

수요관리 투자사업의 성과검증(M&V)모형 개발

조성환*, 최봉하**, 김의경***, 전호철***

*전주대학교 기계자동차공학과, **한국에너지기술연구원, ***에너지관리공단

Development on the M&V Protocol for DSM Investment Program

Sung Hwan Cho*, Bong Ha Choi**, Euy Kyung Kim***, Ho Cheol Jeon***

*Department of Mechanical and Automotive Engineering, Jeonju University, Korea

** Korea Institute of Energy research

***Korea Energy Management Corporation

ABSTRACT: DSM(Demand Side Management) is reducing the load of energy supply utility through energy conservation and energy load distribution. This kind of program is necessary especially to our country which import above 97% of energy source. But the effectiveness of this kind program is not verified well even though our country is executing the various DSM programs. This study suggests M&V(Monitoring & Verification) guideline for DSM programs which are executing in Korea and shows the results which applied to verification of DSM programs.

Key words: DSM (수요관리), M&V Protocol (성과검증 모형)

1. 서 론

기존의 천연가스과 지역난방 분야 수요관리 투자사업에 대한 평가는 계획한 예산과 집행된 예산과의 비교, 그리고 전년대비 예산 증가율 위주로 이뤄져 왔다. 그 결과 단순히 예산 증액을 위해 실질적인 수요관리 효과가 불분명한 프로그램들이 수요관리 투자사업들에 포함되었다. 또한, 효율적인 예산 집행 여부를 판단하지 못하여 제대로 된 사업 평가가 이뤄지지 못했고, 이는 효과적이지 못한 사업 수행으로 이어졌다.

이에 새로운 평가시스템 개발이 요구되었고, 새로운 평가시스템에서는 단순 예산 중심이 아닌 사업 수행을 통한 실질적인 에너지 절감 효과 또는 부하 관리 효과를 측정하여 이를 수요관리 투자사업 평가의 기초로 활용하고자 하였다. 이를 위해서는 다양한 수요관리 투자사업들의 성과를 검증하고 평가(M&V, Measurement&Verification)할 수 있는 객관적인 방법의 개발이 선행되어야 한다.

지금 까지 에너지 절약성과에 대한 M&V를 위하여 국제적으로는 IPMVP, FEMP, NEMVP, 국내적으로는 ESCO 사업을 위한 M&V 기법 등 몇 가지 연구는 이루어져 왔지만 이들은 에너지 사용 설비에 대한 정밀 측정을 통한 M&V로서 국가적인 수요관리 투자사업에 이러한 연구 결과를 활용하기에는 접근 방법에 차이가 있다.^{[1],[2],[3]} 따라서 수요관리 투자사업의 M&V를 위해서는 사업별로 새로운 접근방법이 필요하다.

이에 본 연구에서는 천연가스과 지역난방 분야의 실제 수요관리 투자사업들에 대한 M&V 방법을 개발하고, 사업별 수요관리 효과를 산출하여 제시하고자 한다.

2. M&V 가능한 수요관리 투자사업 분류

현재 한국가스공사와 한국지역난방공사에서는 다양한 수요관리 투자사업들이 추진되고 있지만 M&V가 가능한 사업은 한국가스공사에서는 3가지 사업, 한국지역난방공사에서는 1개 사업에 대

하여 가능하다. M&V가 가능한 한국가스공사의 수요관리 투자사업은 다음과 같다.

- 열병합 장려금 지급사업
 - 열병합 설치지원금 지급
 - 열병합 설계지원금 지급
- 가스냉방 장려금 지급사업
 - 가스냉방 설치지원금 지급
 - 가스냉방 설계지원금 지급
- 산업용 장려금 지급사업

M&V가 가능한 한국지역난방공사의 수요관리 투자사업은 다음과 같다.

- 열사용량 절감 인센티브 지원사업

3. M&V 산출절차

일반적으로 수요관리 투자사업에서 M&V는 사업계획서 작성 시 예측을 통한 검증 방법과 사업결과에 대한 타당성을 검증하는 두 가지 방법으로 진행이 될 수 있다.

이때 사업계획서 작성시의 절차를 간략하게 요약하면 아래 Fig. 1과 같다. 즉 수요관리 투자사업이 효율향상 사업이나 부하관리 목적의 수요창출 사업이나에 따라서 접근방법이 다르게 된다. 효율향상사업이면 에너지 절감량을 계산하여 수요관리 투자효과를 환산하지만 수요창출사업이면 추가로 사용되어질 가스량에 따라서 창출량이 환산되어질 수 있다.

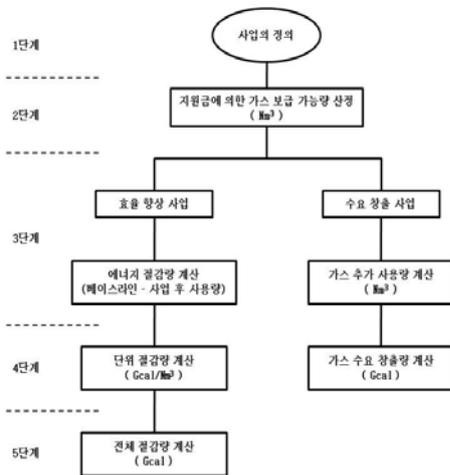


Fig. 1 M&V산출절차

사업결과에 대한 타당성을 검증하는 방법은 효율향상 사업이나 수요창출 사업이나 모두 실제 사용량을 근거로 하여 수요관리 투자사업을 평가하기 때문에 가스사용 기기는 보급대수, 가스 사용량은 실제 사용량의 계량된 결과를 활용하여 사업결과를 평가하게 된다.

4. M&V 산출방법

수요관리 투자사업에서 M&V는 사업의 유형에 따라서 아래와 같이 각기 다르게 접근된다. 따라서 이를 사업유형별로 나타내면 아래와 같다.

4.1 열병합 장려금 지급 사업

4.1.1 사업계획서에서의 M&V

1) 산출기준

열병합 발전시설의 보급확대를 통한 천연가스 수요관리를 위하여 열병합 장려금은 설치지원금 및 설계장려금으로 지급된다. 이러한 지원금은 동일 시설에 대하여 이중 지급되므로 설치지원금 및 설계장려금 중 설치지원금을 대상으로 한 연간 전체 가스 사용량을 산정할 수 있다.

이때 연간 전체 가스 사용량의 예측은 계획된 설치지원금과 같이 기존의 실적치를 근거로 하여 단위 용량 당 가스사용량을 곱함으로써 연간 전체 절감량을 산정할 수 있다. 이를 식으로 나타내면 아래와 같다.

- 예측된 연간 전체 가스 사용량
- = 계획된 설치지원금 × 기존의 실적치(백만원당 kW) × 단위 용량당 가스 사용량(천Nm³/kW)

2) 산출 계산식

열병합발전시스템은 건물 유형(아파트, 병원, 역사 등)별로 설치될 수 있으므로 건물유형별 연간 에너지 절감량을 계산하는 방식은 아래와 같다.

- 설치용량에 따른 건물 유형별 연간 에너지 절감량(Mcal)을 계산하는 방법은 아래와 같다.

$$= \left(\sum_1^n \text{소형}/n + \sum_1^m \text{중형}/m + \sum_1^p \text{대형}/p \right)$$

- 전체 에너지 절감량 계산방법은 아래와 같다.

$$\text{전체 에너지 절감량} = \sum_1^n \text{건물 유형}$$

(건물 유형 : 아파트, 병원, 역사 등)

이때 연간 에너지 절감량을 나타내는 식은 아래와 같다.

- 연간 에너지 절감량 = 베이스라인 에너지 사용량 - 개선 후 에너지 사용량
- 베이스라인 에너지 사용량 = 수전량 + 보일러용 연료사용량
- 개선 후 에너지 사용량 = 수전량 + 열병합발전용 연료사용량 + 보조 보일러용 연료사용량

단위 절감량은 아래와 같이 정의되며 전체 절감량은 단위 절감량에 전체 가스 사용량을 곱하면 된다.

- 단위 절감량(Gcal/Nm³) = 연간에너지 절감량(Gcal) / 단위 투입 가스량(Nm³)
- 전체 절감량 = 단위 절감량(Gcal/Nm³) × 전체 가스 사용량(Nm³)

Table 1 아파트의 베이스라인 데이터

용량 (kW)	수전량 (kWh)	보일러 연료사용량 (Gcal)
100 이하	655,300	1,698
100 < , < 200	1,663,000	5,688
200 < , < 300	2,484,686	7,834
300 < , < 400	3,426,199	11,300
400 < , < 500	3,720,000	12,748
500 < , < 600	4,195,826	13,720
600 < , < 700	4,673,000	16,726
700 < , < 800	4,866,000	16,694
800 < , < 900	5,121,000	17,603
900 < , < 1000	5,348,000	18,410
1,000 이상	5,552,000	19,137

Table 2 아파트의 개선 후 데이터

용량 (kW)	수전량 (kWh)	열병합 연료사용량 (Gcal)	보일러 연료사용량 (Gcal)
100 이하	298,340	3,405	880
100 < , < 200	601,000	4,391	2,766
200 < , < 300	915,240	5,172	3,949
300 < , < 400	1,394,013	6,799	6,038
400 < , < 500	1,093,000	8,199	7,462
500 < , < 600	2,078,994	8,115	8,371
600 < , < 700	1,317,000	11,358	7,314
700 < , < 800	1,753,356	11,789	8,825
800 < , < 900	1,841,495	13,069	9,306
900 < , < 1000	1,919,821	14,349	9,733
1,000 이상	1,990,299	15,629	10,118

* 에너지관리공단 공동주택 소형열병합발전 운영실태조사보고서, 2006-2007^{(4),(5)}

Table 3 병원건물의 베이스라인 데이터

용량 (kW)	수전량 (kWh)	보일러 연료사용량 (Gcal)
< 500	3,471,511	2,300
500 < , < 1000	4,003,720	3,286
> 1000	7,332,790	5,067

Table 4 병원 건물의 열병합발전 개선 후 데이터

용량 (kW)	수전량 (kWh)	열병합 연료사용량 (Gcal)	보일러 연료사용량 (Gcal)
< 500	2,434,000	1,715	863
500 < , < 1,000	3,634,000	2,572	1,294
> 1,000	5,354,000	3,773	1,898

* 에너지관리공단소형열병합운영실태조사 자료, 2004

Table 5 특수(역사) 건물의 베이스라인 데이터

용량 (kW)	수전량 (kWh)	보일러 연료사용량 (Gcal)
4,314 KW 기준	34,955,736	10,451

Table 6 특수(역사) 건물의 개선후 데이터

용량 (kW)	수전량 (kWh)	열병합 연료사용량 (Gcal)	보일러 연료사용량 (Gcal)
4,314 kW 기준	32,134,036	7,098	9,730

* 수원 애경역사 측정데이터

이때 기존의 실적치를 근거로 하여 열병합발전 시스템이 설치되는 건물의 유형을 병원, 아파트, 역사 건물로 구분하였으며 이에 필요한 기초 데이터는 실제 사용량을 근거로 데이터베이스화 하였다. 이를 나타내면 위의 Table 1-6과 같다.

4.1.2 시행결과서에서의 M&V

시행결과서에서의 M&V는 실제 사용량을 근거로 하여 아래와 같이 계산한다.

1) 산출기준

- 연간에너지 절감량 = 베이스라인 에너지사용량 - 개선 후 에너지사용량
- 베이스라인에서 에너지 사용량 = 개선 전 실제

에너지 사용량 집계

- 개선 후 에너지 사용량 = 개선 후 실제 에너지 사용량 집계

2) 산출 계산식

- 연간에너지 절감량 = 베이스라인 에너지사용량 - 개선 후 에너지사용량
- 베이스라인에서 에너지 사용량 = 수전량 + 보일러연료사용량
- 개선 후 에너지 사용량 = 수전량 + 열병합발전용 연료사용량 + 보일러용 연료사용량

3) 산출 계산방법

개선 후 1년 동안의 보급 실적을 기준으로 에너지 사용량을 예측하며 베이스라인 및 개선 후 용량별 에너지 사용량은 데이터 베이스화 된 데이터를 사용하여 계산한다.

4.2 가스냉방 보급확대 사업

4.2.1 사업계획서에서의 M&V

1)산출기준

가스냉방시설의 보급확대를 통한 천연가스 수요관리를 위하여 설치지원금 및 설계장려금으로 지급된다. 이때 이러한 지원금은 동일 시설에 대하여 이중 지급되므로 설치지원금 및 설계장려금 중 설치지원금을 수요관리 대상으로 산정한다. 연간 전체 냉방 용량을 예측하는 식은 아래식과 같다.

- 연간 전체 냉방 용량 = 계획된 설치지원금 × 기존의 실적치(백만원당 RT)

2) 산출계산식

가스식 냉방기기의 용량별 가스사용량을 예측하는 식은 아래와 같다.

- 냉방기기의 가스사용량

$$= \left(\sum_1^n \text{소형}/n + \sum_1^m \text{중형}/m + \sum_1^p \text{대형}/p \right)$$

- 용량별 연간가스 사용량 = 가스식 냉방기 용량 (RT)/COP × 3.0Mcal/h × 부하율(%) × 가동

시간(h)

단위가스사용량 및 전체 수요관리량을 예측하는 식을 나타내면 아래와 같다.

- 단위 RT 당 가스 사용량 = 연간 가스 사용량 (Gcal) / 단위 투입 가스량 (RT)
- 전체 수요관리량 = 단위 가스 사용량(Gcal/RT) × 전체 냉방 용량 (RT)

이때 기존의 실적치를 근거로 하여 가스냉방시스템의 용량별 평균용량, 설치비율 및 연간가스사용량을 데이터베이스화 하였다. 이를 나타내면 Table 7과 같다.

Table 7 가스냉방의 수요량 산출을 위한 기초 데이터

용량 (RT)	평균 용량 (RT)	비율 (%)	연간 가스사용량 (Gcal)
5 ≤	3.7	0.4	4.7
5 < , ≤10	8.0	1.0	10.1
10 < , ≤30	15.6	38.6	19.7
30 < , ≤100	80	2.0	100.8
100 < , ≤500	271	36.6	341.5
> 500	674	21.4	849.2

4.2.2 시행결과서에서의 M&V

1) 산출기준

가스식 냉방기기의 사용으로 같은 용량의 전기식 냉방기기를 사용을 억제하는 것으로 해석하여 가스식 냉방기기의 전체 가스사용량을 평가한다.

2) 산출 계산식

용량별 가스 사용량 데이터와 보급 용량 데이터를 활용하여 용량별 전체 가스사용량으로 환산 후 합산한다.

4.3 산업용 장려금 지원사업

4.3.1 사업계획서에서의 M&V

1) 산출기준

산업용 가스의 수요증대에 대한 장려금으로 지급되는 산업용 장려금은 새로운 산업시설 및 용량의 증대에 따른 지원금으로 지원되기 때문에 가스

수요창출의 효과를 나타내는 것으로 가정한다.

2) 산출 계산식

추가 가스 사용량 및 열량의 계산식을 나타내면 아래와 같다.

· 추가 가스 열량(Kcal) = 가스 추가 사용량 (Nm³) × 가스발열량(10,550 Kcal/Nm³)

4.3.2 시행결과서에서의 M&V

1) 산출기준

년도별 실제 추가 가스 사용량을 근거로 산출한다.

4.4 열사용량 절감 인센티브 지원사업

4.4.1 사업계획서에서의 M&V

1) 산출기준

가정과 주택단지를 대상으로 실시하며 전년도 기준 10%이상의 에너지 절감자에게 인센티브 지원하는 사업이다. 따라서 전년도 기준으로 10%이상자에 대한 성공률을 기준으로 다음 연도 성공률 예측한다.

2) 산출계산식

· 연간 가스 사용량 = 베이스라인 사용량 - 개선 후 사용량

개별가정의 절감량 산출식은 아래와 같다.

· 베이스라인 사용량 = 전년 기준 가정 당 평균 연료사용량 × 예측가구수(전년기준 목표치 달성 가구 수)

· 개선 후 사용량 = 개선 후 기준 가정 당 평균 연료사용량 × 예측가구수 × (HDD_{개선후} / HDD_{기준})

주택단지의 절감량 산출식은 아래와 같다.

· 베이스라인 사용량 = 전년 기준 단지 당 평균 연료사용량 × 예측단지수(전년기준 목표치 달성 단지 수)

· 개선 후 사용량 = 개선 후 기준 단지 당 평균 연료사용량 × 예측단지수 × (HDD_{개선후} / HDD_{기준})

: HDD (Heating Degree Days)

: HDD_{기준} (전년 기준하여 18℃ 기준 HDD)

4.4.2 시행결과서에서의 M&V

1) 산출기준

가정과 주택단지를 대상으로 실시하며 전년도 기준 10%이상의 에너지 절감자에게 인센티브 지원하기 때문에 지원자에 대한 실적 통계 분석 자료를 활용하여 열량의 절감량을 계산한다.

2) 산출계산식

실제 열량 사용량을 근거로 절감량을 산출한다.

5. M&V 산출사례

한국가스공사 및 한국지역난방공사에서 2006년도에 계획 및 수행된 수요관리 투자사업으로부터 도출된 M&V산출 결과를 분석하여 보면 Table 8 과 같다.

Table 8. 2006년도 수요관리 투자사업별 수요관리 집행 현황

참여기관	한국가스공사			한국지역난방공사
	효율향상	부하관리	부하관리	부하관리
세부 내역	열병합장려금 지원사업	가스냉방 지원사업	산업용 장려금 지원사업	열요금 인센티브 지원사업
계획금액 (백만원)	980 (설치: 840) (설계: 140)	7,176 (설치: 1,180) (설계: 5,996)	1,479	378
실제 집행금액 (백만원)	273	3,170	2,038	362
계획서상의 수요절감 및 창출량(Gcal)	129,846	216,071	780,172	2,587
실적서상의 수요절감 및 창출량(Gcal)	57,598	148,218	1,081,608	2,009
실적서/계획서 (수요관리 달성도, %)	44	68.5	138.6	77.6

위의 표에 의하면 2006년도의 경우에 열병합장려금, 가스냉방 및 열요금 인센티브 지원사업은 계획대비 실적 달성률이 44-77.6%로서 미흡하지만 산업용 장려금은 138%로서 초과되어 달성된 것으로 나타났다.

6. 결론

현재 국가적으로 수요관리 투자사업은 다양한 분야에서 이루어지고 있다. 그러나 지금까지 이들 사업의 실제 효과에 대한 정밀한 성과 검증은 이루어지지 못하였다. 따라서 본 연구에서는 다양한 수요관리 투자사업들에 대하여 성과를 검증하고 평가할 수 있는 방법의 개발하고자 하였다.

지금 까지 에너지 절약성과에 대한 성과 검증을 위하여 국제적으로는 IPMVP, FEMP, NEMVP, 국내에서는 ESCO 사업을 위한 M&V 등 몇 가지 연구는 이루어져 왔지만 이들은 에너지 사용설비에 대한 정밀 측정을 통한 성과 검증 방법이다. 따라서 국가적인 전체에 대한 수요관리 측면에 이러한 결과를 활용하기에는 접근 방법의 무리가 있다.

따라서 본 연구에서는 실제 수요관리 투자사업들에 활용될 수 있도록 개별 사업에 적합한 새로운 M&V 방법을 개발하였고, 이를 2006년도에 수행된 수요관리 투자사업들에 적용하여 결과를 산

출하였다.

후 기

M&V를 자료 제공 및 검증에 도움을 주신 에너지관리공단과 한국가스공사, 한국지역난방공사에 감사드립니다.

참고문헌

1. IPMVP (International Performance Measurement and Verification Protocol)
2. FEMP (Federal Energy Management Program)
3. 산업자원부, 2002, ESCO사업의 활성화를 위한 성능측정 평가규약 개발 및 실증화 연구보고서
4. 에너지관리공단, 2006, 공동주택 소형열병합발전 운영실태조사 보고서
5. 에너지관리공단, 2007 공동주택 소형열병합발전 운영실태조사 보고서
6. 산업자원부, 1996, 소형열병합발전시스템 최적화에 관한 최종보고서