클린룸과 실험실이 있는 사무용 건물의 에너지 소비 실태 측정 및 분석

김 성 실*, 양 시 선**, 김 영 일*†, 김 석 현***

한국과학기술연구원 열유동제어연구센터*, 국민대학교 기계공학과 대학원**, 국민대학교 기계공학과***

Measurement and Analysis of Energy Consumption of an Office Building with Cleanroom and Laboratory

Seong-Sil Kim, Si-Sun Yang, Youngil Kim, Suk-Hyun Kim,

Korea Institute of Science and Technology, Thermal/Flow Control Research Center, Seoul 136-791, Korea
Graduate School of Department of Mechanical Engineering, Kugmin University, Seoul 136-702, Korea
Department of Mechanical Engineering, Kugmin University, Seoul 136-702, Korea

(Received March 13, 2001; revision received July 28, 2001)

ABSTRACT: In this study, measurement and analysis of energy consumption of an office building with cleanroom and laboratory have been conducted. Data acquisition system for collecting energy consumption data of the whole building including air-conditioning equipments has been installed in a building located in Seoul. Data are collected for a period of one year in 2000 and analyzed for studying the energy consumption pattern. The percentage of electrical energy used for air-conditioning system is measured to be 46.1%. The collected data will serve as valuable information for diagnosing and improving the energy system of the building.

Key words: Measurement(측정), Energy consumption(에너지 소비량), Cleanroom(클린룸), Energy diagnosis(에너지 진단), Energy consumption-rate(에너지 원단위)

1. 서론

우리 나라는 전체 소비 에너지의 해외 의존도가 90%를 초과하고 있으며 유류 가격의 고가화로 국가적으로 에너지 절약 기술의 개발과 보급이 필요하다. 에너지 사용의 부문별로 볼 때 건물 부문의 에너지 소비는 우리 나라 전체 에너지 소비 중 19.2%를 차지하고 있으나[1], 타 분야의 에너지 소비에 비하여 비생산적인 부분이 많다. 또한 국내 건물 부문의 에너지 소비 패턴은 선진국들에 비해 비효율적인 사용 패턴을 보이고 있으므로 국내 실정에 적합한 에너지 절약 방안의 수립이 시급한 실정이다.

건물의 에너지 절약은 초기의 계획 단계에서 적용되는 기법뿐만 아니라 건물의 생애주기의 관점에서 볼 때 시공 후 건물 에너지의 약 70~80%가 건물의 유지관리에 사용되고 있음을 감안

† Corresponding author
Tel.: +82-2-958-5675 ; Fax: +82-2-958-5598
E-mail address: yikim@kist.re.kr

할 때 건물의 운영과정에서 에너지 효율을 고려한 건축물의 관리는 매우 중요하다[2]. 이에 따라 최근 산업체와 정부에서는 건물의 에너지 절약을 위한 방안의 하나로 건물의 에너지 관리 기술에 관한 연구와 더불어 에너지 사용의 실태 파악 및 사용 효율 개선에 많은 관심을 보이고 있으나, 장기적이며 전체적인 건물 데이터의 분석이 부족한 실정이다. 또한 에너지 사용에 대한 조사도 건물의 열원이나 공조 시스템 등에 대한 사례보다도 단열이나 조명시설에 대한 조사가 더 많이 이루어지고 있는 것이 현실이다.

따라서 본 연구에서는 기존 건물의 효과적인 에너지 절약 조치를 위해 건축 설비 중에서 에너지 절약을 위한 잠재성이 큰 설비들인 공조 및 열원 기기를 포함하여 건물 전체에 대한 에너지 소비 측정 시스템을 구축하고 2000년 1년 동안 공조 및 열원 기기의 에너지 소비가 차지하는 비중을 전기 에너지를 중심으로 측정, 분석하였다.

이는 기존 건물의 에너지 사용 형태의 파악을 통해 시스템의 효율적인 운용과 앞으로 설비 시스템의 설계 및 운용의 기초자료로 활용하기 위함이며, 이와 같은 결과는 효율적인 기기의 운영에 따른 에너지 이용 효율화 방안을 개발 및 제시하는데 활용함으로써 비효율적인 건물 운용에 따라 발생하게 되는 에너지 낭비요소를 줄이는데 중요한 역할을 할 것으로 생각한다. 특히 이와 같은 기본 기술은 1992년 국내에 도입된 ESCO (Energy Service Company) 사업의 실제적인 자료로 활용할 수 있을 것으로 생각한다. ESCO 사업은 제3자의 에너지 사용 시설에 정부의 재원으로 선투자한 후 이 투자시설에서 발생하는 에너지 절감액으로 정부에서 지원한 자금을 반환하는 것이다.[3] 2001년 현재 111 업체가 ESCO로 등록되어 있으며 1999년까지 441건에 1,128억원이 정부 재원이 지원되었다.

2. 대상 건물의 건축 및 설비 개요

본 연구의 대상 건물은 에너지 소비가 일반 건물에 비해 많은 것으로 알려진 클린룸과 기타 각종 실험실을 포함하고 있는 연구원 건물로 선정하였다. 대상 건물은 연면적이 6655.4 ㎡로 지하 1층, 지상 4층으로 구성되었다. 건물의 층별 용도는 지하 1층과 지상 2층, 지상 4층에는 기계실이 있고, 지상 1층에는 면적 664.2 ㎡의 class 10, 100, 1000 zone을 가진 클린룸이 있으며, 지상 2층과 3층에는 일반실험실, 화학실험실, 사무실이 있다.

Fig. 1은 연구 대상 건물의 외부 모습이며, Fig. 2는 건물 각 층의 열원 기기 및 공조 기기의 배치와 배관의 연결 상태이다. 대상 건물의 설비 종류는 공기를 순환시키는 공조 설비, 공기의 온·습도 조건을 제어하는 열원 설비, 클린룸에서 발생하는 유해가스 및 실내의 공기를 배출시키는 배기 설비, 압축공기 등을 공급하는 공기압축기, 그리고 실험에 필요한 가스 제공 시스템 등 기타 설비로 구성되어 있다. Table 1은 대상 건물에 설치된 열원 기기들의 위치와 종류이다.

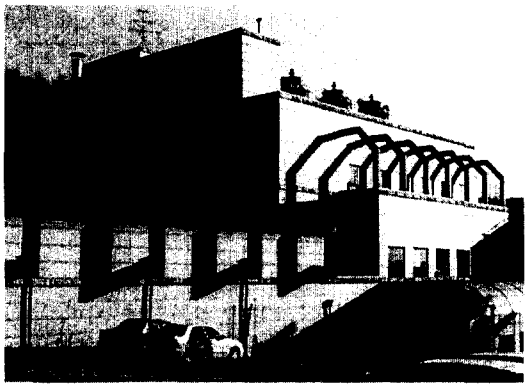

Fig. 1 The landscape of the model building.

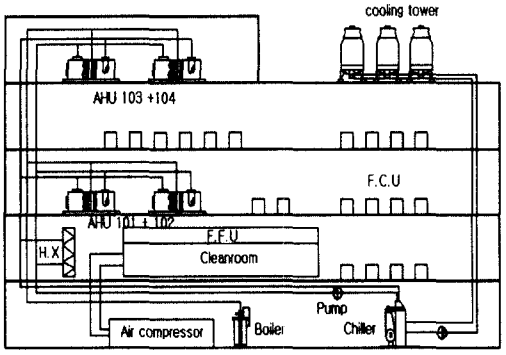

Fig. 2 Layout of equipments.

Table 1 Description of the equipments.

Item		Location	Service
Air conditioning	FFU	Supply plenum	Purity preservation for cleanroom
	AHU	2nd floor, 4th floor	AHU-1 : Fresh air make-up and pressurizing
			AHU-2 : Smock and locker
			AHU-3 : Office lab
			AHU-4 : General lab
	FCU	1st, 2nd, 3rd floor	Heating and cooling of perimeter zone
Heating and cooling	Chiller	Basement	Chilled water supply
	Boiler	Basement	Steam supply
	Cooling tower	4th floor	Cooling water supply
Exhaust	Fan	Each floor	Cleanroom and laboratory
Utility	Air compressor	Basement	Compressed air supply

클린룸의 공조 설비는 높은 청정도를 유지하기 위해 FFU(fan filter unit) 방식의 필터가 천장에 설치되어 있다. 공기조화기는 2층과 4층에 각각 2대씩 설치되어 있으며 대상 건물 내에 도입되는 외기 및 재순환 공기의 온도 및 습도를 실내 설정 조건에 맞도록 처리한다. 2층에 있는 공기조화기는 청정실 내의 공기와 입실자들의 에어샤워를 위한 공기를 처리하고 4층에 있는 공기조화기는 사무실 및 실험실의 공조를 수행한다. 복도와 홀 등의 냉·난방을 위하여 각층에 FCU(fan coil unit)이 설치되어 있다.

열원설비는 냉동기, 보일러, 냉각탑으로 구성되어 있다. 냉동기는 R123을 냉매로 사용하는 이코노마이저를 채용한 2단 압축 터보식으로, 정격 냉동용량은 200 RT, 소비 전력 210 kW (3상, 6600 V, 22 A)이며, 총 3대가 지하기계실에 설치되어 있다. 냉동기의 냉수 측에 일반 공조 기기, 냉각수 측에 냉각탑, 전기 배선 측에는 스타터 및 수전 시설이 있다. 터보냉동기에서 만들어진 냉수는 클린룸의 부하 처리를 위한 2대의 AHU(air handling unit)와 연구실과 실험실의 냉방을 위한 2대의 AHU, 각 연구실과 복도, 홀 등의 FCU에 공급되고, 일부 실험장비의 냉각수로도 사용된다. 응축기의 방열은 냉각수에 의해 옥상에 설치된 냉각탑에 수송되어 대기 중으로 방출된다. 공기조화용 증기를 공급하기 위한 보일러는 3대가 설치되어 있다. 증기의 공급 압력은 5기압 정도이며 공급량은 1,500 kg/hr, 연료는 액화천연가스(LNG)를 사용하고 있다.

대상 건물의 클린룸 내에서는 가연성, 독성 및 부식성 등의 성질을 갖고 있는 다양한 가스를 이용한 실험이 행해지고 있으며, 이러한 가스의 사용 및 보관 중 극히 일부라도 클린룸 내로 방출되면 인체에 치명적인 영향을 미치므로, 배기 가스를 클린룸 외부로 안전하게 배출하기 위하여 배기 설비를 갖추고 있다. 배기 설비는 크게 일반, 산, 유기 배기로 나뉘어 있으며, 건물 옥상에 설치되어 클린룸의 하부공간까지 독립된 3개의 덕트로 연결되어 있고, 하부공간에서 분기관으로 각 공정 장비의 배기관으로 연결되어 있다.

기타, 클린룸에서 이루어지는 실험에 필요한 가스나 압축공기를 공급하기 위하여 지하에 공기압축기가 설치되어 있다. 이는 청정연구동 전체 소비 전력량의 상당한 부분을 차지할 것으로 예상되어지므로 기타 설비로 분류하여 측정하였다.

3. 에너지 소비량 측정 시스템

본 연구에서는 건물 내 각종 설비 중에서 공조 및 열원 기기를 중심으로 에너지 소비 측정 시스템을 구축하고 이들 시스템의 에너지 소비 형태를 측정하였다. 에너지 소비량은 각종 기기에서 사용되는 전기 에너지를 측정하였으며, 측정 기간은 2000년 1월 1일부터 12월 31일까지 1년 동안이며 매 1분마다 데이터를 저장하였다. 보일러의 열원으로 사용되는 가스 사용량은 건물 내에 설치된 가스미터의 검침자료를 이용하였다.

본 연구의 측정시스템은 크게 센서, 데이터 취득장치, 통신장치, 운영프로그램으로 구성되어 있다. 건물 내 각종 기기들은 여러 곳에 분산 배치되어 있으므로 계측 및 제어 장치 또한 분산이 불가피하며 분산된 측정 및 제어 기기의 통합적 운영을 위하여 통신 시스템이 필요하다. Fig. 3은 열원 기기 및 관련 부속 기기의 에너지 흐름을 분석하기 위한 측정 요소들의 개략도이며, Fig. 4는 측정시스템의 개략도이다. Table 2는 열원 기기 및 관련 부속 기기의 에너지 흐름을 분석하기 위한 측정점이다. 측정시스템은 설치 및 운반이

간편하면서도 정밀한 데이터 취득이 가능하도록 하여 현장에 비치된 컴퓨터의 직렬 포트를 연결하여 원하는 기간 동안의 데이터를 실시간으로 받을 수 있도록 하였다.

Table 2 Measurment locations and variables

Locatoin	Equip-ment	Measuring points
Base-ment	FP 0 (TC 4)	Inlet temperature of cooling water
		Outlet temperature of cooling water
		Inlet temperature of chilled water for dry coil
		Outlet temperature of chilled water for dry coil
	FP 10 (TC 2)	Outlet temperature of chilled water for chiller
		Inlet temperature of chilled water for chiller
	FP 20 (AI 3)	Power consumption of FFU group 1
		Power consumption of FFU group 2
		Power consumption of FFU group 3
	VIP energy	Power consumption of chiller 1
		Power consumption of chiller 2
		Power consumption of chiller 3
		Power consumption of whole building
	PM-B	Power consumption of chilled water pump
		Power consumption of cooling water pump
		Power consumption of air compressor
2nd floor	FP 30 (TC 4) (AI 1)	Inlet temperature of chilled water for AHU 101+102
		Outlet temperature of chilled water for AHU 101 and 102
		Outlet temperature of heated water for AHU 101 and 102
		Inlet temperature of heated water for AHU 101 and 102
		Power consumption of AHU 101 and 102
4th floor	FP 41 (AI 5)	Power consumption of cooling tower 1
		Power consumption of cooling tower 2
		Power consumption of cooling tower 3
		Humidity of outside air
		Temperature of outside air
	FP 42 (AI 4)	Power consumption of AHU 103 supply fan
		Power consumption of AHU 103 return fan
		Power consumption of AHU 104 supply fan
		Power consumption of AHU 104 return fan
Clean-room	FP 50 (AI 2)	Temperature of class 1000 zone
		Humidity of class 1000 zone

건물 전체 전력 소비량과 냉동기의 전력 측정은 종합 전력 분석기를 사용하였다. 또한 FFU 이외에 AHU 송풍팬, 냉각탑 팬, 공기 압축기, 냉수 및 냉각수 순환 펌프의 전력 소비량은 측정해야할 기기들이 각 층에 분산되어 있으므로 RS485 통신을 지원하며 적산이 가능한 전력계를 설치하여 측정하였다. 측정 및 제어를 위하여 실제 현장에서 설치 및 교체가 용이한 Fieldpoint 모듈을 사용하였고 데이터의 송수신시 외부의 잡음을 상쇄하기 위해 전선의 두 가닥이 꼬여 있는 선(twisted pair)을 사용하였다. 각종 설비들의 소비전력을 측정하기 위해 각 모듈간(multi-drop) 데이터 교환이 가능한 RS485 통신을 지원하는 전력계를 사용하였다. 냉동기에는 전용 데이터로거를 사용하여 증발기와 응축기의 2차 유체의 입구 및 출구 온도와 유량 데이터를 수집하였다.

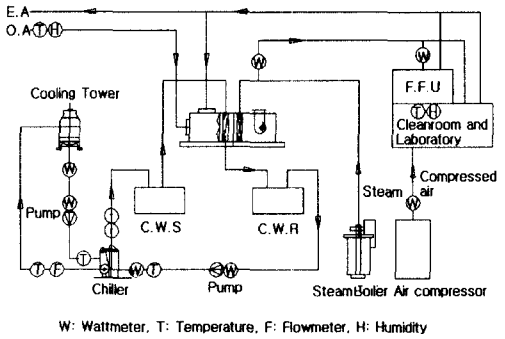

Fig. 3 Schematic diagram of measured variables.

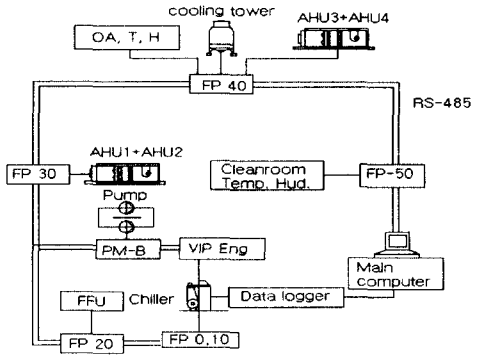

Fig. 4 Schematic diagram of measurement system.

RS485 통신은 비교적 먼 거리까지 데이터 전송이 가능하므로 각 MCU(micro control unit)들은 측정점에 가까운 위치에 배치되고 RS485에 의해 연결되어 최종적으로 주컴퓨터에 접속되도록 하였다. 컴퓨터 내에서는 Labview 프로그램을 이용하여 작성한 데이터 처리 프로그램을 이용하여 RS485와의 통신으로 MCU와 데이터를 교환하도록 하였다.

배관 내 유량의 측정은 기존 시스템의 손상을 최소화하기 위하여 배관을 절단하거나 구멍을 통한 삽입형 유량계를 사용하지 않고 초음파식 유량계를 사용하였다. Fieldpoint는 건물 내 분산된 기기들의 에너지 소비량을 측정하기 위해 지하 기계실에 3대, 1층과 2층 그리고 4층에 1대씩 설치하였다.

건물 전체에서 소비되는 전력량과 전력소비가 많을 것으로 추정되는 냉동기와 냉수 및 냉각수 펌프, 공기압축기에는 다양한 전력에 대한 정보를 제공하고 RS485 통신을 지원하는 전력계를 설치하였다. 순간 전력 사용량은 필요에 따라 전력변환기와 전류변환기를 설치하여 측정 가능한 범위로 전압과 전류를 조절하여 4~20 mA로 변환하여 측정하였다. 정밀한 온도 측정이 요구되는 냉동기에는 냉수 및 냉각수의 입출구 온도차는 T-type의 열전대와 열전쌍(thermopile)을 설치하여 측정하였다.

4. 측정 결과

건물의 열원 기기 및 각종 기기들이 사용하는 에너지는 주로 전기 에너지와 가스로써 계절에 따라 각기 다른 사용 패턴을 보이고 있었다.

Table 4는 공조 및 열원 기기의 부분별로 월별 전기 에너지 사용량을 나타낸 것이다. 대상 건물의 연간 전기 에너지 소비량은 1,986,844 kWh로 나타났다. 이 중 공기압축기에 소요된 부분을 제외하면 공조 및 열원 기기에서 사용되는 전기 에너지 사용량은 916,741 kWh로, 전체 전기 에너지 사용량의 46.1%를 차지하는 것으로 나타났다.

공조 및 열원 기기 중 전기 에너지를 가장 많이 사용하는 부분은 FFU로 326,267 kWh를 사용하는 것으로 전체의 16.4%를 차지하는 것으로 나타났다. FFU는 클린룸의 청정도를 유지하는데 필수적인 장비로 연구 대상 건물의 특성상 클린룸은 연중 하루 24시간 가동해야 하므로 이 부분에 대한 에너지 소비량이 가장 크게 나타나고 있다. 다음으로 많은 전기 에너지가 사용되는 부분은 냉동기로 304,460 kWh를 사용하였으며, 이는 전체 전기 에너지 소비량의 15.3%를 차지한다. 이와 같은 냉동기 부분의 전기 에너지 소비량은 여름철일수록 그 비중이 더 크게 증가하는 것으로 나타났다.

Table 3 Monthly electricity consumption.

사용량 [kWh] / 월	FFU	Chiller	AHU	Cooling tower	Fan	Pump	FCU	Air compressor	Sum of measured	Others	Total
1월	29,760	9,954	10,620	165	3,571	2,871	1,223	10,534	68,698	96,422	165,120
2월	27,840	7,942	8,085	122	3,226	2,116	1,169	9,712	60,211	100,349	160,560
3월	29,760	13,195	9,414	181	3,571	3,152	304	11,427	71,004	75,636	146,640
4월	28,800	16,028	3,617	185	3,456	3,226	0	10,706	66,019	75,101	141,120
5월	29,760	24,516	5,463	388	3,571	6,749	543	11,133	82,122	78,678	160,800
6월	28,800	37,487	9,691	696	3,456	8,554	710	10,087	99,483	75,237	174,720
7월	29,760	51,290	14,553	1,021	3,571	11,100	922	8,859	121,076	77,884	198,960
8월	29,760	64,258	14,748	1,178	3,571	14,193	1,179	10,311	139,198	82,702	221,900
9월	28,800	42,269	7,780	583	3,456	10,922	907	10,813	105,530	75,270	180,800
10월	25,074	22,008	13,019	2,201	3,571	13,577	320	11,334	91,104	60,816	151,920
11월	17,416	9,322	5,344	1,309	3,456	13,180	1,458	12,013	63,499	78,773	142,272
12월	20,736	6,191	22,907	478	3,571	10,281	1,561	13,548	79,275	62,757	142,032
합 계	326,267	304,460	125,241	8,506	42,048	99,923	10,296	130,476	1,047,217	939,627	1,986,844
비율[%]	16.4	15.3	6.3	0.4	2.1	5.0	0.5	6.6	52.7	47.3	100.0

이와 같은 결과는 클린룸은 일년 내내 하루 24시간 가동되기 때문이며 따라서 에너지 사용량이 많은 클린룸의 유지와 관리에 대한 에너지 절약 방안과 냉동기의 성능 개선 및 효율적인 운전 방안에 대한 연구가 필요함을 알 수 있다.

냉각탑(cooling tower)은 전체 전기 에너지 소비의 0.4%인 8,506 kWh를 사용하여 에너지 소비가 가장 적었으며, 다음으로 적은 부분을 차지하는 것은 FCU로써 0.5%인 10,296 kWh를 사용하였다. FCU는 건물 외주부의 부하 처리를 위하여 설치되는 것으로 이 부분의 전기 사용은 fan 동력만이 필요하므로 전기 에너지 소비가 적다.

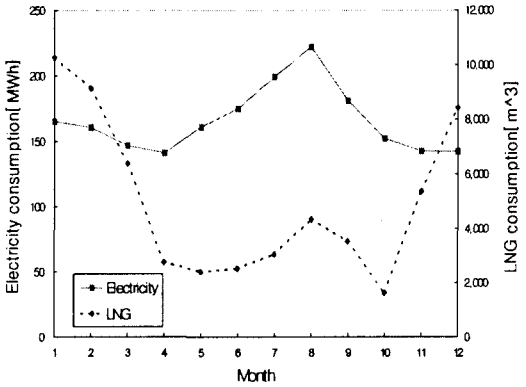

Fig. 5 Monthly gas and electricity consumption.

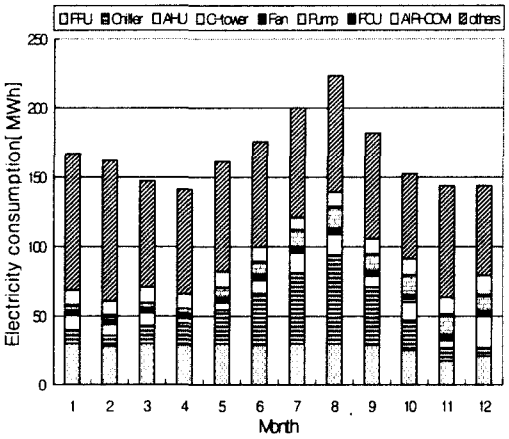

Fig. 6 Monthly electricity consumption.

Fig. 5는 대상 건물의 2000년 1월~12월 기간 동안의 전기와 가스 소비량의 변화량이다. 전기 에너지는 냉방부하가 많은 8월에 221,900 kWh로 가장 많이 사용하며, 중간기인 4월에는 141,120 kWh로 다른 기간에 비하여 적게 사용하는 것으로 나타났다. 전기 에너지를 가장 많이 사용하는 월과 가장 적게 사용하는 월의 소비량은 약 1.6배 정도 차이가 났다. 가스 소비량은 난방기인 1월에 10,264 m³으로 가장 많이 사용하며, 중간기인 10월에는 1,622 m³으로 가장 적게 사용하는 것으로 나타났다. 여름철인 8월의 가스 소비량이 4,328 m³로 중간기인 10월보다 더 많이 사용하는 것은 냉방식 제습으로 인한 재열부하가 발생하기 때문으로 판단된다.

Fig. 6은 월별 건물 전체의 전기 사용량과 측정 기기가 부착된 부분의 부분별 전기 사용량을 나타낸 것이다. 빗금으로 표시된 부분은 건물 전체의 전기 사용량 중 측정 기기가 부착되어 있지 않은 부분의 전기 사용량이다. 공조에 소요되는 부분을 제외한, 즉 세부적으로 측정되지 않은 부분의 전기 소비량은 연중 거의 유사한 값을 나타내고 있다. 이것은 조명을 포함하여 일반적으로 건물 내에서 사용되는 전기 에너지 소비량은 계절에 관계없이 일정하다는 것을 의미한다. 그러나 자세히 살펴보면 측정되지 않은 기타 전기 에너지 소비량은 여름철보다 겨울철, 특히 1월과 2월은 더 많은 것으로 나타났다. 이와 같은 이유는 건물 전체를 중앙 냉난방 시스템으로 운영하고 있지만 건물의 존별로 난방이 불충분한 부분이 발생하게 됨에 따라 각 실별로 개별 난방용으로 전기히터 등을 사용하고 있기 때문으로 생각한다. 그러나 이에 대한 구체적인 원인은 앞으로의 연구에서 더욱 정확하게 밝힐 필요가 있을 것으로 생각한다.

Fig. 7은 난방 기간인 1월의 기기별 전기 에너지 소비량이다. 측정된 부분의 전기 에너지 소비량 중 가장 큰 부분은 FFU로 29.8 MWh를 사용하는 것으로 전체의 18.0%를 차지하고 있다. 다음으로 많은 부분을 차지하는 것은 AHU로 10.6 MWh를 사용하는 것으로 전체의 6.4%를 차지하는 것으로 나타났다. 전기 에너지 소비량이 가장 적은 부분은 냉각탑으로 0.2 MWh를 사용하고 있었으며 이는 전체 사용량의 0.1%를 차지한다.

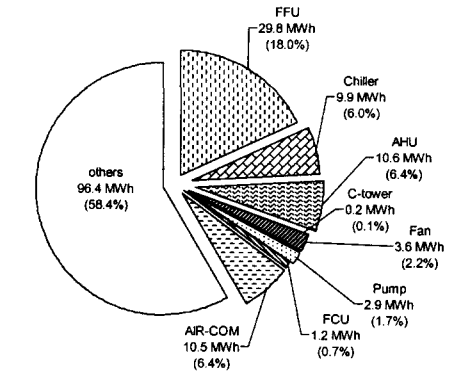

Fig. 7 Electricity consumption (Jan.).

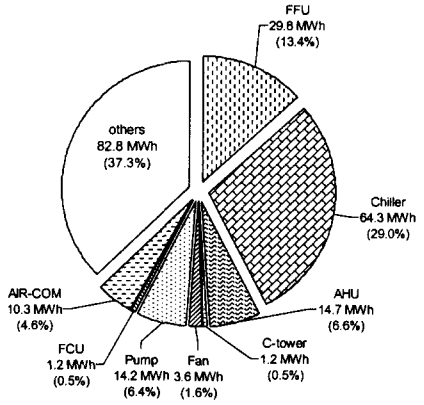

Fig. 8 Electricity consumption (Aug.).

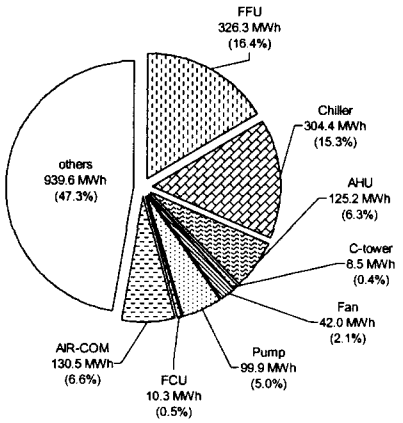

Fig. 9 Total electricity consumption.

Fig. 8은 냉방 기간인 8월의 기기별 전력 소비량을 나타내었다. 이 기간 동안 전력 소비량 중 가장 많은 부분을 차지하는 것은 냉동기로 64.2 MWh를 사용하였으며 이는 전체의 29.0%를 차지한다. 다음으로 많은 부분을 차지하는 것은 FFU로 29.8 MWh를 사용하였으며 전체의 13.4%를 차지한다. 이와 같은 결과로 여름철 냉방을 위한 냉동기의 효율적인 운영을 위한 정확한 성능 진단과 에너지 절약 방안에 대한 대책이 필요함을 알 수 있었다.

Fig. 9는 연간 전체 전기 에너지 소비량을 측정 부분별로 나타낸 것이다. 연간을 통해 가장 많은 에너지를 소비하는 부분은 FFU와 냉동기로 나타났다. 이와 같은 결과로 연구 대상 건물과 같은 클린룸과 각종 실험실이 포함된 건물에서의 에너지 절약을 위해서는 연중 계속적으로 사용하는 클린룸에 대한 에너지 절약 방안뿐만 아니라 냉동기에 대한 효율적인 운영 계획이 필요함을 알 수 있었다.

한국에너지기술연구원에서는 국내 건축물의 용도별로는 공동주택, 사무소, 병원, 숙박시설을 대상으로 지역별로는 중부지역, 남부지역, 제주지역을 대상으로 건축물의 에너지 원단위를 조사·발표하였다[4,5]. 이 연구 결과에 따르면 중부지방에 위치한 일반 사무소 건물의 평균 에너지 원단위는 194 Mcal/m^2 · year로 나타났다. 이와 비교하여 본 연구 대상 건물의 연간 에너지 원단위는 256.7 Mcal/m^2 · year로 약 1.3배 더 큰 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 본 연구 대상 건물이 클린룸과 실험실과 같이 많은 전기 에너지를 필요로 하는 시설이 포함되어 있기 때문으로 판단된다.

이와 같은 결과로 볼 때 클린룸과 같은 특수한 용도의 실이 포함되어 있는 건물의 경우에는 클린룸 설비에 대한 적절한 에너지 절약 방안이 강구되어야 건물에서의 에너지 절약이 그 효과를 발휘할 수 있을 것으로 생각된다. 건물에서의 에너지 절약 방안은 건물의 초기 계획 단계가 가장 중요하기는 하지만, 사용 중에도 노후된 설비의 적절한 교체 및 운전 방법의 개선 등으로 많은 에너지 절약이 가능하리라 본다. 준공 후 실제 사용 중에는 거주자들의 쾌적한 환경 또는 산업 현장에서는 안정적인 공정 등을 고려할 때 제안

되는 개선된 운전 방법을 적용하기 어려운 현실적인 문제점이 있다. 따라서 앞으로의 연구에서는 외기 및 실내 부하, 동특성, 실내 열환경 등이 실제와 같이 모사되고 실험으로 검증된 수치 시뮬레이션 기법을 이용하여 제안되는 에너지 절약 방안을 실제 현장에 적용하여 그 결과를 예측하는 방법에 대한 연구가 진행되어야 한다. 또한 현장에서는 주변 열환경 조건을 가변시키기 어려우므로 비표준 조건에서 성능시험을 수행하게 되는데 이 결과를 표준 조건으로 변환하는 기법도 필요하다.

5. 결론

본 연구는 클린룸과 실험실과 같은 특수한 용도의 실을 포함하고 있는 사무소 건물의 건축설비 중 공조 및 열원 기기를 대상으로 건물에서 소비되는 연간 에너지 소비량을 파악하기 위해 현장에서 측정시스템을 구축하여 전기 에너지 소비량을 중심으로 에너지 소비량 실태를 1년 동안 매 1분마다 측정하였다. 현장 성능 진단용 측정 시스템은 정상 운전에는 방해를 주지 않으면서 기존 시스템에 손상을 최소화하는 측정 항목 및 센서의 선정, 센서의 설치에 관한 기술 축적이 중요하다. 연구를 통해 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

본 연구 대상 건축물의 연간 전기 에너지 소비 중 공조 및 열원 기기에서 사용되는 에너지는 전체의 46.1%를 차지하는 것으로 나타났으며, 연간 건물의 에너지 원단위는 256.7 Mcal/m^2 · year로 국내 사무소 건물의 평균 에너지 원단위와 비교해 볼 때 1.3배 더 큰 것으로 나타났다.

클린룸과 같은 특수한 용도를 포함하고 있는 건물의 연간 전기 에너지 소비량 중 가장 큰 부분을 차지하는 것은 클린룸 설비인 FFU와 건물의 냉방부하를 담당하는 냉동기임을 알 수 있었다. 이는 연구 대상 건물의 연간 전기 에너지 소비량 1,986,844 kWh 중 FFU는 326,267 kWh로 전체의 16.4%, 냉동기는 304,460 kWh로 전체의 15.3%를 차지하는 것으로 나타났다.

본 연구는 건물의 공조 및 열원 기기에 대한 에너지 소비 측정 시스템을 구축하고 이들 시스템의 에너지 소비량을 측정함으로써 실제 건물의 에너지 소비 형태에 대한 현장 데이터를 제공할 수 있었다는 점에서 앞으로 유사한 건물의 에너지 절감을 위한 원천기술로서의 활용에 그 의의가 있다고 생각한다.

앞으로는 현재 연구의 결과를 바탕으로 건물의 열환경 특성을 가능한 유사하게 표현할 수 있는 시뮬레이션 방법을 이용하여 기존건물과 신축건물에서의 에너지 절약방안의 구체화를 위한 연구가 필요할 것으로 생각한다.

참고문헌

1. http://racer.kemco.or.kr/bu/bu.htm
2. Lee, H. W. and Leigh, S. B., 1999, A Study on the Building Energy Management in an Office Building, Journal of AIK, Vol. 15, No. 5, pp. 117-125.
3. http://www.kemco.or.kr
4. KIER, 1999, A Study on the Typical Energy Consumption Criteria in Building, KIER Report 983522.
5. Park, H. S., Hong, S. H., Jang, M. S., Yoon, H. S. and Yang, K. S, 2000, Study on the typical energy consumption criteria in hotels, Proceedings of the SAREK 2000 Winter Annual Conference, pp. 594-601.