

# 건물에너지 성능평가를 위한 표준기상자료의 국내외 현황

건물에너지 성능평가 결과의 신뢰성 검증을 위해 가장 먼저 확인하는 요소 중의 하나가 어떠한 기상데이터를 적용했는가일 것이다. 아쉽게도 국내의 경우 아직까지 공인된 표준 기상자료가 확립되어 있지 못한 실정이며, 이로 인해 다양한 프로그램을 통한 해석결과의 객관성 확립에 많은 어려움을 겪고 있다. 본 고에서는 건물에너지 성능평가를 위한 시간별 기상자료를 대상으로 국외 및 국내의 개발현황을 고찰하고, 향후 개선방향을 제안하고자 한다.

윤종호

한밭대학교 건축공학과(jhyoon@hanbat.ac.kr)

## 서론

컴퓨터 전산환경의 급속한 발전과 함께 건축분야에서도 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션 기술의 활용이 일반화된지 오래이다. 특히 하드웨어적 기술의 눈부신 발전으로 인해 개인용 PC의 성능이 과거 80년대의 대형컴퓨터 수준을 훨씬 능가하는 단계에 이르고 있다. 이로 인해 컴퓨터를 이용한 건물의 성능평가 시뮬레이션 기법도 과거보다 훨씬 더 정밀하고 복잡한 기법의 활용이 일반화되고 있다. 건물에너지 성능평가 시뮬레이션 분야에서도 간이계산법 보다 동적 시간별 시뮬레이션의 활용 사례가 매우 빈번해지고 있는 상황이다.

에너지 성능평가 시뮬레이션 분야에서 결과의 신뢰성을 좌우할 수 있는 여러 요인 중 가장 기초적인 항목은 입력자료로 제공되어야 하는 기상파일일 것이다. 현 단계에서 대부분의 기간부하용 동적시뮬레이션 프로그램이 요구하는 기상파일의 수준은 1년 8760시간에 대한 시간별 기상자료의 형식이며, 각 프로그램에 따라 약간의 차이는 있지만 대부분 거의 동일한 기상항목을 요구하고 있다. 건물에너지 성능평가를 수행하는 목적이 대부분 다양한 시스템 또는 설계 대안에 대한 최적화 의사결정이기 때문에 장기간의 측정데이터에 근거해 그 지역기후를 대표할 수 있는 표준기상자료(typical climatic data)의 데이터가 제공되어야 한다.

표준기상자료는 통계처리방법 및 데이터구조에 따라 1970년대 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.

한편 시간별 표준기상자료와 관련하여 국내의 경우는 아직까지도 공식적인 지역별 표준기상자료가 수립되지 못하고 있는 아쉬운 실정에 있다. 현재 학회 및 연구소, 각 대학 등을 중심으로 각자가 보유하고 있는 다양한 기상자료를 이용해 건물성능평가를 수행하고 있지만 적용된 기상데이터의 출처 및 신뢰성 문제가 대두될 때 마다 자주 논란거리가 되고 있다.

이러한 배경 하에 본 고에서는 건물에너지 성능평가를 위한 시간별 표준기상자료를 대상으로 국외의 다양한 기상자료 형식들에 대해 개발배경 및 특징, 상호간의 차이점, 발전방향 등을 분석하고, 국내 표준기상자료의 개발실태 및 현황을 고찰 비교함으로써 향후 국내 표준기상자료의 확립 및 발전을 위한 방향을 검토해보고자 한다.

## 에너지해석용 표준기상자료의 종류 및 특성

### 기상데이터의 종류

건물성능과 관련된 기상데이터는 크게 장치부하를 계산하기 위한 최대열부하용 기상자료와 시스템의 성능 및 에너지 소비량예측을 위한 기간열부하용 기상

자료로 구분할 수 있다. 또한 기간 열부하용 기상자료는 오랜 기간의 측정데이터를 통계처리해 대표성을 갖는 1개년의 데이터로 가공 처리한 표준기상자료(typical climatic data)와, 통계적 가공 없이 해당년도의 측정치 그대로의 실험데이터를 제공하는 기록기상데이터(historical climatic data)로 구분할 수 있다.

표 1은 현재 일반적으로 통용되고 있는 건물에너지 해석용 주요 기상데이터 형식을 사용목적에 따라 ① 장치용량산정(최대열부하용), ②에너지성능 및 소비량 평가(표준기상데이터용), ③특정년도의 시스템 거동 및 특성(기록기상데이터용)으로 구분하고, 대표적 형식과 자료 출처를 요약한 것이다.

일반적으로 건물에 설치되는 공조 및 냉난방 시스템의 장치용량 산정을 위해서는 최악의 조건을 대표하는 장기 극한값의 데이터를 기준으로 용량 결정이 되어야 한다. 이를 위해 필요한 것이 최대 열부하용 기상자료이며, 이러한 데이터는 대부분 엔지니어링 핸드북 등을 통해 제공된다.

한편 대표적 기록기상데이터(historical climatic data)의 제공처로는 미국 국립기상데이터센터(NCDC, national climatic data center)를 들 수 있으며 세계 수천여 지역의 기상 기록자료를 제공한다. 기록자료의 경우 그 특성상 누락 기상요소 또는 기간이 흔히 발생된다. 신뢰성 높은 기록자료의 또 다른 예로 미국대체에너지연구소(NREL)에서 작성한 SAMSON(solar and meteorological surface observational network) 데이터를 들 수 있다. 1961년-1990년까지 30년 동안의 데이터를 미국 내 239개 지역에 대해 제공하고 있다.

표준기상자료(typical climatic data)로 현재 가장 널리 이용되고 있는 대표적 방식은 NREL에서 개발 제공한 TMY2(typical meteorological years) 형식과 NREL 및 ASHRAE가 공동개발한 WYEC2(weather years for energy calculations)를 들 수 있다. TMY2와 WYEC2의 가장 근본적 차이점은 통계처리를 통한 대표값의 결정과정에서 일사량과 외기온 중 어디에 더 큰 가중치를 주었느냐의 문제이다. 이 문제는 뒤에서 좀더 세부적으로 기술하기로 한다.

이 외에도 CEC(California energy commission)에서 제안된 CTZ2(California thermal zone) 형식, 캐나다 NRC(National Resources Canada)에서 지원하고 워터루대학의 WATSUN 에너지 연구실에서 개발 제안한 CWEC(Canadian weather year for energy calculations) 등 다양한 종류가 있지만 기본적인 구조는 모두 ASHRAE의 WYEC2의 구조와 동일하다. TMY2 및 WYEC2 외에 오랜 기간 활용되어 지고 있는 또 다른 형식으로 TRY(test reference year)를 들 수 있다. TRY, TMY 및 WYEC 등의 대표적 표준기상자료 형식에 대해서는 다음 절에서 보다 세부적으로 살펴보기로 한다.

**TRY 형식**

지난 20여년간 여러 기관에서 건물에너지 시뮬레이션용을 위한 기상데이터 개발 작업이 진행되어 왔으며, 그중에서도 가장 최초의 것이 1970년 중반에 미국 NCDC(national climatic data center)에 의해 제안

〈표 1〉 건물에너지 해석용 기상데이터의 종류 및 구분 (원자료 출처 : Harriman et al. 1999)

사용 목적	종 류	데이터유형	제공 지역수	출 처
① 장치용량 산정	1997 ASHRAE Handbook Fundamentals	장기 극한값	1459 U.S. and international locations	ASH-RAE, GRI
	Sequences of extreme temperature and humidity		320 U.S. and Canadian locations	ASH-RAE
② 장기성능 및 에너지 소비량 예측	TMY-2 Typical meteorological years	시간별 표준 관측값 [표준자료]	239 U.S. locations with Puerto Rico	GRI
	WYEC-2 Weather years for Energy Calculations		76 U.S. locations	ASH-RAE
	CWEC Canadian Weather Year for Energy Calculations		145 Canadian locations	AES
	EWY Example Weather Year		15 locations in Great Britain	CIBSE
③ 특정년도에 대한 장치 거동특성 시뮬레이션	TRY Test Reference Year and DRY Design Reference Year	특정년도 시간별 실제 관측값 [기록자료]	156 locations in Europe, Russia and Turkey	CEC
	SAMSON Solar and Meteorological Surface Observational Network		237 U.S. locations	NOAA (NCDC)
	CWEEEDS Canadian Weather for Energy and Engineering		145 Canadian locations	AES
	INSWO International Surface Weather Observations		1500 worldwide locations	NOAA



## 건물에너지 성능평가를 위한 표준기상자료의 국내외 현황

된 TRY(test reference year) 형식이다. TRY에 포함되는 기상요소는 건구온도, 습구온도, 노점온도, 풍향, 풍속, 기압, 상대습도, 운량 및 구름종류 등이며 일사량 측정값은 포함되지 않는다. TRY형식의 기상데이터를 이용해 성능평가를 할 경우 입력된 운량 및 구름종류 기상데이터를 이용해 건물에너지 시뮬레이션 프로그램 내부에서 자체적으로 일사량 데이터를 만들어 사용한다<sup>1)</sup>. TRY 방식의 또 다른 약점은 통계적 대표년을 선정하는 방식에 있다. 실제로 TRY데이터는 1948년~1975년까지의 28년 실측 데이터를 대상으로 평균온도가 양극값 즉, 최대 또는 최소온도를 포함하는 월을 차례로 제거하여 최종적으로 1개년 이상을 때까지 진행시키는 방식으로 결정되었다. 따라서 TRY 데이터는 극한적인 기상조건이 배제되고 비교적 온화한 년도가 표준년으로 선정되는 경향이 있다. 현재 미국의 경우 약 60개 지역에 대한 TRY데이터가 제공된다.

한편 유럽의 경우 European Test Reference Year의 데이터 구조가 일반적으로 활용되고 있다. TRY의 이름을 가지지만 실제적으로 데이터의 통계처리 방식은 미국 NCDC에서 TMY 데이터 결정을 위해 적용한 방법과 거의 유사한 방식을 따르고 있다.

### TMY 형식

일사량 데이터 부재를 포함한 TRY 형식의 이러한 약점을 보완하기 위해 미국의 NCDC와 샌디아(Sandia) 연구소 공동으로 1981년에 TMY(typical meteorological year)라는 새로운 형식을 개발하였다. 기존 TRY형식에 수평면전일사량 및 법선면직달일사의 일사량 데이터를 추가하여 미국 내 234지역에 대해 데이터를 작성하였다. 일사량데이터는 26개 지역에서 실측하고, 나머지 208개 지역에 대해서는 운량 및 구름형태 데이터를 통해 모델링된 예측값이다.

TMY의 통계처리는 1952년~1975년까지 23년간 실측 기상데이터를 대상으로 하였으며, TRY의 경우와 같이 데이터를 차례로 제거해 나가는 방식으로 표준값을 결정한다. 그러나 TRY의 경우는 1년을 단위로 제거하는 반면, TMY의 경우는 월단위로 제거하는 점이 가장 큰 차이점이라 할 수 있다. 즉 TRY 형

식의 경우 최종적인 표준기상자료로 선정된 데이터는 실제 1년 12개월 8760시간에 대한 연속데이터로 구성된다. 반면 TMY는 매월별로 상이한 년도에서 표준값이 결정된다. 23년 통계데이터의 경우 각 월별로 총 23개의 월이 존재하며, 통계처리 결과에 따라 예를 들어 1월은 1954년이, 2월은 1970년이, 3월은 1965년과 같이 각기 다른 년도의 대표월이 모여서 1년치의 데이터를 구성하는 방식이다. 각 월간의 불연속점에서는 전후 6시간에 대해 보간을 적용한다.

한편 매 TMY월(표준월)의 결정은 수평면전일사량, 건구온도, 노점온도 및 풍속에 대해 가중치를 부여하여 기상항목의 상대적인 중요성에 따라 표준월이 결정되도록 고려한다. 따라서 TMY에 포함된 다른 기상요소는 일부는 표준값이고 일부는 표준값이 아닐 수도 있다. 예를 들어 일사량 데이터와 매우 높은 상관성을 가지고 있는 운량(colud cover)의 경우는 표준값으로 인정될 수 있지만, 강설량(snow depth)의 경우는 Sandia방식으로 선별된 항목과 상관관계가 없으므로 표준값으로 인정하기 곤란하다. 풍속의 경우 대표월 선정에 대한 통계처리 주 항목에 포함되었지만, 가중값이 워낙 낮기 때문에 표준값으로 인정하기에는 충분하지 못하다. 이러한 이유로 인해 TMY데이터를 풍력시스템 해석에 사용하는 것을 권장하지 않는 것이다.

표 2는 TMY 및 앞으로 설명할 TMY2, WYEC2 형식을 대상으로 대표월(표준월) 결정을 위해 고려된 기상항목 및 각각의 가중치를 비교한 것이다. 표에도

〈표 2〉 TMY 형식의 각 대표월(표준월) 결정을 위한 주 기상항목 및 가중치 비교

기상항목	① TMY (Sandia Method)		② TMY2 (NSRDB)		③ WYEC2 (ASHRAE)
최대건구온도 (Max Dry Bulb Temp)	1/24	4.2%	1/20	5%	5.0%
최소건구온도 (Min Dry Bulb Temp)	1/24	4.2%	1/20	5%	5.0%
평균건구온도 (Mean Dry Bulb Temp)	2/24	8.3%	2/20	10%	30.0%
최대노점온도 (Max Dew Point Temp)	1/24	4.2%	1/20	5%	2.5%
최소노점온도 (Min Dew Point Temp)	1/24	4.2%	1/20	5%	2.5%
평균노점온도 (Mean Dew Point Temp)	2/24	8.3%	2/20	10%	5.0%
최대풍속 (Max Wind Velocity)	2/24	8.3%	1/20	5%	5.0%
평균풍속 (Mean Wind Velocity)	2/24	8.3%	1/20	5%	5.0%
수평면전일사 (Global Radiation)	12/24	50.0%	5/20	25%	40.0%
법선면직달일사 (Direct Radiation)	미사용	-	5/20	25%	-
		100.0%		100%	100.0%

주 1) 실제로 DOE-2.1E의 경우 TRY 형식의 기상자료에 대해서는 일사량데이터 옵션(solar flag) 값에 따라 TRY 기상파일 내에 포함되어 일사량 데이터 입력값을 이용하여 계산하든지 또는 DOE-2.1 프로그램 자체가 일사량데이터를 만들어 사용하든지 할 수 있다.

식된 바와 같이 TMY의 경우 수평면전일사의 가중계수가 50%를 차지한다. 즉, 대표월을 결정짓는 주 핵심요소는 일사량값에 의해 주도적으로 결정됨을 의미하는 것이다.

### TMY2 형식

1993년 미국 NREL에서는 1961~1990까지 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. 여기에는 기존 TMY 데이터를 모두 포함하여 총 239개 지역에 대한 기상자료가 구축되었으며, 특히 이 중에서 56개 지역의 일사량 데이터는 직접 측정된 값이며 나머지 183개 지역은 정밀성이 향상된 Perez모델(Perez, 1992)을 통해 이론적으로 예측된 값이 적용되었다.

TMY2는 NREL에서 이러한 새로운 기상데이터베이스의 자료를 이용하여 통계적처리를 통한 표준기상자료를 업데이트하여 제시한 것으로, 기존의 TMY가 1952년~1975년까지의 기상자료 데이터베이스(SOLMET/ERSATZ)에 기준해 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. 표 2에 제시한 바와 같이 TMY2에서는 새로이 법선면직달 일사량이 표준월을 결정하기 위한 기상요소로 고려되었으며, 풍속의 가중치가 약간 낮아진 대신 건구온도 및 노점온도의 가중치가 상대적으로 약간 상승하였다. 그러나 여전히 TMY의 대표월은 가중치가 50%를 차지하는 일사량에 의해 결정됨을 알 수 있다. 한편 TMY와 TMY2간에는 시간형식, 데이터구조, 포함 기상요소, 단위 등이 상이하기 때문에 상호 호환성이 없다.

TMY2에서는 보다 최근의 기상변화를 고려하고 있으며, 일사량 데이터의 정밀성도 크게 향상되었다. 앞서 기술한 바와 같이 Perez 일사량 예측모델을 통해 이론식의 정확성이 많이 개선되었으며, 법선면직달 일사량의 측정값이 새로이 보장되었고, 일사량 계측기

의 하드웨어적 보정기술이 향상 및 측정 데이터 질 제어(quality control)기술 향상 등을 통해 전반적 신뢰성이 높아진 것이다. TMY 및 TMY2 2개 데이터베이스의 차이를 비교한 결과, 연간 데이터값으로 비교할 경우 수평면전일사량은 약 40%의 지역에서 5~18%의 오차가 발생하였으며, 법선면직달일사의 경우 약 60%의 지역에서 5~33%의 오차가 발생하는 것으로 나타났다. 월별 데이터값으로 비교할 경우는 오차가 더욱 커지는 것으로 나타나 TMY2를 통해 정밀성이 많이 높아졌음이 입증되었다.

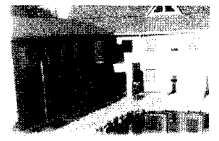
한편 운량데이터의 경우 2개 데이터베이스간에 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 이를 통해 유추해 볼 때 2개 데이터베이스간의 차이에 주요인은 계측기 보정문제 및 일사 모델의 차이에서 주로 발생된 것으로 판단된다.

### WYEC와 WYEC2

1980년 미국 ASHRAE에서는 단일 대표년(TRY) 또는 월별조합구성(TMY) 방식 보다 더 대표성을 가지고 전형적인 기후패턴을 표현할 수 있는 방법을 연구하기 시작했다. 1985년에 WYEC(weather year for energy calculations)라는 이름으로 개발 제시된 이 기상자료 형식은 기본적으로 TRY의 데이터 구조에 일사량 데이터가 추가된 포맷으로 구성되며, 캐나다 5개지역을 포함해 북미 51개 지역의 데이터를 제공하였다.

한편 앞서 TMY2 형식에서 기술한 바와 같이 1961~1990까지 30년 동안의 새로운 기상데이터베이스인 SAMSON가 완성된 이후, NREL은 새로운 데이터베이스 자료에 기준하여 1995년 ASHRAE와 함께 51개 WYEC 기상파일 및 26개 주요 TMY 기상파일을 업데이트하여 새로운 WYEC2 데이터를 제작하였다. WYEC2 데이터에서는 기존 WYEC에서 근간으로 하던 TRY 포맷대신 TMY 포맷으로 변경하였으며, 조도관련 데이터도 추가로 포함되었다.

WYEC2와 TMY2는 공히 SAMSON의 신규 기상데이터베이스를 이용해 작성된 표준기상자료이며, 표준월의 결정방식도 샌디아연구소의 TMY방식과 거의 동일한 과정을 거쳐 결정된다. 이들 두 형식의 가장 큰 차이점은 무엇에 중점을 두고 대표월(표준월)을 결정했느냐에 있다. 표 2에 제시한 바와 같이 TMY2의 경우 표준월 결정의 50%는 일사량 데이터에 의해



주도되며, 외기온의 가중치는 10%에 불과하다. 반면 ASHRAE의 요청에 의해 개발된 WYEC2의 경우는 일사량의 가중치가 40%로 낮아진 반면, 외기온이 30%로 크게 높아져 외기온도 조건에 큰 비중을 두고 있음을 알 수 있다.

즉 태양에너지에 대한 연구업무가 주인 NREL의 경우 태양복사 항목에 큰 비중을 두었으며, 공조부하산출이 주 업무인 ASHRAE의 경우 외기온도에 보다 큰 비중을 둔 것이다. 따라서 태양에너지 및 자연에너지를 활용하는 친환경건물 시스템에 대한 에너지 성능평가에는 TMY2 데이터가 적합하며, 건물의 에너지 절약이나 설비시스템의 거동 특성 등 일반적 건물에너지 성능평가에는 WYEC2 형식이 적합하다고 할 수 있다.

### 표준기상데이터내의 시환경관련 자료

90년대 들어 업데이트된 TMY2 및 WYEC2에서는 기존에 열환경 위주로 제공되던 기상항목 외에 조명 및 자연채광 해석을 위해 필요한 시환경 관련자료가 새로이 추가되었다. TMY2의 경우 수평면전조도, 법선면직광조도 및 수평면확산조도, 천정휘도값에 대한 시간별데이터 등이 추가되었다. 이 값은 광원효율(luminous efficacy)값에 기준한 계산모델인 Perez(1990) 모델을 이용해 도출된 이론적 값이다.

이 값을 산출하기 위한 입력값으로는 수평면전일사량, 법선면직달일사, 수평면확산일사 및 노점온도 등이다. 광원효율(luminous efficacy)은 단위 와트(watt)당 발생하는 광속량을 나타내는 것으로 단위는 lumen/watt이며 청명도(sky clearness) 및 휘도, 천정각(zenith angle)에 의해 결정된다.

### 주요 에너지해석 프로그램의 기상데이터 항목 및 구조

현재 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 기간부하 해석용 동적 에너지 시뮬레이션 프로그램은 미국 LBNL의 DOE-2.1, SEL의 TRNSYS 및 영국 ESRU의 ESP-r 등이 있으며, 최근에는 새로운 코드로 개발되고 있는 EnergyPlus를 들 수 있다. 이들 프로그램에 대한 알고리즘 및 특징은 선행 논문(윤종호, 2002)을 참고하기 바라며, 본 고에서는 각 프로그램별로 요구하는 기상데이터의 항목 및 구조에 대해서 비교 고찰하였다. 표 3은 DOE-2.1E, BLAST, ESP-r의 기상데이터 및 EnergyPlus에서 새로이 제시한 포맷인 E/E를 항목별로 비교한 것이다. DOE-2 프로그램의 경우 TRY, TMY, TMY2, WYEC 및 WYEC2 등 거의 대부분의 기상데이터 포맷을 수용할 수 있다. 유럽에서 개발된 ESP-r의 경우 TRY 형식

<표 3> 대표적 시뮬레이션 프로그램의 요구 기상자료 항목 비교

Data Element	DOE-2	BLAST	ESP-r	E/E	Data Element	DOE-2	BLAST	ESP-r	E/E
지역(이름, 위도, 경도, 고도, 타임존)	●	●	●	●	상대습도			●	●
데이터 출처				●	엔탈피	●			
주석			●	●	밀도	●			
설계조건			●	●	풍속	●	●	●	●
표준/극한 기간				●	풍향	●	●	●	●
데이터 통계기간				●	적외선 천공온도		●		●
휴일/일광절약시간제(써머타임)		●		●	일사량(전일사, 법선, 산란)	●	●	●	●
태양각/군사차		●			조도(전조도, 법선, 산란)				●
난방도일		●		●	운량	●			●
년	●	●	●	●	불투명 운량				●
월	●	●	●	●	가시도				●
일	●	●	●	●	천정고(Ceiling height)				●
시	●	●	●	●	월청명도(Clearness monthly)	●			
분				●	월지중온도	●			●
데이터출처 및 불확실 지표				●	Present weather		●		●
건구온도	●	●	●	●	강우량				●
습구온도	●	●		●	에어로졸 광학깊이				●
노점온도	●			●	강설깊이				●
대기압	●			●	전 강설일로부터 경과일수				●
습도비	●	●		●					

\*E/E : EnergyPlus/Esp-r의 약자로 EnergyPlus 개발과정에 제안된 새로운 기상자료 형식으로 기본적으로 TMY2 데이터의 양식을 변형시킨 형태이다.

에 유사하지만 일사량 데이터를 포함하고 있다. 새로운 포맷인 EnergyPlus의 E/E는 기본적으로 TMY2 데이터를 가독성이 좋게 ASCII파일 형태로 변환시키고, 일부 부가적인 정보를 보강한 정도로 이해하면 된다. 에너지 해석 프로그램의 역사가 오래될수록 다양한 형태의 기상자료를 모두 수용할 수 있도록 고려하고 있다. 특히 최근에 개발된 E/E 양식을 보면 향후 표준기상데이터 형식의 발전방향을 어느정도 예측할 수 있을 것으로 판단된다.

## 국내 시간별 표준기상자료의 현황

### 표준기상자료의 개발 현황

아쉽게도 국내의 경우 아직 각 지역별 시간별 표준기상자료가 완전하게 확립되어 있지 못한 실정이다. 현재까지 개발 제시된 표준기상데이터는 1984년(김두천, 서울), 1985년(손장열, 서울), 1986년(조민관, 서울 외 6개지역), 1987년(김효경, 서울 외 5개지역), 1992년(김두천, 서울 외 8개지역) 등의 자료가 있으며, 모두 일본의 HASP/ACLD 형식으로 작성되었다. HASP 방식의 기상데이터는 구조 및 기상항목에 있어 다소 차이는 있지만 통계처리를 통한 대표년의 선정 방식은 미국의 TMY와 유사하게 각 대표월을 도출하여 1년치 데이터를 구성하는 방식이다. 기상데이터의 통계기간은 대부분 1971~1983년 사이의 10년이 대부분이며 1992년 김두천의 경우 1982~1991년 자료가 적용되었다.

한편 대한설비공학회에서는 1989년 김효경의 자료 중에서 서울 표준년 기상데이터를 검토하여 학회의 표준기상데이터로 선정한 바 있는데 이것이 현재까지 국내에서 지정된 유일한 표준기상데이터라고 할 수 있다. 이후 1994년 대한설비공학회에서는 보다 신뢰성있는 최근의 기상자료 및 해석모델을 활용해 국내 13개 지역에 대해 새로운 표준기상자료를 작성하는 작업을 수행한 바 있다(서진석 외, 1997). 데이터구조는 기존과 같이 일본의 HASP양식을 기본으로 하고, DOE-2 프로그램을 위해 WYEC 구조도 같이 제공하고 있다. 하지만 내부적 사정으로 인해 아직까지 공식적인 데이터로 대외적인 공개는 되지 못하고 있는 실정이다.

### 국내 표준기상자료의 신뢰성

현재까지 제시되어 있는 국내의 표준기상자료에 대

한 본격적 신뢰성 검증연구는 아직 수행된 바 없다. 부분적 비교 결과를 통해 제시된 문제점을 종합해 볼 때 국내 표준기상자료의 신뢰성과 관련되어 제기되는 가장 핵심요인은 역시 일사량 데이터의 건전성 문제라 할 수 있다. 국외에서도 표준기상자료의 신뢰성을 결정하는 가장 핵심요소가 일사량 데이터인 점을 고려할 때 일사량 계측역사가 미천한 우리나라의 경우도 당연한 결과라 할 수 있다.

국내 표준기상자료의 신뢰성 검증을 위한 관련 연구로는 비교적 최근에 수행된 실측일사량 데이터를 이용한 직산분리모델의 신뢰성 검토연구(윤중호, 2000)를 들 수 있다. 기상데이터 작성과정에서 오차 요인이 가장 큰 것으로 알려진 직산분리 모델은 측정된 수평면 전일사량 데이터를 이용해 이론식에 의한 성분별 일사량을 도출하는 데 사용된다. 연구 결과에 따르면 국내에 제시되어 있는 모든 표준기상자료의 작성과정에 적용된 직산분리 모델은 매우 정밀성이 떨어지는 방식이 적용된 것으로 판명되었으며, 따라서 표준기상데이터 자체의 신뢰성에도 많은 문제점이 발생할 수 있는 것으로 나타났다.

또 다른 문제점으로는 통계기간으로 적용된 70년대 기상데이터 중 일사량 데이터 자체에 많은 오차요인이 내재된 점이다. 한국에너지기술연구원의 주도하에 수행된 국내 일사량계측 사업에 따르면 1981년에 모든 일사량계에 대한 보정작업이 수행되었으며, 이후 계측된 일사량값과 과거값 사이에는 큰 차이가 있는 것으로 보고되었기 때문이다.(한국에너지기술연구원, 1996)

한편 1994년 대한설비공학회에서 수행된 13개 지역에 대한 최근의 표준기상자료 작업결과를 비공식적으로 검토한 결과에 따르면, 1981년 이후의 일사량데이터를 통계치로 활용했으며, 오차요인이 큰 과거의 직산분리 모델 대신 신뢰성이 높은 것으로 판명된 宇田川의 방식을 적용함으로써 과거의 표준기상자료 보다 신뢰성이 크게 높아진 것으로 잠정 판정되었다. 보다 세부적인 신뢰성 검토는 향후 데이터의 공개 후 본격적으로 수행할 예정이다.

### 표준기상자료 형식변환 프로그램 개발 실태

국내에서 개발된 대부분의 시간별 기상자료는 일본의 HASP 양식 데이터 구조를 따르고 있다. 따라서 TMY나 TRY 등의 형태를 요구하고 있는 DOE-2,

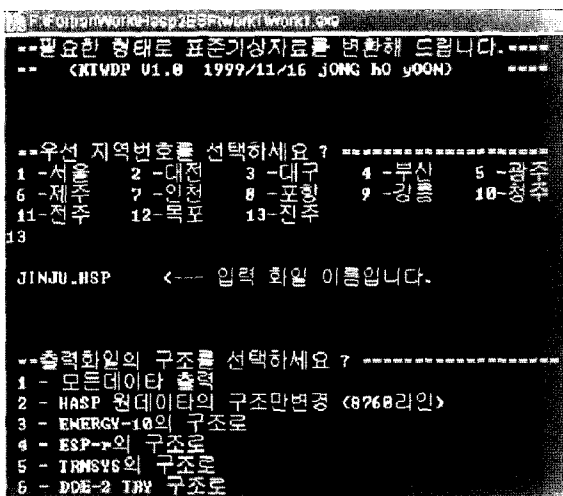
ESP-r, TRNSYS 등에 활용하기 위해서는 데이터 형식변환이 필요하다. 이 과정에서 단위환산, 누락항목의 도출, 일사량 직산분리 등의 과정이 필요하다. 한국에너지기술연구원 태양열연구팀에서는 간단한 Fortran 언어를 이용해 자동으로 데이터 구조를 변경시켜주는 기상자료 변환 프로그램인 KTWDP v1.0을 작성한 바 있다. HASP형식의 표준기상자료를 입력과 일로하며, 현재 지원하는 출력과일의 구조는 Energy-10을 포함하여 ESP-r, TRNSYS 및 DOE-2 TRY 양식의 4개 형태이다. 필요에 따라 건구온도, 절대습도, 습구온도, 상대습도, 엔탈피, 노점온도, 비체적, 범선면직달일사량, 대기투과율, 수평면확산일사량, 수평면전일사량, 대기권밖일사량, 일출시간, 일몰시간, 운량, 풍향 및 풍속 등의 기상항목을 출력할 수 있다. 그림 1은 KTWDP의 실행화면을 예시한 것이다.

한편 기존건물의 개보수를 위한 건물 에너지성능평가를 수행하기 위해서는 표준기상데이터 보다는 건물의 에너지소비량 실측치와 일치되는 특정년의 실제 시간별 기상자료가 필요하게 된다. 이를 위해서는 기상청으로부터 특정년의 필요 기상항목에 대한 원시데이터(raw data)를 입수하여 이를 가공하여 적용해야 한다. 기상청 원시데이터를 이용한 데이터 구조의 단위환산 및 누락데이터의 도출은 한국에너지기술연구소 태양열이용연구팀에서 개발 제시한 KWDP를 이용해 손쉽게 변환할 수 있다.(김기세 외, 1998). 그림 2는 KWDP의 실행 예를 예시한 것이다

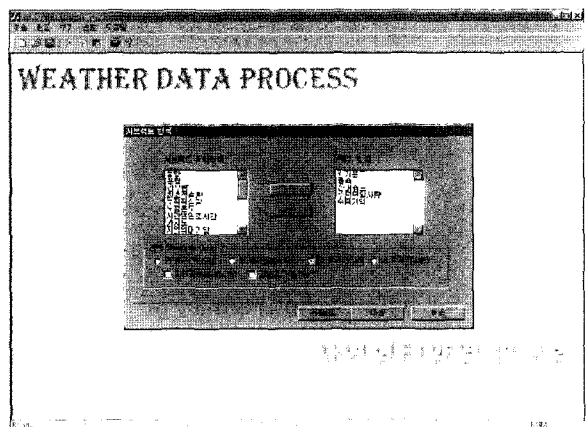
### 맺음말

국외의 표준기상자료 고찰을 통해 나타난 바와 같이 기상항목 중 가장 핵심적 요소는 일사량 데이터이며, 특히 직산분리 이론적 모델이 오차에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 측정된 일사량 데이터베이스 자체의 건전성 또한 매우 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 점을 고려할 때 현재까지 활용되어 온 국내 표준기상자료는 대부분 신뢰성을 확보하기 힘들 것으로 판단된다. 다행히 90년대에 대한설비공학회에서 수행된 표준기상자료는 비공식적 검토결과 이기는 하지만 직산분리 및 일사량 통계데이터에 있어 과거 데이터와는 달리 이러한 문제점을 어느 정도 해결할 수 있는 것으로 기대된다. 하루 빨리 내부적 문제가 해결되어 공개될 수 있기를 기대해 본다.

국의 선진국과 비교할 때 아직 공식적으로 내세울 수 있는 표준기상자료가 확립되지 못하고 있다는 점은, 데이터 자체의 정밀성 및 신뢰성 문제를 논하기 이전에 매우 부끄러운 현실이라 할 수 있다. 향후 시급히 모든 기관에서 공히 사용할 수 있는 표준기상자료의 지정작업이 최우선 적으로 선행되어야 할 것이며, 이후 일사량 실측데이터를 중심으로한 측정값과의 정밀도 분석, HASP양식 이외에 TMY2 등의 다양한 형식변환, 통계적 대표월 선별방식의 비교평가, 지역별 편차분석, 다양한 양식변환 프로그램 보완, 조도데이터의 보완 등의 세부적 작업이 뒤따라야 할 것이다.



[그림 1] KTWDP의 실행화면 예



[그림 2] Menu Screen, KWDP

## 참고문헌

1. Perez, R. R., P. Ineichen, E.L. Maxwell, R.D. Seals, and A. Zelenka. 1992. "Dynamic Global-to-Direct Irradiance Conversion Models," ASHRAE Transactions, V. 98, Pt. 1. Atlanta, Georgia : ASHRAE, 1992
2. Drury B. Crawley, Y. Joe Huang, "Does It Matter Which Weather Data You Use in Energy Simulations?", Building Energy Simulation User News, Vol18, No1, 1997
3. Fred Buhl, DOE-2.1E Documentation Update : Weather Processor, LBNL Simulation Research Group, 1999. 4
4. 윤중호, "서울지역 실측일사량을 이용한 일사량 직산분리 모델의 정밀성 검증 연구" 한국태양에너지학회 논문집, Vol 20, No.1, 2000. 6
5. 한국에너지기술연구소, 국내 직달일사량 분석 측정 및 데이터 평가연구, 통상산업부 연구보고서, KIER-951120, 1996,
6. 서진석, 김두철, 한국 주요도시의 열부하계산용 기상데이터의 개발에 관한 연구, 공기조화냉동공학회 '97하계학술발표회 논문집, pp.874 ~ 880, 1997
7. 김기세, 윤중호, 이의준, 건축물 에너지진단을 위한 서울기상자료 선정에 관한 연구, 제13회 에너지 절약기술 워크숍 논문집, pp.453 ~ 466, 1998. 9 ㉔