

## TMY2 방식에 의한 국내 기상자료 작성 연구

\*신 기식<sup>1)</sup>, 윤창렬<sup>2)</sup>, \*\*박 상동<sup>3)</sup>

### TMY2 Weather data for Korea

\*Kee Shik SHIN, Chang Ryuel Yoon, \*\*Sang Dong Park

**Key words** : weather data(기상자료), TMY2(TMY2), TMY(TMY), Building thermal Performance(건물 열 성능), Energy Consumption(에너지 소모량)

**Abstract** : To evaluate the building energy performance, many building simulation programs are used and its capabilities are developed. Despite of its increased capabilities the weather data used in the Building Energy performance evaluation, are still using the same limited set of data. This often forces users to find or calculate weather data such as illuminance, solar radiation, and ground temperature from other sources to calculate it. Also, proper selection of a right weather data set has been considered as one of important factors for a successful building energy simulation. In this paper, we describe TMY2 data, a generalized weather data format developed for use, and applied to Seoul region and examine the differences comparing to existing weather data.

A set of 23 years raw weather data base has been developed to provide the weather data file for building energy analysis in Seoul.

#### Nomenclature

FS : Finkelstein-Schafer  
w : weighting factor  
CDF : Cumulative Distribution Function  
di : difference of CDF between long-term and each month

#### subscrip

i : i<sup>th</sup> day of month  
j : j<sup>th</sup> weighting factor  
n : No. of days of month

### 1. 서론

#### 1.1 기상자료 정비의 필요성

국내 최종 에너지 소비량에서 건축물의 운영에 사용되는 에너지는 국가 전체 에너지 소비량의 25%에 이르고 있다. 에너지소비는 고유가에 따른 국가 경상 수지에 막대한 부담을 주고 있으며, 또한 온실가스 감축을 위한 세계적인 추세에도 거슬러고 있다. 국가적으로 건물부문의 에너지 소비를 감축하기 위하여 다양한 노력을 추진하고 있으며 그 한 가지 방안으로 건축물의 에너지 총량 제한 제도가 꼽히고 있다. 이제 까지 건

축법에서는 부위별 열성능 기준을 적용하여 왔으나 이러한 방안은 건축자의 창의성을 무시하고 특수 건물에 적용하기에는 어려운 점이 많다. 따라서 건물 전체에서 연간 사용에너지를 평가함으로써 건축적인 창의성을 보장할 수 있는 동시에 다양한 기술을 창조적으로 적용할 수 있다는 의미에서 건물에너지기술의 개발 및 보급 확대에도 기여할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 총량에너지 사용량 평가를 위해서는 설계 단계에서 건축물의 에너지 소비량 예측이 관건이 될 수 있다. 건물에너지 소비의 대부분은 기후조건에 따라 실내 환경을 쾌적하게 조절하는 과정에서 발생하므로 에너지 저소비형 건물을 구현하기 위해서는 설계시 해당지역의 기후특성 반영이 매우 중요하다. 최근의 급격한 기후 변화를 감안하면 과거에 만들어진 기상자료를 최근 기상을 반영하여 새로이 작성할 필요가 있으며, 또한, 최근의 지구환경문제에 대한 관심의 고조로 태양열, 풍력 등의 자연 에너지의 활용을 통한 환경친화, 환경공생건축에 많은 주목이 모아지고 있다. 이와 같은 자연에너지의 이용과 기상변화의 예측을 통한 에너지 절

1) 한국에너지기술연구원  
E-mail : gsshin@kier.re.kr  
Tel : (042)860-3235 Fax : (042)860-3739

2) 한국에너지기술연구원  
E-mail : yuncy@kier.re.kr  
Tel : (042)860-3746 Fax : (042)860-3739

3) 한국에너지기술연구원

E-mail : sdpark@kier.re.kr

Tel : (042)860-3009 Fax : (042)860-3'2

약, 환경친화적 건축을 통한 실내환경으로의 자연의 도입 등은 그 건축물이 세워지는 곳의 기후, 기상에 대한 정확하고 상세한 데이터의 축적과 정비가 요구되며 또 축적, 정비된 상세한 기상 데이터를 이용하여 건축계획 초기단계에서부터 시공전까지 건물의 열적성능을 정확하게 평가하고 설계에 반영 하여야만 한다.

## 2. 건물에너지해석용 기상 자료 작성

### 2.1 기상데이터 변환

에너지 성능평가 시뮬레이션 분야에서 결과의 신뢰성을 좌우할 수 있는 여러 요인 중 가장 기초적인 항목은 입력자료로 제공되어야 하는 기상과 일일 것이다. 현 단계에서 대부분의 기간부하용 동적시뮬레이션 프로그램이 요구하는 기상과일의 수준은 1년 8760시간에 대한 시간별 기상자료의 형식이며, 각 프로그램에 따라 약간의 차이는 있지만 대부분 거의 동일한 기상항목을 요구하고 있다. 기상청의 기상관측점은 지상, 해양, 고층, 위성, 레이더, 지진관측점을 포함하여 83개 지점의 관측소와 460 개 지점의 자동 기상 관측망을 운영하고 있으면 '82년도 부터 자료를 전산화하여 확보하고 있다. 기상청이 제공하는 전산 기상 자료는 1 일치가 1 레코드로 13 개 기상요소에 대하여 3' 킬립으로 이루어져 있다. 건물에너지 해석 프로그램용 기상자료는 통상 시간별 기상자료를 이용하여 TMY2의 경우에는 24개 기상요소를 시간별로 1 개의 레코드에 포함하고 있다. 따라서 건물에너지 해석 프로그램용 기상자료의 형태로 바꾸기 위해서는 자료의 format을 변경하여야 한다. 기상청 기상자료를 TMY, TMY2 등 건물에너지해석 프로그램용 기상자료 형식으로 변환하기 위한 자료 변경 프로그램은 Visual Basic을 이용하여 작성하였으며, 윈도우 상에서 작업이 가능하도록 하였다. 일사량에 대한 데이터는 기상청에 의하여 관측되어진 수평면 전 일사량만을 제공한다. 그러나 대다수의 시간별 상세 에너지해석프로그램은 수평면 전일사량, 수평면 직달일사량, 확산일사량, 또는 법선면 직달일사량 등의 일사량 성분중 최소 2개 이상의 항목을 요구하고 있다. 따라서 수평면 전 일사량으로부터 직산분리 과정을 거쳐 필요한 기상요소를 생성할 수 있도록 프로그램을 구성하였다.

### 2.2 TMY2 기상자료

건물에너지 성능 평가를 수행하는 목적이 대부분 다양한 시스템 또는 설계 대안에 대한 최적화 의사결정이기 때문에 장기간의 측정데이터에 근거해 그 지역기후를 대표할 수 있는 TMY2기상자료(typical climatic data)의 데이터가 제공되어야 한다. TMY2기상자료는 통계처리방법 및 데이터구조에 따라 '70년대 처음으로 개발된 TRY(test reference year) 이후 TMY(typical meteorological year), WYEC(weather years for energy calculations), TMY2, WYEC2, CWEC, CTZ

등 매우 다양한 형식이 개발 제시되고 있다. 그러나 아직 이들 형식에 대한 구체적 정의 및 차이, 특징에 대해 국내에서 세부적으로 분석된 바 없기 때문에 건물 성능평가를 위한 기상데이터 작성 또는 선별 시 자주 혼란을 주고 있다. '93년 미국 NREL에서는 '61~'90까지 30년 동안의 보다 정밀한 일사량측정 데이터베이스인 NSRDB(national solar radiation data base)를 완성하였으며, NCDC의 동일기간 기상자료와 결합하여 SAMSON(solar and meteorological surface observational network)이라는 종합적 기상데이터베이스를 구축하였다. TMY2는 NREL에서 이러한 새로운 기상데이터베이스의 자료를 이용하여 통계적처리를 통한 TMY2기상자료를 업데이트하여 제시한 것으로, 기존의 TMY가 '52년~'75년까지의 기상자료 데이터베이스(SOLMET/ERSATZ)에 기존해 작성되었던 것과 구분하기 위해 TMY2로 명명하였다. 일사량 및 기타 기상 항목간에 상대적 중요성을 부여하는 가중치의 부분적 변화를 제외하고는 TMY 데이터를 도출했던 방식(Sandia 방식)과 거의 유사한 과정을 통해 TMY2 데이터를 도출하였다. TMY2에서는 새로이 법선면 직달일사량이 TMY2월을 결정하기 위한 기상요소로 고려되었으며, 풍속의 가중치가 약간 낮아진 대신 건구온도 및 노점온도의 가중치가 상대적으로 약간 상승하였다.

TMY2는 최근의 기상변화를 고려하고 있으며, 일사량 데이터의 정밀성도 크게 향상되었다. 법선면직달일사량의 측정값이 새로이 보장되었고, 일사량 계측기의 하드웨어적 보정기술이 향상 및 측정데이터 질 제어(quality control)기술향상 등을 통해 전반적 신뢰성이 높아진 것이다. TMY2는 TMY에 비해 측정 일사량 자료를 바탕으로 대표월을 선택하는 방법, 지수들의 가중치 결정방법, 누락자료 처리방법 등이 개선되었다.

## 3. TMY2기상자료 작성

### 3.1 샌디아 방법

샌디아 방법은 각기 다른 년도들로부터 대표월을 선정하는 방법이 경험적인 방법을 적용한다. 예를 들어 NSRDB의 경우 30년 자료가 포함되어 있는데 30개의 각기 다른 1월을 검토하여 TMY에 포함시킬 가장 대표적인 1월을 선택한다. 다음에 2월에 대하여 같은 방법으로 선정하여 12월 까지 결정하여 1년 치의 TMY 자료를 작성한다. 인접월이 각기 다른 년도에서 선정된 경우 인접월간에 연속성이 떨어지는데 이 경우 양 월의 6시간분의 자료에 대하여 연속성이 있도록 자료를 보완한다.

샌디아 방법은 대표월을 선정하기 위하여 9개의 일일 지수(1일 최고, 최저, 평균온도, 노점온도, 최대 및 평균 풍속, 및 전 수평면 일사량)를 바탕으로 한다. 대표월의 최종 선정은 월간 평균 및 중앙값 및 기상 패턴을 고려하여 결정된다. 서울지역을 대상으로 TMY2기상자료를 작성하는 방법을 Sandia Method에 따라 작성하면 다음과 같다.

1. 각 월 별로 5개 년도를 선정한다. 일일지수

에 대하여 전체 연도에 대한 누적분포함수(cumulative distribution functions :CDFs)에 가장 적합한 일일지수를 나타내는 월을 기준으로 선정한다. CDF는 지수의 특이값과 같거나 작은 값에 비율을 계산한다. 후보 월의 CDF는 각 지수에 대하여 Finkelstein-Schafer (FS) 통계를 사용하여 장기간의 CDF와 비교한다.

$$FS = (1/n) \sum_{i=1}^n di$$

di = 장기간 CDF 와 후보 월의 CDF의 절대값 차  
n = 월간 일자 수

건구온도에 대하여 각 월 별로 선정된 5 개 연도는 Table 1과 같다.

Table 1 건구온도-서울

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
'82		◆	◆	◆	◆		◆	◆				◆
'83						◆						
'84				◆			◆					
'85					◆	◆				◆		
'86												
'87		◆									◆	◆
'88	◆				◆	◆				◆		
'89			◆		◆			◆			◆	
'90							◆		◆			◆
'91	◆			◆				◆	◆			
'92		◆					◆					
'93			◆							◆		
'94					◆					◆		
'95	◆		◆									
'96	◆					◆				◆		
'97		◆		◆								
'98												
'99		◆						◆		◆		◆
'00			◆					◆		◆	◆	◆
'01											◆	
'02					◆							
'03	◆								◆			◆
'04				◆			◆					

$$WS = \sum w_j FS_j$$

wj = 지수에 대한 가중치(Table 2)

Fsj = 지수에 대한 FS 통계치

샌디아 방식에 의한 5 개 연도에 대한 대표월 선정 결과는 Table 3과 같다.

2. 5 개의 후보월은 장기간의 평균 및 중앙값과 비교하여 근사한 순서를 정한다.

3. 평균 건구온도와 일별 총수평일사량의 지속 정도가 결정된 장기간 백분율의 상위 및 하위의 발생빈도와 유지기간으로 평가한다. 평균 건구온도에 대하여, 67% 이상(연속적인 온난한 날)과

33% 이하(연속적인 시원한 날)의 발생빈도와 유지기간을 결정한다. 총수평일사량의 경우 33%이하(연속적으로 복사량이 적은 날)에 대한 발생빈도와 유지기간을 결정한다.

지속정도 값은 5 개의 후보 월로부터 TMY에 사용될 월을 선정하는데 결정된다. 지속성기준을 만족하는 2 단계에서 결정된 순위가 가장 높은 후보월이 TMY 에 선정된다.

4. 선정된 12 개의 달을 완전한 1 개년이 될 수 있도록 연결한다. 월 간의 불연속성은 커브피팅 기술을 이용하여 연속화 시킨다.

최종적으로 선정된 서울 지역의 TMY2 기상자료용 대표연도 선정 결과는 Table 4와 같다.

Table 2 FS 통계에 대한 TMY와 TMY2 기상자료의 기상요소별 가중치

	Sandia Method	NSRDB TMY2s
Max Dry Bulb Temp	1/24	1/
Min Dry Bulb Temp	1/24	1/
Mean Dry Bulb Temp	2/24	2/
Max Dew Point Temp	1/24	1/
Min Dew Point Temp	1/24	1/
Mean Dew Point Temp	2/24	2/
Max Wind Velocity	2/24	1/
Mean Wind Velocity	2/24	1/
Global Radiation	12/24	5/
Direct Radiation	Not Used	5/

Table 3 샌디아 방식에 의한 각 월별 5 개 연도에 대한 대표월 선정 결과

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
'82		◆										◆
'83	◆		◆		◆			◆				
'84							◆					
'85		◆		◆	◆	◆				◆		
'86						◆	◆			◆		◆
'87				◆				◆			◆	
'88							◆					
'89							◆					
'90								◆		◆		
'91	◆	◆		◆		◆			◆	◆	◆	
'92								◆	◆			
'93					◆				◆	◆		
'94	◆	◆				◆						◆
'95				◆								
'96	◆										◆	◆
'97		◆		◆					◆			
'98	◆		◆				◆				◆	
'99					◆			◆				◆
'00			◆									◆
'01			◆									
'02									◆			
'03			◆									
'04					◆	◆						

Table 4 TMY2 기상자료용 월별 대표년도

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
서울	'96	'94	'83	'97	'04	'86	'84	'90	'93	'85	'00	'00

### 3.2 TMY2 기상자료의 평가

기준에 작성된 동적부하계산용 기상자료들은 기본 자료로 사용한 통계기간의 월평균건구온도, 월평균 절대습도 및 월평균수평면적산일사량을 기준으로 하여 검토해 보면 월평균건구온도와 절대습도는 서로 비슷하나 월평균수평면 적산일사량은 Table 5에서 보는 바와 같이 서울의 경우에 그 통계기간에 따라 크게 상이하여 본 연구에서 작성된 수평면 일사량과 비교하여 보았으며, 결과는 월별로 최대 10% 정도의 차이를 나타내나 동일한 기간의 평균치와 비교하면 최대 2%내에 포함되어 Sandia 방식에 따른 TMY2 기상자료가 일사량을 적절하게 잘 대표하고 있다고 평가할 수 있다.

### 4. 결론

본 연구에서는 건물에서의 에너지 사용량을 예측하기 위한 건물에너지 성능평가 프로그램에서 공통적으로 요구하는 기상입력화일을 작성 하였다. 기상청으로부터 측정 및 계산에 의하여 제공 되는 전산자료를 활용하여 서울지역에 대한 최근 23년동안의 DB를 구축하였으며, TMY2 방식을 이용한 시간별 기상자료를 작성하였다. 기존의 기상자료에서 문제시 되었던 일사량의 문제를 해결하기 위하여 TMY2 방식을 적용하였으며, 기존 데이터와의 평가결과는 일사량 자료에서 매우 향상된 결과를 얻을 수 있었으며, 또한 최근의 기상자료를 반영함으로써 한반도 주변의 기상변화가 어느정도 반영되었다고 평가할 수 있다.

### 후 기

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설 교통기술평가원에서 위탁시행한 건설기술연구개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

### References

- [1] 김두천 외, '90, 열부하계산 compute software의 설계자료 개발, 과학재단 연구보고서
- [2] 김효경 외, '90, 서울TMY2기데이터, 공기조화냉동공학회
- [3] 손장열, '85, 서울지역TMY2기상자료에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 29권 125호
- [4] 한국에너지 기술연구소, '96, 국내 직달일사량 분석 측정 및 데이터 평가연구, 통상산업부 연구보고서, KIER-9511'
- [5] 윤종호, 김창범, 조덕기, '99, 서울지역 직달 일사 측정치를 이용한 일사량 직산분리 예측모델의 성능검증 연구, 한국태양에너지학회 '99 춘계학술발표대회 논문집
- [6] 서진석, 김두천, '97, "한국 주요도시의 열부하계산용 기상데이터의 개발에 관한 연구", 공기조화냉동공학회 '97학계학술발표회 논문집, pp.874-880.
- [7] 중앙기상대, '86, "지상기상 관측지침", pp.(1-5)-(8-6).
- [8] 김두천 외, 건물의 공조부하계산용 TMY2 전산 프로그램 개발 및 기상자료의 TMY2화 연구 최종보고서, 통상산업부 연구보고서, 94-P-11-03, '96
- [9] 宇田川光弘, 木村建一, 水平面全天日射量觀測値よりの直達日射量の推定, 日本建築學會論文報告集, 第267號年5月, '78

Table 5 서울의 월평균 수평면 적산 일사량의 비교

(단위: kcal/m<sup>2</sup> · day)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	계
(1) 김 두 천 (1971-80)	1678	2228	2910	3317	3899	3493	2868	2892	2969	2569	1841	1555	32219
(1) 손 장 열 (1971-80)	1678	2229	2886	3317	3901	3503	2848	2892	2966	2561	1851	1555	32187
(3) 김 효 경 (1974-83)	1797	2268	1991	3432	3806	3715	2874	2983	2984	2561	1821	1509	32741
(4) 김 두 천 (1982-89)	1828	2528	3177	3932	4280	1484	3028	3239	3311	2741	1830	1521	35599
(5)TMY2 기상 자료('82-'04)	1713	2346	2916	3723	3909	3780	3012	3044	3256	2666	1701	1489	33554
(6)평 균 ('82-'04)	1674	2356	2984	3754	3985	3755	2875	3032	3052	2619	1731	1460	33276
비. (5)/(6)	1.02	1.00	0.98	0.99	0.98	1.00	1.05	1.00	1.07	1.02	0.98	1.02	1.01
주: ( )안에는 통계기간임.													