

4면형 아트리움의 높이비와 천창 투과율에 따른 인접 실내공간의 자연채광성능 평가

Evaluation of the daylight performance of adjacent interior spaces in four-sided atrium according to the height ratio of atrium, and the transmittance of atrium canopy

유 하 늬* 이 주 윤** 송 규 동***
Yu, Ha-Nui Lee, Ju-Yun Song, Kyoo-Dong

Abstract

Studies on daylighting of buildings have been continuously increased due to the recent escalating oil price and low-carbon strategies in developed countries. Daylighting of buildings not only saves electric energy, but provide the occupants with a comfort visual environment. Atrium spaces are adopted by many modern buildings to improve daylight performance of deep interior spaces. Among the various types of atria, the four-sided type atrium is frequently adopted by library buildings, governmental buildings and office buildings.

This study aims to suggest daylighting design data for adjacent occupied spaces by conducting dynamic simulations using Daysim program. Daylight Factor(DF), Daylight Autonomy(DA) and Useful Daylight Illuminance(UDI) levels for 12 measurement points in adjacent occupied spaces were calculated for square-shape four-sided atria with different SAR(Section Aspect Ratio) and different canopy transmittance.

키워드 : 아트리움, 자연채광, 투과율, 기상데이터, 주광율, DA

Keywords : Atrium, Daylighting, Transmittance, Weather Data, Daylight Factor, Daylight Autonomy

1. 서 론

최근 고유가 저에너지 시대에 접어들면서 건축물의 실내 자연채광의 유입에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 건물의 자연채광 유입은 에너지절약 뿐만 아니라 재실자에게 쾌적한 빛환경을 제공하는 역할을 한다. 특히 아트리움의 경우 외부와 면하는 공간에 비해 태양열을 적극적으로 이용할 수 있다는 장점이 있기 때문에 많이 이용되고 있다.¹⁾ 그 중 중정형 형식으로 많이 쓰이는 4면형 아트리움은 건물 내부에 자연채광 유입이 용이하여 도서관, 공공기관, 사무소건물 등에 많이 이용되고 있다.

4면형 아트리움중 정방형 바닥형태에 대한 기존의 연구를 살펴보면, 축소모형실험을 통한 연구, 기본적 이론계획에 관한 연구, 캐노피변화에 관한 연구 등이 있으나 시뮬레이션을 이용한 높이와 투과율 변화에 따른 실내공간의

자연채광분석에 관한 연구는 찾아보기 힘든 실정이다.

이러한 배경으로 본 연구는 그림1의 연구 흐름도와 같이 연구동향, 아트리움의 종류 및 특성, 기상데이터에 따른 자연채광 특성에 관한 이론고찰을 한 후 4면형 아트

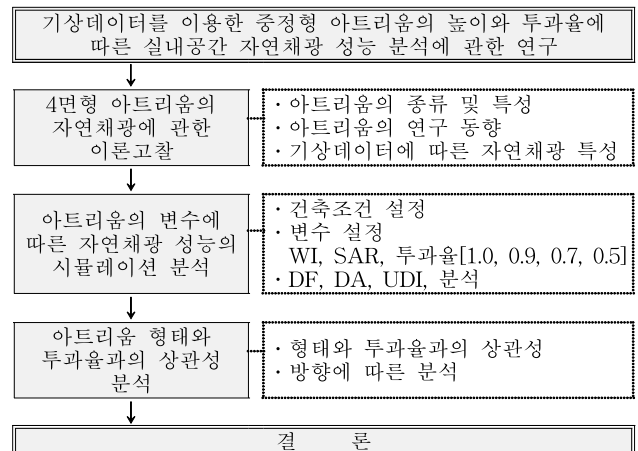


그림 1. 연구 흐름도

* 한양대학교 건축환경공학과 석사과정 (hwind@hanyang.ac.kr)
 ** 한양대학교 건축환경공학과 박사과정 (juyoonlee@hanyang.ac.kr)
 *** 교신저자, 한양대학교 건축학부 부교수 (kdsong@hanyang.ac.kr)

리움의 실내 공간의 자연채광 분석을 목적으로 아트리움의 변수(투과율, 높이)에 따른 요소(DF, DA, UDI)를 시뮬레이션을 통해 결과를 도출하였다. 이러한 결과를 바탕으로 바닥형태가 정방형인 4면형 아트리움의 높이와 너비의 비율과 투과율 및 방향에 따른 상관성 및 자연채광성능 분석에 관한 최종 결론을 도출하였다.

2. 기본이론 검토

2.1 Atrium

아트리움은 형태적 특징을 고려해 볼 때 주로 상부로부터 빛을 받고 수직적 방향성을 갖는 공간이다. 건축 기능상으로 아트리움은 내부와 외부 또는 내부 공간들 사이의 완충 공간이며 건물 전체 구성의 핵으로서의 공간임과 동시에 도시 또는 자연 등의 외부 환경을 불러들이는 공간이다.²⁾

아트리움의 공간을 분류할 때 그림2와 같이 아트리움을 둘러싸는 건물의 형상에 따라 1면형, 2면형, 3면형, 4면형, 선형아트리움으로 단순형 아트리움을 분류할 수 있다. 단순형 아트리움은 단순 기능의 건물에서부터 규모가 큰 복합 기능을 지닌 건물까지 적용되는 장점을 가지고 있다.

그림3은 4면형 아트리움의 일반화된 형상을 나타낸다. 4면형 아트리움에 적용이 가능한 식1의 광정지수(WI, Well Index)는 높이와 너비의 비율을 나타내는 것으로 아트리움의 형태를 결정지며, PAR(Plan Aspect Ratio)과 SAR(Section Aspect Ratio)로 나누어진다. 식2의 SAR은 너비에 대한 높이비를 나타내며 아트리움의 단면비를 결정하는 요소이고, 식3의 PAR은 길이에 대한 너비의 비로 아트리움의 평면비를 결정하는 요소이다.

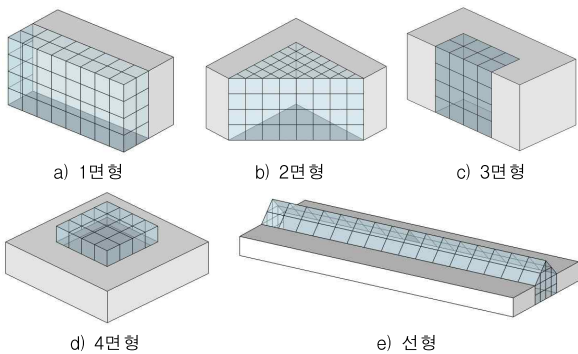


그림 2. 아트리움 방식의 분류

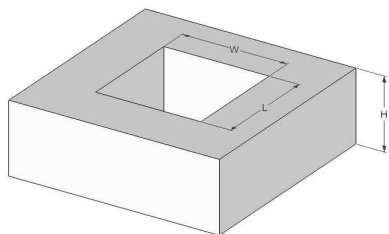


그림 3. 4면형 아트리움의 일반화된 형상

$$WI = \frac{H(L+W)}{2LW} \dots\dots\dots(1)$$

$$SAR = \frac{H}{W} \dots\dots\dots(2)$$

$$PAR = \frac{W}{L} \dots\dots\dots(3)$$

2.2 자연채광 평가방식

주광율(DF, Daylight Factor)은 외부 수평면 조도에 대한 실내 수평면 작업면 조도의 비율을 나타내며 일반적으로 자연채광 평가하는데 가장 많이 사용하는 방식이다. 주광율은 담천공 상태에서 평가하기 때문에 태양의 위도와 고도가 고려되지 않기 때문에 정적 시뮬레이션이라고 한다.

반면, 연간 기상데이터를 기반으로 태양의 방위각, 고도각 및 직달일사를 고려하여 자연채광을 평가할 수 있는 동적 시뮬레이션 방식으로 DA(Daylight Autonomy)와 UDI(Useful Daylight Illuminance)가 있다. DA는 하루 일과 시간인 8시부터 18시를 기준으로 연간 기준조도를 자연채광만으로 초과 하는 시간을 %로 나타내는 방식이다. UDI는 DA와 유사한 개념이지만 열획득과 눈부심을 고려하여 연간 하루 일과시간 중 기준조도(100lx 미만, 100lx ~ 2000lx, 그리고 2000lx 초과)의 범위 안에 얼마만큼 만족하는지를 %로 나타내는 방식이다. 본 연구에서는 DA 평가 조도범위는 500lx이상, UDI 평가 조도범위는 100lx ~ 2000lx, 2000lx초과 두 가지를 평가하였다.

3. 분석방법 및 조건

3.1 시뮬레이션

국내·외 자연채광 성능 분석 프로그램 중 가장 정확성을 가지고 있는 Radiance프로그램은 몬테카를로 방법과 광선추적기법에 기본 바탕을 둔 역광선추적기법을 기초로 한 미국 국립 Lawrence Berkeley Laboratory(LBL)에서 개발한 프로그램이다. 그러나 Radiance프로그램은 unix 환경의 워크스테이션급 컴퓨터에서 적합하게 사용할 수 있는 프로그램이기 때문에 다루기 쉽지 않다.³⁾

반면, Ecotect프로그램과 연동되는 Daysim프로그램은 Radiance 프로그램과 동일한 엔진기반의 광선추적기법을 이용하고 기상데이터를 적용하여 동적시뮬레이션을 쉽게 분석할 수 있는 장점을 가지고 있다.

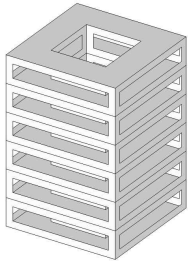
본 연구는 Ecotect 프로그램을 이용하여 모델링을 한 후, EnergyPlus에서 제공하고 있는 인천(위도:37.5, 경도:126.6) 지역의 1년 동안 기상데이터를 적용한 Daysim프로그램을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

3.2 대상건물조건 설정

여러 가지 변수에 따른 시뮬레이션 결과를 도출하기 위하여 표1과 같은 모델링 개요에 따른 시뮬레이션을 실시하였다. 투과율의 변화에 따른 특성을 알아보기 위하여 건물, 창문, 캐노피의 크기, 실내외 마감재의 반사율과 같은 건물의 속성은 고정시키고 유리속성은 실내외 창문의

유리는 5mm 투명유리로 캐노피의 투과율은 1, 0.9, 0.7, 0.5로 변수를 주었다. 그림4는 시뮬레이션 모델링의 입면도, 평면도, 외측 창 및 내측 창의 상세도를 나타낸다.

표 1. 시뮬레이션 모델링 개요

구분	조건	
건물 속성	 <ul style="list-style-type: none"> · 평면 크기 : 16m*16m · 층고 : 4m*6층 = 24m · 캐노피 : 8m*8m · 외측 창 : 14m*2m · 내측 창 : 6m*2m 	
	천장, 바닥, 벽 반사율	0.1%
유리 속성	외측 창, 내측 창	5mm 투명유리
	캐노피 투과율	1.0, 0.9, 0.7, 0.5

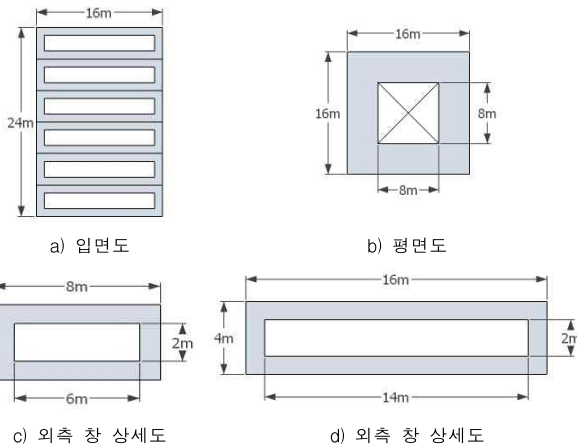


그림 4. 시뮬레이션 모델링 상세도

3.3 분석요소

표2는 시뮬레이션 조건을 나타낸다. DF, DA, UDI값을 각 층 바닥면 위 0.6m에서 측정하였으며, 시뮬레이션 변수로는 PAR은 1로 고정시킨 후 WI, SAR값을 변화시켰다. 그림5는 시뮬레이션 데이터 값의 측정 지점을 나타낸 것이다. 창문에서 1m간격으로 한 방향 당 3개의 포인트 지점 즉, 12포인트 지점을 측정하였다. 그림6은 담천공에서 Radiance 주광율을 6층높이에서 바라보았을 때의 이미지를 나타낸 것이고 그림7은 청천공에서 Radiance 조도분포를 그림6과 동일하게 6층높이에서 바라보았을 때의 이미지를 나타낸 것이다.

표 2. 시뮬레이션 조건

구분	조건	
측정 위치	바닥면 위 0.6m , 동서남북 1m간격 , 한 층당 12포인트지점 측정	
분석값	DF (%), DA (%), UDI (%)	
조건 (변수)	WI	1F-0.5, 2F-1, 3F-1.5, 4F-2, 5F-2.5, 6F-3
	SAR	1F-2, 2F-1, 3F-0.67, 4F-0.5, 5F-0.4, 6F-0.34
	PAR	고정값 1

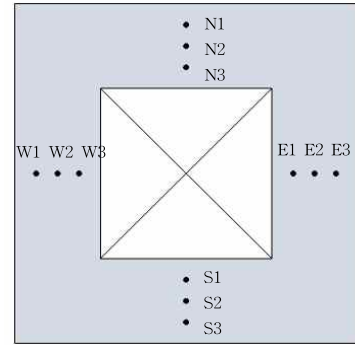


그림 5. 시뮬레이션 데이터 값 측정 지점

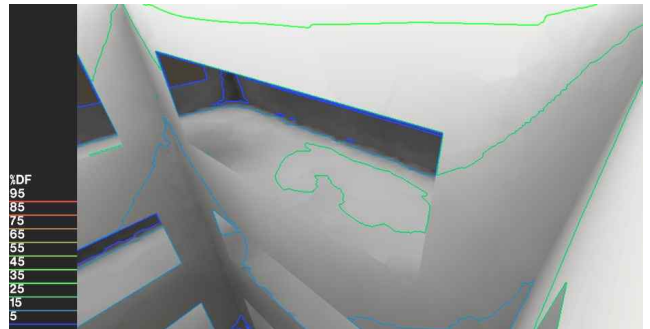


그림 6. 담천공에서_RADIANCE 주광율

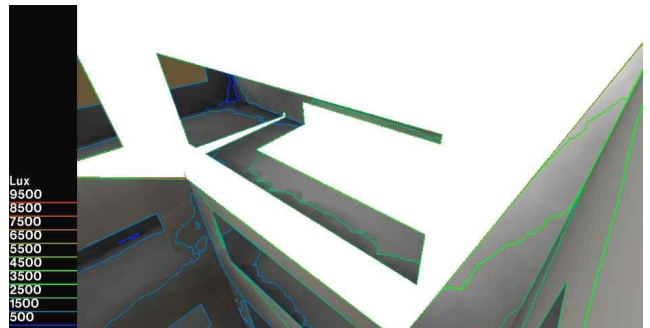


그림 7. 청천공에서_RADIANCE 조도분포

4. 연구결과

4.1 투과율 변화에 따른 DF

그림8~그림11은 투과율이 각각 1.0, 0.9, 0.7, 0.5일 때의 각 포인트지점의 주광율을 나타낸다. 전체적으로 기존의 연구에서 제시된 아트리움 공간에서의 적정 주광률 5%이상은 전부 만족하는 것으로 나타났다.

실내아트리움부분을 통해 유입되는 DF값보다 외주부와 면한 부분으로 들어오는 DF값이 높았으며, WI값이 작고 SAR값이 클수록 실내아트리움부분을 통해 들어오는 DF값의 수치변화는 컸다. 담천공일 때의 주광률평가기 때문에 동서남북 방향에 상관없이 아트리움부분에서 외주부로의 추세가 비슷하게 나타났다. DF는 투과율이 높을수록 WI가 작을수록 값의 변화가 컸으며, 아트리움부분으로 갈수록 전체적으로 높았다. 하지만 WI가 클수록 투과율에 상관없는 DF값의 변화를 나타낸다.

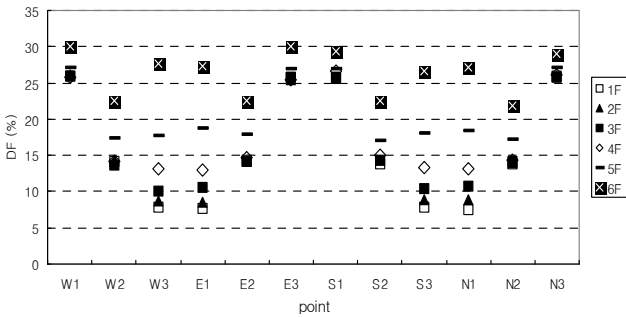


그림 8. 투과율 1.0일 때의 주광률

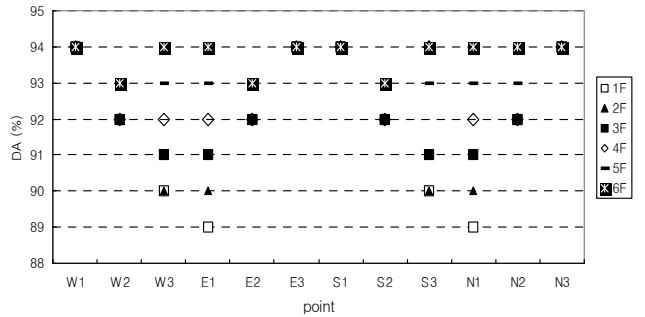


그림 12. 투과율 1.0일 때의 DA

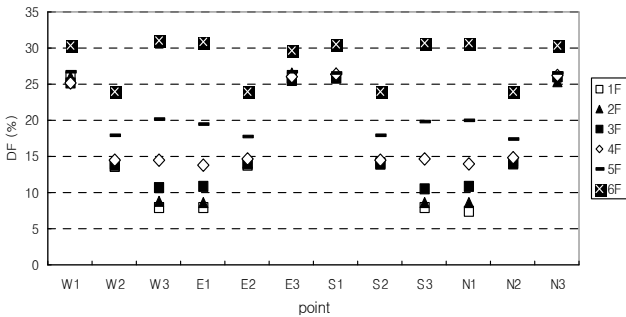


그림 9. 투과율 0.9일 때의 주광률

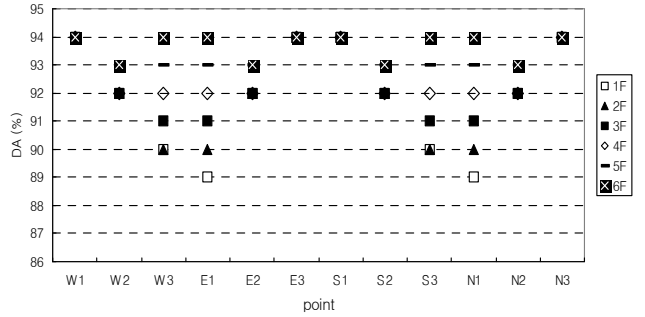


그림 13. 투과율 0.9일 때의 DA

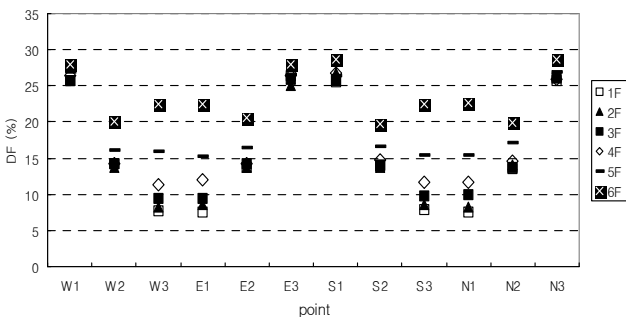


그림 10. 투과율 0.7일 때의 주광률

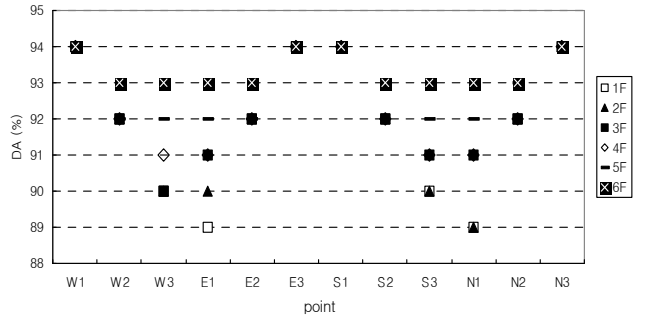


그림 14. 투과율 0.7일 때의 DA

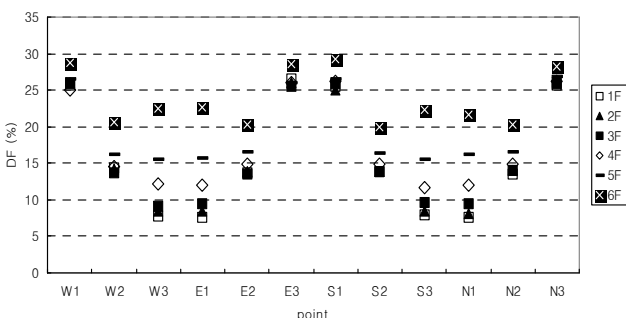


그림 11. 투과율 0.5일 때의 주광률

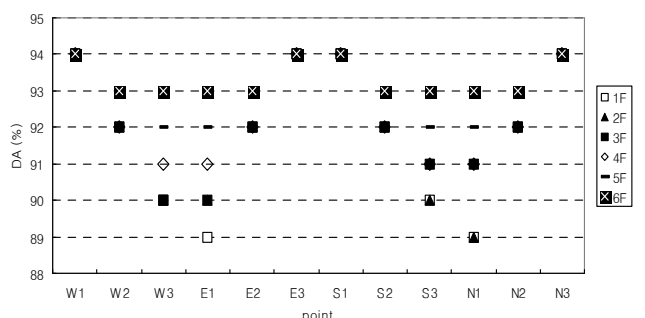


그림 15. 투과율 0.5일 때의 DA

4.2 투과율 변화에 따른 DA

그림12~그림15는 투과율이 각각 1.0, 0.9, 0.7, 0.5일 때의 각 포인트지점의 DA를 나타낸 것이다. Daysim프로그램을 이용한 DA평가 조도범위는 500lx이상을 기준으로 하였다. 실내아트리움부분과 외주부 모두 개방되어있는 상태이기 때문에 전체적으로 89%~94%의 높은 수치를 나타내는 것으로 보인다. 투과율의 변화에는 큰 차이를 보이지 않으며, 동서방향을 비교해 볼 때 대칭인 경향을

보이지만 남북방향은 WI값이 높은 경우 대칭인 경향을 보였으며 WI값이 낮은 경우 남쪽방향이 약간 높은 수치를 나타내고 있다.

4.3 투과율 변화에 따른 UDI > 2000

그림16~그림19는 투과율이 각각 1.0, 0.9, 0.7, 0.5일 때의 각 포인트지점의 2000lx이상의 UDI값을 나타낸 것이다. WI값이 클수록 전체적으로 70%를 상회하는 값을 나

타내며, WI값이 낮을수록 실내아트리움부분의 UDI값은 낮아졌다.

투과율의 변화에는 큰 차이를 보이지 않으며, 동서방향을 비교해 볼 때 대칭인 경향을 보이지만 남북방향은 WI값이 높은 경우 대칭인 경향을 보였으며 WI값이 낮은 경우 실내아트리움부분의 남쪽방향이 약간 높은 수치를 나타내고 있다.

4.4 투과율 변화에 따른 UDI 100-2000

그림20~그림23은 투과율이 각각 1.0, 0.9, 0.7, 0.5일 때의 각 포인트지점의 100lx이상 2000lx미만의 UDI값을 나타낸 것이다. 전체적으로 2000lx이상의 UDI값과 반대의 경향을 보인다. 이는 WI값이 클수록 전체적으로 30%를 밑도는 추세를 보이며, WI값이 낮을수록 실내아트리움부분의 UDI값은 높아졌다. 투과율의 변화에는 큰 차이를 보

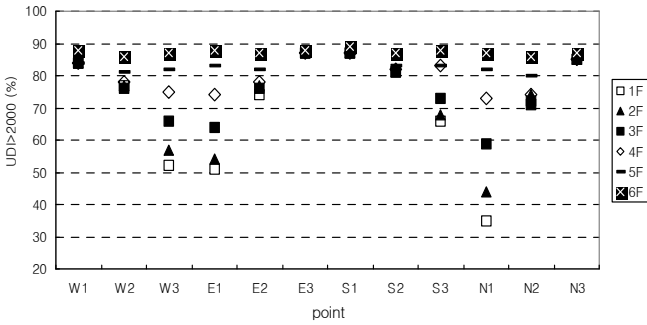


그림 16. 투과율1.0일 때의 UDI >2000lx

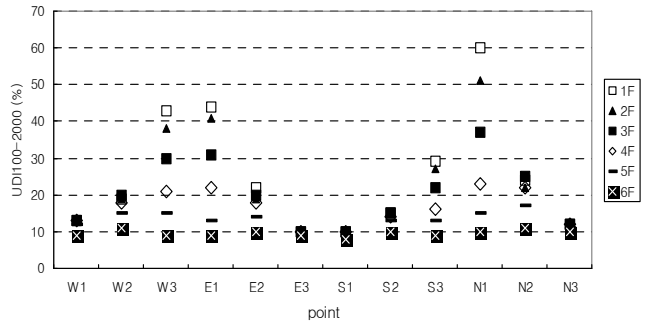


그림 20. 투과율1.0일 때의 UDI 100-2000lx

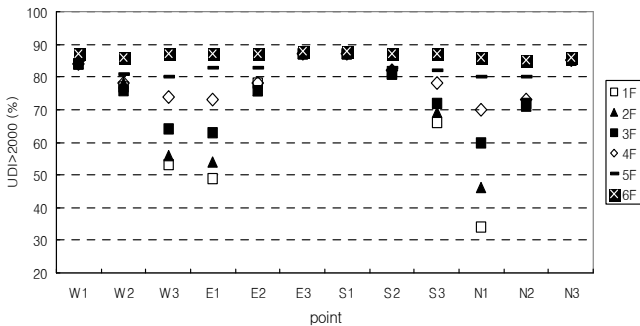


그림 17. 투과율 0.9일 때의 UDI >2000lx

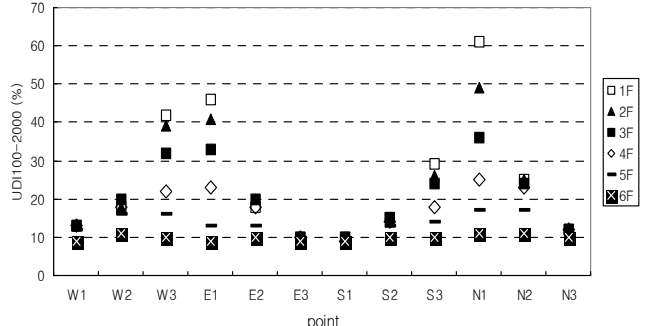


그림 21. 투과율 0.9일 때의 UDI 100lx-2000lx

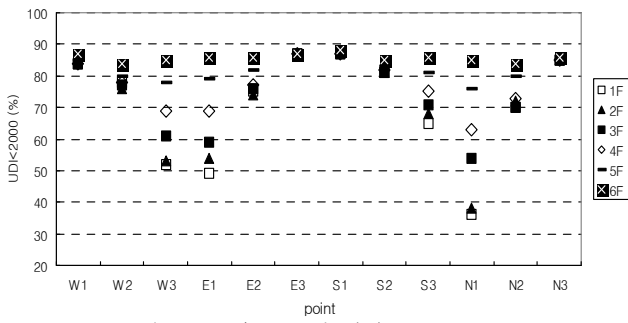


그림 18. 투과율 0.7일 때의 UDI >2000lx

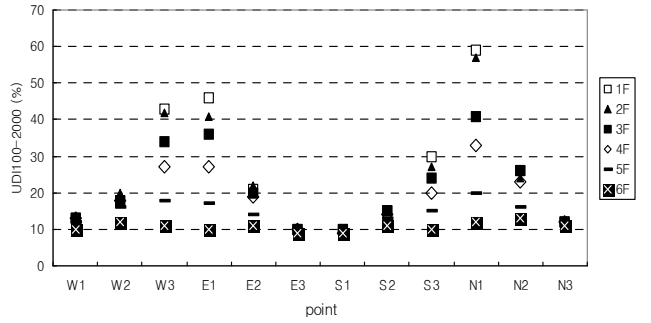


그림 22. 투과율 0.7일 때의 UDI 100lx-2000lx

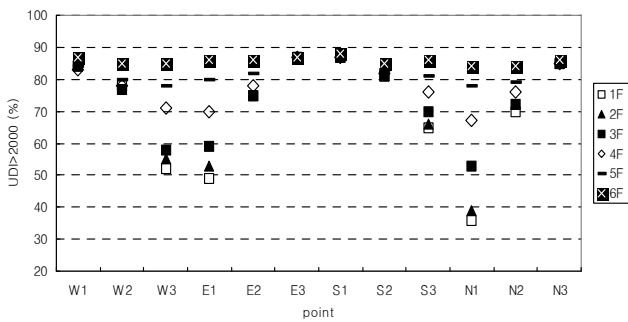


그림 19. 투과율 0.5일 때의 UDI >2000lx

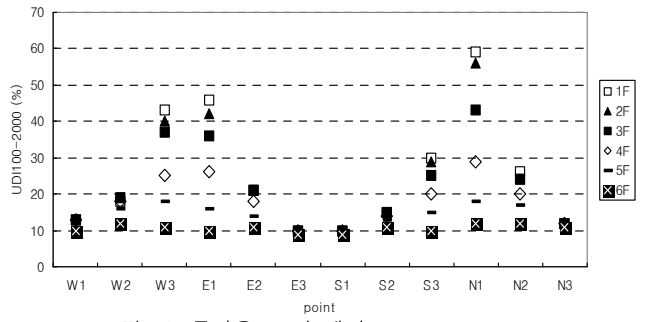


그림 23. 투과율 0.5일 때의 UDI 100lx-2000lx

이지 않으며, 동서방향을 비교해 볼 때 대칭인 경향을 보이지만 남북방향은 WI값이 높은 경우 대칭인 경향을 보였으며 WI값이 낮은 경우 실내아트리움부분의 남쪽방향이 약간 높은 수치를 나타내고 있다.

5. 결론

아트리움의 수요가 증가함에 따라 자연채광성능의 예측 및 평가기술은 에너지 절약뿐만 아니라 재실자에게 외부 자연환경을 느낄 수 있게 하여 보다 쾌적한 실내공간을 제공할 수 있다. 본 연구에서는 4면형 아트리움의 실내공간의 자연채광분석을 위하여 아트리움 캐노피의 투과율, WI에 따른 DF, DA, UDI값을 Daysim프로그램을 통해 결과를 도출하였다. 분석 결과는 다음과 같다.

1) DF

시뮬레이션 결과 값은 기존의 연구에서 제시된 아트리움 공간에서의 적정 주광률 5%이상 전부 만족하였다. 담천공일 때의 평가이기 때문에 동서남북 방향에 상관없이 아트리움부분에서 외주부의 추세가 비슷하게 나타났다. 실내아트리움부분을 통해 유입되는 DF값보다 외주부와 면한 부분으로 들어오는 DF값이 높았으며, WI값이 작고 SAR값이 클수록 실내아트리움부분을 통해 들어오는 DF값의 수치변화는 컸다. DF는 투과율이 높을수록 WI가 작을수록 값의 변화가 컸으며, 아트리움부분으로 갈수록 전체적으로 높았다. 하지만 WI가 클수록 투과율에 상관 없는 DF값의 변화를 나타낸다.

2) DA

Daysim프로그램을 이용한 DA평가 조도범위는 500lx 이상을 기준으로 하였다. 시뮬레이션 결과 평가 조도범위 500lx를 모두 만족하였다. 투과율의 변화에는 큰 차이를 보이지 않았으며, WI값은 동서방향을 비교해 볼 때 대칭인 경향을 보이지만 실내아트리움 부분을 통해 유입되는 DA값은 서쪽방향이 조금 더 높은 수치를 나타내었다. 남북방향은 WI값이 높은 경우에만 대칭인 경향을 보였다. WI값이 낮은 경우 남쪽방향이 약간 높은 수치를 나타내고 있었다.

3) UDI

각 포인트지점의 2000lx이상의 UDI값은 WI값이 클수록 전체적으로 70%를 상회하는 값을 나타내며, WI값이 낮을수록 실내아트리움부분의 수치는 낮아졌다. 투과율의 변화에는 큰 차이를 보이지 않으며, 동서방향을 비교해 볼 때 대칭인 경향을 보이지만 남북방향은 WI값이 높은 경우 대칭인 경향을 보였다. WI값이 낮은 경우 실내아트리움부분의 남쪽방향이 약간 높은 수치를 나타내고 있었다. 그러나 100lx이상 2000lx미만의 UDI값의 경우 투과율의 변화에는 2000lx이상일 때의 UDI값과 같이 큰 차이를 보이지 않지만, WI값의 경우 전체적으로 2000lx이상의 UDI값과 반대의 경향을 보인다.

자연채광 성능평가라 하더라도 각각의 기준 즉, DF, DA, UDI값의 결과에 따라 다른 추이를 보이기 때문에

정적시뮬레이션뿐만 아니라 동적시뮬레이션도 함께 고려한 평가가 수행되어야 할 것이다. 또한, 주간시간대에 자연채광을 최대한 도입하고 부족한 조도는 인공조명으로 보조하여 에너지 비용을 절감해야 할 것이다.

향후 다양한 아트리움 캐노피 형태와 WI값을 고려한 연구를 진행하여 4면형 아트리움에서의 자연채광 성능을 평가할 수 있는 방안을 제시해야 할 것이다.

감사의 글

“이 논문은 교육과학기술부 우수연구센터육성사업인 친환경건축연구센터의 지원으로 수행되었음”

(R11-2005-056-02003-0)

참고문헌

- 4면형 아트리움 건물의 자연채광 계획에 관한 연구/ 김진명/ 중앙대학교 대학원 석사학위논문/ 2003. 12.
- 다목적 아트리움의 자연채광성능 평가기술-축소모형실험을 중심으로-/ 송규동 /조명전기설비학회지 특집: 대형 다목적 공간의 조명설계 제10권 제5호/ 1996. 6.
- RADIANCE Engine을 이용한 인터넷 웹기반 가시화 시스템 개발/ 한양대학교/ 건설교통부, 한국건설교통기술평가원 2001년 산학연 공동연구개발사업 최종보고서/ 2004. 1.
- 아트리움 건물의 중정 내부 발코니의 채광 특성에 관한 연구 /김관, 구재오/ 대한건축학회논문집 계획계 21권7호(통권201호)/ 2005. 7.
- 기상데이터 기반 동적 자연채광 시뮬레이션을 이용한 유용조도 분석에 관한 연구/ 고동환/ 대한건축학회논문집 26권 제6호 pp.321-331/ 2010. 6
- Useful daylight illuminances; A replacement for daylight factors/ Azza Nabil, John Mardaljevic/ Energy and Buildings / 2006.
- Daylighting in atria: The effect of atrium geometry and reflectance distribution/S Samant, F Yang/ Lighting Research and Technology/ 2007.
- Daylight prediction in atrium buildings/ Paul Littlefair/ Solar Energy/ 2002. 4
- Illuminance levels and luminance distributions in sunlit atria with different canopy systems and well configurations/ Kyoo Dong Song/ Texas A&M University, Doctor of philosophy / 1993. 12.

투고(접수)일자: 2010년 8월 23일

심사일자: 2010년 8월 31일

게재확정일자: 2010년 10월 13일