

# 치유환경을 위한 광선반 부착방법에 따른 노인요양시설 침실 내 자연채광 유입 환경 연구

- 기상데이터 기반 동적 자연채광 시뮬레이션을 기반으로 -

## A study on Daylighting inducement within bedroom of Elderly care facility by light shelf attaching method for Therapeutic environment

- By Dynamic Daylight Simulation Using Weather Data -

조 주 영\*      이 기 호\*\*      윤 영 일\*\*\*      이 효 원\*\*\*\*  
Cho, Ju-Young      Lee, Ki-Ho      Yun, Young-II      Lee, Hyo-Won

### Abstract

There are high recognitions on the importance of comforts in Elderly living environment, but the circumstance is that studies on seniors facility space itself are approached only in planning level, and studies on lighting environment which is significantly associated with the comfort in the indoor environment of seniors where they actually spend the majority of their time are not that active. This study was intended to deduce cozy bedroom environment to which existing elderly care facility can be improved by using light shelf the lighting system with the advantage of being able to serve both as building sun visor and lighting window simultaneously in order to analyze the interior environment of bedroom space of elderly care facility the indoor space where the aged spend the majority of their life and examine the directions for the improvement of existing building lighting system through remodeling and renovation. In this study, lighting performance analysis was done in a way that the windows of the bedroom unit in existing facility were set in southbound direction based on two standard types and were put under initial simulation with the use of Autodesk Revit 2011, and after the simulation results were converted to Green Building Studio gbXML file to be used in ECOTECT, Daylight Autonomy a dynamic simulation and static natural lighting simulation the existing method of calculating daylight factors were deduced through Ecotect Analysis 2011. In conclusion, exiting standard model was found in such a condition that the daylight factors for both type A and type B were above 5% the proper standard value, and required improvement. In case light shelf the natural lighting system was attached, the daylight factor was improved to proper standard value for type A, and also was improved above existing facility for type B.

키워드 : 자연채광, 노인요양시설, 광선반, 기상데이터, 주광률, Daylight Autonomy, 에코텍 2011

Keywords : Daylighting, Elderlycare Facility, Light Shelf, Weather data, Daylight Factor, DA, ECOTECT 2011

## 1. 서 론

### 1.1 연구배경 및 목적

고령사회로의 빠른 진행을 보이는 우리나라는 노인요양시설의 수가 노인장기요양보험제도 시행초기 대비 44.5% 증가<sup>1)</sup>로 나타났듯이 사회적으로 많은 시설 확충

및 거주환경에 대한 관심이 커지고 있음을 알 수 있다.

노인이 되면 많은 시간을 실내에서 보내는 거주 환경은 노인에게 신체적, 심리적 건강에 많은 영향을 주지만 현실은 시설의 많은 증가에 의해 건축물의 질적향상이나 노인을 고려한 생활의 질에 대해서는 대변하지 못하고 있는 실정이다. 선행된 연구에서도 노인 거주환경의 중요성에 대해 실감하지만 노인시설자체 공간에 대한 부분들 사례 및 계획적 측면으로 접근하는 것이 대부분이며 노인생활의 대부분을 차지하는 실내환경, 특히 노인의 쾌적한 생활과 크게 연관성이 있는 실내 빛환경에 대한 연구는 아직 미비하다. 일정 공간 내의 빛 환경이 노인의 물리적, 정신적 부분에 긍정적 영향을 주는 즉, 치유환경을

\* 주저자, 전남대학교 시간강사, 공학박사(raumluv@jnu.ac.kr)  
\*\* 전남대학교 건축공학과, 석사과정(mh2427@nate.com)  
\*\*\* 전남대학교 건축공학과, 박사수료(smlxlyun@hotmail.com)  
\*\*\*\* 교신저자, 전남대학교 건축학부 교수(leehw@jnu.ac.kr)  
이 논문은 2011년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구임(지역거점연구단육성사업/바이오하우징연구사업단)  
이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-0004830)  
1) 보건복지가족부, 노인장기요양보험 시행 1년의 성과와 향후 과

제, 보건복지가족부 보도참고자료, 2009. p.4

조성하는데 필요한 부분이며, 기존 시설의 경우 이러한 부분에 대해 간과하고 있는 것은 아닌지에 대한 분석이 필요하다 판단되었다.

본 연구는 대부분 생활하는 실내공간인 노인요양시설의 침실공간의 내부 조도환경에 대해 분석해보고, 기존 건물의 개보수를 통해 환경을 개선하여 자연광 유입이 되는 치유환경이 조성될 수 있는지 살펴보는 것이다. 설계초기단계부터 건물일체형으로 설치하거나 기존건물의 개보수 단계에서 설치할 수 있으며 설치 후, 유지보수가 매우 용이한 장점을 가지고 있는 자연형<sup>2)</sup> 채광시스템 중 건물의 차양과 채광의 역할을 동시에 할 수 있는 광선반을 선택하여 기존의 노인요양시설에서 개선 가능한 쾌적한 침실환경을 모색해보고자 한다. 국내의 연구사례와 시뮬레이션 변수분석을 통해 국내의 많은 기존시설의 개보수를 통한 환경 향상이라는 조건에 적합한 광선반을 통해 자연광 유입이 원활한 채광성능분석을 연구의 목적으로 하고 있다.

### 1.2 연구방법

본 연구는 광주광역시 내 노인요양시설 총 21개 시설 중 도면을 구할 수 있는 시설 총 10개 시설 가운데 법적 기준인 4인실기준을 중심으로 실내 침실 Type을 구분하고 기존시설의 타입에 대한 자연채광분석을 한 후 차양 및 채광장치에 따라서 분석을 하고자 한다. 차양 및 채광장치로는 기존문헌에서 연구되고 조사된 자료를 토대로 블라인드나 루버에 비해 차양 및 채광 효율이 높은 광선반을 선택하여 기존 2개 타입을 중심으로 침실unit을 기존시설에 의한 창문쪽을 남향으로 설정하고 Autodesk Revit 2011를 이용하여 초기 시뮬레이션을 완성하였으며 이를 ECOTEECT에서 사용가능한 Green Building Studio gbXML 파일로 변환 후 Ecotect Analysis 2011 프로그램을 통하여 기존의 DF (주광율, Daylight Factors) 산출방식인 정적자연채광 시뮬레이션과 동적시뮬레이션인 DA (Daylight Autonomy)<sup>3)</sup> 및 균제도를 도출하여 채광성능 분석을 진행하였다.

### 1.3 연구도구

ECOTEECT Analysis 2011은 친환경 디자인 및 건축 환경 분석 프로그램이며, 초기 디자인 과정부터 최종평가까지 다양한 분야의 건축 환경적 요소를 평가하고, 3D 이미지와 결과물을 통한 다양한 친환경 건축물 기법들의 분석이 가능하다. ECOTEECT은 태양, 자연채광, 열환경, 음환경의 4개 분야에서 가장 효율적인 친환경 건물 평가 시뮬레이션으로 평가되고 있다. 태양 및 일사량, 기상데이터, 일조 및 음영, 태양계적도, 실내조도, 열 및 음 환

경, 기류 분석과 같이 다양한 ECOTEECT의 주요 기능 중에서 가장 유용한 부분으로는 자연채광, 즉 실내조도 분석이다.<sup>4)</sup> 기상 데이터를 활용한 동적 시뮬레이션의 개념을 통한 ECOTEECT을 이용하여 요양시설 침실공간의 조도 분석을 수행하였다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 빛환경과 연계되는 노인의 특성 및 필요요소

일반적으로 노인들은 신체적, 심리적, 사회적 기능의 감퇴로 인하여 정상적인 사회생활을 수행함에 있어서 어려움을 경험하는 사람으로 노인생활환경 계획시 이러한 특성들을 충분히 고려하여 반영된 계획이 필요하다.<sup>5)</sup>

노인은 신체적, 심리적, 사회적 특성으로 구분될 수 있는데 노인의 환경 중 빛환경과 연관성이 있는 것은 신체적 특성과 심리적 특성임을 알 수 있으며, 각 필요요소에 공간과 빛 환경과의 중요성을 살펴볼 수 있다.(표1 참고)

표 1. 노인의 신체적 심리적 특성 및 필요요소

구분	노인의 특성	필요요소
신체적 특성	- 신경계질환 · 행동, 반사, 반응시간 영향 등골격계, 근육계 질환 · 보행능력, 유연성, 동작에 영향, 체표면적 감소, 지구력 감소 등 감각기능쇠퇴 · 시력저하, 색채지각 변화 등	· 공간규모 및 치수의 고려 · 안전사고 대비 · 형태, 구조의 단순화 · 빛환경의 조화 · 공기조화, 수질 개선 · 온도, 습도 고려 · 유니버설 디자인
심리적 특성	· 자신감 상실로 활동영역 축소 · 우울증, 내성적 · 환경적응력 감퇴 · 정신적 장애(치매)	· 쾌적한 환경 · 흥미로운 여가활동 및 사회참여 · 색채 및 빛 환경 계획 · 식물의 도입

### 2.2 노인의 치유적 역할로서 환경의 중요성

노인에게 치유적 환경이 중요하며, 이러한 환경조성에 있어서 자연의 도입은 필수적이다. Jain Malkin<sup>6)</sup>은 치유환경 요소로서 소음, 환기, 온도, 프라이버시, 빛, 커뮤니케이션, 자연경관, 색상, 질감, 가족 방문을 들었으며, 각각의 요소가 치유환경에 크게 작용한다고 하였다.

Parr<sup>7)</sup>는 노인과 환경간의 상호작용을 통해 환경이 노인에게 미치는 중요성을 3가지로 함축하여 언급하고 있는데 먼저, 노인들이 감각적으로 정상수준으로 활동할 수 있도록 중재역할을 하여 노인들의 감각 기능이 저하될 때 불필요한 환경방해 요소들(눈부심, 낮은조도, 환기 등)을 개선시킴으로써 감각을 활성화 시킬 수 있으며 두 번

2) 김곤, 이신영, 파티션 레이아웃에 따른 광선반의 자연채광의 복합특성, 한국건축친환경설비학회 논문집, 2007, p.31  
3) DA(Daylight Autonomy) : 일과시간(08시~18시)을 기준으로 하는 연간 자연채광 기준조도를 초과하는 총 시간의 합을 퍼센티지(%)로 나타내는 것, Navil A. and Mardajevic, j. "Useful daylight Illuminance: A replacement for daylight factors", Energy and Buildings 38, 2006, p.05-13

4) 윤영일, 조주영, 이효원, 요양시설의 유용조도 분석에 관한 연구, 한국의료복지시설학회, 2011년 2월, 17권 1호, p.35  
5) 박희진, 전창미, 노인의 특성에 따른 환경친화적 노인주거단지 계획요소, 한국노인복지학회, 2004, pp.218~224  
6) Jain Malkin, Hospital Interior Architecture, Van Nostrand Reinhold, 1992, pp.36-37  
7) Parr, J.L., The Interaction of Person and Living Environment, American Psychological Association, Washington, 1980, pp.393-406

제, 환경의 쾌적성을 통해 건물의 합리적 운용과 장애의 가속화를 막을 수 있다고 말하고 있다. 마지막, 환경은 정신적 도구로서 역할을 하는데 인지, 사고, 기억, 학습도구로서의 환경을 의미하고 있으며, 노인들이 정신적인 활동을 보다 자율적으로 즐겁게 하도록 유도할 수 있으므로 노인에게 있어서 환경은 중요하다고 하였다. 노인이 생활하는 환경, 특히 소음, 환기, 온도, 빛 등의 직접적 환경은 많은 부분 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

### 2.3 인체 및 고령자에 있어 자연광의 효과

사람은 태양의 자연광으로 인해 시각활동을 하고, 신체의 신경 화학물질과 호르몬을 조절하며, 신체의 자연적인 리듬을 갖게 된다. 북유럽과 같은 국가에서 불충분한 자연광이 미치는 영향에 대해 많은 연구를 하였는데, 불충분한 자연광은 성급함, 피로, 질병, 불면, 의기소침, 알코올 중독, 자살, 기타 다른 정신적 질병에 직접적인 상호관계가 있음을 발견했다. 또한 태양자연광에 노출되면 심장 박동, 혈압, 혈당 그리고 젖산의 감소를 나타남을 증명하였으며, 또한 원기, 에너지, 참을성 스트레스 조절, 그리고 혈액이 산소를 나르고 흡수하는 능력이 증가함을 밝히고 이러한 자연광 환경이 채실자에게 물리적 정신적으로 이롭다고 보고되고 있다.<sup>8)</sup> 국내 선행연구에서도 이에 대한 결과를 나타냈는데 병실내부로 들어오는 자연광은 환자의 입원기간에 영향을 미치며 자연광은 환자의 입원기간을 줄이는데 긍정적인 영향을 미치고 있다<sup>9)</sup>고 밝히고 있다. 특히, 노년기는 지나친 조도의 차이, 눈부심과 반사는 문제의 요인이 되며 자연채광과 같은 풀 스펙트럼의 광원이 가장 이상적이므로 자연채광의 양과 질에 관한 주의가 필요<sup>10)</sup> 하며, 고령자의 경우 동일한 작업을 수행하는 데에 일반 성인의 2~3배에 해당하는 고조도가 필요<sup>11)</sup> 하기에, 인체에게 특히 고령자에게 자연광이 중요한 의미를 갖음을 알 수 있다.

### 2.4 노인주거시설 조도기준

노인시설의 실내공간별 평균조도는 선행연구 중 원슬기(2007)의 연구에 따르면 시설의 조명현황은 IES와 KS의 기준으로 다음 표 2와 같다. 4점법과 5점법을 이용하여 침실의 경우 측정기준 40±5cm 높이에서 측정한 결과 IES 기준 평균조도는 220~264[lux]로 측정되었으며, KS 기준의 평균조도는 222~249[lux]로 측정되었다. 화장이나 독서 등 작업을 위한 작업면은 조도에 미달되며 다양한 활동이 일어나는 공간임에도 불구하고 조명의 연출 변화가 불가능 하게 평가 되었다. 이는 노인 주거시설의 실내채광의 고려가 부족하며 이에 대한 개선이 필요하다는

것을 알 수 있다.

표 2. 노인주거시설의 KS 기준조도와 IES 고령자 권장조도

공간	세부분류	KS	IES
		기준조도[lux]	기준조도[lux]
거실	단란, 오락	150-200-300	NONE
	독서, 전화	300-400-600	200-300-500/300
	전반	30-40-60	50-75-100/75
안방	전반	60-100-150	50-75-100/75
	화장, 독서	300-400-600	200-300-500/300
침실	전반	60-100-150	50-75-100/75
	화장, 독서	300-400-600	500-750-1000/750
주방	전반	60-100-150	NONE
	싱크대	150-200-300	200-300-500/300
	식탁, 조리대	300-400-600	500-750-1000/750
공용욕실	전반	60-100-150	NONE
현관	전반	60-100-150	NONE
	신발장	150-200-300	NONE
드레스룸	화장(파우더룸)	300-400-600	200-300-500/300

### 2.5 광선반의 채광원으로서의 역할

광선반은 수평 차양의 차별적 채광조절 기능을 가지고 있는 수평형 차양이자 자연광 반사시스템의 일종이다. 광선반은 실내로 유입되는 자연광을 천장면반사를 통하여 심도깊은 실내공간까지 유입시켜 과도한 창면부의 조도를 감소시키고 후면부의 조도를 증가시켜 전체적으로 균일한 분포의 자연광 조명으로 조명환경의 질을 높이고 조명 에너지를 절감하는 자연적, 건축적 광조절 장치이다. 광선반의 설계기법은 차양이론과 동일하여 태양고도가 높은 지역에서는 외부에 돌출되어 설치되어야 하며 온난지역에서는 내외부에 혼합적으로 위치되어야 하고 한랭지역에서는 내부에 설치하는 것으로도 충분한 효과를 기대할 수 있다<sup>12)</sup>는 선행연구 결과를 통해 본 연구에서는 외부, 내부, 내외부 혼합형 3가지 타입으로 구성하였다.

## 3. 연구모델의 개요

### 3.1 노인요양시설 기준 설정 및 타입 선정

노인요양시설 중 침실은 전체 면적에 32%를 차지하며<sup>13)</sup> 건축계획상으로는 노인요양시설의 침실 수에 의해서 시설의 형태와 크기에 큰 영향을 미치며, 고령자들의 하루 일상을 살펴보았을 때 대부분의 시간을 보내는 곳이므로 공간의 환경적 특성이 반영되기에 충분하다고 할 수 있어 침실을 대표적 실내공간으로 선택하였다.

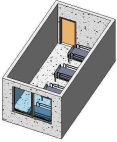

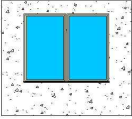
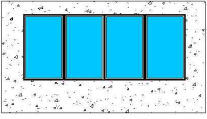
현재 노인복지법상의 시설기준에서 침실면적의 기준을 살펴보면 침실은 4인 이하로 하며 그 면적은 1인당 6.6㎡

8) Hutchison, M., Megabrain Power, 2000, p.57  
 9) 김형섭, 병실의 자연광 환경이 환자들의 회복기간에 미치는 영향, 한양대학교 석사논문, 2005, 08, p.45  
 10) Gappel, Millicent, "Psychoneuro Immunology", Innovation in Healthcare Design, Van Nostrand Reinhold, 1995, pp.115-120  
 11) 원슬기, 고령자를 위한 주거 시설 조명환경 계획에 관한 연구, 조명·전기설비 학회논문지, Vol.21 No.6, 2007

12) 김근, 이신영, 파티션 레이아웃에 따른 광선반의 자연채광의 복합특성, 한국건축친환경설비학회논문집, Vol 1, No.3, 2007, p.31  
 13) 권순정 외, 노인전문요양시설의 거주단위계획에 관한 연구, 한국실내디자인학회 2004 춘계학술발표대회논문집, 2004. 06

이상으로 계획해야 한다는 내용을 규정하고 있다. 4인실 내 화장실 면적을 제외하고 법적기준에 충족하여 분류하였더니 표 3과 같이 실내 안쪽길이가 깊은 형태를 A TYPE(3600mm\*7200mm)으로 정하고 짧은 형태를 B TYPE(6000mm\*4500mm) 2가지 타입으로 설정하였다. 이 두 형태의 타입을 BIM기반으로 한 건축설계프로세스인 Autodesk사의 Revit Architecture로 Modeling하여 상호 운용성 표준 프로토콜을 이용하여 gbXML(Green Building eXtensible Markup Language:3차원 건물 정보를 에너지 및 각종 친환경 평가분석을 용이하게 하기 위한 데이터 구조)로 변환하고 이를 친환경 성능 및 에너지 분석 프로세스 인 Ecotect Analysis2011과 연동시켜 자연채광분석을 실시하였다.( 표3 참조)

표 3. 노인요양시설 시뮬레이션 침실 타입 설정

분류	"A" Type	"B" Type
4인실 Unit Plan		
	3600mm × 7200mm × 3300mm	6000mm × 4500mm × 3300mm
Surface Design Situation		
창문 크기	2450mm × 2000mm	4000mm × 2000mm
셀 높이	900mm	900mm

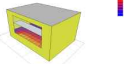
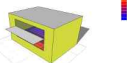
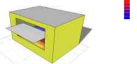
### 3.2 시뮬레이션 해석 모델 개요

본 연구의 해석모델은 기존 노인요양시설의 4인실기준 A type과 B type으로 나누어 시뮬레이션 분석을 하고 각 입면면적에 대한 개구부 면적을 산출과 보통일반 투명유리로서 창면적비 50%, 투과율(VT)80%가 측정되어 적용하였다. 채광분석을 통하여 비교분석하고 기존에 연구문헌에서 실험을 통하여 광선반 설치높이 및 크기가 가장 채광율이 높은 내부돌출길이 900mm 와 외부돌출길이 1200mm, 그리고 내.외부 혼합형으로써 분석하여 기존의 A type과 광선반을 설치한 type, 그리고 B type과 광선반을 설치한 type으로 비교분석한다.

광선반의 표면 반사율은 마감재 Stainless Steel로 마무리 한 것으로 가정하여 80%로 설정하였다. 광선반의 수직 설치 위치는 실내 거주자의 조망 확보를 고려하여 바닥으로부터 2.1m의 높이에 설치한 것으로 간주하였다.

실내마감재의 반사율은 천장 70%(Plaster Insulation Suspended), 벽 77.5%(Framde Plasterboard Partition), 바닥 60%(ConcSlab OnGround)으로 설정하였으며 각각의 반사율은 공통적인 마감재를 사용하여 설정하였으며 그 밖의 기본적인 데이터 값은 표 4와 같다.

표 4. 시뮬레이션 모델 개요

구분		내용	
Ecotect Analysis2011 Scale		1:1	
실내 마감재료 및 반사율	천장	Plaster Insulation Suspended	70%
	벽	Framde Plasterboard Partition	77.5%
	바닥	Conc Slab On Ground	60%
광선반 표면반사율		StainlessSteel	80%
광선반 설치높이		2100mm	
광선반의 돌출길이		내부 (900mm)	
		외부 (1200mm)	
		혼합형 (내부+외부)	
측정장소	위치 및 방향	Korea, Gwang-ju Lat:35.1, Lng: 128.9(+9.0)	
천공상태 및 외부조도	청천공 <sup>14)</sup>	8500lux	

### 3.3 조도 기준

기준조도는 다수 문헌의 결과를 보면 실내 권장조도를 500lux로 권장하고 있다. 하지만 본 연구에서는 자연채광만이 아닌 전체적인 상황을 살펴보기 위해 몇가지 기준 조도에 따라 차이를 보려고 한다.

100lux미만은 자연채광만으로는 부족한 상태로 인공조명의 주요 배치가 요구되며, 100lux~500lux는 효율적이거나 인공조명의 보충이 필요하며, 500lux~2000lux는 불쾌감을 느끼지 않으며 자연채광만으로도 충분한 실내조도가 유지되고 2000lux이상은 시각적 또는 열적 불쾌감을 주어 배제해야 할 항목으로 분류<sup>15)</sup>되고 있는데 인공조명과 자연조명간의 관계를 보았을 때 각 기준, 100, 250, 500, 2000lux 4가지 조도기준을 가지고 각각의 타입별 상황을

14) Sky Condition는 국제조명위원회(CIE: Commission International de l'eclairage)에서 규정한 표준 기후 데이터를 활용하여, 구름량에 따라 청천공(Clear Sky Condition)과 담청공(Overscast Sky Condition)으로 구분된 데이터를 활용한다. 대개 구름량이 균일하게 분포하여 직사광이 많지 않은 맑은 하늘의 경우 Overcast Distribution을 적용한다. 이 경우 확산 일사에 의한 주광이 대부분을 차지하게 되지만 지역별로 그 값은 차이가 난다. 따라서 천공 조도의 경우, 직접 값을 입력하거나, 버튼을 눌러 Tregenza Formula 계산을 활용하여 입력하거나, 위도에 따라 지정된 값인 Model Latitude Method 에 따라 계산된 값을 입력한다.

15) Navil A. and Mardajevic, j. "Useful daylight Illuminance: A replacement for daylight factors", Energy and Buildings 38, 2006, p.05-13

살펴보고자 하였다.

또한 시뮬레이션에서 각각의 모델에 그리드를 설정하고 모든 시뮬레이션 포인트를 침대높이의 작업 면 위치인 750mm 에서 시뮬레이션을 수행하였으며, 총 8개의 시뮬레이션의 각 포인트에서 시뮬레이션 결과를 분석하였으며, 시뮬레이션 후의 이미지 결과물에서 각 그리드의 색은 실내조도의 높낮이를 표현하고 있으며, 각종 자연채광 시뮬레이션 결과 값으로 활용하고자 하였다.

### 3.4 규제도 분석

규제도는 일반적으로 어떤 면 위에 존재하는 조도값 중 한정된 범위에서 평균 조도치에 대한 최소 조도치를 말하는 것으로 표현되며 최대조도에 대한 최소조도의 비를 이용하여 나타내기도 한다.<sup>16)</sup>

국외의 경우 국제조명위원회인 CIE(The International Commission on Illumination)에서는 ‘The Guide on Interior Lighting 1986’에서 최소조도/평균조도를 0.8로 정하는 등 쾌적한 실내 채광 환경을 위해 기준을 정하고 있지만 본 연구에서는 조명을 배제하고 병실 내 순수 자연채광률에 대한 규제도를 시뮬레이션을 통하여 도출하였으며 이경희(2008)‘건축환경계획’에서 표준으로 하고 있는 최소조도/평균조도를 규제도로 사용하여 표준값 0.717)에 적용하여 분석하였다.

### 3.5 기상데이터

기상데이터 DOE(U.S Department of Energy) EnergyPlus 기상데이터를 이용하였다. EnergyPlus는 에너지 시뮬레이션을 위한 기상데이터로 웹사이트에서 광주지역의 기상데이터를 이용하여 수행하였다.

## 4. 자연채광 시뮬레이션 결과 분석

### 4.1 기존 노인요양시설 각 타입별 채광분석

광주 내 기존 노인요양시설에서 4인실기준으로 창면적비 50%와 투과율 80%인 A타입과 B타입의 평균 주광률과 세 가지 기준조도에서의 DA 값을 얻을 수 있다.(표 5 참조) 시뮬레이션 모델의 참 중심부에서 창가에서부터 실내 안쪽까지 각 지점에서 결과를 얻어낸 것이다. 각 타입의 그리드 간격 조정은 상세한 결과값을 도출하여 분석하기위해 A type은 약 550mm, B type은 약 500mm로 설정하였으며, 그리드 간격이 좁을수록, 셀의 수가 많을수록 결과값은 보다 상세하지만, 메모리 용량과 분석시간이 길어지며, 혹은 메모리 부족으로 시스템이 정지될 수 있다는 점을 유의하였다. 창에서 실 출입구 까지 7.2m거리에서 시뮬레이션 지점 1은 창에서 가장 가까운 점을 의미하며 14번째 지점은 가장 안쪽에 위치하게 된다. 각 지점에서 주광률을 나타내며, 실내 안쪽으로 갈수록 태양

광 유입이 감소함을 알 수 있다.

#### 1) A타입의 채광분석

A타입의 채광분석을 살펴보면 표5와 표6에서와 같이 창가쪽 첫 번째 지점에서 13.5%의 주광률을 보이고 가장 안쪽끝에서는 4.4%로 68% 정도 감소한 수치를 보이고 있다. 기존 연구에 따르면 적정 주광률은 2%에서 5% 사이로 제시되고 있다. 따라서 주광률은 5%가 넘는 약 1.5m 지점까지는 채실자의 시각적 및 열적 불편감의 가능성이 있다.

표 5. A타입 시뮬레이션 지점에서의 평균값

%	시뮬레이션 지점에서의 평균값													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
DF	13.5	10.9	7.9	6.1	5.3	4.8	4.4	4.2	4.1	4.1	4.1	4.2	4.2	4.4
DA (100)	87.3	87.6	87.6	87.3	87	86.8	86.6	86.5	86.4	86.3	86.3	86.3	86.2	86.3
DA (250)	86.1	85.6	84.7	83.9	83.4	83	82	80.9	79.5	78.8	78.2	78	77.3	76.9
DA (500)	82.6	83.1	81.7	79	76.6	74	70.4	66.2	61.8	58.6	54.4	53.1	48.6	46.7
DA (2000)	55	55.7	37.6	15.9	5.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

표 6. A타입 주광률 및 각 조도별 DA 평균값 및 이미지

구분	주광률	DA(100)	DA(250)	DA(500)	DA(2000)
전체 평균값	5.63	98.13	95.23	87.52	19.78
시뮬레이션 이미지					

다음으로는 DA에 대한 것이며 앞 결과와 동일한 지점에서의 결과를 보여주고 있다. 우선 DA(기준조도 100lux)의 경우에는 거의 모든 지점에서 평균 87.3%의 시간대에서 최소 100lux 이상이 유지됨을 알 수 있다. DA(기준조도 500lux)인 경우는 실내 쪽으로는 감소하는 경향을 보이고 있지만 40% 이하로 떨어지지 않는 경향을 보이고 있다. 기존 연구에 따르면 주광률 5% 이상인 지점(4지점)에서는 모두 80%이상의 시간대에서 500lux 이상을 보이고 있다. DA(기준조도 2000lux)인 경우는 전혀 다른 경향을 보이고 있다. 창에서 4번째 지점까지 약 15.9% 이상의 시간대에서 2,000lux 이상을 보여주고 있다. 이는 역시 주광률 5%이상의 부분과 일치한다. 또한 창가 바로 앞쪽인 첫 번째 지점에서는 약 58.2% 이상의 시간대에서 2000lux가 나타나 채실자의 불편함과 추가적 에너지 부하 증가의 원인이 될 수 있다. 이후 6번째 지점인 3m부터 실내 안쪽으로는 2,000lux 이상의 시간대가 0%로 나타난다.

16) 송규동 외 2인, RADIANCE 프로그램을 이용한 베네치안 블라인드의 차양특성 분석, 한국생태환경건축학회논문집, 제5권 제3호, 2005.09  
 17) 이경희, 건축환경계획, 문운당, p.440, 2008

2) B타입의 채광분석

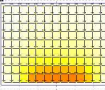
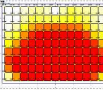
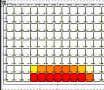
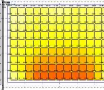
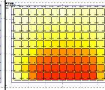
B타입 역시 실내 안쪽으로 갈수록 주광률이 감소하며 태양광 유입이 줄어들음을 알 수 있다. 하지만 전체적으로 기준 조도 2~5%안에 들어있지 않으므로 시각적 불편감을 준다는 결과가 나타난다. 창가쪽은 13.1%의 주광률을 보이며, 실내 안쪽에서는 5.8%로 약 57%정도로 A타입에 비하여 덜 감소한 수치를 보이고 있다.(표 7, 8 참조)

DA 또한 동일한 지점에서 결과를 보여주고 있으며, 기준조도인 100lux 경우에는 거의 모든 지점에서 평균 93.5%의 시간에서 최소 100lux 이상이 유지됨을 알 수 있다. 기준조도 500lux 경우 역시 모든 지점에서 85% 이상이며 평균 89.7%의 시간대에서 최소 500lux 이상이 유지되고 있다. 마지막으로 기준조도 2000lux인 경우 또한 모든 지점에서 낮은 수치를 보이고 있으며, 창가쪽에서 4번째 지점까지 60%이상에 수치를 나타내고 실내 안쪽으로 갈수록 수치는 낮아지며 창가로부터 1.5m인 68.2%의 시간대에서 최소 2000lux 이상이 유지되어 재실자의 불편함과 추가적 에너지 증가의 원인이 될 수 있겠다.

표 7. B타입 시뮬레이션 지점에서의 평균값

%	시뮬레이션 지점에 따른 평균값									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DF	13.1	14.2	11.2	9.2	7.8	6.9	6.3	6	5.7	5.8
DA (100)	93.1	93.4	93.5	93.6	93.6	93.6	93.5	93.2	93	93.1
DA (250)	92	92.4	92	91.3	90.9	90.6	90.3	90.1	90.1	90.1
DA (500)	89.3	90.2	89.7	89.2	88.7	88.2	87.8	87.3	87.1	87.1
DA (2000)	62.7	71.7	68.2	61.7	52.1	42.1	34.6	29.5	26.3	26.3

표 8. A타입 주광률 및 각 조도별 DA 평균값 및 이미지

구 분	주광률	DA(100)	DA(250)	DA(500)	DA(2000)
전체 평균값	8.84	99.66	97.28	94.55	50.77
시뮬레이션 이미지					

3) 기존 노인요양시설 실내 타입 비교 소절

각각 A type과 B type에 DF와 DA기준조도(100, 500, 2000)를 분석하여 총 평균값을 도출하였다. 이 두 타입의 DF(주광률)는 기존 연구되었던 최대 기준치인 5%와 가까우거나 높은 수치를 보여주고 있다.

A type에서는 앞서 설명한 것과 같이 DF(주광률)이 총 14지점 중, 4번째 지점에서 창가까지 5%이상의 수치를 보이면서 평균 5.63%의 주광률을 나타내고 있었으며,

B type의 DF(주광률)은 총 10지점 중 창가에서 7번째 지점까지 5%이상에 수치를 보이며 평균 8.84%의 높은 수치를 나타내고 있다. 고령자들은 보통 형태, 심볼, 대상을 보는데 눈의 정확성이 떨어지며 빛에 대한 눈부심이 민감해져 필요한 조도를 유지해야 하기에 그 부분을 주의하여야 한다. DA기준조도(100, 500, 2000lux)에서 다수 기준문헌연구를 통한 실내 권장조도는 500lux를 권장함에 따라 A type의 DA기준조도(500lux)는 79%의 시간대에서 500lux를 유지하며, B type의 경우 DA기준조도(500lux)는 89.7%의 시간대에서 500lux를 유지하는데 A type에 비해 비교적 높은 수치를 나타내며 불편감을 느끼지 않고 자연채광만으로도 충분한 실내조도가 유지된다.

4.2 광선반 부착방법에 따른 자연채광 시뮬레이션 결과분석

기존 A type과 B type에 차양 및 채광장치로써 광선반을 설치하여 다수의 문헌에서 연구되어온 결과 광선반의 높이 2100mm에서 내부 900mm, 외부 1200mm, 혼합형으로써 900mm, 1200mm와 이 둘을 내·외부로 합한 혼합형에서 가장 좋은 채광성능을 도출하였으며, 이를 기준으로 기존 A type과 B type에 적용하여 비교분석하였다.

1) A타입의 광선반 부착방법별 결과분석

기존요양시설 4인기준 A type에 비하여 광선반 부착 후 주광률이 전체적으로 2%~5%사이로 적정기준치를 보이고 있으며 DA평균값은 100lux와 250lux에서 전체적으로 90%이상의 수치로 유지되고 있다.(표9 참조)

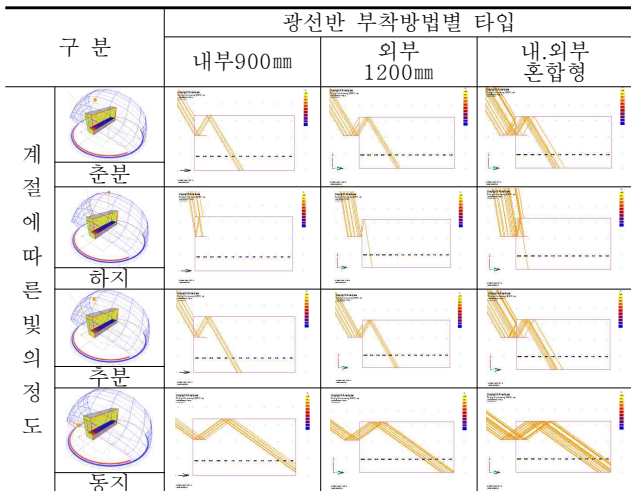
표 9. A타입 광선반 부착방법에 따른 전체 평균값

구 분	900mm (내부)	1200mm (외부)	0.9m(내부), 1.2m(외부) 혼합형
주광률(DF)	4.80	4.66	3.84
DA(100lux)	97.68	97.60	97.08
DA(250lux)	94.55	94.25	93.12
DA(500lux)	85.15	84.01	80.37
DA(2000lux)	13.01	14.46	8.81

권장조도인 500lux에서는 감소되었으며 80%이상으로 500lux를 유지하고 있다. 2000lux에서도 내부, 외부, 혼합형으로 갈수록 낮은 수치로 시각적 불편감이 줄어들었음을 알 수 있다.

표 10에서 보면 계절에 따라 광선반 부착방법별 변화를 살펴보면, 춘분과 추분에는 광선반을 통해 내부 깊은 곳까지 자연광을 유입할 수 있지만, 높은 고도에 위치하고 있는 하지는는 광선반의 부착 방법 중 외부와 혼합형에서 내부까지 빛을 끌어 들어오고 있음을 알 수 있다. 해가 짧은 동지에는 광선반의 위치가 내부, 외부에 각각 위치되어 있는 곳은 같은 길이와 양이 유입되고 있음을 알 수 있으며, 혼합형에서는 많은 양의 자연광이 내부 깊숙이 들어오게 하고 있음을 알 수 있다.

표 10. A타입 광선반 부착방법 타입에 따른 계절별 변화



2) B타입의 광선반 부착방법별 결과분석

B type 광선반 설치시 주광률이 전반적으로 5%이상으로 나타나며 혼합형에서만 적정기준치에 포함되고 있다. DA수치들을 전체적으로 보았을 때 90%이상의 시간대에서 100lux, 250lux, 500lux를 유지하며 2000lux에서는 19.25%이상의 시간대에서 2000lux이상을 유지하고 A type보다 높은 수치를 나타내고 있다.(표 11참고)

표 11. B 타입 광선반 부착방법에 따른 전체 평균값

구분	900mm (내부)	1200mm (외부)	900mm(내부), 1200mm(외부)혼합형
주광률(DF)	7.41	6.95	5.57
DA(100lux)	99.20	99.06	98.51
DA(250lux)	96.41	96.26	95.69
DA(500lux)	92.67	92.20	90.1
DA(2000lux)	38.96	36.27	19.25

표 12. B 타입 광선반 부착방법 타입에 따른 계절별 변화

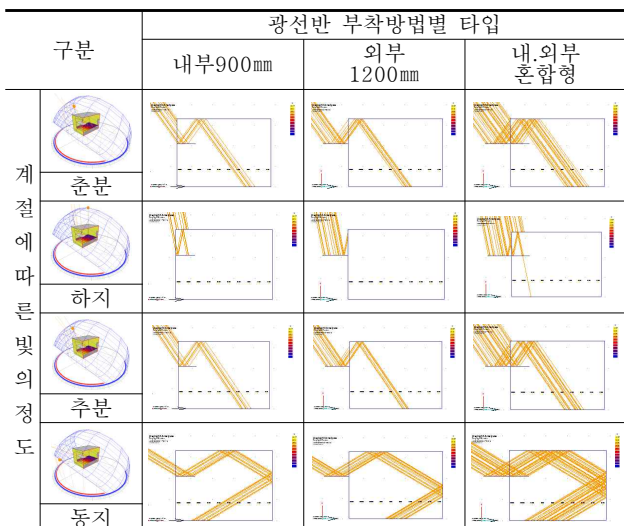


표 12를 살펴보면 B타입에서 계절에 따라 광선반 부착 방법별 변화를 살펴보면, A타입과 반대로 B타입의 경우 창문의 너비가 넓고 깊이가 얇기 때문에 약간의 차이가 있을 것이라 예측가능 하지만 자연광의 유입길이는 A타입과 비슷한 부분을 나타나고 있음을 알 수 있다. 춘분과 추분에는 광선반을 통해 내부 깊은 곳까지 자연광을 유입할 수 있지만, 높은 고도에 위치하고 있는 하지는 광선반의 부착 방법 중 외부와 혼합형에서 내부까지 빛을 끌어 들어오고 있음을 알 수 있다. 해가 짧은 동지에는 3가지 형태 모두에서 많은 양의 자연광이 내부 깊숙이 들어오게 하고 있음을 알 수 있다.

3) 광선반 설치 후 각 타입별 소결

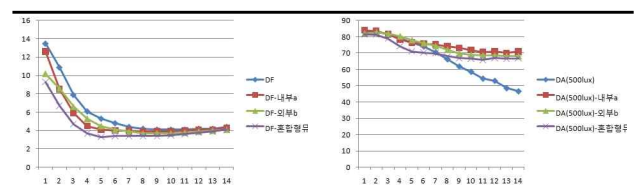
기존 요양시설의 4인실기준인 A type과 B type의 DF와 DA의 분석결과를 도출하였고 이 두 타입에 광선반을 설치함과 동시에 돌출길이에 따라 분석한 결과 값을 비교분석하였다. 위 시뮬레이션 지점에서의 주광률에 대한 그래프를 보면 기존 A type의 주광률이 창가에서 13.5%로 높은 수치를 보이다가 약 7번째 지점에서 실내 안 쪽으로는 완만한 형태를 나타내고 있으나 광선반을 설치한 내부에서는 12.6%(평균 4.80%), 외부에서는 10.2%(평균 4.66%), 혼합형에서는 9.3%(평균 3.84%)로 창가에서 3m까지 감소하고 평균주광률 적정기준치인 2%-5%사이의 주광률을 나타내고 있다. (표 13참고)

특히 혼합형에서 주광률을 살펴보면 창가는 9.3%에서 5%로 이상인 3m지점까지 약 36%가 감소되어 4지점부터 실내안쪽으로 완만한 형태를 가지며 재실자의 시각적인 불편함이 많이 줄어들었음을 알 수 있다. 권장조도인 DA(500lux)에 그래프를 보면 기존 A type의 DA에 비해 혼합형의 DA의 평균값들이 많이 감소되는 차이를 볼 수 있으며 A type보다 적정기준치에 도달되었음을 알 수 있다.(표 14참고)

표 13. A 타입 광선반 설치 및 돌출길이에 따른 전체 평균값

구분	A type	900mm (내부)	1200mm (외부)	900mm(내부), 1200mm(외부)혼합형
DF	5.63	4.80	4.66	3.84
DA(100)	98.13	97.68	97.60	97.08
DA(250)	95.23	94.55	94.25	93.12
DA(500)	87.52	85.15	84.01	80.37
DA(2000)	19.78	13.01	14.46	8.81

표 14. 시뮬레이션 지점별 DF와 DA 평균값

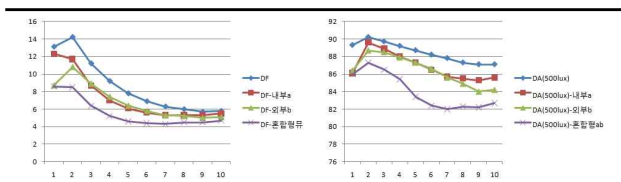


기존 A type의 주광률에 비해 B type은 높은 수치를 나타냄과 동시에 적정기준치를 넘기고 있으며 전반적으로 광선반 설치시 감소되는 경향은 보이지만 최대 적정 기준치 5%를 넘어서고 있다. 반면 혼합형의 경우는 5.57%로 기존 B type의 주광률인 8.84%보다 37.5%정도 감소되었고 DA(500lux)에서는 기존의 B type인 94.55%에서 내·외부 설치시보다 혼합형에서 많은 감소수치를 보이고 있음을 알 수 있어, 기존 시설에 광선반설치로 조절이 필요함을 알 수 있다. (표 15, 16 참고)

표 15. B 타입 광선반 설치 및 돌출길이에 따른 평균값

구분	B type	900mm (내부)	1200mm (외부)	900mm(내부), 1200mm(외부)혼합형
DF	8.84	7.41	6.95	5.57
DA(100)	99.66	99.20	99.06	98.51
DA(250)	97.28	96.41	96.26	95.69
DA(500)	94.55	92.67	92.20	90.1
DA(2000)	50.77	38.96	36.27	19.25

표 16. B 타입 시뮬레이션 지점별 DF와 DA값



### 4.3 기존타입과 광선반 설치시 균제도 분석

균제도는 빛에 확산성이 있을수록 높아지고 빛의 확산성은 일반적으로 광원의 면적이 클수록 높아지는데 재실자들은 균제도가 낮을수록 공간의 밝기를 실제의 조도보다 낮게 인식하므로 이를 유의하여야 한다.

표 17. 기존타입 및 광선반 설치시 균제도 값

분류		Daylight Uniformity Recommendations	
		min/avg	
기존 type	A type	0.48	
	B type	0.57	
광선반 설치시	A type	900	0.54
		1200	0.52
		혼합형	0.59
	B type	900	0.63
		1200	0.61
		혼합형	0.68

본 연구에서 균제도 값(18)을 첫 번째 식을 적용하여 도출하였으며 균제도 값이 1이면 조도분포가 완전 균일하

다는 것을 의미하고 분포가 고르지 못할수록 그 값이 작아진다. 일반적으로  $u_1 \geq 0.3$ ,  $u_2 \geq 0.15$  등의 값이 주어져 있지만, 실내에서는 급격한 공간적 명암 변화가 없는 것을 선호하여 0.6이상(19)을 권고하고 있다.

표 17에서 기존 타입 모두 균제도 부분은 기준치보다 낮았으며, 광선반 설치시 증가가 가능함을 알 수 있다. 낮은 균제도를 향상 시킬 수 있는 방법은 평균 조도를 낮추어 균제도값을 높이는 것과 최소조도를 향상시켜 값을 높이는 두 가지 방안이 있는데 시뮬레이션 결과 기존 type에서 낮은 균제도 값을 볼 수가 있었으며, 광선반 설치 때에는 기존type에 비해 적정기준수치에 가까워지는 것을 볼 수 있었다. 특히 광선반 설치에서 혼합형의 경우 기존type에 비해 상당히 증가한 것을 확인할 수 있다.

## 5. 결론

본 연구는 늘어나는 노인요양시설과 노인들의 거주환경에서 많은 부분 차지하고 있는 침실에 치유 환경적 요소의 하나인 빛환경 중 자연광을 통한 조도 측정을 통해 실내로 유입에 대해 집중하였으며, 그 차이를 알아보고 적용하기 위해 채광시스템 중 개선이 쉬운 광선반을 이용하여 기존의 노인요양시설에서 개선 가능한 쾌적한 침실환경을 모색해보고자 한 시뮬레이션 결과는 다음과 같다.

법적 규정인 4인실을 기준으로 각 시설을 분류하였더니 외부와의 접촉 면적이 작고 깊숙한 평면과, 외부와의 접촉 면적이 넓고, 짧은 길이를 보이고 있는 유닛으로 종합되었다. 각각의 면적은 화장실면적을 제외하고, 6.5~6.6㎡ 정도의 면적을 가지고 있는 이 두 개의 유닛을 각각 실험체의 대표 타입으로 설정하였다.

기존의 두 개의 타입의 자연광 유입에 대해 살펴보면, DA기준조도(100, 500, 2000lux)에서 실내 권장조도는 500lux를 기준으로 A타입의 경우 DF가 5.63%이며 DA의 경우 79% 시간대에서 500lux를 유지하며, B type의 경우 DF는 8.84이며 DA기준조도(500lux)는 89.7%의 시간대에서 500lux를 유지하는데 A type에 비해 비교적 높은 수치를 나타내며 평균적으로 정도의 차이는 있지만 기존 유닛 모두 주광률이 적정기준치 5%를 넘고 있으므로 개선이 필요함을 알 수 있다.

광선반을 설치하여 2개의 타입에 3개의 부착방법을 하여 살펴보았는데, 먼저, A타입의 경우 3개의 부착방법 모두 지점별 주광률의 차이가 크게 나타나지만 평균적으로 적정DF 범위인 2~5%를 만족하고 있어 기존의 유닛에 광선반을 설치함으로써 내부 깊숙이까지 시각적 불편함이

$$\textcircled{1} \text{ 균제도}(u_1) u_1 = \frac{\text{수평면상의 최소조도}[lx]}{\text{수평면상의 평균조도}[lx]} = \frac{E_{\min}}{E_{\text{ave}}}$$

$$\textcircled{2} \text{ 균제도}(u_2) u_2 = \frac{\text{수평면상의 최소조도}[lx]}{\text{수평면상의 최대조도}[lx]} = \frac{E_{\min}}{E_{\max}}$$

19) 김원대, 가시광통신 VCL의 산업 및 기술동향 분석, 2011. 08, p.45

18) 균제도 값은 2가지 방법으로 적용하고 있다.



없도록 만들고 있어 정도의 차이는 있지만 설치를 했을 시에 좋아짐을 알 수 있으며, 이때 계절을 고려하여 선택하는 것이 중요하다.

광선반 부착방법에 따른 B타입의 경우, DF의 경우 8.84%로 대로 높은 수치를 나타나고 있으며 전반적으로 광선반 설치시 감소되는 경향은 보이지만 최대 적정기준치 5%를 넘어서고 있다. 그 중 혼합형이 5.57%로 기존 B type의 주광률인 보다 37.5%정도 감소되었고 DA(500lux)에서는 기존의 B type인 94.55%에서 내·외부 설치시보다 혼합형에서 많은 감소수치를 보이고 있어 그 중 혼합형이 시각적 불쾌감이 줄어들 수 있음을 알 수 있다.

균제도는 기존 타입 모두 기준치보다 낮았으며, 광선반 설치시 증가가 가능함을 알 수 있었으며, A타입보다는 창문의 면적이 넓은 B타입의 경우 높은 균제도값이 나타남을 알 수 있었다.

일정 공간 내 치유환경을 조성하기 위한 고려조건 중 하나인 노인요양시설의 빛 환경은 노인주거공간이라는 측면에서 살펴보았을 때 하나의 중요한 요소임은 틀림없다. 특히 고령자의 경우 일반인에 비해 동일한 작업을 수행하는데 있어 2~3배의 고조도가 필요하며, 자연채광과 같은 폴 스펙트럼의 광원이 가장 이상적이라는 측면으로 보았을 때 타입별로 일정한 조도의 차를 두는 균제도 값을 유지해야 한다는 것과 글레이어를 최소화하지만 균일하게 자연광이 내부로 스며들게 하는 방법을 통해 양질의 자연광원을 체험할 수 있도록 주 공간에 대한 배려가 먼저 선행되어야 하며, 이에 대한 세부적인 연구가 중요함을 알 수 있다.

본 연구에서 노인이 생활하는 거주환경이라는 것과, 치유환경적 측면 중 빛 환경에 중점을 두고 고령자들이 대부분 생활하는 공간에 자연광의 유입정도가 얼마나 되는지, 기존시설과 유입을 유도하는 광선반을 설치 했을 시에 어느 정도 개선의 여지가 있는지, 균제도를 통해 조도 고르게 분포되어 있는지를 Revit과 Ecotect2011을 통해 시뮬레이션 하였다. 각 지역의 기후를 고려하여 이러한 동적 시뮬레이션을 통해 먼저 올바른 자연채광디자인에 접근할 수 있다면 경제적 효과 및 재실자, 즉, 고령자를 위한 치유환경 조성요소인 빛 환경을 통해 실내 환경이 개선될 수 있을 것이라 생각되며, 직접적인 재실자의 생활 패턴 및 재실자 관찰 분석 등으로 후속연구가 필요하다고 생각된다.

**참고문헌**

1. 이경희, 건축환경계획, 문운당, 2008
2. 안문찬, 환경친화적 건물외피 구성기법에 관한 연구. 서울과학기술대학교 석사논문, 2001
3. 조일식, 김병수, 이진숙, 조명해석 프로그램을 이용한 광선반의 적정크기 선정 및 채광성능분석에 관한 연구. 대한건축학회지 제20권 제6호 통권 제188호, 2004. 6
4. 김정태, 신현구, 김곤, 광반사를 이용한 광선반 채광시스템의 기본형상 설계 및 성능평가에 관한 연구. 대한건축학회지 제19

- 권 제3호 통권 제173호, 2003. 3
5. 김형섭, 병실의 자연광 환경이 환자들의 회복기간에 미치는 영향, 한양대학교 석사논문, 2005
6. 송규동 외 2인, RADIANCE 프로그램을 이용한 베네치안 블라인드의 차양특성 분석, 한국생태환경건축학회논문집, 제5권 제3호, 2005.09
7. 신화영, 정인영, 김정태. 창호 시스템과 유리 투과체 유형이 실내 빛 환경에 미치는 영향 분석. 한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집 통권10호, 2006
8. 임제환, 창호시스템의 일사차폐성능 평가 방법에 관한 실험적 연구. 학술발표대회논문집, 2007
9. 김곤, 이신영, 파티션 레이아웃에 따른 광선반의 자연채광의 복합특성. 한국건축친환경설비학회논문집 v.1 n.3, 2007
10. 원슬기, 고령자를 위한 주거 시설 조명환경 계획에 관한 연구, 조명·전기설비 학회논문지, Vol.21 No.6, 2007
11. 이윤재, 경제적 수준에 따른 노인복지주택 면적 산출 연구. 연세대학교 박사논문, 2008
12. 임복녀, 김한용, 자연채광에서 블라인드 각도조절에 의한 강의실의 빛 환경 개선효과에 관한 연구. 학술발표대회논문집, 2008
13. 권순정, 한정환, 오은진, 김석준, 김노석, 이특구, 노인요양시설의 적정 침실 면적에 관한 연구. 한국의료복지시설학회지 제14권 제3호 통권32호, 2008. 8
14. 최보혜, 최경석, 김경우, 강재식, 이승언, 차양일체형 창호시스템 적용에 따른 공동주택 에너지 성능평가 연구. 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제29권 제1호. 2009
15. 고동환, 기상데이터 기반 동적 자연채광 시뮬레이션을 이용한 유용조도 분석에 관한 연구. 대한건축학회지 제26권 제6호 통권 제260호, 2010. 6
16. 홍성관, 최안섭, 건물 입면의 일사량 분석에 관한 연구. 한국조명·전기설비학회 추계학술대회 논문집, 2010
17. 윤영일, 조주영, 이효원, 요양시설의 유용조도 분석에 관한 연구, 한국의료복지시설학회, 2011. 2
18. 김원대, 가시광통신 VCL의 산업 및 기술동향 분석, 2011. 08

투고(접수)일자: 2011년 6월 23일  
 수정일자: (1차) 2011년 10월 21일  
 (2차) 2011년 11월 15일  
 게재 확정일자: 2011년 11월 18일