

# TRNSYS 프로그램에서 기상데이터의 구성과 특성

태양열 및 건물에너지 해석용 TRNSYS 프로그램에 사용되는 기상데이터의 구성과 특성 및 관련된 구성요소에 대해 소개하고자 한다.

홍희기

경희대학교 기계산업시스템공학부(hhong@khu.ac.kr)

일반적으로 TRNSYS와 같은 동적열부하 계산프로그램에는 시간별 기상자료가 필요하며 온도, 습도, 일사량, 풍향, 풍속 등이 여기에 해당된다. 기본적으로 TRNSYS는 프로그램 내부에서 필요한 기상자료 항목을 자동으로 생성할 수 있는 기능을 갖추고 있으며, 프로그램 설치시 만들어지는 하위폴더 weather 안에는 기본적인 미국의 표준기상데이터를 포함하고 있다.

TRNSYS에서 읽어들이 수 있는 기상데이터의 포맷은 다양하며 일반적으로 알려져 있는 TRY와 같은 포맷은 물론 사용자가 자체적으로 만든 포맷의 기상데이터도 유연성 있게 입력이 가능하다.

## 기상데이터

TRNSYS의 하위폴더 weather에 포함된 기상데이터로는 다음과 같은 것이 있다.

### TRY

표준기상자료의 가장 오래된 형태인 TRY(typical reference year)는 30년 통계 대상 기간 중 각 기상항목별 통계처리를 통해 가장 대표적인 한 해를 선발해서 그 해의 기상항목별 모든 데이터를 TRY로 지정한 것이다. 그림 1은 TRY 데이터의 일부이고 각 열의 내용은 다음과 같다.

COPENNEW.TRY - 메모장					
파일(F)	편집(E)	서식(O)	도움말(H)		
1	0.00	0.00	3.4	7.7	84
2	0.00	0.00	3.2	7.7	84
3	0.00	0.00	3.0	7.0	85
4	0.00	0.00	2.7	7.2	85
5	0.00	0.00	2.6	7.7	85

[그림 1] TRY 기상데이터 일부

- 1열 : 년시간 (hour of the year)
- 2열 : 직달일사량 (kJ/m<sup>2</sup>)
- 3열 : 수평면 전천일사량 (kJ/m<sup>2</sup>)
- 4열 : 건구온도 (°C)
- 5열 : 풍속 (m/s)
- 6열 : 풍향

### TRNSYS TMY

시간별 표준기상자료 중 하나인 TMY(typical meteorological year)는 총 30년 통계 대상 기간 중 각 기상항목별 통계처리를 통해 각 월별로 30년중 대표월을 도출하여 가상적인 1년치의 데이터를 월별로 짜맞추어 만들어 내는 것이다. 이 때 월과 월 사이의 불연속성은 보간을 통해 조정된다. 즉 TMY는 각 대표월로 구성된 가상년의 데이터이다. TRNSYS는 이러한 TMY 데이터 중 1952년에서 1975년 SOLMET/ERSATZ 데이터베이스로부터 얻어진 미국의 234개 지역의 데이터를 내장하고 있다. 그림 2는 TMY 포맷의 기상데이터 일부를 나타내고 있고 각 열의 내용은 다음과 같다.

- 1열 : 월 (month of the year)
- 2열 : 월시간 (hour of the month)
- 3열 : 직달일사량 (kJ/m<sup>2</sup>)
- 4열 : 수평면 전천일사량 (kJ/m<sup>2</sup>)

Miami.# - 메모장					
파일(F)	편집(E)	서식(O)	도움말(H)		
1	1	0	0	200	106 7 16
1	2	0	0	206	110 6 16
1	3	0	0	200	110 5 16
1	4	0	0	206	114 5 16
1	5	0	0	200	122 4 16

[그림 2] TMY 기상데이터의 일부

- 5열 : 건구온도 (\*10<sup>2</sup>℃)
- 6열 : 절대습도 (\*10<sup>4</sup> kg/kg)
- 7열 : 풍속 (m/s)
- 8열 : 풍향 (\*10)

**TMY2**

최근 미국을 중심으로 기상자료 항목 중 일사량 자료의 신뢰성 제고 및 자연채광의 중요성에 따른 데이터의 필요성에 따라 기상항목별 가중계수를 조정하고 기상항목을 확대시킨 기상데이터가 TMY2이다. TRNSYS에서는 1961년부터 1990년까지의 NSRDB(national solar radiation data base)로부터 얻은 TMY2를 내장하고 있다.

**EnergyPlus**

차세대 건물 에너지 시뮬레이션 프로그램인 Energy Plus의 기상데이터 형식을 TRNSYS에서도 그대로 입력할 수 있다.

한편 우리 연구실에서는 TMY와 유사한 개념인, 대한설비공학회에서 제공하고 있는 HASP/ACLD 포맷의 기상데이터를 가공하여 TRNSYS 입력 기상데이터로 사용하고 있다. 1행에 1시간 단위의 온도, 습도 등의 기상데이터를 포함하게 되는데, HASP/ACLD에서는 일사량이 1시간 누적치가 아닌 순시치이다. 원래 기상청에서 제공하는 일사량은 1시간 누적치인데 이를 직달일사와 산란일사로 분리하여 순시치 형태로 가공한 것이다. 그러나 TRNSYS에서 요구하는 대로, 바람직한 일은 아니지만 이를 다시 역변환하여 수평면 전천일사량의 1시간 누적치로 재가공하였다.

서울의 일사량에 대해서는 기상청의 원래 누적치를 입수할 수 있어, 이와 같이 역변환된 것과 비교해본 결과 열부하량에 0.5% 이내에서 일치함을 보였다. 기상데이터의 포맷은 그림 3과 같고 각 열의 내용은 아래와 같다.

- 1열 : 월
- 2열 : 일
- 3열 : 월시간 (time of the month)
- 4열 : 일별시간 (time of the day)
- 5열 : 일 (day of the day)
- 6열 : 건구온도 (℃)
- 7열 : 절대습도 (g/kg)
- 8열 : 수평면 전천일사량 (kJ/m<sup>2</sup>)
- 9열 : 전운량
- 10열 : 풍향 (0 : 무풍, 1 : 정북, 5 : 정동, 9 : 정남)
- 11열 : 풍속 (m/s)

**기상데이터 처리 서브프로그램**

사용자가 준비한 기상데이터나 TRNSYS weather 폴더에 기본적으로 내장하고 있는 표준기상데이터 등의 외부파일을 읽어들이는 때 사용하는 구성요소로서 TYPE 9, TYPE 89가 있으며 데이터를 TRNSYS에서 사용할 수 있도록 변환시켜주는 역할을 한다.

**TYPE 89**

앞서 언급했듯이 TRNSYS weather 폴더에는 기본적으로 TRY, TRNSYS TMY, TMY2, EnergyPlus 등의 하위폴더가 있으며 각각의 폴더에는 관련된 기상데이터 파일이 포함되어있다. TYPE 89는 이러한 표준기상데이터들을 읽어들이는 역할을 한다.

**TYPE 9 (Data Reader)**

사용자가 준비한 포맷의 기상데이터를 읽어들이는 경우에 사용한다. 기상청에서 제공하는 기상자료를 TRNSYS 형식에 맞게 변환하여 그 파일을 TYPE 9에서 읽는다.

이 때 온도, 습도 등이 그 시각의 순시치인데 반해 일사량은 1시간동안의 누계치를 입력치로 제공해야 한다. 입력 기상데이터에는 다음 중 하나를 선택하게 된다.

파일명(E)	월간(E)	사시(O)	도출값(H)						
1	1	1	1	3.0	3.3	0.0	8.0	15.0	0.8
1	1	2	2	1 2.8	3.3	0.0	9.0	14.0	0.8
1	1	3	3	1 2.9	3.2	0.0	10.0	13.0	0.8
1	1	4	4	1 2.3	3.4	0.0	10.0	2.0	0.5
1	1	5	5	1 2.3	3.7	0.0	10.0	12.0	1.7
1	1	6	6	1 2.1	3.9	0.0	10.0	11.0	0.3
1	1	7	7	1 2.1	3.9	0.0	10.0	18.0	0.8
1	1	8	8	1 2.2	4.1	0.0	10.0	14.0	2.3
1	1	9	9	1 1.6	4.0	0.0	10.0	14.0	2.5
1	1	10	10	1 1.4	4.0	10.0	10.0	14.0	1.3
1	1	11	11	1 1.6	4.0	70.0	10.0	13.0	1.3
1	1	12	12	1 1.9	4.1	130.0	10.0	15.0	4.3
1	1	13	13	1 1.4	3.5	160.0	10.0	14.0	1.8
1	1	14	14	1 1.4	2.8	230.0	10.0	14.0	5.3
1	1	15	15	1 1.2	2.8	210.0	10.0	14.0	4.7
1	1	16	16	1 1.1	3.5	80.0	9.0	14.0	4.3
1	1	17	17	1 0.8	2.9	0.0	9.0	13.0	4.8
1	1	18	18	1 0.4	2.8	0.0	8.0	14.0	4.3
1	1	19	19	1 -0.7	2.1	0.0	5.0	14.0	6.3
1	1	20	20	1 -1.4	2.0	0.0	3.0	14.0	4.5
1	1	21	21	1 -2.4	1.9	0.0	0.0	15.0	5.0
1	1	22	22	1 -3.1	1.9	0.0	0.0	15.0	5.0
1	1	23	23	1 -3.8	1.8	0.0	0.0	14.0	3.8
1	1	24	24	1 -4.5	1.7	0.0	0.0	14.0	1.7

[그림 3] TYPE 9에 적용되는 기상데이터의 일부



## TRNSYS 프로그램에서 기상데이터의 구성과 특성

- 수평면 전천일사  $I$
- 수평면 직달일사  $I_b$  와 수평면 산란일사  $I_d$
- 수평면 전천일사  $I$  와 법선면 산란일사  $I_{dn}$
- 수평면 전천일사  $I$  와 수평면 산란일사  $I_d$

특히 수평면 전천일사  $I$  만 입력하면 TYPE 16에서 직달일사와 산란일사를 분리하는 과정을 거치며 이로 인하여 시뮬레이션의 오차가 커지게 되므로 가급적 지양하는 것이 좋다. 그러나 한국의 기상청에서 제공하는 일사량은 수평면 전천일사  $I$  뿐이므로 사용자 포맷의 기상데이터로서는 이를 선택할 수밖에 없다.

### TYPE 54 (Weather Generator)

해당지역의 월 평균 기상데이터(일사량, 건구온도, 절대습도, 풍향 등)밖에 입수할 수 없는 경우에 유용한 프로그램으로서 매 시각의 기상데이터를 생성하는 역할을 한다. 그림 4는 TYPE 54에서 불러들이는 월 평균 기상데이터의 일부이며, 표에는 각각 도시명, 위도, 수평면 전천일사량(global horizontal radiation) 등이 표시되어 있다.

### TYPE 16 (Radiation Processor)

앞에서 언급했던 구성요소(TYPE 9, TYPE 89)가

기상데이터를 읽어들이고 후 TRNSYS의 구성요소들이 사용할 수 있도록 변환(단위변환 및 보간 등)시켜 주는 역할을 한 것이라면, TYPE 16은 1시간 단위의 수평면 전천일사량(total radiation,  $I$ ) 등을 TRNSYS에서 적용할 수 있도록 시간에 대해 보간하고 방위별로 계산하는 작업을 수행한다. 즉 직달일사 (beam radiation,  $I_b$ ) 및 산란일사량(diffuse radiation,  $I_d$ )으로 분리한 후 각 방위별로 투사되는 순시치의 일사량을 계산하게 된다. 일사량의 관계를 나타낸 그림이 그림 2이며 TRNSYS에서는 언제나 표면은 직달일사량(direct normal radiation)에 수직인 것으로 가정한다.

### TYPE 33 (Psychrometrics)

공기선도(psychrometric chart)를 모사한 구성요소로서 TYPE 9, TYPE 89에서 받은 건구온도와 절대습도를 이용하여 습구온도, 상대습도, 엔탈피, 노점온도 등을 계산한다.

입력데이터가 절대/상대습도, 건구/습구온도인지를 명확하게 결정해야 하며 습구온도를 계산시 1, 계산하지 않을 경우 0을 입력한다.

### TYPE 69 (Sky Temperature Calculator)

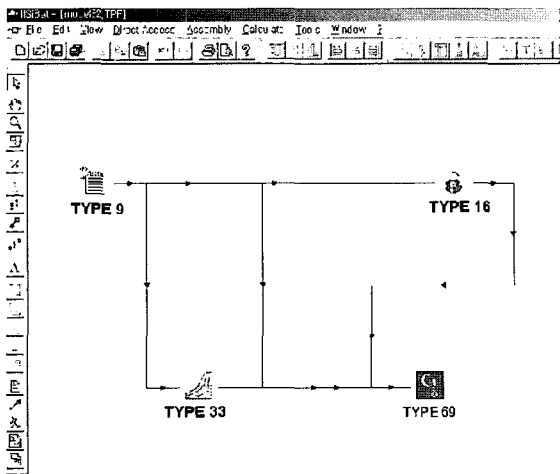
여기서 대기와 지구표면사이의 복사계산에 필요한

City number and name	Latitude
1 ABILENE TX	32.43
2 10484	13421
3 17887	20921
4 23122	25066
5 24277	22200
6 18131	14930
7 11439	
8 31	35
9 50	77
10 102	128
11 128	128
12 120	117
13 83	44
14 30	
15 6.5	8.8
16 12.5	18.4
17 22.4	26.8
18 28.8	28.7
19 24.5	18.9
20 12.3	8.0

[그림 4] TYPE 54에 사용되는 월평균 기상데이터의 일부



[그림 5] 하늘을 바라보는 비율, Fsky



[그림 6] 기상데이터 관련 구성요소들을 연결시킨 TRNSYS IisiBat 화면

유효천공온도(effective sky temperature)를 구한다. 주의해야 할 사항으로는 하늘을 바라보는 비율(Fraction,  $F_{sky}$ )로서 그림 5와 같이 평평한 수직면의 경우 0.5, 평평한 수평면의 경우 1.0을 적용한다.

### TRNSYS 실행화면

지금까지 살펴본 기상데이터 관련 구성요소들을 TRNSYS의 IisiBat에서 실행시킨 것이 그림 6이다. TYPE 9에서 읽어들이는 기상데이터의 출력값이 각각 관련된 구성요소 TYPE 16, TYPE 33, TYPE 69의 입력값으로 제공되는 것을 보인 것이다.

그림 7에서는 TYPE 16(radiation processor)의 출력값과 TYPE 69(sky temperature calculator)

Extraterrestrial on horizontal	Ambient temperature	0
Solar zenith angle	Dew point temperature at ambient conditions	20
Solar azimuth angle	Beam radiation on the horizontal	0
Total horizontal radiation	Diffuse radiation on the horizontal	0
Beam radiation on horizontal	not used with this mode	0
Horizontal diffuse radiation		
Total radiation on surface 1		
Beam radiation on surface 1		
Sky diffuse on surface 1		
Incidence angle for surface 1		
Slope of surface 1		

[그림 7] 구성요소의 연결

Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1	☑			1	-	More...
2	☑			1	-	More...
3	☑			3	-	More...
4	☑			1	day	More...
5	☑			37.5	-	More...
6	☑			4871.0	kJ/hr.m <sup>2</sup>	More...
7	☑			-7.5	degrees	More...
8	☑			1	-	More...

[그림 8] 구성요소에 대한 정보 입력



## TRNSYS 프로그램에서 기상데이터의 구성과 특성

의 입력값을 연결시킨 예를 보였다.

각각의 구성요소에 대해 입출력, 파라미터 및 이들의 초기값의 기술은 **그림 8**과 같은 화면을 통해서 이루어진다.

여기서 starting day는 기상데이터 적용구간의 첫째날을 365일 기준으로, Latitude에는 기상데이터가 적용된 지역의 위도를 입력한다. **그림 8**의 경우 서울이므로 서울의 위도인 37.5를 입력하였다.

### 맺음말

지금까지 TRNSYS의 기상데이터의 구성과 특성 및

관련된 구성요소에 대해 소개하였다. 기본적으로 TRNSYS에서 읽어들이 수 있는 기상데이터의 포맷은 다양하며 TRY와 같은 포맷은 물론 사용자가 자체적으로 만든 포맷의 기상데이터도 입력이 가능하다.

우리나라의 기상데이터의 경우 대한설비공학회에서 HASP/ACLD 포맷의 기상데이터를 제공하고 있기는 하지만 TRNSYS를 비롯한 건물부하계산 프로그램에 그대로 적용하기는 어려운 실정이다. 표준기상데이터의 지속적인 업그레이드와 더불어, 대한설비공학회는 향후 공조부하전문위원회를 통하여 우리나라 주요도시의 기상데이터를 TRY, TMY 및 10년간의 실제데이터 등의 형태로 제공할 계획이다. (\*)