

## 동계 시각별 외기온의 변동 특성에 관한 연구

이승언\* · 손장열\*\*

\*한국건설기술연구원 건축연구실

\*\*한양대학교 교수

## Variation Characteristics of Hourly Atmospheric Temperature Throughout a Winter

Lee, Seung Eon\* · Shon, Jang Yeul\*\*

\*Korea Institute of Construction Technology

\*\*Dept. of Architectural Engineering, Hanyang Univ.

### 요 약

본 연구는 동계 외기온 데이터의 시각별 변동특성을 파악하기 위하여 연변동 성분 및 기간변동 성분을 제거한 일변동 성분의 매 시각별 외기온 데이터에 대해서 일교차의 발생 요인에 대해서 분석하였다. 또한 동계시각별 외기온의 주파수 특성에 대해서 검토하였으며 외기온 데이터의 수식화의 가능성을 제시하였다.

### ABSTRACT

Identifying characteristics of heating and cooling systems requires estimation of thermal load of specific time interval, especially in cases that its system is operated intermittently, by using thermal storage, of in a partial load condition. Estimating the thermal load, however, needs to forecast hourly weather data variation. Hence, this paper attempts to examine characteristics of hourly outdoor temperature variation as a preliminary research for the mathematical modeling of the hourly weather variation.

Speculating characteristics of daily minimum and maximum temperature occurrences, hourly outdoor temperature variation, and daily temperature differences in the increasing range (07h~15h) and decreasing range(15h~07h), we were able to analyze changing patterns of daily temperature differences in each range in terms of daily solar amount, cloud ratio, and other weather data.

Results from the multiple regression analysis enables us to conclude that daily differences in the increasing range are strongly affected last night temperature itself while the other range's differences are influenced by many weather data, which are solar amount, the variation of cloud, and the maximum temperature of the previous day.

## 1. 서 론

건물의 공기조화 설비의 설계나 장치의 시뮬레이션할 경우, 기상데이터의 선택이 요구된다. 현재 이용되고 있는 기상 데이터의 선택 방법은 실제의 기상데이터 또는 표준 기상데이터를 선택하여 필요한 기간 만큼 매 시각의 계산을 하는 방법 및 TAC온도 등으로 대표되는 계절별 설계용 기상데이터 또는, 수정 BIN법에서 사용되는 1일 3구간 3°C 간격의 BIN데이터를 사용하는 방법이 있다. 실제 또는 표준 기상데이터의 경우, 실제의 기상데이터를 매 시각별로 이용하기 때문에 현실에 가까운 계산을 할 수 있지만, 부하의 활발적 성상이 필요한 간헐, 축열 운전과 같은 경우에는 그 분석이 용이하지 않은 면이 있다.

계절별 TAC온도를 이용하는 방법은 간단하게 장치부하 등을 계산하는 것은 가능하지만 기간별로 소비에너지의 실적을 구하거나, 시스템의 동적인 해석에는 사용하기 어렵다. BIN데이터는 이러한 문제점을 보완하여 기간에너지의 산정 등에 유용하게 활용될 수 있으나, 예열, 축열운전 등 외기온의 시각별 특성이 요구되는 경우에는 적용하기가 곤란하다. 따라서 본 연구는 기상데이터의 정리방법을 시스템의 운전 특성 분석에 유용하게 적용할 수 있도록 확률 시계열 관점에서 정리하는 것을 목적으로 하고 있으며 본 고에서는 그 기초적 연구로써 서울지방의 동계 외기온 데이터에 대한 시각별 변동 특성에 대해서 고찰하고자 한다.

## 2. 기상데이터의 검토

현재 국내에 발표되어진 4종의 표준기상 데이

타 및 김포공항 기상대에서 측정된 서울의 1990, 1991, 1992년의 시각별 외기온 데이터에 대해서 기본적 검토를 하였다. 4종의 표준기상데이터는 1970~1984년 중 10년간의 데이터에서 취해진 평균월에 의한 것으로서, 그 중 동계에 해당되는 1, 2, 3, 12월을 추출하였다. 각 월 중 12월은 4종의 표준기상데이터가 동일한 연도(1974년)를 사용하고 있었으며, 2월의 경우 2종의 데이터가 동일한 연도(1975년)로 구성되어지고 있었다. 나머지 각달은 각기 다른 연도에서 선정되어진 것이었다. 한편 4종의 표준기상데이터 중 2종은 매 시각 외기온도가 자기기록지에 의한 실시간 데이터가 입력되어 있으나, 나머지 2종은 3시간 간격 데이터로 부터 3차 보간법에 보정된 것이어서 공통으로 적용된 12월에 대해서 이에 대한 오차를 검토하였으나 몇 개의 데이터 입력오차에 대한 시각을 제외하고는 구간온도(3시간 간격 사이의 2개 시각 온도)는 큰 오차가 없었다. 일사량에 대해서는 직산분리방법에 따라 일출시각 및 운량이 많은 날에 따라 범선면 적달일사량 및 수평면 확산일사량에서 각기 차이가 있었으나, 평균 10%이내에서 유사한 증감폭을 가지는 것으로 나타나고 있었다.

추출된 각 월의 데이터는 평균월의 접속에 따라 실제 외기온과 차이가 발생하는 각월의 처음 및 마지막 2일씩을 제거하여 본 연구의 분석에 사용하였다.

## 3. 외기온 일변동의 구간 분류

일반의 일교차는 오전 1시에서 24시 사이의 최고, 최저 온도의 차로 표현되나 본 연구에서는 하루의 최고기온이 기록되는 시점에서 익일 최저기온이 기록되는 시각까지를 하강구간(구간

I), 최저기온이 기록되는 시각에서 그 일의 최고기온이 기록되는 시각까지를 상승구간(구간 II)로 구분하여 일교차를 정의하였다.(Fig. 1).

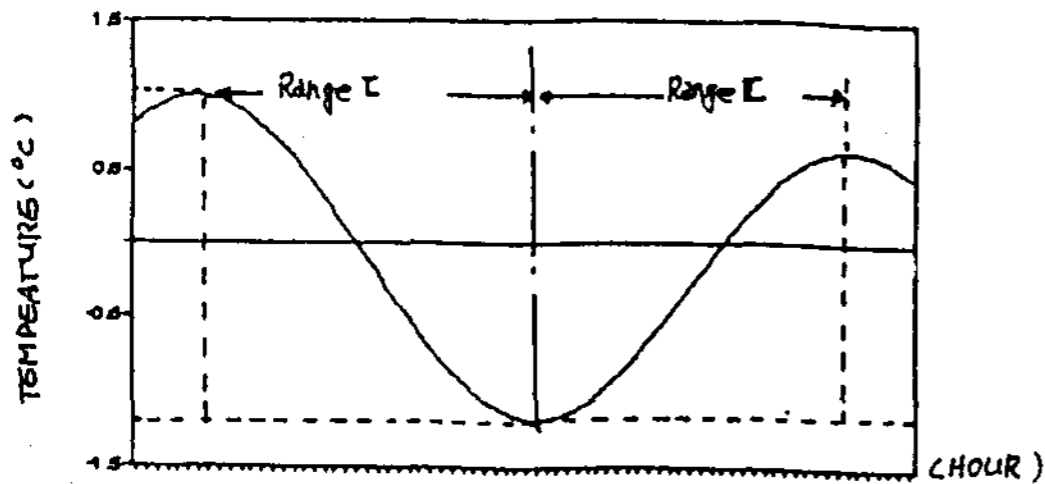


Fig.1 A Definition of Temperature Variation Range

최고기온 및 최저기온의 발생시각은 일정하지 않으나, 일최저기온은 일출시각전 1시간 이내에 발생하고, 일최고기온은 태양남중후 1시간~3시간<sup>2)</sup>이내의 발생빈도가 높으므로 동계 외기온(12월~2월)에 대하여 일최고, 최저기온의 시각별 출현빈도를 추출하였다. 또한 동계외기온의 시각별 평균온도를 산출하여 매 시각별 온도 변화량을 도출하여 Fig. 2 및 Fig. 3에 나타낸다.

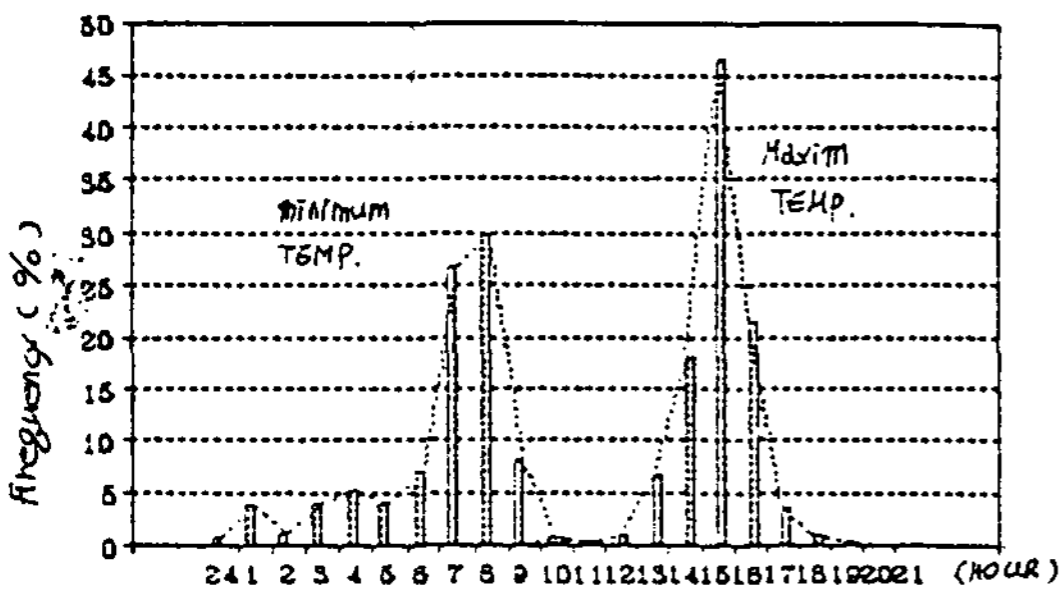


Fig.2 Frequency of the Maximum and Minimum Temperature Occurance

본 연구에서 사용된 시각은 서울의 지방시를 기준으로 사용하였으며 일별로 일출, 일몰시각의 변동이 발생하나, 월별특성에 큰 차이가 나지 않으므로 진태양시에 대한 시간 보정은 하지 않았다. 동계 최저기온의 최대도수는 8시에 발생하고 있으나 그 집중도가 높지 않고, 6시~8시에 걸쳐 약 70%분포를 보이고 있다. 최저기온의 발생이 일출 후가 되는 경우는 극히 적은 반면,

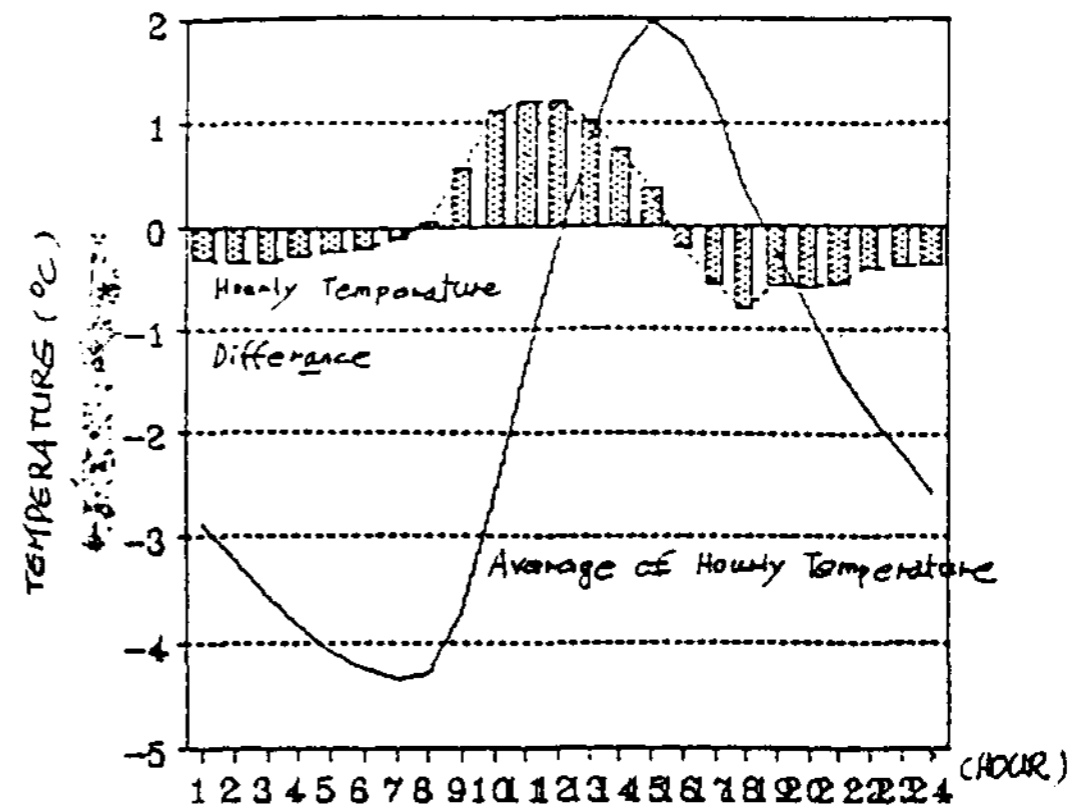


Fig.3 The Characteristics of Hourly Temperature Variation in Winter

전일 야간에서 최대도수까지 넓은 시간대에 분포하는 경향을 보인다. 최고기온의 최대도수는 15시에 발생하고 있으며 거의 대칭형 분포를 나타내고 있다.

Fig. 3은 동계시각별 외기온의 前 시각에 대한 현재 시각의 온도 변화량 평균치를 각 시각별로 나타낸 것이다. 각 시각별 온도 변화량은 최고, 최저 기온이 발생하는 시각을 중심으로 가장 작게 나타나고 있으며, 하강구간은 일몰시각(18시)에 변화량이 가장 크며, 일출직전까지 점차 감소하는 경향을 보이고 있다. 상승구간에서는 일출과 함께 온도가 상승하나 남중시점인 12시를 전후로 하여 시각별 변화량이 크게 발생하고 있다. 동계 시각별 평균 최저온도는 7시에 나타나고 있으며 전후 시각과의 온도차는 0.09°C이내로 거의 같은 값을 보이고 있다. 최고온도는 15시에 발생하며 최고온도의 최대빈도 발생시각과 일치하고 있다. 이상의 검토를 통해서 일 시각별 온도 변동구간을 시각별 평균온도가 가장 낮게 발생하며, 최저기온의 발생빈도가 높은 7시 및 시각별 평균온도가 가장 높게 나타나며 발생빈도가 가장 높은 15시를 정점으로 상승구간(7시~15시)와 하강구간(15시~7시)으로 일 외기온 변동구간을 설정하였다.

#### 4. 동계 시각별 외기온의 주파수 특성

외기온의 시간별 변동 특성은 태양의 일주기

운동에 의해 결정되어지는 확정성분과 기단의 이동, 성층에 의한 기간변동 성분 및 태양의 연주기 특성에 의한 월별 변화 등 복합적 요인에 의해서 발생한다. 태양의 연주기 운동에 의한 특성은 주로 계절적 온도 변화를 발생시키며, 태양의 일주기 운동에 의한 특성은 각일의 온도 상승 및 하강을 주기적으로 발생시킨다. 태양의 연주기 및 일주기에 의한 변동은 확정성분으로서 규칙적, 주기적으로 발생한다. 그러나 기단의 이동, 성층에 의한 기간변동 성분은 계절별 특성을 갖고 있으나, 지역 특성에 따라 변동이 심하기 때문에 일별로는 랜덤한 발생특성을 가져 매일의 일교차의 변화 및 시각별 외기온 변동 패턴에 영향을 주게 된다. 즉, 기간변동 성분은 지역적으로 운량 및 일사량의 일별변동에 영향을 주게 되며 이에 따라 시각별 외기온 변화 패턴이 결정되게 된다.

본 연구에서는 외기온 데이터의 연변동을 다음 3가지 주기성분으로 나누고, 각각을 통계적으로 추정하여 나타내었다.

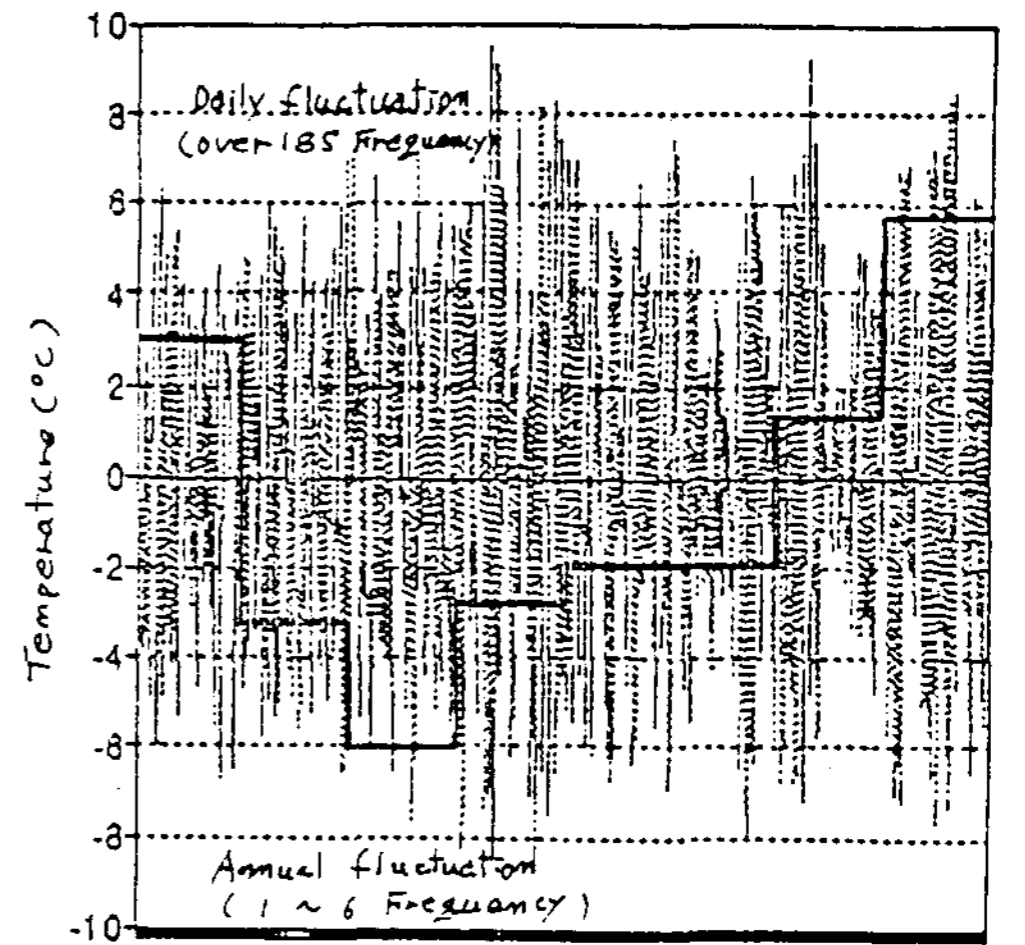
- A : 연변동
- B : 일변동
- C : 기간변동

연변동은 주로 태양의 연주기 운동에 의해 형성된다고 고려되어진다. 월평균치 레벨의 데이터에 있어 연간 데이터를 조화분석한 주파수 성분 1~6에 상당한다.

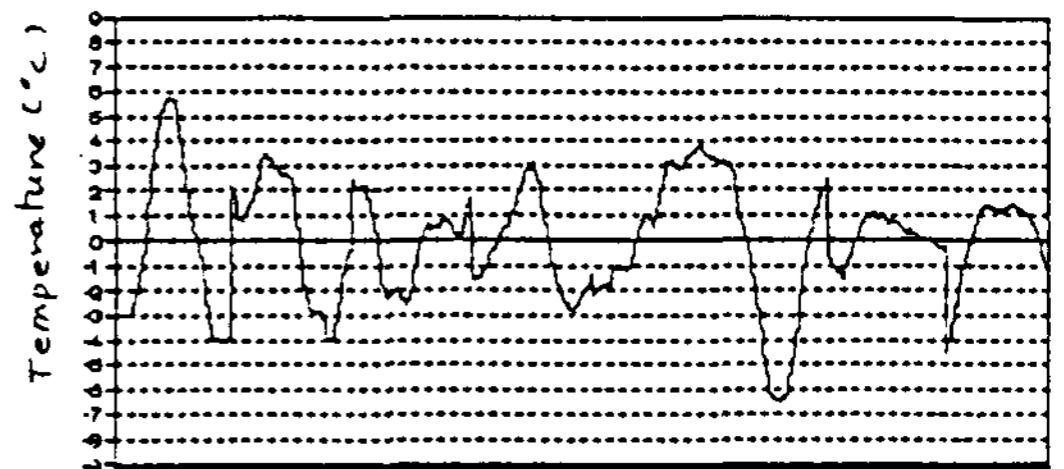
일변동은 주로 태양의 일주기 운동에 의해 형성된다고 고려되어진다. A, C를 제외한 시간 레벨의 데이터에 있어, 연간 데이터를 조화 분석한 주파수 성분 184이상에 상당한다.

기간변동은 주로 기단의 이동, 성층등에 의해 형성된다고 고려된다. A를 제외한 일평균치 레벨의 데이터에 있어, 수일~1개월 범위의 변동을 포함한다. 연간 데이터를 조화 분석한 주파수 성분 7~183에 상당한다.

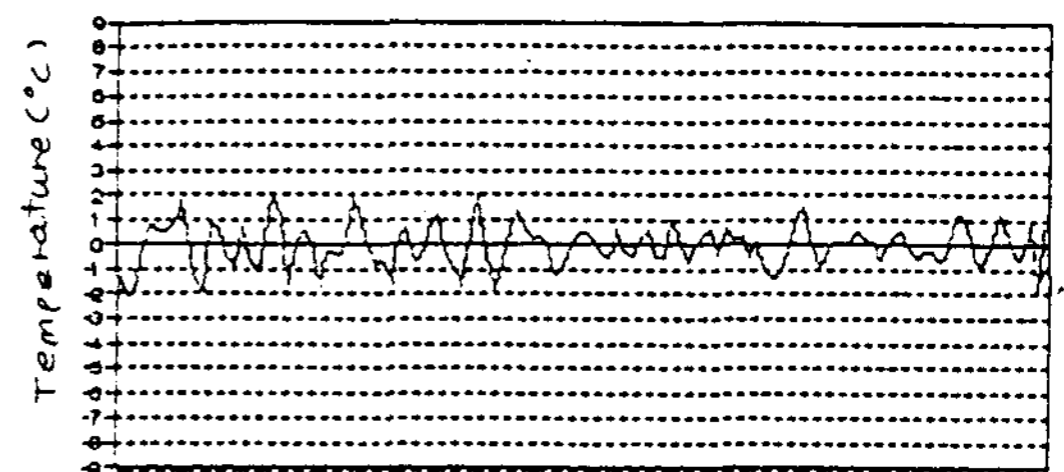
Fig. 4에 동계 시각별 외기온 데이터(1990. 12~1991. 3)를 이동평균법(Moving Average)법에 의해 5가지 성분의 주파수 영역으로 분리한 결과를 나타낸다. 연변동 및 일변동 성분은 큰 변동폭을 가지고 있다. 기간 변동 성분 변동폭도 큰 변동



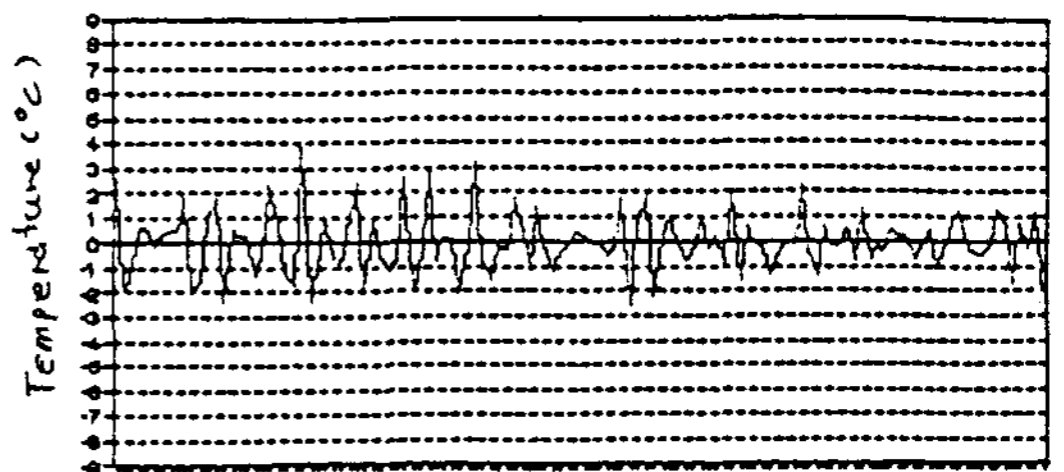
(a) Daily and Annual Component of Frequency



(b) Periodic Component of Frequency (1 ~ 3π Frequency)



(c) Periodic Component of Frequency (38 ~ 61 Frequency)



(d) Periodic Component of Frequency (62 ~ 184 Frequency)

Fig.4 The Characteristics of Outdoor Temperature Frequency in winter

폭을 보이며 특히 5일 이동평균(7~37 주파수)에 의한 변동성분에 크게 나타나고 있다.

연변동 성분은 변동폭이 크나 외기온의 연평균 데이터에 대응하고 있음에 따라 연평균 온도에 의해 모델화하는 것이 가능하다고 판단된다. 또한 1일~5일 기간변동 데이터의 경우, 그 변동은 기단의 성태에 지배되고 있기 때문에, 일정 패

턴을 나타내지 않으므로 모델화가 곤란하여 통계치로서 주어질 필요가 있다. 일변동 성분은 데이터의 양이 많으나, 확정 성분으로서 명확한 주기 특성을 보이므로 모델화가 가능하다. Fig. 5는 플리에 급수 12항을 이용한 일 매시각별 변동을 재현한 것으로 실제 외기온과 거의 일치되는 근사도를 보이고 있다.

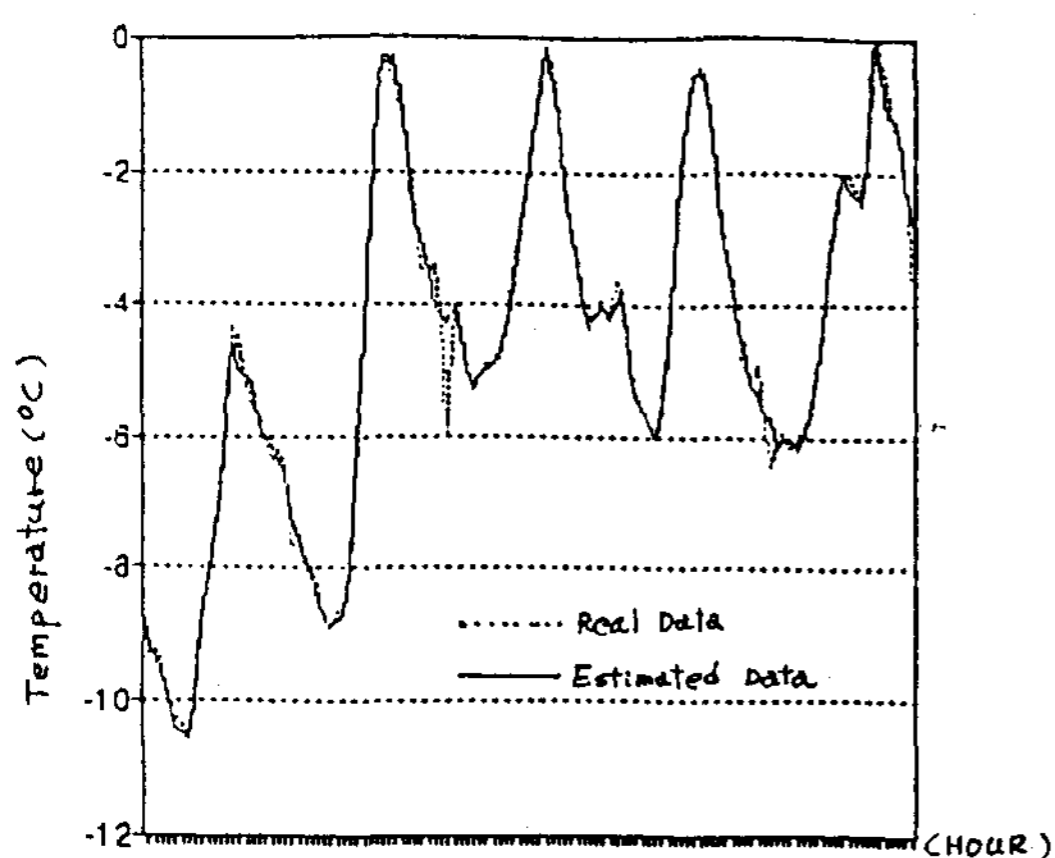


Fig.5 The Example of Reproduced Outdoor Temperature by Fourier series

### 5. 일교차 특성

일반적인 외기온의 일교차는 1일 1시~24시간 동안의 최고, 최저 온도의 차로써 표현된다. 그러나 외기온의 상승 및 하강 곡선은 각 구간의 길이가 차이(상승 구간 : 16시간, 하강 구간 : 8시간 정도)가 있고, 변동 요인이 다를 것이 예상되므로 본 연구에서는 3절에서 언급된 상승 및 하강구간으로 나누어 그 변화요인 및 특성에 대해서 고찰하였다. 분석된 외기온 데이터는 연변동 및 기간변동에 의한 주파수 성분이 제거된 일변동 성분의 매시각별 데이터이다.

Table 1 및 Table 2는 상승 및 하강구간의 일

Table 1. The Characteristics of Related Weather Data according to Daily Outdoor Temperature Variation (Range I) ( ) : SD

Temperature Difference (°C)	Temperature (Average : °C)		Cloud Ratio(Average)				Solar (Sum : Kcal/m <sup>2</sup> )		
	7 Hour	15 Hour	19~24H	1~7H	7~10H	11~15H	12~24*H	1~10H	11~15H
Under 2	0.3 (0.71)	1.8 (0.66)	9.4 (0.43)	9.0 (1.55)	7.3 (3.40)	6.4 (4.26)	1355	49	330
Over 2~4	-1.4 (0.58)	2.24 (0.45)	5.7 (3.99)	6.9 (3.80)	6.8 (3.78)	5.5 (3.55)	1212	77	414
Over 4~6	-2.1 (0.58)	3.44 (0.59)	4.1 (3.34)	5.0 (4.05)	5.5 (4.10)	5.7 (3.85)	1362	80	395
Over 6~8	-3.2 (0.63)	4.13 (0.45)	3.7 (3.34)	4.0 (3.62)	4.2 (3.41)	4.5 (3.19)	1525	89	456
Over 8~10	-4.5 (0.56)	4.87 (0.55)	2.3 (2.81)	1.9 (2.99)	2.5 (3.08)	2.9 (2.60)	2074	116	539
Over 10	-5.7 (0.62)	5.97 (0.30)	2.0 (3.36)	1.9 (2.84)	2.5 (3.41)	2.7 (3.08)	2008	132	510

\* : Previous day

Table 2. The Characteristics of Related Weather Data according to Daily Outdoor Temperature Variation (Range II) ( ) : SD

Temperature Difference (°C)	Temperature (Average : °C)		Cloud Ratio(Average)			Solar (Sum : Kcal/m <sup>2</sup> )	
	15Hour	7Hour	8~18H	19~24H	1~7H	1~12H	12~24H
Under 4	2.57 (0.94)	-0.49 (0.85)	9.2 (1.16)	9.4 (4.06)	9.0 (2.48)	701 (396)	627 (425)
Over 4~6	3.23 (1.31)	-1.95 (1.22)	5.9 (3.62)	5.1 (4.42)	5.1 (4.30)	1497 (843)	1187 (665)
Over 6~8	3.87 (1.06)	-3.13 (1.13)	4.0 (3.09)	3.4 (3.21)	4.1 (3.93)	2157 (852)	1739 (749)
Over 8~10	4.71 (0.97)	-4.20 (0.95)	3.5 (3.11)	2.7 (3.37)	2.1 (4.06)	2204 (738)	2018 (603)
Over 10	5.36 (0.75)	-5.03 (0.87)	2.4 (3.03)	1.4 (2.86)	1.8 (3.12)	2385 (967)	2173 (708)

Table 3. Regressions of Temperature Difference for Range I

Dependent Variavle(Y)	Independent Variable(X)	R-Square	Standard Error of Y Estimated
Temperature Difference of Range I	Temperature at 7 Hour	0.896	0.85
	Solor Amount(7~12Hour)	0.135	2.46
	Previous Temperature Difference(Range II)	0.598	1.62
	Average Cloud Ratio(7~12Hour)	0.1703	0.17

교차 크기별 운량, 일사량 및 관련 요소의 변화 평균 및 표준편차를 나타낸 것이다.

상승 일교차(Range I)는 새벽온도가 낮은 날 일수록 크게 나타나고 있으며, 일출 후의 상승 구간에서 운량이 작고, 일사량이 큰 날이 일교차가 커지는 경향을 보이고 있다. 그러나 일사량의 증가에 따른 일교차의 증가가 반드시 일치하고 있지는 않으며 오히려 상승일교차의 변화는 일출 전 및 전일 야간 운량의 변화에 뚜렷하게 대응하고 있다.

하강 일교차(Range II)는 당일 및 익일 새벽 운량이 작고, 주간 일사량이 높은 날일수록 익일 새벽온도는 낮게 되고 있다. 그러나 이러한 경

향은 상승 및 하강 일교차 구간에서 평균적으로 잘 일치하고 있으나, 그 편차가 크게 발생하고 있기 때문에 개개일의 특성과는 반드시 일치하고 있지는 않은 것으로 나타나고 있다.

이것은 상승 및 하강구간에서는 운량, 일사량이 일교차 발생에 큰 영향을 주고 있으나, 일교차의 변동 특성이 주로 前 시간대에서의 영향을 강하게 받고 있기 때문인 것으로 판단된다. Table 3 및 Table 4에는 상승 및 하강 구간에 대한 일교차 변동 요인과 일교차와의 상관 관계를 나타낸다. 상승구간에서의 각 변동요인의 일교차와 상관도는 상승구간 초기온도(07시) 및 前 구간(하강구간)의 온도에 큰 영향을 받고 있는 것으로 나타

Table 4. Regressions of Temperature Difference for Range II

Dependent Variavle(Y)	Independent Variable(X)	R-Square	Standard Error of Y Estimated
Temperature Difference of Range II	Temperature at 15 Hour	0.371	1.57
	Solor Amount(13~21Hour)	0.264	1.71
	Previous Temperature Difference(Range I)	0.273	1.73
	Change of Cloud Ratio From Day to Night	0.003	1.98
	· Temperature at 15Hour · Solar Amount(13~21Hour)	0.505	1.40
	· Temperature at 15Hour · Solar Amount(13~21Hour) · change of Cloud Ratio form Day to Night	0.654	1.19

나고 있으며 운량 및 일사량의 상관도가 낮게 나타나는 것은 경향적으로는 영향을 주고 있으나 그 편차가 큰 것 때문인 것으로 판단된다. 또한 상승구간에서 각 인자들의 상호 작용에 대한 영향을 파악하기 위해 중회귀 분석을 시도하였으나 뚜렷한 상관도의 향상은 나타나지 않았다.

하강구간에서의 각 변동요인과 일교차와의 상관도는 단순회귀에서는 뚜렷하게 강한 상관관계를 보이는 것은 없으나, 상승 구간과 마찬가지로 하강초기온도(15시)의 상관성이 상대적으로 높게 나타나고 있다. 그러나 상승 구간과는 달리 인자들의 중회귀 분석 결과 뚜렷한 상관도의 향상이 나타나고 있어, 하강구간의 일교차는 前구간대의 온도, 일사량 및 운량의 변화에 복합적으로 영향을 받는 것으로 볼 수 있다. 이러한 이유는 상승구간에 비해 하강구간의 시간폭의 길기 때문인 것으로 사료된다. 즉 각 구간의 일교차는 초기온도가 주 변동요인으로 작용하고 있으며, 운량 및 일사량은 변동요인으로 작용하나 구간 시간 폭이 짧은 상승구간에서는 그 영향이 적으며, 구간 시간 폭이 긴 하강구간에서는 상대적으로 그 영향이 증대되고 있는 것으로 분석된다.

## 6. 결 론

동계 외기온 데이터의 시각별 변동 특성을 파악하기 위하여 연변동 성분 및 기간변동 성분을 제거한 일변동 성분의 매 시각별 외기온 데이터에 대해서 일교차의 발생 요인에 대해서 분석하였다. 상승(07~15시) 및 하강구간(15~07시)로 나누어 각 구간의 일교차 발생특성을 분석한 결과, 상승 일교차는 상승구간의 초기온도에 강한 상관( $R^2=0.896$ )을 나타내고 있으며, 하강 일교차는 초기온도, 일사량, 운량의 변화에 복합적 요인에 의해서 결정되는 것으로 분석되었다. 이러한 분석 결과를 통해 랜덤한 성분의 기간변동 성분을 통계치로 입력하고, 일변동 성분의 발생 특성별 패턴 분류를 통한 수식적 모델화에 의해 동계 매시각별 외기온 데이터의 정리가 가능하리라고 판단된다.

## 참 고 문 헌

1. 亦坂裕, 年間時別 外氣溫 データ의 變動特性, 日本建築學會大會 學術講演梗概集, 1989年 10

- 月
2. 吉田治典, 時計列理論による 熱負荷計算用 氣象データのモデル化, 日本建築學會大會 學術講演梗概集, 1989年 10月
  3. 亦坂裕, 毎時 外氣溫 データの推定に 關する 基礎的 研究(1), 日本建築學會大會 學術講演 梗概集, 1980年 9月
  4. 亦坂裕, 毎時 外氣溫 データの推定に 關する 基礎的 研究(2), 日本建築學會大會 學術講演 梗概集, 1980年 9月
  5. 中澤康明, 日射量と 外氣溫の 日照變動 及び 年間變動に ついて, 日本建築學會大會學術講 演梗概集, 1981年 9月
  6. 吉田治典, 寺井俊天, 時系列 モデルに よる 熱負荷計算用 氣象データの 同定, 日本建築 學會大會 學術講演梗概集, 1984年 10月
  7. 松本衛, 外氣溫確率性狀の ARMAモデルに よる 解析, 日本建築學會大會 學術講演梗概 集, 1984年 10月
  8. 中澤康明, 年間近似 外氣溫モデルに 及び そ れに 應じる 熱的性狀の 解法, その1, 2, 日 本建築學會大會 學術講演梗概集, 1984年 10 月
  9. 石野久彌, 設計用 氣象データと 蓄熱負荷, 日 本建築學會大會 學術講演梗概集, 1985年 10 月
  10. 松本衛, 日射, 外氣溫の ARMAモデルに よる 解析, 日本建築學會大會 學術講演梗概集, 19 85年 10月
  11. 中尾正喜, 冬季氣象 データの パターン分類, 日本空氣調和・衛生工學會 學術講演會論文 集, 1979年 10月
  12. 孫章烈, 서울地域의 標準氣象資料에 關한 研 究, 大韓建築學會誌, 1985年 7月
  13. 趙敏寬, 韓國に おける 氣象條件と 建築熱環 境に 關する 基礎的 研究, 東京大, 1986年 2 月
  14. 大韓住宅公社, 空氣調和(冷・煖房) 設計用 外氣條件에 關한 研究, 1986年 12月
  15. 空氣調和, 冷凍工學會, 標準氣象資料設定, 19 85年
  16. K.M. Knight, A Methodology for The Synthe- sis of Hourly Weather Data, Solar Energy Vol. 46, No.2, 1991



**ABSTRACTS**

SOLAR ENERGY VOL. 12, NO.1, 1992

**Variation Characteristics of Hourly Atmospheric Temperature Throughout a Winter**

Lee, Seung Eon\* · Shon, Jang Yeul\*\*

\* *Korea Institute Construction Technology*\*\* *Dept. of Architectural Engineering, Hanyang Univ.***ABSTRACT**

Identifying characteristics of heating and cooling systems requires estimation of thermal load of specific time interval, especially in cases that its system is operated intermittently, by using thermal storage, of in a partial load condition. Estimating the thermal load, however, needs to forecast hourly weather data variation. Hence, this paper attempts to examine characteristics of hourly outdoor temperature variation as a preliminary research for the mathematical modeling of the hourly weather variation.

Speculating characteristics of daily minimum and maximum temperature occurrences, hourly outdoor temperature variation, and daily temperature differences in the increasing range(07h~15h) and decreasing range(15h~07h), we were able to analyze changing patterns of daily temperature differences in each range in terms of daily solar amount, cloud ratio, and other weather data.

Results from the multiple regression analysis enables us to conclude that daily differences in the increasing range are strongly affected last night temperature itself while the other range's differences are influenced by many weather data, which are solar amount, the variation of cloud, and the maximum temperature of the previous day.

**A Study on Application of a Heat Pipe to an Evacuated Glass Tube Solar Collector****Chul-Joo Kim***Sungkyunkwan University***ABSTRACT**

This is an experimental work concerning about an application of a heat pipe to an evacuated-glass-