아파트 단지의 소형열병합발전시스템 경제성 평가프로그램

아파트 단지의 소형열병합발전시스템 경제성 평가를 위한 기초자료 및 개발된 경제성 평가 프로그램에 대해 소개하고자 한다.

이 종 성
대한주택공사 주택도시연구원(jsleel@jugong.co.kr)
김 종 엽
대한주택공사 주택도시연구원(jykim@jugong.co.kr)

머릿말

최근 정부에서는 기후변화 협약 등의 국제환경규제 강화와 에너지산업의 세계화, 민영화 등의 여건변화에 대응하기 위하여 2000년 우리나라 최종에너지 소비구조가 석유 62.3%, 전력 13.7%, 석탄 13.2%, LNG 8.5%, 대체에너지 1.5%이었던 것을 2010년에는 석유 45%, LNG 13%, 대체에너지 2%로 석유의존도를 상대적으로 감축하고 청정에너지 및 대체에너지를 늘리기 위한 국가에너지기본계획을 수립한 바 있다.[1] 이러한 기본계획이 실천될 때 에너지소비구조에 큰 변화가 일어날 것이며, 특히 전력부문은 발전소건설에 따른 부지문제, 송변전 시설확충, 재원조달 등을 감안한 분산형 열병합발전 시스템의 필요성이 대두될 것으로 예상된다.[2]

이에 일부 건설업계에서는 정부의 에너지절약 정책에 적극 부응하고, 또한 입주자들에게 열 및 전기사용에 대한 에너지사용 요금을 줄임으로써 기업의 이미지 제고에 기여하고자 소형열병합발전 도입을 추진하고 있다. 그러나 소형열병합발전 시스템은 기존의 열 및 전기설비에 비해 에너지절감으로 인한 운전비용이 저렴한 반면, 초기투자비용이 많이 들어간다는 단점이 있다. 이러한 시스템을 도입하기 위해서는 시스템의 초기투자비와 운전비용을 정밀 분석하여 시스템의 경제성을 사업 전에 평가할 필요가 있으며, 경제성이 제대로 평가되지 않고 사업을 추진할 경우, 입주자의 불만을 감당하기 어려울 수가 있다.

따라서 본 논고에서는 아파트 단지의 평형별, 지역별, 시간대별 열 및 전력사용량을 조사하여 시스템의 경제성 평가를 위한 기준 데이터를 설정하고, 이 기준데이터의 활용을 통해 개발된 소형열병합 발전시스템의 경제성 평가 프로그램에 대해서 소개하고자 한다.

평가프로그램의 개발동향

열병합 발전시스템의 경제성을 예측하여 도입 타당성을 평가하기 위해서는 아파트의 지역별, 평형별, 월별, 시간대별 열사용량 및 전기사용량에 대한 기준이 반드시 필요하다. 그러나 현재 국내의 경제성 평가를 위한 데이터는 난방의 경우, 지역난방공사에서 제시하는 공동주택에 대한 단위 열사용량 데이터와 동시사용율을 근거로 단지에 대한 총 열에너지사용량을 계산하여 시스템을 설정하고 있으며, 경제성 평가를 위한 시간대별 데이터는 간이 기간부하

1) 산업자원부, 자원에너지 주요통계자료(2004.3) 및 국가에너지 기본계획
2) 손학식, "열병합발전시스템", 2005, p.5

계산방법에 의존하고 있는 실정이다. 전력사용량의 경우, 월별 혹은 최대 전력 및 시간대별 전력은 에너지관리공단의 건물용도별 전력원단위 데이터와 한국 전력공사의 전기수요량 조사보고서의 내용을 참고로 하여 시간대별 전력사용량에 대한 기준을 설정하고 있다. 그러나 이들 데이터는 아파트 단지의 경제성평가를 위해 꼭 필요한 평형별 전력사용량의 시간대별 데이터를 수록하지 않고 있기 때문에 활용에 한계가 있다.

경제성평가 tool 부문의 경우, 에너지관리공단에서는 소형열병합 발전 도입검토를 위한 간이 경제성 분석 프로그램을 '05년 1월에 발표한 바 있으며, 이는 아파트의 열 및 전력수요에 대한 조사결과를 기초데이터로 활용하고 있다. 이 프로그램은 평형, 세대수, 그리고 가스 및 전력의 에너지사용현황을 입력하면 초기투자비에 대한 회수기간이 계산될 수 있지만, 신규건물에서의 적용이 불가능하다. 또한, 국내 열병합발전 컨설팅 전문업체들은 자체적으로 열병합발전시스템의 경제성 평가프로그램을 개발하여 사용하고 있다. 기초데이터로는 대개 수십여 개 단지의 열 및 전력사용량 데이터를 기초데이터로 사용하고 있으나, 기초데이터를 공개하지 않기 때문에 결과에 대한 신뢰가 어려운 실정이다. 한편, 한국에너지기술연구소에서는 열병합 발전 경제성 평가 시뮬레이터를 개발한 바 있으며, 인터넷에 유료 등록하여 사용하도록 하고 있다. 이 밖에도 경제성 평가 범용프로그램인 UNIDO 등이 있으나, 기초데이터에 대한 신뢰성 문제와 예측결과가 사업추진 후 다르게 나타날 경우에 대한 불이익을 시행사가 감당해야 하는 문제점을 안고 있다.

아파트 단지의 열 및 전력사용량 조사

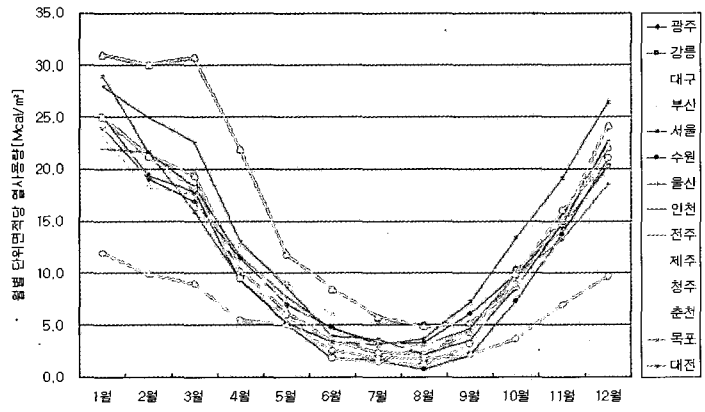
열사용량

• 월별 열사용량

전국 총 33개 아파트 단지를 대상으로 월별 열사용량 즉, 난방 및 급탕사용량을 조사하였다. 월별 열사용량 기준은 위도기준으로 14개 지역별로 분류하여 지역별 단지의 1년간 월별 열사용량 값들을 평균하여 단위면적당 열사용량으로 나타내었다. **그림 1**에 지역별 월별 단위면적당 평균 열사용량을 나타낸다. 1년간 열사용량 합계는 춘천지역이 가장 크고, 서울, 인천, 강릉, 대구 순으로 그 값이 줄어들고 있어, 해당지역의 외기온도와 밀접한 관계가 있는 것으로 분석되었다.

• 시간대별 열사용량

시간대별 열사용량 중, 난방부하량은 범용 열전달 해석 프로그램인 Physibel의 CAPSOL모듈을 이용하여 시간대별 부하패턴을 분석한 다음, 앞에서 조사된 지역의 월별 열사용데이터와 지역난방공사의 월별 난방소비량 패턴을 적용하여 산출하였다. 또한, 시간별 급탕사용량은 지역난방공사 자료를 이용하



[그림 1] 지역별 월별 단위면적당 평균 열사용량

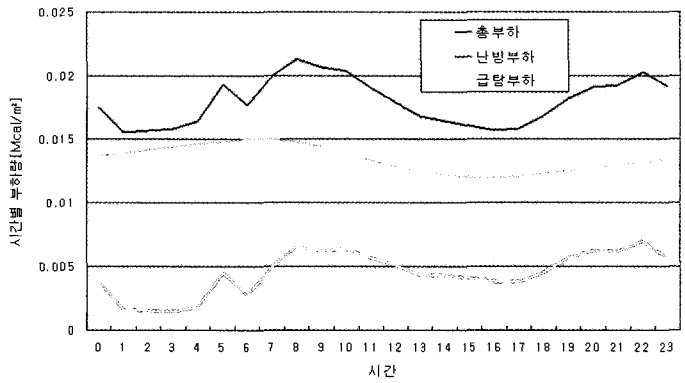
여 월별 급탕의 사용비율을 산출하고 조사된 총 월별 열사용량에서 급탕사용량 분만을 계산하고, 역시 지역난방공사의 시간대별 급탕사용량 패턴자료를 이용하여 시간별 급탕사용량을 계산하였다.

이러한 방법으로 계산된 서울지역의 시간대별 단위면적당 연평균 난방 및 급탕부하량을 **그림 2**에 나타낸다.

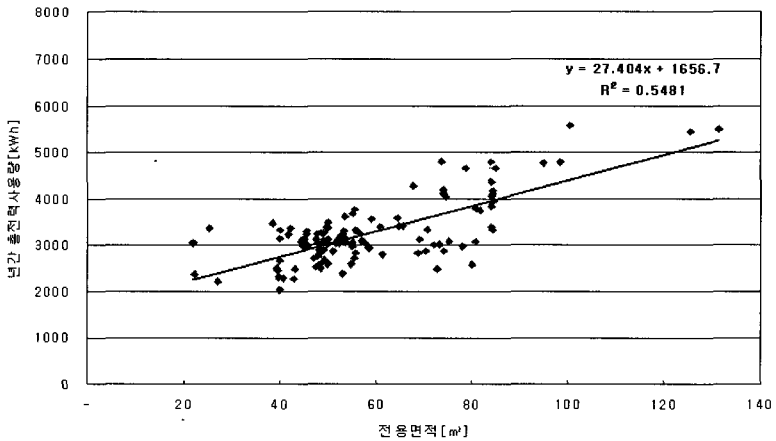
전력사용량

• 평형별 년간 전력사용량

전력사용량 조사 대상 단지 수는 총 115개 단지로 연간 전력사용량, 평형별 월간 전력사용량, 그리고 산업용전력과 일반전력의 사용비율 등을 분석하였다. **그림 3**에 단지의 평균 전용면적별 연간 전력사용량을 나타낸다. 평형의 크기에 따라서 점점 증가하는 것을 볼 수 있으며, 연간 총 사용전력량은 전용면적이 약 50 m²인 경우, 3,000 kWh/년이고, 84 m²인 경우, 4,000 kWh/년, 135 m²인 경우, 약 5,500 kWh/년 정도가 되는 것으로 조사되었다. 이 값은 세대전력과 공용전력, 산업용전력 그리고 가로등전력을 합한 값이다. 조사결과 세대전력 및 공용전력, 산업용전력, 그리고 가로등전력에 대한 사용비율은 월별로 거의 비슷하며 평균비율은 약 94:4:1 정도가 되는 것으로 분석되었다.



[그림 2] 시간별 단위면적당 평균 열사용량(연평균, 서울지역)



[그림 3] 세대 전용면적에 따른 평형별 년간 전력사용량

• 평형별 월간 전력사용량

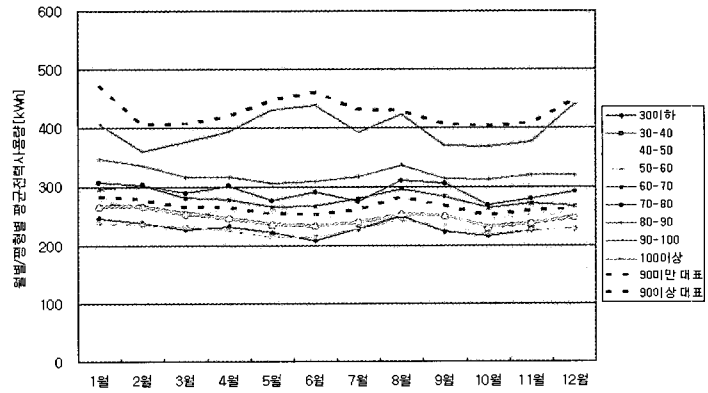
그림 4는 평형별 사용된 전력사용량을 월별로 나타낸다. 그림에서 보듯이 90 m² 이하에서는 8월에 가장 전력소비가 많고, 그 다음이 1월인 반면, 90 m² 이상에서는 1월에 가장 전력소비가 많고 그 다음이 8월인 것으로 분석되었다. 월별 전력사용량 패턴기준은 그래프에서 점선으로 표시한 것으로 "90미만 대표"와 "90이상 대표"를 적용하였다.

• 시간대별 전력사용량

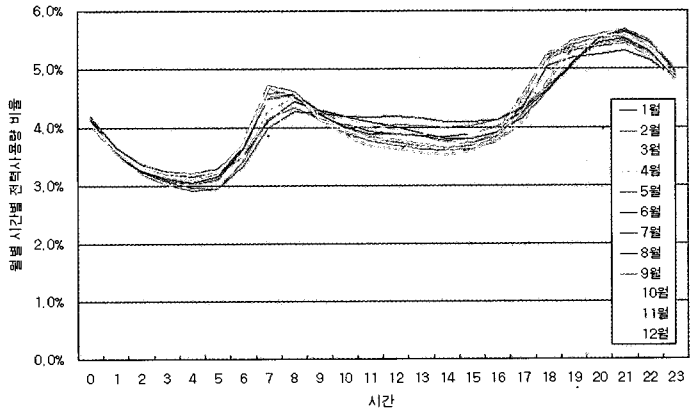
그림 5는 3가지 평형(46 m², 52 m², 59 m²)에 대해 연 평균 시간대별 전력사용량을 나타낸다. 전력사용량은 3시에서 5시 사이에 가장 작고, 7시부터 10시 사이에 가장 큰 것으로 조사되었다. 그 밖에 75 m²와 100 m²의 세대 또한 앞의 3개 평형과 거의 비슷한 형태의 시간별 전력사용량을 보이는 것으로 조사되었으나, 1년 전체에 대한 시간대별 전력량 데이터 취득이 어려워 분석에서 제외하였다.

평가프로그램의 개발

프로그램에 사용된 기초 데이터들로는 앞서 분석된 월별 열 및 전력사용량, 시간대별 열 및 전력사용량, 그리고 제품사양 및 관련자료 분석으로 통해 얻은 냉각탑의 냉각용량별 모터용량, 가스엔진 종합효율 및 열전비, 보일러효율, 냉각탑모터효율, LNG 고



[그림 4] 월별 평형별 전력사용량



[그림 5] 월별 일일평균 시간대별 전력사용량 패턴기준

위발열량, 한전의 전력생산대비 열량, 에너지 요금 등이다. 본 프로그램은 Excel의 매크로 기능을 활용하여 개발되었으며, 크게 5개의 모듈로 나뉘어져 있고 그 내용은 다음과 같다.

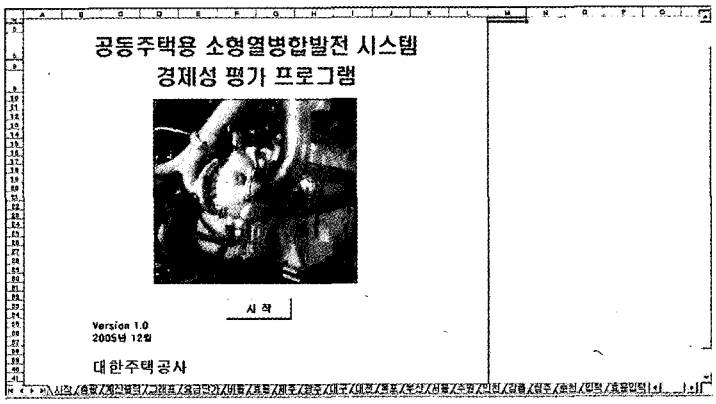
1) 프로그램 표지화면 모듈 (워크시트명 : 시작)
2) 건물정보 입력 및 계산모듈 (워크시트명 : 총괄)
3) 기타정보 입력 및 계산, 결과출력 모듈 (워크시트명 : 계산출력)
4) 그래프 출력 모듈 (워크시트 명 : 그래프)
5) 기초데이터 모듈 (워크시트 명 : 요금단가, 비율, 효율, 제주, 광주, 대구, 대전, 목포, 부산, 서울, 수원, 인천, 강릉, 청주, 춘천)

프로그램 표지

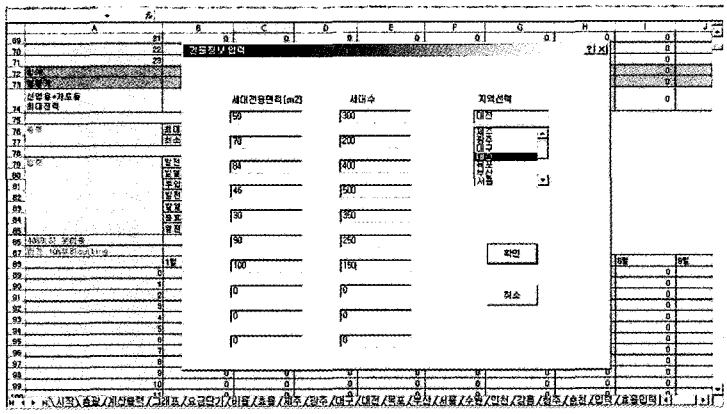
그림 6은 개발된 프로그램의 표지시트이다. 프로그램명은 "공동주택용 소형열병합발전시스템의 경제성 평가프로그램"으로 2005년 12월에 대한주택공사에서 개발한 프로그램이라는 설명이 있고, 그 옆의 "시작" 메뉴를 클릭하면 다음 단계로 넘어간다.

건물정보 입력시트

시작메뉴를 클릭하면 **그림 7**과 같이 "건물정보입력" 창이 나타난다. 여기서는 아파트 단지에 구성된 세대들의 전용면적과 세대수를 10개까지 입력할 수 있고, 지역선택을 할 수 있다.



[그림 6] 프로그램 표지



[그림 7] 건물정보 입력시트

기타 정보입력 및 계산시트

건물 정보가 모두 입력되면 일부 데이터들이 자동 계산되어 "계산출력" 워크시트에 각종 정보들이 표시된다. 즉, 지역을 대전으로 선택하였으므로 지역명은 "대전"으로, 세대수, 세대 총 전용면적, 단지에서 필요한 년간 총 전력부하, 최대전력부하, 최소전력부하, 최대 열부하가 출력된다. 여기서 최대전력부하와 최소전력부하는 발전기의 용량을 초기 가정하기 위해 사용되며, 최대 열부하는 보일러의 용량을 예측하기 위해 사용된다.

최대 전력부하를 바탕으로 발전기의 총 용량과 발전기 대수를 입력하고, 비교대상 Cell에 마우스를 위치하면 비교 대상지구별로 숫자 입력화면이 생긴다. 여기서 비교대상단지가 신규지구인지 기존 중앙난방지구인지를 선택하여 숫자로 입력하고, 계산시작을 클릭하면 계산이 시작된다.

이와는 별도로 발전기 총 용량을 입력하면 그 용량에 해당되는 발전기의 효율, 열전비가 자동 계산되고, 한전 전력담당율은 Default 값으로 10%가 입력되어 있으며, 사용자가 수정 입력할 수 있다. 또한, 그때의 초기투자비 추가금액도 신규단지와 기존 중앙난방단지에 대해 계산하며, 사용자의 직접 입력도 가능하다. 계산시작 메뉴를 클릭하면, "효율 및 열전비 수정" 창이 나타난다. 이는 발전기의 효율 및 열전비가 프로그램에서 계산한 값과 다를 경우 사용자가 수정하며, 프로그램을 처음부터 다시 시작하지 않고도 여러 번 반복해서 수정할 수 있다.

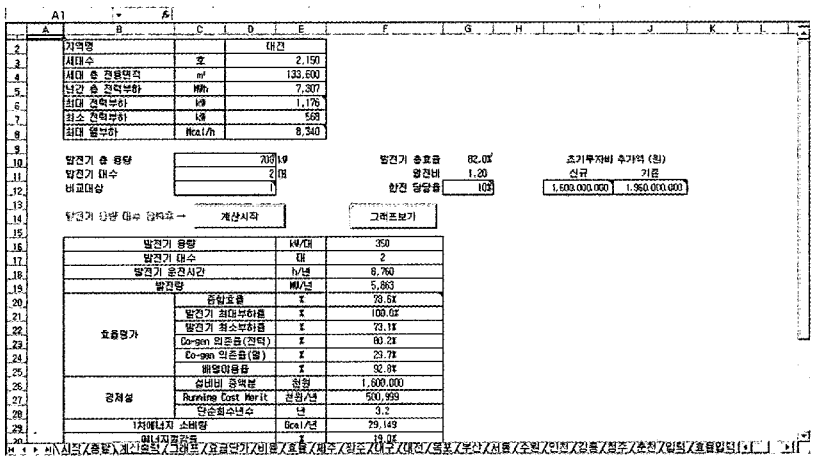
"확인"을 클릭하면, **그림 8**과 같이 입력된 데이터들에 의해 계산된 결과가 나타난다. 계산결과로는 발전기 대당 용량, 발전기 대수, 발전기 운전시간, 발전량, 종합효율, 발전기 최대부하율, 발전기최소부하율, Co-gen 전력 의존율, Co-gen 열 의존율, 배열이용율, 설비비 증액분, Running cost merit, 단순회수년수, 1차에너지소비량, 에너지절감율 등이 계산되어 표시된다.

경제성 분석시트

계산을 완료한 후 그래프보기 버튼을 누르면 **그림 9, 10**과 같은 화면이 나타난다. 이는 앞의 계산결과들 중 중요한 항목들에 대해서 그래프로 나타낸 것이다. 표시된 결과로는 발전비율, 발열비율, 총 열부하 및 냉각열량, 가스사용량, 에너지 절감비용, 초기투자비 단순회수년수, 한전 및 발전기의 전력담당부하들이다.

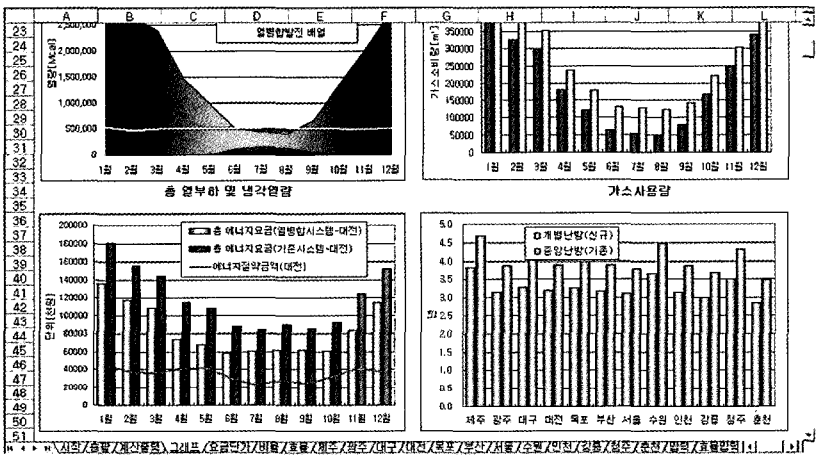
맺음말

소형열병합발전시스템을 아파트 단지에 적용할 경우 발전시에 발생하는 폐열을 난방 및 급탕열원으로 활용할 수 있기 때문에 기존발전소의 화력발전방식에 비해 많은 에너지를 절감할 수 있다. 또한

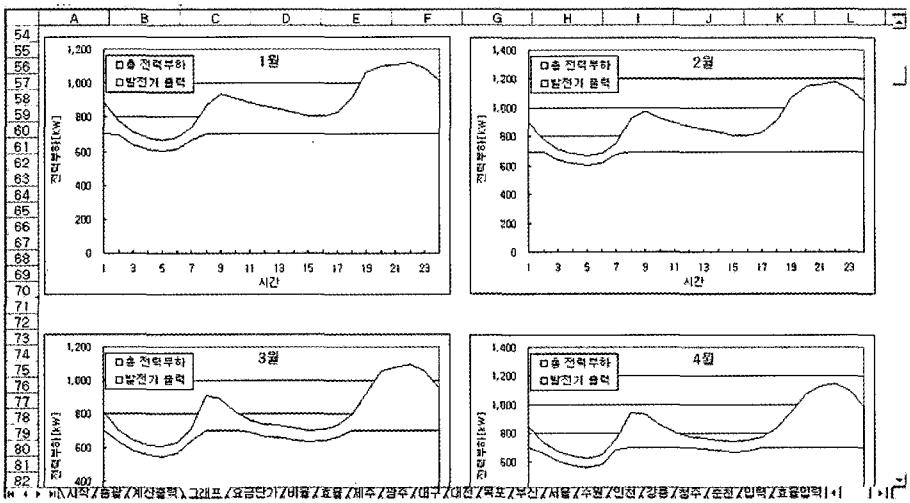


[그림 8] 계산시트

이 시스템은 분산형 전원으로서 안정적인 전력수급에 기여하며, 하절기 전력피크부하 감소로 발전소 건설비용 저감과 하절기 가스냉방수요 창출로 계절별 에너지 수급 불균형을 개선할 수 있다. 환경적인 측면에서는 청정에너지인 천연가스 이용으로 연소시 황산화물(SOx)이 전혀 배출되지 않으며, 지구온난화의 주범인 이산화탄소, 산성비의 원인인 NOx 배출이 화석연료보다 매우 작은 것으로 보고되고 있다. 따라서 정부에서는 ESCO 자금을 통해 소형열병합 보급을 적극 지원하고 있으며, '05년 6월말 현재 총 54개소 31,334 kW에 대해 98,117백만원이 지원되었다.[3]



[그림 9] 경제성 분석시트 I



[그림 10] 경제성 분석시트 II

3) 에너지관리공단 홈페이지 http://www.kemco.or.kr의 내용 인용

이에 일부 건설업계에서도 정부의 에너지정책에 적극 부응하고, 입주자들에게 열 및 전기사용에 대한 에너지사용요금을 줄임으로써 이미지 제고에 기여하고자 소형열병합발전 도입을 추진하고 있다는 것은 이미 앞서 언급한 바 있다. 그러나 소형열병합발전시스템의 도입을 위해서는 계획단계에서 시스템 적용에 따른 경제성 예측이 필수적이지만, 건설업계에서는 아직 경제성을 평가할 수 있는 Tool이 없기 때문에 사업추진에 제약이 있었던 것 같다.

따라서 본 논고에서는 열병합발전시스템 경제성 평가를 위한 아파트 단지의 열 및 전력사용량 데이터를 우선 정립하였고, 이 데이터들을 기초로 사업부서에서 쉽게 활용할 수 있는 경제성 평가 프로그램을 개발한 것이다. 금번 개발된 프로그램이 아파트 단지의 열병합발전 사업을 추진하는 관련자들의 적극 활용을 통해 사업추진에 조금이나마 도움이 되길 기대한다.

참고문헌

1. 대한주택공사 에너지사업단, 2005, "지역난방과 개별난방 공사비 비교".
2. 대한주택공사, 2003, 열사용시설기준, p.9.
3. 대한주택공사, 2004, 현대엔지니어링(주), "CES 타당성 및 기본계획 수립 용역"
4. 대한주택공사, 2004.10, "CES 사업타당성 및 사업기본계획 용역보고서"
5. 대한주택공사, 2004.3, (주) 케너텍, "광명 하안 13단지 아파트 에너지절약용역사업"
6. 대한주택공사, 2004.3, "하안13단지아파트 에너지절약용역"(소규모 열병합발전시스템 도입타당성 검토).
7. 산업자원부, 1999, "건물의 에너지원단위 기준(안) 연구".
8. 산업자원부, 자원에너지 주요통계(2004.3) 및 국가에너지 기본계획