

기후특성 분석 프로그램과 기후설계 프로세스

에너지절약형 건물 설계에 있어 필수적인 기후특성 분석용 컴퓨터 프로그램과 이를 이용한 기후설계 프로세스를 소개한다.

송승영

이화여자대학교 건축학과(archssy@ewha.ac.kr)

서론

건물에서 발생하는 에너지 소비의 대부분은 외부 기후조건에 대해 실내 환경을 쾌적하게 조절하는 과정에서 발생하므로, 에너지절약형 건물 구현을 위해서는 설계시 해당 지역의 기후특성 반영이 필수적이며 매우 중요하다고 하겠다. 이에 본 고에서는, 표준 기후데이터와 건물생체기후도를 이용한 기후특성 분석 프로그램 및 이를 이용한 서울 지역의 기후특성 분석 결과를 소개하고, 기후설계 프로세스를 보임으로써, 기후특성 반영에 의한 에너지절약형 건물 설계에 도움을 주고자 하였다.

기후특성 분석 프로그램

표준 기후데이터

동일 지역이라 하더라도 기후는 매년 달라지므로 해당 지역의 기후특성을 대표하기 위해서는 다년간의 기후데이터에 대한 통계처리가 필요하게 된다. 이러한 과정을 거쳐 작성된 기후데이터를 표준 기후데이터라 할 수 있으며, 통계처리 방식에 따라 TRY(test reference year), TMY(test meteorological year), WYEC(weather year for energy calculations), CTZ(california climate zone) 등 여러가지 형식이 있을 수 있다^{1), 2)}.

표준 기후데이터는 기간부하 계산시 입력자료로 많이 사용되며, 미국의 경우 60개 도시에 대한 TRY, 234개 도시에 대한 TMY, 44개 도시에 대한 WYEC 기후데이터가 확보되어 있다³⁾.

일본의 경우 HASP용 표준 기후데이터로서 25개 도시에 대한 평균년 기후데이터가 확보되어 있다⁴⁾.

국내의 경우에는 1989년에 공기조화냉동공학회에서 서울 지역의 표준 기후데이터를 선정한 바 있으며 현재는 13개 도시에 대한 WYEC 및 HASP용 평균년 기후데이터가 확보되어 있다⁵⁾.

보다 정확한 기후설계를 위해서는 실제 건물이 위치할 대지의 미기후(microclimate) 데이터를 적용하는 것이 가장 바람직할 것이다. 그러나 이에 대한 획득이 용이하지 못한 경우가 대부분일 것으로 판단되며, 해당 도시의 표준 기후데이터를 적용해도 설계자에게 충분히 유효한 정보를 제공해 줄 수 있을 것으로 판단된다⁶⁾.

건물생체기후도(building bioclimatic chart)

건물생체기후도란 인체가 느끼는 생체기후적 요구(bioclimatic needs)에 의거하여, 특정 기후조건에 대해 인체를 쾌적한 상태로 만들어주기 위해 필요한 기후설계 지침(strategies of climate control)들의 존을 습공기선도 상에 표시하고, 기후데이터를 플로

주 1) ASHRAE, ASHRAE Handbook 1993 Fundamentals, ASHRAE, 1993, pp.24.1~24.3.

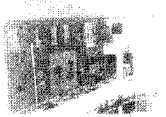
2) Group WX-4, DOE-2 Reference Manual Part 2 Version 2.1, U.S. Department of Energy, 1980.5, pp.VIII.1~VIII.2.

3) 공기조화냉동공학회, 건물의 공조부하계산용 표준 전산프로그램 개발 및 기상자료의 표준화 연구에 관한 최종보고서, 통상산업부, 1996.9, p.118.

4) Loc.cit.

5) Ibid., p.4, p.17.

6) U.S. Housing and Home Finance Agency, Application of Climatic Data to Hcuse Design, AMS Press, 1978, p.21.



기후특성 분석 프로그램과 기후설계 프로세스

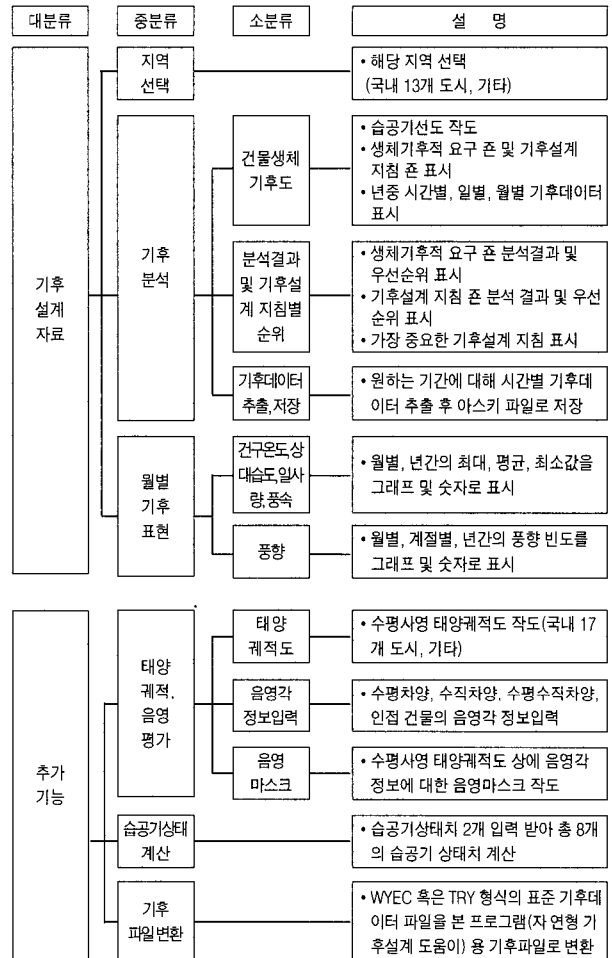
팅하여 쓸 수 있게 만든 차트이다.(<표 1>⁷⁾참조) 건물생체기후도의 이용 예를 들면, 표 1 그림에서 만약 기후조건이 존번호 9에 해당하면 인체는 생체기후적으로 냉방이 필요하다고 느끼고, 단열, 태양열차단, 통풍·환기의 자연형 조절을 통해 인체를 쾌적하게 만들어 줄 수 있음을 알 수 있다.

건물생체기후도 상에 년간, 계절별, 월별, 시간별 등과 같이 원하는 기간 동안의 기후데이터를 플로팅해 보면 대상 지역의 기후특성을 한 눈에 볼 수 있게 해 주고, 대상기간 동안의 존별 해당 시간수를 알 수 있게 해주므로, 생체기후적 요구 및 기후설계 지침별 분포 특성과 우선순위의 파악이 가능하다.

기후특성 분석 프로그램

표준 기후데이터와 건물생체기후도를 이용, 해당 도시의 기후인자별 분포 특성과 생체기후적 요구 및 기후설계 지침별 분포 특성과 우선순위 등을 파악할 수 있는 컴퓨터 프로그램을 개발하였으며, 세부 내용은 다음과 같다.

- 프로그램명 : 자연형 기후설계 도움이 (climatic design advisor) 2.0
- 구동 OS : Windows 9x/ME/NT/2000/XP
- 저작 언어 : MS Visual Basic 6.0
- 기후데이터 : 국내 13개 도시의 WYEC 표준 기후데이터 (원 자료의 통계기간 : 1984~1993)⁸⁾



<표 1> 건물생체기후도 및 존 구분

[그림 1] 자연형 기후설계 도움이 2.0 기능체계

건물생체기후도(Building Bioclimatic Chart)	생체기후적 요구(Bioclimatic Needs) 존
<p>DBT : 건구온도(°C) WBT : 습구온도(°C) VP : 수증기분압(kPa) RH : 상대습도(%) SV : 비체적(m³/kg) ET* : 유효온도</p>	난방 필요 1~5 냉방 필요 9~17 쾌적 7 제습만 필요 8 가습만 필요 6A, 6B
	기후설계 지침(Strategies of Climate Control) 존
자연형	단열(Restrict Conduction) 1~5, 9~11, 15~17 침기차단(Restrict Infiltration) 1~5, 16~17 태양열획득(Promote Solar Gain) 1~5 태양열차단(Restrict Solar Gain) 6~17 통풍·환기(Promote Ventilation) 9~11 증발냉각(Promote Evaporative Cooling) 6B, 11, 13~14 복사냉방(Promote Radiant Cooling) 10~13
설비형	기계냉방(Mechanical Cooling) 17 기계냉방·제습(Mechanical Cooling & Dehumidification) 15~16

주 7) Watson, Donald and Labs, Kenneth, Climatic Design: Energy Efficient Building, Principles and Practices, McGraw-Hill, 1983, p.206.

8) Watson, Donald and Labs, Kenneth, Climatic Design: Energy Efficient Building, Principles and Practices, McGraw-Hill, 1983, p.206.

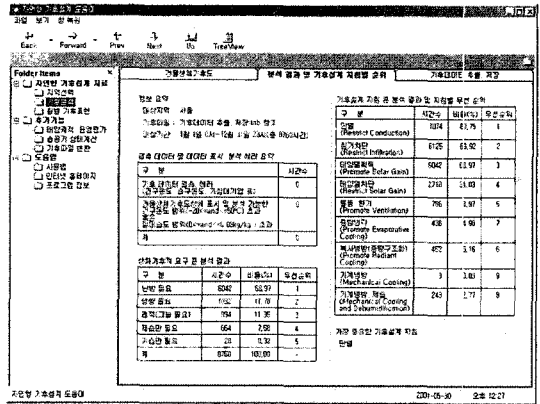
- 주요 기능 및 User Interface : 그림 1~ 12 참조
- 프로그램 다운로드 위치 : 그린빌딩 홈페이지(이화여대 친환경건축연구실, <http://greenbuilding.ewha.ac.kr>) -> 설계도구 -> 자연형 기후설계 도움이

기후특성 분석 사례

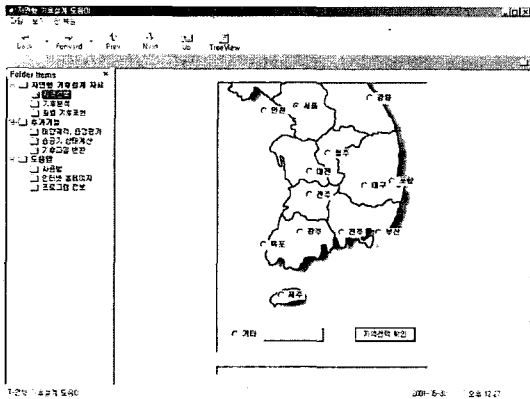
주요인자별 분포 특성

앞서 소개한 자연형 기후설계 도움이 2.0 프로그램을 이용, 서울 지역을 대상으로 기후설계와 밀접한 관련이 있는 건구온도, 일사량, 풍속, 풍향의 분포 특성을 분석하였다. 건구온도의 경우 년중 최고치는 35.0℃, 최저치는 -12.2℃, 평균치는 12.3℃이다. 월별 평균 건구온도는 6~9월을 제외한 나머지 달에서 모

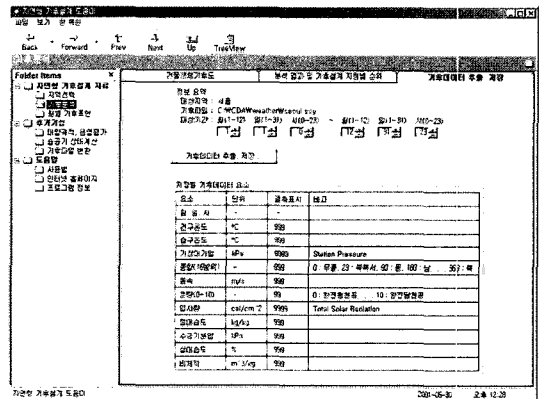
두 20℃ 미만으로 나타나 난방필요에 대한 생체기후적 요구가 클 것임을 예상할 수 있다. 일사량의 경우



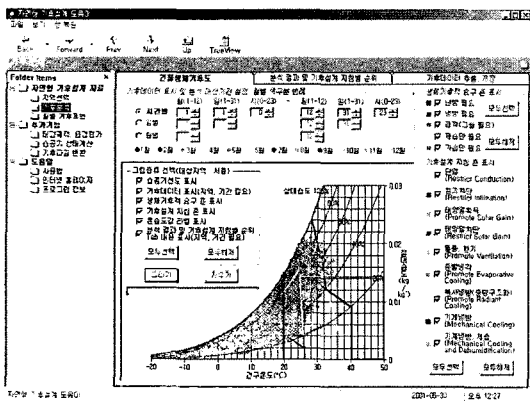
[그림 4] 분석결과 및 기후설계 지점별 순위



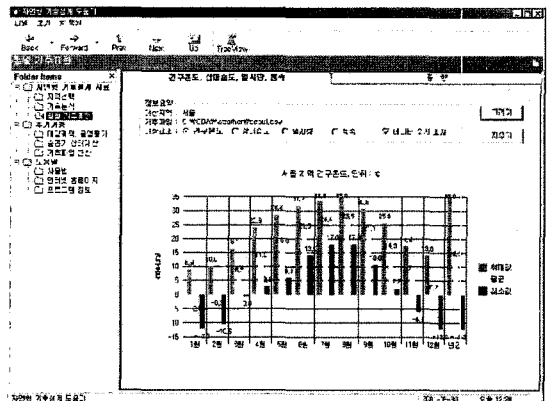
[그림 2] 지역선택



[그림 5] 기후데이터 추출, 저장



[그림 3] 건물생체기후도



[그림 6] 건구온도, 상대습도, 일사량, 풍속

주요 평균치의 경우 비 일조시간도 포함하여 계산한 값임.



기후특성 분석 프로그램과 기후설계 프로세스

년중 최고치는 88.2cal/cm², 평균치⁹⁾는 11.6cal/cm²이다. 월별 평균 일사량은 5월이 가장 많고, 6, 4, 8, 7, 10월의 순이며 나머지 달에서는 년 평균 일사량보다 적은 것으로 나타났다.

풍속의 경우 년중 최고치는 10.8m/s, 평균치는 2.3m/s이며, 월별 평균 풍속간 편차는 그리 크지 않은 것으로 나타났다. 풍향의 경우 하계(6, 7, 8월)에는 북동풍(475시간/21.5%), 동계(12, 1, 2월)에는 서풍(495시간/22.9%), 년간에는 서풍(1640시간/18.7%)의 출현빈도가 가장 높다.(이상 그림 13 참조)

생체기후적 요구별 분포 특성과 우선순위

춘계(3, 4, 5월)에는 난방필요(1,986시간, 89.9%)가 가장 높고, 그 다음이 쾌적(181시간, 8.2%)이며, 하계(6, 7, 8월)에는 냉방필요(910시간, 41.2%)가 가장 높고, 그 다음이 제습만 필요(534시간, 24.2%)이다. 추계(9, 10, 11월)에는 춘계와 유사하게 난방필요(1,610시간, 73.7%)가 가장 높고, 그 다음이 쾌적(335시간, 15.3%)이며, 동계(12, 1, 2월)에는 모든 시간이 난방필요(2,160시간, 100.0%)에 해당한다.

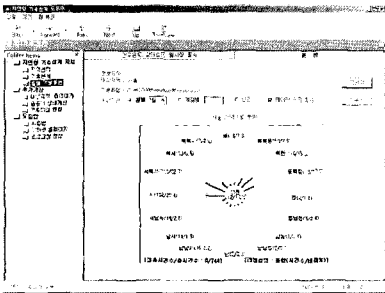
년간의 경우에는 난방필요(6,042시간, 69.0%)가 가장 높으며, 그 다음이 냉방필요(1,031시간,

11.8%)이다. 이를 통해 서울 지역의 경우 년중 난방에 대한 요구가 매우 크므로 건물 설계시 난방부하 감소에 중점이 두어져야 함을 알 수 있다.(이상 그림 14, 표 2 참조)

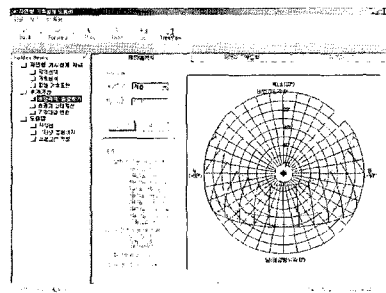
기후설계 지침별 분포 특성과 우선순위

춘계(3, 4, 5월)에는 단열(1,999시간, 90.5%)이 가장 중요하며, 그 다음이 침기차단 및 태양열획득(각 1,986시간, 89.9%)이고, 하계(6, 7, 8월)에는 태양열차단(1,922시간, 87.0%)이 가장 중요하며, 그 다음이 단열(1,196시간, 54.2%)과 통풍·환기(664시간, 30.1%)이다. 추계(9, 10, 11월)에는 춘계와 유사하게 단열(1,719시간, 78.7%)이 가장 중요하며, 그 다음이 침기차단 및 태양열획득(각 1,610시간, 73.7%)이고, 동계(12, 1, 2월)에는 단열, 침기차단 및 태양열획득(각 2,160시간, 100.0%)이 똑같이 중요하며 다른 기후설계 지침은 전혀 해당되지 않는 것으로 나타났다.

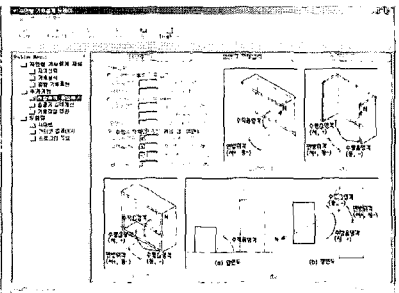
년간의 경우에는 단열(7,074시간, 80.8%)이 가장 중요하며, 그 다음이 침기차단(6,125시간, 69.9%)과 태양열획득(6,042시간, 69.0%)의 순이다. 따라서 서울 지역의 경우 생체기후적 요구의 해소를 위해서는



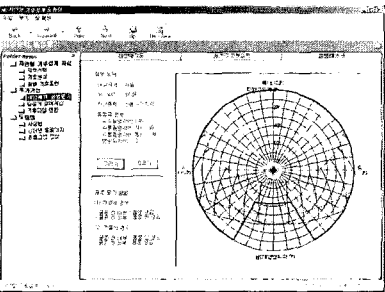
[그림 7] 풍향



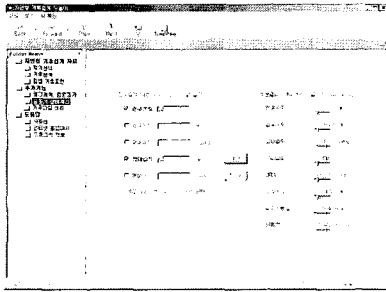
[그림 8] 태양계적도



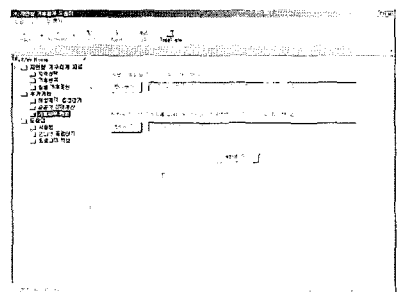
[그림 9] 음영각 정보입력



[그림 10] 음영마스크



[그림 11] 습공기 상태계산

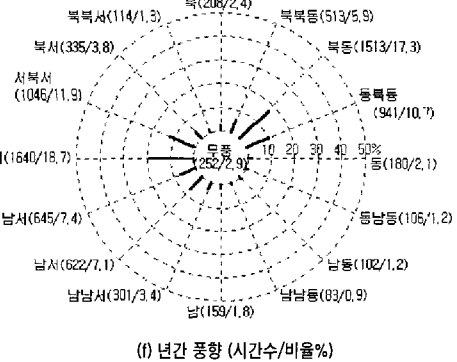
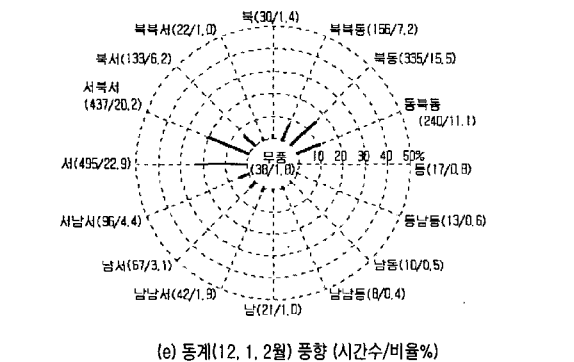
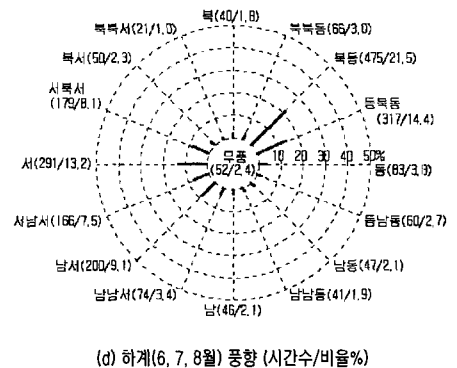
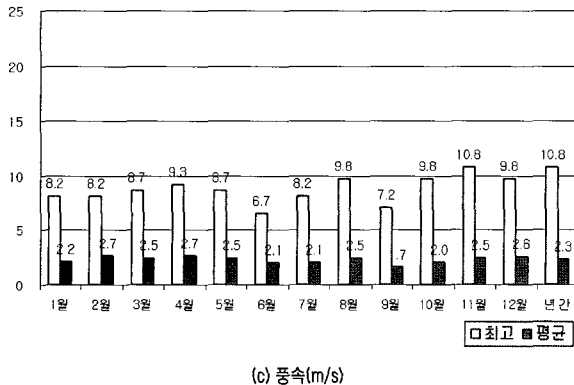
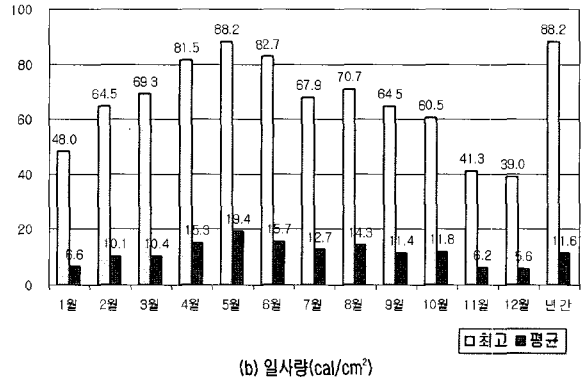
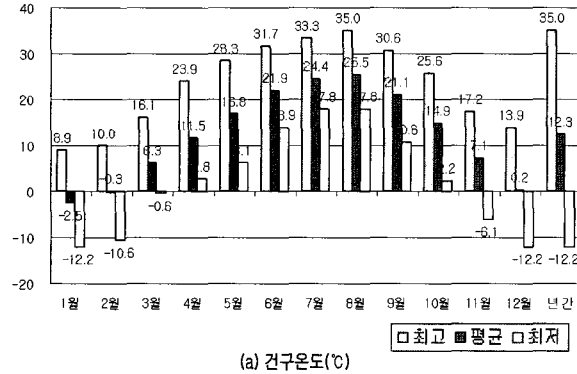


[그림 12] 기후파일 변환

단열에 가장 유의해야 하고 침기차단 및 태양열 획득을 잘할 수 있는 건물 설계가 요구됨을 알 수 있다.(이상 그림 14, 표 2 참조)¹⁰⁾

기후설계 프로세스

서울 지역의 기후특성 분석 사례에 나타난 바와 같이, 기후특성 분석 프로그램을 이용한 효과적 건물



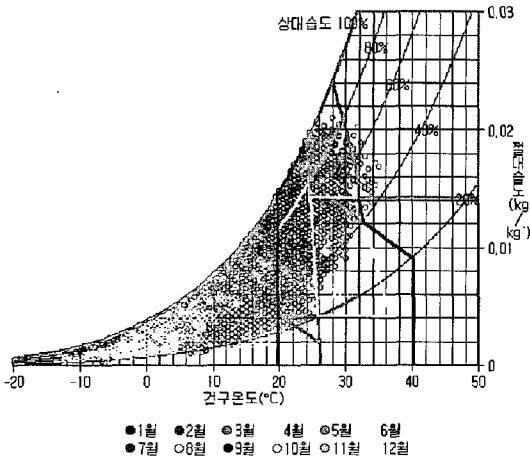
[그림 13] 서울 지역의 주요 기후인자별 분포

주 10) 기후특성 분석결과로 도출된 생체기후적 요구 및 기후설계 지침별 우선순위는, 주거용 건물과 같이 내부발열량이 크지 않은 외피부하 지배형 건물(envelope load dominated building)에 적용하는 것이 효과적임.

기후특성 분석 프로그램과 기후설계 프로세스

<표 2> 서울 지역의 생체기후적 요구 및 기후설계 지침별 분포

월	구분	생체기후적 요구					기후설계 지침								
		난방필요	냉방필요	쾌적	제습만 필요	가습만 필요	단열	침기차단	태양열 획득	태양열 차단	통풍환기	증발냉각	복사냉방	기계냉방	기계냉방 제습
3	시간수	744	0	0	0	0	744	744	744	0	0	0	0	0	0
	비율(%)	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	순위	1	2	2	2	2	1	1	1	4	4	4	4	4	4
4	시간수	692	0	18	0	10	692	692	692	28	0	3	0	0	0
	비율(%)	96.1	0.0	2.5	0.0	1.4	96.1	96.1	96.1	3.9	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0
	순위	1	4	2	4	3	1	1	1	4	6	5	6	6	6
5	시간수	550	12	163	12	6	563	550	550	194	13	19	13	0	0
	비율(%)	73.9	1.8	21.9	1.6	0.8	75.7	73.9	73.9	26.1	1.8	2.6	1.8	0.0	0.0
	순위	1	3	2	4	5	1	2	2	4	6	5	6	8	8
춘계	시간수	1,986	12	181	12	16	1,999	1,986	1,986	222	13	22	13	0	0
	비율(%)	89.9	0.5	8.2	0.5	0.7	90.5	89.9	89.9	10.1	0.6	1.0	0.6	0.0	0.0
	순위	1	4	2	4	3	1	2	2	4	6	5	6	8	8
6	시간수	229	151	223	117	0	380	229	229	491	150	105	110	0	1
	비율(%)	31.8	21.0	31.0	16.3	0.0	52.8	31.8	31.8	68.2	20.9	14.6	15.3	0.0	0.1
	순위	1	3	2	4	5	2	3	3	1	5	7	6	9	8
7	시간수	46	340	112	246	0	386	83	46	698	207	66	74	0	133
	비율(%)	6.2	45.7	15.1	33.1	0.0	51.9	11.2	6.2	93.8	27.8	8.9	10.0	0.0	17.9
	순위	4	1	3	2	5	2	5	8	1	3	7	6	9	4
8	시간수	11	419	143	171	0	430	57	11	733	307	160	168	3	109
	비율(%)	1.5	56.3	19.2	23.0	0.0	57.8	7.7	1.5	98.5	41.3	21.5	22.6	0.4	14.7
	순위	4	1	3	2	5	2	7	8	1	3	5	4	9	6
하계	시간수	286	910	478	534	0	1,196	369	286	1,922	664	331	352	3	243
	비율(%)	13.0	41.2	21.6	24.2	0.0	54.2	16.7	13.0	87.0	30.1	15.0	15.9	0.1	11.0
	순위	4	1	3	2	5	2	4	7	1	3	6	5	9	8
9	시간수	258	109	235	118	0	367	258	258	462	109	82	87	0	0
	비율(%)	35.8	15.1	32.6	16.4	0.0	51.0	35.8	35.8	64.2	15.1	11.4	12.1	0.0	0.0
	순위	1	4	2	3	5	2	3	3	1	5	7	6	8	8
10	시간수	632	0	100	0	12	632	632	632	112	0	1	0	0	0
	비율(%)	85.0	0.0	13.4	0.0	1.6	85.0	85.0	85.2	15.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
	순위	1	4	2	4	3	1	1	1	4	6	5	6	6	6
11	시간수	720	0	0	0	0	720	720	720	0	0	0	0	0	0
	비율(%)	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	순위	1	2	2	2	2	1	1	1	4	4	4	4	4	4
추계	시간수	1,610	109	335	118	12	1,719	1,610	1,610	574	109	83	87	0	0
	비율(%)	73.7	5.0	15.3	5.4	0.5	78.7	73.7	73.7	26.3	5.0	3.8	4.0	0.0	0.0
	순위	1	4	2	3	5	1	2	2	4	5	7	6	8	8
12	시간수	744	0	0	0	0	744	744	744	0	0	0	0	0	0
	비율(%)	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	순위	1	2	2	2	2	1	1	1	4	4	4	4	4	4
1	시간수	744	0	0	0	0	744	744	744	0	0	0	0	0	0
	비율(%)	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	순위	1	2	2	2	2	1	1	1	4	4	4	4	4	4
2	시간수	672	0	0	0	0	672	672	672	0	0	0	0	0	0
	비율(%)	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	순위	1	2	2	2	2	1	1	1	4	4	4	4	4	4
동계	시간수	2,160	0	0	0	0	2,160	2,160	2,160	0	0	0	0	0	0
	비율(%)	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	순위	1	2	2	2	2	1	1	1	4	4	4	4	4	4
년간	시간수	6,042	1,031	994	664	28	7,074	6,125	6,042	2,718	786	436	452	3	243
	비율(%)	69.0	11.8	11.3	7.6	0.3	80.8	69.9	69.0	31.0	9.0	5.0	5.2	0.0	2.8
	순위	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	7	6	9	8



[그림 14] 서울 지역의 연간 시간별 건물생체기후도

설계를 위해 요구되는 프로세스를 요약 정리하면 그림 15와 같다.

결론

에너지절약형 건물을 효과적으로 구현하기 위해서는, 건물이 위치할 지역의 기후특성 분석 및 설계 전략 수립이 우선적이고 필수적으로 수행되어야 할 것이다. 본 고에서는 표준 기후데이터와 건물생체기후도를 이용, 정량적 데이터에 근거한 기후설계 전략 수립이 가능함을 보이고자 하였으며, 또한 컴퓨터 프로그램화된 도구를 이용한 전반적인 기후설계의 프로세스를 보이고자 하였다. 이를 통해 설계자 여러분의 기후특성 반영에 의한 효과적 건물 설계 수행에 도움이 되었으면 하는 바램이다.

※ 참고사항

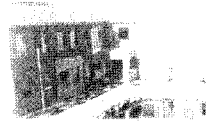
- 본 자연형 기후설계 도구는 인터넷 웹 상에서 직접 구동되는 온라인 버전으로도 함께 개발되었으며, 그린빌딩 홈페이지(이화여대 친환경건축연구실, <http://greenbuilding.ewha.ac.kr>) -> 온라인 시뮬레이션 -> 기후특성 분석을 통해 이용 가능함
- 기후설계 지침별 상세 설계기술 및 국내외 여러 건물 사례, 관련 자료 등은 그린빌딩 홈페이지(이화여대 친환경건축연구실, <http://greenbuilding.ewha.ac.kr>)에서 참고 가능

<p>기후특성 파악 (월별 기후표현 이용, 그림 1의 세번째 중분류 참조) 온도, 습도, 일사량, 풍속, 풍향 등 파악</p>
<p>기후특성 분석 (기후분석 이용, 그림 1의 두번째 중분류 참조) • 생체기후적 요구(난방필요, 냉방필요, 쾌적, 제습만 필요, 가슴만 필요) 분석 • 기후설계 지침(단열, 침기차단, 태양열획득, 태양열차단, 통풍·환기, 증발냉각, 복사냉방, 기계냉방, 기계냉방·제습) 분석 • 기후설계 지침의 적용 우선순위 파악기후특성 분석</p>
<p>기후설계 지침의 적용 우선순위에 따른 설계 전략 수립</p> <ul style="list-style-type: none"> • 단열(Restrict Conduction) • 침기차단(Restrict Infiltration) • 태양열획득(Promote Solar Gain) • 태양열차단(Restrict Solar Gain) • 통풍·환기(Promote Ventilation) • 증발냉각(Promote Evaporative Cooling) • 복사냉방(Promote Radiant Cooling) • 기계냉방(Mechanical Cooling) • 기계냉방·제습(Mechanical Cooling & Dehumidification)
<p>설 계</p>

[그림 15] 기후설계 프로세스

참고문헌

1. 공기조화냉동공학회, 건물의 공조부하계산용 표준 전산프로그램 개발 및 기상자료의 표준화 연구에 관한 최종보고서, 통상산업부, 1996.9.
2. 송승영, 에너지절약형 건축설계를 위한 기후설계 도구 개발, 대한건축학회논문집(계획계), 17권 10호, 2001.10, pp.241~248.
3. 송승영, 정종민, 자연형 건축설계를 위한 국내 주요도시의 기후특성 분석, 대한건축학회논문집(계획계), 17권 12호, 2001.12, pp.185~196.
4. Givoni, Baruch, Man, Climate and Architecture 2nd. Edition, Van Nostrand Reinhold, 1981.
5. Lechner, Nobert, Heating, Cooling, Lighting: Design Methods for Architects, John Wiley & Sons, 1991.
6. Milne, Murray and Givoni, Baruch(Watson, Donald edited), Energy Conservation through Building Design, Chap. 6: Architectural Design Based on Climate, McGraw-Hill, 1985.
7. Milne, Murray and Li, Yung-Hsin, Climate Consultant 2.0 : A New Design Tool for



기후특성 분석 프로그램과 기후설계 프로세스

- Visualizing Climate, ACSA Architectural Technology Conference, Ann Arbor, Michigan, 1991.
8. Olgay, Victor, Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism, Princeton University Press, 1963.
9. U.S. Housing and Home Finance Agency, Application of Climatic Data to House Design, AMS Press, 1978.
10. Watson, Donald and Labs, Kenneth, Climatic Design: Energy Efficient Building, Principles and Practices, McGraw-Hill, 1983. (3)