

TRY 방법론에 의한 표준일사량데이터 평가

Evaluation of Typical Solar Radiation Data by the TRY Methodology

유 호 천* 이 관 호** 김 경 률*** 박 소 희****
 Yoo, Ho-Chun Lee, Gwan-Ho Kim, Kyoung-Ryul Park, So-Hee

Abstract

Limited fossil fuels and unstable energy supply are considered as one of the critical problems in architecture requiring large amounts of energy. In order to this challenge, environment-friendly architecture design is required. Clear data should be prepared to apply solar energy to architecture aggressively and properly. This study used FS statistical analysis data regarding average daily solar radiation of Seoul observed over 20 years to find out standard year and standard daily solar radiation. This study also aims to compare and evaluate an appropriate method of selecting a standard year which is too close to measurement value through comparison and analysis with daily solar radiation acquired by applying overseas researchers' suggesting weight factor. As a result, the data nearest to measurement value of daily solar radiation was UK CIBSE TRY(TYPE 2) displaying 0.100in t-statistic index. For UK CIBSE TRY(TYPE 2), weight factor was applied to three climatic elements except relative humidity. TYPE 1 and TYPE 3 recorded 0.343 and 0.367, respectively, showing higher record of t-statistic than TYPE 2. TYPE 1 was calculated through FS statistical value of single data about daily solar radiation with other climatic elements excluded. For TYPE 3, relative humidity was added to TYPE 2. In particular, since TYPE 2 was closer to the measurement value compared to the others, it is necessary to consider relationship with other climate elements if other climate elements are added.

키워드: 표준일사량데이터, TRY

Keywords : Typical Solar Radiation Data, TRY(Test Reference Year)

기호설명

CDF : 누적분포함수(Cumulative Distribution Function)
 FS : Finkelstein-Schafer
 MBE : Mean Bias Error
 RMSE : Root Mean Squares for Error
 N_r, p_i : TRY 전체기간, 기상요소
 m, y : 월, 년
 w_i : 가중치
 n : TMY2s 전체기간
 $DM_{m,y}$: HASP 수치지수
 k_2, k_3 : HASP 절대습도 가중치, 일사 가중치

1. 서론

최근 전 세계적으로 발생하고 있는 이상기후 현상의 원인을 과도한 온실효과 즉, 지구 온난화에 두고 있다. 지구 온난화를 방지하기 위해서는 무엇보다 이산화탄소와 같은 온실기체의 배

출량을 줄여야 한다. 이산화탄소는 석유, 천연가스, 석탄과 같은 화석연료가 연소할 때 발생하므로 화석연료의 사용량을 줄이고 대체에너지를 개발하여 사용하여야 한다. 또한, 화석연료 자원의 유한성과 에너지수급의 불안정은 에너지 사용이 많은 건축 부분에서도 큰 문제점으로 대두되고 있다.

이러한 문제점 해결을 위해서는 깨끗하고 무한한 자원인 태양에너지를 중심으로 한 풍력, 지열 등의 자연에너지의 도입과 이를 적극적으로 이용한 친환경적 건축설계가 요구된다. 이와 같은 태양에너지를 건축물에 적극적으로 이용하고, 적합하게 적용하기 위해서는 태양에너지에 대한 보다 명확한 데이터 마련이 선행되어야 한다. 이에 최근에는 각 국가별, 지역별로 태양에너지에 대한 상세한 표준데이터 산정에 대한 연구가 진행 중이거나 이미 이루어졌다. 그러나 이러한 데이터는 지역적으로나 기후적으로 차이가 있어 이를 그대로 국내에 적용하기에는 다소 무리가 있다.

따라서 본 연구에서는 국내 도시 중 서울을 대상으로 20년간 실측된 일평균일사량 데이터를 FS 통계분석을 이용하여 표준년 및 표준 일사량을 산정하고, 이를 국외 연구자들에 의해 제안된 TRY 형식을 바탕으로 한 기상요소 별 가중치 적용을 통해 산정된 일사량데이터와 비교·분석을 통해 보다 실측값에 근접한 대표년 선정에 위한 방법론을 평가하고자 한다.

* 주저자, 울산대 건축학부 교수, 공학박사

** 울산과학대 공간디자인학부 조교수, 공학박사

*** 울산대 대학원 석사과정

**** 교신저자, 울산대 대학원 박사과정
 (changio07@hanmail.net)

2. 표준기상데이터 형식

표준기상데이터 산정을 위해 사용되고 있는 형식은 매우 다양하다. 그 중 대표적으로 사용되고 있는 형식인 TRY, TMY2, WYEC에 대한 내용은 다음과 같다.

(1) TRY(Test Reference Year) 형식

이 방법은 표준기상데이터의 산정방법 중 가장 최초로 개발되어진 방법론으로, 1975년 중반에 미국 NCDC(National Climatic Data Center)에 의해 제안된 형식으로 건구온도, 습구온도, 노점온도, 풍향, 풍속, 기압, 상대습도, 운량 및 구름종류 총 9개의 기상요소로 구성된다. 본 연구에서의 비교대상인 일사량의 기상요소가 미치는 영향 및 가중치가 적용된 TRY에 대한 선정 방법은 본 연구 내용 중 TRY 방법론에서 상세히 기술된다.

(2) TMY2(Typical Meteorological Year) 형식

미국의 NCDC와 Sandia연구소가 공동으로 1981년에 개발한 형식이 TMY이다. TMY는 기존의 TRY형식에 수평면전일사와 법선면직달일사의 일사량 데이터를 추가하여 미국 내 234지역에 대한 데이터를 작성하였다. 1993년 미국 NREL에서 1961~1990년까지 30년간의 보다 정밀한 일사량 측정데이터인 NRSDB를 완성시켜 NCDC의 동일 자료와 결합시킴으로써 SAMSON이라는 종합적 기상데이터를 완성시켰으며 이것을 바탕으로 TMY2s를 제작하였다. 이 두 방식의 차이점은 산정대상 기간, 일사량데이터의 출처, 각 요소별 적용되는 가중치로 볼 수 있다.

TMY2의 표준기상데이터는 30년간의 데이터를 통해 각각의 대표월을 찾아 12개월을 조합하여 산정한다. 대표월의 선택은 TMY에서도 사용된 Sandia방법이 적용되며 다음과 같이 4단계로 설명 될 수 있다.

1) Sandia 방법 1단계

대상기간의 각 월에 대하여 전체기간 CDF에 가장 근접한 월별 CDF를 가지는 5개의 후보월을 선정한다. FS통계를 통하여 전체기간 CDF와 후보월들의 CDF를 비교한다.

$$FS = (1/n) \sum_{i=1}^n |CDF_m(x_i) - CDF_{m,y}(x_i)| \quad [식 1]$$

여기서 수치상으로 가장 근접한 후보월을 사용하는 것이 아니라 FS통계 값에 [표 1]의 가중치를 곱한 가중합계[식 2]를 이용하여 가장 낮은 값을 가지는 5개의 후보월을 선정한다.

$$WS = \sum w_i FS_i \quad [식 2]$$

2) Sandia 방법 2단계

전체기간 평균치에 근접성을 기준으로 5개의 후보월에 등급을 부여한다.

3) Sandia 방법 3단계

2단계에서 선정된 5개의 후보월 중 건구온도, 수평면전일사량의 지속성에 대해 평가하여 지속성이 가장 긴 월, 지속의 빈

도가 가장 많은 월, 지속이 존재하지 않는 월을 제외한 후보월 중 등급이 높은 월을 대표평균월 즉 표준월로 선정한다.

4) Sandia 방법 4단계

12개의 선정된 표준월을 조합하여 완전한 12개월의 표준년을 만든다. 또한, 각 월의 불연속적인 경계면들은 경계면의 전후 6시간에 대하여 보간법을 사용한다.¹⁾

(3) WYEC2(Weather Year for Energy Calculations)형식

1985년 미국 ASHRAE에서 개발된 WYEC 형식은 기본적으로 TRY의 데이터 구조에 일사량 데이터가 추가된 포맷으로 구성되며, 캐나다 5개 지역을 포함하여 북미 51개 지역의 데이터를 제공하였다. 이후 ASHRAE는 TMY2를 제작했던 NREL과 함께 51개의 WYEC 기상파일 및 26개의 주요 TMY 기상파일을 업데이트 하여 새로운 WYEC2를 제작하였다. WYEC2 데이터에서는 기존 WYEC의 TRY포맷 대신 TMY2s포맷으로 변경하였으며 조도관련 데이터도 추가로 포함되었다.

WYEC2와 TMY2s는 SAMSON의 신규데이터베이스를 이용하여 작성되었으며, 평균월의 대표방식도 Sandia방법과 거의 동일한 과정을 거쳐 결정된다. 두 방법의 가장 큰 차이점은 가중치 부여에 있어 TMY2s는 일사량을 중심으로 WYEC2는 건구온도를 중심으로 한다는 부분이다.²⁾

표 1. TMY, TMY2s, WYEC의 기상요소별 가중치 비교

| 기상요소 | TMY (Sandia) | | TMY2s (NREL) | | WYEC2 (ASHRAE) |
|---------|--------------|------|--------------|------|----------------|
| 최대건구온도 | 1/24 | 4.2% | 1/20 | 5% | 5% |
| 최소건구온도 | 1/24 | 4.2% | 1/20 | 5% | 5% |
| 평균건구온도 | 2/24 | 8.3% | 2/20 | 10% | 30% |
| 최대노점온도 | 1/24 | 4.2% | 1/20 | 5% | 2.5% |
| 최소노점온도 | 1/24 | 4.2% | 1/20 | 5% | 2.5% |
| 평균노점온도 | 2/24 | 8.3% | 2/20 | 10% | 5% |
| 최대풍속 | 2/24 | 8.3% | 1/20 | 5% | 5% |
| 평균풍속 | 2/24 | 8.3% | 1/20 | 5% | 5% |
| 수평면전일사 | 12/24 | 50% | 5/20 | 25% | 40% |
| 법선면직달일사 | - | - | 2/20 | 25% | - |
| | | 100% | | 100% | 100% |

(4) HASP/ACLD용 표준기상데이터 형식

일본설비공학회에서 개발한 동적열부하 프로그램인 HASP/ACLD에 적용되는 표준 기상 데이터에 대한 연구는 국내에서도 많이 이루어져 왔다. HASP/ACLD의 표준 기상데이터에는 3종류의 기상데이터가 있다. 그 중 하나는 연간 부하량이 10년간의 평균이 되는 실제의 1년간으로 그 지방의 기후를 가장 특징적으로 대표할 수 있는 대표년이며, 둘째는 부하계산 결과가 월별로 가장 평균적인 것만을 모아서 조합한 인위적인 1년간의 기상데이터인 평균년 그리고 난방부하가 최대가 되는 동계의 4개월과 냉방부하가 최대가 되는 하계 3개월을 실제기상자료

1) William Marion and Ken Urban, User's Manual for TMY2s Typical Meteorological Years, NREL, 1995.6.
2) 윤종호, 건물에너지 성능평가를 위한 표준기상자료의 국내의 현황, 대한설비공학회 설비저널 p.7~14, 2003.8.

중에서 선정된 극단계이다. 대표년의 선정에는 3기상요소인 외기온도, 절대습도 및 수평면전일사량의 월 평균치가 필요하며, 대표년과 극단계는 평균년 선택과정에서 산출된 수치지표 DM값을 사용하여 선정하며, 그 절차는 [그림 1]과 같다.³⁾

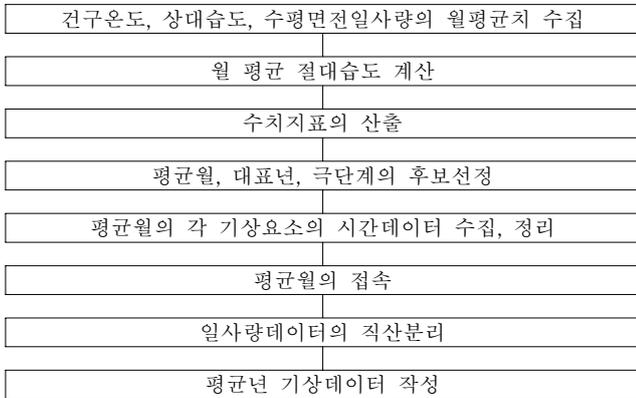


그림 1. HASP용 평균년 제작 과정

평균년을 산정하기 위해서는 우선 건구온도, 상대습도, 수평면전일사량의 10년간의 데이터를 수집한 후 이들의 월평균값을 정리한다. 이후 월평균 상대습도를 통하여 월평균 절대습도값을 계산한다. 여기서 세 가지의 기상요소에 대하여 평균월을 선정하기 위한 수치지표 $DM_{y,m}$ 을 산출하게 되는 식은 다음과 같다.

$$DM_{y,m} = (W_{1,y,m} - \bar{W}_{1,m}) + k_2(W_{2,y,m} - \bar{W}_{2,m}) + k_3(W_{3,y,m} - \bar{W}_{3,m}) \quad [식 3]$$

위의 식에서 k_2 와 k_3 은 각각 절대습도와 일사량에 대한 가중계수로서 세 가지 기상요소가 열 부하에 미치는 영향을 $DM_{y,m}$ 으로 나타내기 위한 값이다. 이렇게 정해진 $DM_{y,m}$ 이 0에 가장 가까운 해당년의 후보월중 각 세 가지의 기상요소의 표준편차가 모두 1이하인 것을 최종적인 평균월로 선정한다. 선정된 12달의 평균월을 조합하여 평균년으로 제작한다. 또한, 각 월의 경계면에서는 보간법을 사용하는 것이 아니라 접속되는 전후의 2일간(총 4일)의 시간데이터를 그래프에 옮겨 근접하게 교차하는 시간에 접속시키는 방법을 사용한다.

표준년을 제작하기 위한 대표월을 선정하는 방식에서 TRY, TMY2s, WYEC2의 경우는 FS통계라는 특성화 된 통계방식을 이용하여 결정하였고 HASP/ACLD용 자료의 경우는 기상요소들을 하나로 통합하여 평가하는 수치지수와 전체기간에 대한 표준편차를 고려하여 결정하는 방식이 사용되어 다소 차이가 있다. 또한, 대표월을 조합하여 표준년으로 조합시켰을 시 일어날 수 있는 각 월간의 경계면에서의 연결방법에 있어서도 차이

가 있었다. TRY, TMY2s, WYEC2의 경우는 경계면 전후의 정량적인 시간에 대한 평균값을 이용하는 보간법을 사용한 반면 HASP/ACLD용 자료의 경우는 경계면에서 근접한 일정 기간 중 두 데이터의 교차점을 찾는 방식을 사용하였다. 그러나 HASP/ACLD의 접속법의 경우 접속지점이 경계면에서 먼 쪽으로 지정되었을 경우 후속월의 극한적 데이터의 침범이 우려되는 단점이 있다.

표 2. 표준 기상 자료 형식 비교

| | TRY | TMY2s | WYEC2 | HASP |
|-----------|----------------------------|------------------------|-----------|--------------------------------------|
| 선정대상 기간 | 13년~20년 | 30년 | 30년 | 10년 |
| 대표월 선정방식 | FS통계 | FS통계 | FS통계 | 표준편차 및 수치지수 |
| 가중치 계수 | × | ○ | ○ | × |
| 대표월간 접속방법 | 접속지점 포함 전후 2시간의 평균 (총 5시간) | 경계면전후 6시간의 평균 (총 12시간) | TMY2s와 동일 | 경계면전후 48시간의 데이터 중 교차점 또는 근접한 지점에서 접속 |

TMY2s와 WYEC2의 경우 대표월을 선정하는 방법은 동일하지만 가중치의 경우 많은 차이를 보였다. TMY2s의 가중치는 일사량에 대한 가중치가 50%를 차지한 반면, WYEC2의 경우 건구온도가 차지하는 가중치가 40%로 20%인 TMY에 비해 건구온도에 많은 중점을 두는 것으로 분석되었다.

이러한 점에서 볼 때 건축물에 대한 성능평가 시 지역적 특성 및 평가대상에 따라 기상자료 및 가중치 계수를 선택한다면 보다 적합한 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

3. 표준년 산정을 위한 방법

3.1 TRY 방법론

표준기상데이터 중 가중치 계수 부여에 대한 기준방법이 아직 정립되지 않은 TRY의 경우 기상요소, 가중치 부여 등 다각적인 연구가 진행되고 있다. 또한, 본 연구에서 선정한 표준년 산정방법인 TRY는 TMY, 2, WYEC2 등과 비교하여 산출방법이 비교적 간단하여 기상요소 및 가중치 부여에 따른 결과값 비교를 위한 본 연구에 적용함에 있어 적절할 것으로 사료된다.

본 연구에서 비교대상으로 선정한 TRYs 방법론을 설명하면 다음과 같다.

(1) TYPE 1. (기상요소별 FS 산정에 의한 TRY)

TYPE 1으로 정의된 기상요소별 FS 산정에 의한 TRY는 표준일사량데이터 산정을 위하여 실측된 일별일사량데이터만을 이용하여 FS통계분석에 의한 표준년을 도출한다.

(2) TYPE 2. (3가지 기상요소의 가중치 부여에 의한 TRY)

TYPE 2로 정의된 3가지 기상요소의 가중치 부여에 의한 TRY는 영국의 G.J.Levermore에 의해 연구된 UK CIBSE Test Reference Year(UK CIBSE TRY)의 방법을 적용한다.⁴⁾

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

CIBSE TRY는 대상지역에서 관측된 시간당 데이터를 기초로 산정되며, 기상요소로는 건구온도(dbt), 수평전면일사량(ghsi), 풍속(ws)이 적용된다. 대상 데이터의 기간은 최소 13년에서 20년이며 각 기상요소는 선행연구에서 가장 우수한 것으로 평가된 가중계수를 이용하여 표준년 데이터를 산정한다.

표 3. TYPE 2의 기상요소별 가중치 적용

| 기상 요소 | 건구온도 (dbt) | 일사량 (ghsi) | 풍속 (ws) | 합계 |
|-------|------------|------------|---------|------|
| 가중치 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 1.00 |

(3) TYPE 3. (4가지 기상요소의 가중치 부여에 의한 TRY)

TYPE 3으로 정의된 4가지 기상요소의 가중치 부여에 의한 TRY는 I.A Rahman, J. Dewsbury에 의해 연구된 방법으로 CIBSE TRY의 기상요소 중 상대습도를 추가하였다. 여기서 적용된 가중계수는 다음과 같이 적용한다.

표 4. TYPE 3의 기상요소별 가중치 적용

| 기상 요소 | 건구온도 (dbt) | 일사량 (ghsi) | 풍속 (ws) | 상대습도 (rh) | 합계 |
|-------|------------|------------|---------|-----------|------|
| 가중치 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 1.00 |

3.2 Finkelstein-Schafer(FS) 통계 방법

FS⁵⁾ 통계 방법은 표준기상데이터를 산출하기 위한 일반적인 방법⁶⁾으로 총 조사기간의 실측 기상데이터로부터 단일의 해를 선정하는 실험적인 방법론이다. 이 방법은 2개 데이터 간 분포의 유사성을 측정하는 방법으로 총 조사기간의 일평균 기상 요소 데이터에 대한 분포와 각월별 일평균 기상 요소 데이터의 분포를 비교하여 총 조사기간의 분포에 근접한 특정한 달의 해당년을 선정하는 방법이다. 따라서 본 연구에서 비교되는 3가지 TRY 방법에 의한 표준일사데이터 또한 FS 통계분석으로 기본으로 산정된다.

FS 통계방법은 다음과 같은 순서로 처리되어진다.

(1) 조사대상지와 기상데이터의 조사기간을 선정한다. 선정된 지역의 기상요소별 일평균 자료를 기상청에서 구하여 월별로 데이터를 정리한다. 이는 월별 각각의 해를 비교하기 위해서이다. 이 때 데이터 처리는 누적분포함수(CDF; Cumulative distribution function)로 정리한다. 누적분포함수는 어떤 값 x_1 이 특정한 x 보다 작거나 같을 확률을 나타내는 함수로 이를 누적으로 나타낸 함수식이며 [식 4] 와 같다.

$$S_n(X) = \begin{cases} 0 & \text{for } x < x_1, \\ (k-0.5)/n & \text{for } x_k < x < x_{k+1} \\ 1 & \text{for } x > x_n \end{cases} \quad [\text{식 4}]$$

(2) 월별로 정리되어지는 총 조사기간의 일별 기상요소 데이터에 대한 누적분포함수의 값과 전체 월 데이터의 누적분포함수 값의 절대차이를 산출하여 해당 월의 평균을 구하며 다음 식 $FS(y,m)$ 과 같다.

$$FS(y,m) = (1/n) \sum_{i=1}^n |CDF_m(x_i) - CDF_{y,m}(x_i)| \quad [\text{식 5}]$$

(3) 구해진 월별 매년의 FS 평균값의 비교를 통해 총 조사기간의 CDF와 매년의 CDF의 분포가 유사하거나 동일한 값, 즉 매년의 FS 평균값이 가장 작은 값을 Best year로 선정하며 이는 [식 6]과 같다. 또한 분포가 가장 이질적인 값 또는 FS 평균값이 가장 큰 값을 Worst year로 선정한다.

$$TRY = \min(FS) \quad [\text{식 6}]$$

(4) 마지막으로 각 월별로 Best year(표준년)으로 선정된 각 해를 조합하여 1년 즉, 표준년을 구성한다.

FS 통계는 동적 열부하 시뮬레이션에 필요한 전형적인 데이터를 선정하는데 큰 역할을 한다. 본 통계 분석은 총 조사기간의 자료 중 최대, 최소의 극한 값이 속한 해를 배제하는데, 이는 총 조사기간을 대표할 수 있는 전형적인 기상 데이터를 만드는 데 가장 적합한 방법이라 할 수 있다.

또한 FS 통계 이외의 여러 가지 통계 방법이 있었지만, 표준적인 한달을 선택하기 위해 긴 기간의 데이터와 각월의 데이터를 비교하는데 가장 정확하고 빠른 통계 분석 방법의 선정이 중요하므로 FS 통계 분석 방법이 가장 적합할 것으로 판단된다.⁷⁾

4. TRYs 방법론에 의한 표준년 산정

4.1 표준년 산정을 위한 데이터

본 연구에서는 국내 주요 도시 중 서울을 대상으로 하며, 기상청에서 제공하는 1986년~2005까지 20년간의 일평균일사데이터를 이용하였다. 대상지역의 자세한 내용은 다음과 같다.

표 5. 대상 지역

| 지역 | 위도 (°N) | 경도 (°E) | 고도 (m) | 일별일사량 | |
|----|---------|---------|--------|-----------|----|
| | | | | 측정연도 | 기간 |
| 서울 | 37.34 | 126.58 | 85.5 | 1985-2005 | 20 |

서울에 대한 표준일사데이터 산정을 위해 사용된 일평균일사데이터는 일사량 측정값이 유효하지 않은 5일 이상의 달은 데이터에서 제외되었다. 선행연구에서는 최소 5일⁸⁾, 최대 15일⁹⁾까지 범위를 두고 있으나 보다 정확한

4) G.J.Levermore, North American and European hourly-based weather data and methods for HVAC, building energy analyses and design by simulation, 2002
 5) F.M.Finkelstein, R.E.Schafer, 「Improved goodness of fit tests」, Biometrika, 58권, 3호, pp. 641~645, 1971
 6) S.A.M Said et. al, 「Generation of representative weather-Year data for Saudi Arabia」, Applied Energy, 48권 2호, pp. 131~136, 2004.

7) I.A. Rahman, J. Dewsbury, 「Selection of typical weather data(test reference years) for Subang, Malaysia」, Building and Environment, pp. 1~6, 2006.
 8) Zhou Jin et. al, 「Generation of typical solar radiation year for China」, Renewable Energy, 31권, pp. 1972~1985, 2006
 9) Hüsamettin Bulut, 「Typical solar radiation year for south-eastern Anatolia」, Renewable Energy, 29권, pp. 1477~1488, 2004

데이터 산출을 위해 본 연구에서는 5일로 범위를 제한하였다. 또한 그 이하의 유효하지 않은 일수에 대해서는 선형 보간법을 통해 산출하였다.

단, 윤년에 해당하는 2월 29일은 제외하였다.

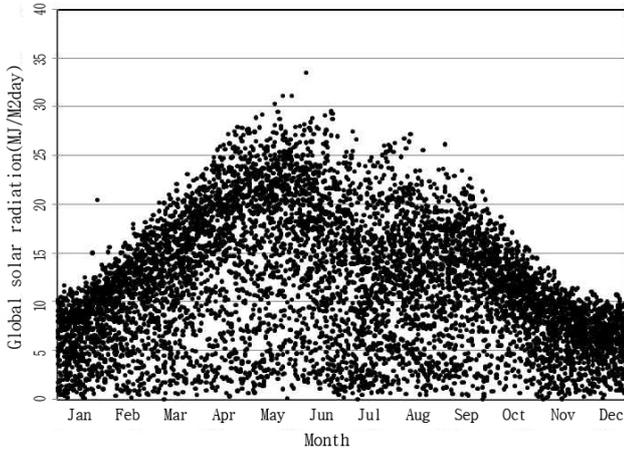


그림 2. 20년간 일사량 실측데이터(1986-2005년)

4.2 방법론에 따른 표준년 및 표준일사데이터

표준년 산정을 위한 TRY 방법론 TYPE 1-3을 바탕으로 산정한 각각의 표준년 및 일사량은 다음 [표 6], [표 7]과 같다.

표 6. TRY에 의한 서울지역 표준년

| 월 | 대표년 | | |
|----|---------|---------|---------|
| | TYPE 1. | TYPE 2. | TYPE 3. |
| 1 | 2002 | 1998 | 1998 |
| 2 | 1991 | 1999 | 1999 |
| 3 | 1994 | 1997 | 1997 |
| 4 | 1999 | 1999 | 2005 |
| 5 | 1992 | 1993 | 1993 |
| 6 | 2005 | 1994 | 1994 |
| 7 | 2005 | 2002 | 1989 |
| 8 | 1993 | 1991 | 1991 |
| 9 | 2003 | 1991 | 1991 |
| 10 | 1986 | 1990 | 1996 |
| 11 | 1994 | 1996 | 1996 |
| 12 | 1986 | 1994 | 1994 |

표 7. TRY에 의한 서울지역 표준일사데이터 (MJ/m²day)

| 월 | 실측데이터 | 표준일사데이터 | | |
|----|-------|---------|---------|---------|
| | | TYPE 1. | TYPE 2. | TYPE 3. |
| 1 | 6.95 | 6.57 | 6.96 | 6.96 |
| 2 | 9.91 | 9.83 | 9.14 | 9.14 |
| 3 | 12.50 | 12.90 | 13.05 | 13.05 |
| 4 | 15.87 | 15.44 | 15.44 | 17.27 |
| 5 | 16.87 | 16.35 | 16.24 | 16.24 |
| 6 | 15.37 | 15.50 | 16.26 | 16.26 |
| 7 | 11.80 | 11.97 | 12.87 | 12.73 |
| 8 | 12.71 | 12.30 | 14.14 | 14.14 |
| 9 | 12.73 | 12.45 | 11.48 | 11.48 |
| 10 | 10.92 | 11.18 | 10.60 | 9.78 |
| 11 | 7.26 | 7.03 | 6.84 | 6.84 |
| 12 | 6.09 | 6.32 | 6.16 | 6.16 |

각 TYPE별로 표준년을 산정한 결과 TYPE2, 3은 3개 월을 제외하고 같은 해가 선정되었으나, 표준일사데이터 비교에서는 TYPE 2,1,3의 순으로 실측데이터와 근접한 값을 나타냈다. 이는 일사데이터 외에 TYPE 2, 3에 추가된 건구온도, 풍속, 상대습도 등 다른 기상요소의 영향과 더불어 동일하지 않은 표준년 내의 일사데이터의 차이에 의한 영향으로 표준년의 유사성과는 다르게 결과 값이 산출되었다.

또한, 기상청(KMA)에서 제공되는 20년간의 시간당 실측데이터의 월평균 값과 TRY를 이용하여 산정한 표준일사데이터를 그래프를 통해 비교하면 다음 [그림 3]과 같다.

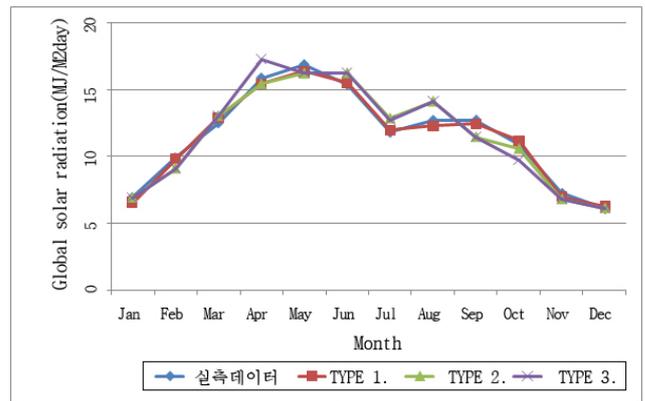


그림 3. 실측데이터와 표준일사데이터(TRYs)의 비교

전반적으로 유사한 값을 나타내고 있으나, TYPE 2,3의 경우 대표년에서는 매우 유사했으나 다른 대표년이 선정된 4,7,10월에서 매우 큰 차를 보인 반면, TYPE 1과 2의 경우 대표년 선정에서는 큰 차이를 보였으나, 비교적 유사한 데이터 값을 나타낼 수 있다.

5. TRY 방법론에 의한 표준일사량데이터의 비교

5.1 TRY 방법론 비교방법

본 연구에서 비교대상으로 선정된 세 가지 TRY 방법론을 비교하기 위해 Stone RJ¹⁰⁾의 연구에서 일사데이터 비교를 위해 사용되어진 t-statistic을 사용한다. 또한 이를 위해 RMSE: (Root Mean Squares for Error)와 MBE (Mean Bias Error)를 구한다. 자세한 내용은 다음과 같다.

$$t = \sqrt{\frac{(n-1)MBE^2}{RMSE^2 - MBE^2}} \quad [식 7]$$

$$MBE = \frac{1}{365} \sum_{j=1}^{365} (H_{j,c} - H_{j,m}) \quad [식 8]$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{365} \sum_{j=1}^{365} (H_{j,c} - H_{j,m})^2} \quad [식 9]$$

10) Stone RJ, 「Improved statistical procedure for the evaluation of solar radiation estimation models」, Solar Energy, 51(4), pp. 289-291, 1993. 10

t-statistic 지표는 비교하는 예측모델 간의 t값이 작을수록 적합 성능이 더 우수함을 나타내며, 계산식 내에 MBE와 RMSE를 동시에 포함하기 때문에 각각 계산 시 무시되던 결과의 흠여짐 정도를 고려할 수 있는 장점이 있다.¹¹⁾

5.2 TRY 방법론 비교결과

MBE, RMSE, t-statistic에 의한 결과는 다음과 같다.

표 8. TRY 방법론의 비교(RMSE, MBE)

| 구분 | TRYs 방법론 | | |
|------|----------|---------|---------|
| | TYPE 1. | TYPE 2. | TYPE 3. |
| MBE | 0.094 | 0.026 | 0.094 |
| RMSE | 5.207 | 4.917 | 4.910 |

표 9. TRY 방법론의 비교(t-value와 ranking)

| 구분 | TRYs 방법론 | | |
|------|----------|---------|---------|
| | TYPE 1. | TYPE 2. | TYPE 3. |
| t | 0.343 | 0.100 | 0.367 |
| rank | 2 | 1 | 3 |

비교결과 일평균일사의 실측값과 가장 근접한 데이터는 상대습도를 제외한 기상요소 3개에 가중치를 부여한 UK CIBSE TRY(TYPE 2)가 0.100으로 나타났다. 그 다음으로 타 기상요소를 배제한 일사 단일 데이터의 FS통계 값 산정을 통해 선정된 TYPE 1, TYPE 2에 상대습도를 추가한 TYPE 3이 각각 0.343, 0.367로 나타나 TYPE 2에 비해 상대적으로 t-statistic 지표가 크게 나타났다. TYPE 2의 경우 다른 두 TYPE에 비해 실측값에 매우 근접한 값을 보이고 있어 일사에 영향을 미치는 다른 기상요소를 추가하되 그 상관성에 대해서는 고려해보아야 할 것으로 판단된다.

6. 결 론

본 연구에서는 서울을 대상으로 20년간 실측된 일평균일사량 데이터를 FS 통계분석을 이용하여 표준년 및 표준 일사량을 산정하고, 이를 국외 연구자들에 의해 제안된 기상요소 별 가중치 적용을 통해 산정된 일사량데이터와 비교·분석을 통해 보다 실측값에 근접한 대표년 선정에 위한 방법론을 비교 및 평가하였다. 본 연구에서 도출된 결론은 다음과 같다.

1. 각 TYPE별로 표준년을 산정한 결과 TYPE2와 TYPE3은 3개의 월을 제외하고 같은 해가 선정되었다. 이는 일사데이터 외에 다른 기상요소가 일사에 영향을 미쳤기 때문인 것으로 판단된다.

2. 각 TYPE 별 표준일사데이터의 보다 정확한 비교를 위해 t-statistic을 사용하고, 이를 위해 RMSE:(Root Mean Squares for Error)과 MBE (Mean Bias Error)를 산출하여 평가한 결과 일평균일사의 실측값과 가장 근접한 데이터는 상대습도를 제외한 기상요소 3개에 가중치를 부여한 UK CIBSE TRY(TYPE

2)가 0.100으로 나타났다. 그 다음으로 타 기상요소를 배제한 일사 단일 데이터의 FS통계 값 산정을 통해 선정된 TYPE 1, TYPE 2에 상대습도를 추가한 TYPE 3이 각각 0.343, 0.367로 나타나 TYPE 2에 비해 상대적으로 t-statistic 지표가 크게 나타났다. TYPE 2의 경우 다른 두 TYPE에 비해 실측값에 매우 근접한 값을 보이고 있어 일사에 영향을 미치는 다른 기상요소를 추가하되 그 상관성에 대해서는 고려해보아야 할 것으로 판단된다.

후 기

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

참고문헌

1. 유호천 외, 「FS 통계 분석을 이용한 서울, 부산의 표준건구온도의 산정」, 한국친환경설비학회발표논문집, 2007.10.
2. 유호천 외, 「FS 통계 분석을 이용한 서울, 부산의 표준 일사량 산정」, 대한건축학회발표논문집(계획계), 2007.10.
3. 유호천 외, 「건물에너지 분석에 의한 표준기상자료에 관한 연구」, 한국생태환경건축학회발표논문집, 2007.11.
4. 유호천 외, 「표준기상데이터 형식 분석 및 프로그램 적용현황」, 태양에너지발표논문집, 2007.11
5. 윤종호, 「건물에너지 성능평가를 위한 표준기상자료의 국내외 현황」, 대한설비공학회 설비저널 p.7~14, 2003.8.
6. 윤종호, 「서울지역 실측일사량을 이용한 일사량 직산분리 모델의 정밀성 검증 연구」, 한국태양에너지학회논문집, 20(1), pp. 45-54, 2000
7. 공기조화냉동공학회, 「건물의 공조부하계산용 표준 전산프로그램 개발 및 기상자료의 표준화 연구에 관한 최종보고서」, 통상산업부, 1996.9.
8. 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
9. K.H. Lee, G.F. Levermore, 「Generation of typical weather data for future climate change for South Korea」, 6th Meeting of the CIB W108-Climate Change and The Built Environment, 2007
10. G.J.Levermore, 「North American and European hourly-based weather data and methods for HVAC」, building energy analyses and design by simulation, 2002
11. F.M.Finkelstein et. al. 「Improved goodness of fit tests」, Biometrika, 58권, 3호, pp. 641~5, 1971
12. S.A.M Said et. al, 「Generation of representative weather-Year data for Saudi Arabia」, Applied Energy, 48(2), pp. 131~6, 2004.
13. I.A. Rahman et al. 「Selection of typical weather data(test reference years) for Subang, Malaysia」, Building and Environment, pp. 1~6, 2006.
14. Zhou Jin et. al, 「Generation of typical solar radiation year for China」, Renewable Energy, 31권, pp. 1972~85, 2006
15. Hüsametlin Bulut, 「Typical solar radiation year for south-eastern Anatolia」, Renewable Energy, 29권, pp. 1477~88, 2004
16. Stone RJ, 「Improved statistical procedure for the evaluation of solar radiation estimation models」, Solar Energy, 51(4), pp. 289-291, 1993. 10

11) 윤종호, 「서울지역 실측일사량을 이용한 일사량 직산분리 모델의 정밀성 검증 연구」, 한국태양에너지학회논문집, 20(1), pp. 45-54, 2000