

# 학교 건물의 신재생에너지 적용을 위한 수요/공급 분석 및 평가에 관한 연구

남 현 진<sup>†</sup>, 박 은 미, 배 민 호, 김 재 민\*, 박 효 순\*\*

다스컨설턴트(주), <sup>\*</sup>ESRU, University of Strathclyde, UK, <sup>\*\*</sup>한국에너지기술연구원

## Study on the Feasibility Test of Renewable Energy Systems for Schools

Hyun-jin Nam<sup>†</sup>, Eun-mi Park, Min-ho Pae, Jae-min Kim\*, Hyo-soon Park\*\*

*DASS Consultants Ltd, Seoul 143-200, Korea*

*<sup>\*</sup>ESRU, University of Strathclyde, Glasgow, UK*

*<sup>\*\*</sup>Korea Institute of Energy Research, Taejeon 305-343, Korea*

*(Received August 24, 2009; revision received January 21, 2010)*

**ABSTRACT:** Schools are one of the most suitable buildings for renewable energy systems because they have favourable demand profiles for renewable energy system (e.g. solar thermal collector, photovoltaic panels), modular-based building plan and large open spaces (e.g. play ground, gardens, roof) for the installation. This paper presents a methodology of the feasibility test for renewable energy systems to be installed at schools. The methodology is based on the analysis of the demand/supply profiles dynamic matching. a case study is also presented to test the applicability of the proposed assessment methodology.

**Key words:** Schools(학교), Renewable energy(신재생에너지), Feasibility(적용성), Assessment methodology(평가 방법론), Demand/supply matching(수요/공급 패턴 일치)

### 기 호 설 명

- CC : Correlation Coefficient
- IC : Inequality Coefficient
- Dt : 시간별 수요
- St : 시간별 공급
- d : 기간 평균 수요
- s : 기간 평균 공급
- t : 시간
- n : 기간 최근 학교시설

### 1. 서 론

최근 학교시설은 급식시설의 보급과 각종 기자재의 도입으로 에너지사용량이 급증하고 있어 에너지 저감 대책이 필요해지고 있다.<sup>(1)</sup> 한편, 공공 건물로서 학교시설은 신재생에너지 보급정책에 있어 공공성과 교육적 효과가 높다는 점과 주간 사용 비율이 높으며, 넓은 대지와 지붕면 그리고 모듈화된 공간 구성을 갖추고 있어 신재생에너지를 적용하기에 최적의 건물 유형 중 하나라고 할 수 있다. 최근 학교 건물 대상의 신재생에너지 설치를 위한 제도들이 시행되는 시점에서 신재생에너지의 특성을 고려한 최적 설치 및 운영 가이드라인이 마련되어야 할 것이다.

신재생 에너지 시스템은 자연 환경의 변화에 크게 의존하므로 그 공급 패턴이 일정하지 않고 예

<sup>†</sup> Corresponding author

Tel.: +82-2-913-2585; fax: +82-2-949-2588

E-mail address: nam@dasskorea.com

측이 어려운 특성이 있다. 불규칙한 공급 패턴을 전력망과 연계하여 사용할 경우, 고장전류의 증가와 전력망의 전압강하 현상 등으로 인하여 전체 전력망의 운영과 품질을 저하시키는 원인이 될 수 있다. 그러나 신재생에너지 시스템을 전력망과 연계하여 사용하지 않고 공급시스템으로부터 생산된 에너지로 건물의 에너지 수요를 충당한다면 안정적인 송전선로의 운영이 가능하고 전력품질이 향상되어 효율성을 증가시킬 수 있다.<sup>(2)</sup>

또한, 학교 건물에 설치될 신재생에너지 시스템의 적용성 평가 면에서 그 규모나 발전 사업을 위한 목적이 아닐 경우, 연간 총생산량은 실제적 효율성 면에서 큰 의미를 갖지 못한다. 더욱이 학교 건물에 설치될 신재생에너지 시스템의 용량은 중, 소규모 용량의 시스템이므로, 학교 내부의 수요에 효율적으로 이용하기 위한 적절한 운영 전략이 요구된다. 이를 위해서 에너지 수요가 발생하는 시점과 신재생에너지 시스템으로부터의 에너지의 공급 시점을 비교, 분석하여, 설치될 신재생에너지의 기기타입과 용량을 결정할 수 있도록 하는, 새로운 접근법이 필요할 것으로 본다.

본 연구에서는 학교시설을 대상으로 수요/공급 패턴 일치도를 기반으로 한, 적용성 평가방법론을 제시하였으며, 사례 건물을 대상으로 방법론의 활용성을 검토하였다.

## 2. 時系列 수요대비 공급 패턴 일치도에 기반한 적용성 평가방법론

### 2.1 기존의 방법론

신재생에너지 적용성 평가를 위해, 선행 연구들은 단순계산법<sup>(3)</sup> 및 비용편익분석기법<sup>(4,5)</sup> 등을 통해 신재생에너지시스템의 설치용량에 따른 연간 발전량을 산출하고, 이를 초기투자비용과 비교하여 투자비 회수기간을 산정하는 방법으로 경제성 및 적용성을 분석하였다.

기존의 분석방법은 신재생에너지시스템으로부터 생산되는 에너지 총량과 건물에서 요구되는 에너지 수요량을 단순 비교하여 에너지 총 생산량에서 수요 총량을 제외한 것이 잉여량이라 하였다. 그러나 이러한 단순비교방식은 시간이나 계절에 따라 변하는 수요를 고려하지 않음에 따라 적절한 공급 시스템의 종류와 규모를 설정하는데 어려움이 있었다. 예를 들면, 태양광 및 태양열과 같은 신재생에너지시스템의 출력량은 시간당 일사량에 의존하

기 때문에 최대 부하량만을 기준으로 시스템의 규모를 설정할 경우 실제 운전시의 시스템으로부터 생산된 에너지가 수요 측에 어느 정도 부합하는지를 판단하는데 한계가 있었다.

반면, Born 등은 수요/공급 패턴 일치도에 기반한 적용성 평가방법을 제안하였다.<sup>(6)</sup> 수요/공급 패턴 일치도 기반 적용성 평가법은 건물의 특성과 주변 환경을 고려하여 건물에서 소요되는 시간별 에너지 사용량 등 부하를 예측하고 적용 가능한 공급 시스템의 특성을 분석하여 수요와 공급을 일치시킴으로써 최적의 시스템 구성과 규모를 설정하기 위한 정보를 제공한다. 이 방법에 의하면 에너지 총 생산량에서 수요총량을 제외한 나머지가 잉여량이 되는 것이 아니라, 신재생에너지 시스템으로부터 에너지가 생산된 시점과 건물의 에너지 수요가 발생한 시점이 일치한 부분이 실제 수요 대응 공급량이 되고, 에너지 총 생산량에서 이를 제외한 것이 잉여량이 된다. 또한 수요는 발생했지만 그 시점에 공급이 이루어 지지 않은 부분은 수요 대비 공급 부족량이 되는 것이다.

뿐만 아니라, 수요/공급 패턴 일치도 분석을 통한 평가방법은 가장 효율적인 운영패턴을 찾아내고, 이를 통해 에너지의 과잉생산 또는 부족한 시점을 찾아내어 보조시스템의 사용여부를 결정하는 등, 최적의 운영 시나리오의 설계가 가능하도록 정보를 제공한다. 본 연구에서는 이 수요/공급 패턴 일치도 분석을 기반으로 학교 건물을 대상으로 신재생에너지 적용성 평가를 하였다.

### 2.2 패턴 일치도 알고리즘

수요/공급 패턴 일치도를 분석하기 위하여 수학적 기법이 요구되는데, 단위 시간별로 각 순간을 평가하게 되며 평가 요소로는 상관계수(Correlation Coefficient)와 불일치도 계수(Inequality Coefficient)가 있다. 상관계수(Correlation Coefficient)는 신재생에너지시스템을 운영 시 에너지가 필요로 하는 기간 동안 에너지 공급곡선이 수요곡선 패턴을 따라 얼마나 유사하게 증감을 하는지를 판별하게 하게 한다. 이러한 판별을 통해서 현재의 에너지 수요의 패턴경향과 가장 유사한 에너지공급곡선패턴을 가지는 신재생에너지원을 선정할 수 있다. 식(1)은 수요와 공급의 상관관계계수를 산출하는 식으로, 결과값은 -1과 1사이의 값을 가지며, 최적의 상관관계 계수 1을 기준으로 값이 낮아질수록 적합도

가 낮아지는 것을 의미한다.

$$CC = \frac{\sum_{t=0}^n (D_t - d) \cdot (S_t - s)}{\sqrt{\sum_{t=0}^n (D_t - d)^2 \cdot \sum_{t=0}^n (S_t - s)^2}} \quad (1)$$

$D_t$  : 시간별 수요       $d$  : 기간 평균 수요  
 $S_t$  : 시간별 공급       $s$  : 기간 평균 공급  
 $t$  : 시간                   $n$  : 기간

불일치도 계수(Inequality Coefficient)는 수요/공급량에 대한 일치도를 판별하는 것으로 특정기간의 각 시점에서의 수요량과 공급량 값의 편차를 비교하므로 패턴의 일치도 여부를 판별한다. 식(2)은 수요 공급의 패턴 불일치도를 나타내는 것으로 0과 1사이의 값을 가지며, 0은 일치도가 최적임을, 1은 일치도가 없음을 나타낸다.

$$IC = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{t=0}^n (D_t - S_t)^2}}{\sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{t=0}^n (D_t)^2} + \sqrt{\frac{1}{n} \cdot T \sum_{t=0}^n (S_t)^2}} \quad (2)$$

따라서 CC(Correlation Coefficient) 분석을 통하여서는 에너지수요에 가장 적합한 공급 시스템의 조합을 선정할 수 있으며, IC(Inequality Coefficient) 분석을 통하여서는 공급 시스템의 수요대비 적정 용량 및 운영 조건을 파악할 수 있다.

### 2.3 소프트웨어 분석 틀

본 연구에서는 수요와 공급의 패턴 일치도를 분석하기 위해 Merit<sup>(6)</sup>라는 프로그램을 사용하였다. Merit은 건물이나 단지규모의 에너지계획을 수립하기 위한 프로그램으로써, 설계자 혹은 정책입안자가 신재생에너지원을 사용하고자 할 경우, 그 시스템에 대한 공급량과 건물이 원하는 요구량을 비교분석하여 최적의 설계를 할 수 있도록 정보를 제공한다.

수요·공급과 관련된 광범위한 데이터(전력사용량, 냉난방부하, 급탕부하, 공급시스템의 특성, 기후 데이터 등)는 Entrak<sup>(7)</sup>이라는 에너지 정보 시스템을 사용하여 관리하며, 분석 시 Entrak 내의 데이터베이스와 연동하여 데이터를 제공받는다.

### 3. 학교건물 대상 사례분석

수요/공급 패턴 일치 분석에 기반한 신재생에너지 적용성 평가를 사례 건물을 대상으로 수행하였다. 건물의 개요는 Table 1과 같다.

#### 3.1 수요/공급 시나리오

Table 2는 수요와 공급의 시나리오를 나타낸 것이다. 전력부하에 대응하기 위해 설치 가능한 신재생에너지시스템으로는 태양광시스템과 소형풍력발전기를 가정하였으며, 급탕부하에 대응하기 위해 태양열시스템을 가정하였다. 지열기반 히트펌프의

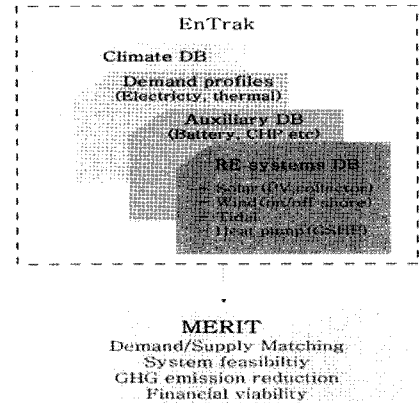


Fig. 1 Software frame.

Table 1 Target building summery

Items	Contents
Location	Minor city region
Building area	2,985.14 m <sup>2</sup>
Total area	9,269.78 m <sup>2</sup>
Scale	4floors and one basement
Structure	RC ramen structure
Total classes	24
Area per class	67.5 m <sup>2</sup>

Table 2 Demand/supply matching scenario

Loads	Renewable energy system
Electric power	Small-wind power, PV
Hot water	Solar collector

경우 학교 건물용 신재생에너지 시스템으로 큰 장점이 있는 후보이나 그 공급 패턴이 계절별로 운전 모드에 따라 일정한 특성이 있다. 본 연구의 목적은 시간별로 변화하는 공급 패턴 대비 수요 패턴의 일치도를 연구 대상 범위로 잡은 관계로 지열 히트 펌프는 공급 시스템 분석 대상에서 제외 하였다.

### 3.2 수요프로파일 작성

본 연구에서는 시간별 전력 수요프로파일을 작성하기 위하여 대상 건물에서 측정된 월 평균 데이터 및 통계 데이터로 정리된 학교 건물의 전력 부하 곡선(8)을 기반으로 연중 시간별 부하곡선을 작성 하였다. 대상 학교의 조명 및 콘센트의 전력사용량에 대한 데이터의 부재로 냉 난방기에 속하지 않은 5월의 전력사용량을 냉방 운전을 하지 않는 기간으로 가정하여 조명 및 콘센트의 전력사용량을 산출하였다. 한편 강의실의 특성을 갖는 실은 방학기간 동안 운영하지 않은 것으로 나타남에 따라 전체면적 대비 기타실의 면적을 기준으로 방학기간과 학기 중의 전력사용량을 분류하였고, 이를 기준으로 월별·주별·일별 전력사용량을 산정하였으며, 각 시간대별 사용비율을 적용하여 최종적으로 8,760시간에 대한 전력사용량을 산출할 수 있었다.

한편, 급탕 부하곡선을 산출하기 위해 대상학교의 급식실용 가스 사용량 추정 데이터를 참고하였다. 학교 운영 스케줄과 급식실 스케줄 상 방학기간과 학기기간 중의 토요일, 일요일은 급탕사용이 없는 것

로 가정하였고, 최대 급탕 부하량은 324 kW이다.

### 3.3 공급시스템

대상 건물이 도시 내에 위치함으로써 다양한 풍향 변화와 저 풍속에서도 발전효율이 높은 수직형 발전기(최대 발전량은 5kW)를 선택하였다. Fig. 2는 해당 시스템의 풍속 대비 발전량 성능곡선 나타낸다.

전력부하에 대응하기 위해 설치한 태양광시스템은 국내업체에서 생산된 SE-M250이라는 제품으로써, 패널 당 250 W의 전력을 생산하고 면적은 1.61 m<sup>2</sup>이며, 설치각도는 30도를 가정하였다. 태양전지 시스템의 개요는 Table 3에 나타낸 바와 같다. 학교 시설은 사용 특성상 난방 혹은 급탕 수요가 중간에 집중되어 있다. 이 중 급탕 부하만을 대상으로 태양열 시스템을 사용하여 공급하기로 가정하였다. 연구에 사용된 태양열 시스템의 개요는 다음 Table 4와 같다.

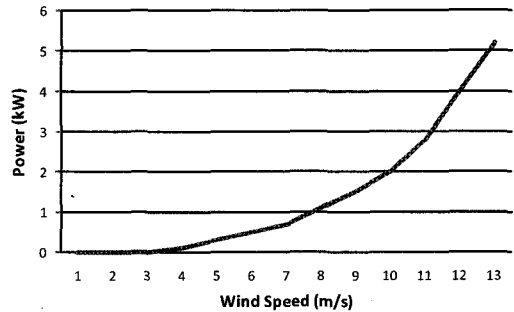


Fig. 2 Wind power performance curve.

Table 3 PV summary

PV Characteristic	250W poly
Tilt(degrees from horizontal)	45
Nominal Power(kW)	250.00
Maximum Power point Current(A)	8.14
Maximum Power point Voltage(V)	30.70
Short Circuit Current@STC(A)	8.87
Open Circuit Voltage@STC(V)	37.00
Standard Test Condition(STC) Temperature(C)	25.00
Standard Test Condition(STC) Isolation(W/m <sup>2</sup> )	1000.00
Panel Height(m)	1.64
Panel Width(m)	0.98

Table 4 Solar collector summary

Flatplate Characteristic	MSC-32-no
Angle of Tilt	30
WF Concentration(%)	25.000
WF Volumetric Flowrate(m <sup>3</sup> /h)	0.079
Length(m)	2.491
Width(m)	1.221
Tested Mass Flowrate(kg/s.m <sup>2</sup> )	0.011
Intercept Efficiency	0.820
Efficiency Slope(W/m <sup>2</sup> .K)	3.057
Efficiency Curvature(W/m <sup>2</sup> .K <sup>2</sup> )	0.950
1st-order IAM factor	0.150
2nd-order IAM factor	0.000

3.4 수요/공급 패턴 일치 분석

3.4.1 전력/ 태양광 패턴 일치도 분석

Table 5는 일치도 분석결과를 수치로 나타낸 표이다. ‘에너지 총 생산량’은 태양광시스템으로부터 출력되는 연간 에너지 생산량을 의미하며 ‘수요 총량’은 건물에서 요구되는 연간 에너지 수요량을 의미한다. ‘실제 수요 대응 공급량’은 신재생에너지 시스템에서 에너지가 생산된 시점과 건물의 에너지 수요가 발생한 시점이 일치한 부분의 량으로서 에너지의 수요/공급시점이 일치하므로, 태양광시스템에서 생산된 전력에너지를 건물에 바로 사용할 수 있으며 이때 사용가능한 에너지량을 의미한다.

‘잉여량’은 에너지 총 생산량에서 실제 수요 대응 공급량을 제외한 량으로서 태양광에너지 시스템에서 전력에너지가 생산되고 있으나 수요가 발생되지 않아서 사용되지 않는 양을 의미한다. 따라서 ‘잉여량’에 해당하는 전력에너지는 배터리에 저장하거나 혹은 전력 계통 연계를 통해 발전차액으로 사용할 수 있겠다.

‘수요 대비 공급 부족량’은 수요는 발생했지만 에너지가 필요로 하는 시점에 신재생에너지 시스템에서 에너지가 생산되지 않아서 공급이 이루어지지 않아 생기는 에너지 부족량을 의미한다. 따라서 이때에는 전력망에서 전력을 사용하여야 하며 끌어올 전력량이 ‘수요 대비 공급 부족량’이 되는 것이다.

앞 절에서도 설명했듯이 CC가 패턴의 경향을 판별하는 것이라면 IC(불일치도)는 이를 바탕으로 실제 적용 시 최적 용량을 판별하게 된다. 일치도(%)는  $(1-IC) \times 100$ 으로 산출한다.

Fig 3은 전력부문에서의 수요/공급 매칭결과를 보여주는 그래프로서 푸른 색 수요(Demand) 곡선

은 일주일간(3월 12일 목요일~18일 수요일) 시간대별 전력수요량을 나타내고 붉은 색 공급(Supply) 곡선은 시간대별 태양광의 전력생산량을 나타낸다. 학교시설의 특성상 일요일은 전력수요가 거의 없음을 알 수 있고 기상조건의 영향으로 인해 하루의 일사량에 따라 태양광의 전력생산량이 변한다는 사실도 파악할 수 있다. 또한 낮에 주로 수요가 발생하는 학교시설의 특성상, 이러한 그래프를 통하여 낮에 전력을 생산하는 태양광시설이 패턴일치도 면에서도 유리하다고 할 수 있다.

Fig 4는 태양광시설의 일주일 간 에너지 잉여 및 부족량을 알 수 있도록 한 그래프로써 연간 어느 시점에 에너지의 잉여가 발생하고 부족이 발생하는지에 대한 정보를 얻을 수 있다.

Fig 3, Fig 4를 통해서 시간별 수요/공급과 잉여/부족을 파악할 수 있으므로 이러한 정보를 토대로 합리적인 태양광시설의 규모를 도출할 수 있다. Fig 5는 패널 수가 일정 수를 넘기면 오히려 매칭률이 떨어져 효율이 줄어들 수 있음을 그래

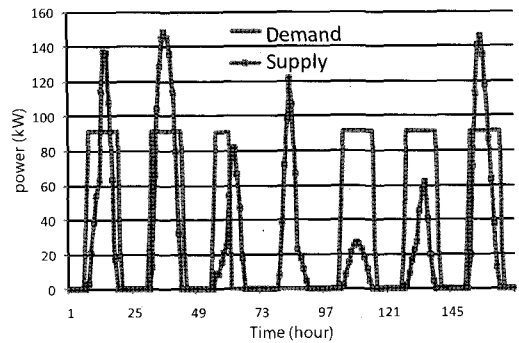


Fig. 3 Demand/supply matching graph(electric power/PV, 3.12~18).

Table 5 Demand/supply matching result(electric power/PV)

	(Unit : MWh)
Energy Total Supply	247.20
Total demand	269.34
Supply surplus	96.44
Supply deficit	118.39
Supply delivered	149.08
Inequality coefficient(IC)	0.41
Match rate(%)	59.41

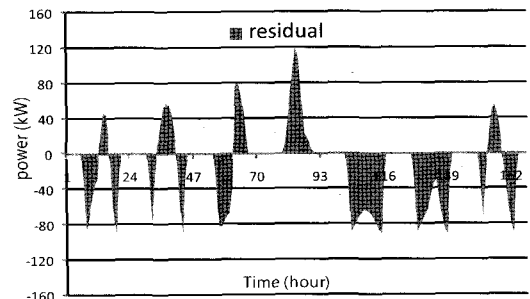


Fig. 4 Supply surplus and deficit graph(PV, 3.12~18).

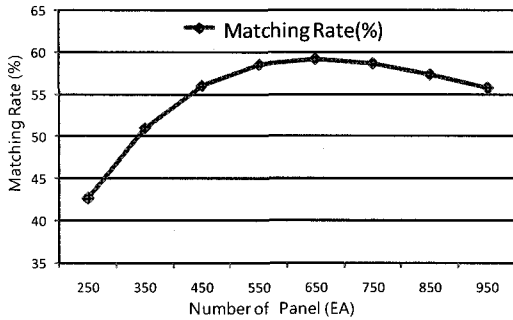


Fig. 5 Matching rate change to number of panel.

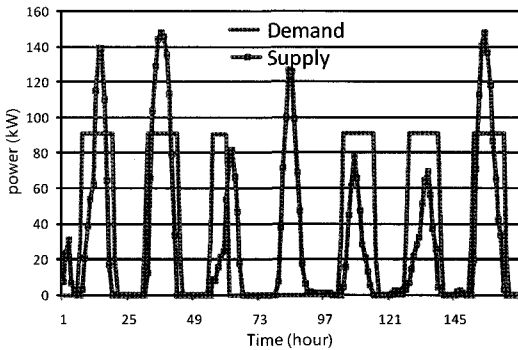


Fig. 6 Demand/supply matching graph(electric power/PV+wind power. 3.12~18).

프로 나타낸 것이며, Table 5는 이러한 결과를 정리한 표를 나타낸다. 따라서 최적의 매칭률에 맞게 태양광 발전의 용량을 적정 수준으로 설계하는 것이 필요하다.

3.4.2 전력/태양광+풍력 패턴 일치도 분석

전력부하에 대한 공급원으로 태양광시스템과 풍력시스템을 선정하여 각각의 수요/공급 패턴 일치도를 분석한 결과, 공급 패턴이 비교적 일정한 태양광시스템이 풍력시스템에 비해 수요 대응 효율성이 높았다. 전력에너지를 생산하기 위한 태양광 자원이 풍력자원보다 상대적으로 생산성과 안정성이 훨씬 높기 때문에 태양광시스템의 최적 설치용량을 기준으로 풍력시스템의 설치용량을 설정하여 패턴 일치도를 분석을 수행하였다. 앞서 설명했던 것과 동일하게 100개 단위, 10개 단위, 1개 단위로 시스템의 설치용량을 구분하여 수요/공급 패턴 일치도를 분석한 결과 태양광시스템 250 W 650개와 풍력시스템 5kW 14개를 설치하는 것이 최적인 것으로 나타났다.

Table 7은 전력 수요에 대한 공급원으로 태양광

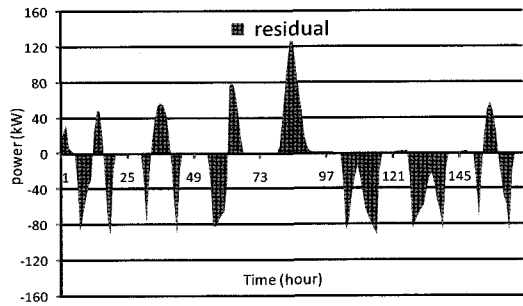


Fig. 7 Supply surplus and deficit graph(PV + Wind power, 3.12~18).

Table 6 Demand/supply matching result(electric power/PV+wind power)

(Unit : MWh)	
Energy Total Supply	275.73
Total demand	269.34
Supply surplus	115.75
Supply deficit	108.84
Supply delivered	158.02
Inequality coefficient(IC)	0.40
Match rate(%)	59.54

Table 7 Demand/supply matching result(hot water/ solar collector)

(Unit : MWh)	
Energy Total Supply	375.91
Total demand	311
Supply surplus	205.03
Supply deficit	132.26
Supply delivered	166.63
Inequality coefficient(IC)	0.45
Match rate(%)	54.59

과 풍력시스템을 복합으로 적용한 경우의 분석결과를 나타낸 것으로, 일치도가 59.54%로 태양광 단일시스템을 적용했을 때의 일치도(59.41%)와 0.13%의 차이를 보였다. 이는 풍력시스템의 설치비용과 전력 수요에 대한 공급의 효율성 등을 고려했을 때, 대상 학교에 태양광+풍력발전 복합시스템보다 태양광발전 단일 시스템으로 설치하는 것이 비용적인 면에서나, 효율성 면에서 더 적합하다고 판단할 수 있다.

### 3.4.3 급탕/태양열 패턴 일치 분석

대상학교의 급탕 부하에 대응하기 위해 설치한 태양열시스템의 최적규모를 설정하기 위하여 설치면적이 3.04 m<sup>2</sup>인 집열기를 먼저 10개 단위로 분류하여 시뮬레이션을 수행하고, 이를 다시 1개 단위로 세분화하여 시뮬레이션을 수행한 결과 140개의 집열기를 설치하는 것이 가장 적합한 것으로 나타났다.

급탕 수요와 태양열시스템의 공급의 패턴 일치도인 Fig. 8을 통해 수요/공급 곡선이 유사한 패턴을 가지고 있는 시점과 수요는 발생하지 않았으나 공급이 발생한 시점 그리고 수요량에 비해

공급량이 부족한 시점을 확인할 수 있었다.

태양열시스템으로부터 생산된 잉여에너지는 기타 신재생에너지처럼 다른 기관에 판매하거나 상계처리하는 것이 불가능하여 생산된 에너지를 모두 사용하여야만 시스템 전체의 효율성을 증가시킬 수 있으므로, 에너지 공급이 부족한 시점에는 보조열원시스템을 설치하여 공급하여야 한다. Fig. 8와 Fig. 9에서는 에너지 잉여량과 그 시점 그리고 에너지 부족량과 그 시점에 대한 정보를 제공하므로 이를 활용하여 다른 수요처를 찾아서 태양열시스템에서 생산된 열을 공급하거나 또는 열저장시스템 및 보조열원시

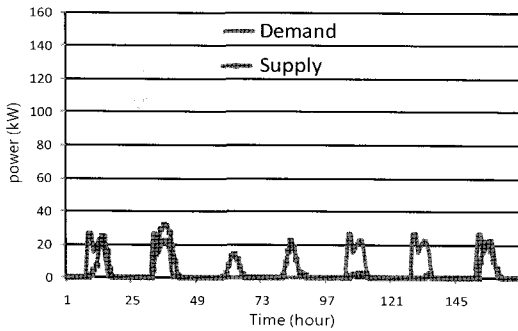


Fig. 8 Demand/supply matching graph(hot water/solar collector. 3.12~18).

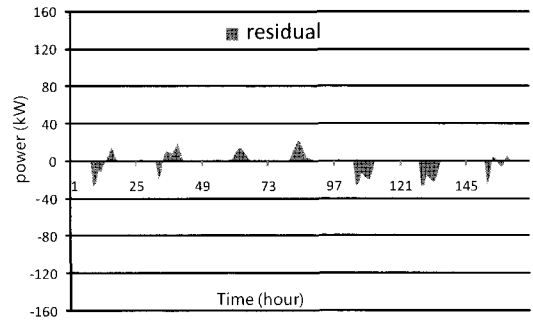


Fig. 9 Supply surplus and deficit graph(solar collector, 3.12~18).

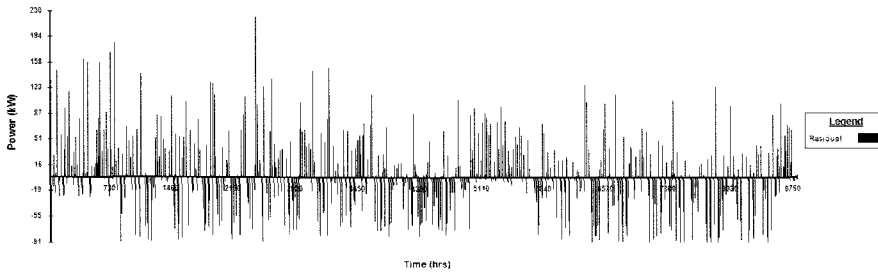


Fig. 10 Supply surplus and deficit graph(PV + Wind power, year).

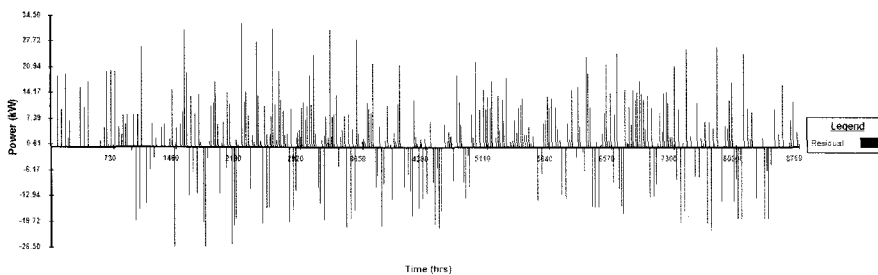


Fig. 11 Supply surplus and deficit graph(solar collector, year).

스택의 설치하는 등, 최적의 운영 시나리오의 설계가 가능하리라 판단된다.

#### 4. 결 론

본 연구는 수요/공급 패턴 일치도를 기반으로 학교 건물에 설치될 신재생에너지 시스템의 적용성 평가를 수행하였다. 새롭게 제안된 시계열 수요/공급 데이터를 사용한 방법론을 사례 학교 건물을 대상으로 활용성을 검토한 결과, 기존의 신재생에너지의 평가방법론에서 확인할 수 없었던 실제 수요 대응 공급량, 잉여량 및 공급부족량 등에 대한 정보를 얻을 수 있었다. 이러한 정보들을 통해서:

- 1) 실제 '수요 대응 공급량'을 기준으로 연간 절약 가능한 비용을 보다 현실적으로 산출할 수 있을 것이다.
- 2) 복합 신재생 에너지시스템을 설치하였을 때의 적정 시스템의 종류와 용량 산정이 가능하다.
- 3) 신재생에너지시스템과 보조열원시스템간의 운영방안을 모색해 볼 수 있다.

Fig 5에 나타난 바와 같이, 학교 건물의 내부 수요 대응을 위해 신재생에너지 시스템을 고려할 때 태양광 패널 수는 수요 패턴과의 일치도에 따라 결정됨을 알 수 있다. 따라서 학교 건물의 신재생에너지의 설치는 수요 패턴의 면밀한 분석과 공급 대응 전략을 마련하여 수행되어야, 과도한 시설투자를 사전에 방지하고 초기 투자비 절감 및 운영 수익성의 극대화를 이룰 수 있다.

이를 위해서는, 학교 건물 내 시설별(예: 일반교실, 실습실, 교무실, 실험실, 숙직실 등등) 상세 수요 패턴을 모델화하여 신재생에너지 설계 과정에 사용될 수 있어야 할 것이다.

#### 참고문헌

1. Cho, S. W., Choi, J. M., Lee, K. H., 2007, The Study on the Indoor Thermal Environment and Prediction of Energy Consumption of the School Classroom, Architectural institute of Korea, Vol. 23, No. 2, pp. 181-188.
2. Lee, K. G., Hong, W. H., 2007, A Study on The Adopting Decentralized Energy Supplying System in Urban Area, Architectural institute of Korea, Vol. 23, No. 1, pp. 239-246.
3. Lee, K. H., 2006, A Study on the Application Strategies of Renewable Energy Systems Considering Layout and Block Plan in Apartment Building, The Korean Solar Energy Society, Vol. 26, No. 3, pp. 79-87.
4. Lee, T. H., Ban, Y. U., 2007, Feasibility Analysis of Photovoltaic Array System for Apartment Housing, Korea Planners Association. pp. s1539.
5. Kim, H. I., 2003, A Study on the Applicability of Photovoltaic Systems for Apartment Buildings, Architectural institute of Korea, Vol. 23, No. 2, pp. 801-804.
6. Born, F. J., Clarke, J. A. and Johnstone, C. M., 2001, development and demonstration of renewable energy based energy demand/supply decision support tool for the building design profession, Seventh International IBPSA Conference, pp. 245-250.
7. Kim, J. and Clarke, J. A. 2004, The EnTrak System : Supporting Energy Action Planning via the Internet, Proc. CTBUH 2004, Seoul, October.
8. Korea Energy Management Corporation 2007, Analysis Report of Electricity use pattern by using Load Curve of Customers, <http://www.kemco.or.kr/web/kcms/main/kcms.asp?c=BOR&DVI000000306&s=&k=&p=5&q=12847&v=0&>.
9. Clarke, J., Hong, J., Kim, J., Strachan, P., Hwang, I. and Lee, H., 2005, Simulation-based Design Procedure to Evaluate Hybrid Renewable Energy Systems for Residential Building in Korea, Ninth International IBPSA Conference Montreal, Canada August pp. 15-18.
10. Clarke, J., Hong, J., Kim, J., Strachan, P., Hwang, I. and Lee, H., A Strategic Study of Energy Efficient and Hybrid Energy System Options for a Multi-family Building in Korea.