

# 에너지 시뮬레이션을 위한 서울의 표준 외기 온도 및 습도 데이터

김 성 실, 김 영 일<sup>†</sup>  
한국과학기술연구원 열유동제어연구센터

## Standard Weather Data of Seoul for Energy Simulation

Seong-Sil Kim, Youngil Kim<sup>†</sup>

Thermal/Flow Control Research Center, Korea Institute of Science and Technology, Seoul 136-791, Korea

(Received March 13, 2002; revision received September 4, 2002)

**ABSTRACT:** Standard temperature and absolute humidity weather correlations of Seoul for dynamic energy simulation have been developed regressing the measured data compiled by the Korea Meteorological Administration during a 10-year period from 1991 to 2000. The mathematical equations can generate the daily and yearly variations of outdoor weather data with consistency unlike the measured data which may show abnormal behavior. Considering that each hour of the day follows a certain yearly pattern, the correlations are developed for each hour. The derived 24 simple mathematical equations can be used for estimating outdoor temperature and humidity conditions for any arbitrary time of the year.

**Key words:** Standard weather data(표준 기상 데이터), Temperature(온도), Absolute humidity(절대습도), Mathematical equation(수학식), Energy simulation(에너지 시뮬레이션), Fourier series(푸리에 급수)

### 기 호 설 명

$A_n, B_n$  : 푸리에 급수의 계수  
 $AH$  : 절대습도 [g/kg<sub>a</sub>]  
 $T$  : 외기 온도 [°C]  
 $x$  : 일(day)

### 1. 서 론

건물의 설계 단계에서 시스템의 용량 선정이나  
일년 또는 일정 기간 동안의 에너지 소비량을 예

측하고 건물 운영에 필요한 에너지 비용을 산출  
하기 위해 건물의 냉·난방 부하 계산이 필수적  
이다. 또한 건물의 열성능에 영향을 주는 설계인  
자들인 구조체 재료의 변경, 창호의 변경 혹은  
열원 및 공조기기 등 시스템의 변경이나 운전방  
법의 변경에 따른 성능 향상 효과를 분석하는 데  
도 건물의 열부하를 예측하는 것이 일반적이다.

건물의 열부하는 실내 공간을 목표하는 환경으  
로 유지하기 위해 투입 또는 제거해야 할 열량으  
로 열부하 계산에 가장 큰 영향을 주는 요인은  
대상 지역의 기상 상태라고 할 수 있다. 건물의  
열부하를 정확히 예측하기 위해서는 대상 지역의  
외부 환경을 가장 적절하게 설명할 수 있고, 10  
년 혹은 그 이상의 장기적인 통계적 신뢰성이 있  
는 표준 기상 데이터의 확보가 가장 중요하다.  
부정확한 기상 데이터는 열부하 계산 결과의 신

<sup>†</sup> Corresponding author

Tel.: +82-2-958-5675; fax: +82-2-958-5598

E-mail address: yikim@kist.re.kr

되도를 저하시킬 수 있기 때문이다. 어떤 지역의 기상 상태는 매순간 불규칙하게 변화하지만 일년을 주기로 유사한 패턴으로 변화한다. 따라서 기상 데이터 모델은 지역적 차이에 따른 기후 변화 특성을 파악하는 데도 활용될 수 있다.<sup>(1)</sup>

국내에서 표준 기상 데이터에 대한 연구는 1980년대부터 이루어져 왔으나 최근 10년에 대한 자료는 개발되어 있지 않으므로 현재에도 과거 10년 이전의 표준 기상 데이터를 이용하고 있는 실정이다. 최근 여러 가지 환경상의 요인으로 지구의 온난화와 이상기온 등이 발생하고 있으므로 현재 건물을 대상으로 한 열부하 계산에 과거 10년 전에 개발된 기상 데이터를 사용하는 것은 많은 오차를 발생시킬 수 있다.

본 연구에서는 첫째, 서울지역을 대상으로 1991년부터 2000년까지 10년간의 기상청 측정 자료를 이용하여 건물의 열부하 계산에 사용할 수 있는 시간별 온도, 절대습도, 일사량, 평균 풍속이 포함된 서울의 표준 기상 데이터를 작성하였다. 둘째, 불규칙적으로 변화하고 일관성이 없는 외기의 온도와 절대습도의 측정 데이터를 곡선 적합(curve fitting)하여 외기 데이터를 일관성 있는 간단한 수학적식으로 표현하였다. 일정한 시각에서의 외기 데이터가 1년을 주기로 반복된다는 점을 이용하여 매 시각별로 외기를 예측하는 24개의 수학적식을 제안하였다. 이 수학적식은 임의의 시간에 대하여 온도와 절대습도의 예측이 가능하며 에너지 시뮬레이션의 외기 데이터로 사용시 실제 측정 데이터와는 달리 일관성 있는 결과를 제공할 수 있다.

## 2. 표준 기상 데이터의 개발 현황

표준 기상 데이터를 작성하기 위해서는 지역별 기상 자료의 관측이 기본이 된다. 우리나라의 기상 관측은 1904년 부산, 인천, 목포에 기상 관측소가 세워져 갱신된 이래 2002년 현재 지상, 해양, 고층, 위성, 레이더, 항공, 지진 관측을 위해 83개 지점의 관측소와 460개 지점의 자동 기상 관측망을 운영하고 있다.

국내·외에서는 이와 같은 측정 자료를 바탕으로 건물의 동적 시스템 시뮬레이션을 위한 전산 프로그램의 입력용으로 표준 기상 데이터를 개발하고 있다. 현재 개발되어 있는 표준 기상 데이터는 미국의 TMY(typical meteorological years), TRY(test reference year) 및 WYEC(weather year for energy calculation) 등이 있으며, 일본에서는 TRY와 비슷한 개념의 표준년과 대표년 및 극단계에 대한 자료가 정리되어 동적 열부하 계산에 이용되고 있다. 대체로 이들 기상 데이터에는 외기의 건구온도, 절대습도, 법선면 직달일사량, 수평면 천공일사량, 운량, 풍향 및 풍속의 7개 기상 요소에 대한 1년간의 시각별 데이터가 포함되어 있다.

국내에서는 1980년대부터 동적 열부하 계산을 위한 입력용 기상 데이터를 개발하였는데 일본의 HASP/ACLD용으로 개발된 기상 데이터는 Table 1과 같다. Table 1에서 보는 바와 같이 현재까지 개발되어 사용되고 있는 표준 기상 데이터는 모두 1993년도 이전의 것으로 최근에 개발된 자료는 없는 실정이다.

Table 1 Standard weather data for HASP in Korea<sup>(2)</sup>

Researcher	Year	Region	Period
D. C. Kim (KMA) <sup>1</sup>	1984	Seoul	1971-1980
J. Y. Shon (HU) <sup>2</sup>	1985	Seoul	1971-1980
M. K. Cho (DNUT) <sup>3</sup>	1986	Seoul, Incheon, Suwon, Mogpo, Gangneung, Jeju, Gwangju	1974-1983 (Seoul : 1973-1982)
H. K. Kim (SNU) <sup>4</sup>	1987	Seoul, Cheongju, Mogpo, Jinju, Gangneung, Gwangju	1974-1983
D. C. Kim (Hanil MEC)	1991	Seoul, Busan, Daegu, Gwangju	1982-1989
	1992	Jeonju, Daejeon, Gangneung, Jeju	1982-1991 (Daejeon : 1984-1991)

1. KMA : Korea Military Academy

2. HU : Hanyang University

3. DNUT : Daejeon National University of Technology

4. SNU : Seoul National University

3. 서울 지방 표준 기상 데이터 작성

기상청에서는 전국의 기상 관측소에서 외기 온도, 상대습도, 일사량, 풍향, 풍속 등을 측정하여 기록하고 있다. 이중 온도와 상대습도는 3시간마다 순간치를 측정하여 온도는 °C로 상대습도는 %로 나타내고 있으며, 일사량은 일출시간으로부터 일몰시간까지 매 분별로 측정하여 1시간 적산한 것으로 J/m<sup>2</sup>로 나타내고 있다. 풍향과 풍속은 매 시각별로 측정하여 10분간 평균값을 풍향은

Table 2 Data format

Note				Temperature (°C)								Humidity (%)		
location	year	month	day	03	06	09	12	15	18	21	24	03	06	09
Humidity (%)				Solar radiation (0.01 MJ/m <sup>2</sup> )										
12	15	18	21	24	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
Solar radiation (0.01 MJ/m <sup>2</sup> )				Wind speed (0.1 m/s)										
15	16	17	18	19	20	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Wind speed (0.1 m/s)														
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

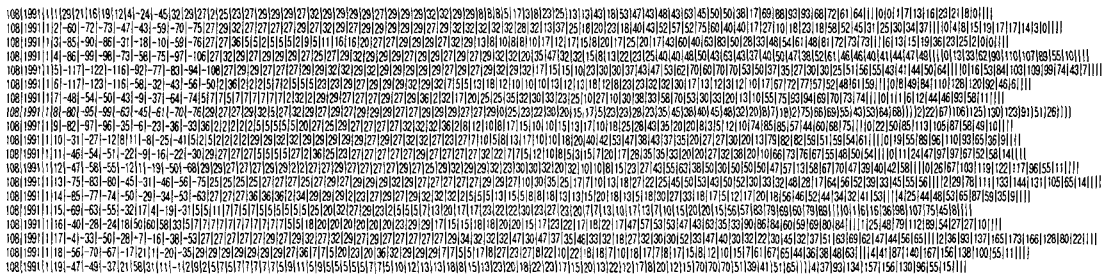


Fig. 1 Original weather data form.

Table 3 Weather data (Seoul)

Month	Day	Total time	Time of day	Day	Outdoor temperature [°C]	Absolute humidity [g/kga]	Solar radiation [J/m <sup>2</sup> h]	Wind speed [m/s]
6	23	529	1	174	21.47	11.93	0	1.20
6	23	530	2	174	21.10	12.03	0	1.07
6	23	531	3	174	20.73	12.13	0	0.97
6	23	532	4	174	20.37	12.09	0	0.99
6	23	533	5	174	20.00	12.04	0	1.06
6	23	534	6	174	19.64	11.99	25	1.23
6	23	535	7	174	20.49	11.96	173	1.34
6	23	536	8	174	21.34	11.88	577	1.28
6	23	537	9	174	22.19	11.75	962	1.44
6	23	538	10	174	23.16	11.88	1366	1.73
6	23	539	11	174	24.13	11.97	1568	1.89
6	23	540	12	174	25.10	12.03	1760	2.09
6	23	541	13	174	25.04	12.05	1802	1.80
6	23	542	14	174	24.98	12.08	1398	2.62
6	23	543	15	174	24.92	12.10	1085	2.48
6	23	544	16	174	24.97	12.05	1253	3.05
6	23	545	17	174	25.02	12.00	892	3.31
6	23	546	18	174	25.07	11.95	580	3.01
6	23	547	19	174	24.13	12.00	264	2.82
6	23	548	20	174	23.20	12.02	32	2.50
6	23	549	21	174	22.26	11.99	0	2.45
6	23	550	22	174	21.82	11.99	0	1.72
6	23	551	23	174	21.38	11.98	0	1.61
6	23	552	24	174	20.94	11.96	0	1.52

16방향으로 풍속은 m/s로 나타내고 있다. Table 2는 기상청에서 제공하고 있는 기상 데이터의 저장 시간 간격과 저장 형식이며 Fig. 1은 기상청에서 제공하는 데이터의 모양이다.

본 연구에서는 1991년 1월 1일부터 2000년 12월 31까지의 기상청 측정 자료를 이용하여 서울 지방의 표준 기상 데이터를 작성하였다. 서울 지방의 표준 기상 데이터에는 1월 1일부터 12월 31일까지 1시간별 온도, 절대습도, 일사량, 풍속이 포함되어 있다. 기상 데이터는 10년간 동일한 날, 동일한 시간에 해당하는 기상 자료의 평균값으로 1시간별로 작성하였다. 온도와 상대습도는 3시간에 한번씩 측정하고 있으므로 3차 스플라인 보간법(cubic spline interpolation)을 이용하여 1시간 간격으로 변환하였다. 상대습도는 인간의 온열 감각에 영향을 미치는 중요한 변수이지만 온도에 따라 변하기 때문에 공기 중에 포함되는 수증기의 절대량을 파악하기가 어렵다. 따라서 서울 지방 표준 기상 데이터에서는 온도와 상대습도를 이용하여 상대습도를 절대습도로 변환하였다. Table 3은 본 연구에서 개발된 서울 지방 표준 기상 데이터 중 6월 23일 데이터의 예이다.

본 연구에서 개발된 서울 지방 표준 기상 데이터의 형태는 건물의 동적 열부하 계산 프로그램 중 미국 Wisconsin 대학의 S. A. Klein<sup>(3)</sup> 등이 개발한 TRNSYS15의 입력 형태로 나타낸 것이며 이 데이터를 다른 동적 열부하 계산 프로그램에 이용할 경우에는 프로그램에 적합한 입력 형식으로 데이터를 변환하여 활용할 수 있다.

#### 4. 외기 온도와 절대습도의 예측식 개발

본 연구에서는 1991년부터 2000년까지 10년간의 기상 관측 데이터를 이용하여 외기의 온도와 절대습도를 예측할 수 있는 수학적식을 개발하였다. 에너지 시뮬레이션에 적합한 외기 데이터는 일관성 있는 특성을 보여야 하는데 실제 측정 데이터는 일관성이 없고 시간에 따라 불규칙하게 변화하는 특성을 지니고 있어 시뮬레이션 해석시 왜곡된 결과를 초래할 수 있다. 따라서 측정 데이터를 곡선 접합한 간단한 수학적식을 개발하여 임의의 시간에 대하여 일관성 있는 외기 기상 상태를 예측하여 에너지 시뮬레이션에 활용하고자 한다.

임의의 자료를 이용하여 두 변수 간의 관계를 연구하는 데 있어서 가장 먼저 하여야 할 일은 두 변수 간의 관계를 산점도(scatter diagram)로 그려 보는 것이다. 두 변수 간의 관계가 직선관계인가 곡선관계인가 또는 기타 다른 관계가 있는가 하는 것은 이 산점도로부터 대략 짐작할 수 있다. Fig. 2와 Fig. 3은 측정된 외기 온도와 절대습도가 연간 어떠한 형태로 변화하는지를 파악하기 위하여 1991년부터 2000년까지 측정된 외기 온도와 절대습도를 1년을 주기로 갖는 산점도를 나타낸 것이다. Fig. 2는 외기 온도의 1년간 변화를 나타내는 산점도이며, Fig. 3은 외기의 절대습도의 1년간의 변화를 나타내는 산점도이다.

기상 자료의 시간별 관계식은 과거 10년간의 관측 데이터를 푸리에 급수(Fourier series)를 이용하여 수식화하였다. 푸리에 급수는 임의의 주기함수를 싸인(sine), 코싸인(cosine)과 같은 삼각

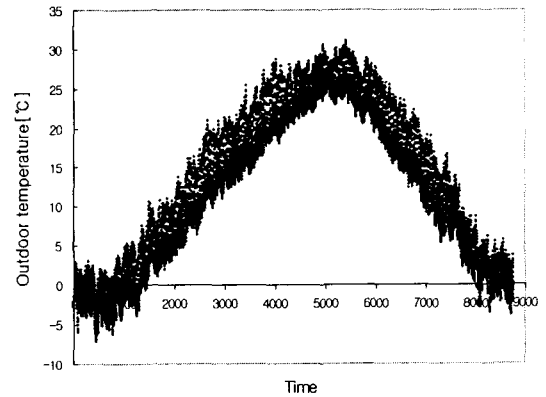


Fig. 2 Outdoor temperature distribution.

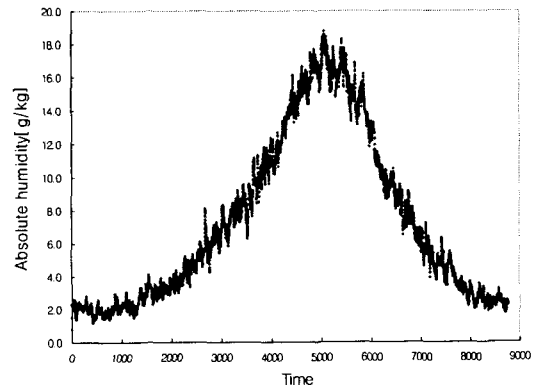


Fig. 3 Absolute humidity distribution.

함수를 이용하여 나타내고 있으며 또한 불연속 주기함수를 다룰 수 있으므로 불규칙적으로 변화하는 외기 상태를 수식화하는 데 적합하기 때문이다.

4.1 연간 외기 온도 계산식

외기 온도의 시간별 변동 특성은 태양의 일주기 운동에 의해 결정되어지는 확정 성분과 기단의 이동, 태양의 연주기 특성에 의한 복합적 요인에 의해서 발생한다. 태양의 연주기 운동에 의한 특성은 주로 계절적 온도 변화를 발생시키며, 태양의 일주기 운동에 의한 특성은 각 일의 온도 상승 및 하강을 주기적으로 발생시킨다.<sup>(4)</sup>

Fig. 4는 기상청에서 측정한 데이터 중 1991년, 1993년, 1995년의 6월 23일의 측정된 외기 온도의 변화를 나타내었다. 1991년과 1993년의 경우 외기 온도는 15시에 감소한 후 18시에는 다시 상승하는 일관성 없는 특성을 보여준다. 이러한 외기 데이터를 그대로 이용하여 건물의 열부하와 에너지 사용량을 예측하게 될 경우에는 어느 때의 데이터를 사용하였느냐에 따라 서로 다른 결과를 초래하게 되어 계절과 시간에 따른 계산 결과의 왜곡이 발생될 것이다.

따라서 본 연구에서는 이와 같이 불규칙적으로 변화하는 실제의 외부 기상 요소를 일관성 있게 변화하는 기상 요소로 변화시킴으로써 건물의 열부하를 일관성 있게 예측할 수 있는 수학적식을 도출하였다.

본 연구에서는 일년을 주기로 계속 변화하는 외기 온도를 표현하기 위하여 하루를 시간별로

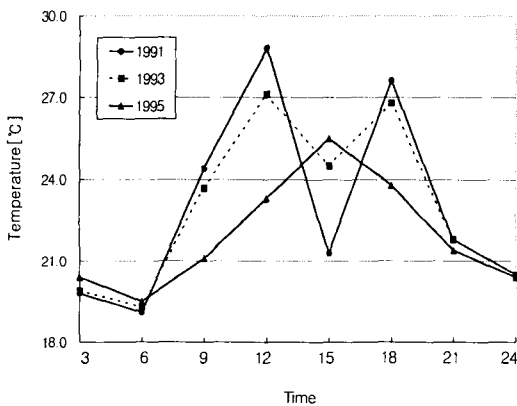


Fig. 4 Outdoor temperature variation (June 23).

Table 4 Coefficients for temperature equation

Time	$A_o$	coe.	1	2	3
1	11.18781	$A_n$	-12.840610	-0.4296809	0.0603537
		$B_n$	-5.514139	0.1548266	-0.9266086
2	10.86745	$A_n$	-12.959580	-0.3627431	0.0762807
		$B_n$	-5.309174	0.2138016	-0.9615144
3	10.49507	$A_n$	-12.848790	-0.3465059	0.1085605
		$B_n$	-5.519800	0.2708277	-0.9811601
4	10.11225	$A_n$	-12.784280	-0.2839763	0.1308132
		$B_n$	-5.528726	0.3177598	-0.9878131
5	9.827178	$A_n$	-12.772410	-0.2467258	0.1422542
		$B_n$	-5.531077	0.3244540	-0.9806165
6	9.769589	$A_n$	-12.933630	-0.2792312	0.1313593
		$B_n$	-5.513370	0.2556720	-0.9561394
7	10.04345	$A_n$	-13.332030	-0.4094426	0.0868007
		$B_n$	-5.462568	0.0923653	-0.9120217
8	10.64219	$A_n$	-13.816050	-0.5935704	0.0059001
		$B_n$	-5.377480	-0.1194515	-0.8492308
9	11.53233	$A_n$	-14.182320	-0.7712203	-0.1152458
		$B_n$	-5.261374	-0.3156642	-0.7711536
10	12.65655	$A_n$	-14.281540	-0.8962523	-0.2726293
		$B_n$	-5.119664	-0.4478970	-0.6809696
11	13.85414	$A_n$	-14.178200	-0.9735180	-0.4362302
		$B_n$	-4.969800	-0.5193955	-0.5920550
12	14.94000	$A_n$	-13.99440	-1.0227530	-0.5693875
		$B_n$	-4.836150	-0.5475780	-0.5162528
13	15.75441	$A_n$	-13.834280	-1.0587950	-0.6441319
		$B_n$	-4.734539	-0.5462775	-0.4667917
14	16.23260	$A_n$	-13.735780	-1.0773440	-0.6649692
		$B_n$	-4.657769	-0.5136445	-0.4472446
15	16.33507	$A_n$	-13.723210	-1.0716170	-0.6467648
		$B_n$	-4.592576	-0.4439938	-0.4589813
16	16.05181	$A_n$	-13.798150	-1.0364160	-0.6010582
		$B_n$	-4.534856	-0.3390354	-0.5018743
17	15.48211	$A_n$	-13.878370	-0.9765938	-0.5322988
		$B_n$	-4.514590	-0.2232068	-0.5618736
18	14.75425	$A_n$	-13.861050	-0.8996987	-0.4458971
		$B_n$	-4.571004	-0.1272728	-0.6238426
19	13.98803	$A_n$	-13.680650	-0.8143968	-0.3469313
		$B_n$	-4.724776	-0.7333315	-0.6745811
20	13.25973	$A_n$	-13.412710	-0.7297177	-0.2486764
		$B_n$	-4.927793	-0.4689097	-0.7184988
21	12.63616	$A_n$	-13.169810	-0.6565175	-0.1666053
		$B_n$	-5.114586	-0.0289250	-0.7611847
22	12.16392	$A_n$	-13.038360	-0.6012685	-0.1108429
		$B_n$	-5.233199	-0.0098469	-0.8090585
23	11.80282	$A_n$	-12.997460	-0.5564108	-0.0727972
		$B_n$	-5.292338	0.0378381	-0.8576420
24	11.49151	$A_n$	-13.00144	-0.5112635	-0.0377308
		$B_n$	-5.314216	0.0865637	-0.9031123

구분하여 24개의 수학적식으로 나타내었다. 시간별 외기 온도 예측을 위한 수학적식은 식(1)과 같이 푸리에 급수를 이용하였으며 3차항까지 계산하였다. 이는 푸리에 급수의 차수가 증가하면 더욱 정확한 값을 예측할 수 있으나 계산이 번거로워질 수 있으며 부분적으로는 오차가 더 크게 발생할 수 있다. 따라서 푸리에 급수의 차수를 증가

해 가며 측정 데이터와의 오차를 비교해 본 결과 온도의 경우 3차항으로 계산하는 것이 가장 정확한 값을 예측할 수 있는 것으로 나타났다.

$$T = A_o + \sum_{n=1}^3 \left( A_n \cos \frac{n\pi}{365} x + B_n \sin \frac{n\pi}{365} x \right) \quad (1)$$

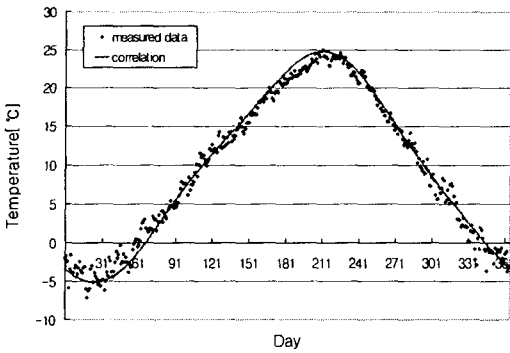


Fig. 5 Outdoor temperature (6 AM).

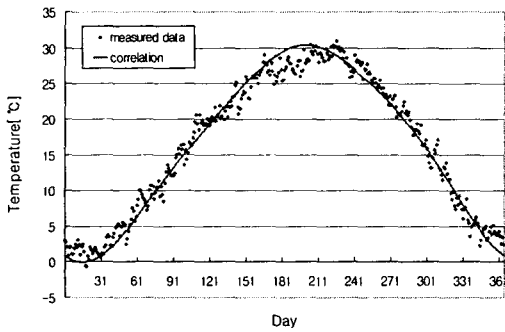


Fig. 6 Outdoor temperature (3 PM).

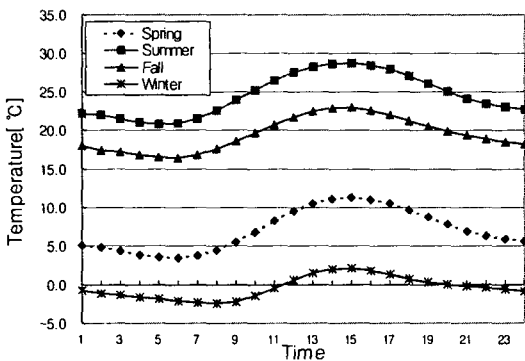


Fig. 7 Outdoor temperature variation of 4 seasons.

Table 4는 연간을 통해 변화하는 시간별 외기 온도를 예측하기 위한 푸리에계수이다. Table 4에 있는 계수들은 식(1)을 이용하여 임의의 날과 임의의 시간의 외기 온도를 예측하고자 할 때 원하는 시간에 해당하는 계수를 찾아 해당하는 시간에 대하여 계산하면 그때의 온도를 계산할 수 있다.

Fig. 5는 시간별 측정 자료 중 최저 온도를 기록하는 빈도가 가장 높은 오전 6시의 데이터를 이용하여 1년을 주기로 외기 온도를 측정치와 예측식을 비교하여 나타내었으며, Fig 6은 최고 온도를 기록하는 시간인 오후 3시를 기준으로 실측 데이터와 예측식을 비교하여 나타내었다. 두 그림에서 보는 바와 같이 수학적식은 데이터의 값 및 경향과 잘 일치하고 있다.

Fig 7은 수학적식으로 계산된 계절별 대표일에 대한 시간별 온도 변동을 나타내었다. 계절별 대표일은 각각 춘분, 하지, 추분, 동지를 대상으로 하였다. 구체적으로는 3월 23일, 6월 23일, 9월 23일, 12월 23일을 기준으로 하였다. 측정값과는 달리 하루를 주기로 일관성 있는 특성을 보여준다.

#### 4.2 연간 외기 절대습도 계산식

절대습도는 대기 중에 포함되어 있는 수증기의 양을 평가하는 수치로 여름철 냉방부하에 중요한 영향을 미치는 인자이다. 본 연구에서는 절대습도를 예측하기 위하여 외기 온도 계산식과 마찬가지로 푸리에 급수를 이용하였으며 항은 5차항까지 사용하였다. 일년을 주기로 변화하는 절대습도를 24개의 시간별로 분류하여 식(2)와 같이 나타내었다.

$$AH = A_o + \sum_{n=1}^5 \left( A_n \cos \frac{n\pi}{365} x + B_n \sin \frac{n\pi}{365} x \right) \quad (2)$$

외기 온도 계산식과 마찬가지로 절대습도 계산식에서도 푸리에 급수의 차수를 증가해 가며 측

Table 5 Coefficients for absolute humidity equation

Time	$A_o$	$n$	1	2	3	4	5
1	7.423879	$A_n$	-6.163508	1.020043	0.2047170	-0.0209962	0.2520577
		$B_n$	-3.113102	1.695270	-0.5735179	0.1844611	-0.0208383
2	7.431023	$A_n$	-6.203535	1.039429	0.1905845	-0.0151699	0.2267411
		$B_n$	-3.105436	1.705863	-0.5866036	0.1933563	-0.0209027
3	7.423421	$A_n$	-6.236751	1.052288	0.1875861	-0.0168069	0.2044263
		$B_n$	-3.093800	1.718890	-0.5902953	0.1945724	-0.0219484
4	7.384042	$A_n$	-6.239767	1.055133	0.1999821	-0.0228686	0.1919511
		$B_n$	-3.064361	1.721664	-0.5828930	0.1865142	-0.0246202
5	7.337756	$A_n$	-6.231027	1.053626	0.2151843	-0.0281840	0.1898728
		$B_n$	-3.023922	1.712436	-0.5685756	0.1725854	-0.0247932
6	7.319911	$A_n$	-6.239438	1.055715	0.2163927	-0.0270489	0.1971785
		$B_n$	-2.984446	1.692194	-0.5529919	0.1574395	-0.0171498
7	7.353689	$A_n$	-6.284130	1.066045	0.1934753	-0.0170067	0.2118558
		$B_n$	-2.955695	1.663571	-0.5401606	0.1448312	0.0010573
8	7.413603	$A_n$	-6.345144	1.076042	0.1629726	-0.0085908	0.2278940
		$B_n$	-2.938620	1.635790	-0.5275816	0.1349185	0.0222941
9	7.462003	$A_n$	-6.392746	1.073830	0.1480934	-0.0155821	0.2382830
		$B_n$	-2.931972	1.619720	-0.5111244	0.1269604	0.0364563
10	7.471230	$A_n$	-6.405829	1.051596	0.1650080	-0.0468113	0.2380741
		$B_n$	-2.933510	1.623070	-0.4892865	0.1199959	0.0371570
11	7.453606	$A_n$	-6.397782	1.017788	0.2017353	-0.0913087	0.2305661
		$B_n$	-2.937030	1.640897	-0.4710759	0.1121823	0.0328796
12	7.431445	$A_n$	-6.390622	0.984922	0.2392558	-0.1331542	0.2211192
		$B_n$	-2.935338	1.665099	-0.4681279	0.1014573	0.0358247
13	7.421771	$A_n$	-6.400260	0.963767	0.2619727	-0.1595531	0.2145038
		$B_n$	-2.924283	1.688658	-0.4885144	0.0881019	0.0529380
14	7.420443	$A_n$	-6.418192	0.958121	0.2679790	-0.1702114	0.2131305
		$B_n$	-2.911898	1.708903	-0.5260526	0.0817736	0.0701451
15	7.418027	$A_n$	-6.429811	0.970039	0.2587901	-0.1679600	0.2188199
		$B_n$	-2.909258	1.724250	-0.5709961	0.0944735	0.0681167
16	7.409096	$A_n$	-6.425038	0.998696	0.2374076	-0.1563082	0.2320363
		$B_n$	-2.925319	1.734201	-0.6133043	0.1323197	0.0347858
17	7.404248	$A_n$	-6.411895	1.031738	0.2127780	-0.1414770	0.2478189
		$B_n$	-2.960560	1.742621	-0.6417606	0.1778986	-0.0128644
18	7.418085	$A_n$	-6.402933	1.053933	0.1953336	-0.1303658	0.2598504
		$B_n$	-3.013336	1.754462	-0.6448538	0.2079132	-0.0505881
19	7.457948	$A_n$	-6.405368	1.054686	0.1923397	-0.1272141	0.2636272
		$B_n$	-3.078257	1.771526	-0.6167888	0.2062223	-0.0606712
20	7.502122	$A_n$	-6.405082	1.041945	0.1983931	-0.1256226	0.2619001
		$B_n$	-3.134932	1.783012	-0.5746327	0.1853079	-0.0515250
21	7.521631	$A_n$	-6.382619	1.028298	0.2049233	-0.1165323	0.2592334
		$B_n$	-3.159222	1.774970	-0.5411681	0.1648073	-0.0380921
22	7.497641	$A_n$	-6.327316	1.024079	0.2050599	-0.0938654	0.2586535
		$B_n$	-3.135956	1.739497	-0.5334433	0.1598849	-0.0320456
23	7.451898	$A_n$	-6.263660	1.030614	0.1987324	-0.0634704	0.2570362
		$B_n$	-3.085842	1.692895	-0.5455677	0.1678116	-0.0319808
24	7.416295	$A_n$	-6.224931	1.046977	0.1875702	-0.0341772	0.2497194
		$B_n$	-3.038556	1.657512	-0.5659160	0.1813855	-0.0332229

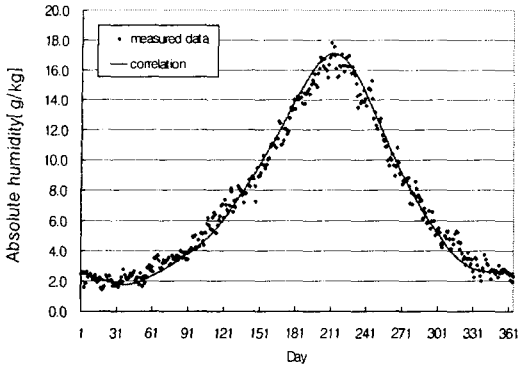


Fig. 8 Outdoor absolute humidity (6 AM).

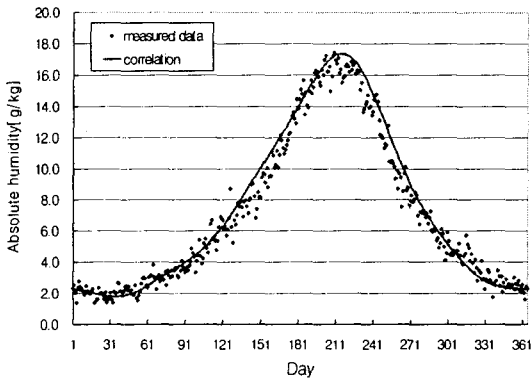


Fig. 9 Outdoor absolute humidity (3 PM).

정 데이터와의 오차를 비교해 본 결과 5차항으로 계산하는 것이 가장 정확한 값을 예측할 수 있는 것으로 나타났다. Fig. 8과 Fig. 9는 각각 오전 6시와 오후 3시를 대상으로 측정 데이터와 예측식을 이용한 절대습도를 비교하여 나타내었다. 절대습도도 온도와 마찬가지로 수확식이 실제의 값 및 경향을 잘 나타내고 있다.

Table 5는 식(2)를 이용하여 시간별 절대습도를 계산하기 위한 계수이다. 식(2)를 이용하여 계산하고자 하는 시간의 계수를 대입하면 원하는 날과 시간의 절대습도를 계산할 수 있다.

Fig. 10은 식(2)를 이용하여 연간 대표일인 춘분, 하지, 추분, 동지를 대상으로 절대습도의 시간별 변화를 나타내었다. Fig. 10에서 보는 바와 같이 절대습도는 하루 중 시간에 따라 변화가 거의 없는 일정한 분포를 보이고 있다. 계절에 따라서는 겨울이 가장 낮은 분포를 보이고 있으며, 여름이 가장 높은 분포를 보이고 있는 것으로 나타났다.

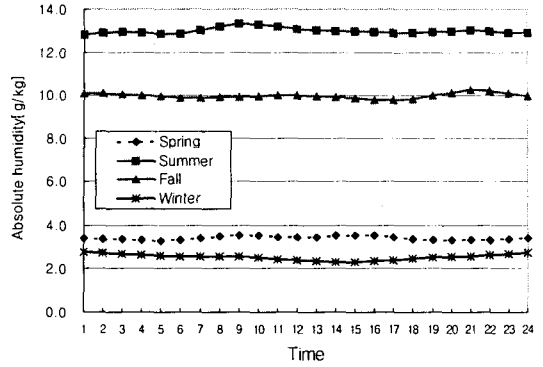


Fig. 10 Outdoor absolute humidity of 4 seasons.

Table 6은 시간별로 측정된 외기 온도와 수확식을 이용하여 예측한 외기 온도의 오차를 온도 차에 따라 나타내었다. 측정된 외기 온도와 예측식을 이용한 외기 온도와 온도차가 2.0℃ 이내의 온도차를 보이는 비율은 88.5%, 1.5℃ 이내의 범위는 76.7%, 1.0℃ 이내의 범위는 57.8%, 0.5℃ 이내의 오차를 나타내는 비율은 31.1%이다.

Table 6 Cumulative percentage (%)

Time	2.0℃	1.5℃	1.0℃	0.5℃
1	91.8	81.6	63.3	35.9
2	92.3	80.0	63.0	37.5
3	92.6	82.5	64.1	35.9
4	92.9	83.1	63.0	32.9
5	93.2	84.1	62.7	33.2
6	93.2	83.6	62.5	32.9
7	92.9	81.6	63.9	33.1
8	92.1	80.8	64.1	32.3
9	90.1	78.6	61.1	34.5
10	87.1	76.2	57.0	32.6
11	84.9	73.4	55.9	27.9
12	82.7	69.9	51.8	23.6
13	82.7	67.4	50.4	22.2
14	81.6	67.1	47.4	24.4
15	82.2	67.4	47.1	25.4
16	83.8	68.2	47.4	25.8
17	84.1	69.0	48.8	24.9
18	86.6	74.2	52.1	26.8
19	89.0	75.6	56.1	29.0
20	90.7	77.0	59.7	32.1
21	89.6	77.8	60.3	35.9
22	89.3	79.5	60.3	36.7
23	89.6	81.1	61.9	34.8
24	89.3	81.1	62.2	35.1
Average	88.5	76.7	57.8	31.1



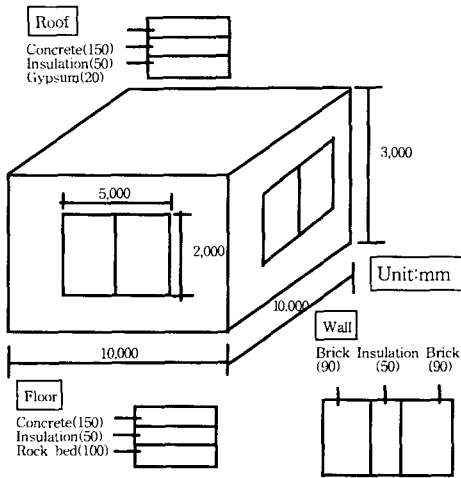


Fig. 11 Simulation model.

Table 7 Thermal property of materials

Material	Thermal conductivity [W/m°C]	Density [kg/m <sup>3</sup> ]	Capacity [W/kg°C]
Concrete	2.10	2,400	0.28
Insulation	0.036	30	0.41
Brick	0.62	1,660	0.23
Gypsum	0.35	1,200	0.28
Rock bed	0.63	1,200	0.28

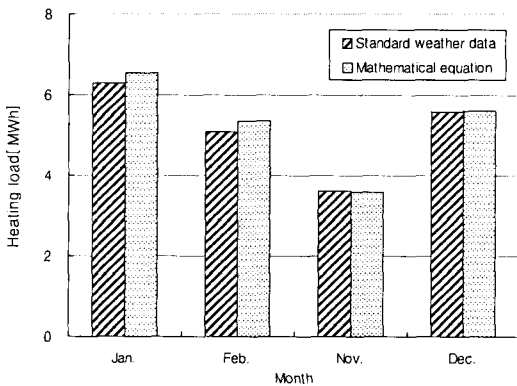


Fig. 12 Comparison of heating load.

본 연구에서는 간단한 모델을 대상으로 기상 데이터에 따라 열부하를 계산하였다. Fig. 11은 부하계산을 위한 모델이며, Table 7은 구조체의 물성치이다. 부하계산 모델은 바닥면적이 100 m<sup>2</sup>이며 높이는 3m, 모델의 동쪽과 남쪽에 면적 10

m<sup>2</sup>인 창이 설치되어 있는 것으로 하였다. 구조체 각 재료들의 팔호 안의 숫자는 재료들의 두께를 mm로 나타내었다. 열부하계산에는 동적 부하계산 프로그램인 TRNSYS15를 이용하였다. 부하계산의 실내 조건은 난방 기간 동안에는 온도 22°C, 상대습도 50%, 냉방 기간 동안에는 온도 26°C, 상대습도 50%로 일정하게 유지하는 것으로 하였으며, 실내의 환기 횟수는 1회/h, 창을 통한 침기는 0.6회/h로 발생하는 것으로 하였다.

본 연구에서 개발된 표준 기상 데이터를 이용하여 계산한 결과와 수학적식을 이용한 연간 부하계산 결과와의 오차는 1.0%로 그 차이가 아주 작게 나타났다. Fig. 12는 본 연구에서 개발한 서울 지방 표준 기상 데이터와 예측식을 이용하여 계산한 결과를 월별로 나타내었다. 난방 기간 동안의 월별 오차는 0.5~5.4%로 나타났다.

### 5. 결 론

본 연구에서는 첫째, 건물의 열부하계산과 에너지 소비량을 예측하는 데 필수적인 표준 기상 데이터를 작성하기 위하여 1991년부터 2000년까지 최근 10년간의 기상청 측정 기상 데이터를 이용하여 건물의 동적 열부하계산에 활용할 수 있는 표준 기상 데이터를 개발하였다. 본 연구에서 개발된 서울 지방의 표준 기상 데이터는 건물의 동적 열부하를 계산할 때 사용자가 이용하는 부하계산 프로그램에 따라 입력 형태를 변환하여 이용하여 현재 지어지는 건물의 동적 열부하를 예측할 수 있을 것으로 생각한다.

둘째, 불규칙적으로 변화하고 일관성이 없는 외기의 온도와 절대습도의 측정 데이터를 곡선 접합하여 간단한 수학적식으로 표현함으로써 일관성 있는 외기 데이터를 제시하였다. 우리나라의 외기 온도와 절대습도는 일정한 시각에서는 1년을 주기로 반복되는 특성을 지닌 점을 이용하여 매 시각별로 외기를 예측하는 24개의 수학적식을 제안하였다. 본 연구의 결과로 도출된 수학적식은 순간적으로 변화하는 매 시간별 기상 상태를 예측하는 데는 다소 오차가 발생할 수 있으나 불규칙하게 변화하는 외기 상태를 규칙적인 주기를 갖는 수식으로 나타내어 임의의 시간에 대한 예측을 가능하게 했다는 데 그 의의가 있다. 이 수학적식은 임의의 시간에 대하여 외기 온도와 절대습도

의 예측이 가능하며 에너지 시뮬레이션의 외기 데이터로 사용시 실제 측정 데이터와는 달리 일관성 있는 결과를 제공할 수 있을 것으로 생각한다.

본 연구는 서울 지방에 대한 자료에 국한하여 연구하였는 바, 앞으로는 전국의 주요 도시에 대한 분석이 필요할 것으로 생각된다. 또한 일사량과 풍향, 풍속 등 다른 기상 요소에 대해서도 시간별 예측식의 개발이 계속적으로 이루어져야 할 것으로 생각하며 향후 이에 대한 연구도 수행하고자 한다.

### 참고문헌

1. Yoshida, H. and Terai, T., 1992, Modeling of Weather Data by Time Series Analysis for Air-conditioning Load Calculations, ASHRAE Transction, Vol. 98, Part I, pp. 328-345.
2. Kim, D. C., 1996, Development of the Standard Computer Software and Weather Data for Cooling and Heating Load Calculation, Report of Hanil M.E.C. Inc., 94-P-11-03.
3. TRNSYS15 (Transient System Simulation Program, 2000, Solar Energy Lab. Rep., University of Wisconsin-Madison).
4. Lee, S. E. and Shon, J. Y., 1992, Modeling of Hourly Outdoor Temperature Variation, Journal of AIK, Vol. 8, No. 9, pp. 201-210.