

아트리움의 열성능평가 및 환경설계기법에 관한 연구

A Study on the Thermal Performance Evaluation and Environmental Design Strategies for Atriums

배 재원* (중앙대 대학원 건축공학과), 이 연구(중앙대 건축학과 교수)

Abstract

The study aims to present environmental design strategies for atrium buildings with regard to their thermal performance. A computer simulation was conducted to investigate the energy loads of various types of atriums. The temperature variation patterns of various atriums which are not air-conditioned but functions as thermal buffer were also examined. The result of the study can be usefully employed by both architects and engineers designing atrium spaces.

1. 서론

최근 들어 아트리움을 이용한 새로운 형태의 건축물들이 건축가와 일반인들 사이에 커다란 관심을 끌면서 빠르게 보급되고 있다. 아트리움을 이용한 건물은 아트리움의 공간적 특성에 따른 문화적, 경제적, 기능적 이익들과 함께 시각적인 감동과 신선감을 제공한다. 그러나, 아트리움이 갖고 있는 가장 기본적인 기능은 아트리움 공간을 통하여 모건물의 환경 조건을 조절함으로써 에너지를 절약하고 쾌적 환경을 조성하는 것이다.

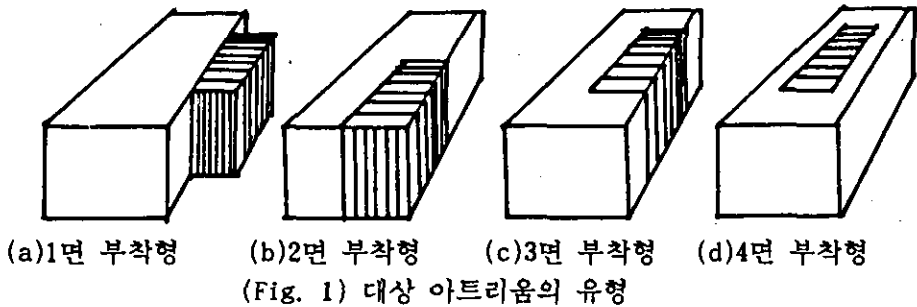
그러나, 최근 건립된 많은 아트리움 건물에서는 오히려 환경의 악화와 에너지 소비 증가 현상이 나타나는 경우가 빈번하고, 이를 해결하기 위하여 막대한 유지 관리 비용이 소요되고 있으며, 그 결과 아트리움을 단지 시각적 쾌감만을 위한 낭비적 요소로 인식하는 경우가 많다. 특히, 아트리움의 열환경 문제는 여름철의 과열 현상, 공간 내의 과도한 온도 차이, 계절에 따른 심한 온도 변화 등으로 인하여 제어에 어려움을 겪고 있으나, 이에 대한 체계적인 대안을 제시하는 연구는 아직까지 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 다양한 아트리움의 유형을 대상으로 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 에너지 부하와 공간의 온도 변화 패턴을 분석해 봄으로써 아트리움의 열적 특성을 파악하고, 이에 따라 각 유형별로 아트리움의 환경 설계 기법을 체계화

함으로써 아트리움 본래의 기능인 환경 조절과 에너지 절약의 효과를 극대화시킬 수 있는 설계 자료를 제시하고자 한다.

2. 시뮬레이션의 대상 및 범위

아트리움의 종류 및 형태는 다양하지만 본 연구에서는 일반적으로 가장 많이 설계되고 있는 다음의 4가지 유형에 대하여 시뮬레이션을 실시하였다.(Fig. 1).



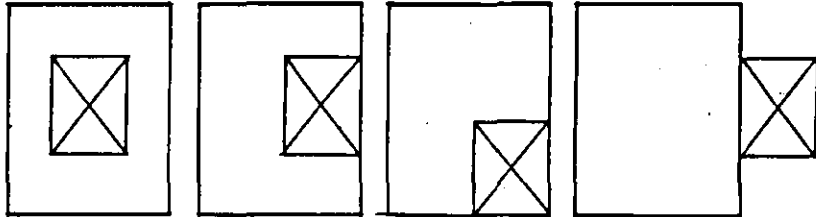
일반적으로 국내에 건설되는 아트리움은 높이 20m 이하의 중소형이 대부분이므로 본 연구에서는 시뮬레이션의 기본 모델로서 이미 측정 자료가 확보되어 있는 4면 부착형 아트리움의 S대학 J연구소를 선택하였으며, 이를 근거로 같은 규모의 다양한 유형의 아트리움에 대해 설계시 적용 가능한 각종 변수를 대입하여 열성능 및 자연 실온의 변화를 조사하였다.

3. 컴퓨터 Program의 고찰

건물의 에너지 성능을 분석하는 방법은 간이 해석 방법에 의한 수계산에서부터 정밀 해석 방법으로 대형 컴퓨터를 이용하는 전산 프로그램까지 다양하다. 본 연구에서는 아트리움 공간의 에너지 부하와 온도 변화 패턴을 분석하기 위해서 정밀 해석 프로그램의 일종인 "QUICK" 프로그램을 사용하였다. "QUICK" 프로그램은 University of Pretoria에서 개발한 범용 프로그램으로 Thermal Network 기법에 의해 시간당 열류 해석을 하며, 월간 냉난방 부하, 연간 냉난방 부하 및 냉난방 기준일의 시간당 실내 온도 분포를 계산한다. 이 프로그램은 각종 실측 자료를 비롯하여 DOE-2 및 ESP와 같은 대형 프로그램과의 비교를 통하여 신뢰성을 검증받았으며 세계 34개국 133개의 연구 기관이 사용하고 있다.

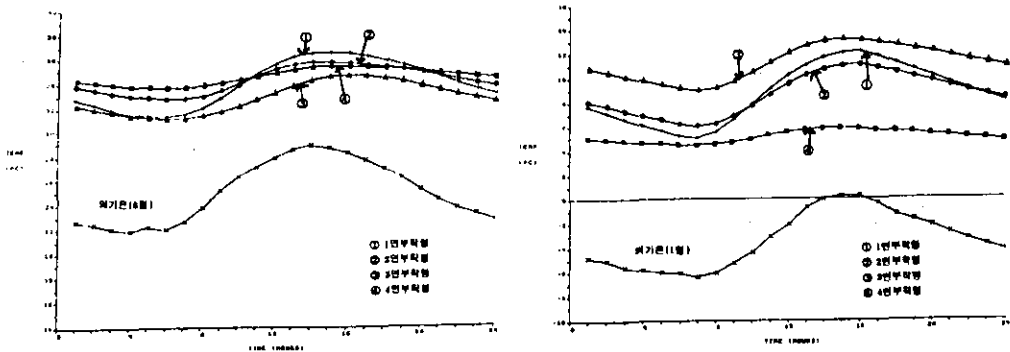
4. 아트리움의 유형별 열성능 분석

본 연구에서는 우선 대부분의 아트리움이 남향으로 설계되고 있는 점을 감안하여 여러 유형의 아트리움 중에서 (Fig. 2)와 같은 4가지 아트리움의 유형에 대하여 기본 모델의 구성에 준하여 시뮬레이션을 실시하였다.



(a) 4면 부착형 (b) 3면 부착형 (c) 2면 부착형 (d) 1면 부착형
(Fig. 2) 아트리움의 유형별 열성능 분석 대상

4가지 유형의 아트리움 공간에 있어서 8월달 평균 자연 실온의 분포를 살펴 보면, 여름철에 남향 아트리움 공간은 근본적으로 과열 현상이 발생하는 것을 알 수 있다. 각 유형에 따라 약간의 차이는 있으나 외기온보다 평균 9.2℃~7.6℃ 정도 실내 기온이 상승하며, 특히 1면형 아트리움의 경우에는 낮 최고 온도가 36.5℃까지 상승하여 과열 현상이 가장 심한 것으로 나타났다. 여름철 실내 온도 분포가 비교적 가장 낮은 것은 남서향의 2면 부착형 아트리움이며, 온도 분포가 가장 일정한 것은 4면 부착형 아트리움이지만 역시 과열 현상은 발생하고 있다. 따라서 여름철 과열 현상을 최소화하기 위해서는 적절한 환경 설계 기법의 도입이 필수적이다(Fig. 3).



(a) 8월달 평균 자연 실온 분포 (b) 1월달 평균 자연 실온 분포
(Fig. 3) 기본형 아트리움의 유형별 온도 분포

기본형 아트리움의 유형별 1월달 평균 기온 분포를 살펴 보면 남향의 3면 부착형 아트리움의 경우 남면창을 통한 일사 획득과 외벽을 통한 열손실의 감소로 인해 외기온보다 평균 14.2℃가 높은 우수한 열성능을 나타내고 있다. 1면 부착형과 2면 부착형은 서로 유사한 온도 패턴을 나타내는 반면, 4면 부착형은 일정한 온도 분포를 보이기는 하지만 겨울철의 일사 획득량이 적기 때문에 전반적으로 온도가 낮게 나타나고 있다(Fig. 3).

<Table 1>은 아트리움의 유형별 에너지 부하를 나타내고 있다. 여기서 계산된 에너지 부하는 공조 설비를 통하여 아트리움 공간의 온도를 겨울철에는 21℃, 여름철에는 26℃를 유지하는 것으로 가정한 것이다.

냉난방 부하가 가장 낮게 나타나는 아트리움의 유형은 4면 부착형으로서, 그 이유는 외기에 면한 유리창의 면적이 다른 유형에 비해 월등히 작기 때문이다. 에너지 부하의 크기는 3면 부착형, 2면 부착형, 1면 부착형의 순서로 증가하는데, 특히 남향의 1면 부착형인 경우 4면 부착형에 비해 연간 냉방 부하는 3.6배, 연간 난방 부하는 1.75배가 높은 것으로 나타났다. 따라서, 만일 아트리움 공간에 건물의 주기능을 수용하여 공조하는 경우에는 4면 부착형이 가장 에너지 절약적이며, 1면 부착형은 에너지의 낭비가 과다하게 된다.

<Table 1> 기본형 아트리움의 연간 에너지 부하
단위 MJ/M²

	4면부착형		1면부착형		2면 부착형		3면 부착형	
	냉방 부하	난방 부하	냉방 부하	난방 부하	냉방 부하	난방 부하	냉방 부하	난방 부하
1월	0.00	437.29	0.00	761.74	0.00	678.49	0.00	575.17
2월	0.00	361.61	0.00	638.10	0.00	564.56	0.00	477.19
3월	0.00	187.80	0.00	353.72	0.00	321.87	0.00	258.75
4월	0.00	66.84	0.61	117.61	0.00	113.46	0.00	77.66
5월	117.46	11.46	587.15	11.46	509.63	11.46	492.04	11.46
6월	185.80	0.00	680.30	0.00	596.38	0.00	557.65	0.00
7월	203.78	0.00	623.42	0.00	539.32	0.00	493.65	0.00
8월	224.63	0.00	697.61	0.00	605.37	0.00	560.32	0.00
9월	148.14	0.00	585.59	0.00	504.29	0.00	471.56	0.00
10월	0.00	34.79	0.91	55.24	0.00	44.92	0.00	34.79
11월	0.00	224.59	0.00	407.60	0.00	360.54	0.00	298.78
12월	0.00	410.92	0.00	698.65	0.00	622.33	0.00	532.94
Total	879.80	1735.30	3175.59	3044.12	2755.01	2717.62	2574.93	2266.75

5. 아트리움의 환경 설계 기법

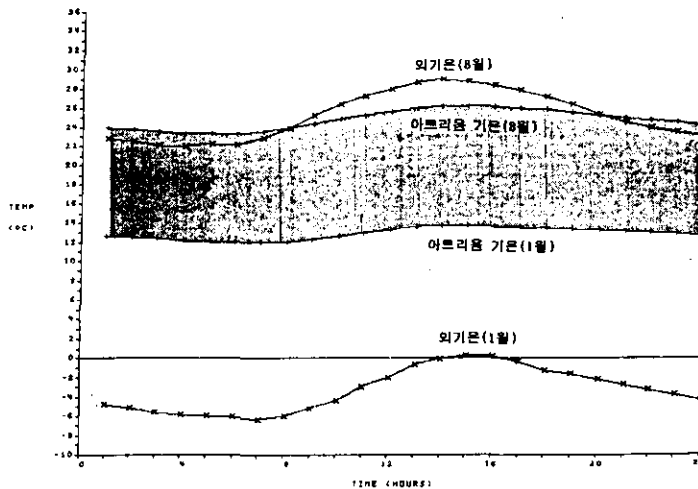
5.1 4면 부착형 아트리움

4면 부착형 아트리움에서는 먼저 천창의 재료를 변화시켰을 때의 온도 변화

를 살펴 보았다. 반사 유리를 사용함으로써 여름철의 자연 실온을 평균 약 7.6℃ 낮출 수 있으므로 과열 현상은 어느 정도 방지되지만, 반사 유리는 겨울철 일사를 차단하므로 겨울철의 실내 평균 기온 역시 약 5.9℃ 낮아지므로 바람직하지 않다. 파스텔 유리화 로이 유리를 사용하였을 경우에도 여름철 기온은 약간 하강하지만 겨울철의 기온도 비슷한 정도로 역시 낮아져 효율적이지 못한 것으로 나타났다. 따라서 일사의 계절적 조건은 유리창의 재료를 변화시키는 것보다 가동 차양 장치를 사용하는 것이 효과적일 것으로 보인다.

틈새 바람량의 변화에 따른 온도 변화를 고찰해 보면, 여름철에는 환기량이 증가할수록 실내 기온은 하강하지만 실내 기온을 외기온보다 낮추기는 어렵다. 환기 회수를 시간당 5회로 증가시켰을 때 내벽의 야간 냉각으로 인해 낮 동안 실내 기온이 외기온보다 약간 하강하는 것을 알 수 있다. 겨울철에는 틈새 바람량을 줄일수록 실내 기온은 상승한다. 4면 부착형의 경우 내벽의 면적비를 변화시키는 것은 실내 온도 변화에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다.

(Fig. 4)은 4면 부착형 아트리움의 최적 설계안에 대한 온도 변화로서, 천창은 투명 복층 유리를 사용하되 여름철에는 전동식 Roller Blind와 같은 가동 일사 조절 장치를 사용하여 과열을 방지하고 겨울철에는 이것은 야간 단열 장치를 사용하도록 하였다. 또한, 환기량을 여름철에는 자연 환기를 최대한 도입하여 환기 회수 시간당 5회로 늘리고 겨울철에는 기밀하게(환기 회수 0.3회로) 하였다. 이 때 여름철 실내 평균 기온은 약 25.2℃로 외기온과 거의 같게 되고 겨울철 실내 평균 기온은 약 13.1℃로 별도의 난방 장치 없이도 완충 공간의 역할을 원활히 할 수 있게 된다.

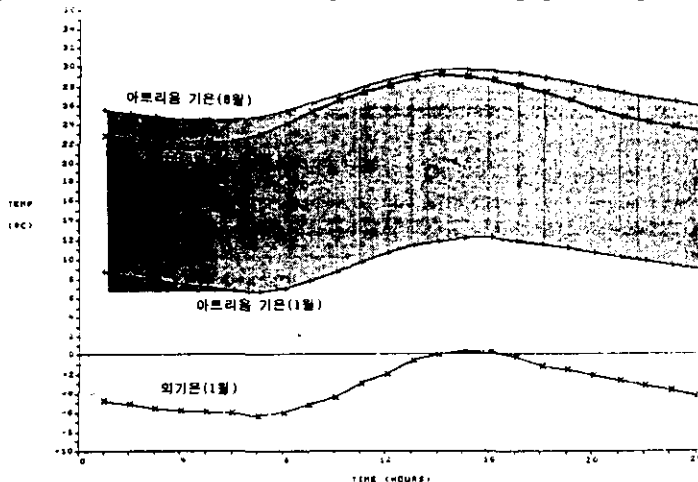


(Fig. 4) 최적 설계에 따른 온도 변화(4면 부착형)

5.2 1면 부착형 아트리움

1면 부착형 아트리움의 기본형에 있어서 향에 따른 열성능을 살펴 보면, 여름철의 온도 분포는 남향의 경우가 가장 열악하고 북향이 비교적 양호한 것으로 나타났으나 역시 과열 현상이 나타나고 있다. 겨울철에는 반대로 남향이 비교적 양호한 반면 북향이 가장 열악한 것으로 나타났다. 동서향의 경우에는 서향이 오후 시간의 일사로 인하여 비교적 동향보다는 온도가 높은 것을 알 수 있다. 즉, 1면 부착형 아트리움의 열성능은 향에 따라 전혀 다른 변화의 패턴을 보이므로 특정한 향이 우수한 열성능을 갖고 있다고 판단하기 어려우며, 설계 여건에 따라 설계자가 다양한 대안에 대한 정량적 평가를 실시하여야 한다. 본 연구에서는 4면 부착형과 동일한 방법으로 남향의 1면 부착형 아트리움에 대해 열환경을 최적화할 수 있는 대안을 평가하였다.

(Fig. 5)는 남향의 1면 부착형에 대한 최적 설계안의 온도 변화를 보여 주고 있다. 수직창은 모두 로이(Low-E) 유리로 하였고 수평 베이션 블라인드를 설치하여 과다한 일사 투과를 제어하도록 하였다. 천창은 모두 폐쇄하고 일반 지붕과 같은 구조로 하여도 자연 채광에는 문제가 없을 것으로 예상되지만, 건물의 형태를 고려하여 천창 면적을 1/2로 축소하였으며 전동식 Roller Blind를 설치하였다. 환기 회수는 여름철 5회/h, 겨울철 0.3회/h로 하였다. 이 때 여름철 실내 평균 기온은 약 27.3℃, 겨울철 약 9.7℃로 충분한 쾌적 환경을 유지하기는 어렵지만 기본 모델에서의 열악한 환경보다는 훨씬 향상된 환경 조건을 갖는다.



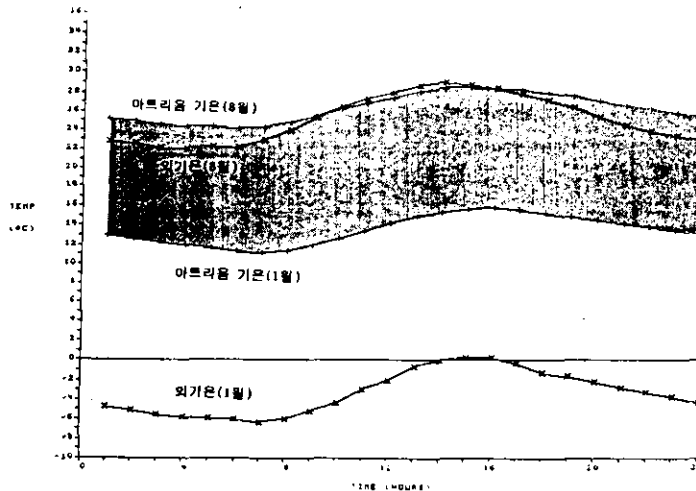
(Fig. 5) 최적 설계에 따른 온도 변화(남향 1면 부착형)

5.3 2면 부착형 아트리움

2면 부착형 아트리움의 기본형에 있어서 향에 따른 열성능을 살펴 보면, 여

름철의 온도 분포는 북동향이 약간 유리하고 겨울철에는 남서향이 훨씬 유리한 것을 알 수 있다. 그러나, 다른 유형과 마찬가지로 여름철에는 과열 현상이 발생하고 겨울철에는 낮은 온도 분포를 보이고 있다. 2면 부착형의 경우에는 남서향 아트리움에 대하여 최적 설계안을 제시하였다.

(Fig. 6)에 나타난 최적 설계안에서는 천창이 자연 채광의 확보와 건물의 형태에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단하여 천창 대신 일반 지붕과 같은 구조를 설치하였다. 또한 수직창은 모두 로이 유리를 채택하였으며, 서측에는 수직(vertical) 베니션 블라인드, 동측에는 수평(horizontal) 베니션 블라인드를 설치하도록 하였다. 환기 회수는 여름철 5회/h, 겨울철 0.3회/h로 정하였다. 이때, 여름철 평균 온도는 약 26.4℃, 겨울철에는 약 13.7℃로 여름철에는 쾌적 온도를 약간 상회하지만 겨울철에는 비교적 높은 온도를 나타냈다. 겨울철 평균 온도가 크게 상승하는 이유는 천창을 제거하고 단열된 지붕을 설치했기 때문인 것으로 판단된다.



(Fig. 6) 최적 설계에 따른 온도 변화(남서향 2면 부착형)

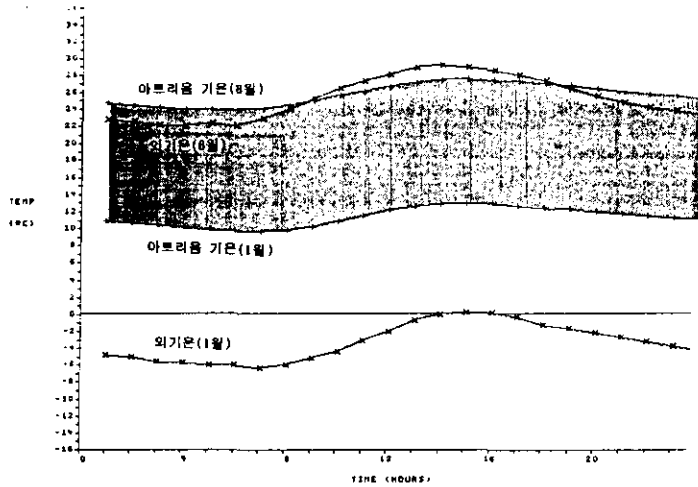
5.4 3면 부착형 아트리움

3면 부착형 아트리움의 열성능은 향의 변화에 따라 1면 부착형 아트리움과 유사한 변화 패턴을 보이며 비교적 큰 차이를 나타내고 있는데, 여름철에는 남향에서 가장 과열 현상이 크게 나타나고 서향-동향-북향의 순서로 과열 현상이 감소하고 있다. 또한 겨울철에는 여름과는 정반대로 남향은 비교적 양호한 열성능을 보이지만 서향-동향-북향으로 갈수록 낮아지고 있다.

3면 부착형의 최적 설계안은 남향에 대하여 제시하였는데, 천창은 투명 복층

유리에 전동식 Roller Blind를 설치하여 과도한 일사 투과를 막고 동시에 야간 단열 효과를 얻도록 하였다. 수직창은 모두 로이 유리로 하고 베니션 블라인드를 설치하여 일사를 제어하도록 하였으며 환기 회수는 역시 여름철 5회/h, 겨울철 0.3회.h로 하였다.

이와 같이 설계된 남향 아트리움에서는 여름철 평균 온도 25.6℃, 겨울철 평균 온도 12.3℃를 확보하게 돼 비교적 양호한 열환경을 유지하게 된다(Fig. 7).



(Fig. 7) 최적 설계에 따른 온도 변화(남향 3면 부착형)

6. 결론

컴퓨터 시뮬레이션의 결과, 환경 설계의 기법이 적용되지 않은 아트리움은 모든 유형에 있어서 여름철에 과열 현상이 발생하고 계절에 따른 온도 변화가 매우 크며 에너지 부하에 큰 차이가 있는 것을 확인하였다. 이에 따라 본 연구에서는 아트리움의 각 유형별로 대표적인 모델을 선정하여 아트리움 공간의 열환경을 최적화할 수 있는 환경 설계 기법을 제시하였다. 환경 설계의 변수로는 아트리움의 향, 유리창의 종류, 천창의 면적비, 내벽의 창면적비, 가동 차양 장치의 종류 및 설치 방법, 그리고 침기울 등이 포함된다.

본 연구에서는, 아트리움의 환경은 적절한 환경 설계의 기법을 적용할 경우 쾌적한 열환경을 확보할 수 있는 것을 확인하였다. 그러나 이와 같은 환경 설계의 기법은 모든 아트리움의 유형에 있어서 동일한 것이 아니라 유형에 따라 서로 다르기 때문에, 설계자는 계획 초기 단계에서 특정한 아트리움의 유형에 적합한 환경 설계 기법을 적용하고 그 결과를 정량적으로 분석할 것이 요구된다.

참고 문헌

1. 김 광우, 1992, '아트리움의 환경 계획', 건축가 124호, 한국 건축가 협회
2. 이 언구, 이 현호, 1993, '아트리움의 에너지 절약과 환경 조절 기능에 관한 연구', 태양 에너지 Vol.13, 2-3권, 태양 에너지 학회
3. 김 용인, 1994, '온도 분포 해석 모델을 이용한 아트리움의 열환경 계획에 관한 연구', 서울대 박사 학위 논문
4. 임 정아, 1992, '아트리움의 환경 계획-열환경을 중심으로-', 충북대 석사 학위 논문
5. Bednar, M. J., 1986, 'The New Atrium', McGraw-Hill Book Company
6. Saxson, Richard, 1986, 'Atrium Buildings', The Architectural Press
7. Saw, A., 1993, 'Energy Design for Architects', The Fairmont Press, Inc.