

第 88 回 博士學位論文

指導教授 李 彦 求

사무소건물의 에너지절약형
냉방시스템 적용에 관한 연구

A study on the Application of Low Energy Cooling
Systems in Office building

中央大學校 大學院

建築學科 建築環境 및 設備專攻

朴 昌 奉

2011年 2月

사무소건물의 에너지절약형
냉방시스템 적용에 관한 연구

A study on the Application of Low Energy Cooling
Systems in Office building

이 論文을 博士學位論文으로 提出함.

2011年 2月

中央大學校 大學院

建築學科 建築環境 및 設備專攻

朴 昌 奉

朴昌奉의 博士學位論文으로 認定함

審査委員長	박진철	
審査委員	김준형	
審査委員	유호찬	
審査委員	권병철	
審査委員	이언구	

中央大學校 大學院

2011年 2月

1. 서론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구의 범위 및 방법	4
2. 에너지절약형 냉방시스템에 대한 이론 고찰	8
2.1 에너지절약형 냉방시스템의 종류 및 특성	8
2.1.1 에너지절약형 냉방시스템의 종류	9
2.1.2 에너지절약형 냉방시스템별 특성	9
2.2 에너지절약형 냉방시스템의 연구 동향	26
2.2.1 국내 및 해외 선행연구 검토	26
2.2.2 선행연구의 종합적 고찰	29
2.3 에너지 해석 이론고찰	31
2.4 경제성평가에 대한 이론고찰	35
3. 대상건물 선정 및 에너지 성능 모델링	40
3.1 Simulation Program 개요	40
3.2 대상 건물 개요	43
3.2.1 대상 건물의 일반현황	43
3.2.2 대상 건물의 에너지 소비현황	45

3.3 분석 대상건물의 모델링 방안	50
3.3.1 건물의 Zone 설정	50
3.3.2 에너지해석 시뮬레이션의 입력 데이터	53
3.4 컴퓨터 시뮬레이션의 신뢰도 검증 및 보정	74
3.5 소결	81
4. 에너지절약형 냉방시스템의 성능 시뮬레이션 및 경제성	
검토	83
4.1 에너지절약형 냉방시스템의 성능 시뮬레이션	83
4.1.1 에너지절약형 냉방시스템의 성능 시뮬레이션 결과	85
4.1.2 에너지절약형 냉방시스템 대안별 에너지성능 분석	98
4.2 대상건물의 공조방식 대안별 적용가능성 검토	102
4.3 소결	110
5. 대상건물의 대안 에너지절약형 냉방시스템의 적용 제안	
.....	113
5.1 시스템 적용을 위한 대상건물 분석	113
5.1.1 대상건물의 설계 현황	113
5.1.2 대상건물의 설계 문제점 검토	117
5.2 에너지절약형 냉방시스템의 적용 검토	120
5.2.1 천정복사냉방(Chilled Beam) 시스템의 적용 검토	120
5.2.2 천정복사냉방(Chilled Beam) 시스템 적용시 고려사항	129

5.3 소결	131
6. 결론	134
6.1 종합토의	134
6.2 결론	137
6.3 향후 연구과제	139
참고문헌	140
[부 록]	145
국문초록	160
ABSTRACT	163

<표 목차>

<표 2.1> 단위면적당 연간 냉방에너지 비용	12
<표 2.2> 설치&장비 및 유지비용(상업용)	12
<표 2.3> 증발냉방시스템과 일반 공조방식의 비용(주거용)	14
<표 2.4> 저속치환+천정복사냉방 시스템의 비용(상업용)	20
<표 2.5> 환기방식에 의한 에너지비용 비교	20
<표 2.6> 천정복사냉방(Chilled Beam) 시스템의 특징	21
<표 2.7> 환기방식별 특징 비교	24
<표 2.8> 선행연구의 비교 및 고찰	30
<표 2.9> 동적해석법의 HVAC의 포함 여부	31
<표 2.10> LCC 분석 비용항목 분류	38
<표 2.11> 경제성 평가방법 비교	39
<표 3.1> 대상건물 개요	44
<표 3.2> 대상건물의 경계조건	45
<표 3.3> 대상건물의 연도별 에너지 소비량	46
<표 3.4> 대상건물의 전기/가스 사용량 및 요금	48
<표 3.5> 대상건물의 각존별 용도 및 면적	50
<표 3.6> 대상건물 시뮬레이션 수행 조건	53
<표 3.7> 컴퓨터시뮬레이션에 사용되는 기상데이터별 고려하는 항목	54
<표 3.8> EnergyPlus에서 기후데이터의 요소	55
<표 3.9> 재실자의 스케줄	58
<표 3.10> 사무기기 스케줄	58
<표 3.11> 조명 스케줄	59
<표 3.12> 용도별 내부발열량 산출기준	59
<표 3.13> 각 층별 내부발열량	60
<표 3.14> 대상건물의 각층별 내부발열량	60
<표 3.15> 대상건물 건축재료의 물성치(wall & slab)	63

<표 3.16> 대상건물 유리창((Window)의 물성치	63
<표 3.17> 대상건물의 기계장비 사양 현황	64
<표 3.18> 대상건물의 AHU와 FCU 설치 현황	67
<표 3.19> 월별 가스에너지 소비량 비교(보정 전)	75
<표 3.20> 월별 가스에너지 소비량 비교(보정후)	76
<표 3.21> 월별 가스에너지 소비량 비교(보정 전·후)	77
<표 3.22> 각 층별 내부발열량 입력자료	78
<표 3.23> 각 존별 침기량과 배기량의 설정 값	79
<표 3.24> 각 존별 침기량의 수정 입력 값	79
<표 3.25> CAV+FCU 시스템의 부하비율 비교	80
<표 4.1> 서울지역 외부기온 최고, 최저기온 분포 및 온도변화	87
<표 4.2> 야간환기의 환기 조건	88
<표 4.3> 운전조건별 에너지 절감량 비교	90
<표 4.4> 야간환기 운전 조건별 부하비율	91
<표 4.5> Chilled Beam Unit의 입력수량	91
<표 4.6> 천정복사냉방(Chilled Beam) 시스템 에너지 절감량	92
<표 4.7> 시스템별 부하비율 비교(보정후)	92
<표 4.8> 공조방식별 Carbon 배출량	94
<표 4.9> 공조방식의 각 요소별 에너지 소비량 분석	95
<표 4.10> 공조방식별 에너지소비량 분석	96
<표 4.11> 공조방식 대안별 시스템부하	98
<표 4.12> 대안 공조방식 요소별 에너지 사용량	100
<표 4.13> 대안공조방식 요소별 에너지 비용	101
<표 4.14> 시수/하수 요금	102
<표 4.15> 주택전력(고압) 요금	103
<표 4.16> 일반전력(고압) 요금	103
<표 4.17> 지역별 LNG 요금	104
<표 4.18> 공조방식 대안별 초기투자비	105

<표 4.19> 공조방식 대안별 운전비 및 유지보수비	106
<표 4.20> 공조방식 대안별 경제성 분석	108
<표 4.21> 공조방식 대안별 초기투자비 회수기간 분석	109
<표 5.1> 당초 설계조건(4층 좌측 사무연구실)	114
<표 5.2> 실내부하(4층 좌측 사무연구실)	114
<표 5.3> 당초설계의 각 실별 풍량(4층 좌측 사무연구실)	118
<표 5.4> 습도의 표시방법	125
<표 5.5> 실별 Chilled Beam 유니트 배치 상태(4층 좌측 사무연구실)	127
<표 5.6> 습공기선도에서의 각 상태점 값	129

(그림 차례)

(그림 1.1) 연구 흐름도	7
(그림 2.1) 야간냉방의 원리	11
(그림 2.2) 습공기선도에서의 증발냉각 과정	13
(그림 2.3) 직접 증발냉방 시스템	14
(그림 2.4) 간접 증발냉방 시스템	14
(그림 2.5) Rocklin House 전경 및 증발냉각시스템 계통도	15
(그림 2.6) 액상건조시스템의 계통도	16
(그림 2.7) 액상건조 제습시스템의 습공기선도	17
(그림 2.8) The Hamburg Regional Bank Hamburg 전경 및 저속치환 설치모습	25
(그림 2.9) 해석적 방식의 개념도	32
(그림 3.1) TRNSYS에서 시스템설계 그래픽모습	42
(그림 3.2) 대상건물 전경	43
(그림 3.3) 대상건물의 정면도	44
(그림 3.4) 대상건물의 실제 에너지 소비량(2008)	49
(그림 3.5) 대상건물의 실제 에너지 소비량(2009)	49
(그림 3.6) 대상건물 조닝 및 각 존별 용도	52
(그림 3.7) 대상건물의 공조시스템 계통도	66
(그림 3.8) 냉방용 냉수순환 계통도 (Zone-7,공급측)	68
(그림 3.9) 냉방용 냉수순환 계통도 (Zone-7,수요측)	69
(그림 3.10) 냉방용 냉각수순환 계통도 (Zone-7,공급측)	69
(그림 3.11) 냉방용 냉각수순환 계통도 (Zone-7,수요측)	70
(그림 3.12) 냉방용 공기분배 계통도(Zone-7,수요측)	70
(그림 3.13) 실내 발열부하 입력(재실자)	72
(그림 3.14) 실내 발열부하 입력(조명기기)	72
(그림 3.15) 실내 발열부하 입력(전기기기)	73

(그림 3.16) 외피부하 건축재료의 물성치 입력	73
(그림 3.17) 월별 가스에너지 소비량 비교(보정 전)	75
(그림 3.18) 월별 가스에너지 소비량 비교(보정 후)	77
(그림 3.19) CAV+FCU 시스템의 부하비율 비교(보정 전 .후)	80
(그림 4.1) 외기냉방 기간중 외부 최고,최저 기온	86
(그림 4.2) 기준일의 외기온도	87
(그림 4.3) 야간환기시스템의 작동 모드	89
(그림 4.4) 환기모드에 따른 실내평균 복사온도	89
(그림 4.5) 시스템별 부하비율 비교(보정후)	93
(그림 4.6) 공조시스템 대안별 에너지소비량 분석	97
(그림 4.7) 공조방식 대안별 시스템부하	99
(그림 5.1) CAV+FCU System의 습공기선도(4층좌측 사무연구실)	119
(그림 5.2) Active Chilled Beam 시스템의 계통도 및 상세도	121
(그림 5.3) Chilled Beam Unit의 상세도	122
(그림 5.4) Chilled Beam Unit의 실제 천정설치 모습	122
(그림 5.5) 천정복사냉방(Chilled Beam) 시스템 계통도	122
(그림 5.6) Chilled Beam+DOAS System의 평면도	123
(그림 5.7) 실내 설정온도변화에 따른 실내습공기의 노점온도 상태	124
(그림 5.8) Passive Dehumidification Wheel의 휠 회전속도, 제습용량, 재열효율 사이의 관계.	126
(그림 5.9) 천정복사냉방유닛 배치(좌측면도)	126
(그림 5.10) 천정복사냉방유닛 배치(복동측 평면도)	126
(그림 5.11) Chilled Beam 시스템 + DOAS의 습공기 선도	128
(그림 5.12) FPU(Fan Powered Unit) 설치 모습	131
(그림 5.13) VAV+FPU System 상세도	131

() 5~7%

가

가

가

40~50%

.2)

가

,
가

OA
가

가

가

가

가

가

가

가

가

가

가

가

(Low Energy Cooling Systems)

2)

,2008

1.2 연구의 범위 및 방법

(Low Energy Cooling Systems)

(Low Energy Cooling Systems)

(Low Energy Cooling Systems)

(Unsteady—state)

8,760

EnergyPlus (U.S. Department of Energy : DOE) EnergyPlus³⁾

가

가

가

3) Engineering Reference, EnergyPlus Manual, version 1.0, 2001

(Low Energy Cooling Systems)

1)

(Low Energy Cooling Systems)

2)

-

-

3)

(Low Energy Cooling Systems)

EnergyPlus

4)

((Low Energy Cooling Systems)

(Low Energy

Cooling Systems)

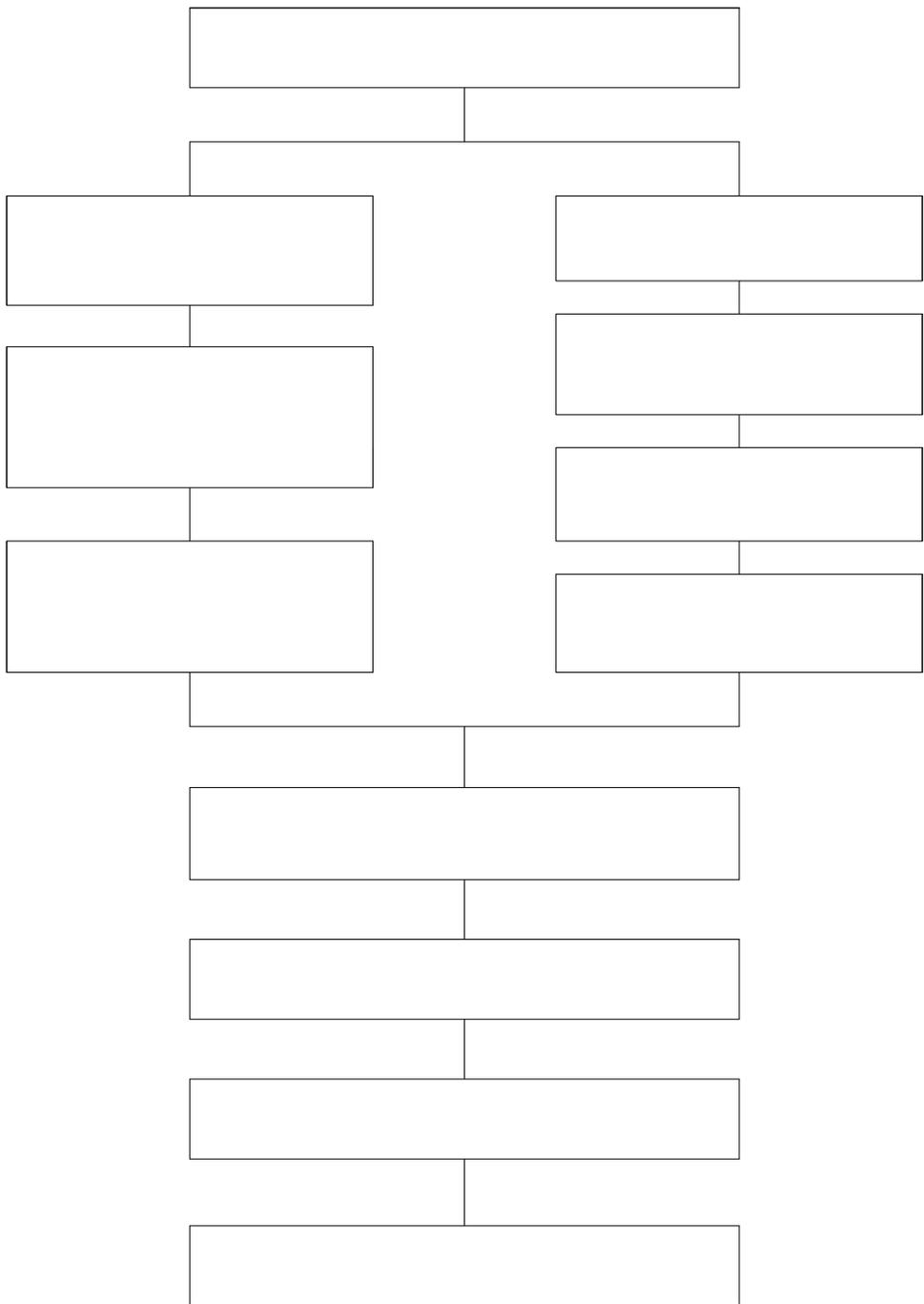
5)

(Low Energy Cooling Systems)

가

(Low Energy Cooling Systems)

.



(1.1)

2. 에너지절약형 냉방시스템에 대한 이론 고찰

가

Passive

Active

2.1 에너지절약형 냉방시스템의 종류 및 특성

CO₂

가

가

IEA(International Energy Agency)가
(Low Energy Cooling Systems)

가

2.1.1 에너지절약형 냉방시스템의 종류

IEA(International Energy Agency)가

(Low Energy Cooling Systems) 11가 가 .

- 1) (Night Cooling by Natural Ventilation and/or Mechanical Ventilation)
- 2) [Slab(High Thermal Mass) Cooling(Air)]
- 3) [Slab Cooling(Water)]
- 4) (Evaporative Cooling)
- 5) (Desiccant Cooling)
- 6) (Chilled Ceilings and Beams)
- 7) (Displacement Ventilation)
- 8) [Ground Coupling (Air Cooling and Heating)]
- 9) [Aquifer (Groundwater) Cooling]
- 10) / / () [Sea / River / Lake Cooling (Water)]
- 11) / / [Sea / River / Lake Cooling]

2.1.2 에너지절약형 냉방시스템별 특성

IEA(International Energy Agency)가

(Low Energy Cooling Systems) 8) 11)

(Ground Coupling ; Air Cooling and Heating), [Aquifer (Groundwater) Cooling], /
/ () [Sea / River / Lake Cooling (Water)]

2

가

(Night Cooling by Natural Ventilation and/or Mechanical Ventilation),
(Evaporative Cooling), (Desiccant Cooling),

(Chilled Ceilings and Beams), (Displacement Ventilation)

(1) (Night Cooling by Natural Ventilation and/or Mechanical Ventilation)⁴⁾

가

(thermal buoyancy, stack effect)

가

(air flow rate)

(effective thermal mass)

가 15

(2.1) (Night Cooling)

(Night Cooling) 가

가 1~2

15g/kg

가

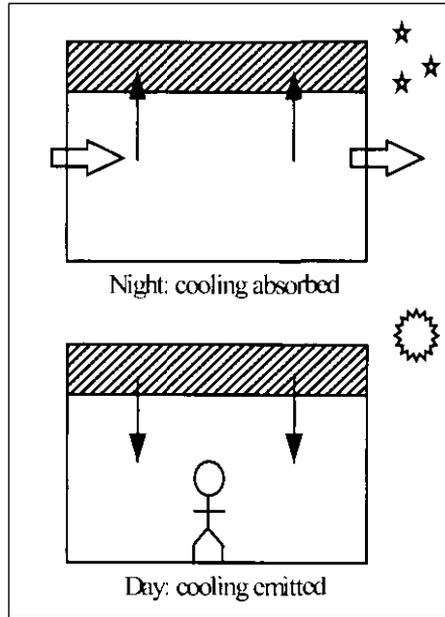
(sensible cooling) , 가

4) International Energy Agency(IEA), Low Energy Cooling, Technical Synthesis Report IEA ECBCS Annex 28, July 2000.

(latent cooling loads) 가

가

가



(2.1)

(effective thermal mass)

가

가

가

가

. < 2.1 >

< 2.2 >

()

.5)

5) Review of Low Energy Cooling Technologies, IEA-BCS Annex 28, December 1995

< 2.1 >

	US\$/m ² /year
	0.61
()	0.04

< 2.2 > & ()

	&	& (US\$/m ²)	(US\$/m ²)
(:)		119	Data N.A
()		97	6.26
	Any	298	15.73

- The IONICA Office Building, Cambridge, UK



, , 3 ,

6

가 ,

(BMS : Building Management System at)

가

(2) (Evaporative Cooling)

(乾球)

(wetted pad media)

(water spray)가

(Direct Evaporative Cooling)

(Indirect Evaporative Cooling) 가

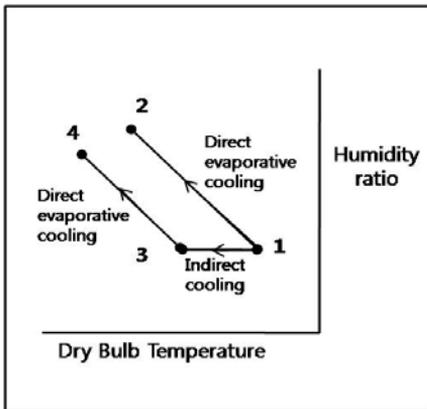
(氣流)

가 (2.2)

(2.3) (2.4)

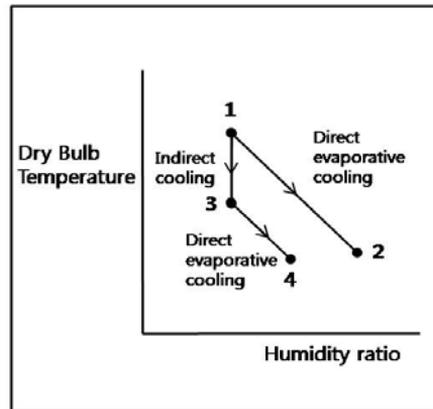
(i.e.) 가 가 가

가



a) ASHRAE chart

(2.2)



b) Mollier chart

()

1/3

,

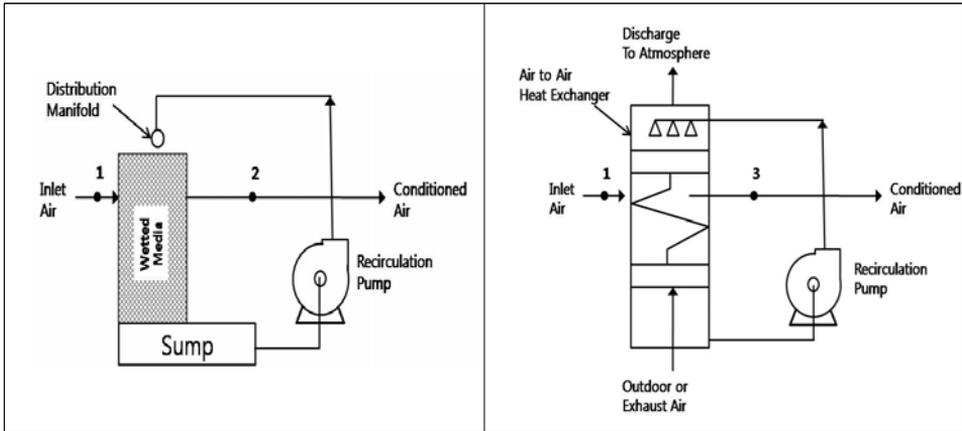
2/3

< 2.3 >

< 2.3 >

()

냉방 시스템 ⁶⁾	냉방용량 (단위: kW)	장비비용 (단위 :US\$)	설치비용 (단위: US\$)	계 (US\$)	총 비용 (US\$/kW)
직접증발 냉방	4.0	450	950	1,500	375
간접/직접 증발 냉방	5.2	750	1,110	1,860	358
일반적인 공조	12.3	1,200-1,500	1,500-1,800	3,000	244

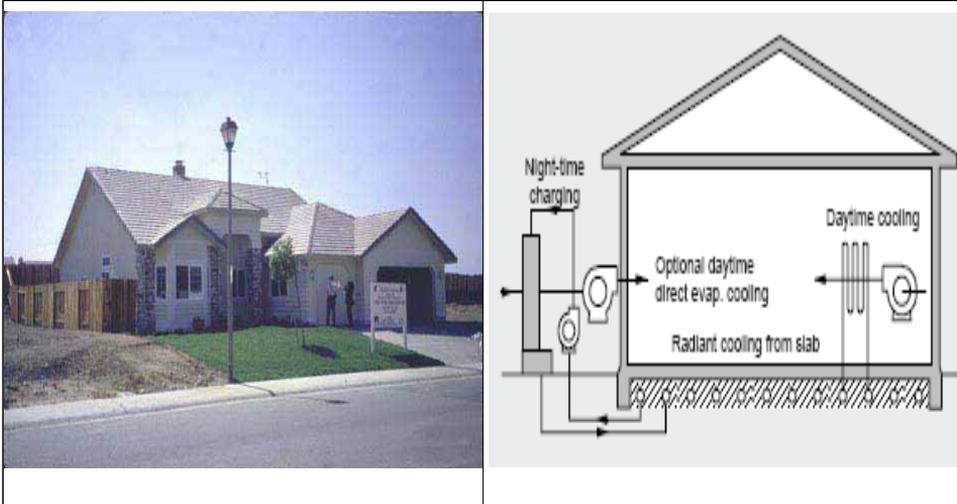


(2.3)

(2.4)

6) Review of Low Energy Cooling Technologies, Subtask 1 Report. Dec.1995

- The ACT² Stanford Ranch House Rocklin, California, USA



(2.5) Rocklin House

The Rocklin House

가 가 40

slab

15

FCU()

가

가

가

. 8~9

38

7 , 35

15 , 40

3

24.5

,

2

25

0.81kWh ,

168kWh , FCU

39kWh

. Rocklin House

85%,

56%,

54%

64%

가

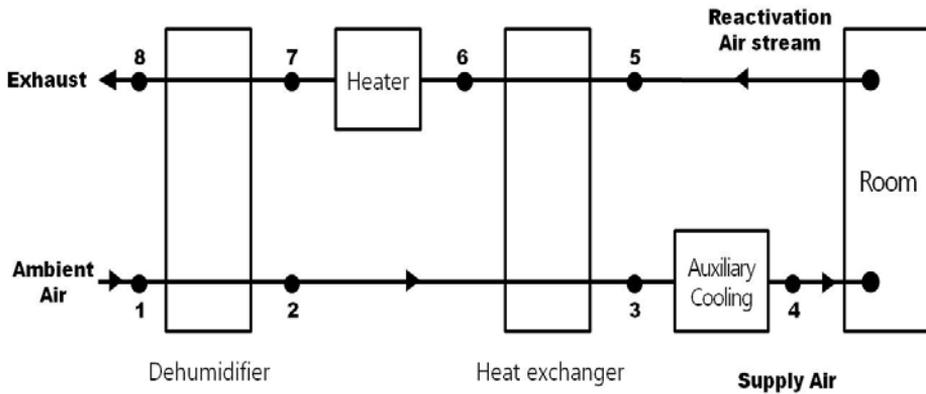
4.4kW

. EEMS(Energy - Efficient Measures)

가 50%, 가 60%,
54%

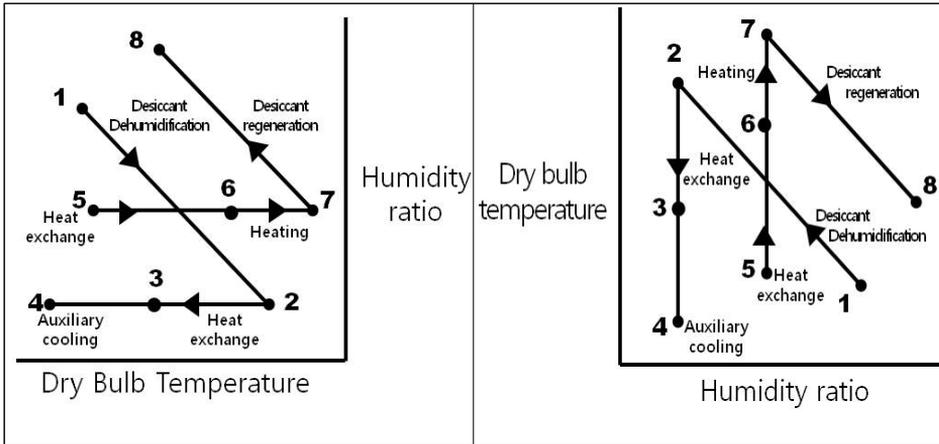
(3) (Desiccant Cooling)

()
() (dehumidification heat)
(dry - bulb temperature)
가 , ,
(concentrated solution)가 (air stream)
(glycol; -)
가 (2.6)
, (2.7)



(2.6)

가



(2.7)

(, , packed beds) (,) (,) .

가

, 가 , (latent cooling) 가 , , 가

; The InfraCity Commercial Centre Stockholm, Sweden



가

가

가

- (4) (Chilled Ceilings and Beams)
(Chilled Beam)
Active Chilled Beam Cooling Coil
(Convection) 가 , Beam unit
(DOAS ; Dedicated Outdoor Air system)

가 (All - air)

(peak time)

(panel unit) 16~18

(chilled ceiling or silent cooling)

100W/m²

가

8~12 250~

330W 1kW (ie, COP

3~4) 16~18

kW 180~250W (ie, COP 4~ 5.5)

< 2.4 > +

, < 2.5 >

VAV

(Displacement Ventilation) +

(Chilled Beam) .7)

7) Review of Low Energy Cooling Technologies, Subtask 1 Report. Dec.1995. pp39

< 2.4 > + ()

시스템 방식	설치비&장비비 (US\$/m ²)
천정복사냉방+자연대류(Chilled ceilings with free convection)(i.e. no displacement ventilation)	175~350
저속치환(Displacement ventilation)	85~175
천정복사냉방+ 저속치환(Chilled ceilings with displacement ventilation)	260~525
일반적인 VAV 공조방식	145~320

< 2.5 >

구 분	풍량 [m ³ /m ² h]	환기에너지 동력[MJ/m ² a]	에너지비용 [\$ /m ² a]	열에너지비용 [\$ /m ² a]	총에너지비용 [\$ /m ² a]
일반적인 환기	24.5	217	~ 9.6	~ 6.6	~ 16.2
변풍량 환기	17.0	153	~ 6.8	~ 4.6	~ 11.4
저속치환 환기 +천정복사냉방	6.0	54	~ 2.4	~ 1.6	~ 4.0

< 2.6 > (Chilled Beam)

4

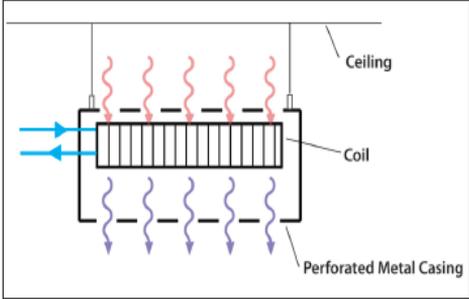
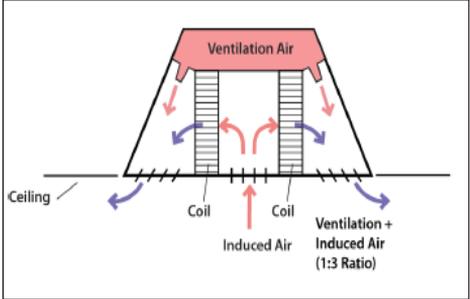
100% Passive Dehumidification Wheel
30~50%

.8)

(Supply Air)

8) Chilled Beams in Labs Eliminating Reheat & Saving Energy on a Budget,ASHRAE Journal,Vol 49, pp 18 ~ pp19, (Peter Rumsey and John Weale, 2007)

<표 2.6> 천정복사냉방(Chilled Beam) 시스템의 특징

Passive Chilled Beam	Active Chilled Beam
	
<ul style="list-style-type: none"> • 자연대류에 의한 냉,난방 • 환기용 공기 분배시스템은 별도구분 	<ul style="list-style-type: none"> • 강제대류 및 유인에 의한 냉,난방 • 냉방&난방, 환기용 통합 유니트

i.

:



(Chilled Beam)

(Dew Point Sensor)

가

가

1.5

가

Chilled Beam Unit

ii.

: The Granlund Office Building Helsinki, Finland



1000lux

18W/m² 가

10W/m²

가

08:00~16:00

· (260 /) :

· free cooling(1,180 /) :

· (650 /) :

(free cooling)

가 15

가

15

가 83%

(free cooling)

50% . 38%

(free cooling) 50%

가 .

(5) (Displacement Ventilation)

(mixed ventilation)

,

.

18 .9)

가

, 가 , 가 ,

, . ,

가 ,

.

가 .

, ,

() () .

i.

1 가

2 ,

9) Models for prediction of temperature difference and ventilation effectiveness with displacement ventilation, ASHRAE Transactions 105(1) (X, Yuan, Q. Chen, L.R. Glicksman ,1999)

가

ii.

(0.5m/s)

OA

가

가

< 2.7 >

< 2.7 >

	(F.L+2.0)	
()	16	14
	5~20%	40~60%

: The Hamburg Regional Bank Hamburg, Germany



(2.8) The Hamburg Regional Bank Hamburg

6 m³/h , 2,500
 m² .
 , .
 ,
 . 75% ,
 75% , 100%
 25% . +

2.90\$/m² .

15% .

2.2 에너지절약형 냉방시스템의 연구 동향

1990

가

2.2.1 국내 및 해외 선행연구 검토

(1)

가

가

10)

(DOE - 2)

가

10)

(, , 1995)

11)

,

,

12) 가

(,)

,

,

,

,

)

(

,

,

)

,

.

가

,

(

,

)

.

,

,

,

,

,

,

13)

가

.

,

,

14)

,

11)

(,)

1996)

12)

(Sensitivity coefficient, SC)

(

1997)

13)

가

(,)

2001.12)

14)

가

(,)

2003. 2)

가

15)

가

가

(2)

가(A computer simulation appraisal of non - residential low energy cooling systems in California)¹⁶⁾

Diamond¹⁷⁾ 7 (, , , , ,) DOE - 2 , 8~12%

15) , (, 2007)

16) A computer simulation appraisal of non-residential low energy cooling systems in California ' Lawrence Berkely National Laboratory (University of California, Diamond, 1981)

17) (Diamond R, 1981)

7 가 /
11%, 9.2%

, Kaplan

18)

, , Zone
Diamond 19)
10% , 15% ,
가
가

2.2.2 선행연구의 종합적 고찰

가

가

< 2.8 >

18) "Reconciliation of a DOE-2 model with monitored end -use data for a small office building" *ASHRAE Trans.*, Vol.96(Kaplan,M,B., McFerran, J., Jansen, J. and Pratt, R. 1992)

19) The performance of the energy edge buildings : energy use and savings, (Diamond, R. Piette, M. A., , 1992)

< 2.8 >

	.	.	가
	가		
	DOE -2		EnergyPlus
	.	,	가 , 가
	, .		,
	가	가	,
			(,)
	EnergyPlus		
	.		
	,		

2.3 에너지 해석 이론고찰

가
가
가 1970

HVAC

< 2.9 >

< 2.9 >

HVAC

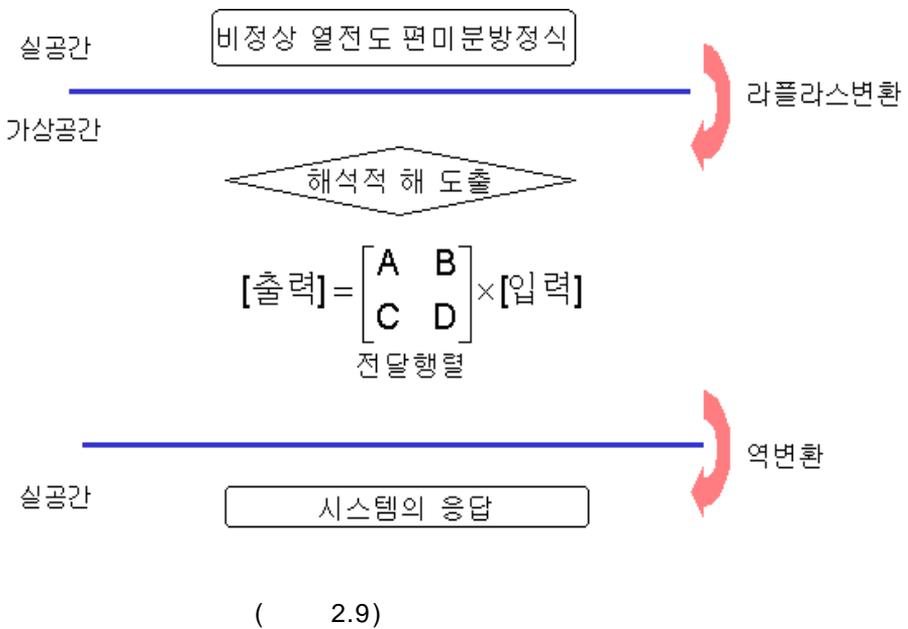
	HVAC	
		- - HVAC (LCC) - HVAC

가

2.1] [

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} \quad [\quad 2.1]$$

(transmission matrix method) . (2.9)



. Z (Z - transform)
 . K - Load
 . (response factor) 가 (weighting factor)
 DOE - 2 HASP, AHSRAE
 TRNSYS ,
 가 ,
 가
 가
 10 1
 가 .
 (FDM: finite difference method),
 (FEM: finite element method) (FVM: finite volume method)
 DOE - 2 TRNSYS가 ,
 ESP - r EnergyPlus, BLAST, BES2000,
 K - load .
 DOE - 2 Lawrence Berkeley Laboratory
 가 5
 가 . TRNSYS
 1975
 Wisconsin
 Ver.14.2 GUI가
 Ver.15 . , HVAC

, 가
 (source)가 가
 .
 ESP - r EU
 Windows 가
 . EnergyPlus Illinois
 DOE - 2 BLAST()
 가 . 3 가
 .
 BES2000 가
 2000 ,
 , 3 , DOE - 2
 . K - load ASHARE
 .

2.4 경제성평가에 대한 이론고찰

가
 가
 가 가
 가
 (Discounted Cash Flow Method)

가 가
 가
 가
 (Discounted Payback Period : DPP), 가 (Net Present Value : NPV),
 (Internal Rate of Return : IRR),
 (Saving to Investment Ratio : SIR), / (Benefit/ Cost Ratio : BCR),
 (Life Cycle Costing)
 (1) (Discounted Payback Period : DPP)

가
 가 ,
 (year)
 가 3 5
 가 가
 .20)

$$P = \sum_{t=1}^N F_t$$

$$P = \sum_{t=1}^N (1+i)^{-t} F_t \quad (-1 < i < \infty)$$

P = , Ft = t , i =

N , N

i%

가

.21)

(2) (Life Cycle Costing)

LCC(Life Cycle Cost)

Costing)

가

가

LCC

가

LCC

LCC

20) , , , 1998

21) , 가 , , 2008

가 , 가
가 가
가 .
가 가 .

. LCC
가 . LCC
가 .
LCC
.
.
LCC
LCC
가
.
< 2.10 > LCC
LCC
.

< 2.10 > LCC

			()
			,
			,
			,
			/
		가	/ 가
			/
			,
		가	가
			(,)

< 2.11 >

가

가
 가 (IRR, Internal
 Rate of Return)
 가 , 가 가
 가 가 가

(NPV, Net Present Value) 가 가 .22)

< 2.11 > 가

가	가
	가 ,
가	가 가
	가 ,
/	B/C 1 가
	가 가 .

22) , LCC , 2000

가 ,

User Interface, GUI)

DesignBuilder

Google Sketchup

EnergyPlus

가

가

EnergyPlus가

EnergyPlus

User가

가

User가

가 User

EnergyPlus

가

가

EnergyPlus
(Default)

가

EnergyPlus

TRNSYS

component, controller

EnergyPlus

(3.1)

TRNSYS

[3.1]

[3.2]

가

$$C_z \frac{dT_z}{dt} = \sum_{i=1}^{N_{si}} \dot{Q}_i + \sum_{i=1}^{N_{surf}} h_i A_i (T_{si} - T_z) + \sum_{i=1}^{N_{zones}} \dot{m}_i c_p (T_{zi} - T_z) + \dot{m}_\infty c_p (T_\infty - T_z) + \dot{Q}_{sys}$$

[3.1]

$$C_l \frac{dT_l}{dT} = \sum_{i=1}^{N_d} Q_i + \sum_{i=1}^{N_{surf}} h_i A_i (T_{si} - T_z) = \sum_{i=1}^{N_{zone}} m_i c_p (T_{li} - T_l)$$

[3.2]

$$\sum_{i=1}^{Nd} Q_i = \dots$$

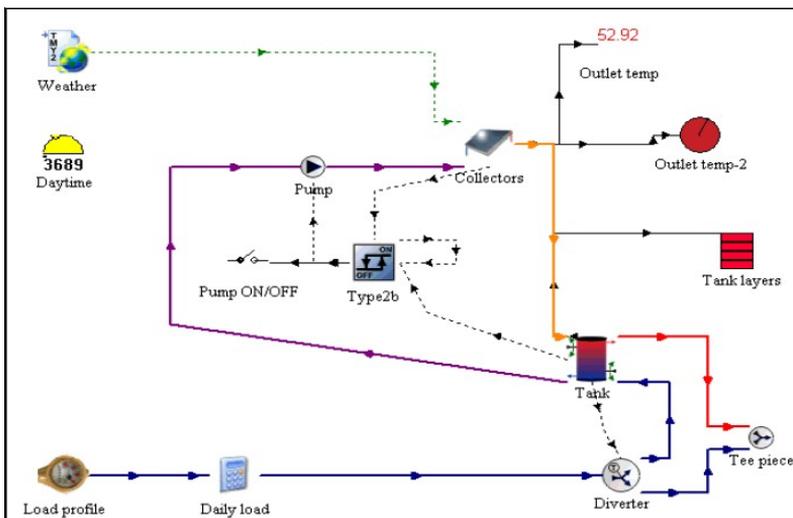
$$\sum_{i=1}^{N_{surface}} h_i A_i (T_{si} - T_z) =$$

$$\sum_{i=1}^{N_{zones}} m_i c_p (T_{zi} - T_z) =$$

$$m_{\infty} c_p (T_{\infty} - T_z) =$$

$$Q_{sys} = m_{sys} c_p (T_s - T_z) =$$

$$C_z \frac{dT_z}{dt} =$$



(3.1) TRNSYS

3.2 대상 건물 개요

3.2.1 대상 건물의 일반현황

R&DB 2007 4 . 2 7
, (3.2)



(3.2)

, EnergyPlus

. (3.3) < 3.1 >



(3.3)

< 3.1 >

		R&DB
		'
		32,388 m ²
		RC+Steel - frame
		33.5 m
	()	4.2m(2.6m)
		2007. 04
	(/)	2 / 7
		· ()
		- 0.8 Ton/hr 2 set
	· 가 (&)	- 330 USRT 3 set
		3,150 kW
		990 USRT
		2,993 Mcal/h
		1,713 h/year
		2,104 h/year

< 3.2 >

< 3.2 >

	3,542.2 m ²		2.6 m
	2,802,183 kcal/h		122 kcal/h m ²
	1,951,512 kcal/h		87 kcal/h m ²
RSHF	0.85		0.2 /m ²

* : 2 가 .
*

3.2.2 대상 건물의 에너지 소비현황

2007 가 2008 <

3.3 > (3.4), (3.5) .

가 , , 가 .

가 1 , 가

3 가 1

2,150kcal/kWh , LNG가

(higher heating value) 11Mcal/Nm³ .

(stand - by)

3 , 가 2

AHU(Air handling unit) , AHU

가

가

가 (LNG)가

< 3.3 >

		2008	2009	
	Electricity(kWh)	3,362,845	3,176,855	32,388m ²
	Gas(Nm ³)	244,843	236,001	
1	Electricity(Mcal/year)	7,230,117	6,830,238	
	Gas(Mcal/year)	2,693,273	2,596,011	
(Mcal/year)		9,923,390	9,426,249	
(Mcal/m ² year)		306.39	291.04	
(kWh/m ² year)		356.3	338.4	

* 1 Energy(Mcal) = Electric Energy(kWh) × 2.15(Mcal/kWh),
 LNG = Gas(Nm³) × 11 Mcal/Nm³)

, ()

< 3.3 > 2008 306 Mcal/m² year, 2009
 291 Mcal/m² year

2~3
 (1999)가 “ ”
 58
 , 170~320 Mcal/m².year

, 가

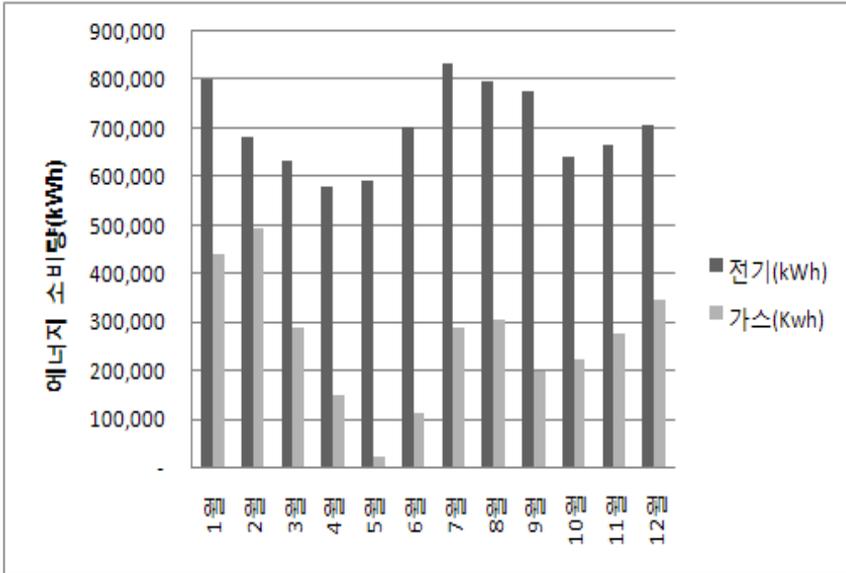
< 3.4 >

i. 가

< 3.4 >

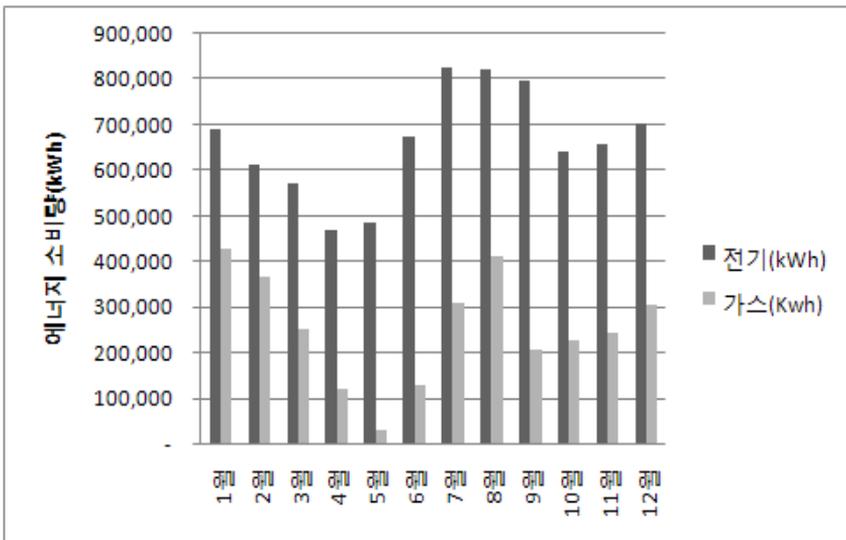
/가

	[] (Unit : kWh)				[가] (Unit : Nm ³)			
	2008		2009		2008		2009	
1	320,136	31,908,230	275,640	25,543,630	34,485	25,221,250	33,528	26,689,240
2	273,336	26,827,000	245,424	24,636,640	38,520	28,172,330	28,446	22,665,420
3	252,984	23,430,290	227,696	21,810,240	22,550	16,320,020	19,514	15,593,230
4	231,408	22,273,920	188,197	19,375,230	11,632	8,610,010	9,328	7,528,170
5	236,424	22,828,800	193,483	19,737,430	1,667	1,278,150	2,363	1,755,140
6	281,688	26,069,350	268,952	25,804,420	8,680	4,092,070	9,855	4,626,730
7	334,032	40,881,400	330,172	41,781,140	22,507	10,383,710	24,050	11,615,390
8	318,696	38,594,740	327,950	40,519,500	23,762	10,954,770	32,095	15,510,490
9	309,987	37,540,060	318,548	39,357,840	15,353	7,128,460	16,064	7,834,370
10	256,464	24,620,540	255,981	26,110,060	17,208	12,737,060	17,816	14,212,710
11	265,570	25,494,720	263,724	26,899,850	21,564	15,606,426	19,083	15,205,090
12	282,120	28,647,320	281,088	29,532,320	26,915	20,245,250	23,859	19,033,520
	3,362,845 kWh		3,176,855 kWh		244,843 Nm ³		236,001 Nm ³	
	₩349,116,370		₩341,108,300		₩160,749,506		₩162,269,500	



(3.4)

(2008)



(3.5)

(2009)

3.3 분석 대상건물의 모델링 방안

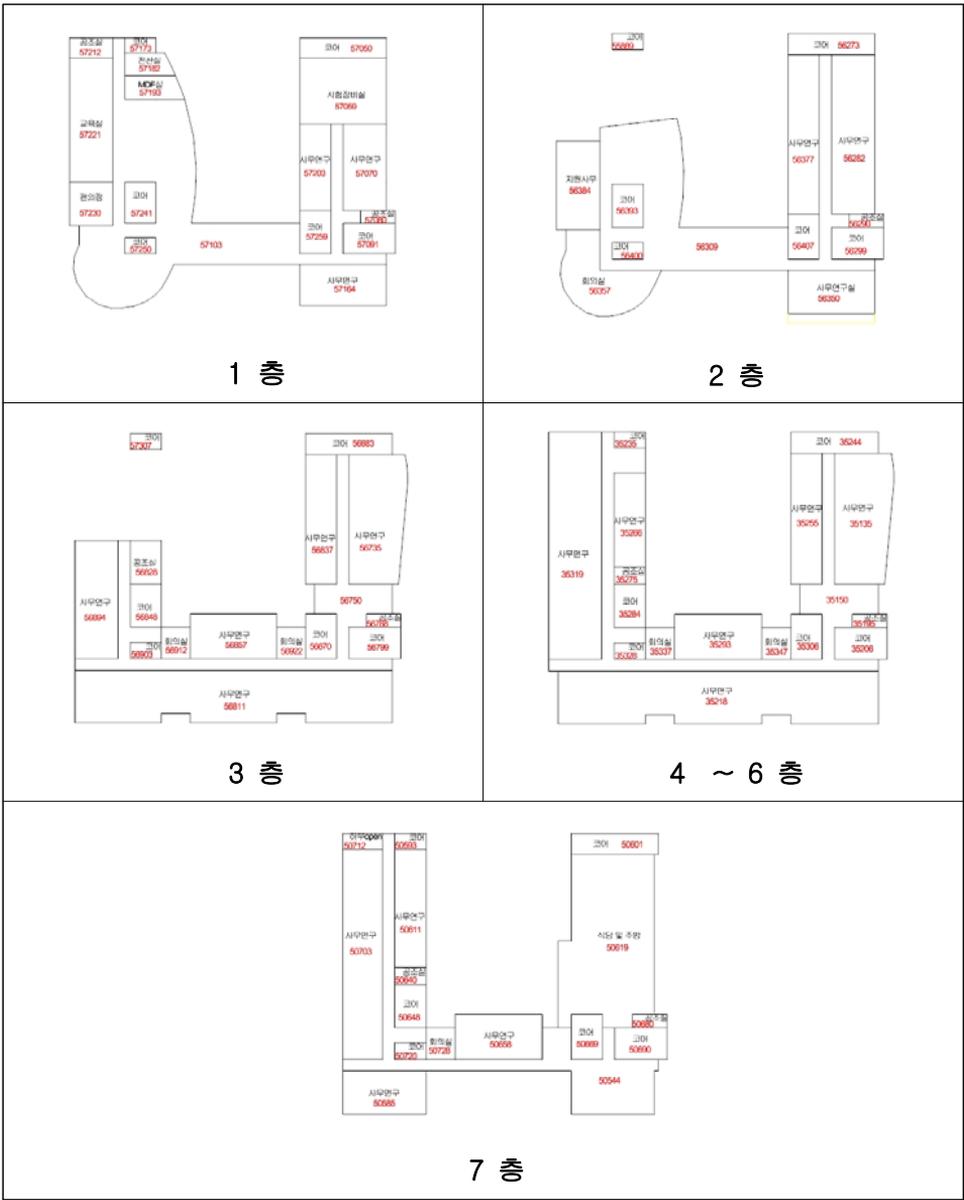
3.3.1 건물의 Zone 설정

(Zoning) AHU가
 , 2 (Zone) ,
 , , , MDF 6~8
 (Zone) 52 (Zone) . < 3.5 > (
 3.6) (Zoning) (Zone)

< 3.5 >

Floor	Zone Name	Room	Area(m ²)
1F	57221	교육실	252.6
	57230	편의점	90.9
	57164	사무연구1	194.3
	57203	사무연구2	107.8
	57070	사무연구3	154.9
	57182	전산실	54
	57193	MDF실	68
	57059	시험장비실	324
2F	56384	지원사무	186.3
	56357	대회의실	270.2
	56350	사무연구1	194.1
	56377	사무연구2	236
	56282	사무연구3	353
3F	56894	사무연구1	261.1
	56811	사무연구2	817.6
	56857	사무연구3	191.3
	56837	사무연구4	209
	56735	사무연구5	359.2
	56912	회의실 1	43
	56922	회의실 2	43

Floor	Zone Name	Room	Area(m ²)
4F	35319	사무연구1	584.4
	35266	사무연구2	139.6
	35218	사무연구3	817.6
	35293	사무연구4	191.3
	35255	사무연구5	209
	35135	사무연구6	359.2
	35337	회의실1	43
	35347	회의실2	43
5F	41164	사무연구1	576.3
	41091	사무연구2	78.9
	41111	사무연구3	37.3
	41054	사무연구4	817.6
	41138	사무연구5	191.3
	41100	사무연구6	209
	40966	사무연구7	359.2
	41184	회의실1	43
	41194	회의실2	43
6F	50967	사무연구1	568.2
	50894	사무연구2	78.9
	50914	사무연구3	37.3
	50857	사무연구4	817.6
	50941	사무연구5	191.3
	50903	사무연구6	209
	50769	사무연구7	359.2
	50987	회의실1	43
	50997	회의실2	43
7F	50703	사무연구1	469
	50611	사무연구2	168.9
	50585	사무연구3	177.7
	50658	사무연구4	191.3
	50728	회의실	43
	50619	식당	766.3



(3.6)

3.3.2 에너지해석 시뮬레이션의 입력 데이터

. < 3.6> , 가 ,

< 3.6>

	32,388m ²
	(CAV) + FCU()
	5 ~ 9
	11 ~ 3
가	; 08:00 ~ 17:00
	(,) : 가
	20 DB(40%RH) ~ 26 DB(55%RH)
	: 56, 52, 60 kcal/hr
	: 47, 56, 76 kcal/hr
	: 20, 25, 30 w/m ²
	: 10~15 w/m ²
	: 1 / Hr, : 2 / Hr : 17 ~ 25CMH

(1)

TRNSYS

TMY-2

,

5

1 9 30 5 . < 3.7>

< 3.7 >

No.	데이터 항목	①	②	③	④
1	위치(도시명, 위도, 경도, 고도,시차)	○	○	○	○
2	자료출처(Data source)				○
3	주석(Commentary)			○	○
4	Design conditions				○
5	Typical/extreme periods			○	○
6	자료기간(Data periods)				○
7	Holiday/ Daylight Savings		○		○
8	Solar Angles/Equation of Time Hours		○		
9	Degree Days		○		○
10	Year	○	○	○	○
11	Month	○	○	○	○
22	Day	○	○	○	○
33	Hour	○	○	○	○
44	Minute				○
55	Data source and uncertainty flags				○
66	건구 온도(Dry bulb temperature)	○	○	○	○
77	습구 온도(Wet bulb temperature)	○	○		
88	노점 온도(Dew point temperature)	○			○
99	대기압(Atmospheric station pressure)	○	○		○
20	습도비(Humidity ratio)	○	○		
21	상대습도(Relative humidity)			○	○
22	엔탈피(Enthalpy)	○			
23	밀도(Density)	○			
24	풍속(Wind speed)	○	○	○	○
25	풍향(Wind Direction)	○	○	○	○
26	적외선 천공온도 (Infrared Sky temperature)		○		○
27	Solar Radiation - 전 일사량, 직달 일사량, 확산 일사량	○	○	○	○
28	Illuminance (global, normal,diffuse)				○
29	운량(Sky cover, cloud amount)	○			○
30	가시성(Visibility)				○

No.	데이터 항목	①	②	③	④
31	천장 높이(Ceiling Height)				○
32	Clearness(monthly)	○			
33	지중온도 (Ground temperature, monthly)	○			○
34	Present weather observation and codes - rain and snow)		○		○
35	Precipitable water				○
36	Aerosol optical depth				○
37	강설량(Snow depth)				○
38	Days since last snowfall				○

주) ① DOE-2, ② BLAST, ③ ESP-r, ④ EnergyPlus/ESP-r
○표 : 고려되는 항목을 나타냄

< 3.8 > EnergyPlus

1	Date	Year	-	17	Illuminance	Global horizontal	lux
2		Month	-	18		Direct normal	lux
3		Day	-	19		Diffuse horizontal	lux
4		Hour	-	20		Zenith	Cd/m ²
5		Minute	-		(Wind Direction)	Degrees	
6	Data source and uncertainty flags		-		(Wind Speed)	m/sec	
7	건구 온도 (Dry bulb temperature)			23	Total sky cover	-	
8	노점 온도 (Dew point temperature)			24	Opeque sky cover visibility	km	
9	상대습도 (Relative humidity)		%	25	천장높이 (Ceiling Height)	m	
10	대기압(Atmospheric station pressure)		Pa	26	Present weather observation	-	
11	Solar Radiation	Extraterrestrial horizontal	Wh/m ²	27	Present weather codes	-	
12		Extraterrestrial	Wh/m ²	28	Precipitable water	mm	

		normal				
13		Horizontal infrared radiation from sky	Wh/m ²	29	Aerosol optical depth	thoundths
14		Global horizontal	Wh/m ²	30	(Snow depth)	cm
15		Direct normal	Wh/m ²	31	Days since last snowfall	-
16			Wh/m ²		-	

(2)

, 가 .
 (slab), (slab), (window)
 , (Infiltration)
 .
 .
 , , .
 , 가 ,
 가 .
 , , ,
 가 .
 (, , ,)
)

< 3.9>, < 3.10>, < 3.11>

i. , ,
,
, < 3.12>
, , 0.3 /m²,
0.1 /m², 0.2 /m² Zone
0.2 /m² . < 3.12>, < 3.13>
< 3.14> ,
, 가

ii.
,
가 .
가
.
(Crack method)
(Air Change method)
1.0ACH
2.0ACH .
, : 26 , 55%,
: 20 , 40% .
가 , 가

i.

< 3.9> [: %]

Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	80	20
B	0	0	0	0	0	0	0	0	20	80	100	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	0
D	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	50	100
E	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	0
Type	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
A	80	80	80	70	50	20	0	0	0	0	0	0
B	50	100	100	70	70	70	0	0	0	0	0	0
C	100	100	100	100	100	40	40	40	40	40	0	0
D	50	0	0	0	50	50	0	0	0	0	0	0
E	100	100	100	100	100	100	50	0	0	0	0	0

* A : , B : , C : , D : , E : , MDF

ii.

< 3.10> [: %]

Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	0	0	0	0	0	0	0	0	80	80	80	40
B	0	0	0	0	0	0	0	0	20	60	80	20
C	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	0
D	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	50	100
E	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Type	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
A	80	80	80	80	80	80	0	0	0	0	0	0
B	50	100	100	70	70	70	0	0	0	0	0	0
C	100	100	100	100	100	40	40	40	40	40	0	0
D	50	0	0	0	50	50	0	0	0	0	0	0
E	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

* A : 사무연구실, B : 회의실, C : 교육실, D : 식당, E : 전산실, MDF실

iii.

<표 3.11> 조명 스케줄 [단위 : %]

Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	100
E	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Type	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
A	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0
B	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0
C	100	100	100	100	100	40	40	40	40	40	0	0
D	50	0	0	0	50	50	0	0	0	0	0	0
E	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

* A : 사무연구실, B : 회의실, C : 교육실, D : 식당, E : 전산실, MDF실

< 3.12 >

실 명 구 분	인/m ²	인체발열량 (kcal/h 인)		조명부하 (W/m ²)	기기부하 (W/m ²)	도입외기량 (CMH/인)
		현열	잠열			
사무연구실	0.2	56	56	25	15	25
회 의 실	좌석수	52	47	25	-	25
교 육 실	좌석수	52	47	25	10	25
전시/이벤트	0.3	56	76	30	-	25
지원사무실	0.2	56	56	25	15	25
편 의 점	0.3	56	76	30	10	25
식 당	좌석수	60	78	30	-	17
로비 및 복도	0.1	56	76	20	-	25

< 3.13 >

	1 층	2 층	3 층	4~6 층(3개층)	7 층
Lights (Watt)	13,543	12,398	18,812	69,612	19,695
Electric eq.(Watt)	7,835	5,766	11,029	40,994	6,041
People (No.)	270	290	375	1,384	519

< 3.14 >

		(㎡)									
			(kcal/h)	(Type)	(W)	(W)	(Type)	(W)	(W)	(Type)	
1F		252.6	154	99 (115W)	C	3789	1516	C	6315	2526	C
		90.9	27	132 (153W)	A	909	364	A	2727	1091	A
	1	194.3	38	112 (130W)	A	2914	1166	A	4857	1943	A
	2	107.8	21	112 (130W)	A	1617	647	A	2695	1078	A
	3	154.9	30	112 (130W)	A	2323	929	A	3872	1549	A
		20.2	0	0	E	1008	403	E	1445 Kcal	672	E
	MDF	25.1	0	0	E	1253	501	E	1795 Kcal	835	E
	115.4	0	0	E	5773	2309	A	8273 Kcal	3849	A	
2F		186.3	36	112 (130W)	A	2793	1116	A	4656	1863	A
		270.2	99	99 (115W)	B	6755	2702	B	6755	2702	B
	1	194.1	38	112 (130W)	A	2914	1166	A	4857	1943	A
	2	236	47	112 (130W)	A	3540	1416	A	5900	2360	A
	3	353	70	112 (130W)	A	5295	2118	A	8825	3530	A
3F	1	261.1	52	112 (130W)	A	3916	1566	A	6527	2611	A
	2	817.6	163	112 (130W)	A	12264	4906	A	20440	8176	A
	3	191.3	38	112 (130W)	A	2869	1148	A	4782	1913	A

		(m ²)									
				(kcal/h)	(Type)	(W)	(W)	(Type)	(W)	(W)	(Type)
	4	209	41	112 (130W)	A	3135	1254	A	5225	2090	A
	5	359.2	71	112 (130W)	A	5388	2155	A	8980	3592	A
	1,2	43	10	99 (115W)	B	538	215	B	1075	430	B
4F	1	584.4	116	112 (130W)	A	8766	3506	A	14610	5844	A
	2	139.6	27	112 (130W)	A	2094	838	A	3490	1396	A
	3	817.6	163	112 (130W)	A	12264	4906	A	20440	8176	A
	4	191.3	38	112 (130W)	A	2869	1148	A	4782	1913	A
	5	209	41	112 (130W)	A	3135	1254	A	5225	2090	A
	6	359.2	71	112 (130W)	A	5388	2155	A	8980	3592	A
	1,2	43	10	99 (115W)	B	538	215	B	1075	430	B
5F	1	576.3	115	112 (130W)	A	8644	3458	A	14407	5763	A
	2	78.9	15	112 (130W)	A	1183	473	A	1972	789	A
	3	37.3	7	112 (130W)	A	559	224	A	932	373	A
	4	817.6	163	112 (130W)	A	12264	4906	A	20440	8176	A
	5	191.3	38	112 (130W)	A	2869	1148	A	4782	1913	A
	6	209	41	112 (130W)	A	3135	1254	A	5225	2090	A
	7	359.2	71	112 (130W)	A	5388	2155	A	8980	3592	A
	1,2	43	10	99 (115W)	B	538	215	B	1075	430	B
6F	1	568.2	113	112 (130W)	A	8523	3409	A	14205	5682	A
	2	78.9	15	112 (130W)	A	1183	473	A	1972	789	A
	3	37.3	7	112 (130W)	A	559	224	A	932	373	A
	4	817.6	163	112 (130W)	A	12264	4906	A	20440	8176	A
	5	191.3	38	112 (130W)	A	2869	1148	A	4782	1913	A

		(㎡)									
			(kcal/h)	(Type)	(W)	(W)	(Type)	(W)	(W)	(Type)	
	6	209	41	112 (130W)	A	3135	1254	A	5225	2090	A
	7	359.2	71	112 (130W)	A	5388	2155	A	8980	3592	A
	1,2	43	10	99 (115W)	B	538	215	B	1075	430	B
7F	1	469	93	112 (130W)	A	7035	2814	A	11725	4690	A
	2	168.9	33	112 (130W)	A	2533	1013	A	4222	1689	A
	3	177.7	35	112 (130W)	A	2665	1066	A	4442	1777	A
	4	191.3	38	112 (130W)	A	2869	1148	A	4782	1913	A
		43	10	99 (115W)	B	538	215	B	1075	430	B
		766.3	310	138 (160W)	D	-	-	D	22989	9196	D

(3)

, , ,
 (, ,) , , ,
 , ,
 가 . < 3.15>, < 3.16>

< 3.15 >

(wall & slab)

구성	재 료	두께(mm)	열전도율 (W/m℃)	비열 (J/kg℃)	비중(kg/m³)
Roof	아연도강 판넬	3	44.00	402	7,860
	콘크리트	150	1.6	879	2,200
	중공층	10	-	-	-
	압출법 보온판 3호	125	0.029	837	15
외벽	아연도강 판넬	3	44.00	402	7,860
	비드법 보온판 3호	75	0.040	837	20
	중공층	10	-	-	-
	콘크리트	200	1.6	879	2,200
바닥 (Slab)	타일=pvc	3	0.163	1,340	1,700
	콘크리트	150	1.6	879	2,200
	중공층	10	-	-	-
	압출법 보온판 2호	55	0.031	837	15
내벽1 (F1~2)	시멘트벽돌	200	0.6	836	1,700
	중공층	70	-	-	-
	화강석3.3	30	1.3	790	2,700
내벽2 (F3~7)	MDF	9	0.15	1130	550
	석고보드	12.5	0.18	1130	750
	중공층	78.5	-	-	-
	시멘트벽돌	200	0.6	836	1,700
	중공층	78.5	-	-	-
	석고보드	12.5	0.18	1,130	750
간벽	MDF	9	0.15	1,130	550
	콘크리트	200	1.376	879	2,198

< 3.16 >

((Window))

		(mm)	(W/m ²)	(0~1)	(0~1)
18mm		6	3.1	0.83	0.72
		6			
		6			

(4)

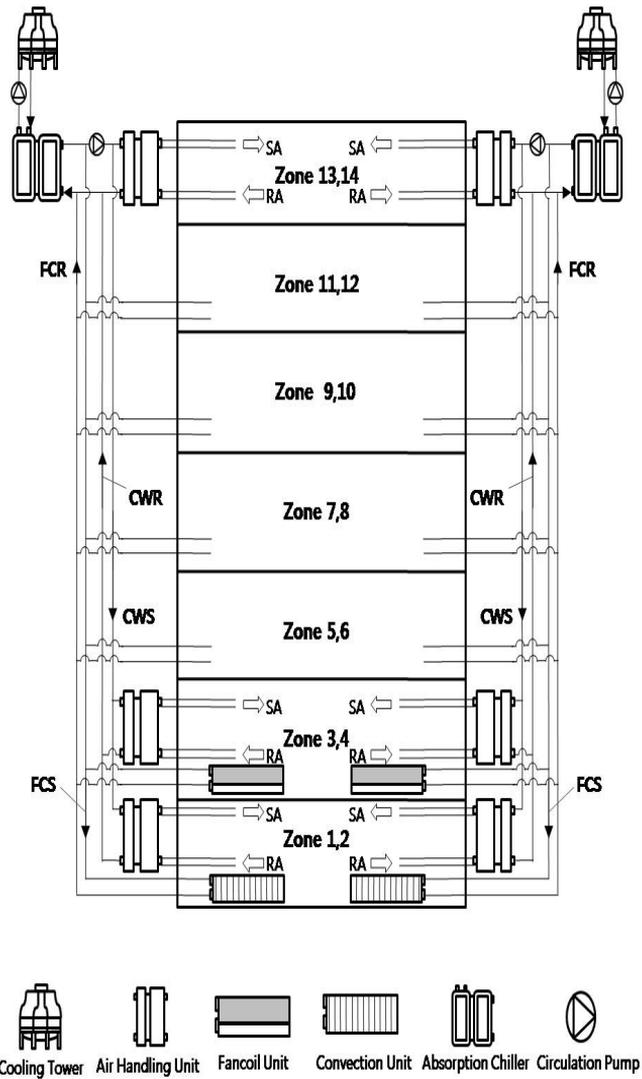
< 3.17 >

< 3.17 >

1. Gas absorption chillers	No.1		No.2		No.3	
Heating capacity(W)	970,814		970,814		970,814	
Cooling capacity(W)	1,160,372		1,160,372		1,160,372	
2. Chilled and hot water Pumps	No.1		No.2		No.3	
Rated mass flow rate(kg/s)	55,550		55,550		55,550	
Rated power(W)	37,000		37,000		37,000	
3. Condenser Pumps	No.1		No.2		No.3	
Rated mass flow rate(kg/s)	91,667		91,667		91,667	
Rated power(W)	110,000		110,000		110,000	
4. Supply Fans	No.1	No.2	No.4	No.5	No.6	No.7~14
Max flow rate(m ³ /s)	15.8	2.64	1.75	2.44	2.64	3.33
Total efficiency	0.7					
5. Return Fans	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7~14
Max flow rate(m ³ /s)	1.39	3.33	1.44	2.14	2.33	3.03
Total efficiency	0.7					
6. Exhaust Fans	No.1	No.2	No.6	No.8	No.9	No.10
Max flow rate(m ³ /s)	11.9	8.33	2.19	6.25	11.1	5.56
Total efficiency	0.7					

, 2 (Zone)
(Constant Air Volume : CAV) (AHU)
, (Fan Coil Unit : FCU)
. 1

.
, (3.7) Zone .
< 3.18 > AHU FCU
. 가 (LNG)
, .
가 .



(3.7)

< 3.18 >

AHU FCU

Zone	Floor	AHU		FCU	
		Type (No)	Location	Type(No)	Total (No)
Zone 1	1	1(1) 3(1)	1 1	FCU -1(10), 2(13), CONV -1(15), CONV -2(11)	49
Zone 2	1	4(1)	1	FCU -1(10), 2(3), 3(1) CONV -1(7), 2(5)	26
Zone 3	2	3(1)	2	FCU -1(20), 2(9),	29
Zone 4	2	5(1)	2	FCU -1(26), 4(1),	27
Zone 5	3	2(1)	3	FCU -1(24), 2(22), 4(2)	48
Zone 6	3	3(1)	3	FCU -1(28), 2(4), 3(1), 4(2)	35
Zone 7	4	3(1)	4	FCU -1(39), 2(26), 4(2)	67
Zone 8	4	3(1)	4	FCU -1(32), 4(4)	36
Zone 9	5	3(1)	5	FCU -1(32), 2(29), 4(4)	65
Zone 10	5	3(1)	5	FCU -1(32), 2(2), 4(2)	36
Zone 11	6	3(1)	6	FCU -1(32), 2(29), 4(4)	65
Zone 12	6	6(1)	6	FCU -1(32), 2(2), 4(2)	36
Zone 13	7	3(1)	7	FCU -1(33), 2(14), 4(2)	49
Zone 14	7	2(1) 7(1)	7 7	가 FCU -1(9), 3(26), 4(1)	36
		15			604

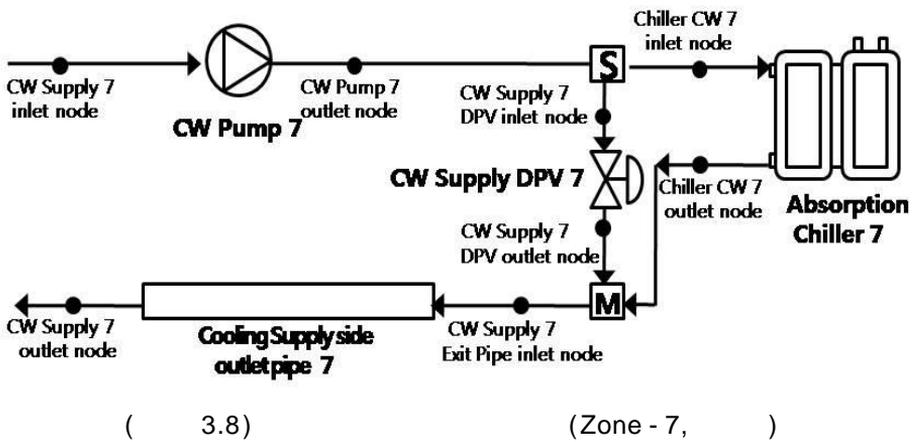
+ (CAV+FCU)

, FCU,

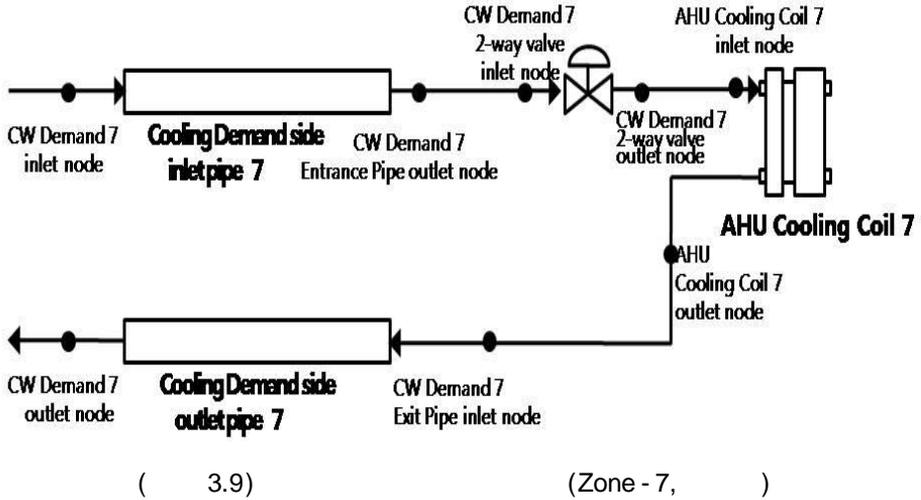
LNG가 , COP 1.2

Plant
 Demand (Pump, Inlet & Outlet Pipe, Splitter,
 Mixer) Inlet Outlet
 Node . Node
 (Zone)
 (3.8)~(3.12) Zone - 7(4
) Node
 AHU, FCU .

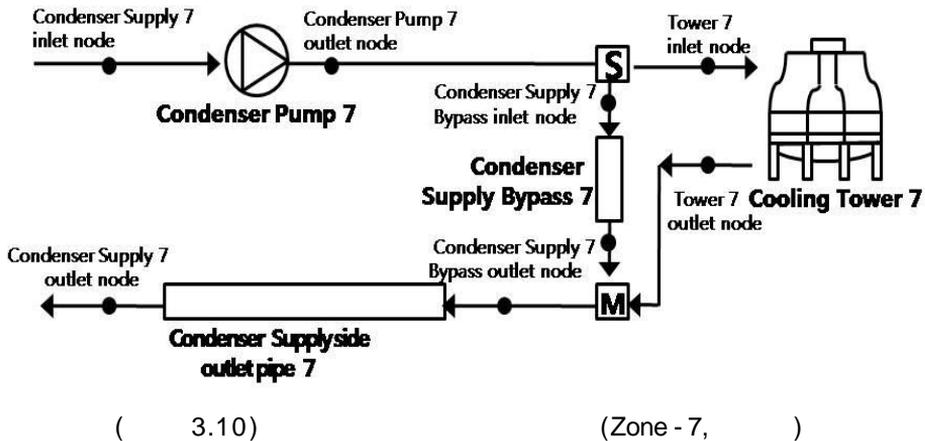
Zone 7 Cooling Supply Side Branches



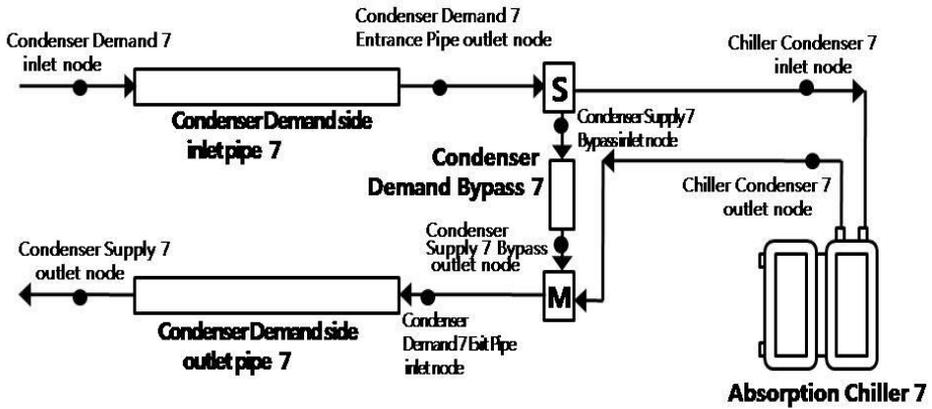
Zone 7 Cooling Demand Side Branches



Zone 7 Condenser Supply Side Branches



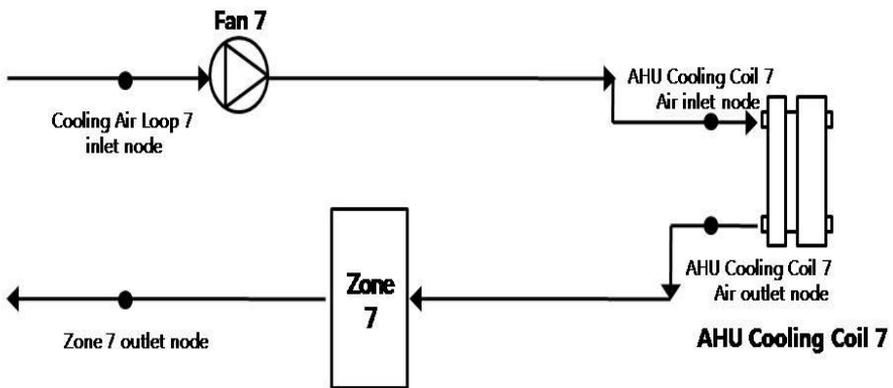
Zone 7 Condenser Demand Side Branches



(3.11)

(Zone - 7,)

Zone 7 Cooling Air Loop Branches



(3.12)

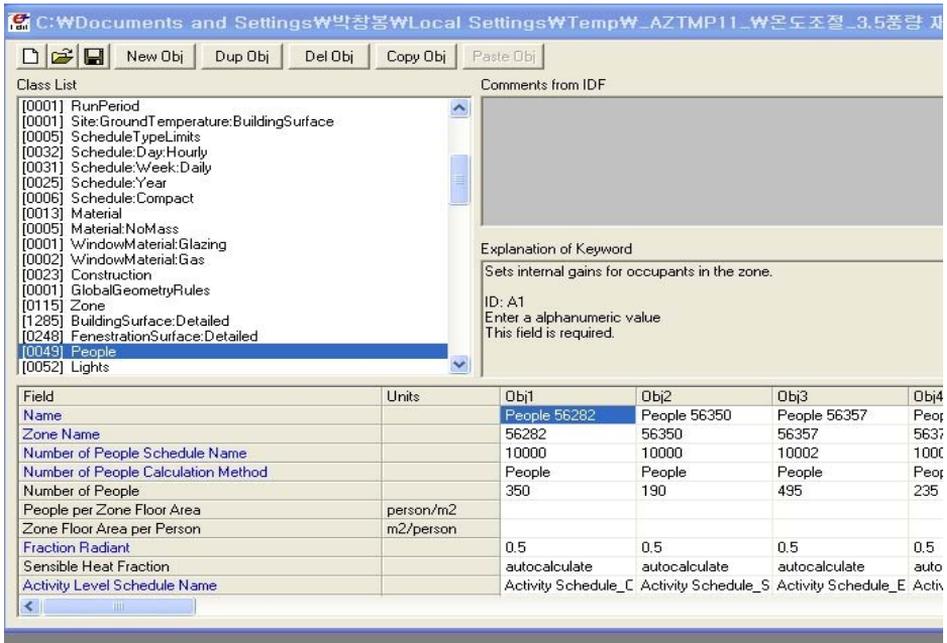
(Zone - 7,)

(5)

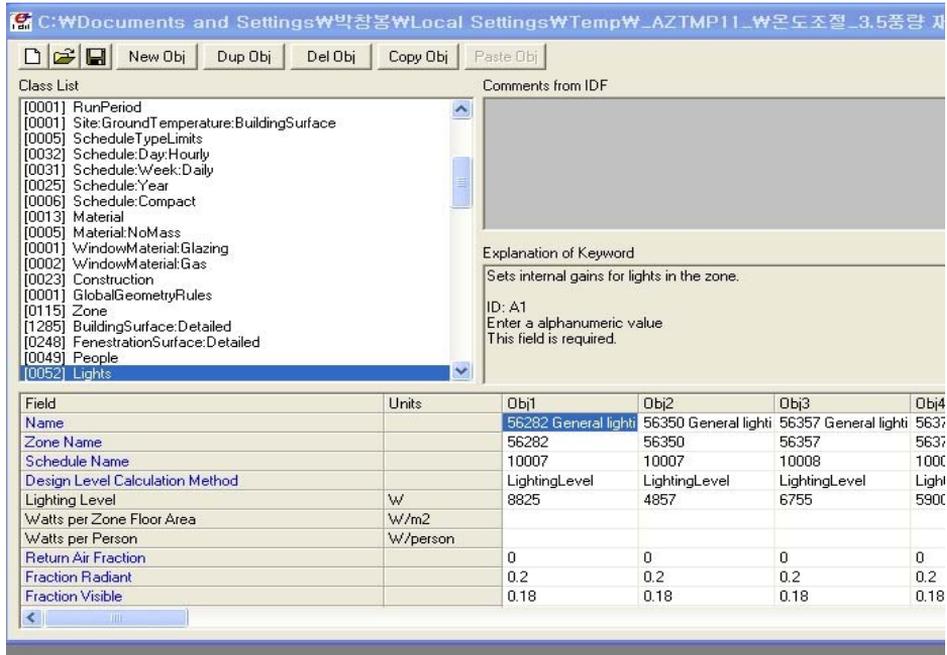
가

(3.13)~(3.16)

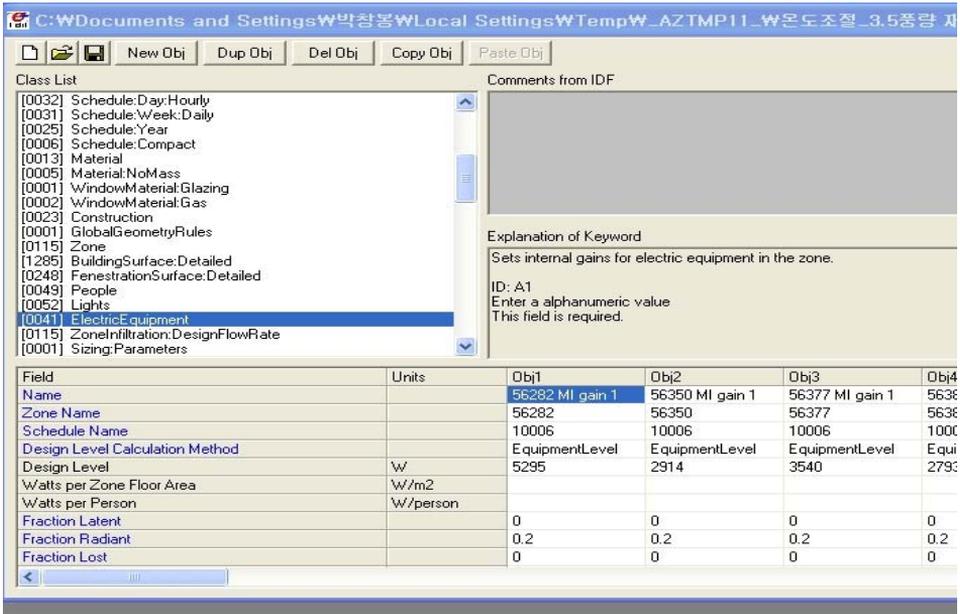
(Zoning)
FCU 가 가
가



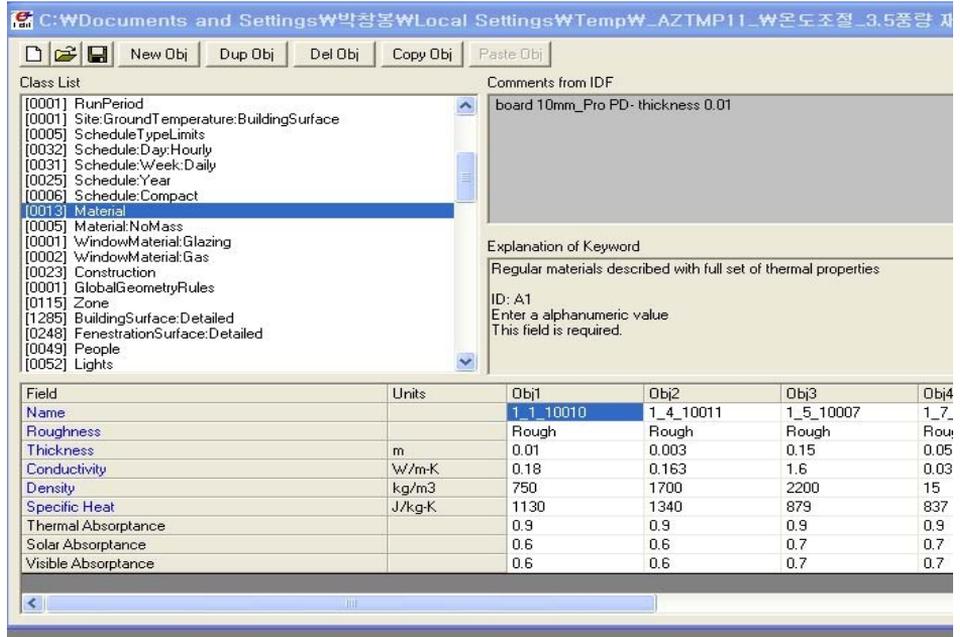
(3.13) ()



(3.14) ()



(3.15) ()



(3.16)

3.4 컴퓨터 시뮬레이션의 신뢰도 검증 및 보정

, (,
)
 가 ,
 가 가 , ,
 ,
 , (Zone)
 (Zone)
 ,
 가
 가
 가
 LNG 가
 ,
 ,
 가

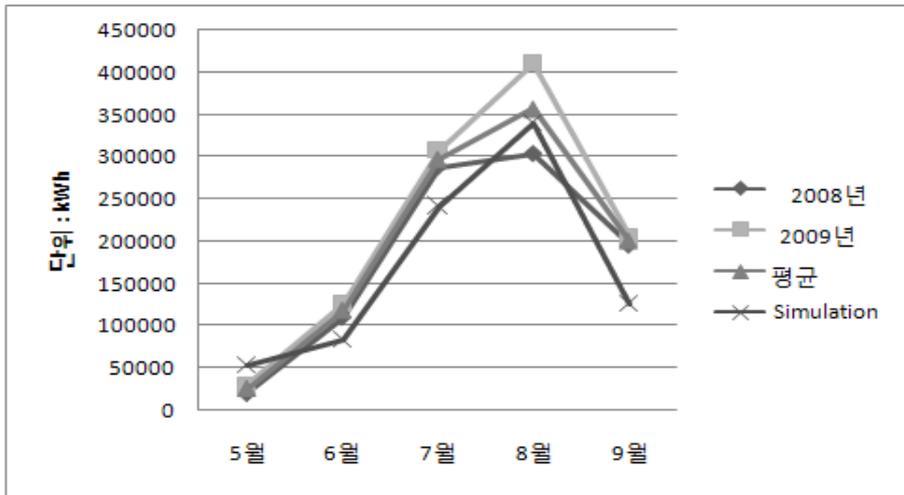
- (1) 가 , 가 1 Nm³ 11,000kcal
 kWh . < 3.19>
 5 9 가

가

< 3.19> 가 () [: kWh]

				()	Reliability(%)
	2008	2009			
5	21,326	30,230	25,778	53,654	208.1
6	111,043	126,075	118,559	83,466	70.4
7	287,932	307,672	297,802	241,815	81.2
8	303,987	410,591	357,289	339,425	95.0
9	196,411	205,507	200,959	126,202	62.8
	920,699	1,080,075	1,000,387	844,562	84.4

* 2008~2009



(3.17) 가 () [:kWh]

(2) 2008~2009 가
 < 3.19> 63%
 95% 84.4%

5 가
 가 (3.17)
 2008~2009 가
 가 Line

(3) , 가

< 3.20 > 2008~2009
 가 75~98%
 92.3% (3.18) 가
 2008~2009 가
 가 Line
 . < 3.21 >
 가

< 3.20 > 가 () [: kWh]

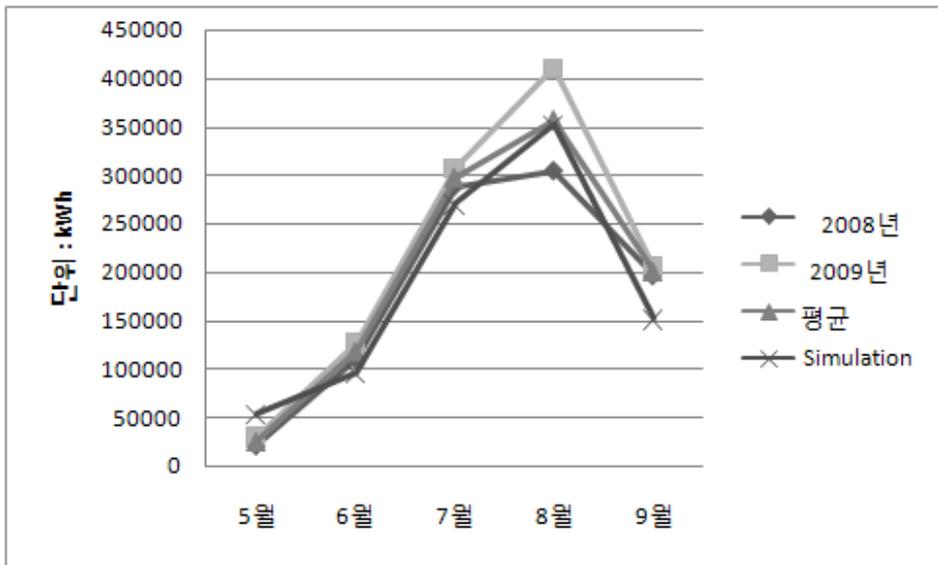
				()	Reliability(%)
	2008	2009			
5	21,326	30,230	25,778	53,629	208.0
6	111,043	126,075	118,559	96,151	81.1
7	287,932	307,672	297,802	270,404	90.8
8	303,987	410,591	357,289	351,573	98.4
9	196,411	205,507	200,959	151,322	75.3
	920,699	1,080,075	1,000,387	923,079	92.3

* 2008~ 2009

< 3.21 > 가 () [:kWh]

구 분	실측평균값	시뮬레이션(보정전)	시뮬레이션(보정후)
5월	25,778	53,654	53,629
6월	118,559	83,466	96,151
7월	297,802	241,815	270,404
8월	357,289	339,425	351,573
9월	200,959	126,202	151,322
계	1,000,387	844,562	923,079

* 2008~ 2009



(3.18) 가 () [:kWh]

< 3.22 >

		1	2	3	4~6	7
Lights (Watt)		13,543	12,398	18,812	69,612	19,695
Electric eq.(Watt)	Base	7,835	5,766	11,029	40,994	6,041
	Case A	39,175	5,766	11,029	40,994	60,410
	Case B	78,350	5,766	11,029	40,994	60,410
People (No.)	Base	270	290	375	1,384	519
	Case A,B	540	580	375	1,384	519

(4) 가 (Zone)
 1 , , MDF , 5
 10 , 7 10
 , 1 , 2 , 2
 , , 2
 . < 3.22 > ,

EnergyPlus

, [3.3] .24)

$$Infiltration = I_{design} \cdot F \cdot [a + b \cdot (T_Z - T_O) + c \cdot W_S] \quad [3.3]$$

, Infiltration = (m³/s)

I_{design} =

F =

24) 가 , 2001.12.

$W/s =$ (m/s) ,
 $a = 0.606, b = 0.03636, c = 0.1177$
 . < 3.23 > Zone

< 3.23 > [:m³/s]

구 분	Zone-1	Zone-3	Zone-5	Zone-11	Zone-14
Infiltration or Exhausted air flow	1.25	0.25	0.25	0.25	2.5

가 (Zone)
 Zone - 1 1 5 , Zone - 14 7 10

< 3.24 >

< 3.24 > [:m³/s]

구 분	Zone-1	Zone-3	Zone-5	Zone-11	Zone-14
Infiltration	Base	1.25	0.25	0.25	2.5
	Case A,B	6.25	0.25	0.25	25

(thermal mass) 가
 가 가
 가 Zone
 Zone 가 ,
 Zone Zone (26)
 7 ~ 7 ,
 Zone Zone
 가 25) .

25) 가 , 2001.12,

(thermal mass) 가 가

< 3.25 > + (CAV+FCU)

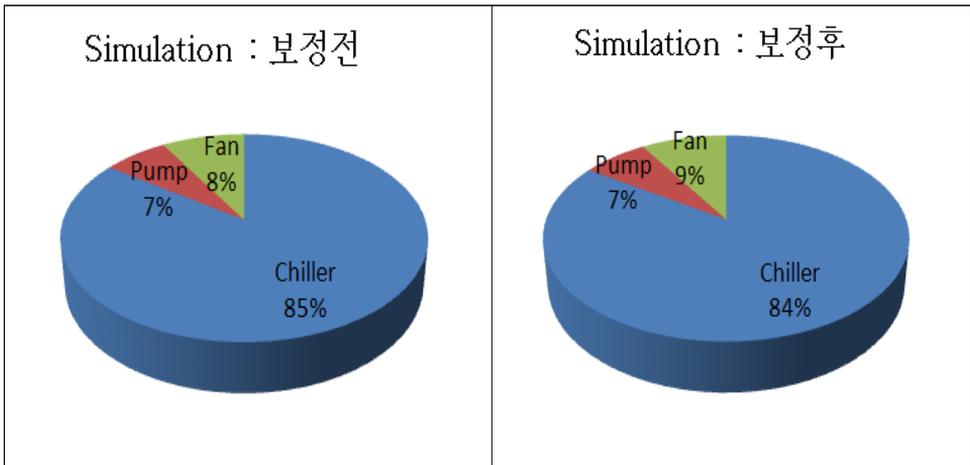
3.19) + (CAV+FCU)

(Pie Chart)

18.2% 가

< 3.25 > CAV+FCU [: MWh]

	Simulation : 보정전		Simulation : 보정후	
Chiller	837	84.7%	983	84.2%
Pump	66	6.7%	80	6.8%
Fan	85	8.6%	105	9.0%
Total	988	100%	1,168	100%



(3.19) CAV+FCU

(.)

3.5 소결

가, ()

(1)

$$+ \frac{(CAV+FCU)}{3}$$

(FCU)가

(2)

30 5 5 1 9

가, (slab), (slab), (window)

(Infiltration)

TRNSYS

TMY - 2

.
가

,

2008~2009
75~98%

가

92.3%

.

(3)

,

가

,

.

, ,

, ,

.

,

가

,

(FCU)

가

가

.

,

.

4. 에너지절약형 냉방시스템의 성능 시뮬레이션 및 경제성 검토

3 EnergyPlus

(International Energy Agency)가 IEA
Energy Cooling Systems) (Low

2

Cooling (Mechanical Ventilation)] 가 [Night
(Chilled Beam)

(Low Energy Cooling Systems)

가

가

4.1 에너지절약형 냉방시스템의 성능 시뮬레이션

[Night Cooling (Mechanical Ventilation)] (Chilled
Beams)

(1) (Night Ventilation)

가

4.1.2 에너지절약형 냉방시스템의 성능 시뮬레이션 결과

(1) (Night Ventilation)

가

(T)가 1 2 (5
 1 ~9 30 ,)
 가 (24) 가 26
 (6 1
 ~8 31 ,)

가 . 6 1 8 31
 (4.1)
 24~30

. , 7 6 , 8

()

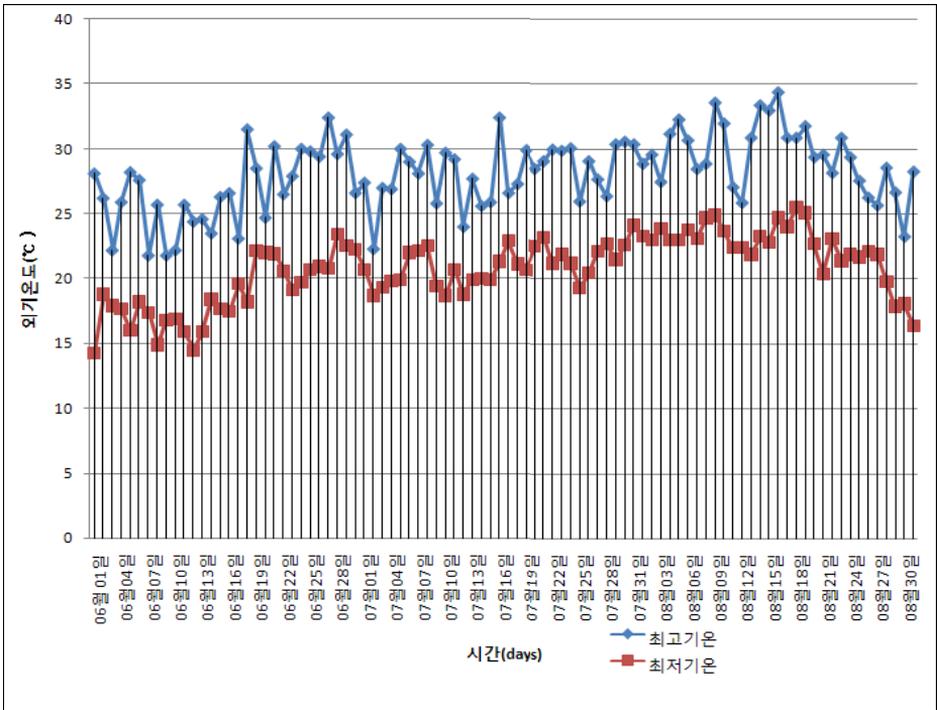
(4.1) < 4.1> 3 (6 11 , 7 15 , 8 10)
 ()

(4.2)

6 11 27.8 , 03:00 .
 20.8 , 12:00 .
 7.0 , ,

7 15 30.5 , 12:00 .
 25.2 , 05:00 .

5.3 ,
 8 10 , 31.9 , 12 .
 27.3 , 05:00 .
 4.6 ,

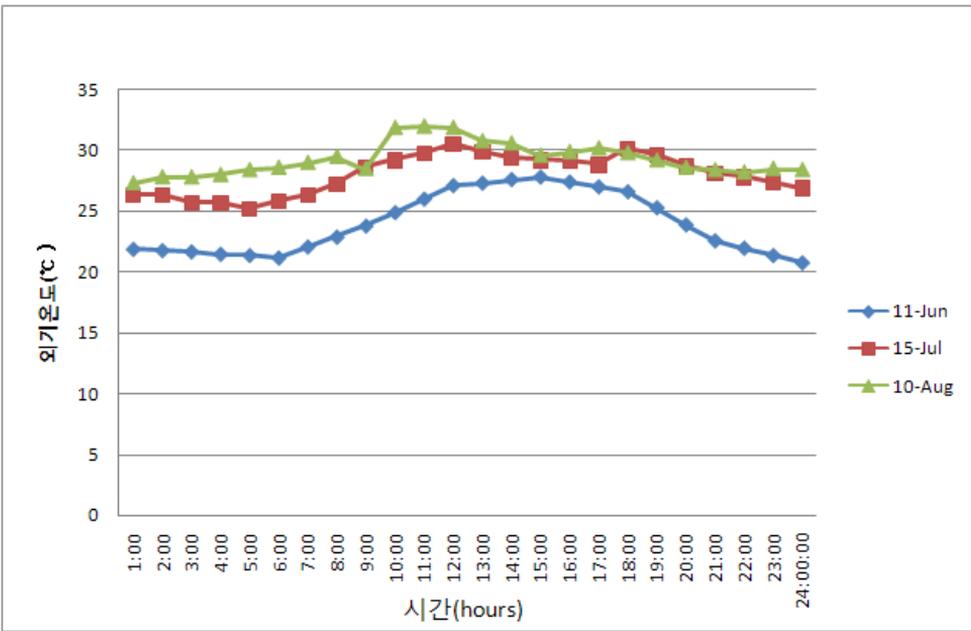


(4.1)

< 4.1 >

/tmax		%	/tmin		%	/ t		%
tmax > 30	23	25.0	tmin > 21	47	51.1	t > 10	12	13.1
28 <tmax 30	28	30.4	18 <tmin 21	29	31.5	8 < t 10	28	30.4
26 <tmax 28	20	21.8	15 <tmin 18	13	14.1	6 < t 8	21	22.8
tmax 26	21	22.8	tmin 15	3	3.3	t 6	31	33.7

* : 2009 6 1 ~ 8 31



(4.2)

i.

가

가

24:00~ 07:00

(T)가 1 2

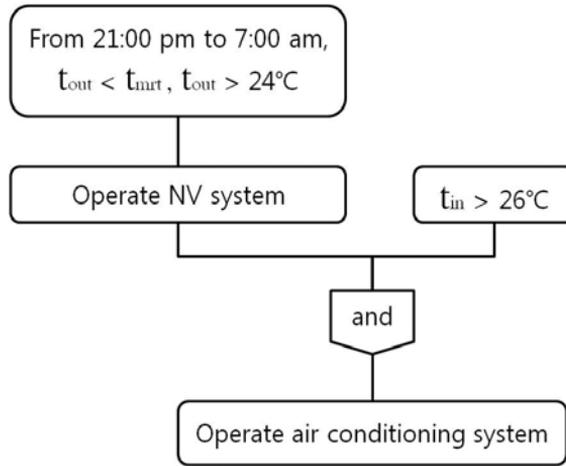
ii. 가
 21:00 07:00 Case 1
 , 24:00 07:00 Case 2 , (Night ventilation)
 Case 3가
 Case 가 가
 가 ,
 10 /
 . < 4.2>
 , (4.3) . ()
 4.4)

< 4.2>

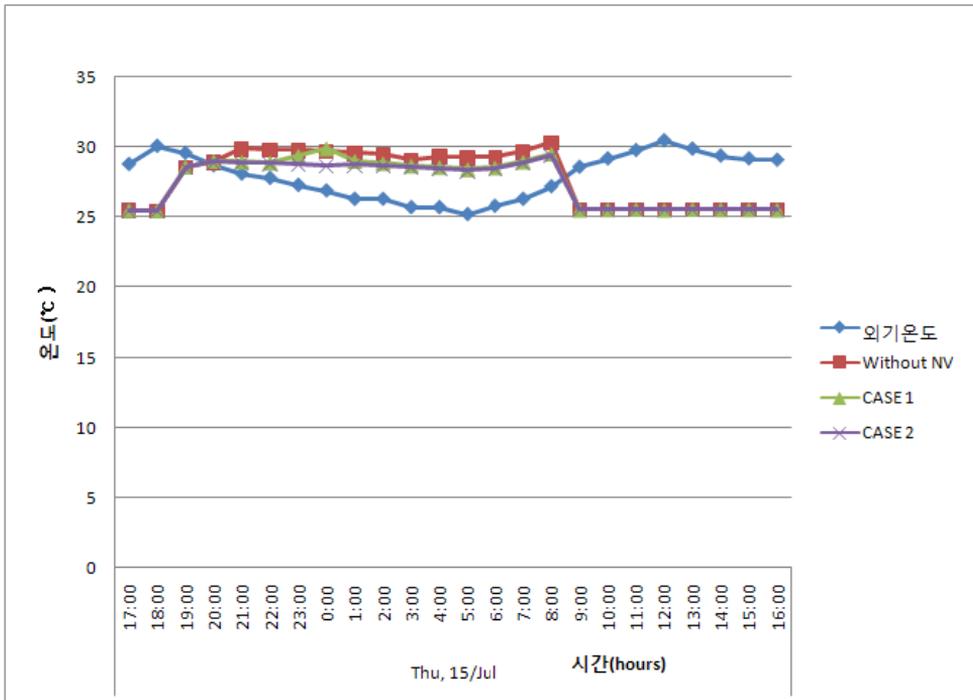
	(Natural cooling period)	(Night ventilation period)	가 (Ventilation mode)	(Air change rate)
Case 1	17:00 pm ~ 21:00 pm	21:00 pm ~ 07:00 am	tout < tmrt : tmrt tout :	10 ach
Case 2	17:00 pm ~ 21:00 pm	24:00 pm ~ 07:00 am		10 ach

(2) (Night Ventilation)

5 1 9 30
 , (T) 1 2 2가
 < 4.3>
 5.06%, 4.85% . 10 / 21:00
 07:00 Case 1 , 24:00 07:00 Case 2
 -3.54%, -0.56%



(4.3)



(4.4)

< 4.3 >

		(T)	(Unit::MWh)		
CAV+FCU	5/1~9/30	-	1,168.0	-	3 /h
CAV+FCU + Night Ventilation	5/1~9/30 (24:00 pm ~07:00 am	T 1	1,108.9	5.06 %	3 /h
	5/1~9/30 (24:00 pm ~07:00 am	T 2	1,111.4	4.85 %	
	6/1~8/31 (21:00 pm ~07:00 am	tout < tmrt, tin > 26	1,209.3	-3.54 %	10 /h
	6/1~8/31 (24:00 pm ~07:00 am	tout < tmrt, tin > 26	1,174.5	-0.56 %	

3 /h 가

가

10 /h

17~18%

가

(ALL Air)

가

(ALL Air)

9~10 /h , (CAV+ FCU) 4~6 /h .

(ALL Air) ,

가

< 4.4 >

< 4.4 >

구분	CAV+FCU System		N.V (3회/h), Δ T 1℃, (24:00 pm ~ 07:00 am)		N.V Case2 (10회/h) (21:00 pm ~ 07:00 am)		N.V Case3 (10회/h) (24:00 pm ~ 07:00 am)	
	Chiller	983	84.1%	878	79.2%	807	66.7%	804
Pump	80	6.9%	77	6.9%	77	6.4%	77	6.6%
Fan	105	9.0%	154	13.9%	325	26.9%	293	24.9%
Total	1,168	100%	1,109	100%	1,209	100%	1,174	100%
절감율	-		5.06%		-3.54%		-0.56%	

(3) (Chilled Beam)

(Chilled Beam) 가

가 , 1

(Chilled Beam Unit)

< 4.5 >

4 Chilled Beam Unit

5 1 9 30 ,

< 4.6 >

36.04%

< 4.5 > Chilled Beam Unit (4 - AHU - 8)

	(m ³)		(Kcal/hr)	Unit		
-1	57.6	12	6,573	4	0.051 (l/s)	3.0 × 2.7 (m)
-2	118.8	24	9,798	6		
-3	118.8	24	9,763	6		
-4	118.8	24	9,641	6		
-5	118.8	24	9,641	6		
-6	87.6	17	7,063	4		

	(m ³)		(Kcal/hr)	Unit		
-7	42.9	6	2,800	2		
-8	77.2	14	5,263	3		
-9	40.5	8	2,761	2		
-10	126	25	14,569	9		
-11	118.8	25	11,262	7		
-12	71.28	13	5,834	4		
-13	120	24	9,927	6		
-14	106	21	8,500	5		
	43.7	50	15,842	10		
()	44.8	6	1,686			
()	36.6	24	5,224	3		
	66.02					
				83		

< 4.6 > (Chilled Beam)

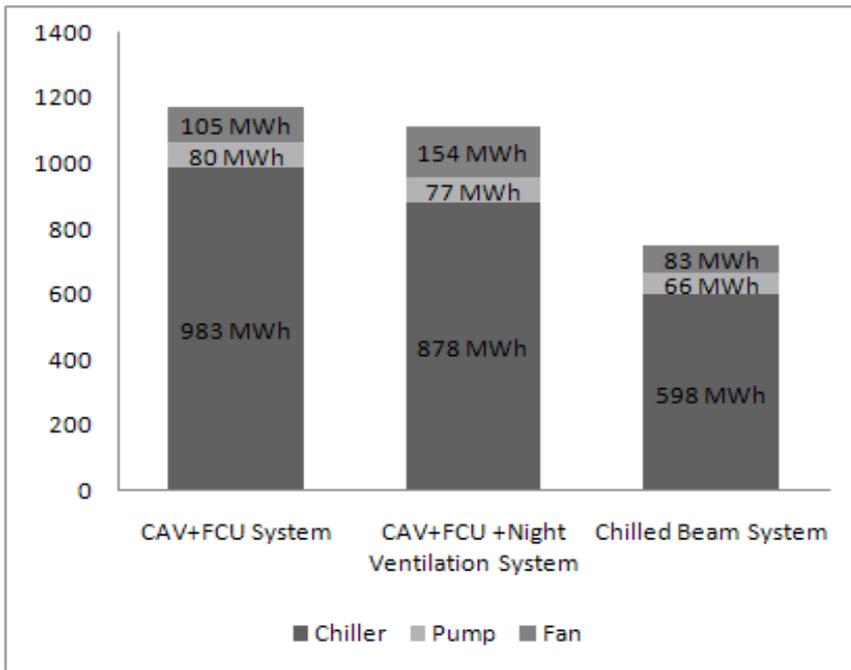
	(Unit : MWh)		
CAV+FCU	1,168.0	-	5/1~9/30
Chilled Beam System	747	36.04%	

< 4.7 > () (: MWh)

구분	CAV+FCU System		CAV+FCU+Night Ventilation System		Chilled Beam System	
Chiller	983	84.1%	878	79.2%	598	80.1%
Pump	80	6.9%	77	6.9%	66	8.8%
Fan	105	9.0%	154	13.9%	83	11.1%
Total	1,168	100%	1,109	100%	747	100%
절감율	-		5.06%		36.04%	

< 4.7 > CAV+FCU
 + + (CAV +FCU+Night Ventilation)
 (Chilled Beam)

(4.5) CAV+FCU Chilled Beam
 (Bar Graph)



(4.5) () (: MWh)

(4) Carbon

Carbon

Carbon 가 가

Carbon emission factor()

- 가 : 0.194 kg.CO2/kWh

- : 0.422 kg.CO2/kWh

< 4.8 >

Carbon
(CAV+FCU)

268,770kg.CO2 , + + (CAV+FCU+Night
Ventilation ; ALT1) 267,810 kg.CO2 .
(Chilled Beam ; ALT2) 178,890 kg.CO2 .
0.36% 33.44%
(Chilled Beam ; ALT2)
가 .

가 가
가 .

< 4.8 >

Carbon

구분	정풍량+팬코일유니트 시스템		정풍량+팬코일유니트+ 야간환기 시스템		천정복사냉방 시스템	
	시스템 부하 (MWh)	Carbon 배출량 (kg.CO2/kWh)	시스템 부하 (MWh)	Carbon 배출량 (kg.CO2/kWh)	시스템 부하 (MWh)	Carbon 배출량 (kg.CO2/kWh)
Chiller	983	190,700	878	170,330	598	116,010
Pump	80	33,760	77	32,490	66	27,850
Fan	105	44,310	154	64,990	83	35,030
Total	1,168	268,770	1,109	267,810	747	178,890
				0.36%		33.44 %

* Carbon emission factor()

· 가 : 0.194 kg.CO2/kWh, · : 0.422 kg.CO2/kWh

(5)

< 4.9 >

+ (CAV+FCU)

+ (CAV+FCU +Night Ventilation)

(Chilled Beam)

0.89 0.61

, 1.25 0.81 .

+ (CAV+FCU+Night Ventilation)

가

,

가 가

.

< 4.9 >

		()				
CAV+FCU	1.00()			1.00()		
CAV+FCU+ Night Vent.	0.89	1.00	0.93	1.46	0.96	1.25
Chilled Beam	0.61	1.00	0.74	0.79	0.83	0.81

, , , EHP

+ (CAV+ FCU)

1,683MWh, + (CAV + FCU+Night Ventilation)

1,624MWh, (Chilled Beam) 1,262MWh .

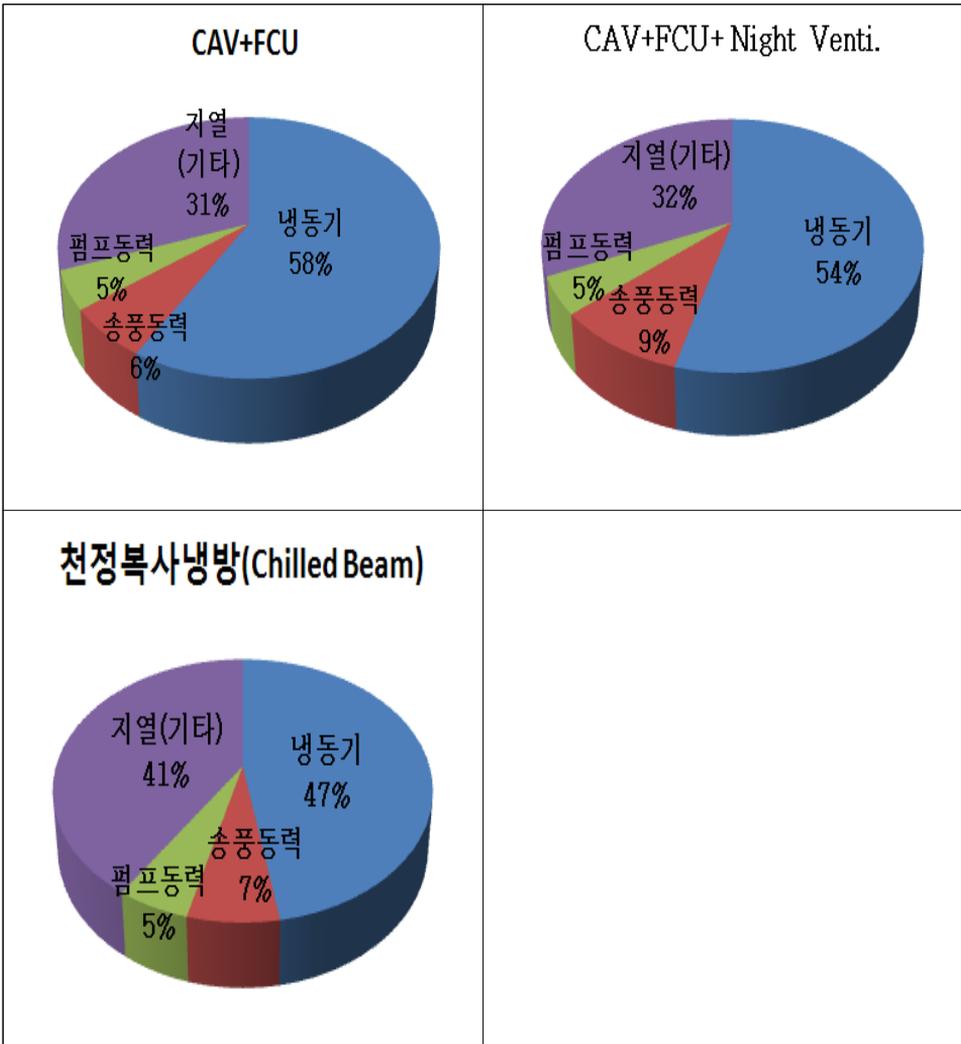
< 4.10 >

+ (CAV+FCU) + (CAV+

FCU +Night Ventilation) 5.06%
 (Chilled Beam) 25.01%
 + (CAV+FCU) + (CAV+ FCU
 +Night Ventilation) 가
 (4.6) (Pie
 Chart)

< 4.10 >

구분	CAV+FCU 시스템		비 고	
	에너지소비량 (단위: MWh)	비율(%)	냉방기간(5/1 ~ 9/30)	
냉동기	983	58.4		
송풍동력	105	6.2		
펌프동력	80	4.8		
지열히트(기타)	515	30.6		
계	1,683	100		
절감율	-			
구분	CAV+FCU+Night Ventilation		Chilled Beam 시스템	
	에너지소비량 (단위: MWh)	비율	에너지소비량 (단위: MWh)	비율
냉동기	878	54.1	598	47.4
송풍동력	154	9.5	83	6.6
펌프동력	77	4.7	66	5.2
지열히트(기타)	515	31.7	515	40.8
계	1,624	100	1,262	100
절감율	5.06%		25.01%	



(4.6)

4.1.3 에너지절약형 냉방시스템 대안별 에너지성능 분석

(1)

- : + (CAV+ FCU)
- ALT1 : + + ()[(CAV+FCU+
Night Ventilation(Mechanical)]
- ALT2 : (Chilled Beam)

+

(CAV+FCU) > + + (CAV+
FCU +Night Ventilation ; ALT1) > (Chilled Beam ;
ALT2) 가 .

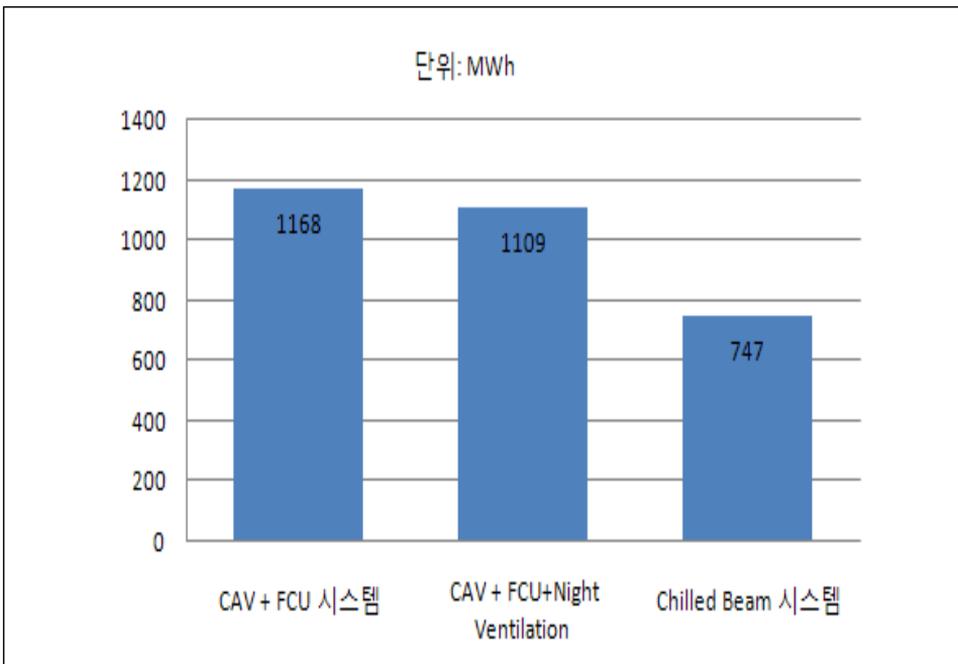
< 4.11 >

CAV +FCU + Night Ventilation(ALT1) 5.06%,
(Chilled Beam ; ALT2) 36.04% . (4.7)
(Bar Graph) .

< 4.11 >

		[:MWh]	(%)	(%)
CAV + FCU		1,168	100	
CAV + FCU + Night Ventilation		1,109	94.94	5.06
Chilled Beam		747	63.96	36.04

(Chilled Beam System ;
 ALT2) 가 , + + ()
)[(CAV+FCU+Night Ventilation(Mechanical) : ALT1] <
 + (CAV+ FCU)
 . < 4.12> .



(4.7)

< 4.12 >

[:MWh]

구 분		열원에너지 사용량	공조에너지 사용량	합 계	절감율(%)
CAV+FCU (대상건물 공조방식)	가스 (LNG)	983		983	
	전기		185	185	
	소 계	1,168			
CAV+FCU +Night Venti (ALT1)	가스 (LNG)	878		878	
	전기		231	231	
	소 계	1,109			5.06 %
Chilled Beam 시스템 (ALT2)	가스 (LNG)	598		598	
	전기		149	149	
	소 계	747			36.04 %

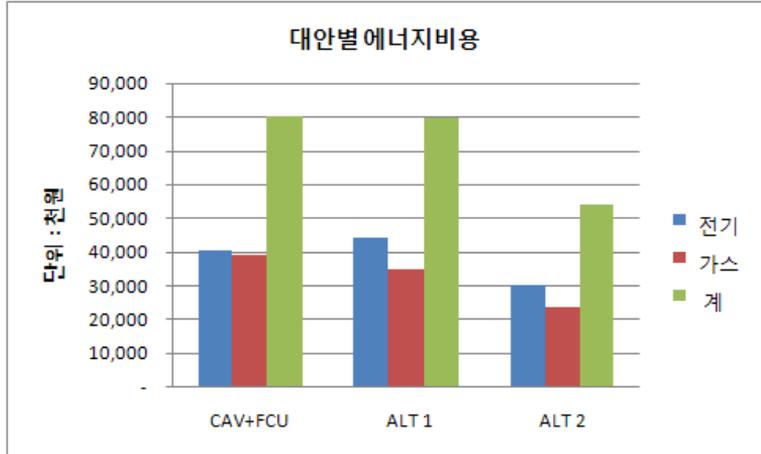
(2)

- (Chilled Beam ;ALT2)
 가 , + + (CAV+FCU+Night Ventilational
 ; ALT1) < + (CAV+FCU)

- + (CAV+FCU)
 + + (CAV+FCU+Night Ventilation ; ALT1)
 0.4%, (Chilled Beam ;ALT2) 32.3%

. < 4.13 > (Bar
 Graph)

< 4.13 >



: CAV+FCU
 ALT 1 : CAV+FCU+Night Ventilation
 ALT 2 : Chilled Beam

	CAV+FCU	ALT 1	ALT 2	:
	40,611	44,503	30,252	
가	39,390	35,168	23,952	
	80,001	79,671	54,204	
		0.4%	32.3%	

4.2 대상건물의 공조방식 대안별 적용가능성 검토

+ (CAV+FCU)
(Low Energy Cooling Systems)

[Night Cooling(Mechanical Ventilation)],
(Ventilated Chilled Beams), [Slab Cooling(Water)],
(Evaporative Cooling), (Desiccant Cooling),
(Chilled Ceilings), (Displacement Ventilation)

가 가

가 [Night Cooling(Mechanical Ventilation)]
(Ventilated Chilled Beams) 2가

< 4.14 > ~ < 4.17 >

가,

() , LNG

< 4.14 > / (2008.1.1) 가[₩/㎡]

업종	사용구분(㎡)	상수도요금	하수도요금	물이용부담금
가정용	0~30 이하	320	160	업종에 관계없이 1㎡당 160 원
	30초과~40이하	510	380	
	40초과~50이하	570		
	50초과	790	580	
업무용	0~50이하	470	260	
	50초과~300이하	600	390	
	300초과	680	440	

< 4.15 > () [2005.12.28]

기본요금(원/호)		전력량 요금(원/kWh)	
100kWh 이하사용	370	처음100kWh 까지	55.1
101~200kWh 사용	820	다음100kWh 까지	113.8
201~300kWh 사용	1,430	다음100kWh 까지	168.3
301~400kWh 사용	3,420	다음100kWh 까지	248.6
401~500kWh 사용	6,410	다음100kWh 까지	366.4
500kWh 초과 사용	11,750	500kWh 초과	643.9

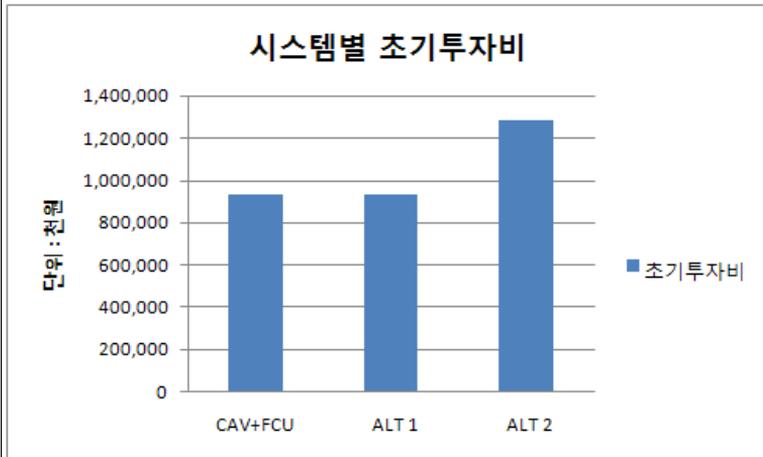
< 4.16 > () [2009. 6.27]

구 분	기본요금 (원/kW)	전력량 요금(원/kWh)			
		여름철(7~8월)	봄, 가을철 (3~6, 9~10월)	겨울철 (11~2월)	
저압 전력	5,280	93.5	62.3	69.5	
고압A	선택 I	5,790	98.1	65.4	72.2
	선택 II	6,660	94.7	61.6	68.5
고압B	선택 I	5,790	96.3	64.0	70.8
	선택 II	6,660	91.9	59.6	66.4

< 4.18 >

(:)

				:
	CAV+FCU	ALT 1	ALT 2	
	930,034	930,034	1,285,399	
	930,034	930,034	1,285,399	



: CAV + FCU
 ALT 1 : CAV+ FCU + Night Ventilation
 ALT 2 : Chilled Beam

(2)

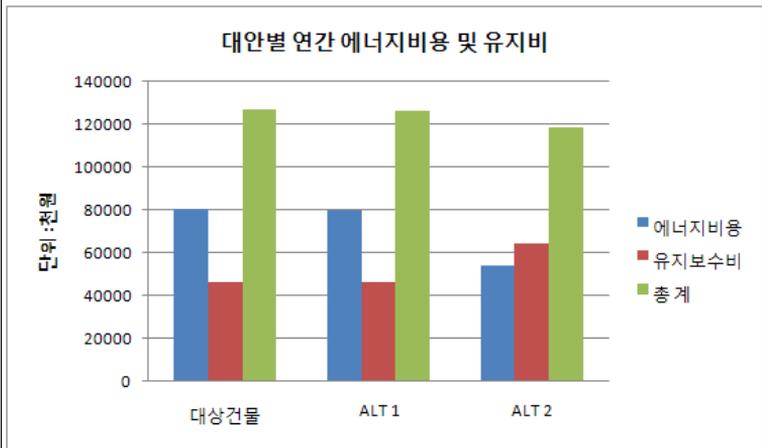
(:) +
 (CAV+FCU) > + + (CAV+FCU+ Night
 Ventilation ; ALT1) > (Chilled Beam ; ALT2)
 .
 + (CAV+ FCU)
 < + + (CAV+ FCU + Night Ventilation ;
 ALT1) < (Chilled Beam ; ALT2)

(Chilled Beam ; ALT2) 가

< 4.19 >

< 4.19 >

	CAV+FCU	ALT 1	ALT 2	[:]
	80,001	79,671	54,204	
	46,501	46,501	64,270	
	126,502	126,172	118,474	



: CAV + FCU

ALT 1 : CAV+ FCU + Night Ventilation

ALT 2 : Chilled Beam

(3)

(Chilled Beam ; ALT

2) + (CAV+
FCU) 25,797 , 5

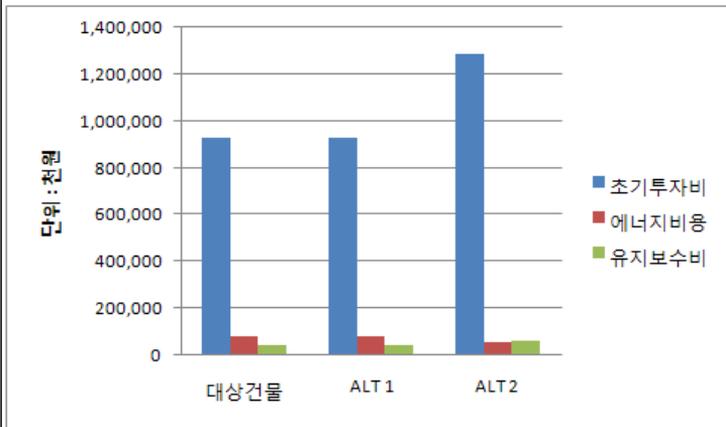
< 4.20 >

가
Chilled Beam
Unit (DOAS; Dedicated Out Air System)
,
가
+ + (CAV+FCU+Night Ventilation ; ALT1)
330
3 /h
가 가
10 /h 17~18%
가
(ALL Air)
가
+ + (CAV+FCU+ Night
Ventilation ; ALT1)
(time lag) 가
가

< 4.21 >

< 4.20 >

				[:]
	CAV+FCU	ALT 1	ALT 2	
	930,034	930,034	1,285,399	
	80,001	79,671	54,204	
	46,501	46,501	64,270	
()			17	



: CAV + FCU
 ALT 1 : CAV+ Night Ventilation
 ALT 2 : Chilled Beam

< 4.21 >

	CAV+FCU	ALT - 1	ALT - 2
	930,034,000	930,034,000	1,285,399,990
	46,501,700	46,501,700	64,270,000
	80,001,105	79,671,310	54,204,254
1	1,056,536,805	1,056,207,010	1,403,874,243
2	1,136,537,910	1,135,878,319	1,458,078,497
3	1,216,539,016	1,215,549,629	1,512,282,751
4	1,296,540,121	1,295,220,939	1,566,487,004
5	1,376,541,226	1,374,892,248	1,620,691,258
6	1,503,044,031	1,501,065,258	1,739,165,511
7	1,583,045,137	1,580,736,568	1,793,369,765
8	1,663,046,242	1,660,407,877	1,847,574,018
9	1,743,047,347	1,740,079,187	1,901,778,272
10	1,823,048,452	1,819,750,497	1,955,982,526
11	1,949,551,258	1,945,923,506	2,074,456,779
12	2,029,552,363	2,025,594,816	2,128,661,033
13	2,109,553,468	2,105,266,126	2,182,865,286
14	2,189,554,573	2,184,937,435	2,237,069,540
15	2,269,555,678	2,264,608,745	2,291,273,794
16	2,396,058,484	2,390,781,755	2,409,748,047
17	2,476,059,589	2,470,453,064	2,463,952,300
18	2,556,060,694	2,550,124,374	2,518,156,554
19	2,636,061,799	2,629,795,684	2,572,360,808
20	2,716,062,905	2,709,466,993	2,626,565,061
21	2,842,565,710	2,835,640,003	2,745,039,315
22	2,922,566,815	2,915,311,313	2,799,243,568
23	3,002,567,920	2,994,982,622	2,853,447,822
24	3,082,569,026	3,074,653,932	2,907,652,076
25	3,162,570,131	3,154,325,242	2,961,856,329
26	3,289,072,936	3,280,498,251	3,080,330,582
27	3,369,074,041	3,360,169,561	3,134,534,836
28	3,449,075,147	3,439,840,871	3,188,739,090
29	3,529,076,252	3,519,512,180	3,242,943,344
30	3,609,077,357	3,599,183,490	3,297,147,597

*

5

4.3 소결

(1)

5 1 9 30
 (T) 1 2 2가
 6 1 8
 31 21:00 07:00 Case 1 , 24:00
 07:00 Case 2 , (Night ventilation)
 Case 3 가 . Case
 가 가 가 ,
 가 26

(2)

+ (CAV+FCU) + +
 (CAV+FCU+Night Ventilation ; ALT1) 5.06 %,
 (Chilled Beam ; ALT2) 36.04% . +
 (CAV+FCU) (Chilled Beam)
 . + + (CAV+FCU+Night Ventilation)

(3)

(Chilled Beam ; ALT2)

< + + (CAV+FCU+Night Ventilation ;
 ALT1) < + (CAV+FCU)
 가 .
 + (CAV+FCU)
 ; ALT1) + + (CAV+FCU+Night Ventilation
 330 0.4% ,
 (Chilled Beam ; ALT2) 25,797
 32.3% .

(4)

+ (CAV+FCU) (976,535)
 (Chilled Beam ; ALT2) (1,349,669) 가
 + (CAV+
 FCU) (Chilled Beam ; ALT2)
 25,797 17

(5)

+ + (CAV+FCU+Night Ventilation ; ALT1)
 가 가
 . 3 /h 10 /h
 + + (CAV+ FCU+ Night
 Ventilation ; ALT1) ,
 (time lag)

가

(6) (Chilled Beam ; ALT2)

(Chilled Beam ; ALT2) (Pay
back) 17 Chilled Beam Unit
(DOAS; Dedicated Out Air System)

5. 대상건물의 대안 에너지절약형 냉방시스템의 적용 제안

5.1 시스템 적용을 위한 대상건물 분석

대상건물 내 냉방시스템은 CAV+FCU (Perimeter Zone)와 FCU가 적용되어 있다. CAV+FCU는 3.0m 높이의 공간에 적용되며, FCU는 60:40의 공기비로 운영된다. 또한, 70:30의 공기비로 운영되는 FCU가 50% 적용되어 있다. ASHRAE 기준에 따라 (All air) 방식으로 운영된다. 대상건물 내 냉방시스템은 10~12 / , 6~7 / , CAV+FCU 방식으로 운영되며, 4~6 / 3 / 방식으로 운영된다.

5.1.1 대상건물의 설계 현황

대상건물 내 냉방시스템은 4 (AHU-8) 방식으로 운영된다. (1) 12,000 CMH , 0.2 /m² 방식으로 운영되며, 1 17~25 CMH 방식으로 운영된다.

7,500~12,000 CMH

4,500~0 CMH

< 5.1 > 4

< 5.1 > (AHU - 8 ; 4)

	[kcal/h]					TAC 2.5
	DB	WB	%RH	kcal/kg	kg/kg'	
	31.2	25.3	63.6	18.67	0.0183	TAC 2.5
	-12.4	-13.2	70.0	-2.18	0.0009	
	[kcal/h]					TAC 2.5
	DB	WB	%RH	kcal/kg	kg/kg'	
	26	19.5	55	13.28	0.0116	TAC 2.5
	20	12.4	40	8.31	0.0058	

< 5.2 > 4

< 5.2 > (AHU - 8 ; 4)

[m ²]	[m ³]	[]	[kcal/h]				[kcal/h]
			RSH	RLH	RTH	RSHF	
1,514.2	3,936.8	317	34,037	6,375	40,411	0.84	20,078

1 25 CMH/ 317 7,925CMH

, 1,100 CMH

(OASH) 11,869 kcal/h , (OALH)

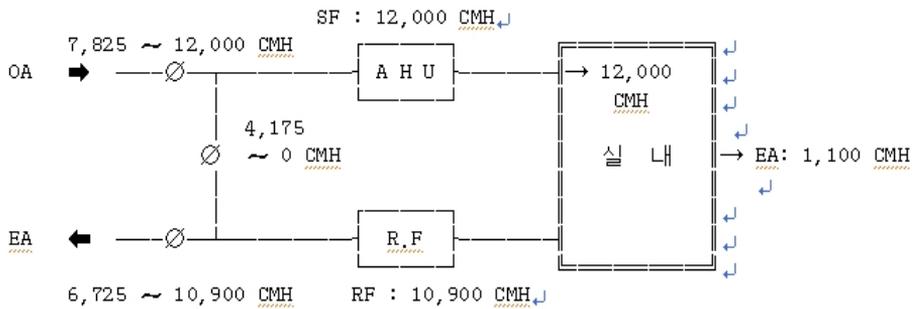
38,230 kcal/h . (OATH) 50,099 kcal/h

- (OASH) : 7,925 CMH × 0.288 × (31.2 - 26) = 11,869 kcal/h

- (OALH) : $7,925 \text{ CMH} \times 720 \times (0.0183 - 0.0116) \text{ kg/kg} = 38,230 \text{ kcal/h}$
 (TSH) 45,906 kcal/h , (TLH) 44,605 kcal/h
 (TTH) 90,511 kcal/h .
- (TSH) : $34,037 \text{ kcal/h} + 11,869 \text{ kcal/h} = 45,906 \text{ kcal/h}$
- (TLH) : $6,375 \text{ kcal/h} + 38,230 \text{ kcal/h} = 44,605 \text{ kcal/h}$
 $3.0 \text{ /h, } t = 10.0 \text{ , } 12,000 \text{ CMH}$

$34,037 \text{ kcal/h} \div 0.288 \div 10.0 = 11,818 \text{ CMH}$ 12,000 CMH
 (SA) 12,000 CMH, (RA) 10,900
 CMH (OA) 7,925 CMH (EA) 1,100
 CMH

i.



ii.

29.4 , 23.2 ,
 15.1 , 14.2 .

- : $DB = [(7,925 \text{ CMH} \times 31.2) + (4,075 \text{ CMH} \times 26.0)] / 12,000 \text{ CMH} = 29.4$

$$WB = 23.2 \quad (5.1)$$

$$: DB = 15.1, \quad WB = 14.2 \quad (5.1)$$

$$(5.1)$$

$$= 16.5 \text{ kcal/kg}'(5.1)$$

$$= 9.5 \text{ kcal/kg}'(5.1)$$

$$: 12,000 \text{ CMH} \times 1.2 \times (16.5 - 9.5) \text{ kcal/kg}' = 100,800 \text{ kcal/h}$$

$$100,800 \text{ kcal/h} \times 1.1 = 110,880 \text{ kcal/h} \quad 110,900 \text{ kcal/h}$$

$$: 370 \text{ LPM}$$

iii. 가 -1.9 DB 25.8 DB

$$114,900 \text{ kcal/h} \quad 383 \text{ lpm}$$

$$7,925 \text{ CMH} \times -13.2 \text{ DB} + 4,075 \text{ CMH} \times 20 \text{ DB}$$

$$; - = -1.9 \text{ DB}$$

$$12,000 \text{ CMH}$$

$$; (20,078 \text{ kcal/h} \div 0.288 \div 12,000 \text{ CMH}) + 20 = 25.8 \text{ DB}$$

$$- 가 ; 12,000 \times 0.288 \times \{25.8 - (-1.9)\} = 95,731 \text{ kcal/h}$$

$$95,731 \text{ kcal/h} \times 1.2 = 114,877 \text{ kcal/h}$$

$$114,900 \text{ kcal/h}, \quad : 383 \text{ lpm}$$

iv. 가 56 kg/h

$$7,925 \text{ CMH} \times 1.2 \times [0.0058 - 0.0009] = 46.6 \text{ kg/h} \times 1.2 = 56 \text{ kg/h}$$

5.1.2 대상건물의 설계 문제점 검토

가
 가 (SHF) [/ (+)] 가
 가 가 .
 가 가 .
 (Reheating coil) ,
 ,
 . 4
 Zone(AHU - 8) < 5.3 > .
 (5.1) 4 - (AHU - 8) +
 (CAV+FCU)
 31.2 63.6%RH 26 55%RH 가 29.4
 DB, 23.2 WB 가 15.1 ,
 14.2

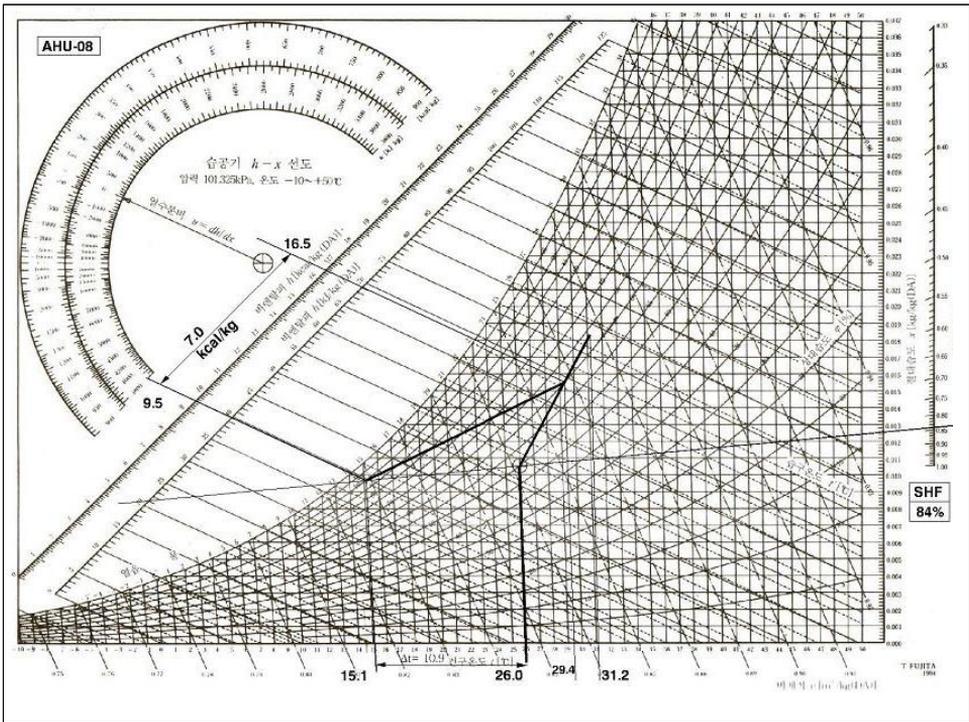
< 5.3 >

(4F , AHU-8)

		(CMH)									
		kcal/h	kcal/h	kcal/h	SA	S.A	R.A	EA	갯		
4F	-1	1,643	219	1,373	579	580	580	0	0		
	-2	2,450	451	1,325	864	865	865	0	0		
	-3	2,441	451	1,309	861	860	860	0	0		
	-4,5	4,821	902	2,237	1,700	1,700	1,700	0	0		
	-6	1,766	328	824	623	620	620	0	0		
	-7	700	147	588	247	250	250	0	0		
	-8	1,316	274	1,073	464	465	465	0	0		
	-9	690	147	527	243	240	240	0	0		
	-10	3,642	478	2,852	1,284	1,285	1,285	0	0		
	-11	2,816	482	1,718	993	990	990	0	0		
	-12	1,459	250	820	514	515	515	0	0		
	-13	2,482	454	1,328	875	875	875	0	0		
	-14	2,125	396	1,292	749	750	750	0	0		
			3,961	945	1,877	1,396	1,395	295	0	1,100	1,100
	()		422	111	161	149	150	150	0	0	
()		1,306	343	774	460	460	460	0	0		
		34,040	6,378	20,078	12,001	12,000	10,900	0	1,100		

(1)

5



(5.1) CAV+FCU System , 4 (AHU - 8)

(2) 3 /h (AHU)

FCU

FCU

FCU

가

가

3

2

가

가

가

(Chilled Beam)

5.2 에너지절약형 냉방시스템의 적용 검토

3 4

(Chilled Beam)

가 (PayBack) 17

(Chilled Beam)

5.1.2

5.2.1 천정복사냉방(Chilled Beam) 시스템의 적용 검토

/

가 가

가

(Chilled Beam System)

4

100%

Passive (Passive Dehumidification Wheel)

30%~50%

(1) (Chilled Beam)

(Chilled Beam)

(Chilled Beam)+ (DOAS ; Dedicated Outdoor Air System)

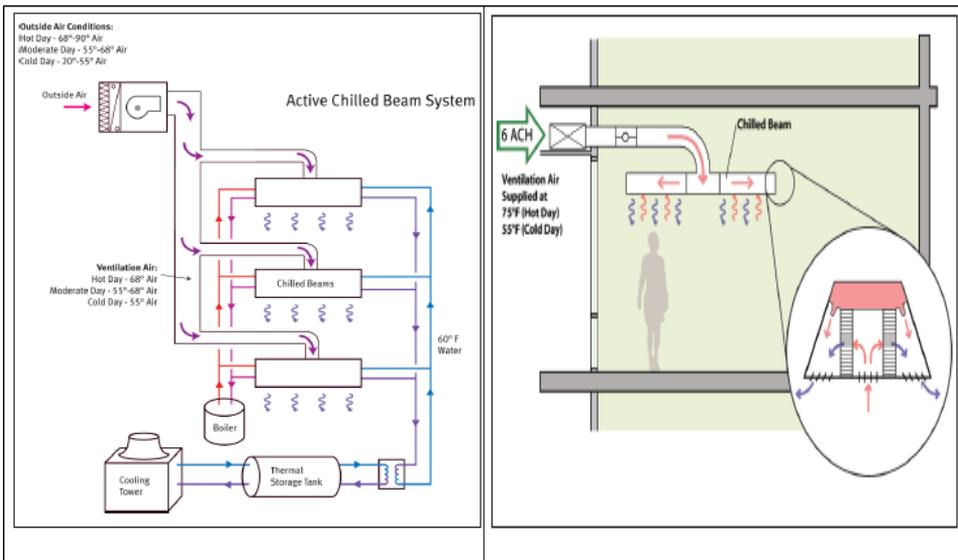
가

, Passive

Passive (Passive Dehumidification Wheel)

.

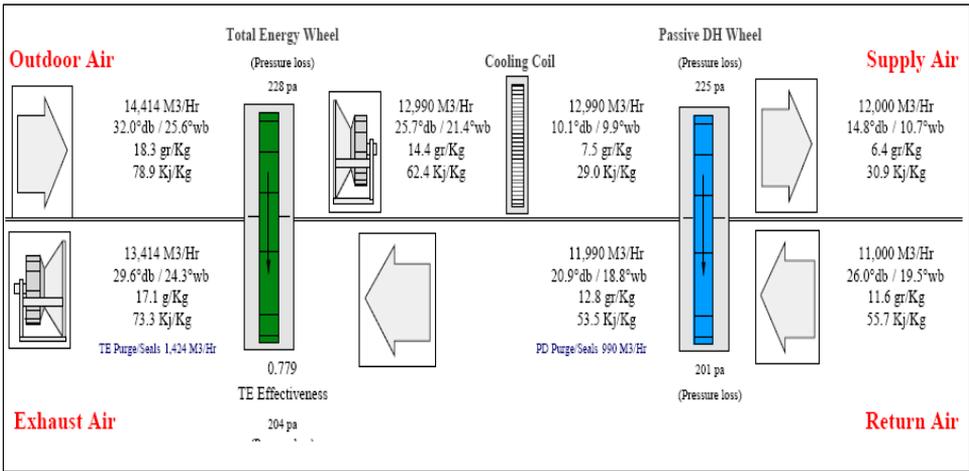
5.2) Active Chilled Beam System



(5.2) Active Chilled Beam

(5.3) (5.4)

(Chilled Beam)



(5.6) Chilled Beam+DOAS System

(2) (Chilled Beam)

26.0 , 55%RH(: 16.3)

17.0 . (Chilled Beam)

가

가

가

.

,

,

가

가

가

가

()가

가

26 55% RH

16.3

(5.7)

ASHRAE

317

persons × 34 CMH = 10,778 CMH

18,000 CMH

(DOAS ;

Dedicated Out Air System)

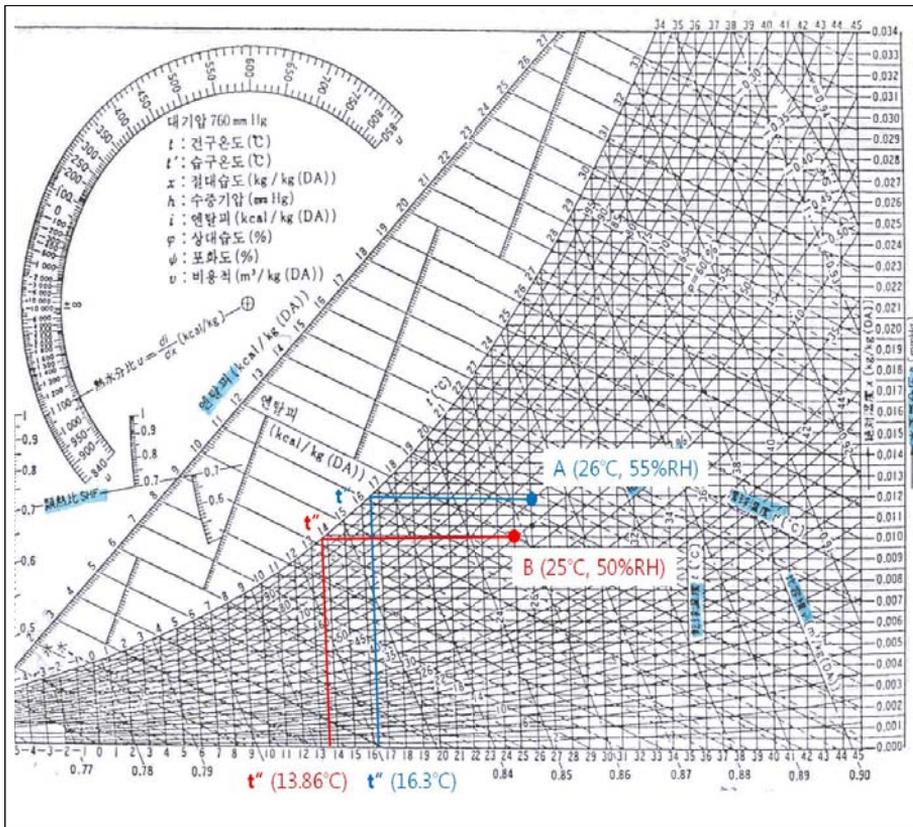
18,000 CMH

25 , 50% RH

13.86

가

< 5.4 >



(5.7)

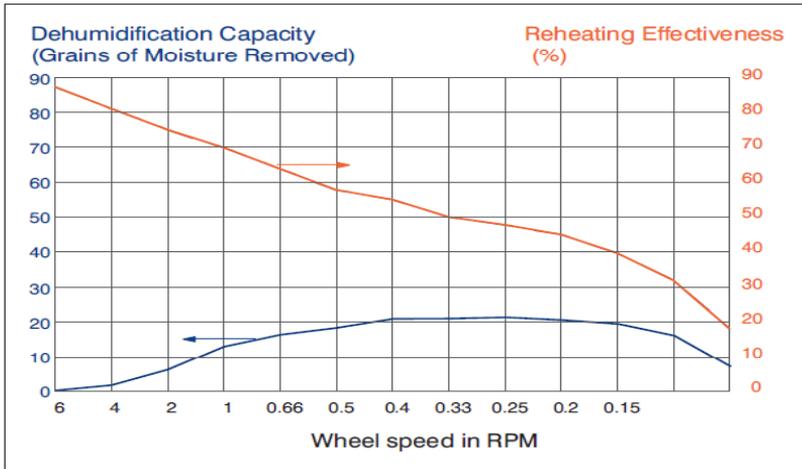
< 5.4 >

			ASHRAE	
	x	kg/kg(DA)	1kg	Humidity ratio, Absolute humidity
		%	(P) (P_s) $= 100 (P/P_s)$	Relative humidity
()		%	(x) (x_o) $= 100 (x/x_o)$	Degree of saturation
	t'			Wet bulb temperature
	t"			Dew point temperature
	h	mmHg		Partial pressure of vapor in moist air
	p	kg/cm ²		

가
(/가) Passive

가 . (5.8) Passive

(wheel speed)가



(그림 5.8) Passive Dehumidification Wheel

(3) (Chilled Beam)

(Chilled Beam System)

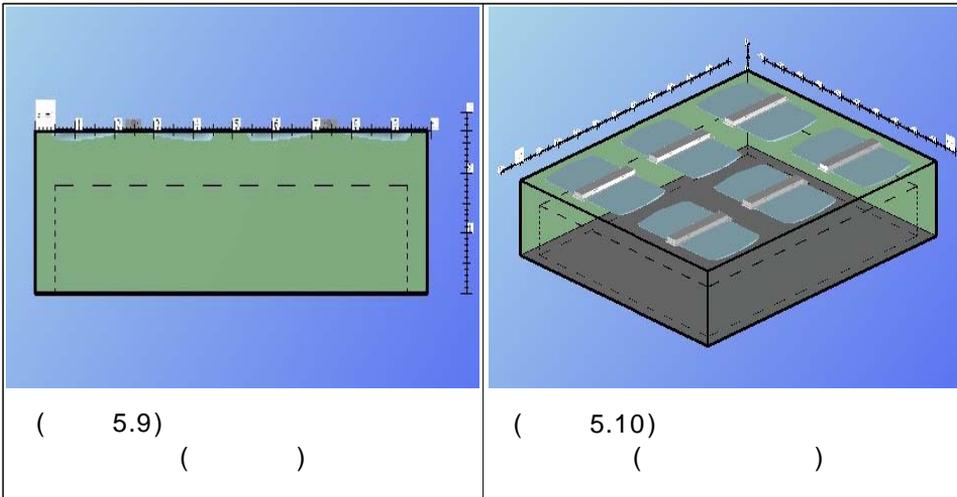
R&DB

4

(AHU - 8)

(5.9), (5.10) 4 Zone Chilled

Beam



(Chilled Beam)

< 5.5 >

Chilled Beam Unit

2~9

4~5

83

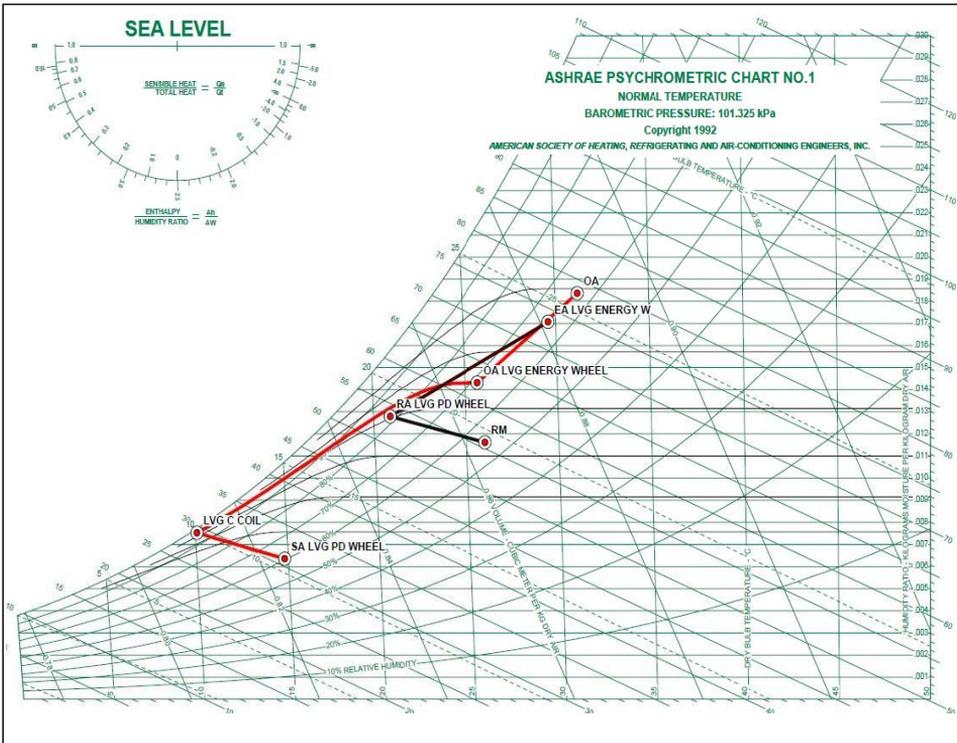
< 5.5 >

Chilled Beam

(4

; AHU - 8)

	(m ²)		(Kcal/hr)	(W)	Unit	(Kcal/hr)	(CMH)
- 1	57.6	12	6,573	5,653	4	875	415
- 2	118.8	24	9,798	8,426	6	1,803	855
- 3	118.8	24	9,763	8,396	6	1,803	855
- 4	118.8	24	9,641	8,291	6	1,803	855
- 5	118.8	24	9,641	8,291	6	1,803	855
- 6	87.6	17	7,063	6,074	4	1,311	631
- 7	42.9	6	2,800	2,408	2	586	309
- 8	77.2	14	5,263	4,526	3	1,094	556
- 9	40.5	8	2,761	2,374	2	586	292
- 10	126	25	14,569	12,529	9	1,912	907
- 11	118.8	25	11,262	9,685	7	1,926	855
- 12	71.28	13	5,834	5,017	4	999	513
- 13	120	24	9,927	8,537	6	1,816	864
- 14	106	21	8,500	7,310	5	1,585	763
	43.7	50	15,842	13,624	10	3,779	315
()	44.8	6	1,686	1,450		444	323
()	36.6	24	5,224	4,493	3	1,373	264
	66.02						
	1,514.2	317	136,147		83	25,498	10,427
RSHF			0.84				
	/m ²		77.3 W				
	() CMH						10,778
	/m ² l/sec/m ²						1.98



(5.11) Chilled Beam + DOAS

(5.11) Chilled Beam + DOAS

, < 5.6 >

가

가

가

Passive Dehumidification Wheel

. Passive Dehumidification Wheel

가

< 5.6 >

구 분	Air Flow Actual) (L/s)	Dry Bulb (°C)	Wet Bulb (°C)	Relative Humidity (%)	Humidity Ratio (kg/kg)	Enthalpy (kJ/kg)	Dew Point (°C)
OA	3,333	31.2	25.49	63.6	0.01836	78.324	23.48
RM	3,055	26.0	19.53	55.0	0.01161	55.734	16.267
RA LVG PD WHEEL	3,330	20.9	18.8	82.3	0.01279	53.488	17.761
OA LVG ENERGY WHEEL	3,608	25.7	21.4	68.7	0.01431	62.297	19.517
LVG C COIL	3,608	10.1	9.9	97.6	0.00753	29.113	9.739
SA LVG PD WHEEL	3,333	14.8	10.7	60.6	0.00635	30.924	7.256
EA LVG ENERGY WHEEL	3,726	29.6	24.3	64.9	0.01707	73.364	22.306

- OA :
 - OA LVG ENERGY WHEEL :
 - LVG C COIL :
 - SA LVG PD WHEEL :
 - RA LVG PD WHEEL :
 - EA LVG ENERGY WHEEL :
- RM :
 가
 가
 가
 가 Passive Dehumidification Wheel
 Passive Dehumidification Wheel 가

5.2.2 천정복사냉방(Chilled Beam) 시스템 적용시 고려사항

(1)

1

(Condensation) CAV+FCU , 2
 (Chilled Beam) .
 (Chilled Beam) ,
 , , , . (Chilled

Beam)

가

DOAS

(Condensation)

(2)

(Zoning)

CAV+FCU

가

FCU

가

(Chilled

Beam)

(Zoning)

VAV + FPU

VAV+

Zone

(5.12)

FPU

(5.13)

FPU

1

1

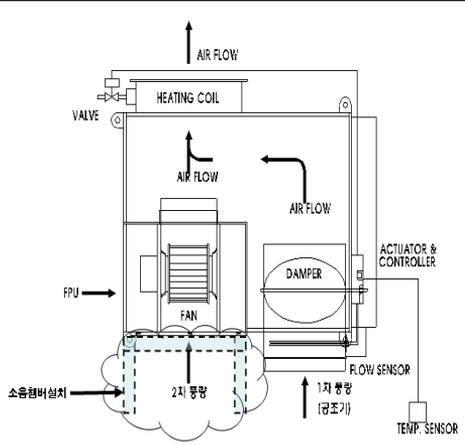
가

Heating coil

2



(5.12) FPU(Fan Powered Unit)



(5.13) VAV+FPU System

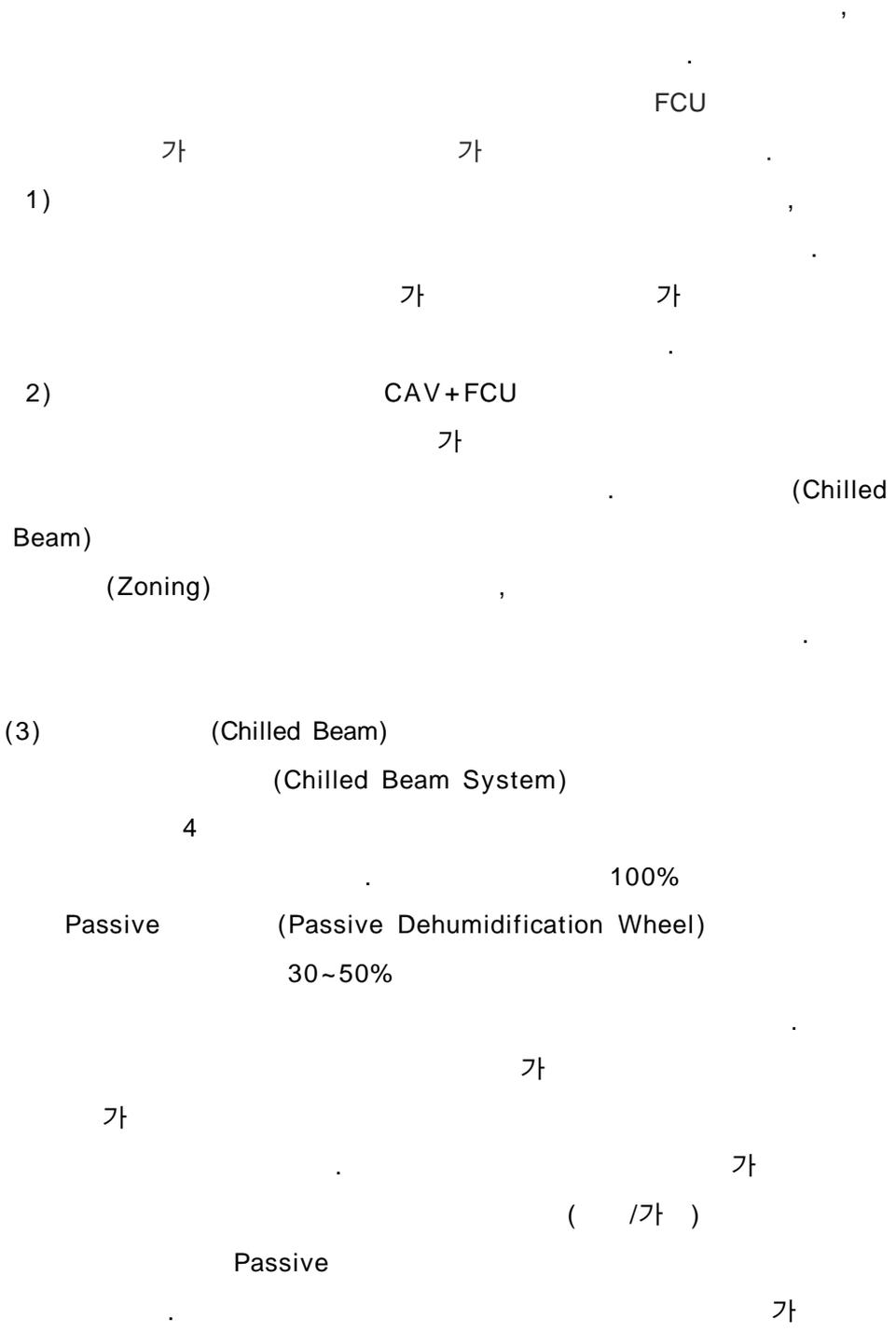
5.3 소결

(1)

FCU가 +
 (CAV+FCU) +
 (CAV+FCU) 4~6 /
 3 /

(2)

가
 가 (SHF)가
 (Reheating coil)
 가 가



가

26.0 55% RH(:16.3) DOAS(Dedicated
Out Air System)&Chilled Beam

가

가

가

26 55% RH

16.3

25 50% RH

13.86

가

가

가

Chilled Beam

Chilled Beam

가

DOAS

(Condensation)

(Dew point sensor)

6. 결론

6.1 종합토의

가
가
가
가
가
가
(Low Energy Cooling Systems)

1.

(1) 가
EnergyPlus

(2) , , ,

2.

(1) EnergyPlus
TRNSYS TMY - 2 ,

5 1 9 30 5

(2)

(Night Ventilation)

가

(Chilled Beam)

3.

(1) + + (CAV+FCU+Night Ventilation ;
ALT1) 330

(2) CAV+FCU ALT2(Chilled Beam)
17

4.

(1) AHU가 , FCU가

(2) 3 /

5.

(1)

(time lag)

가 가

가

가

(2)

(Chilled Beam)

가

(Chilled Beam)

Chilled Beam
(DOAS)

가

(Condensation)

(Dew point sensor)

(Zoning)

(Chilled Beam)

(Zoning)

6.2 결론

1.

(1)

가

(2)

30~50%

25.0 50% RH , 26.0 55% RH
13.86 가 가

가

가

2.

Project

가

Passive

Active

(kW/h. m². year)

6.3 향후 연구과제

IEA(International Energy Agency)

(1) IEA(International Energy Agency)
LEC(Low Energy Cooling)

VAV() , ,
가

(2) (Low Energy Cooling
Systems)
(Low Energy Cooling Systems)

(3)
가

가

참 고 문 헌

<국내문헌>

1. 김영섭, 사무소 건물에서 냉방열원시스템의 경제성 평가를 위한 간이 에너지 계산법 개발, 고려대학교 대학원 박사학위논문, 2003. 2.
2. 서국정, 건물에너지 소비인자가 에너지소비량에 미치는 영향에 대한 해석적 연구, 고려대학교 대학원 박사학위논문, 2001.12.
3. 김남규, 사무소 건물 설비시스템의 종합적 성능개선 방법에 관한 연구, 중앙대학교 대학원 박사학위논문, 2000.12.
4. 석호태, 사무소 건물의 에너지절약을 위한 부하 예측방정식 및 설계지침 개발에 관한 연구, 서울대학교 대학원 박사학위논문, 1995. 8.
5. 조진균, 에너지 절약적 공조시스템 선정에 관한 기초적 연구, 대한설비공학회 2007 동계학술발표대회 논문집 pp.058~063.
6. 조진균, 초고층, 대규모 건물의 에너지 절약적 공조방식 선정에 관한 설계 접근 방안에 대한 연구, 대한건축학회논문집 계획계 제24권 제6호(통권 236호) 2008. 6. pp.347~354.
7. 문현준, EnergyPlus를 이용한 건물에너지 해석 및 BIM 활용, 설비/공조. 냉동. 위생(한국설비기술협회지) 제26권 9호, 2009.
8. 홍희기, 건물의 동적 열에너지 해석 및 LCC 분석, 설비/공조. 냉동. 위생(한국설비기술협회지) 제18권 6호, 2001.
9. 공성훈, EnergyPlus 부하 해석 프로그램, 설비저널(대한설비공학회) 제29권 7호, 2000.
10. 김영돈, 에너지 절약과 친환경 설계를 위한 건물에너지 해석 프로그램 활용, 설비/공조.냉동.위생(한국설비기술협회지) 제26권 9호, 2009.
11. 국제에너지기구(IEA) '세계에너지전망 2009' 보고서

12. 손보식, LCC 분석을 이용한 노인 공동주택 개보수의 경제성 평가방법, 서울대학교 대학원 석사학위논문, 2000.
13. 김기훈, 건물외피의 축열용량이 냉난방부하에 미치는 영향에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 계획계, 1996.
14. 염윤숙, 친환경 공동주택 요소기술의 경제성평가에 관한 연구, 중앙대학교 대학원 석사학위논문, 2008.

<국외문헌>

1. Evans. B, Technical and Practice, Low Energy Design for a High Tech Office, Architects ' Journal, December 17, 1993.
2. Fletcher J, Martin AJ, Night Cooling Control Strategies, TA14/96, BSRIA, 1996.
3. Peter Rumsey and John Weale, Chilled Beams in Labs Eliminating Reheat & Saving Energy on a Budget, ASHRAE Journal, 2007, Vol 49, pp.18~19.
4. L. E. Elberling, R.C. Bourne, "ACT2 Project: Maximizing Residential New Construction Energy Efficiency ", Proceedings of the 1996 ACEEE Summer Study, Pacific Grove CA, USA, 1995.
5. Eley Associates, ACT2 Stanford Ranch Residential Site EEM Impact Analysis, PG&E Research and Development Dept. San Ramon CA, USA, 1996.
6. T. D. Colvin, Office Tower Reduces Operating Costs with Two-Stage Evaporative Cooling System, ASHRAE Journal, March 1996, pp.23 -24, American Society of Heating, Refrigeration, and Air -conditioning Engineers, Atlanta GA, 1995.
7. DesiCool, Desiccant Cooling: (Munters, 1994) and discussions with Hans Hagberg and Torgil Stark, Munters, 1995 -96.
8. The Dehumidification Handbook, 2nd edition, Lewis G. Harriman III (Editor), Amesbury, MA, USA: Munters Cargocaire, 1990.
9. Desiccant Cooling and Dehumidification, Lewis G. Harriman III (Editor), Atlanta, GA, USA: American Society of Heating, Refrigerating and Air - Conditioning Engineers, 1992.
10. Johnny Andersson, Case Studies of Low Energy Cooling Technologies, Aug. 1998.
11. K. Fraser et al, Review of Low Energy Cooling Technologies,

IEA BCS Annex 28, Feb. 1995.

12. N. Barnard et al, Early Design Guidance for Low Energy Cooling Technologies, IEA BCS Annex 28, 1998.
13. Engineering Reference, EnergyPlus Manual, version 1.0, 2001.
14. M. Zimmermann, J. Andersson, Case Studies of Low Energy Cooling Technologies, International Energy Agency, Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme, Annex 28 - Low Energy Cooling, 1998.
15. International Energy Agency(IEA), Low Energy Cooling, Technical Synthesis Report IEA ECBCS Annex 28, July 2000.
16. Review of Low Energy Cooling Technologies, Subtask 1 Report. Dec.1995.
17. E. Mundt, Convective flow above common heat source in rooms with displacement ventilation, in Proceedings of ROOMVENT '90, Oslo,1990.
18. X. Yuan, Q. Chen, L.R. Glicksman, Models for prediction of temperature difference and ventilation effectiveness with displacement ventilation, ASHRAE Transactions 105(1) (1999)
19. Norman Bourassa, Philip Haves and Joe Huang ; A Computer Simulation Appraisal of Nonresidential Low Energy Cooling Systems in California 2002.
20. R.K. Strand, et al, EnergyPlus: A new-generation energy analysis and load calculation engine for building design, in: Proceedings of the ACSA Technology Conference, Cambridge, Massachusetts, 2000.
21. M.J. Witte, et al., Testing and validation of a new building energy simulation program, in: Proceedings of Seventh International IBPSA Conference, Rio de Janeiro, 2001.
22. E. L. Olslen, Performance comparison of U.K. Low Energy Cooling

Systems by energy simulation, M.Sc. Thesis, Department of Architecture, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, 2002.

23. K. J. Lomas, et al, Empirical validation of thermal building simulation programs using test room data, Volume 2 : Empirical validation package, International Energy Agency Annex 21/Task 12, 1994.

<Web Site>

1. 에너지관리공단 기후대책실, <http://co2.kemco.or.kr/>
2. 에너지경제연구원, <http://www.keei.re.kr>
3. 통계청, <http://www.nso.go.kr>
4. 한국전력공사, <http://www.kepco.co.kr>
5. 한국가스공사, <http://www.kogas.or.kr>
6. 국제에너지기구(IEA), <http://www.iea.org>
7. 기상청, <http://www.kma.go.kr/>

[부 록]

- 1

1 - 1. ()

1 - 2. CAV+FCU

1 - 3.

1 - 4.

1 - 5. CARBON

- 2

2 - 1.

1-1. 공조방식 대안별 에너지 소비량(보정후)

1.gas	26		
MWh	Simulation -A	Simulation -B	Simulation -C
May	53.6294	46.7492	27.3457
Jun	119.0009	110.8609	73.3342
Jul	270.4037	238.0939	165.9939
Aug	351.5729	324.3612	212.4577
Sep	203.8722	186.1532	128.8686
sum	998.4791	906.2184	608.0001
Rate	100%	91%	61%
2.elec			
MWh	Simulation -A	Simulation -B	Simulation -C
May	63.3972	67.1469	58.8593
Jun	111.2706	118.9768	101.8586
Jul	167.5731	176.831	161.9195
Aug	192.7771	206.4983	189.6049
Sep	149.8161	159.3717	141.8249
sum	684.8341	728.8247	654.0672
Rate	100%	106%	82%
3.total			
MWh	Simulation -A	Simulation -B	Simulation -C
May	117.0266	113.8954	86.2050
Jun	230.2715	228.8376	175.1928
Jul	437.9768	410.9228	327.9134
Aug	544.3500	526.8721	402.0626
Sep	353.6883	343.5245	270.6935
sum	1683.3132	1624.0524	1262.0673
Rate	100%	96%	75%

4.chiller	26		
MWh	Simulation -A	Simulation -B	Simulation -C
May	39.5395	40.145	17.6623
Jun	118.9534	107.8609	71.3342
Jul	270.3984	233.0939	166.9939
Aug	351.6209	317.3612	211.4577
Sep	202.9402	179.789	130.8338
sum	983.4524	878.2500	598.2819
Rate	100%	89%	61%
5.pump			
MWh	Simulation -A	Simulation -B	Simulation -C
May	4.4364	4.5004	3.0994
Jun	11.6149	11.4987	8.8276
Jul	20.7808	19.9607	17.3013
Aug	24.3082	22.5041	19.5681
Sep	18.9945	18.1659	16.9162
sum	80.1348	76.6298	65.7126
Rate	100%	96%	82%
6.fan			
MWh	Simulation -A	Simulation -B	Simulation -C
May	6.8813	10.4343	5.6762
Jun	16.5152	24.1437	13.223
Jul	26.1485	37.7106	20.7696
Aug	30.277	45.8992	24.5751
Sep	24.7723	35.5731	18.8344
sum	104.5943	153.7609	83.0783
Rate	100%	147%	79%

1-2. CAV+FCU 시스템의 실내온도설정별 에너지소비량(보정전)

1.gas	26	24	22
MWh	Simulation -A	Simulation -A	Simulation -A
May	53.6538	57.3019	61.6363
Jun	83.4663	117.363	130.0164
Jul	241.8151	245.8578	258.8419
Aug	339.4247	388.9088	412.5046
Sep	126.2019	148.7337	163.4618
sum	844.5618	958.1652	1026.461
Rate	100%	113%	122%
2.elec			
MWh	Simulation -A	Simulation -A	Simulation -A
May	63.4066	70.9277	75.576
Jun	83.86	100.0359	104.2464
Jul	156.4857	144.0559	149.1003
Aug	192.6599	198.8818	205.1127
Sep	113.0197	118.9322	123.4294
sum	609.4319	632.8335	657.4648
Rate	100%	104%	108%
3.total			
MWh	Simulation -A	Simulation -A	Simulation -A
May	117.0602	128.2292	137.2123
Jun	167.3176	217.3997	234.2628
Jul	398.3619	389.9123	407.9446
Aug	532.0546	587.7736	617.6359
Sep	239.2141	267.6679	286.8882
sum	1453.9937	1590.9827	1683.9438
Rate	100%	109%	116%

4.chiller	26	24	22
MWh	Simulation -A	Simulation -A	Simulation -A
May	40.5713	49.7756	57.2096
Jun	85.4573	117.363	130.0164
Jul	241.8761	245.8578	258.8419
Aug	341.4082	388.9088	412.5046
Sep	127.1924	148.7337	163.4618
sum	836.5053	950.6389	1022.0343
Rate	100%	114%	122%
5.pump			
MWh	Simulation -A	Simulation -A	Simulation -A
May	4.4387	5.4105	5.6196
Jun	6.5444	8.8255	8.8361
Jul	18.8437	15.5021	15.5
Aug	24.3552	24.3191	24.3302
Sep	11.8664	12.1356	12.1115
sum	66.0484	66.1928	66.3974
Rate	100%	100%	101%
6.fan			
MWh	Simulation -A	Simulation -A	Simulation -A
May	6.8813	6.8813	6.8813
Jun	9.2576	11.0101	11.0101
Jul	23.3961	19.2676	19.2676
Aug	30.277	30.277	30.277
Sep	15.1389	15.1389	15.1389
sum	84.9509	82.5749	82.5749
Rate	100%	97%	97%

1-3. 야간환기방식 대안별 에너지 소비량

1.gas		26			
MWh	Simulation -A & without night vent	Simulation -B	Simulation -C	night vent. case -2	night vent. case -3
May	53.6294	46.7492	27.3457	53.6225	53.6236
Jun	119.0009	110.8609	73.3342	117.3174	117.1441
Jul	270.4037	238.0939	165.9939	264.5467	262.8118
Aug	351.5729	324.3612	212.4577	349.2226	347.0459
Sep	203.8722	186.1532	128.8686	203.6125	203.2963
sum	998.4791	906.2184	608.0001	988.3217	983.9217
Rate	100%	91%	61%	99%	99%
2.elec					
MWh	Simulation -A & without night vent	Simulation -B	Simulation -C	night vent. case -2	night vent. case -3
May	63.3972	67.1469	58.8593	63.3894	63.3895
Jun	111.2706	118.9768	101.8586	112.5037	112.1889
Jul	167.5731	176.831	161.9195	181.7032	178.6331
Aug	192.7771	206.4983	189.6049	217.7299	215.0685
Sep	149.8161	159.3717	141.8249	150.8607	150.8369
sum	684.8341	728.8247	654.0672	726.1869	720.1169
Rate	100%	106%	82%	106%	105%
3.total					
MWh	Simulation -A & without night vent	Simulation -B	Simulation -C	night vent. case -2	night vent. case -3
May	117.0266	113.8954	86.2050	117.0117	117.013
Jun	230.2715	228.8376	175.1928	229.8196	229.3317
Jul	437.9768	410.9228	327.9134	446.2514	441.4459
Aug	544.3500	526.8721	402.0626	566.9489	562.1098
Sep	353.6883	343.5245	270.6935	354.472	354.1326
sum	1683.3132	1624.0524	1262.0673	1714.5036	1704.033
Rate	100%	96%	75%	102%	101%

4.chiller		26			
MWh	Simulation -A & without night vent	Simulation -B	Simulation -C	night vent. case -2	night vent. case -3
May	39.5395	40.145	17.6623	24.0388	24.0388
Jun	118.9534	107.8609	71.3342	91.8618	90.1463
Jul	270.3984	233.0939	166.9939	225.4734	224.6458
Aug	351.6209	317.3612	211.4577	270.2818	270.0414
Sep	202.9402	179.789	130.8338	195.0356	194.921
sum	983.4524	878.2500	598.2819	806.6914	803.7933
Rate	100%	89%	61%	82%	83%
5.pump					
MWh	Simulation -A & without night vent	Simulation -B	Simulation -C	night vent. case -2	night vent. case -3
May	4.4364	4.5004	3.0994	3.0624	3.0624
Jun	11.6149	11.4987	8.8276	9.5456	9.6777
Jul	20.7808	19.9607	17.3013	20.9652	21.0056
Aug	24.3082	22.5041	19.5681	24.4943	24.4925
Sep	18.9945	18.1659	16.9162	19.0605	19.0647
sum	80.1348	76.6298	65.7126	77.128	77.3029
Rate	100%	96%	82%	96%	96%
6.fan					
MWh	Simulation -A & without night vent	Simulation -B	Simulation -C	night vent. case -2	night vent. case -3
May	6.8813	10.4343	5.6762	13.2216	13.2216
Jun	16.5152	24.1437	13.223	60.124	52.6523
Jul	26.1485	37.7106	20.7696	94.5753	83.3669
Aug	30.277	45.8992	24.5751	109.9807	96.5307
Sep	24.7723	35.5731	18.8344	47.5969	47.5969
sum	104.5943	153.7609	83.0783	325.4985	293.3684
Rate	100%	147%	79%	311%	211%

1-4. 야간환기 시뮬레이션 조건별 에너지소비량

1.gas		26	
MWh	Night ventilation -	Night ventilation - t 1	Night ventilation - t 2
May	46.7492	46.7401	46.7401
Jun	110.8609	109.8696	109.8969
Jul	238.0939	235.0957	235.1415
Aug	324.3612	320.0381	320.3073
Sep	186.1532	183.6693	183.6698
sum	906.2184	895.4128	895.7556
Rate	100%	99%	99%
2.elec			
MWh	Night ventilation -	Night ventilation - t 1	Night ventilation - t 2
May	67.1469	67.1422	67.1422
Jun	118.9768	118.6974	118.7016
Jul	176.831	176.3631	176.3721
Aug	206.4983	206.1084	206.1337
Sep	159.3717	158.8549	158.856
sum	728.8247	727.166	727.2056
Rate	100%	100%	100%
3. total			
MWh	Night ventilation -	Night ventilation - t 1	Night ventilation - t 2
May	113.8954	113.8817	113.8817
Jun	229.8376	228.5689	228.6004
Jul	414.9228	411.4565	411.5113
Aug	530.8721	526.1597	526.4536
Sep	345.5245	342.5231	342.5245
sum	1635.0524	1622.5899	1622.9715
Rate	100%	99%	99%

4. chiller			
MWh	Night ventilation -	Night ventilation - t 1	Night ventilation - t 2
May	40.145	40.1357	40.1357
Jun	110.8609	109.8696	109.8969
Jul	238.0939	235.0957	235.1415
Aug	324.3612	320.0381	320.3073
Sep	185.789	183.2893	183.2896
sum	899.25	888.4284	888.771
Rate	100%	99%	99%
5. pump			
MWh	Night ventilation -	Night ventilation - t 1	Night ventilation - t 2
May	4.5004	4.4994	4.4994
Jun	11.4987	11.4407	11.4415
Jul	19.9607	19.8787	19.8808
Aug	23.5041	23.4551	23.4583
Sep	18.1659	18.081	18.0818
sum	77.6298	77.3549	77.3618
Rate	100%	100%	100%
6. fan			
MWh	Night ventilation -	Night ventilation - t 1	Night ventilation - t 2
May	10.4343	10.4343	10.4343
Jun	25.1437	25.1437	25.1437
Jul	38.7106	38.7106	38.7106
Aug	46.8992	46.8992	46.8992
Sep	36.5731	36.5731	36.5731
sum	157.7609	157.7609	157.7609
Rate	100%	100%	100%

1-5. 공조방식 대안별 CARBON 배출량

1.gas			
kgCO2	Simulation -A	Simulation -B	Simulation -C
May	10,404	9,069	5,305
Jun	23,086	21,507	14,227
Jul	52,458	46,190	32,203
Aug	68,205	62,926	41,217
Sep	39,551	36,114	38,501
sum	193,704	175,806	131,453
Rate	100%	91%	68%
2.elec			
kgCO2	Simulation -A	Simulation -B	Simulation -C
May	26,754	28,336	24,839
Jun	46,956	50,208	42,984
Jul	70,716	74,623	68,330
Aug	81,352	87,142	80,013
Sep	63,222	67,255	59,850
sum	289,000	307,564	276,016
Rate	100%	106%	96%
3. total			
kgCO2	Simulation -A	Simulation -B	Simulation -C
May	37,158	37,405	30,144
Jun	70,042	71,715	57,211
Jul	123,174	120,813	100,533
Aug	149,557	150,068	121,230
Sep	102,773	103,369	98,351
sum	482,704	483,370	407,469
Rate	100%	100%	84%

AHU - 06	1	3F		3F		9,500	95	DS#2 1/2	7.5		8,400	40	DS#2 1/4	5.5	3-380-60	2.5	1.4	82,800	276	7 / 12	29.0/2.8	15.0/14.0	82,750	39
AHU - 07	1	3F		3F		12,000	95	DS#2 1/2	7.5		10,900	40	DS#2 1/4	5.5	3-380-60	2.5	1.4	110,900	370	7 / 12	29.4/2.8	15.1/14.2	121,900	56
AHU - 08	1	4F		4F		12,000	95	DS#2 1/2	7.5		10,900	40	DS#2 1/4	5.5	3-380-60	2.5	1.4	110,900	370	7 / 12	29.4/23.2	15.1/14.2	114,900	56
AHU - 09	1	4F		4F		12,000	95	DS#2 1/2	7.5		10,900	40	DS#2 1/4	5.5	3-380-60	2.5	1.4	110,900	370	7 / 12	29.4/23.2	15.1/14.2	113,250	46
AHU - 10	1	5F		5F		12,000	95	DS#2 1/2	7.5		10,900	40	DS#2 1/4	5.5	3-380-60	2.5	1.4	106,150	354	7 / 12	29.3/23.0	15.1/14.2	107,450	54
AHU - 11	1	5F		5F		12,000	95	DS#2 1/2	7.5		10,900	40	DS#2 1/4	5.5	3-380-60	2.5	1.4	110,900	370	7 / 12	29.4/23.2	15.1/14.2	110,350	55
AHU - 12	1	6F		6F		12,000	95	DS#2 1/2	7.5		10,900	40	DS#2 1/4	5.5	3-380-60	2.5	1.4	107,750	360	7 / 12	29.3/23.1	15.2/14.3	107,450	53
AHU - 13	1	6F		6F		11,000	95	DS#2 1/2	7.5		9,900	40	DS#2 1/4	5.5	3-380-60	2.5	1.4	100,200	334	7 / 12	29.3/23.1	15.1/14.2	100,000	49
AHU - 14	1	7F		7F		12,000	95	DS#2 1/2	7.5		10,900	40	DS#2 1/4	5.5	3-380-60	2.5	1.4	109,300	365	7 / 12	29.6/23.4	15.6/14.6	119,050	59
HVU - 01	1	7F	가	7F		18,000	50	DS#4 1/2	5.5						3-380-60	2.5	2.0						223,000	

CAC-01	4	1F	,MDF			5,400	2,580		1.5		R-22			1.5	2			가		2,580		350	20	0.2

				(W)		(%)	(%)	(dB)	DUCT		(mm)													
				(CMH)	/ /	Ph -V -Hz	/ /	/ /	(mm)														(kg)	
EXH-01	2			800	585/555/470	1-220-60	-70/70/75		79/79/82	36/34/30	250	365	1062	1140	63									
EXH-02	1			800	585/555/470	1-220-60	-70/70/75	-65/65/70	79/79/82	36/34/30	250	365	1062	1140	63									

											(mm)													
				(kw)	Ph -V -Hz	(KW)					가		()	(mm)	(KG)							FILTER	Ph -V -Hz	
PAC-1	2		ELEV.	7.2	1-220-60	2.1			R-22	15.88	6.35	PVC(18)	10	36								1-220-60		

						m ³ /h	mmH2O	KW	Ph -V -Hz	
SF -02	1	2	()		DS # 5 1/2	30,000	30	5.5	3 -380 -60	
SF -03	1	2			450Ø	3,800		0.2	1 -220 -60	
SF -04	1	2 UPS			400Ø	2,700		0.2	1 -220 -60	
SF -05	1	2	IN LINE DUCT		750Ø	9,000	30	2.2	3 -380 -60	
SF -06	1	1				40,000	15	7.5	3 -380 -60	
EF -01	1	2			SS #8	43,100	30	11	3 -380 -60	
EF -02	1	2	()		DS # 5 1/2	30,000	30	5.5	3 -380 -60	
EF -03	1	2			450Ø	3,800		0.2	1 -220 -60	
EF -04	1	2 UPS			400Ø	2,700		0.2	1 -220 -60	
EF -05	1	2	IN LINE DUCT		750Ø	9,000	30	2.2	3 -380 -60	
EF -06	1	1 ~7			SS #4	7,900	20	1.5	3 -380 -60	
EF -07	1	1 ~7			SS #4	8,500	20	1.5	3 -380 -60	
EF -08	1	7			DS # 5 1/2	22,500	45	7.5	3 -380 -60	
EF -09	2	2				40,000	15	7.5	3 -380 -60	
EF -10	2	2				20,000	15	2.2	3 -380 -60	
EF -11	2	1				40,000	15	7.5	3 -380 -60	
EF -12	2	2 -2, 1			300 300	500		33W	1 -220 -60	
EF -13	2	2 -1, 1			300 300	600		33W	1 -220 -60	
EF -14	3	1 ELEV.			300 300	700		33W	1 -220 -60	
EF -15	1	2	IN LINE DUCT ()		500 Ø	2,000	20	0.4	1 -220 -60 1 -220 -60	
RF -1	1	-1			DS # 6	47,600	50	15	3 -380 -60	
SC -01	1 SET									

				CMH	MODEL	SIZE(mm)			SIZE(mm)				
						H	T	B	A	B	C	D E	
SHX -01	1	AHU -2		9,500/5,000	PWT 10/800/1500	1,101	1,101	1,500	1,550	1,600	1,800	500 1,500	

								()			()				
								CMM	W	PH -V -Hz	kcal/h				kcal/h
FCU -01	356						8.5	35	1-220-60	2,400	7	12	4,080	60	55.8
FCU -02	149						11.5	42	1-220-60	3,460	7	12	5,640	60	55.8
FCU -03	4						15.7	65	1-220-60	4,700	7	12	7,500	60	55.8
FCU -04	28						22.4	45 2	1-220-60	6,720	7	12	11,000	60	55.8
FCU -05	4						8	35	1-220-60	2,400	7	12	4,080	60	55.8
FCU -06	9						8.5	35	1-220-60	2,400	7	12	4,070	60	55.8

											kcal/h	mm		ROW
CON -01	27						1,781	2,200	2	80	70	2.8	48	1-220-60
CON -02	11						1,652	1,900	2	80	70		48	1-220-60

P -01	4	()					3,333	40	150	150	37.0	1	
P -02	4	()					5,500	76	200	150	110.0	1	

P-03	2	()			120	25	25	25	1.5	1							
P-04	3									1							
P-05	1						50	50	3.7								
P-06	1SET	가			337 4	65	150	125	7.5 4								
P-07	2	()			30	9	65	65	0.4	1							
P-08	2	()		7	20	9	50	50	0.2	1							
P-09	2				350	20		65	1.5								
P-10	2				200	20		50	1.5								
P-11	2				200	20		50	1.5								
P-12	4				200	20		50	1.5								
P-13	2	1		2	100	13		65	1.5								
- V [] ()																	
								(kw)					(MM)				
					(Kcal/h)	(kcal/h)	Ph -V -Hz			(kw)		(CMM)	W) (가			
PAC-01	4				6,200	7,000	1-220-60	0.14	0.14			19	50	R-22	15.88	9.52	PVC(32)
PAC-02	4				7,100	8,000	1-220-60	0.18	0.18			21	52.5		15.88	9.52	PVC(32)
- V [] ()																	
								(kw)					(MM)				
					(Kcal/h)	(kcal/h)	Ph -V -Hz			(kw)		(CMM)	W) (가			
PAC-03	2				24,900	28,000	3 4 -380-60	10.2	10			210	1,500		28.58	12.7	PVC(32)

국 문 초 록

사무소건물의 에너지절약형 냉방시스템 적용에 관한 연구

박 창 봉

건축학과 건축환경 및 설비 전공

중앙대학교 대학원

지도교수 이 언 구

가

가

가

가

가

가

가

(Low Energy Cooling Systems)

1.

(1)

TRNSYS

TMY - 2

EnergyPlus

5 1 9 30 5

(2)

(Night Ventilation)

가

(Chilled Beam)

2.

(1) + + (CAV+FCU+Night Ventilation ; AL
T1) 330

(2) + (CAV+FCU) ALT2(Chilled
Beam) 17

3.

(1)

가

(2)

30~50%

가

가

4.

Projet

가

<ABSTRACT>

A Study on the Application of Low Energy Cooling Systems in Office building

Chang-Bong, Park

Department of Architecture

The Graduate School of Chung-Ang University

Advised by Prof. Eon Ku, Rhee, Ph.D.

A large portion of the consumed energy in a building are cooling and heating to maintain a comfortable indoor environment for occupants and maintenance. Air conditioning is now one of the important part in the building design, as increase in energy consumption and pollutant emission in energy conversion process.

Verification of Low Energy Cooling Systems is highly required due to increase in CO₂ emission and energy cost of cooling energy. There are several types of Low Energy Cooling Systems nowadays, but those systems are rarely applied due to lack of energy saving performance verification and its high initial cost.

In this study, after setting a ordinary office building as a target building, elements that affects the energy consumption of building are identified and energy saving performance of the alternative Low Energy Cooling Systems considering characteristics of office building is analyzed to suggest energy saving measures.

1. Energy Performance Modeling of the Target Building

(1) In this study, EnergyPlus and TMY-2 which supplied from TRNSYS are used for energy analysis program and weather data. Weather data of Seoul is used for energy consumption analysis as it is close to Suwon where the target building is located. Cooling period for computer simulation is set to 5 months (5/1~9/30).

(2) Performance Simulation of Alternative Low Energy Cooling Systems
Night Ventilation and Chilled Beam system are chosen as alternative system which can be applied to ordinary office building.

2. Economic Efficient Analysis of Alternative Low Energy Cooling Systems

Economic efficient of alternative Low Energy Cooling Systems are analyzed by comparing consumed amount of consumed energy and driving and initial cost.

(1) CAV+FCU+Night Ventilation

ALT1 system showed 330,000 Won can be saved annually compared to original system.

(2) Comparing initial cost of ALT2(Chilled Beam) system and CAV+FCU system.

It showed that pay back period for initial cost of ALT2(Chilled Beam) system compared to CAV+FCU system is 17year.

3. Suggesting Alternative Low Energy Cooling Systems

(1) Things to be considered applying Night Ventilation system

Apply to heavy weight structure building which has storage thermal mass.

Apply to get more air flow rate building like all air system

By monitoring change of outdoor air temperature and indoor temperature by Night Ventilation, check optimal set temperature for shut down of fan unit to reduce excessive fan drive time during Night Ventilation mode.

Use high efficient fan motor to reduce conveyance energy.
Applying Night Ventilation system with considering these issues can reduce more energy and get more economic efficient as Low Energy Cooling Systems.

(2) Reducing Initial Cost of Chilled Beam System

This system can reduce 30~50% of energy of original system, also it has advantage that it can maintain comfortable indoor environment by low absolute humidity. As a result of economic efficient analysis, initial cost of the system is still high nowadays. But continuous research and development will make its initial cost and shorten the break-even point. Thus it is considered that applying Chilled Beam Systems for creating comfortable environment and also reducing energy consumption of target building when Remodeling.

4. Considering Application of Low Energy Cooling Systems in Preliminary Design

Although it has time limit in designing a building, focusing on energy saving plan in Preliminary Design Phase is important to reduce and minimize energy demand of the building basically.

When choosing Heat source and Air Conditioning System, energy performance and economic efficient for each alternative HVAC system analyzed by energy analysis software must be considered to choose the optimal HVAC system.