

## 서울지역의 표준기상데이터 산출방법론 비교

유호천\*, 박소희\*\*, 김경률\*\*\*

\*울산대학교 건축학부 교수, 공학박사(hcyoo@mail.ulsan.ac.kr),  
\*\*울산대학교 건축학부 박사과정(changjo07@hanmail.net),  
\*\*\*울산대학교 건축학부 석사과정(musicay@nate.com)

### Comparison of Methodologies for Typical Meteorological Data Generation for Seoul

Yoo, Ho-Chun\*, Park, So-Hee\*\*, Kim, Kyoung-Ryul\*\*\*

\*School of Architecture, University of Ulsan(hcyoo@mail.ulsan.ac.kr),  
\*\*School of Architecture, Graduate School, University of Ulsan(changjo07@hanmail.net),  
\*\*\*School of Architecture, Graduate School, University of Ulsan(musicay@nate.com)

#### Abstract

This study aims to figure out typical meteorological data according to Korean time in order to evaluate building energy performance. Various methods of calculating typical meteorological data were compared and examined to improve accuracy and reliability of this study. This study analyzed and examined such methodologies as typical meteorological data for HASP/ACLD-8001, UK CIBSE TRY developed by CIBSE and prEN ISO 15927-4, (=ISO TRY) an international standard to evaluate annual energy demand of cooling and heating devices. In addition, actual data of KMA corresponding to Seoul in 1985~2005 were statistically analyzed according to calculation methodology. The calculated typical meteorological data were compared to actual data using MBE, RMSE and t-Statistic. As a result, According to the comparison between average annual for HASP/ACLD-8001 and ISO TRY standard year, the average annual for HASP/ACLD-8001 is closer to actual measurement, showing that the use of typical meteorological data for HASP/ACLD-8001 is preferred. However, since the input format requested by current simulation is the same international standard as TRY. Therefore, it is necessary to improve accuracy of TRY calculation methodology and accordingly figure out Korean typical meteorological data based on average year.

Keywords : 표준기상데이터(Typical Meteorological Data), TRY(Test Reference Years), 기상청(KMA), CIBSE(Chartered Institution of Building Services Engineers),

기 호 설 명

$W_{k,y,m}$	: 주요 기상요소의 월평균값
$k$	: 주요 기상요소
$n$	: 통계기간의 총 년수
$m$	: 월( $m=1\sim 12$ 월)
$\overline{W}_{k,m}$	: $k$ 요소의 $m$ 월 평균 월별 값
$\sigma_{k,m}$	: $k$ 기상요소의 $m$ 월 표준편차
$\Phi(p,m,i)$	: 장기 CDF 값
$F(p,y,m,i)$	: 단기 CDF 값
$K(i)$	: 장기 내 일평균의 $i$ 값 순위
$N$	: 한달 내의 일수
$J(i)$	: 단기 내 일평균의 $i$ 값 순위
$x$	: 일평균 데이터 값
$\overline{x}$	: 일평균 데이터의 평균값
$FS\sigma(p,m,y)$	: 표준편차를 고려한 FS 값
$FSw$	: 가중치를 고려한 FS 값
$H_{pred,i}$	: 예측된 데이터의 $i$ 번째 값
$H_{obs,i}$	: 실측된 데이터의 $i$ 번째 값
$n$	: 데이터의 양

1. 서 론

건축물의 실내 환경은 끊임없이 변화하는 기상 조건에 영향을 받으면서 변한다. 최근 국제사회는 온실가스 증가로 인한 기후변화로 건물에너지의 사용량이 증가되며, 다양한 실내 환경의 변화를 맞이하고 있다. 이로 인해 건축물의 내부공간을 일정한 조건으로 유지하기 위한 노력의 일환으로 외기의 기상조건에 따라 발생하는 열부하의 변화를 파악할 필요가 있으며, 에너지 성능을 평가 할 수 있는 컴퓨터 시뮬레이션의 개발 및 연구가 필요하다.

그러나 시뮬레이션의 기초 입력 자료인 국내 표준기상데이터의 미정립으로 시뮬레이션의 정확한 값을 기대할 수 없다. 따라서 국제 기준에 따른 국내 표준기상데이터의 산출이 필요로 하게 되며, 이를 통하여 시뮬레이션의 정확도 및 신뢰성을 향상 시킬 필요가

있다.

본 연구는 표준기상데이터의 정확성을 높이기 위하여 다양한 산출 방법을 비교 검토하고자 한다. 또한 실측데이터와의 비교 분석을 통하여 국내 표준기상데이터 마련에 기초자료로 사용하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 표준기상데이터

표준기상데이터란 에너지 성능평가용 컴퓨터 시뮬레이션의 기초 입력 자료로 365일의 8760시간의 데이터를 말한다. 본 데이터는 시뮬레이션의 결과에 영향을 미치는 주요인자로 정밀성이 요구되는 데이터이며 다양한 산출방법을 통해 작성되어 진다. 표준기상데이터는 단순히 기상요소의 평균치만 고려하여 계산한 후 적용하는 방법과 달리 Hall(1978)<sup>1)</sup>등이 제안한 방법으로써 에너지 시뮬레이션 결과에 조금이라도 영향을 미칠 수 있는 기상요소들을 전부 고려하는 것으로 대상 지역의 장기간 기상데이터를 토대로 그 지역의 기상 상태를 대표할 수 있는 달을 선정, 추출해서 1년의 12개월을 구성한 것을 말한다.

2.2 선행 연구

표준기상데이터의 선행연구는 주로 TRY와 TMY형식 등 산출형식에 따른 연구로 분류할 수 있다. G.J. Levermore(2006)<sup>2)</sup>는 영국을 중심으로 새로운 TRY 산출 형식을 개발하고 기후변화로 인한 미래기후를 예측하는 연구등을 하였으며, I.A. Rahman(2007)<sup>3)</sup>

1) Hall, I.J, Generation of a Typical Meteorological Year, Proceedings of the 1978 Annual Meetings of AS of ISES, Denver CO, 1978.

2) G.J. Levermore, J.B. Parkinson, Analyses and algorithms for new Test Reference Years and Design Summer Years for the UK, Building Service Engineering Research and Technology, Vol. 27, No. 4, pp.311~325, 2006.

3) I.A. Rahman, J. Dewsbury, Selection of typical weather data(test reference years) for Subang, Malaysia, Building and Environment, Vol. 42, Issue 10, pp.3636~3641, 2007.

은 TRY형식 중 불분명한 가중계수의 적용을 상관분석을 통한 방법론을 제시하였다. 반면 Liu Yang(2007)<sup>4)</sup>는 중국의 도시들을 TMY형식으로 산출하여 도시별로 비교한 연구를 하였다.

이와 같이 다양한 산출형식을 사용하여 자국의 기후데이터를 만들고 적용하는 반면 국내 연구는 HASP형식의 표준기상데이터에 국한 되어 연구되어져 국제기준에 맞는 시뮬레이션엔 적합하지 않다. 따라서 HASP형식의 표준기상데이터와 국제기준의 형식과 비교가 필요할 것으로 판단된다.

### 3. 표준기상데이터의 표준년 산출

산출형식에 따른 표준기상데이터를 비교하기 위해 방법론에 따라 표준년을 산출하고 이를 비교한다. 이때 사용할 방법론은 HASP형식과 TRY의 산출형식인 UK CIBSE TRY, 국제기준인 ISO TRY의 방법이며, 산출 개요는 다음과 같다.

표 1. 표준년 산출 개요

대 상 지	서울 (Lat.37° 34'N, Long.126° 58'E)
통계기간	1986년 1월 1일 ~ 2005년 12월 31일
주요기상요소	건구온도, 상대습도, 풍속, 일사량
자료출처	대한민국 기상청 (KMA)

3.1 HASP/ACLD-8001용 표준기상데이터  
HASP용 표준기상데이터 산출방법은 일본 공기조화·냉동공학회에서 제시하는 정밀법과 간이법이 있다. 본 연구에서는 방대한 작업량과 데이터 산출의 용이를 위해 간이법을 사용하며, 다음과 같은 단계로 표준년을 산출할 수 있다.

#### (1) RAW DATA

표준년 산출을 위해 사용되는 주요기상요소는 건구온도, 절대습도, 일사량이다. 3개의

기상요소를 기상청에서 제공하는 일단위의 값을 월별로 산출평균하여 월단위의 평균값 ( $W_{k,y,m}$ )을 사용하며 절대습도는 상대습도와 건구온도를 이용하여 월단위의 Raw Data로 정리한다.

#### (2) 평균월 후보의 결정

평균 월별 값( $\overline{W}_{k,m}$ )이 통계기간의 평균값에 대한 표준편차가 가장 작은 연도를 주요기상요소의 평균월이라고 생각할 수 있다 하지만 주요기상요소가 모두 이러한 조건을 만족시키기 어려우므로 표준편차  $1\sigma$  이내인 기상요소가 평균월의 자격이 있다고 판정할 수 있으며, 평균 월별 값 공식은 식 1과 같고 표준편차 공식은 식 2와 같다.

$$\overline{W}_{k,m} = \frac{\sum_{y=1}^n W_{k,y,m}}{n} \quad (1)$$

$$\sigma_{k,m} = \sqrt{\frac{\sum_{y=1}^n (W_{k,y,m} - \overline{W}_{k,m})^2}{n}} \quad (2)$$

따라서 건구온도, 절대습도, 일사량의 월평균값에 해당하는 각각의 표준편차( $\sigma_{k,m}$ )가 월 평균값과 평균 월별 값의 편차보다 같거나 작을 경우 이에 해당하는 월을 후보월로 판정한다. 다음 식 3을 통하여 식이 성립되면 “○”를 표시하고 정리하면 표 2와 같다.

$$W_{k,y,m} - \overline{W}_{k,m} \leq \sigma_{k,m} \quad (3)$$

#### (3) 수치지표(DM) 산출

판정식을 통한 후보월 중 최종 연도 선정은 3개의 기상요소가 열부하에 미치는 영향인 가중계수 즉, 절대습도의 중요계수  $k_2$ , 일사 중요계수  $k_3$ 을 고려한 지표치 결과(DM)값으로 선정하며, 다음 식 4와 같으며 산출한 결과 표 3과 같다.

4) Liu Yanga, Joseph C. Lamb, and Jiaping Liua, Analysis of typical meteorological years in different climates of China, Energy Conversion and Management Vol. 48, Issue 2, pp.654~668, 2007

표 2. 판정식을 통한 후보월 선정

연도 \ 월	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11			12		
	D	A	G	D	A	G	D	A	G	D	A	G	D	A	G	D	A	G	D	A	G	D	A	G	D	A	G	D	A	G	D	A	G	D	A	G
1986	-	0	-	-	0	-	0	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0	-	0	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	
1987	0	0	0	0	0	0	-	-	0	-	0	0	0	0	0	-	0	0	0	-	0	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	
1988	0	0	-	-	-	-	-	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1989	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1990	0	0	-	-	-	-	-	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	
1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	
1992	-	-	0	0	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0	
1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	-	0	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0	
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	-	0	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0	
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	-	0	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0	
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	-	0	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0	
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	-	0	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0	
1998	0	0	0	-	-	0	0	0	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	-	0	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0	
2000	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0
2001	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	-	0	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0	
2002	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	-	0	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0	
2003	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	-	0	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0	
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	-	0	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0	
2005	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	-	0	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0	

주, D : 건구온도, A : 절대습도, G : 일사량

가중계수를 사용하며 그 값은 표 4와 같다.

$$DM_{y,m} = (W_{1,y,m} - \overline{W_{1,m}}) + k_2 (W_{2,y,m} - \overline{W_{2,m}}) + k_3 (W_{3,y,m} - \overline{W_{3,m}}) \quad (4)$$

표 4. 가중계수  $k_2, k_3$

$k_2 : 0.5628$					
월	$k_3 * 10^3$	월	$k_3 * 10^3$	월	$k_3 * 10^3$
1	1.812	5	1.121	9	1.331
2	1.625	6	1.102	10	1.528
3	1.416	7	1.172	11	1.717
4	1.232	8	1.204	12	1.820

식 4에 적용되는 가중계수  $k_2, k_3$ 의 값은 실제상의 여러 가지 건물에 대하여 Case Study한 결과를 이용하여 귀납적으로 도출할 수 있으며 본 연구는 통상산업부(1996)에서 발표한 『건물의 공조부하계산용 표준 전산프로그램 개발 및 기상자료의 표준화 연구에 관한 최종보고서』에서 제시하는 서울의

(4) 평균년 구성

표 2에서 3개의 기상요소가 모두 판정식을 성립하는 후보월 중 수치지표 DM값의 절대

표 3. DM값

연도 \ 월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1986	-3.52	-4.03	-0.67	-0.87	-0.61	0.01	-2.13	-1.29	-1.46	-2.00	-2.43	1.46
1987	-1.03	-0.53	-1.85	-1.91	-0.80	-0.01	-1.53	-0.77	-1.59	1.22	0.13	0.11
1988	-0.12	-2.32	-1.87	-1.57	-0.41	0.11	-1.05	0.91	-0.03	0.19	-2.41	-0.75
1989	3.25	2.10	0.41	1.56	0.34	-1.60	-0.70	-0.52	-0.40	-1.06	-0.19	0.88
1990	-1.25	2.77	1.78	-1.30	-1.29	-0.99	0.68	1.51	0.24	1.04	3.45	0.12
1991	-0.58	-1.43	-0.88	0.43	-0.51	0.59	-0.40	-0.65	-0.09	-1.05	-1.15	1.74
1992	2.16	-0.13	2.02	-0.70	-1.57	-2.16	0.03	-1.04	-0.34	-0.34	-1.24	0.90
1993	0.14	0.65	0.16	-2.14	0.75	-0.51	-2.67	-3.09	-0.23	-1.58	1.59	-1.05
1994	1.22	0.26	-1.98	2.90	0.48	0.64	5.74	3.26	-0.34	1.21	2.24	0.38
1995	-0.22	0.78	0.40	-1.74	-1.09	-0.70	-0.42	1.87	-1.82	1.01	-1.53	-2.05
1996	-0.34	-2.64	-1.19	-3.02	0.44	0.68	-1.21	0.47	0.74	-0.14	-1.39	0.84
1997	-1.39	0.11	1.06	0.29	-0.68	1.27	1.98	1.39	-1.95	-1.90	1.64	1.08
1998	0.71	3.17	1.69	4.09	1.43	-0.70	-0.55	-0.48	2.55	3.33	-0.09	1.62
1999	1.34	0.27	0.66	1.64	-0.10	1.10	0.74	0.50	2.97	-0.00	0.69	-0.36
2000	0.03	-2.40	0.48	-0.94	-0.05	1.74	2.18	1.41	-0.62	0.40	-0.68	0.04
2001	-2.26	-0.81	-1.15	0.75	1.63	0.62	1.05	0.61	0.64	2.53	-0.52	-1.73
2002	2.57	2.57	1.94	0.92	0.50	-0.68	-0.06	-1.66	0.25	-2.32	-4.01	0.95
2003	-0.56	2.48	0.76	0.79	1.88	-0.95	-2.09	-2.03	-0.17	-0.96	2.65	-0.09
2004	0.50	1.93	0.22	0.30	0.19	0.91	0.17	0.26	0.67	0.26	2.15	1.15
2005	-0.66	-2.80	-2.00	0.51	-0.56	0.63	0.26	-0.65	0.98	0.17	1.10	-5.22

값이 가장 작은 연도를 대표월이 되며, 이들로 구성된 1년이 표준년이 된다. 이를 정리하면 표 5와 같다.

표 5. HASP용 표준기상데이터의 표준년

월	연도	월	연도	월	연도
1	1993	5	1999	9	1988
2	1997	6	1986	10	1996
3	1993	7	1992	11	1998
4	1997	8	1996	12	2000

### 3.2 ISO TRY의 표준기상데이터

국제기준인 prEN ISO 15927-4는 냉난방 장치의 연간 에너지 요구량을 평가하기 위한 표준 방법(ISO TRY)을 제시하는데 장기간의 기상 관측 기록으로부터 기준 연도의 구성을 위한 방법을 규정하고 있으며 이 방법은 덴마크식 선택법을 기초로 하고 있으며 다음과 같은 단계로 산출할 수 있다.

#### (1) RAW DATA

최소한 10년간의 기상요소(건구온도, 상대습도, 일사량, 풍속)를 일단위의 값으로 수집한다.

#### (2) 장기 CDF 함수

총 통계기간을 장기라 부르며, 장기에 해당하는 모든 값을 오름차순으로 정렬한 후 다음 식 5와 같은 CDF 함수를 사용하여 총 통계기간의 일평균 누적분포함수를 계산한다.

$$\Phi(p, m, i) = \frac{K(i)}{N+1} \quad (5)$$

#### (3) 단기 CDF 함수

총 통계기간 중 한 달에 속하는 각 해를 단기라 부르며, 단기에 해당하는 모든 값을 오름차순으로 정렬한 후 다음 식 6과 같은 식으로 월별 내 각 해의 일평균 누적분포함수를 계산한다.

$$F(p, y, m, i) = \frac{J(i)}{n+1} \quad (6)$$

#### (4) FS 통계

각 월별 장기CDF와 단기CDF를 밀접도를 알아보기 위해 FS통계식을 사용하여 계산하며 식 7과 같다.

$$FS(p, y, m) = \sum_{i=1}^n |F(p, y, m, i) - \Phi(p, m, i)| \quad (7)$$

#### (5) 대표월 선정

우선 1월에 해당하는 대표월을 선정하기 위해 각 월별 순위를 매겨 비교하면 표 6과 같다. 여기서 건구온도, 상대습도, 일사량 각각 매겨진 순위를 합산하여 가장 작은 값을 가진 3개의 후보월을 선정하고 후보월에 해당하는 풍속데이터의 평균을 구한 후 장기 풍속데이터의 평균과 편차를 통해 최소의 값에 해당하는 월을 최종 대표월로 선정한다.

표 6. 3개 기상요소별 FS(p, y, m)값과 순위 (1월)

연도	건구온도		일사량		상대습도	
	FS(p, y, m)	순위	FS(p, y, m)	순위	FS(p, y, m)	순위
1986	6.2810	20	6.2680	19	5.3310	17
1987	2.3720	12	3.3040	14	1.0650	3
1988	1.9130	7	4.3670	16	1.1700	4
1989	5.6910	19	5.9600	18	5.2520	15
1990	1.7670	5	3.6640	15	1.0560	2
1991	1.6240	4	1.4390	3	1.9740	11
1992	4.9850	18	3.2080	13	6.3360	19
1993	1.3840	3	2.4580	10	2.2290	12
1994	2.5960	14	1.7930	6	1.8280	9
1995	2.1620	10	3.0720	12	5.3270	16
1996	1.7780	6	2.1520	7	6.3990	20
1997	3.5110	16	1.4170	2	1.8030	8
1998	2.0280	9	1.4810	4	<b>0.9970</b>	<b>1</b>
1999	2.4210	13	2.2310	9	2.3970	13
2000	<b>1.0050</b>	<b>1</b>	8.1750	20	2.4830	14
2001	3.2420	15	1.6560	5	1.9660	10
2002	3.7800	17	<b>1.1550</b>	<b>1</b>	1.6380	7
2003	1.0760	2	2.7000	11	1.6160	6
2004	2.3410	11	2.1850	8	1.3950	5
2005	1.9540	8	4.6000	17	5.7770	18

표 6의 결과 건구온도는 2000년, 일사량은 2002년, 상대습도는 1998년이 장기 데이터에 가까운 해로 선정되었지만 각기 다른 대표월을 취합하기 위해 각 해의 순위를 합산하면 표 7과 같다. 다음 단계인 장기 풍속데이터와 단기 풍속데이터의 편차를 통해 최종 대표월을 선정하였는데 그 결과 표 8과 같다.

표 7. 3개 기상요소 순위의 합과 순위 (1월)

연도	순위의 합	순위	연도	순위의 합	순위
1986	56	20	1996	33	13
1987	29	10	1997	26	8
1988	27	9	<b>1998</b>	<b>14</b>	<b>1</b>
1989	52	19	1999	35	14
1990	22	4	2000	35	14
<b>1991</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	2001	30	12
1992	50	18	2002	25	6
1993	25	6	<b>2003</b>	<b>19</b>	<b>3</b>
1994	29	10	2004	24	5
1995	38	16	2005	43	17

표 8. 풍속데이터를 이용한 1월 대표월 선정

후보월	풍속데이터 평균	총 통계기간 풍속데이터 평균	절대 편차	순 위	1월 대표월
1991	2.25	2.40	0.16	3	1998
1998	2.43		0.02	1	
2003	2.46		0.05	2	

표 7의 결과 1991, 1998, 2003년이 총 20년을 대표할 수 있는 후보월로 선정되었고 표 8의 결과 후보월 중 1998년이 1991, 2000년보다 풍속데이터에서 더 장기와 가까운 결과를 보여 1월의 최종 대표월로 선정되었다.

이와 같은 산출방법을 통하여 1월을 제외한 나머지 월도 같은 방법으로 통계처리하면 다음 표 9와 같은 표준년을 구성할 수 있다.

표 9. ISO TRY 표준기상데이터의 표준년

월	연도	월	연도	월	연도
1	1998	5	1993	9	1992
2	1994	6	1994	10	1990
3	1997	7	2005	11	1996
4	1997	8	1992	12	1987

### 3.3 UK CIBSE TRY의 표준기상데이터

UK CIBSE TRY는 영국 CIBSE(Chartered Institute of Building Services Engineers)에서 개발한 TRY 산출방법을 말한다. 본 방법은 실측데이터에서 가장 평균적인 월로 구성된 가상의 1년을 만들며, 건구온도, 수평면전일사량, 풍속에 표준편차를 고려하여 산출하는 방법이며 다음과 같은 단계를 가진다.

#### (1) RAW DATA

최소한 13~20년간 기상요소(건구온도, 일사량, 풍속)의 시간당 데이터를 일평균 한다.

#### (2) 장기 CDF 함수

앞서 설명한 ISO TRY와 같은 장기 CDF 함수식을 사용하여 일평균 누적분포함수를 계산한다.

#### (3) 단기 CDF 함수

이것 역시 ISO TRY와 같은 단기 CDF 함수식을 사용하여 누적분포함수를 계산한다.

#### (4) 표준편차

각 월에 해당하는 연도별 데이터에 대한 표준편차를 다음 식 8을 통하여 구한다.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x - \bar{x})^2} \quad (8)$$

우선 1월에 대한 표준편차를 구하면 표 10과 같다.

#### (5) 변형된 FS 통계

표 10의 결과를 ISO TRY의 FS 통계식에 대입하여 변형된 식 9를 계산하고 기상요소별 낮은 순서대로 순위를 정리하면 표 10과 같다.

$$FS\sigma(p, m, y) = \sum_{i=1}^{N_p} |CDF(\Delta p_i, m, y) - CDF(\Delta p_i, m, N_Y)| \sigma_{d,N} \quad (9)$$

그 결과 건구온도는 2000년, 일사량은 1997년, 풍속은 1998년이 가장 작은 FS값을 가지는 것으로 나타났다.

이는 단일 기상요소 TRY의 대표월이다. 따라서 3개의 기상요소를 취합하기 위해서 가중계수를 적용한 방법으로 대표월을 선정하여야 한다.

이때 G.J.Levermore(2002)<sup>5)</sup>의 결과인 3개의 기상요소에 동일한 가중계수(1/3)를 주고 식 10에 대입한 결과 표 11과 같다.

5) G.J.Levermore, 『North American and European hourly-based weather data and methods for HVAC, building energy analyses and design by simulation』, ASHRAE Transactions, Symposia, vol. 108, pp.1053~1062, 2002.

표 10. 건구온도, 일사량, 풍속의 연도별 표준편차 및  $FS\sigma(p,m,y)$ 와 순위 (1월)

연도	건구온도			일사량			풍속		
	$\sigma$	$FS\sigma$	순위	$\sigma$	$FS\sigma$	순위	$\sigma$	$FS\sigma$	순위
1986	4.6541	29.2326	20	2.7800	17.4250	18	1.0446	1.8501	16
1987	3.9500	9.3694	11	3.7686	12.4514	15	1.0588	1.9049	17
1988	3.5960	6.8791	7	4.1622	18.1761	19	1.2165	2.6581	19
1989	3.9929	22.7238	19	3.0670	18.2791	20	0.9464	1.4517	8
1990	4.9774	8.7950	9	3.0958	11.3432	14	0.9033	1.4073	6
1991	3.5996	5.8457	4	3.3961	4.8870	5	0.8590	1.6966	12
1992	2.3123	11.5267	16	2.4249	7.7790	11	0.8778	3.3409	20
1993	3.2487	4.4962	2	2.4161	5.9388	8	1.0341	1.8108	15
1994	4.0536	10.5232	12	2.7378	4.9089	6	0.8317	1.2857	5
1995	3.2210	6.9637	8	2.7251	8.3715	12	1.0638	1.7478	14
1996	3.3285	5.9181	5	2.8999	6.2405	9	1.2188	0.8361	2
1997	3.0083	10.5623	13	<b>2.7438</b>	<b>3.8879</b>	<b>1</b>	1.2792	1.1577	3
1998	4.3913	8.9055	10	2.9668	4.3938	3	<b>1.0593</b>	<b>0.7182</b>	<b>1</b>
1999	4.6375	11.2274	14	2.4803	5.5336	7	1.0508	1.6224	11
2000	<b>3.8899</b>	<b>3.9093</b>	<b>1</b>	1.7837	14.5820	17	0.7679	2.3543	18
2001	5.1588	16.7248	17	2.6927	4.4591	4	0.6996	1.4076	7
2002	4.9845	18.8415	18	3.5135	4.0581	2	1.0109	1.5193	10
2003	4.5084	4.8511	3	3.8159	10.3029	13	0.9556	1.5127	9
2004	4.8778	11.4190	15	3.3188	7.2516	10	0.6956	1.7132	13
2005	3.2806	6.4102	6	2.9803	13.7094	16	0.7454	1.2776	4

표 11. 1월의  $FSw$  값과 순위

연도	$FSw$	순위	연도	$FSw$	순위
1986	16.1692	20	1996	4.3316	3
1987	7.9086	16	1997	5.2026	5
1988	9.2378	18	1998	4.6725	4
1989	14.1516	19	1999	6.1278	9
1990	7.1818	13	2000	6.9485	11
1991	4.1431	2	2001	7.5305	14
1992	7.5488	15	2002	8.1396	17
<b>1993</b>	<b>4.0820</b>	<b>1</b>	2003	5.5556	6
1994	5.5726	7	2004	6.7946	10
1995	5.6943	8	2005	7.1324	12

$$FSw = w_1 FS\sigma_{\min}(dbt) + w_2 FS\sigma_{\min}(ghsi) + w_3 FS\sigma_{\min}(ws) \quad (10)$$

표 11의 결과 1993년이 총 통계기간 중 가장 작은 값을 가지며 이 해를 1월의 대표월로 선정한다. 이렇게 나머지 월을 계산하여 12달을 조합하면 나타내면 표 12와 같고 이것이 서울지역의 UK CIBSE TRY 표준년이 된다.

표 12. UK CIBSE TRY 표준기상데이터의 표준년

월	연도	월	연도	월	연도
1	1993	5	1993	9	2002
2	1999	6	1994	10	1990
3	2003	7	2005	11	2000
4	1997	8	1992	12	1994

#### 4. 표준기상데이터와 실측데이터의 비교

##### 4.1 산출방법론 비교

HASP용 표준기상데이터와 ISO TRY, CIBSE TRY의 공통점은 시간당데이터로 출력된다는 점과 대표월을 기준으로 표준년을 산출한다는 점이다. 그러나 통계요소나 통계기간, 월마다 각기 다른 연도를 이어주는 보간법, 대표월 선정 프로세서 등에서 차이가 있다. 다음 표 13은 산출방법론 비교를 요약한 것이다.

표 13. 산출방법론 비교

	HASP용 표준기상데이터	ISO TRY	UK CIBSE TRY
통계요소	건구온도, 절대습도, 일사량	건구온도, 상대습도, 일사량	건구온도, 일사량, 풍속
통계기간	최소 10년	최소 10년	최소 13~20년
입력	월평균 데이터	일평균 데이터	일평균 데이터
통계프로세서	1. 데이터 평균 산출	1. CDF 함수	1. CDF 함수
	2. 데이터 표준편차 산출	2. FS 통계	2. FS 통계
	3. 후보월 선정	3. 순위의 합	3. 가중계수
	4. 가중계수	4. 풍속 데이터	4. 대표월 선정
	5. 수치지표	5. 대표월 선정	5. 표준년 작성
	6. 평균월 선정	6. 표준년 작성	
	7. 평균년 작성		
출력	시간당 데이터	시간당 데이터	시간당 데이터

4.2 표준기상데이터와 실측비교

산출방법론에 따라 산출된 표준기상데이터를 실측데이터와 비교하기 위해 MBE(Mean Bias Error), RMSE(Root Mean Squares for Error), t-Statistic를 계산하여 검토한다. MBE는 예측모델에 의해 도출된 계산치와 측정치의 오차를 분석하기 위한 지표로 두 데이터 간 편차의 평균을 나타낸 것이다. 다음 식 11로 나타낼 수 있으며, 그 값이 0이 되면 가장 이상적인 값으로 판단 할 수 있다. RMSE는 식 12로 계산되어지며 MBE와 비슷한 의미로 같이 사용되지만 오차 제곱 평균의 제곱근으로 예측 모형을 선택하거나 비교할 때 판단의 기준으로 사용되어지며 그 값이 최소가 되거나 0이 되는 모형을 최적의 예측모형으로 선택한다.

최근 일사량 실측치와 예측치의 효율적 오차분석을 위해 Stone(1993)<sup>6)</sup>이 제안한 t-Statistic 지표는 예측 모델 간에 t값이 작을수록 적합 성능의 우수함을 나타낸다. t-Statistic 계산식 다음 식 13과 같으며, 기존 MBE와 RMSE를 동시에 포함하고 있어 각각 계산되어 분석되던 결과를 취합할 수 있는 장점을 가지고 있다.<sup>7)</sup>

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (H_{pred,i} - H_{obs,i})}{n} \quad (11)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_{pred,i} - H_{obs,i})^2}{n}} \quad (12)$$

$$t = \sqrt{\frac{(n-1)MBE^2}{RMSE^2 - MBE^2}} \quad (13)$$

6) Stone, R.J., 『Improved statistical procedure for the evaluation of solar radiation estimation models』, Solar Energy, Vol. 51, No. 4, pp.289~291, 1993.

7) 윤종호, 『서울지역 실측일사량을 이용한 일사량 직산분리 모델의 정밀성 검증 연구』, 태양에너지 Vol. 20, NO. 1, pp.45~54, 2000.

산출방법론에 따라 산정된 표준기상데이터를 실측데이터와 비교한 결과 표 14와 같다.

표 14. 표준기상데이터와 실측비교

		MBE	RMSE	t-Statistic	순위
건구온도	HASP	0.04845	2.638	<b>0.35048</b>	<b>1</b>
	ISO	0.19914	2.72204	1.3995	2
	CIBSE	0.26325	2.68029	1.88294	3
일사량	HASP	-0.2853	4.89856	1.1129	3
	<b>ISO</b>	0.03674	5.00246	<b>0.14014</b>	<b>1</b>
	CIBSE	-0.0585	4.99825	0.22317	2
상대습도	HASP	0.1317	11.5999	<b>0.21662</b>	<b>1</b>
	ISO	-0.5883	11.7343	0.95772	2
	CIBSE	-0.7409	11.3751	1.24532	3
풍속	HASP	-0.0118	0.82485	<b>0.2741</b>	<b>1</b>
	ISO	-0.0283	0.76838	0.70286	2
	CIBSE	-0.1094	0.76003	2.77472	3

MBE 분석결과, HASP형식의 건구온도와 상대습도, 풍속 데이터가 실측데이터와의 비교에서 오차가 가장 작은 것으로 나타났고 일사량에서는 ISO 데이터가 더 실측과 가까운 결과를 보였다. RMSE 분석결과에서는 기상요소 별로 큰 차이를 보이지 않지만 건구온도, 일사량은 HASP형식의 계수가 최소값을 가지며, 상대습도, 풍속은 CIBSE TRY형식의 계수가 최소값을 가져 실측모형과 유사한 것을 알 수 있다.

MBE와 RMSE를 취합하는 t-Statistic는 일사량을 제외한 기상요소에서 HASP형식의 데이터가 절대값 0에 가까운 0.35이하의 계수를 가져 실측과 유사한 것을 알 수 있다.

5. 결론

건물에너지 성능평가용 시뮬레이션의 기초자료인 표준기상데이터의 다양한 산출방법론을 비교·분석하고자 한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 산출방법론에 따라 서울지역을 대상으로 표준기상데이터의 표준년을 작성한 결과, 방법론에 따라 대표월이 다르게 선정되어 표준년 구성에서 차이를 보였다. 이는 산



정 과정과 통계요소, 입력데이터의 차이인 것으로 판단된다.

- (2) 정량적 비교를 위해 MBE, RMSE, t-Statistic를 계산하여 비교한 결과, 산정방법 모두 실측과 큰 오차를 보이지 않았다. 그 중 HASP용 표준기상데이터의 산정방법이 일사량을 제외한 건구온도, 상대습도, 풍속에서 실측과 가장 작은 오차를 보여 3가지 산정방법 중 유용한 데이터로 판단된다. 하지만 HASP용 데이터를 시뮬레이션에 적용하기엔 다소 무리가 있다. 이는 국제적으로 상용화된 시뮬레이션들이 HASP형식이 아닌 TRY형식을 채택하고 있고 산출의 용이성과 프로그램 적용성이 뛰어난 TRY를 사용하기 때문이다. 따라서 실측과 큰 차이를 보이지 않는 TRY 산출방법을 채택하여 적용하는 것이 효과적일 것으로 사료된다.
- (3) 본 연구는 서울지역 한 곳을 대상으로 산출방법론을 비교하였으나, 더욱 정확한 분석을 위해 다양한 지역을 대상으로 하는 비교가 필요할 것으로 판단되며, 이와 같은 연구를 통해 국내 기후와 지역을 모두 고려한 표준화된 국내 표준기상데이터의 정립이 기대된다.

## 후 기

본 연구는 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2007-000-10231-0)

## 참 고 문 헌

1. 유호천 외, 표준기상데이터 형식 분석 및 TRY 가중치 적용, 한국태양에너지학회 논문집, 27(4), 2007. 12.
2. 유호천 외, TRY 방법론에 의한 표준일사량데이터 평가, 한국생태환경건축학회 논문집, 7(6), 통권 28호, 2007. 12.
3. 김환용, 이정재, 냉·난방 부하계산을 위한 전국 17개 도시의 표준기상데이터 및 TAC 맵 작성, 대한건축학회 논문집(계획계), 23(9), pp.197~204, 2007.
4. 윤중호, 서울지역 실측일사량을 이용한 일사량 직산분리 모델의 정밀성 검증 연구, 한국태양에너지학회 논문집 20(1), pp.45~54 2000.
5. 김두천, 서진석, 한국 주요도시의 HASP용 표준기상데이터의 개발, 공기조화냉동공학회 논문집, 22(4), pp.289~298, 1993.
6. H.C. Yoo et al, Climate Change Test Reference Years for South Korea, 6th Meeting of The CIB W108-Climate Change and The Built Environment, 2007, 10.
7. G.J. Levermore, J.B. Parkinson, Analyses and algorithms for new Test Reference Years and Design Summer Years for the UK, Building Service Engineering Research and Technology, 27(4), pp.311~325, 2006.
8. International Standard ISO 15927-4, Hygrothermal performance of buildings-Calculation and presentation of climatic data-Part 4: Hourly data for assessing the annual energy use for heating and cooling, ISO, 2005.
9. CIBSE, CIBSE Guide J Weather Solar and Illuminance Data, London, The Chartered Institution of Building Services Engineers, 2002.
10. Stone, R.J., Improved statistical procedure for the evaluation of solar radiation estimation models, Solar Energy, 51(4), pp.289~291, 1993.