

**** 한국 전통주거의 기류 분석을 통한 자연통풍 설계 연구

Natural Ventilation Planning by Analysis on Air Velocity Property of a Traditional Korean House

최윤정*/ Choi, Yoon-Jung
김인선**/ Kim, In-Seon
허범팔***/ Hur, Bum-Pall

Abstract

This study is a preliminary research to develop design principles for environmentally friendly housing. The purposes of study are to investigate the literatures related passive design for summer and theory of ventilation, to analyze the indoor airflow patterns in traditional Korean house during summer, and to propose the design factors for effective passive cooling system. The analysis for airflow patterns was focused on the 'An bang' and the 'Dae Chung' in the 'An Chae' of a traditional house located in Seoul. Field measurements of air temperature and air velocity were carried out at 30 different measuring points with 8 different window-opening conditions. The measurements were taken on the hottest summer days in August 2000.

It is concluded that from an environmentally friendly standpoint, design factors to control indoor thermal environment by a passive cooling system during the summer are as follows; ceiling structure has thermal performance like a time-lag effect, optimum height and length of eaves which can prevent sunlight and divert airflow toward the sitting level, building arrangement acceptable the prevailing wind, strategic window arrangement which makes cross ventilation possible (especially north-south) at the sitting level, window opening condition which is possible to intersect two cross-ventilation stream at the main living areas, northward windows remaining in shade to create the air pressure difference, and planning building shape like a bracket that has optimum width and depth.

키워드 : 여름철 기류 특성, 한국전통주거, 창호개방조건, 자연통풍

1. 서론

환경보존 및 환경친화적 관점에서 냉방설비의 이용보다는 자연냉방 기법에 의해 건물의 실내환경을 조절하는 것이 도시환경을 위해서나 에너지 절약, 그리고 거주자의 건강을 위해서 바람직하다. 그러나 최근 건설되고 있는 아파트나 주택들은 개방하기에는 부적합한 형태의 창호를 채택하고, 중앙공조에 의한 자동조절형 설계에 치중하고 있다. 또한, 창호개폐가 가능한 주택에서도 효과적인 자연통풍을 기대하기에는 창호의 위치나 크기 등이 적합하지 못한 형태가 많은데, 이는 주택 설계시 창

호의 위치나 크기 결정에 자연통풍 효과를 중점 요인으로 고려하지 않고 있으며, 효과적인 자연통풍을 위한 설계의 지침이 마련되어 있지 못했기 때문으로 볼 수 있다.

생태건축에 대한 관심과 노력이 지대한 국가들에서는 환경친화형 주거단지를 조성하기 위한 설계기법에 관한 연구나 실제 건설 사례가 다수 있다. 그러나, 생태건축을 위한 자연에너지 이용이나 에너지 절약 기법은 겨울철의 난방 뿐 아니라 여름철에도 냉방가동을 전제로 한 것으로서, 자연통풍에 의해 여름철 실내환경을 조절하기 위한 연구나 기법 개발은 극히 적다. 국내에서도 환경친화적 설계의 필요성이 제기되어, 약 1995년부터는 환경친화적 주거 또는 주거단지의 개념 정립을 비롯하여 환경친화적 설계기법을 제시하려는 연구가 다수 진행되었으나, 환경친화적 건축에 대한 개념을 고찰하고 국외 연구 및 건설 사례에서 설계기법을 정리한 내용이 대부분으로, 국내 적용가능성에 대한 검토나 실제 설계에 도입할 수 있는 세부 요소를

* 정회원, 국민대학교 테크노디자인대학원 Post-Doc.

** 정회원, 국민대학교 일반대학원 건축학과 박사과정

*** 정회원, 국민대학교 테크노디자인대학원 실내디자인전공 교수

**** 이 연구는 2000년 한국학술진흥재단 연구비에 의하여 연구되었음.
(KRF-2000-EA0015)

세시한 연구는 거의 없었다.

환경친화적 주택은 기본적으로 그 지역의 기후에 순응하는 형태를 추구하는 것이 바람직하므로, 그 지역 전통건축의 환경 조절 기법이 현대 주거건축을 위한 모델이 될 수 있다. 우리의 전통주거, 특히 기와집 대청의 자연통풍 효과가 매우 우수하다는 것은 주지의 사실이다. 지금까지 우리 전통주거의 우수한 환경특성을 밝혀려는 연구는 다수 시도되었으나, 전통주거의 환경조절적 디자인 원리를 분석하여 현대주택의 설계안을 제시한 사례는 거의 전무하다.

따라서 본 연구는 여름철을 위한 자연형 주거건축을 계획하기 위한 기초 연구로서, 우리 전통주거의 실내환경 조절특성을 분석하여 이를 바탕으로 환경친화적 주택의 계획안을 제시하기 위한 것이며, 본 연구의 구체적인 목적은 다음과 같다.

1. 여름철을 위한 자연형 디자인과 기류 및 통풍 이론에 대해 고찰한다.
2. 한국 전통주거 대청 및 안방의 여름철 기류속도 및 실내 온도 실태를 측정, 평가한다.
3. 한국 전통주거에 있어서 기류 특성을 형성하는 형태 요소를 도출하여, 설계안을 제시한다.

2. 연구방법

2.1. 문헌연구

생태건축 또는 민속주거에 있어서 고온다습한 기후를 위한 자연형 디자인 유형과 기류 및 통풍 이론에 대해 고찰하였다.

2.2. 현장측정연구

(1) 측정대상 및 공간

측정대상 및 공간은 국민대학교 민속관 안채의 대청 및 안방으로 하였다. 국민대학교 명원 민속관은 민속자료 제7호로 지정된 조선조 말 한성 판윤 한규설 대감의 가옥을 국민대학교 부지에 원형 그대로 이전한 전통주거로서, 조선조 상류주택의 원형을 파악할 수 있으므로, 전통주택의 통풍 성능을 파악하기 위한 측정대상으로 무리가 없다고 판단하였다. <그림 1>~<그림 3>에 측정대상과 공간의 모습, 측정공간의 평면도 및 측정위치를 소개하였다.



<그림 1> 측정대상 전경



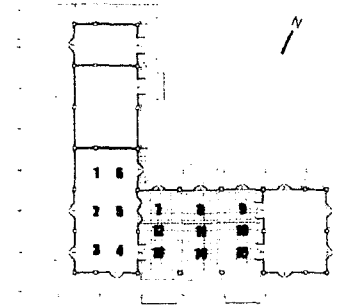
<그림 2> 측정공간

(2) 측정조건

창호 개폐 상태를 8가지로 구분한 창호개방조건을 측정조건으로 하여 실내온도 및 기류속도를 측정하였다. 창호개방조건에 따른 개방율을 산출한 결과는 <표 1>과 같다.

(3) 측정방법

측정방법의 개요는 <표 2>와 같다. 측정위치 중 바닥 위 70cm 높이는 좌식생활 거주자의 얼굴 부근의 높이로서 전통주거의 실내 온도 및 기류속도를 대표하는 위치로 선정하였으며, 180cm 높이는 천장 부근의 높이로서, 처마 형태에 의한 기류 특성을 파악하기 위해 선정하였다.



①~⑧ : 측정위치
<그림 3> 측정대상건물의 평면도

(4) 분석방법

측정 데이터는 Excel 프로그램을 이용하여 통계처리 하였다.

<표 1> 측정조건별 개방율(개방된 면적 / 일면면적) 단위 : %

창호개방 조건	안방		대청	
	개방 부분	개방율	개방 부분	개방율
A	없음	0	남측면	30.0
B	서측 창호 1개+동측 창호 (서-동 통풍)	6.8	남측면 +북측 안방쪽 창호 1개	33.4
C	서측 창호 2개+동측 창호 (서-동 통풍)	10.3	남측면 +북측 가운데 창호 1개	33.4
D	남측 창호+동측 창호 (남-동 통풍)	6.8	남측면+북측 안방쪽, 가운데 창호 2개	36.8
E	서측 창호 2개+남측 창호 (서-남 통풍)	10.3	남측면+북측 가운데 창호를 제외한 2개	36.8
F	외부 창호 모두 (서-동,남-동,서-남 통풍)	13.7	남측면+북측 창호 3개	40.2
G	외부 창호 모두 +내부 창호 1개	21.3	남측면+북측 창호 3개 +내부 창호 1개	47.0
H	외부 창호 모두 +내부 창호 2개	24.8	남측면+북측 창호 3개 +내부 창호 2개	50.2

<표 2> 측정방법의 개요

	실내 온도 및 기류속도	외부 기온, 기류속도
측정위치	대청과 안방에서, 창호 중앙을 관통하는 직선의 교차점을 선정하여, 15개 교차점의 바닥으로부터 70cm와 180cm 높이의 총 30점	건물의 처마 그늘을 벗어난 위치의 바닥 위 120cm 높이
측정기기	디지털 온도대기류계 (Testoterm 510)	풍향계 (Flow Anemometer AVM-07)
측정일시	2000년 8월 3일~8월 23일 중에 비가 오는 날을 제외한 12일	
측정시간 /순서	오후 1시(외부기온이 최고가 되는 시각)의 1시간 전후, 각 측정위치에서 온도와 기류속도를 순차적으로, 외부와 내부는 동시에 측정	
측정요소별 총 데이터 수	30(측정위치) × 8(창호개방조건) × 12(측정일) = 2880	

3. 연구결과


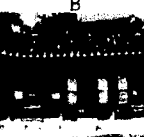

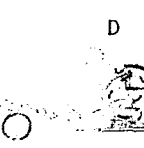



3.1. 문헌고찰 결과

(1) 고온다습 기후를 위한 자연형 디자인

생태건축 또는 민속주거에서 이용되어온 고온다습한 기후를 위한 자연형 설계기법으로는 <표 3>에서와 같이 민속주거에서의 dogtrot, 테라스 로지아, 향상식 주거, 통풍탑, 격자 덧막, 틈

새 대류냉각, 생태건축에서의 earth tube를 이용한 자연공조 등이 있었다. 이들 방법은 우리 전통주거의 환풍조절방법과 같은 원리를 가지고 있다고 생각된다.

<표 3> 고온다습한 기후를 위한 자연형 디자인의 유형

사 례	유 형
	Dogtrot House(터널형 풍로) 미국 남부의 고온다습한 기후지역에 전통적으로 흔히 쓰인 방법으로 냉각기류를 유도하는데 탁월한 구조이다. 채와 채 사이의 dogtrot는 기류를 집중시켜 냉각효과를 얻는다.
	툰새 대류냉각 마루 밑 지표면의 온도와 마루 바닥 퉁새바람의 유속에는 비례관계가 있다. 외기온도가 상승하는 낮시간에는 마루 밑의 냉각된 공기가 더욱 많이 마루 퉁새를 통해 위로 유도되므로 냉각공기 유입에 의한 주간의 자연대류냉방효과를 얻을 수 있다.
	향상식 주거 고온다습한 지역에서 흔히 볼 수 있는 형태로서, 지면의 열기와 습기의 영향을 줄일 수 있으며 동시에 기류의 이동을 증대시킬 수 있는 방법으로, 전통적이지만 현대까지 보편적으로 응용되는 구조적 해결방법이다.
	Earth tube(지연 및 공조관)에 의한 자연공조 겨울철에는 실내공기의 배기관을 지면 밑으로 통과시킴으로서 지열에 의해 온도를 상승시켜 다시 실내로 유입시키고, 여름철에는 외기온도에 비해 현저히 온도가 낮은 지하 배기관을 통해 공기의 온도를 하강시키는 지열을 이용한 공기조화기법
	동풍탑(Wind scoop catcher) 바람을 끌어들이기 위한 장치. 대개 일정한 방향으로 바람이 부는 점을 이용했다. 파키스탄에서 볼 수 있는 사진이지만 이란 등지에서도 같은 원리의 장치를 쉽게 볼 수 있으며 적어도 500년 이상 사용된 고전적인 방법이다.
	테라스 로지아 더운 계절이 있는 지역에 자연발생적으로 생겨난 구조라고 볼 수 있는데, 실내·외의 완충적인 공간으로서 처마를 이용한 그늘과 직사광선의 차단. 복시열의 간접적인 효과를 유도할 수 있다.
	격자 덮막 고온다습한 기후에서 직사광선을 간접화하는 동시에 자연동풍이 가능하며, 실내공간을 실내로 유입할 수 있는 효과를 볼 수 있다.

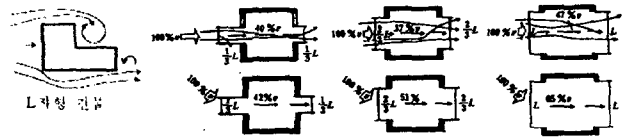
출처 : A) The Natural House Book, p77, p22. B) 청풍면 고가군 주택 사진 촬영
C) The Natural House Book, p149. D) Experimental Houses, pp183.
E) THAI STYLE, p65. F) Architectural Digest, p142. G) Caribbean Style, p59.

(2) 기류 및 통풍 이론

<그림 4>와 같이 ㄱ자형 건물이 기류변화에 의해 후면까지도 기류가 형성되어 통풍에 효과적인 것으로 보인다. 또한 건물 전면에 잔디나 나무를 심는 것이 지면에 그림자를 만들어 공기를 냉각시키며 먼지를 걸러내는 역할을 한다. 맞통풍을 위한 건물의 방향과 창호의 크기는, <그림 5>와 같이 바람의 방향이 수직인 경우보다 경사일 때 유입구와 유출구 크기가 2/3일 때 가장 효과적이다(이경희, 1987).

3.2. 현장측정 결과

한국 전통주거의 여름철 실내온도 및 기류속도를 측정한 결과의 요약은 <표 4>와 같다.



<그림 4> ㄱ자형 건물의 기류변화

<그림 5> 맞통풍이 가능한 개구부의 위치와 크기

(1) 한국 전통주거의 여름철 실내환경 실태

한국 전통주거의 여름철 실내온도 및 기류속도를 측정·분석한 결과, 한국 전통주거는 지붕의 우수한 단열성능에 의해, 여름철 한낮의 실내온도가 평균 31.0℃로 외부온도에 비해 비교적 일정하게 유지하고 있었으며, 효과적인 창호 계획에 의해 외부 기류보다 상당히 높은 실내 기류속도(평균 0.70m/s)를 유지하고 있는 것으로 나타났다. 0.7m/s의 기류속도는 거주자에게 공기의 움직임이 느낄 수 있는 쾌적한 상태이며, 약 2.6℃의 실온저하 효과를 가진다.

(2) 주택형태에 의한 실내기류 특성

안방과 대청의 기류속도를 비교한 결과, 안방의 기류속도는 평균 0.64m/s였으나, 대청의 기류속도는 평균 0.74m/s로 벽체의 개방 비율이 높은 대청의 기류속도가 높은 것을 알 수 있었다. 그러나, 실내온도는 안방이 평균 30.9℃, 대청이 평균 31.1℃로 안방이 다소 낮게 나타났다. 안방이 대청에 비해 기류에 의한 온도저하 효과가 적은 데도 실내온도가 더 낮게 나타난 것은, 대청의 벽과 지붕 재료에 비해 안방의 천장반자와 흙벽이 열적 완충작용을 한 것으로 생각된다.

측정높이에 따른 기류 특성 분석 결과, 측정높이 70cm의 기류속도(평균 0.73m/s)가 측정높이 180cm(평균 0.67m/s)에 비해 높



<그림 6> 처마에 의한 기류 유도

게 나타나, 처마 높이에 의해 기류의 방향이 거주자의 착석위치로 유도되는 효과를 가지고 있는 것으로 해석된다.

측정위치별 기류 특성 분석 결과, 측정점 ⑧과 ⑫의 기류속도가 가장 높았는데, 측정점 ⑧은 대청의 남북 맞통풍을 가장 잘 받을 수 있는 중앙 부분이며, ⑫는 대청에서 안방 쪽에 가까운 지점으로서, 남북 방향의 맞통풍 뿐 아니라, 안방을 통해 전달되는 동서 방향의 맞통풍까지 받을 수 있는 위치였다. 대청에서 건넌방쪽의 측정점에 비해 안방쪽 측정점(측정점 ⑦, ⑬, ⑭)의 기류속도가 높은 경향을 보여, ㄱ자형 건물 형태가 기류를 유도하는 브라켓 역할을 하는 것으로 나타났다.

(3) 창호개방조건에 의한 실내기류 특성

안방의 자연통풍에 가장 효과가 뚜렷한 창호개방조건은 남측

1) 기류속도에 따른 인간의 반응은 0.50~1.00m/s일 때 공기의 움직임을 느끼는 대체로 쾌적한 상태이고, 1.00~1.50m/s에서는 냉각효과를 느끼는 것으로 알려져 있다(S.V. Szokolay, 1984). 또한 일반적으로 건구온도 37℃ 이하에서 기류속도 1.0m/s까지는 0.15m/s 증가시마다 0.5℃의 실온 저하에 상당하는 효과를 얻을 수 있다(R.M. Aynsley, 1977).

1개 창호와 북쪽의 동측 창호 1개를 개방한 상태로서, 남-북 방향의 통풍이 되는 조건이었다(창호개방조건 D; 그림 7). 이 조건은 개방율 6.8%만으로 외부로 먼하는 창호를 모두 개방한 경우(창호개방조건 F; 그림 8)와 거의 같은 효과를 나타냈다.

대청의 여름철 자연통풍에 효과적인 창호개방조건은 북측 창호 3개 중, 가운데 창호와 안방과 인접한 위치의 창호를 개방한 경우(창호개방조건 D; 개방율 36.8%)로 나타났다. 한국 전통주거는 건물의 폭과 깊이가 3:1인데, 남북 맞통풍이 가능한 경우 개방율 36.8% 정도로 효과적인 통풍성능을 가지는 것으로 나타났다.

두 공간 모두 효과적인 개방조건은 북측 창호와 주풍향²⁾에 면하는 남측 창호를 개방하여 남-북 방향의 맞통풍이 가능한 경우였다. 또한 북측 창호는 건물과 처마에 의해 항상 그늘이 지는 위치이므로 대청의 남측과 온도 차이가 생겨 압력차에 의한 공기이동 현상이 생기는 것으로 해석된다.

<표 4> 측정결과 (12일 평균)

측정위치	개방조건	실내온도		기류속도 (m/s)							
		도(°C)	평균	조건A	조건B	조건C	조건D	조건E	조건F	조건G	조건H
안방	① 70cm	30.9	0.60	0.46	0.49	0.58	0.58	0.74	0.63	0.71	0.67
	① 180cm	30.9	0.56	0.38	0.57	0.64	0.59	0.49	0.57	0.60	0.65
	② 70cm	30.9	0.67	0.49	0.62	0.66	0.67	0.65	0.70	0.83	0.74
	② 180cm	30.9	0.62	0.41	0.51	0.61	0.64	0.56	0.65	0.89	0.70
	③ 70cm	30.9	0.70	0.49	0.64	0.69	0.68	0.63	0.79	0.85	0.81
	③ 180cm	30.9	0.63	0.43	0.52	0.59	0.60	0.60	0.77	0.71	0.82
	④ 70cm	30.9	0.64	0.43	0.58	0.56	0.70	0.58	0.71	0.76	0.83
	④ 180cm	30.9	0.57	0.40	0.51	0.46	0.68	0.55	0.56	0.61	0.81
	⑤ 70cm	30.9	0.67	0.44	0.68	0.58	0.73	0.69	0.64	0.72	0.90
	⑤ 180cm	30.9	0.60	0.44	0.56	0.53	0.60	0.58	0.62	0.74	0.77
	⑥ 70cm	30.9	0.71	0.50	0.66	0.71	0.64	0.63	0.79	0.93	0.81
	⑥ 180cm	30.9	0.65	0.40	0.57	0.77	0.64	0.53	0.71	0.88	0.71
평균		30.9	0.64	0.44	0.57	0.61	0.65	0.60	0.68	0.77	0.77
대청	① 70cm	30.9	0.74	0.50	0.76	0.64	0.79	0.93	0.74	0.79	0.75
	① 180cm	31.0	0.73	0.46	0.70	0.52	0.82	0.85	0.81	0.86	0.86
	② 70cm	31.0	0.82	0.56	0.73	0.69	0.97	0.73	1.08	0.92	0.87
	② 180cm	31.0	0.75	0.50	0.63	0.64	0.86	0.58	1.02	0.78	0.99
	③ 70cm	31.1	0.79	0.57	0.76	0.70	0.83	0.71	1.00	0.76	1.04
	③ 180cm	31.1	0.72	0.50	0.60	0.58	0.78	0.78	1.02	0.62	0.90
	④ 70cm	31.1	0.68	0.49	0.58	0.54	0.68	0.79	0.98	0.65	0.71
	④ 180cm	31.1	0.63	0.46	0.57	0.57	0.59	0.73	0.70	0.69	0.72
	⑤ 70cm	31.1	0.76	0.53	0.68	0.69	0.94	0.80	0.75	0.83	0.86
	⑤ 180cm	31.1	0.70	0.50	0.58	0.70	0.88	0.61	0.79	0.76	0.82
	⑥ 70cm	31.2	0.82	0.57	0.75	0.80	0.94	0.77	0.90	0.82	1.04
	⑥ 180cm	31.2	0.73	0.52	0.58	0.57	0.94	0.71	0.81	0.74	0.99
⑦ 70cm	31.2	0.74	0.64	0.59	0.59	0.80	0.78	0.76	0.85	0.91	
⑦ 180cm	31.2	0.71	0.59	0.63	0.57	0.82	0.67	0.73	0.81	0.86	
⑧ 70cm	31.2	0.81	0.68	0.83	0.80	0.88	0.74	0.80	0.85	0.88	
⑧ 180cm	31.2	0.74	0.65	0.71	0.81	0.87	0.70	0.71	0.76	0.74	
⑨ 70cm	31.3	0.77	0.64	0.72	0.81	0.86	0.75	0.78	0.74	0.84	
⑨ 180cm	31.3	0.70	0.57	0.72	0.70	0.69	0.71	0.70	0.70	0.78	
평균		31.1	0.74	0.55	0.67	0.66	0.83	0.74	0.84	0.77	0.86
70cm 평균		31.0	0.73	0.53	0.67	0.67	0.77	0.65	0.80	0.80	0.84
180cm 평균		31.0	0.67	0.48	0.59	0.59	0.73	0.60	0.74	0.74	0.80
전체 평균		31.0	0.70	0.51	0.63	0.64	0.76	0.68	0.77	0.77	0.83

4. 결론

한국 전통주거에 있어서 자연통풍에 효과적인 형태 요소를 도출하기 위하여, 문헌연구와 여름철 실내온도 및 기류속도의 현장측정연구를 병행한 결과 <표 5>의 설계안을 제시한다.

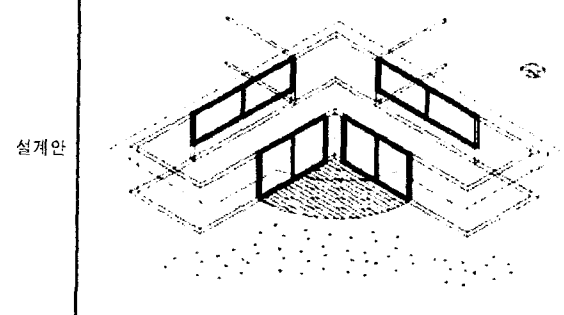
2) <http://www.kma.go.kr/climate/summ/Mon2-2000-8.htm> 기상청 기상연 · 월보 2000년 8월 요약자료. 서울지역 8월의 주풍향은 남풍이다.



<그림 7> 창호개방조건D의 기류속도 <그림 8> 창호개방조건F의 기류속도

<표 5> 자연통풍 설계안

- 건물주위의 기류 조건이 유리한 ㄱ자형 형태
- 겨울철의 일사획득과 여름철의 주풍향을 고려하여 주택을 배치
- 맞통풍은 바람이 창호에 걸사 방향일 때 효과가 좋으므로 여름철 주풍향인 남풍이 걸사 방향으로 유입될 수 있도록, 주택의 방위는 남동향 또는 남서향으로 한다.
- 건물전면에는 기류의 성상을 좋게 하기 위하여 잔디와 식재를 한다. 특히 주택의 서측부분에는 지는 해의 유입을 차단할 수 있도록 식재.
- 여름철의 일사 차단을 위해서 열용량이 큰 적절한 폭의 처마를 가진 지붕을 계획
- 창호의 위치는 거주자의 주된 착석위치에 맞통풍이 교차되도록, 외부에 면하는 창호를 여러 위치에 계획하기보다는, 남-북 방향의 통풍 효과를 얻을 수 있는 위치에 계획한다.
- 북측 창호는 건물과 처마에 의해 그늘진 위치가 되도록 한다.
- 창호의 크기는 건물의 폭과 깊이가 3:1일 때 개방율 1/3 이상으로 계획한다.
- 기류유도 효과를 가지는 브라켓을 설치한다.



참고문헌

1. S. V. Szokolay 저, 이경희 · 손장영 역, 건축환경과학, 기문당, 1984
2. 이경희, 건축환경계획, 문운당, 1987
3. 이경희, 한국 전통건축의 자연환경 조절방법과 그 원리의 현대화, 건축, 9309 pp.8-16, 1993
4. <http://www.kma.go.kr> 기상청 기상연 · 월보 2000년 8월 요약자료.
5. R.M.Aynsley, W.Meibourne, B.J.Vickery, Architectural Aerodynamics, Applied Science Publishers, Ltd., London, 1977
6. Suzanne Slesin etc., Caribbean Style, Thames & Hudson, 1985
7. William Warren, THAI STYLE, Asia books, 1988
8. David Pearson, The Natural House Book, Angus & Robertson, Australia, 1992
9. W.K.Chow · L.T.Wong · K.T.Chan · J.M.K.Yiu, Experimental Studies on the Airflow Characteristics of Air-Conditioned Spaces, ASHRAE Trans, 100(1), pp.256-263, 1994
10. Quingsan Cao · Xiaohua G. He, Cross-Ventilation and Room Partitions : Wind Tunnel Experiments on Indoor Airflow Distribution, ASHRAE Trans, 100(2), pp.208-219, 1994
11. Shim-ichi Tanabe · Ken-ichi Kimura, Effects of Air Temperature, Humidity, and Air Movement on Thermal Comfort under Hot and Humid Conditions, ASHRAE Trans, 100(2) pp.953-972, 1994
12. Architectural Digest, 9510
13. Nicolas Pople, Experimental Houses, Calmann & Kingo, 2000