

DSM 프로그램의 비용효과 분석 II

박종배\* 김진호\*\* 황성욱\*\*\* 김발호\*\*\*  
 \* 안양대학교 \*\* 서울대학교 \*\*\* 홍익대학교

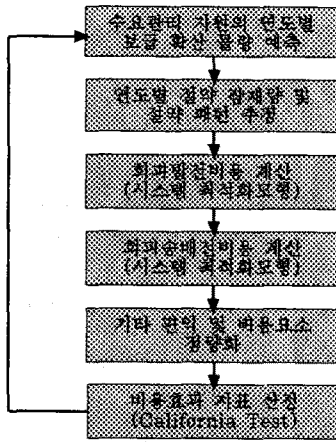
A Benefit-Cost Analysis on the DSM Programs Part II

Park, Jong-Bae\* Kim, Jin-Ho\*\* Hwang, Sungwook\*\*\* Kim, Balho\*\*\*  
 \* Anyang University \*\* Seoul National University \*\*\* Hong-Ik University

Abstract - This paper presents an approach to B/C analysis amenable to evaluate the impact of DSM programs especially on the strategic conservation programs and the load management programs. The proposed approach embedding the existing B/C analyses is applicable to the new electricity market. Case studies show the B/C ratio and the avoided cost due to the impact of DSM programs.

1. 국내 DSM 자원의 비용효과 분석

DSM 자원들의 비용효과를 정확하게 분석하기 위해서는 다음 그림과 같은 과정을 반복적으로 거쳐야 한다. 그림의 다섯 번째 단계에서 필요한 각 수요관리 자원의 편익 및 비용요소는 California Test의 적용 방안에 따라서 달라진다.

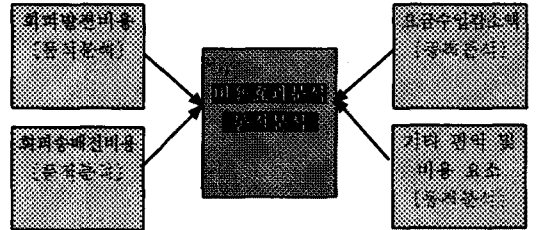


(그림 1-1) 비용효과 분석 흐름도

특정 수요관리 자원의 비용효과를 추정하기 위해서는 많은 자료와 분석 모델이 필요하다. 특히, 상기 비용 및 편익 요소들을 추정하는데 가운데 가장 복잡한 요소로는 회피비용과 요금수입감소액을 들 수 있다. 요금수입 감소액을 추정하기 위해서는 DSMManager, LMSTM 등과 같은 시간대별 부하분석 모형이 필요하다. 또한, 회피비용을 계산하기 위해서는 장기 전원개발계획 모형 및 중단기 송배전계통계획의 모형이 필요로 하며, 현재 많이 보급되어 있는 비용효과 분석 모델(DSManager 등)에서는 회피비용 등과 같은 자료를 입력으로 받게 되어 있다. 이는 외부에서 회피비용을 오프-라인으로 계산하는 것을 전제로 하고 있다. 따라서, 현재로서는 회피비용을 그 복잡성 때문에 대리발전기법이나 한계발전기법을 통상적으로 사용하고 있는 실정이다.

그림(1-2)에 특정 수요관리 자원의 편익 및 비용요소

를 정확하게 고려할 수 있는 이상적인 방법론을 제시하였다. 선진 외국의 경우, 이와 같은 이상적인 모형 전부를 구축하고 있거나 혹은 일부분 구축하여 체계적인 수요관리 자원에 대한 비용효과 분석을 실시하고 있지만, 현재 우리나라의 경우는 현실적으로 그렇지 못한 한계점을 가지고 있다. 현재 우리나라에서는 비용효과 분석시에 필수적인 동적 분석을 실시하지 않고 연금액 등의 기법을 적용하여, 정적분석을 실시하고 있는 실정이다. 또한, 경제성 분석의 가장 핵심요소인 회피발전비용의 산정도 대리발전기법이나 혹은 한계발전기법을 적용하여, 실제로 어떤 수요관리 자원이 장기간 동안에 가져오는 편익을 정확하게 산정하지 못하고 있는 실정이다.

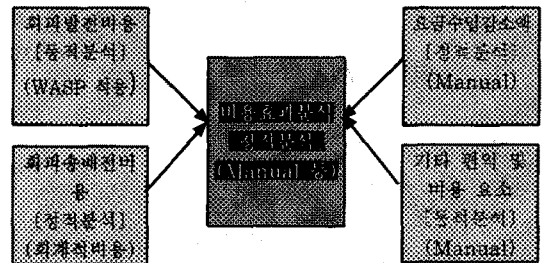


(그림 1-2) 이상적인 비용효과 분석 메카니즘 및 필요 모형

본 논문에서는 이러한 비용효과 분석에서 가장 핵심이 되는 회피발전비용의 계산 기법 개발 및 수요관리 자원의 경제성 분석에의 적용에 주안점을 두었다. 이러한 회피발전비용을 계산하기 위하여 본 연구에서 적용한 방법론은 아래와 같이 요약된다.

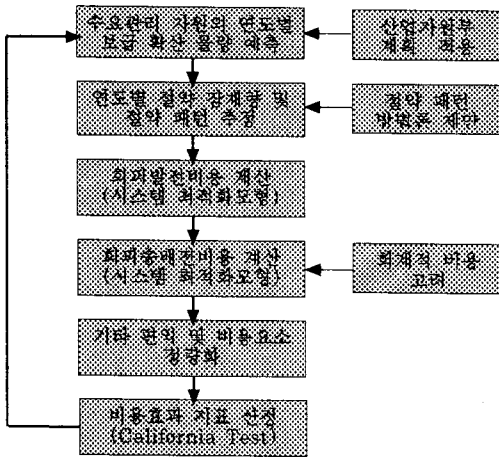
- 장기 전력수급계획 모형(WASP)의 적용
- 수요관리 자원의 특성별 수요감소(MW, MWh) 방법론 개발 및 적용
- 동적인 차원에서의 회피발전비용의 계산
- 순편익 및 B/C 계산 (Utility Cost Test 적용)

아래의 그림은 본 연구에서 적용한 비용효과 분석 메카니즘을 나타내는 것이다. 기존의 연구와의 가장 큰 차이점은 기본적으로 동적 분석에 기초하고 있으며, 보다 정확한 회피발전비용의 계산에 있다.



(그림 1-3) 제안하는 비용효과 분석 메카니즘

특정 수요관리 자원에 대하여 이러한 비용효과 분석을 실시하기 위하여 본 논문에서는 아래의 그림과 같은 절차 및 가정을 활용하였다.



(그림 1-4) 본 연구에서 적용한 비용효과 분석 흐름도

## 2. 수요감소 방법론

수요관리 자원의 수요감소 프로그램을 수행하기 위해서는 우선, 연도별·분기별 부하지속곡선 값(5차 다항식), 최대 부하, 최저 부하, 에너지, 분기별 최대부하 비용 등을 입력으로 받아야 한다. 다음으로 각 연도별, 분기별 부하지속곡선(정규화된 5차다항식 함수)의 y축 값에 연도별 분기별 최대수요를 곱하여 y축 값을 MW 단위로 변환한다. 이 때, 5차 다항식 함수의 2190개 배열 값을 메모리에 기억하여 둔다. 본 논문에서 적용한 수요감소 프로그램에서는 아래에서 설명하는 반복법을 이용하여 기준 수요를 감소시켰다. 다음으로 감소된 부하지속곡선에서 2190의 배열 값을 크기 순서대로 재배열하고, 수요감소된 부하지속곡선으로부터 Curve-Fitting을 실행하여, 대상 기간 동안의 5차 다항식 함수를 생성하여 새로운 부하지속곡선을 생성하였다.

반복법을 이용한 수요감소법은 기본적으로 다음과 같은 기본 가정을 적용하였다. 어떠한 형태의 자원이든지 부하지속곡선에서 부하가 큰 쪽에서 많은 양의 부하감소를 실행하고, 부하가 작은 쪽으로 갈수록 점점 부하감소량을 줄인다는 것이다. 이 기본 가정은 거의 대부분의 경우에, 실제 현상과 유사하므로 큰 오차가 없을 것으로 판단된다. 이러한 기본 가정 아래에서, 본 논문에서는 등비 수열 및 반복법에 기초한 부하감소 방법론을 용하였다. 예를 들어, 어떤 수요관리 자원이 연중 운전(즉, 모든 분기에서 2190시간 동안 운전)을 하고, 대상 자원의 침투부하역제량, 분기별 운전 시간, 이용률 등이 주어졌다고 가정하자. 그러면, 우선 대상 수요관리 자원의 분기별 에너지 절감량을 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$E_{SPEC} [GWh] = \frac{2190[h] \cdot C_{MW}[MW] \cdot CF}{1000}$$

여기서,

- $E_{SPEC}$  : 대상 자원의 분기별 지정된 에너지 [GWh]
- $C_{MW}$  : 대상 자원의 침투부하 역제량 [MW]
- $CF$  : 대상 자원의 이용률

다음으로, 대상 자원인 수요관리 프로그램의 분기별

운전 시간(dt)을 기준으로 이 시간에 가장 가까운 점(n)의 위치를 2190개의 배열 가운데서 결정한다. n 점의 위치를 기준으로 배열 0 부터 n 배열까지 수요를 다음과 같은 방법론으로 부하를 감소시켰다. 여기서, 부하감소계수 r은 1에 거의 가까운 값이지만 항상 1보다는 작은 값이어야 한다.

$$D(k) = C_{MW} \cdot r^k \quad k=0, \dots, n$$

여기서,

- $D(k)$  : k번째 배열의 수요감소량 [MW]
- r : 부하감소계수 ( $r \approx 1, r < 1$ )

이렇게 수요감소된 배열로부터 부하감소 에너지량을 다음과 같은 사다리꼴 공식으로부터 구할 수 있다.

$$E_{CAL} [GWh] = \sum_{k=1}^n \frac{1}{2} [D(k-1) + D(k)]$$

여기서,

$E_{CAL}$  : 계산된 에너지 감소량 [GWh]

다음으로 감소된 에너지량과 지정된 에너지량 사이의 차이를 계산한다. 만약 그 차이가 주어진 오차 한계내에 있으면, 2190개의 배열을 크기 순서대로 재배치한다. 이후, 각 연도별/분기별 최대부하의 크기로 나눈 다음, Curve-Fitting을 수행하면, 원하는 정규화된 5차다항식 값을 구할 수 있다.

그러나, 만약 감소된 에너지량이 지정된 에너지량보다 적으면, 부하감소계수 값을 다음과 같이 조정한다. 여기서  $\Delta r$  값은 거의 零에 가까운 값이지만, 항상 零보다는 큰 값이어야 한다.

$$r = r - \Delta r \quad (\Delta r \approx 0, 0 < \Delta r)$$

역으로, 만약 감소된 에너지량이 지정된 에너지량보다 크면, 부하감소계수 값을 다음과 같이 조정한다. 아래에서 감소시키는 값인  $\Delta r$ 은 위에서 감소시키는 값보다는 반드시 작아야 된다. 이러한 내용을 고려하여 프로그램을 구성하였으므로, 감소된 에너지와 계산된 에너지의 차이는 거의 없다.

$$r = r + \Delta r \quad (\Delta r \approx 0, 0 < \Delta r)$$

여기서, 수요관리 프로그램을 대상으로 수요감소를 실행할 경우, 각 수요관리 프로그램의 특성에 따라 부하감소계수의 값이 변화하여야 한다. 가장 이상적인 방법론은 부하감소계수를 가능한 한 1에 가까운 값으로 하고,  $\Delta r$  값을 거의 零에 가까운 값으로 하면 된다. 그러나 이러한 경우, 계산 시간이 엄청나게 소요되므로 본 연구에서는 수 많은 사례 연구를 수행한 다음 그 값을 현실적으로 결정하였다. 기본적인 원리는 효율향상 수요관리 프로그램의 경우, 부하감소계수 값이 침투부하 역제 수요관리 프로그램의 부하감소계수 값보다 작게 하였다. 즉, 어떤 수요관리 프로그램의 이용률이 높아지고, 어떤 자원의 분기별 운전시간이 길어질수록 부하감소값의 계수를 증가하였다.

## 3. 사례연구

부하관리의 대표적인 프로그램인 자율절전이 발전설비 확장계획에 미치는 영향 정도와 연차별 자율절전 프로그램의 총 계획 기간 동안의 편익을 계산하였다. 이러한 자율절전 프로그램의 편익을 계산하기 위하여, 연도별 최대부하 감소량은 정부의 안을 그대로 채택하였으며 연

도별 에너지 절감량은 앞에서 언급한대로 지정하였다. 이 프로그램 또한, 매년 지속적으로 증가하며 앞에서 언급한 바와 같이 2015년의 경우에는 최대전력을 470MW, 연간 에너지를 16GWh를 감소시킴을 알 수 있다. 또한, 본 사례는 하계 철두부하 시에만 시행되는 프로그램이므로, 1년의 4개의 분기 가운데 3/4분기의 수요만 30시간 동안에 감소시킨다는 가정을 적용하였다. 이 사례에서도 수요관리가 고려된 상황에서의 최적 전원개발계획을 수행하기 위해서는 수요가 감소된 상태에서의 연도별로 정규화된 5차다항식을 생성하여야 하며, 앞에서 언급한 방법론을 그대로 적용하였다.

자율절전 부하관리 프로그램에 대한 사례연구를 종합하여, 발전단 회피발전비용을 계산하면 아래의 표와 같다.

(표 3-1) 자율절전 프로그램의 발전단 회피발전비용

| 비용                          | 수요관리<br>비고려시 | 수요관리<br>고려시            |
|-----------------------------|--------------|------------------------|
| 운전비(백만원)                    | 86,514,055   | 86,399,792             |
| 건설비(백만원)                    | 13,027,558   | 13,130,533             |
| 간존가치(백만원)                   | 1,498,544    | 1,503,608              |
| 전력회사의<br>소요 비용(백만원)         | 98,043,080   | 98,026,728             |
| 전력회사의<br>총비용 절감액(백만원)       |              | 16,352                 |
| 자율절전 프로그램의<br>감소전력량(kWh)    |              | 96×10 <sup>6</sup>     |
| 발전단 회피발전비용<br>(원/kWh)       |              | 170.33                 |
| 고효율조명기기 프로그램의<br>감소전력량(kWh) |              | 10,348×10 <sup>6</sup> |
| 발전단 회피발전비용<br>(원/kWh)       |              | 50.9                   |

자율절전 부하관리 프로그램의 순편익 및 편익/비용 비율을 아래와 같이 주어진다.

(표 3-2) 자율절전 부하관리 프로그램의 경제성분석 결과

| 비용  |         | 203,502백만원  |
|-----|---------|-------------|
| 편익  | 편익 I    | 355,597백만원  |
|     | 편익 II   | 355,388백만원  |
|     | 편익 III  | 16,337백만원   |
| 순편익 | 순편익 I   | 152,095백만원  |
|     | 순편익 II  | 151,886백만원  |
|     | 순편익 III | -187,165백만원 |
| B/C | B/C I   | 1.75        |
|     | B/C II  | 1.75        |
|     | B/C III | 0.08        |

위의 결과는 아래와 같은 편익 요소들을 고려하지 않은 상황이므로 순편익 및 B/C 비율을 상당히 증가할 것으로 판단된다.

두번째로 부하관리의 또 다른 대표적인 프로그램인 하계휴가 프로그램이 발전설비 확장계획에 미치는 영향 정도와 연차별 하계휴가 프로그램의 총 계획 기간 동안의 편익을 계산하였다. 이러한 하계휴가 프로그램의 편익을 계산하기 위하여, 연도별 최대부하 감소량은 정부의 안을 그대로 채택하였으며 연도별 에너지 절감량은 앞에서 언급한대로 지정하였다. 또한, 본 사례는 하계 철두부하 시에만 시행되는 프로그램이므로, 1년의 4개의 분기 가운데 3/4분기의 수요만 300시간 동안에 감소시킨다는 가정을 적용하였다.

하계휴가 부하관리 프로그램에 대한 사례연구를 종합하여, 발전단 회피발전비용을 계산하면 다음 표와 같다.

(표 3-3) 하계휴가 프로그램의 발전단 회피발전비용

| 비용                          | 수요관리<br>비고려시 | 수요관리<br>고려시            |
|-----------------------------|--------------|------------------------|
| 운전비(백만원)                    | 86,514,055   | 86,287,539             |
| 건설비(백만원)                    | 13,027,558   | 13,130,533             |
| 간존가치(백만원)                   | 1,498,544    | 1,503,608              |
| 전력회사의<br>소요 비용(백만원)         | 98,043,080   | 97,914,480             |
| 전력회사의<br>총비용 절감액(백만원)       |              | 128,600                |
| 하계휴가 프로그램의<br>감소전력량(kWh)    |              | 3,075×10 <sup>6</sup>  |
| 발전단 회피발전비용<br>(원/kWh)       |              | 41.82                  |
| 고효율조명기기 프로그램의<br>감소전력량(kWh) |              | 10,348×10 <sup>6</sup> |
| 발전단 회피발전비용<br>(원/kWh)       |              | 50.9                   |

하계휴가 부하관리 프로그램의 순편익 및 편익/비용 비율을 아래와 같이 주어진다.

(표 3-4) 하계휴가 부하관리 프로그램의 경제성분석 결과

| 비용  |         | 244,322백만원  |
|-----|---------|-------------|
| 편익  | 편익 I    | 821,654백만원  |
|     | 편익 II   | 814,975백만원  |
|     | 편익 III  | 128,590백만원  |
| 순편익 | 순편익 I   | 577,332백만원  |
|     | 순편익 II  | 570,653백만원  |
|     | 순편익 III | -115,732백만원 |
| B/C | B/C I   | 3.36        |
|     | B/C II  | 3.34        |
|     | B/C III | 0.53        |

#### 4. 결 론

본 논문에서는 전력산업의 경쟁체제에 적합한 DSM 프로그램의 비용효과 분석 방법론을 제안하였고, 자율절전 및 하계휴가 부하관리 프로그램에 적용하였다. 향후, 비용효과 분석 결과의 수요관리 정책수립에 대한 체계적인 피드백, 환경 영향 평가의 체계적인 방법, 비용효과 분석 표준 지침서 개발 등의 연구가 요청된다.

※ 본 연구는 에너지관리공단의 지원에 의해 수행되었음

#### (참 고 문 헌)

- (1) 한국전력공사, 전력산업 구조개편과 수요관리 제도 연구, 1999. 11.
- (2) 김발호, 박종배, 구조개편에 대응한 수요예측 및 수요관리 방향 연구(제5차 장기전원개발계획 정책연구 과제), 1999. 6.
- (3) 산업자원부, DSM 잠재량 평가와 모니터링을 위한 기법 개발 및 활용 방안 연구, 1998. 10.
- (4) IEA, Public Policy Implications of Mechanisms for Promoting Energy Efficiency and Load Management in Changing Electricity Business, Research Report No. 2, Task VI of the International Energy Agency Demand-Side Management Programme, Feb. 1999.
- (5) Benjamin F. Hobbs, H. Bradley and David T. Hoog, "Measuring the Economic Value of Demand-Side and Supply Resources in Integrated Resource Planning Models", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 8, No. 3, Aug. 1993