연구용 건물의 열원 및 공조기기의 에너지 소비량 측정 및 분석

김 성 실, 김 영 일†
한국과학기술연구원 열유동제어연구센터

Measurement and Analysis of Energy Consumption of HVAC Equipment of a Research Building

Seong-Sil Kim, Youngil Kim†
Thermal/Flow Control Research Center, Korea Institute of Science and Technology, Seoul 136-791, Korea

(Received September 29, 2003; revision received July 30, 2004)

ABSTRACT: In this study, measurement and analysis of energy consumption of a research building have been conducted. The energy audit procedure includes monitoring of electricity and LNG consumption over a period of three years from 2000 to 2002. Data acquisition system for collecting energy consumption data of HVAC equipment such as chillers, fan filter units, AHUs, cooling towers, boilers, pumps, fan coil units, air compressors and etc. has been installed in a building located in Seoul. Data collected at an interval of 1 minute are analyzed for studying the energy consumption pattern of a research building. Percentage of energy consumption of all HVAC equipment is 51.0% in 2000, 55.4% in 2001, and 62.3% in 2002, respectively. Electricity consumption of chillers accounts for 17.6% of the total energy consumption, which is the largest. Annual energy consumption-rate per unit area is 840.5 Mcal/m^2·y in 2000, 1,064.8 Mcal/m^2·y in 2001, and 1,393.0 Mcal/m^2·y year 2002, respectively.

Key words: Measurement(측정), Energy consumption(에너지 소비량), Energy consumption-rate (에너지 원단위), Energy diagnosis(에너지 진단), HVAC system(HVAC 시스템), Research building(연구용 빌딩)

1. 서 론

우리나라 에너지원의 수입 의존도는 2001년 현재 97.3%로 1998년 이래로 계속 증가하고 있는 추세에 있다.[1] 유류 가격의 고가화와 에너지 시장의 불안정으로 인해 에너지 수입에 대한 부담은 국가 경제에 중요한 영향을 미치고 있기 때문에 국가적인 에너지 절약 기술의 개발과 보급이 필요하며 건축 부분에서의 그 필요성은 더욱 절실하다. 이는 건물부분의 에너지 소비는 타 분야의 에너지 소비보다 비생산적인 부분이 많으며, 에너지 소비의 대부분이 건물 운영 및 유지관리에 사용된다는 점을 고려할 때 보다 효율적인 건물 운영방법에 대한 연구가 필요하다. 이를 위해 최근 산업체와 정부에서는 건물의 에너지 절약방안을 마련하기 위한 에너지 진단 및 개선에 많은 관심을 보이고 있으나 건물의 설비의 대부분을 차지하는 열원 및 공조 시스템에 대한 다년간의 구체적인 진단은 실시된 예가 없고 주로 건물의 단열 또는 조명시설에 집중적인 진단과 보수가 이루어져 왔다.

특히 건축물의 에너지 소비 실태에 대한 조사

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

연구들에서도 건물 전체의 에너지 소비량이나 열원 및 공조기기를 대상으로 개별적으로 직접 측정한 것이 아니라 건물 관리자를 대상으로 건물의 운전일지를 이용하여 에너지 이용상태를 나타내거나 건물에 부과된 전기소비량을 이용하여 에너지 소비 실태를 파악한 예들이 대부분이다.[2-4] 이러한 경우 기기의 시간별 동특성을 파악할 수 없으므로 기기의 효율이나 실내외의 상태에 따라 변화하는 에너지 소비 형태를 파악할 수 없다. Hasnain et al.[5]은 사우디아라비아에 있는 7,660 m^2 규모의 사무소 건물을 대상으로 건물 내의 열원기기에 대한 측정을 실시하고 에너지 절약을 위한 기법을 제안한 바가 있으나 우리나라의 기후조건과 확연히 다른 지역의 에너지 소비 실태를 이용하여 우리나라 건축물에 설치된 기기의 사용실태를 파악하는 것은 어려울 것으로 생각한다.

따라서 본 연구에서는 건물의 운영과정에서 효과적인 에너지 절약 조치를 강구하기 위한 기초적인 자료를 마련하기 위해 공조 및 열원기기를 포함하여 건물 전체에 대한 에너지 소비 측정 시스템을 구축하고 2000년 1월 1일부터 2002년 12월 31일까지 3년 동안 건물 전체의 에너지 소비량뿐만 아니라 공조 및 열원기기 각각의 에너지 소비 형태를 측정하여 열원 및 공조기기의 에너지 사용이 건물 전체의 에너지 사용에서 차지하는 비중을 분석하였다.

본 연구의 결과는 기존 건물의 공조 및 열원기기의 효율적인 운용과 새로운 설비 시스템의 설계 및 운용의 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 생각되며, 효율적인 기기의 운영에 따른 에너지 이용 효율화 방안을 개발 및 제시하는 데 활용함으로써 비효율적인 건물 운용에 따라 발생하게 되는 에너지 낭비 요소를 줄이는 데 중요한 역할을 할 것으로 생각한다.

2. 대상 건물의 건축 및 설비 개요

본 연구는 에너지 소비가 일반 건물에 비해 많은 것으로 알려진 클린룸과 기타 각종 실험실을 포함하고 있는 연구원 건물을 대상 건물로 선정하였다. 본 건물은 지하 1층, 지상 4층의 연면적 6,655.4 m^2으로 서울에 위치한 한국과학기술연구원의 연구용 건물이다. 구조는 철근콘크리트조이

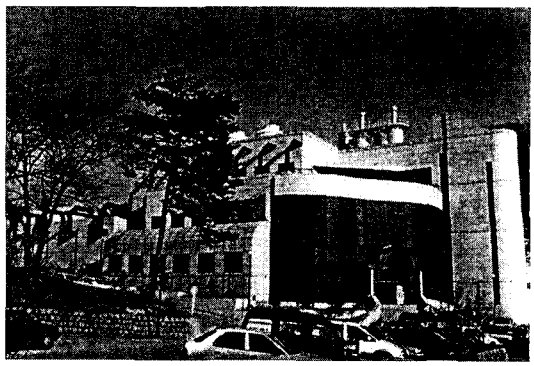


Fig. 1 Exterior view of the building.

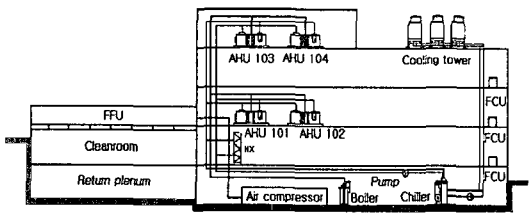


Fig. 2 Layout of equipment.

Table 1 Description of the building

Location	Seoul, Korea (37.34N, 127.26E)		
Completion	July 1997		
Structural system	Reinforced concrete		
Area [m^2]	Total	6655.4	
	Basement	1971.3	Mechanical room
	1st floor	1886.2	Laboratory, office, cleanroom
	2nd floor	1258.9	Laboratory, office
	3rd floor	1080.9	Laboratory, office
	4th floor	396.2	AHU room, elevator mechanical room
	Roof	61.8	Water tank

Table 2 Quantity and rated power consumption of equipment

Equipment	Quantity	Power [kW]
Chiller	3	151.0 [a]
Boiler	3	9.7 [a]
Cooling tower	3	5.5 [a]
AHU (air handling unit)	4	48.0 [b]
FCU (fan coil unit)	61	2.5 [b]
FFU (fan filter unit)	348	0.145 [a]
Air compressor	2	45.0 [a]
Fan	22	14.8 [b]
Pump	38	191.6 [b]
Lighting	4,050	162.0 [b]

a: each, b: total

며 지하 1층에는 기계실, 지상 2층과 4층에는 공조기계실이 있다. 지상 1층에는 실험실, 사무실을 포함하여 실험용 클린룸이 있다. 클린룸의 총면적은 664.2 m^2으로 등급 10, 100, 1000의 실험실이 각각 33, 132, 231 m^2의 면적으로 구성되어 있다. 지상 2층과 3층에는 실험실과 사무실이 있다. 건물은 1997년 7월에 준공된 후 단계적으로 입주가 이루어졌다. Fig. 1은 대상 건물의 외부 모습이며, Fig. 2는 층별로 설치된 기기의 배치를 나타내었다. Table 1은 건물의 개요이다. Table 2는 대상 건물의 공조 및 열원기기들의 종류와 개수 그리고 정격 전력량을 나타내었다.

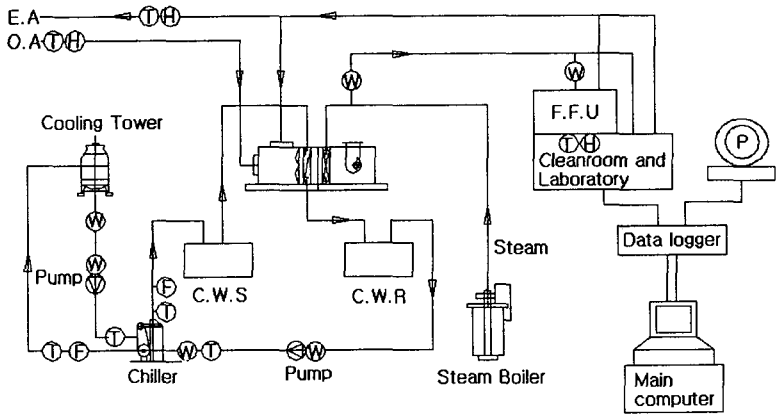
대상 건물의 설비는 공기를 순환시키는 공조설비, 공기의 온·습도 조건을 제어하는 열원 설비, 클린룸에서 발생하는 유해가스 및 실내의 공기를 배출시키는 배기 설비, 압축 공기를 공급하는 공기압축기, 그리고 실험에 필요한 가스 제공 시스템 등 기타 설비로 구성되어 있다.

3. 에너지 소비량 측정 시스템

본 연구에서는 건물 내 각종 설비 중에서 공조 및 열원기기를 중심으로 에너지 소비 측정 시스템을 구축하고 이들 시스템의 에너지 소비 형태를 측정하였다. 각종 기기와 건물 전체의 전기 사용량은 매 1분마다 측정하여 저장하였다. 보일러의 열원으로 사용되는 가스 사용량은 매일 같은 시간에 기록된 가스미터의 검침자료를 이용하였다.

Fig. 3은 열원기기 및 공조기기의 에너지 사용량을 측정하기 위한 측정점의 개략도이다.

주요 전력 소비원인 냉동기, FFU 이외에 AHU, 냉각탑, 공기압축기, 냉수 및 냉각수 순환 펌프의 전력 소비를 측정하였는데 기기들이 각 층에 분산되어 있으므로 RS485 통신을 지원하며 적산이 가능한 종합 전력계를 설치하여 측정하였다. 이 중 FCU의 전력 소비량은 건물 내에 분산되어 설치되어 있는 61개를 일일이 측정하기 어려우므로 FCU의 사용 전력에 본 연구에서 측정된 공조기의 가동시간을 곱하여 계산하였다. 이는 건물의 사무실 부분의 공조시간과 같은 시간 동안 건물의 외주부 공조용 FCU가 가동되기 때문이다. 팬은 건물의 지하 기계실과 전기실의 급기와 클린



W: Wattmeter, T: Temperature, F: Flowmeter, H: Humidity, P: Pyrheliometer

Fig. 3 Schematic diagram of measured variables.

룸, 일반 사무실, 지하 기계실, 전기실, 엘리베이터 기계실, 화장실의 배기를 위해 사용되고 있다. 이중 일부분은 거의 가동하지 않기 때문에 이를 고려하여 계속 사용되는 팬의 전력 소비량을 중심으로 사용시간에 따라 계산하였다.

측정점은 건물 전체에 분산되어 있으므로 분산된 장소마다 현장용 데이터로거를 설치하여 여러 측정점으로부터 데이터를 입력받았다. 여러 대의 데이터로거에 수집된 1분 간격의 측정값은 RS485 통신으로 컴퓨터에 전송·저장되었다. 데이터 파일은 매일 0시에 새로 생성되어 심야 12까지 24시간 동안의 측정값을 저장하였다.

4. 측정 결과

연구 대상 건물에서 사용되고 있는 전체 전기 에너지와 열원기기별 전기 및 가스 소비량을 측정한 결과는 다음과 같다.

Fig. 4는 3년 동안의 전체 전기 소비량과 가스 사용량을 월별로 나타내었다. 전기 에너지는 냉방부하가 많은 8월에 가장 많이 사용하며, 겨울철에는 적게 사용하는 것으로 나타났다. 가스는 난방기인 12월과 1월에 가장 많이 사용하며, 여름철과 중간기인 봄과 가을에는 적게 사용하는 것으로 나타났다. 여름철인 8월의 가스 소비량이 중간기인 10월보다 더 증가하는 것은 냉각식 제습으로 인한 재열 부하가 발생하기 때문이다. 연간 사용되는 전기 에너지는 2000년에 1,986.8 MWh, 2001년에는 2,307.6 MWh, 2002년에는 2,744.8 MWh를 사용하는 것으로 매년 전기 소비량이 증가하는 것으로 나타났으며 전년과 대비 2001년에는 16.1%, 2002년에는 18.9% 전기 소비량이 증가하는 것으로 나타났다. 3년 동안의 본 연구용 건물의 연간 전기 사용 증가율은 평균 17.5%로 비교적 높은 편이다. 이는 연구용 건물의 특징으로 해마다 소요 동력이 증가되는 연구가 늘어나기 때문이다. 뿐만 아니라 계속하여 연구기기가 반입되고 있기 때문에 전기 에너지 소비가 증가하는 것으로 생각한다. 본 연구원 내에는 지상 4층의 연면적 11,114 m^2(3,368평) 행정용 건물이 있다. 이 건물에는 연구 지원을 위한 사무실과 회의실이 대부분이고 연구를 위한 시설은 없다. 이 건물의 전력 사용량은 1999년에는 706,400 kWh, 2000년에는 748,520 kWh, 2001년에는 730,040 kWh, 2002년에는 740,120 kWh로 4년 동안 평균 1.6%의 증가율을 나타낸다. 따라서 연구용 건물의 경우 건축시 증가하는 전력 수요량에 대한 대비가 필요하다.

Fig. 5는 3년간의 전체 전기 소비량을 동일 월별로 나타내었다. Fig. 6은 연간 증가하는 전기에너지 소비량을 나타내었다. Fig. 7은 3년간의 연간

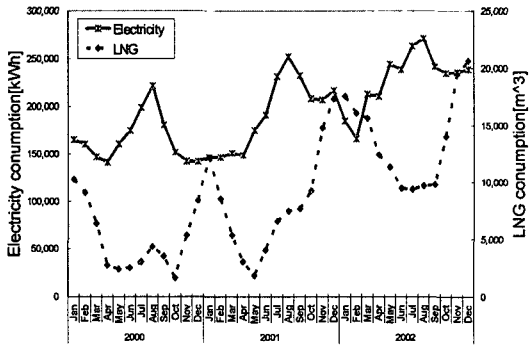


Fig. 4 Total electricity and LNG consumption in building from year 2000 to 2002.

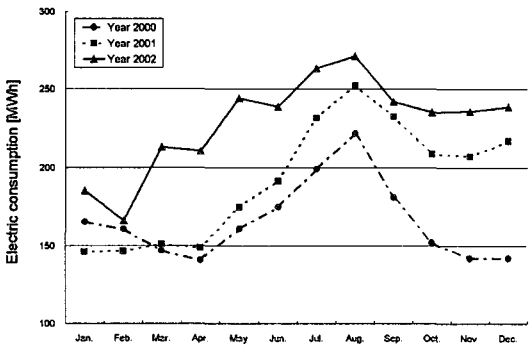


Fig. 5 Total electricity consumption.

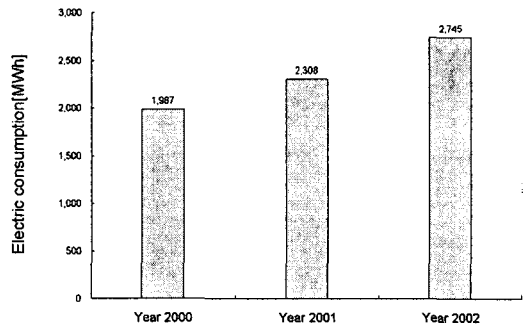


Fig. 6 Annual electricity consumption.

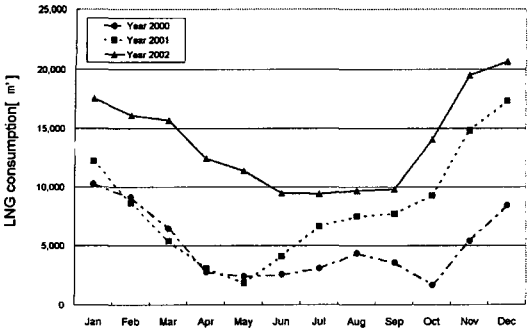


Fig. 7 Monthly LNG consumption.

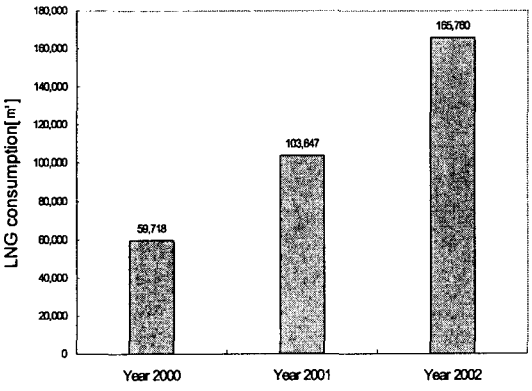


Fig. 8 Annual LNG consumption.

전체 가스 소비량을 동일 월별로 나타내었다. 가스 소비가 가장 많은 달은 12월과 1월로 연간 소비되는 가스량은 2000년은 59,718 m^3, 2001년은 98,262 m^3, 2002년은 165,760 m^3로 나타났으며 전년대비 2001년에는 64.5%, 2002년에는 68.7% 가스 소비량이 증가하는 것으로 나타났다. Fig. 8은 연간 증가하는 가스 소비량을 나타내었다. 이와 같이 가스 소비량이 매년 급격하게 증가하는 이유는 본 건물 내에 2001년 7월부터 살균 용수로 고온수가 필요한 실험실이 추가로 설치됨에 따라 급탕부하의 의한 가스 소비량이 증가하였기 때문이다. Fig. 7에 나타난 바와 같이 2001년부터 LNG 소비량이 급격하게 증가하였고 그후부터는 월별로 주기적인 경향을 보여주고 있다.

Table 3과 Fig. 9는 측정된 공조 및 열원기기의 부분별로 월별 전기 소비량과 가스 소비량을 나타내었다. 전기는 건물 전체와 전력계가 부착된 기기별로 나타내었다. Table 3에서 전기 소비량은 kW로 측정하여 나타내었으며, 가스 소비량은 m^3로 측정하였다. 전기와 가스의 단위 일치를 위하여 가스 발열량 10,500 kcal/m^3이라고 가정하였고, 전력량을 발열량으로 환산하는 기준인 2,500 kcal/kWh로 환산하여 가스 사용량을 kWh로 나타내었다.[6]

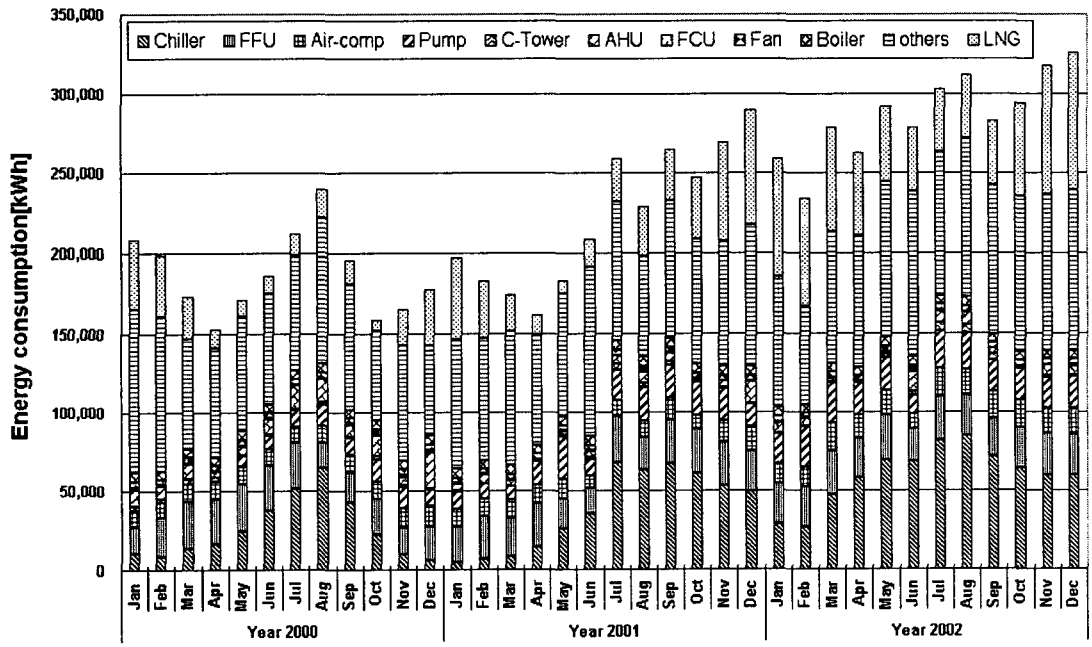


Fig. 9 Monthly electricity consumption (2000~2002).

측정 결과 건물에서 열원 및 공조기기에서 사용되는 에너지 비율은 2000년에 51.0%, 2001년에 55.4%, 2002년에 62.3%를 차지하는 것으로 나타났다. 연도별, 열원기기별로 전기에너지를 소비하는 비율을 살펴보면 2000년에 건물에서 가장 많은 전기 에너지를 소비하는 기기는 냉동기로써

Table 3 Monthly electricity and LNG consumption

		Electricity [kWh]											LNG [kWh]	Total [kWh]	Ratio of HVAC [%]
		Chiller	FFU	Air compressor	Pump	Cooling Tower	AHU	FCU	Fan	Boiler	others	Total			
Year 2000	Jan	9,954	16,846	10,534	2,871	165	10,620	1,223	3,571	2,519	106,817	165,120	43,109	208,229	48.7
	Feb	7,942	24,857	9,712	2,116	122	8,085	1,169	3,226	2,249	101,084	160,560	38,329	198,889	49.2
	Mar	13,195	29,760	11,427	3,152	181	9,414	304	3,571	1,599	74,037	146,640	26,838	173,478	57.3
	Apr	16,028	28,800	10,706	3,226	185	3,617	0	3,456	735	74,367	141,120	11,550	152,670	51.3
	May	24,516	29,760	11,133	6,749	388	5,463	543	3,571	650	78,028	160,800	10,051	170,851	47.8
	Jun	37,487	28,800	10,087	8,554	696	9,691	710	3,456	678	74,559	174,720	10,555	185,275	54.3
	Jul	51,290	29,760	8,859	11,100	1,021	14,553	922	3,571	804	77,080	198,960	12,772	211,732	59.4
	Aug	64,258	16,097	10,311	14,193	1,178	14,748	1,179	3,571	1,109	95,256	221,900	18,178	240,078	56.0
	Sep	42,269	19,436	10,813	10,922	583	7,780	907	3,456	918	83,716	180,800	14,788	195,588	51.7
	Oct	22,008	22,758	11,334	13,577	2,201	13,019	320	3,571	467	62,666	151,920	6,812	158,732	53.4
	Nov	9,322	17,417	12,013	13,180	1,309	5,344	1,458	3,456	1,353	77,420	142,272	22,487	164,759	45.7
	Dec	6,191	20,863	13,548	10,281	478	22,907	1,561	3,571	2,080	60,551	142,032	35,347	177,379	58.2
	Total	304,460	285,152	130,476	99,923	8,506	125,241	10,296	42,048	15,159	965,583	1,986,844	250,816	2,237,660	
	[%]	13.6	12.7	5.8	4.5	0.4	5.6	0.5	1.9	0.7	43.2	88.8	11.2	100.0	51.0
Year 2001	Jan	4,714	22,374	11,249	11,183	61	4,636	512	3,571	2,977	84,943	146,220	51,211	197,431	51.3
	Feb	6,796	26,938	11,079	9,599	115	5,585	554	3,226	2,121	80,389	146,400	36,065	182,465	49.9
	Mar	8,383	24,152	11,562	8,749	164	3,207	399	3,571	1,357	89,526	151,070	22,562	173,632	41.8
	Apr	13,933	27,703	11,762	14,542	386	1,567	30	3,456	807	74,523	148,710	12,831	161,541	46.6
	May	25,839	19,130	12,251	26,970	572	2,876	104	3,571	518	83,040	174,870	7,715	182,585	47.8
	Jun	34,893	16,726	7,459	10,655	1,254	3,931	397	3,456	1,040	111,639	191,450	16,955	208,405	42.9
	Jul	67,391	29,571	10,504	19,309	3,881	4,963	394	3,571	1,651	90,271	231,506	27,753	259,259	61.1
	Aug	62,750	20,594	10,545	21,428	3,095	6,771	721	3,571	1,858	121,177	197,771	31,416	229,187	53.6
	Sep	66,880	27,903	13,855	21,129	2,387	5,030	505	3,456	1,908	89,556	232,608	32,298	264,905	61.0
	Oct	60,945	27,942	9,058	21,285	1,287	573	62	3,571	2,283	81,367	208,373	38,938	247,311	63.4
	Nov	52,820	27,564	13,191	20,712	613	4,666	392	3,456	3,595	80,063	207,072	62,129	269,200	65.4
	Dec	49,344	25,456	15,415	14,545	154	14,260	475	3,571	4,200	89,436	216,857	72,828	289,685	63.8
	Total	454,688	296,053	137,930	200,105	13,968	58,065	4,544	42,048	24,314	1,075,930	2,307,644	412,702	2,720,346	
	[%]	16.7	10.9	5.1	7.4	0.5	2.1	0.2	1.5	0.9	39.6	84.8	15.2	100.0	55.4
Year 2002	Jan	28,778	25,867	12,369	18,609	3	7,103	539	3,571	4,256	84,136	185,231	73,824	259,055	62.7
	Feb	26,150	25,796	12,879	25,466	265	4,908	433	3,226	3,753	63,345	166,222	67,648	233,869	67.4
	Mar	46,940	28,132	17,051	25,727	710	2,778	252	3,571	3,669	84,274	213,104	65,827	278,931	63.7
	Apr	57,941	24,953	14,621	20,626	1,196	287	18	3,456	2,599	84,974	210,672	52,158	262,830	62.1
	May	69,032	28,359	15,566	21,192	2,442	1,508	135	3,571	2,788	99,757	244,350	47,667	292,016	60.5
	Jun	68,135	20,320	10,141	11,692	2,305	13,064	312	3,456	1,753	107,509	238,688	39,863	278,550	57.8
	Jul	81,685	27,724	18,494	23,035	5,320	7,435	615	3,571	2,437	92,939	263,255	39,491	302,746	63.2
	Aug	84,232	25,709	17,332	22,586	4,909	7,810	663	3,571	2,440	101,955	271,206	40,744	311,950	61.8
	Sep	70,949	24,419	16,863	20,920	3,155	3,801	332	3,456	2,405	95,638	241,937	41,209	283,145	60.3
	Oct	63,942	25,841	17,204	20,417	1,471	155	62	3,571	3,135	99,412	235,211	59,001	294,212	60.4
	Nov	59,650	25,887	16,753	19,762	919	6,656	537	3,456	4,841	97,557	236,018	81,992	318,010	64.1
	Dec	59,387	25,987	16,402	20,905	791	5,842	504	3,571	4,804	100,695	238,887	86,769	325,656	64.0
	Total	716,820	308,994	185,675	250,935	23,487	61,347	4,402	42,048	38,878	1,112,191	2,744,778	696,193	3,440,971	
	[%]	20.8	9.0	5.4	7.3	0.7	1.8	0.1	1.2	1.1	32.3	79.8	20.2	100.0	62.3
Total		1,475,968	890,198	454,081	550,963	45,962	244,653	19,242	126,144	78,351	3,153,703	7,039,266	1,359,710	8,398,976	
Total ratio [%]		17.6	10.6	5.4	6.6	0.5	2.9	0.2	1.5	0.9	37.5	83.8	16.2	100.0	57.0

전체의 13.6%를 사용하고 있는 것으로 나타났다. 다음으로 많은 부분을 차지하는 것은 FFU로써 전체의 12.7%를 차지하는 것으로 나타났다. 2001년에 가장 많은 전기 에너지를 소비하는 기기는 냉동기로써 전체의 17.1%를 소비하는 것으로 나타났으며 다음으로는 FFU로 전체의 11.1%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 이와 같은 경향은 2002년에도 유사하여 냉동기에서 20.8%의 전기 에너지를 소비하여 가장 큰 부분을 차지하는 것으로 나타났으며 다음으로는 FFU로 전체의 9.0%의 전기 에너지를 소비하고 있는 것으로 나타났다.

Fig. 10은 2000~2002년의 난방기간인 1월, 냉방기간인 8월과 건물 전체의 기기별 에너지 소비량을 나타내었다. 난방기간인 2000년 1월에 가장 많은 전기를 사용하는 기기는 FFU로 16,846 kWh를 사용하여 전체의 8.1%를 차지하고 있다. 다음은 AHU로 10,619 kWh를 사용하여 전체의 5.1%를 차지하는 것으로 나타났다. 가장 적은 부분은 냉각탑으로 164 kWh를 사용하여 전체의 0.1%를 차지한다. 2001년의 1월에 가장 많은 전기 에너지를 소비하는 부분은 FFU로 22,374 kWh를 사용하는 것으로 전체의 11.3%를 차지하였다. 다음은 공기압축기로써 11,249 kWh를 사용하여 전체의 5.7%를 차지하였다. 2002년의 1월에는 냉동기가 가장

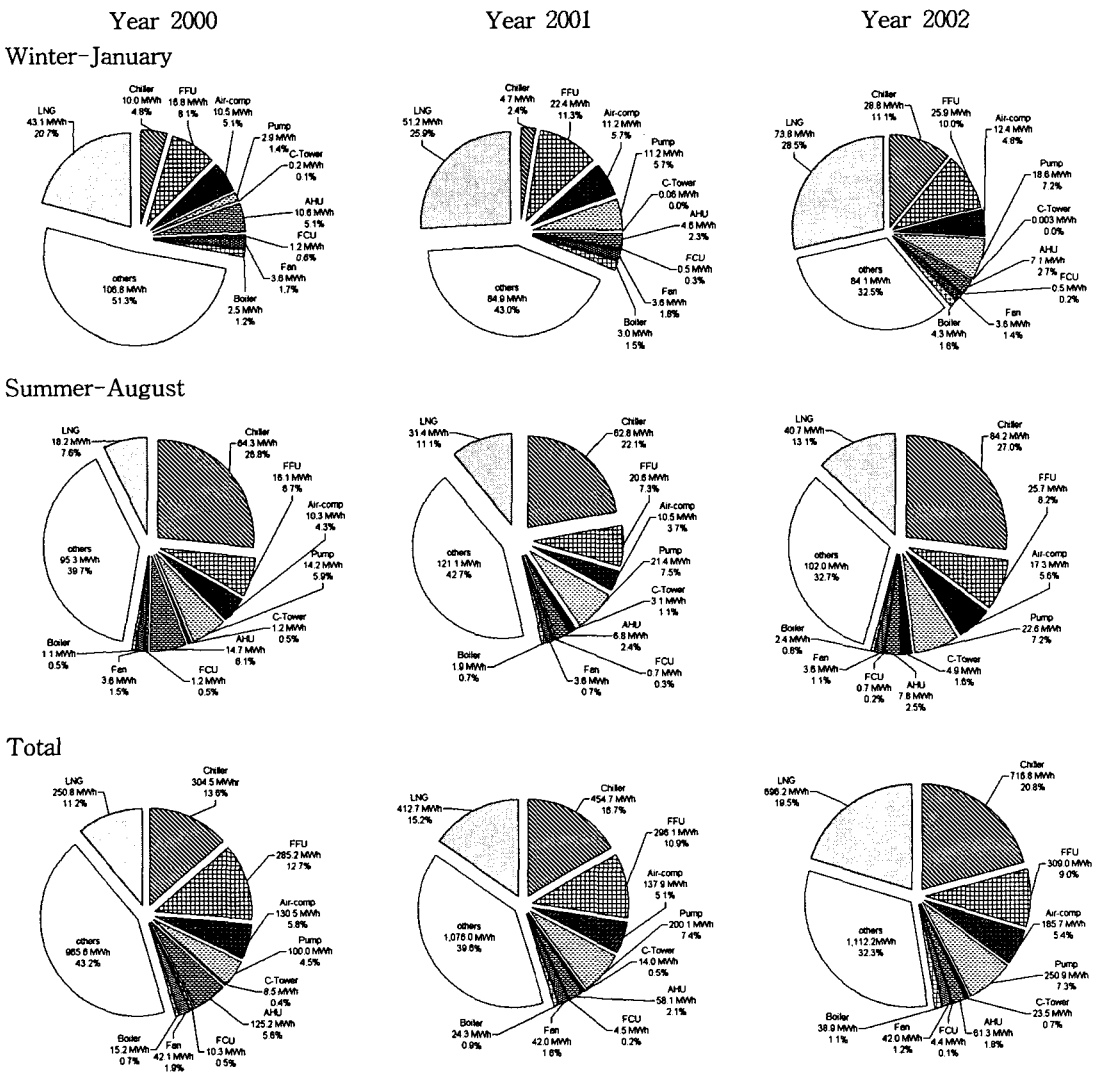


Fig. 10 Ratio of electricity consumption.

큰 부분을 차지하였으며 28,778 kWh를 사용하여 전체의 11.1%를 차지하였다. 다음으로는 FFU로 25,867 kWh를 사용하여 전체의 10.0%를 사용하는 것으로 나타났다.

냉방기간인 2000년 8월에 측정된 부분의 전기 에너지 소비량 중 가장 큰 부분을 차지하는 것은 냉동기로 64,258 kWh를 사용하여 전체의 26.8%를 차지하며, 다음으로는 FFU로 16,097 kWh를 사용하여 전체의 6.7%를 사용하는 것으로 나타났다. 2001년 8월에 가장 많은 부분은 냉동기로 62,750 kWh를 사용하여 전체의 22.1%를 차지하며, 다음으로는 FFU로 20,594 kWh를 사용하여 전체의 7.3%를 차지하였다. 2002년도 냉동기의 에너지 소비가 84,232 kWh로 전체의 27.0%를 차지하여 가장 크게 나타났으며 다음은 FFU로써 25,709 kWh를 사용하여 전체의 8.2%를 소비하는 것으로 나타났다.

Fig. 10에서 살펴본 바와 같이 건물 전체의 전기 에너지 소비량에 가장 큰 부분을 차지하는 것은 냉동기와 FFU임을 알 수 있었다. 이와 같은 결과로 볼 때 냉동기의 효율 향상과 적절한 유지관리가 건물의 에너지 절약에 가장 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다. 또한 클린룸과 같은 특수한 용도의 실은 실내의 청정도 유지를 위한 실내 순환 풍량과 도입 외기량이 일반 사무실에 비하여 상당히 크기 때문으로 생각한다. 일반 사무실에 비하여 여름철은 낮은 온습도 유지가 필요하며, 연중 계속 운전을 위하여 냉동기가 상시 가동되는데, 야간이나 근무 중이라 하더라도 실제 사용되는 인원이 없거나 아주 소수인 경우 부분부하가 발생되는 비율이 많아 이로 인해 에너지 소비가 커지게 된 것으로 파악된다.

이와 같은 부분부하 운전은 겨울철의 경우 더욱 현저하게 나타나는데 겨울철 야간의 경우에는 10% 미만의 부분부하 운전이 되는 경우가 빈번하게 발생하고, 여름철일지라도 야간의 부분부하 운전 비율이 높은 실정이다. 따라서 이와 같은 영향을 고려한 적절한 에너지 절약 방안이 강구되어야 건물에서의 에너지 절약이 그 효과를 발휘할 수 있을 것으로 생각된다. 건물에서의 에너지 절약 방안은 초기 계획 단계가 가장 중요하기는 하지만, 사용 중에도 운전 방법의 개선 및 노후된 설비의 적절한 교체 등으로 많은 에너지 절약이 가능하리라 생각한다. 그러나 실제 사용 중에는 거주자들의 쾌적한 환경 또는 산업 현장에서는 안정적인 공정 등을 고려할 때 제안되는 개선된 운전 방법을 적용하기 어려운 현실적인 문제점이 있다.

한국에너지기술연구원에서는 국내 건축물의 용도별로는 공동주택, 사무소, 병원, 숙박시설을 대상으로 지역별로는 중부지역, 남부지역, 제주지역을 대상으로 건축물의 에너지 원단위를 조사·발표하였다.[7]

건축물의 에너지 원단위란 건물에서 사용되는 각종 에너지의 연간 소비량을 1차 에너지로 환산하여 그 합계를 건물 연면적으로 나눈 값을 말하며 건물의 에너지 소비 실태 파악 및 에너지 관리의 기준으로 활용하고 있다. 우리나라에서는 에너지 이용합리화법 시행규칙 제 2조에 각종 에너지원의 1차 에너지 환산 기준을 제시하고 있으며, 보통 도시가스, 각종 기름은 단위 발열량에 의하여, 전기는 2,500 kcal/kWh로 계산한다. 본 연구에서 사용된 가스의 발열량은 10,500 kcal/m^3으로 계산하였다. Fig. 11은 연구 대상 건물의 에너지 원단위이며, 2000년에 840.5 Mcal/m^2·year, 2001년에 1,001.3 Mcal/m^2·year, 2002년에 1,292.5 Mcal/m^2·year로 나타났다.

본 연구에서는 일반 사무소 건물과 본 연구 대상 건물과 같은 연구용 복합용도 사무소 건물의 에너지 소비량을 에너지 원단위를 이용하여 비교하여 보았다. 한국에너지기술연구원의 연구 결과에 따르면 중부지방에 위치한 일반 사무소 건물의 에너지 원단위는 194 Mcal/m^2·year로 나타났

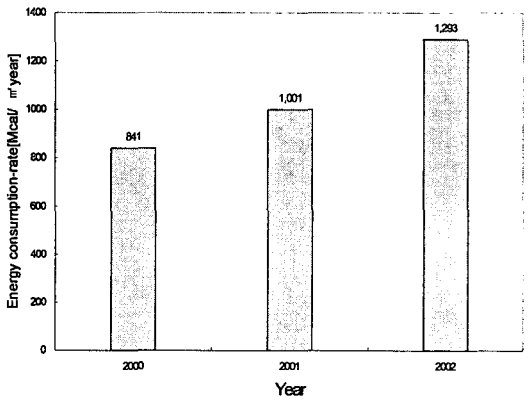


Fig. 11 Increasement of yearly energy consumption rate in building.

다. 에너지기술연구원에서는 원단위 산정시 전기의 발열량을 이차에너지 발열량인 860 kcal/h으로 환산하여 나타내었다. 본 연구에서 측정한 결과를 이를 선행 연구 결과와 같이 이차에너지로 환산하여 비교하면 351.0 Mcal/m^2·year, 446.1 Mcal/m^2·year, 616.2 Mcal/m^2·year 년별로 각각 1.8배, 2.3배, 3.2배 더 큰 것으로 나타났다. 본 연구 대상 건물이 일반 사무소 건물과 비교하여 에너지 소비가 크게 나타난 것은 대상 건물이 클린룸과 실험실과 같이 많은 전기 에너지를 필요로 하는 시설이 포함되어 있기 때문으로 판단되므로 이에 대한 적극적인 에너지 절약 방안이 강구되어야 할 것으로 생각된다. 또한 해마다 에너지 소비가 증가하는 것을 고려해 볼 때 향후 설비 증가에 대한 고려도 필요할 것으로 생각한다.

5. 결 론

본 연구에서는 클린룸과 실험실이 포함된 지하 1층, 지상 4층의 연면적 6,655.4 m^2의 연구용 건물의 공조 및 열원기기를 대상으로 연간 에너지 소비량 변화를 파악하기 위해 현장에서 측정 시스템을 구축하여 에너지 소비량을 측정하였다.

건물에서 사용되는 전체 전기 에너지 소비량은 2000년에 1,986.8 MWh, 2001년에 2,252.9 MWh, 2002년에 2,744.8 MWh로 나타났으며 이중 열원 및 공조기기에서 사용되는 에너지 비율은 2000년에 51.0%, 2001년에 55.4%, 2002년에 62.3%를 차지하는 것으로 나타났다.

또한 본 연구 대상 건물의 에너지 원단위는 2000년에 840.5 Mcal/m^2·year, 2001년에 1,001.3 Mcal/m^2·year, 2002년에 1,292.5 Mcal/m^2·year로 나타났으며 국내의 사무소 건물의 에너지 원단위와 비교해 볼 때 연간 1.8~2.3배 더 큰 것으로 나타났다. 또한 전력 사용량 증가율이 연평균 17.5%로 연구용 건물은 일반 건물에 비하여 에너지 원단위와 전력 사용량 증가율이 매우 높다.

본 연구는 실제 운전되고 있는 건물의 공조 및 열원기기에 대한 측정 시스템을 구축하고 이들 시스템의 에너지 소비량을 측정함으로써 실제 연구용 건물의 에너지 소비 형태에 대한 현장 데이터를 제공할 수 있었다. 본 연구의 결과는 모든 연구용 건물의 에너지 소비 형태를 나타내는 대표적인 예는 아니지만 앞으로 유사한 건물의 에너지 절감을 위한 원천 기술로서 활용을 기대하며 이에 그 의의가 있다고 생각한다.

참고문헌

1. STAT-Korea, http://www.stat.go.kr.
2. Kim, S. D., 1986, A study on the energy consumption in office buildings, Journal of AIK, Vol. 2, No. 2, pp. 145-150.
3. Jang, J. H., Choi, Y., Kim, B. S. and Lee, K. H., 1994, A survey on heating and cooling energy consumption in the office building, Proceeding of Journal of AIK, Vol. 14, No. 2, pp. 417-420.
4. Lee, S. H., Lee, Y. G., Yang, K. S., Ahn, T. K., Lee, S. E. and Park, H. S., 1998, A study on the energy consumption in office buildings in Seoul, Journal of AIK, Vol. 14, No. 11, pp. 379-386.
5. Hasnain, S. M., Mohamed, S., Smiai, M. S., Al-Ibrahim, A. M. and Al-Awaji, S. H., 2000, Analysis of electric energy consumption in an office building in Saudi Arabia, ASHRAE Transaction, Vol. 106, pp. 173-184.
6. Ministry of Commerce, Industry and Energy, 2002, Regulations on energy usage plan and consultation procedure.
7. KIER, 1999, A study on the typical energy consumption criteria in building, KIER Report 983522.