

# Zero Energy School(ZES) 에너지절감 성과 검증을 위한 방법론 연구

이항주 · 안종욱 · 김인수<sup>†</sup>

가천대학교 에너지IT학과

(2018년 12월 31일 접수, 2019년 1월 24일 수정, 2019년 1월 31일 채택)

## A methodology for verification of energy saving performance of Zero Energy School (ZES)

Hangju Lee · JongWook Ahn · Insoo Kim<sup>†</sup>

Gachon University, Dept. Energy IT

(Received 31 December 2018, Revised 24 January 2019, Accepted 31 January 2019)

### 요 약

국내 건축물은 국가 온실가스 배출의 25%, 에너지소비의 20%를 차지하고 있어 건축물의 에너지 효율향상이 국가 에너지수요관리의 주 대상으로 인식되고 있다. 건축물의 에너지효율향상을 위해 “제로에너지건축물 국가 로드맵”을 작성하여 정책들을 시행하고 있으며, 제로에너지건축물 의무화 확대의 따라 조기 활성화를 통한 국가 건물에너지 수요관리 효율성을 제고 하고 있다. 또한 건축물이 완공되고 그 후 에너지절감량에 대한 성과검증에 대한 필요성 또한 높아지고 있다. 이에 따라 건축물의 에너지 성능을 평가하기 위한 방법들이 제시되어야 할 것이다. 본 논문은 국제표준 및 가이드선 분석과 동시에 국내 학교를 현장 방문하여 각종 변수 등에 대한 조사 분석을 통하여 국제적으로 적용 가능한 제로에너지스쿨의 에너지성과검증 방법을 개발, 제시하고자 한다.

**주요어** : 성과검증, 제로에너지건축물, 에너지절감량, 표준 및 가이드선

**Abstract** - Domestic buildings account for 25% of national greenhouse gas emissions and 20% of energy consumption, so energy efficiency improvement of buildings is recognized as the main target of national energy demand management. To improve the energy efficiency of the building, policies are implemented by preparing "zero-energy building national roadmaps" and enhancing the efficiency of national energy demand management through early activation as a result of expansion of the mandatory zero-energy building. Also, there is a growing need to verify the performance of energy savings after the construction is completed. Therefore, methods for evaluating energy performance of buildings should be suggested. This paper aims to develop and present methods for verifying energy performance of Zero Energy School, which can be applied internationally, by visiting domestic schools on-site at the same time as international standards and guidance analysis.

**Key words** : Performance verification, Zero Energy Building, Energy savings, Standards and Guides

## 1. 서 론

새 정부의 에너지 정책은 원전비중 축소, 탈 석탄, 신재생에너지 사용 확대를 통해 ‘안전하고 깨끗

한 에너지’로의 전환을 추구하고 있다. 국내 건축물은 국가 온실가스 배출의 25%, 에너지소비의 20%를 차지하고 있어 건축물의 에너지 효율향상이 국가 에너지수요관리의 주 대상으로 인식되고 있으며, 건축물의 에너지효율 향상을 위해 우리나라 및 해외 선진국가들은 건축물의 에너지소비량을 효과적으로 줄이기 위해 “제로에너지건축물 국가 로드

<sup>†</sup>To whom corresponding should be addressed.  
E-mail : kis0103@gachon.ac.kr

맵”을 작성하여 정책들을 시행하고 있다.

제로에너지건축물 의무화 확대의 따라 주택, 빌딩, 학교 등으로 점차 범위를 늘리고 있는 실정이며, 제로에너지건축물 조기 활성화를 통한 국가 건물에너지 수요관리 효율성을 제고하고 있다. 교육부에서는 에너지자립학교(2개소) 저층형 시범사업(2017.2.16.)으로 지정하였으며, 이는 Post 2020 신기후체제 대응 국가에너지 수요관리의 핵심전략으로 국토부의 7대 신산업, 산업부의 8대 에너지신산업으로 선정되어 활성화 정책이 운영 중에 있다.

공공건물로 분류되는 학교건물은 학생 수가 감소하고 있으나 학교 수는 증가하고 있으며, 방과 후 활동을 중심으로 한 다양한 활동의 증가로 인하여 에너지 소비량이 지속적으로 증가하고 있다. 교육기본통계(2013)에서는 2012~2013년 전국 초·중·고등학교에서 에너지소비 데이터를 분석한 결과 총 에너지사용량은 약 778,628TOE에서 847,002TOE으로 약 8.7% 증가하였으며, 면적당 에너지 소비량과 학생수당 에너지소비량 또한 높은 상승률을 보였다.

대학교와 연구시설을 포함한 전체 교육시설의 에너지소비량은 건물부분 에너지소비량의 약 14%를 차지하며 이는 비주거용 건물에서 상업용, 백화점 다음으로 가장 많은 소비량을 나타냄에 따라 에너지 성능개선을 위한 사업들이 추진되었으나, 에너지관리의 효율성과 사용자의 참여를 통한 에너지성능개선은 아직 초기단계이다. 제로에너지건축물의 목표로 가기 위해 건물에서 요구하는 에너지소비량을 최소화하는 다양한 기술 요소(패시브+액티브) 등이 적용된다면 이를 따른 에너지절감량을 검증하는 방법 또한 필요할 것이다. 실제로 감축되는 에너지절감량을 검증하는 방법은 한국에너지공단에서 운영 중에 M&V프로그램이 존재하지만 건축 용도별 특성에 맞는 성과검증프로그램이 지속적으로 고도화되어야 할 것으로 판단된다.

본 논문에서는 학교건물에 적용이 가능한 국내외 표준 및 가이드를 비교분석하였으며, 학교 현황 실태조사를 통해 에너지절감량을 검증하기 위한 변수들을 도출하고 국제 적용 가능한 ZES 에너지성과 검증 방법을 제시하였다.

## 2. 해외 에너지성능 평가관련 표준 및 가이드스 분석

### 2-1. IPMVP

IPMVP는 미국 에너지부(DOE : US Department of Energy)에 의해 처음 개발되었고, 2001년부터 IPMVP를 담당하는 위원회는 효율성평가기구(EVO)로 발전하였다.

IPMVP는 프로젝트의 M&V 계획 개발에 사용될 수 있으며, 프로젝트 절감량에 대한 투명성, 신뢰성 및 일관성 있는 보고를 위한 프레임워크를 제공하며, Volume 1은 최종 사용자의 시설에서 에너지효율화 프로젝트 수행후 달성된 절감량의 측정, 계산 및 모니터링에 대한 일반적인 방법을 지원한다.

M&V 활동에는 현장에서 시행되는 에너지효율 및 에너지흐름의 측정, 에너지사용에 영향을 미치는 독립변수의 확인, 베이스라인 모델링 및 절감량 계산 및 보고서의 후속조치가 포함되며, 사용자의 에너지 상황에 따라 에너지절감량 평가를 위한 4가지의 M&V 옵션을 제시한다.

### 2-2. ISO 50006

이 표준은 조직의 에너지성과와 에너지성과 변화를 측정하는 데 있어서 에너지성과지표(EnPIs)와 에너지베이스라인(EnBs)의 설정, 사용, 유지와 관련된 ISO 50001(에너지경영시스템-사용지침을 포함한 요구사항)의 요구조건을 어떻게 충족하는지에 대한 실용적인 가이드를 제공한다.

### 2-3. ISO 17741

이 표준은 개, 보수 프로젝트 또는 신규 프로젝트의 에너지절감량을 측정, 계산 및 검증을 위한 일반적인 기술 규정을 명시하고 있으며 측정, 계산 및 검증과정에서 기술적 및 재정적 문제의 해결이 가능하다.

이 표준은 다양한 프로젝트에 적용될 수 있는 에너지절감량의 M&V에 대한 원칙, 지침 및 방법의 집합체로 개발되었고, 사용하는 M&V 방법에 관계없이 적용 가능하기 때문에 에너지절감량 결과 보고에 M&V 적용을 원하는 어떠한 이해관계자라도 사용 가능한 범용적인 기술규정이다.

Table 1. International Major M&amp;V Standards Comparison

구분	IPMVP	ISO 50006	ISO 17741	(G)SEP MV Protocol	ASHRAE	FEMP
특성	사업장/조직의 범용적 M&V 가이드라인 :  *많은 국가에서 광범위하게 사용되며 사실상 M&V의 표준	사업장/조직의 범용적 M&V 가이드라인 :  *ISO50001와 연계, 성과관리 핵심요소인 EnPIs, EnBs 측정을 위한 가이드런스	프로젝트 M&V 기술규정 :  *M&V 방법에 상관없이 적용가능한 범용적 기술규정	등급별 인증 M&V 가이드라인 :  *ISO50001을 기본틀 *GSEP 회원국간 M&V 보고서 비교가 가능한 프레임워크	미 건물 M&V 가이드라인 :  *guideline 14는 고도의 기술적, 학문적인 건물 M&V 기법 (범용성없음)	미 연방건물 M&V 가이드라인 :  *성과계약시 절감량 등의 측정,확인 위한 세부지침
적용 지역	국제	국제	국제	국제	미국	미국
구성	모델링 옵션/평가기준에 대한 포괄적 내용 제시	(IPMVP와 동일)	절감량 측정, 계산, 검증을 위한 포괄적 내용	구체적 모델링 옵션/툴/평가기준 등 세부사항 제시	구체적 모델링 옵션/툴/평가기 준 등 세부사항 제시	구체적 모델링 옵션/툴/평가기 준 등 세부사항 제시
M&V 접근 방법	<4가지 옵션> *A: 주요변수 측정 *B: 모든변수 측정 *C: 전체시설측정 *D: 교정된 시물레이션  #A,B는 개체설비분리	<4가지 성과지표> *측정값 *측정값 비율(원단위) *통계적모델(회귀분 석) *엔지니어링 모델 (시물레이션)	<3가지 옵션> * I :직접비교 * II :조정된 계산 * III :교정 시물레이션	(IPMVP와 동일)	<3가지 옵션> *A:전체 건물 *B:개체부분 분리 *C:전체 건물 교정 시물레이션  #모든변수 측정, 추정 허용없음	(IPMVP와 동일)
평가 Tool	×	×	×	○	×	×
통계적 평가 기준	-Modeling: 모델 $R^2$ 0.75 이상  *Recommendation Annex B-2.2.	-베이스라인 정규화 : p-value, F-test, $R^2$ , CV 타당성요구  *4.4.3 에너지베이스라인 Annex D		-영향변수 p-value: 0.1 미만 -모델 F-test: 0.1 미만 -모델 $R^2$ : 0.5 이상 -모델 예측변수의 유효범위: Mean $\pm 3SD$		-CV > 0.5  *5.3.2 샘플링
적합성 평가	불확도 분석	측정 정확도 및 불확도 분석	불확도 분석	불확도 분석	불확도 분석	불확도 분석

## 2-4. GSEP M&V

GSEP(Global Superior Energy Performance)은 산업, 건물의 에너지효율을 향상시키기 위한 청정에너지 장관 회의 결과(Clean Energy Ministerial initiative)중 하나로 GSEP 국제협력체 (Global Superior Energy Performance Partnership)가 탄생하였고 여기에는 미국, EU 국가 및 한국 등 14 개국이 참여하고 있다.

GSEP의 근간이 되는 SEP(Superior Energy Per-

formance) 프로그램은 미국에너지부(DOE)에서 산업 시설과 상업용 건물에 대하여 시장 경쟁력을 유지하면서 에너지효율을 지속적으로 개선하기 위한 프레임워크를 제공하기 위한 것이다.

SEP는 에너지경영 및 지속적인 에너지성과개선을 위하여 투명하고 세계적으로 인정된 시스템을 제공하는 것을 목표로 삼았고, 이 목표에 부합하는, 국제적으로 공인된 “에너지성과 인증 프로그램”인 GSEP(Global Superior Energy Performance)을 개

발했다. SEP는 ISO 50001 표준을 기본도구로 지원한다.

M&V(에너지성과개선의 측정 및 검증)는 시행된 에너지절약 조치 또는 프로젝트의 가치를 판정하고 보고하기 위한 중요한 기법이다. M&V 데이터 품질은 보고된 에너지성과의 신뢰성을 보증하기 위해 M&V 실무자가 고려해야 할 특별히 중요한 측면이 있으므로 투자자나 이해당사자들이 보고된 결과에 확신을 갖도록 하는 데에 가장 중요한 역할을 담당한다.

이 지침은 GSEP 회원국의 M&V 실무자 및 국제 M&V 공동체를 대상으로, 측정 또는 추출된 M&V 데이터를 분석하고 해석할 때 이해당사자들에게 M&V 데이터 품질에 대한 높은 확신을 주어 보다 신뢰할 수 있는 정보에 근거한 의사결정을 내리도록 도움과 안내를 위해 만들어 졌다.

또한, 국제적인 결과의 비교가 가능하기 때문에 국가들이 서로 결과를 효과적으로 공유할 수 있을 뿐만 아니라 M&V 시행 도중 당면하게 되는 어려움과 그것을 극복하는 과정에 대한 향상된 지식을 공유하는 것을 용이하게 해준다.

## 2-5. ASHRAE

ASHRAE Guideline 14는 에너지절감 계산 절차를 표준화하려는 목적으로 2000년 4월 출판되었으며, IPMVP의 보다 기술적인 버전으로 간주 될 수 있다. 모든 변수의 측정을 요구하며, 견적은 허용되지 않으며, 불확도 분석을 각 측정 계획에 포함 논의해야 한다.

이 가이드라인은 세밀한 분석이 가능한 반면, 유연하지 못하며 M&V 전문가가 아닌 사람에게 사용하기가 어려울 수 있어, 일반적인 M&V 활동에는 실용성, 범용성이 없다.

## 2-6. FEMP

연방 정부기관이 연방 건물에서 달성한 에너지절감을 측정하고 확인하는 것을 돕기 위해 미국에서 FEMP M&V 지침이 시작되었으며, 성과계약에서 얻은 에너지, 물 및 비용 절감을 측정하고 확인하기 위한 지침과 방법을 제공한다.

연방건물에 대한 FEMP은 기본적으로 IPMVP를 적용한다. 여기에는 열병합발전, 재생가능 에너지, 수자원 보전 및 에너지효율기 프로젝트의 절감 성과에 대한 계량화 절차와 지침을 포함하고 있으

며, 버전 4.0(2015.11)에는 4가지 주요 M&V 옵션에 대한 개정된 정의가 포함되어 있으며 전반적인 표현이 더욱 엄격 해져있다.

일반 프레임워크만 제시하는 다른 프로토콜과 달리 FEMP는 건물에서 구현되는 가장 일반적인 측정에 적합한 특정 측정계획을 제공한다.

## 2-7. 주요 M&V 표준 및 가이드선스 특징 비교

주요 국제 M&V 관련 표준은 대부분 IPMVP를 근간으로 한 평가옵션을 갖고 있으며, 각 표준의 특징을 평가옵션, 평가 Tool, 통계적 평가기준 등으로 구분하여 다음 표에서 비교하였다.

특히, 사업장에서 실질적으로 에너지성과를 평가를 할 수 있도록 “평가 Tool”을 제공하고 곳은 SEP MV Protocol 뿐이며 이는 국제적으로 널리 사용되고 있다.

## 3. 에너지성과 검증 Tool 알고리즘 분석

### 3-1. 분석대상 Tool 개요

미국 에너지부(DOE)에서 개발한 회귀분석을 기반으로 하는 EnPI V5.0 Tool로 2018. 2 update 되었으며, 플랜트, 건물 등의 에너지관련 관리자가 정규화 된 에너지베이스라인을 수립하거나 년도별 에너지지원단위 개선의 추적, 에너지절약, 에너지성과지표와 날씨, 생산 및 기타 변수로 인한 변동을 설명하는 도움을 주기 위해 개발되었다.

회귀분석은 생산변동 및 날씨와 같은 변수의 영향을 반영하기 때문에 에너지효율화 정책 및 프로젝트 시행에 따른 에너지절약 성과에 대한 신뢰할 수 있는 예측이 가능하여 국제적으로 널리 사용되고 있다.

### 3-2. 입력 및 출력

이 Tool의 입력(INPUT)은 월간, 에너지사용량 데이터, 시설의 에너지사용에 영향의 미치는 모든 변수(예 : 난방도일 HDD, 냉방도일 CDD, 이슬점 온도) 등이 있으며, 이에 따른 출력(OUTPUT)으로는 모델화 된 에너지사용량 계산, SEnPI, 누적 개선, 연간 개선 및 표준화 된 에너지절감 계산, 비용절감과 이산화탄소 배출 저감량 등이 나온다.



Fig 1. GSEP Energy Saving Verification Tool

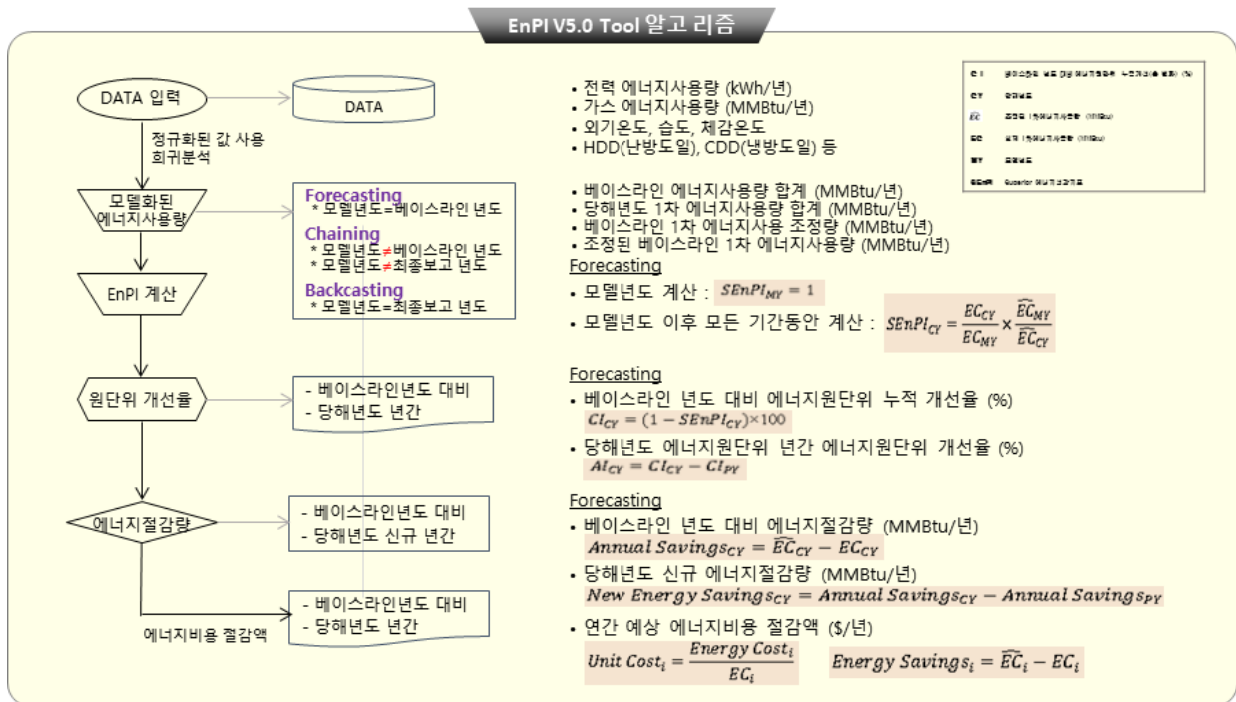


Fig 2. EnPI V5.0 Tool Algorithm Summary

#### 4. 현장방문

에너지절감 성과 검증에 필요한 학교의 특수 요소들을 도출하기 위해 BEMS 및 원격검침계량시스템이 적용된 중·고등학교를 방문하여 현장을 조사하였다.

##### 4-1. M 중학교

M 중학교는 2018년 3월 학교가 설립되었으며, 현재 1학년 216명이 재학 중에 있다. 연차별 신입생

입학 시 학생 수가 증원이 되어 에너지사용량이 증가될 것으로 예상되며, 에너지관련 시설(관리) 현황으로는 건물이 지어진 지 얼마 되지 않아 시설을 관리하는 담당자의 교육이 이루어지지 않아 실시간 모니터링 및 시설의 효율화 관리가 제대로 이루어지지 않고 있었다. 특히, 각 시설마다 사용되는 데이터의 누락과 최대수요전력의 제어대상 부하가 연결되어 있지 않았으며 역률 lead 50~60%이며 EHP, GHP 등 주 냉·난방시설에 대한 가동유무만 파악 중에 있었다.

특히, 학교시설에서 태양광발전시설은 50kW급 2대가 설치 운영되고 있고 약 75kW가 발전되고 있지만 잉여전력의 판매 불가로 활용을 제대로 하지 못하고 방학기간에는 발전량이 거의 버려지고 있다. 그 이유는 학교에서 생산되는 태양광 발전량을 팔 수 없도록 제도화 되어 있기 때문이다.

**4-2. S 고등학교**

S 고등학교는 2014년 10월 학교 설립 인가(8학급)가 되었으며, 총 71실로 구성되어 있다. 에너지 관리 시설(관리) 현황은 학교건물(교실, 행정실, 중앙홀)의 난방은 지역에서 공급되는 열을 이용하고 있으며, 냉방은 가스흡수식 냉온수기기(320RT)을

**Table 2. Process for Energy Saving Verification for School Buildings**

<p>1. ECM 및 학교현황 파악</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ECM 성격 및 이점 이해 : 내용, 시행 위치, 에너지(비용)절감 및 전력수요저감(비용절감) 등</li> <li>• 학교 건물의 M&amp;V 관련 요소 파악 및 자료 수집</li> <li>- 학교 특성과 운영실태 : 실별 용도 및 냉난방 면적의 변화, 수업 일정 등</li> <li>- 학교 에너지 현황, 시설 운영 및 관리 현황, 계측시스템, 데이터 보유실태 등</li> </ul>
<p>2. M&amp;V 설계 및 계획</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M&amp;V 설계 요소에 대한 결정</li> <li>- M&amp;V 옵션 제시(IPMVP에서 정의된 A~D까지 4가지 접근법 적용)</li> <li>- 측정 경계(에너지맵 포함 제시)</li> <li>- 주요 변수 제시 (종속변수) : 에너지사용량(전력, 도시가스 및 기타 사용 에너지) (독립변수) : 평균기온, 습도, 난방도일, 냉방도일, 일조시간의 합, 수업일수</li> <li>• M&amp;V 계획에 포함사항을 작성할 수 있는 방법 제시</li> <li>- M&amp;V 경계 및 프로젝트 경계</li> <li>- 베이스라인 기간 및 보고 기간 (1년)</li> <li>- 에너지절감량 계산방법 (M&amp;V 옵션 및 계산식 포함)</li> <li>- 데이터 수집 목록</li> <li>- 시뮬레이션 개요</li> </ul>
<p>3. 데이터 수집</p>	<p>※ 합의된 M&amp;V 계획의 실행과정</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 데이터의 유형, 수집수단, 정확도, 수집빈도 등 제시</li> <li>• “시행 전” 베이스라인 수립을 위한 지정된 주요 변수 측정</li> <li>• M&amp;V 계획에 따른 기타 데이터 측정 및 수집</li> </ul>
<p>4. 에너지모델 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지사용량에 대한 베이스라인 에너지모델의 개발</li> <li>• 에너지모델의 유효성판단 기준 제시</li> <li>- 모델 p-value&lt;0.1, 변수 p-value&lt;0.2, Adjusted R2&gt;0.5</li> <li>• 베이스라인 에너지사용에 대한 불확도가 감안된 에너지자료 분석</li> </ul>
<p>5. ECM 시행, 측정, 분석</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ECM 시행, 시운전 및 정상상태 운전</li> <li>• M&amp;V 계획에 따라 동일한 측정을 반복 시행</li> <li>• “시행 후” 성능기간동안 주요 변수 재 측정</li> <li>• 오류 또는 누락이 발견된 경우 데이터 품질 검토 및 수정 조치</li> <li>• “시행 후” 데이터에 의한 베이스라인 조정</li> <li>• 에너지절감량 계산식 제시</li> <li>- EnPI 계산 : 정규화 된 값을 사용하는 “회귀분석”의 경우 Forecasting, Chaining, Backcasting 방법을 사용할 수 있음</li> </ul>
<p>6. 보고서 작성, 사후관리</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 산출결과 보고서 작성</li> <li>• 절감량은 정확성 및 신뢰성을 포함하여 표기</li> <li>• 지속성을 감안한 예상 절감 기대효과 산출</li> <li>• 필요시 정기 검토 또는 추가 M&amp;V 실시</li> </ul>

주) ECM (Energy Conservation Measure) : 에너지절감 프로젝트/프로그램 등

이용하여 냉수를 공급하고 있었다(방학중에도 계속 가동). 냉난방은 각 층별로 4개 ZONE으로 구획하여 실내온도조건에 따라 FUC 팬을 ON-OFF 운전하고 있고 식당은 전기히트펌프(9.5RT급 4대)를 이용하여 냉·난방에너지를 공급하고 있다. 강당(체육관)은 지열 히트펌프를 이용하여 냉·난방에너지를 공급하고 있었다.

냉방전용의 가스흡수식 냉온수기기를 가동하고 있으나 가스사용량 및 기기의 성능(효율)과 관련된 모니터링 시스템은 구축되어 있지 않고, 기기의 이상 유무한 중앙관제센터에서 관리하고 있으며, 전기히트펌프, 지열히트펌프는 식당 및 강당의 냉·난방용으로 사용하고 있으나 기기별 전력사용량 및 성능(효율)과 관련된 모니터링 시스템이 구축되어 있지 않다. 효율적인 냉난방을 위해 층별 4개 존으로 구분하여 실내온도에 따라 FUC팬은 ON-OFF하고 있었으며, 실별 온도제어나 냉수고급을 차단하는 제어 방식은 채택하지 않고 있다.

## 5. 국제 적용 가능한 ZES 에너지성과 검증 방법론

학교 건물의 신축시에는 법규에 의거 에너지이용 효율향상 시설(설비) 및 신재생에너지설비를 의무화 도입하고 있으며, 기존 학교의 경우, 학교건물의 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.

금번 연구를 통하여 국제표준 및 가이드선분석과 동시에, 국내 학교현장 방문을 방문하여 각종 변수 등에 대한 조사 분석을 통하여 국제적으로 적용 가능한 Zero Energy School의 에너지성과검증 방법을 개발, 제시하고자 한다.

에너지성과 검증방법 개발을 위하여 ISO50006, ISO17741, GSEP 2장 프로젝트 M&V 계획 수립, FEMP, New SouthWales 주정부 자료, World Bank 자료를 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, 보온 강화, 운영형태 변경, 운전방법 개선 등 각종 에너지절약사업의 수행과 에너지절약사업 이행 전·후

의 에너지절감량을 검증할 수 있는 M&V 방법 등에 대하여 다음과 같이 제시한다.

## 6. 결론

제로에너지스쿨을 구현하기 위해서는 기존 설계 방식이 아닌, 학교 건축 특성에 적합한 통합 설계 프로세스를 적용해야 하며, 구현후 건축물 소유주, 에너지 관리자는 에너지 절감량 검증 방법론을 통해 운영의 효율적인 개선 방법을 제공하여야 한다. 이는 실용적인 정보, M&V 방법론, 다양한 사례연구 제공을 통해 학교 건물의 에너지 자립화에 필요한 최적 선택이 가능하며, 이를 통해 건물의 성능 검증 및 평가가 체계적이고 객관적으로 이루어 질 수 있다.

특히, 에너지 절약 방법과 시기에 대한 불확실성으로 인해 민간 투자가 저해될 수 있기 때문에 학교 건물 특성에 맞는 비용 효율적인 솔루션과 데이터의 세분화와 대용량 분석을 자동화하여 최상의 신뢰성을 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

## 후 기

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

## References

1. ISO 50006:2014, Energy management systems - Measuring energy performance using energy baselines (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 calculation 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) Volume 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