2. 제출문

제 출 문

건설교통부장관(한국건설교통기설평가원장) 귀하

이 보고서를 ″ 건물에너지성능 평가모델 및 성능개선 프로세스 표준화 개발에 관한 연구″과제의 보고서로 제출합니다.

20 . .

주관연구기관명 : 단국대학교 산학협력단
주관연구책임자 : 김 회 서
연 구 원 :
″ :
″ :
협동연구기관명 :
협동연구책임자 :

3. 보고서 요약서

보고서 요약서

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 과제고유번호 | 11<br>기술표준화<br>02-03 | 해 당 단 계<br>연 구 기 간 | 2011.09.30.-<br>2012.07.29.(10월) | 단 계 구 분 | 1차년도/<br>3차년도 |
| 연 구 사 업 명 | 중 사 업 명 | 건설교통기술연구개발사업 | | | |
| | 세부사업명 | | | | |
| 연 구 과 제 명 | 대 과 제 명 | 건물에너지성능 평가모델 및 성능개선 프로세스 표준화 개발 | | | |
| | 세부과제명 | | | | |
| 연 구 책 임 자 | 김회서 | 해당단계<br>참 여<br>연구원수 | 총 : 명<br>내부 : 명<br>외부 : 명 | 해당단계<br>연 구 비 | 정부 : 천원<br>기업 : 천원<br>계 : 천원 |
| | | 총연구기간<br>참 여<br>연구원수 | 총 : 명<br>내부 : 명<br>외부 : 명 | 총연구비 | 정부 : 천원<br>기업 : 천원<br>계 : 천원 |
| 연구기관명 및<br>소 속 부 서 명 | | | 참여기업명 | | |
| 국제공동연구 | 상대국명 : | | 상대국연구기관명 : | | |
| 위 탁 연 구 | 연구기관명 : 우원엠앤이 | | 연구책임자 : 황동곤 | | |
| 요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내) | | | | 보고서면수 | |
| | | | | | |
| 색 인 어<br>(각 5개 이상) | 한 글 | | | | |
| | 영 어 | | | | |

# 요 약 문

## Ⅰ. 제 목

건물에너지성능 평가모델 및 성능개선 프로세스 표준화 개발
- 건물에너지성능 평가법의 표준화
- 설비시스템 DB 구축 및 공정시험개발 제시

## Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

우리나라의 2005년 국가 온실가스 총 배출량은 594백만C02톤으로 1990년 대비 99% 증가하였고, OECD 국가중(2005년) 10위 (증가율은 1위)에 이르렀다[1] 우리나라는 2013-2017년 온실가스를 줄이는 2차 의무감축 대상국에 포함될 가능성이 높아 이에 대한 적극적인 대응이 요구된다. 지난 100년간 지구온난화현상으로 지구 연평균 기온 0.74℃ 상승하였으며, 우리나라의 기온은 100년간 약 1.5℃ 상승하여 세계 평균을 상회하였다. 특히 서울은 지난 100년간 약 2℃ 증가로 전 지구 평균 증가치의 약 3배가 상승하였다. 온실가스 및 지구온난화 문제 등으로 인해 전 세계 각국에서는 에너지절약형 건물의 보급, 확산을 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 과거 건물에서의 에너지 절약은 단순히 경제적 측면에서의 당위성이 강조되었다고 한다면 지금은 경제적 측면과 더불어 지구온난화 방지라고 하는 환경적 측면에서의 당위성이 함께 강조되고 있는 상황이다.

국내 에너지 소비량의 약 22.3%를 건물 분야에서 차지하고 있다. 건물부문의 에너지 소비 비중은 개발이 진행될수록 산업과 수송부문의 비중이 높아져 감소하지만 선진국으로 갈수록 에너지 집약적 산업에서 탈피하고 서비스 산업의 비중이 높아짐에 따라 다시 증가하는 경향을 보인다. 미국, 영국 등에서는 약 40%의 에너지가 건물부문에서 소비되고 있으며 전력에너지의 소비 비중은 76%에 이른다.[2] 선진국형 산업구조로 변할수록 그 비율의 증가가 예상되고 있으며 현재 약 4,500만TOE에서 2030년에 약 6,800만TOE로 지속적인 증가세를 보일 것으로 예상된다.

건물 성능시뮬레이션 프로그램은 건물의 에너지 사용, 열쾌적, 실내공기질, 조도 등과 같은 건물의 성능을 평가하기 위한 툴이 주로써, 다양한 학문분야의 총합으로 이뤄졌으며, 건물 성능에 대한 예측을 위해 수치적인 방법(numerical methods)을 사용하는 동적인 시뮬레이션 도구로써 건물의 물리적 거동을 설명하기 위해 수학적 모델을 통한 계산을 수행한다. 건물성능 시뮬레이션 프로그램의 사용이 크게 증진되었지만, 현재의 컴퓨터 시뮬레이션은 때때로 1,000개 이상의 입력변수를 포함하기 때문에 입력변수들의 불확실성을 고려하는 접근과 결과의 품질에 대한 검증이 요구된다. 계산엔진의 정확성과 함께 입력 데이터를 올바로 준비하는 것이 필수적이고 이를 관리하여 효과적으로 공유하는 시스템이 필요하다.WTO/FTA에 따른 건설시장개방에 대비하여 국제표준(ISO), 유럽연합표준(EN) 과 부합하는 표준 평가모델로써 건물의 에너지성능 향상을 유도하기 위하여 간

1) 녹색성장위원회, 국가온실가스중기 (2020 년 감축목표설정추진계획, 7쪽, 2009. 8)
2) Architects and Climate Change, 2008, AIA

편하며, 공정한 건물 에너지 성능 평가를 위한 계산방법과 구체적인 적용변수의 정립이 요구된다. 새로운 건물 에너지 규제에 대한 건물 에너지 요소 기술의 가이드라인과 평가 툴 부재로 이에 대응할 수 있는 표준화된 건물 에너지성능 평가모델 및 성능개선 프로세스 표준화 개발이 필요하다.

본 과제에서 목표중 하나인 설계 건물의 평가 방법론 완성과 실제 활용도를 높이기 위한 방안으로 국제기준에 입각한 표준화 구축 및 건물에너지 관련 제도의 시장 수용성이 높은 평가 툴 개발이 요구된다.

우리나라 총 건물 수는 6,327,526동(4,699,812 천㎡ ; 2004.12.31 기준)으로 넓은 의미에서 모두 기존 건물로 분류할 수 있다. 매년 신축되는 건물이 120,231동(111,506 천㎡ ;2005년 기준 : 건설교통부 통계자료, 건축허가현황)으로서 기존 건물의 약1.9%를 나타내고 있다. 이들 신축건물 또한 준공 후 건물이 사용되기 시작하면 바로 기존 건물 범주에 포함되는 것이므로 기존 건물이 차지하는 비율이 절대적임을 알 수 있다. 따라서 기존 건물의 자체 개보수 또는 운영방법의 개선 등을 고려하여 에너지 절약을 유도 할 수 있다. 이는 정확한 데이터 구축과 이를 평가할 수 있는 제도 및 프로그램을 필요로 한다. 또한 에너지 효율 향상을 위한 건축주의 적극적인 참여를 유도하기 위한 정부차원의 정책 및 제도 구축, 세제 지원 등 많은 변화에 동승할 수 있는 평가 프로그램이 필요하다.

## Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

### 1. 기존건물 개보수 우선순위 제시를 위한 건물 에너지 Retrofit 표준 Process 관련 기술의 기초 조사 및 이론 정립

**가. 국내.외 사례조사 및 ESRU 연수**

- 국외 관련 연구 및 기준 조사
- 국제 표준 규격 및 계산 방법 정립
- 적용 변수의 표준화 방안

**나. 기 확보된 건물 에너지 데이터 분석 및 4개 용도 건축물의 실측진행**

- 현장 조사를 통한 기존 건축물의 운영현황 분석
- 인터뷰 및 설계도서 확보에 따른 에너지 사용량 조서(전기, 가스 소비량, 건물 면적등)

**다. 기존 건물 에너지 성능 진단 프로세스의 개발**

- 벤치마킹 기법에 의한 기존 건물군의 에너지 성능진단 프로세스 개발

**라. 기존 건물 Retrofit 표준 프로세스의 개발**

- 기존 건물 Retrofit 우선순위 제시를 위한 표준 프로세스 개발

**마. 국내 설비 및 건물 에너지 성능개선 요소 도출**

### 2. 건물 에너지 소비량의 정량적 산출이 가능한 표준 평가 모델 구축을 위한 기초 조사 및 이론 정립

**가. 건물에너지 성능, 설계변수 분석, 표준계산방법 정립을 위한 기초조사 수행, 건물**

**에너지 정량화 기법 기준 조사**

- 해외 국제표준(ISO13790) 및 유럽표준(EN) 분석을 통한 건물 에너지 KEY Factors 도출

**나. 건물 에너지 성능평가를 위한 표준모델 기준 구축**

- 도출된 Key Factors 에 의한 평가모델 표준화
- 평가툴의 적용 범위 및 계산 방법 선정

**다. 건물 에너지 소비량계산과 에너지성능계수(Energy Performance Coefficients) 개념 정립 및 한국형 지표 산출, 표준 계산기법 완성 및 검증**

- 유럽 NCM(national Calculation Methodology) 미국공조냉동공학회(ASHRAE-American Society of Heating, Refrigerating and Air-Con. Engineers) 기준 조사를 통한 계산법 이론 정립
- 한국형 SCOP(Seasonal Coefficient of Performance), SSEER(Seasonal System Energy Efficiency Ratio) 산출을 위한 자료 수집 분석 및 용도별 에너지성능계수(EPC) 도출
- 냉난방, 환기, 조명, 급탕 등의 에너지 소비량의 표준 계산 기법 완성.

**3. 설비 및 신재생 에너지 기기의 DB구축**

**가. 설비 및 신재생에너지 기기의 DB구축**

- 설비기기 및 신재생 에너지 설비의(대, 중, 소용량 설비기기 기준 각 메이커별)DB구축 및 건물 에너지 설비의 정격효율, 부분부하효율, 설치비(단가, 시공비), 유지관리비 제시
- 개별기기의 보정 값(SCOP, SSEER 등) 확보 및 근거 제시

**나. 건물 에너지성능 측정평가를 위한 공정시험 방법 및 대상건물 군별 측정 결과 보고서 작성**

## Ⅳ. 연구개발결과

## Ⅴ. 연구개발결과의 활용계획

• 국내 건물에너지 관련 성능등급 인증 프로그램의 국내 표준화에 필요한 기초 데이터 제공.
• 국제표준 건물에너지 성능평가 방법의 국내 표준화의 기초 연구 자료로 활용
• 신재생에너지 설치 의무화 사업(건물에너지 소요량의 10%이상 신재생에너지 생산량으로 의무화)에서 신재생 에너지 소요량의 정량적 판단 근거 자료 도출에 활용

• 설계 초기 단계의 건축물 에너지 절약을 위한 의사 결정 수단으로 활용

나. 기대성과 및 파급효과

<사회적>

• 에너지 평가 표준 모델 개발은 정량적인 에너지 분석 데이터를 기반으로 친환경 건축 실현 방법론에서 보다 적극적 발전의 시작이 된다.

• 국내 실정에 부합하는 에너지 정량적 산출법 개발은 정량화된 에너지 시뮬레이션 결과로 인해 사회적 이해범위를 넓혀 건축 전반적으로 친환경 건축 제공에 대한 국내 친환경 건축의 전반적인 수준 향상을 기대한다.

• 건물에너지 성능 평가 모델 표준화 개발은 에너지 평가의 사회적 의식수준 향상과 친환경 건축의 전반적인 수준 향상을 이루어 국내 친환경 건축기술의 비약적 성장이 예상되며 범지구적 차원의 친환경 움직임에 앞서 나아갈 수 있는 사회적 기반을 마련한다.

<경제적>

• 표준 평가모델로 인한  평가툴은 이해범위 내의 현실적인 친환경 건축 대안이 적용된 환경을 제공함으로서 친환경 건축의 실질적 보급이 가능 하다.

• 친환경 건축의 실질적 보급은 개인적 차원에서 건물 사용 시 에너지 사용에 따른 운영 유지비용이 절감함으로서 경제적으로 삶의 가치를 향상 시킬 수 있다.

• 또한 국가적 차원에서 에너지 사용 절감은 국제적인 온실가스 감축 목표에 부합하며 탄소 관련 시장의 확대에 적절한 대응이 가능하며 에너지수입국으로서 국가경쟁력을 향상시킬 수 있다.

<환경적>

• 국내 건축은 전 세계적으로 찾아 볼 수 없을 만큼 비약적인 성장을 이룩하고 있다. 이러한 환경에서 건물 에너지 성능 평가 모델 표준화 개발은 높은 비중을 차지하는 건축 부분에서 친환경적인 대안을 제시하고 실제적인 친환경 건축 공급을 이루어 친환경적인 파급효과가 매우 클 것으로 기대된다.

# < 제 목 차 례 >

**제 1 장 서 론 ····· 1**

제1절 연구개발 필요성 ····· 1

제2절 연구의 목적 ····· 3

제3절 연구의 내용 ····· 4

제4절 기대효과 ····· 5

**제 2 장 국내외 기술개발 현황 ····· 7**

제1절 국내 기술 및 산업동향 ····· 7

1. 에너지성능진단 ····· 7

2. 에너지절약 전문기업 ····· 15

3. 공조시스템 성능진단 ····· 16

제2절 국외 기술 및 산업동향 ····· 18

1. EPBD ····· 18

2. SAP ····· 19

제3절 국가별 제도 ····· 20

1. 영국의 건물에너지 성능 평가 ····· 20

2. 일본의 건축물 에너지 절약기준 현황 ····· 21

3. 미국 및 캐나다 ····· 21

4. 덴마크의 건축물 에너지 성능제도 추진현황 ····· 21

**제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 ····· 22**

제1절 건물 에너지 성능 결정 인자 도출 ····· 22

1. 업무용 건물 에너지 소비총량에 영향을 주는 설계 인자별 민감도 분석 ····· 22

제2절 해외 관련 표준 및 국내외 계산 모델 조사 ····· 37

1. 유럽 HVAC ····· 37

2. 시뮬레이션 변수에 대한 결과분석 ····· 44

3. 국내 ISO 13790 기반 계산 툴 구현 현황 및 적용성 평가 ····· 49

제3절 건물 에너지 소비량 표준 계산 기법 ····· 67

1. 냉난방 부하 ····· 67

2. 냉난방 열원 기기시스템 에너지 소비량 ····· 83

3. 급탕 ····· 88
4. 조명 ····· 89
5. 환기 ····· 91
6. 덕트 배관 손실 ····· 94
7. 한국형 EPC의 정의 방법 ····· 95
제4절 한국형 SCOP, SSEER(계절간 기기 효율 계수) 개발 및 검증 ····· 96
1. EnergyPlus 시뮬레이션 모델링 ····· 96
2. 건물 시스템별 시뮬레이션 결과 ····· 97
3. ISO 13790 간이법 결과와 비교 ····· 104
제5절 기존 건물의 에너지 성능진단 프로세스 ····· 115
1. IPMVP ····· 115
2. 에너지진단 제도 ····· 118
3. 에너지진단의 개선 방향 ····· 121
제6절 건축물 실측 보고서 ····· 130
1. 개요 ····· 130
2. 건물별 실측보고서 ····· 132
제7절 기존 건물의 Retrofit 표준 프로세스 ····· 178
1. 에너지 Retrofit의 개요 ····· 178
2. 건축물의 에너지 절감 ····· 179
3. 건축물 성능개선 요소의 도출 및 국내적용 가능한 성능개선 Check List ····· 185
4. 시뮬레이션을 활용한 용도별 건축물의 성능개선 Check List의 우선순위 도출 ··· 198
제8절 열원기기 및 신재생에너지 기본 DB 조사 ····· 202
1. 열원 ····· 202
2. 열원기기의 분류 ····· 202
3. 열원기기 조사 ····· 206
4. 기타열원 ····· 233
제9절 건물에너지성능 측정평가를 위한 공정시험 방법 및 대상건물 군별 측정 결과 보고서 ····· 237
1. 건물에너지 진단 및 평가 ····· 237
2. 건물에너지 1차진단(간이진단) ····· 238
3. 건물에너지 2차진단(상세진단) ····· 240

**제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외 기여도 ····· 244**

제1절 연구목표 및 내용 ····· 244
제2절 연구달성도 ····· 248
제3절 대외기여도 ····· 248

**제 5 장 연구개발결과의 활용계획 ····· 249**
제1절 연구개발결과의 활용분야 ····· 249
제2절 연구개발결과의 활용방안 ····· 249
1. 활용 및 기대효과 ····· 249
제3절 관련 후속 연구개발의 동향 ····· 250

**제 6 장 결 론 ····· 261**
**제 7 장 참고문헌 ····· 262**

# 표목차

<표 1> 연간에너지사용량과 진단주기 ····· 9
<표 2> 진단등급별 에너지진단 소요일수 및 소요인력 기준 ····· 10
<표 3> 건물부문설비별점검표 ····· 11
<표 4> 에너지 진단 범위 ····· 13
<표 5> 산업설비의 에너지 진단 범위 ····· 14
<표 6> SAP2005 건물 에너지성능 평가지표 ····· 19
<표 7> 시뮬레이션 모델 개요 ····· 11
<표 8> 건축물 설계요소에 따른 에너지 소비 결정 변수 ····· 11
<표 9> 설계요소에 따른 Case별 1차에너지 소비량 ····· 11
<표 10> 저감요소에 따른 1차 에너지 기여도의 변화 ····· 11
<표 11> 조명밀도에 따른 회귀방정식 ····· 11
<표 12> 창면적비에 따른 회귀방정식 ····· 11
<표 13> 유리의 열관류율에 따른 회귀방정식 ····· 11
<표 14> 유리투과율에 따른 회귀방정식 ····· 11
<표 15> 외벽의 U-Value에 따른 회귀방적식 ····· 11
<표 16> 시뮬레이션 모델 조건 개요 ····· 11
<표 17> 유리형태의 유리 종류별 열관류율과 일사취득계수 값 ····· 11
<표 18> 모형 추정결과 ····· 11
<표 19> 분산분석결과 ····· 11
<표 20> 난방부하에 대한 다중회귀분석 결과 영향도(Beta) ····· 11
<표 21> 난방부하요소에 따른 비표준화 계수 ····· 11
<표 22> 냉방부하에 대한 다중회귀분석 결과영향도(Beta) ····· 11
<표 23> 냉방부하요소에 따른 비표준화 계수 ····· 11
<표 24> 총 부하에 대 한 다중회귀분석 결과영향도(Beta) ····· 11
<표 25> 총 부하요소에 따른 비표준화 계수 ····· 11
<표 26> 회귀식 위한 창호의 물성치 및 창면적비 ····· 11
<표 27> 난방부하 회귀식 오차율 ····· 11
<표 28> 냉방부하 회귀식 오차율 ····· 11

<표 29> 총 부하 회귀식 오차율 ····· 11
<표 30> Assigning pump power to HVAC systems ····· 11
<표 31> 배관길이 0.3m일 때 에너지 항목별 에너지 소비량(ECO2) ····· 11
<표 32> 배관길이 3m일 때 에너지 항목별 에너지 소비량(ECO2) ····· 11
<표 33> 배관길이 30m일 때 에너지 항목별 에너지 소비량(ECO2) ····· 11
<표 34> 침기 0.1일 때의 냉난방부하 ····· 11
<표 35> 침기 0 일 때의 냉난방부하 ····· 11
<표 36> 대상건물 개요 ····· 11
<표 37> BESS, EnergyPlus의 시뮬레이션 Input Data(인체발열량) ····· 11
<표 38> BESS, EnergyPlus의 시뮬레이션 Input Data(기기발열량_조명발열량 제외) ····· 11
<표 39> BESS, EnergyPlus의 시뮬레이션 Input Data(조명발열량) ····· 11
<표 40> BESS, EnergyPlus의 시뮬레이션 Input Data(기상데이터 및 창호) ····· 11
<표 41> BESS, EnergyPlus의 시뮬레이션 Input Data(일사취득량) ····· 11
<표 42> BESS, EnergyPlus 난방부하 비교 ····· 11
<표 43> BESS, EnergyPlus 난방부하 비교 ····· 11
<표 44> 구조체의 온도보정 계수 $F_D$ ····· 11
<표 45> 조절식 차양장치에 대한 일사유입 감소 계수 $f_{sun}$ ····· 11
<표 46> 수직차양에 대한 일사차단 보정계수 $F_0$ ····· 11
<표 47> 수평차양에 대한 일사차단 보정계수 $F_t$ ····· 11
<표 48> 유리의 G-value에 대한 보정계수 $F_w$ ····· 11
<표 49> 창유리 및 차양장치에 대한 표준값 ····· 11
<표 50> NCM에서의 온수탱크 방열량 ····· 11
<표 51> NCM에서의 급탕시스템의 최소열효율 ····· 11
<표 52> 배기구가 있는 조명장치에 대한 실내부하율 $\mu_L$ ····· 11
<표 53> NCM에서의 SFP 기준값 ····· 11
<표 54> 냉방요구에 대한 매달 환기손실 계산값에 대해서 공급공기의 온도에 사용된 값 ····· 11
<표 55> NCM에서의 열배관손실 허용량 ····· 11
<표 56> NCM에서의 냉.온열덕트손실 허용량 ····· 11
<표 57> 대상건물 개요 ····· 11

<표 58> 흡수식냉동기 SSEER 월별 비교 값 ····· 11
<표 59> 압축식냉동기 SSEER 월별 비교 값 ····· 11
<표 60> 히트펌프 냉방 SFP 월별 비교 값 ····· 11
<표 61> 히트펌프 난방 SFP 월별 비교 값 ····· 11
<표 62> 냉방부하 월별 비교 값 ····· 11
<표 63> 흡수식 냉동기 2차 소비량 월별 비교 값 ····· 11
<표 64> 압축식 냉동기 2차 소비량 월별 비교 값 ····· 11
<표 65> 히트펌프 냉방 2차 소비량 월별 비교 값 ····· 11
<표 66> 히트펌프 냉방 2차 소비량 월별 비교 값 ····· 11
<표 67> 흡수식 냉동기 2차 소비량 SSEER 적용시 비교값 ····· 11
<표 68> 압축 냉동기 2차 소비량 SSEER 적용시 비교값 ····· 11
<표 69> 히트펌프 냉방 2차 소비량 SFP 적용시 비교 값 ····· 11
<표 70> 히트펌프 난방 2차 소비량 SFP 적용시 비교 값 ····· 11
<표 71> 기존 ISO 13790 기반 툴, ISO 13790 기반툴(효율계수 적용), 동적 시뮬레이션 결과 ····· 11
<표 72> M&V Option ····· 11
<표 73> 에너지 진단 단계 및 세부 진단내용 (지식경제부고시 제2010-50 호) ····· 11
<표 74> 에너지진단의 범위 (지식경제부고시 제2010-50 호) ····· 11
<표 75> 에너지 진단보고서 작성기준 ····· 11
<표 76> 실내온도 측정의 문제점 ····· 11
<표 77> 실내 온도 측정 대상 개요 ····· 11
<표 78> 실내온도 측정 포인트 및 장비 ····· 11
<표 79> 성능 진단 방법 조사 ····· 11
<표 80> 냉동기의 2차진단 방법 ····· 11
<표 81> 기존 건물 에너지 성능 진단 프로세스 ····· 11
<표 82> 온실가스·에너지 목표관리제 대상 ····· 11
<표 83> 건축물 용도별 현장조사 대상 ····· 11
<표 84> 대상 건축물별 현장 조사 요소 ····· 11
<표 85> 도서관 건축개요 ····· 11

<표 86> 도서관 측정사항 ····· 11
<표 87> 도서관 1층 평면도 ····· 11
<표 88> 도서관 2층 평면도 ····· 11
<표 89> 도서관 3층 평면도 ····· 11
<표 90> 도서관 4층 평면도 ····· 11
<표 91> 도서관 5층 평면도 ····· 11
<표 92> 도서관 6층 평면도 ····· 11
<표 93> 도서관 옥탑층 평면도 ····· 11
<표 94> 도서관 단면도 ····· 11
<표 95> 도서관 냉온수 열원 흐름도 ····· 11
<표 96> 도서관 공조덕트 계통도 ····· 11
<표 97> 도서관 공조배관 계통도 ····· 11
<표 98> 도서관 난방에너지 사용량_1 ····· 11
<표 99> 도서관 난방에너지 사용량_2 ····· 11
<표 100> 도서관 전기에너지 사용량_1 ····· 11
<표 101> 도서관 전기에너지 사용량_2 ····· 11
<표 102> 도서관 실내온도 데이터_1 ····· 11
<표 103> 도서관 실내온도 데이터_2 ····· 11
<표 104> 도서관 AHU 운전현황 ····· 11
<표 105> (Main) 냉온수 순환펌프 ····· 11
<표 106> 업무시설 건축개요_1 ····· 11
<표 107> 업무시설 건축개요_2 ····· 11
<표 108> 업무시설 측정사항 ····· 11
<표 109> 업무시설 1층 평면도 ····· 11
<표 110> 업무시설 2층 평면도 ····· 11
<표 111> 업무시설 3~10층 평면도 ····· 11
<표 112> 업무시설 11~18층 평면도 ····· 11
<표 113> 업무시설 주단면도 ····· 11
<표 114> 업무시설 기계설비 현황 ····· 11

<표 115> 업무시설 장비일람표_1 ····· 11
<표 116> 업무시설 장비일람표_2 ····· 11
<표 117> 업무시설 장비일람표_3 ····· 11
<표 118> 업무시설 장비일람표_4 ····· 11
<표 119> 업무시설 냉온수 배관 흐름도 ····· 11
<표 120> 업무시설 공조배관 계통도 ····· 11
<표 121> 업무시설 난방에너지 사용량_1 ····· 11
<표 122> 업무시설 난방에너지 사용량_2 ····· 11
<표 123> 업무시설 전기에너지 사용량_1 ····· 11
<표 124> 업무시설 전기에너지 사용량_2 ····· 11
<표 125> 업무시설 실내온도 데이터_1 ····· 11
<표 126> 업무시설 실내온도 데이터_2 ····· 11
<표 127> 업무시설 스케줄 ····· 11
<표 128> 판매시설 건축개요 ····· 11
<표 129> 판매시설 측정사항 ····· 11
<표 130> 판매시설 평면도 ····· 11
<표 131> 판매시설 기계설비도면 ····· 11
<표 132> 판매시설 난방에너지 사용량_1 ····· 11
<표 133> 판매시설 난방에너지 사용량_2 ····· 11
<표 134> 판매시설 전기에너지 사용량_1 ····· 11
<표 135> 판매시설 전기에너지 사용량_2 ····· 11
<표 136> 판매시설 1층 실내온도 데이터_1 ····· 11
<표 137> 판매시설 1층 실내온도 데이터_2 ····· 11
<표 138> 판매시설 5층 실내온도 데이터_1 ····· 11
<표 139> 판매시설 5층 실내온도 데이터_2 ····· 11
<표 140> 판매시설 AHU 설비현황 ····· 11
<표 141> 판매시설 AHU 운전현황 ····· 11
<표 142> 판매시설 (Main) 냉온수 순환펌프 ····· 11
<표 143> 판매시설 (Main) 냉각수 순환펌프 ····· 11

<표 144> 판매시설 (Main) 냉동기 ····· 11
<표 145> 판매시설 Supply Fan 토출측 풍량 ····· 11
<표 146> 판매시설 Return Fan 흡입측 풍량 ····· 11
<표 147> 판매시설 측정사진_1 ····· 11
<표 148> 판매시설 측정사진_2 ····· 11
<표 149> 판매시설 측정사진_3 ····· 11
<표 150> 판매시설 측정사진_4 ····· 11
<표 151> 숙박시설 건축개요 ····· 11
<표 152> 숙박시설 측정사항 ····· 11
<표 153> 숙박시설 건축도면 ····· 11
<표 154> 숙박시설 기계설비도면 ····· 11
<표 155> 숙박시설 난방에너지 사용량_1 ····· 11
<표 156> 숙박시설 난방에너지 사용량_2 ····· 11
<표 157> 숙박시설 전기에너지 사용량_1 ····· 11
<표 158> 숙박시설 전기에너지 사용량_2 ····· 11
<표 159> 숙박시설 실내온도 데이터_1 ····· 11
<표 160> 숙박시설 실내온도 데이터_2 ····· 11
<표 161> 공동주택 건축개요_1 ····· 11
<표 162> 공동주택 건축개요_2 ····· 11
<표 163> 공동주택 측정사항 ····· 11
<표 164> 공동주택 배치도 ····· 11
<표 165> 공동주택 평면도 ····· 11
<표 166> 공동주택 주 단면도 ····· 11
<표 167> 공동주택 기계설비도면 ····· 11
<표 168> 공동주택 난방에너지 사용량_1 ····· 11
<표 169> 공동주택 난방에너지 사용량_2 ····· 11
<표 170> 공동주택 급탕에너지 사용량_1 ····· 11
<표 171> 공동주택 급탕에너지 사용량_2 ····· 11
<표 172> 공동주택 전기에너지 사용량_1 ····· 11

<표 173> 공동주택 전기에너지 사용량_2 ····· 11
<표 174> 공동주택 실내온도 데이터_1 ····· 11
<표 175> 공동주택 실내온도 데이터_2 ····· 11
<표 176> 건축물의 에너지 절감 항목 ····· 11
<표 177> BEMS 종류 및 내용 ····· 11
<표 178> 건물에너지합리화사업의 부문별 내용 ····· 11
<표 179> 서울시 공공건축물 에너지절약 설계기준 ····· 11
<표 180> 보일러의 종류 ····· 11
<표 181> 냉동기의 종류 및 주요 용도 ····· 11
<표 182> 열원에 따른 히트펌프의 분류 ····· 11
<표 183> 건축물 적용 가능한 신재생에너지 특성 ····· 11
<표 184> 조사된 열원기기 요약 ····· 11
<표 185> 조사된 신재생기 요약 ····· 11
<표 186> 증기보일러 종류 및 특성 ····· 11
<표 187> 증기보일러 조사결과 ····· 11
<표 188> 온수보일러 종류 및 특성 ····· 11
<표 189> 온수보일러 조사결과 ····· 11
<표 190> 압축식 냉동기 종류 및 특성 ····· 11
<표 191> 압축식 냉동기 조사결과(터보 냉동기) ····· 11
<표 192> 압축식 냉동기 조사결과(스크류 냉동기) ····· 11
<표 193> 흡수식 냉동기 종류 및 특성 ····· 11
<표 194> 흡수식 냉동기 조사결과 ····· 11
<표 195> 흡수식 냉온수기 조사결과 ····· 11
<표 196> 히트펌프 개요 및 특성 ····· 11
<표 197> 히트펌프 조사결과 ····· 11
<표 198> 지열히트펌프 개요 및 특성 ····· 11
<표 199> 지열히트펌프 조사결과 ····· 11
<표 200> 빙축열 시스템의 종류 및 특성 ····· 11
<표 201> 빙축열 조사결과 ····· 11

<표 202> 열병합 발전 조사결과 ····· 11
<표 203> 건물의 에너지성능을 평가하기 위한 단계적 수행내용 ····· 11
<표 204> 에너지진단 조사항목 ····· 11
<표 205> 에너지진단을 위해 필요한 에너지소비량 ····· 11
<표 206> 냉동기의 2차진단 방법 ····· 11
<표 207> 온수 보일러의 2차진단 방법 ····· 11
<표 208> 공조기의 2차진단 방법 ····· 11
<표 209> 조명기구의 2차진단 방법 ····· 11
<표 210> 당해연도 연구목표 및 내용 ····· 11
<표 211> 연구달성도 ····· 11
<표 212> 국내 주요 관련 업체 ····· 11
<표 213> SAP2005 건물 에너지성능 평가지표 ····· 11
<표 214> 해외 친환경 인증 인센티브 제도 ····· 11
<표 215> 건물의 친환경 에너지 관리 시스템 ····· 11
<표 216> CE3 ····· 11
<표 217> 건물의 에너지 효율을 평가하는 방법 ····· 11
<표 218> 건물의 에너지 효율 향상 방안을 결정하기 위한 프로그램이 설치된 시스템 ····· 11

# 표목차

[그림 1] 지구평균 온도변화 ····· 9
[그림 2] 건물부문 에너지 소비 현황 및 전망 ····· 9
[그림 3] 에너지 진단의 목표 및 효과 ····· 9
[그림 4] 진단절차 ····· 9
[그림 5] ESCO 이용의 흐름도 ····· 9
[그림 6] EPBD 설명 ····· 9
[그림 7] 비주거용 건물해석프로그램 iSBEM (Simplified Building Energy Model) ····· 9
[그림 8] 영국의 주거용 건물 에너지성능 인증서 ····· 9
[그림 9] 영국의 비주거용건물 에너지성능인증서 ····· 9
[그림 10] 영국의 공공건물 에너지성능인증서 ····· 9
[그림 11] 일본에너지 마크 ····· 9
[그림 12] Energy Star Building 마크 ····· 9
[그림 13] 덴마크의 에너지 등급서 ····· 9
[그림 14] 조명밀도에 따른 1차에너지 소비량 ····· 9
[그림 15] 창 면적비 따른 1차 에너지 소비량 ····· 9
[그림 16] 유리 열관류율에 따른 1차 에너지 소비량 ····· 9
[그림 17] 유리의 투과율에 따른 1차 에너지 소비량 ····· 9
[그림 18] 외벽의 U-Value에 따른 1차 에너지 소비량 ····· 9
[그림 19] 시뮬레이션 모델링 이미지 ····· 9
[그림 20] 설정값 변경에 따른 냉난방부하 추이 ····· 9
[그림 21] HVAC모델 발전과정 ····· 9
[그림 22] EN 15243 에너지흐름 논리 흐름도 ····· 9
[그림 23] 시뮬레이션 모델링 ····· 9
[그림 24] 변수에 따른 각 계산 기법의 난방부하량 ····· 9
[그림 25] 난방부하량 비교에서 계산 기법 상 서로 다른 등급을 보인 경우(ID 1~13사이) ····· 9
[그림 26] 난방부하량 비교에서 계산 기법 상 서로 다른 등급을 보인 경우(ID 14~23사이) ····· 9

[그림 27] 변수에 따른 각 계산 기법의 냉방부하량 ····· 9
[그림 28] 방부하량 비교에서 계산 기법 상 서로 다른 등급을 보인 경우 ····· 9
[그림 29] DIN V 18599에 따른 건물 에너지 평가 프로세스 ····· 9
[그림 30] 배관길이 0.3m일 때 에너지 소비량(ECO2) ····· 9
[그림 31] 배관길이 3m일 때 에너지 소비량(ECO2) ····· 9
[그림 32] 배관길이 30m일 때 에너지 소비량(ECO2) ····· 9
[그림 33] ISO 13790 기반 국내 툴 입력데이터 비교 ····· 9
[그림 34] 침기 0일 때의 냉난방부하그래프 ····· 9
[그림 35] 침기 0.1일 때의 냉난방부하 그래프 ····· 9
[그림 36] EnergyPlus 모델링 ····· 9
[그림 37] BESS, EnergyPlus 난방부하값 ····· 9
[그림 38] BESS, EnergyPlus 냉방부하값 ····· 9
[그림 39] quasi-continuous 난방의 예 ····· 9
[그림 40] 차양 돌출각도: a) 수직 차양 b) 수평 차양 ····· 9
[그림 41] 온열원기기의 난방성능 ····· 9
[그림 42] 냉열원기기의 냉방성능 ····· 9
[그림 43] 건물에너지 장비 성능 계수 범위 ····· 9
[그림 44] SCOP의 계산 범위 ····· 9
[그림 45] SCOP의 계산 범위내 제외 요소 ····· 9
[그림 46] SSEER의 계산 범위 ····· 9
[그림 47] SSEER의 계산 범위내 제외 요소 ····· 9
[그림 48] HWSCOP의 계산 범위 ····· 9
[그림 49] 배기구가 설치된 조명장치의 두가지 예 ····· 9
[그림 50] SFP의 정의 ····· 9
[그림 51] SFP의 계산범위 ····· 9
[그림 52] 한국형 EPC 도출 방법 ····· 9
[그림 53] EnergyPlus 모델링 ····· 9
[그림 54] 6월 흡수식 냉동기_COP ····· 9
[그림 55] 8월 흡수식 냉동기_COP ····· 9

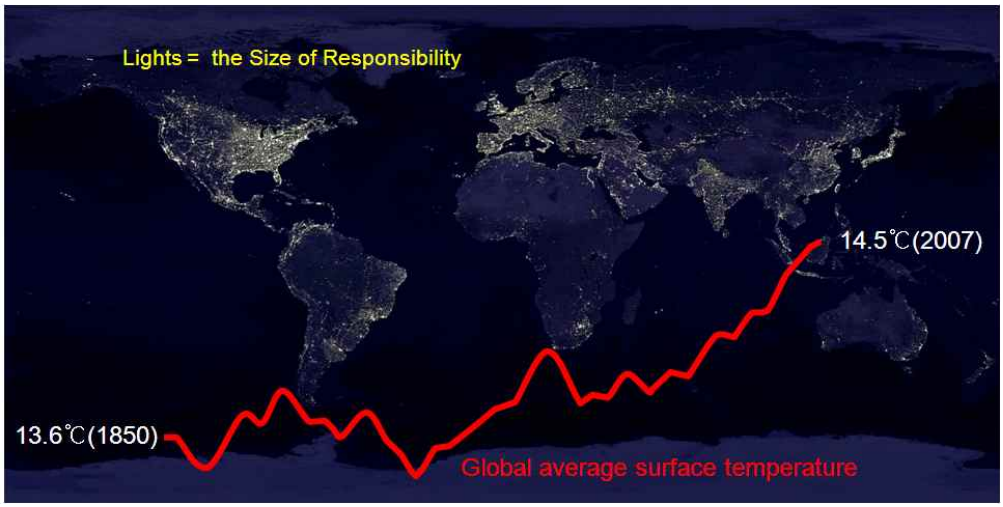
[그림 56] 5월 압축식 냉동기_COP ····· 9
[그림 57] 8월 압축식 냉동기_COP ····· 9

# 제 1 장 서론

## 제1절 연구개발 필요성

○ 우리나라의 2005년 국가 온실가스 총 배출량은 594백만C02톤으로 1990년 대비 99% 증가하였고, OECD 국가중(2005년) 10위 (증가율은 1위)에 이르렀다[3] 우리나라는 2013-2017년 온실가스를 줄이는 2차 의무감축 대상국에 포함될 가능성이 높아 이에 대한 적극적인 대응이 요구된다.

○ 지난 100년간 지구온난화현상으로 지구 연평균 기온 0.74℃ 상승하였으며, 우리나라의 기온은 100년간 약 1.5℃ 상승하여 세계 평균을 상회하였다. 특히 서울은 지난 100년간 약2℃ 증가로 전 지구 평균 증가치의 약 3배가 상승하였다.

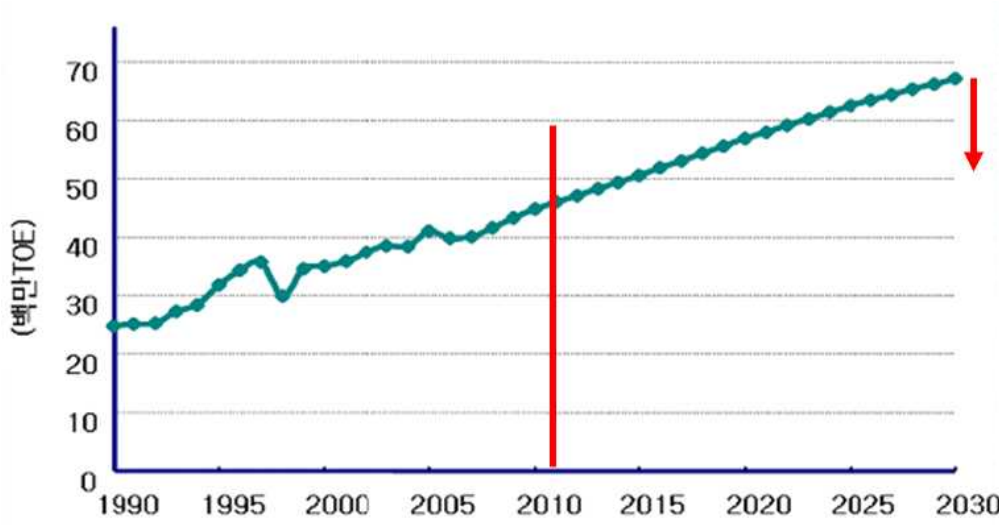



[그림 1] 지구평균 온도변화

○ 온실가스 및 지구온난화 문제 등으로 인해 전 세계 각국에서는 에너지절약형 건물의 보급, 확산을 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 과거 건물에서의 에너지 절약은 단순히 경제적 측면에서의 당위성이 강조되었다고 한다면 지금은 경제적 측면과 더불어 지구온난화 방지라고 하는 환경적 측면에서의 당위성이 함께 강조되고 있는 상황이다.

○ 국내 에너지 소비량의 약 22.3%를 건물 분야에서 차지하고 있다. 건물부문의 에너지 소비 비중은 개발이 진행될수록 산업과 수송부문의 비중이 높아져 감소하지만 선진국으로 갈수록 에너지 집약적 산업에서 탈피하고 서비스 산업의 비중이 높아짐에 따라 다시 증가하는 경향을 보인다. 미국, 영국 등에서는 약 40%의 에너지가 건물부문에서 소비되고 있으며 전력에너지의 소비 비중은 76%에 이른다.[4] 선진국형 산업구조로 변할수록 그 비율의 증가가 예상되고 있으며 현재 약 4,500만TOE에서 2030년에 약 6,800만TOE로 지속적인 증가세를 보일 것으로 예상된다.

3) 녹색성장위원회, 국가온실가스중기 (2020 년 감축목표설정추진계획, 7쪽, 2009. 8)
4) Architects and Climate Change, 2008, AIA




[그림 2] 건물부문 에너지 소비 현황 및 전망

○ 건물 성능시뮬레이션 프로그램은 건물의 에너지 사용, 열쾌적, 실내공기질, 조도 등과 같은 건물의 성능을 평가하기 위한 툴이 주로써, 다양한 학문분야의 총합으로 이뤄졌으며, 건물 성능에 대한 예측을 위해 수치적인 방법(numerical methods)을 사용하는 동적인 시뮬레이션 도구로써 건물의 물리적 거동을 설명하기 위해 수학적 모델을 통한 계산을 수행한다.

○ 건물성능 시뮬레이션 프로그램의 사용이 크게 증진되었지만, 현재의 컴퓨터 시뮬레이션은 때때로 1,000개 이상의 입력변수를 포함하기 때문에 입력변수들의 불확실성을 고려하는 접근과 결과의 품질에 대한 검증이 요구된다. 계산엔진의 정확성과 함께 입력 데이터를 올바로 준비하는 것이 필수적이고 이를 관리하여 효과적으로 공유하는 시스템이 필요하다.

○ WTO/FTA에 따른 건설시장개방에 대비하여 국제표준(ISO), 유럽연합표준(EN) 과 부합하는 표준 평가모델로써 건물의 에너지성능 향상을 유도하기 위하여 간편하며, 공정한 건물 에너지 성능 평가를 위한 계산방법과 구체적인 적용변수의 정립이 요구된다.

○ 새로운 건물 에너지 규제에 대한 건물 에너지 요소 기술의 가이드라인과 평가 툴 부재로 이에 대응할 수 있는 표준화된 건물 에너지성능 평가모델 및 성능개선 프로세스 표준화 개발이 필요하다.

○ 본 과제에서 목표중 하나인 설계 건물의 평가 방법론 완성과 실제 활용도를 높이기 위한 방안으로 국제기준에 입각한 표준화 구축 및 건물에너지 관련 제도의 시장 수용성이 높은 평가 툴 개발이 요구된다.

○ 우리나라 총 건물 수는 6,327,526동(4,699,812 천㎡ ; 2004.12.31 기준)으로 넓은 의미에서 모두 기존 건물로 분류할 수 있다. 매년 신축되는 건물이 120,231동(111,506 천㎡

;2005년 기준 : 건설교통부 통계자료, 건축허가현황)으로서 기존 건물의 약1.9%를 나타내고 있다. 이들 신축건물 또한 준공 후 건물이 사용되기 시작하면 바로 기존 건물 범주에 포함되는 것이므로 기존 건물이 차지하는 비율이 절대적임을 알 수 있다.

○ 따라서 기존 건물의 자체 개보수 또는 운영방법의 개선 등을 고려하여 에너지 절약을 유도 할 수 있다. 이는 정확한 데이터 구축과 이를 평가할 수 있는 제도 및 프로그램을 필요로 한다. 또한 에너지 효율 향상을 위한 건축주의 적극적인 참여를 유도하기 위한 정부차원의 정책 및 제도 구축, 세제 지원 등 많은 변화에 동승할 수 있는 평가 프로그램이 필요하다.

## 제2절 연구목적

### 1. 최종목표

본 연구의 최종목표인 건물에너지 성능 평가 모델 및 성능개선 프로세스 표준화 개발은 국제 표준 방법론을 기반으로 국내 실정을 반영한 한국형 모델을 정립하고 공정하고 적용 효과가 높은 건물 에너지 운영상의 평가 및 성능 개선 프로세스 기준을 마련하고자 함.

#### 가. 신뢰성과 현장 활용성이 높은 건물 에너지 성능평가 모델 구축

- 국내외 관련 연구 및 관련 기준 조사 수행을 바탕으로 국제표준규격에 부합하는 계산 방법을 정립함에 있어 국내 실정에 맞는 적용 변수를 표준화하고 건물 에너지 성능평가를 가시적으로 수행 할 수 있도록 평가 도구 일체를 개발함.
- 국제 표준을 따르면서 국내의 실정에 적합하게 활용될 수 있도록 계산 방법상의 복잡성과 정밀성을 고려하여 표준 모델을 정립한다.
- 이를 위해 계산법상 주요한 요소와 부차적 요소들을 파악하고 국내에서 적용성이 높고 평가 요소로서 영향도가 높은 인자들을 분석 파악한다.
- 성능평가 표준모델의 적용성 및 실무적인 활용성을 평가하기 위해 건물 에너지 성능평가 유관기관 및 산업계의 자문을 받으며 연구를 진행한다.
- 정밀 시뮬레이션법과의 오차를 줄이기 위해 개발된 표준 모델 및 한국형 효율 계수 데이터를 비교 검증 작업을 반복한다.

#### 나. 기존 건물 에너지 성능평가 및 성능개선(Energy Retrofit)평가 프로세스의 표준화 구축

- 기존 건축물의 에너지 성능개선을 위해 현장에서 효과적으로 활용가능 한 기존 건물 에너지 성능 진단 및 성능 개선 표준 프로세스를 개발 한다.

- 국내 문헌 및 주관, 공동, 위탁 기관이 기 확보한 건물 에너지 운영 데이터를 분석하고, 4개의 용도별 건축물에 실측을 통해 얻어진 데이터를 바탕으로 벤치마크용 표준 데이터를 정의 한다.
- 기존 건물 에너지의 사용상, 운영상 등의 인자들(예, 시간별 재실자율의 변동, 침기율의 변화, 에너지 가동시간의 변동 등의 간섭) 을 고려하여 보다 공정하게 문제점을 찾을 수 있는 성능 진단 프로세스 개발.
- 성능 개선을 기대할 수 있는 기술의 long list를 정리하고 가장 효과적이며 경제적으로 적용할 수 있는 최적 기술의 short list를 도출할 수 있는 프로세스 개발.
- 해외 전문기관에서 제시하는 방법론을 검토하며 한국적 실정에서 반영되어야할 사항들을 가감한다.
- 실제 건물에서의 적용을 위해 실측 건물을 대상으로 장기 측정하여 개발된 프로세스를 실무에서 검증토록 한다.

다. 설비기기 및 신재생에너지 설비의 DB 구축 및 건물 에너지 성능평가를 위한 공정 시험방법의 제시
- 설비기기 및 신재생 에너지 설비의 정격효율, 부분부하효율, 설치비(단가, 시공비), 유지관리비를 제공 개별기기의 보정 값 확보 근거 제시

라. 해외 사례에 대한 정보 제공, 각 연구 단계마다의 자문
- 시뮬레이션 및 실 데이터 기반 검증
- 자문의 역할로 해외 자료의 제공 및 한국 연구자 교육 및 각 단계 Advisor

## 제3절 연구내용

**1. 기존건물 개보수 우선순위 제시를 위한 건물 에너지 Retrofit 표준 Process 관련 기술의 기초 조사 및 이론 정립**

**가. 국내.외 사례조사 및 ESRU 연수**
- 국외 관련 연구 및 기준 조사
- 국제 표준 규격 및 계산 방법 정립
- 적용 변수의 표준화 방안

**나. 기 확보된 건물 에너지 데이터 분석 및 4개 용도 건축물의 실측진행**
- 현장 조사를 통한 기존 건축물의 운영현황 분석
- 인터뷰 및 설계도서 확보에 따른 에너지 사용량 조서(전기, 가스 소비량, 건물 면적등)

**다. 기존 건물 에너지 성능 진단 프로세스의 개발**
- 벤치마킹 기법에 의한 기존 건물군의 에너지 성능진단 프로세스 개발

**라. 기존 건물 Retrofit 표준 프로세스의 개발**
- 기존 건물 Retrofit 우선순위 제시를 위한 표준 프로세스 개발

**마. 국내 설비 및 건물 에너지 성능개선 요소 도출**

**2. 건물 에너지 소비량의 정량적 산출이 가능한 표준 평가 모델 구축을 위한 기초 조사 및 이론 정립**

**가. 건물에너지 성능, 설계변수 분석, 표준계산방법 정립을 위한 기초조사 수행, 건물 에너지 정량화 기법 기준 조사**

- 해외 국제표준(ISO13790) 및 유럽표준(EN) 분석을 통한 건물 에너지 KEY Factors 도출

**나. 건물 에너지 성능평가를 위한 표준모델 기준 구축**

- 도출된 Key Factors 에 의한 평가모델 표준화
- 평가툴의 적용 범위 및 계산 방법 선정

**다. 건물 에너지 소비량계산과 에너지성능계수(Energy Performance Coefficients) 개념 정립 및 한국형 지표 산출, 표준 계산기법 완성 및 검증**

- 유럽 NCM(national Calculation Methodology) 미국공조냉동공학회(ASHRAE-American Society of Heating, Refrigerating and Air-Con. Engineers) 기준 조사를 통한 계산법 이론 정립
- 한국형 SCOP(Seasonal Coefficient of Performance), SSEER(Seasonal System Energy Efficiency Ratio) 산출을 위한 자료 수집 분석 및 용도별 에너지성능계수(EPC) 도출
- 냉난방, 환기, 조명, 급탕 등의 에너지 소비량의 표준 계산 기법 완성.

**3. 설비 및 신재생 에너지 기기의 DB구축**

**가. 설비 및 신재생에너지 기기의 DB구축**

- 설비기기 및 신재생 에너지 설비의(대, 중, 소용량 설비기기 기준 각 메이커별)DB구축 및 건물 에너지 설비의 정격효율, 부분부하효율, 설치비(단가, 시공비), 유지관리비 제시
- 개별기기의 보정 값(SCOP, SSEER 등) 확보 및 근거 제시

**나. 건물 에너지성능 측정평가를 위한 공정시험 방법 및 대상건물 군별 측정 결과 보고서 작성**

## 제4절 기대효과

**1. 연구결과의 활용 방안**

- 국내 건물에너지 관련 성능등급 인증 프로그램의 국내 표준화에 필요한 기초 데이터 제공
- 국제표준 건물에너지 성능평가 방법의 국내 표준화의 기초 연구 자료로 활용
- 신재생에너지 설치 의무화 사업(건물에너지 소요량의 10%이상 신재생에너지 생산량

으로 의무화)에서 신재생 에너지 소요량의 정략적 판단 근거 자료 도출에 활용
- 설계 초기 단계의 건축물 에너지 절약을 위한 의사 결정 수단으로 활용
- 국내 실정에 부합하는 표준 에너지 소비량 산출 기준이 도입된 에너지 성능평가 도구로 인한 국내 에너지 절감 건축물 계획을 위한 기준 프로세스 방향 제시

## 2. 연구결과의 활용 방안

### 가. 사회적

- 에너지 평가 표준 모델 개발은 정략적인 에너지 분석 데이터를 기반으로 친환경 건축 실현 방법론에서 보다 적극적 발전의 시작이 된다.
- 국내 실정에 부합하는 에너지 정량적 산출법 개발은 정량화된 에너지 시뮬레이션 결과로 인해 사회적 이해범위를 넓혀 건축 전반적으로 친환경 건축 제공에 대한 국내 친환경 건축의 전반적인 수준 향상을 기대한다.
- 건물에너지 성능 평가 모델 및 성능 개선 프로세스 표준화 개발은 에너지 평가의 사회적 의식수준 향상과 친환경 건축의 전반적인 수준 향상을 이루어 국내 친환경 건축기술의 비약적 성장이 예상되며 범지구적 차원의 친환경 움직임에 앞서 나아갈 수 있는 사회적 기반을 마련한다.

### 나. 경제적

- 표준 평가모델로 인한 평가툴은 이해범위 내의 현실적인 친환경 건축 대안이 적용된 환경을 제공함으로서 친환경 건축의 실질적 보급이 가능하다.
- 친환경 건축의 실질적 보급은 개인적 차원에서 건물 사용 시 에너지 사용에 따른 운영 유지비용의 절감함으로서 경제적으로 삶의 가치를 향상 시킬 수 있다.
- 또한 국가적 차원에서 에너지 사용 절감은 국제적인 온실가스 감축 목표에 부합하며 탄소 관련 시장의 확대에 적절할 대응이 가능하며 에너지수입국으로서 국가 경쟁력을 향상시킬 수 있다.

### 다. 환경적

- 국내 건축은 전 세계적으로 찾아 볼 수 없을 만큼 비약적인 성장을 이룩하고 있다. 이러한 환경에서 건물 에너지 성능 평가 모델 및 성능개선 프로세스 표준화 개발은 높은 비중을 차지하는 건축 부분에서 친환경적인 대안을 제시하고 실제적인 친환경 건축 공급을 이루어 친환경적인 파급효과가 매우 클 것으로 기대된다.

# 제 2 장 국내외 기술개발 현황

## 제1절 국내 기술 및 산업동향

### 1. 에너지 성능진단

에너지 진단은 에너지관련 전문 기술장비 및 인력을 보유한 진단 기관으로부터 에너지의 공급부문, 수송부문, 사용부문 등 에너지사용시설 전반에 걸쳐 사업장의 에너지 이용 흐름을 파악하여 손실요인 발굴 및 에너지 절감을 위한 최적의 개선안을 제시하는 기술컨설팅을 의미한다.

- 설비별 운전상태 점검에 따른 효율성 향상 및 개선방안 제시
- 폐열 및 불합리한 에너지 낭비요인 파악
- 효율적인 폐열회수 이용방안 및 경제성 제시
- 신・재생에너지 적용방안 검토
- 합리적인 에너지 사용 모델 제시

**가. 에너지진단의 효과**

(1) 경영부문
- 목표관리제 목표달성을 위한 수단 제공
- 저탄소 녹색성장의 국가적 이슈에 동참함으로써 기업이미지 제고
- 에너지절약을 통한 원가절감 및 원단위 개선
- 에너지 절감을 위한 투자와 개선 활동의 동기부여로 에너지 소비율 감소
- 전사적 온실가스 감축 및 에너지절약 마인드 고취

(2) 설비&기술부문
- 설비별 운전 최적화에 의한 에너지손실 방지
- 에너지 원단위 향상과 환경부담 감소
- 에너지 운용의 최적화 모델 구축에 따른 생산설비의 안정화
- 생산설비와 지원설비의 통합 운전합리화 시스템 구축
- 자체 활동에 필요한 자료 및 정보 입수로 절감활동 활성화

[그림 3] 에너지 진단의 목표 및 효과

## 나. 에너지 진단제도의 배경과 필요성

에너지 진단은 전력 및 열에너지 관련 기술장비 및 인력을 구비한 진단기관으로부터 전력 및 열에너지의 발생, 변환, 전송, 사용부문 등 공정의 에너지사용시설 전반에 걸쳐 사업장의 에너지이용 흐름을 파악하여, 손실요인의 발굴 및 에너지절감을 위한 대책과 경제성분석 등 최적의 개선안을 도출하는 과정을 제공하는 기술컨설팅 제도이다.

장기간 지속되는 고유가, 세계 에너지자원 확보전쟁, 에너지사용으로 인한 세계기후변화 협약 등 급변하는 세계 에너지 주변 환경에 기업이 적극적으로 대처할 수 있도록 에너지를 많이 사용하는 기업을 대상으로 에너지절감 요인을 발굴 제시하고 개선토록 하여 국가 에너지 수입부담의 경감과 기업의 에너지비용을 줄여 경쟁력을 제고할 필요성이 있어 만든 제도이다.

## 다. 에너지진단의 법적기준

에너지진단 관련법 체계로는 정부, 관리기관, 진단기관, 에너지다소비사업장으로 구성되고 역무와 기능은 주로 「에너지이용 합리화법」 제24조(에너지진단 등), 제24조의 2(진단기관의 지정취소 등), 제25조(에너지다소비업자의 신고 등), 제33조(개선명령), 제89조(보고 및 검사 등), 제90조(수수료), 제91조(청문), 제92조(권한의 위임·위탁), 제100조(과태료)의 체계와 「에너지이용합리화법 시행령」 제22조(에너지다소비사업자), 제22조의 2(에너지진단주기 등), 제22조의 3(에너지진단전문기관의 관리·감독

등), 제22조의 4(에너지진단비용의 지원), 제22조의 5(진단기관의 지정기준), 제23조(개선명령의 요건 및 절차 등), 제23조의 2(개선명령의 사후관리 등), 제38조의 4(권한의 위임), 제39조(업무의 위탁), 제42조(과태료의 부과·징수) 체계 및 시행규칙 제11조의 2(에너지진단의 제외대상사업장), 제11조의 3(에너지진단의 면제 등), 제11조의 4(진단기관의 지정절차 등), 제11조의 5(진단기관의 지정취소 공고), 제12조(에너지사용량신고, 제23조(보고 및 검사 등), 제24조(에너지진단 수수료)에 근거토록 되어있다.

(1) 진단주기

법체계 중 진단주기의 주요내용을 요약해보면 진단주기의 기준이 되는 연간 에너지사용량은 에너지 진단을 실시하는 직전년도의 연간에너지사용량을 기준으로 하되 부분진단은 10만TOE이상의 사용량을 단위로 구역별로 나누어 순차적으로 실시하여야 하고 진단주기(제22조의 2관련)는 아래와 같이 사용량에 EK라 그 주기를 달리할 수 있도록 하고 있다.

<표 1> 연간에너지사용량과 진단주기

| 연간에너지사용량 | 에너지진단주기 |
|---|---|
| 20만 TOE 이상 | 1. 전체진단 : 5년<br>2. 부분진단 : 3년 |
| 20만 TOE 미만 | 5년 |

진단주기 내에 에너지진단을 받지 아니한 사업자는 에너지이용 합리화법 시행규칙 제26조 관련 별표 4에 따라 최고 2천만원 이하의 과태료가 부과 되므로 대상설비의 가동 중단, 노사분규, 대수리 등 진단주기 내 진단을 실시할 수 없는 경우에는 연기 신청을 하여야 한다.

(2) 진단의 규모와 등급

진단의 규모는 연간 에너지사용량에 따라 A5에서 C까지 7등급으로 나누고 소요일수와 인력을 달리하여 실시하게 되며 에너지진단 수수료는 진단에 소요되는 일수 및 인력을 기준으로 정하되, 직접 인건비, 직접 경비, 제경비 및 기술료 등으로 구성하여 진단기관이 정하도록 하고 있으며 과기처 노임단가 기준으로 적용하되 500TOE 이하인 업체로서 중소기업의 경우는 진단 비용의 일부를 정부에서 지원해 주고 있다.

<표 2> 진단등급별 에너지진단 소요일수 및 소요인력 기준

| 진단 구분 | 연간 에너지사용량 (TOE) | 진단 소요일수(일) | | | 인력(인) | 총소요 (인·일) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 현장 | 보고서 | 소계 | | |
| A5 | 20만 이상 | 29 | 21 | 50 | 4 | 200 |
| A4 | 10만이상 ~ 20만미만 | 25 | 18 | 43 | 4 | 172 |
| A3 | 5만이상 ~ 10만미만 | 21 | 15 | 36 | 4 | 144 |
| A2 | 2만이상 ~ 5만미만 | 17 | 12 | 29 | 4 | 116 |
| A1 | 1만이상 ~ 2만미만 | 14 | 9 | 23 | 4 | 92 |
| B | 5천이상 ~ 1만미만 | 11 | 8 | 19 | 3 | 57 |
| C | 5천만미만 | 8 | 5 | 13 | 3 | 39 |

(3) 에너지관리 기준점검

에너지진단을 받기 전에 진단대상자는 지경부고시제2006-98호(2006.9.18)의 에너지관리기준에 따른 에너지관리기준 점검표를 작성하여 스스로 현황을 점검하고 진단시 진단기관에 제출하여야 하며 건물부문설비별절검표 서식은 아래 표와 같다.

<표 3> 건물부문설비별점검표

| 에너지관리기준 준수상황 점검표 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 관리항목 | | 해당내용 | 관리실태 | 비 고 | 채 점 |
| 가. 건축물부문 (제12장) | | | | | |
| 단열강화 (제40조) | 단열미흡 및 훼손부위 열손실방지조치 | | | | |
| | 열관류율 기준에 의한 단열두께 준수 | | | | |
| 기밀성강화 (제41조) | 문, 창호와 벽체부위 등 기밀성능 보완 | | | | |
| | 훼손된 방풍, 방수재 교체 | | | | |
| | 커튼과 블라인드 청결관리 및 유지관리 | | | | |
| | 기밀성 창호, 단열성능 우수제품으로 교체 | | | | |
| 나. 기계설비부문 (제13장) | | | | | |
| 난방 및 급탕설비 (제42조) | 연료, 연소계통, 연료소비량, 급수량 점검관리 | | | | |
| | 압력, 급수, 배가스, 표면온도관리 | | | | |
| | 수질 및 배가스 분석, 공기비, 온수온도관리 | | | | |
| | 연소효율, 열효율 최적 운전관리 | | | | |
| | 열발생·사용기기 스케일 예방기기 도입 | | | | |
| | 연소 제어장치 설치 | | | | |
| | 열전달표면, 필터, 유니트 등 주기적 청소 | | | | |
| | 배관의 공기분리기 및 배출기 설치 | | | | |
| | 열발생설비 비례제어 운전 | | | | |
| | 응축수의 회수이용 급수활용 | | | | |
| | 실내온도 조절장치 설치 운용 | | | | |
| | 급탕설비 급탕온도 적정화 | | | | |
| | 급탕설비 축열·방열시간 관리 | | | | |
| | 급탕설비 누수, 단열 등 기밀 관리 | | | | |
| | 급탕설비 배관손실 보상시스템 | | | | |
| | 급탕설비 휴일, 야간 스케줄 제어 | | | | |
| | 급탕설비 폐열회수 시스템 | | | | |
| | 급탕설비 대체 신·재생에너지설비 채택 | | | | |
| 냉방설비 (제43조) | 냉동기 성적계수 유지 | | | | |
| | 냉동기 부하율냉동기 대수제어 | | | | |
| | 냉동기 냉매, 증발기/응축기 성능관리 | | | | |
| | 냉동기 냉수 입·출구온도 관리 | | | | |
| | 냉각수 온도제어 및 냉각팬 가동제어 | | | | |
| | 냉각수 순환펌프 운전제어(수량, 양정) | | | | |
| | 냉각탑 온도, 유량 정기적 점검 관리 | | | | |
| | 냉각코일 스케일제거, 냉각수 수처리 | | | | |
| | 고효율기자재 적용 | | | | |
| | 신·재생에너지 이용시설 대체 | | | | |
| 공조설비 (제44조) | 적정 냉·난방 실내온도 유지 및 관리 | | | | |
| | 공조설비 설정온도, 습도의 적정 관리 | | | | |
| | 온도조절 및 제어 등 온도조절시스템 도입 | | | | |
| | 냉·난방용 코일핀의 청소와 주기적 필터교체 | | | | |
| | 순환수 수질관리, 스케일 제거 및 예방 | | | | |
| | 외기취입, 이코노마이저 시스템 도입 | | | | |
| | 배기계통 열회수설비 설치 | | | | |
| | 변풍량제어 시스템 도입 | | | | |
| | 송풍기 대수제어, 가변익 제어 | | | | |
| | 급환기 풍량측정장치, 제어장치 도입 | | | | |
| | 유량조절장치 설치 공조구획 효율관리 | | | | |
| | 용량가변 개별공조기 고효율기자재 채택 | | | | |

(4) 에너지진단 절차

진단 사업장의 정보공유와 대상시스템의 사전조사가 선행되어야 하며 이는 매우 기본적인 사항으로 담당부서 또는 담당자와의 토의와 협의를 통해 가능하다. 담은은 에너지원별 이용Flow 파악과 에너지발생 및 사용설비를 사업장 특성에 비추어 파악한 후 공정별, 설비별 설명을 청취하면서 에너지원별, 설비현황파악과 자체 문제점 및 추진계획을 토론하고 현황 파악을 완료한다. 이후부터 현장계측과 공정의 상태를 파악하기 위해 현장의 Control Room을 방문하여 운전관련 기록들과 현재 지시 또는 기록되고 있는 계측자료를 확인하고 과거의 운전기록 등을 살펴보면서 전체일정에 맞게 진단추진계획을 작성하여 팀원과 사업장 관련자에게 공지시킨다. 마지막으로 본격적인 자료 수집을 위한 현장계측을 근거로 설비/공정의 수지 및 손실요인 분석과 절감 잠재량 파악, 개선안을 발굴 정리하여 담당부서와 협의한 후 투자경제성분석을 통한 우선순위를 결정하고 진단을 받은 업체에 설명회를 통해 개선이행을 설득하여야 한다.

[그림 4] 진단절차

(5) 에너지진단 범위

<표 4> 에너지 진단 범위

| 부문별 대상시설 및 설비 | | 에너지진단 범위 |
|---|---|---|
| 건물부문 | 건축물 | - 구조체의 열관류율 및 건물 냉난방 부하 산출<br>- 각 구획 구성의 적정성<br>- 열원시설 적정용량 |
| | 난방 및 급탕설비 | - 보일러 등 열전환시설의 관리상태 및 성능시험<br>- 급수, 연료공급 및 연소 계통 관리<br>- 열전환 방식 및 계통<br>- 배관시설의 시스템 및 보온상태<br>- 증기트랩 및 응축수 회수이용<br>- 급탕시설 등 열교환시설의 효율향상 방안<br>- 급탕부하 신·재생시스템 적용방안 |
| | 냉방 및 공조설비 | - 냉방기기 성적계수 및 성능시험<br>- 설계사양 및 실부하 비교 분석<br>- 공조기 급배기 분석 및 환기설비 부하 측정<br>- 냉방 및 공조설비 운전관리 및 가동상태 분석 |
| | 수배전 설비 | - 수변전설비 통합관리<br>- 배전설비 운전관리<br>- 최대수요 및 역률 분석 |
| | 동력설비, 조명설비 및 기타 | - 동력시설의 적정용량 및 이용실태 개선<br>- 램프, 안정기, 반사갓 등 조명시설 개선<br>- 승강기 등 운행방식 합리화<br>- 각종 절전장치의 적용 가능여부<br>- 폐열회수, 재활용 등 신·재생시스템 적용방안<br>- 에너지시스템 합리화 방안<br>- 중장기 에너지절약 대책 수립 |

<표 5> 산업설비의 에너지 진단 범위

| 진단 대상 | 주요 진단내용 |
|---|---|
| 열발생설비 | - 연료 및 연소관리계통과 급수계통 개선<br>- 보일러, 각종 요로 등 주요설비 성능시험<br>- 손실요인 분석과 효율 향상방안 제시<br>- 개선사항에 대한 시설투자 및 경제성 검토 |
| 냉난방설비 | - 연료 및 연소관리계통과 급수계통 개선<br>- 보일러, 각종 요로 등 주요설비 성능시험<br>- 손실요인 분석과 효율 향상방안 제시<br>- 개선사항에 대한 시설투자 및 경제성 검토 |
| 열수송설비 | - 에너지 수송계통의 개선<br>- 합리적인 에너지 수송시스템 제시<br>- 폐열회수 및 보온 강화시 경제성 검토 |
| 열사용설비 | - 주요 열사용설비의 성능시험<br>- 공정 및 조업개선에 의한 개선방안 제시<br>- 폐열회수 시스템의 검토 및 개선방안 도출<br>- 에너지절약 신기술 적용 및 효과분석<br>- 에너지절약 시설투자 및 경제성 검토<br>- 시설의 적정용량 검토 |
| 수배전설비 | - 전력 수급계약의 적정여부 판단<br>- 용량 적정성, 운전 효율성 검토<br>- 역률 관리 및 최대수요전력 분석 |
| 동력설비 | - 동력설비 용량 및 운전효율 산정<br>- 부하율 및 교축손실의 개선책 제시<br>- 조업 개선을 통한 절전 가능성 분석<br>- 유량, 압력 제어의 적용 타당성 검토<br>- 결전장치, 시스템의 적정성 검토 분석 |
| 전열 및 조명설비 | - 열원대체 가능성 마련<br>- 폐열회수 방안 수립<br>- 적정용량 및 부하율 분석<br>- 적정 조도관리 및 절전형 광원 도입 타당성 검 |
| 기타 | - 기업의 에너지부하 및 경향분석<br>- 중장기 에너지절약 대책<br>- 에너지 시스템의 문제점과 개선대책<br>- 에너지경영시스템(ISO 50001) 도입 검토<br>- 신재생에너지 설치 타탕성 검토 |

## 2. 에너지절약전문기업(ESCO)

### 가. ESCO의 정의

ESCO(Energy Service Company, 에너지절약 전문기업)란 에너지 사용자가 기술적, 경제적 부담이 없도록 전문기업에서 자체자금 또는 정책자금으로 에너지사용자의 에너지절약 시설에 투자한 후 이 투자시설에서 발생하는 에너지 절감비용으로 투자비와 이윤을 회수하는 기업을 말한다.

### 나. 특징

(1) 에너지 절약 전문기업의 특징 (성과배분계약시)

- 제3자의 재원을 이용한 투자
- 에너지절약시설 설치를 위한 초기 투자비를 ESCO가 조달
- 에너지절약 성과(절감액)배분
- 시설투자에 의한 절약비용은 고객(절약시설 사용자)과 전문기업이 약정에 의하여 배분
- 절약전문기업의 투자비 회수가 끝나면 기투자된 에너지절약 시설은 고객이 소유

(2) 에너지절약 전문기업을 통해 시설투자를 할 경우

- 에너지사용자가 투자비 조달 능력이 없을 경우, ESCO를 통하여 초기 투자비를 조달하며, 투자비는 투자한 에너지절약 시설에서 발생하는 에너지절감액으로 상환 (성과배분계약방식)
- 성과보증계약시는 에너지사용자가 초기 투자비를 조달하고 ESCO는 에너지절감량을 보증
- 에너지절약시설에 대한 전문적 서비스를 제공(설계, 구입, 시공, 사후관리, 하자보증)
- 전문적인 서비스가 제공되므로 에너지사용자는 시간과 인력, 비용을 절감
- 조세특례제한법 제25조2에 의거 에너지절약설비 투자금액의 100분의 20에 상당하는 금액을 소득세 또는 법인세에서 공제 (2008.9.26 개정시행)

### 다. 에너지절약 전문기업 이용의 흐름도

[그림 5] ESCO 이용의 흐름도

에너지관리공단 홈페이지에서 ESCO 관련 내용 추가 필요

## 3. 공조 시스템 성능진단

### 가. ASHRAE(미국)

1989년에 ASHRAE Guideline 1-1989, Guidelines for Commissioning of HVAC가 ASHRAE Standard로 제정되었다. 이것은 공조시스템 성능진단 및 평가 기술 과정의 기본내용, 조직, 과정 각 단계별 업무의 개요에 대해서 기술되었고 프로세스의 상세한 내용은 포함되지 않았다. 그것이 크게 보완되어 1996년에 ASHRAE Guideline 1-1996, The HVAC Commissioning Process로 발표되었는데 HVAC 시스템에 다형 주로 기술되어 있다.

### 나. NEBB(미국)

미국에서 공조시스템 성능진단 및 평가 기술이 실무적으로도 필수 불가결한 것으로

고려되는 가장 큰 요인은 TAB(Testing, Adjusting and Balancing; 시험조정) 작업 때문이다. 미국에서는 시험조정을 위해서는 TAB 업계에 외주를 주어 행하는 예가 많다. NEBB(National Environmental Balancing Bureau)는 MCAA(Mechanical Contractor's Association of America)의 후원으로 설립된 비이익단체이고, 공조시스템 성능진단 및 평가, TAB, 클린룸의 측정, 소음진동측정 등의 표준화와 인증업무를 하고 있다. 인증업무는 TAB, 커미셔닝 기술자의 교육훈련, 회사의 인증을 하고 있다.

### 다. BSRIA와 CIBSE(영국)

영국에서는 미국의 ASHRAE와 유사하지만 이들과는 약간 다른 단체로 BSRIA(Building Services Research and Information Association; 건축설비연구정보협회, 195년 설립)가 있다. 건축설비와 관련된광범위한 업계 및 정부기관의 회원을 보유하고 그 위탁에 의해서 연구개발·조사, 각종 기준의 제정을 하고 있다. 한편, 기술교육 커리큘럼과 자격인증에 지배적인 영향력을 가진 기술평의회(The Engineering Council)의 인정단체인 CIBSE(The Chartered Institute of Building Services Engineers; 공인건축설비기술자협회)는 공조시스템 성능진단 및 평가 기술을 포함한 건축설비기술교육의 커리큘럼, 권위 있는 자격을 부여하는 중요한 역할을 담당하고, 나이와 교육 및 실무경험에 따라서 회원을 계층화하여 관리하고 있다.

### 라. 공기조화위생공학회(일본)

일본에서는 공조시스템에 대한 품질보증의 인식과 추진체계가 전분야에 대해서 미진한 실정이다. 따라서 공조시스템 성능진단 및 평가 기술과 관련된 소위원회를 구성하여 관련 업무를 수행하고 있다. 일본은 ASHRAE의 1989년도 기준안을 기초로 하여 일본의 실태에 맞게 수정, 보완되었으며 아래와 같은 내용으로 구성되어 있다.

- 성능검증의 목적
- 성능검증의 실시단계
- 부분성능검증의 적용
- 검증기관, 검증자
- 설계 성능 검증
- 시공성능 검증
- 운전성능 검증

### 마. Annex 40

국제에너지기구인 IEA(International Energy Agency)는 OECD(경제개발협력기구)의 하부조직으로서 제1차 석유위기 직후에 석유소비국 간의 협력을 위하여 설립된 조직이다.

IEA는 에너지 수요를 제어하기 위한 목적으로 에너지절약기수로가 대체에너지기술개발을 여러 국가가 협력체제하에서 효율적으로 추진하기 위하여 하부조직으로서 에너지기술개발위원회를 설립하였다. 개발위원회 중에서 건물의 공조시스템 및 자동제어에 관한 연구부문(Annex)을 중심으로 공동연구를 진행하게 되는데 2000년도 10월

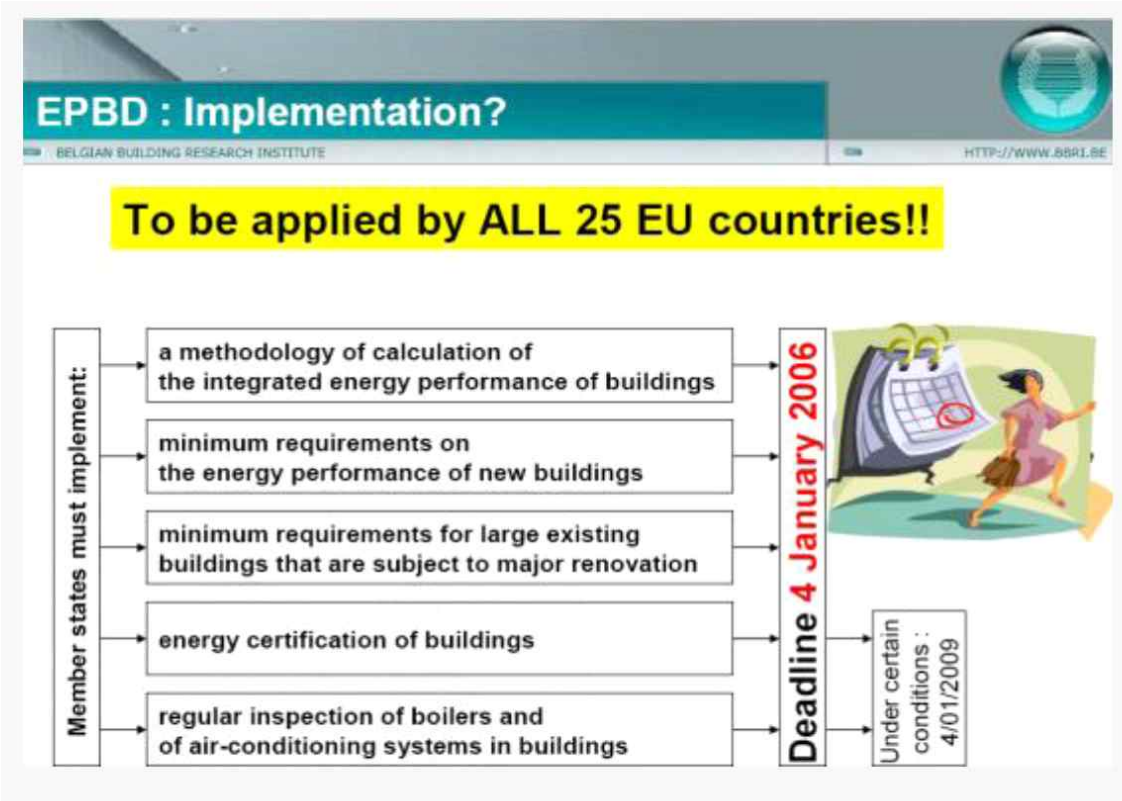
부터 Annex 40(Commissioning of Building HVAC Systems for Improved Energy Performance) 준비위원회를 시작으로 하여 2001년도 4월에 네덜란드에서 제 1차 회의가 개최되었다. 제1차 회의에 참가한 국가는 미국, 영국, 일본, 네덜란드, 벨기에, 핀란드, 스위스, 프랑스, 스웨덴, 독일, 캐나다 등 선진국의 대표적인 정부기관, 연구기관 및 대학교에서 전문가들이 참가하였다.

## 제2절 국외 기술 및 산업동향

### 1. EPBD

2009년 4월, EU의회는 개정된 「건물에너지절약지침(EPBD, Energy Performance of Building Directives)」를 발표하고 2019년부터 EU 내에서 지어지는 모든 신축 건물에 대해 소비되는 에너지보다 더 많은 에너지가 생산되도록 규정하였다.

영국은 이러한 EU의회의 발표가 있기 전인 2008년 12월, 이미 「제로 탄소 주택 정책」을 발표하였고, 2016년부터 영국에서 짓는 모든 주택에서 이산화탄소 배출을 제로화하겠다고 공표하였다. 또한 2019년부터는 이를 상업용 건물까지 확대하고 2050년까지는 기존 건물도 제로 카본에 근접할 수 있도록 난방 시스템 개조 등 다양한 조치를 취하도록 제안하고 있다.




[그림 6] EPBD 설명

EPBD에서의 주요 내용은 향후 신축, 리모델링 및 기존 건물 등 모든 건축물에 대하여 에너지소요량, 이산화탄소 배출량과 같이 총량개념의 에너지 성능 기준으로 설정하도록

규정하고 있는 점이다. 이는 건축물 구조체의 부위별(외벽, 지붕, 바닥면 등) 단열성능기준은 삭제가 되며, 건물전체의 에너지소비량으로 건축규제가 이루어진다는 것을 의미하는 것이다. EPBD의 주요 규정은 아래와 같다.

- 건물 에너지성능의 통합에너지 계산을 위한 방법론 골격 개발
- 신축건물 및 리모델링 건물의 최소에너지 성능기준 설정
- 기존건물의 최소에너지요구량 설정
- 건물의 에너지성능 인증제도 시행
- 일정규모이상의 건물에 대하여 에너지효율등급 표시 의무화
- 신축, 매매, 임대 시 첨부서류로 활용
- 1000㎡ 이상의 공공건물은 눈에 잘 띠는 장소에 표시 의무화
- 일정규모이상의 난방 및 공조시스템은 정기검사 실시 의무화
- 공공건물에 대하여 권장온도 및 현재의 온도 표시

## 2. SAP

SAP은 주거용 건물을 위한 국가 공인 에너지성능 평가방법으로 영국의 건축법 Building Regulations 2000의 기술서인 Approved Document Part L1A (Conservation of Fuel and Power in New Dwellings)와 Approved Document Part L1B(Conversation of Fuel and Power in Existing Dwellings에 명시하고 있다. 1993년 DOE(현재의 DECC, Department of Energy and Climate Change)와 BRE(British Research Establishment)에 의해 처음 발표되었다.

SAP2005에서는 신청주택의 에너지소요량과 CO2 배출량을 산출하며, 이를 토대로 에너지비용 평점(SAP rating based on CO2 emissions, 1~100)을 각각 산출 후, 에너지비용 평점 혹은 CO2 배출량 평점 값에 따라 건물에너지효율등급을 A~G까지의 7개 등급으로 부여한다. 그리고 단위면적당 CO2 배출량(DER, Dwelling CO2 Emission Rate)을 구해 법규상의 기준치 만족 여부를 평가한다.

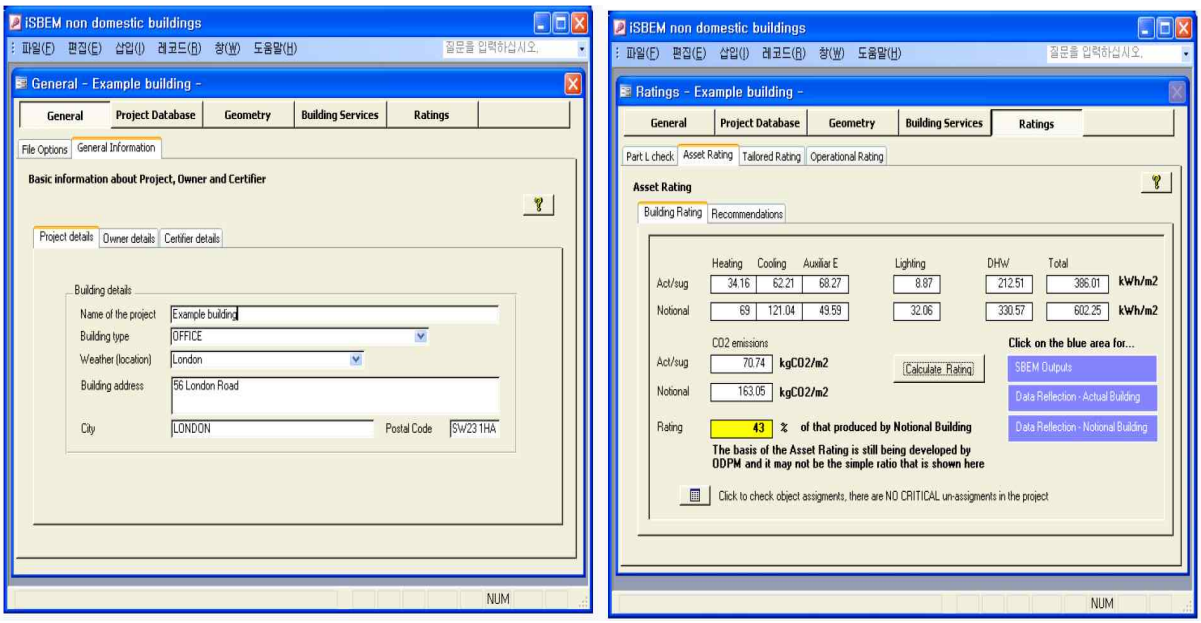
<표 6> SAP2005 건물 에너지성능 평가지표

| 구분 | 평 가 지 표 | 평 가 내 용 |
|---|---|---|
| 1 | SAP rating | 신청주택의 에너지비용평가지표 |
| 2 | EI rating (Environmental Impact) | 건물 환경 성능지표 |
| 3 | DER (Dwelling $CO_2$ Emission Rate) | 신청주택의 $CO_2$ 배출율 |
| 4 | TER (Target $CO_2$ Emission Rate) | 표준주택의 $CO_2$ 배출율 |

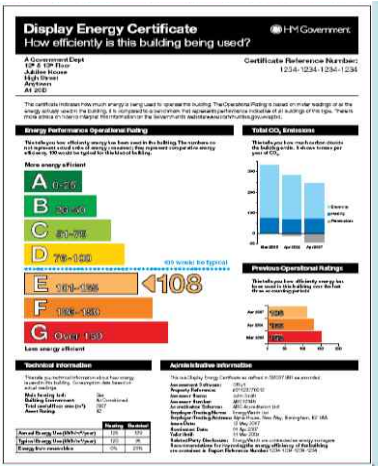
# 제3절 국가별 제도

## 1. 영국의 건물에너지성능 평가

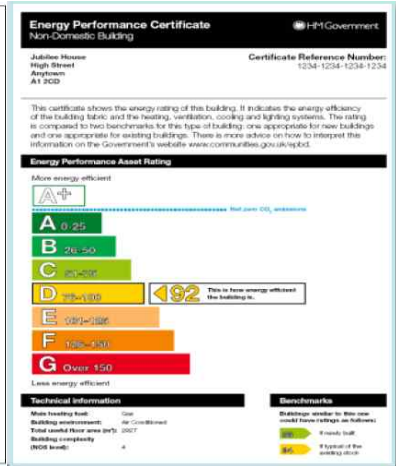
- 영국에서는 건물 에너지성능 평가를 위한 표준 계산법으로 주거용은 SPA(Standard Assessment Procedure)을 이용하며, 비주거용으로는 NCM(National Calculation Method)를 이용하여 계산하고 있다.



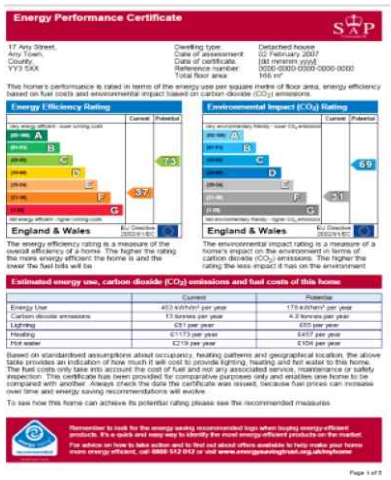

[그림 7] 비주거용 건물해석프로그램 iSBEM (Simplified Building Energy Model)




[그림 8] 영국의 주거용 건물 에너지성능 인증서




[그림 9] 영국의 비주거용건물 에너지성능인증서




[그림 10] 영국의 공공건물 에너지성능인증서

## 2. 일본의 건축물 에너지 절약기준 현황

- 환경에너지 우량 건축물 인증제도 시행
- 일정규모 이상 기존 건물에 에너지 소비량 제출 의무화
- 2,000㎡ 이상의 건축물(비주택) 신축, 증개축시 에너지절약 조치 사항을 관청에 신고
- 2008년 7월 대비 2020년 CO2 배출량 14%, 2050년까지 60~80% 감축목표

[그림 11] 일본에너지 마크

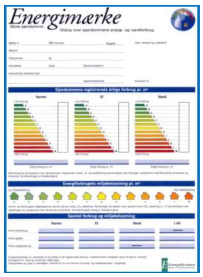
## 3. 미국 및 캐나다

- 미국은 EPA와 DOE 공동으로 Energy Star Building program을 시행하여 비주거용 건물에 대한 에너지 소비 절감을 자발적으로 유도
- 캐나다는 비주거용 건물의 에너지 소요량을 25% 이상 절감하는 경우에 대하여 금융적 인센티브 부여하는 CBIP 제도를 운영

[그림 12] Energy Star Building 마크

## 4. 덴마크의 건축물 에너지 성능제도 추진현황

- 1997년1월 건물에너지 등급 기 시행,
  매매 시 건물등급인증서 요구
- 매년 40,000~45,000개 건물 라벨링 표시,
  현재 40만개 라벨링




[그림 13]
덴마크의
에너지 등급서

# 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

## 제1절 건물 에너지 성능 결정 인자 도출

### 1. 업무용 건물 에너지 소비총량에 영향을 주는 설계 인자별 민감도 분석

가. 동적 시뮬레이션 모델기반 설계 요소 변화에 따른 에너지 소비량 계산

본 장에서는 업무용 건축물의 에너지 소비총량에 영향을 주는 설계 인자별 민감도 분석시뮬레이션 대상 건물 표준을 정의하고 그 기준으로 사례별로 각각의 에너지 영향요소에 변화를 주어, 해당 영향요소의 에너지 저감비율을 분석하였으며, Case 별로 시뮬레이션 결과를 토대로 건물에너지 저감 요소에 따라 1차 에너지 사용량에 영향을 미치는 기여도를 분석하였다.

나. 설계 요소별 건물 에너지 소비량 기여도

최근 건물에너지 절약을 위해 법제도적 규제 및 가이드라인이 마련되어 왔다. 이러한 규제 및 가이드라인들은 건축, 설비, 전기 등에 도입 기술 요소별로 일정한 수준이상의 정량적 기준을 제시하고 있다. 한편, 건물 에너지 소비 총량제 실시로 건물 요소별 세부적 기준과 규제를 만족함과 동시에 건축물이 사용하는 최종 에너지 소비량 평가도 수행해야 한다. 그러나, 건물 에너지 소비총량제의 경우 건물의 에너지에 영향을 주는 인자가 다양하고 상호 연관되어서 시스템적 해석을 하지 못하는 경우 효과적인  에너지 절감 방안을 찾아내는 것이 쉽지 않다. 설계자들에게 설계 초기에 건물 에너지 소비량에 영향을 주는 건축적, 시스템적 주요 결정인자들에 대한 가이드가 필요하며 이러한 가이드는 정량적인 수치로 예비평가가 되어야 한다. 본 연구에서는 설계자가 설계 초기단계에 에너지 소비 총량제 대응 절감 방안 선택을 위한 효과적 기술 및 기술 조합을 찾아내서 의사결정을 지원할 수 있는 평가 모델을 제시하고자 한다.

(1) 설계요소별 건물에너지 소비량 기여도 분석 방법

업무용 건축물에 한하여 건물 에너지 소비 총량에 영향을 주는 주요 설계 결정인자별 민감도 분석 수행하여 설계 결정인자별 에너지 민감도를  파악하기 위해 EnergyPlus를 이용하여 시뮬레이션을 실시하였다. EnergyPlus는 건물에너지 소비량 계산에 있어서 설비시스템과 더불어 창호시스템 등 건축적 요소 변화에 따른 에너지 성능평가에 필요한 건축 및 시스템 계산 엔진을 통합적으로 갖추고 있어 본 연구의 목적에 적합한 툴이다. 시뮬레이션 대상 건물 표준을 정의하고 그 기준으로 사례별로 각각의 에너지 영향요소에 변화를 주어, 해당 영향요소의 에너지 저감비율을 분석하였으며, Case 별로 시뮬레이션 결과를 토대로 건물에너지 저감 요소에 따라 1차 에너지 사용량에 영향을 미치는 기여도를 도출하였다. 또한 기여도에 따라 설계초기 단계에서 설계자가 고려해야 할 주요 요소를 선정하여 요소별 비율을 증감하였을 시 건물에너지에 미치는 영향을 대표하는 수식 모델을 도출 하였다.

다. 설계 요소별 냉방, 난방, 반송, 조명 부하 영향 민감도 분석

(1) 시뮬레이션을 통한 건물에너지 민감도 분석

(가) 시뮬레이션 개요

시뮬레이션 대상 건물은 사무소 건축물로써 개요는 다음과 같다.

<표 7> 시뮬레이션 모델 개요

| 구분 | | 내용 |
|---|---|---|
| 위치 | | 인천[5] |
| 사용프로그램 | | Energy Plus 5.0 |
| 용 도 | | 사무소 |
| 건축물 규모 | 기준층 면적 | 1270.24 ㎡ |
| | 기준층 공조 면적 | 998.24 ㎡ |
| | 천정고 | 2.6 m |
| 구조 | 벽체 | 콘크리트127mm + 단열재 90mm + 석고보드 12.7mm |
| | 유리 | 투명유리 6mm + 공기층 5mm + 투명유리 6mm |
| | 벽면율 | 50% |
| 내부 발열 | 인체 | 0.2인/㎡ |
| | 조명 | 20 W/㎡ |
| | 기기 | 10 W/㎡ |
| 운영 조건 | 온도설정 | 26℃ / 20℃ |
| | 운전 스케줄 | 주간 8:00 ~ 16:00, 주말 8:00 ~ 13:00 |
| 기계 설비 | 공조방식 | CAV (정풍량) |
| | 보일러 | 가스보일러 ($\eta$ =0.83) |
| | 냉동기 | 원심식냉동기 (COP=4.3) |

5) EnergyPlus 5.0의 기본 입력 자료 중 서울의 기후 데이터가 부재하여 서울과 인접한 인천기준 적용

(나) 대상건물 변수설정

시뮬레이션 대상 표준 건물을 기준으로 사례별로 각각의 영향요소에 변화를 주어, 해당 영향요소의 에너지 저감비율을 분석하였으며, 건축물 향, 폐열회수, 공조방식의 경우에는 설정값의 종류에 따른 에너지 저감요소를 분석하였다. 일반적으로 Case1은 표준 Case에 비해 에너지 소비가 많을 것으로 예측되는 경우, Case2는 표준 Case에 비해 에너지 소비량이 적을 것으로 예측되는 경우로 설정하였으며, 설정 값의 변화량이 동일 간격이 되도록 하였다.

Case1과 Case2에서 각 영향요소의 설정값은 「기후변화 대응을 위한 건축물 에너지효율등급 표시제도 개발 연구」에서 50개 사무소의 건축물 설계현황과 「에너지성능지표」에서의 배점을 참고하여, 영향요소를 설정하였다(<표 2> 참조).

<표 8> 건축물 설계요소에 따른 에너지 소비 결정 변수

| 분야 | 영향요소 | Standard | Case1 | Case2 |
|---|---|---|---|---|
| 건축 (계획측면) | 건축물 향 | 남, 북 | 동, 서 | 남동, 북서, 남서, 북동 |
| | 침기 | 0.3 | 0.5 | 0.1 |
| | 실내 천정고 (m) | 2.6 | 3 | 2.2 |
| | 창 면적비 (%) | 50% | 75% | 25% |
| 건축 (성능측면) | 벽체 단열성능 (W/㎡.K) | 0.4 | 0.7 | 0.1 |
| | 유리 열관류율 (W/㎡.K) | 일반복층 2.55 | 일반복층 3.75 | 아르곤삼중 1.12 |
| | 유리 종류 (광투과율) | 투명유리 0.775 | Low-E 유리 0.6 | 회색유리 0.44 |
| 기계 | 폐열회수 환기시스템 | - | 현열 | 엔탈피 |
| | 공조방식 | CAV | VAV | - |
| | 보일러 | 0.83 | 0.79 | 0.87 |
| | 냉동기 | 4.3 | 3.4 | 5.2 |
| 전기 | 조명밀도(W/㎡) | 20 | 32 | 8 |

(다) 대상 사례별 에너지 사용량 시뮬레이션 결과

시뮬레이션을 통해 2차 에너지 소비량을 산출 후 1차 에너지 환산계수를 반영하여 공조면적당 1차 에너지 소비량을 산출 하였다. 냉방에너지는 냉각탑과 냉방에너지를 합하여 산출 하였으며, 반송에너지는 1차 에너지의 팬과 펌프에너지를 합하여 산출하였다(<표 3> 참조).

(2) 연간 1차 에너지 사용량 기여도

업무용 건축물의 경우는 주간 운전 조건이 주로 적용되어 냉방 위주의 건축물이다. 또한 조명에너지가 큰 특성을 가지고 있다. 따라서 냉방에너지 사용량에 영향이 큰 창면적비, 유리의 광학특성, 조명밀도의 기여도가 크게 나타났다. 벽체 열관류율의 경우, 난방에너지 절감에는 효과적 이지만 전체 에너지 사용량 중 난방에너지의 비중이 작아, 전체에너지 사용량에는 큰

영향을 주지 못하였으며, VAV, 고효율에너지 기자재, 폐열회수장치와 같은 고성능 기계설비는 냉방, 난방, 반송에너지를 모두 효과적으로 감소시킬 수 있어, 에너지 사용량에 큰 기여를 하는 것으로 나타났다(<표 4> 참조).

업무용 건물 에너지 소비총량에 영향을 주는 설계 인자별 민감도 분석시뮬레이션 대상 건물 표준을 정의하고 그 기준으로 사례별로 각각의 에너지 영향요소에 변화를 주어, 해당 영향요소의 에너지 저감비율을 분석하였으며, Case 별로 시뮬레이션 결과를 토대로 건물에너지 저감 요소에 따라 1차 에너지 사용량에 영향을 미치는 기여도를 도출하였다.

<표 9> 설계요소에 따른 Case별 1차에너지 소비량

(단위 : kWh/㎡ · y)

| 1차에너지 | | 냉방 | 난방 | 반송 | 조명 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Standard | | 155.2 | 46.3 | 124.5 | 161.7 | 487.7 |
| 건축물 향 | Case1 | 173.9 | 57.7 | 142.7 | 161.7 | 536 |
| | Case2 | 173 | 59.6 | 142.5 | 161.7 | 536.8 |
| 침기(회/h) | Case1 | 155.5 | 47.3 | 124.7 | 161.7 | 489.2 |
| | Case2 | 155 | 45.4 | 124.3 | 161.7 | 486.4 |
| 실내천정고(m) | Case1 | 155.8 | 47.4 | 125 | 161.7 | 489.9 |
| | Case2 | 154.8 | 45.2 | 124.1 | 161.7 | 485.8 |
| 창 면적비(%) | Case1 | 184.4 | 56.9 | 149.5 | 161.7 | 552.5 |
| | Case2 | 130.4 | 39.2 | 99.1 | 161.7 | 430.4 |
| 벽체 단열성능(W/㎡.K) | Case1 | 154.8 | 48.1 | 124.6 | 161.7 | 489.2 |
| | Case2 | 155.6 | 44.2 | 124.3 | 161.7 | 485.8 |
| 유리 열관류율(W/㎡.K) | Case1 | 153.6 | 49.4 | 123.7 | 161.7 | 488.4 |
| | Case2 | 144.1 | 37.7 | 109.2 | 161.7 | 452.7 |
| 유리 광투과율 | Case1 | 149.3 | 44.1 | 114.6 | 161.7 | 469.7 |
| | Case2 | 141.4 | 46.8 | 108.7 | 161.7 | 458.6 |
| 폐열회수 | Case1 | 154.1 | 25.6 | 108.5 | 161.7 | 449.9 |
| | Case2 | 145.3 | 25.7 | 108 | 161.7 | 440.7 |
| VAV | Case1 | 141.4 | 18.6 | 81.8 | 161.7 | 403.5 |
| 고효율기자재($\eta$/COP) | Case1 | 195.9 | 48.7 | 125.5 | 161.7 | 531.8 |
| | Case2 | 128.6 | 44.2 | 123.8 | 161.7 | 458.3 |
| 조명에너지밀도(W/㎡) | Case1 | 180.6 | 43.6 | 140.6 | 258.7 | 623.5 |
| | Case2 | 138.4 | 51.7 | 109.3 | 64.7 | 364.1 |

※ 화석연료 1차 에너지 환산계수 = 1.1, 전기 1차 에너지 환산계수 = 2.75

<표 10> 저감요소에 따른 1차 에너지 기여도의 변화

| 저감요소 | 1차 에너지 기여도 |
|---|---|
| 조명 밀도 | 53% |
| 창 면적비 | 25% |
| VAV | 17% |
| 고효율에너지 기자재 | 15% |
| 건축물 향 | 10% |
| 폐열회수장치 | 10% |
| 유리의 열관류율 | 7% |
| 유리 종류<br>(광학특성 변화) | 6% |
| 천정고 | 1% |
| 외벽체 열관류율 | 1% |
| 침기량 | 1% |

(3) 건물에너지 절감 모델 식 도출

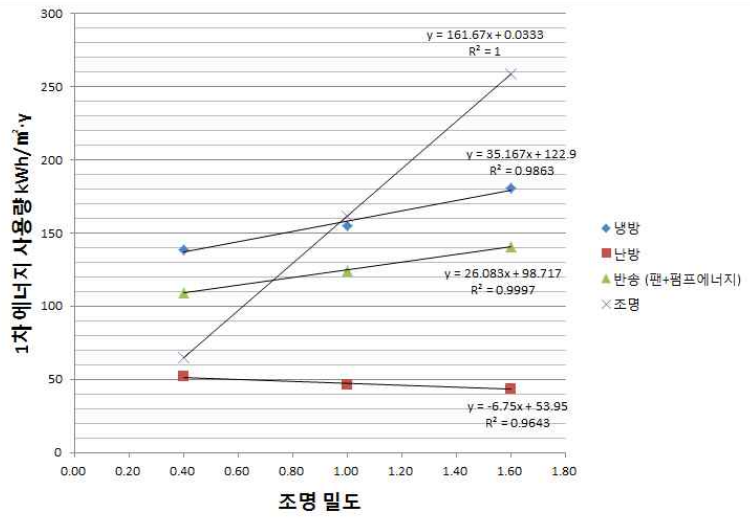
저감 요소별 기여도와 요소의 특성치 변경에 따른 1차 에너지 증감량을 정량적으로 산출 하기위해 저감 요소별 건물에너지 절감 모델식을 도출 하였다.

① 조명밀도

조명밀도 설정값 변화에 따른 1차에너지 증감량을 정량적으로 산출하기 위한 모델식은 다음과 같다(<표 5>, [그림 1] 참조). 조명밀도의 경우 절감 비율과 동일하게 조명에너지 사용량을 절감할 수 있다. 냉방에너지, 난방에너지, 반송에너지(냉난방부하 증가감소에 따른 환기량 변화로 인해)에 모두 영향을 주며 1차 에너지 절감에 가장 영향이 큰 요소인 것으로 나타났다. 조명은 난방 부하에서 실내 열취득 요소가 되므로 수식모델에서는 (-) 기울기를 나타내며, 냉방에서는 (+)로 그 기울기값이 난방에 비해 다소 크다는 것을 알 수 있다.

<표 11> 조명밀도에 따른 회귀방정식

| | 1차 에너지 사용량 기울기 |
|---|---|
| 냉방 | y=35.167x+122.9<br>$R^2$ =0.9863 |
| 난방 | y=−6.75x+53.95<br>$R^2$ =0.9643 |
| 반송 | y=26.083x+98.717<br>$R^2$ =0.9997 |
| 조명 | y=161.67x+0.0333<br>$R^2$ =1 |




[그림 14] 조명밀도에 따른 1차에너지 소비량

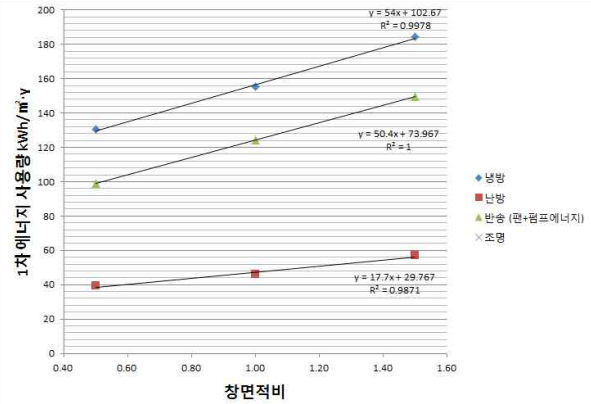
② 창면적비

창 면적비는 냉난방에너지와 반송에너지에 큰 영향을 주었으며, 특히 일사부하 증가에 따른 냉방에너지 사용량이 크게 증가하는 것을 알 수 있다. 창면적 비율이 높아짐에 따라 일사취득 량이 높아지지만 전도에 의한 손실률 또한 높아짐으로 창면적비가 높아지면 난방부하도 (+)기울기를 보이며 증가한다.

창면적비(%) 변화에 따른 1차 에너지 증감량을 정량적으로 산출하기 위한 모델식은 다음과 같다(<표 6>, [그림 2] 참조).

<표 12> 창면적비에 따른 회귀방정식

| | 1차 에너지 사용량 기울기 |
|---|---|
| 냉방 | y=54x+102.67<br>$R^2$ =0.9978 |
| 난방 | y=17.7x+29.767<br>$R^2$ =0.9871 |
| 반송 | y=50.4x+73.967<br>$R^2$ =1 |




[그림 15] 창 면적비 따른 1차 에너지 소비량

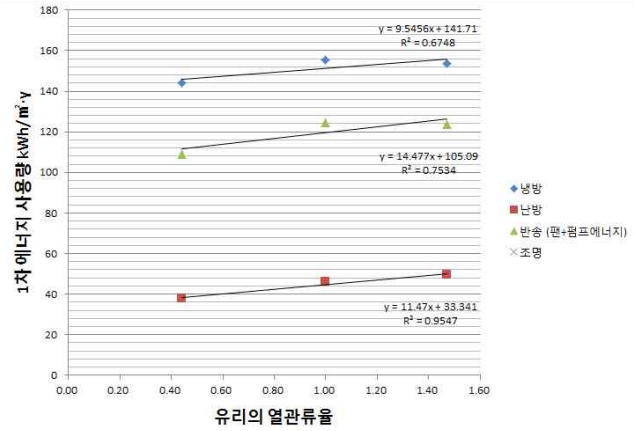
③ 유리 열관류율

유리는 외벽의 열관류율 보다 크기 때문에, 열관류율 변화에 따른 에너지 감소가 더 크게 나타났다. 표준 Case의 경우 창면적비가 50%이였으며, 창면적비가 감소함에 따라 에너지 소비량 저감 효과가 더 크게 나타났다.

유리 열관류율 값 변화에 따른 1차 에너지 증감량을 정량적으로 산출하기 위한 모델식은 다음과 같다(<표 7>, [그림 3] 참조).

<표 13> 유리의 열관류율에 따른 회귀방정식

| | 1차 에너지 사용량 기울기 |
|---|---|
| 냉방 | y=9.5456x+141.71<br>$R^2$ =0.6748 |
| 난방 | y=11.47x+33.341<br>$R^2$ =0.9547 |
| 반송 | y=14.477x+105.09<br>$R^2$ =0.7534 |




[그림 16] 유리 열관류율에 따른 1차 에너지 소비량

④ 유리 투과율

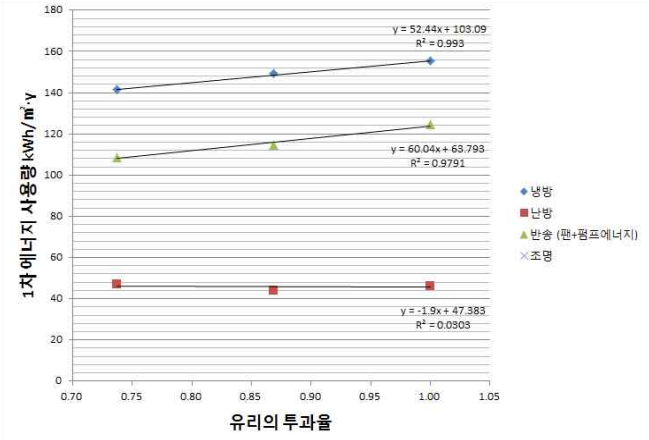
유리투과율 설정값 변화에 따른 1차 에너지 증감량을 나타내는 모델식은 다음과 같다(<표 8>, [그림 4] 참조). 회색유리가 일사 차단 효과가 우수하여 냉방에너지 감소효과가 가장 컸으며, Low-E 유리는  냉방, 난방에너지 절감에 있어 모두 효과적인 것으로 나타났다. 유리투과율이 높을수록 난방 에너지 사용량은 (-)기울기를 나타내며 감소하였다. 하지만 냉방, 반송에너지 증가 기울기가 더 높음을 볼수 있으며 이는 에너지 소비 총량측면에서 투과율이 낮을수록 긍정적인 효과를 나타낸다. 그러나 건물의 향, 실의 용도 등에 따라 유리 투과율을 달리하여 냉방 난방 에너지 소비에 적극적인 대처 가이드가 필요하다.

<표 14> 유리투과율에 따른 회귀방정식

| | 1차 에너지 사용량 기울기 |
|---|---|
| 냉방 | y=52.44x+103.09<br>$R^2$ =0.993 |
| 난방 | y=−1.9x+47.383<br>$R^2$ =0.0303 |
| 반송 | y=60.04x+63.793<br>$R^2$ =0.9791 |

⑤ 외벽 열관류율

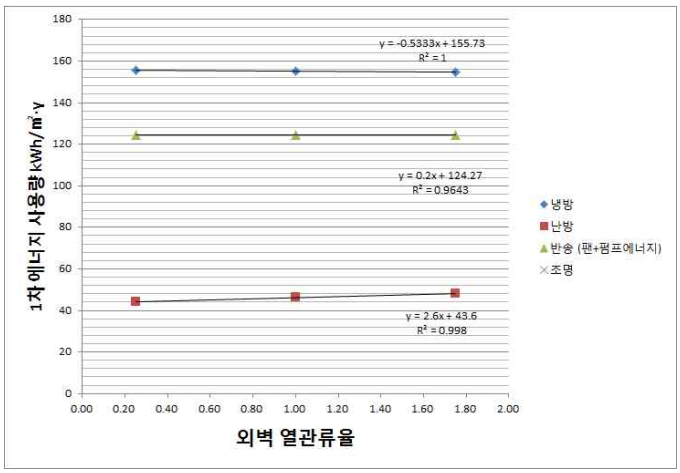
외벽 열관류율 설정값 변화에 따른 1차 에너지 증감량을 정량적으로 산출하기 위한 모델식은 다음과 같다(<표 9>, [그림 5] 참조). 외벽의 열관류율 증가는 냉방보다는 난방에너지 증가에 기여하며 이는 겨울철이 실내외의 온도차가 크기 때문으로 사료된다.




[그림 17] 유리의 투과율에 따른 1차 에너지 소비량

<표 15> 외벽의 U-Value에 따른 회귀방적식

| | 1차 에너지 사용량 기울기 |
|---|---|
| 냉방 | y=−0.5333x+155.73<br>$R^2$ =1 |
| 난방 | y=2.6x+43.6<br>$R^2$ =0.998 |
| 반송 | y=0.2x+124.27<br>$R^2$ =0.9643 |




[그림 18] 외벽의 U-Value에 따른 1차 에너지 소비량

(4) 시뮬레이션을 통한 건물에너지 민감도 분석 결과

본 장에서 동적 시뮬레이션 툴을 이용하여 건물에너지에 영향을 미치는 요소들의 민감도를 분석하였다.

민감도를 기반으로 수식 모델을 산출하여 설계자가 건물에너지에 기여하는 요소의 입력값를 변경함에 따라 건물 전체의 1차 에너지 소비량의 변화를 비교할 수 있는 인터페이스를 구성하였다. 이러한 정량적 수치를 확인하는 것은 설계 초기단계에서 건물에너지 법제도 대응에

신속하고 유용하게 사용 되어 질 것이라 사료 된다.

현재 조명밀도, 창면적비, 유리 열관류율, 유리 투과율, 벽체 열관류율 총 5가지 요소의 factor 변화에 따른 정량적 수치 가이드 모델을 구성 하였다. 이는 예비평가를 위한 간이 모델이며 보다 정확한 정량 수치를 반영하여 건축 초기 단계에 의사결정 반영을 위해 추후 기후조건, 건축 용도, 설비시스템 운전 조건 등 통합 시뮬레이션을 통한 보다 추가적인 가이드 모델의 개발이 필요하다.

## 2. 공동주택 건물 에너지 소비총량에 영향을 주는 설계 인자별 민감도 분석

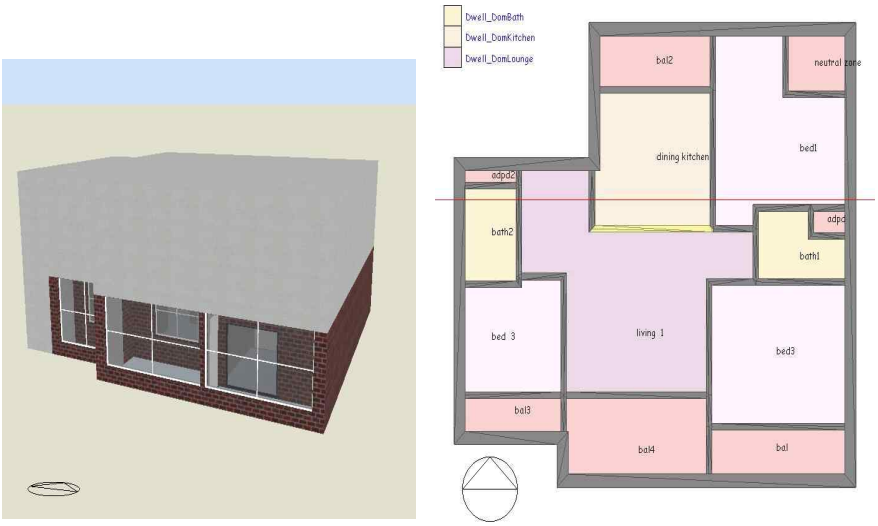
### 가. 설계요소별 건물 에너지 소비량 기여도

공동주택 발코니의 경우 냉난방부하 인자에 대한 평가가 고려되어야할 필요성이 있다. 따라서, 본 장에서는 공동주택의 발코니 비 확장의 경우 차양효과 및 비공조 존으로서의 열적 광학적 특성을 고려하여 발코니 외기면 창호의 창면적비, 일사취득 계수, 창호의 열관류율을 설계 영향 인자로 분석 대상을 정의하였으며 이 세 가지 인자 조합에 의한 주거건물에서 난방부하와 더불어 냉방부하 연간 냉난방부하 총량에 미치는 영향도를 분석하기로 한다.

### 나. 공동주택의 발코니 창호의 설계 사양에 따른 에너지 부하 영향 모델

#### (1) 시뮬레이션 모델의 조건 설정

본 장에서는 외기면 발코니 창면적비, 일사취득계수 및 열관류율을 변수로 냉난방 부하 계산을 위해 대표적 공동주택 모델을 정의하였으며 이를 정밀 시뮬레이션 툴인 EnergyPlus 6.0을 사용 하여 냉난방부하를 계산하였다. 평균적인 아파트 세대 모델을 정의하기 위해 LH공사의 표준 주거세대 중소형 주택 표준 평형인 59㎡ 세대를 채택하였다. 기상데이터는 한국태양에너지학회에서 제공하는 대한민국 표준 기상데이터에서 서울지역을 적용 하였으며, 아파트 외벽체 열관류율 값은 건축물 단열 기준의 중부지역 값인 0.36W/㎡K 로 설정하였다. 발코니 외벽 창호 면적비는 면적율에 따른 냉난방 부하 패턴 변화를 확인하기 위해 20%, 50%, 80%로 3가지 케이스를 선정 하였다. 열관류율 및 일사 취득계수의 변수를 식을 도출하기위해 단일유리와 2중유리 그리고 단일과 2중에 따른 투명, 컬러코팅, Low-E 코팅 유리를 적용하였으며 그 계수값은 표 2에 나타낸 바와 같다. 본 아파트 모델은 남향 최하층 측벽세대로 위치한 것으로 정의하였다. 본 연구의 목적은 발코니 설계 요소에 대한 냉난방 부하 영향 인자 평가 모델의 타당성을 연구 하는 것이므로 세대의 위치는 상관이 없으나 냉난방부하의 특성이 비교적 균형되게 나타나는 위치의 세대를 선택하였다. 위와 같이 시뮬레이션 모델은 [그림 6]에 나타난 바와 같으며, 시뮬레이션 계산 조건은 <표 10>에 나타낸 바와 같다.




[그림 19] 시뮬레이션 모델링 이미지

<표 16> 시뮬레이션 모델 조건 개요

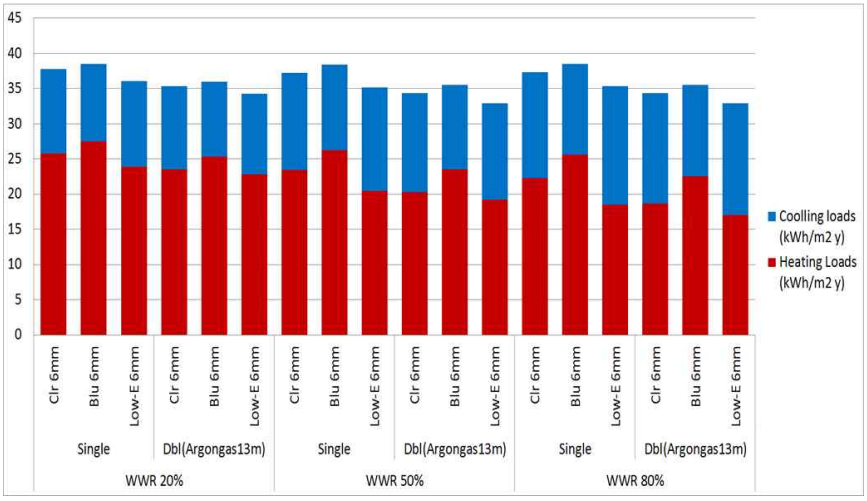
| 구분 | | 내용 |
|---|---|---|
| 규모 | 면적 | 59 ㎡ |
| | 층고 | 2.7 m |
| 외피 | 외벽 | 0.36W/㎡ K |
| | 창면적비 % | 20%, 50%, 80% |
| 내부발열 | 인체 | 0.2 kW/㎡ |
| | 조명 | 1.1 kW/㎡ |
| | 기기 | 5 W/㎡ |
| 운영조건 | 온도설정 | 냉방 25℃ / 난방 18℃ |

<표 17> 유리형태의 유리 종류별 열관류율과 일사취득계수 값

| 유리형태 | 단일유리 | | | 이중유리 (아르곤 가스 13mm) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Clr 6mm | Blu 6mm | Low-E 6mm | Clr 6mm | Blu 6mm | Low-E 6mm |
| 일사취득 계수 | 0.81 | 0.587 | 0.71 | 0.698 | 0.48 | 0.568 |
| 열관류율 | 6.121 | 6.121 | 4.233 | 2.549 | 2.549 | 1.499 |

(2) 시뮬레이션 결과

[그림 7]은 분석대상 전 사례에 대한 결과를 나타냈다. 일반적인 선행 결과와 유사하게 난방부하 및 연간 총 부하는 창면적 80% 투명Low-E 유리에서 가장 낮았으며 냉방부하는 창면적 20% 이중컬러유리에서 가장 낮게 도출되었다. 즉, 일사취득량의 비율에 따라 냉난방부하비가 비례하여 증가(냉방) 및 감소(난방) 함 을 알 수 있다. 다만, 이러한 일사취득량에 대한 영향은 창호의 열관류율 변화에 따라 다르게 나타냄을 결과표를 통해 알 수 있다. 창면적비, 열관류율, 일사취득계수의 종합적 변화에 따른 부하량은 다중 회귀분석법을 사용하여 모델을 구하였다. 다음절은 그 분석 결과이다.




[그림 20] 설정값 변경에 따른 냉난방부하 추이

(3) 다중선형회귀분석을 통한 부하 민감도 도출

① 회귀분석 유의수준에 따른 가설 설정

창면적비, 일사취득, 열관류율 등의 발코니 외벽 창호 요소들이 냉난방부하에 어떠한 영향을 미치는지 분석하기 위해 시뮬레이션 결과 값을 토대로 통계 소프트웨어인 SPSS 12.0를 활용하여 다중선형회귀분석을 수행하였다.

발코니 외벽 창호 요소와 부하간의 산출된 회귀식에 대한 유의성에 대해 (가)난방부하, (나)냉방부하, (다)총부하를 각각 살펴보면 <표 16>과 같이 결정계수(R2) 값이 0.885, 0.876, 0.937이고, 수정된 결정계수(Adjusted R2) 값이 0.861, 0.850, 0.924이므로 본 모델은 종속변수의 변화에 대한 설명력을 86%, 85%, 92%이상 가지고 있는 것으로 나타났다. 또한, 유의확률이 0.000으로 유의수준인 0.05보다 작게 나타나 회귀분석은 유의미하다.

<표 18> 모형 추정결과

| R | | R2 | Adjusted R2 |
|---|---|---|---|
| (1) | 0.941 | 0.885 | 0.861 |
| (2) | 0.936 | 0.876 | 0.850 |
| (3) | 0.968 | 0.937 | 0.924 |

<표 19> 분산분석결과

| 모형 | | 제곱합 | 자유도 | 평균제곱 | F | 유의확률 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (1) | 회귀분석 | 135.966 | 3 | 45.322 | 36.001 | 0.000 |
| | 잔차 | 17.625 | 14 | 1.259 | | |
| (2) | 회귀분석 | 48.646 | 3 | 16.215 | 33.049 | 0.000 |
| | 잔차 | 6.869 | 14 | 0.491 | | |
| (3) | 회귀분석 | 50.734 | 3 | 16.911 | 69.909 | 0.000 |
| | 잔차 | 3.387 | 14 | 0.242 | | |

② 난방부하에 대한 회귀분석 결과

각 발코니 외벽 창호 요소가 난방부하에 미치는 영향은 표준화 계수(β)의 값을 바탕으로 변수별 영향력을 살펴보면, 발코니 외벽 창호의 열관류율, 창면적비, 일사취득계수 순으로 영향력이 높은 것으로 나타났다. 열관류율이 증가함에 따라 난방부하에 정(+)영향으로 작용하며 창면적비와 일사취득계수가 증가함에 따라 발코니 내부의 일사취득 량이 증가함으로 난방부하에 부(-) 영향으로 작용한다. 난방부하에 대한 발코니 외벽 창호 요소의 영향력은 <표 16>와 같다.

<표 20> 난방부하에 대한 다중회귀분석 결과 영향도(Beta)

| 구 분 | Beta | t | Sig. | 공선성 통계량 |
|---|---|---|---|---|
| | | | | VIF |
| 상수(C) | | 17.655 | 0.000 | |
| 창면적비 | −0.565 | −6.235 | 0.000 | 1.000 |
| 열관류율 | 0.865 | 8.234 | 0.000 | 1.348 |
| 일사취득계수 | −0.544 | −5.173 | 0.000 | 1.348 |

<표 21> 난방부하요소에 따른 비표준화 계수

| | 비표준화 계수 | |
|---|---|---|
| | B | 표준오차 |
| 상수(C) | 29.954 | 1.697 |
| 창면적비(x1) | −0.067 | 0.011 |
| 열관류율(x2) | 1.407 | 0.171 |
| 일사취득계수(x3) | −14.628 | 2.828 |

난방부하에서 3가지 변수에 의한 회귀식은 (식1)과 같다.

$$Y=29.954-0.067x1+1.407x2-14.628x3 \qquad (식1)$$

③ 냉방부하에 대한 회귀분석 결과

각 발코니 외벽 창호 요소가 냉방부하에 미치는 영향은 표준화 계수(β)의 값을 바탕으로 변수별 영향력을 살펴보면, 발코니 외벽 창호의 창면적비, 일사취득계수, 열관류율 순으로 영향력이 높은 것으로 나타났다. 발코니 내부의 일사 취득에 따른 온도 상승요인으로 창면적비, 일사취득계수는 냉방부하에 정(+) 영향으로 작용한다. 냉방부하에서 3가지 변수에 의한 회귀식은 다음의 (식2)와 같다.

<표 22> 냉방부하에 대한 다중회귀분석 결과영향도(Beta)

| 구 분 | Beta | t | Sig. | 공선성 통계량 VIF |
|---|---|---|---|---|
| 상수(C) | | 5.469 | 0.000 | |
| 창면적비 | 0.786 | 8.363 | 0.000 | 1.000 |
| 열관류율 | −0.374 | −3.426 | 0.004 | 1.348 |
| 일사취득계수 | 0.583 | 5.340 | 0.000 | 1.348 |

<표 23> 냉방부하요소에 따른 비표준화 계수

| | 비표준화 계수 | |
|---|---|---|
| | B | 표준오차 |
| 상수(C) | 5.792 | 1.059 |
| WWR(x1) | 0.056 | 0.007 |
| 열관류율(x2) | −0.365 | 0.107 |
| 일사취득계수(x3) | 9.427 | 1.765 |

$$Y= 5.792+0.056x1-0.365x2+9.427x3 \qquad (식2)$$

④ 총부하에 대한 회귀분석 결과

각 발코니 외벽 창호 요소가 총부하에 미치는 영향은 표준화 계수(β)의 값을 바탕으로 변수별 영향력을 살펴보면, 발코니 외벽창호의 열관류율이 가장 큰 정(+)의 영향력 즉 부하 증가 영향 인자임을 알 수 있다. 총 냉난방부하에서 3가지 변수에 의한 회귀식은 (식3)과 같다.

<표 24> 총 부하에 대 한 다중회귀분석 결과영향도(Beta)

| 구 분 | Beta | t | Sig. | 공선성 통계량 VIF |
|---|---|---|---|---|
| 상수(C) | | 48.066 | 0.000 | |
| 창면적비 | −0.155 | −2.315 | 0.036 | 1.000 |
| 열관류율 | 1.079 | 13.903 | 0.000 | 1.348 |
| 일사취득계수 | −0.326 | −4.196 | 0.001 | 1.348 |

<표 25> 총 부하요소에 따른 비표준화 계수

| | 비표준화 계수 | |
|---|---|---|
| | B | 표준오차 |
| 상수(C) | 35.747 | 0.744 |
| 창면적비(x1) | -0.011 | 0.005 |
| 열관류율(x2) | 1.041 | 0.075 |
| 일사취득계수(x3) | -5.201 | 1.240 |

$$Y= 35.747-0.011x1+1.041x2-5.201x3 \qquad (식3)$$

⑤ 회귀방정식 검증

설계 영향인자 다중요소의 복합적인 작용에 의한 냉난방 부하를 산출 할 수 있는 회귀분석 기반 모델식 검증을 위해 초기 시뮬레이션 모델의 입력 데이터 값을 변화시켜 임의의 창면적비, 열관류율, 일사투과계수를 적용하여 시뮬레이션 결과값과 모델식 결과값을 비교 하였다. 검증을 위한 설계요소 값 변화는 <표 20>과 같이 하였다.

<표 26> 회귀식 위한 창호의 물성치 및 창면적비

| 유리종류 | | 창면적비 (x1) | 유리 열관류율 (x2) | 일사투과계수 (x3) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 더블 브론즈코팅 6㎜ | 30 | 3.157 | 0.487 |
| 2 | 트리플 Low-E | 60 | 1.778 | 0.678 |
| 3 | 싱글 3㎜ | 90 | 6.275 | 0.858 |

<표 20>의 설계요소 변화값에 따른 시뮬레이션 결과와 동일한 물성치를 회귀식에 대입 하였을 때의 난방부하, 냉방부하, 총 부하의 결과 비교는 다음의 <표 21>~<표 23>에 나타난 바와 같다.

<표 27> 난방부하 회귀식 오차율

| | 시뮬레이션 난방부하 (kWh/㎡y) | 회귀식난 방부하 (kWh/㎡y) | 오차율(%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 25.42247 | 25.262063 | 0.63 |
| 2 | 17.99646 | 18.517862 | 2.897 |
| 3 | 21.40577 | 20.202101 | 5.623 |

<표 28> 냉방부하 회귀식 오차율

| | 시뮬레이션 냉방부하 (kWh/㎡y) | 회귀식 냉방부하 (kWh/㎡y) | 오차율(%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 11.099 | 10.910 | 1.7 |
| 2 | 15.007 | 14.894 | 0.75 |
| 3 | 15.894 | 16.629 | 4.62 |

<표 29> 총 부하 회귀식 오차율

| | 시뮬레이션 총 부하 (kWh/㎡y) | 회귀식 총 부하 (kWh/㎡y) | 오차율(%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 36.521 | 36.170 | 0.961 |
| 2 | 33.004 | 33.411 | 1.235 |
| 3 | 37.3 | 36.826 | 1.269 |

창면적비, 열관류율, 일사투과계수 3가지 요소가 동시에 변수로 작용 하였을 시 냉난방 부하를 가늠할 수 있는 회귀 방정식을 검증한 결과 동적 시뮬레이션과 간이식의 오차는 최대 5.6% 최소 0.63% 로 나타났다. 회기분석결과 종속변수의 변화에 대한 설명력은 난방부하 86%, 냉방부하 85%, 총부하 92%이상 이다. 총부하의 회귀식 설명력이 높은 것과 유사한 결과로서 총 부하 회귀식 검증결과 3가지 케이스에서 모두 최대오차율은 1.3%를 넘지 않는 결과로 나타났다.

## 제2절 해외 관련 표준 및 국내외 계산 모델 조사

### 1. 유럽 HVAC 모델

가. EPBD와 건물 에너지 평가 모델의 개발목표

유럽의 건물 에너지 절약 지침(Energy Performance Building Directive)은 신축 건물을 위한 최소한의 표준과 기존 건물을 위한 에너지 성능 인증절차를 위한 건물 전체의 에너지 성능 평가를 위한 계산법(툴)을 요구하고 있다. 이 계산법은 건물의 설계, 설치된 공조기계, 조명시스템의 효과를 포함한 것이다. 특히 공조 시스템은 그 기기가 다양하고 시스템의 범위가 넓어 기기 각각의 효율 보다는 시스템 효율을 계산해 내는 것이 중요하다.

본 장에서는 영국 SBEM의 알고리즘 발전 과정에서 이 공조 시스템의 평가 방법론의 발전 과정상에 이슈 사항 등을 조사한 것을 요약 하고 국내 건물 에너지 성능 평가 법에 시사점을 제시하고자 한다.

신축건물을 위한 에너지관련 건물 규정은 많은 나라에서 전통적으로 건물외장이나 단지 열에너지 사용 등에 집중되어 왔었다. 하지만 최근 몇 년 동안, 특히 상업용 건물의 조명과 공기조화 시스템의 전력의 수요가 증가하고 이러한 에너지 수요가 야기하는 탄소 배출 문제가 유럽 각국의 에너지 환경 정책의 주요 이슈가 되어왔다.

전통적으로 주안점이었던 난방과 단열만으로 건물 에너지 성능을 평가하는 것을 보완하여 EPBD 준수를 위한 건물 전체의 에너지 성능 개선을 위해 통합형 에너지 계산법을 개발하여 왔다. 이 통합형 계산 방법은 전 유럽에 걸쳐서 신축건물의 기본규정으로 사용되기 시작하였다.

공기조화 시스템은 시스템별로 효과가 다양하여 대안도 많이 있고 효율을 판단하는데도 쉽지가 않다. 한편, 전통적으로 외피의 열 성능 강화 및 열원기기의 최소 기준 효율을 도입하는 방식은 난방수요를 감소시키는데 기여를 하여 왔다. 그러나 이제는 단열재의 두께 증가 등은 추가 개선의 경제적 이익이 상대적으로 적어지게 되었고 공기조화 시스템을 포함한 에너지 공급 시스템의 다양한 대안에 대한 평가가 중요하게 되었다. 복잡한 시스템에 대한 평가 이므로 기술적으로 견고함이 뒷받침되어야 하는 요구가 있는 한편 적용성을 높이기 위해 평가 프로세스의 간편성과 일관성 등이 또한 요구된다. 영국 SBEM을 개발한 BRE에서 제시한 건물에너지 시스템 성능 평가모델 개발에 고려해야 할 평가모델 개발 목표들은 다음과 같다.

- 기술적 신뢰성: 기술적으로 견고한 계산과정 및 현실적인 결과의 도출.
- 차별성: 더 효율이 좋은 시스템은 더 좋은 수치를 산출하여야 한다.
- 반복성: 다른 사용자도 같은 결과를 얻을 수 있어야 한다.
- 투명성: 데이터와 계산과정은 검증을 위해 보고 될 수 있어야 한다.
- 사용의 편이성과 관리가 가능한 데이터 요구사항

위 요구사항들은 상호 상충되는 면이 있고 경우에 따라서는 어느 한 면이 강조될 수도 있을 것이다. 예를 들면 설계를 위한 평가모델로서는 좀 더 상세하고 기술적으로 견고한 방법이 선택이 될 것이고 인증에 사용될 평가 툴의 경우 투명성과 편이성 등이 강조되게 될 것이다.

나. HVAC 시스템의 평가 모델

HVAC 시스템의 성능 평가는 요소별, 단계별로 다양한 스케일로 정의 될 수 있다. 가장 간단한 방법은 시스템 요소들의 세부적 요건들을 간소화 하여 하나의 블랙박스모델로 만드는 것이다. 세부화된 시스템 모델링 같은 복잡한 방법은 입력 데이터의 량이 많으며 적용시에 시간도 많이 소모된다. 입력 데이터의 확보 문제도 하나의 장애가 될 수 있으며 따라서 모델 자체의 문제보다는 입력 데이터의 부족으로 인한 불확실성이 더 평가 모델의 질을 떨어뜨리게 할 수 있다.

특히, 기존 운영중인 건물에서는 계산모델에서 요구되는 데이터를 확보하는 것이 쉽지 않으며 수집을 위해 투여되는 시간과 자원이 상당히 요구되기도 한다.

유럽에서는 월별 계산법으로 EN 13790 방식이 가장 널리 사용되고 있는데 시간별 시뮬레이션 방법은 건물 설계 단계에서 널리 사용되어 왔고 에너지 규제를 위한 평가 툴로서는 잘 쓰지 않는다. 대부분의 HVAC 시스템에서는 시간대별(혹은 그보다 더 짧은 간격으로)로 계산을 하는 것이 시스템의 제어운영 반응 시간에 적합하다. 이러한 시간별 계산법은 동적인 시스템 시뮬레이션 기법이 될 수도 있고 온도 빈도수기반 BIN법이 될 수도 있다. 시간별 계산결과는 월별로 평균을 낼 수 있어 월별 평가를 할 수 있으나 그 역으로는 상당히 어렵다.

다. 시스템 에너지 효율계수의 정의

HVAC 의 통합된 시스템으로서 시스템 효율의 정의는 팬, 펌프 등을 보조 에너지라고 하여 별도로 취급하고 에너지 생산기기, 운반 계통을 포함한 것으로 범위를 정의한다.

예를 들면, 난방기 시스템 효율계수(System Coefficient of Performance) 은 HVAC 시스템이 담당하는 공간의 총 난방 요구량을 열원 기기(주로 보일러)에 투입되는 에너지로 나눈 비율로 계산한다. 여기에는 난방 열원 기기 자체의 효율 및 배관과 덕트의 손실 및 누기에서 생기는 열손실을 고려하며 팬과 펌프에서 사용되는 에너지는 포함시키지 않는다. 냉방시스템의 경우 시스템 에너지효율 비(System Energy Efficiency Ratio)는 시스템이 담당하는 공간의 의해 제공 되는 냉방 요구량을 냉방열원기에 투입되는 에너지로 나누어 산출된 비율이다. 여기에는 냉열원기기의 효율 및 배관과 덕트 열손실 및 덕트 누기에서 생기는 열취득을 고려한 것이며 팬과 펌프에서 사용되는 에너지는 포함하지 않는다. 냉방 요구량 계산에서는 현열 냉각만을 산출하기 때문에 잠열냉방부하를 포함하는

것은 나중에 고려될 만한 사항이다.

라. EN 15243

EN 15243은 HVAC 시스템의 효율 계산을 다룬 표준이다. 이 표준에는 관련된 부속 표준들이 포함되어 있으며 구체적인 계산 과정은 정의되어 있지 않다. 이 표준은 HVAC 시스템 성능이 월간 혹은 시간별로 계산되는 것을 다룬다. 표준안은 건물의 냉방 부하와 그 부하를 담당하는 HVAC 시스템에서 사용된 에너지간의 관계에 영향을 줄 수 있는 40여 가지의 메커니즘을 파악하였다. 여기에는 20개 내외의 HVAC 시스템 종류에 대하여 어떤 메커니즘이 어떤 시스템에 적용될 수 있는지 <표 24>에 정리되어 있다.

이 표준은 어떤 시스템이 다루어져야 하는지 어떻게 메커니즘을 적용할 것인지를 정하기 위해 계산과정(법)을 요구한다. 그러나 각 메커니즘이 어떻게 다루어져야 하는지 구체적으로 규정하고 있지는 않다. 예를 들어, 차가운 닥트에서의 열 취득 효과는 자세하게 계산 될 수도 있고 혹은 일정한 비율을 지정해 줄 수도 있다 (혹은 무시될 수도 있다).

상황에 따라 계산과정(법) 이 수준이 다른 게 적용하도록 하는 것이 적합할 것이다. 이 표준은 단지 사용자가 알아야 할 것 사용자의 필요에 따라 어떤 계산과정이 적합한지를 판단할 수 있도록 도와주는 역할을 할 뿐이다.

<표 30> Assigning pump power to HVAC systems

| Code | System name | Does not always include heating provision and may be used with separate heating system (including room heaters which may be within terminals) | Does not include integral provision of ventilation and may be used with separate (cooled) ventilation system |
|---|---|---|---|
| A | All-air systems | | |
| A1 | Single duct system (including multi-zone) | | |
| A2 | Dual duct system | | |
| A3 | Single duct, Terminal reheat | | |
| A4 | Constant Volume (with separate heating) | ∨ | |
| A5 | Variable Air Volume (with separate heating) | ∨ | |
| B | Water-based systems | | |
| B1 | Fan coil system, 2-pipe | ∨ | ∨ |
| B2 | Fan coil system, 3-pipe | | ∨ |
| B3 | Fan coil system, 4-pipe | | ∨ |
| B4 | Induction system, 2-pipe non change over | ∨ | |
| B5 | Induction system, 2-pipe change over | | |
| B6 | Induction system, 3-pipe | | |
| B7 | Induction system, 4-pipe | | |
| B8 | Two-pipe radiant cooling panels (including chilled ceilings and passive chilled beams) | ∨ | ∨ |
| B9 | Four-pipe radiant cooling panels (including chilled ceilings and passive chilled beams) | | ∨ |
| B10 | Embedded cooling system (floors, walls or ceilings) | | ∨ |
| B11 | Active beam ceiling system | ∨ | ∨ |
| B12 | Heat pump loop system | | ∨ |
| | Packaged Air Conditioning Units | | |
| C1 | Room units (including single duct units) | ∨ | ∨ |
| C2 | Direct expansion single split system | ∨ | ∨ |
| C3 | Direct expansion multi split system (including variable refrigerant flow systems) | ∨ | ∨ |

마. 영국의 접근방법

유럽의 계산 방법은 독일, 네덜란드 등에서 유사한데, 영국은 네덜란드 방식을 따라갔다 할 수 있다. 네덜란드는 HVAC 시스템 계산법에서 독일 것에 비해 좀 더 단순한 방식을 취하였다. 예를 들면, 덕트의 누기는 포함하지 않다. 독일의 표준안은 좀 더 상세한 계산 과정을 포함하고 있는데 예를 들면, 펌프의 에너지 사용량(열 방출 장치를 포함한) 계산법도 다루고 있다. 영국은 비주거 건물의 경우 시간별 계산이 가능한 정밀 시뮬레이션 툴의 공인제도를 함께 운영하면서 간이법 계산 툴인 SBEM(Simplified Building Energy Model)을 개발하여 사용 하고 있다.

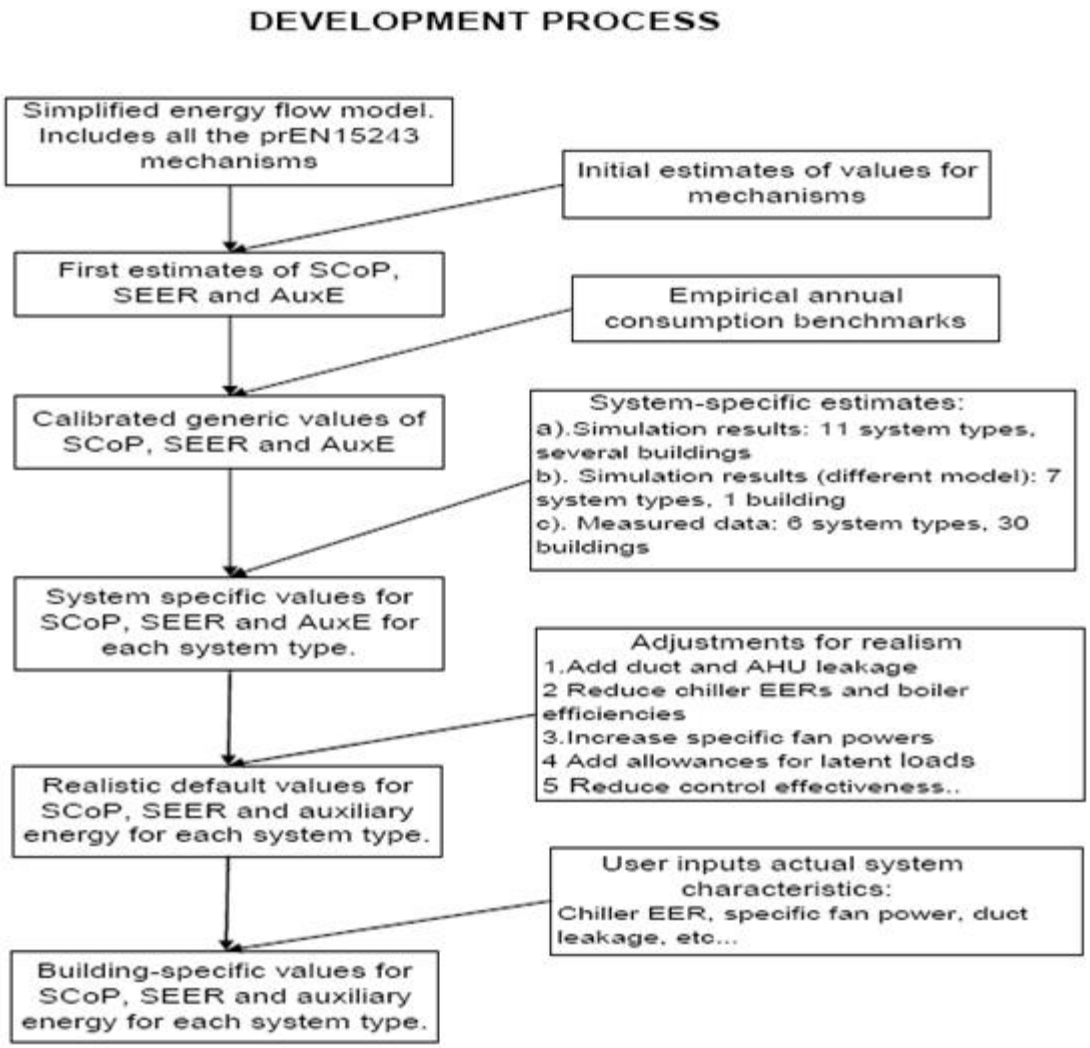
SBEM에서의 냉난방 부하 계산 모델은 ISO 13790의 월별 간이법이며 HVAC 시스템의 계산도 이와 연계하여 월별 시스템 성능 계수를 사용한다.

영국의 계산모델의 기본은 신축/기존 건물과 표준 건물과의 탄소배출량을 비교 하는 것이다. 표준 건물은 평가 대상 건물과 동일한 건물 모양, 운전 패턴, 기후조건을 가지고 있는 한편 건물 구조체 열 성능과 시스템 효율계수는 표준 값이 고정되어 있다. 그러므로 표준 건물은 HVAC 시스템의 정하지 않고 미리 고정된 효율계수(SCOP, SEER)을 사용하게 된다.

건물의 각 공간(존)에는 HVAC 시스템이 지정되며 매월 냉난방 부하 및 보조 에너지 부하가 계산되고 SCOP 와 SEER 에 의해 소비량이 산출 된다.

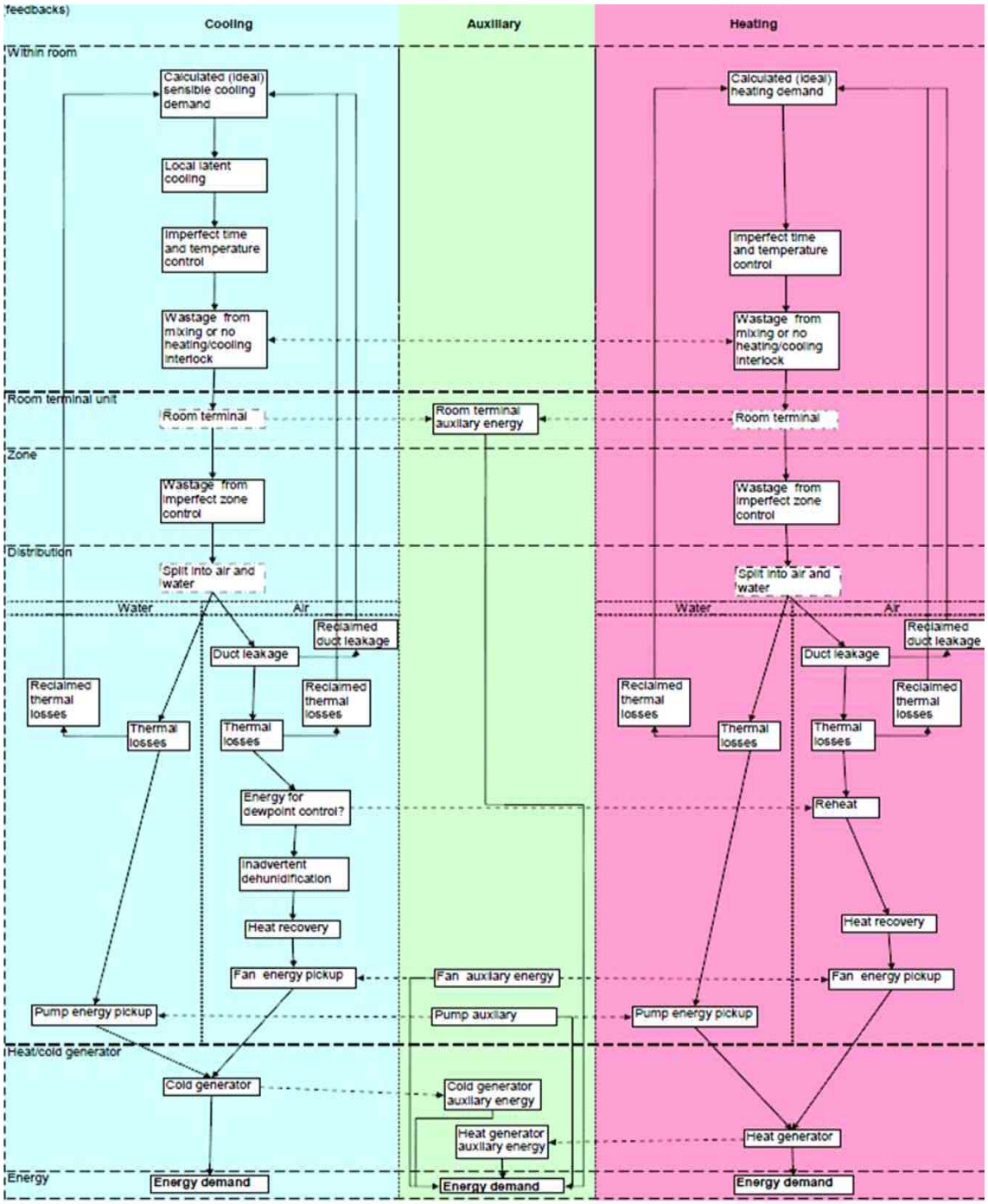
각 시스템 타입에 따라 공간내 높이별 온도 변화와 연관 지어 수직 온도 분포와 성층화 방지 팬의 운전 유무에 따라 냉난방 부하 값이 조정된다.

또한, 복사열전달비율이 거주공간에 어느 정도 인가에 따라 냉난방 부하 값을 조정한다. 이러한 조정 값은 대부분의 공간 및 시스템에서는 미세한 수준이나 층고가 높고 환기가 잘되는 공간에서는 그 조정 값이 크게 반영될 수 있다. [그림 8]은 HVAC 시스템 모델 개발의 과정을 나타낸 것이다.




[그림 21] HVAC모델 발전과정

계산 모델상의 에너지 흐름은 EN15243의 메커니즘을 포함하여 만들어 졌는데 그 논리 흐름도는 [그림 9]에 나타낸바와 같다.




[그림 22] EN 15243 에너지흐름 논리 흐름도

기본 원칙은 EN 15243의 모든 메커니즘들을 다룰 수 있도록 매개변수들의 일관성을 제공하는 것이다. 에너지 흐름 도는 몇 가지 파라미터들이 통합되는 방식으로 간략화 하였다. 예를 들어, 냉각수 배관의 열은 조절된 냉방 에너지 흐름의 비율로 표현된다. 값을 명확히 결정할 수 없는 많은 매개변수들이 있고 그러한 변수들 중에는 최종 결과 값에 큰 영향을 주지 않는 것들이 다수 있다. 이러한 매개변수들의 값들은 시스템유형에 따라 기본 값을 주어지도록 한다.

사용자들은 두가지 방법으로 시스템 성능에 영향을 준수 있는 데 첫 번째는 시스템 타입을 선택하는 것(이때 기본 값들이 정해져 있다.) 과 두 번째는 선택된 시스템의 매개변

수 값을 조정하는 것.

SBEM에서 사용된 SCOP, SEER 및 보조에너지 기기들의 계수 값은 초기에 정해진 가정에 따라 산출된 초기 소비량 값을 경험치(측정치)와 비교하여 조정을 하여 수정을 하였다. 이러한 과정은 시스템의 매개변수 값들의 이론적 결과를 보정하는 것이었다. 한편으로 사무소 건물들에서 종류가 다른 시스템들의 에너지 소비량 간에 비교를 수행한 기존 연구들을 참고하였다. 이러한 비교분석에는 동일한 건물들에 다른 에너지 시스템을 비교하기위해 수행한 두개의 상이한 모델을 사용한 시뮬레이션 결과들이 포함되어 있다. 그중 하나의 연구는 여러 건물들에 11가지 상이한 시스템이 운영되었을 때 소비량 산출이며 또 다른 연구는 동일한 건물에서 7가지 다른 시스템을 평가한 것이기에 쓴 모델은 첫번째 연구의 모델보다 더 상세한 시스템 구성 기기를 정의하여 시뮬레이션 한 것이다.

다음 단계로 두가지 시뮬레이션 결과들과 30개 건물(6개 시스템종류가 운영되는)로부터 측정된 에너지 소비량과 합쳐서 시스템별 SCOP, SEER, 보조 에너지의 효율계수를 개발하는데 사용하였다.

시뮬레이션 결과들과 측정 결과들을 토대로 각 시스템별로 동일한 결과 값이 나올 수 있도록 효율계수 매개변수들을 조정하면서 표준 값을 구하였다. 이 조정과정은 스프레드시트를 사용하여 수행하였다. 시뮬레이션은 너무 이상적인 제어와 운전 조건을 가정하고 있기 때문에 몇몇 매개변수들은 그 값을 좀 더 현실적으로 표준 값을 낮추곤 하였다. 예를 들면, 덕트 및 공기조화기의 누기율을 높게 조정했으며 냉동기 및 보일러의 효율은 낮추고, 팬의 정격소비량은 높이고 잠열부하의 비율을 높이고, 제어 효과는 낮게 맞추었다. 이런 식으로 각 변수의 기본값(Default)은 일반적인 건물에너지시스템에서의 소비 기준치를 포괄할 수 있도록 하였다. 한편, 이상적인 변수값은 모범 사례 건물로서 기준치를 대표하도록 하였다.

본 장은 유럽에서 특히 영국의 에너지 모델링 소프트웨어에서 HVAC 을 대표하는 실질적인 접근법의 개발을 요약 하였다. 시뮬레이션의 정밀성과 현실에서 사용상의 적용성을 높이는 문제는 서로 모순된 것이며 타협점이 모색되어야 할 것이다. 또한 평가대상에 시스템에 대한 모델을 정의하기 위해 필요한 데이터가 현실적으로 쉽게 구해질 수 있느냐하는 문제도 함께 고려 되어야할 것이다.

유럽의 경우 독일에서는 상세한 구성기기의 특성을 다루는 방식을 채용하였고 영국과 네덜란드는 좀 더 실용적인 접근을 한 것을 알 수 있다. 두가지 유형의 계산 결과는 그 계산법의 차이가 있음에도 결과는 유사하게 나온다.

그러나 보다 더 중요한 것은 어떠한 모델을 사용하든 그 모델이 현실적인 여러 조건이 반영된 지나치게 이상적이지 않는 에너지 소비량 예측이 가능하도록 이론치와 측정 데이터를 조합하여 한국형 표준 모델 및 표준 계수를 개발하는 것이라 사료된다. 본 연구는 그러한 관점에서 유럽의 사례에서 중요한 시사점을 참고하여야 할 것이다.

## 2. 시뮬레이션 변수에 대한 결과 분석

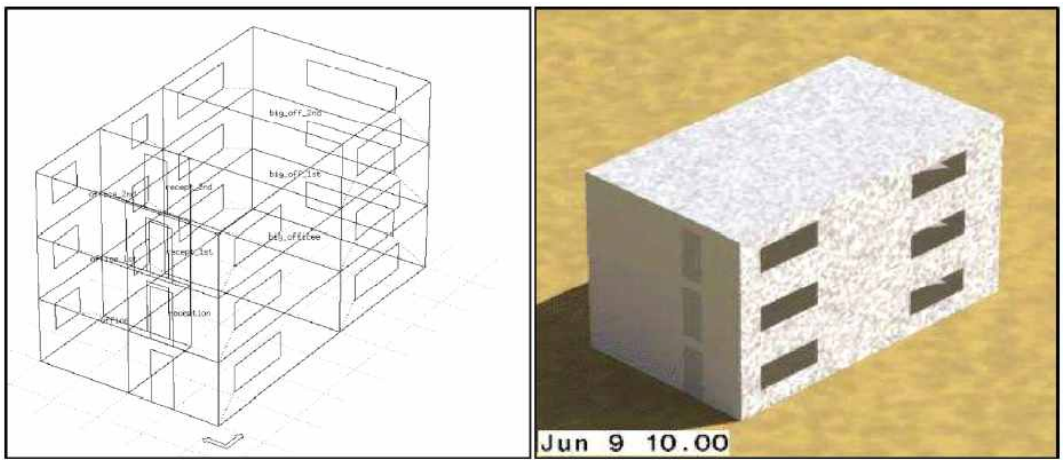
### 가. 시뮬레이션 개요

본 사례에서 수행한 시뮬레이션은 정밀한 결과값을 얻기보다 건축 설계요소 중 어느 요소가

ISO 13790 계산기법과 Dynamic Simulation Tool 냉난방부하 기여도가 어떠한지를 평가하는데 목적이 있다.

(1) 시뮬레이션 모델 개요

- 지역 : 암스테르담(북중유럽 : 암스테르담, 남부유럽 : 아테네)
- 바닥면적 : 336㎡




[그림 23] 시뮬레이션 모델링

(2) 시뮬레이션 계산 기법

ISO 13790 Monthly법, ISO 13790 Hourly법, EnergyPlus, ESP_r을 이용하여 설계변수에 따른 냉난방부하를 비교한다.

(3) 분석방법

상위 4가지 시뮬레이션 계산 툴에서 나온 에너지사용량(kWh/㎡·annum)의 등급(A+, A, B+, B, C+, C, D+, D, E+, E)을 판정하고, 4가지 계산 기법이 모두 유사등급을 나타나면 분석에서 제외하고, 서로 편차를 보이는 경우 변수별 결과 분석하는 방식으로 진행한다. 냉난방부하량 결과값은 편이상 case별 ID를 부여하여 비교한다.

나. 매개변수분석

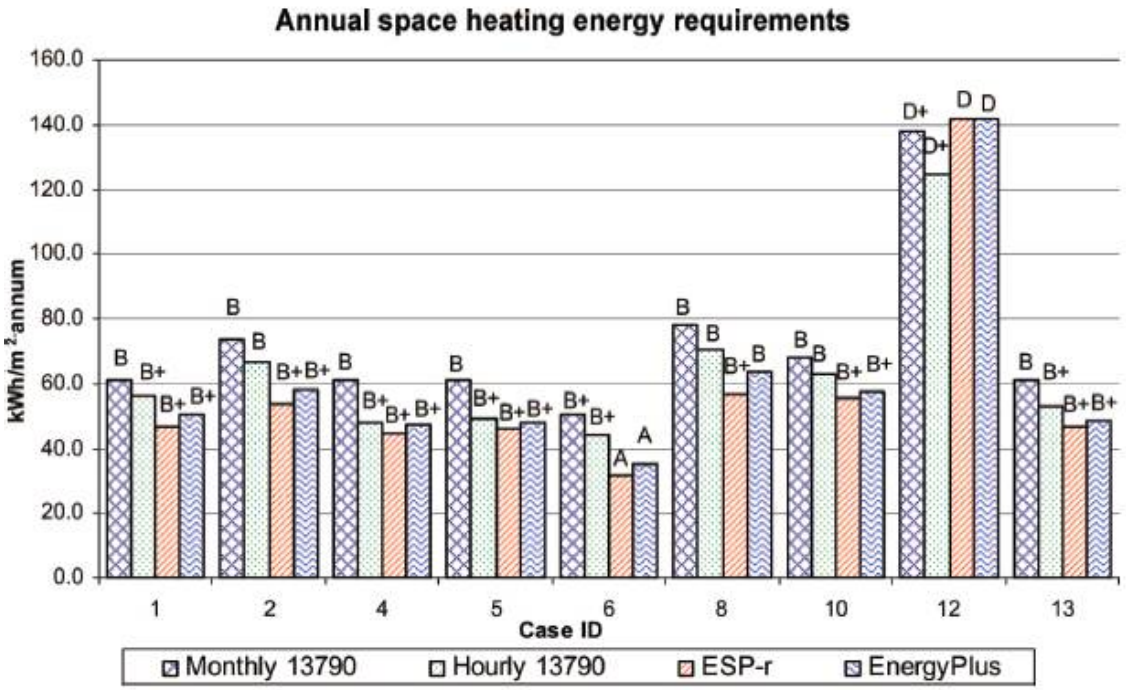
(1) 난방부하 결과

Annual heating energy requirements (kWh/m² per annum).

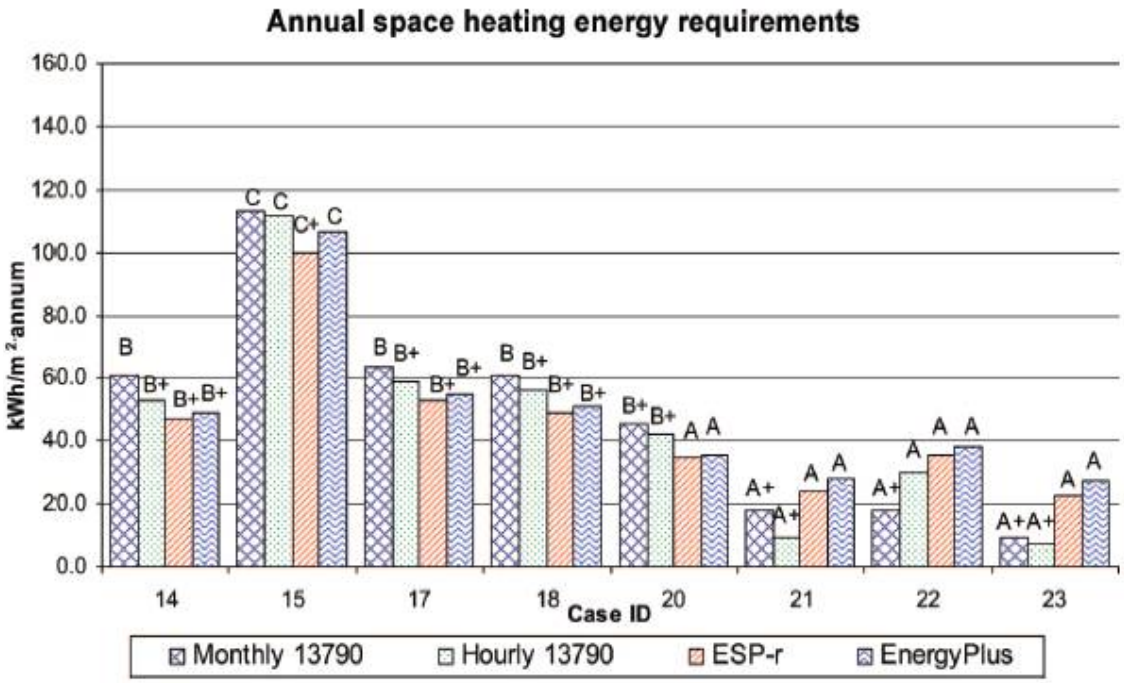
| Case ID | Description | Monthly 13790 | Hourly 13790 | EnergyPIus | ESP-r |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Base case (Amsterdam −19°C set-point) | 61.1 | 56.1 | 50.3 | 46.3 |
| 2 | Climate Aberdeen | 73.7 | 66.5 | 58.2 | 53.8 |
| 3 | Climate Athens | 14.0 | 12.0 | 5.2 | 4.6 |
| 4 | Internal gains averaged hourly (7 days/week) | 61.1 | 48.0 | 47.0 | 44.9 |
| 5 | Int. gains averaged hourly (weekdays/weekends) | 61.1 | 49.2 | 47.9 | 45.8 |
| 6 | High internal gains | 50.7 | 44.0 | 35.1 | 31.5 |
| 7 | Low internal gains | 76.6 | 74.7 | 71.7 | 67.0 |
| 8 | Glazing area: double | 77.9 | 70.8 | 63.9 | 56.5 |
| 9 | Glazing area: half | 53.2 | 49.8 | 44.9 | 42.8 |
| 10 | Construction: ultra-lightweight ($C_m$ = 56.9 kJ/m²K) | 68.3 | 63.3 | 57.1 | 55.4 |
| 11 | Construction: heavyweight ($C_m$ = 231.6 kJ/m²K) | 47.2 | 46.7 | 47.4 | 45.4 |
| 12 | Construction: heavyweight, no insulation | 138.0 | 125.0 | 141.8 | 142.0 |
| 13 | Ventilation daily schedule | 61.1 | 52.9 | 48.5 | 46.8 |
| 14 | Ventilation weekday/weekends schedule | 61.1 | 53.2 | 48.7 | 47.0 |
| 15 | High ventilation rates (1.5 ac/h) | 113.4 | 111.5 | 106.5 | 99.7 |
| 16 | Low ventilation rates (0.3 ac/h) | 35.3 | 29.8 | 23.8 | 23.9 |
| 17 | Rotate 90° anti-clockwise | 63.9 | 58.7 | 55.1 | 53.0 |
| 18 | Rotate 180° anti-clockwise | 60.8 | 56.1 | 50.6 | 48.8 |
| 19 | Set-point @ 21°C | 79.5 | 73.0 | 67.1 | 64.6 |
| 20 | Set-point @ 17°C | 45.3 | 42.5 | 35.8 | 34.5 |
| 21 | Intermittent heating 7–7.00 h | 18.2 | 9.2 | 28.1 | 24.3 |
| 22 | Intermittent heating 0–10.00 h | 18.2 | 29.9 | 38.0 | 35.6 |
| 23 | Intermittent heating (different periods @ 19°C) | 9.1 | 7.3 | 27.5 | 22.6 |

[그림 24] 변수에 따른 각 계산 기법의 난방부하량

상위표의 23개 case중, 6개 case(case ID : 3, 7, 9, 11, 16, 19)는 모두가 유사등급을 가지므로 분석에서 제외하고, 나머지 17개 case로 분석이 진행된다.




[그림 25] 난방부하량 비교에서 계산 기법 상 서로 다른 등급을 보인 경우(ID 1～13사이)




[그림 26] 난방부하량 비교에서 계산 기법 상 서로 다른 등급을 보인 경우(ID 14~23사이)

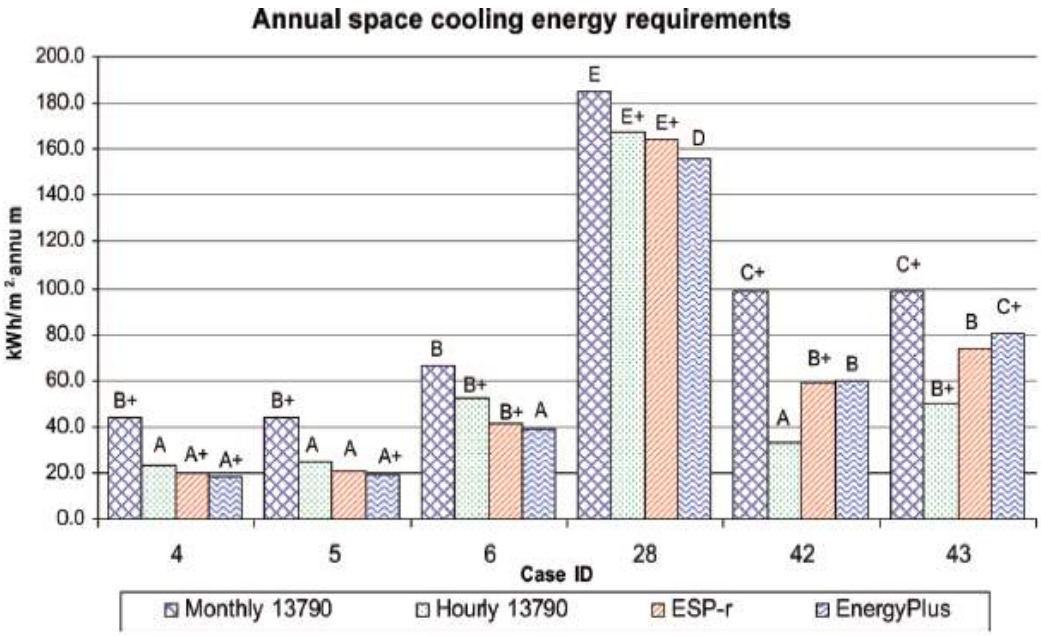
나) 냉방부하 결과

Annual cooling energy requirements (kWh/m$^2$ per annum).

| Case ID | Description | Monthly 13790 | Hourly 13790 | EnergyPlus | ESP-r |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Base case (Amsterdam −24°C set-point) | 43.8 | 32.0 | 22.3 | 24.1 |
| 2 | Climate Aberdeen | 34.3 | 18.6 | 9.3 | 10.6 |
| 3 | Climate Athens | 116.3 | 106.1 | 98.2 | 100.2 |
| 4 | Internal gains averaged hourly (7 days/week) | 43.8 | 23.5 | 18.6 | 20.0 |
| 5 | Internal gains averaged hourly (weekdays/weekends) | 43.8 | 24.6 | 19.2 | 20.6 |
| 6 | High internal gains | 66.4 | 52.1 | 39.0 | 41.4 |
| 7 | Low internal gains | 23.5 | 16.4 | 9.7 | 10.9 |
| 8 | Glazing area: double | 75.3 | 58.8 | 42.0 | 40.7 |
| 9 | Glazing area: half | 29.0 | 19.9 | 13.0 | 14.0 |
| 10 | Construction: ultra-lightweight ($C_m$ = 56.9 kJ/m$^2$K) | 43.9 | 31.8 | 22.1 | 24.0 |
| 11 | Construction: heavyweight ($C_m$ = 231.56 kJ/m$^2$K) | 27.0 | 20.9 | 20.5 | 22.1 |
| 12 | Construction: heavyweight, no insulation | 27.3 | 15.8 | 12.9 | 13.9 |
| 13 | Ventilation daily schedule | 43.8 | 30.0 | 22.4 | 24.1 |
| 14 | Ventilation weekday/weekends schedule | 43.8 | 29.9 | 26.2 | 23.8 |
| 15 | High ventilation rates (1.5 ac/h) | 35.5 | 22.5 | 13.3 | 14.8 |
| 16 | Low ventilation rates (0.3 ac/h) | 51.2 | 41.6 | 32.0 | 33.7 |
| 17 | Rotate 90° anti-clockwise | 42.5 | 29.9 | 22.0 | 23.6 |
| 18 | Rotate 180° anti-clockwise | 45.4 | 32.0 | 22.5 | 24.3 |
| 19 | Set-point @ 26°C | 37.8 | 24.2 | 14.3 | 15.9 |
| 20 | Set-point @ 22°C | 51.4 | 41.4 | 32.2 | 34.2 |
| 21 | Intermittent cooling 7–17.00 h | 31.3 | 28.3 | 20.7 | 21.7 |
| 22 | Intermittent cooling 0–10.00 h | 31.3 | 6.1 | 9.1 | 9.4 |
| 23 | Intermittent cooling (different periods @ 24°C) | 31.3 | 17.1 | 19.7 | 18.4 |
| | Base case (Athens −24°C set-point) | 116.3 | 106.1 | 98.2 | 100.2 |
| 24 | Internal gains averaged hourly (7 days/week) | 116.3 | 97.4 | 94.6 | 96.1 |
| 25 | Internal gains averaged hourly (weekdays/weekends) | 116.3 | 98.2 | 94.9 | 96.4 |
| 26 | High internal gains | 148.1 | 137.6 | 129.5 | 132.3 |
| 27 | Low internal gains | 82.3 | 76.3 | 70.3 | 71.7 |
| 28 | Glazing area: double | 184.7 | 167.5 | 155.9 | 164.1 |
| 29 | Glazing area: half | 82.8 | 75.2 | 69.6 | 70.5 |
| 30 | Construction: ultra-lightweight ($C_m$ = 56.9 kJ/m$^2$K) | 117.1 | 107.5 | 100.4 | 102.6 |
| 31 | Construction: heavyweight ($C_m$ = 231.56 kJ/m$^2$K) | 103.1 | 93.6 | 97.9 | 99.5 |
| 32 | Construction: heavyweight, no insulation | 128.5 | 107.3 | 120.9 | 123.2 |
| 33 | Ventilation daily schedule | 116.3 | 105.5 | 99.8 | 101.6 |
| 34 | Ventilation weekday/weekends schedule | 116.3 | 104.9 | 101.6 | 100.8 |
| 35 | High ventilation rates (1.5 ac/h) | 112.6 | 101.3 | 94.0 | 95.4 |
| 36 | Low ventilation rates (0.3 ac/h) | 120.7 | 112.3 | 106.1 | 108.1 |
| 37 | Rotate 90° anti-clockwise | 117.6 | 104.4 | 101.2 | 102.5 |
| 38 | Rotate 180° anti-clockwise | 118.8 | 104.0 | 96.4 | 98.4 |
| 39 | Set-point @ 26°C | 99.9 | 89.2 | 79.6 | 81.5 |
| 40 | Set-point @ 22°C | 133.7 | 125.6 | 119.1 | 121.2 |
| 41 | Intermittent cooling 7–17.00 h | 99.0 | 80.4 | 84.0 | 84.3 |
| 42 | Intermittent cooling 0–10.00 h | 99.0 | 33.1 | 60.1 | 59.3 |
| 43 | Intermittent cooling (different periods @ 24°C) | 99.0 | 50.2 | 80.4 | 73.5 |

[그림 27] 변수에 따른 각 계산 기법의 냉방부하량

상위표의 43개 case중, 6개 case(case ID : 11, 21, 30, 34, 37, 41)는 모두가 유사등급을 가지므로 분석에서 제외하고, 나머지 37개 case로 분석이 진행된다. ID 21, 22, 23, 41, 42, 43은 간헐운전에 따른 냉방부하량을 나타낸다.




[그림 28] 냉방부하량 비교에서 계산 기법 상 서로 다른 등급을 보인 경우

위의 경우는 4가지 계산법의 냉방부하량이 한 등급이상 차이가 나는 경우이다

다. 결론

각 계산 기법 상 부하량 차이를 줄이기 위해서 열획득과 열손실을 비교하고 있다. 이는 ISO 13790의 기준을 따라 일사취득량과 내부발열량을 열획득으로,환기와 전도에 의한 손실을 열손실로 분류하였다.

$$\Upsilon_H = \frac{Q_{H,gains}}{Q_{H,loses}}, \quad \Upsilon_C = \frac{Q_{C,gains}}{Q_{C,loses}}$$

$Q_{H,gains}, Q_{C,gains}$ : 열획득

$Q_{H,loses}, Q_{C,loses}$ : 열손실

위의 수식으로 얻어진 값은 Dynamic Simulation 기법에서는 실측데이터로 보완되어지며, 성능 계수화 하여 ISO 13790 Monthly 기법에서는 정확도를 높이게 된다.

3. 국내 ISO 13790 기반 계산 툴 구현 현황 및 적용성 평가

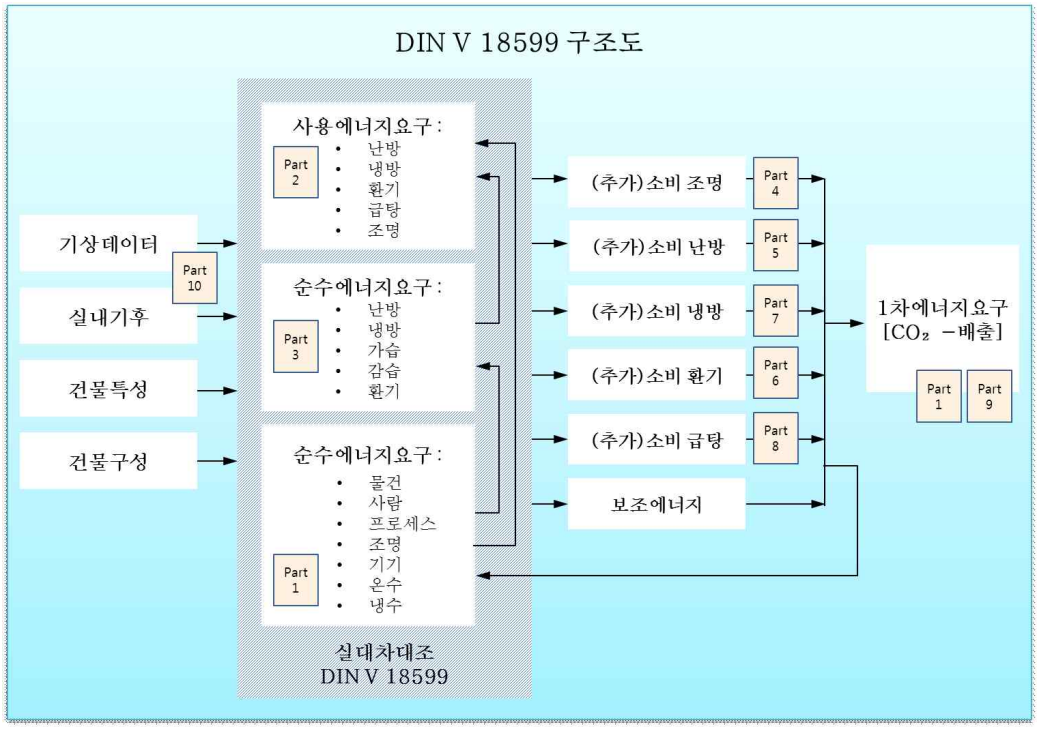
국내 ISO 137790 기반 계산 툴은 건물에너지효율등급인증제도의 건물에너지 성능평가 툴인 ECO2와 서울시 건물에너지 소비총량제 성능평가 툴인 BESS(Building Energy Simulation for Seoul)가 인증 툴로써 사용되고 있다.

가. 입력 데이터모델 비교 및 결과 민감도 분석

(1) 국내 ISO 13790 기반 툴 결과 민감도 분석(ECO2)

국내 ISO 13790 기반 계산 툴인 ECO2는 설비비기 입력은 DIN V 18599에서 제시한 에너지 DIN V 18599는 2005년 7월 제정되어 유럽공동체 회원국들에 요구되어지는 총체적 건물에너지효율 평가에 대한 유럽의회의 건물에너지성능에 대한 규정인 EPBD를 충족시키는 건물에너지 요구량 소요량 및 1차 에너지 평가에 대한 독일공업규격이다.

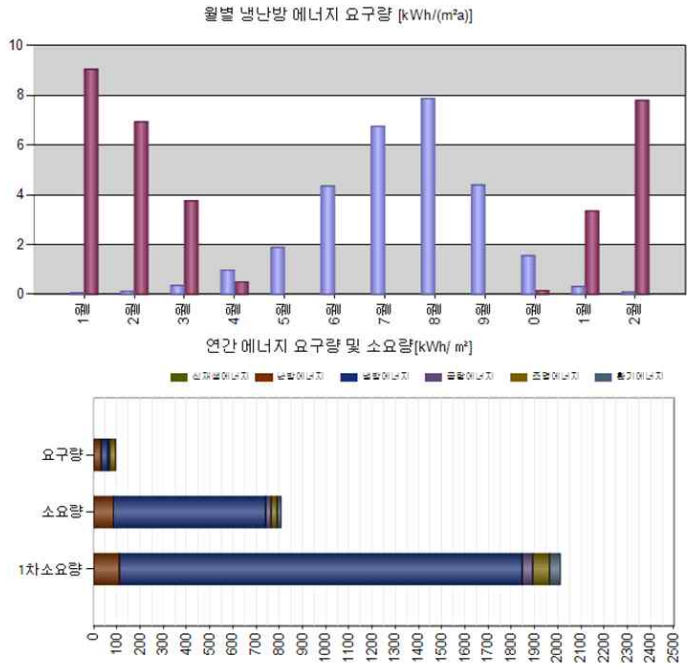
[그림 16]은 DIN V 18599 에 따른 건물 에너지 평가 프로세스로 건물에 있어서 난방, 냉방, 급탕, 환기 그라고 조명을 위한 연간 에너지요구량을 에너지흐름의 상호작용을 고려하여 양적으로 평가가 가능하다.




[그림 29] DIN V 18599에 따른 건물 에너지 평가 프로세스

출처 : 건설기술연구원, 기후변화 대응을 위한 건물에너지효율등급 표시제도 개발 1차년도 보고서, 2009

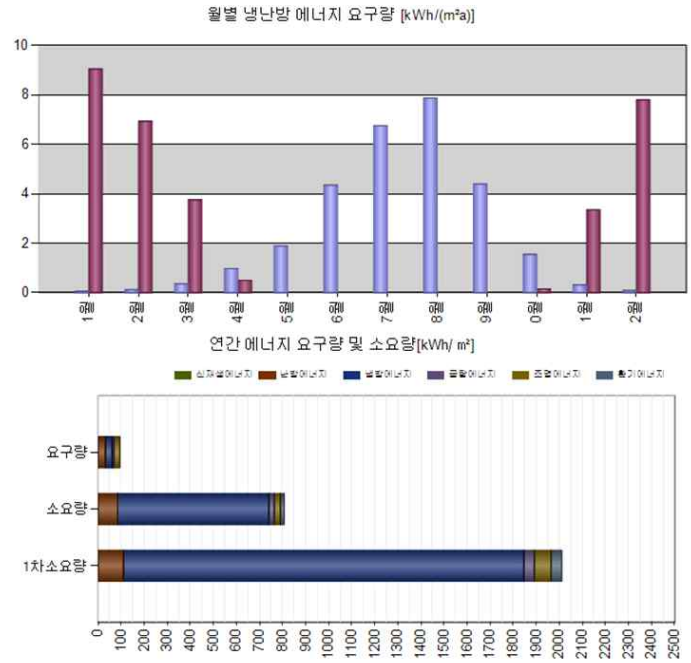
다음은 국내 ISO 13790 기반 계산 툴인 ECO2의 배관길이 입력에 따른 1차에너지 소요량 변화값을 분석한 내용이다.




[그림 30] 배관길이 0.3m일 때 에너지 소비량(ECO2)

<표 31> 배관길이 0.3m일 때 에너지 항목별 에너지 소비량(ECO2)

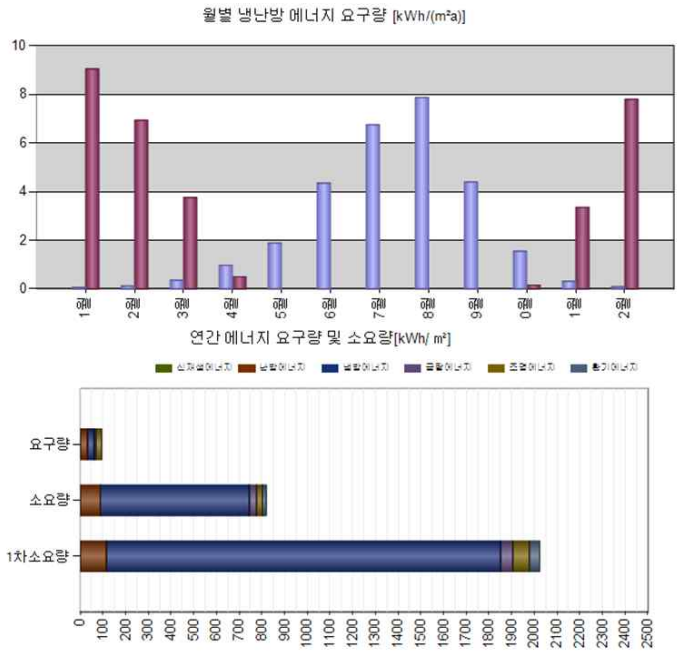
| | 난방에너지 | 냉방에너지 | 급탕에너지 | 조명에너지 | 환기에너지 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 에너지 요구량 | 31.6 | 28.8 | 7.8 | 26.4 | 0.0 | 94.6 |
| 2차에너지 소요량 | 84.1 | 655.9 | 22.8 | 26.4 | 16.8 | 806.1 |
| 1차에너지 소요량 | 109.9 | 1,736.1 | 44.2 | 72.7 | 46.2 | 2,009.1 |




[그림 31] 배관길이 3m일 때 에너지 소비량(ECO2)

<표 32> 배관길이 3m일 때 에너지 항목별 에너지 소비량(ECO2)

| | 난방에너지 | 냉방에너지 | 급탕에너지 | 조명에너지 | 환기에너지 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 에너지 요구량 | 31.6 | 28.8 | 7.8 | 26.4 | 0.0 | 94.6 |
| 2차에너지 소요량 | 84.6 | 655.9 | 23.6 | 26.4 | 16.8 | 807.3 |
| 1차에너지 소요량 | 110.3 | 1,736.1 | 45.1 | 72.7 | 46.2 | 2,010.4 |




[그림 32] 배관길이 30m일 때 에너지 소비량(ECO2)

<표 33> 배관길이 30m일 때 에너지 항목별 에너지 소비량(ECO2)

| | 난방에너지 | 냉방에너지 | 급탕에너지 | 조명에너지 | 환기에너지 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 에너지 요구량 | 31.6 | 28.8 | 7.8 | 26.4 | 0.0 | 94.6 |
| 2차에너지 소요량 | 88.6 | 655.9 | 31.7 | 26.4 | 16.8 | 819.4 |
| 1차에너지 소요량 | 114.8 | 1,736.1 | 54.0 | 72.7 | 46.2 | 2,023.8 |

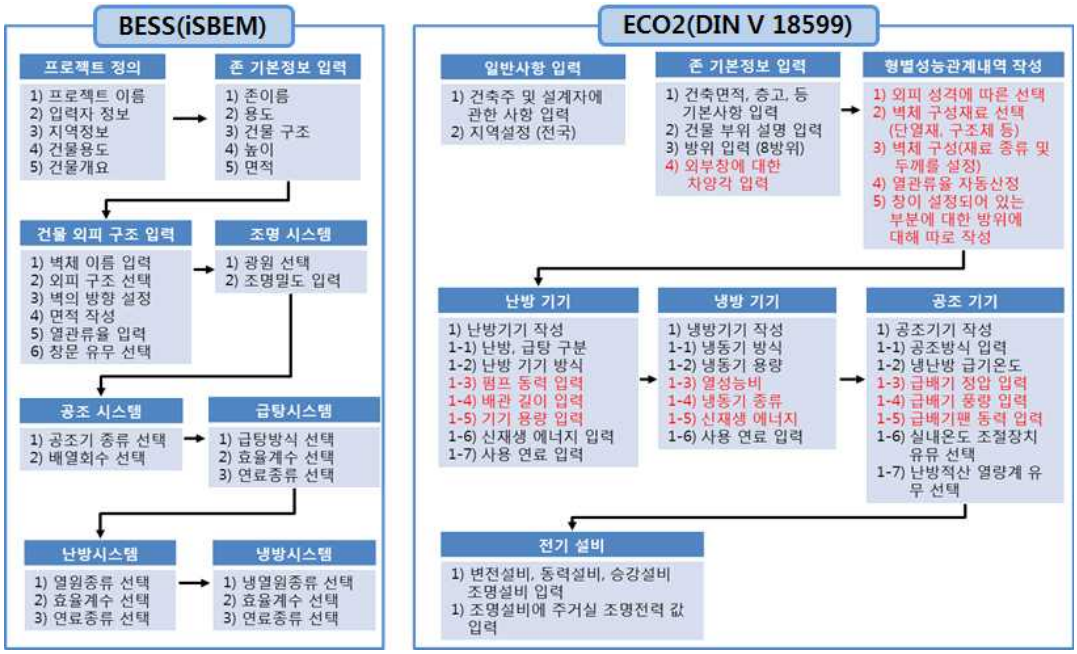
국내 ISO 13790 기반 계산 툴인 ECO2에 배관길이를 0.3m, 3m, 30m로 하여 1차에너지 소비량을 분석하였을 때, 배관길이 0.3m와 3m의(배관길이 10배)의 1차에너지 소요량의 차이는 0.06%였으며, 배관길이 0.3m와 30m의(배관길이 100배)의 1차에너지 소요량의 차이는 0.73%로 나타났다. 이는 DIN V 18599에서 제시한 설비기기 에너지 소비량에 배관길이의 차이는 에너지 소비량에 미치는 영향이 미비하다는 것을 알 수 있다.

나. 간이법 툴과 에너지 플러스 모델 입출력 비교

(1) ISO 13790 기반 계산 툴 입력데이터 방식 비교

현재 국내에서 사용되고 있는 ISO 13790 기반의 국내 툴의 입력방식에는 차이가 있음. ECO2의 경우 전문가를 고려한 입력 데이터로 인하여 정확한 기기 성능 입력으로 인한 에너지 소비총량의 정확성이 확보되지만, 기기별 입력 데이터의 복잡성으로 다수 사용자의 최종 산출결과가 불일치 할 수 있음.

BESS의 경우 설계사무실, 일반 사용자를 고려한 입력 데이터 간편화, 에너지 절감효과가 적은 값은 기본 값으로 입력이 되어 있으므로 시뮬레이션 간편화가 이루어져있다. 그러나 정확한 값을 입력 하지 않으므로 건물 특성에 따른 정확한 데이터 산출하지 못한다는 단점이 있음.




[그림 33] ISO 13790 기반 국내 툴 입력데이터 비교

(2) ISO 13790 기반 국내 툴 냉난방 부하 패턴 비교

ISO 13790 기반 국내 툴인 ECO2와 BESS의 냉난방 부하를 비교 하였다.

<표 34> 침기 0.1일 때의 냉난방부하

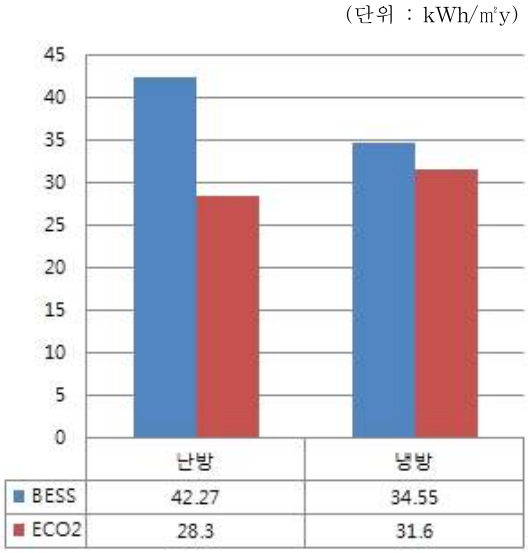
| 부하량 | 난방 | 냉방 |
|---|---|---|
| BESS | 43.1 | 37.44 |
| ECO2 | 28.3 | 31.6 |
| 차이 | 14.8 | 5.84 |
| 오차율 | 52% | 18% |

(단위 : kWh/㎡y)

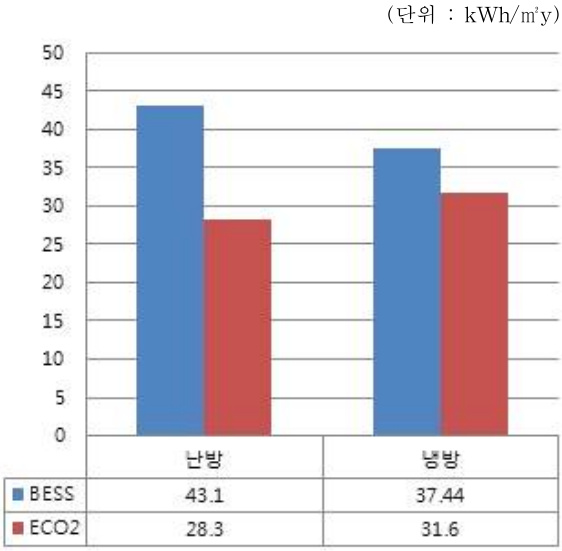
<표 35> 침기 0 일 때의 냉난방부하

| 부하량 | 난방 | 냉방 |
|---|---|---|
| BESS | 42.27 | 34.55 |
| ECO2 | 28.3 | 31.6 |
| 차이 | 13.97 | 2.95 |
| 오차율 | 49% | 9% |

(단위 : kWh/㎡y)




[그림 34] 침기 0일 때의 냉난방부하그래프




[그림 35] 침기 0.1일 때의 냉난방부하 그래프

침기량을 조정하여 ECO2와 BESS를 냉난방부하 비교 시, 난방부하가 냉방부하보다 결과값에서 차이가 많이 나는 것을 알 수 있다. 이는 같은 ISO 13790 계산기법을 사용하지만, 용도별 이용시간, 용도 프로파일, 기상데이터에서 차이가 나 결과값이 상이한 것으로 사료된다.

(3) 현재 ISO 13790 기반의 국내 적용 툴 비교 시 오차 발생 요인

(가) 용도별 이용시간

BESS의 경우 default 값으로 용도별 시간 설정이 되어 있으나 ECO2의 경우 이용시간 설정 및 default 값을 모르기 때문에 오차 발생

(나) 용도프로파일

BESS의 경우 주거, 비주거 등 각 용도별 값이 다름. ECO2의 경우 용도 입력하는 곳이 없기 때문에 용도별 선택에서 큰 차이 발생

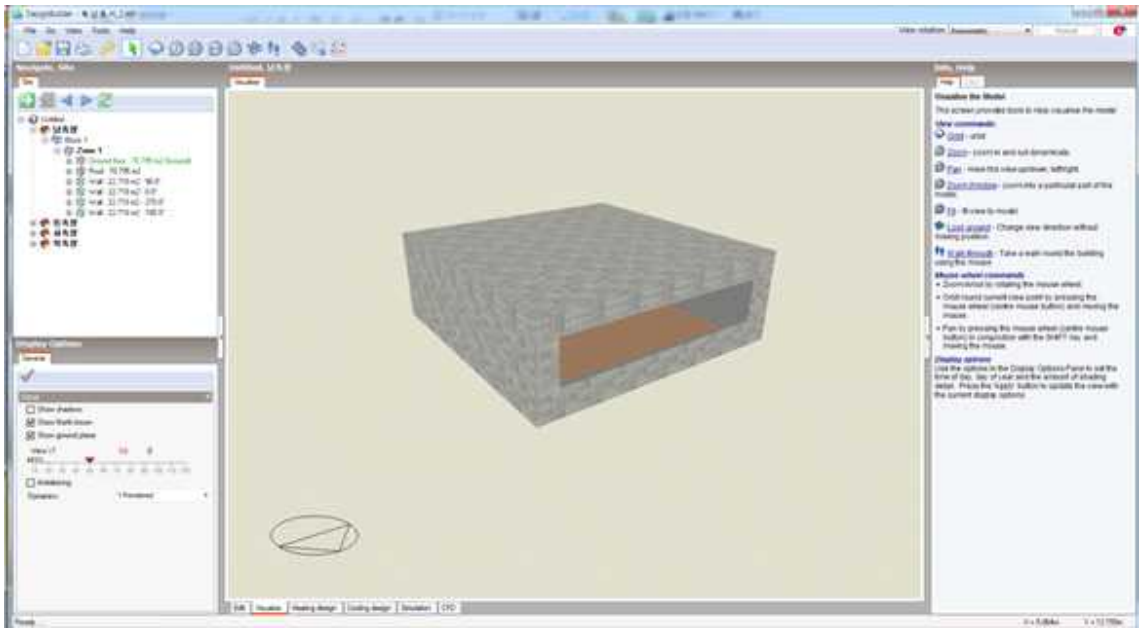
(다) 기상데이터

BESS의 경우 태양에너지 학회의 평균 기상 데이터 기준으로 사용, 일사량 데이터는 ESP-r의 시뮬레이션 결과 사용. ECO2의 경우 기상데이터의 사용 자료를 알 수 없음.

국내 ISO 13790 기반 시뮬레이션 툴의 냉난방 부하 차이로 인하여 비교 불가한 사항이며 국내에서 주로 사용하고 있는 동적 시뮬레이션 EnergyPlus를 이용하여 부하를 비교 검증하여 정확도 및 문제점 파악 해야한다.

다. 형상모델, 프로파일 동일화 작업

현재 국내에서 사용되고 있는 ISO 13790 기반의 국내 툴과 정밀시뮬레이션 EnergyPlus의 정확한 비교를 하기 위하여 건물형태, 벽체, 창 설정, 실내 냉난방 설정 온도는 건기원 보고서 자료를 토대로 작성하였다.



[그림 36] EnergyPlus 모델링

<표 36> 대상건물 개요

| EnergyPlus, ISO13790기반 계산툴 설정값 | |
|---|---|
| 건물 개요 | 지역 : 서울 |
| | 기상데이터 : 한국태양에너지학회 서울 (86년-05년기준DOE-2포멧).txt 자료를 이용하여 EnergyPlus Weather Statistics and Conversions을 이용하여 생성 후 EnergyPlus 서울 기상데이터 적용 |
| | 건물형태 : 폭 9m, 높이 : 2.7m |
| | 채 광 창 : 남측 50% (11.359 ㎡) |
| | 벽체 면적 : 22.718 ㎡ |
| | 지중 온도 : 월별 각 온도 설정 |
| 벽체 정보 | 벽체 열관류율 : 0.217 W/㎡K |
| | 창 열관류율 : 3.157 W/㎡K |
| | 지붕 열관류율 : 0.147 W/㎡K |
| | 바닥 열관류율 : 0.18 W/㎡K |
| 창 입력 DATA | 창문 종류 : 복층창 |
| | 창문틀 종류 : 미적용 |
| | G - value : 0.468 |
| | EnergyPlus 창면적 : 11.395 ㎡, BESS 창면적 : 16.228 ㎡ |
| 실내 냉난방 설정 | 난방 급기온도 : 20℃, 냉방 급기온도 : 26℃ |
| | 난방 운행시간 : 11시간, 냉방 운행시간 : 13시간 |

라. ISO 13790 기반 툴, EnergyPlus 부하 패턴 비교

(1) BESS, EnergyPlus 오차범위 감소_실내 열 취득

<표 37> BESS, EnergyPlus의 시뮬레이션 Input Data(인체발열량)

| | BESS | | EnergyPlus | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 인체 (Standard_1) | 30 Wh/m² · d (30 kWh/m² · d) | 월 평균 인체 발열량 54.47 kWh/m² | Occupancy_Density (people/m²) = 0.03 설정<br><br>Metabolic_Activity_Metabolic rate per person(W/person) = 120 설정<br><br>Metabolic_Factor = 0.9 설정 | 결과값 = 0.02 kWh/m² · d 월 평균 인체 발열량 34 kWh/m² · d | BESS의 인체 발열량 Wh/m² · d 변환시 0.03 kWh/m² · d<br><br>EnergyPlus의 경우 0.02 kWh/m² · d 이므로 결과값 상이함. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Metabolic_clothing_winter = 1.0 설정<br>Metabolic_clothing_summer = 0.5 설정 | | |
| 인체 (Case_1) | | | Occupancy_Density (people/m²)=0.05 변경<br>Metabolic_Activity_Metabolic rate per person(W/person) = 120 설정<br>Metabolic_Factor = 1.0 설정<br>Metabolic_clothing_winter = 1.0 설정<br>Metabolic_clothing_summer = 1.0 설정 | 결과값 = 0.03 kWh/m² · d<br>월 평균 인체 발열량 57.57 kWh/m² · d | EnergyPlus의 경우 0.03 Wh/m² · d 이므로 결과값 일치.<br>Metabolic_Factor ,clothing 을 1로 일치시켰을 때, 인체 발열량의 변동이 없음으로 크게 영향을 미치지 않는 것으로 판단.<br>사람의 밀도 변경으로 인하여 BESS 인체 발열량과 일치. |
| 인체 (Case_2) | | | Occupancy_Density (people/m²)= 0.03 설정<br>Metabolic_Activity_Metabolic rate per person(W/person) = 200 설정<br>Metabolic_Factor = 0.9 설정<br>Metabolic_clothing_winter = 1.0 설정<br>Metabolic_clothing_summer = 0.5 설정 | 결과값 = 0.03 kWh/m² · d<br>월 평균 인체 발열량 40.27 kWh/m² · d | EnergyPlus의 경우 0.02 Wh/m² · d 이므로 결과값 상이.<br>metabolic rate per perosn (W/person)의 값을 200으로 상향 조정했을 경우 결과값은 0.02 kWh /m² · d 로 standard1의 값과 차이가 없음. |

○ 인체 발열에 영향을 주는 요인은 사람 밀도에 의해 결과 값 차이가 남.

○ 월 평균 발열량 계산시 세부 설정에 의한 결과 값 변동됨.

(2) BESS, EnergyPlus 오차범위 감소_실내 열 취득(기기_조명제외)

<표 38> BESS, EnergyPlus의 시뮬레이션 Input Data(기기발열량_조명발열량 제외)

| | BESS | | EnergyPlus | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 기기 (조명제외) (Standard_1) | 42 Wh/m² · d | 월 평균 기기 발열량 76.26 kWh/m² | Office Equipment Gain = 4 W/m² Radiant fraction = 0.2 설정 | 결과값 = 0.04 kWh/m² · d 월 평균 기기 발열량 66.26 kWh/m² · d | BESS의 인체 발열량 Wh/m² · d 변환시 0.042 kWh/m² · d<br><br>EnergyPlus의 경우 0.04 kWh/m² · d 이므로 결과값 매칭.<br><br>월평균 기기발열량에서 10 kWh/m² · d 차이발생. |
| 기기 (조명제외) (Case_1) | | | Office Equipment Gain = 4 W/m² Radiant fraction = 1.0 변경 | 결과값 = 0.04 kWh/m² · d 월 평균 기기 발열량 66.26 kWh/m² · d | Radiant fraction 1.0으로 변경시 기기 발열량, 월평균 기기 발열량의 차이는 없음.<br><br>발열량 계산시 Radiant fraction 의 변화는 기기발열량에 큰 영향을 미치지 않음. |
| 기기 (조명제외) (Case_2) | | | Office Equipment Gain = 5 W/m² 변경<br><br>Radiant fraction = 0.2 설정 | 결과값 = 0.05 kWh/m² · d 월 평균 기기 발열량 82.83 kWh/m² · d | 월 평균 기기 발열량에서 6.57 kWh/m² · d 차이발생. |

○ EnergyPlus의 경우 11시~12시까지, 18시~19시까지 기기발열은 0으로 결과값 도출 또한 점심시간, 퇴근시간 기기발열 하지 않음.

○ BESS와 월평균 기기 발열량 비교 시 한달 25일 기준으로 시간상 50시간 차이나기 때문에 월 평균 기기 발열량 차이 발생

다) BESS, EnergyPlus 오차범위 감소_실내 열 취득(기기_조명)

<표 39> BESS, EnergyPlus의 시뮬레이션 Input Data(조명발열량)

| | BESS | | EnergyPlus | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 조명 (Standard _1) | 광원 : 형광등<br><br>요구조도 : 500 lX<br><br>조명밀도 : 9 W/m²<br><br>작업면높이 : 0.8 m | 월 평균 조명발열량 98.50 kWh/m² | Targerillumina nce = 500 lux 설정<br><br>Default display lighting density = 9 W/m² 설정<br><br>Lighting _ Lighting energy = 9 W/m² 설정<br><br>Luminaire type = Surface mount.<br><br>Radiant fraction = 0.72<br><br>visible fraction = 0.18 | 월 평균 조명 발열량 149.08 kWh/m² | 사무실 사용시간 9시~18시 (9시간)<br><br>BESS와 조도, 밀도, 작업면 높이를 일치<br><br>월 평균 기기 발열량은 EnergyPlus, BESS 는 2배 이상 차이남. |
| 조명 (Case_1) | | | Targerillumina nce = 500 lux 설정<br><br>Default display lighting density = 6 W/m² 변경<br><br>Lighting _ | 월 평균 조명 발열량 149.08 kWh/m² | Default display lighting density = 6 W/m² 변경 후 월 평균 기기 발열량은 변하지 않음.<br><br>Lighting _ General Lighting 체크했을시 Default display lighting density값은 영향을 미치지 않는것으로 판단. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Lighting energy = 9 W/m² 설정<br><br>Luminaire type = Surface mount.<br><br>Radiant fraction = 0.72<br><br>visible fraction = 0.18 | | |
| 조명 (Case_2) | | | Targerillumina nce = 500 lux 설정<br><br>Default display lighting density = 6 W/m² 변경<br><br>Lighting _ Lighting energy = 6 W/m² 변경<br><br>Luminaire type = Surface mount.<br><br>Radiant fraction = 0.72<br><br>visible fraction = 0.18 | 월 평균 조명 발열량 99.39 kWh/m² | Lighting _ Lighting energy = 6 W/m² 변경 후 월 평균 기기 발열량은 BESS와 비슷한 값 도출. |

○ Energy Plus 광원_Surface mount(형광등이나 외부로 노출된 형광등)이며 이에 따른 Radiant fraction, visible fraction 값이 default 로 입력이 되어 있기 때문에 부하는 달라짐.

○ Energy Plus는 조명 스케쥴을 변경할 수 없으며 사무실 운영시간에 따라 조명운전을 하기 때문에 BESS와 같은 조명밀도를 입력 하였을 시 조명 발열량은 높게 나오는 것이 맞다고 판단됨.

(4) BESS, EnergyPlus 오차범위 감소_일사취득 개요

<표 40> BESS, EnergyPlus의 시뮬레이션 Input Data(기상데이터 및 창호)

| | BESS | EnergyPlus |
|---|---|---|
| 기상 데이터 | 서울시 30 년 표준 기상 데이터 weather table 에서 입력값 사용 | 한국태양에너지학회 서울(86년-05년기준DOE-2포멧).txt 자료를 이용 하여 Energy Plus Weather Statistics and Conversions을 이용하여 생성후 Energy Plus 서울 기상데이터 적용 |
| 일 사 취 득 | 열관류율= 3.15 W/m² K<br>G - value = 0.7<br>창면적= 16.22 m² | 열관류율= 3.15 W/m² K<br>G - value = 0.7<br>창면적= 11.359 m² |

○ BESS에서 창면적 입력시 Frame 면적을 고려하여 실재 창면적은 전체면적의 70%만 고려하기 때문에 EnergyPlus의 값과 일치시키기 위해 창 면적 확장

(5) BESS, EnergyPlus 오차범위 감소_일사취득

<표 41> BESS, EnergyPlus의 시뮬레이션 Input Data(일사취득량)

| | BESS | | EnergyPlus | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 유리창을 통한 일사취득 (Standard_1) | 열관류율 = 3.15 W/m² K<br><br>G-value = 0.7<br><br>창면적 = 16.22 m² | 월평균 창을 통한<br><br>일사취득 543.20 kWh | 창면적= 11.359 m² , Frame = 적용 안함<br>Template = Double glazing, absorptive, no shading<br>Glazing type = Double Grey 6mm/6mm Air<br>Glazing type_outmost pane = Generic GREY 6mm<br>Glazing type_window gas = Air 6mm<br>Glazing type_Innermost pane = Generic CLEAR 6mm<br>Calculated Values<br>Calculated Values_Total solar transmisson (SHGC) = 0.468<br>Calculated Values_Direct solar transmisson = 0.354<br>Calculated Values_Light transmission = 0.381<br>Calculated Values_U-value = 3.157 | 월평균 창을 통한 일사 취득 244.33 kWh | BESS의 월평균 일사획득은 543.20 kWh 이며 EnergyPlus의 경우 244.33 kWh 로 결과값 상이함.<br><br>차이나는 이유로는 창 외부 Grey 색의 유리를 적용함으로써 일사 획득의 차이가 있다고 판단. |
| 유리창을 통한 일사 취득 (Case_1) | | 월평균 창을 통한<br><br>일사취득 543.20 kWh | 창면적= 11.359 m² , Frame = 적용 안함<br>Template = Double glazing, absorptive, no shading<br>Glazing type = Double Clear 6mm/6mm Air 변경<br>Glazing type_outmost pane = Generic CLEAR 6mm 변경<br>Glazing type_window gas = Air 6mm<br>Glazing type_Innermost pane = Generic CLEAR 6mm 변경<br>Calculated Values<br>Calculated Values_Total solar transmisson (SHGC) = 0.693 변경<br>Calculated Values_Direct solar | 월평균 창을 통한 일사 취득 449.12 kWh | BESS의 월평균 일사획득은 543.20 kWh 이며 EnergyPlus의 경우 449.12 kWh 로 차이(94.08 kWh) 는 줄어듬.<br><br>Clear 유리로 적용하였을 경우 SHGC의 값은 BESS와 비슷한 값으로 변경됨.<br><br>이중유리를 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | transmisson = 0.604 변경<br>Calculated Values_Light transmission<br>= 0.781 변경<br>Calculated Values_U-value<br>= 3.157 | | 사용함으로써<br>일사 취득의<br>차이가 있다고<br>판단. |
| **유리창을<br>통한<br>일사 취득<br>(Case_2)** | | 월평균<br>창을 통<br>한<br>일사 취<br>득<br>543.20<br>kWh | 창면적= 11.359 $m^2$ , Frame<br>= 적용 안함<br>Template = single glazing, clear,<br>no shading<br>Glazing type = Single Clear 6mm 변경<br>Glazing type_outmost pane<br>= Generic CLEAR 6mm 변경<br>Calculated Values<br>Calculated Values_Total solar transmisson (SHGC) = 0.810 변경<br>Calculated Values_Direct solar transmisson = 0.775 변경<br>Calculated Values_Light transmission<br>= 0.881 변경<br>Calculated Values_U-value<br>= 6.121 변경 | 월평균<br>창을 통한<br>일사 취<br>득<br>620.72<br>kWh | BESS의 월평균<br>일사획득은<br>543.20 kWh이며<br>EnergyPlus의<br>경우 620.72<br>kWh 로<br>차이(77.52<br>kWh)<br>는 줄어듬.<br><br>단창 Clear<br>유리로<br>적용하였을 경우<br>SHGC의 값은<br>0.81로 변경<br>단창을<br>사용함으로써<br>EnergyPlus의<br>일사취득값은<br>올라감.<br><br>BESS의<br>G-value,<br>열관류율을<br>최종적으로<br>일치시켜야<br>한다고 판단. |
| **유리창을<br>통한<br>일사 취득<br>(Case_3)** | 열관류율<br>= 6.12<br>W/$m^2$ K<br>변경<br>G -<br>value =<br>0.81<br>변경<br><br>창면적 | 월평균<br>창을<br>통한<br>일사<br>취득<br>628.56<br>kWh | 창면적= 11.359 $m^2$ , Frame<br>= 적용 안함<br>Template = single glazing, clear,<br>no shading<br>Glazing type<br>= Single Clear 6mm 변경<br><br>Glazing type_outmost pane<br>= Generic CLEAR 6mm | 월평균<br>창을 통한<br>일사<br>취득<br>620.72<br>kWh | BESS의 월평균<br>일사획득은<br>628.56 kWh이며<br>EnergyPlus의<br>경우 620.72<br>kWh 로<br><br>차이(7.84 kWh)<br>로 BESS 와<br>EnergyPlus거의 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | = 16.22 $m^2$ | | Calculated Values<br>Calculated Values_Total solar transmisson (SHGC) = 0.810<br>Calculated Values_Direct solar transmisson = 0.775<br>Calculated Values_Light transmission = 0.881<br>Calculated Values_U-value = 6.121 | | 일치함. |

○ EnergyPlus의 경우 Grey색 유리를 사용함으로 일사획득 차이 발생.

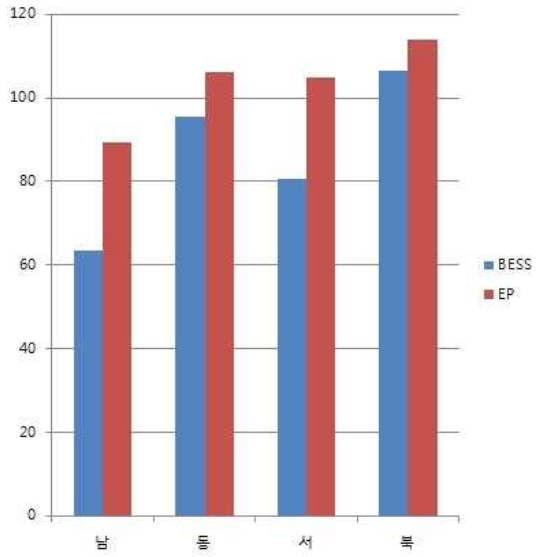
○ Clear 유리로 적용하였을 경우 SHGC 값은 0.468 에서 0.693으로 변경. 이중유리를 사용함으로써 일사취득 차이발생.

○ 단창 Clear유리를 적용하였을 경우 SHGC 값은 0.81로 변경. 단창을 사용함으로써 열관류율 6.121로 변경 BESS와 열관류율 일치시켜야 한다고 판단.

○ BESS, EnergyPlus 입력데이터 일치. 결과값은 8정도 차이 발생. SHGC, 열관류율, 창면적은 에너지 저감요소에 가장큰 요소로 판단.

마. BESS, EnergyPlus 부하 패턴 비교

(1) ISO 13790 기반 국내 툴(BESS)과 EnergyPlus 난방 부하 값 비교



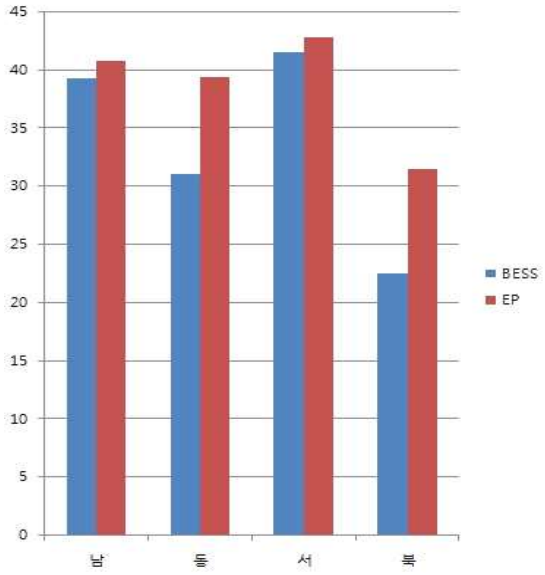

[그림 37] BESS, EnergyPlus 난방부하값

<표 42> BESS, EnergyPlus 난방부하 비교

| | 남 | 동 | 서 | 북 |
|---|---|---|---|---|
| BESS | 63.62 | 95.45 | 80.60 | 106.44 |
| EP | 89.37 | 106.09 | 104.94 | 114.02 |
| BESS-EP | -25.74 | -10.63 | -24.33 | -7.57 |
| (BESS-EP) /BESSx100 | -40% | -11% | -30% | -7% |

○ 난방부하 편차는 EnergyPlus에서 남향이 타 향에 비해 크게 발생, 향별로 편차가 EnergyPlus보다 큰 BESS 에서는 더욱 더 크게 편차가 크게 발생함으로 남향에서 EnergyPlus와 BESS 의 오차가 커짐 (40%). 반대로 북향에서는 남동서 향에 비해 지면 반사,확산일사의 영향이 낮음으로 BESS 와 EnergyPlus의 오차가 7% 로 낮은것으로 사료됨. (일사유입 영향이 적은 북향(7%) 동향(11%)에서 BESS와 EnergyPlus 난방부하 오차가 적은 것으로 나타남)

(2) ISO 13790 기반 국내 툴과 EnergyPlus 냉방 부하 값 비교




[그림 38] BESS, EnergyPlus 냉방부하값

<표 43> BESS, EnergyPlus 난방부하 비교

| | 남 | 동 | 서 | 북 |
|---|---|---|---|---|
| BESS | 39.24 | 30.97 | 41.53 | 22.47 |
| EP | 40.71 | 39.41 | 42.79 | 31.51 |
| BESS-EP | -1.46 | -8.43 | -1.25 | -9.03 |
| (BESS-EP)/ BESSx100 | -4% | -27% | -3% | -40% |

○ 향에 따른 일사유입량 계산방식

○ BESS-총일사량 평균적 정량수치와 정량수치로 입력한 G-value 만으로 일사 유입량 계산됨

○ EnergyPlus-일사량은 운량, 수증기포화도, 지면 반사등 을 종합적으로 고려함. 또한 이러한 일사량 값을 고려하여 시간별로 G-value 값이 달라짐

○ BESS 는 직달일사와 확산일사량의 정량 수치 합산으로 향별 일사량 값이 수치로 계산됨.

○ EnergyPlus 는 운량에 따른 확산일사, 포화습도에 의해 공기 중에서 일사량 반사와 확산, 지면반사에 의한 일사유입 등을 종합적으로 계산함

바. 결론

(1) BESS 와 ECO2 의 비교에서 동일한 시뮬레이션 환경을 구축하기 위해 용도별 프로파일, 적용된 기상데이터, 운영시간, 운영시간에 따른 기본 환기율 등 프로그램 상에 기본 적용된 사항 비교 필요성이 있음

(2) 단순 결과비교만 가능한 환경을 보강하기 위해 동적 시뮬레이션 툴인 EnergyPlus를 기준으로 툴 비교

(3) 표준계산 기법에서 G-value외 국내 실정에 부합하는 기기 설비 시스템의 보정 계수 필요함

## 제3절 건물 에너지 소비량 표준 계산 기법

1. 냉난방 부하

각 존에 대한 난방부하는 다음의 식에 따라 계산한다.

$$Q_{h,b} = Q_{\sin k} - \eta Q_{source}$$

여기에서,

$Q_{h,b}$ : 난방부하

$Q_{\sin k}$ : 열손실

$\eta$ : 유효계수

$Q_{source}$ : 열획득

각 존의 냉방부하 다음의 식에 따라 계산한다.

$Q_{h,c} = Q_{suorce} - \eta Q_{\sin k}$

여기에서,

$Q_{h,c}$ : 냉방부하

$Q_{suorce}$ : 열획득

$\eta$ : 유효계수

$Q_{\sin k}$ : 열손실

가. 열 획득/손실

(1) 전도에 의한 열획득

전도에 의한 열획득은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$Q_T = Q_{Te} + Q_{Tz} + Q_{Ts}$$

여기에서,

$Q_T$ : 전도에 의한 열획득

$Q_{Te}$ : 외벽

$Q_{Tz}$ : 해석 존과 경계를 이루는 난방/냉방 존

$Q_{Ts}$ : 지중 또는 지표

(2) 해석 존과 경계를 이루는 비난방 존 또는 구조물의 전도에 의한 열획득은 다음과 같다.

$$Q_{Tu} = H_{Tiu} \bullet (\vartheta_u - \vartheta_i)t$$

여기에서,

$Q_{Tu}$ : 해석 존과 경계를 이루는 비난방 존 또는 구조물

$H_{Tiu}$ : 비난방 존을 통한 외부로의 전도열손실계수

$\vartheta_u$ : 비 난방 존의 온도

$\vartheta_i$ : 분석 실내온도

$t$ : 시간

(3) 해석 존과 경계를 이루는 난방/냉방 존

해석 존과 경계를 이루는 난방/냉방 존의 전도에 의한 열획득은 다음과 같다.

$Q_{Tz} = H_{Tiz} \bullet (\vartheta_z - \vartheta_i)t$

여기에서,

$Q_{Tz}$ : 해석 존과 경계를 이루는 난방/냉방 존

$H_{Tiz}$ : 난방/냉방 존의 외부로의 전도열손실계수

$\vartheta_z$ : 이웃 존의 온도

$\vartheta_i$ : 분석 실내온도

$t$ : 시간

(4) 외벽에 의한 열획득

외벽의 전도에 의한 열획득은 다음과 같이 구할 수 있다.

$Q_{Te} = H_{TD} \bullet (\vartheta_e - \vartheta_i)t$

여기에서,

$Q_{Te}$ : 외벽의 전도에 의한 열획득

$H_{TD}$ : 존과 외기 사이의 관류에 의한 열손실계수

$\vartheta_e$ : 외기온도

$\vartheta_i$ : 분석 실내온도

$t$ : 시간

(5) 지중 또는 지표

지중 또는 지표를 통한 에너지 전도 열획득은 다음과 같이 구할 수 있다.

$Q_{Ts} = H_{Ts} \bullet (\vartheta_e - \vartheta_i)t$

여기에서,

$Q_{Ts}$ : 지중 또는 지표를 통한 에너지 전도 열획득

$H_{Ts}$ : 지중으로의 관류에 의한 열손실계수

$\vartheta_e$ : 외기 온도

$\vartheta_i$ : 분석 실내온도

$t$ : 시간

(6) 온도보정계수를 이용한 비 난방 존의 온도

ISO 13790 간이법 에서는 난방설비가 없는 지하실, 최하층, 최상층, 유리구조물, 계단실, 지중 등과 접하는 비 난방 존의 온도 $\vartheta_u$는 아래의 식으로 구한다

$$\vartheta_u = \vartheta_i - F_x(\vartheta_i - \vartheta_e)$$

$\vartheta_i = \vartheta_{i,h}$ 또는 $\vartheta_{i,c}$

<표 44> 구조체의 온도보정 계수 $F_D$

| | | | $B'^a$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 외부로의 구조체를 통한 열류 | $F_x$ | 온도-수정팩터 $F_{x^f}$ | | | | | |
| 1 | 외벽, 창, 외기에 접한 천정 | $F_e$ | 1.0 | | | | | |
| 2 | 지붕 (시스템 경계로서) | $F_D$ | 1.0 | | | | | |
| 3 | 옥상 층 천정<br>(설비가 안 된 지붕공간) | $F_D$ | 0.8 | | | | | |
| 4 | 외부로 향한 벽 및 천정 | $F_u$ | 0.8 | | | | | |
| 5 | 비난방 공간(지하 공간 이외의)으로 향한 벽 및 천정 | $F_u$ | 0.5 | | | | | |
| 6 | 비난방 유리구조물로 향한 벽 및 창문<br>- 단층유리 | $F_u$ | 0.8 | | | | | |
| 7 | - 복층유리 | $F_u$ | 0.7 | | | | | |
| 8 | - 단열유리 | $F_u$ | 0.5 | | | | | |
| | 건물 밑 부분 마감 구조체 | | <5m | | 5m~10m | | >10m | |
| | | | $R_f$ 또는 $R_{w^b}$ | | $R_f$ 또는 $R_{w^b}$ | | $R_f$ 또는 $R_{w^b}$ | |
| | 난방이 되는 지하의 지중으로의 구조면 | | $\leq 1$ | $> 1$ | $\leq 1$ | $> 1$ | $\leq 1$ | $> 1$ |
| 9 | 난방이 되는 지하의 바닥 | $F_G$ | 0.30 | 0.45 | 0.25 | 0.40 | 0.20 | 0.35 |
| 10 | 난방이 되는 지하의 벽 | $F_G$ | 0.40 | 0.60 | 0.40 | 0.60 | 0.40 | 0.60 |
| | | | $R_f$ | | $R_f$ | | $R_f$ | |
| | | | $\leq 1$ | $> 1$ | $\leq 1$ | $> 1$ | $\leq 1$ | $> 1$ |
| 11 | 지하실 없는 건물/건물존<br>지표위 바닥[c] 가장자리 단열 없이 지표면으로만 단열됨 | $F_G$ | 0.45 | 0.6 | 0.4 | 0.5 | 0.25 | 0.35 |
| 12 | 지표위 바닥[c] 가장자리 단열 있음[d]<br>- 5m 너비, 수평 | $F_G$ | 0.3 | | 0.25 | | 0.2 | |
| 13 | 비난방 지하실로의 지하실 천정 및 내벽<br>- 페리메트단열 있음[g] | $F_G$ | 0.55 | | 0.5 | | 0.45 | |
| 14 | - 페리메트단열 없음[g] | $F_G$ | 0.7 | | 0.65 | | 0.55 | |
| 15 | 뜬 바닥 (예: 통풍되는 교회지하실) | $F_G$ | 0.9 | | | | | |
| 16 | 낮게 난방이 되는 공간의 바닥판[e] | $F_G$ | 0.2 | 0.55 | 0.15 | 0.5 | 0.1 | 0.35 |

출처 : 건설기술연구원, 기후변화 대응을 위한 건물에너지효율등급 표시제도 개발연구 1차년도 보고서, 2009

(7) 환기에 의한 열손실 및 열획득

(가) 환기에 의한 열손실 및 열획득

침기에 의한 열손실 및 열획득에서 침기에 의한 열손실 및 열획득은 다음과 같다.

$Q_{Vinf} = H_{Vinf}(\vartheta_i - \vartheta_e)t,\ \vartheta_i > \vartheta_e$(열손실)

$Q_{Vinf} = H_{Vinf}(\vartheta_e - \vartheta_i)t,\quad \vartheta_i < \vartheta_e$(열획득)

여기에서,

$Q_{Vinf}$ : 침기에 의한 열손실 및 열획득

$H_{Vinf}$ : 환기 열손실계수

$\vartheta_i$ : 분석 실내온도

$\vartheta_e$ : 외기 온도

$t$ : 시간

(나) 침기에 의한 열손실 및 열획득 계수

침기에 의한 열손실 및 열획득에서의 환기 열손실계수는 다음과 같다.

$H_{Vinf} = n_{i,n,f} \cdot V \cdot c_{pa} \cdot \rho_a$

외기와 접하지 않는 존의 환기 열손실계수는 0 이다.

여기에서,

$H_{Vinf}$ : 환기 열손실계수

$n_{i,n,f}$: 침기에 의한 환기 횟수

$V$ : 존의 체적

$c_{pa}$ : 일정압력에서 환기

$\rho_a$ : 공기밀도

(8) 태양열에 의한 열획득 및 열손실

(가) 투명체를 통한 태양입사광에 의한 열획득

태양열에 의한 열획득 및 열손실에서 투명체를 통한 태양입사광에 의한 열획득은 다음과 같다.

$Q_{Str} = F_F \cdot t \cdot g_{eff} \cdot A \cdot I_S$

여기에서,

$Q_{Str}$ : 투명체를 통한 태양입사광에 의한 열획득

$F_F$ : 창틀에 의한 감소계수(표준값 0.7)

$t$ : 시간

$g_{eff}$ : 총에너지투과율

$A$ : 면적

$I_S$ : 월평균 일사강도

(나) 불투명 구조체를 통한 태양열 유입

태양열에 의한 열획득 및 열손실에서 불투명 구조체를 통한 태양열 유입은 다음과 같다.

$$Q_{Sop} = R_{se} UA(\alpha I_s - F_f h_r \triangle \vartheta_{er})t$$
$$\alpha I_s > F_f h_r \triangle \vartheta_{er} \text{일때 열손실}$$

$$Q_{Sop} = R_{se} UA(F_f h_r \triangle \vartheta_{er} - \alpha I_s)t$$
$$\alpha I_s < F_f h_r \triangle \vartheta_{er} \text{일때 열손실}$$

여기에서,

$Q_{Sop}$ : 불투명 구조체를 통한 태양열 유입

$R_{se}$ : 벽체 외부 열전달저항

$U$ : 열관류율

$A$ : 면적

$\alpha$ : 표면의 흡수율

$F_f$ : 일사에 대한 벽체의 형태벡터

$h_r$ : 외부 방사 계수

$\triangle \vartheta_{er}$ : 외기온도와 진공온도차

$t$ : 시간

(9) 내부발열에 의한 열획득

$$Q_{I,source} = Q_{I,source,p} + Q_{I,source,L} + Q_{I,source,fac}$$

여기에서,

$Q_{I,source}$ : 내부발열에 의한 열획득

$Q_{I,source,p}$ : 사람에 의한 열획득

$Q_{I,source,L}$ : 조명에 의한 열획득

$Q_{I,source,fac}$ : 기기에 의한 열획득

(가) 획득열 이용률 유효계수

획득열의 이용률 유효계수는 획득열 이용률을 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\eta = \frac{1-\gamma^{a}}{1-\gamma^{a_C+1}},\ \gamma \neq 1 \text{ 일 경우}$$

$$\eta = \frac{a}{a+1},\ \gamma = 1 \text{ 일 경우}$$

여기에서,

$\eta$ : 유효계수

$\gamma$ : 획득열 이용률

$a$ : 매개변수

나. 열용량에 따른 Utilization factor

(1) 난방에서의 열획득 Utilization factor

난방을 위한 무한대의 Utilization factor를 얻는 것은 열평형비와 매개변수 수치에 관한 공식으로 가능하다. 이 공식은 아래의 수식(각 월별 혹은 각 건물의 위치와 기간에 따른 수식)에 의해 주어진 해당건물의 타성에 따라 달라진다.

if $\gamma_H > 0$ and $\gamma_H \neq 1$: $\eta_{H,gn} = \dfrac{1-\gamma_H^{a_H}}{1-\gamma_H^{a_H+1}}$

if $\gamma_H$=1: $\eta_{H,gn} = \dfrac{a_H}{1-a_H+1}$

if $\gamma_H$<0: $\eta_{H,gn} = 1/\gamma_H$

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}}$$

여기에서,

$\gamma_H$ : 난방방식에 의한 무한대 열평형비율

$Q_{H,ht}$ : 난방방식에 따른 총 열획득량

$Q_{H,gn}$ : 난방방식에 따른 총 열획득량

$a_H$ : 시간상수 $\tau_H$에 따른 매개변수 수치

$$a_H = a_H + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}$$

(2) 냉방에서의 열손실 utilization factor

월별 혹은 계절별 냉방방식에 따라 필요한, 무한대의 냉방 utilization factor, $N_{C,ls}$를 얻는 것(방법)은 냉방에 대한 열평형비율 $\gamma_C$, 아래의 수식에서 주어진 건물의 타성 매개변수에 따른 $a_C$에 의한 공식을 필요로 한다.(각 월별 혹은 각 건물의 위치와 기간에 따른 수식)

if $\gamma_C > 0$ and $\gamma_C \neq 1$: $\eta_{C,ls} = \dfrac{1-\gamma_C^{-a_C}}{1-\gamma_C^{-(a_C+1)}}$

if $\gamma_C = 1$: $\eta_{C,ls} = \dfrac{a_C}{a_C+1}$

if $\gamma_C < 0$: $\eta_{C,ls} = 1$

$$\gamma_C = \frac{Q_{C,gn}}{Q_{C,ht}}$$

여기에서,

$\gamma_C$ : 무한대의 냉방방식에 의한 열평형비율

$Q_{C,ht}$ : 냉방방식에 따른 전달과 환기에 의한 총 열전달량

$Q_{C,gn}$ : 냉방방식에 따른 총 열획득량

$a_C$ : 시간상수$\tau_C$ 에 따른 매개변수 수치

$a_{C,0}$ : 무한대의 참조매개변수

다. 간헐 운전에 따른 에너지 요구량

(1) 난방

간헐 난방의 경우, 난방부하량 $Q_{H,interm}$(단위 : MJ)은 아래의 식을 이용하여 계산된다.

$Q_{H,interm} = a_{H,red} Q_{H,cont}$

여기에서,

$Q_{H,cont}$는 연속 난방에서의 난방부하량 (단위 : MJ)

$a_{H,red}$는 간헐 난방에서의 무한대 감소계수, 아래의 식에 따라 구해지는 값이다.

$$a_{H,red} = 1 - \left[ b_{H,red} \left( \frac{\tau_{0,H}}{\tau_H} \right) \gamma_H (1 - f_{H,hr}) \right]$$

최소값 : $a_{H,red} = f_{H,hr}$

최대값 : $a_{H,red} = 1$

여기에서,

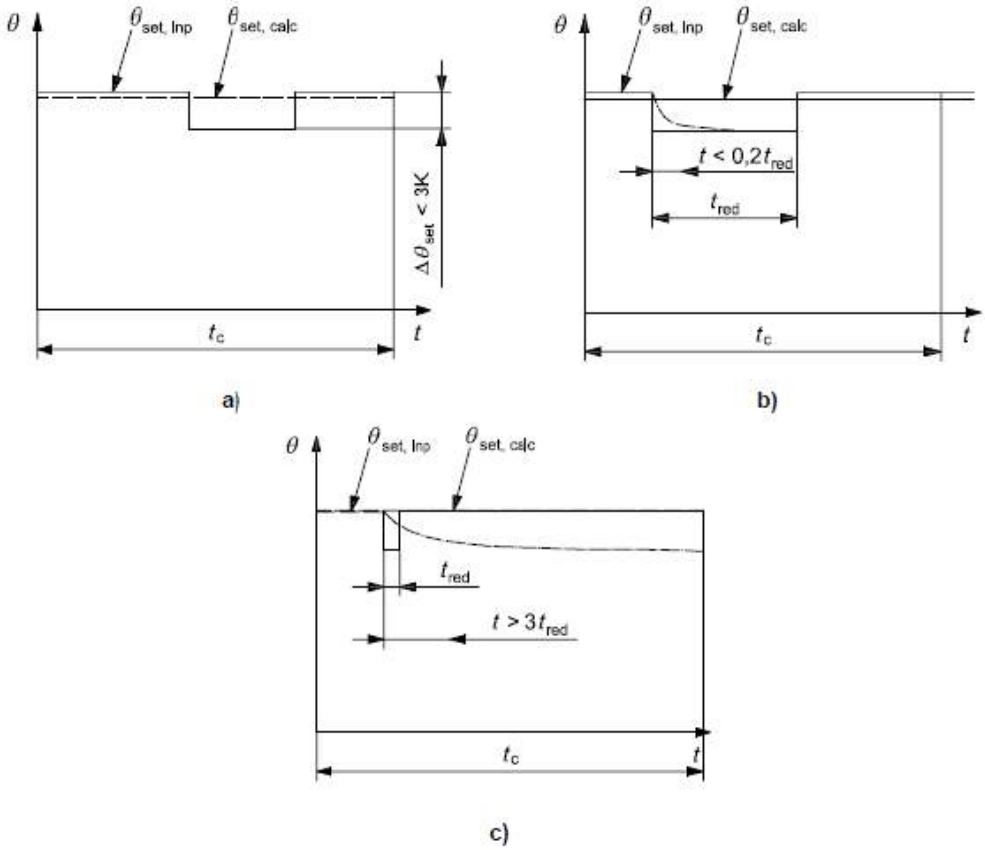
$f_{H,hr}$는 난방 설정온도값과 해당월 에서의 시간값의 분수 (단, 감소 설정온도 혹은 switch-off는 없음)

$b_{H,red}$는 실험에 의한 상관요소값 = 3

$\tau_H$는 건물에서의 난방운전 지속시간 (단위 : 시간)

$\tau_{0,H}$는 난방운전을 위한 참조 존속시간 (단위 : 시간)

$\gamma_H$는 난방운전에서의 무한대의 획득/손실률




**Key**

The cases a, b and c represent different situations as described in the text.

| | |
|---|---|
| $\theta_{set,inp}$ | set-point temperature provided as input |
| $\theta_{set,calc}$ | set-point temperature for the calculation |
| $t$ | time |
| $t_c$ | representative part of the calculation period |

[그림 39]quasi-continuous 난방의 예

출처 : Technical Manual for SBEM, 2011

(2) 냉방

기후데이터 주간패턴 때문에, 건물의 내부열 관성 효과 즉, 오후/밤 온도조절장치 set-back 혹은 swith-off는 대체로 냉방 부하계산에 있어, 난방 부하계산 보다 훨씬 적은 효과를 갖는다.

이는 온난한 계절 또는 적은 열손실에 높은 내부획득의 경우를 제외하고, 오후/밤 시간대의 set-back 혹은 swith-off가 냉방을 위한 에너지 요구량에 있어 매우 경미한 감소를 가져온다는 것을 말한다.

그러므로 냉방운전에서의 간헐변수에 대한 시간분수 $f_{C,day}$(아래를 참조)는 난방모드의 해당월의 시간상수 $f_{H,hr}$ 대신, 냉방부하는 달의 일수를 기반으로 한다.

간헐 냉방의 경우, 냉방부하량 $Q_{C,interm}$(단위 : MJ)은 아래의 식을 이용하여 계산된다.

$$Q_{C,interm} = a_{C,red} Q_{C,cont}$$

여기에서,

$Q_{C,cont}$는 연속 냉방에서의 냉방부하량(단위 : MJ)

$a_{C,red}$는 간헐 냉방에서의 무한대 감소계수, 아래 식에 따라 구해지는 값이다.

$$a_{C,red} = 1 - \left[ b_{C,red} \left( \frac{\tau_{0,C}}{\tau_C} \right) \frac{1}{\lambda_C} (1 - f_{C,day}) \right]$$

최소값 : $a_{C,red} = f_{C,day}$

최대값 : $a_{C,red} = 1$

여기에서,

$f_{C,day}$는 연속냉방 설정온도 값과 최소 낮 시간대에서 해당월 분에 해당일수(단, 감소 설정온도 혹은 switch-off는 없음)

$b_{C,red}$는 실험에 의한 상관요소값 = 3

$\tau_C$는 건물에서의 냉방운전 지속시간 (단위:시간)

$\tau_{0,C}$는 난방운전을 위한 참조 존속시간 (단위:시간)

$\lambda_C$ 는 냉방운전에서의 무한대의 획득/손실률

라. 일사 취득 계수

투명구조체에서 난방 열취득 따른 총열전도량 은 아래 식에 의한 월, 위치, 그리고, $z$로 계

산하여 구해질 수 있다.

$$Q_T = \sum_k H_{T,k} \cdot (\theta_i - \theta_{e,k}) \cdot t \cdot f$$

여기에서

$Q_T$는 MJ에서, 난방 열전달에 대한 총 열전도량 $H_{T,k}$는 $k$요소의 인접공간, 환경 또는 W/K에서의 $\theta_{e,k}$온도의 장소 까지의 열전달에 대한  열전도율

$\theta_i$는 건물에서 난방기준온도 얻어지는 내부온도(섭씨온도)

$\theta_{e,k}$는 요소 $k$(기후데이터에서 가져온 섭씨온도)에 대한 외부온도(위치에 따른 시간당 월평균 온도)

$t$는 계산주기의 존속기간 즉, 해당 월 중의 며칠

$f$는 Wh에서 MJ까지의 교환요인

건물구성요소전체에 걸쳐서 내부환경과 외부환경으로 각각 나누어 합계가 구해진다.

(1) 투명구조체를 통한 일사 취득량

외피의 일부구조로의 투명구조체를 통한 일사 취득량은 아래식에 의해서 정의된다.

$$Q_{sun,t} = \sum_j (q_{sun,j} \times f_{sh,j} \times f_{sun,j} \times g_j \times f_f)$$

여기에서,

$Q_{sun,t}$ : 투명 구조체를 통한 일사 취득량 (단위=MJ)

$q_{sun,j}$ : 기후위치와 동측창 $j$에 대한 평면에서의 월별 태양복사에너지의 양 (단위=MJ/㎡)

$f_{sh,j}$ : 창$j$에 대한 일사차단 보정 계수

$f_{sun,j}$ : <표 39>에서 얻어진. 창$j$에 대한 수동조정식 일사유입 감소계수

$g_j$ : 창$j$에 대한 총 일사 투과율

$A_{rj}$ : 창$j$의 면적 (단위=㎡, 창틀 포함)

즉, $f_f$는 창틀요소(사용자가 입력한 창문에 대한 한 개의 창틀구성요소)에 대한 계산값

<표 45> 조절식 차양장치에 대한 일사유입 감소 계수 $f_{sun}$

| 차양시스템 | $f_{sun}$ | |
|---|---|---|
| | Jan-Apr, Oct-Dec | May-Sep |
| 외부 차양 (사용자 조절식) | 0.5 | 0.5 |
| 외부 차양 (자동 조절식) | 0.5 | 0.35 |
| 기타 다른 경우 | 1 | 1 |

출처 : Technical Manual for SBEM , 2011

범위 0~1사이의 외부차양감소요소 $f_{sh,j}$는 수직차양과 수평차양에 의해 도출된 표면에 대한 일사유입의 감소를 설명한다.

차양에 의한 일사차단 보정계수는 아래식에 의해 구해진다.

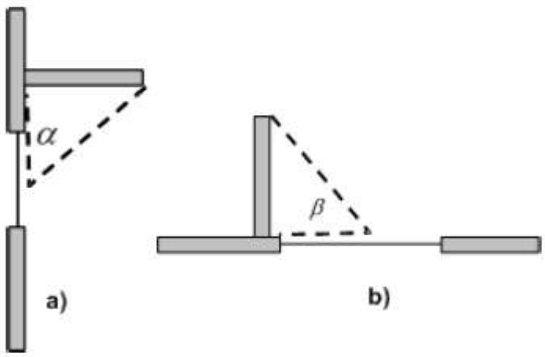
$$f_{sh,j} = F_O F_f$$

여기에서,

$F_O$는 수직차양에 대한 일사차단 보정계수

$F_f$는 수평차양에 대한 일사차단 보정계수

수평차양이나 수직차양에서 오는 일사는 수직차양 돌출각도, 수평차양 돌출각도, 위도, 방위 그리고 지역기후에 따라 달라진다. 표준 기후에 대한 계절별 일사차단 보정계수는 <표 40>과 <표 41>에서 주어진다.




[그림 40] 차양 돌출각도: a) 수직 차양 b) 수평 차양

출처 : Technical Manual for SBEM, 2011

기호

$\alpha$ : 수직차양 돌출각도

$\beta$ : 수평차양 돌출각도

이 계산의 목적에 따르면, [그림 26]에서 점선으로 제시된 돌출각도 $\alpha$와 돌출각도 $\beta$는 평면의 창문과 중간창에서 수직차양 또는 수평차양의 그림자선 사이에서 주어진다.

<표 46> 수직차양에 대한 일사차단 보정계수 $F_0$

| 수직차양 | 45° N 위도 | | | 55° N 위도 | | | 65° N 위도 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 돌출각도 | S | E/W | N | S | E/W | N | S | E/W | N |
| 0° | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 30° | 0.90 | 0.89 | 0.91 | 0.93 | 0.91 | 0.91 | 0.95 | 0.92 | 0.90 |
| 45° | 0.74 | 0.76 | 0.80 | 0.80 | 0.79 | 0.80 | 0.85 | 0.81 | 0.80 |
| 60° | 0.50 | 0.58 | 0.66 | 0.60 | 0.61 | 0.65 | 0.66 | 0.65 | 0.66 |

출처 : Technical Manual for SBEM, 2011

<표 47> 수평차양에 대한 일사차단 보정계수 $F_t$

| 수평차양 | 45° N 위도 | | | 55° N 위도 | | | 65° N 위도 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 돌출각도 | S | E/W | N | S | E/W | N | S | E/W | N |
| 0° | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 30° | 0.90 | 0.89 | 0.91 | 0.93 | 0.91 | 0.91 | 0.95 | 0.92 | 0.90 |
| 45° | 0.74 | 0.76 | 0.80 | 0.80 | 0.79 | 0.80 | 0.85 | 0.81 | 0.80 |
| 60° | 0.50 | 0.58 | 0.66 | 0.60 | 0.61 | 0.65 | 0.66 | 0.65 | 0.66 |

출처 : Technical Manual for SBEM, 2011

총 일사 투과율 $g$는 차양이 없는 요소에서 그 부수적인 요소까지 통과하는 일사의 시간에 대한 평균수치 비율이다. 창문 또는 빛이 산란되지 않는 유리를 끼운 외피요소에 대해서 ISO 9050 또는 EN 410은 유리에 대한 수직 복사에너지에 대한 일사투과 계산방법을 제공한다. 계산된 값 $g_{\perp}$는 시간에 대한 평균수치 투과량보다 약간 높다. 그리고 보정계수 $F_w$는 $g = F_w g_{\perp}$에서 사용된다.

$F_w$ 는 <표 42>에서 유리의 방위에 따라, 수평선에서의 경사각도에 따라 다르게 주어진다.

<표 48> 유리의 G-value에 대한 보정계수 $F_w$

| Tilt | Orientation | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | S | SE | E | NE | N | NW | W | SW | H |
| 0° | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 |
| 10° | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 |
| 15° | 1.28 | 1.27 | 1.35 | 1.52 | 1.68 | 1.52 | 1.36 | 1.29 | 0.87 |
| 20° | 1.28 | 1.27 | 1.35 | 1.52 | 1.68 | 1.52 | 1.36 | 1.29 | 0.87 |
| 25° | 1.28 | 1.27 | 1.34 | 1.50 | 1.64 | 1.49 | 1.56 | 1.29 | 0.87 |
| 30° | 1.28 | 1.27 | 1.32 | 1.45 | 1.55 | 1.44 | 1.33 | 1.28 | 0.87 |
| 35° | 1.29 | 1.26 | 1.31 | 1.40 | 1.46 | 1.39 | 1.31 | 1.28 | 0.87 |
| 40° | 1.29 | 1.26 | 1.29 | 1.35 | 1.38 | 1.34 | 1.29 | 1.27 | 0.87 |
| 45° | 1.29 | 1.26 | 1.27 | 1.30 | 1.29 | 1.29 | 1.27 | 1.27 | 0.87 |
| 50° | 1.26 | 1.23 | 1.24 | 1.25 | 1.24 | 1.25 | 1.23 | 1.24 | 0.87 |
| 55° | 1.23 | 1.20 | 1.20 | 1.21 | 1.19 | 1.20 | 1.20 | 1.21 | 0.87 |
| 60° | 1.20 | 1.17 | 1.17 | 1.16 | 1.14 | 1.16 | 1.16 | 1.18 | 0.87 |
| 65° | 1.17 | 1.14 | 1.14 | 1.11 | 1.09 | 1.11 | 1.13 | 1.15 | 0.87 |
| 70° | 1.12 | 1.11 | 1.10 | 1.07 | 1.04 | 1.07 | 1.09 | 1.10 | 0.87 |
| 90° | 0.89 | 0.91 | 0.91 | 0.89 | 0.88 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.87 |

출처 : Technical Manual for SBEM, 2011

(2) 투명체를 통한 태양입사광에 의한 열획득

$Q_{S,tr} = F_F A g_{eff} I_S t$

$F_F$ : 창틀에 의한 감소계수

(전체면적 A에 대한 유리면적의 비 또는 표준값 $F_F$ = 0.7)

$g_{eff}$ : 총에너지투과율

(가) 차양 및 음영을 고려한 총에너지 투과율

차양장치의 유무에 따른 정해진 에너지투과율은 음영, 혼탁도, 비 수직입사와 차양장치의 조절 및 제어방식을 고려한 계수들에 의해 정해짐

차양장치가 없는 경우

$g_{eff} = F_S F_W F_V g_{\perp}$

차양장치가 있는 경우

$g_{eff} = F_S F_W F_V g_{tot}$

자동 조절되는 차양장치

$$g_{eff} = F_W F_V \min\begin{pmatrix} a g_{tot} & (1-a) & g_{\perp} \\ F_s g_{\perp} & & \end{pmatrix}$$

$F_{W,} F_V = 0.9$

<표 49> 창유리 및 차양장치에 대한 표준값

| 창유리 형식 | 차양장치 없음 | | | | 외부 차양장치 | | | | | | 내부 차양장치 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 외부 블라인드 설정각 10° | | 외부 블라인드 설정각 45° | | 버티칼 | | 내부 블라인드 설정각 10° | | 내부 블라인드 설정각 45° | | 텍스틸 롤러 | | 폴리 |
| | | | | | 흰색 | 진회색 | 흰색 | 진회색 | 흰색 | 회색 | 흰색 | 밝은회색 | 흰색 | 밝은회색 | 흰색 | 밝은회색 | 흰색 |
| | $U_g$ | $g_\perp$ | $\tau_e$ | $\tau_{D65}$ | $g_{tot}$ | $g_{tot}$ | $g_{tot}$ | $g_{tot}$ | $g_{tot}$ | $g_{tot}$ | $g_{tot}$ | $g_{tot}$ | $g_{tot}$ | $g_{tot}$ | $g_{tot}$ | $g_{tot}$ | $g_{tot}$ |
| 단층 | 5.8 | 0.87 | 0.85 | 0.9 | 0.07 | 0.13 | 0.15 | 0.14 | 0.22 | 0.18 | 0.3 | 0.4 | 0.38 | 0.46 | 0.25 | 0.52 | 0.26 |
| 복층 | 2.9 | 0.78 | 0.73 | 0.82 | 0.06 | 0.1 | 0.12 | 0.1 | 0.2 | 0.14 | 0.34 | 0.43 | 0.4 | 0.47 | 0.29 | 0.51 | 0.3 |
| 삼층 | 2.0 | 0.7 | 0.63 | 0.75 | 0.05 | 0.07 | 0.11 | 0.08 | 0.18 | 0.11 | 0.35 | 0.43 | 0.4 | 0.47 | 0.31 | 0.5 | 0.32 |
| 복층 진공유리 | 1.7 | 0.72 | 0.6 | 0.74 | 0.05 | 0.07 | 0.11 | 0.07 | 0.18 | 0.11 | 0.35 | 0.44 | 0.41 | 0.48 | 0.3 | 0.51 | 0.32 |
| 복층 진공유리 | 1.4 | 0.67 | 0.58 | 0.78 | 0.04 | 0.06 | 0.1 | 0.06 | 0.17 | 0.1 | 0.35 | 0.43 | 0.4 | 0.47 | 0.31 | 0.49 | 0.32 |
| 복층 진공유리 | 1.2 | 0.65 | 0.54 | 0.78 | 0.04 | 0.05 | 0.1 | 0.06 | 0.16 | 0.09 | 0.35 | 0.43 | 0.4 | 0.46 | 0.31 | 0.48 | 0.32 |
| 복층 진공유리 | 0.8 | 0.2 | 0.39 | 0.69 | 0.03 | 0.04 | 0.07 | 0.04 | 0.13 | 0.07 | 0.32 | 0.37 | 0.35 | 0.39 | 0.3 | 0.4 | 0.31 |
| 삼층 친공유리 | 0.6 | 0.5 | 0.39 | 0.69 | 0.03 | 0.03 | 0.07 | 0.03 | 0.12 | 0.06 | 0.33 | 0.37 | 0.36 | 0.39 | 0.3 | 0.4 | 0.31 |
| 복층 차양유리 | 1.3 | 0.48 | 0.44 | 0.56 | 0.02 | 0.02 | 0.06 | 0.03 | 0.11 | 0.05 | 0.32 | 0.37 | 0.35 | 0.39 | 0.3 | 0.39 | 0.31 |
| 복층 차양유리 | 1.2 | 0.37 | 0.34 | 0.67 | 0.03 | 0.05 | 0.07 | 0.05 | 0.11 | 0.07 | 0.27 | 0.29 | 0.29 | 0.3 | 0.26 | 0.31 | 0.26 |
| 복층 차양유리 | 1.2 | 0.25 | 0.21 | 0.4 | 0.03 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.09 | 0.07 | 0.2 | 0.21 | 0.21 | 0.22 | 0.2 | 0.22 | 0.2 |

출처 : 건설기술연구원, 기후변화 대응을 위한 건물에너지효율등급 표시제도 개발연구 1차년도 보고서, 2009

구조적으로 음영이 지는 경우에 대한 감소팩터 $F_s$

다른 건물 또는 지형(예: 산), 상부 및 측면의 구조체에 의한 음영을 고려한다.

표준값 $F_s = 0.9$

2. 냉난방 열원 기기시스템 에너지 소비량

가. SCOP의 SSEER 개념 및 산출 방법

건물에 사용되는 에너지기기의 성능은 아래와 같은 건물의 속성에 영향을 받는다.

○ 배경이 되는 기후

○ 특정한 사용용도

○ 에너지공급 계통상태(난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명 등)

SCOP와 SSEER는 특정지역, 특정용도를 전제하여 도출되는 성능계수이며, 자연스럽게 단일기기의 성능계수와 차이에서 그 개념을 확득한다. 그 차이를 발생시키는 요인을 크게 둘로 나누면 계절에 따라 변하는 기후와 건축의 구성요소로 볼 수 있다.

본 연구에서는 계절 (Seasonal,기간)과 System(건물)을 기준으로 개념정립을 하였다. 이런 계층적 분류는 유럽기준에서 일반화된 것이며, 이는 현장에서 넘어온 데이터가 어느 단계의 개념까지 충족하는지 판정하는 척도가 될 것이다.

계절적(Seasonal) 요인을 반영하는 방식은 메이커에서 제공된 부분부하효율을 근거로하여, 특정지역의 기후의 가중치를 반영하여 BSE(Boiler Seasonal Efficiency), SEER(Seasonal Energy Efficiency Ratio for cooling)로 확정된다.

아래는 가동율 30%로 작동하는 비율이 81%이고, 가동율 100%로 작동하는 비율이 19%인 경우에 기간효율을 계산하는 방식이다.

$$BSE = 0.81 \times \eta_{30\%} + 0.19 \times \eta_{100\%}$$

$\eta_{30\%}$, $\eta_{100\%}$ : 가동율 30%, 100%의 BE(Boiler Efficiency)

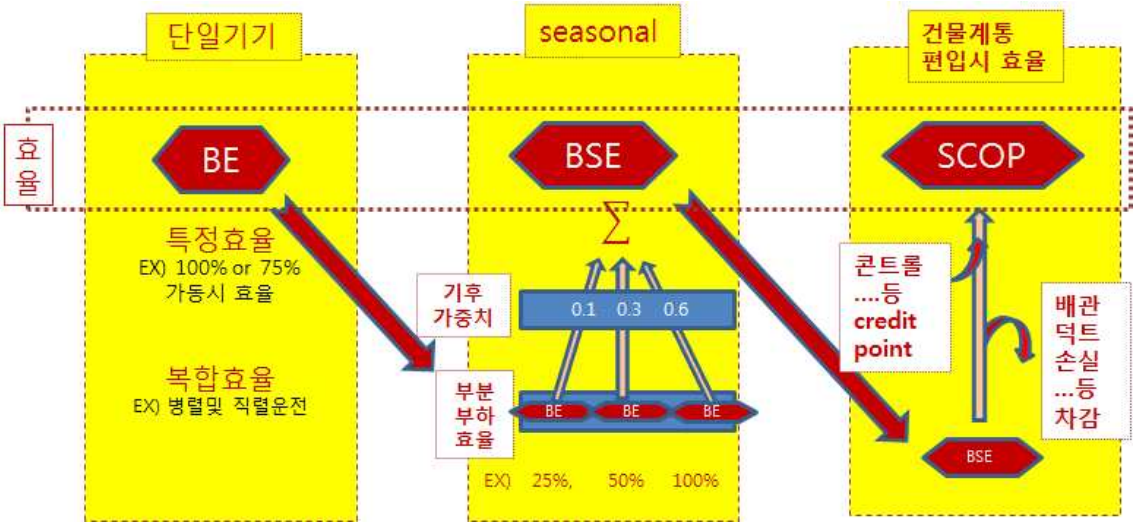
$$SEER = 0.81 \times \eta_{30\%} + 0.19 \times \eta_{100\%}$$

$\eta_{30\%}$, $\eta_{100\%}$ : 가동율 30%, 100%의 EER(Energy Efficiency Ratio)

건물적(System)요인은 계절적요인의 보정(BSE, SEER)을 받은 에너지량이 목표 공존공간까지 이동하는 동안에 건물내의 손실을 반영하여 SCOP(heating Seasonal Coefficient of Performance)와 SSEER(Seasonal System Energy Efficiency Ratio for cooling)을 도출한다.

(1) 난방성능 계층도

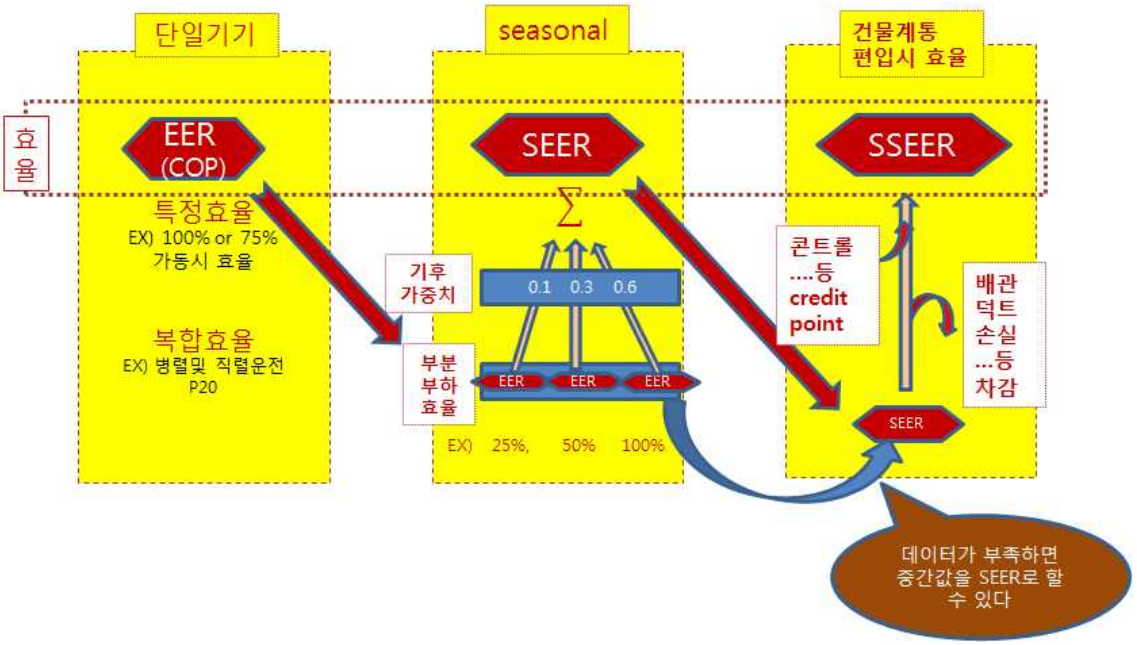
다음은 열원기기의 성능계수 계층도이다. BE는 Boiler Efficiency 약자이고, 단일보일러의 효율이다. BSE는 Boiler Seasonal Efficiency이며 특정지역의 기후 가중치를 반영한 성능계수이다. SCOP는 heating Seasonal Coefficient of Performance의 약자이고, 특정 건물 내 손실을 반영한 효율계수이다.




[그림 41] 온열원기기의 난방성능

(2) 냉방성능 계층도

다음은 히트펌프의 성능계수 계층도이다. EER은 Energy Efficiency Ratio의 약자이고 단일기기의 성능을 말한다. SEER는 Seasonal Energy Efficiency Ratio for cooling의 약자이며, 특정지역의 기후 가중치를 반영한 성능계수이다. SSEER는 Seasonal System Energy Efficiency Ratio for cooling의 약자이며, 특정 건물 내 손실을 반영한 손실계수이다.

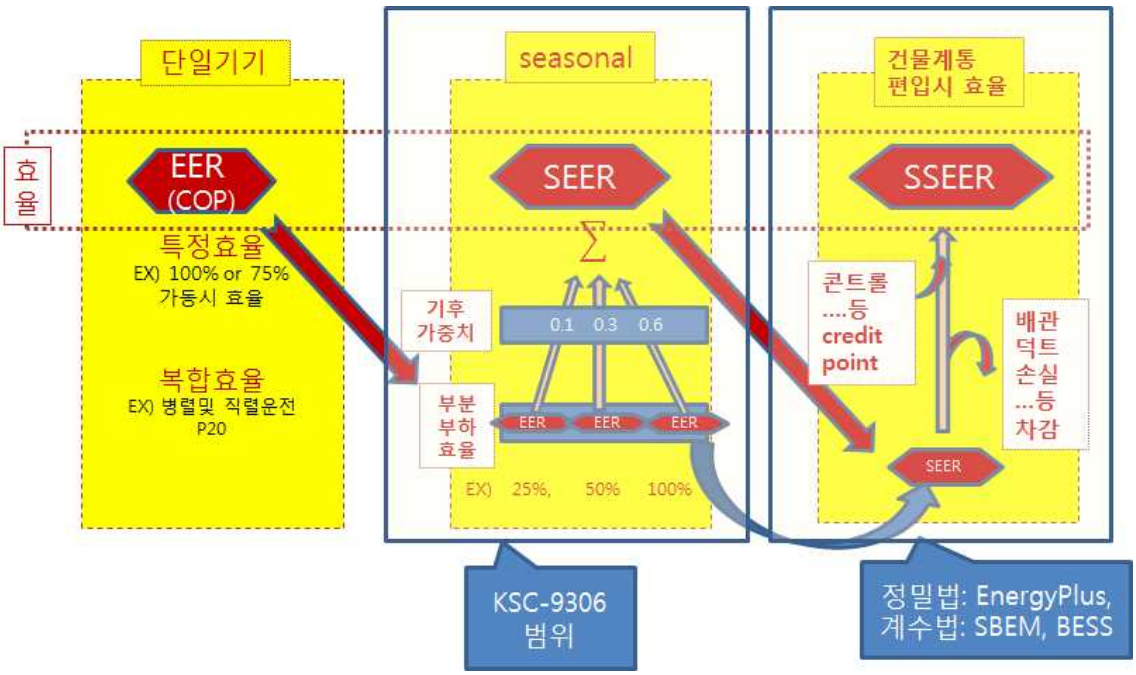



[그림 42] 냉열원기기의 냉방성능

(3) 성능계층과 적용범위

건물을 평가하는 시뮬레이션이라면 정밀법이든, 간이법이든 건물에서의 부하 및 손실을 반영하여야 한다. 정밀시뮬레이션은 대상건물의 데이터를 충실히 입력하여 해당지역의 SEER, BSE, SSEER, SCOP를 도출하고 반영한다. 그러나 정밀법은 고비용 및 고도의 전문성을 필요로 하므로 현장 활용성이 많이 떨어진다고 볼 수 있다. 본 연구는 성능계층상 같은 범위를 가지나 정밀성 및 정확성에서 차이가 정밀법과 간이법의 갭을 SSEER과 SCOP의 합리적 해석 및 활용으로 줄여 나갈 것이다.

단일기기(EER) 및 기간성능에서도 부하치를 상정하고 성능을 평가하는데, 이는 표준부하를 전제로 하므로, 시스템부하 및 손실을 정상적으로 반영했다고 볼 수없다. KSC-9306 에서도 한국의 7개 지역, 3년 평균기온을 반영한 SEER을 도출하고 있다.




[그림 43] 건물에너지 장비 성능 계수 범위

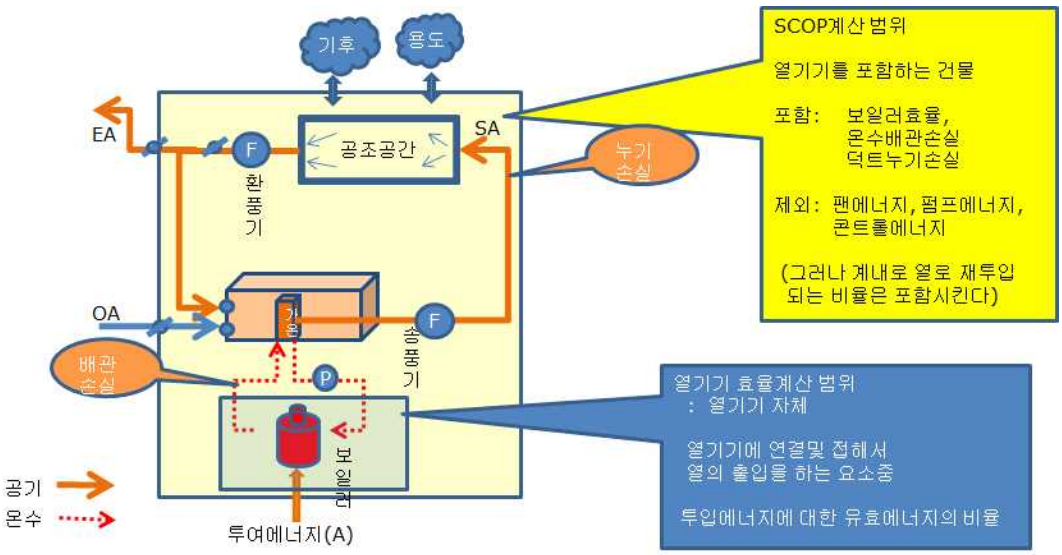
(4) 건물에너지 장비 성능 계수- 난방시스템 효율계수(SCOP)

(가) 범위

SCOP(heating Seasonal Coefficient of Performance)

= 난방 공조공간에 유효하게 쓰인 에너지/난방을 위해 투여한 에너지

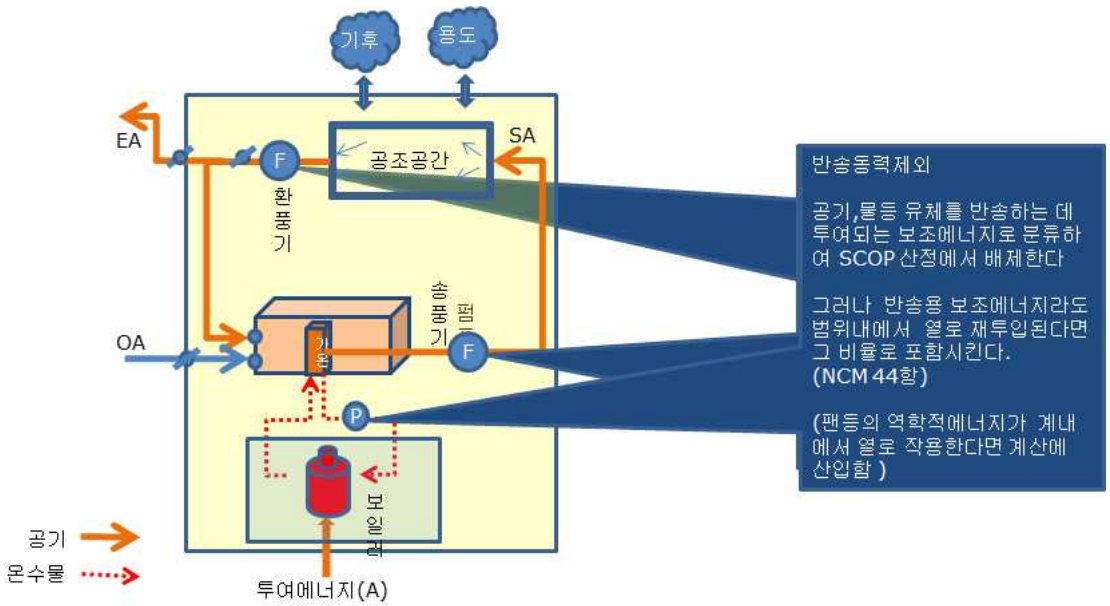
단일기기 효율(BE=온수에 유효하게 쓰인 에너지/기기에 투여한 에너지)은 단일기기의 입력과 유효출력으로 판단하나, SCOP는 최종유효에너지를 공조공간으로 상정하므로 공조공간에 더운 바람으로 들어가기까지의 손실을 모두 계산에 포함해야하다. 다만 온수펌프, 급기팬 및 배기팬의 전력은 반송동력으로 별도 계산하므로 산입하지 않는다.




[그림 44] SCOP의 계산 범위

(나) 범위내 제외요소(반송동력)

다음은 SCOP에서 반송동력을 제외함을 표시한 것이다




[그림 45] SCOP의 계산 범위내 제외 요소

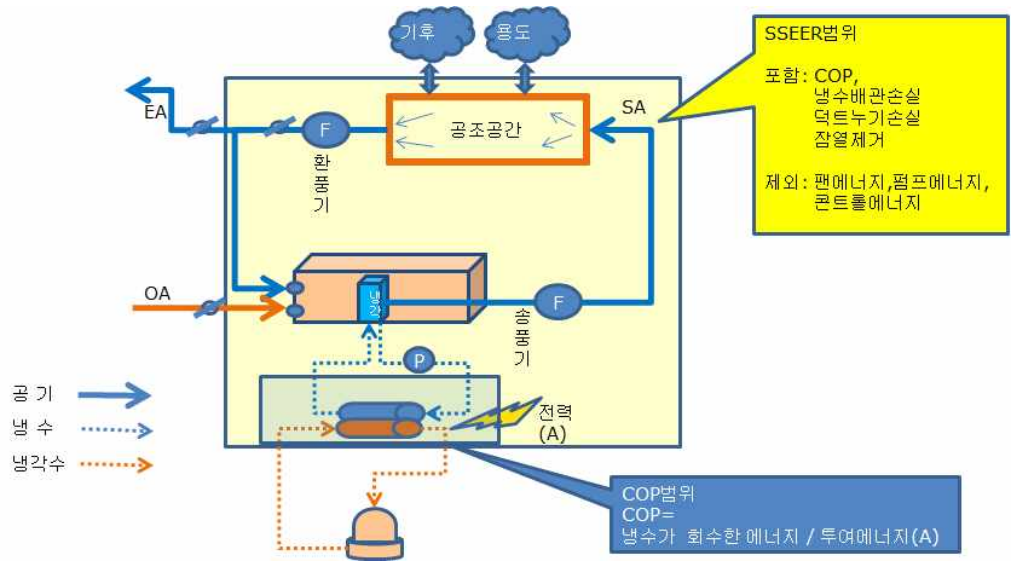
(5) 건물에너지 장비 성능 계수- 냉방시스템 효율계수(SSEER)

(가) 범위

SSEER(Seasonal System Energy Efficiency Ratio for cooling)

=냉방 공조공간에 유효하게 쓰인 에너지/냉방을 위해 투여한 에너지

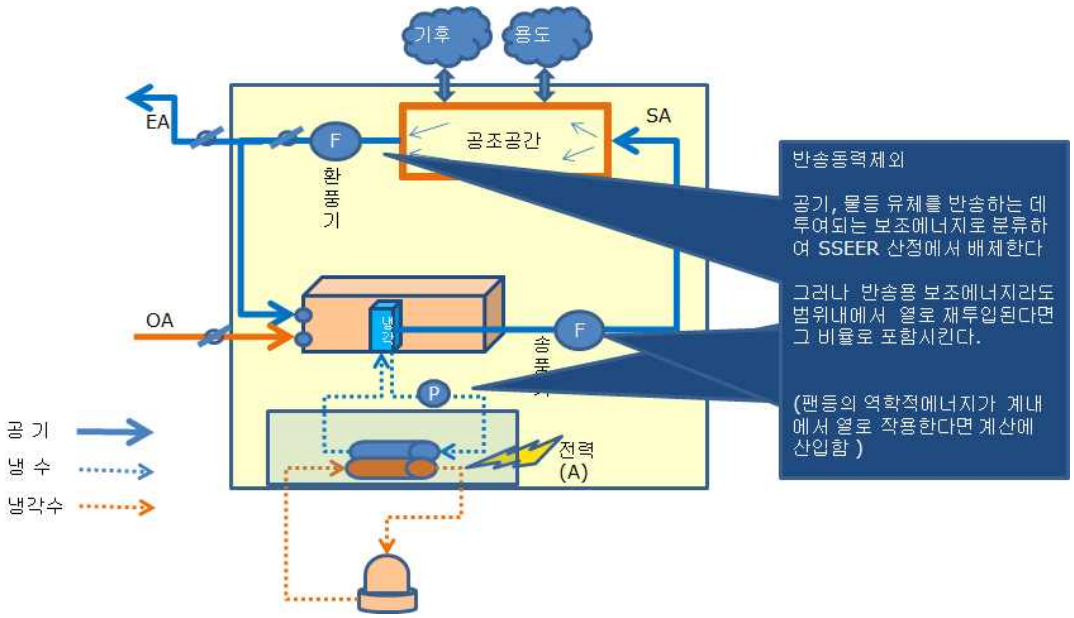
단일기기효율(EER=냉수에 유효하게 쓰인 에너지/기기에 투여한 에너지)은 단일기기의 입력과 유효출력으로 판단하나, SSEER는 최종유효에너지를 공조공간으로 상정하므로 공조공간에 찬 바람으로 들어가기까지의 손실을 모두 계산에 포함해야하다. 다만 온수펌프, 급기팬 및 배기팬의 전력은 반송동력으로 별도 계산하므로 산입하지 않는다.




[그림 46] SSEER의 계산 범위

(나) 범위내 제외

다음은 SSEER에서 반송동력을 제외함을 표시한 것이다




[그림 47] SSEER의 계산 범위내 제외 요소

나. 계절간 부분부하 가중 계수 적용 방법

기후조건이 가동율 30%로 작동하는 비율이 10%이고, 가동율 50%로 작동하는 비율이 60%이고, 가동율100%로 작동하는 비율이 30%인 경우에 기간효율을 계산하는 방식이다.

$$SEER = 0.1 \times \eta_{30\%} + 0.6 \times \eta_{50\%} + 0.3 \times \eta_{100\%}$$

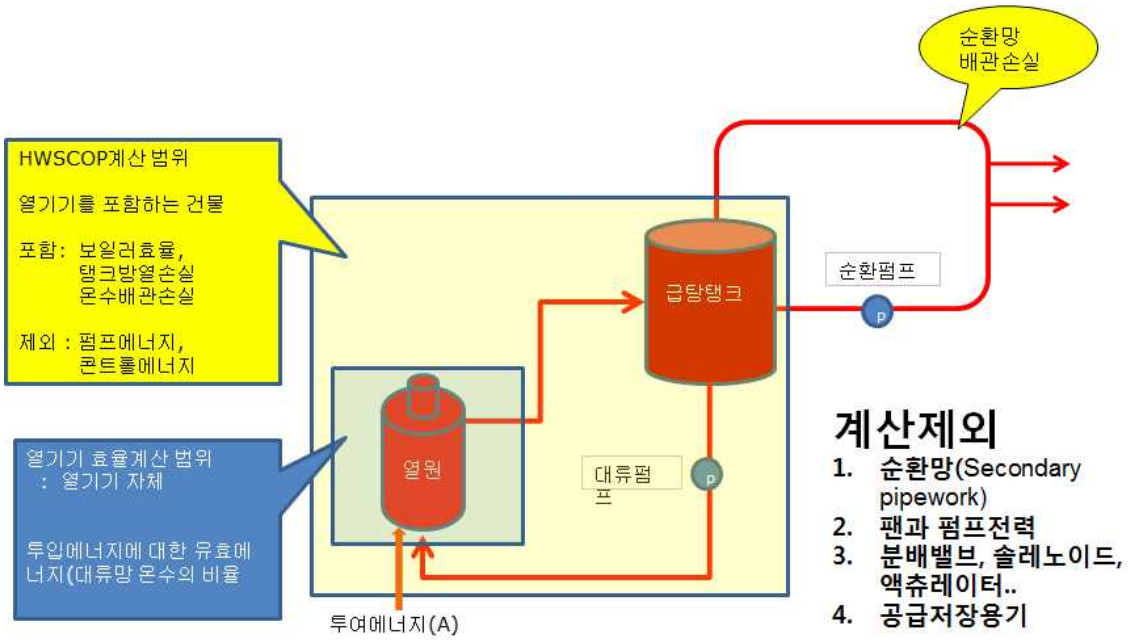
$\eta_{30\%}$, $\eta_{50\%}$, $\eta_{100\%}$ : 가동율 30%, 50%, 100%의 EER

3. 급탕

가. HWSCOP의 개념

보일러효율 = 온수에 공급에너지/투여에너지

건물 급탕계통에서 총체적 열효율은 HWSCOP(Hot Water Seasonal Coefficient of Performance)로 나타낸다. HWSCOP에는 저장탱크까지의 배관손실을 산입하고, 사용처를 순환하는 배관손실은 산입하지 않는다.




[그림 48] HWSCOP의 계산 범위

나. HWSCOP 계산 방법

HWSCOP(Hot Water Seasonal Coefficient Of Performance)

= (온수에 공급된 에너지-배관손실-탱크방열손실)/투여에너지

<표 50> NCM에서의 온수탱크 방열량

| 규격(ℓ) | 열손실(kWh/day) |
|---|---|
| 200 | □2.1 |
| 300 | 2.6 |
| 400 | 3.1 |
| 500 | 3.5 |
| 600 | 3.8 |
| 700 | 4.1 |
| 800 | 4.3 |
| 900 | 4.5 |
| 1000 | 4.7 |
| 1100 | 4.8 |
| 1200 | 4.9 |
| 1300 | 5.0 |
| 1500 | 5.1 |
| 2000 | 5.2 |

출처 : HMG Table 28

<표 51> NCM에서의 급탕시스템의 최소열효율

| 급탕방식 | | 최소열효율 | HWSCOP |
|---|---|---|---|
| 직화방식 | LNG | 73% | |
| | LPG | 74% | |
| | OIL | 75% | |
| 간접방식 | LNG | | 80% |
| | LPG | | 81% |
| | OIL | | 82% |
| 전기방식 | | 100% | |

4. 조명

가. 조명의 냉방부하 변환계수

조명 에너지는 CEN EN 15193-1의 계산법에 따란 계산 되어진다. 이 계산에 투입하는 입력값은 조명전력량, 점유기간의 영향을 포함하는 가동기간 그리고 자연광에 대처하는 시간을 포함한다.

조명전력량 공식

$$W_{light} = \frac{\sum_{j=1}^{12}[N_j \times \sum_{i=1}^{24} P_j \langle F_{Dji} \times F_{Oji} \rangle) + \sum_{i=1}^{24}(P_{dj} \times F_{Od}) + (24 \times P_P)]}{1000} kWh/m^2$$

여기에서,

$N_j$ = [31, 28, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31]. 각 월에서의 일수

$P_j$ = 월j의 각 시간에 대한 조명전력량 (단위=W/㎡)

$P_p$ = 와류전력량 (단위=W/㎡ hour)

$P_{dj}$ = 설치 조명전력량 (단위=월j의 각 시간에 대한 W/㎡)

$F_{Dji}$ = 자연광 교정계수 (월j의 시간i에 대한 이용계수)

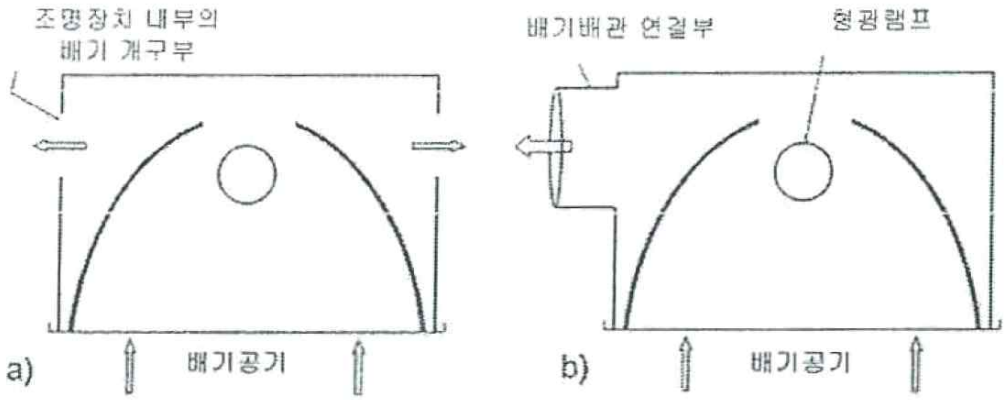
$F_{Oji}$ =는 월j의 시간i에 대한 점유 보정계수

$F_{Od}$ = 1년이상 설치조명 점유교정계수

나. 인공조명에 의한 열획득원

조명전력량 $W_{light}$과 배기구가 설치된 조명시설의 경우 실내부하율 $\mu_L$는 다음의 <표 46>에 의해 구해진다.

$$Q_{i,L} = \mu_L W_{light}$$




a) 천정공간을 통한 흡입 b) 연결배관을 통한 흡입

[그림 49] 배기구가 설치된 조명장치의 두가지 예

출처 : 건설기술연구원, 기후변화 대응을 위한 건물에너지효율등급 표시제도 개발연구 1차년도 보고서, 2009

<표 52> 배기구가 있는 조명장치에 대한 실내부하율 $\mu_L$

| 천정시스템에서의 형광램프 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 조명장치 연결성능 대비 배기량 $m^3/h \cdot W$ | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 |
| $\mu_L$ 천정공간을 통한 흡입 | 0.80 | 0.70 | 0.55 | 0.45 |
| $\mu_L$ 비 단열배관을 통한 흡입 | 0.45 | 0.35 | 0.30 | 0.25 |
| $\mu_L$ 단열배관을 통한 흡입 | 0.40 | 0.35 | 0.30 | 0.25 |

출처 : 건설기술연구원, 기후변화 대응을 위한 건물에너지효율등급 표시제도 개발연구 1차년도 보고서, 2009

여기에서,

$Q_{i,L}$는 인공조명 발열량

$\mu_L$는 배기구가 있는 조명장치에 대한 실내부하율

$W_{light}$는 조명 전력량

5. 환기

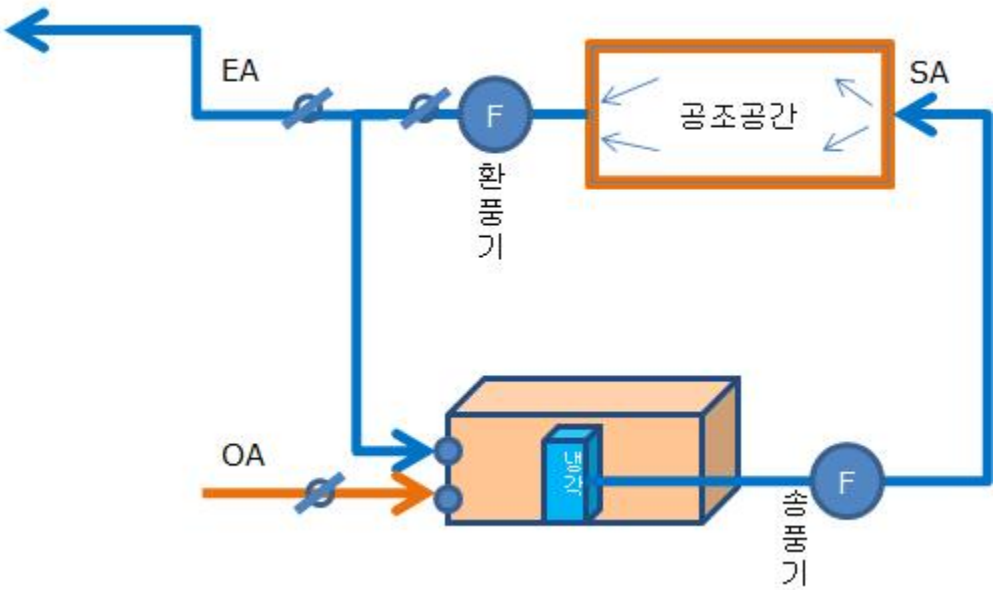
가. SFP의 개념

SFP(Specific Fan Power){W/(l/s)} : 유량에 대한 전력비 = $(P_{SF}+P_{EF})/Q$

$P_{SF}$ : 송풍팬 설계유량에서 전체 전력(콘트롤포함)

$P_{EF}$ : 배기팬 설계유량에서 전체 전력(콘트롤포함)

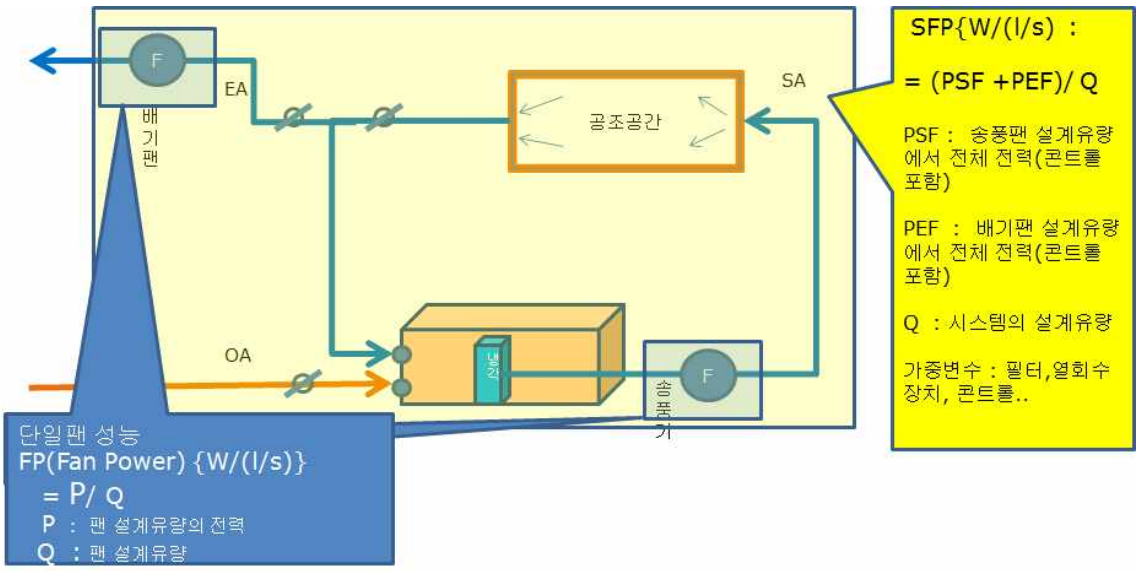
$Q$ : 시스템의 설계유량




[그림 50] SFP의 정의

(1) SFP의 범위

다음은 단일기기와 SFP의 차이를 그림으로 나타낸 것이다.




[그림 51] SFP의 계산범위

(2) SFP 기준값

<표 53> NCM에서의 SFP 기준값

| 시스템구성 | SFP{W/(l/s)} |
|---|---|
| 냉난방겸용 중앙공조시스템 | 1.8 |
| 난방전용 중앙공조시스템 | 1.6 |
| 그 외 중앙공조시스템 | 1.4 |
| 개별 공급시스템(바닥이나 천정공급) | 1.2 |
| 개별 배기시스템 | 0.6 |
| 개별 급배기시스템(난방) | 2 |
| 개별 급배기시스템(난방과 열회수장치) | 1.8 |

출처 : NCM(National Calulation Method), UK

나. 난방시 환기에 의한 열전달

매월, 난방시 환기에 의한 열전달 $Q_{V-heat}$는 아래식에 의해 구해진다.

$$Q_{V-heat} = H_{V-heat} \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot n \cdot 0.0864$$

여기에서,

$Q_{V-heat}$ : 난방시 환기에 의한 열전달량 (단위=MJ)

$H_{V-heat}$ : 난방시 환기로 인한 열손실계수 (단위=W/K)

$\theta_i$ : 난방 설정온도

$\theta_e$ : 외부온도 (기후데이터에서 시간당 얻어지는 매월 평균온도)

$n$ : 월별 일 수

0.0864 : 단위 변환계수

다. 냉방시 환기에 의한 열전달

매월, 냉방시 환기에 의한 열전달 $Q_{V-cool}$는 아래식을 통해 계산되어진다.

$$Q_{V-cool} = H_{V-cool} \cdot (\theta_i - \theta_e^{'}) \cdot n \cdot 0.0864$$

여기에서,

$Q_{V-cool}$ : 냉방시 환기에 의한 열전달량 (단위=MJ)

$H_{V-cool}$ : 냉방시 환기에 의한 열획득계수 (단위=W/K)

$\theta_i$ : 내부온도 (외피가 점유하는 활동영역에 대한 NCM 활동데이타베이스 냉방 목표치)

$\theta_e^{'}$ : 수정된 외기온도 (<표 48>에서 제시됨)

$n$ : 한 개월의 일 수

0.0864 : 단위 변환계수

<표 54> 냉방요구에 대한 매달 환기손실 계산값에 대해서 공급공기의 온도에 사용된 값

| Month | $\theta_e^{'}$(℃) |
|---|---|
| january | 16.0 |
| february | 16.0 |
| march | 16.0 |
| april | 16.0 |
| may | 16.0 |
| june | 17.0 |
| july | 18.5 |
| august | 18.3 |
| september | 16.0 |
| october | 16.0 |
| november | 16.0 |
| december | 16.0 |

출처 : Technical Manual for SBEM, 2011

라. 난방시 환기에 의한 열손실계수

$$H_{V-heat} = \rho_a \cdot c_a \cdot u_{V-heat} \cdot A$$

여기에서,

$H_{V-heat}$ : 난방시 환기 열손실계수(단위=W/K)

$\rho_a \cdot c_a$ : 부피에 따른 공기 열수용량 ~ 1.2 kJ/㎥K (공기밀도결과, kg/㎥ 그리고 특정공기 열수용량, kJ/㎥K)

$u_{V-heat}$ : 승인된 공간을 통한 공기유입비율(단위=l/s㎡ floor area)

$A$ : 영역 바닥면적 (단위=㎡)

마. 냉방시 환기에 의한 열손실계수

$$H_{V-cool} = \rho_a \cdot c_a \cdot u_{V-cool} \cdot A$$

여기에서,

$H_{V-cool}$ : 냉방시 환기 열손실계수(단위=W/K)

$\rho_a \cdot c_a$ : 부피에 따른 공기 열수용량 ~ 1.2 kJ/㎥K (공기밀도결과, kg/㎥ 그리고 특정공기 열수용량, kJ/㎥K)

$u_{V-heat}$ : 승인된 공간을 통한 공기유입비율(단위=l/s㎡ floor area)

$A$ : 영역 바닥면적 (단위=㎡)

6. 덕트 배관 손실

건물 내 손실을 물 배관 및 공기 덕트로 대변할 수 있다. 태양열 취득과 같이 시스템 손실의 주요인이다.

<표 55> NCM에서의 열배관손실 허용량

| 외경(MM) | 온수 | 저온 | 중온 | 고온 |
|---|---|---|---|---|
| | | <95℃ | 96℃ ~ 120 ℃ | 121℃ ~ 150 ℃ |
| 17.2 | 6.6 | 8.9 | 13.34 | 17.92 |
| 21.3 | 7.13 | 9.28 | 13.56 | 18.32 |
| 26.9 | 7.18 | 10.06 | 13.83 | 18.70 |
| 33.7 | 8.62 | 11.07 | 14.39 | 19.02 |
| 42.4 | 9.72 | 12.03 | 15.66 | 19.25 |
| 48.3 | 10.21 | 12.94 | 16.67 | 20.17 |
| 60.3 | 11.57 | 14.45 | 18.25 | 21.96 |
| 76.1 | 13.09 | 16.35 | 20.42 | 24.21 |
| 88.9 | 14.58 | 17.91 | 22.09 | 25.99 |
| 114.3 | 17.2 | 20.77 | 25.31 | 29.32 |
| 139.7 | 19.65 | 23.71 | 28.23 | 32.47 |
| 168.3 | 22.31 | 26.89 | 31.61 | 36.04 |
| 219.1 | 27.52 | 32.54 | 37.66 | 42.16 |
| 273이상 | 32.4 | 38.83 | 43.72 | 48.84 |

<표 56> NCM에서의 냉.온열덕트손실 허용량

| | 열덕트 | 냉.온덕트 | 냉덕트 |
|---|---|---|---|
| 열손실(W/㎡) | 16.34 | -6.45 | -6.45 |

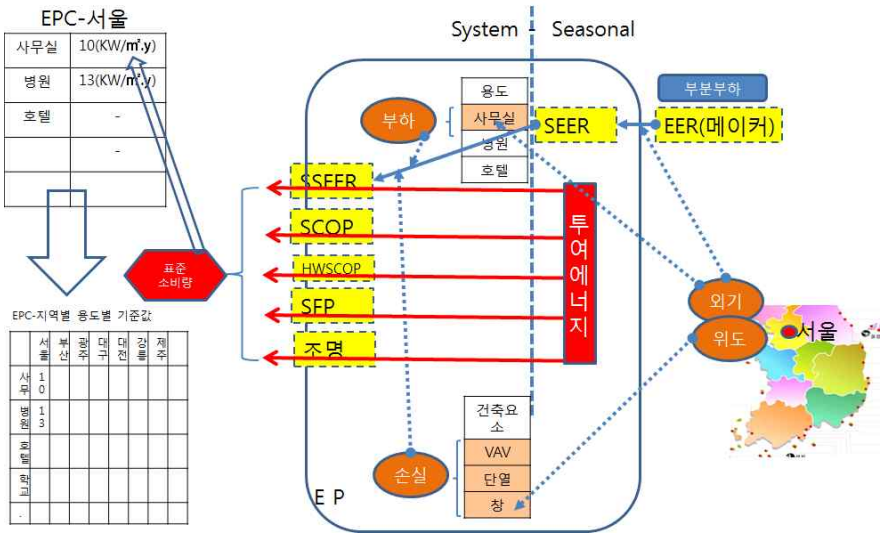
7. 한국형 EPC의 정의 방법

에너지성능평가,EPC(Energy Performance Coefficient)

= 평가건물의 에너지사용 원단위/기준 에너지사용 원단위

EPC값이 적을수록 효율이 높다.

(기준이 되는 건물을 설정대비 대상건물의 원단위로 대상건물을 평가하는 방법)

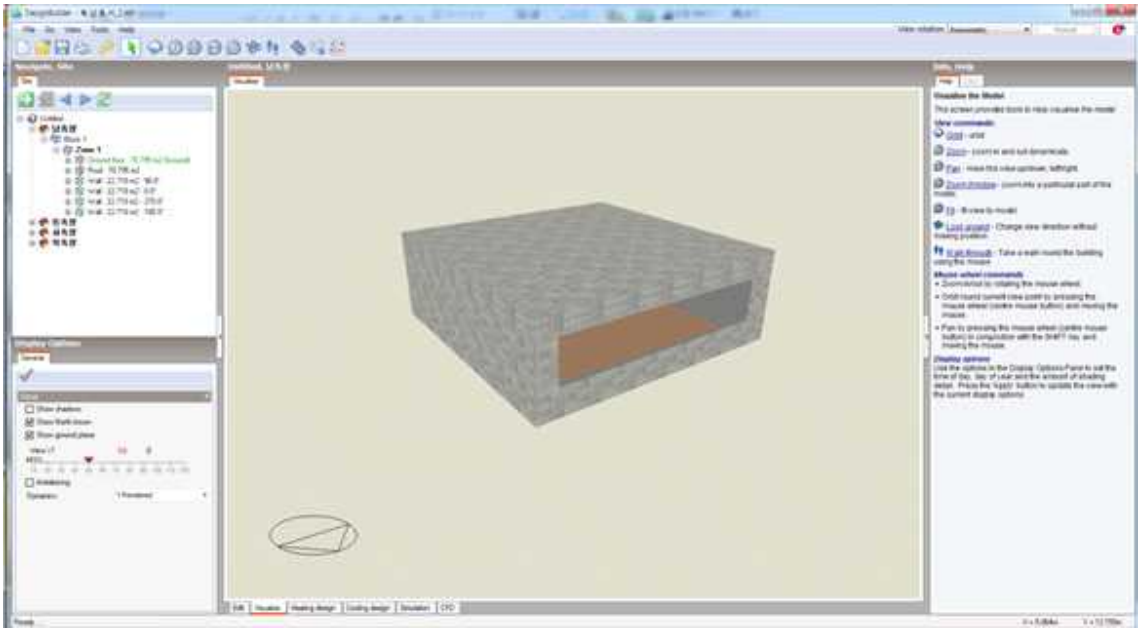



[그림 52] 한국형 EPC 도출 방법

# 제4절 건물 에너지 성능 결정 인자 도출

1. EnergyPlus 시뮬레이션 모델링

건물의 에너지성능은 기후조건에 많은 영향을 받는다. 같은 건물일지라도 기후조건, 건물형태, 등 건물에 대한 정보가 다를시 상이한 성능을 나타내게 되며 건물별 비교가 어렵게 된다. ISO 13790 기반 툴과 동적시뮬레이션의 결과값을 비교하기 위해 대상공간의 면적, 벽체 열관류율, 창면적비, 건물 향 등을 설정하였으며, 정확한 분석을 위해 서울 표준기상데이터를 사용했으며 실내 냉,난방 설정 온도는 건기원 보고서 자료를 토대로 작성하였다. 구체적인 설정값은 <표 51>에 나타내있다.



[그림 53] EnergyPlus 모델링

<표 57> 대상건물 개요

| EnergyPlus, ISO13790기반 계산툴 설정값 | |
|---|---|
| 건물 개요 | 지역 : 서울 |
| | 기상데이터 : 한국태양에너지학회 서울 (86년-05년기준DOE-2포멧).txt 자료를 이용하여 EnergyPlus Weather Statistics and Conversions을 이용하여 생성 후 EnergyPlus 서울 기상데이터 적용 |
| | 건물형태 : 폭 9m, 높이 : 2.7m |
| | 채 광 창 : 남측 50% (11.359 ㎡) |
| | 벽체 면적 : 22.718 ㎡ |
| | 지중 온도 : 월별 각 온도 설정 |
| 벽체 정보 | 벽체 열관류율 : 0.217 W/㎡K |
| | 창 열관류율 : 3.157 W/㎡K |
| | 지붕 열관류율 : 0.147 W/㎡K |
| | 바닥 열관류율 : 0.18 W/㎡K |
| 창 입력 DATA | 창문 종류 : 복층창 |
| | 창문틀 종류 : 미적용 |
| | G - value : 0.468 |
| | EnergyPlus 창면적 : 11.395 ㎡, BESS 창면적 : 16.228 ㎡ |
| 실내 냉,난방 설정 | 난방 급기온도 : 20℃, 냉방 급기온도 : 26℃ |
| | 난방 운행시간 : 11시간, 냉방 운행시간 : 13시간 |

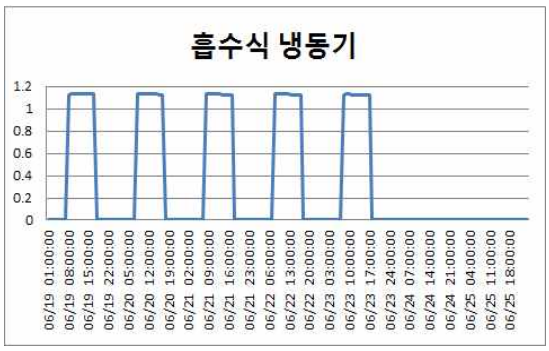
2. 건물 유형별 시스템별 시뮬레이션 결과

서울 지역 사무실 건물에서 에너지 저감요소를 분석하기 위해 ISO 13790 기반 툴에서 계산된 연간 2차 소비량과 동적시뮬레이션에서 계산된 연간 2차 소비량을 비교하였으며, 동적시뮬레이션에서 계산된 월별 효율계수를 ISO 13790 기반 툴에 적용하여 비교하였다. 또한 흡수식 냉동기, 압축식 냉동기, 히트펌프에 대한 설정은 동적시뮬레이션에서 기본적으로 제공되는 기기를 사용하였으며 이에 대한 효율계수, 2차 소비량, 부분부하, 부하에 대한 사용량을 동적시뮬레이션을 통해 분석해보았다.

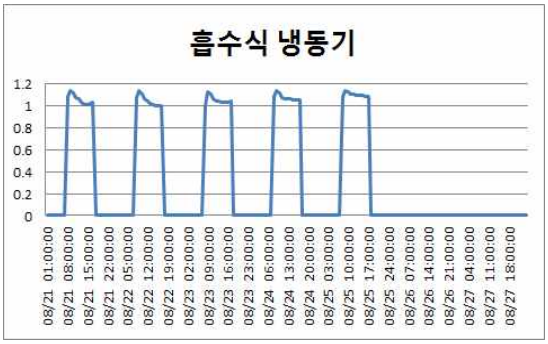
사무실 건물의 운영 스케쥴은 [그림 40]~[그림 47]에서 보면 알 수 있듯이 일주일중 5일 출근하는 것으로 스케쥴을 설정하였으며, 대표적인 월에 일주일 사용량을 도출 하였다.

가. 대표주간에서의 기기별 COP

Absorption Chiller의 COP경우 여름철에 외기온도가 높아지면서 냉각탑까지 가는 배관에서 열을 발열하지 못하고 열을 흡수하기 때문에 여름철 COP가 낮아진다는 것을 알 수 있다. 그림에서 보듯이 8월 COP는 5월 보다 작은 것을 알 수 있다.

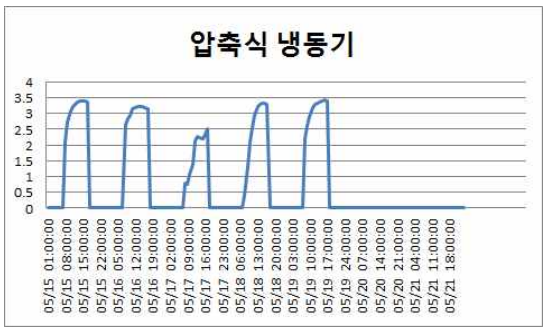



[그림 54] 6월 흡수식 냉동기_COP




[그림 55] 8월 흡수식 냉동기_COP

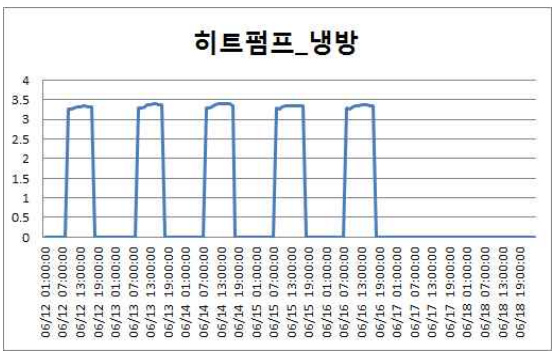
압축식 냉동기의 COP의 경우 부분부하를 적용하였을 때 5월 부분부하는 8월 부분부하보다 2배정도 낮기 때문에 5월 COP는 8월 COP에 비해 낮다는 것을 알 수 있다.



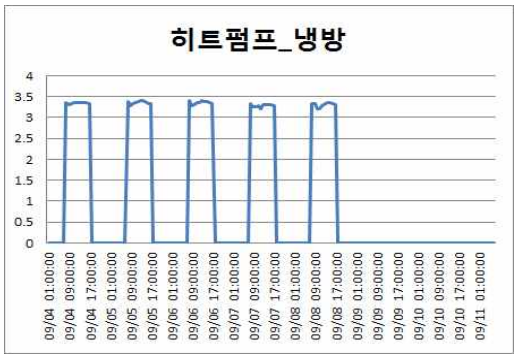

[그림 56] 5월 압축식 냉동기_COP

[그림 57] 8월 압축식 냉동기_COP

응축된 냉매가 외기와 열 교환됨으로써 실의 온도를 낮춰야 하는데 히트펌프의 냉방 COP의 경우 9월 외기온도가 높기 때문에 응축기에서 열을 방출하지 못하고 열을 획득하기 때문에  COP는 5월 보다 낮아지게 된다는 것을 알 수 있다.

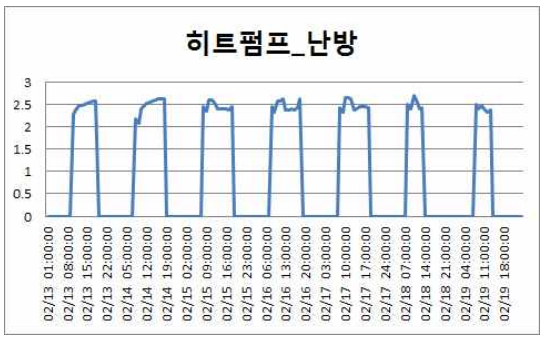



[그림 44] 6월 히트펌프 냉방_COP

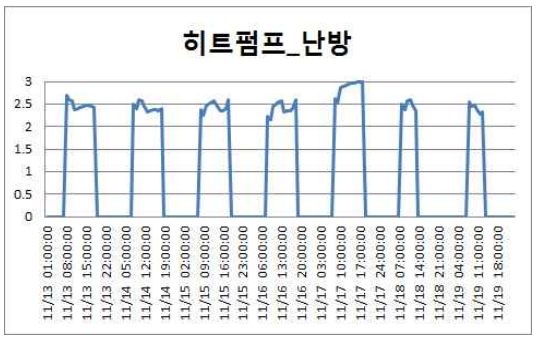



[그림 45] 9월 히트펌프 냉방_COP

히트펌프 난방의 경우 증발기에서 열을 흡수하여 COP가 높아지게 된다. 동적시뮬레이션의 11월 외기 온도는 평균 16도이며, 2월 외기온도는 평균 13도를 나타내고 있다. 열의 흡수를 통해 히트펌프의 난방 COP가 좋아지게 되므로 2월 보다 11월의 COP가 좋다는 것을 알 수 있다.



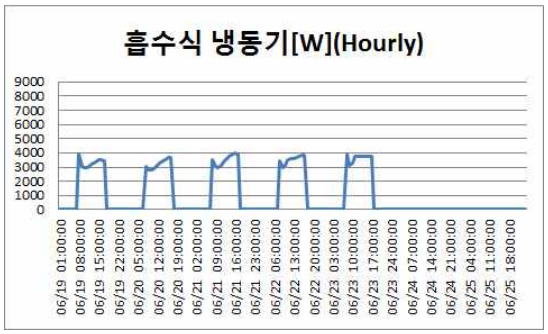

[그림 46] 2월 히트펌프 난방_COP



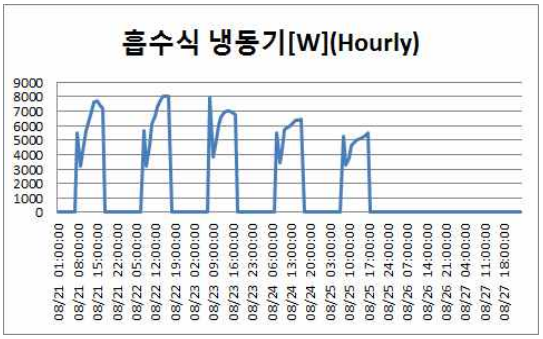

[그림 47] 2월 히트펌프 난방_COP

나. 대표주간에서의 시스템 에너지 사용량

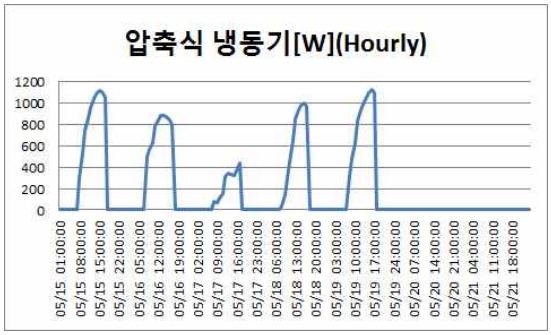
냉방기간에는 실내로 들어가는 공급량이 많기 때문에 [그림 48]~[그림 51]에서 보듯 여름철 최고 공급량은 봄에 비해 최고 공급량은 2배정도의 차이가 발생하는 것을 볼 수 있다.



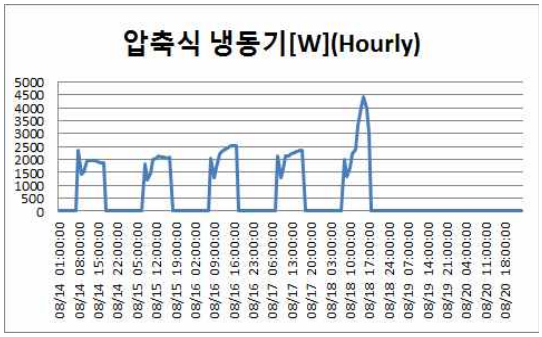

[그림 48] 6월 흡수식 냉동기_공급량




[그림 49] 8월 흡수식 냉동기_공급량

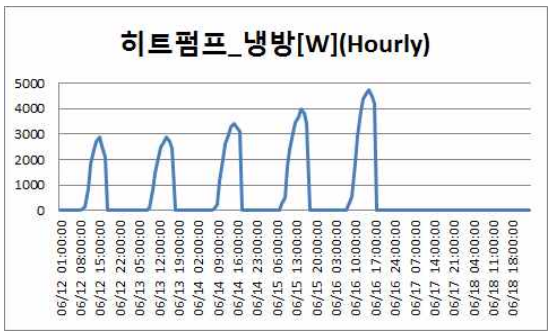



[그림 50] 5월 압축식 냉동기_공급량

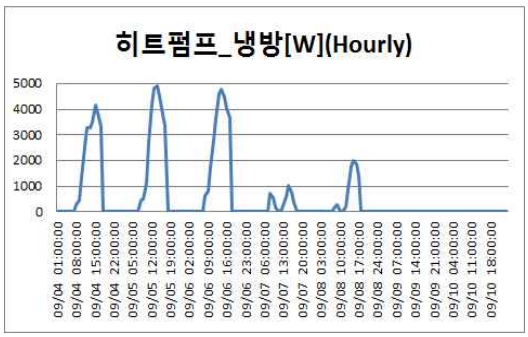



[그림 51] 8월 압축식 냉동기_공급량

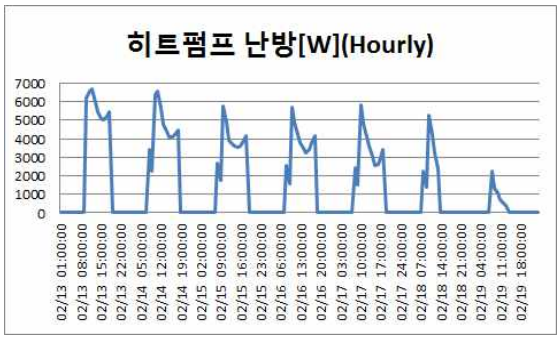
히트펌프 냉방 공급량은 [그림 52]~[그림 53] 6월부터 냉방 공급량의 증가, 9월이 시작되면서 공급량이 감소하는 것을 볼 수 있으며, 반대로 난방기간
[그림 54]~[그림 55]에는 11월 난방사용량이 증가되고, 2월에는 난방사용량의 감소를 보이고 있다.



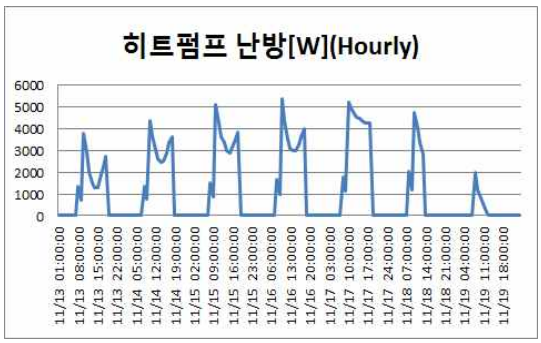

[그림 52] 6월 히트펌프 냉방_공급량




[그림 53] 9월 히트펌프 냉방_공급량



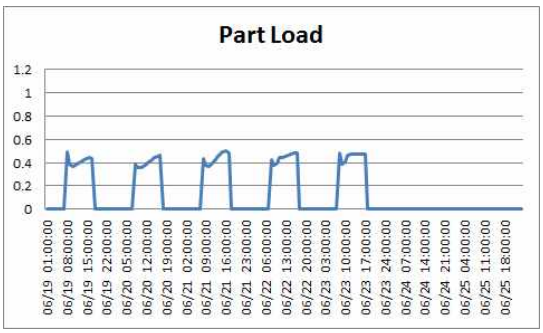

[그림 54] 히트펌프 난방_공급량



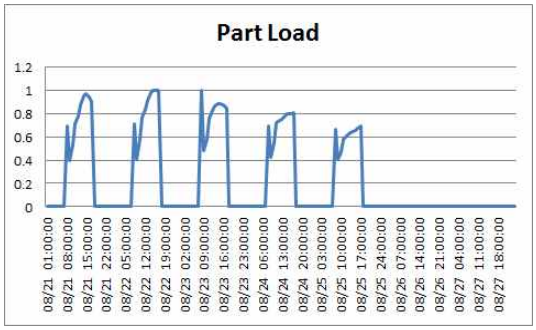

[그림 55] 히트펌프 난방_공급량

다. 대표주간에서의 부분부하

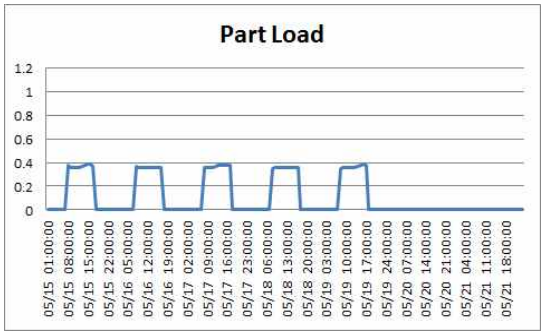
부분부하는 기상데이터, 건물의 특성, 기기 시스템이 운전되는 가동시간 등을 고려하여 Full 부하로 운전되는 상태가 아닌 사용자를 고려하여 기기 시스템이 운전된다. 부분부하를 도입하는 것은 기기별 COP를 설정하기 위한 합리적인 방안이며 [그림 56]~[그림 63]은 기기별 부분부하를 도출한 값이다.



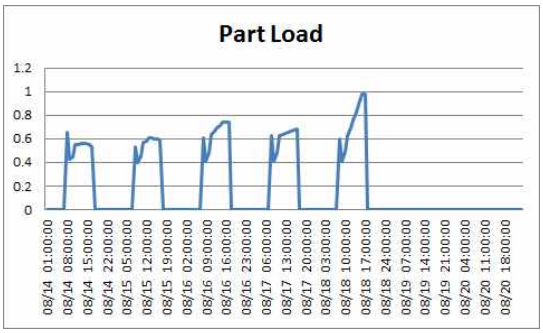

[그림 56] 6월 흡수식 냉동기_부분부하



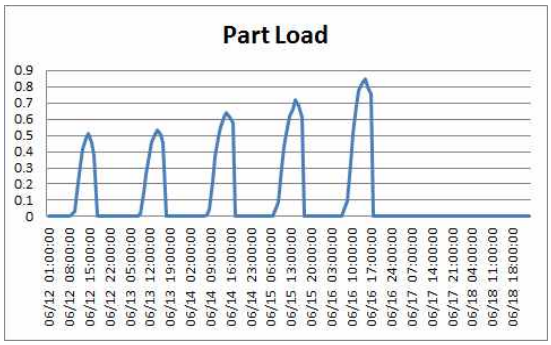

[그림 57] 8월 흡수식 냉동기_부분부하



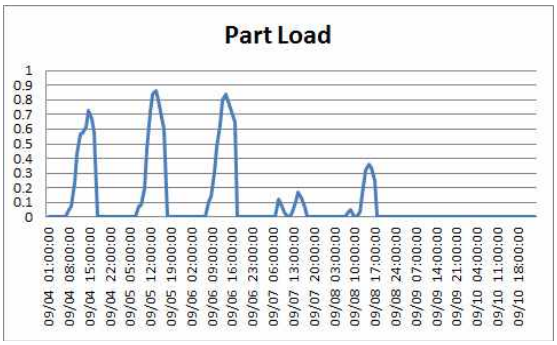

[그림 58] 5월 압축식 냉동기_부분부하



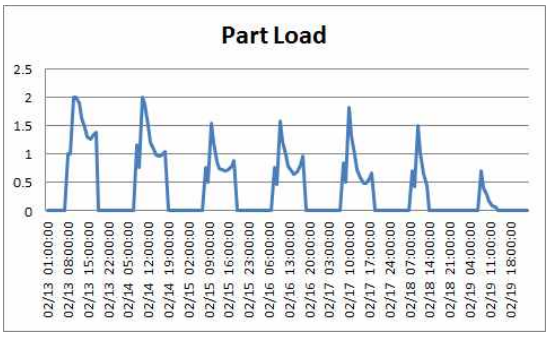

[그림 59] 8월 압축식 냉동기_부분부하



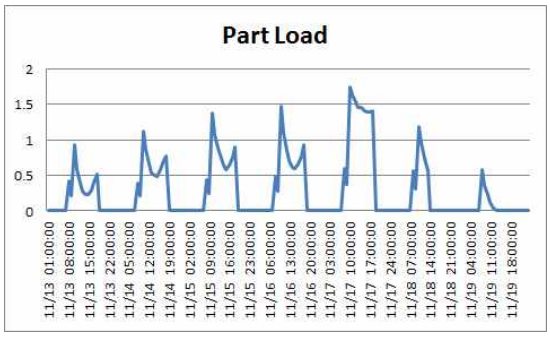

[그림 60] 6월 히트펌프 냉방_부분부하




[그림 61] 9월 히트펌프 냉방_부분부하



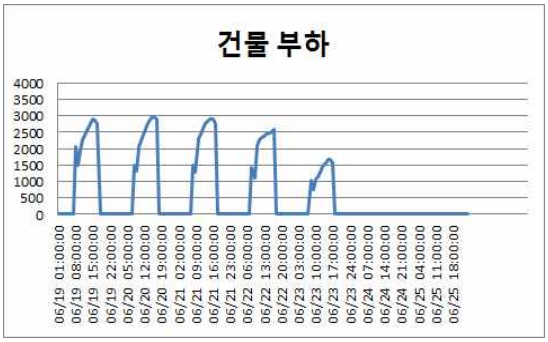

[그림 62] 2월 히트펌프 난방_부분부하



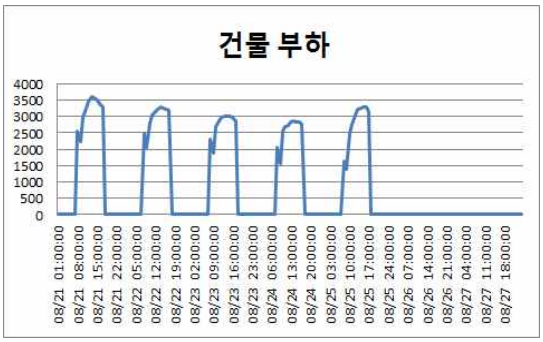

[그림 63] 11월 히트펌프 난방_부분부하

라. 대표주간에서의 건물 부하

여름철 실외온도가 높아짐에 따라 벽체에 따른 전도, 창을 통한 일사 취득량이 올라감으로 인해 실내 부하가 높아진다. 또한 공조방식으로 인해 각 시간대별로 실내 온도가 다르고, 그로 인해 침기, 환기, 벽체의 대류 열전달율을 통해 부하가 높아진다. [그림 64]~[그림 65]에서 알 수 있듯이 6월달에 비해 8월 달의 부하가 상승된 것을 알 수 있다.



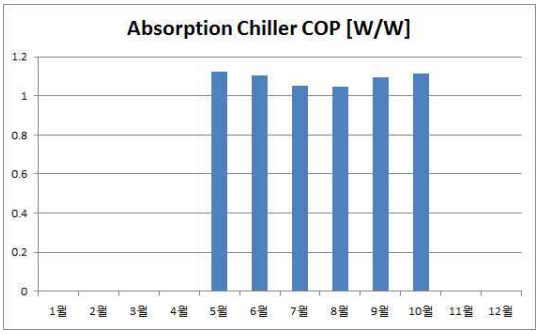

[그림 64] 6월 건물부하



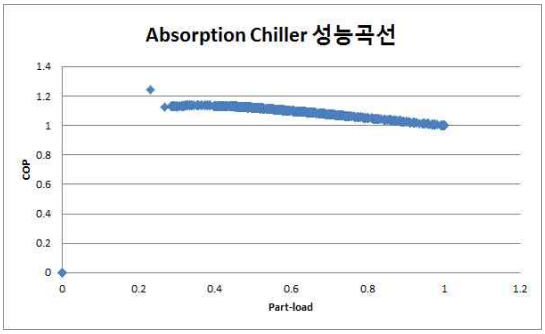

[그림 65] 8월 건물부하

마. 기기별 월별 효율계수, 성능곡선

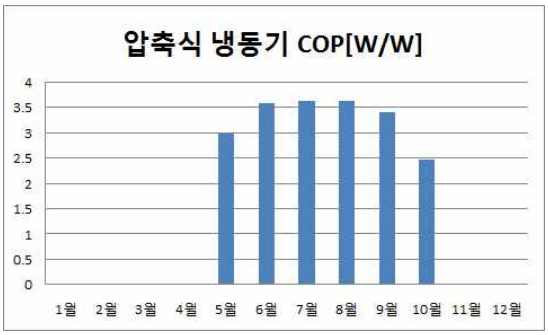
기기의 성능은 기후에 따라 효율이 다르기 때문에 외기온도 설정을 국내 기상데이터와 맞춤으로 국내에 적합한 기기로 설정하였다. 여름철 1월~3월, 10월~12월은 냉방 가동하지 않으며, 겨울철 6월~9월은 난방가동을 하지 않는 것을 볼 수 있다.



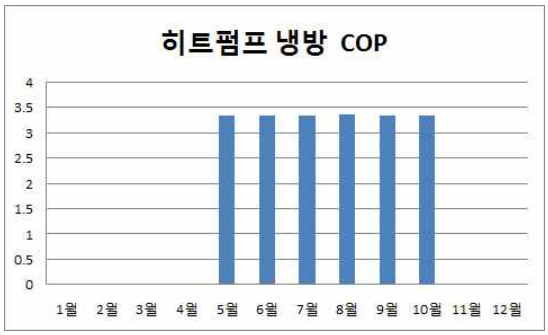

[그림 66] 흡수식 냉동기의 월별 COP




[그림 67] 부분부하에 따른 흡수식 냉동기 성능곡선




[그림 68] 압축식 냉동기 월별 COP




[그림 69] 히트펌프 냉방 월별 COP

[그림 70] 히트펌프 난방 월별 COP

바. ISO 13790 기반 툴과 동적시뮬레이션 효율계수 비교

(1) 기기에 따른 월별 효율계수

동적시 뮬레이션 에서는 기상데이터, 건물의 특성, 기기 시스템이 운전되는 가동시간 등을 고려하여 시스템별 월별 효율계수를 산출하는 반면, ISO 13790 기반 툴 에서는 국내 실정에 맞지 않는 기후, 용도, 건물특성을 반영한 SSEER이다. <표 52>~<표 55>는 ISO 13790 기반 툴과 동적 시뮬레이션의 효율계수를 나타내었다.

(가) 흡수식냉동기 ISO 13790 기반 툴, 동적시뮬레이션 월별 SSEER 비교

<표 58> 흡수식냉동기 SSEER 월별 비교 값

| | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | 12월 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ISO 13790 기반 툴 | 0.65 | | | | | | | | | | | |
| 동적시뮬레이션 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.136 | 1.117 | 1.070 | 1.060 | 1.112 | 1.138 | 0 | 0 |

(나) 압축식냉동기 ISO 13790 기반 툴, 동적 시뮬레이션 월별 SSEER 비교

<표 59> 압축식냉동기 SSEER 월별 비교 값

| | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | 12월 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ISO 13790 기반 툴 | 2.5 | | | | | | | | | | | |
| 동적시뮬레이션 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.977 | 3.573 | 3.624 | 3.635 | 3.403 | 2.471 | 0 | 0 |

(다) 히트펌프 냉방 ISO 13790 기반 툴, 동적 시뮬레이션 월별 SFP 비교

<표 60> 히트펌프 냉방 SFP 월별 비교 값

| | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | 12월 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ISO 13790 기반 툴 | 2.0 | | | | | | | | | | | |
| 동적시뮬레이션 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.349 | 3.334 | 3.343 | 3.352 | 3.349 | 3.333 | 0 | 0 |

(라) 히트펌프 난방 ISO 13790 기반 툴, 동적 시뮬레이션 월별 SFP 비교

<표 61> 히트펌프 난방 SFP 월별 비교 값

| | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | 12월 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ISO 13790 기반 툴 | 2.0 | | | | | | | | | | | |
| 동적시뮬레이션 | 2.505 | 2.492 | 2.488 | 2.517 | 2.567 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.523 | 2.511 | 2.490 |

3. ISO 13790 간이법 결과와 비교

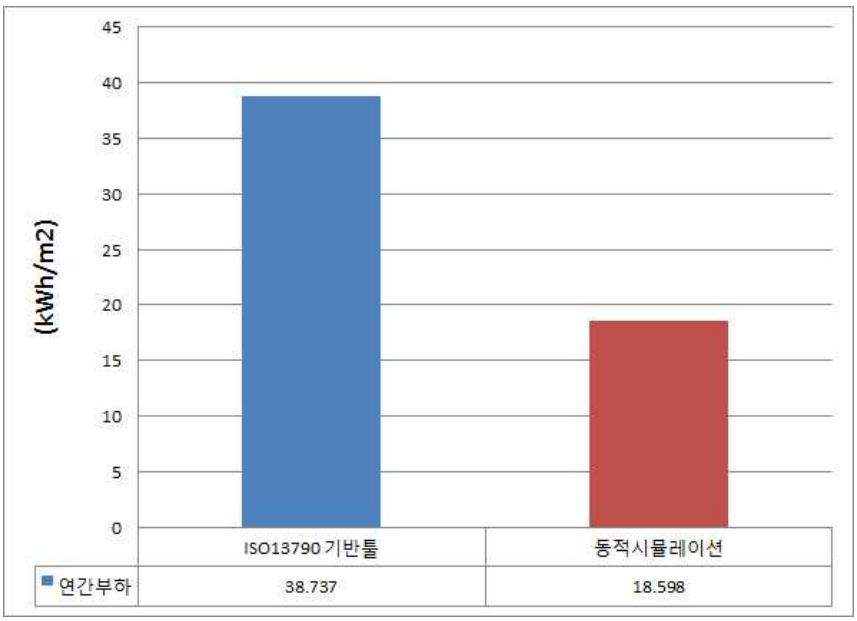
가. ISO 13790 기반 툴, 동적 시뮬레이션 부하 값 비교

<표 56>를 보면 알 수 있듯이 ISO 13790기반 툴과 동적 시뮬레이션을 분석한 결과이다. 8월 34% 오차가 발생하는 것을 확인 할 수 있다. 차이 발생 요인으로는 ISO 13790기반 툴에서는 벽체에 의한 전도, 일사에 대한 직달 일사, 확산 일사의 수치 합산으로 일사량 값이 계산되는 반면, 동적 시뮬레이션은 운량에 따른 확산 일사, 공기 중에서의 일사량 반사, 확산,

지면반사에 의한 일사유입량 까지 종합적으로 계산이 되므로 오차 발생이 된다.

<표 62> 냉방부하 월별 비교 값

| | 1 월 | 2 월 | 3 월 | 4 월 | 5 월 | 6 월 | 7 월 | 8 월 | 9 월 | 10 월 | 11 월 | 12 월 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ISO 13790 기반 툴 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.880 | 6.901 | 7.938 | 10.502 | 7.474 | 3.042 | 0 | 0 |
| 동적시뮬레이션 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.472 | 3.780 | 4.630 | 3.858 | 2.485 | 1.374 | 0 | 0 |
| ISO 13790기반툴 −동적시뮬레이션 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.407 | 3.122 | 3.307 | 6.645 | 4.989 | 1.668 | 0 | 0 |
| (ISO 13790기반툴 −동적시뮬레이션)/ ISO 13790기반툴×100 | 0% | 0% | 0% | 0% | 14% | 45% | 42% | 63% | 67% | 55% | 0% | 0% |




[그림 71] 냉방부하 연간비교

나. ISO 13790 기반 툴, 동적 시뮬레이션 2차 소비량 월별 비교(ISO 13790 기반 툴 COP 적용)

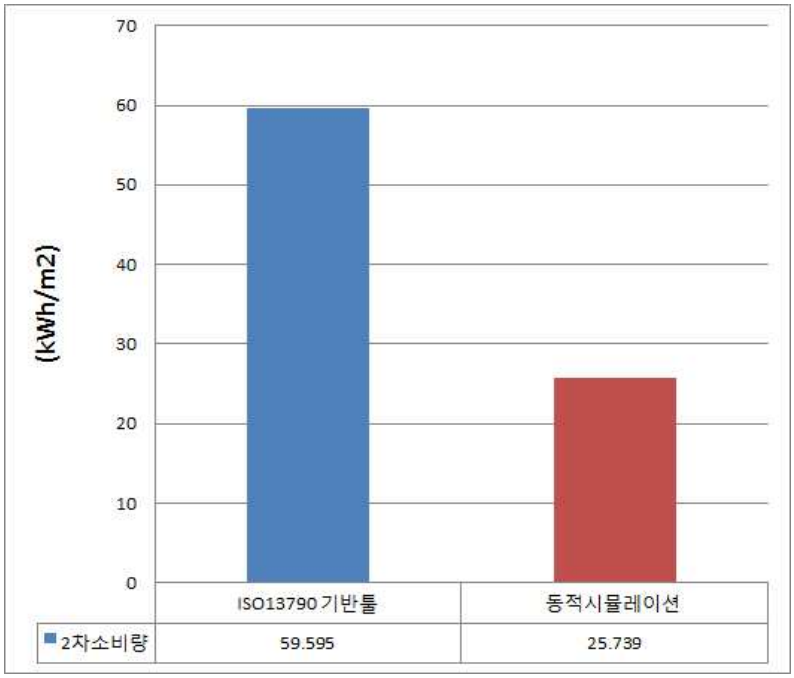
ISO 13790 기반 툴에서 흡수식 냉동기, 압축식 냉동기, 히트펌프 의 기본 데이터를 사용한 경우와 동적 시뮬레이션의 2차 소비량을 비교한 값이다. 동적시뮬레이션은 시스템의 사이즈, 서울지역의 풍량에 따른 환기량, 침기량을 계산하며, ISO 13790 기반 툴은 정해진 침기량을 계산하기 때문에 패턴은 같지만 연간비교를 했을 시 2차 소비량의 차이가 난다. 또한 동적 시뮬레이션은 건물의 용도, 기후적 특성, 운영시간을 적용하여 기기별 효율계수를 산출하지만, ISO 13790기반 툴은 기기별 COP가 고정 값으로 설정되어 있어

2차 소비량은 동적시뮬레이션과 차이가 나는 것을 볼 수 있다. <표 57>~<표 60>, [그림 72]~[그림 75]는 기기별 2차 소비량을 비교하여 나타내었다.

(1) 흡수식 냉동기 2차 소비량 월별비교 (ISO 13790 기반 툴 COP적용)

<표 63> 흡수식 냉동기 2차 소비량 월별 비교 값

| | 1 월 | 2 월 | 3 월 | 4 월 | 5 월 | 6 월 | 7 월 | 8 월 | 9 월 | 10 월 | 11 월 | 12 월 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ISO 13790 기반 툴 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.430 | 10.618 | 12.212 | 16.157 | 11.498 | 4.679 | 0 | 0 |
| 동적시뮬레이션 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.033 | 4.020 | 5.694 | 6.009 | 4.093 | 2.889 | 0 | 0 |
| ISO 13790 기반 툴 −동적시뮬레이션 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.397 | 6.598 | 6.518 | 10.148 | 7.405 | 1.790 | 0 | 0 |
| (ISO 13790 기반 툴 −동적시뮬레이션)/ ISO 13790기반툴×100 | 0% | 0% | 0% | 0% | 32% | 62% | 53% | 63% | 64% | 38% | 0% | 0% |

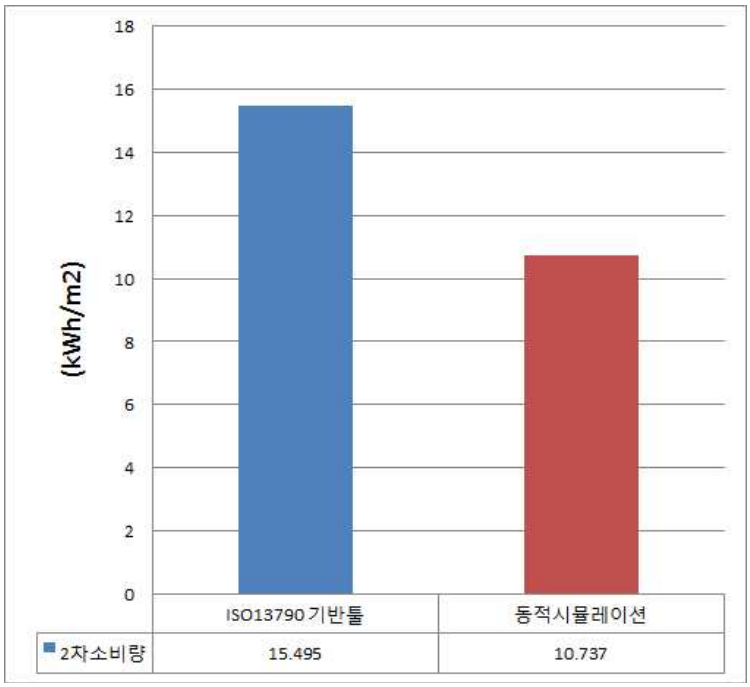



[그림 72] 흡수식냉동기 2차 소비량 비교

(2) 압축식 냉동기 2차 소비량 월별비교 (ISO 13790 기반 툴 COP적용)

<표 64> 압축식 냉동기 2차 소비량 월별 비교 값

| | 1 월 | 2 월 | 3 월 | 4 월 | 5 월 | 6 월 | 7 월 | 8 월 | 9 월 | 10 월 | 11 월 | 12 월 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ISO 13790 기반 툴 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.152 | 2.761 | 3.175 | 4.201 | 2.990 | 1.217 | 0 | 0 |
| 동적시뮬레이션 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.878 | 1.822 | 2.775 | 3.016 | 1.661 | 0.584 | 0 | 0 |
| ISO 13790기반툴 −동적시뮬레이션 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.274 | 0.938 | 0.400 | 1.185 | 1.328 | 0.633 | 0 | 0 |
| (ISO 13790기반툴 −동적시뮬레이션)/ ISO 13790기반툴×100 | 0% | 0% | 0% | 0% | 24% | 34% | 13% | 28% | 44% | 52% | 0% | 0% |

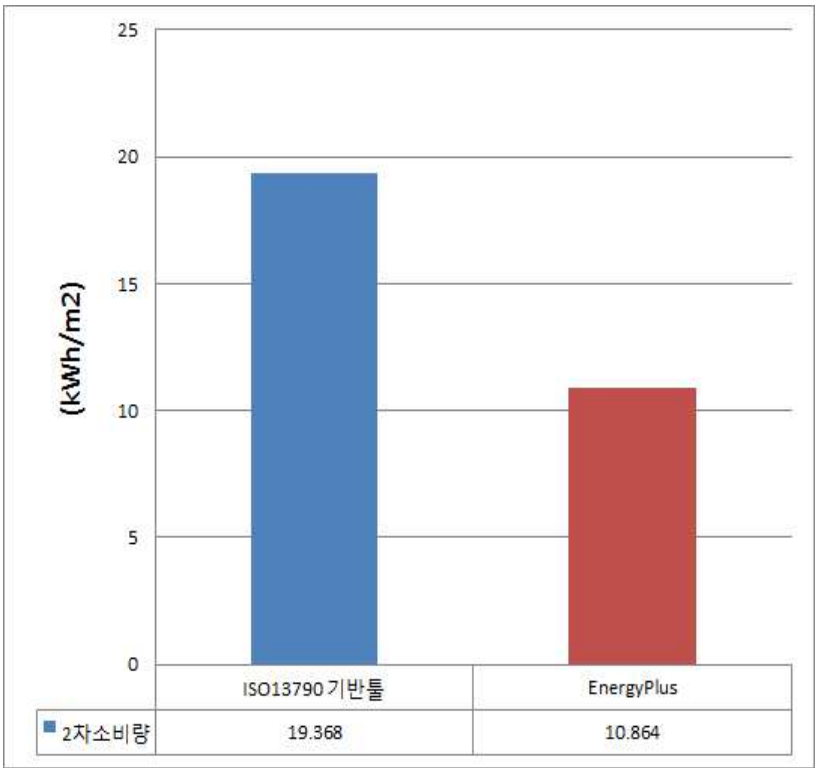



[그림 73] 압축식 냉동기 2차 소비량 비교

(3) 히트펌프 냉방 2차 소비량 월별비교 (ISO 13790 기반 툴 COP적용)

<표 65> 히트펌프 냉방 2차 소비량 월별 비교 값

| | 1 월 | 2 월 | 3 월 | 4 월 | 5 월 | 6 월 | 7 월 | 8 월 | 9 월 | 10 월 | 11 월 | 12 월 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ISO 13790 기반 툴 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.440 | 3.451 | 3.969 | 5.251 | 3.737 | 1.521 | 0 | 0 |
| 동적시뮬레이션 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.406 | 1.664 | 2.623 | 2.897 | 1.480 | 0.795 | 0 | 0 |
| ISO 13790기반툴 −동적시뮬레이션 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.034 | 1.787 | 1.346 | 2.354 | 2.257 | 0.726 | 0 | 0 |
| (ISO 13790기반툴 −동적시뮬레이션)/ ISO 13790기반툴×100 | 0% | 0% | 0% | 0% | 2% | 52% | 34% | 45% | 60% | 48% | 0% | 0% |

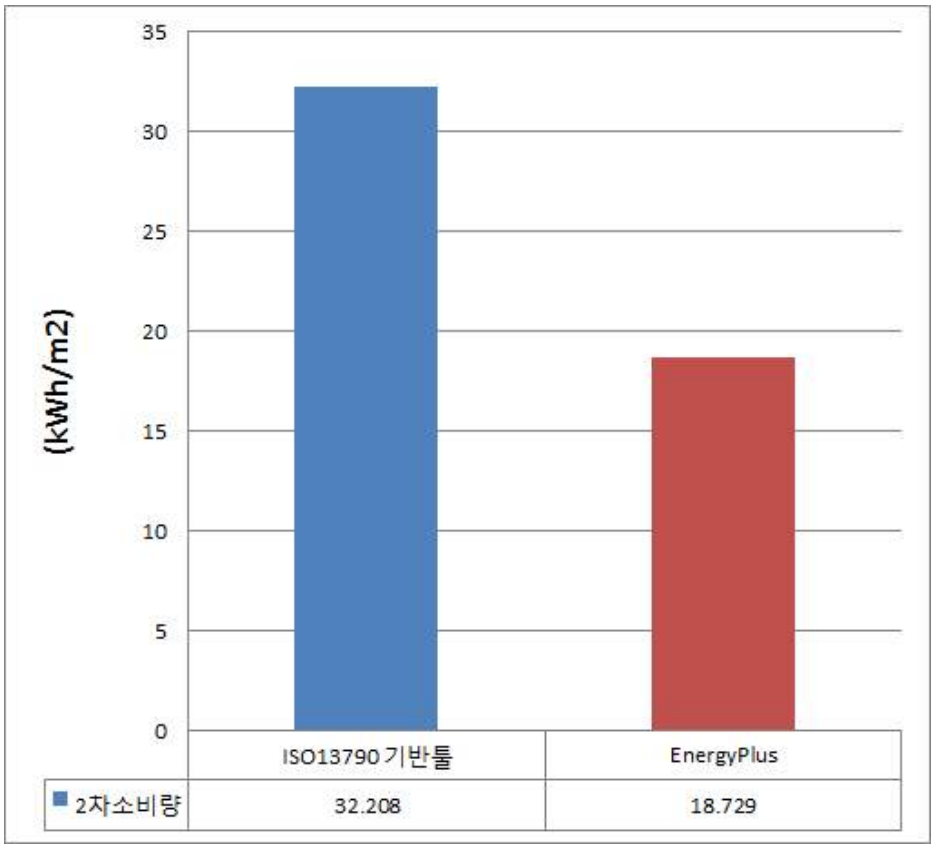



[그림 74] 히트펌프 냉방 2차 소비량 비교

(4) 히트펌프 난방 2차 소비량 월별비교 (ISO 13790 기반 툴 COP적용)

<표 66> 히트펌프 냉방 2차 소비량 월별 비교 값

| | 1 월 | 2 월 | 3 월 | 4 월 | 5 월 | 6 월 | 7 월 | 8 월 | 9 월 | 10 월 | 11 월 | 12 월 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ISO 13790 기반 툴 | 9.497 | 6.161 | 3.369 | 0.644 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.050 | 7.487 |
| 동적시뮬레이션 | 4.575 | 3.898 | 2.208 | 0.950 | 0.449 | 0 | 0 | 0 | 0.017 | 0.292 | 2.551 | 3.789 |
| ISO 13790기반툴 −동적시뮬레이션 | 4.923 | 2.264 | 1.160 | −0.307 | −0.449 | 0 | 0 | 0 | −0.017 | −0.292 | 2.499 | 3.699 |
| (ISO 13790기반툴 −동적시뮬레이션)/ ISO 13790기반툴×100 | 52% | 37% | 34% | 48% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 49% | 49% |




[그림 75] 히트펌프 냉방 2차 소비량 비교

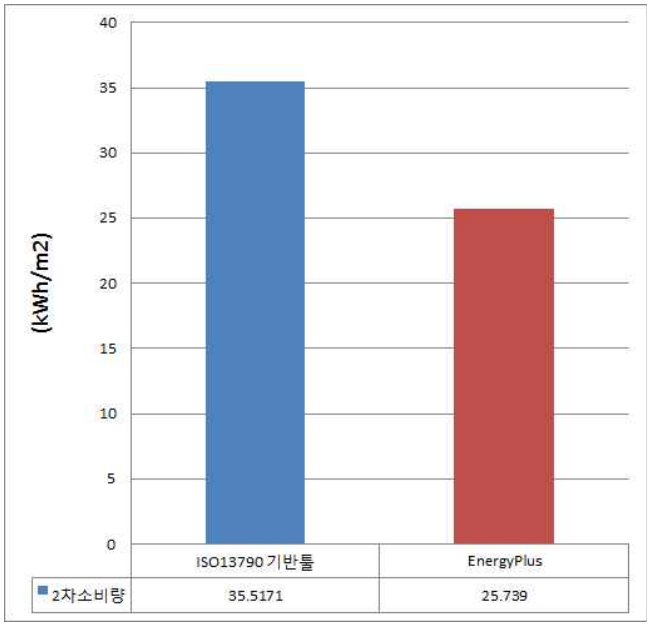
다. ISO 13790 기반 툴, 동적 시뮬레이션 2차 소비량 월별 비교(ISO 13790 기반 툴 월별 효율계수 적용)

동적시뮬레이션에서 산출된 월별 효율계수를 ISO 13790 기반 툴에 입력하여 추출한 데이터 이다. 2차 소비량의 차이가 나는 원인으로 동적시뮬레이션은 온습도 조절을 하기 때문에 많은 냉열 에너지가 필요하게 된다. 또한 실내외 온도차로 인한 침기, 환기량에 의한 열량이 다르며, 벽체표면으로부터 대류열전달도 다르다. 그러나 ISO 13790 기반 에서는 냉방부하를 구할시 습도는 고려하지 않고, 온도만으로 계산을 하기 때문에 ISO 13790 기반 툴과 동적시뮬레이션의 2차 소비량은 차이가 난다. <표 61>~<표 64>, [그림 76]~[그림 79]는 기기별 2차 소비량을 비교하여 나타내었다.

(1) 흡수식 냉동기 2차 소비량 월별비교 (ISO 13790 기반 툴 SSEER 적용)

<표 67> 흡수식 냉동기 2차 소비량 SSEER 적용시 비교값

| | 1 월 | 2 월 | 3 월 | 4 월 | 5 월 | 6 월 | 7 월 | 8 월 | 9 월 | 10 월 | 11 월 | 12 월 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ISO 13790 기반 툴 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.548 | 6.218 | 7.418 | 9.908 | 6.733 | 2.692 | 0 | 0 |
| 동적시뮬레이션 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.033 | 4.020 | 5.694 | 6.009 | 4.093 | 2.889 | 0 | 0 |
| ISO 13790기반툴 −동적시뮬레이션 | 0 | 0 | 0 | 0 | −0.485 | 2.198 | 1.724 | 3.898 | 2.640 | −0.198 | 0 | 0 |
| (ISO 13790기반툴 −동적시뮬레이션)/ ISO 13790기반툴×100 | 0% | 0% | 0% | 0% | 19% | 35% | 23% | 39% | 39% | 7% | 0% | 0% |

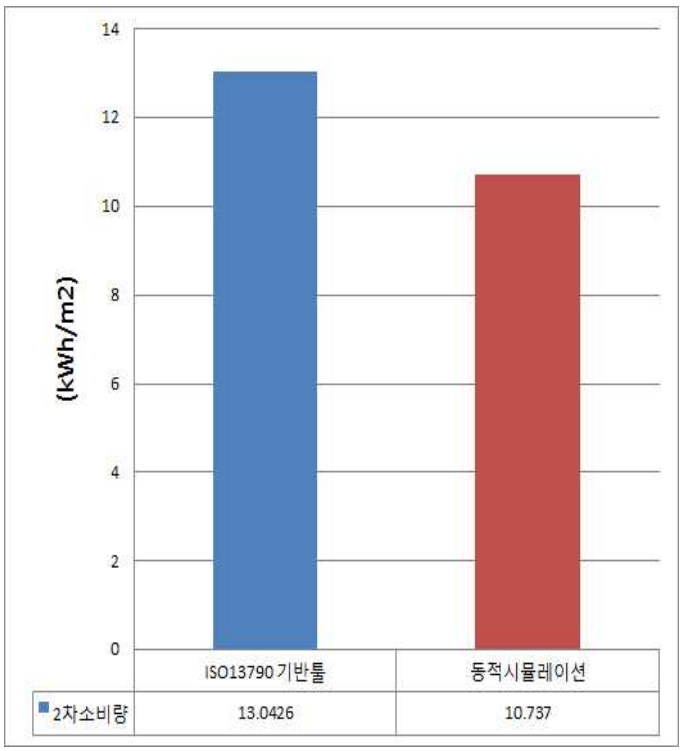



[그림 76] 압축식 냉동기 2차 소비량 비교

(2) 압축식 냉동기 2차 소비량 월별비교 (ISO 13790 기반 툴 SSEER 적용)

<표 68> 압축 냉동기 2차 소비량 SSEER 적용시 비교값

| | 1 월 | 2 월 | 3 월 | 4 월 | 5 월 | 6 월 | 7 월 | 8 월 | 9 월 | 10 월 | 11 월 | 12 월 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ISO 13790 기반 툴 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.970 | 2.324 | 2.673 | 3.536 | 2.516 | 1.024 | 0 | 0 |
| 동적시뮬레이션 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.878 | 1.822 | 2.775 | 3.016 | 1.661 | 0.584 | 0 | 0 |
| ISO 13790 기반 툴 -동적시뮬레이션 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.091 | 0.502 | -0.103 | 0.521 | 0.855 | 0.440 | 0 | 0 |
| (ISO 13790 기반 툴 -동적시뮬레이션)/ ISO 13790기반툴×100 | 0% | 0% | 0% | 0% | 9% | 22% | 4% | 15% | 34% | 43% | 0% | 0% |

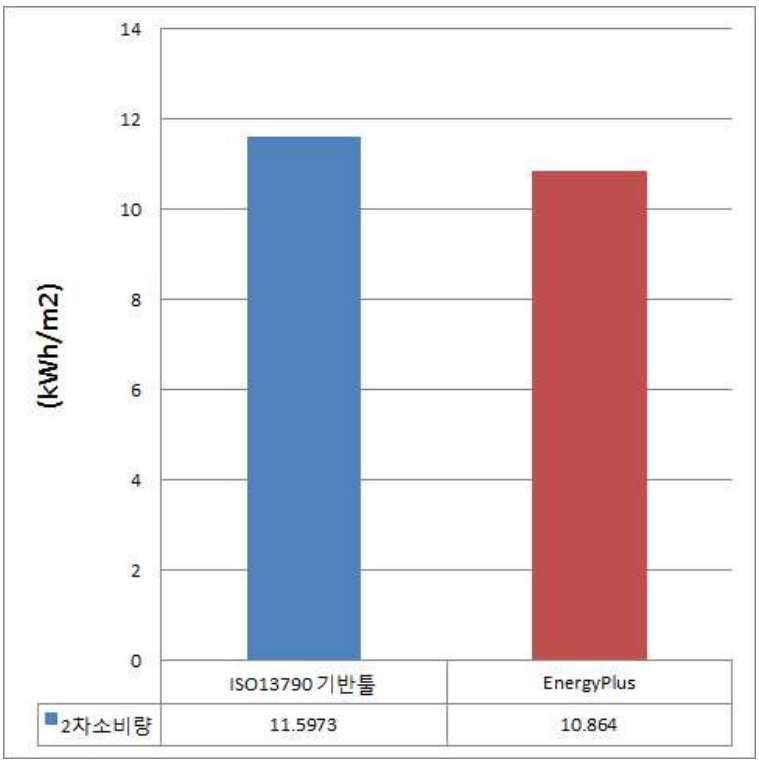



[그림 77] 압축식 냉동기 2차 소비량 비교

(3) 히트펌프 냉방 2차 소비량 월별비교 (ISO 13790 기반 툴 SFP 적용)

<표 69> 히트펌프 냉방 2차 소비량 SFP 적용시 비교 값

| | 1 월 | 2 월 | 3 월 | 4 월 | 5 월 | 6 월 | 7 월 | 8 월 | 9 월 | 10 월 | 11 월 | 12 월 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ISO 13790 기반 툴 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.862 | 2.073 | 2.377 | 3.135 | 2.238 | 0.913 | 0 | 0 |
| 동적시뮬레이션 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.406 | 1.664 | 2.623 | 2.897 | 1.480 | 0.795 | 0 | 0 |
| ISO 13790 기반 툴 -동적시뮬레이션 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.543 | 0.409 | -0.247 | 0.238 | 0.757 | 0.119 | 0 | 0 |
| (ISO 13790 기반 툴 -동적시뮬레이션)/ ISO 13790기반툴×100 | 0% | 0% | 0% | 0% | 63% | 20% | 10% | 8% | 34% | 13% | 0% | 0% |

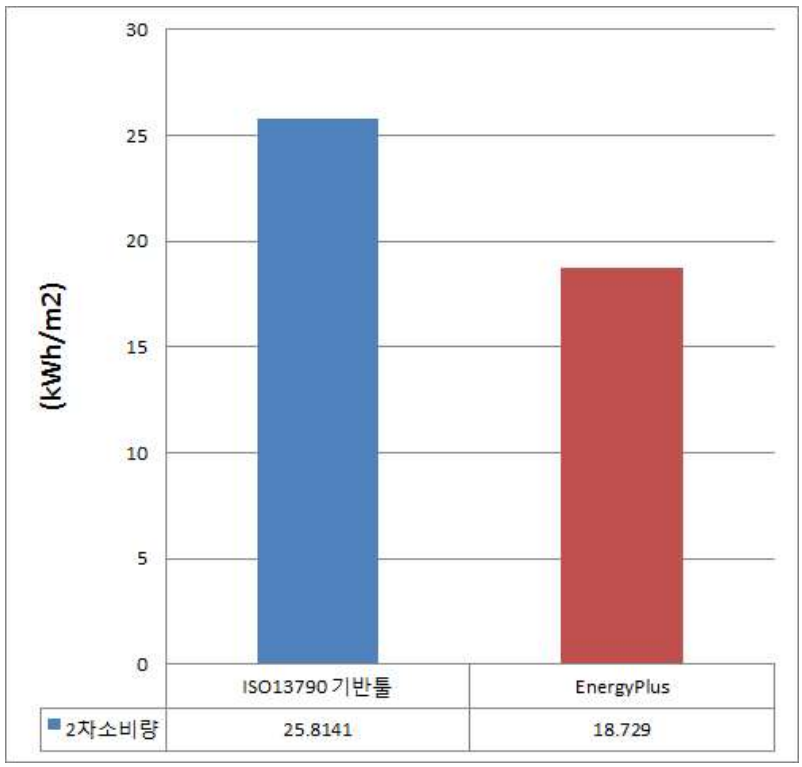



[그림 78] 히트펌프 냉방 2차 소비량 비교

(4) 히트펌프 난방 2차 소비량 월별비교 (ISO 13790 기반 툴 SFP 적용)

<표 70> 히트펌프 난방 2차 소비량 SFP 적용시 비교 값

| | 1 월 | 2 월 | 3 월 | 4 월 | 5 월 | 6 월 | 7 월 | 8 월 | 9 월 | 10 월 | 11 월 | 12 월 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ISO 13790 기반 툴 | 7.598 | 4.949 | 2.717 | 0.513 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.024 | 6.014 |
| 동적시뮬레이션 | 4.575 | 3.898 | 2.208 | 0.950 | 0.449 | 0 | 0 | 0 | 0.017 | 0.292 | 2.551 | 3.789 |
| ISO 13790 기반 툴 −동적시뮬레이션 | 3.023 | 1.051 | 0.508 | −0.437 | −0.449 | 0 | 0 | 0 | −0.017 | −0.292 | 1.473 | 2.225 |
| (ISO 13790 기반 툴 −동적시뮬레이션)/ ISO 13790기반툴×100 | 40% | 21% | 19% | 85% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 37% | 37% |



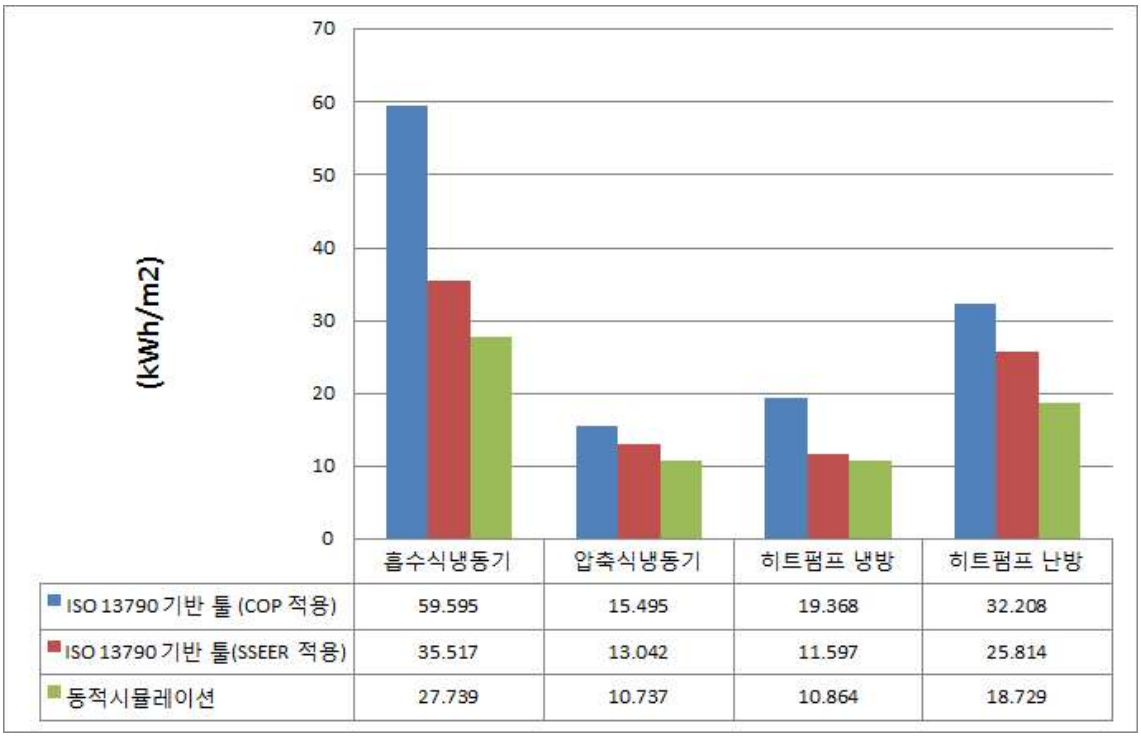

[그림 79] 히트펌프 난방 2차 소비량 비교

라. ISO 13790 기반 툴(COP적용), ISO 13790 기반 툴(효율계수), 동적 시뮬레이션 비교

ISO 13790 기반 툴(COP) 적용 값은 국내 실정에 맞지 않는 기후, 용도, 건물특성을 반영한 효율계수 이며, ISO 13790 기반 툴(효율계수 적용) 값은 동적시뮬레이션에서 국내 기후, 용도, 특성, 운영시간을 적용하여 산출된 SSEER, SFP을 적용한 결과이다. 동적 시뮬레이션에서 산출된 효율계수를 적용하였을 때 흡수식 냉동기는 적용전과 비교해 36%감소, 압축식 냉동기 13% 감소, 히트펌프 냉방 37%감소, 히트펌프 난방 14% 감소하였다. 국내에서 사용되고 있는 ISO 13790 기반 툴에 기기별 효율계수를 적용하였을 시 동적시뮬레이션과 최소오차는 6%, 최대오차 27%이다. 국내 실정에 맞는 기기별 성능데이터를 이용하여 각 기기에 대한 보정계수를 산출해 동적 시뮬레이션 대비 5%이내 정확도를 확보해야 한다.

<표 71> 기존 ISO 13790 기반 툴, ISO 13790 기반툴(효율계수 적용), 동적 시뮬레이션 결과

| | ISO 13790 기반 툴 (COP 적용) | ISO 13790 기반 툴 (효율계수 적용) | 동적시뮬레이션 |
|---|---|---|---|
| 흡수식냉동기 | 59.595 | 35.517 | 27.739 |
| 압축식냉동기 | 15.495 | 13.042 | 10.737 |
| 히트펌프 냉방 | 19.368 | 11.597 | 10.864 |
| 히트펌프 난방 | 32.208 | 25.814 | 18.729 |




[그림 80] 기존 ISO 13790 기반 툴, ISO 13790 기반 툴(효율계수 적용), 동적 시뮬레이션 비교

○ ISO 13790 기반 툴의 경우 기기에 대한 Default 값은 국내특성에 부합하지 않게 설정

이 되어있음

○ 실질적으로 동적시뮬레이션과 ISO 13790 기반의 시뮬레이션의 부하 차이는 벽체에 의한 전도, 지면반사에 의한 일사유입 등을 종합적으로 계산함으로 절대수치로 계산되는 SO 13790 기반 툴의 부하민감도가 큼

○ 공조기의 종류 및 작동방식에 따라 각 시간대별 실내 온도가 다르며, 그로인해 침기, 환기로 인해 결과값이 다르며 야간에는 외벽체를 통한 전열, 주간에는 일사량의 차이로 인하여 결과값의 차이가 보임

○ 동적시뮬레이션과 ISO 13790기반 툴에서의 2차 소비량 비교시 오차의 원인으로 ISO 13790기반 툴에서는 냉방을 줄이기 위해 온도만을 고려하고, 습도는 고려가 되지 않기 때문에 동적 시뮬레이션과 오차가 발생

○ 현재 시뮬레이션 모델링은 기기별 시스템의 건물 설치후 운영상의 실제 효율과는 차이가 난다. 이를 개선하기 위해 실측을 통한 건물의 실제 운영현황을 적용하고, 국내에서 사용되고 있는 기기별 성능 데이터를 기반으로 동적 시뮬레이션에 적용하여 각 기기에 대한 SCOP, SSEER, SFP, HWSCOP를 도출해 국내 실정에 맞는 보정 계수 적용하여 동적시뮬레이션 대비 5%이내 정확도 확보 및 한국형 표준 계수 데이터 구축

# 제5절 기존건물의 에너지 성능진단 프로세스

## 1. IPMVP

### 가. IPMVP[6] 개요

IPMVP는 성능 측정 및 검증에 관한 국제 프로토콜이다. 초기에는 DOE가 재정적으로 지원하여 다양한 국가들의 협력을 반영한 M&V 방법이다. 현재는 EVO(Efficiency Valuation Organization)라는 독립된 기구로 존재하고 2012년 1월에 EVO 10000 - 1 : 2012로 개정되어 출시되었다.

### 나. 에너지절약설치의 평가 및 방법

에너지절약설치의 평가, 측정방법 및 기간에 따라 사용되는 방안은 달라진다. 방안 A는 단기간의 측정치를 통하여 에너지절약설치의 성능요소만을 검증하는 것으로써 장기간의 에너지절감량은 다양한 운전요소의 추정/합의치로 결정된다. 방안 B와 C는 계약기간 중 지속적이거나 정기적인 측정을 실시하는데, 방안 B가 개별적인 에너지절약

6) International Performance Measurement and Verification Protocol

설치의 측정치를 다루는 반면 방안 C는 전체 빌딩 또는 전체시설 수준에서 이루어진 측정치를 사용한다. 방안 D는 컴퓨터 시뮬레이션 기법을 이용하는 것으로써 방안 A, 방안 B, 그리고 방안 C 모두를 포함할 수 있다. 각각의 방안은 현장의 특징과 에너지 사용자와 ESCO의 필요 및 예측상황에 따라 서로간에 장단점을 갖고 있다.
측정 및 검증방안의 소요비용은 다양한 요소들에 의해 결정되는데 대략 다음과 같다.

- 선정된 측정 및 검증방안
- 에너지절약설치의 난해성
- 에너지절약설치의 성능에 영향을 미치는 외적요소의 수
- 단일 사업에 적용된 유사한 에너지절약설치의 수
- 요구되는 정확도
- 계약기간
- 보고서의 주기
- 측정 및 검증작업에 소요되는 전문기술의 요건

일반적으로 M&V의 Option A ~ D 에 대한 측정 방법 및 비용은 표에 명시된 바와 같다.

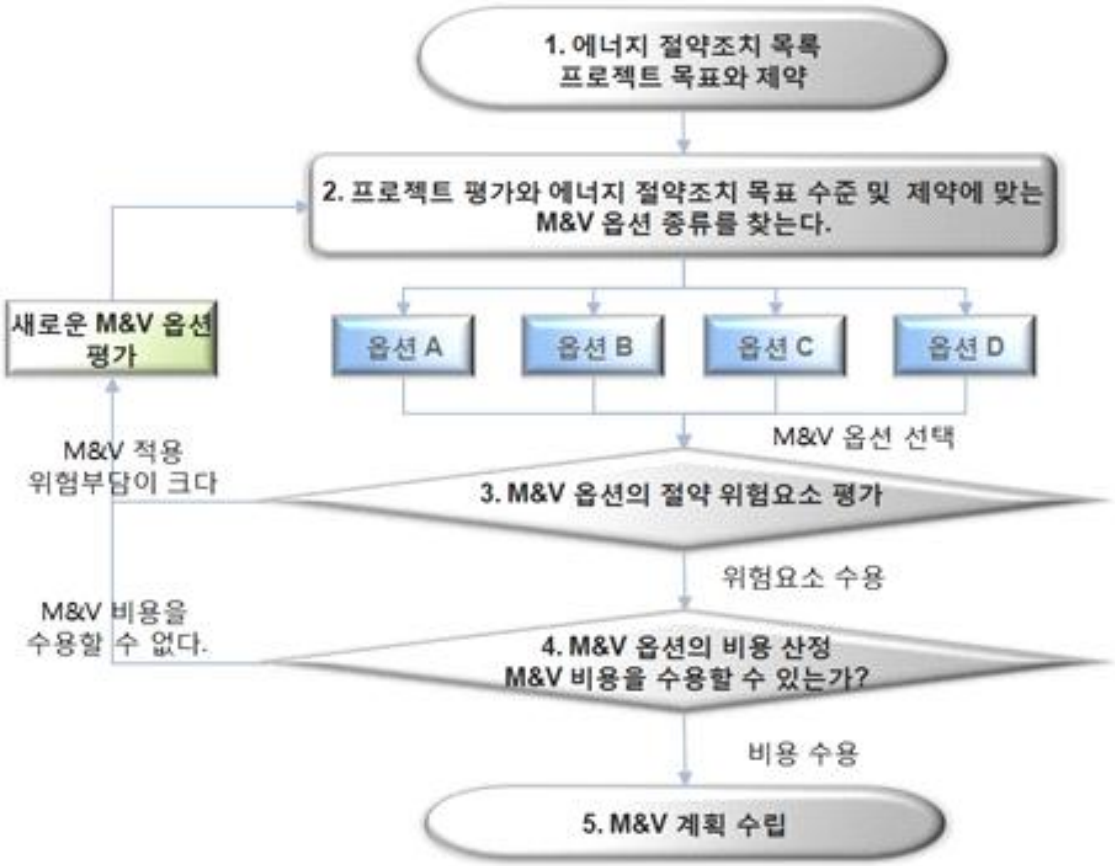
<표 72> M&V Option

| 구 분 | 항 목 | 내 용 |
|---|---|---|
| Option A<br>주요변수 측정 | 계측 및 확인 | - 계측 및 기존 자료의 결합<br>- 계측은 현장 또는 단기수행 |
| | 절감량 계산 | - 현장 또는 단기측정에 의한 엔지니어링 계산 |
| | M&V 비용 | - 측정 자료의 수에 따라 추정비용범위는 1~5% |
| Option B<br>전체변수 측정 | 계측 및 확인 | - 계측은 단기적 또는 지속적으로 수행<br>- 성과 및 운전요소 모두 모니터링 |
| | 절감량 계산 | - 계측 자료를 이용한 엔지니어링 계산 |
| | M&V 비용 | - 측정 시스템 수와 유형 및 분석/계측기간에 따라추정 비용 범위는 3~10% |
| Option C<br>전체시설 | 계측 및 확인 | - 당해연도와에너지공급사 계량데이터 사용<br>- 전체 건물, 시설 수준에서 결정 |
| | 절감량 계산 | - 단순 요금청구서 비교로부터 다변수회귀분석 기법을이용한 유틸리티 계량자료에 대한 분석 |
| | M&V 비용 | - 요금청구서 분석에서 변수 개수와 복잡도에 따라추정비용 범위 1~10% |
| Option D<br>시뮬레이션 | 계측 및 확인 | - 절약량은 시설요소 및 전체시설에 대한 시뮬레이션으로결정 |
| | 절감량 계산 | - 보정된 에너지시뮬레이션/모델링 : 유틸리티<br>- 요금청구서 자료 및 End-use 계측 |
| | M&V 비용 | - 평가되는 시스템 개수와 복잡도에 따라 추정 비용의범위는 3~10% |

### 다. M&V 계획 수립 절차

(1) 적절한 측정 및 검증 방안의 선정 기준

일반적으로 수행될 에너지절약성과배분계약의 잠재력과 이의 실제 성능을 검증하기 위하여 요구되는 정밀도와 이에 따른 노력은 프로젝트별로 다르다. 초기제안서나 실제 계약의 측정 및 검증계획은 요구되는 정확도와, 검토사항 및 비용을 고려하여 신중히 결정되어야 한다.
그림 ??은 M&V 계획 수립 절차를 나타낸다.




[그림 77] M&V 계획 수립 절차

## 2. 에너지진단 제도

### 가. 에너지진단의 범위와 방법

에너지 진단은 에너지관련 전문 기술장비 및 인력을 보유한 진단기관으로부터 에너지의 공급부문, 수송부문, 사용부문 등 에너지사용시설 전반에 걸쳐 사업장의 에너지이용 흐름을 파악하여 손실요인 발굴 및 에너지 절감을 위한 최적의 개선안을 제시하는 기술컨설팅을 의미한다.

에너지 진단 단계 및 세부 진단에 관한 내용은 [표 ??]과 같다. 사전조사, 현장 진단, 분석 및 보고서 작성으로 크게 3단계로 구성되어 있으며, 내용 추가 필요

<표 73> 에너지 진단 단계 및 세부 진단내용 (지식경제부고시 제2010-50 호)

| 단 계 | 세부 진단내용 |
|---|---|
| 사전조사 | · 에너지 이용시설 및 설비 관련 현황파악<br>· 에너지 사용형태, 제품생산 및 설비의 운용현황 파악<br>· 현장진단 일정, 각종 자료 및 진단 지원사항, 진단보고서 제출일자 등에 대한 상호 협의 및 정보교환 |
| 현장진단 | · 설비별 에너지 사용 현황 상세 파악<br>· 에너지진단 세부계획 수립<br>· 측정장비에 의한 현장중심 진단 실시<br>· 에너지 운영시스템 점검<br>· 설비별 운전성능 및 운전상태 파악<br>· 에너지 손실요인 및 개선방안 도출<br>· 도출된 개선방안에 대한 투자경제성 분석<br>· 진단결과 도출된 개선방안에 대한 설명<br>· 에너지관리기준의 이행실태 확인 |
| 분석 및 보고서 작성 | · 현장진단시 도출된 개선방안 상세 분석<br>· 적용가능 신기술 및 참고자료 수집<br>· 시설투자에 따른 기술적용사례 등 시장조사<br>· 진단보고서 작성 및 개선내용 평가 또는 감수<br>· 협의된 기간내 진단보고서 제출 |

건물에서의 에너지진단의 범위는 [표 ??]과 같다. 건축물, 난방 및 급탕설비, 냉방 및 공조설비, 수배전설비, 동력설비, 조명설비 및 기타 설비로 구분되어 있으며 이에 대한 에너지진단의 범위를 나타낸다.

[표 ??]은 에너지 진단보고서의 작성기준을 나타낸다. 명시된 기준에 따라 에너지진단 기관으로부터 에너지 진단 보고서가 작성된다.

<표 74> 에너지진단의 범위 (지식경제부고시 제2010-50 호)

| 구분 | | 에너지진단의 범위 |
|---|---|---|
| 건물부문 | 건축물 | · 구조체의 열관류율 및 건물 냉·난방부하 산출<br>· 각 구획 구성의 적정성<br>· 열원시설 적정용량 |
| | 난방 및 급탕설비 | · 보일러 등 열전환시설의 관리상태 및 성능시험<br>· 급수, 연료공급 및 연소 계통 관리<br>· 열전환 방식 및 계통<br>· 배관시설의 시스템 및 보온상태<br>· 증기트랩 및 응축수 회수이용<br>· 급탕시설 등 열교환시설의 효율향상 방안<br>· 급탕부하 신·재생시스템 적용방안 |
| | 냉방 및 공조설비 | · 냉방기기 성적계수 및 성능시험<br>· 설계사양 및 실부하 비교 분석<br>· 공조기 급배기 분석 및 환기설비 부하 측정<br>· 냉방 및 공조설비 운전관리 및 가동상태 분석 |
| | 수배전설비 | · 수변전설비 통합관리<br>· 배전설비 운전관리<br>· 최대수요 및 역률 분석 |
| | 동력설비, 조명설비 및 기타 | · 동력시설의 적정용량 및 이용실태 개선<br>· 램프, 안정기, 반사갓 등 조명시설 개선<br>· 승강기 등 운행방식 합리화<br>· 각종 절전장치의 적용 가능여부<br>· 폐열회수, 재활용 등 신·재생시스템 적용방안<br>· 에너지시스템 합리화 방안<br>· 중장기 에너지절약 대책 수립 |
| 에너지관리기준 (건물부분) | | · 에너지관리기준(지식경제부고시) [별지 제2호서식]에 따른 점검결과 기술지도가 필요한 사항 |

<표 75> 에너지 진단보고서 작성기준

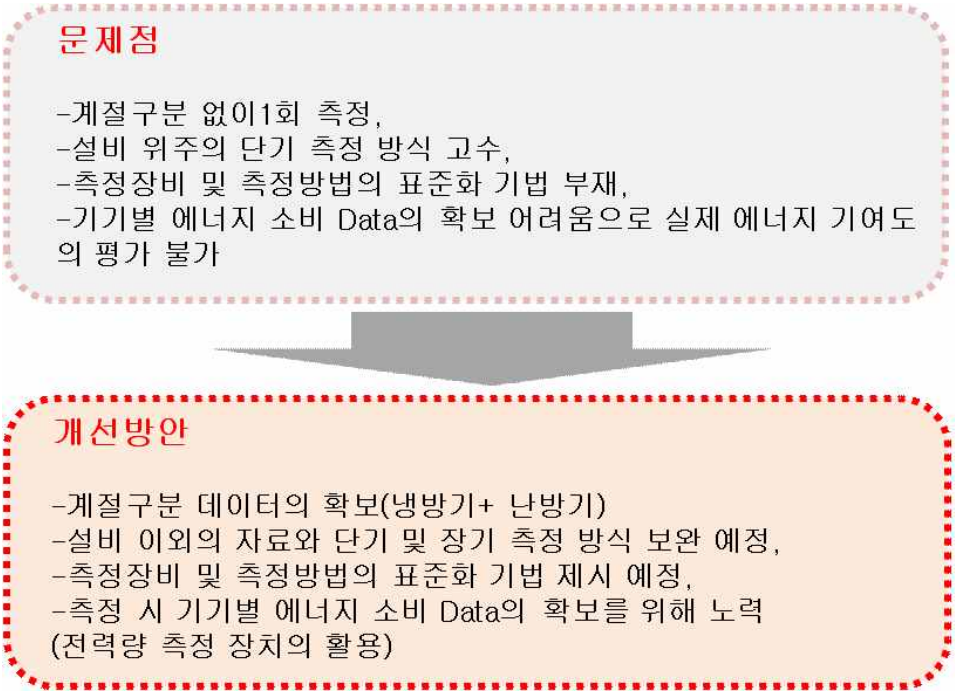
| 항목 | 작 성 방 법 |
|---|---|
| 표지 | · 보고서의 표지에는 관리번호, 업종분류(대분류, 소분류), 보고서명, 업체명, 수행기관을 명시한다. |
| 목차 | · 목차는 최상위 단계는 로마자(Ⅰ)로 작성하고, 차상위 단계는 아라비아 숫자(1)로 작성한다. |
| Ⅰ. 일반 현황 | · 업체 일반현황은 업체명, 소재지, 업종, 담당자 등을 표로 작성한다.<br>· 추진개요에는 진단수행 기술인력, 진단기간 등을 표로 작성한다.<br>· 에너지사용 현황은 연료, 열, 전력의 종류별로 사용량, 금액, 단가, 합계, 피크전력 등을 표로 작성하고 필요한 경우 월별, 설비별, 제품별 등으로 구분하여 작성하고 차트 등을 활용한다.<br>· 필요한 경우 제품 또는 항목별 에너지원단위 분석결과를 명시한다.<br>· 설비현황은 설비별 용량, 대수, 형식 등을 표로 작성한다. |
| Ⅱ. 진단 결과 종합 | · 진단결과종합, 기대효과종합, 개선방안요약으로 구분하여 작성한다.<br>· 종합의견은 진단시 사업장의 현황, 진단 사항, 향후 방안 등을 간략히 요약한다.<br>· 진단결과 요약에는 진단결과 예상되는 전체 절감량, 절감액, 투자비 등을 간략히 요약한다. |
| | · 기대효과 종합은 개선안별 절감량, 절감율, 절감액, 투자비, 투자비 회수기간, 온실가스 저감량 등을 표로 작성한다.<br>· 진단수행범위는 진단등급, 중점 진단대상, 진단대상 에너지사용량 등을 명시한다.<br>· 진단보고서 작성기준에는 측정 및 데이터 판단의 기준, 단위 적용 기준, 경제성 분석 방법 등을 명시한다. |
| | · 개선방안 요약은 개선항목별로 현황, 개선방안, 효과를 간략히 요약하여 표로 작성한다. |
| | · 에너지관리기준에 따른 점검결과 기술지도 사항을 작성한다 |
| | · 진단결과 개선을 위한 이행·투자계획서를 첨부한다 |
| Ⅲ. 세부 개선 사항 | · 설비, 공정 등 개선항목으로 구분하여 각 항목별 운전현황, 개선방안, 기대효과를 작성한다.<br>· 운전현황에는 현 운전상태, 문제점, 열수지 분석 등을 그림, 도표 등을 활용하여 기술한다.<br>· 개선방안은 구체적인 개선방법을 그림, 도표 등을 활용하여 기술한다.<br>· 기대효과에는 절감량, 절감액, 투자비, 회수기간 등을 표를 활용하여 요약하고, 각 산출근거를 식으로 명시한다. |
| Ⅳ. 첨부 사항 | ·「Ⅲ.세부개선사항」에 활용한 각종 설비의 열정산서 자료를 명시한다.<br>· 현장진단시 확인한 에너지관리기준 점검표를 수록한다.<br>· 진단결과 개선을 위한 이행·투자 계획서를 첨부한다<br>· 신기술, 적용사례 등 진단과 관련한 기술자료를 수록한다. |

## 3. 에너지진단의 개선 방향

문헌 및 실제 현장 조사와 설문 조사를 통하여 국내에서 현재 진행되고 있는 에너지 진단업무에 대해 조사하였다. 그 결과, 평균 실내 온도 산출 방법과 설비 기기 성능의 측정 부분에서의 미흡점이 나타났다.

① 평균 실내 온도 산출
- 에너지진단 관련 국내외 기준 검토 결과, 정량적인 실내 평균온도 산출 방법에 관한 고려가 필요.
- 실제 용도별 건축물(판매시설, 상업시설, 공동주택, 도서관)의 실내온도 측정결과, 측정 위치별 온도 편차의 발생함

② 기기설비 성능 측정
- 에너지진단 제도나 ESCO 사업 관련하여 에너지 진단 단계와 범위는 명시되어 있으나, 상세한 기계 설비의 측정 방법에 대해서는 미흡
- 진단 시기 및 진단 기간에 대한 고려 부족




[그림 78] 건물 에너지 진단의 개선 방향

## 가. 실내온도 측정

정확한 실내온도의 산출은 과 냉난방에 의한 에너지 낭비를 방지할 수 있고, 정확한 냉난방 부하를 판단할 수 있으며, 지속적인 실내온도 측정시 실내 온도 데이터를 활요하여 공조시스템의 운영적인 면에서의 에너지 절감도 가능하다.

건물 에너지 성능 진단시 실내온도 측정은 [표 ??]은 실내온도 측정 방법을 나타낸다. 현재 에너지 진단 업체의 현장조사와 문헌 조사를 통해 실내온도의 평균값 산출은 5포인트에서 순간 측정으로 시행되고 있다. 이는 실내온도의 계절이나 시간을 고려하지 않은 형태로 신뢰성 있는 실내 온도 데이터의 측정 방안이 필요하다.

<표 76> 실내온도 측정의 문제점

| | 실내 온도 측정 방법 | |
|---|---|---|
| | 측정 시간 | 층별 평균온도 산정 |
| 공공기관 에너지이용합리화 추진에 관한 규정 [개정 2012. 02. 08 지식경제부고시] | 순간 측정 (1분 간격 3회) | 5포인트의 산술평균 값 (방위별외주부4 포인트 +내부주1 포인트) |
| 에너지 사용의 제한에 관한 공고 [지식경제부 공고 제2011-599호] | 순간 측정 (1분 간격 3회) | 5포인트의 산술평균 값 (창측1 포인트+벽측1 포인트 + 내주부3 포인트) |
| ESCO 사업의 활성화를 위한 에너지 성능측정, 평가규약 개발 및 실증화 연구, 2002 [산업자원부(구 지식경제부)] | 측정 기준은 없음 | |
| IPMVP, 2012 [EVO(Energy Valuation Organization] | 측정 기준은 없음 | |

(1) 대상 건물의 개요

대구에 위치하고 있는 업무용 건축물이다. 지하 8층 ~ 지상 20층 규모로 주요 냉난방 시스템은 CAV + FCU를 적용하였다.

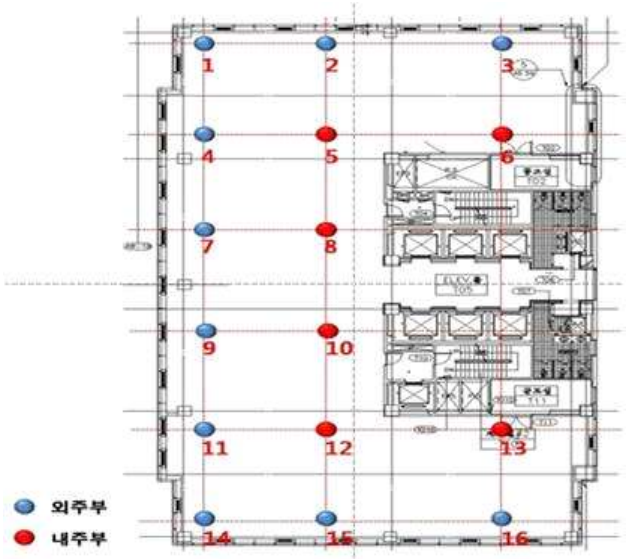
<표 77> 실내 온도 측정 대상 개요

| | |
|---|---|
| 건 물 위 치 | 대구광역시 수성구 |
| 준 공 일 | 2002.4 |
| 주 요 용 도 | 업무시설 (근린생활시설) |
| 규 모 | 지하8층/지상20층 |
| 냉난방 시스템 | CAV + FCU |
| 실내 온도 측정 | 환기온도 센서 |

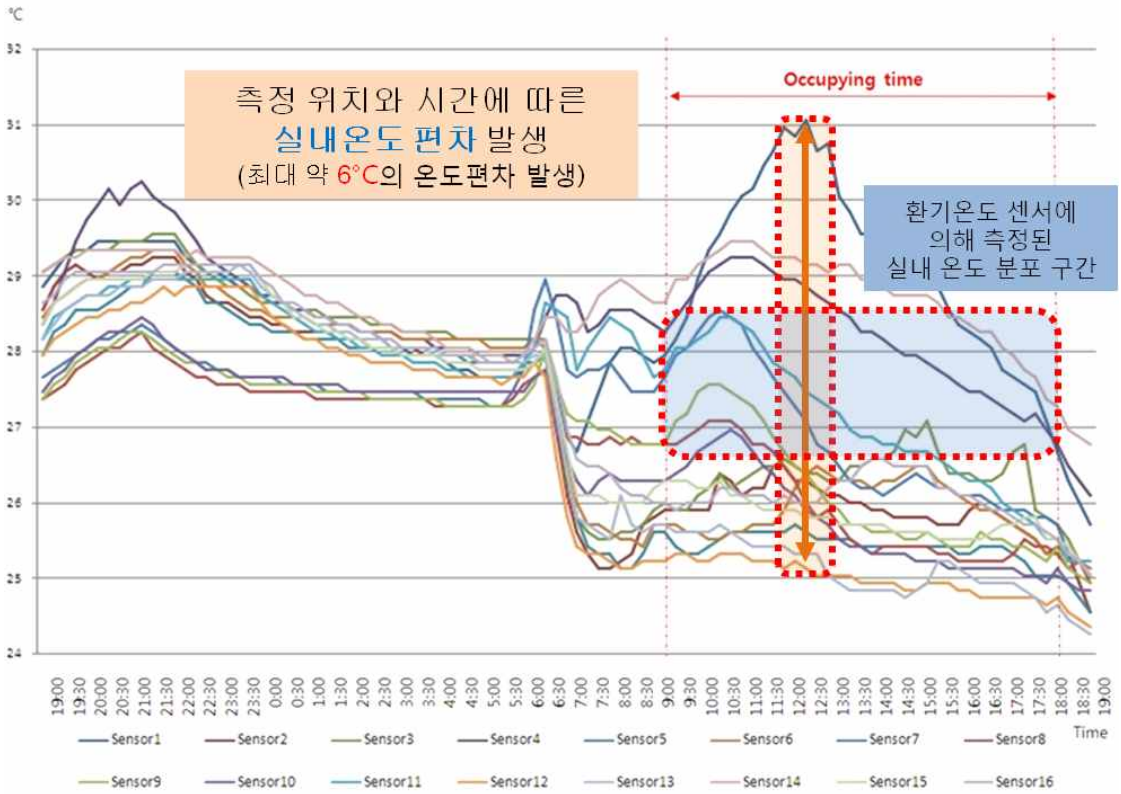
(2) 측정 방법

내외주부를 구분하여 16포인트에서 각각의 실내 온도를 측정하였다. 측정 기간은 2009년 7월 24일 19시 ~ 25일 19시 이다. 표??은 대상 건물의 개요와 실내온도 측정 포인트 및 측정 장비를 나타낸다.

<표 78> 실내온도 측정 포인트 및 장비

| | 실내 온도 측정 포인트 | 측정 장비 |
|---|---|---|
| 이미지 |   | |
| 설명 | 기준층을 내외주부로 구분하여 16개의 포인트에서 실내온도를 24시간 동안 측정하였다. | Hobo Light Intensity Logger |

(3) 측정 결과




[그림 81] 실제 실내 온도의 측정

[그림 ??]은 실내 온도의 측정 결과를 나타낸다. 측정 위치와 시간에 따라 실내온도가 최대 6°C의 온도편차가 발생하였다. 시간의 흐름과 위치마다 실내온도 편차가 크게 발생하는 상황에서 5포인트에서의 순간적인 실내온도의 측정은 신뢰성 있는 실내 온도 데이터라고 말하기에는 다소 어려움이 있다.

또한, 대상건물은 BEMS가 적용된 건물로 건물 운영자가 실내온도라고 판단하는 공조기 환기센서에 의한 실내온도데이터와 실제 측정한 실내 온도데이터와의 차이도 나타났다.

이 외에도 도서관, 판매시설, 공동주택을 대상으로 같은 방법으로 실내온도 측정을 하였다(자세한 내용은 3장 5절 참고). 건물 마다 약간의 차이는 있었으나 대체로 실내온도 편차가 발생하였다.

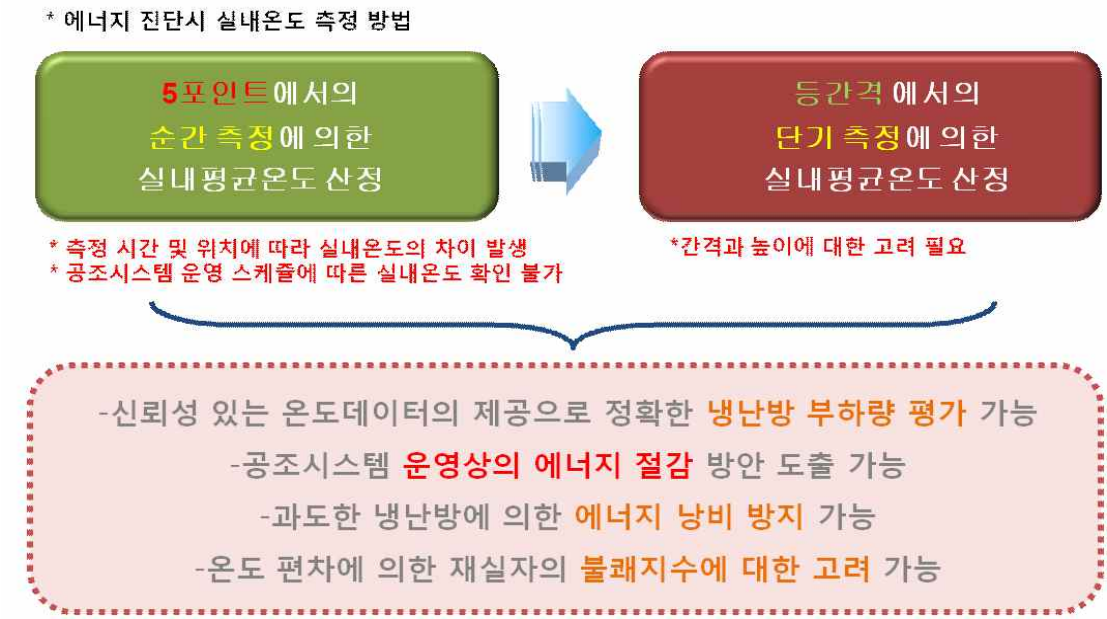



그림 82] 실내온도 측정 방법의 제안

### 다. 공정시험방법

현재 에너지관리공단에서 에너지 다소비 건물을 대상으로 실시하는 건물에너지 진단의 범위는 건축물, 난방 및 급탕설비, 냉방 및 공조설비, 수배전 설비, 동력 설비, 조명설비 등의 설비시스템과 건축적 요소에 대한 건물진단이다.
문헌 조사를 통하여 건물 에너지 성능 진단시 공조시스템 및 HVAC에 대한 측정방법에 대해 조사하였다. [표 ??]은 성능 진단 방법에 대한 내용을 정리 하였다.

<표 79> 성능 진단 방법 조사

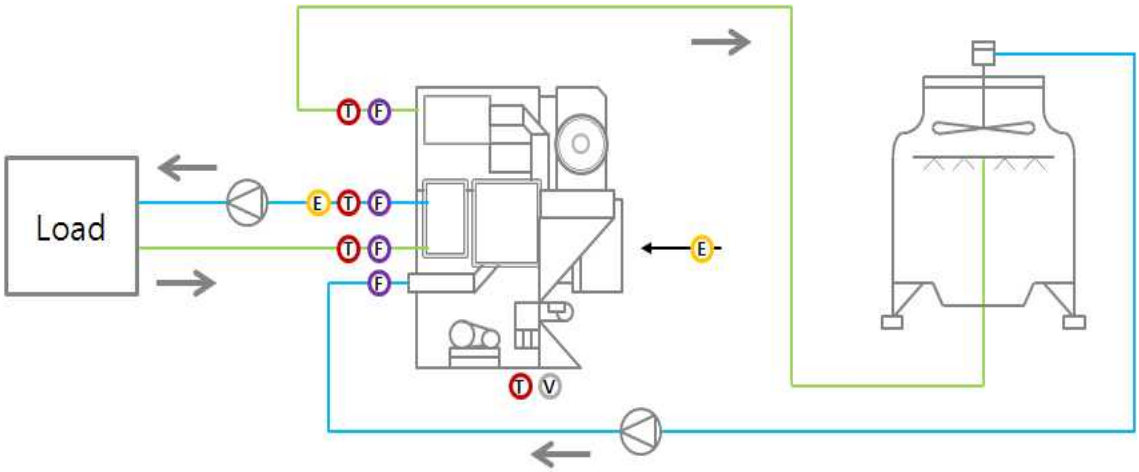
| 문 헌 | 성능 진단 방법 |
|---|---|
| ESCO 사업의 활성화를 위한 에너지 성능측정, 평가규약 개발 및 실증화 연구, 2002 [산업자원부(구 지식경제부)] | 정량적인 측정 방법에 대한 제시는 없음 |
| IPMVP, 2012 [EVO(Energy Valuation Organization] | 정량적인 측정 방법에 대한 제시는 없음 |
| 공조설비 성능진단 및 통합형 제어관리시스템 개발,2006 [지식경제부] | **설비 시스템의 성능진단 및 측정 기준 내용 포함** |
| 에너지진단 원론, 2008 [한국에너지정보센터] | 정량적인 측정 방법에 대한 제시는 없음 (에너지 진단의 이론과 적용 방안 예시) |

공조시스템에 대한 측정 방법은 존재하나 건물 에너지 진단시 정량적이고 대표적인 측정방법에 대한 내용은 명시 되지 않았다.
현장 및 문헌 조사 결과 현재 각각의 에너지 진단 업체마다의 측정방법으로 건물 에너지 진단이 수행되고 있어 건물에너지 진단을 위한 공정시험 방법이 필요한 실정이다.

(2) 공정시험 방법(안)

건물에너지 2차진단은 1차진단 결과를 통해 에너지 이용효율화 측면에서 개선이 필요한 것으로 진단된 부분·항목에 대하여 정밀한 평가를 수행하는 단계이다. 2차진단을 통해 보다 정밀한 평가를 수행하고, 이를 통해 에너지 이용효율화를 위한 개선방안의 도출 및 효율 하락 등의 원인을 분석하기 위하여 실시한다. 정밀한 평가를 위해 시스템별·기기별 등으로 나누어 상세하게 수행한다.

2차진단을 행하는 계측이나 시험은 상당한 시간과 비용이 소요되며, 이 때문에 사전에 진단계획을 검토하고 실시체제에 대한 충분한 사전협의가 필요하다. 또한, 가능한 과거의 데이터나 1차진단에서 얻은 데이터를 활용하여 기존의 에너지 소비량과 측정값의 비교를 통해 객관적이고, 다양한 영향변수에 대해 고려하는 것이 필요하다. (자세한 에너지진단을 위한 측정 및 평가방법은 2장 9절을 참고)




[그림 83] 냉동기 구성도 및 측정위치

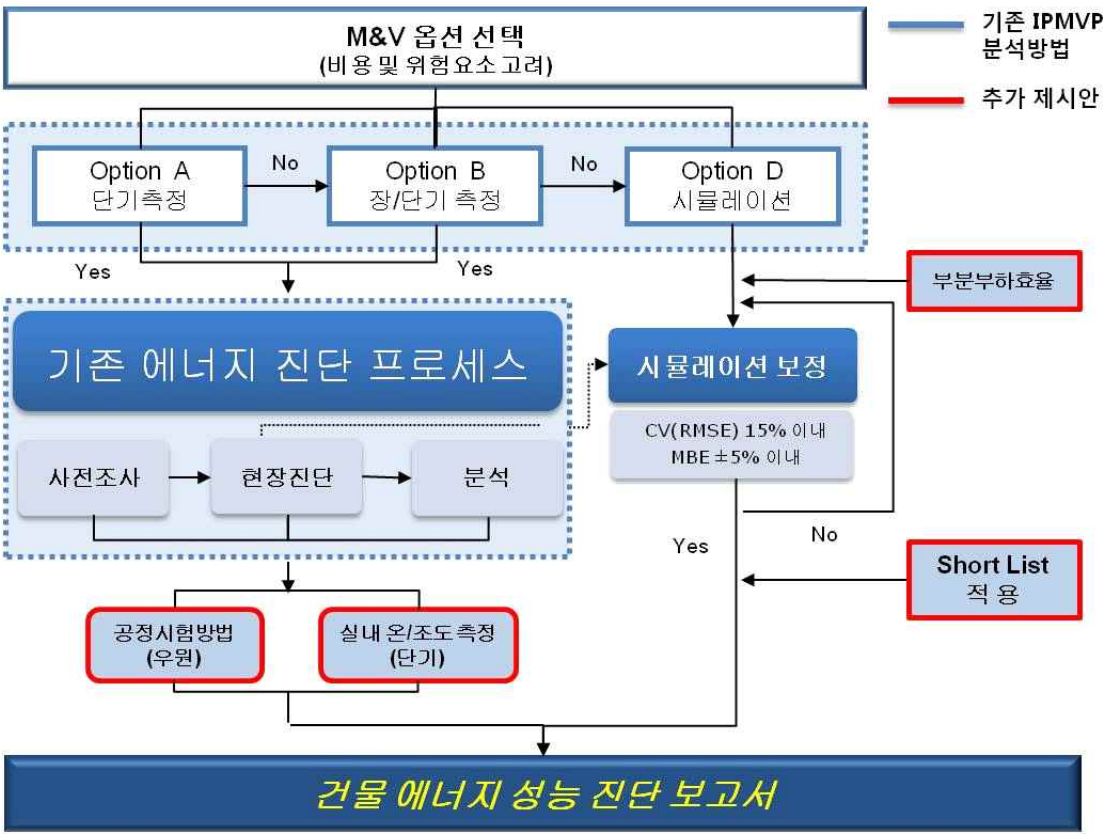
<표 80> 냉동기의 2차진단 방법

| No. | 항목 | 측정 및 평가방법 |
|---|---|---|
| 1 | 온도 | 열전대 등을 사용하여 냉수·냉각수의 공급·회수온도를 측정 |
| 2 | 유량 | 기존 유량계 또는 초음파 유량계 등으로 냉수·냉각수 유량 측정<br>열량계가 설치된 경우, 온도의 유량의 측정 불필요 |
| 3 | 출력 에너지 | 온도와 유량의 측정값을 이용해 냉동기의 출력 에너지를 산출<br>열량계를 사용하는 경우, 열량계 결과를 이용 |
| 4 | 입력 에너지 | ① 전동식<br>냉동기에 적산전력량계가 삽입되어 있는 경우는 이 값 사용<br>미설치, 저압인 경우 적상기능의 큼램프온(Clamp-on)형 전력계 등에 의하여 일정시간 냉동기의 소비전력 등을 측정<br>② 흡수식<br>가스메터, 오일메터 등을 검침하여 가스, 유류 소비량 측정<br>가스 소비량은 가스온도, 압력을 알고 있는 경우, 소비량 보정<br>측정은 계절별로 1~2일 정도 수행<br>가능한 저부하~고부하의 넓은 범위를 측정 |
| 5 | 성적계수 | 출력 에너지와 입력 에너지를 통해 성적계수를 산출 |
| 6 | 기타 측정 | 기기본체 온도, 진동 등을 측정 |
| 7 | 평가 | 성능사양서 등에서 제공하는 냉동기 효율, 성능곡선과의 비교<br>극단적으로 효율 저하되는 경우, 원인 규명 및 유지보수 수행<br>기기본체 온도, 진동 이상여부 평가 |

## 라. 건물 에너지 성능진단 프로세스

### (1) 건물 에너지 성능 진단 프로세스(안)

그림 [??] 은 기존 건물 에너지 성능 진단 프로세스(안)을 나타낸다. 에너지 성능진단제도와 ESCO 사업 그리고 IPMVP의 건물 에너지 성능 진단 프로세스를 바탕으로, 전술하였던, 장/단기 적인 실내온도 측정 방법과 공정시험 방법을 적용함으로써 기존 프로세스와의 차별성을 가진다.




[그림 84] 건물에너지 성능 진단 프로세스

에너지절약설치의 평가, 측정방법 및 기간에 따라 사용되는 방안은 달라진다. 방안 A는 단기간의 측정치를 통하여 에너지절약설치의 성능요소만을 검증하는 것으로써 장기간의 에너지절감량은 다양한 운전요소의 추정/합의치로 결정된다. 방안 B는 개별적인 에너지절약설치의 측정치를 다룬다. 방안 D는 컴퓨터 시뮬레이션 기법을 이용하는 것으로써 방안 A, 방안 B를 포함할 수 있다. 각각의 방안은 현장의 특징과 에너지사용자와 ESCO의 필요 및 예측상황에 따라 서로간에 장단점을 갖고 있다.

(2) 기존 에너지 진단 프로세스

<표 81> 기존 건물 에너지 성능 진단 프로세스

| | |
|---|---|
| 건물현황 | - 건축물 개요<br>- 설계도서 및 도면 조사 |
| ⇩ | |
| 설비현황 | - 열원시스템 구성 조사<br>- 에너지 사용 현황 조사<br>- 주요 에너지 설비현황 파악<br>- 전기사용 설비현황 |
| ⇩ | |
| 설문조사<br>및 현장조사 | - 설문조사 및 Check list 조사<br>- 성능진단 기준에 따른 평가항목 조사 |
| ⇩ | |
| 성능진단 기준 | - 열원설비<br>- 기타설비<br>- **실내 온도 측정**(장/단기)<br>- **공정시험 방법** 적용 |
| ⇩ | |
| 자료수집 및 부하분석 | - 일사 및 외기, 실내발열량 등 대상 건물의 부하를 파악<br>- 건물 에너지 절감 방안 도출 및 적용 |
| ⇩ | |
| 평 가 | - 에너지 절감량 검토<br>- 경제성 검토 |

(가) 건물현황

건물현황은 건물의 현장조사를 위한 기본 자료로 건물의 위치, 업종, 준공년도, 연면적, 냉난방면적, 동수, 부대시설 등을 나타낸다.

(나) 설비현황

설비현황의 조사로 도면에 나타난 열원시스템 구성, 열원시스템 장비와 기타 설비, 에너지(전기, 가스), 유지관리비, 생애비용 등에 대한 현황조사가 이루어진다.

(다) 설문조사 및 현장조사

설문조사 및 현장확인 항목은 설문조사와 사전에 작성된 사전조사서를 바탕으로 건물 운영 관리자와 함께 현장의 설비를 확인하고 실질적인 조사를 통해 성

능진단 기준에 따른 평가항목들을 준비한다.

(라) 성능 진단 기준

성능진단 기준은 공조설비 성능진단에 대한 각 항목별로 세부기준으로 구성된다. 공조설비 성능진단 기준의 세부항목은 열원설비인 보일러, 냉동기, 냉각탑, 흡수식 냉온수기, P.A.C 등과 반송설비인 펌프, FAN, 덕트시스템 등으로 구분되며, 기타 공기조화기, 가열·냉각코일, VAV·CAV BOX, 팬코일 유닛, 열교환기 등도 포함된다.

공조설비 성능 진단은 건물 에너지 성능 진단을 위한 공정시험 방법에 의해 시행되고, 온도센서를 활용하여 5포인트에서 순간 측정에 의해 산출된 실내 평균 온도가 아닌 등간격으로 단/장기 측정에 의한 실내 평균 온도 산출방법을 적용한다.

다음 [표 ??] 는 공조설비 성능진단 기준을 16가지로 구분 후 각각의 측정항목을 나타낸 것이다.

# 제6절 건축물 실측보고서

## 1. 개요

가. 건축물 용도별 현장조사 대상 선정 배경

우리나라에서는 온실가스를 2020년까지 예상배출량(BAU)대비 30%를 줄이겠다는 목표를 세우고, 12년부터 온실가스배출과 에너지 사용이 제일 많은 35개 의무 관리업체를 대상으로 온실가스·에너지 목표관리제가 본격적으로 시행되고 있다.

<표 82> 온실가스·에너지 목표관리제 대상

| 구 분 | 판매시설 | 업무시설 | 리조트 | 종합병원 | 대학교 | 호텔 | 공항 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 개소 | 8 | 2 | 6 | 5 | 9 | 3 | 2 |
| 대표 업체 | 롯데쇼핑, 이마트 | 농수산물공사 | 에버랜드,강원랜드 | 삼성의료원 연세의료원 | 서울대, 고려대 | 호텔롯데, 워커힐 | 인천공항, 김포공항 |

나. 건축물 용도별 현장조사 대상

<표 83> 건축물 용도별 현장조사 대상

| 용도 | 추가 | 4개 용도 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 측정 시범 대상 | 공동주택 | 업무시설 | 판매시설 | 숙박시설 |
| 이미지 | | | | | |
| 주소 | 경기도 용인시 | | 서울시 서초구 | 서울시 강동구 | 경기도 용인시 |

조사대상의 접근성 및 측정의 용이성을 고려하여 시범성 건물 선정하였으며, 시범 대상 건물에 대한 실측 진행 후 4개 용도 건축물 현장조사를 진행 하였다.

다. 대상 건축물별 현장 조사 요소

<표 84> 대상 건축물별 현장 조사 요소

| | | 시범 대상 건물 | 공동주택 | 업무시설 | 판매시설 | 숙박시설 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 설계도서 | 건축 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 기계 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 에너지사용량 | 전기 | X | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 가스 | X | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 실측데이터 | 실내 온도 (순간) | ○ | ○ | ○ | ○ | X |
| | 스케줄 | ○ | - | ○ | ○ | - |
| | 기계 설비 성능 (유량, 풍량등) | O | X | X | ○ | X |

## 2. 건물별 실측보고서

### 가. 도서관

(1) 건축개요

<표 85> 도서관 건축개요

| 상업용 건물 | |
|---|---|
| 건물 위치 | 경기도 용인시 |
| 준공일 | 2003년 6월 |
| 주요용도 | 업무시설 (근린생활시설) |
| 규 모 | 지하5층/지상20층 |
| 건축면적(㎡) | 696.16㎡ |
| 냉난방 및 급탕 시스템 | CAV + FCU |

(2) 측정사항

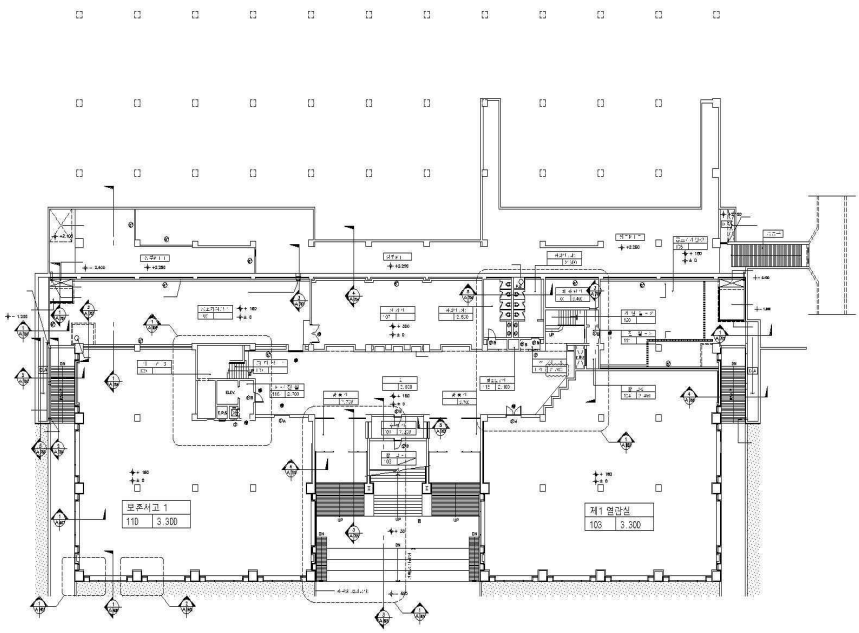
<표 86> 도서관 측정사항

| 구분 | | 조사 여부 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 건축설계도서 | 건축도면 | ○ | |
| | 기계도면 | ○ | |
| 에너지사용량 | 전기 사용량 | ○ | |
| | 가스 사용량 | ○ | |
| 실측데이터 | 실내 온도(순간) | ○ | |
| | 실내 조도 | ○ | |
| | 운영 스케줄 | ○ | |
| | 기계 설비 성능(유량 풍량 등) | ○ | |

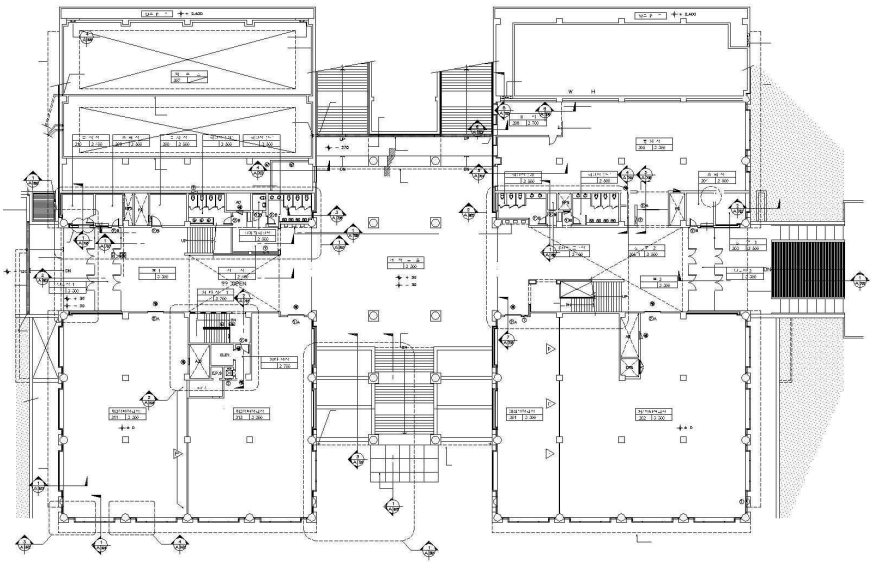
(3) 건축설계도서

① 건축도면

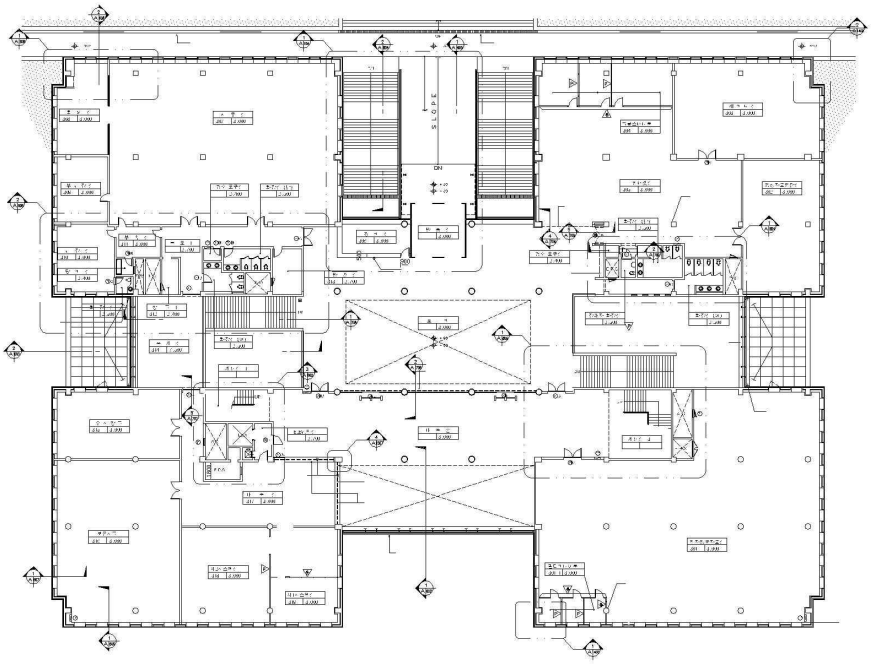
<표 87> 도서관 1층 평면도

| 건축 설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 평면도<br>(1층) |  |

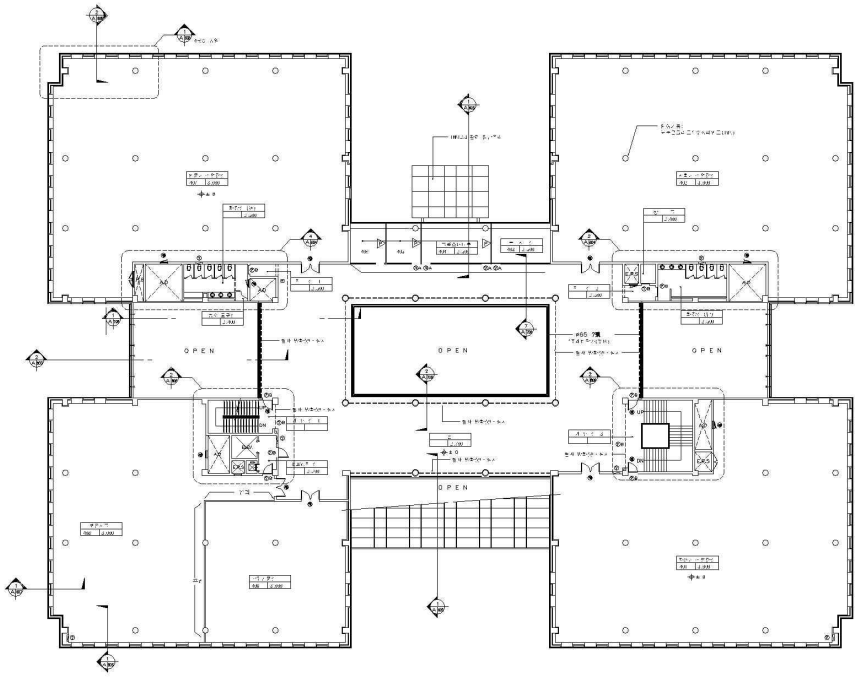
<표 88> 도서관 2층 평면도

| 건축 설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 평면도<br>(2층) |  |

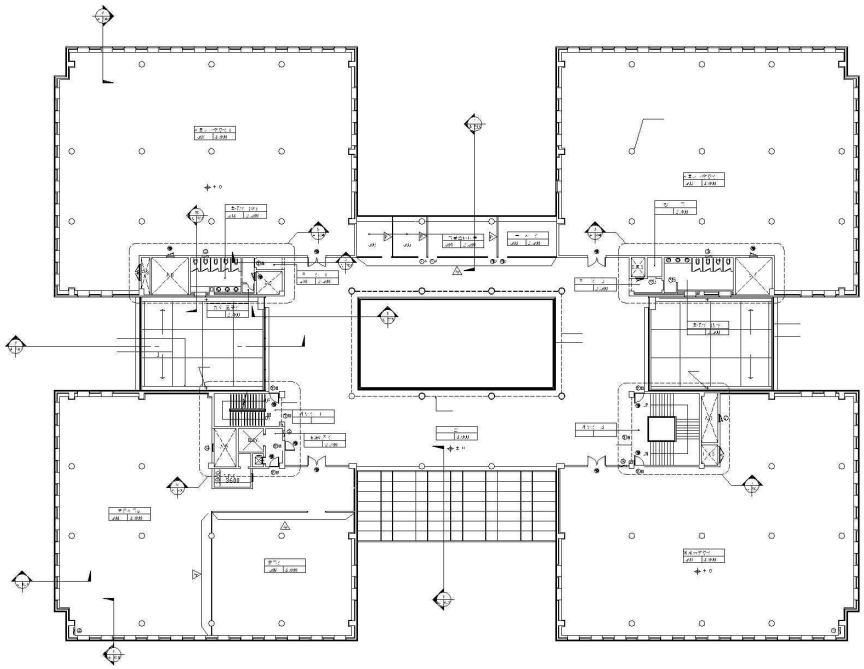
<표 89> 도서관 3층 평면도

| 건축 설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 평면도<br>(3층) |  |

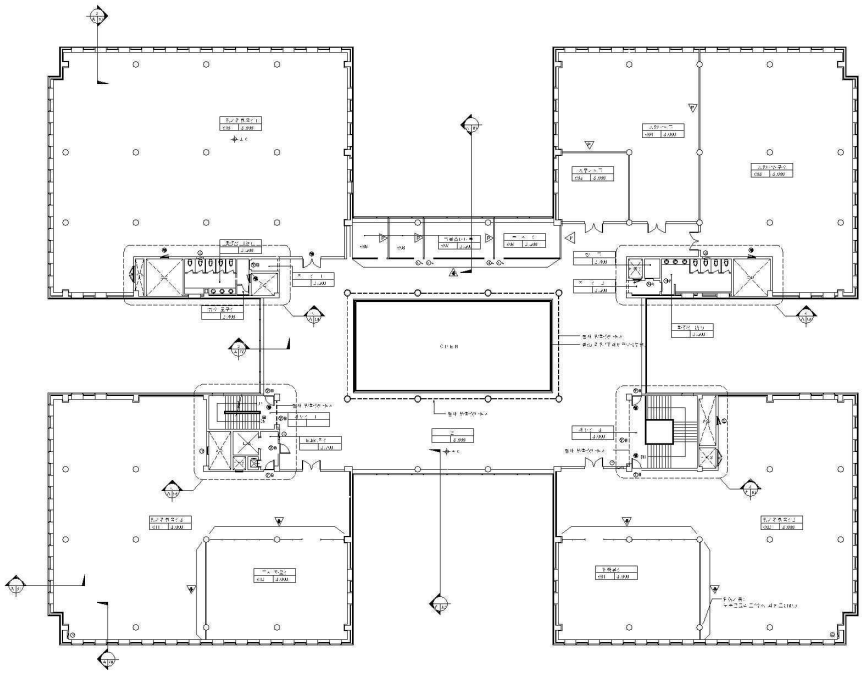
<표 90> 도서관 4층 평면도

| 건축 설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 평면도<br>(4층) |  |

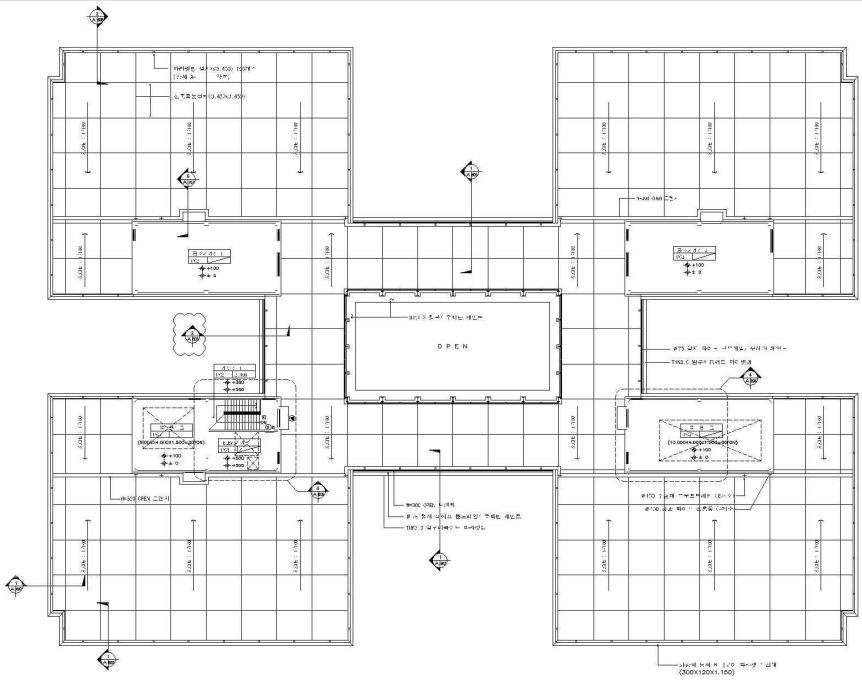
<표 91> 도서관 5층 평면도

| 건축 설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 평면도<br>(5층) |  |

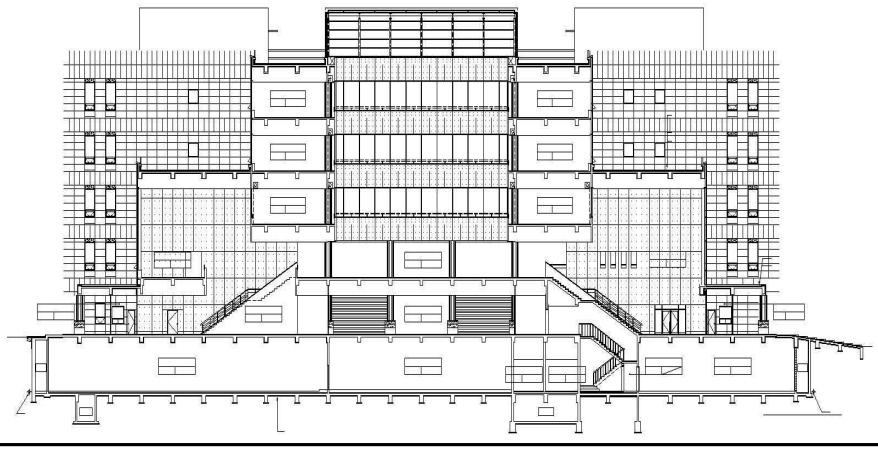
<표 92> 도서관 6층 평면도

| 건축 설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 평면도<br>(6층) |  |

<표 93> 도서관 옥탑층 평면도

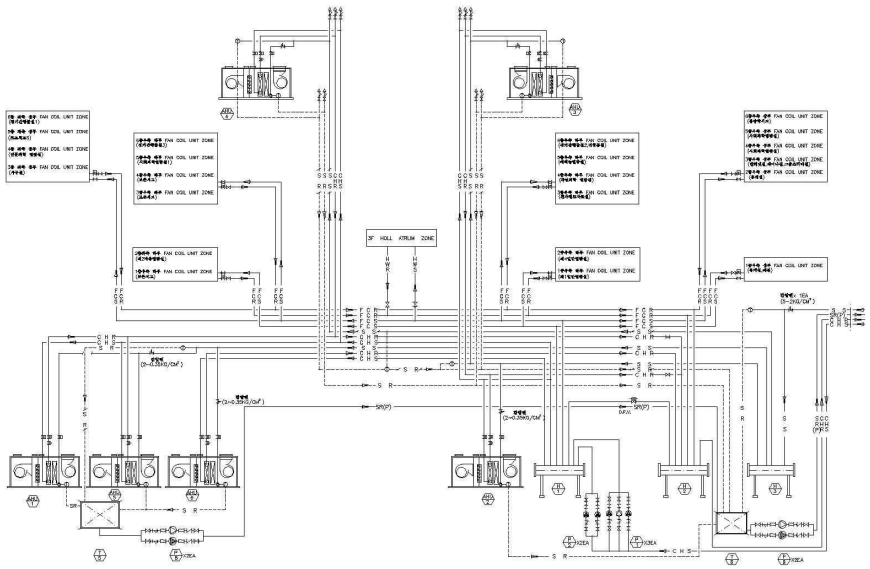
| 건축 설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 평면도<br>(옥탑층) |  |

<표 96> 도서관 단면도

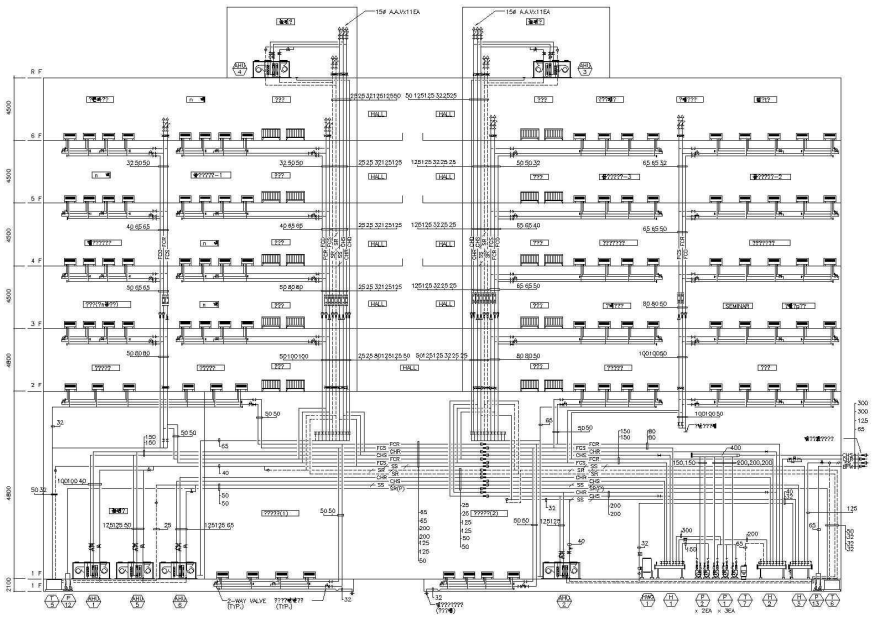
| 건축 설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 단면도 |  |

② 기계설비도면

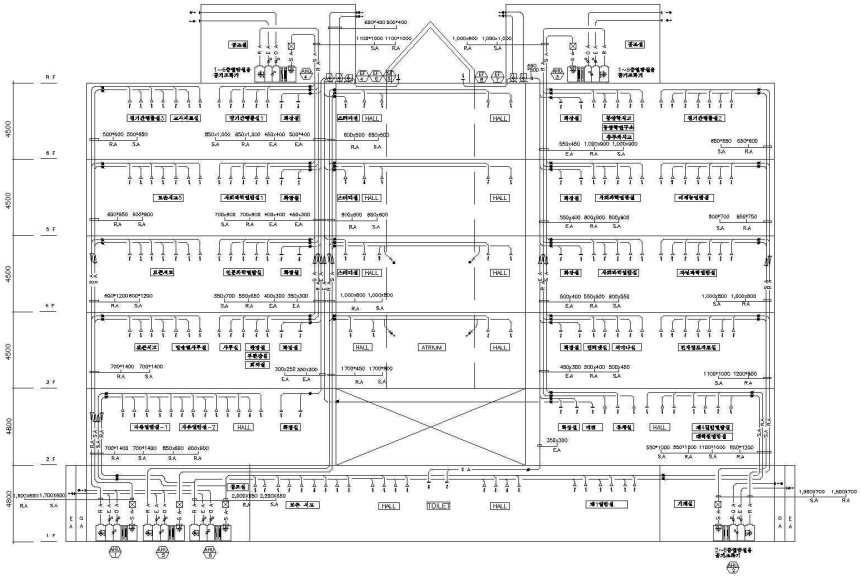
<표 95> 도서관 냉온수 열원 흐름도

| 기계설비 설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 냉온수 열원 흐름도 |  |

<표 96> 도서관 공조덕트 계통도

| 기계설비 설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 공조덕트 계통도 |  |

<표 97> 도서관 공조배관 계통도

| 기계설비 설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 공조배관 계통도 |  |

(4) 에너지 사용량

① 난방에너지 사용량

<표 98> 도서관 난방에너지 사용량_1

| 에너지 사용량 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 가스에너지 ($m^3$) | |

가스사용량(2009년도)

<표 99> 도서관 난방에너지 사용량_2

| 월별 | 2011년 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 사용량($m^3$) | | | | | | | | | | | | |

② 전기에너지 사용량

<표 100> 도서관 전기에너지 사용량_1

| 에너지 사용량 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 전기에너지 (kWh) | |

전력사용량(2009년도)

<표 101> 도서관 전기에너지 사용량_2

| 월별 | 2011년 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 사용량(kWh) | | | | | | | | | | | | |

(5) 실측데이터

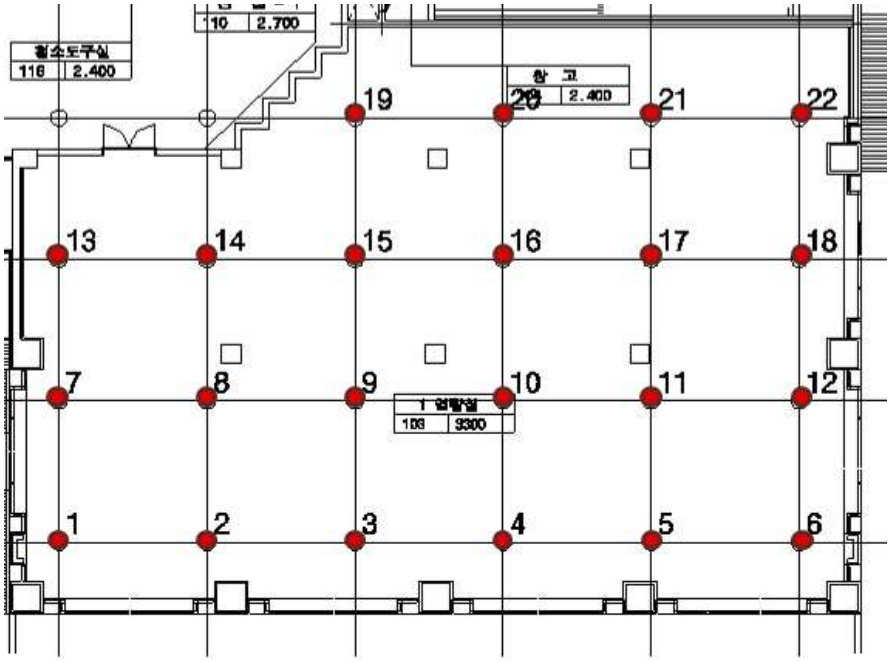
① 실내 온도

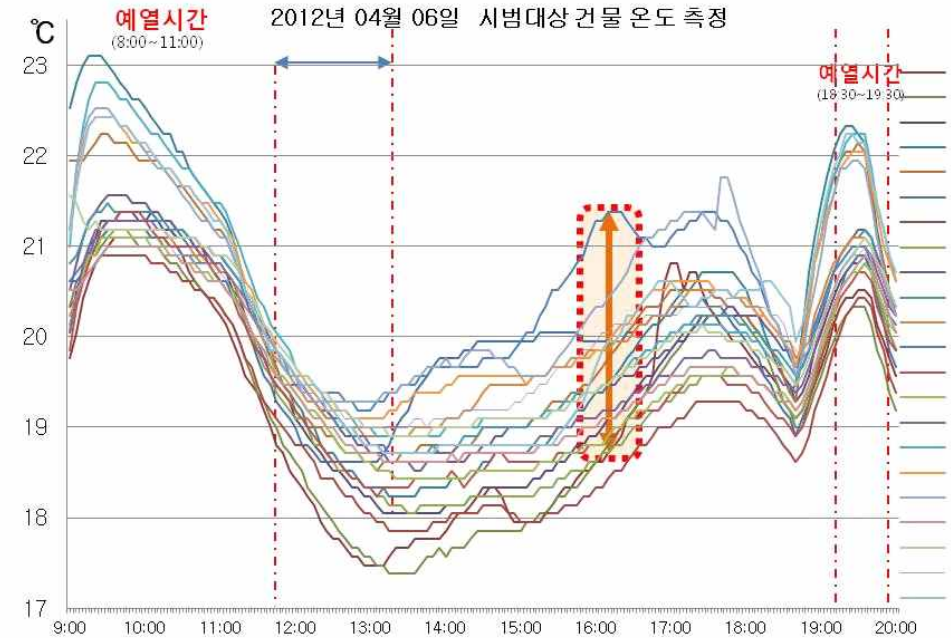
<표 102> 도서관 실내온도 데이터_1

| 구분 | 시간 / 온도(℃) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

<표 103> 도서관 실내온도 데이터_2

| 구분 | 시간 / 온도(℃) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |




2012년 4월 16일

시범 대상 건물 3층의 실내온도 측정 결과 최대 약 3°C의 온도편차 발생

② 스케줄

③ 기계설비 성능

ㄱ. AHU 운전 현황

<표 104> 도서관 AHU 운전현황

| 구 분 | | AHU - 2 |
|---|---|---|
| 냉수 온도 | 입 구 | 12 (℃) |
| | 출 구 | 24 (℃) |
| 냉수 유량 | 합 계 | - |
| | 평 균 | - |
| | 최 대 | - |
| | 최 소 | - |
| AHU 풍량 | Supply 토출측 | - |
| | Return 흡입측 | - |
| FAN 운전 전력 | Supply Fan | 16(kW) |
| | Return Fan | 13(kW) |

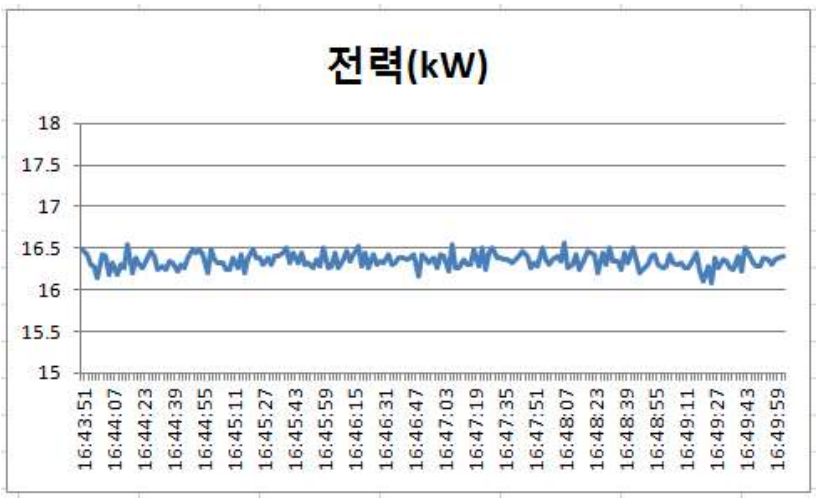
ㄴ. (Main) 냉온수 순환펌프

<표 105> (Main) 냉온수 순환펌프

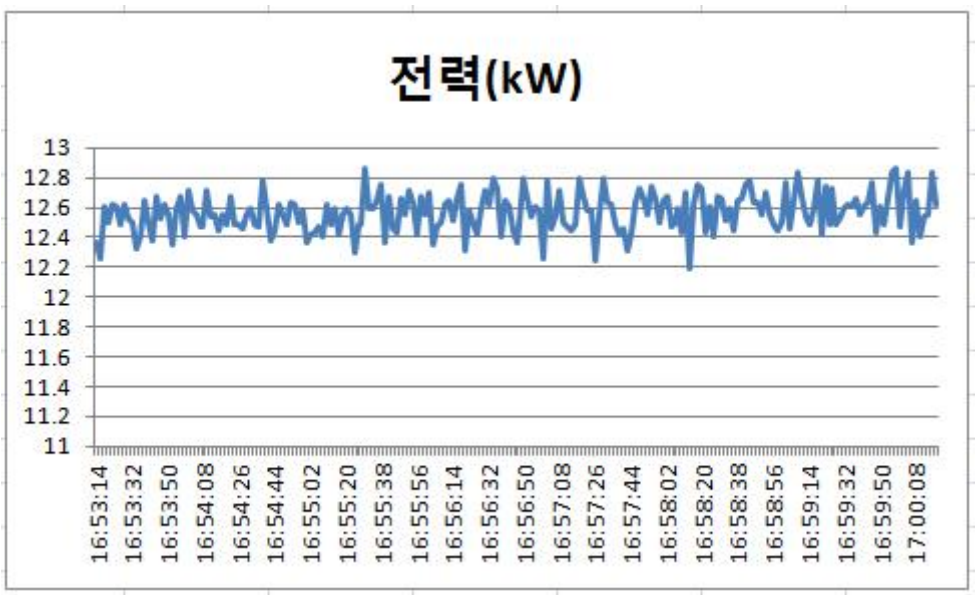
| 전 동 기 | | 펌 프 | |
|---|---|---|---|
| 정 격 전 력 | 운 전 전 력 | 정 격 유 량 | 정 격 양 정 |
| 30(kW) | 26(kW) | 3.557(m3/min) | 24(m) |

ㄷ. 측정자료

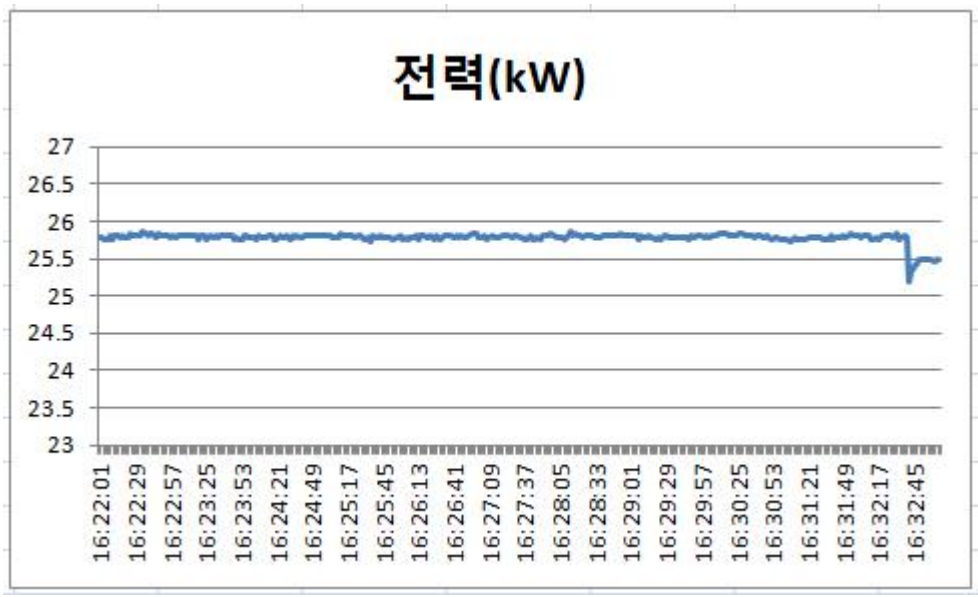
가. Supply Fan 운전 전력 측정자료




나. Return Fan 운전 전력 측정자료




다. 냉온수 순환펌프 운전 전력 측정자료




나. 업무시설

(1) 건축개요

<표 106> 업무시설 건축개요_1

| 상업용 건물 | |
|---|---|
| 건물 위치 | 서울특별시 서초구 |
| 준공일 | 2003년 6월 |
| 주요용도 | 업무시설 (근린생활시설) |
| 규 모 | 지하5층/지상20층 |
| 건축면적(㎡) | 696.16㎡ |
| 냉난방 및 급탕 시스템 | CAV + FCU |

<표 107> 업무시설 건축개요_2

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 면적(㎡) | 대지 | 1,167.50 (353.17평) | | 4,000.84 (1,210.25평) | | 3,266.4 (988.08) |
| | 건축 | 696.16 (210.59평) | | 1,171.46 (354.37평) | | 1,719.74 (520.21) |
| | 연 | 17,164.07 (5,192.11평) | | 40,976.23 (13,395.25평) | | 31,590.41 (9556.05) |
| 건 폐 율 | | 59.63% | | 36.4% | | 52.64% |
| 용 적 율 | | 1,043.24% | | 295% | | 697.52% |
| 건축 구조 | | 철골/철근콘크리트 구조 | | | | |
| 층별용도 | 지하 5층 | 기계실, 전기실 | 지하 5층 | 기계실, 전기실, 발전기실, 중앙감시실 | 지하 4층 | 기계실, 전기실, 발전기실 |
| | 지하 4층 | 주차장, 창고 | 지하 4~1층 | 주차장 | 지하 4~2층 | 주차장 |
| | 지하 3층 | 주차장, 관리사무실 | 지하 1층 | 근린 생활시설 | 지하 1층 | 주차장, 방재센터, 매점 |
| | 지하 2~1층 | 주차장, 방재센타, 근린시설 | 지상 1층 | 로비, 사무실, 방재센터 | 지상 1층 | 로비, 근린생활시설 |
| | 지상 1층 | 로비, 근린시설 | 지상 2~19층 | 사무실 | 지상 2층 | 사무실, 근린생활시설 |
| | 지상 1층 | 사무실, 근린시설 | 지상 20층 | ELEV 기계실, 물탱크실 | 지상 3~17층 | 사무실 |
| | 지상 2~18층 | 사무실 | 옥탑 | 냉각탑 | 지상 18층 | 직원식당, 주방 |
| | 옥탑 1~2층 | E/V 기계실, 고가수조 | | | 옥탑 | ELEV 기계실, 물탱크실 |

(2) 측정사항

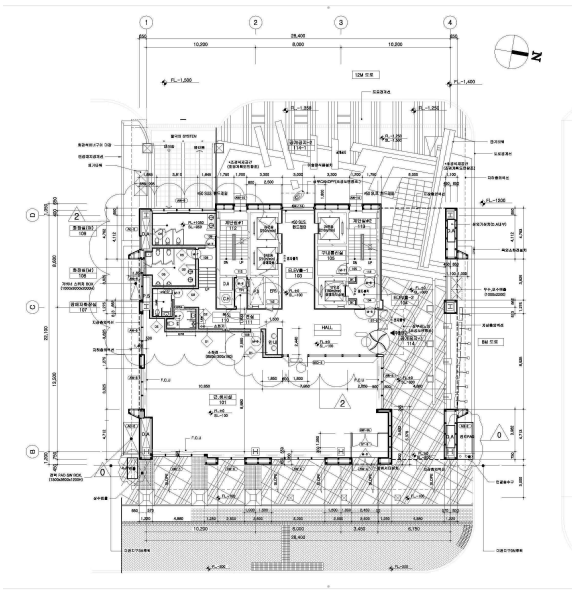
<표 108> 업무시설 측정사항

| 구분 | | 조사 여부 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 건축설계도서 | 건축도면 | ○ | |
| | 기계도면 | ○ | |
| 에너지사용량 | 전기 사용량 | ○ | |
| | 가스 사용량 | ○ | |
| 실측데이터 | 실내 온도(순간) | × | |
| | 실내 조도 | × | |
| | 운영 스케줄 | ○ | |
| | 기계 설비 성능(유량 풍량 등) | × | |

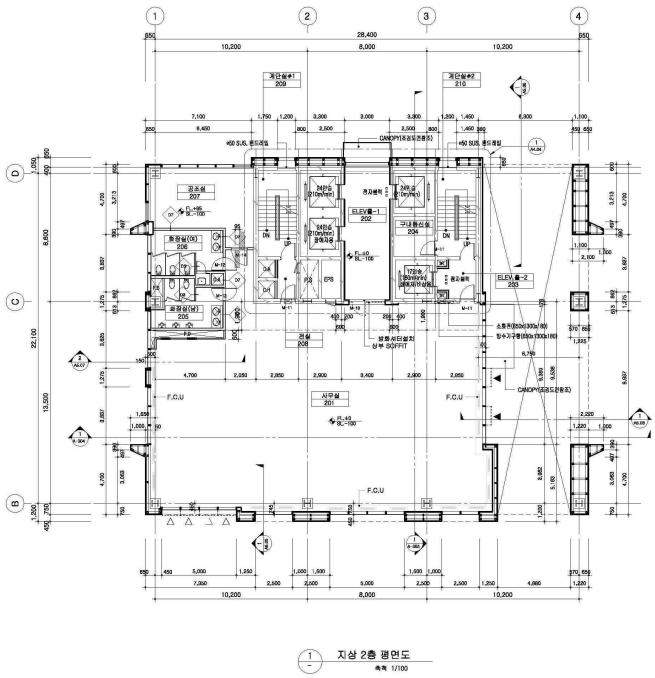
(3) 건축설계도서

① 건축도면

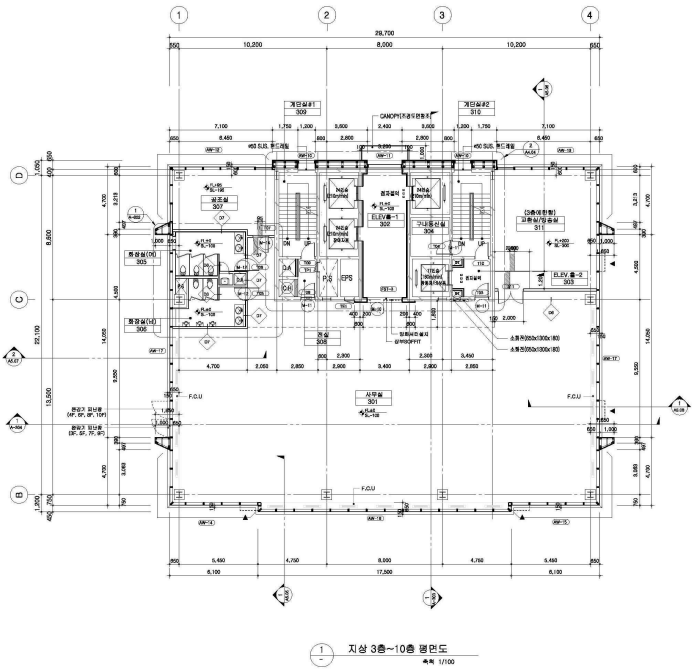
<표 109> 업무시설 1층 평면도

| 건축 설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 평면도<br>(1층) |  |

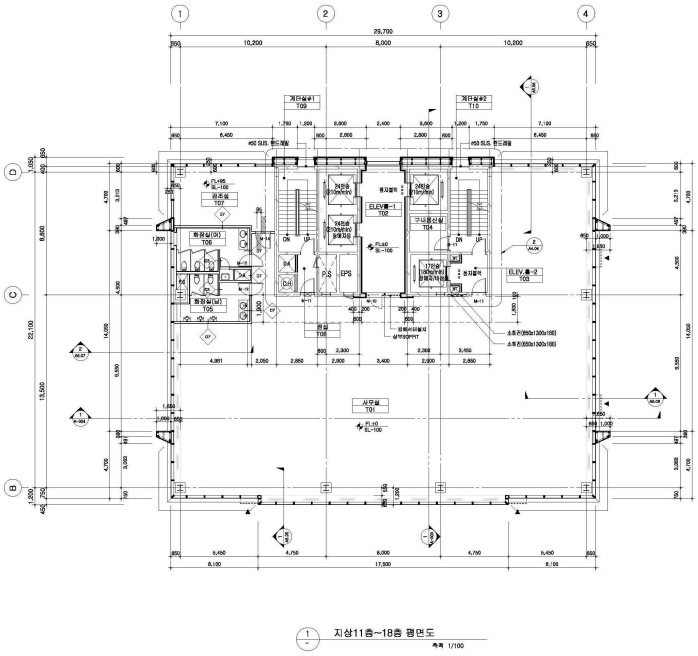
<표 110> 업무시설 2층 평면도

| 건축 설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 평면도<br>(2층) |  |

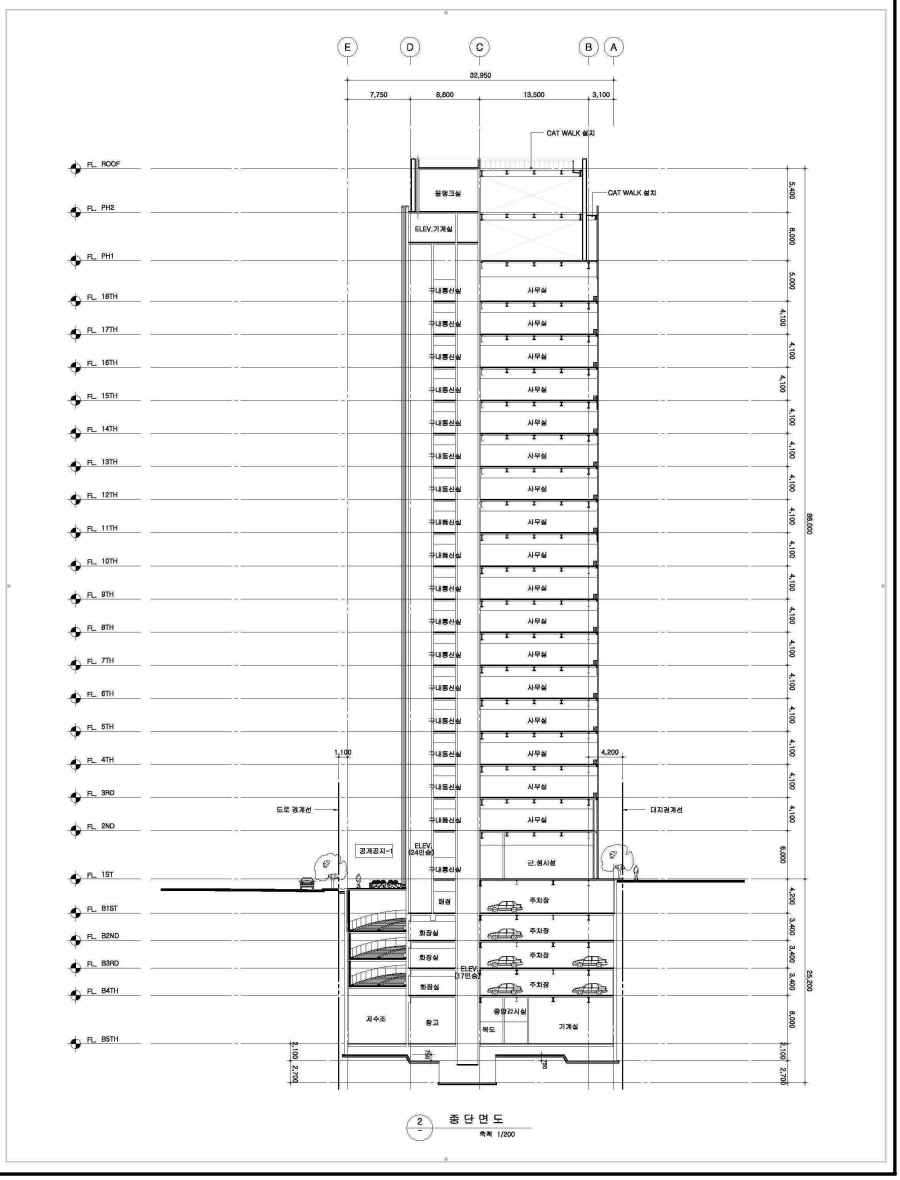
<표 111> 업무시설 3~10층 평면도

| 건축 설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 평면도<br>(3층 ~ 10층) |  |

<표 112> 업무시설 11~18층 평면도

| 건축 설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 평면도<br>(11층 ~<br>18층) |  |

<표 113> 업무시설 주단면도

| 건축 설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 주 단면도 |  |

② 기계설비도면

<표 114> 업무시설 기계설비 현황

| 구분 \ 건물명 | 서초사옥 |
|---|---|
| 난방기기 | 냉온수기 |
| 난방용량 | 907,200<br>(Kcal/hr) |
| 냉방기기 | 냉각탑 |
| 냉방용량 | 1,890,000<br>(Kcal/hr) |
| 유량 | 5,200<br>(LPM) |
| 입/출구 온도 | 37.2/32℃ |
| 휀모터 동력 | 30(kw) |

<표 115> 업무시설 장비일람표_1

| 기계설비 설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 장비일람표 1 | 장비일람표(1) (아래 표 참조) |

장 비 일 람 표 ( 1 )

1. 보일러

| 기호 | 형식 | 용도 | 설치위치 | 용량 (ton/h) | 수량 (대) | 발생증기압 (kg/cm²g) | 가스버너 형식 | 가스버너 사용연료 | 가스버너 압력 (mmAq) | 가스버너 소비량 (Nm³/h) | 가스버너 발열량 (kcal/Nm³) | 압입송풍기 풍량 (CMM) | 압입송풍기 정압 (mmAq) | 압입송풍기 모터 (kW) | 전원 (φ/V/Hz) | 운전중량 (kg) | 연도크기 (φ) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/B | 관류형 | 난방, 가습 | B5 기계실 | 1.0 | 1 | 5 | 강제압입통풍 | GAS(LNG) | 250 | 66.4 | 10,500 | 23 | 500 | 3.7 | 3/380/60 | 1,700 | 300 | 자동경수연화장치, 약제주입장치 포함. 자동제어 INTERROCK POINT확보. 수량계, 보일러 보급수펌프(보일러 업체 공급분). 기타 부속품 일체 구비. |

2. 냉온수기

| 기호 | 형식 | 용도 | 설치위치 | 용량 냉방능력 (USRT) | 용량 난방능력 (kcal/h) | 수량 (대) | 냉수 유량 (LPM) | 냉수 입출구수온(℃) | 냉수 손실수두 (mAq) | 온수 유량 (LPM) | 온수 입출구수온(℃) | 온수 손실수두 (mAq) | 냉각수 유량 (LPM) | 냉각수 입출구수온(℃) | 냉각수 손실수두 (mAq) | 전동기 총입력 (kVA) | 전동기 전원 (φ/V/Hz) | 정수두 (kg/cm²g) | 연료소비량 연료종류 | 연료소비량 가스 (Nm³/h) | 연료소비량 오일 (Lit/h) | 접속배관 구경(φ) 냉수 | 온수 | 냉각수 | 연료 | 운전중량 (kg) | 연도크기 (φ) | 비상전원 용액펌프 | 비상전원 냉매펌프 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/ABH | 흡수식 | 냉, 난방용 | B5기계실 | 300 | 907,200 | 2 | 3,016 | 12/7 | 9.5 | 3,016 | 55/60 | 9.5 | 5,200 | 32/37.5 | 9.4 | 15.8 | 3/380/60 | 20 | GAS(LNG) 250mmAq | 85.8 100.7 | – | 200 | 200 | 250 | 80 | 11,300 | 478x528 | 5.5 | – | 기타 부속품 일체 구비. 방진장치 포함 자동제어 INTERROCK POINT 확보 |

3. 냉각탑

| 기호 | 형식 | 용도 | 설치위치 | 용량 (kcal/h) | 수량 (대) | 송풍기 형식 | 송풍기 풍량 (CMM) | 송풍기 모터 (KW) | 송풍기 전원 (φ/V/Hz) | 냉각수 순환수량 (LPM) | 냉각수 온도(℃) 입구 | 냉각수 온도(℃) 출구 | 냉각수 압력손실 (mAq) | 접속배관구경(φ) 냉각수 입출구 | 오우버플로우 | 드레인 | 자동,수동 보급수 | 운전중량 (kg) | 외기조건(℃) DB | 외기조건(℃) WB | 크기 (mm) | 비상전원 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/CT | 대향류형 유입송풍식 (개방형) | 냉온수기용 | 옥탑 1층 | 1,650,000 x2 | 1 SET | AXIAL | 4,944X2 | 15X2 | 3/380/60 | 5,000 X 2 | 37.5 | 32 | 4.3 | 250 | 80 | 80 | 50 | 10,719 | – | 27 | 7366X3607 X4378 | – | 기타 표준부속품 일체 구비 자동제어 INTERROCK POINT 확보 |
| 2/CT | 압입 송풍식 (밀폐형) | PCA 및 수냉식 PAA 용 | 옥탑 1층 | 340,000 | 1 | SIROCCO | 774 | 11 | 3/380/60 | 1,070 | 37 | 32 | 4.3 | 100 | 50 | 32 | 20 | 3,870 | – | 27 | 3250X1250 X3590 | | 기타 표준부속품 일체 구비 자동제어 INTERROCK POINT 확보 SPRAY PUMP(2.2KW) 포함 및 CONTROL 판넬 포함 |

4. 펌프

| 기호 | 형식 | 용도 | 설치위치 | 수량 (대) | 예비 (대) | 유량 (LPM) | 양정 (m) | 모터 (kW) | 전원 (φ/V/Hz) | 구경(φ) 흡입 | 구경(φ) 토출 | 최고사용압 (kg/cm²g) | 비상전원 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/P | IN-LINE | 냉온수순환용 | B5F 기계실 | 3 | 1 | 3,016 | 37 | 30 | 3/380/60 | 100 | 100 | 16 | – | 기타 표준부속품 일체 구비. |
| 2/P | IN-LINE | 냉각수순환용 | B5F 기계실 | 3 | 1 | 5,200 | 32 | 45 | 3/380/60 | 200 | 200 | 16 | – | 기타 표준부속품 일체 구비. |
| 3/P | 부스터 (인버터) | 급 수 | B5F 기계실 | 1 SET | – | 65 X 2 | 75 | 2.2 X 2 | 3/380/60 | 50 | 50 | 10 | 0 | 기타 표준부속품 일체 구비. |
| 4/P | 부스터 (인버터) | 중 수 | B5F 기계실 | 1 SET | – | 75 X 2 | 75 | 2.2 X 2 | 3/380/60 | 50 | 50 | 10 | 0 | 기타 표준부속품 일체 구비. |
| 5/P | 입형 다단 | 급 수 | B5F 기계실 | 2 | 1 | 100 | 130 | 5.5 | 3/380/60 | 32 | 32 | 16 | 0 | 기타 표준부속품 일체 구비. |
| 6/P | 입형 다단 | 중 수 | B5F 기계실 | 2 | 1 | 283 | 130 | 15 | 3/380/60 | 50 | 50 | 16 | 0 | 기타 표준부속품 일체 구비. |
| 7/P | IN-LINE PUMP | 급탕순환용 | B5F 기계실 8층 공조실 | 4 | 2 | 10 | 5 | 0.047 | 1/220/60 | 25 | 25 | 10 | – | 기타 표준부속품 일체 구비. |
| 8/P | WESTCO 펌프 | 보일러 보급수용 | B5F 기계실 | 2 | 1 | 34 | 110 | 2.2 | 3/380/60 | 25 | 25 | 15 | – | 기타 표준부속품 일체 구비. 보일러 업체 공급분. |
| 9/P | 수중형 | 기계실 SUMP용 (일반형) | B5F 기계실 | 2 | – | 250 | 30 | 5.5 | 3/380/60 | – | 80 | 10 | 0 | 기타 표준부속품 일체 구비. 순차, 교번 기동 방식 |
| 10/P | 수중형 | ELEV SUMP용 | B5F ELEV 하부 | 1 | – | 100 | 15 | 0.75 | 3/380/60 | – | 50 | 10 | 0 | 기타 표준부속품 일체 구비. |
| 11/P | IN-LINE 단단 | 밀폐형 냉각수 순환용 | 옥탑 물탱크실 | 3 | 1 | 535 | 23 | 7.5 | 3/380/60 | 80 | 80 | 10 | – | 기타 표준부속품 일체 구비. |
| 12/P | 입형 다단 | 냉온수 팽창탱크 보급수용 가압펌프 | B5F 기계실 | 2 | 1 | 50 | 30 | 0.8 | 3/380/60 | 32 | 32 | 15 | – | 기타 표준부속품 일체 구비. |
| 13/P | 우물 펌프 | CT-2용 냉각수 팽창탱크 보급수용 가압펌프 | 옥탑 물탱크실 | 2 | 1 | 40 | 28 | 0.79 | 1/220/60 | 25 | 25 | 5 | – | 기타 표준부속품 일체 구비. 압력에 의한 자동 동작이 되어야 함 |
| 14/P | 온수순환펌프 | 급탕탱크 대류용 | B5F 기계실 | 2 | 1 | 155 | 7 | 0.39 | 1/220/60 | 40 | 40 | 10 | – | 기타 표준부속품 일체 구비. 급탕탱크 업체 공급분. |
| 15/P | 수중형 | 기계실 SUMP용 ( 비상용) | B5F 기계실 | 1 | – | 800 | 35 | 11 | 3/380/60 | – | 100 | 10 | 0 | 기타 표준부속품 일체 구비. |
| 16/P | 엔진펌프 | 기계실 SUMP용 ( 비상용) | B5F 기계실 | 1 | – | 800 | 35 | – | – | 80 | 80 | 10 | – | 기타 표준부속품 일체 구비. |
| 17/P | 수중형 | 응축수조 배수용 | B5F 기계실 | 1 | – | 110 | 7 | 0.25 | 1/220/60 | 25 | 25 | 5 | 0 | 기타 표준부속품 일체 구비. |

<표 116> 업무시설 장비일람표_2

| 기계설비 설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 장비일람표 2 | 장 비 일 람 표 (2)<br>5. 공기조화기(RETURN FAN 내장형)<br>6. 급탕기열기<br>7. 패키지에어콘(공냉식)<br>8. 팬코일 유니트 |

<표 117> 업무시설 장비일람표_3

| 기계설비 설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 장비일람표 3 | (아래 장비일람표 (3) 참조) |

장 비 일 람 표 (3)

9. 항온항습기(수냉식)

| 기호 | 형식 | 용도 | 설치위치 | 냉방능력 (kcal/h) | 수량 (대) | 압축기 형식 | 압축기 모터 (kW) | 압축기 설치위치 | 송풍기 풍량 (CMM) | 송풍기 정압(mmAq) 기내 | 송풍기 정압(mmAq) 기외 | 송풍기 모터 (kW) | 응축기 형식 | 응축기 냉각수량 (LPM) | 응축기 손실수두 (mAq) | 가열코일 | 가열코일 용량 (kW) | 가습기 형식 | 가습기 가습량 (kg/h) | 가습기 동력 (kw) | 전원 (ø/V/Hz) | 운전중량(kg) 실내기 | 운전중량(kg) | 비상전원 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 PCA | 일형 | MDF실용 | 3F M.D.F실 | 26,300 | 1 | 전밀폐형 왕복동식 | 3.75X2 | 실내기 | 155 | – | – | 2.2 | DOUBLE TUBE | 104 | 3.1 | | 14 | PAN | 4.8 | 2 X 2 | 3/380/60 | 260 | | 0 | 기타 표준부속품 일체구비 |

10. 탱 크

| 기호 | 형식 | 용도 | 설치위치 | 수량 (대) | 크기(mm) W x L x H | 유효수량 (LIT) | 케이싱 재질 | 두께(mm) 옆판 | 두께(mm) 밑판 | 두께(mm) 윗판 | 내부 칸막이 | 단열 및 마감 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 T | 각형 | 지하저수조(급수) | B5F 기계실 | 1 | 4750X6650X3325 | 80,000 | STS 304 | 상세도 참조 | 상세도 참조 | 상세도 참조 | 유 | THK50 우레탄폼 + THK0.7 AL 자켓마감 | 상판,측판중 최상단의 재질은 STS316임, 기타 표준부속품 일체구비 |
| 2 T | 각형 | 지하저수조(중수) | B5F 기계실 | 1 | 4750X9500X3325 | 130,000 | STS 304 | | | | 유 | THK50 우레탄폼 + THK0.7 AL 자켓마감 | 상판,측판중 최상단의 재질은 STS316임, 기타 표준부속품 일체구비 |
| 3 T | 각형 | 고가수조(급수) | 옥탑물탱크실 | 1 | 4750X6650X2850 | 60,000 | STS 304 | | | | 유 | THK50 우레탄폼 + THK0.7 AL 자켓마감 | 상판,측판중 최상단의 재질은 STS316임, 기타 표준부속품 일체구비 |
| 4 T | 각형 | 고가수조(중수) | 옥탑물탱크실 | 1 | 3800X4750X2850 | 30,000 | STS 304 | | | | 유 | THK50 우레탄폼 + THK0.7 AL 자켓마감 | 상판,측판중 최상단의 재질은 STS316임, 기타 표준부속품 일체구비 |
| 5 T | 각형 | 응축수조 | B5F 기계실 | 1 | 1425X1425X950 | 1,000 | STS 316 | | | | 무 | THK50 우레탄폼 + THK0.7 AL 자켓마감 | 기타 표준부속품 일체구비 |
| 6 T | 입형 | 냉온수용 팽창탱크 | B5F 기계실 | 1 | 763X2298 | 800 | SS400 | – | – | – | – | 본체도장 | 기타 표준부속품 일체구비 (콤퓨레샤:1kw) |
| 7 T | 입형 | PAC 냉각수용 팽창탱크 | 옥탑물탱크실 | 1 | 380X810 | 75 | SS400 | – | – | – | – | 본체도장 | 기타 표준부속품 일체구비 |
| 8 T | 입형 | 보일러 약품탱크 | B5F 기계실 | 1 | – | 500 | PVC | – | – | – | – | – | 기타 표준부속품 일체구비 보일러업체 공급분 |
| 9 T | 입형 | PAC 냉각수용 부동액탱크 | 옥탑물탱크실 | 1 | – | 800 | PVC | – | – | – | – | – | 기타 표준부속품 일체구비 냉각탑업체 공급분 |

11. 팬

| 기호 | 형식 | 용도 | 설치위치 | 수량 (대) | 풍량 (CMM) | 정압 (mmAq) | 모터 (kW) | 전원 (ø/V/Hz) | 크기 (mm) | 운전중량 (kg) | 비상전원 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 F | MIXED FLOW | B5F 급기 | B5F 기계실 | 1 | 576 | 25 | 3.7 X 2 | 3/380/60 | MFB 800 | – | o | 기타 표준부속품 일체구비 BOX TYPE |
| 2 F | MIXED FLOW | B5F 배기 | B5F 기계실 | 1 | 511 | 23 | 3.7 X 2 | 3/380/60 | MFB 800 | – | o | 기타 표준부속품 일체구비 BOX TYPE |
| 3 F | SIROCCO | B4~B1 주차장 급기 | B4F~B1F 휀룸 | 4 | 317 | 12 | 2.2 | 3/380/60 | #6 SS | – | – | 기타 표준부속품 일체구비 |
| 4 F | SIROCCO | B4~B1 주차장 배기 | B4F~B1F 휀룸 | 3 | 317 | 12 | 2.2 | 3/380/60 | #6 SS | – | – | 기타 표준부속품 일체구비 |
| 5 F | SIROCCO | 화장실 배기(고층용) | 옥탑 1층 | 1 | 184 | 20 | 1.5 | 3/380/60 | #3 1/2SS | – | – | 기타 표준부속품 일체구비 |
| 6 F | SIROCCO | 화장실 배기(저층용) | 옥탑 1층 | 1 | 220 | 47 | 3.7 | 3/380/60 | #4 1/2SS | – | – | 기타 표준부속품 일체구비 |
| 7 F | SIROCCO | 지하 부속실 급기 (중앙감시실,B5F복도,용원실 관리사무실,방재센터) | B5F 기계실 | 1 | 63 | 25 | 0.75 | 3/380/60 | #2 DS | – | – | 기타 표준부속품 일체구비 BOX TYPE |
| 8 F | CEILING 부착형 | 중앙감시실,용원실,대정 배기 방재센터,관리사무실 배기 | 중앙감시실,용원실,대정 방재센터,관리사무실 | 5 | 7 | 3 | 0.04 | 1/220/60 | 200 | – | – | 기타 표준부속품 일체구비 |
| 9 F | WALL | 발전기실 배기 | B5F 발전기실 | 1 | 58 | 3 | 0.25 | 1/220/60 | 300 | – | o | 기타 표준부속품 일체구비 |
| 10 F | IN-LINE | ELEV기계실 배기 | ELEV 기계실 | 1 | 19 | 10 | 0.1 | 1/220/60 | 380 | – | – | 기타 표준부속품 일체구비 |
| 11 F | SIROCCO | 정화조 급기 | 정화조 중간관리층 | 1 | 55 | 12 | 0.7 | 3/380/60 | #2 1/2SS | – | – | 기타 표준부속품 일체구비 |
| 12 F | AIRFOIL | 정화조 배기 | 최상층 | 1 | 75 | 60 | 2.2 | 3/380/60 | #3 SS | – | o | 기타 표준부속품 일체구비 |
| 13 F | WALL | 창고-3,4, 비상E/L실배기 옥탑물탱크실 배기 | 창고-3,4, 비상E/L실 옥탑물탱크실 | 5 | 7 | 3 | 0.04 | 1/220/60 | 200 | – | – | 기타 표준부속품 일체구비 |

15. 헤 더

| 기호 | 용도 | 설치위치 | 수량 (대) | 크기 (mm) ø x L | 재질 | 보온 및 마감 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 H | 냉,온수 공급 헤더 | 지하5층 기계실 | 1 | 300 X 3110 | SCH #40 백강관 | THK 50 유리솜 보온후 0.45T 칼라함석 마감 | 상세도 참조 |
| 2 H | 냉,온수 환수 헤더 | 지하5층 기계실 | 1 | 300 X 3420 | SCH #40 백강관 | THK 50 유리솜 보온후 0.45T 칼라함석 마감 | 상세도 참조 |
| 3 H | 증기 공급 헤더 | 지하5층 기계실 | 1 | 150 X 1620 | SCH #40 흑강관 | THK 50 유리솜 보온후 0.45T 칼라함석 마감 | 상세도 참조 |

<표 118> 업무시설 장비일람표_4

| 기계설비 설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 장비일람표 4 | |

장 비 일 람 표 ( 4 )

16. 수처리 장치

| 기 호 | 명 칭 | 용 도 | 설 치 위 치 | 수 량 (set) | 처리 수량 (LPM) | 크 기 (mm) | 재 질 | 형 식 | 사용압력 (kg/cm²) | 접속관경 (mm) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 W1 | PIPE 연결부 | 계량부 냉각탑용 | 옥탑 1층 | 2 | 5,200 | 메이커 참조 | HIGH PRESSURE P.V.C | 호흡 +온동식이온 | – | 250 | 기타 표준부속품 일체구비. 설치 방법:DIY-PASS 병식. |
| 2 W2 | PIPE 연결부 | 급수용 | 기계실 옥탑 물탱크실 | 2 | 130 100 | 메이커 참조 | 메이커 참조 | 자석+세륜+필터 | – | 50 | 기타 표준부속품 일체구비. |

17. 에어커튼

| 기 호 | 명 칭 | 용 도 | 설 치 위 치 | 수 량 (set) | 난방능력 (kcal/h) | 풍 속 (m/sec) | 풍 량 (CMM) | 길이 (mm) | 소 음 도 (db) | 히 터 (kw) | 전 원 (φ/V/Hz) | 접속관경(φ) 입 구 | 접속관경(φ) 출 구 | 중 량 (kg) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 AC | 온 수 형 | 에 어 커 튼(여기저기참조) | 지상 1층 | 2 | 13,800 | 12 | 40 | 1,000 | 72 | 0.2 | 3/380/60 | 25 | 25 | 52 | 기타 표준부속품 일체구비. |

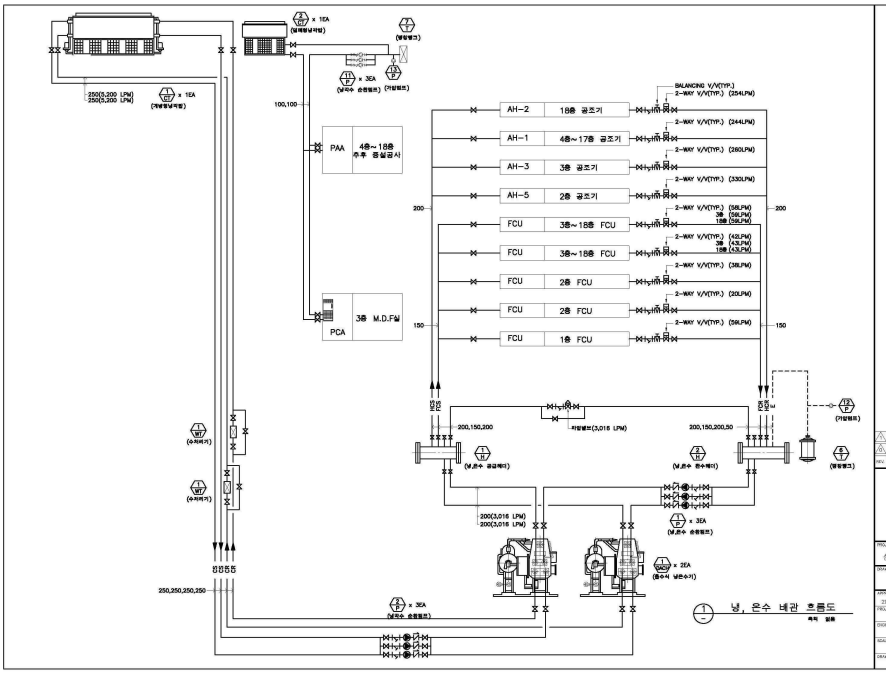
18. 라디에이터

| 기 호 | 명 칭 | 용 도 | 설 치 위 치 | 수 량 (set) | 난방능력 (kcal/h) | 실내온도 (℃) | 증기압 (kg/cm²) | 폭 (mm) | 길이 (mm) | 높이 (mm) | 죽수 (EA) | 재질 | 접속관경(φ) 입 구 | 접속관경(φ) 출 구 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 RD | 세 주 형 | 동치 방지용 | 최상층 | 36 | 1,225 | 18 | 0.35 | 60 | 300 | 600 | 5 | 알루미늄 동관삽입 | 20 | 20 | 기타 표준부속품 일체구비. |

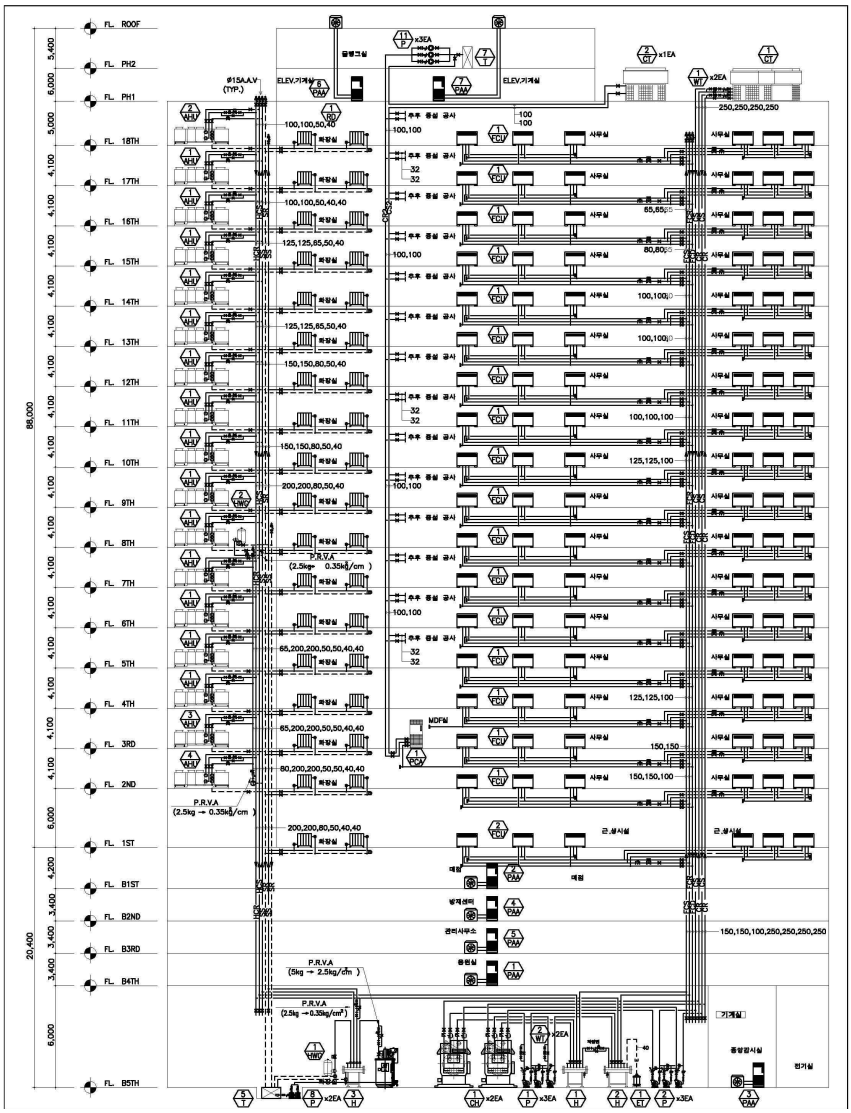
19. 위생 기구 일람표

| 기 호 | 명 칭 | 모 델 번 호 | 수량 B4 | 수량 B3 | 수량 B2 | 수량 B1 | 수량 1F | 수량 2F~18F | 수량 합 계 | 접속구경(φ) 급수 | 접속구경(φ) 급탕 | 접속구경(φ) 배수 | 접속구경(φ) 트수 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| WC-1 | 대 변 기 | CC – 102R | 2 | 2 | 2 | 3 | 5 | 83 | 96 | 25 | – | – | 100 | 기타 표준 부속품 일체 구비. FLUSH TYPE(절수형). 유지밸브(BP-25) 설치. |
| WC-2 | 대 변 기 | CC – 102R | – | – | – | – | 2 | – | 2 | 25 | – | – | 100 | 기타 표준 부속품 일체 구비. FLUSH TYPE(절수형). 유지밸브(BP-25) 설치. 장애자용 부속포함 |
| UR-1 | 전자감응식내장형소변기 | CU-511 | 3 | – | 3 | – | 2 | 81 | 89 | 15 | – | – | 50 | 기타 표준 부속품 일체 구비. (전자감응식 변기이용) |
| UR-2 | 전자감응식내장형소변기 | CU-511 | – | – | – | – | 1 | – | 1 | 15 | – | – | 50 | 기타 표준 부속품 일체 구비. 장애자용 손잡이 포함 ( 전자감응식 변기이용) |
| LA-1 | 세 면 기 | CL-506 | 1 | 2 | 1 | 2 | 4 | 68 | 78 | 15 | 15 | 32 | – | 기타 표준 부속품 일체 구비. 절수형 혼합수전(A1511C). 클리노홀(SL-5) 포함 |
| LA-2 | 세 면 기 | CL-302 | – | – | – | – | 2 | – | 2 | 15 | 15 | 32 | – | 기타 표준 부속품 일체 구비. 절수형 혼합수전(A1572C). 장애자용 손잡이 포함 |
| JS-1 | 청 소 싱 크 | CS-1(1H) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 17 | 22 | 20 | 20 | 75 | – | 기타 표준 부속품 일체 구비. A4212(20A) 수전포함 |
| SH-1 | 샤 워 수 전 | A2010C | 3 | 2 | – | – | – | – | 4 | 15 | 15 | – | – | 기타 표준 부속품 일체 구비. 절수형 혼합수전. 비누대, 수건걸이 포함 |
| F-1 | 청 비 싱 크 수 전 | A2036C | 1 | 1 | – | – | – | – | 2 | 15 | 15 | 50 | – | 기타 표준 부속품 일체 구비. 절수형 혼합수전. |

<표 119> 업무시설 냉온수 배관 흐름도

| 기계설비 설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 냉온수배관 흐름도 |  |

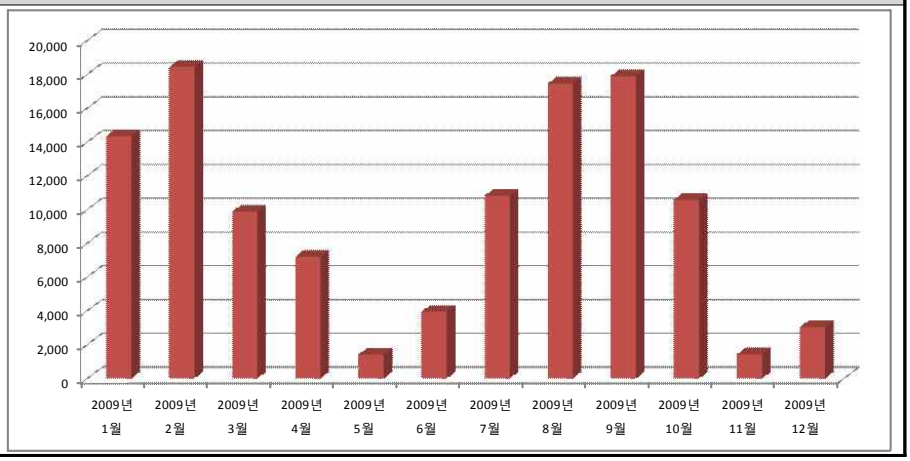
<표 120> 업무시설 공조배관 계통도

| 기계설비 설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 공조배관 계통도 |  |

(4) 에너지 사용량

① 난방에너지 사용량

<표 121> 업무시설 난방에너지 사용량_1

| 에너지 사용량 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 가스에너지 ($m^3$) |  |



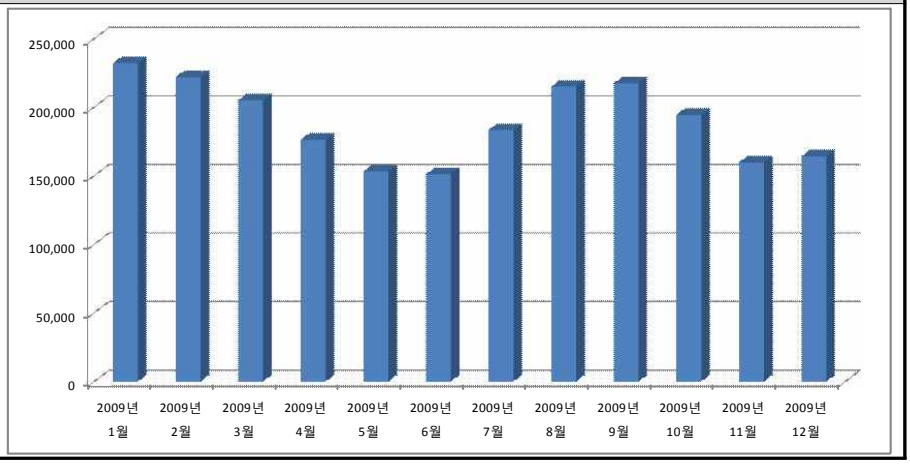
가스사용량(2009년도)

<표 122> 업무시설 난방에너지 사용량_2

| 월별 | 2009년 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 사용량($m^3$) | 232,220 | 221,840 | 205,100 | 176,240 | 153,170 | 151,120 | 183,312 | 215,004 | 217,320 | 194,256 | 159,648 | 164,234 |

② 전기에너지 사용량

<표 123> 업무시설 전기에너지 사용량_1

| 에너지 사용량 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 전기에너지 (kWh) |  |



전력사용량(2009년도)

<표 124> 업무시설 전기에너지 사용량_2

| 월별 | 2009년 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 사용량(kWh) | 232,220 | 221,840 | 205,100 | 176,240 | 153,170 | 151,120 | 183,312 | 215,004 | 217,320 | 194,256 | 159,648 | 164,234 |

(5) 실측데이터

① 실내 온도

<표 125> 업무시설 실내온도 데이터_1

| 구분 | 시간 / 온도(℃) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

<표 126> 업무시설 실내온도 데이터_2

| 구분 | 시간 / 온도(℃) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

2012년 월 일

② 스케줄

<표 127> 업무시설 스케줄

| 구분 \ 건물명 | | 서초사옥 |
|---|---|---|
| 온도 관리기준 | 환절기 | 26℃ |
| | 하절기 | 25℃ |
| | 동절기 | 23.5℃ |
| 냉방장비 운영기준 | 외기기준 | 25℃ 이상 |
| | A.H.U | 05:00~18:30 |
| | F.C.U | 05:00~18:30 |
| | 냉동기 | 05:00~18:30<br>(월 04:00~18:30) |
| | 온수보일러 | 05:00~18:30<br>(월 04:00~18:30) |
| | 냉방 운영조건 | 환절기에는 냉열원을 운영하지 않고 외기 Damper 밸브로만 제어<br>(4~5월, 10~11월) |
| 난방장비 운영기준 | 외기기준 | 5℃ 이하 |
| | A.H.U | 05:00~18:30 |
| | F.C.U | 05:00~18:30 |
| | 온수보일러 | 05:00~18:30<br>(월 04:00~18:30) |
| | 난방 운영조건 | 동파방지운전<br>(새벽에 운영) |
| 조명 | 7:00~24:00<br>외등(간판등)<br>일몰시간~24:00 | |

③ 기계설비 성능

다. 판매시설

(1) 건축개요

<표 128> 판매시설 건축개요

| 기숙사 | |
|---|---|
| 건물 위치 | |
| 준공일 | |
| 주요용도 | 판매시설 |
| 규 모 | |
| 건축면적(㎡) | |
| 난방 및 급탕 시스템 | |

(2) 측정사항

<표 129> 판매시설 측정사항

| 구분 | | 조사 여부 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 건축설계도서 | 건축도면 | ○ | |
| | 기계도면 | ○ | |
| 에너지사용량 | 전기 사용량 | ○ | |
| | 가스 사용량 | ○ | |
| 실측데이터 | 실내 온도(순간) | ○ | |
| | 실내 조도 | ○ | |
| | 운영 스케줄 | ○ | |
| | 기계 설비 성능(유량 풍량 등) | ○ | |

(3) 건축설계도서

① 건축도면

<표 130> 판매시설 평면도

| 건축설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 평면도 (기준층) | |

② 기계설비도면

<표 131> 판매시설 기계설비도면

| 건축설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 계통도 | |

(4) 에너지 사용량

① 난방에너지 사용량

<표 132> 판매시설 난방에너지 사용량_1

| 에너지 사용량 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 가스 사용량 | |

<표 133> 판매시설 난방에너지 사용량_2

| 월별 | 2011년 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 사용량(㎥) | | | | | | | | | | | | |

② 전기에너지 사용량

<표 134> 판매시설 전기에너지 사용량_1

| 에너지 사용량 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 전기에너지 | |

<표 135> 판매시설 전기에너지 사용량_2

| 월별 | 2011년 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 사용량(kWh) | | | | | | | | | | | | |

(5) 실측데이터

① 실내 온도

ㄱ. 1층

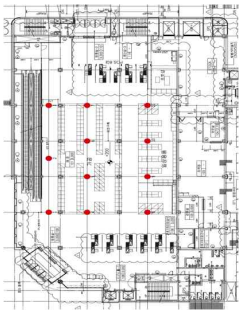
<표 136> 판매시설 1층 실내온도 데이터_1

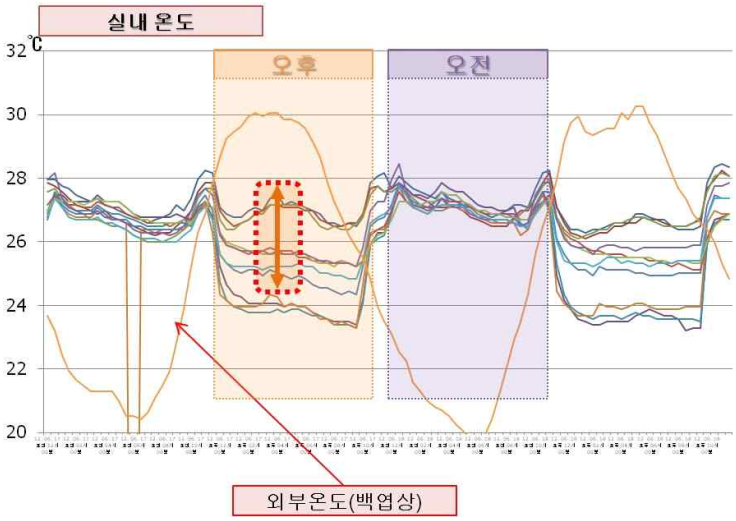
| 구분 | 시간 / 온도(℃) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

<표 137> 판매시설 1층 실내온도 데이터_2

| 구분 | 시간 / 온도(℃) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

2012년 월 일






판매시설 1층의 실내온도 측정 결과 최대 약 3.2℃의 온도편차 발생

ㄴ. 5층

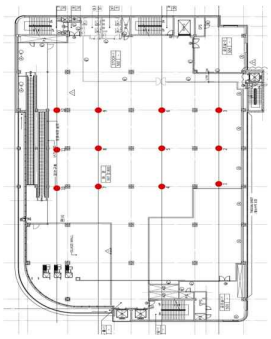
<표 138> 판매시설 5층 실내온도 데이터_1

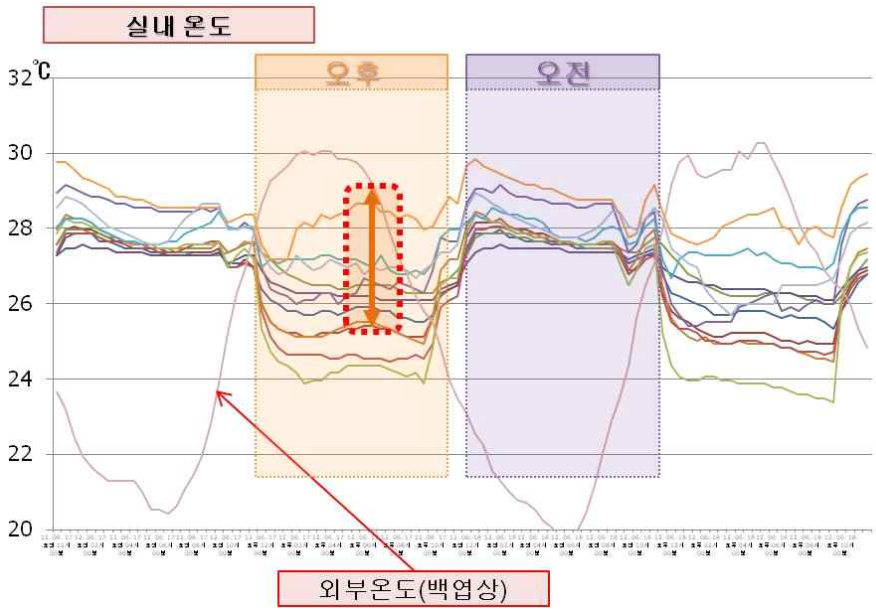
| 구분 | 시간 / 온도(℃) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

<표 139> 판매시설 5층 실내온도 데이터_2

| 구분 | 시간 / 온도(℃) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

2012년 월 일






판매시설 5층의 실내온도 측정 결과 최대 약 4.8℃의 온도편차 발생

② 스케줄

③ 기계설비 성능

ㄱ. AHU 설비 현황

<표 140> 판매시설 AHU 설비현황

| 구 분 | | AHU - 12 | AHU - 11 |
|---|---|---|---|
| 설치 위치 | | 지상 6층 우하 | 지상 6층 좌측 |
| 공조 담당 구역 | | 5층 우측<br>가전 코너 | 5층 좌측<br>문구, 팬시 코너 |
| 설비 사양 | Cooling Capa | 156,711 (Kcal/hr) | 160,037 (Kcal/hr) |
| | Heating Capa | 82,113 (Kcal/hr) | 84,978 (Kcal/hr) |
| | Supply Fan | (풍량) 467(CMM) x 38 (mmAq) | |
| | | (동력) 15(kW) x 1 (대) | |
| | Return Fan | (풍량) 417(CMM) x 37 (mmAq) | |
| | | (동력) 7.5(kW) x 1 (대) | |

ㄴ. AHU 운전 현황

<표 141> 판매시설 AHU 운전현황

| 구 분 | | AHU - 12 | AHU - 11 |
|---|---|---|---|
| 냉수 온도 | 입 구 | 14 (℃) | |
| | 출 구 | 20 (℃) | |
| 냉수 유량 | 합 계 | 674(m3/day) | - |
| | 평 균 | 28(m3/hr) | - |
| | 최 대 | 39(m3/hr) | - |
| | 최 소 | 21(m3/hr) | - |
| AHU 풍량 | Supply 토출측 | 170.8 (m3/min) | - |
| | Return 흡입측 | 640.6 (m3/min) | - |
| FAN(SF + RF) 운전 전력 | | 13(kW) | 12(kW) |

ㄷ. (Main) 냉온수 순환펌프

<표 142> 판매시설 (Main) 냉온수 순환펌프

| 전 동 기 | | 펌 프 | |
|---|---|---|---|
| 정 격 전 력 | 운 전 전 력 | 정 격 유 량 | 정 격 양 정 |
| 45(kW) | 44(kW) | 4.5(m3/min) | 39(m) |

ㄹ. (Main) 냉각수 순환펌프

<표 143> 판매시설 (Main) 냉각수 순환펌프

| 전 동 기 | | 펌 프 | |
|---|---|---|---|
| 정 격 전 력 | 운 전 전 력 | 정 격 유 량 | 정 격 양 정 |
| 55(kW) | 39(kW) | 7.5(m3/min) | 27(m) |

ㅁ. (Main) 냉동기

<표 144> 판매시설 (Main) 냉동기

| 전 동 기 | |
|---|---|
| 정 격 전 력 | 운 전 전 력 |
| 259(kW) | 191(kW) |

ㅂ. 5층 조명

가. 분전반에서 조명으로 명기된 차단기에서 전력 측정

나. 측정전력 : 9(kW)

ㅅ. 측정자료

가. Fan 풍량 측정자료

1) Supply Fan 토출측 풍량

<표 145> 판매시설 Supply Fan 토출측 풍량

| 풍 속 (m/s) | 1 회 | 2 회 | 3 회 | 평 균 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 풍속(m/s) | 풍량(m3/min) |
| 평 균 | 4.37 | 4.35 | 4.12 | 4.28 | 170.8 |
| 최 소 | 4.02 | 3.97 | 3.44 | 3.81 | 152.0 |
| 최 대 | 4.75 | 4.67 | 4.56 | 4.66 | 185.9 |

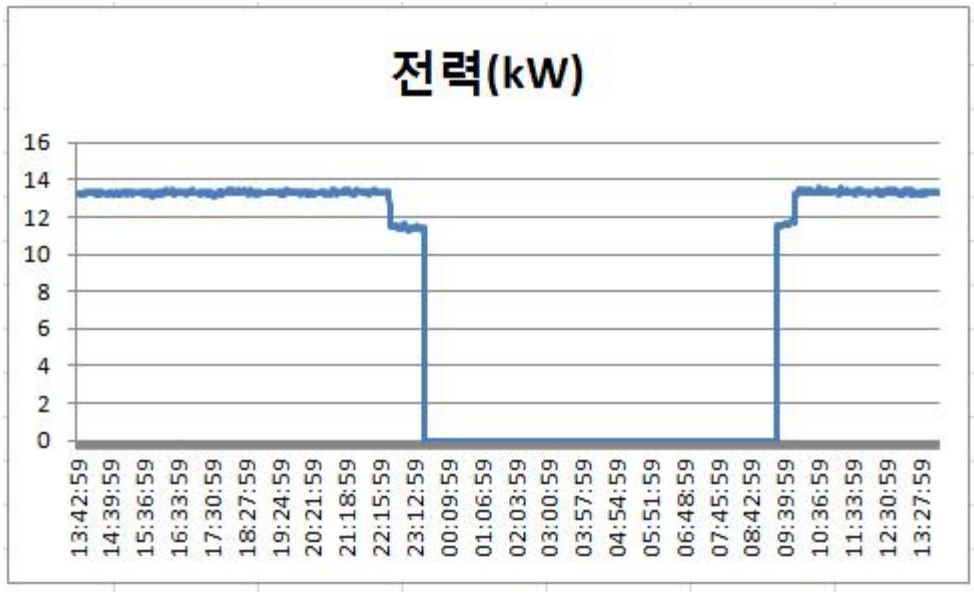
2) Return Fan 흡입측 풍량

<표 146> 판매시설 Return Fan 흡입측 풍량

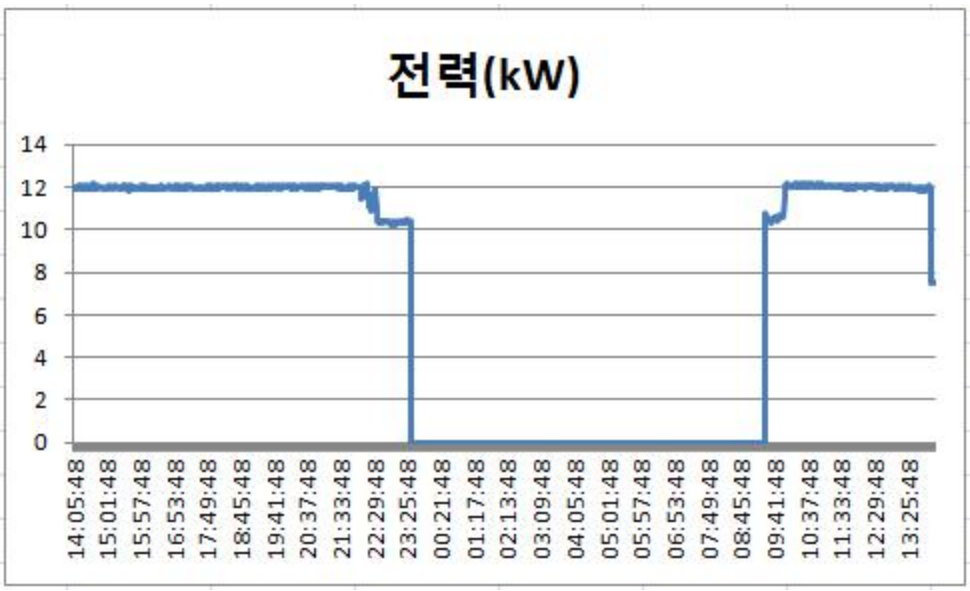
| 풍 속 (m/s) | 1 회 | 2 회 | 3 회 | 평 균 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 풍속(m/s) | 풍량(m3/min) |
| 평 균 | 17.07 | 17.09 | 17.36 | 17.17 | 640.6 |
| 최 소 | 17.60 | 15.69 | 16.47 | 16.59 | 618.9 |
| 최 대 | 17.74 | 18.43 | 18.59 | 18.25 | 680.9 |

나. 운전 전력 측정자료

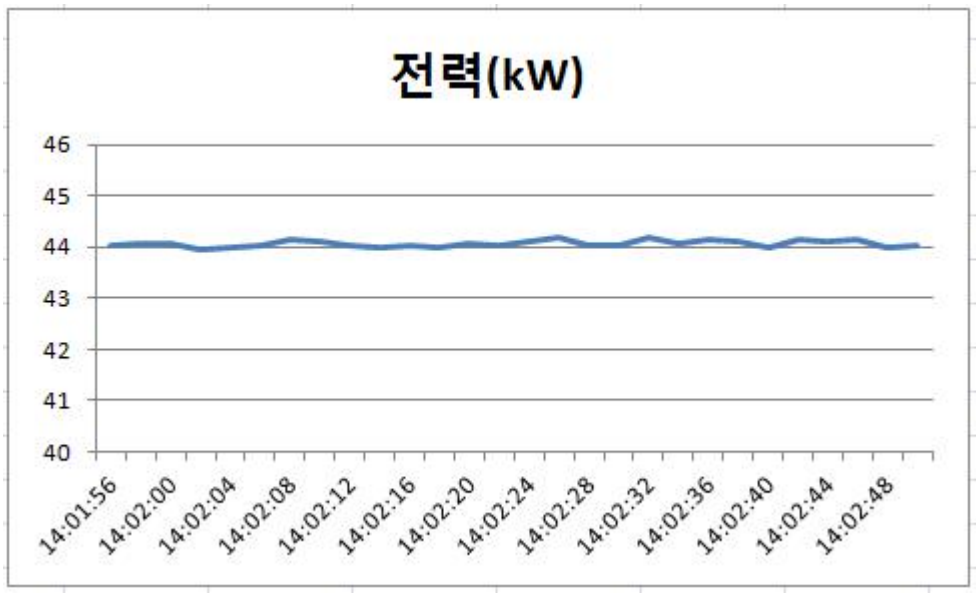
1) AHU - 12 FAN(SF + RF) 운전 전력



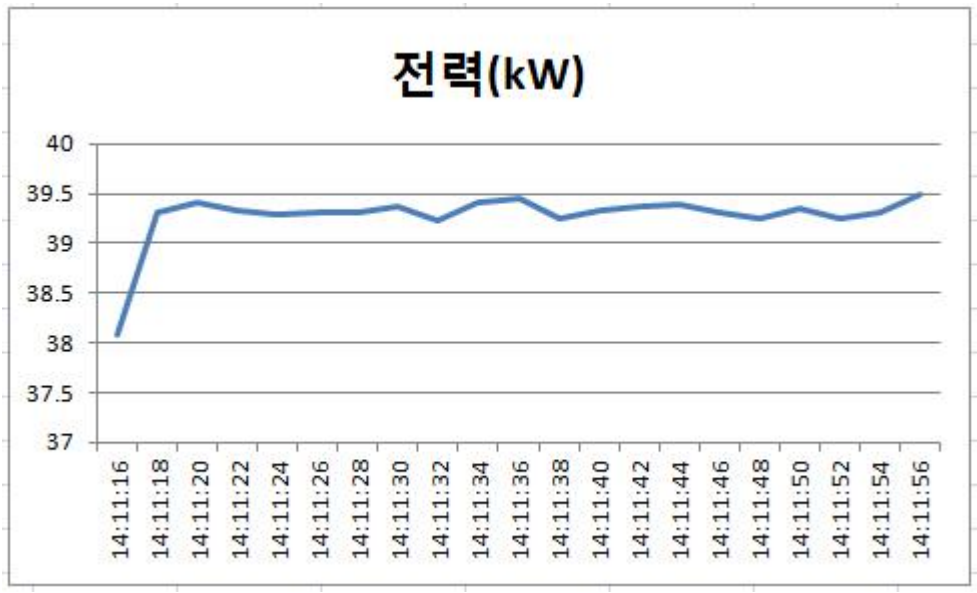

2) AHU - 11 FAN(SF + RF) 운전 전력



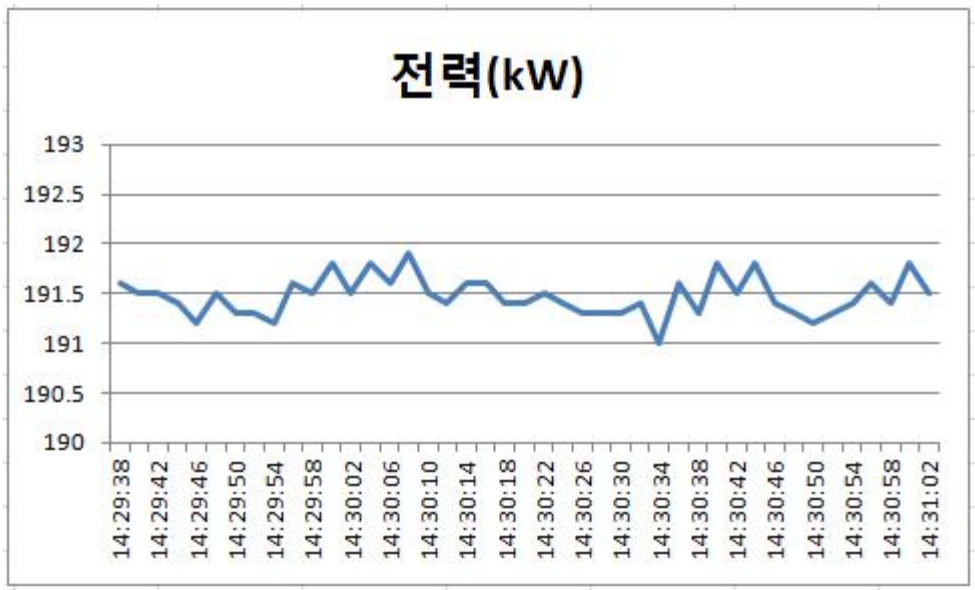
3) 냉온수 순환펌프 운전 전력



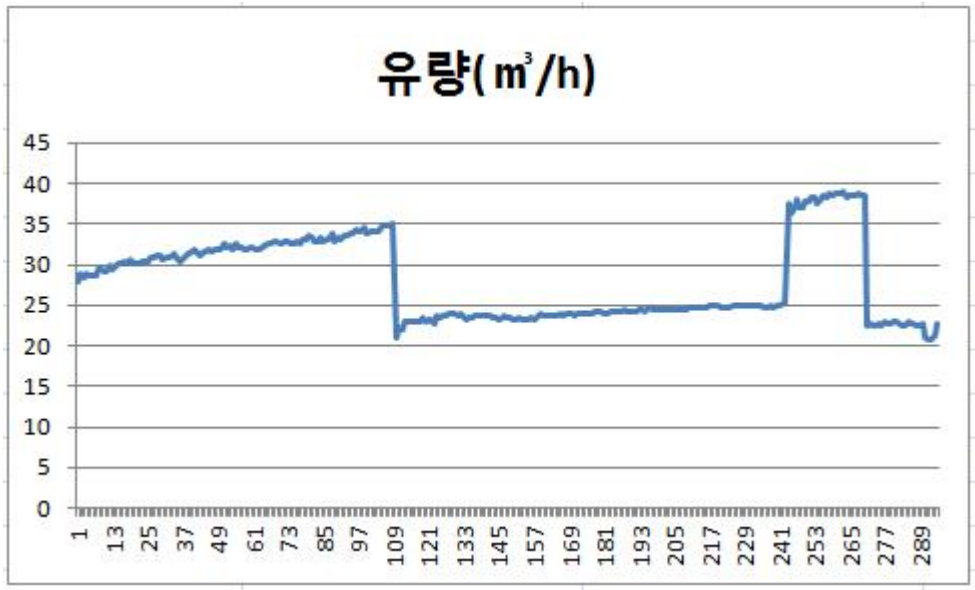

4) 냉각수 순환펌프 운전 전력



5) 냉동기 운전 전력




다. AHU - 12 냉수 유량 측정자료



ㅇ. 사진대지

<표 147> 판매시설 측정사진_1

| | |
|---|---|
| | |
| 내 용 | Return Fan 흡입측 풍량 측정 |
| | |
| 내 용 | Supply Fan 토출측 풍량 측정 |

<표 148> 판매시설 측정사진_2

| | |
|---|---|
| | |
| 내 용 | AHU - 12 FAN(SF + RF) 운전 전력 측정 |
| | |
| 내 용 | AHU - 11 FAN(SF + RF) 운전 전력 측정 |

<표 149> 판매시설 측정사진_3

| 내 용 | AHU - 12 냉수 유량 측정 |
|---|---|

| 내 용 | AHU - 12 냉수 유량 측정 |
|---|---|

<표 150> 판매시설 측정사진_4

| | |
|---|---|
| | |
| 내 용 | AHU - 12 냉수 유량 측정 |

라. 숙박시설

(1) 건축개요

<표 151> 숙박시설 건축개요

| 기숙사 | |
|---|---|
| 건물 위치 | 경기도 용인시 |
| 준공일 | |
| 주요용도 | 숙박시설 |
| 규 모 | |
| 건축면적(㎡) | |
| 난방 및 급탕 시스템 | |

(2) 측정사항

<표 152> 숙박시설 측정사항

| 구분 | | 조사 여부 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 건축설계도서 | 건축도면 | ○ | |
| | 기계도면 | ○ | |
| 에너지사용량 | 전기 사용량 | ○ | |
| | 가스 사용량 | ○ | |
| 실측데이터 | 실내 온도(순간) | × | |
| | 실내 조도 | × | |
| | 운영 스케줄 | × | |
| | 기계 설비 성능(유량 풍량 등) | × | |

(3) 건축설계도서

① 건축도면

<표 153> 숙박시설 건축도면

| 건축설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 평면도<br>(기준층) | |

② 기계설비도면

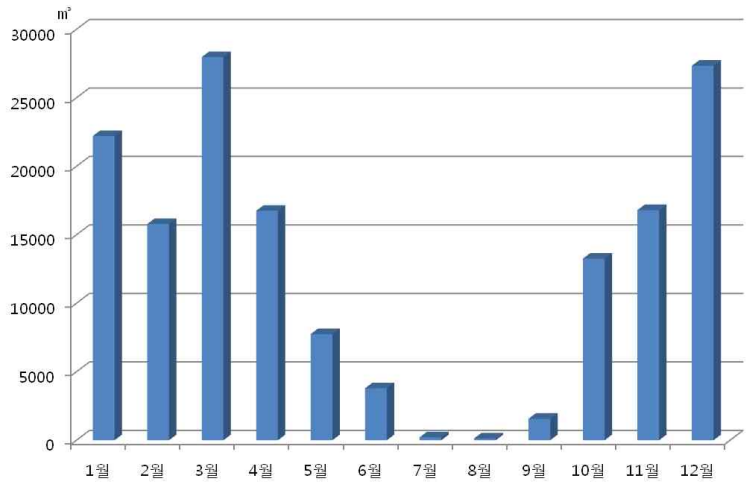
<표 154> 숙박시설 기계설비도면

| 건축설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 계통도 | |

(4) 에너지 사용량

① 난방에너지 사용량

<표 155> 숙박시설 난방에너지 사용량_1

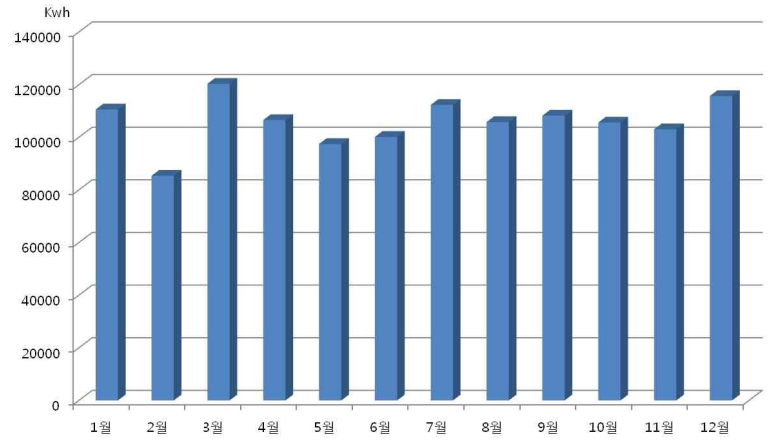
| 에너지 사용량 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 가스 사용량 |  |

<표 156> 숙박시설 난방에너지 사용량_2

| 월별 | 2011년 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 사용량(㎥) | 22208 | 15786 | 27970 | 16753 | 7752 | 3795 | 209 | 131 | 1566 | 13261 | 16798 | 27340 |

② 전기에너지 사용량

<표 157> 숙박시설 전기에너지 사용량_1

| 에너지 사용량 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 전기에너지 |  |



<표 158> 숙박시설 전기에너지 사용량_2

| 월별 | 2011년 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 사용량(kWh) | 110556 | 85374 | 120330 | 106560 | 97470 | 100134 | 112284 | 105786 | 108234 | 105606 | 103032 | 115686 |

(5) 실측데이터

① 실내 온도

<표 159> 숙박시설 실내온도 데이터_1

| 구분 | 시간 / 온도(℃) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

<표 160> 숙박시설 실내온도 데이터_2

| 구분 | 시간 / 온도(℃) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

2012년 월 일

② 스케줄

③ 기계설비 성능

마. 공동주택

(1) 건축개요

<표 161> 공동주택 건축개요_1

| 공동주택 | |
|---|---|
| 건물 위치 | 경기도 용인시 |
| 준공일 | 2004년 7월 |
| 주요용도 | 주거시설 (공동주택) |
| 규 모 | 지상14층 |
| 전용면적(㎡) | 세대별 84.99㎡ |
| 난방 및 급탕 시스템 | 지역난방 |

<표 162> 공동주택 건축개요_2

| | | |
|---|---|---|
| 면적(㎡) | 건축 | 544.29 |
| | 연 | 6,245.22 |

| | | |
|---|---|---|
| 건 폐 율 | 13.94% | |
| 용 적 율 | 199.88% | |
| 건축 구조 | 철근 콘크리트 구조 | |
| 층별용도 | 지상1층~14층 | 주거 (층별 4개 세대) |

(2) 측정사항

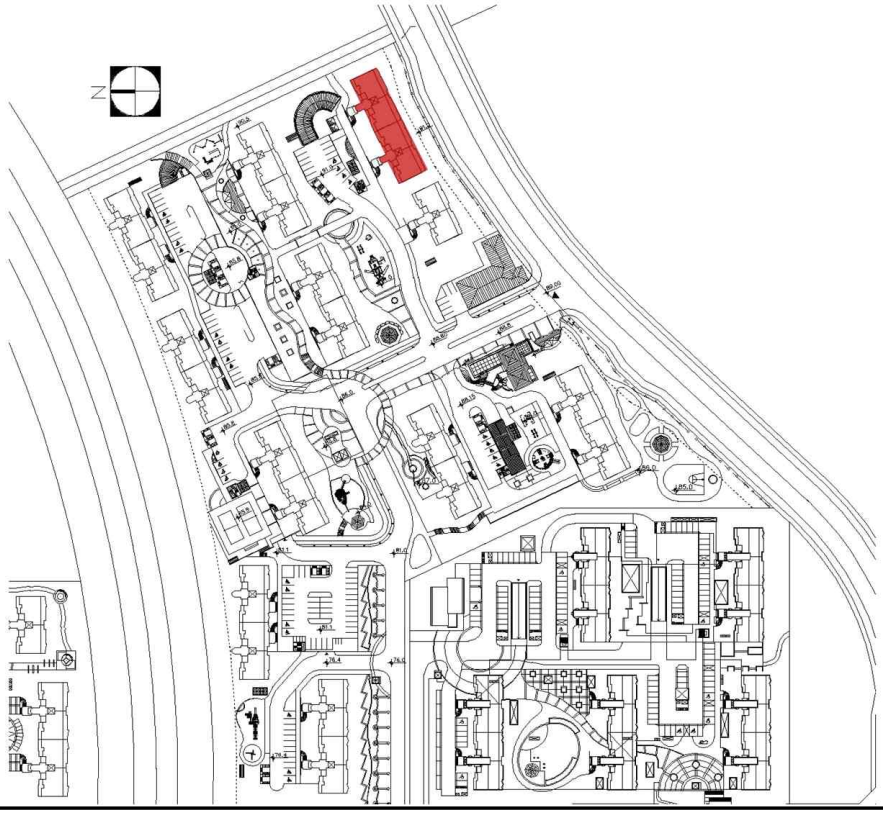
<표 163> 공동주택 측정사항

| 구분 | | 조사 여부 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 건축설계도서 | 건축도면 | ○ | |
| | 기계도면 | × | |
| 에너지사용량 | 전기 사용량 | ○ | |
| | 가스 사용량 | ○ | 지역난방(사용유량) |
| 실측데이터 | 실내 온도(순간) | ○ | |
| | 실내 조도 | × | |
| | 운영 스케줄 | | |
| | 기계 설비 성능(유량 풍량 등) | × | |

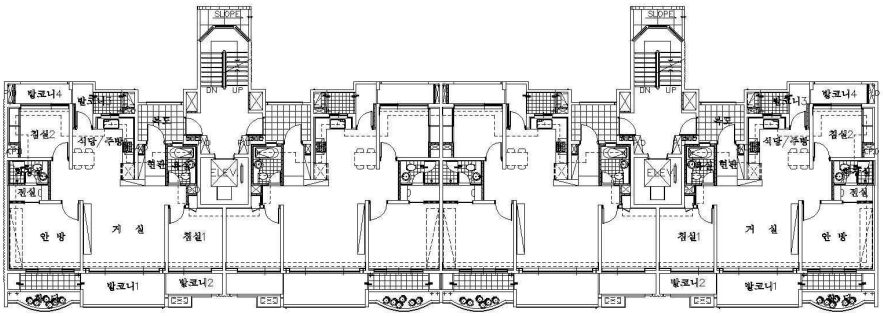
(3) 건축설계도서

① 건축도면

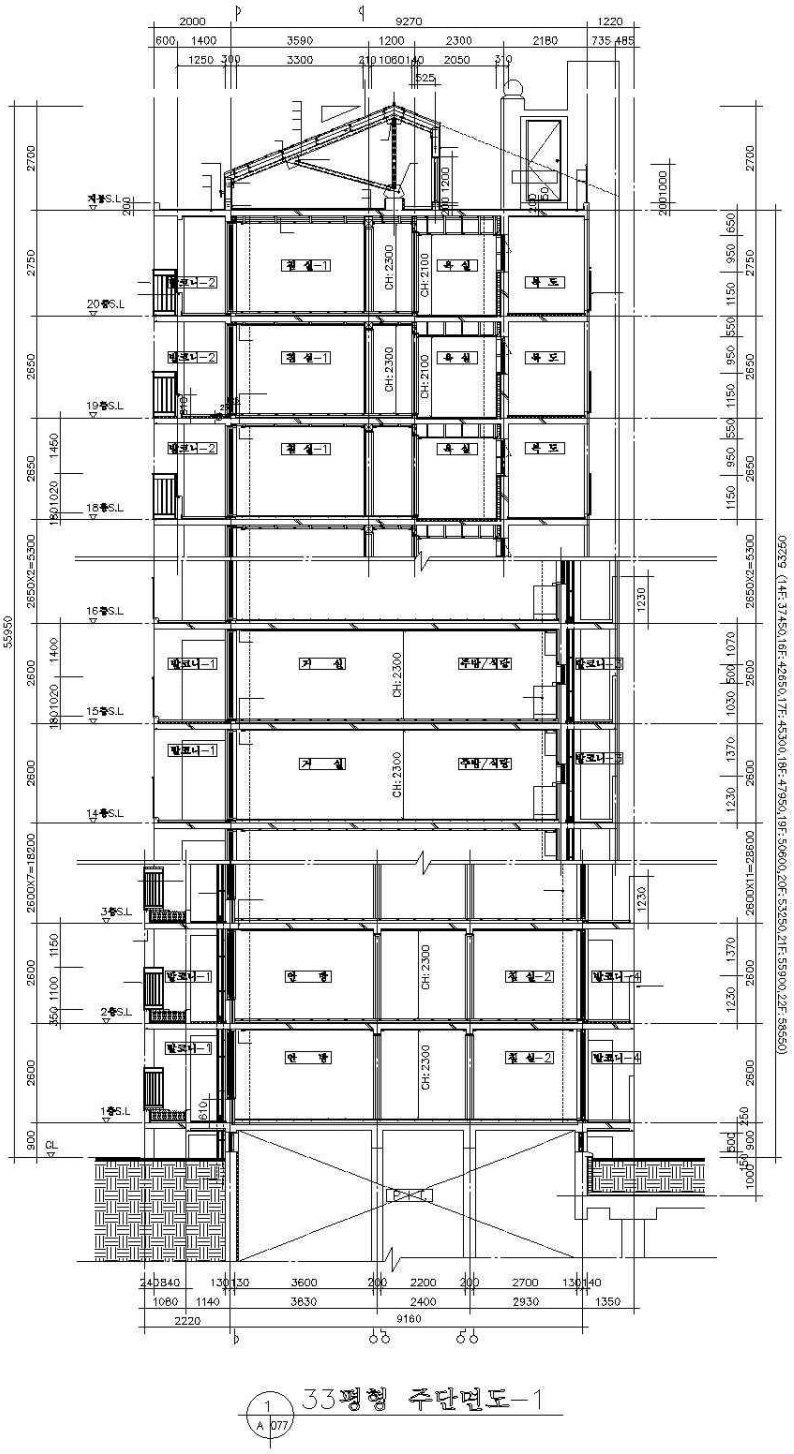
<표 164> 공동주택 배치도

| 방 위 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 배치도 |  |

<표 165> 공동주택 평면도

| 건축설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 평면도<br>(기준층) |  |

<표 166> 공동주택 주 단면도

| 건축 설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 주 단면도 |  |

② 기계설비도면

<표 167> 공동주택 기계설비도면

| 건축설계도서 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 계통도 | |

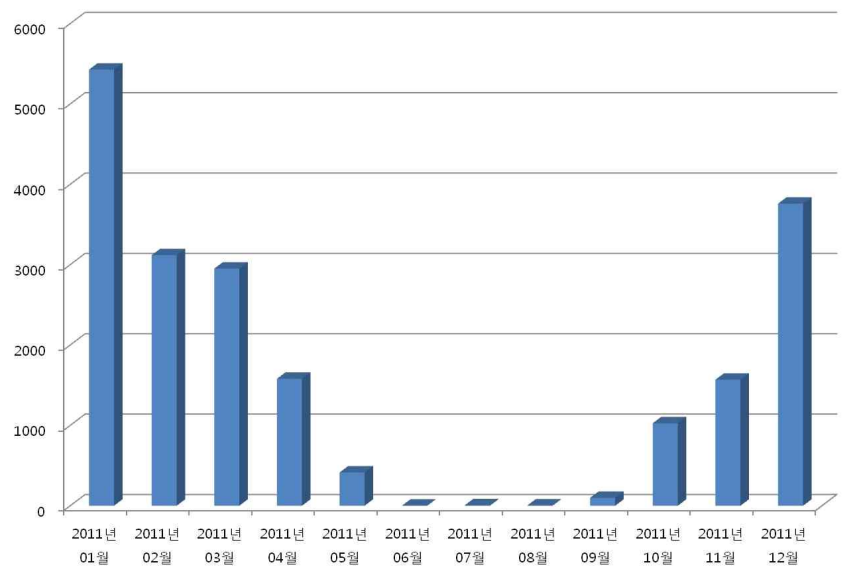
(4) 에너지 사용량

측정 대상건물은 지상 14층, 56세대 규모이며 세대별로 사용하는 난방, 급탕, 전기 에너지 사용량을 조사하였다.

건물의 에너지 사용량 조사는 2011년11월부터 2012년 3월까지 실제 세대에 부과되는 요금표를 참고하였다.

① 난방에너지 사용량

<표 168> 공동주택 난방에너지 사용량_1

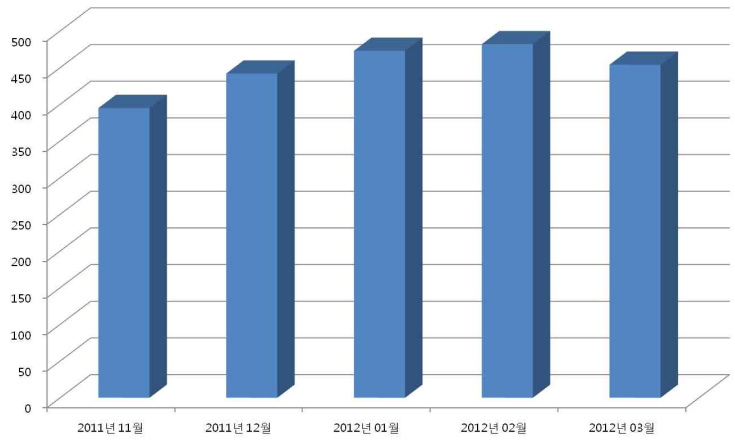
| 에너지 사용량 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 난방에너지 (사용 유량) |  |

<표 169> 공동주택 난방에너지 사용량_2

| 월별 | 2011년 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 사용량(톤) | 5427 | 3118 | 2951 | 1580 | 414 | 3 | 7 | 5 | 99 | 1027 | 1568 | 3759 |

② 급탕에너지 사용량

<표 170> 공동주택 급탕에너지 사용량_1

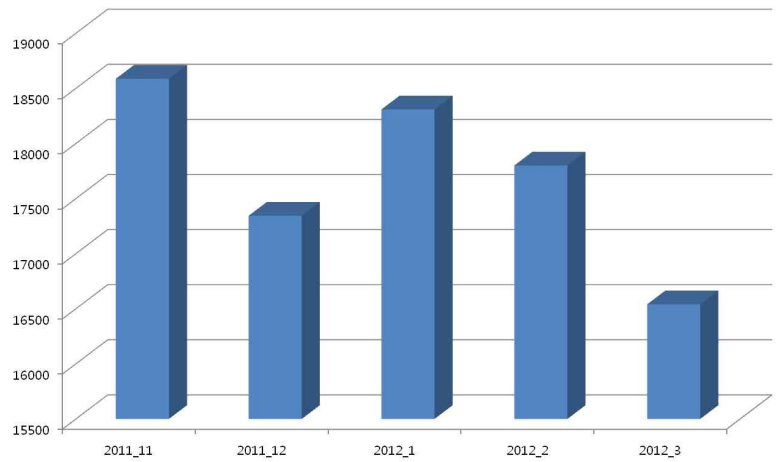
| 에너지 사용량 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 급탕에너지(톤)<br>(사용 유량) |  |

<표 171> 공동주택 급탕에너지 사용량_2

| 월별 | 2011년 | | 2012년 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 |
| 사용량(톤) | 395 | 442 | 473 | 482 | 454 |

③ 전기에너지 사용량

<표 172> 공동주택 전기에너지 사용량_1

| 에너지 사용량 | |
|---|---|
| 항목 | 내용 |
| 전기에너지 |  |

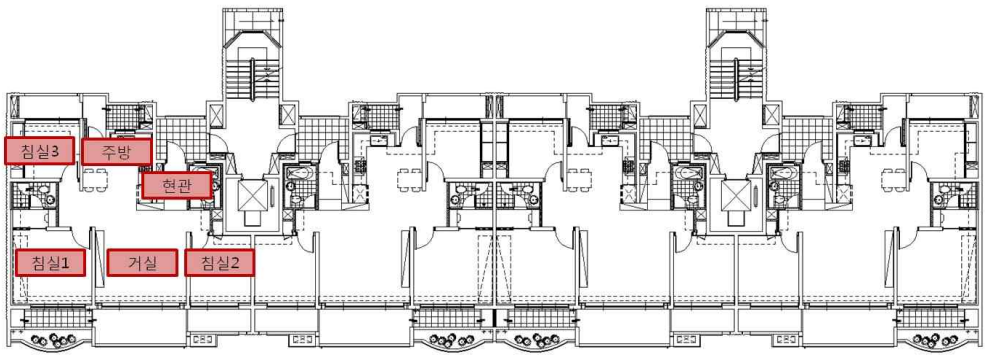


<표 173> 공동주택 전기에너지 사용량_2

| 월별 | 2011년 | | 2012년 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 |
| 사용량(kWh)) | 18,587 | 17,344 | 18,309 | 17,800 | 16,540 |

(5) 실측데이터

① 실내 온도



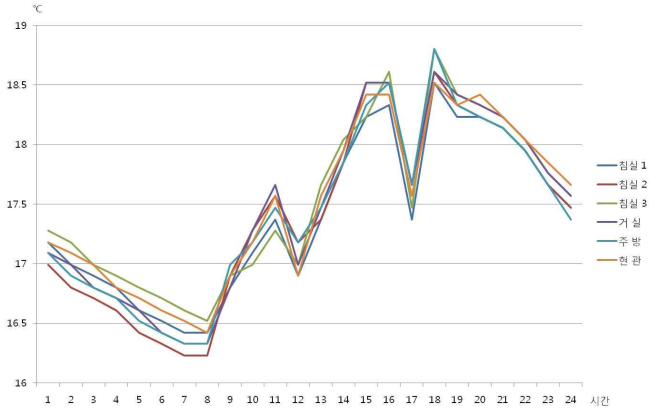
<표 174> 공동주택 실내온도 데이터_1

| 구분 | 시간 / 온도(℃) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 침실 1 | 17.18 | 16.99 | 16.90 | 16.80 | 16.61 | 16.52 | 16.42 | 16.42 | 16.80 | 17.09 | 17.37 | 16.90 |
| 침실 2 | 16.99 | 16.80 | 16.71 | 16.61 | 16.42 | 16.33 | 16.23 | 16.23 | 16.90 | 17.28 | 17.57 | 17.18 |
| 침실 3 | 17.28 | 17.18 | 16.99 | 16.90 | 16.80 | 16.71 | 16.61 | 16.52 | 16.90 | 16.99 | 17.28 | 16.99 |
| 거 실 | 17.09 | 16.99 | 16.80 | 16.71 | 16.61 | 16.42 | 16.33 | 16.33 | 16.80 | 17.28 | 17.66 | 16.99 |
| 주 방 | 17.09 | 16.90 | 16.80 | 16.71 | 16.52 | 16.42 | 16.33 | 16.33 | 16.99 | 17.18 | 17.47 | 17.18 |
| 현 관 | 17.18 | 17.09 | 16.99 | 16.80 | 16.71 | 16.61 | 16.52 | 16.42 | 16.90 | 17.18 | 17.57 | 16.90 |

<표 175> 공동주택 실내온도 데이터_2

| 구분 | 시간 / 온도(℃) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 침실 1 | 17.37 | 17.85 | 18.23 | 18.33 | 17.37 | 18.52 | 18.23 | 18.23 | 18.14 | 17.95 | 17.66 | 17.47 |
| 침실 2 | 17.37 | 17.85 | 18.52 | 18.52 | 17.66 | 18.61 | 18.33 | 18.23 | 18.14 | 17.95 | 17.66 | 17.47 |
| 침실 3 | 17.66 | 18.04 | 18.23 | 18.61 | 17.47 | 18.80 | 18.42 | 18.33 | 18.23 | 18.04 | 17.76 | 17.57 |
| 거 실 | 17.47 | 17.95 | 18.52 | 18.52 | 17.66 | 18.61 | 18.42 | 18.33 | 18.23 | 18.04 | 17.76 | 17.57 |
| 주 방 | 17.47 | 17.85 | 18.33 | 18.52 | 17.66 | 18.80 | 18.33 | 18.23 | 18.14 | 17.95 | 17.66 | 17.37 |
| 현 관 | 17.57 | 17.95 | 18.42 | 18.42 | 17.57 | 18.52 | 18.33 | 18.42 | 18.23 | 18.04 | 17.85 | 17.66 |

2012년 4월 6일




# 제7절 기존건물의 Retrofit 표준 프로세스

## 1. 에너지 Retrofit의 개요

### 가. 에너지 Retrofit의 필요성

(1) 연구 필요성

온실가스 및 지구온난화 문제 등으로 인해 전 세계 각국에서는 에너지절약형 건물의 보급, 확산을 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 과거 건물에서의 에너지

절약은 단순히 경제적 측면에서의 당위성이 강조되었다고 한다면 지금은 경제적 측면과 더불어 지구온난화 방지라고 하는 환경적 측면에서의 당위성이 함께 강조되고 있는 상황이다. 국내 에너지 소비량의 약 22.3%를 건물 분야에서 차지하고 있다. 건물부문의 에너지 소비 비중은 개발이 진행될수록 산업과 수송부문의 비중이 높아져 감소하지만 선진국으로 갈수록 에너지 집약적 산업에서 탈피하고 서비스 산업의 비중이 높아짐에 따라 다시 증가하는 경향을 보인다. 미국, 영국 등에서는 약 40%의 에너지가 건물부문에서 소비되고 있으며 전력에너지의 소비 비중은 76%에 이른다.[7] 선진국형 산업구조로 변할수록 그 비율의 증가가 예상되고 있으며 현재 약 4,500만TOE에서 2030년에 약 6,800만TOE로 지속적인 증가세를 보일 것으로 예상된다. 이로 인해 건축물 부분에서의 에너지 소비저감을 향한 근본적이면서도 실질적인 방안이 필요로 하다

그러나 기존 건물은 에너지절감 잠재성이 큰 부분임에도 불구하고, 준공 후의 에너지 사후관리 체계가 매우 취약하다. 또한 기존건물의 리트로핏 시, 리트로핏 항목은 장기적인 에너지 모니터링에 따른 소비특성 분석에 의해 설정되지 않고 있다. 현재 리트로핏 항목은 경제성. 시공의 용이성을 우선순위로 하고 있으며, 리트로핏 수행 후에도 건물 운영기간의 총괄적인 시설개선 상황의 관리가 어렵다. 또한 실제 건물 운영스케줄이 불명확하여 건물에너지의 성능평가 및 파악이 힘들다.

현재 기존 건축물의 경우는 ESCO사업과 건축물 에너지 효율등급등의 에너지 사용량에 대한 개선 사업이 진행이다. 하지만 기존 건축물의 에너지 성능 평가의 툴과 프로세스가 부족한 실정이며 진단 방법의 표준화 부족과 인식이 부족하다. 본 연구 에서는 기존 건축물의 에너지 성능 개선을 위한 프로세스를 제시하고자 한다.

(2) 연구 목표

(가) 기존 건물 에너지 성능개선(Energy Retrofit) 평가 프로세스의 표준화 구축
- 건물 에너지 성능평가, 에너지 성능 설계변수의 정량화 , 에너지 성능 개선 의사결정 수단의 표준 모델 구축

(나) 기존 건물 에너지 성능개선 우선 순위 도출
- 성능 진단 프로세스에 의해 도출된 사항과 실측을 통해 얻어진 내용을 토대로 성능개선 우선 순위 인자 도출

## 2. 건축물의 에너지 절감

### 가. 건축물의 에너지 관리의 필요성

7) Architects and Climate Change, 2008, AIA

에너지 절감 모니터링, 측정, 검증 등의 에너지 데이터 분석 및 관리의 중요성의 증대되고 있다.

○ 대상 건물에서 어느 정도의 에너지 손실이 발생하며, 얼마나 절감 가능한지 판단 필요

○ 데이터 분석 및 관리의 중요성 증가

- 언제 에너지가 소비되고 있는가?
- 누가, 어떤 장비로 인해 소비하는가?
- 왜?

○ 개별적 데이터의 추출 필요성 증가, 과학적인 분석과 에너지 절감 목표를 설정하기 위해 에너지 data 필요

○ 에너지 사용량의 계측 능력 필요

- 과금 정책
- 에너지 사용량 비고

○ 내부적(내부 에너지 절감 요구, 내부 보고, 에너지 관리) / 외부적(에너지 비용 증가 추세, 에너지, 목표관리제 등의 정부정책 대응) 원인에 따른 필요

○ 가스, 전력, 그 외 신재생 에너지 등의 에너지 공급물에 대한 비교 및 판단 필요

○ EMS(BAS), FMS 만으로 건물 에너지 절감 운영이 곤란

- 열원장비, 반송장비의 성능평가 불가
- 전체적인 에너지 흐름 파악 불가
- 자동제어의 확인과 최적화 불가
- 잠재화 되어있는 장비 발견 불가

## 나. 건축물의 에너지 절감 요소

<표 176> 건축물의 에너지 절감 항목

| 건축물의 에너지 절감 항목 | |
|---|---|
| 건축 에너지 부하 저감 기술 | Green Roofs(옥상 및 벽면 녹화)<br>주 풍향 분석을 통한 자연환기 성능 효율화<br>지능형 외피시스템, 이중 외피시스템, 외부차양시스템<br>방위 및 배치 최적화<br>친환경/고효율 건축기자재 |
| 기계설비 에너지 부하 저감 기술 | 외기냉방 시스템<br>냉각 효율화 계통 설계<br>Chiller Replacement (냉동기 교체)<br>Ventilation Fans (배기 팬)<br>High Efficiency Motors (고효율 모터) |

| | |
|---|---|
| | Heat Pumps (히트 펌프)<br>Heat Recovery and wheels (열 회수 휠)<br>Tri-generation (삼중열병합 - 발전/냉방/난방)<br>Heat Recovery (배/폐열 회수) 기계설비 EMS 프로그램<br>최적 기동/정지제어, 절전운전 제어, 외기냉방제어,<br>CO2농도제어 |
| 신 재생/대체<br>에너지 기술 | Combined Heat & Power (열병합)<br>Solar (Heating & Photovoltaic)<br>Small Scale Wind Turbine<br>Rainwater Harvesting, Biomass<br>Ground source heat pumps<br>River Water Cooling<br>Landfill Gas Utilization<br>Chilled Water / Ice Storage<br>Anaerobic Digester(Biogas)<br>Waste Handling / Waste Reduction |
| 전력 에너지 부하<br>저감 기술 | Smart Grid, 전력 효율화 계통 설계<br>LED Lighting<br>Traffic / Street Lighting 전력설비 EMS 프로그램<br>최대수요전력제어, 역률 제어, PEAK 전력관리 에너지<br>절감, 평균 전력 사용 효율성 (PUE; Power Usage Efficiency)<br>관리를 통한 효율성 평가 및 개선, 최적 부하 운전 제어시스템 적용<br>조명 자동제어 및 EMS 프로그램 집중감시제어, 그룹제어,<br>Pattern 제어, Timer Schedule 연동제어, 조명센서 및 조광제어,<br>인체감지센서, 패턴제어 |

건축물은 관리 대상, 관리 요소가 많으며, 에너지 관리 요소와 기술적 복잡도가 높으므로 에너지 관리 정책, 에너지 관리 시스템 구축이 필요하다.

(가) 건축적 요소

건축물의 기본 에너지 절감 방안은 빌딩의 기본 부하를 최소화 하는 것이다.

① 외벽/창호 설계

외피의 열 성능을 좋게 하며 외피에서 열 손실을 최소화 하여 빌딩의 기본 부하의 최소화를 추구 한다. 이중외피의 사용, 일사조절, 고기밀 창호등의 방법이 사용된다.

② 자연채광

인공적인 조명을 사용하지 않고 채광하는 것으로 태양을 광원으로 해 주광조명

이라고도 한다. 거실내를 자연채광으로 충분한 밝기를 확보하고 쾌적한 환경을 갖추기 위한 조건으로서는 다음과 같다.
- 창의 방향. 크기. 높이를 능률적으로 한다.
- 벽과 천정의 빛깔을 반사율이 큰 색으로 한다.
- 창의 통과광량이 크고 지나치게 밝을 때에 눈부신 것을 막기위해 커튼등으로 차광한다.
- 실내의 조도를 고르게 하기 위해 벽이나 가구의 빛깔 등의 반사광을 이용해서 고르게 한다.
③ 일사차폐
일사 차폐물에 의해 창이나 외벽, 지붕 등에 닿는 일사를 차단하는 것, 직달 일사가 주대상으로 되지만 천공 일사는 반사도 고려하는 경우가 있다.

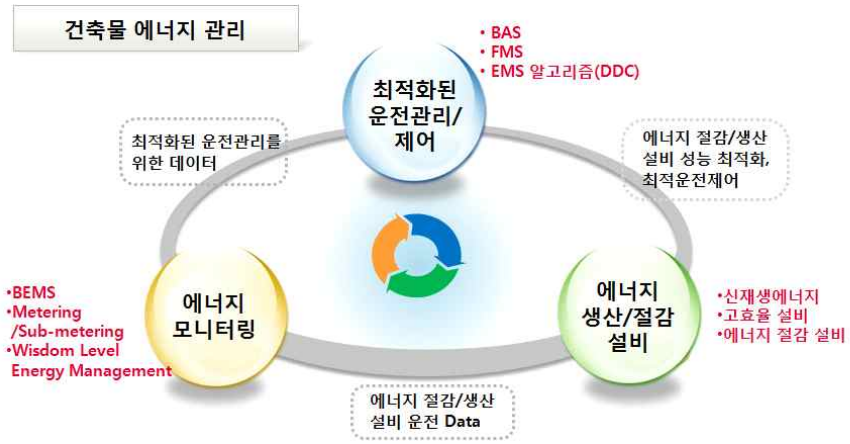
(나) 설비 시스템
설비/ 시스템의 구축을 통해 에너지의 효율을 최대화 하여야 한다.
① 냉난방 및 급탕
적정 용량 설비 시스템/ 고효율 시스템/외기 냉방시스템
② 조명 설비
고효율 조명/ 적정 조도 확보/ 인버터 시스템
③ 열 회수 시스템
배열, 폐열 활용

(다) 운영적 요소
에너지 운영 관리/ 유지보수를 통해 에너지의 손실을 최소화 하여야 한다.
① 절전 운영
운영 스케줄
② 최적 기동 제어
운영 스케줄
③ 유지 관리
에너지 분석에 따른 유지 관리 지침

(라) 신재생 에너지
신재생 에너지 사용을 통해 에너지 생산 및 CO2 발생을 최소화 하여야 한다.

## 다. 건축물의 에너지 관리 방안

건축물의 에너지 관리는 “최적화된 운전관리/제어”, “에너지 절감/생산설비”, “에너지 모니터링” 등의 3요소를 최적화 하여 관리하는 것이다.




(가) 에너지 관리의 3요소

(1) 최적화된 운전관리, 제어

(가) BAS : 대형 빌딩의 냉난방. 조명. 방범 등 관리기능을 관제실에 설치된 관리 전용 컴퓨터로 조절하는 시스템

① 주요기능

- 자동제어 시스템의 운영 경험과 수치를 근거로 BA 시스템 내에 라이브러리화
- 이를 바탕으로 운영 관리하는 기능
  - ■ 엔탈피제어
  - ■ 최적 기동 / 정지제어
  - ■ 장비 대수 제어
  - ■ CO2 농도제어
  - ■ 역률 제어 등

(나) FMS : 제조 공장에서 사용되는 각종 공작기계, 로봇, 반송기계 등을 계산기에 의해 제어, 운용하여 생산에서의 조작성, 융통성, 기동성 등을 높히고 특히 다품종 소량 생산의 생산성 향상을 노린 것이지만 최근에는 대량 생산 분야에서도 채용되고 있다. CAD/CAM을 그 기반으로 하고 있지만 전 공장을 공장 LAN으로 결합하여 강력한 통신망을 구축하여 기동적인 시스템을 실현하고 있다.

① 주요기능

- 시설 자산관리의 일관성 유지 및 해당 설비에 대한 정보의 일원화
  - ■ 에너지 관리
  - ■ 장비 관리
  - ■ 자재 관리
  - ■ 예방점검 관리
  - ■ 유지보수 관리
  - ■ 도면관리

■ 작업자 관리
■ 임대관리
■ 입주자 관리
■ 사무실 관리

(2) 에너지 절감, 에너지 생산을 하기 위한 설비 , 기기

(가) 신재생/대체 에너지 기술
- 대체에너지 개발 및 이용. 보급 촉진법, 1998.06.18 시행
■ “대체에너지”라 함은 석유. 석탄. 원자력. 천연가스가 아닌 에너지로서 다음 각호의 1에 해당하는 것을 말한다.
1. 태양에너지, 2. 바이오에너지, 3. 풍력, 4. 소수력, 5. 연료전지, 6. 석탄을 액화.가스화한 에너지, 7. 해양에너지, 8. 폐기물에너지, 9. 기타 대통령령이 정하는 에너지
- 신에너지 및 재생에너지 개발. 이용.보급 촉진법, 2004년 시행~2011.06.11. 개정
■ 신에너지 및 재생에너지“(이하 ”신.재생에너지“라한다)란 기존의 화석연료를 변화시켜 이용하거나 햇빛. 물. 지열. 강수. 생물 유기체 등을 포함하는 재생가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다.
가. 태양에너지
나. 생물자원을 변환시켜 이용하는 바이오 에너지로서 대통령령으로 정하는 기준 및 범위에 해당하는 에너지
다. 풍력
라. 수력
마. 연료전지
바. 석탄을 액화. 가스화한 에너지 및 중질잔사유를 가스화한 에너지로서 대통령령으로 정하는 기준 및 범위에 해당하는 에너지
사. 해양에너지
아. 대통령령으로 정하는 기준 및 범위에 해당하는 폐기물 에너지
자. 지열에너지
차. 수소 에너지
카. 그 밖에 석유. 석탄. 원자력 또는 천연가스가 아닌 에너지로서 대통령령으로 정하는 에너지

(나) 고효율 설비 사용

(3) 운전관리를 위해 최적화된 에너지 모니터링

(가) BEMS

BAS(Building Automation System)+FMS(Facility Management System)=BEMS 빌딩거주자의 쾌적도를 저하시키지 않으면서 기존건물을 대상으로 에너지 및 비용을 극소화하기 위한 에너지절약 조치 및 전략을 강구함으로 건물의 생애기간 동안 최상의 조건에 경제성을 고려한 건물에너지관리시스템(Building Energy Management System)

<표 177> BEMS 종류 및 내용

| | |
|---|---|
| BAS(Building Automation System) | 설비기기의 상태감시, 운전관리 등을 수행 |
| EMS(Energy Management System) | 에너지관리, 실내 환경관리, 설비운용관리 등을 수행 |
| BMS(Building Management System) | 설비기기대장관리, 수선이력관리, 보수스케줄 등을 수행 |
| FMS(Facility Management System) | 시스템자산관리, 도면관리, 라이프 사이클 매니지멘트를 수행 |

① BEMS의 기능

빌딩거주자 쾌적도를 저하시키지 않으면서 기존 건물을 대상으로 에너지 사용량을 최소화

에너지 소비량의 파악

- 비효율적으로 운영되는 장비의 발견
- 자동제어의 최적화 제어 확인
- BEMS 운영을 통한 분석 및 적용으로 에너지 소비량 절감
- 설비의 효율적인 운전으로 장비 수명 연장 및 비용절감
- 실내환경 및 공조성능 관리로 입주자 만족도 개선

② BEMS의 특징

국가의 경제규모가 커짐에 따라 건물이 대형화되고 3차 산업의 부상에 따라 대형 복합건물이 다수 출현하고 있으며, 이와 같은 방대한 건물과 시설의 운영에는 많은 에너지가 사용되고 있음

- 복합건물은 대부분 시설이 복합하고 운영시간과 부하량이 매우 상이함으로 설비별, 종류별, 용도별로 에너지사용 분포를 파악하고 분석함으로 에너지 절약 및 경제성을 고려한 계획을 수립으로 에너지를 비용을 최소화할 수 있음

- 일예로 하절기 건물의 전력수요는 냉방부하의 영향이 가장 크기 때문에 냉방

부하를 예측하고 또, 이 냉방부하에 맞추어 적정 냉동기를 운전할 수 있는 프로그램

- 냉열원 생산 설비별 열원생산 단가를 에너지 수급 단가의 변화에 따라 산출하고, 생산 설비의 생산용량을 파악하여 외기온도의 변화 및 시설의 사용현황을 적용한 일일 냉방 부하량을 예측하여 운영경비가 적게 되는 설비를 선택 운영하여 에너지 절감을 할 수 있음

## 3. 건축물 성능개선 요소의 도출 및 국내적용 가능한 성능개선 Check List

### 가. 건물 에너지 성능 개선 요소의 도출

(1) 난방 및 급탕 설비
- 보일러 등 연소설비의 공기비 조정
- 증기보일러의 운전압력 조정
- 보일러 등의 정지시간의 전원 차단
- 증기보일러의 블로우(배출)량의 적정 관리
- 급탕설비의 스케일 제거
- 급탕기간의 단축(동절기 이외의 급탕 정지)
- 급수 펌프의 유량. 압력 조정
- 급탕 온도, 순환 수량의 조정
- 증기 누출 등이 있는 배관 . 밸브의 교체
- 증기 배관. 증기밸브. 플랜지 등의 단열 강화
- 급탕 배관류의 단열 강화
- 절수형 기구, 자동 수도꼭지. 자동 세척장치의 도입
- 고효율 급탕기 도입

(2) 냉방 설비
- 냉온수 출구 온도의 조정
- 냉각수 설정 온도의 조정
- 축열 시스템의 운전 스케줄 조정
- 밀폐식 냉각탑 열교환기의 스케일 제거
- 냉각탑 충전재의 청소
- 냉각수 수질 적정한 관리
- 위밍업시의 외기 유입 정지
- 축열식 열펌프의 도입

(3) 공조 설비
- 공조 설정 온도_온도의 완화
- 제습. 재열 제어시스템의 재가열 운전의 정지
- 외기 도입량의 축소
- 위밍업시의 외기 유입 정지
- 공조. 열원 기기의 시동 운전시간의 단축
- 공조. 환기 운전시간의 단축
- 야간 등의 냉기 유입
- 외기 냉방(중간기에 송풍만 운전)
- 냉난방 혼합손실의 방지 (실내 혼합 손실의 개선)
- 냉온수 혼합손실의 방지
- 환기 운전 시간의 단축(간헐 운전. 환기 횟수의 적정화)
- 주차장 환기설비의 스케줄 운전
- 공조가 불필요한 Zone의 공조 정지
- 코일, 필터, 열 교환기의 청소
- 고효율 공조기 도입
- 대 온도차 송풍. 송수 시스템의 도입
- 전열 교환기의 도입
- 팬에 변풍량 제어 방식의 도입
- 외기 냉방 시스템의 도입
- 공조 지역 설정계획의 세분화
- 공조기 환기의 재이용
- 공조기 스케줄 운전. 단속 운전 제어 시스템의 도입
- CO2/CO 농도에 의한 외기량 자동 제어시스템 도입

(4) 조명
- 조명기구 청소
- 불필요한 조명. 불필요한 시간대의 소등
- 인버터 안정기 도입
- 고효율 점등형 조명기기. 컴팩트 형광등 도입
- 고효율 램프 도입/ LED 조명의 도입
- 자동 조광 제어방식의 도입
- 작업. 환경 조명방식의 도입
- 인체 센서방식의 도입
- 조명 스위치의 세분화(배선회로의 분할화)

(5) 수변전 및 배전 설비

- 불필요한 변압기의 차단
- 불필요한 시간대의 변압기 차단
- 축전기의 세세한 차단에 의한 역률개선
- 고효율 변압기 도입
- 변압기 통합
- 수요 제어의 도입
- 폐열 발전의 도입
- 역률 개선 제어 장치의 도입

(6) 엘리베이터
- 한산한 때의 엘리베이터 일부 정지
- 엘리베이터의 인버터 제어 도입
- 에스컬레이터 운저에 인체 센서방식의 도입

(7) 공통
- 열원 대수 제어장치의 운전
- 냉온수 펌프의 냉온수 유량 제어
- 고효율 열원 기기 도입
- 순환 펌프 등의 회전수 제어의 도입
- 고효율 모터 도입
- 공조기 팬의 회전수 제어의 도입
- 펌프 대수 제어의 도입
- 펌프의 가변유량 제어 도입
- 열 회수 열 펌프의 도입

**나. 리트로핏 항목 및 방안**

**(1) 해외사례**

건축물의 리트로핏 항목을 구성하기 위해 해외 리트로핏 사례인 CIBSE Guide F의 에너지 관리 항목의 세부 사례를 조사하였다.

[그림 00] CIBSE Guide F Benchmarks

이 분석을 통해 리트로핏 항목을 정리하여 Long List를 구성하며 이 리스트를 분석하고 구체적인 리트토핏 목표를 설정하여 Short List의 구성을 한다

**(2) 국내기준**

(1) 주택성능등급 표시 제도/친환경 건축물 인증제도_에너지 부분평가 항목_에너지 성능 지표 검토서

- 주택성능등급 표시제도, 친환경 건축물 인증제도의 에너지 부분 평가는 에너지 성능 지표 검토서를 기반으로 이루어지고 있으며, 이를 토대로 건물 에너지 성능 개선 요소 도출

(가) 건축 부문

- 외벽의 평균 열관류율 Ue (W/㎡.k)(창 및 문을 포함)
- 지붕의 평균 열관류율 Ur (W/㎡.k)
- 최하층 거실바닥의 평균 열관류율 Uf (W/㎡.k)
- 외단열 공법의 채택 ( 전체 외벽면적에 대한 시공 비율, 옥상부위 및 바닥부위의 외단열은 해당되지 않음)
- 기밀성 창호의 설치(KS F2292에 의한 기밀성 등급에 의한 통기량, 단위 ㎥/h㎡)
- 자연채광용 개구부(수영장), 주된 거실에 개폐가능한 외기에 면한 창의 설치(기타 건축물)
- 유리창에 야간단열장치를 설치
- 외기에 면한 주동 출입구를 방풍실을 설치 하거나 방풍구조로 함
- 공동주택 각 세대의 현관에 방풍실 설치
- 대향동의 높이에 대한 인동 간격비(단일 동으로서 대향동이 없는 경우는 0.8점 배정)

(나) 기계 부문

- 보일러 (효율, %)
- 냉동기
- 공조용 송풍기의 효율(%)
- 냉온수 순환, 급수 및 급탕 펌프의 평균 효율(%)
- 이코노마이저시스템 등 외기냉방시스템의 도입

- 폐열회수형 환기장치
- 기기, 배관 및 덕트 단열
- 열원설비의 대수분할, 비례제어 또는 다단제어 운전
- 공기조화기 팬에 가변속제어 등 에너지절약적 제어방식 채택
- 보일러 또는 공조기의 폐열회수 설비
- 생활배수의 폐열회수 설비
- 축냉식 전기냉방 또는 가스이용 중앙집중 냉방설비
- 심야전기이용 급탕용 축열설비(급탕부하의 20%이상)
- 급탕용 설비형 태양열시스템(급탕부하의 20%이상)
- 난방순환수 펌프의 대수제어 또는 가변속제어 등 에너지절약적 제어방식 채택
- 급수용 펌프 또는 가압급수펌프 전동기에 가변속 제어 등 에너지절약적 제어방식 채택
- 기계환기시설의 지하주차장 환기용 팬에 에너지절약적 제어방식 설비 채택
- 컴퓨터에 의한 자동제어 시스템 또는 네트워킹이 가능한 현장제어장치등을 채택한 시스템 설치
- 각 실별 또는 존별 실내온도자동조절장치 설치

(다) 전기 부문
- 고효율 유도전동기
- 간선의 전압강하(%)
- 변압기를 대수제어가 가능하도록 뱅크 구성
- 수전전압 25kV이하의 수전설비에 직접강압방식
- 최대수요전력 관리를 위한 최대수요전력 제어 설비
- 실내 조명설비에 대해 군별 또는 회로별 자동제어설비를 채택
- 수변전 설비의 자동제어 설비 채택
- 옥외등은 고휘도방전램프(HID 램프)를 사용하고 격등조명과 자동 점멸기에 의한 점소등이 가능하도록 구성
- 승강기 구동용 전동기의 에너지절약적 제어방식 채택
- 층별 또는 임대 구획별로 전력량계를 설치
- 역률자동 콘덴서를 집합 설치할 경우 역율자동조절 장치를 채택
- 공동주택의 지하주차장에 300㎡ 이내 마다 2㎡ 이상의 채광용 개구부를 설치하며(지하2층 이하 제외), 조명시설은 주위 밝기에 따라 전등군별로 자동 점멸
또는 스케줄 제어가 가능하도록 하여 조명전력을 감소
- 분산제어 시스템으로써 각 설비별 에너지제어 시스템에 개방형 통신기술을 채택하여 설비별 제어 시스템간 에너지관리 데이터의 호환과 집중제어가 가능한 시스템

(2) 건물에너지 합리화 사업/서울시 공공건축물 에너지 절약 설계기준

건물에너지 합리화사업의 에너지 절약 시설은 다음<표 178>와 같이 분류되며, 건축부문인 건물단열과 설비부문인 조명, 건물자동화제어장치, 냉난방 효율향상 등의 항목이 포함된다. '서울시 공공건축물 에너지절약 설계기준'에 따르면 에너지 절약 부문은 건축부문, 기계설비부문, 전기설비부문, 신재생에너지설비부문으로 분류된다. 또한 필수 이행 여부에 따라 "의무사항"과 "권장사항"으로 나뉜다. 이의 해당사항을 요약한 것이 다음<그림 0-0>이며, 건물에너지합리화사업의 에너지절약시설과 중복 여부를 검토한 결과 에너지절약시설은 이 기준의 세부사항에 모두 포함된다.

<표 178> 건물에너지합리화사업의 부문별 내용

| 구 분 | | 세부내용 |
|---|---|---|
| 건축부문 | 건물단열 | 단열재 강화와 외벽창호(복층유리,이중창,고기밀성 단열창호)개선 |
| 설비부문 | 조명 | 고효율 또는 LED 조명(건물 전체 조명의 50% 이상) |
| | 건물자동화제어장치 | 건물에너지절약관련 자동운전제어장치(BEMS) |
| | 폐열회수설비 | 열교환장치, 히트펌프 등 |
| | 에너지 절약형 공조시스템 | 고효율 인버터, 고효율 송풍기 및 전동기 등 |
| | 냉.난방 효율향상 공사 | 고효율 보일러, 냉온수기, 냉동기 등 냉방기기 |
| | 수변전 | 고효율 변압기 |
| | 대기전력 저감 우수제품 (에너지관리공단 인증)설치 | 대기전력 자동차단용 제품 |
| | 고효율에너지기자재 설치공사 | 에너지이용합리화법에 의한 고효율기자재 사용 |
| | 신재생에너지 시스템 | 태양광, 태양열, 지열(건물의 에너지사용량 절약 및 자립) |
| | 기타시설 | 단열필름, 스마트계량기, 절수장치(기구)로 건물의 80% 이상 설치 |

<표 179> 서울시 공공건축물 에너지절약 설계기준

| 건축계획 부문 | 기계설비 부문 | 전기설비 부문 | 신재생에너지 설비부문 |
|---|---|---|---|
| 의무사항 | | | |
| 외벽단열<br>지붕단열<br>최하층단열<br>방습층 설치<br>출입구<br>방풍구조설치<br>창호 기밀성능<br>벽면율 | 고효율 펌프사용<br>기기배관.덕트 단열<br>고효율 냉.난방기/주요장비 사용<br>냉난방온도 설정 | 고효율 조명기기 사용<br>조도자동조절조명기구/인체감지점멸형 사용<br>조명의 자연채광 회로 구분<br>대기전력 자동차단콘센트 설치<br>고효율변압기 사용<br>역률개선용 콘덴서 설치 | 공급의무비율(에너지사용량 기준 10%(2011~2012)만족) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | 간선 전압강화 | |
| 권장사항 | | | |
| 층고 및 반자높이<br>옥상녹화<br>차양장치 설치<br>외단열 설치<br>로이복층유리/삼중창 설치 | 부분부하/전부하운전효율<br>운전제어방식(대수분할,비례제어 운전)<br>열회수설비 설치<br>냉방기기 열원<br>(심야전기,가스,신재생에너지등)<br>외기냉방시스템<br>공기조화 팬제어<br>난방, 순환수 펌프제어<br>급수용 펌프, 급수가압펌프 제어<br>위생설비 급탕용 저탕조 설계<br>BEMS, 분산제어 | 옥외등.조명등<br>고효율조명기기<br>군별.회로별 실내조명 제어<br>수변전설비 용량 산정<br>변압기 제어방식<br>전력사용 제어방식<br>팬코일 유닛제어<br>역률자동조절장치 설치<br>전력량계 설치<br>승강기 구동용 전동기 제어방식 | |

## 라. 용도별 에너지 성능개선 방안

(1) 사무용 건물

(가) 사무용 건물의 에너지 소비 구성 : 에너지 소비처는 열원, 열반송, 급탕, 조명. 콘센트, 동력 등으로 구분된다. 열원은 열원 본체인 냉동기, 냉온수기, 보일러와 보조동력인 냉각수 펌프, 냉각탑, 냉온수 1차 펌프로 구분된다. 열 반송은 물 반송인 냉온수 2차펌프와 공기반송인 공조기, 팬 코일 유닛으로 구분된다. 급탕은 열원본체인 보일러, 순환 펌프, 전기온수기로 구분되고, 조명. 콘센트는 조명기구인 조명과 사무기기인 콘센트로 구분된다. 동력은 환기인 주차장 팬과 급배수인 양수 펌프, 승강기인 엘리베이터, 에스켈레이터로 구분된다. 그 외에는 트랜스 손실, 점포내 개별 동력 등이 있다.

(나) 에너지절약 착안점

① 사용자에 의한 에너지 절약

사용자에 의한 에너지 절약 방안은 사용자 스스로가 중심이 되어 실시하는 것으로, “실내온도의 완화”, “점심시간 소등” 등 사용자의 노력이나 쓸데없는 에너지낭비를 줄이는 것이다. 이러한 부하의 경감이 에너지절약 대책의 첫 걸음이다.

사용자 스스로의 관리는 공조, 급탕, 조명. 전기, 건축 및 승강기로부터 에너지를

절약 할 수 있다.
㉮ 에너지 절약 추진 조직을 통해 관리하고 , 실내온도의 설정은 여름에는 26℃, 겨울에는 20℃로 에너지 절약모드로 유지한다.
㉯ 중간기.동절기는 창을 열어 외기에 의한 냉방을 하며 동절기 이외는 급탕을 정지한다.
㉰ 사용량이 적은 시간대는 순환 펌프를 정지하고 재실시와 점심시간 등에는 소등하여 조명. 전기를 절약한다
㉱ 야간에는 자판기를 정지하며 건물 동쪽의 블라인드를 관리해 아침의 냉방부하를 경감시키고 토요일, 휴일 및 야간에는 엘리베이터의 운전 대수를 조정한다.

② 운전자에 의한 에너지 절약 방안
운전자에 의한 에너지절약 방안은 현 상태의 설비를 고효율적인 운용으로 에너지 사용을 합리화하는 것으로서 대표적인 예로 「기기. 시스템의 튜닝」이 있다. 이 방안은 사용자에 부담을 주는 일 없이 에너지절약 방법을 세우는 것으로 에너지관리의 기본이다.

운전자에 의한 에너지 절약방안은 급탕, 공조, 조명.전기로 분류된다.
㉮ 보일러 연소 기기의 공기비를 조정하고 보일러수와 블로우의 적정화 및 수질을 관리해준다.
㉯ 냉동기의 냉수 출구 온도를 효율적으로 설정하고 보조기기. 반송 동력을 효율적으로 운전한다.
㉰ 복수로 설치된 열반송 펌프는 부하에 상응할 운전 대수에 맞춰 조정하며, [CO2] 농도를 관리해 필요 최소한의 외기 유입을 실시하고 냉난방 개시 시에는 외기 도입을 정지한다.
㉱ 냉난방 종료시간 전에 열원기기를 정지해 장치내의 열을 유용하게 이용한다.
㉲ 외기 냉방이 유효한 기간은 전열교환기의 바이패스 운전을 실시한다.
㉳ 변압기의 부하율을 관리해 상간 밸런스를 잡고 전기실의 온도 설정을 재검토해 냉방 부하. 환기 동력을 경감시킨다.

③ 단기에 회수 가능한 투자로 에너지 절약
단기에 회수가 가능한 투자에 윈한 에너지절약 대책이란, 일반적으로 투자한 금액이 에너지 절약 효과에 의한 비용 삭감으로 3~5년 내 회수 가능한 대책을 말한다. 회수년은 건물의 운용 형태에 따라 다르지만, 일반적으로 현 상태의 효율이 나쁘거나 장기간 운전으로 노후된 펌프 . 팬류의 교체시 인버터와 함께 설치 할 경우, 회수년이 짧아진다. 이 경우는 ESCO에 의한 개선 방식도 좋을 것이다.

단기에 회수 가능한 투자에 의한 에너지절약은 공조, 환기, 급수. 급탕, 조명으로

분류된다.

㉮ 사용자 제어로 운영되는 인버터를 설치해 유량을 조정하고 냉각수. 냉온수 펌프에 인버터를 설치해 유량을 조정한다
㉯ 냉각탑의 충전재는 로딩의 상황에 따라 교환한다.
㉰ 증기밸브. 배관 등의 단열을 강화한다.
㉱ 주차장 환기 설비에 각종 센서를 설치해 출발과 정지 및 풍량을 제어한다.
㉲ 절수 기기나 절수용품을 사용한다.
㉳ 백열등은 형광 타입이나 경우에 따라 효율이 높은 것을 채택한다.
㉴ 조명별 회로를 구분해 구획별로 세분화시킨다.
㉵ 가능한 한 기존 조명기구의 안정기를 인버터 타입으로 변경한다.

④ 리뉴얼에 의한 에너지절약 대책
리뉴얼에 의한 에너지 절약 대책이란, 설비의 노후화에 수반하는 대규모 개보수를 실시할 때에 고효율기기 및 시스템을 도입하는 것이다. 주된 대책은 에너지 절약법의 중장기 계획에 포함된다.

리뉴얼에 의한 에너지 대책은 공조, 급탕, 조명. 동력으로 분류된다.

㉮ 열원 장치를 내수 분할해 부분 부하 시 효율을 향상시키고 변풍량 . 변유량 방식을 사용한다.
㉯ CO2센서 등에 의한 외기 유입을 제어하고 전열교환기를 사용한다.
㉰ 중간기. 동절기의 냉열 수요에 Phreak-링을 사용하고 BEMS를 이용해 공조 설비의 종합 효율을 계획한다.
㉱ 급탕사용량이 적은 경우는 국소식으로 변경한다.
㉲ 고효율 조명기구로 교체한다
㉳ 고효율의 탑러너 변압기의 대수를 집약하여 사용하며, 콘덴서. 반응 장치 기기를 저손실 타입으로 바꾼다.

(2) 상업 건물

(가) 에너지절약 착안점

① 물건 판매 부분
시설 중에서 가장 면적 비율이 높은 부문이다. 특히 백화점의 1층 부분의 상품의 시각적인 효과를 위한 높은 조도와 벽열 전구의 채택비율이 높기 때문에, 조명이

차지하는 전력이 매우 크다. 또한 1층의 출입구로부터 외기가 침입하여 공조 부하가 증가되고 있다.

㉮ 출입구에 외기의 차단을 위한 에어커튼을 설치한다.
㉯ 조명 설비는 효과적인 연출을 위한 방법과 설비의 종류를 고려하며, 가급적이면 백열전구의 비율은 최소한으로 줄인다. 출입구 및 창의 부근은 주광의 적극적인 이용을 검토한다.
㉰ 에너지 절약 타입의 인버터 조명을 채택한다.
㉱ 공조에 의한 냉방이 지나쳐 에너지낭비가 발생하지 않도록 과냉방에 특별히 주의한다.
㉲ 중간기, 동절기의 냉방은 외기도입을 적절하게 실시한다.
㉳ 냉난방시즌 중에는 CO2의 제어 등, 재실인원에 따라 외부로부터의 외기도입을 합리적으로 한다.

② 관리 부문

㉮ 사무실이나 백야드는 용도에 따라 가동 시간이 다르기 때문에 개별 공조를 실시한다.
㉯ 조명의 종류 및 사용용도 별로 회로를 세분화시켜 관리상 조직적이며 편리하게 구획하며, 사용하지 않는 부분의 소등이 용이 하도록 손쉽게 절전할 수 있도록 재구성 한다.
㉰ 냉방. 난방의 설정 온도는, 겨울 20℃, 여름 26℃로 한다.
㉱ 조명기구는 인버터 형으로 교체한다.
㉲ 사무실 등은 주광을 이용하고 라커룸 등은 사람을 감지하는 센서에 의한 점멸 방식의 채택을 고려한다.

③ 주차장

백화점은 지하 주차장, 기계식 주차장, 입체 주차장 등이 많으며 대형 쇼핑센터는 옥외 및 외벽 개방형의 옥내 주차장이 주류이다. 역사 내의 쇼핑센터는 자체적인 자가소유의 주차장을 확보할 수 없어서, 공공 주차장 등을 이용하는 경우가 많은 것이 특징이다.

주된 소비 에너지는 환기와 조명이며, 타 부문에 비해 에너지 밀도는 낮은 편이다.

㉮ 필요 최소한의 조도를 확보함과 동시에 내방객의 밀도에 따라 조명의 구분을 세분화하고, 관리를 철저히 한ㄷ.

㉯ CO센서를 설치해 기준 농도를 준수하여 적절한 환기를 하여 쾌적한 환경을 유지하도록 관리한다.
㉰ 아이들링의 방지를 위해 세심한 주위를 기울인다.
㉱ 배기가스를 감소시키기 위해, 차량의 저속도 운행을 위한 차로에 대한 연구를 한다.

④ 식품 부문

식품 부문은 면적비율이 낮은 것에 비교해 에너지 소비 밀도가 높고, 특히 식품을 위한 냉동.냉장의 에너지 소비비율이 큰 것이 특징이다. 면적당 내점객 밀도는 타 부문보다 크고, 특히 저녁과 주말 및 기녀일 명절 등에 집중한다.

최근에는 기 가공된 음식 코너뿐만 아니라 즉석요리에 의한 패스트푸드, 시식코너 및 케이터링 등의 다양한 방법에 의한 판매장내 조리가 급증하고 있어 여기에 수반하는 조리용 에너지 소비가 증가하는 경향이 있다.

㉮ 식품용 냉동 냉장 케이스에서 나오는 냉기의 영향으로 중대형 마트에서는 냉방시 실내온도가 의외로 낮은 경향이 있다. 지나친 냉방이 되지 않도록 주의를 기울여야 한다.
㉯ 식품은 적정 온도로 관리하고, 오픈형 진열장의 과냉에 주의한다.
㉰ 폐점 시 나이트 커버 등의 효과 활용으로 냉기가 쓸데없이 유출되는 것을 방지한다. 또 냉장 케이스의 유리문이 개방되지 않도록 틈새가 없도록 꼼꼼하고 세심하게 닫도록 신경을 쓴다.
㉱ 압축기 일체형 냉동, 냉장 기기의 채택을 가급적 피하여 분리형의 채용을 추진한다.

⑤ 냉동냉장설비 부문

고객의 밀도와 관계없이 매장의 온도를 유지하는 것은 비합리적이며, 에너지이용이 비효율적이다. 따라서 이러한 낭비적인 부분은 운용의 테크닉을 발휘하여 에너지 낭비를 없애야 한다.

㉮ 진열장의 조명은 영업 시간외는 반드시 소등한다.
㉯ 콘덴서는 정기적으로 청소한다.
㉰ 냉동, 냉장 실외기의 쇼트 서키트를 피하고 응축 능력의 저하 방지를 도모한다.
㉱ 에너지 절약형 에어 커튼 타입의 진열장을 채용한다.
㉲ 진열장의 조명 램프를 1열로 합한다.(조명은 1열에서도 2열에서도 외형에는 그다지 변화가 없다)
㉳ 멀티 냉동기와 핫 가스 디프로스트 방식의 채용을 검토한다.

㉦ 냉동고. 냉장고는 벽의 면적이 적게 되도록 가능한 한 곳으로 모은다.
㉧ 냉각 온도대별로 냉동기를 나눈다.
㉨ 청과용, 낙농 제품용 등의 비교적 온도가 높은 오픈 쇼케이스는 오프사이클 디프로스트 방식의 기기의 채택을 검토한다.

⑥ 식당부문(식음료매장, 음식점, 식당, 스낵코너 등)
음식점은 레스토랑, 패스트푸드 등 여러 가지가 있으나 이들의 에너지소비(공조, 조명, 조리 등)의 평균을 백화점과 중대형마트로 구분했다. 백화점의 음식점의 연간에너지 소비량은 중대형마트에 비해서 상대적으로 상관관계가 적다. 이는 상대적으로 넓은 연면적에서 많은 손님들과 점원들이 출입하고 활동하기 때문이라 볼 수 있다.
음식점은 면적비율은 작지만, 조리용의 가스나 전기의 소비가 크고, 이것에 수반하는 공조. 환기 에너지도 크고, 다른 부문에 비해 에너지 소비 밀도가 높은 것이 특징이다. 조명도 간접조명이나 코드 팬던트 등을 다용화 하기 때문에 조도에 비교해 조명 부하도 커진다.

㉮ 급탕 온도를 너무 올리지 않도록 한다.
㉯ 급탕 배관의 나관은 단열을 하고 보온이 미비한 부분은 단열을 강화한다.
㉰ 주방의 급탕에 있어서는 급탕의 연속공급을 줄이고, 해동 시 누수의 발생을 방지하며, 작업방식을 축조방식 등으로 개선하기위한 노력을 한다.
㉱ 가스의 점화원(도화선)은 세세하게 꼼꼼하게 잠근다.
㉲ 가스의 사용량에 따라 환기의 풍량을 조정한다.
㉳ 가스버너의 청소와 공기량의 조정을 실시해 완전 연소 킨다.
㉴ 푸드의 설치는 기능적인 면과 효과를 고려하여 연소 기기로부터 배기를 효율적으로 한다.
㉵ 버너에 맞는 냄비, 솥 팬 등의 조리기구를 사용한다.

⑦ 조명설비의 에너지 절약대책

㉮ 조명 제어 시스템의 채용과 점등 회로는 구획별로 세분화하여, 개폐점 전후의 점등시간을 최대한 단축한다.
㉯ 공용부분의 복도, 라커룸 등은 인적감지 센서에 의한 점멸을 검토한다.
㉰ 주광을 이용한다.
㉱ 조명기구에는 반사판이나 차양을 단다.
㉲ 조명기구는 정기적으로 청소한다.
㉳ 천정, 벽, 마루 등은 반사율이 높은 밝은 색조로 한다.
㉴ 고효율 조명기구(인버터 조명) 등을 상용한다.

㉲ 빛은 반사나 투과가 좋은 고효율 조명기구를 사용한다.
㉳ 형광관은 정기적으로 교환한다.

⑧ 엘리베이터, 에스컬레이터의 에너지 절약

㉮ 승강기와 에스컬레이터는 인체감지센서에 의해 입점객이 적을 시 가동간격의 조절을 고려한다.
㉯ 주차장등으로 향하는 에스컬레이터는 사람감지센서에 의한 운전으로 한다.
㉰ 엘리베이터의 인버터 제어의 채용에 의해, 에너지 절약을 도모한다
㉱ 전력회생 제동방식을 사용한다.

⑨ 급배수위생설비의 에너지 절약대책

㉮ 접수형 기구를 사용한다.
㉯ 오수, 배수, 용수, 빗물의 배수 펌프의 빈번한 운전을 방지하도록 레벨을 조정한다.
㉰ 중수 또는 우물물 이용 설비를 검토한다.
㉱ 급수전의 패킹 열화에 의한 누수를 방지한다.
㉲ 양수 펌프의 능력을 재검토해 과대한 경우는 인버터 부가를 검토하는 것과 동시에 교체 시에는 적정 출력기기로 변경해, 피크 전력의 저감을 도모한다.
㉳ 중수도 설비, 정화조 설비(제해 설비)등의 설계 유입량과 실 유입량에 차이가 큰 경우는, 블로어에 의한 공기 등이 과잉상태로 되어, 기준 DO치(용존 산소)보다 과잉 상태가 된다. 이런 경우는 간헐 운전으로 검토하거나 공기량을 줄여 동력을 절감한다.

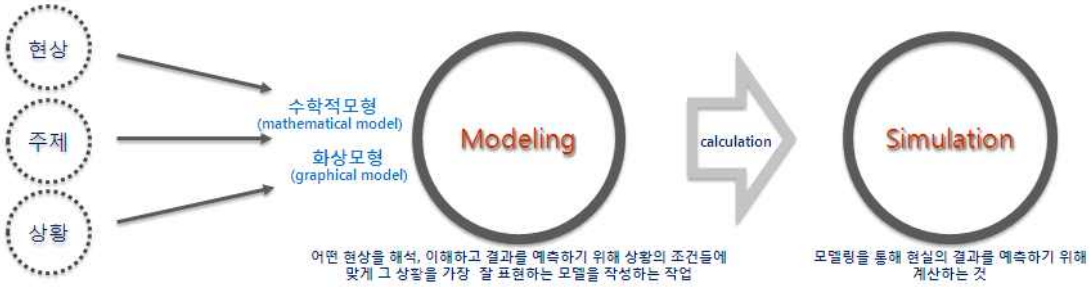
⑩ 수변전설비의 에너지 절약대책

㉮ 고효율 변압기로 교체해 전력의 손실을 막는다. 교체 순위는 연수별로 낡은 것, 연간 부하율이 낮은 것으로부터 바꿔 교체 효과를 높인다.
㉯ 뱅크마다의 부하의 편향을 시정한다.
㉰ 적정 실내온도를 유지하기 위해 전기실의 공조용 환기기기를 종래의 타이머에 의한 제어로부터 온도에 의한 on-off로 변경하고 on-off온도를 35℃정도로 설정한다.
㉱ BEMS의 채용, 계측. 제어 기능의 재구축에 의한 에너지 절약 대책과 데이터 해석을 추진한다.

## 4. 시뮬레이션을 활용한 용도별 건축물의 성능개선 Check List의 우선순위

도출

## 가. 에너지 성능평가 시뮬레이션의 개요




(1) 모델(Model)

- 일련의 변수(variables) 및 이들 변수간의 논리적, 정량적 관계를 표현하는 이론적, 개념적 구축

(2) 모델링(Modeling)

- 어떠한 현상을 개념적으로 표현하기 위해 모델을 구축해가는 과정

건축물 시뮬레이션은 단순히 그 형태만을 나타내는 것 뿐만 아니라 여러 복합 인자(태양, 빛, 열, 공기, 음, 전기, 기계, 비용. 피난 등)들의 수많은 상호 작용을 담고 있다.

## 나. 에너지 성능평가 방법

(1) EnergyPlus

(가) EnergyPlus의 개요

○ BLAST 와 DOE-2의 장점만을 결합하여 개발됨
- 건물의 응답(response)과 1차, 2차 시스템이 견고하게 결합되어져 통합된 건물과 시스템의 동시 해석(필요한 때는 반복 수행)
- 열적 존(thermal zones)과 주변 환경(외부 변수) 간의 상호작용을 위해 보조 시간간격(표준 이외의 시간 간격 : Sub-hourly) 및 사용자 지정 시간 간격 ; 열적 존과 HVAC 시스템들 간의 상호작용을 다양한 시간간격으로 지정(해의 안정성을 확보하기 위해 자동적으로 변경됨)
- ASCⅡ 텍스트 기반 기상 자료 및 입. 출력 파일들은 각각의 시간별 또는 종속 시간별 외부 조건과 표준 또는 사용자 지정 보고서를 포함
- 매 시간간격에서 내.외부 표면에서의 복사와 대류 효과를 동시 계산이 가능하도록 하는 건물 열부하에 대한 열평형에 기반하는 해석 기법
- 전도 전달함수를 이용한 벽체, 지붕, 바닥 등과 같은 건물 구성요소들을 통한 과도 열전도(teansient heat conduction)해석
- 3차원 유한차분 지중 모델과 단순 해석 기법의 연계를 통한 개선된 지중 열전달 모델링
- 전도 전달함수의 레이어별 통합 또는 유효 습기침투 깊이 모델(EMPD)으로써 수분 흡착/탈착을 계산하는 결합된 열전달 및 축열성 모델
- 활동량, 실내건구온도, 습도 등에 기반한 열 쾌적 모델
- 경사면의 확산일사량 계산을 개선하기 위한 이방성 천공 모델
- 창호 유리들에 흡수되는 태양에너지를 적절히 할당할 수 있는 가동식 창호 블라인드, 전기변색 유리, 레이어별 열평형을 포함하는 진보된 창호 계산법 및 방대한 상업적으로 이용 가능한 창호에 대한 성능 라이브러리
- 냉.난방의 감소된 인공조명의 효과, 발광 조절, 현휘 분석 및 제어, 실내 조도 계산을 포함하는 자연채광 조절
- 사용자가 프로그램 소스 코드를 재 컴파일링하지 않고 특정 시스템과 다소 수정된 시스템으로 수정할 수 있도록 한 Loop기반 구성 가능한 HVAC시스템
- 에너지 변환에 대한 CO2, SOx, NOx, CO, 미세먼지, 탄화수소 발생을 예측하는 대기 오염 계산
- 건물 구성요소에 대한 보다 상세한 분석이 가능하도록 하기 위해 WINDOW5, WINDOW6 그리고 DElight와 같은 다른 범용 시뮬레이션 환경/컴포넌트와의 링크

(나) EnergyPlus의 한계점

○ EnergyPlus는 사용자 인터페이스는 아니다. EnergyPlus는 third-party 인터

페이스(상업적 목적으로 개발된 연동 프로그램)으로 덮어질 수 있는 시뮬레이션 엔진으로 개발되었다.
- 입력 및 출력값은 해석이 가능하지만 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)는 아닌 단순 ASCⅡ텍스트 이다.

○ EnergyPlus는 현재 LCC분석 도구는 아니다. 그러나 EnergyPlus는 LCC 프로그램에 제공될 수 있는 결과를 생산한다.
- 일반적으로, 이러한 속성(LCC분석)의 계산들은 정부나 기관에서 규정하는 방법론의 변화와 물가 상승률의 변화에 보다 빨리 대응할 수 있는 더 작은 LCC유틸리티 프로그램에 남겨두는 것이 더 낫다.

○ EnergyPlus는 건축가나 설계 기술자를 대신하는 것이 아니다.
- 이것은 입력자료의 검토, 다양한 매개변수들의 범위 또는 수용성의 검증, 또는 결과를 판단하려는 시도는 하지 않는다. 많은 GUI프로그램은 미세 조정이나 입력 오류를 수정할 때 사용자를 돕지만, EnergyPlus는 '잘못된 입력, 잘못된 결과'의 원리로 여전히 작동한다. 엔지니어와 건축가는 항상 설계와 열적 공학적인 프로세스의 중요한 일부가 될 것이다.

### 다. 시뮬레이션 결과 값의 보정 및 정확도 확보

(1) Weather File
현재 시뮬레이션 상의 기후데이터는 부정확한 데이터 값을 사용하고 있으며 이를 해결하기 위한 방안이 필요하다. 그 지역에 맞는 정확한 기후 데이터를 사용

하여야만 시뮬레이션의 결과값의 정확성을 확보 할 수 있다.

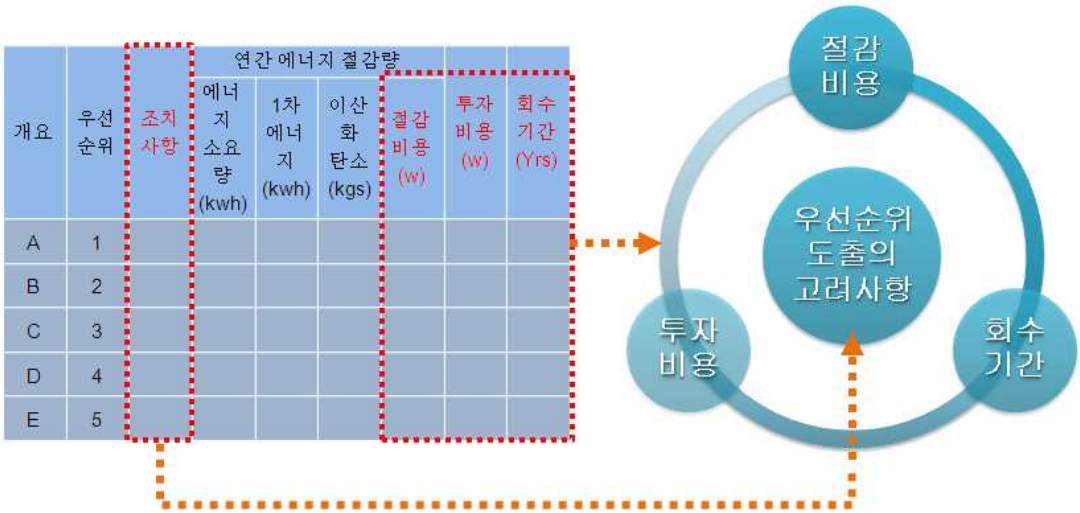
(2) 용도별 profile

각 용도별로 스케줄 , 냉난방 기준온도 등의 현장 조사를 통한 실제 공조운영현황을 적용하여 시뮬레이션 상의 결과값의 정확성을 확보 하고자 한다.

(3) 설비 시스템

현재 우리나라에서 사용하는 에너지 시뮬레이션의 설비 기기 입력 값은 외국 기준이거나 부정확한 설비 기기성능이 대부분 입력 되어 있다. 이러한 점을 수정하기 위해 국내 설비기기의 DB구축을 통해 얻어진 값을 시뮬레이션 상의 적용함으로써 정확한 시뮬레이션의 결과값을 확보하고자 한다.

### 다. 기대효과




기존 건물의 성능 개선 프로세스를 구축하며 에너지 절감량 뿐만 아니라 절감비용, 투자비용, 회수 기간 등의 사양이 고려된 우선순위 도출을 통하여 건축물의 성능개선을 위한 프로세스을 제공할 수 있을 것이다.

## 제8절 열원기기 및 신재생에너지 기본 DB조사

### 1. 열원

열원(Heat Source)이란 열을 발생 또는 흡수하여 필요로 하는 곳에 공급하는 근원을 말한다. 열원의 표시 방법은 사용하는 대상물에 따라 다를 수 있으며, 예로 실의 냉·난방에는 보일러나 냉동기가 열원이 되고, 보일러나 냉동기에 대해서는 가스 및 유류 등의 연료나 물, 공기 등이 열원이 된다. 대표적으로 난방 또는 급탕용 온

수를 생성하는 보일러는 온열원기기이고, 냉방용 냉수를 생성하는 냉동기는 냉열원으로써, 이러한 열원기기 및 관련되는 부속장비를 통틀어 열원설비라 한다.

## 2. 열원기기의 분류

### 가. 온열원기기

온열원기기는 건축물의 공조 등을 위해 증기 또는 온수를 생성하는 기기를 말하며, 대표적인 온열원기기인 보일러는 구조, 용도, 사용연료 등에 따라 다양하게 분류할 수 있다. [표 1]은 구조에 따라 보일러를 크게 분류한 것이며, 용도에 따라서는 육용정치(陸用定置) 보일러 박용(舶用) 보일러, 발전용(發電用) 보일러 등과 같이, 연료에 따라서는 석탄 보일러, 석탄 유동층 보일러, 기름 보일러, 가스 보일러, 가스-기름 혼소보일러 등으로 불리기도 한다. 또한 구조나 크기와 함께 용도나 사용연료를 덧붙여 표시(입형 박용 기름 보일러 등)하기도 하고, 구조와 목적을 합하여 분류하기도 한다.

<표 180> 보일러의 종류

| 구분 | 형식 | 종류 |
|---|---|---|
| 원통보일러 | 입형 보일러 | |
| | 노통 보일러 | 코니시, 랭카셔 보일러 |
| | 연관 보일러 | 내화식, 외화식 |
| | 노통연관 보일러 | 일반형, 증기드럼 별도형 |
| 수관보일러 | 자연순환식 보일러 | |
| | 강제순환식 보일러 | |
| | 복사 보일러 | |
| 관류보일러 | 관류 보일러 | 벤손, 슐저 보일러 등 |
| | 소형 관류 보일러 | 단관식, 다관식 |
| 기타 보일러 | 간접가열 보일러 | 진공식, 무압식 등 |
| | 응축잠열회수식 보일러 | 콘덴싱 보일러 |
| | 특수연료 보일러 | 유동층 보일러, 목재 보일러 |
| | 특수 열매체 보일러 | 다우섬 보일러 |
| | 폐열 보일러 | 소각 폐열 보일러 등 |
| | 기타 | 전기 보일러 등 |

## 나. 냉열원기기

냉열원기기는 건축물의 공조 등을 위해 냉수 또는 냉각공기를 생성하는 기기를 말하며, 역 카르노 사이클(Converse Carnot's cycle)에 의하여 이루어지는 냉동기술을 이용해 냉수 등을 생성한다. 건축물의 공조용 냉열원기기로 사용되는 냉동기의 분류 및 비교는 [표 2]와 같다.

냉동(Refrigeration)이란 일정한 공간이나 어떠한 물체(고체, 액체, 기체 등)로부터 인위적으로 열을 제거하여 그 공간이나 물체의 온도를 주위의 온도보다 낮추어 주는 조작을 말한다. 예를 들면, 상온의 물을 냉각시켜 더 낮은 온도의 냉수를 만드거나 얼음을 만드는 것 등의 조작을 냉동이라 한다. 이러한 냉동에는 물품의 동결점 이상의 온도에서 얼리지 않는 상태로 낮추는 냉각(Cooling)과 물품의 동결점 이하에서 얼린 상태로 낮추는 동결(Freezing)을 포함한다. 이러한 냉동의 효과를 얻기 위해서는 어떤 물질의 상태가 변화할 때 주위의 물질로부터 열(흡수열)을 흡수하는 성질을 이용하는 경우가 많다.

냉동장치에 사용되는 암모니아, R134a, R22, R410A 등은 대기압 하의 상온에서 쉽게 증발할 뿐만 아니라 상당히 저온에서도 증발하는 물질이다. 냉동 방법은 여러 가지가 있으나 일회성과 연속성을 기준으로 얼음, 액체질소, 드라이아이스 등을 사용하는 자연냉동법(Natural Refrigeration)과 기계냉동법(Mechanical Refrigeration)으로 구분할 수 있다. 자연냉동법은 증발(액체가 기체로 되는 것), 융해(고체가 액체로 되는 것) 또는 승화(고체가 기체로 되는 것) 등의 물리적인 현상이 일어날 때의 흡열작용을 이용하는 rjtalu, 기계냉동법은 어떤 물질의 상태 변화를 이용하되 기계적인 일이나 열에너지를 소비해서 연속적으로 저온 영역의 열을 흡수하여 고온 영역으로 방출시키는 것이다. 기계냉동법을 이용한 증기압축식 시스템은 냉동방식이나 냉동사이클에 따라 그 구성이 다르게 되나, 일반적으로 압축기, 팽창기구(팽창밸브), 열교환기(증발기, 응축기 등) 등으로 구성된다. 이러한 기계냉동법을 이용한 시스템은 증기압축식과 흡수식 냉동기가 있다.

<표 181> 냉동기의 종류 및 주요 용도

| 구분 | 분류 | 주요 용도 |
|---|---|---|
| 압축식 냉동기 | 용적식 냉동기 | 중·소규모 건물 또는 각실 유닛 및 대규모의 히트펌프, 브라인 쿨러 |
| | 원심식 냉동기 | 중·대규모 건물의 중앙식 |
| 흡수식 냉동기 | 일중효용 흡수식 냉동기 | 중·대규모 건물의 중앙식 |
| | 이중효용 흡수식 냉동기 | |
| | 직화식 냉온수기 | 소·중규모 건물 또는 각실 유닛 |

## 다. 히트펌프

열은 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하는 성질을 갖고 있다. 히트펌프는 반대로 낮은 온도에서 높은 온도로 열을 끌어 올리는 장치로, 냉매의 발열 또는 응축열을 이용해 저온의 열원을 고온으로 전달하는 냉방장치, 고온의 열원을 저온으로 전달하는 난방장치, 냉·난방 겸용장치를 포괄하는 의미로 사용된다. 히트펌프는 구동 방식에 따라 전기식과 엔진식으로 구분되고, 현재 대부분의 히트펌프는 냉방과 난방을 겸용하는 구조로 되어 있다.

히트펌프의 구동원리는 기본적으로 냉동기의 원리는 바탕으로 한다. 냉동기가 단지 저열원의 열을 흡수하여 고열원 쪽으로 방출하는 원리로만 사용되는 것에 비해, 히트펌프는 저열원의 열을 흡수하여 고열원의 열 방출(냉방)뿐만 아니라, 그 반대인 고열원의 열을 흡수하여 저열원의 열 방출(난방)으로도 전환이 가능하여, 열을 원하는 방향으로 이동시킬 수 있는 시스템이다. 히트펌프는 열원에 따라 공기열원 히트펌프와 수열원 히트펌프 등으로 구분된다.

<표 182> 열원에 따른 히트펌프의 분류

| 구분 | 수열원 히트펌프 | 공기열원 히트펌프 |
|---|---|---|
| 에너지원 | 에너지원을 물 등에서 흡수 | 에너지원을 공기의 형태로 흡수 |
| 이용형식 | 물 대 물<br>물 대 공기 | 공기 대 공기<br>공기 대 물 |
| 종류 | 수열원 히트펌프<br>지하수 이용 히트펌프<br>하천수, 저수지, 댐 바닷물 이용<br>폐열(목욕탕, 사우나 등) | 에어컨 타입의 EHP, GHP<br>환기열 이용<br>대기열 이용 |

### (1) 수열원 히트펌프(Water Source Heat Pump)

폐수열, 지하수, 하천수 등의 열원을 이용하여 히트펌프를 가동하여 냉·난방에 사용하는 기기이다. 공기열원 히트펌프가 5℃ 미만에서 효율이 감소하는 것에 비해 효율의 하락이 적고, 고효율로 운전이 가능하다는 이점을 갖는다.

### (2) 공기열원 히트펌프(Air Source Heat Pump)

공기열원 히트펌프에는 대표적으로 압축기 구동을 위한 연료에 따라 GHP와 EHP 등으로 구분할 수 있다. GHP와 EHP의 작동원리는 비슷하지만, 압축기의 구동력에 따라 구분된다. GHP(Gas Engine Heat Pump)는 LNG 또는 LPG를 열원으로 가스엔진의 동력으로 구동되는 압축기에 의해 냉매의 액화와 기화를 반복시켜 냉·난방에 사용하고, EHP(Electric Heat Pump)는 전기를 통해 압축기를 구동하여 냉·난방에 사용하는 기기이다.

## 라. 신재생에너지

우리나라의 신재생에너지는 「신에너지 및 재생에너지 개발, 이용, 보급 촉진법」 제2조에 의해 기존의 화석연료를 변환시켜 이용하거나 햇빛·물·지열·강수·생물유기체 등을 포함하는 재생 가능한 에너지를 말한다. 신재생에너지는 태양열, 태양광, 바이오매스, 풍력, 소수력, 지열, 해양에너지, 폐기물에너지의 8개 분야의 재생에너지와 연료전지, 석탄액화가스화, 수소에너지의 3개 분야인 신에너지로 총 11개 분야를 지정하고 있다. 신재생에너지는 도입 시 자연적 조건, 수요지와의 거리 등의 제약요인을 갖고, 낮은 에너지 밀도와 불안정한 특징, 높은 초기투자비 등의 장애요인을 갖고 있다. 하지만, 이러한 단점에도 에너지문제 및 환경문제의 대안 중 하나라는 점에서 국내뿐만 아니라 세계 각국에서 다양한 연구개발이 진행되고 있다. 11종의 다양한 신재생에너지 중 건축물의 열원으로 적용 가능한 에너지는 지역적 특성과 시스템 규모, 기술수준 등에 따라 다르게 분류할 수 있고, [표 3]과 같다.

<표 183> 건축물 적용 가능한 신재생에너지 특성

| 구분 | 에너지원 | 산출에너지 | 고려사항 |
|---|---|---|---|
| 태양열 | 태양열 | 열에너지 | 일사량 |
| 태양광 | 태양광 | 전기에너지 | 일사량 |
| 지열 | 지중열 | 열에너지 | 지중천공 |

태양열을 이용한 시스템은 태양으로부터 오는 복사에너지를 열에너지로 변환하여 급탕 또는 난방에 이용하는 시스템이다. 태양열 시스템은 태양열 집열기(평판형 또는 진공관형 등)를 통해 취득한 열에너지를 열교환기를 통해 직접 사용하거나, 축열조에 저장하고, 부하측에서 필요로 하는 적정온도에 미치지 못할 시, 보조가열기를 통해 유체의 온도를 승온시켜 사용한다.

태양광을 이용한 시스템은 태양의 빛에너지를 전력에너지로 변환하여 공급하는 시스템이다. 태양이 가지고 있는 광전자에너지를 전기에너지로 변환하는 기술을 태양광 발전기술이라 말한다. p형과 n형 반도체의 접합(p-n 접합)으로 생성된 태양전지는, 태양으로부터 빛에너지를 받으면 재료 전체에서 과잉된 전자-정공쌍이 생성되고, 전자와 정공은 p-n 접합부에 존재하는 전기장의 영향을 받는다. 전자는 p형 반도체에서 n형 반도체로 흐르고, 정공은 n형 반도체에서 p형 반도체로 흐르게 된다. 이로 인해 도선으로 연결된 외부 회로에 전기가 발생하게 된다.

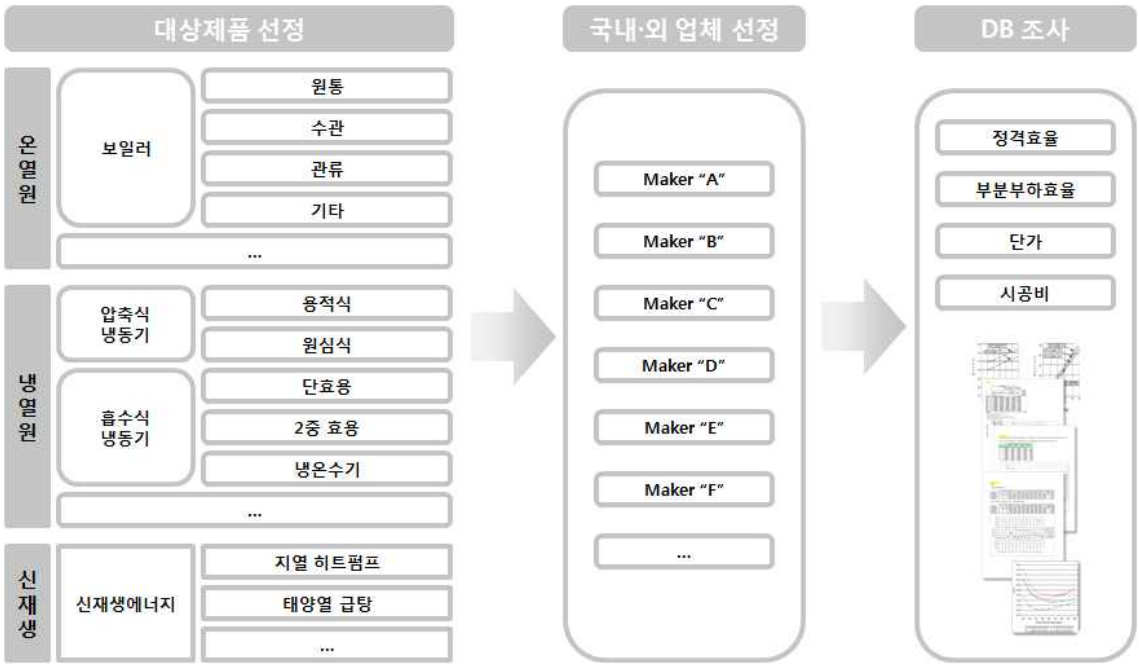
지열을 이용한 지열 시스템은 외기온도의 영향을 받아 온도가 변하는 지표면과 달리, 연중 일정한 온도를 유지하는 지중의 열을 이용하는 시스템이다. 일반적으로 건물의 난방 및 급탕을 위해 사용되며, 냉방운전 시에는 지중을 열침(Heat Sink)으로 이용하여 지중으로 열을 방출하고, 난방운전 시에는 지중을 열원(Heat Source)으로 사용하여 지중으로부터 열을 취득한다. 히트펌프가 지중으로부터 열을 흡수·방출하며 생성된 온수 또는 냉수가 냉·난방 및 급탕에 사용된다.

## 3. 열원기기 조사

### (1) 조사 프로세스

열원기기 및 신재생기기의 조사 프로세스는 아래와 같다. 먼저 가장 빈번하게 사용되는 열원기기 및 신재생기기를 분류하고 메이저 생산업체를 정리하였다. 이후에 다스솔루션즈와 협의하여 조사 양식을 만들어 이를 바탕으로 성능 데이터(전효율, 부분부하 효율) 및 단가, 시공비, 유지관리비 등을 조사하였다.

[표 184] DB 조사 프로세스




### (2) 조사 내용 요약

#### (가) 열원기기 DB

조사된 열원기기의 장비 종류는 15종이며, 조사한 메이커는 12개사, 용량은 최소 3종 이상으로 조사하였으며, 조사된 열원기기의 종류, 메이커, 조사된 항목을 아래 표에 요약하였다.

<표 184> 조사된 열원기기 요약

| 구분 | 장비명 | 조사업체 | 주요조사항목 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 정격효율 | 부분효율 | 단가 | 시공비 |
| 온열원 | 흡수식 냉온수기 | S엔지니어링 | ○ | X | ○ | △ |
| | | L전자 | ○ | ○ | ○ | X |
| | 온수보일러 | D보일러 | ○ | ○ | ○ | △ |
| | | B보일러 | ○ | ○ | ○ | ○ |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 증기보일러 | D보일러 | ○ | ○ | ○ | △ |
| | | B보일러 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | EHP | L전자 | ○ | ○ | △ | X |
| | | S전자 | ○ | ○ | ○ | X |
| | GHP | S전자 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 냉열원 | 흡수식냉동기 | S엔지니어링 | ○ | ○ | ○ | △ |
| | | L전자 | ○ | ○ | ○ | X |
| | 흡수식냉온수기 | S엔지니어링 | ○ | ○ | ○ | △ |
| | | L전자 | ○ | ○ | ○ | X |
| | 터보냉동기 | S엔지니어링 | ○ | ○ | ○ | △ |
| | | L전자 | ○ | ○ | △ | X |
| | | S사(외산 C사) | ○ | ○ | ○ | X |
| | | T사(외산) | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | Y사(외산) | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 스크류냉동기 | S엔지니어링 | ○ | ○ | ○ | △ |
| | | L전자 | ○ | ○ | ○ | X |
| | 냉각탑 | S공조 | ○ | ○ | ○ | X |
| | | K기계 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | EHP(냉방) | L전자 | ○ | ○ | △ | X |
| | | S전자 | ○ | ○ | ○ | X |
| | GHP | S전자 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 빙축열 | S엔지니어링 | ○ | ○ | ○ | △ |
| 급탕 | 온수보일러 | D보일러 | ○ | ○ | ○ | △ |
| | | B보일러 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 증기보일러 | D보일러 | ○ | ○ | ○ | △ |
| | | B보일러 | ○ | ○ | ○ | ○ |

### (나) 신재생기기 DB

조사된 열원기기의 장비 종류는 7종이며, 조사한 메이커는 19개사, 용량은 최소 3종 이상으로 조사하였으며, 조사된 신재생기기의 종류, 메이커, 조사된 항목을 아래

표에 요약하였다.

<표 185> 조사된 신재생기 요약

| 구분 | 장비명 | 조사업체 | 주요조사항목 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 정격효율 | 부분효율 | 단가 | 시공비 |
| 태양광 | 태양광 모듈 | G솔라 | ○ | - | △ | - |
| | | K솔라 | ○ | - | △ | - |
| | | S리버 | ○ | - | △ | - |
| | | S테크 | ○ | - | △ | - |
| | | S에너지 | ○ | - | △ | - |
| | | A솔라 | ○ | - | △ | - |
| | | S에너지 | ○ | - | △ | - |
| | | E파워 | ○ | - | △ | - |
| 태양열 | 태양열 집열기 | K사 | ○ | - | △ | - |
| | | J상사 | ○ | - | △ | - |
| | | S코리아 | ○ | - | △ | - |
| | | A사 | ○ | - | △ | - |
| 지열 | 히트펌프(냉방) | L전자 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | S전자 | ○ | ○ | X | X |
| | 히트펌프(난방) | L전자 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | S전자 | ○ | ○ | X | X |
| 풍력 | 풍력 발전기 | C사 | ○ | ○ | △ | - |
| | | W스카이 | ○ | ○ | △ | - |
| | | W랜드 | ○ | ○ | △ | - |
| | | D에너지 | ○ | ○ | △ | - |
| 연료전지 | 연료전지 발전기 | S도시가스 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 열병합 | 열병합 발전기 | S도시가스 | ○ | ○ | ○ | ○ |

(참조) ○ : 데이터 수신 완료, △ : 데이터 부족(일부 수신) 및 업체측이 아닌 카달로그, 물가정보지 참조, X : 제공 데이터 없음

## (3) 주요 조사 DB

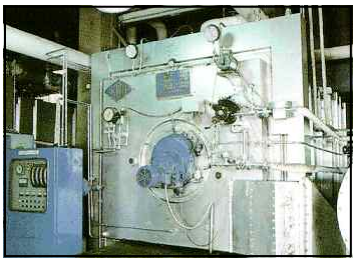
### 가. 증기보일러

<표 186> 증기보일러 종류 및 특성

| 구분 | | 증기압력(MPa) | 장비용량(㎥/h) | 장비효율(%) |
|---|---|---|---|---|
| 주철제 보일러 | | 0.1 이하 | 300~4,000 | 약 80~86 |
| 원통 보일러 | 입형 | 0.7 이하 | 100~500 | 약 70~75 |
| | 노통연관 | 1.6 이하 | 500~20,000 | 약 85~90 |
| 수관 보일러 | 입형 | 1.0 이하 | 500~2,000 | 약 85 |
| | 이통 | 0.7 이하 | 5,000 이상 | 약 85~90 |
| 관류 보일러 | 단관식 | 3.0 이하 | 100~15,000 | 약 80~90 |
| | 다관식 | 1.0 이하 | 100~2,000 | 약 75~90 |
| | 대형 | 1.0 이하 | 100,000 이상 | 약 90 |

a. 주철제 보일러

b. 원통 보일러
(노통연관식 보일러)



c. 수관 보일러

d. 관류 보일러

| | |
|---|---|
| 개요 | ▪ 보일러 내 증기 발생으로 압력이 증가하고, 방열기에서는 증기의 응축으로 압력이 감소함. 따라서 증기 보일러와 방열기의 압력차에 의해 증기가 순환됨. |
| 장점 | ▪ 증발잠열을 이용하기 때문에 열 운반능력이 큼.<br>▪ 예열시간이 온수식에 비해 짧고 증기의 순환이 빠름.<br>▪ 설비비 및 유지관리비가 비교적 저렴함.<br>▪ 흡수식 냉동기, 가습기, 급탕과 연동되어 사용됨. |
| 단점 | ▪ 보일러 내에 스케일 및 부식이 발생하며 수명이 짧음.<br>▪ 면허소지자 및 정기적인 사용검사 필요. |

<표 187> 증기보일러 조사결과

| 구분 | 용량 (kW) | 연료 | 연소효율 | | | | 총소비전력 | | | | 비용(천원) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | @100% | @75% | @50% | @25% | @100% | @75% | @50% | @25% | 단가 | 설치비용 | 유지관리 |
| 증기 보일러 (B사) | 374 | LNG13A | 33.00 | 24.75 | 16.50 | 8.25 | 2.25 | 1.13 | 1.13 | 0.56 | 36,372 | 10,000 | 500 |
| | 749 | | 66.00 | 49.50 | 33.00 | 16.50 | 5.90 | 2.95 | 2.95 | 1.48 | 54,123 | 15,000 | 1,000 |
| | 1,123 | | 99.00 | 74.25 | 49.50 | 24.75 | 9.70 | 4.85 | 4.85 | 2.43 | 60,885 | 20,000 | 1,500 |
| | 1,497 | | 132.70 | 99.53 | 66.35 | 33.18 | 11.20 | 5.60 | 5.60 | 2.80 | 74,690 | 25,000 | 2,000 |
| | 1,871 | | 164.20 | 123.15 | 82.10 | 41.05 | 14.70 | 7.35 | 7.35 | 3.68 | 83,578 | 30,000 | 2,500 |
| | 2,246 | | 197.00 | 147.75 | 98.50 | 49.25 | 18.70 | 9.35 | 9.35 | 4.68 | 86,559 | 35,000 | 3,000 |
| | 부분부하조건 : 급수온도 20℃, 공기온도 20℃, 압력 10kg/㎠ | | | | | | | | | | | | |
| 증기 보일러 (B사) | 374 | 경유 | 34.0 | 25.5 | 17.0 | 8.5 | 3.95 | 2.96 | 1.98 | 0.99 | 22,297 | 5,000 | 800 |
| | 749 | | 35.0 | 26.3 | 17.5 | 8.8 | 6.30 | 4.73 | 3.15 | 1.58 | 28,083 | 10,000 | 1,200 |
| | 1,123 | | 36.0 | 27.0 | 18.0 | 9.0 | 10.10 | 7.58 | 5.05 | 2.53 | 30,151 | 13,000 | 1,500 |
| | 1,497 | | 37.0 | 27.8 | 18.5 | 9.3 | 12.70 | 9.53 | 6.35 | 3.18 | 54,461 | 15,000 | 2,000 |
| | 1,871 | | 38.0 | 28.5 | 19.0 | 9.5 | 16.20 | 12.15 | 8.10 | 4.05 | 51,799 | 18,000 | 2,300 |
| | 2,245 | | 39.0 | 29.3 | 19.5 | 9.8 | 20.20 | 15.15 | 10.10 | 5.05 | 58,439 | 20,000 | 2,500 |
| | 부분부하조건 : 급수온도 20℃, 공기온도 20℃, 압력 10kg/㎠ | | | | | | | | | | | | |
| 증기 보일러 (D사) | 2,245 | LNG | 195.1 | 146.3 | 97.6 | 48.8 | 15 | 9.9 | 6.0 | 3.5 | 136,800 | - | - |
| | 3,742 | | 325.1 | 243.8 | 162.6 | 81.3 | 19 | 12.5 | 7.7 | 4.4 | 160,800 | - | - |
| | 1,497 | | 130 | 97.5 | 65.0 | 32.5 | 14.7 | 13.4 | 11.8 | 9.1 | 56,465 | - | - |
| | 2,245 | | 195.1 | 146.3 | 97.6 | 48.8 | 18.7 | 17.0 | 15.0 | 11.6 | 63,135 | - | - |
| | 부분부하조건 : - | | | | | | | | | | | | |
| 증기 보일러 (D사) | 2,245 | 경유 | 203.8 | 152.9 | 101.9 | 51.0 | 15.8 | 10.4 | 6.3 | 3.7 | 96,800 | - | - |
| | 3,742 | | 339.6 | 254.7 | 169.8 | 84.9 | 20.5 | 13.5 | 8.3 | 4.8 | 117,000 | - | - |
| | 1,497 | | 137.4 | 103.1 | 68.7 | 34.4 | 15.45 | 14.1 | 12.4 | 9.6 | 42,953 | - | - |
| | 2,245 | | 206.0 | 154.5 | 103.0 | 51.5 | 19.45 | 17.7 | 15.6 | 12.0 | 49,220 | - | - |
| | 부분부하조건 : - | | | | | | | | | | | | |

## 나. 온수보일러

<표 188> 온수보일러 종류 및 특성

| 구분 | | 온수온도(℃) | 장비용량(MW) | 장비효율(%) |
|---|---|---|---|---|
| 주철제 보일러 | | 120 이하 | 29~2,300 | 약 80~86 |
| 전기보일러 | | 120 이하 | 120~930 | 약 98 |
| 진공온수 보일러 | 주철형 | 85 이하 | 120~3,000 | 약 85~90 |
| | 노통연관 | 85 이하 | 46~1,860 | 약 85~88 |
| 무압온수 보일러 | | 100 이하 | 10~300 | 약 85~90 |
| 중탕식 보일러 | | 100 이하 | 100~500 | 약 85 |
| 일반 온수보일러 | | 100 이하 | 10~400 | 약 90 |

a. 진공온수 보일러

b. 무압온수 보일러

c. 중탕식 보일러

d. 일반 온수보일러

| | |
|---|---|
| 개요 | ▪ 온수의 현열을 이용한 난방에 사용됨.<br>▪ 보일러에서 가열된 온수를 복관식 또는 단관식의 배관을 통하여 방열기에 공급하여 난방을 행함.<br>▪ 방산한 온수는 보일러로 환수시켜 재사용.<br>▪ 온수는 증기에 비해 열량이 적음. 소규모 건물의 난방에 적합하며 보통 100℃이하의 온수를 열매로 사용 |
| 장점 | ▪ 난방부하 변동에 따라 온수온도 및 순환수량을 쉽게 조절가능<br>▪ 보일러 취급이 용이하고 안전 |
| 단점 | ▪ 긴 예열시간.<br>▪ 증기난방에 비해 방열 면적과 배관경이 커짐.<br>▪ 열용량이 크기 때문에 온수 순환시간이 김<br>▪ 배관 동파의 위험 존재. |

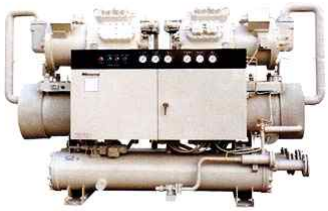
<표 189> 온수보일러 조사결과

| 구분 | 용량 (kW) | 연료 | 연소효율 | | | | 총소비전력 | | | | 비용(천원) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | @100% | @75% | @50% | @25% | @100% | @75% | @50% | @25% | 단가 | 설치비용 | 유지관리 |
| 진공온수 보일러 | 116 | LNG13A | 11.10 | 8.33 | 5.55 | 2.78 | 0.25 | 0.19 | 0.13 | 0.06 | 16,445 | 5,000 | 800 |
| | 698 | | 66.60 | 49.95 | 33.30 | 16.65 | 2.20 | 1.65 | 1.10 | 0.55 | 35,189 | 8,000 | 1,000 |
| | 930 | | 88.80 | 66.60 | 44.40 | 22.20 | 2.20 | 1.65 | 1.10 | 0.55 | 28,842 | 13,000 | 1,000 |
| | 1,895 | | 133.20 | 99.90 | 66.60 | 33.30 | 5.50 | 4.13 | 2.75 | 1.38 | 42,768 | 16,000 | 1,500 |
| | 2,326 | | 222.00 | 166.50 | 111.00 | 55.50 | 11.00 | 8.25 | 5.50 | 2.75 | 50,699 | 22,000 | 2,000 |
| | 4,186 | | 399.60 | 299.70 | 199.80 | 99.90 | 22.00 | 16.50 | 11.00 | 5.50 | 75,350 | 30,000 | 3,000 |
| (B사) | 부분부하조건 : 급수온도 20℃, 공기온도 20℃, 압력 10kg/㎠ (순환펌프) | | | | | | | | | | | | |
| 진공온수 보일러 | 116 | 경유 | 10.70 | 8.03 | 5.35 | 2.68 | 0.25 | 0.19 | 0.13 | 0.06 | 13,486 | 3,000 | 500 |
| | 698 | | 64.00 | 48.00 | 32.00 | 16.00 | 2.60 | 1.95 | 1.30 | 0.65 | 26,664 | 5,000 | 800 |
| | 930 | | 85.40 | 64.05 | 42.70 | 21.35 | 2.60 | 1.95 | 1.30 | 0.65 | 28,842 | 10,000 | 800 |
| | 1,895 | | 128.00 | 96.00 | 64.00 | 32.00 | 7.00 | 5.25 | 3.50 | 1.75 | 33,730 | 15,000 | 1,300 |
| | 2,326 | | 213.40 | 160.05 | 106.70 | 53.35 | 12.50 | 9.38 | 6.25 | 3.13 | 44,239 | 20,000 | 1,800 |
| | 4,186 | | 384.10 | 288.08 | 192.05 | 96.03 | 23.50 | 17.63 | 11.75 | 5.88 | 64,259 | 25,000 | 2,500 |
| (B사) | 부분부하조건 : 급수온도 20℃, 공기온도 20℃, 압력 10kg/㎠ (순환펌프) | | | | | | | | | | | | |
| 진공온수 보일러 | 581 | LNG | 54.9 | 41.2 | 27.5 | 13.7 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 0.9 | 30,130 | - | - |
| | 1,163 | | 109.9 | 82.4 | 55.0 | 27.5 | 3.7 | 3.4 | 3.0 | 2.3 | 36,432 | - | - |
| (D사) | 부분부하조건 : - | | | | | | | | | | | | |
| 중온수 보일러 | 2,326 | LNG | 202 | 151.5 | 101.0 | 50.5 | 11 | 7.2 | 4.4 | 2.6 | 136,800 | - | - |
| | 4,070 | | 353.5 | 265.1 | 176.8 | 88.4 | 18.5 | 12.2 | 7.5 | 4.3 | 160,800 | - | - |
| (D사) | 부분부하조건 : - | | | | | | | | | | | | |
| 온수 보일러 | 581 | 경유 | 53.3 | 40.0 | 26.7 | 13.3 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.2 | 24,495 | - | - |
| | 1,163 | | 106.7 | 80.0 | 53.4 | 26.7 | 4.1 | 3.7 | 3.3 | 2.5 | 31,050 | - | - |
| (D사) | 부분부하조건 : - | | | | | | | | | | | | |

## 다. 압축식 냉동기

<표 190> 압축식 냉동기 종류 및 특성

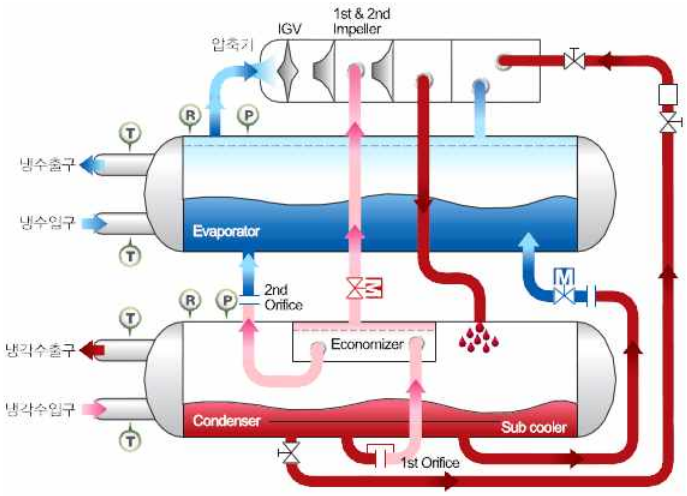
| 구분 | 장비용량(RT) | 소비동력(kW/RT) | COP |
|---|---|---|---|
| 왕복동식 | 0.2～180 | 1.1 | 2.5～3.5 |
| 원심식(터보식) | 100～10,000 | 0.98 | 3.0～4.0 |
| 스크류식 | 30～400 | 1.07 | 4.0～6.5 |



a. 왕복동식 냉동기

b. 원심식 냉동기

c. 스크류식 냉동기




d. 압축식 냉동기 흐름도

| | |
|---|---|
| 개요 | ▪ 증발기에서 증발된 냉매가스가 압축기에 흡입되어 압축.<br>▪ 응축기에 들어온 냉매가스가 냉각수에 의해 열을 빼앗겨 응축.<br>▪ 액화된 냉매는 증발기에 들어가 팽창하여 냉수 생성. |
| 장점 | ▪ 장비의 신뢰성이 높고 수명이 김.<br>▪ 장치설치면적이 작음.<br>▪ 고압의 이상상승이 없으므로 토출측에 안전밸브가 필요 없음.<br>▪ 대용량 빙축열에 적용성이 우수함.<br>▪ 터보식의 경우 타 냉열원 기기에 비해 COP가 매우 우수함. |
| 단점 | ▪ 냉매보유량이 많음.<br>▪ 수변전설비가 큼.<br>▪ 저부하시 서징의 우려가 큼. |

<표 191> 압축식 냉동기 조사결과(터보 냉동기)

| 구분 | 용량 (kW) | 부분부하 COP | | | | 비용(천원) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | @100% | @75% | @50% | @25% | 단가 | 설치비용 | 유지관리 |
| 터보 냉동기 | 1,055 | 6.10 | 6.98 | 6.94 | 5.51 | 330,000 | - | - |
| | 1,407 | 6.08 | 7.06 | 7.36 | 5.58 | 340,000 | - | - |
| | 1,758 | 6.08 | 7.22 | 7.80 | 6.07 | 355,000 | - | - |
| | 2,110 | 6.25 | 7.56 | 8.25 | 6.44 | 400,000 | - | - |
| | 2,461 | 6.12 | 7.31 | 8.06 | 6.43 | 421,000 | - | - |
| | 2,813 | 6.09 | 7.39 | 8.16 | 6.54 | 428,000 | - | - |
| (T사) | 부분부하조건 : 냉수 입·출구 온도 12℃ / 7℃, 냉각수 입·출구 온도 32℃ / 37℃ | | | | | 단가 VAT 미포함 | | |
| 터보 냉동기 | 1,055 | 5.76 | 6.55 | 6.89 | 4.95 | 265,000 | 15,000 | 10,000 |
| | 1,407 | 6.01 | 7.29 | 7.64 | 5.58 | 285,000 | 15,000 | 10,000 |
| | 2,110 | 6.13 | 7.28 | 7.59 | 5.93 | 315,000 | 20,000 | 10,000 |
| | 2,813 | 6.21 | 7.48 | 11.03 | 6.34 | 330,000 | 20,000 | 10,000 |
| | 3,516 | 6.22 | 7.69 | 8.41 | 6.61 | 355,000 | 25,000 | 10,000 |
| (Y사) | 부분부하조건 : 냉수 입·출구 온도 12℃ / 7℃, 냉각수 입·출구 온도 32℃ / 37℃ | | | | | 단가 VAT 미포함 | | |
| 터보 냉동기 (정속) | 703 | 5.09 | 5.74 | 5.41 | 3.59 | 262,000 | - | - |
| | 1,055 | 5.30 | 5.99 | 5.80 | 3.94 | 304,600 | - | - |
| | 1,407 | 5.53 | 6.24 | 6.50 | 4.57 | 330,200 | - | - |
| | 1,758 | 5.84 | 6.72 | 6.97 | 5.05 | 462,700 | - | - |
| | 2,110 | 5.59 | 6.97 | 6.85 | 4.59 | 492,600 | - | - |
| | 2,462 | 6.10 | 7.12 | 7.41 | 5.44 | 527,200 | - | - |
| | 2,813 | 6.11 | 6.96 | 7.07 | 5.16 | 618,300 | - | - |
| | 3,165 | 5.82 | 6.88 | 7.13 | 5.20 | 658,200 | - | - |
| | 3,517 | 5.97 | 7.03 | 7.48 | 5.42 | 691,900 | - | - |
| | 3,869 | 5.86 | 7.00 | 7.52 | 5.49 | 721,100 | - | - |
| | 4,220 | 5.93 | 7.09 | 7.61 | 5.64 | 731.900 | - | - |

| 구분 | 용량 (kW) | 부분부하 COP | | | | 비용(천원) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | @100% | @75% | @50% | @25% | 단가 | 설치비용 | 유지관리 |
| | 4,572 | 5.96 | 7.12 | 8.16 | 5.77 | 751,300 | - | - |
| | 4,924 | 5.96 | 7.14 | 8.37 | 6.09 | 774,000 | - | - |
| | 5,275 | 5.98 | 7.21 | 8.32 | 6.34 | 797,800 | - | - |
| | 5,627 | 5.96 | 7.03 | 8.01 | 6.01 | 809,500 | - | - |
| (C사) | 부분부하조건 : 냉수 입·출구 온도 12℃ / 7℃, 냉각수 입·출구 온도 32℃ / 37℃ | | | | | 단가 VAT 미포함 | | |
| 터보 냉동기 (인버터) | 703 | 5.28 | 6.85 | 9.51 | 6.51 | 318,000 | - | - |
| | 1,055 | 5.49 | 7.25 | 10.35 | 7.54 | 412,000 | - | - |
| | 1,407 | 5.56 | 7.75 | 11.15 | 8.38 | 464,000 | - | - |
| | 1,758 | 5.72 | 8.09 | 11.70 | 8.97 | 652,000 | - | - |
| | 2,110 | 5.71 | 8.20 | 11.59 | 8.51 | 772,000 | - | - |
| | 2,462 | 5.87 | 8.16 | 12.31 | 8.66 | 717,000 | - | - |
| | 2,813 | 5.90 | 8.30 | 12.56 | 8.89 | 835,000 | - | - |
| | 3,165 | 5.52 | 8.57 | 13.08 | 9.53 | 959,000 | - | - |
| | 3,517 | 5.94 | 8.56 | 12.83 | 8.79 | 960,000 | - | - |
| | 3,869 | 5.79 | 8.71 | 13.24 | 9.48 | 1,015,000 | - | - |
| | 4,220 | 6.03 | 8.64 | 13.18 | 8.79 | 1,140,000 | - | - |
| (C사) | 부분부하조건 : 냉수 입·출구 온도 12℃ / 7℃, 냉각수 입·출구 온도 32℃ / 37℃ | | | | | 단가 VAT 미포함 | | |
| 터보 냉동기 (인버터) | 703 | 5.4 | 5.710 | 5.580 | 3.860 | 161,810 | 11,100 | 7,000 |
| | 879 | 5.5 | 5.820 | 5.680 | 3.930 | 162,470 | 11,100 | 7,000 |
| | 1,055 | 5.6 | 5.960 | 5.820 | 4.020 | 163,570 | 11,100 | 7,000 |
| | 1,407 | 5.7 | 6.100 | 5.950 | 4.120 | 218,680 | 13,100 | 8,000 |
| | 1,758 | 5.9 | 6.220 | 6.080 | 4.200 | 220,440 | 13,100 | 9,000 |
| | 2,215 | 6.0 | 6.390 | 6.240 | 4.320 | 317,020 | 16,100 | 10,000 |
| | 2,813 | 6.1 | 6.450 | 6.300 | 4.360 | 319,440 | 16,100 | 12,000 |
| | 3,516 | 6.06 | 6.44 | 6.29 | 4.35 | 450,560 | 19,700 | 15,000 |

| 구분 | 용량 (kW) | 부분부하 COP | | | | 비용(천원) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | @100% | @75% | @50% | @25% | 단가 | 설치비용 | 유지관리 |
| | 4,395 | 6.1 | 6.48 | 6.33 | 4.38 | 682,770 | 19,700 | 15,000 |
| (S사) | 부분부하조건 : 냉수 입·출구 온도 12℃ / 7℃, 냉각수 입·출구 온도 32℃ / 37℃ | | | | | 단가 VAT 미포함 | | |
| 터보 냉동기 (1단) | 879 | 5.41 | 6.23 | 6.64 | 4.86 | 190,000 | - | - |
| | 1,407 | 5.72 | 6.54 | 6.95 | 5.17 | 236,000 | - | - |
| | 1,653 | 5.72 | 6.54 | 6.95 | 5.17 | - | - | - |
| | 3,165 | 5.72 | 6.54 | 6.95 | 5.17 | - | - | - |
| | 4,220 | 5.52 | 6.34 | 6.75 | 4.97 | 167,000 | - | - |
| | 4,571 | 5.76 | 6.58 | 6.99 | 5.21 | - | - | - |
| | 7,033 | 5.76 | 6.58 | 6.99 | 5.21 | 185,000 | - | - |
| (L사) | 부분부하조건 : 냉수 입·출구 온도 12℃ / 7℃, 냉각수 입·출구 온도 32℃ / 37℃ | | | | | 단가 VAT 미포함 | | |
| 터보 냉동기 (2단) | 1,407 | 6.02 | 6.84 | 7.25 | 5.47 | 236,000 | - | - |
| | 1,547 | 6.02 | 6.84 | 7.25 | 5.47 | - | - | - |
| | 1,653 | 6.02 | 6.84 | 7.25 | 5.47 | - | - | - |
| | 1,758 | 6.63 | 7.45 | 7.86 | 6.08 | 250,000 | - | - |
| | 1,793 | 6.02 | 6.84 | 7.25 | 5.47 | - | - | - |
| | 1,969 | 6.02 | 6.84 | 7.25 | 5.47 | - | - | - |
| | 2,180 | 5.98 | 6.80 | 7.21 | 5.44 | - | - | - |
| | 2,356 | 5.98 | 6.80 | 7.21 | 5.44 | - | - | - |
| | 2,567 | 5.98 | 6.80 | 7.21 | 5.44 | - | - | - |
| | 2,637 | 6.28 | 7.10 | 7.51 | 5.74 | 320,000 | - | - |
| | 2,708 | 5.97 | 6.79 | 7.19 | 5.43 | - | - | - |
| | 2,813 | 6.51 | 7.33 | 7.73 | 5.97 | 335,000 | - | - |
| | 2,919 | 5.97 | 6.79 | 7.19 | 5.43 | - | - | - |
| | 3,165 | 5.97 | 6.79 | 7.19 | 5.43 | 360,000 | - | - |
| | 3,305 | 6.22 | 7.08 | 7.50 | 5.65 | - | - | - |

| 구분 | 용량 (kW) | 부분부하 COP | | | | 비용(천원) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | @100% | @75% | @50% | @25% | 단가 | 설치비용 | 유지관리 |
| | 3,516 | 6.28 | 7.14 | 7.56 | 5.71 | 370,000 | - | - |
| | 3,868 | 6.22 | 7.08 | 7.50 | 5.65 | 400,000 | - | - |
| | 4,395 | 5.98 | 5.44 | 5.44 | 5.44 | - | - | - |
| | 4,571 | 6.39 | 5.85 | 5.85 | 5.85 | - | - | - |
| | 4,747 | 5.98 | 5.44 | 5.44 | 5.44 | - | - | - |
| | 5,274 | 5.98 | 5.44 | 5.44 | 5.44 | 570,000 | - | - |
| | 5,450 | 6.13 | 6.96 | 7.39 | 5.57 | - | - | - |
| | 5,802 | 6.13 | 6.96 | 7.39 | 5.57 | - | - | - |
| | 6,153 | 6.13 | 6.96 | 7.39 | 5.57 | - | - | - |
| | 6,857 | 5.97 | 6.79 | 7.19 | 5.43 | - | - | - |
| | 7,419 | 5.97 | 6.79 | 7.19 | 5.43 | - | - | - |
| | 8,087 | 5.97 | 6.79 | 7.19 | 5.43 | - | - | - |
| | 8,439 | 6.02 | 6.84 | 7.25 | 5.47 | - | - | - |
| | 9,142 | 6.02 | 6.84 | 7.25 | 5.47 | - | - | - |
| | 10,021 | 6.02 | 6.84 | 7.25 | 5.47 | - | - | - |
| (L사) | 부분부하조건 : 냉수 입·출구 온도 12℃ / 7℃, 냉각수 입·출구 온도 32℃ / 37℃ | | | | | 단가 VAT 미포함 | | |

<표 192> 압축식 냉동기 조사결과(스크류 냉동기)

| 구분 | 용량 (kW) | 부분부하 COP | | | | 비용(천원) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | @100% | @75% | @50% | @25% | 단가 | 설치비용 | 유지관리 |
| 스크류 냉동기 | 278 | 4.9 | 6.094 | 5.853 | 5.775 | - | - | - |
| | 348 | 5.3 | 6.019 | 5.782 | 5.705 | - | - | - |
| | 380 | 4.9 | 6.121 | 5.880 | 5.801 | - | - | - |
| | 411 | 4.8 | 6.053 | 5.814 | 5.737 | - | - | - |
| | 485 | 5.0 | 6.280 | 6.033 | 5.952 | - | - | - |
| | 633 | 5.0 | 6.284 | 6.036 | 5.956 | - | - | - |
| | 672 | 5.0 | 6.252 | 6.005 | 5.925 | - | - | - |
| | 700 | 5.3 | 6.019 | 5.782 | 5.705 | - | - | - |
| | 760 | 4.9 | 6.121 | 5.880 | 5.801 | - | - | - |
| | 826 | 4.9 | 6.053 | 5.814 | 5.737 | - | - | - |
| | 970 | 5.0 | 6.280 | 6.033 | 5.952 | - | - | - |
| | 1,051 | 5.0 | 6.317 | 6.068 | 5.987 | - | - | - |
| | 1,266 | 5.0 | 6.284 | 6.036 | 5.956 | - | - | - |
| | 1,347 | 5.0 | 6.252 | 6.005 | 5.925 | - | - | - |
| (L사) | 부분부하조건 : 냉수 입·출구 온도 12℃ / 7℃, 냉각수 입·출구 온도 32℃ / 37℃ | | | | | 단가 VAT 미포함 | | |
| 스크류 냉동기 (수냉식) | 126 | 4.02 | - | - | - | 21,900 | 1,890 | 2,000 |
| | 154 | 4.02 | - | - | - | 24,300 | 1,890 | 2,000 |
| | 190 | 4.07 | - | - | - | 27,100 | 1,890 | 2,000 |
| | 234 | 4.03 | - | - | - | 29,000 | 2,010 | 2,500 |
| | 308 | 4.02 | - | - | - | 44,300 | 2,010 | 3,500 |
| | 381 | 4.07 | - | - | - | 50,500 | 2,200 | 3,500 |
| | 467 | 4.02 | - | - | - | 53,500 | 2,680 | 3,500 |
| | 571 | 4.07 | - | - | - | 72,800 | 2,680 | 4,000 |
| | 701 | 4.03 | - | - | - | 79,100 | 2,810 | 4,000 |

| 구분 | 용량 (kW) | 부분부하 COP | | | | 비용(천원) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | @100% | @75% | @50% | @25% | 단가 | 설치비용 | 유지관리 |
| | 761 | 4.07 | - | - | - | 98,400 | 2,980 | 5,000 |
| | 935 | 4.03 | - | - | - | 104,700 | 2,980 | 5,000 |
| | 298 | 4.04 | - | - | - | 33,800 | 2,010 | 2,500 |
| | 361 | 4.07 | - | - | - | 37,900 | 2,200 | 2,500 |
| | 428 | 4.10 | - | - | - | 43,300 | 2,680 | 2,500 |
| | 530 | 4.09 | - | - | - | 52,300 | 2,680 | 3,000 |
| | 722 | 4.07 | - | - | - | 70,100 | 2,810 | 3,500 |
| | 855 | 4.10 | - | - | - | 82,200 | 2,980 | 3,500 |
| | 1,061 | 4.09 | - | - | - | 102,100 | 3,330 | 4,000 |
| | 1,248 | 4.09 | - | - | - | 119,000 | 3,330 | 5,000 |
| | 1,591 | 4.09 | - | - | - | 153,500 | 4,880 | 5,000 |
| (S사) | 부분부하조건 : 냉수 입·출구 온도 12℃ / 7℃, 냉각수 입·출구 온도 32℃ / 37℃ | | | | | 단가 VAT 미포함 | | |
| 스크류 냉동기 (공냉식) | 115 | 2.79 | - | - | - | 28,500 | 1,890 | 2,000 |
| | 140 | 2.83 | - | - | - | 30,100 | 1,890 | 2,000 |
| | 173 | 2.81 | - | - | - | 34,200 | 1,890 | 2,000 |
| | 212 | 2.85 | - | - | - | 37,200 | 2,010 | 2,500 |
| | 280 | 2.82 | - | - | - | 56,800 | 2,010 | 3,500 |
| | 346 | 2.81 | - | - | - | 64,000 | 2,200 | 3,500 |
| | 424 | 2.85 | - | - | - | 68,400 | 2,680 | 3,500 |
| | 519 | 2.81 | - | - | - | 94,000 | 2,680 | 4,000 |
| | 637 | 2.85 | - | - | - | 102,400 | 2,810 | 4,000 |
| | 692 | 2.81 | - | - | - | 122,500 | 2,980 | 5,000 |
| | 849 | 2.85 | - | - | - | 135,700 | 2,980 | 5,000 |
| (S사) | 부분부하조건 : 냉수 입·출구 온도 12℃ / 7℃, 냉각수 입·출구 온도 32℃ / 37℃ | | | | | 단가 VAT 미포함 | | |

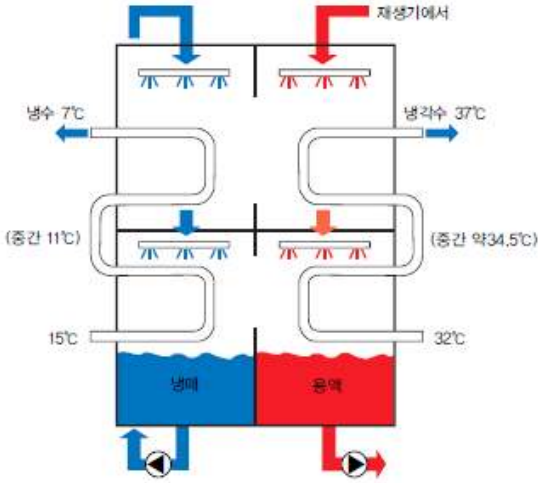
## 라. 흡수식 냉동기

<표 193> 흡수식 냉동기 종류 및 특성

| 구분 | 장비용량(RT) | 소비동력(kg/RTh) | COP |
|---|---|---|---|
| 직화식 냉동기 | 50~1,300 | 4.8~8.2 | 1.20~1.35 |
| 증기식 냉동기 | 50~1,500 | 3.5~3.8 | 1.0~1.3 |
| 중온수 냉동기 | 70~1,500 | - | 0.7~0.75 |

a. 직화식 흡수식냉온수기

b. 중온수 흡수식냉동기




c. 흡수식 냉동기 흐름도

| | |
|---|---|
| 개요 | ▪ 외부로부터 전기의 압력에 의한 기계적 에너지를 필요로 함.<br>▪ 기계적 에너지가 아닌 열에너지에 의해 냉동효과를 거둠.<br>▪ 증발기, 흡수기, 재생기 또는 발생기, 응축기 등으로 구성됨.<br>▪ 흡수제의 역할로 Li-Br(브롬화리튬) 등의 혼합용액을 사용. |
| 장점 | ▪ 흡수식냉온수기의 경우 1대의 기기로 냉수와 온수 모두 생산.<br>▪ 압축기가 없으므로 전기사용량이 많지 않아 여름철 전력수급에 도움이 되고 소음 및 진동이 작음.<br>▪ 재생기 구동원의 온도가 일정하므로 장시간 운전시 유리함.<br>▪ 정격 COP보다 부분부하 운전 COP가 우수하여, 부분부하 운전이 많은 우리나라 기후조건에 적합. |
| 단점 | ▪ 부하 변동, 간헐운전 측면에서 불리.<br>▪ 예열, 예냉 시간이 비교적 길어, 열손실 및 신속한 대응에 불리.<br>▪ 냉각탑, 가스인입, 연도, 자동제어 설비가 필요함.<br>▪ 크기 및 중량이 큼. |

<표 194> 흡수식 냉동기 조사결과

| 구분 | 용량 (kW) | 부분부하 COP | | | | 비용(천원) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | @100% | @75% | @50% | @25% | 단가 | 설치비용 | 유지관리 |
| 2단 저온수 | 264 | 0.64 | 0.83 | 0.83 | 0.81 | 100,100 | - | - |
| | 316 | 0.64 | 0.83 | 0.83 | 0.81 | 106,200 | - | - |
| | 387 | 0.64 | 0.83 | 0.83 | 0.81 | 119,700 | - | - |
| | 475 | 0.64 | 0.83 | 0.83 | 0.81 | 128,300 | - | - |
| | 545 | 0.64 | 0.83 | 0.83 | 0.81 | 150,800 | - | - |
| | 633 | 0.64 | 0.83 | 0.83 | 0.81 | 159,800 | - | - |
| | 738 | 0.64 | 0.83 | 0.83 | 0.81 | 177,800 | - | - |
| | 844 | 0.64 | 0.83 | 0.83 | 0.81 | 189,900 | - | - |
| | 949 | 0.64 | 0.83 | 0.83 | 0.81 | 221,000 | - | - |
| | 1,055 | 0.64 | 0.83 | 0.83 | 0.81 | 232,000 | - | - |
| | 1,196 | 0.64 | 0.83 | 0.83 | 0.81 | 265,000 | - | - |
| | 1,319 | 0.64 | 0.83 | 0.83 | 0.81 | 282,000 | - | - |
| | 1,477 | 0.64 | 0.83 | 0.83 | 0.81 | 342,000 | - | - |
| | 1,653 | 0.64 | 0.83 | 0.83 | 0.81 | 367,000 | - | - |
| | 1,846 | 0.64 | 0.83 | 0.83 | 0.81 | 399,000 | - | - |
| | 2,110 | 0.64 | 0.83 | 0.83 | 0.81 | 465,000 | - | - |
| | 2,373 | 0.64 | 0.83 | 0.83 | 0.81 | 498,000 | - | - |
| | 2,637 | 0.64 | 0.83 | 0.83 | 0.81 | 543,000 | - | - |
| | 2,901 | 0.64 | 0.83 | 0.83 | 0.81 | 575,000 | - | - |
| (L사) | 부분부하조건 : 냉수 입·출구 온도 12℃ / 7℃, 냉각수 입·출구 온도 32℃ / 37℃ | | | | | 단가 VAT 미포함 | | |
| 2단 저온수 | 352 | 0.64 | 0.83 | 0.84 | 0.83 | 105,100 | 4,850 | 3,000 |
| | 422 | 0.64 | 0.83 | 0.84 | 0.83 | 110,700 | 4,850 | 3,000 |
| | 527 | 0.64 | 0.83 | 0.84 | 0.83 | 136,800 | 4,850 | 3,000 |
| | 633 | 0.64 | 0.83 | 0.84 | 0.83 | 144,900 | 4,850 | 4,000 |

| 구분 | 용량 (kW) | 부분부하 COP | | | | 비용(천원) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | @100% | @75% | @50% | @25% | 단가 | 설치비용 | 유지관리 |
| | 738 | 0.64 | 0.83 | 0.84 | 0.83 | 166,400 | 4,850 | 4,000 |
| | 844 | 0.64 | 0.83 | 0.84 | 0.83 | 176,900 | 5,770 | 5,000 |
| | 985 | 0.64 | 0.83 | 0.84 | 0.83 | 202,100 | 5,770 | 5,000 |
| | 1,125 | 0.64 | 0.83 | 0.84 | 0.83 | 208,000 | 5,770 | 5,000 |
| | 1,266 | 0.64 | 0.83 | 0.84 | 0.83 | 217,600 | 5,770 | 5,500 |
| | 1,407 | 0.64 | 0.83 | 0.84 | 0.83 | 245,500 | 5,770 | 5,500 |
| | 1,617 | 0.64 | 0.83 | 0.84 | 0.83 | 260,300 | 6,980 | 6,000 |
| | 1,828 | 0.64 | 0.83 | 0.84 | 0.83 | 306,100 | 6,980 | 6,000 |
| | 2,039 | 0.64 | 0.83 | 0.84 | 0.83 | 319,100 | 6,980 | 7,000 |
| | 2,250 | 0.64 | 0.83 | 0.84 | 0.83 | 355,400 | 7,820 | 7,000 |
| | 2,532 | 0.64 | 0.83 | 0.84 | 0.83 | 367,000 | 7,820 | 8,000 |
| | 2,813 | 0.64 | 0.83 | 0.84 | 0.83 | 388,500 | 8,240 | 7,000 |
| | 3,165 | 0.64 | 0.83 | 0.84 | 0.83 | 437,500 | 8,550 | 10,000 |
| | 3,516 | 0.64 | 0.83 | 0.84 | 0.83 | 463,700 | 8,800 | 12,000 |
| (S사) | 부분부하조건 : 냉수 입·출구 온도 12℃ / 7℃, 냉각수 입·출구 온도 32℃ / 37℃ | | | | | 단가 VAT 미포함 | | |
| 2중효용 | 422 | 1.4 | 1.431 | 1.458 | 1.396 | 94,400 | 3,940 | 3,000 |
| | 527 | 1.4 | 1.431 | 1.458 | 1.396 | 94,500 | 3,940 | 3,000 |
| | 633 | 1.4 | 1.431 | 1.458 | 1.396 | 111,500 | 4,070 | 3,000 |
| | 738 | 1.4 | 1.431 | 1.458 | 1.396 | 130,800 | 4,140 | 4,000 |
| | 844 | 1.4 | 1.431 | 1.458 | 1.396 | 131,100 | 4,540 | 4,000 |
| | 985 | 1.4 | 1.431 | 1.458 | 1.396 | 162,100 | 4,780 | 4,000 |
| | 1125 | 1.4 | 1.431 | 1.458 | 1.396 | 162,400 | 4,780 | 5,000 |
| | 1266 | 1.4 | 1.431 | 1.458 | 1.396 | 215,500 | 5,000 | 5,000 |
| | 1407 | 1.4 | 1.431 | 1.458 | 1.396 | 215,700 | 5,000 | 6,000 |
| | 1582 | 1.4 | 1.431 | 1.458 | 1.396 | 257,600 | 5,750 | 6,000 |
| | 1758 | 1.4 | 1.431 | 1.458 | 1.396 | 257,800 | 5,750 | 7,000 |

| 구분 | 용량 (kW) | 부분부하 COP | | | | 비용(천원) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | @100% | @75% | @50% | @25% | 단가 | 설치비용 | 유지관리 |
| | 1969 | 1.4 | 1.431 | 1.458 | 1.396 | 307,300 | 6,190 | 7,000 |
| | 2215 | 1.4 | 1.431 | 1.458 | 1.396 | 307,500 | 6,320 | 8,000 |
| | 2461 | 1.4 | 1.431 | 1.458 | 1.396 | 341,100 | 6,720 | 8,000 |
| | 2813 | 1.4 | 1.431 | 1.458 | 1.396 | 381,000 | 7,630 | 10,000 |
| | 3165 | 1.4 | 1.431 | 1.458 | 1.396 | 423,400 | 8,250 | 11,000 |
| | 3516 | 1.4 | 1.431 | 1.458 | 1.396 | 461,700 | 8,960 | 120,000 |
| (S사) | 부분부하조건 : 냉수 입·출구 온도 12℃ / 7℃, 냉각수 입·출구 온도 32℃ / 37℃ | | | | | 단가 VAT 미포함 | | |
| 2중효용 | 53 | 0.73 | 0.735 | 0.739 | 0.702 | 32,000 | 2,000 | 2,000 |
| | 70 | 0.73 | 0.735 | 0.739 | 0.702 | 34,400 | 2,100 | 2,000 |
| | 105 | 0.73 | 0.735 | 0.739 | 0.702 | 43,700 | 2,300 | 2,000 |
| | 141 | 0.73 | 0.735 | 0.739 | 0.702 | 50,000 | 2,600 | 2,000 |
| | 176 | 0.73 | 0.735 | 0.739 | 0.702 | 52,200 | 3,100 | 2,000 |
| | 229 | 0.73 | 0.735 | 0.739 | 0.702 | 60,500 | 3,600 | 2,500 |
| | 281 | 0.73 | 0.735 | 0.739 | 0.702 | 63,000 | 3,800 | 2,500 |
| | 352 | 0.73 | 0.735 | 0.739 | 0.702 | 75,500 | 3,940 | 3,000 |
| | 422 | 0.73 | 0.735 | 0.739 | 0.702 | 78,900 | 3,940 | 3,000 |
| | 527 | 0.73 | 0.735 | 0.739 | 0.702 | 96,500 | 3,940 | 3,000 |
| | 633 | 0.73 | 0.735 | 0.739 | 0.702 | 102,700 | 4,070 | 3,000 |
| | 738 | 0.73 | 0.735 | 0.739 | 0.702 | 116,800 | 4,140 | 4,000 |
| | 844 | 0.73 | 0.735 | 0.739 | 0.702 | 122,000 | 4,650 | 4,000 |
| | 985 | 0.73 | 0.735 | 0.739 | 0.702 | 132,300 | 4,780 | 4,000 |
| | 1125 | 0.73 | 0.735 | 0.739 | 0.702 | 149,600 | 4,780 | 5,000 |
| | 1265.9 | 0.73 | 0.735 | 0.739 | 0.702 | 156,200 | 5,040 | 5,000 |
| | 1407 | 0.73 | 0.735 | 0.739 | 0.702 | 175,700 | 5,040 | 6,000 |
| | 3516 | 3165 | 2813 | 2532 | 2250 | 235,700 | 5,750 | 6,000 |
| (S사) | 부분부하조건 : 냉수 입·출구 온도 12℃ / 7℃, 냉각수 입·출구 온도 32℃ / 37℃ | | | | | 단가 VAT 미포함 | | |

| 구분 | 용량 (kW) | 부분부하 COP | | | | 비용(천원) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | @100% | @75% | @50% | @25% | 단가 | 설치비용 | 유지관리 |
| 증기열원 | 352 | 1.2 | 1.28 | 1.4 | 1.15 | 78,800 | - | - |
| | 422 | 1.2 | 1.28 | 1.4 | 1.15 | 82,800 | - | - |
| | 527 | 1.2 | 1.28 | 1.4 | 1.15 | 87,800 | - | - |
| | 633 | 1.2 | 1.28 | 1.4 | 1.15 | 92,800 | - | - |
| | 738 | 1.2 | 1.28 | 1.4 | 1.15 | 101,800 | - | - |
| | 844 | 1.2 | 1.28 | 1.4 | 1.15 | 108,800 | - | - |
| | 985 | 1.2 | 1.28 | 1.4 | 1.15 | 118,800 | - | - |
| | 1,125 | 1.2 | 1.28 | 1.4 | 1.15 | 128,800 | - | - |
| | 1,266 | 1.2 | 1.28 | 1.4 | 1.15 | 141,800 | - | - |
| | 1,407 | 1.2 | 1.28 | 1.4 | 1.15 | 154,800 | - | - |
| | 1,582 | 1.2 | 1.28 | 1.4 | 1.15 | 173,800 | - | - |
| | 1,758 | 1.2 | 1.28 | 1.4 | 1.15 | 185,800 | - | - |
| | 1,969 | 1.2 | 1.28 | 1.4 | 1.15 | 198,800 | - | - |
| | 2,215 | 1.2 | 1.28 | 1.4 | 1.15 | 214,800 | - | - |
| | 2,461 | 1.2 | 1.28 | 1.4 | 1.15 | 238,000 | - | - |
| | 2,813 | 1.2 | 1.28 | 1.4 | 1.15 | 278,000 | - | - |
| | 3,165 | 1.2 | 1.28 | 1.4 | 1.15 | 298,000 | - | - |
| | 3,516 | 1.2 | 1.28 | 1.4 | 1.15 | 328,000 | - | - |
| | 3,868 | 1.2 | 1.28 | 1.4 | 1.15 | 368,000 | - | - |
| | 4,220 | 1.2 | 1.28 | 1.4 | 1.15 | 398,000 | - | - |
| | 4,571 | 1.2 | 1.28 | 1.4 | 1.15 | 418,000 | - | - |
| | 4,923 | 1.2 | 1.28 | 1.4 | 1.15 | 448,000 | - | - |
| | 5,274 | 1.2 | 1.28 | 1.4 | 1.15 | 468,000 | - | - |
| (L사) | 부분부하조건 : 냉수 입·출구 온도 12℃ / 7℃, 냉각수 입·출구 온도 32℃ / 37.5℃ | | | | | 단가 VAT 미포함 | | |

<표 195> 흡수식 냉온수기 조사결과

| 구분 | 용량 (kW) | 부분부하 COP | | | | 비용(천원) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | @100% | @75% | @50% | @25% | 단가 | 설치비용 | 유지관리 |
| 흡수식 냉온수기 | 352 | 1.30 | 1.47 | 1.61 | 1.32 | 83800 | - | - |
| | 422 | 1.30 | 1.47 | 1.61 | 1.32 | 86800 | - | - |
| | 527 | 1.30 | 1.47 | 1.61 | 1.32 | 100800 | - | - |
| | 738 | 1.30 | 1.47 | 1.61 | 1.32 | 116800 | - | - |
| | 1,582 | 1.30 | 1.47 | 1.61 | 1.32 | 181800 | - | - |
| | 1,758 | 1.30 | 1.47 | 1.61 | 1.32 | 193800 | - | - |
| | 1,969 | 1.30 | 1.47 | 1.61 | 1.32 | 216800 | - | - |
| | 2,215 | 1.30 | 1.47 | 1.61 | 1.32 | 236800 | - | - |
| | 2,461 | 1.30 | 1.47 | 1.61 | 1.32 | 268000 | - | - |
| (L사) | 부분부하조건 : 냉수 입·출구 온도 12℃ / 7℃, 냉각수 입·출구 온도 32℃ / 37℃ | | | | | 단가 VAT 미포함 | | |
| 흡수식 냉온수기 (고효율) | 352 | 1.22 | 1.39 | 1.53 | 1.24 | 83800 | - | - |
| | 422 | 1.22 | 1.39 | 1.53 | 1.24 | 86800 | - | - |
| | 527 | 1.22 | 1.39 | 1.53 | 1.24 | 100800 | - | - |
| | 633 | 1.23 | 1.40 | 1.54 | 1.25 | 108800 | - | - |
| | 633 | 1.25 | 1.42 | 1.56 | 1.27 | 108800 | - | - |
| | 738 | 1.23 | 1.40 | 1.54 | 1.25 | 116800 | - | - |
| | 844 | 1.22 | 1.39 | 1.53 | 1.24 | 125800 | - | - |
| | 844 | 1.33 | 1.50 | 1.64 | 1.35 | 125800 | - | - |
| | 985 | 1.32 | 1.49 | 1.63 | 1.34 | 133800 | - | - |
| | 1,125 | 1.22 | 1.39 | 1.53 | 1.24 | 139800 | - | - |
| | 1,125 | 1.32 | 1.49 | 1.63 | 1.34 | 139800 | - | - |
| | 1,266 | 1.23 | 1.40 | 1.54 | 1.25 | 159800 | - | - |
| | 1,266 | 1.33 | 1.50 | 1.64 | 1.35 | 159800 | - | - |
| | 1,407 | 1.23 | 1.40 | 1.54 | 1.25 | 165800 | - | - |

| 구분 | 용량 (kW) | 부분부하 COP | | | | 비용(천원) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | @100% | @75% | @50% | @25% | 단가 | 설치비용 | 유지관리 |
| | 1,407 | 1.34 | 1.51 | 1.65 | 1.36 | 165800 | - | - |
| (L사) | 부분부하조건 : 냉수 입·출구 온도 12℃ / 7℃, 냉각수 입·출구 온도 32℃ / 37℃ | | | | | 단가 VAT 미포함 | | |
| 가스직화식 흡수식 냉온수기 | 422 | 1.32 | 1.35 | 1.38 | 1.32 | 94,400 | 3,940 | 3,000 |
| | 524 | 1.32 | 1.35 | 1.38 | 1.32 | 94,500 | 3,940 | 3,000 |
| | 633 | 1.32 | 1.35 | 1.38 | 1.32 | 111,500 | 4,070 | 3,000 |
| | 738 | 1.32 | 1.35 | 1.38 | 1.32 | 130,800 | 4,140 | 4,000 |
| | 844 | 1.32 | 1.35 | 1.38 | 1.32 | 131,100 | 4,540 | 4,000 |
| | 985 | 1.32 | 1.35 | 1.38 | 1.32 | 162,100 | 4,780 | 5,000 |
| | 1,125 | 1.32 | 1.35 | 1.38 | 1.32 | 162,400 | 4,780 | 5,000 |
| | 1,266 | 1.32 | 1.35 | 1.38 | 1.32 | 215,500 | 5,000 | 5,000 |
| | 1,407 | 1.32 | 1.35 | 1.38 | 1.32 | 215,700 | 5,000 | 5,500 |
| | 1,582 | 1.32 | 1.35 | 1.38 | 1.32 | 257,600 | 5,750 | 5,500 |
| | 1,758 | 1.32 | 1.35 | 1.38 | 1.32 | 257,800 | 5,750 | 6,000 |
| | 1,969 | 1.32 | 1.35 | 1.38 | 1.32 | 307,300 | 6,190 | 6,000 |
| | 2,215 | 1.32 | 1.35 | 1.38 | 1.32 | 307,500 | 6,320 | 7,000 |
| | 2,461 | 1.32 | 1.35 | 1.38 | 1.32 | 341,100 | 6,720 | 7,000 |
| | 2,813 | 1.32 | 1.35 | 1.38 | 1.32 | 381,000 | 7,630 | 8,000 |
| | 3,165 | 1.32 | 1.35 | 1.38 | 1.32 | 423,400 | 8,250 | 8,000 |
| | 3,516 | 1.32 | 1.35 | 1.38 | 1.32 | 461,700 | 8,960 | 10,000 |
| (L사) | 부분부하조건 : 냉수 입·출구 온도 12℃ / 7℃, 냉각수 입·출구 온도 32℃ / 37℃ | | | | | 단가 VAT 미포함 | | |

## 마. 히트펌프

<표 196> 히트펌프 개요 및 특성

<table>
<tr><th>냉방 COP</th><th>난방 COP</th><th colspan="2">장비용량(kW)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">3.5 이상</td><td rowspan="2">4.5 이상</td><td>냉방</td><td>20 ~ 230</td></tr>
<tr><td>난방</td><td>25 ~ 260</td></tr>
<tr><td colspan="4">

a. 히트펌프 개요</td></tr>
<tr><td>개요</td><td colspan="3">▪ 공기열, 지열, 폐열, 폐수열, 하천수열, 해수열 등등 일정온도를 가지고 잇는 열원을 그대로 채취하거나, 열교환기를 통하여 온도를 채취하여, 이를 에너지로 활용하는 기술.<br>▪ 냉매가스(고압, 저압)가 주변에 있는 열원을 흡수하는데 흡수된 열원을 공기나 물의 온도를 올리는데 사용.</td></tr>
<tr><td>장점</td><td colspan="3">▪ 에너지를 절약할 수 있는 공기조화가 가능.<br>▪ 화재나 폭발 등의 우려가 없는 높은 안전성의 시스템.<br>▪ 전기 에너지만을 사용하므로 연소가 불필요.<br>▪ 타 공기조화 시스템에 비해 보수 관리가 용이함.<br>▪ 냉·난방이 한 대로 가능하여 공간을 적게 차지함.</td></tr>
<tr><td>단점</td><td colspan="3">▪ 영상 5℃ 이하로 내려가는 경우, 생산효율이 급격히 감소함.<br>▪ 겨울철 보조열원을 사용해야 하므로 난방의 효율 감소함.<br>▪ 실외기 설치로 인한 외부 설치장소 필요.</td></tr>
</table>

<표 197> 히트펌프 조사결과

| 장비용량(kW) | | 방식 | 난방 COP | | | | 소비전력 (kW) | 냉방 COP | | | | 소비전력 (kW) | 비용(천원) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 난방 | 냉방 | | @100% | @75% | @50% | @25% | | @100% | @75% | @50% | @25% | | 단가 | 설치비용 | 유지관리 |
| 25.9 | 23.0 | EHP | 4.75 | 5.38 | 5.77 | 5.66 | 5.5 | 4.25 | 6.15 | 7.89 | 7.83 | 5.4 | 4,763 | 450 | - |
| 32.6 | 29.0 | EHP | 4.74 | 5.37 | 5.75 | 5.65 | 6.9 | 3.99 | 5.77 | 7.41 | 7.35 | 7.3 | 5,069 | 450 | - |
| 39.2 | 35.0 | EHP | 4.55 | 5.15 | 5.52 | 5.42 | 8.6 | 3.82 | 5.52 | 7.09 | 7.03 | 9.2 | 6,340 | 450 | - |
| 45.7 | 41.0 | EHP | 4.85 | 5.49 | 5.89 | 5.78 | 9.4 | 4.20 | 6.07 | 7.80 | 7.73 | 9.8 | 6,528 | 450 | - |
| 52.2 | 46.0 | EHP | 4.76 | 5.39 | 5.78 | 5.67 | 11.0 | 4.12 | 5.96 | 7.65 | 7.58 | 11.2 | 8,984 | 450 | - |
| 58.7 | 52.0 | EHP | 4.70 | 5.32 | 5.70 | 5.60 | 12.5 | 3.90 | 5.64 | 7.24 | 7.18 | 13.3 | 9,650 | 450 | - |
| 65.0 | 58.0 | EHP | 4.50 | 5.10 | 5.46 | 5.36 | 14.4 | 3.68 | 5.32 | 6.83 | 6.77 | 15.8 | 9,815 | 450 | - |
| 71.8 | 64.0 | EHP | 4.63 | 5.24 | 5.62 | 5.52 | 15.5 | 3.89 | 5.62 | 7.22 | 7.16 | 16.5 | 11,409 | 450 | - |
| 78.3 | 70.0 | EHP | 4.54 | 5.14 | 5.51 | 5.41 | 17.2 | 3.82 | 5.52 | 7.09 | 7.03 | 18.3 | 12,680 | 450 | - |
| 84.8 | 75.0 | EHP | 4.70 | 5.32 | 5.70 | 5.60 | 18.0 | 4.01 | 5.80 | 7.44 | 7.38 | 18.7 | 12,868 | 450 | - |
| 91.4 | 81.0 | EHP | 4.85 | 5.49 | 5.89 | 5.78 | 18.8 | 4.20 | 6.07 | 7.80 | 7.73 | 19.3 | 13,055 | 450 | - |
| 97.9 | 87.0 | EHP | 4.80 | 5.44 | 5.83 | 5.72 | 20.4 | 4.16 | 6.01 | 7.72 | 7.66 | 20.9 | 15,511 | 450 | - |
| 104.4 | 93.0 | EHP | 4.79 | 5.43 | 5.81 | 5.71 | 21.8 | 4.02 | 5.81 | 7.46 | 7.40 | 23.1 | 16,177 | 450 | - |
| 110.9 | 99.0 | EHP | 4.65 | 5.27 | 5.64 | 5.54 | 23.8 | 3.88 | 5.61 | 7.20 | 7.14 | 25.5 | 16,342 | 450 | - |
| 117.0 | 104.0 | EHP | 4.68 | 5.30 | 5.68 | 5.57 | 25.0 | 3.90 | 5.64 | 7.24 | 7.18 | 26.7 | 19,299 | 450 | - |
| 123.4 | 110.0 | EHP | 4.58 | 5.19 | 5.56 | 5.46 | 26.9 | 3.78 | 5.46 | 7.02 | 6.96 | 29.1 | 19,464 | 450 | - |
| 130.0 | 116.0 | EHP | 4.50 | 5.10 | 5.46 | 5.36 | 28.9 | 3.68 | 5.32 | 6.83 | 6.77 | 31.5 | 19,630 | 450 | - |
| 136.4 | 122.0 | EHP | 4.82 | 5.46 | 5.85 | 5.74 | 28.3 | 4.20 | 6.07 | 7.80 | 7.73 | 29.0 | 19,582 | 450 | - |
| 143.0 | 128.0 | EHP | 4.80 | 5.44 | 5.83 | 5.72 | 29.8 | 4.17 | 6.03 | 7.74 | 7.68 | 30.7 | 22,039 | 450 | - |
| 149.4 | 133.0 | EHP | 4.76 | 5.39 | 5.78 | 5.67 | 31.4 | 4.08 | 5.90 | 7.57 | 7.51 | 32.6 | 22,704 | 450 | - |
| 155.9 | 139.0 | EHP | 4.68 | 5.30 | 5.68 | 5.57 | 33.3 | 3.97 | 5.74 | 7.37 | 7.31 | 35.0 | 22,870 | 450 | - |
| 163.0 | 145.0 | EHP | 4.68 | 5.30 | 5.68 | 5.57 | 34.8 | 3.95 | 5.71 | 7.33 | 7.27 | 36.7 | - | 450 | - |
| 169.6 | 151.0 | EHP | 4.66 | 5.28 | 5.66 | 5.55 | 36.4 | 3.88 | 5.61 | 7.20 | 7.14 | 38.9 | - | 450 | - |

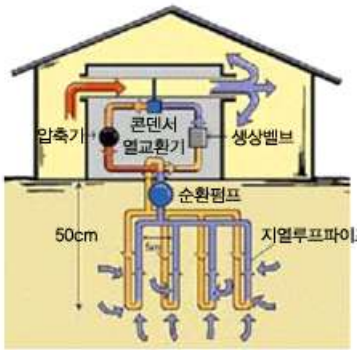
| 장비용량(kW) | | 방식 | 난방 COP | | | | 소비전력 (kW) | 냉방 COP | | | | 소비전력 (kW) | 비용(천원) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 난방 | 냉방 | | @100% | @75% | @50% | @25% | | @100% | @75% | @50% | @25% | | 단가 | 설치비용 | 유지관리 |
| 176.1 | 157.0 | EHP | 4.60 | 5.21 | 5.58 | 5.48 | 38.3 | 3.80 | 5.49 | 7.05 | 7.00 | 41.3 | - | 450 | - |
| 182.7 | 163.0 | EHP | 4.59 | 5.20 | 5.57 | 5.47 | 39.8 | 3.80 | 5.49 | 7.05 | 7.00 | 42.9 | - | 450 | - |
| 189.0 | 168.0 | EHP | 4.59 | 5.20 | 5.57 | 5.47 | 41.2 | 3.74 | 5.41 | 6.94 | 6.89 | 44.9 | - | 450 | - |
| 195.8 | 174.0 | EHP | 4.52 | 5.12 | 5.49 | 5.38 | 43.3 | 3.68 | 5.32 | 6.83 | 6.77 | 47.3 | - | 450 | - |
| 202.3 | 180.0 | EHP | 4.78 | 5.41 | 5.80 | 5.69 | 42.3 | 4.14 | 5.99 | 7.68 | 7.62 | 43.5 | - | 450 | - |
| 208.8 | 186.0 | EHP | 4.76 | 5.39 | 5.78 | 5.67 | 43.9 | 4.12 | 5.96 | 7.65 | 7.58 | 45.1 | - | 450 | - |
| 215.3 | 191.0 | EHP | 4.74 | 5.37 | 5.75 | 5.65 | 45.4 | 4.06 | 5.87 | 7.54 | 7.47 | 47.0 | - | 450 | - |
| 221.8 | 197.0 | EHP | 4.73 | 5.36 | 5.74 | 5.63 | 46.9 | 4.00 | 5.78 | 7.42 | 7.36 | 49.3 | - | 450 | - |
| 228.1 | 203.0 | EHP | 4.67 | 5.29 | 5.67 | 5.56 | 48.8 | 3.93 | 5.68 | 7.29 | 7.24 | 51.7 | - | 450 | - |
| 234.4 | 209.0 | EHP | 4.62 | 5.23 | 5.61 | 5.50 | 50.7 | 3.86 | 5.58 | 7.16 | 7.11 | 54.1 | - | 450 | - |
| 240.9 | 215.0 | EHP | 4.60 | 5.21 | 5.58 | 5.48 | 52.4 | 3.82 | 5.52 | 7.09 | 7.03 | 56.3 | - | 450 | - |
| 247.2 | 220.0 | EHP | 4.56 | 5.16 | 5.53 | 5.43 | 54.2 | 3.76 | 5.44 | 6.98 | 6.92 | 58.5 | - | 450 | - |
| 253.7 | 226.0 | EHP | 4.55 | 5.15 | 5.52 | 5.42 | 55.8 | 3.73 | 5.39 | 6.92 | 6.87 | 60.6 | - | 450 | - |
| 260.0 | 232.0 | EHP | 4.50 | 5.10 | 5.46 | 5.36 | 57.8 | 3.68 | 5.32 | 6.83 | 6.77 | 63.0 | - | 450 | - |
| (L사) | 부분부하조건 | | 실내측 DB 20℃, WB 15℃, 실외측 DB 7℃, WB 6℃ | | | | | 실내측 DB 27℃, WB 19℃, 실외측 DB 35℃, WB 24℃ | | | | | 단가 VAT 미포함, 부품교체비용 없음 | | |
| 26.5 | 23.0 | EHP | 4.80 | 4.70 | 4.60 | - | 5.5 | 4.60 | 5.12 | 5.72 | - | 5.0 | 4,750 | 1,200 | 400 |
| 32.6 | 29.0 | EHP | 4.80 | 4.60 | 4.50 | - | 6.9 | 4.26 | 4.77 | 5.28 | - | 6.8 | 5,050 | 1,200 | 400 |
| 39.2 | 34.8 | EHP | 4.60 | 4.50 | 4.30 | - | 8.6 | 4.14 | 4.63 | 5.14 | - | 8.4 | 6,330 | 1,200 | 400 |
| 45.7 | 40.6 | EHP | 4.90 | 4.80 | 4.60 | - | 9.3 | 4.27 | 4.78 | 5.3 | - | 9.5 | 6,490 | 1,200 | 400 |
| 52.2 | 46.4 | EHP | 4.80 | 4.70 | 4.60 | - | 10.8 | 4.12 | 4.61 | 5.12 | - | 11.3 | 8,950 | 1,200 | 400 |
| 65.2 | 58.0 | EHP | 4.60 | 4.40 | 4.30 | - | 14.3 | 3.82 | 4.26 | 4.72 | - | 15.2 | 9,780 | 1,200 | 400 |
| 71.0 | 63.0 | EHP | 4.40 | 4.30 | 4.20 | - | 15.8 | 3.71 | 4.14 | 4.58 | - | 17.0 | 11,380 | 1,200 | 400 |
| 78.4 | 69.6 | EHP | 4.60 | 4.50 | 4.30 | - | 17.1 | 4.14 | 4.64 | 5.13 | - | 16.8 | 12,660 | 1,200 | 400 |
| 97.9 | 87.0 | EHP | 4.90 | 4.70 | 4.60 | - | 20.1 | 4.18 | 4.68 | 5.16 | - | 20.8 | 15,440 | 1,200 | 400 |

| 장비용량(kW) | | 방식 | 난방 COP | | | | 소비전력 (kW) | 냉방 COP | | | | 소비전력 (kW) | 비용(천원) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 난방 | 냉방 | | @100% | @75% | @50% | @25% | | @100% | @75% | @50% | @25% | | 단가 | 설치비용 | 유지관리 |
| 110.9 | 98.6 | EHP | 4.70 | 4.60 | 4.40 | - | 23.6 | 3.99 | 4.44 | 4.94 | - | 24.7 | 16,270 | 1,200 | 400 |
| 130.4 | 116.0 | EHP | 4.60 | 4.40 | 4.30 | - | 28.6 | 3.82 | 4.26 | 4.72 | - | 30.4 | 19,560 | 1,200 | 400 |
| 143.6 | 127.6 | EHP | 4.90 | 4.70 | 4.60 | - | 29.4 | 4.21 | 4.71 | 5.23 | - | 30.3 | 21,930 | 1,200 | 400 |
| 26.5 | 23.0 | EHP | 4.60 | 4.40 | 4.30 | - | 5.8 | 4.34 | 4.89 | 5.47 | - | 5.3 | 5,762 | 1,200 | 400 |
| 32.6 | 29.0 | EHP | 4.70 | 4.50 | 4.40 | - | 7.0 | 3.75 | 4.23 | 4.72 | - | 7.7 | 6,120 | 1,200 | 400 |
| 39.2 | 34.8 | EHP | 4.50 | 4.30 | 4.20 | - | 8.7 | 3.70 | 4.18 | 4.65 | - | 9.4 | 7,950 | 1,200 | 400 |
| 45.7 | 40.6 | EHP | 4.70 | 4.50 | 4.40 | - | 9.7 | 3.92 | 4.42 | 4.93 | - | 10.4 | 8,700 | 1,200 | 400 |
| 52.2 | 46.4 | EHP | 4.50 | 4.30 | 4.20 | - | 12.8 | 4.07 | 4.59 | 5.11 | - | 11.4 | 9,800 | 1,200 | 400 |
| 65.2 | 58.0 | EHP | 4.70 | 4.50 | 4.40 | - | 13.9 | 3.75 | 4.23 | 4.71 | - | 15.5 | 12,240 | 1,200 | 400 |
| 71.8 | 63.8 | EHP | 4.60 | 4.40 | 4.30 | - | 15.7 | 3.72 | 4.20 | 4.68 | - | 17.1 | 14,070 | 1,200 | 400 |
| 78.3 | 69.6 | EHP | 4.70 | 4.50 | 4.40 | - | 16.7 | 3.85 | 4.34 | 4.84 | - | 18.1 | 14,820 | 1,200 | 400 |
| 97.9 | 87.0 | EHP | 4.60 | 4.40 | 4.30 | - | 21.4 | 4.00 | 4.51 | 5.02 | - | 21.8 | 18,500 | 1,200 | 400 |
| 110.9 | 98.6 | EHP | 4.70 | 4.50 | 4.40 | - | 23.3 | 3.82 | 4.31 | 4.8 | - | 25.8 | 20,940 | 1,200 | 400 |
| 130.5 | 116.0 | EHP | 4.60 | 4.40 | 4.30 | - | 28.3 | 3.93 | 4.44 | 4.94 | - | 29.5 | 24,620 | 1,200 | 400 |
| 143.6 | 127.6 | EHP | 4.50 | 4.30 | 4.20 | - | 32.0 | 3.96 | 4.47 | 4.98 | - | 32.2 | 27,550 | 1,200 | 400 |
| (S사) | 부분부하조건 | | 실내측 DB 20℃, WB 15℃, 실외측 DB 7℃, WB 6℃ | | | | | 실내측 DB 27℃, WB 19℃, 실외측 DB 35℃, WB 24℃ | | | | | 단가 VAT 미포함, 부품교체비용 없음 | | |
| 50.0 | 45.0 | GHP | 1.5 | 1.6 | 1.7 | - | 33.7 | 1.4 | 1.6 | 1.7 | - | 32.1 | 24,664 | 1,200 | 607.2 |
| 63.0 | 56.0 | GHP | 1.5 | 1.6 | 1.7 | - | 43.0 | 1.3 | 1.5 | 1.6 | - | 42.8 | 26,035 | 1,200 | 607.2 |
| 80.0 | 71.0 | GHP | 1.4 | 1.5 | 1.6 | - | 58.4 | 1.2 | 1.3 | 1.5 | - | 59.9 | 30,000 | 1,200 | 607.2 |
| (S사) | 부분부하조건 | | 실내측 DB 20℃, WB 15℃, 실외측 DB 7℃, WB 6℃ | | | | | 실내측 DB 27℃, WB 19℃, 실외측 DB 35℃, WB 24℃ | | | | | 단가 VAT 미포함 | | |

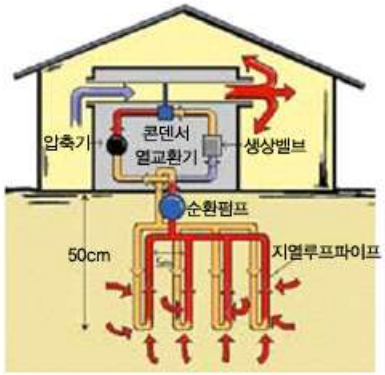
## 바. 지열 히트펌프

<표 198> 지열히트펌프 개요 및 특성

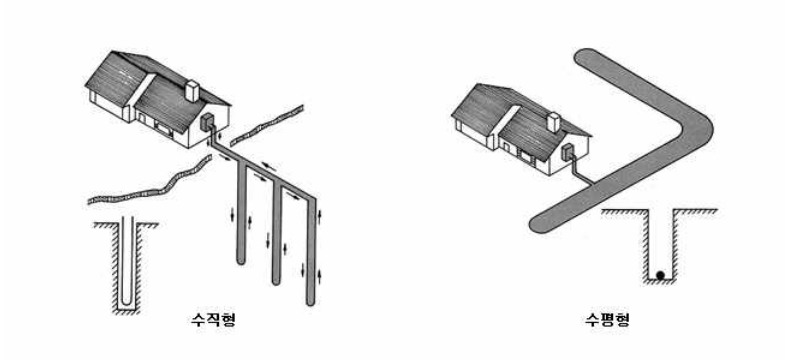
| 냉방 COP | 난방 COP | 장비용량 |
|---|---|---|
| 3.5 이상 | 3.9 ~ 4.6 이상 | 보어홀(천공) 열용량에 의해 결정 |
| | | 1~50 RT 성능의 히트펌프 조합 |




a. 냉방 시 시스템 개요




b. 난방 시 시스템 개요




c. 지열히트펌프 방식

| | |
|---|---|
| 개요 | ▪ 지표면과 달리 지중의 온도는 연중 10~20℃로 일정.<br>▪ 지중을 열원 및 열침으로 히트펌프를 이용해 지중으로 열을 방출하거나 흡수하여 냉·난방에 이용.<br>▪ 냉방 시, 냉매를 증발시켜 열을 흡수하고 지중으로 열 방출.<br>▪ 난방 시, 냉매를 응축하여 열을 방출하고 지중에서 열 흡수. |
| 장점 | ▪ 대기온도와 상관없이 일정한 지중열을 이용, 혹서기나 혹한기 등에도 일정한 성능을 유지할 수 있음.<br>▪ 냉방 시 발생하는 폐열을 급탕이나 온수로 활용 가능.<br>▪ 가스시설, 연도, 냉각탑 등이 없어, 상대적으로 시스템이 간단함.<br>▪ 청정에너지원, 비고갈성에너지원으로 환경성 우수. |
| 단점 | ▪ 연중 냉·난방부하의 편차가 클 경우, 사용 연수에 따라 지중으로의 축열작용 또는 방열작용으로 시스템의 성능 하락할 수 있음.<br>▪ 지중천공으로 인한 초기투자비가 크며, 밀폐시스템으로 인한 내부확인 및 유지관리의 어려움. |

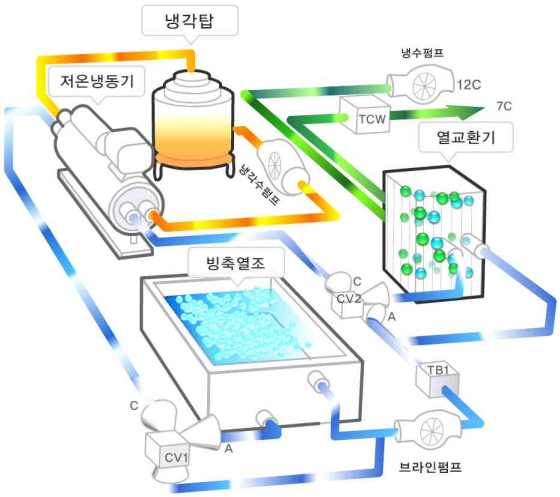
<표 199> 지열히트펌프 조사결과

| 장비용량(kW) | | 방식 | 난방 COP | | | | 소비전력 | 냉방 COP | | | | 소비전력 | 비용(천원) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 난방 | 냉방 | | @100% | @75% | @50% | @25% | (kW) | @100% | @75% | @50% | @25% | (kW) | 단가 | 설치비용 | 유지관리 |
| 32.6 | 29.0 | 물-공기 | 5.7 | 5.6 | 6.5 | - | 5.8 | 5.0 | 4.8 | 5.8 | - | 5.7 | 5,500 | 1,200 | 400 |
| 65.2 | 58.0 | 물-공기 | 5.5 | 5.4 | 6.3 | - | 11.6 | 5.0 | 4.9 | 5.7 | - | 11.8 | 11,220 | 1,200 | 400 |
| 97.9 | 87.0 | 물-공기 | 5.5 | 5.3 | 6.3 | - | 17.4 | 5.0 | 4.9 | 5.7 | - | 17.8 | 16,830 | 1,200 | 400 |
| (S사) | 부분부하조건 | | 실내측 DB 20℃, WB 15℃, 열원수 입구온도 20℃ | | | | | 실내측 DB 27℃, WB 19℃, 열원수 입구온도 30℃ | | | | | 단가 VAT 미포함, 부품교체 없음 | | |
| 장비용량(kW) | | 방식 | 난방 COP | | | | 소비전력 | 냉방 COP | | | | 소비전력 | 비용(천원) | | |
| 난방 | 냉방 | | @100% | @75% | @50% | @25% | (kW) | @100% | @75% | @50% | @25% | (kW) | 단가 | 설치비용 | 유지관리 |
| 32.6 | 29.0 | 물-공기 | 5.43 | 6.20 | 7.09 | 8.46 | 6.0 | 5.12 | 7.61 | 12.12 | 11.38 | 5.80 | 5,809 | - | 0 |
| 65.0 | 58.0 | 물-공기 | 5.42 | 6.22 | 7.22 | 8.51 | 12.0 | 5.12 | 7.58 | 12.12 | 11.38 | 11.6 | 10,455 | - | 0 |
| 97.9 | 87.0 | 물-공기 | 5.44 | 6.23 | 7.20 | 8.51 | 18.0 | 5.12 | 7.55 | 12.00 | 11.27 | 17.4 | 16,263 | - | 0 |
| 130.0 | 116.0 | 물-공기 | 5.42 | 6.22 | 7.14 | 8.48 | 24.0 | 5.11 | 7.57 | 12.03 | 11.30 | 23.2 | 20,910 | - | 0 |
| 162.9 | 145.0 | 물-공기 | 5.43 | 6.23 | 7.14 | 8.45 | 30.0 | 5.11 | 7.57 | 12.05 | 11.32 | 29.0 | 26,718 | - | 0 |
| 195.0 | 176.0 | 물-공기 | 5.42 | 6.22 | 7.17 | 8.49 | 36.0 | 5.11 | 7.57 | 12.06 | 11.33 | 34.8 | 31,364 | - | 0 |
| (S사) | | | 실내측 DB 20℃, WB 15℃, 열원수 입구온도 20℃ | | | | | 실내측 DB 27℃, WB 19℃, 열원수 입구온도 30℃ | | | | | 단가 VAT 미포함, 부품교체 없음 | | |

## 4. 기타 열원기기 조사

### 가. 빙축열

빙축열 시스템은 주간시간에 비해 상대적으로 요금이 저렴한 심야시간, 냉동기를 가동하여 얼음을 통한 냉열을 저장한 후, 주간 냉방 운전 시간대에 저장된 얼음을 녹여 만들어진 순환수를 직접 또는 간접으로 부하측에 공급하는 시스템이다. 빙축열 시스템은 제빙방식에 따라 물을 덩어리 형태의 얼음으로 얼리는 정적형과 작은 입자형태의 얼음으로 얼리는 동적형으로 나눌 수 있다. 시스템 선정은 동일한 전력요금 체계하에서 부하조건, 주변조건, 설치비용 등을 종합적으로 고려해야 한다.



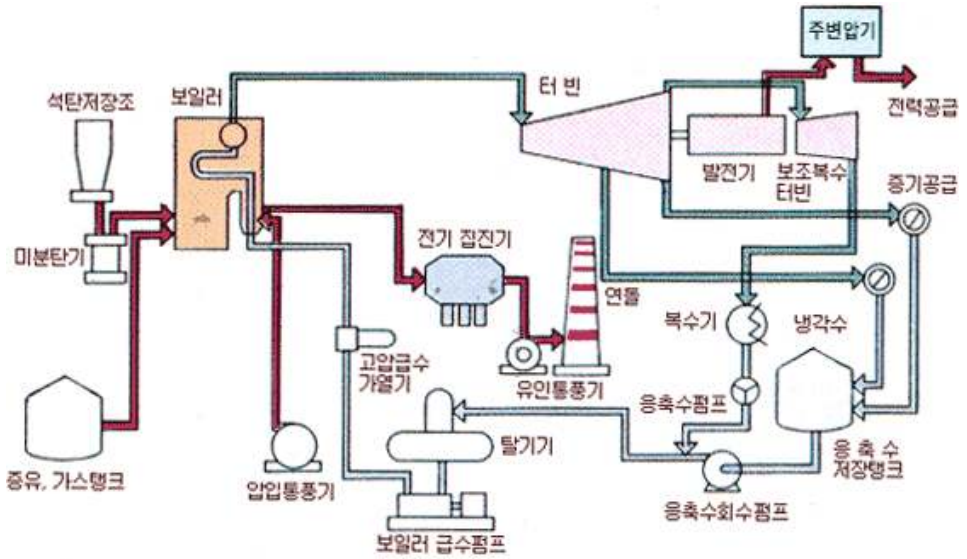

[그림 158] 빙축열 시스템 계통도

<표 200> 빙축열 시스템의 종류 및 특성

| 구분 | | 특성 |
|---|---|---|
| 정적 제빙 | 관외착빙 코일형 | 축열조 내에 코일이 설치되어 있고, 그 주위에 물이 채워짐 |
| | 관내착 코일형 | 관외착빙형과 구조 거의 동일, 코일 외부로 브라인 용액 흐름 |
| | 완전동결 코일형 | 축열조 내에 제빙코일이 있고, 그 주위에 물이 채워짐 |
| | 캡슐형 | 축열조 내에 캡슐을 채우고, 캡슐 주위로 저온의 브라인 용액 흐르게 하여 캡슐 내의 얼음을 생성·저장 |
| 동적 제빙 | 빙박리 코일형 | 축열조 내에 제빙코일을 설치하여 내부에 냉매가 흐름 |
| | 액빙수형 (슬러리형) | 구조상으로 빙박리형과 유사하나 액체가 순수한 물이 아닌 브라인 용액으로 구성 |

## 나. 열병합

열병합 발전시스템(Cogeneraton System)은 하나의 에너지원으로부터 전력과 열을 동시에 발생시키는 종합에너지 시스템으로, 발전에 수반하여 발생되는 배열 또는 폐열을 회수·이용하여 1차 에너지에서 연속적으로 2종류 이상의 2차 에너지를 발생시키는 시스템을 말한다. 소형가스열병합 발전이란, 에너지원을 가스로 이용하는 열병합 발전시스템을 말하며, 규모에 대한 정확한 분류기준은 존재하지 않으나, 통상적으로 10 MW 이하의 발전용량을 갖춘 설비를 의미한다. 가스열병합 발전시스템은 청정연료인 천연가스를 이용하므로 환경친화적이고, 폐열회수·이용에 용이하여 산업체뿐만 아니라 주거용 건축물 등의 전력 및 열 에너지원으로 주목받고 있으며, 자체 발전시설을 이용하여 일차적으로 전력을 생산한 후 배출되는 폐열을 이용하므로 기존의 에너지공급방식보다 에너지절약 효과가 높은 기술이다.




[그림 159] 열병합 발전시스템 흐름도

천연가스를 이용한 열병합 발전시스템은 전력생산방식에 따라 가스엔진방식, 가스터빈방식과 연료전지방식으로 구분할 수 있다.

가스엔진방식은 공기와 가스의 혼합기를 흡입하여 압축하고 전기를 일으켜 강제로 점화·연소시키고, 폭발로 인한 팽창력에 의해 피스톤이 왕복운동을 행한다. 이 피스톤의 왕복운동을 크랭크축의 회전 운동으로 바꾸어 동력을 이끌어내는 내연기관이다. 가스터빈방식은 흡입, 압축, 연소, 팽창, 배기의 사이에 존재하는 연소가스의 열에너지를 기계에너지로 변환시키는 기기이다. 가스엔진과 마찬가지로 내연기관이나 작동 유체인 공기 흡입에서 배기에 이르는 각 과정은 흡기, 압축기, 연소기, 터빈, 배기의 순서로 독립된 기능을 갖고, 거로 다른 장소에서 각각 연속적으로 이루어진다.

<표 201> 빙축열 조사결과

| 방식 | | | 장비용량(kW) | | | | 냉방 COP | | | | 소비전력(kW) | | 비용(천원) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 축열조 | 냉동기 | 냉각탑 | 축열조 | 냉동기 | 냉방 | 제빙 | @100% | @75% | @50% | @25% | 냉방용 | 제빙용 | 단가 | 설치비 | 유지관리 |
| 코일형 | 터보 | 직교류 | 569.6 | 1,758 | 1,301 | 1107.6 | 5.90 | 6.22 | 6.08 | 4.20 | 478.8 | 452.8 | 372,000 | 250,100 | 2,500 |
| 코일형 | 터보 | 직교류 | 569.6 | 2,813 | 2,391 | 1,980 | 6.10 | 6.45 | 6.30 | 4.36 | 838.8 | 778.8 | 533,000 | 338,600 | 14,000 |
| (S사) | | | 부분부하조건 : 냉방입·출구온도 : 6.5℃, 3℃, 제빙입·출구온도 : -1.5℃, -4.5℃ | | | | | | | | | | | | |

<표 202> 열병합 발전 조사결과

| 구분 | 용량 | 운전 최소부하 | 공칭연료 소비량 | 발전효율 | 배열효율 | 효율 | 열전비 | | | | 비용(천원) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (kW) | (kW) | (㎥/h) | % | % | @ % | @100% | @75% | @50% | @25% | 단가 | 설치비용 | 유지관리 |
| 가스엔진 | 321 | 401 | 76 | 34.3 | 51.2 | 100 | 3.0 | - | - | - | 289,500 | 202,650 | 67,000 |
| | | 360 | 68 | 34.3 | 51.2 | 90 | 3.0 | - | - | - | - | - | 60,300 |
| | | 320 | 61 | 34.2 | 51.1 | 80 | 3.0 | - | - | - | - | - | 53,600 |
| | | 280 | 54 | 33.5 | 49.8 | 70 | 3.0 | - | - | - | - | - | 46,900 |
| | 483 | 604 | 112 | 35.2 | 50.3 | 100 | - | - | - | - | 360,000 | 252,000 | 101,430 |
| | | 544 | 101 | 35.2 | 50.3 | 90 | - | - | - | - | - | - | 91,287 |
| | | 483 | 90 | 34.8 | 49.8 | 80 | - | - | - | - | - | - | 81,144 |
| | | 423 | 78 | 34.5 | 49.5 | 70 | - | - | - | - | - | - | 71,000 |
| | 643 | 804 | 151 | 34.8 | 50.8 | 100 | - | - | - | - | 406,500 | 284,500 | 135,030 |
| | | 724 | 136 | 34.8 | 50.8 | 90 | - | - | - | - | - | - | 121,527 |
| | | 643 | 121 | 34.5 | 50.2 | 80 | - | - | - | - | - | - | 108,024 |
| | | 563 | 106 | 33.8 | 49.5 | 70 | - | - | - | - | - | - | 94,521 |
| | 970 | 1,213 | 217 | 36.7 | 48.4 | 100 | - | - | - | - | 579,750 | 405,825 | 203,700 |
| | | 1,092 | 195 | 36.7 | 48.4 | 90 | - | - | - | - | - | - | 183,330 |
| | | 970 | 174 | 36.1 | 48.1 | 80 | - | - | - | - | - | - | 162,960 |

| 구분 | 용량 | 운전 최소부하 | 공칭연료 소비량 | 발전효율 | 배열효율 | 효율 | 열전비 | | | | 비용(천원) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (kW) | (kW) | (㎥/h) | % | % | @ % | @100% | @75% | @50% | @25% | 단가 | 설치비용 | 유지관리 |
| | | 849 | 512 | 35.5 | 47.5 | 70 | - | - | - | - | - | - | 142,590 |
| | 1,294 | 1,617 | 289 | 36.7 | 48.4 | 100 | - | - | - | - | 726,000 | 508200 | 271,740 |
| | | 1,456 | 260 | 36.7 | 48.4 | 90 | - | - | - | - | - | - | 244,566 |
| | | 1,294 | 231 | 36.1 | 48.1 | 80 | - | - | - | - | - | - | 217,392 |
| | | 1,132 | 202 | 35.5 | 47.5 | 70 | - | - | - | - | - | - | 190,218 |
| (D사) | | | | | | | | | | | 단가 VAT 미포함 | | |
| 가스터빈 | 64 | 82 | 18.3 | 29.1 | 55.8 | 100 | - | - | - | - | 150,000 | 105,000 | 9,100 |
| | | 74 | 16.5 | 29.1 | 55.8 | 90 | - | - | - | - | - | - | 8,190 |
| | | 66 | 14.6 | 28.5 | 54.5 | 80 | - | - | - | - | - | - | 7,280 |
| | | 57 | 12.8 | 26.5 | 52.5 | 70 | - | - | - | - | - | - | 6,370 |
| | 200 | 250 | 49.7 | 32.9 | 52.1 | 100 | - | - | - | - | 420,000 | 294,000 | 28,000 |
| | | 228 | 44.7 | 32.5 | 51.8 | 90 | - | - | - | - | - | - | 25,200 |
| | | 200 | 39.7 | 31.5 | 50.5 | 80 | - | - | - | - | - | - | 22,400 |
| | | 175 | 34.8 | 29.5 | 49.5 | 70 | - | - | - | - | - | - | 19,600 |
| (D사) | | | | | | | | | | | 단가 VAT 미포함 | | |
| 연료전지 | 100 | 125 | - | 41.8 | 22.3 | 100 | - | - | - | - | 1,800,000 | 300,000 | 360,000 |
| | | 113 | - | 41.5 | 21.8 | 90 | - | - | - | - | - | - | 324,000 |
| | | 100 | - | 40.2 | 21.7 | 80 | - | - | - | - | - | - | 288000 |
| | | 88 | - | 38.5 | 19.5 | 70 | - | - | - | - | - | - | 252,000 |
| (P사) | | | | | | | | | | | 단가 VAT 미포함 | | |

# 제9절 건물에너지성능 측정평가를 위한 공정시험 방법 및 대상건물 군별 측정결과보고서

## 1. 건물에너지 진단 및 평가

건물부문에서 전력 및 열에너지 관련 기술장비 및 인력을 구비한 진단기관으로부터 전력 및 열에너지의 발생, 변환, 전송, 사용부문 등 공정의 에너지사용시설 전반에 걸쳐 사업장의 에너지이용 흐름을 파악하고, 손실요인의 발굴 및 에너지절감을 위한 대책과 경제성분석 등 최적의 개선안을 도출하는 과정을 제공하는 기술컨설팅 제도를 에너지진단이라 한다.

에너지진단은 건물부문에서 어떠한 목적으로 어느 정도의 에너지가 소비되고 있는지를 명확하게 판단하고, 건물의 에너지성능 평가 및 에너지절감을 위한 최적의 개선안을 제시하기 위해 사용된다. 이를 위해서는 건물에서 에너지를 소비하는 열원기기, 공조기기, 각종펌프 및 팬, 가전기기 및 사무기기, 조명 등 매우 다양한 요소를 고려하여 에너지진단을 실시해야 한다. 최근 지속되고 있는 고유가, 세계 에너지자원 고갈에 따른 문제점, 에너지 사용으로 인한 환경문제, 세계기후변화 협약 등 급변하는 세계 에너지 환경에서 건물의 에너지소비 요인을 발굴하고, 개선하여 국가 에너지 수입부담의 경감과 기업 등의 에너지비용을 줄여 경쟁력을 기업 등의 경쟁력을 높이기 위해 사용되고 있다. 최근 에너지진단 및 성능평가에 대해 다양한 연구가 진행되고 있고, 정부에서도 다양한 제도로 이를 유도하고 있다.

건물의 에너지진단은 [표 22]와 같은 단계에 따라 분류하고, 이에 따라 순서대로 kk행하는 것이 바람직하지만, 건물의 용도 및 조건, 특성을 고려하여 가감되어 에너지진단이 수행되고 있다.

<표 203> 건물의 에너지성능을 평가하기 위한 단계적 수행내용

| 구분 | | 목적 | 진단자 | 자료 | 기간 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1차진단 | 예비진단 | 에너지소비량 인식 | 건물 관리자 | 에너지소비량<br>사무장부류<br>준공도 | 약 1주 | |
| | 부문별진단 | 에너지소비량에 문제가 있을 경우, 어떤 부분에서 문제가 발생하였는지 인식 | 건축설비 기술자 | 준공도<br>운전일지<br>육안관찰<br>문진 | 약 3주 | |
| 2차진단 | | 문제의 내용을 상세하게 인식 | 진단전문 기술자 | 실측조사 | 장기간 | |

## 2. 건물에너지 1차진단(간이진단)

건물에너지 1차진단은 기존의 운전관리기록 등을 기초로 에너지소비량을 분석함과 동시에 필요에 따라 실내환경 상황 조사, 에너지이용효율화가 필요한 부분이나 2차진단의 필요성 등을 판단하는 것을 목적으로 한다. 원칙적으로 기존에 측정 및 기록된 자료를 통해 진단을 행하고, 새로운 계측은 실시하지 않는다.

## 다. 에너지진단 조사항목

조사는 시공기록, 운전관리기록, 건물관리데이터 등을 대상으로 실시하고, 필요에 따라 건물 관리자에게 문의한다. 조사항목은 건물개요, 건축외피, 설비, 운용관리, 기간별 에너지소비량 등으로 [표 23]과 같이 구분할 수 있다.

<표 204> 에너지진단 조사항목

| 구분 | 조사항목 | 비고 |
|---|---|---|
| 건물개요 | 건축면적 및 연면적<br>방위 및 실별 배치<br>실별 용도 및 주변조건 등 | |
| 건축외피 | 외피면적(지붕, 외벽, 바닥, 창면적비 등)<br>외피구조와 창구조(외벽, 지붕, 창문 등의 단면)<br>일사조정장치(블라인드, 루버, 커튼, 차양 등의 유무와 범위)<br>출입구(방풍실, 출입문 형식, 외기침입상황 등)<br>칸막이(칸막이 변경의 정도, 공조존과의 적합성 등) | |
| 설비 | 공조 및 급탕의 열원기기(방식, 용량, 대수, 축열조 등)<br>공조 및 급탕의 반송기기(송풍방식, 급수방식, 유량 등)<br>공조 조닝(방위별, 용도별, 시간대별)<br>보온 및 보냉 재료의 종류와 두께 등<br>환기설비(대상, 계통, 방식, 풍량 등)<br>위생기기(세정방식, 절수방법 등)<br>급탕설비(대상, 방식, 열원 등)<br>조명설비(방식, 조명기기 형식 등) | |
| 운용관리 | 실내 설정 온도 및 습도<br>실내 적정조도 및 조명기구 배치<br>실내 재실인원 및 외기도입량 등<br>건물의 사용상황(운영시간, 공조시간, 공휴일 등)<br>관리체제와 관리기준 | |
| 에너지소비량 | 전기, 가스, 유류, 물 등의 사용량(년, 월, 시간별) | |
| 실내환경 | 건구온도, 습구온도, 상대습도 등<br>분진 및 $CO_2$ 등의 농도 | |

## 라. 에너지진단 방법

에너지진단은 건물전체, 목적별(공조, 조명, 위생, 반송, 기타 등으로 구별), 시스템별, 기기별 등으로 행하지만 상세한 진단을 위해 말단부하의 에너지소비량까지 파악할 필요가 있다. 1차진단으로 일반적으로 알 수 있는 항목은 기록여부에 따라 다르지만 대부분 건물전체와 구역별 에너지소비량에 대해 알 수 있다.

<표 205> 에너지진단을 위해 필요한 에너지소비량

| |
|---|
| 건물 전체 진단 : 건물 전체 에너지소비량 |
| ↓ |
| 목적별 진단 : 공조, 조명, 위생 등 목적별 에너지소비량 |
| ↓ |
| 구획별, 실별, 기기별 진단 : 실별, 기기별 에너지소비량 |

### (1) 에너지원별 원단위에 따른 진단

에너지원(전기, 가스, 유류)별 건물전체의 연간 에너지소비량을 기초로 단위 연면적 당 1차 에너지소비량을 산정한다. 이것을 비교기준과 동일용도의 건물의 에너지소비량 원단위와 비교하는 것에 의하여 에너지가 효율적으로 이용되고 있는지를 개략 판단한다.

### (2) 목적(용도)별 에너지소비량에 따른 진단

목적(용도)별 에너지소비량에 따른 진단은 공조, 조명, 위생, 반송, 기타 에너지 사용목적으로 분류하여 에너지소비량을 분석하여 진단(평가)하는 것이다.

목적별 진단을 위해서는 목적마다의 에너지소비량을 정확하게 계량할 수 있도록 많은 계측기기를 설치하고 기록해야 한다. 그러나, 일반적으로 비용 등의 관점에서 목적마다 에너지소비량을 정확하게 계측할 수 있는 계측기기를 다수 설치하는 경우는 드물다. 이 때문에 입수한 에너지사용량의 실측데이터를 근거로 목적별 에너지소비량을 추정하거나 현재 건물의 운용모델을 설정, 계산하여 목적별 연간 에너지소비량을 추정하여 평가한다.

### (3) 기간별 에너지소비량의 변화 분석

과거 연간 에너지소비량을 분석하여 경년변화를 분석하고, 이것에 의해 연간 에너지소비량의 변화를 파악하여 건물사용의 변화나 건축·설비의 변화 등과 조합하는 것에 의한 변화의 원인을 찾아 에너지소비량을 분석한다. 또한, 경년변화와 마찬가지로 월별 에너지소비량의 변화를 분석하여 계절에 따른 에너지소비량의 증감을 파악하는 것이 가능하다. 경년변화를 통해 영향요인을 순위대로 평가하여 에너지소비에 영향이 큰 구성요인을 판단하여 개선안의 도출이 가능하게 된다.

## 3. 건물에너지 2차진단(상세진단)

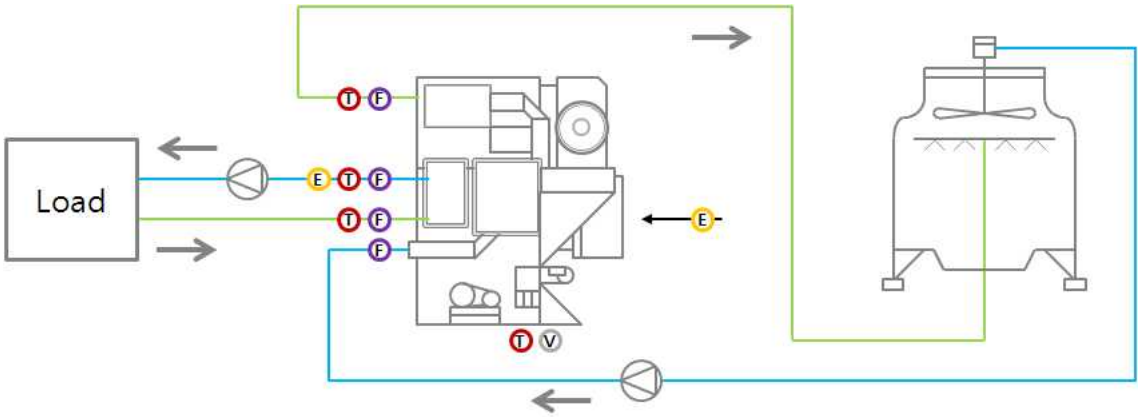
건물에너지 2차진단은 1차진단 결과를 통해 에너지 이용효율화 측면에서 개선이 필요한 것으로 진단된 부분·항목에 대하여 정밀한 평가를 수행하는 단계이다. 2차진단을 통해 보다 정밀한 평가를 수행하고, 이를 통해 에너지 이용효율화를 위한 개선방안의 도출 및 효율 하락 등의 원인을 분석하기 위하여 실시한다. 정밀한 평가를 위해 시스템별·기기별 등으로 나누어 상세하게 수행한다.

### 마. 2차진단 방법

2차진단을 행하는 계측이나 시험은 상당한 시간과 비용이 소요되며, 이 때문에 사전에 진단계획을 검토하고 실시체제에 대한 충분한 사전협의가 필요하다. 또한, 가능한 과거의 데이터나 1차진단에서 얻은 데이터를 활용하여 기존의 에너지소비량과 측정값의 비교를 통해 객관적이고, 다양한 영향변수에 대해 고려하는 것이 필요하다. [표 25] ~ [표 28]은 온수보일러, 냉동기, 공조기, 조명기구를 예로 건물의 에너지진단을 위한 측정 및 평가방법의 예를 도시한 것이다.

<표 206> 냉동기의 2차진단 방법

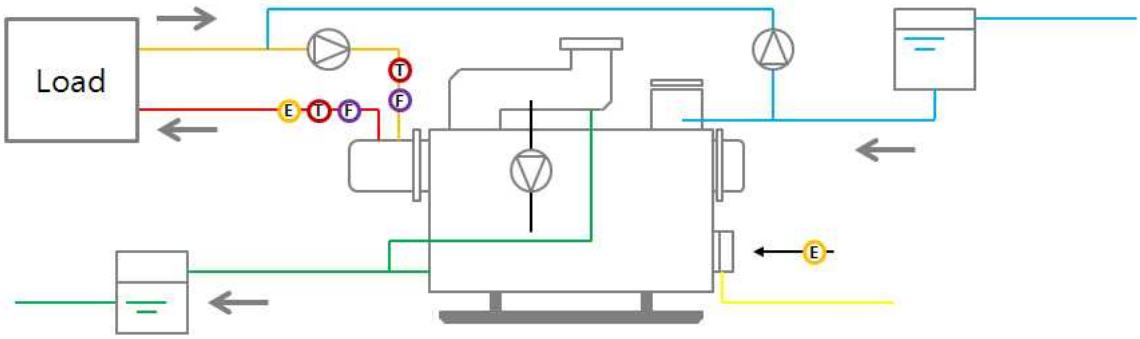
| No. | 항목 | 측정 및 평가방법 |
|---|---|---|
| 1 | 온도 | 열전대 등을 사용하여 냉수·냉각수의 공급·회수온도를 측정 |
| 2 | 유량 | 기존 유량계 또는 초음파 유량계 등으로 냉수·냉각수 유량 측정<br>열량계가 설치된 경우, 온도의 유량의 측정 불필요 |
| 3 | 출력 에너지 | 온도와 유량의 측정값을 이용해 냉동기의 출력 에너지를 산출<br>열량계를 사용하는 경우, 열량계 결과를 이용 |
| 4 | 입력 에너지 | ① 전동식<br>냉동기에 적산전력량계가 삽입되어 있는 경우는 이 값 사용<br>미설치, 저압인 경우 적상기능의 큼램프온(Clamp-on)형 전력계 등에 의하여 일정시간 냉동기의 소비전력 등을 측정<br>② 흡수식<br>가스메터, 오일메터 등을 검침하여 가스, 유류 소비량 측정<br>가스 소비량은 가스온도, 압력을 알고 있는 경우, 소비량 보정<br>측정은 계절별로 1~2일 정도 수행<br>가능한 저부하~고부하의 넓은 범위를 측정 |
| 5 | 성적계수 | 출력 에너지와 입력 에너지를 통해 성적계수를 산출 |
| 6 | 기타 측정 | 기기본체 온도, 진동 등을 측정 |
| 7 | 평가 | 성능사양서 등에서 제공하는 냉동기 효율, 성능곡선과의 비교<br>극단적으로 효율 저하되는 경우, 원인 규명 및 유지보수 수행<br>기기본체 온도, 진동 이상여부 평가 |




[그림 160] 냉동기 구성도 및 측정위치

<표 207> 온수 보일러의 2차진단 방법

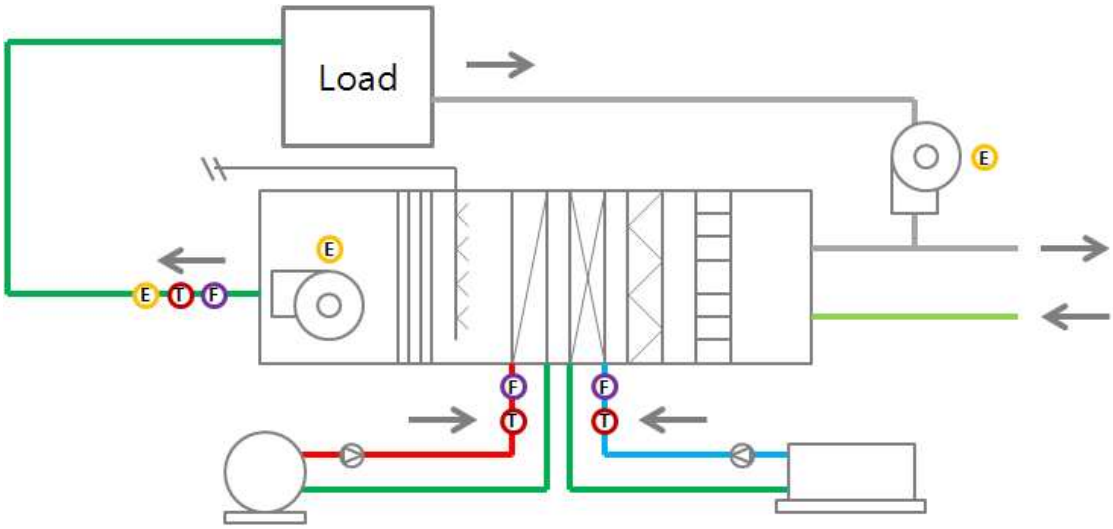
| No. | 항목 | 측정 및 평가방법 |
|---|---|---|
| 1 | 온도 | 열전대 등을 사용하여 공급·회수되는 온수 온도를 측정 |
| 2 | 유량 | 기존 유량계 또는 초음파 유량계 등에 의해 온수 유량을 측정<br>열량계가 설치된 경우, 온도의 유량의 측정 불필요 |
| 3 | 출력 에너지 | 온도와 유량의 측정값을 이용해 보일러의 출력 에너지를 산출<br>열량계를 사용하는 경우, 열량계 결과를 이용 |
| 4 | 입력 에너지 | 가스메터, 오일메터 등을 검침하여 가스, 유류 소비량 측정<br>가스, 유류 소비량과 발열량을 통해 입력 에너지 산출<br>가스 소비량은 가스온도 및 압력을 알고 있는 경우, 소비량 보정 |
| 5 | 효율 | 출력 에너지와 입력 에너지의 측정값을 이용해 효율 산출 |
| 6 | 평가 | 성능사양서 등에서 제공하는 보일러 효율, 성능곡선과의 비교<br>극단적으로 효율 저하되는 경우, 원인 규명 및 유지보수 수행 |




[그림 161] 보일러 구성도 및 측정위치

<표 208> 공조기의 2차진단 방법

| No. | 항목 | 측정 및 평가방법 |
|---|---|---|
| 1 | 진단 | 코일의 냉수 전열계수에 의한 진단 실시 |
| 2 | 온도 | 열전대 등을 사용하여 공조기 코일의 입·출구 온도 측정 |
| 3 | 순환수량 | 기존 유량계 또는 초음파 유량계 등에 의해 코일 순환수량을 측정 |
| 4 | 엔탈피 | 열전대 등을 사용하여 공조기 코일 출구측 공기 엔탈피 측정 |
| 5 | 풍량 | 열선풍속계 등에 의해 메인덕트 직관부 풍속 측정<br>평균 풍속을 산출하고, 덕트면적을 통해 풍량을 산출 |
| 6 | 코일 열수 | 기기완성도 등에서 코일의 열수·정면면적·코일형식 등 조사<br>코일형식은 1열당 튜브 본수 및 단면적 등 |
| 7 | 전열계수 | 코일의 냉수 전열계수 산출<br>$K = \frac{q_t}{R_{OW} \times \Delta T_{im} \times A_f \times WSF}$ [kcal/mh℃]<br>$q_t = V \times \gamma \times (i_1 \sim i_2)$<br>$V$ : 급기량, $\gamma$ : 공기의 비중, $i_1$ : 입구공기 엔탈피, $i_2$ : 출구공기 엔탈피,<br>$R_{OW}$ : 코일 열수, $\Delta T_{im}$ : 대수평균온도차, $A_f$ : 코일정면 면적,<br>$WSF$ : 습윤면적계수 |
| 8 | 평가 | 도서 등을 참고하여 냉수전열계수 곡선을 작성하고, 비교평가<br>측정시점의 냉수전열계수 저하도를 파악 |




[그림 162] 공조기 구성도 및 측정위치

<표 209> 조명기구의 2차진단 방법

| No. | 항목 | 측정 및 평가방법 |
|---|---|---|
| 1 | 사용현황 | 현지조사, 유지보수원과의 면담 등으로 조명기구 사용현황 조사<br>① 누적점등시간<br>② 누적고장율(누적고장 대수/전체 대수)<br>③ 사용조건 등 |
| 2 | 조사 | 사용 중 1~3대 정도를 샘플링, 다음과 같은 조사 실시<br>① 세정에 의한 반사판의 배광특성 회복레벨<br>② 소켓의 크랙, 접촉불량 상황<br>③ 전선의 변색, 변형, 크랙<br>④ 안정기 충전물의 유출, 변색, 온도상승 특성<br>⑤ 콘덴서의 변형<br>⑥ 절연저항 |

## 바. 에너지소비량(적산값) 측정 및 방법

### (1) 적산전력량계

적산전력량계는 크게 유도형과 전자식으로 구분할 수 있고, 정밀도에 따라 보통급, 정밀급, 특별정밀급으로 분류된다. 먼 곳에서 소비전력량을 계량할 때에는 펄스발신 기능이 있는 것을 사용할 필요가 있고, 부하변동이 심한 기기에 대해서는 가급적 기기마다 적산전력량계를 부착하는 것이 바람직하다.

### (2) 적산유량계

적산유량계는 가스나 유류 등의 유량을 측정하여 적산값으로 계량한 것으로 가스메터, 오일메터 등으로 불린다. 펄스발신 기능이 부착된 것도 있으며 가스나 유류를 사용하는 기기마다 설치하는 것이 바람직하다. 또한, 가스는 기체이기 때문에 압력과 온도에 따라 체적이 변화하고, 이를 위해 대상 가스미터의 압력과 온도를 확인하여 0℃, 1기압에서 적산유량(N㎥)으로 변환하여 사용해야 한다.

### (3) 적산열량계

적산열량계는 열량을 적산하여 계량하는 것으로, 지역냉방 및 지역난방의 사용열량을 조회하기 위해서 사용되고, 건물에서는 공조열원기기의 출력열량(생산열량)이나 공조기의 소비열량 계량 등에 사요된다. 적산전력량계나 가스미터, 오일미터에 비하여 건물에 설치되는 수는 적지만 적정한 에너지관리를 위해서는 가능한 많은 수량을 주요부분에 설치하는 것이 바람직하다. 또한 해당 열원기기에 의하여 생산된 냉·온수가 복수의 기기에 공급되는 경우에는 계통마다 적산열량계를 설치하는 것이 바람직하다.

# 제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외 기여도

## 제1절 연구목표 및 내용

건물 에너지 성능 평가 표준 모델을 위해 우선 한국의 건물 에너지 소비량에 영향을 주는 건축 기계 전기 설비의 설계요소를 대상으로 건물 에너지 성능 결정 인자 도출을 위한 요소별 민감도 분석을 수행하였다. 건물의 다양한 인자들의 영향도를 평가하기 위해 본 연구 과제 기준 툴인 정밀 시뮬레이션 프로그램 '에너지 플러스'를 사용하여 입력 변수(설계 요소별) 별 에너지 소비량을 산출 하였으며 그 결과를 토대로 요소별 에너지 소비량 기여 민감도 모델을 도출 하였다. 이 민감도 모델을 통해 어떤 설계인자가 어떤 소비량 항목(즉, 냉방, 난방, 조명, 반송)에서 어느 정도의 영향도를 가지게 되는지 그 특징을 정량적으로 제시 할 수 있었다.

국내외 ISO 간이법 기반 에너지 성능 평가 툴의 구현 사례를 조사하여 그 특징을 검토하였으며, 국내의 툴들의 경우 에너지플러스 기반 건물 모델과 입력 조건을 동일하게 설정하여 그 결과값을 부하 및 소비량 항목별로 비교 분석 하였다. 표준 계산법에서 입력 데이터 준비시의 기술적 난이도가 존재하여 입력 데이터의 불확실성으로 인해 평가 및 결과 검증시 신뢰성 및 적용성이 떨어질 수 있는 요소들을 검토 하였으며, 이를 최소화 하기 위한 방안을 표준 계산모델에 반영하였으며, 국내 건물 및 에너지 시스템 품목별로 그 성능이 입증 가능하며 수집 가능한 범위에서 평가가 가능하도록 평가법의 대상 범위를 고찰 하였다. 에너지 플러스의 계산 결과와 비교함으로서 오차 범위를 줄이면서 계산모델의 적용성을 높힐 수 있는 방안을 제시 하였다.

ISO 13790 을 기반으로 국내의 실정에 적합한 건물 에너지 소비량 표준 계산법을 각 항목별로 정의하였다. 특히, 계산 수식 상에 필수적으로 요구되는 각종 보정 계수 및 효율계수들을 문헌조사를 통해 제시 하였으며 한국형 계수를 위해 개발이 되어야할 항목들에 대해서는 2차년도 연구 내용으로 정리를 하였다. 주요 성과물로는 냉난방 열원 기기 시스템이 건물에 도입 시 그 건물의 건축적 특징으로 인한 부하 특성 및 설치 운전 조건에 의한 열 손실/획득 율을 고려한 계절간 부분부하 효율계수(SCOP, SSEER)의 개념을 도입하여 그 활용방법론을 정의한 것이다.
이 계절 간 부분부하 효율계수는 한국 표준 규격에서 에어컨디셔너 성능 시험법에서 정의한 SEER과 유사하나 냉난방 부하 가중 계수를 구할시 온도빈도에 따라 온도당 냉난방 부하량을 선형으로 구한 방식이 아니 건물의 유형별로 실제 운전시의 부하 발생 특성을 반영한 것이며 이는 기기의 부분부하 특성 곡선과 반송장치에서

의 손실을 포함한 것이다. 이 방식은 건물의 실제 설치시 그 부하특성을 반영하여 실제로 에너지 시스템의 소비량을 예측 할 수 있는 정밀성에 우수한 면이 있으며 또한 적용성에서도 기기의 부분부하 특성데이타는 한국 공업 표준 규격에 정의되어 제품 출하시 소비자에게 제시할 수 있는 공개 데이터이므로 입력 데이터로 수집이 가능하고 공정성이 보장되는 장점이 있다. 평가법상에서 에너지시스템의 반송장치 운전 효율 및 손실율 등의 입력요소들의 에너지 소비량에 미치는 민감도에서 입력 데이터의 불확실성으로 인한 오차허용 범위가 크지 않으므로 건물 유형별 시스템별 표준 계수를 개발 한다면 평가법의 활용성을 높힐수 있으리라 기대한다.

이 계절간 부분부하 효율계수의 타당성을 검증하기 위해 에너지 플러스상의 시뮬레이션건물을 대상으로 서울지역 기상데이터 및 표준 건물 모델을 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 이 시뮬레이션 결과를 토대로 계절별 부분부하효율계수를 산출하였고 이를 ISO 13790 간이법 기반 계산 프로그램의 계산과정상에 대입하여 계산 결과를 비교 하였다. 에너지플러스의 계산치와 오차 범위가 줄어드는 결과를 얻었으며, 보다 정밀한 계수를 도출 하기 위해 건물의 유형 및 시스템의 종류를 선정하여 시뮬레이션을 수행할 필요가 있으며 실측 데이터와 함께 검토를 한다면 한국 상황에 맞는 표준계수를 도출할 수 있을 것이다. 이를 위해 1세부과제의 결과물과 연계하며 2차년도의 연구 범위 및 내용을 정의하였다.

설비기기 DB 조사 및 구축, 건물 에너지성능 측정평가를 위한 공정시험방법과 관련하여, 학술발표대회, 논문집, 학위논문 등 국내·외 관련 연구논문 등 조사하였음. 설비기기 DB 조사 및 구축, 건물 에너지성능 측정평가를 위한 공정시험방법과 관련하여, 국내 실증보고서, 기업, 국가과제 보고서 등 조사하였음.

현재 국내의 설비자료를 이용해 DB를 구축한 연구는 부족한 실정으로 나타났으며, 일부 전기설비 및 공조설비에 대한 DB 구축에 대한 연구가 진행되었음. 하지만, 이러한 연구는 다양한 설비에 대한 고려가 되지 않은 결과이고, 성능, 효율계수, 에너지소비량 등 다양한 평가요소를 고려하지 않고 단일성능 또는 개략적인 특성으로 DB 를 구축하였음. DB 구축을 위해 참고된 자료가 국외의 자료로 국내의 자료를 사용한 DB 구축이라고 말하기 어려움.

열원설비 및 신재생에너지 기기의 DB 구축을 위해, 1차년도 목표로 열원기기(냉동기, 보일러, 히트펌프 등) 및 신재생에너지 기기(태양열, 태양광. 풍력, 지열, 열병합, 연료전지 등)에 대하여 DB 조사를 실시하였음. 열원설비의 종류 15종, 메이커 12개사, 용량은 최소 3종 이상 조사하였으며, 신재생에너지 기기 종류 7종, 메이커 19개사, 용량은 최소 3종 이상으로 조사하여 DB를 구축함.

시스템의 정격 효율, 부분부하 효율, 에너지 소비량, 금액(단가), 시공비 등의 조사를 위해 국내·외 업체를 선정하고, 선정된 업체의 카달로그 등을 참고하여 1차 DB 조사를 수행하였음. 상세한 DB 구축을 위해 해당업체의 협조를 요청하여 부분부하 효율 및 비용적인 측면의 자료를 수집하였지만, 국내 설비기기의 평가를 위한 부분부하 효율, 성능곡선 등의 다양한 측정이 의무가 아니기에 해당업체에서도 상세한 자료를 보유하지 않는 것으로 파악되었음.

건물 에너지성능 측정평가를 위한 공정시험방법의 조사는, ESCO 에너지진단과 T.A.B. 등을 대상으로 하였으며, 두 방법을 분석하고 비교평가하여 각 방법의 한계점을 도출하였음. 두 방법의 한계점을 극복하기 위한 방안과 효율적인 측정평가를 위해 국외의 평가기준 및 전문가 자문을 요청하였음. ESCO 에너지진단은 건물의 에너지 소비에, T.A.B. 는 실내 쾌적성을 위한 공기조화 기기의 평가에 초점이 맞추어져 있으며, 이러한 한계점을 해결하기 위해 실내 쾌적성의 적정 유지에 따른 에너지 소비량을 평가하는 것이 필요하다 판단되었음. 또한 각종 설비기기의 측정뿐만 아니라, 건물의 형태 및 재료에 따른 측정이 병행되어 건축, 설비, 전기 등 다양한 시스템의 측정평가로 건물에 에너지성능을 평가해야한다.

<표0-0>당해연도 연구목표 및 내용

<표 210> 당해연도 연구목표 및 내용

| 연구목표 | 주요 연구내용 |
|---|---|
| ▪기존건물 개보수 우선순위 제시를 위한 건물 에너지 Retrofit 표준 Process 관련 기술의 기초 조사 및 이론 정립 | **▪국내·외 사례조사 및 ESRU 연수**<br>-국외 관련 연구 및 기준 조사<br>-국제 표준 규격 및 계산방법 정립<br>-적용 변수의 표준화 방안<br>**▪기 확보된 건물 에너지 데이터 분석 및 4개용도 건축물의 실측진행**<br>-현장 조사를 통한 기존 건축물의 운영현황 분석<br>-인터뷰 및 설계도서 확보에 따른 에너지 사용량 조사<br>(전기, 가스 소비량, 건물 면적 등)<br>**▪기존 건물 에너지 성능 진단 프로세스의 개발**<br>-벤치마킹 기법에 의한 기존 건물군의 에너지 성능진단 프로세스 개발<br>**▪기존 건물 Retrofit 표준 프로세스의 개발**<br>-기존 건물 Retrofit 우선순위 제시를 위한 표준 프로세스 개발<br>**▪국내 설비 및 건물 에너지 성능개선 요소 도출** |
| ▪건물 에너지 소비량의 정량적 산출이 가능한 표준 평가 모델 구축을 위한 기초 조사 및 이론 정립 | **▪건물에너지 성능, 설계변수 분석, 표준계산방법 정립을 위한 기초조사 수행, 건물 에너지 정량화 기법 기준 조사**<br>- 해외 국제표준(ISO13790) 및 유럽표준(EN) 분석을 통한 건물 에너지 KEY Factors 도출<br>**▪건물 에너지 성능평가를 위한 표준모델 기준 구축**<br>- 도출된 KEY Factors 에 의한 평가모델 표준화<br>- 평가툴의 적용 범위 및 계산 방법 선정<br>**▪건물 에너지 소비량계산과 에너지성능계수(Energy Performance Coefficients) 개념 정립 및 한국형 지표 산출, 표준 계산기법 완성 및 검증**<br>- 유럽 NCM(national Calculation Methodology) 미국공조냉동공학회(ASHRAE-American Society of Heating, Refrigerating and Air-Con. Engineers) 기준 조사를 통한 계산법 이론 정립<br>- 한국형 SCOP(Seasonal Coefficient of Performance), SSEER(Seasonal System Energy Efficiency Ratio) 산출을 위한 자료 수집 분석 및 용도별 에너지성능계수(EPC)도출<br>-냉난방, 환기, 조명, 급탕 등의 에너지 소비량의 표준 계산 기법 완성. |
| ▪설비 및 신재생 에너지 기기의 DB구축 | **▪설비 및 신재생에너지 기기의 DB구축**<br>- 설비기기 및 신재생 에너지 설비의 (대, 중, 소용량 설비기기 기준 각 메이커별) DB구축 및 건물 에너지 설비의 정격효율, 부분부하효율, 설치비(단가, 시공비), 유지관리비 제시<br>- 개별기기의 보정 값(SCOP, SSEER 등) 확보 및 근거 제시<br>**▪건물 에너지성능 측정평가를 위한 공정시험 방법 및 대상건물 군별 측정 결과 보고서 작성** |

# 제2절 연구달성도

<표 211> 연구달성도

| 구 분 / 개발내용 | 연 구 개 발 기 간 | | | | | | | | | | 진도(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 국내.외 사례조사 및 ESRU연수 | | | | | | | | | | | 100% |
| 4가지 용도별 건축물의 실측 | | | | | | | | | | | 90% |
| 기존 건물 에너지 성능 진단 프로세스의 개발 | | | | | | | | | | | 100% |
| 기존 건물 Retrofit 표준 프로세스의 개발 | | | | | | | | | | | 100% |
| 건물에너지 성능, 설계변수 분석, 표준계산 방법 정립을 위한 기초조사 수행, 건물 에너지 정량화 기법 기준 조사 | | | | | | | | | | | 100% |
| 건물 에너지 성능평가를 위한 표준모델 기준 구축 | | | | | | | | | | | 100% |
| 건물 에너지 소비량계산과 에너지성능계수 개념정립 및 한국형 지표 산출, 표준 계산 기법 완성 및 검증 | | | | | | | | | | | 100% |
| 국내외 관련연구 및 기준조사 | | | | | | | | | | | 100% |
| 열원기기 및 신재생에너지 기본 DB 조사 | | | | | | | | | | | 100% |
| 건물 에너지성능 측정평가를 위한 공정시험 방법 및 대상건물 측정 결과보고서 작성 | | | | | | | | | | | 100% |
| 총 진도율 | | | | | | | | | | | |

· · · · · · · · · · · · · · · · · · · · · 당초계획

———————————— 실 적

## 제3절 대외기여도

# 제 5 장 연구개발결과의 활용계획

## 제1절 연구개발결과의 활용분야

국내 건축은 전 세계적으로 찾아 볼 수 없을 만큼 비약적인 성장을 이룩하고 있다. 이러한 환경에서 건물 에너지 성능 평가 모델 표준화 개발은 높은 비중을 차지하는 건축 부분에서 친환경적인 대안을 제시하고 실제적인 친환경 건축 공급을 이루어 친환경적인 파급효과가 매우 클 것으로 기대된다.

## 제2절 연구개발결과의 활용방안

### 1. 연구결과의 활용방안

- 국내 건물에너지 관련 성능등급 인증 프로그램의 국내 표준화에 필요한 기초 데이터 제공.
- 국제표준 건물에너지 성능평가 방법의 국내 표준화의 기초 연구 자료로 활용
- 신재생에너지 설치 의무화 사업(건물에너지 소요량의 10%이상 신재생에너지 생산량으로 의무화)에서 신재생 에너지 소요량의 정량적 판단 근거 자료 도출에 활용
- 설계 초기 단계의 건축물 에너지 절약을 위한 의사 결정 수단으로 활용

### 2. 기대성과 및 파급효과

<사회적>

- 에너지 평가 표준 모델 개발은 정량적인 에너지 분석 데이터를 기반으로 친환경 건축 실현 방법론에서 보다 적극적 발전의 시작이 된다.
- 국내 실정에 부합하는 에너지 정량적 산출법 개발은 정량화된 에너지 시뮬레이션 결과로 인해 사회적 이해범위를 넓혀 건축 전반적으로 친환경 건축 제공에 대한 국내 친환경 건축의 전반적인 수준 향상을 기대한다.
- 건물에너지 성능 평가 모델 표준화 개발은 에너지 평가의 사회적 의식수준 향상과 친환경 건축의 전반적인 수준 향상을 이루어 국내 친환경 건축기술의 비약적 성장이 예상되며 범지구적 차원의 친환경 움직임에 앞서 나아갈 수 있는 사회적 기반을 마련한다.

<경제적>

• 표준 평가모델로 인한 평가툴은 이해범위 내의 현실적인 친환경 건축 대안이 적용된 환경을 제공함으로서 친환경 건축의 실질적 보급이 가능 하다.
• 친환경 건축의 실질적 보급은 개인적 차원에서 건물 사용 시 에너지 사용에 따른 운영 유지비용이 절감함으로서 경제적으로 삶의 가치를 향상 시킬 수 있다.
• 또한 국가적 차원에서 에너지 사용 절감은 국제적인 온실가스 감축 목표에 부합하며 탄소 관련 시장의 확대에 적절한 대응이 가능하며 에너지수입국으로서 국가경쟁력을 향상시킬 수 있다.
<환경적>
• 국내 건축은 전 세계적으로 찾아 볼 수 없을 만큼 비약적인 성장을 이룩하고 있다. 이러한 환경에서 건물 에너지 성능 평가 모델 표준화 개발은 높은 비중을 차지하는 건축 부분에서 친환경적인 대안을 제시하고 실제적인 친환경 건축 공급을 이루어 친환경적인 파급효과가 매우 클 것으로 기대된다.

# 제3절 관련 후속 연구개발의 동향

## 1. 국내 기술 및 산업 동향

■ 최근 건물 에너지 효율에 대한 관심이 높아지면서 건설 회사 및 설계 사무소, 설비회사 등에서 정밀 에너지 시뮬레이션 툴(예, Energy Plus, Trnsys, ESP-r 등)을 사용하여 연간 시간대별 냉난방 부하 및 열 환경 성능 평가를 설계나 계획단계에서 수행하기 시작하였다. 현재 Energy Plus 와 ESP-r은 오픈 소스로서 누구든 개발이 가능하고 기술료를 지불하지 않는 프로그램으로 오랜 시험과 개발기간으로 신뢰성을 인정받고 있어 연구소와 대학을 중심으로 사용되고 있다.

■ 국내 기술개발 수준

- 현재 건물의 정밀 에너지 성능을 평가하기 위해 주로 3세대 모델인 수치적 방법이 사용되고 통합 건축 환경 내에서의 한 분야로서 설계자의 의사결정을 위한 접근 방식으로 시뮬레이션이 활용되고 있고 ISO 13790 방식을 이용한 다양한 건물 에너지 소비량 간이평가 프로그램이 있음
- 사용자를 위한 인터페이스 제공, 다양하고 지능적인 데이터베이스 구축, 그래픽 지원, 데이터 자원의 관계형 연결 및 공유, 각종 복잡한 문제를 하나의 환경에서 처리할 수 있는 통합성 및 범용성, 이종 시스템 간 손쉬운 인식을 위한 유연성을 확보가 필요

- 100% 국내 실정에 맞는 건물용도별 표준 입력 데이터베이스, 에너지 시스템 효율 계수, 계산 모델, 평가 지표 필요

■ 국내 시장 현황

- CE3 (Construction Energy Efficiency Evaluation)
  1) 유럽의 건물에너지 성능지침 EPBD (Energy Performance of Building Directives)에 따른 국제 표준 ISO 13790 및 독일의 건물에너지성능 평가규격 DIN V 18599를 바탕으로 국내 실정에 맞추어 개발된 Web 기반 건물 에너지 성능 평가 솔루션
  2) 주거 및 비주거용 건물 전반에 걸쳐 건축물리적 또는 건축설비적 특성에 의한 에너지흐름의 상호작용을 종합적으로 고려하여 난방, 냉방, 조명, 급탕 및 환기에 요구되는 에너지를 정량적으로 분석할 수 있는 솔루션임
  3) 그러나 현재 BESS나 ECO2처럼 무료 프로그램이 아니며 에너지 소비총량제나 에너지 효율등급 등 정책에 맞추어서 개발 된 프로그램이 아니라 신뢰성 및 활용성에서 검증이 요구되고 있음

- ECO2
  1) 건축물에너지절약 설계기준의 의무사항 및 EPI항목 정량화
  2) ISO13790 규격에 따른 총량적 에너지 소요량 산출 관련 평가 방법론 적용
  3) 입력 항목 수가 많고 및 입력 방법면에서 전문가 수준의 지식이 요구되며 많은 시간이 소요되어 되어 건물 에너지 인증제 상에 수용성면에서 아직 애로가 많음.
  4) 건물에너지 소비총량제 대응 예비분석 툴로 건설기술연구원에서 개발 관리.

- 건물 에너지 성능평가프로그램 : 에너지 관리공단
  1) 공동 주택 건물 에너지 성능 평가를 위한 Web 기반 프로그램으로써 에너지관리공단 홈페이지에서 쉽게 사용
  2) 공동 주택 에너지 소비량 계산을 간단히 수행할 수 있도록 하였으나 국제표준 계산 알고리즘을 채용한 것은 아니며 난방 부하 계산에 한정됨.
  3) 쉽게 접속하고 입력이 간단하지만 저장 기능 및 리포트 출력기능이 없기 때문에 한번 결과를 수정 하고자 할 때 항상 처음부터 입력을 해야 하는 불편함이 있음.

- 친환경 주택 성능 평가 : LH공사
  1) 20세대 이상의 공동주택을 건설하는 경우에는 주택건설기준 등에 관한 규정 제64조(에너지절약형 친환경 주택의 건설기준 등)에 있는 하나 이상의 기술을

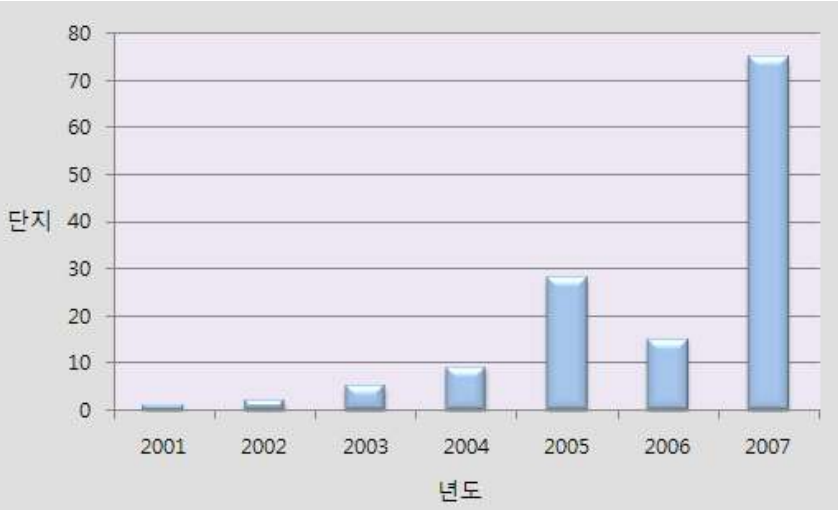
이용하여 주택의 총 에너지사용량 또는 총 이산화탄소배출량을 절감할 수 있는 에너지절약형 친환경 주택 평가 및 설계지원 프로그램.

2) 별다른 설치가 필요 없는 엑셀 형식으로 프로그램이 설계 되었으며 계산 결과의 경우 단지 단위와 세대 단위로 나누어서 출력이 가능.

3) 프로그램이 별다른 설치가 필요 없고 누구나 사용 할 수 있지만 계산 결과는 세대별 위치 및 평형에 상관없이 일정한 부하 결과값을 산출하여 공동주택의 전체 디자인 상의 에너지 성능 변별력이 약함. 정밀 시뮬레이션 결과와의 오차가 상당히 큼.

■ 인증제도 확대에 따른 에너지 절감 가능성

- 에너지 효율등급 인증 실적 : 2008년 8월 까지 200여개(36개 본인증 포함)단지
- 정부의 지원책에 의해 인증 공동주택 실적 증가 예상
- 전체 에너지의 10.6%를 차지하는 상업, 공공부문의 비주거 건물의 제도 도입에 따른 에너지 절감 증가 예상




[그림 163] 공동주택 인증실적

▶ 국내 주요 관련 업체

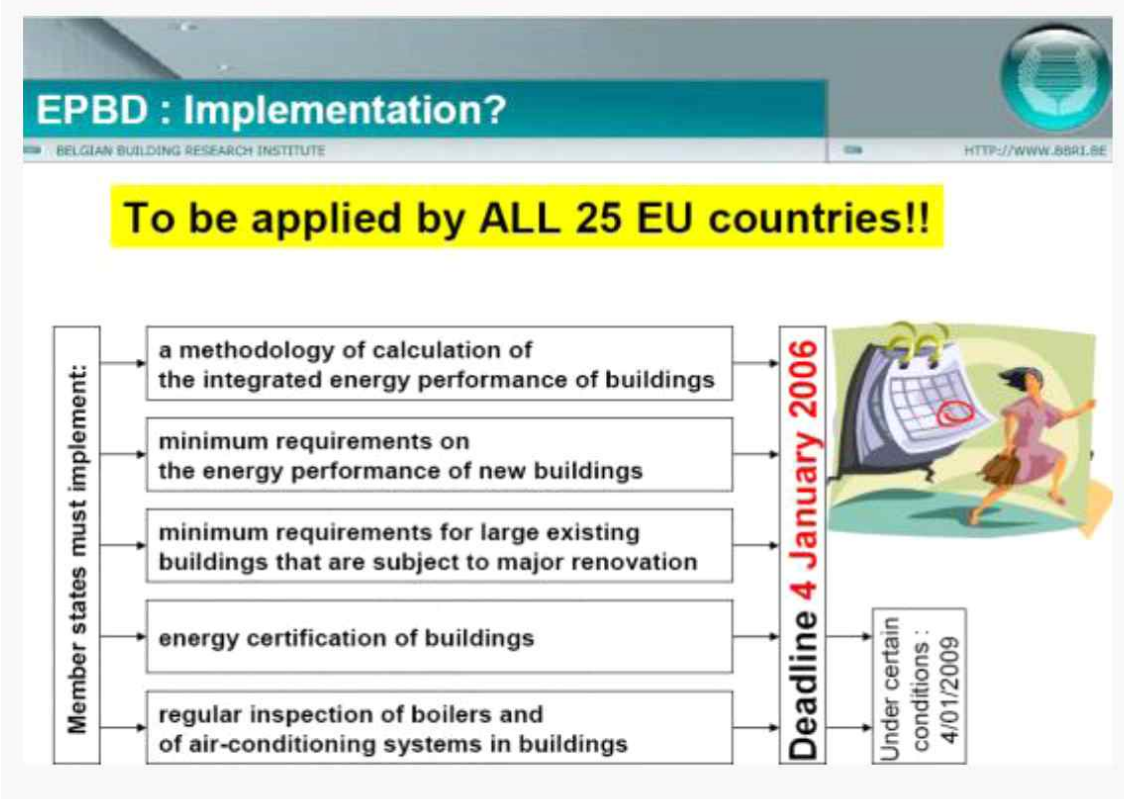
<표 212> 국내 주요 관련 업체

| 업체명 | 설명 | 주요사업 | 주요제품 |
|---|---|---|---|
| 피앤디 소프트 | 건설IT 전문기업 | 에너지 IT컨설팅, 솔루션 사업, 공공사업, Energy SI개발 사업 진행 | CE3, EIMS(Energy Information Management System), CEI(CO2 Emission Inventory) |
| 버츄얼 | 건설IT 및 공간 | 건설 IT Architecture, CAD, | Archispace, |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 빌더스 | 디자인기술 개발 전문 기업 | GIS, BIM 등 융복합 공간정보기술을 기반으로 사업 진행 | UrbanSpace, ActivePlace 등 |
| 에코시안 | 환경 컨설팅 기업 | 기후변화 컨설팅, 에너지 효율화 사업, 해외 컨설팅 사업 | ES-BES, ES-MRV |
| 한국건설 기술연구원 | 건설기술 분야의 전문연구기관 | 건설 및 국토관리 분야의 원천기술 개발과 성과 확산을 통해 국가 경제, 사회발전에 기여함을 목적으로 함 | ECO2 |

## 2. 국외 기술 및 산업 동향

■ 2009년 4월 유럽 의회는 개정된 건물에너지절약지침(Energy Performance of Building Directives, EPBD)을 발표하고 2019년부터 EU 내에서 지어지는 모든 신축 건물에 대해 소비되는 에너지보다 더 많은 에너지가 생산되도록 규정했다. 영국은 이러한 EU의회의 발표가 있기 전인 2008년 12월 이미 '제로 탄소 주택 정책'을 발표, 2016년부터 영국에서 짓는 모든 주택에서 이산화탄소 배출을 완전히 제로화하겠다고 약속했다. 또한 2019년부터는 이를 상업용 건물까지 확대하고 2050년까지는 기존 건물도'제로 카본'에 근접할 수 있도록 난방 시스템 개조 등 다양한 조치를 취하도록 제안하고 있다.




[그림 164] EPBD 설명

■ EPBD에서의 주요 내용은 향후 신축, 리모델링 및 기존 건물 등 모든 건축물에 대하여 에너지 소요량, 이산화탄소 배출량과 같이 총량개념의 에너지 성능 기준으로 설정하도록 규정하고 있다. 이것은 구조체의 부위별 단열성능기준은 삭제가 되며, 건물전체에서 소요되는 에너지량으로 건축규제가 이루어진다는 것을 의미하는 것이다.

■ EPBD(2006년1월부터 시행)의 주요 규정은 다음과 같다.

- 건물 에너지성능의 통합에너지 계산을 위한 방법론 골격 개발
- 신축건물 및 리모델링 건물의 최소에너지 성능기준 설정
- 기존건물의 최소에너지요구량 설정
- 건물의 에너지성능 인증제도 시행
- 일정규모이상의 건물에 대하여 에너지효율등급 표시 의무화
- 신축, 매매, 임대 시 첨부서류로 활용
- 1000㎡ 이상의 공공건물은 눈에 잘 띠는 장소에 표시 의무화
- 일정규모이상의 난방 및 공조시스템은 정기검사 실시 의무화
- 공공건물에 대하여 권장온도 및 현재의 온도 표시

■ SAP은 주거용 건물을 위한 국가 공인 에너지성능 평가방법으로 영국의 건축법

Building Regulations 2000의 기술서인 Approved Document Part L1A(Conservation of Fuel and Power in New Dwellings)와 Approved Document Part L1B(Conversation of Fuel and Power in Existing Dwellings에 명시하고 있다. 1993년 DOE(현재의 DECC, Department of Energy and Climate Change)와 BRE(British Research Establishment)에 의해 처음 발표되었다.

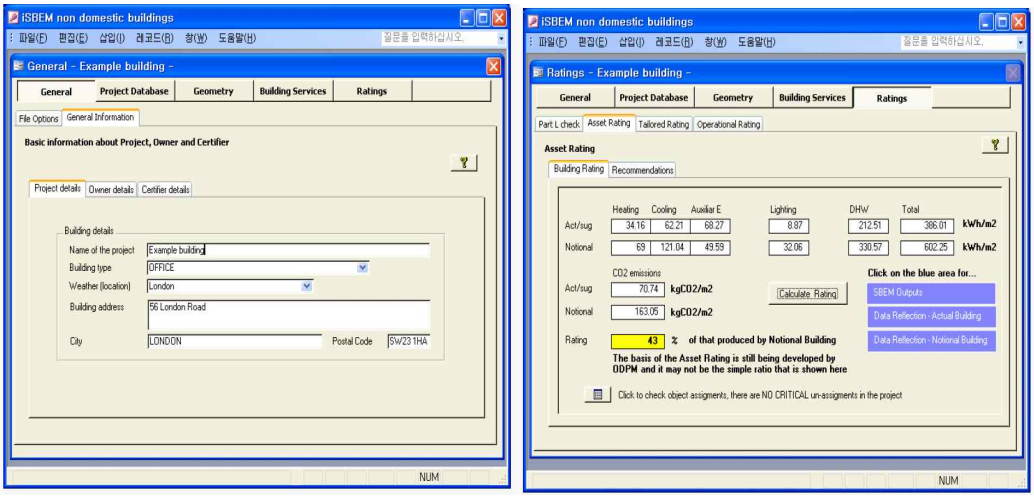
■ SAP2005에서는 신청주택의 에너지소요량과 CO2 배출량을 산출하며, 이를 토대로 에너지비용 평점(SAP rating based on CO2 emissions, 1~100)을 각각 산출 후, 에너지비용 평점 혹은 CO2 배출량 평점 값에 따라 건물에너지효율등급을 A~G까지의 7개 등급으로 부여한다. 그리고 단위면적당 CO2 배출량(DER, Dwelling CO2 Emission Rate)을 구해 법규상의 기준치 만족 여부를 평가한다.

<표 213> SAP2005 건물 에너지성능 평가지표

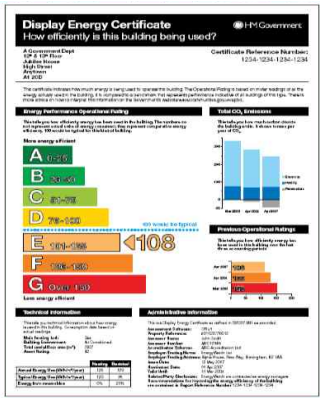
| 구분 | 평 가 지 표 | 평 가 내 용 |
|---|---|---|
| 1 | SAP rating | 신청주택의 에너지비용평가지표 |
| 2 | EI rating (Environmental Impact) | 건물 환경 성능지표 |
| 3 | DER (Dwelling $CO_2$ Emission Rate) | 신청주택의 $CO_2$ 배출율 |
| 4 | TER (Target $CO_2$ Emission Rate) | 표준주택의 $CO_2$ 배출율 |

■ 영국의 건물에너지성능 평가

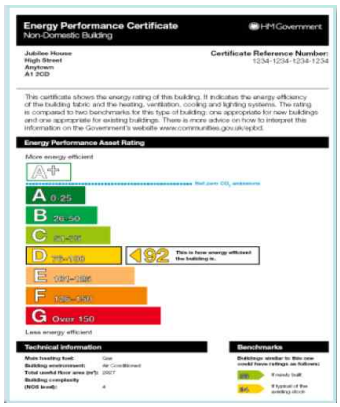
- 영국에서는 건물 에너지성능 평가를 위한 표준 계산법으로 주거용은 SPA(Standard Assessment Procedure)을 이용하며, 비주거용으로는 NCM(National Calculation Method)를 이용하여 계산하고 있다.



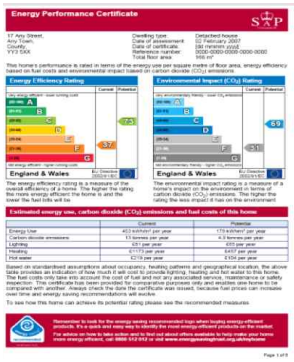

[그림 165] 비주거용 건물해석프로그램 iSBEM (Simplified Building Energy Model)




[그림 166] 영국의 주거용 건물 에너지성능 인증서




[그림 167] 영국의 비주거용건물 에너지성능인증서




[그림 168] 영국의 공공건물 에너지성능 인증서

■ 일본의 건축물 에너지 절약기준 현황

- 환경에너지 우량 건축물 인증제도 시행
- 일정규모 이상 기존 건물에 에너지 소비량 제출 의무화
- 2,000㎡ 이상의 건축물(비주택) 신축, 증개축시 에너지절약 조치 사항을 관청에 신고
- 2008년 7월 대비 2020년 CO2 배출량 14%, 2050년까지 60~80% 감축목표

[그림 169] 일본에너지 마크

■ 미국 및 캐나다

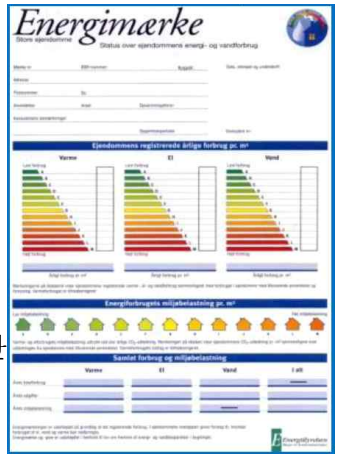
- 미국은 EPA와 DOE 공동으로 Energy Star Building program을 시행하여 비주거용 건물에 대한 에너지 소비 절감을 자발적으로 유도
- 캐나다는 비주거용 건물의 에너지 소요량을 25% 이상 절감하는 경우에 대하여 금융적 인센티브 부여하는 CBIP 제도를 운영

[그림 170] Energy Star Building 마크

■ 덴마크의 건축물 에너지 성능제도 추진현황

- 1997년1월 건물에너지 등급 기 시행,
  매매 시 건물등급인증서 요구
- 매년 40,000~45,000개 건물 라벨링 표시,
  현재 40만개 라벨링

■ 국외 및 국내의 친환경 인증에 대한 인센티브에 관한 내용은 다음의 표와 같다.




[그림 171] 덴마크의 에너지 등급서

<표 214> 해외 친환경 인증 인센티브 제도

| 구분 | 인증획득시 자금 지급 | 감세 | 요소기술 활용 시 자금지급 | 금리인하 융자 | 분양가 상한 폭 상향조정 | 용적률 인센티브 | 지구단위 용도변경 인센티브 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 미국 | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × | × |
| 캐나다 | × | △ | ○ | △ | × | × | × |
| 유럽 | △ | ○ | △ | ○ | × | × | × |
| 영국 | △ | ○ | ○ | ○ | × | × | × |
| 일본 | △ | ○ | ○ | ○ | × | × | × |
| 한국 | △ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ |

## 3. 특허 동향

■ 국내외 관련 선행 특허 분석

- 건물의 친환경 에너지 관리 시스템

<표 215> 건물의 친환경 에너지 관리 시스템

| 구 분 | 내 용 |
|---|---|
| 설 명 | 특허실용 |
| 출원번호 | 2010090047535 (2009.05.29.) |
| 출 원 인 | (주) 한미파슨스건축사사무소 |
| 요 약 | 건물 내의 에너지 소비기기 각각에서 소비되는 에너지를 검출하고 검출된 데이터를 이용하여 에너지를 효율적으로 관리하는 에너지 관리 시스템에 관한 것으로서, 건물 내에 설치된 에너지 소비기기로부터 에너지 소비량을 포함한 계산식용 인자들을 검침하는 검침부, 상기 검침부로부터 검침된 계산식용 인자들을 전기적 신호로 수신하는 제어부, 상기 제어부에 계산식용 인자를 주기적으로 요청하고 상기 제어부로부터 수신된 계산식용 인자를 저장하는 데이터수집서버 및, 상기 데이터수집서버에 저장된 계산식용 인자들을 주기적으로 요청하고 상기 데이터수집서버로부터 수신된 계산식용 인자를 가공하여 소비된 에너지의 분석 및 집계, 그리고 에너지 소비기기의 성능평가를 하는 에너지 관리부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다. |

- CE3

<표 216> CE3

| 구 분 | 내 용 |
|---|---|
| 설 명 | 상표 |
| 출원번호 | 4020110042247 (2011.08.04.) |
| 출 원 인 | 조정훈, 김일한 |
| 요 약 | 건물에너지 효율등급 해설솔루션 컴퓨터 프로그램<br>1) 유럽의 건물에너지 성능지침 EPBD (Energy Performance of Building Directives)에 따른 국제 표준 ISO 13790 및 독일의 건물에너지성능 평가 규격 DIN V 18599를 바탕으로 국내 실정에 맞추어 개발된 Web 기반 건물 에너지 성능 평가 솔루션<br>2) 주거 및 비주거용 건물 전반에 걸쳐 건축물리적 또는 건축설비적 특성에 의한 에너지흐름의 상호작용을 종합적으로 고려하여 난방, 냉방, 조명, 급탕 및 환기에 요구되는 에너지를 정량적으로 분석할 수 있는 솔루션임 |

- 건물의 에너지 효율을 평가하는 방법

<표 217> 건물의 에너지 효율을 평가하는 방법

| 구 분 | 내 용 |
|---|---|
| 설 명 | 특허실용 |
| 출원번호 | 1020077022178 (2007.09.28.) |
| 출 원 인 | 스펠쏜 보로 카운슬 |
| 요 약 | 컴퓨터를 이용하여 소정 지역의 지정된 건물의 열효율을 평가하는 방법에 있어서, 상기 지정된 건물을 포함하여 상기 지역 내의 건물의 열 성질에 대한 항공 열 측정치에 액세스하는 단계, 상기 지정된 건물을 제외한 서브세트의 건물에 대한 지상 기반 측정치를 나타내는 데이터에 액세스하는 단계, 상기 항공 열 측정치와 상기 서브세트의 건물에 대한 상기 지상 기반 측정치 사이의 관계를 도출하는 단계, 및 상기 관계를 상기 지정된 건물의 상기 항공 열 측정치에 적용하여, 상기 지정된 건물의 열효율을 평가하는 단계를 포함하는, 건물의 열효율을 평가하는 방법 |

- 건물의 에너지 효율 향상 방안을 결정하기 위한 프로그램이 설치된 시스템

<표 218> 건물의 에너지 효율 향상 방안을 결정하기 위한 프로그램이 설치된 시스템

| 구 분 | 내 용 |
|---|---|
| 설 명 | 특허실용 |
| 출원번호 | 1020090002548 (2009.01.13.) |
| 출 원 인 | (주) 포스코건설 |
| 요 약 | 건물의 에너지 효율 향상 방안을 결정하기 위한 프로그램이 설치된 시스템이 개시된다.<br>건물의 에너지 효율과 관련되는 건물의 정보에 기초하여 건물의 에너지 효율등급을 산정하는 단계, 산정된 에너지 효율등급의 소정의 에너지 절약 설계기준의 충족 여부를 판단하는 단계, 및 에너지 절약 설계기준을 충족하지 않는 것으로 판단된 경우에, 소정의 우선순위에 따라 건물의 외피구조를 변경한 상태에서 건물의 에너지 효율등급을 재산정하는 단계를 실행하는 건물의 에너지 효율 향상 방안을 결정하기 위한 프로그램이 설치된다.<br>기본 설계단계에서 신축 건물의 에너지 성능을 용이하게 예측하고, 예측값을 토대로 효율적으로 건물에너지 성능을 향상시킬 수 있는 적정 설계안을 제공할 수 있게 된다. |

■ 특허활용 또는 회피 방안

- 국제 표준 규격인 ISO 13790 기법을 사용 하지만 계산 알고리듬에 필요한 계수값 또는 효율 등에 대한 국내 기준 마련
- 국내외 관련 연구 및 관련 기준을 조사하여 국제 표준규격 계산방법 및 적용 변수를 국내 실정에 맞추어 정립 및 표준화
- 설계 단계에서의 건물 에너지 소비량뿐만 아니라 기존 건물에 대한 건물 에너지 소비량 방법론 개발

# 제 6 장 결론

본 연구에서는 신축 건물의 정량적인 에너지소비량 산출이 가능한 표준평가 모델 구축과 기존 건물의 에너지 성능평가 및 성능개선(Energy Retrofit) 평가 프로세스의 표준화 구축에 대한 연구를 수행하였다. 신축건물과 기축건물의 에너지성능평가 시스템의 적용성을 고려한 표준화된 분석적 개선기법으로 실질적인 에너지 성능개선 프로세스를 정립하고 함으로써, 국내에 적용 가능한 건물 에너지 성능평가 방법을 구축하고자 한다. 그 결과는 다음과 같다.

(1) 건물에너지 성능, 설계변수 분석, 표준계산방법 정립을 위한 기초조사 수행를 수행하였다.

건물에너지 성능에 영향으로 주는 설계요소들(long list)중 그 기여도가 높은 요소들(short list)을 평가하여 건물에너지 평가 수행 시 설계 변수와 냉방, 난방, 조명, 반송 부하 간의 상관도를 모델로 제시하였다. 업무용 건축물을 대상으로 건물 에너지 소비 총량에 영향을 주는 주요 설계 결정인자별 민감도 분석 수행결과 조명 밀도가 53%, 창 면적비가 25%, VAV가 17%, 고효율에너지 기자재가 15%, 건축물의 향과 폐열회수장치가 10% 유리의 열관류율이 7%, 유리의 광학특성 변화가 6%, 천정고와 외벽체의 열관류율 그리고 침기량이 각각 1%의 민감도를 나타냈다. 공동주택의 경우, 난방부하에 큰 영향을 미치는 설계 요소를 살펴보면 발코니 외벽 창호의 열관류율, 창면적비, 일사취득계수 순으로 영향력이 높은 것으로 나타났다. 냉방부하의 경우, 발코니 외벽 창호의 창면적비, 일사취득계수, 열관류율 순으로 영향력이 높은 것으로 나타났다. 이러한 정량적 수치를 확인하는 것은 설계 초기단계에서 건물에너지 법제도 대응에 신속하고 유용하게 사용되어 질 것이다.

(2) 건물 에너지 소비량계산과 에너지성능계수 개념정립 및 표준 계산기법을 제시하였다. 건물 에너지 설비 시스템의 에너지 소비량 계산을 위한 계절부분부하 계수(SCOP, SSEER, HWSCOP, SFP)산출을 위한 개념을 정의하였고 건물 유형별 가중계수 도입 방법론 개발하였다.

(2-1) 열용량과 설비기기 운전스케쥴에 따른 냉난방부하 감소율 계산법(Utilization Factor)을 제시 및 적용 하였다. Utilization Factor 적용 전 ISO 13790 툴과 동적 시뮬레이션과의 냉방부하량에서 200% 이상의 차이를 보였으나, Utilization Factor 적용 후 오차가 60%로 감소하였다.

(2-2) 부분부하효율 계수(SCOP, SSEER 등)의 개념을 정립하고 국내의 DB를 구축 및 적용하였다. 부분부하효율 계수 적용 전 ISO 13790 툴과 동적 시뮬레이션과의 2차에너지 사용량에서 2배 이상의 차이를 보였으나, 국내 DB의 부분부하효율 계수 적용 후 그 오차가 16%로 감소하였다.

(3) 에너지 다소비 건물인 판매시설, 업무시설, 공동주택, 숙박시설을 대상으로 하여 건물 에너지 성능 평가를 위한 현장 조사를 수행하였다. 기존 건축물의 HVAC 시스템의 운영현황을 분석하고 인터뷰 및 설계도서 확보에 따른 에너지 사용량 조사 과정을 거치며 기존의 에너지진단 제도와 ESCO사업의 진단범위와 절차를 바탕으로 에너지진단을 실시하여 건물 에너지 성능 평가 프로세스 개발을 위한 데이터베이스를 구축중 이다.

(4) 기존의 건물 에너지성능 진단의 진단 범위와 방법이 보완된 성능진단 프로세스(안)을 제시하였다. 사전조사, 현장진단, 분석의 단계로 수행되는 기존의 에너지진단 제도를 바탕으로, 현재 본 연구에서 검토되고 있는 공정시험방법과 단기 측정에 의한 실내 온·조도의 평가를 접목 하였다. 또한, IPMVP(건물 에너지 성능 측정 및 검증에 관한 국제 프로토콜)에서 시뮬레이션을 활용하여 건물의 성능 진단 및 검증을 수행하는 Option D 방법을 추가하고, 이에 시뮬레이션 결과의 정확성과 신뢰성을 높일 수 있는 부분부하효율과 Ashrae(미국 냉동 공조 학회)의 Calibration(보정) 기준을 접목함으로써 성능진단 프로세스의 정확성과 신뢰도를 확보했다.

(5) 기존 건물 Retrofit 프로세스(안)을 제시하였다. 정밀 시뮬레이션과 Retrofit 프로세스(안)을 활용하여, 에너지 절감 요소기술(Short list)의 구축을 위하여 CIBSE Guide F와 Ashrae's Guideline 14-2002, 그리고 IPMVP 등의 해외자료와 국내자료의 조사를 통해 약 330여개의 에너지 절감 요소기술(long list) 데이터베이스를 구축하였다. 정밀시뮬레이션의 정확도 확보를 위하여 기상데이터, 용도별 프로파일, 부분부하효율, 시뮬레이션 보정 기준의 활용방안을 제시하였고, 업무용 건축물을 대상으로 건축적/설비적 요소에서 용도별 개보수 우선순위 제시를 위한 Retrofit 프로세스(안)을 적용 및 검증 하였다.

(6) 설비 및 신재생에너지 기기의 정격효율 및 25%, 50%, 75%, 100%에서의 부분부하효율, 그리고 단가 및 유지관리 시에 발생되는 비용에 관한 데이터를 구축하였다. 구축된 열원기기(종류 : 15종, 메이커 : 12개사, 용량 : 최소 3종 이상) 및 신재생에너지 기기(종류 : 7종, 메이커 : 19개사, 용량 : 최소 3종 이상)의 DB는 신축 및 기존건물의 에너지 성능 평가의 정확성을 높여준다.

# 제 7 장 참고문헌

1. 산업자원부, 건축물의 에너지효율 등급 평가기준 및 정책개발에 관한 연구, 2007. 1
2. 건설기술연구원, 기후변화 대응을 위한 건축물 에너지효율등급 표시제도 개발 연구, 2009. 9
3. 국토해양부, High-Green Home 추진방안 마련 연구, 2009. 5
4. 서울시정개발연구원, 빌딩리트로핏을 위한 에너지성능평가 및 활용방안, 2011
5. 한국표준협회, KS C 9306, 에어컨디셔너, 2002. 3
6. 송승영 외 2명, ISO 13790의 Monthly Calculation Method를 이용한 내단열 대비 외단열 공동주택의 열교 제거와 열용량 증가에 의한 난방 및 냉방 에너지 효과 분석, 대한건축학회 논문집, 2010. 7, 제26권 7호, pp.321-332
7. 김강식 외 3명, 대전지역 공동주택의 전력소비 실태 및 패턴분석 연구, 한국생태환경건축학회논문집, 2011. 10, 제11권 10호, pp.107-117
8. 박소윤 외 2명, 공동주택 건축계획요소에 따른 전기 에너지 소비특성 분석 -서울지역의 40평형(132㎡～165㎡)의 단위세대 전기에너지 사용량을 중심으로-, 한국생태환경건축학회논문집, 2011. 10, 제11권 10호, pp.91-96
9. Vincenzo Corrado , Enrico Fabrizio, Assessment of building cooling energy need through a quasi-steady state model: Simplified correlation for gain-loss mismatch, Energy and Buildings, 2007, pp.569 - 579
10. Juha Jokisalo, Jarek Kurnitski, Performance of EN ISO 13790 utilisation factor heat demand calculation method in a cold climate, Energy and Buildings, 2007, pp.236 - 247
11. Vincenzo Corrado, Houcem Eddine Mechri, Enrico Fabrizio, BUILDING ENERGY PERFORMANCE ASSESSMENT THROUGH SIMPLIFIED MODELS: APPLICATION OF THE ISO 13790 QUASI-STEADY STATE METHOD, Building Simulation Proceeding, 2007
12. Roger Hitchin, HVAC System Efficiencies for EPBD Calculation, Proceeding of Clima 2007 Well Being Indoors
13. Georgios Kokogiannakis, Paul Strachan, Joe Clarke, Comparison of the simplified methods of the ISO 13790 standard and detailed modelling programs in a regulatory context, Journal of Building Performance Simulation, Vol. 1, No. 4, 2008, pp.209 - 219
14. Georgios Kokogiannakis, Support for the Integration of Simulation in the European Energy Performance of Buildings Directive, A thesis of Doctor of Philosophy, University of Strathclyde, 2008
15. Improving the energy efficiency of our buildings - A guide to Display

Energy Certificates and advisory reports for public buildings, Communities(UK)
16. National Calculation Methodology(NCM) modelling guide (for buildings other than dwellings in England and Wales), 2010
17. Non-Domestic Building Services Compliance Guide, HM Government, 2010
18. A Technical Manual for SBEM(Simplified Building Energy Model), Communities(UK), 2011
19. BS EN 14511-1, Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps withelectrically driven compressors for space heating and cooling, Part 1: Terms and definitions, 2011
20. BS EN 14511-2, Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors for space heating and cooling, Part 2: Test conditions, 2011
21. BS EN 14511-3, Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors for space heating and cooling, Part 2: Test Method, 2011
22. BS EN 14511-4, Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors for space heating and cooling, Part 2: Requirements, 2011
23. BS EN 15232, Energy performance of buildings - Impact of Building Automation, Controls and Building Management, 2007
24. BS EN 15243, Ventilation for buildings - Calculation of room temperatures and of load and energy for buildings with room conditioning systems, 2007
25. BS ISO 15217, Fluid power systems and components - 16mm square electrical connector with earth contact - Characteristics and requirements, 2000
26. BS ISO 50011, Energy management systems - Requirements with guidance for use, 2011
27. BS EN ISO 15927-1, Hygrothermal performance of buildings - Calculation and presentation of climatic data - Part 1: Monthly means of single, 2003
28. BS EN ISO 15927-2, Hygrothermal performance of buildings - Calculation and presentation of climatic data, Part 2: Hourly data for design cooling, 2009
29. BS EN ISO 15927-3, Hygrothermal performance of buildings - Calculation and presentation of climatic data, Part 3: Calculation of a driving rain index for vertical surfaces from hourly wind and rain data, 2009
30. BS EN ISO 15927-4, Hygrothermal performance of buildings - Calculation and presentation of climatic data -, Part 4: Hourly data for assessing the annual energy use for heating and cooling, 2005 ]
31. BS EN ISO 15927-5, Hygrothermal performance of buildings - Calculation

and presentation of climatic data -, Part 5: Data for design heat load for space heating, 2004
32. BS EN ISO 15927-6, Hygrothermal performance of buildings - Calculation and presentation of climatic data, Part 6: Accumulated temperature differences (degree-days), 2007
33. BS EN ISO 6946, Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method, 2007
34. BS EN ISO 7345, Thermal insulation - Physical quantities and definitions, 1996
35. BS EN ISO 10077-1, Thermal performance of windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance -, Part 1: General, 2006
36. BS EN ISO 10077-2, Thermal performance of windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance -, Part 2: Numerical method for frames, 2003
37. BS EN ISO 13370, Thermal performance of buildings - Heat transfer via the ground - Calculation methods, 2007
38. BS EN ISO 13786, Thermal performance of building components - Dynamic thermal characteristics -, Calculation methods, 2007
39. BS EN ISO 13789, Thermal performance of buildings - Transmission and ventilation heat transfer coefficients - Calculation method, 2007
40. BS EN ISO 13790, Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling, 2008