

事務所建物の 에너지 消耗實態에 관한 調査研究

A Survey Study on the Actual Energy Consumption in the Office Buildings

송 국 섭*
Song, Gook-Sup

Abstract

The capacity of heating and cooling equipment has been determined with TAC temperature. If there is no available heat control device, the indoor air temperature will be mostly overheated during the winter and overcooled during the summer. To suggest the actual energy-conscious method, the status of HVAC system operated in general office buildings has been surveyed in this study.

The results of this survey study are summarized as follows. ① The average indoor air temperature was investigated with 24.4°C during the winter and 25.3°C during the summer. ② The 2-way control valve was not useful for the FCU control system, because the FCU system supplied chilled air while the valve was closed. ③ The general office building have the FCU and AHU system in same space, the accordance of the control technology is required for the energy management. ④ It is necessary to control the temperature of supply water by the outdoor air temperature compensation control methodology.

키워드: 사무소, 에너지, 자동제어, 에너지 관리

Key word : office building, energy, automatic control, EMS

1. 서 론

우리 나라에서는 건물의 에너지 절약을 위하여 건축 설계 수법연구와 설비 기기의 효율을 향상시키기 위한 연구가 꾸준히 진행되어 왔다. 많은 효과를 나타낸 것도 사실이지만 이론과 설계 위주의 연구였기 때문에 현실적인 면이 고려되지 않은 가설이 많았다. 설계 의도대로 건축물과 설비 기기가 조화되는지 실제 건물은 어떻게 관리되는지 조사된 적은 없다.

설비기기의 용량은 TAC 온도를 기준으로 결정되기 때문에 대부분의 시간대에는 과다한 열량이 공급되어 이를 제어하지 않으면 에너지는 과다하게 소비되고, 실내 환경은 불쾌적하게 된다. 이와같은 다소비의 원인과 불쾌적 실내환경

의 조성 원인이 어디에 있는지 계통별로 조사연구가 이루어지고 이를 설계에 재 반영할 수 있도록 하여야 할 것이다.

본 연구의 목적은 실제 다양한 사무소 건물의 에너지 관리현황과 소모실태를 조사하고 이를 분석하여 설계 목표와 차이가 발생하는 원인을 규명하며, 현실감 있는 에너지 절약 방안을 제안하여 건축물의 신축과 개보수에 이용될 수 있도록 하는 것이다.

2. 조사대상 건물의 선정

조사 대상 건물은 본 연구의 취지에 동의하는 건물로서 건물규모와 공조 방식, 제어 방식이 우리나라에서 일반적으로 이용되는 대표적인 건물로 선정하였다. 조사된 건물은 전체 12개 건물이고, 난방운전 실태 조사에 7개 건물 22개 장소, 냉방에 9개 건물 25개 장소였다. 냉난방 운전실태를 동시에 조사한 곳은 4개 건물이다.

* 정희원, 부천전문대 건축과 교수, 공학박사

이 논문은 1996학년도 학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 지원되었음

표1. 조사대상 건물의 특징

구분	규모 (층)	연면적 (m ²)	준공연도	건물구조	공조방식	용도	시스템의 특징	난방측정기간 냉방측정기간	측정개소
A	지하 1 지상 8	1,278	95	RC조	복사난방	임대 사무소	개별난방기, 개별 냉방기 사용. 관리실이 별도로 없음.	97/2/10 ~ 2/17	2
B	지하 2 지상 10	9,903	86	RC조	CAV + FCU	자사 사옥	운전원의 판단에 따른 수동운전. 열량제어는 밸브의 개도에 의존함.	97/1/24 ~ 2/1	3
C	지하 1 지상 4	9,296	79	RC조	FCU	관광서	운전원에 의한 수동운전. 관광서이므로 에너지 절약을 위하여 노력함.	97/1/17 ~ 1/21 97/7/2 ~ 7/9	2 2
D	지하 2 지상 5	20,506	96	RC조	CAV + FCU	관광서	BAS 시설 채용되었으나 FCU 제어실패로 on/off 제어불선호함. 빙축열 자동제어.	97/2/27 ~ 3/5 97/7/21 ~ 8/2	5 5
E	지하 5 지상 15	17,477	92	RC조	CAV + FCU	자사 사옥	BAS 고장으로 제어에 혼란, 수동운전 제어, 냉동기 자동제어.	97/1/18 ~ 1/24 97/8/9 ~ 8/18	2 3
F	지하 2 지상 9	7,590	92	RC조	CAV + FCU	자사 사옥	BAS 시설 되었으나 운전원의 이해가 부족한 편임, 거주자의 불만이 생기면 기기 off.	97/1/16 ~ 1/19	4
G	지하 6 지상 31	181,012	95	철골조	VAV + FCU	자사 사옥	동계시 온수온도 외기보상 step 제어, FCU fan on/off. 운전원의 금지 높음.	97/2/4 ~ 2/18 97/7/26 ~ 8/5	3 4
H	지하 6 지상 24	10,886	94	철골철근콘크리트	VAV + FCU	자사 사옥	설비설계팀과 연계되어 운전 양호, 운전원의 금지 높음.	97/7/7 ~ 7/14	2
I	지하 2 지상 6	7,363	95	RC조	CAV + FCU	임대 사무소	소규모 건물로 모든 기기의 운전을 on/off 수동운전에 의지함.	97/6/30 ~ 7/5	2
J	지하 6 지상 20	40,036	97	RC조	CAV + FCU	자사 사옥	최근 신축된 건물로 기기 상태가 양호하고 TAB를 수행한 후 첫째 운전.	97/7/14 ~ 7/28	3
K	지하 3 지상 10	11,853	81	RC조	FCU	임대 사무소	냉동기 자동제어, 에너지 절약 의식 부족.	97/7/30 ~ 8/6	2
L	지하 2 지상 10	8,754	79	RC조	CAV + FCU	임대 사무소	시설이 노후화 되었으며, 내부발열을 처리하지 못하는 용량 부족의 냉방기 설치.	97/7/21 ~ 7/28	2

3. 측정 조사 방법

측정은 동계 난방기간과 하계 냉방 기간에 실내 공기의 온습도 측정과, supply header와 return header의 수온을 측정하였고 보일러의 보급수량과 가스소모량을 조사하였다.

또한 제어현황은 보일러와 냉동기, 공급온수 온도, AHU, FCU별 현황을 파악하였다.

표2. 측정항목과 측정기기

항목	사용된 측정기기
실내온습도	자기록 온습도계 7set (ISUZU, SATO) 아스만통풍 건습구온도계 (SATO) 디지털 온도계 (TSI)
header 수온	data logger (DATA SCAN), 액주온도계
보급수량	부착 유량계
가스량	부착 가스미터

4. 시스템 제어 현황 조사

BAS(building automation system) 시스템의 설치 유무, 보일러 열량제어, 냉동기제어, AHU 제어, FCU제어 현황을 조사하였다. 최근에 건설된 대형의 건물은 BAS시스템을 대부분 채택하고 있었다. 보일러는 대부분 on/off로 운전 되

표3. 시스템 제어 현황

건물	BAS	보일러	냉동기	온수 온도	AHU	FCU
A	X	on/off	-	X	-	-
B	X	on/off	-	X	X	X
C	X	on/off	step	X	-	X
D	X	on/off	step	X	유량 제어	2-way cav solenoid val
E	O	on/off	step	X	X	2-way cav
F	고장	on/off	-	X	유량 제어	2-way cav
G	O	대수분할	step	step	VAV	2-way cav
H	O	on/off	step	X	VAV	2-way cav
I	X	on/off	step	X	-	X
J	O	on/off	step	X	유량 제어	2-way cav
K	X	on/off	step	X	X	X
L	X	on/off	step	X	X	X

O:설치 X:없음 -:해당없음

고 있었으며 G 건물만 대수분할로 운전되고 있었다. 필요한 열량만큼 열을 공급해주는 부분부하운전은 이루어지지 않았다. 냉동기는 냉수의 온도가 7~10℃ 사이에서 유지되도록 step 제어가 되고 있었으며 부하에 따라 냉수 온도가 제어되지 않았다. 온수를 얻는 열교환기의 온도 제어가 되는 건물은 G건물 이외에는 없었다. 외기 보상제어 시스템을 갖추고 있는 건물은 있으

나 활용되는 곳은 없었다. AHU는 return duct의 온도를 기준으로 증기와 냉수의 유량을 제어하는 것이 일반적이었다. 그림1은 AHU제어의 대표적인 예를 나타낸 것으로 조사된 건물의 CAV방식은 그림1과 같은 방법으로 열량을 제어하고 있었다. 2-way control valve에 의하여 동계에는 증기의 양을 제어하고, 하계 냉방시에는 냉수의 양을 제어한다.

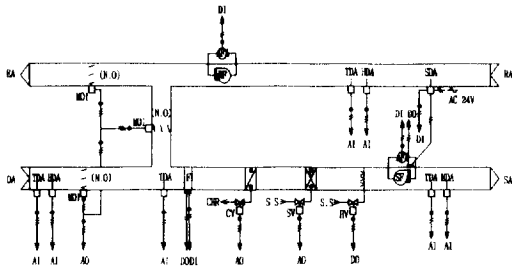


그림1. AHU의 온도 제어

대부분의 건물에서 FCU는 외주부존을 담당하고 있었다. FCU의 제어 방법은 ① 2-way control valve 사용, ② fan의 공급전원 on/off, ③ solenoid valve, ④ 공급온수의 온도제어로 열량을 조절할 수 있다. 조사된 건물에는 2-way control valve가 가장 많이 적용되어 있었으나 활용하는 건물은 없었다. 왜냐하면 2-way control valve가 닫힌 경우에도 FCU의 fan은 계속 회전하며 찬바람이 공급되어 사용자의 불만이 나타나기 때문이다. G건물에서는 FCU의 fan을 실온도에 따라 on/off하였는데 효과와 반응이 좋았다.

5. 건물별 운전 관리실태 조사

5.1 동계 난방시 운전실태 조사

동계 난방시 실내의 온도와 습도를 측정하여 사용공간의 환경과 에너지 소모실태를 파악하였다. 하나의 측정 건물에서 여러 장소를 선택한 것은 존재제어와 실별 온열환경 특성을 알기 위함이다. 실내온도가 설정되는 원인을 파악하기 위하여 대표적인 건물을 선택하여 공급열매의 온도와 열원기기의 열량 공급 상태를 조사하였다.

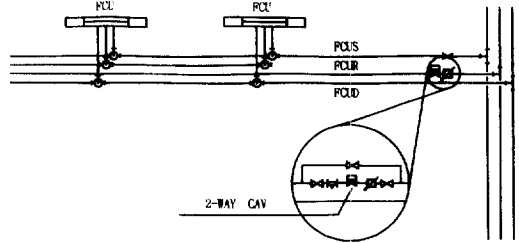


그림2. FCU의 변유량 제어

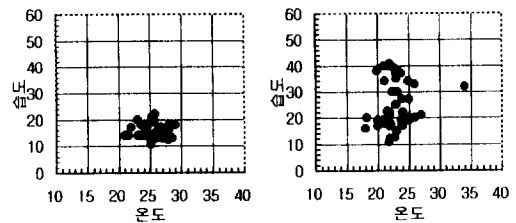
(1) A건물의 난방 운전실태

A 건물은 복사난방을 하는 소형 사무소 건물로 평균온도는 24.4℃이다. 온도와 습도 범위 편차가 크게 나타났다. 이는 열량제어를 보일러의 on/off에 의존하고 있기 때문이다. 하루중 온도 변화는 날짜에 따라 일정하지 않고 변동이 심하고 비사용 시간 때인 야간에도 20℃를 넘고 있다. 사무소 건물에 복사난방을 하는 경우는 드문일이나 야간 작업을 많이 하는 사무실이므로 개별 보일러를 설치하여 입주한 사무소 마다 별도로 운전하고 있었다.

표4. A 건물의 평균 온습도와 편차

장소	평균온도	평균습도	온도편차	습도편차
중앙	23.1	24	16.0	30
외부	26.7	16	8.0	12
전체평균	24.4	20	12.0	21

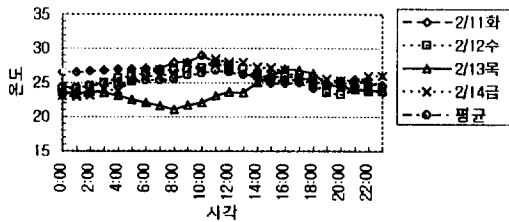
최고온도 : 34℃ 최저온도 : 18.0℃



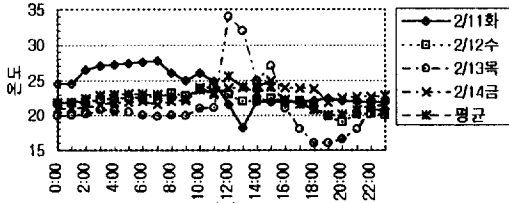
(a) 중앙부 (b) 외주부
그림3. A 건물의 온습도 분포

(2) B건물 난방 운전실태

B 건물은 기계실이 설치되어 있으며 운전원의 독자적 판단에 의하여 수동으로 운전하는 건물이다.



(a) 중앙부



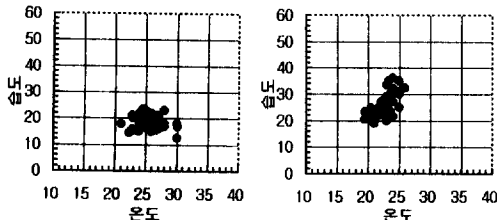
(b) 외주부

그림4. A건물의 온도 변화

표5. B 건물의 평균 온습도와 편차

장소	평균온도	평균습도	온도편차	습도편차
남측	26.4	19	9.1	11
이사실	22.7	27	6.6	17
북측	26.6	19	10.6	8
전체평균	24.6	21	8.7	12.2

최고온도 : 36.2℃ 최저온도 : 12.6℃



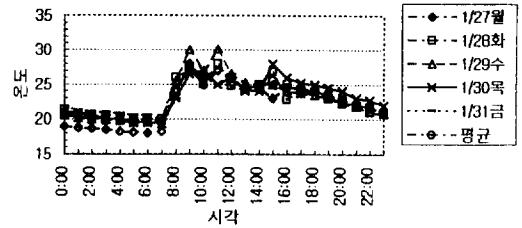
(a) 남측

(b) 이사실

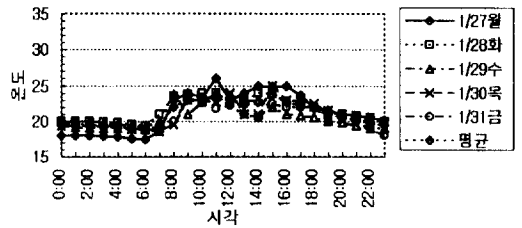
그림5. B 건물의 온습도 분포

가습운전은 되지 않고 있었으며 FCU와 AHU에 의존하여 난방하고 있었다. 남측과 북측의 경우 open office plan 이어서 차이가 크게 나타나지 않은 반면 이사실의 경우는 남측 사무실과 북측에 비하여 3℃정도 온도가 낮게 나타났는데, 일반 사무실은 재실인원의 밀도가 높고 컴퓨터를 1인 1대 보유하고 있어서 발열이 많으

며, 이사실의 경우 상대적으로 발열이 적기 때문이다. 공조기기는 똑같은 열이 항상 일정하게 공급되는 기본 시설을 갖추고 있으므로 열량제어가 되지 않았다. 남측과 북측은 습도가 10% 내외로 극히 낮아 가슴이 요구된다.

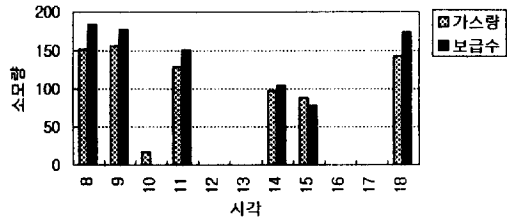


(a) 남측

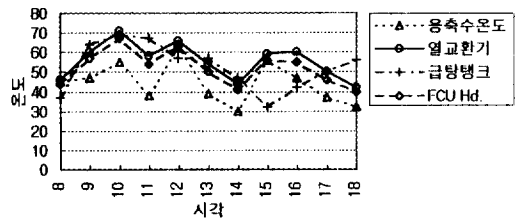


(b) 이사실

그림6. B건물의 온도 변화



(a) 보일러 운전



(b) header 온도

그림7. B 건물의 기계실 운전

온습도 변화가 심한 것은 모든 기기를 on/off로 운전하고 있기 때문이다. 그림7은 B건물의 난방 운전중 기계실로부터 얻은 데이터이다. 보

일러를 8시~10시까지 작동시키고 14시와 15시에 부분적으로 작동시켰다.(on/off) 그리고 다시 18시에 야간사용 장소인 식당을 위하여 작동시켰다. 보일러 운전에 따라 열교환기 온도와 FCU Header온도가 결정된다. FCU 헤더 온도가 70~44℃ 사이를 보일러 운전에 따라 변동된다. 결국 실의 온도는 일정하게 유지될 수 없다.

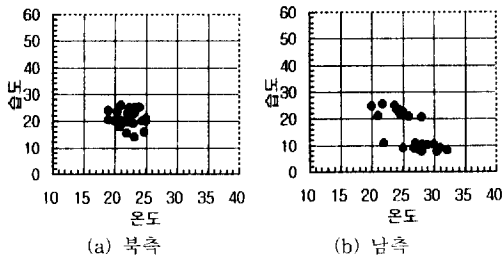
(3) C건물 난방 운전실태

C 건물은 관공서 건물로서 FCU에 의한 난방방식을 채택한 건물이다. 온습도 분포에서 북측은 온도 19~25℃범위를 유지하는 반면 남측은 20~32℃의 범위에서 큰 편차를 보이고 있다. 남측은 일사의 영향을 받는 반면 북측은 받지 않는다. 남측의 경우 열량을 줄여주는 제어시스템이 필요하지만 열량이 조절되지 않아서 과열이 발생하고 있다

표6. C 건물의 평균 온습도와 편차

장소	평균온도	평균습도	온도편차	습도편차
북측	22.3	21	6.1	12
남측	26.6	15	12.2	18
전체평균	24.2	18	9.2	15

최고온도 : 32.2℃ 최저온도 : 19.0℃



(a) 북측 (b) 남측
그림8. C 건물의 온습도 분포

(4) D건물 난방 운전실태

D 건물은 최근에 지어진 건물로 BAS System을 적용하고 있었으며 가습을 하는 건물로 실내 공기가 ASHARE 패적 범위대에 해당된다. FCU 조닝은 남북으로 구분되어 있으나 2Way-Control Valve는 사용되지 않았다. 따라서 남측의 온도가 설정치 보다 높게 나타났다. 제어장치에 의존하지 못하고 보일러를 on/off하여 열량을 제어하고 있었다. AHU는 제어에 문제가 없었으나, FCU는 2-way control valve

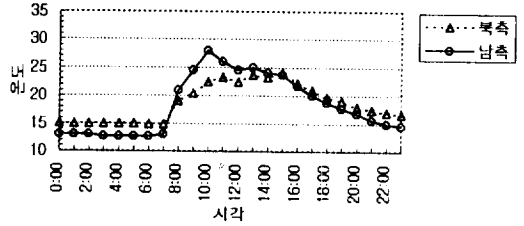


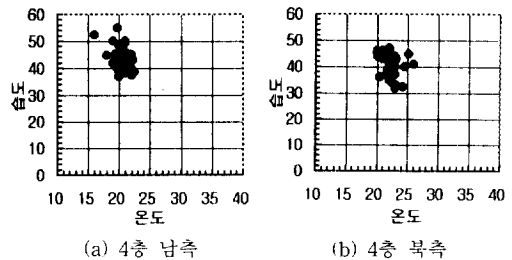
그림9. C 건물의 온도 변화 (남측)

와 solenoid 밸브가 설치되었는데, 시스템 제어현황에서 언급한 바와 같이 fan과 연동되지 않아서 제어기능을 발휘하지 못하고 항상 강제로 100% 개방하여 운전하고 있었다. FCU가 제어되지 않으므로 AHU의 제어도 의미가 없게 되었다. 결국 BAS시스템은 모니터링만 가능하고 제어는 on/off에 의존하게 되었다. 그림11 (a)는 가스 소모량과 보일러 보급수량을 나타낸 것이다 08시~10시까지 보일러는 가동되고 그 이후는 정지되었으며 14시~15시 사이에 다시 가동되었다.

표7. D 건물의 평균 온습도와 편차

장소	평균온도	평균습도	온도편차	습도 편차
2층 남	23.1	39	6.0	19
4층 북	20.4	44	6.5	18
4층 남	22.1	41	6.0	15
1 층	21.1	47	9.0	14
3층 남	22.1	43	9.0	21
전체평균	21.8	43	7.3	17

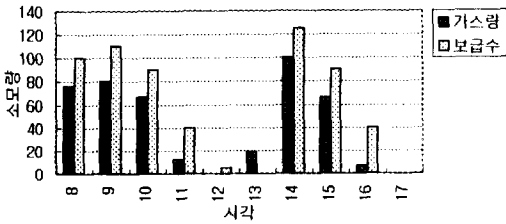
최고온도 : 27.0℃ 최저온도 : 15.2℃



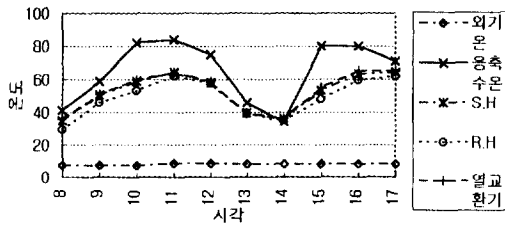
(a) 4층 남측 (b) 4층 북측
그림10. D 건물의 온습도 분포

그림11 (b)는 FCU header 온도를 나타내었다. 보일러가 가동될 때 온수 온도는 높아지고 정지되었을 때 40℃까지 온수 온도가 하강하였

다. 외기 보상제어 시스템은 설치되었으나 작동시키지 않았다. 그림12는 공조기 온도를 나타낸 것으로 오전에만 가동시켰고 오후에는 off시켰다. AHU는 return공기의 온도에 따라 원활한 제어가 이루어 짐을 알 수 있다. FCU와 AHU 시스템이 동시에 작동되어 형성된 실의 기온이 그림12 (b)이다. AHU와 FCU의 작동에 따른 결과이고 제어에 어려움이 있는 것을 알 수 있다.

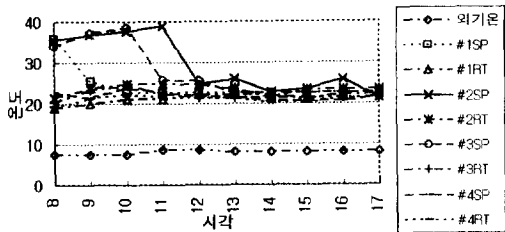


(a) 보일러 운전

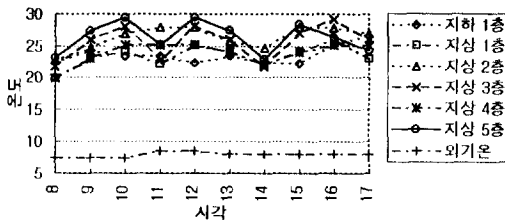


(b) header 온도

그림11. D 건물의 보일러 운전과 header 온도변화



(a) 공조기 온도



(b) 공조실온

그림12. D 건물의 공조기 온도와 실온

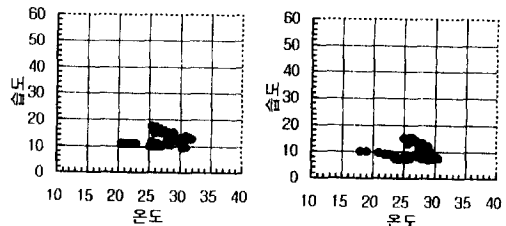
(5) E건물 난방운전실태

E 건물은 BAS System을 설치하였으나 고장이 발생하여 수동으로 운전하는 System이다. 온도와 습도 분포를 살펴보면 17~33℃까지 넓은 범위에 분포되어 있어서 제어가 원활히 이루어지지 않음을 알 수 있다. 장소별로도 분포가 다르게 나타나 제어가 안됨을 알 수 있다. 보일러는 on/off 제어, 기타 AHU 나 FCU도 on/off 제어에 의존하고 있다. 결국 에너지는 심하게 낭비되고 있으며 쾌적한 환경이 되지 못한다. 가습을 하지 않아 습도가 20% 이하로 나타나 매우 건조함을 나타내고 있다. 27℃ 이상인 경우에는 더위를 느끼는 온도 범위 임에도 겨울철에 더위를 느낄 수 있는 정도의 온도가 나타났다.

표8. E 건물의 평균 온습도와 편차

장소	평균온도	평균습도	온도편차	습도편차
10 층	27.1	12.2	11.5	8.3
14 층	26.0	12.8	10.2	7.8
17 층	26.1	10.1	12.7	8.0
전체평균	26.4	11.7	11.5	8.0

최고온도 : 32.0℃ 최저온도 : 18.0℃



(a) 10층

(b) 17층

그림13. E 건물의 온습도 분포

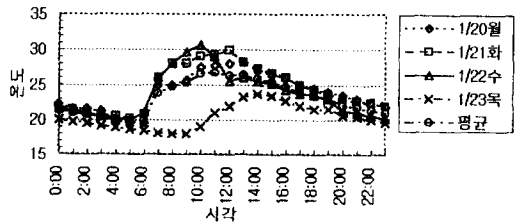


그림14. E건물의 온도 변화 (17층)

(6) F건물 난방 운전실태

F 건물은 BAS 장치가 설치되어 있으나 운전원이 System을 충분히 이해하고 있지 못하였

다. 실내 온도는 22~33℃ 범위로 넓게 분포되어 있다. BAS System이 설치되어 운영되고 있음에도 열량제어가 안되는 이유는 운전원이 실내 설정온도를 28℃로, 즉 여름 냉방 mode로 운전하고 있었다. 실내가 높은 온도로 유지됨으로 보일러를 on/off 시키고, FCU를 on/off하면서 운전하고 있었다

표9. F 건물의 평균 온습도와 편차

장소	평균온도	평균습도	온도편차	습도편차
5 층	27.0	20.2	8.5	7.3
6 층	26.3	13.8	10.4	16.2
7 층	26.1	21.2	6.4	3.5
전체평균	26.5	18.4	8.4	9

최고온도 : 32.4℃ 최저온도 : 22.0℃

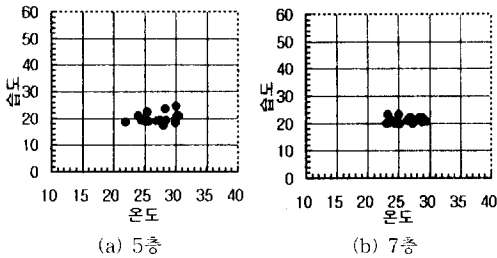


그림15. F건물의 온습도 분포

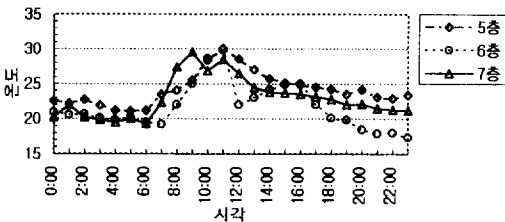


그림16. F건물의 온도 변화 (7층)

이 건물의 운전실태를 통하여 알 수 있는 것은 운전원이 BAS System을 얼마나 잘 이해하고 있느냐에 따라 실내 환경과 에너지 소비에 많은 영향을 주는 것을 알 수 있다.

(7) G건물 난방 운전실태

G 건물은 최근에 신축한 대형 건물로서 BAS System이 설치되었고, 운전원은 시스템에 대하여 잘 이해하고 있었고, 자긍심이 높은 건물이었다. 보일러는 대수제어로 운전되며 AHU는

VAV System으로 내부존을 담당하고 있어서 난방기간

역할을 못하고 있었으며 FCU에 의존되고 있었다. FCU는 변유량 방식이 설치는 되었으나 적용하지 않고 있었으며 설정된 온도에 따라 FCU fan을 on/off하고 있었다. 온도 분포가 24~25℃에 집중되어 있음을 알 수 있다. 즉 온도제어는 잘 이루어지고 있음을 알 수 있다. 단지 FCU에 의존하고 VAV방식이기 때문에 습도가 쾌적 범위 밖이다.

표10. G 건물의 평균 온습도와 편차

장소	평균온도	평균습도	온도편차	습도편차
중앙	24.3	14.1	3.6	13
북	24.0	13	5.0	10
남	25.5	11	4.2	11
전체평균	24.6	13	4.3	20

최고온도 : 27.2℃ 최저온도 : 21.3℃

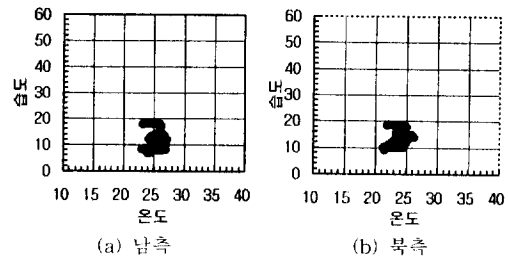


그림17. G건물의 온습도 분포

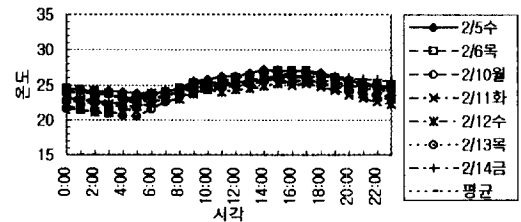


그림18. G건물의 온도 변화 (남측)

이 건물은 조사된 건물 중에서 가장 제어가 잘되고 있는 건물이었다. 그림18은 실내온도를 나타낸 것으로 실내온도가 제어 목표에서 1℃ 내외로 제어됨을 알 수 있다. 또한 공급 온수의 온도가 오전 10시까지 50℃, 그후는 40℃로 설정되어 과열을 예방 할 수 있었다.

5.2 냉방시 온습도 분포

냉방은 난방에 비하여 BAS시스템을 갖춘 건

물은 잘 제어되고 있었다. 공급냉수의 온도가 일정하도록 냉동기는 제어되었고 공급냉수의 온도가 냉방설정온도와 차이가 적기 때문에 난방 운전보다 실내 상태는 양호하였다. 냉수 온도는 7~10℃의 범위로 제어되고 있었다.

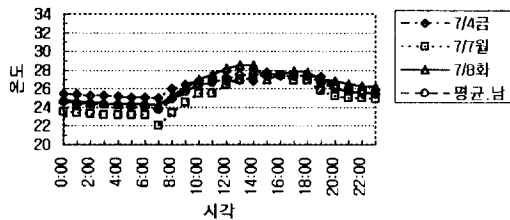
(1) C건물 냉방운전 실태

C 건물은 FCU에 의존한 냉방이어서 다른 건물에 비하여 넓은 온습도 분포를 나타내고 있다. 겨울철 난방과 비교하면 온도변화 범위는 크지 않다. 북측과 남측을 비교하면 남측의 온도가 북측에 비하여 현저하게 높게 나타났다. 남측의 일사 취득 열량을 충분히 제거하지 못함을 알 수 있다. 북측의 경우는 평균 온도가 남측의 경우 보다 낮게 나타났다

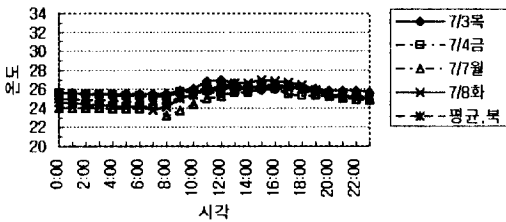
표11. C 건물의 평균 온습도와 편차

장소	평균온도	평균습도	온도편차	습도편차
북측	25.8	61	3.8	37.
남측	26.8	53	5.1	27
전체평균	26.3	57	4.5	32

최고온도 : 28.5℃ 최저온도 : 23.2℃



(a) 남측



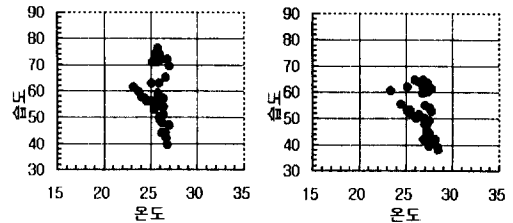
(b) 북측

그림19. C 건물의 온도 변화

(2) D건물 냉방운전 실태

D 건물은 온도 분포 범위가 C 건물에 비하여 좁게 나타나 비교적 잘 관리되는 건물이다. 남

측과 북측을 보면 북측이 낮은 온도 분포를 나타내었다. 같은 건물임에도 온도 평균은 남측의 발열이 많은 실은 28.5℃ 이고 방위가 북측이고 발열이 적은 실은 24.6℃로 나타났다. 지하실의 경우는 외기의 영향을 받지 않고 있어서 실내온도는 지상의 남측보다 낮게 나타났다. FCU제어가 원활하지 않았기 때문이다. 운전원이 남측을 기준으로 운전하여 북측의 경우에는 과냉현상이 발생하였다.



(a) 남측

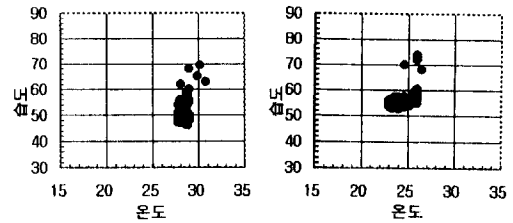
(b) 북측

그림20. C 건물의 온습도 분포

표12. D 건물의 평균 온습도와 편차

장소	평균온도	평균습도	온도편차	습도편차
3층(남측)	28.5	51	3.0	24
2층(남측)	27.1	57	2.5	32
1층(개방)	24.6	61	3.8	30
4층(북)	24.6	57	3.5	21
지하실	25.3	68	3.1	24
전체평균	26.0	59	3.2	26

최고온도 : 30.8℃ 최저온도 : 23.0℃



(a) 남측 (3층)

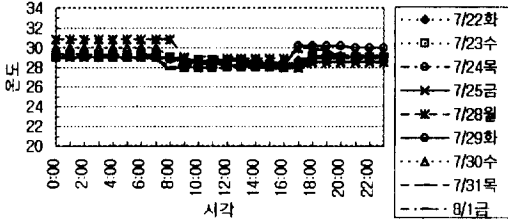
(b) 북측 (4층)

그림21. D 건물의 온습도 분포

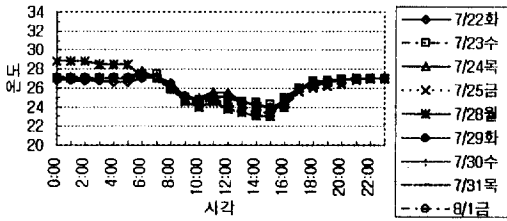
(3) E건물 냉방운전 실태

BAS system 의 고장으로 수동으로 작동되는 건물이다. 온도 습도 분포 범위가 넓어 제어가 되지 않음을 알 수 있다. 수동으로 동작될 경우 각방의 온도를 운전원이 예측하여 조정하기

때문에 설정치 보다도 낮아지게 된다.



(a) 남측



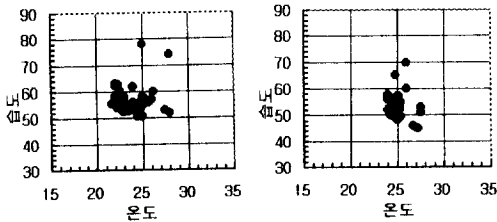
(b) 북측

그림 22. D건물의 온도 변화

표 13. E 건물의 평균 온습도와 편차

장소	평균온도	평균습도	온도편차	습도편차
10 층	23.8	57	6.3	27
14 층	25.1	53	3.5	25
17 층	25.5	52	3.2	18
전체평균	24.8	54	4.3	23

최고온도 : 28.0℃ 최저온도 : 21.7℃



(a) 10층

(b) 17층

그림 23. E건물의 온습도 분포

이 건물은 냉방시의 실온이 겨울철 난방시 보다도 낮게 나타나 에너지 관리가 제대로 이루어지지 않는 건물이다.

(4) G건물 냉방운전 실태

온도와 습도 분포가 집중되어 있어서 원활하게 제어되는 건물임을 알 수 있다. 특히 이 건물은 Open Office Plan이어서 제어가 더욱 용이

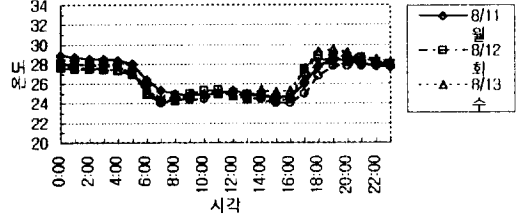


그림 24. E건물의 온도 변화 (17층)

하였다.

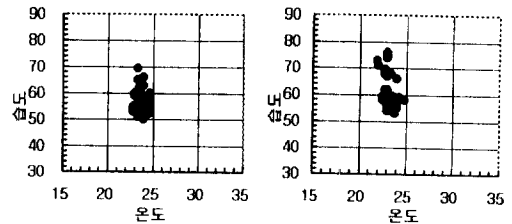
설정온도를 24℃로 하였고 제어 범위에서 1℃ 내외의 편차를 보여주는 우수한 시스템이다. VAV 시스템과 FCU fan 제어도 우수함을 알 수 있다. 운전원이 일별로 설정치를 바꾸고 있었으며 에너지 절약 기준온도를 지키지 않았다. 시스템은 우수하지만 에너지 절약 기준온도

표 14. G 건물의 평균 온습도와 편차

장소	평균온도	평균습도	온도편차	습도편차
북측	23.7	57	1.9	20
중앙	24.1	61	3.4	14
동측	23.4	59	2.9	23
전체평균	24.0	58	3.4	17

최고온도 : 25.4℃ 최저온도 : 22.8℃

를 지키지 않아 많은 에너지가 소모됨을 알 수 있다.



(a) 북측

(b) 동측

그림 25. G건물의 온습도 분포

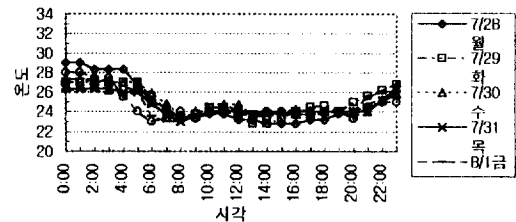


그림 26. G건물의 온도 변화 (북측)

(5) H건물 냉방운전 실태

이 건물은 VAV 시스템과 FCU를 설치한 곳으로 설정온도 24℃에서 ±2℃ 범위에서 실내온도가 제어되고 있었다. VAV 시스템은 실온 조절에 매우 유리함을 알 수 있다. 에너지 절약 기준온도는 적용되지 않고 있었으며 생리적 쾌적온도를 기준으로 적용하고 있어서 에너지는 절약되지 않는다.

표15. H 건물의 평균 온습도와 편차

장 소	평균온도	평균습도	온도편차	습도편차
중앙층	24.0	50	2.6	7
창 측	24.7	51	2.9	7
전체평균	24.4	51	2.8	7

최고온도 : 26.0℃ 최저온도 : 22.8℃

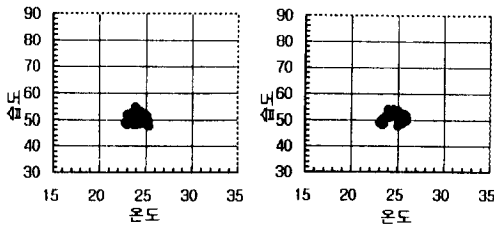


그림27. H건물의 온습도 분포

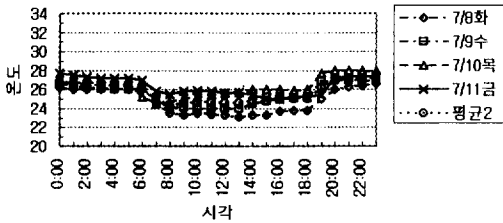


그림28. H건물의 온도 변화 (창측)

표16. I 건물의 평균 온습도와 편차

장소	평균온도	평균습도	온도편차	습도편차
사무실	24.6	66	7.2	22
소장실	22.1	63	8.8	24
전체평균	23.3	64	8.0	23

최고온도 : 29.0℃ 최저온도 : 19.8℃

(6) I건물 냉방운전 실태

수동으로 운전되는 소형의 건물이어서 온도 분포는 넓은 범위에 분산되어 있다. 소장실은 재실자 1인이고 FCU가 4개 설치되었으나 사무실은 3개 설치되어 공급 열량의 차이로 이와 같은 결과가 나타났다. 사무소의 칸막이는 공조 시스템과 조화되지 않아서 평균온도가 22.1℃

까지 하강하고 최저 19.8℃로 기록되어 과냉현상이 나타났다.

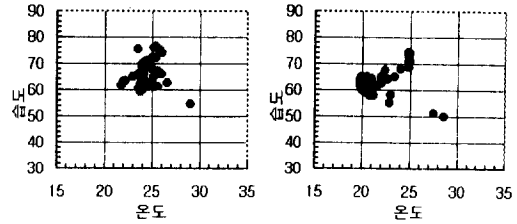
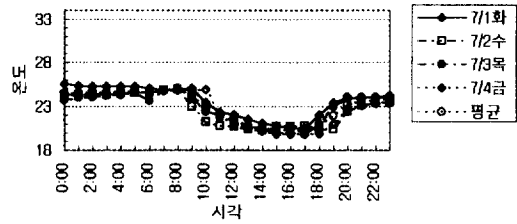
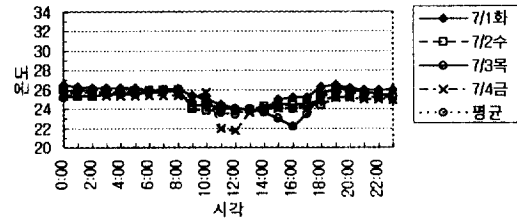


그림29. I건물의 온습도 분포



(a) 사무실



(b) 소장실

그림30. I건물의 온도 변화

표17. J 건물의 평균 온습도와 편차

장소	평균온도	평균습도	온도편차	습도편차
회의실	23.0	65	1.5	12
중앙층	24.2	66	1.7	12
남 측	23.1	67	2.3	13
북 측	23.3	64	1.5	12
전체평균	23.4	66	1.8	12

최고온도 : 25.0℃ 최저온도 : 22.0℃

(7) J건물 냉방운전 실태

BAS 시스템이 설치된 최신의 건물로 AHU 제어가 잘되어 온도 편차가 적은 건물이다. 이 건물도 에너지 절약기준온도를 적용하고 있지 않아서 에너지 소모가 큰 건물이다. 최고 온도가 25.5℃로 에너지 절약 기준온도 보다 높다. 관리자 및 이용자의 의식전환이 필요하다.

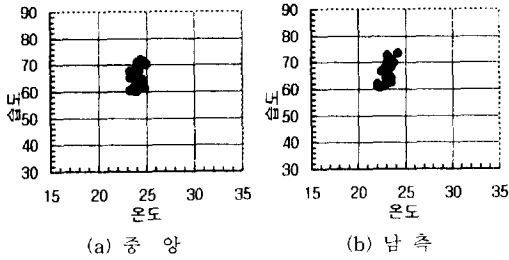


그림31. J건물의 온습도 분포

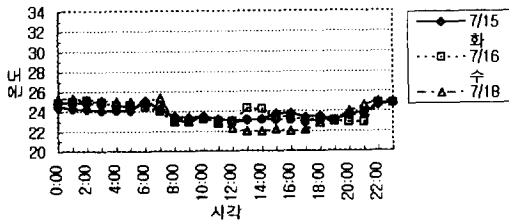


그림32. J건물의 온도 변화 (남측)

표18. K 건물의 평균 온습도와 편차

장소	평균온도	평균습도	온도편차	습도편차
중앙	24.8	48	7.9	16.
남측	25.7	67	8.2	21
전체평균	25.2	58	8.1	17

최고온도 : 31.0℃ 최저온도 : 20.0℃

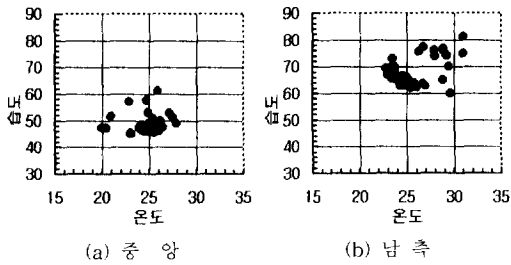


그림33. K건물의 온습도 분포

(8) K건물 냉방운전 실태

수동으로 운전되어 최고온도 31℃와 최저 20℃ 사이에서 실온이 유지되어 제어가 이루어지지 않음을 알 수 있다. 25℃를 기준으로 넓은 범위에 실온이 분포되어 on/off 이외에 별다른 제어 방법을 찾지 못하고 있다. 외기가 낮은 경우나 높은 경우나 일정한 열량이 제거된다.

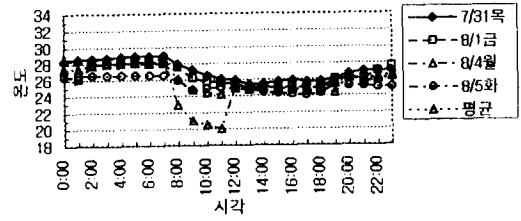


그림34. K건물의 온도 변화 (남측)

표19. L 건물의 평균 온습도와 편차

장소	평균온도	평균습도	온도편차	습도편차
사무실	31.1	45	3.0	16
소장실	30.0	57	3.9	17
전체평균	30.6	51	3.45	17

최고온도 : 32.6℃ 최저온도 : 28.4℃

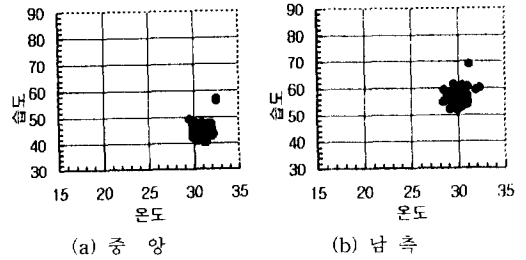


그림35. L건물의 온습도 분포

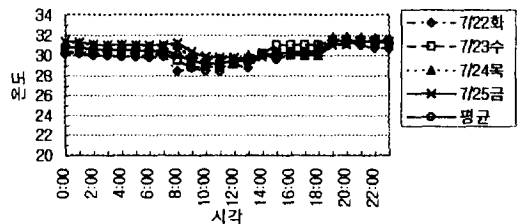


그림36. L건물의 온도 변화

(9) L건물 냉방운전 실태

79년도에 준공된 건물로 기기의 용량이 부족하여 충분한 열량을 제거하지 못한 경우이다. 낮은 기기는 효율이 떨어지고 증가한 내부 발열을 흡수하지 못하여 개수를 하여야 할 필요가 있는 건물이다. 실내 발열의 증가 요인은 주간 인공과 OA기기 특히 컴퓨터의 보급이다.

표20은 측정결과를 종합하여 나타낸 것이다.

표20. 건물별 실내 온도도 평균치

건물	난방 기간				냉방 기간			
	온도 (°C)	습도 (%)	측정 개소	측정 시간	온도 (°C)	습도 (%)	측정 개소	측정 시간
A	24.4	20	2	56	-	-	-	-
B	24.6	21	3	65	-	-	-	-
C	24.2	18	2	26	26.3	57	2	47
D	21.8	43	5	37	26.0	59	5	90
E	26.4	12	3	48	24.8	54	3	52
F	26.5	18.4	3	18	-	-	-	-
G	24.6	13	3	91	24.0	58	4	62
H	-	-	-	-	24.4	51	2	50
I	-	-	-	-	23.3	64	2	44
J	-	-	-	-	23.4	66	4	41
K	-	-	-	-	25.2	58	2	55
L	-	-	-	-	30.6	51	2	49
평균	24.4	21	-	-	25.3	58	-	-

6. 결 론

본 연구는 사무소 건물의 냉난방 운전 실태를 조사하여 에너지 다소비 원인을 규명하여 신축 건물이나 개보수에 이용될 수 있도록 하기 위하여 진행되었다. 총 12개 건물의 냉난방 실온과 습도를 조사하였고, 에너지 관리 실태를 비교하였으며 에너지 소비 경로를 추적하고 과소비의 원인을 규명하였다. 본 조사 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1) 조사된 건물의 동계 난방기간 중 실내 온도 평균은 24.4°C이고 습도는 21%로 나타났다. 에너지 절약온도인 18°C보다 6.4°C 높게 나타나 에너지는 과소비 되었음을 알 수 있다. 가습은 한 건물에서만 이루어지고 있었으며 심한 경우에는 평균 12%로 쾌적하지 못한 상태로 나타났다.

2) 대부분의 운전원들은 온도만을 쾌적지표로 난방할 뿐 습도에 대한 개념이 부족하였다. ET를 쾌적지표로 이용하여 운전할 수 있도록 운전원의 교육이 필요하다.

3) 하계 냉방기간중의 실온 평균은 25.3°C로 나타나 에너지 절약 기준 온도인 27°C 보다 낮은 상태로 운전되었다. 조사된 9개 건물 중 4개 건물은 23~24°C로 운전되어 과냉현상이 나타나 에너지가 많이 소모됨을 알 수 있었다.

4) FCU 제어에는 2-way control valve를 설치하였으나 활용하는 건물은 없었다. FCU 시스

템의 변유량 제어 방식은 효과를 나타내지 못하므로 설계시 재고되어야 할 것이다.

5) 관공서 건물이 일반사옥이나 임대 사무소에 비하여 에너지 절약 운전을 하는 것으로 나타났다.

6) 사무소 건물은 시스템이 혼용되어 있어서 상호조화가 필요하다. AHU는 제어가 잘 되었으나 FCU가 제어되지 않아서 AHU의 제어성능은 의미가 없게 되었다. 혼합된 시스템이 설치된 경우 제어성능의 상호 균형이 필요하다.

7) VAV 시스템은 냉방운전과 난방운전에서 제어목표에 근접하는 우수한 시스템임을 확인할 수 있었다.

8) 여름철 냉방시 냉수의 온도는 7~10°C로 제어되어 냉방성능은 좋게 나타난 반면, 겨울철 온수의 온도를 제어하는 건물은 한 곳 뿐이었고 이외의 건물은 보일러의 on/off에 따라 공급온수의 온도가 80~40°C 범위에서 변동되었다. 외기보상제어로 온수의 온도 조절이 필요하다.

9) BAS 시스템은 기기들의 제어 성능 향상보다도 각실의 온도를 감시하는 모니터링 효과로 운전원의 시스템 제어에 효과를 나타내었다.

10) open office plan은 칸막이로 여러 실을 구분한 경우보다 제어가 용이하고 쾌적한 환경이 조성되었다. 에너지 관리와 쾌적환경을 위하여 권장할 만 하다.

참 고 문 헌

1. 건설부, "사무소 건물의 에너지 절약을 위한 설계기준 연구", 1987.
2. 박상동외, "건물에너지 해석 전산기술 실용화 연구", 한국동력자원 연구소, 1990.
3. 송국섭, "유한차분법을 이용한 자연형 태양열 시스템의 열성능 분석에 관한 연구", 중앙대 박사 학위 논문, 1991.
4. 김영호, "건축설비", 보문당, 1994.
5. ASHARE, "ASHARE FUNDAMENTAL", 1993.
6. ASHARE, "ASHARE SYSTEM", 1992.
7. Randall Thomas, "Environmental Design", 1996.
8. G.J.LEVERMORE, "Building Energy Management System", E&FN SPON, 1994.

(接受 : 1997. 11. 8)