

## 학교 건물에서의 에너지절감 성과 활동 검증을 위한 방법론 연구

이항주\* · 김인수\*\*†

\*가천대학교 에너지IT학과 박사수로, \*\*가천대학교 에너지IT학과 교수  
(2019년 12월 12일 접수, 2020년 1월 23일 수정, 2020년 1월 30일 채택)

## A Study on Methodology for Verifying Energy Saving and Activity in School

Hangju Lee · Insoo Kim<sup>†</sup>

Gachon University, Dept. Energy IT

(Received 12 December 2019, Revised 23 January 2020, Accepted 30 January 2020)

### 요 약

최근 제로에너지건축물 의무화 정책이 추진됨에 따라 Zero Energy School로의 전환을 위한 정책/제도들이 추진되고 있으나 학교 건물에 대하여 에너지절감 활동결과 그 성과를 체계적으로 분석, 검증할 수 있는 방법이 제시되어 있지 않는 상황이다. 에너지성과 검증방법론 연구를 위하여 관련 유사표준들의 현황을 참고하였으며, 그 외 방법론들의 사례 조사를 통해 현장에서 성과를 분석해 볼 수 있는 Tool에 대한 검토와 더불어 국내 학교 현장방문을 통한 에너지관리 실태 및 특성을 분석하였다. 본 논문에서는 신규, 기존학교 건물에서의 냉난방설비, 조명, 단열 강화, 운영행태 변경, 운전방법 개선 등 각종 에너지절약사업의 수행과 에너지절약사업 이행 전·후의 에너지절감량을 검증할 수 있는 M&V 방법 등에 대하여 제시하였다.

**주요어** : 제로에너지건축물, 에너지 성과검증, 에너지 절감량, 에너지 절감 조치

**Abstract** - Recently, as the mandatory policy of zero energy building is promoted, policies / systems for transition to Zero Energy School are being promoted, but there is no method to systematically analyze and verify the results of energy saving activities for school buildings. For the study of energy performance verification methodology, the current status of related standards was referred to, and the case study of other methodologies was conducted to examine the tools that can analyze the performance in the field. In addition, this study analyzed the current status and characteristics of energy management through domestic school visits. In this paper, we presented various energy saving projects such as air conditioning and heating facilities, lighting, insulation, change operation behavior, and improve operation methods in new and existing school buildings, and M & V methods for verifying energy savings before and after implementation of energy conservation projects.

**Key words** : Zero Energy Building, Energy Performance verification, Energy savings, Energy Conservation Measure

### 1. 서 론

2020년부터 1천㎡이상 공공건축물을 시작으로 2030년까지 제로에너지건물이 단계적으로 의무화를 추진하고 있다. 특히 제로에너지건물의 단계적

의무화에 대한 세부로드맵 및 제로에너지시티, 제로에너지타운 등 도시단위의 제로에너지 시범사업을 통해 확대해 나가고 있는 실정이다. 최근 국가 온실가스 감축목표를 이행하고 신재생에너지 보급 활성화, 미세먼지 문제에 적극 대응하고자 하는 수단으로 제로에너지건물의 필요성이 매우 높아지고 있어 이에 따른 정책/제도 변화에 대한 준비를 해야 할 것으로 판단된다.

<sup>†</sup>To whom corresponding should be addressed.  
Tel : +82-31-724-4446 E-mail : kis0103@gachon.ac.kr

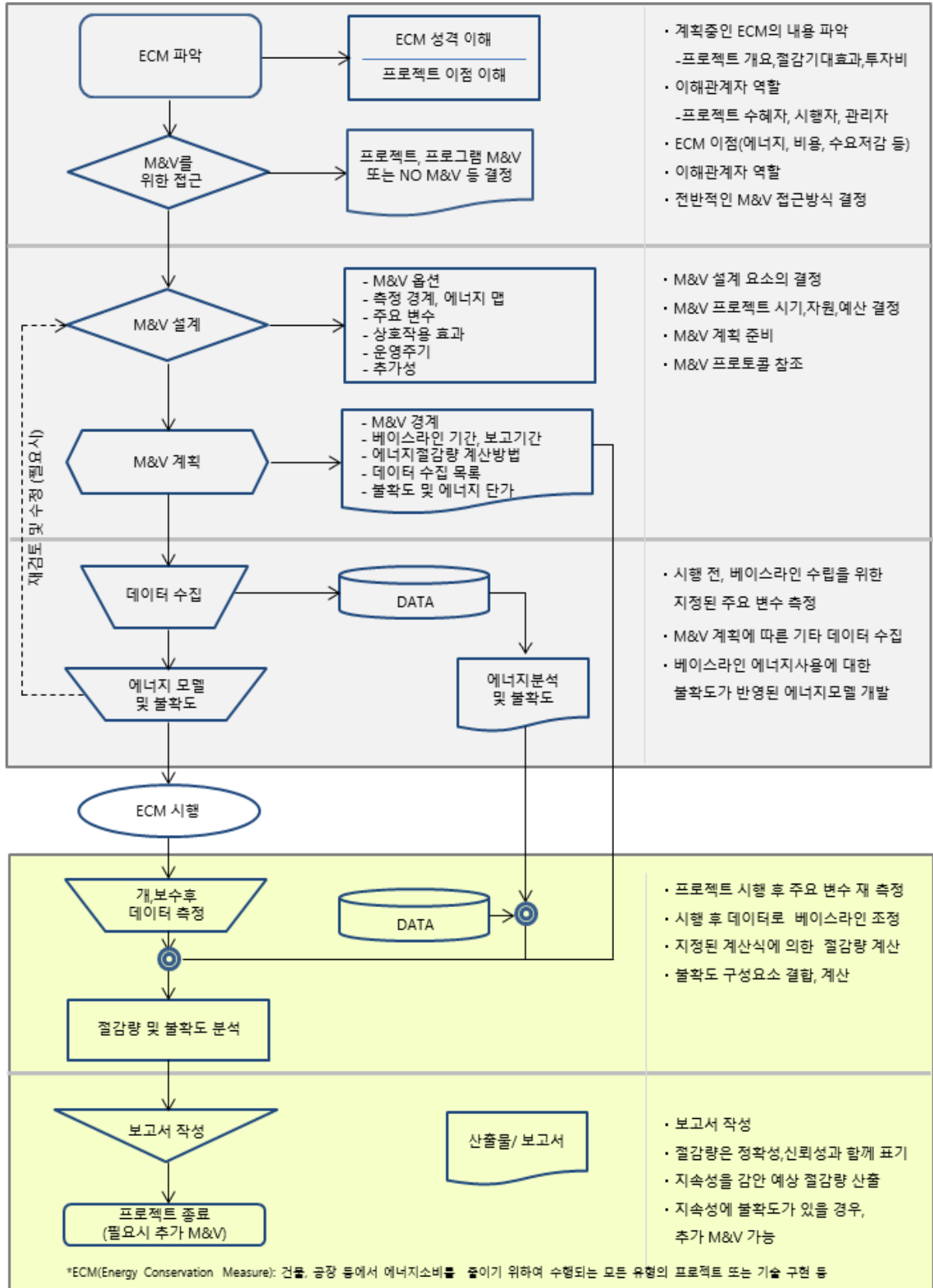


Fig. 1. Flowchart of energy performance verification method in school building

학교 건물의 경우 2020년시점부터 제로에너지의 무화 대상에 포함이 된다. 또한, 신축시에는 국,공립 등 공공기관에 해당되는 경우, “공공기관 에너지이용 합리화 추진에 관한 규정” 및 “신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 제12조의5 및 시행령”에 의거 에너지이용효율향상 시설(설비) 및 신재생에너지설비를 의무화 도입하고 있으며, 기존 학교의 경우, 학교건물의 Net Zero Energy School로의 전환을 위하여 각종 에너지이용효율향상사업을 추진하고 있으나, 학교 건물에 대하여 에너지절감 활동결과 그 성과를 체계적으로 분석, 검증할 수 있는 방법이 제시되어 있지 아니한 실정이다.

에너지성과 검증방법 개발을 위하여 ISO50006, ISO17741, GSEP 2장 프로젝트 M&V 계획 수립, FEMP, New SouthWales 주정부 자료<sup>1)</sup>, World Bank 자료<sup>2)</sup>를 참고하였고, GSEP M&V Tool의 알고리즘 그리고 M&V 2.0 방법론 등도 함께 검토하여 현장에서 성과를 분석해 볼 수 있는 Tool에 대한 검토와 더불어 국내 학교 현장방문을 통한 에너지관리 실태 및 특성을 조사하였다.

신규, 기존학교 건물에서의 냉난방설비, 조명, 보온강화, 운영행태 변경, 운전방법 개선 등 각종 에너지절약사업의 수행과 에너지절약사업 이행 전·후의 에너지절감량을 검증할 수 있는 M&V 방법 등에 대하여 다음과 같이 제시한다.

## 2. 학교 건물에서의 에너지절감 검증 방법

에너지절감량 검증 프로세스는 제안된 ECM(Energy Conservation Measure : 에너지절감조치)으로부터 시작되며, ECM는 일반적으로 진단, 유사한 활동중에 확인한다. 특히, ECM 세부정보에 포함할 사항으로는 비용, 기간, 시설에 영향성, 단순기기 교체 등 다양한 조건들이 필요하고 이를 통해 M&V 옵션을 선택하게 된다.

또한 학교에 이해 관계자들과 가장 관련이 있는 에너지효율 혜택을 확인하고 이를 통해 이점들을 식별한다. 에너지절감, O&M, 학습에 적합한 환경, 온·습도 쾌적성, 안전성, 신뢰성 제고(정전 회피), 법적 의무사항 등이 해당되며, 이러한 조치에 따라 M&V 방법의 선택도 달라질 수 있다.

### 2-1. 학교 특성 및 운영실태

학교건물은 교실, 교무실, 실험실, 특별활동실, 체육관 등으로 용도가 구분되며, 학기별 수업 일정이 정해져 있다. 특히, 여름, 겨울방학에 따라 에너지사용량 변동 폭이 크기 때문에 베이스라인 산정시 유의하여야 한다.

학교 건물에서의 에너지사용 분석에 필요한 인자는 용도에 따른 에너지원 사용량, 에너지 사용행태 및 관리 현황, 에너지시설 관리현황, 에너지성과

**Table 1.** Major Factors and Contents for Energy-saving Analysis of School Buildings

주요 인자	내용
에너지사용 현황	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 용도별 에너지원 사용량</li> <li>• 에너지원별 연간 에너지사용량, 비중</li> </ul>
에너지 사용행태 및 관리현황	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 냉난방 설비                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 적용설비 유형, 설정조건(실내 또는 외기온도 등), 운전일정(일별, 시간별 등)</li> </ul> </li> <li>• 조명                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주별 사용시간, 조명 스케줄 설정 여부, 타이머 스위치 설치여부, 청소시간 등</li> </ul> </li> <li>• 신재생에너지                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신재생에너지 : 적용 설비 유형, 실제 가동 일정</li> </ul> </li> </ul>
에너지시설 관리현황	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M&amp;V 관련 요소 파악 및 자료 수집                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신설 또는 기존 수업중인 학교 여부, 1년 이상의 에너지성과관련 데이터 보유실태, 측정시스템의 수준, 각종 변수 발굴을 위한 학교 운영 실태</li> </ul> </li> </ul>
에너지성과관련 측정시스템 수준	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ECM 해당 시설(설비)별 에너지성과 산출을 위한 측정 가능여부</li> </ul>

1) M&V Operational Guide - Best Practice M&V Process (New SouthWales Gov.)

2) Assessing and Measuring the Performance of Energy Efficiency Projects (Technical Report 011/17)  
- Individual Energy Efficiency Project M&V -

Table 2. Boundary Definition

경계 범주	내 용
시설전체	<p>시설전체 기법을 고려시, 예상절감량은 측정되어지고 있는 시설전체 에너지사용량의 10% 이상 되도록 하는게 중요하다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시설에 대해 설명</li> <li>- 그 시설 전체에서 베이스라인이 수립되어야 하는 이유 제시</li> <li>- 에너지공급 지점과 베이스라인이 수립될 필요가 있는 시설 경계쪽의 에너지흐름 설명</li> </ul>
상호작용효과를 고려한 보조시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 보조시스템에 대해 설명</li> <li>- 시스템 경계 설정 이유 제시</li> <li>- 상호작용효과가 포함되어야 할 이유 제시</li> <li>- 에너지공급 지점 및 베이스라인이 수립될 필요가 있는 시스템 경계쪽의 에너지흐름 설명</li> </ul>
상호작용효과를 배제한 보조시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 보조시스템에 대해 설명</li> <li>- 시스템 경계 설정 이유 제시</li> <li>- 상호작용효과가 배제될 수 있는 이유 제시</li> <li>- 에너지공급 지점 및 베이스라인이 수립될 필요가 있는 시스템 경계쪽의 에너지흐름 설명</li> </ul>

관련 측정 시스템 수준이 필요하며, 건물 내 EMS 시스템이 구축되어 있을 경우 좀 더 수월한 분석이 이루어 질 수 있다. 아래 표는 학교 에너지 현황, 시설 운영 및 관리 현황에 대한 주요 인자를 분류 하였다.

## 2-2. M&V 옵션 설정

ECM은 선호되는 접근법을 결정하기 위해 이용 가능한 M&V 옵션과 잠재적 제약에 대해 평가하며, 일반적으로 M&V를 수행하기 위해 널리 이용되고 있는 4가지 접근법이 존재하며, 이는 IPMVP 내에서 정의된 옵션이다.

M&V 옵션은 M&V 경계, 절감량 계산방법, 베이스라인 기간 및 보고 기간, 데이터 수집 세부 내용을 조합하여 검토, 평가되어야 하며, 에너지효율 측정에 영향을 받는 시스템, 영역 또는 기기 주변의 측정 경계를 설정하여야 한다. 학교 건물에서의 에너지효율 측정과 관련이 없는 독립변수 및 정적 인자 해석을 위해 측정 경계를 설정하다보면 보다 명확한 데이터 수집을 통한 결과를 추출할 수 있지만 M&V 비용이 증가할 수 도 있다.

에너지성과 수치의 신뢰성은 불확도에 따라 많은 영향을 받으며, M&V 데이터 품질은 측정시점 및 기간에 크게 의존되기 때문에 어떠한 접근법에서도 사용할 수 있는 GSEP 자료를 활용한다.

## 2-3. 측정 경계

M&V 및 프로젝트 경계는 도표화(주요시설, 에너지 입출력 등)하고 지리적 설명과 경계 내의 모든 설비, 장비 목록을 작성한다. M&V 경계는 프로젝트

와 관련된 상호작용이 포함되어야 하며, M&V 경계는 프로젝트 경계와 다를 수 있는 부분으로 프로젝트 내에서 시행된 ECM 영향을 받는 모든 설비, 시스템 및 장비가 경계 내에 포함될 수 있다. 프로젝트를 경계는 다른 설비, 시스템 또는 장비와 상호 작용 효과가 없다고 간주될 경우 개별적인 ECM 주위에 그려질 수 있다. 이 경우, M&V 경계는 프로젝트 경계이다. 아래 표는 GSEP의 “경계의 정의”, ISO 50006의 “EnPI 경계수준”을 참고한다.

## 2-4. 에너지맵 작성

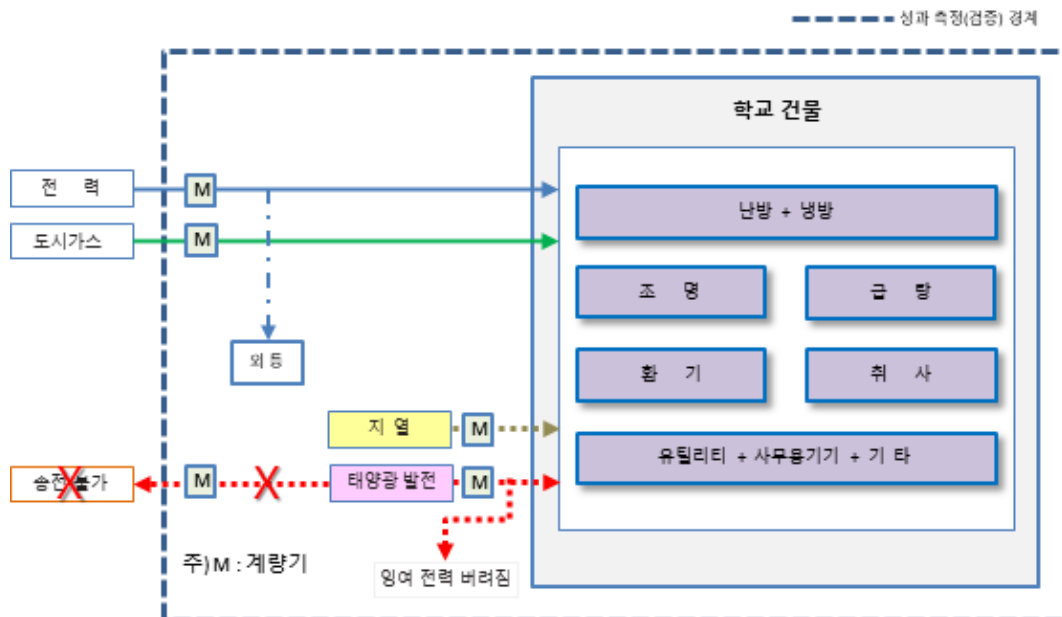
해당 학교의 특성을 감안 에너지원별, 에너지사용설비별 및 기간별 에너지사용량과 구성비를 산출 또는 건물용도별 에너지원별 사용량 및 구성비도 산출하여, 중요에너지이용의 구분하거나 M&V옵션 선택 시 활용한다. 또한, 에너지맵 작성시 별도로 설비별 용량, 설치년도, 계측기 설치 유무 등을 종합하여 M&V 계획 수립에 활용한다.

## 3. 에너지 성과 검증 방법론 시뮬레이션

에너지성과 평가를 위한 검증 방법론에 대한 시뮬레이션은 학교를 우선 대상으로 하여 추진하였으나, 학교건물에서의 2~3년간 에너지용도별 에너지 사용량 등의 데이터 확보가 가능한 학교를 찾기에 한계가 있어, 그동안 에너지모니터링시스템 개선을 위해 수차 방문했던 학교(M중학교)를 대상으로 선정하였다. 이 학교는 3월 신설 개교하였고, 2019년 현재 1~2학년 500여명이 수업 중에 있으며, 에너지관련 현황은 다음과 같다.

**Table 3.** Summary of Simulation target school

설립년/월	2018. 3	학생/교직원 수	학생: 500 여명 / 교직원: 46 명
대지면적(m <sup>2</sup> )	14,204 m <sup>2</sup>	건축면적(m <sup>2</sup> )	3,551m <sup>2</sup>
학년별 학생수	1학년	2학년	3학년
	9개 반 280 명	8개 반 230명	없음
에너지관련 주요 시설	냉난방겸용	전기 히트펌프(실내기, 실외기), 가스 히트펌프(실내기, 실외기), 지열 히트펌프(실내기, 실외기), 지열 순환펌프	
	난방용	천장 난방 복사기, 전기 컨벡터	
	조명용	LED 조명	
	급탕용	저장식 전기온수기, 가스 온수기	
	취사용	보온(보냉)고, 냉동냉장고, 정수시스템, 전자저울, 배기후드, 에어커피 등 각종 소독기, 구근 탈피기, 보온 배식대 등 각종 조리기구, 자동 식기세척기	
	전력 생산용	태양광발전설비	
에너지관련 주요 시설 관리현황	냉난방용	BEMS에 의한 관리 가능토록 구성되어 있으나, 현재 1~2 학년만 수업중이라 정상적인 운전부하로 가동되지 않는 등 운전 초기단계이며, 담당자의 에너지시스템에 대한 전문지식 한계로 BEMS가 정상 가동되지 못하고 있는 실정임	
	조명용	스케줄 제어가 이루어지지 않고 수동제어 중임	
	신재생에너지	총 발전량이 모니터링 되고 있으나, 학교내 소비량은 모니터링 되지 않음	
기타 특이사항	2018년 3월 신설된 학교로 1~2학년만 수업 중 에너지사용량이 냉난방, 조명, 급탕 등 에너지용도별 구분된 데이터를 수집할 수 없음		



**Fig. 2.** Middle School Boundary Drawing

**3-1. 측정경계 및 에너지 흐름**

측정경계는 학교 부지내로 한정하며, 에너지 흐름은 주요 계측장치에 의해 분석할 수 있으며, 외

부로부터 공급 받는 전력 및 도시가스 사용량은 통상적으로 요금 청구서 기초자료가 되는 주 계량기의 계측치와 학교 내 보조 계측장치가 있을 경우

**Table 4. Middle School Energy Map**

학교명	에너지원	GJ	%
M 중학교	전력	3,915	76.4%
	도시가스	631	12.3%
	신재생전력	578	11.3%
	계	5,124	100%

학교명	용도	GJ	%
M 중학교	난방용	1,566	30.6%
	냉방용	649	12.7%
	조명용	774	15.1%
	급탕용	203	4.0%
	환기용	357	7.0%
	취사용	951	18.6%
	기타용	623	12.2%
	계	5,124	100%

용도	에너지원	GJ	%
난방용 30.6%	전력	1,304	83%
	도시가스	60	4%
	신재생전력	202	13%
	소계	1,566	100%
냉방용 12.7%	전력	457	70%
	도시가스	96	15%
	신재생전력	96	15%
	소계	649	100%
조명용 15.1%	전력	591	76%
	신재생전력	183	24%
	소계	774	100%
급탕용 4.0%	전력	184	91%
	신재생전력	19	9%
	소계	203	100%
환기용 7.0%	전력	357	100%
	소계	357	100%
취사용 18.6%	전력	476	50%
	도시가스	475	50%
	소계	951	100%
기타용도 12.2%	전력	546	88%
	신재생전력	77	12%
	소계	623	100%

이를 활용할 수 있다. 외부로부터 공급받는 에너지는 전력, 도시가스이며, 그리고 자체 생산되는 태양광발전에 의한 전력으로 구분되며, 에너지는 냉/난방, 조명, 급탕, 환기, 취사, 기타 부분에서 에너지원으로 사용된다. 자체 생산된 태양광발전량은 학교내 사용하고 남은 경우 전량 버려지고 있으며, 특히 방과 후, 주말 및 방학기간에는 버려지는 전력이 상당히 많은 것으로 나타났다.

에너지맵은 향후 추가 계측 포인트가 설치되기 전까지는 용도별 에너지사용량 데이터를 수집할 수 없기 때문에 해당지역의 기상청 기후자료, 에너지관련 시설(설비)의 용량, 가동률과 가동시간 등을 반영한 추정 값으로 1차 작성하며, 이를 통하여 냉방, 난방, 조명, 급탕, 환기, 취사 등 에너지용도별 에너지사용량 비중을 잠정 파악할 수 있다.

**3-2. 종속변수, 독립변수 선정**

에너지절감 성과는 베이스라인 대비 에너지사용량의 증감에 의해 산출되므로 이 학교에서 사용하는

에너지원인 전력, 도시가스의 월별사용량을 종속변수로 선정할 수 있으며, 금번 시뮬레이션 과정에서는 데이터 수집의 한계 등으로 인하여 전력사용량만 대상으로 하여 선정하였다.

또한, 에너지절감 성과는 베이스라인 대비 에너지사용량의 증감으로 나타낼 수 있으나, 종속변수인 에너지사용량의 증감이 실질적인 에너지절감 활동에 의한 것인지 아니면 다른 요인에 의한 것인지 구분이 필요하다.

학교 건물에서 독립변수를 선정하면서 학교 특성을 반영할 필요성에 대해 검토한 결과, 학교의 특성상 겨울 및 여름 방학기간동안 외기온도는 년중 기온에 비해 상당히 낮거나 높은 반면 수업이 없어 냉, 난방 부하는 상당히 낮아, 통상 적용될 수 있는 년중 기후에 따른 HDD(난방도일), CDD(냉방도일)를 적용하기에는 부적절하며, 그 외 일조시간의 합, 일조율도 학교 특성을 반영하여 적용함이 적절한 것으로 나타났으며 또한, 천안지역 기준 외기온도를 비교해보면 수업시간대가 24시간 기준 평균 기온에

비해 약 2.3 °C 높게 나타났으며, 난방시기에는 2.7 °C, 냉방시기에는 2.5 °C 높게 나타났다.

**3-3. 에너지베이스라인 수립**

금번 시뮬레이션의 경우, 앞의 데이터 수집 부분에서 언급한 바와 같이 에너지베이스라인 데이터 수집이 불가하여 에너지성과평가 Tool을 실행하여 도출된 3년 데이터(2016~2018)의 2016년도 데이터를 에너지베이스라인으로 설정한다.

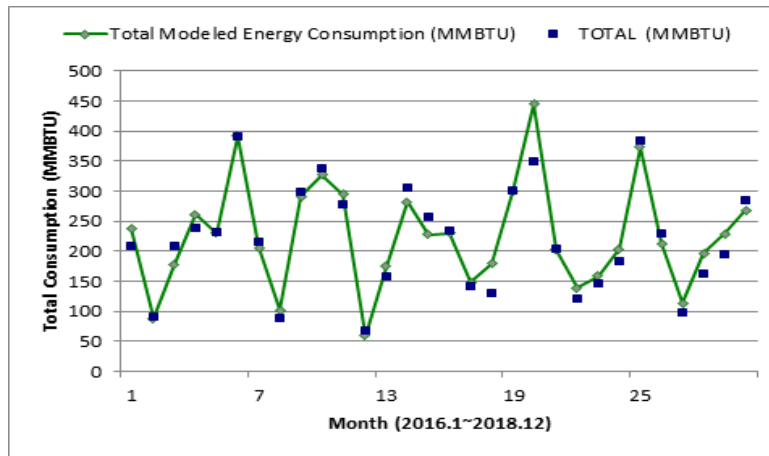
**3-4. 시뮬레이션 결과**

M 중학교에서 수집된 데이터를 기초로 하여 수립

된 3개년도(2016~2018) 에너지사용량 데이터, 기후변수, 학교 운영행태 변수 등을 선정하고, EnPI V5.0 Tool을 활용하여 년도별 에너지절감률이 2017년 0%, 2018년 0%인 경우와 5%, -1%인 경우의 월별 전력사용량 및 9개 변수를 사용하여, 성능평가 모델을 시뮬레이션 한 결과는 다음과 같다.

9개의 독립변수 중 평균기온(수업시간대), 평균상대습도(수업시간대), HDD+CDD(수업시간대), 일조율(수업시간대)이 전력사용량에 영향을 많이 주는 인자로 도출되었으며, 특히 일조율, 평균기온에 의한 영향이 가장 높은 것으로 나타났다.

에너지베이스라인 년도인 2016년 대비 2017년 5%, 2018년 -1%의 에너지절감률 만큼의 년도별 에너지



**Fig. 3.** Actual power consumption VS adjusted power consumption  
Compare with Actual power consumption with adjusted power consumption

**Table 5.** Result of power consumption model analysis

범 위	분석 결과	합리적 지표 기준
변수	수업시간대의 평균기온, 평균상대습도, HDD, CDD, HDD+CDD, 일조시간합, 일조율, 일조시간합 X 일조율, 수업일수	
R <sup>2</sup>	0.9670	> 0.75
Adjusted R <sup>2</sup>	0.9407	> 0.50
Model p-Value	0.0007	< 0.10
변수 p-Value	평균기온(수업시간대) 0.0021, 평균상대습도(수업시간대) 0.0849, HDD+CDD(수업시간대) 0.0004, 일조율(수업시간대) 0.0376	모든 변수 < 0.2 적어도 1개 변수 < 0.1
Formula (MMBtu)	(23.59 * [평균기온(수업시간대)]) + (7.49 * [평균상대습도(수업시간대)]) + (2.09 * [HDD+CDD(수업시간대)]) + (859.89 * [일조율(수업시간대)]) + -1299.86	

주) R<sup>2</sup>(결정계수) : 모델의 적합성을 검사하는데 사용되며, “0”과 “1” 사이의 값으로 표현되며 “1”은 완벽한 적합성을 나타내며 통상 R<sup>2</sup> 이 0.75 이상, Adjusted R<sup>2</sup> 0.5 이상이면 인과관계가 합리적인 지표로 간주함

**Table 6.** 에너지성과평가 결과  
Energy performance evaluation result

범 위	2016	2017	2018
실제 에너지사용량(kWh)	226,444	217,654	196,893
실제 에너지사용량(MMBTU)	2,318	2,228	2,015
조정방법 (Adjustment Method)	Model Year	Forecast	Forecast
조정된 에너지사용량(MMBTU) (= 조정된 에너지베이스라인)	2,318	2,345	2,099
연도별 에너지절감량 (MMBTU)	0	117	84
총 에너지절감률 (%)	0.00%	5.00%	4.00%
연도별 에너지절감률 (%)	0.00%	5.00%	-1.00%
베이스라인대비 연도별 절감량 합계 (MMBTU/년)	0	117	84
누적 에너지절감량 (MMBTU)	0	117	201
해당년도 신규 에너지절감량 (MMBTU/년)	0	117	-33
베이스라인 에너지사용량 조정 (MMBTU/년)	0	27	-219

사용량을 증감하고, 앞부분의 데이터 수집단계에서도 출한 종속변수(“실제 전력사용량”)와 9개의 독립변수를 활용하여 성능평가 모델을 시뮬레이션 한 결과, 다음 그림과 같이 “조정된 에너지사용량”(Modeled Energy Consumption)과 실제 에너지사용량의 비교 그래프를 보여준다.

에너지베이스라인(2016년) 에너지사용량 그리고 2017년 및 2018년도의 조정된 에너지사용량(연도별 절감율 0%, 2,345 MMBTU 및 2,099 MMBTU)을 기준으로, 2017년도에는 5% 절감된 사용량(2018년도 조정된 에너지사용량의 95%, 2,228 MMBTU), 2018년도에는 -1% 절감된 사용량(2018년도 조정된 에너지사용량의 96%, 2015 MMBTU)을 적용하여 모델링 하였다.

2017년~2018년 2개년간 누적 절감량은 201 MMBTU 인 것으로 나타났으며, 에너지절감률은 당초 가정한 대로 에너지베이스라인 연도인 2016년 대비 2017년 5%, 2018년 -1%로 누적 절감률은 2017년 5%, 2018년 4%로 나타났다.

#### 4. 결론

학교건물에 대한 에너지절감 활동결과 그 성과를 체계적으로 분석, 검증할 수 있는 에너지성과 검증방법론을 제시하고 종속변수와 독립변수를 선정, EnPI Tool을 활용하여 시뮬레이션 한 결과 적용한 모델은 적합성이 있는 것으로 나타났다.

앞으로 2020년 공공시설의 제로에너지의무화 시행에 따라 학교 건물도 이에 대상자 되며, 점차 EMS

시스템을 도입 운영하는 학교들을 지속적으로 늘어날 것으로 판단된다. 실제 데이터를 계측, 수집, 분석 등을 통해 학교내에서의 운영비용 측면에 에너지절감 활동들이 많이 도출될 것으로 보이며, 신뢰할 수 있는 세분화된 데이터를 통해 M&V 검증 또한 활성화 될 것으로 예상된다. 이러한 정책/제도들의 시행에 따른 학교 건물 대상에 대한 통합 운영 가이드라인이 앞으로 필요할 것으로 보이며, 지속적인 연구를 통해 활성화 방안 또한 모색하여야 할 것이다.

#### 후 기

본 연구는 과제번호 20182010600110 ‘에너지 자립형 학교건물 구현을 위한 패시브·액티브기술 융복합 모델 및 가이드라인 개발’ 연구의 일환으로 수행되었습니다.

#### References

1. ISO 50006:2014, Energy management systems - Measuring energy performance using energy base-lines (EnB) and energy performance indicators (EnPI) - General principles and guidance
2. ISO 17741:2016, General technical rules for measurement, calculation and verification of energy savings of projects
3. ISO 17742:2015, Energy efficiency and savings cal-



- culatation for countries, regions and cities
4. ISO 50001:2011, Energy management systems - Requirements with guidance for use Energy management systems
  5. ISO 50015:2014, Measurement and Verification of Energy Performance of Organizational - General Principles and Guidance
  6. ISO 50047:2016, Energy Savings Determinations of Energy Savings in Organizations
  7. ISO 10006:2003, Quality management systems - Guidelines for quality management in projects
  8. IPMVP(International Performance Measurement and Verification Protocol) Vol.1
  9. IPMVP(International Performance Measurement and Verification Protocol) Core Concepts
  10. GSEP M&V Energy Performance Measurement and Verification - Guidance on Data Quality
  11. GSEP MV Process for Calculating and Reporting on Energy and Demand Performance - General Guidance
  12. ASHREA(American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers) Guideline 14-2014, Measurement of Energy, Demand, and Water Saving
  13. FEMP(Federal Energy Management Program) M&V guidelines : Measurement and Verification for Performance-Based Contracts Version 4.0, NOV 2015
  14. US DOE. 2014. Department of Energy Advanced Manufacturing Office EnPI V5.0 Tool Algorithm
  15. ISO 50015:2014, Energy management systems - Measurement and verification of energy performance of organizations - General principles and guidance
  16. EVO 10100-1:2014, Statistics and uncertainty for IPMVP
  17. U.S. Department of Energy, Superior Energy Performance - Measurement and Verification Protocol for Industry
  18. World Bank Technical Report 011/17, Assessing and Measuring the Performance of Energy Efficiency Projects.
  19. New South Wales Governments, Measurement and Verification Operational Guide-Best Practice M&V Process
  20. Lee, Y. R. 2017, A Study on Performance Verification for Remodeling of Existing Building with EnPI , KIAEBS, Vol. 11, No. 5, pp. 392-403