2007	gold	2008
12 The Helena Apartment Tower	56,000/ 뉴욕	2005	gold	2006
13 IslandWood(수련원 복합건물)	6,600/ 베인브릿지 아일랜드	2002	gold	2002
14 Macallen Building Condominiums	33,000/ 보스턴	2007	gold	2008
15 Plaza Apartments	5,300/ 샌프란시스코	2006	silver	2007
16 Roberts Hall at Lewis & Clark College	2,300/ 포틀랜드	2002	silver	2004
17 Solaire	33,000/ 뉴욕	2003	platinum	2009
18 Traugott Terrace	3,600/ 시애틀	2003	certified	2004
19 Twelfth & Washington Mixed-Use	51,300/ 포틀랜드	2009	platinum	2010
20 Wentworth Commons	6,400/ 시카고	2005	certified	2007
21 Yorktown Bachelor Enlisted Quarters	4,500/ 요크타운	2005	certified	2007

2. 문헌고찰

2.1. 주거 부분 소비 에너지양과 전력량

에너지관리공단에서 배포한 2012 에너지·기후변화 전망을 보면 <표 2>에서 정리되어 있듯이, 2011년 전체 에너지의 60.7 퍼센트 정도를 산업 부분에서, 18.7 퍼센트를 주거와 상업 부분에서 사용하고 있다.

여러 에너지원들 중 가장 최종 형태인 고급 에너지원은 전력과 도시가스 부분이다. 가정에서 사용한 전력량을 알아보기 위해 한국전력공사가 2012년 6월에 발표한 한국전력통계를 살펴보면 <표 3>과 같다. 2011년도에 제조업용으로 전체 전력의 50.5 퍼센트, 서비스업용으로 28.7 퍼센트, 가정용으로 13.5 퍼센트 등이 판매 되었다. 즉 주거와 상업 부분이 전체 에너지원에서 차지하는 부분은 오분의 일에 해당하지만, 정제가 되는 최종 에너지원 형태인 고급 에너지원인 전력의 사용량을 보면 그 비율이 두 배 이상인 것을 알 수 있다.

<표 2> 2011년도 전체 에너지 사용량 비율 (%)

분야	산업	주거·상업	수송	공공기타
계	60.7	18.7	18.4	2.2

<표 3> 2011년도 용도별 판매 전력량 비율 (%)

용도	제조업	서비스업	가정	공공	농림·어업	광업
계	50.5	28.7	13.5	4.5	2.3	0.4

<표 4> 월별 가정용 판매 전력량

소비량	월별					
	1	2	3	4	5	6
전력량 (MWh)	5,708,799	5,645,092	4,841,793	5,077,700	4,788,809	4,794,289
	4,929,816	5,557,244	5,221,464	4,744,069	5,040,752	5,214,421
전체 점유율 (%)	13.2	14.2	12.6	13.5	13.5	13.4
	13.2	14.5	14.2	13.3	13.7	13.1

이 중에서 가정용으로 판매된 전력량을 <표 4>에서 월별로 정리하였다. 계절에 따라 겨울과 여름의 실제 판매 전력량은 봄과 가을의 양과 차이가 있지만, 판매된 전체 전력량에서의 점유율은 그다지 차이를 보이지 않았다. 1년 동안 매월 전체 판매 전력량에서 가정용으로 판매된 전력량의 점유율은 평균 13.5 퍼센트 이고, 평균 전력량은 5,130,354 MWh(메가와트시(時), 100만와트시) 이다. 겨울(1월, 12월)과 여름(8월, 9월)에는 평균 점유율과 전력량에서 주목할 만한 계절에 의한 차이를 보인다. 겨울과 여름에 실제로 판매된 가정용 전력량은 평균보다 증가했지만, 다른 용도별 판매 전력량 전체에서 차지하는 점유율은 겨울에는 낮고 여름에는 높았다.

그러면 왜 다른 용도의 건물들에 판매되는 전력량 점유율에 비해 주거용에서는 여름에 더 높게 나오는 지 의문이 생긴다. 표면적으로 보면, 이상기후로 인해 더 높은 여름 기온으로 냉방용 전력이 더 많이 사용되었기 때문일 것이다. 그리고 국내 주거용 건물들이 그 여름 기후 변화 속도에 발맞춰 가고 있지 않기 때문일 것이다. 여기에서 주거용 건물들에서 환기와 자연채광이 되는 개구부의 디자인이 현재보다는 개선될 필요성이 있지 않은가 하는 첫 번째 의문이 생긴다.

주택 형태별로 소비된 전력량은 평균적으로 한 가구당 3.59 MWh 정도라고 올해 3월에 에너지경제연구원에서 수행한 2011년도 에너지 총조사 보고서에서는 발표하고 있다. 조사를 하기위해서 연구원에서는 선정된 표준 가구를 기준으로 전년도에 측정을 하여 소비된 전력량을 보고하고 있다. <표 5>에서 주택형태별로 소비 전력량을 정리하였는데, 아파트와 연립주택의 소비 전력량의 경우 가구 평균 소비전력량보다 많았고, 상가주택과 단독주택의 소비 전력량의 경우는 평균보다 적었다. 첫 번째 의문과 연관해서 주택 유형별 가구당 소비 전력량을 볼 때, 단독주택은 아파트보다 상대적으로 환기와 채광이 되는 개구부의 디자인을 더 많은 면에 할 수 있기 때문에 소비 전력량이 더 적은 것이 아닌가 여겨진다. 주택에서 조명으로 사용되는 전체 전력량은 일반적으로 약 10-20 퍼센트 정도를 차지한다고 추산된다. 두 번째 의문은 그러면 아파트 같은 공동주택에서 창을 포함한 어

떤 개구부 디자인이 가능한가이다.

<표 5> 2010년도 주택 형태별 표본 가구당 소비 전력량

	평균	아파트	연립주택	다세대 주택	상가주택	단독주택
전력량 (MWh)	3.5851	3.6987	3.6655	3.5967	3.4911	3.4212

2.2. 공동주택의 자연채광 시스템

자연채광 시스템은 다양하게 정의되지만, 국제 에너지 단체(International Energy Agency)는 ‘자연채광 시스템은 공간에 빛을 유입하거나 조절하는 것을 가능하게 하는 일부 다른 요소들과 유리를 합한 것이다’라고 정의한다.¹⁾ 북미 조명 협회(Illuminating Engineering Society of North America)는 이러한 맥락과 같이하여 자연채광 시스템을 자연광 유입 시스템과 자연광 조절 시스템으로 나누고 있다.²⁾ 그러나 국내 일부에서는 자연채광 시스템의 구성원리를 집광부, 광전송부, 산광부³⁾라고 보고 있어, 자연채광 시스템을 자연채광을 위한 설비 시스템의 일부라고 인식하고 있음을 보여준다.

또한 국내에서 공동주택의 다양한 자연채광 시스템 이용에 대한 인식이 아직은 부족하다고 볼 수 있다. 그 한 단면으로 국내 친환경 건축 인증제도의 평가항목 중에서 빛환경에 대한 비중이 최대 4.41퍼센트를 차지하지만, 일본은 11.64퍼센트, 영국은 7퍼센트, 미국은 5.8퍼센트를 차지하고 있다.⁴⁾ 실제적으로 건물 디자인 요소에서 자연광이 들어오도록 하는 것은 자연 채광 시스템이지만, 아직 국내 공동주택에서는 기존의 사례에 의존하고 자체적인 개발이 필요하다는 인식이 부족하다.

실내환경 요소에 대해 공동주택 거주자가 그 중요도를 조사한 바에 의하면 빛환경이 가장 중요하다고 여기고 있으며, 그 세부요소로 전망, 실내밝기, 빛 유입시간 등이 중요하다고 보고되고 있다.⁵⁾ 그러나 구체적인 자연채광 시스템에 대한 연구가 공동주택에서 나타나고 있지는 않다.

공동주택에서 인공조명을 사용하기 이전에 자연채광에 대한 이용이 우선되어야 하는 것은 에너지 절약의 문제

1) IEA ECBCS (2010). Daylight in Buildings, p.3
 2) Mistrick, R. (1999). IESNA Lighting Education: Fundamental Level, Ch. 10: Daylighting. New York, NY: Illuminating Engineering Society of North America, pp.10.9-10.16
 3) 송혜영·이주윤·송규동, 건축적 적용을 위한 자연채광 시스템의 유형별 특성에 관한 연구, 한국건축환경설비학회 추계학술발표대회 논문집 10, 2008, p.237
 4) 김정태, 친환경 공동주택 인증제도의 빛환경 평가항목 분석을 통한 개선방향 연구, 한국생태환경건축학회 춘계학술발표대회논문집 9(1), 2009, p.52
 5) 이시내·강해진·이연구, 공동주택에서 거주자 만족에 영향을 미치는 주요 영향인자 분석에 관한 연구: 실내환경을 중심으로, 대한건축학회 학술발표대회논문집 30(1), 2010, pp.381-382

뿐만 아니라 건강과 거주자 심리 측면에서도 유리한 점이다. 이제는 국제적 기준에 발맞추어 자연채광 시스템을 세분화 하고 그 이용에 대해 관심을 더 갖는 것이 필요할 때이다.

2.3. 디자인 정책으로 나타난 공동주택의 문제점

2000년대 후반으로 들어오면서 공동주택의 획일적인 디자인에 대한 탈피가 가시화 되었다.

서울시는 2007년부터 서울을 세계적 수준의 도시로 만들기 위해 공공디자인을 개선하는 ‘디자인 서울’ 정책을 추진 중에 있고, 2009년에는 서울시 건축위원회 공동주택 심의 기준을 디자인과 에너지 성능을 강조하여 개정하고 있다. 2009년부터 국토해양부에서는 공동주택디자인 가이드라인(국토부고시 제 2009-855호)을 마련하여 현재까지 공동주택 디자인에 방향을 제시하고 있다. 이에 따라 주택단지 내 공간구조와 공유 공간을 적용대상으로 하는 공동주택디자인 가이드라인의 적용을 보증자리주택 등은 받고 있다. 그 외에도 이 시기 지어진 공동주택들은 직간접적으로 그 영향을 받고 있다고 하겠다.

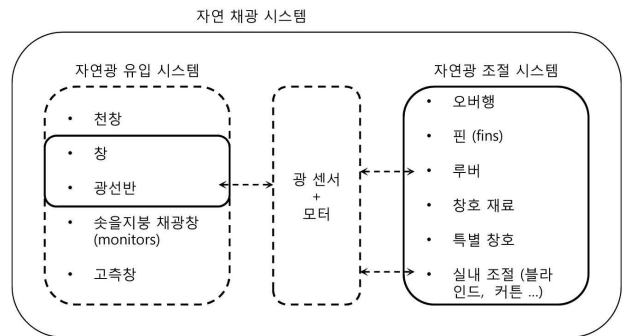
2007년에서 2008년까지의 20건을 대상으로 한 서울시 공동주택 심의 기준 운영사례를 보면 입면 및 외관디자인이 전체 지적사항의 28 퍼센트를 차지했다고 보고되고 있다. 그 중 60.4 퍼센트에 해당되는 세부사항이 색상 및 매스, 외관디자인에 대해서였고, 23.9 퍼센트가 발코니 설치비율 70 퍼센트 이하 준수 및 벽면율 40 퍼센트 이상 확보였다.⁶⁾

관련 정책을 종합적으로 보면, 한 동 내에 여러 평면이 구성되어 매스 및 건물 층고의 다양화, 입면 형태 변화를 위해 다양한 발코니 구성, 주동 상하부에 창호 크기의 확대, 지붕 형태에 다양화, 옥상정원 및 고단열 사용 등의 저에너지 친환경 요소 사용 등을 유도하고 있다. 기본적으로 이러한 정책들이 긍정적이나, 아직은 초기 단계이기 때문에 불필요한 장식과 단열 성능을 고려하지 않는 디자인 전략으로 인해 주동 매스의 요철 부분 등에서 단열 부분과 적정 창호자재 사용 문제가 보고되고 있다.⁷⁾

종합하여 보면 다양한 입면 구성을 가이드라인이나 심의에서 권장을 하고, 아직은 단열 등의 에너지 문제에 대한 디자인의 합리성 도출이 안 되어있는 단계에서 공동주택이 건설되고 있는 것이다.

3. 자연채광 시스템

공동주택에서 사용 가능한 자연채광 시스템을 <그림 1>과 같이 크게 자연광 유입 시스템과 자연광 조절 시스템으로 나누어 정리해 보았다.



<그림 1> 자연광 유입 시스템 및 자연광 조절 시스템

3.1. 자연광 유입 시스템

자연광 유입 시스템은 외부의 자연광을 건물 내부에 들어오게 하는 것으로, 천창(skylights), 창(windows), 광선반(lightshelves), 솥을지붕 채광창(monitors), 고측창(clerestories)이 있다.⁸⁾ <표 6>에서 자연광 유입 시스템의 종류에 따라 설치된 경우들을 외부 입면 사진과 실내의 효과를 함께 볼 수 있는 사진으로 살펴 볼 수 있다.

천창은 자연광을 가장 많이 받을 수 있는 지붕 상부에 위치한 창이다. 면적당 자연광을 가장 많이 받을 수 있는 장점이 있지만, 실내에 직사광 형태 그대로 들어오게 되면 눈부심 현상(glare) 등을 유발할 수 있으므로, 실내 공간 단면 공간 디자인과 창유리의 선택에 유의하여야 한다. 창은 건물에서 가장 일반적으로 사용되는 자연광 유입 시스템으로 모든 건물 유형과 층수에 구애를 받지 않고 사용된다. 광선반은 창을 기준으로 외부에 있으면 외광선반, 실내 쪽으로 설치되면 내광선반으로 구분된다. 외광선반과 내광선반을 함께 설치했을 때 가장 효율이 좋고, 내광선반 만을 설치하면 창에서 실내로 들어오는 빛을 오히려 더 많이 가리게 되어 가장 효율이 나쁘다. 솥을지붕 채광창과 고측창은 실내에서 보면 시선 위에 있는 창으로서 매우 비슷해 보인다. 그러나 외부에서 보면 솥을지붕 채광창은 지붕의 일부가 솥아서 창이 나오는 경우이고, 고측창은 벽면의 상부에 위치한다.

6) 김광배, 서울시 공동주택 심의기준 운영사례를 통한 실효성 분석, 대한건축학회논문집 26(11), 2010, pp.71-79

7) 정주현·김세용, 디자인과 에너지 성능을 고려한 공동주택 계획 방향, 대한건축학회논문집 27(6), 2011, pp.67-76

8) DiLaura, D. D., Houser, K. W., Mistrick, R. G., & Steffy, G. R., The Lighting Handbook (10th ed.), New York, NY: Illuminating Engineering Society of North America, 2011, pp.14.24-14.39

<표 6> 자연광 유입 시스템의 적용사례

분류	건물명	건축물의 외관	설치된 실내
	건립연도/ 인증연도		
천창 (skylights)	블랙스톤 역사 사무실 (미국)		
	2006 / 2007		
창 (windows)	Island Wood 청소년 수련원 (미국)		
	2002 / 2002		
광 선반 (lightselves)	Clackamas 고등학교 (미국)		
	2002 / 2003		
숏지붕 채광창 (monitors)	Aldo Leopold 기념관 (미국)		
	2007 / 2007		
고측창 (clerestories)	Clear view 초등학교 (미국)		
	2002 / 2004		

3.2. 자연광 조절 시스템

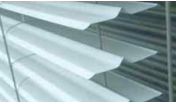

자연광 조절 시스템은 자연광 유입시스템에서 들어오는 자연광의 양을 조절 하는 기능을 한다. 오버행(overhangs), 핀(fins), 루버(louvers), 창호 재료(fenestration materials), 특별 창호(specialty fenestration), 실내 조절(interior controls)이 그 기능을 한다.

창의 상부에 부착되어 정오경에 창의 외부 표면에 그늘을 만들어 실내로 유입되는 자연광의 직사광선을 막는 기능을 하는 오버행, 창의 좌측 또는 우측에 부착되어 일출이나 일몰에 창의 외부 표면에 그늘을 만들어 실내로 유입되는 자연광의 직사광선을 막는 기능을 하는 핀, 오버행이나 핀의 면적이 창의 외부에 가로나 세로로 여러 개로 나누어져 설치되어 오버행이나 핀의 기능을 하는 루버가 있다. 창호 재료는 자연광 투과율(daylight transmittance), 방사율(e-value), 열관류율(U-value), 차폐계수(shading coefficient), 창호 색상 등을 의미한다. 반면에, 특별 창호는 유리외의 플라스틱 다른 재료로 창호의 유리 자리에 사용하는 경우, 유리 블럭 같은 특수한 재료 등을 사용하는 경우이다. 실내 조절은 실내에 접한 차호 내부에서 수직 수평 블라인드(blinds), 커튼 등의 사용으로 유입되는 자연광을 조절하는 것을 의미한다.



3.3. 응용사례

최근의 일부 경향은 이러한 자연채광 시스템 중 광선반, 루버, 실내조절 장치인 블라인드에 광센서와 모터를 부착하여 자연광의 세기 및 각도에 따라 광선반, 루버, 블라인드의 자연광 유입 및 조절 각도를 적절히 조절하는 것도 있다. <표 7>에서 그 사례들을 정리해 보았다.⁹⁾ 그 외에도 천창의 응용사례로 광덕트(light duct), 집광판을 사용하여 광섬유로 자연광을 실내 원하는 위치까지 보내는 사례들을 <표 8>에서 볼 수 있다.

<표 7> 광선반(lightshelves) 응용 제품 사례

분류	블라인드 (Blind) 형	프리즘 (Prism) 형	루버 (Louver) 형
제품 이미지			
특징	블라인드 판 상하부 밝은 색상 코팅 처리 상하부 모두 태양광 유입·반사 이용	투명재질 프리즘 패널 태양추적시스템 장착	알루미늄 코팅 루버 직사광선 수직반사

<표 8> 천창의 응용 사례

분류	건물명	특징
광덕트 (light duct)	코오롱 건설기술 연구소 (한국, 건립연도: 2004)	
		(좌) 옥상에 위치한 광덕트 (우) 광덕트를 타고 최상층 자료실 천장에서 조명기능을 하는 자연채광
집광판 + 광섬유	Ark Mori 빌딩 (일본, 건립연도: 1986)	
		(좌) 빌딩 중간 지붕 위에 위치한 집광판 (우) 백열조명처럼 집광된 자연광이 광선반이 실내에서 사용(출처: www.himawari-net.co.jp)

공동주택의 최상층을 제외한 층에서 사용 가능한 것은 자연광 유입시스템에서 창과 광선반이고, 자연광 조절 시스템의 모든 요소들, 오버행, 핀, 루버, 창호재료, 특별 창호, 실내조절이 사용 가능하다. <그림 1>에서 실선으로 그룹 지어진 부분이다. 과거 경제성만으로 공동주택의 디자인이 결정되어 획일화된 공동주택 디자인을 보이던 흐름에서 다양한 디자인에 대한 관심이 전보다 높아진 추세에 있다. 이에 따라 자연채광 시스템을 더 적극적으로 다양하게 고려한 디자인이 공동주택에 필요하다.

9) 자연채광 설비 시스템 제품을 판매하는 nsnet(www.nsnet.co.kr)의 제품 이미지

4. LEED 공동주택 사례

기후협약에 대한 대처방안의 일환으로 각 나라마다 친환경 건축 인증 제도를 마련하고 있다. 국내의 친환경 건축물 인증제도 (GBCC, Green Building Certification Criteria), 미국의 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), 영국의 BREEAM (Building Research Establishment (BRE) Environmental Assessment Method), 일본의 CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency), 중국의 GBAS (Green Building Assessment System) 등이 각국의 제도들이다. 이 중에서 가장 활발히 전 세계에서 이용하고 있는 LEED 사례들 중 공동주택과 관련된 사례들을 이 연구에 사용하고자 한다.

4.1. 국내의 LEED 사례

각국의 친환경 건축물 인증제도는 있지만 아직까지는 에너지를 절약하는 우수 디자인으로서의 경제적 가치보다는 광고효과가 더 크다. 그렇기 때문에 2009년부터 국내에서도 일부에서는 건물의 신축 또는 우수한 기존 건물 운영진 쪽에서는 LEED 인증을 받아 자신의 건물을 홍보하거나 자체 기업을 광고하려는 움직임이 일고 있다. 미국 LEED 인증을 권장하는 US-GBC 자료에 의하면, 국내에서 2009년에 두 개의 건물이 LEED 인증을 받았고, 2012년 현재까지 총 31개의 국내 건물들이 LEED 인증을 받았다.<표 9 참조>

여기에서 몇 가지 눈에 띄는 내용들이 있다.

첫째는 국내 첫 LEED Platinum 인증을 받은 삼성물산의 그린 투모로우 주택 전시관 용도가 주택부분이 아니라 상업건물 부분이라는 점이다.

둘째는 전체의 사분의 삼에 해당하는 23 사례들의 용도가 상업건물이라는 것이다. 이것은 아직 친환경 건축물 인증이 경제성 보다는 광고효과를 보고 취득하는 경향이 있다는 것을 표출하고 있다.

셋째는 송도의 건물들 10곳이 LEED 인증 국내 31개 사례들에 포함된다는 점이다. 국제도시를 표방하는 신도시인 송도의 경우라서 가능했던 사항이라 여겨진다.

넷째는 6개의 사례들이 건물 전체에 대해서가 아닌 한 층 또는 한 층의 한 회사 사무실 구역에 대한 인증인 CI(Commercial Interior, 상업인테리어)를 받았다는 것이다. 그 회사의 소유 건물이 아닌 경우에도 임대하여 사용하고 있는 사무공간을 LEED 인증 받고자 했다는 점이다. 아직 우리나라는 사무실 전체 면적당 사용하는 면적에 대한 비율로 전기료 등의 비용을 임대인이 임차인에게 내게 되어 있다. 그러므로 이 사례들은 경제성 없이 광고효과 만으로도 이익을 추구하는 회사들은 광고효

과가 있다고 판단하고 있음을 다시 보여준다.

다섯째는 31 LEED 인증 국내 사례들 중 공동주택의 사례는 아직 없다는 것이다. 브랜드 아파트라는 국내 공동주택 문화로 볼 때, 광고효과를 위해서라도 녹색건축물 조성 지원법의 발효와 함께 건축물 전반에 걸친 친환경 건축물 인증요구는 공동주택 가이드라인과 더불어 더 많아질 것이다.

<표 9> 미국 친환경 건축물 인증 LEED 취득 국내 건축물

용도	명칭	인증 분야	취득 인증	인증년도
상업건물	ING 타워, 서울	기존	Gold	2009
	삼성 그린 투모로우	신축	Platinum	2009
	Tetra Tech International Korea Inc	상업인테리어	Silver	2011
	강남 파이낸스 센터, 서울 역삼동	기존	Gold	2011
	미래 에셋 CENTER1, 서울 서하동	코어-외피개선	Silver	2011
	SCP 복지 센터, 안산시 명암리	신축	Silver	2011
	서울 파이낸스 센터, 태평로 1가 10층	기존	Gold	2011
	극동 빌딩 서울	기존	Gold	2011
	State Tower 남산	코어-외피개선	Gold	2011
	Citi Korea LEED CI	상업인테리어	Silver	2011
	BoAML 서울 오피스 27th Floor LEED CI	상업인테리어	Gold	2011
	삼성 C/T Corporation HQ Building	기존	Gold	2012
	송도 Block D22	신축	Certified	2012
	송도 Blocks D13/14	신축	Certified	2012
	송도 Block D23	신축	Certified	2012
	송도 C8-2 Office Project	코어-외피개선	Gold	2012
	삼성 글로벌 엔지니어링 센터 Tower C	신축	Gold	2012
	송도 Block D19	신축	Certified	2012
	송도 Block D20/21	신축	Certified	2012
	Susterra Partners/ Accolade Office, 장충동	상업인테리어	Silver	2012
	ERM 코리아, 서울 중림동	상업인테리어	Silver	2012
	Bloomberg 서울, 미래에셋 센터 1 28층	상업인테리어	Platinum	2012
	송도 Block D15	신축	Certified	2012
상업건물/실험실	SK Chemicals Eco Lab, 판교	신축	Platinum	2011
교육시설	채드윅 인터내셔널, 송도 NSC 국제학교	신축	Certified	2011
	POSCO ENERGY 미래 에너지 캠퍼스, 인천	신축	Platinum	2012
집회시설	송도 컨벤션 센터	신축	Certified	2010
	COEX	기존	Silver	2011
공장	삼성 테크윈 에너지 시설 공장, 창원 신천동	신축	Silver	2010
	웅진 에너지 대전 공장, 대전 관평동	신축	Silver	2011
호텔	쉐라톤 인천 호텔, 송도	신축	Certified	2011

4.2. 국외 LEED 공동주택 사례

LEED 인증을 받은 국외 공동주택 사례들의 자연채광 시스템 사례들을 중심으로 여기에서 살펴보고, 국내 공동주택에의 응용을 논해 보고자 한다. 공동주택의 일반층에서 사용 가능한 것은 자연광 유입시스템에서 창과 광선반이고, 자연광 조절 시스템의 모든 요소들, 오버행, 핀, 루버, 창호재료, 특별창호, 실내조절이 사용 가능한

다. 이들을 중심으로 살펴보고자한다.

(1) 창

창은 모든 건물 유형에서 가장 일반적으로 사용되는 자연광 유입 시스템이다. 동시에 이곳은 단열 측면에서 벽면에 비해 취약한 곳이므로, 자연광 조절 시스템으로서의 창호재료, 특별창호, 실내조절 등의 요소가 같이 사용되어야 친환경 건축물 인증을 받는 기본이 된다고 볼 수 있다.

<표 10> 다양한 창 디자인의 입면 사례

건물명	입면 부분 이미지	특징
Alcyone (미국) 2004년 완공, 2005년 LEED certified 인증		<p>동측 입면도</p> <ul style="list-style-type: none"> 161 세대 아파트, 18,700㎡ 환기와 자연채광 위한 개폐창문 0.32이하의 열관류율 창 사용
Solaire (미국) 2003년 완공, 2009년 LEED platinum 인증		<p>공원쪽에서 본 전경</p> <ul style="list-style-type: none"> 293세대 아파트, 33,000㎡ 환기와 자연채광 위한 개폐창문 사용, 창문유리에 건물일체형 태양전지 부착, 4년 후 초기투자비 회수 예측.
Twelfth & Washington Mixed-Use (미국) 2009년 완공, 2010년 LEED platinum 인증		<p>전경</p> <ul style="list-style-type: none"> 273 세대 아파트, 51,300㎡ 환기와 자연채광 위한 개폐창문 4개의 풍력 터빈 옥상 설치

가장 낮은 LEED 평가인 certified를 받은 Alcyone과 가장 높은 평가인 platinum을 받은 Solaire, 커튼월 입면을 가진 Twelfth 공동주택의 사례를 <표 10>에서 예로 들었다. 미국 시애틀 교외에 위치하고 161세대의 아파트를 가진 Alcyone 공동주택은 동측 입면도에서 보이듯이 직사각형의 메스를 크게 변형 시키지 않고도 같은 컨텍스트의 입면 디자인으로 창 디자인의 다양성을 추구하고 있다. 또한 Solaire의 경우에도 입면의 큰 메스 돌출 등의 변화없이, 일반 벽체와 태양전지라는 다른 재질로 입면의 재료에 변화를 주어 다양성과 전기생산이라는 실용성을 함께 추구했다. Twelfth 경우는 일자형 입면의 일부를 살짝 각도를 달리하여 변화를 주었다.

(2) 오버행(overhang)

여름의 정오에 창에 그늘을 만들어 주는 오버행은 발코니 디자인과 같이 공동주택에서 자주 나타난다. 오버행이 창의 상부에 부착되어야 하는 구조적인 문제를 다기능의 디자인으로 응용한 경우라고 여겨진다. 미국 시카고에 위치한 Aqua Tower는 2010년 완공되어 고층의

공동주택에서 발코니와 오버행의 이중적 기능을 함께 가지는 사례이고, Gish Family 아파트도 마찬가지이다. <표 11>에서 보듯이 오버행은 상당히 많은 부분이 창의 상부에서 돌출되어야 하기 때문에 그 공간을 발코니로 함께 사용하도록 디자인 하고, 이 부분이 건물 전체의 입면 디자인의 주된 디자인 요소가 되도록 한 사례이다. Plaza 아파트의 경우는 옥상에 설치된 태양전지가 최상층의 오버행 기능을 하도록 디자인된 경우이다.



<표 11> 자연광 조절 요소, 오버행(overhang) 첨부된 창 디자인의 입면 사례

건물명	전체 이미지	부분 이미지
Aqua Tower (미국) 2010년 완공, LEED silver 인증 진행 중		
Plaza Apartments (미국) 2006년 완공, 2007년 LEED silver 인증		
Gish Family Apartments (미국) 2007년 완공, 2008년 LEED gold 인증		

(3) 핀(fin)

핀은 일출과 일몰 방향의 직사광선을 막는 기능을 한다. 미국 보스턴에 위치한 Macallen Building 콘도미니엄은 입면의 창 좌측이나 우측에 일괄적으로 핀을 설치한 것이 아니라 입면의 한 디자인 요소로서 조화롭게 디자인 되었다. 입면의 핀 부착지점 상부에 입면 벽체의 적은 후퇴를 자연스럽게 유도하여, 입면 디자인의 일부분으로 미적인 부분과 기능의 조화라는 디자인의 목표를 달성하고 있다고 보인다.<표 12 참조> Colorado Court Affordable Housing의 경우는 저임금 세대주가 입주할 수 있는 공동주택이기 때문에, 가장 경제적이면서도 태양빛이 강한 미국 서부 산타 모니카의 기후에 잘 대응할 수 있는 입면 재료와 핀(fin)이 첨부된 창 디자인을 채택했다.

<표 12> 자연광 조절 요소, 핀(fin)이 첨부된 창 디자인의 입면 사례

건물명	입면 부분 이미지	특징
Macallen Building 콘도미니엄 (미국) 2007년 완공, 2008년 LEED gold 인증		 남측 입면도 • 140세대 아파트, 32,500㎡ • 핀(fin)이 있는 개폐창문
Colorado Court Affordable Housing (미국) 2002년 완공, 2005년 LEED gold 인증		 교차로 쪽에서 바라본 입면 • 140세대 아파트, 2,800㎡ • 핀(fin)이 있는 개폐창문

(4) 루버(louver)

루버는 창외부에 위치하기 때문에 창의 기능 중의 하나인 조망을 가릴 수 있다. 그렇기 때문에 주거에서 고정형 루버는 선호되지 않는다. 그러나 <표 13>의 사례처럼 직사광선을 가리고 싶을 때 가릴 수 있는 가변형 루버의 사용이 공동주택의 사례에서 나타난다. Cherokee Studio 아파트는 미국 로스앤젤레스에 위치한 적은 세대로 구성된 공동주택이다. 2010년에 완공된 이 건물은 입면의 가변형 알루미늄 스크린이 특색이 있다. 이 알루미늄 판에는 작은 구멍들이 뚫려있어 공기와 자연광이 어느 정도는 들어오면서 창에 그늘을 만들어 주는 루버의 기능을 한다. 창의 조망을 보고자 하거나, 외부의 자연광이 과다하지 않을 때는 스크린을 반으로 접어 열 수 있도록 하여, 결과적으로 다양한 입면 연출이 가능하도록 하였다. 캐나다의 Dockside Green 경우는 주거와 상업 등 여러 건물들이 있지만, 주거의 창문 디자인에서 가변형 루버가 스크린처럼 사용된 부분을 여기서 살펴 보았다.

<표 13> 자연광 조절 요소, 루버(louver)가 응용된 창 디자인의 입면 사례

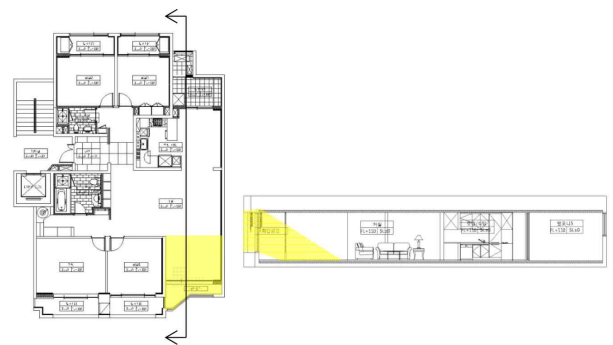
분류	입면 부분 이미지	특징
Cherokee Studio 아파트(loft) (미국) 2010년 완공, LEED platinum 인증 진행 중		• 12세대 아파트, 2,072㎡ • 작은 구멍들이 뚫린 알루미늄 패널 재질의 반으로 접을 수 있는 입면 스크린(루버기능)
Dockside Green (캐나다) 2008년 완공, 2009년 LEED platinum 인증		 루버기능을 하는 스크린의 개폐에 따라 다양한 거리측 입면도 • 180인원 수용, 16,570㎡ • 루버 기능하는 입면 스크린

4.3. 국내 자연채광 시스템 적용 가능성

위에서 살펴본 LEED 공동주택 사례들에서 일반층의 디자인에 나타난 창과 오버행은, 그 다양성을 더 발전시킬 필요성은 있지만 국내 공동주택 디자인에서도 지속적으로 나타나고 있다. 특히 공동주택디자인 가이드라인에 영향을 받는 건물들은 입면디자인에서 그 노력을 보이고 있다. 그러나 핀(fin)의 경우는 국내 공동주택디자인에서 보기가 어렵다.

LEED 공동주택 사례들에서 나타나리라 예상했지만 나타나지 않은 자연채광 시스템은 광선반이다. <표 6>의 Clackamas 고등학교에서 사용된 광선반 사례에서 보듯이, 내·외광선반의 사용으로 창가에 집중된 자연광을 실내 천장에 반사시켜 안쪽으로 자연광을 보내면 전체방의 조도가 향상된다. 미국의 대다수 도시들은 상대적으로 국내의 도시처럼 인구밀도가 높지 않기에 공동주택에서 자연광의 유입은 크게 문제가 되지 않았으리라 여겨진다. 그러나 국내의 경우는 조금 차이를 보이고 있다.

최근에 국내 공동주택은 과거 획일적인 디자인에서 벗어나 다양한 평면과 입면을 시도하고 있다. 또한 공동주택이 고층화되면서 주동 형태 배치가 일자형의 판상형에서 탑상형 또는 절곡형으로 바뀌고 있다. 그에 따라 주거환경의 표정이 다양해지고, 획일적인 단위평면에서 벗어나 여러 유형의 라이프스타일에 더 적합한 평면들이 제공되는 등의 많은 장점들이 나타나는 반면에, 외기와 만나는 면이 적은 깊은 단위 평면으로 인한 일조권 확보의 문제와 조명 에너지 절약차원에서는 문제점들이 나타나고 있다.¹⁰⁾ <그림 2>에서 보이는 평면과 단면은 서울의 188제곱미터 면적을 가진 공동주택의 사례이다.¹¹⁾ 넓은 면적의 남향 거실이기에는 하나 자연광이 유입될 수 있는 외기에 접한 길이는 약 4m이고, 깊이는 12m에 달하기 때문에 항상 인공조명을 켜야 하는 경우이다.



<그림 2> 거실 자연광 유입이 부족한 공동주택 사례의 평면·단면

일반 주택에서는 외기에 접하는 면이 많아서 충분한 태양광이 들어와 자연채광이 된다. 반면에 최근의 공동

10) 최창호·조민관·이경훈, 아파트 평면 형태에 따른 주간 실내 조도에 관한 연구, 대한건축학회논문집 26(7), 2010, pp.257-264
 11) 서울 서초구 서초 3동 대림 e편한세상 5차, 건립연도: 2005

주택에서는 각 단위 평면당 외기에 접하는 면이 적어서 적합한 태양광 확보에 문제가 생길 수 있다. 이런 현상은 인구가 대도시에 밀집되고 단독주택보다 공동주택을 선호하는 우리나라에서 주로 나타나는 현상이다. 그러므로 과거 어느 때보다 실내 깊숙한 곳까지의 자연광 유입이 필요하며, 평면계획의 개선이 없는 한 광선반이 그 대안이 될 수 있다.

5. 결론

본 연구는 국내 공동주택에서 적용 가능한 최신 자연채광 시스템들을 미국 친환경건축인증제도 LEED의 공동주택 사례들을 통해서 분석하여 정리한 것으로, 다음과 같은 내용들이 제안되었다.

첫째, 2013년 2월부터 녹색건축물 조성 지원법의 발효로 친환경 건축물 인증 제도의 의미가 더 강조 되리라 예상된다. 아직은 친환경 건축물 인증이 에너지 절약의 실효성보다는 광고효과가 더 컸다고 여겨진다. 그러나 녹색건축물 조성 지원법의 발효로 실질적인 에너지 절약을 가져오는 디자인 개발에 지속적인 관심이 필요하다. 공공건물들이 녹색건축물 조성 지원법의 대상이고, 아직 공동주택은 적용을 받지 않지만 에너지 절약과 미적 향상을 가져오는 디자인 개발에 대한 지속적인 노력은 함께 가야 할 것이다.

둘째, 가구당 소비 전력량이 공동주택에서 단독주택보다 더 많다. 공동주택 디자인 가이드라인 등의 시대적 흐름에 편승하여 전력 소비가 적어질 수 있도록 환기와 채광이 되는 다양한 자연채광 시스템 디자인이 국내 공동주택에서 요구된다.

셋째, 대표적인 자연광 유입 시스템인 창 의 디자인은 개별적인 자연광 조절 시스템인 오버행(overhangs), 핀(fins), 루버(louvers), 창호 재료(fenestration materials), 특별 창호(specialty fenestration), 실내 조절(interior controls) 등과 함께 사용되는 것이 일반적이다. 이는 공동주택 입면의 개선과 조명 에너지 절약에 기여 할 수 있다.

넷째, 대도시의 높은 인구밀도와 좁은 땅에서 외기와 만나는 면이 적은 깊은 단위 평면 등을 가진 국내 공동주택의 경우, 광선반은 그 자연채광 유입 시스템으로서 실내 조도를 향상시키는 역할을 할 수 있다.

LEED 공동주택 사례들에서 국내에 적용 가능한 자연채광시스템 디자인 기법들을 분석한 이 연구를 초석으로, 국내의 환경에 맞는 친환경건축디자인에 대한 연구와 실무적용이 필요하다. 객관적 미관 향상과 적은 전기 에너지가 사용되는 자연채광 디자인으로 국내 공동주택

거주자가 더 건강하고 경제적으로도 더 나은 삶이 영위 되도록 국내 공동주택 자연채광시스템 디자인이 지속적으로 연구되어야 한다. 또한 이와 함께 단열, 사용자 평가 등의 후속 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

1. 권세림, 공동주택에서 자연채광 성능평가 분석, 한국건축환경설비학회 추계학술발표대회논문집, 2010
2. 김광배, 서울시 공동주택 심의기준 운영사례를 통한 실효성 분석, 대한건축학회논문집 26(11), 2010
3. 김정태, 친환경 공동주택 인증제도의 빛환경 평가항목 분석을 통한 개선방향 연구, 한국생태환경건축학회 춘계학술발표대회 논문집 9(1), 2009
4. 박진철·전봉구·이동주, 친환경 건축물 인증제도 비교 분석 연구, 한국건축환경설비학회논문집 3(3), 2009
5. 송태영·이주원·송규동, 건축적 적용을 위한 자연채광 시스템의 유형별 특성에 관한 연구, 한국건축환경설비학회 추계학술발표대회논문집 10, 2008
6. 이시내·강혜진·이언구, 공동주택에서 거주자 만족에 영향을 미치는 주요 영향인자 분석에 관한 연구: 실내환경을 중심으로, 대한건축학회 학술발표대회논문집 30(1), 2010
7. 정주현·김세용, 디자인과 에너지 성능을 고려한 공동주택 계획 방향, 대한건축학회논문집 27(6), 2011
8. 최창호·조민관·이경훈, 아파트 평면 형태에 따른 주간 실내 조도에 관한 연구, 대한건축학회논문집 26(7), 2010
9. DiLaura, D. D., Houser, K. W., Mistrick, R. G., & Steffy, G. R., The Lighting Handbook(10th ed.), New York, NY: Illuminating Engineering Society of North America, 2011
10. 국토해양부, 공동주택디자인 가이드라인(국토해양부고시 제2009-855호), 2009 [On-line], Available: <http://www.mltn.go.kr>.
11. 에너지경제연구원, 2011년도 에너지총조사보고서, 2012 [On-line], Available: <http://www.keei.re.kr>.
12. 에너지관리공단, 2012 에너지·기후변화 편람, 2012 [On-line], Available: <http://www.kemco.or.kr>.
13. 한국전력공사(2012), 제81호(2011년) 한국전력통계 [On-line], Available: <http://www.kepco.or.kr>.
14. 서울특별시 디자인 서울, 2012 [On-line]. Available: <http://design.seoul.go.kr>.
15. IEA ECBCS, Daylight in Buildings, 2010 [On-line], Available: http://www.ecbcs.org/docs/ECBCS_Annex_29_PSR.pdf.
16. Mistrick, R., IESNA Lighting Education: Fundamental Level, Ch. 10: Daylighting. New York, NY: Illuminating Engineering Society of North America, 1999
17. US-GBC, Public LEED Project Directory, 2012 [On-line], Available: <http://new.usgbc.org/projects>

[논문접수 : 2012. 12. 31]

[1차 심사 : 2013. 01. 26]

[2차 심사 : 2013. 02. 03]

[게재확정 : 2013. 02. 08]