

## CHAPTER 32

### ENERGY MANAGEMENT

Organization .....	85
Financing a Program .....	88
Implementing a Program .....	88
Building Emergency Energy Use Reduction .....	97

에너지절약이란 에너지를 더욱 효율적으로 사용하는 것이라 정의할 수 있다. 연료가격의 상승과 환경에 대한 관심이 급증함에 따라 효율적인 에너지절약기술과 운영기술이 비용효율적일 수 있다. 그러나 지속적인 관리에 대한 노력이 없는 기술 자체만으로는 충분한 결과를 얻을 수 없다. 에너지관리는 조직의 최상위 관리자의 의지와 지원에 의해 시작된다.

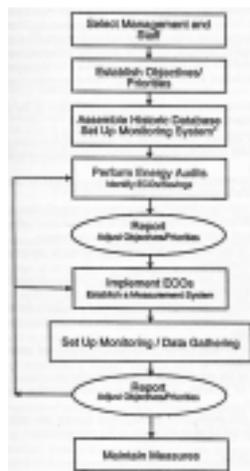


그림1. 에너지관리 프로그램

에너지관리 프로그램의 흐름도는 그림1과 같다. 우선, 프로그램을 관리하고 실행하기 위한 적절한 기술들이 어우러진 팀이 선정되어야 한다. 선정된 팀에서는 목표, 우선순위와 타임스케줄을 선정하며, 필요한 경우 외부의 자문을 얻게 된다. 중요한 데이터베이스의 조함은 향후 에너지절약기법을 평가하는 근간으로 제공될 수 있다. 모니터링 시스템은 세부적인 사용데이터를 얻기 위해 설치될 수 있으며, 이후 세부적인 에너지 조사가 이루어져야 한다. 에너지절약기법과 산출된 절감효과가 결정된 후에 팀에서는 보고서를 작성하고 목표와 우선순위를 세부적으로

조정한다. 일부의 경우, 비용을 많이 들이지 않는 에너지절약 기법들로도 실질적인 절감을 얻을 수 있다. 에너지관리 프로그램은 지속적으로 진행되어야 하므로 데이터를 관찰하고 수집하는 것이 중요하다. 계측기는 에너지소비량을 조사하기 위하여 각각의 중요한 기기에 설치될 수 있다. 건물 내의 모든 사람이 볼 수 있는 대형 차트는 에너지절약에 대한 인식을 높이는데 도움을 준다. 프로그램은 규칙적인 보고서 및 목표와 우선순위의 재조정을 필요로 하며, 적용된 에너지절약기법은 지속적으로 관리되어야 한다.

#### ORGANIZATION

에너지관리는 기존의 건물에서 이루어지므로 본 장의 대부분의 내용은 기존 건물을 대상으로 하고 있다. 신축건물을 대상으로 한 에너지절약 설계자료<sup>1)</sup>는 ASHRAE Handbook, ASHRAE 90 Series Standards에 정리되어 있다. 대부분의 신축건물 설계에서 간과되는 영역은 에너지 소비량을 측정하고 조사하는 시설이다.

에너지관리가 효율적으로 이루어지기 위해서는 다른 관리영역의 비용편익과 동일한 정도의 중요성을 가져야 한다. 이러한 관점에서 최고 관리자의 역할은 다음과 같다.

- 에너지 비용편익분석 센터의 설립
- 프로그램의 관리권한 부여
- 에너지 관리자의 고용 또는 선임
- 자원의 배치
- 에너지관리 프로그램이 효과적인 결과를 달성하기 위하여 필요한 모든 부서와 정확한 의사소통이 가능한지를 확인

1) 신축건물을 대상으로 한 에너지절약 건축설계기법 및 건축 설비설계기법에는 어떤 것이 있을까? 건물의 용도에 따른 에너지절약설계기법을 이해해 보자. 건물의 에너지와 부하와의 관계는 어떤 것일까?

- 프로그램의 비용효율 관찰
- 정확한 프로그램의 목표 설정
- 조직 최하위레벨 종사자들의 프로그램 주인의식 고양
- 에너지관리 프로그램의 관찰을 위한 지속적인 보고와 분석체계의 마련

효율적인 에너지관리 프로그램은 적절한 예산을 지원받는 책임 있는 관리자를 필요로 한다. 일반적으로 건물의 에너지관리 프로그램 관리에 산은 연간 에너지비용의 3~10%를 할당받는다. 예산은 부가되는 인적자원이나 에너지관리자와 실무자들의 지속적인 교육에 필요한 금액을 포함하여야 한다.

풀타임 근무가 불가능한 경우, 관리자는 기존에 기술적인 지식과 배경을 가진 사람을 우선으로 고려하여야 하며, 에너지관리 프로그램에 참여하기 위해서는 반드시 교육이 필요하다. 에너지관리는 다른 직종에 근무하는 사람의 대체근무 혹은 부속근무가 되어서는 안 된다.

다른 형태의 방법은 설계, 실행, 유지관리 등에 대한 에너지관리 전문가를 고용하는 것이다. 일부 에너지서비스 회사들은(ESCOs) 계약시 실제 절감액을 기준으로 추후 금액을 지급받는 에너지관리 서비스를 제공하고 있다.

그림2는 효율적인 에너지관리를 위한 조직의 역할을 나타내고 있다. 실선은 조직 내에서의 일반적인 보고체계를 나타내며, 점선은 에너지관리에 의해 형성된 새로운 체계를 나타낸다. 화살표는 일반적으로 에너지절약과 관련한 1차 지시체계를 나타내며, 차트는 이상적인 조직체계를 표현하고 있다. 그러나 현실에서의 각 역할은 서로 중첩되며, 특히 소규모의 조직일수록 더욱 심해진다. 예를 들어, 고등학교의 교감은 에너지관리자와 기계실 감독관의 역할을 할 수 있다. 그러나 모든 역할을 담당한다는 것이 중요한 문제점으로 지적될 수 있다.

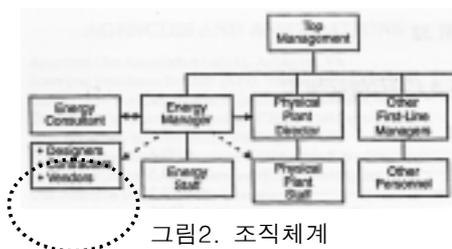


그림2. 조직체계

**Energy Manager**

에너지 관리자는 기술, 정책, 계획 및 구매, 공공업무의 4가지 광역범주의 업무를 수행하여야 한다. 에너지관리자는 다음의 목록 중 일부 업무에 있어서 주위의 지원이 필요하다. 실행에 필요한 특정 업무와 계획의 목록은 문서화되어야 한다.

기술적 업무는 다음을 포함한다.

1. 에너지조사 수행 및 에너지절약기법에 대한 이해
2. 에너지절약시 개선 정도의 기준 설정
3. 에너지관련 신기술, 대체연료자원, 에너지효율적인 실무기법 등에 관한 기술자문 수행
4. 건물의 신축, 확장, 리모델링 및 기기 구매시 에너지 효율 평가
5. 기계류와 시설의 효율적인 유지관리를 위한 성능기준 설정
6. 최신의 에너지관리 하드웨어의 검토<sup>2)</sup>
7. 최적기술의 선정
8. 유지관리기술 검토
9. 에너지절약기법의 실행
10. 지속적인 에너지소비량 분석 및 에너지절약기법의 검증에 위한 에너지 해석 프로그램의 정착
11. 에너지절약기법의 효율 관리
12. 설계 및 유지조건 변경시 현장에서의 에너지 소비량 측정

정책관련 업무는 다음을 포함한다.

1. 최고 관리자에 의해 편성된 에너지정책의 완성
2. 연방 및 주 법규의 조사 및 문제점에 관한 대책 마련
3. 에너지 관련조직의 대표
4. 정부주도의 보고프로그램 관리

계획 및 구매업무는 다음을 포함한다.

1. 에너지 공급원, 연료가격 변동을 이용한 비용 및 부하 관리기법에 대한 조사
2. 초기투자비만을 고려하지 않은 경제성, 에너지소비량, 기능수행능력을 근거로 한 시스템과

2) 일반적으로 제어는 Sensor --> Signal --> Relay --> Controller --> Actuator의 과정으로 이루어진다. 제어프로세스에 사용되는 하드웨어의 종류에는 어떤 것이 있을까?

기기의 구매

3. 현행 에너지절약기법의 이해 및 전력회사에 의해 공급되는 수요자측 관리프로그램 관리
4. 주요 전력회사와의 계약시 가격조정
5. 에너지 공급부족시의 비상계획 개발
6. 조직의 장단기 에너지소비량 및 비용 예측
7. 장단기 에너지절약계획 및 예산 수립
8. 최고 관리자에게의 주기적인 보고

공공관련업무는 다음을 포함한다.

1. 효율적인 에너지사용시 이익에 대한 실무자 교육
2. 실무자의 에너지절약기법 제안체계 수립 및 제안평가
3. 기기 및 실무자의 포상을 통한 성공적인 에너지절약 프로젝트의 인식
4. 최고 관리자 보고를 위한 공식적인 체계 수립
5. 홍보물, 지침서, 참고서적 등을 이용한 조직 내 에너지 네트워크의 설치
6. 신문 및 지역사회에서의 발표 등을 이용한 조직내 에너지절약 달성에 대한 지역사회의 인식 유도

에너지 관리자의 일반적인 자질은 (1) 건물시스템과 프로세스에서의 에너지절약설계 경험이 있는 공학적인 배경, (2) 시스템과 기기 측면에서의 실무경험, (3) 목표를 위한 관리스타일, (4) 운전원에서 최고 관리자까지 모든 계층의 사람들과의 작업 및 조화능력, (5) 기술보고서 작성 및 구술을 통한 의사소통능력을 필요로 한다.

에너지 관리자의 바람직한 교육 및 전문가적 자질은 다음을 포함한다.

1. 4년제 대학의 공학사학위 취득, 기계, 전기, 산업, 화학 전공 선호
2. 에너지원의 계획 및 절약원리와 실무의 완전한 이해
3. 조직 내 관리자와의 조화
4. 기술 및 통계자료정리 및 분석능력과 에너지 소비 측면에서의 보고서 작성능력
5. 에너지절약기법 및 계획과 관련한 자료와 에너지원에 대한 지식
6. 타 실무자와의 효율적인 작업관계 수립, 개발 능력 및 동기부여 능력
7. 건물의 계획 및 시방에 대한 이해와 판단능

력

8. 자동제어와 시스템 장비에 대한 기본지식
9. 에너지관련 측정장비 및 사용지식
10. 조직의 제조공정에 대한 지식
11. 건물 시스템 설계 및 유지관리에 대한 지식
12. 효율적인 에너지사용에 대한 열정과 관심 및 조직 내 모든 계층에 대한 아이디어 발표능력

### Energy Consultant

에너지 관리자는 에너지관리 프로그램을 수행하기 위해 외부의 지원이 필요하게 된다. 에너지 컨설턴트는 에너지 관리자의 역할을 도와주기 위해 참여할 수 있으며, 에너지 관리, 유지 및 관리실무자의 교육에 대한 책임을 가지기도 한다. 일부의 경우, 에너지 컨설턴트가 에너지관리 프로그램의 실행과 조사에 책임을 지기도 한다.

에너지 컨설턴트의 기본 자질은 에너지 관리자와 유사하여야 한다. 컨설턴트는 장비나 시스템의 판매와는 아무런 관련이 없는 객관적인 분야의 사람이어야 한다.

에너지 서비스 회사(ESCOs)와 다른 용역회사의 경우 에너지관리 서비스를 제공한다. 이러한 회사들은 대개 개선전후에 측정된 에너지소비량을 근거로 실제 절감액의 일부를 보상받는다.

합리적이고 통합적인 에너지관리 프로그램을 통한 적절한 에너지 절약은 에너지 컨설턴트와 에너지 관리자가 시스템의 상호작용을 완전히 이해할 때에만 이루어질 수 있다<sup>3)</sup>.

### Motivation

에너지관리 프로그램의 성공은 프로그램을 실행하는 사람들의 관심과 동기부여에 달려 있으며 (Turner, 1993), 이를 위해서는 참여와 의사소통이 핵심이다. 실무자들은 다음 사항을 이해함으로써 에너지관리 프로그램을 지원하게 된다.

1. 사용하는 에너지의 양
2. 에너지의 가격
3. 실무자들의 지속적인 작업에 따른 에너지의 중요성
4. 유지관리 측면에서의 에너지절약의 의미
5. 생산성과 에너지 소비와의 상관관계
6. 개선된 쾌적도 및 실내공기환경 등 참여로

3) 건축물 시스템의 상호작용이라는 것은 무엇을 의미하는 것일까?

인한 이익

에너지 관리활동은 각 부서장의 역할 또는 작업기준의 일부가 될 수도 있다. 최고 관리자가 에너지관리 프로그램의 선상에서 모든 성능평가 기준을 각 부서의 에너지절약효과로 판단한다면 각 부서의 장은 직원들에게 관심과 협조로 동기 부여를 하게 될 것이다.

## FINANCING A PROGRAM

에너지관리 프로그램에는 몇 가지의 재정기법이 있다.

**Internal Financing.** 건물 소유주, 관리자 또는 재실자는 모든 에너지절감요소와 위험요소에 대하여 자체적으로 재정에 대한 결정권을 가진다.

**Shared Savings Contracts.** 일반적으로 독립 계약자가 에너지관련요소를 자신들의 비용으로 설치한다. 이후 건물 소유주는 초기에 약속된 수수료를 지불하며 금액은 보통 달성된 절감액과 관련하여 정해진다. 계약기간은 짧게는 수년에서 길게는 20년까지 이루어진다. 계약의 용어와 조건은 주의 깊게 문서화되어야 한다. 특히, 선정된 에너지절약기법이 기타 에너지 소비에 미치는 영향에 대해서는 정확하게 언급되어야 한다.

**Guaranteed Savings Contracts.** 이 기법은 개수비용이 우선 결정된다는 점을 제외하면 Shared Savings Contracts와 유사하다. 건물 소유주는 계약 초기에 개수비용을 지불할 수 있으며, 도급자는 몇 년간의 경과 후 절감액으로 다시 되갚는다. 소유주는 이러한 약정을 주의 깊게 살펴야 하며, 재정적 신용도를 이해하여야 한다. 만약 절감액이 현실화되지 않는다면 도급자는 보장을 받을 수 없게 된다. 에너지절약은 일반적으로 연간을 기준으로 보장된다. 더 많은 절감이 이루어지면 일부 계약은 도급자에게 보너스를 주도록 요구한다. 보장된 기준에 비해 절감이 적게 이루어지는 경우, 소유주는 차액에 대해 배상을 요구하게 된다. 보험정책은 주의 깊게 관찰되어야 한다. 이러한 형태의 계약에서는 도급자와 보험회사의 성능기록이 반드시 검토되어야 한다.

**Demand Side Management.** 수요자측 관리프로그램은 전력회사에 의해 제공되며, 일반적으로 시스템 설치시 보조금이 지원된다. 이 프로그램은 도급자나 건물 소유주에게 특정 장비를 설치

하는 대가로 리베이트를 주는 형태를 띠며, 재도급자나 소규모의 전력회사에 의해 제공되는 것이 보통이다. 이 프로그램의 목적은 전력회사에서 제공하는 에너지 수요를 줄이는 것이다.

**Utility Consultants.** 전력 컨설턴트는 건물 소유주를 위해 전력요금을 검토하고 요금산정시 오류 및 적정액을 검토한다. 일반적으로 이미 소비된 에너지의 양은 고려하지 않는다. 계약은 즉시 있을지 모를 경우를 근간으로 이루어지며 대개 5년간 절감액의 절반을 지불한다.

**Government Programs.** 연방, 주 및 지역정부의 프로그램으로 특정한 에너지 개수에 대하여 보조금 및 세액공제 등을 제공한다.

**Tariff Analysis.** 대부분의 전력회사에서는 다양한 요율을 적용한다. 고객이 필요한 만큼을 선정하면 이를 제공한다. 요율은 자주 변화하므로 다른 형태의 전력요율에 대한 검토로 보다 적은 비용을 들일 수 있다<sup>4)</sup>.

**Tax Exemption.** 많은 주에서는 특정용도의 에너지형태에 대해 면세를 하고 있다. 일반적으로 전력요금은 고객이 면세고객이 아니면 모든 고객에게 세금이 부과된다. 일반적인 면세는 비영리단체, 연구개발업체, 그리고 일부 제조업체가 포함된다.

## IMPLEMENTING A PROGRAM

에너지관리 프로그램 실행은 6개의 기본단계로 이루어진다.

1. 에너지 소비경로에 대한 완전한 이해
2. 에너지절약 기법의 모든 잠재성에 대한 이해를 위한 계획되고 합리적인 자료조사. 적용 가능한 전기요율 조사를 위한 전력회사 접촉 및 수요자측관리 프로그램에 관한 연구
3. 신뢰성 있는 에너지 및 비용분석기법 결정
4. 에너지절약기법 실행에 필요한 자원에 대한 인식, 습득 및 우선순위 선정
5. 합리적인 절차에 의한 에너지절약기법의 실행.
6. 에너지절약기법의 관찰 및 유지관리. 시간경과에 따른 건물 기능변화에 대응한 재평가.

기존 건물에서 사용되는 재생 불가능한 에너

4) 국내 건축물에 적용되는 전력사용요금체계에는 어떤 것이 있을까?

지원의 절약을 위한 기준을 제공하기 위해 ASHRAE 100 Series Standard가 개발되었다. 이러한 기준은 기존 건물의 열성능, 시스템의 효율향상과 에너지절약기법의 유지, 관리, 조사에 필수적인 절차와 프로그램을 제공하고 있다.

에너지효율과 에너지절약을 위한 노력은 불쾌적이나 건물의 주용도에 위배되어서는 안 된다. 작업자 또는 작업프로세스의 일반적인 기능을 방해하는 에너지절약기법은 생산성에 악영향을 미쳐 경제성을 떨어뜨린다.

**Database**

과거의 에너지소비와 비용에 대한 자료정리는 에너지관리 프로그램을 발전시키는데 아주 중요하다. 신뢰성있는 전력사용량 데이터는 반드시 조사되어야 한다. 일반적으로 전력사용량은 컴퓨터 디스크에 수요자측의 사용량을 저장할 수 있으며, 보통 15분 간격으로 측정된다. 이러한 자료는 편차 명확하게 알 수 있는 월간데이터가 더욱 유용하다. 특정시기의 높은 소비량은 절약의 요인을 제공할 수 있다(Haberl and Komar, 1990). 월간데이터는 몇 년간에 걸쳐 분석되어야 한다. 미래의 에너지절감과 비용절감에 대한 기준점으로 기준년도를 설정하여야 한다. 이러한 자료를 도표화하는 데 있어서는 그 기간동안의 다른 날의 에너지사용량과의 차이를 일반화할 수 있도록 하기 위하여 반드시 실제 사용된 날짜를 기준으로 기록되어야 한다.

에너지가 에너지 관리자의 권한 하에서 하나 이상의 건물에 사용되거나 부서별로 사용된 경우, 각각은 별개로 정리되어야 한다. 초기에 정리된 도표는 단위면적당 에너지와 비용을 포함하여야 한다(산업용 건물의 경우 제품생산단위당 에너지와 비용이 될 수 있다). 에너지사용에 영향을 미칠 수 있는 변수와 관련된 과거의 자료 역시 정리되어야 한다. 이러한 자료에는 난방도일 및 냉방도일, 건물 점유율, 생산시설의 생산제품 수량, 일 평균 기후조건(NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration, Environmental Data and Information Service, National Climatic Center Federal Building, Asheville, NC 28801) 등이 될 수 있다. 이러한 변수들이 에너지사용량과 직접적으로 비례하지는 않으므로 자료를 별개로 정리하는 것이 적절하다. 자료정리가 마무리되면 이후의 에너지 사용량을 규칙적으로 얻어야 한다.

에너지사용량을 다른 건물과 비교함으로써 상대적인 효율을 합리적으로 검토할 수 있다. DOE(Department Of Energy) 산하의 EIA(Energy Information Administration)에서는 건물의 모든 분야에서의 자료를 수집한다. DOE/EIA-0246과 DOE/EIA-0318에 비주거용 건물, DOE/EIA-0321/1에 주거용 건물 자료가 요약되어 있다.

표1과 표2는 건축물의 물리적 특성을 정리한 것이다. 표3과 표4는 건물 용도에 따라 측정된 수요량과 에너지 소비량을 정리한 것이다. 표5는 최종 용도에 따른 에너지를 정리한 것이다. EIA는 주거용 건물의 에너지소비량을 정리하였으며, 표6에 그 내용을 요약하였다.

표1 1992 미국 상업용 건물의 특성

Building Type	Area, m <sup>2</sup>						% of Buildings	
	Per Building		Per Worker		Therm Per Week		Monitor	Control
	Mean	Median	Mean	Median	Mean	Median	Count	Count
Education	2640	840	114	90	49	43	0	30
Food/Store	540	190	84	70	108	100	0	0
Food/Service	500	330	82	57	91	91	8	36
Health Care	1590	400	49	46	49	30	0	8
Hotel	1700	780	113	138	118	168	0	38
Manufacturing	980	370	73	130	62	14	11	63
Office	1510	490	43	46	13	43	4	11
Parking Garage	6480	280	712	279	42	11	14	68
Public Assembly	1020	380	114	176	60	41	11	45
Public Office/Shop	1270	480	68	86	114	108	0	59
Religious Worship	800	410	111	140	70	70	1	11
Wholesale and Retail	1480	480	140	170	60	48	13	64
Other	1820	570	81	81	71	76	0	43
Street	1280	340	491	195	37	0	76	94
All Buildings	1318	450	80	94	58	50	28	91
Source Table	#1	#1	#1	#1	#1	#1	#1	#1

신축건물에 에너지관리 프로그램을 설정할 경우, 에너지 사용 데이터베이스는 유사한 건물의 전형적인 에너지 사용데이터에 의존한다. 건물 설계단계에서는 에너지 시뮬레이션 데이터에 의해 보완된다. 이와 더불어 신축건물 및 에너지절약기법을 포함한 모든 시스템이 시공과정 이후 적절히 작동하는지를 확인하기 위한 커미셔닝이 이루어져야 한다. ASHRAE Guideline 1, Guideline for Commissioning of HVAC Systems를 참고하라.

표2 1986, 1989, 1992 미국 상업용 건물의 특성

Building Type	% of Buildings			% of Buildings			% of Buildings			
	'86	'89	'92	'86	'89	'92	'86	'89	'92	
Administration	14	17	14	Energy conservation	20	25	Cooling systems	15	15	15
Office	27	37	44	T11	30	35	T11	28	4	4
Healthcare	11	10	8	T12	10	10	T12	14	4	4
Education	11	10	8	T13	10	10	T13	14	4	4
High technology	10	10	8	T14	10	10	T14	14	4	4
High efficiency	10	10	8	T15	10	10	T15	14	4	4
Other	10	10	8	T16	10	10	T16	14	4	4

표5 최종 사용처별 에너지원-전체 건물에서의 비율

Source	All Buildings (Total Energy)	Process	Space Heating								
Electricity	35	30	35	30	35	30	35	30	35	30	35
Gas	35	30	35	30	35	30	35	30	35	30	35
Oil	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Coal	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Other	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

이상의 표에 나타난 모든 데이터는 건물의 에너지 소비패턴에 따른 세부적인 보고서로부터 추출된 것이다. 그러나 데이터를 사용하기 이전에 데이터의 추출방법에 대하여 이해하는 것이 중요하다. 예를 들어, 표6에 나타난 모든 주거용 건물의 에너지 소비량 데이터는 평균데이터이며, 건물에서의 기기나 연료의 다양함을 반영하지는 못한다. 따라서 데이터를 이용할 경우에는 EIA의 원본 보고서자료를 이용하여 올바른 사용을 확인하여야 한다.

ANSI/ASHRAE Standard 105, Standard Methods of Measuring and Expressing Building Energy Performance에서는 기존 건물에 있어서 일정하고 균일한 에너지 소비량 자료를 보여주고 있으며, 그 사용이 권장되고 있다.

ASHRAE Special Project Report 56(ASHRAE 1989)에서는 전기사용료를 일반화하고 비교하기에 유용한 데이터 목록을 제공하고 있다. 측정된 에너지 소비량과 비용데이터가 수집되었고, 건물 소유주를 대표하는 합자회사에 의해 출판되었다.

출판된 건물의 에너지 소비량 데이터의 질은 다른 수준의 기술과 지식을 가진 사람들에게 의해 다른 목적으로 수집되므로 서로 달라진다. 본 고에서 제공하는 데이터는 근본적으로 국가적인 데이터이다. 일부의 경우, 지역의 전력회사나 주, 지역 에너지 사무소로부터 얻어진 지역별 에너지 소비량 데이터가 유용할 수도 있다.

에너지관리 프로그램의 발전 측면에서 이전에 수행된 에너지절약기법과 실제 에너지 또는 비용절감 정도에 대한 목록을 정리하는 것은 유용하다. 에너지와 비용절감 분석기법(MacDonald and Wasserman, 1989, Section 2)이 절감 정도의 계산에 사용될 수 있다. 이러한 기법들과 절감액은 시스템의 현재 효율을 결정하고 그 효율을 유지하거나 개선하기 위하여 이후의 에너지 조사시간동안 연구되어야 한다.

대부분의 에너지 관리활동은 경제성에 의지하므로 에너지 관리자는 각 건물용도에 적용할 전력요율을 이해하여야 한다. 일반적으로 특수요율

표3 1989 미국 상업용 건물의 평균전력수요량 및 부하율 특성

표4 1989 미국 상업용 건물의 에너지 사용량

Building Type	Demand, kW/m²		Load Factor, %		Building Type	Demand, kW/m²		Load Factor, %	
	Peak	Avg	Peak	Avg		Peak	Avg	Peak	Avg
Administration	10.3	13.7	25	35	Healthcare	11.0	15.0	25	35
Office	10.7	15.2	25	35	Education	11.0	15.0	25	35
Healthcare	11.0	15.0	25	35	High technology	11.0	15.0	25	35
Education	11.0	15.0	25	35	High efficiency	11.0	15.0	25	35
High technology	11.0	15.0	25	35	Other	11.0	15.0	25	35
High efficiency	11.0	15.0	25	35					
Other	11.0	15.0	25	35					

Building Type	All Buildings		Major Fed Energy		Electric Energy		Natural Gas		Total Electric Use	
	Consumption, kWh/m²	Cost, \$/m²								
Administration	14	1.3	14	1.3	14	1.3	14	1.3	14	1.3
Office	14	1.3	14	1.3	14	1.3	14	1.3	14	1.3
Healthcare	14	1.3	14	1.3	14	1.3	14	1.3	14	1.3
Education	14	1.3	14	1.3	14	1.3	14	1.3	14	1.3
High technology	14	1.3	14	1.3	14	1.3	14	1.3	14	1.3
High efficiency	14	1.3	14	1.3	14	1.3	14	1.3	14	1.3
Other	14	1.3	14	1.3	14	1.3	14	1.3	14	1.3

은 일 사용시간, 불규칙적인 서비스, 계절 및 첨두 수요의 변수에 의해 적용된다. 미국에는 1000개 이상의 전력요율 변수가 있다. 에너지 관리자는 지역 전력회사와의 긴밀한 협조를 통하여 측정, 지불체계, 사용가능한 에너지의 절감 등을 효과적으로 계산하여 가장 비용효율적인 기법을 적용하여야 한다.

예를 들어 전력회사의 경우 전력소비량과 전력수요량을 함께 측정하는 것이 일반적이다. 수요량은 소비량의 첨두율을 의미하며, 전형적으로 15분에서 30분간에 걸쳐 집중된다. 또한, 전력회사는 수요량에 대한 효율적용 지불체계를 설정할 수도 있다. 간단한 효율적용 수요지불의 경우, 지불수요는 월간의 실제 수요나 연간 최고수요의 비율로 설정할 수 있다. 그림3은 여름철에 최고 전력수요가 발생하는 가스난방, 전기냉방 건물을 나타낸 것으로, 85% 비율적용시 실제 수요량과 지불수요량을 나타내고 있다. 겨울철의 수요량은 대략 매월 700kW이고, 여름철의 경우 냉동기의 사용으로 8월에 약 1000kW의 첨두수요가 발생하고 있다. 85%의 효율이 적용되므로 8월의 수요량 이하의 모든 월에서 실제 수요량이 850kW 이하임에도 지불은 850kW로 하고 있다. 따라서 본 건물에서는 다음의 결론을 얻을 수 있다.

표6 1990 미국 주거용 건물의 에너지 소비량

Table Number	Consumption per Household per Year												Annual per kWh
	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	
Characteristics	Single-Family	2-Bld. Apt.	3-Bld. Apt.	4-Bld. Apt.	5-Bld. Apt.	6-Bld. Apt.	7-Bld. Apt.	8-Bld. Apt.	9-Bld. Apt.	10-Bld. Apt.	11-Bld. Apt.	12-Bld. Apt.	13-Bld. Apt.
Year Bld. Occupied	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99	2000-04	2005-09	2010-14	2015-19	2020-24	2025-29	2030-34
Electricity	38.7	32.8	30.3	29.9	32.0	33.6	35.9	38.7	41.8	45.0	48.2	51.4	54.6
Gas	99.1	99.1	97.7	95.9	94.8	93.2	91.7	90.2	88.7	87.2	85.7	84.2	82.7
Water	98.7	94.9	93.3	92.7	91.7	90.7	89.7	88.7	87.7	86.7	85.7	84.7	83.7
Climate zone	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10
Type of housing unit	Single-Family	2-Bld. Apt.	3-Bld. Apt.	4-Bld. Apt.	5-Bld. Apt.	6-Bld. Apt.	7-Bld. Apt.	8-Bld. Apt.	9-Bld. Apt.	10-Bld. Apt.	11-Bld. Apt.	12-Bld. Apt.	13-Bld. Apt.
Heating system	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas
Cooling system	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC
Number of rooms	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24	25-26
Ownership of unit	Owned	Rented	Owned	Rented	Owned	Rented	Owned	Rented	Owned	Rented	Owned	Rented	Owned
Year of construction	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99	2000-04	2005-09	2010-14	2015-19	2020-24	2025-29	2030-34
Additional paid by household	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes
Household size	1 person	2 person	3 person	4 person	5 person	6 person	7 person	8 person	9 person	10 person	11 person	12 person	13 person

Table Number	Consumption per Household per Year												Annual per kWh
	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	
Characteristics	Single-Family	2-Bld. Apt.	3-Bld. Apt.	4-Bld. Apt.	5-Bld. Apt.	6-Bld. Apt.	7-Bld. Apt.	8-Bld. Apt.	9-Bld. Apt.	10-Bld. Apt.	11-Bld. Apt.	12-Bld. Apt.	13-Bld. Apt.
Year Bld. Occupied	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99	2000-04	2005-09	2010-14	2015-19	2020-24	2025-29	2030-34
Electricity	38.7	32.8	30.3	29.9	32.0	33.6	35.9	38.7	41.8	45.0	48.2	51.4	54.6
Gas	99.1	99.1	97.7	95.9	94.8	93.2	91.7	90.2	88.7	87.2	85.7	84.2	82.7
Water	98.7	94.9	93.3	92.7	91.7	90.7	89.7	88.7	87.7	86.7	85.7	84.7	83.7
Climate zone	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10
Type of housing unit	Single-Family	2-Bld. Apt.	3-Bld. Apt.	4-Bld. Apt.	5-Bld. Apt.	6-Bld. Apt.	7-Bld. Apt.	8-Bld. Apt.	9-Bld. Apt.	10-Bld. Apt.	11-Bld. Apt.	12-Bld. Apt.	13-Bld. Apt.
Heating system	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas
Cooling system	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC
Number of rooms	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24	25-26
Ownership of unit	Owned	Rented	Owned	Rented	Owned	Rented	Owned	Rented	Owned	Rented	Owned	Rented	Owned
Year of construction	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99	2000-04	2005-09	2010-14	2015-19	2020-24	2025-29	2030-34
Additional paid by household	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes
Household size	1 person	2 person	3 person	4 person	5 person	6 person	7 person	8 person	9 person	10 person	11 person	12 person	13 person

1. 겨울철 수요를 줄이는 에너지절약기법은 여름철 수요량을 줄이지 않으면 수요량에 따른 지불액을 줄이지 못한다.
2. 여름철 첨두수요를 줄이는 에너지절약기법(예를 들어 냉동기의 전력사용량을 50kW 줄이는 경우)은 1년 내내 수요지불액을 절감할 수 있다.

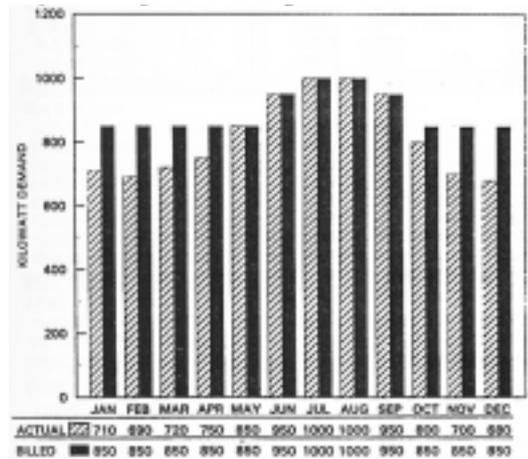


그림3 실제 수요와 지불수요의 비교 (85% 11개월 효율적용시)

RTP(Real Time Pricing)라 불리는 지불기법은 전력회사에 의해 사용되기 시작하였다. 이 기법을 이용하여 전력회사는 다음 날의 단위시간

당 최소한의 전력사용요금을 계산하며, 고객들의 비용을 결정하게 되고, 이러한 다음 날의 시간당 비용을 고객에게 보내게 된다. 고객들은 하루 중 각 시간대에서의 전력요금을 토대로 사용량을 결정할 수 있게 된다.

이상의 지불기법에는 많은 다양성이 존재하므로 활용 가능한 요율을 이해하는 것이 중요하다. 또한, 이러한 요율체계는 변화할 수 있으므로 전력요율을 이용한 에너지관리 또는 에너지절약시스템의 계획이나 설치시에는 주의가 필요하다. 전력요율의 구조나 체계로는 에너지절약기법의 적용기간을 보장할 수 없다.

### Priorities

데이터베이스를 설정한 후, 에너지관리자는 미래의 작업에 대한 우선순위를 정하여야 한다. 에너지관리자 산하에 하나 이상의 건물이나 부서가 있는 경우, 에너지사용과 비용에 관한 데이터베이스는 전체 및 단위면적당 에너지소비량 및 비용, 생산단위당 비용, 인정 가능한 근거를 가지는 다른 지표 등의 기반에서 비교되어야 한다. 또한, 비교결과는 실제 에너지목표로 연계되어야 한다. 이러한 비교를 통하여 활용 가능한 자원을 가장 효율적으로 사용할 수 있는 우선순위를 설정할 수 있게 된다.

이러한 비교를 위한 하나의 접근방법 중 영국에서 사용하는 것으로 Monitoring and Targeting이라 불리는 것이 있다. 모니터링 부분은 단기간의 측정데이터 수집 및 재실용, 기후조건 및 기타 변수에서의 분석으로 이루어진다. 이것은 에너지 소비량에 영향을 미치는 인자들에 대한 이해를 가능하게 하며, 이로부터 개선방안이 마련될 수 있다. Targeting은 다른 유사건물과의 비교를 통하여 이루어진다. 즉, 건물이 유사 건물에 비해 더 많은 에너지를 소비하는 것이 관찰(모니터링)되었다면 절감이 가능한 것이다.

이 시점에서 수집된 데이터, 설정된 우선순위, 에너지관리 프로그램에 대한 지속적인 발전계획, 필요한 예산내역 등을 다른 최고관리자를 위한 보고서가 준비되어야 한다. 또한, 이것은 월별, 분기별, 반기별 규칙적인 보고체계가 시작이 되어야 한다.

### Energy Audits

에너지 조사 혹은 분석에는 3단계가 정의되어 왔다(ASHRAE 1989). 건물의 물리적 특성 및 에

너지사용특성, 건물 소유주의 필요성에 따라 이 단계는 다른 정도의 깊이를 가진다. 예비 에너지 사용량 평가 이후의 에너지 분석은 일반적으로 다음의 3가지 범주로 구분될 수 있다.

**Level I - Walk-Through Assessment.** 에너지 조사 1단계는 에너지 사용요금 분석과 건물에 대한 간단한 조사를 통하여 건물의 에너지비용과 효율을 평가하는 단계이다. 1단계의 에너지 분석은 저가 및 비용을 들이지 않는 기법에 대한 비용분석과 절감방안을 제공한다. 또한, 잠재적인 비용과 절감액에 대한 초기의 판단을 토대로 이후 고려해야 할 잠재적인 비용절감요인의 목록을 제공하게 된다. 세부적인 조사내용은 조사를 수행하는 사람의 경험이나 조사에 대해 비용을 지불하는 고객의 요구조건에 따라 달라진다.

**Level II - Energy Survey and Analysis.** 에너지조사 2단계에서는 더욱 세부적인 건물조사와 에너지분석이 수행되며, 건물에서의 에너지사용에 대한 요소별 분석이 이루어진다. 2단계의 에너지분석은 소유주가 원하는 경제적 기준을 만족하는 모든 적용 가능한 기법들에 대한 비용분석이 유지관리체계에 대한 토론을 통하여 제공된다. 또한, 잠재적인 투자비용과 절감액에 대한 판단을 토대로 더욱 세부적인 데이터 수집과 분석을 하게 되며, 이로부터 잠재적인 비용절감이 가능한 목록을 제공하게 된다. 2단계에서의 분석은 대부분의 건물과 기법에 대해 합리적인 결과를 얻을 수 있다.

**Level III - Detailed Analysis of Capital-Intensive Modifications.** 에너지조사 3단계에서의 분석은 2단계의 분석 및 더욱 세부적인 현장조사 데이터, 그리고 기술적인 분석을 통하여 잠재적인 비용절감요소를 인식하는 것에 초점을 맞추고 있다. 3단계에서는 중요한 재정적 투자금액을 결정할 수 있도록 하기 위하여 높은 수준의 충분하고 정확한 비용과 절감액에 대한 정보를 제공한다.

에너지조사단계는 각 단계 사이에 정확한 구분이 없다. 에너지조사는 예측 가능한 정보의 종류를 인식하는 일반적인 범주이며, 결과에 대한 정확도의 수준을 나타내는 것이다. 즉, 특정 건물의 에너지분석기간 동안 다양한 기법들이 다

큰 수준의 분석에서도 제공될 수 있다.

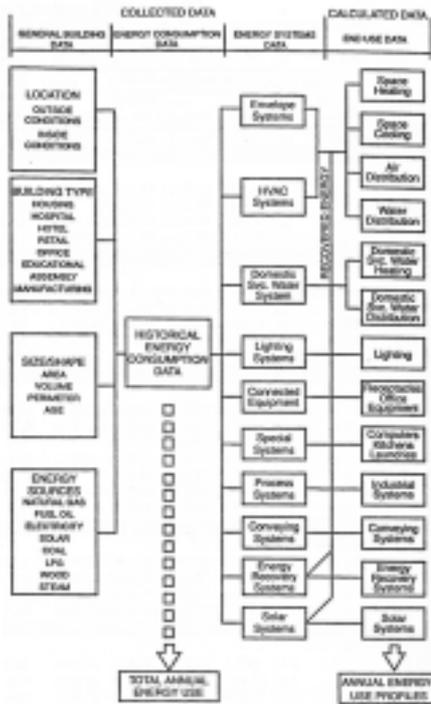


그림4 에너지조사 자료입력체계

에너지관리 프로그램의 완전한 마무리에 있어서, 1단계의 조사만으로도 프로그램을 설정하는데에는 유용하지만 모든 건물에 대해 2단계의 조사가 수행되어야 한다. 그림4는 2단계 에너지 조사의 자료입력체계를 도시한 것으로 다음 항목의 데이터가 포함된다.

- 건물에 대한 일반적 데이터
- 에너지소비량에 대한 과거의 데이터
- 에너지 시스템에 대한 데이터

수집된 데이터는 모든 최종 에너지사용단계에서의 에너지사용 프로파일을 계산하는 데 사용된다. 에너지사용 프로파일로부터 에너지절약기법에 대한 개발과 평가가 가능해진다.

에너지조사를 수행하는 데 있어서 시스템에 대한 철저한 접근은 가장 좋은 결과를 가져올 수 있다. 이러한 접근은 시작에서부터 하는 것보다 마지막에서부터 하는 것이 바람직한 것으로 알려져 왔다. 예를 들어, 증기보일러로 연속운전을 하고 있는 공장을 고려해 보자, 간편한(비용 효율적인) 접근은 각 보일러에 대한 연소효율을 측정하고 보일러의 효율을 향상시키는 것이다.

마지막에서 시작하는 접근방법은 공장 내 증기를 사용하는 모든 시스템에 대한 조사를 필요로 한다. 또한 이러한 조사가 이루어진다면 불완전한 증기트랩, 단열되지 않은 배관을 통하여 대기로 방출되거나 사용하지 않는 열교환기를 통과하여 배기되는 엄청난 양의 폐열을 발견하는 결과를 얻을 수 있게 된다. 이러한 마지막 사용단계에서 버려지는 열의 활용은 보일러의 효율을 향상시킴으로써 쉽고 빠르게 얻어지는 절감량보다 훨씬 많은 양을 절감할 수 있게 된다. 이러한 접근방안을 사용할 경우, 에너지 조사자의 시간이 비용효율적으로 사용될 수 있도록 주의하여야 한다. 모든 마지막 에너지사용단계를 쫓는 것은 비용효율적이 되지 않을 수도 있다.

에너지조사를 수행할 때에는 유지관리체계 및 관리자와 친숙해지는 것이 중요하며, 이것이 이루어져야 에너지 관리자는 이후의 에너지절약적인 운전 및 관리체계를 권할 수 있다. 에너지 관리자는 운전자에 대한 지속적인 관찰을 통하여 권장효율을 결정하여야 한다.

Stewart(1984) 등은 10개의 건물용도에 대하여 62개의 인자를 이용한 139개의 에너지조사 자료입력체계와 형태를 도표화하였다. 그들은 조사절차를 발전시키는 데 도움을 줄 수 있는 조사형태의 특성을 논하였다.

다양한 에너지절약 기법의 에너지절감비용을 계산하는 데에는 에너지비용 분포도가 유용하다(그림5의 병원사례). 이러한 특성에 대한 예비정보는 최종 에너지 사용에서의 값을 근거로 한 월간 전력사용데이터로부터 얻을 수 있다 (Shehadi 등, 1984).

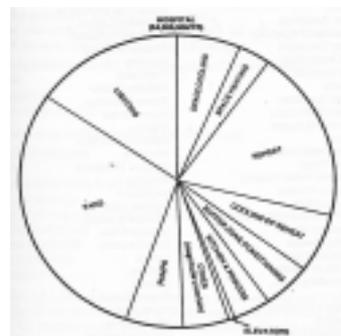


그림5 에너지비용의 분포

전력사용 요금의 분석은 표7과 유사한 형태를 가진 과거의 사용요금 기록으로부터 시작된다. 월간 소비량을 사용일수로 나누어줌으로써 평균

일간 소비량이 계산될 수 있다. 이러한 소비량은 미터기의 작동오류 또는 작성일자에서의 오류를 검지할 수 있어야 하며, 소비량 변화패턴을 읽을 수 있어야 한다(그림6). 이 예에서 312kWh/day의 값은 연간 조명, 사무기기, 급탕, 말단재열, 안전, 비상조명 등에 필요한 모든 것을 담당하는 것으로 기준 전력소비량이 된다. 이 과정에서 오류는 재검토되어야 하고 수정되어야 한다. 예를 들어 표7에서 11월 10일이 실제로는 11월 5일이었다면 그림6에서의 곡선은 실선의 형태로 될 것이다.

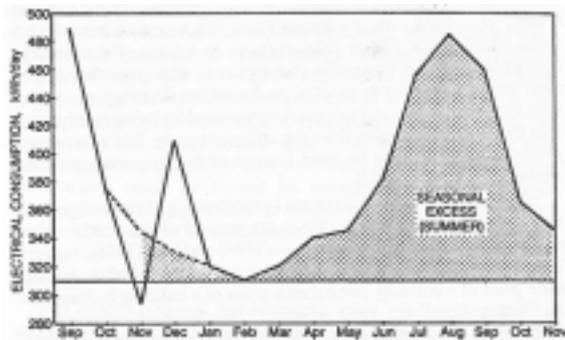


그림6 평균 일간 전력소비량

표7 전력사용요금 분석기법의 사례

Billing Rate	Billing Rate	Consumption, kWh		kWh Consumption, kWh		Seasonal, kWh			
		Total	per Day	Total	%	Total	Season		
11Aug	30	44,206	480	41,500	1,390	33.7	1,800	46.2	5.1
12Sep	28	40,888	374.2	39,240	1,307	35.9	1,600	40.8	11.9
13Oct	18	21,810	242.3	20,210	1,000	25.1	1,200	30.6	8.0
14Nov	24	30,480	338.8	28,110	1,000	25.1	1,200	30.6	8.0
15Dec	24	30,480	338.8	28,110	1,000	25.1	1,200	30.6	8.0
16Jan	27	41,568	452.0	38,800	1,300	33.8	1,600	40.8	11.9
17Feb	27	41,568	452.0	38,800	1,300	33.8	1,600	40.8	11.9
18Mar	27	41,568	452.0	38,800	1,300	33.8	1,600	40.8	11.9
19Apr	27	41,568	452.0	38,800	1,300	33.8	1,600	40.8	11.9
20May	27	41,568	452.0	38,800	1,300	33.8	1,600	40.8	11.9
21Jun	27	41,568	452.0	38,800	1,300	33.8	1,600	40.8	11.9
22Jul	27	41,568	452.0	38,800	1,300	33.8	1,600	40.8	11.9
23Aug	27	41,568	452.0	38,800	1,300	33.8	1,600	40.8	11.9
24Sep	27	41,568	452.0	38,800	1,300	33.8	1,600	40.8	11.9
25Oct	27	41,568	452.0	38,800	1,300	33.8	1,600	40.8	11.9
26Nov	27	41,568	452.0	38,800	1,300	33.8	1,600	40.8	11.9

분석을 월간 기준소비량(일간 기준소비량 x 사용일수)이 계산되어야 하며, 월별로 발생하는 차이를 알아보기 위해서는 전체 소비량에서 월간의 기준소비량을 빼 주어야 한다. 이러한 차이는 여름철 또는 겨울철 즉, 계절의 차이에서 발생된다. 여름철의 상당한 소비량은 기본적으로 공조 부하에 기인한다.

기준 소비량은 전력부하율(ELF:Electric Load Factor)을 계산함으로써 더욱 세부적으로 분석될 수 있다. 기준 수요량이 하루 24시간동안 운전 될 경우 기준소비량은

$$33.0kW \times 24h/day = 792kWh/day$$

그러나, 일간 기준소비량은 312kWh/day이므로 ELF는

$$ELF = \text{기준 소비량} / (\text{기준 수요량} \times 24) = 312/792 = 0.394 = 39.4\%$$

이 사례에서 전력부하율 39.4%는 재실율 29.8%보다 높게 된다.

$$\text{재실율} = \text{재실 시간} / (24 \text{ h} \times 7 \text{ days}) = 50/168 = 0.298 = 29.8\%$$

이러한 차이의 한 가지 이유는 조명이 재실시간 이외에 지속적으로 켜져 있기 때문이 될 수 있다.

공조수요로 인해 여름철 수요는 46.8kW가 된다. 부가되는 수요량 13.8kW가 매일 24시간 운전된다면 여름철 부가량은  $13.8 \times 24 = 331.2kWh/day$ 가 된다. 여름철 매일 331.2kWh의 전력이 여름철 전력부하율로 부가되는 것이다. 여름철 역시 점유시간은 동일하므로 ELF가 점유율보다 높다는 것은 공조가 저녁의 정상시간에 정지하지 않는다는 것을 의미한다. 겨울철의 과도수요와 소비량도 같은 방법으로 분석가능하며 ELF를 나타낼 수 있다.

기준부하에 따른 에너지사용량은 기후조건과 상관없이 소비되는 에너지의 양이다. 건물이 전기를 사용한 냉방을 하고 전기를 사용한 난방이 없는 경우, 기준부하에 따른 에너지사용량은 보통 겨울철의 에너지소비량과 같은 값이 된다. 산출된 연간 기준부하 에너지소비량은 비난방기 또는 비냉방기의 월 평균 소비량에 12를 곱하여 얻을 수 있다. 많은 건물에서 기준부하에 따른 에너지소비량을 전체 연간 에너지소비량에서 뺀 값을 정확한 냉난방 에너지 소비량으로 산출한다. 이러한 접근은 1년 내내 냉방을 하거나 여름철에 재열난방을 하는 등의 일반적이지 않은 형태로 건물이 사용될 경우에는 타당하지 못하다. 많은 경우에서 기준부하 에너지소비량분석은 전력회사로부터 얻어진 시간별 사용량자료를 사용하여 정확해질 수 있다. ELF와 재실율이 시간별 에너지 프로파일 대신에 사용될 수도 있다 (Harberl and Komor, 1990).

상업용 건물의 냉난방 에너지 사용량을 기후 조건만으로 한정하는 것은 어려운 일이지만 Shehadi 등(1984)과 Fels(1986)는 곡선보간기

법을 이용하여 건물의 평형온도(1993 ASHRAE Handbook Fundamentals Chap. 28)를 계산할 수 있다고 제안하였다. 그러나 이러한 분석의 단점은 (1) 실제 전력사용데이터가 아닌 산출자료를 사용한다는 점, (2) 기상자료는 지불기간 동안의 평균치를 사용하는 데 반해 사용된 에너지는 실제 날씨의 소비량을 사용한다는 점, (3) 건물의 사용 및 운전이 불규칙하다는 점을 들 수 있다.

에너지 사용의 보다 더 세부적인 분할에는 매일을 기준으로 측정된 데이터가 필요하며(겨울철 vs. 여름철, 주중 vs. 주말), 시간단위 데이터도 수집되어야 한다(야간의 비점유시, 오전의 시동시, 주간의 점유시, 공조 마감시). 다양한 에너지사용을 개별적으로 계측한다는 것은 에너지관리자로 하여금 에너지 관리원칙을 적절히 적용할 수 있는 정보를 제공할 수 있게 한다. 이상적인 경우, 그림4에 나타난 각각의 에너지 사용은 개별적으로 계측되어야 한다.

**Energy Conservation Opportunities**

최종 에너지 사용 프로파일 측면에서 얻어진 다양한 에너지절약기법을 정량적으로 평가하는 프로세스에서 중요하게 고려되어야 할 사항은 다음과 같다.

- 시스템의 상호작용
- 전력요율의 체계
- 투자회수
- 설치시 요구사항
- 기법의 내구성
- 유지관리의 용이성
- 건물의 운전과 외형에 미치는 영향

정확한 에너지절약효과를 계산하는 데에는 시스템의 상호작용에 대한 완전한 이해가 필요하며, 다양한 에너지절약기법간의 상호작용을 정확히 평가하기 위해서는 연간 시뮬레이션 모델이 필요하다. 계산된 에너지사용량은 개별적으로 계산된 에너지 목표에 대응하여 검증되어야 한다.

사용에너지의 지불기법에 따라 에너지절감량과 실제 에너지 비용절감이 비례하지 않을 수도 있다. 그림7은 잠재적인 에너지절약기법의 사례를 나타낸 것이다<sup>5)</sup>.

이상과 더불어 과거에 적용되어 실행되고 있

는 에너지절약기법에 대해서도 평가가 이루어져야 한다. 첫째, 과거의 효율을 그대로 유지하는지에 대한 확인과, 둘째, 기술, 건물사용 및 에너지 비용의 변화를 통하여 개선할 수 있는지에 대한 평가가 이루어져야 한다.

Boilers	Outside Air Ventilation
Boiler Auxiliaries	Ventilation Layout
Condensate Systems	Envelope Infiltration
Water Treatment	Weatherstripping
Fuel Acquisition	Caulking
Fuel Systems	Vestibules
Chillers	Elevator Shafts
Chiller Auxiliaries	Space Insulation
Steam Distribution	Vapor Barrier
Hydronic Systems	Glazing
Pumps	Infrared Reflection
Piping Insulation	Windows
Steam Traps	Window Treatment
Domestic Water Heating	Shading
Lavatory Fixtures	Vegetation
Water Coolers	Trombe Walls
Fire Protection Systems	Thermal Shutters
Swimming Pools	Surface Color
Cooling Towers	Roof Covering
Condensing Units	Lamps
City Water Cooling	Fixtures
Air Handling Units	Ballasts
Coils	Switch Design
Outside Air Control	Photo Controls
Balancing	Interior Color
Air Volume Control	Demand Limiting
Shutdown	Current Leakage
Air Purging	Power Factor
Minimizing Reheat	Transformers
Air Heat Recovery	Power Distribution
Filters	Cooking Practices
Dampers	Hoods
Humidification	Refrigeration
Duct Resistance	Dishwashing
System Air Leakage	Laundry
Diffusers	Vending Machines
System Interaction	Chiller Heat Recovery
System Reconfiguration	Heat Storage
Space Segregation	Time-of-Day Rates
Equipment Relocation	Computer Controls
Fan-Coil Units	Cogeneration
Heat Pumps	Active Solar Systems
Radiators	Staff Training
System Infiltration	Occupant Indoctrination
Relief Air	Documentation
Space Heaters	Management Structure
Controls	Financial Practices
Thermostats	Building Geometry
Setback	Space Planning
Instrumentation	

그림7 잠재적인 에너지절약기법

**Priorities Resources**

에너지절약기법의 목록이 완성되면 평가, 우선 순위설정 및 실행의 과정이 이루어져야 한다. 우선순위를 설정하는 데 있어서 초기투자비, 비용 효율 및 이용가능한 자원이 고려되어야 한다. 에너지절약을 위한 특정한 개수기법이 평가되는 과정에서 고려되어야 하는 인자는 다음과 같다.

- 회수율(단순투자회수 또는 전생애비용)<sup>6)</sup>
- 총 절감량(에너지, 비용)

5) 그림7에 나타난 각 항목이 어떤 원리와 형태로 건물의 에너지절약을 가능하게 할까?

6) 경제성 분석기법에 대한 내용을 토론했다 보자.

- 초기투자비
- 부수이익(안전, 쾌적, 시스템 신뢰도 및 생산성 향상)
- 신뢰도(유지관리비 증가 및 잠재적인 문제점)
- 실패위험(예측불확실, 에너지비용 상승률, 유지관리)

실패에 대한 위험을 줄이기 위해서는 유사한 조건하에서 에너지절약기법의 공식적 성능이 평가되어야 한다. 일반적으로 나타나는 문제점은 각각의 최종 에너지소비원의 에너지소비량이 과도하게 산출됨에 따라 절감량도 과도하게 되고 따라서 예측된 절감량을 얻지 못하게 된다는 점이다. 에너지소비량에 대하여 의심이 생기는 경우 측정이 이루어져야 하고 평가되어야 한다. 또한, 일부 소유주는 과거의 에너지 프로젝트의 경험으로 인해 에너지절약기법의 실행을 꺼린다. 과거의 실패원인은 재발의 가능성을 최소화하기 위하여 주의깊게 분석되어야 한다.

에너지절약을 위한 개수기법을 수행하는 데 활용가능한 자원은 다음과 같다.

- 관리, 실행, 지속적 연계
- 기술
- 인력
- 투자비용

에너지관리비용은 다음과 같이 준비될 수 있다.

- 이익/투자
- 대출
- 예산 우선순위의 재설정
- 에너지절감액
- 외부 업체 및 투자가와의 절감액 분배계획
- 전력 인센티브
- 공인 프로그램
- 면세
- 기부

모든 고려사항이 고려되고 권장사항에 대한 우선순위가 마련되면 관리자에 대한 보고서가 준비되어야 한다. 각 권장내용은 다음을 포함하여야 한다.

- 시스템의 현재 상황 또는 수정되어야 할 장비
- 권장 활동
- 실행 책임자의 선정

- 필요한 문서 또는 추가사항
- 권장 내용의 성공적인 마무리에 발생가능한 어려움
- 실무자들의 요구되는 노력
- 실패위험요소
- 다른 에너지사용부 및 에너지절약기법과의 상호작용·경제성 평가기준을 사용한 경제성 분석(투자회수, 초기투자비, 산출절감액)
- 실행 스케줄

에너지 관리자는 계획을 상부 관리자에게 제출할 준비를 하여야 한다. 일반적으로 에너지절약기법이 받아들여지기 위해서는 재정적으로 정당화되어야 한다. 모든 조직은 제한된 재정상태를 가지므로 가장 효율적인 방법으로 이러한 재정을 사용하여야 한다. 에너지 관리자는 같은 재정을 사용하고자 하는 조직 내의 다른 사람들과 경쟁한다. 성공적인 계획은 의사결정권자에게 쉽게 이해될 수 있도록 표현되어야 한다. 마지막으로 에너지 관리자는 재정적인 이익 외에도 생산품의 품질향상 또는 다른 지출의 연기가능성에 대하여서도 표현하여야 한다.

### Accomplish Measures

관리자의 승인 이후 에너지 관리자는 우선순위 목록에 따라 선정된 에너지절약 개수기법의 마무리를 지시하여야 한다. 개수작업을 위한 특정기법은 건축가 또는 기술자의 계획서와 시방서를 필요로 한다. 일반적으로 도면, 시방서, 경쟁입찰을 얻기 위한 지원, 입찰서류의 평가, 입찰서의 선정, 시공관리, 최종검토 및 적정 교정 활동에 필요한 인력의 교육지원 등이 요구된다.

### Maintain Measures

에너지절약기법이 시작되면 각 건물과 최종 에너지소비원에 대하여 기능, 에너지소비량 및 비용에 대한 규칙적인 기록의 절차가 뒤따른다. 에너지소비량을 정확하게 기록하기 위해서는 부가적인 계측기가 필요할 수도 있다. 계측된 데이터는 자동으로 읽혀져서 중앙감시실로 전송될 수 있으며, 보다 저렴한 형태의 경우 건물관리자나 안전요원에 의해 규칙적으로 계측장비를 읽게 할 수도 있다. 많은 에너지 관리자들은 에너지소비량 자료를 시간별로 수집하는 것이 바람직하다고 보고 있다. 데이터는 전력회사로부터도

얻을 수 있다. 그러나, 에너지 관리자가 수집되는 자료를 짧은 시간내에 곧바로 평가할 여건이 되지 못한다면 데이터는 좀 더 긴 기간동안을 대상으로 모으는 것이 더욱 합리적일 것이다. 에너지 관리자는 현재의 데이터를 검토하고 결과가 잘못된 방향으로 얻어진다면 즉각적인 대책을 마련하여야 한다. 이러한 경향은 보정되지 않은 제어시스템, 운전실무의 변경, 기계시스템의 오류 등에 의해 발생할 수 있으며, 모든 문제는 독립적으로 만들어야 하고 가능한 한 빨리 수정되어야 한다.

### Energy Accounting

에너지 관리자는 계측치를 지속적으로 읽고, 관찰하고, 건물의 에너지 사용량에 대한 도표를 만들어야 한다. 이러한 도표는 에너지관리 비용을 나타내는 것이며, 결과적으로 에너지절감 비용을 나타내는 것이다. 이러한 노력과 더불어 에너지 관리자는 주기적으로 전력요율과 요율체계 및 건물에 영향을 미칠 수 있는 경향을 검토하여야 한다. 많은 전력회사들은 각자의 요율변화에 대하여 무료메일링 서비스를 하고 있다. 에너지 관리자는 수행된 실적과 작업의 비용효율, 향후의 예산제한 및 향후의 전력요금 예측에 대한 내용을 주기적으로 보고서로 작성하여 최고관리자에게 보고하여야 한다. 많은 에너지절약기법은 주의깊게 관찰되고 유지되지 않으면 효율이 떨어지므로 에너지절약기법이 비용효율을 유지하고 있을수록 지속적인 관찰과 주기적인 재조사가 필요하다.

## BUILDING EMERGENCY ENERGY USE REDUCTION

에너지 요금의 상승과 공급의 부족 및 장비의 오류 등으로 인해 특정기간동안 에너지사용절감 노력이 필요할 경우가 점차로 많아지고 있다. 이러한 비상기간에는 자연재해, 극한 기후조건, 전력시스템장비의 오류, 노동자의 파업, 건물 시스템이나 장비의 고장, 세계의 정치활동 또는 건물 소유주와 운전자의 범위를 벗어난 다른 원인 등에 의해 발생하는 단기간의 특정 에너지의 부족을 들 수 있다. 본 절에서는 에너지 긴급상황 발생시 정상시의 운전조건을 유지할 수 있도록 건물 소유주와 운전자들에게 도움을 주는 정보를

제공하였다.

다음 용어들이 이러한 프로그램에서 사용된다.

**Energy Emergency.** 건물의 정상운전을 어렵게 하는 에너지공급부족, 자연재해, 기기의 오류 등으로 인해 건물에서의 에너지사용이 불가피하게 줄어드는 기간

**Level of Energy Emergency.** 다양한 에너지 사용 절감기법의 실행을 요구하는 비상 단계에 따른 구분. 전형적인 단계는 다음과 같다.

1. Green( Normal)-모든 재실자나 건물의 기능이 유지되며, 건물의 시스템이 정상조건에서 운전되는 경우
2. Blue-모든 또는 대부분의 재실자나 건물의 기능이 유지되나, 건물 시스템의 출력부족으로 재실자의 쾌적이 제한선에 이르는 경우
3. Yellow-재실자의 소수가 줄어들거나 건물의 기능이 떨어지는 경우
4. Red-재실자의 대부분이 줄어들거나 건물의 기능과 시스템을 겨우 유지하는 경우
5. Black-시스템과 재실물이 차례대로 정지하고 최소한의 건물조건만을 유지하는 경우로 건물과 시스템의 보호가 필요한 경우

### Implementation of Energy Reductions

특정건물에 있어서 건물 소유주, 임대인, 운전자는 에너지팀을 이용하여 상황을 검토하고 적절한 대책을 마련하여야 한다. 비상 단계에 따라 책임자는 건물의 에너지사용을 줄이기 위한 특정계획을 실행함과 동시에 주어진 조건하에서 최상의 실내환경을 유지하여야 한다. 특별대책은 건물 운전자와 책임자 및 필요한 경우 건물 재실자와의 협조를 통하여 실행되어야 한다. 또한, 계획은 실행되어야 한다.

건물의 종류, 기능별 사용에너지원, 용도, 기후조건 등과 같은 지역적 조건 등에 따라 달라지지만 다음의 단계는 건물의 비상에너지계획 수립시 고려되어야 한다.

1. 건물에 적용가능한 기법의 목록 작성
2. 각 기법 또는 조합된 기법에 대한 에너지절감량을 산출(조명부하 및 다른 내부발열부하를 줄임에 따른 공조에너지 절감). 다른 종류의 비상상황에 대응하기 위한 각각의 수요량과 사용

량에 대한 목표 작성

3. 다양한 수준의 에너지비상에 대하여 주어진 상황에서 최상의 건물 실내환경을 유지하기 위한 계획 작성. 장단기에 걸친 기법을 포함. 단 기간의 비상시에는 운전조건의 변화만으로도 검증된 빠른 실행이 가능
4. 계획에 대한 실험을 통하여 에너지소비량 및 수요량 절감데이터를 기록하고 계획을 보완. 실험은 주말 등을 이용하여 역효과를 최소화
5. 계획 검토시 지역의 전력회사와 협조

비상계획과정에서 있어서 일부 기법은 지속적으로 실행될 수 있다. 에너지비상의 수준과 건물의 수준에 따라 달라지나 건물의 에너지비상시 에너지절약을 위한 계획에는 다음의 활동이 고려될 수 있다.

- 운영시간 변경
- 재실자를 다른 건물로 이동
- 꼭 필요하지 않는 장비의 정지

Thermal Envelope

- 여름철 기존에 설치된 모든 블라인드류를 사용하라
- 유리창에 내부단열을 설치하라
- 사용하지 않는 외부 문과 유리창 주위를 기밀화하라
- 여름철 일사차단장치를 설치하라
- 외기와 통하는 사용하지 않는 개구부와 덕트를 밀폐하라

Heating, Ventilating, and Air-Conditioning Systems and Equipment

- 실내설정온도 상승 또는 하강이 가능하도록 온도제어 및 제어점을 수정하라. 필요한 경우 습도 제어를 하라
- 꼭 필요하지 않는 장비를 정지하라
- 장비를 조정하라
- 겨울철 설정온도를 낮춰라
- 냉수온도를 높여라
- 온수온도를 낮춰라(가스보일러 사용시 온수온도는 63℃ 이상으로 유지)
- 겨울철 재열수준을 낮추거나 제거하라
- 환기 및 배기량을 줄이거나 제거하라
- 여름철 설정온도를 높여라
- 여름철 재냉량을 줄여라

Lighting Systems

- 전등을 제거하거나 전등의 와트수를 낮춰라
- 가능한 경우 작업조명을 사용하라
- 건물의 기능을 외부의 자연채광영역으로 이동하라
- 자연채광이 유입되는 구역의 경우 전기조명을 꺼라
- 가능한 경우 조명기구의 높이를 낮추어라
- 모든 전등과 조명기구를 깨끗이 하라
- 형광등의 안정기를 고효율로 교체하라
- 조명시간을 최소화하기 위하여 건물을 청결히 하고 보안체계를 검토하라
- 주차장을 한쪽으로 통합하고 사용하지 않는 주차장 보안조명을 꺼라

Special Equipment

- 사용하지 않는 기간동안 변압기를 중앙제어장치와 분리하라
- 수직 교통시스템의 사용을 정지하거나 규칙화하라
- 복사기, 타자기, 컴퓨터 등 사용하지 않거나 불필요한 장비를 정지하라
- 온수공급을 줄이거나 정지하라

Building Operation Demand Reduction

- 난방 또는 공조시스템을 연결하거나 연동시키라
- 모든 부수적인 부하를 정지하라
- 일부 조명을 꺼라
- 비상기간 이전에 예열이나 예냉하라

REFERENCES

- ASHRAE, ASHRAE Handbook 1993 Fundamentals, 1993.
- Azzi D., et. al., Multivariable Modelling for Building Energy Management, Modelling and Simulation for Thermal Management(Digest No.1997/043), IEEE Colloquium on, 1997.
- Clarke J. A., et. al., Simulation-Assisted Control in Building Energy Management Systems, Energy and Buildings, Vol.34, No.9, 2002.
- de Wilde P. et. al., Process Management in Energy Conscious Building Design, CIB Report, No.263, 2001.

- Stefan Aronsson, Per-Erik Nilsson, Learning from experience with Energy Management of Commercial Buildings, CADDET Analysis Series No.19, CADDET, 1996.
- G. J. Levermore, Building Energy Management Systems – An application to heating and control, E&EN Spon, 1994.
- Henze G. P., Building Energy Management as Continuous Quality Control Process, Journal of Architectural Engineering, Vol.7, No.4, 2001.
- Hutt B. C., Control in Building Energy Management Systems, Control in Building Energy Management Systems, IEEE Colloquium on, 1990.
- Lennart Jagemar, Learning from experience with Energy Efficient HVAC Systems in Office Buildings, CADDET Analyses Series No.15, CADDET, 1995.
- Lowry G., Survey of Building and Energy Management Systems User Perceptions, Building Services Engineering Research & Technology, BSER & T, Vol.17, No.4, 1996.
- Vakil A., Energy Management Systems in Building, Proceedings of the American Power Conference, Vol.62, No.2, 1999.
- Visier J. C., et. al., Results of the Application of a Quality Assessment Procedure to Different Building Energy Management Systems, Control Application, Proceedings of the Third IEEE Conference on, 1994.
- William J. Coad, Energy Engineering and Management for Building Systems, Van Nostrand Reinhold Co., 1982.
- Wolpert J. S., Schroeder G. F., Energy Management Impact in a Small Office Building, ASHRAE Journal, Vol.40, No.12, 1998.