

BEMS에 의한 계속적 커미셔닝

- 건설운용 단계에 있어서의 에너지 절약의 실현 -

스미도모 준보(야마다케빌딩시스템)
(공기조화·위생공학회 학술강연회 강연논문집 2002.9.11~13 후쿠오카)

번역 : 서길진 / 정회원 한국야마다케주식회사(kiljin-suh@yamatake.co.kr)

1. 일본의 건설 에너지 소비 실태

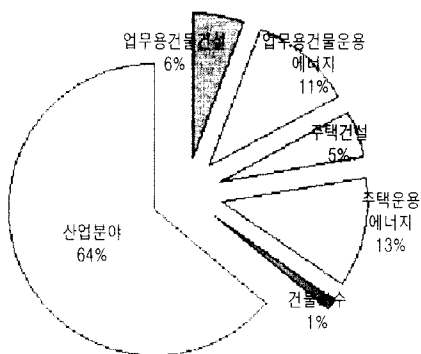
1997년 12월에 있었던 지구온난화 방지 교토 회의의 의론을 배경으로, 이산화 탄소의 약 9할의 발생원인 에너지에 관해 그 사용량의 역제가 요구되고 있다. 그 대응책으로서, 일본에서는 에너지의 사용의 합리화에 관한 법률(에너지 절약법)이 1999년 4월에 근본적으로 개정되었다. 구체적으로는 자동차, 전기 기기 등의 에너지 소비효율에 대한 톱 러너(top runner)방식의 도입 및 공장, 사업소에 있어서의 에너지의 사용 합리화의 철저한 대책으로 제시되고 있다. 이 결과, 연료 등의 사용량(원유 환산치)이 1,500kl/년 이상 또는 전력 사용량이 600만kWh이상이 되는 사업소가 제 2종 에너지 관리 지정공장으로 에너지 절약법의 적용을 받게 되었다. 제 2종 에너지 관리 지정공장은, 에너지 절약법 개정전의 공장은 물론, 청사, 오피스, 연구소, 병원, 학교, 호텔, 백화점 등 모든 사업장이 그 대상이 되고, 에너지 사용

의 합리화, 에너지 사용 상황의 기록의무 등의 조치가 수립되어져 있다.

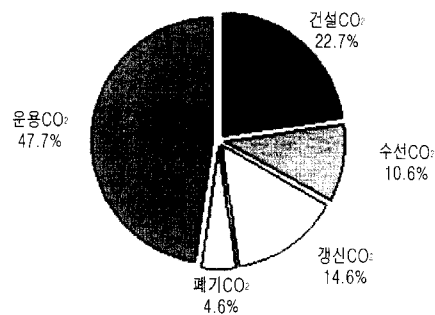
그림 1은 일본의 이산화탄소 배출량 중, 건축업이 차지하는 비율을 나타낸 것이다. 건축업 관련에서 전체의 36%를 차지하고 있고, 이 중 업무용 건물 관련에 의한 배출량이 17%를 차지하고 있다.

다음은 건물의 운용 단계의 에너지 소비실태에 관해 라이프 사이클의 시점에서 고찰해본다.

그림 2는 업무용 건물의 라이프 사이클 CO₂(LCCO₂)를 나타낸 것이다. LCCO₂란, 건축의 기획·설계에서 자재제조, 건설, 운용, 개수, 폐기에 이르기까지 라이프 사이클에서의 이산화탄소 배출량을 산출한 것이다. 그림 2에서는 35년 주기로 바뀌는 모델을 상정하여, LCCO₂를 시산(試算)하고 있다. 건물 운용시에 배출되는 CO₂의 비율은 라이프 사이클 전체의 47.7%에 상당한다는 것을 알 수 있다. 건설단계에서 에너지를 절약을 고려한 건물이라 할지라도 건물이나 설비를 운용하는 단계에서 적절한 관리나 운전이 되지 않



[그림 1] 1990년대 일본의 이산화탄소 배출량의 배분



[그림 2] 업무용 건물의 LCCO₂ 시산 예

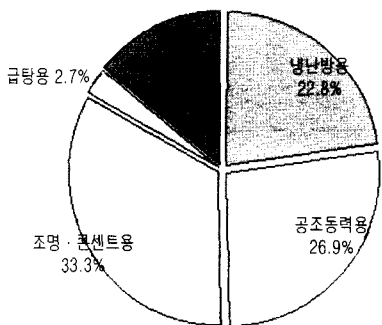
면 기대한 에너지 절약의 기능은 발휘되지 않을 뿐 아니라, 오히려 막대한 에너지를 낭비하는 결과가 되고, 건물 운용 단계에서의 에너지 절약이라는 난문제와의 싸움의 중요성을 나타내고 있다.

그림 3은 업무용 건물에서 소비되는 에너지의 용도별 비율을 나타낸 것이다. 그림 3에서 공조용 에너지가 약 50%를 차지하고 있는 것을 알 수 있다. 이상과 같이 건물 운용 단계의 공조용 에너지의 삭감은, 지구 온난화 방지, 건물 경영상의 러닝 코스트 삭감 계획상, 커다란 비율을 차지하고 있다.

2. BEMS에 의한 계속적 커미셔닝의 필요성

앞에서 확인한 바와 같이, 업무용 건물의 에너지 소비 중에 공조용 에너지의 점유율은 약 50%로 가장 높다. 공조용 에너지는 계절에 따른 부하변동, 설비 능력 과잉, 기후, 이벤트 외에 건물시설의 운용형태 등 다양한 요인에 의해 변동된다. 그 외에 설계의 미숙이나 운전 과실에 의한 책임이 있는 경우에는 적어도 약 20%~30%의 에너지가 증가된다. 이와 같은 상황에 대응하고, 최적의 에너지 소비를 실현하기 위해, BEMS에 의한 계속적인 커미셔닝이 필요하다.

BEMS란, building energy and environment management system의 약자로, 빌딩 환경 에너지 관리 시스템으로서 건물의 쾌적성, 기능적 환경을 유지 개선하기 위한 시스템이다. BEMS에 의한 커미셔닝은 건물 수명에 걸친 장기적인 라이프 사이클에 대해 비교적 단기적인 현상태의 파악, 평가분석, 개선 실시, 그리고 이 효과를 확인하는 현상태 파악이라는 각 사이클로 구성된다. 그림 4에 건물의 라이프 사이



[그림 3] 업무용 건물에 있어서의 에너지 소비

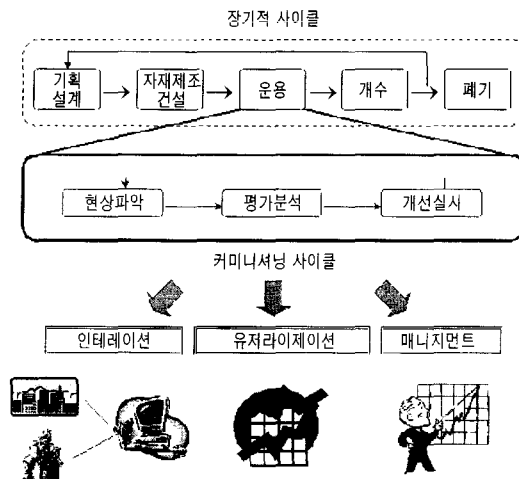
클과 BEMS에 의한 커미셔닝에 관련된 것이다.

A. 현상태 파악

중앙감시장치, 다양한 설비 시스템에서 데이터를 자동 수집 축적("통합")하여, 복수 건물, 입주자의 전력, 가스, 상수 소비량, 그리고 운전 데이터를 BEMS 플랫폼에서 모니터링한다. 여기서는 설계시에 상정한 운전, 에너지 소비결과가 되었는지, 관리 목표치와 비교·확인한다. 운전 데이터의 타당성은 제어에서 포함되어 있는 열원기기의 ON/OFF신호로부터 간단히 연산하는 것이 가능한 운전시간 등과 비교함으로써, 환절기 등에 과잉 운전되고 있지는 않은가, 상정한 운전시간과 다르지 않은가를 확인한다.

B. 평가분석

현상태 파악의 결과, 에너지 소비가 과대해진 계통에 관해, 냉수, 온수, 증기 등의 열매(熱媒)별, 전력, 가스, 물 등의 에너지별, 건물의 구역이나 용도 등의 각 내역별 또는 주간/야간 등의 운전시간별의 분석에 의해, 그 요인을 규명해야 할 그래프 표시("구상화")를 한다. 이 때, 에너지의 낭비로 직결되고, 결함 등이 생길 가능성이 있는 에너지 관리 대상에 대해, ① 결함을 발견하기 위한 표준적인 그래프(트렌드 그래프, 바 그래프 등의 시계열을 주로 하는 그래프와 요인분석을 주로 하는 산포도, 히스토그램 등), ②필요 시에는 시공자·설계자 등의 전문가가 간단히 그래



[그림 4] BEMS에 의한 커미셔닝

수전전력(수전전력)은 건물 내부의 전력 사용량을 나타내며, 전력 계약 시간(9시~18시 등)의 전력 사용량을 분석하고 있는 경우만의 데이터 분석을 통해 전력 사용 패턴을 파악하고, 이상 징후를 신속히 발견할 수 있게 한다.

C. 개선 실시

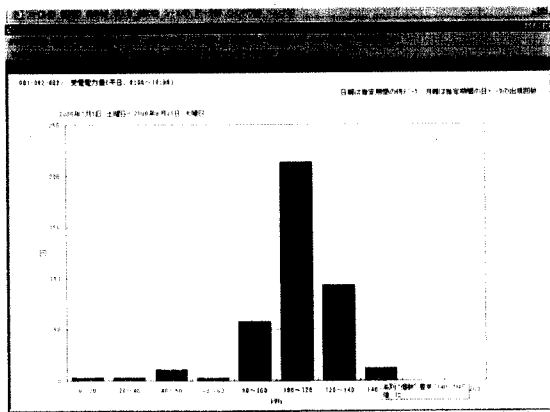
평가분석의 내용을 받아, 운전 방법의 재고, 제어 파라미터의 변경, 에너지 절약 제어, 고효율 기기의 도입 등의 대책을 실시함으로써, 에너지 소비 실태의 개선을 꾀한다. 이 때, 상정된 에너지 절약 효과를 금액으로 파악하는 "매니지먼트" 감각을 도입하는 것이 개선 실시를 향한 경영 판단을 끌어내기 위함에 있어 중요한 포인트이다.

3. BEMS에 의한 커미셔닝 사례

세가지의 커미셔닝 사례를 통해, 각 검증 항목내용과 BEMS의 운용에 대해 설명한다.

A. 수전전력

그림 5에 수전전력(2000년 7~8월)의 빈도 그래프이다. 수전전력의 검증은 건물의 에너지 절약을 검토하는 데 있어 가장 근본적인 사항의 하나이다. 그림 5에서는 1시간마다의 수전 전력량을 빈도 그래프로 표시함으로써 건물의 계약전력의 타당성을 판단하고 계약전력을 억제하는 방법이나 그 효과를 검토하는 것을 목표로 한다. 여기에서 사용하고 있는 수전 전력량은 거대 메터로부터의 신호이며, 일반적



[그림 5] 수전전력 화면

인 건물관리에 이용되고 있는 신호이다.

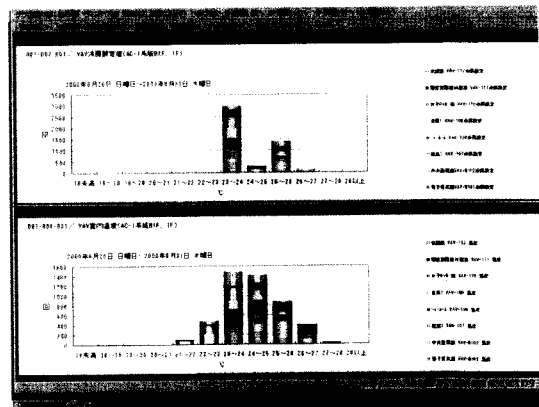
그림 5에서 건물의 계약전력 161kW에 대해 140kW~160kW의 수전전력을 기록한 것은 12회(디맨드 주기 30분 단위로 12주기)인 것을 확인할 수 있다. 이것으로부터 현재 계약 전력의 타당성을 판단할 수 있을 뿐만 아니라, 계약 전력의 갱신에 관해 어느 정도 디맨드 계약을 절감하는 것이 가능한지(20kW정도) 또는 그 금액 효과(약 US \$ 3,000)도 용이하게 추정할 수 있다.

B. VAV온도, 온도 설정치

건물내의 쾌적성을 잃지 않으면서 에너지 절약을 추진하는 것이 공조제어의 과제이며, 그를 위해서는 실내(VAV)온도 및 온도 설정치의 관리가 필요하다. VAV제어에서 사용되고 있는 실내 온도, 온도 설정치의 정보를 이용함으로써, 상단 그래프에는 온도 설정치, 하단 그래프에는 VAV실내 온도의 빈도분포 그래프를 조합한 그래프를 그림 6에 표시했다. VAV 온도, 온도 설정치 등의 정보는 방(실내)가 덥고 추운 등의 조사시에는 중앙감시 장치의 서머리 그래프나 트랜드 그래프로 감시되나, 의외로 관리되고 있지 않은 정보이다. 이 그래프에 의해 한눈으로 각 구역의 설정치의 분포상황(냉방시에 추장치보다도 낮게 설정되어 있음, 등)이나, 실제 온도와와의 관계를 파악할 수 있다.

C. 펌프 전력량-유량 특성

인버터 등의 에너지 절약 효과 검증용으로써, 펌프



[그림 6] VAV온도, 온도설정치 화면



전력량과 유량의 산포도가 폭넓게 사용되고 있다. 그러나 기동·정지시 요일마다의 부하가 다르거나, 일률적으로 비교할 수 없는 데이터가 혼재되어 있기 때문에 데이터의 수집으로 의미가 없는 경우가 많다. 그림 7에 예를 나타낸다.

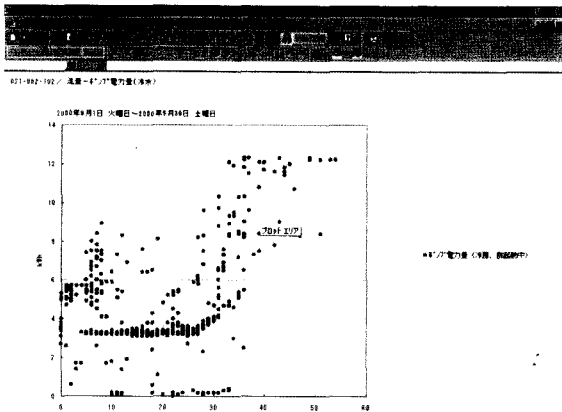
여기에서는 요일, 시간대에 따른 데이터의 필터링 기능을 이용한 펌프의 인버터 제어에 의한 에너지 절약 효과의 검증사례를 설명한다. 그래프는 펌프 외에 전력 소비량의 합계치(인버터 부착 펌프 7.5kW 상당)를 사용하여 작성한다.

그림 7의 그래프에 대해 필터링 기능을 사용하여 작성한 그래프가 그림 8, 그림 9이다. 그림 8은 그림 7의 데이터에 대해 월요일부터 금요일까지의 평일

데이터, 덧붙여서 8시부터 18시의 시간대에서 필터링을 실시한 결과이다. 그림 7과 비교하여, 인버터의 효과가 명확히 되어있기는 하나, 저유량시의 데이터에 흠이 많다. 거기서 8시부터의 필터링을 9시로 변경하여 표시한 것이 그림 9이다. 그림 8과 비교하여, 저유량시의 전력량이 안정된 경향이 있다. 이것은 8시부터 9시의 데이터를 제거함으로써, 기동직후의 펌프 정격운전 데이터 등을 제외한 안정운전시의 데이터만을 표시할 수 있었던 결과라고 생각된다.

이 그래프에서 인버터 하한치 운전시에는 펌프 전력량은 약 3.7kW로 되어 있는 것을 읽 수 있다. 현재의 인버터 회전수의 하한 설정치가 80%인 것으로 보아 유량의 약 3승에 비례한 계산대로의 에너지 절약이 실현되고 있는 것을 확인할 수 있다.

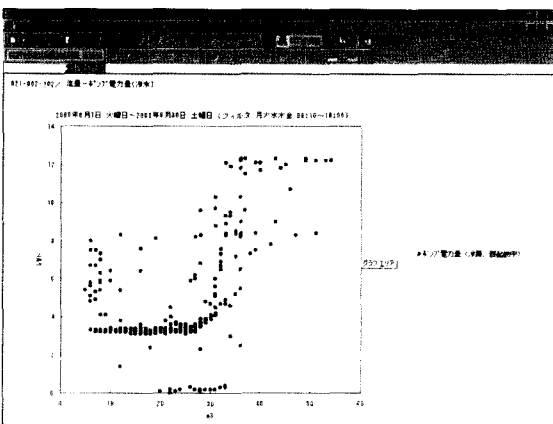
이 펌프 전력량과 유량의 관계에서 설정시에 상정한 70%까지 하한 설정치를 내림으로써, 전력 소비량은 2.5kW정도로 운전되는 것이 예상되며, 저부하시의 인버터 최소 회전수운전시에는, 더욱더 1.2kW 정도 에너지 절약이 가능할 것으로 추측된다.



[그림 7] 펌프전력량-유량 특성화면

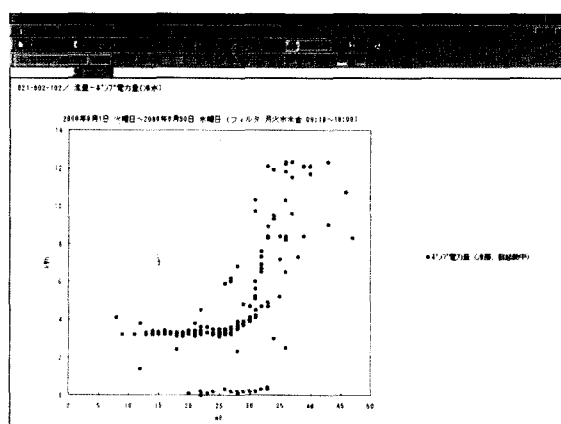
4. BEMS에 의한 계속적 커미셔닝 실적

BEMS에 의한 계속적인 커미셔닝을 운용한 사례로서, 아스 포트(동경 가스 港北 NT빌딩)을 소개한다. 아스 포트는 1996년 준공의 에너지 절약·장수명화·환경친화의 각 방법을 도입한 라이프 사이클 에너지 절약 오피스 빌딩이다. 에너지 절약 제어로



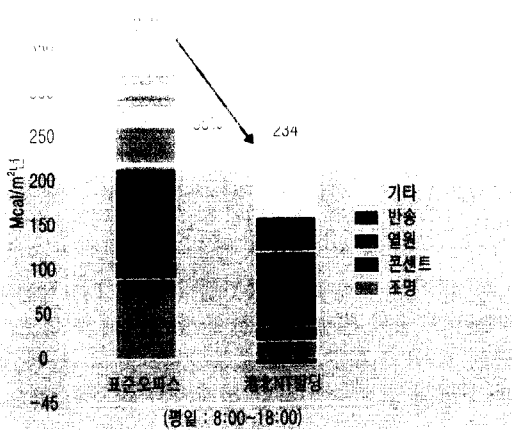
(8~18시 DATA)

[그림 8] 펌프전력량-유량특성 화면



(9~18시 DATA)

[그림 9] 펌프전력량-유량특성 화면



[그림 10] 1차 에너지 소비량 비교

VWV(variable water volume) 제어 외에 최적 기동 제어, 설정치 관리 등 각종 에너지 절약 제어기가 도입되어 있다.

건물 준공후의 운용단계에 있어서, 구체책회의(시공자, 기획자, 설계자, 공동연구자 참가에 의한 평가회의)를 정기적으로 개최하고, 에너지 낭비의 발견, 제어에의 피드백을 실시해 왔다.

이 회의에서 BEMS 커미셔닝을 운용한 결과, 표준빌딩과 비교하여, 일차 에너지 소비량 베이스로, 표준빌딩 358 [Mcal/m²·년] (1,499 [Mcal/m²·년])에 대해 234 [Mcal/m²·년] (1,038 [Mcal/m²·년])가 되어, 35%의 에너지 삭감이 실현되었다. 더욱이 비교 대상으로 나타내는 표준빌딩은, 아스 포트와 같은 부지, 방위, 면적의 상자형 빌딩을 상정하고 있고, 공조 에너지에 대해서는, HASP-ACSS(비정상 열부하 공조 시스템 시뮬레이션), 그 밖의 에너지는 CEC-V(환기소비 에너지량), CEC-L(조명소비 에너지량), CEC-EV(승강기 소비 에너지량) 등의 계산결과를 합산한 것이다.

5. 에너지 절약의 실현을 위한 과제

BEMS를 이용한 계속적인 커미셔닝에 의해 에너지 절약을 효과적으로 실시하기 위해서는 아래와 같은 점에 유의할 필요가 있다.

A. 적절한 계측·계량 계획

에너지 관리 대상의 특성에 따라, 필요한 데이터를 수집하기 위해서는 계측·계량 계획이 중요하다. 그러나 실제단계에서 적절한 계측·계량 계획을 작성하는 것은 어렵기 때문에 여유 있는 계획이 되는 경향이 있다.

예를 들어, 냉동기COP를 평가하는 경우 등에는, 대상이 되는 각 냉동기별로 열량계등이 필요하다. 반면, 냉동기 COP평가를 실시하지 않는 BEMS에 열량계등을 설치하면, BEMS도입 가격이 고액이 되는 것은 부정할 수 없다. 전력량, 가스량 등, 거래 메타 레벨의 계측결과와 기기류 제어상 빠뜨릴 수 없는 정보(운전 상태, 설정치, 계측치 등)을 바탕으로 에너지 소비량을 추정하는 등, 특별한 계측기기의 설치 불필요, 표준적인 그래프 사례를 준비하는 것 및 필요시, 가설 기기를 사용한 계측·계량을 실시하는 등의 대체안을 선택할 수 있는 것이 중요하다.

B. 주거자·빌딩 관리자에의 정보 제공

에너지 절약은 제어 어플리케이션이나 고효율 기기에 있어서만 실현되는 것이 아니고, 주거자·빌딩 관리자 쌍방에 의한 에너지 절약 활동이 중요하다. 그 대책의 하나로, 인터넷·인트라넷을 개입시킨 건물내의 에너지 소비상황을 실시간으로 제공할 수 있는 서비스를 이용할 수 있게 되어 있다. 이 서비스에 의해 주거자의 에너지 절약 의식을 높이고, 공조·조명의 소등을 잊어버리는 것을 방지하고, 설정치를 절약 에너지 방향으로 변경하는 등의 활동으로 연결될 것으로 기대되고 있다. ●