

AGI 프로그램을 활용한 자연광 조도시물레이션

이봉주
남서울대학교 전자공학과

Illumination Simulation of the Daylight using AGI S/W Program

Boong-Joo Lee

Department of Electronic Engineering, Namseoul University

요약 본 연구에서는 자연광의 효과를 가장 잘 활용할 수 있는 건축구조물인 한국형 유리온실 구조를 축약시킨 유리온실을 기준하여 유리온실의 설계 전 건축방법에 따른 자연광의 효과적인 예측을 위해 조명시물레이션을 하고자 한다. 최적 시물레이션을 위해 상용화된 여러 가지 조명 소프트웨어들 중에서 AGI32 프로그램을 이용하였다. 그 결과, 유리온실의 삼각구조 지붕 꼭지점 위치에 대한 조도 및 균제도(최소조도/평균조도) 분석 결과 자연광 효과에 중요한 인자가 아니며, 하지 일때 자연광의 조도값이 가장 크며 시간도 가장 긴 것을 알 수 있었다. 또한, 유리창의 투과율이 높아짐에 따라 예측되었던 바와 같이 조도 값이 증가하는 것을 확인할 수 있으며 14시일 때가 조도 값이 가장 높으며 이때의 유리 투과율에 따른 조도 변화율은 89 [lux/%]임을 알았다. 또한, 유리온실의 설치 시 배향각은 균제도 특성을 고려하여, 유리온실의 설치 배향각은 30° 혹은 150°로 하는 것이 자연광 효과를 최대로 할 수 있음을 알았다.

Abstract In this study, the design conditions for the Korean-style glass greenhouse structure has been reduced to achieve the most efficient use of natural light. The AGI program was simulated for the optimal conditions of daylight in a glass greenhouse. From the results of daylight simulation, the axis position of the glass greenhouse's roof was not an important factor in the daylight effects regarding illumination and uniformity. In summer, there were long periods of daylight and high illumination levels. The illumination value of daylighting increased with increasing glass transparency value, and the illumination value was greatest at 14:00 hours. At this time, the rate of light variation according to the glass transparency was 89 [lux/%]. In addition, the optimal design conditions for the glass greenhouse were established, which were a 30° or 150° installation angle and higher transmittance of glass.

Keywords : AGI32, greenhouse, daylight, illumination, optimum condition

1. 서론

자연광(태양)의 활용하는 융합기술의 발전이 개발되고 있고 이중 친환경 농업 및 신재생기술의 접목을 위한 자연광을 활용한 유리 온실에 대한 연구가 활발하고 있는 실정이다.

조도 시물레이션 소프트웨어는 조명 기구의 배치 및 조명 기구가 위치할 공간을 대상으로 한 조명의 설계 및 분석에 사용되는 소프트웨어이다[1,2].

이중 AGI는 미국 Lighting Analysis. Ins에서 개발된 프로그램이다. 기본적으로 CAD 프로그램과 유사한 자체 모델링 기능 및 간단 애니메이션을 지원하며, 조도 계산도 편리하고 시물레이션 결과도 시각적인 측면으로 만족스러워 미국에서는 근래에 많이 활용되고 있는 실정이지만, 우리나라에서는 거의 활용되지 않고 있는 상황이다[3].

현재 자연광 채광 시스템 또한 실내조명으로 이용되므로 조도 시물레이션이 필요하다. 그러나 자연채광 시

이 논문은 에너지기술평가원에서 진행되는 에너지기술개발사업 '산업기술혁신사업' 과제의 위탁연구비 지원에 의해 연구되었음.

*Corresponding Author : Boong-Joo Lee(Namseoul University)

Tel: +82-41-580-2702 email: bjlee@nsu.ac.kr

Received May 8, 2017

Revised May 31, 2017

Accepted July 7, 2017

Published July 31, 2017

스텝의 경우 인공조명용 측정 장비로는 광분포 데이터를 확보하기에는 어려움이 있어 별도의 광분포 측정 기구를 활용하여 광분포 데이터를 확보하고 조명시물레이션 프로그램을 이용하여 실내 빛 환경 조도 시물레이션을 한다[4].

특히, 자연광의 유용성에도 불구하고 자연광의 양과 질이 항상 일정하지 않아 예측하기가 어렵기 때문에 건축설계 및 조명설계에 있어서 자연광을 효율적 활용하는데 어려움이 많다[5].

본 연구에서는 자연광의 효과를 가장 잘 활용할 수 있는 건축구조물인 한국형 유리온실 구조를 축약시킨 유리온실을 기준하여 유리온실의 설계 전 건축방법에 따른 자연광의 효과적인 예측을 위해 조명시물레이션을 하고자 한다.

2. 조명시물레이션 소프트웨어

조명 관련 시물레이션 소프트웨어는 이전의 제한적으로 적용되었던 배광 데이터의 입력과 출력이 가능함에 따라 더욱더 실제적인 물리적 상황에 근접하는 예측 시물레이션 결과를 만들고 있다. 이러한 결과들은 과거 시물레이션 소프트웨어에서 얻어진 수치적인 결과 뿐만 아니라 시각적인 결과물을 얻을 수 있어 디자인 프로젝트 진행 과정에서 설계자가 사용자 혹은 시공자와 소통하는데 크게 기여하고 있다. 이는 3차원 모델링 패키지를 이용해서 만들어진 이미지를 가지고 프레젠테이션을 하던 것과는 본질적인 차이를 갖게 된다.

현재 국내외에서 사용되고 있는 전문적인 조명시물레이션 도구들은 조명 광원의 특성과 기구 배광, 표면의 특성을 중심으로 계산 되는 real lighting 시물레이션 이라는 차이점을 갖는다. 이러한 전문적인 시물레이터에는 Relux를 포함하여 DIALux, AGI32, Lightscape, VISUAL, RADIANCE SIS 등이 있다[6].

3. 자연광 시물레이션

한국형 유리온실의 지붕형태는 외지붕형, 스킨쿼터형, 양지붕형, 디치라이트형, 곡선지붕형, 등근지붕형, 연동형, 벨로형 등 매우 다양하다.

한국형 유리 온실 ‘다’형은 온실폭이 15 [m] 정도인

소규모 형태의 에너지 절약형 유리온실의 구조로 여름철에는 외부에 설치된 차광용 스크린으로 시원한 재배환경이 제공되고 온실이 남향으로 배치되어 겨울철에는 햇빛 양이 많이 받을 수 있도록 배치되어 에너지 사용량을 상당히 많이 절약할 수 있다. 또한 측창과 천창을 넓혀 환기량이 증대되어 작물의 생육 환경이 증대되고 온실 폭이 넓어 기계화 작업이 유리한 장점이 있다. 따라서 유리온실 구조 선정에 있어서 본 연구는 에너지 절감형인 ‘다’형을 기준하여 조도시물레이션을 하고자 한다. 이에 대한 한국형 유리온실 ‘다’형은 그림1에 나타내었다. 그림에서 보듯이 유리온실의 지붕으로 사용되고 있는 삼각구조 지붕을 한정하여 시물레이션을 수행하였다[7]. 표 1은 유리온실의 구조를 기준하여 효율적 시물레이션을 위한 조건을 수립한 내용을 표기하였다. 더불어 시물레이션을 수행한 정확한 장소는 인천시 강화군을 기준하였고, 날씨 조건은 CIE 표준 청천공(CIE Clear Sky)를 적용하였다. 표준 청천공 모델은 태양 부근에서 가장 휘도가 높고 태양 위치로부터 90°의 각도에 있는 천공 부근에서 가장 낮은 휘도를 갖는다는 것을 가정한다.[6]

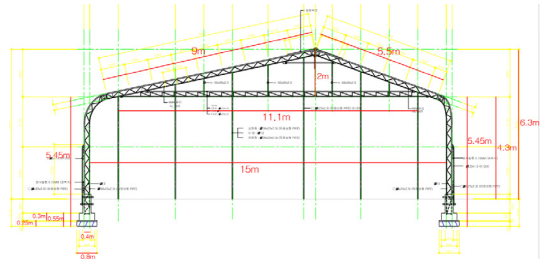


Fig. 1. Korea greenhouse ‘DA’ type(energy reduction type)

Table 1. The simulation condition of daylight

Title	Condition	Title	Condition
length	20 [m]	Site	Ganghwa
width	15 [m]	light loss factor	0.75
height	4 [m]	CIE sky	clear sky
roof height	2.3 [m]	transmittance	variable
working plane	0.75 [m]	time	variable

3.1 지붕의 꼭지점 위치에 따른 자연광 특성

한국형 유리온실 ‘다’형의 경우 삼각구조의 유리온실로 되어있다. 이 경우 지붕의 꼭지점이 정중앙에 있는 것이 아니라 태양광이 입사하는 방향으로 평평한 면이 넓게 위치하는 스킨쿼터형이며, 지붕 꼭지점의 위치의 배치에 따른 태양광의 입사 정도가 달라질 것으로 생각되

어 삼각구조 지붕의 꼭지점 위치에 따른 조도 분석을 수행하였다[15]. 동측과 서측에 대한 정의를 보이하고자 그림 2의 동측방향 및 서측방향의 삼각구조를 표현하였다.

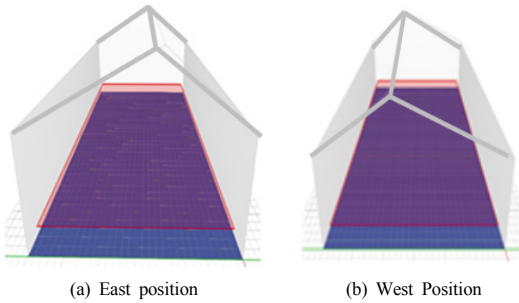
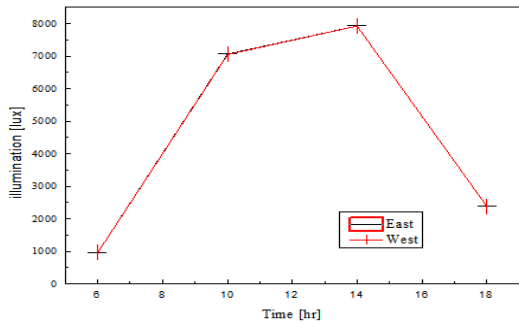
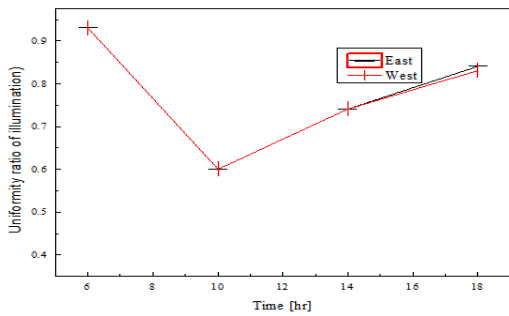


Fig. 2. Glass greenhouse structure according to the location of the roof top



(a) illumination with triangle's axis position



(b) uniformity of illumination with triangle's axis position

Fig. 3. illumination characteristics according to the location of the roof top

시뮬레이션 결과, 삼각구조 지붕 꼭지점 위치에 대한 조도 및 균제도(최소조도/평균조도) 분석 결과 그림 3와 같이 지붕의 꼭지점의 위치가 동측 과 서측에 상관없이

평균조도와 균제도는 거의 유사한 결과 값을 얻었다. 이 결과를 통해 삼각구조의 지붕 꼭지점의 위치는 자연광의 온실 내 입사에 중요한 인자가 아니라는 것을 알 수 있다.

3.2 계절별 시간별 자연광 특성

유리온실의 자연광에 대한 계절별(춘하추동 : 춘분, 하지, 추분, 동지), 시간별(6시, 10시, 14시, 18시) 조도시뮬레이션 결과는 그림 4에 나타내었다. 자연광에 대한 조도 시뮬레이션 결과를 보면, 봄과 가을은 비슷한 자연광 특성을 보이고 있으며 하지 일때가 자연광의 조도값이 가장 크며 시간도 가장 긴 것을 알 수 있으며, 동지 일때가 가장 작은 조도값과 시간도 가장 작은 것을 알 수 있었다. 이에 대한 하루 동안 자연광의 조도값은 차이는 하지일때 7923 [lux]이고 동지일때 3464 [lux]임을 알았다.

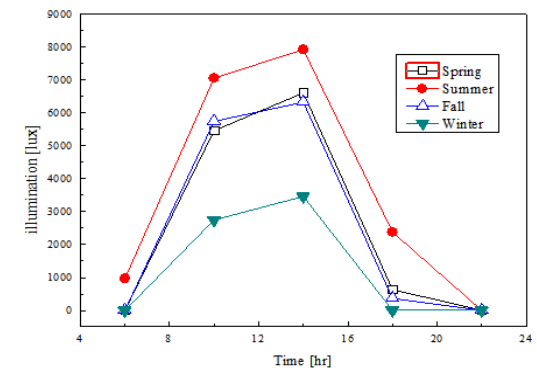


Fig. 4. Daylight illumination with season and time

3.3 유리온실의 유리 투과율에 따른 자연광 특성

본 연구자의 지향하는 목표는 유리온실의 태양전지의 종류(실리콘, 염료감응형 등) 및 설치되는 태양전지의 위치에 따른 자연광의 특성을 보고자 하는 것이다. 이를 위하여 본 연구에서는 온실 건축물의 대부분을 유리에 의존하므로 사용된 재질의 투과율에 따른 자연광의 특성을 보고자 한다. 분석 결과를 보면 유리창의 투과율이 높아짐에 따라 예측되었던 바와 같이 조도 값이 증가하는 것을 확인할 수 있으며 특히 14시일 때가 조도 값이 가장 높다는 것을 알 수 있었다. 또한 투과율이 증가 할수록 시간대별 조도 변화추이가 급격히 변화함을 알 수 있다. 특히 69% 이상일 때 변화추이를 확연히 구분됨을 알았다.

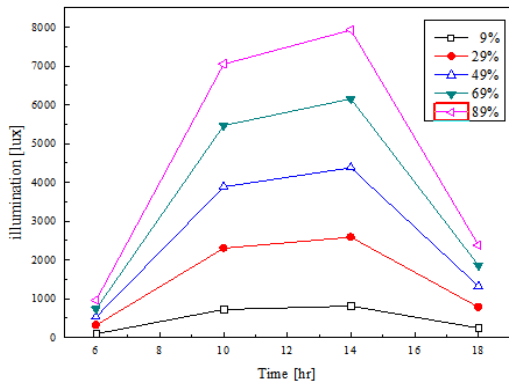


Fig. 5. Daylight illumination with transparent ratio of glass and hours

그림6은 투과율 및 시간의 변화에 따른 조도값의 변화율을 나타낸 것이다. 이 변화율을 분석한 결과 유리의 투과율에 따른 자연광 조도변화가 가장 큰 것은 14시이며 이때의 변화율은 89 [lux/%]임을 알았다. 이로부터 유리재질의 투과율은 자연광 조도에 가장 큰 인자로 될수 있으며 태양광이 가장 큰 시간인 14시에 가장 큰 효과를 볼 수 있음을 알았다.

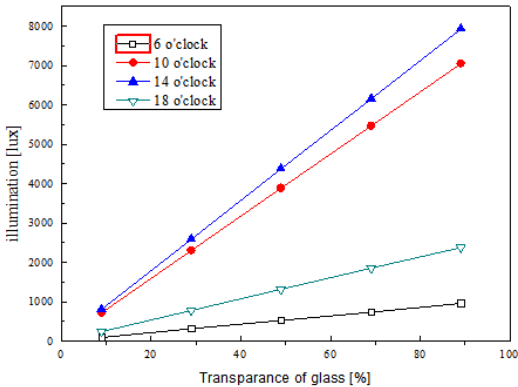


Fig. 6. Daylight illumination variation with glass transparence

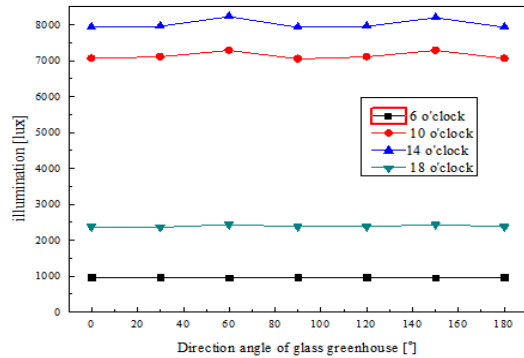
3.4 유리온실의 배향각에 따른 자연광 특성

자연광에 따른 조도시뮬레이션 결과 유리온실의 설치 배향각에 따른 조도의 평균값(Eav)과 균제도에 대한 특성을 그림7에 나타내었다.

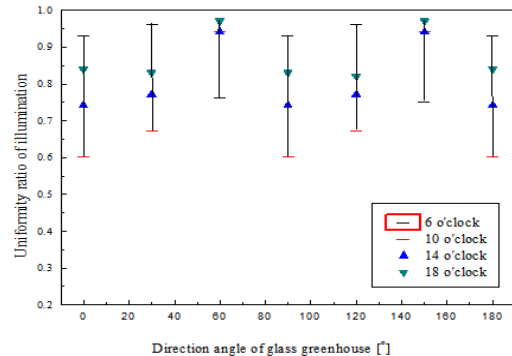
시뮬레이션 결과는 하지를 기준할 때 배향각 및 시간에 따른 조도평균 값 및 균제도 값인데, 조도평균값의 경우 배향각이 변화함에 따라 전체적으로 시간에 따라 비

슷한 특성을 보이고 있음을 알고 있으나, 균제도(그림 7-(b)) 특성을 보면 배향각이 30[°]와 150[°]에서 균제도의 값의 편차가 가장 작음을 알 수 있었다. 즉 이는 유리 온실의 설치시 유리를 투과하는 자연광에 따른 조도값 및 조도값 변화율을 고려할 때 설치 배향각은 30[°] 혹은 150[°]로 하는 것이 자연광 효과를 최대로 할 수 있음을 알았다.

일반적인 예상은 온실의 지붕 배향이 짧으면서 넓게 분포하는 것 보다 태양의 조사 방향으로 길게 방향으로 길게 위치하는 것이 자연광 입사 측면에서 유리하다고 생각할 수 있기에, 온실 건축물을 설계할 때 태양에 대해 90°(북남방향)으로 배향 시키는 것이 가장 적합한 설계라고 예상되었으나, 시뮬레이션 결과는 다름을 알 수 있었다. 이에 대한 원인은 유리온실의 구조상 건축물의 기둥구조의 형태에 따른 조도값의 차이가 발생할 수 있을 것이며, 또한, AGI 프로그램의 자연광에 대한 시뮬레이션 알고리즘에 대한 분석이 필요할 것으로 예상되어 향후 연구과제로 진행코자 한다.



(a) uniformity of illumination with direction angle



(b) uniformity of illumination with direction angle

Fig. 7. illumination characteristics according to the direction angle of the glass greenhouse

4. 결론

자연광의 효과를 가장 잘 활용 할 수 있는 건축구조물인 한국형 유리온실 구조를 축약시킨 유리온실을 기준하여 유리온실의 설계 전 건축방법에 따른 자연광의 효과적인 예측을 위해 조명시뮬레이션을 하고자 한다. 최적 시뮬레이션을 위해 상용화된 여러 가지 조명 소프트웨어들 중에서 AGI32 프로그램을 이용하였다. 이를 통해 자연광의 효과를 가장 잘 받아야 하는 유리온실을 기준하여 시뮬레이션을 통한 얻어진 결과 값들을 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 유리온실의 삼각구조 지붕 꼭지점 위치에 대한 조도 및 균제도(최소조도/평균조도) 분석 결과, 지붕 꼭지점의 위치는 자연광 효과에 중요한 인자가 아니라는 것을 알 수 있다.

둘째, 봄과 가을은 비슷한 자연광특성을 보이고 있으며 하지 일때가 자연광의 조도값이 가장 크며 시간도 가장 긴 것을 알 수 있으며, 동지 일때가 가장 작은 조도값과 시간도 가장 작은 것을 알 수 있었다.

셋째, 유리창의 투과율이 높아짐에 따라 예측되었던 바와 같이 조도 값이 증가하는 것을 확인할 수 있으며 14시일 때가 조도 값이 가장 높으며 이때의 유리 투과율에 따른 조도 변화율은 89 [lux/%]임을 알았다.

넷째, 유리온실의 설치 배향각은 30[°] 혹은 150[°]로 하는 것이 자연광 효과를 최대로 할 수 있음을 알았다.

향후 연구에서는 소프트웨어별 자연광의 효과를 명확히 분석하기 위한 실제 환경과 동일한 설계와 조도 측정 결과값과 비교하고자 한다. 이를 통해 자연광에 대한 시뮬레이션 소프트웨어별 조도 알고리즘을 분석예정이며 조명디자인 분석시 자연광분석에 대한 상황별 소프트웨어의 정확성에 대한 연구를 하고자 한다.

Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers vol. 24, no. 1, pp. 35-44, Jan. 2010.

- [6] Hong, Sung-De, Journal of the Korean Digital Architecture Interior Association, vol. 11, no. 1, pp. 83-89, 2011.
- [7] Won Moon, Yong-Beom Lee, Jung Eek Son, "Protected Horiculture", Knou Press, 2016.

이 봉 주(Boong-Joo Lee)

[정회원]



- 1996년 2월 : 인하대학교 전기공학과 졸업(공학사)
- 1998년 2월 : 인하대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)
- 2003년 2월 : 인하대학교 전기공학과 졸업(공학박사)
- 2004년 6월 ~ 2007년 6월 : LG전자 디지털디스플레이연구소
- 2007년 9월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 교수

<관심분야>

유기소자(트랜지스터, 메모리), 태양전지, 발광소자(OLED, LED), 조명, 디스플레이

References

- [1] Hai-Young Jung, Boong-Joo Lee, Seok-Hyun Lee, Journal of the KIIEE, Vol.31, No.5, pp.25-32, 2017
- [2] Kim Chul-Ho, Kim Kang-Soo, Journal of the Korean Solar Energy Society, vol. 36, no. 3, 2016.
- [3] www.lightinganalysis.com
- [4] Seul-Ki Won ·, Byung-Chul Pak ·, An-Seop Choi, Proceedings of KIIEE Annual Conference 2016.
- [5] Yu-Sin Kim · An-Seop Choi, Journal of the Korean