

ESCO를 위한 선진국의 에너지성능 측정 및 확인규약 현황

ESCO사업시 에너지성과배분계약을 위한 에너지절약치의 성능측정 및 확인과정과 관련하여 미국을 중심으로한 선진국의 진행현황을 살펴본다.



조 성 환



김 원 태



국내 ESCO 사업은 1992년도에 3업체가 등록하여 활동을 시작한 후 99년도 말에 약 55개업체, 2000년도 2월 말 현재 총 60개의 업체가 등록하여 활동중에 있다. 이러한 수적인 급성장에도 불구하고 지금까지 에너지절감량을 기초로 한 에너지성과배분제도의 시행은 정액배분방식에 의존하고 있다. 에너지성과배분이 절약치를 근거로한 성과배분방식으로 전환되기 위해서는 이를 뒷받침 할 수 있는 에너지성능측정 및 확인기술이 확립되어야 한다.

에너지절약성능계약체결의 측면에서, 에너지성과배분은 절약치를 결정하는 방법에 따라 다르다. 그러므로 에너지절약치에 대한 측정 및 확인 과정은 절약치를 문서화할 때 성능계약을 실시하는 것과 관련하여 가장 중요한 활동중의 하나이다. 이것은 프로젝트에 소요되는 전체비용 다음으로 중요한 협상 논점이 되며 에너지절약전문기업들과 그들 고객들 간에 분쟁을 일으키는 원인이 되기도 한다.

따라서 본 고에서는 최근에 미국을 중심으로 이루어지고 있는 선진국의 에너지 절약치를 정

량화하기위한 에너지성능 측정 및 평가(M&V) 과정의 진행현황과 에너지 절약성능계약 프로젝트들과 관련된 진행과정을 살펴보고자 한다.



연방 에너지성능측정 및 확인 규약(FEMP)

미국 연방정부의 정부시설에 대해 에너지절약의 일환으로 성능측정 및 평가지침을 최초로 적용하는 프로그램인 "연방 에너지 프로젝트를 위한 M&V 지침서"(DOE 발행 #DOE/GO - 10096-248)를 1996년 2월 개발하였다. 이것이 에너지 절약 프로젝트의 성과를 확인할 수 있게 미국 연방정부의 에너지 관리자들을 지원하는 프로그램인 FEMP이다. FEMP는 IPMVP의 특정 에너지 소비에 대해 에너지절약 적용방법의 모델을 제공하는 IPMVP에 근거한 지침서로서 1996년에 버전 2, 1999년에 버전 2.1이 발표되었다. FEMP에 의해 작성된 에너지절약성과에 대한 총괄배분계약서(Super Energy Savings Performance Contracts: Super ESPC) 프로그램은 민간부문 자금의 지원을 받아서 운영비의 절감조치를 촉진시키는 것이다. 1992년 미국은

조 성 환 한국에너지기술연구소 건축설비연구팀 책임연구원(shcho@kier.re.kr) 김 원 태 공주대학교 산업공학과 조교수(kwt@knu.kongju.ac.kr)

에너지정책활동(EPAct)과 행정부령 12902에 정부시설에 대한 에너지사용절감 목표를 정의하였고 에너지성과배분계약서에 대한 법률적 조항은 USC 8287의 Title 42을 기초로 하고 있다.

국제 에너지성능측정 및 확인 규약(IPMVP)

1994년 초, 미 에너지성은 효율의 성과를 확인할 수 있는 에너지절약프로젝트를 발주하였고, 이로부터 산업체들과 공조하여 에너지 효율 투자를 측정하고 확인하기(M&V) 위한 국민적 컨센서스의 접근방식을 개발하기 위하여 “북미 측정 및 확인 규약(NEMVP)”을 1996년 3월에 발간하였다. <표 1>에서 보여진 바와 같이 1997년도 12개국으로 구성된 국가 기관과 20개국 이상의 나라로부터 국제적인 전문가와 협력하기 위한 글로벌 네트워크를 포함한 전세계 전문가들로 컨센서스를 구축하여 2판이 작성되었다. 2판에는 신규 건물 프로젝트와 물에 대한 에너지절약 효율 등의 내용 추가, 많은 국제적 전문가의 참여, 범국가기관이 참여하여 작성된 이유로 IPMVP(International Performance Measurement and Verification Protocol, 1998)라 이름을 새로이 하였다.

<표 1> IPMVP에의 국제적 참여 현황

분 류	참 여 현 황
참여국가 (기관)	미국(ASHRAE, AWWA, BOMA, NAESCO, DOE, EPA), 브라질(INEF, PCDEE, MME), 불가리아(EnEffect), 캐나다(CAESCO, NRC), 중국(SETC, BECON, EPRI), 체코(SEVEng), 인도(TERI), 한국(KEMCO), 일본(MITI), 멕시코(CONAE), 폴란드(FEWE), 러시아(CENEf), 우크라이나(ARENA-ECO), 스웨덴(SNB-TUD), 영국(ACE)
번역서 출간언어	불가리아어, 중국어, 체코어, 한국어, 일본어, 폴란드어, 포르투갈어, 러시아어, 서반어, 우크라이나어
구성된 위원회	정책위원회, 기술분과위원회, 재정분과위원회, 물분과위원회, 신규건물분과위원회

FEMP와 IPMVP의 관계

FEMP는 정부에서 시행하는 ESCO 사업에서 에너지절약프로그램에 의하여 발생하는 에너지 절약치를 정량화하기 위한 과정과 지침을 기술한 문서로서, 프로젝트의 실행은 정부의 에너지 성과배분계약제도(ESPC)를 기초로 실시된다. 에너지 절약치에 대한 측정 및 확인 과정은 절약치를 문서화할 때에 성능계약을 실시하는 것과 관련하여 ESPC는 FEMP의 가장 중요한 활동 중의 하나이다. 한편, IPMVP는 정부, 민간 및 산업계의 기술, 구매, 금융지원 전문가에 의해 작성된 자발적인 합의문서이다. IPMVP는 공공 및 민간 부문의 제3자 금융지원 에너지 프로젝트를 평가하기 위해 M&V 기법의 골격을 설정한 것으로 FEMP 문서에서와 같이 에너지 절약프로그램의 M&V 지침서 준비의 근거로 사용되도록 의도된 것이다.

<표 2>에 보여진 것처럼 FEMP의 M&V 지침서는 정부의 에너지 관련 조달팀과 에너지관리 기관의 에너지 프로젝트에 종사하는 계약자들을 위해 작성된 것으로 사용자 하여금 정부의 특정 프로젝트의 M&V 계획에 대해 가장 적절한 M&V 옵션과 방법을 선택하도록 도움을 준다. 반면에, IPMVP는 제안요청서(RFP) 준비, 제안서 평가, 계약 기간 중 에너지 절약치에 대한 대금 지불 근거 설정 등 M&V 사양서 작성에 대한 절차를 포괄한 국제적인 에너지절약 규약이다.

<표 2> FEMP와 IPMVP 구성 비교

	FEMP	IPMVP
1부	ESPC 개론 및 M&V 소개	IPMVP의 목적 및 배경
2부	Super ESPC 프로젝트	에너지와 물 효율 금융지원에서의 M&V 중요성
3부	옵션A의 M&V 방법 옵션B의 M&V 방법 옵션C의 M&V 방법 옵션D의 M&V 방법	측정 및 확인 개요 M&V 옵션(A, B, C, D)
4부	물 프로젝트의 M&V 방법	기타 M&V 옵션
5부	기타 M&V방법 (신규 건축물, O&M측정, 폐열발전, 재생에너지)	신규건물의 M&V

〈표 3〉 M&V 옵션 개요

측정 및 평가 옵션	절약치 계산 방법	비 용 (건축비 대비 %)
옵션 A : 절약시설의 설치를 보장하기 위한 절약시설변화의 물리적 산정에 초점을 두어 명시한다. 핵심 성능인자(예: 조명 Watt 또는 냉방기 효율)는 현장에서 단기간의 측정으로 결정되고 가동 인자(예: 조명 가동 시간 혹은 냉방 ton/h)는 기존의 기록 자료나 단기간 측정치에 근거하여 약정된다. 성능 인자와 적절한 가동상태가 매년 측정되거나 조사된다.	현장 혹은 단기적인 측정치를 사용한 공학적 계산, 컴퓨터 시뮬레이션 혹은 기록된 자료	측정 자료의 수에 따라 추정 비용 범위는 1%~5%
옵션 B : 절약치는 단기적으로 혹은 장비나 시스템 수준에서 성능계약 전기간 내내 실시되는 연속 측정에 의한다. 성능 및 가동 인자 모두 모니터링된다.	계측 자료를 이용한 공학적 계산	측정시스템 수와 유형 및 분석/계측기간에 따라 추정 비용범위는 3%~10%
옵션 C : 프로젝트 완결후, 절약치는 당해년도와 기록된 시간별 혹은 월별의 유틸리티 계량기나 부 계량기 자료를 사용하여 "건물전체" 혹은 시설 수준에서 결정된다.	단순 요금고지서 비교로부터 다중변수 회귀분석에 이르는 기법을 이용한 유틸리티 계량기 자료에 대한 분석	요금고지서 분석에서 변수 개수와 복잡도에 따라 추정 비용범위는 1%~10%
옵션 D : 절약치는 시설 구성요소 및/혹은 전체시설에 대한 시뮬레이션을 통해 결정된다.	보정된 에너지 시뮬레이션/모델링: 유틸리티 요금고지서 자료 및/혹은 최종 사용량 계측	평가되는 시스템수와 복잡도에 따라 예상비용 범위는 3%~10%

FEMP 지침서의 초점은 특정 프로젝트에 대해 가장 적합한 M&V 옵션과 방법을 선택하는 것이다. 설치전과 설치후의 에너지 사용량 측정치 혹은 예측치는 옵션 A, B, C 및 D의 네 개의 부류로 대별된다. 연방정부의 예상과 각 특정 프로젝트의 특징에 따라서 하나의 특별한 옵션을 선택한다. 여기서 "전" 이란 설치전 즉, 기준을 일컫는다. "후" 란 에너지절약시설의 설치후를 의미하는 것으로 체결된 계약에 의해 측정기기에 의해 에너지 절약 성능을 측정하는 기간이다. 에너지 절약치는 에너지절약조치를 위한 설치 전과 후의 설비 혹은 시스템들과 관련된 에너지의 사용량을 비교하여 결정된다.

측정 및 확인 옵션

개보수 확인 측정의 방법 및 기간에 따라 옵션은 달라진다. 예를 들어, 옵션 C는 전체 빌딩 또는 전체시설 수준에서 이루어진 측정치를 사용하는 반면, 옵션 A와 B는 시스템 수준에 초점을 맞춘것 이다. 옵션 B와 C는 계약기간중 연속적이거나 정기적인 측정을 사용하는데 반하여, 옵션 A는 단기간의 측정치를 사용한다. 옵션 D는 컴퓨터 시뮬레이션 기법을 포함한다. 각각의 옵션은 현장의 특징과 연방정부(에너지 기관)의 필요 및 예측 상황에 의해 서로간에 장·단점을 갖고 있다.

(1) 옵션 A

옵션 A에 대한 확인 기법은 개보수의 전·후 시스템에 대한 용량이나 효율을 측정한 후 약정되거나 합의된 가동시간이나 시스템에 걸리는 부하 등을 곱하여 주는 것에 의하여 절약치를 결정한다. 옵션 A는 조명시스템이나 냉동기와 같은 건물 내부에 설치된 시스템에 적용하는데 적당하나 이 방법은 설비의 운영방법이 크게 변경되지 않는 프로젝트에 적당하다. 대금

지불은 시스템 성능에 대한 정기적인 측정치에 근거하여 변경될 수 있다. 기준 및 설치후 설비 확인은 일관성 있게 이루어져야 한다. 모든 설비 기준들은 기술된 가동조건과 일치되고 정확하다는 것이 공식적으로나 비공식적으로 확인되어야 한다. 실제로 현장진단은 거의 모든 경우에 필요하다.

(2) 옵션 B

옵션 B에 대한 확인 기법은 장기적이며, 연속적인 성능 측정이 요구되는 프로젝트에 대하여 적절하다. 옵션 B하에서는 에너지절약조치나 시

시스템설치 후에 각각에 대한 성능이 연속적으로 측정된다. 이 측정된 성능은 절약치를 결정하기 위해서 기준 모델과 비교된다. 옵션 B 기법은 에너지절약조치이나 시스템의 운영과 성능에 관한 장기적이고 지속적인 자료를 제공한다. 이들 자료는 실시간에 기초하여 설비에 대한 운영상태를 개선하거나 최적화 하는데 사용될 수 있게되어 개보수의 이점을 향상시킨다.

모든 최종사용단계에서의 기술적용의 적합성은 옵션 B에 의하여 확인될 수 있다. 그러나 확인의 난이도와 비용은 계측의 복잡성이 증가하면 증가한다. 에너지 절약치가 얼마나 정확해야 할 것인가는 연방(대행)기관이 정하든가, ESCO와 협정하여야 한다. 에너지절약의 측정이나 결정에 사용되는 절차는 옵션 A에서 사용되는 것들보다 더 어렵고 비용도 많이 든다. 그러나 대부분 결과는 옵션 A보다 정확하다.

(3) 옵션 C

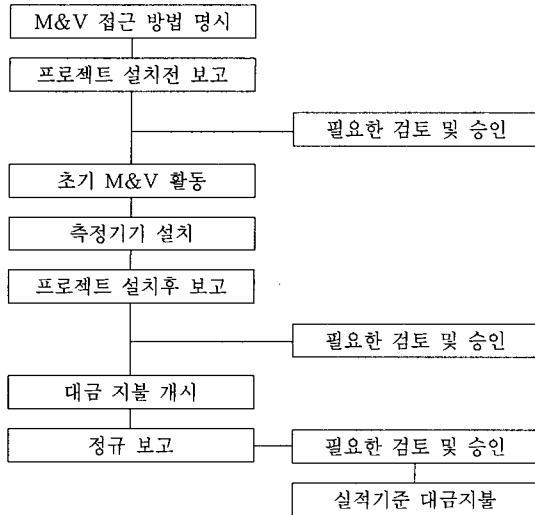
옵션 C에 대한 확인기법은 시설의 총 에너지 사용량을 조사한 후, 시설에 대한 총에너지 사용량에 영향을 미치는 에너지절약 프로젝트의 영향을 규명함으로써 절약치를 결정하는 것이다. 옵션 C 방법은 에너지 시스템간 상호작용을 측정하거나 건물의 단열강화 및 외피에 대한 측정 등 직접적으로 측정될 수 없는 프로젝트의 영향을 결정하는 데에 필요하다. 절약량이 관련된 모델링의 오차보다 더 크면, 모든 최종 단계 내에서의 적용기술의 적합성은 옵션 C로 확인될 수 있다. 장기적인 계약에 있어서 에너지절약조치에 의해서 발생하는 변화보다는 다른 변화요인들을 고려하는 것이 옵션 C에서 주로 다루는 과제이다. 일반적으로 옵션 C는 개보수 전에 9~12개월간의 자료와 개보수 후에 연속적인 시간별 혹은 월별 건물전체 데이터를 필요로 한다.

(4) 옵션 D

옵션 D는 개보수 후 에너지 절약량을 확인하기 위해서 기준 및 설치 후에 대한 에너지 사용량으로서 보정된 시뮬레이션 결과를 활용하는 경우이다. 이 방법은 시뮬레이션으로 에너지사용량을 예측하기 위해서 설비나 시스템 및 건물전체에 대한 개보수 전후의 에너지사용량에 대한 측정결과를 이용할 수도 있다. 옵션 D는 (a) 에너지절약의 가능성이 확인되어야 하고 (b) 계약기간동안 실제 에너지 사용량이 절약량 계산을 위해서 기준 모델과 비교되고 분석되어야 하는 프로젝트에 적용될 수 있다. 옵션 D는 건물의 보정된 시뮬레이션의 결과를 사용하여 계약기간동안의 에너지 절약량을 확인하기 위한 절차를 포함한 것으로 설치된 에너지 절약 시스템들 간의 연관성이 크고 요소별 절약량에 대한 측정이 어려운 경우에 사용될 수 있다. 정확한 모델링과 보정이 옵션 D가 당면한 주요 과제이다. 건물 시뮬레이션 모델은 DOE-2 등 정교한 모델, 스프레드시트, 구매자 예측 프로그램이 있다. 실제 운영 조건을 시뮬레이션 입력값으로 입력한 후 계산되어진 결과를 실제 건물전체의 자료와 비교함으로써 보정이 이루어진다.

절약치 잠재성 확인

에너지절약량을 산출하기 위해 연방(대행)기관은 결정하기 어렵거나, 계약기간 중에 변할 수 있는 요소들의 수치를 약정한다. 이들 약정에서, ESCO와 연방(대행)기관은 서로간에 합의한 절약치가 대략적인 분석치와 측정치를 갖는 과정을 통해 결정되는 절약치가 같지 않을 것이라는 것을 인정해야 한다. 예를 들어 조명 프로젝트의 경우, 연방(대행)기관은 ESCO로 하여금 기준 및 설치후 조명 등기구의 전력을 측정하고나서 조명 가동시간을 약정한다. 사용된 모든 기술은 옵션 A를 사용하여 확인될 수 있지



〈그림 1〉 1차년도 M&V 프로젝트 절차 개요

만 이 옵션 사용에 따른 정확성여부는 측정의 복잡성에 일반적으로 반비례한다. 따라서, 단순 조명 개보수를 할 때의 절약치는 냉방기 개보수를 할 때의 절약치보다는 옵션 A를 이용할 경우 정확하게 추정된다. 만약 보다 높은 정확성이 요구된다면 옵션 B, C 혹은 D가 더 적절할 수 있다.

ESCO 사업의 절약치 결정

ESCO와 연방(대행)기관은 에너지절약조치 시스템이 설치된 후에 계속적으로 또는 정기적으로 설치현장에 적절한 측정 및 확인 계획에 따라서 정해진 확인기법들과 합의한 측정 및 확인 방법에 따라서 에너지 절약치를 결정하게 된다. 기후, 가동시간, 냉방기 교체 프로젝트에 대한 부분부하 성능 및 열교환기 오염과 같이 계약기간 중에 에너지절약에 영향을 미치는 요소들은 무척 많다. 어떠한 절약치 분석에서도 약간의 가정이나 약정을 하게 된다. 약정에 이용된 경우 수와 이들의 중요도에 따라 절약치 추정의 정확성이 결정된다. 늘 그런 것은 아니지만 통상적으로 에너지성과배분 대상물은

ESCO의 관리를 벗어나는 요소들에(예: 건물의 재실자와 날씨) 증감 조정되고, ESCO가 관리할 수 있는 요소들(예, 시설효율의 유지관리)에 따라 설치후 에너지사용량이 조정되게 된다.

특정현장에 적합한 측정 및 평가 계획은 계측과 모니터링이 모든 당사자들이 인증할 수 있는 정확도를 가지고 일관성 있고, 논리적 방법으로 행해지고 있음을 인증할 수 있어야 한다. M&V 접근 방법 중 대표적인 사항은 아래와 같다.

계측과 모니터링

계측과 모니터링에서는 무엇을, 어떻게, 언제, 누가, 어떤 계측기를 사용하여 측정되었는가를 정확하게 나타내주어야 한다. 수집된 자료가 타당하다는 사실을 확인하기 위해서 센서와 계측기를 보정해 둘 필요가 있다. 프로젝트 정보와 계측기로 측정되어진 자료는 표본양식에 의해서 유지 관리되어야 한다. 기본적으로 사용된 자료와 수정된 자료가 모두 연방(대행)기관에 제출되어야만 한다. 프로젝트의 설치 전과후에 설치된 설비에서 사용된 에너지사용량을 정확하게 나타낼 수 있도록 하기 위하여 계측 및 모니터링 기간은 충분히 설정되어야 한다. 측정된 데이터는 정해진 기간내에서 대표적인 시스템 출력으로 사용될 수 있다. 이 때, 이들 측정결과는 연간 및 사용 기간동안의 에너지 소비량을 결정하는데 쓰여질 수 있다. 측정이 수행된 기간은 에너지절약조치 혹은 시스템의 장기적인(즉, 연간) 성능을 나타낼 수 있는 것이어야 한다. 예로서, 일년동안 매일 가동되는 창고에서의 조명 개보수는 단지 몇시간의 계측으로 충분하다.

기준 조정

성과배분계약 기간 중에 요구되는 기준 조정은 성능 계약시 논쟁이 일어날 수 있다. 따라서 부과된 유틸리티 요금에 의하여 에너지 절약량을 결정할 경우라도 완벽하고 상세한 진단이 요구된다. 기준이 조정되어야 하는 상황에 대한 예로는 (a) 공조 공간 크기의 변화, (b) (모터, 펌프 등) 부수 시스템의 변화, (c) 재실자, 혹은 재실 일정의 변화 등이 있다.

질적 수준의 품질관리

에너지성과배분계약 프로그램을 위하여 설치된 측정기기는 연방(대행)기관이 요구하는 적정의 질적 수준을 유지해야 한다. 예로서 조도를 줄이기 위한 조명은 최소 조도기준을 유지해야 한다.

에너지 비용

에너지성과배분계약의 궁극적 목표는 시설에서의 에너지 비용이나 운영비용을 절감시키는 것이다. M&V 계획은 비용절감이 이루어질 수 있도록 계획되어야 한다. 에너지 비용절감은 에

너지 절감량과 절약된 에너지의 단가를 이용하여 계산된다. 대개의 경우, 에너지 단가는 프로젝트가 실행될 때의 유틸리티 공급사의 에너지 요금표에 의존하게 된다. 에너지 비용절감을 산출하는데 쓰일 에너지단가는, 비용절감에 영향을 미치는 모든 요소들을 사용하여 절감이 계산되도록 하기 위해 계약에 상세히 명시되어야 한다.

지금까지 미국을 중심으로 한 선진국의 에너지절약치를 정량화할 수 있는 에너지성능측정 및 평가규약의 개발현황과 에너지절약프로젝트의 진행과정을 살펴보았다.

국내의 ESCO사업이 양적으로 뿐만 아니라 질적으로 성장하기 위해서는 성과배분방식이 정액배분방식에서 탈피하여 실질적인 성과를 기준으로 한 변동배분방식으로 변화가 있어야 할 것이다. 이를 위해서는 관련당사자들이 동의할 수 있는 국내실정에 맞는 M&V규약이 하루 빨리 만들어져야 할것이라 사료된다. ⑤