보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( )

국토교통기술촉진연구사업 최종보고서

발 간 등 록 번 호
11-1613000-001695-01

R&D / #14CTAP-C077406-01

국내 기존건축물 에너지성능평가 활용을 위한 냉난방 설비기기 계절효율계수 도출 TOOL-KIT 개발 최종보고서

2016. 11. 30.

주관연구기관 / 단국대학교 산학협력단

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

#14CTAP-C077406-01

Infrastructure R&D Report

국내기존건축물에너지성능평가활용을 위한 냉난방설비기기계절효율계수 도출 TOOL-KIT 개발 최종보고서

2016

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

비매품
93540
9 791195 544745
ISBN 979-11-955447-4-5

보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( )

국토교통기술촉진연구사업 최종보고서

발 간 등 록 번 호
11-1613000-001695-01

R&D /
#14CTAP-C077406-01

국내 기존건축물 에너지성능평가 활용을 위한 냉난방 설비기기 계절효율계수 도출 TOOL-KIT 개발 최종보고서

2016. 11. 30.

주관연구기관 / 단국대학교 산학협력단

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

Infrastructure R&D Report

제 출 문

국토교통부장관 귀하

‘국내 기존 건축물 에너지성능평가 활용을 위한 냉난방 설비기기 계절효율계수 도출 TOOL-KIT 개발’(연구개발 기간 : 2014.10.16. ~ 2016.10.31) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2016 . 11. 30.

주관연구기관명 : 단국대학교 산학협력단 (대표자) 박 성 완 (인)
공동연구기관명 : (대표자) (인)
참여기관명 : (대표자) (인)

주관연구기관책임자: 김 회 서
공동연구기관책임자:
참여기관책임자:

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>15CTAP-C077406-02</td><td>해당 단계
연구 기간</td><td colspan="2">2014.10.16.
~ 2016.10.31.</td><td>단계구분</td><td>1/1
(해당단계)/(총단계)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="5">국토교통기술촉진연구사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="5">기초원천</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="5">대과제가 있을 경우 기재합니다(단위과제일 경우에는 아래에 기재합니다)</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="5">국내 기존 건축물 에너지성능평가 활용을 위한 냉난방 설비기기 계절효율계수 도출 TOOL-KIT 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">김회서</td><td>해당단계
참여
연구원 수</td><td>총: 8명
내부: 8명
외부: 명</td><td>해당단계
연구개발비</td><td colspan="2">정부:399,000천원
기업: 천원
정부 외: 천원
계: 천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
참여
연구원 수</td><td>총: 8명
내부: 8명
외부: 명</td><td>총 연구개발비</td><td colspan="2">정부:399,000천원
기업: 천원
정부 외: 천원
계: 천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속 부서명</td><td colspan="3">단국대학교 산학협력단</td><td colspan="3">참여기업명</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명:</td><td colspan="3">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명:</td><td colspan="3">연구책임자:</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)
■ 국내 기상데이터 및 냉·난방 설비기기 DB를 지역별 분류, 용량별, 업체별, 타입별 등으로 구분하여 구축한다. 연구수행을 통한 설비기기 DB의 전문가 자문을 통해 보완 하여 국내 특성이 고려된 건축물 냉난방설비기기의 계절효율계수 도출 프로세스 및 산출 Tool-Kit을 기존건축물 에너지성능평가에 활용가능 할 수 있게 연구수행 한다.
■ 대상건물의 실제 소비량, 기존 안, 제시안의 세 가지 조건별로 차이를 분석하여 Tool-Kit의 적용성을 검증하고 본 연구에서 개발된 Tool-Kit 및 프로세스를 활용한 건물에너지성능평가의 적용성을 판단 및 검증하고 이후, 유관기관과의 협력을 통해 Tool-Kit 보완 및 실용화 의견을 수렴하여 연구를 수행한다.</td><td colspan="3">보고서 면수

369</td></tr>
</table>

국문 요약문

연구의 목적 및 내용	■ 기존 건축물의 건물 성능 시뮬레이션 프로그램의 사용이 크게 증진되었지만, 때때로 1,000개 이상의 입력변수를 포함하기 때문에 입력변수들의 불확실성을 고려하는 접근과 결과의 품질에 대한 검증이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 기존 건축물의 건물 성능 시뮬레이션의 신뢰도 향상을 위해 국내 기후 특성을 고려할 수 있도록 지역별 기상 데이터를 확보하고, 지역별 TMY(Typical Meteorological Year)가 아닌 AMY(Actual Meteorological Year)를 수집해 DB화 하고, 국내에 활용 중인 냉난방 설비 기기들의 부분부하효율, 용량, 종류 데이터를 종합하여 '계절효율계수'를 산출하는 Tool-kit을 개발하는 것을 최종 목표로 하고 있다. ■ 계절효율계수 산출을 위해 국외에서 활용 중인 기준 및 정책에 대한 자료를 확보하고 이를 국내 특성이 고려된 계절효율계수를 도출하기 위한 사전조사 및 분석한다. 국내 기상데이터 및 냉·난방 설비기기 DB를 지역별 분류, 용량별, 업체별, 타입별 등으로 구분하여 구축한다. 연구수행을 통한 설비기기 DB의 전문가 자문을 통해 보완 하여 국내 특성이 고려된 건축물 냉난방설비기기의 계절효율계수 도출 프로세스 및 산출 Tool-Kit을 기존건축물 에너지성능평가에 활용가능 할 수 있게 연구수행 한다. 대상건물의 실제 소비량, 기존 안, 제시안의 세 가지 조건별로 차이를 분석하여 Tool-Kit의 적용성을 검증하고 본 연구에서 개발된 Tool-Kit 및 프로세스를 활용한 건물에너지성능평가의 적용성을 판단 및 검증하고 이후, 유관기관과의 협력을 통해 Tool-Kit 보완 및 실용화 의견을 수렴하여 연구를 수행한다.
연구개발성과	■ 국내 특성이 고려된 건축물 냉·난방 설비기기 계절효율계수 도출 프로세스 개발 ■ 건물에너지성능평가에 활용 가능한 계절효율계수 도출 TOOL-KIT 개발 ■ 냉난방 설비기기 부분부하 효율 DB의 구축과 설비시스템 성능곡선 도출
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	■ 국내 건물 에너지성능평가 프로그램의 국내 표준화에 필요한 기초 데이터 제공 ■ 건축물, 기계, 등의 다양한 에너지 절약기법 제시를 통해 건물에너지 저감 효과에 대한 평가가 이루어져 ESCO 사업 지원 툴로 향후 활용 가능 ■ 국내실정에 부합하는 표준 에너지 소비량 산출 기준이 도입된 성능평가 Tool로 인한 국내 에너지 저감 건축물 계획을 위한 기준 프로세스 방향 제시

핵심어 (5개 이내)	계절효율계수	부분부하	설비기기 DB 구축	기상데이터	건축물에너지효율등급인증제도

〈 SUMMARY 〉

Purpose & Contents	■ The use of building performance simulation programs for existing buildings has been greatly enhanced, but sometimes involves access to more than 1,000 input variables, so an approach that considers the uncertainty of the input variables and verification of the quality of the results is required. Therefore, in order to improve the reliability of the building performance simulation of existing buildings, this study acquires regional weather data so as to take into account the domestic climate characteristics, collects AMY (Actual Meteorological Year) rather than TMY (Typical Meteorological Year) , And to develop a tool-kit that calculates 'seasonal efficiency ratio' by combining partial load efficiency, capacity, and type data of domestic heating and cooling equipment. ■ In order to calculate the seasonal efficiency ratio, data on the standards and policies that are in use outside the country are obtained and analyzed for the purpose of deriving the seasonal efficiency ratio considering the domestic characteristics. Domestic weather data and heating / heating equipment DB are divided into regions, capacity, company, and type. The research is carried out to make it possible to utilize the season efficiency ratio derivation process and the calculation tool kit of the heating / cooling equipment of buildings considering the domestic characteristics in the energy performance evaluation of the existing buildings. The applicability of the Tool-Kit was verified by analyzing the difference between the actual consumption of the target building, the existing plan, and the three conditions in the presentation, and the application of the building energy performance evaluation using the Tool-Kit and the process developed in this study was judged And then conducts research by collecting Tool-Kit supplement and practical application opinions through cooperation with related organizations.
Results	■ Development of seasonal efficiency ratio derivation process for building cooling and heating equipment considering domestic characteristics. ■ Development of TOOL-KIT to derive seasonal efficiency ratio for building energy performance evaluation. ■ Establishment of heating and heating equipment DB and derivation of performance curve.
Expected Contribution	■ Provide basic data needed for the national standardization of national building energy performance assessment program. ■ It is possible to utilize ESCO business support tool in the future by evaluating the effect of building energy reduction by presenting various energy saving techniques such as buildings and machines. ■ Development of seasonal efficiency factor derivation process for building heating and cooling equipment considering domestic heating and cooling characteristics

Keywords	Seasonal Energy Efficiency Ratio	part-load	Equipment DB	Climate data	Building certification

〈 Table of Contents 〉

Chapter 1. Outline of Research and Development Project ····· 7
Section 1. Research and development purposes ····· 7
Section 2. The need for research and development. ····· 8
Section 3. Research and development scope ····· 15

Chapter 2. Status of domestic and overseas technology development. ·· 16
Section 1. Domestic technology and industry trends ····· 16
Section 2. Domestic Technology Development Level ····· 16
Section 3. Domestic Market Status ····· 17
Section 4. Overseas Technology and Industry Trends ····· 18

Chapter 3. Research performance and achievements ····· 20
Section 1. Research carried out strategy and methodology ····· 20
Section 2. Research process and content ····· 23

Chapter 4. Achievement of purpose and contribution to related field ·· 353
Section 1. Research and Development final goal achievement ····· 353
Section 2. Contribution of related field ····· 353
Section 3. Analysis of technological effects of R & D achievements ····· 354
Section 4. Analysis of economic effects of R & D achievements ····· 355
Section 5. Analysis of policy effects of R & D achievements ····· 355

Chapter 5. Plan to utilize Research and Development achievements ···· 356

Chapter 6. International scientific and technical information collected in the research process ····· 357
Section 1. Assessing energy performance of foreign buildings ····· 357
Section 2. International seasonal efficiency ratio derivation process ····· 359

Chapter 7. Security rating of Research and Development achievement ·· 361

Chapter 8. Status of research facilities and equipment registered at NTIS ·· 362

Chapter 9. Implementation of safety measures in laboratories based on R & D tasks ····· 363
Section 1. Laboratory safety inspection system and implementation ····· 363
Section 2. Education training ····· 363
Section 3. Insurance ····· 363
Section 4. Additional performance ····· 363

Chapter 10. Representative research achievements of R & D tasks ···· 364

Chapter 11. References ····· 365

〈 본 문 목 차 〉

제 1장 연구개발과제의 개요 ····· 7
제 1절 연구개발 목적 ····· 7
제 2절 연구개발의 필요성 ····· 8
제 3절 연구개발 범위 ····· 15

제 2장 국내외 기술 개발 현황 ····· 16
제 1절 국내 기술 및 산업동향 ····· 16
제 2절 국내 기술 개발 수준 ····· 16
제 3절 국내 시장 현황 ····· 17
제 4절 국외 기술 및 산업동향 ····· 18

제 3장 연구 수행 내용 및 성과 ····· 20
제 1절 연구수행 전략 및 방법론 ····· 20
제 2절 연구수행과정 및 내용 ····· 23

제 4장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 353
제 1절 연구개발 최종 목표 달성도 ····· 353
제 2절 관련 분야 기여도 ····· 353
제 3절 연구개발 성과의 기술적 효과분석 ····· 354
제 4절 연구개발 성과의 경제적 효과분석 ····· 355
제 5절 연구개발 성과의 정책적 효과분석 ····· 355

제 5장 연구개발성과의 활용 계획 ····· 356

제 6장 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보 ····· 357
제 1절 국외 건축물 에너지 성능 평가법 ····· 357
제 2절 국외 계절효율계수 도출 프로세스 ····· 359

제 7장 연구개발성과의 보안등급 ····· 361

제 8장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황 ····· 362

제 9장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적 ····· 363
제 1절 연구실 안전 점검 체계 및 실시 ····· 363
제 2절 교육 훈련 ····· 363
제 3절 보험가입 ····· 363
제 4절 추가 이행 ····· 363

제 10장 연구개발과제의 대표적 연구 실적 ····· 364

제 11장 참고 문헌 ····· 365

제 1장 연구개발과제의 개요

제 1절 연구개발 목적

국내 에너지소비량의 약 22.3%를 건물분야에서 차지하고 있다. 건물부문의 에너지소비 비중은 개발이 진행될수록 산업과 수송부문의 비중이 높아져 감소하지만 선진국으로 갈수록 에너지 집약적 산업에서 탈피하고 서비스 산업의 비중이 높아짐에 따라 다시 건물부문의 에너지 사용량이 증가하는 경향을 보인다. 미국, 영국 등에서는 약 40%의 에너지가 건물부문에서 소비되고 있으며, 그 중 전력에너지의 소비 비중은 76%를 차지하고 있다.[1] 선진국형 산업구조로 변할수록 그 비율이 증가하고 있으며 현재 약 4,500만TOE에서 2030년에 약 6,800만TOE로 지속적인 증가가 이루어 질것으로 예상되어, 기존 건축물 에너지 소비절감이 중요한 이슈를 보일 것으로 예상된다.

국내 2010년 기준 20년 이상 경과된 건축물이 387만여 동으로 전체 건축물의 58%를 차지하고 있다. 그 다음 10년 ~ 20년 된 건축물이 160만여 동으로 24%를 차치하며, 10년 미만이 120만여 동 18%이다. 특히 리모델링 가능한 15년 이상 된 건축물은 465만여 동으로 70%를 차지하여 기존 건축물 에너지 성능개선방법에 대한 관심이 높아지고 있다[2].

또한 10년 미만 또는 신축건물 또한 준공 후 건물이 사용되기 시작하면 기존 건축물의 범주에 포함되는 것이므로, 전체 건축물에서 기존 건물이 차지하는 비율이 절대적임을 알 수 있다.[3] 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. 현재 국내에서는 ISO 13790 (Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling) 기반의 시뮬레이션 프로그램이 정책에 활용되는 소프트웨어로 활용하고 있다. 신축 건물에만 적용 가능했던 프로그램이 기존 건축물까지로 업그레이드되어 신축 및 기존 건축물의 소요량 예측에 활용되고 있다. 시뮬레이션 프로그램 활용 시 신축 및 기존 건축물 모두 냉·난방 설비기기의 COP(Coefficient Of Performance) 값 입력을 기존 설계도서 및 시방서를 통해 이루어지고 있다.

신축 및 기존 건축물 모두 동일한 프로세스로 효율 값을 적용하고 있어 기존 건축물의 경우 설비기기 노후도 등의 운영상의 변수가 고려되지 않아 실제 설비기기 운전시와는 효율 값이 차이가 있을 수 있다. 설계 당시 설비기기 효율과 운영시의 효율에 대한 보정을 위해 유럽의 선진국들은 건물 냉·난방 설비기기의 부분부하효율에 따른 변수로 계절효율계수인 SEER(Seasonal Energy Efficiency Ratio) 및 SCOP(Seasonal Energy Efficiency Ratio) 값을 활용하고 있다.

따라서, 국내 기준에 적합한 기존 건축물의 운영단계를 고려한 설비기기 계절효율계수 산출 TOOL-KIT 개발이 필요하다.

---

1) AIA (2008) Architects and Climate Change.
2) 국토해양부 건축기획과 (2011. 02) 2010년 건축물현황 통계. p. 2.
3) 박기현 에너지경제연구원 (2013. 11) 주택 에너지효율 개선사업 전략.

제 2절 연구개발의 필요성

1. 국내 건물 에너지성능평가 현황

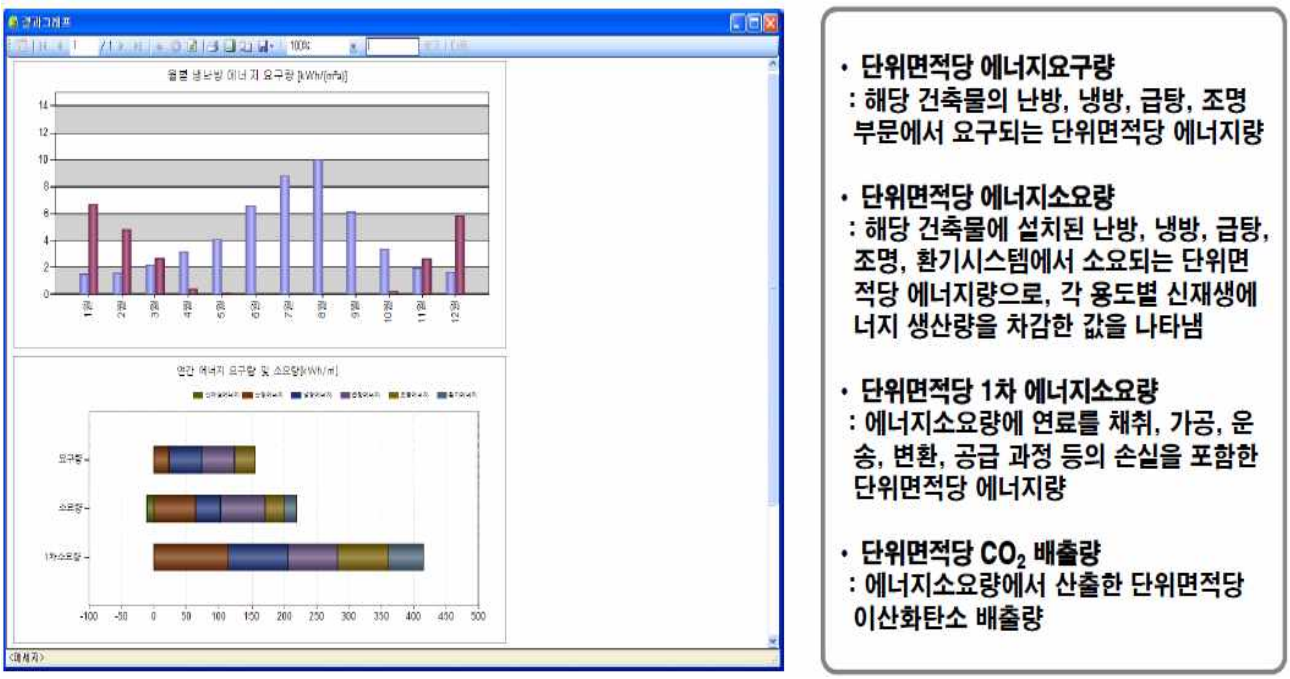
2009년 12월 국내에서는 건물에너지 효율등급 인증규정이 고시되었으며 2013년 05월 이전 신축 공동주택과 신축 업무용 건물을 대상으로 시행되었다. 정부는 에너지수요를 관리하고, 제도적으로 정량적인 데이터를 제공하기 위해 ISO13790기반 건물 에너지소비총량 프로그램을 개발하였다.

건물 에너지성능평가는 ISO13790기반 시뮬레이션을 활용하여 사용하고 있으며, 건물의 에너지성능평가 활용 시 국외 DB를 기반으로 하고 있어 건물 에너지성능평가 프로세스에 관해서는 객관적인 비교 분석의 신뢰성 판단이 어려운 실정이다.

기존 건물에너지성능평가 프로그램 운영 시 국내실정을 반영한 냉난방 설비기기 계절효율계수 DB 활용을 통한 시뮬레이션 계산이 필요하다.

<ECO2>

국내 건물에너지효율등급에 활용되는 대표적인 건물에너지성능평가 프로그램이며 이 프로그램은 건물에너지 절약설계기준의 의무사항과 EPI(Energy Performance Index)항목을 정량화 하고, ISO13790규격에 따른 총량적 에너지 소요량과 1차 에너지 소요량을 산출할 수 있도록 개발된 프로그램이다. 건물 외피에 대한 열관류율 정보와 난방, 냉방, 공조기기 사양을 입력하고 전기 및 신재생 에너지를 입력하면 산출결과가 나타나며, EPI 작성항목 정도만 입력하면 결과가 나오는 것이 특징이다.



[그림 3] ECO2 프로그램 실행화면 예시

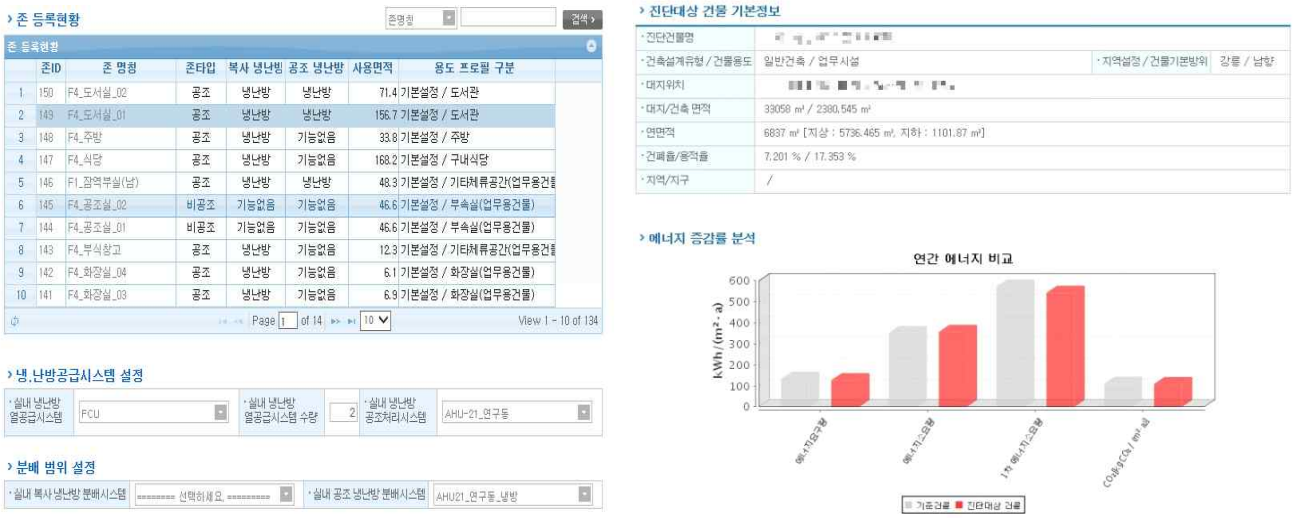
ECO2는 ISO13790과 DIN V 18599를 기준으로 업무용 건축물에 대한 에너지 평가기법을 마련하였으며 Monthly method를 기본평가 로직으로 적용하였으며, 월별 평균 기상데이터를 바탕으로 건물의 에너지 요구량을 산출하는 방법을 적용하고 있다. 이 프로그램은 건물 형상, HVAC 시스

템, 신재생에너지시스템 등의 입력이 가능하며 , 월별 평균 기상데이터를 이용하여 건물의 에너지 요구량을 산정한다. 최종적으로 계산되는 에너지 요구량을 만족시키기 위한 시스템의 성능을 반영한 건물의 에너지 소요량을 계산할 수 있으며, 단위면적당 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 에너지로 구분하여 결과를 제시한다.

<CE3 (Construction Energy Efficiency Evaluation)>

유럽의 건물에너지 성능지침 EPBD (Energy Performance of Building Directives)에 따른 국제표준 ISO 13790 및 독일의 건물에너지성능 평가규격 DIN V 18599를 바탕으로 국내 실정에 맞추어 개발된 Web기반 건물 에너지 성능 평가 솔루션이다. 주거 및 비주거용 건물 전반에 걸쳐 물리적 또는 설비적 특성에 의한 에너지흐름의 상호작용을 종합적으로 고려하여 난방, 냉방, 조명, 급탕 및 환기에 요구되는 에너지를 정량적으로 분석할 수 있는 솔루션이다.

하지만, BESS나 ECO2 와 같은 프리웨어가 아니며, 「에너지소비총량제」 및 「에너지효율등급」 등 정책에 맞게 개발된 프로그램이 아니기에 신뢰성 및 활용성에서 검증이 요구되고 있다.



[그림 4] CE3 프로그램 실행화면 및 결과값 예시

에너지 분석 시뮬레이션은 주거 및 비주거용 건물 전반에 걸쳐 건축물적 또는 설비적 특성에 의한 에너지흐름의 상호작용을 종합적으로 고려하여 난방, 냉방, 조명, 급탕 및 환기에 요구되는 에너지를 정량적으로 평가가능하다.

2. 국외 건물 에너지성능평가 현황

유럽연합국가의 에너지 관련 정책에서는 2012년까지 22% 에너지절감 목표로 유럽연합의회에서 회원국 공통의 에너지절약정책(EPBD, Energy Performance of Buildings directives)을 수립하며 2009년부터 모든 신축건물에 대한 에너지성능등급표시, 신축, 매매, 임대 계약 시 에너지성능등급 인증서 첨부, 기존 건축물에 대한 에너지성능등급인증서 발부를 의무시행하고 있다.

유럽연합 27개국은 2009년1월부터, 건축물허가, 매매, 임대 등의 부동산산거래시 에너지성능인증서(Energy Performance Certificate)의 첨부를 의무화하고 있다.

<표 2> 그린홈(Green Home) 정책 방향

구분	그린홈(Green Home) 정책 방향 사례	주 요 내 용
EU	건물에너지절약지침을 수립하고,19년부터 신규주택의 제로 에너지화를 의무화 주요내용	- 신축, 기존 건물에 대한 성능기반의 에너지절약기준 적용 신축, 매매, 임대 계약 시 에너지성능인증서 첨부 의무화 냉난방, 공조 설비에 대한 정기적 검진 평가 실시 등
영국	신규주택의 매매, 임대시 주택정보철과 에너지성능등급서 첨부 의무화	- 에너지성능등급서 미첨부시 200파운드 벌금 부과
독일	신규 건축물의 에너지기준을 '2009년' 30% -> '12년' 60%로 강화하고, 2015년부터는 패시브 하우스 수준 의무화	- 에너지 성능향상 정도나 개보수 패키지에 따라 투자 금액의 5~12.5% 보조금 지급
프랑스	신규 건축물은 '2012년'까지 에너지기준을 50% 강화하고 기존 건축물도 효율개선 계획 추진	-'2009~2020년'까지의 연간 에너지 소비량 230kwh/m2 이상인 공동주택 80만개를 150kwh 이하로 리노베이션 추진
미국	'2020년'부터 주거용, '2025년부터'비주거용 제로에너지 건축물 의무화 목표제시	- 친환경인증(LEED) 건물에 주별로 보조금 지급, 재산세 지방세감면 등을 지원, 일부 주에서는 인증 의무화 실시, 에너지 효율인증(HERS)건물에 대해 장기저리 융자지원 Energy Star Program에서 제시하는 요구조건을 충족하는 건물에 대해 세액감면 등 지원
캐나다	2030년부터 신규 주택 제로 에너지 의무화 선언	- 기존주택의 에너지성능개선 또는 에너지 효율적 신규주택 구매시 보조금 지급 - 상업용 신축건물이 에너지 절약기준보다 25%이상 저감시 자금 지원
일본	저탄소 사회구현을 위한 국가행동계획(2008)을 수립하여 2050년까지 60~80% 온실가스 감축 목표 제시	- NEDO에 의해 고효율 건축물에너지시스템 도입(15~25%)시 도입비용의 1/3까지 보조금 지급 - 환경공생 주택, 단열 개수 등에 지역주택 교부금 1,870억엔(2007) 및 촉진사업보조금 2,531억엔(2007)예산 지원

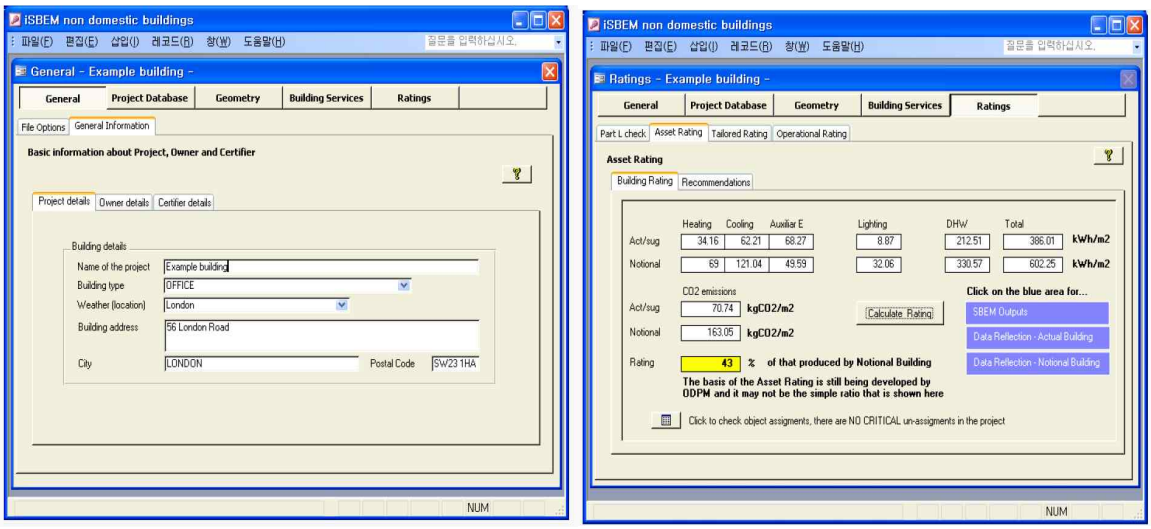
국외에서는 신축 및 기존 건물에너지성능평가를 통하여 대상건물의 성능을 파악 후 에너지절약지침의 정책방향 및 의무화 실시로 건물부분 에너지절약을 목표로 하고 있다.

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.

EPBD에서의 주요 내용은 향후 신축, 리모델링 및 기존 건물 등 모든 건축물에 대하여 에너지 소요량, 이산화탄소 배출량과 같이 총량개념의 에너지 성능 기준으로 설정하도록 규정하고 있는 점이다. 이는 건축물 구조체의 부위별(외벽, 지붕, 바닥면 등) 단열성능기준은 삭제가 되며, 건물전체의 에너지소비량으로 건축물규제가 이루어진다는 것을 의미하는 것이다.

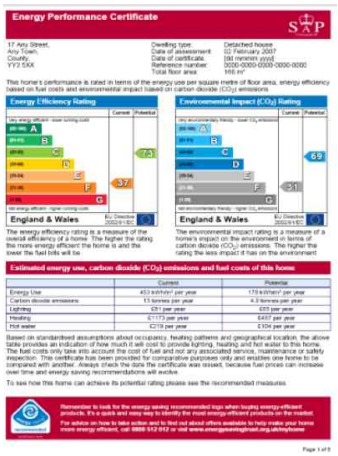
가. SAP (Standard Assessment Procedure)

SAP은 주거용 건물을 위한 국가 공인 에너지성능 평가방법으로 영국의 건축물법 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.



[그림 5] 비주거용 건물해석프로그램 iSBEM (Simplified Building Energy Model)

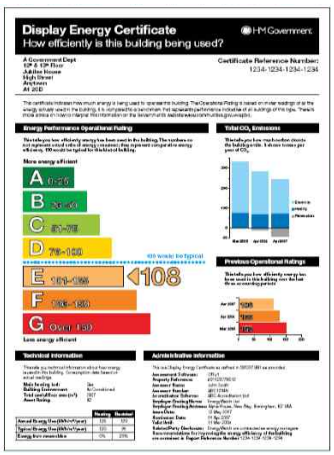
영국에서는 건물에너지성능평가를 위한 표준 계산법으로 주거용은 SPA를 이용하며, 비주거용으로는 NCM(National Calculation Method), 주거용은 DEC(Display Energy)를 이용하여 계산하고 있다. DEC에서는 에너지효율등급을 평가하며 **과거 3년간의 에너지효율등급 및 연간 및 기준 에너지 사용량 및 신재생에너지 생산 전력량을 통하여 에너지평가가 이루어지고 있다.**



[그림 6] 영국의 공공건물 에너지성능인증서



[그림 7] 영국의 비주거용 건물 에너지성능인증서



[그림 8] 영국의 주거용 건물 에너지성능 인증서

나. 환경에너지 우량 건축물 인증제도

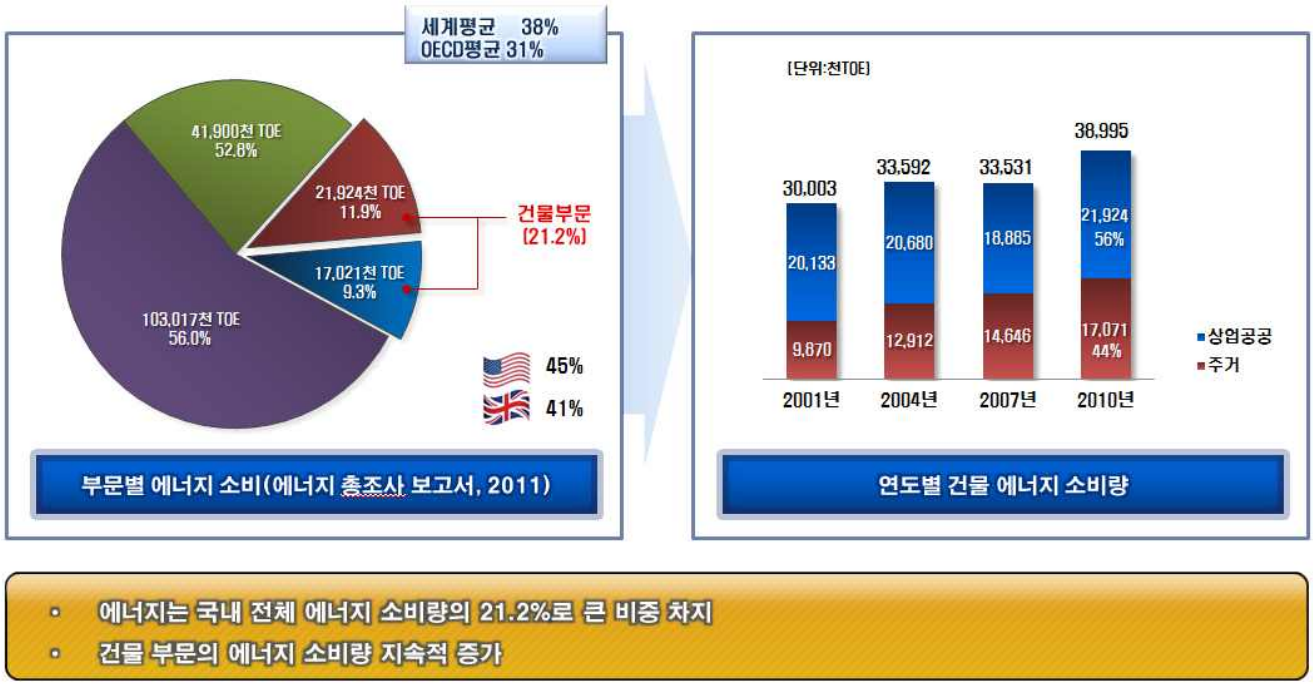
일본에서는 환경에너지 우량 건축물 인증제도를 시행하고 있으며, 이는 일정규모 이상의 기존 건물의 에너지소비량 제출을 의무화하는 제도이다. 대상건물은 2,000㎡ 이상의 건축물(비주택)로 대상건물의 신축, 증·개축 시 에너지절약 조치 사항을 관청에 신고하여야 한다. 일본은 이러한 제도를 통해 2008년 7월 대비 2020년 CO2 배출량 14%, 2050년까지 60~80% 감축하는 것을 목표로 하고 있다.

3. 연구개발과제의 설명

우리나라는 1990년 대비 2010년 온실가스 배출량 증가율은 한국이 128%로, OECD 34개 회원국 가운데 가장 높았다. 이산화탄소(CO2), 메탄(CH4), 이산화질소(N2O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF6) 등 6가지의 온실가스가 집계되었으며 온실가스 배출량에서도 한국은 상위권이었다. 2010년 기준 이산화탄소 환산 온실가스 배출량에서 한국이 미국, 일본, 독일, 멕시코, 캐나다에 이어 6위를 하고 있다. 따라서 우리나라에서는 올해 560개 온실가스·에너지 목표 관리업체들의 온실가스 총 예상배출량은 6억600만CO2톤이고, 이중 1700만CO2톤을 감축하도록 배출허용량이 설정되었다.

국내에서는 목표관리제와 2015년부터 시행되는 배출권 거래제의 운영을 통해 '2020년 예상배출량(BAU) 대비 30%감축'이라는 국가 중기 감축 목표 달성의 실효성을 높이고 국정과제인 온실가스 감축과 기후변화 대응을 효과적으로 이행할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

현재 국내 에너지 소비량의 약 22.3%를 건물 분야에서 차지하고 있다. 선진국형 산업구조로 변할수록 그 비율의 증가가 예상되고 있으며 현재 약 4,500만TOE에서 2030년에 약 6,800만TOE로 지속적인 증가세를 보일 것으로 예상된다.



[그림 9] 건물 에너지 소비량 현황

우리나라에서는 온실가스를 2020년까지 예상배출량(BAU)대비 30%를 줄이겠다는 목표로 25개의 각 부문별 업종별로 감축률을 산정하였다. 건축물부문에서는 상업시설에서의 에너지 사용량 및 온실가스 배출량이 차지하고 있는 비중이 커서 2020년까지 27%의 절감을 목표로 하고 있으며 에너지 절약이 요구된다.

최근 국내에서 제·개정법령을 통하여 건축물 에너지효율등급 인증제도 도입하는 등의 내용으로 「녹색건축물 조성 지원법」이 제정(2012. 2. 22. 공포, 2013. 2. 23. 시행)됨에 따라 건축물 에너지효율등급 인증 대상 건축물의 종류, 운영기관 및 인증기관의 지정 기준과 절차, 인증기준 및 인증절차, 인증유효기간 및 수수료 등 법률에서 위임된 사항과 그 시행에 필요한 사항을 재정하였다.

그래서 건축물 에너지효율등급 인증 대상건축물의 종류가 **기존 신축 공동주택과 신축업무용 건축물에서 2013년09월01일 시점 이후 신축 및 기존 모든 건물로 확대** 되어 건축물의 설계 및 시공단계에서부터 에너지 효율적 설계 채택 및 원천적으로 에너지를 적게 소비하는 에너지 절약형 건물보급이 진행되고 있다.



[그림 10] 국내 건축물 에너지 효율등급기준

국내 신축 및 기존건물의 에너지 효율등급인증 평가는 ISO13790기반 시뮬레이션 프로그램을 활용하여 사용하고 있다. 건물 에너지성능평가 프로그램은 건물의 에너지 사용, 열쾌적, 실내공기질, 조도 등과 같은 건물의 성능을 평가하기 위한 프로그램이다. 건물 성능에 대한 예측을 위해 수치적인 방법(numerical methods)을 사용하는 동적인 시뮬레이션 도구로써 건물의 물리적 거동을 설명하기 위해 다양한 학문분야의 총합적 수학모델을 통해 계산 된다.

건물 에너지성능평가 프로그램 활용 시 국내에서는 냉·난방 설비기기의 COP(Coefficient Of Performance) 값 입력을 기존 설계도서 및 시방서를 활용하여 입력이 이루어지고 있다. 국외 **유럽에서는 냉방 설비기기 제조업체가 전격부하 및 계절효율계수 도출을 통하여 "Eurovent-certification" 웹 사이트에 수치를 게시하며 냉방 설비기기의 건물에너지 성능평가 시 활용**이 되고 있다.

영국에서 건물 냉・난방설비기기의 부분부하효율에 따른 SEER(Seasonal Energy Efficiency Ratio) 및 SCOP(Seasonal Coefficient Of Performance)값을 활용하여 건물에너지 성능평가에 활용되고 있다. 계절효율계수 산출은 계절 에너지 효율비로, 연간 전체 냉・난방 에너지에 대한 효율을 말한다.

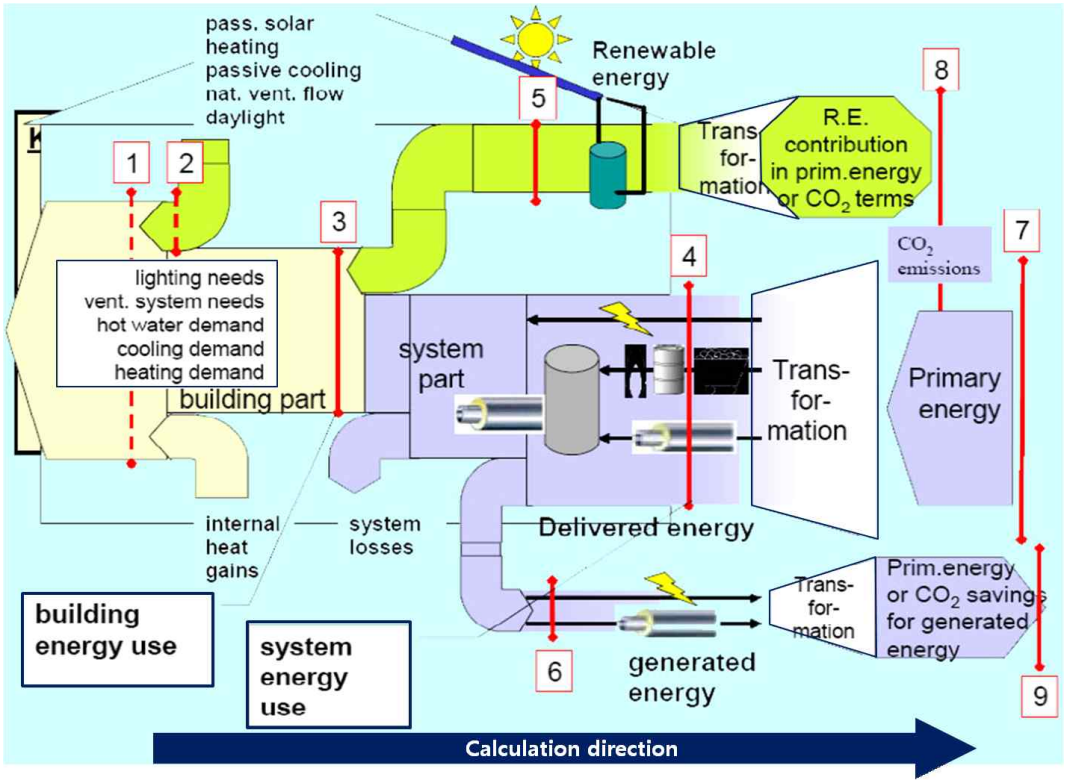
따라서 국내 연구를 통해 국내실정을 반영한 냉난방 설비기기별 계절효율계수 도출이 필요하며, 국내 냉난방설비기기 계절별 효율계수 DB 구축 및 계절효율계수 도출 프로그램 개발을 통해 국내 기존건물 에너지 효율등급인증 평가 프로그램에 활용 될 수 있다.

4. 연구개발의 중요성

가. 기술적 측면에서의 기술개발 중요성

ISO 13789를 기반으로 국내 기후특성을 반영한 냉난방설비기기를 고려하여 건축물효율등급제 활용 시 반영필요. 건축물 환경/설비/에너지 관련기술의 통합과 각종 인증제도의 에너지 평가방법

의 통일, 성능평가 중심의 기술 표준화 정립이 필요하다. 또한, 건물의 에너지성능 향상을 유도하기 위하여 간편하며, 공정한 건물 에너지 성능 평가를 위한 계산방법과 구체적인 적용변수의 정립이 필요하다.



[그림 11] ISO 13790에 근거한 건물에너지 성능평가법

세계의 탄소 배출권 시장은 2008년 기준 1,263억 달러 (약160조원)의 거대한 규모로 성장하여 2005년 110억 달러에 비해 11배 증가 (매년 128%성장세) 하고 있다. 현재 배출권 거래제 운영이 가장 활발하게 전개되고 있는 곳은 유럽으로 지난 2005년 EU 15개국을 포함, 25개국 약 15,000개 사업장을 대상으로 배출권 거래 제도를 시행하고 있다. 탄소 관련 시장의 확대에 발맞추어 건축물 탄소 절감 시장의 국가 경쟁력 향상을 위해서 현재 국내에서는 건축물에너지효율등급제를 활용하고 있다.

여기서, 기존 및 신축 건축물 평가프로그램이 동일한 프로그램으로 평가를 진행하고 있으며 신뢰성 향상을 위해 건물에너지 중 사용량이 많은 냉난방설비기기의 효율계수 도출이 필요하다.

나. 사회문화적 측면에서의 기술개발 중요성

에너지의 수급을 안정시키고 에너지의 합리적이고 효율적인 이용을 증진하며 에너지소비로 인한 환경피해를 줄임으로써 국민경제의 건전한 발전 및 국민복지의 증진과 지구온난화의 최소화에 이바지함을 목적으로 만들어진 에너지이용합리화법에 부합하여, 에너지수급에 미칠 영향과 에너지소비로 인한 온실가스의 배출에 미칠 영향을 분석하고, 소요에너지의 공급계획 및 에너지의 합리적 사용과 그 평가에 관한 계획을 수립하여 이바지 한다.



[그림 12] 정부 온실가스 감축 목표

국내에서는 온실가스 감축 목표달성 및 에너지 위기 극복을 위한'건축물 에너지 성능개선방안'을 발표했다. 신축 건축물의 에너지성능이 대폭 향상되며 오는 2050년 제로에너지를 목표로 신축 건축물의 단열기준 등 정부목표에 맞게 단계적으로 강화해 2017년부터는 냉난방 에너지를 지난 2009년 대비 90% 절감하는 주택설계를 보편화할 계획이다. 또한 2016년부터 일정 규모이상 건축물은 자동차 또는 가전기기처럼 에너지 효율등급이 매겨진다. 기존 건축물의 경우 다양한 인센티브를 통해 에너지성능개선도 지원예정이다. 따라서 보다 신뢰성 있는 평가를 통한 기존 건축물의 성능개선 방법이 필요하다.

다. 타산업 연계 및 국제협력 가능성

본 과제의 성과물은 건축물 에너지효율등급제 평가를 위한 도구들에 핵심적으로 사용될 기초 자료들과 표준 프로세스로서 향후 건물 관리 시스템의 고도화 활용에 기여할 것으로 기대됨. 또한, 건물 분야뿐만 아닌 소프트웨어 산업에서 응용 프로그램을 개발 보급할 수 있는 신규시장을 창출할 수 있음. 국제 표준을 따르며, 해외 선진 사례의 한계점을 극복하고 국내의 실정에 맞는 모델을 개발하게 됨으로서 국내와 실정이 유사한 국가(인구 밀도가 높고 사계절 기후 특성이 큰 지역)들에 활용할 수 있는 표준을 제시 할 수 있음으로 국제 표준을 선도하는 위치를 갖게 될 것임.

국가적인 측면에서는 국제적인 지속가능한 건축물 환경과 현 정부의 저탄소 녹색건설을 실질적으로 구현할 수 있고, 국제 경쟁력을 갖춘 새로운 에너지 정책 지원을 통해 친환경 법 및 제도 구축 용도로 활용할 것이다.

제 3절 연구개발 범위

본 연구는 기존 판매시설 용도 건축물들을 대상 건물로 선정하고, 에너지 효율적인 건축물을 설계하기 위해 고려해야 할 요소를 크게 건축, 설비부문으로 분류하였다. 각 부문에 포함되는 에너지 저감요소와 각 요소의 범위는 '건축물의 에너지절약설계기준'과 '건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 (국토해양부령 제33호)', 건물의 부하 저감 방안과 본 연구에서 선정한 대상건물의 특징을 참고하였으며, 실제로 건물의 에너지 저감에 영향을 미치는 요소들을 선별하여 선정하였다.

국내 에너지 진단제도에서 사용하고 있는 기존 건축물의 에너지 진단 제도를 기반으로, 계절효율 계수 산출 방법 및 현장 측정데이터를 반영 할 수 있도록 기존 건축물의 에너지 성능평가방법을 제시 하였다. 현장조사를 통한 에너지 성능평가방법에 사용되는 시뮬레이션 프로그램은 에너지 진단제도에서 사용되는 ISO 13790 기반 프로그램에 기존의 정격효율을 적용하는 경우와 계절효율 계수를 비교하여 실제 에너지 사용량을 보정 하였다.

또한, 전년도 기존 건축물의 에너지 소비량과 비교를 위하여 AMY 기상데이터를 적용 하여야 하나 사용자들이 용이하게 다룰 수 있는 TMY 기상데이터를 적용하여 계절효율계수의 적용에 따른 소요량의 특성을 분석하여 기상데이터의 적용 방안을 제시하였다.

현재 국내 설비시스템 부분부하 효율 DB 및 실제 건축물에 설치된 설비시스템의 격년변화를 고려하여 설비시스템 성능측정 데이터를 활용 할 수 있는 계절효율 산출 프로세스를 제시하고, 계절효율 산출 프로세스를 활용하여 '계절효율 계수 도출 프로그램'을 개발 하였으며, 설비시스템 현장측정 데이터를 활용하여 ISO 13790 기반 프로그램에 반영하였다.

따라서, 본 연구에서 제시한 에너지 성능평가방법의 현장 적용성을 검증하기 위하여 판매시설 용도 기존 건축물들의 실제 에너지 사용량과 에너지 성능평가 프로그램으로 산출한 소요량을 비교 분석하여, 기존건축물의 에너지 성능평가 프로세스를 검증 하였다.

제 2장 국내외 기술 개발 현황

제 1절 국내 기술 및 산업동향

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 개발 기간으로 신뢰성을 인정받고 있어 연구소와 대학을 중심으로 사용되고 있다.

건물의 에너지성능 평가는 에너지진단과 T.A.B를 통해 이루어지고 있으며, 에너지진단은 전력 및 열에너지 관련 기술장비와 인력을 구비한 진단기관으로부터 전력 및 열에너지의 발생, 변환, 전송, 수송 등 다양한 공정에서 사용되는 에너지를 시설 전반에 걸쳐 제공받게 된다. 이를 통해 에너지의 이용흐름을 파악하고, 손실요인의 발굴 및 에너지절감을 위한 대안과 경제성분석 등 최적의 개선안을 도출하는 과정을 제공하는, 기술컨설팅제도이다.

T.A.B는 공기조화설비의 에너지 반송매체인 공기와 물에 대하여 시공된 설비에 출입하는 양이나 질이 설계값에 합당한지를 시험하고, 오차가 있을 경우 조정하여 최종적으로는 설비 계통을 평가하는 분야로 공기조화설비의 성능과 품질확보, 기기의 수명연장, 에너지절약, 소음방지 및 실내환경의 쾌적성 등을 추구하는 분야의 기술이다.

제 2절 국내 기술 개발 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

건물의 에너지성능을 평가하기 위해 사용되는 에너지진단의 경우, 건물의 특성 및 운영상태에 따른 에너지소비량 및 소비패턴을 파악하고 개선하는 것이 아닌, 단순하게 건물에 적용된 설비기기 등에서 사용되는 에너지의 양을 파악하고 이를 절감하기 위한 방안으로만 사용되고 있다. 또 다른 제도인 T.A.B의 경우, 설계단계에서 선정된 공기조화설비의 타당성을 검토하는 용도로 건물의 에너지성능을 측정하기에는 부족한 부분이 있다.

제 3절 국내 시장 현황

1. CE3 (Construction Energy Efficiency Evaluation)

- 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
- 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
- 그러나 현재 BESS나 ECO2처럼 무료 프로그램이 아니며 에너지 소비총량제나 에너지 효율등급 등 정책에 맞추어서 개발 된 프로그램이 아니라 신뢰성 및 활용성에서 검증이 요구되고 있음

2. ECO2

- 건축물에너지절약 설계기준의 의무사항 및 EPI항목 정량화
- ISO13790 규격에 따른 총량적 에너지 소요량 산출 관련 평가 방법론 적용
- 입력 항목 수가 많고 및 입력 방법면에서 전문가 수준의 지식이 요구되며 많은 시간이 소요되어 되어 건물 에너지 인증제 상에 수용성면에서 아직 애로가 많음.
- 건물에너지 소비총량제 대응 예비분석 툴로 건설기술연구원에서 개발 관리.

<건물 에너지 성능평가프로그램 : 에너지 관리공단>
- 공동 주택 건물 에너지 성능 평가를 위한 Web 기반 프로그램으로써 에너지관리공단 홈페이지에서 쉽게 사용
- 공동 주택 에너지 소비량 계산을 간단히 수행할 수 있도록 하였으나 국제표준 계산 알고리즘을 채용한 것은 아니며 난방 부하 계산에 한정됨.
- 쉽게 접속하고 입력이 간단하지만 저장 기능 및 리포트 출력기능이 없기 때문에 한번 결과를 수정 하고자 할 때 항상 처음부터 입력을 해야 하는 불편함이 있음.

3. 친환경 주택 성능 평가 : LH공사

- 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.
- 별다른 설치가 필요 없는 엑셀 형식으로 프로그램이 설계 되었으며 계산 결과의 경우 단지 단위와 세대 단위로 나누어서 출력이 가능.
- 프로그램이 별다른 설치가 필요 없고 누구나 사용 할 수 있지만 계산 결과는 세대별 위치 및 평형에 상관없이 일정한 부하 결과값을 산출하여 공동주택의 전체 디자인상의 에너지 성능 변별력이 약함. 정밀 시뮬레이션 결과와의 오차가 상당히 큼.

제 4절 국외 기술 및 산업동향

1. EPBD

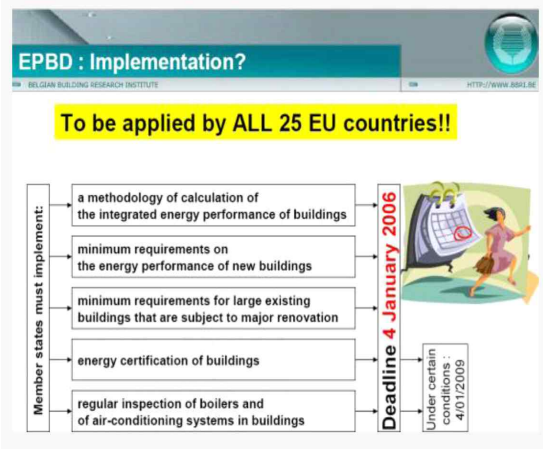
- 2009년 4월 유럽 의회는 개정된 건물에너지절약지침(Energy Performance of Building Directives, EPBD)을 발표하고 2019년부터 EU 내에서 지어지는 모든 신축 건물에 대해 소비되는 에너지보다 더 많은 에너지가 생산되도록 규정했다.

- 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 업무용 건물까지 확대하고 2050년까지는 기존 건물도'제로 카본'에 근접할 수 있도록 난방 시스템 개조 등 다양한 조치를 취하도록 제안하고 있다.

- 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 띄는 장소에 표시 의무화
  · 일정규모이상의 난방 및 공조시스템은 정기검사 실시 의무화
  · 공공건물에 대하여 권장온도 및 현재의 온도 표시



[그림 13] EPBD 설명

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.

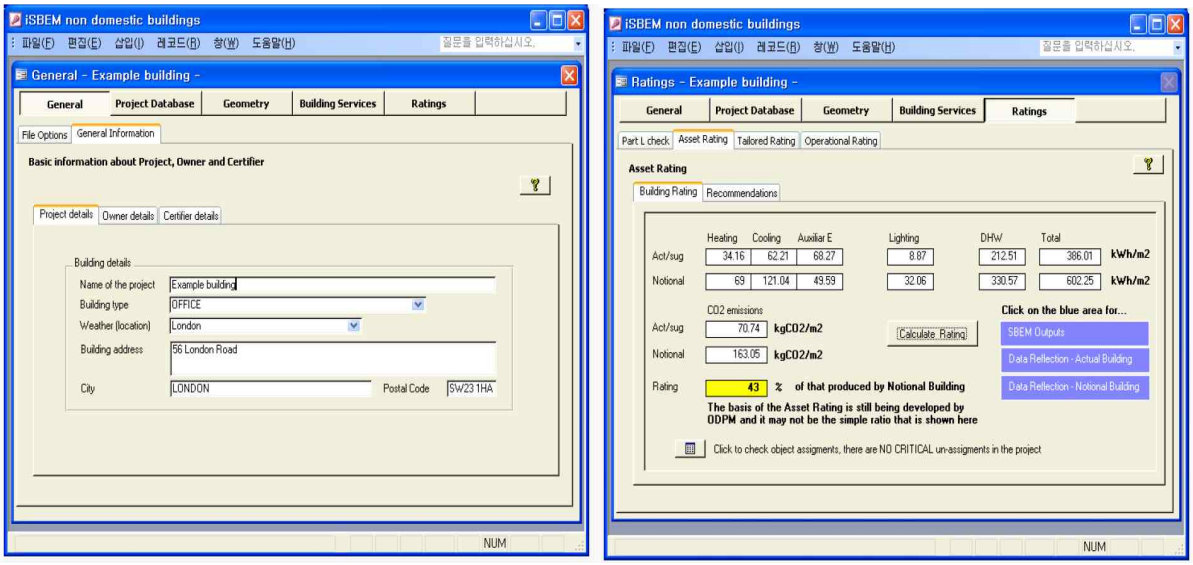
- SAP 2005에서는 신청주택의 에너지소요량과 CO2 배출량을 산출하며, 이를 토대로 에너지비용 평점(SAP rating based on CO2 emissions, 1~100)을 각각 산출 후, 에너지비용 평점 혹은 CO2 배출량 평점 값에 따라 건물에너지효율등급을 A~G까지의 7개 등급으로 부여한다. 그리고 단위면적당 CO2 배출량(DER, Dwelling CO2 Emission Rate)을 구해 법규상의 기준치 만족 여부를 평가한다.

<표 3> SAP2005 건물 에너지성능 평가지표

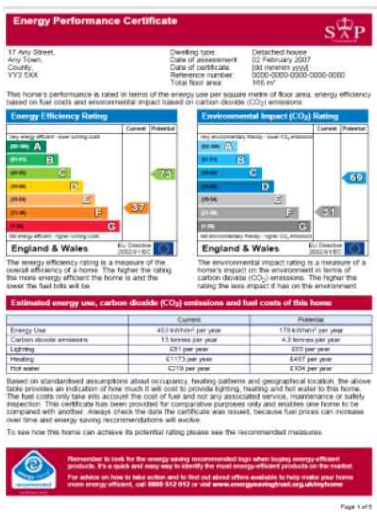
구분	평 가 지 표	평 가 내 용
1	SAP rating	신청주택의 에너지비용평가지표
2	EI rating (Environmental Impact)	건물 환경 성능지표
3	DER (Dwelling CO_2 Emission Rate)	신청주택의 CO_2 배출율
4	TER (Target CO_2 Emission Rate)	표준주택의 CO_2 배출율

3. SPA

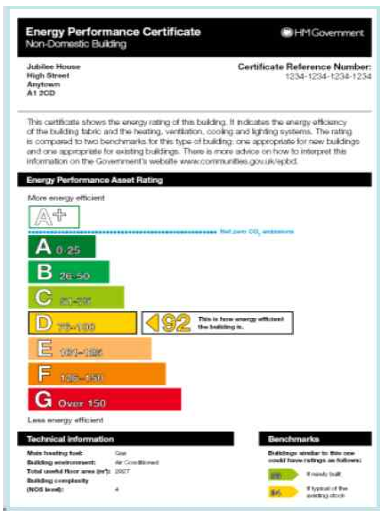
- 영국에서는 건물 에너지성능 평가를 위한 표준 계산법으로 주거용은 SPA(Standard Assessment Procedure)을 이용하며, 비주거용으로는 NCM(National Calculation Method)를 이용하여 계산하고 있다.



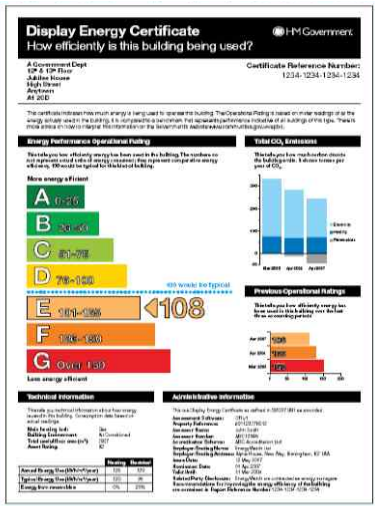
[그림 14] 비주거용 건물해석프로그램 iSBEM (Simplified Building Energy Model)



[그림 15] 영국의 공공건물 에너지성능인증서



[그림 16] 영국의 비주거용건물 에너지성능인증서



[그림 17] 영국의 주거용 건물 에너지성능 인증서

따라서, 국내 기준에 적합한 기존 건축물의 운영단계를 고려한 설비기기 계절효율계수 산출 TOOL-KIT 개발이 필요하다.

제 3장 연구 수행 내용 및 성과

제 1절 연구수행 전략 및 방법론

1. 연구방향

운영현황이 반영된 기존 건축물의 성능평가를 위한 프로세스가 필요하다. 기존에 있던 건물 에너지 효율등급 및 건물 에너지 소비총량 관련된 프로그램의 경우 신축 건축물과 기존 건축물 모두 동일한 프로세스로 성능평가가 적용되고 있다. 또한 내부 알고리즘에서 설비 효율, 용량, 용도 프로파일 등 대부분의 데이터 들이 외국 기준의 데이터로 적용되고 있다.

따라서, 다양한 국내 자료 조사 및 현장 측정 실증 데이터를 토대로 국내 실정에 맞는 구체적인 데이터를 기반으로 국제 표준에 부합하는 평가 모델에 적용하여 신뢰성과 적용성을 확보하기 위한 연구를 수행하였다.

국외 선진국의 기준분석을 통해 국내 실정에 맞는 계절효율계수 산출을 위한 기초조사를 실시하여 개념을 정립하였다. 기초조사 결과 계절효율계수 산출을 위해서는 기상데이터 및 부분부하효율 데이터를 확보하여야 함을 알 수 있었다. 기상데이터 분석을 통한 국내 지역별 기후 특성 및 건축물 냉난방 부하의 상관관계를 분석하였다. 부분부하효율 데이터 확보를 위해 국내 설비시스템의 DB를 구축하였다. 기상데이터 및 설비기기 DB를 활용해 계절효율계수를 산출하는 프로세스를 제시하고, 국내 건축물 에너지 성능평가 프로그램에 활용 가능한 계절효율계수 산출 TOOL-KIT을 개발하고 실제 건축물에 대한 적용성을 검증하였다. 적용성 검증은 동적시뮬레이션 및 ISO 13790 알고리즘 기반 프로그램을 이용하였다.

향후 신축건축물 및 기존 건축물을 포함하는 건축물 운영현황이 고려된 에너지성능 평가를 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 기존연구와의 차별성

가. 과제영역의 차별화

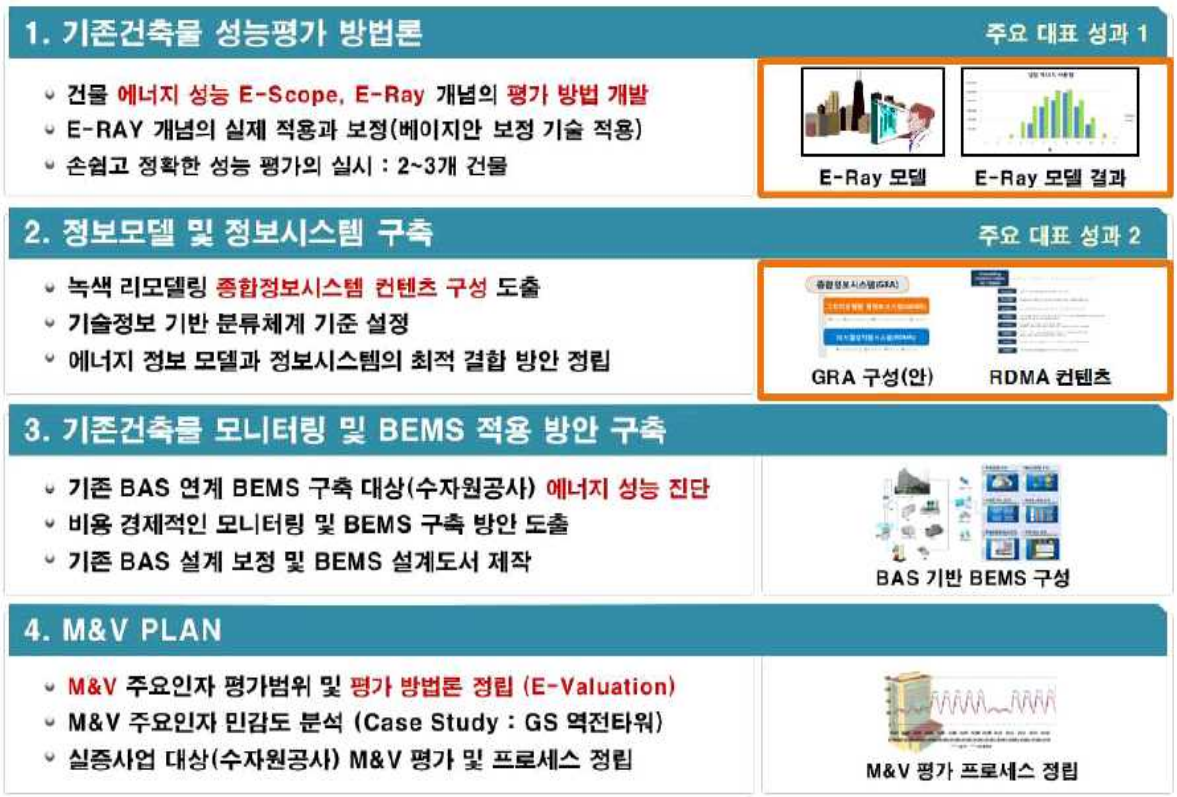
본 연구는 건물을 실제 운영하였을 때의 운전성능(Operational aspect)을 통해 보다 신뢰성 있는 기존건축물 에너지효율등급제 평가이다. 기존 건물의 에너지 운영상의 체크 및 성능 개선 안을 효과적으로 도출하기 위한 냉난방 설비기기 계절효율계수 도출 프로세스 로직의 개발과 실제 현장에서 쉽게 적용할 수 있는 가이드라인을 개발하는데 가능한 많은 현장 실증 데이터를 활용하도록 한다.

나. 관련분야의 국내외 연구동향 및 학술적 흐름 분석

(1) 대표 연구사례-1

국내 연구기관에서는 기존건물 에너지 성능평가를 주제로 연구가 수행되고 있으며, '녹색건축물 조성 지원법' 의 성공적인 정착 및 시간, 비용 등의 절약이 가능한 건물 에너지효율 진단을 위해 기존건축물 에너지 성능 진단법이 필요하며 해당 연구를 통하여 신뢰도 높은 기존건물 성능평가

방법이 모색되고 있다. 해당 연구기관에서는 기존건물의 에너지성능평가 툴 개발 모델 기능 확장을 통한 불확실성 보정 및 보완에 관련하여 연구방향을 제시하였다.



[그림 18] 기존건물의 정보모델 확장 및 검증

이 연구의 주요 결과는 CO2 절감을 위한 기존건물 성능평가 방법론 및 M&V 방안을 활용하여 기존 건물 녹색화 Active 기술 통합 시스템 개발을 하고 있다. 기존건물 에너지 성능진단을 위해서는 설비기기의 요소별 성능에 대한 연구가 필요하며, 기존 국내연구기관에서 수행된 건물 에너지 성능진단 시 설비기기별 요소에 대해 고려되어야한다.

(2) 대표 연구사례-2

국내 건물 에너지 소비량의 정량적 산출 및 기존건물 에너지 성능평가 및 성능개선 평가 프로세스를 위한 연구가 수행 되었다. 이 연구에서는 건물 에너지 성능, 설계변수의 분석, 표준계산방법 정립 등을 통하여 건물에너지소비량의 정량적 산출 모델을 구축하며, 기존건물의 에너지 성능 설계 변수의 정량화 및 에너지 성능개선 의사결정 수단의 표준 모델을 구축을 목표를 제시하였다.



[그림 19] 건물에너지 성능평가 연구수행

본 연구에서는 Energy Plus와 ISO13790 기반 평가 툴의 건물 및 기기별 모델링을 통한 설비기기 운전 및 구조체 열용량 오차율 검증 등의 연구와 구내 유효계수 사용을 통한 지역 및 용도별 기기 실효율 계수 산출을 통하여 Energy Plus 대비를 통하여 검증 연구를 수행하고 있으며, 이 자료를 기반으로 Retrofit을 전제로 하는 신뢰성 있는 건물 에너지 성능평가 및 Retrofit 프로세스를 제안하고 있다.

(3) 대표 연구사례-3

영국에서는 건물에너지 성능 진단 시 각 설비부분의 진단 가이드라인이 제시되고 있다. 각 냉동유닛의 부분 부하별 효율에 가중치를 사용하여 실제 건물의 냉방기기 에너지소비량을 맞추는 보정에 활용할 수 있다. 또한 냉방설비기기의 계절효율계수 SEER의 계산 및 보정 예시를 각 4가지 Type으로 분류하여 제시하고 있다.

Type 1에서는 부분부하효율 데이터가 존재하지 않을 경우에 적용하는 방법이다. Type 2에서는 부분부하효율 중 부하율 100% (Full load)와 부하율 50%(Half load)의 데이터가 존재할 경우 계절효율계수를 활용하는 방법을 제시한다. Type 3에서는 각 부분 부하 효율 데이터는 보유하고 있으나 부분부하별 가중계수가 존재하지 않을 경우에 활용되는 방법이며, 마지막 Type 4 에서는 냉난방설비기기의 부분부하효율 데이터 및 건물 용도에 따른 가중계수가 존재 할 경우에 각 부분부하효율 데이터에 가중계수를 산출한 값이 계절효율계수 값이 된다.

따라서 국내에서도 국외 가이드라인에서 제시된 내용과 같이 실제 건축물의 운영현황 및 외기온도에 따른 설비기기의 계절효율계수 도출 연구가 필요하다. 또한, 연구결과 도출을 통해 국내 기존 건물에너지 성능 평가 시 사용되는 ISO13790 시뮬레이션 툴에 활용하여 보다 신뢰성이 있는 평가가 이루어져야 한다.

3. 연구수행 전략 및 방법론

가. 계절효율계수 산출 TOOL-KIT개발

본 연구의 계절효율계수 산출 TOOL-KIT은 국내정책에 사용되고 있는 ISO13790 기반 건물 에너지성능평가 프로그램에 연동이 가능한 것을 목표로 한다. 국내의 기후적 특성과 설비기기의 DB를 활용하여 국내 설비적 특성이 고려된 설비시스템의 냉난방 계절효율계수 산출 TOOL-KIT을 제작한다. 이를 위해 먼저 국외 선진국의 선행연구를 바탕으로 계절효율계수 산출 프로세스를 국내 현황에 맞게 정립하였다. 설비기기 부분부하효율 또한 국외 선진국의 사례를 바탕으로 부분부하효율을 업체별, 설비종류별로 정렬하여 데이터베이스(DB)를 구축하였다.

이러한 국외 사례 및 국내 데이터 재정립을 통해 현재 국내에서 이용되고 있는 건물 에너지 성능평가 프로그램에 연동이 가능한 계절효율계수 산출 TOOL-KIT을 개발하였다.

각 국내 지역별 기존 건축물 3개소를 대상 건축물로 지정하여 TOOL-KIT의 현장 적용성을 검토하였다. 1차 년도에는 동적시뮬레이션을 통해 부분부하효율 및 계절효율계수가 실제 사용량에 대해 보정되었는지 검토하였고, 2차 년도에는 국내에서 이용되고 있는 ISO 13790 기반 에너지성능평가 프로그램을 통해 계절효율계수의 적정성을 검토하였다. 적용성 검토는 국외 선진국의 국제표준에서 제시하는 시뮬레이션 보정 기준[4]을 가이드라인으로 삼았다.

4) ASHRAE Guideline 14-2002

나. 국내 냉·난방 설비기기 DB 구축

1차년도에는 설비기기 DB 조사를 수행하고, 2차 년도에는 조사된 설비기기 DB의 보완, 확장하였다. 조사된 설비기기 DB를 활용하여 성능곡선(용량별, 업체별 부분부하효율)을 도출하였다. 본 연구의 목적인 한국형 설비기기 DB 구축을 위해 국내에서 대상 제품을 납품하는 주요업체들을 조사대상으로 하였다.

1차년도는 냉·난방 열원설비를 대상으로 DB 조사를 수행하였으며 세부 조사대상으로는 보일러, 냉동기, 히트펌프 등으로 결정하였다. 2차 년도는 1차 년도에 조사된 설비기기를 보완, 확장하였으며 조사된 DB의 부분부하 효율에 따른 특성곡선을 도출하였다. 특성곡선 도출을 위해 조사된 DB를 용량별, 타입별로 분석하고 각 장비의 특성 분석으로 실제 기계설비 계획에서의 검토사항을 정립하도록 계획하였다.

제 2절 연구수행과정 및 내용

1. 1차년도 연구수행과정 및 내용

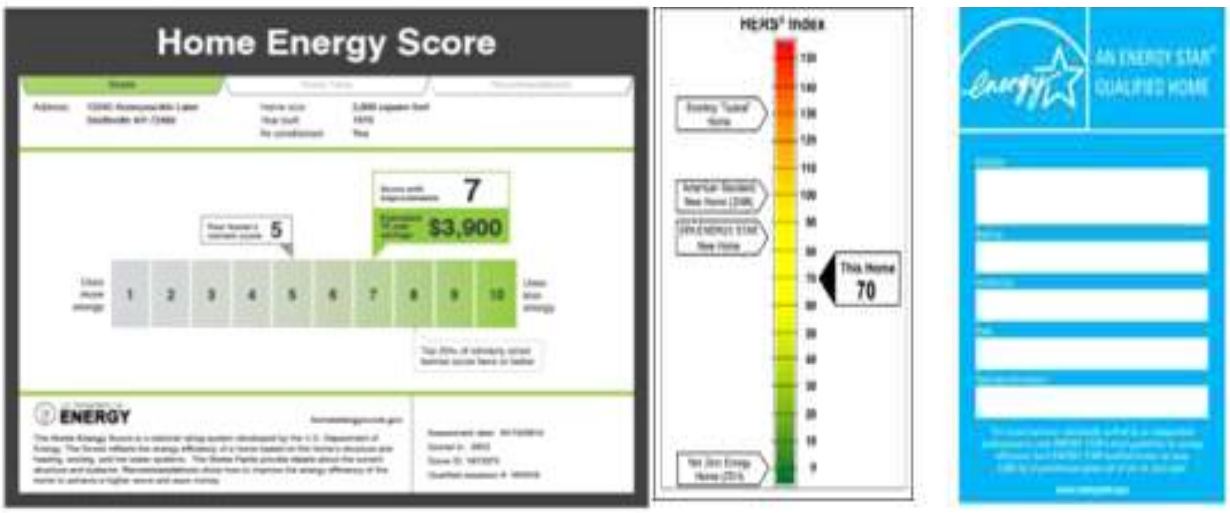
가. 유럽의 'Eurovent-Certificaion', 미국 'AHRI' 등 국외 기준분석을 통한 계절효율계수 기초조사

(1) 국내・외 건축물 에너지 성능 평가법

(가) 미국

- Energy Star home/ building Program : 미국 환경청(EPA)과 에너지(DOE)부에서는 건물의 성능향상과 비용을 절약할수 있는 주택개발 목적으로 1997년부터 개발 운영하고 있으며, 연방정부차원에서 인증을 해주는 프로그램이다.

- HERS(주택에너지등급표시제도) : HERS는 주거건축물의 에너지성능을 평가하는 인증제도로 3층 이하의 주거 건축물 또는 단독주택에 적용되며, RESNET(Residential Energy Service Network)에 의해 운용되는 National Tool이다. 건물의 성능을 정확하게 진단하여 이에 해당하는 금융 상품을 개발하고, 주택시장을 활성화 시키려는 목적으로 만들어졌으며, 건물 매매시 건물의 객관적인 정보를 제공하는 수단이 되고 있다.



[그림 18] 미국 HERS / Energy Star / HES

(나) 영국

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.

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
· SAP(Standard Assenssment Procedure) 2005

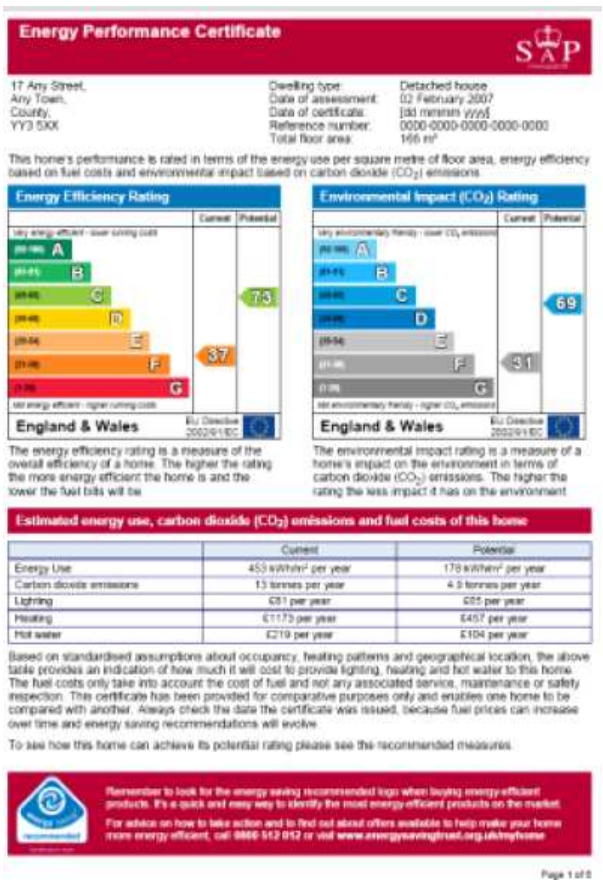
영국은 1992년부터 환경교통지역성(DETR)에서 신축 및 기존 건물에 대해 건물 에너지성능을 평가하고, 이에 대한 표시를 의무화하는 것으로, 건축법의 표준평가절차서(SAP)에 근거한 계산표에 의해 건물의 에너지성능을 평가하고 있다. SAP는 주택 및 업무용건물의 초기 에너지절약을 유도하기 위한 목적으로 시행되고 건축법규에서 요구하는 기준 이상의 에너지 절약 설계를 목표로 한다.

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

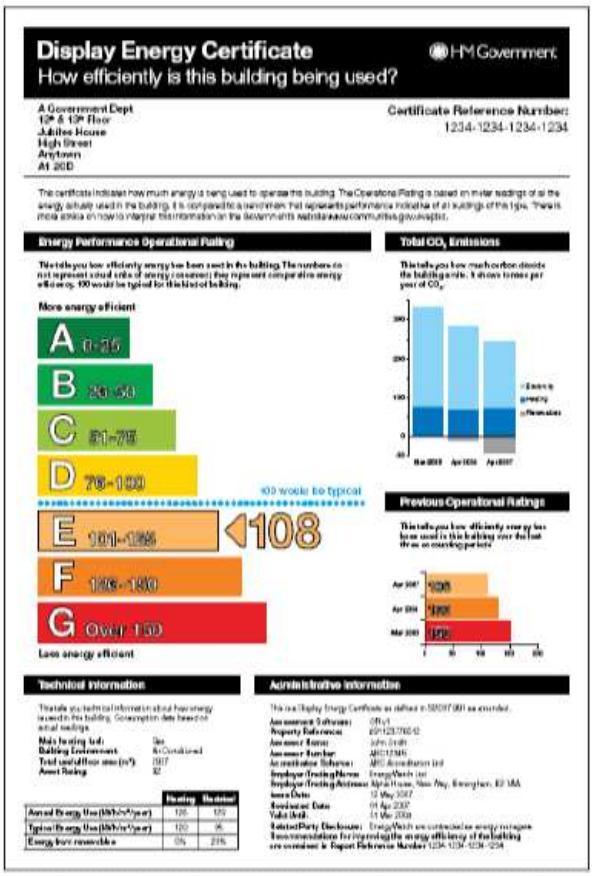
SAP은 주거용 건물을 위한 국가 공인 에너지성능 평가방법으로 영국의 건축법 Building Regulations 2000의 기술서인 Approved Document Part L1A(Conservation of Fuel and Power in New Dwellings)와 Approved Document Part L1B(Conversation of Fuel and Power in Existing Dwellings에 명시하고 있다. 1993년 DOE(현재의 DECC, Department of Energy and Climate Change)와 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 3> SAP2005 건물 에너지성능 평가지표

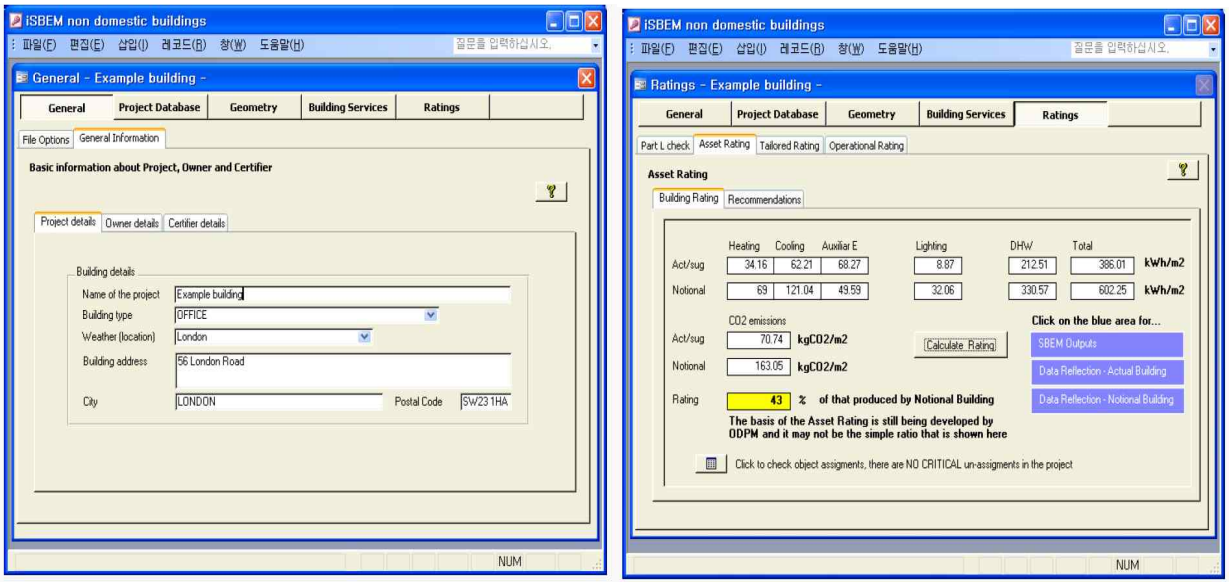
구 분	평 가 지 표	평 가 내 용
1	SAP rating	신청주택의 에너지비용평가지표
2	EI rating (Environmental Impact)	건물 환경 성능지표
3	DER (Dwelling CO_2 Emission Rate)	신청주택의 CO_2 배출율
4	TER (Target CO_2 Emission Rate)	표준주택의 CO_2 배출율



[그림 19] 미국 HERS / Energy Star / HES



[그림 20] 영국의 주거용 건물 에너지성능인증서



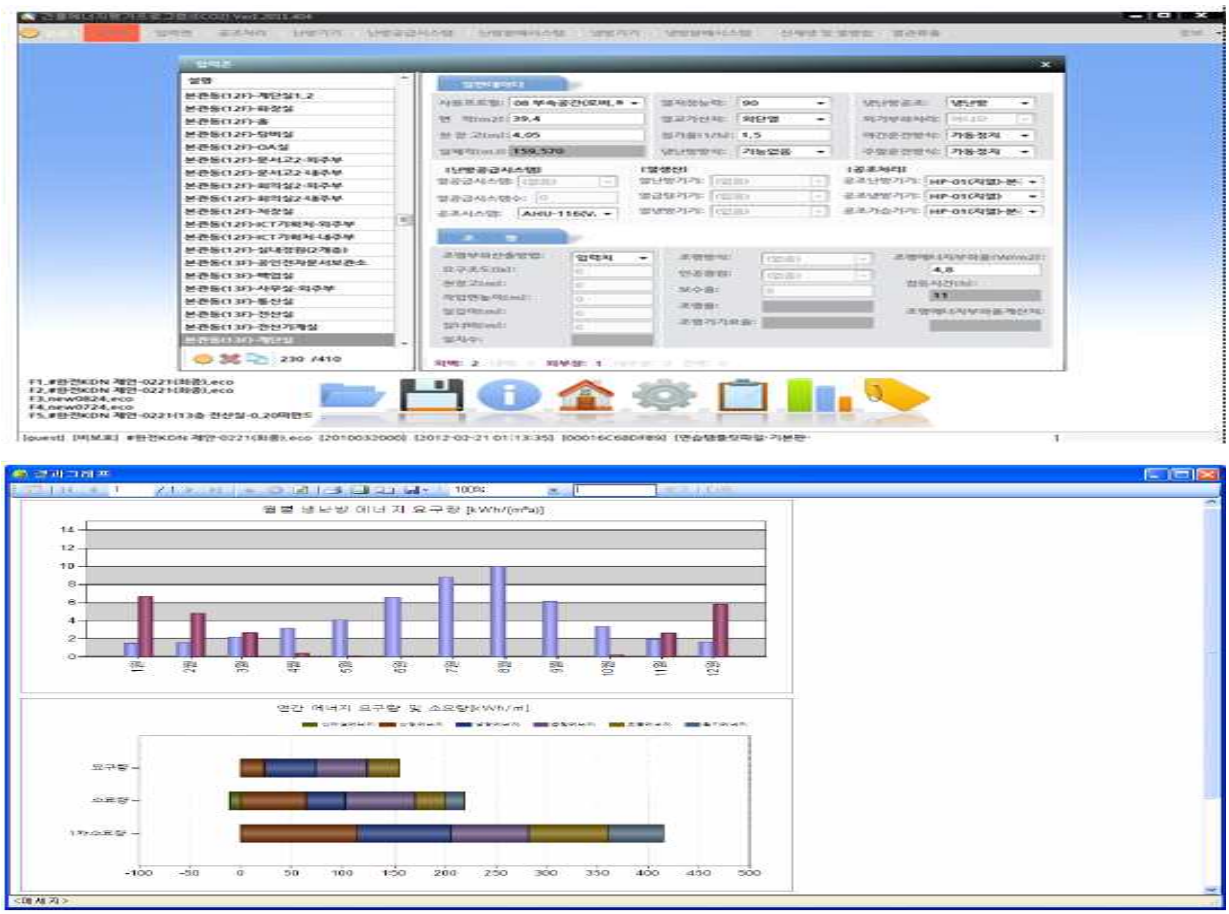
[그림 21] 비주거용 건물해석프로그램 iSBEM (Simplified Building Energy Model)

(다) 국내

국내 건축물 에너지효율등급 인증제도는 신축 공동 주택 및 업무용 건축물에 한하여 자발적 신청에 의해 에너지 절약적인 건물에 등급을 부여하는 제도였으나, 최근 녹색건축물 조성지원법이 시행됨에 따라 인증기준이 개정되어 기존 건축물을 포함한 주거용 및 주거용 이외의 모든 건축물로 평가대상이 확대되었다. 평가를 위해서 는 기존 ECO2 시뮬레이션을 통한 평가에서 ISO13790 기반 시뮬레이션을 활용한 연간 단위면적당 1차 소요량 산출을 통해 평가로 이루어진다. 따라서 현재 국내에서 평가에 활용되는 프로그램은 ECO2, ECO2-OD, CE3 등을 활용하여 평가한다.

<ECO2>

국내 건물에너지효율등급에 활용되는 대표적인 건물에너지성능평가 프로그램이며 이 프로그램은 건물에너지 절약설계기준의 의무사항과 EPI(Energy Performance Index)항목을 정량화 하고, ISO13790규격에 따른 총량적 에너지 소요량과 1차 에너지 소요량을 산출할 수 있도록 개발된 프로그램이다. 건물 외피에 대한 열관류율 정보과 난방, 냉방 ,공조기기 사양을 입력하고 전기 및 신재생 에너지를 입력하면 산출결과가 나타나며, EPI 작성항목 정도만 입력하면 결과가 나오는 것이 특징이다. ECO2는 ISO13790과 DIN V 18599를 기준으로 업무용 건축물에 대한 에너지 평가기법을 마련하였으며 Monthly method를 기본평가 로직으로 적용하였으며, 월별 평균 기상데이터를 바탕으로 건물의 에너지 요구량을 산출하는 방법을 적용하고 있다. 이 프로그램은 건물 형상, HVAC 시스템, 신재생에너지시스템 등의 입력이 가능하며, 월별 평균 기상데이터를 이용하여 건물의 에너지 요구량을 산정한다. 최종적으로 계산되는 에너지 요구량을 만족시키기 위한 시스템의 성능을 반영한 건물의 에너지 소요량을 계산할 수 있으며, 단위면적당 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 에너지로 구분하여 결과를 제시한다.



[그림 22] ECO2 시뮬레이션 정보 입력란 및 결과 그래프

<CE3>

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 Web기반 건물 에너지 성능 평가 솔루션이다. 주거 및 비주거용 건물 전반에 걸쳐 물리적 또는 설비적 특성에 의한 에너지흐름의 상호작용을 종합적으로 고려하여 난방, 냉방, 조명, 급탕 및 환기에 요구되는 에너지를 정략적으로 분석할 수 있는 솔루션이다. 에너지 분석 시뮬레이션은 주거 및 비주거용 건물 전반에 걸쳐 건축적 또는 설비적 특성에 의한 에너지흐름의 상호작용을 종합적으로 고려하여 난방, 냉방, 조명, 급탕 및 환기에 요구되는 에너지를 정량적으로 평가 가능하다.



[그림 23] CE3 프로그램 실행화면 및 결과값 예시

(2) 국내 기존건축물 평가방법 고찰

(가) 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 4>와 같은 단계에 따라 분류하고 이에 따라 순서대로 진행하는 것이 바람직하지만 건물의 용도 및 조건, 특성을 고려하여 가감되어 에너지진단이 수행되고 있다.

<표 4> 건물의 에너지성능을 평가하기 위한 단계적 수행내용

구분		목적	진단자	자료	기간
1차진단	예비 진단	에너지소비량 인식	건물 관리자	에너지소비량 사무장부류 준공도	약 1주
	부문별 진단	에너지소비량에 문제가 있을 경우, 어떤 부분에서 문제가 발생하였는지 인식	건축설비 기술자	준공도 운전일지 육안관찰 문진	약 3주
2차진단		문제의 내용을 상세하게 인식	진단전문 기술자	실측조사	장기간

(나) 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.

① 에너지진단 조사항목

조사는 시공기록, 운전관리기록, 건물관리데이터 등을 대상으로 실시하고 필요에 따라 건물 관리자에게 문의한다. 조사항목은 건물개요, 건축외피, 설비, 운용관리, 기간별 에너지소비량 등으로 <표 5>과 같이 구분할 수 있다.

<표 5> 에너지진단 조사항목

구분	조사항목
건물개요	- 건축면적 및 연면적 - 방위 및 실별 배치 - 실별 용도 및 주변조건 등
건축외피	- 외피면적(지붕, 외벽, 바닥, 창면적비 등) - 외피구조와 창구조(외벽, 지붕, 창문 등의 단면) - 일사조정장치(블라인드, 루버, 커튼, 차양 등의 유무와 범위) - 출입구(방풍실, 출입문 형식, 외기침입상황 등) - 칸막이(칸막이 변경의 정도, 공조존과의 적합성 등)
설비	- 공조 및 급탕의 열원기기(방식, 용량, 대수, 축열조 등) - 공조 및 급탕의 반송기기(송풍방식, 급수방식, 유량 등) - 공조 조닝(방위별, 용도별, 시간대별) - 보온 및 보냉 재료의 종류와 두께 등 - 환기설비(대상, 계통, 방식, 풍량 등) - 위생기기(세정방식, 절수방법 등) - 급탕설비(대상, 방식, 열원 등) - 조명설비(방식, 조명기기 형식 등)
운용관리	- 실내 설정 온도 및 습도 - 실내 적정조도 및 조명기구 배치 - 실내 재실인원 및 외기도입량 등 - 건물의 사용상황(운영시간, 공조시간, 공휴일 등) - 관리체제와 관리기준
에너지소비량	- 전기, 가스, 유류, 물 등의 사용량(년, 월, 시간별)
실내환경	- 건구온도, 습구온도, 상대습도 등 - 분진 및 CO2 등의 농도

② 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 6> 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

③ 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.

④ 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.

⑤ 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.

(다) 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.

(3) 시뮬레이션 프로그램을 활용한 에너지해석 방법의 쟁점

최근 시뮬레이션 도구를 이용한 건물 에너지 성능평가는 친환경 저에너지 건물에 대한 관심의 증대와 더불어 에너지 해석 도구들의 발전으로 인해 많은 주목을 받고 있다.

하지만, 도구들의 발전과 별도로 에너지 해석 모델은 (1) 정밀하게 건물 성능을 예측하고, (2) 해당 문제점을 진단하고, (3) 해결방법을 찾는데 많은 어려움들이 존재한다.

특히, 노후화된 기존 건축물의 경우, 설계도서 및 시방서에 기술된 내용과 다르게 시뮬레이션 정보의 소실, 왜곡, 변환 등으로 인해 정확한 모델링을 하기 상당히 난해하다. 그리고 수집된 불완전한 정보는 시뮬레이션 모델링 실무자의 주관적 판단 및 가정의 개입을 수반하며 이는 해석결과의 불확실성을 증대시킨다.

결국, 시뮬레이션 예측결과를 이용한 의사결정 결과는 많은 리스크를 내재하고 있다. 비록 진보적인 사후처리방법들은 (민감도 및 불확실성 분석, 보정, 다기준 의사결정 등) 전술된 불확실성을 해소하기 위해 노력하고 있지만 초기에 수집된 불완전한 정보로 인해 객관적이고 신뢰성 있는 해석결과 또는 의사결정을 얻기는 어려울 것이다.

(가) 시뮬레이션 정보수집의 어려움

시뮬레이션 정보는 일반적으로 정적인 정보 (static information)와 동적인 정보 (dynamic information)로 구분될 수 있다. 정적인 정보는 시간의 흐름에 관계없이 일정한 정보로서, 예를 들면 건물 3D 형상, 재료의 물성치, 최대 재실인원, 조명 및 기기 부하 정보, 시스템과 플랜트의 열적정보 등을 들 수 있다.

이와 달리 동적인 정보는 시간의 흐름에 따라 변화하는 불확실성이 큰 정보로서 기상 데이터, 재실자의 행동패턴, 시스템과 플랜트 등의 운영 정보 등을 말한다. 위 정보들의 올바른 수집은 상당히 난해하지만 시뮬레이션 결과에 중대한 영향을 미치므로 면밀히 검토하여 수집하는 것이 필요하다.

본 연구의 정적인 정보는 1차적으로 설계도면 및 시방서를 통해 획득하였다. 하지만, 기존 건축물은 신축 건축물과 달리 많은 설계변경으로 인해 실제 정보는 소실되거나 왜곡된 경우가 빈번하다. 이로 인해, 본 저자들은 2차적으로 발주자, 시뮬레이션니스트, 시스템 및 플랜트운영자들과 수차례의 면담과 현장방문을 통해 정보의 수정, 추가, 제거작업을 실시하였다.

다음으로 동적인 정보는 빌딩 시뮬레이션 분야에서도 상당히 결정하기 힘든 부분이다. 우선, 기상 데이터는 건물 외피의 열손실 및 열 획득에 영향을 주는 입력정보로서 기존 건축물의 정밀 모델링을 위해 대상 건물에서 측정된 로컬데이터를 사용하는 것이 바람직하다. 하지만, BEMS가 설치된 기존 건축물일지라도 에너지 해석을 위한 상세 기상정보를 획득하기 어렵다. 예를 들면 각 방위각에 따른 일사획득은 상이하지만 대부분의 데이터는 수평면 전일사 또는 확산일사 만을 측정하고 각 방위각에 따른 일사는 회귀식에 의해 추정된다. 즉, 일사 데이터는 회귀식의 정밀여부에 따라 달라질 수 있다. 전술된 입력정보 수집은 다양한 건물 정보를 특정 시뮬레이션 모델링 입력정보로 변경하는 과정이다.

즉, 올바른 정보를 추출하고 맵핑하는 작업은 단순히 시뮬레이션니스트들의 주관적 가정과 판단으로 결정될 수 있는 사항이 아니며, 다양한 도메인 영역의 충분한 정보 및 지식전달이 필요하다. 추후 정보 수집의 문제점은 센서 및 통신 네트워크 기술이 발달할 경우에 어느 정도 해소가 가능할 것으로 판단된다.

(나) 입력정보의 경계조건 및 불확실성 문제

수집된 입력정보는 모델링에 요구되는 구성요소들을 결정하는 과정이며, 시뮬레이션니스트들은 추가적으로 입력 값의 경계조건을 설정하고 그 범위에서 합리적인 값을 결정하는 것이 필요하다. 대부분의 입력정보는 단일한 값이 아니라 일정범위를 가지고 있다. 예를 들면, 구조체의 물성치 정보인 밀도, 비열, 열전도율은 건물의 노후화로 인해 기존 문헌들에서 제시된 정보와 상이할 수 있다.

즉, 기존 문헌뿐만 아니라 의사결정자들의 참여 또는 측정된 데이터를 통해 변수들의 입력 값을 결정하거나 추정 하는 작업이 필요하다.

본 연구의 시뮬레이션 정보의 입력 값은 기존 문헌을 통해 1차적으로 결정 한 뒤, 전문가들의 주관적 판단을 통해 세부적으로 입력 값의 경계조건을 결정하였다. 하지만, 시뮬레이션 입력 값은 전술한 바와 같이 불확실하므로 추후 보정을 통해 경계조건 내에서 측정값과 시뮬레이션 예측값을 최소로 하는 입력변수들을 역추정하는 것이 필요하다.

(다) 결과검증 방법의 문제점

시뮬레이션 툴의 예측결과는 다양한 대안들의 의사결정 또는 비전문가들에게 성능분석 결과를 제시해주는 단계이다. 하지만, 일부 전문가들은 총합의 예측결과만을 가지고 기존 건축물의 에너지 성능평가 및 모델의 검증을 실시한다.

한 예로, 월별 또는 전체 시스템의 총합으로 된 측정 데이터와 예측 결과를 비교함으로써 에너지 모델링의 정확성 또는 시스템의 성능을 판단한다 (Ahnet al, 2012). 그러나 월별 또는 전체 시스템으로 평가하는 방법은 측정 데이터와 예측결과들이 유사할 수 있지만, 다양한 구성요소들의 출력정보 (e.g. 공조기와 플랜트 입/출구 온도 및 유량, 존의 실내온도 등)들을 면밀히 조사하면 상이한 패턴 또는 불일치한 정보들을 발견할 수 있다.

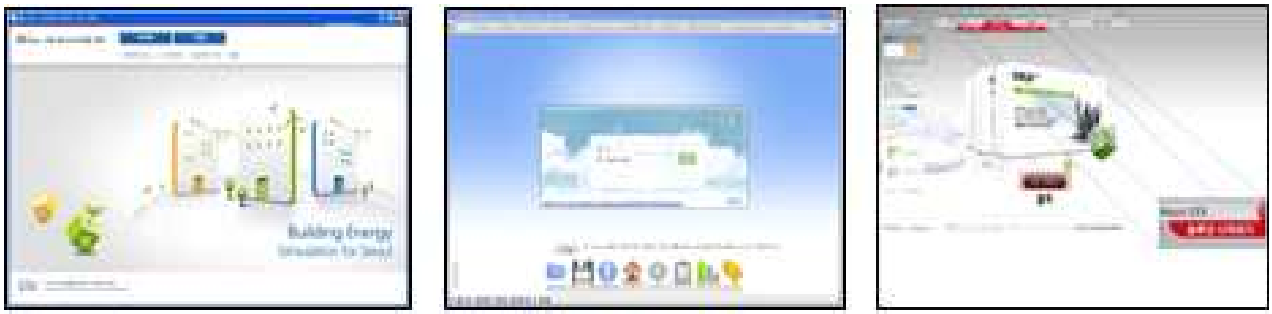
시뮬레이션 모델의 정확성을 판정하기위해서는 sub-metering(냉방, 난방, 조명, 급탕, 환기, 기기 등)데이터 또한 필요하지만 대부분의 경우 정보는 없는 것이 현실이다.

나. ISO 13790 기반 에너지 해석 방법

(1) ISO 13790 적용한 국내 에너지 해석 프로그램

(가) 국내 건축물 에너지성능평가 현황

국내에서는 건축물 설계 단계에서 건물 에너지 성능 평가 툴의 활용이 증가하고 있다. 또한, 국외의 LEED, BREEAM등의 친환경 인증제도에서 건물 에너지 성능 평가가 의무화되고 있으며 국내의 경우에도 건물에너지효율등급과 에너지소비총량제 평가에 ECO2, ECO-OD, BESS 등의 에너지 성능 평가 툴이 사용되고 있다. Energy Plus 나 Trnsys와 같은 동적 시뮬레이션 프로그램은 전문가용으로 입력변수가 많아 사용에 제한적이다. 현재 국내에서는 범용 에너지 해석 프로그램으로 ISO 13790 기반의 국제 표준계산 기법을 도입한 평가 툴 사용하며, ECO2-OD의 경우 에너지 관리공단에서 진행하는'에너지 진단'제도에 기존 건축물의 성능평가 부분에 사용되고 있는 프로그램이다. 그러나 기존 건축물의 상태가 고려되지 않은 입력변수가 적용되고 있다. 따라서, 기존 건축물 설비시스템의 격년변화를 고려한, 실측 또는 실제 운전 부하율등이 포함된 계산 방법이 필요하다.



[그림 24] 국내 ISO 13790기반 에너지 해석 프로그램

(나) ISO 13790의 정의

에너지 성능 평가 기반의 설계가 실질적이고 효과적인 에너지 절감 대책 중 하나로 인식됨에 따라 현재 전 세계에는 약 300개 이상의 에너지 성능 평가 툴이 개발되어 활용되고 있다. 이들 툴은 해석 알고리즘 측면에서 정적해석, 준정상해석, 동적해석 기반의 툴로 대별할 수 있다. 이 중 입력이 복잡하고 수행시간이 길지만 실제 건물에 가까운 모사가 가능한 동적해석툴과 입력 항목이 적고 직관적이며 수행시간이 짧은 ISO 13790 기반의 준정상해석툴이 현실적인 대안으로 많이 쓰이고 있다. 준정상해석툴과 동적해석툴의 주요 특징은 다음 표와 같다.

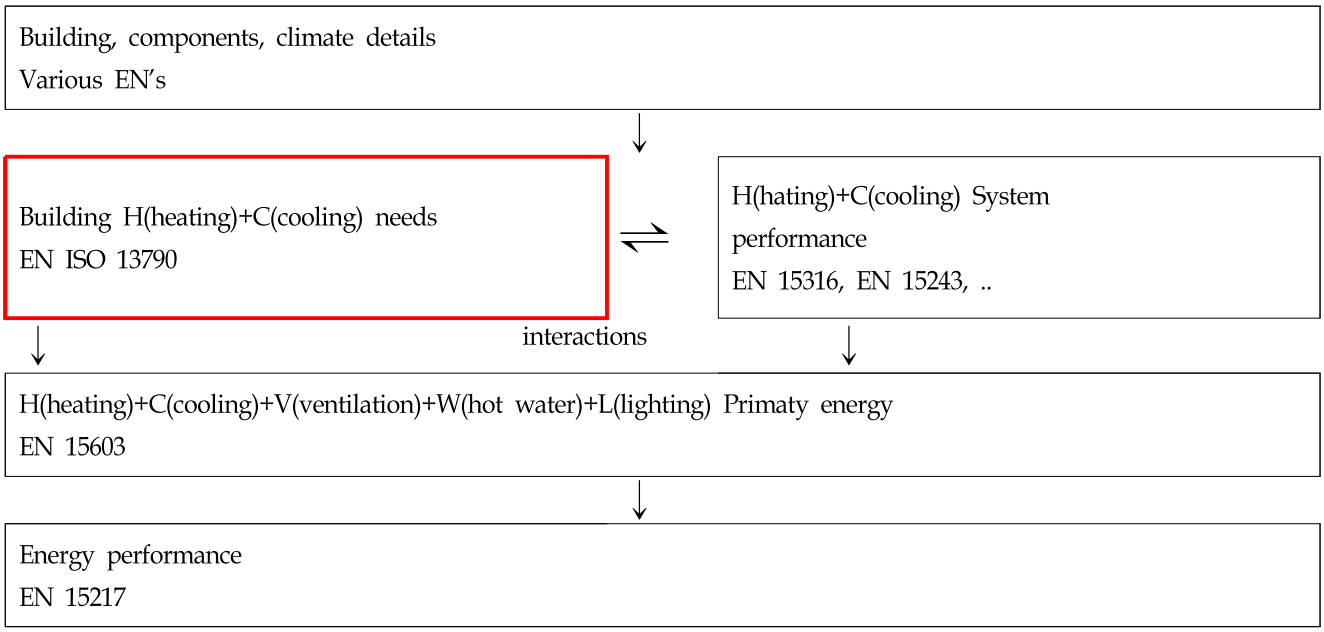
<표 7> 에너지 해석 방법에 따른 프로그램 및 특징

해석방법	프로그램	장단점
준정상 상태	PHPP(독일), SBEM 4.0(영국) ECO2, BESS, CE3(한국)	- 간단한 대수식 기반의 투명성 해석의 정밀도 낮음 - 상세한 건물 형상 및 시스템 입력 불가능
동적상태	EnergyPlus, TRNSYS, DOE, eQUEST(미국) ESP-r, IES-VE (영국)	- 해석의 정확성, 실제 건물과 유사한 모사 가능 - 입력 항목이 많고 전문성 필요, - 오랜 계산 시간, 사용자 수준에 따른 결과 편차

EN ISO 13790은 1990년대 초기 EN 832라는 기준에서 시작되었는데 이 기준은 간단한 방법인 월간 방법이나 기간 방법에서의 열 획득 이용률을 정한 기준이며, 그 값은 참고계수 및 참고 시간상수는 ($a_{H,0}$=1, $\tau_{H,0}$=16)으로 난방에너지 요구량 계산을 포함하고 있다. EN 832에 근거를 두고 있지만, 비 거주 지역까지 포함한 prEN ISO 13790 기준이 2002년에 성립 되었으며, 이 기준은 CEN 기준에서 CEN과 ISO가 통합된 모습으로 EN ISO 13790(2004) 기준의 배경이 되었다. 2008년의 EN ISO 13790은 기존에 포함되지 않았던 냉방에너지 요구량에 대한 내용도 포함 되었으며 이를 계산하는 방법 또한 다양하게 되었고 이 기준에서의 변수 값은 참고계수 및 참고 시간상수는 ($a_{H,0}$=1, $\tau_{H,0}$=15)로 수정 되었다.

다음 <표 8>[5]은 EPBD 에서의 EN ISO 13790 기준에 사용되는 위치를 표현한 것이다. 시스템 성능에 관한 기준은 EN 15316과 EN 15243의 상호 작용을 통하여 건물의 에너지 성능을 계산한다.

<표 8> EPBD에서의 EN ISO 13790의 위치



(2) 건축물 냉난방 부하 계산 방법

(가) ISO 13790의 월별 계산법 (Monthly Calculation Method)

국내 에너지 효율등급 제도의 건축물 에너지 성능평가 프로그램인 ECO2 와 서울시 자체적으로 시행하고 있는 건물 에너지 소비 총량제도에 평가 프로그램 BESS 는 모두 ISO 13790의 월별 계산법 (Monthly Calculation Method)을 사용하고 있다. 부하계산에 있어 ISO 13790 계산법에서 사용되는 열용량 및 열손실획득 비에 따른 유효계수를 어떻게 설정하느냐에 따라 냉난방 부하 계산이 달라지는데 이는 각 지역의 기상 조건에 따라 달라진다.

따라서, ISO 13790에서는 이 오차를 줄이기 위해서는 각국마다 다른 유효계수 값을 적용하도록 권장 하고 있다. 국내 연구에선 곽희정 등이 ISO 13790을 적용시킬 수 있는 유효 계수값이 달라지면서 차이가 나는 부하량 계산 값을 산출하여 비교한 연구결과를 제시한바 있으며 국내 건물 및 기후를 반영한 유효계수가 필요하다.

5) Dick van Dijk (2008) EN ISO 13790 : Energy performance of Buildings - Energy use for space heating and cooling.

국외에서는 건축 설계요소 중 어느 요소가 ISO 13790 계산기법과 Dynamic Simulation Tool 냉난방부하 기여도가 어떠한지를 평가하는 연구가 있었다. ISO 13790 Monthly법, ISO 13790 Hourly법, EnergyPlus, ESP_r을 이용하여 설계변수에 따른 냉난방부하를 비교 하였다.[6)]

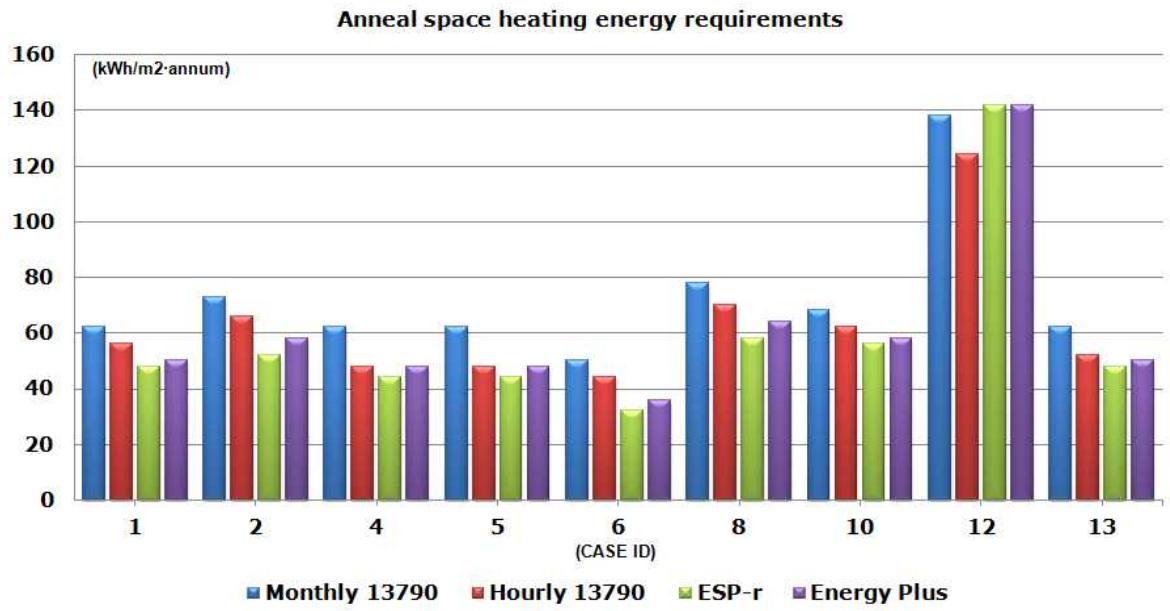
상위 4가지 시뮬레이션 계산 툴에서 나온 에너지사용량(kWh/㎡.annum)의 등급(A+, A, B+, B, C+, C, D+, D, E+, E)을 판정하고, 4가지 계산 기법이 모두 유사등급을 나타나면 분석에서 제외하고, 서로 편차를 보이는 경우 변수별 결과 분석하는 방식으로 진행한다. 냉난방부하량 결과값은 편이상 case별 ID를 부여하여 비교한다.

Annual heating energy requirements (kWh/m^2 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/m^{2}K)	68.3	63.3	57.1	55.4
11	Construction: heavyweight (C_m = 231.6 kJ/m^{2}K)	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 25] 변수에 따른 각 계산 기법의 난방부하량

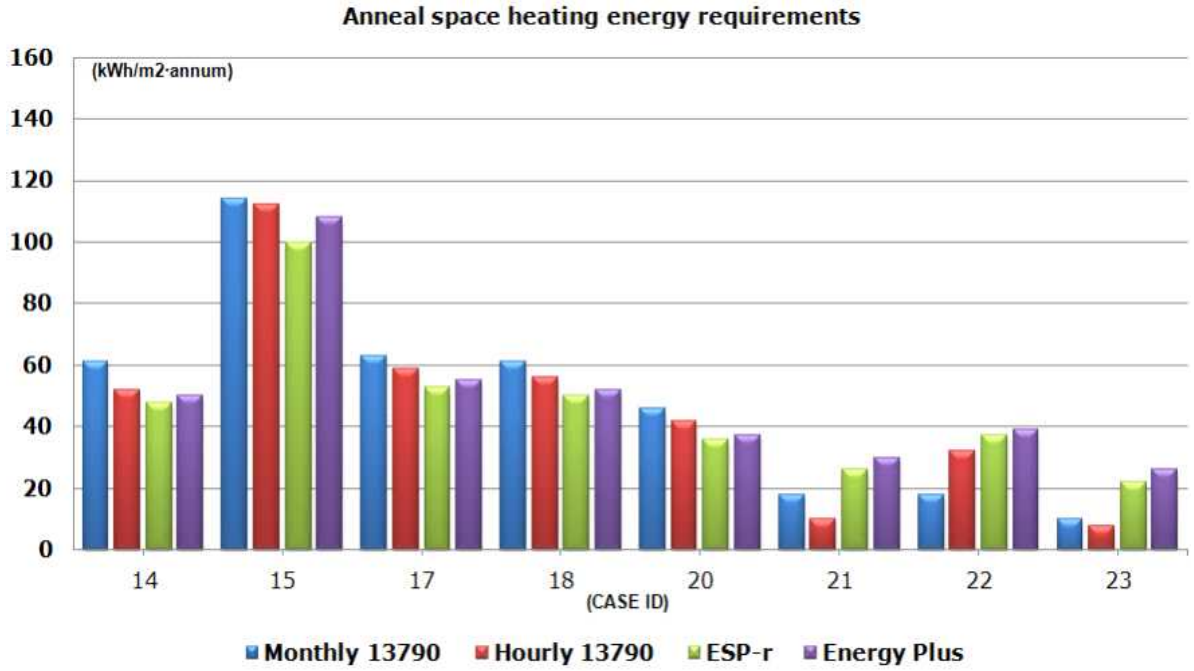
상위 표의 23개 case중, 6개 case(case ID : 3, 7, 9, 11, 16, 19)는 모두가 유사등급을 가지므로 분석에서 제외하고, 나머지 17개 case로 분석이 진행된다.[7)]



[그림 26] 케이스별 연간난방에너지 전력 요구량 (kWh/m2)

6) Georgios Kokogiannakis 외, 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,

7) Georgios Kokogiannakis 외, 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,



[그림 27] 케이스별 연간난방에너지 전력 요구량 (kWh/m2)

① ISO 13790의 Monthly Calculation Method에 의한 냉난방 에너지 요구량 산출방법

ISO 13790은 건축물의 난방 및 냉방 에너지요구량 산출방법을 규정한 것으로 월별/계절별 계산법 [Monthly (or Seasonal) Calculation Method], 시간별 간략 계산법 (Simple Hourly Calculation Method), 동적 시뮬레이션 방법 (Dynamic Simulation Method) 등 다양한 계산방법을 제시하고 있다. 이 중 PHPP 2007에 적용된 Monthly Calculation Method는 건축물에서의 외피 및 환기 전열, 내부발열, 일사 열획득을 계산에 포함하며 난방 및 냉방에너지 요구량은 월평균 외기온도에 대한 난방 및 냉방설정 온도를 유지하기 위해 요구되는 열량 값을 의미한다.

이 방법에 난방 및 냉방 에너지 요구량은 연속 난방 및 냉방운전을 가정하여 <표 9>, <표 10>과 같이 산출하며 구체적 내용은 다음의 식[8]들과 같다.

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn} \quad \cdots\cdots \text{식 (2.1)}$$

$$Q_{C,nd} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} Q_{C,ht} \quad \cdots\cdots \text{식 (2.2)}$$

여기에서,

· $Q_{H,nd}$: 연속난방 시 난방 에너지 요구량(MJ)

· $Q_{H,ht}$: 난방모드에서의 총 전열량(MJ)

· $\eta_{H,gn}$: 난방모드에서의 획득 열량 활용계수

· $Q_{H,gn}$: 난방모드에서의 총 획득 열량(MJ)

· $Q_{C,nd}$: 연속냉방 시 냉방 에너지 요구량(MJ)

· $Q_{C,gn}$: 냉방모드에서의 총 획득 열량 (MJ)

· $\eta_{C,ls}$: 냉방모드에서의 손실열량 활용계수

· $Q_{C,ht}$: 냉방모드에서의 총 전열량(MJ)

8) 열량 단위로 ISO 13790에서는 J, PHPP 2007에서는 Wh 사용

<표 9> ISO 13790 Monthly Calculation Method에 의한 난방 에너지 요구량 산출 방법

난방모드에서의 외피 전열량 ($Q_{H,tr}$)		난방모드에서의 내부발열량 ($Q_{H,int}$)
		+
+		난방모드에서의 일사열획득량 ($Q_{H,sol}$)
		‖
난방모드에서의 환기 전열량 ($Q_{H,ve}$)		난방모드에서의 총 획득열량 ($Q_{H,gn}$)
		x
① 난방모드에서의 총 전열량 ($Q_{H,ht}$)	−	② 난방모드에서의 총 유효획득열량 ($n_{H,gn}$, $Q_{H,gn}$)
		‖

(①-②) = 연속난방시 난방 에너지 요구량($Q_{H,nd}$)

<표 10> ISO 13790 Monthly Calculation Method에 따른 냉방에너지 요구량 산출

냉방모드에서의 내부 발열량 ($Q_{C,int}$)		냉방모드에서의 외피 전열량 ($Q_{C,tr}$)
		+
+		냉방모드에서의 환기 전열량 ($Q_{C,ve}$)
		‖
냉방모드에서의 일사열 획득량 ($Q_{C,sol}$)		냉방모드에서의 손실열량 활용계수 ($n_{C,ls}$)
		x
① 냉방모드에서의 총 획득열량 ($Q_{C,gn}$)	−	② 냉방모드에서의 총 유효손실열량 ($n_{C,ls}$, $Q_{C,ht}$)
		‖

(①-②) = 연속냉방시 냉방 에너지 요구량($Q_{C,nd}$)

식 (2.1), (2.2)에서 총 전열량($Q_{H,ht}$, $Q_{C,ht}$)은 외피 및 환기 전열량을, 총 획득열량($Q_{H,gn}$, $Q_{C,gn}$)은 내부발열량 및 일사열획득량을 의미한다.

획득열량 활용계수($\eta_{H,gn}$, $\eta_{C,ls}$)는 각각 난방 및 냉방모드에서 획득 및 손실열량이 손실 및 획득열량을 감소시키는데 활용되는 정도를 나타내는 계수로서, 총 전열량과 총 획득열량의 열평형 비율(heat-balance ratio)과 구조체의 열용량[9]을 반영하여 계산된다.

9) ISO 13790에서는 별도의 국가 기준이 없는 경우 Very Light, Light, Medium, Heavy, Very Heavy로 구분하게 하고 있음

식 (2.1), (2.2)의 총 전열량($Q_{H,ht}$, $Q_{C,ht}$) 및 총 획득열량($Q_{H,gn}$, $Q_{C,gn}$) 계산식은 식(2.3)~(2.10)과 같고, 총 전열량($Q_{H,ht}$, $Q_{C,ht}$)은 난방 및 냉방 설정온도($\theta_{int,set,H}$, $\theta_{int,set,C}$)와 월평균 외기온도($\theta_{e,\min}$)간 대소 관계에 따라 손실 혹은 획득열량이 된다.

$$Q_{H,ht} = Q_{H,tr} + Q_{H,ve} \quad \cdots\cdots \text{식 (2.3)}$$

$$Q_{H,tr} = H_{tr}(\theta_{int,set,H} - \theta_{e,\min})t \quad \cdots\cdots \text{식 (2.4)}$$

$$Q_{H,ve} = H_{ve}(\theta_{int,set,H} - \theta_{e,\min})t \quad \cdots\cdots \text{식 (2.5)}$$

$$Q_{H,gn} = Q_{H,int} + Q_{H,sol} \quad \cdots\cdots \text{식 (2.6)}$$

$$Q_{C,ht} = Q_{C,tr} + Q_{C,ve} \quad \cdots\cdots \text{식 (2.7)}$$

$$Q_{C,tr} = H_{tr}(\theta_{int,set,C} - \theta_{e,\min})t \quad \cdots\cdots \text{식 (2.8)}$$

$$Q_{C,ve} = H_{ve}(\theta_{int,set,C} - \theta_{e,\min})t \quad \cdots\cdots \text{식 (2.9)}$$

$$Q_{C,gn} = Q_{C,int} + Q_{C,sol} \quad \cdots\cdots \text{식 (2.10)}$$

여기에서,

· $Q_{H,ht}$: 난방모드에서의 총 전열량(MJ)
· $Q_{H,tr}$: 난방모드에서의 외피 전열량(MJ)
· $Q_{H,ve}$: 난방모드에서의 환기 전열량(MJ)
· H_{tr} : 외피 총 전열계수(W/K)
· $\theta_{int,set,H}$: 난방 설정온도(℃)
· $\theta_{e,\min}$: 월 평균 외기 온도(℃)
· H_{ve} : 환기 총 전열계수(W/K)
· t : 계산시간간격(매월 기간, Ms)
· $Q_{H,int}$: 난방모드에서의 내부발열량(MJ)
· $Q_{H,sol}$: 난방모드에서의 일사열획득량(MJ)
· $Q_{C,tr}$: 냉방모드에서의 외피 전열량(MJ)
· $Q_{C,ve}$: 냉방모드에서의 환기 전열량(MJ)
· $\theta_{int,set,C}$: 냉방 설정온도(℃)
· $Q_{C,int}$: 냉방모드에서의 내부발열량(MJ)
· $Q_{C,sol}$: 냉방모드에서의 일사열획득량(MJ)

난방 에너지요구량 산출을 위한 식 (2.1)에서 획득열량 활용계수($\eta_{H,gn}$)는 식 (2.11) ~ (2.17)로 계산된다.

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}} \quad \cdots\cdots \text{식 (2.11)}$$

예를 들어 $\gamma_H > 0$, 그리고 $\gamma_H \neq 1$: $\eta_{H,gn} = \dfrac{1-\gamma_H^{a_H}}{1-\gamma_H^{a_H+1}}$ $\cdots\cdots$ 식 (2.12)

예를 들어 $\gamma_H = 1$: $\eta_{H,gn} = \dfrac{a_H}{a_H+1}$ $\cdots\cdots$ 식 (2.13)

예를 들어 $\gamma_H < 0$: $\eta_{H,gn} = \dfrac{1}{\gamma_H}$ $\cdots\cdots$ 식 (2.14)

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}} \quad \cdots\cdots \text{식 (2.15)}$$

$$\tau = \frac{C_m / 3{,}600}{H_{tr} + H_{ve}} \quad \cdots\cdots \text{식 (2.16)}$$

$$C_m = \sum(\kappa_j \times A_j) \quad \cdots\cdots \text{식 (2.17)}$$

여기에서,

·γ_H : 난방모드에서의 열평형비

·a_H : 시간 상수(τ_H)에 따른 계수

·$a_{H,0}$: 참고 계수

·τ : 건축물 존의 시간 상수(h)

·$\tau_{H,0}$: 참고 시간 상수(h)

·C_m : 건축물이나 존의 실내 공기와 직접 접촉하는 건축물 요소 열용량의 합(J/K)

·κ_j : 건축물 요소 j의 단위 면적당 열용량(J/㎡K)

·A_j : 건축물 요소 j의 면적(㎡)

냉방 에너지요구량 산출을 위한 식 (2.2)에서 손실열량 활용계수($\eta_{C,ls}$)는 식 (2.18) ~ (2.22)로 계산되며 시간 상수 계산방법은 난방 에너지요구량 산출시의 식 (2.16), (2.17)과 같다.

$$\gamma_C = \frac{Q_{C,gn}}{Q_{C,ht}} \quad \cdots\cdots \text{식 (2.18)}$$

$$\text{예를 들어 } \gamma_C > 0, \text{ 그리고 } \gamma_C \neq 1: \quad \eta_{C,ls} = \frac{1 - \gamma_C^{-a_C}}{1 - \gamma_C^{-(a_C+1)}} \quad \cdots\cdots \text{식 (2.19)}$$

$$\text{예를 들어 } \gamma_C = 1: \quad \eta_{C,ls} = \frac{a_C}{a_C + 1} \quad \cdots\cdots \text{식 (2.20)}$$

$$\text{예를 들어 } \gamma_C < 0: \quad \eta_{C,ls} = 1 \quad \cdots\cdots \text{식 (2.21)}$$

$$a_C = a_{C,0} + \frac{\tau}{\tau_{C,0}} \quad \cdots\cdots \text{식 (2.22)}$$

여기에서,

·γ_C : 냉방모드에서의 열평형비

·a_C : 시간 상수(τ_C)에 따른 계수

·$a_{C,0}$: 참고 계수

·τ : 건축물 존의 시간 상수(h)

·$\tau_{C,0}$: 참고 시간 상수(h)

식 (2.15), (2.22)에서 참고계수($a_{H,0}$, $a_{C,0}$)와 참고 시간상수($\tau_{H,0}$, $\tau_{C,0}$)는 ISO 13790에서 표로 제시하고 있다. 이 값들은 각 국가별로 상황에 맞는 값을 적용할 수 있으나 별도로 정한 값이 없는 경우, 표에서 제시하는 값을 사용하게 하고 있다.

ISO 13790에서 제시된 참고 계수($a_{H,0}$, $a_{C,0}$)와 참고 시간 상수($\tau_{H,0}$, $\tau_{C,0}$) 값은 <표 11>와 같다.

<표 11> ISO 13790 Monthly Calculation Method 참고 계수와 참고 시간 상수 값

구 분	$a_{H,0}$, $a_{C,0}$	$\tau_{H,0}$, $\tau_{C,0}$ (h)
Monthly Calculation Method	1.0	15
Seasonal Calculation Method	0.8	30

식 (2.17)에서 실내 공기와 직접 접촉하는 건축물 요소의 열용량 반영을 위한 κ_j의 경우 ISO 13786: 2007[10], Annex A의 Simplified Calculation of the Heat Capacity를 통해 최대 유효두께 0.1m인 경우로 구할 수 있게 하고 있다.

ISO 13786: 2007, Annex A에서 실내 공기와 직접 접촉하는 건축물 요소의 유효두께는 총 두께의 1/2, 실내 표면과 첫 번째 단열재 사이에 있는 재료들의 총 두께, 최대 유효두께(0.1m)중 최소값을 취하게 하고 있으며, 유효두께에 따른 건축물 요소의 단위면적당 열용량(κ_j)은 아래 식 (2.23)을 통해 구해진다. 단, 내벽 등과 같이 실내 공기에 완전히 포함되는 건축물요소의 유효두께는 양쪽 표면간 두께, 즉 총 두께가 된다.

$$\kappa_j = \Sigma_i \rho_i d_i c_i, \quad \Sigma_i d_i = d_T \quad \cdots\cdots \text{식 (2.23)}$$

여기에서,

·ρ_i : 유효두께 이내의 i번째 재료 비중(kg/㎥)

·d_i : 유효두께 이내의 i번째 재료 두께(m)

·c_i : 유효두께 이내의 i번째 재료 비열(J/kg·K)

·d_T : 유효두께(m)

② CO2 발생량 분석방법

㉮ 석유환산톤(toe) 계산 방법

toe(Ton of Oil Equivalent) : 국제에너지기구(IEA)에서 정한 단위로 석유환산톤이다. toe는 107㎉로 정의하는데, 이는 원유 1톤의 순발열량과 매우 가까운 열량으로 편리하게 이용할 수 있는 단위이다.

toe = 연료발열량(㎉)/(107㎉)

toe 환산시에는 「에너지 열량환산기준」의 총발열량을 이용하여 환산한다.

㉯ toe 계산사례

경유200ℓ를 사용했을 경우의 toe 계산순서

10) ISO 13786 (2007) Thermal performance of building components - Dynamic thermal characteristics - Calculation methods.

a) 연료사용량을 열량으로 환산(㎉) : 경유는 1ℓ당 9,050㎉의 발열량

b) 비례식 작성

toe : 107㎉ = X (구하고자 하는 toe) : 1,810,000 ㎉ (경유 200ℓ의 발열량)

c) toe 계산

X = 1,810,000 / 107 = 0.181 toe

㉰ tC, tCO2 계산방법

우리나라는 국가고유 배출계수를 현재 개발 중이므로 IPCC에서 만든 배출계수를 사용하고 이용하고 있다. 이산화탄소 배출량 계산 시 순 발열량을 적용하도록 IPCC에서 권고하고 있다.

㉱ tC, tCO2 계산사례[11)]

a) 연료의 toe에 탄소배출계수를 곱함

tC = 해당연료의 toe * 탄소배출계수(tC/toe)

b) tCO2로 변환하기 위해서 1)의 tC값에 (이산화탄소분자량)/(탄소원자량)을 곱함

tCO2 = tC * 44 / 12 [이산화탄소분자량/탄소원자량]

아래의 <표 12>은 BESS 모델 내에서 난방유, 천연가스, 전기 등 에너지원에 따른 CO2 발생량 계산을 위하여 적용된 에너지원별 CO2 전환계수를 나타낸 것이다.

<표 12> CO2 배출량 계산에 적용된 에너지원별 CO2 전환계수

에너지원	이산화탄소배출계수 (kg·CO2/k·Wh)
난방유	0.259
LNG	0.202
LPG	0.227
지역 난방	0.164
지역 냉방	0.14
전기	0.4691
석탄	0.333

③ 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.

11) 에너지관리공단 석유환산톤 계산법.

그러므로 냉방운전에서의 간헐변수에 대한 시간분수 $f_{C,day}$(아래를 참조)는 난방모드의 해당월의 시간상수 $f_{H,hr}$ 대신, 냉방부하는 달의 일수를 기반으로 한다. 간헐냉방의 경우, 냉방부하량 $Q_{C,interm}$ (단위 : MJ)은 아래의 식을 이용하여 계산 된다.

$$Q_{C,interm} = a_{C,red} Q_{C,cont} \quad \cdots\cdots \text{식 (2.24)}$$

여기에서,

·$Q_{C,cont}$는 연속 냉방에서의 냉방부하량(단위 : MJ)

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

$$a_{C,red} = 1 - \left[b_{C,red} \left(\frac{\tau_{0,C}}{\tau_C} \right) \frac{1}{\lambda_C} (1 - f_{C,day}) \right] \quad \cdots\cdots \text{식 (2.25)}$$

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

·τ_C는 건물에서의 냉방운전 지속시간 (단위:시간)

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

·λ_C 는 냉방운전에서의 무한대의 획득/손실률

④ 일사 취득 계수

투명구조체에서 난방 열취득 따른 총열전도량은 아래 식에 의한 월, 위치, 그리고, z로 계산하여 구해질 수 있다.

$$Q_T = \Sigma_k H_{T,k} \bullet (\theta_i - \theta_{e,k}) \bullet t \bullet f \quad \cdots\cdots \text{식 (2.26)}$$

여기에서,

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

·θ_i는 건물에서 난방기준온도 얻어지는 내부온도(섭씨온도)

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

·t는 계산주기의 존속기간 즉, 해당 월 중의 며칠

·f는 Wh에서 MJ까지의 교환요인

건물구성요소전체에 걸쳐서 내부환경과 외부환경으로 각각 나누어 합계가 구해진다.

나. 국내 특성이 고려된 계절효율계수 (SEER, SCOP)에 대한 개념정립

(1) SCOP의 SSEER 개념 및 산출 방법

건물에 사용되는 에너지기기 성능은 아래와 같은 건물의 속성에 영향을 받는다.

· 배경이 되는 기후
· 특정한 사용용도
· 에너지공급 계통상태(난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명 등)

SCOP(heating Seasonal Coefficient of Performance)와 SEER(Seasonal Energy Efficiency Ratio for cooling)는 특정지역, 특정용도를 전제하여 도출되는 성능계수이며 자연스럽게 단일기기의 성능계수와 차이에서 그 개념을 획득 한다. 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 근거로 하여 특정지역의 기후의 가중치를 반영하여 BSE(Boiler Seasonal Efficiency), SEER로 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) … 식 (3.1)

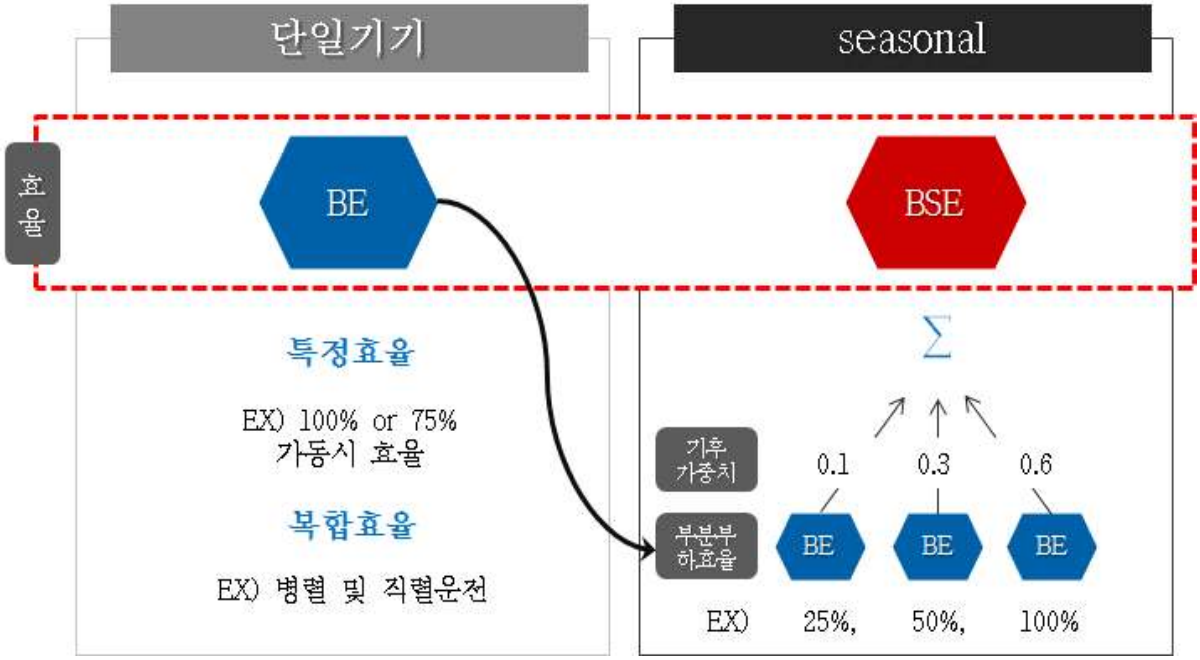
$$SEER = 0.81 \times \eta 30\% + 0.19 \times \eta 100\%$$

30%, $\eta 100\%$: 가동율 30%, 100%의 EER(Energy Efficiency Ratio) 식 (3.2)

건물적(System)요인은 계절적요인의 보정(BSE, SEER)을 받은 에너지량이 목표 공존공간까지 이동하는 동안에 건물내의 손실을 반영하여 SCOP와 SSEER을 도출한다.

(가) 난방성능 계층도

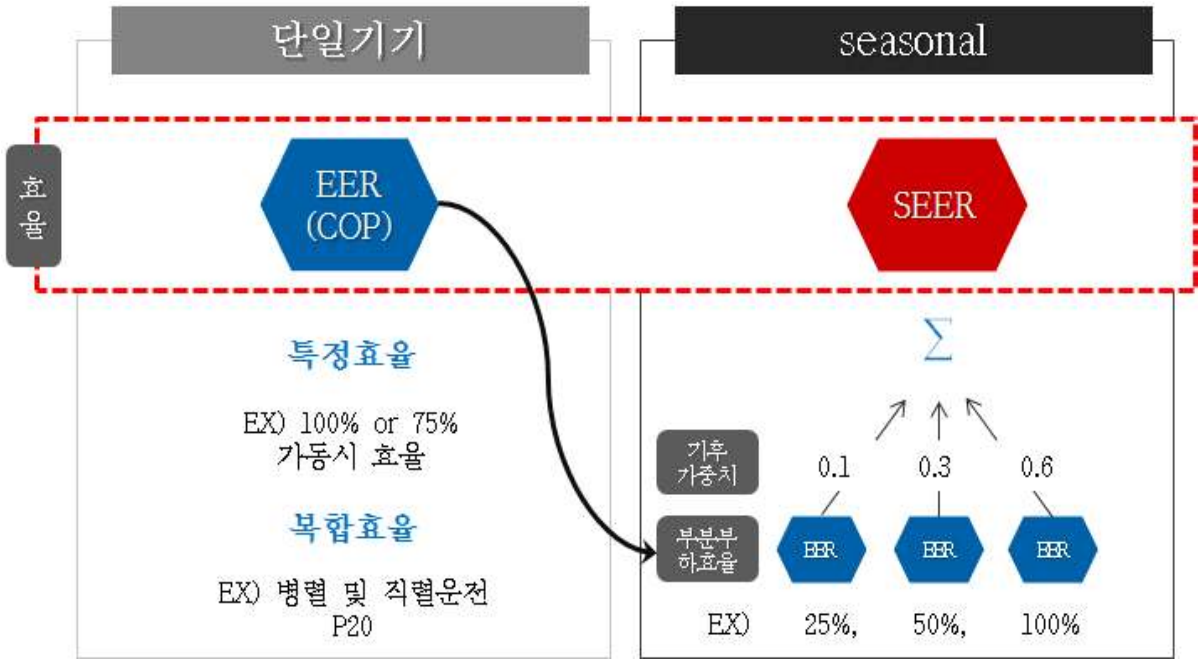
다음은 열원기기의 성능계수 계층도이다. BE는 Boiler Efficiency 약자이고 단일보일러의 효율이다. BSE는 Boiler Seasonal Efficiency이며 특정지역의 기후 가중치를 반영한 성능계수이다. SCOP는 heating Seasonal Coefficient of Performance의 약자이고 특정 건물 내 손실을 반영한 효율계수이다.



[그림 28] 온열원기기의 난방성능

(나) 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 29] 냉열원기기의 냉방성능

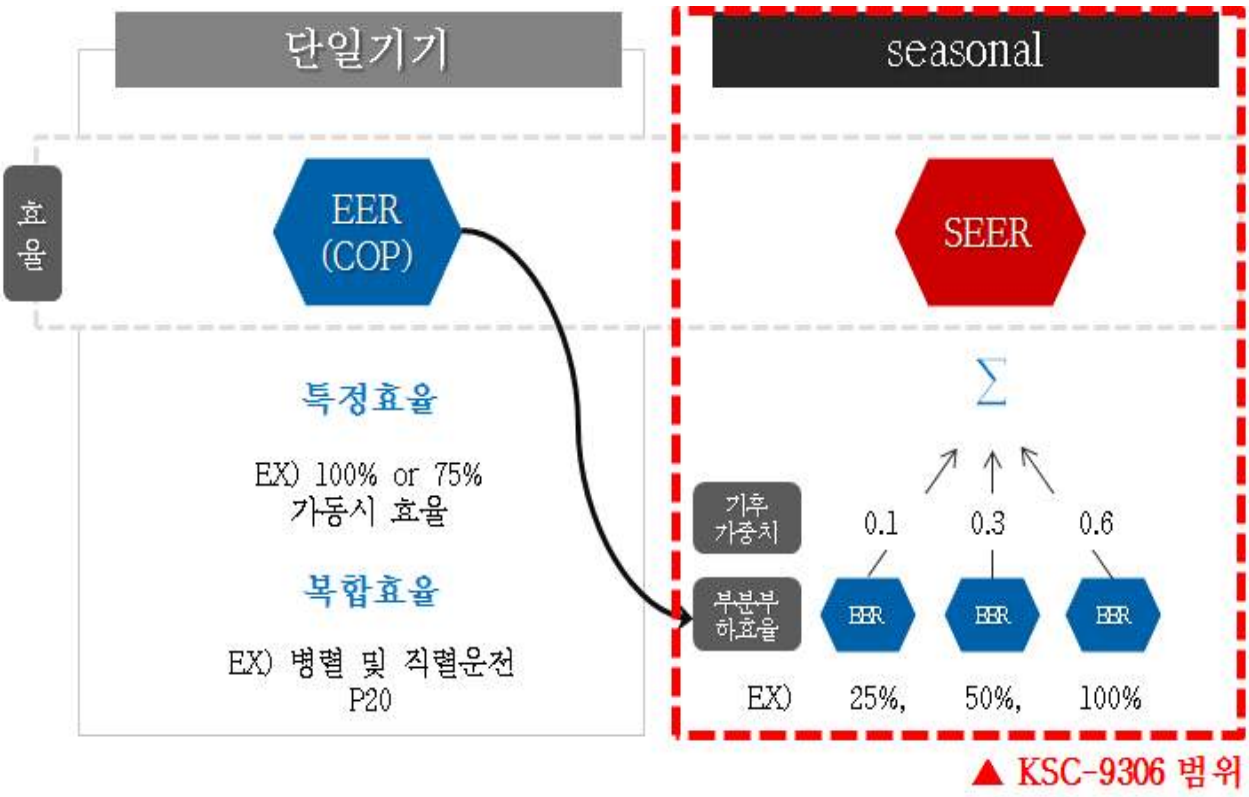
(다) 성능계층과 적용범위

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 수 없다. KSC-9306 에서도 한국의 7개 지역, 3년 평균기온을 반영한 SEER을 도출하고 있다.



[그림 30] 건물에너지 장비 성능 계수 범위

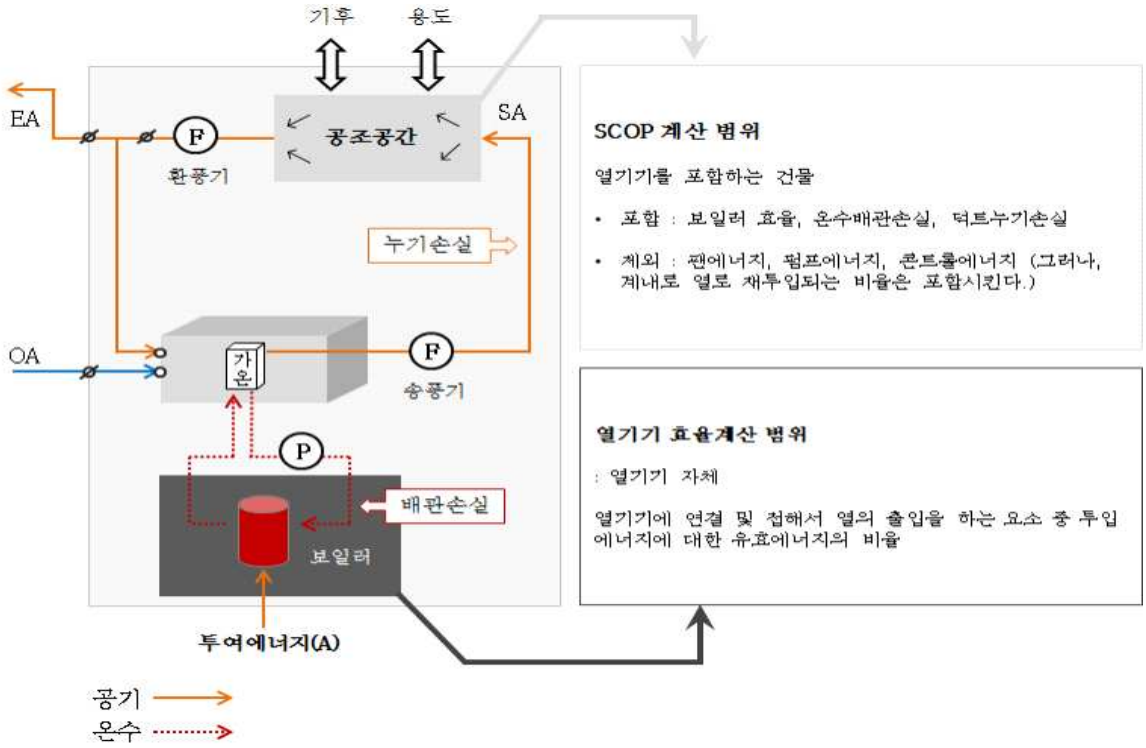
(라) 건물에너지 장비 성능 계수- 난방시스템 효율계수(SCOP)

① 범위

SCOP(heating Seasonal Coefficient of Performance)

= 난방 공조공간에 유효하게 쓰인 에너지/난방을 위해 투여한 에너지

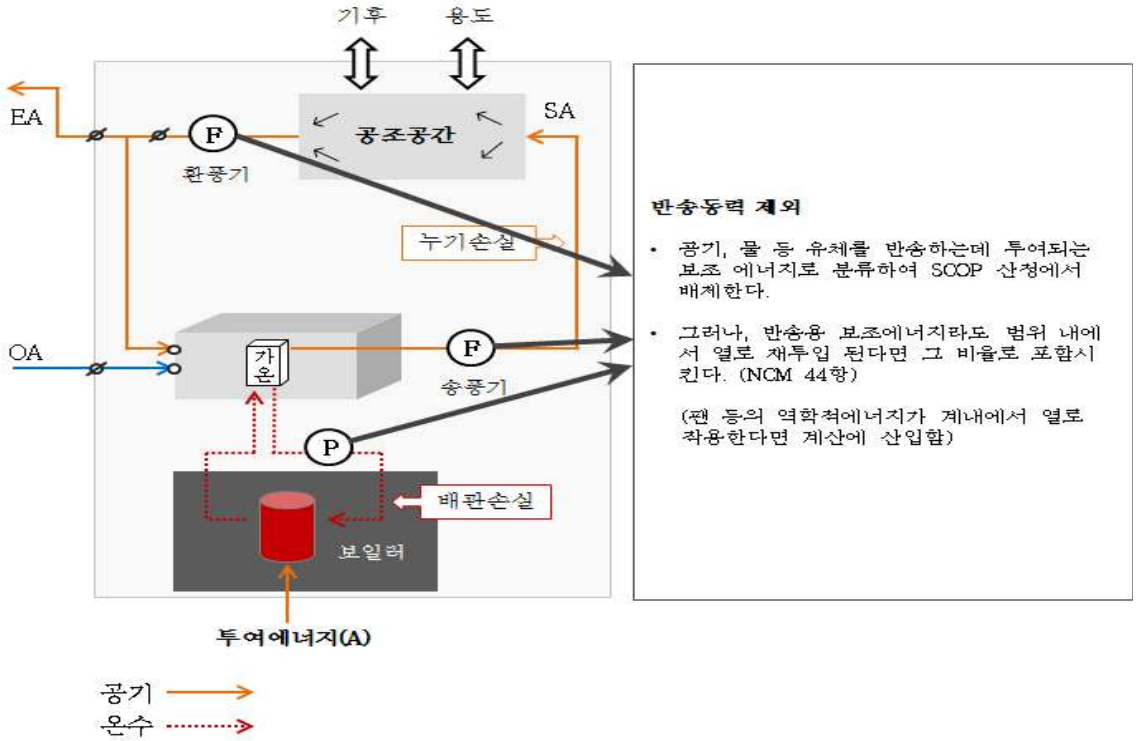
단일기기 효율 (BE=온수에 유효하게 쓰인 에너지/기기에 투여한 에너지)은 단일기기의 입력과 유효출력으로 판단하나, SCOP는 최종 유효에너지를 공조 공간으로 상정하므로 공조공간에 더운 바람으로 들어가기까지의 손실을 모두 계산에 포함해야 한다. 다만 온수펌프, 급기팬 및 배기팬의 전력은 반송동력으로 별도 계산하므로 산입하지 않는다.



[그림 31] SCOP의 계산 범위

② 범위내 제외요소(반송동력)

다음은 SCOP에서 반송동력을 제외함을 표시한 것이다.



[그림 32] SCOP의 계산 범위 내 제외 요소

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

① 범위

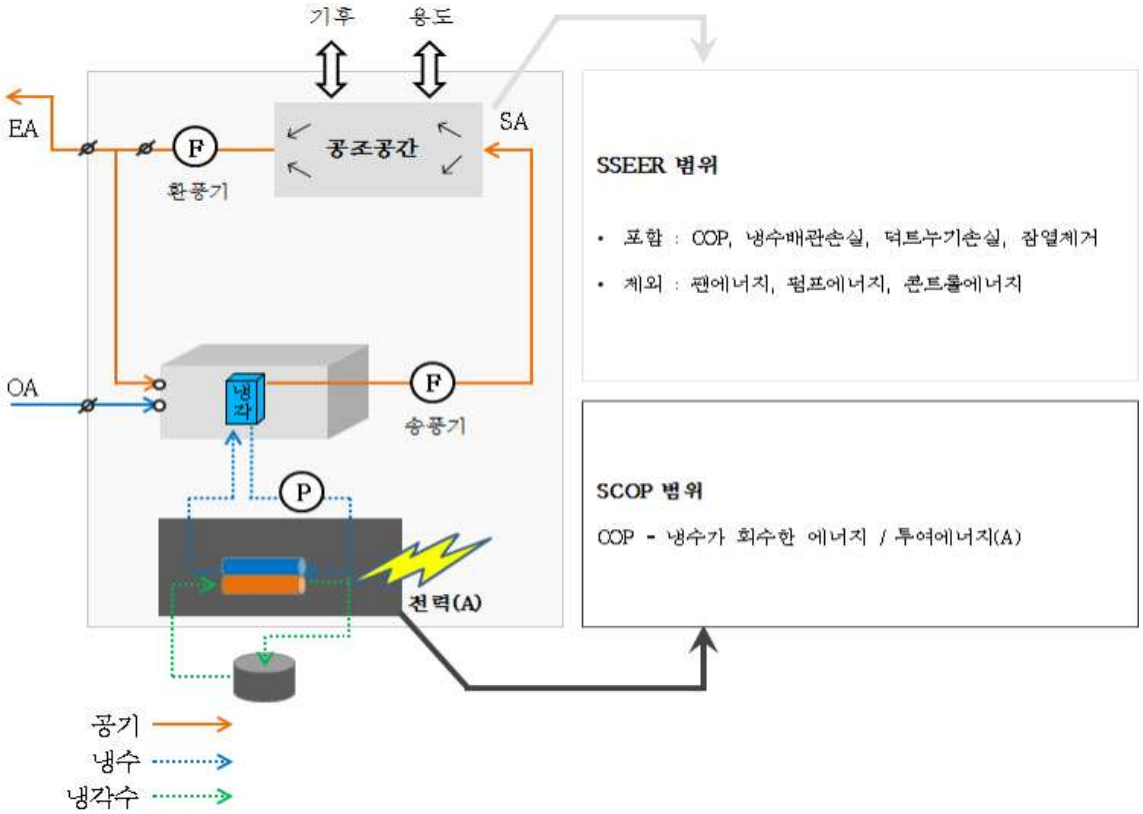
SSEER(Seasonal System Energy Efficiency Ratio for cooling)

= 냉방 공조공간에 유효하게 쓰인 에너지/냉방을 위해 투여한 에너지

단일기기효율(EER=냉수에 유효하게 쓰인 에너지/기기에 투여한 에너지)은 단일기기의 입력과 유

효출력으로 판단하나 SSEER는 최종유효에너지를 공조공간으로 상정하므로 공조공간에 찬바람으로 들어가기까지의 손실을 모두 계산에 포함해야한다.

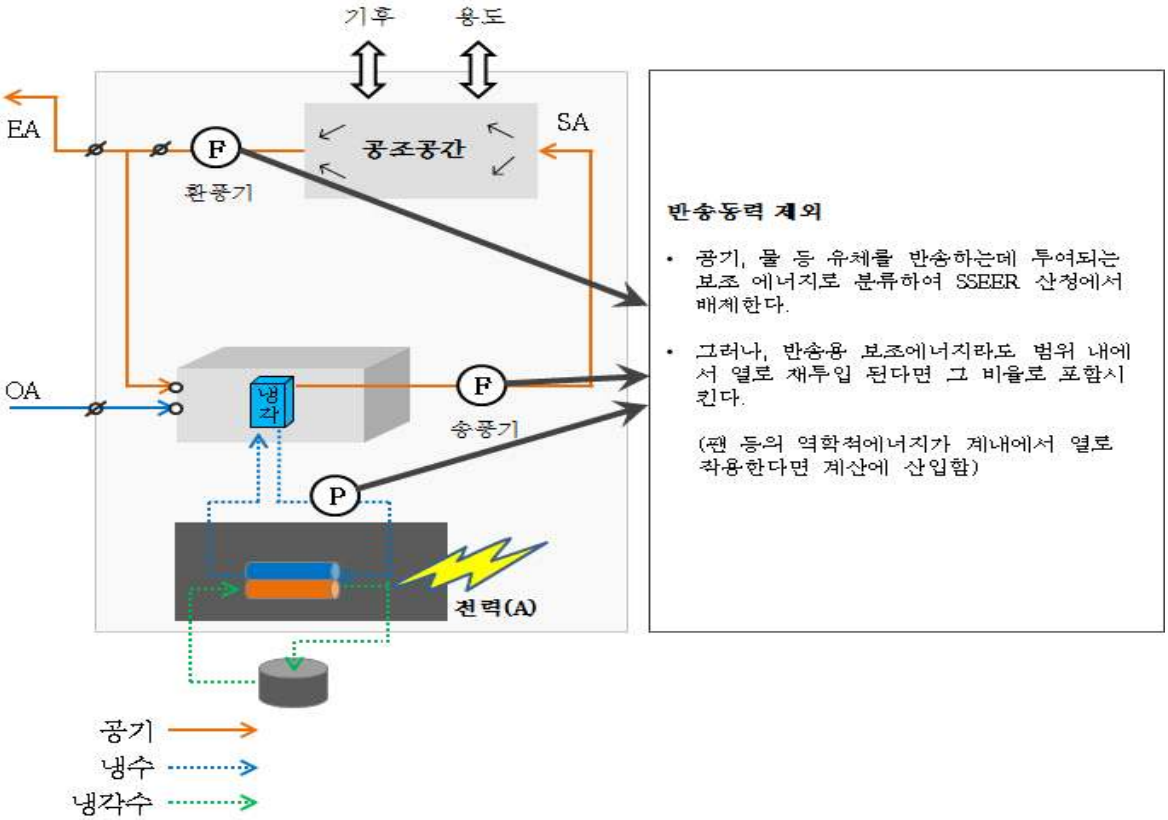
다만 온수펌프, 급기팬 및 배기팬의 전력은 반송동력으로 별도 계산하므로 산입하지 않는다.



[그림 33] SSEER의 계산 범위

② 범위내 제외

다음은 SSEER에서 반송동력을 제외함을 표시한 것이다.



[그림 34] SSEER의 계산 범위 내 제외 요소

(2) 계절간 부분부하 가중 계수 적용 방법

기후조건이 가동율 30%로 작동하는 비율이 10%이고, 가동율 50%로 작동하는 비율이 60%이고, 가동율 100%로 작동하는 비율이 30%인 경우에 기간효율을 계산하는 방식이다.

SEER = 0.1 × η30% + 0.6 × η50% + 0.3 × η100%

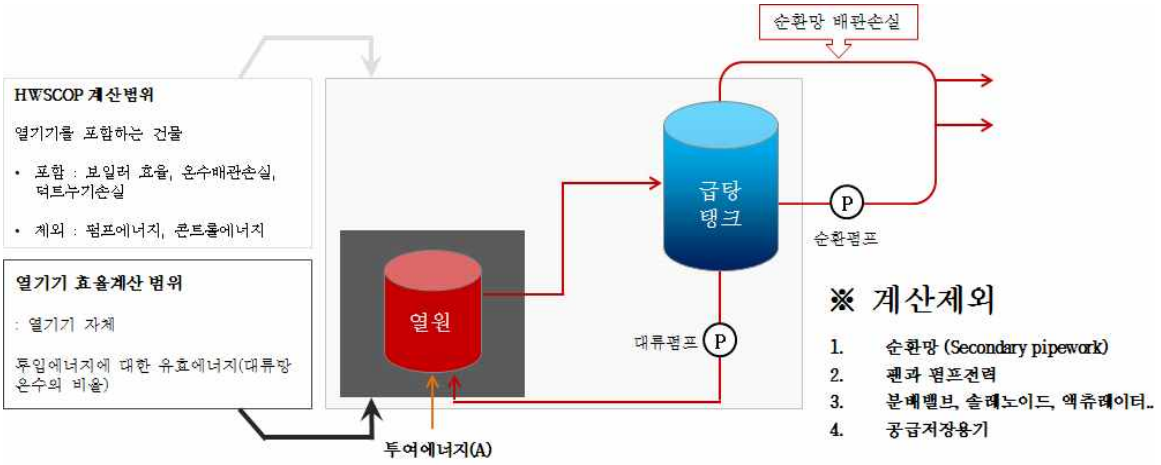
η30%, η50%, η100% : 가동율 30%, 50%, 100%의 EER 식 (3.3)

(가) 급탕

① 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 35] HWSCOP의 계산 범위

② HWSCOP 계산 방법

HWSCOP(Hot Water Seasonal Coefficient Of Performance)

= (온수에 공급된 에너지-배관손실-탱크방열손실)/투여에너지

<표 13> 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 14> NCM에서의 급탕시스템의 최소열효율

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

(나) 조명

① 조명의 냉방부하 변환계수

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

조명전력량 공식

$$W_{light} = \frac{\sum_{j=1}^{12}[N_j \times \sum_{i=1}^{24} P_j \langle F_{Dji} \times F_{Oji} \rangle) + \sum_{i=1}^{24}(P_{dj} \times F_{Od}) + (24 \times P_P)]}{1000} kWh/m^2 \qquad \text{식 (3.4)}$$

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

② 인공조명에 의한 열획득원

조명전력량 W_{light}과 배기구가 설치된 조명시설의 경우 실내부하율 μ_L는 다음의 <표 15>에 의해 구해진다.

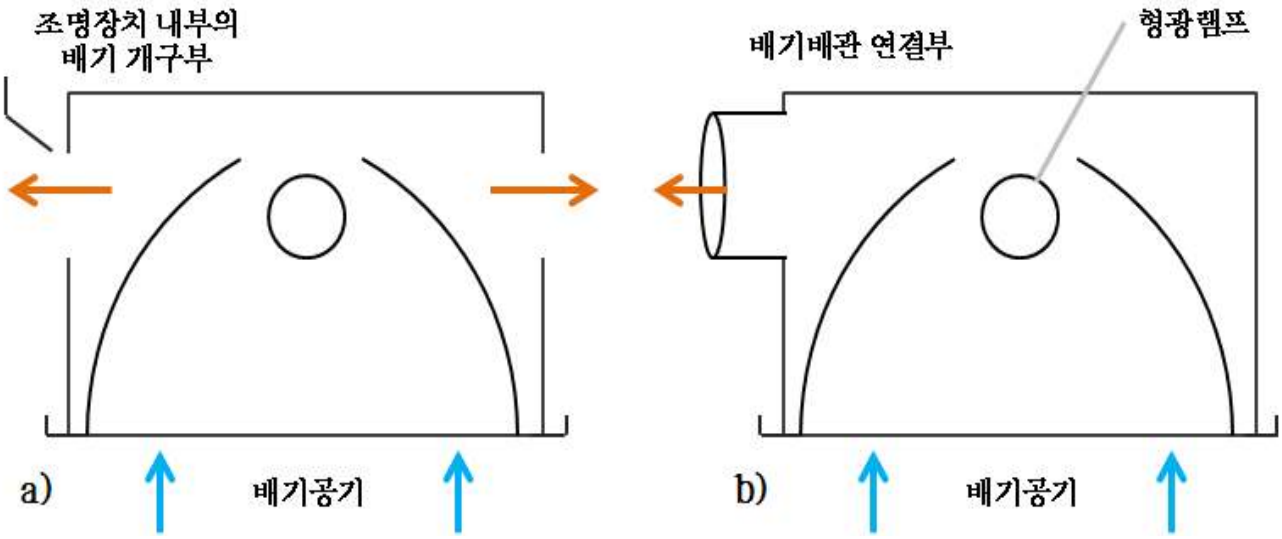
$$Q_{i,L} = \mu_L W_{light} \cdots\cdots \text{식 (3.5)}$$

여기에서,

·$Q_{i,L}$는 인공조명 발열량

·μ_L는 배기구가 있는 조명장치에 대한 실내부하율

·W_{light}는 조명 전력량



[그림 36] 배기구가 설치된 조명장치의 두가지 예

<표 15> 배기구가 있는 조명장치에 대한 실내부하율 μ_L

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

출처 : 건설기술연구원 (2009) 기후변화 대응을 위한 건물에너지효율등급 표시제도 개발연구 1차년도 보고서.

(다) 환기

① SFP의 개념

SFP(Specific Fan Power){W/(l/s)} : 유량에 대한 전력비

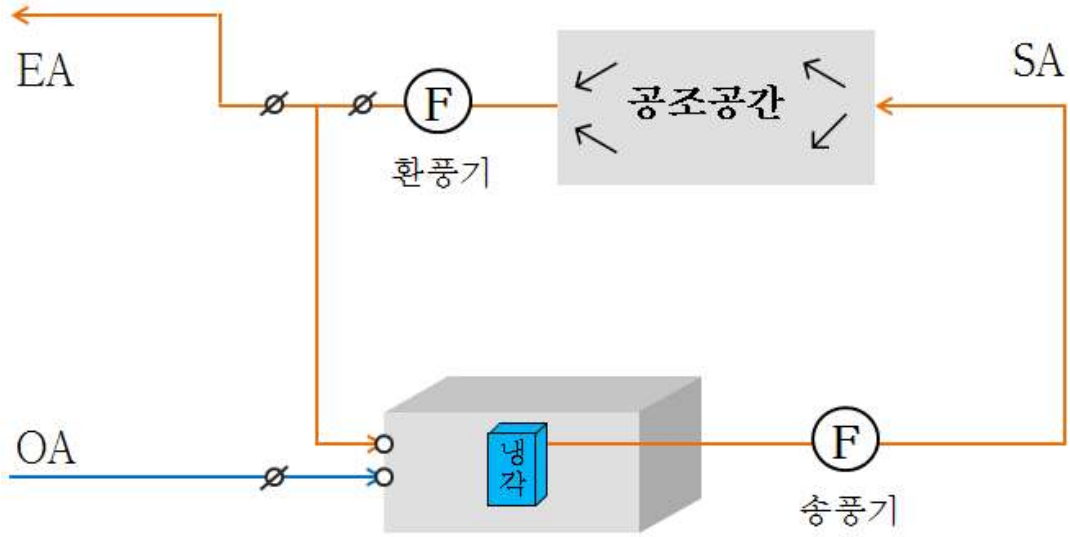
$= (P_{SF}+P_{EF})/Q$ ····· 식 (3.6)

여기에서,

·P_{SF} : 송풍팬 설계유량에서 전체 전력(콘트롤포함)

·P_{EF} : 배기팬 설계유량에서 전체 전력(콘트롤포함)

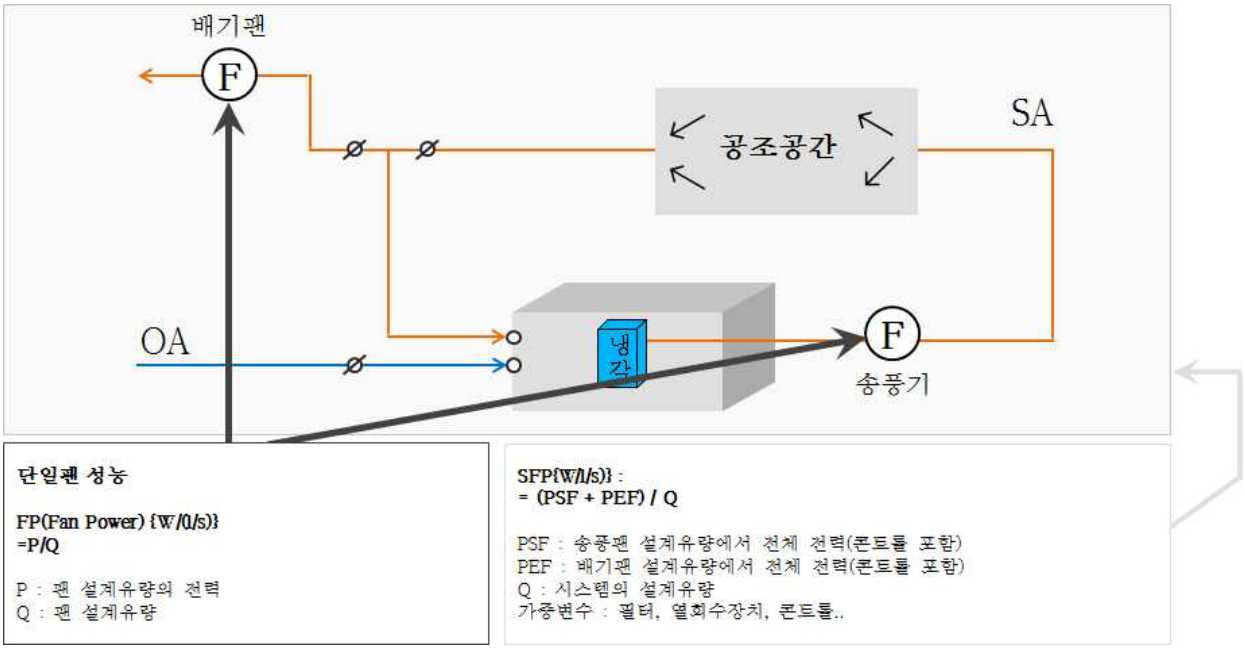
·Q : 시스템의 설계유량



[그림 37] SFP의 정의

② SFP의 범위

다음은 단일기기와 SFP의 차이를 그림으로 나타낸 것이다.



[그림 38] SFP의 계산범위

③ SFP 기준값

<표 16> 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 : UK, NCM(National Calulation Method).

④ 난방시 환기에 의한 열전달

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

$$Q_{V-heat} = H_{V-heat} \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot n \cdot 0.0864 \quad \cdots\cdots \text{식 (3.7)}$$

여기에서,

·Q_{V-heat} : 난방시 환기에 의한 열전달량 (단위=MJ)

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

·θ_i : 난방 설정온도

·θ_e : 외부온도 (기후데이터에서 시간당 얻어지는 매월 평균온도)

·n : 월별 일 수

·0.0864 : 단위 변환계수

⑤ 냉방시 환기에 의한 열전달

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

$$Q_{V-cool} = H_{V-cool} \cdot (\theta_i - \theta_e^{'}) \cdot n \cdot 0.0864 \quad \cdots\cdots \text{식 (3.8)}$$

여기에서,

·Q_{V-cool} : 냉방시 환기에 의한 열전달량 (단위=MJ)

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

·θ_i : 내부온도 (외피가 점유하는 활동영역에 대한 NCM 활동데이타베이스 냉방 목표치)

·$\theta_e^{'}$: 수정된 외기온도 (<표 17>에서 제시됨)

·n : 한 개월의 일 수

·0.0864 : 단위 변환계수

<표 17> 냉방요구에 대한 매달 환기손실 계산 값에 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

⑥ 난방시 환기에 의한 열손실계수

$$H_{V-heat} = \rho_a \cdot c_a \cdot u_{V-heat} \cdot A \quad \cdots\cdots \text{식 (3.9)}$$

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=㎡)

⑦ 냉방시 환기에 의한 열손실계수

$$H_{V-cool} = \rho_a \cdot c_a \cdot u_{V-cool} \cdot A \quad \cdots\cdots \text{식 (3.10)}$$

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=㎡)

(라) 덕트 배관 손실

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

<표 18> NCM에서의 열배관손실 허용량

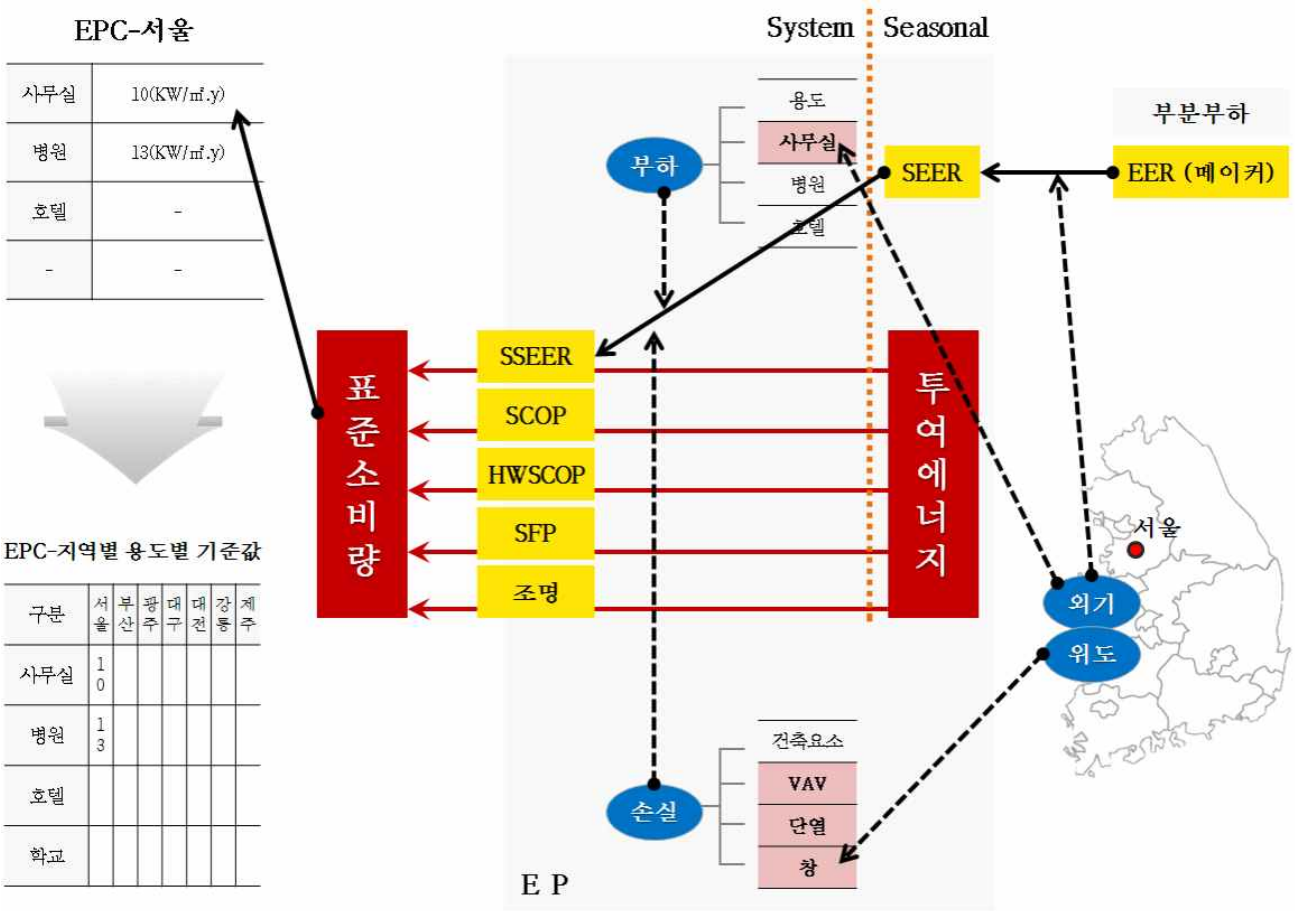
외경(MM)	온수	저온	중온	고온
		<95℃	96℃~120℃	121℃~150℃
17.2	6.6	8.9	13.34	17.92
21.3	7.13	9.28	13.56	18.32
26.9	7.18	10.06	13.83	18.70
33.7	8.62	11.07	14.39	19.02
42.4	9.72	12.03	15.66	19.25
48.3	10.21	12.94	16.67	20.17
60.3	11.57	14.45	18.25	21.96
76.1	13.09	16.35	20.42	24.21
88.9	14.58	17.91	22.09	25.99
114.3	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 19> NCM에서의 냉.온열덕트손실 허용량

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

(마) 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 39] 한국형 EPC 도출 방법

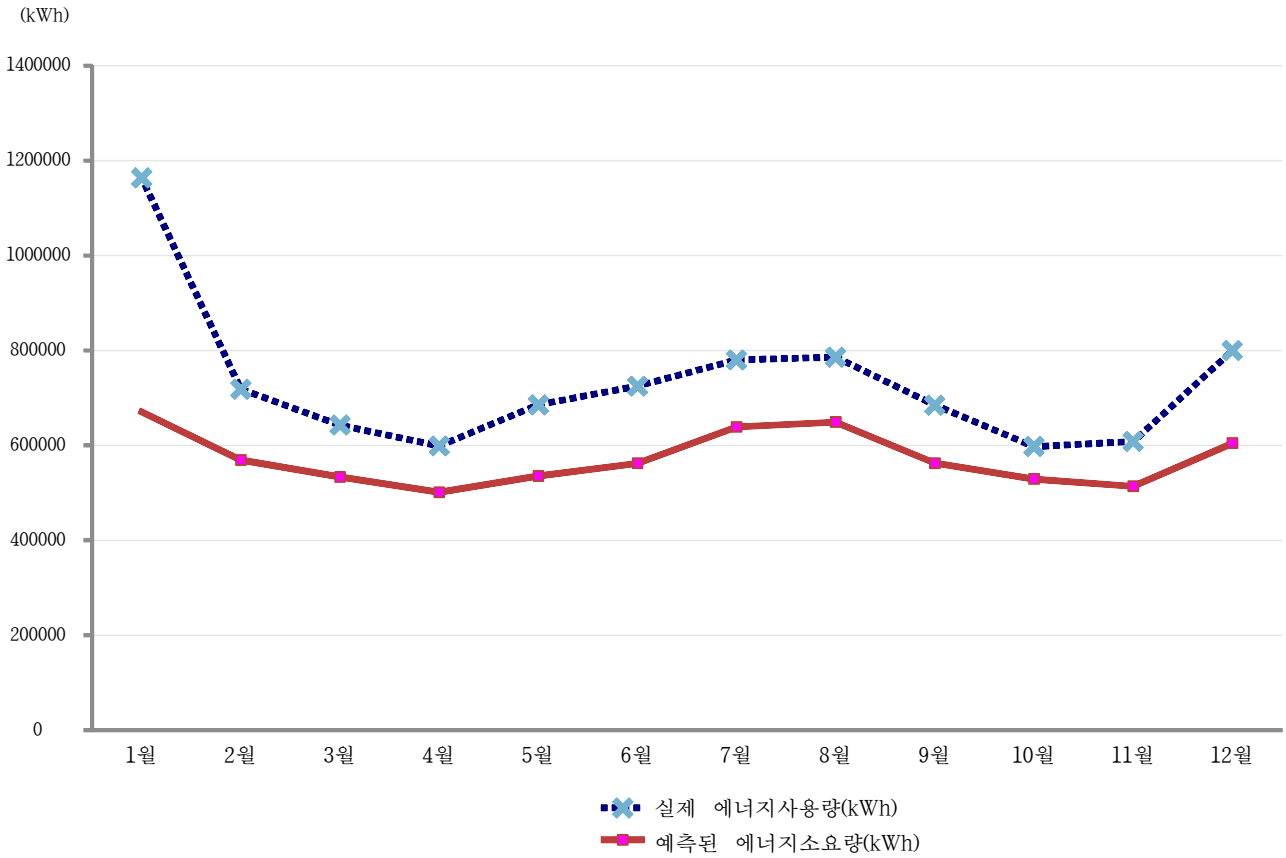
다. 실제 건축물 에너지 사용량 보정 방법 제시

(1) 시뮬레이션을 통한 에너지사용량 예측 결과

[그림 40]은 대상 건물의 실제 에너지사용량과 시뮬레이션을 통해 예측된 에너지 사용량을 나타낸 그래프이다. 하절기에는 비슷한 패턴을 보이나 동절기에는 에너지 사용량의 큰 차이를 나타낸다.

Ashrae Guideline 14 기준에 의하면 월별 데이터의 비교할 경우, MBE 값이 ±5%와 Cv(RMSE) 15%를 만족하면 시뮬레이션 모델이 실제 건물과 보정되었다고 한다.

그러나 시뮬레이션 모델의 검토 결과, MBE = -21.85% Cv(RMSE) = 26.2% 로 보정되지 않은 모델임은 의미한다. 이는 대형마트에서 전력소비량의 큰 부분을 차지하는 에스컬레이터와 엘리베이터의 전력량을 고려하지 못한 점과 당해연도의 기상데이터가 아닌 표준기상데이터를 적용한 점에서 기인한 것으로 판단된다.



[그림 40] 에너지 사용량 (kWh)

<표 20> 시뮬레이션 오차율

구분	실제 에너지사용량 (kWh)	예측된 에너지소요량 (kWh)	오차율 (%)
1월	1,163,559	670,156	-42.4
2월	718,428	569,006	-20.8
3월	642,547	533,521	-17.0
4월	598,541	501,245	-16.3
5월	685,631	535,331	-21.9
6월	724,914	562,034	-22.5
7월	780,059	638,715	-18.1
8월	785,801	648,959	-17.4
9월	684,570	562,466	-17.8
10월	597,307	528,876	-11.5
11월	608,141	513,570	-15.6
12월	799,745	604,327	-24.4

(2) 시뮬레이션 모델의 보정 방법

대상 건물의 실제 에너지 사용량과 시뮬레이션 모델의 예측된 에너지사용량을 활용한 시뮬레이션 모델의 보정을 위한 방법은 다음과 같다.

(가) AMY 기상 데이터 적용

건물 에너지 해석 시 주로 활용되는 TMY기상데이터는 당해연도의 기후에 따라 큰 차이를 보일 수 있다. 이는 시뮬레이션 보정 시 큰 차이를 나타낼 수 있으므로 그 지역 및 당해년도에 맞는 정확한 기후 데이터를 사용하여야만 시뮬레이션의 결과값의 정확성을 확보 할 수 있다.

(나) 용도별 profile

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

(다) 설비 시스템

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

(라) 기타 설비기기의 전력량 및 발열량 고려

대형마트의 경우 에스컬레이터와 엘리베이터의 사용이 많고 에너지 사용이 많은 식품코너의 경우 냉동·냉장 쇼케이스의 전력사용량과 기기 발열량을 고려하여 시뮬레이션 보정 시 활용되어야 시뮬레이션 보정의 정확성을 확보할 수 있다.

<표 21> 시뮬레이션 보정방안

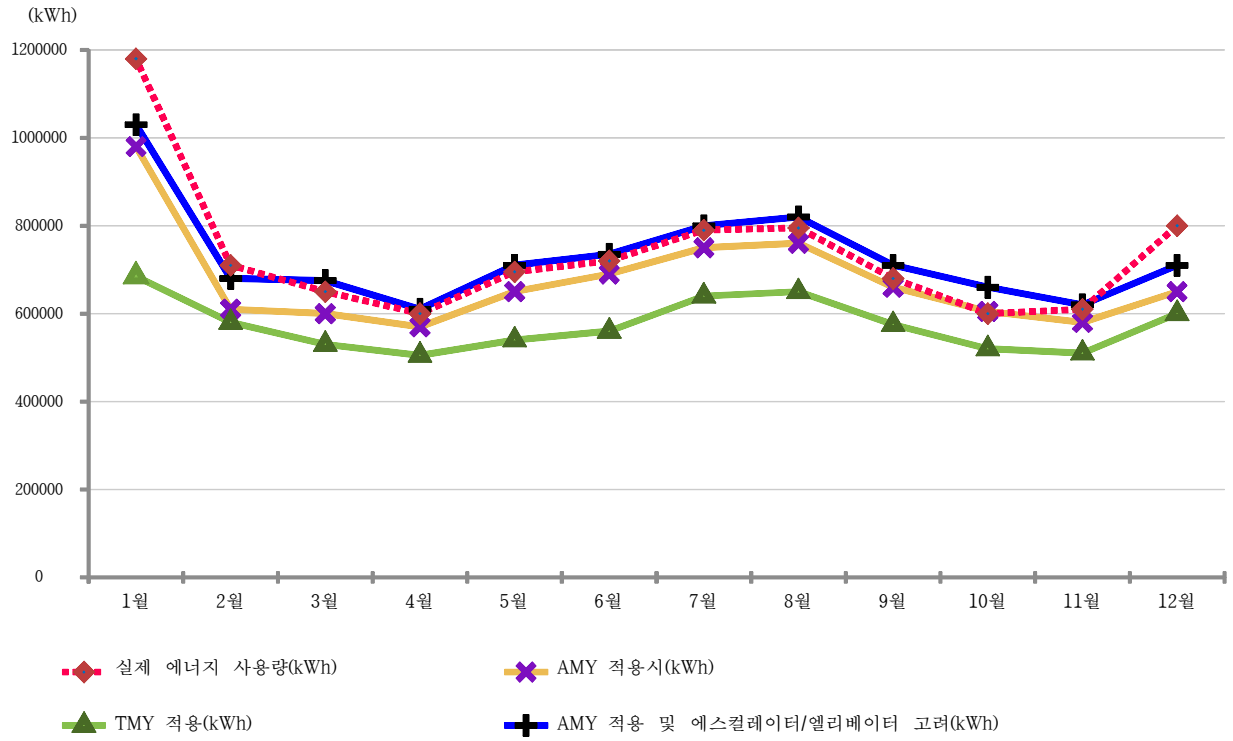
구분	기존	보정 방안
Weather File	TMY data	기구축(AMY data) 적용
용도별 profile	산업자원부(구 지식경제부) 보고서 [건물의 에너지 효율등급 평가기준 및 정책개발에 관한 연구]	현장 조사를 통한 실제 공조운영현황 적용 (이용 및 공조시간, 냉난방 기준 온도, 연간이용일수 등)
설비 시스템	국외 DB의 부분부하 효율 적용 - 부정확한 설비기기 성능 입력	국내 DB의 부분부하 효율 적용 측정을 바탕으로 한 설비기기 성능
기타 전력 사용량	엘리베이터 및 에스컬레이터에 대한 전력사용량 고려 없음 냉동/냉장 쇼케이스의 전력량 및 발열량 고려 없음	엘리베이터 및 에스컬레이터의 전력 사용량 예측 값 고려 냉동/냉장 쇼케이스의 전력사용량 예측값 및 발열량 고려

(3) 시뮬레이션의 보정 및 결과

다음 아래 그림은 AMY 기상 데이터 및 엘리베이터와 에스컬레이터의 사용 전력량을 고려한 예측된 에너지 사용량과 실제 에너지 사용량을 나타낸 그래프이다.

TMY 기상 데이터의 적용 보다는 확연히 동절기에 에너지 사용량이 비슷해짐을 나타낸다. 이는 AMY 기상데이터 (2011년도)가 TMY 기상 데이터에 비해 동절기에 현저히 낮았던 실외기온의 영향으로 판단된다. 또한 에스컬레이터와 엘리베이터의 월 전력인 54,521kWh와 8,075Wkh를 고려하여 전체적으로 실제에너지사용량과의 차이가 확연히 줄어든 것을 알 수 있다.

시뮬레이션 모델의 보정 검토 결과 AMY 기상데이터 적용 시 MBE가 -8.95% Cv(RMSE) 가 11.8%으로 보정된 시뮬레이션이라 할 수 있다. 더하여 AMY 기상데이터의 적용과 에스컬레이터와 엘리베이터의 예측된 전력사용량을 고려시 MBE가 -0.40% Cv(RMSE) 가 7.7%로 Ashrae Guideline 14-2002 기준에 만족하여 더욱더 보정된 시뮬레이션이라 할 수 있다.



(가) 총 에너지 사용량

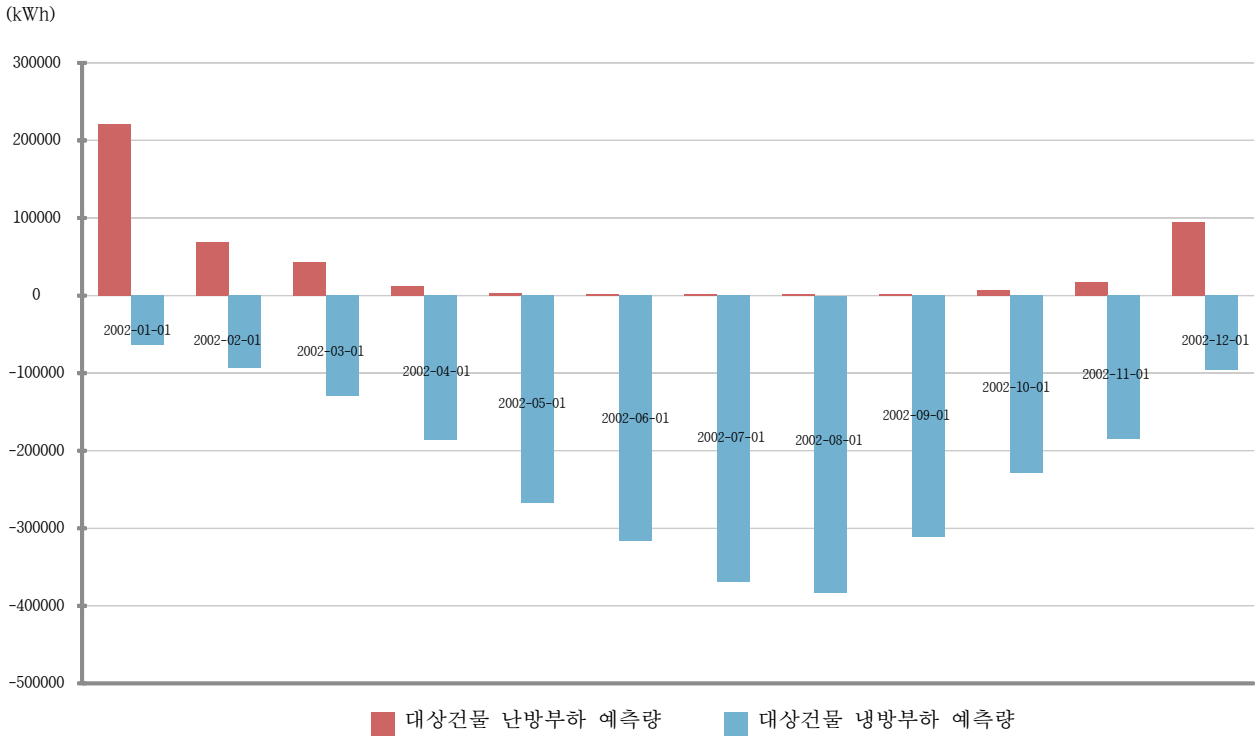
보정된 시뮬레이션의 월별 에너지 사용량은 <표 22>과 같다. 월별로 실제 값과 예측값의 차이는 있으나 총합은 거의 같음을 볼 수 있다.

<표 22> 실제 에너지 사용량과 예측된 에너지 사용량의 비교표

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
실제 에너지 사용량 (MWh)	1,163	718	642	598	685	724	780	785	684	597	608	799	8,789
AMY 적용 및 에스컬레이터/ 엘리베이터 전력량 고려 (MWh)	1,027	669	668	618	700	737	803	810	719	666	625	705	8,753

(나) 냉난방 부하량

아래 그림과 <표 23>은 예측된 냉난방 부하량을 나타낸다. 총 냉방부하량은 2,629,128 kWh 이고, 총 난방부하량은 473,675 kWh로 나타났다. 대형마트는 난방보다는 냉방위주의 건물이라 할 수 있다. 대형마트의 경우 재실자 비율과 실내기기의 발열량이 높아 겨울철에도 냉방부하가 발생하여 높은 냉방부하량이 나타난 것으로 판단된다.



<표 23> 대상건물의 예측된 냉난방부하 표

구분	냉방부하 (kWh)	난방부하 (kWh)
2011-01	63,454	221,123
2011-02	93,056	68,554
2011-03	129,768	42,606
2011-04	186,191	11,739
2011-05	267,007	3,474
2011-06	316,752	1,993
2011-07	369,454	1,971
2011-08	382,877	1,984
2011-09	311,334	2,086
2011-10	228,746	6,416
2011-11	184,944	17,521
2011-12	95,547	94,209
합 계	2,629,128	473,675

(다) 부문별 에너지 사용량

예측된 에너지 소비량을 부문별로 구분하면 크게 조명, 냉동기, 실내기기, 펌프, 팬, 보일러 나눌 수 있다. 조명의 에너지 사용량은 2,104,582(25.2%)이고, 냉동기는 1,634,347kWh(19.6%), 실내기기는 1,484,632kWh(17.8%), 펌프는 1,090,135kWh(13.0%), 팬은 996,581kWh(11.0%), 보일러는 829,039kWh(9.9%), 마지막으로 급탕을 포함한 기타 부문은 217,329kWh (2.6%)로 나타났다.

대상건물의 경우 대형마트로써, 특성상 높은 조도를 유지하기 위해 많은 개수의 형광등의 사용으로 전력사용량이 가장 크게 나타났다. 또한, 높은 조명 부하 및 재실자와 기타 기기의 발열에 의한 냉방부하의 발생으로 냉동기의 소비전력이 크게 나타난 것으로 사료된다.

<표 24>는 예측된 부문별 사용 에너지량 및 비율을 나타낸다.

<표 24> 예측된 부문별 에너지 사용량 및 비율

구분	에너지 소비량 (kWh)	비율 (%)
조명	2,104,582	25.2
냉동기	1,634,347	19.6
실내 기기	1,487,632	17.8
펌프	1,090,135	13.0
팬	996,581	11.9
보일러	829,039	9.9
기타	217,329	2.6

라. AMY(Actual Meteorological Year)기상데이터 분석을 통한 국내 지역별 기후 특성 및 건축물 냉난방 부하의 상관관계 분석

(1) 지역별 기상데이터 분석

(가) TMY (Typical Meteorological Year) 기상데이터

표준기상데이터는 건물에너지 성능평가 시뮬레이션에서 활용하기 위한 기상데이터를 의미한다. 시뮬레이션에서는 1년을 8,760시간 단위로 기상데이터 값을 입력하게 되어 있다. 따라서 표준기상데이터는 해당 지역의 최소 10년 이상의 기상자료를 이용하여 1년간의 시간별 데이터로 구성되어 있다. 즉 표준기상데이터는 에너지 시뮬레이션 결과에 미치는 영향이 큰 기상요소를 이용하여 1년 단위의 기상데이터를 구축한 자료이다. 현재 국내·외 건축물 에너지 성능평가에 일반적으로 활용되는 표준기상데이터는 TRY, TMY, TMY2 등이 있다.

① TRY 기상데이터

TRY기상데이터는 1970년대 미국 NCDC (미국 국립기상데이터센터:National Climatic Data Center)에서 최초로 개발된 표준기상데이터이다. TRY기상데이터는 건구온도, 법선면/직달 일사량, 수평면 확산 일사량, 절대습도, 상대습도, 노점온도, 수증기압, 풍속 등 기상요소를 건축물 에너지 시뮬레이션에서 사용가능하도록 연간 기상데이터에서 1년 단위로 재구성되었다. 구성방법은 연간 기상데이터에서 최대 또는 최소의 극한값의 월이 포함되는 년도는 제거되며 1년의 기상데이터가 남을 때까지 지속하여 산정된다. NY 년의, 연간 데이터를 사용하여 일 평균치 $\overline{P}$(d, m)가 계산되며, 각각의 기후 요소(기온, 일사량, 습도 등)를 p, 시간당 값을 p(h, d, m, y), 일일 평균값을 $\overline{P}$(d, m, y)로 계산된다. 여기서 h는 시간, d는 일, m은 월 그리고 y는 년으로 계산된다.[12)]

$$\overline{P}(d,m) = \frac{\sum_{y=1}^{N_Y} \overline{P}(d,m,y)}{N_Y} \quad \cdots\cdots \text{식 (4.1)}$$

TRY기상데이터의 대표 년 선정 방법은 다음과 같다.[13)]

첫째, 시간단위로 10년 이상 수집된 기상요소 기온, 일사량, 습도 등을 일평균 계산한다.

둘째, 각 한달 동안의 모든 값을 순위를 증가시키고 식 을 사용할 때 분류되는 데이터에서 모든 해 동안 일평균 누적 분포 함수를 계산한다. 여기에서 K(i)는 전체데이터 세트의 한 달 일평균의 i값의 순위 이다. N은 전체의 데이터 세트의 특정 한 달의 일수 이다.

$$\Phi(p,m,i) = \frac{K(i)}{N+1} \quad \cdots\cdots \text{식 (4.2)}$$

셋째, 데이터 세트의 각 해 동안, 그 월과 그 해 동안 모든 값을 순위를 늘리고, 그 다음 식(9)를 사용할 때에 분류하는 것에 의한 각 한달 내에서 일평균의 누적 분포 함수 P(p,y,m,i)를 계산한다. 여기서 J(i)는 해당 년 내의 일평균 i값의 순위이다. n은 개개의 한 달간의 일수 이다.

$$P(p,y,m,i) = \frac{J(i)}{n+1} \quad \cdots\cdots \text{식 (4.3)}$$

넷째, 각 한달 데이터 세트의 각 해 동안의 Finkelstain - Schafer 통계를 사용해서 방정식(3)의 FS(p,y,m)를 계산한다.

$$Fs(p,y,i) = \sum_{n}^{i=1} |F(p,y,m,i) - \Phi(p,m,i)| \quad \cdots\cdots \text{식 (4.4)}$$

다섯째, 각 한달 동안에 Fs(p,y,m)의 크기를 늘리는 순서로 복수 년의 기록으로부터 개개의 개월의 순서를 매긴다.

여섯째, 매 한달과 매해 동안,3개의 기후 요소를 위한 분리된 순위를 더한다.

---

12) G. J. LEvermore · N. Doylend, "North American and European hourly-based weather data and methods for HVAC, building energy analyses and design by simulation, p.6

13) International Standard ISO15927-4, Hygrothermal performance of buildings-Calculation and presentation of climatic data-Part4:Hourly data for assessing the annual energy use for heating and cooling

일곱째, 각 한달 동안에(총 순위 중 가장 낮은 3개월)상응하는 다년도 평균 한달로부터 월간 평균 풍속의 편차를 계산한다. 풍속에서 가장 낮은 편차를 보이는 월을 참조년에 포함되는 “최상의”월로 선택된다.

여덟째, 평균월의 접속 - 최고의 월로 대표 년을 형성하기 위해 합류될 때 보간 작업에 의해 각 월의 마지막 8시간과 그 다음 달의 첫 번째 8시간에서 요소들을 매끄럽게 연결한다. 또한 대표 년이 시뮬레이션에서 반복적으로 사용될 수 있기 위해서 이 조정은 대표 년의 앞에 해의 12월의 마지막 8시간과 다음 해 1월의 첫 번째 8시간을 포함 보간 작업을 한다.

② TMY 기상데이터[14)]

TMY기상데이터는 미국 국립기상데이터센터 NCDC와 Sandia연구소 공동으로 TRY기상데이터를 보완하기 위해 새로운 형식을 개발하였다. 이는 이전까지 없었던 일사량 데이터를 포함하고 있다. 일사량 데이터로는 수평면전일사량, 법선면 직달일사량이 있으며 TMY에서는 수평면전일사량(수평면직달일사량과 확산일사량의 합)을 사용한다. TMY에서는 미국의 234지역의 일사량 데이터를 작성하고 있는데 26개 지역은 실측값, 나머지 지역은 예측 값을 사용한다.

평균년은 각각 선택되는 가장 평균의 달로부터 만들어진다. 이 1년 동안 태양복사 및 기상요소의 시간별 자료로 구성되며, 통계방법은 1952~1975년(23년간)의 실측기상자료를 대상으로 하며 Sandia방법으로 데이터를 처리 한다. 구성기상요소로는 9개의 항목(최대,최소,평균 건구온도와 노점온도, 최대, 평균 풍속, 수평면전일사량)을 근거로 하며,이는 날씨 패턴의 지속성과 중간 값 을 의미한다. 또한, 항목마다 중요도가 틀려서 가중치를 부여하여 분석하는데, 이때 태양 에너지 변화체계 및 건물 에너지 예측 시뮬레이션에 적하지만 풍속에 대한 가중치가 낮아 공조 및 냉난방 시스템의 장치용량 산정을 위한 극한 값이나, 풍력에너지를 분석하는 프로그램 적용에는 적합하지 못하다.

(나) AMY (Actual Meteorological Year) 기상데이터

건물 에너지 해석 시 주로 활용되는 TMY기상데이터는 당해 연도의 기후에 따라 큰 차이를 보일 수 있다. 이는 시뮬레이션 보정 시 큰 차이를 나타낼 수 있으므로 그 지역 및 당해 연도에 맞는 정확한 기상데이터를 사용하여야만 시뮬레이션의 결과 값의 정확성을 확보 할 수 있다. 본 연구에서는 2014년도 기상데이터를 사용하며, 추가적으로 AMY 기상데이터를 활용하여 2014년도 서울, 대전, 대구, 광주, 부산지역의 계절효율계수산출에 용이한 지역별 온도분포도를 구축하였다.

(다) 기상데이터 비교분석

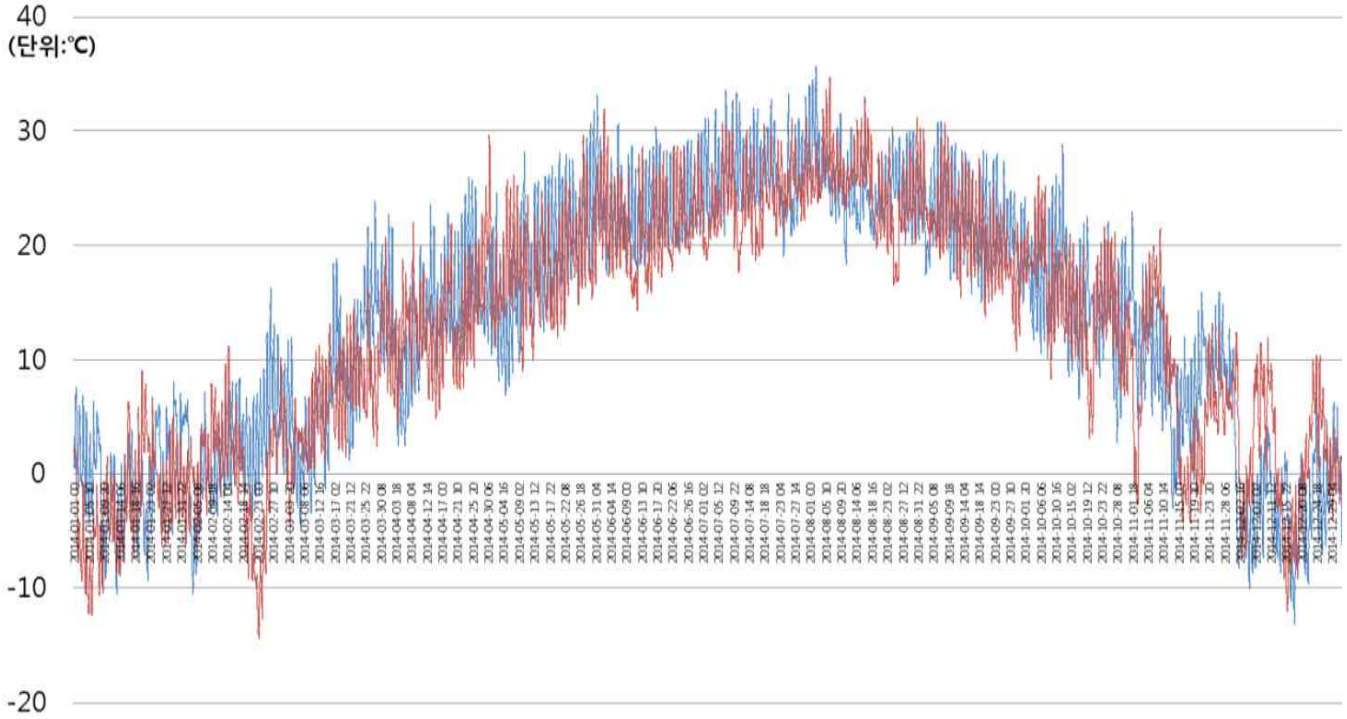
① 지역별 TMY 및 AMY 기상데이터 비교분석

본 비교분석에서는 국내 지역 중 서울, 대전, 대구, 광주, 부산 지역을 선정하였다. 그리고 최근년도 기상데이터를 지역에 따라 온도 차이를 비교하고, 시뮬레이션에서 활용 가능한 TMY기상데이터와 기상청에서 제공되는 최근년도의 AMY기상데이터를 비교분석하였다. 이는 기상데이터에 따른 시뮬레이션 결과에 미치는 영향을 검토하기 위한 기초분석과정이다.

14) William Marion and Ken Urban, ‘User's Manual for TMY2s (Typical Meterological Years)‘, NREL (Derived from the1961-1990 National Solar Radiation Data Base)

<서울특별시>

서울지역의 2014년도 AMY기상데이터와 TMY기상데이터의 외기온도를 1년 단위를 시간 및 일일(일일 평균) 단위로 구분하여 온도차를 비교결과 시간단위 최대 온도차는 17.2℃이며, 일일단위 최대 온도차는 13.89℃이다.



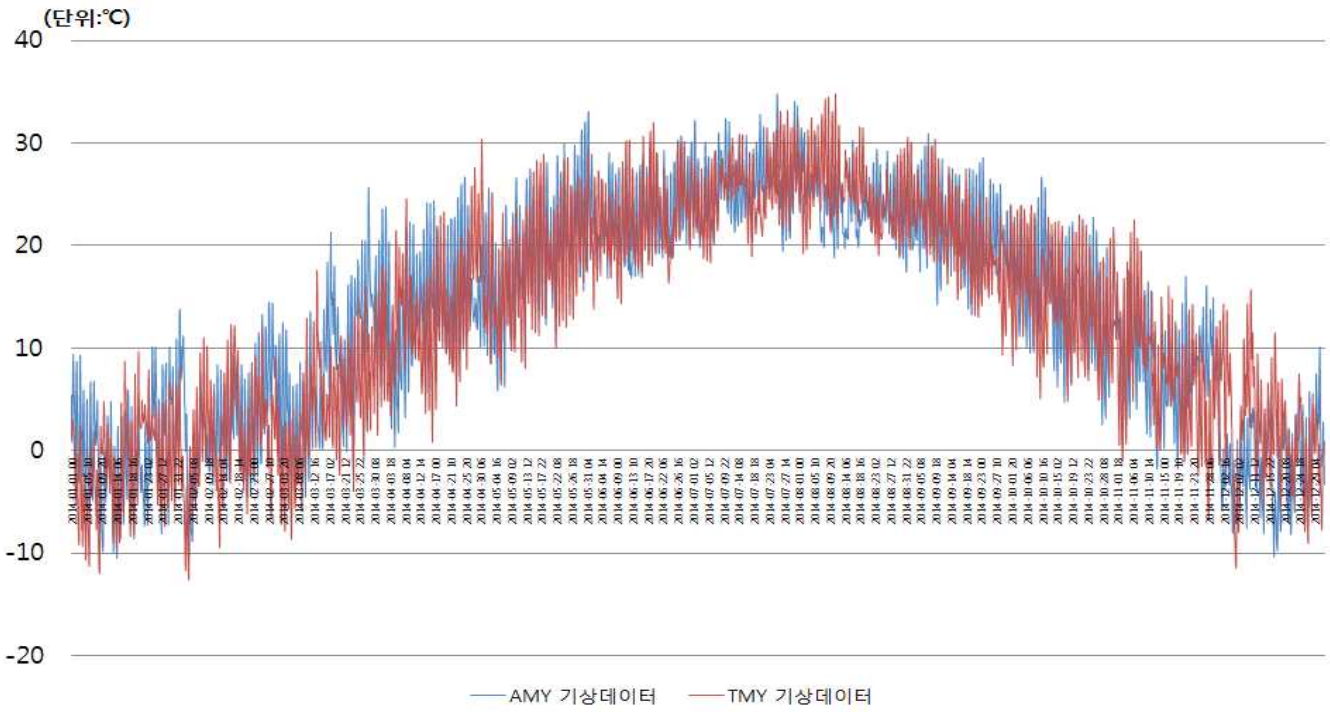
[그림 41] 서울지역 TMY와 AMY 외기온도 (시간단위)



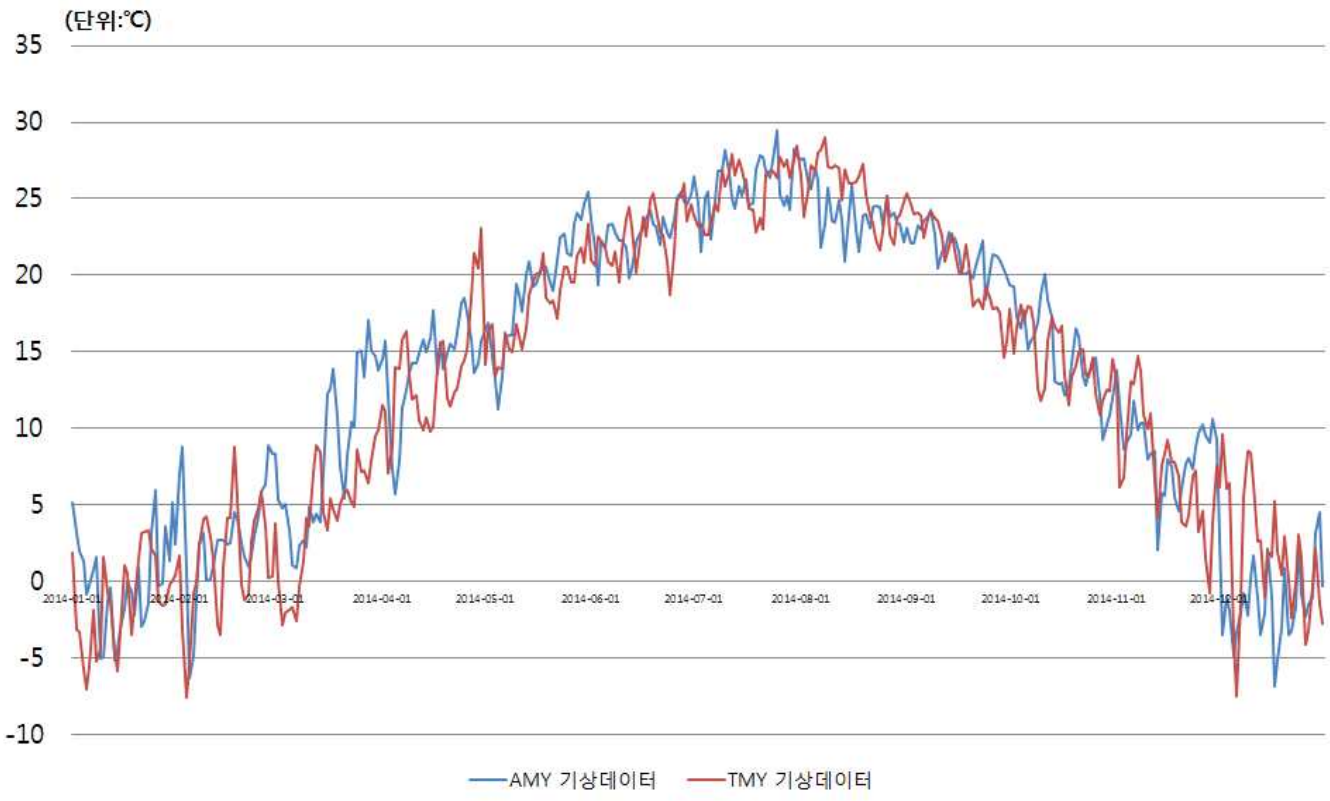
[그림 42] 서울지역 TMY와 AMY 외기온도 (일일단위)

<대전광역시>

대전지역의 2014년도 AMY기상데이터와 TMY기상데이터의 외기온도를 1년 단위를 시간 및 일일단위(일일 평균)로 구분하여 온도차를 비교하였다. 시간단위 최대 온도차는 16.5℃이며, 일일단위 최대 온도차는 13.12℃이다.



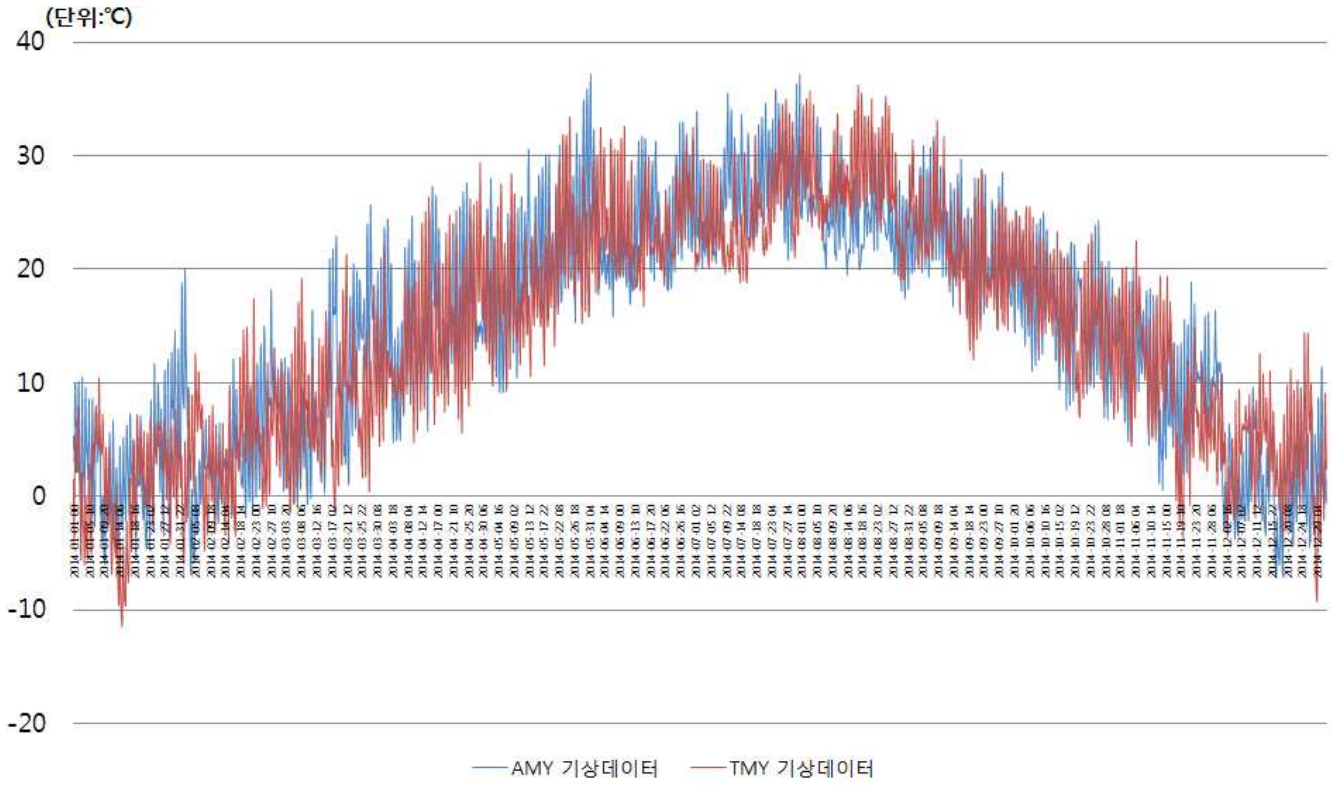
[그림 43] TMY와 AMY 외기온도 (시간단위)



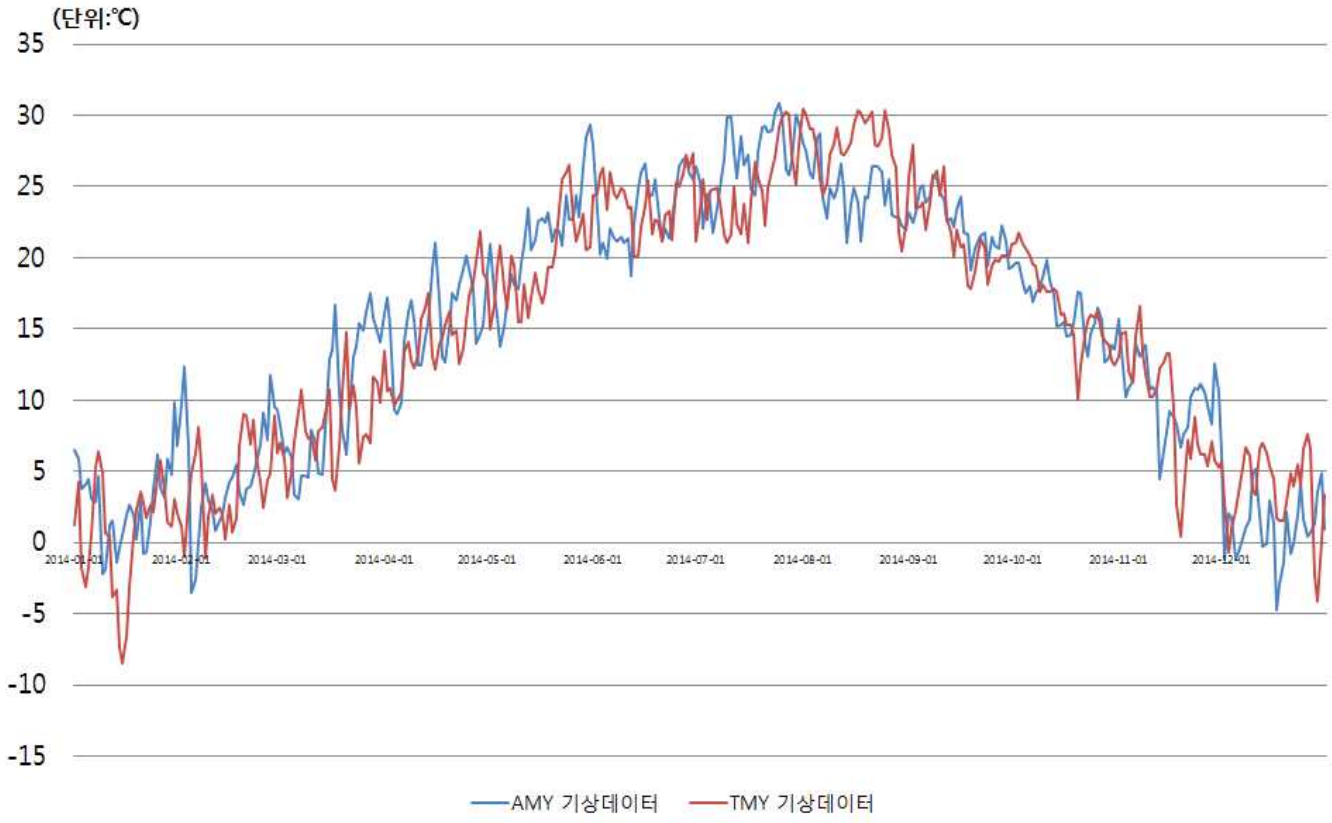
[그림 44] TMY와 AMY 외기온도 (일일단위)

<대구광역시>

대전지역의 2014년도 AMY기상데이터와 TMY기상데이터의 외기온도를 1년단위를 시간 및 일일단위(일일 평균)로 구분하여 온도차를 비교하였다. 시간단위 최대 온도차는 17.9℃이며, 일일단위 최대 온도차는 13.3℃이다.



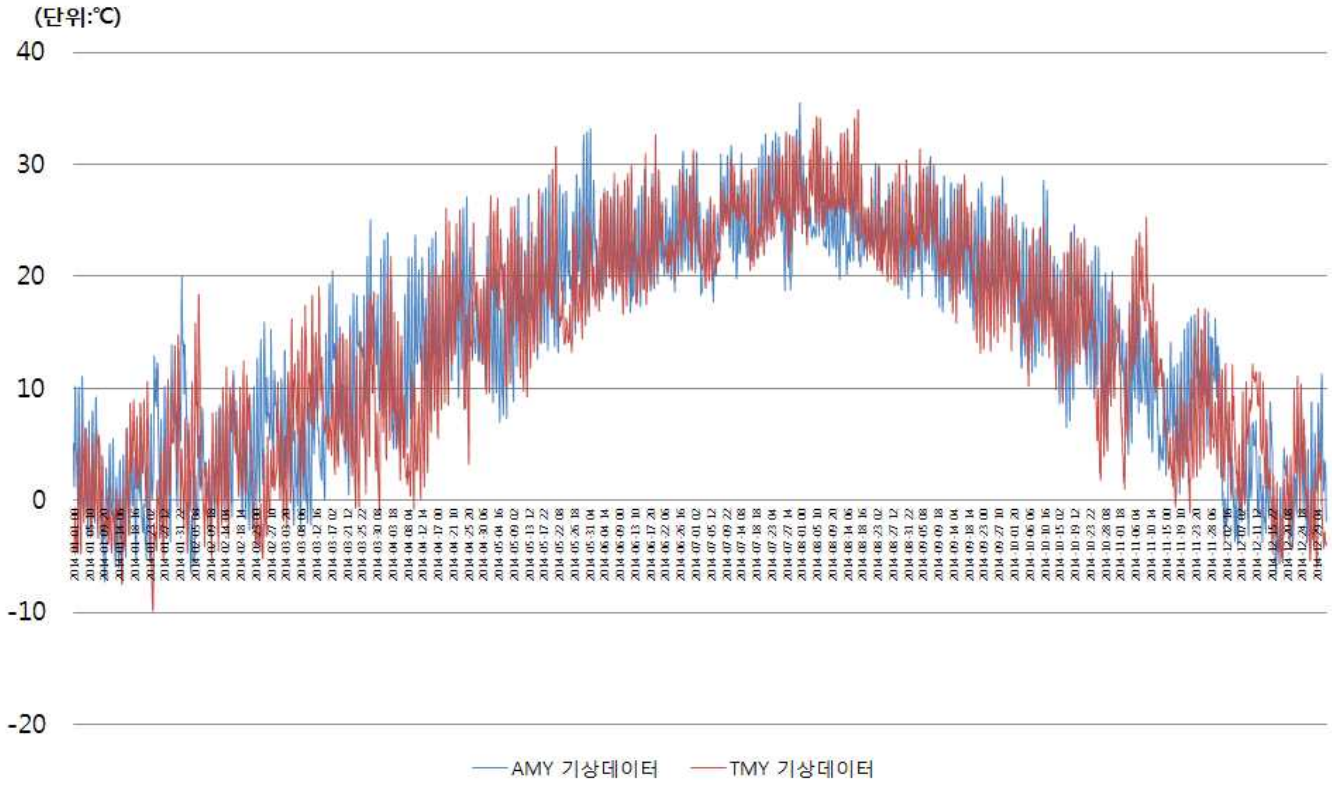
[그림 45] TMY와 AMY 외기온도 (시간단위)



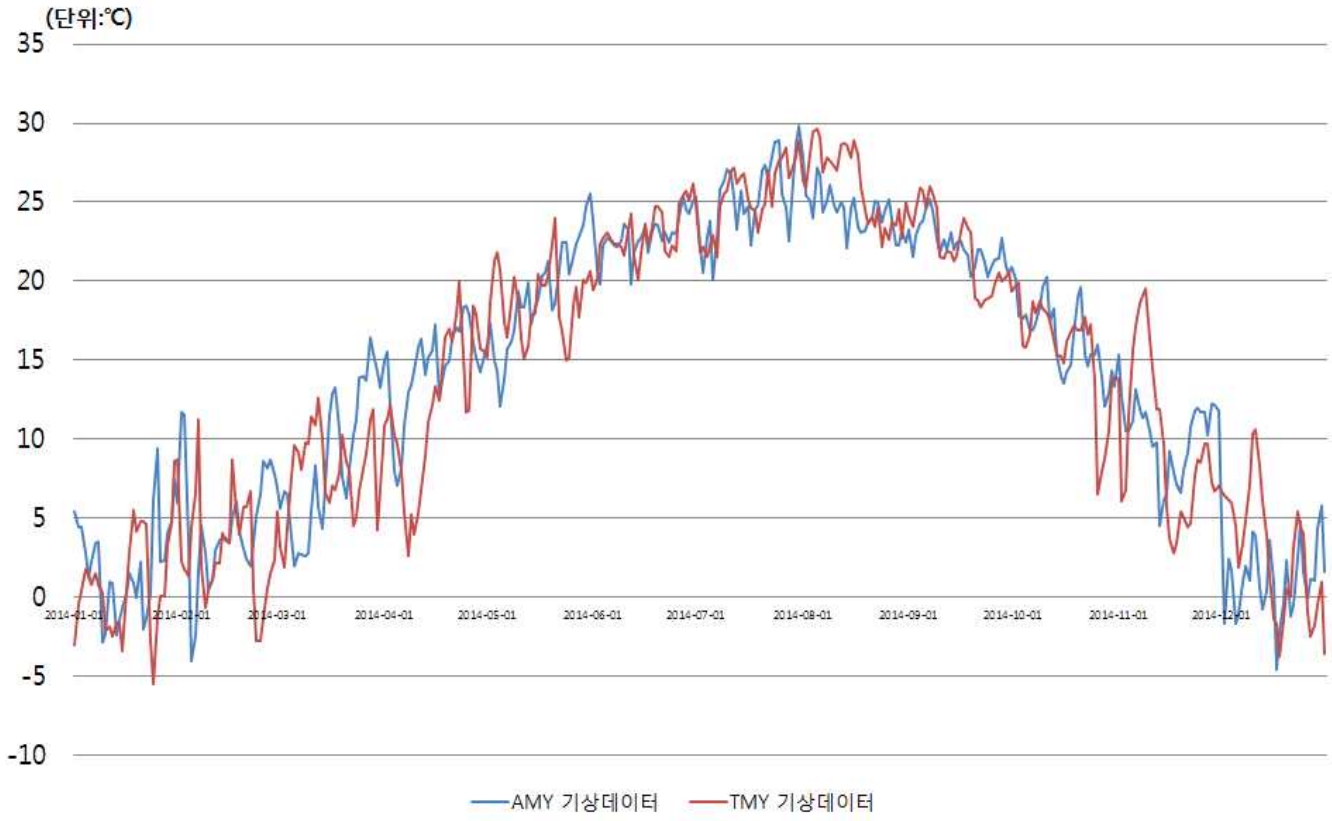
[그림 46] TMY와 AMY 외기온도 (일일단위)

<광주광역시>

대전지역의 2014년도 AMY기상데이터와 TMY기상데이터의 외기온도를 1년단위를 시간 및 일일단위(일일 평균)로 구분하여 온도차를 비교하였다. 시간단위 최대 온도차는 19.2℃이며, 일일단위 최대 온도차는 11.64℃이다.



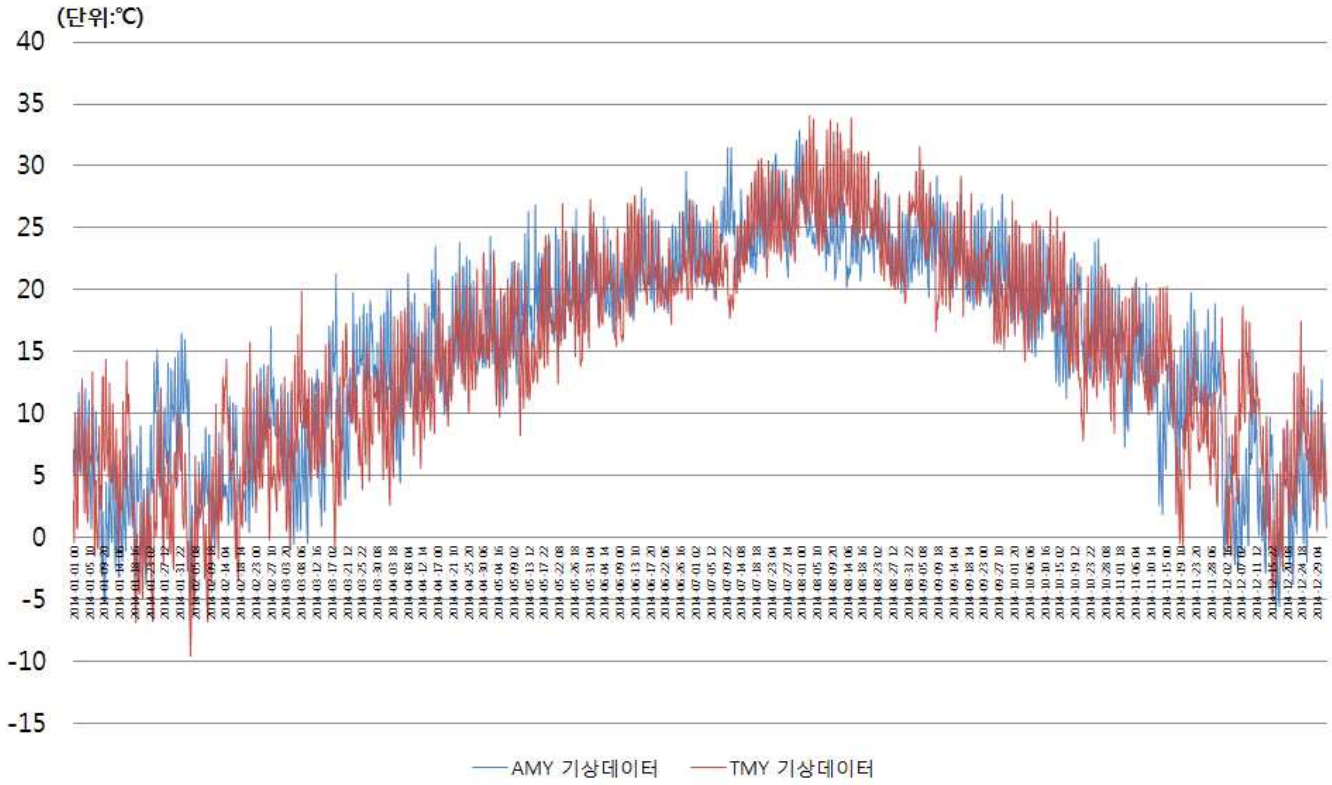
[그림 47] TMY와 AMY 외기온도 (시간단위)



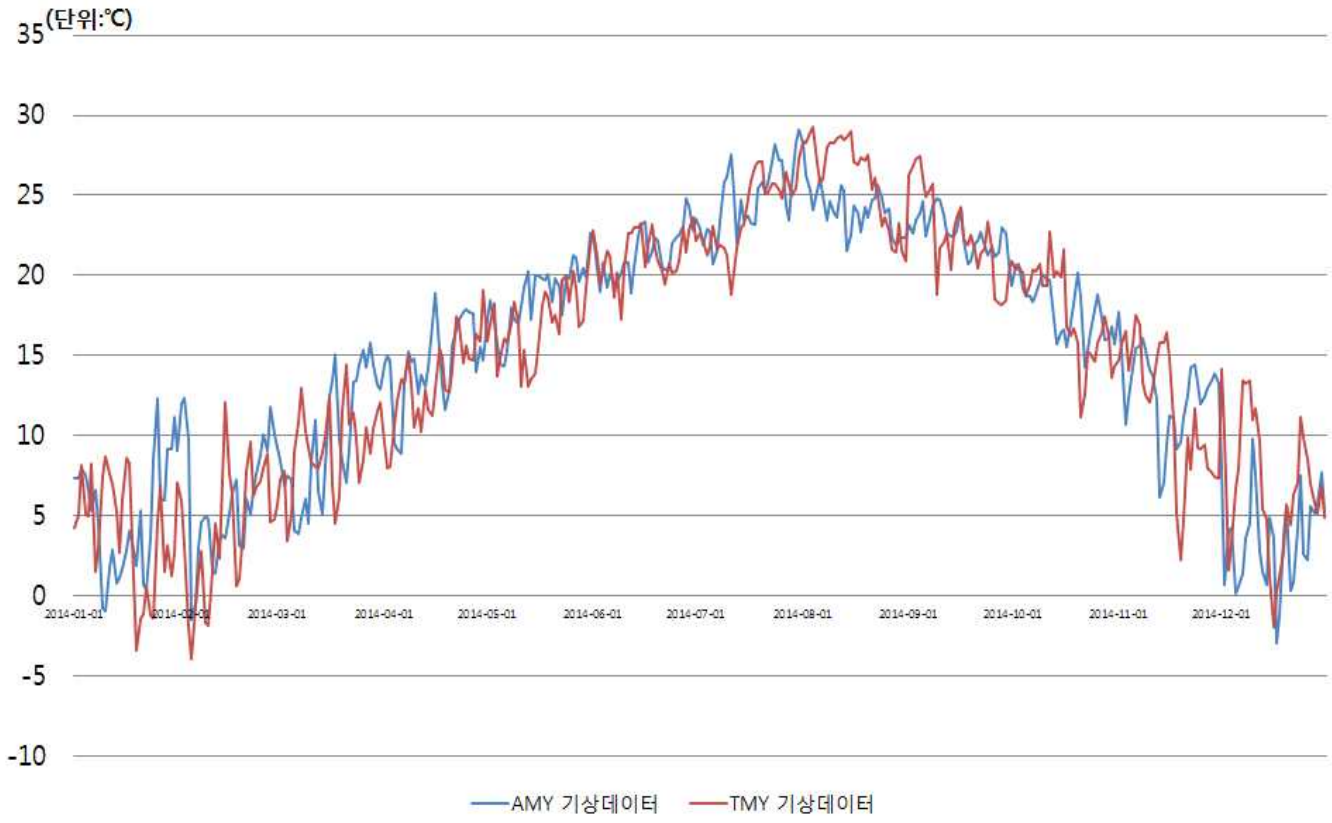
[그림 48] TMY와 AMY 외기온도 (일일단위)

<부산광역시>

대전지역의 2014년도 AMY기상데이터와 TMY기상데이터의 외기온도를 1년단위를 시간 및 일일단위(일일 평균)로 구분하여 온도차를 비교하였다. 시간단위 최대 온도차는 15.8℃이며, 일일단위 최대 온도차는 15.8℃이다.



[그림 49] TMY와 AMY 외기온도 (시간단위)



[그림 50] TMY와 AMY 외기온도 (일일단위)

국내 5개 지역 서울, 대전, 대구, 광주, 부산의 2014년도 기상데이터의 외기온도를 1년 단위를 시간 단위(8760시간)와 일일 단위(365일)로 구분 하였다. 그리고 TMY기상데이터와 AMY 기상데이터의 동일한 시간으로 최대 온도차를 비교분석한 결과 지역별 외기온도는 비슷한 패턴을 보이고 있으며 두 기상데이터의 최대 온도차는 난방의 경우, 대구에서 2014년02월01일18시에 17.9℃로 나타났다. 냉방의 경우 서울에서 14.1℃로 나타났다.

이는 건물에너지 해석프로그램에서의 냉방 및 난방 설비시스템이 외기온도의 영향을 받음에 따라 결과 값에도 크게 영향이 미칠 것이라 사료 된다. 따라서 본 연구에서는 표준 건축물을 선정하고 AMY 및 TMY 기상데이터 적용 모델의 냉·난방 부하를 결과 값을 비교 분석한다.

다음 <표 25>과 <표 26>는 냉·난방기간에 따라 시간 및 일일단위의 최대외기온도 차이 값이다.

<표 25> 냉·난방기간에 따른 시간단위 외기온도 비교

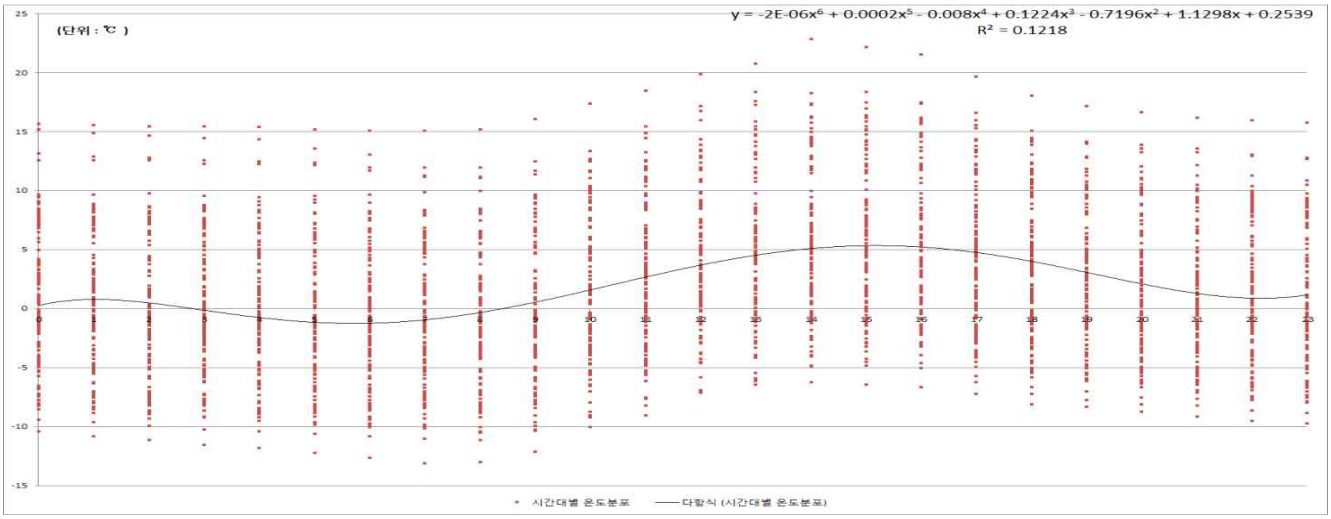
기상데이터 / 지역	냉·난방 구분	시간 (yy-mm-dd-tt)	AMY기상데이터	TMY기상데이터	최대온도차
서울	냉방	2014-07-11-14	32.6 ℃	18.5 ℃	14.1 ℃
	난방	2014-12-07-02	- 8.2 ℃	9.0 ℃	17.2 ℃
대전	냉방	2014-06-12-16	18.9	30.20	11.3 ℃
	난방	2014-12-17-12	-5.4 ℃	11.1 ℃	16.5 ℃
대구	냉방	2014-08-18-14	21.6 ℃	35.2 ℃	13.6 ℃
	난방	2014-02-01-18	17.4℃	-0.5℃	17.9℃
광주	냉방	2014-06-12-15	17.8℃	29.3℃	11.5℃
	난방	2014-02-01-16	20℃	3.7℃	16.3℃
부산	냉방	2014-07-11-15	31.50 ℃	19.5 ℃	12 ℃
	난방	2014-01-09-19	-2 ℃	-13 ℃	15 ℃

<표 26> 냉·난방기간에 따른 일일단위 외기온도 비교

기상데이터 / 지역	냉·난방 구분	시간 (yy-mm-dd)	AMY기상데이터	TMY기상데이터	최대온도차
서울	냉방	2014-08-25	25.84 ℃	17.51 ℃	8.33 ℃
	난방	2014-02-23	2.99 ℃	-10.9 ℃	13.89 ℃
대전	냉방	2014-08-07	21.83	28.14	6.31
	난방	2014-12-02	-3.5	9.62	13.12
대구	냉방	2014-08-18	21.13	30.12	8.99
	난방	2014-02-02	12.35	-0.95	13.30
광주	냉방	2014-08-14	22.11	28.62	6.51
	난방	2014-01-24	6.14	-5.5	11.64
부산	냉방	2014-07-11	27.58	18.83	8.75
	난방	2014-12-07	1.41	13.48	12.07

② 지역별 기상데이터 온도빈도수 분석

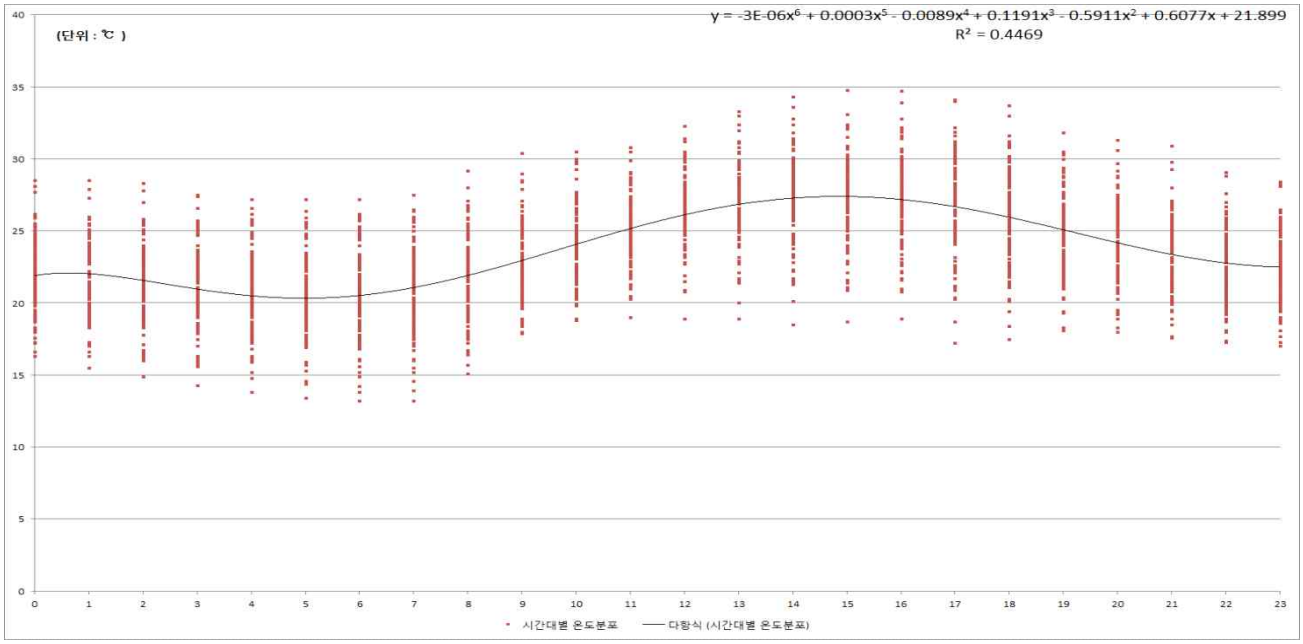
2014년도 지역별 AMY기상데이터를 활용하여 1년 중 냉방기간 6~9월 기간으로 구분하여 시간을 기준으로 온도 분포도 그래프 도시하였다. 이를 활용하여 기간별 온도 분포도에 따라가 MODE 1, 2, 3를 선정한다. 그리고 냉방설비기기의 효율을 적용하여 지역별 계절효율계수 산출의 기초자료로 활용한다.



[그림 51] 서울 냉방기간 시간대별 온도 분포도 그래프

<표 27> 서울 냉방기간 시간대별 온도빈도수

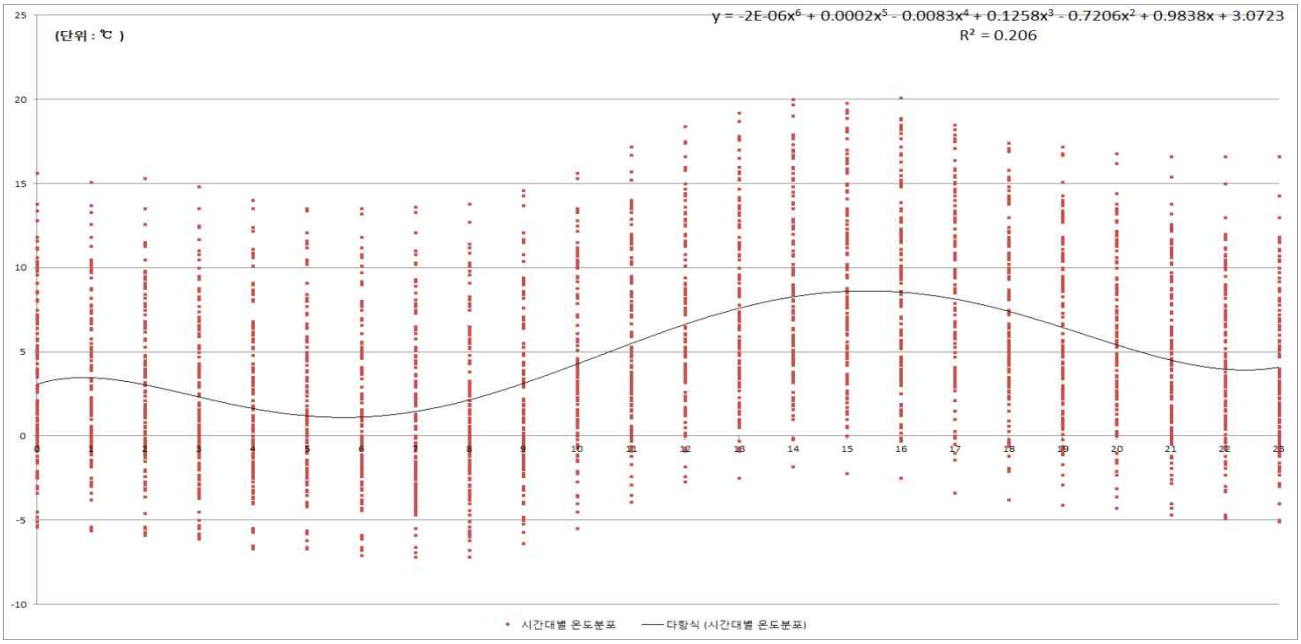
온도 / 시간	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
0	0	0	0	1	3	5	8	12	26	14	17	16	10	7	0	2	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	2	7	2	9	16	26	15	12	15	8	7	1	1	1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	3	5	4	13	21	18	14	15	13	7	5	1	2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	1	0	7	1	10	11	25	13	16	14	9	9	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0
4	0	1	2	5	3	13	13	23	13	14	15	5	9	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	1	2	4	6	14	14	22	14	13	13	3	10	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1	2	2	3	10	12	15	18	15	13	15	2	9	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	1	2	4	5	12	10	25	14	12	16	7	5	6	1	1	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	1	2	3	8	8	17	15	22	17	10	9	4	4	1	1	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	4	4	11	14	26	16	15	15	8	4	2	2	1	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	2	3	8	17	18	19	24	12	10	3	2	3	1	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	1	3	4	4	8	22	20	23	22	7	4	1	3	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	1	0	3	4	7	9	17	19	25	23	4	5	3	2	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	7	6	7	26	18	24	14	6	4	2	2	0	0
14	0	0	0	0	0	0	1	1	1	5	4	5	7	15	23	25	14	9	7	2	1	2	0
15	0	0	0	0	0	0	1	0	4	2	4	7	7	10	21	25	16	12	5	6	1	0	1
16	0	0	0	0	0	0	2	0	4	4	5	7	7	11	19	22	16	13	5	4	1	1	1
17	0	0	0	0	1	0	1	2	3	7	4	8	9	17	15	21	14	9	6	3	0	2	0
18	0	0	0	0	0	2	1	2	2	10	9	10	19	9	16	17	11	7	4	1	1	1	0
19	0	0	0	0	0	2	2	2	4	16	14	14	10	19	14	14	5	3	1	2	0	0	0
20	0	0	0	0	0	2	3	2	11	23	10	14	19	15	13	4	3	1	2	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	2	3	8	14	21	12	17	19	12	10	1	1	1	1	0	0	0	0
22	0	0	0	0	2	2	4	12	17	17	17	16	18	11	3	1	2	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	4	2	7	12	21	15	21	12	16	7	2	3	0	0	0	0	0	0	0



[그림 52] 대전 냉방기간 시간대별 온도 분포도 그래프

<표 28> 대전 냉방기간 시간대별 온도빈도수

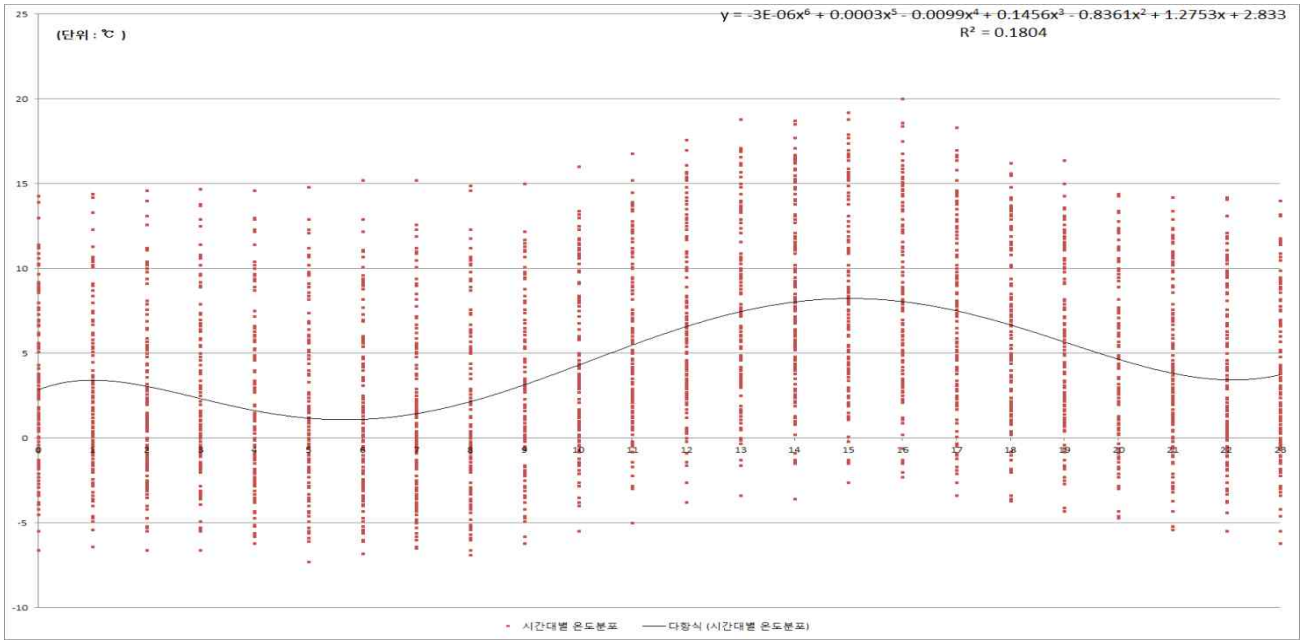
온도 / 시간	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
0	0	0	0	1	3	5	8	12	26	14	17	16	10	7	0	2	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	2	7	2	9	16	26	15	12	15	8	7	1	1	1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	3	5	4	13	21	18	14	15	13	7	5	1	2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	1	0	7	1	10	11	25	13	16	14	9	9	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0
4	0	1	2	5	3	13	13	23	13	14	15	5	9	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	1	2	4	6	14	14	22	14	13	13	3	10	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1	2	2	3	10	12	15	18	15	13	15	2	9	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	1	2	4	5	12	10	25	14	12	16	7	5	6	1	1	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	1	2	3	8	8	17	15	22	17	10	9	4	4	1	1	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	4	4	11	14	26	16	15	15	8	4	2	2	1	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	2	3	8	17	18	19	24	12	10	3	2	3	1	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	1	3	4	4	8	22	20	23	22	7	4	1	3	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	1	0	3	4	7	9	17	19	25	23	4	5	3	2	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	7	6	7	26	18	24	14	6	4	2	2	0	0
14	0	0	0	0	0	0	1	1	1	5	4	5	7	15	23	25	14	9	7	2	1	2	0
15	0	0	0	0	0	0	1	0	4	2	4	7	7	10	21	25	16	12	5	6	1	0	1
16	0	0	0	0	0	0	2	0	4	4	5	7	7	11	19	22	16	13	5	4	1	1	1
17	0	0	0	0	1	0	1	2	3	7	4	8	9	17	15	21	14	9	6	3	0	2	0
18	0	0	0	0	0	2	1	2	2	10	9	10	19	9	16	17	11	7	4	1	1	1	0
19	0	0	0	0	0	2	2	2	4	16	14	14	10	19	14	14	5	3	1	2	0	0	0
20	0	0	0	0	0	2	3	2	11	23	10	14	19	15	13	4	3	1	2	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	2	3	8	14	21	12	17	19	12	10	1	1	1	1	0	0	0	0
22	0	0	0	0	2	2	4	12	17	17	17	16	18	11	3	1	2	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	4	2	7	12	21	15	21	12	16	7	2	3	0	0	0	0	0	0	0



[그림 53] 대구 냉방기간 시간대별 온도 분포도 그래프

<표 29> 대구 냉방기간 시간대별 온도빈도수

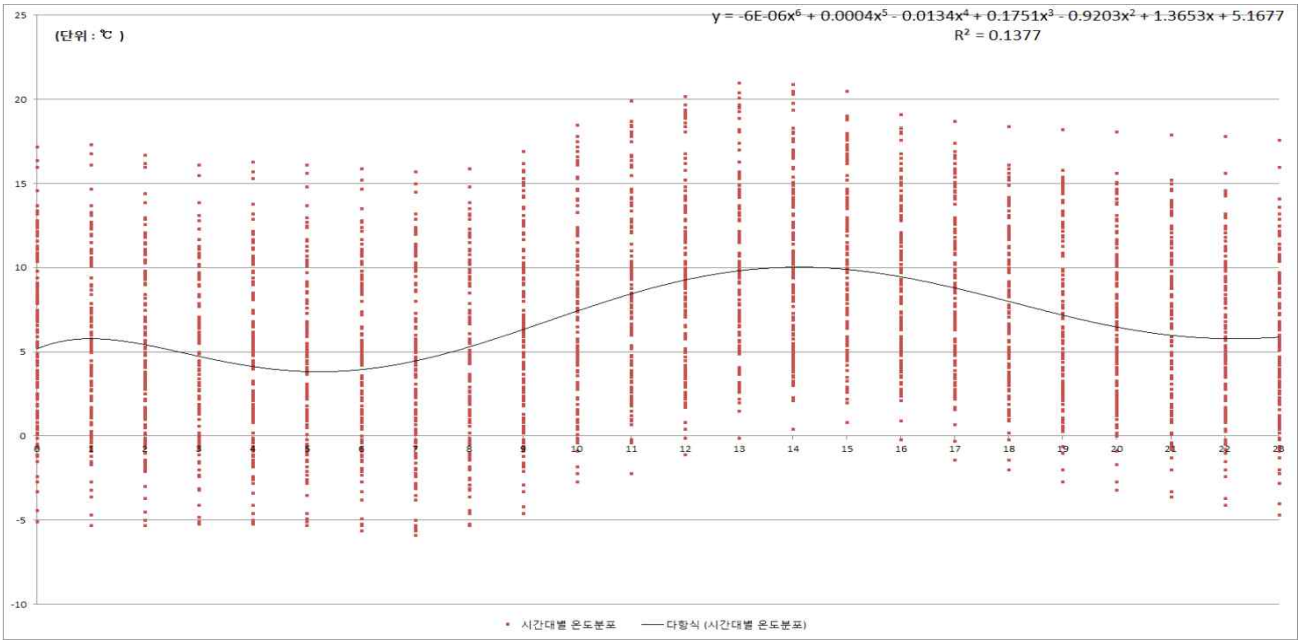
온도 / 시간	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
0	0	0	0	2	5	9	16	9	18	11	18	13	6	7	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	2	6	9	16	12	15	14	18	10	7	7	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	2	2	6	17	10	14	14	16	17	8	5	7	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	1	3	2	8	14	13	11	21	17	10	9	7	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
4	0	1	3	4	7	17	12	14	20	17	7	8	6	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
5	1	3	3	4	8	16	12	16	20	15	7	7	5	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
6	1	3	3	4	7	19	14	15	17	13	9	5	8	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	4	2	1	6	15	16	15	14	18	11	7	6	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	1	3	3	9	16	15	10	18	22	4	9	5	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	1	1	4	8	18	12	11	17	18	16	2	4	4	3	3	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	2	2	4	6	7	18	17	16	15	13	7	6	3	3	1	2	0	0	0	0
11	0	0	0	0	1	1	3	4	7	5	12	24	14	12	13	13	3	5	1	3	1	0	0	0
12	0	0	0	0	0	1	2	6	4	6	6	11	23	12	15	8	12	8	2	4	0	2	0	0
13	0	0	0	0	0	1	0	5	3	5	8	10	15	12	11	14	14	9	6	4	3	1	1	0
14	0	0	0	0	0	0	2	4	2	4	8	11	9	12	14	12	10	14	6	8	3	2	1	0
15	0	0	0	0	0	0	1	4	7	4	3	10	14	10	15	10	8	10	13	4	5	2	1	1
16	0	0	0	0	0	0	1	3	7	5	4	10	11	14	14	10	7	11	11	6	4	2	2	0
17	0	0	0	0	0	1	0	6	5	7	6	11	19	7	11	5	10	16	9	4	2	3	0	0
18	0	0	0	0	0	1	1	6	7	11	9	17	13	9	7	8	12	10	5	4	2	0	0	0
19	0	0	0	0	1	1	1	7	15	10	15	12	12	12	6	10	8	7	4	1	0	0	0	0
20	0	0	0	0	2	1	5	10	16	15	11	13	14	7	10	7	5	5	1	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	1	3	6	17	16	11	14	15	9	8	8	6	5	3	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	3	4	9	17	17	10	15	13	10	9	4	7	3	1	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	3	6	17	13	16	11	15	14	11	3	7	4	2	0	0	0	0	0	0	0



[그림 54] 광주 냉방기간 시간대별 온도 분포도 그래프

<표 30> 광주 냉방기간 시간대별 온도빈도수

온도 / 시간	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
0	0	0	1	2	8	15	21	24	24	12	6	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	15	20	17	22	22	10	7	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	5	16	19	16	23	20	8	9	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	1	2	10	13	20	19	20	15	9	8	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	1	4	9	18	18	18	22	12	9	6	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	1	6	14	13	24	15	17	13	9	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1	2	7	14	12	20	21	14	10	10	6	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	2	8	6	13	18	21	18	14	9	5	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	1	6	9	18	14	21	18	16	8	4	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	2	2	7	16	16	21	22	20	6	4	2	2	2	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	1	1	3	7	12	17	22	24	19	5	5	2	1	3	0	0	0	0	0
11	0	0	0	1	1	0	4	8	10	23	12	28	17	8	5	2	2	1	0	0	0	0
12	0	0	0	0	1	1	2	2	10	12	17	22	20	16	8	7	0	3	0	1	0	0
13	0	0	0	0	1	1	2	3	6	10	10	25	19	16	14	5	7	1	1	1	0	0
14	0	0	0	0	0	1	4	3	3	7	12	20	15	23	12	7	10	3	1	1	0	0
15	0	0	0	1	0	1	3	4	5	9	11	12	14	21	12	13	8	5	2	0	0	1
16	0	0	0	0	0	1	3	9	4	9	10	13	16	16	12	15	6	6	1	0	1	0
17	0	0	0	0	1	3	4	4	8	9	15	13	22	10	12	13	3	3	1	1	0	0
18	0	0	0	0	1	5	2	7	12	14	17	19	14	10	9	6	4	2	0	0	0	0
19	0	0	0	0	2	6	4	13	14	20	24	14	7	7	7	3	1	0	0	0	0	0
20	0	0	0	1	4	5	9	14	21	26	15	12	7	5	2	1	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	5	10	12	17	23	25	13	7	5	2	3	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	3	5	11	15	21	25	16	10	8	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	3	7	13	18	21	27	14	8	4	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0



[그림 55] 부산 냉방기간 시간대별 온도 분포도 그래프

<표 31> 부산 냉방기간 시간대별 온도빈도수

온도 / 시간	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
0	0	6	6	16	24	16	23	15	9	2	4	1	0	0	0	0	0
1	0	6	10	17	23	15	22	15	7	2	4	1	0	0	0	0	0
2	1	7	9	17	25	17	18	16	5	3	3	1	0	0	0	0	0
3	1	6	9	20	24	19	19	13	4	2	5	0	0	0	0	0	0
4	1	9	8	18	25	22	13	14	5	3	3	1	0	0	0	0	0
5	1	9	9	21	25	19	12	12	8	2	3	1	0	0	0	0	0
6	2	7	15	19	25	17	9	12	10	3	2	1	0	0	0	0	0
7	0	6	8	18	25	21	14	12	9	4	3	2	0	0	0	0	0
8	0	0	4	15	14	21	25	14	15	6	3	3	1	1	0	0	0
9	0	0	3	7	14	10	17	23	17	18	5	5	1	2	0	0	0
10	0	1	1	3	12	6	13	21	21	15	17	5	2	3	2	0	0
11	0	0	0	2	7	12	10	16	15	22	16	13	4	1	3	1	0
12	0	0	0	3	5	12	6	20	12	21	21	7	9	1	3	1	1
13	0	0	0	2	4	12	5	19	14	21	20	9	6	5	3	2	0
14	0	0	1	1	10	5	6	15	22	20	22	7	7	1	4	0	1
15	0	0	1	1	9	5	6	22	21	21	16	11	3	2	2	2	0
16	0	0	1	3	6	8	16	20	21	21	9	9	3	1	2	2	0
17	0	1	2	5	4	11	18	23	21	14	8	7	4	1	1	2	0
18	0	1	1	8	7	13	28	19	17	10	10	2	4	1	1	0	0
19	0	2	5	6	12	22	21	23	11	11	3	4	2	0	0	0	0
20	0	2	7	9	12	29	21	19	8	7	4	4	0	0	0	0	0
21	0	2	11	9	16	29	15	17	12	6	4	1	0	0	0	0	0
22	0	3	10	12	21	22	18	13	15	2	4	2	0	0	0	0	0
23	0	7	5	17	18	21	20	16	11	1	5	1	0	0	0	0	0

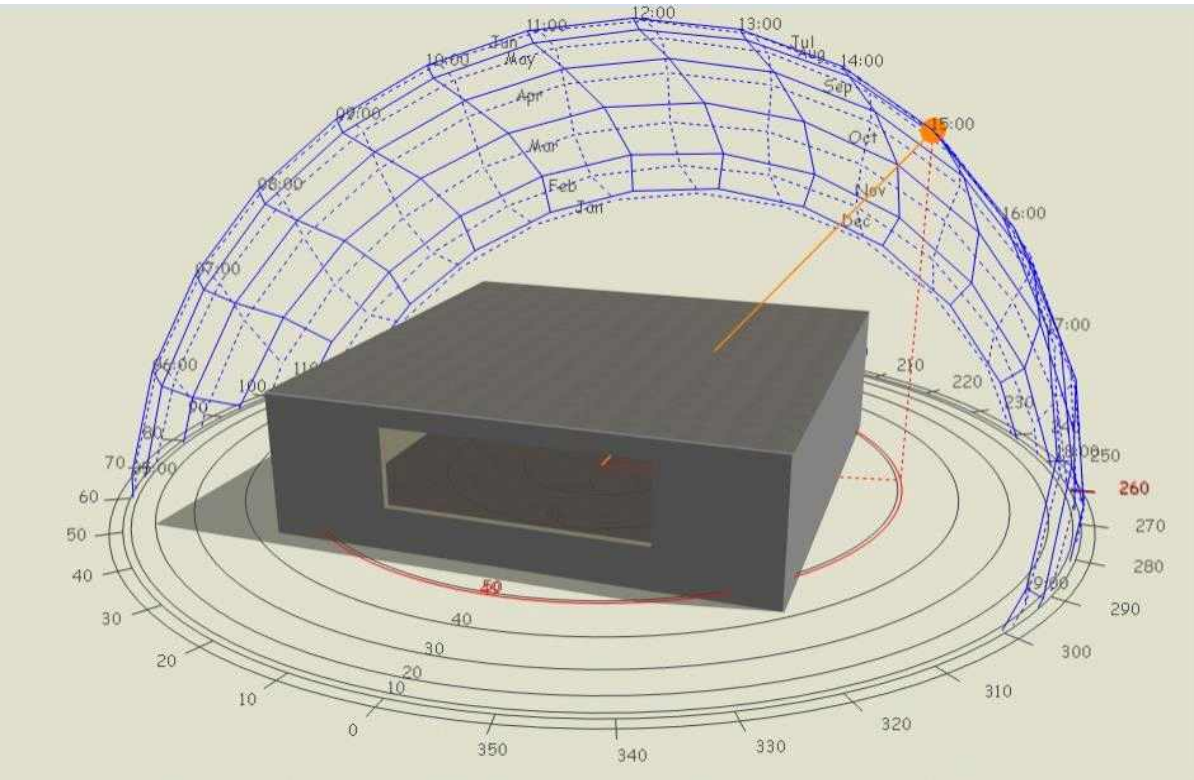
(2) 지역별 기상데이터 활용을 위한 시뮬레이션 모델링 선정

(가) 시뮬레이션 모델링 개요

본 연구에서는 한국의 지역별 건축물의 구조 및 설비시스템을 반영하기 위하여 단일 존 모델을 통제변인으로 정의하여 건축물 에너지 해석프로그램에 적용하였다. 이는 시뮬레이션에서의 다중 존을 선택할 경우 시뮬레이션 모델에선 인접 존 간의 열 교환 현상이 발생 할 수 있으며 대상 공간에서 열 획득·손실률에서 오차가 발생 될 수 있다. 따라서 두 모델에서의 독립변인을 기상데이터 선정하여 다른 변수의 영향을 제거하기 위해 단일 존 모델로 단순화 하였다.[15)]

현재 국내에서 사용하는 ISO 13790, DIN V 18599 기반 건축물 에너지 성능평가 프로그램은 기상데이터 변경 및 설비기기의 부분부하효율을 적용시키기 어려워 본 연구에서는 Enegyplus기반 Simulation 프로그램인 'Design Builder'를 활용한다.

Design Builder를 활용한 단일 존 모델 형상은 다음과 같다.



[그림 56] 단일 존 모델

① Weather Data

본 연구에서는 독립변인을 기상데이터로 선정하였으며, 이는 건물 에너지 시뮬레이션에서 기초입력 자료이며 동시에 중요한 요소로써 시뮬레이션의 결과 값에 큰 영향을 미친다. 본 연구에서는 서울, 대전, 대구, 광주, 부산의 표준기상데이터[16)]와 기상청에서 제공되는 최근년도 기상데이터를 사용하였다. 여기서 기상데이터는 1년 단위를 8760시간으로 구분된 데이터이다.

최근 기상데이터 AMY는 기상청에서 제공된 기상요소 값을 표준기상데이터에 반영하여 재구축된 기상데이터를 말한다. 이를 통해 건축물 에너지 성능평가용 시뮬레이션의 기초 입력 자료로 사용하였다.

15) 이승언. 양관섭, 강재식, 최경석(2002)한국건설기술연구원공동주택의 장수명화 및 재생을 위한 IHCS 표준모델개발(연구보고서)
16) 한국태양에너지학회, http://www.kses.re.kr/

② Construction

지역별 기상데이터 적용을 위한 단일 존 시뮬레이션 모델의 건물 개요는 아래 표와 같다.

<표 32> 시뮬레이션 기본 설정 값

적용지역	서울, 대전, 대구, 광주, 부산	
용도	개인사무실	
건물형태	폭 : 9m	높이 : 2.7m
채광창	남측 :50%	11.4 ㎡
환기횟수	1.5 ACH	
창문종류	투명 복층창	
창문틈	미적용	
침기	침기량 제거	
냉·난방 설정온도	난방온도:20℃	냉방온도:26℃

<표 33> 시뮬레이션 모델 벽체 정보

벽 정보	면적(㎡)	방향	관류율(W/㎡K)
외벽1	22.70	동	0.21
외벽2	22.70	서	0.21
외벽3	11.35	남	0.21
외벽4	22.70	북	0.21
지붕1	70.79		0.15
바닥1	70.79		0.18
창	11.35	남	관류율
			6.12
			G_Value
			0.81

<표 34> 외벽체 자재별 밀도(kg/㎥) 및 비열(J/kg·K), 두께(M)

경량	경량 클래딩	XPS 압출 폴리스티렌	석고 플라스터보드
밀도	1250	35	900
비열	1000	1400	1000
두께	0.013	0.048	0.006
중량	중량 콘크리트 블럭	EPS 확장 중량 폴리스티렌	플라스터보드
밀도	2300	25	2800
비열	1000	1400	896
두께	0.2	0.15	0.01

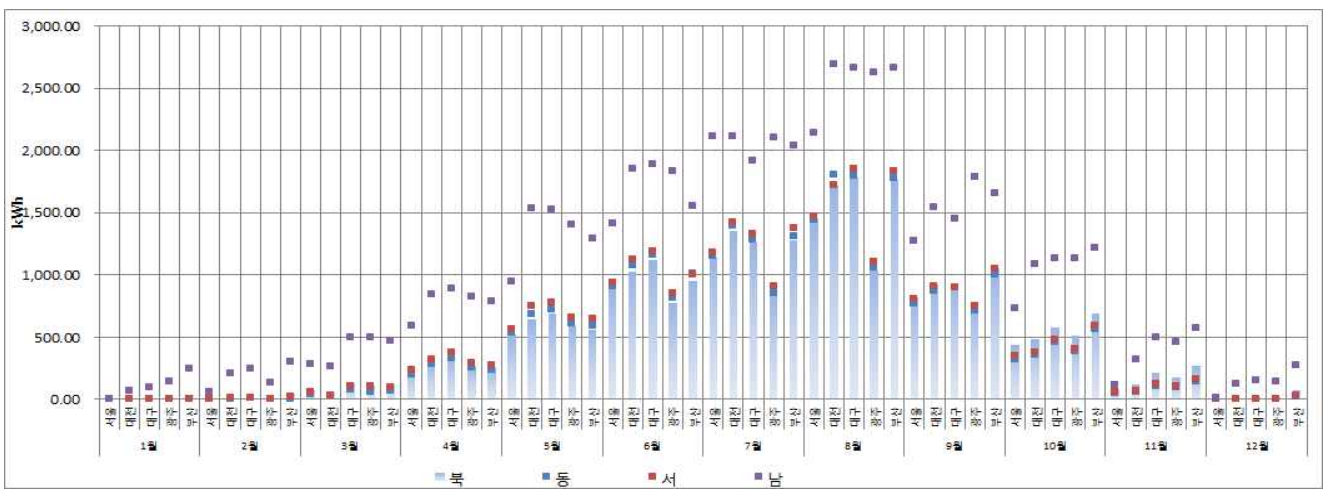
(나) 기상데이터를 활용한 시뮬레이션 결과분석

① 건축물 방위에 따른 시뮬레이션 활용

기상데이터 종류에 따라 시뮬레이션 냉·난방부하를 산출하기에 있어서, 본 연구에서는 시뮬레이션 모델링의 창문 위치에 따라 변화하는 시뮬레이션 결과 값을 비교 분석하였다.

<표 35> 모델링 창문 방위에 따른 월별 냉방 부하

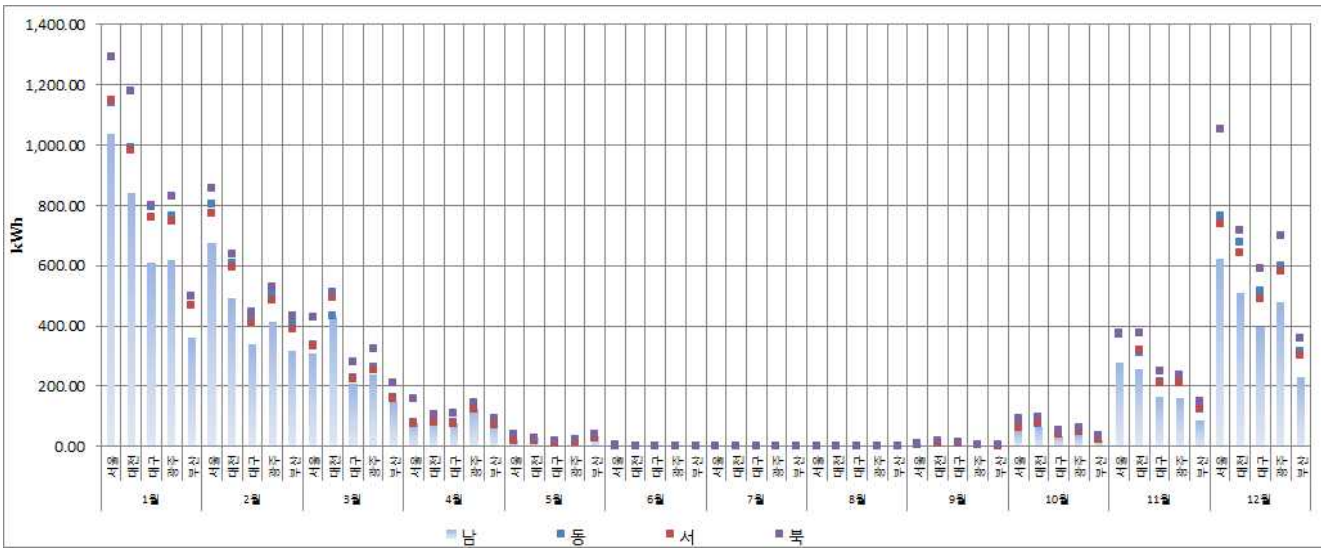
지역 구분	창문 방위	월별 소요량											
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
서울	동	0.00	0.00	37.97	203.22	532.69	910.80	1,154.45	1,442.02	767.82	319.79	50.63	0.05
	서	0.00	0.00	57.99	240.10	561.22	942.21	1,177.77	1,470.30	808.97	346.13	56.77	0.25
	남	4.64	58.18	285.22	594.84	944.38	1,416.64	2,119.21	2,143.24	1,278.13	728.70	118.97	13.58
	북	0.07	0.13	69.65	238.09	519.92	884.14	1,141.48	1,453.90	821.91	433.38	81.08	2.08
대전	동	0.00	1.43	33.94	283.12	681.75	1,075.58	1,392.69	1,809.79	868.44	354.36	58.31	0.26
	서	0.00	8.55	33.49	322.14	749.33	1,122.75	1,420.03	1,724.63	910.61	377.18	66.69	0.92
	남	67.94	210.77	266.59	843.30	1,535.65	1,857.49	2,111.38	2,694.40	1,544.38	1,090.24	319.93	126.35
	북	0.00	24.11	51.22	298.85	647.56	1,027.41	1,352.97	1,715.89	925.49	488.09	119.36	8.70
대구	동	0.00	9.41	79.11	330.57	726.07	1,165.08	1,279.46	1,793.09	897.27	462.38	107.54	0.46
	서	0.00	16.55	110.10	378.79	780.46	1,190.18	1,331.91	1,852.41	900.49	475.61	128.30	4.36
	남	92.85	248.06	495.74	894.38	1,526.66	1,888.69	1,919.96	2,670.90	1,454.67	1,135.17	501.25	152.77
	북	0.00	28.62	132.23	348.65	692.29	1,117.64	1,262.08	1,783.74	929.43	580.88	212.51	17.81
광주	동	2.49	4.51	63.90	250.93	615.18	816.54	852.74	1,057.15	715.68	386.26	94.46	0.11
	서	5.37	6.57	108.64	290.37	659.80	855.65	905.26	1,104.26	755.01	407.51	110.64	1.07
	남	140.25	134.72	499.11	826.17	1,408.11	1,833.96	2,103.36	2,629.67	1,790.61	1,130.80	460.53	139.44
	북	15.63	15.16	112.98	271.31	583.24	777.05	830.75	1,039.76	773.54	514.11	177.23	20.95
부산	동	0.69	6.09	64.12	234.59	594.07	1,008.59	1,312.94	1,774.88	1,001.99	563.97	145.56	18.82
	서	6.48	19.75	97.08	269.70	645.38	1,000.29	1,373.06	1,833.21	1,053.03	596.53	158.89	28.61
	남	242.05	299.37	474.32	787.84	1,296.27	1,554.67	2,039.13	2,661.99	1,659.68	1,218.21	570.46	276.28
	북	33.30	42.57	120.13	258.37	560.02	949.98	1,276.14	1,761.29	1,052.03	686.79	266.34	70.68



[그림 57] 모델링 창문 방위에 따른 월별 냉방 부하 그래프

<표 36> 모델링 창문 방위에 따른 월별 난방 부하

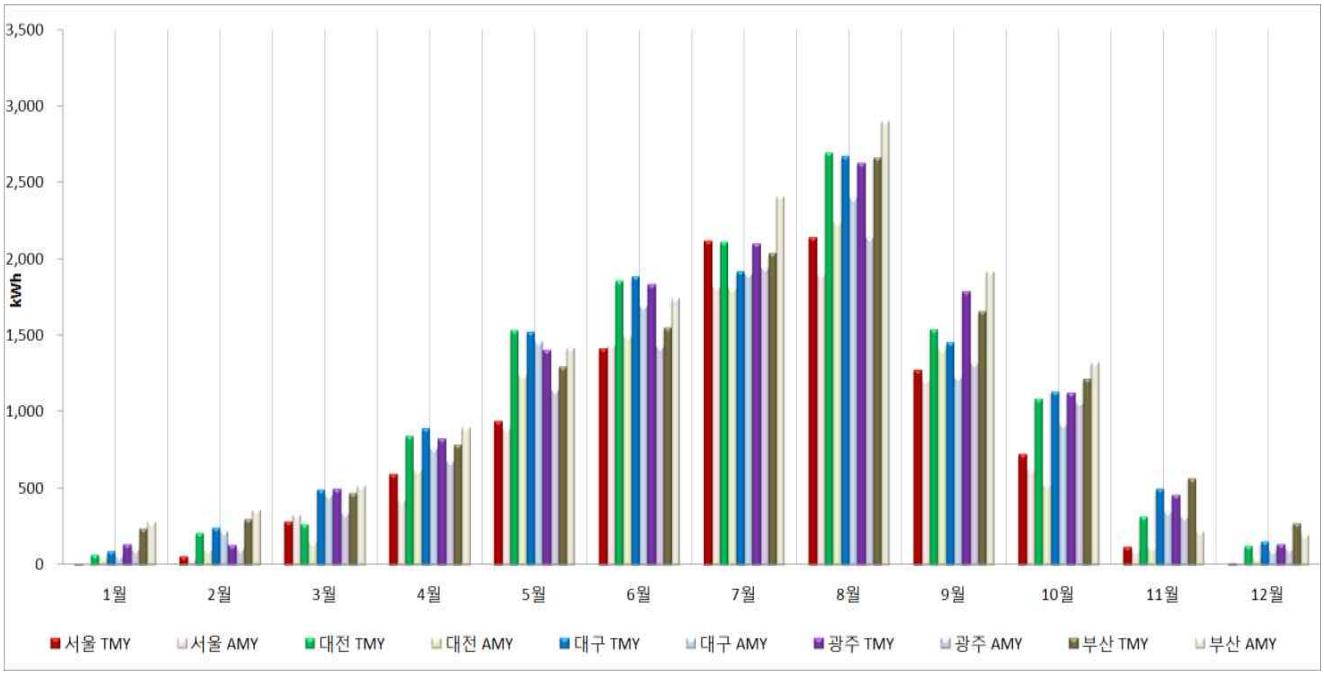
지역 구분	창문 방위	월별 부하											
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
서울	동	1,140.40	803.75	339.23	79.99	21.27	3.76	0.32	0.14	8.21	65.34	377.91	762.63
	서	1,149.33	773.05	333.48	75.08	18.08	3.55	0.25	0.08	6.90	64.01	373.92	737.90
	남	1,035.55	676.51	307.90	76.19	22.11	4.08	0.42	0.13	6.96	52.32	277.64	622.40
	북	1,293.44	855.66	427.89	158.38	42.09	1.35	0.13	0.00	6.73	91.99	371.83	1,052.41
대전	동	991.63	606.31	431.93	83.70	25.82	0.47	0.00	0.00	10.73	77.50	311.20	678.09
	서	980.78	595.51	495.15	79.88	20.47	0.39	0.00	0.00	9.09	78.12	320.11	644.62
	남	840.79	494.26	432.08	83.79	29.04	0.91	0.00	0.00	9.03	65.13	256.54	508.14
	북	1,177.21	638.67	510.88	106.37	29.51	0.77	0.00	0.00	17.55	98.84	378.33	717.65
대구	동	794.88	427.02	229.76	80.77	14.81	0.00	0.00	0.00	8.40	42.74	213.52	517.47
	서	760.86	413.11	224.96	74.61	10.78	0.00	0.00	0.00	8.47	41.10	209.11	490.93
	남	608.43	340.40	210.70	79.30	17.14	0.00	0.00	0.00	8.17	32.17	163.39	394.63
	북	800.79	444.48	282.40	111.99	16.81	0.29	0.00	0.67	16.05	54.02	247.93	590.89
광주	동	764.87	502.49	261.12	122.17	19.56	0.04	0.00	0.00	5.14	50.10	214.77	599.78
	서	745.71	485.76	254.59	121.94	16.23	0.04	0.00	0.00	3.94	51.62	209.53	580.02
	남	620.47	414.79	241.05	125.76	22.75	0.21	0.00	0.00	3.54	38.77	162.36	479.96
	북	831.96	527.66	325.36	143.65	24.36	0.20	0.05	0.00	8.01	64.72	237.92	700.71
부산	동	499.32	405.95	163.99	72.36	31.75	0.70	0.65	0.00	2.34	26.93	122.48	315.77
	서	468.32	391.21	157.72	70.48	28.24	0.97	0.69	0.00	1.80	23.58	126.25	302.56
	남	360.50	316.54	148.11	72.73	35.17	1.19	0.77	0.00	1.85	19.29	88.40	229.95
	북	498.99	433.81	208.68	94.01	40.10	2.23	2.71	0.32	6.07	35.90	148.50	358.51



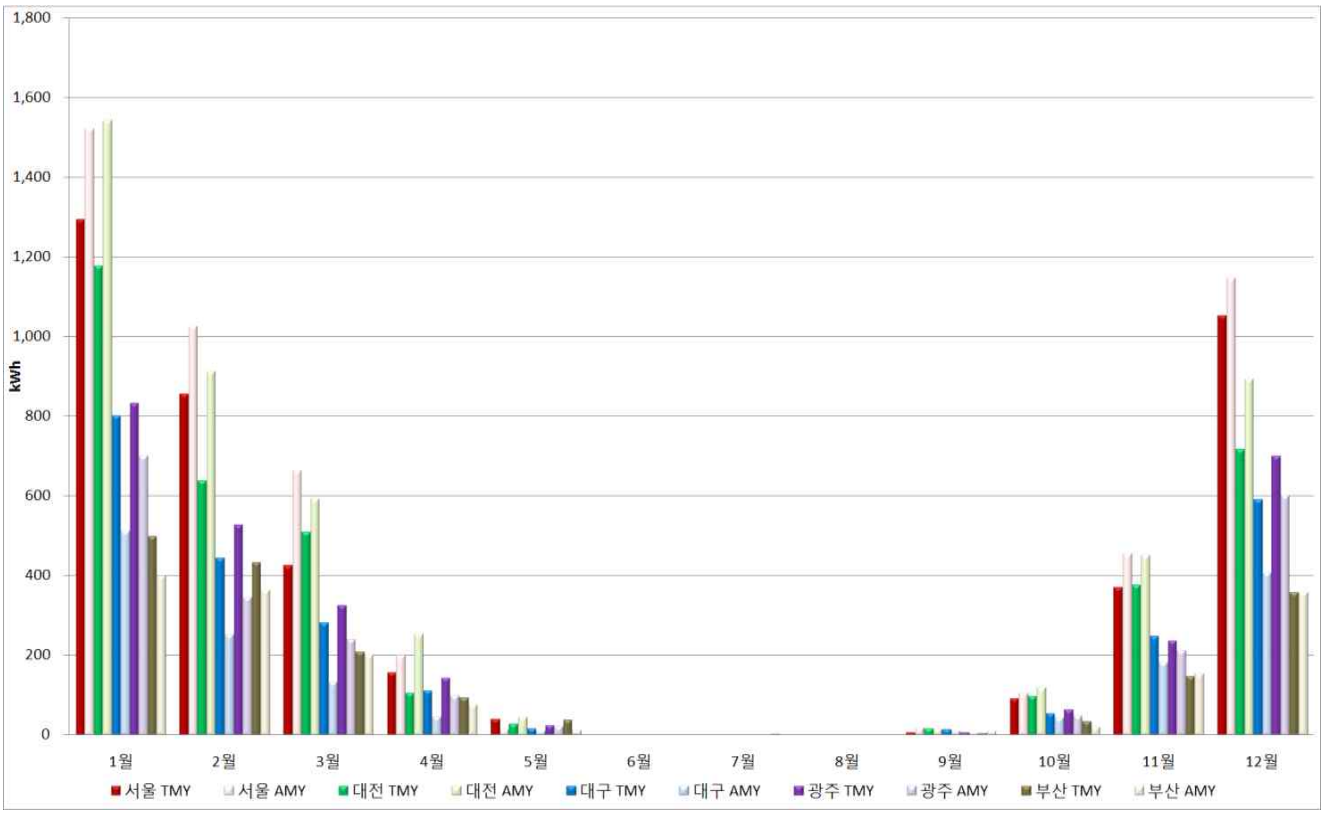
[그림 58] 모델링 창문 방위에 따른 월별 난방 부하 그래프

② 지역별 기상데이터를 활용한 시뮬레이션 결과

본 연구에서는 시뮬레이션을 활용하여 각 지역별 단일 표준건물을 선정하고 TMY, AMY기상데이터를 적용하여 대상 건축물의 냉·난방 부하의 차이를 검토하였다. 각 지역에 따라 TMY 및 AMY기상데이터 두 개의 모델을 적용하여 시뮬레이션 결과를 도시 하였다.



[그림 59] 기상데이터에 따른 월별 냉방 부하량 그래프



[그림 60] 기상데이터에 따른 월별 난방 부하량 그래프

TMY 및 AMY의 냉난방 부하 비교검토 서울지역을 제외하고는 나머지 4 지역에서는 난방의 차이 값이 큰 것을 알 수 있다. 난방의 경우 연소효율에 따라 출력량이 달라지기 때문에 부분부하에 따른 출력량이 거의동일 한 비율로 상승이 된다고 사료 된다.

<표 37> 기상데이터에 따른 월별 냉방 부하

지역 구분	기상 데이터	월별 냉방 부하											
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
서울	TMY	4.64	58.18	285.22	594.84	944.38	1,416.64	2,119.21	2,143.24	1,278.13	728.70	118.97	13.58
	AMY	3.51	42.39	332.11	424.87	899.07	1,435.23	1,821.29	1,900.97	1,215.34	625.55	95.46	12.36
차이 값		1.13	2.13	3.13	4.13	5.13	6.13	7.13	8.13	9.13	10.13	11.13	12.13
대전	TMY	67.94	210.77	266.59	843.30	1,535.65	1,857.49	2,111.38	2,694.40	1,544.38	1,090.24	319.93	126.35
	AMY	52.25	102.32	153.58	623.22	1,243.57	1,497.26	1,806.64	2,245.15	1,418.06	529.80	121.73	53.29
차이 값		15.69	108.45	113.01	220.08	292.08	360.23	304.74	449.25	126.32	560.44	198.20	73.06
대구	TMY	92.85	248.06	495.74	894.38	1,526.66	1,888.69	1,919.96	2,670.90	1,454.67	1,135.17	501.25	152.77
	AMY	65.85	224.52	461.51	766.25	1,463.38	1,693.98	1,904.29	2,402.85	1,232.59	923.40	352.04	96.26
차이 값		27.00	23.54	34.23	128.13	63.28	194.71	15.67	268.05	222.08	211.77	149.21	56.51
광주	TMY	140.25	134.72	499.11	826.17	1,408.11	1,833.96	2,103.36	2,629.67	1,790.61	1,130.80	460.53	139.44
	AMY	102.11	109.68	343.71	681.20	1,145.35	1,429.96	1,941.37	2,140.72	1,322.09	1,068.40	320.25	109.34
차이 값		38.14	25.04	155.40	144.97	262.76	404.00	161.99	488.95	468.52	62.40	140.28	30.10
부산	TMY	242.05	299.37	474.32	787.84	1,296.27	1,554.67	2,039.13	2,661.99	1,659.68	1,218.21	570.46	276.28
	AMY	284.49	366.42	522.64	900.24	1,421.33	1,742.69	2,411.20	2,904.45	1,920.77	1,324.10	223.95	197.32
차이 값		42.44	67.05	48.32	112.40	125.06	188.02	372.07	242.46	261.09	105.89	346.51	78.96

<표 38> 기상데이터에 따른 월별 난방 부하

지역 구분	기상 데이터	월별 난방 부하											
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
서울	TMY	1,293.44	855.66	427.89	158.38	42.09	1.35	0.13	0.00	6.73	91.99	371.83	1,052.41
	AMY	1,521.22	1,026.46	664.28	202.15	15.19	0.52	0.00	0.00	20.01	105.55	455.63	1,147.43
차이 값		227.78	170.80	236.39	43.77	26.90	0.83	0.13	0.00	13.28	13.56	83.80	95.02
대전	TMY	1,177.21	638.67	510.88	106.37	29.51	0.77	0.00	0.00	17.55	98.84	378.33	717.65
	AMY	1,542.36	913.56	592.45	254.76	46.33	2.48	0.00	0.00	16.24	119.42	452.33	894.51
차이 값		365.15	274.89	81.57	148.39	16.82	1.71	0.00	0.00	1.31	20.58	74.00	176.86
대구	TMY	800.79	444.48	282.40	111.99	16.81	0.29	0.00	0.67	16.05	54.02	247.93	590.89
	AMY	512.88	252.69	134.25	46.28	11.06	0.10	0.00	0.23	11.65	45.19	184.36	406.69
차이 값		287.91	191.79	148.15	65.71	5.75	0.19	0.00	0.44	4.40	8.83	63.57	184.20
광주	TMY	831.96	527.66	325.36	143.65	24.36	0.20	0.05	0.00	8.01	64.72	237.92	700.71
	AMY	699.38	345.55	240.17	100.58	23.60	1.45	0.00	0.00	5.41	49.27	212.87	600.24
차이 값		132.58	182.11	85.19	43.07	0.76	1.25	0.05	0.00	2.60	15.45	25.05	100.47
부산	TMY	498.99	433.81	208.68	94.01	40.10	2.23	2.71	0.32	6.07	35.90	148.50	358.51
	AMY	400.20	364.11	200.52	77.28	12.63	2.35	0.00	0.00	10.86	22.07	155.25	357.24
차이 값		98.79	69.70	8.16	16.73	27.47	0.12	2.71	0.32	4.79	13.83	6.75	1.27

(3) 국내 설비시스템 DB 구축 프로세스 정립 및 조사

(가) 국내 설비시스템의 부분부하 효율 Data Base 구축

① 냉난방설비시스템 현장 측정 공정 시험방법

냉난방설비시스템의 현장 측정은 간이 조사 결과를 통해 에너지 이용효율화 측면에서 개선이 필요한 것으로 판단된 부분·항목에 대하여 정밀한 평가를 수행하는 단계이다.

보다 정밀한 측정을 수행하고, 이를 통해 에너지 이용효율화를 위한 개선방안의 도출 및 효율 하락 등의 원인을 분석하기 위하여 실시한다. 정밀한 측정을 위해 냉난방 시스템별·기기별 등으로 나누어 상세하게 수행하며 다음 표와 같이 열에너지 진단 및 전기에너지 진단으로 구분 할 수 있다.

<표 39> 부분별 에너지 진단 내용

구분	시스템	진단내용
열에너지 진단	열 발생설비	연료, 급수공급 계통과 연소관리의 문제점 검토 보일러 및 각종 요소의 성능시험 손실요인 분석과 효율향상방안
	열 사용설비	각종 열 사용 설비의 성능시험 건물의 냉난방 부하 계산 에너지 절약 시설투자 경제성 검토
	열 수송설비	에너지 수송계통의 문제점 합리적인 에너지 수송 시스템 검토 폐열회수 및 보온 강화 시 경제성 검토
전기에너지 진단	수배전설비	전력 수급계약의 적정성 검토 수배전 변압기의 용량 검토 부하측 전압 공급장치 검토
	동력설비	동력설비 용량 및 운전효율 산정 부하율, 역률에 대한 개선안 제시 조업 개선을 통한 절전 가능성 검토
	전열 및 조명 설비	적정용량 및 부하 검토 적정조도 유지 및 절전형 광원 검토

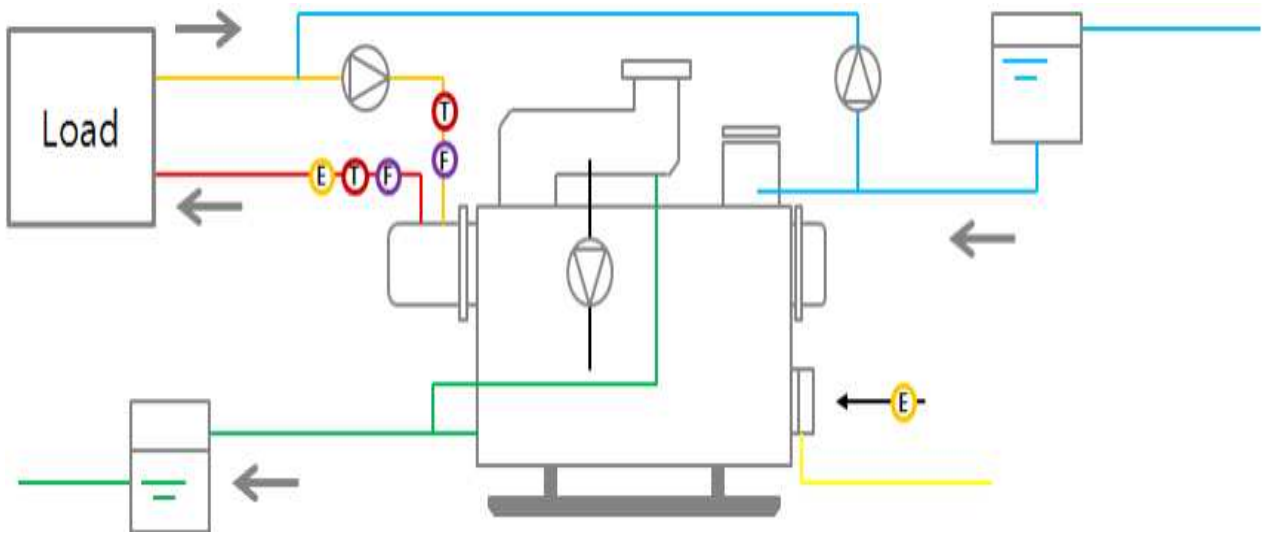
㉮ 설비시스템 현장 측정방법

현장 측정을 행하는 계측이나 시험은 상당한 시간과 비용이 소요되며, 이 때문에 사전에 진단계획을 검토하고 실시체제에 대한 충분한 사전협의가 필요하다.

또한, 가능한 과거의 데이터나 간이 조사에서 얻은 데이터를 활용하여 기존의 에너지소비량과 측정값의 비교를 통해 객관적이고, 다양한 영향변수에 대해 고려하는 것이 필요하다. 다음 표는 온수보일러, 냉동기, 공조기, 조명기구를 예로 건물의 에너지진단을 위한 측정 및 평가방법의 예를 도시한 것이다.

<표 40> 온수 보일러의 현장 측정 방법

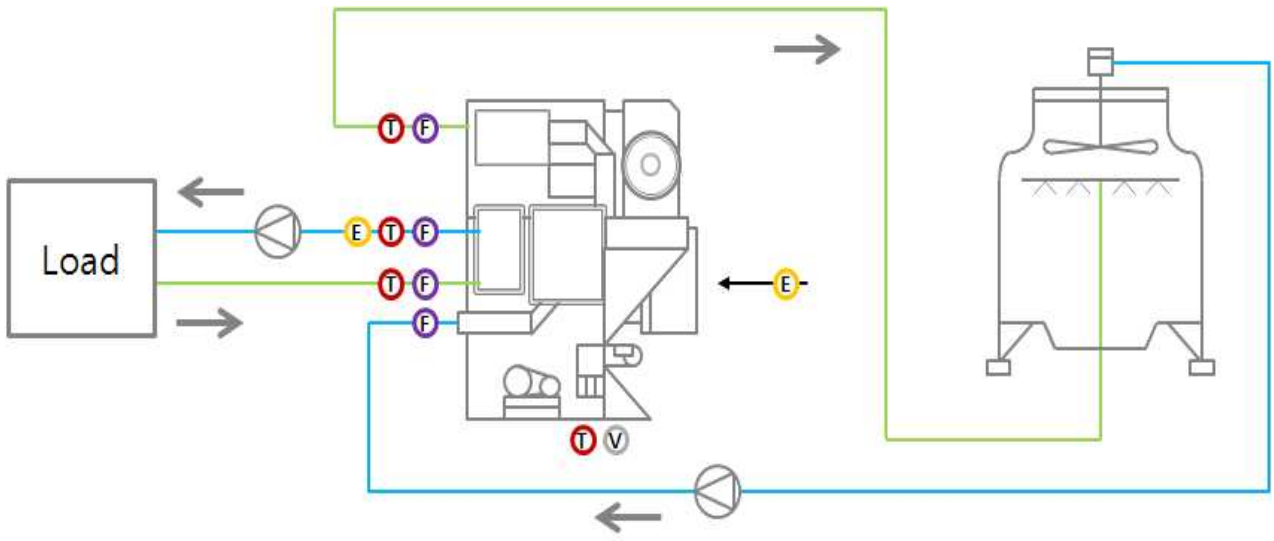
No.	항목	측정 및 평가방법
1	온도	열전대 등을 사용하여 공급·회수되는 온수 온도를 측정
2	유량	기존 유량계 또는 초음파 유량계 등에 의해 온수 유량을 측정 열량계가 설치된 경우, 온도의 유량의 측정 불필요
3	출력 에너지	온도와 유량의 측정값을 이용해 보일러의 출력 에너지를 산출 열량계를 사용하는 경우, 열량계 결과를 이용
4	입력 에너지	가스메터, 오일메터 등을 검침하여 가스, 유류 소비량 측정 가스, 유류 소비량과 발열량을 통해 입력 에너지 산출 가스 소비량은 가스온도 및 압력을 알고 있는 경우, 소비량 보정
5	효율	출력 에너지와 입력 에너지의 측정값을 이용해 효율 산출
6	평가	성능사양서 등에서 제공하는 보일러 효율, 성능곡선과의 비교 극단적으로 효율 저하되는 경우, 원인 규명 및 유지보수 수행



[그림 61] 보일러 구성도 및 측정위치

<표 41> 냉동기의 현장측정 방법

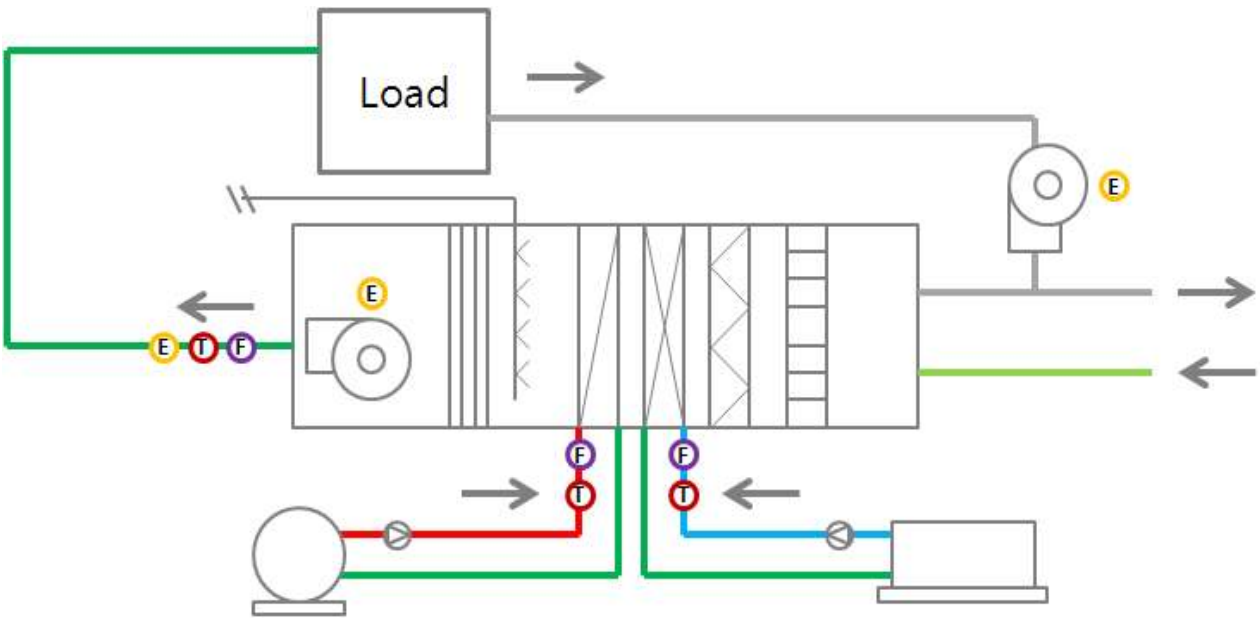
No.	항목	측정 및 평가방법
1	온도	열전대 등을 사용하여 냉수·냉각수의 공급·회수온도를 측정
2	유량	기존 유량계 또는 초음파 유량계 등으로 냉수·냉각수 유량 측정 열량계가 설치된 경우, 온도의 유량의 측정 불필요
3	출력 에너지	온도와 유량의 측정값을 이용해 냉동기의 출력 에너지를 산출 열량계를 사용하는 경우, 열량계 결과를 이용
4	입력 에너지	① 전동식 냉동기에 적산전력량계가 삽입되어 있는 경우는 이 값 사용 미설치, 저압인 경우 적상기능의 큼램프온(Clamp-on)형 전력계 등에 의하여 일정시간 냉동기의 소비전력 등을 측정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



[그림 62] 냉동기 구성도 및 측정위치

<표 42> 공조기의 현장측정 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 평균 풍속을 산출하고, 덕트면적을 통해 풍량을 산출
6	코일 열수	기기완성도 등에서 코일의 열수·정면면적·코일형식 등 조사 코일형식은 1열당 튜브 본수 및 단면적 등
7	전열계수	코일의 냉수 전열계수 산출 $K = \frac{q_t}{R_{OW} \times \Delta T_{im} \times A_f \times WSF}$ [kcal/mh℃] $q_t = V \times \gamma \times (i_1 \sim i_2)$ V : 급기량, γ : 공기의 비중, i_1 : 입구공기 엔탈피, i_2 : 출구공기 엔탈피, R_{OW} : 코일 열수, ΔT_{im} : 대수평균온도차, A_f : 코일정면 면적, WSF : 습윤면적계수
8	평가	도서 등을 참고하여 냉수전열계수 곡선을 작성하고, 비교평가 측정시점의 냉수전열계수 저하도를 파악



[그림 63] 공조기 구성도 및 측정위치

㉯ 설비시스템 성능 측정 장비

설비시스템의 성능을 측정하기 위해서는 다음과 같은 장비들이 필요하며, 기존건축물의 현장상황이 모두 다르기 때문에, 현장 상화에 맞는 장비와 설치 위치가 중요하다. 다음은 현장 측정을 위해서 필요한 장비들이다.

<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 부착한다.

<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(Nm³)으로 변환하여 사용한다.

<적산열량계>

적산열량계는 열량을 적산하여 계량하는 것으로, 지역냉방 및 지역난방의 사용열량을 조회하기 위해서 사용되고, 건물에서는 공조열원기기의 출력열량(생산열량)이나 공조기의 소비열량 계량 등에 사용된다. 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 설치한다.

㉰ 에너지진단의 문제점

에너지 진단과 관련된 문헌 및 진단업체와 판매시설과 도서관의 측정 및 현장조사를 통하여 국내에서 현재 수행되고 있는 에너지 진단업무에 대하여 고찰하였다. 현재 에너지진단 제도에 의한 에너지진단 업무는 주로 설비기기의 성능 측정 및 분석을 통하여 에너지진단 및 투자경제성을 분석하여 개선방안을 도출한다.

에너지진단 업무에서 에너지 진단 단계와 범위는 명시되어 있으나, 상세한 기계 설비의 측정 방법과 진단 시기 및 진단 기간에 대한 고려가 부족한 실정이다. 객관적이고 다양한 영향변수에 대하여 고려할 수 있는 측정방법이 필요하다. 또한, 설비기기의 성능 측정 및 분석 위주의 건물에너지 진단은 건축적 요소에 대한 고려가 부족하다 할 수 있다. 상업용 용도 건축물을 대상으로 실내온도의 측정을 진행하였는데, 실내온도 측정 위치별로 적지 않은 실내 온도의 편차가 발생하였다. 현재 국내 에너지진단 업무의 경우, 순간측정에 의한 평균 실내온도의 산출방법으로 실내온도편차에 대한 고려가 부족하다.

ⓐ 정확한 실내온도 측정의 필요성

정확한 실내온도의 산출은 과 냉난방에 의한 에너지낭비를 방지할 수 있고, 정확한 냉난방 부하를 판단할 수 있으며, 지속적인 실내온도 측정 시 실내 온도 데이터를 활용하여 공조시스템의 운영적인 면에서의 에너지 절감도 가능하다. 건물 에너지성능 진단 시 실내온도 측정은 <표 43>는 실내온도 측정 방법을 나타낸다. 현재 에너지 진단 업체의 현장조사와 문헌 조사를 통해 실내온도의

평균값 산출은 5포인트에서 순간 측정으로 시행되고 있다. 이는 실내온도 측정 시 계절이나 시간을 고려하지 않은 형태로 등간격의 포인트에서 장/단기 실내온도 측정을 통하여 신뢰성 있는 실내온도 측정방안에 대한 검토가 필요하다.

<표 43> 실내온도 측정의 문제점

구분	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	

ⓑ 실내온도 측정 및 검토

현재 에너지진단에서 실내온도 측정 방법의 문제점 및 개선안을 도출하기 위해 업무시설을 대상으로 하절기의 실내온도 측정 및 데이터 분석을 진행하였다. 기존의 건물에너지진단 시 5포인트에서 순간 측정에 의한 실내 평균온도 산출방법이 아닌 온도 측정 포인트를 등간격으로 배치 후, 단기 측정으로 실내온도 측정하였다.

ⓑ-1 대상 건물의 개요

대구에 위치하고 있는 지하 8층 ~ 지상 20층 규모의 업무용 건축물이다.

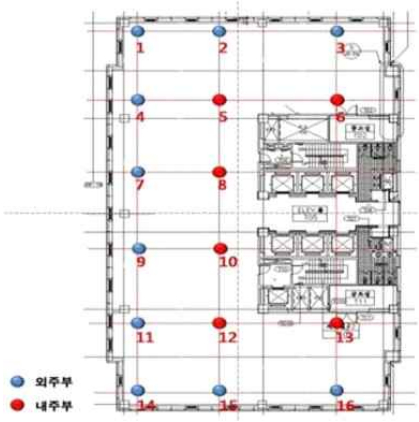
<표 44> 실내온도 측정 대상 개요

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

ⓑ-2 측정 방법

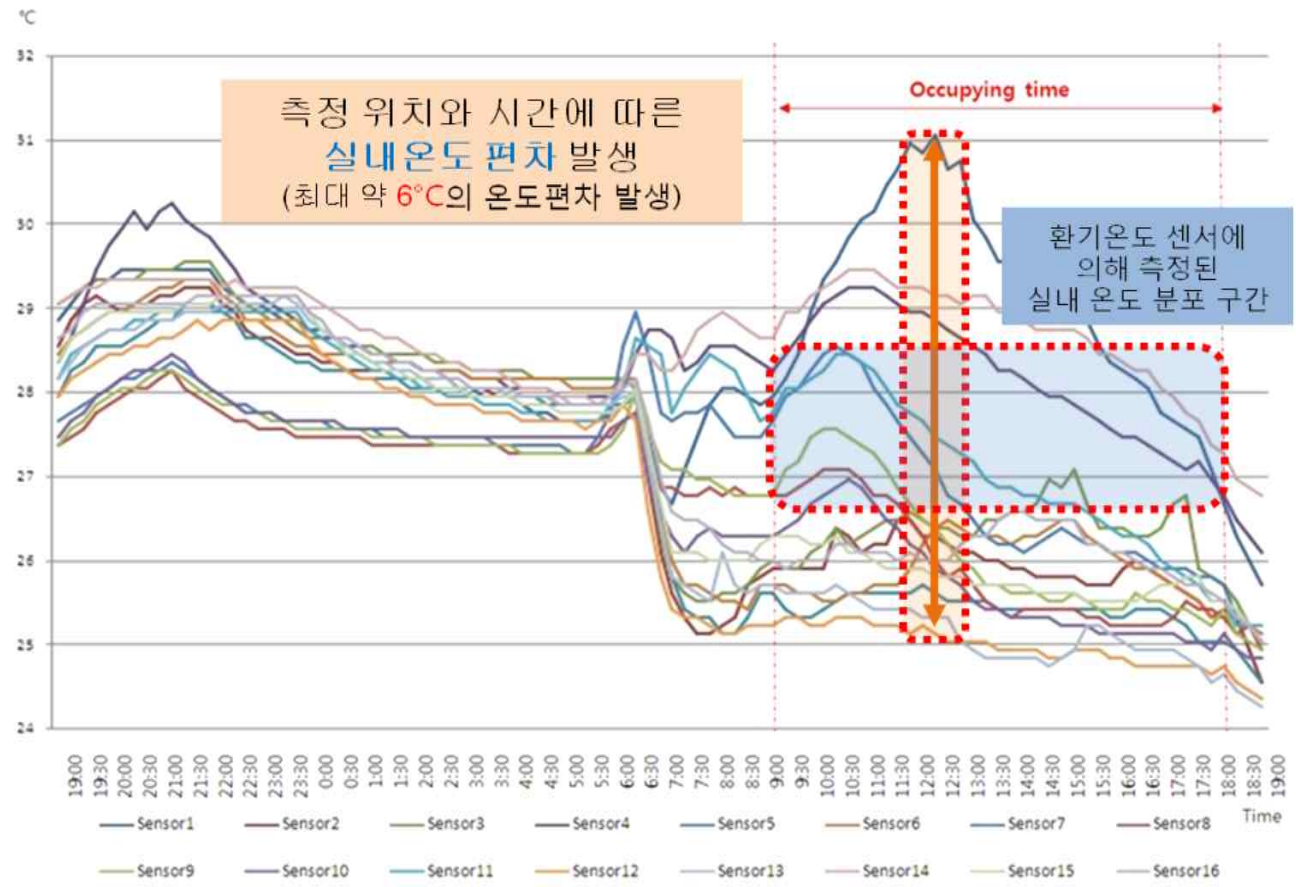
내외주부를 구분하여 16포인트에서 각각의 실내 온도를 측정하였다. 측정 기간은 2013년 7월 24일 19시 ~ 25일 19시 이다. <표 45>은 대상 건물의 개요와 실내온도 측정 포인트 및 측정 장비를 나타낸다.

<표 45> 실내온도 측정 포인트 및 장비

구분	실내 온도 측정 포인트	측정 장비
이미지		
설 명	기준층을 내외주부로 구분하여 16개의 포인트에서 실내온도를 24시간 동안 측정하였다.	Hobo Light Intensity Logger

ⓑ-3 측정 결과

[그림 64]은 실내 온도의 측정 결과를 나타낸다. 측정 위치와 시간에 따라 실내온도가 최대 6℃의 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.



[그림 64] 실제 실내 온도의 측정

② 열원 설비시스템 부분부하 효율 DB 분석

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

㉯ 열원기기의 분류

ⓐ 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 46> 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

<표 46>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.

ⓑ 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 47>와 같다.

<표 47> 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

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 만들거나 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.

ⓒ 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.

<표 48> 열원에 따른 히트펌프의 분류

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

㉮ 열원기기 조사

ⓐ 조사 프로세스

열원기기 및 신재생기기의 조사 프로세스는 아래와 같다. 먼저 가장 빈번하게 사용되는 열원기기 및 신재생기기를 분류하고 메이저 생산업체를 정리하였다. 이후에 성능 데이터(정격효율, 부분부하효율) 등을 조사하였다.



[그림 65] DB 조사 프로세스

ⓑ 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 49> 조사된 열원기기 요약

구분	장비명	조사업체	주요조사항목	
			정격효율	부분효율
온열원	흡수식 냉온수기	S엔지니어링	○	X
		L전자	○	○
	온수보일러	D보일러	○	○
		B보일러	○	○
	증기보일러	D보일러	○	○
		B보일러	○	○
	EHP	L전자	○	○
		S전자	○	○
	GHP	S전자	○	○
냉열원	흡수식냉동기	S엔지니어링	○	○
		L전자	○	○
	흡수식냉온수기	S엔지니어링	○	○
		L전자	○	○
	터보냉동기	S엔지니어링	○	○
		L전자	○	○
		S사(외산 C사)	○	○
		T사(외산)	○	○
		Y사(외산)	○	○
	스크류냉동기	S엔지니어링	○	○
		L전자	○	○
	냉각탑	S공조	○	○
		K기계	○	○
	EHP(냉방)	L전자	○	○
		S전자	○	○
	GHP	S전자	○	○
급탕	온수보일러	D보일러	○	○
		B보일러	○	○
	증기보일러	D보일러	○	○
		B보일러	○	○

ⓒ 주요 조사 DB

ⓒ-1 증기보일러

<표 50> 증기보일러 종류 및 특성

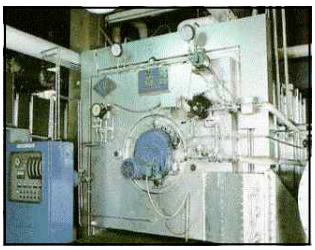
구분		증기압력(MPa)	장비용량(㎥/h)	장비효율(%)
주철제 보일러		0.1 이하	300~4,000	약 80~86
원통 보일러	입형	0.7 이하	100~500	약 70~75
	노통연관	1.6 이하	500~20,000	약 85~90
수관 보일러	입형	1.0 이하	500~2,000	약 85
	이통	0.7 이하	5,000 이상	약 85~90
관류 보일러	단관식	3.0 이하	100~15,000	약 80~90
	다관식	1.0 이하	100~2,000	약 75~90
	대형	1.0 이하	100,000 이상	약 90



a. 주철제 보일러



b. 원통 보일러 (노통연관식 보일러)



c. 수관 보일러

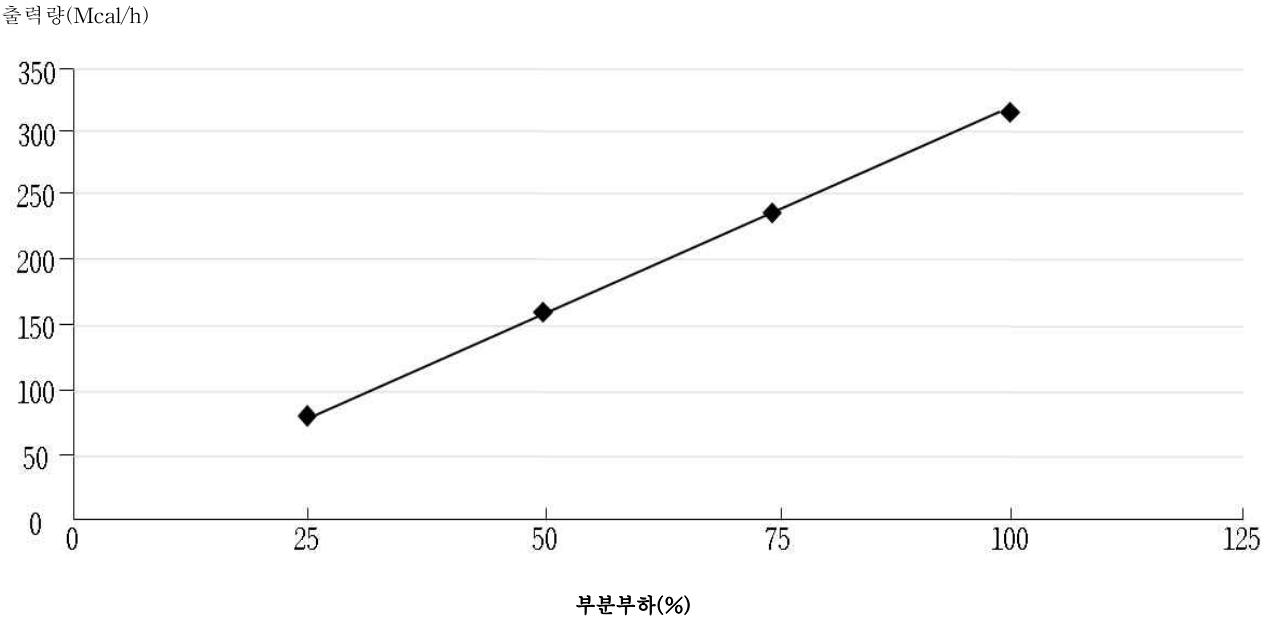


d. 관류 보일러

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

<표 51> 증기보일러 조사결과

구분	용량 (kW)	연료	연소효율				총소비전력			
			@100%	@75%	@50%	@25%	@100%	@75%	@50%	@25%
증기 보일러 (B사)	374	LNG13A	33.00	24.75	16.50	8.25	2.25	1.13	1.13	0.56
	749		66.00	49.50	33.00	16.50	5.90	2.95	2.95	1.48
	1,123		99.00	74.25	49.50	24.75	9.70	4.85	4.85	2.43
	1,497		132.70	99.53	66.35	33.18	11.20	5.60	5.60	2.80
	1,871		164.20	123.15	82.10	41.05	14.70	7.35	7.35	3.68
	2,246		197.00	147.75	98.50	49.25	18.70	9.35	9.35	4.68
	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
	749		35.0	26.3	17.5	8.8	6.30	4.73	3.15	1.58
	1,123		36.0	27.0	18.0	9.0	10.10	7.58	5.05	2.53
	1,497		37.0	27.8	18.5	9.3	12.70	9.53	6.35	3.18
	1,871		38.0	28.5	19.0	9.5	16.20	12.15	8.10	4.05
	2,245		39.0	29.3	19.5	9.8	20.20	15.15	10.10	5.05
	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
	3,742		325.1	243.8	162.6	81.3	19	12.5	7.7	4.4
	1,497		130	97.5	65.0	32.5	14.7	13.4	11.8	9.1
	2,245		195.1	146.3	97.6	48.8	18.7	17.0	15.0	11.6
	부분부하조건 : -									
증기 보일러 (D사)	2,245	경유	203.8	152.9	101.9	51.0	15.8	10.4	6.3	3.7
	3,742		339.6	254.7	169.8	84.9	20.5	13.5	8.3	4.8
	1,497		137.4	103.1	68.7	34.4	15.45	14.1	12.4	9.6
	2,245		206.0	154.5	103.0	51.5	19.45	17.7	15.6	12.0
	부분부하조건 : -									

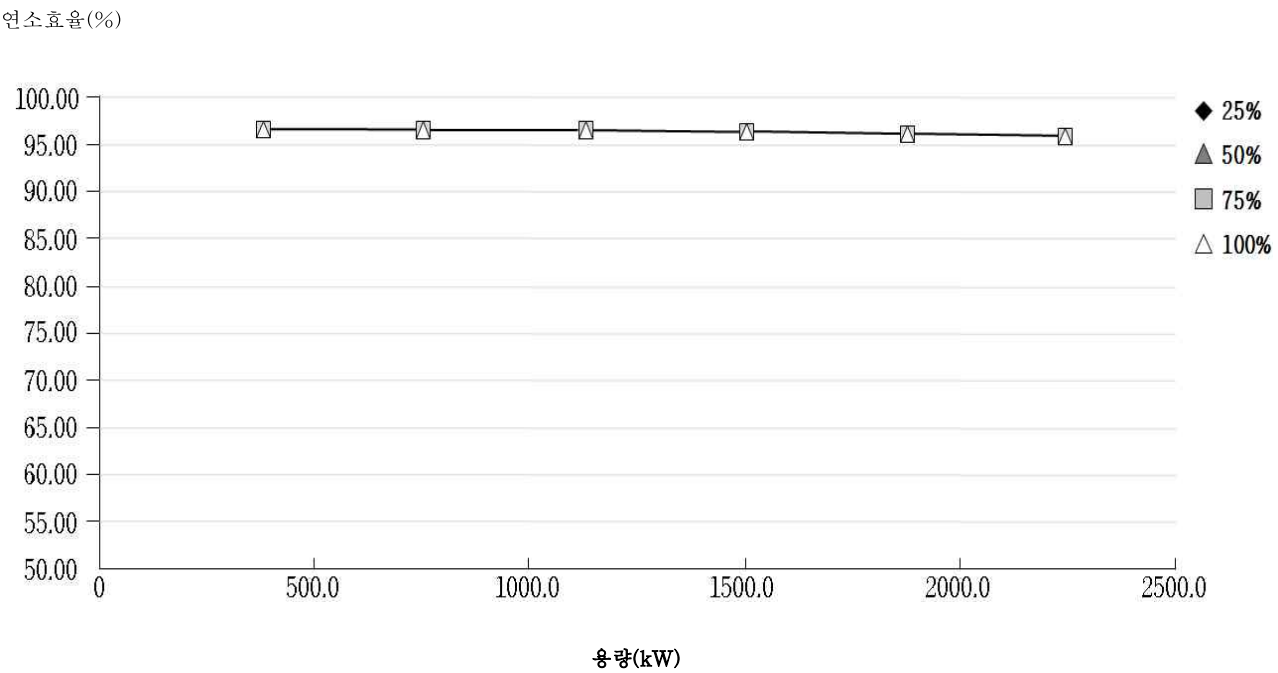


[그림 66] 증기보일러 DB의 부분부하에 따른 출력량 예시

회귀방정식

$y = x, \quad R^2 = 1$ ····· 식 (3.1)

증기보일러의 경우 연소효율에 따라 출력량이 달라지기 때문에 부분부하에 따른 출력량이 동일한 비율로 상승하는 것을 확인할 수 있었다. 따로 용량이 다르더라도 연료의 연소효율이 같기 때문에 온수보일러 DB 용량에 따른 추세선이 일직선으로 나타났다.



[그림 67] 증기보일러 DB 용량별 연소효율 추세선 그래프

ⓒ-2 온수보일러

<표 52> 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

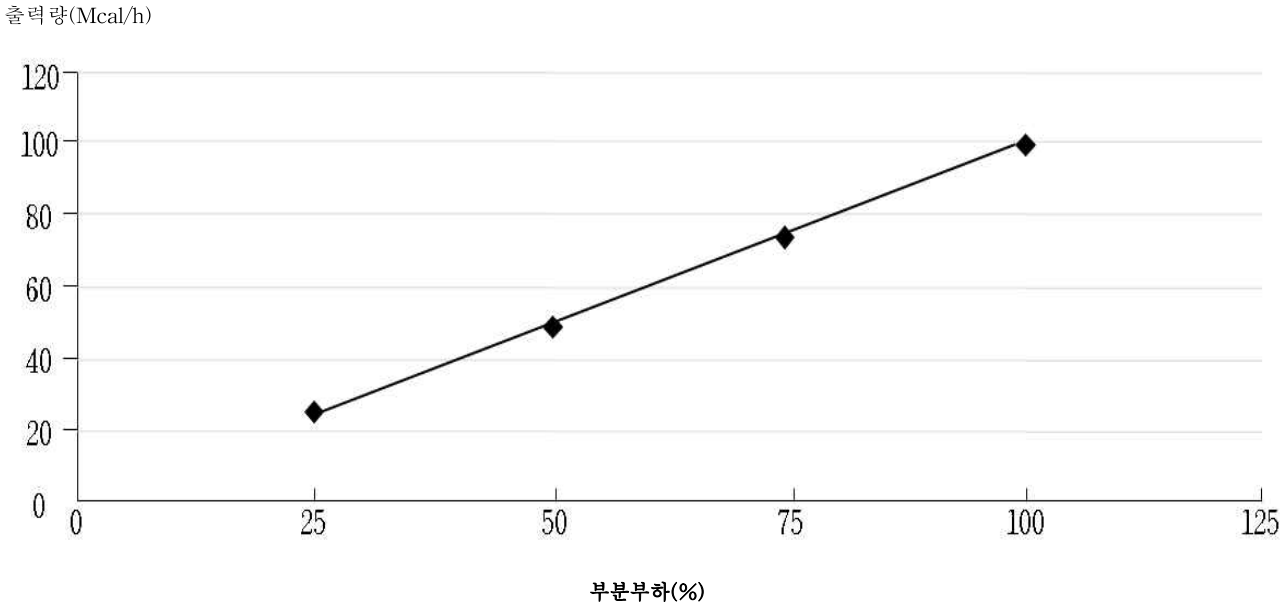


d. 일반 온수보일러

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

<표 53> 온수보일러 조사결과

구분	용량 (kW)	연료	연소효율				총소비전력			
			@100%	@75%	@50%	@25%	@100%	@75%	@50%	@25%
진공온수 보일러	116	LNG13A	11.10	8.33	5.55	2.78	0.25	0.19	0.13	0.06
	698		66.60	49.95	33.30	16.65	2.20	1.65	1.10	0.55
	930		88.80	66.60	44.40	22.20	2.20	1.65	1.10	0.55
	1,895		133.20	99.90	66.60	33.30	5.50	4.13	2.75	1.38
	2,326		222.00	166.50	111.00	55.50	11.00	8.25	5.50	2.75
	4,186		399.60	299.70	199.80	99.90	22.00	16.50	11.00	5.50
(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
	698		64.00	48.00	32.00	16.00	2.60	1.95	1.30	0.65
	930		85.40	64.05	42.70	21.35	2.60	1.95	1.30	0.65
	1,895		128.00	96.00	64.00	32.00	7.00	5.25	3.50	1.75
	2,326		213.40	160.05	106.70	53.35	12.50	9.38	6.25	3.13
	4,186		384.10	288.08	192.05	96.03	23.50	17.63	11.75	5.88
(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
	1,163		109.9	82.4	55.0	27.5	3.7	3.4	3.0	2.3
(D사)	부분부하조건 : -									
중온수 보일러	2,326	LNG	202	151.5	101.0	50.5	11	7.2	4.4	2.6
	4,070		353.5	265.1	176.8	88.4	18.5	12.2	7.5	4.3
(D사)	부분부하조건 : -									
온수 보일러	581	경유	53.3	40.0	26.7	13.3	1.9	1.7	1.5	1.2
	1,163		106.7	80.0	53.4	26.7	4.1	3.7	3.3	2.5
(D사)	부분부하조건 : -									

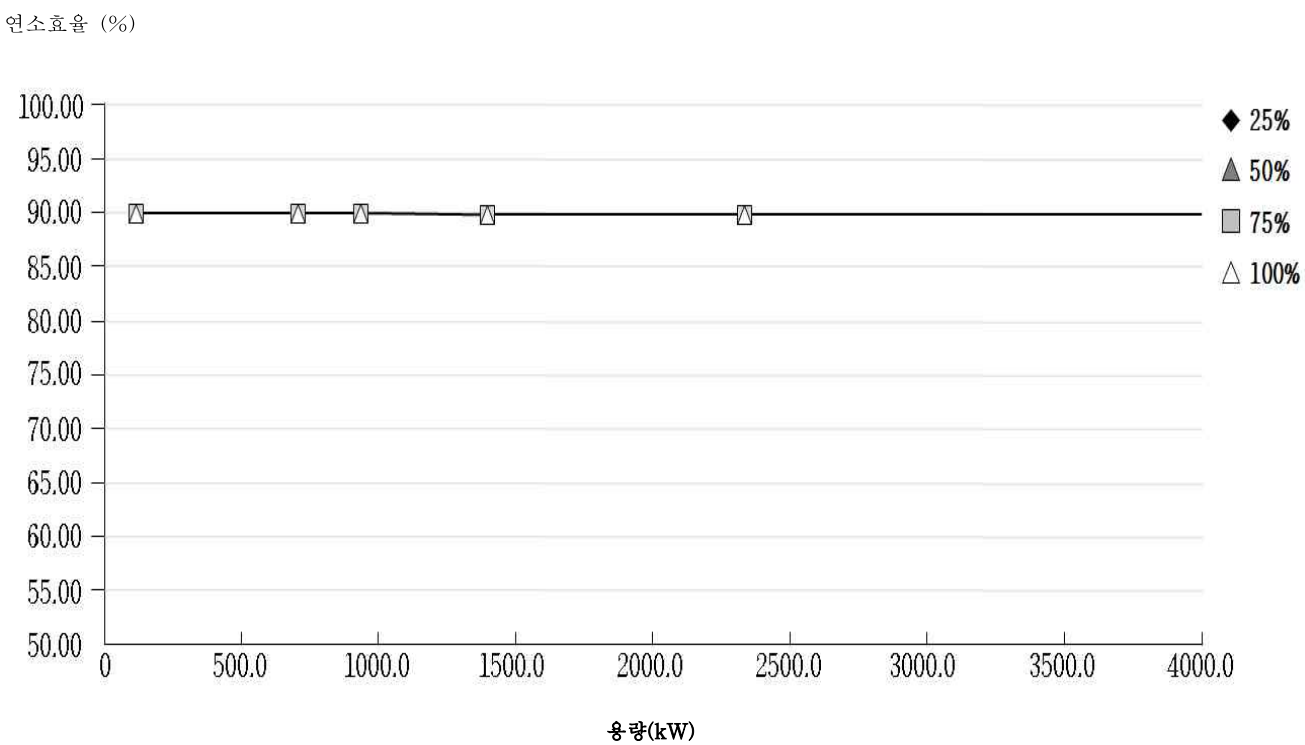


[그림 68] 온수보일러 DB의 부분부하에 따른 출력량 예시

회귀방정식

$y = -6E-17x^2 + x - 2E-13, \quad R^2 = 1$ ····· 식 (3.2)

온수보일러의 경우 연소효율에 따라 출력량이 달라지기 때문에 부분부하에 따른 출력량이 거의 동일한 비율로 상승하는 것을 알 수 있었다. 따로 용량이 다르더라도 연료의 연소효율이 같기 때문에 온수보일러 DB 용량에 따른 추세선이 일직선으로 나타났다.



[그림 69] 온수보일러 DB 용량별 연소효율 추세선 그래프

ⓒ-3 압축식 냉동기

<표 54> 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



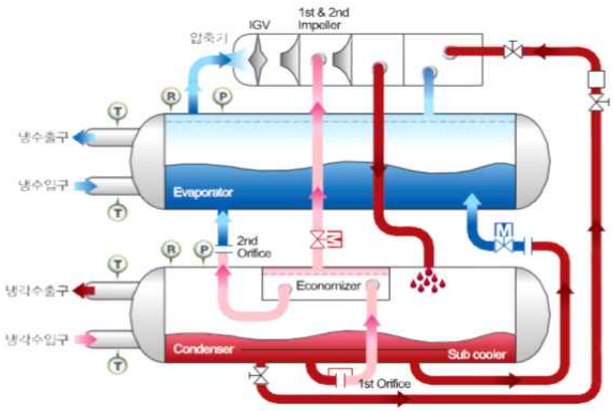
a. 왕복동식 냉동기



b. 원심식 냉동기



c. 스크류식 냉동기

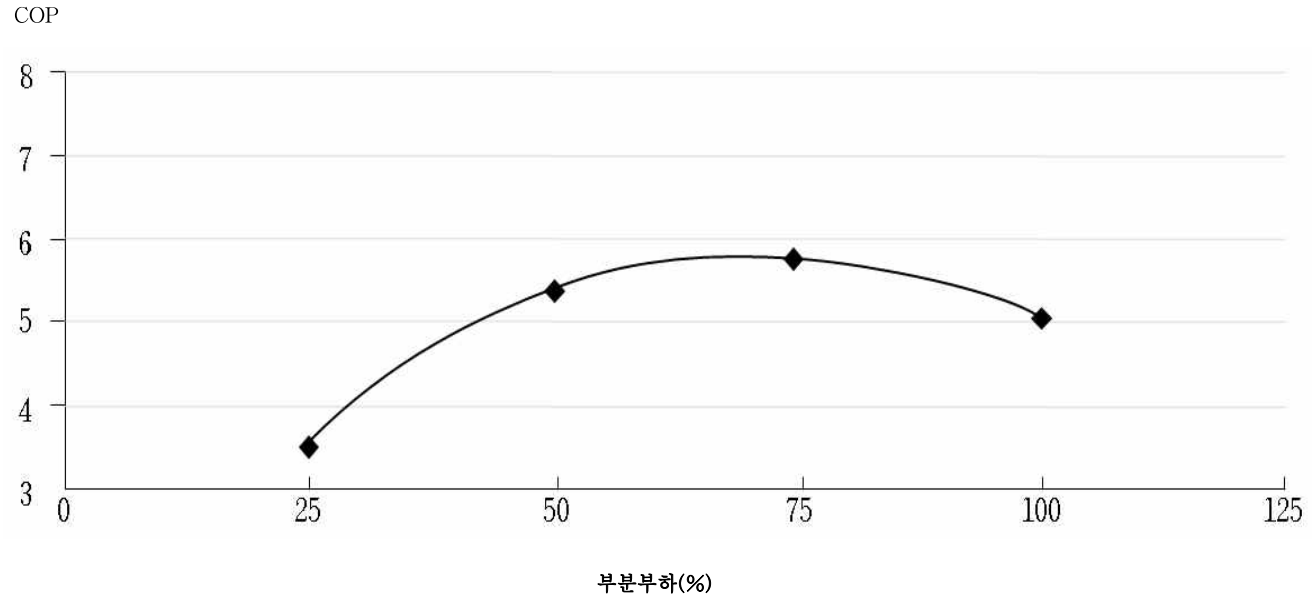


d. 압축식 냉동기 흐름도

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

<표 55> 압축식 냉동기 조사결과(터보 냉동기)

구분	용량 (kW)	부분부하 COP			
		@100%	@75%	@50%	@25%
터보 냉동기	1,055	6.10	6.98	6.94	5.51
	1,407	6.08	7.06	7.36	5.58
	1,758	6.08	7.22	7.80	6.07
	2,110	6.25	7.56	8.25	6.44
	2,461	6.12	7.31	8.06	6.43
	2,813	6.09	7.39	8.16	6.54
(T사)	부분부하조건 : 냉수 입·출구 온도 12℃ / 7℃, 냉각수 입·출구 온도 32℃ / 37℃				
터보 냉동기	1,055	5.76	6.55	6.89	4.95
	1,407	6.01	7.29	7.64	5.58
	2,110	6.13	7.28	7.59	5.93
	2,813	6.21	7.48	11.03	6.34
	3,516	6.22	7.69	8.41	6.61
(Y사)	부분부하조건 : 냉수 입·출구 온도 12℃ / 7℃, 냉각수 입·출구 온도 32℃ / 37℃				
터보 냉동기 (인버터)	703	5.28	6.85	9.51	6.51
	1,055	5.49	7.25	10.35	7.54
	1,407	5.56	7.75	11.15	8.38
	1,758	5.72	8.09	11.70	8.97
	2,110	5.71	8.20	11.59	8.51
	2,462	5.87	8.16	12.31	8.66
	2,813	5.90	8.30	12.56	8.89
	3,165	5.52	8.57	13.08	9.53
	3,517	5.94	8.56	12.83	8.79
	3,869	5.79	8.71	13.24	9.48
	4,220	6.03	8.64	13.18	8.79
(C사)	부분부하조건 : 냉수 입·출구 온도 12℃ / 7℃, 냉각수 입·출구 온도 32℃ / 37℃				



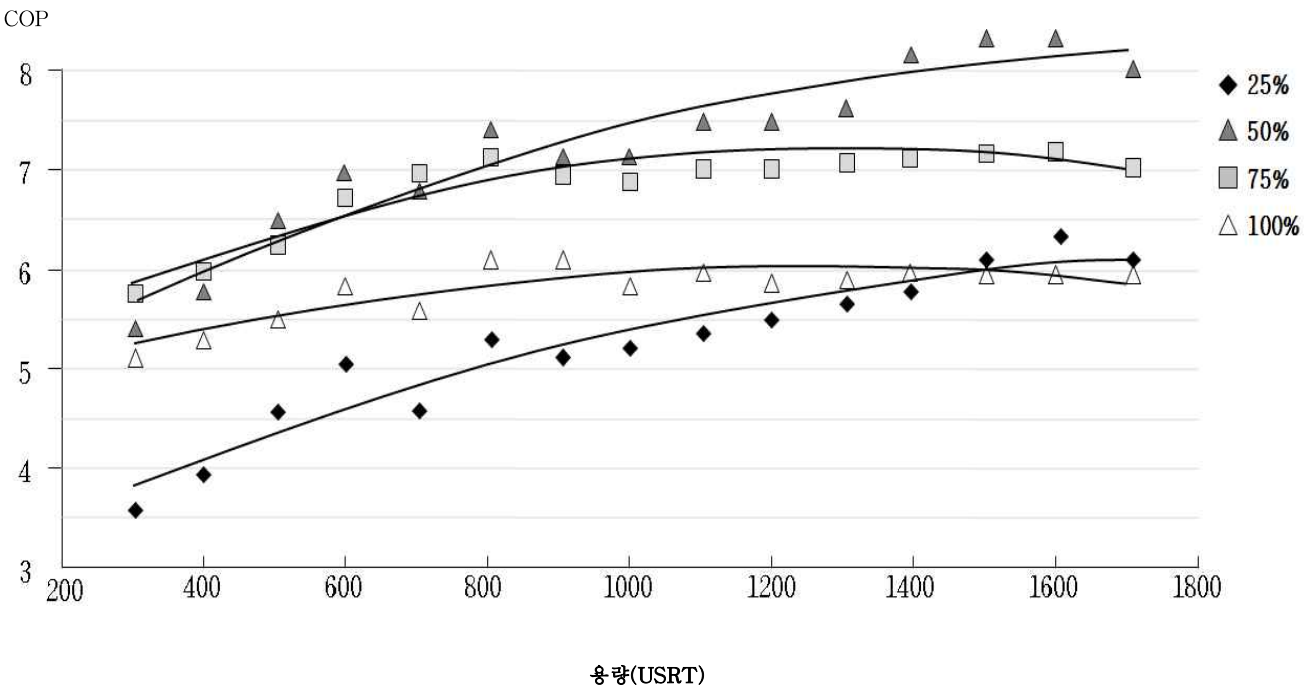
[그림 70] 압축식 냉동기(터보 냉동기) DB의 부분부하에 따른 COP 값 예시

회귀방정식

$y = -0.001x^2 + 0.1428x + 0.6625, \qquad R^2 = 0.9952$ ····· 식 (3.3)

터보 냉동기의 경우 부분부하에 따른 COP 값의 편차가 큰 것으로 나타났다.

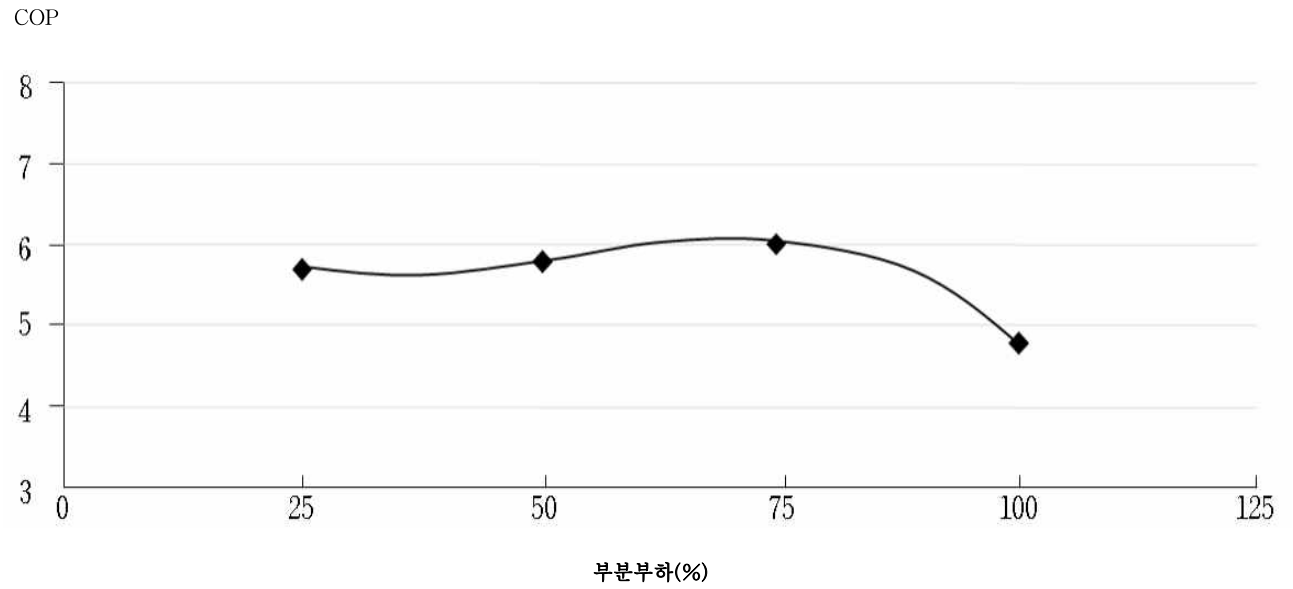
또한 부분부하가 50~75%일 때 가장 효율이 좋은 것으로 분석되었다. 하지만 부하율에 따른 편차가 0.5배 이상 차이가 나는 것으로 확인되었다. 용량의 차이에 따른 부분부하별 COP 값 또한 편차가 컸으며, 용량이 클수록 편차가 줄어드는 것을 확인할 수 있다.



[그림 71] 터보 냉동기 DB에 따른 기기 용량에 따른 부분부하별 COP 예시

<표 56> 압축식 냉동기 조사결과(스크류 냉동기)

구분	용량 (kW)	부분부하 COP			
		@100%	@75%	@50%	@25%
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℃				
스크류 냉동기 (수냉식)	126	4.02	-	-	-
	154	4.02	-	-	-
	190	4.07	-	-	-
	234	4.03	-	-	-
	308	4.02	-	-	-
	381	4.07	-	-	-
	467	4.02	-	-	-
	571	4.07	-	-	-
	701	4.03	-	-	-
	761	4.07	-	-	-
	935	4.03	-	-	-
	298	4.04	-	-	-
	361	4.07	-	-	-
	428	4.10	-	-	-
(S사)	부분부하조건 : 냉수 입·출구 온도 12℃ / 7℃, 냉각수 입·출구 온도 32℃ / 37℃				



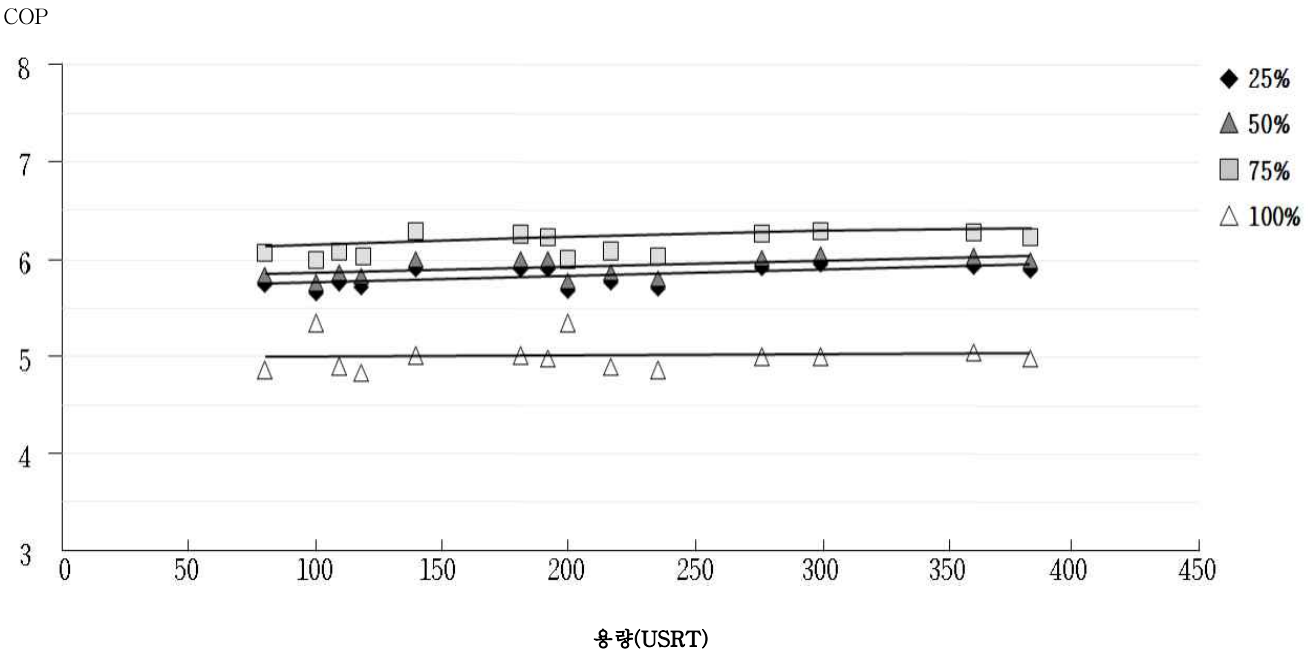
[그림 72] 압축식 냉동기(스크류 냉동기) DB의 부분부하에 따른 COP 값 예시

회귀방정식

$y = -2E-05x^3 + 0.0027x^2 - 0.125 + 7.4733,$ $R^2 = 1.0$ ····· 식 (3.4)

스크류 냉동기의 경우 부분부하에 따른 COP 값의 편차가 터보냉동기에 비해 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. COP 편차는 낮지만 Peak 부하 때 COP가 좋지 않은 것으로 분석 되었다. 용량별 COP 편차가 컸던 터보냉동기에 비해 상대적으로 스크류 냉동기는 COP편차가 낮았다.

하지만, Peak 부하 때를 기준으로 설비기기를 선택하기 때문에 스크류 냉동기의 Peak 부하 시 적용성에 대한 추가적인 논의가 필요하다.



[그림 73] 스크류 냉동기 DB에 따른 기기 용량에 따른 부분부하별 COP 예시

ⓒ-4 흡수식 냉동기

<표 57> 흡수식 냉동기 종류 및 특성

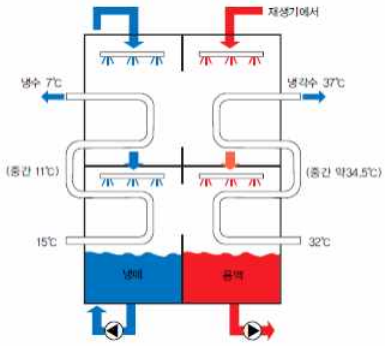
구분	장비용량(RT)	소비동력(kg/RTh)	COP
직화식 냉동기	50~1,300	4.8~8.2	1.20~1.35
증기식 냉동기	50~1,500	3.5~3.8	1.0~1.3
중온수 냉동기	70~1,500	-	0.7~0.75



a. 직화식 흡수식냉온수기



b. 중온수 흡수식냉동기

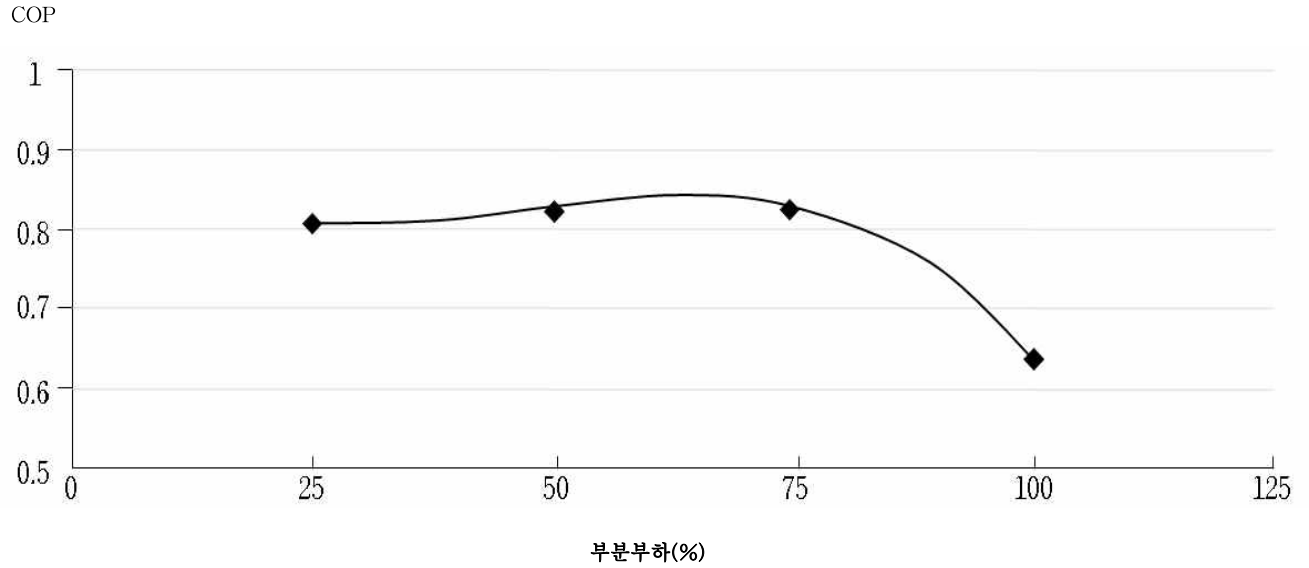


c. 흡수식 냉동기 흐름도

개요	- 외부로부터 전기의 압력에 의한 기계적 에너지를 필요로 함 - 기계적 에너지가 아닌 열에너지에 의해 냉동효과를 거둠 - 증발기, 흡수기, 재생기 또는 발생기, 응축기 등으로 구성됨 - 흡수제의 역할로 Li-Br(브롬화리튬) 등의 혼합용액을 사용
장점	- 흡수식냉온수기의 경우 1대의 기기로 냉수와 온수 모두 생산 - 압축기가 없으므로 전기사용량이 많지 않아 여름철 전력수급에 도움이 되고 소음 및 진동이 작음 - 재생기 구동원의 온도가 일정하므로 장시간 운전시 유리함 - 정격 COP보다 부분부하 운전 COP가 우수하여, 부분부하 운전이 많은 우리나라 기후조건에 적합
단점	- 부하 변동, 간헐운전 측면에서 불리 - 예열, 예냉 시간이 비교적 길어, 열손실 및 신속한 대응에 불리 - 냉각탑, 가스인입, 연도, 자동제어 설비가 필요함 - 크기 및 중량이 큼

<표 58> 흡수식 냉동기 조사결과

구분	용량 (kW)	부분부하 COP			
		@100%	@75%	@50%	@25%
2단 저온수	264	0.64	0.83	0.83	0.81
	316	0.64	0.83	0.83	0.81
	387	0.64	0.83	0.83	0.81
	949	0.64	0.83	0.83	0.81
	1,055	0.64	0.83	0.83	0.81
	1,196	0.64	0.83	0.83	0.81
	1,846	0.64	0.83	0.83	0.81
	2,110	0.64	0.83	0.83	0.81
	2,373	0.64	0.83	0.83	0.81
	2,637	0.64	0.83	0.83	0.81
	2,901	0.64	0.83	0.83	0.81
(L사)	부분부하조건 : 냉수 입·출구 온도 12℃ / 7℃, 냉각수 입·출구 온도 32℃ / 37℃				
2단 저온수	633	0.64	0.83	0.84	0.83
	738	0.64	0.83	0.84	0.83
	844	0.64	0.83	0.84	0.83
	985	0.64	0.83	0.84	0.83
	1,125	0.64	0.83	0.84	0.83
	1,266	0.64	0.83	0.84	0.83
	2,532	0.64	0.83	0.84	0.83
	2,813	0.64	0.83	0.84	0.83
	3,165	0.64	0.83	0.84	0.83
	3,516	0.64	0.83	0.84	0.83
(S사)	부분부하조건 : 냉수 입·출구 온도 12℃ / 7℃, 냉각수 입·출구 온도 32℃ / 37℃				

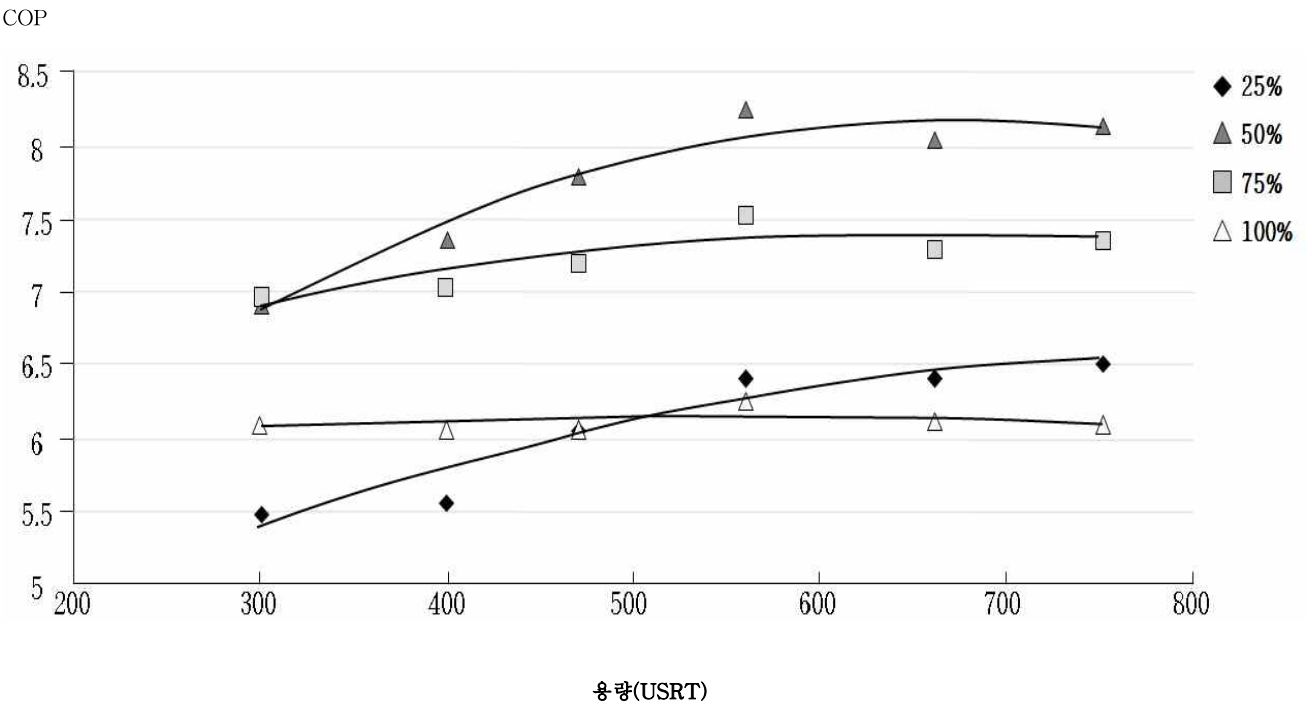


[그림 74] 흡수식 냉동기 DB의 부분부하에 따른 COP 값 예시

회귀방정식

$y = -2E-06x^3 + 0.0003x^2 - 0.0105 + 0.94, \qquad R^2 = 1.0$ ····· 식 (3.5)

흡수식 냉동기의 경우 부분부하에 따른 COP 값의 추이가 스크류 냉동기와 비슷한 것으로 나타났다. Peak 부하인 때를 제외하면 COP 편차가 0.1이내인 것으로 분석되었다. 용량별 COP 편차가 컸던 터보냉동기에 비해 상대적으로 스크류 냉동기는 COP편차가 낮지만, 설비기기 선정 시 Peak 부하 때를 기준으로 하기 때문에 스크류 냉동기와 동일하게 Peak 부하 시 적용성에 대한 추가적인 논의가 필요하다.



[그림 75] 흡수식 냉동기 DB에 따른 기기 용량에 따른 부분부하별 COP 예시

ⓒ-5 히트펌프

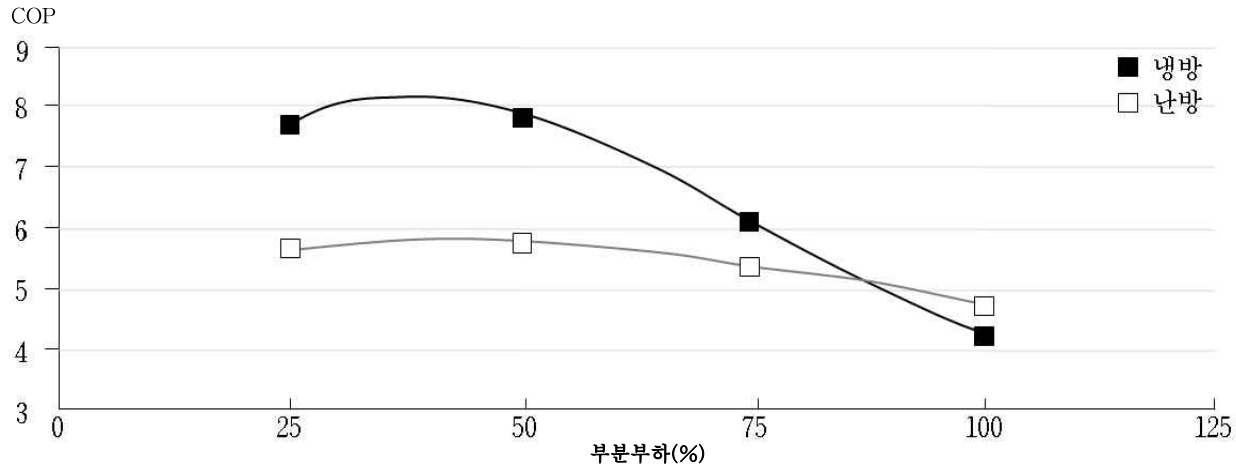
<표 59> 히트펌프 개요 및 특성

<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
- 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
- 화재나 폭발 등의 우려가 없는 높은 안전성의 시스템
- 전기 에너지만을 사용하므로 연소가 불필요.
- 타 공기조화 시스템에 비해 보수 관리가 용이함
- 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
- 겨울철 보조열원을 사용해야 하므로 난방의 효율 감소함
- 실외기 설치로 인한 외부 설치장소 필요</td></tr>
</table>

<표 60> 히트펌프 조사결과

장비용량(kW)		방식	난방 COP				소비전력 (kW)	냉방 COP				소비전력 (kW)
난방	냉방		@100%	@75%	@50%	@25%		@100%	@75%	@50%	@25%	
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
(L사)	부분부하조건		실내측 DB 20℃, WB 15℃, 실외측 DB 7℃, WB 6℃					실내측 DB 27℃, WB 19℃, 실외측 DB 35℃, WB 24℃				

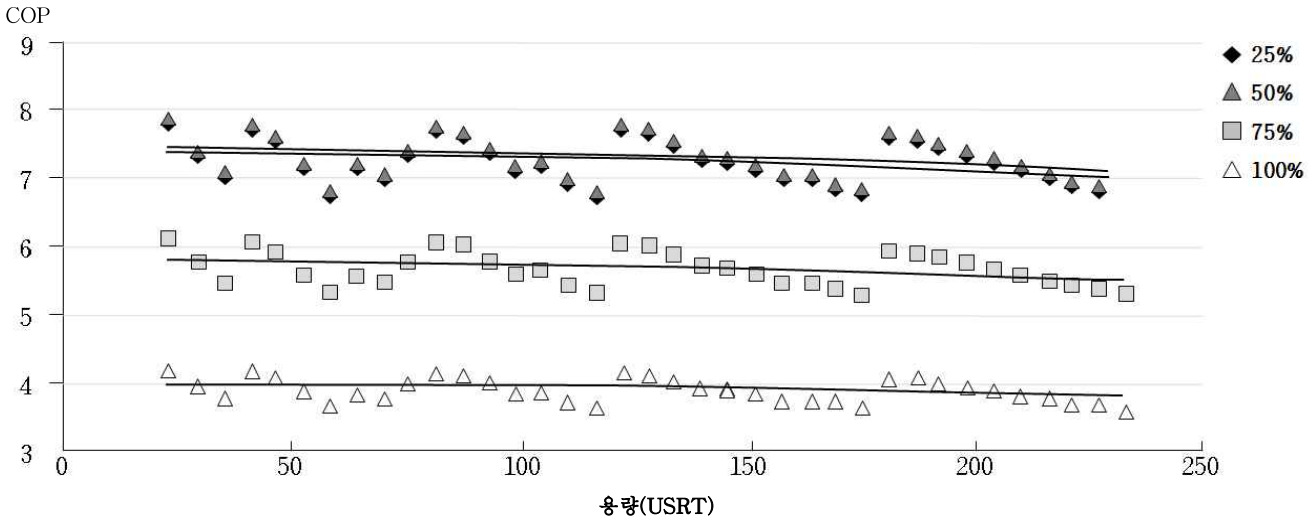


[그림 76] EHP DB의 부분부하에 따른 효율 값 제시

회귀방정식

$y = -2E-05x^3 + 0.0041x^2 + 0.2328x + 4.2939, \qquad R^2 = 1.0$ ····· 식 (3.6)

EHP의 경우 다른 냉방설비에 비해 상대적으로 높은 COP 값을 갖고 있었다. 또한 부분부하가 25~50%일 때 COP 값이 가장 컸으나 Peak 부하일 경우 최대 COP의 절반 정도에 그치는 것으로 분석 되었다. 설비기기 선정 시 Peak 부하 때를 기준으로 하기 때문에 스크류 냉동기와 동일하게 Peak 부하 시 적용성에 대한 추가적인 논의가 필요하다. 전기 에너지로 냉방을 하기 때문에 용량에 따른 부분부하별 COP 차이는 거의 발생하지 않는 것으로 분석되었다.



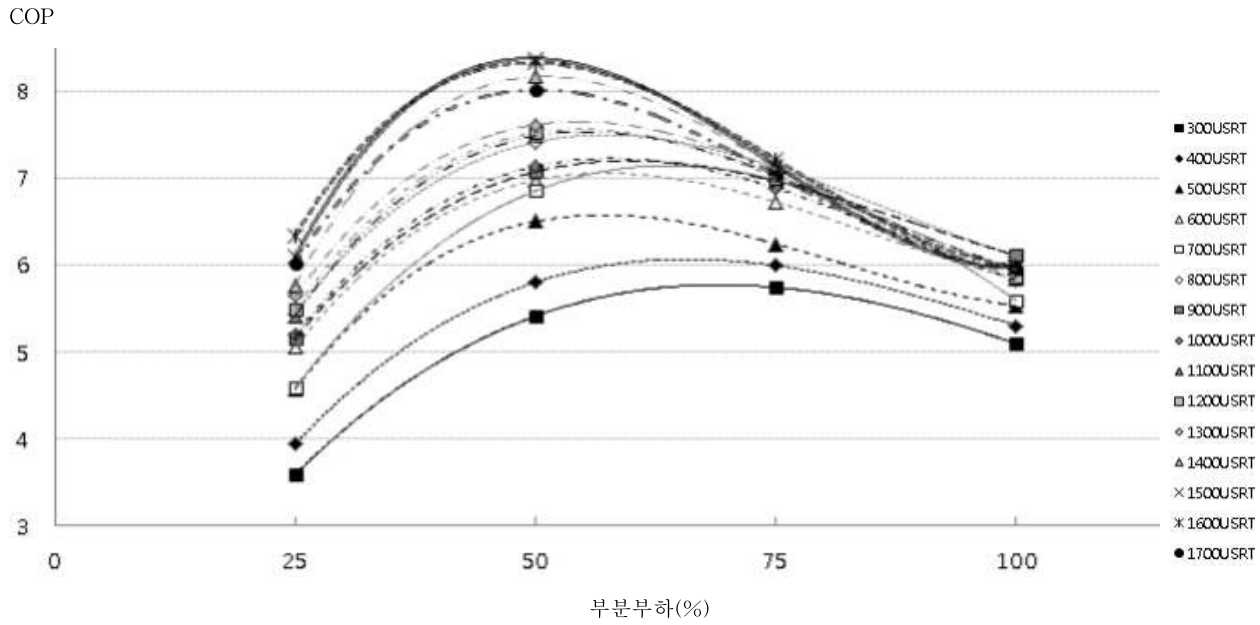
[그림 77] EHP DB에 따른 기기 용량에 따른 부분부하별 COP 예시

㉮ 소결

각 열원설비의 냉난방 방식마다 부분부하에 따른 효율이 다른 것으로 분석 되었다. 냉난방 방식뿐 아니라 용량, 제조사별에 따른 부분부하 효율도 차이가 있다는 것을 확인할 수 있었다. 이는 실제 기존 건축물의 운영 시 기상데이터 뿐만이 아니라 설비기기의 선택에 따라서도 다른 효율이 적용된다고 볼 수 있다. 또한 같은 설비 종류인 경우 부분부하패턴은 비슷했지만 용량이나 제조사에 따라 차이가 있다는 것을 국내 열원 설비시스템 부분부하효율 DB를 분석한 결과 알 수 있었다.

하지만 현재 국내 기존 건축물을 평가할 때엔 이러한 부분부하 효율이 고려되지 않고 정격 효율만을 적용하고 있어 열원설비 효율 값 적용에 대한 추가적인 고려가 필요하다.

최종적으로 부분부하효율 값만을 고려하는 것이 아니라 냉난방 방식에 따른 부분부하별 효율 패턴을 표준화하여 설비기기별 부하패턴을 정격효율 값으로 도출할 수 있는 알고리즘을 개발해 Simulation 프로그램에 적용시켜 프로세스를 단순화하는 것을 목표로 해야 할 것이다.



[그림 78] 용량 및 제조사에 따라 다른 부분부하효율을 보이는 냉동기의 부하패턴 예시

(4) 국내 설비시스템 부분부하 효율 적용 방안

(가) 국내 실제 기상데이터 AMY (Actual Meteorological Year) 활용 보정 방안

① 실제 기상데이터 활용의 필요성

현재 국내 기존 건축물 에너지 성능평가 시에는 표준기상데이터(TMY, Typical Meteorological Year)가 적용된 시뮬레이션 프로그램을 활용하고 있다. 표준기상데이터는 1986년부터 2005년까지의 기상데이터로부터 추출된 기상데이터를 말한다.

하지만, 현실적으로 설비운영의 관점에서 보면 설계조건과 다른 외기 및 실내 조건으로 인해 설비의 가동률이 변하고 에너지 성능평가 결과가 설계 시와 다르게 나타날 수밖에 없게 된다.

에너지사용에 절대적 영향을 미치는 당해 연도의 기상데이터 등이 반영되지 않기 때문에 현재 실시되고 있는 기존 건축물 에너지 성능평가의 경우 결과에 오차가 발생할 수 있다. 실제로 건물의 에너지 성능평가 시 표준기상데이터와 연간기상데이터 변화에 따른 건물 냉·난방 부하량의 차이가 있었으며, 최대부하가 비슷하더라도 기상 변화에 따라 설비기기의 연간 가동률에 차이가 발생되는 경우가 발생하였다[17]. 장기간 측정된 기상데이터를 통하여 특정 지역의 대표할 수 있는 표본을 추출해서 만들어진 기상데이터이다. 건축 설계단계에서, 시공 후 건축물 운영단계의 에너지 사용량을 예측하기 위하여 사용된다.

17) 이지훈 외1명 (2011) 연도별 기상데이터를 활용한 건물의 냉·난방부하 특성 비교.

그러나, 본 연구에서는 실제 운영되는 건물의 에너지 소비량을 분석 하는 것에 목적이 있다. 그래서 건축물이 실제 운영되는 상태의 기상요소가 중요하다. 실제 2013년 대상건물의 냉난방 에너지 사용량에 계절효율계수가 미치는 영양을 파악하기 위하여 대상 건축물이 위치한 인접한 2013년 서울지역의 실제 기상데이터(AMY, Actual Meteorological Year)를 시뮬레이션에 적용하였다. TMY 기상데이터와 AMY기상데이터의 온도 데이터는 상관계수가 0.88로 서로 차이가 발생한다.

② 기상데이터 보정

대상 건축물이 위치한 인접한 서울지역의 2013년도 관측된 1시간 간격의 기온(℃), 일사량, 풍향, 풍속(m/s), 습도(%) 등 6개 자료를 입수하여 활용하였다. 2013년도 기상청 데이터를 시뮬레이션 프로그램에 적용하기 위하여 기상청의 전일사량으로 측정된 데이터의 보정이 필요하다.

전일사량 중에서 확산일사량의 비율을 계산하는 방법은 선행 연구(Erbs et al.,)에 제시되었으며 식 (3.14)과 같다.

또한, 선행연구(건물 에너지 진단을 위한 시뮬레이션 적용 시 쟁점과 한계, 2012)에서 일사량 데이터의 현장측정 데이터와 비교 검증을 하였기 때문에 위의 식에 적용시켜 기상청에서 측정한 전일사량데이터를 직달일사량과 확산일사량으로 구분하였다.

다음 [그림 79]은 서울지역의 2013년도 1월1일부터 12월31일 동안 8760시간동안의 직달 및 확산일사량 데이터이다.

$$\frac{I_d}{I}=\begin{cases}1.0-0.09k_T & \text{for } k_T \le 0.22\\ 0.9511-0.1604k_T+4.388k_T^2 & \text{for } 0.22 < k_T \le 0.80\\ \quad -16.638k_T^3+12.336k_T^4 & \\ 0.165 & \text{for } 0.8 < k_T\end{cases} \quad \cdots\cdots \text{식 (3.14)}$$

여기에서,

·I_d : 측정된 전일사량 (Measured global horizontal radiation, W/m²)

·I : 수평면 확산 일사 (Diffuse horizontal radiation, W/m²)

·k_T : 시간별 청명도 (Hourly Clearness Index, dimensionless)

$$k_T=\frac{I}{I_o} \quad \cdots\cdots \text{식 (3.15)}$$

여기에서,

·I_o : 수평면 외기복사량 (Horizontal extraterrestrial radiation, W/m²)

·이 때, I_o는 식 (3.16)과 식 (3.17)에 의해 구할 수 있다.(Maxwell, 1987).

$$I_o=1370r_e\cos(Z) \quad \cdots\cdots \text{식 (3.16)}$$

$$r_e=1.00011+0.034221\cos(B)+1.28\times10^{-3}\sin(B) \quad \cdots\cdots \text{식 (3.17)}$$
$$+7.29\times10^{-4}\cos(2B)+7.7\times10^{-5}\sin(2B)$$

여기에서,

·r_e : 지구 동경벡터의 제곱의 역(The reciprocal of the square of the earth radius vector, dimensionless)

·Z : 태양 천청각 (The sun's zenith angle, degree)

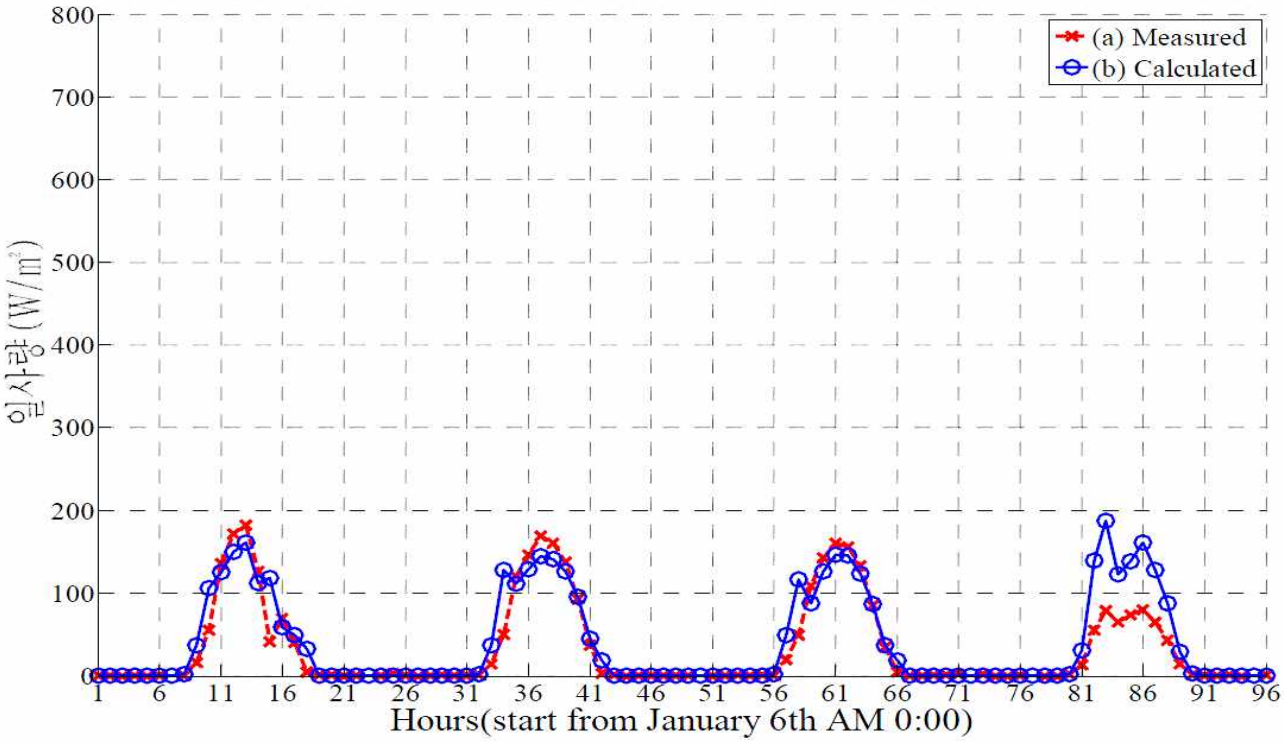
·B : 지구의 공전궤도에서의 이심 근접이각 (The eccentric anomaly of the earth in its orbit around the sun, Dimensionless)

식 (3.14)-(3.17)의 방법을 본 연구에 적용하기에 앞서 검증을 수행하였다. 비교 대상이 된 측정값은 측정된 전일사량과 확산일사량이다. 일사량 측정에는 LI-COR社의 LI-200SA Pyranometer 센서가 사용되었으며, 전일사량과 확산일사량을 동일한 2개의 센서로 측정하였다. 측정된 전일사량에서 확산일사량(측정값)을 뺀 값을 직달일사량으로 하였으며 식 (3.14)-(3.17)의 방법으로 구한 계산값과 비교하였다 [그림 79].

[그림 79]에서 보듯이 그 차이가 미미하며, 식 (3.14)-(3.17)의 방법을 기상파일 작성에 활용가능하다고 판단하였고 본 연구의 시뮬레이션 수행 사용된 기상파일에도 위의 방법을 이용하여 직달일사량과 확산일사량을 계산한 뒤 입력하였다. 기상데이터 파일은 에너지플러스에서 요구하는 EPW 포맷으로 작성하였다.

상술한 바와 같이, 기상청 수집 정보 (건구온도, 상대습도, 풍향, 풍속)와 계산된 기상정보(직달일사량, 확산 일사량)를 먼저 구한 후, Microsoft Excel 2010에서 EPW형식에 맞추어 정렬한 뒤 CSV 형식으로 저장하고, EnergyPlus에서 제공하는 'Weather Statistics and Conversions' 툴을 이용하여 저장된 CSV파일을 EPW 파일로 최종 변환하였다.[18)]

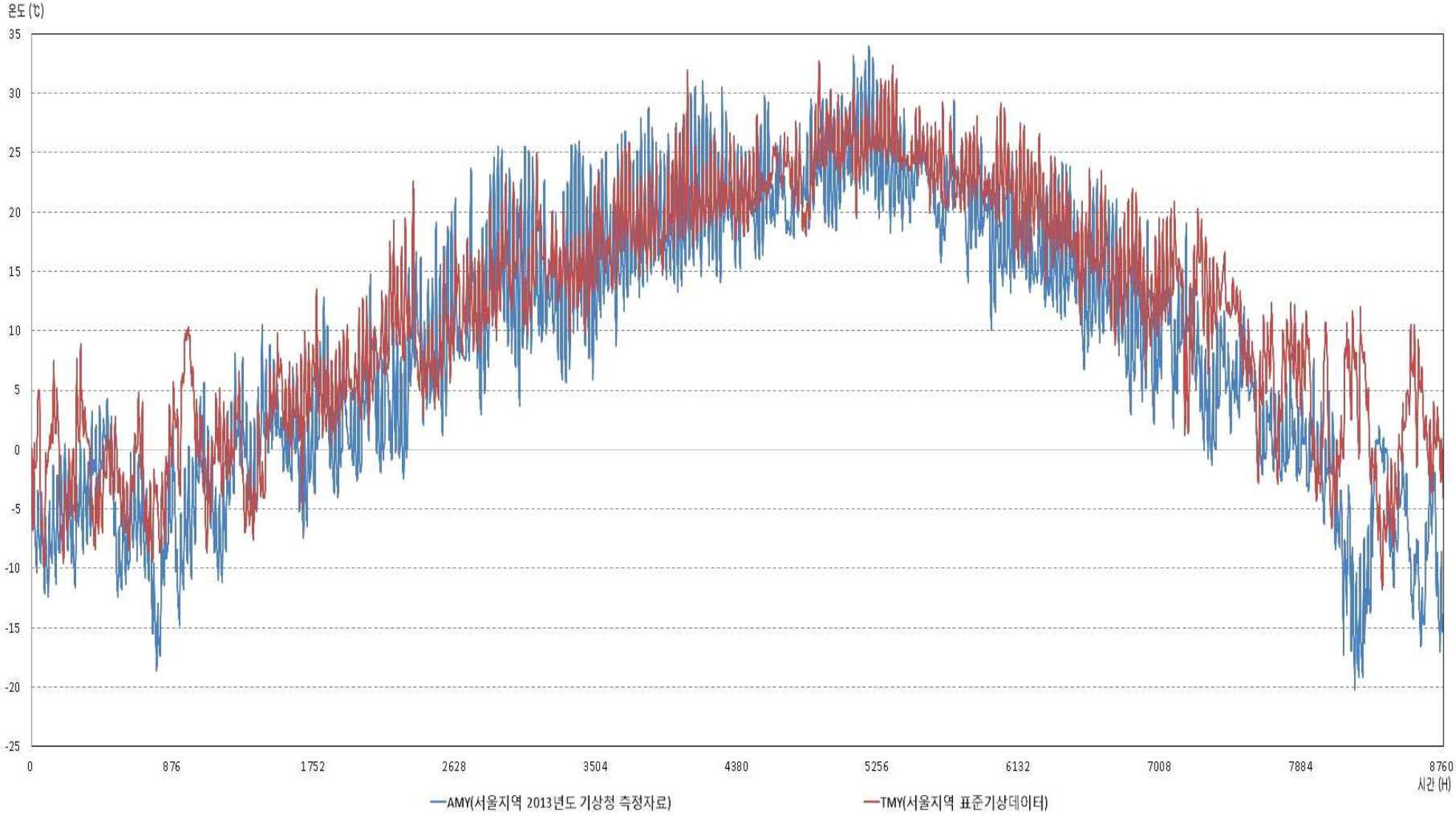
사전 연구를 통하여 기상청 측정데이터의 EPW 파일로 가능한 부분으로 판단하였으며, 본 연구에서는 Simulation 프로그램에 적용 가능한 기상데이터를 확보할 수 있는 'weather analytics'를 이용하여 각 대상 건물의 위치별 전년도 기상데이터(AMY, Actual Meteorological Year)를 적용하였다.



[그림 79] 확산일사량의 측정값과 계산값

18) 건물 에너지 진단을 위한 시뮬레이션 적용시 쟁점과 한계, 발철수, 대한건축학회 논문집, 2012

다음 [그림 80]은 TMY 기상 데이터와 서울지역의 2013년도 1월1일부터 12월31일 동안 8760시간동안의 온도데이터를 비교한 부분이다.



[그림 80] 서울지역 표준기상데이터와 서울지역의 2013년도 기상청 측정 자료의 온도 비교 그래프

(나) 국내 설비시스템 부분부하 효율 DB를 활용한 계절효율계수 산출 방법

국내 설비시스템의 부분부하 효율 DB를 활용한 계절효율계수 산출 방법은 설비기기 부분부하 효율과 건축물 용도 또는 기후에 따른 가중치계수를 활용하는 영국 환경청의 계절효율계수 산출 방식(ESEER)을 근거로 한다. ESEER에서의 가중치계수는 각 지역별 또는 건축물 용도별로 지정된 설비기기의 부분 부하 효율별 사용비율계수로, 기존 건축물의 연간 운영현황을 반영시키는데 있어 중요한 역할을 하게 된다.

향후 동일 지역, 비슷한 준공 년도, 비슷한 면적과 용도로 운영되는 건축물들을 선정하고, 운영특성 연구를 통해 국내 기존 건축물의 성능평가에 적용 가능한 용도별 한국형 가중치계수를 도출할 수 있다. 현재 국내에서는 가중치계수에 대한 연구사례가 없기 때문에 본 연구에서는 ESEER에서 상업용 건축물의 가중치계수를 활용하여 계절효율계수를 산출하는 프로세스를 제시하였다.

계절효율계수 산출시 사전조사를 통한 설비기기의 부분부하효율 DATA가 확보되어 있는 경우 25% 단위의 부하율에 따른 설비기기 효율 값과 건축물 용도와 기후에 따른 가중치계수를 곱하여 계절효율계수를 산출한다.

설비기기 부분부하효율 DB를 활용한 기본 산출 식은 다음과 같다.

$$\text{계절효율계수} = (\text{가중계수}_{25\%} \times \text{효율}_{25\%}) + \cdots + (\text{가중계수}_{100\%} \times \text{효율}_{100\%}) \quad \text{식 (5.1)}$$

하지만 가중치계수 및 부분부하 효율 DB의 확보 조건에 따라 산출결과가 달라질 수 있기 때문에 본 논문에서는 ESEER에서 제시하는 4가지 산출방식을 제시한다.

① 100% 부하(Full load)만 존재할 경우
100% 부하(Full load)에 대한 정격효율만 존재하게 될 경우 정격효율 값 자체가 계절효율계수가 된다. (기존 방식)

$$\text{계절효율계수} = \text{효율}_{100\%} \times 1.0 \quad \text{식 (5.2)}$$

② 부분부하 효율 DB가 100% 부하(Full load), 50% 부하(Half load)만 존재할 경우
두 부분부하 효율 데이터의 평균 값이 계절효율계수가 된다.

$$\text{계절효율계수} = (\text{효율}_{100\%} \times 0.5) + (\text{효율}_{50\%} \times 0.5) \quad \text{식 (5.3)}$$

③ 각 부분부하 효율 Data는 존재하나 각 부분부하 효율별 가중치계수가 존재하지 않을 경우
각 부분부하 효율 데이터의 평균 값이 계절효율계수가 된다.

$$\text{계절효율계수} = (\text{효율}_{100\%} \times 0.25) + (\text{효율}_{75\%} \times 0.25) + (\text{효율}_{50\%} \times 0.25) + (\text{효율}_{25\%} \times 0.25) \quad \text{식 (5.4)}$$

④ 각 부분부하 효율 Data와 부분부하효율별 가중치계수가 존재할 경우
각 부분부하 효율 데이터에 가중치계수를 곱한 값의 합이 계절효율계수가 된다.

$$\text{계절효율계수} = (\text{효율}_{100\%} \times \text{가중치계수}_{100\%}) + (\text{효율}_{75\%} \times \text{가중치계수}_{75\%}) + (\text{효율}_{50\%} \times \text{가중치계수}_{50\%}) + (\text{효율}_{25\%} \times \text{가중치계수}_{25\%}) \quad \cdots\cdots \text{식 (5.5)}$$

<표 61> 국내 설비기기 DB를 활용한 계절효율계수 산출방법 제시

구분	산출프로세스
부분부하 효율이 100% 부하(Full load)와 50% 부하(Half load)만 존재할 경우	두 부분부하 효율 Data의 평균 값이 계절효율계수가 된다.
각 부분부하 효율 Data는 존재하나 각 부분부하 효율별 가중계수가 존재하지 않을 경우	각 부분부하 효율 Date의 전체 평균 값이 계절효율계수가 된다.
부분부하 효율 Data와 건축물 용도별 가중치 계수가 존재할 경우	각 부분부하 효율 Data에 가중치계수를 곱한 값이 계절효율계수가 된다.
100% 부하(Full load)만 존재할 경우	100% 부하(Full load)자체가 계절효율계수가 된다.(기존 프로세스 방식)

(다) 기존 건축물 설비시스템 현장 측정 자료를 활용한 계절효율계수 도출 방법

기존 건물의 경우 연차가 흐를수록 외벽 및 기계 장비가 노후 되어 성능이 저하할 수 있다. 창호나 외벽 등의 입면에 대한 열손실이나 노후도는 Simulation 모델에 정확히 반영시키기 어렵다. 하지만 운영 상황에 대한 기계설비는 실제 대상 건물의 현장 측정 및 전년도 기상데이터를 바탕으로 계절효율계수가 산출되기 때문에 현장상황 및 노후도가 고려된 성능평가가 가능해진다.

또한, 기존 건물의 설비기기는 연식 또는 현장 상황에 따라 데이터가 온전히 존재하지 않는 경우 설비기기의 부분부하효율을 이용한 계절효율계수를 산출할 수 없기 때문에 현장 측정 및 기상데이터를 활용한 계절효율계수를 추가적으로 제시한다.

본 연구에서는 기계설비 노후도 및 현장상황을 고려한 계절효율계수 도출 프로세스를 개발하였다. 기상데이터를 분석하여 시간빈도수를 도출하고, 각 MODE별 측정을 통해 효율을 산출하면 실제 대상 건축물의 운영 현황을 고려하는 가중치계수가 포함된 계절효율계수가 된다.

기존 건축물 설비시스템의 현장 측정을 활용한 계절효율계수 도출의 경우 대상 건축물 지역의 최신 기상데이터(AMY) 와 대상 설비의 현장 측정을 통한 효율 데이터를 활용한다. 기본 산출식은 다음과 같다.

$$계절효율계수 = \frac{(T_{MODE1} \times 효율_{MODE1}) + (T_{MODE2} \times 효율_{MODE2}) + (T_{MODE3} \times 효율_{MODE3})}{T_{MODE1} + T_{MODE2} + T_{MODE3}} \quad 식\ (5.6)$$

·Tn : MODE 별 대표 온도 대의 시간빈도 수(h)의 합
·효율n : MODE 별 대표 온도 대에 맞춰 측정된 효율 값

MODE는 지역별 기상데이터 및 대상 건축물의 운영시간을 참조하여 분류한 시간대를 의미한다. MODE에 대한 조건은 다음과 같다.

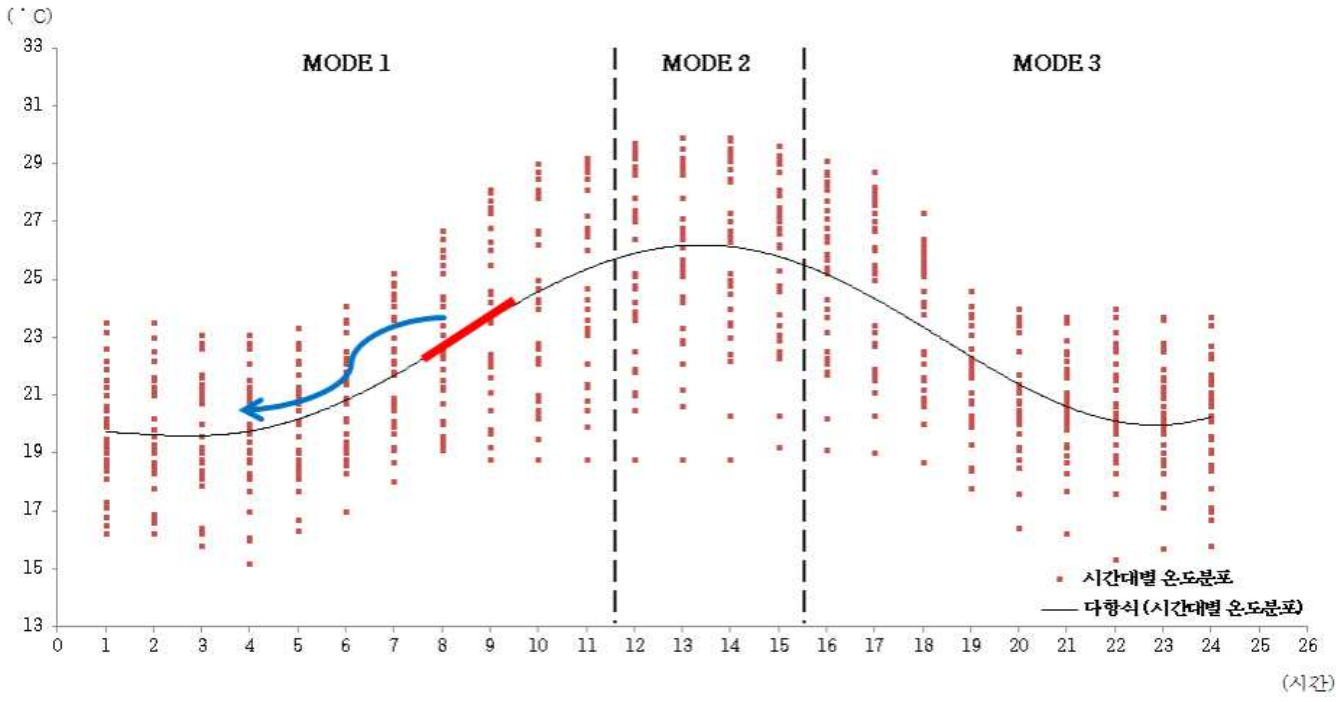
· 각 MODE는 냉난방 사이클 중 설비 기기의 부하량이 차이가 있는 시간대를 나눈 것이다.
· 오전/정오/오후 시간대를 설비 기기 부하에 따라 MODE 1, 2, 3 로 분류

① MODE 1 : 외기온도 상승, 설비기기 부분부하 효율 상승시점
② MODE 2 : 외기온도 최대, 설비기기 부분부하 효율 최대시점
③ MODE 3 : 외기온도 하강, 설비기기 부분부하 효율 하락 시점

· 각 MODE를 나누는 기준은 기상 데이터나 건축물 용도, 운영 시간 등에 따라 차이가 있다.
· 단, Peak 시간대의 MODE 2는 기상데이터에만 영향을 받음

① 시간대별 외기 온도차 분석

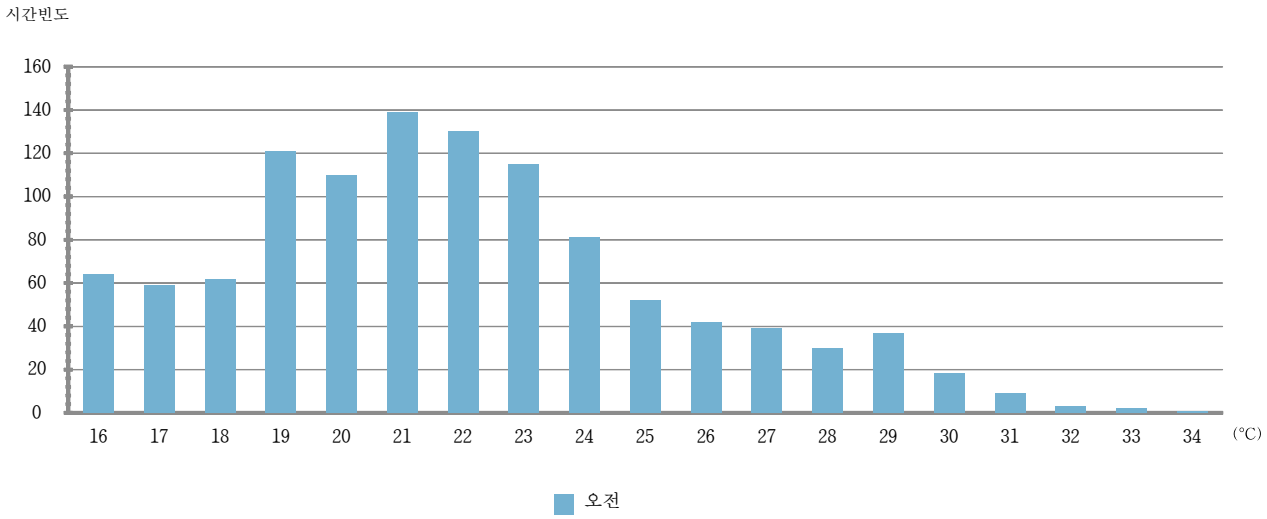
시간대별 외기 온도를 분석하여 Peak 시간대를 도출한다. Peak 시간대를 기준으로 외기 온도차 기울기를 분석하여 적정한 시간대를 분류해 MODE 2를 선정한다. MODE 2를 나누게 되면 운영 시간기준 MODE 1, 3은 자동으로 분류가 가능하게 된다.



[그림 81] 월 시간대별 온도 분포 및 경향 그래프를 통한 MODE ② 도출 예시

② 시간대별 평균 온도 및 시간빈도수 도출

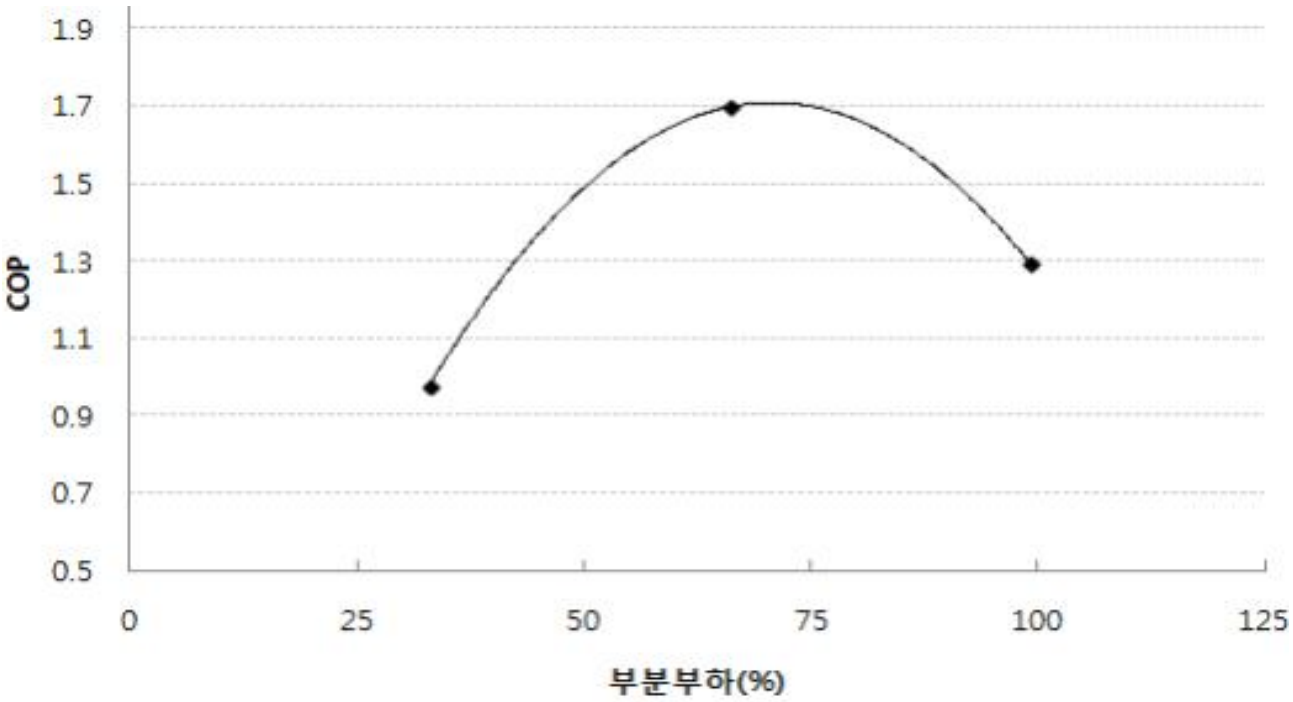
대상 건물의 냉난방기간 운영데이터를 확보하여 냉난방 기간의 시간대별 평균온도를 도출한다. 각 평균온도별 시간빈도수를 오전, 오후별로 분류하여 시간빈도수를 도출한다. 시간빈도수의 합은 '계절효율계수 기본산출식'의 가중치계수와 동일하게 활용된다.



(가) 지역별 기상데이터 분석

① 표준 설비기기 개요

계절효율계수는 냉방 설비기기의 효율과 기상데이터의 온도분석을 활용하여 산출된다. 본 비교분석에서는 여러 모델에서의 오차 원인을 기상데이터 차이로 초점을 두고 다른 변수의 영향을 제거하기 위하여 1개의 냉방 설비기기로 단순화 하였다. 그리고 MODE별 COP값을 동일하게 적용하여 계절효율계수의 차이를 비교분석 한다.



[그림 83] 표준 설비기기 부분부하효율 패턴

<표 62> 표준 설비기기 MODE별 효율

구 분	효율 (COP)
MODE 1	0.98
MODE 2	1.3
MODE 3	1.7

(나) 계절효율계수 산출을 위한 지역별 기상데이터 분석

① 냉방기간 운영시간대별 평균온도

계절효율계수 산출시 필요한 가중치계수를 도출하기 위해 각 시간대별 평균온도를 도출한다. 평균온도를 도출하면 각 평균온도별 시간빈도수를 도출한다. 여기서 평균온도는 정확성을 높이기 위해 0.5℃ 단위로 반올림한다. 전체 시간대별 시간 빈도수를 산출할 시 평균온도가 중복되어 산출이 불가능해지기 때문에 시간 빈도수 중복을 막기 위해 시간빈도수를 오전 및 오후 별로 따로 산출한다. 여기서 도출된 시간대별 대표 온도값에 대한 시간빈도수는 계절효율계수 산출시‘가중치계수’로 활용된다.

<표 63> 서울지역 냉방기간 운영 시간대별 평균 온도

운영 시간	평균 온도	대표 온도 값 ℃	시간빈도수
9	22.2	22	40
10	23.4	23	53
11	24.4	24	52
12	25.1	25	50
13	25.5	26	76
14	25.7	26	76
15	25.7	26	76
16	25.3	25	90
17	24.2	24	120
18	22.6	23	137
19	21.5	21	110
20	20.7	21	110
21	20.3	20	64
22	19.9	20	64
23	19.5	20	64
24	19.2	19	79

<표 64> 대전지역 냉방기간 운영 시간대별 평균 온도

운영 시간	평균 온도	대표 온도 값 ℃	시간빈도수
9	23.5	23	45
10	24.7	25	70
11	25.7	26	54
12	26.7	27	62
13	27.4	27	133
14	27.8	28	148
15	28.0	28	148
16	27.8	28	148
17	27.4	27	133
18	26.7	27	133
19	25.8	26	137
20	24.8	25	133
21	24.0	24	114
22	23.4	23	113
23	22.9	23	113
24	22.5	23	113

<표 65> 대구지역 냉방기간 운영 시간대별 평균 온도

운영 시간	평균 온도	대표 온도 값 ℃	시간빈도수
9	24.5	24	49
10	25.6	26	64
11	26.7	27	33
12	27.5	28	38
13	28.3	28	96
14	28.8	29	86
15	28.9	29	86
16	28.9	29	86
17	28.4	28	96
18	27.5	28	96
19	26.5	26	126
20	25.5	26	126
21	24.9	25	119
22	24.3	24	99
23	23.8	24	99
24	23.3	23	80

<표 66> 광주지역 냉방기간 운영 시간대별 평균 온도

운영 시간	평균 온도	대표 온도 값 ℃	시간빈도수
9	23.6	24	63
10	24.6	25	66
11	25.6	26	67
12	26.5	26	67
13	27.0	27	113
14	27.4	27	113
15	27.6	28	108
16	27.4	27	113
17	27.0	27	113
18	26.2	26	139
19	25.1	25	138
20	24.2	24	138
21	23.5	24	138
22	23.1	23	152
23	22.7	23	152
24	22.2	22	118

<표 67> 부산지역 냉방기간 운영 시간대별 평균 온도

운영 시간	평균 온도	대표 온도 값 ℃	시간빈도수
9	23.7	24	64
10	24.3	24	64
11	24.9	25	50
12	25.2	25	50
13	25.3	25	153
14	25.2	25	153
15	25.1	25	153
16	24.8	25	153
17	24.4	24	182
18	23.8	24	182
19	23.1	23	151
20	22.6	23	151
21	22.3	22	157
22	22.2	22	157
23	22.1	22	157
24	22.0	22	157

(다) AMY(Actual Meteorological Year)를 활용한 계절효율계수 산출

① 기상데이터를 활용한 시뮬레이션 결과분석

㉮ 계절효율계수 산출을 위한 Tn 도출 표

전체 냉난방이 가동되는 09시부터 24시까지의 빈도수를 활용하여 각 MODE를 정하고 시간빈도수를 활용하여 Tn을 산출한다.

<표 68> 서울지역의 냉방 계절효율계수 산출을 위한 Tn 도출 표

MODE	시간	대표온도	시간빈도수	Tn
MODE 1	9	22	40	T1 = 195
	10	23	53	
	11	24	52	
	12	25	50	
MODE 2	13	26	76	T2 = 228
	14	26	76	
	15	26	76	
MODE 3	16	25	90	T3 = 838
	17	24	120	
	18	23	137	
	19	21	110	
	20	21	110	
	21	20	64	
	22	20	64	
	23	20	64	
	24	19	79	

<표 69> 대전지역의 냉방 계절효율계수 산출을 위한 Tn 도출 표

MODE	시간	대표온도	시간빈도수	Tn
MODE 1	9	23	45	T1 = 364
	10	25	70	
	11	26	54	
	12	27	62	
MODE 2	13	27	133	T2 = 444
	14	28	148	
	15	28	148	
MODE 3	16	28	148	T3 = 989
	17	27	133	
	18	27	133	
	19	26	137	
	20	25	133	
	21	24	114	
	22	23	113	
	23	23	113	
	24	23	113	

<표 70> 대구지역의 냉방 계절효율계수 산출을 위한 Tn 도출 표

MODE	시간	대표온도	시간빈도수	Tn
MODE 1	9	24	49	T1 = 184
	10	26	64	
	11	27	33	
	12	28	38	
MODE 2	13	28	96	T2 = 450
	14	29	86	
	15	29	86	
MODE 3	16	29	86	T3 = 649
	17	28	96	
	18	28	96	
	19	26	126	
	20	26	126	
	21	25	119	
	22	24	99	
	23	24	99	
	24	23	80	

<표 71> 광주지역의 냉방 계절효율계수 산출을 위한 Tn 도출 표

MODE	시간	대표온도	시간빈도수	Tn
MODE 1	9	24	63	T1 = 263
	10	25	66	
	11	26	67	
	12	26	67	
MODE 2	13	27	113	T2 = 560
	14	27	113	
	15	28	108	
MODE 3	16	27	113	T3 = 975
	17	27	113	
	18	26	139	
	19	25	138	
	20	24	138	
	21	24	138	
	22	23	152	
	23	23	152	
	24	22	118	

<표 72> 부산지역의 냉방 계절효율계수 산출을 위한 Tn 도출 표

MODE	시간	대표온도	시간빈도수	Tn
MODE 1	9	22	40	T1 = 228
	10	23	53	
	11	24	52	
	12	25	50	
MODE 2	13	26	76	T2 = 612
	14	26	76	
	15	26	76	
MODE 3	16	25	90	T3 = 1294
	17	24	120	
	18	23	137	
	19	21	110	
	20	21	110	
	21	20	64	
	22	20	64	
	23	20	64	
	24	19	79	

② 설비기기 계절효율계수 산출

본 연구에서는 선행연구에서 제시된 국내 실정을 고려한 계절효율계수 산출식을 활용하여 각 MODE별 COP에 MODE 시간대별 시간빈도수의 합을 곱해 계절효율계수를 산출한다.

$$\text{계절효율계수} = \frac{(T_1 \times \text{효율}_{MODE1}) + (T_2 \times \text{효율}_{MODE2}) + (T_3 \times \text{효율}_{MODE3})}{T_1 + T_2 + T_3} \quad \cdots\cdots \text{식 (5.7)}$$

여기에서,

· Tn : MODE 시간대별 대표 온도대의 시간빈도 수(n)의 합 (가중치 계수)

· 효율n : MODE 시간대별 측정되어 산출된 효율

시간대 온도차 분석을 통해 지역별 MODE ①, MODE ②, MODE ③ 시간대는 다음과 같다.

<서울지역>

$$SEER = \frac{\{(40+53+52+50)\times 0.98\} + \{(26+26+26)\times 1.3\} + \{(90+120+137+110+110+64+64+64+79)\times 1.7\}}{40+53+52+50+76+76+76+90+120+137+110+110+64+64+64+79} = 1.516336$$

<대전>

$$SEER = \frac{\{(45+70+54+62+133)\times 0.98\} + \{(148+148+148)\times 1.3\} + \{(133+133+137+133+114+113+113+113)\times 1.7\}}{45+70+54+62+133+148+148+148+133+133+137+133+114+113+113+113} = 1.45533$$

<대구>

$$SEER = \frac{\{(49+64+33+38)\times 0.98\} + \{(96+86+86+86+96+96)\times 1.3\} + \{(126+126+119+99+99+80)\times 1.7\}}{49+64+33+38+96+86+86+86+96+96+126+126+119+99+99+80} = 1.45645$$

<광주>

$$SEER = \frac{\{(63+66+67+67)\times 0.98\} + \{(113+113+108+113+113)\times 1.3\} + \{(139+138+138+138+152+152+118)\times 1.7\}}{62+66+67+67+113+113+108+113+113+139+138+138+138+152+152+118} = 1.4701$$

<부산>

$$SEER = \frac{\{(61+61+50+50)\times 0.98\} + \{(153+153+153+153)\times 1.3\} + \{(182+182+151+151+157+157+157++157)\times 1.7\}}{61+61+50+50+153+153+153+153+182+182+151+151+157+157+157++157} = 1.50836$$

(6) 국내 건물 에너지성능평가 프로그램에 활용이 가능한 TOOL-KIT 개발

(가) 프로그램 설계 및 Database 연동

① 프로그램 개요

국내 기존 건축물 에너지 성능평가를 위한 냉난방 설비기기 계절효율계수 산출 TOOL-KIT은 본 연구에서 제시하는 계절효율계수 산출 프로세스를 간소화하기 위해 제작 되었다.

연간 기상데이터의 시간 분석 데이터와 설비기기 DB의 변수만 9000여개에 달하기 때문에 오랜 시간이 걸릴 수 있는 분석 과정을 TOOL-KIT의 엑셀 파일 적용을 통한 컴퓨터의 연산 작업으로 계절효율계수의 산출이 간단해진다. 향후 ECO2 등의 국내 기존 건축물 성능평가 프로그램에서 기존 건축물의 운영현황이 반영한다고 했을 때 추가 교육이나 프로그램 재설계 작업 없이 TOOL-KIT을 통해 대상 건축물의 기상 데이터와 대상 설비기기의 운영 현황을 포함할 수 있는 성능평가가 가능하다.

㉮ HTML5/CSS3/ 기반 개요

HTML5는 웹 개발 생산성 향상 및 차세대 웹 애플리케이션 플랫폼으로서 더 나은 사용자 경험을 위해 함께 만들어 나가는 개방형 웹 표준이다. 2004년부터 전 세계 웹 개발자들이 직접 참여하여 만들어온 표준이다. HTML5는 웹 표준 기구인 W3C에서 만들고 있는 차세대 웹 표준안으로서 마이크로소프트, 모질라, 애플, 구글, 오페라 등 모든 웹 브라우저 벤더가 참여하고 있는 산업 표준이다. W3C HTML5 W/G에서는 기존 표준 문서 외에도 웹 개발자의 이해를 돕기 위한 다양한 문서를 함께 만들고 있다.

그 중 HTML5 디자인 원칙이라는 문서에는 웹 표준을 만드는 데 있어, 의사 결정의 기본 원칙이 되는 사항을 제시하고 있다.

첫째, 기존의 HTML 문법이랑 사용법을 최대한 지원하고 단계적 기능 축소(Graceful degradation)이 가능하도록 하였다. <b>, <i> 같은 기존의 비표준 태그의 사용도 용법을 정해 가능하게 했으며 <embed> 같은 이미 사용하던 표준도 재사용하도록 하여 웹 개발자들이 너무 문법에 얽매이지 않도록 하는 '호환성 (Compatibility)'을 제공한다.

둘째, 실제 웹 개발자들이 겪고 있는 가장 중요한 문제를 순위에 따라 나누되 문제점을 분리해서 독립적으로 해결 하는 유용성(Utility)의 원칙이다. 예를 들어, 웹폼(Web Form)에 email, number, date 같은 새로운 속성을 추가함으로써 사용자 입력 값의 유효성 확인에 드는 (항상 하는) 삽질을 줄일 수 있도록 하였다. <input> 태그에 datetime 속성을 넣어주면 웹 브라우저가 자동으로 달력을 표시해 준다. 또한 IE에서만 사용 가능 했던 contenteditable 속성이 표준화 되어 모든 HTML 요소를 사용자가 직접 편집할 수 있게 함으로서 위지윅 에디터의 호환성 문제도 사라질 것이다.

㉯ 프로그램 특성

개발된 계절효율 계수 산출프로그램은 크롬 브라우저를 기본으로 정의한다. 다음 <표 73>은 프로그램 Library 목록이다.

<표 73> 프로그램 library 목록

구분	Library	항목
1	Jquery	Jquery 1.9.1
2	Slider bar	Ion.rangeSlider 1.8.2
3	Excel controller	sheetJS-xls
4	Graph	

② 프로그램 설계 및 구성

㉮ 프로그램 아키텍처 방향성

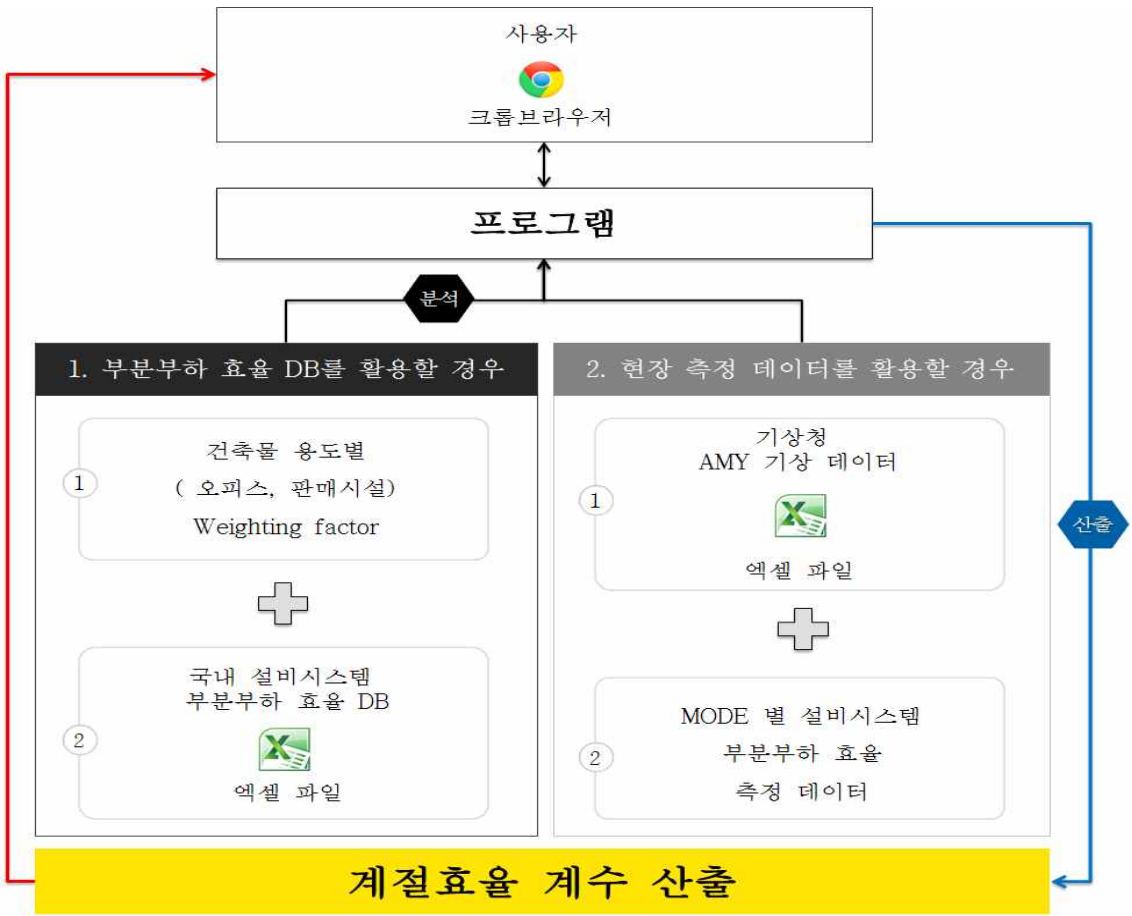
본 프로그램은 응용프로그램의 유연성, 확장성, 재사용성을 고려하여 HTML5, CSS3를 기반으로 하여 시스템 운영 중 발생할 수 있는 문제를 빠르게 해결하고, 추후 기능 확장 및 수정에 대해 유연하게 대처할 수 있도록 하였다. 그리고 성능, 확장성, 유연성, 재사용성 및 특정 라이브러리에 독립적인 환경 구성하여, 추가적인 데이터베이스의 연동 및 프로그램과의 연동을 고려하였다.

<표 74> 프로그램 방향성

구분	항목	내용
1	네트워크 트래픽 최소화	서비스 특성을 고려하여 속도의 이슈를 인지하여 오프라인으로 제작한다.
2	시스템 인터페이스	기상청의 해당년도의 실제 기상 데이터 (AMY) 와 국내 냉난방 설비 시스템의 부분부하 효율 데이터를 연동 하여 계절효율 계수를 산출하였으며, 기상데이터 및 설비시스템 부분부하 효율 데이터가 지속적으로 업데이트가 가능하도록 DB를 구성 하였다.
3	기능 중심 프로그램	프로그램 중복개발을 배제하고, 부분부하 산출 프로세스 산출 가능한, 기능 중심으로 구성함으로써 개발 생산성 제고한다.
4	사용자 중심	처음 사용자부터 능숙한 사용자까지 사용하기 쉽고, 빠른 업무 처리를 위한 사용자 중심의 시스템을 구현하여 사용자 편리성 고려한다.

㉯ 시스템 인터페이스 구성도

다음 [그림 84]은 시스템 인터페이스의 구성도이다. 프로그램은 국내 냉난방설비시스템의 부분부하 효율 데이터를 활용하는 방법과 현장에서 냉난방 설비시스템의 성능 측정 데이터를 활용하는 방법 두가지 방법이 모두 사용 가능하도록 인터페이스를 구성하였다.



[그림 84] 시스템 인터페이스 구성도

(나) 계절효율 산출 프로그램 개발

① 프로그램 User Interface

다음 [그림 85]는 프로그램의 User Interface 이다. 총 6개의 콘텐츠로 구성되어 있으며, 설비시스템의 부분부하 효율이 있는 경우와 현장에서 냉난방 설비 시스템 부분부하 효율을 측정하여 입력할 경우 이렇게 두 가지 경우를 고려하여 설비시스템의 계절효율계수를 산출할 수 있다.

첫 번째, 위치 정보의 입력란은 건축물이 위치한 지역의 기상데이터를 선택 할 수 있으며, 선택된 해당 지역의 실제 기상데이터를 통하여 월별 시간대별 온도와 온도별 시간 빈도수가 계산된다.

두 번째, 건축물 용도 부분은 용도별 대상건물의 부분부하의 Weighting Factor가 산출 되며, 실제 건축물의 운영 시산을 반영할 수 있다. 마지막으로, 설비기기 정보란은 냉난방 설비 시스템의 부분부하 효율 DB와 실제 측정된 운전되는 기기의 효율을 입력할 수 있다.



[그림 85] 프로그램 User Interface

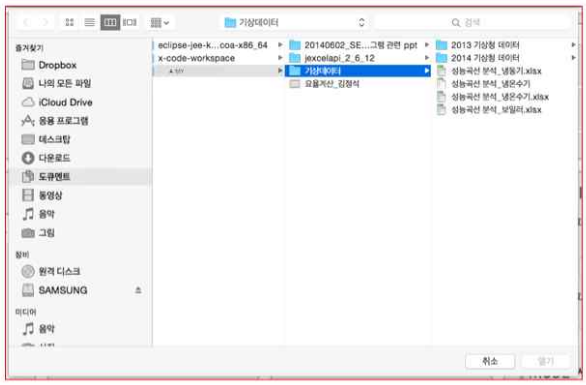
② 프로그램 Source code

㉮ 위치정보

실제 건축물의 계절효율 산출을 위해서는 실제 건축물이 운영된 시기의 실제 기상데이터(AMY) 파일이 필요하다. 다음 [그림 86]은 위치 정보의 소스 코드이며, 실제 기상데이터 파일을 선택하면 연간 시간대별 온도데이터로 User Interface 상에 구현된다. 기존 건축물의 에너지 성능평가를 위해서는 매년 AMY 기상데이터 파일을 지속적으로 업데이트가 이루어져야 한다.

따라서, 본 연구에서 개발된 프로그램은 지역별 기상청 기상 데이터 파일을 다운 받아 온도 데이터를 업로드하면 실제 건축물의 에너지 소비량과 비교 분석 할 수가 있다.





```
<!-- 기본 정보 -->
<div class="contents bgDefault spaceCnt" style="width:22%;height:200px;float:left;padding:20px 50px 20px 20px;margin: 10px 10px 10px 10px;">
	<h3 class="cntTitle agree">위치 정보</h3>
	<input type="file" style="display:none;" id="fileSelected" name="fileSelected">
	<p class="inputBtnSearch">
		<input type="text" class="input" id="area" value="지역" >
		<a id="btnArea" class="btnSearch"></a>
	</p>
	<p style="margin-top:10px;" class="inputBtnSearch">
		<input type="text" class="input" id="address" value="주소">
		<a id="btnAddress" class="btnSearch"></a>
	</p>
</div>
```

[그림 86] 위치정보 UI 및 Source code

[그림 87]는 지역별 특성을 고려한 후 기존 건축물이 사용한 해당년도의 실제 기상데이터(AMY)를 적용하면, 다음과 같이 연간 시간대별 온도, 월별 시간대별 온도, 온도별 시간 빈도수로 화면에 나타나게 된다. 연간 시간대별 온도 데이터는 실제 기상데이터(AMY)의 8760시간 동안의 온도 데이터가 나타난다. 월별 시간대별 온도 데이터는 기존건축물이 운영한 시간의 온도 데이터가 표현된다. 마지막으로, 온도별 시간 빈도수는 운영한 기간의 온도 데이터를 바탕으로 각 해당 온도의 시간 빈도수를 오전과 오후로 구분하여 표시가 된다.




```
<!-- 연간 리스트 -->
<div class="contents bgDefault spaceCnt" style="float:left;width:22%;
height:520px;padding:20px 20px 20px 20px;margin: 10px 10px 10px 10px;">
	<h2 class="cntTitle agree">연간 시간대별 온도</h2>
	<div class="tableList">
		<table>
			<colgroup>
				<col width="50%" />
				<col width="25%" />
				<col width="25%" />
			</colgroup>
			<thead>
				<tr>
					<th>연도</th>
					<th>시간</th>
					<th>온도</th>
				</tr>
			</thead>
		</table>
	</div>
	<div class="tableList noline" style="height:400px;overflow-y:scroll;">
		<table>
			<colgroup>
				<col width="50%" />
				<col width="25%" />
				<col width="25%" />
			</colgroup>
			<tbody id="yearTpList">
				<tr>
					<td data-bind="year">2014-01-01</td>
					<td data-bind="time">00</td>
					<td data-bind="temperature">15</td>
				</tr>
			</tbody>
		</table>
	</div>
</div>
```

[그림 87] AMY 기상데이터 적용 방법

㈏ 건축물 용도

[그림 88] 건축물 용도 및 운영현황 입력을 할 수 있다. 건축물 용도 부분은 교육시설, 상업용건물, 판매시설로 구분된다. 해당 용도별 건축물을 입력하게 되면, 각각의 건축물 용도별 대상건물의 부분부하의 Weighting Factor가 연동되어 계산이 이루어진다.

그리고, 오른쪽 탭은 기존 건축물의 운영기간을 조사하여 운영기간 및 설비시스템의 MODE별 운전 시간을 입력하게 되면, 실제 건축물의 운전기간 동안의 월별 시간대별 온도 데이터와 온도별 시간 빈도수가 계산이 된다.



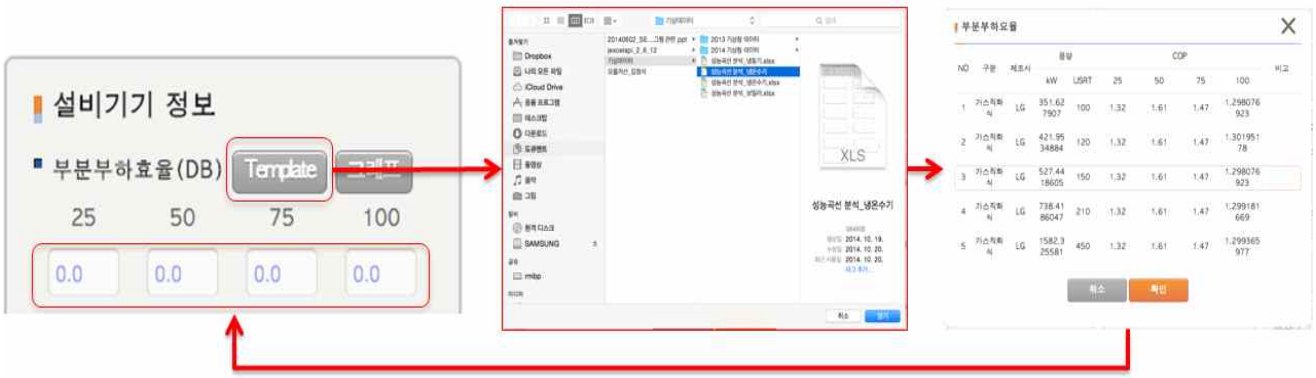

```
<!-- type -->
<div id="architecture" class="contents bgDefault spaceCnt"
style="width:73%;height:200px;float:left;padding:20px 20px 20px 20px;margin: 10px 10px 10px 10px;">
        <div style="float:left;width:30%;border-right:1px solid #333;">
                <h3 class="cntTitle agree">건축물 용도</h3>
                <a id="btnEdu" class="btnCnt btnColorGray" style="min-width:60px;height:60px;">
                        교육<br>시설
                </a>
                <a id="btnBuilding" class="btnCnt btnColorGray" style="min-width:60px;height:60px;">
                        상업용<br>건물
                </a>
                <a id="btnFacility" class="btnCnt btnColorGray" style="min-width:60px;height:60px;">
                        판매<br>시설
                </a>
                <table width="92%" style="margin-top:20px">
                        <colgroup>
                                <col width="40%">
                                <col width="*">
                        </colgroup>
                        <tr>
                                <td>직접입력</td>
                                <td><input type="text" class="input" id="otherArea" value=""></td>
                        </tr>
                </table>
        </div>
```

[그림 88] 건축물 용도 및 운영현황 입력화면

(다) 설비기기 정보

[그림 89]은 설비시스템 부분부하 효율 데이터 입력하는 화면이다. Template 아이콘을 선택하게 되면, 설비시스템별 부분부하 DB가 저장되어있는 화면이 나타난다. 해당 엑셀파일을 선택하게 되면 설비시스템별 형식, 제조사, 용량, 부분부하 효율이 저장된 화면이 나타난다. 해당 기존 건축물의 설비시스템의 장비를 선택하게 되면, 해당 기기의 부분부하 효율이 User Interface상에 입력된다.

그리고, 기존 건축물의 설치되어 있는 장비가 없을 경우에는, 현장에서 측정한 COP 데이터는 MODE별 COP 데이터를 입력할 수 있도록 하였다.




```
<div class="popup popCnt" style="width:700px;height:500px;position:absolute;top:100px;left:250px;display:none;background-color:#fff;
padding:20px 20px 20px 20px;-webkit-border-radius: 15px;" id="popup">
    <a class="btnClosePop" style="z-index:999;">닫기</a>
    <h2 class="cntTitle agree">부분부하요율</h2>
    <div class="tableList">
        <table>
            <colgroup><col width="5%" /><col width="10%" /><col width="8%" /><col width="10%" /><col width="8%" />
            <col width="12%" /><col width="12%" /><col width="12%" /><col width="12%" /><col width="*" /></colgroup>
            <thead>
                <tr>
                    <th rowspan="2">NO</th><th rowspan="2">구분</th><th rowspan="2">제조사</th>
                    <th colspan="2">용량</th><th colspan="4">COP</th><th rowspan="2">비고</th>
                </tr>
                <tr>
                    <th>kW</th><th>USRT</th><th>25</th><th>50</th><th>75</th><th>100</th>
                </tr>
            </thead>
            </table>
        </div>
```

[그림 89] 설비시스템 부분부하 효율 데이터 입력화면

(7) 동적 시뮬레이션 프로그램을 통한 계절효율계수 산출 TOOL-KIT의 자체 적용성 검증

(가) 지역별 대상 건축물 선정

① 건축물 개요

<표 75> 건물의 일반사항

구분 \ 지역명	서울 특별시	대전광역시	부산광역시
대상건물			
건물 위치	서울특별시 강동구	대전시 서구	부산시 금정구
주요 용도	판매 및 영업시설	판매 및 영업시설	판매 및 영업시설
층 수	지하:4층 지상:6층	지하:1층 지상:7층	지상:4층
건 폐 율	51.5%	75.3%	59.86
용 적 율	282.9%	243.7%	189.74
대지 면적	4,959 ㎡	8,714 ㎡	9,250 ㎡
건축 면적	2,484 ㎡	6,560 ㎡	5,540 ㎡
연 면 적	27,912 ㎡	40,101 ㎡	39,432 ㎡
HVAC	CAV + FCU + EHP	CAV + FCU + P.A.C	CAV + FCU + PAC

국내에서는 기존 2012년부터 온실가스·에너지 목표관리제가 본격적으로 시행되어 온실가스배출과 에너지 사용이 제일 많은 35개 의무 관리업체를 선정하였다. 이중 판매시설 8곳이 선정되어 판매시설에 대한 에너지 소비절감이 요구된다. 따라서 본 연구는 에너지 다소비 건축물인 판매서설을 선정하였다. 대형 판매시설 11개 지점의 실제 에너지 사용량 분석 결과 평균 8,325,040kWh으로 집계 되었다.

또한 국가 통계 포털 자료[19]에 의하면 대형종합소매업 525개 사업체 중 과반수이상인 271개소의 연면적이 23,100m²이상으로 집계되었다. 평균 에너지사용량 및 연면적을 고려하여 대상건물을 선정하였다. 연면적 40,000㎡ 로 규모가 비슷한 건물, 지역별로 서울, 경기도, 대전 지역에 위치한 건물을 선정하였다. 위의 <표 75>는 건물의 일반현황이다.

㉮ 설계 도서

대상 건축물의 설계 도서를 바탕으로 건축물의 현황 및 설비시스템을 분석 위하여 현장조사를 진행하였다. 특이 사항으로는 본 논문에 포함된 판매시설 이외의 용도 건물 중 설비시스템의 경우 기존 흡수식냉온수기를 적용한 판매시설이 많이 있었다. 그러나 가스비용의 증가 및 에너지 효율측면에서 터보냉동기로 교체하고 있는 상황이었다. 판매시설의 경우 이용객이 많기 때문에, 시설 운영자와의 면담에서 건축물 냉방 부분에 중점을 두고 건축물을 운영하고 있다. 다음은 설계도서 분석을 통한 현장 조사 건물 대상의 분석 내용이다.

19) http://kosis.kr/, *국가 통계 포털 (Korean Statistical Information Service) 자료

ⓐ 서울특별시

장방형 형태의 건물로 지하 3층부터 지상 1층 까지는 에스컬레이터가 중앙에 설치되어 있고 지상 1층부터는 건물 상부에 위치해 있다. 엘리베이터의 경우는 좌측, 우측, 하단에 설치되어 있다.

주요 열원으로는 터보냉동기와 흡수식냉온수기로 이루어져 있다. 냉난방 시스템은 AHU(Air Handling Unit)와 FCU(Fan Coil Unit) 그리고 EHP(Electric Heat pump)로 이루어져있다. 공조기는 크게 14개가 있으며 각층별(지하1층~지상6층)로 2개의 공조기(AHU)가 존재하며 각층을 2개의 존으로 나눠 각자의 존을 관리한다. 공조기는 외기온도에 따라 당직자가 수동으로 조절가능하다.

ⓑ 대전광역시

장방형 형태의 건물로 매장내 에스컬레이터는 지상 1층부터 지상 3층 까지 에스컬레이터가 건물 좌측에 설치되어 있고, 매장 외부 쪽에서는 지상1층부터 지상7층까지 에스컬레이터가 건물 하단에 설치되어 있다. 4층부터는 건물 상부에 위치해 있다. 엘리베이터의 경우는 좌측, 우측, 하단에 설치되어 있다.

주요 열원으로는 터보냉동기와 흡수식냉온수기로 이루어져 있다. 냉난방 시스템은 AHU(Air Handling Unit)와 FCU(Fan Coil Unit) 그리고 P.A.C(Packaged Air Conditioner)로 이루어져있다. 공조기는 크게 8개가 있으며 각 매장 층별(지상1층~지상3층)로 2~3개의 공조기(AHU)가 존재하며 각층을 2~3개의 존으로 나눠 각자의 존을 관리한다. 공조기는 외기온도에 따라 당직자가 수동으로 조절가능하다.

ⓒ 부산광역시

장방형 형태의 건물로 매장 내 에스컬레이터는 지상 1층부터 지상 4층 까지 에스컬레이터가 건물 남측 및 중앙에 설치되어 있다. 엘리베이터의 경우는 남측에 한개, 북측에 두개가 설치되어 있다.

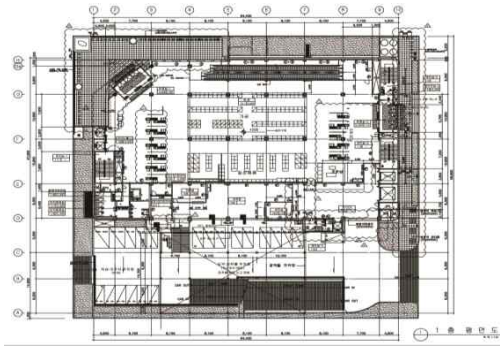
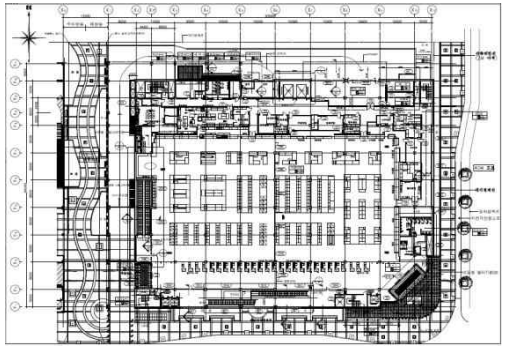
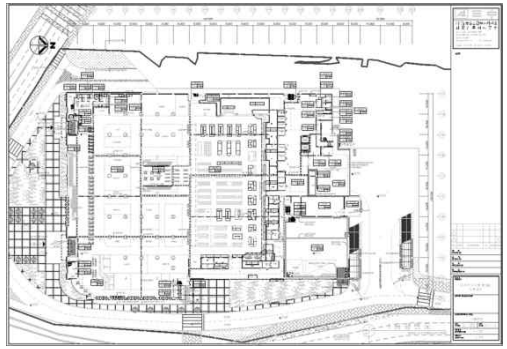
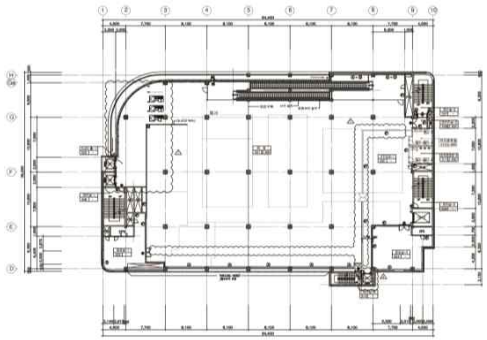
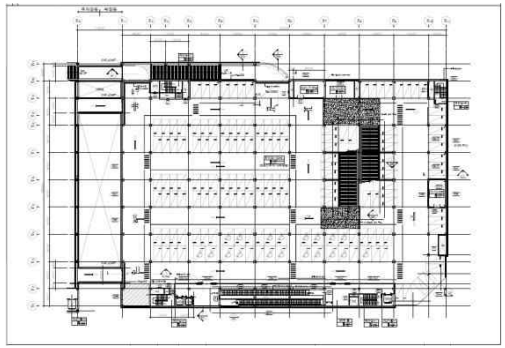
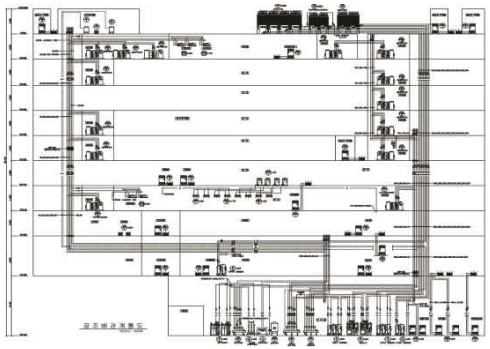
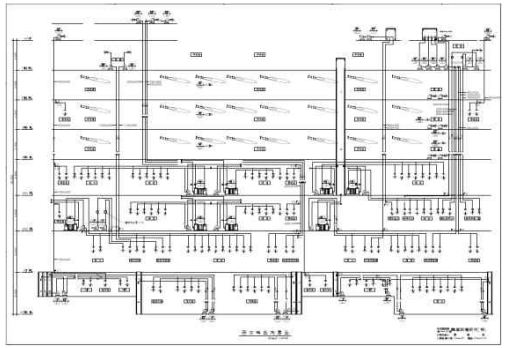
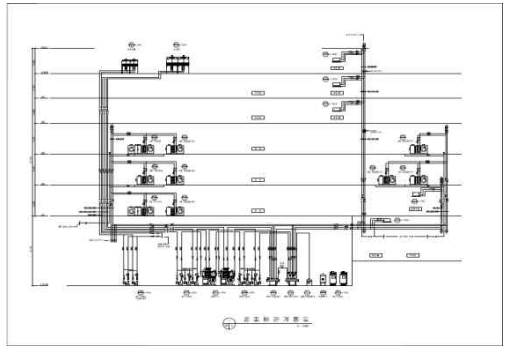
주요 열원으로는 흡수식 냉온수기와 터보냉동기로 이루어져 있다. 냉난방 시스템은 AHU(Air Handling Unit)와 FCU(Fan Coil Unit) 그리고 P.A.C(Packaged Air Conditioner)로 이루어져있다. 공조기는 크게 6개가 있으며 각 매장 층별(지상1층~지상4층)로 1~2개의 공조기(AHU)가 존재하며 각 층을 1~2개의 존으로 나눠 각자의 존을 관리한다. 공조기는 외기온도에 따라 당직자가 수동으로 조절가능하다.

<표 76>은 서울특별시, 대전광역시, 부산광역시의 건축 평면도 및 공조계통도를 나타낸다.

<표 76> 시뮬레이션

지역별		서울특별시	대전광역시	부산광역시
벽체 정보	외부벽체 열관류율	0.896 W/㎡K	0.941 W/㎡K	0.728W/㎡K
	창호 열관류율	3.1 W/㎡K	3.31 W/㎡K	2.93 W/㎡K
	지붕 열관류율	0.4 W/㎡K	0.6 W/㎡K	0.6 W/㎡K
	바닥 열관류율	0.32 W/㎡K	0.24 W/㎡K	0.30 W/㎡K
창문 종류		반사 복층 유리	저반사 복층 유리	반사 복층 유리
조명 정보		각 ZONE별로 조명기구 일람표 참고하여 데이터 입력		
냉,난방 설정		난방 급기온도 : 20℃, 냉방 급기온도 : 26℃		
		난방 운행시간 : 11시간, 냉방 운행시간 : 13시간		

<표 77> 대상 건물 건축 도면

지점별	서울특별시	대전광역시	부산광역시
평면도 (1층)			
평면도 (5층/4층/5층)			
계통도 (5층)			

㉯ 설비시스템 운영 기준

ⓐ 판매시설 (서울)

서울특별시의 설비시스템 운영은 진공보일러는 13:00 ~ 21:30 까지 1호기와 2호기가 절체운전으로 수행되고 터보냉동기의 경우 11:00 ~ 22:00까지 외기온도에 따라 당직자가 수동으로 on/off를 실시한다.

매장 내 일반 조명의 경우 10:00 ~ 00:15 까지 점등 되고 주차장인 지하 2, 3층의 경우 09:30 ~ 00:20까지 점등된다. 지하 1층 ~ 지상 6층까지의 냉난방을 전담하는 AHU 1 - 14는 09:30 ~ 23:00까지 운영된다.

<표 78> 냉·난방 열원 운영 스케줄

구분	가동시간	정지시간	비고
진공보일러	13:00	21:30	1호기와 2호기 절체 운전
터보냉동기	11:00	22:00	외기온도에 따라 당직자 수동으로 Off

<표 79> 공조기 운영스케줄

공조기	가동시간	정지시간
AHU - 1	9:30	23:00
AHU - 2	9:30	23:00
AHU - 3	9:30	23:00
AHU - 4	9:30	23:00
AHU - 5	9:30	23:00
AHU - 6	9:30	23:00
AHU - 7	9:30	23:00
AHU - 8	9:30	23:00
AHU - 9	9:30	23:00
AHU - 10	9:30	23:00
AHU - 11	9:30	23:00
AHU - 12	9:30	23:00
AHU - 13	9:30	23:00
AHU - 14	9:30	23:00

<표 80> 조명 운영스케줄

전등라인	가동시간	정지시간
5층 일반 전등	10:00	0:15
4층 일반 전등	10:00	0:15
3층 일반 전등	10:00	0:15
2층 일반 전등	10:00	0:15
1층 일반 전등	10:00	0:15
B1층 일반 전등	10:00	0:15
B2F 주차장 일반 전등	9:25	0:20
B3F 주차장 일반 전등	9:30	0:20

ⓑ 판매시설 (대전)

대전광역시의 설비시스템 운영은 진공보일러는 13:00 ~ 21:30 까지 1호기와 2호기가 절체운전으로 수행되고 흡수식 냉온수기의 경우 11:00 ~ 22:00까지 외기온도에 따라 당직자가 수동으로 on/off를 실시한다.

매장 내 일반 조명은 10:00 ~ 00:15 까지 점등 되고 주차장인 지상 4 ~ 7층의 경우 09:30 ~ 00:20 까지 점등된다. 지상 1층 ~ 지상 3층까지의 냉난방을 전담하는 AHU 1 - 8은 09:30~23:00 까지 운영된다.

<표 81> 냉·난방 열원 운영 스케줄

구분	가동시간	정지시간	비고
진공보일러	13:00	21:30	1호기와 2호기 절체 운전
냉온수기	11:00	22:00	외기온도에 따라 당직자 수동으로 Off

<표 82> 공조기 운영스케줄

공조기	가동시간	정지시간
AHU - 1	9:30	23:00
AHU - 2	9:30	23:00
AHU - 3	9:30	23:00
AHU - 4	9:30	23:00
AHU - 5	9:30	23:00
AHU - 6	9:30	23:00
AHU - 7	9:30	23:00
AHU - 8	9:30	23:00

<표 83> 조명 운영스케줄

전등라인	가동시간	정지시간
7층 주차장 일반 전등	9:30	0:20
6층 주차장 일반 전등	9:30	0:20
5층 주차장 일반 전등	9:30	0:20
4층 주차장 일반 전등	9:30	0:20
3층 일반 전등	10:00	0:15
2층 일반 전등	10:00	0:15
1층 일반 전등	10:00	0:15
지하 1층 일반 전등	9:30	0:20

ⓒ 판매시설 (부산)

부산광역시의 설비시스템 운영은 진공보일러는 13:00 ~ 21:30 까지 1호기와 2호기가 절체운전으로 수행되고 냉온수기의 경우 11:00 ~ 22:00까지 외기온도에 따라 당직자가 수동으로 on/off를 실시한다.

매장 내 일반 조명은 10:00 ~ 00:15 까지 점등 되고 주차장인 지상 3 ~ 4층의 경우 09:30 ~ 00:20까지 점등된다. 지상 1층~지상 3층까지의 냉난방을 전담하는 AHU 1 - 6은 09:30~23:00까지 운영된다.

<표 84> 냉·난방 열원 운영 스케줄

구분	가동시간	정지시간	비고
진공보일러	13:00	21:30	1호기와 2호기 절체 운전
터보냉동기	11:00	22:00	외기온도에 따라 당직자 수동으로 Off

<표 85> 공조기 운영스케줄

공조기	가동시간	정지시간
AHU - 1	9:30	23:00
AHU - 2	9:30	23:00
AHU - 3	9:30	23:00
AHU - 4	9:30	23:00
AHU - 5	9:30	23:00
AHU - 6	9:30	23:00

<표 86> 조명 운영스케줄

전등라인	가동시간	정지시간
4층 주차장 일반 전등	9:30	0:20
3층 주차장 일반 전등	9:30	0:20
3층 일반 전등	10:00	0:15
2층 일반 전등	10:00	0:15
1층 일반 전등	10:00	0:15

㉰ 설비시스템 운영 기준

ⓐ 판매시설 (서울)

건물의 전체 에너지 사용량 중에서 엘리베이터와 에스컬레이터의 전력사용량이 적지 않은 비중을 차지한다. 일본에너지저감센터[20]에 따르면 업무용건축물의 경우 승강기에서 사용되는 전력량이 전체 사용량의 약 5%를 차지한다고 나타난다. 판매시설 B의 경우 엘리베이터가 5대, 에스컬레이터의 경우 16대가 설치된 대형마트로써, 이에 따른 에너지 사용량이 업무용 건축물보다 더 큰 비중을 차지할 것으로 예측되어 엘리베이터와 에스컬레이터의 전력사용량에 대한 고려가 필요하다.

20) 건물관리표준 종합가이드, 일본에너지저감센터, 2006

<표 87> 엘리베이터 개요

구분	1호기	2호기	3호기	4호기	5호기
용 도	승객용 (장애인용)	승객용	화물용	화물용	승객용
하 중	20인승	20인승	2.0ton	2.5ton	15인승
속 도	60m/min	60m/min	60m/min	30m/min	60m/min
소비량 (kWh/yr)	14,450	14,454	14,454	19,710	14,454
운행층	B3~6F	B3~6F	B1~6F	B1~1F	1F~6F
승강로 SIZE	2800×2250	2850×2250	3400×3725	4300×3725	2080×2850

<표 88> 무빙워크 개요

구분	1~4호기	5~6호기	7~8호기	9~10호기	10~16호기
형 식	AGS-1000형	AGS-1000형	AGS-1000형	AGS-1000형	AGS-1000형
각 도	12 °	12 °	12 °	12 °	12 °
속도	30m/min	30m/min	30m/min	30m/min	30m/min
소비량 (kWh/yr)	120,450	82,125	82,125	82,125	287,438
운행층	B3~B2	B2~B1	B1~1F	1F~2F	2F~5F
운행층고	1800	3520	4650	4650	4500
운행형식	교차형	일방향	교차형	교차형	교차형
운행구간	A구간	A구간	B구간	B구간	B구간

ⓑ 판매시설 (대전)

건물의 전체 에너지 사용량 중에서 엘리베이터와 에스컬레이터의 전력사용량이 적지 않은 비중을 차지한다. 일본에너지저감센터[21]에 따르면 업무용건축물의 경우 승강기에서 사용되는 전력량이 전체 사용량의 약 5%를 차지한다고 나타난다. 판매시설 B의 경우 엘리베이터가 5대, 에스컬레이터의 경우 16대가 설치된 대형마트로써, 이에 따른 에너지 사용량이 업무용 건축물보다 더 큰 비중을 차지할 것으로 예측되어 엘리베이터와 에스컬레이터의 전력사용량에 대한 고려가 필요하다.

<표 89> 엘리베이터 개요

구분	1호기	2호기	3호기	4호기	5호기
용 도	승객용 (장애인용)	승객용	화물용	화물용	승객용
하 중	20인승	20인승	2.0ton	2.5ton	15인승
속 도	60m/min	60m/min	60m/min	30m/min	60m/min
소비량 (kWh/yr)	14,450	14,454	14,454	19,710	14,454
운행층	B3~7F	B3~7F	B1~7F	B1~1F	1F~7F
승강로 SIZE	2800×2250	2850×2250	3400×3725	4300×3725	2080×2850

21) 건물관리표준 종합가이드, 일본에너지저감센터, 2006

<표 90> 무빙워크 개요

구분	1~4호기	5~6호기	7~8호기	9~10호기	10~16호기
형 식	AGS-1000형	AGS-1000형	AGS-1000형	AGS-1000형	AGS-1000형
각 도	12 °	12 °	12 °	12 °	12 °
속도	30m/min	30m/min	30m/min	30m/min	30m/min
소비량 (kWh/yr)	120,450	82,125	82,125	82,125	287,438
운행층	B3~B2	B2~B1	B1~1F	1F~2F	2F~5F
운행층고	1800	3520	4650	4650	4500
운행형식	교차형	일방향	교차형	교차형	교차형
운행구간	A구간	A구간	B구간	B구간	B구간

ⓒ 판매시설 (부산)

건물의 전체 에너지 사용량 중에서 엘리베이터와 에스컬레이터의 전력사용량이 적지 않은 비중을 차지한다. 일본에너지저감센터[22]에 따르면 업무용건축물의 경우 승강기에서 사용되는 전력량이 전체 사용량의 약 5%를 차지한다고 나타난다. 판매시설 B의 경우 엘리베이터가 4대, 에스컬레이터의 경우 8대가 설치된 대형마트로써, 이에 따른 에너지 사용량이 업무용 건축물보다 더 큰 비중을 차지할 것으로 예측되어 엘리베이터와 에스컬레이터의 전력사용량에 대한 고려가 필요하다.

<표 91> 엘리베이터 개요

구분	1호기	2호기	3호기	4호기
용 도	승객용 (장애인용)	화물용	화물용	승객용
하 중	20인승	2.0ton	2.5ton	15인승
속 도	60m/min	60m/min	30m/min	60m/min
소비량 (kWh/yr)	14,450	14,454	19,710	14,454
운행층	F1~6F	F1~4F	F1~4F	F1~6F
승강로 SIZE	2800×2250	3400×3725	4300×3725	2080×2850

<표 92> 무빙워크 개요

구분	1~4호기	5~6호기	7~8호기	9~10호기	10~16호기
형 식	AGS-1000형	AGS-1000형	AGS-1000형	AGS-1000형	AGS-1000형
각 도	12 °	12 °	12 °	12 °	12 °
속도	30m/min	30m/min	30m/min	30m/min	30m/min
소비량 (kWh/yr)	120,450	82,125	82,125	82,125	287,438
운행층	B3~B2	B2~B1	B1~1F	1F~2F	2F~4F
운행층고	1800	3520	4650	4650	4500
운행형식	교차형	일방향	교차형	교차형	교차형
운행구간	A구간	A구간	B구간	B구간	B구간

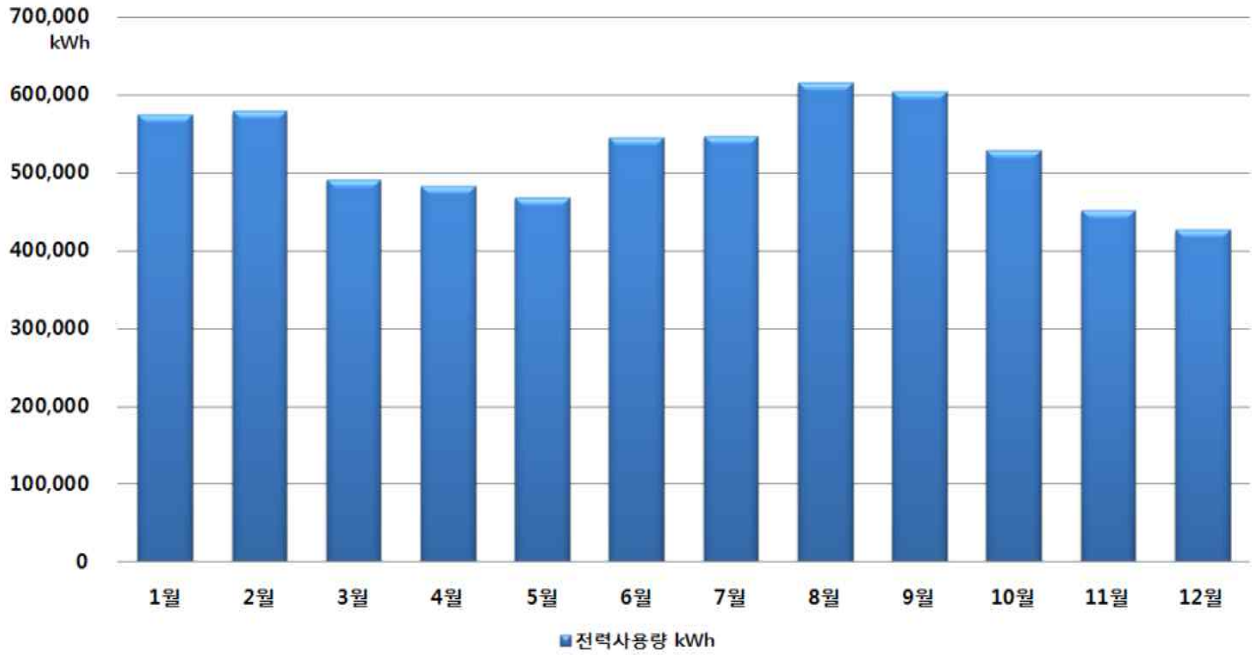
22) 건물관리표준 종합가이드, 일본에너지저감센터, 2006

② 대상 건축물 에너지 사용량

㉮ 판매시설 (서울)

· 전기사용량(2014)

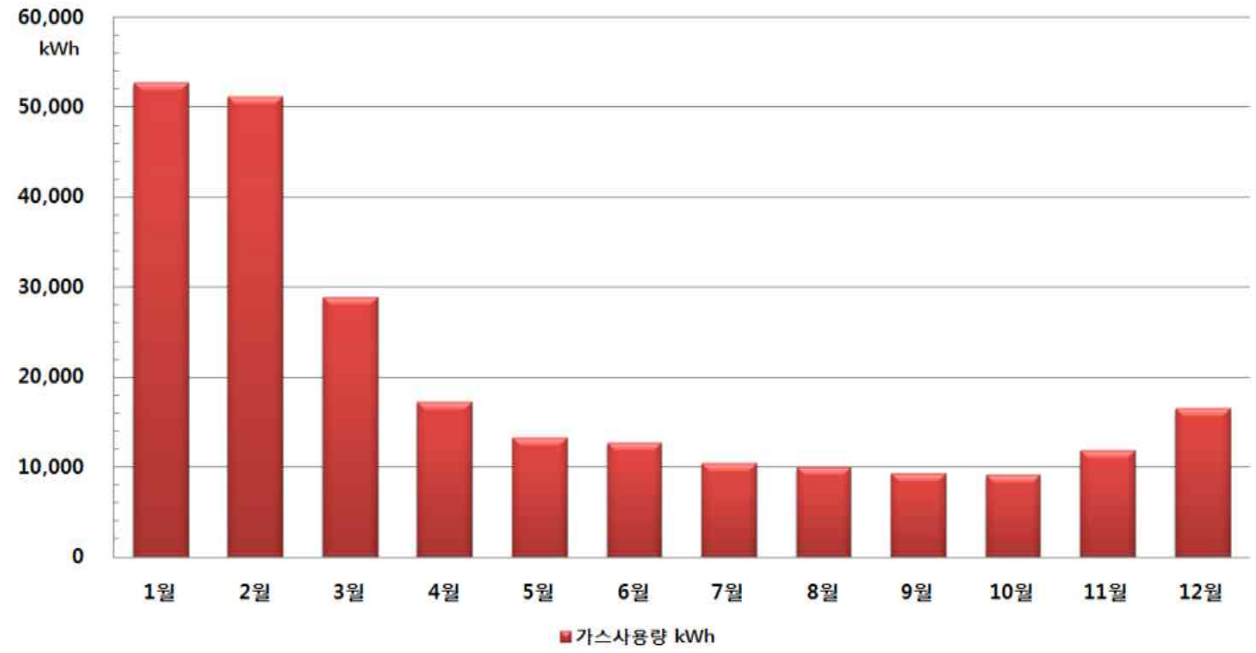
[그림 90]은 판매시설 A의 2014년도 월별 전력 사용량을 나타낸다. 8월의 경우 최대전력사용량인 616MWh로 나타났다. 냉방기와 난방기에 각각 전기 사용량이 높게 나타났는데, 이는 냉방기에 터보 냉동기 및 FCU에 사용되는 전력량 및 난방기 때 환기에 사용되는 AHU의 영향으로 판단된다.



[그림 90] 서울지역 판매시설 월별 전기에너지 사용량 그래프

· 가스사용량(2014)

[그림 91]는 대상 건물의 2014년도 월별 가스 사용량을 나타낸다. 1월의 경우 최대가스사용량인 53MWh로 나타났다. 이는 2014년도 기후 데이터 검토 결과, 1월의 경우가 외기의 온도가 가장 낮아서 난방시 가동된 흡수식냉온수기의 가스사용량이 증대된 것으로 판단된다.

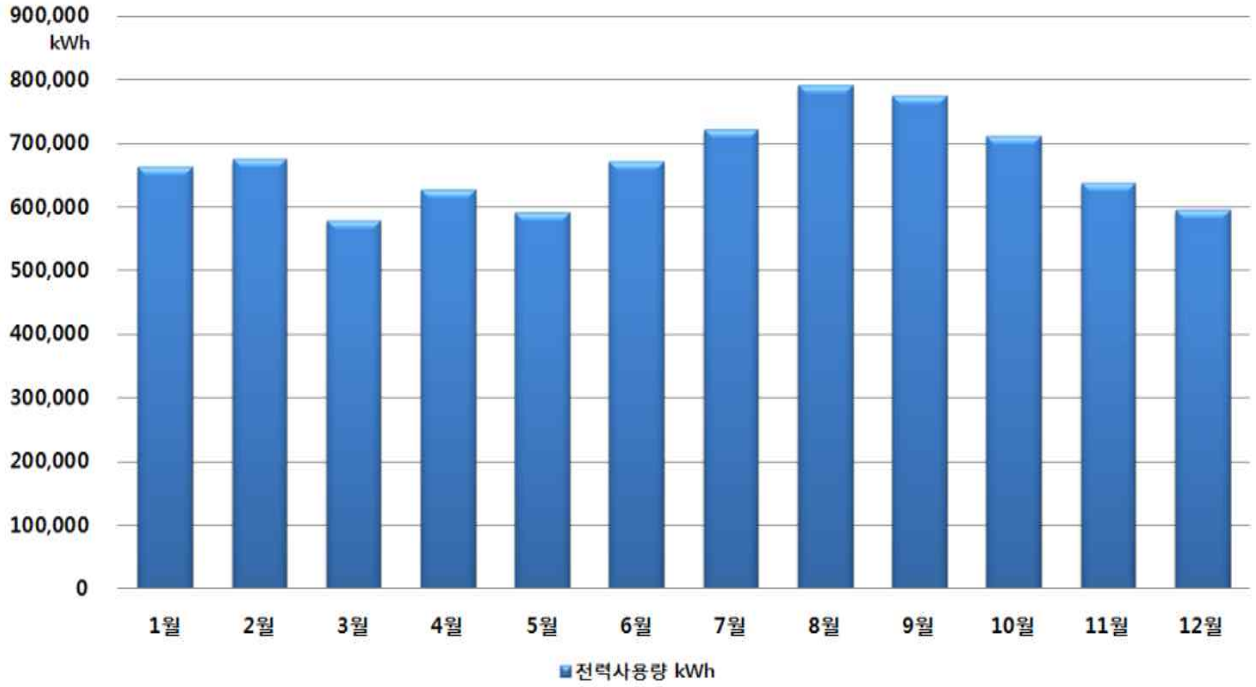


[그림 91] 서울지역 판매시설 월별 가스에너지 사용량 그래프

㈏ 판매시설 (대전)

· 전기사용량(2014)

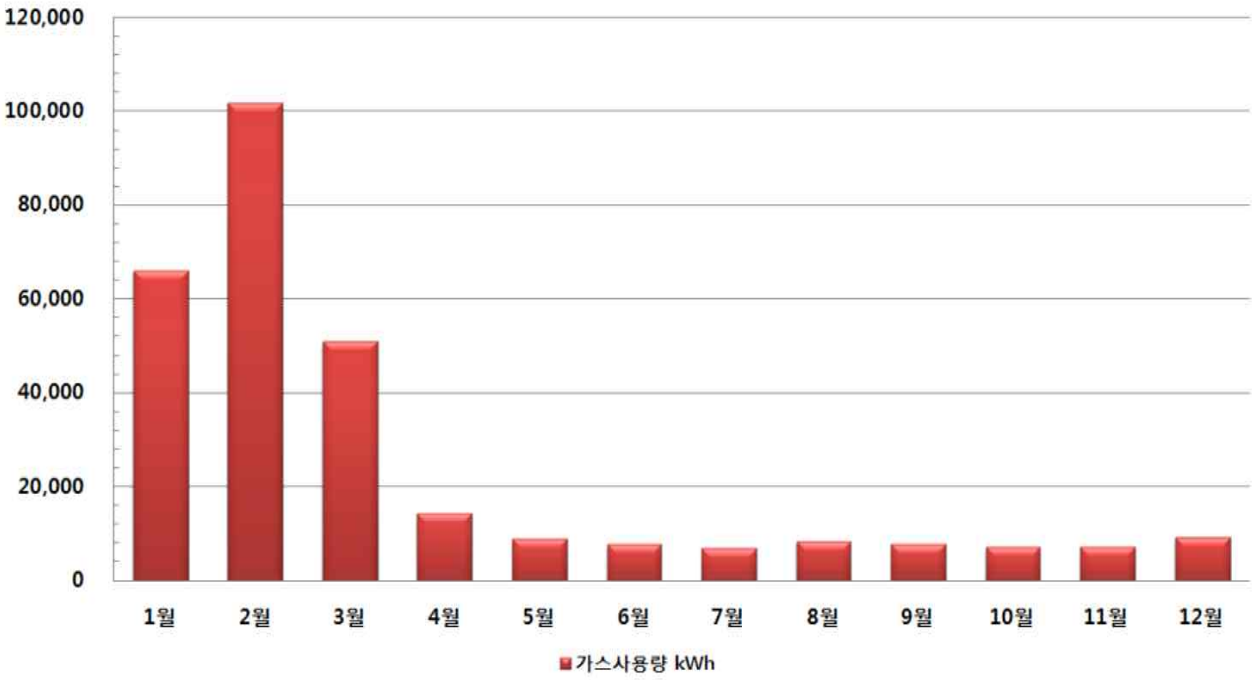
[그림 92]은 대전에 위치한 판매시설의 2014년도 월별 전력 사용량을 나타낸다. 8월의 경우 최대 전력사용량인 792MWh로 나타났다. 냉방기와 난방기에 각각 전기 사용량이 높게 나타났는데, 이는 냉방기에 터보냉동기 및 FCU에 사용되는 전력량 및 난방기 때 환기에 사용되는 AHU의 영향으로 판단된다.



[그림 92] 대전지역 판매시설 월별 전기에너지 사용량 그래프

· 가스사용량(2014)

[그림 93]는 대상 건물의 2014년도 월별 가스 사용량을 나타낸다. 2월의 경우 최대가스사용량인 102MWh로 나타났다. 이는 2014년도 기후 데이터 검토 결과, 1월의 경우가 외기의 온도가 가장 낮아서 난방시 가동된 흡수식냉온수기의 가스사용량이 증대된 것으로 판단된다.

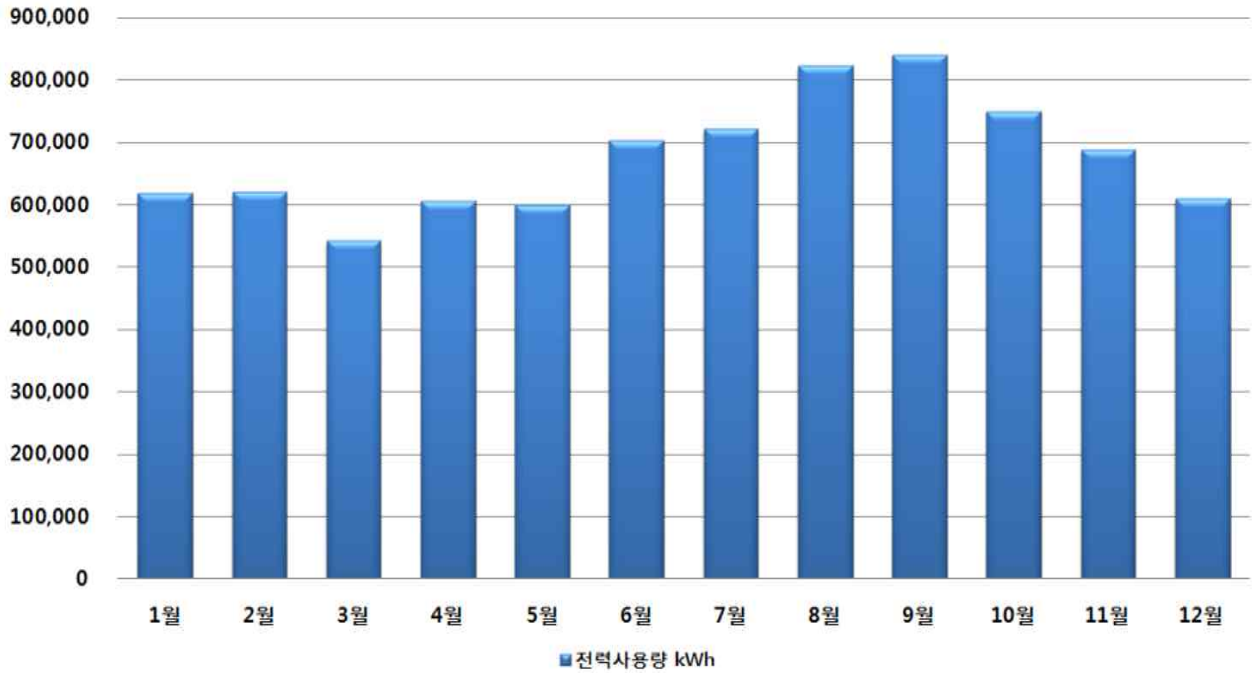


[그림 93] 대전지역 판매시설 월별 가스에너지 사용량 그래프

㉰ 판매시설 (부산)

· 전기사용량(2014)

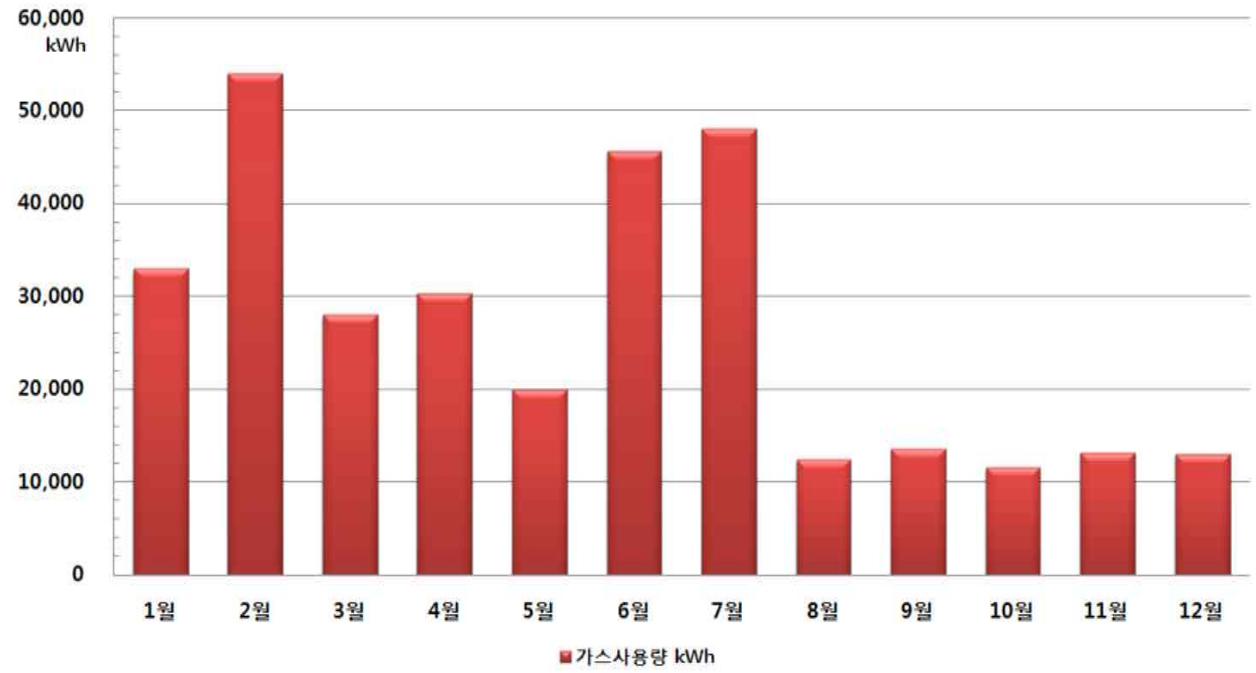
[그림 94]는 부산에 위치한 판매시설의 2014년도 월별 전력 사용량을 나타낸다. 7월의 경우 최대 전력사용량인 840MWh로 나타났다. 냉방기전기 사용량이 높게 나타났는데, 이는 냉방기에 흡수식냉온수기 및 FCU에 사용되는 전력량의 영향으로 판단된다.



[그림 94] 부산지역 판매시설 월별 전기에너지 사용량 그래프

· 가스사용량(2014)

[그림 95]은 부산에 위치한 판매시설의 2014년도 월별 가스 사용량을 나타낸다. 2월의 경우 최대 가스사용량인 54MWh로 나타났다. 이는 2013년도 기후 데이터 검토 결과, 8월의 평균 온도가 가장 높고, 냉방을 가스흡수식냉온수기로 하기 때문에 냉방시 가동된 흡수식 냉온수기의 가스사용량이 증대된 것으로 판단된다. 난방은 지역난방을 사용하기 때문에 흡수식냉온수기에 의한 난방가스 사용은 미비한 것으로 판단된다.



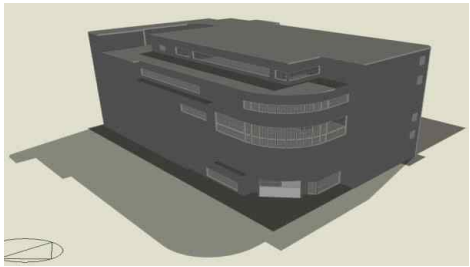
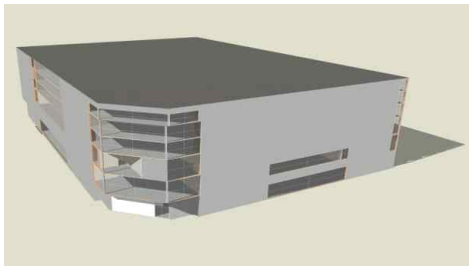
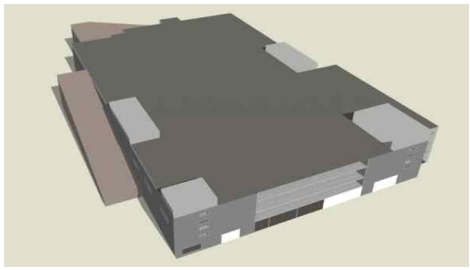
[그림 95] 부산지역 판매시설 월별 가스에너지 사용량 그래프

(나) 지역별 기상데이터를 활용한 시뮬레이션 평가 및 검증

① 시뮬레이션 모델링

대상 건축물의 모델링은 Enegyplus기반 Simulation 프로그램인 'Design Builder'를 활용한다. 현재 국내에서 활용 중인 ISO 13790, DIN V 18599 기반 건물 에너지 성능평가 프로그램으로는 현재 표준기상데이터만을 사용하고 있으며, 기상데이터 또한 변경이 어려워 본 연구에서는 Design Builder를 활용한다. Design Builder를 활용한 각 대상건물의 모델 형상은 다음과 같다.

<표 93> 대상건축물 시뮬레이션 모델링

구분 / 지역	대상 건축물	시뮬레이션 모델링
서울 특별시		
대전 광역시		
부산 광역시		

② 설비시스템 운영현황

각 대상 건물의 운영 스케쥴을 확보하여 Simulation 프로그램 운전 스케쥴을 입력하여 실제 운영현황을 고려한다. 대상 건물 3곳 모두 2013년도 설비기기 운영스케쥴이 컴퓨터에 저장되어 있고, 동일한 에너지 관리 프로그램을 사용하기 때문에 대상 건물에 직접 방문하여 2013년도 운영스케줄을 추출했다.

<표 94> 판매시설의 냉·난방 열원설비 운영 스케줄

	열원 설비	가동시간	정지시간	비 고
서울 판매시설	냉동기	09:00	23:30	- 1호기와 2호기 대수 제어 - 외기온도에 따라 당직자 수동으로 Off
	냉온수기	11:00	22:00	
대전 판매시설	냉동기	09:00	23:30	- 외기온도에 따라 당직자 수동으로 Off
	보일러	11:00	22:00	
부산 판매시설	냉동기	09:00	23:30	- 1호기와 2호기 대수 제어 - 외기온도에 따라 당직자 수동으로 Off
	열교환기	11:00	22:00	

<표 95> 판매시설의 냉·난방 열원설비 운영 스케줄

대상 건물	냉방 스케줄 (부분 운전 포함)			난방 스케줄 (부분 운전 포함)		
판매시설 A	05 . 13	~	10 . 10	11 . 11	~	02 . 20
판매시설 B	05 . 15	~	10 . 14	11 . 11	~	04 . 05
판매시설 C	05 . 13	~	10 . 14	11 . 03	~	04 . 05

<표 96> 판매시설의 공조기 운영스케줄

공조기	가 동 시 간	정 지 시 간
AHU	06:20	18:00
FCU	06:20	18:00
에어커튼	06:20	18:00
급·배기팬	06:20	18:00
패키지에어컨	06:20	18:00
라디에이터	06:20	18:00

<표 97> 판매시설의 2013년도 조명 운영스케줄

전등 라인	가동 시간	정지 시간
지상층 일반 전등	10:00	0:15
지하층 일반 전등	10:00	0:15
지상층 주차장 일반 전등	9:25	0:20
지하층 주차장 일반 전등	9:30	0:20

③ 시뮬레이션 모델 보정 방안

㉮ AMY 기상 데이터 적용

국내 기상청에서는 연간 시간대별 기상데이터를 제공하고 있으나 현재까진 기상청데이터를 ISO 13790 또는 DIN V 18599 기반의 프로그램에 맞게 변환시키거나 적용시키는 방안은 없다. 본 연구에서는 태양에너지학회에서 제공하는 TMY 기상데이터를 Simulation 프로그램에서도 적용하고, 대상 건물의 위치에 따른 전년도 기상데이터(AMY, Actual Meteorological Year) 외기온도를 기상청에서 제공받아 TMY기상데이터 외기 온도값에 적용시킴으로 Design Builder 프로그램에 적용시켰다. Design Builder 프로그램에 적용가능한 .epw 형식의 기상데이터 파일을 적용한다.

㉯ 계절효율계수 산출

계절효율계수를 산출하기 위해서는 대상 건축물의 설비기기의 각 MODE 별로 열원 설비시스템의 현장측정을 실시하여 대상 설비기기의 효율을 산출한다. 여기서 산출된 효율 값은 '계절효율계수 기본 산출식'의 부분부하효율과 동일하게 활용된다. 각 설비기기 종류 및 제조사, 용량에 따라 부분부하패턴이 상이하기 때문에 현장측정을 실시할 경우 각 MODE 시간대별 효율 산출은 필수적이다. 본 연구에서는 계절효율계수 도출을 위해, 각 MODE별 측정을 실시하여 COP를 산출한다.측정된 MODE 별 입출구 온도 및 유량은 다음 표와 같다.

<표 98> MODE 시간대별 유량 및 입출구 온도 측정 결과

지역	시간		냉온수기 입출구 온도		유량 속도			
			입구	출구				
서울	MODE 1	09 : 00	9.7 ℃	11.1 ℃	Pos Tot :	847 (m3)	Vel :	5.3 (m/s)
					Rate :	652.13 (m3/h)	Signal :	14.4 (%)
		12 : 00	11.3 ℃	12.0 ℃	Pos Tot :	907 (m3)	Vel :	1.2 (m/s)
					Rate :	316.69 (m3/h)	Signal :	14.6 (%)
	MODE 2	13 : 00	10.6 ℃	11.7 ℃	Pos Tot :	911 (m3)	Vel :	1.2 (m/s)
					Rate :	312.35 (m3/h)	Signal :	14.4 (%)
		15 : 00	10.9 ℃	12.8 ℃	Pos Tot :	1027 (m3)	Vel :	1.2 (m/s)
					Rate :	318.90 (m3/h)	Signal :	14.5 (%)
	MODE 3	18 : 00	11.6 ℃	12.2 ℃	Pos Tot :	1154 (m3)	Vel :	1.2 (m/s)
					Rate :	309.43 (m3/h)	Signal :	14.5 (%)
		12 : 00	11.9 ℃	13.2 ℃	Pos Tot :	1185 (m3)	Vel :	1.2 (m/s)
					Rate :	310.08 (m3/h)	Signal :	14.5 (%)
대전	MODE 1	10 : 00	10.7 ℃	11.1 ℃	Pos Tot :	828 (m3)	Vel :	5.3 (m/s)
					Rate :	641.13 (m3/h)	Signal :	14.6 (%)
		11 : 00	11.1 ℃	12.0 ℃	Pos Tot :	917 (m3)	Vel :	1.2 (m/s)
					Rate :	315.69 (m3/h)	Signal :	14.5 (%)
	MODE 2	13 : 00	10.7 ℃	12.7 ℃	Pos Tot :	961 (m3)	Vel :	1.2 (m/s)
					Rate :	311.35 (m3/h)	Signal :	14.2 (%)
		15 : 00	10.9 ℃	12.8 ℃	Pos Tot :	1027 (m3)	Vel :	1.2 (m/s)
					Rate :	312.90 (m3/h)	Signal :	14.1 (%)
	MODE 3	18 : 00	11.6 ℃	12.2 ℃	Pos Tot :	1014 (m3)	Vel :	1.2 (m/s)
					Rate :	309.43 (m3/h)	Signal :	14.2 (%)
		20 : 00	10.9 ℃	11.2 ℃	Pos Tot :	1185 (m3)	Vel :	1.2 (m/s)
					Rate :	313.08 (m3/h)	Signal :	14.3 (%)
부산	MODE 1	09 : 30	9.7 ℃	11.1 ℃	Pos Tot :	818 (m3)	Vel :	5.3 (m/s)
					Rate :	622.13 (m3/h)	Signal :	14.4 (%)
		12 : 00	11.1 ℃	12.0 ℃	Pos Tot :	817 (m3)	Vel :	1.2 (m/s)
					Rate :	314.69 (m3/h)	Signal :	14.6 (%)
	MODE 2	13 : 00	10.6 ℃	12.8 ℃	Pos Tot :	971 (m3)	Vel :	1.2 (m/s)
					Rate :	312.35 (m3/h)	Signal :	14.4 (%)
		15 : 00	11.9 ℃	12.2 ℃	Pos Tot :	1027 (m3)	Vel :	1.2 (m/s)
					Rate :	318.90 (m3/h)	Signal :	14.5 (%)
	MODE 3	18 : 00	11.6 ℃	13.2 ℃	Pos Tot :	1054 (m3)	Vel :	1.2 (m/s)
					Rate :	305.40 (m3/h)	Signal :	14.5 (%)
		19 : 00	10.9 ℃	12.2 ℃	Pos Tot :	1085 (m3)	Vel :	1.2 (m/s)
					Rate :	311.08 (m3/h)	Signal :	14.5 (%)

다음 아래 표는 대상건 축물 위치에 따른 지역별 Tn 도출표이다.

<표 99> 지역별 냉방 계절효율계수 산출을 위한 Tn 도출 표

지역	MODE	시간	대표온도	시간빈도수	Tn
서울	MODE 1	9	22	40	T1 = 195
		10	23	53	
		11	24	52	
		12	25	50	
	MODE 2	13	26	76	T2 = 228
		14	26	76	
		15	26	76	
	MODE 3	16	25	90	T3 = 838
		17	24	120	
		18	23	137	
		19	21	110	
		20	21	110	
		21	20	64	
		22	20	64	
		23	20	64	
		24	19	79	
대전	MODE 1	9	23	45	T1 = 364
		10	25	70	
		11	26	54	
		12	27	62	
	MODE 2	13	27	133	T2 = 444
		14	28	148	
		15	28	148	
	MODE 3	16	28	148	T3 = 989
		17	27	133	
		18	27	133	
		19	26	137	
		20	25	133	
		21	24	114	
		22	23	113	
		23	23	113	
		24	23	113	
부산	MODE 1	9	22	40	T1 = 228
		10	23	53	
		11	24	52	
		12	25	50	
	MODE 2	13	26	76	T2 = 612
		14	26	76	
		15	26	76	
	MODE 3	16	25	90	T3 = 1294
		17	24	120	
		18	23	137	
		19	21	110	
		20	21	110	
		21	20	64	
		22	20	64	
		23	20	64	
		24	19	79	

현장측정을 통하여 각 MODE별 산출 효율 값은 다음 표와 같다.

<표 100> 현장 측정이 적용된 각 MODE별 산출 효율 값

지역	구 분	효율 (COP)
서울	MODE 1	1.23
	MODE 2	1.4
	MODE 3	1.6
대전	MODE 1	0.98
	MODE 2	1.3
	MODE 3	1.2
부산	MODE 1	1.1
	MODE 2	1.2
	MODE 3	1.8

현장측정 및 지역별 Tn 도출표를 활용하여 계상된 계절효율계수는 아래와 같다.

$$\text{계절효율계수} = \frac{(T_1 \times \text{효율}_{MODE1}) + (T_2 \times \text{효율}_{MODE2}) + (T_3 \times \text{효율}_{MODE3})}{T_1 + T_2 + T_3} \cdots \text{식 (8.1)}$$

·Tn : MODE 시간대별 대표 온도대의 시간빈도수의 합
·효율n : MODE 시간대별 측정되어 산출된 효율

$$\text{서울 지역 : } \frac{(195 \times 1.23) + (228 \times 1.4) + (838 \times 1.6)}{195 \times 228 \times 838} = 1.506622 \cdots\cdots \text{식 (8.2)}$$

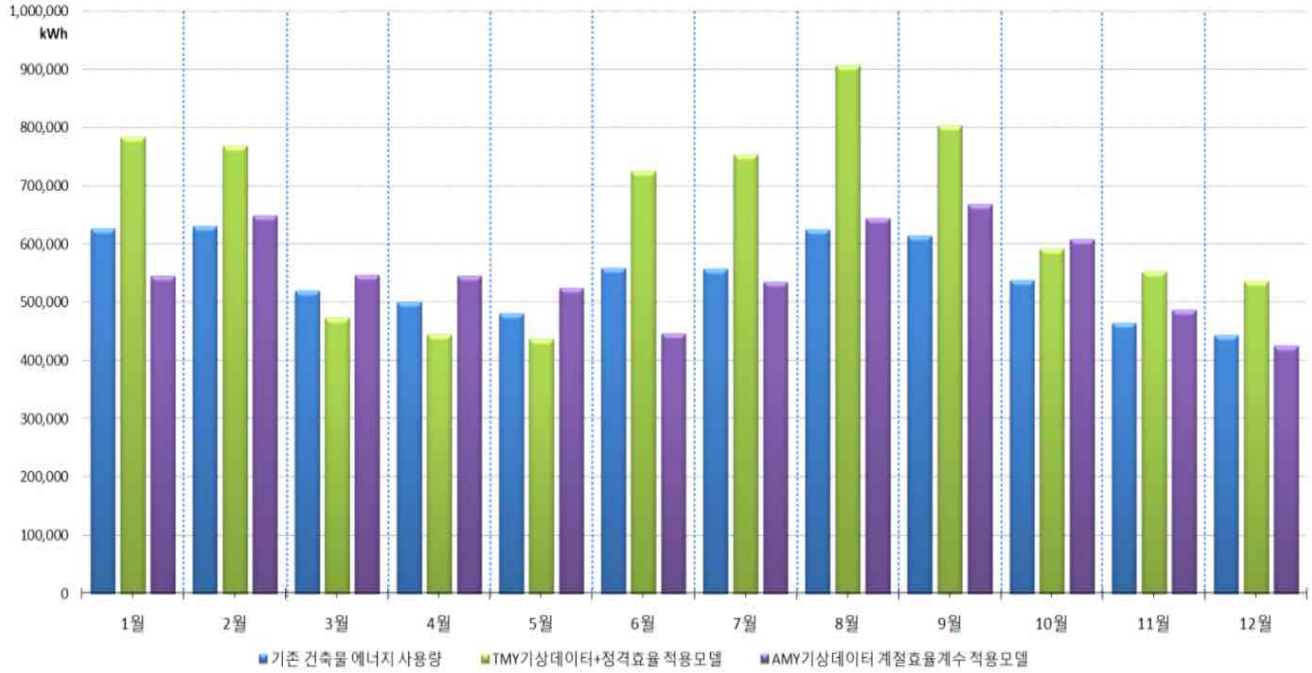
$$\text{대전 지역 : } \frac{(364 \times 0.98) + (444 \times 1.3) + (989 \times 1.2)}{364 \times 444 \times 989} = 1.180145 \cdots\cdots \text{식 (8.3)}$$

$$\text{부산 지역 : } \frac{(228 \times 1.1) + (612 \times 1.2) + (1294 \times 1.8)}{228 \times 612 \times 1294} = 1.55314 \cdots\cdots \text{식 (8.4)}$$

(다) 기상데이터를 활용한 시뮬레이션 평가

① 판매시설 (서울)

판매시설 A의 실제 '2014년도 월간 에너지소비실적' 데이터와 대조모델 2개를 분석해 타당성을 검토하였다.



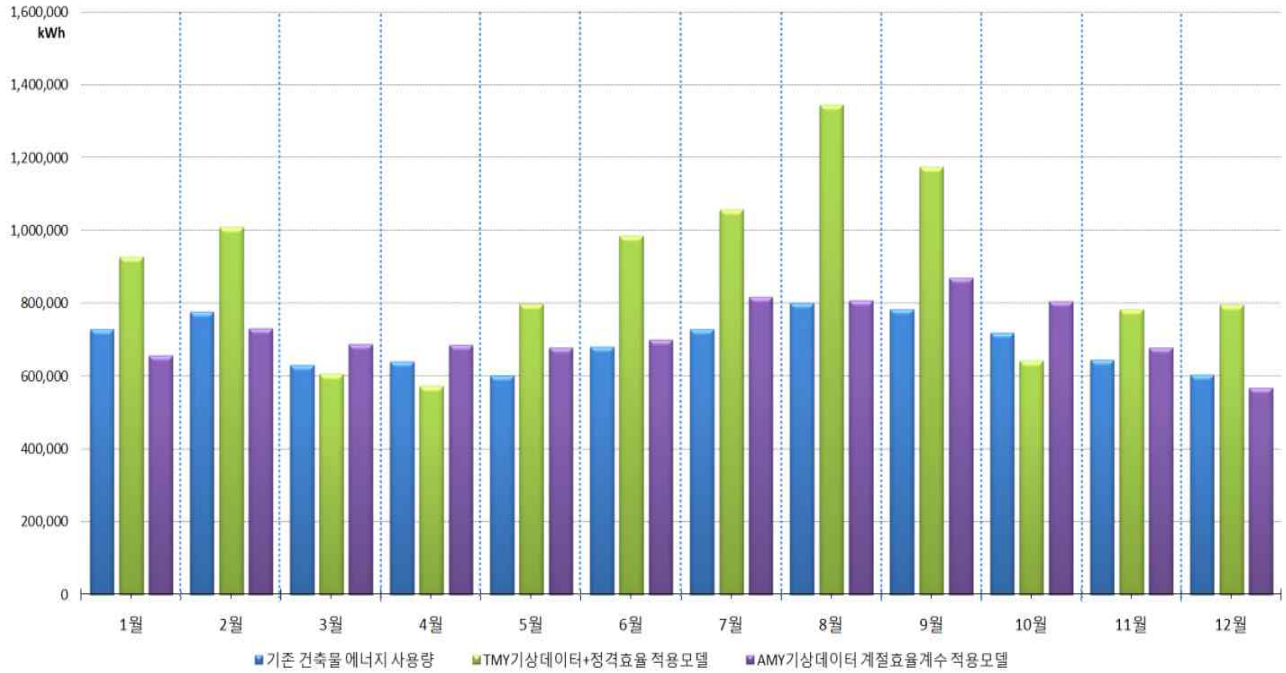
[그림 96] 판매시설 실제 에너지사용량과 시뮬레이션 결과 데이터 대조 그래프

<표 101> 서울지점 실제 에너지사용량과 시뮬레이션 결과 데이터 대조표

	실제 에너지사용량 (Kwh)	(정격효율+TMY) 시뮬레이션 모델 A	(AMY+계절효율계수) 시뮬레이션 모델 B
1월	627,167	783,959	545,008
2월	630,782	769,554	649,705
3월	520,464	473,622	546,487
4월	499,838	444,856	544,823
5월	481,005	437,715	524,295
6월	558,641	726,233	446,913
7월	558,034	753,346	535,713
8월	625,608	907,132	644,376
9월	613,770	804,039	669,009
10월	538,758	592,634	608,797
11월	464,303	552,521	487,518
12월	443,357	536,462	425,623

② 판매시설 (대전)

판매시설 A의 실제 '2014년도 월간 에너지소비실적' 데이터와 대조모델 3개를 분석해 타당성을 검토하였다.



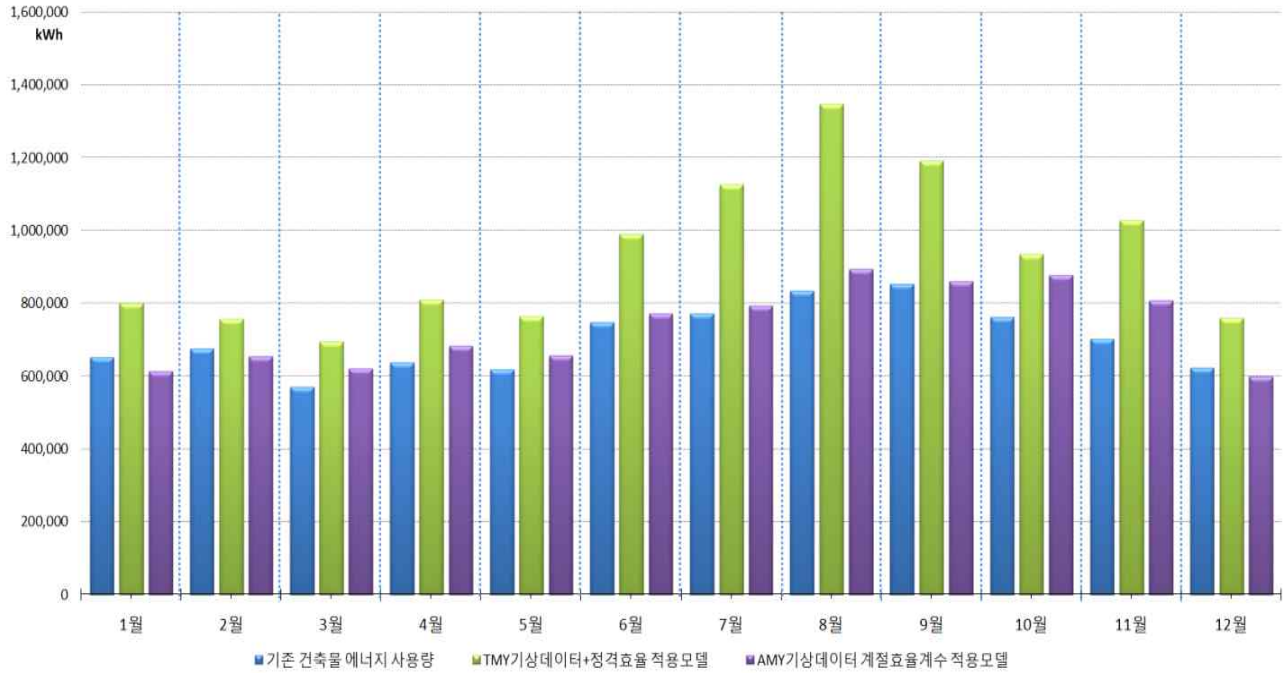
[그림 97] 판매시설 (대전)의 실제 에너지사용량과 시뮬레이션 결과 데이터 대조 그래프

<표 102> 판매시설 (대전)의 에너지사용량과 시뮬레이션 결과 데이터 대조표

	실제 에너지사용량 (Kwh)	(정격효율+TMY) 시뮬레이션 모델 A	(AMY+계절효율계수) 시뮬레이션 모델 B
1월	728,718	926,929	655,846
2월	777,025	1,010,133	730,404
3월	631,041	605,799	687,835
4월	641,043	573,733	685,916
5월	600,968	799,287	679,094
6월	680,338	986,490	700,748
7월	728,850	1,056,833	817,770
8월	800,455	1,344,764	808,460
9월	783,278	1,174,917	869,439
10월	718,336	642,911	804,536
11월	645,151	783,858	677,409
12월	604,380	797,177	568,117

③ 판매시설 (부산)

판매시설 A의 실제 '2014년도 월간 에너지소비실적' 데이터와 대조모델 3개를 분석해 타당성을 검토하였다.



[그림 98] 판매시설 (부산)의 실제 에너지사용량과 시뮬레이션 결과 데이터 대조 그래프

<표 103> 판매시설 (부산)의 에너지사용량과 시뮬레이션 결과 데이터 대조표

	실제 에너지사용량 (Kwh)	(정격효율+TMY) 시뮬레이션 모델 A	(AMY+계절효율계수) 시뮬레이션 모델 B
1월	652,051	802,023	612,928
2월	675,508	756,569	655,243
3월	570,595	696,126	621,949
4월	637,601	809,753	682,233
5월	619,206	764,100	656,358
6월	749,226	991,226	771,703
7월	771,482	1,126,364	794,626
8월	835,380	1,348,303	893,857
9월	853,103	1,190,932	861,634
10월	762,459	935,537	876,828
11월	702,568	1,027,857	807,953
12월	623,570	760,132	598,627

④ 지역별 판매시설의 예측된 설비기기의 에너지 사용량

시뮬레이션을 활용하여 대상 건축물의 예측된 에너지 소비량을 설비기기 단위로 크게 구분하면 조명, 냉동기, 실내기기, 펌프, 팬, 보일러 나눌 수 있다. 무빙워크 등의 기타 설비기기 사용량은 시뮬레이션에 반영이 되지 않기 때문에 대상 건축물의 시설 관리 업체에 문의하여 운전 일지를 전달받아 연간 사용량을 산출해 반영하였다. 종합된 설비기기 단위의 에너지 사용량은 <표 104>, <표 1051>, <표 106>와 같이 나타났다.

대상 건축물의 경우 판매시설의 특성상 조명에서 사용되는 전력량이 가장 크게 나타났다. 하지만, 동일한 용도의 건축물을 대상으로도 건축물의 위치에 따라 설비기기의 사용되는 에너지 사용량이 다름을 알 수 있다. 이는 지역별 기상데이터 특성에 따라서 냉난방 부하 및 소비전력에 영향이 미치는 것으로 사료된다.

<표 104> 서울 판매시설 설비기기 단위 시뮬레이션 결과

설비기기 구분	시뮬레이션 결과(kWh)	비율(%)
조명	1,665,364	21.4
냉동기	1,486,376	19.1
실내기기	1,416,337	18.2
보일러	1,198,439	15.4
팬	996,105	12.8
펌프	739,297	9.5
기타	280,155	3.6

<표 105> 대전 판매시설 설비기기 단위 시뮬레이션 결과

설비기기 구분	시뮬레이션 결과(kWh)	비율(%)
조명	2,825,547	26.4
냉동기	2,515,165	23.5
팬	1,787,373	16.7
실내기기	1,369,962	12.8
보일러	1,134,500	10.6
펌프	813,415	7.6
기타	256,868	2.4

<표 106> 부산 판매시설 설비기기 단위 시뮬레이션 결과

설비기기 구분	시뮬레이션 결과(kWh)	비율(%)
냉동기	2,891,902	25.8
조명	2,421,127	21.6
팬	1,558,040	13.9
실내기기	1,614,085	14.4
펌프	1,098,474	9.8
보일러	1,020,012	9.1
기타	605,282	5.4

(라) AshraeGuideline 14-2002를 활용한 검증

① Cv(RMSE) [Coefficient of Variation of the Root-Mean-Squared Error]

평균제곱근오차의 변동계수를 말하며, 자료간 다양성에 대한 정규측정치이다. 보정된 시뮬레이션 목적을 위해, 짝을 이루는 시간별 자료들간에 차이를 제곱하고, 매달 혹은 요금고지서 기간에 걸쳐 이 제곱된 차이값을 합하고서 월별 시간수로 나누어 얻어지는데 이를 평균제곱 오차라 한다.

이 값의 제곱근이 RMSE이다. Cv(RMSE)는 RMSE를 그 달 혹은 요금고지서 기간에 대해 측정된 자료의 평균으로 나누어 얻어진다. 값이 작을수록 보정이 잘된 것이다.

② MBE [Mean Bias Error]

월별 평균 편향오차를 말하며, 보통 한달이나 같은 기간의 요금고지서 기간인 주어진 기간에 걸쳐 측정된 에너지소비량으로부터 시뮬레이션에 의해 얻어진 에너지 소비량을 빼서 계산된다. MBE는 측정된 자료와 비교하여 에너지 소비량이 얼마나 잘 모델에 의해 예측되는 가를 나타낸다. 값이 작을수록 보정이 잘된 것이다.

③ RMSE [Root Mean Square Error]

직관적인 근사모델 정확성 평가 방법이다. 쉽게 말해 임의의 실험점에서의 '실제모델과 근사모델의 차'의 평균 제곱합으로써 적용된 실험점의 수가 많으면 많을수록 더 정확한 근사모델의 정확도를 평가할 수 있는 방법을 말한다.

MBE는 Mean Bias Error의 약자로 실제 모델과 근사모델 총합의 오차율을 말한다.

$$MBE(\%) = \frac{\sum_{Period}(S-M)_{interval}}{\sum_{Period} M_{interval}} \times 100 \quad \cdots\cdots \text{식 (8.5)}$$

$$RMSE_{period} = \sqrt{\frac{\sum(S-M)^2_{interval}}{N_{interval}}} \quad \cdots\cdots \text{식 (8.6)}$$

$$A_{period} = \frac{\sum_{Period} M_{interval}}{N_{interval}} \quad \cdots\cdots \text{식 (8.7)}$$

$$Cv(RMSE_{period}) = \frac{RMSE_{period}}{A_{Period}} \times 100 \quad \cdots\cdots \text{식 (8.8)}$$

여기에서,

· M : 측정된 kWh 또는 에너지소비량
· S : 시뮬레이션에서 계산된 kWh 또는 에너지소비량
· N : 측정된 데이터 수
· A : 측정된 기간의 평균 에너지 사용량

월간 데이터를 활용한 분석에서는 MBE는 ±5%, Cv(RMSE)가 15% 미만인 경우 시뮬레이션에 보정되었다고 판단한다.

본 논문에서는 ASHRAE Guideline 14-2002[23]에서 제시하는 통계적 검증 방법인 Cv(RMSE)(the root mean squared error)법과 MBE(The mean bias error)을 사용하여 실제 에너지 사용량과 시뮬레이션을 통한 에너지사용량의 타당성을 검증한다.

시뮬레이션 결과 데이터의 정확한 타당성 검증을 위해 ASHRAE Guideline의 프로세스를 적용시켰으며 신뢰성 검증 데이터는 다음과 같다.

<표 107> 판매시설 A의 ASHRAE Guideline에 따른 신뢰성 검증 결과

지역	구분	MBE(%)	Cv(RMSE)
서울	실제 에너지사용량	-	-
	정격효율+TMY기상데이터 적용모델	17.58	30.04
	계절효율계수+AMY기상데이터 적용모델	1.01	9.71
대전	실제 에너지사용량	-	-
	정격효율+TMY기상데이터 적용모델	24.19	37.04
	계절효율계수+AMY기상데이터 적용모델	4.15	8.75
부산	실제 에너지사용량		
	정격효율+TMY기상데이터 적용모델	28.10	32.54
	계절효율계수+AMY기상데이터 적용모델	4.51	7.91

2. 2차년도 연구수행과정 및 내용

가. 국내 냉·난방 설비기기 DB 보완 및 확장

(1) 열원기기 및 신재생에너지기기

(가) 열원기기의 분류

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

① 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 2]는 구조에 따라 보일러를 크게 분류한 것이며, 용도에 따라서는 육용정치(陸用定置) 보일러 박용(舶用) 보일러, 발전

23) M&V Guidelines : Measurement and Verification for Federal Energy Projects Version 3.0, U.S. Department of Energy

용(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 108> 구조에 따른 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

② 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 분류는 [표 3]과 같다.

<표 109> 냉동기의 종류 및 용도

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

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 것이고, 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.

③ 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 공기열원과 수열원 등으로 구분된다. 열원에 따른 히트펌프의 분류는 [표 4]와 같다.

<표 110> 열원에 따른 히트펌프의 분류

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

㉮ 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.

㉯ 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.

④ 신재생에너지기기

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 5]와 같다.

<표 111> 건축물에 적용 가능한 신재생에너지 및 특징

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 취득하며, 생성된 온수 또는 냉수를 냉·난방 및 급탕에 이용한다.

(나) 열원기기 조사

① 증기보일러

<표 112> 증기보일러 종류 및 특성

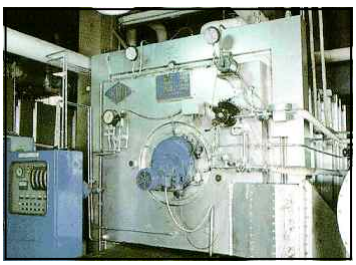
구분		증기압력(MPa)	장비용량(㎥/h)	장비효율(%)
주철제 보일러		0.1 이하	300~4,000	약 80~86
원통 보일러	입형	0.7 이하	100~500	약 70~75
	노통연관	1.6 이하	500~20,000	약 85~90
수관 보일러	입형	1.0 이하	500~2,000	약 85
	이통	0.7 이하	5,000 이상	약 85~90
관류 보일러	단관식	3.0 이하	100~15,000	약 80~90
	다관식	1.0 이하	100~2,000	약 75~90
	대형	1.0 이하	100,000 이상	약 90



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. - 예열시간이 온수식에 비해 짧고 증기의 순환이 빠름. - 설비비 및 유지관리비가 비교적 저렴함. - 흡수식 냉동기, 가습기, 급탕과 연동되어 사용됨.
단점	- 보일러 내에 스케일 및 부식이 발생하며 수명이 짧음. - 면허소지자 및 정기적인 사용검사 필요.

<표 113> 증기보일러 조사결과

구분	용량 (kW)	연료	연소효율				총소비전력				비용(천원)		
			@100%	@75%	@50%	@25%	@100%	@75%	@50%	@25%	단가	설치비용	유지관리
증기 보일러	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
(B사)	부분부하조건 : 급수온도 20℃, 공기온도 20℃, 압력 10kg/㎠												
증기 보일러	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
(B사)	부분부하조건 : 급수온도 20℃, 공기온도 20℃, 압력 10kg/㎠												
증기 보일러	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	-	-
(D사)	부분부하조건 : -												
증기 보일러	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	-	-
(D사)	부분부하조건 : -												

② 온수보일러

<표 114> 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. - 보일러에서 가열된 온수를 복관식 또는 단관식의 배관을 통하여 방열기에 공급하여 난방을 행함. - 방산한 온수는 보일러로 환수시켜 재사용. - 온수는 증기에 비해 열량이 적음. 소규모 건물의 난방에 적합하며 보통 100℃이하의 온수를 열매로 사용
장점	- 난방부하 변동에 따라 온수온도 및 순환수량을 쉽게 조절가능 - 보일러 취급이 용이하고 안전
단점	- 긴 예열시간. - 증기난방에 비해 방열 면적과 배관경이 커짐. - 열용량이 크기 때문에 온수 순환시간이 김 - 배관 동파의 위험 존재.

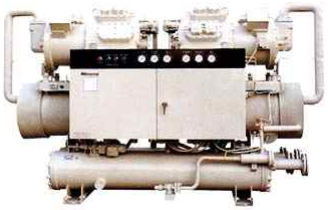
<표 115> 온수보일러 조사결과

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 : -												

③ 압축식 냉동기

<표 116> 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



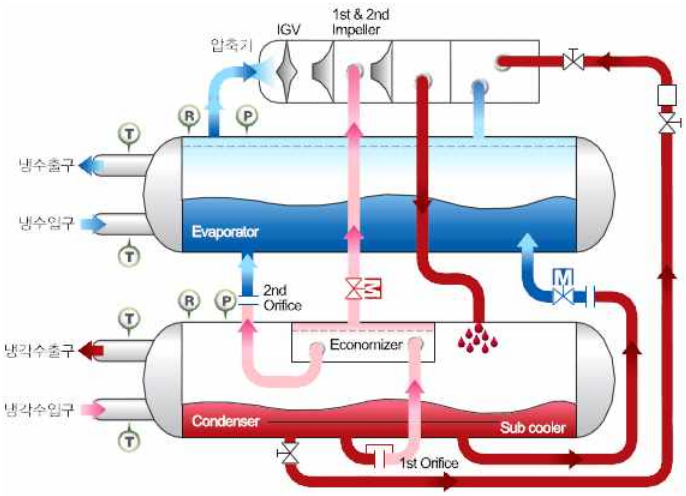
a. 왕복동식 냉동기



b. 원심식 냉동기



c. 스크류식 냉동기



d. 압축식 냉동기 흐름도

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

<표 117> 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	-	-
	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		

구분	용량 (kW)	부분부하 COP				비용(천원)		
		@100%	@75%	@50%	@25%	단가	설치비용	유지관리
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
	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		

구분	용량 (kW)	부분부하 COP				비용(천원)		
		@100%	@75%	@50%	@25%	단가	설치비용	유지관리
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	-	-	-
	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 118> 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
	761	4.07	-	-	-	98,400	2,980	5,000

구분	용량 (kW)	부분부하 COP				비용(천원)		
		@100%	@75%	@50%	@25%	단가	설치비용	유지관리
	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		

④ 흡수식 냉동기

<표 119> 흡수식 냉동기 종류 및 특성

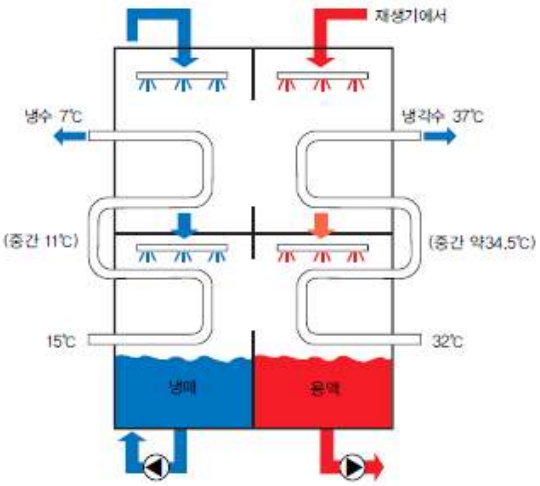
구분	장비용량(RT)	소비동력(kg/RTh)	COP
직화식 냉동기	50~1,300	4.8~8.2	1.20~1.35
증기식 냉동기	50~1,500	3.5~3.8	1.0~1.3
중온수 냉동기	70~1,500	-	0.7~0.75



a. 직화식 흡수식냉온수기



b. 중온수 흡수식냉동기



c. 흡수식 냉동기 흐름도

개요	- 외부로부터 전기의 압력에 의한 기계적 에너지를 필요로 함. - 기계적 에너지가 아닌 열에너지에 의해 냉동효과를 거둠. - 증발기, 흡수기, 재생기 또는 발생기, 응축기 등으로 구성됨. - 흡수제의 역할로 Li-Br(브롬화리튬) 등의 혼합용액을 사용.
장점	- 흡수식냉온수기의 경우 1대의 기기로 냉수와 온수 모두 생산. - 압축기가 없으므로 전기사용량이 많지 않아 여름철 전력수급에 도움이 되고 소음 및 진동이 작음. - 재생기 구동원의 온도가 일정하므로 장시간 운전시 유리함. - 정격 COP보다 부분부하 운전 COP가 우수하여, 부분부하 운전이 많은 우리나라 기후조건에 적합.
단점	- 부하 변동, 간헐운전 측면에서 불리. - 예열, 예냉 시간이 비교적 길어, 열손실 및 신속한 대응에 불리. - 냉각탑, 가스인입, 연도, 자동제어 설비가 필요함. - 크기 및 중량이 큼.

<표 120> 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
	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

구분	용량 (kW)	부분부하 COP				비용(천원)		
		@100%	@75%	@50%	@25%	단가	설치비용	유지관리
	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
	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

구분	용량 (kW)	부분부하 COP				비용(천원)		
		@100%	@75%	@50%	@25%	단가	설치비용	유지관리
	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		
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 121> 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	-	-

구분	용량 (kW)	부분부하 COP				비용(천원)		
		@100%	@75%	@50%	@25%	단가	설치비용	유지관리
	1,266	1.33	1.50	1.64	1.35	159800	-	-
	1,407	1.23	1.40	1.54	1.25	165800	-	-
	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		

⑤ 히트펌프

<표 122> 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 있는 열원을 그대로 채취하거나, 열교환기를 통하여 온도를 채취하여, 이를 에너지로 활용하는 기술.
- 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.
- 화재나 폭발 등의 우려가 없는 높은 안전성의 시스템.
- 전기 에너지만을 사용하므로 연소가 불필요.
- 타 공기조화 시스템에 비해 보수 관리가 용이함.
- 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.
- 겨울철 보조열원을 사용해야 하므로 난방의 효율 감소함.
- 실외기 설치로 인한 외부 설치장소 필요.</td></tr>
</table>

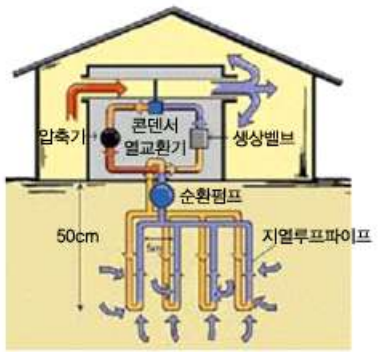
<표 123> 히트펌프 조사결과

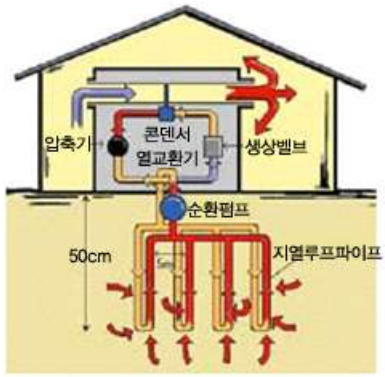
장비용량(kW)		방식	난방 COP				소비전력	냉방 COP				소비전력	비용(천원)		
난방	냉방		@100%	@75%	@50%	@25%	(kW)	@100%	@75%	@50%	@25%	(kW)	단가	설치비용	유지관리
25.9	23.0	EHP	4.75	5.38	5.77	5.66	5.5	4.25	6.15	7.89	7.83	5.4	4,763	450	-
32.6	29.0	EHP	4.74	5.37	5.75	5.65	6.9	3.99	5.77	7.41	7.35	7.3	5,069	450	-
39.2	35.0	EHP	4.55	5.15	5.52	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	-
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	-

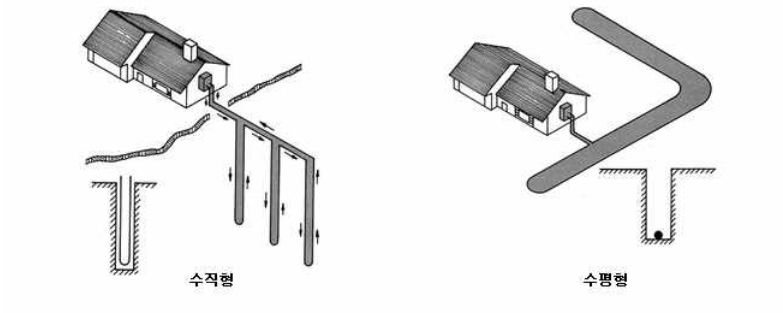
장비용량(kW)		방식	난방 COP				소비전력	냉방 COP				소비전력	비용(천원)		
난방	냉방		@100%	@75%	@50%	@25%	(kW)	@100%	@75%	@50%	@25%	(kW)	단가	설치비용	유지관리
(L사)	부분부하조건		실내측 DB 20℃, WB 15℃, 실외측 DB 7℃, WB 6℃					실내측 DB 27℃, WB 19℃, 실외측 DB 35℃, WB 24℃					단가 VAT 미포함, 부품교체비용 없음		
26.5	23.0	EHP	4.80	4.70	4.60	-	5.5	4.60	5.12	5.72	-	5.0	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
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		

⑥ 지열 히트펌프

<표 124> 지열히트펌프 개요 및 특성

<table>
<tr><th>냉방 COP</th><th>난방 COP</th><th>장비용량</th></tr>
<tr><td rowspan="2">3.5 이상</td><td rowspan="2">3.9 ~ 4.6 이상</td><td>보어홀(천공) 열용량에 의해 결정</td></tr>
<tr><td>1~50 RT 성능의 히트펌프 조합</td></tr>
<tr><td colspan="3">


a. 냉방 시 시스템 개요


b. 난방 시 시스템 개요


c. 지열히트펌프 방식
</td></tr>
<tr><td>개요</td><td colspan="2">- 지표면과 달리 지중의 온도는 연중 10~20℃로 일정.
- 지중을 열원 및 열침으로 히트펌프를 이용해 지중으로 열을 방출하거나 흡수하여 냉·난방에 이용.
- 냉방 시, 냉매를 증발시켜 열을 흡수하고 지중으로 열 방출.
- 난방 시, 냉매를 응축하여 열을 방출하고 지중에서 열 흡수.</td></tr>
<tr><td>장점</td><td colspan="2">- 대기온도와 상관없이 일정한 지중열을 이용, 혹서기나 혹한기 등에도 일정한 성능을 유지할 수 있음.
- 냉방 시 발생하는 폐열을 급탕이나 온수로 활용 가능.
- 가스시설, 연도, 냉각탑 등이 없어, 상대적으로 시스템이 간단함.
- 청정에너지원, 비고갈성에너지원으로 환경성 우수.</td></tr>
<tr><td>단점</td><td colspan="2">- 연중 냉·난방부하의 편차가 클 경우, 사용 연수에 따라 지중으로의 축열작용 또는 방열작용으로 시스템의 성능 하락할 수 있음.
- 지중천공으로 인한 초기투자비가 크며, 밀폐시스템으로 인한 내부확인 및 유지관리의 어려움.</td></tr>
</table>

<표 125> 지열히트펌프 조사결과

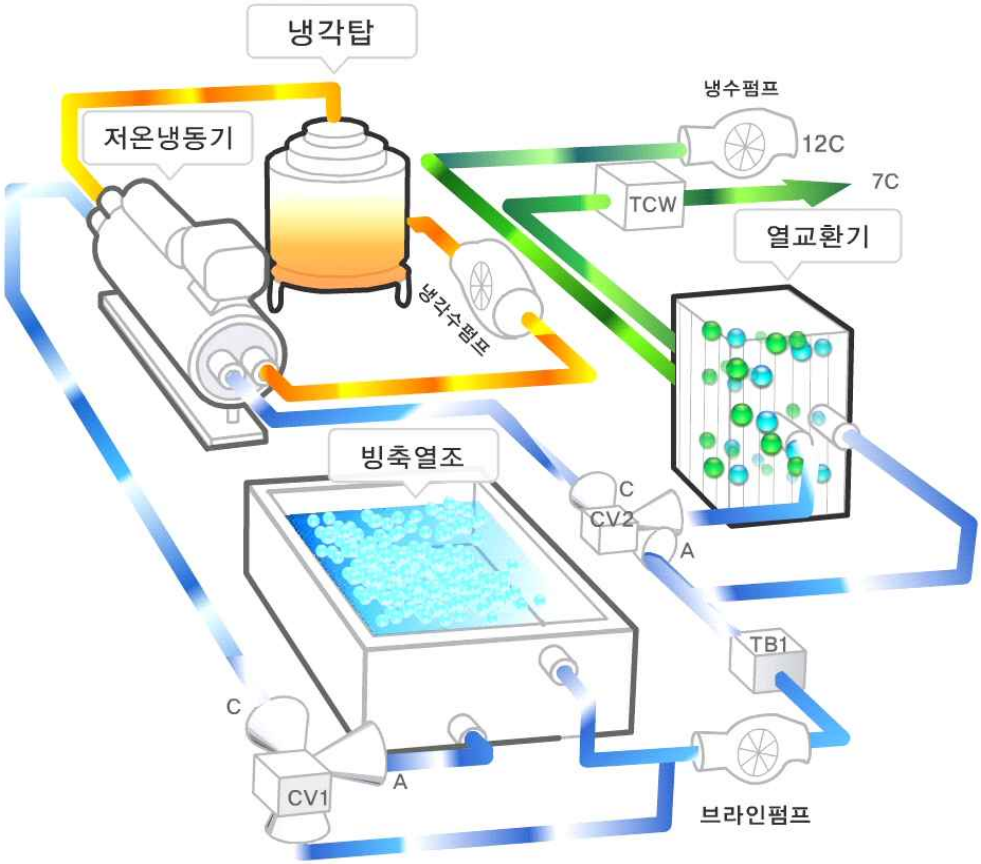
장비용량(kW)		방식	난방 COP				소비전력 (kW)	냉방 COP				소비전력 (kW)	비용(천원)		
난방	냉방		@100%	@75%	@50%	@25%		@100%	@75%	@50%	@25%		단가	설치비용	유지관리
32.6	29.0	물-공기	5.7	5.6	6.5	-	5.8	5.0	4.8	5.8	-	5.7	5,500	1,200	400
65.2	58.0	물-공기	5.5	5.4	6.3	-	11.6	5.0	4.9	5.7	-	11.8	11,220	1,200	400
97.9	87.0	물-공기	5.5	5.3	6.3	-	17.4	5.0	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 (kW)	냉방 COP				소비전력 (kW)	비용(천원)		
난방	냉방		@100%	@75%	@50%	@25%		@100%	@75%	@50%	@25%		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		

(다) 기타 열원기기 조사

① 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 99] 빙축열 시스템 계통도

<표 126> 빙축열 시스템의 종류 및 특성

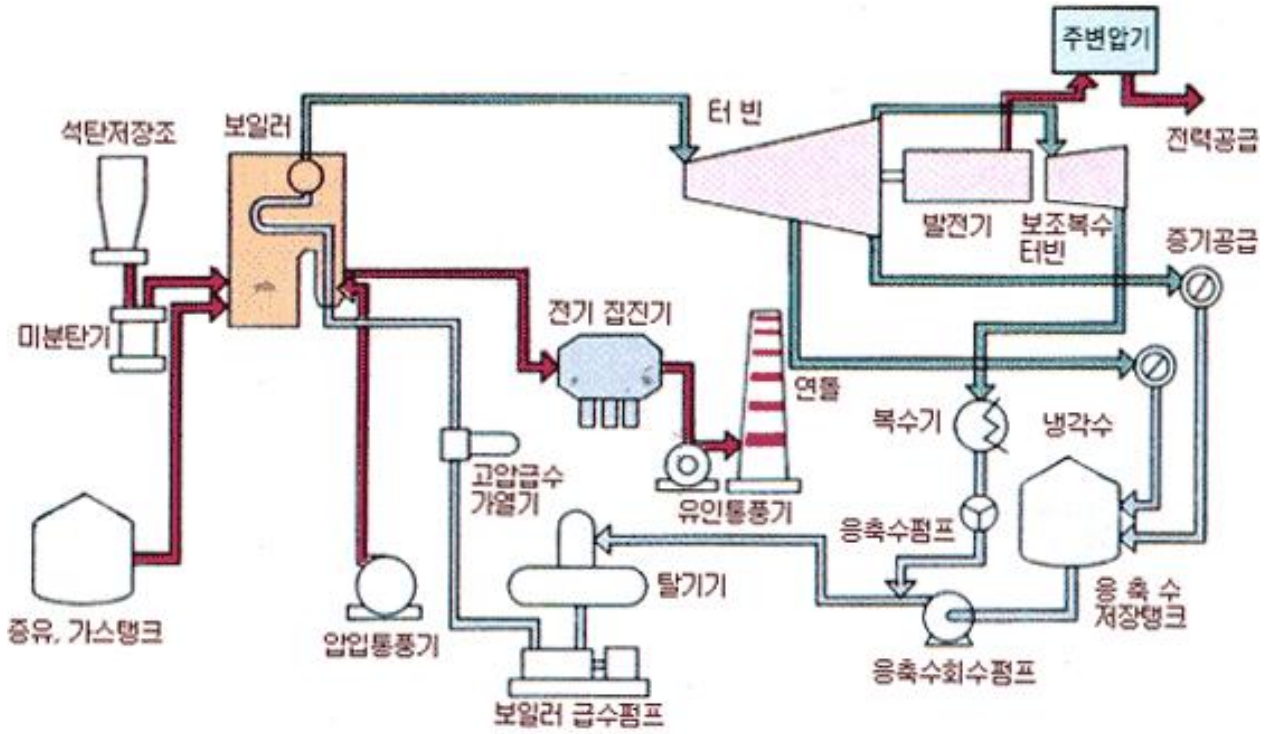
구분		특성
정적 제빙	관외착빙 코일형	축열조 내에 코일이 설치되어 있고, 그 주위에 물이 채워짐
	관내착 코일형	관외착빙형과 구조 거의 동일, 코일 외부로 브라인 용액 흐름
	완전동결 코일형	축열조 내에 제빙코일이 있고, 그 주위에 물이 채워짐
	캡슐형	축열조 내에 캡슐을 채우고, 캡슐 주위로 저온의 브라인 용액 흐르게 하여 캡슐 내의 얼음을 생성·저장
동적 제빙	빙박리 코일형	축열조 내에 제빙코일을 설치하여 내부에 냉매가 흐름
	액빙수형 (슬러리형)	구조상으로 빙박리형과 유사하나 액체가 순수한 물이 아닌 브라인 용액으로 구성

② 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 100] 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 127> 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 128> 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		

(2) 급탕기기

(가) 급탕기기의 정의 및 용도

① 급탕기기의 정의

급탕설비에서 탕의 사용 목적은 음료용, 인체의 세척 및 보온용, 물품의 세척 및 소독용, 보온용으로 분류할 수 있다. 급탕기기는 이러한 목적에 적합한 온도로 유체를 가열하여 수요처에 공급하는 기기를 말한다.

② 급탕의 용도

물을 탕으로 바꾸어 사용하는 목적은 인체에 감성적인 쾌적함을 주는 것, 세정효과를 높이는 것, 살균효과에 의해 소독하는 것 및 열에너지를 이용하는 것이 있다. 이러한 급탕의 목적을 기구로써 분류하면 아래와 같다.

· 음료용으로 물을 데워서 사용하는 소형 저탕식 탕비기나 주전자 등
· 인체의 세척 및 보온용 세수기, 세면기, 욕조, 샤워, 비데 등
· 물품의 세척 및 소독용, 보온용, 주방싱크, 급식싱크, 세면싱크, 식기세척기, 청소용싱크, 소독기 등

급탕설비는 급탕기기를 통해 생성된 탕을 물과 혼합하거나 생성된 증기와 물의 열교환을 통해 일정한 온도로 생성하여 사용처에 공급한다. 따라서 급탕기기를 통해 공급되는 열매의 온도가 높아지면 탕과 혼합되는 물의 유량이 적게 되어도 필요한 온도로 공급할 수 있다.

하지만 급탕온도는 용도에 따라 상이하여 급탕부하의 계산을 위해 일반적으로 공급되는 급탕온도인 60℃로 계산한 값을 이용해 급탕부하를 결정한다. 급탕의 사용 용도별 온도는 아래와 같다.

<표 129> 급탕의 사용 용도별 온도

용도	사용온도	용도	사용온도
	℃		℃
음료용	50~55	주방용(일반)	45
세척용(성인)	42~45	주방용(접시세척)	45(60)
세척용(소아)	40~42	주방용(접시세척)	70~80
샤워용	43	세탁용(상업운반)	60
세면 및 세수용	40~42	세탁용(모직물)	33~37
의료 및 세수용	43	세탁용(린넬)	49~52
면도용	46~52	세탁용(견직물)	49~52
세차용	24~30	수영장용	24~30

(나) 급탕기기 조사

① 보일러

보일러 조사의 항목 중 사양부분은 정격용량(공급 급탕온도 65℃ 기준), 정격효율, LNG, LPG 등 연료에 따른 사용량, 송풍기, 순환펌프, 오일펌프 등의 소비전력을 대상으로 하였고, 금액부분의 경우 단가(납품단가 기준)와 유지관리비에 대해 조사를 수행하였다.

이 중 연료에 따른 사용량은 모든 연료에 대한 사용량은 첨부된 카달로그를 통해 제공하고, 대표적으로 적용되는 LNG에 대해서만 기술하였다.

유지관리비의 경우는 조사대상으로 선정된 업체의 경우, 제품을 생산하여 납품하는 업체로 유지관리비나 설치비용 등은 업무범위를 초과하기에 조사가 불가능하였다. 이에 관련 문헌조사 및 LCC 업체 등을 통해 투자회수기간법, 생애주기비용분석 등에 사용되는 유지관리비 책정항목에 대해 조사를 수행하였다.

유지관리비용의 산출을 위해서는 설비기기별 초기비용 및 유지보수 비율(설비공학편람 중 공조냉동 위생편람 1권 2편)과 설비기기별 내구연수(ASHRAE, vfi 2067, 일본 법정 내구연수, 일본 건설업협회 등 참조)를 통해 산정할 수 있었으며, 이는 다음과 같다.

<표 130> 설비기기별 초기비용 및 유지보수 비율

항목	유지보수비율	항목	유지보수비율
냉동기	0.35%	냉각탑	0.11%
보일러	0.25%	공조기	0.22%
공조필터	0.30%	기타	0.12%
냉매보급	0.15%	계	1.5%

<표 131> 설비기기별 내구연수(보일러 관련 부분)

구분		ASHRAE	VFI 2067	법정 내구연수 (일본)	건설업협회 (일본)
보일러	수관식	24(온수)	20	15	18.9
		30(스팀)	20	15	18.9
	연관식	25(온수)	20	15	21.1
		25(스팀)	20	15	21.1
	주철제	35(온수)	25	-	-
		30(스팀)	25	-	-
	전기	15	25	-	-
	관류형	-	-	-	-
	중온수	-	-	-	-
버너		21	20	-	-

<표 132> 저탄소 콘덴싱 보일러 DB 조사 결과

NO.	구분	용량	효율	연료	소비전력			비용				제조사
				LNG	송풍기	순환펌프	오일펌프	단가		설치비(나)	유지비(가)	
				100%	100%			금액	근거			
		kW	%	N/㎡	kW	kW	kW	천원				
1	DSH-100P	116	91	11.0	0.1	0.6	-	18,720	대열	-	468	대열
2	DSH-150P	174	91	16.5	0.3	0.6	-	19,290	대열	-	482	대열
3	DSH-200P	244	91	23.1	0.3	0.6	-	19,850	대열	-	496	대열
4	DSH-250P	291	91	27.5	0.4	0.8	-	23,320	대열	-	583	대열
5	DSH-300P	349	91	33.0	0.4	0.8	-	26,790	대열	-	670	대열
6	DSH-400P	465	91	44.0	0.8	1.5	-	30,250	대열	-	756	대열
7	DSHL-500P	581	100	50.0	1.5	2.2	-	37,380	대열	-	935	대열
8	DSHL-600P	698	100	60.0	2.2	2.2	-	38,090	대열	-	952	대열
9	DSHL-800P	930	100	80.0	2.2	2.2	-	41,910	대열	-	1,048	대열
10	DSHL-1000P	1163	100	100.0	3.7	3.7	-	44,590	대열	-	1,115	대열
11	DSHL-1200P	1395	100	120.0	5.5	3.7	-	48,220	대열	-	1,206	대열
12	DSHL-1300P	1512	100	130.0	5.5	3.7	-	52,940	대열	-	1,324	대열
13	DSHL-1600P	1860	100	160.0	7.5	11.0	-	57,460	대열	-	1,437	대열
14	DSHL-1800P	2093	100	180.0	11.0	11.0	-	60,550	대열	-	1,514	대열
15	DSHL-2000P	2326	100	200.0	11.0	11.0	-	64,580	대열	-	1,615	대열
16	DSHL-2500P	2907	100	250.0	15.0	14.0	-	74,750	대열	-	1,869	대열
17	DSHL-3000P	3488	100	300.0	15.0	14.0	-	85,280	대열	-	2,132	대열
18	DSHL-3600P	4186	100	360.0	22.0	14.0	-	96,170	대열	-	2,404	대열

<표 133> 인버터 콘덴싱 보일러 DB 조사 결과

NO.	구분	용량	효율	연료	소비전력			비용				제조사
				LNG	송풍기	순환펌프	오일펌프	단가		설치비(나)	유지비(가)	
				100%	100%			금액	근거			
		kW	%	N/㎥	kW	kW	kW	천원				
1	ASV-100P	116	91	11.0	0.1	-	-	24,950	대열	-	624	대열
2	ASV-150P	174	91	16.5	0.3	-	-	18,670	대열	-	467	대열
3	ASV-200P	244	91	23.1	0.3	-	-	19,400	대열	-	485	대열
4	ASV-250P	291	91	27.5	0.4	-	-	21,750	대열	-	544	대열
5	ASV-300P	349	91	33.0	0.4	-	-	24,100	대열	-	603	대열
6	ASV-400P	465	91	44.0	0.8	-	-	27,130	대열	-	678	대열
7	ASVL-500P	581	100	50.0	1.5	-	-	34,650	대열	-	866	대열
8	ASVL-600P	698	100	60.0	2.2	-	-	35,250	대열	-	881	대열
9	ASVL-800P	930	100	80.0	2.2	-	-	39,050	대열	-	976	대열
10	ASVL-1000P	1163	100	100.0	3.7	-	-	41,390	대열	-	1,035	대열
11	ASVL-1200P	1395	100	120.0	5.5	-	-	44,840	대열	-	1,121	대열
12	ASVL-1300P	1512	100	130.0	5.5	-	-	48,750	대열	-	1,219	대열
13	ASVL-1600P	1860	100	160.0	7.5	-	-	52,950	대열	-	1,324	대열
14	ASVL-1800P	2093	100	180.0	11.0	-	-	54,880	대열	-	1,372	대열
15	ASVL-2000P	2326	100	200.0	11.0	-	-	56,970	대열	-	1,424	대열
16	ASVL-2500P	2907	100	250.0	15.0	-	-	67,440	대열	-	1,686	대열
17	ASVL-3000P	3488	100	300.0	15.0	-	-	77,400	대열	-	1,935	대열
18	ASVL-3600P	4186	100	360.0	22.0	-	-	87,950	대열	-	2,199	대열

<표 134> 무압관수식 보일러 DB 조사 결과

NO.	구분	용량	효율	연료	소비전력			비용				제조사
				LNG	송풍기	순환펌프	오일펌프	단가		설치비(나)	유지비(가)	
				100%	100%			금액	근거			
		kW	%	N/㎥	kW	kW	kW	천원				
1	DSH-100P	116	91	11.0	0.1	0.6	-	14,720	대열	-	368	대열
2	DSH-150P	174	91	16.5	0.3	0.6	-	15,290	대열	-	382	대열
3	DSH-200P	244	91	23.1	0.3	0.6	-	15,850	대열	-	396	대열
4	DSH-250P	291	91	27.5	0.4	0.8	-	19,320	대열	-	483	대열
5	DSH-300P	349	91	33.0	0.4	0.8	-	22,790	대열	-	570	대열
6	DSH-400P	465	91	44.0	0.8	1.5	-	26,250	대열	-	656	대열
7	DSH-500P	581	91	54.9	1.5	2.2	0.4	30,380	대열	-	760	대열
8	DSH-600P	698	91	65.9	2.2	2.2	0.4	31,090	대열	-	777	대열
9	DSH-800P	930	91	87.9	2.2	2.2	0.4	34,910	대열	-	873	대열
10	DSH-1000P	1163	91	109.9	3.7	3.7	0.4	37,590	대열	-	940	대열
11	DSH-1200P	1395	91	131.9	5.5	3.7	0.8	41,220	대열	-	1,031	대열
12	DSH-1300P	1512	91	142.9	5.5	3.7	0.8	44,750	대열	-	1,119	대열
13	DSH-1600P	1860	91	175.8	7.5	11.0	0.8	47,460	대열	-	1,187	대열
14	DSH-1800P	2093	91	197.8	11.0	11.0	0.8	51,950	대열	-	1,299	대열
15	DSH-2000P	2326	91	219.8	11.0	11.0	0.8	54,580	대열	-	1,365	대열
16	DSH-2500P	2907	91	274.7	15.0	14.0	1.5	64,750	대열	-	1,619	대열
17	DSH-3000P	3488	91	329.7	15.0	14.0	1.5	75,280	대열	-	1,882	대열
18	DSH-3600P	4186	91	395.6	22.0	14.0	1.5	86,180	대열	-	2,155	대열

<표 135> 진공온수보일러 DB 조사 결과

NO.	구분	용량	효율	연료	소비전력			비용				제조사
				LNG	송풍기	순환펌프	오일펌프	단가		설치비(나)	유지비(가)	
				100%	100%			금액	근거			
		kW	%	N/㎥	kW	kW	kW	천원				
1	ASV-100P	116	91	11.0	0.1	-	-	13,950	대열	-	349	대열
2	ASV-150P	174	91	16.5	0.3	-	-	14,670	대열	-	367	대열
3	ASV-200P	244	91	23.1	0.3	-	-	15,400	대열	-	385	대열
4	ASV-250P	291	91	27.5	0.4	-	-	17,750	대열	-	444	대열
5	ASV-300P	349	91	33.0	0.4	-	-	20,100	대열	-	503	대열
6	ASV-400P	465	91	44.0	0.8	-	-	23,130	대열	-	578	대열
7	ASV-500P	581	91	54.9	1.5	-	0.4	26,650	대열	-	666	대열
8	ASV-600P	698	91	65.9	2.2	-	0.4	27,250	대열	-	681	대열
9	ASV-800P	930	91	87.9	2.2	-	0.4	31,050	대열	-	776	대열
10	ASV-1000P	1163	91	109.9	3.7	-	0.4	33,390	대열	-	835	대열
11	ASV-1200P	1395	91	131.9	5.5	-	0.8	36,840	대열	-	921	대열
12	ASV-1300P	1512	91	142.9	5.5	-	0.8	39,800	대열	-	995	대열
13	ASV-1600P	1860	91	175.8	7.5	-	0.8	42,950	대열	-	1,074	대열
14	ASV-1800P	2093	91	197.8	11.0	-	0.8	44,880	대열	-	1,122	대열
15	ASV-2000P	2326	91	219.8	11.0	-	0.8	46,970	대열	-	1,174	대열
16	ASV-2500P	2907	91	274.7	15.0	-	1.5	57,440	대열	-	1,436	대열
17	ASV-3000P	3488	91	329.7	15.0	-	1.5	67,350	대열	-	1,684	대열
18	ASV-3600P	4186	91	395.6	22.0	-	1.5	77,850	대열	-	1,946	대열

② 온수기

온수기(탕비기)는 일반적으로 소규모 급탕설비 또는 국소식 급탕설비에 적용되는 기기로 아파트의 부엌, 욕실이나 사무소 건물의 탕비실 등에 적용한다.

온수기는 사용 목적에 따라 순간식, 저탕식 등으로 분류할 수 있으며 가스, 유류, 전기 등을 이용해 열매를 직접 가열하는 직접가열방식의 기기이다. 온수기는 방식에 따라 순간식과 저탕식으로 구분할 수 있다.

㉮ 순간식 온수기의 능력은 수온을 25℃ 높일 때 1분간 8L의 출탕 능력을 갖는 것을 8호라 지칭하며, 통상 6호 이상을 대형이라 분류하고 있다. 벤추리 관내를 물이 통과할 때 마찰저항에 의해 생기는 차압으로 다이어프램을 오르내리게 하여 가스밸브를 개폐시켜 일정 압력 이상의 차압이 필요하게 된다. 최저 0.5kg/㎠의 급수압이 필요하지만 안정된 상태를 얻기 위해서는 급수압 1kg/㎠ 이상이 바람직하다. 급탕이 필요한 장소에 유수저항이 큰 다른 기구들을 사용한 경우에는 대형 온수기의 경우 벤추리관의 통과수량이 적어지며 작동하지 않는 일이 있으니 주의를 요하고 있다.

㉯ 저탕식 온수기는 일반용과 음료용으로 구분할 수 있다.

- 일반용의 경우 강판제, 동판제 등이 있으며, 강판제는 내면에 아연, 알루미늄 도금 또는 글라스라이닝 등의 방식처리가 되어있다. 동판제는 내압성 때문에 정수두 3m 이하에서 사용해야만 하므로 감압수조를 함께 적용하는 경우도 있다. 저탕식 온수기는 밀폐식으로 서모스탯 등에 의한 자동 조작으로 항상 일정한 온도를 유지할 수 있는 장점이 있다.

- 음료용의 경우 저탕조 내의 탕이 사용되면 볼탭 등에 의해 자동적으로 물이 공급되고 저탕조 내의 온도가 일정 온도 이하가 되면, 서모스탯의 작동 등에 의해 가스나 전기 등에 의해 점화되어 탕을 생성하게 된다.

- 전기를 이용하는 경우는 급배기를 취하기 어려울 경우 또는 가스 등의 연료가 부적당한 설치장소 등에 사용된다. 전기가열기에는 투입식, 저탕식, 순간식의 방식이 있으며,

  · 투입식은 니크롬선 발열체를 운모 등의 절연체로 싸서 동관에 넣은 것을 수몰시켜 물 자체를 가열하는 것으로 욕조 등의 수중에 넣어서 사용한다.

  · 저탕식은 기기 내부에 발열체를 수몰시킨 것으로 발열체에는 니크롬선을 동관 또는 스테인레스관에 삽입한 것이나, 니크롬선과 동관 사이에 알루미늄과 같은 열전도체를 채워 넣은 스페이스 히터식이 있다.

  · 순간식은 저탕식과 같은 발열체를 가열배관 도중에 넣어 물이 움직이면, 플로우 스위치에 의해 통전되어, 발열체에 접촉하는 물을 가열하는 방식이다.

본 연구에서는 보일러와 마찬가지로 사양과 가격정보의 조사를 통해 3개 업체를 대상으로 소형 2종, 중형 16종, 대형 20종을 통해 DB 구축을 수행하였다. 사양부분은 용량, 최고온도, 소비전력을 대상으로 하였고, 금액부분의 경우는 보일러와 동일하게 진행되었다.

<표 136> 소형 전기온수기 DB 조사 결과

NO.	구분	용량	최고온도	소비전력	비용					제조사
					단가		설치비[3]	유지관리비		
					금액	근거		A[1]	B[2]	
		Litter	℃	kW	천원					
1	RADI 15 UE	15	75	1.5	330	물가정보	-	8.25	3.96	다올에너텍
2	RADI 15 BE	15	75	1.5	330	물가정보	-	8.25	3.96	다올에너텍
3	RADI 30	30	75	2.5	380	물가정보	-	9.50	4.56	다올에너텍
4	RADI 50	50	75	2.5	420	물가정보	-	10.50	5.04	다올에너텍
5	TI SHAPE 15 Oversink	15	75	1.5	400	물가정보	-	10.00	4.80	다올에너텍
6	TI SHAPE 15 Undersink	15	75	1.5	400	물가정보	-	10.00	4.80	다올에너텍
7	TI SHAPE 30 Oversink	30	75	2.5	450	물가정보	-	11.25	5.40	다올에너텍
8	TI-TECH 50	50	80	2.5	500	물가정보	-	12.50	6.00	다올에너텍
9	TI-TECH 80	80	80	2.5	550	물가정보	-	13.75	6.60	다올에너텍
10	TI-TECH 100	100	80	2.5	600	물가정보	-	15.00	7.20	다올에너텍
11	HJ20-30	30	75	2.0	400	물가정보	-	10.00	4.80	한진테크
12	HJ25-50	50	75	2.5	500	물가정보	-	12.50	6.00	한진테크
13	SH14-140N	140	75	1.4	700	물가정보	-	17.50	8.40	한진테크
14	SH22-220N	220	75	2.2	850	물가정보	-	21.25	10.20	한진테크
15	SH27-270N	270	75	2.7	950	물가정보	-	23.75	11.40	한진테크
16	SH34-340N	340	75	3.4	1,050	물가정보	-	26.25	12.60	한진테크
17	SH43-430N	430	75	4.3	1,200	물가정보	-	30.00	14.40	한진테크
18	PC15SC	15	60	2.0	396	물가정보	-	9.90	4.75	코퍼스트
19	PC15RC	15	60	1.5	396	물가정보	-	9.90	4.75	코퍼스트
20	PC30	30	60	2.0	440	물가정보	-	11.00	5.28	코퍼스트
21	VM50N4	50	60	2.0	496	물가정보	-	12.40	5.95	코퍼스트
22	VM80N4	80	60	2.0	550	물가정보	-	13.75	6.60	코퍼스트
23	VM100N4	100	60	2.0	627	물가정보	-	15.68	7.52	코퍼스트

<표 137> 중형 전기온수기 DB 조사 결과

NO.	구분	용량	최고온도	소비전력	비용					제조사
					단가		설치비[3]	유지관리비		
					금액	근거		A[1]	B[2]	
		Litter	℃	kW	천원					
1	HJSS-015	150	-	1.5	970	물가정보	-	24.25	11.64	코퍼스트
2	HJSS-020	200	-	2.0	1,150	물가정보	-	28.75	13.80	코퍼스트
3	HJSS-030	300	-	3.0	1,260	물가정보	-	31.50	15.12	코퍼스트
4	HJSS-045	450	-	4.5	1,380	물가정보	-	34.50	16.56	코퍼스트
5	HJSS-050	500	-	5.0	1,500	물가정보	-	37.50	18.00	코퍼스트
6	HJSS-014E	140	-	1.4	750	물가정보	-	18.75	9.00	코퍼스트
7	HJSS-020E	200	-	2.0	920	물가정보	-	23.00	11.04	코퍼스트
8	HJSS-030E	300	-	3.0	1,100	물가정보	-	27.50	13.20	코퍼스트
9	HJSS-043E	430	-	4.3	1,150	물가정보	-	28.75	13.80	코퍼스트
10	HJSS-050E	500	-	5.0	1,250	물가정보	-	31.25	15.00	코퍼스트
11	REH110	110	80	1.1	680	물가정보	-	17.00	8.16	코퍼스트
12	REH150	150	80	1.5	730	물가정보	-	18.25	8.76	코퍼스트
13	REH200	200	80	2.0	820	물가정보	-	20.50	9.84	코퍼스트
14	REH300	300	80	3.0	900	물가정보	-	22.50	10.80	코퍼스트
15	REH430	430	80	4.3	1,050	물가정보	-	26.25	12.60	코퍼스트
16	REH500	500	80	5.0	1,200	물가정보	-	30.00	14.40	코퍼스트

<표 138> 대형 전기온수기 DB 조사 결과

NO.	구분	용량	최고온도	소비전력	비용					제조사
					단가		설치비[3]	유지관리비		
					금액	근거		A[1]	B[2]	
		Litter	℃	kW	천원					
1	SBS-060	600	80	6.0	2,500	물가정보	-	62.50	30.00	다올에너텍
2	SBS-080	800	80	8.0	2,700	물가정보	-	67.50	32.40	다올에너텍
3	SBS-100	1,000	80	10.0	3,200	물가정보	-	80.00	38.40	다올에너텍
4	SBS-150	1,500	80	15.0	3,800	물가정보	-	95.00	45.60	다올에너텍
5	SBS-200	2,000	80	20.0	5,100	물가정보	-	127.50	61.20	다올에너텍
6	SBS-250	2,500	80	25.0	6,300	물가정보	-	157.50	75.60	다올에너텍
7	SBS-300	3,000	80	30.0	6,700	물가정보	-	167.50	80.40	다올에너텍
8	SBS-350	3,500	80	35.0	8,300	물가정보	-	207.50	99.60	다올에너텍
9	SBS-400	4,000	80	40.0	9,800	물가정보	-	245.00	117.60	다올에너텍
10	SBS-500	5,000	80	50.0	12,000	물가정보	-	300.00	144.00	다올에너텍
11	SH2000	2,000	80	20.0	2,500	물가정보	-	62.50	30.00	한진테크
12	SH3000	3,000	80	30.0	3,000	물가정보	-	75.00	36.00	한진테크
13	HJSS-100	1,000	-	10.0	3,400	물가정보	-	85.00	40.80	코퍼스트
14	HJSS-150	1,500	-	15.0	3,800	물가정보	-	95.00	45.60	코퍼스트
15	HJSS-200	2,000	-	20.0	5,060	물가정보	-	126.50	60.72	코퍼스트
16	HJSS-250	2,500	-	25.0	6,070	물가정보	-	151.75	72.84	코퍼스트
17	HJSS-300	3,000	-	30.0	6,200	물가정보	-	155.00	74.40	코퍼스트
18	HJSS-350	3,500	-	35.0	8,470	물가정보	-	211.75	101.64	코퍼스트
19	HJSS-400	4,000	-	40.0	9,700	물가정보	-	242.50	116.40	코퍼스트
20	HJSS-500	5,000	-	50.0	11,000	물가정보	-	275.00	132.00	코퍼스트

(3) 공조기기

(가) 공기조화

① (가) 공기조화 개요

공기조화(Air Conditioning)란 공기의 온도, 습도, 기류, 분진, 박테리아, 취기, 유해가스 등의 조건을 실내의 인간 또는 물품에 대해 가장 양호하게 유지하는 것을 의미한다. 이러한 요소 중 온도는 감각에 가장 민감하게 느껴지는 요소로, 온도에 비중을 두어 공기조화를 냉방 또는 난방이라고 부르기도 하지만, 다른 요소를 무시해서는 완전한 공기조화라고 부를 수 없다. 완전한 공기조화란 공기의 상태를 조정하여 인간에 대해서는 쾌적감과 청정도를 양호하게 하고, 물품에 대해서는 쾌적한 공기의 상태를 기계적으로 만들어 내는 것이라 할 수 있다. 공기조화의 4대 요소는 온도(Temperature), 습도(Humidity), 청결도(Cleanless), 기류(Distribution)이다.

② 공기조화기 구성요소

공기조화기는 일정한 공간을 인간이 활동하기에 알맞은 온도, 습도, 기류 분포를 조절하고 동시에 공기 속의 이물질 등을 제거하여 쾌적한 공간을 유지하는데 목적을 가지고 있으며, 열교환의 싸이클로는 냉·난방장치이기도 하다. 공기조화기는 크게 메인박스(Casing)와 송풍기(Fan), 열교환기(Heat Exchanger), 공기정화장치, 자동제어 등으로 구성된다.

㉮ 메인박스(Casing)

공기조화기 형식은 수평형, 입형, 복합형, 멀티종의 4가지 형식으로 수요자의 요구에 의해 제작되어 제공된다.

㉯ 송풍기(Fan)

송풍기는 유동을 일으키는 날개차, 날개차로 들어가고 나오는 유동을 안내하는 케이싱으로 이루어진다. 송풍기의 분류방법에는 여러 가지가 있으며, 가장 일반적인 방법으로는 날개차를 통과하는 유동의 특성에 의한 분류이다. 이를 통한 분류로 축류형 송풍기, 반경류형 송풍기, 혼합류형 송풍기로 구분된다.

㉰ 열교환기(Heat Exchanger)

온도가 높은 유체로부터 전열벽을 통해 온도가 낮은 유체에 열을 전달하는 장치를 말하며, 가열기, 냉각기, 응축기 등에 사용된다. 열교환기 형식에서 가장 일반적으로 사용되는 것은 금속관을 전열벽으로 한느 것으로 이 형식에서는 주수식, 이중관식, 핀붙이다관식, 투관형식 등이 있다.

㉱ 공기정화장치

공기 속의 먼지나 매연 등을 제거하는 장치로, 실내의 공기를 정화하는 경우와 오염된 공기를 대기 속으로 배출하기 전에 정화하는 경우가 있다.

③ 공조기기 조사

㉮ 송풍기

일반적으로 송풍기는 압력에 따라 저압용 팬(Fan)과 고압용 블로어(Blower)로 구분할 수 있다. 압력범위 1,000mmAq 미만(0.1kg/㎠ 미만)의 경우 팬이 적용되고, 압력범위 1,000~10,000mmAq 미만(1.0kg/㎠ 미만)에는 블로어를 적용한다. 블로어보다 높은 압력에서는 압축기(Compressor)를 적용한다.

<표 139> 송풍기 종류별 특성 및 주요용도

종류	날개형상	풍량	정압	용도
		㎥/min	mmAq	
다익형 (Sirocco)		10 ~ 10,000	10 ~ 150	저속덕트 공조용 각종 공조 및 급·배기용 공장, 광산터널, 식당, 상가 등
터보형 (Turbo)		10 ~ 6,000	50 ~ 2,000	고속덕트 공조용 연도토익 유인용, 물체이송 보일러, 집진기, 화학공장 등
익형 (Air-Foil)		20 ~ 1,500	40 ~ 250	고속덕트 공조용 공장용 환기 및 급·배기용, 광산터널, DC모터 냉각용 등
익형 (Limit Round)		20 ~ 5,000	40 ~ 250	저속덕트 공조용 중규모 이상의 공장용 환기 및 급·배기용
방사형 (Plate)		20 ~ 1,000	30 ~ 300	공장용 또는 물체이송용 시멘트공장, 제제소 등의 공장, 시멘트공장, 화학공장 등
프로펠러형 (Propeller)		10 ~ 400	0 ~ 15	국부 환기용 유니트 히터, 환기팬, 배기팬, 냉각탑용, 축사, 선박 등
축류형 (Axial)		10 ~ 10,000	10 ~ 15	국소 통풍용 냉각탑용, 급속동결실용, 선박, 축사, 공장 기계, 열풍기 등

본 연구에서는 공기조화기를 구성하는 요소 중 공기를 이송하는 역할을 수행하고, 실제 에너지를 소비하는 요소인 송풍기를 대상으로 DB 조사를 수행하였다.

송풍기의 DB 조사를 위해 8개 업체를 대상으로, 공조기에 사용되는 송풍기 Sirocco Type 및 Air-Foil Type에 대해 조사하였다. 송풍기의 규격별로 조사를 수행하였고, 송풍기의 조사항목으로는 풍량, 정압, 정격효율, 소비전력의 사양과 단가(납품단가 기준)와 유지관리비에 대해 조사하였다.

<표 140> Sirocco Type(편흡입) 송풍기 DB 조사 결과

NO.	구분 (모델명)	풍량	정압	효율	소비전력	비용					제조사
						단가		설치비	유지관리비		
					100%	금액	근거		A1)	B2)	
		㎥/h	Pa	%	kW	천원					
1	SS#2	-	-	-	-	489	물가정보	-	26.9	14.7	삼일풍력
2	SS#2 ½	-	-	-	-	677	물가정보	-	37.2	20.3	삼일풍력
3	SS#3	-	-	-	-	734	물가정보	-	40.4	22.0	삼일풍력
4	SS#3 ½	-	-	-	-	864	물가정보	-	47.5	25.9	삼일풍력
5	SS#4	-	-	-	-	893	물가정보	-	49.1	26.8	삼일풍력
6	SS#4 ½	-	-	-	-	1,166	물가정보	-	64.2	35.0	삼일풍력
7	SS#5	-	-	-	-	1,368	물가정보	-	75.2	41.0	삼일풍력
8	SS#5 ½	-	-	-	-	1,512	물가정보	-	83.2	45.4	삼일풍력
9	SS#6	-	-	-	-	1,728	물가정보	-	95.0	51.8	삼일풍력
10	SS#6 ½	-	-	-	-	1,973	물가정보	-	108.5	59.2	삼일풍력
11	SS#7	-	-	-	-	2,318	물가정보	-	127.5	69.6	삼일풍력
12	SS#8	-	-	-	-	2,880	물가정보	-	158.4	86.4	삼일풍력
13	SS#9	-	-	-	-	3,629	물가정보	-	199.6	108.9	삼일풍력
14	SS#10	-	-	-	-	4,608	물가정보	-	253.4	138.2	삼일풍력
15	#2	-	-	-	-	320	물가정보	-	17.6	9.6	대성기공
16	#2½	-	-	-	-	380	물가정보	-	20.9	11.4	대성기공
17	#3	-	-	-	-	520	물가정보	-	28.6	15.6	대성기공
18	#3½	-	-	-	-	600	물가정보	-	33.0	18.0	대성기공
19	#4	-	-	-	-	720	물가정보	-	39.6	21.6	대성기공
20	#4½	-	-	-	-	820	물가정보	-	45.1	24.6	대성기공
21	#5	-	-	-	-	930	물가정보	-	51.2	27.9	대성기공
22	#5½	-	-	-	-	1,050	물가정보	-	57.8	31.5	대성기공
23	#6	-	-	-	-	1,150	물가정보	-	63.3	34.5	대성기공
24	#7	-	-	-	-	1,550	물가정보	-	85.3	46.5	대성기공

25	#8	-	-	-	-	1,820	물가정보	-	100.1	54.6	대성기공
26	#9	-	-	-	-	2,500	물가정보	-	137.5	75.0	대성기공
27	#10	-	-	-	-	3,150	물가정보	-	173.3	94.5	대성기공
28	BL-2E(SS)	-	-	-	-	1,164	물가정보	-	64.0	34.9	범양냉방
29	BL-2½E(SS)	-	-	-	-	1,348	물가정보	-	74.1	40.4	범양냉방
30	BL-3E(SS)	-	-	-	-	1,704	물가정보	-	93.7	51.1	범양냉방
31	BL-3½E(SS)	-	-	-	-	2,072	물가정보	-	114.0	62.2	범양냉방
32	BL-4E(SS)	-	-	-	-	2,548	물가정보	-	140.1	76.4	범양냉방
33	BL-4½E(SS)	-	-	-	-	2,876	물가정보	-	158.2	86.3	범양냉방
34	BL-5E(SS)	-	-	-	-	3,308	물가정보	-	181.9	99.2	범양냉방
35	BL-5½E(SS)	-	-	-	-	3,772	물가정보	-	207.5	113.2	범양냉방
36	BL-6E(SS)	-	-	-	-	4,348	물가정보	-	239.1	130.4	범양냉방
37	BL-7E(SS)	-	-	-	-	6,020	물가정보	-	331.1	180.6	범양냉방
38	BL-8E(SS)	-	-	-	-	7,860	물가정보	-	432.3	235.8	범양냉방
39	BL-9E(SS)	-	-	-	-	9,340	물가정보	-	513.7	280.2	범양냉방
40	BL-10E(SS)	-	-	-	-	11,448	물가정보	-	629.6	343.4	범양냉방
41	BL-11E(SS)	-	-	-	-	14,348	물가정보	-	789.1	430.4	범양냉방
42	#3(SS)	-	-	-	-	440	물가정보	-	24.2	13.2	오성기계
43	#3½(SS)	-	-	-	-	533	물가정보	-	29.3	16.0	오성기계
44	#4(SS)	-	-	-	-	603	물가정보	-	34.7	18.9	오성기계
45	#4½(SS)	-	-	-	-	723	물가정보	-	39.8	21.7	오성기계
46	#5(SS)	-	-	-	-	838	물가정보	-	46.1	25.1	오성기계
47	#5½(SS)	-	-	-	-	959	물가정보	-	52.7	28.8	오성기계
48	#6(SS)	-	-	-	-	1,138	물가정보	-	62.6	34.1	오성기계
49	#7(SS)	-	-	-	-	1,361	물가정보	-	74.9	40.8	오성기계
50	#8(SS)	-	-	-	-	1,613	물가정보	-	88.7	48.4	오성기계
51	#9(SS)	-	-	-	-	1,987	물가정보	-	109.3	59.6	오성기계
52	#10(SS)	-	-	-	-	2,592	물가정보	-	142.6	77.8	오성기계

<표 141> Sirocco Type(양흡입) 송풍기 DB 조사 결과

NO.	구분 (모델명)	풍량	정압	효율	소비전력	비용					제조사
						단가		설치비	유지관리비		
					100%	금액	근거		A1)	B2)	
		㎥/h	Pa	%	kW	천원					
1	DSF#2SS	-	-	-	-	490	물가정보	-	27.0	14.7	대림공조
2	DSF#2½SS	-	-	-	-	620	물가정보	-	34.1	18.6	대림공조
3	DSF#3SS	-	-	-	-	750	물가정보	-	41.3	22.5	대림공조
4	DSF#3½SS	-	-	-	-	860	물가정보	-	47.3	25.8	대림공조
5	DSF#4SS	-	-	-	-	980	물가정보	-	53.9	29.4	대림공조
6	DSF#4½SS	-	-	-	-	1,200	물가정보	-	66.0	36.0	대림공조
7	DSF#5SS	-	-	-	-	1,400	물가정보	-	77.0	42.0	대림공조
8	DSF#5½SS	-	-	-	-	1,600	물가정보	-	88.0	48.0	대림공조
9	DSF#6SS	-	-	-	-	1,800	물가정보	-	99.0	54.0	대림공조
10	DSF#7SS	-	-	-	-	2,500	물가정보	-	137.5	75.0	대림공조
11	DSF#8SS	-	-	-	-	3,200	물가정보	-	176.0	96.0	대림공조
12	DSF#9SS	-	-	-	-	4,000	물가정보	-	220.0	120.0	대림공조
13	DSF#10SS	-	-	-	-	5,000	물가정보	-	275.0	150.0	대림공조
14	BL-2E(DS)	-	-	-	-	1,845	물가정보	-	101.5	55.4	범양냉방
15	BL-2½E(DS)	-	-	-	-	2,167	물가정보	-	119.2	65.0	범양냉방
16	BL-3E(DS)	-	-	-	-	2,677	물가정보	-	147.2	80/3	범양냉방
17	BL-3½E(DS)	-	-	-	-	3,225	물가정보	-	177.4	96.8	범양냉방
18	BL-4E(DS)	-	-	-	-	3,813	물가정보	-	209.7	114.4	범양냉방
19	BL-4½E(DS)	-	-	-	-	4,306	물가정보	-	236.8	129.2	범양냉방
20	BL-5E(DS)	-	-	-	-	4,956	물가정보	-	272.5	148.6	범양냉방
21	BL-5½E(DS)	-	-	-	-	5,759	물가정보	-	316.7	172.8	범양냉방
22	BL-6E(DS)	-	-	-	-	6,762	물가정보	-	371.9	202.9	범양냉방
23	BL-7E(DS)	-	-	-	-	9,034	물가정보	-	496.9	271.0	범양냉방
24	BL-8E(DS)	-	-	-	-	12,139	물가정보	-	667.6	364.2	범양냉방
25	BL-9E(DS)	-	-	-	-	14,803	물가정보	-	814.2	444.1	범양냉방

26	BL-10E(DS)	-	-	-	-	18,000	물가정보	-	990.0	540.0	범양냉방
27	BL-11E(DS)	-	-	-	-	21,510	물가정보	-	1,183.1	645.3	범양냉방
28	#3(DS)	-	-	-	-	529	물가정보	-	29.1	15.9	오성기계
29	#3½(DS)	-	-	-	-	626	물가정보	-	34.5	18.8	오성기계
30	#4(DS)	-	-	-	-	734	물가정보	-	40.3	22.0	오성기계
31	#4½(DS)	-	-	-	-	855	물가정보	-	47.0	25.7	오성기계
32	#5(DS)	-	-	-	-	985	물가정보	-	54.2	29.5	오성기계
33	#5½(DS)	-	-	-	-	1,350	물가정보	-	74.3	40.5	오성기계
34	#6(DS)	-	-	-	-	1,598	물가정보	-	87.9	48.0	오성기계
35	#7(DS)	-	-	-	-	1,960	물가정보	-	107.8	58.8	오성기계
36	#8(DS)	-	-	-	-	2,311	물가정보	-	127.1	69.3	오성기계
37	#9(DS)	-	-	-	-	2,851	물가정보	-	156.8	85.5	오성기계
38	#10(DS)	-	-	-	-	3,465	물가정보	-	190.6	104.0	오성기계

<표 142> Air-Foil Type(편흡입) 송풍기 DB 조사 결과

NO.	구분 (모델명)	풍량	정압	효율	소비전력	비용					제조사
						단가		설치비	유지관리비		
					100%	금액	근거		A1)	B2)	
		㎥/h	Pa	%	kW	천원					
1	SIT-#2½	-	-	-	-	1,131	물가정보	-	62.2	33.9	삼일풍력
2	SIT-#3	-	-	-	-	1,426	물가정보	-	78.4	42.8	삼일풍력
3	SIT-#3½	-	-	-	-	1,697	물가정보	-	93.4	50.9	삼일풍력
4	SIT-#4	-	-	-	-	1,945	물가정보	-	107.0	58.4	삼일풍력
5	SIT-#4½	-	-	-	-	2,376	물가정보	-	130.7	71.3	삼일풍력
6	SIT-#5	-	-	-	-	2,828	물가정보	-	155.6	84.8	삼일풍력
7	SIT-#5½	-	-	-	-	3,235	물가정보	-	177.9	97.1	삼일풍력
8	SIT-#6	-	-	-	-	4,072	물가정보	-	223.9	122.1	삼일풍력
9	SIT-#6½	-	-	-	-	4,750	물가정보	-	261.3	142.5	삼일풍력
10	SIT-#7	-	-	-	-	5,543	물가정보	-	304.8	166.3	삼일풍력

11	SIT-#8	-	-	-	-	7,238	물가정보	-	398.1	217.2	삼일풍력
12	SIT-#9	-	-	-	-	9,727	물가정보	-	535.0	291.8	삼일풍력
13	SIT-#10	-	-	-	-	12,441	물가정보	-	684.3	373.2	삼일풍력
14	SIT-#2½	-	-	-	-	1,012	물가정보	-	55.7	30.4	삼일풍력
15	SIT-#3	-	-	-	-	1,338	물가정보	-	73.6	40.2	삼일풍력
16	SIT-#3½	-	-	-	-	1,544	물가정보	-	84.9	46.3	삼일풍력
17	SIT-#4	-	-	-	-	1,716	물가정보	-	94.4	51.5	삼일풍력
18	SIT-#4½	-	-	-	-	1,973	물가정보	-	108.5	59.2	삼일풍력
19	SIT-#5	-	-	-	-	2,231	물가정보	-	122.7	66.9	삼일풍력
20	SIT-#5½	-	-	-	-	2,402	물가정보	-	132.1	72.1	삼일풍력
21	SIT-#6	-	-	-	-	2,917	물가정보	-	160.4	87.5	삼일풍력
22	SIT-#7	-	-	-	-	3,775	물가정보	-	207.6	113.3	삼일풍력
23	SIT-#8	-	-	-	-	4,618	물가정보	-	254.0	138.5	삼일풍력
24	SIT-#9	-	-	-	-	5,800	물가정보	-	319.0	174.0	삼일풍력
25	SIT-#10	-	-	-	-	6,692	물가정보	-	368.1	200.8	삼일풍력
26	SIT-#11	-	-	-	-	7,379	물가정보	-	405.8	221.4	삼일풍력
27	SIT-#12	-	-	-	-	8,580	물가정보	-	471.9	257.4	삼일풍력
28	SIL-#2.5	-	-	-	-	1,248	물가정보	-	68.6	37.4	삼일풍력
29	SIL-#3	-	-	-	-	1,498	물가정보	-	82.4	44.9	삼일풍력
30	SIL-#3.5	-	-	-	-	1,747	물가정보	-	96.1	52.4	삼일풍력
31	SIL-#4	-	-	-	-	2,246	물가정보	-	123.6	67.4	삼일풍력
32	SIL-#4.5	-	-	-	-	2,496	물가정보	-	137.3	74.9	삼일풍력
33	SIL-#5	-	-	-	-	3,120	물가정보	-	171.6	93.6	삼일풍력
34	SIL-#5.5	-	-	-	-	3,401	물가정보	-	187.0	102.0	삼일풍력
35	SIL-#6	-	-	-	-	3,994	물가정보	-	219.6	119.8	삼일풍력
36	SIL-#7	-	-	-	-	4,992	물가정보	-	274.6	149.8	삼일풍력
37	SIL-#8	-	-	-	-	6,864	물가정보	-	377.5	205.9	삼일풍력
38	SIL-#9	-	-	-	-	9,360	물가정보	-	514.8	280.8	삼일풍력
39	SIL-#10	-	-	-	-	10,920	물가정보	-	600.6	327.6	삼일풍력

<표 143> Air-Foil Type(양흡입) 송풍기 DB 조사 결과

NO.	구분 (모델명)	풍량	정압	효율	소비전력	비용					제조사
						단가		설치비	유지관리비		
					100%	금액	근거		A1)	B2)	
		㎥/h	Pa	%	kW	천원					
1	#135 (2¼DS)	-	-	-	-	1693	물가정보	-	93.1	50.8	영창기계
2	#150 (2½DS)	-	-	-	-	1761	물가정보	-	96.9	52.8	영창기계
3	#165 (2¾DS)	-	-	-	-	1838	물가정보	-	101.1	55.1	영창기계
4	#182 (3DS)	-	-	-	-	1948	물가정보	-	107.1	58.4	영창기계
5	#200 (3½DS)	-	-	-	-	2171	물가정보	-	119.4	65.1	영창기계
6	#12¼ (2¼SS)	-	-	-	-	1524	물가정보	-	83.8	45.7	영창기계
7	#13½ (2½SS)	-	-	-	-	1585	물가정보	-	87.2	47.6	영창기계
8	#15 (2¾SS)	-	-	-	-	1654	물가정보	-	91.0	49.6	영창기계
9	#16½ (3SS)	-	-	-	-	1753	물가정보	-	96.4	52.6	영창기계
10	#18¼ (3½SS)	-	-	-	-	1954	물가정보	-	107.5	58.6	영창기계
11	MMTB-10 #1	600	-	-	-	540	물가정보	-	29.7	16.2	미미환경
12	MMTB-20 #1.5	1,200	-	-	-	650	물가정보	-	35.8	19.5	미미환경
13	MMTB-30 #2	1,800	-	-	-	790	물가정보	-	43.5	23.7	미미환경
14	MMTB-40 #2.5	2,400	-	-	-	980	물가정보	-	53.9	29.4	미미환경
15	MMTB-60 #3	3,600	-	-	-	1350	물가정보	-	74.3	40.5	미미환경
16	MMTB-80 #3.5	4,800	-	-	-	1560	물가정보	-	85.8	46.8	미미환경
17	MMTB-100 #4	6,000	-	-	-	1820	물가정보	-	100.1	54.6	미미환경
18	MMTB-120 #4.5	7,200	-	-	-	2120	물가정보	-	116.6	63.6	미미환경
19	MMTB-150 #5	9,000	-	-	-	2320	물가정보	-	127.6	69.6	미미환경
20	MMTB-200 #5.5	12,000	-	-	-	2980	물가정보	-	163.9	89.4	미미환경
21	MMTB-250 #6	15,000	-	-	-	3620	물가정보	-	199.1	108.6	미미환경
22	MMTB-300 #6.5	18,000	-	-	-	3920	물가정보	-	215.6	117.6	미미환경
23	MMTB-350 #7	21,000	-	-	-	4680	물가정보	-	257.4	140.4	미미환경
24	MMTB-500 #8	30,000	-	-	-	6920	물가정보	-	380.6	207.6	미미환경

25	MMTB-700 #9	42,000	-	-	-	9200	물가정보	-	506.0	276.0	미미환경
26	MMTB-800 #10	48,000	-	-	-	11680	물가정보	-	642.4	350.4	미미환경
27	WIS-#2½	-	-	-	-	1108	물가정보	-	60.9	33.2	윈테크
28	WIS-#3	-	-	-	-	1397	물가정보	-	76.8	41.9	윈테크
29	WIS-#3½	-	-	-	-	1660	물가정보	-	91.3	49.8	윈테크
30	WIS-#4	-	-	-	-	1906	물가정보	-	104.8	57.2	윈테크
31	WIS-#4½	-	-	-	-	2328	물가정보	-	128.0	69.8	윈테크
32	WIS-#5	-	-	-	-	2770	물가정보	-	152.4	83.1	윈테크
33	WIS-#5½	-	-	-	-	3170	물가정보	-	174.4	95.1	윈테크
34	WIS-#6	-	-	-	-	3990	물가정보	-	219.5	119.7	윈테크
35	WIS-#6½	-	-	-	-	4655	물가정보	-	256.0	139.7	윈테크
36	WIS-#7	-	-	-	-	5430	물가정보	-	298.7	162.9	윈테크
37	WIS-#8	-	-	-	-	7090	물가정보	-	390.0	212.7	윈테크
38	WIS-#9	-	-	-	-	9530	물가정보	-	524.2	285.9	윈테크
39	WIS-#10	-	-	-	-	12190	물가정보	-	670.5	365.7	윈테크
40	WIA-#2½	-	-	-	-	990	물가정보	-	54.5	29.7	윈테크
41	WIA-#3	-	-	-	-	1310	물가정보	-	72.1	39.3	윈테크
42	WIA-#3½	-	-	-	-	1510	물가정보	-	83.1	45.3	윈테크
43	WIA-#4	-	-	-	-	1680	물가정보	-	92.4	50.4	윈테크
44	WIA-#4½	-	-	-	-	1930	물가정보	-	106.2	57.9	윈테크
45	WIA-#5	-	-	-	-	2186	물가정보	-	120.2	65.6	윈테크
46	WIA-#5½	-	-	-	-	2350	물가정보	-	129.3	70.5	윈테크
47	WIA-#6	-	-	-	-	2858	물가정보	-	157.2	85.7	윈테크
48	WIA-#7	-	-	-	-	3699	물가정보	-	203.4	111.0	윈테크
49	WIA-#8	-	-	-	-	4525	물가정보	-	248.9	135.8	윈테크
50	WIA-#9	-	-	-	-	5680	물가정보	-	312.4	170.4	윈테크
51	WIA-#10	-	-	-	-	6558	물가정보	-	360.7	196.7	윈테크
52	WIA-#11	-	-	-	-	7230	물가정보	-	397.7	216.9	윈테크
53	WIA-#12	-	-	-	-	8400	물가정보	-	462.0	252.0	윈테크

(4) 펌프

(가) 펌프의 개요

펌프란 전동기나 내연기관 등의 원동기로부터 기계적 에너지를 받아, 액체에 운동 및 압력에너지를 주어 액체의 위치를 바꾸어 주는 기계이다. 펌프의 종류는 구조 및 작동원리에 따라 아래와 같이 터보형, 용적형, 특수형으로 나눌수 있고, 용도에 따라 급수용, 배수용, 순환용, 소화용, 유류용 등으로 구분할 수 있다.

<표 144> 펌프의 종류

구분	작동방식	종류
터보형	원심식	볼류트 펌프, 터빈 펌프(디퓨져 펌프)
		축류 펌프, 사류 펌프
		마찰 펌프
용적형	왕복식	피스톤 펌프, 플런저 펌프, 다이어프램 펌프
	회전식	기어 펌프, 나사 펌프, 루츠 펌프, 베인 펌프, 캠 펌프
특수형		기포 펌프, 제트 펌프, 수격 펌프, 와류 펌프, 진공 펌프, 점성 펌프, 전자 펌프

(나) 펌프 종류별 특성

① 터보형

터보형 펌프는 깃(베인, Vane)을 가진 임펠러의 회전에 의해 유입된 액체에 운동에너지를 부여하고, 다시 와류실(Spiral Casing) 등의 구조에 의해 압력에너지로 변환시키는 형식의 펌프로 원심펌프, 사류펌프, 축류펌프 등이 있다. 터보형 펌프는 용적형 펌프에 비해 진동이 적고 연속송수가 가능하며, 구조가 간단하고 취급이 용이한 장점, 또한 운동성능이 양호하다는 특성을 갖는다. 터보형 펌프는 작동방식에 따라 원심식 펌프로, 종류로는 안내깃 유무, 단 수, 흡입구 등에 따라 상세하게 구분할 수 있다. 원심식 펌프(Centrifugal Pump)는 물이 축과 직각방향으로 된 임펠러로부터 흘러나와 와류실에 모아져 토출구로 유인되는 펌프로, 와권 펌프라고도 불리우고 있다. 급수용은 물론 각종 설비에서 다양한 용도로 사용되고 있으며, 가장 흔하게 볼 수 있는 펌프이다.

원심식 펌프는 안내깃 유무에 따라 볼류트 펌프와 터빈 펌프로 구분할 수 있다. 볼류트 펌프(Volute Pump)는 임펠러 둘레에 안내깃 없이 와류실리 있는 펌프는 말하며, 약 15m 이하의 양정에 사용되는 저양정 펌프이다. 터빈 펌프(Turbine Pump)는 임펠러와 와류실 사이에 안내깃이 있는 펌프로, 디퓨져 펌프(Diffuser Pump)라고도 한다. 양정 20m 이상에 적용되는 고양정 펌프이다.

원심식 펌프의 단(Stage) 수에 따른 분류로는 단단 펌프, 다단 펌프로 구분할 수 있다. 단단 펌프(Single Stage Pump)는 임펠러가 1개만 있는 펌프로 주로 저양정에 사용되고, 다단 펌프(Multi Stage Pump)는 1개의 축에 임펠러를 여러 개를 장치하여 순차적으로 압력을 증가시켜가는 펌프로 고양적에 사용된다. 또한 흡입구의 수에 따라 흡입구가 한쪽에만 있는 편흡입 펌프(Single Suction Pump), 흡입구가 양쪽에 있는 양흡입 펌프(Double Suction Pump)로 구분할 수 있다.

축류 펌프(Axial Flow Pump)는 임펠러가 프로펠러형이고 물의 흐름이 축방향인 펌프로, 저양정(일반적으로 약 10m 이하)·대유량의 용도에 사용된다. 주로 농업용의 양수펌프, 배수펌프, 상·하수도용 펌프에 이용되고 있다. 펌프의 운전 중에 임펠러 깃의 각도를 조정할 수 있는 장치가 설치된 가동익 축류 펌프와 조정할 수 없는 고정익 축류 펌프로 구분되며, 일반적으로는 고정익의 형태를 축류 펌프로 지칭한다.

사류 펌프(Mixed Flow Pump)는 축류 펌프와 구조가 거의 유사하나 임펠러의 모양은 물이 축과 경사방향으로 흐르도록 되어 있으며, 저양정·대유량의 용도에 사용된다.

마찰 펌프(Friction Pump)는 둘레에 많은 홈을 가진 임펠러를 고속 회전시켜 케이싱 벽과의 마찰에너지에 의해 압력이 생겨 송수하는 펌프를 말한다. 대표적인 형태로는 와류 펌프(Vortex Pump)와 웨스코 펌프(Westco Pump)가 있다. 구조가 비교적 간단하고 구경에 비해 고양정에 적용되며, 토출량이 적고 효율이 낮은 단점을 갖고 있다. 하지만 운전 및 보수성이 양호하여 주택의 소형 우물용 펌프나 보일러의 급수 펌프 등에 적합한 특성을 갖는다.

② 용적형

용적식 펌프는 왕복부 또는 회전부에 공간을 두어 이 공간 내에 유체를 공급하며 차례로 내보내는 형식의 펌프로, 왕복 펌프와 회전 펌프로 구분된다. 용적식 펌프는 운전 중 토출량의 변동이 있으나, 고압이 발생되며 효율이 양호하며 압력이 달라져도 토출량이 변하지 않는 특성을 갖는다.

왕복 펌프(Reciprocating Pump)는 피스톤(Piston) 또는 플런저(Plunger)가 실린더 내를 왕복 운동함으로써 액체를 흡입하여 소요의 압력으로 압축하여 토출하는 펌프이다. 펌프의 형식에는 토출밸브를 피스톤에 장치란 수동형 펌프, 봉모양의 플런저가 왕복할 때마다 흡입과 토출을 하는 단동 플런저 펌프, 플런저의 1왕복마다 2회의 흡입과 토출이 이루어지는 복동 플런저 펌프가 있다. 이외에 유량을 크게 하고 토출량의 변화를 적게 하기 위해 단동을 2개 이상 병렬로 연결한 펌프도 있다.

회전 펌프(Rotary Pump)는 1~3개의 회전자(Rotor)의 회전에 의해 액체를 압송하는 펌프로써, 구조가 간단하고 취급이 용이한 장점을 갖는다. 회전 펌프는 양수량의 변동이 적으며 고압을 얻기가 비교적 쉬우며, 기름 등의 점도가 높은 액체 수송에 유리한 특성을 갖는다. 회전자의 형상이나 구조에 따라 종류가 구분되며 대표적인 것으로는 베인 펌프(Vane Pump), 톱니 펌프(Gear Pump), 나사 펌프(Screw Pump) 등이 있다.

③ 특수형

기포 펌프(Air Lift Pump)는 양수관 하단의 물 속으로 압축공기를 송입하여 물의 비중을 가볍게 하고, 발생되는 기포의 부력을 이용해 양수하는 펌프로 공기양수 펌프라고도 한다. 펌프 자체에 가동부분이 없어 구도가 간단하고 고장이 적어 유지보수성이 우수한다. 모래나 고형물 등 이물질을 포함한 물의 양수에 적합하다.

분사 펌프(Jet Pump)는 수중에 제트부를 설치하고 벤츄리관의 원리를 이용하여 증기 또는 물을 고속으로 노즐에서 분사시켜, 압력저하에 의한 흡인작용으로 양수하는 펌프이다. 가동부가 없어 고장이 적고 취급이 간단하나 효율이 낮은 특성을 갖고 있다. 증기를 사용하여 보일러의 급수에 사용하는 인젝터(Injector), 물 또는 공기를 사용해서 오수를 배출시키는 배수 펌프, 깊은 우물의 양수에 사용되는 가정용 제트 펌프(흡상높이 약 12m까지 가능) 등에 사용된다.

(다) 펌프의 조사범위

본 연구에서는 공기조화기의 코일에 열량을 공급하는 펌프에 대해 DB를 구축하였다. 3개 업체를 대상으로 인라인 펌프 249종에 대해 DB 조사를 수행하였다. 또한 열회수형 환기장치에 대해 2개 업체를 대상으로 총 44종에 대해 조사를 수행하였다.

<표 145> In-line 펌프 DB 조사 결과

NO.	구분 (모델명)	유량	양정	효율	소비전력	비용					제조사
						단가		설치비3)	유지관리비		
					1	금액	근거		A1)	B2)	
		㎥/h	mAq	%	kW	천원					
1	TP 50-40/4	15	3.0	77.1	0.3	870000	그런포스	-	13050	10440	그런포스
2	TP 65-40/4	24	2.7	72.3	0.4	1100000	그런포스	-	16500	13200	그런포스
3	TP 50-80/2	20	6.7	69.4	0.6	899000	그런포스	-	13485	10788	그런포스
4	TP 80-40/4	42	2.8	74.6	0.8	1489000	그런포스	-	22335	17868	그런포스
5	TP 40-240/2	13	16.3	83.9	1.1	1064000	그런포스	-	15960	12768	그런포스
6	TP 80-80/4	50	7.2	79.0	1.5	1764000	그런포스	-	26460	21168	그런포스
7	TP 65-240/2	33	16.1	78.8	2.2	1520000	그런포스	-	22800	18240	그런포스
8	TP 100-100/4	90	8.4	75.9	3.0	2704000	그런포스	-	40560	32448	그런포스
9	TP 80-170/4	66	15.3	74.9	4.0	2606000	그런포스	-	39090	31272	그런포스
10	TP 125-130/4	139	9.9	74.9	5.5	3365000	그런포스	-	50475	40380	그런포스
11	TP 125-160/4	153	12.4	74.9	7.5	4452000	그런포스	-	66780	53424	그런포스
12	TP 150-170/4	250	12.0	76.5	11.0	7540000	그런포스	-	113100	90480	그런포스
13	TP 100-370/2	124	31.4	77.5	15.0	4398000	그런포스	-	65970	52776	그런포스
14	TP 200-190/4	458	12.1	82.1	18.5	9583000	그런포스	-	143745	114996	그런포스
15	TP 100-380/2	169	35.9	85.0	22.0	6094000	그런포스	-	91410	73128	그런포스
16	TP 150-360/4	272	29.4	81.7	30.0	10941000	그런포스	-	164115	131292	그런포스
17	TP 150-400/4	294	34.0	83.2	37.0	12764000	그런포스	-	191460	153168	그런포스
18	TP 200-320/4	552	23.8	84.0	45.0	16034000	그런포스	-	240510	192408	그런포스
19	TP 200-360/4	604	26.3	84.0	55.0	17352000	그런포스	-	260280	208224	그런포스
20	TP 200-390/4	651	39.3	84.9	75.0	19370000	그런포스	-	290550	232440	그런포스
21	TP 200-440/4	654	38.1	83.7	90.0	21881000	그런포스	-	328215	262572	그런포스
22	TP 200-500/4	699	43.5	85.0	110.0	24435000	그런포스	-	366525	293220	그런포스
23	TP 200-680/4	595	60.5	83.6	132.0	31363000	그런포스	-	470445	376356	그런포스
24	TP 200-770/4	644	67.9	84.0	160.0	36105000	그런포스	-	541575	433260	그런포스
25	IL32/170-0.4/4	3	5.5	51.0	0.4	1438800	WILO	-	21582	17266	WILO
26	IL32/170-0.55/4	3	7.0	52.7	0.6	1492800	WILO	-	22392	17914	WILO
27	IL32/170-0.75/4	3	8.5	52.8	0.8	1748400	WILO	-	26226	20981	WILO
28	IL32/170-1.1/4	4	11.0	54.8	1.1	1798800	WILO	-	26982	21586	WILO
29	IL32/170-1.5/4	4	12.7	55.4	1.5	1836000	WILO	-	27540	22032	WILO
30	IL32/170-1.5/2	4	13.5	45.9	1.5	1842000	WILO	-	27630	22104	WILO
31	IL32/170-2.2/2	5	17.0	52.0	2.2	1910400	WILO	-	28656	22925	WILO
32	IL32/170-3/2	6	23.5	54.6	3.0	1932000	WILO	-	28980	23184	WILO
33	IL32/170-3.7/2	6	25.5	54.7	3.7	2275200	WILO	-	34128	27302	WILO
34	IL32/170-4/2	6	27.0	54.8	4.0	2376000	WILO	-	35640	28512	WILO
35	IL32/170-5.5/2	7	35.0	57.7	5.5	2634000	WILO	-	39510	31608	WILO

36	IL32/170-7.5/2	8	45.0	59.2	7.5	2718000	WILO	-	40770	32616	WILO
37	IL40/170-0.4/4	4	4.5	58.1	0.4	1450000	WILO	-	21750	17400	WILO
38	IL40/170-0.55/4	5	5.7	60.0	0.6	1530000	WILO	-	22950	18360	WILO
39	IL40/170-0.75/4	5	7.0	62.1	0.8	1795000	WILO	-	26925	21540	WILO
40	IL40/170-1.1/4	6	9.0	63.3	1.1	1867000	WILO	-	28005	22404	WILO
41	IL40/170-1.5/4	6	11.5	64.6	1.5	1926000	WILO	-	28890	23112	WILO
42	IL40/220-1.1/4	5	10.0	57.1	1.1	1885000	WILO	-	28275	22620	WILO
43	IL40/220-1.5/4	6	12.5	57.7	1.5	1944000	WILO	-	29160	23328	WILO
44	IL40/220-2.2/4	6	16.0	57.6	2.2	2034000	WILO	-	30510	24408	WILO
45	IL40/220-3/4	7	20.0	57.6	3.0	2070000	WILO	-	31050	24840	WILO
46	IL40/220-3.7/4	7	21.9	58.2	3.7	2569000	WILO	-	38535	30828	WILO
47	IL40/170-3.7/2	9	20.5	62.0	3.7	2328000	WILO	-	34920	27936	WILO
48	IL40/170-4/2	9	22.0	62.0	4.0	2663000	WILO	-	39945	31956	WILO
49	IL40/170-5.5/2	10	28.0	64.7	5.5	2958000	WILO	-	44370	35496	WILO
50	IL40/170-7.5/2	11	34.7	66.5	7.5	3174000	WILO	-	47610	38088	WILO
51	IL40/170-11/2	13	47.0	67.4	11.0	3877000	WILO	-	58155	46524	WILO
52	IL40/220-15/2	12	60.0	57.4	15.0	4457000	WILO	-	66855	53484	WILO
53	IL40/220-18.5/2	12	68.0	58.0	18.5	5032000	WILO	-	75480	60384	WILO
54	IL40/220-22/2	13	80.0	58.2	22.0	6018000	WILO	-	90270	72216	WILO
55	IL50/170-0.75/4	6	6.5	62.2	0.8	1835000	WILO	-	27525	22020	WILO
56	IL50/170-1.1/4	7	8.0	65.2	1.1	1915000	WILO	-	28725	22980	WILO
57	IL50/170-1.5/4	8	9.5	64.5	1.5	1972000	WILO	-	29580	23664	WILO
58	IL50/170-2.2/4	9	12.0	65.6	2.2	2041000	WILO	-	30615	24492	WILO
59	IL50/220-1.5/4	8	10.0	64.0	1.5	2004000	WILO	-	30060	24048	WILO
60	IL50/220-2.2/4	9	13.0	64.2	2.2	2058000	WILO	-	30870	24696	WILO
61	IL50/220-3/4	9	16.5	65.3	3.0	2238000	WILO	-	33570	26856	WILO
62	IL50/220-3.7/4	11	18.5	65.8	3.7	2592000	WILO	-	38880	31104	WILO
63	IL50/270-3/4	7	17.0	51.7	3.0	2297000	WILO	-	34455	27564	WILO
64	IL50/270-3.7/4	8	19.0	52.6	3.7	2617000	WILO	-	39255	31404	WILO
65	IL50/270-4/4	8	20.0	52.6	4.0	2710000	WILO	-	40650	32520	WILO
66	IL50/270-5.5/4	8	26.0	52.9	5.5	2790000	WILO	-	41850	33480	WILO
67	IL50/270-7.5/4	9	31.0	53.3	7.5	2884000	WILO	-	43260	34608	WILO
68	IL50/140-3/2	11	13.5	59.4	3.0	2000000	WILO	-	30000	24000	WILO
69	IL50/140-3.7/2	11	17.0	64.3	3.7	2612000	WILO	-	39180	31344	WILO
70	IL50/140-4/2	12	18.0	67.7	4.0	2714000	WILO	-	40710	32568	WILO
71	IL50/170-5.5/2	12	24.0	63.4	5.5	3064000	WILO	-	45960	36768	WILO
72	IL50/170-7.5/2	14	29.0	64.4	7.5	3247000	WILO	-	48705	38964	WILO
73	IL50/170-11/2	16	36.0	65.1	11.0	4121000	WILO	-	61815	49452	WILO
74	IL50/170-15/2	18	45.0	66.1	15.0	4441000	WILO	-	66615	53292	WILO
75	IL50/220-11/2	15	40.0	64.6	11.0	4352000	WILO	-	65280	52224	WILO
76	IL50/220-15/2	17	48.0	64.6	15.0	4628000	WILO	-	69420	55536	WILO
77	IL50/220-18.5/2	18	56.0	64.8	18.5	5796000	WILO	-	86940	69552	WILO
78	IL65/170-1.1/4	10	6.0	73.6	1.1	1972000	WILO	-	29580	23664	WILO

79	IL65/170-1.5/4	12	7.5	74.8	1.5	2101000	WILO	-	31515	25212	WILO
80	IL65/170-2.2/4	13	10.0	75.0	2.2	2173000	WILO	-	32595	26076	WILO
81	IL65/170-3/4	14	12.5	76.5	3.0	2260000	WILO	-	33900	27120	WILO
82	IL65/170-3.7/4	15	13.0	76.2	3.7	2335000	WILO	-	35025	28020	WILO
83	IL65/220-2.2/4	10	12.5	68.4	2.2	2228000	WILO	-	33420	26736	WILO
84	IL65/220-3/4	11	14.0	67.9	3.0	2281000	WILO	-	34215	27372	WILO
85	IL65/220-3.7/4	12	16.5	69.1	3.7	2652000	WILO	-	39780	31824	WILO
86	IL65/220-4/4	13	17.0	68.8	4.0	2768000	WILO	-	41520	33216	WILO
87	IL65/220-5.5/4	14	21.0	70.4	5.5	2934000	WILO	-	44010	35208	WILO
88	IL65/220-7.5/4	15	24.0	71.0	7.5	2994000	WILO	-	44910	35928	WILO
89	IL65/270-4/4	12	16.0	62.0	4.0	2833000	WILO	-	42495	33996	WILO
90	IL65/270-5.5/4	13	20.0	62.4	5.5	2995000	WILO	-	44925	35940	WILO
91	IL65/270-7.5/4	15	25.0	63.3	7.5	3215000	WILO	-	48225	38580	WILO
92	IL65/270-11/4	17	32.5	64.4	11.0	3985000	WILO	-	59775	47820	WILO
93	IL65/270-15/4	17	36.4	64.6	15.0	4553000	WILO	-	68295	54636	WILO
94	IL65/140-4/2	15	14.5	65.1	4.0	2904000	WILO	-	43560	34848	WILO
95	IL65/140-5.5/2	17	16.5	64.8	5.5	3128000	WILO	-	46920	37536	WILO
96	IL65/140-7.5/2	20	20.0	69.4	7.5	3352000	WILO	-	50280	40224	WILO
97	IL65/140-11/2	23	21.0	72.1	11.0	4115000	WILO	-	61725	49380	WILO
98	IL65/140-15/2	26	33.5	73.6	15.0	4896000	WILO	-	73440	58752	WILO
99	IL65/140-18.5/2	27	37.0	74.0	18.5	5105000	WILO	-	76575	61260	WILO
100	IL65/170-7.5/2	19	23.0	72.1	7.5	3438000	WILO	-	51570	41256	WILO
101	IL65/170-11/2	22	30.0	72.7	11.0	4272000	WILO	-	64080	51264	WILO
102	IL65/170-15/2	24	38.0	73.9	15.0	4981000	WILO	-	74715	59772	WILO
103	IL65/170-18.5/2	26	42.5	74.6	18.5	5134000	WILO	-	77010	61608	WILO
104	IL65/170-22/2	27	47.0	74.7	22.0	5918000	WILO	-	88770	71016	WILO
105	IL65/220-18.5/2	21	45.0	64.5	18.5	5936000	WILO	-	89040	71232	WILO
106	IL65/220-22/2	22	51.0	65.1	22.0	6721000	WILO	-	100815	80652	WILO
107	IL65/220-30/2	24	64.0	67.8	30.0	8066000	WILO	-	120990	96792	WILO
108	IL65/220-37/2	26	76.0	69.7	37.0	9010000	WILO	-	135150	108120	WILO
109	IL80/170-2.2/4	18	7.5	75.5	2.2	2614000	WILO	-	39210	31368	WILO
110	IL80/170-3/4	19	9.7	76.7	3.0	2670000	WILO	-	40050	32040	WILO
111	IL80/170-3.7/4	20	11.5	77.4	3.7	2707000	WILO	-	40605	32484	WILO
112	IL80/220-3.7/4	20	12.0	74.3	3.7	3222000	WILO	-	48330	38664	WILO
113	IL80/220-5.5/4	23	15.5	75.6	5.5	3553000	WILO	-	53295	42636	WILO
114	IL80/220-7.5/4	23	19.0	73.6	7.5	4049000	WILO	-	60735	48588	WILO
115	IL80/270-5.5/4	18	17.0	67.6	5.5	3876000	WILO	-	58140	46512	WILO
116	IL80/270-7.5/4	20	20.5	69.0	7.5	4090000	WILO	-	61350	49080	WILO
117	IL80/140-7.5/2	29	17.0	74.3	7.5	3732000	WILO	-	55980	44784	WILO
118	IL80/140-11/2	33	21.0	75.5	11.0	4481000	WILO	-	67215	53772	WILO
119	IL80/140-15/2	36	26.0	76.6	15.0	5176000	WILO	-	77640	62112	WILO
120	IL80/140-18.5/2	40	30.0	77.2	18.5	5972000	WILO	-	89580	71664	WILO
121	IL80/170-15/2	32	30.0	76.0	15.0	5312000	WILO	-	79680	63744	WILO

122	IL80/170-18.5/2	35	34.0	76.9	18.5	6527000	WILO	-	97905	78324	WILO
123	IL80/170-22/2	37	38.0	77.7	22.0	6826000	WILO	-	102390	81912	WILO
124	IL80/170-30/2	42	44.0	77.4	30.0	8084000	WILO	-	121260	97008	WILO
125	IL80/220-30/2	37	50.0	72.9	30.0	9396000	WILO	-	140940	112752	WILO
126	IL80/220-37/2	40	58.0	73.3	37.0	10339000	WILO	-	155085	124068	WILO
127	IL80/220-45/2	45	64.0	74.3	45.0	12514000	WILO	-	187710	150168	WILO
128	IL100/170-3/4	26	6.5	72.0	3.0	3539000	WILO	-	53085	42468	WILO
129	IL100/170-3.7/4	28	8.0	73.6	3.7	3708000	WILO	-	55620	44496	WILO
130	IL100/170-4/4	30	8.0	73.6	4.0	4392000	WILO	-	65880	52704	WILO
131	IL100/170-5.5/4	34	10.0	74.3	5.5	4441000	WILO	-	66615	53292	WILO
132	IL100/170-7.5/4	36	12.0	75.9	7.5	4529000	WILO	-	67935	54348	WILO
133	IL100/220-3.7/4	26	8.5	73.5	3.7	3728000	WILO	-	55920	44736	WILO
134	IL100/220-4/4	27	9.5	74.2	4.0	4406000	WILO	-	66090	52872	WILO
135	IL100/220-5.5/4	31	11.0	74.5	5.5	4614000	WILO	-	69210	55368	WILO
136	IL100/220-7.5/4	34	13.5	75.3	7.5	5168000	WILO	-	77520	62016	WILO
137	IL100/220-11/4	40	17.0	76.4	11.0	5407000	WILO	-	81105	64884	WILO
138	IL100/220-15/4	41	21.0	77.8	15.0	5814000	WILO	-	87210	69768	WILO
139	IL100/270-11/4	29	20.5	72.0	11.0	5918000	WILO	-	88770	71016	WILO
140	IL100/270-15/4	34	25.5	72.5	15.0	6062000	WILO	-	90930	72744	WILO
141	IL100/270-18.5/4	36	28.5	72.3	18.5	6347000	WILO	-	95205	76164	WILO
142	IL100/270-22/4	37	32.5	72.6	22.0	7400000	WILO	-	111000	88800	WILO
143	IL100/170-30/2	59	30.0	73.4	30.0	9212000	WILO	-	138180	110544	WILO
144	IL100/170-37/2	63	35.5	74.7	37.0	9454000	WILO	-	141810	113448	WILO
145	IL100/170-45/2	67	41.0	75.8	45.0	11347000	WILO	-	170205	136164	WILO
146	IL100/220-37/2	62	38.0	74.8	37.0	11160000	WILO	-	167400	133920	WILO
147	IL100/220-45/2	64	46.0	76.1	45.0	14605000	WILO	-	219075	175260	WILO
148	IL125/170-3.7/4	35	6.0	71.1	3.7	3833000	WILO	-	57495	45996	WILO
149	IL125/170-4/4	37	6.4	71.5	4.0	4517000	WILO	-	67755	54204	WILO
150	IL125/170-5.5/4	41	7.5	74.6	5.5	4565000	WILO	-	68475	54780	WILO
151	IL125/170-7.5/4	45	10.2	76.3	7.5	5046000	WILO	-	75690	60552	WILO
152	IL125/220-5.5/4	29	9.9	66.4	5.5	4738000	WILO	-	71070	56856	WILO
153	IL125/220-7.5/4	33	11.8	69.1	7.5	5684000	WILO	-	85260	68208	WILO
154	IL125/220-11/4	40	15.2	71.4	11.0	5760000	WILO	-	86400	69120	WILO
155	IL125/220-15/4	48	18.9	72.3	15.0	6414000	WILO	-	96210	76968	WILO
156	IL125/270-15/4	42	20.0	70.0	15.0	6458000	WILO	-	96870	77496	WILO
157	IL125/270-18.5/4	46	22.0	70.2	18.5	7487000	WILO	-	112305	89844	WILO
158	IL125/270-22/4	51	23.8	71.3	22.0	7796000	WILO	-	116940	93552	WILO
159	IL125/270-30/4	60	30.4	73.4	30.0	9308000	WILO	-	139620	111696	WILO
160	IL125/340-22/4	44	27.2	72.3	22.0	8408000	WILO	-	126120	100896	WILO
161	IL125/340-30/4	54	32.2	73.4	30.0	9578000	WILO	-	143670	114936	WILO
162	IL125/340-37/4	60	35.7	73.7	37.0	10118000	WILO	-	151770	121416	WILO
163	IL125/340-45/4	64	40.2	74.2	45.0	15389000	WILO	-	230835	184668	WILO
164	IL125/340-55/4	74	44.5	74.5	55.0	17848000	WILO	-	267720	214176	WILO

165	IL150/220-7.5/4	62	7.3	66.7	7.5	5708000	WILO	-	85620	68496	WILO
166	IL150/220-11/4	72	8.9	69.2	11.0	5780000	WILO	-	86700	69360	WILO
167	IL150/220-15/4	73	13.2	71.8	15.0	7109000	WILO	-	106635	85308	WILO
168	IL150/220-18.5/4	77	14.5	72.1	18.5	8122000	WILO	-	121830	97464	WILO
169	IL150/220-22/4	91	15.5	72.6	22.0	8446000	WILO	-	126690	101352	WILO
170	IL150/270-18.5/4	64	16.3	71.3	18.5	8419000	WILO	-	126285	101028	WILO
171	IL150/270-22/4	69	17.8	71.7	22.0	8538000	WILO	-	128070	102456	WILO
172	IL150/270-30/4	79	21.2	73.1	30.0	9910000	WILO	-	148650	118920	WILO
173	IL150/270-37/4	85	24.2	73.7	37.0	10472000	WILO	-	157080	125664	WILO
174	IL150/345-37/4	68	31.9	77.4	37.0	12240000	WILO	-	183600	146880	WILO
175	IL150/345-45/4	76	35.9	78.6	45.0	17725000	WILO	-	265875	212700	WILO
176	IL150/345-55/4	85	40.3	79.8	55.0	20184000	WILO	-	302760	242208	WILO
177	IL150/345-75/4	98	45.7	80.5	75.0	21523000	WILO	-	322845	258276	WILO
178	IL200/270-22/4	96	13.4	72.1	22.0	10818000	WILO	-	162270	129816	WILO
179	IL200/270-30/4	103	17.5	73.2	30.0	15973000	WILO	-	239595	191676	WILO
180	IL200/270-37/4	59	21.0	73.9	37.0	17257000	WILO	-	258855	207084	WILO
181	IL200/270-45/4	123	23.6	75.3	45.0	18392000	WILO	-	275880	220704	WILO
182	IL200/270-55/4	133	26.5	76.1	55.0	20545000	WILO	-	308175	246540	WILO
183	IL200/345-55/4	109	34.4	80.7	55.0	21523000	WILO	-	322845	258276	WILO
184	IL200/345-75/4	128	40.9	82.2	75.0	23400000	WILO	-	351000	280800	WILO
185	IL200/345-90/4	141	46.1	83.4	90.0	27960000	WILO	-	419400	335520	WILO
186	IL250/420-45/6	134	24.4	79.0	45.0	22828000	WILO	-	342420	273936	WILO
187	IL250/420-55/6	140	27.7	78.4	55.0	24425000	WILO	-	366375	293100	WILO
188	IL250/420-75/6	149	33.4	81.4	75.0	26518000	WILO	-	397770	318216	WILO
189	IL250/420-90/4	175	33.9	76.5	90.0	28742000	WILO	-	431130	344904	WILO
190	IL250/420-110/4	193	38.4	77.5	110.0	32431000	WILO	-	486465	389172	WILO
191	IL250/420-132/4	200	44.0	77.2	132.0	39816000	WILO	-	597240	477792	WILO
192	IL250/420-160/4	200	52.0	77.5	160.0	45715000	WILO	-	685725	548580	WILO
193	IL300/340-90/4	235	24.8	75.3	90.0	46482000	WILO	-	697230	557784	WILO
194	IL300/340-110/4	247	28.9	77.1	110.0	50245000	WILO	-	753675	602940	WILO
195	IL300/340-132/4	247	34.6	79.0	132.0	53633000	WILO	-	804495	643596	WILO
196	IL300/340-160/4	280	39.1	79.7	160.0	57020000	WILO	-	855300	684240	WILO
197	ILP 40-125	3	7.0	-	0.8	986	물가정보	-	15	12	효성
198	ILP 40-160	3	10.0	-	0.8	1006	물가정보	-	15	12	효성
199	ILP 40-200	2	13.5	-	0.8	1116	물가정보	-	17	13	효성
200	ILP 40-250	2	24.0	-	2.2	1490	물가정보	-	22	18	효성
201	ILP 50-125	5	7.0	-	0.8	1006	물가정보	-	15	12	효성
202	ILP 50-160	5	13.0	-	1.5	1094	물가정보	-	16	13	효성
203	ILP 50-200	5	15.0	-	1.5	1234	물가정보	-	19	15	효성
204	ILP 50-250	6	27.0	-	3.7	1644	물가정보	-	25	20	효성
205	ILP 50-315	4	40.0	-	5.5	2318	물가정보	-	35	28	효성
206	ILP 65-125	7	4.0	-	0.8	1152	물가정보	-	17	14	효성
207	ILP 65-160	8	11.0	-	1.5	1218	물가정보	-	18	15	효성

208	ILP 65-200	8	15.0	-	2.2	1478	물가정보	-	22	18	효성
209	ILP 65-250	8	21.0	-	3.7	1674	물가정보	-	25	20	효성
210	ILP 65-315	10	33.0	-	7.5	2540	물가정보	-	38	30	효성
211	ILP 80-125	15	6.0	-	1.5	1248	물가정보	-	19	15	효성
212	ILP 80-160	14	8.0	-	2.2	1492	물가정보	-	22	18	효성
213	ILP 80-200	17	19.0	-	5.5	2006	물가정보	-	30	24	효성
214	ILP 80-250	17	23.0	-	7.5	2378	물가정보	-	36	29	효성
215	ILP 80-315	17	35.0	-	11.0	3166	물가정보	-	47	38	효성
216	ILP 100-160	28	12.0	-	5.5	2128	물가정보	-	32	26	효성
217	ILP 100-200	25	18.0	-	7.5	2420	물가정보	-	36	29	효성
218	ILP 100-250	28	25.0	-	11.0	3010	물가정보	-	45	36	효성
219	ILP 100-315	28	31.0	-	15.0	3876	물가정보	-	58	47	효성
220	ILP 100-400	25	62.0	-	30.0	8728	물가정보	-	131	105	효성
221	ILP 125-160	39	10.0	-	7.5	2590	물가정보	-	39	31	효성
222	ILP 125-200	39	18.0	-	11.0	3322	물가정보	-	50	40	효성
223	ILP 125-250	39	24.0	-	15.0	4000	물가정보	-	60	48	효성
224	ILP 125-315	39	30.0	-	22.0	5326	물가정보	-	80	64	효성
225	ILP 125-400	36	70.0	-	45.0	12804	물가정보	-	192	154	효성
226	ILP 150-200	49	15.0	-	11.0	3366	물가정보	-	50	40	효성
227	ILP 150-250	58	20.0	-	18.5	4978	물가정보	-	75	60	효성
228	ILP 150-315	58	35.0	-	30.0	8562	물가정보	-	128	103	효성
229	ILP 150-400	56	60.0	-	55.0	16194	물가정보	-	243	194	효성
230	ILP 200-200	106	12.0	-	18.5	6568	물가정보	-	99	79	효성
231	ILP 200-250	111	19.0	-	30.0	8984	물가정보	-	135	108	효성
232	ILP 200-315	97	32.0	-	45.0	13408	물가정보	-	201	161	효성
233	ILP 200-400	97	50.0	-	75.0	22378	물가정보	-	336	269	효성
234	ILP 40-125	11	7.0	-	0.8	610	물가정보	-	9	7	효성
235	ILP 40-160	11	10.0	-	0.8	624	물가정보	-	9	7	효성
236	ILP 50-125	14	7.0	-	0.8	624	물가정보	-	9	7	효성
237	ILP 50-160	14	13.0	-	1.5	682	물가정보	-	10	8	효성
238	ILP 65-125	18	4.0	-	0.8	721	물가정보	-	11	9	효성
239	ILP 65-160	18	11.0	-	1.5	765	물가정보	-	11	9	효성
240	ILP 80-125	22	6.0	-	1.5	785	물가정보	-	12	9	효성
241	ILP 80-160	22	12.0	-	3.7	935	물가정보	-	14	11	효성
242	ILP 100-160	28	12.0	-	5.5	1119	물가정보	-	17	13	효성
243	ILP 100-200	28	14.0	-	5.5	1518	물가정보	-	23	18	효성
244	ILP 125-160	35	10.0	-	7.5	1637	물가정보	-	25	20	효성
245	ILP 125-200	35	14.0	-	7.5	2086	물가정보	-	31	25	효성
246	ILP 150-200	42	15.0	-	11.0	2117	물가정보	-	32	25	효성
247	ILP 150-250	42	20.0	-	18.5	3040	물가정보	-	46	36	효성
248	ILP 200-315	56	32.0	-	45.0	8444	물가정보	-	127	101	효성
249	ILP 200-400	56	57.0	-	93.3	15550	물가정보	-	233	187	효성

나. TOOL-KIT을 활용한 계절효율계수의 건물 에너지 성능평가 프로그램 적용성 검증

(1) 시뮬레이션 모델링 Tool

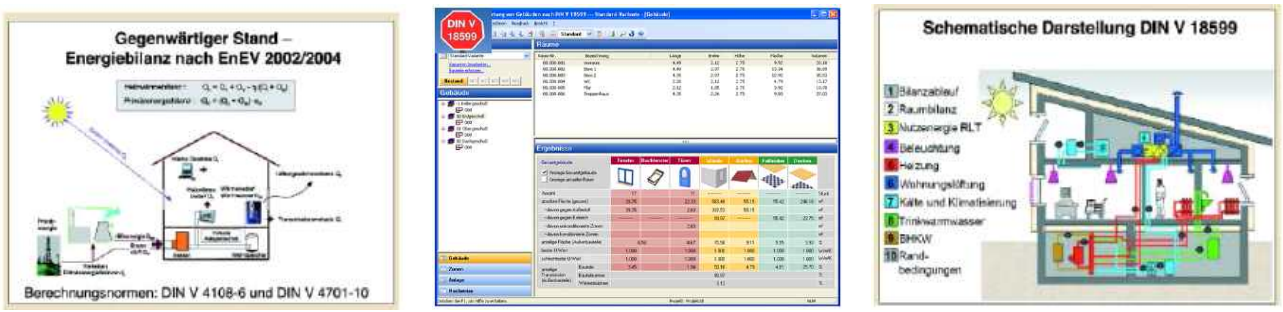
(가) 에너지 해석 방법론

① 유사정상 상태 해석

㉮ Software DIN 18599(독일의공업규격)

환경 관련 표준화로 건축물의 에너지 효율성을 평가하는 시스템. 건물의 동적인 영향을 무시하고 장기간에 걸친 열평형 관계식에 의한 계산방식으로 냉난방에너지를 계산하는 방법으로 유효계수(Utilization factor)에 의해 동적인 영향에 의한 냉난방 효과를 반영한다.

현재 유럽연합의 대부분 국가에서 통일된 건물에너지평가기법으로 채택하여 건물 에너지효율등급 표시제도로 활용하고 있다. 이 평가기법의 특징은 유사정상 상태해석에 대한 기본 로직은 공유하나 상태 해석을 위한 프로그램을 별도로 개발하여 사용해야 한다.



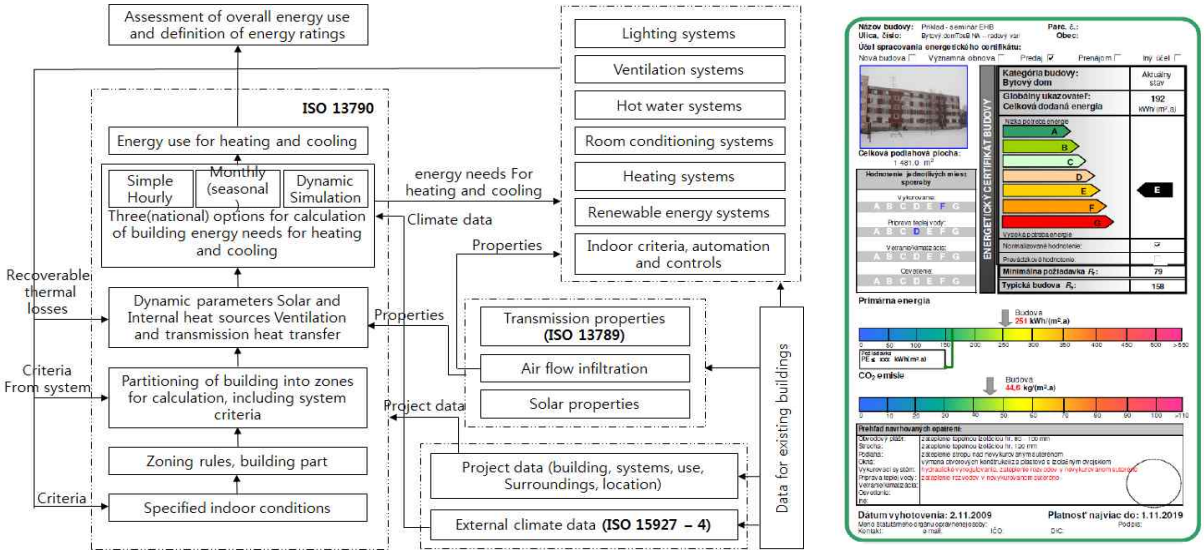
[그림 101] DIN 18599의 기본 로직

㉯ CE3

1단계	2단계	3단계	4단계
프로그램 등록	기초데이터 및 존 정보 관리	존 벽체/창호 적용	에너지 요구량 계산
5단계	6단계	7단계	8단계
공조기 및 신재생에너지 설정	냉난방 설비 설정	신재생에너지 결과량	1차 에너지 소요량 분석

㉰ ISO 13790

유럽의 건물에너지성능지침 EPBD(Energy Performance of Building Directives)에 따른 국제표준. ISO(International Standardization Organization)는 국제표준화기구로 국제 기준을 만들고 있으며, 대한민국도 정회원으로 등록된 실정이다. ISO에서 표명한 기준과 국내에 적용 가능한 국내 연구자료(직접 연구 수행)를 바탕으로 Monthly & Hourly Calculation Method와 일일실시간 기상데이터 및 실내 온습도를 관리 및 조절 할 수 있다.



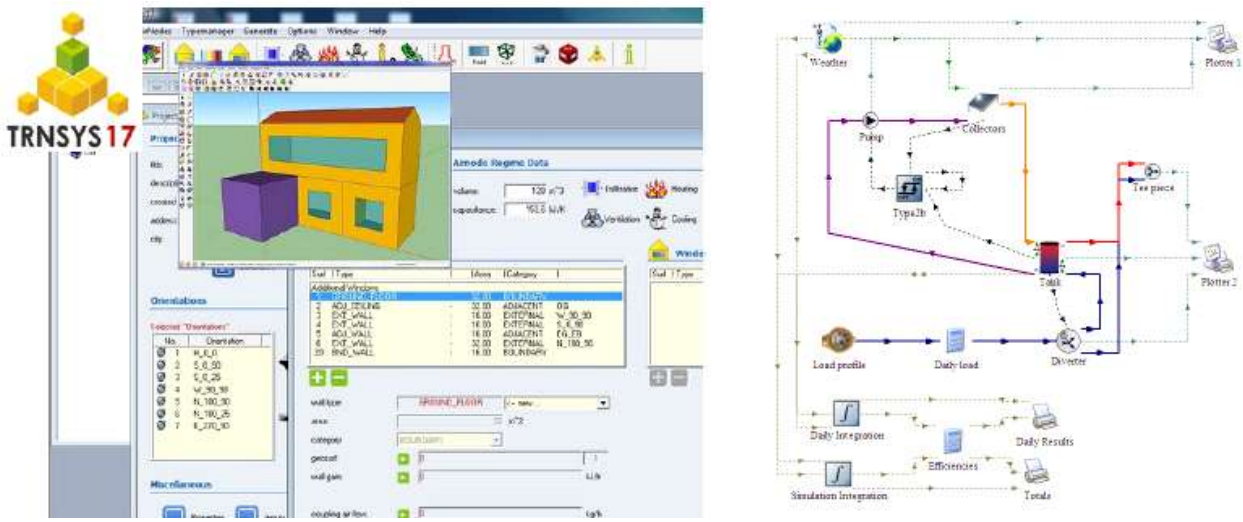
[그림 102] ISO 13790의 부하산출 알고리즘 및 EPBD 등급표

② 비정상 상태 해석

비정상 상태 해석은 각종 조건이 변화하는 상태에서 해석하는 것으로 시간에 각종 변화요소들을 시간함수로 처리하는 방법이다. 비정상상태해석은 크게 해석적 방법과 수치적 방법 두 가지로 구분되어 해석된다. 비정상 상태 해석은 정상 해석에 비해 어느 정도 정확한 에너지 사용량을 구할 수는 있으나 그 방법이 매우 어렵고 정확한 해석을 위해선 어느 정도 숙련된 기술이 요구된다.

㉮ 해석적 방법

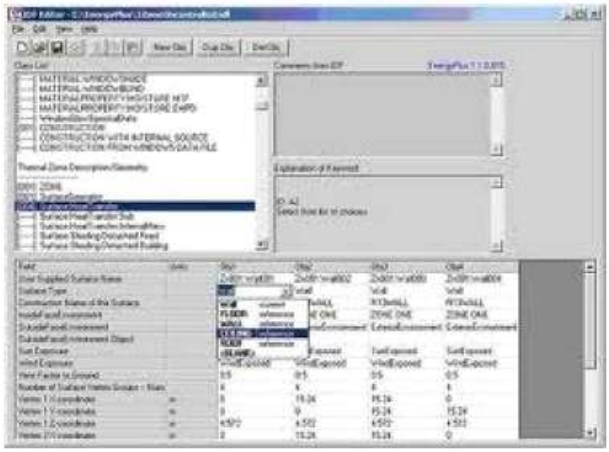
해석적 방식에서 건물의 과도 열전달을 모델링하는 기본적 도구는 전달행렬방식(Transmission Matrix Method)이다. 이 방법의 해석 방법 중에 응답계수법(Response Factor)와 가중계수법(Weighting Factor)을 적용한 미국의 DOE-2 및 일본의 HASP, ASHRAE의 전달함수(Transfer function)법에 의한 TRNSYS 등이 있다.



[그림 103] TRNSYS 시뮬레이션 프로그램

㉯ 수치적 방법

수치적 방법은 미분방정식을 대수방정식을 변환시키는 이산화방정식 또는 차분방정식을 이용함으로써 정립되었는데 주로 컴퓨터 발달과 밀접한 영향을 가지게 된다. 수치해석 방법으로는 FDM, FEM, FVM 등이 있으며, ESP-r, BLAST, Energy Plus가 이 방법을 이용한다.



HVAC Zone loads and Sizing Output
Sefaira Systems

Zone Name	Floor	Area [m^2	Type	Day	Month	Time	Peak Heating Design Day Name	Day	Month
L001_P01	1	18.94305	Perimeter	21	Jun	18:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P02	1	36.64664	Perimeter	21	Jun	10:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P03	1	18.94305	Perimeter	21	Jun	10:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P04	1	33.01487	Perimeter	21	Jun	10:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P05	1	33.01487	Perimeter	21	Jun	10:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P06	1	66.58362	Perimeter	21	Jun	10:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P07	1	34.1562	Perimeter	21	Jun	10:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P08	1	38.4368	Perimeter	21	Jun	18:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P09	1	27.30295	Perimeter	21	Jun	10:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P10	1	38.4368	Perimeter	21	Jun	10:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P11	1	75	Perimeter	21	Sep	14:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P12	1	104.7801	Perimeter	21	Sep	14:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P13	1	19.5035	Perimeter	21	Jun	10:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P14	1	48.59575	Perimeter	21	Jun	10:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P15	1	19.1721	Perimeter	21	Jun	10:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P16	1	19.1721	Perimeter	21	Jun	10:00:00	5350185 A	21	Jan

[그림 104] Energy Plus 계산 엔진 예시

(나) 국내/외 시뮬레이션 프로그램 비교

① 국내 시장 현황

㉮ CE3 (Construction Energy Efficiency Evaluation)

· 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 솔루션이다.

· 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 솔루션이다.

· 그러나 현재 BESS나 ECO2처럼 무료 프로그램이 아니며 에너지 소비총량제나 에너지 효율등급 등 정책에 맞추어서 개발 된 프로그램이 아니라 신뢰성 및 활용성에서 검증이 요구되고 있다.

㉯ ECO2

· 건축물에너지절약 설계기준의 의무사항 및 EPI항목 정량화.

· ISO13790 규격에 따른 총량적 에너지 소요량 산출 관련 평가 방법론 적용.

· 입력 항목 수가 많고 및 입력 방법면에서 전문가 수준의 지식이 요구되며 많은 시간이 소요되어 되어 건물 에너지 인증제 상에 수용성면에서 아직 애로가 많다.

· 건물에너지 소비총량제 대응 예비분석 툴로 건설기술연구원에서 개발 관리.

㉰ 건물 에너지 성능평가프로그램 : 에너지 관리공단

· 공동 주택 건물 에너지 성능 평가를 위한 Web 기반 프로그램으로써 에너지관리공단 홈페이지에서 쉽게 사용.

· 공동 주택 에너지 소비량 계산을 간단히 수행할 수 있도록 하였으나 국제표준 계산 알고리즘을 채용한 것은 아니며 난방 부하 계산에 한정되었다.

· 쉽게 접속하고 입력이 간단하지만 저장 기능 및 리포트 출력기능이 없기 때문에 한번 결과를 수정 하고자 할 때 항상 처음부터 입력을 해야 하는 불편함이 있다.

㈑ 친환경 주택 성능 평가 : LH공사

· 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 프로그램이다.

· 별다른 설치가 필요 없는 엑셀 형식으로 프로그램이 설계 되었으며 계산 결과의 경우 단지 단위와 세대 단위로 나누어서 출력이 가능하다.

· 프로그램이 별다른 설치가 필요 없고 누구나 사용 할 수 있지만 계산 결과는 세대별 위치 및 평형에 상관없이 일정한 부하 결과값을 산출하여 공동주택의 전체 디자인상의 에너지 성능 변별력이 약함. 정밀 시뮬레이션 결과와의 오차가 상당히 크다.

② 국외 기술 및 산업동향

㉮ EPBD

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 제로화 하겠다고 약속했다. 또한 2019년부터는 이를 업무용 건물까지 확대하고 2050년까지는 기존 건물도'제로 카본'에 근접할 수 있도록 난방 시스템 개조 등 다양한 조치를 취하도록 제안하고 있다.

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

㉯ 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.

SAP 2005에서는 신청주택의 에너지소요량과 CO2 배출량을 산출하며, 이를 토대로 에너지비용평점(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.

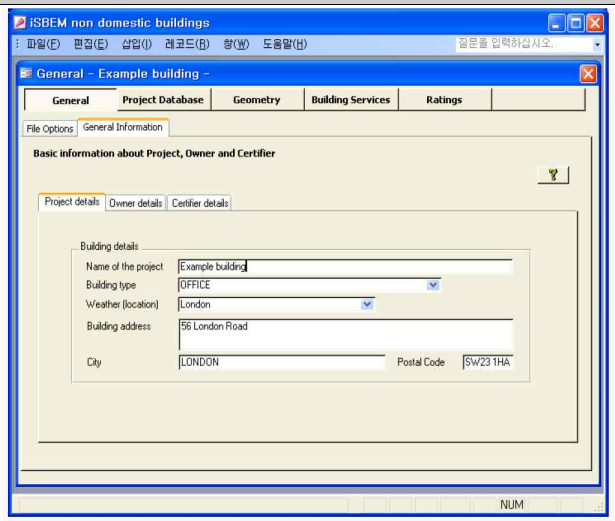
<표 146> SAP2005 건물 에너지성능 평가지표

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

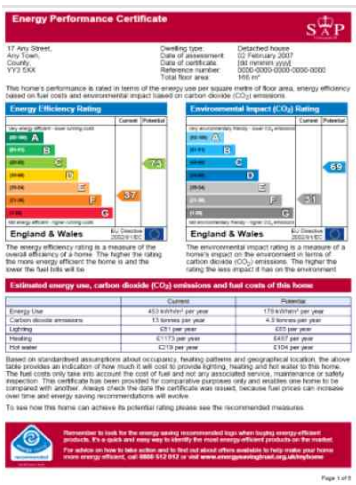
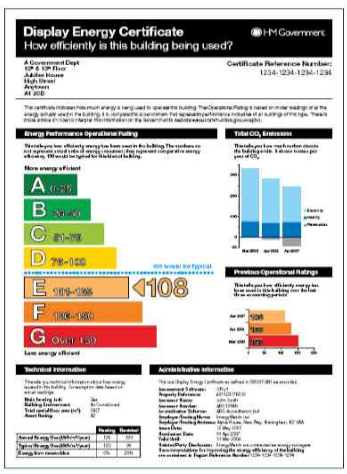
㈐ SPA

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

비주거용 건물해석프로그램 iSBEM (Simplified Building Energy Model)



영국의 에너지성능인증서

공공건물	비주거용 건물	주거용 건물
		

㉱ 환경에너지 우량 건축물 인증제도

<표 147> 일본 에너지마크

- 일본의 건축물 에너지 절약기준
- 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

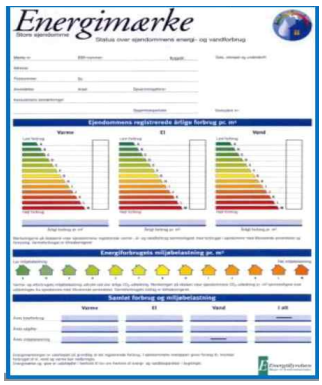
㉲ 기타

미국은 EPA와 DOE 공동으로 Energy Star Building program을 시행하여 비주거용 건물에 대한 에너지 소비 절감을 자발적으로 유도한다.

캐나다는 비주거용 건물의 에너지 소요량을 25% 이상 절감하는 경우에 대하여 금융적 인센티브 부여하는 CBIP 제도를 운영한다.

덴마크는 1997년 1월, 건물에너지 등급 제도를 실행하고 있으며, 건물의 매매 시 건물등급인증서를 요구·제출하도록 하고 있다. 매년 40,000개에서 45,000개의 건물에 등급을 표시하고 있다.

아래 표는 국외 및 국내의 친환경인증 등급 획득을 통한 인센티브 항목을 나타낸 것으로, 인증획득에 따른 자금 지급, 감세, 금리인하 융자, 분양가 상한폭, 용적률, 용도변경 인센티브 등 다양한 방안으로 친환경인증을 유도하고 있다.

Energy Star Building 마크	덴마크 에너지등급서
	

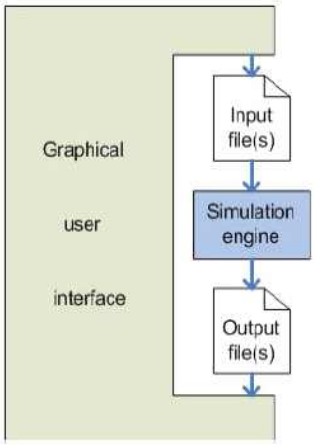
<표 148> 해외 친환경 인증 인센티브 제도

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 시뮬레이션 Tool 선정

본 프로젝트 성격상 실측 데이터와의 비교 분석을 위해 신축 계획 또는 인증 단계에서 사용하는 정상 방법은 효과적이지 못하다. 따라서 동적 정밀 에너지 시뮬레이션 툴인 DesignBuilder를 사용하여 비정상 및 수치적 해석 방법으로 진행한다. 또한 건물의 형태가 고층 건물의 형태로 구조 역시 복잡하며 이를 가시성이 떨어지는 프로그램을 사용할시 모델링에서 발생하는 오차나 에러점을 파악하기가 어려우면 모델링 시간 또한 장기간 소요된다. 따라서 GUI 형태의 EnergyPlus 기반 프로그램인 DesignBuilder를 사용하여 진행한다.

DesignBuilder를 사용하면 건물 에너지 해석(Building Energy Performance Simulation) 특히, 건물 모델링은 매우 복잡한 작업이기 때문에 컴퓨터 시뮬레이션을 통해서만 각 요소들의 상호작용이나 다양한 에너지 보존 방안을 모색할 수 있다. 에너지 시뮬레이션의 구조는 계산을 수행하는 'Simulation engine'과 사용자를 위한 'User interface'로 크게 구분된다.

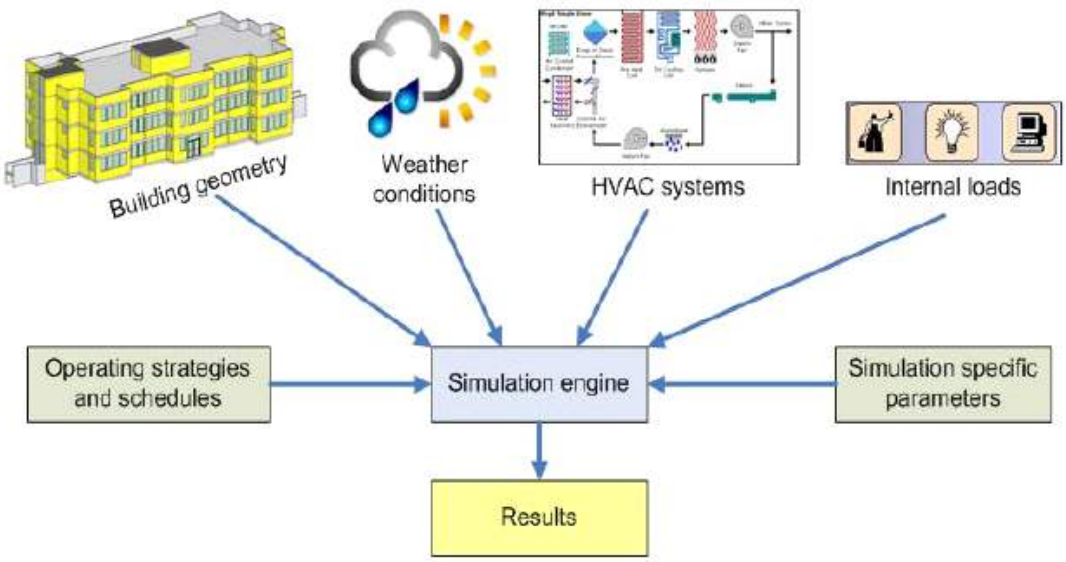


HVAC Zone loads and Sizing Output
Sefaira Systems

Zone						Peak Heating Design Day			
Name	Floor	Area [m^2	Type	Day	Month	Time	Name	Day	Month
L001_P01	1	18.94305	Perimeter	21	Jun	18:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P02	1	36.64664	Perimeter	21	Jun	10:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P03	1	18.94305	Perimeter	21	Jun	10:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P04	1	33.01487	Perimeter	21	Jun	10:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P05	1	33.01487	Perimeter	21	Jun	10:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P06	1	66.58362	Perimeter	21	Jun	10:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P07	1	34.1562	Perimeter	21	Jun	10:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P08	1	38.4368	Perimeter	21	Jun	18:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P09	1	27.30295	Perimeter	21	Jun	10:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P10	1	38.4368	Perimeter	21	Jun	10:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P11	1	75	Perimeter	21	Sep	14:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P12	1	104.7801	Perimeter	21	Sep	14:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P13	1	19.5035	Perimeter	21	Jun	10:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P14	1	48.59575	Perimeter	21	Jun	10:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P15	1	19.1721	Perimeter	21	Jun	10:00:00	5350185 A	21	Jan
L001_P16	1	19.1721	Perimeter	21	Jun	10:00:00	5350185 A	21	Jan

[그림 105] DesignBuilder의 User interface 구성 화면

설계 단계에서의 건물 에너지 해석 프로세스. 기존 건축물의 설계 과정은 건축을 중심으로 각 전문분야별 상호 정보교환 통해 수정/보완의 과정을 거쳐 최종 설계 도면이 완성되는 과정으로 진행된다. 건물 에너지 해석의 경우, 건축/기계/전기 도면을 근거로 별도의 작업(도면 분석, 건물 모델링, 조닝, 시스템 설정 등)을 진행하게 된다. 이러한 일련의 과정들은 설계단계와는 별도로 진행되므로 최종 설계안이 선정되는 시점에 건물 에너지 해석 작업을 실시하게 된다.



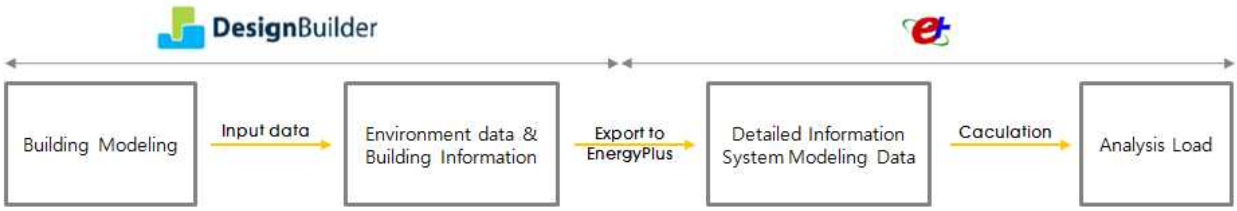
[그림 106] 에너지 해석방법의 개요

④ DesignBuilder란

영국 DesignBuilder사에서 최신 기술을 적용하여 개발한 통합 건축 시뮬레이션 Tool이다. 또한 EnergyPlus(미국) 및 SBEM(영국)과 연동하여 건물 에너지, CO2, 조명 및 쾌적 성능 등의 다양한 친환경 해석 module을 제공한다. 영국의 친환경 인증 제도(BREEAM)에서 공인된 건물 에너지 해석 Tool이다.

건물의 연간 에너지 사용량을 산출하기 위하여 미국 에너지청(DOE, Department of Energy)에서 개발한 EnergyPlus를 해석엔진으로 사용하는 영국의 디자인빌더(Design Builder)프로그램을 이용하여 모델링 및 기본적인 Data 입력한 후 세부정보 입력 및 시스템 모델링은 EnergyPlus에서 연산한다.

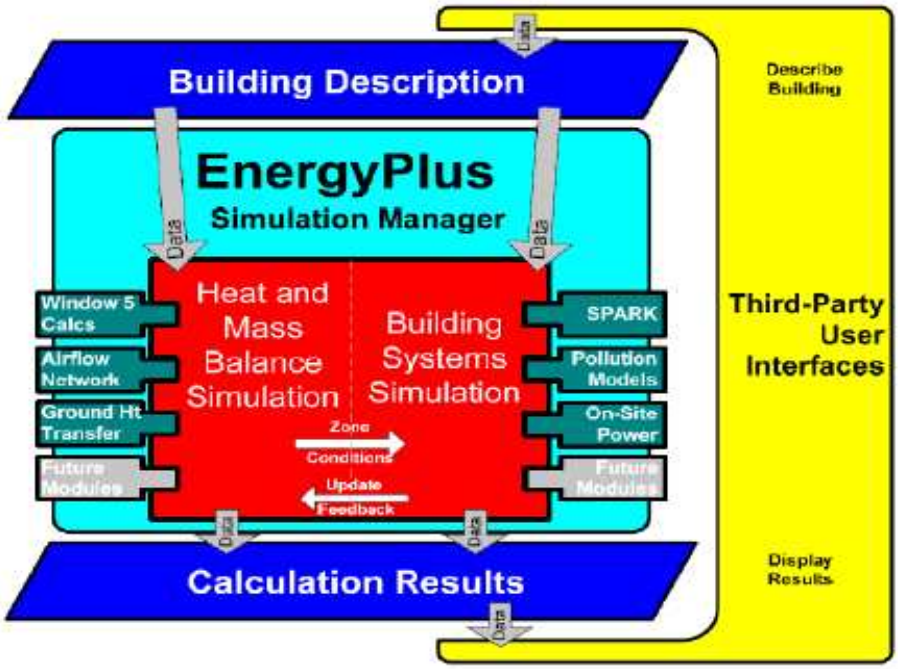
주요 입력조건으로 기후조건은 표준기상데이터를 활용하여, 각 건물의 시설에 따른 공간별 표준 운전프로필을 기준으로 계획된 건물의 벽체 및 창호 구성 등을 적용하여, 건축물의 연간 에너지 사용량을 정량적으로 산출 한다.



[그림 107] DesignBuilder 및 EnergyPlus의 상호연계성

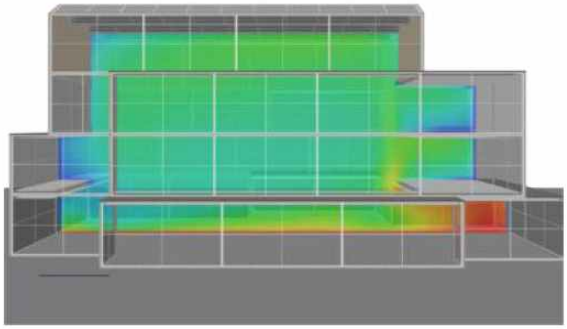
<DesignBuilder 프로그램의 특징 >

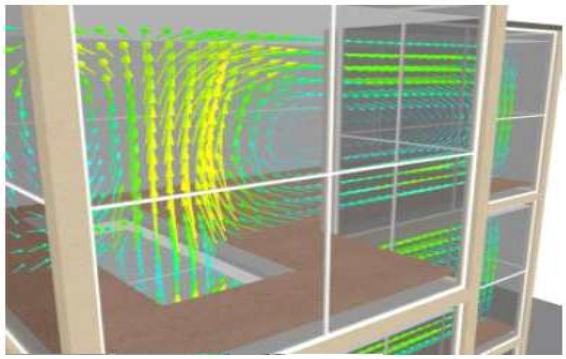
통합 솔루션 프로그램으로서의 EnergyPlus
- EnergyPlus는 미국 에너지부(DOE)에서 지속적인 개발을 주관 - EnergyPlus는 BLAST와 DOE-2의 문제점을 발전시켜 두 프로그램을 모체로 개발된 건물 부하해석 프로그램 - 부하계산, 자연환기, 태양광시스템, 열적쾌적감, 옥상녹화 등 다양한 해석 가능함



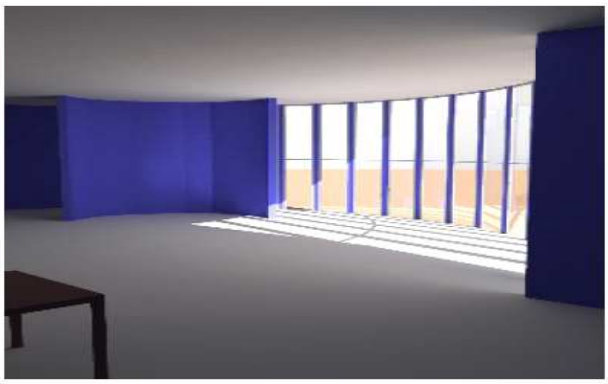
Source: D.B. Crawley et al. / Energy and Buildings 33 (2001) 319±331, and Getting Started with Energy Plus, (2007).

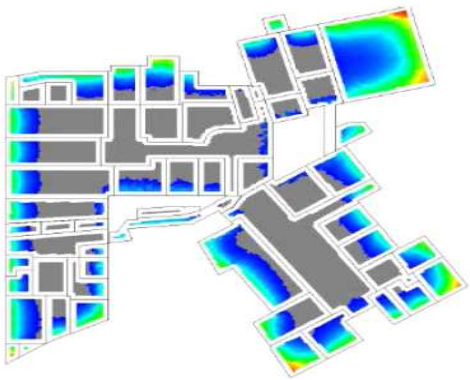
CFD 기류 분석
- 난방, 환기 그리고 공기조화 설계안의 효과분석 - 쾌적감 분석(Fanger PMV와 PPD, OT, MRTemd) - 공기량 및 환기효율계산 - 지역 풍환경에 따른 건물 디자인의 평가 및 외부 보행자 쾌적성 분석 (ASHRAE WIND PROFILE 이용)





Daylighting 분석
- 다양한 인증(LEED EQ8.1, BREEAM HW1, GREEN Star IEQ4)의 적합여부 제공 - 자연채광으로 인한 조명 에너지 절감량 및 냉/난방 부하의 변화를 동시에 해석 - 일사 전문 해석 프로그램인 Radiance의 기본 일사 데이터 제공 (다양한 일사 분석이 가능) - Radiance를 사용함으로 실사와 같은 Rendered Images 구현함





(2) 건축물 개요

<표 149> 건물의 일반사항

지역명 / 구분	서울 특별시	대전광역시	부산광역시
대상건물			
건물 위치	서울특별시 강동구	대전시 서구	부산시 금정구
주요 용도	판매 및 영업시설	판매 및 영업시설	판매 및 영업시설
층 수	지하:4층 지상:6층	지하:1층 지상:7층	지상:4층
건 폐 율	51.5%	75.3%	59.86
용 적 율	282.9%	243.7%	189.74
대지 면적	4,959 ㎡	8,714 ㎡	9,250 ㎡
건축 면적	2,484 ㎡	6,560 ㎡	5,540 ㎡
연 면 적	27,912 ㎡	40,101 ㎡	39,432 ㎡
HVAC	CAV + FCU + EHP	CAV + FCU + P.A.C	CAV + FCU + PAC

국내에서는 기존 2012년부터 온실가스·에너지 목표관리제가 본격적으로 시행되어 온실가스배출과 에너지 사용이 제일 많은 35개 의무 관리업체를 선정하였다. 이중 판매시설 8곳이 선정되어 판매시설에 대한 에너지 소비절감이 요구된다. 따라서 본 연구는 에너지 다소비 건축물인 판매서설을 선정하였다. 대형 판매시설 11개 지점의 실제 에너지 사용량 분석 결과 평균 8,325,040kWh으로 집계되었다. 또한 국가 통계 포털 자료[24]에 의하면 대형종합소매업 525개 사업체 중 과반수이상인 271개소의 연면적이 23,100㎡이상으로 집계되었다. 평균 에너지사용량 및 연면적을 고려하여 대상건물을 선정하였다. 연면적 40,000㎡ 로 규모가 비슷한 건물, 지역별로 서울, 경기도, 대전 지역에 위치한 건물을 선정하였다. 위의 <표 149>는 건물의 일반현황이다.

(가) 설계 도서

대상 건축물의 설계 도서를 바탕으로 건축물의 현황 및 설비시스템을 분석 위하여 현장조사를 진행하였다. 특이 사항으로는 본 논문에 포함된 판매시설 이외의 용도 건물 중 설비시스템의 경우 기존 흡수식냉온수기를 적용한 판매시설이 많이 있었다. 그러나 가스비용의 증가 및 에너지 효율측면에서 터보냉동기로 교체하고 있는 상황이었다. 판매시설의 경우 이용객이 많기 때문에, 시설 운영자와의 면담에서 건축물 냉방 부분에 중점을 두고 건축물을 운영하고 있다. 다음은 설계도서 분석을 통한 현장 조사 건물 대상의 분석 내용이다.

① 서울특별시

장방형 형태의 건물로 지하 3층부터 지상 1층 까지는 에스컬레이터가 중앙에 설치되어 있고 지상 1층부터는 건물 상부에 위치해 있다. 엘리베이터의 경우는 좌측, 우측, 하단에 설치되어 있다.

주요 열원으로는 터보냉동기와 흡수식냉온수기로 이루어져 있다. 냉난방 시스템은 AHU(Air Handling Unit)와 FCU(Fan Coil Unit) 그리고 EHP(Electric Heat pump)로 이루어져있다. 공조기는 크게 14개가 있으며 각층별(지하1층~지상6층)로 2개의 공조기(AHU)가 존재하며 각층을 2개의 존으로 나눠 각자의 존을 관리한다. 공조기는 외기온도에 따라 당직자가 수동으로 조절가능하다.

② 대전광역시

장방형 형태의 건물로 매장내 에스컬레이터는 지상 1층부터 지상 3층 까지 에스컬레이터가 건물 좌측에 설치되어 있고, 매장 외부 쪽에서는 지상1층부터 지상7층까지 에스컬레이터가 건물 하단에 설치되어 있다. 4층부터는 건물 상부에 위치해 있다. 엘리베이터의 경우는 좌측, 우측, 하단에 설치되어 있다.

주요 열원으로는 터보냉동기와 흡수식냉온수기로 이루어져 있다. 냉난방 시스템은 AHU(Air Handling Unit)와 FCU(Fan Coil Unit) 그리고 P.A.C(Packaged Air Conditioner)로 이루어져있다. 공조기는 크게 8개가 있으며 각 매장 층별(지상1층~지상3층)로 2~3개의 공조기(AHU)가 존재하며 각층을 2~3개의 존으로 나눠 각자의 존을 관리한다. 공조기는 외기온도에 따라 당직자가 수동으로 조절가능하다.

③ 부산광역시

장방형 형태의 건물로 매장 내 에스컬레이터는 지상 1층부터 지상 4층 까지 에스컬레이터가 건물 남측 및 중앙에 설치되어 있다. 엘리베이터의 경우는 남측에 한개, 북측에 두개가 설치되어 있다.

24) http://kosis.kr/, *국가 통계 포털 (Korean Statistical Information Service) 자료

주요 열원으로는 흡수식 냉온수기와 터보냉동기로 이루어져 있다. 냉난방 시스템은 AHU(Air Handling Unit)와 FCU(Fan Coil Unit) 그리고 P.A.C(Packaged Air Conditioner)로 이루어져있다. 공조기는 크게 6개가 있으며 각 매장 층별(지상1층~지상4층)로 1~2개의 공조기(AHU)가 존재하며 각 층을 1~2개의 존으로 나눠 각자의 존을 관리한다. 공조기는 외기온도에 따라 당직자가 수동으로 조절가능하다. <표 150>은 서울특별시, 대전광역시, 부산광역시의 건축 평면도 및 공조계통도를 나타낸다.

<표 150> 시뮬레이션

지역별		서울특별시	대전광역시	부산광역시
벽체 정보	외부벽체 열관류율	0.896 W/㎡K	0.941 W/㎡K	0.728W/㎡K
	창호 열관류율	3.1 W/㎡K	3.31 W/㎡K	2.93 W/㎡K
	지붕 열관류율	0.4 W/㎡K	0.6 W/㎡K	0.6 W/㎡K
	바닥 열관류율	0.32 W/㎡K	0.24 W/㎡K	0.30 W/㎡K
창문 종류		반사 복층 유리	저반사 복층 유리	반사 복층 유리
조명 정보		각 ZONE별로 조명기구 일람표 참고하여 데이터 입력		
냉,난방 설정		난방 급기온도 : 20℃, 냉방 급기온도 : 26℃		
		난방 운행시간 : 11시간, 냉방 운행시간 : 13시간		

(나) 주요 설비시스템 운영 기준

① 판매시설 (서울)

서울특별시의 설비시스템 운영은 진공보일러는 13:00 ~ 21:30 까지 1호기와 2호기가 절체운전으로 수행되고 터보냉동기의 경우 11:00 ~ 22:00까지 외기온도에 따라 당직자가 수동으로 on/off를 실시한다. 매장 내 일반 조명의 경우 10:00 ~ 00:15 까지 점등 되고 주차장인 지하 2, 3층의 경우 09:30 ~ 00:20까지 점등된다. 지하 1층 ~ 지상 6층까지의 냉난방을 전담하는 AHU 1 - 14는 09:30 ~ 23:00까지 운영된다.

<표 151> 냉·난방 열원 운영 스케줄

구분	가동시간	정지시간	비고
진공보일러	13:00	21:30	1호기와 2호기 절체 운전
터보냉동기	11:00	22:00	외기온도에 따라 당직자 수동으로 Off

<표 152> 공조기 운영스케줄

공조기	가동시간	정지시간
AHU - 1	9:30	23:00
AHU - 2	9:30	23:00
AHU - 3	9:30	23:00
AHU - 4	9:30	23:00
AHU - 5	9:30	23:00
AHU - 6	9:30	23:00
AHU - 7	9:30	23:00
AHU - 8	9:30	23:00
AHU - 9	9:30	23:00
AHU - 10	9:30	23:00
AHU - 11	9:30	23:00
AHU - 12	9:30	23:00
AHU - 13	9:30	23:00
AHU - 14	9:30	23:00

<표 153> 조명 운영스케줄

전등라인	가동시간	정지시간
5층 일반 전등	10:00	0:15
4층 일반 전등	10:00	0:15
3층 일반 전등	10:00	0:15
2층 일반 전등	10:00	0:15
1층 일반 전등	10:00	0:15
B1층 일반 전등	10:00	0:15
B2F 주차장 일반 전등	9:25	0:20
B3F 주차장 일반 전등	9:30	0:20

② 판매시설 (대전)

대전광역시의 설비시스템 운영은 진공보일러는 13:00 ~ 21:30 까지 1호기와 2호기가 절체운전으로 수행되고 흡수식 냉온수기의 경우 11:00 ~ 22:00까지 외기온도에 따라 당직자가 수동으로 on/off를 실시한다. 매장 내 일반 조명은 10:00 ~ 00:15 까지 점등 되고 주차장인 지상 4 ~ 7층의 경우 09:30 ~ 00:20까지 점등된다. 지상 1층 ~ 지상 3층까지의 냉난방을 전담하는 AHU 1 - 8은 09:30~23:00 까지 운영된다.

<표 154> 냉·난방 열원 운영 스케줄

구분	가동시간	정지시간	비고
진공보일러	13:00	21:30	1호기와 2호기 절체 운전
터보냉동기	11:00	22:00	외기온도에 따라 당직자 수동으로 Off

<표 155> 공조기 운영스케줄

공조기	가동시간	정지시간
AHU - 1	9:30	23:00
AHU - 2	9:30	23:00
AHU - 3	9:30	23:00
AHU - 4	9:30	23:00
AHU - 5	9:30	23:00
AHU - 6	9:30	23:00
AHU - 7	9:30	23:00
AHU - 8	9:30	23:00

<표 156> 조명 운영스케줄

전등라인	가동시간	정지시간
7층 주차장 일반 전등	9:30	0:20
6층 주차장 일반 전등	9:30	0:20
5층 주차장 일반 전등	9:30	0:20
4층 주차장 일반 전등	9:30	0:20
3층 일반 전등	10:00	0:15
2층 일반 전등	10:00	0:15
1층 일반 전등	10:00	0:15
지하 1층 일반 전등	9:30	0:20

③ 판매시설 (부산)

부산광역시의 설비시스템 운영은 진공보일러는 13:00 ~ 21:30 까지 1호기와 2호기가 절체운전으로 수행되고 냉온수기의 경우 11:00 ~ 22:00까지 외기온도에 따라 당직자가 수동으로 on/off를 실시한다. 매장 내 일반 조명은 10:00 ~ 00:15 까지 점등 되고 주차장인 지상 3 ~ 4층의 경우 09:30 ~ 00:20까지 점등된다. 지상 1층~지상 3층까지의 냉난방을 전담하는 AHU 1 - 6은 09:30~23:00까지 운영된다.

<표 157> 냉·난방 열원 운영 스케줄

구분	가동시간	정지시간	비고
진공보일러	13:00	21:30	1호기와 2호기 절체 운전
터보냉동기	11:00	22:00	외기온도에 따라 당직자 수동으로 Off

<표 158> 공조기 운영스케줄

공조기	가동시간	정지시간
AHU - 1	9:30	23:00
AHU - 2	9:30	23:00
AHU - 3	9:30	23:00
AHU - 4	9:30	23:00
AHU - 5	9:30	23:00
AHU - 6	9:30	23:00

<표 159> 조명 운영스케줄

전등라인	가동시간	정지시간
4층 주차장 일반 전등	9:30	0:20
3층 주차장 일반 전등	9:30	0:20
3층 일반 전등	10:00	0:15
2층 일반 전등	10:00	0:15
1층 일반 전등	10:00	0:15

(다) 기타 설비시스템 운영 기준

① 판매시설 (서울)

건물의 전체 에너지 사용량 중에서 엘리베이터와 에스컬레이터의 전력사용량이 적지 않은 비중을 차지한다. 일본 에너지저감센터[25]에 따르면 업무용건축물의 경우 승강기에서 사용되는 전력량이 전체 사용량의 약 5%를 차지한다고 나타난다. 판매시설 B의 경우 엘리베이터가 5대, 에스컬레이터의 경우 16대가 설치된 대형마트로써, 이에 따른 에너지 사용량이 업무용 건축물보다 더 큰 비중을 차지할 것으로 예측되어 엘리베이터와 에스컬레이터의 전력사용량에 대한 고려가 필요하다.

25) 건물관리표준 종합가이드, 일본에너지저감센터, 2006

<표 160> 엘리베이터 개요

구분	1호기	2호기	3호기	4호기	5호기
용 도	승객용 (장애인용)	승객용	화물용	화물용	승객용
하 중	20인승	20인승	2.0ton	2.5ton	15인승
속 도	60m/min	60m/min	60m/min	30m/min	60m/min
소비량 (kWh/yr)	14,450	14,454	14,454	19,710	14,454
운행층	B3~6F	B3~6F	B1~6F	B1~1F	1F~6F
승강로 SIZE	2800×2250	2850×2250	3400×3725	4300×3725	2080×2850

<표 161> 무빙워크 개요

구분	1~4호기	5~6호기	7~8호기	9~10호기	10~16호기
형 식	AGS-1000형	AGS-1000형	AGS-1000형	AGS-1000형	AGS-1000형
각 도	12°	12°	12°	12°	12°
속도	30m/min	30m/min	30m/min	30m/min	30m/min
소비량 (kWh/yr)	120,450	82,125	82,125	82,125	287,438
운행층	B3~B2	B2~B1	B1~1F	1F~2F	2F~5F
운행층고	1800	3520	4650	4650	4500
운행형식	교차형	일방향	교차형	교차형	교차형
운행구간	A구간	A구간	B구간	B구간	B구간

② 판매시설 (대전)

건물의 전체 에너지 사용량 중에서 엘리베이터와 에스컬레이터의 전력사용량이 적지 않은 비중을 차지한다. 일본에너지저감센터[26]에 따르면 업무용건축물의 경우 승강기에서 사용되는 전력량이 전체 사용량의 약 5%를 차지한다고 나타난다. 판매시설 B의 경우 엘리베이터가 5대, 에스컬레이터의 경우 16대가 설치된 대형마트로써, 이에 따른 에너지 사용량이 업무용 건축물보다 더 큰 비중을 차지할 것으로 예측되어 엘리베이터와 에스컬레이터의 전력사용량에 대한 고려가 필요하다.

<표 162> 엘리베이터 개요

구분	1호기	2호기	3호기	4호기	5호기
용 도	승객용 (장애인용)	승객용	화물용	화물용	승객용
하 중	20인승	20인승	2.0ton	2.5ton	15인승
속 도	60m/min	60m/min	60m/min	30m/min	60m/min
소비량 (kWh/yr)	14,450	14,454	14,454	19,710	14,454
운행층	B3~7F	B3~7F	B1~7F	B1~1F	1F~7F
승강로 SIZE	2800×2250	2850×2250	3400×3725	4300×3725	2080×2850

26) 건물관리표준 종합가이드, 일본에너지저감센터, 2006

<표 163> 무빙워크 개요

구분	1~4호기	5~6호기	7~8호기	9~10호기	10~16호기
형 식	AGS-1000형	AGS-1000형	AGS-1000형	AGS-1000형	AGS-1000형
각 도	12°	12°	12°	12°	12°
속도	30m/min	30m/min	30m/min	30m/min	30m/min
소비량 (kWh/yr)	120,450	82,125	82,125	82,125	287,438
운행층	B3~B2	B2~B1	B1~1F	1F~2F	2F~5F
운행층고	1800	3520	4650	4650	4500
운행형식	교차형	일방향	교차형	교차형	교차형
운행구간	A구간	A구간	B구간	B구간	B구간

③ 판매시설 (부산)

건물의 전체 에너지 사용량 중에서 엘리베이터와 에스컬레이터의 전력사용량이 적지 않은 비중을 차지한다. 일본에너지저감센터[27]에 따르면 업무용건축물의 경우 승강기에서 사용되는 전력량이 전체 사용량의 약 5%를 차지한다고 나타난다. 판매시설 B의 경우 엘리베이터가 4대, 에스컬레이터의 경우 8대가 설치된 대형마트로써, 이에 따른 에너지 사용량이 업무용 건축물보다 더 큰 비중을 차지할 것으로 예측되어 엘리베이터와 에스컬레이터의 전력사용량에 대한 고려가 필요하다.

<표 164> 엘리베이터 개요

구분	1호기	2호기	3호기	4호기
용 도	승객용 (장애인용)	화물용	화물용	승객용
하 중	20인승	2.0ton	2.5ton	15인승
속 도	60m/min	60m/min	30m/min	60m/min
소비량 (kWh/yr)	14,450	14,454	19,710	14,454
운행층	F1~6F	F1~4F	F1~4F	F1~6F
승강로 SIZE	2800×2250	3400×3725	4300×3725	2080×2850

<표 165> 무빙워크 개요

구분	1~4호기	5~6호기	7~8호기	9~10호기	10~16호기
형 식	AGS-1000형	AGS-1000형	AGS-1000형	AGS-1000형	AGS-1000형
각 도	12°	12°	12°	12°	12°
속도	30m/min	30m/min	30m/min	30m/min	30m/min
소비량 (kWh/yr)	120,450	82,125	82,125	82,125	287,438
운행층	B3~B2	B2~B1	B1~1F	1F~2F	2F~4F
운행층고	1800	3520	4650	4650	4500
운행형식	교차형	일방향	교차형	교차형	교차형
운행구간	A구간	A구간	B구간	B구간	B구간

27) 건물관리표준 종합가이드, 일본에너지저감센터, 2006

(라) 설비시스템 운영현황 요약

각 대상 건물의 운영 스케쥴을 확보하여 Simulation 프로그램 운전 스케쥴을 입력하여 실제 운영 현황을 고려한다. 대상 건물 3곳 모두 2013년도 설비기기 운영스케쥴이 컴퓨터에 저장되어 있고, 동일한 에너지 관리 프로그램을 사용하기 때문에 대상 건물에 직접 방문하여 2013년도 운영스케줄을 추출했다.

<표 166> 판매시설의 냉·난방 열원설비 운영 스케줄

	열원 설비	가동시간	정지시간	비 고
서울 판매시설	냉동기	09:00	23:30	- 1호기와 2호기 대수 제어 - 외기온도에 따라 당직자 수동으로 Off
	냉온수기	11:00	22:00	
대전 판매시설	냉동기	09:00	23:30	- 외기온도에 따라 당직자 수동으로 Off
	보일러	11:00	22:00	
부산 판매시설	냉동기	09:00	23:30	- 1호기와 2호기 대수 제어 - 외기온도에 따라 당직자 수동으로 Off
	열교환기	11:00	22:00	

<표 167> 판매시설의 냉·난방 열원설비 운영 스케줄

대상 건물	냉방 스케줄 (부분 운전 포함)			난방 스케줄 (부분 운전 포함)		
판매시설 A	05 . 13	~	10 . 10	11 . 11	~	02 . 20
판매시설 B	05 . 15	~	10 . 14	11 . 11	~	04 . 05
판매시설 C	05 . 13	~	10 . 14	11 . 03	~	04 . 05

<표 168> 판매시설의 공조기 운영스케줄

공조기	가 동 시 간	정 지 시 간
AHU	06:20	18:00
FCU	06:20	18:00
에어커튼	06:20	18:00
급·배기팬	06:20	18:00
패키지에어컨	06:20	18:00
라디에이터	06:20	18:00

<표 169> 판매시설의 2013년도 조명 운영스케줄

전등 라인	가동 시간	정지 시간
지상층 일반 전등	10:00	0:15
지하층 일반 전등	10:00	0:15
지상층 주차장 일반 전등	9:25	0:20
지하층 주차장 일반 전등	9:30	0:20

(마) 외벽 및 창호 구성

본 시뮬레이션에 앞서 건물 모델링을 위한 건물 관련 데이터 분석이 실시되어야 한다. 따라서 분석 대상 건물에서 제공 받은 자료 및 현장 실측 및 조사 자료를 기반으로 시뮬레이션을 진행하려고 한다.

데이터 분석 대상은 외벽체 구성 및 열관류율, 창문 구성 및 일사투과, 창 및 외벽 면적 및 벽체 구성 등 외벽체 구성에 초점을 맞춰 진행한다. 일부 벽체구성 자료 등 기반 자료 취득이 불가능한 데이터는 디폴트 또는 평균값 적용을 통해 시뮬레이션을 실시하였다.

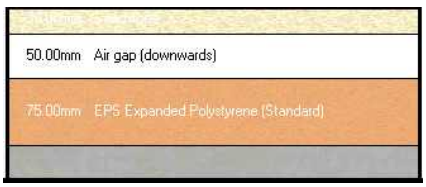
외벽체의 물성치는 외벽 구성 재료, 외피 열관류율, 구성층, 벽체 두께, 벽체 면적, 벽체 높이, 벽체 열저항, 외벽 마감재의 복사, 전도, 대류 열 흐름율로 이루어져 있다.

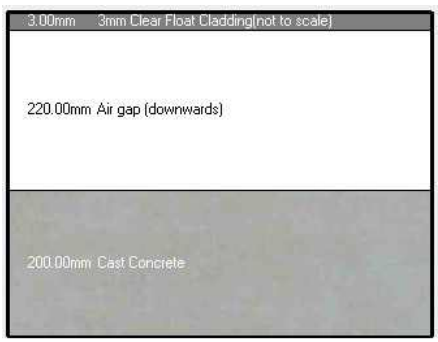
창호의 물성치는 창호의 Type, 창호 구성층, 일사투과계수(SHGC), 직달 일사 투과율, 창호의 열관류율, 창호 넓이, 창호 높이, 창호 프레임 및 디바이더 넓이로 이루어져 있다.

건물의 열적 특성상 창호는 일사취득, 열전도 등 열과 관련되어 큰 비율을 차지한다. 따라서 창호에 대한 정의가 중요한 사항이다. 그러나 본 시뮬레이션은 창호 제조사 및 열적 물성치를 알 수 없는 단계이므로 적절한 값 정의가 필요하다.

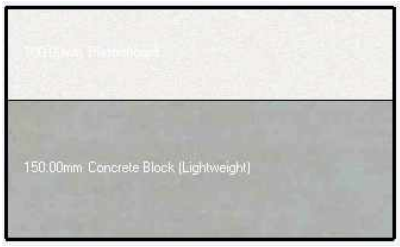
[서울_외벽 구성]

THK 12 GRC 판넬불소수지도장	
외벽	구성재
	12mm concrete, cast-glass reinforced
	200 mm EPS Expanded Polystyrene
구성층	2개
열관류율	0.193 W/m^2·K

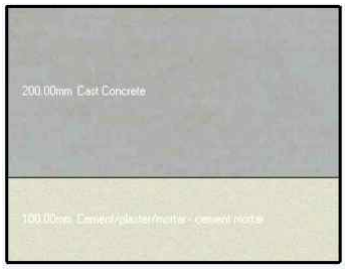
THK30 SANDSTONE	
외벽	구성재
	30mm Sandstone
	50mm Air gap
	75mm EPS Expanded PolyStyrene
	200mm Concrete Block
구성층	4개
열관류율	0.3 W/m^2·K

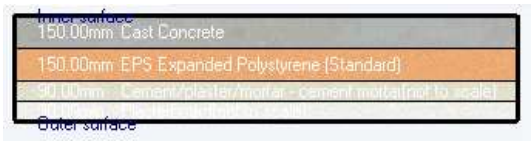
THK3 AL-Sheet	
외벽	구성재
	3mm Clear Float Cladding
	220mm Air gap
	200mm Cast Concrete
구성층	3개
열관류율	1.755 W/m^2·K

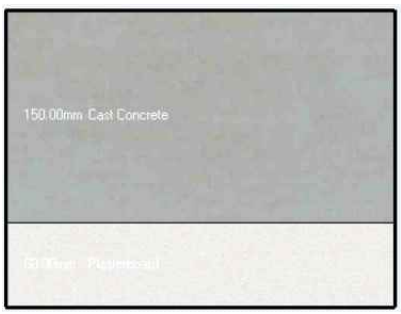
[서울_내벽 구성]

THK3 AL-Sheet	
내벽	구성재
	100mm Plaster board
	150mm Concrete Block
구성층	2개
열관류율	0.736 W/m^2·K

[서울_바닥 구성]

1층 바닥	
바닥	구성재
	100mm Cement/plaster/mortar - cement mortar
	200mm Cast Concrete
구성층	2개
열관류율	1.707 W/m^2·K

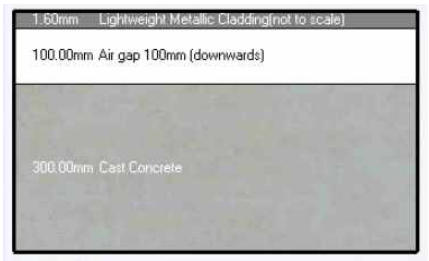
지하 바닥	
바닥	구성재
	30mm Plasterboard
	90mm Cement/plaster/mortar - cement mortar
	150mm EPS Expanded Polystyrene
	150mm Cast Concrete
구성층	4개
열관류율	0.231 W/m^2·K

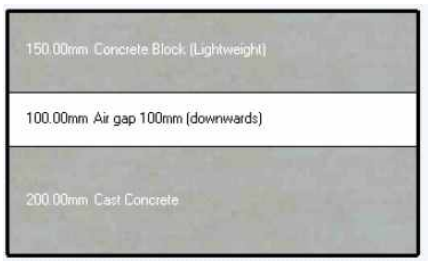
층간 바닥	
바닥	구성재
	60mm Plasterboard
	150mm Cast Concrete
구성층	2개
열관류율	0.231 W/m^2·K

[서울_지붕 구성]

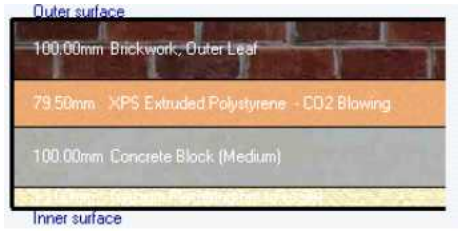
1층 바닥	
지붕	구성재
	30mm Cement/plaster/mortar - cement mortar
	120mm Concrete Block
	30mm Cement/plaster/mortar - cement mortar
	150mm Cast Concrete
	75mm EPS Expanded Polystyrene
구성층	5개
열관류율	0.349 W/m^2·K

[대전_외벽 구성]

THK1.6 펀칭메탈 콘크리트	
외벽	구성재
	1.6mm Lightweight Metallic Cladding
	100mm Air gap
	300mm Cast Concrete
구성층	3개
열관류율	1.513 W/m^2·K

THK150 경량기포콘크리트위 실리콘수지 뿜칠	
외벽	구성재
	150mm Concrete Block
	100mm Air gap
	200mm Cast Concrete
구성층	3개
열관류율	0.737 W/m^2·K

THK180 경량기포콘크리트위 실리콘수지 뿜칠	
외벽	구성재
	180mm Concrete Block
	100mm Air gap
	200mm Cast Concrete
구성층	3개
열관류율	0.660 W/m^2·K

지하 외벽	
지하 외벽	구성재
	100mm Brickwork, Outer Leaf
	79mm Xps Extruded Polystyrene
	100 Concrete Block
	13mm Gypsum Plastering
구성층	4개
열관류율	0.350 W/m^2·K

[대전_내벽 구성]

THK1.6 펀칭메탈 콘크리트	
외벽	구성재
	200mm Concrete Block
구성층	1개
열관류율	0.762 W/m^2·K

[대전_바닥 구성]

1층바닥	
1층 바닥	구성재
	150mm Cast Concrete
	130mm Cement/plaster/mortar-cement mortar
	175mm Epoxy resin
구성층	3개
열관류율	0.715 W/m^2·K

지하 바닥	
지하 바닥	구성재
	100mm Cast Concrete
	130mm Cement/plaster/mortar-cement mortar
	67mm Epoxy resin
구성층	3개
열관류율	0.621 W/m^2·K

층간 바닥	
층간 바닥	구성재
	150mm Cast Concrete
	3mm Polystyrene
구성층	2개
열관류율	2.373 W/m^2·K

[대전_지붕 구성]

1층바닥	
1층 바닥	구성재
	67mm Epoxy resin
	130 Mortar
	180mm Cast Concrete
구성층	3개
열관류율	1.279 W/m^2·K

[부산_외벽 구성]

THK 125 ALC Panel	
외벽	구성재
	125mm Concrete Block
	100mm Air gap
	50mm Polturethane
구성층	3개
열관류율	0.801 W/m^2·K

THK 150 ALC Panel	
외벽	구성재
	150mm Concrete Block
	100mm Air gap
	50mm Polturethane
구성층	3개
열관류율	0.725 W/m^2·K

Cement Siding Panel	
외벽	구성재
	7.5mm Fiber/cement board Type
	50mm Air gap
	50mm Polturethane
구성층	3개
열관류율	1.639 W/m^2·K

[부산_내벽 구성]

InnerWall(Green)	
내벽	구성재
	168.9mm Concrete blocks/tiles
	18.6mm Expanded polystyrene, molded beads
	12.5mm Gypsum Plasterboard
구성층	3개
열관류율	0.949 W/m^2·K

InnerWall(SkyBlue)	
외벽	구성재
	150mm Concrete Block
구성층	1개
열관류율	2.199 W/m^2·K

[부산_지붕 구성]

Emart Roof	
내벽	구성재
	1.6mm Metals
구성층	1개
열관류율	7.142 W/m^2·K

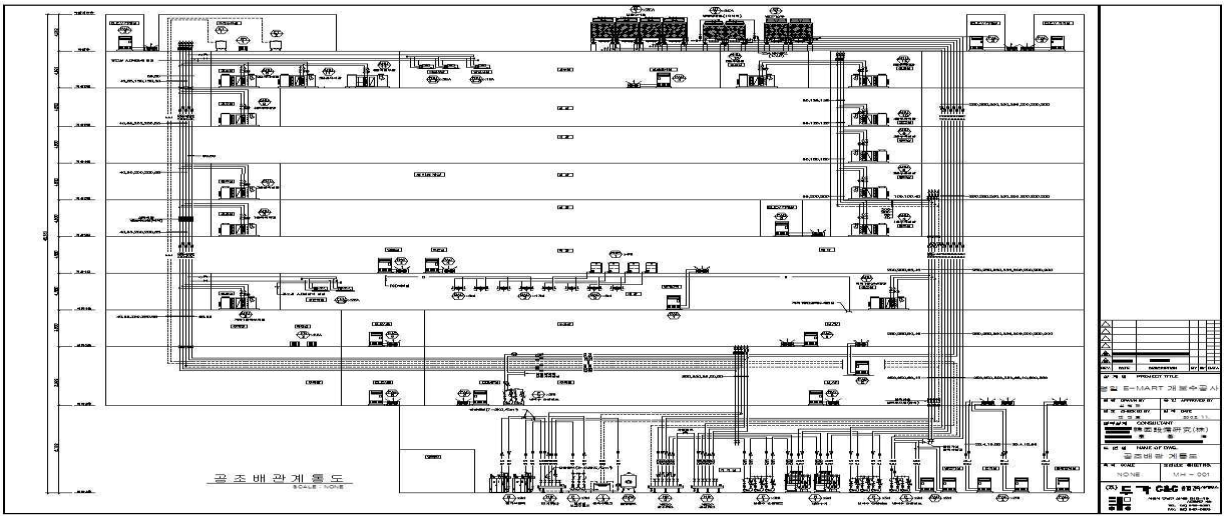
Emart Roof&Slab	
내벽	구성재
	28.2mm Cast Concrete
	30mm Cement/plaster/mortar - cement motar Moist
	28.2mm Cast Concrete
	88.6mm Expanded polystyrene
구성층	4개
열관류율	0.354 W/m^2·K

[부산_바닥 구성]

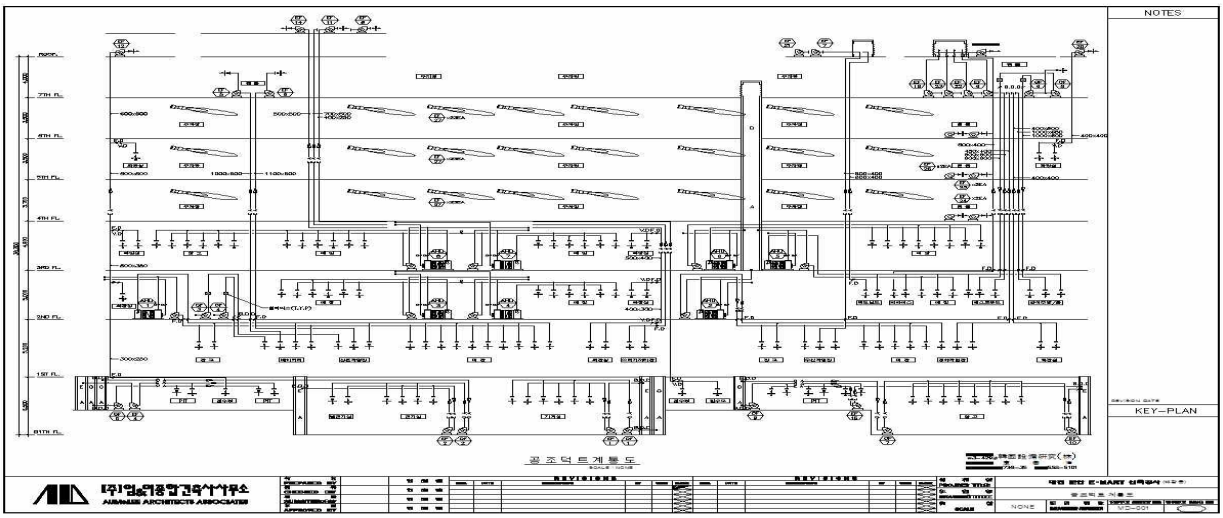
Basement 1F slab	
내벽	구성재
	50mm Expanded polystyrene
	130mm Cast Concrete
	120mm Cast Concrete
	50mm Expanded polystyrene
구성층	4개
열관류율	0.312 W/m^2·K

(바) 실별 기기 공급

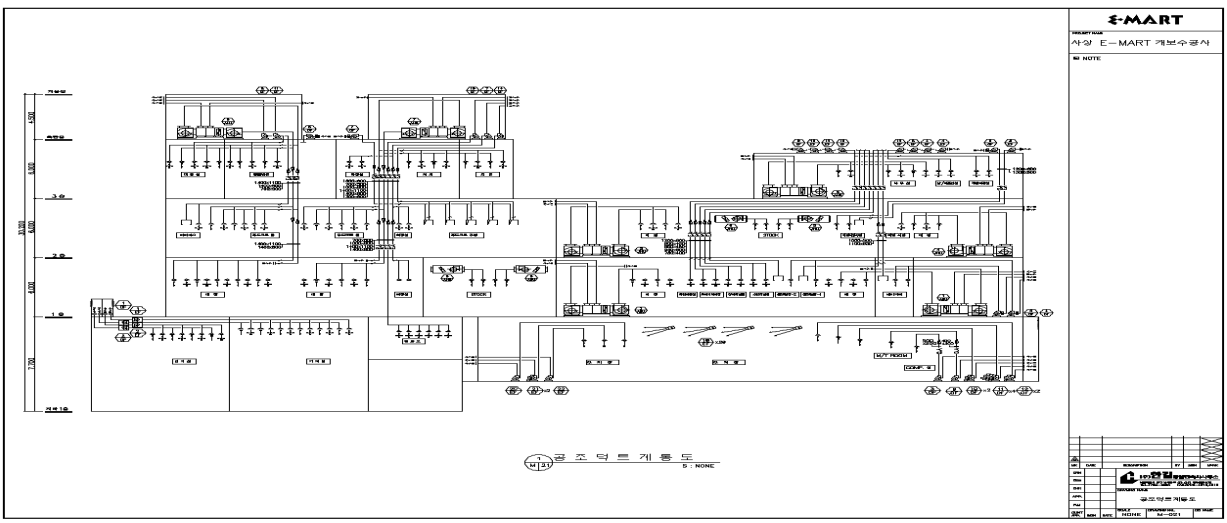
서울, 부산, 대전의 경우 각 층별로 AHU를 이용하여 냉난방과 공조를 같이 하고 있으며, 또한 급배기 팬을 이용하여(OF, EF)를 통해 실내 공기 순환을 시키기 위한 급배기를 같이 하고 있다. 화장실의 경우 방열기를 통해 난방을 제공하고 배기 시스템만 적용을 하고 있으며, 창고, 쓰레기 처리장 등 일상적으로 사용하지 않는 공간에는 배기팬을 적용하여 배기 위주로 기기를 운영하고 있다. 실별 기기 적용은 이마트 준공시 제공되는 장비일람표를 기준으로 풍량, 정압, ECO2, Design Builder에 적용하여 구현하였다.



[서울-설비 계통도]



[대전-설비계통도]



[부산-설비계통도]

[서울 실별 기기 공급 위치]

	위치	기기	사용
지하2층	화장실	EF-24	배기
	ELEV 홀	PAC-5	냉난방
	M/W홀	PAC-6	냉난방
	주차장	OF-7	급기
		EF-7	배기
지하1층	상온작업장	OF-8	급기용
		EF-11	배기용
		FCU4-6	냉난방
	베이커리	OF-9	급기용
		EF-12	배기용
		AHU-2	환기용
	수산작업장	EF-13	배기용
	청야작업장	AHU-1	환기용
		EF-14	배기용
	방재센터	EF-17	배기용
		PAC-1	냉난방
	카드사무실~수선소	RF-1	환기용
		AHU-1	급배기
	남녀화장실	RF-1	환기용
	지하1층 매장(상부)환기용	RF-1	환기용
		AHU-1	급배기
	스시작업장	RF-2	환기용
		AHU-2	급배기
	상품관리실	RF-2	환기용
		AHU-2	급배기
	남자화장실~여자화장실	EF-23	환기용
	수입육작업~정육작업장	RF-2	환기용
		AHU-2	급배기
	맥도널드 창고	RF-2	환기용
		AHU-2	급배기
	베이커리 주방	RF-2	환기용
		AHU-2	급배기
	STOCK-2	RF-2	환기용
		AHU-2	급배기
	STOCK-1	RF-2	환기용
		AHU-2	급배기
	하부_복도	RF-2	환기용
		AHU-2	급배기
지하1층	상부_우측_복도	RF-1	환기용
		AHU-1	급배기
	하부_매장	RF-2	환기용
		AHU-2	급배기
1층	쓰레기 처리장	EF-15	배기
	검품실	PAC-4	냉난방
		RF-3	환기
	보안실	PAC-4	냉난방
		RF-4	환기
	매장_우측	AHU-4	냉난방

		RF-4	환기
	매장_좌측	AHU-3	냉난방
		RF-3	환기
2층	ELEV. 기계실	PAC-3	냉난방
		EF-26	배기
		OF-11	급기
	남여화장실	EF-23	환기
	Stock-1, 복도	RF-6	환기
		AHU-6	냉난방
	STOCK-2, 복도_하부_우측	RF-6	환기
		AHU-6	냉난방
	STOCK-2, 복도_하부_좌측	RF-6	환기
		AHU-6	냉난방
	매장_좌측	RF-5	환기
		AHU-5	냉난방
	매장_우측	RF-6	환기
		AHU-6	냉난방
3층	우측 화장실	EF-23	배기용
	STOCK-1_복도	RF-8	환기용
		AHU-8	냉난방
	STOCK-2_하부_복도_우측	RF-8	환기용
		AHU-8	냉난방
	STOCK-2_하부_복도_좌측	RF-7	환기용
		AHU-7	냉난방
	매장_우측	RF-8	환기용
		AHU-8	냉난방
	매장_우측	RF-7	환기용
		AHU-7	냉난방
4층	우측화장실	EF-23	배기용
	푸드코트	EF-19	배기용
		OF-19	급기용
		AHU-9	냉난방
	맥도날드 주방	EF-20	배기용
		AHU-10	냉난방
	STOCK	AHU-10	냉난방
		RF-10	환기
	매장_우측	RF-10	환기
		AHU-10	냉난방
	매장_좌측	RF-9	환기
		AHU-9	냉난방
5층	남여화장실	EF-23	배기용
	STOCK	AHU-12	냉난방
		RF-12	환기
	매장_우측	RF-12	환기
		AHU-12	냉난방
	매장_좌측	RF-11	환기
		AHU-11	냉난방
6층	직원식당	EF-21	배기

		FCU-4-6	냉난방
	영양사실	FCU-4-6	냉난방
		RF-13	환기용
	주방용_우	AHU-14	냉난방, 급배기
	주방_좌_하	AHU-14	냉난방, 급배기
	남여화장실	EF-23	배기
	미화대기실~교육실	AHU-14	냉난방, 급배기
	남자락카~사무실	AHU-14	냉난방, 급배기
	공실	AHU-14	냉난방, 급배기
	공실 상부	AHU-14	냉난방, 급배기
	남녀 흡연실	EF-22	배기
	미화대기실	PAC-4	냉난방

[대전 실별 기기 공급 위치]

	위치	기기	사용
지하1층	창고	EF-10	배기
		OF-7	급기
	우측 PIT	EF-15	배기
		OF-9	급기
	기계실	OF-1	급기
		EF-1	배기용
		PAC-2	냉방
	중앙감시실	PAC-2	냉방
	전기실	PAC-2	냉방
		OF-2	급기
		EF-2	배기
	발전기실	OF-2	급기
		EF-2	배기
	좌측_PIT	OF-5	급기
		EF-4	배기
	CO2 실	EF-13	배기
1층	1층 매장용(좌)	AHU-1	급기(냉난방)
	1층 매장(좌) 환기용	RF-1	환기
	1층 상온작업장 급기용	OF-3	급기
	1층 상온작업장 배기용	EF-9	배기
	1층 상온작업장 급기용	AHU-1	급기(냉난방)
	상온작업장	FCU_4-6	냉난방
	베이커리	AHU-1	급기(냉난방)
	1층 베이커리 급기용	OF-4	급기
	1층 베이커리 배기용	EF-5	배기
	1층-창고(좌)	AHU-1	급기(냉난방)
	1층 매장용(우)	AHU-2	급기(냉난방)
	1층 매장(우) 환기용	RF-2	환기
	수산작업	AHU-2	급기(냉난방)
	1층 수산작업장	EF-7	배기
	청야작업	AHU-2	급기(냉난방)
	1층 청야작업 배기용	EF-22	배기
	정육 대면, 수입육 대면	EF-7	배기
	쓰레기 처리장	EF-8	배기
	화장실(남,여)_좌_상	EF-14	배기
	1층 우_하_남,여 화장실	OF-23	배기
	상품관리실	PAC-4	냉난방
		AHU-1	급기(냉난방)
1층	보완실	PAC-4	냉난방
		AHU-2	급기(냉난방)
	검품실	AHU-2	급기(냉난방)
	우측_상_복도	AHU-2	급기(냉난방)

	우측_중_복도	AHU-2	급기(냉난방)
	좌측_상_복도	AHU-2	급기(냉난방)
2층	커피샵	AHU-4	급기
		RF-4	환기(배기)
	좌_하_남,여_배기용	EF-12	배기
	매장_좌측_상부	AHU-3	급기(냉난방)
		RF-3	환기(배기)
	매장_중앙	AHU-4	급기(냉난방)
		RF-4	환기(배기)
	파파이스, 맥도날드 창고	AHU-5	급기(냉난방)
		RF-5	환기(배기)
	파파이스, 맥도날드	AHU-5	급기(냉난방)
		RF-5	환기(배기)
	패스트푸드	AHU-5	급기(냉난방)
		RF-5	환기(배기)
		EF-6	배기
		OF-8	급기
	패스트푸드 주방	AHU-5	급기(냉난방)
		RF-5	환기(배기)
	양식당 주방	AHU-5	급기(냉난방)
		RF-5	환기(배기)
		FCU4-6	냉난방
		EF-18	배기
		OF-6	급기
	양식당 홀	AHU-5	급기(냉난방)
		RF-5	환기(배기)
	어린이 놀이방	AHU-5	급기(냉난방)
		RF-5	환기(배기)
	우측 매장	AHU-5	급기(냉난방)
		RF-5	환기(배기)
	좌측_상부_복도	AHU-3	급기(냉난방)
		RF-3	환기(배기)
	우측_복도	AHU-5	급기(냉난방)
		RF-5	환기(배기)
2층	좌측 창고	RF-3	환기(배기)
		AHU-4	급기(냉난방)
	우측_상부_창고	RF-3	환기(배기)
		AHU-4	급기(냉난방)
3층	화장실_좌_상_남	EF-12	배기
	화장실_좌_상_남	EF-12	배기
	매장_좌측_상부	AHU-6	급기(냉난방)
		RF-6	환기
	복도_좌측_상부	AHU-6	급기
		RF-6	환기
	창고_좌측	AHU-6	급기(냉난방)
		RF-6	환기
	창고_좌측_상부	AHU-6	급기(냉난방)
		RF-6	환기
	매장_좌측_하부	AHU-7	급기(냉난방)
		RF-7	환기
	매장_중앙	AHU-7	급기(냉난방)
		RF-7	환기
	우측_복도	AHU-8	급기(냉난방)
		RF-8	환기
	매장_우측	AHU-8	급기(냉난방)
		RF-8	환기
	STOCK-우측상부	AHU-8	급기(냉난방)
	세탁실	AHU-8	급기(냉난방)
		RF-8	환기

	고객 상담실	AHU-8	급기(냉난방)
		RF-8	환기
	카드직발소	AHU-8	급기(냉난방)
		RF-8	환기
	반품 창고	AHU-8	급기(냉난방)
		RF-8	환기
	시타실	AHU-8	급기(냉난방)
		RF-8	환기
	유아휴게실	AHU-8	급기(냉난방)
		RF-8	환기
4층	M/W홀	FCU4-6	냉 난방
	엘리베이터 기계실	EF-16	배기용
		PAC-3	냉난방
	ELEV 홀	PAC-3	냉난방
	4층 주차장	PAC-3	냉난방
		PAC-3	냉난방
5층	여자화장실	ER-2	난방용
		EF-20	배기용
		EF-12	배기용
	남자화장실	ER-2	난방용
		EF-20	배기용
		EF-12	배기용
	ELEV 홀	FCU-4-6	냉난방
	M/W홀	FCU-4-6	냉난방
	주차장	OF-24	배기용
		of-27	환기용
6층	ELEV 홀	FCU-4-6	냉난방
	M/W홀	FCU-4-6	냉난방
	주차장	OF-24	배기용
		of-27	환기용
7층	ELEV 홀	FCU-4-6	냉난방
	M/W홀	FCU-4-6	냉난방

[부산 실별 기기 공급 위치]

	위치	기기	사용
1층	청야작업장	AHU-2	급,배기
		EF-10	청야작업장 배기
	수산작업장	AHU-2	급,배기
		EF-9	배기용
	상온작업장1-2	AHU-2	OUT-AIR
		OF-4	급기용
		EF-4	배기용
		FCU-1	냉난방
	화장실(직원)	AHU-2	EXHAUST AIR
		ER-1	전기방열기(난방용)
		EF-15	배기용
	정육,수입육 작업장	AHU-2	급,배기
	매장2_우측_하	AHU-2	급,배기
	1층 하부_우측_대면대	EF-4	배기용
	1층 하부_대면대	EF-4	배기용
	1층 하부_대면대_수산대면	AHU-2	EXHAUST AIR
		EF-4	배기용
	1층 하부_대면대_정육,수입	AHU-2	EXHAUST AIR

		EF-4	배기용
	구이김	AHU-2	EXHAUST AIR
		EF-4	배기용
	매장-1	AHU-1	급,배기
	베이커리	OF-5	베이커리 급기용
		EF-5	베이커리 배기용
	좌측상부-매장	AHU-6	급,배기
	매장	AHU-7	급배기
	고객화장실	AHU-7	EXHAUST AIR
		EF-14	배기용
		ER-1(전기방열기)	난방용
	STOCK-1	AHU-8	급기
	검품실	AHU-8	급기
		PAC-1(패키지 에어컨)	냉난방
	쓰레기 처리장	AHU-8	EXHAUST AIR
		EF-13	배기용
2층	매장-1	AHU-3	급기, RETURN AIR
	Stock-1	AHU-3	급기
	Stock-2	AHU-3	급기
	M/W 홀	AHU-3	급기
2층	매장-2	AHU-4	SUPPLY AIR, RETURN AIR
	직원식당 홀	AHU-4	SUPPLY AIR, RETURN AIR, EXHAUST AIR
		FCU-1	냉방, 난방
	FF	AHU-6	SUPPLY AIR, RETURN AIR, EXHAUST AIR
	푸드코트-1	AHU-6	SUPPLY AIR, RETURN AIR, EXHAUST AIR
		EF-7	배기용
	푸드코트-2	AHU-7	SUPPLY AIR, RETURN AIR
		EF-7	배기용
	화장실 - 고객	AHU-7	EXHAUST AIR
		EF-14	배기용
		ER-1	난방용
	푸드코트 주방	OF-7	급기용
		EF-7	배기용
	직원식당 주방	OF-8	급기용
		EF-8	배기용
		FCU-1	냉난방
	파파이스 주방	EF-11	배기용
3층	남락카	AHU-5	급기, 배기
	여락카	AHU-5	급기, 배기
	교육실	AHU-5	급기, 배기
	SD	AHU-5	급기, 배기
	정산/캐셔대기	AHU-5	급기, 배기
	사무실	AHU-5	급기, 배기
	남자휴게실	AHU-5	급기
	남자흡연실	AHU-5	급기, 배기
		EF-12	배기
	여자휴게실	AHU-5	급기
	여자흡연실	AHU-5	급기, 배기
		EF-12	배기
	직원화장실	AHU-5	배기
		ER-1	난방용
		EF-15	배기용

	TENANT	AHU-6	급기, 배기
		OF-6	급기
3층	M/W홀	AHU-6	급기
		FCU-1	냉난방
	M/W홀	AHU-7	급기
		FCU-1	냉난방
	화장실	AHU-7	배기
		EF-1	난방
		EF-14	배기
	미용실, 동물병원	OF-6	급기
		EF-6	배기

(사) 입력 데이터_기기

장비일람표를 기준으로 AHU의 풍량, 정압, 동력, 입출구 온도 등을 파악하여 건물에 적용되는 기기를 적용하게 된다. 또한 냉난방을 공급하는 흡수식 온수기, 온수보일러 등은 헤더를 적용하여 하나의 기기에서 여러대의 기기로 연결되는 방식을 이용하여 건물에 적용시켰다.

[서울 입력 데이터]

기호	명칭	수량	형식	풍량 CMH	정압 MMAQ	동력 KW
AHU-3	1층 매장용(좌측)	1	AIR FOIL D.S	28,000	92	15
AHU-4	1층 매장용(좌측)	1	AIR FOIL D.S	28,000	90	15
AHU-5	1층 매장용(좌측)	1	AIR FOIL D.S	28,000	92	15
AHU-6	1층 매장용(좌측)	1	AIR FOIL D.S	28,000	92	15
AHU-7	1층 매장용(좌측)	1	AIR FOIL D.S	28,000	92	15
AHU-8	1층 매장용(좌측)	1	AIR FOIL D.S	28,000	92	15
AHU-9	1층 매장용(좌측)	1	AIR FOIL D.S	28,000	90	15
AHU-10	1층 매장용(좌측)	1	AIR FOIL D.S	28,000	92	15
AHU-11	1층 매장용(좌측)	1	AIR FOIL D.S	28,000	92	15
AHU-12	1층 매장용(좌측)	1	AIR FOIL D.S	28,000	92	15

[대전 입력 데이터]

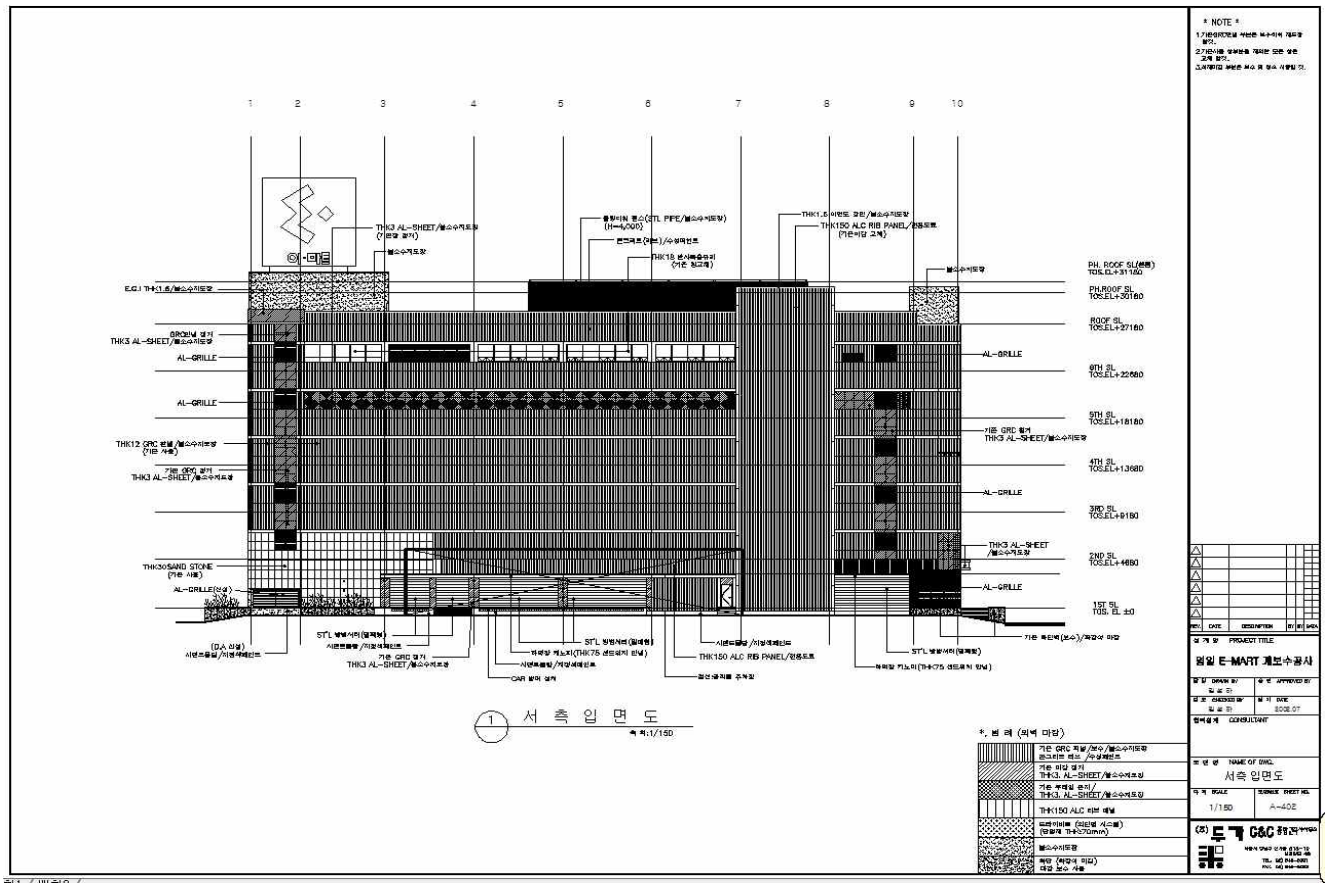
기호	명칭	수량	형식	풍량 CMH	정압 MMAQ	동력 KW
AHU-1	1층 매장용(좌측)	1	수평형	62,000	97	30
AHU-2	1층 매장용(우측)	1	수평형	61,000	99	30
AHU-3	2층 매장용(좌측)	1	수평형	26,000	98	15
AHU-4	2층 매장용(중앙)	1	수평형	60,000	96	30
AHU-5	2층 매장용(우측)	1	수평형	57,000	98	30
AHU-6	3층 매장용(좌측)	1	수평형	28,000	98	15
AHU-7	3층 매장용(중앙)	1	수평형	59,000	98	30
AHU-8	3층 매장용(우측)	1	수평형	57,000	96	30

[부산 입력 데이터]

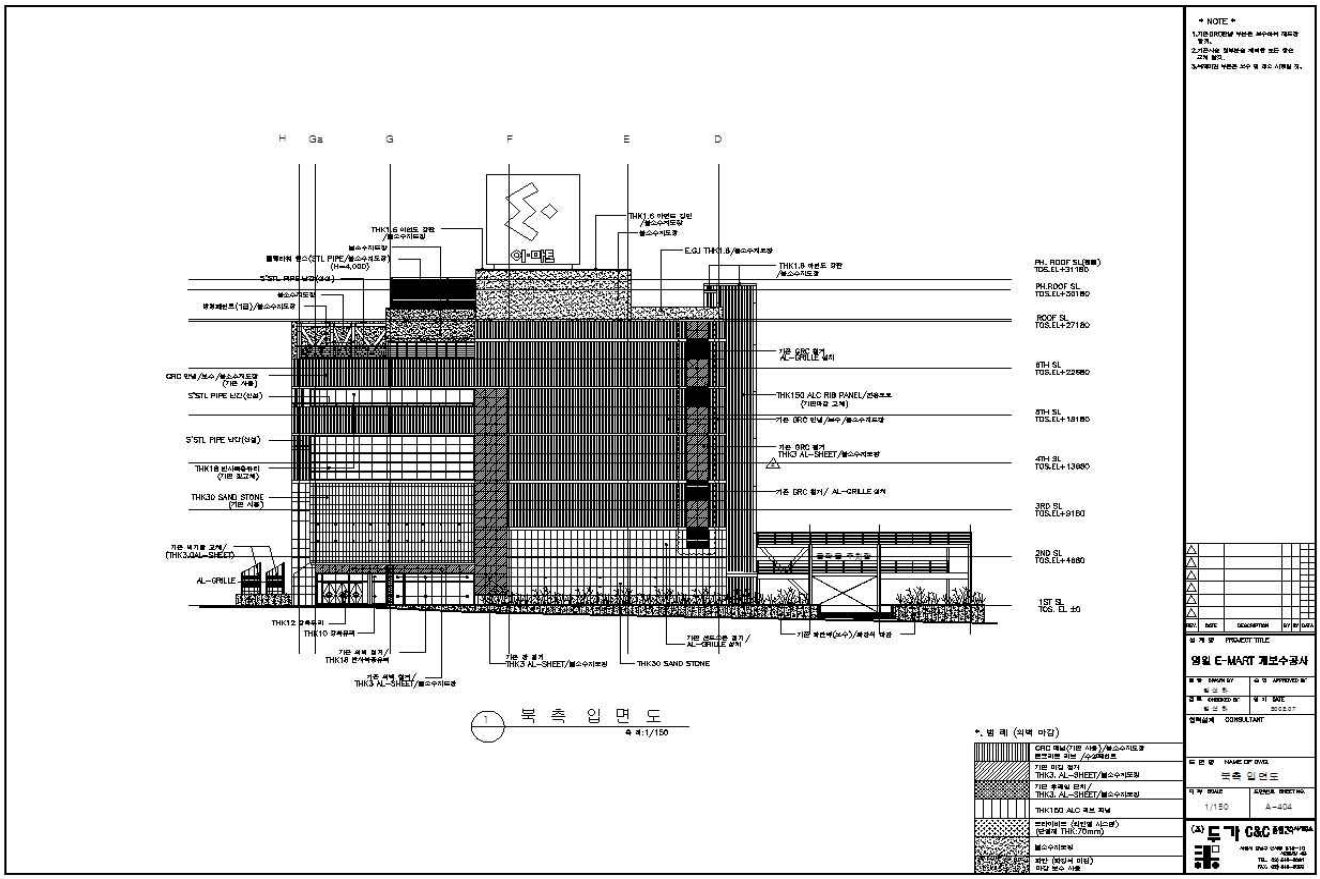
기호	명칭	수량	형식	풍량 CMH	정압 MMAQ	동력 KW
AHU-1	1층 매장용(우상)	1	수평형	60,000	110	30
AHU-2	1층 매장용(우하)	1	수평형	60,000	110	30
AHU-3	2층 매장용(우상)	1	수평형	65,000	110	37
AHU-4	2층 매장용(우하)	1	수평형	65,000	110	37
AHU-5	3층 사무실용	1	수평형	15,000	95	7.5
AHU-6	1,2,3층 일반매장(좌상)	1	수평형	50,000	110	30
AHU-7	1,2,3층 일반매장(좌하)	1	수평형	50,000	110	30
AHU-8	1층 창고용	2	천정형	6,000	20	1.5
AHU-8	2층 창고용	2	천정형	7,000	20	1.5

(아) 설계 도면

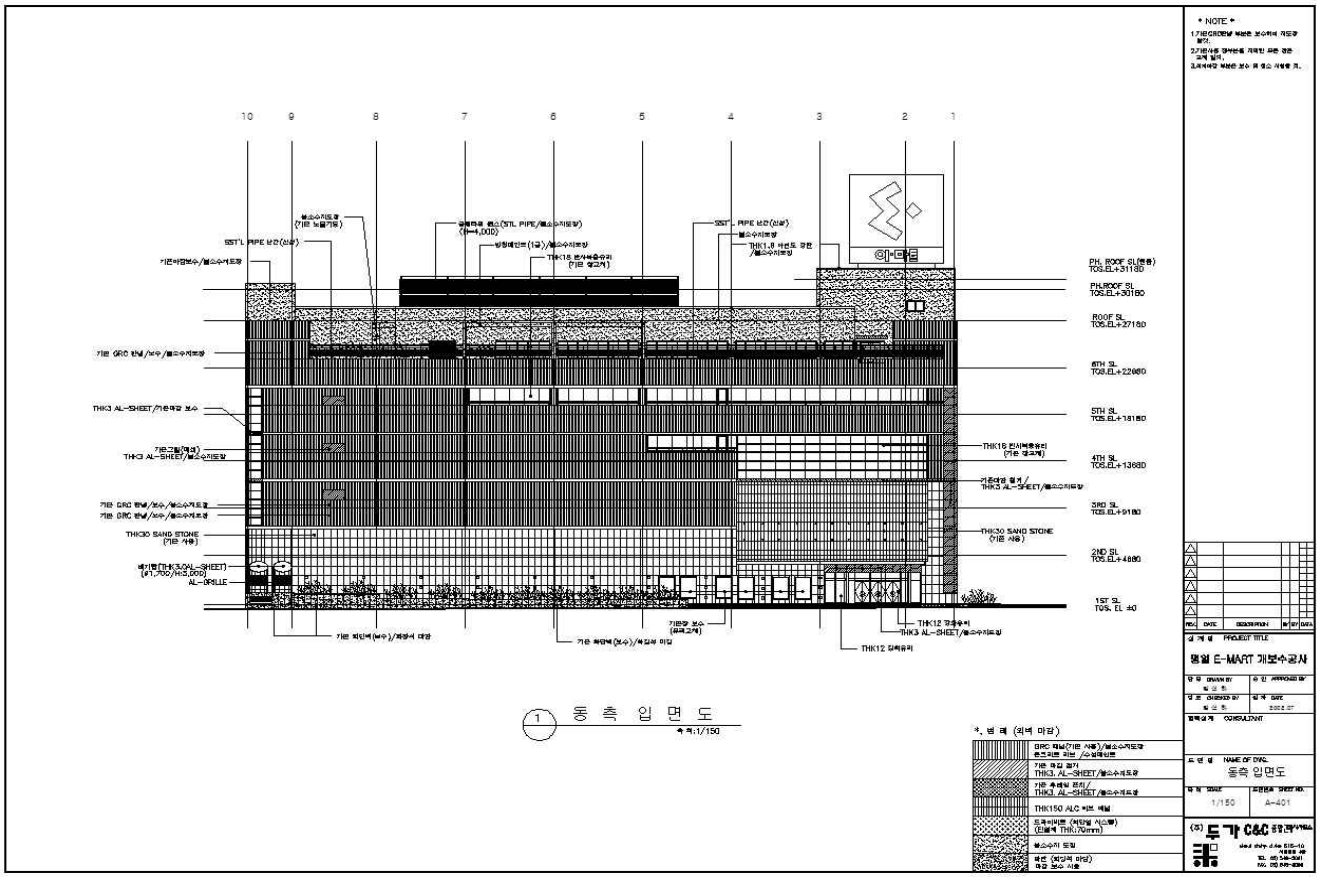
각 매장의 입면도 기준으로 외벽의 구성재 및 층수를 파악하며, 내부 평면도와 열관류율 표를 기준으로 실내 내벽, 외벽의 열관류율을 적용하여 전체 매장의 모델링을 진행하게 된다. 각 존에 대한 외피정보를 알기 위해 입면도를 파악한다. 또한 창을 통해 유입되는 일사의 영향으로 부하, 소요량 영향이 있기 때문에 건물의 방위를 확인한다.



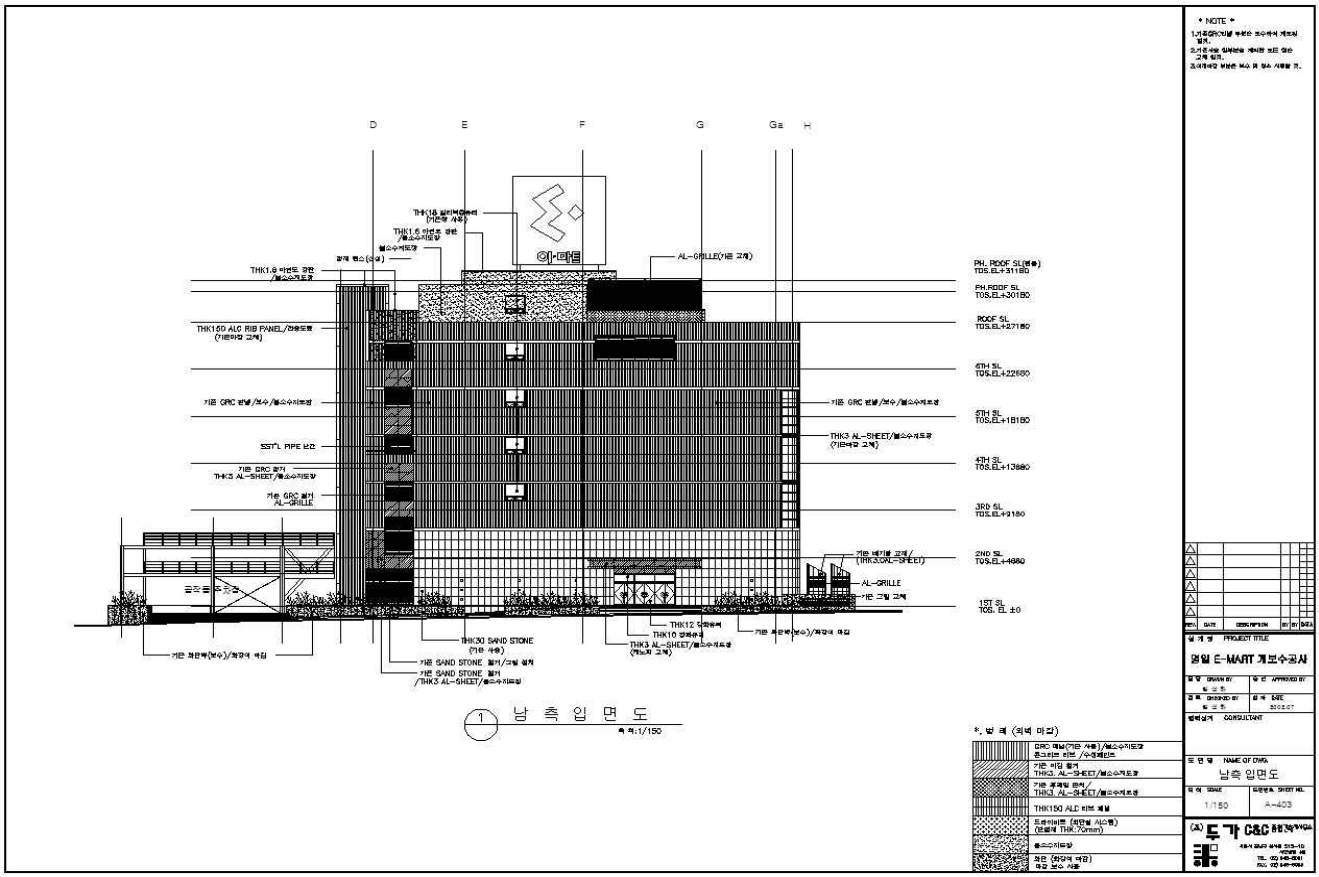
[서울-서측면도]



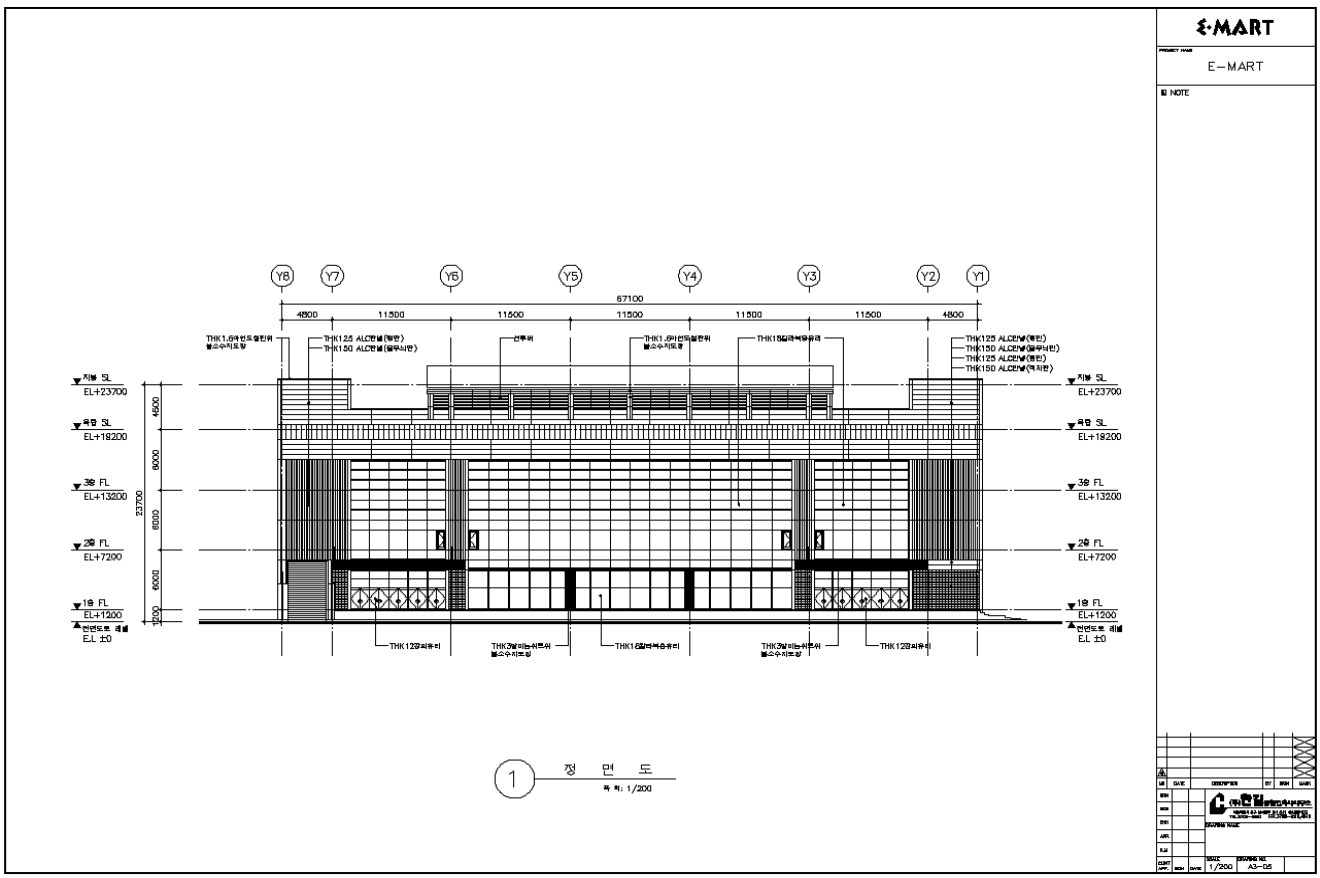
[서울-북측면도]



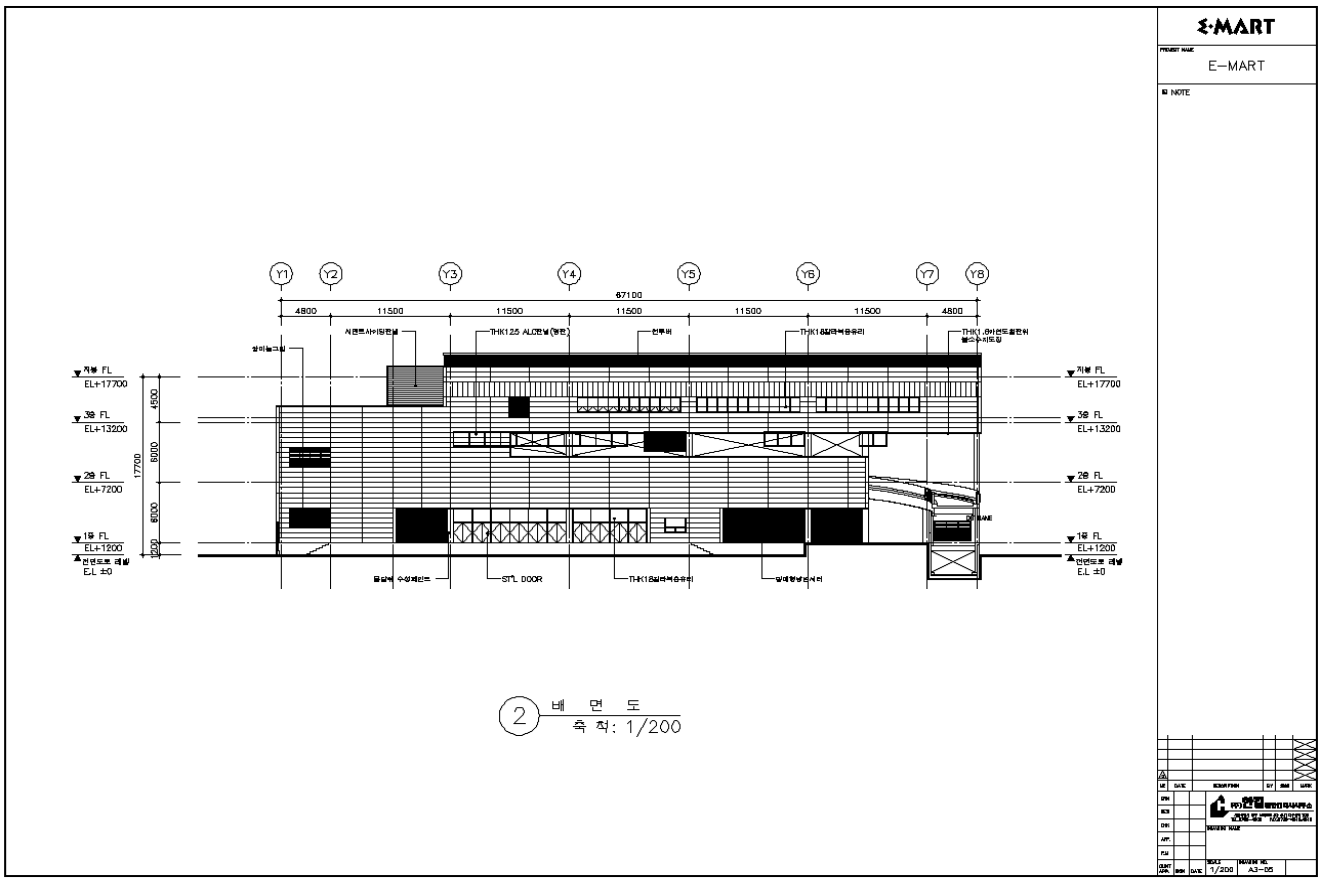
[서울-동측면도]



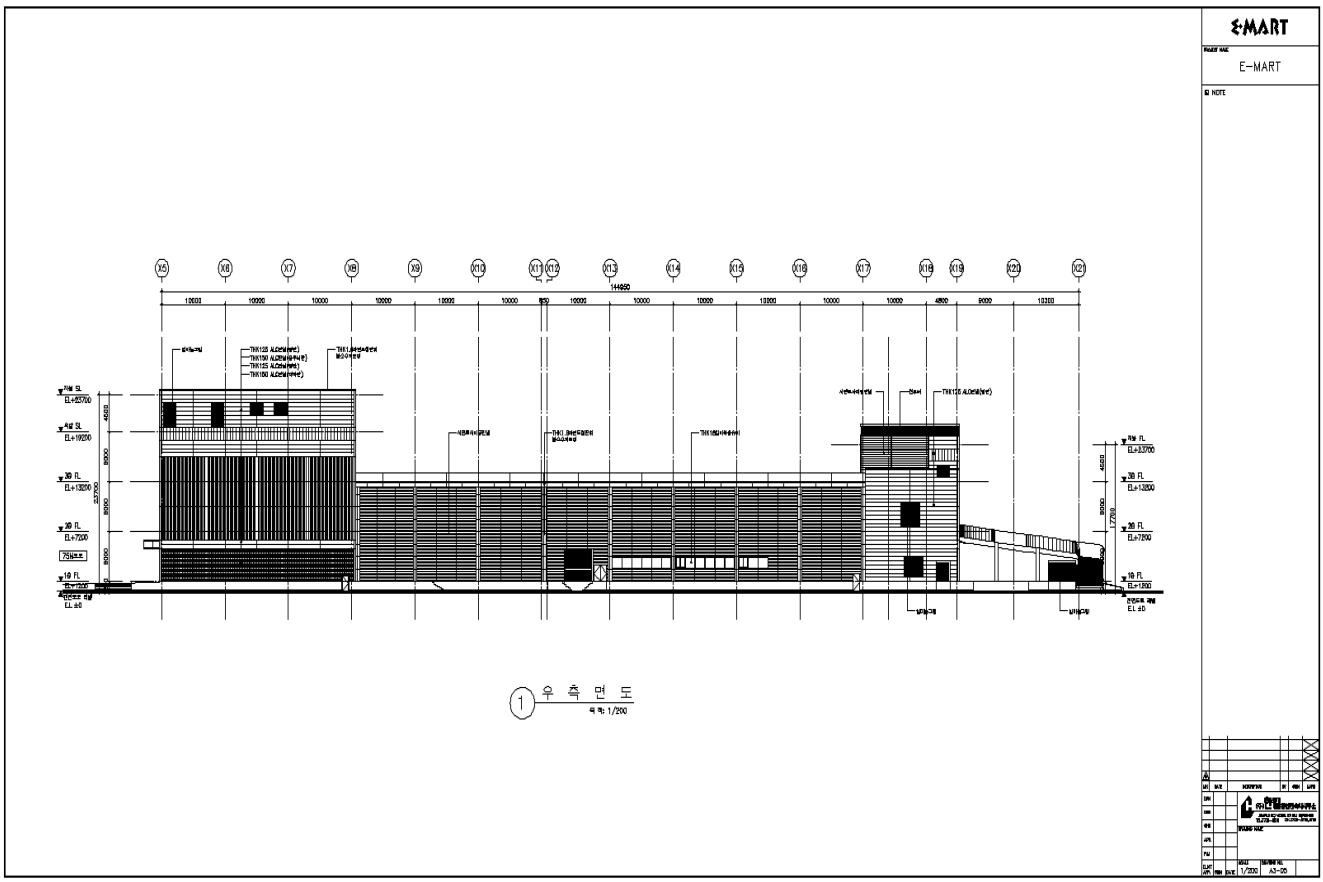
[서울-남측면도]



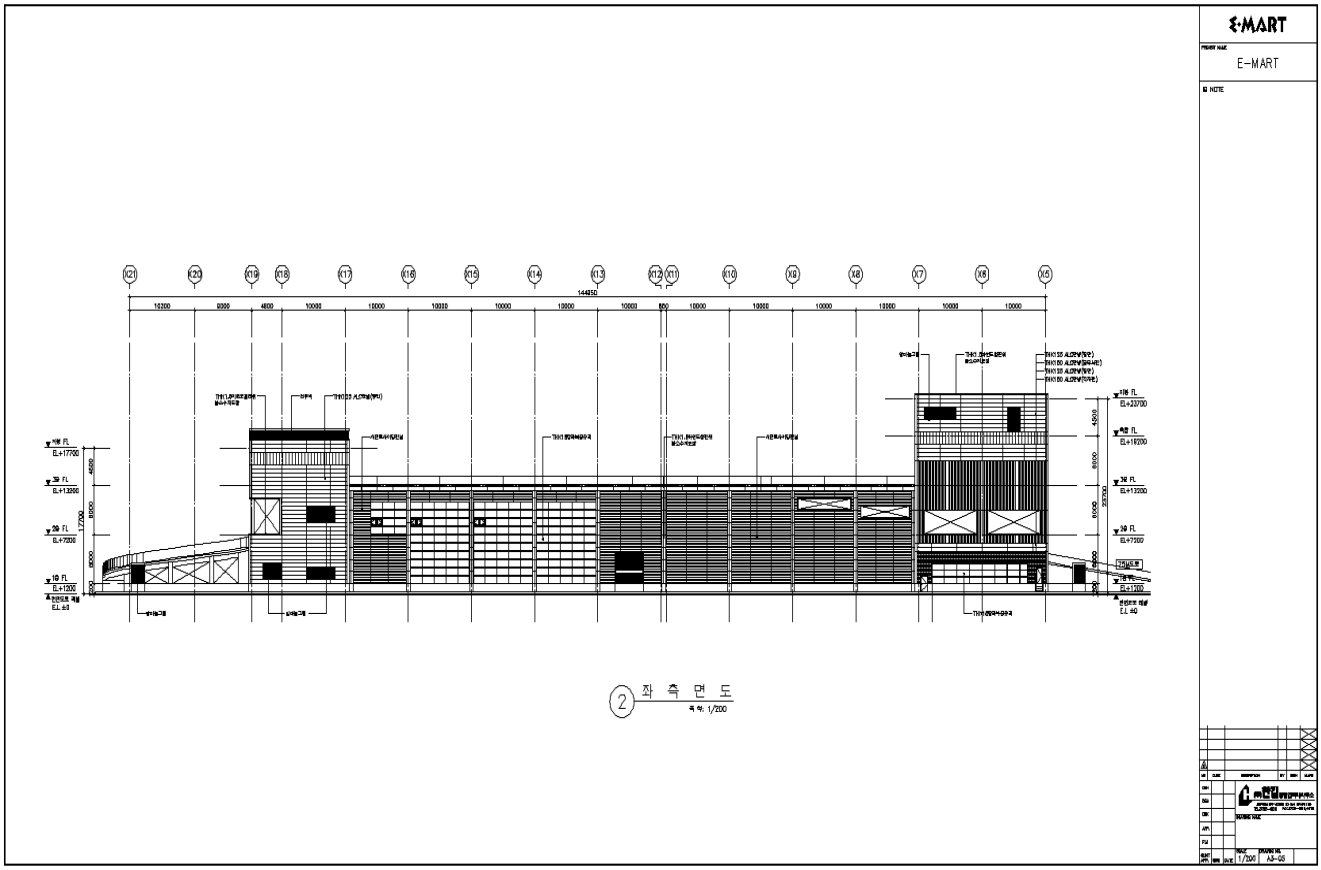
[부산-정면도]



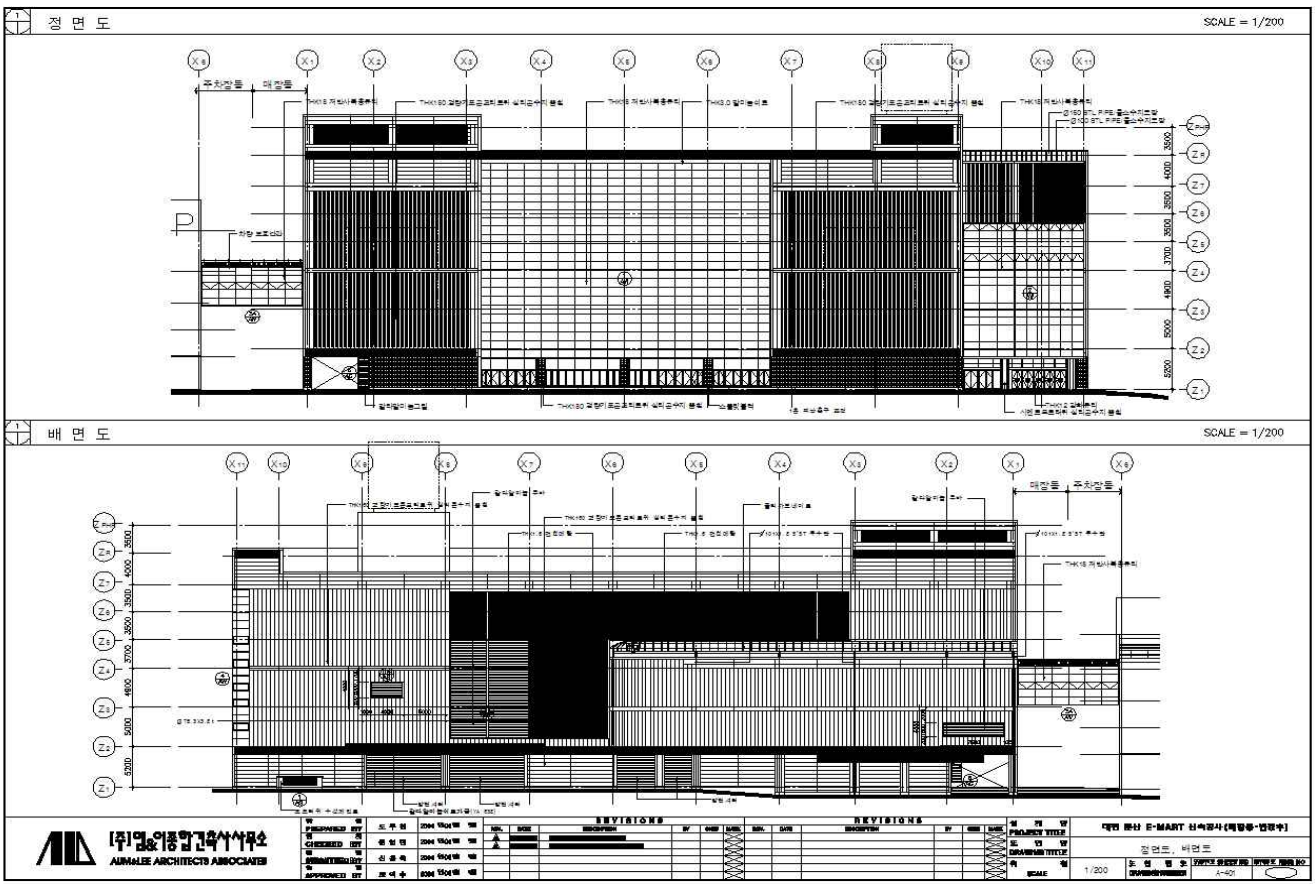
[부산-배면도]



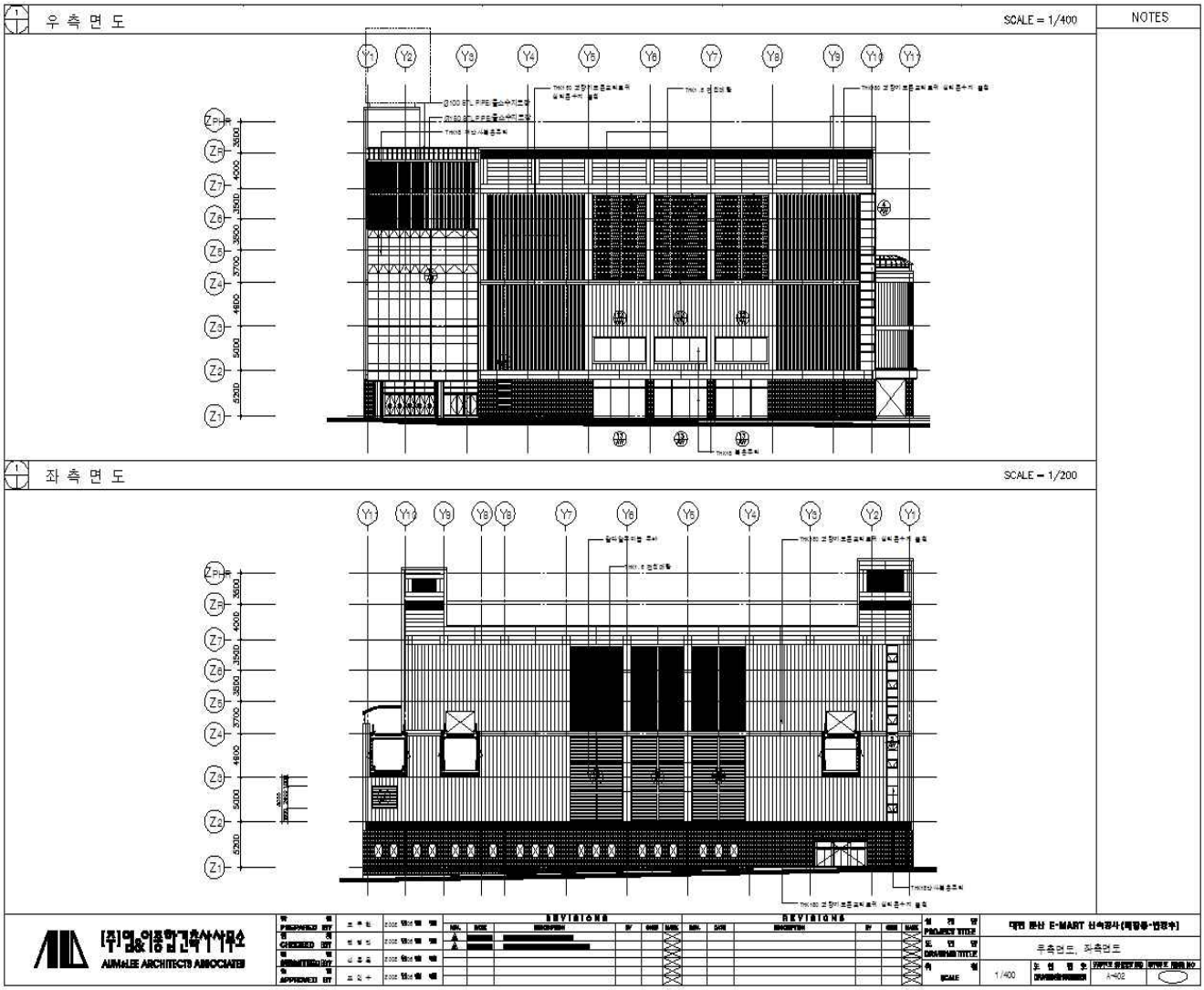
[부산-우측면도]



[부산-좌측면도]



[대전-정면도, 배면도]



[대전-우측면도, 좌측면도]

(3) 건물 모델링

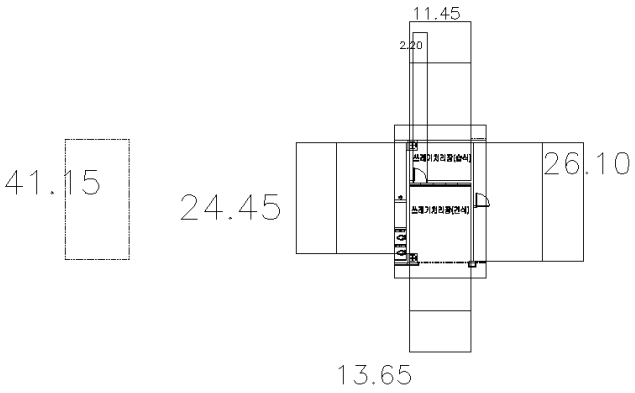
(가) Eco2 모델링

Eco2의 경우 ISO 13790과 DIN 18599를 기준으로 건물에 대해 에너지 평가를 하며, 또한 지역에 맞는 TMY기상데이터를 바탕으로 건울 에너지 요구량, 에너지 소요량 및 1차 에너지 소요량을 계산한다.

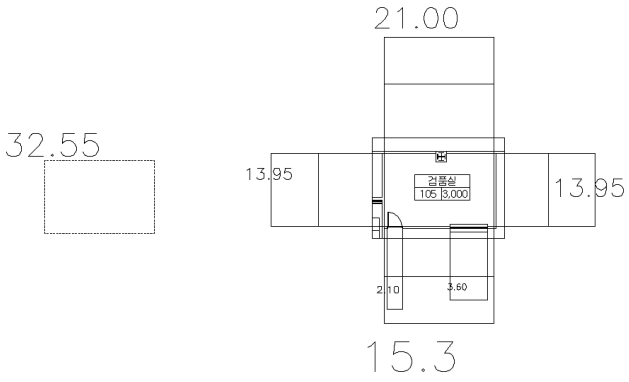
날씨데이터의 경우 프로그램내에 설정되어 있는 지역을 기준으로 선택을 하게 되어 지역에 맞는 데이터를 적용시켜 시뮬레이션을 진행한다. 건물을 구성하는 구조체의 경우 CAD를 활용하여 냉난방을 하고 있는 공간을 기준으로 내·외부벽체 / 창호 / 문을 기준으로 벽체의 면적을 계산 후 프로그램에 입력한다. HVAC시스템의 경우 열원 및 냉난방 공조를 위한 설비시스템을 입력한다. 이를 통해 건물에서 필요로 하는 부하를 계산하는 방식으로 에너지 해석이 가능하다.

Eco2의 경우 냉난방을 하는 공간을 대상으로 에너지 사용량을 산출하기 위해 조닝을 하며 용도별로 스케줄 및 운영상황이 따로 적용되어 있다. 단면도를 통해 해당건물의 내단열, 외단열을 확인하여 적용하며, 환기율의 경우 일반 시뮬레이션의 경우 환기율인 1.5[1/h]를 적용하여 시뮬레이션을 진행한다. 이를 통해 열원기기와 공조방식, 존의 용도로 해당하는 실별로 조닝하여 에너지 사용량을 산출한다.

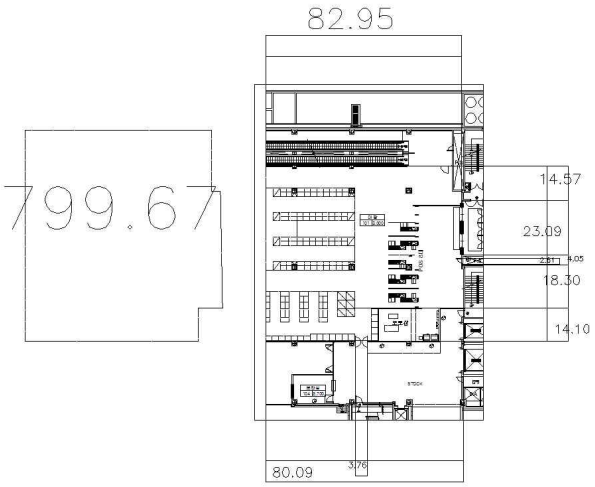
서울 지하1층(쓰레기처리장)_내부 전개도



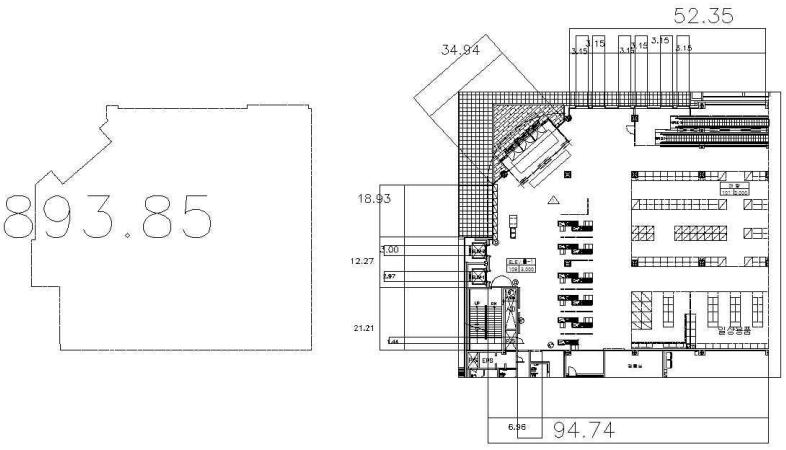
서울 지하1층(검품실)_내부 전개도



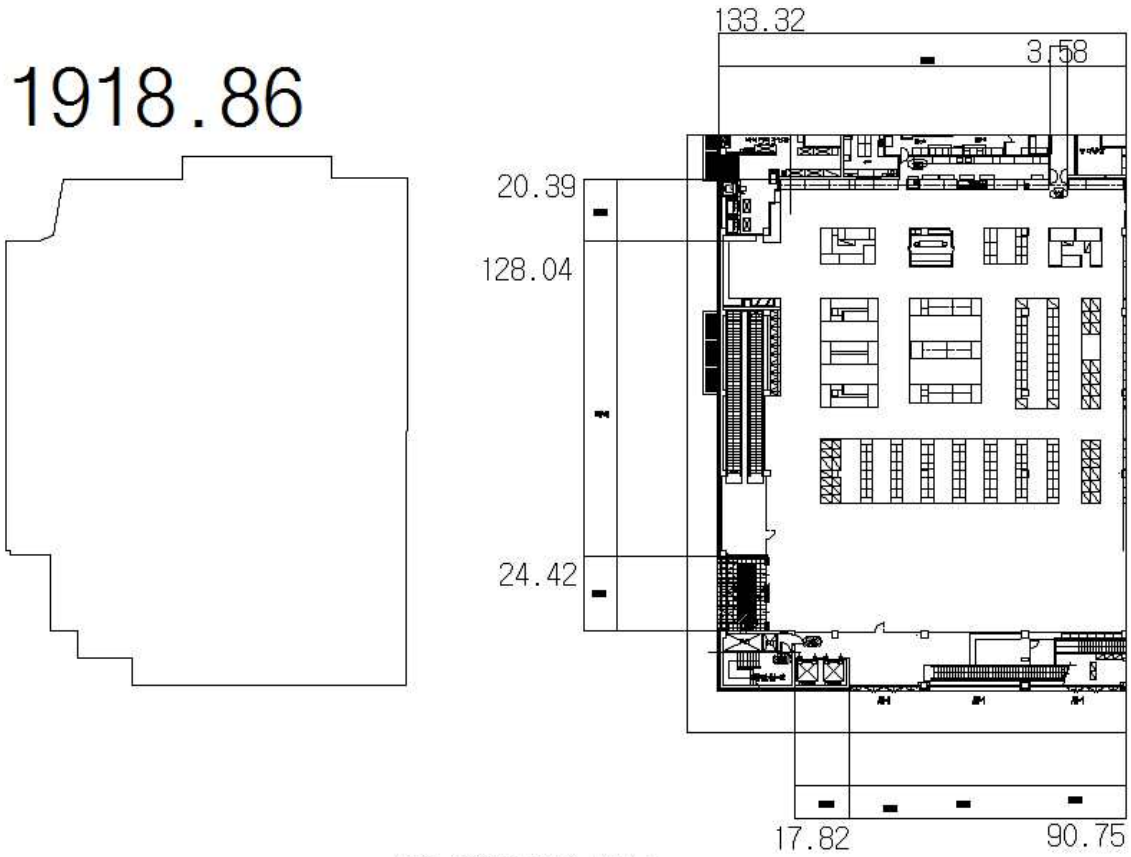
서울 매장 우측_내부 전개도



서울 매장 좌측_내부 전개도

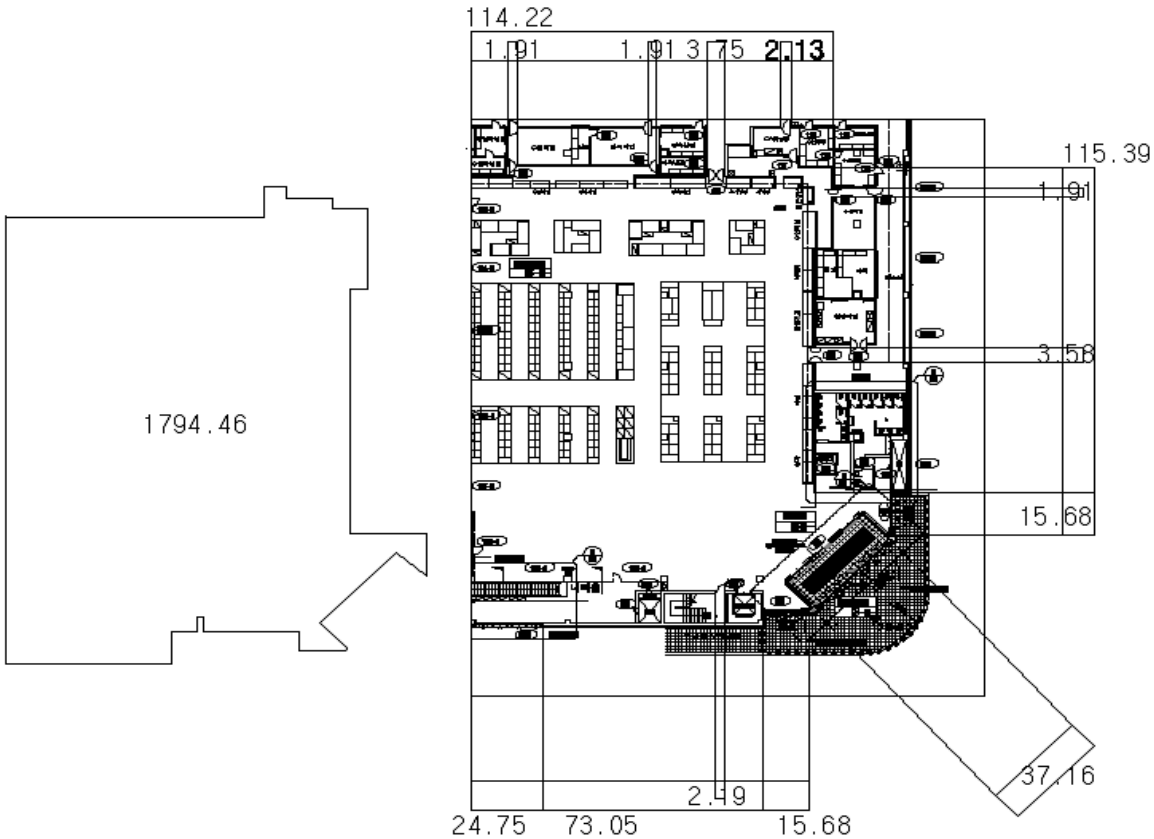


대전 매장 좌측_내부 전개도



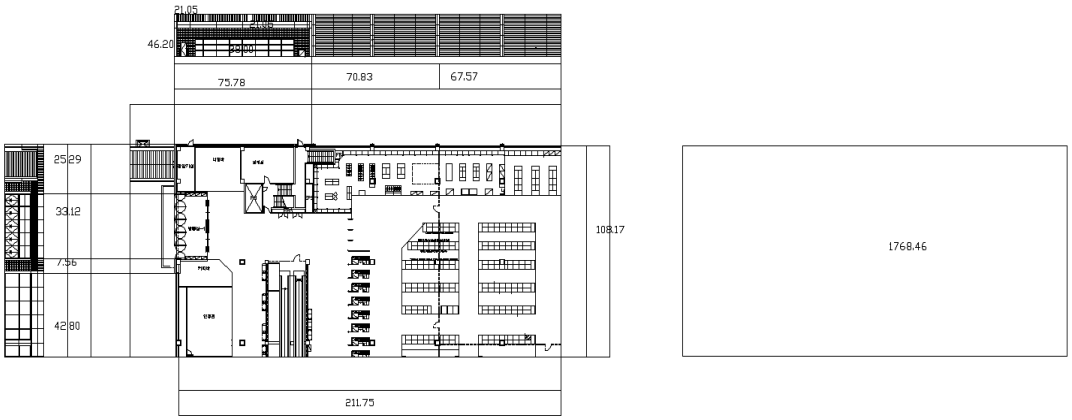
1층 매장용(좌)_AHU-1

대전 매장 우측_내부 전개도

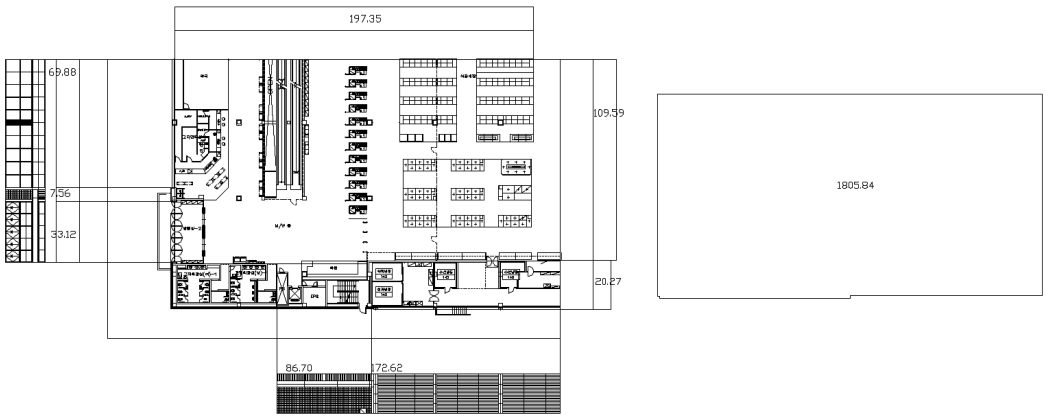


1층 매장용(우)_AHU-2

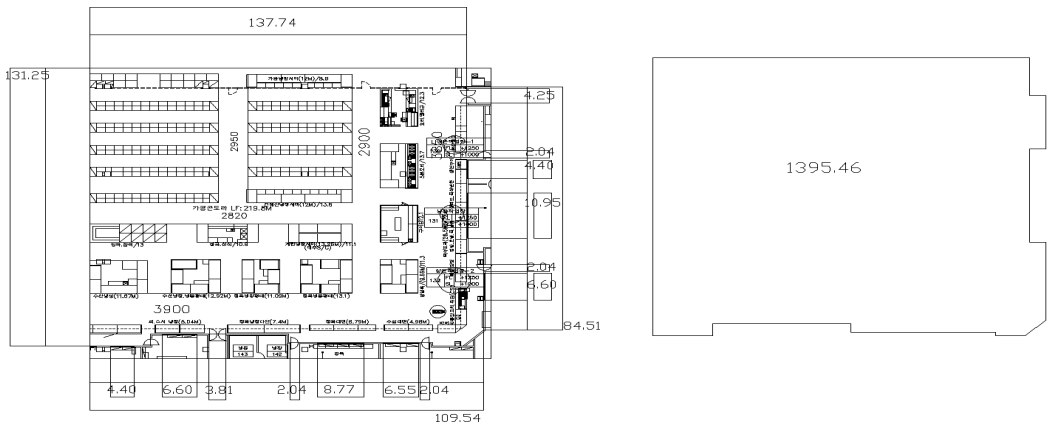
부산 매장 좌측_상부 내부 전개도



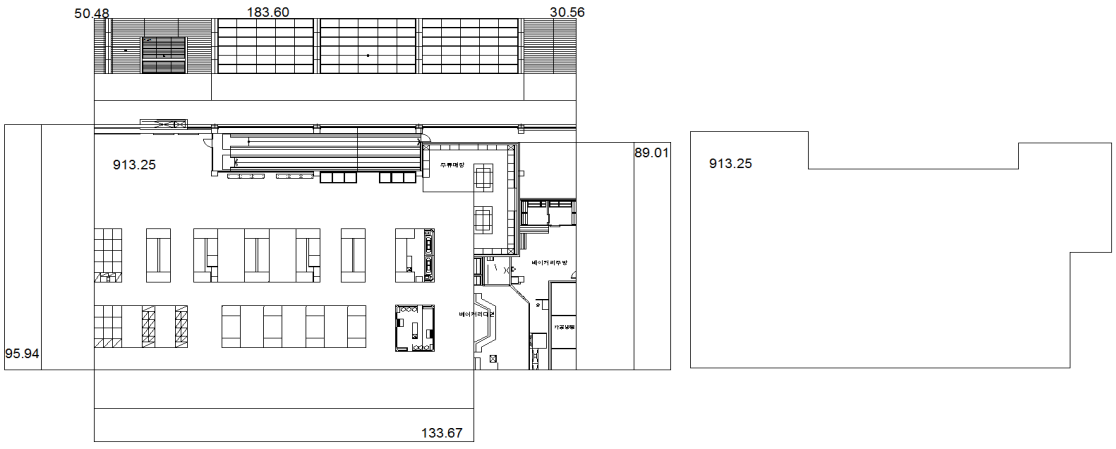
부산 매장 좌측_하부 내부 전개도



부산 매장 우측_하부 내부 전개도



부산 매장 우측_상부 내부 전개도





[서울 판매시설 - 개요]



[지하4층 입력 데이터]



[지하3층 입력 데이터]



[지하2층 입력 데이터]



[지하1층 입력 데이터]



[1층 입력 데이터]



[2층 입력 데이터]



[3층 입력 데이터]



[4층 입력 데이터]



[5층 입력 데이터]



[6층 입력 데이터]



[대전 판매시설 - 개요]



[지하 1층 입력 데이터]



[1층 입력 데이터]



[2층 입력 데이터]



[3층 입력 데이터]



[4층 입력 데이터]



[5층 입력 데이터]



[6층 입력 데이터]



[7층 입력 데이터]



[부산 판매시설 - 개요]



[지하 1층 입력 데이터]



[1층 입력 데이터]



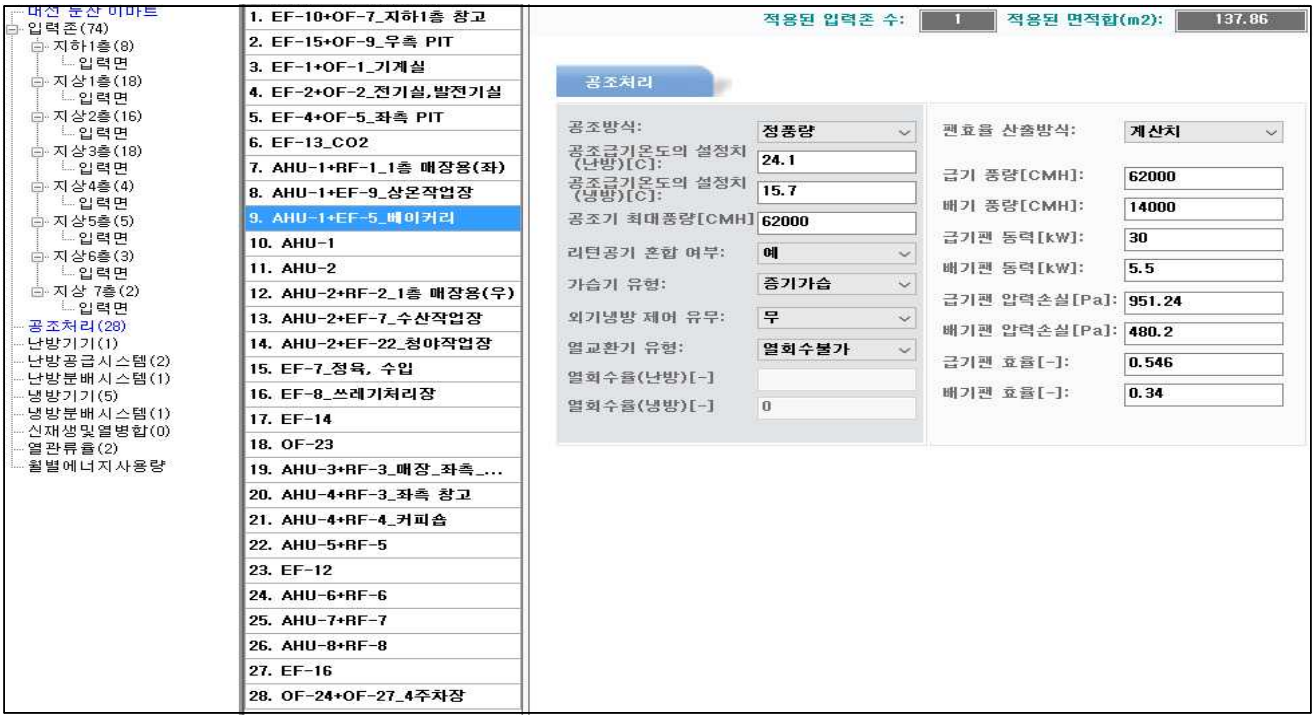
[2층 입력 데이터]



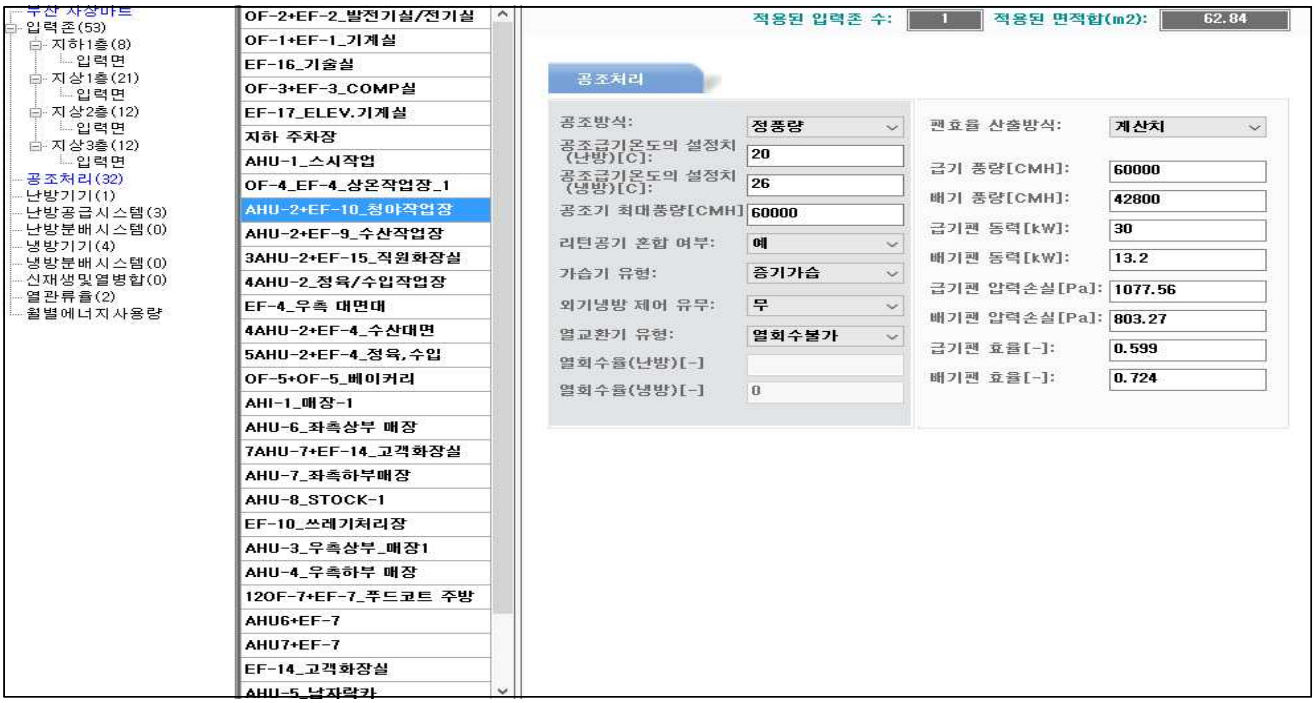
[3층 입력 데이터]



[서울 입력 데이터]



[대전 입력 데이터]

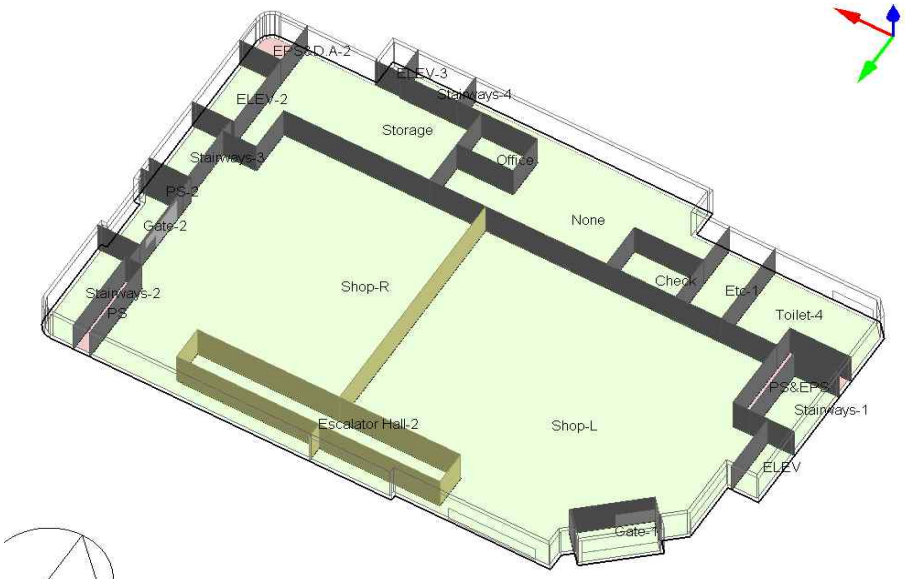


[부산 입력 데이터]

(나) DesignBuilder 모델링

본 시뮬레이션은 BLAST 와 DOE-2의 장점만을 결합하여 개발된 EnergyPlus를 기반으로 건물 에너지 해석을 수행하는 DesignBuilder를 활용하였다. EnergyPlus는 건물의 응답(response)과 1차, 2차 시스템이 견고하게 결합되어져 통합된 건물과 시스템의 동시 해석이 가능하고 열적 존(thermal zones)과 주변 환경(외부 변수) 간의 상호작용을 위해 보조 시간간격(표준 이외의 시간 간격 : Sub-hourly) 및 사용자 지정 시간 간격으로 해석이 가능하다. 매 시간간격에서 내·외부 표면에서의 복사와 대류 효과를 동시 계산이 가능하도록 하는 건물 열부하에 대한 열평형에 기반하는 해석 기법이며 사용자가 프로그램 소스 코드를 재 컴파일링하지 않고 특정 시스템과 다소 수정된 시스템으로 수정할 수 있도록 한 HVAC Loop 시스템이 구성된다. 정확한 에너지 사용량을 확인하기 위해 날씨데이터는 서울, 대전, 부산의 전년도 기상데이터를 적용하여 시뮬레이션을 진행하였다.

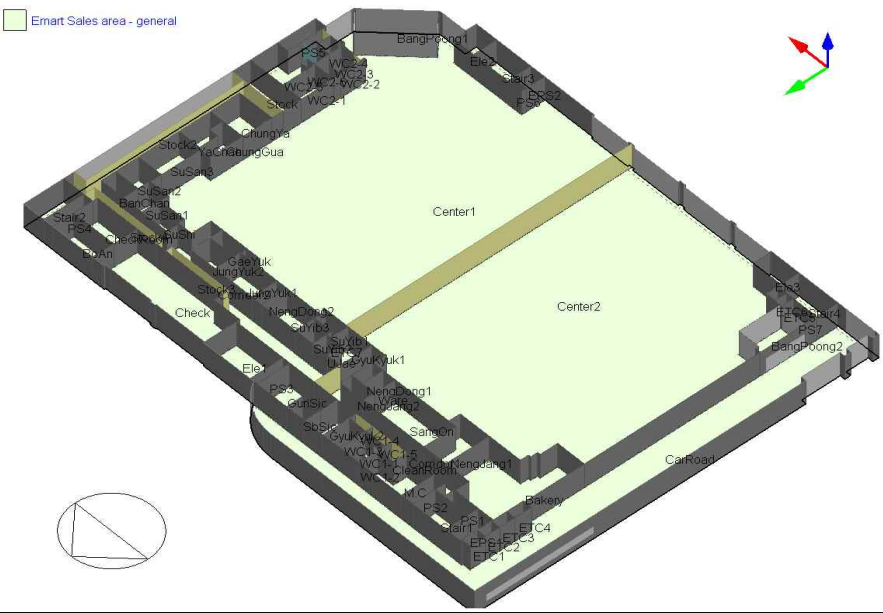
서울-내부 모델링



대전-내부 모델링

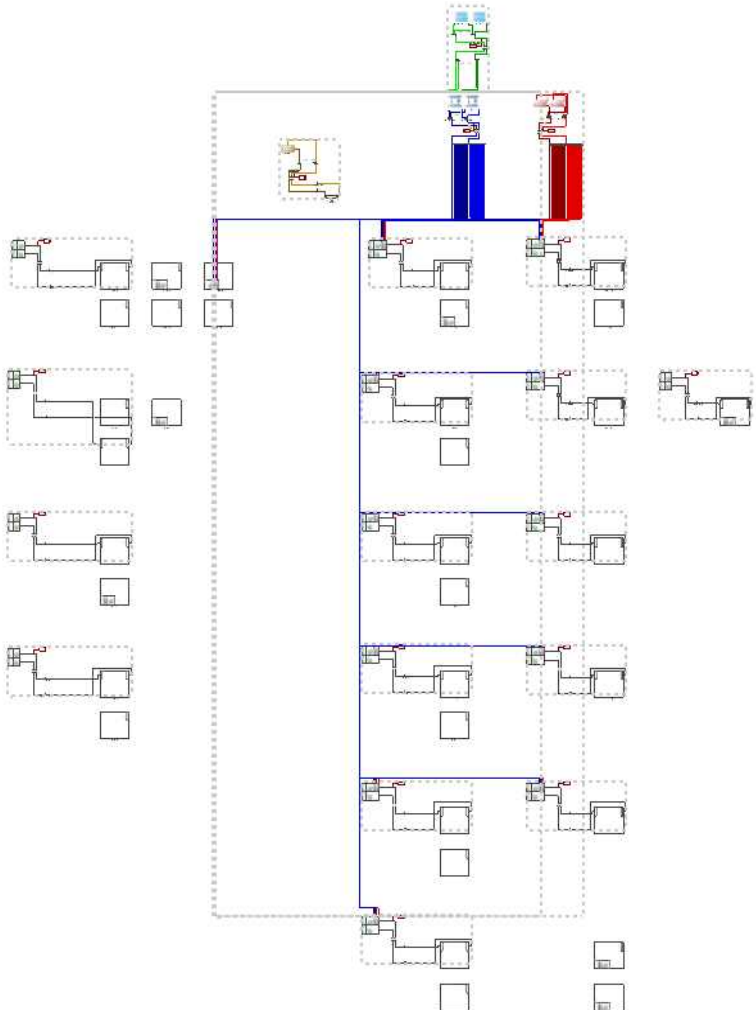


부산-내부 모델링

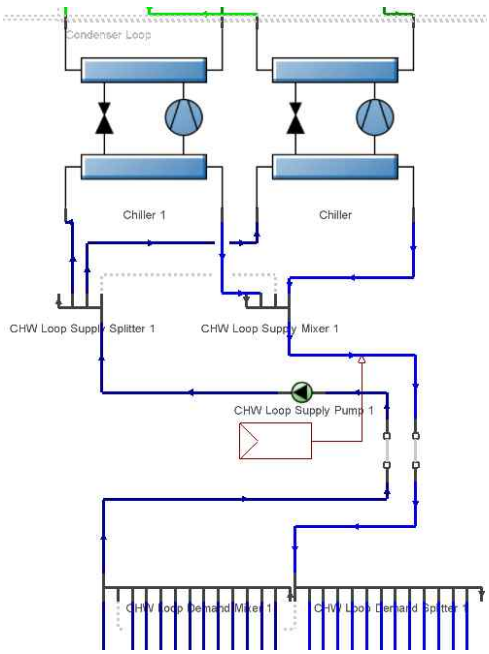


국내 날씨 특성으로 인해 냉방과 난방이 같이 이루어지고 있으며 이에 따라 냉난방 시스템이 같이 적용되어있다. AHU는 각 층별로 설치되어 있으며, 흡수식 냉온수기를 지하에 설치하고 헤더적용을 통해 각 실로 냉,온열원을 공급하게 된다.

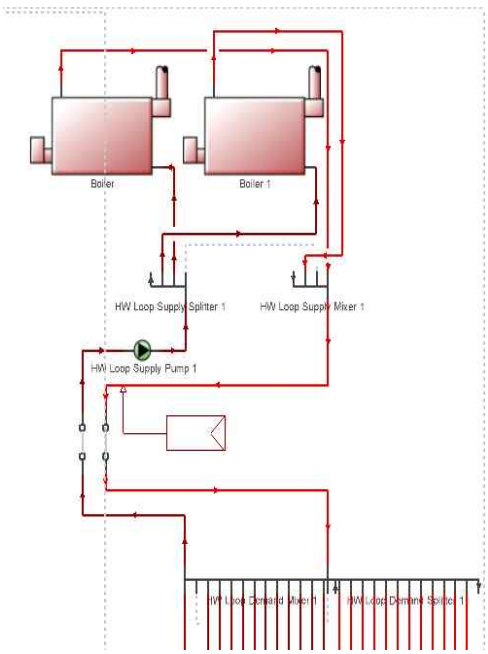
서울-HVAC 모델링-건물 전체



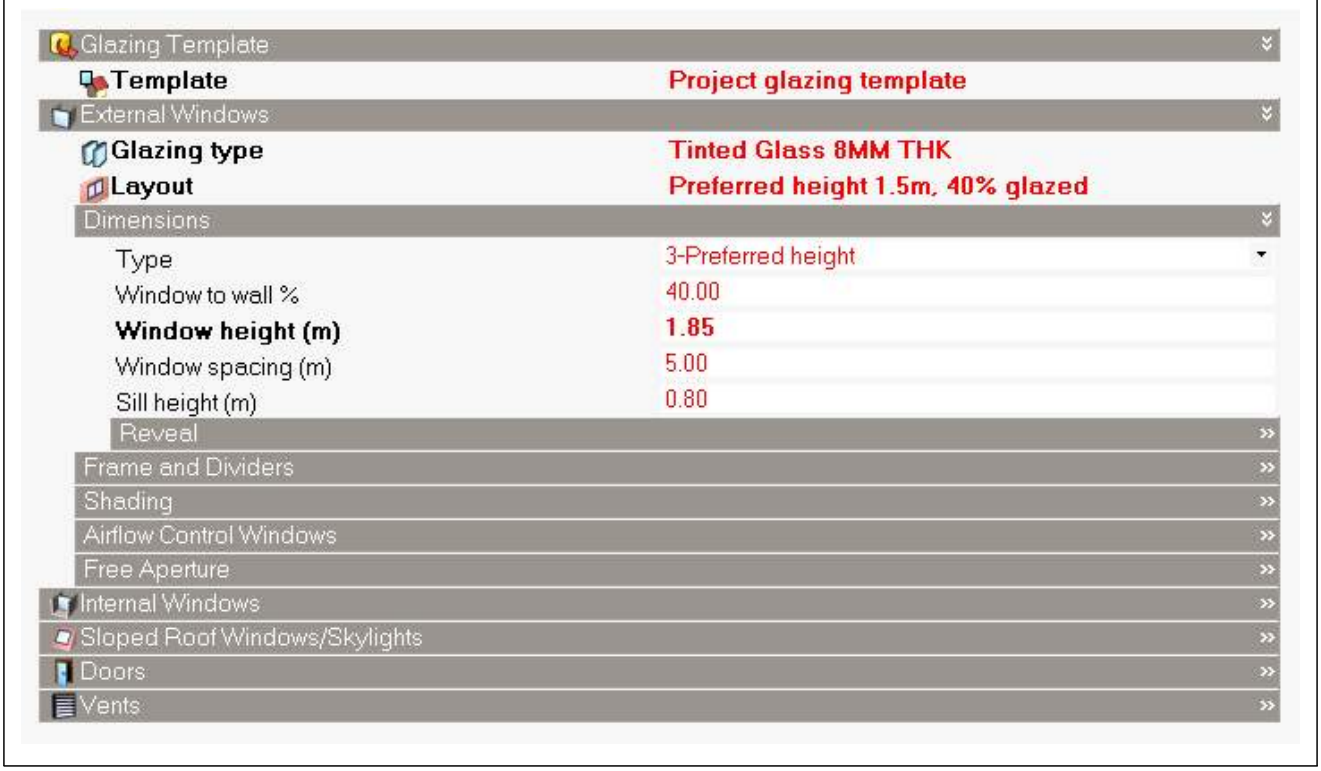
서울-HVAC 세부 모델링(Cooling)



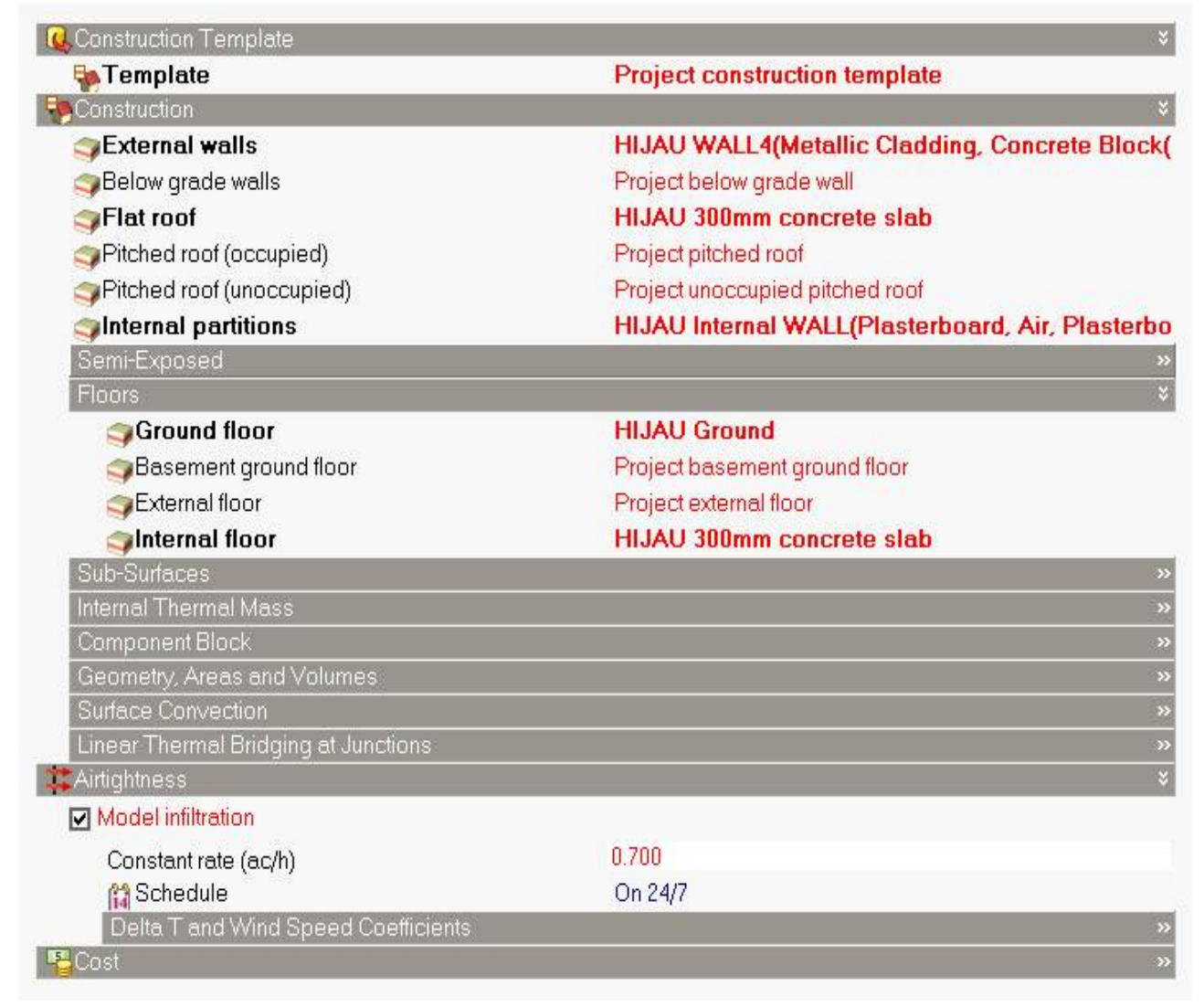
서울-HVAC 세부 모델링(Heating)



Window



Wall & Infiltration

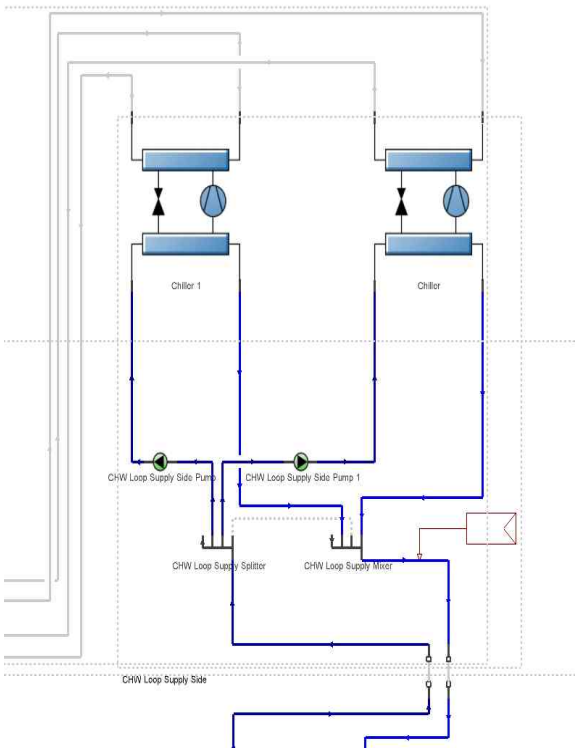


Activity Template	
Template	**HIJAU Office Area**
Sector	B1 Offices and Workshop businesses
Zone multiplier	1
☑ Include zone in thermal calculations	
☑ Include zone in Radiance daylighting calculations	
Floor Areas and Volumes	
Occupied floor area (m2)	15094.6
Occupied volume (m3)	58319.2
Unoccupied floor area (m2)	0.0
Unoccupied volume (m3)	0.0
Occupancy	
Density (people/m2)	0.2000
Schedule	HIJAU Office_Plant_Occ
Metabolic	
Activity	Light office work/Standing/Walking
Factor (Men=1.00, Women=0.85, Children=0.75)	0.90
CO2 generation rate (m3/s-W)	0.0000000382
Clothing	
Winter clothing (clo)	1.00
Summer clothing (clo)	0.50
Generic Contaminant Generation	
Holidays	
DHW	
Environmental Control	
Heating Setpoint Temperatures	
Cooling Setpoint Temperatures	
Cooling (℃)	18.0
Cooling set back (℃)	20.0
Humidity Control	
Ventilation Setpoint Temperatures	
Natural Ventilation	
Minimum Fresh Air	
Lighting	
Computers	
Office Equipment	
☑ On	
Gain (W/m2)	10.00
Schedule	HIJAU Office_Plant_Equip
Radiant fraction	0.200
Miscellaneous	
Catering	
Process	

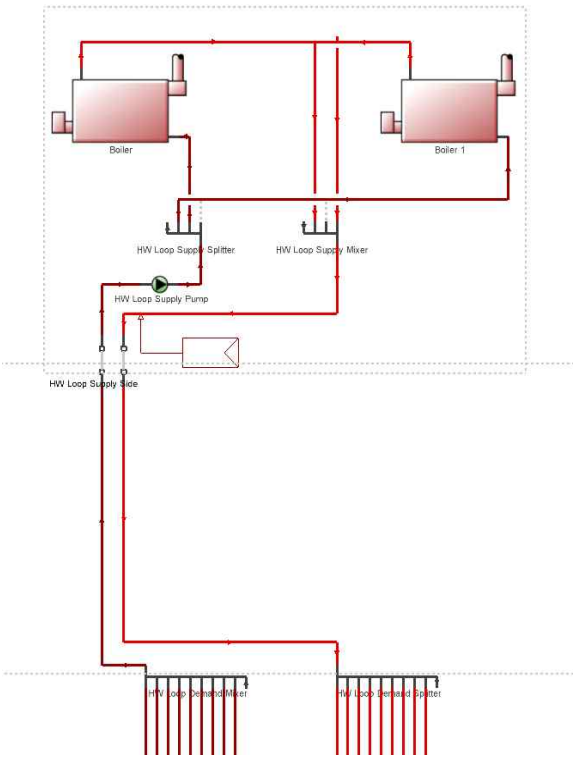
부산-HVAC 모델링-건물 전체



부산-HVAC 세부 모델링(Cooling)



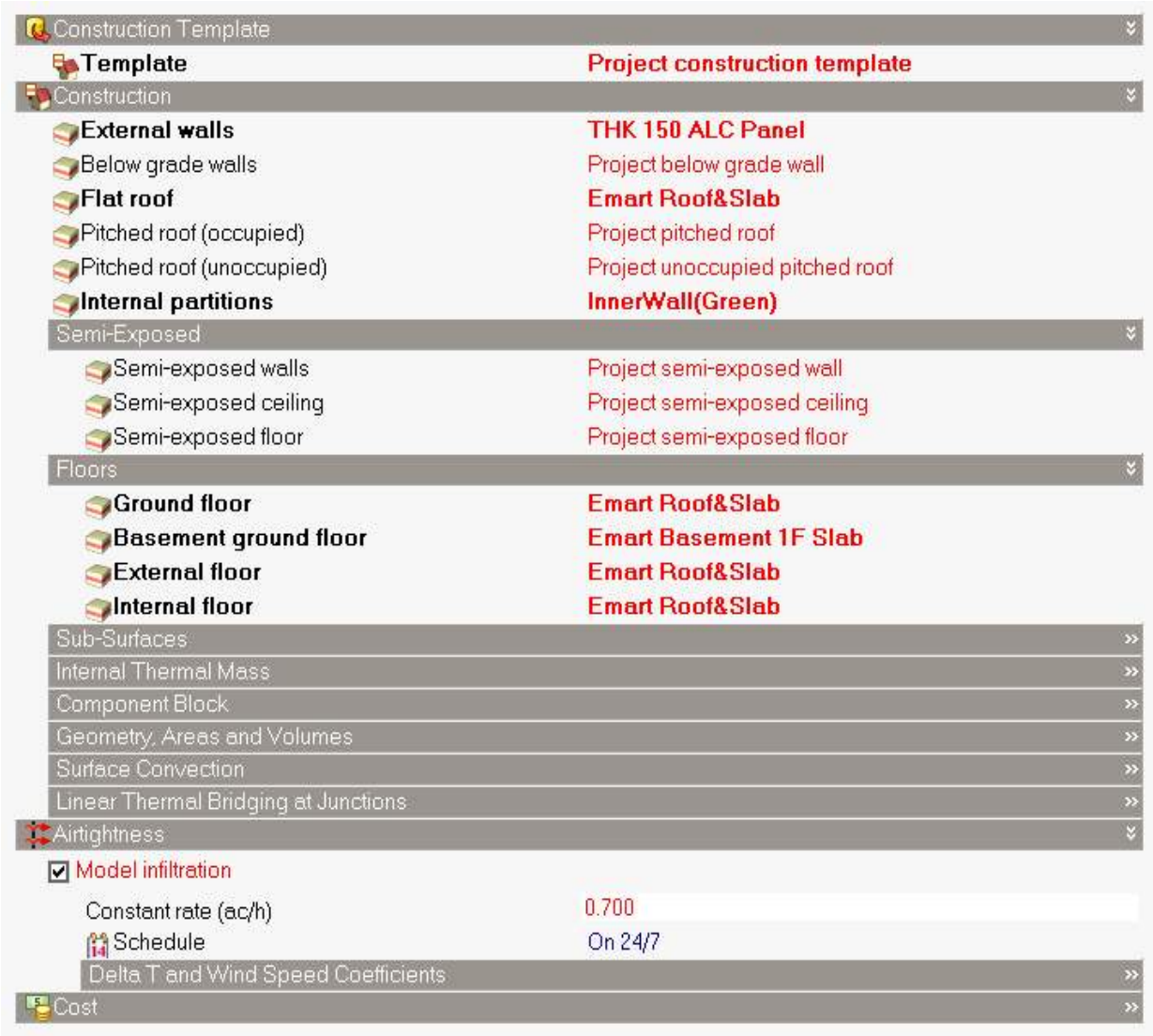
부산-HVAC 세부 모델링(Heating)

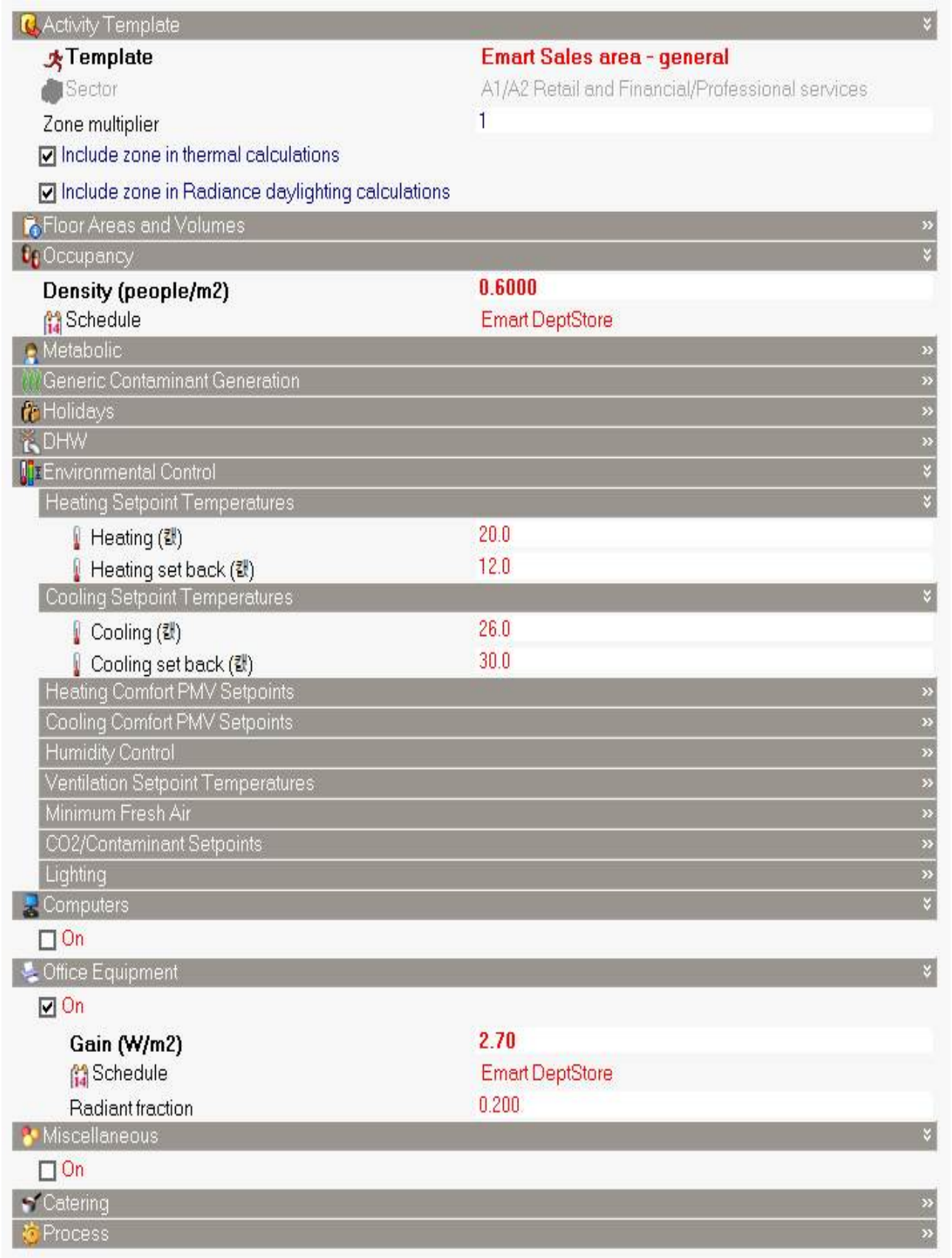


Window

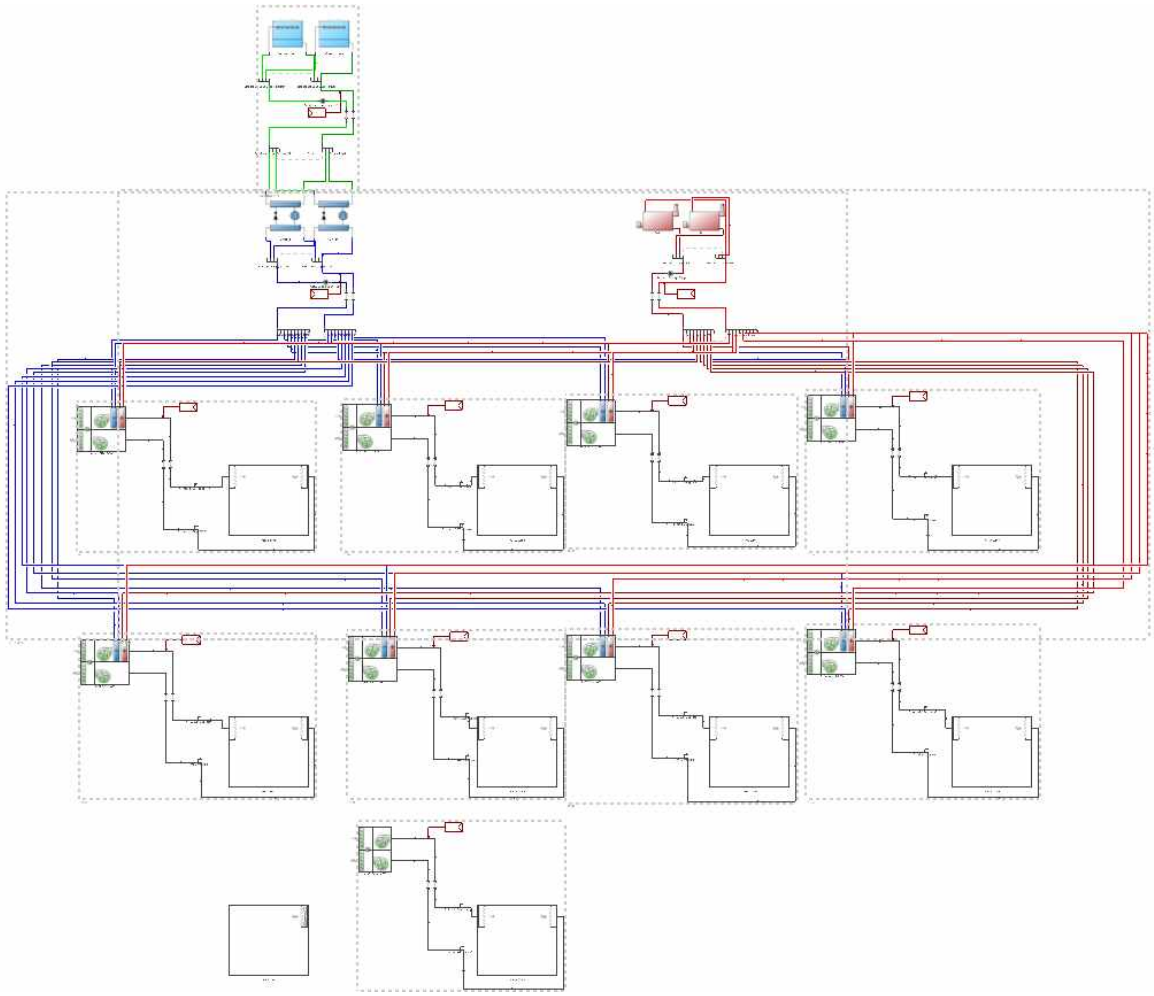


Wall & Infiltration

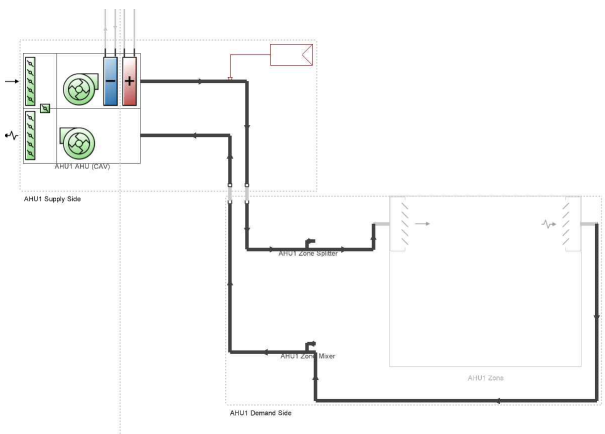



Activity Template
Template
Emart Sales area - general
Sector
A1/A2 Retail and Financial/Professional services
Zone multiplier
1
Include zone in thermal calculations
Include zone in Radiance daylighting calculations
Floor Areas and Volumes
Occupancy
Density (people/m2)
0.6000
Schedule
Emart DeptStore
Metabolic
Generic Contaminant Generation
Holidays
DHW
Environmental Control
Heating Setpoint Temperatures
Heating (℃)
20.0
Heating set back (℃)
12.0
Cooling Setpoint Temperatures
Cooling (℃)
26.0
Cooling set back (℃)
30.0
Heating Comfort PMV Setpoints
Cooling Comfort PMV Setpoints
Humidity Control
Ventilation Setpoint Temperatures
Minimum Fresh Air
CO2/Contaminant Setpoints
Lighting
Computers
On
Office Equipment
On
Gain (W/m2)
2.70
Schedule
Emart DeptStore
Radiant fraction
0.200
Miscellaneous
On
Catering
Process

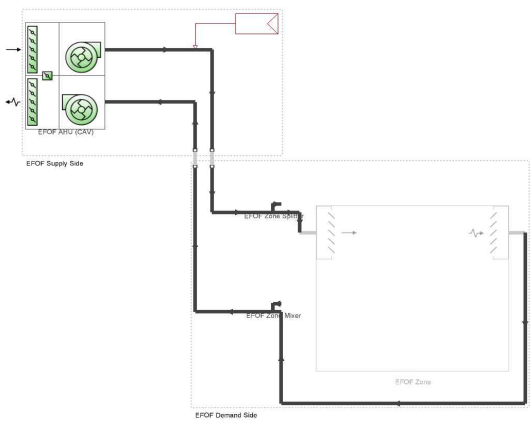
대전-HVAC 모델링-건물 전체



대전-HVAC 세부 모델링(AHU)



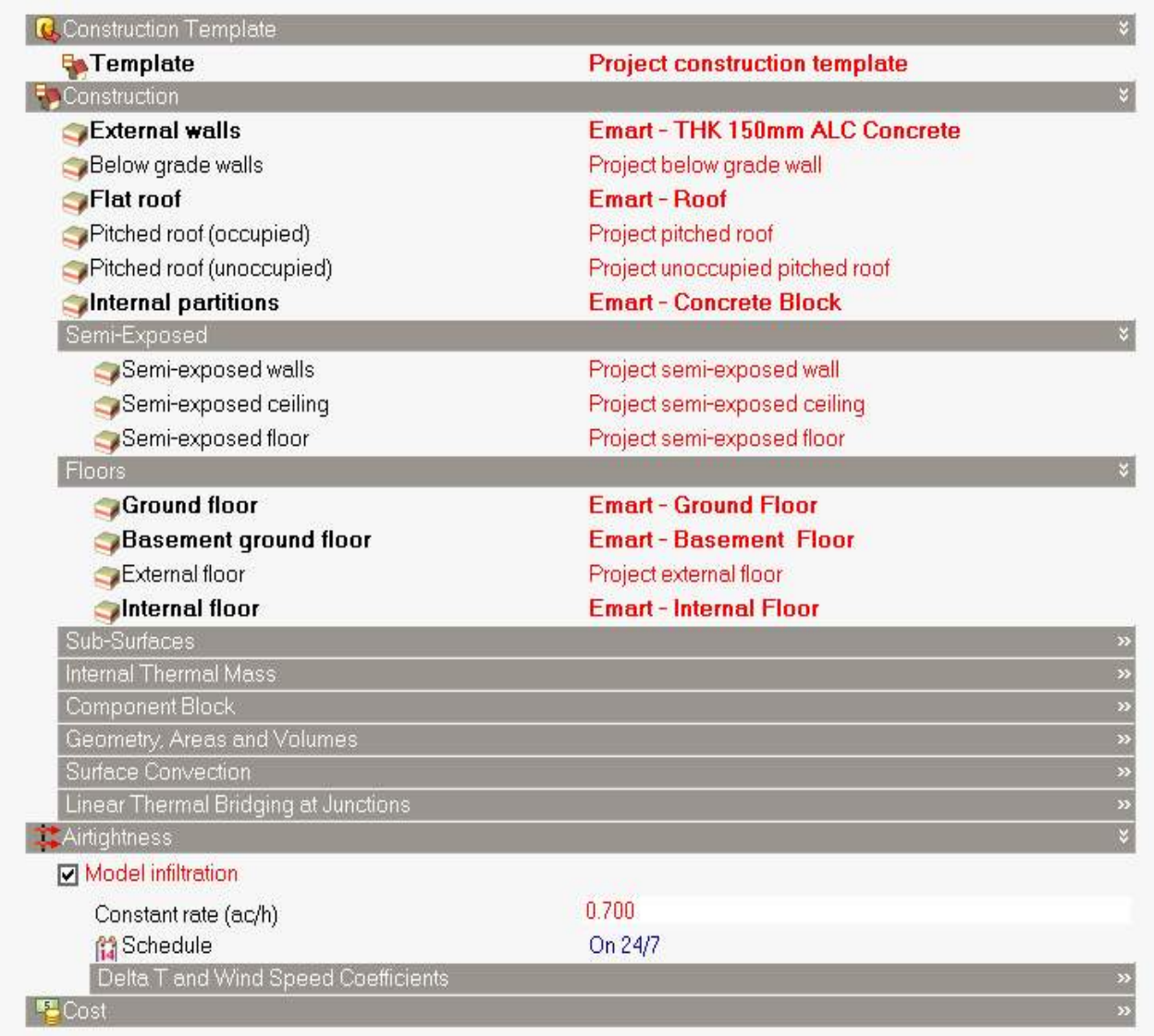
대전-HVAC 세부 모델링(EF)



Window



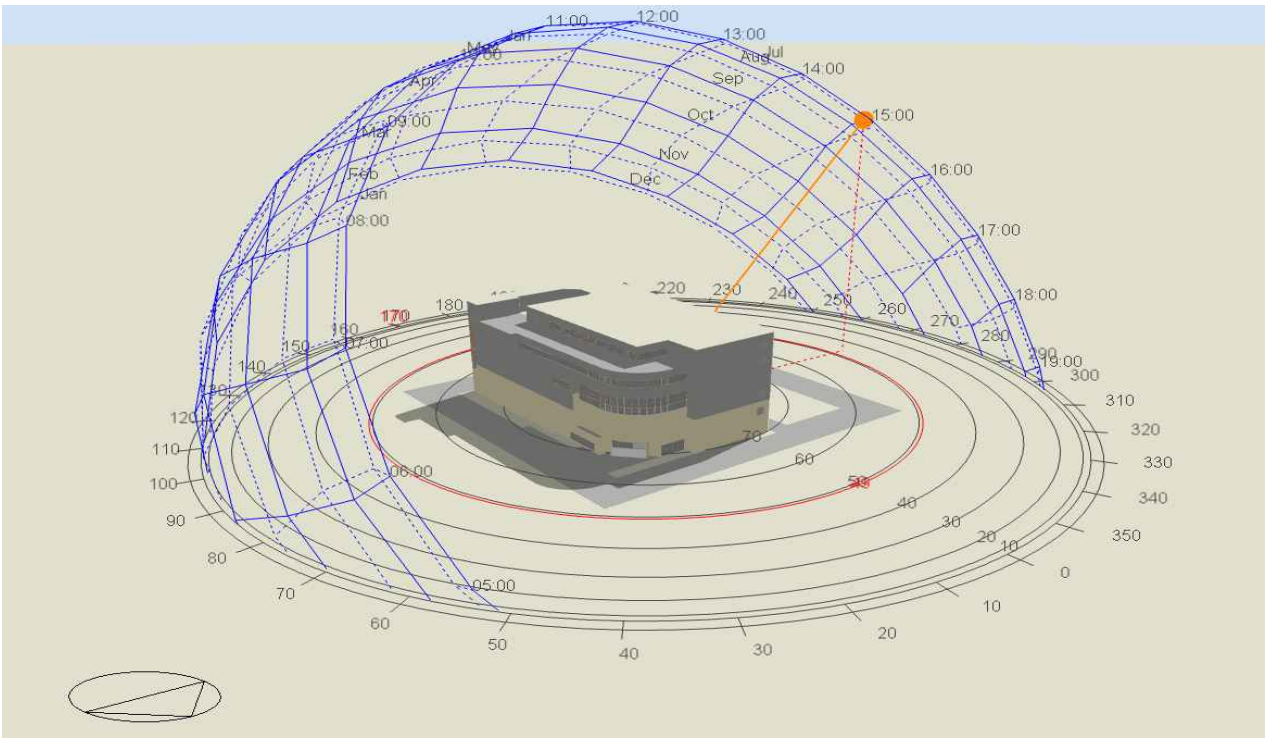
Wall & Infiltration



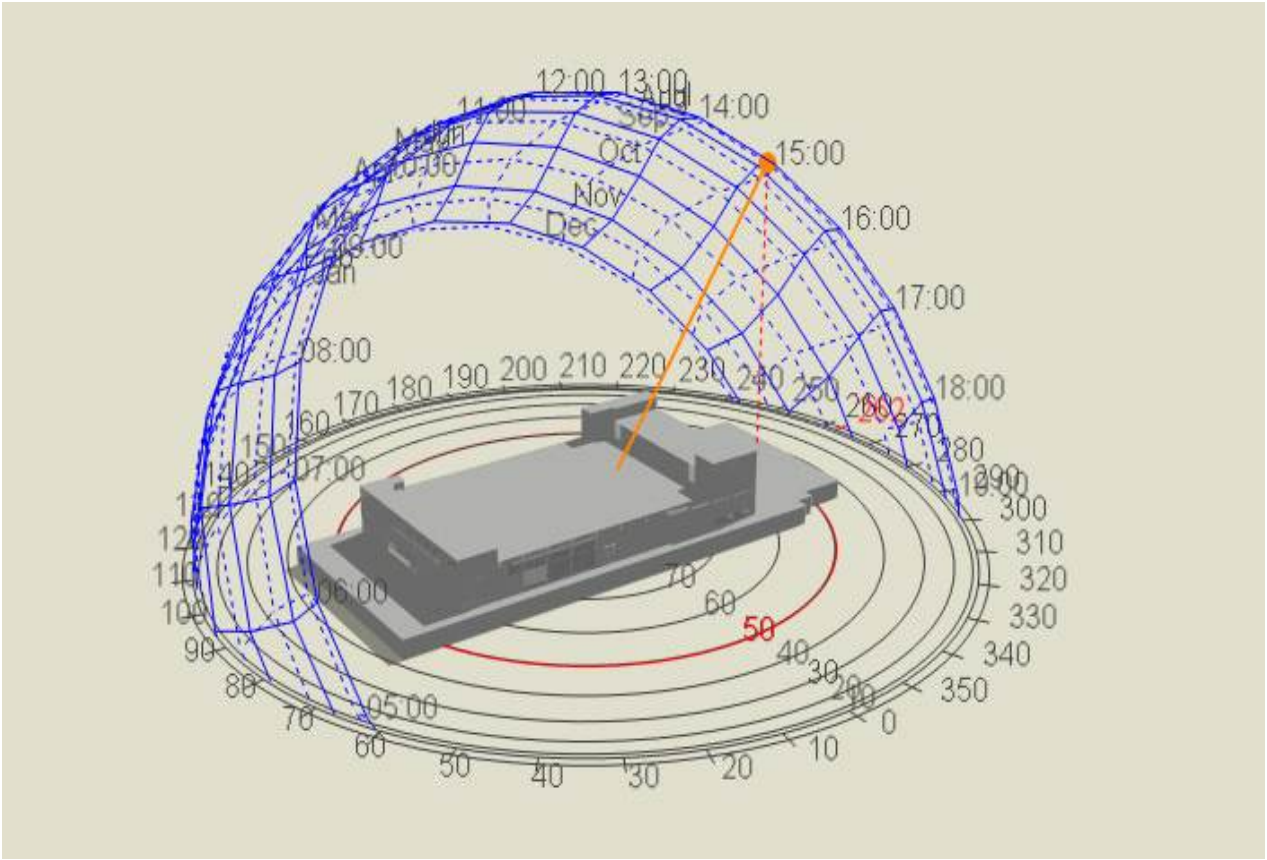
Activity

Activity Template	
Template	**Emart Sales area - general**
Sector	A1/A2 Retail and Financial/Professional services
Zone multiplier	1
☑ Include zone in thermal calculations	
☑ Include zone in Radiance daylighting calculations	
Floor Areas and Volumes	
Occupancy	
Density (people/m2)	0.6000
Schedule	Emart DeptStore
Metabolic	
Generic Contaminant Generation	
Holidays	
DHW	
Environmental Control	
Heating Setpoint Temperatures	
Heating (℃)	20.0
Heating set back (℃)	12.0
Cooling Setpoint Temperatures	
Cooling (℃)	26.0
Cooling set back (℃)	30.0
Heating Comfort PMV Setpoints	
Cooling Comfort PMV Setpoints	
Humidity Control	
Ventilation Setpoint Temperatures	
Minimum Fresh Air	
CO2/Contaminant Setpoints	
Lighting	
Computers	
☐ On	
Office Equipment	
☑ On	
Gain (W/m2)	2.70
Schedule	Emart DeptStore
Radiant fraction	0.200
Miscellaneous	
☐ On	
Catering	
Process	

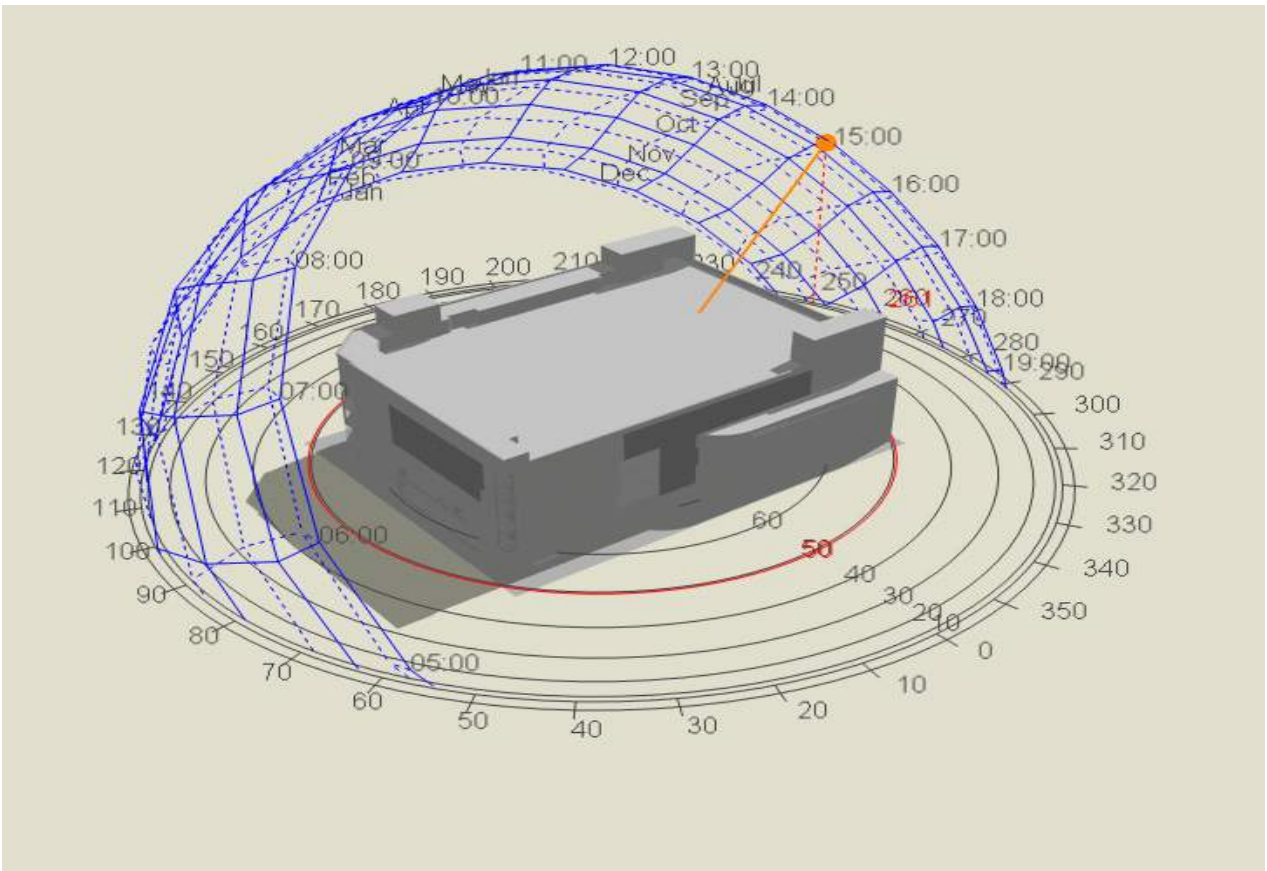
서울-최종모델링



부산-최종모델링



대전-최종모델링



(4) 기상데이터를 활용한 시뮬레이션 평가

(가) 판매시설 (서울)

판매시설 A의 실제 '2015년도 월간 에너지소비실적' 데이터와 대조모델 2개를 분석해 타당성을 검토하였다.

<표 170> 서울지점 실제 에너지사용량과 시뮬레이션 결과 데이터 대조표

	실제 에너지사용량 (Kwh)	(정격효율+TMY) 시뮬레이션 모델 A	(AMY+계절효율계수) 시뮬레이션 모델 B
1월	612,715	6,034,907	522,307
2월	480,607		439,139
3월	474,046		383,310
4월	433,113		345,758
5월	506,632		454,976
6월	544,746		756,335
7월	621,740		836,032
8월	628,983		863,250
9월	525,047		589,344
10월	465,842		437,081
11월	447,136		349,038
12월	533,018		458,622

(나) 판매시설 (대전)

판매시설 A의 실제 '2015년도 월간 에너지소비실적' 데이터와 대조모델 3개를 분석해 타당성을 검토하였다.

<표 171> 판매시설 (대전)의 에너지사용량과 시뮬레이션 결과 데이터 대조표

	실제 에너지사용량 (Kwh)	(정격효율+TMY) 시뮬레이션 모델 A	(AMY+계절효율계수) 시뮬레이션 모델 B
1월	770,072	7,377,758	642,129
2월	663,231		551,000
3월	625,654		407,542
4월	569,565		380,217
5월	665,584		515,241
6월	672,883		780,728
7월	685,749		1,121,824
8월	711,234		1,113,935
9월	614,470		688,520
10월	569,074		395,313
11월	508,210		406,866
12월	589,985		726,069

(다) 판매시설 (부산)

판매시설 A의 실제 '2015년도 월간 에너지소비실적' 데이터와 대조모델 3개를 분석해 타당성을 검토하였다.

<표 172> 판매시설 (부산)의 에너지사용량과 시뮬레이션 결과 데이터 대조표

	실제 에너지사용량 (Kwh)	(정격효율+TMY) 시뮬레이션 모델 A	(AMY+계절효율계수) 시뮬레이션 모델 B
1월	533,905	6,584,802	502,935
2월	453,420		394,542
3월	470,883		353,601
4월	445,152		386,494
5월	570,708		532,947
6월	632,160		694,305
7월	751,564		994,245
8월	850,226		1,081,457
9월	657,818		802,752
10월	560,352		465,314
11월	470,159		372,408
12월	503,465		429,712

(라) 지역별 판매시설의 예측된 설비기기의 에너지 사용량

시뮬레이션을 활용하여 대상 건축물의 예측된 에너지 소비량을 설비기기 단위로 크게 구분하면 조명, 냉동기, 실내기기, 펌프, 팬, 보일러 나눌 수 있다. 설비기기 단위의 에너지 사용량은 <표 173>, <표 174>, <표 175>와 같이 나타났다.

대상 건축물의 경우 판매시설의 특성상 조명에서 사용되는 전력량이 가장 크게 나타났다. 하지만, 동일한 용도의 건축물을 대상으로도 건축물의 위치에 따라 설비기기의 사용되는 에너지 사용량이 다름을 알 수 있다. 이는 지역별 기상데이터 특성에 따라서 냉난방 부하 및 소비전력에 영향이 미치는 것으로 사료된다.

<표 173> 서울 판매시설 설비기기 단위 시뮬레이션 결과

설비기기 구분	시뮬레이션 결과(kWh)	비율(%)
조명	1,316,512	13.26
냉동기	2,036,049	32.55
실내기기	410,565	21.04
보일러	829,436	6.56
팬	1,361,912	21.77
펌프	147,589	2.36
기타	153,128	2.45

<표 174> 대전 판매시설 설비기기 단위 시뮬레이션 결과

설비기기 구분	시뮬레이션 결과(kWh)	비율(%)
조명	1,591,838	10.77
냉동기	3,302,455	47.11
팬	870,946	22.71
실내기기	369,101	5.27
보일러	754,857	12.42
펌프	22,398	0.32
기타	98,785	1.41

<표 175> 부산 판매시설 설비기기 단위 시뮬레이션 결과

설비기기 구분	시뮬레이션 결과(kWh)	비율(%)
조명	1,241,669	21.15
냉동기	3,227,071	41.75
팬	1,501,674	16.06
실내기기	436,003	5.64
보일러	1,634,976	13.61
펌프	19,771	0.26
기타	118,290	1.53

(5) AshraeGuideline 14-2002를 활용한 검증

(가) Cv(RMSE) [Coefficient of Variation of the Root-Mean-Squared Error]

평균제곱근오차의 변동계수를 말하며, 자료간 다양성에 대한 정규측정치이다. 보정된 시뮬레이션 목적을 위해, 짝을 이루는 시간별 자료들간에 차이를 제곱하고, 매달 혹은 요금고지서 기간에 걸쳐 이 제곱된 차이값을 합하고서 월별 시간수로 나누어 얻어지는데 이를 평균제곱 오차라 한다. 이 값의 제곱근이 RMSE이다. Cv(RMSE)는 RMSE를 그 달 혹은 요금고지서 기간에 대해 측정된 자료의 평균으로 나누어 얻어진다. 값이 작을수록 보정이 잘된 것이다.

(나) MBE [Mean Bias Error]

월별 평균 편향오차를 말하며, 보통 한달이나 같은 기간의 요금고지서 기간인 주어진 기간에 걸쳐 측정된 에너지소비량으로부터 시뮬레이션에 의해 얻어진 에너지 소비량을 빼서 계산된다. MBE는 측정된 자료와 비교하여 에너지 소비량이 얼마나 잘 모델에 의해 예측되는 가를 나타낸다. 값이 작을수록 보정이 잘된 것이다.

(다) RMSE [Root Mean Square Error]

직관적인 근사모델 정확성 평가 방법이다. 쉽게 말해 임의의 실험점에서의 '실제모델과 근사모델의 차'의 평균 제곱합으로써 적용된 실험점의 수가 많으면 많을수록 더 정확한 근사모델의 정확도를 평가할 수 있는 방법을 말한다.

MBE는 Mean Bias Error의 약자로 실제 모델과 근사모델 총합의 오차율을 말한다.

$$MBE(\%) = \frac{\sum_{Period}(S-M)_{interval}}{\sum_{Period} M_{interval}} \times 100 \quad \cdots\cdots \text{식 (9.1)}$$

$$RMSE_{period} = \sqrt{\frac{\sum(S-M)^2_{interval}}{N_{interval}}} \quad \cdots\cdots \text{식 (9.2)}$$

$$A_{period} = \frac{\sum_{Period} M_{interval}}{N_{interval}} \quad \cdots\cdots \text{식 (9.3)}$$

$$Cv(RMSE_{period}) = \frac{RMSE_{period}}{A_{Period}} \times 100 \quad \cdots\cdots \text{식 (9.4)}$$

여기에서,

· M : 측정된 kWh 또는 에너지소비량

· S : 시뮬레이션에서 계산된 kWh 또는 에너지소비량

· N : 측정된 데이터 수

· A : 측정된 기간의 평균 에너지 사용량

월간 데이터를 활용한 분석에서는 MBE는 ±5%, Cv(RMSE)가 15% 미만인 경우 시뮬레이션에 보정되었다고 판단한다.

본 연구에서는 ASHRAE Guideline 14-2002[28]에서 제시하는 통계적 검증 방법인 Cv(RMSE)(the root mean squared error)법과 MBE(The mean bias error)을 사용하여 실제 에너지 사용량과 시뮬레이션을 통한 에너지사용량의 타당성을 검증한다. 시뮬레이션 결과 데이터의 정확한 타당성 검증을 위해 ASHRAE Guideline의 프로세스를 적 용시켰으며 신뢰성 검증 데이터는 다음과 같다.

<표 176> 판매시설의 ASHRAE Guideline에 따른 신뢰성 검증 결과

지역	구분	MBE(%)	Cv(RMSE)
서울	실제 에너지사용량	-	-
	정격효율+TMY기상데이터 적용모델	3.81	13.18
	계절효율계수+AMY기상데이터 적용모델	2.58	8.92
대전	실제 에너지사용량	-	-
	정격효율+TMY기상데이터 적용모델	3.50	12.14
	계절효율계수+AMY기상데이터 적용모델	1.09	3.79
부산	실제 에너지사용량	-	-
	정격효율+TMY기상데이터 적용모델	4.57	15.82
	계절효율계수+AMY기상데이터 적용모델	1.61	5.57

28) M&V Guidelines : Measurement and Verification for Federal Energy Projects Version 3.0, U.S. Department of Energy

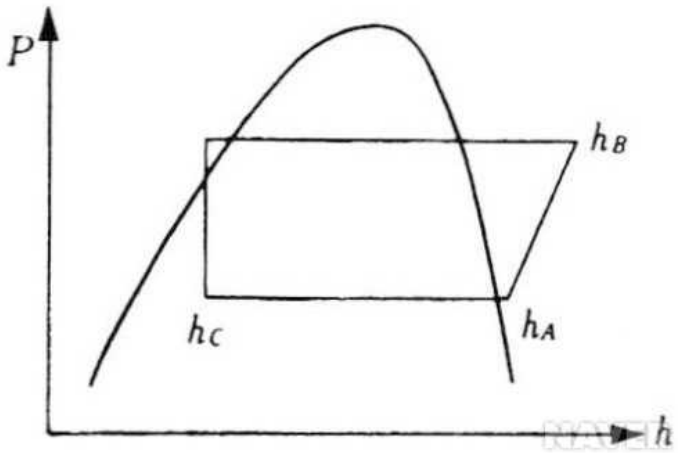
검증 결과 계절효율계수 및 AMY 기상데이터를 적용한 모델은 대상 건축물 모두 ASHRAE Guideline의 보정 기준을 만족하였다. 따라서 본 연구에서 제시한 계절효율계수 산출 알고리즘 및 기존 건축물 성능평가 알고리즘은 신뢰성을 가지고 있다고 판단된다. 하지만 시뮬레이션 모델만으로는 기존 건축물의 도태과정에서 발생되는 변수들을(장비 상태 및 조건, 운영체제 변화, 구조체 노후화) 모두 고려하기 어려워 이러한 조건 대한 추가적인 연구가 필요하다.

다. DB 표준화 및 성능곡선 도출

(1) 설비기기 성능시험 방법

(가) 냉동기의 성능계수(COP)

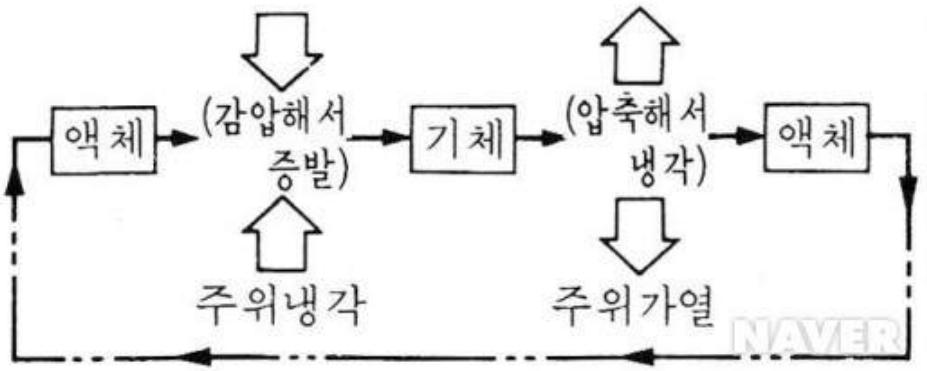
냉동기의 성능을 나타내는 COP(Coefficient of Performance, 성능계수)는 냉동기의 열효율이 좋고 나쁨을 판단할 수 있는 척도로, 냉동 사이클에서의 냉동 능력과 소비된 압축기의 일량과의 비를 말한다. COP는 이론 COP와 실제 COP로 구분할 수 있으며, [그림 108]는 이론 COP의 변화곡선을 나타낸 것이다.



[그림 108] 이론 COP 변화곡선

여기서, 냉동 사이클(Refrigerating Cycle)은 냉동 작용을 위해 냉매의 상태 변화를 유발하는 사이클로 동의어로는 역 카르노 사이클이 있다. 냉매의 상태 변화를 유발하는 사이클의예로, 압축 변화된 냉매가 스로틀 작용의 영향으로 팽창하면 냉매의 압력이 강해져 증발하면서 주위에 있는 열을 흡수하게 되는 것을 말한다. 이러한 냉동원리를 순환시키기 위해 압축 냉동기의 1회 사이클은 냉매가 압축기·응축기·팽창밸브·증발기의 4가지 장치를 거치는 일련의 과정으로 하여 형성되는 사이클이다.

다음 그림은 일반적인 압축식 냉동기의 냉동 사이클을 도시한 것이다.



[그림 109] 냉동 사이클

냉동능력(Refrigerating Capacity)은 냉동장치가 가지고 있는 능력으로, 낮은 온도의 물체가 흡수하는 열량을 말한다. 단위로는 [kcal/h]. [냉동톤(USRT)] 등을 사용한다. 압축기는 냉동기를 구성하는 부품으로 증발기에서 냉동작용을 하고 가스가 된 냉매를 흡입·압축하여 압력을 올려줌으로써, 분자 간의 거리를 가깝게 하여 온도를 상승시켜 상온에서도 응축·액화할 수 있게 하는 장치를 말한다. 종류로는 왕복동식, 로터리, 스크류, 원심식 등으로 구분할 수 있다.

(나) 냉동기의 성능시험방법

냉동기의 성능시험을 위한 방법으로는 고효율에너지기자재 인증제도의 평가방법을 활용할 수 있는 것으로 판단되었다. 조사된 냉동기의 성능 또한 이에 대한 방법을 준수하여 평가를 수행하고, 인증서를 득한 경우는 이를 준수하여 평가받은 것으로 조사되었다.

고효율에너지기자재 인증제도는 에너지사용기자재 중 에너지효율 및 품질시험 검사결과가 정부가 고시한 일정기준 이상 만족ㅎ는 제품을 고효율에너지가재로 인증하는 자발적 제도로, 고효율제품의 보급 활성화와 초기시장 형성을 위한 것으로 제조업자 또는 술입업자의 자발적 신청에 따라 에너지관리공단에서 인증서를 발급하고 있다. 이러한 인증제도의 관련근거로는 「에너지이용합리화법」 제22조 및 제23조 등, 「고효율에너지기자재 보급촉진에 관한 규정(산업통상자원부고시 제2014-35호)」이 있다.

고효율에너지기자재 인증제도의 평가항목 중 냉동기는 원심식·스크류냉동기에 대해 인증기술기준 및 측정방법을 명기하고 있으며, 이는 다음과 같다.

① 적용 범위 및 개요

㉮ 적용범위

이 규격은 압축기, 증발기, 응축기, 부속 냉매 배관 및 제어 장치 등으로 냉동 사이클을 구성하는 원심식 또는 스크류 냉동기로서 이 규격에 따라 측정한 냉동 능력이 원심식 냉동기는 6,048,000 kcal/h(7,032.6 kW, 2,000 USRT} 이하, 스크류 냉동기는 1,512,000 kcal/h(1,758.1 kW, 500 USRT) 이하인 것에 대하여 규정한다.

㉯ 인용규격

다음에 나타내는 규격은 이 규격에 인용됨으로써 이 규격의 규정 일부를 구성하고, 이러한 인용규격은 그 최신판을 적용한다.

· KS B 6270　원심 냉동기
· KS B 6275　워터 칠링 유닛
· KS B 6365　냉동용 압축기의 성능 시험 방법

㉰ 용어 정의

이 규격에서 사용하는 주된 용어의 정의는 다음과 같다.

· 정격 냉동 능력 : 냉동기를 냉동 능력 시험조건으로 운전하였을 때 순환하는 냉수에서 제거하는 열량(kcal/h, kW, USRT)
· 정격 냉동 소비전력 : 냉동기를 정격 냉동 능력 시험조건으로 운전하였을 때의 총 전력사용량(오일 펌프 및 제어에 소요되는 전력 포함, kW)
· 에너지효율 : 냉동 능력당 냉동 소비전력(kW/USRT)
· 정격 수량 : 냉동기의 냉동 능력 시험을 할 때의 수량

· 냉각수 : 수냉식 응축기를 통과하여 방열되는 물
· 냉수 : 증발기를 통과하여 냉각되는 물

② 종류

㉮ 기능에 따른 종류
· 냉각 전용형
· 냉각 가열 겸용형(냉각 또는 열펌프 가열을 각기 전용으로 사용하는 것)

㉯ 응축기의 열교환 방식에 따른 종류
· 수냉식
· 공랭식

③ 성능시험

㉮ 시험조건(냉동능력)
· 냉동능력 측정을 위한 표준 정격조건은 [표 40]과 같다.

<표 177> 표준 정격 조건

구 분	냉 수		냉 각 수	
	입구수온(℃)	출구수온(℃)	입구수온(℃)	출구수온(℃)
냉동능력	12±0.3	7±0.3	32±0.3	37±0.3
[비고] 표 중의 허용차는 시험 중의 온도변동 허용차이다.				

· 냉수 및 냉각수량은 [표 177]의 조건 하에서 정격치의 ±5% 이내로 일정하게 유지한다.
· 시험은 정격 주파수, 정격 전압(그 공차는 각각의 정격의 ±2% 이내)으로 한다.
· 수질은 부식성이 없고 불순물이 적은 것을 사용한다.
· 냉동능력 시험시 측정코자 하는 값이 안정화되었을 때 모든 값을 측정한다.
· 기타 시험조건은 별도의 지정이 없는 한 KS B 6270, KS B 6275에 따른다.

㉰ 시험설비
· 계기의 형식 및 정밀도는 [표 41]에 따라 교정기관이 검정한 것 또는 이에 준하는 동등 이상 성능의 것을 사용한다.

<표 178> 계기의 형식 및 정밀도

구 분	형 식	정 밀 도
온 도 계	액체 봉인 유리제 봉상 온도계, 열전대, 저항 온도계, 서머스터 온도계	공기온도 ±0.1℃ 냉·온수온도 ±0.1℃ 냉매온도 ±1℃
수 량 계	차압식, 전자식 및 용적식	±2%(온 눈금)
냉매 압력계	부르돈 관식 및 전자식	±2%(온 눈금)
전기 계기	지시계	±0.5%(온 눈금)
	적산계	±2%(눈금 읽기)

㉲ 시험방법 및 절차

ⓐ 냉동능력 시험

· 냉동능력 시험은 ㉮ 시험조건(냉동능력)에 따라 수행한다.

· 냉수 입·출구온도 및 냉각수 입구온도가 안정화된 후 기준 냉수유량을 만족하는 경우 입·출구온도를 5분 이상 간격을 두고 연속하여 3회 이상 측정한 후 이를 산술평균한다.

· 냉동능력(Q_c) 및 에너지효율(η) 값은 다음 식에 의하여 계산한다. 정격 냉동 소비전력(피상 전력×역률×효율)은 입력값 기준이며, 냉동기 시험시 직접 소비전력을 측정하거나 혹은 전동기 시험을 별도로 수행한 후 해당 측정 전류값에서의 역률값을 계산하여 구하며, 이때 전동기 효율값은 100%로 가정한다.

$$Q_c = \frac{M_c \times C_c \times R_c \times (T_2 - t_1)}{3024}$$

$$\eta = \frac{\text{정격냉동소비전력}}{\text{정격냉동능력}}$$

여기서,

Q_c : 냉동능력(USRT)
M_c : 냉수유량(㎥/h)
C_c : 냉수의 비열(1.002 kcal/kg℃)
R_c : 냉수의 비중량(999.920 kg/㎥)
T_2 : 냉수 입구온도(℃)
T_1 : 냉수 출구온도(℃)

ⓑ 냉수유량 측정시험

· 냉동기가 안정화된 후 정격 운전조건에서 냉수 유량계 지시치를 판독하여 평균 유량을 구한다. 5분 이상 간격을 두고 연속하여 3회 이상 측정한 후 이를 산술평균한다.

ⓒ 절연저항 시험

· 절연저항 시험은 냉동능력 시험 직전 및 직후에 440V 이하의 회로에서는 500V 절연 저항계, 3,000V 이상의 회로에서는 1,000V 절연 저항계로 충전부와 비충전 금속부와의 사이의 절연저항을 측정한다.

ⓓ 내전압 시험

· 내전압 시험은 정격 전압이 100V인 회로에서는 1,000V, 정격 전압이 200V 또는 220V인 회로에서는 1,500V, 정격 전압이 400V 이상의 회로에서는 (2×정격전압 1,000)V의 주파수 60Hz인 정현파에 가까운 전압을 충전부와 비충전 금속부와의 사이에서 연속으로 1분간 실시한다.

ⓔ 내압성 및 기밀성 시험

· 냉매 쪽의 내압성 및 기밀성은 냉동용 압력 용기의 구조에 따른 압력 시험에 따른다. 또한 물 쪽의 내압성은 냉동용 압력 용기의 구조에 따른 내압 시험에 따라 시험한다.

ⓕ 정격전류 시험

· 정격 전류 시험은 냉동 능력 시험에 있어 냉동 능력 측정값이 안정화 되었을 때, 냉동기의 운전 전류 값을 측정한다.

㈐ 인증기술기준

ⓐ 냉동능력

· 시험방법 및 절차에 따라 시험하여, 정격 냉동능력의 100% 이상이어야 한다.

ⓑ 총 전력사용량

· 시험방법 및 절차에 따라 시험하여, 정격값의 105% 이하이어야 한다.

ⓒ 에너지효율

· 시험방법 및 절차에 따라 시험하여, [표 42]를 만족하여야 한다.

<표 179> 냉동기의 기준 에너지효율값

구 분			기 준
에너지효율 (kW/USRT)	원심식 냉동기	300 USRT 이하	0.72 이하
		300 USRT 초과	0.65 이하
	스크류 냉동기		0.85 이하

ⓓ 절연저항

· 시험방법 및 절차에 따라 시험하여, 그 값이 1㏁ 이상이어야 한다.

ⓔ 내전압

· 시험방법 및 절차에 따라 시험하여, 이상이 없어야 한다.

ⓕ 내압성 및 기밀성

· 시험방법 및 절차에 따라 시험하여, 이상한 변형 및 누설이 없어야 한다.

ⓖ 내정격전류

· 시험방법 및 절차에 따라 시험하여, 정격전류 이하이어야 한다.

㈑ 제품표시사항

· 제조자는 제품의 보기 쉬운 곳에 고효율기자재마크(e 마크) 및 제조자명을 각인하여야 하며, 지워지지 않는 방법으로 다음 사항을 표시하여야 한다.

<표 180> 고효율기자재 인증마크 및 표기사항

구 분	인증마크	표기사항	
항 목	고효율기자재	1) 모델명	10) 냉수 입·출구온도
		2) 명칭	11) 냉각수 입·출구온도
		3) 정격 냉방능력	12) 냉수 유량
		4) 전동기 정격입력	13) 냉각수 유량
		5) 에너지효율	14) 제조년월
		6) 사용냉매	15) 제조번호
		7) 정격전류	16) 제조자명 또는 그 약호
		8) 동력전원	
		9) 최고사용압력	

(다) 보일러의 성능시험방법

냉동기의 성능시험을 위한 방법으로는 냉동기와 마찬가지로 고효율에너지기자재 인증제도의 평가방법을 활용할 수 있는 것으로 판단되었다. 조사된 보일러는 고효율에너지기자재 인증을 받은 제품이 아니기에 이러한 방법을 정확하게 이행하지는 않았지만, 공통적으로 보일러의 열효율 평가를 위해서는 이와 동일한 방법을 적용하는 것으로 조사되었다. 고효율에너지기자재 인증제도의 평가항목 중 보일러는 산업·건물용 가스보일러, 기름연소 온수보일러, 산업·건물용 기름보일러 3종류에 대해 인증기술기준 및 측정방법을 명기하고 있으며, 조사대상이 된 설비기기가 인증제품이 없어 성능시험 부분만을 발췌하였다.

① 산업·건물용 가스보일러의 성능시험

㉮ 시험 일반

ⓐ 부하운전성능
· 보일러의 시동 준비가 완료되고 보일러 장치가 가동되면 부하를 걸어서(이때 부하율은 30% 이상으로 하고 가능한 한 정격 용량에 가깝게 한다) 정상 운전상태에서 이상 진동과 이상 소음이 없고 각종 기계 및 부속품의 작동이 원활한가를 확인한다.

ⓑ 배기가스 성분
· 보일러의 배기가스 온도는 최종 배출구에서 측정하며 이외의 성분은 보일러 본체 출구에서 측정한다.

ⓒ 주위 벽 온도
· 보일러 표면온도를 측정한다. 단, 버너 연결부 및 연도는 제외한다.

ⓓ 배기가스 응축수의 수소 이온 농도
· 응축형 보일러의 초기 가동과 3.2 a)항 및 3.3 a)항의 시험조건에서 배출되는 응축수의 pH를 최종 방류구에서 측정한다. 다만, 저탕식일 경우에는 저탕조의 초기 pH를 고려하여 측정하여야 한다.

ⓔ 수압 시험
· KS B 6233 육용강제 보일러의 구조에 따른다. 단, 2. b) ①항의 보일러로서 제조검사 기준에 따라 검사증이 발행된 경우에는 제외한다.

ⓕ 소음

㉠ 보일러 소음
· 보일러의 소음은 보일러 측면, 후면의 1.5m 떨어진 곳의 1.2m 높이에서 측정한다. 이때 송풍기 정면을 측정하지 않는다.

㉡ 송풍기 소음
· 송풍기의 소음은 송풍기 정면에서 1.5m 떨어진 곳에서 측정한다.

㉢ 시험조건
· 성능시험은 정격용량 및 시험압력, 시험온도에서 시험된다. 기타 이 기준에 명시되어 있지 않은 사항은 KS B 6205 육용 보일러의 열정산 방식에 따른다.

· 배기가스 열을 회수하여 온수를 발생하는 장치를 부착한 구조의 보일러는 열교환기 출구의 온수온도를 입구온도보다 40±2℃ 높게 설정한다.
· 시험 연료의 총 발열량은 KS M ISO 6974에 따르며 그 기준을 시험성적서에 기재한다.

㈏ 증기보일러

ⓐ 정격용량 및 시험압력
· 증기보일러는 최고사용압력의 80% 이상에서 시험하며, 이때 정격용량 이상의 능력을 갖추어야 한다.
ⓑ 증기 건도
· 포화 증기를 발생하는 보일러의 증기 건도는 교축 열량계를 사용하여 측정하고, 다음 식에 의해 산출한다.

$$x = \frac{(0.46 \times (t_1 - 99.09) + 638.81 - h'}{v} \times 100$$

여기서,

0.46 : 과열 증기의 평균 비열(kcal/kg℃)
t_1 : 건도계 출구의 증기 온도(℃)
99.0 : 1kgf/㎠(절대압) 포화 증기 온도(℃)
638. : 출구측 포화 증기 엔탈피(kcal/kg)
h' : 측정 압력에서의 포화수 엔탈피(kcal/kg)
v : 측정 압력에 대한 증발 잠열(kcal/kg, 압력은 절대압력)

ⓒ 효율
· 효율은 정격 용량 및 정격 압력의 80% 이상으로 가동되는 상태에서 측정하여 다음 식에 의하여 산출된다.

㈎ 포화 증기 발생 보일러

$$\eta_s = \frac{G_w[x(h'' - t_w) + (1-x)(h' - t_w)]}{G_o \times Hh} \times 100$$

여기서,

η_s : 효율(%)
G_w : 급수량(증발량, kg/h)
x : 증기 건도(%)
h'' : 측정 압력에서의 포화 증기 엔탈피(kcal/kg)
t_w : 급수 온도(℃)
(1− : 포화 수증기의 수분량
h' : 측정 압력에서의 포화수 엔탈피(kcal/kg)
G_o : 연료소비량(Nm³/h)
Hh : 연료의 총발열량(kcal/Nm³)

㈐ 과열 증기 발생 보일러 : KS B 6205에 따른다.

㈐ 온수보일러

ⓐ 정격출력 및 시험압력

· 온수보일러는 최고사용압력의 80% 이상에서 시험하며 이때 정격출력 이상의 능력을 갖추어야 한다.

ⓑ 시험조건

㈀ 온수보일러에서 난방 전용과 난방·온수의 겸용인 경우는 동일 용량의 난방에 대하여만 성능시험하며 온수 공급을 중지하여야 한다.

㈁ 난방출력 및 온수출력시험은 [그림 110]과 [그림 111]을 원칙으로 하며 이와 동등 이상의 장치를 하여 시험한다.

㈂ 난방 환수온도는 60±2℃가 얻어지도록 하며, 난방 환수구 온도와 난방 출구에서의 온도 차이는 20±2℃가 유지되도록 조절하여 안정된 때부터 실시한다.

㈃ 온수의 출구 온도는 급수 온도보다 35±2℃보다 높게 되도록 조절하여 안정된 때부터 실시한다.

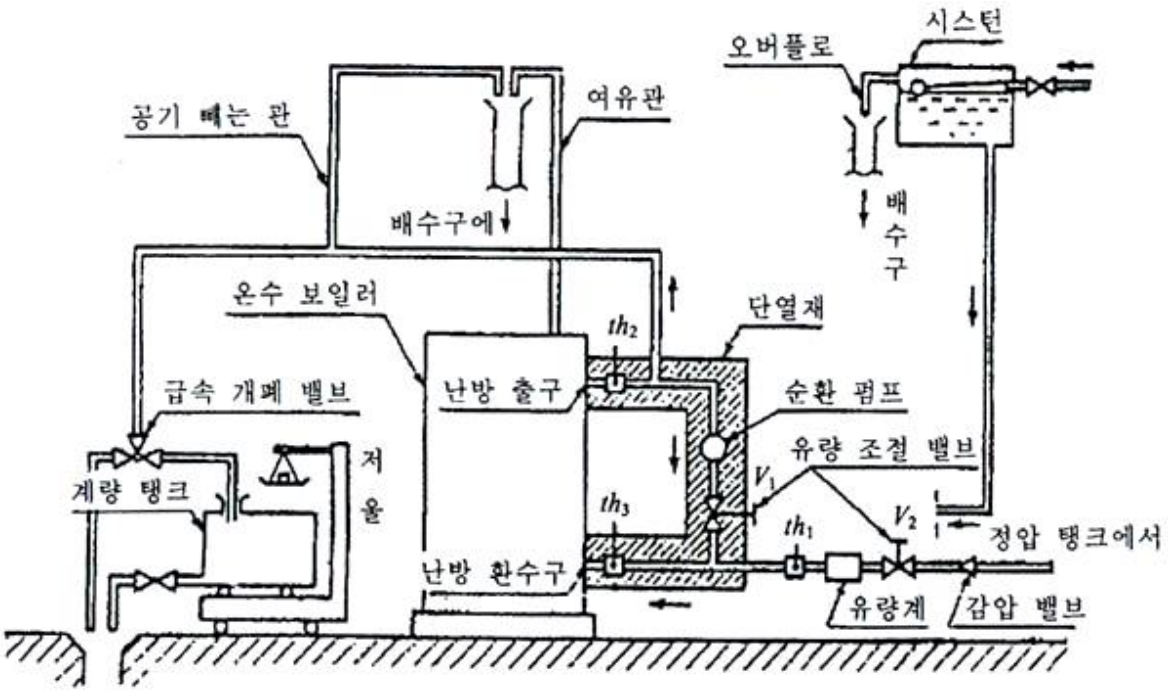
ⓒ 효율

· 효율은 정격출력 및 정격압력의 80% 이상으로 가동되는 상태에서 측정하여 다음 식에 의하여 산출된다.

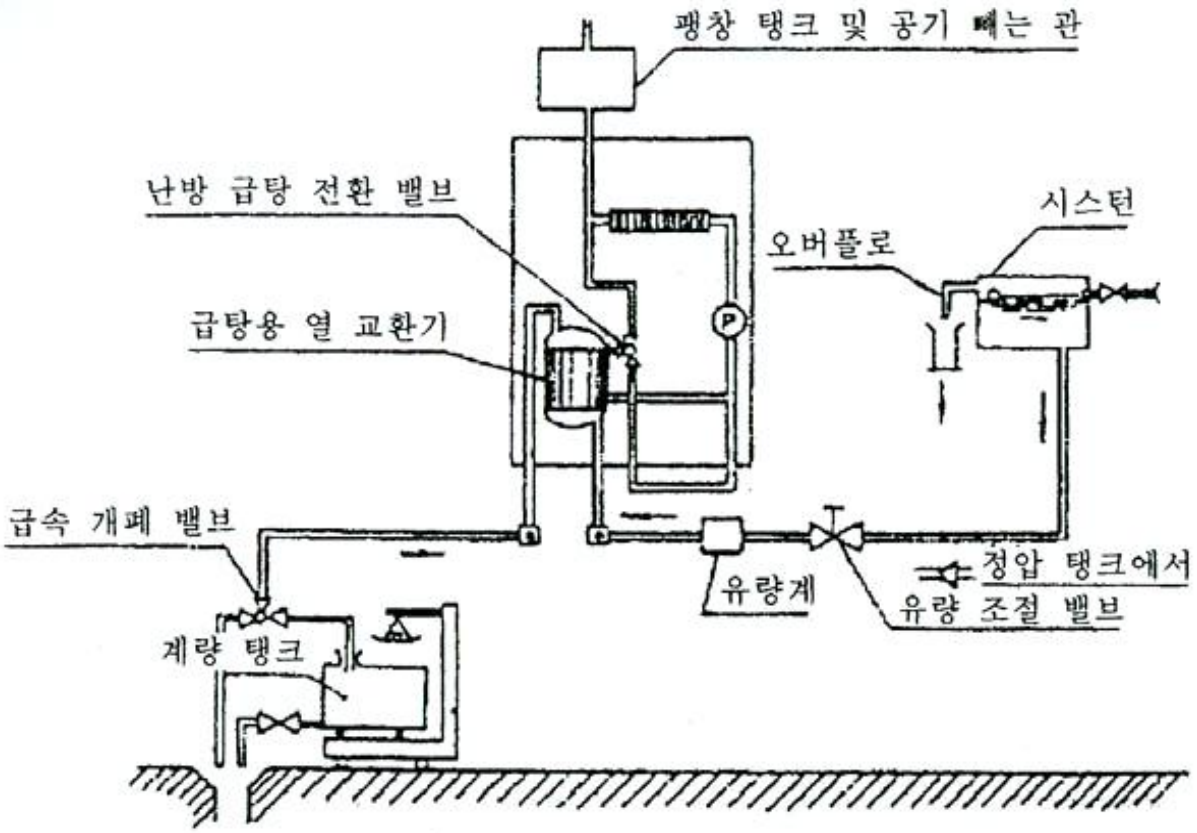
$$\eta_w = \frac{G_h \times C_p \times (th_2 - th_1)}{G_o \times Hh} \times 100$$

여기서,

G_h : 난방(온수) 공급 수량(kg/h)
C_p : 물의 평균 비열(kcal/kg℃)
th_2 : 출구온도에서의 포화수 엔탈피(kcal/kg)
th_1 : 급수온도에서의 포화수 엔탈피(kcal/kg)
G_o : 연료소비량(Nm³/h)
Hh : 연료의 총발열량(kcal/Nm³)



[그림 110] 대기 차단식 난방 성능 시험도



[그림 111] 온수 성능 시험도

② 기름 연소 온수보일러의 성능시험

㉮ 내압 시험

· 보일러 본체 내에 최고사용압력 2배(단, 그 값이 2kg/㎠ 미만일 때는 2kg/㎠)의 압력을 5분간 가하여 변형 및 누설의 유무를 조사한다. 다만, 2회로식에 있어서는 간접 가열부에 대해서도 같은 시험을 행한다.

㉯ 연료 누설 시험

· 통상의 운전 상태에서 연료 계통의 모든 부분의 연료 누설을 조사한다. 이 경우 기름의 스며나옴은 기름 누설로 간주한다.

㉰ 성능시험

· 보일러는 그 주 용도 또는 목적(난방용 또는 급탕용)에 따라 난방 출력 시험 또는 급탕 출력 시험을 행한다.

ⓐ 시험기준

㉠ 운전조건은 다음에 의한다.

· 주위 온도는 상온(또는 외기온도)으로 한다. 다만, 주위 온도는 원칙적으로 35℃를 초과하여서는 안된다.

· 전원 전압은 정격 전압으로 한다.

· 시험용 연료는 유류 보일러는 KS M 2613(등유) 또는, KS M 2610(경유)의 규정에 적합한 것으로 한다.

· 배기가스 중의 이산화탄소(CO2), 일산화탄소(CO), 산소(O2) 함류량, 배기가스 연색도, 연소 배기가스 온도 등은 적절한 값으로 조절한다.

㈏ 시험은 각 부의 측정치가 충분히 안정된 상태에서 행하여야 한다.

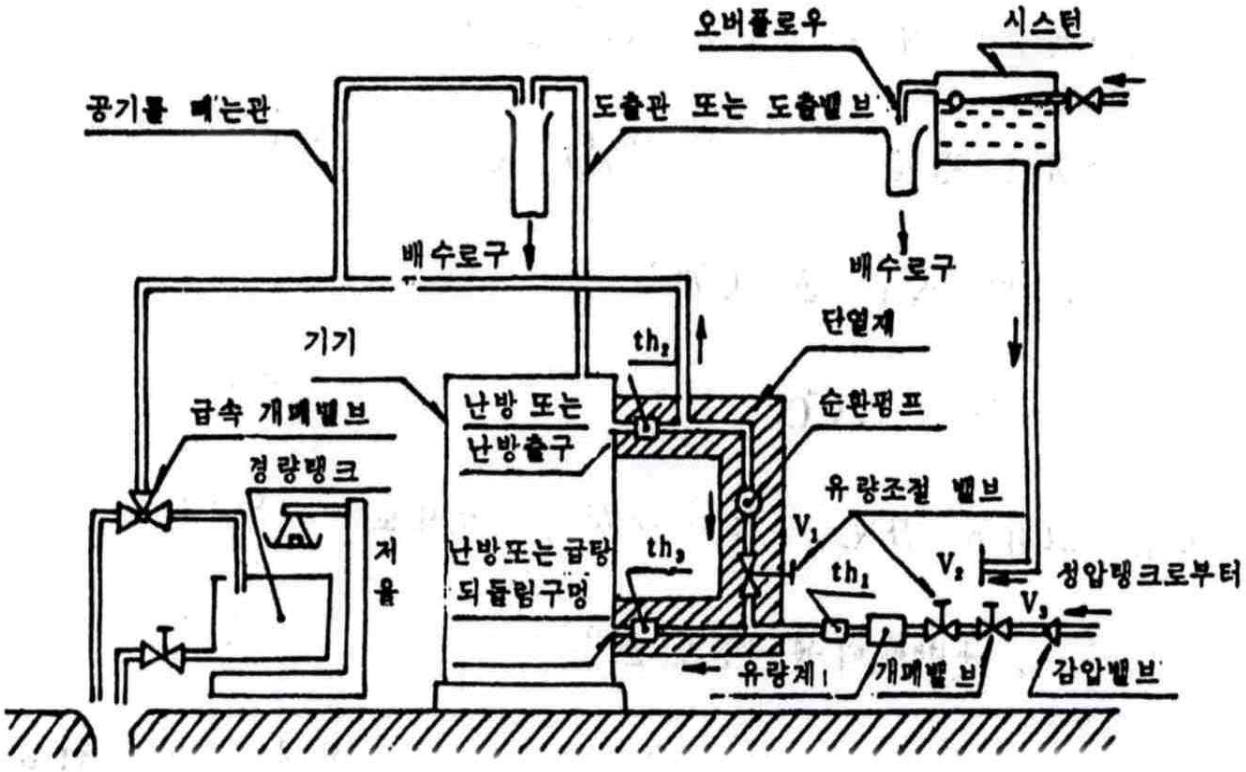
㈐ 측정사항

· 연료 소비량(kg/h)
· 급수온도(℃)
· 출탕량 또는 급수량(kg/h)
· 난방 출구온도 또는 급탕 출구온도(℃)
· 난방 환수구 온도(℃)
· 외기온도, 실온
· 연료의 종류 및 성상(점도 비중 등)
· 연소 배기가스 중의 일산화탄소, 이산화탄소 및 산소의 함유율
· 연소 배기가스의 연색도 및 배기가스의 온도

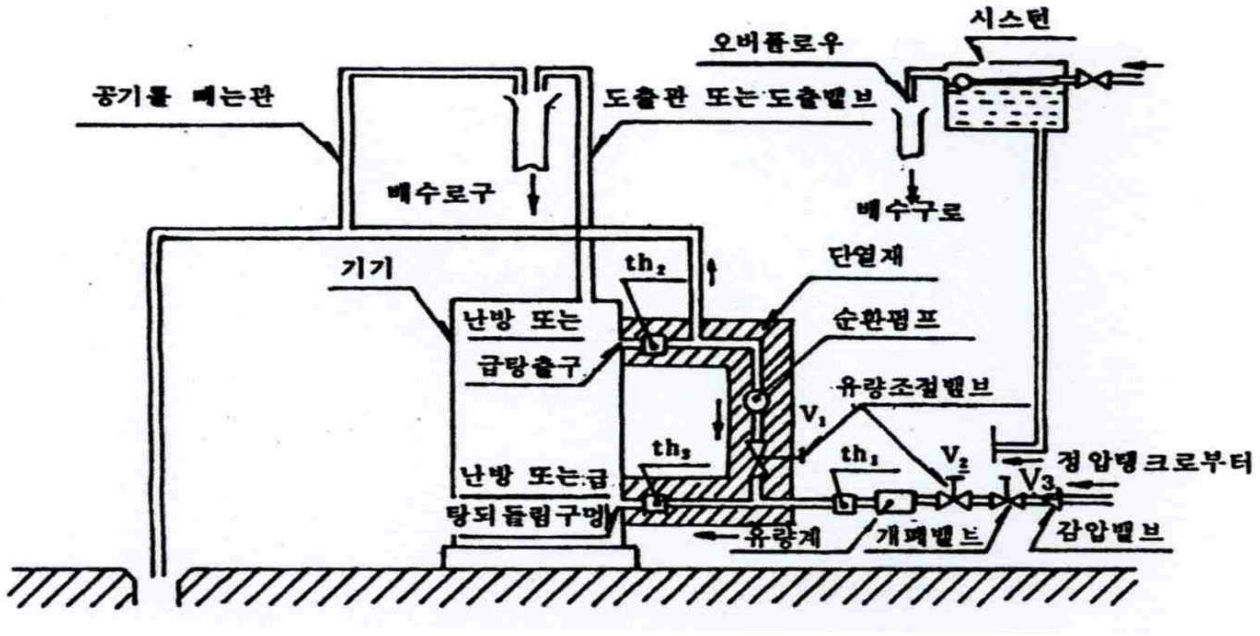
ⓑ 난방 출력 시험

㈎ A법 [그림 112], [그림 113] 또는 동등 이상의 장치로 다음 방법에 따라 시험하고 난방 출력을 산출한다. 다만, 2회로식에서 급탕쪽에서는 출탕을 하지 않는다.

· 유량조절밸브 V_1 및 V_2를 조작함에 따라, 난방 되돌림 구멍 온도(th_3)가 난방 출구 온도(th_2)보다 15~20℃ 낮게 되도록 조절한다. 이때, 난방 출구 온도(th_2)는 75~80℃로 한다. 또한, 급수 방법은 [그림 112] 및 [그림 113]에 표시하는 바와 같이 시스턴 또는 정압 탱크의 어느 것을 사용하여도 좋다.



[그림 112] 난방 출력 및 급탕 출력 시험 장치(무게법)



[그림 113] 난방 출력 및 급탕 출력 시험 장치(유량계법)

난방 출력은 다음 식에 따라 산출된다.

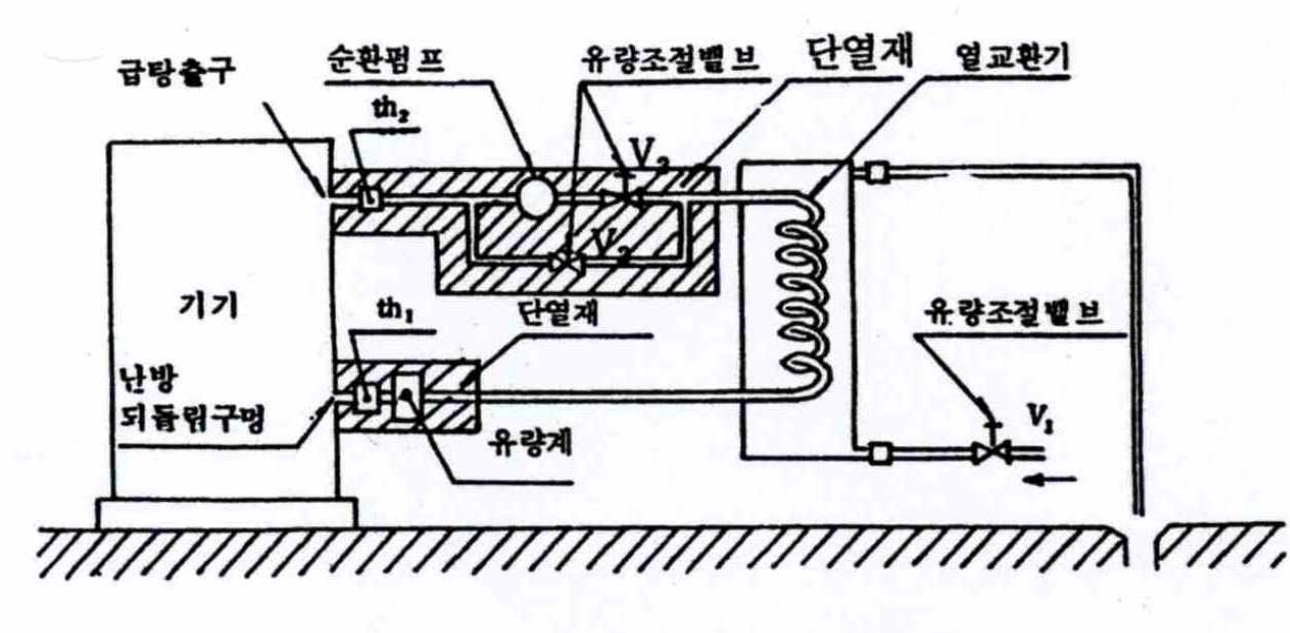
$$Q_w = G_h \times C_p(th_2 - th_1)$$

여기서,

Q_w : 난방 출력(kcal/h, kJ/h)
G_h : 출탕량 또는 급수량(kg/h)
C_p : 물의 평균 비열(kcal/kg℃)
th_2 : 난방 출구온도(℃)
th_1 : 급수온도(℃)

㈏ B법 [그림 114] 또는 이와 동등의 장치로 다음 방법에 따라 시험하고, 난방 출력을 산출한다.

· 유량조절밸브 V_1 및 V_2를 조작함에 따라, 난방 되돌림 구멍 온도(th_1)가 난방 출구 온도(th_2)보다 15~20℃ 낮게 되도록 조절한다. 이때, 난방 출구 온도응 제조사가 지정하는 온도로 한다.



[그림 114] 난방 출력 시험 장치

난방 출력을 다음 식에 따라 산출한다.

$$Q_w = G_h \times C_p(th_2 - th_1)$$

여기서,

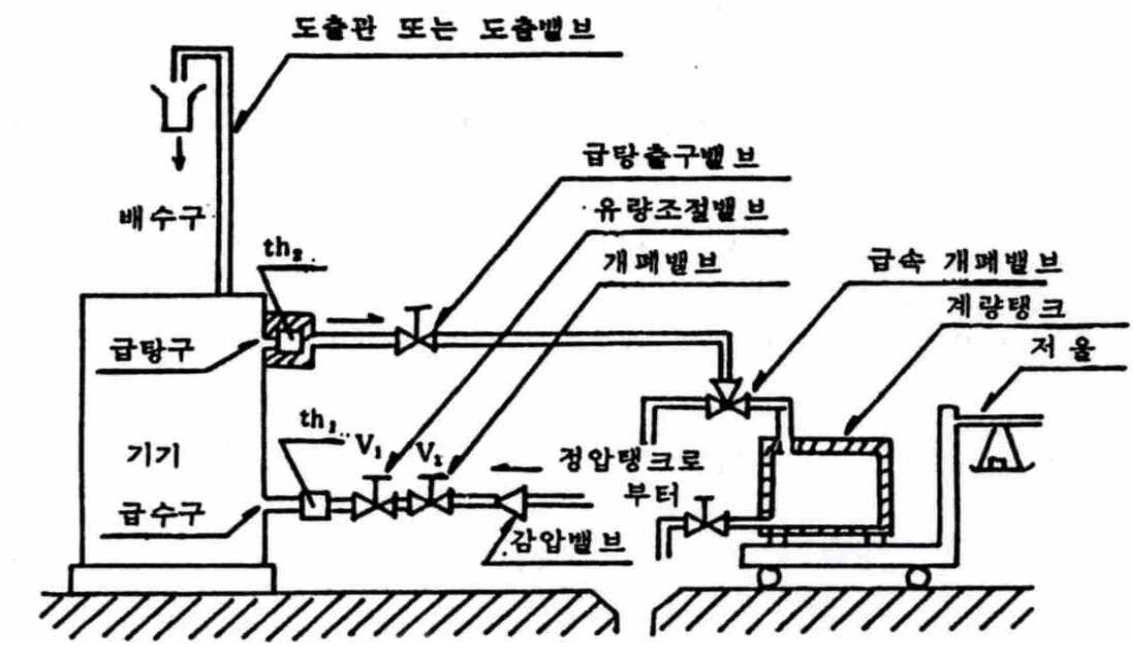
Q_w : 난방 출력(kcal/h, kJ/h)
G_h : 순환수량(kg/h)
C_p : 물의 평균 비열(kcal/kg℃)
th_2 : 난방 출구온도(℃)
th_1 : 난방 되돌림 구멍 온도(℃)

ⓒ 급탕 출력 시험

㈀ 유량 조절 밸브 V_1에서 미리 급수 온도보다 급탕 온도가 35±1℃ 높게 되도록 조절한다. 이때, 온도 조절기는 최고 눈금으로 설정하여 연속 연소되도록 하고, 급탕 온도가 충분히 안정된 후 연속 연소되도록 하고, 급탕 온도가 충분히 안정된 후 연소를 정지시킨다. 급수 온도와 급탕 온도가 거의 같도록 유지한 후 연소를 시작하고, 기종에 따라 각각 다음과 같이 시험한다.

㈁ A법 [그림 115], [그림 116] 또는 이들과 동등한 장치로 다음 방법에 따라 시험하여, 연속 급탕 출력을 산출한다.

· 연소를 시작할 때부터 시험을 마칠 때까지 통과한 물의 양을 측정한다.



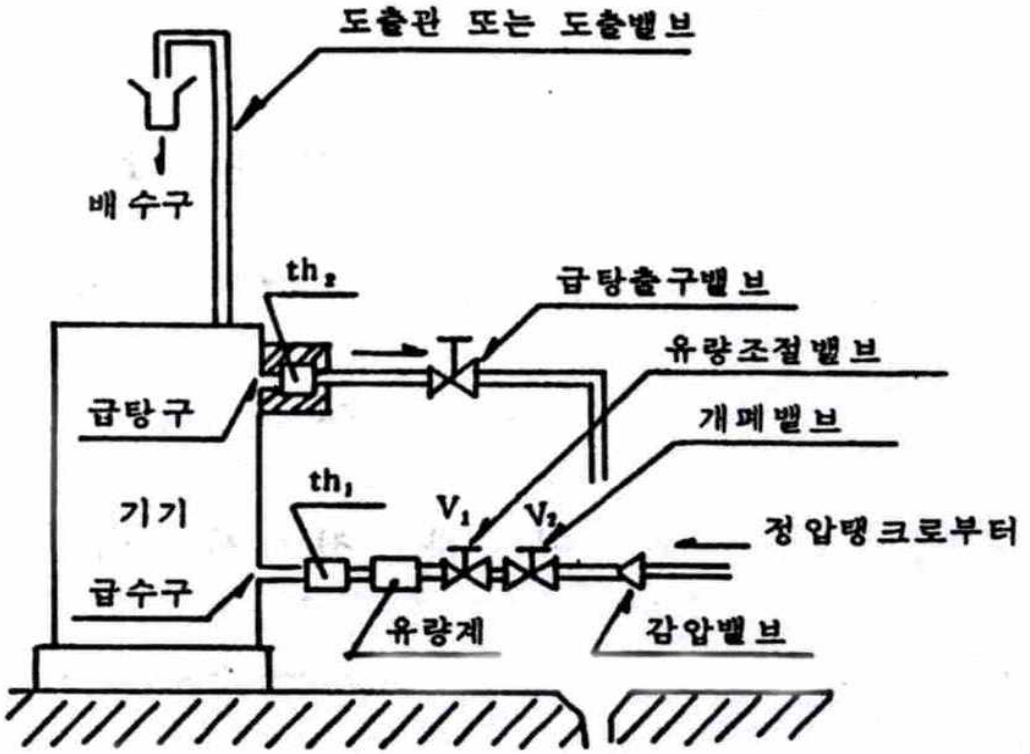
[그림 115] 급탕 출력 시험 장치(무게법)

연속 급탕 출력을 다음 식에 의하여 산출한다.

$$Q_w = G_h \times C_p(th_2 - th_1)$$

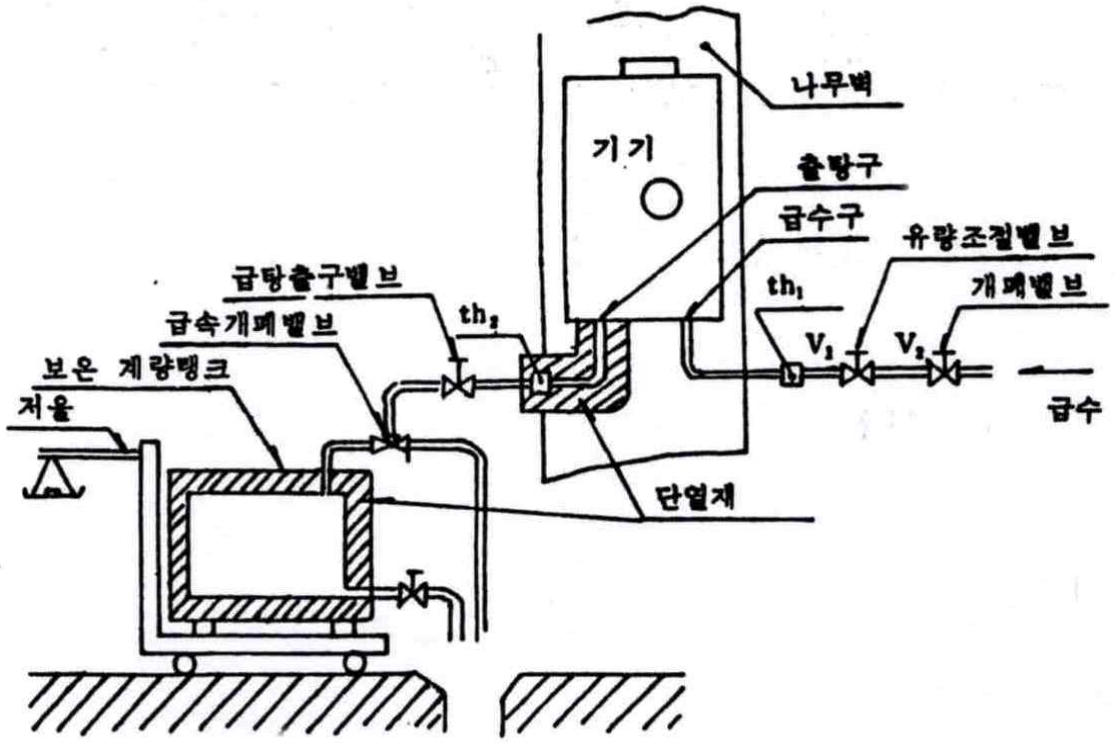
여기서,

Q_w : 연속 급탕 출력(kcal/h, kJ/h)
G_h : 급탕량 또는 급수량(kg/h)
C_p : 물의 평균 비열(kcal/kg℃)
th_2 : 급탕 평형 온도(℃)
th_1 : 급수온도(℃)



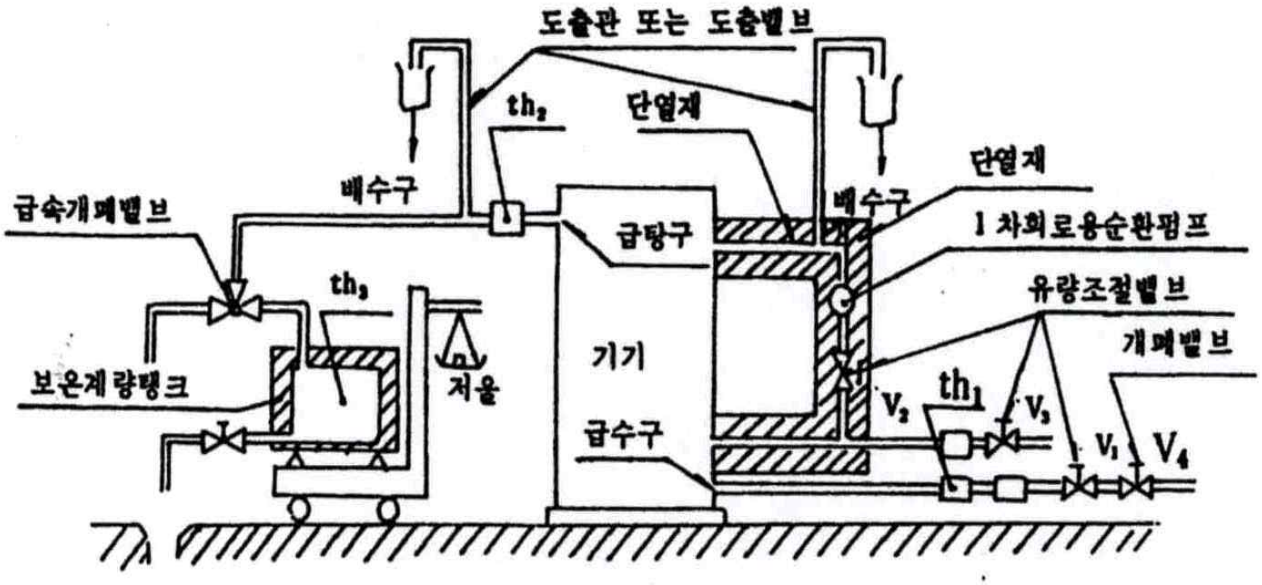
[그림 116] 급탕 출력 시험 장치(유량계법)

㈐ B법 [그림 117] 또는 이와 동등한 장치에서 A법과 같은 방법의 의하여 시험하고 연속 급탕 출력을 산출한다.



[그림 117] 급탕 출력 시험 장치(벽면 설치의 경우)

㈑ C법(2회로식의 경우) [그림 118] 또는 이와 동등한 장치로 A법과 같은 방법에 의해 시험하고, 연속 급탕 출력을 산출한다. 다만, 난방 회로에 물을 가득 채우고 유량 조절 밸브 V_2 및 V_3을 닫고, 순환 펌프는 운전하지 않는다. 또한, 적은 유량으로 고온의 급탕을 목적으로 한 기기의 경우에는, 제조자가 지정하는 급탕량이 되도록 유량 조절 밸브 V_1에 의하여 조절하여 시험한다.



[그림 118] 급탕 출력 시험장치(코일식 및 저탕식)

ⓓ 열효율 시험

· 보일러의 열효율 시험은 다음에 따른다.

$$\eta = \frac{G_w}{G \times H_1} \times 100$$

여기서,

η : 보일러의 열효율
G_w : 난방 출력(kcal/h, kJ/h)
H_1 : 연료의 총 발열량(kcal/kg)
G : 연료소비량(Nm³/h)

ⓔ 측정 방법

㈀ 주위 온도

· 주위 온도의 측정 방법은 온도계를 보일러의 측면에서 직접 방사열의 영향을 받지 않도록 보일러의 본체 중앙부의 높이로 1m 떨어진 3개소의 위치에서 온도를 측정하여 그 값의 평균치를 산출한다.

㈁ 연료소비량

· 연료소비량(ℓ/h, kg/h)은 3회 이상 측정하여, 그 평균치를 산출한다. 1회의 측정 시간은 5분 이상으로 하며, 연료 소비량 단위는 유류의 경우 실측 비중에 의해 kg/h로 환산할 수 있다.

㈂ 출탕량 또는 급수량

· 탱크에서 무게를 측정하든가 또는 유량계에서 측정하여, 비중을 가지고 무게로 환산한다.

㈃ 수온

· 각 부의 수온은 열전대, 저항온도계 또는 수온온도계를 측정한다.

㈄ 연소 배기가스

· 연소 배기가스 온도는 보일러의 연통 또는 배기통의 장치구로부터 500mm 이내의 위치에서 측정한다.

· 연소 배기가스 중에 CO, CO2, O2 함유량 시료 채취 위치는 연소 배기가스 온도 측정과 동일한 위치로 하며, 시료 가스를 600㎖ 이상 채취하여 실온과 거의 같은 온도가 되기를 기다려 비색형 CO 검정기나 KS M ISO 6974-1~6 또는 이와 동등 이상의 측정 장치에 의해

CO, CO2, O2를 측정한다.

· 연소 배기가스 연색도는 연소 배기가스 온도측정과 동일한 위치에서 바카락카 스모크테스터 또는 이와 동등의 측정기를 사용하여 측정하고, 스로크 스케일로 표시한다.

③ 산업·건물용 기름보일러의 인증기술기준 및 측정방법

㉮ 시험 일반

ⓐ 부하 운전 성능

· 보일러의 시동 준비가 완료되고 보일러 장치가 가동되면 부하를 걸어서(이때 부하율은 30% 이상으로 하고 가능한 한 정격 용량에 가깝게 한다) 정상 운전 상태에서 이상 진동과 이상 소음이 없고 각종 기계 및 부속품의 작동이 원활한가를 확인한다.

ⓑ 배기가스 성분

· 보일러의 배기가스 온도는 최종 배출구에서 측정하며 이외의 성분은 보일러 본체 출구에서 측정한다.

ⓒ 주위 벽 온도

· 보일러 표면온도를 측정한다. 단, 버너연결부 및 연도는 제외한다.

ⓓ 배기가스 응축수의 수소 이온 농도

· 보일러의 초기 가동과 시험조건에서 배출되는 응축수의 pH를 최종 방류구에서 측정한다. 다만, 저탕식일 경우에는 저탕조의 초기 pH를 고려하여 측정하여야 한다.

ⓔ 수압 시험

· KS B 6233 육용강제 보일러의 구조에 따른다. 단, 보일러로서 제조 검사 기준에 따라 검사증이 발행된 경우에는 제외한다.

ⓕ 소음

· 보일러 소음 : 보일러의 소음은 보일러 측면, 후면의 1.5m 떨어진 곳의 1.2m 높이에서 측정한다. 이 때, 송풍기 정면은 측정하지 않는다.

· 송풍기 소음 : 송풍기의 소음은 송풍기 정면에서 1,5m 떨어진 곳에서 측정한다.

ⓖ 시험조건

· 성능 시험은 정격 용량 및 시험 압력, 시험 온도에서 시험된다. 기타 이 기준에 명시되어 있지 않은 사항은 KS B 6205 육용 보일러의 열정산 방식에 따른다.

· 시험 연료의 총 발열량은 KS M 2057, 2610, 2613에 따르며 그 기준을 시험성적서에 기재한다.

㉯ 증기보일러

ⓐ 정격 용량 및 시험 압력

· 증기 보일러는 최고사용압력의 80% 이상에서 시험하며 이때 정격 용량 이상의 능력을 갖추어야 한다.

ⓑ 증기 건도

· 포화 증기를 발생하는 보일러의 증기 건도는 교축 열량계를 사용하여 측정하고 다음 식에 의하여 산출한다.

$$x = \frac{0.46x(t_1 - 99.09) + 638.81 - h'}{v} \times 100$$

여기서,

x : 증기 건도(%)

0.46 : 과열 증기의 평균 비열(kcal/kg℃)

t_1 : 건도계 출구의 증기 온도(℃)

99.09 : 1kgf/㎠(절대압) 포화 증기 온도(℃)

638.81 : 출구측 포화 증기 엔탈피(kcal/kg)
h' : 측정 압력에서의 포화수 엔탈피(kcal/kg)
v : 측정 압력에 대한 증발 잠열(kcal/kg, 압력은 절대압력)

ⓒ 효율

· 효율은 정격 용량 및 정격 압력의 80% 이상으로 가동되는 상태에서 측정하여 다음 식에 의하여 산출된다.

· 포화 증기 발생 보일러

$$\eta_s = \frac{G_w[x(h''-t_w)+(1-x)(h'-t_w)]}{G_o \times Hh} \times 100$$

여기서,

G_w : 급수량(증발량, kg/h)
x : 증기 건도(%)
h'' : 측정 압력에서의 포화 증기 엔탈피(kcal/kg)
t_w : 급수 온도(℃)
$(1-$: 포화 수증기의 수분량
h' : 측정 압력에서의 포화수 엔탈피(kcal/kg)
G_o : 연료소비량(kg/h)
Hh : 연료의 총발열량(kcal/Nm³)

· 과열 증기 발생 보일러 : KS B 6205에 따른다.

㉰ 온수보일러

ⓐ 정격출력 및 시험압력

· 온수보일러는 최고사용압력의 80% 이상에서 시험하며 이때 정격출력 이상의 능력을 갖추어야 한다.

ⓑ 시험조건

㈀ 온수보일러에서 난방 전용과 난방·온수의 겸용인 경우는 동일 용량의 난방에 대하여만 성능시험하며 온수 공급을 중지하여야 한다.

㈁ 난방출력 및 온수출력시험은 [그림 119]와 [그림 120]을 원칙으로 하며 이와 동등 이상의 장치를 하여 시험한다.

㈂ 난방 환수온도는 60±2℃가 얻어지도록 하며, 난방 환수구 온도와 난방 출구에서의 온도 차이는 20±2℃가 유지되도록 조절하여 안정된 때부터 실시한다.

㈃ 온수의 출구 온도는 급수 온도보다 35±2℃보다 높게 되도록 조절하여 안정된 때부터 실시한다.

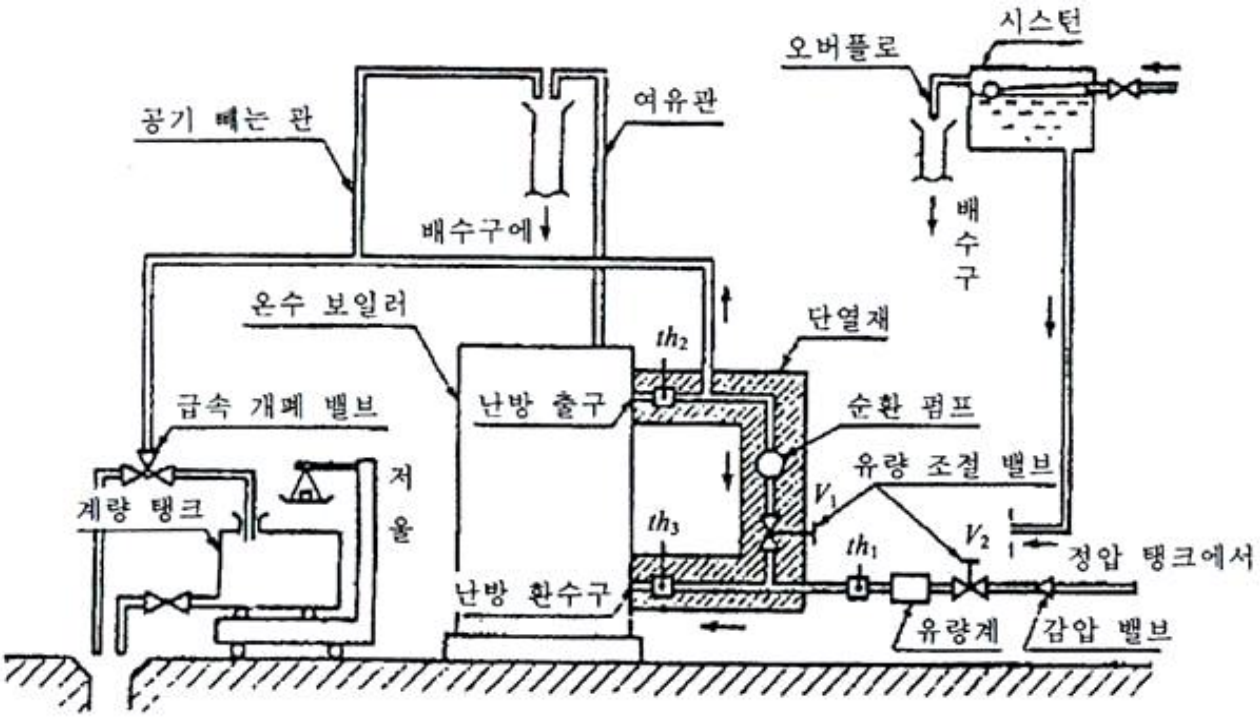
ⓒ 효율

· 효율은 정격출력 및 정격압력의 80% 이상으로 가동되는 상태에서 측정하여 다음 식에 의하여 산출된다.

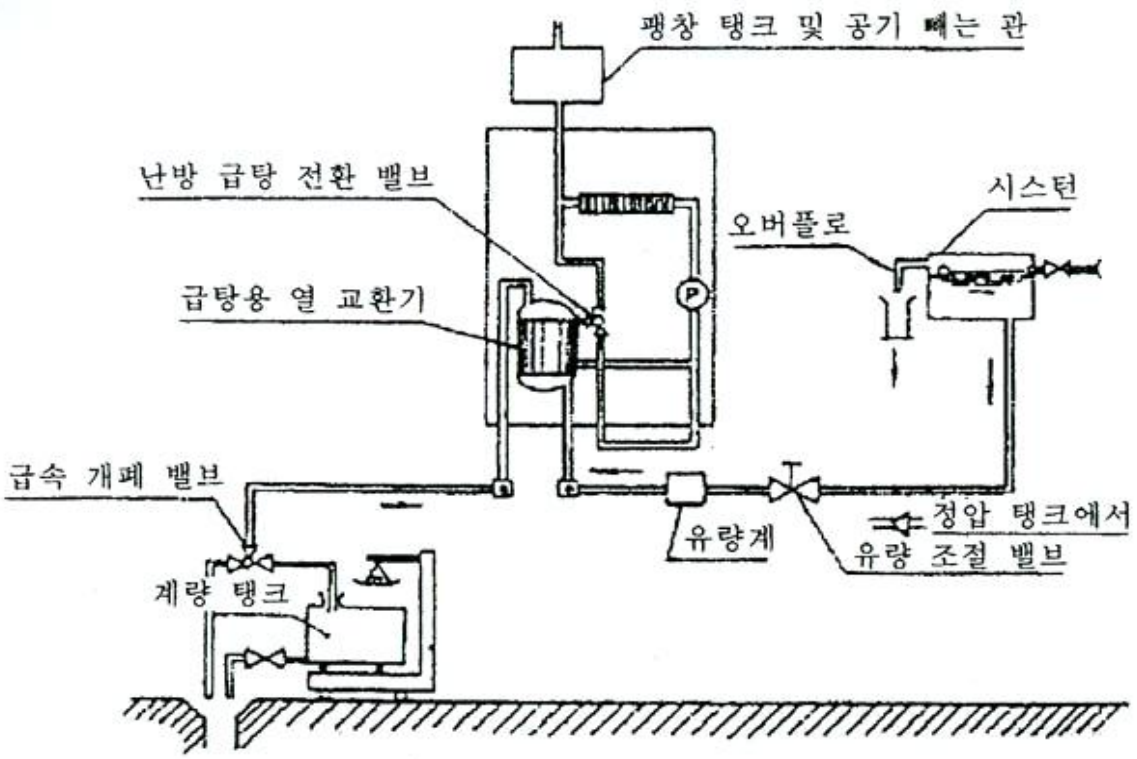
$$\eta_w = \frac{G_h \times C_p \times (th_2 - th_1)}{G_o \times Hh} \times 100$$

여기서,

G_h : 난방(온수) 공급 수량(kg/h)
C_p : 물의 평균 비열(kcal/kg℃)
th_2 : 출구온도에서의 포화수 엔탈피(kcal/kg)
th_1 : 급수온도에서의 포화수 엔탈피(kcal/kg)
G_o : 연료소비량(kg/h)
Hh : 연료의 총발열량(kcal/N㎥)



[그림 119] 대기 차단식 난방 성능 시험도



[그림 120] 온수 성능 시험도

(2) 열원기기 성능분석

(가) 보일러 성능분석

보일러의 DB 구축 내용을 통해 보일러의 성능분석을 수행하였다. 보일러의 종류는 열매체에 따라 증기와 온수로, 사용되는 연료에 따라 경유와 LNG로 구분하였다. 증기보일러는 열매체를 직접 가열하여 생성된 증기를 라디에이터 등에 공급하거나 열교환기를 이용해 온수를 생성해 부하측으로 공급한다. 이와 다르게 온수보일러는 열매체를 직접 가열하지 않고, 배관 등을 통해 유체를 간접적으로 가열하여 급탕, 난방 등의 부하 사용처에 직접 공급한다.

① 성능분석을 위한 보일러 DB 구축 요약

[표 44~47]은 보일러의 성능분석을 위해 각 장비의 정격용량과 25%, 50%, 75%, 100%의 부분부하에 따른 출력량과 사용연료량을 검토하고, 사용연료의 발열량을 이용해 부분부하 효율에서의 연소효율을 도출한 것이다. 본 연구에서는 조사된 증기보일러 20종, 온수보일러 18종으로 총 38개의 모델에 대해 연소효율을 산출하고, 산출된 결과를 이용해 보일러의 성능분석을 수행하였다.

<표 181> 증기보일러(경유) DB 구축 요약

제조사	용량	사용연료량				연소효율			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
	kW	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	%	%	%	%
D사	2,245	51.0	101.9	152.9	203.8	92.00	92.00	92.00	92.00
D사	3,742	84.9	169.8	254.7	339.6	92.02	92.02	92.02	92.02
D사	1,497	34.4	68.7	103.1	137.4	90.97	90.97	90.97	90.97
D사	2,245	51.5	103.0	154.5	206.0	91.01	91.01	91.01	91.01
B사	116	2.7	5.4	8.0	10.7	90.74	90.74	90.74	90.74
B사	698	16.0	32.0	48.0	64.0	91.02	91.02	91.02	91.02
B사	930	21.4	42.7	64.1	85.4	90.95	90.95	90.95	90.95
B사	1,395	32.0	64.0	96.0	128.0	91.02	91.02	91.02	91.02
B사	2,326	53.4	106.7	160.1	213.4	90.99	90.99	90.99	90.99
B사	4,186	96.0	192.1	288.1	384.1	91.00	91.00	91.00	91.00

<표 182> 증기보일러(LNG) DB 구축 요약

제조사	용량	사용연료량				연소효율			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
	kW	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	%	%	%	%
D사	2,245	48.8	97.6	146.3	195.1	89.99	89.99	89.99	89.99
D사	3,742	81.3	162.6	243.8	325.1	90.01	90.01	90.01	90.01
D사	1,497	32.5	65.0	97.5	130.0	90.03	90.03	90.03	90.03
D사	2,245	48.8	97.6	146.3	195.1	89.98	89.98	89.98	89.98
B사	374	8.3	16.5	24.8	33.0	88.66	88.66	88.66	88.66
B사	749	16.5	33.0	49.5	66.0	88.66	88.66	88.66	88.66
B사	1,123	24.8	49.5	74.3	99.0	88.66	88.66	88.66	88.66
B사	1,497	33.2	66.4	99.5	132.7	88.20	88.20	88.20	88.20
B사	1,871	41.1	82.1	123.2	164.2	89.10	89.10	89.10	89.10
B사	2,246	49.3	98.5	147.8	197.0	89.11	89.11	89.11	89.11

<표 183> 온수보일러(경유) DB 구축 요약

제조사	용량	사용연료량				연소효율			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
	kW	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	%	%	%	%
D사	581	13.3	26.7	40.0	53.3	91.08	91.08	91.08	91.08
D사	1,163	26.7	53.4	80.0	106.7	90.99	90.99	90.99	90.99
B사	116	2.7	5.4	8.0	10.7	90.74	90.74	90.74	90.74
B사	698	16.0	32.0	48.0	64.0	91.02	91.02	91.02	91.02
B사	930	21.4	42.7	64.1	85.4	90.95	90.95	90.95	90.95
B사	1,395	32.0	64.0	96.0	128.0	91.02	91.02	91.02	91.02
B사	2,326	53.4	106.7	160.1	213.4	90.99	90.99	90.99	90.99
B사	4,186	96.0	192.1	288.1	384.1	91.00	91.00	91.00	91.00

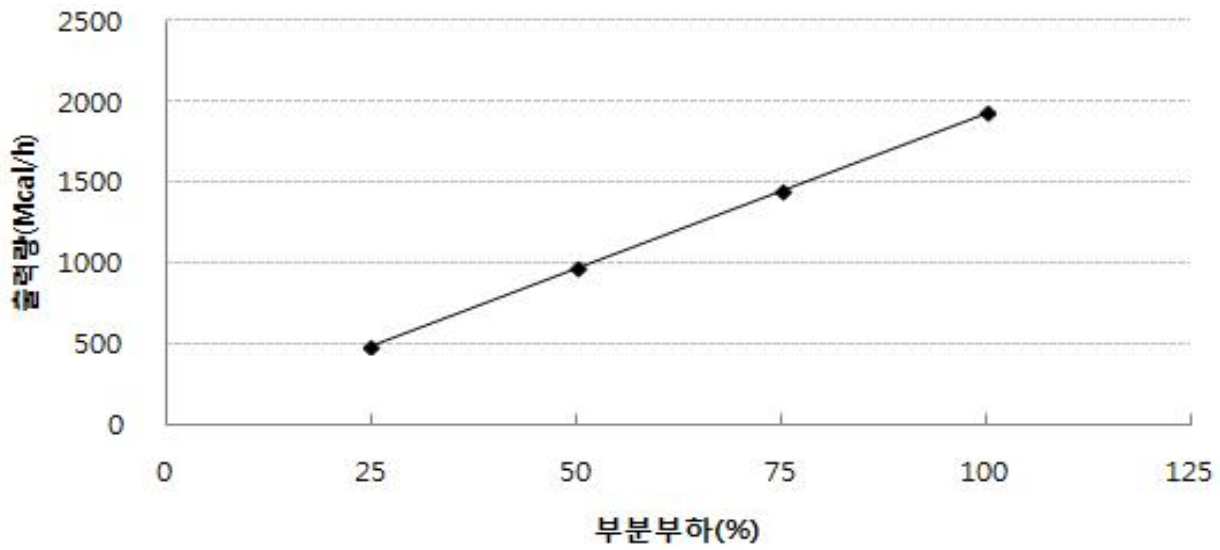
<표 184> 온수보일러(LNG) DB 구축 요약

제조사	용량	사용연료량				연소효율			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
	kW	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	%	%	%	%
D사	581	13.7	27.5	41.2	54.9	82.80	82.80	82.80	82.80
D사	1,163	27.5	55.0	82.4	109.9	82.72	82.72	82.72	82.72
D사	2,326	50.5	101.0	151.5	202.0	90.01	90.01	90.01	90.01
D사	4,070	88.4	176.8	265.1	353.5	90.01	90.01	90.01	90.01
B사	116	2.8	5.6	8.3	11.1	81.90	81.90	81.90	81.90
B사	698	16.7	33.3	50.0	66.6	81.90	81.90	81.90	81.90
B사	930	22.2	44.4	66.6	88.8	81.90	81.90	81.90	81.90
B사	1,395	33.3	66.6	99.9	133.2	81.90	81.90	81.90	81.90
B사	2,326	55.5	111.0	166.5	222.0	81.90	81.90	81.90	81.90
B사	4,186	99.9	199.8	299.7	399.6	81.90	81.90	81.90	81.90

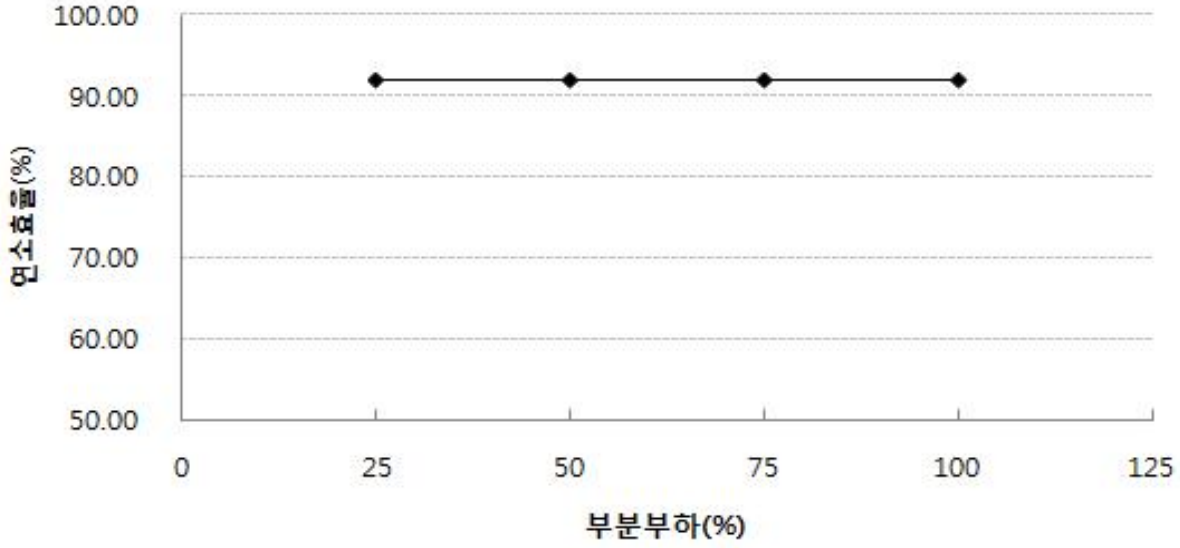
㉮ 증기보일러 성능분석

ⓐ 보일러 용량별 성능변화

- D사 증기보일러(경유) 2,245 kW

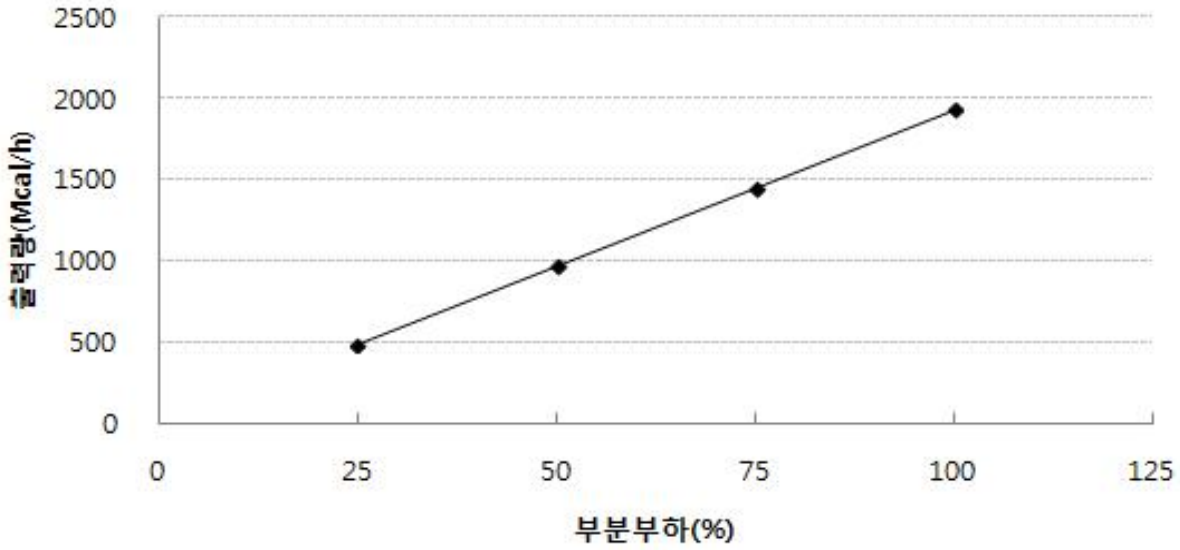


[그림 121] 부분부하별 출력량

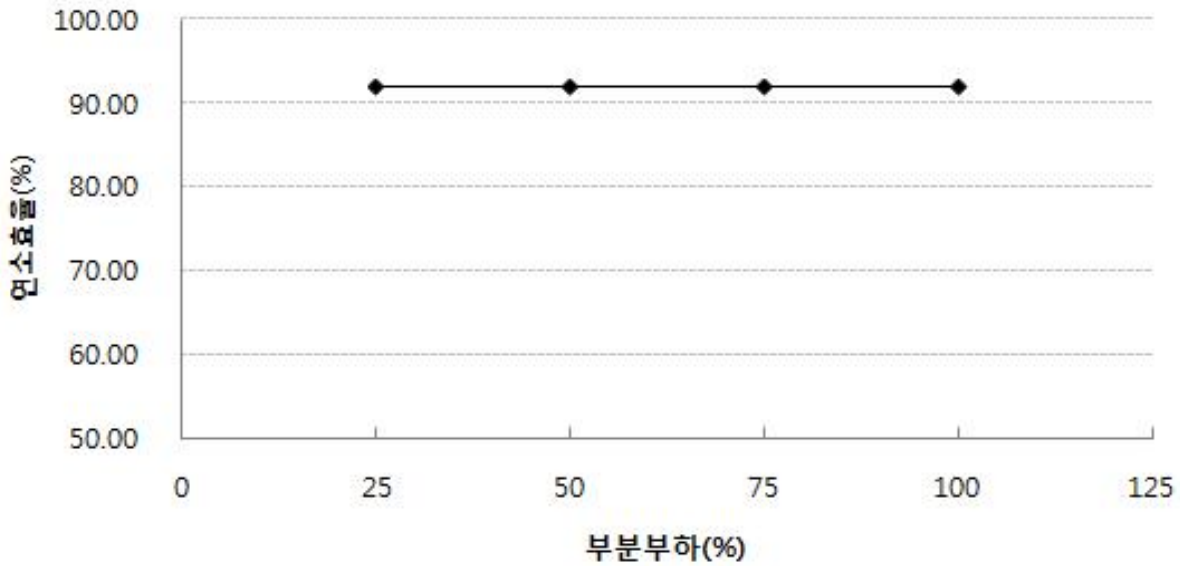


[그림 122] 부분부하별 연소효율

- D사 증기보일러(경유) 3,742 kW

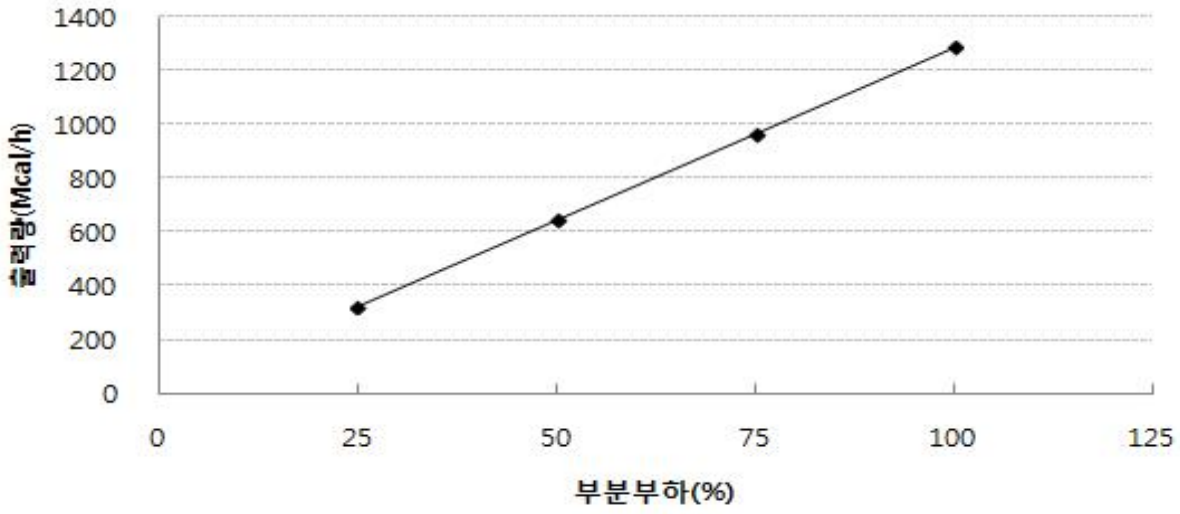


[그림 123] 부분부하별 출력량

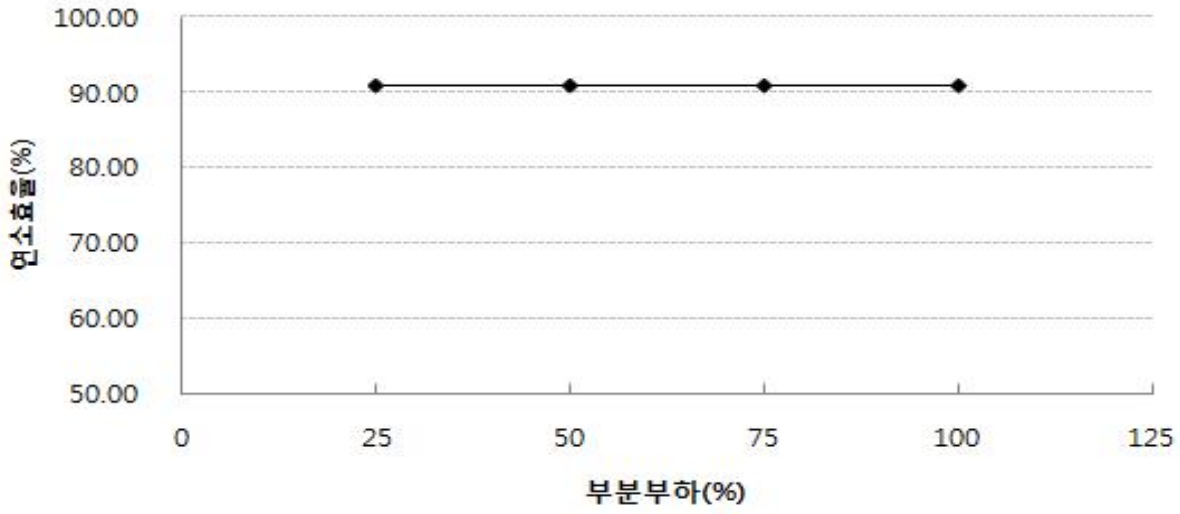


[그림 124] 부분부하별 연소효율

- D사 증기보일러(경유) 1,497 kW

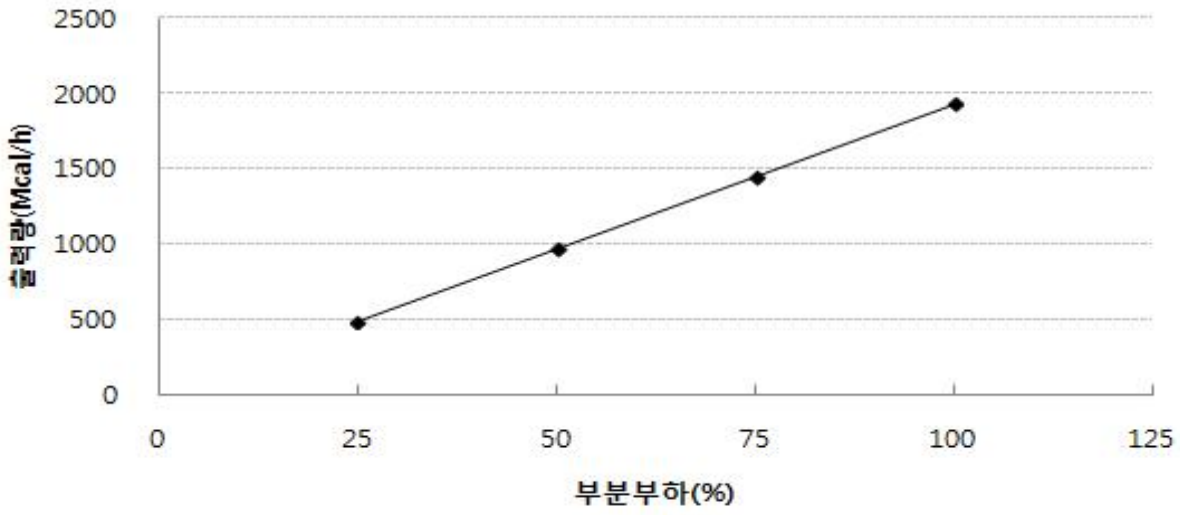


[그림 125] 부분부하별 출력량

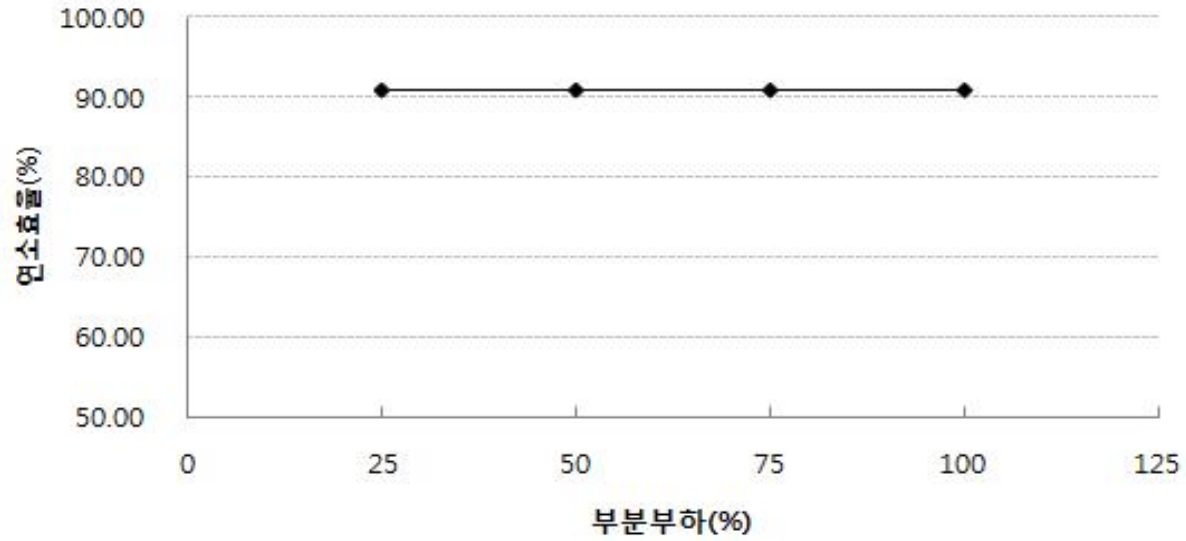


[그림 126] 부분부하별 연소효율

- D사 증기보일러(경유) 2,245 kW

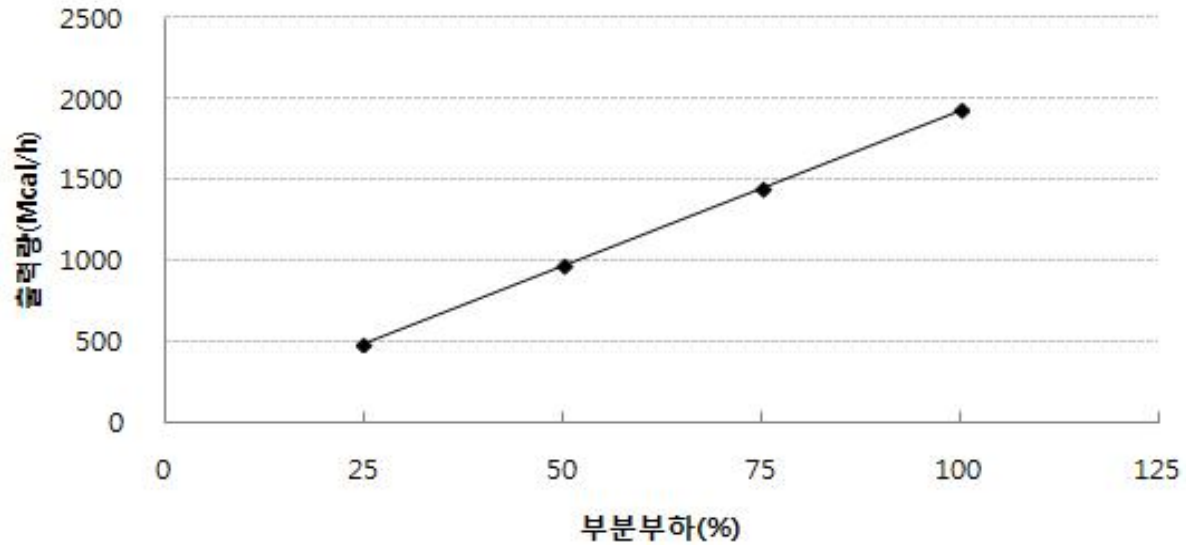


[그림 127] 부분부하별 출력량

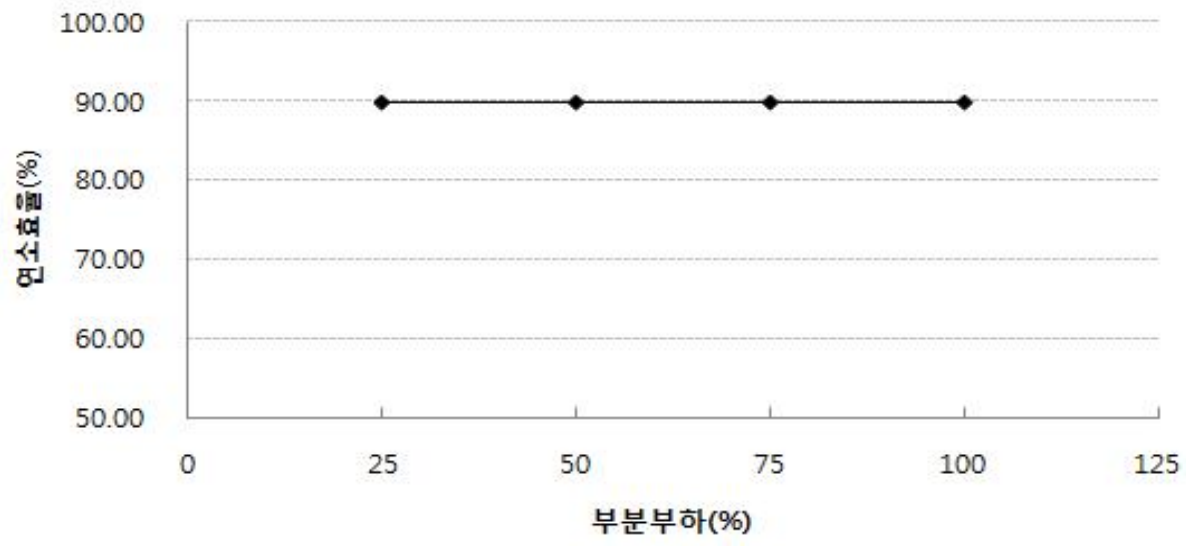


[그림 128] 부분부하별 연소효율

- D사 증기보일러(LNG) 2,245 kW

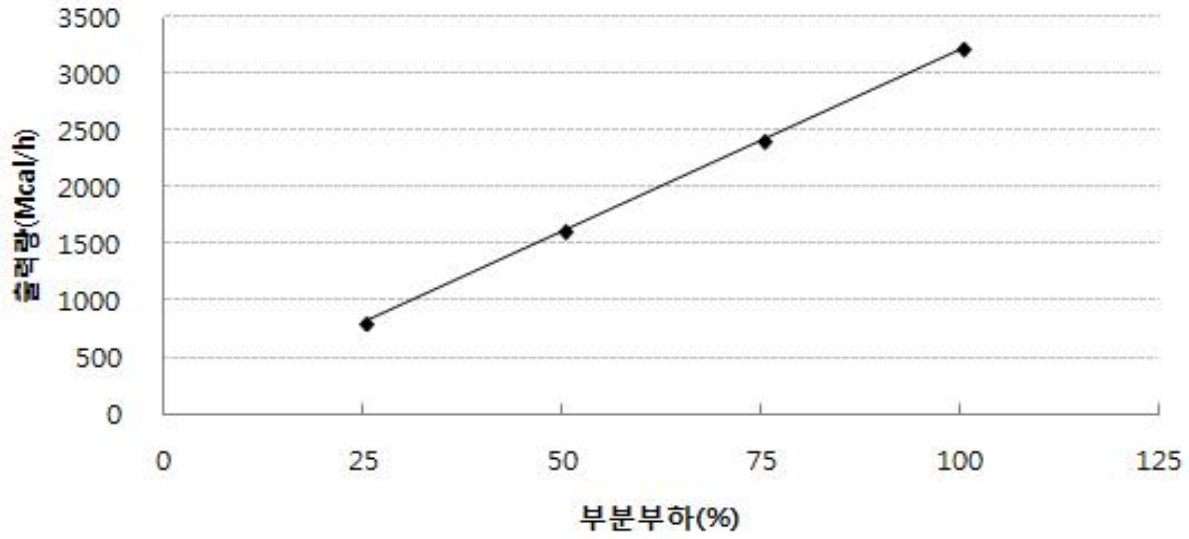


[그림 129] 부분부하별 출력량

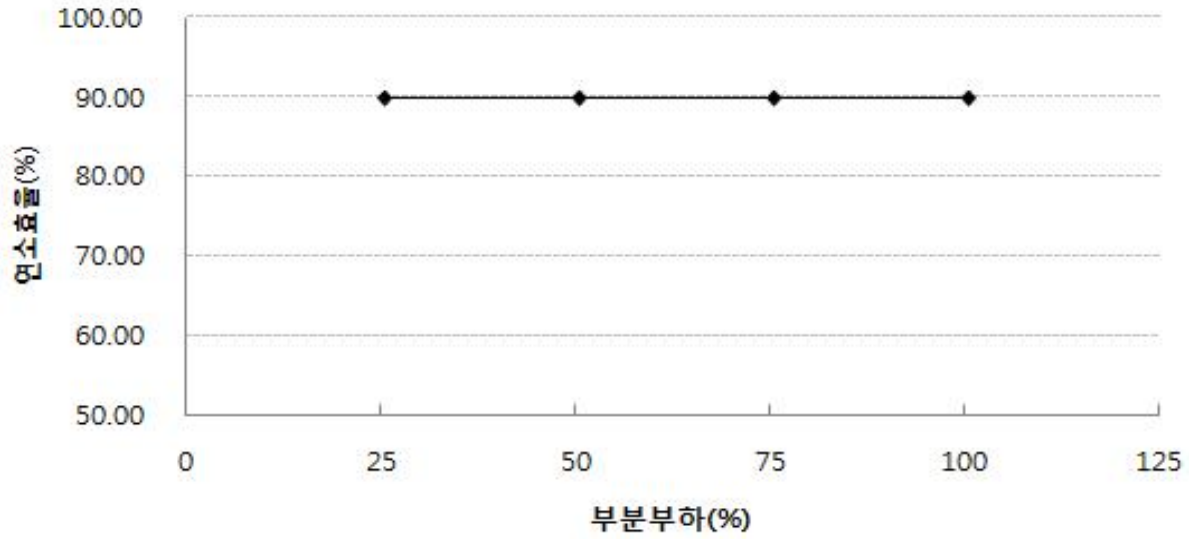


[그림 130] 부분부하별 연소효율

- D사 증기보일러(LNG) 3,742 kW

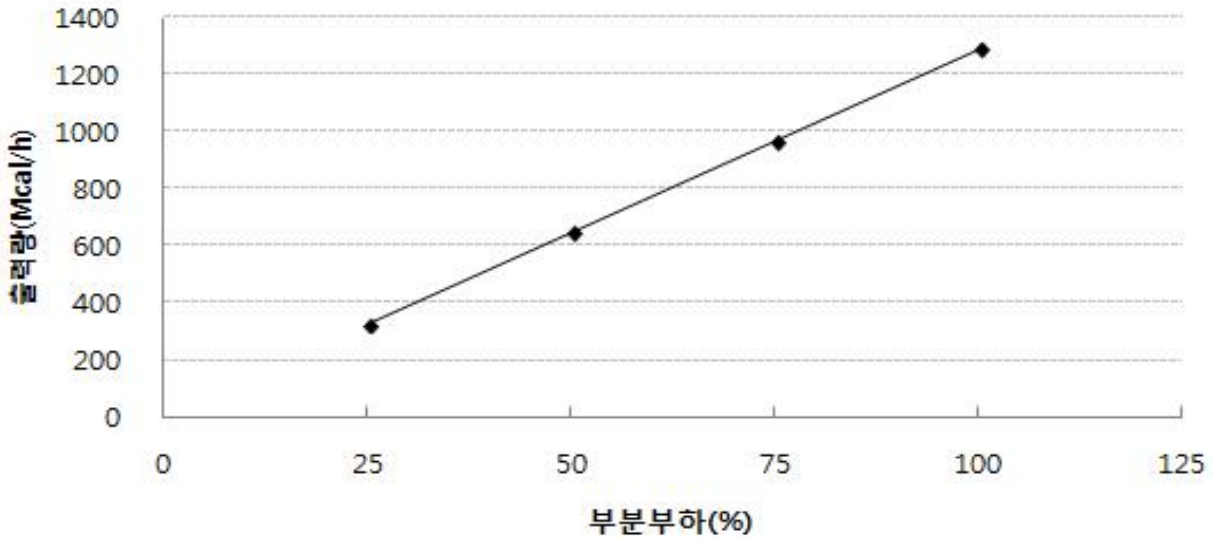


[그림 131] 부분부하별 출력량

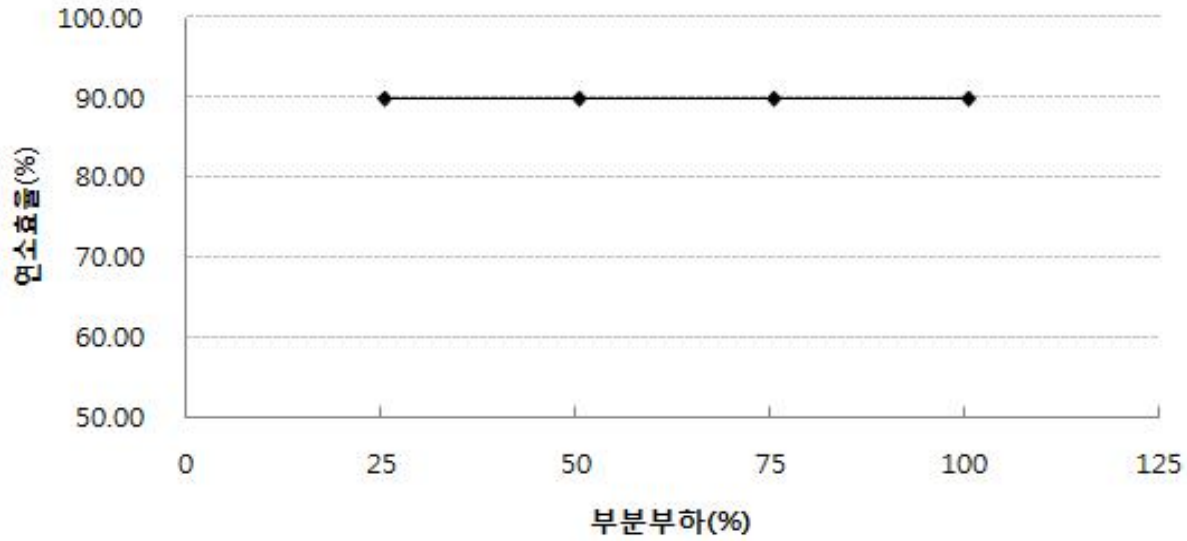


[그림 132] 부분부하별 연소효율

- D사 증기보일러(LNG) 1,497 kW

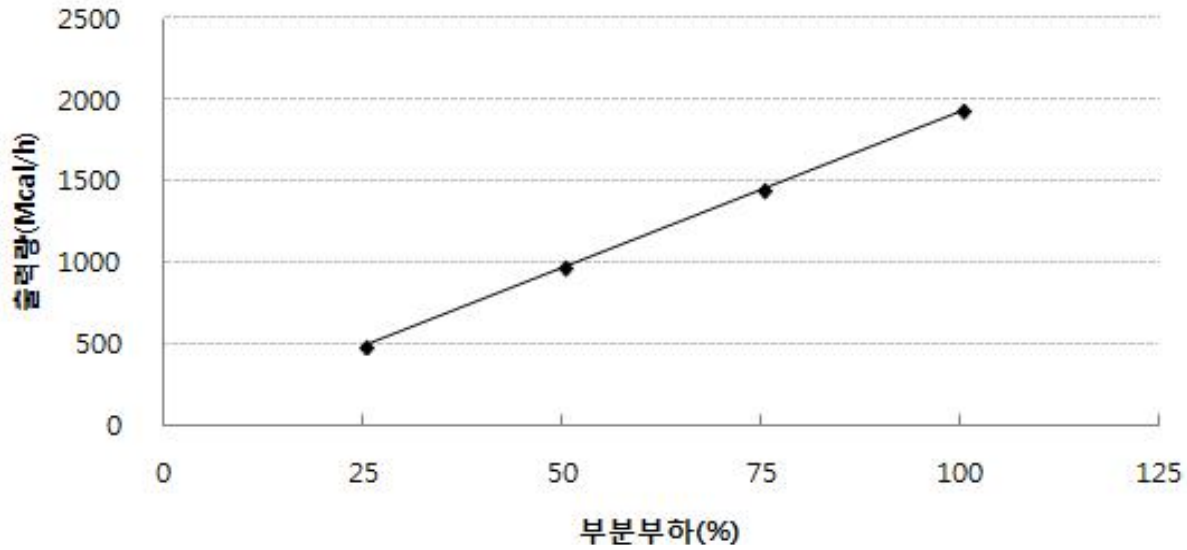


[그림 133] 부분부하별 출력량

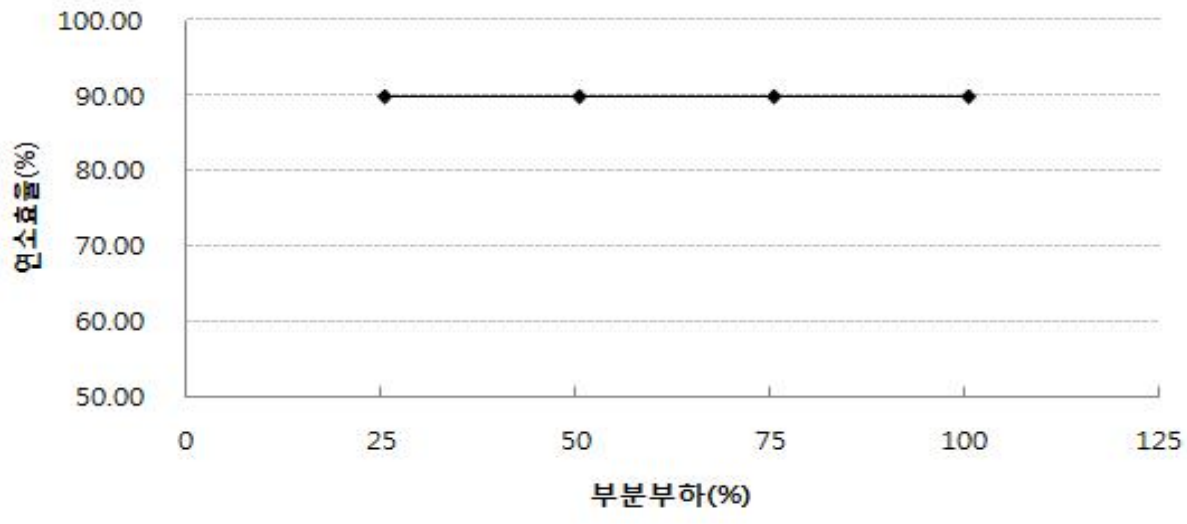


[그림 134] 부분부하별 연소효율

- D사 증기보일러(LNG) 2,245 kW

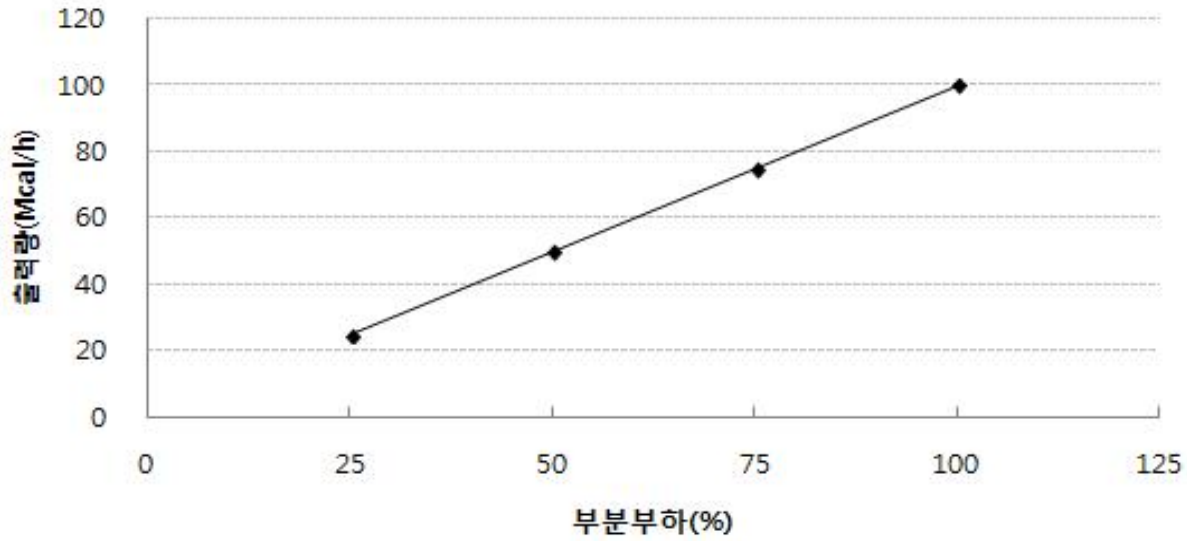


[그림 135] 부분부하별 출력량

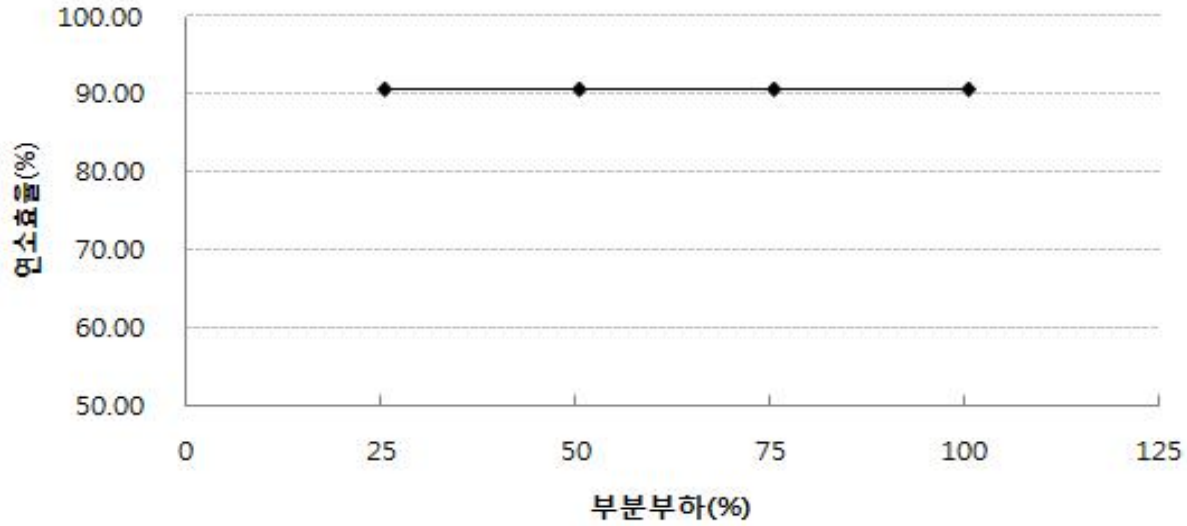


[그림 136] 부분부하별 연소효율

- B사 증기보일러(경유) 116.3 kW

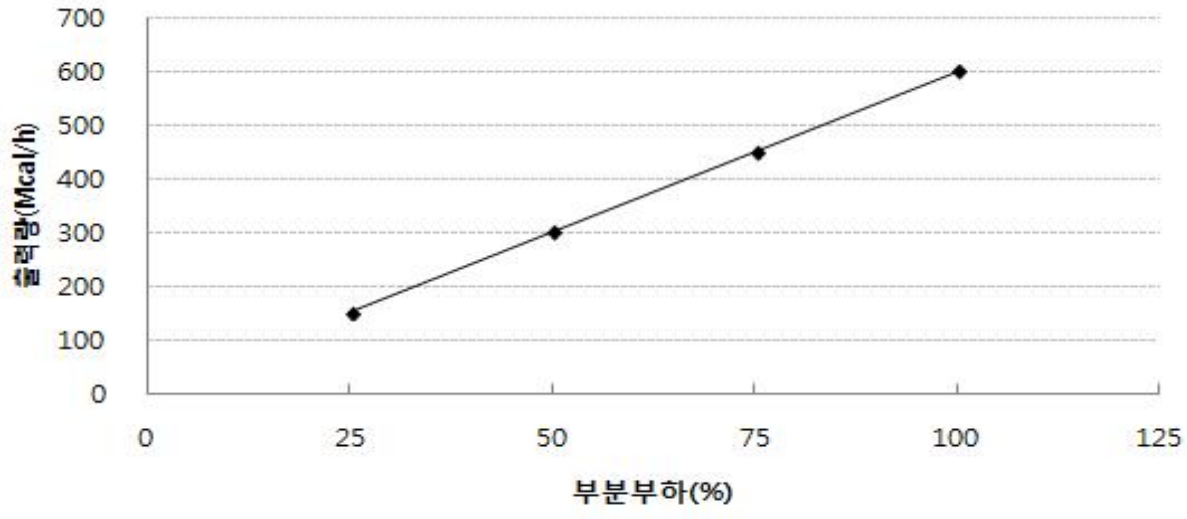


[그림 137] 부분부하별 출력량

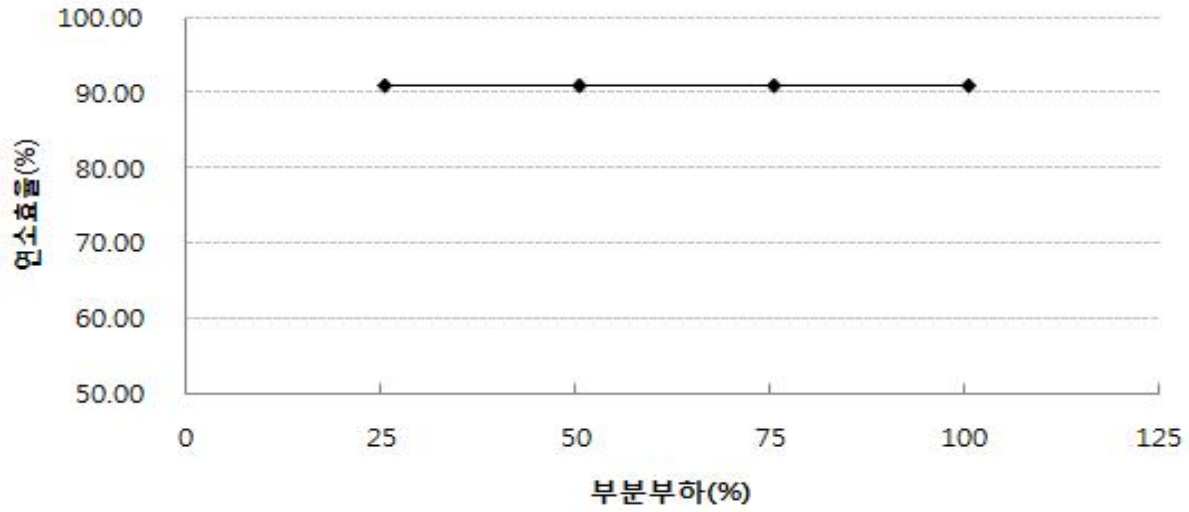


[그림 138] 부분부하별 연소효율

- B사 증기보일러(경유) 697.7 kW

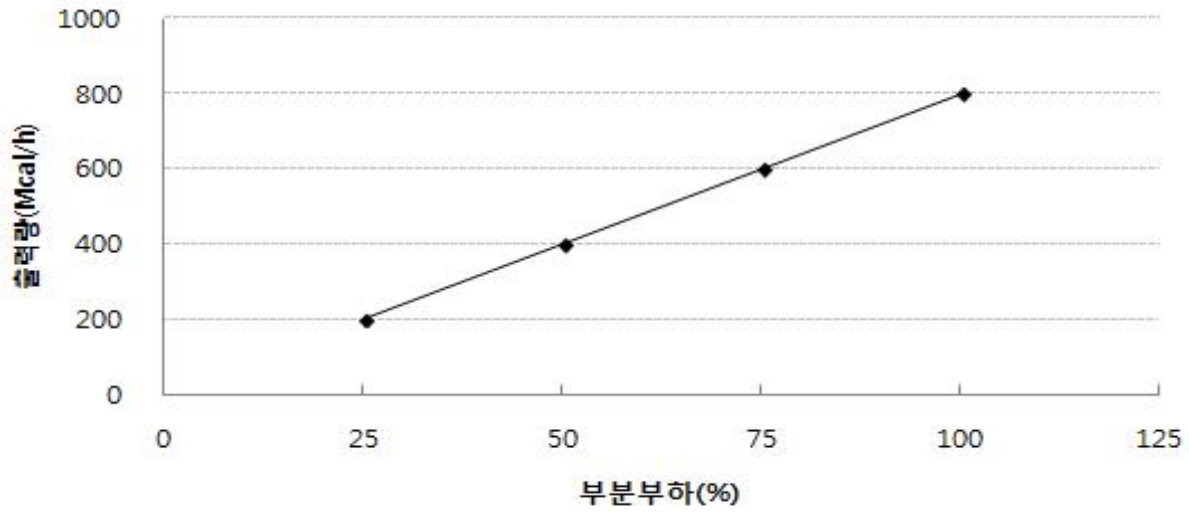


[그림 139] 부분부하별 출력량

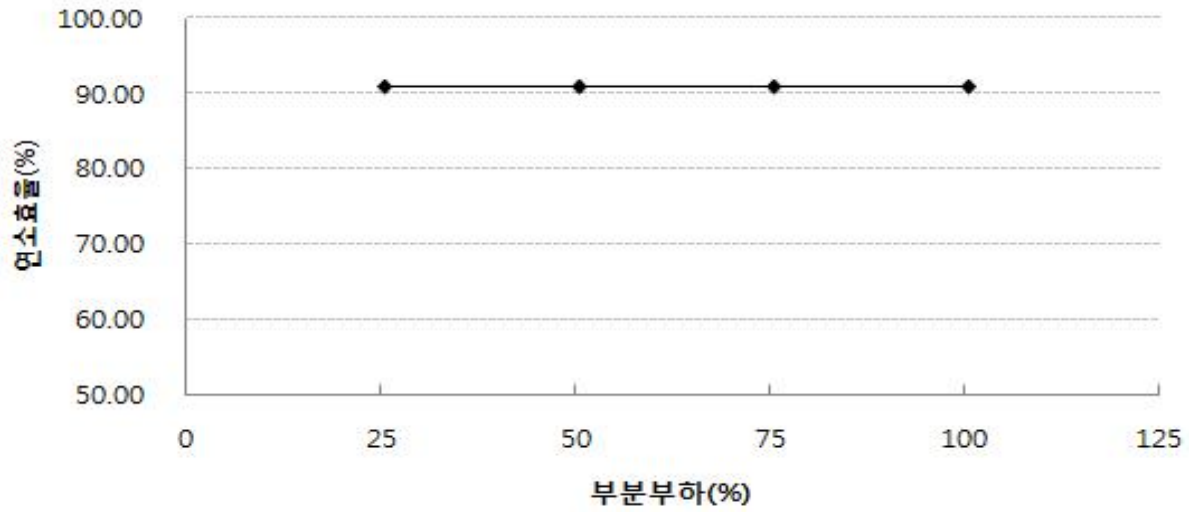


[그림 140] 부분부하별 연소효율

- B사 증기보일러(경유) 930.2 kW

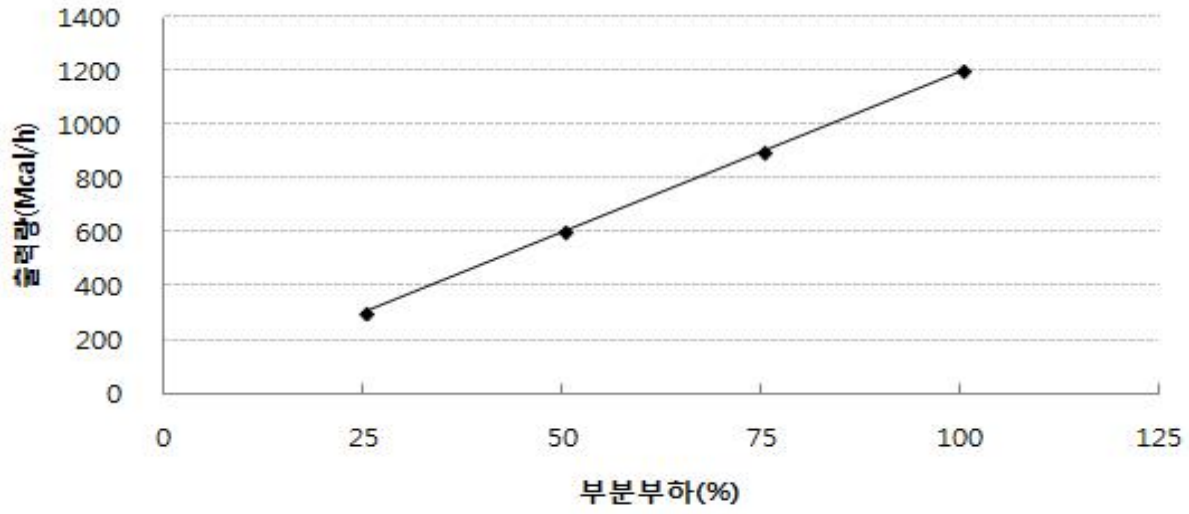


[그림 141] 부분부하별 출력량

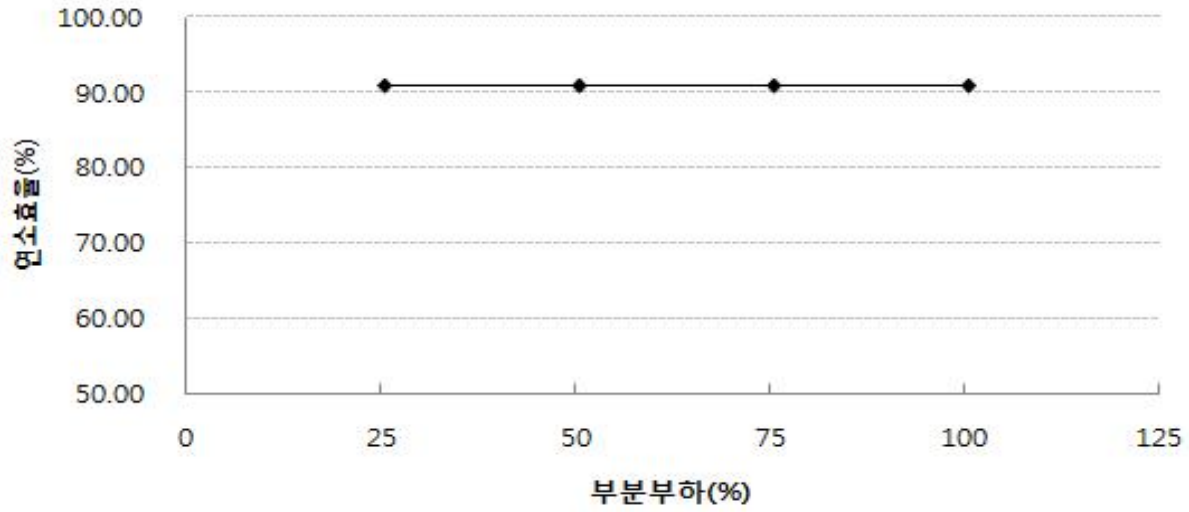


[그림 142] 부분부하별 연소효율

- B사 증기보일러(경유) 1,395.3 kW

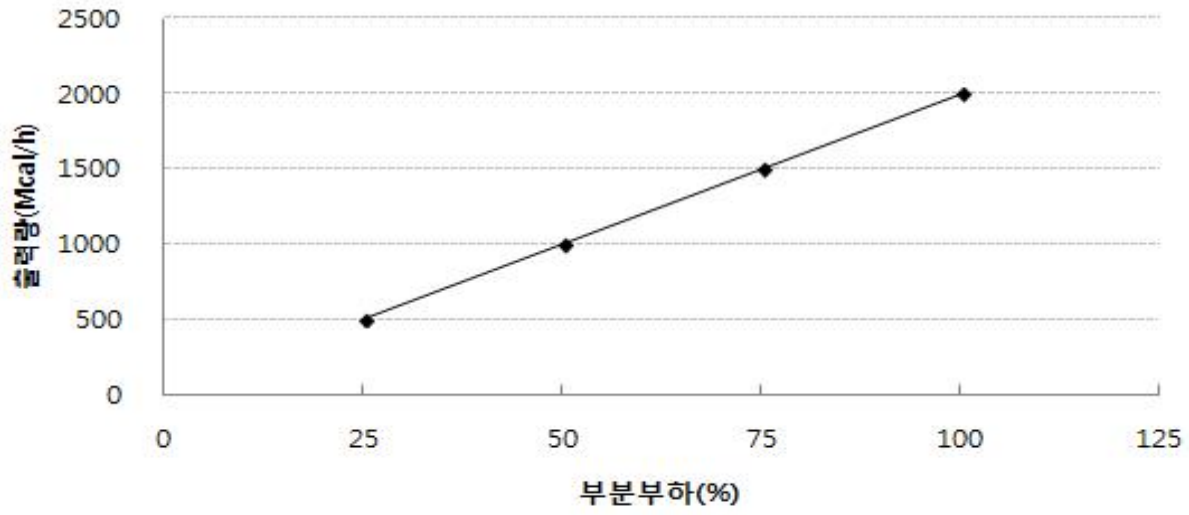


[그림 143] 부분부하별 출력량

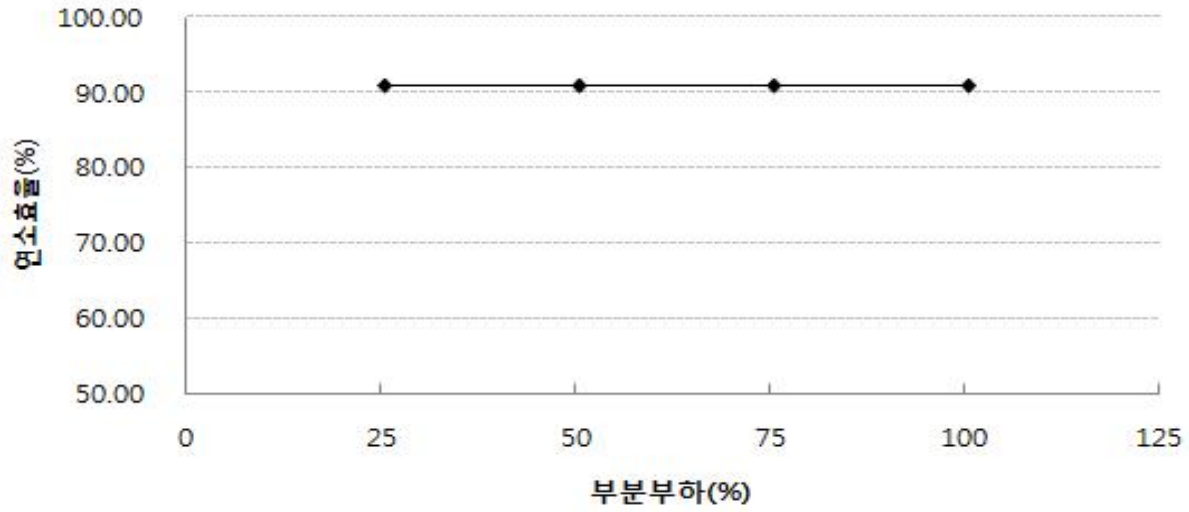


[그림 144] 부분부하별 연소효율

- B사 증기보일러(경유) 2,325.6 kW

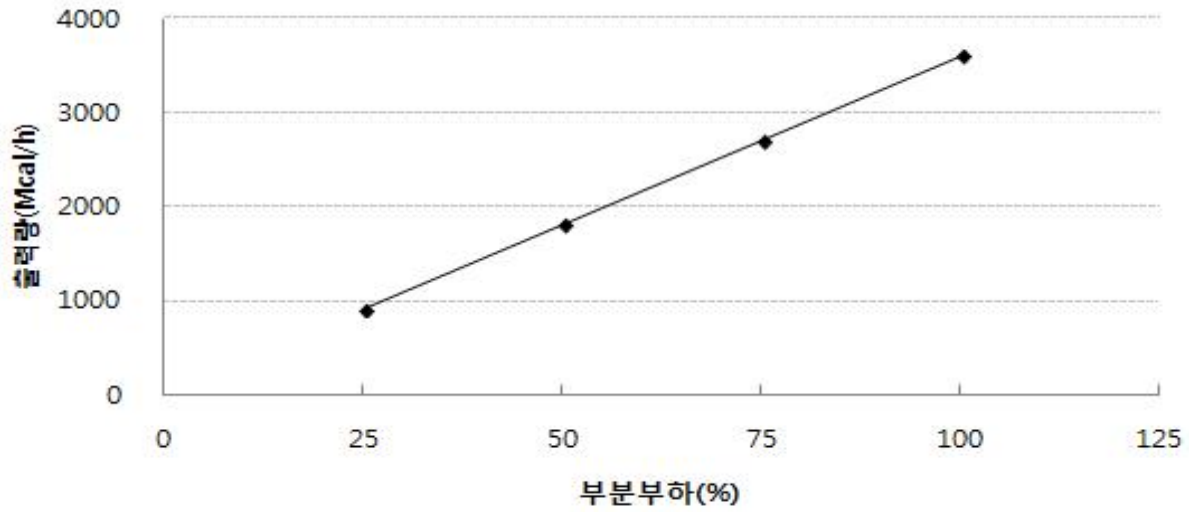


[그림 145] 부분부하별 출력량

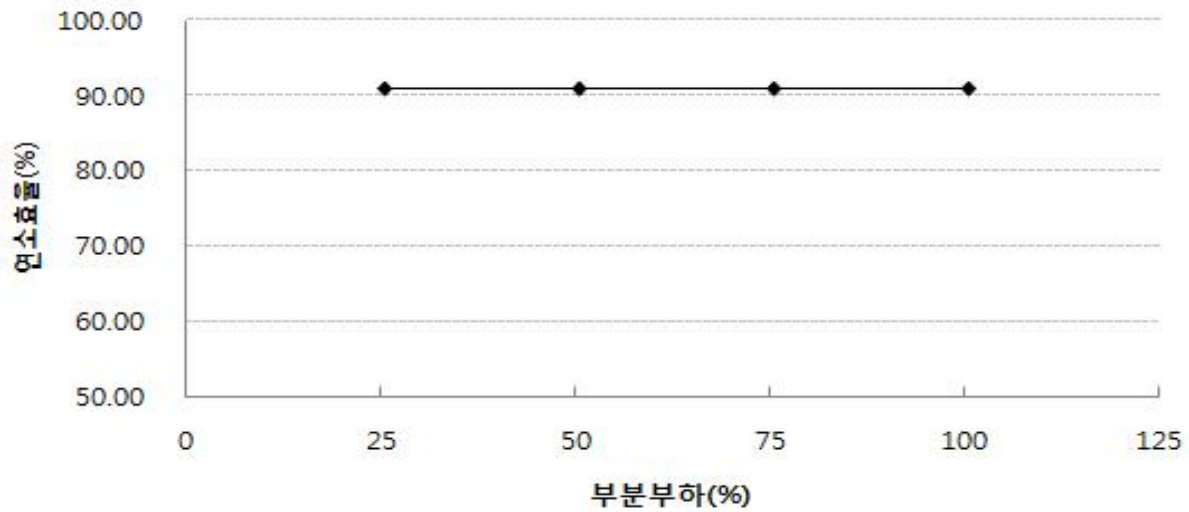


[그림 146] 부분부하별 연소효율

- B사 증기보일러(경유) 4,186.0 kW

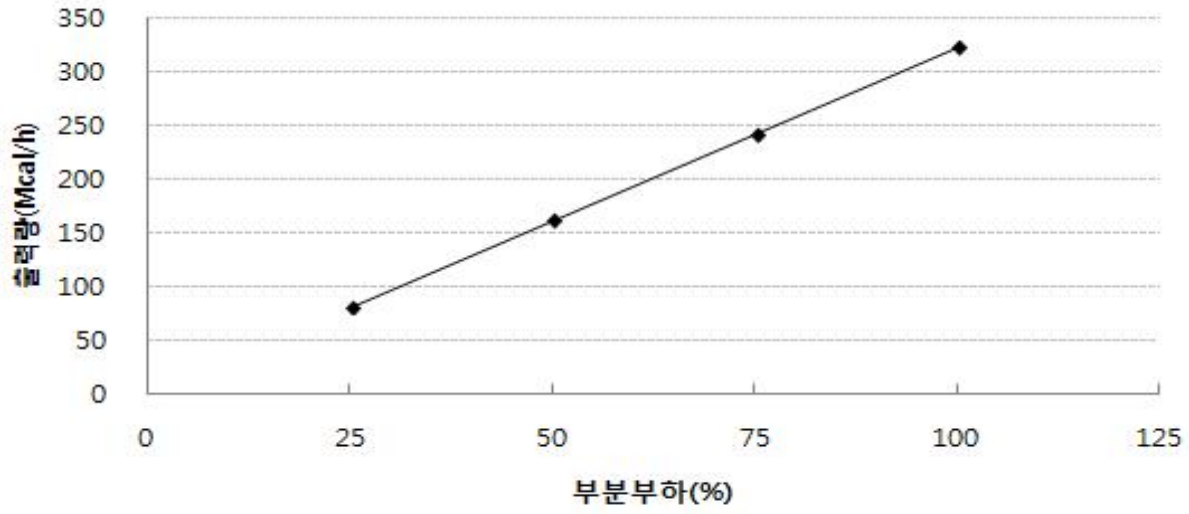


[그림 147] 부분부하별 출력량

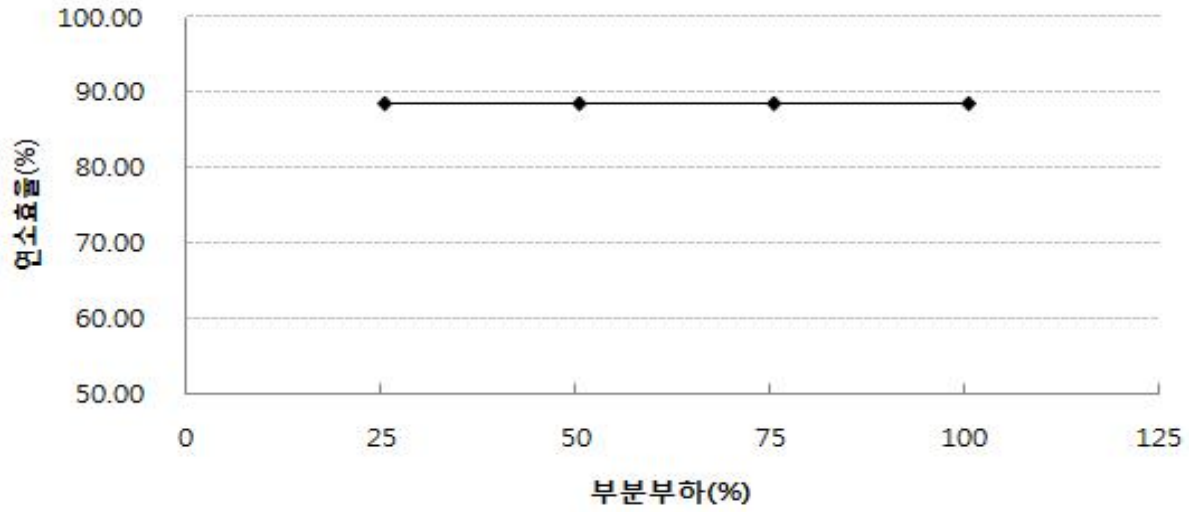


[그림 148] 부분부하별 연소효율

- B사 증기보일러(LNG) 374.2 kW

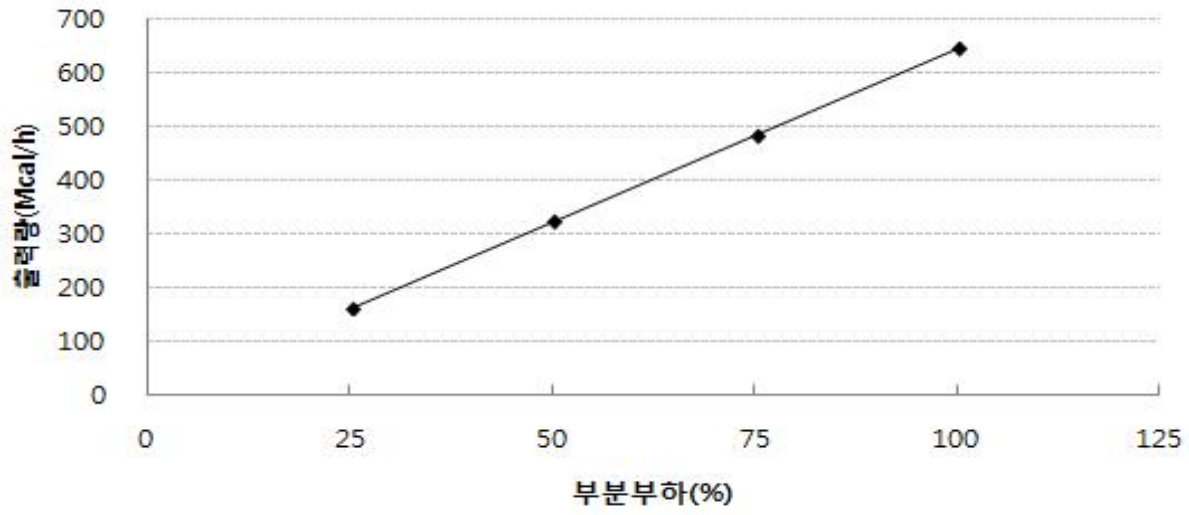


[그림 149] 부분부하별 출력량

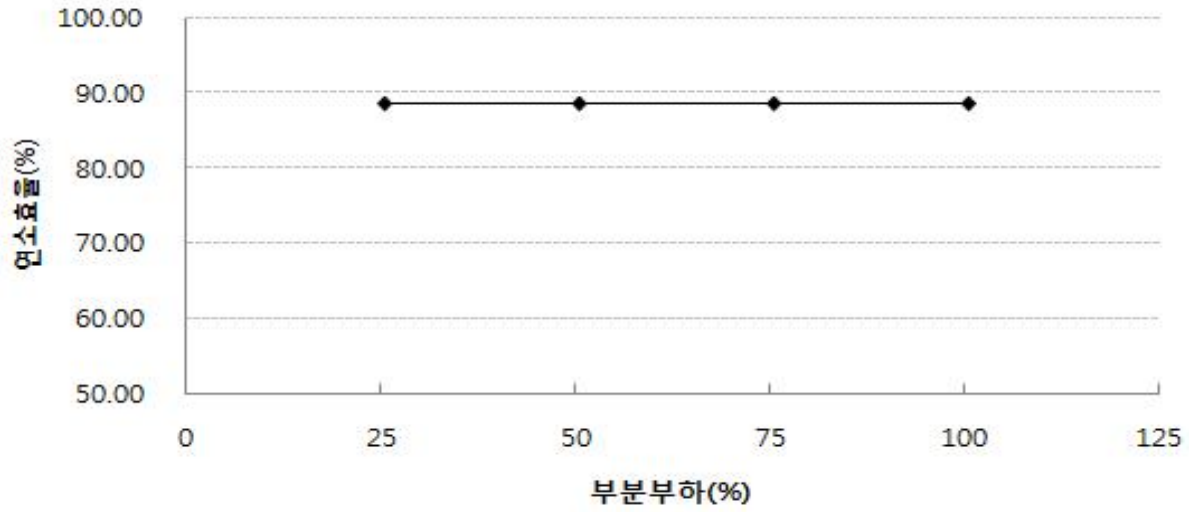


[그림 150] 부분부하별 연소효율

- B사 증기보일러(LNG) 748.5 kW

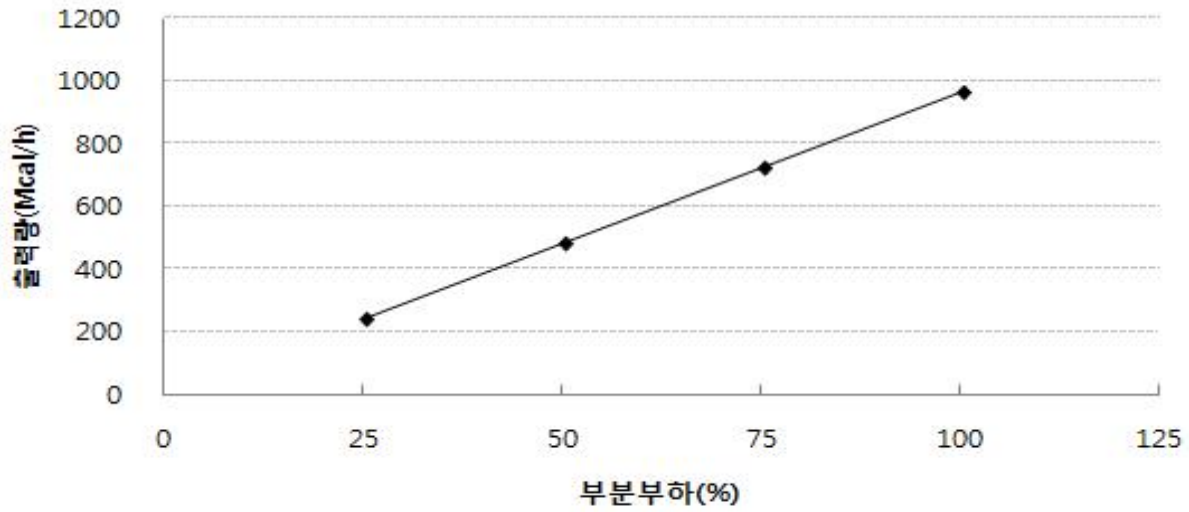


[그림 151] 부분부하별 출력량

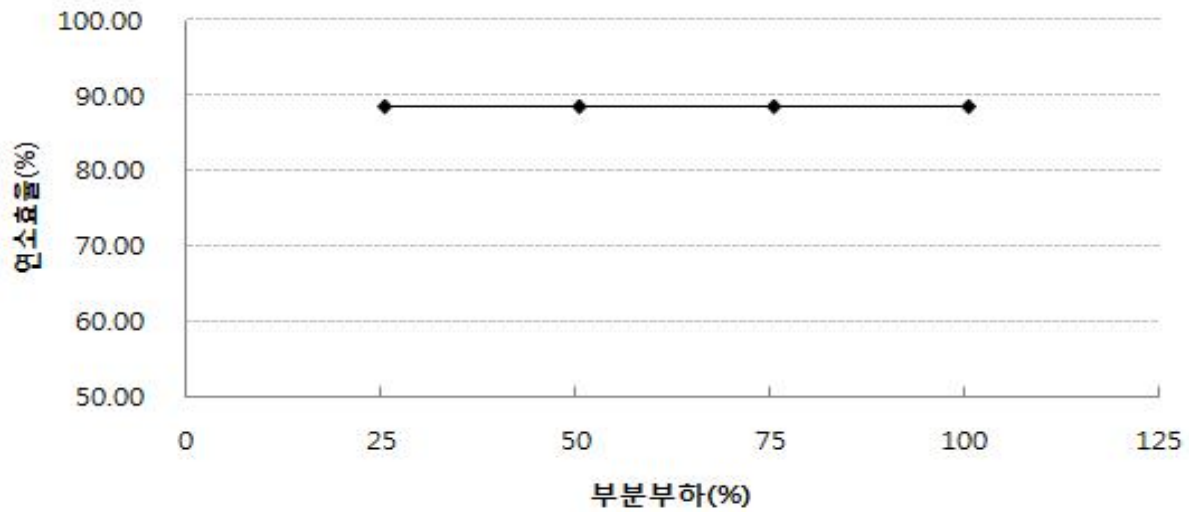


[그림 152] 부분부하별 연소효율

- B사 증기보일러(LNG) 1,122.7 kW

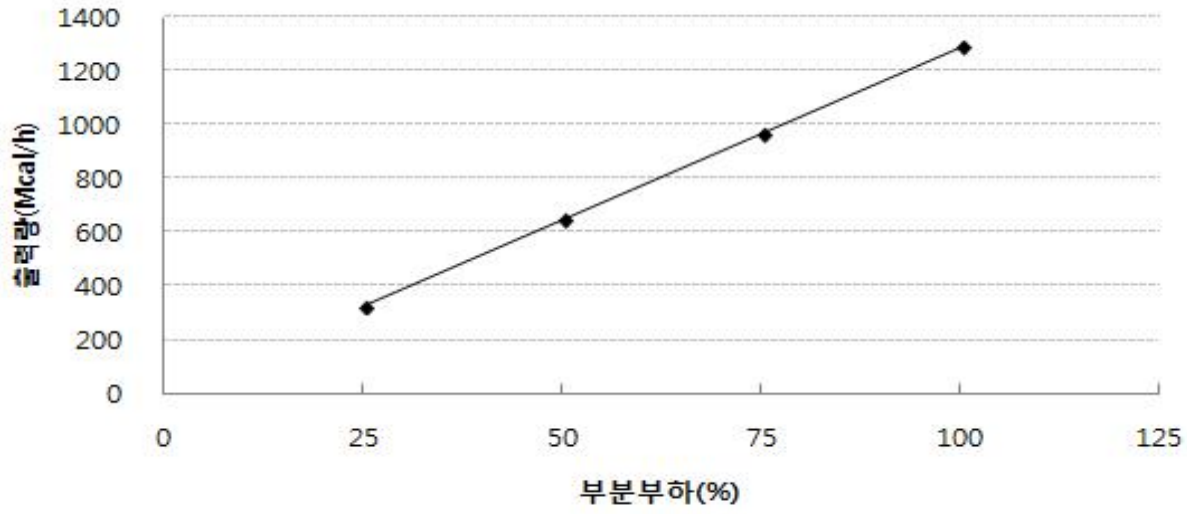


[그림 153] 부분부하별 출력량

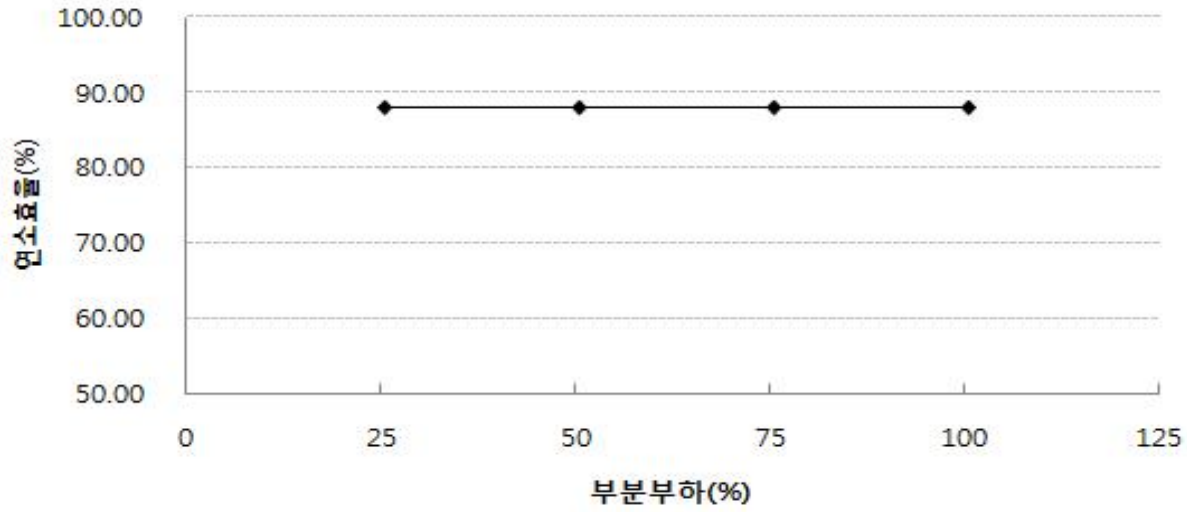


[그림 154] 부분부하별 연소효율

- B사 증기보일러(LNG) 1,497.0 kW

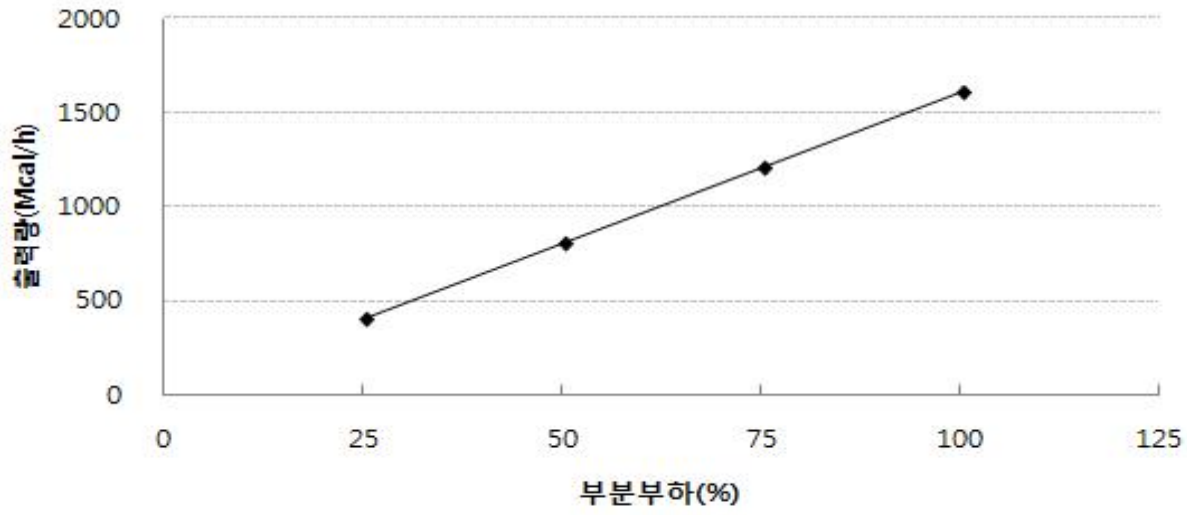


[그림 155] 부분부하별 출력량

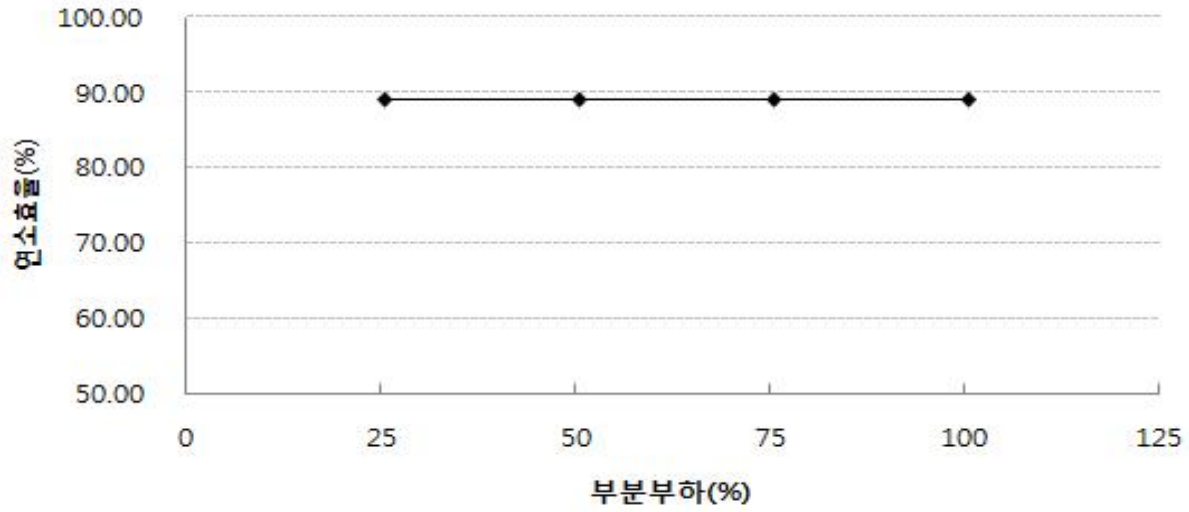


[그림 156] 부분부하별 연소효율

- B사 증기보일러(LNG) 1,871.2 kW

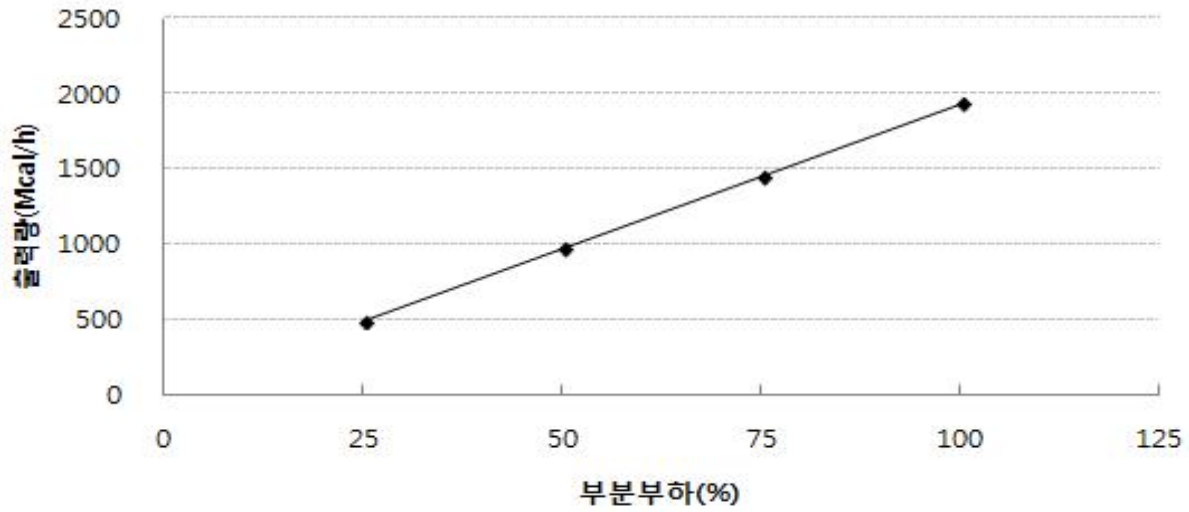


[그림 157] 부분부하별 출력량

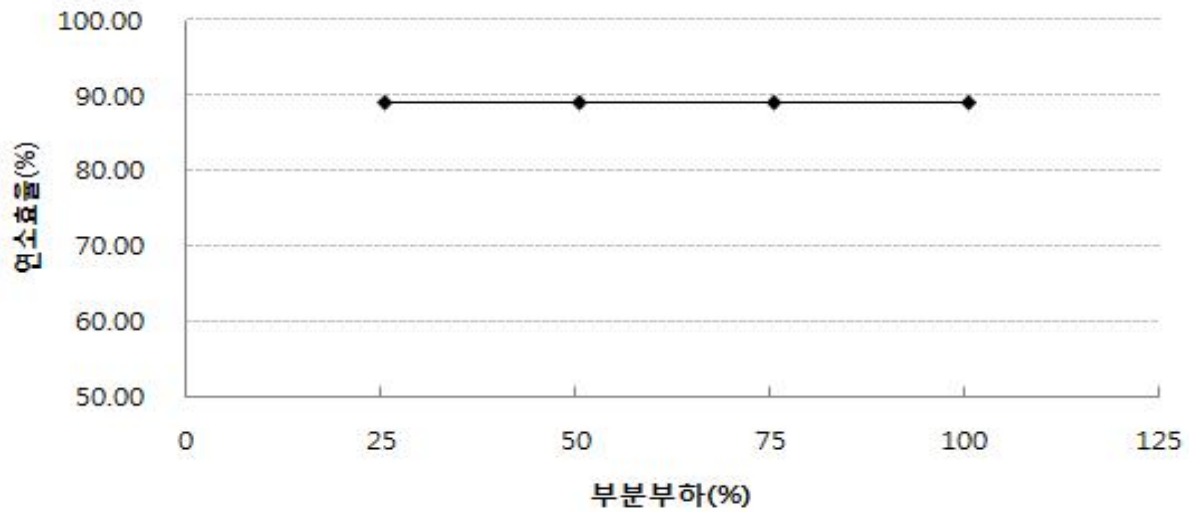


[그림 158] 부분부하별 연소효율

- B사 증기보일러(LNG) 2,245.5 kW

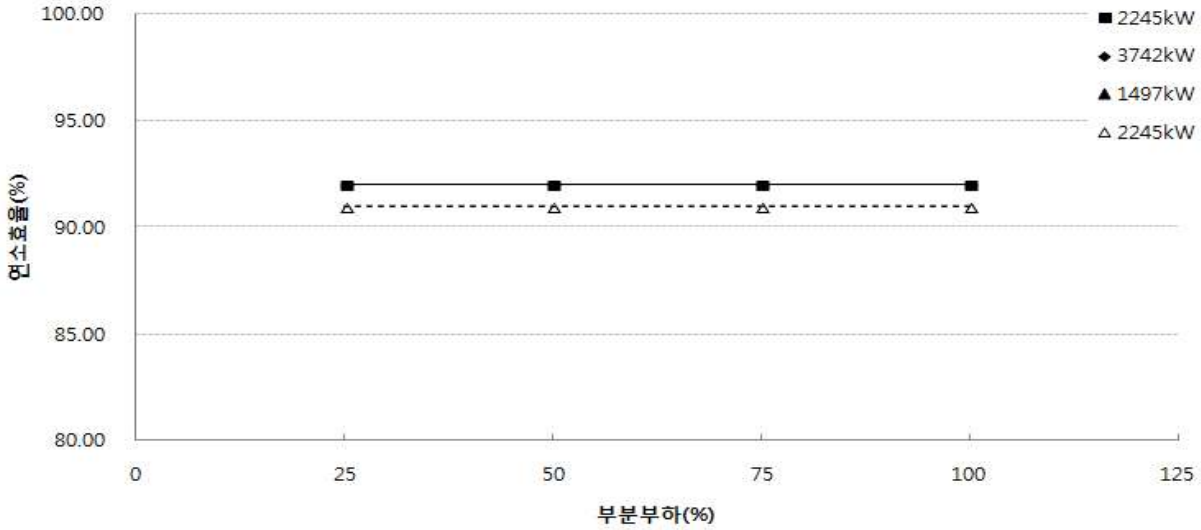


[그림 159] 부분부하별 출력량

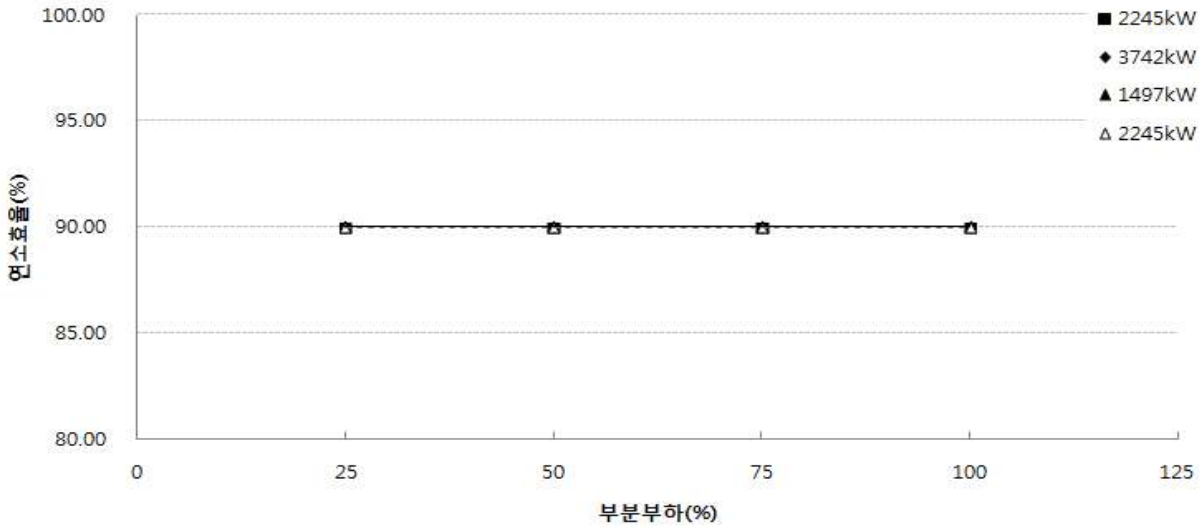


[그림 160] 부분부하별 연소효율

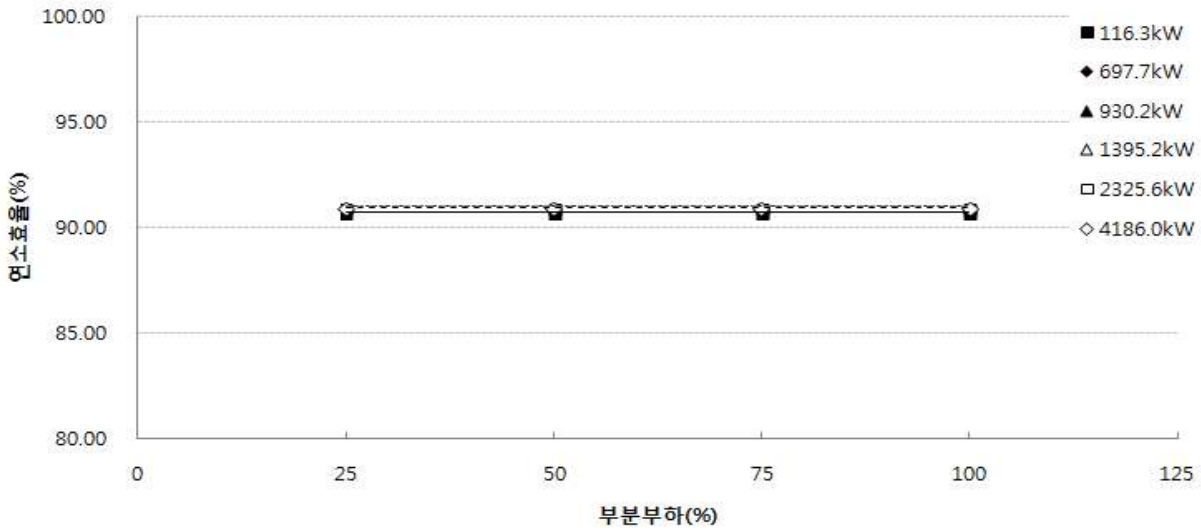
ⓑ 증기보일러 성능분석



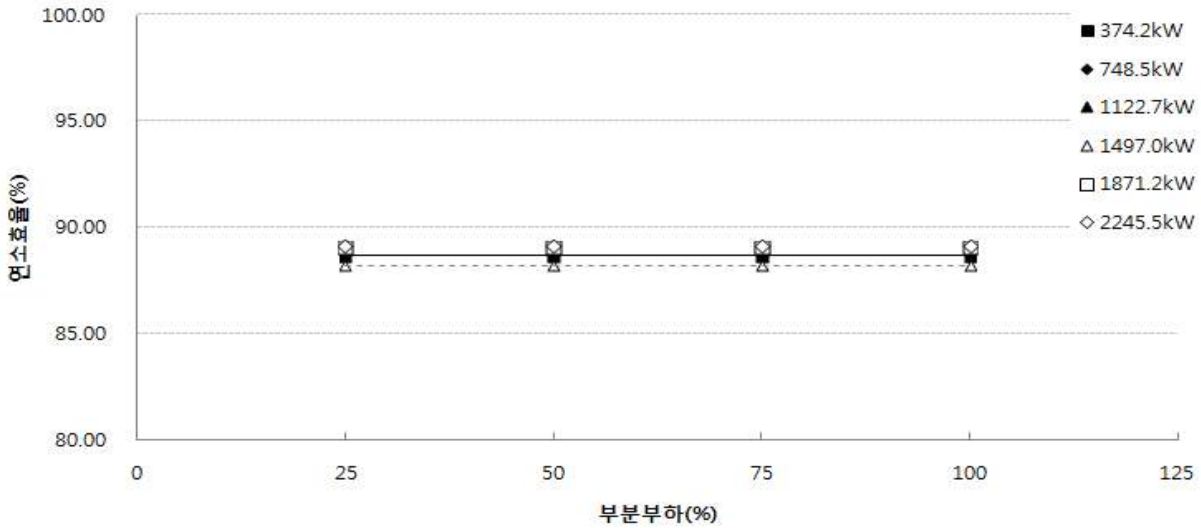
[그림 161] D사 증기보일러(경유) 성능변화



[그림 162] D사 증기보일러(LNG) 성능변화



[그림 163] B사 증기보일러(경유) 성능변화



[그림 164] B사 증기보일러(LNG) 성능변화

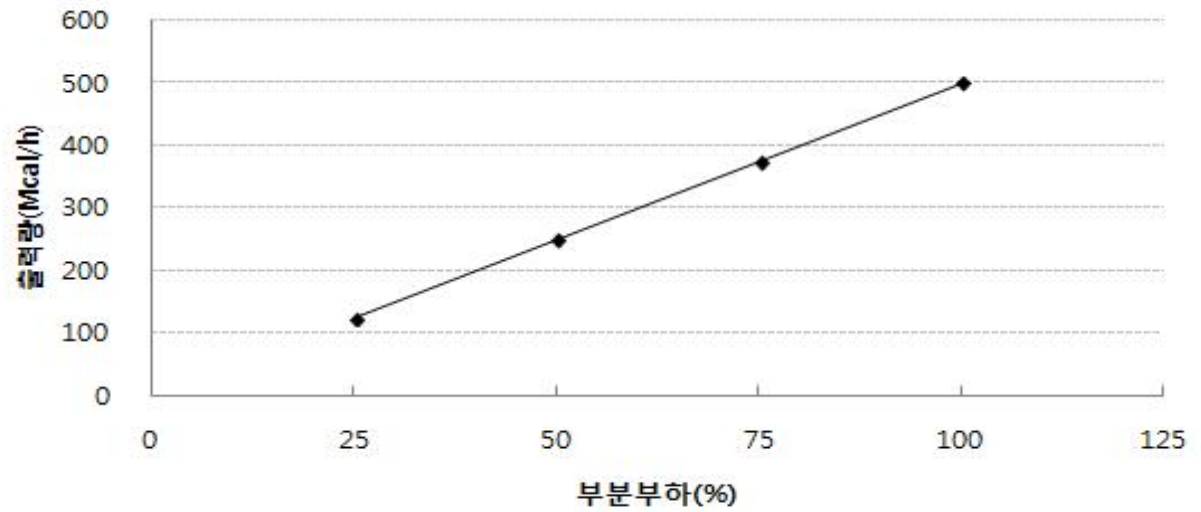
보일러의 연소효율은 전술한 용량별 성능변화와 마찬가지로 부분부하 변화와 관계없이 연소효율이 일정한 것으로 나타났다. 이는 보일러의 연소효율이 투입되는 에너지(연료)와 출력되는 에너지의 관계로 나타나기 때문이며, 투입되는 연료의 연소를 통해 에너지로 변환하는 과정에서 에너지보존법칙으로 인해 투입되는 연료가 가진 에너지 이상으로 변환하지 못하기 때문이다. 에너지 변환 중 손실되는 열량(배기가스 등으로 인한 손실, 불완전연소, 에너지 이동 중 손실 등)으로 인해 보일러의 연소효율이 변화하였다.

동일한 업체에서 제작되는 보일러라 하여도 투입되는 연료의 종류에 따라 효율은 차이가 있는 것으로 나타났다. 2개 업체 모두 경유를 사용하는 보일러가 LNG를 사용하는 보일러보다 효율이 다소 높게 나타났으나, 실제 장비 가동에 있어 연료의 보관 및 공급의 용이성, 가격 등을 검토했을 때 LNG를 사용하는 장비가 경유를 사용하는 장비에 비해 다소 유리할 수 있으며, 장비 용량에 따른 효율 변화를 1~2%로 나타났으며, 이는 장비 선택에 있어 큰 영향요소는 아니라고 판단되었다.

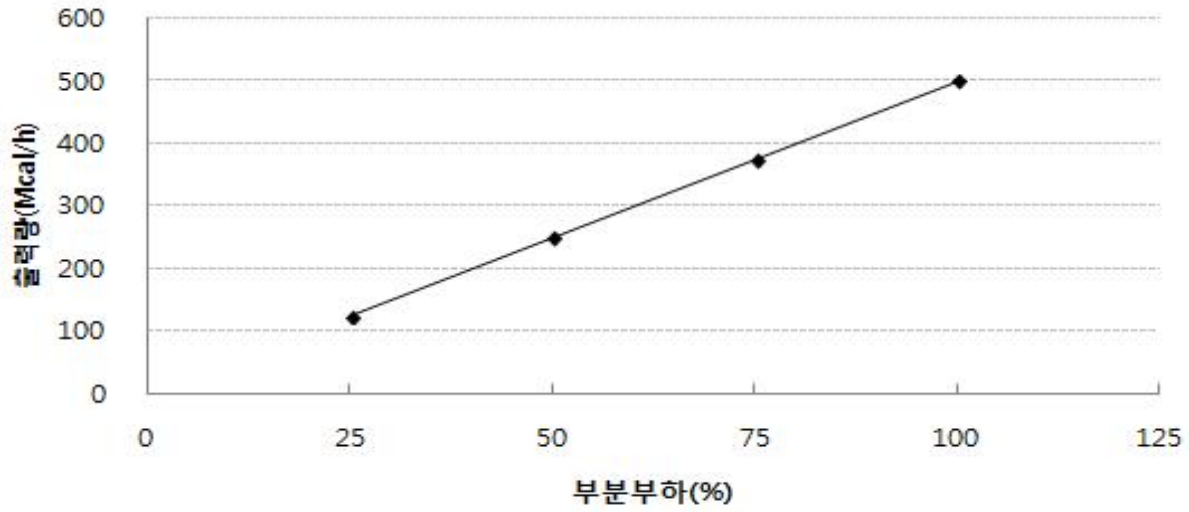
㈏ 온수보일러 성능분석

ⓐ 보일러 용량별 성능변화

- D사 진공온수보일러(경유) 581 kW

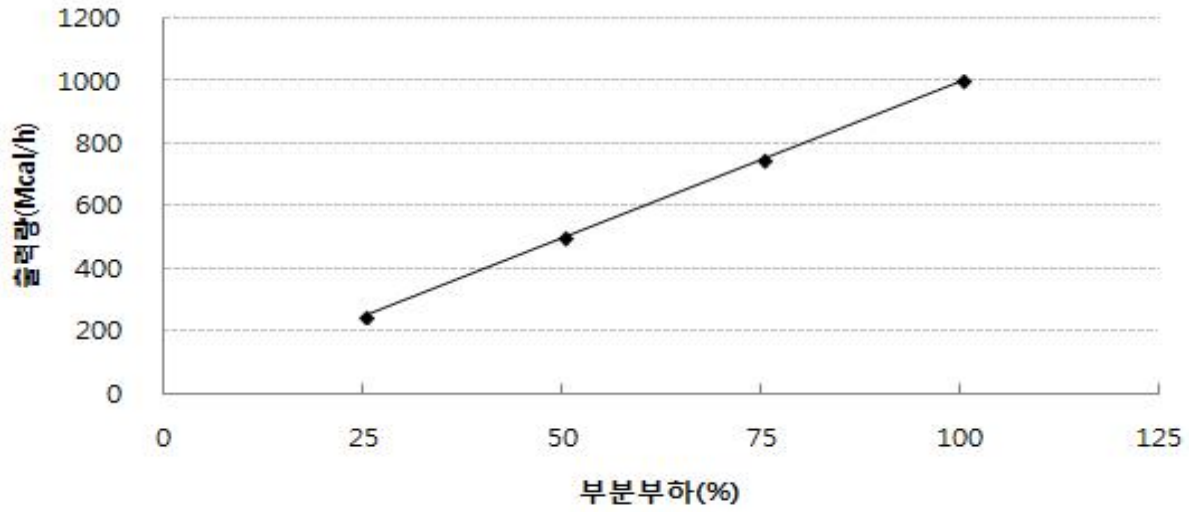


[그림 165] 부분부하별 출력량

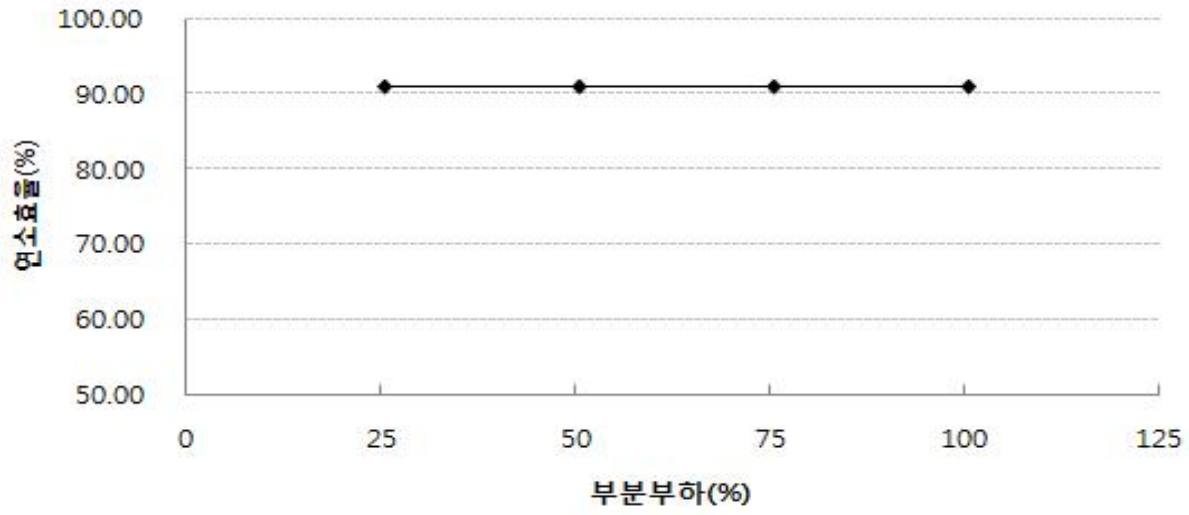


[그림 166] 부분부하별 연소효율

- D사 진공온수보일러(경유) 1,163 kW

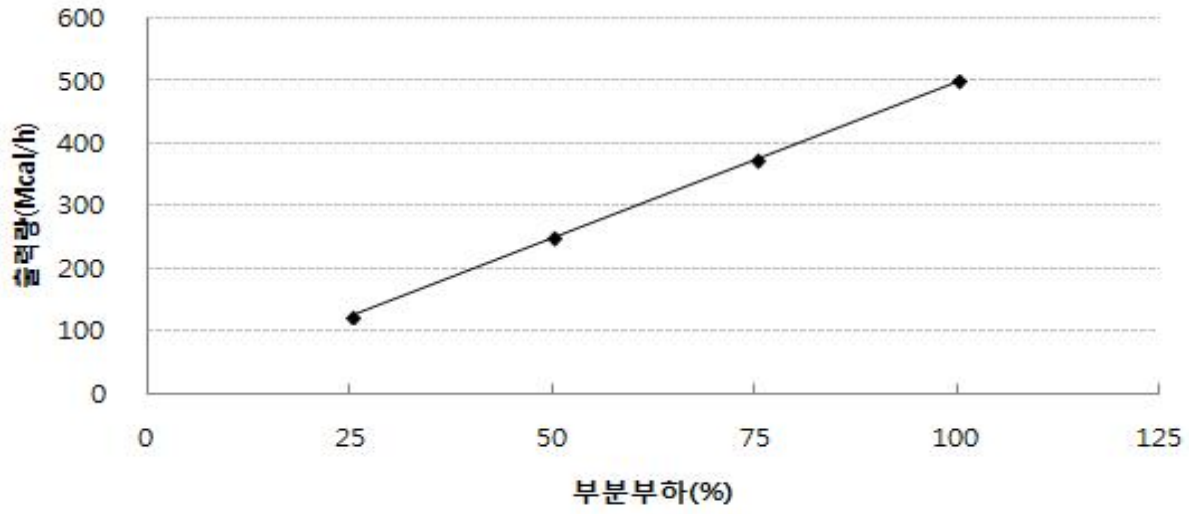


[그림 167] 부분부하별 출력량

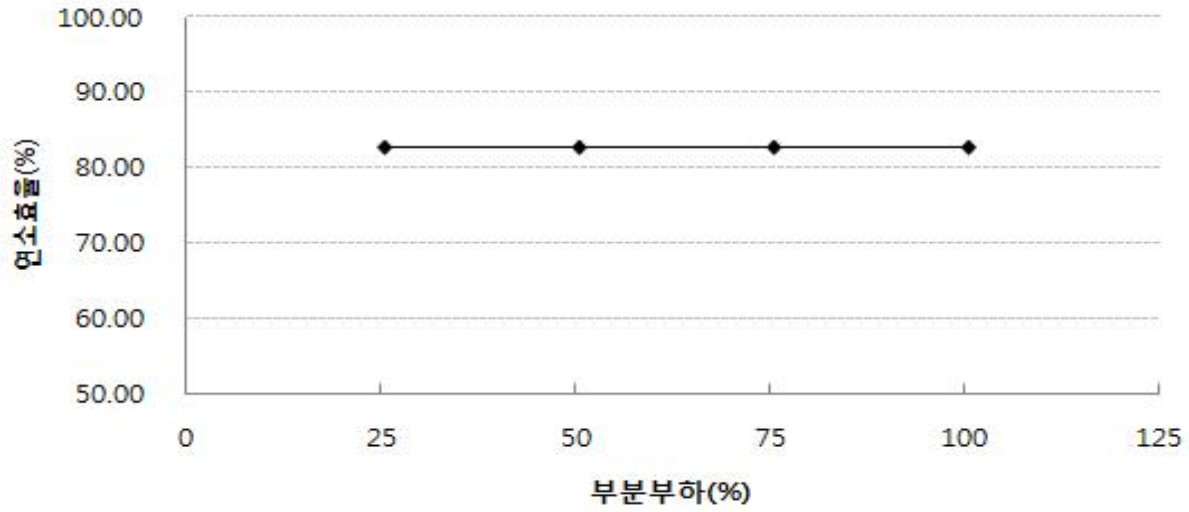


[그림 168] 부분부하별 연소효율

- D사 진공온수보일러(LNG) 581 kW

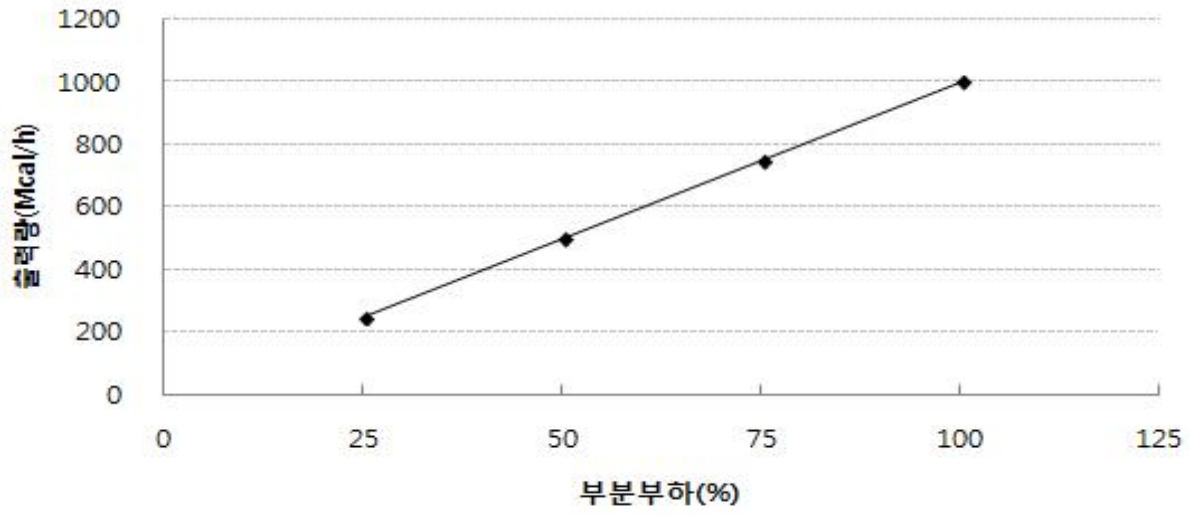


[그림 169] 부분부하별 출력량

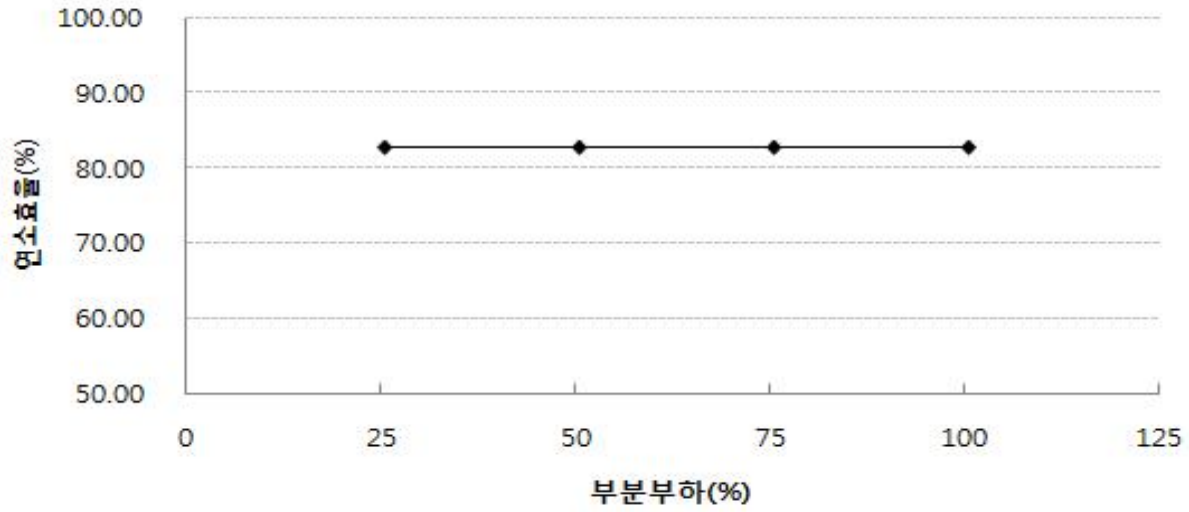


[그림 170] 부분부하별 연소효율

- D사 진공온수보일러(LNG) 1,163 kW

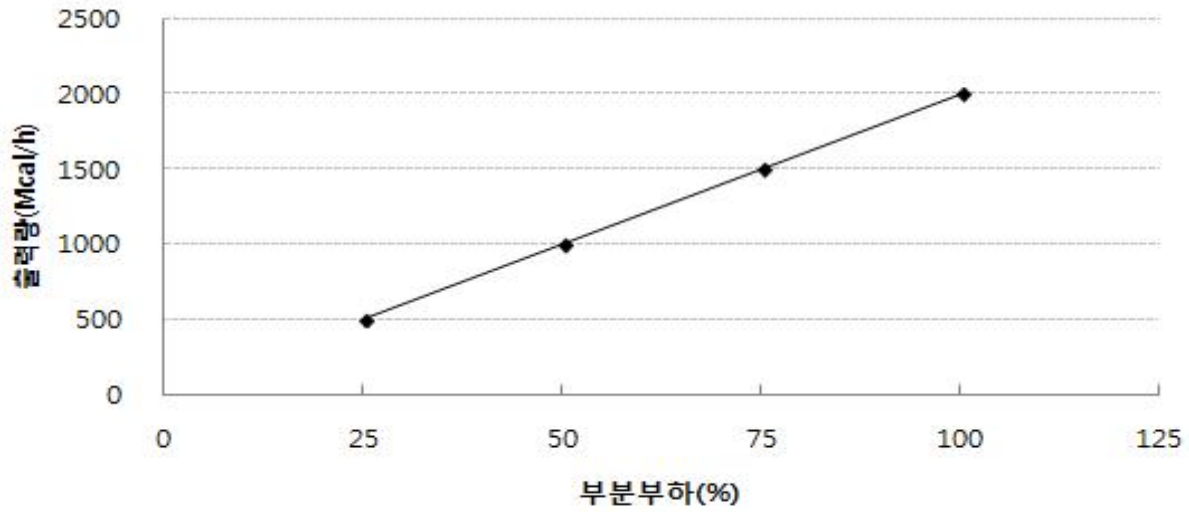


[그림 171] 부분부하별 출력량

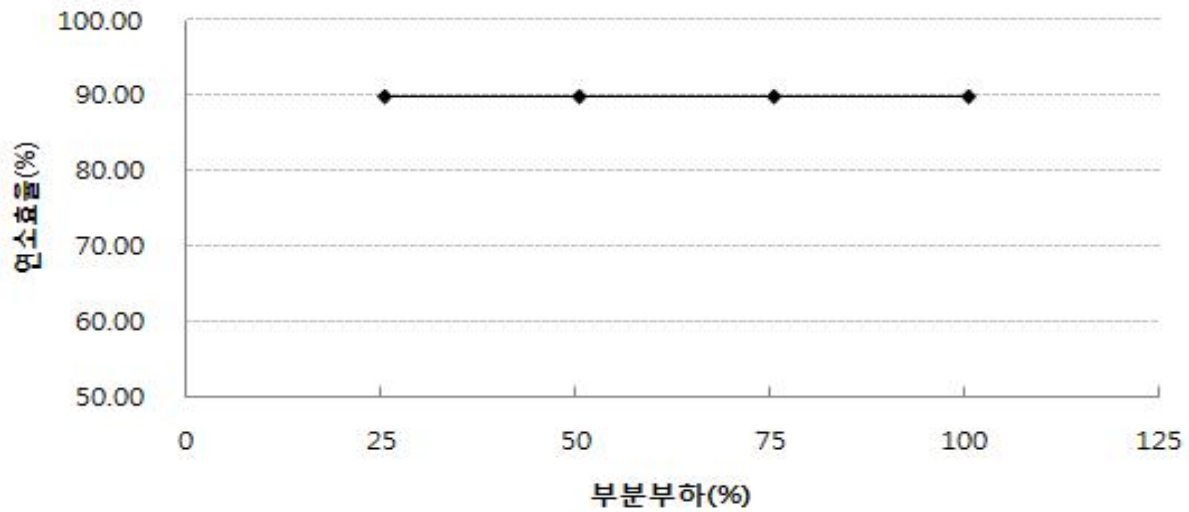


[그림 172] 부분부하별 연소효율

- D사 중온수보일러(LNG) 2,326 kW

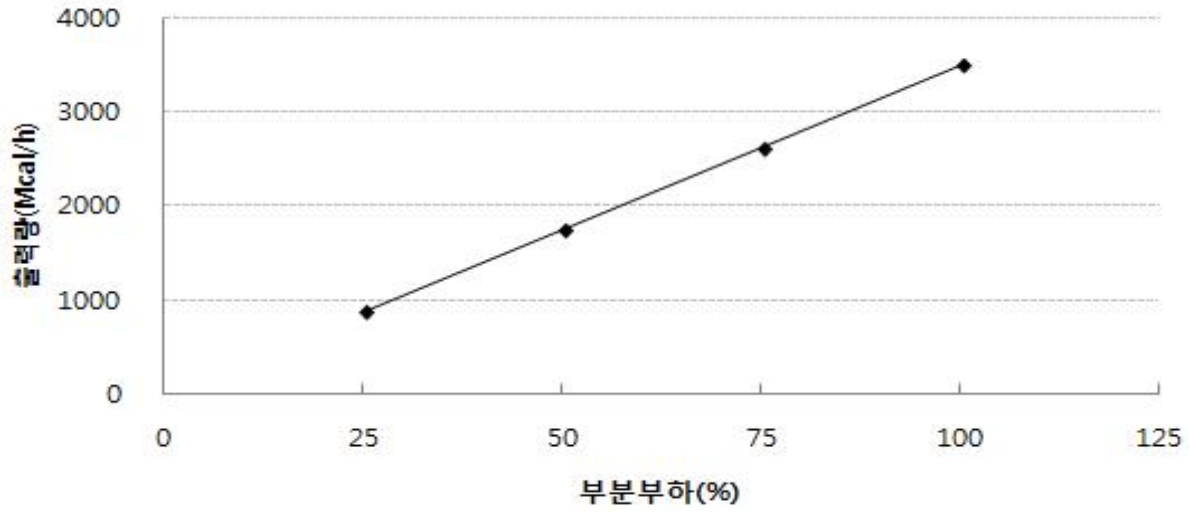


[그림 173] 부분부하별 출력량

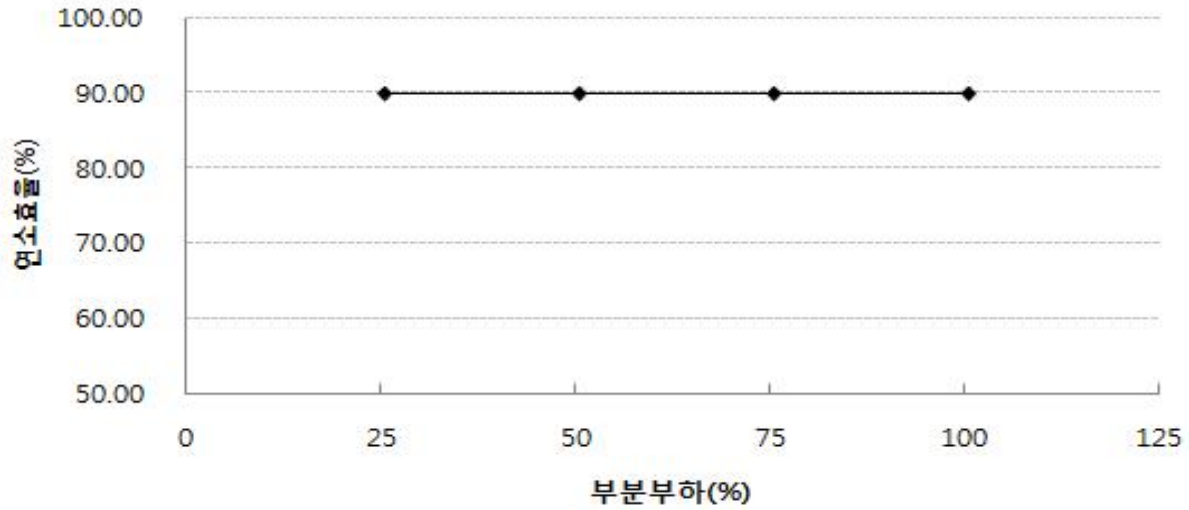


[그림 174] 부분부하별 연소효율

- D사 중온수보일러(LNG) 4,070 kW

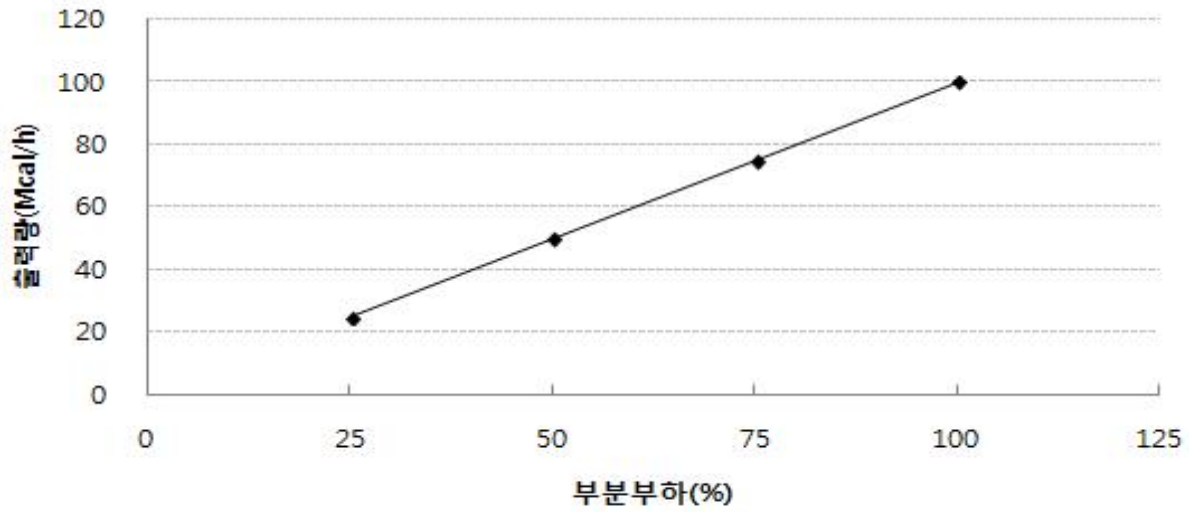


[그림 175] 부분부하별 출력량

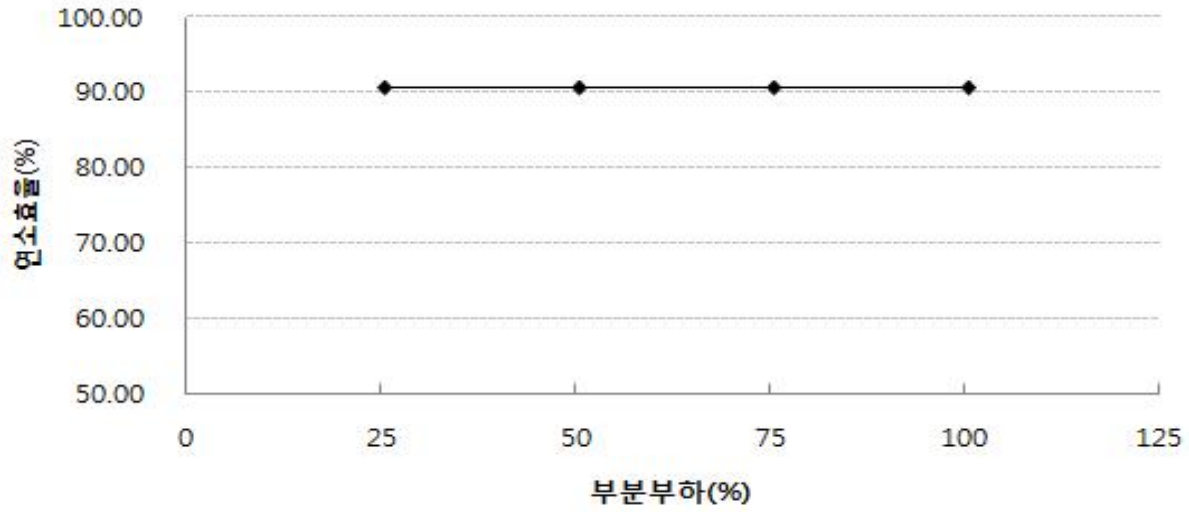


[그림 176] 부분부하별 연소효율

- B사 진공온수보일러(경유) 116.3 kW

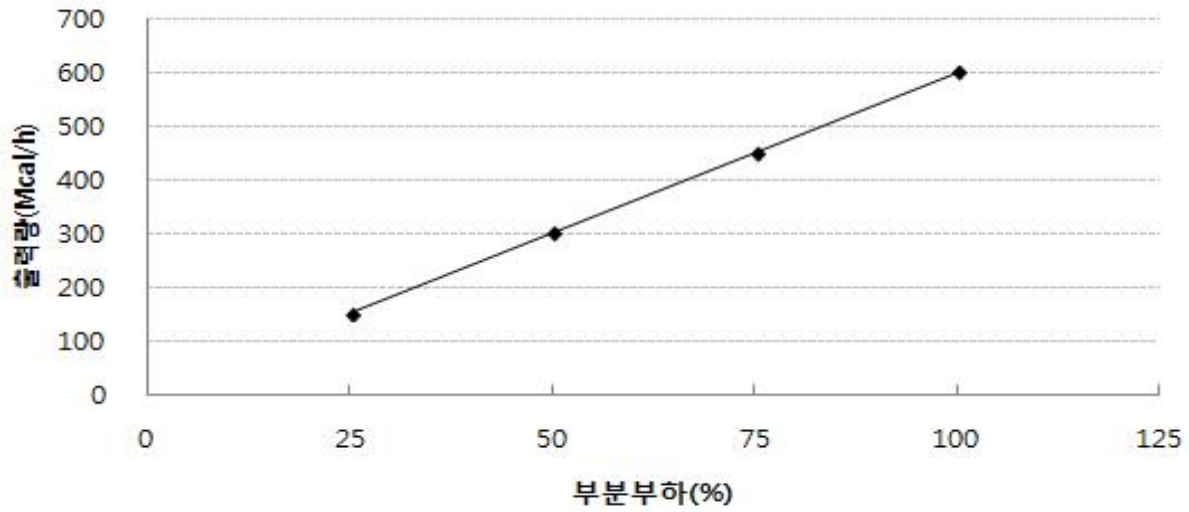


[그림 177] 부분부하별 출력량

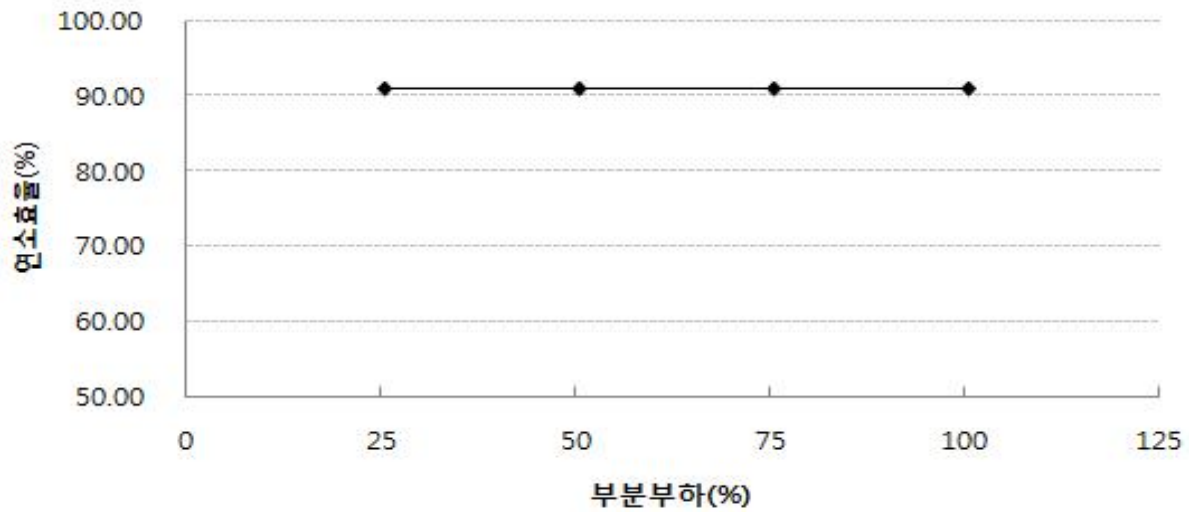


[그림 178] 부분부하별 연소효율

- B사 진공온수보일러(경유) 697.7 kW

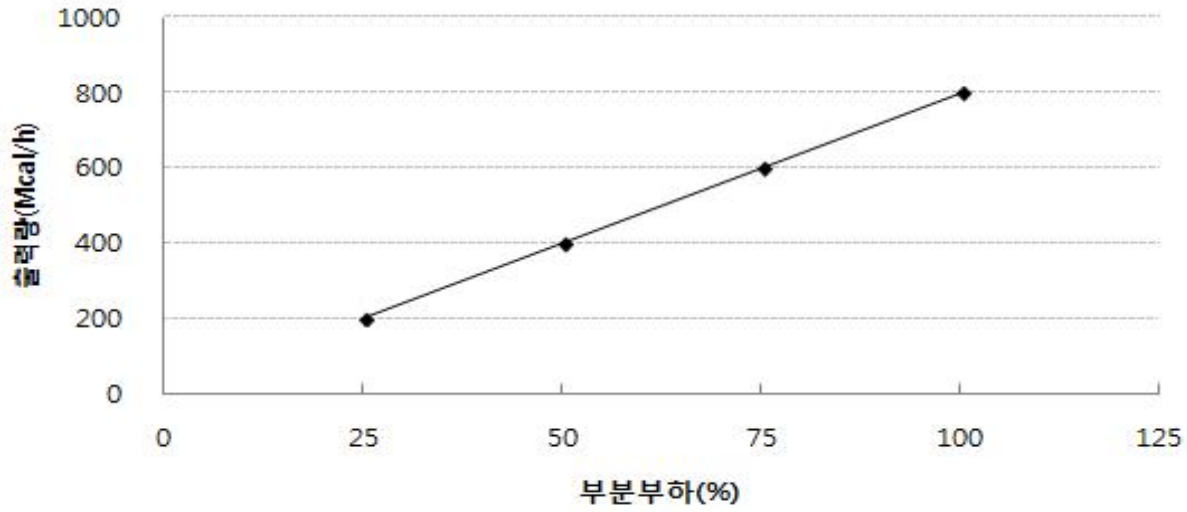


[그림 179] 부분부하별 출력량

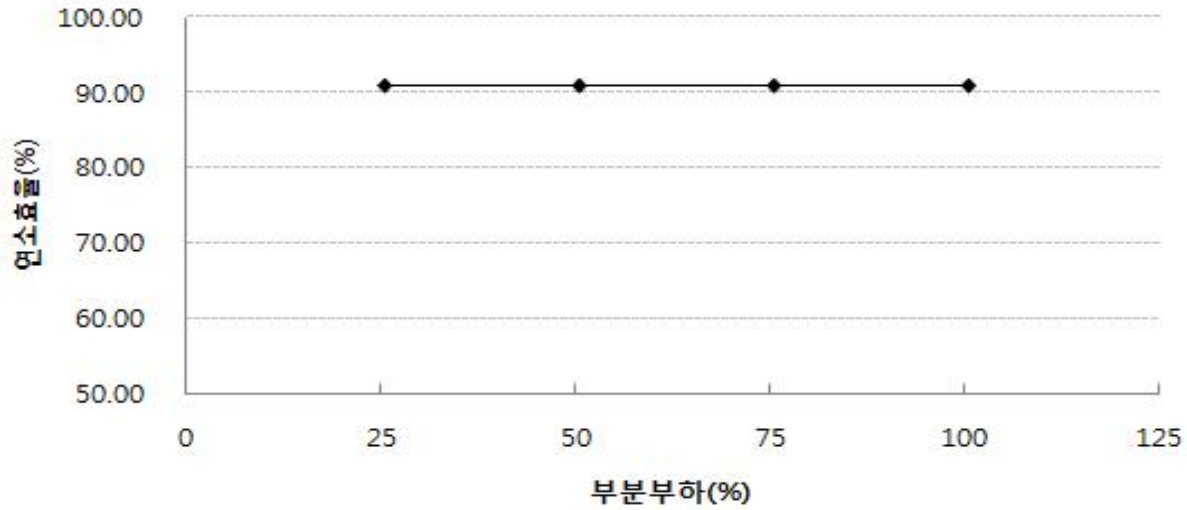


[그림 180] 부분부하별 연소효율

- B사 진공온수보일러(경유) 930.2 kW

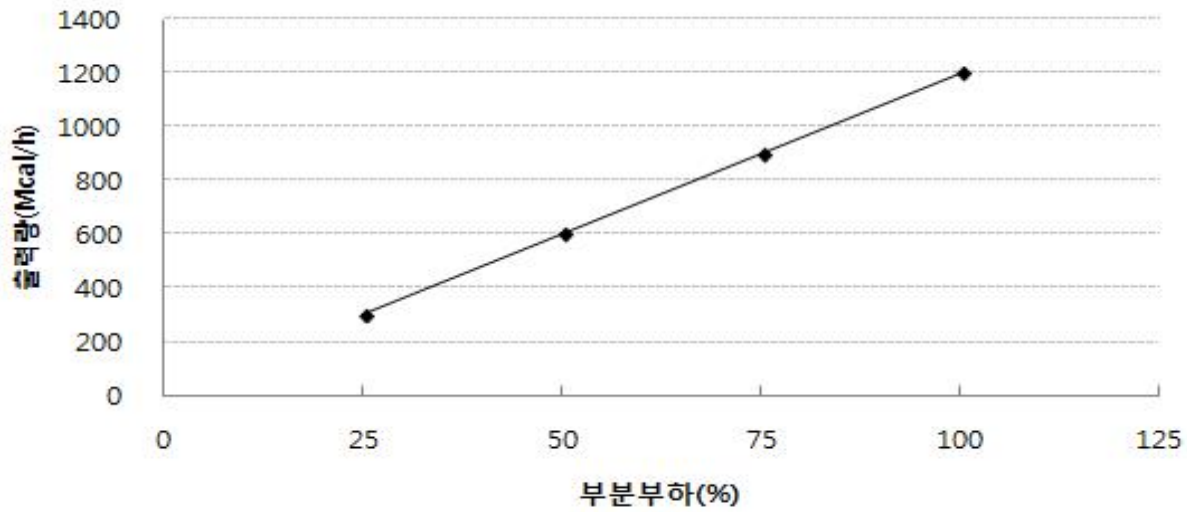


[그림 181] 부분부하별 출력량

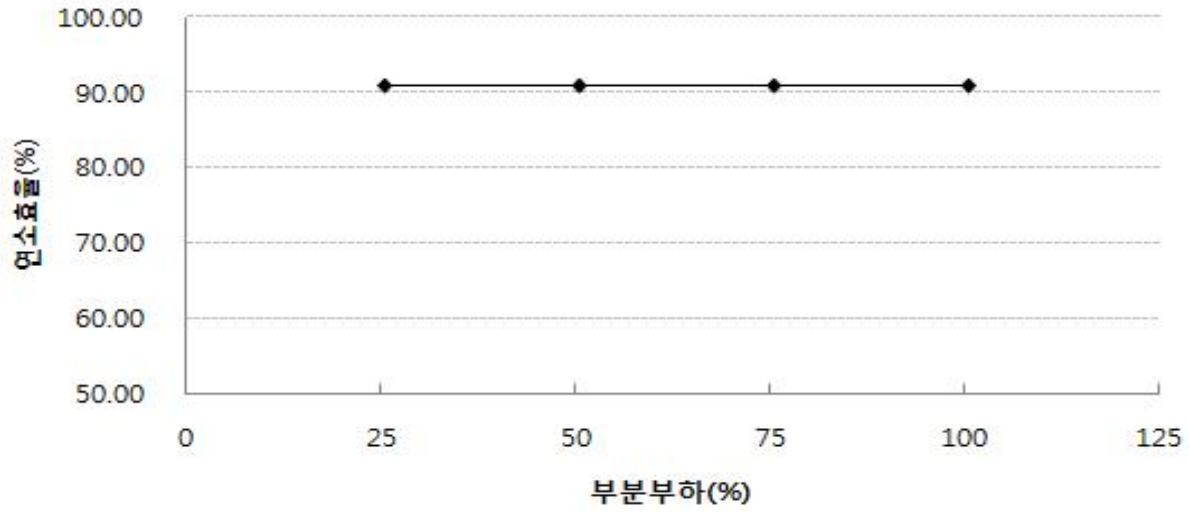


[그림 182] 부분부하별 연소효율

- B사 진공온수보일러(경유) 1,395.3 kW

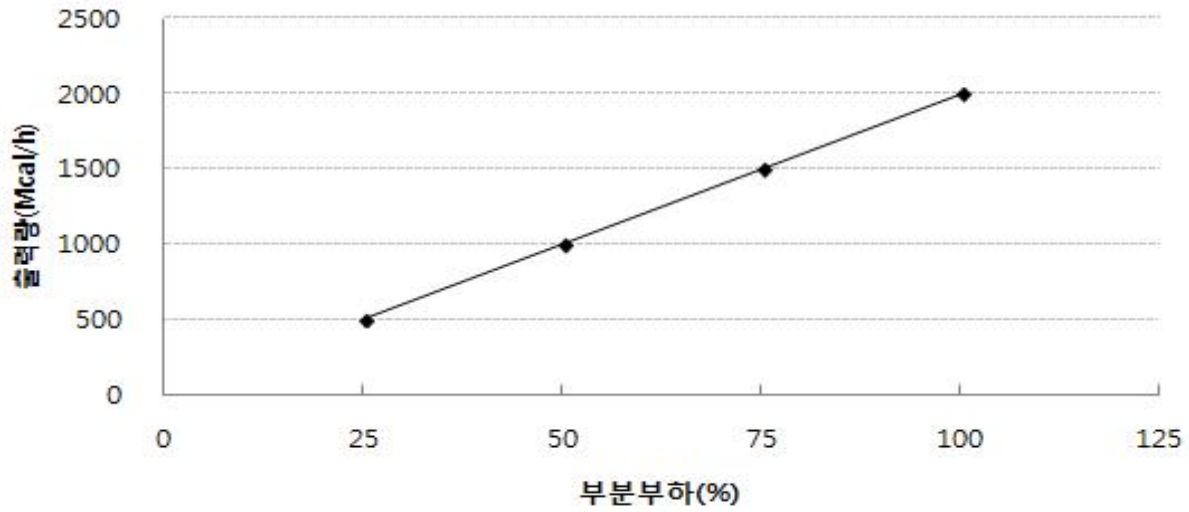


[그림 183] 부분부하별 출력량

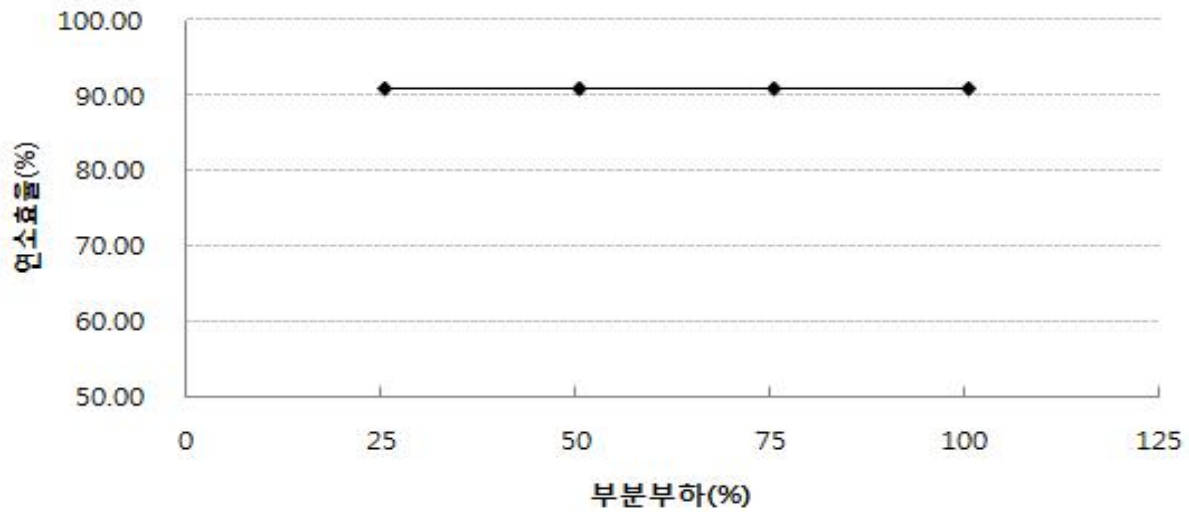


[그림 184] 부분부하별 연소효율

- B사 진공온수보일러(경유) 2,325.6 kW

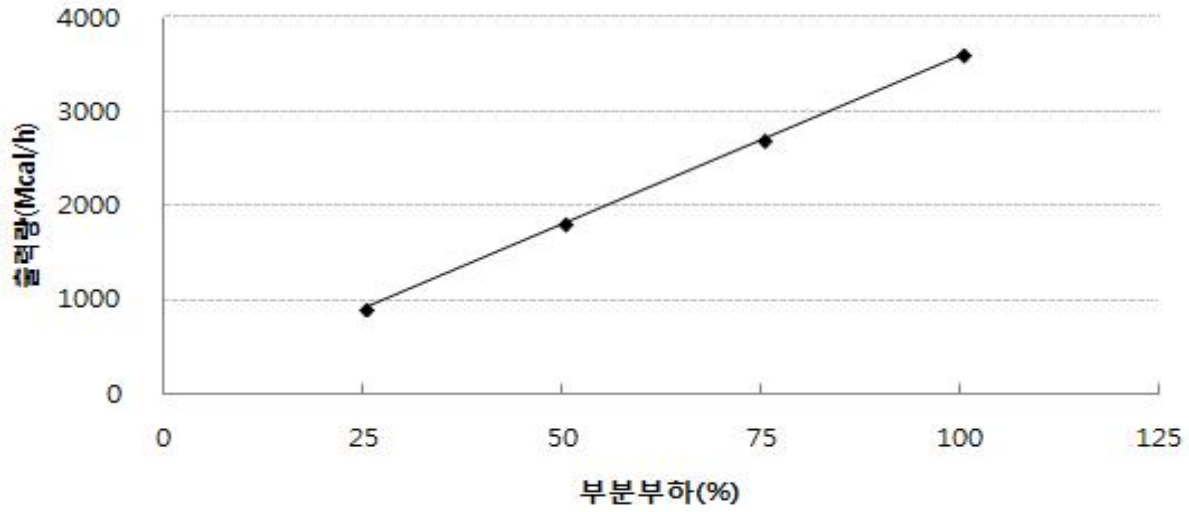


[그림 185] 부분부하별 출력량

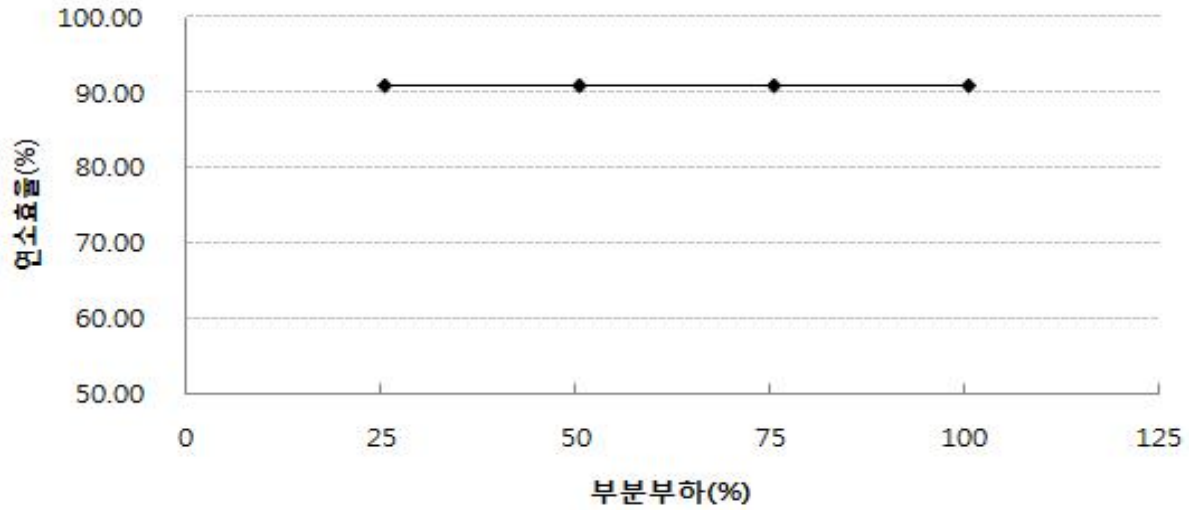


[그림 186] 부분부하별 연소효율

- B사 진공온수보일러(경유) 4,186.0 kW

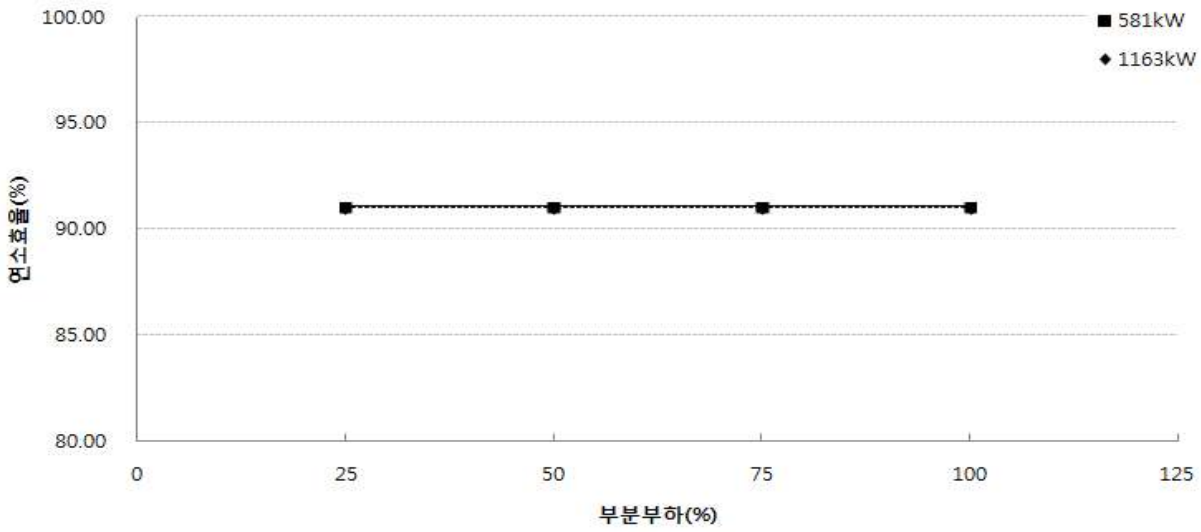


[그림 187] 부분부하별 출력량

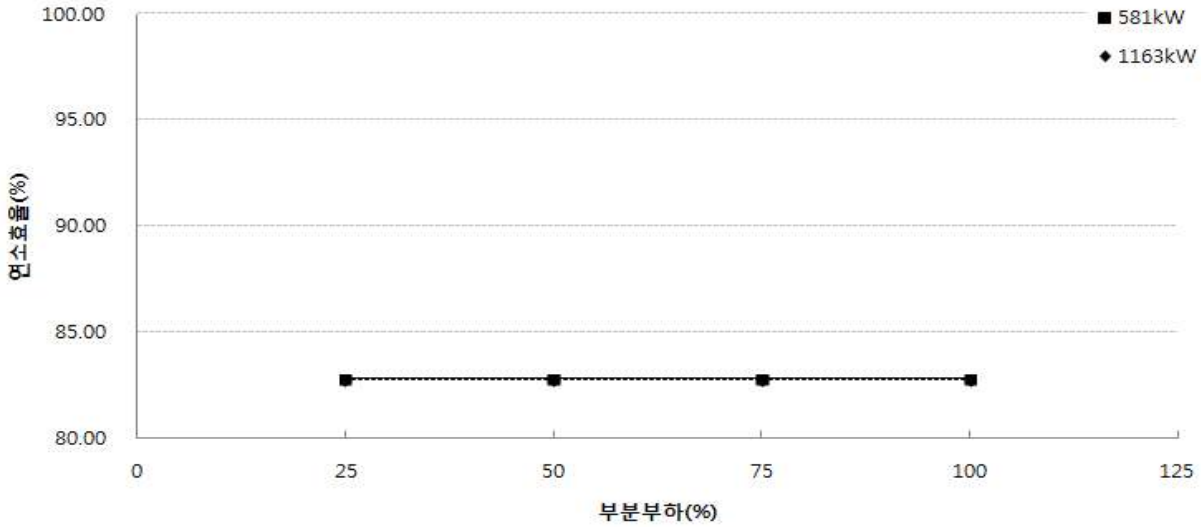


[그림 188] 부분부하별 연소효율

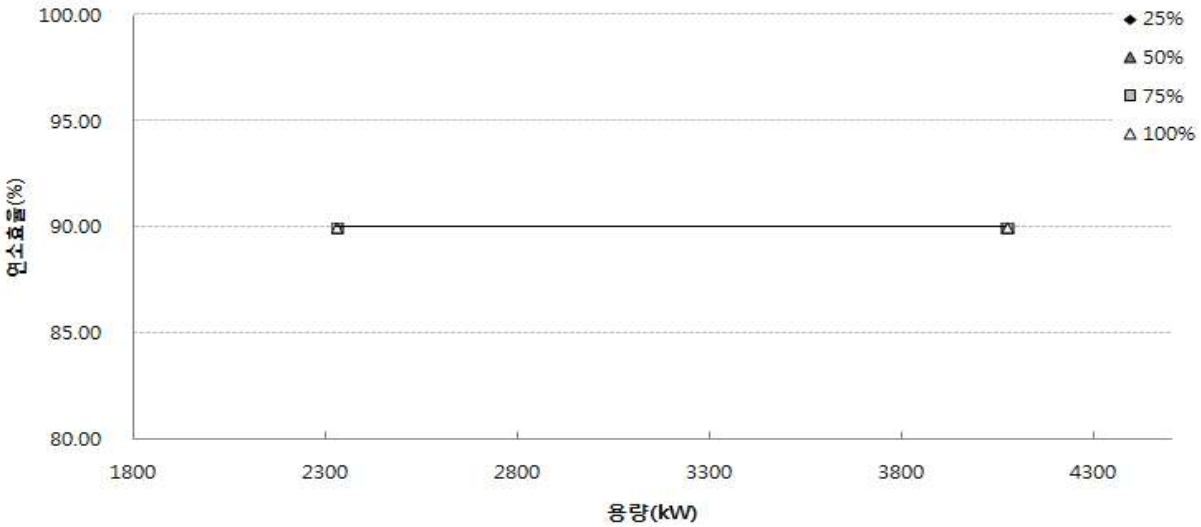
ⓑ 온수보일러 성능분석



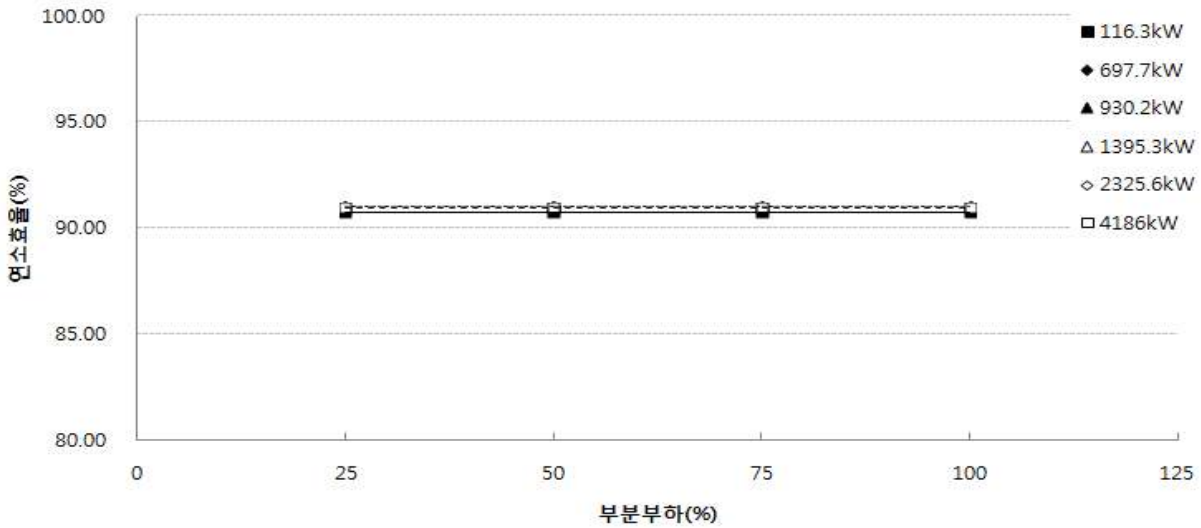
[그림 189] D사 진공온수보일러(경유) 성능변화



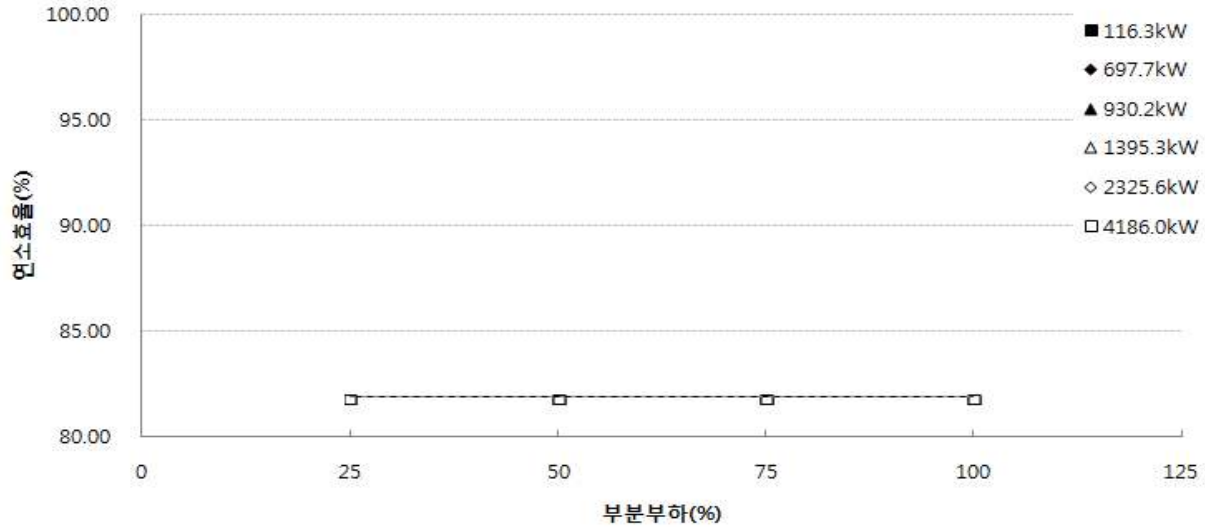
[그림 190] D사 진공온수보일러(LNG) 성능변화



[그림 191] D사 중온수보일러(경유) 성능변화



[그림 192] B사 진공온수보일러(경유) 성능변화



[그림 193] B사 진공온수보일러LNG) 성능변화

보일러의 연소효율은 전술한 용량별 성능변화와 마찬가지로 부분부하 변화와 관계없이 연소효율이 일정한 것으로 나타났다. 이는 증기보일러와 마찬가지로 보일러의 연소효율이 투입되는 에너지(연료)와 출력되는 에너지의 관계로 나타나기 때문이며, 투입되는 연료의 연소를 통해 에너지로 변환하는 과정에서 에너지보존법칙으로 인해 투입되는 연료가 가진 에너지 이상으로 변환하지 못하기 때문이다.

온수보일러는 증기보일러와 달리 출력된 에너지를 전달하는 열매체가 온수의 형태이기 때문에 증기보일러에 비해 효율이 다소 낮게 나타났다. 이는 안정적인 수질 확보 및 설정온도(공급온도)를 일정하게 유지하기 위한 목적 등으로 보일러 내부로 공급한 물을 직접 가열하여 온수를 생성하지 않고, 보일러 내부의 배관으로 물을 급수하고 코일 등을 통한 열교환 방식으로 온수를 생성하기 때문이다. 증기보일러와 마찬가지로 투입되는 연료에 따라 효율은 차이가 있었으며, 경유에 비해 LNG를 사용하는 보일러가 효율이 낮게 나타났다.

(나) 냉동기 성능분석

냉동기의 DB 구축 내용을 통해 냉동기의 성능분석을 수행하였다. 냉동기의 종류는 구동방식에 따라 원심식냉동기(터보냉동기), 스크류냉동기, 흡수식냉동기로 구분하였다. 원심식냉동기와 스크류냉동기는 압축식 냉동기로 냉매를 압축하고, 이 가스를 응축기 내에서 고온으로 응축해서 냉매액으로 하고, 팽창 밸브를 통해 감압하여 증발기 내에서 증발, 이 증발열로 주위의 물 또는 공기를 냉각한다. 증발한 가스는 다시 압축기로 되돌아가며, 이러한 과정을 냉동사이클이라 한다.

① 성능분석을 위한 냉동기 DB 구축 요약

다음 표는 냉동기의 성능분석을 위해 각 장비의 정격용량의 25%, 50%, 75%, 100%의 부분부하에 따른 출력량과 사용연료량을 검토하고, 사용연료의 발열량을 이용해 부분부하 효율에서의 COP(Coefficient of Performance)를 기술한 것이다. 본 연구에서는 조사된 터보냉동기 74종(일반정속형 63종, 인버터형 11종), 스크류냉동기 14종, 흡수식냉동기 42종(저온수2단 19종, 증기열원 23종)으로 총 130개 모델에 대해 부분부하에 따른 COP를 조사하고, 이를 이용해 냉동기의 성능분석을 수행하였다.

<표 185> 터보냉동기 DB 구축 요약

제조사	용량	소비전력				COP			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
	USRT	kW	kW	kW	kW	-	-	-	-
T사	300	191.4	152.0	151.1	172.9	5.5	6.9	7.0	6.1
T사	400	252.1	191.1	199.2	231.3	5.6	7.4	7.1	6.1
T사	470	289.6	225.4	243.5	289.2	6.1	7.8	7.2	6.1
T사	560	327.6	255.7	279.1	337.6	6.4	8.3	7.6	6.3
T사	660	382.8	305.4	336.7	402.2	6.4	8.1	7.3	6.1
T사	750	430.1	344.7	380.7	461.9	6.5	8.2	7.4	6.1
C사	300	195.8	129.9	122.5	138.1	3.6	5.4	5.7	5.1
C사	400	267.8	181.9	176.1	199.1	3.9	5.8	6.0	5.3
C사	500	307.9	216.5	225.5	254.4	4.6	6.5	6.2	5.5
C사	600	348.1	252.2	261.6	301.0	5.1	7.0	6.7	5.8
C사	700	459.7	308.0	302.7	377.5	4.6	6.9	7.0	5.6
C사	800	452.6	332.3	345.8	403.6	5.4	7.4	7.1	6.1
C사	900	545.2	397.9	404.2	460.4	5.2	7.1	7.0	6.1
C사	1000	608.7	443.9	460.0	543.8	5.2	7.1	6.9	5.8
C사	1100	648.9	470.2	500.3	589.1	5.4	7.5	7.0	6.0
C사	1200	704.7	514.5	552.7	660.2	5.5	7.5	7.0	5.9
C사	1300	748.2	554.5	595.2	711.6	5.6	7.6	7.1	5.9
C사	1400	792.4	560.3	642.1	767.1	5.8	8.2	7.1	6.0
C사	1500	808.5	588.3	689.6	826.2	6.1	8.4	7.1	6.0
C사	1600	832.0	634.0	731.6	882.1	6.3	8.3	7.2	6.0
C사	1700	936.3	702.5	800.4	944.1	6.0	8.0	7.0	6.0
Y사	300	213.0	153.0	161.0	183.0	5.0	6.9	6.6	5.8
Y사	400	252.0	184.0	193.0	234.0	5.6	7.6	7.3	6.0
Y사	600	356.0	278.0	290.0	344.0	5.9	7.6	7.3	6.1
Y사	800	444.0	255.0	376.0	453.0	6.3	11.0	7.5	6.2
Y사	1,000	532.0	418.0	457.0	565.0	6.6	8.4	7.7	6.2
L사	250	180.9	132.4	141.1	162.5	4.9	6.6	6.2	5.4
L사	400	272.1	202.4	215.1	245.9	5.2	7.0	6.5	5.7
L사	470	319.7	237.8	252.7	288.9	5.2	7.0	6.5	5.7
L사	900	612.1	455.3	483.9	553.3	5.2	7.0	6.5	5.7
L사	1,200	849.0	625.1	665.5	764.4	5.0	6.8	6.3	5.5
L사	1,300	877.4	654.0	694.7	793.6	5.2	7.0	6.6	5.8
L사	2,000	1,349.8	1,006.1	1,068.8	1,220.9	5.2	7.0	6.6	5.8
L사	400	257.1	194.0	205.6	233.6	5.5	7.3	6.8	6.0
L사	440	282.8	213.4	226.2	257.0	5.5	7.3	6.8	6.0
L사	470	302.1	228.0	241.6	274.5	5.5	7.3	6.8	6.0
L사	500	289.2	223.7	236.0	265.2	6.1	7.9	7.5	6.6
L사	510	327.8	247.4	262.2	297.9	5.5	7.3	6.8	6.0
L사	560	360.0	271.6	287.9	327.1	5.5	7.3	6.8	6.0
L사	620	400.8	302.4	320.6	364.6	5.4	7.2	6.8	6.0
L사	670	433.1	326.8	346.5	394.0	5.4	7.2	6.8	6.0
L사	730	471.9	356.0	377.5	429.2	5.4	7.2	6.8	6.0
L사	750	459.4	351.2	371.4	419.9	5.7	7.5	7.1	6.3
L사	770	498.6	376.6	398.8	453.5	5.4	7.2	6.8	6.0
L사	800	471.2	363.9	383.8	432.1	6.0	7.7	7.3	6.5

L사	830	537.5	405.9	429.8	488.9	5.4	7.2	6.8	6.0
L사	900	582.8	440.1	466.1	530.1	5.4	7.2	6.8	6.0
L사	940	585.0	440.7	466.9	531.4	5.7	7.5	7.1	6.2
L사	1,000	615.8	465.1	492.5	559.9	5.7	7.6	7.1	6.3
L사	1,100	684.6	515.7	546.3	621.8	5.7	7.5	7.1	6.2
L사	1,250	808.0	808.0	808.0	735.0	5.4	5.4	5.4	6.0
L사	1,300	781.4	781.4	781.4	715.4	5.9	5.9	5.9	6.4
L사	1,350	872.6	872.6	872.6	793.8	5.4	5.4	5.4	6.0
L사	1,500	969.6	969.6	969.6	882.0	5.4	5.4	5.4	6.0
L사	1,550	978.5	737.5	783.1	889.1	5.6	7.4	7.0	6.1
L사	1,650	1,041.6	785.1	833.6	946.5	5.6	7.4	7.0	6.1
L사	1,750	1,104.8	832.7	884.1	1,003.8	5.6	7.4	7.0	6.1
L사	1,950	1,262.8	953.7	1,009.8	1,148.5	5.4	7.2	6.8	6.0
L사	2,110	1,366.4	1,031.9	1,092.7	1,242.8	5.4	7.2	6.8	6.0
L사	2,300	1,489.4	1,124.8	1,191.1	1,354.7	5.4	7.2	6.8	6.0
L사	2,400	1,542.8	1,164.0	1,233.8	1,401.8	5.5	7.3	6.8	6.0
L사	2,600	1,671.4	1,261.0	1,336.6	1,518.7	5.5	7.3	6.8	6.0
L사	2,850	1,832.1	1,382.3	1,465.1	1,664.7	5.5	7.3	6.8	6.0

<표 186> 터보냉동기(인버터) DB 구축 요약

제조사	용량	소비전력				COP			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
	USRT	kW	kW	kW	kW	-	-	-	-
C사	300	108.0	73.9	102.6	133.1	6.5	9.5	6.9	5.3
C사	400	139.9	101.9	145.5	192.2	7.5	10.4	7.3	5.5
C사	500	167.9	126.2	181.5	253.1	8.4	11.2	7.8	5.6
C사	600	196.0	150.3	217.3	307.3	9.0	11.7	8.1	5.7
C사	700	247.9	182.1	257.3	369.5	8.5	11.6	8.2	5.7
C사	800	284.3	200.0	301.7	419.4	8.7	12.3	8.2	5.9
C사	900	316.4	224.0	338.9	476.8	8.9	12.6	8.3	5.9
C사	1,000	332.1	242.0	369.3	573.4	9.5	13.1	8.6	5.5
C사	1,100	400.1	274.1	410.9	592.1	8.8	12.8	8.6	5.9
C사	1,200	408.1	292.2	444.2	668.2	9.5	13.2	8.7	5.8
C사	1,300	480.1	320.2	488.4	699.8	8.8	13.2	8.6	6.0

<표 187> 스크류냉동기 DB 구축 요약

제조사	용량	소비전력				COP			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
	USRT	kW	kW	kW	kW	-	-	-	-
L사	79	48.1	47.5	45.6	56.9	5.8	5.9	6.1	4.9
L사	99	61.0	60.2	57.8	65.3	5.7	5.8	6.0	5.3
L사	108	65.5	64.6	62.0	77.3	5.8	5.9	6.1	4.9
L사	117	71.7	70.8	68.0	85.0	5.7	5.8	6.1	4.8
L사	138	81.5	80.4	77.3	96.5	6.0	6.0	6.3	5.0
L사	180	106.3	104.9	100.7	125.5	6.0	6.0	6.3	5.0
L사	191	113.3	111.8	107.4	134.3	5.9	6.0	6.3	5.0
L사	199	122.7	121.0	116.2	131.0	5.7	5.8	6.0	5.3
L사	216	130.9	129.2	124.1	155.0	5.8	5.9	6.1	4.9
L사	235	144.0	142.1	136.5	170.0	5.7	5.8	6.1	4.9
L사	276	163.0	160.9	154.5	193.0	6.0	6.0	6.3	5.0
L사	299	175.6	173.3	166.4	209.0	6.0	6.1	6.3	5.0
L사	360	212.5	209.7	201.4	251.0	6.0	6.0	6.3	5.0
L사	383	227.3	224.3	215.4	269.0	5.9	6.0	6.3	5.0

<표 188> 흡수식냉동기(저온수2단) DB 구축 요약

제조사	용량	1차측 열량				COP			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
	USRT	kW	kW	kW	kW	-	-	-	-
L사	75	325.6	317.7	317.7	412.1	0.8	0.8	0.8	0.6
L사	90	390.7	381.3	381.3	494.5	0.8	0.8	0.8	0.6
L사	110	477.5	466.0	466.0	604.4	0.8	0.8	0.8	0.6
L사	135	586.0	571.9	571.9	741.7	0.8	0.8	0.8	0.6
L사	155	672.9	656.7	656.7	851.6	0.8	0.8	0.8	0.6
L사	180	781.4	762.6	762.6	989.0	0.8	0.8	0.8	0.6
L사	210	911.6	889.7	889.7	1,153.8	0.8	0.8	0.8	0.6
L사	240	1,041.9	1,016.8	1,016.8	1,318.6	0.8	0.8	0.8	0.6
L사	270	1,172.1	1,143.8	1,143.8	1,483.4	0.8	0.8	0.8	0.6
L사	300	1,302.3	1,270.9	1,270.9	1,648.3	0.8	0.8	0.8	0.6
L사	340	1,476.0	1,440.4	1,440.4	1,868.0	0.8	0.8	0.8	0.6
L사	375	1,627.9	1,588.7	1,588.7	2,060.3	0.8	0.8	0.8	0.6
L사	420	1,823.3	1,779.3	1,779.3	2,307.6	0.8	0.8	0.8	0.6
L사	470	2,040.3	1,991.1	1,991.1	2,582.3	0.8	0.8	0.8	0.6
L사	525	2,279.1	2,224.2	2,224.2	2,884.4	0.8	0.8	0.8	0.6
L사	600	2,604.7	2,541.9	2,541.9	3,296.5	0.8	0.8	0.8	0.6
L사	675	2,930.2	2,859.6	2,859.6	3,708.6	0.8	0.8	0.8	0.6
L사	750	3,255.8	3,177.4	3,177.4	4,120.6	0.8	0.8	0.8	0.6
L사	825	3,581.4	3,495.1	3,495.1	4,532.7	0.8	0.8	0.8	0.6

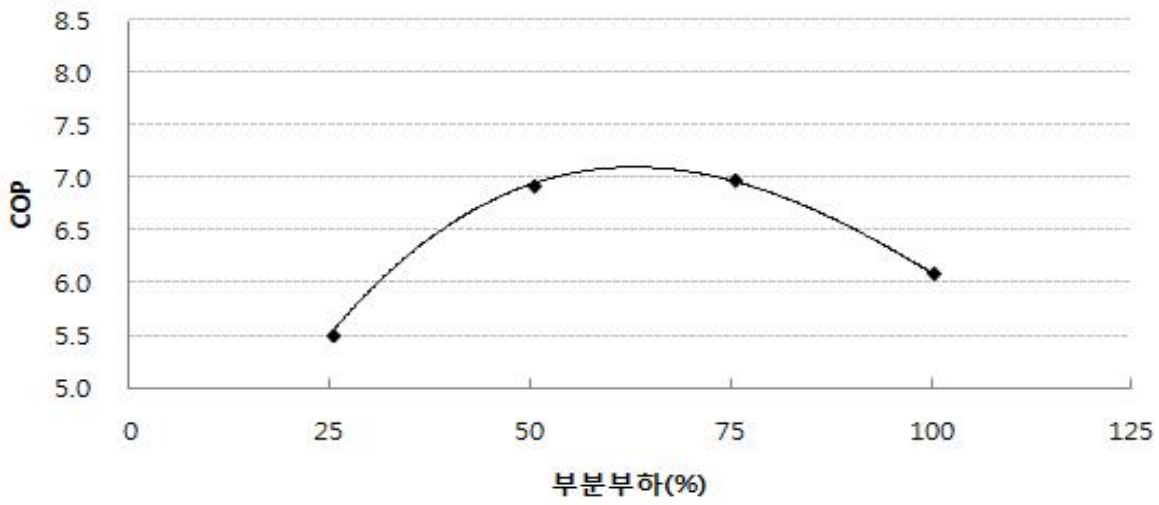
<표 189> 흡수식냉동기(증기열원) DB 구축 요약

제조사	용량	1차측 열량				COP			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
	USRT	kW	kW	kW	kW	-	-	-	-
L사	100	305.8	251.2	274.7	290.1	1.2	1.4	1.3	1.2
L사	120	366.9	301.4	329.7	348.1	1.2	1.4	1.3	1.2
L사	150	458.6	376.7	412.1	435.1	1.2	1.4	1.3	1.2
L사	180	550.4	452.1	494.5	522.1	1.2	1.4	1.3	1.2
L사	210	642.1	527.4	576.9	609.1	1.2	1.4	1.3	1.2
L사	240	733.8	602.8	659.3	698.8	1.2	1.4	1.3	1.2
L사	280	856.1	703.3	769.2	810.9	1.2	1.4	1.3	1.2
L사	320	978.4	803.7	879.1	929.5	1.2	1.4	1.3	1.2
L사	360	1,100.7	904.2	989.0	1,041.6	1.2	1.4	1.3	1.2
L사	400	1,223.1	1,004.7	1,098.8	1,160.3	1.2	1.4	1.3	1.2
L사	450	1,375.9	1,130.2	1,236.2	1,305.3	1.2	1.4	1.3	1.2
L사	500	1,528.8	1,255.8	1,373.5	1,450.3	1.2	1.4	1.3	1.2
L사	560	1,712.3	1,406.5	1,538.4	1,628.3	1.2	1.4	1.3	1.2
L사	630	1,926.3	1,582.3	1,730.7	1,832.7	1.2	1.4	1.3	1.2
L사	700	2,140.3	1,758.1	1,923.0	2,030.5	1.2	1.4	1.3	1.2
L사	800	2,446.1	2,009.3	2,197.7	2,320.5	1.2	1.4	1.3	1.2
L사	900	2,751.9	2,260.5	2,472.4	2,610.6	1.2	1.4	1.3	1.2
L사	1,000	3,057.6	2,511.6	2,747.1	2,900.7	1.2	1.4	1.3	1.2
L사	1,100	3,363.4	2,762.8	3,021.8	3,190.7	1.2	1.4	1.3	1.2
L사	1,200	3,669.2	3,014.0	3,296.5	3,480.8	1.2	1.4	1.3	1.2
L사	1,300	3,974.9	3,265.1	3,571.2	3,770.9	1.2	1.4	1.3	1.2
L사	1,400	4,280.7	3,516.3	3,845.9	4,060.9	1.2	1.4	1.3	1.2
L사	1,500	4,586.5	3,767.4	4,120.6	4,351.0	1.2	1.4	1.3	1.2

② 터보냉동기 성능분석

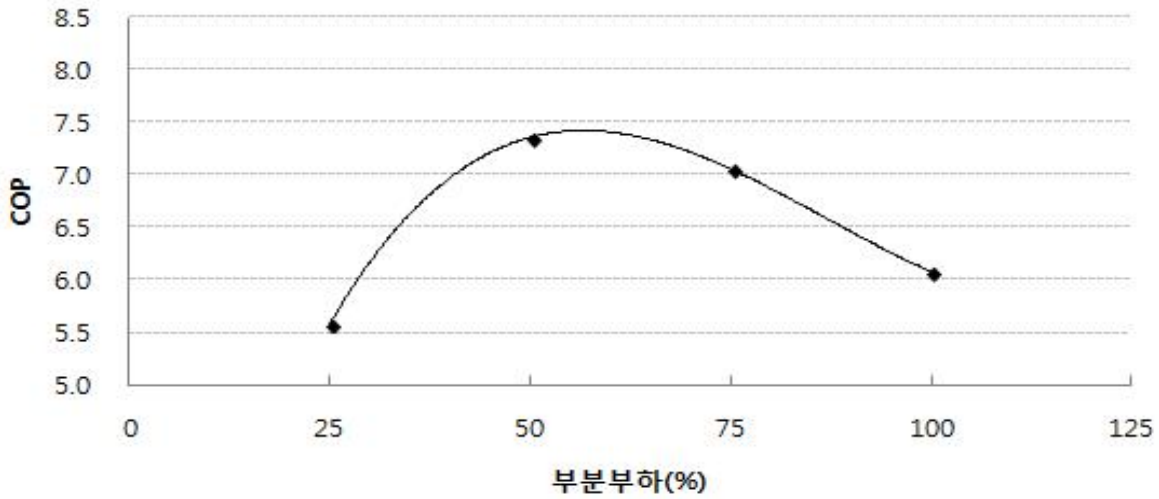
㉮ 냉동기 용량별 성능변화

- T사 터보냉동기 300 USRT



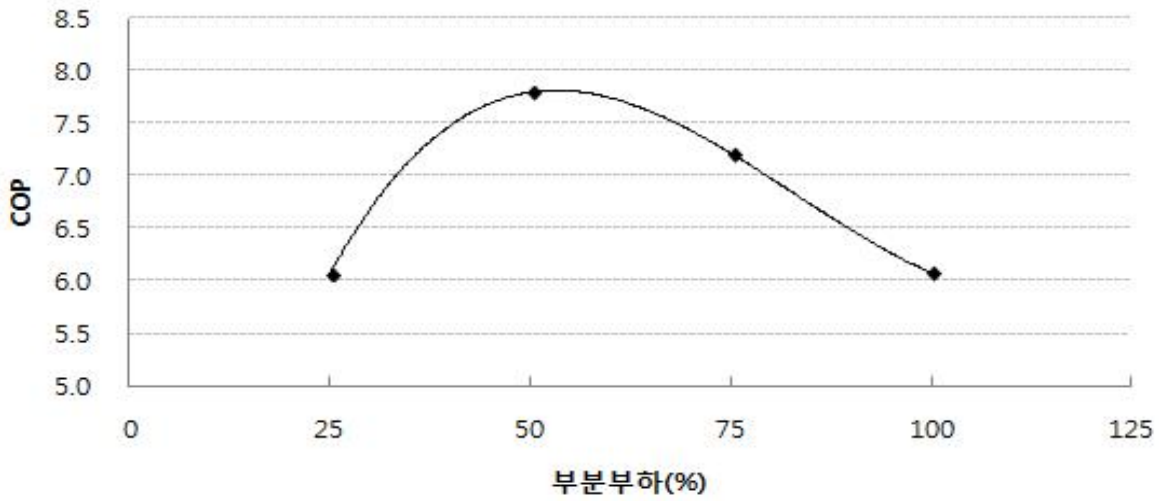
[그림 194] 부분부하별 COP

- T사 터보냉동기 400 USRT



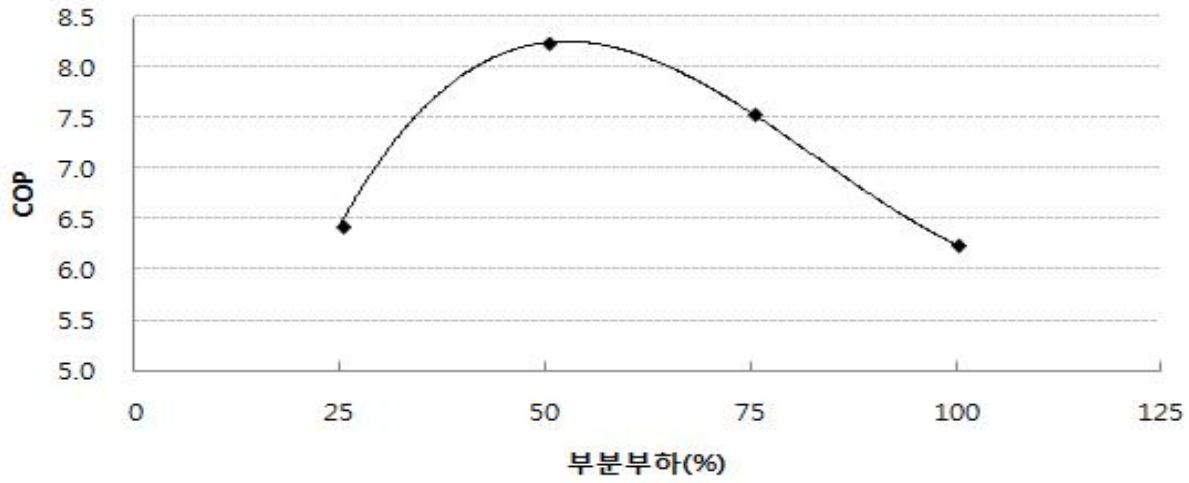
[그림 195] 부분부하별 COP

- T사 터보냉동기 470 USRT



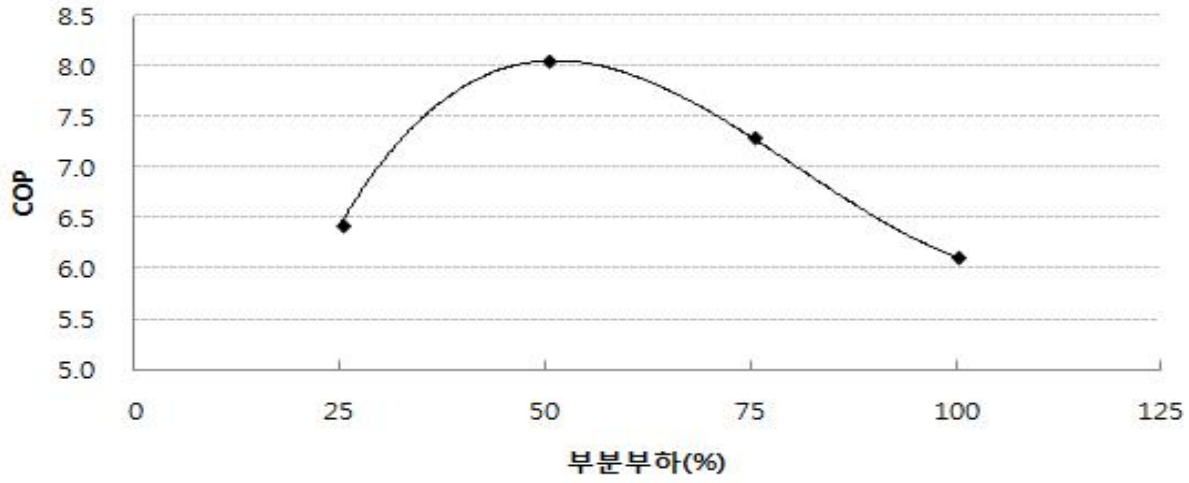
[그림 196] 부분부하별 COP

- T사 터보냉동기 560 USRT



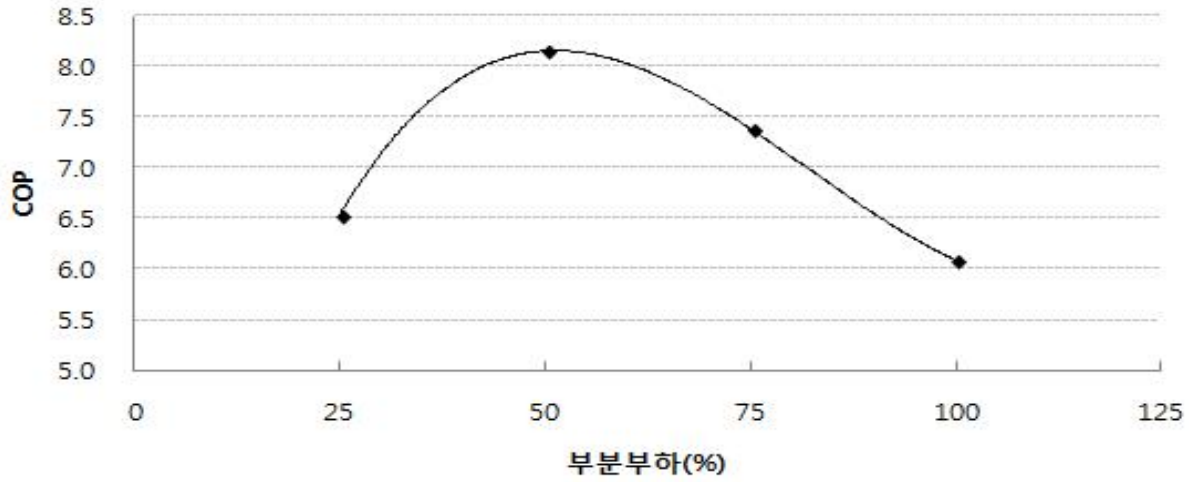
[그림 197] 부분부하별 COP

- T사 터보냉동기 660 USRT



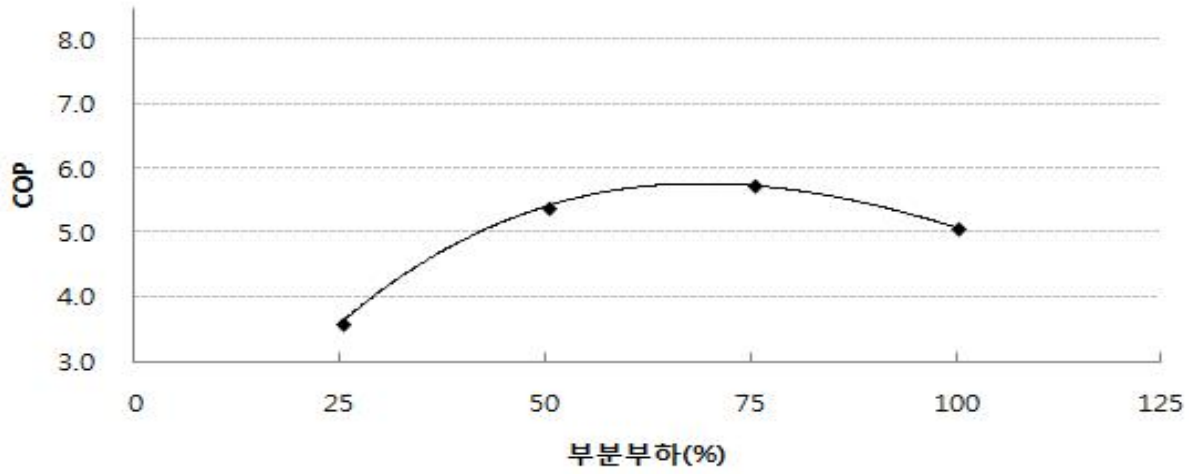
[그림 198] 부분부하별 COP

- T사 터보냉동기 750 USRT



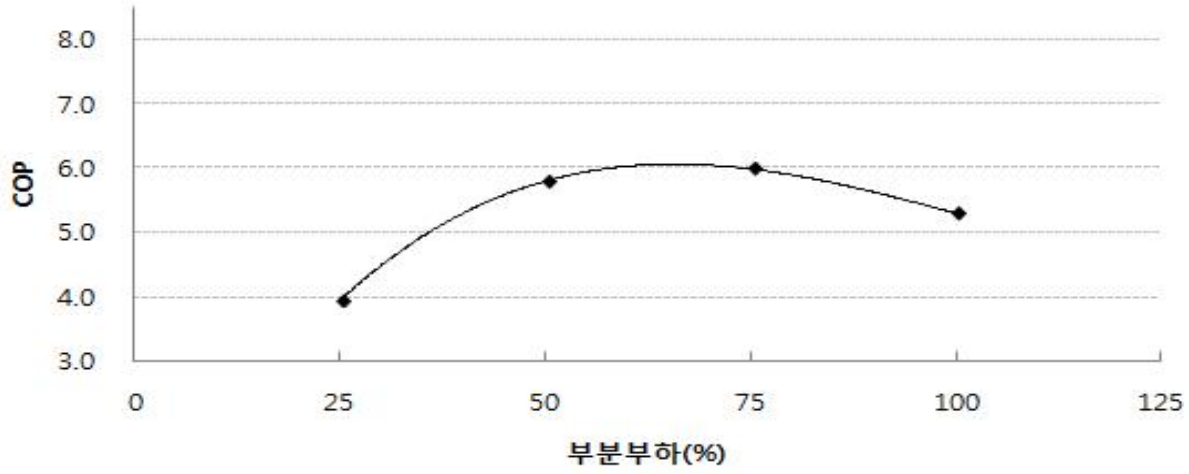
[그림 199] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 300 USRT



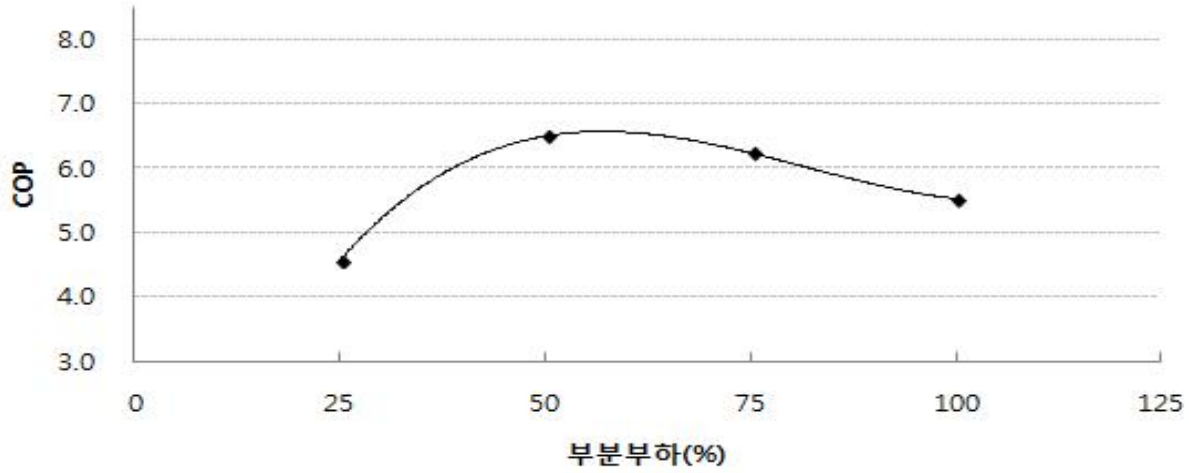
[그림 200] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 400 USRT



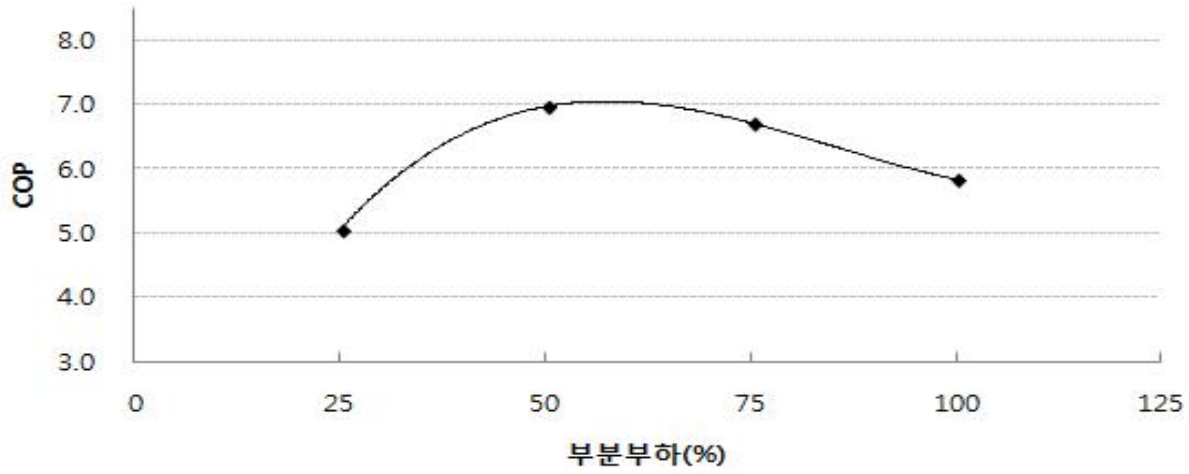
[그림 201] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 500 USRT



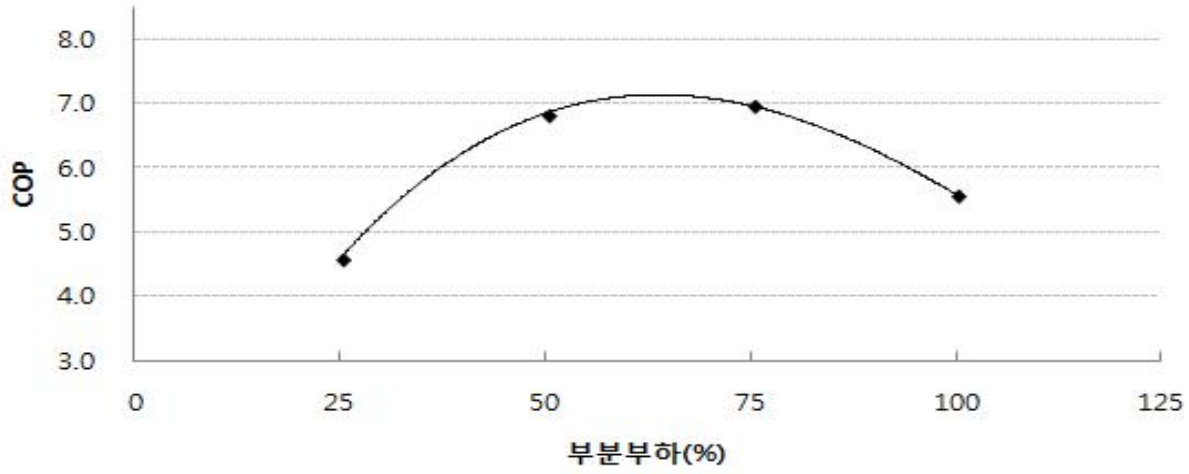
[그림 202] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 600 USRT



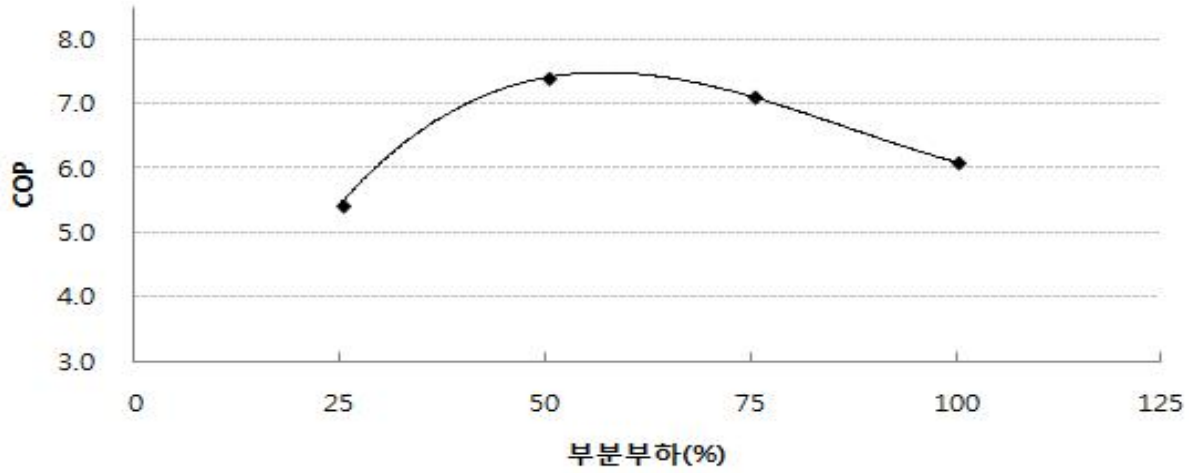
[그림 203] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 700 USRT



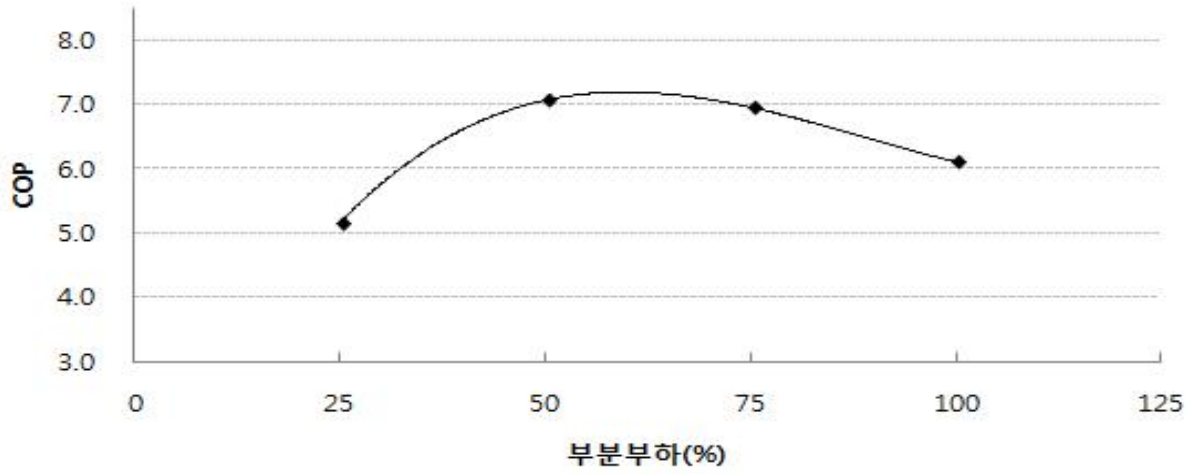
[그림 204] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 800 USRT



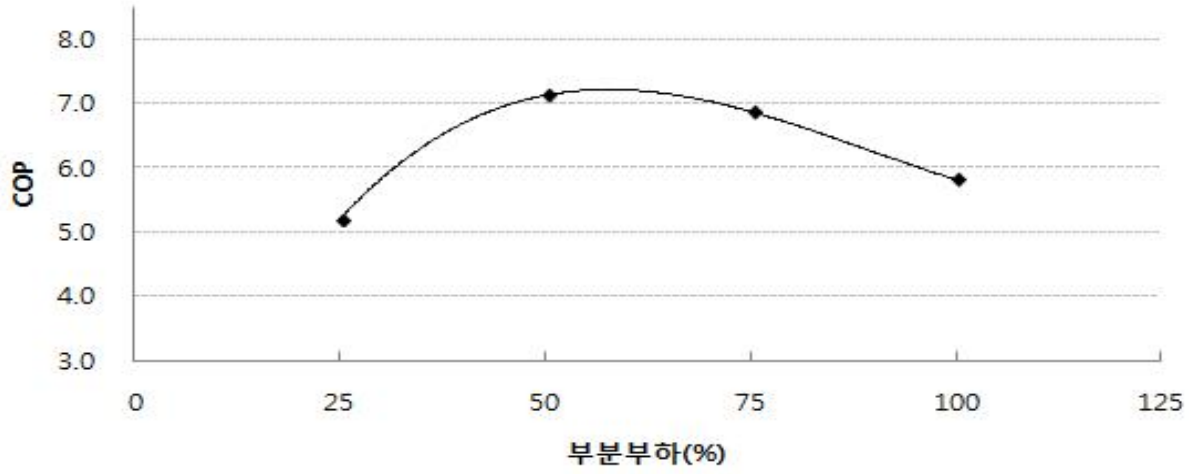
[그림 205] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 900 USRT



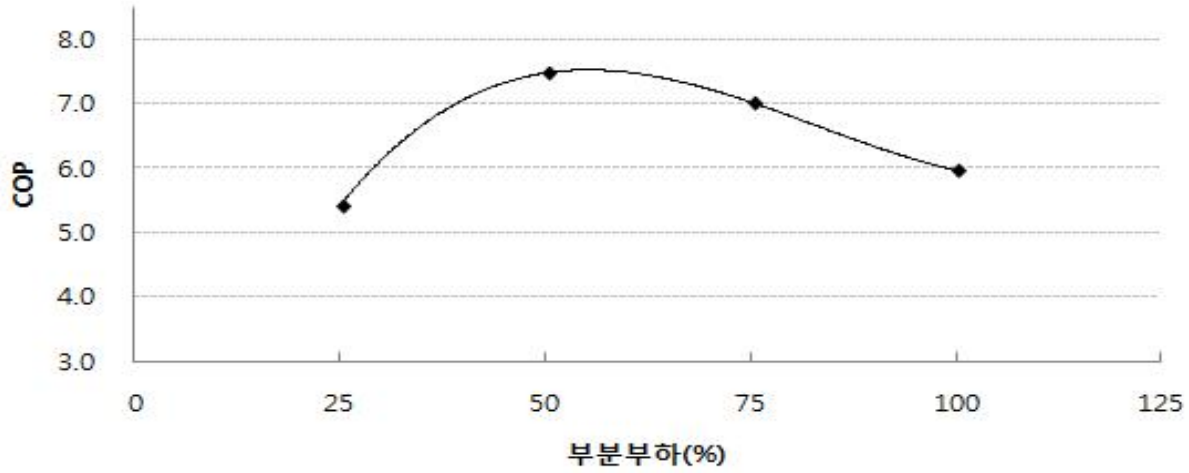
[그림 206] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 1,000 USRT



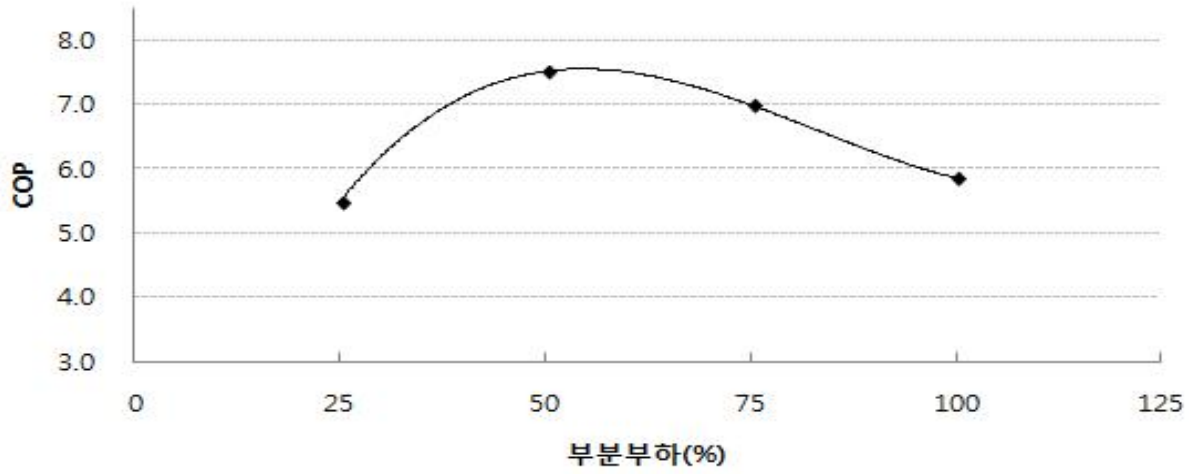
[그림 207] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 1,100 USRT



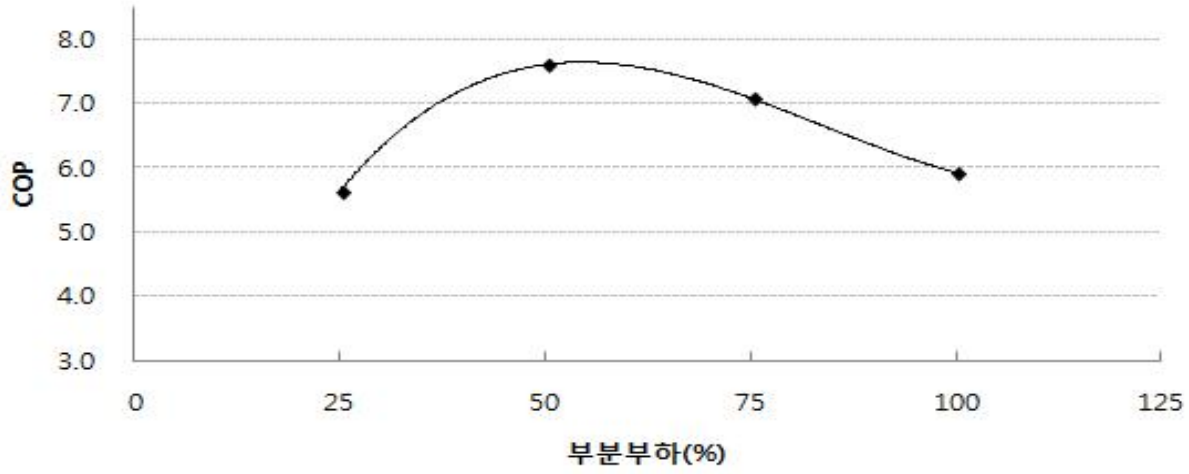
[그림 208] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 1,200 USRT



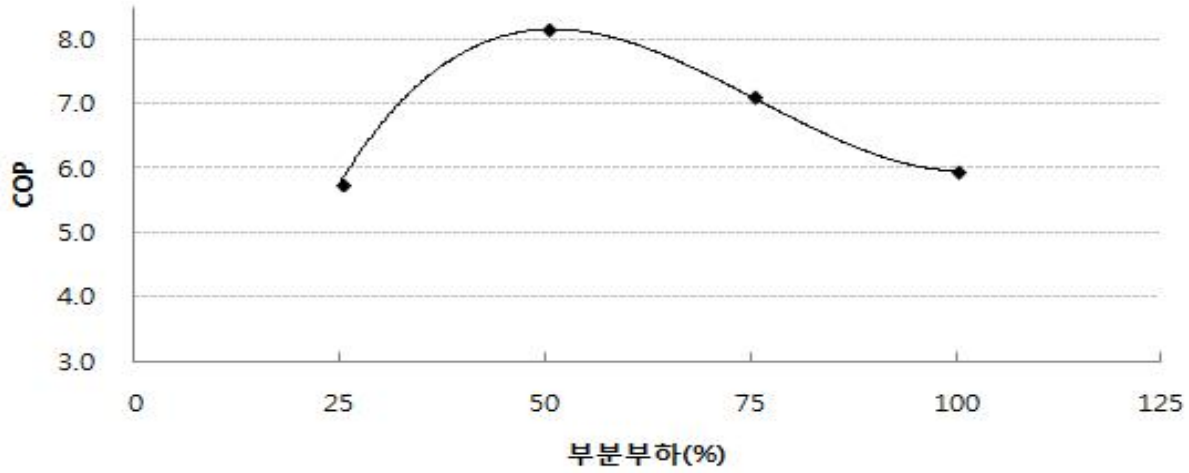
[그림 209] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 1,300 USRT



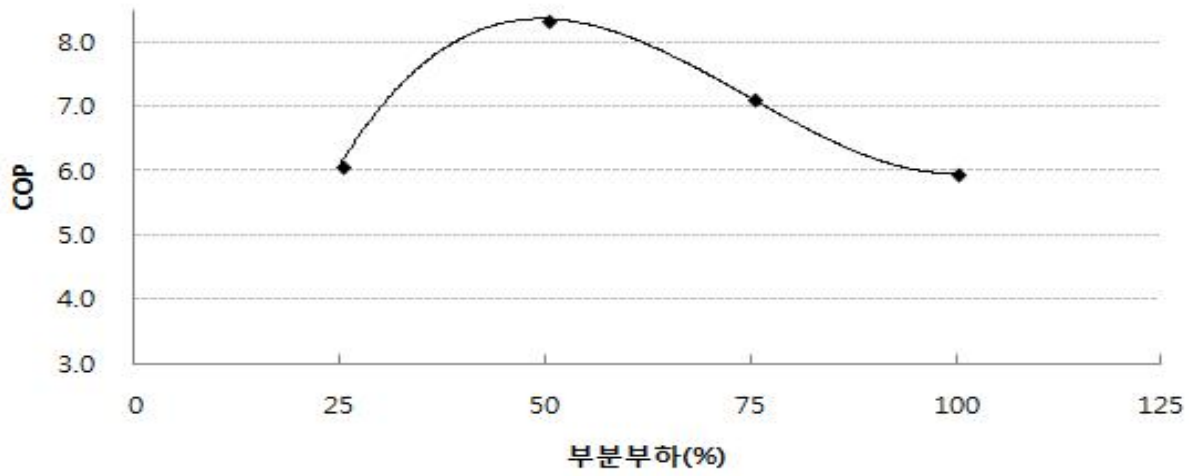
[그림 210] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 1,400 USRT



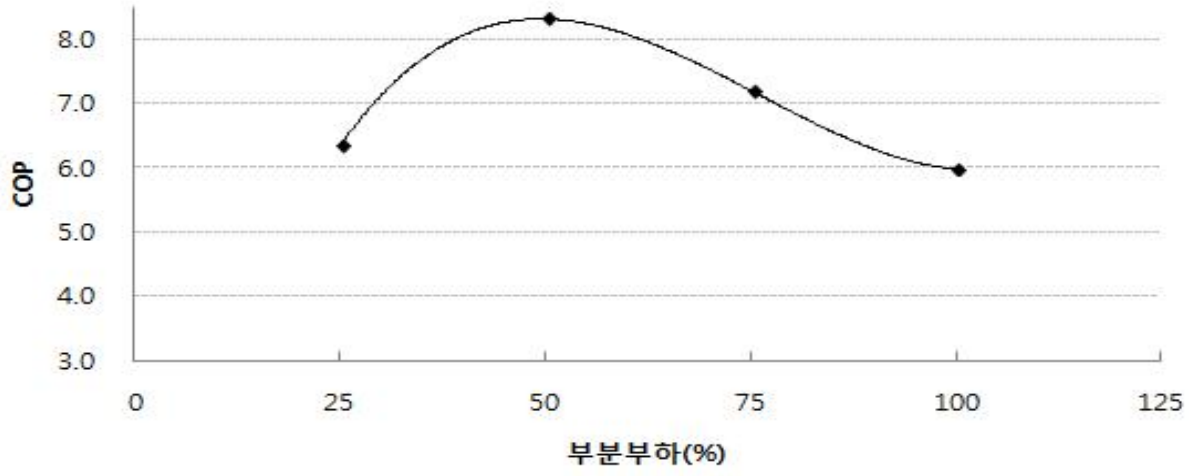
[그림 211] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 1,500 USRT



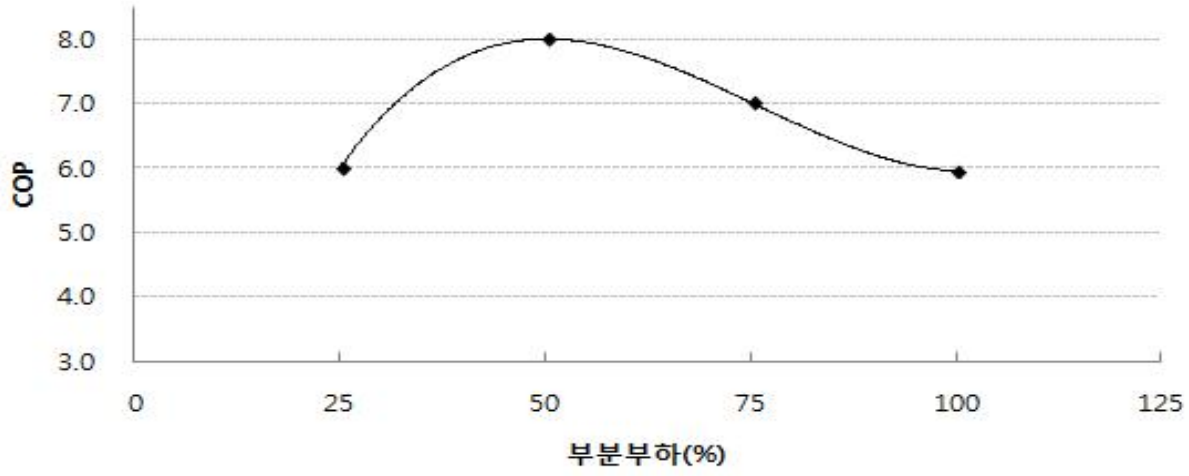
[그림 212] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 1,600 USRT



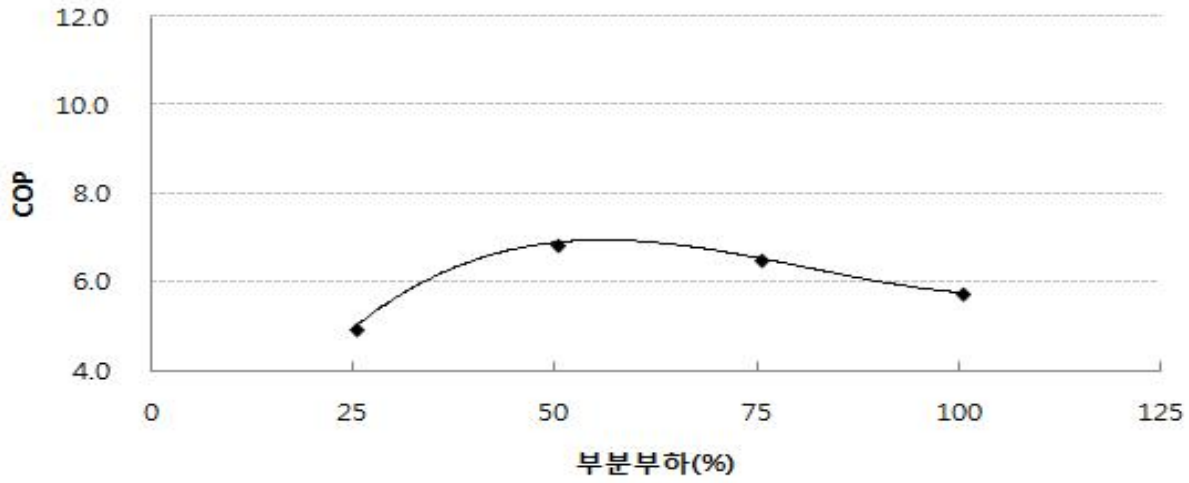
[그림 213] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 1,700 USRT



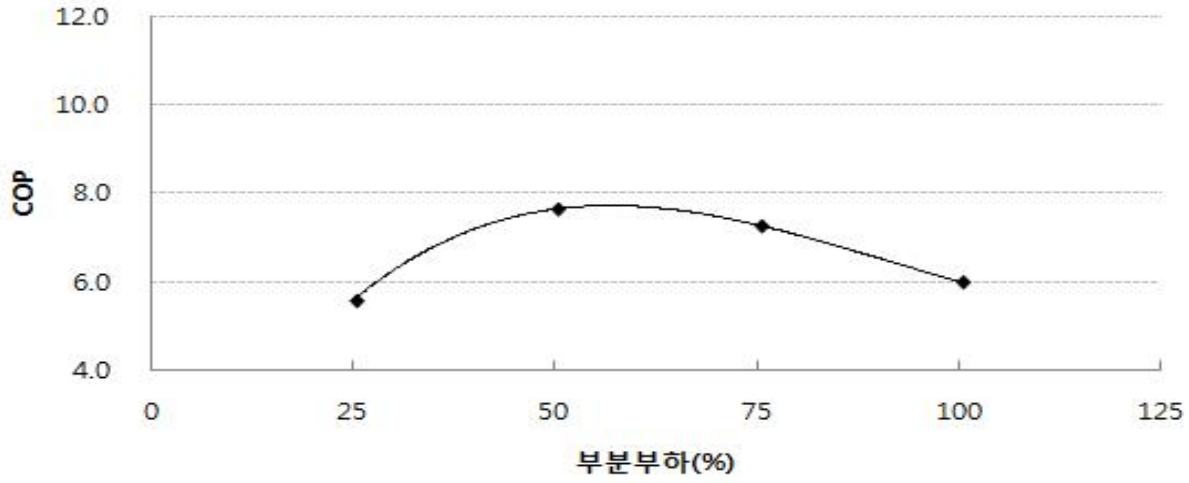
[그림 214] 부분부하별 COP

- Y사 터보냉동기 300 USRT



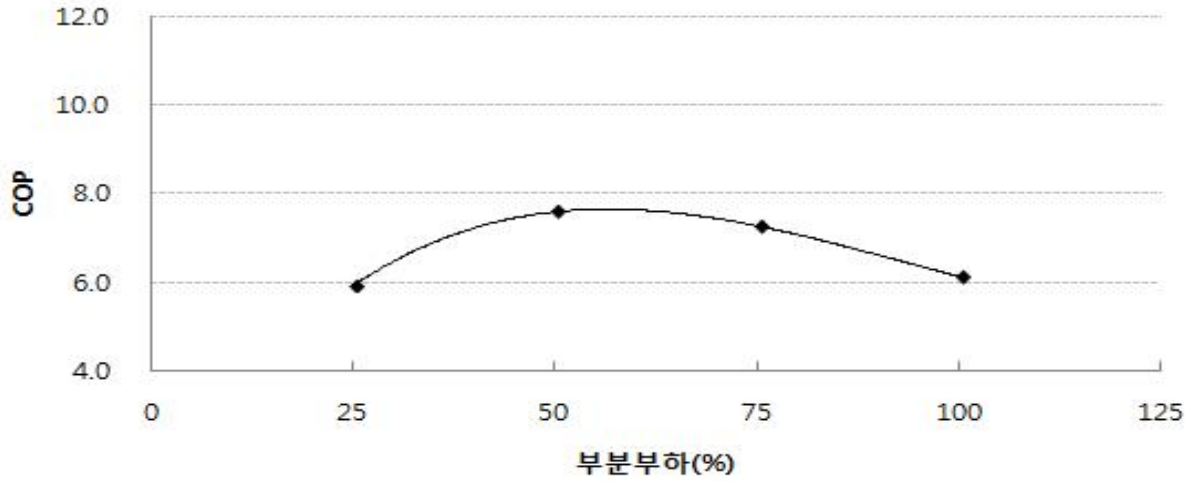
[그림 215] 부분부하별 COP

- Y사 터보냉동기 400 USRT



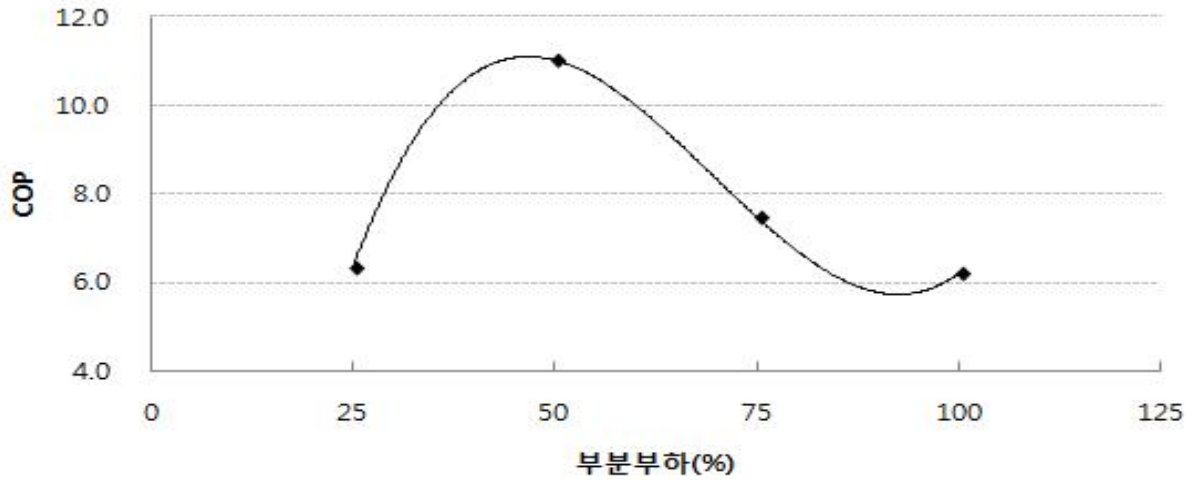
[그림 216] 부분부하별 COP

- Y사 터보냉동기 600 USRT



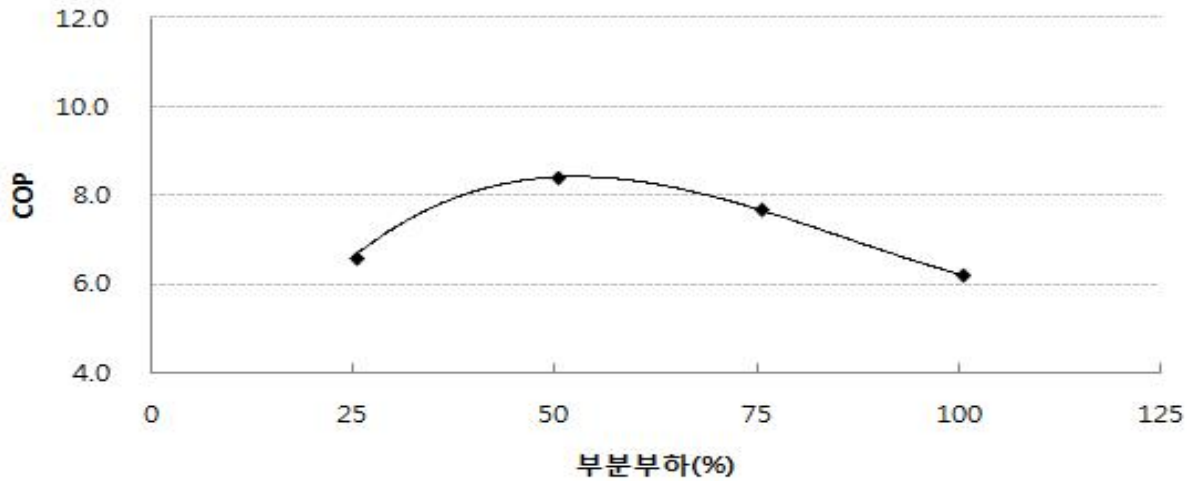
[그림 217] 부분부하별 COP

- Y사 터보냉동기 800 USRT



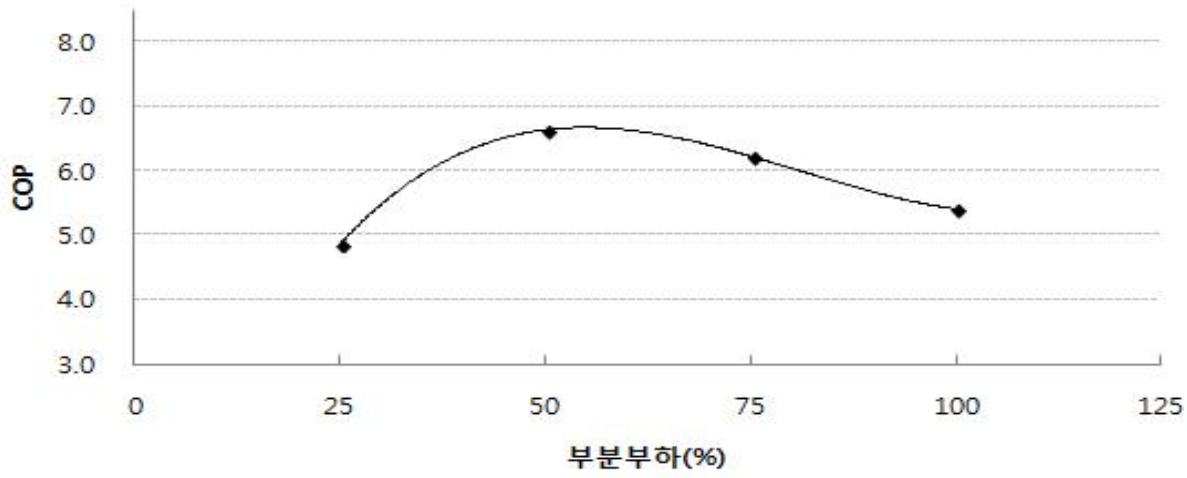
[그림 218] 부분부하별 COP

- Y사 터보냉동기 1,000 USRT



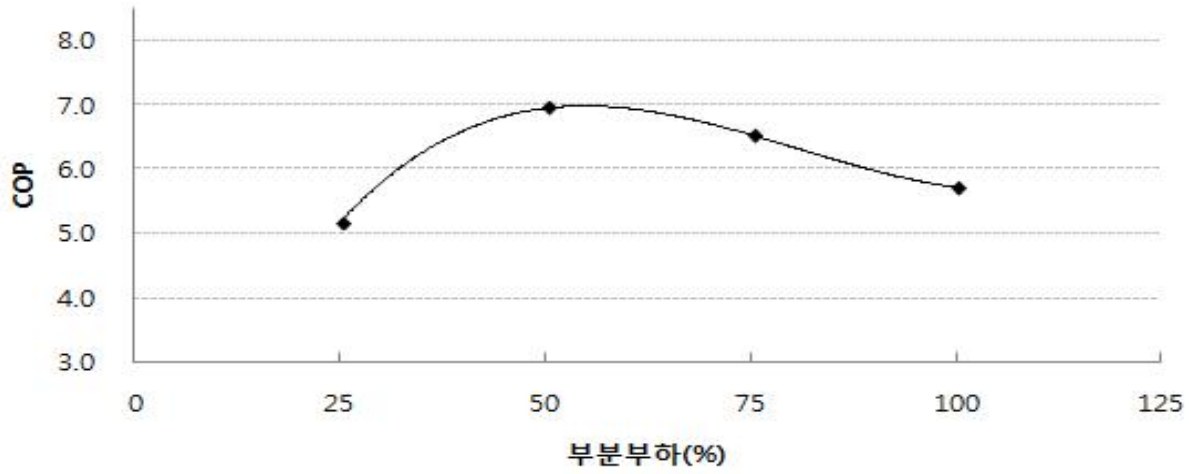
[그림 219] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 250 USRT



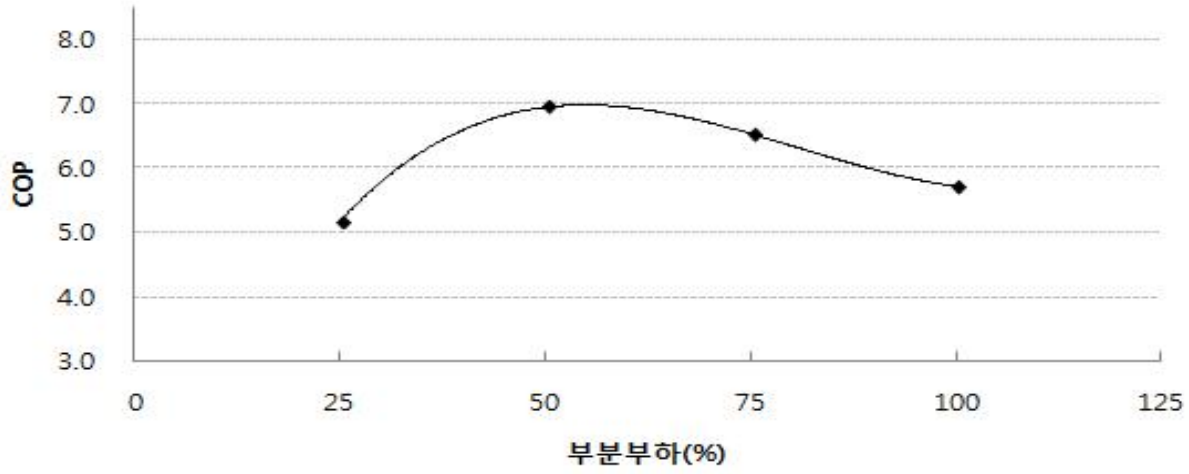
[그림 220] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 400 USRT



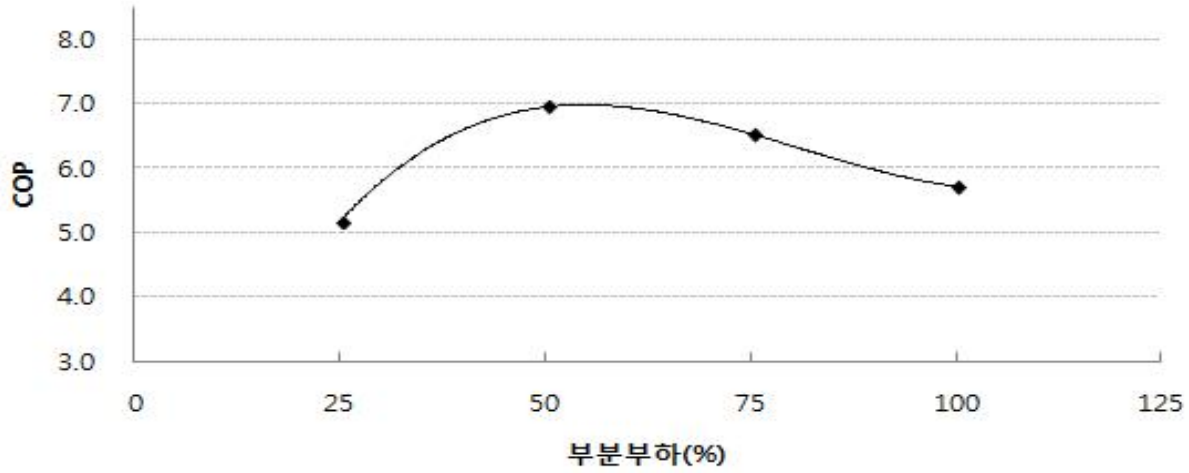
[그림 221] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 470 USRT



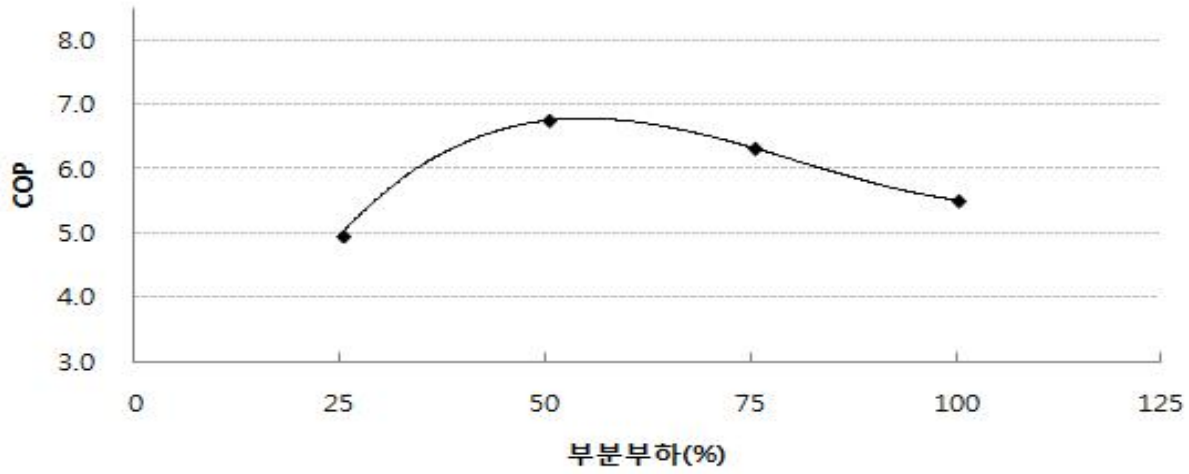
[그림 222] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 900 USRT



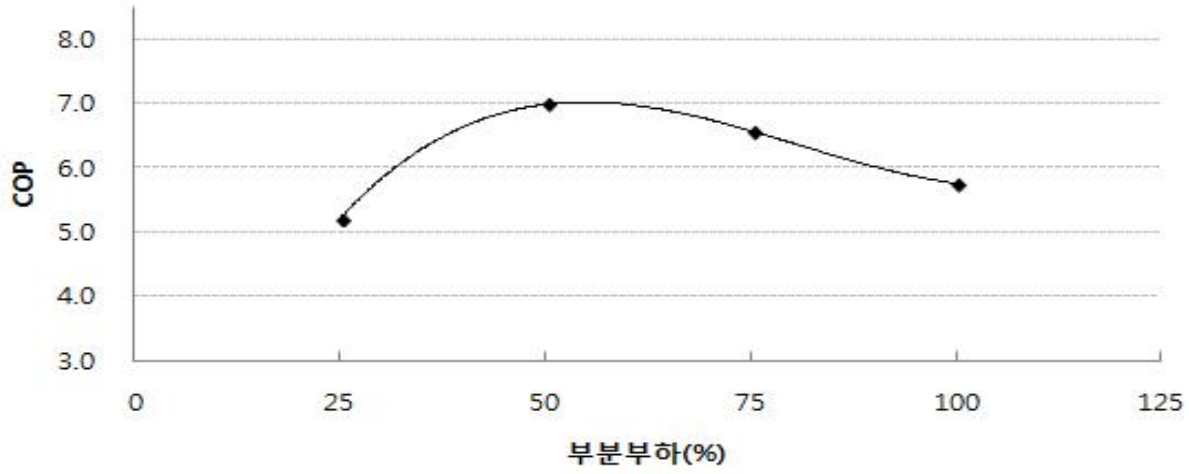
[그림 223] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 1,200 USRT



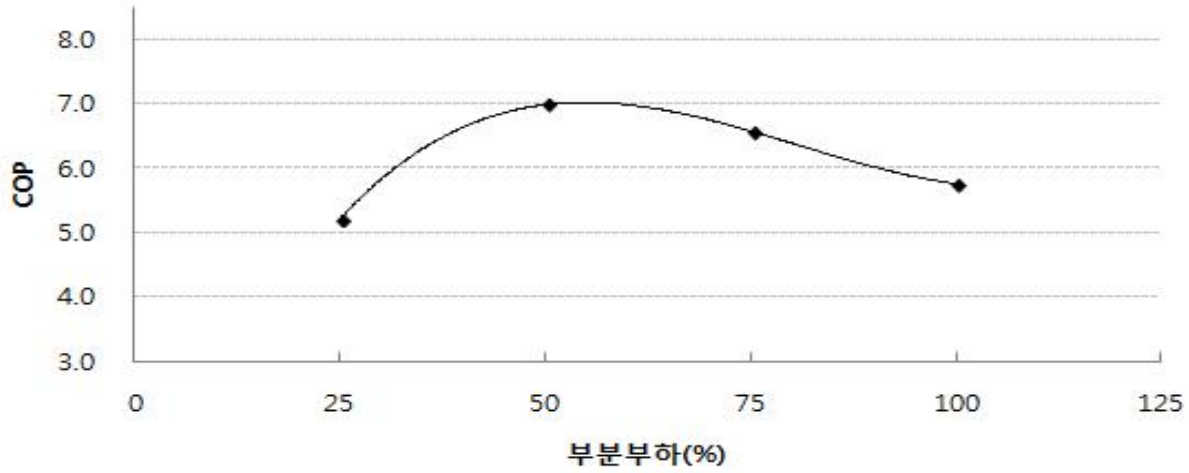
[그림 224] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 1,300 USRT



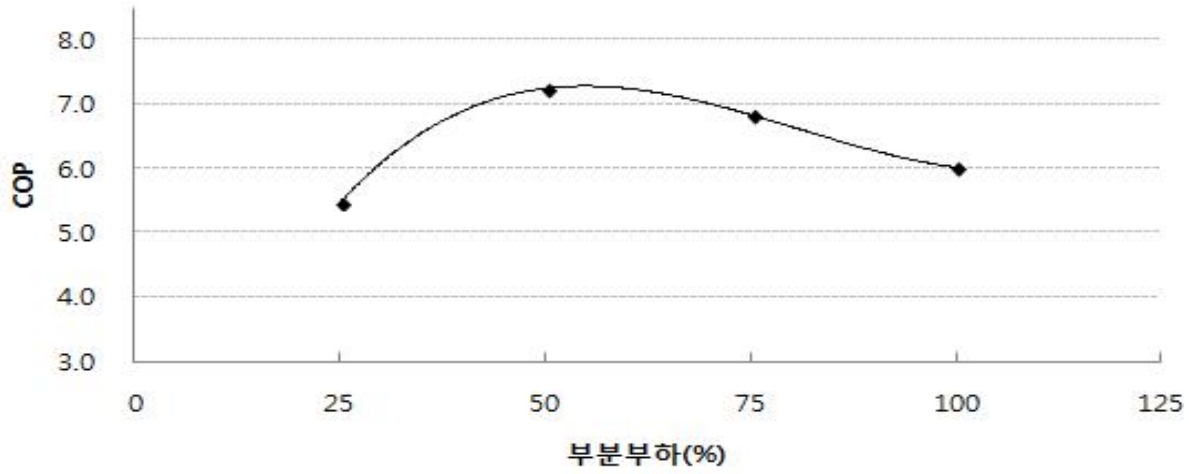
[그림 225] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 2,0000 USRT



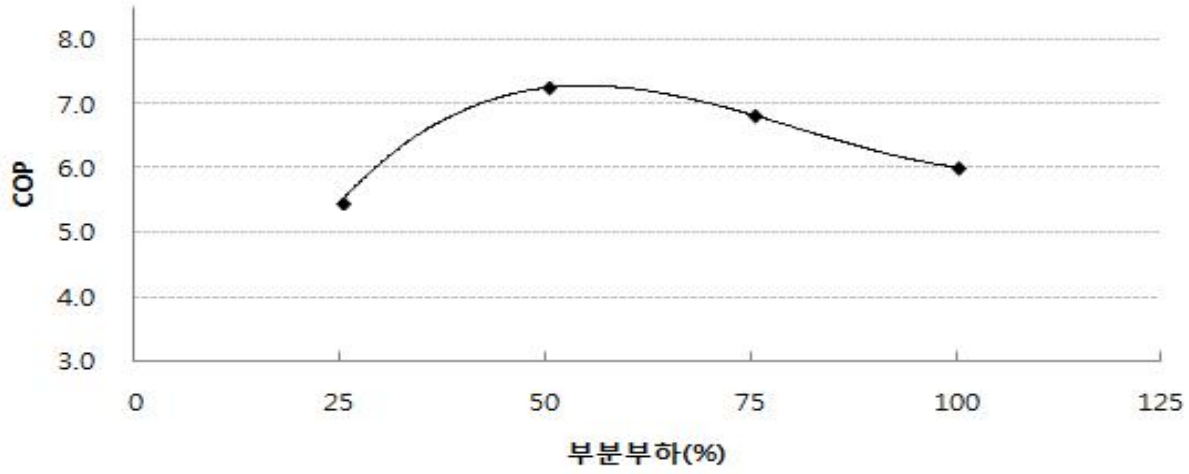
[그림 226] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 400 USRT



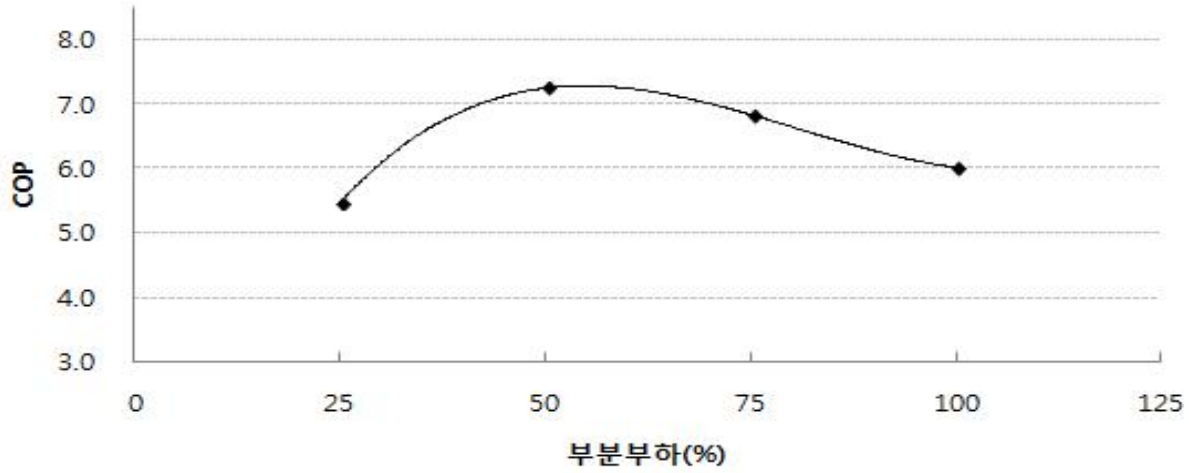
[그림 227] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 440 USRT



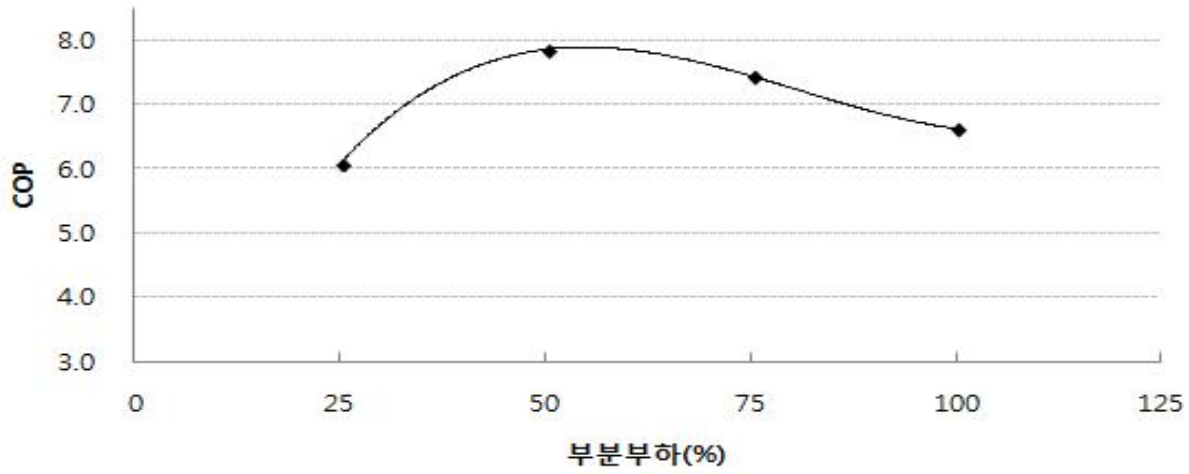
[그림 228] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 470 USRT



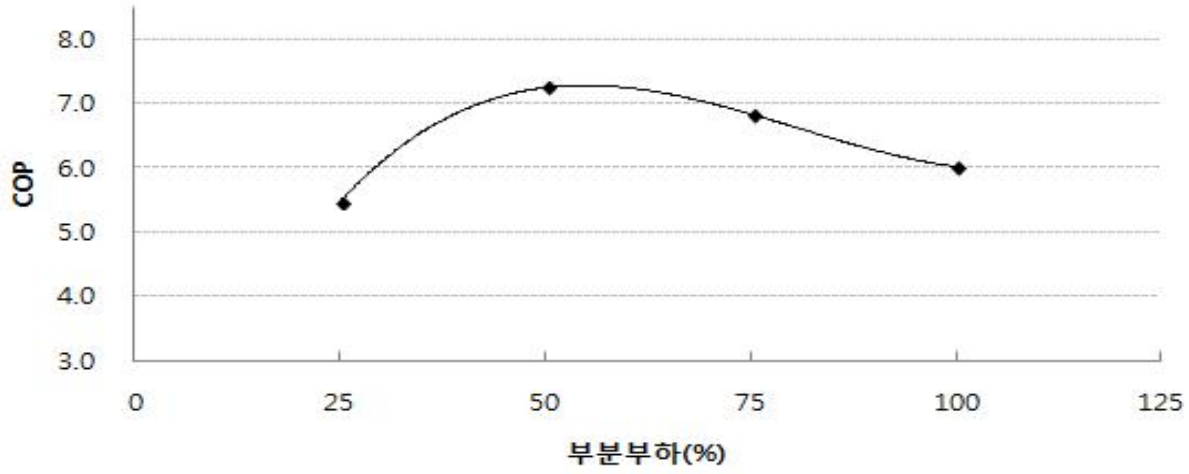
[그림 229] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 500 USRT



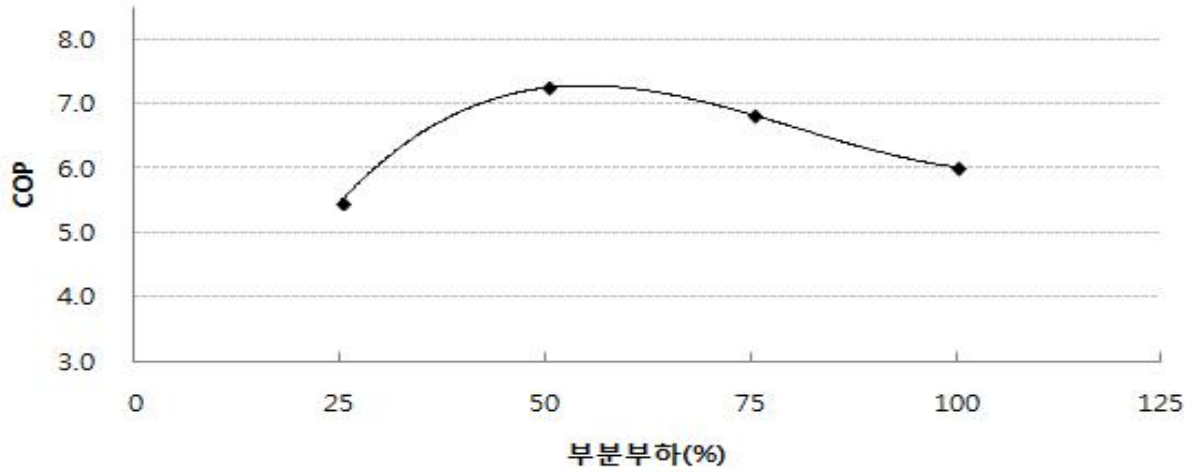
[그림 230] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 510 USRT



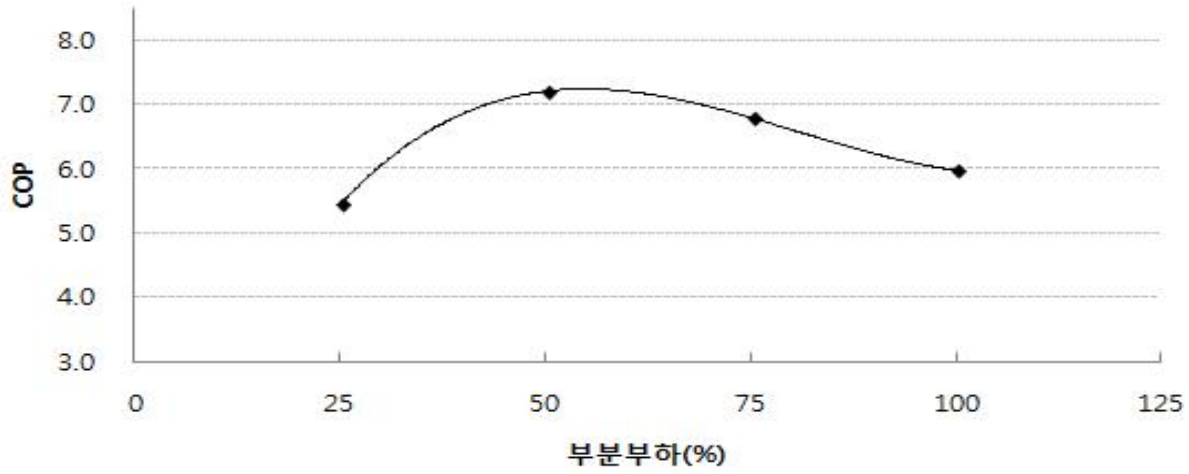
[그림 231] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 560 USRT



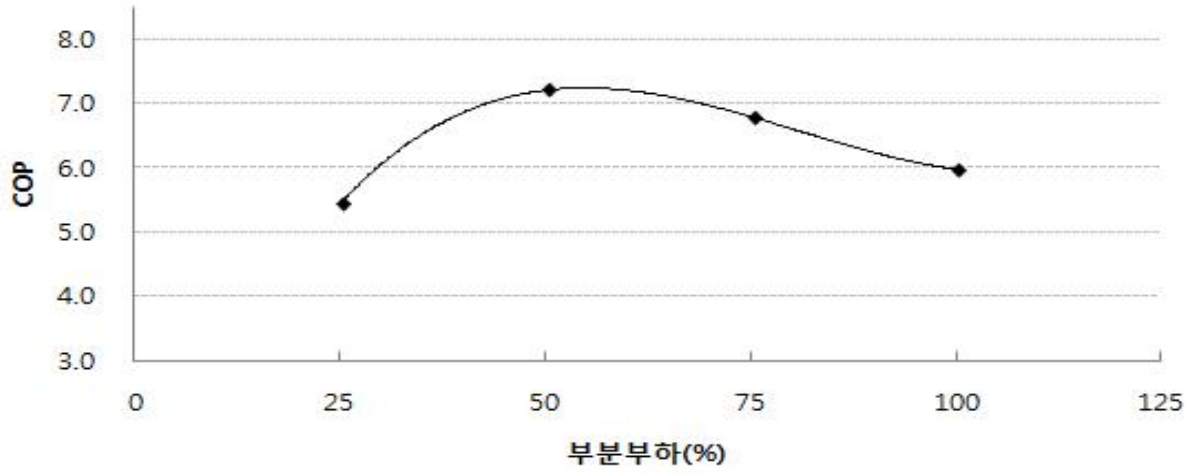
[그림 232] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 620 USRT



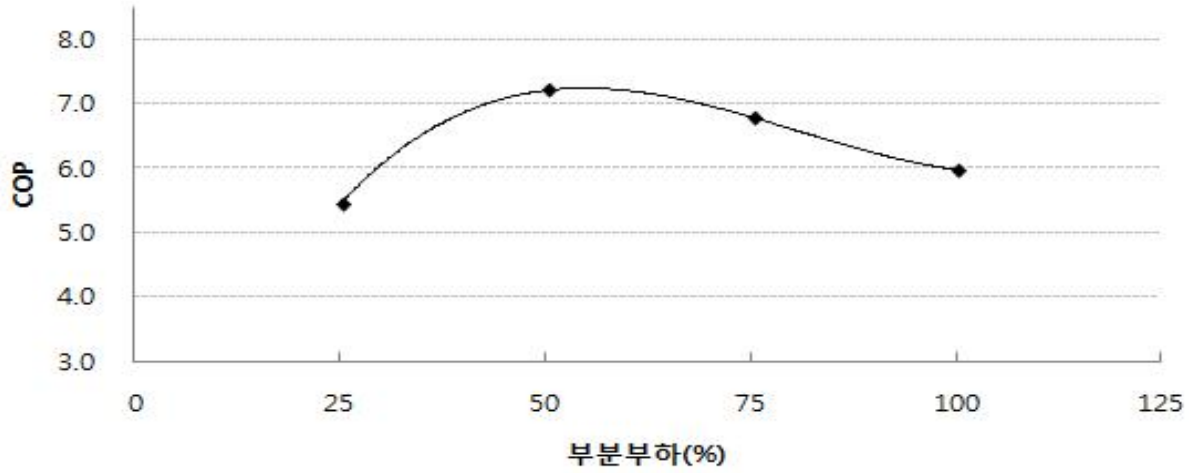
[그림 233] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 670 USRT



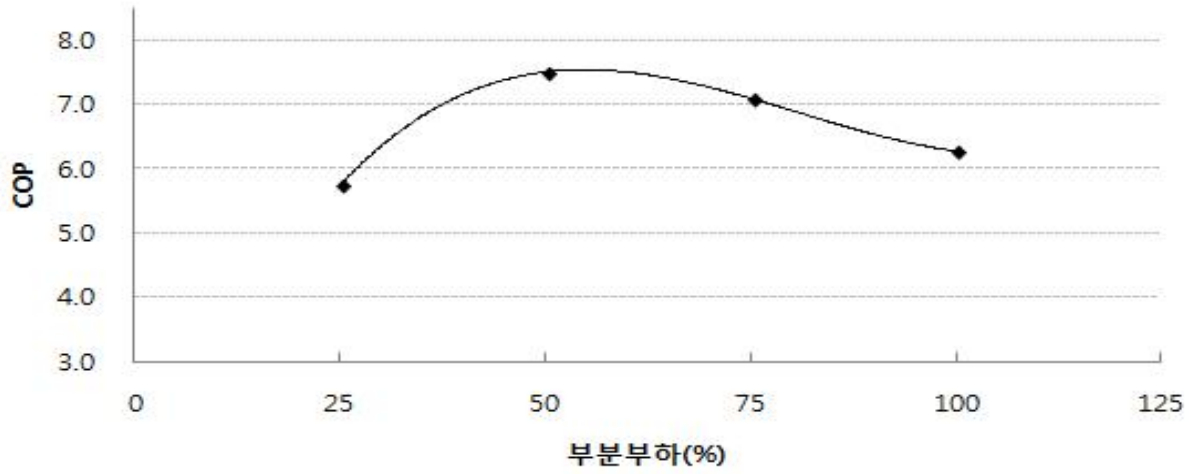
[그림 234] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 730 USRT



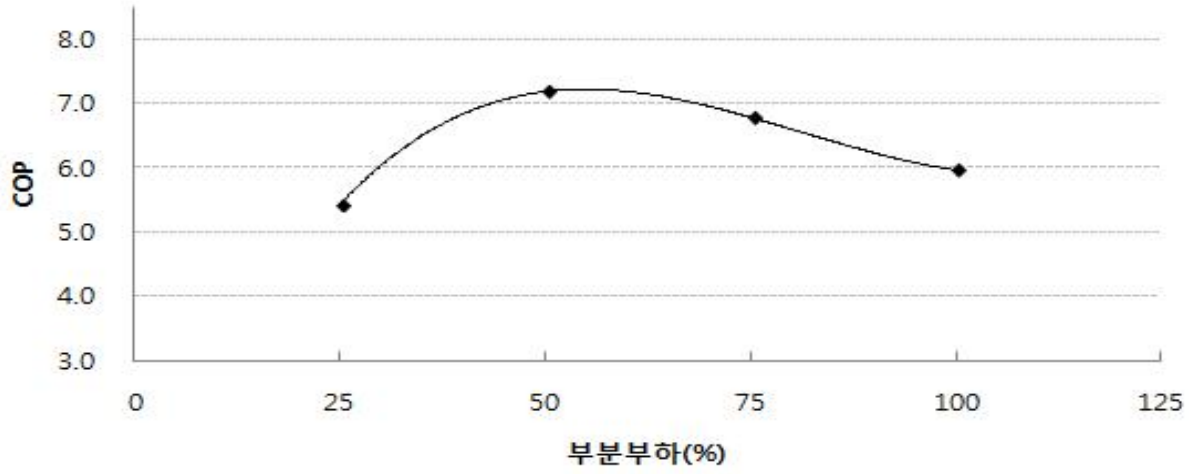
[그림 235] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 750 USRT



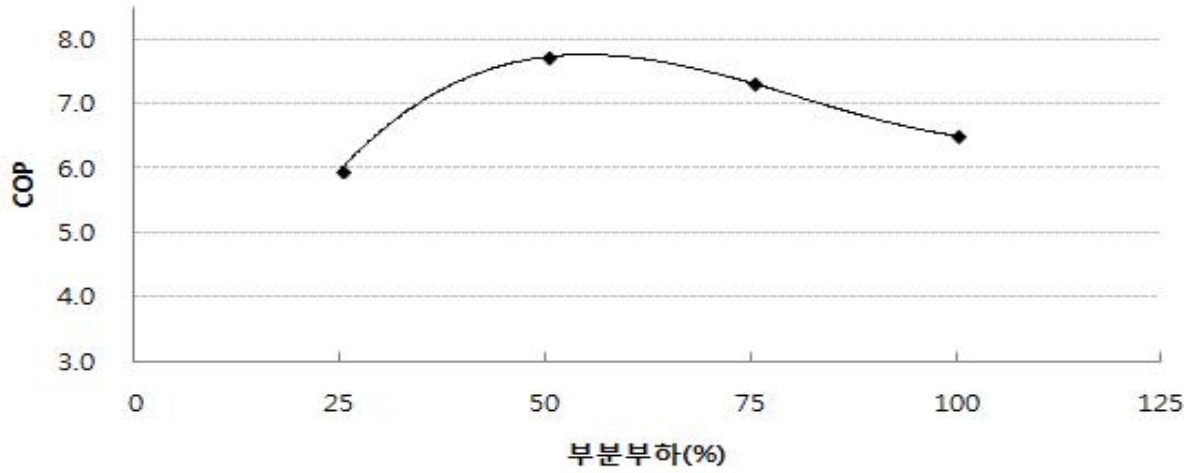
[그림 236] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 770 USRT



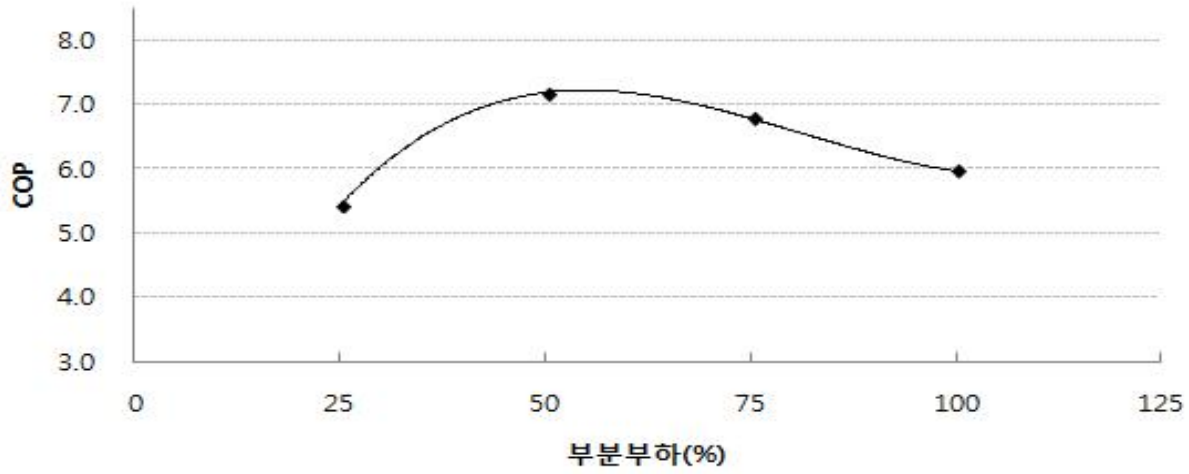
[그림 237] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 800 USRT



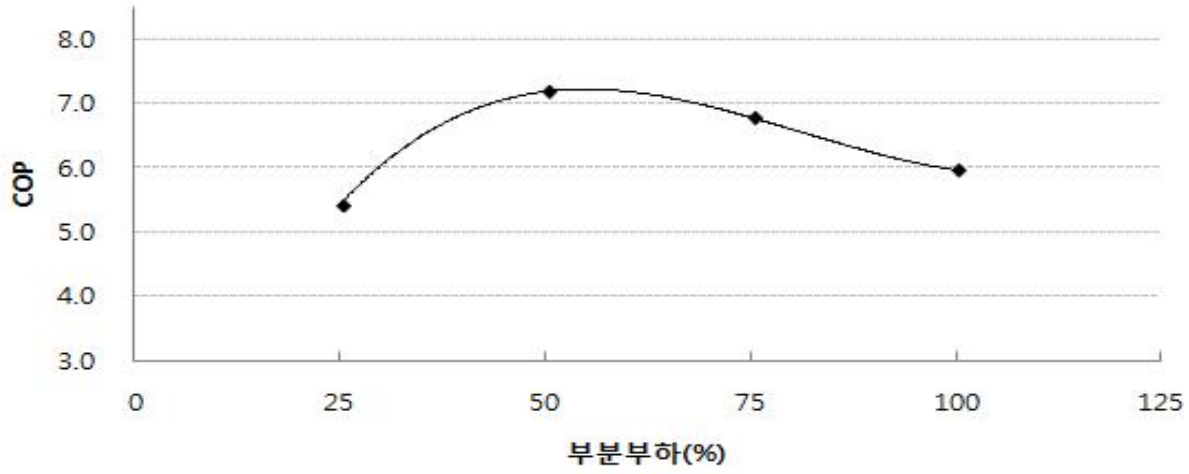
[그림 238] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 830 USRT



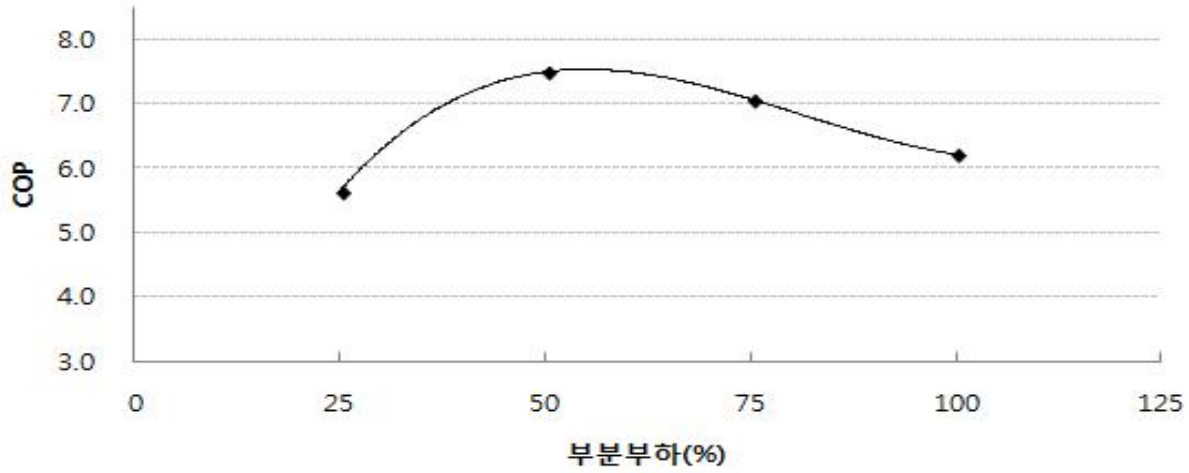
[그림 239] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 900 USRT



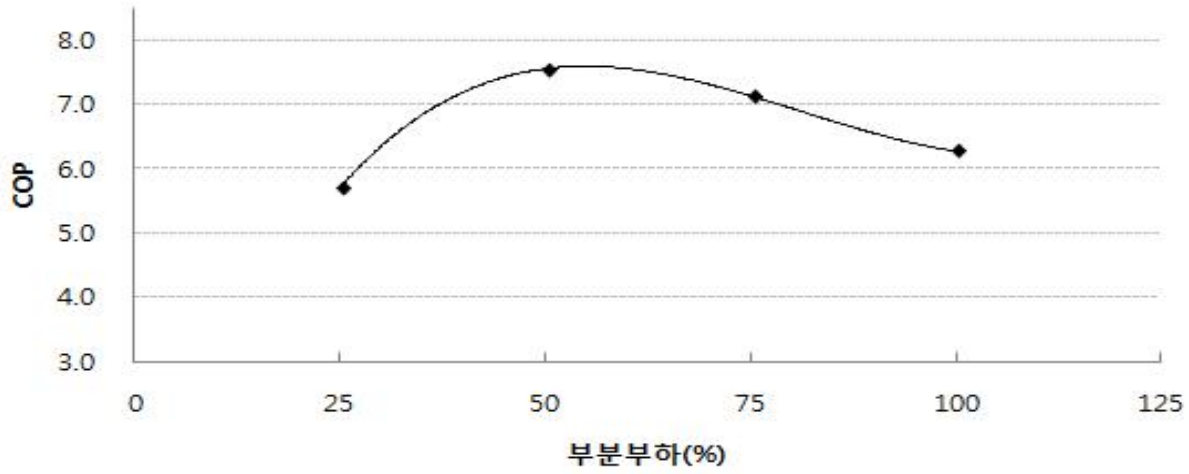
[그림 240] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 940 USRT



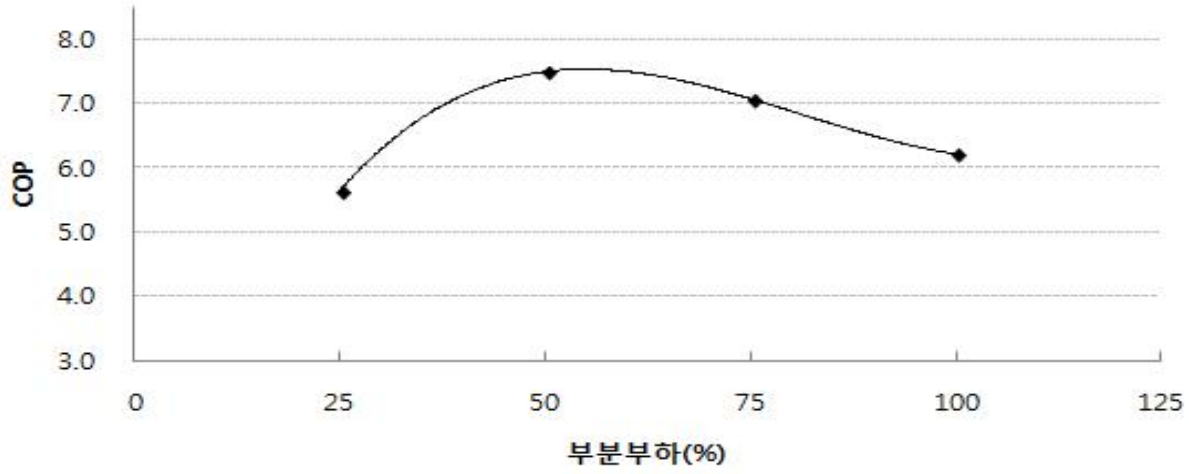
[그림 241] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 1,000 USRT



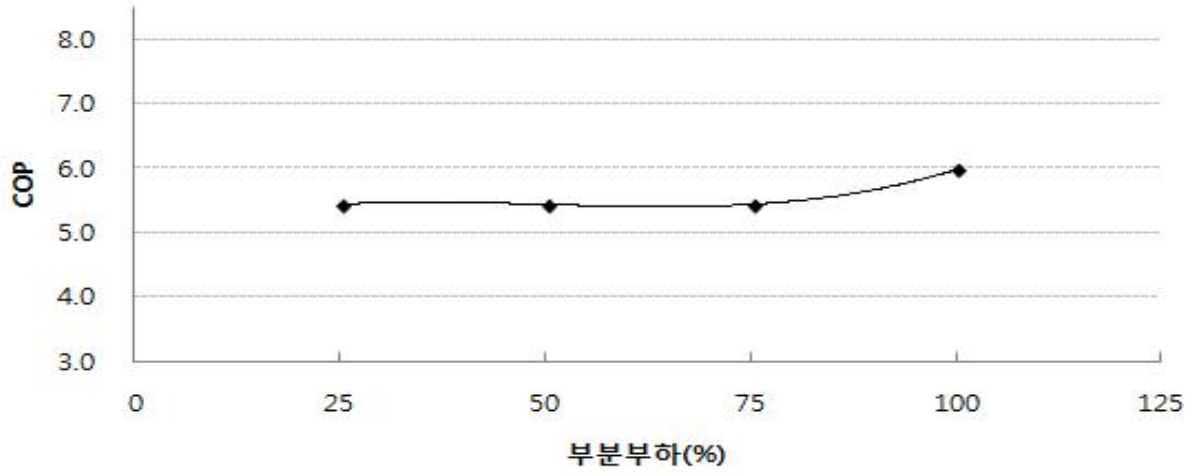
[그림 242] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 1,100 USRT



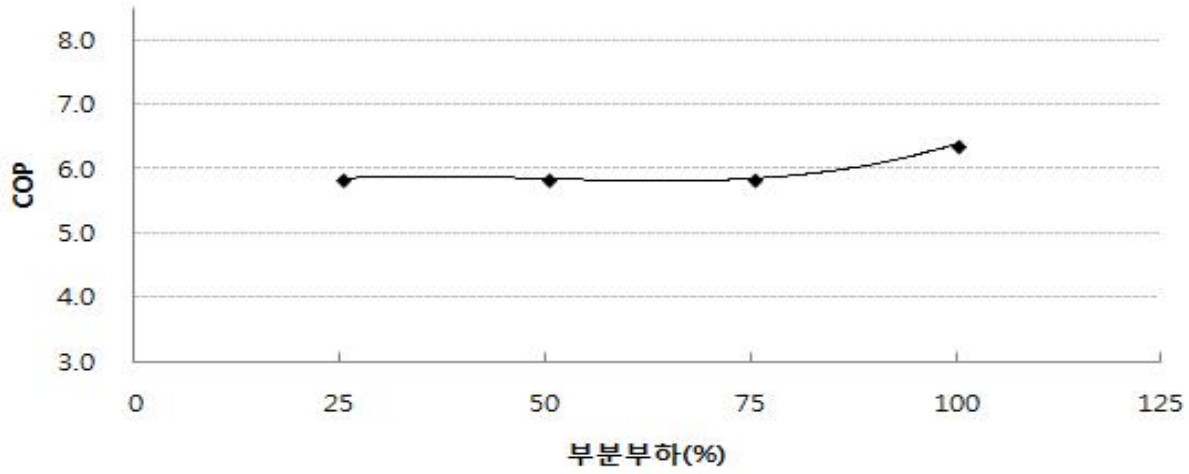
[그림 243] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 1,250 USRT



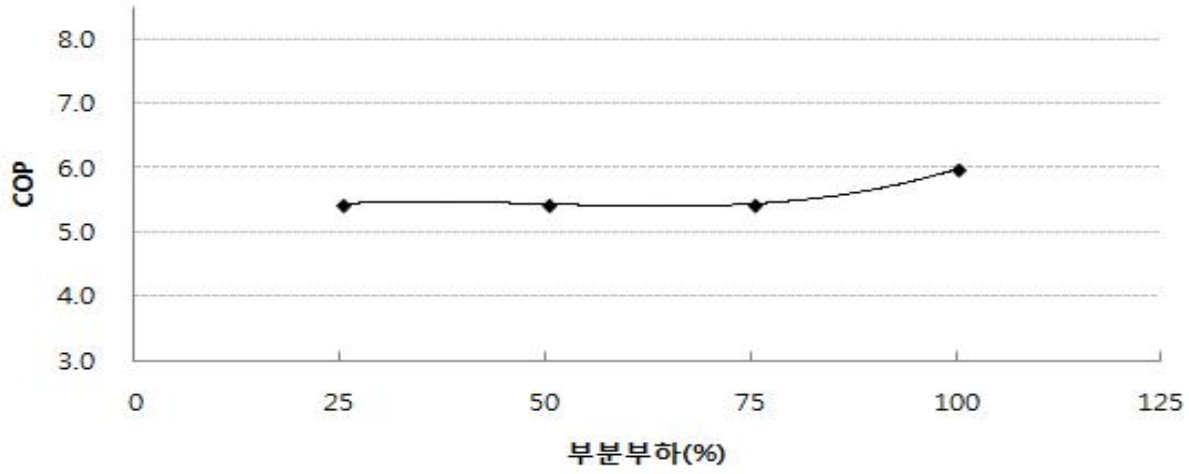
[그림 244] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 1,300 USRT



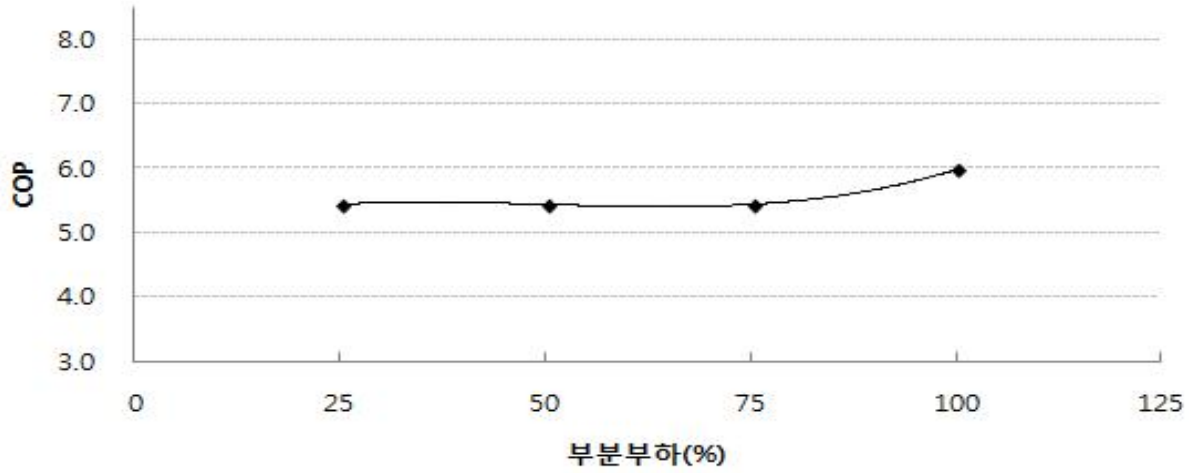
[그림 245] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 1,350 USRT



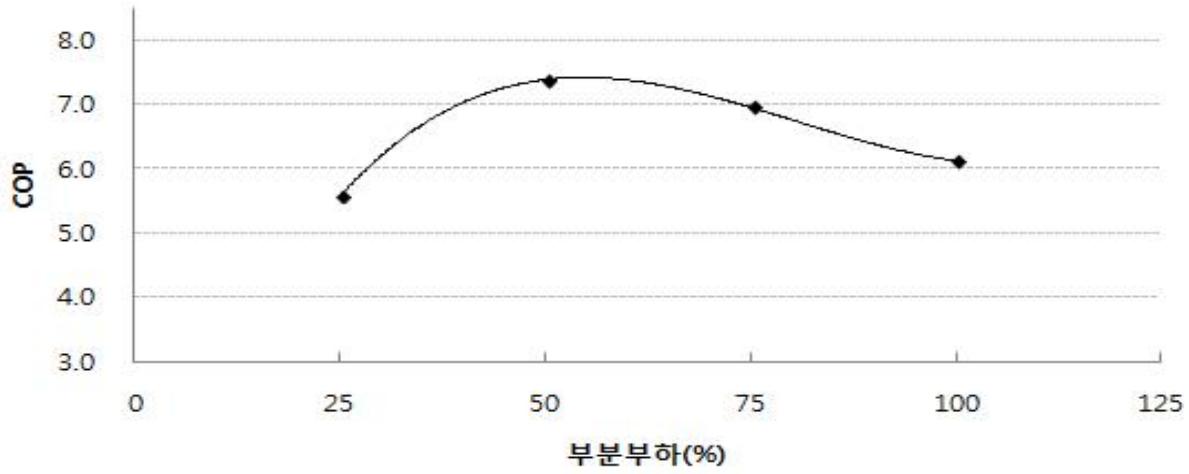
[그림 246] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 1,500 USRT



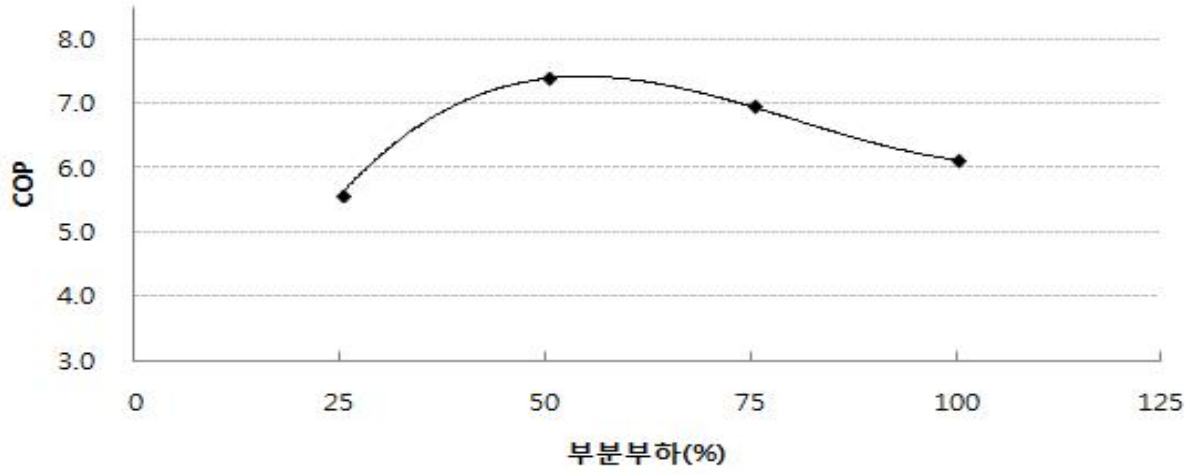
[그림 247] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 1,550 USRT



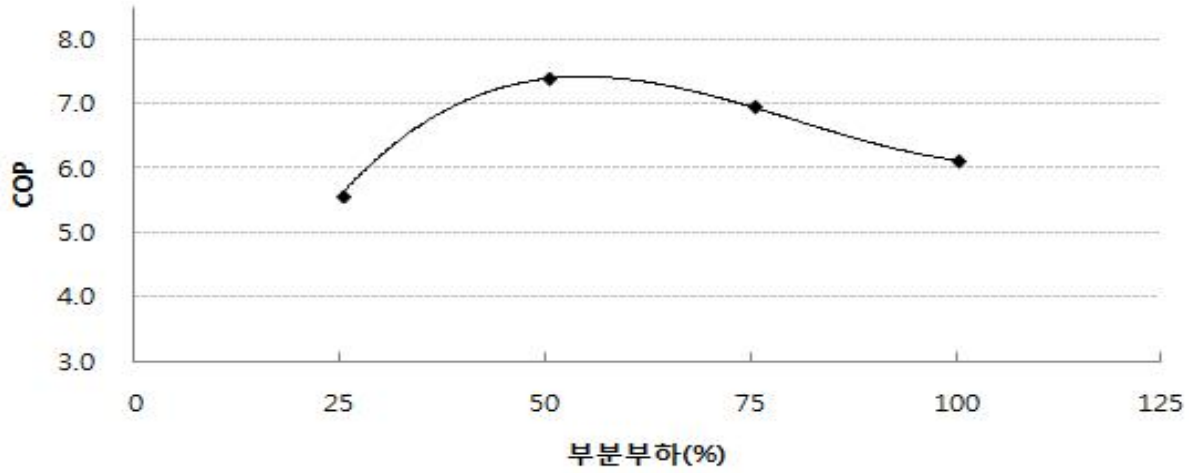
[그림 248] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 1,650 USRT



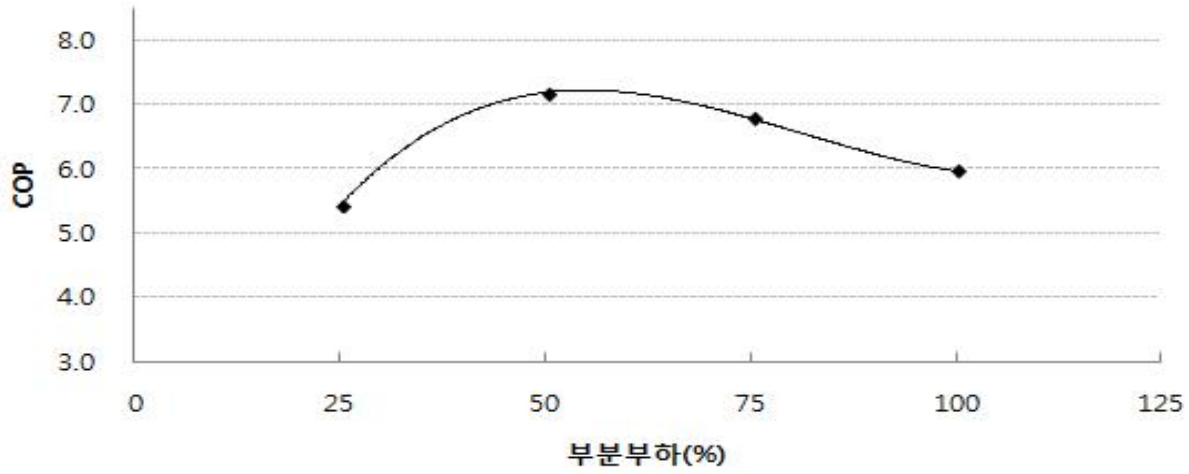
[그림 249] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 1,750 USRT



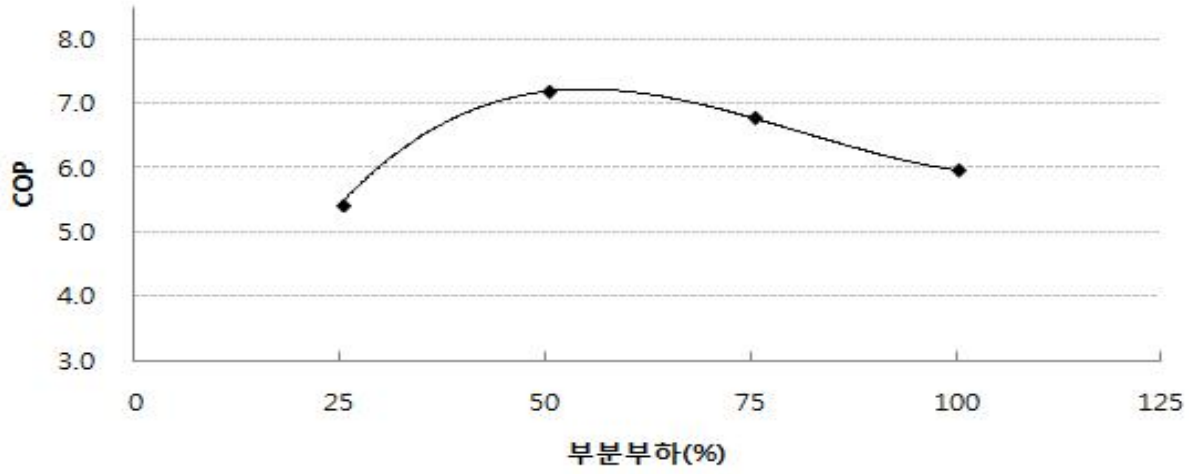
[그림 250] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 1,950 USRT



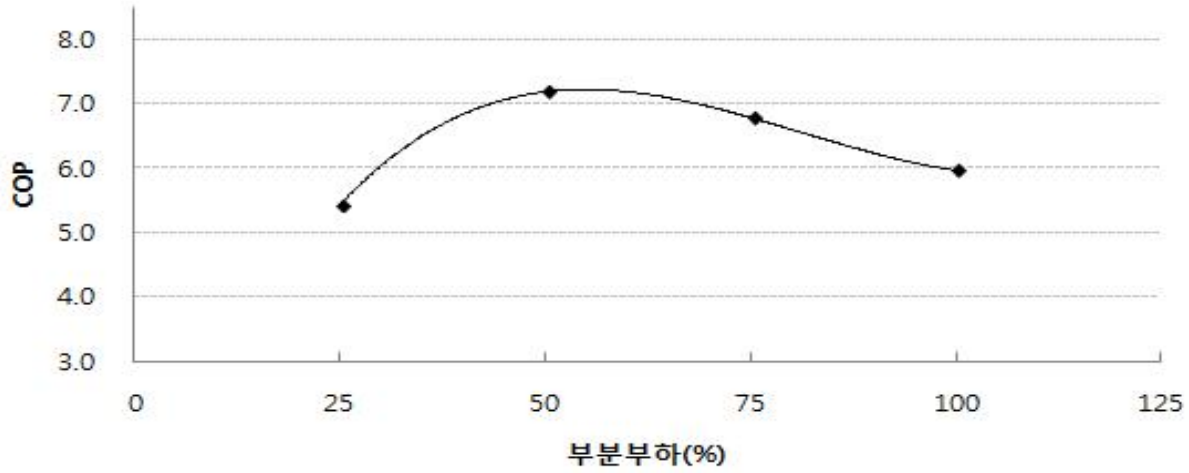
[그림 251] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 2,110 USRT



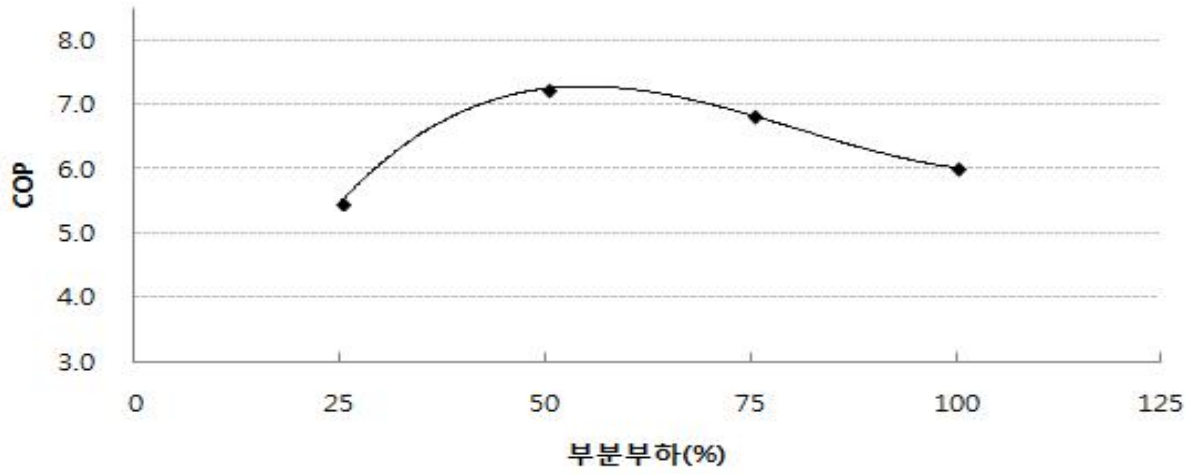
[그림 252] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 2,300 USRT



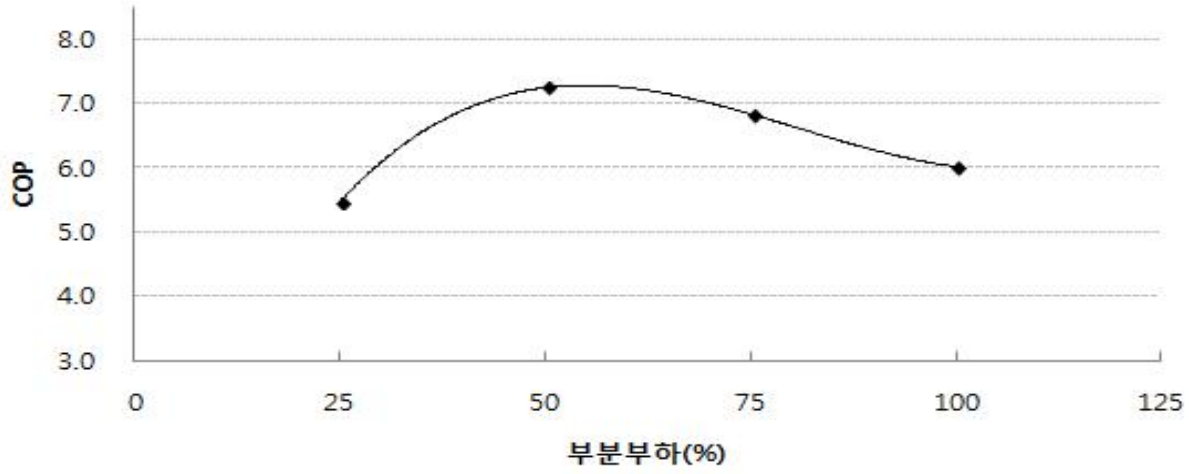
[그림 253] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 2,400 USRT



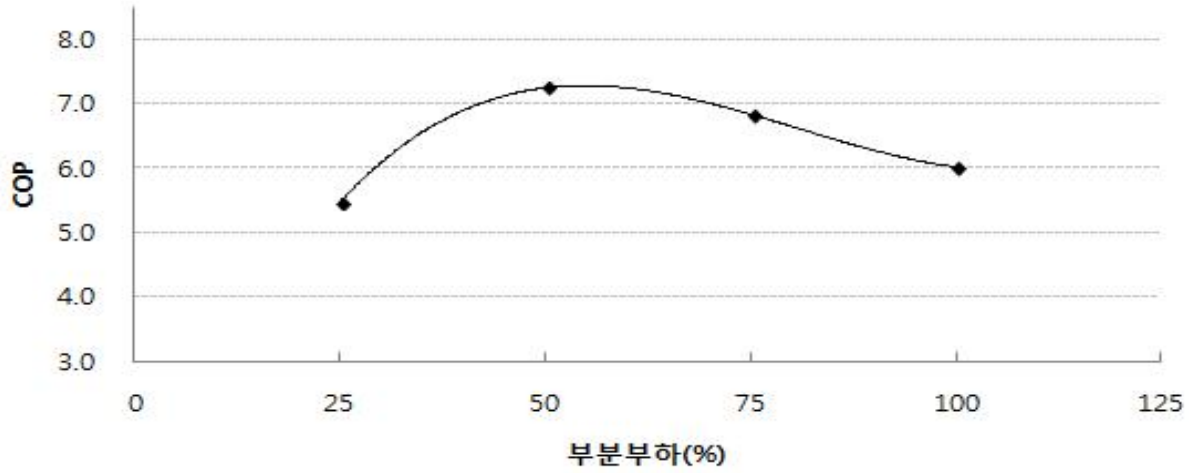
[그림 254] 부분부하별 COP

- L사 터보냉동기 2,600 USRT

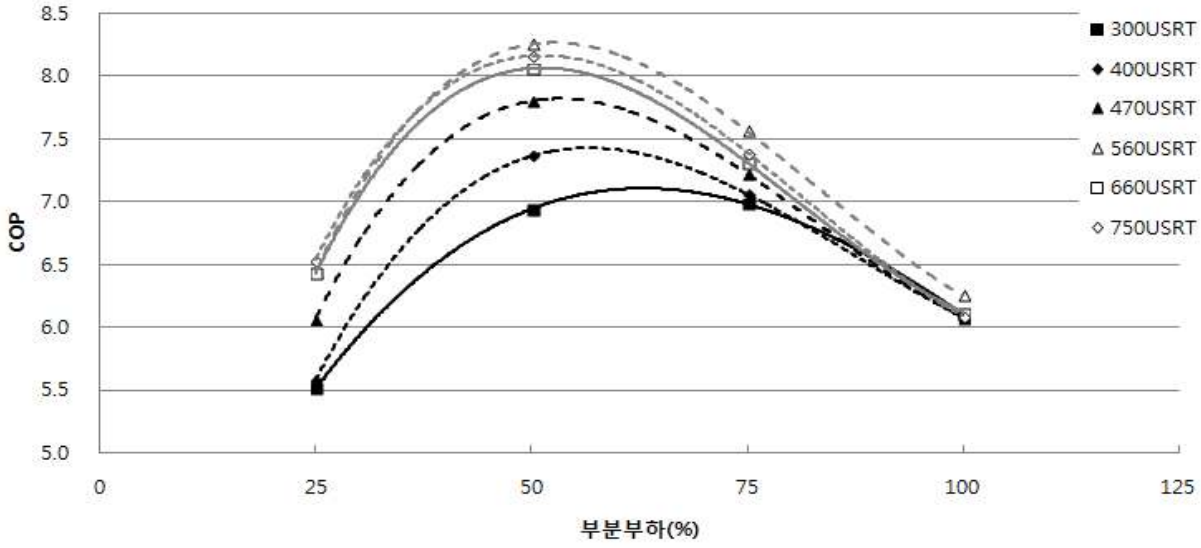


[그림 255] 부분부하별 COP

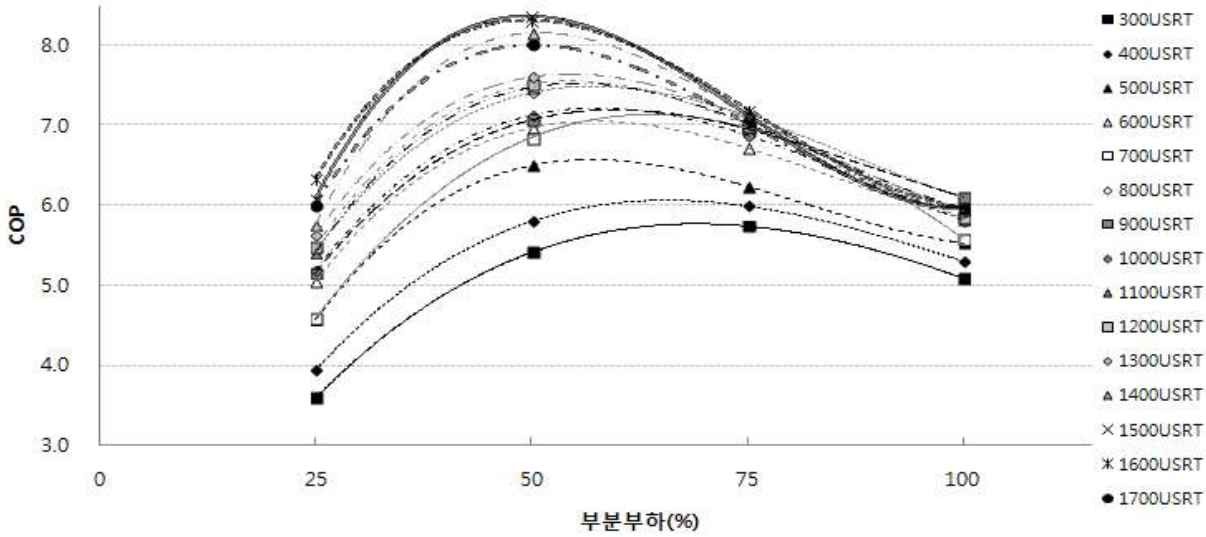
- L사 터보냉동기 2,850 USRT



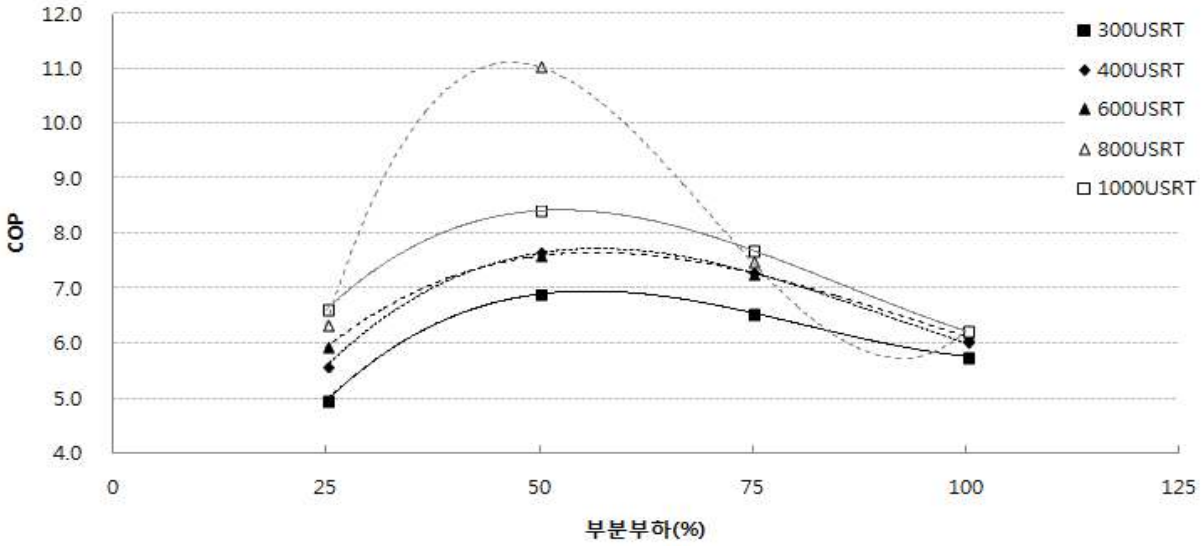
[그림 256] 부분부하별 COP



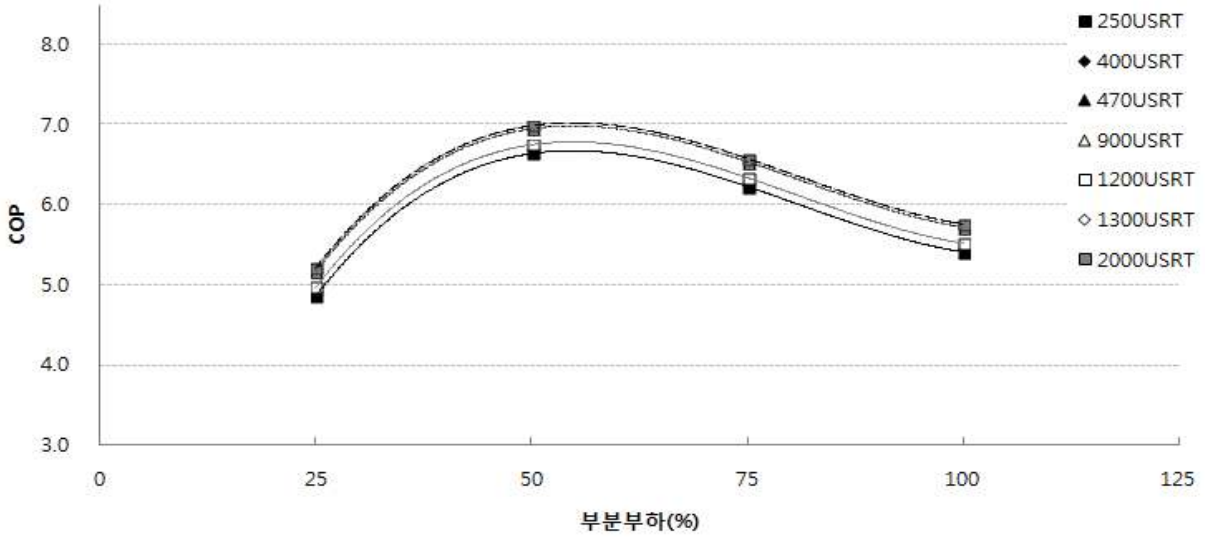
[그림 257] T사 터보냉동기 성능변화



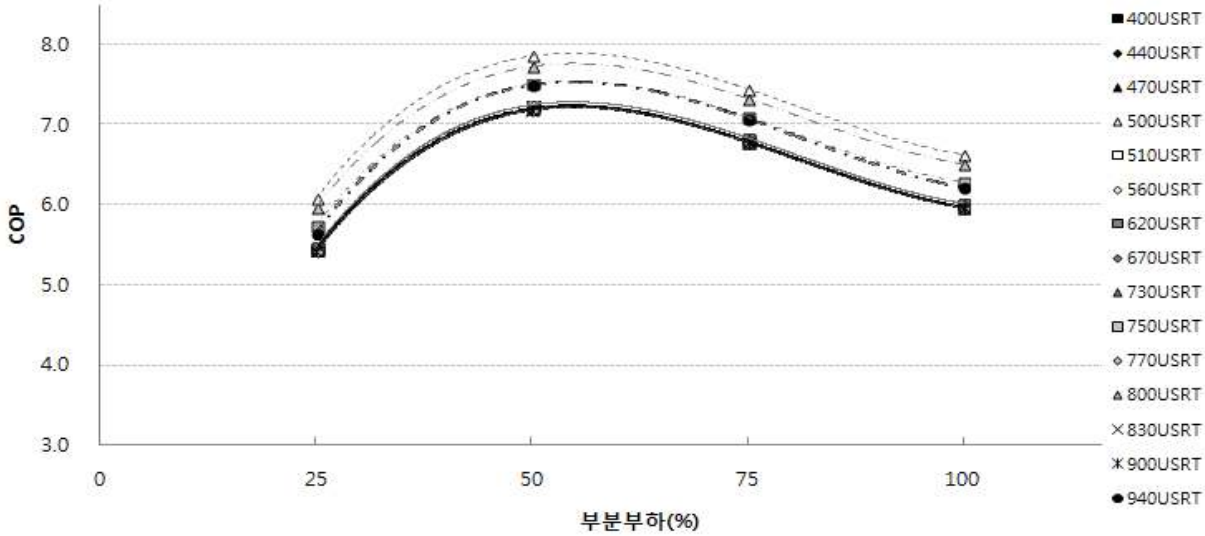
[그림 258] C사 터보냉동기 성능변화



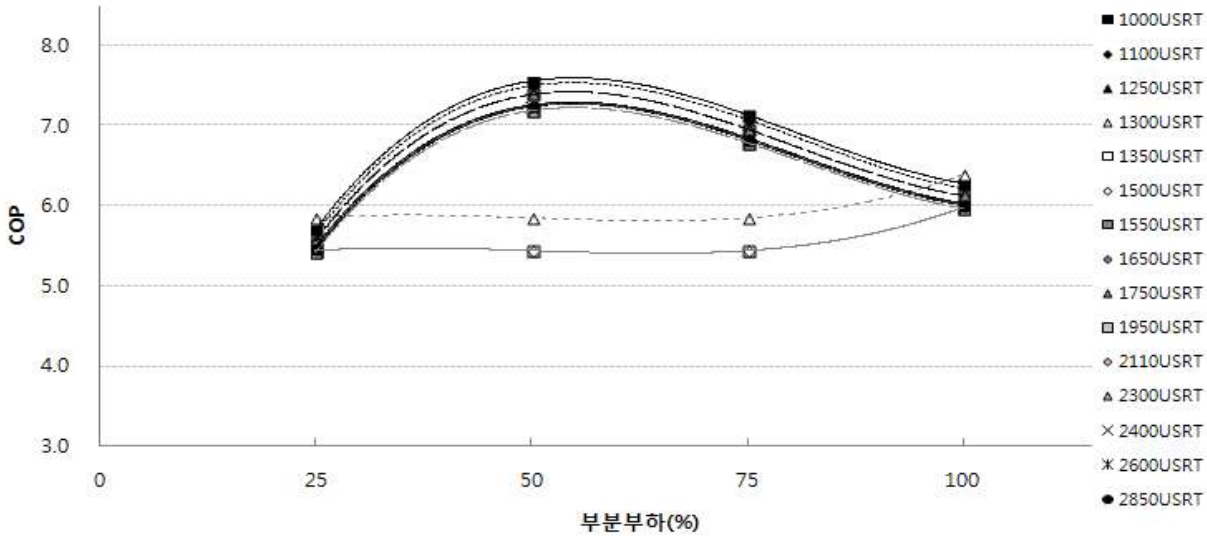
[그림 259] Y사 터보냉동기 성능변화



[그림 260] L사 터보냉동기(1단) 성능변화

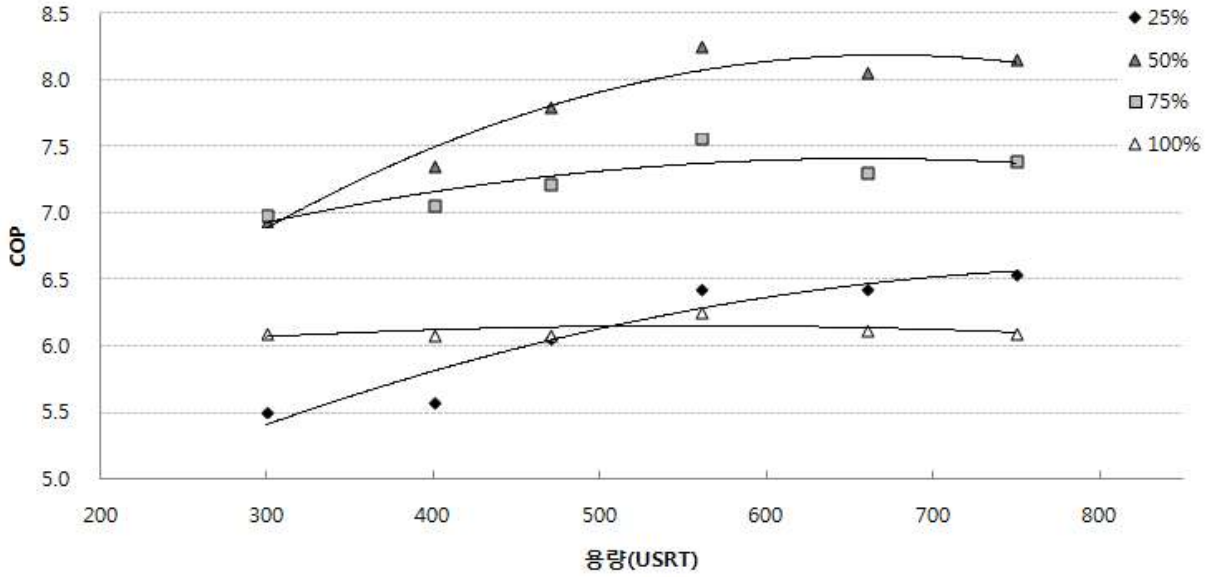


[그림 261] L사 터보냉동기(2단) 성능변화-1

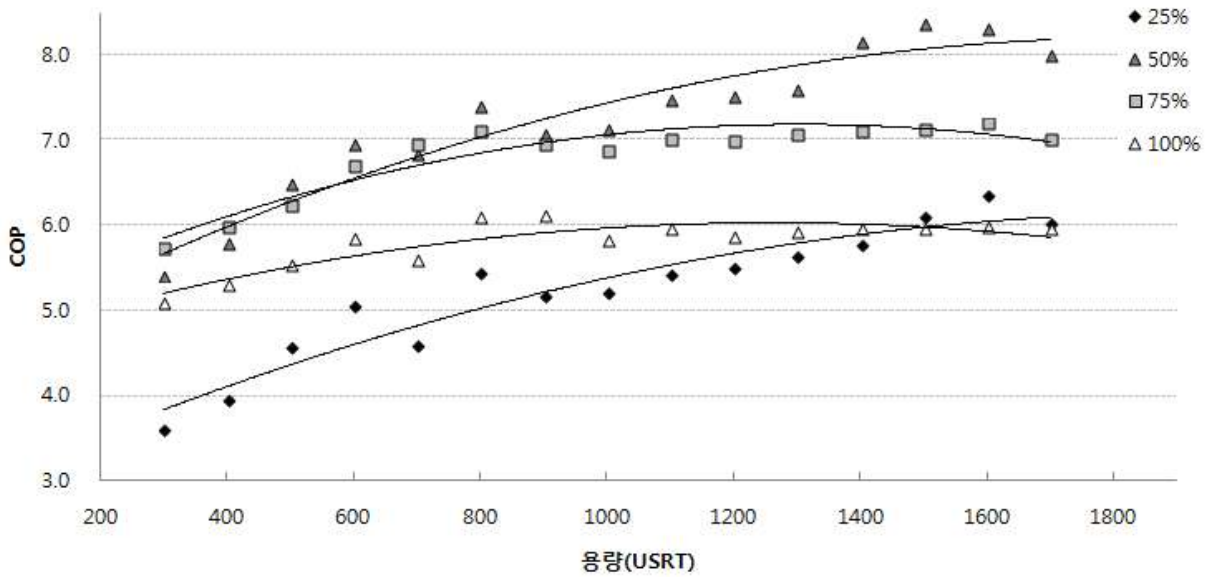


[그림 262] L사 터보냉동기(2단) 성능변화-2

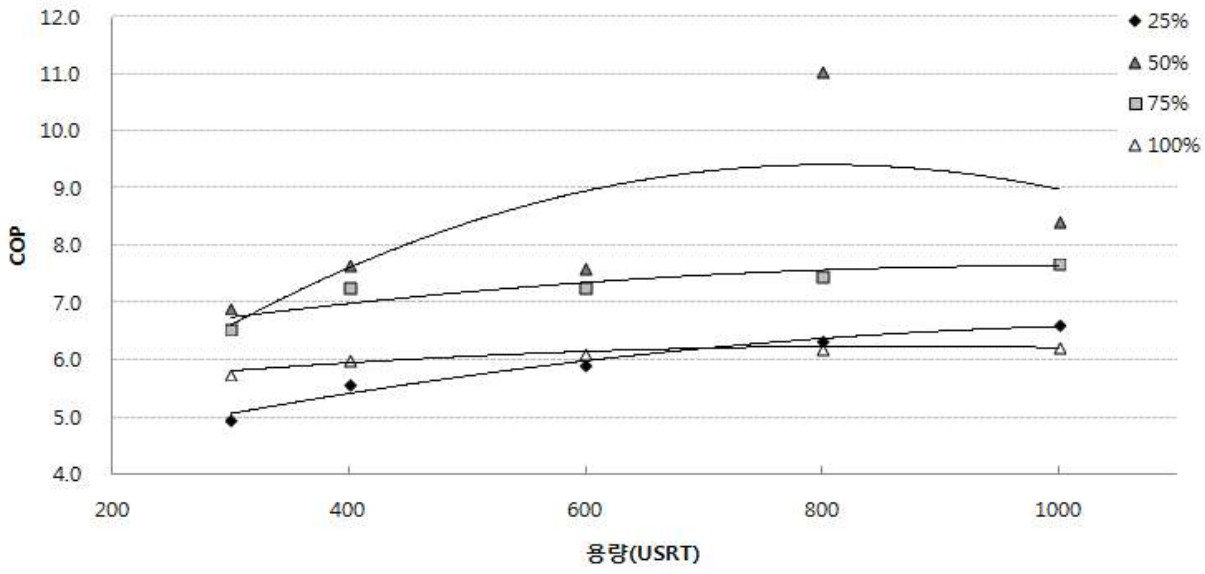
부분부하 25%에서 가장 낮은 COP로 나타나고, 부분부하가 50%, 75%, 정격운전인 100%로 상승할수록 COP가 감소하는 특성으로 나타났다.



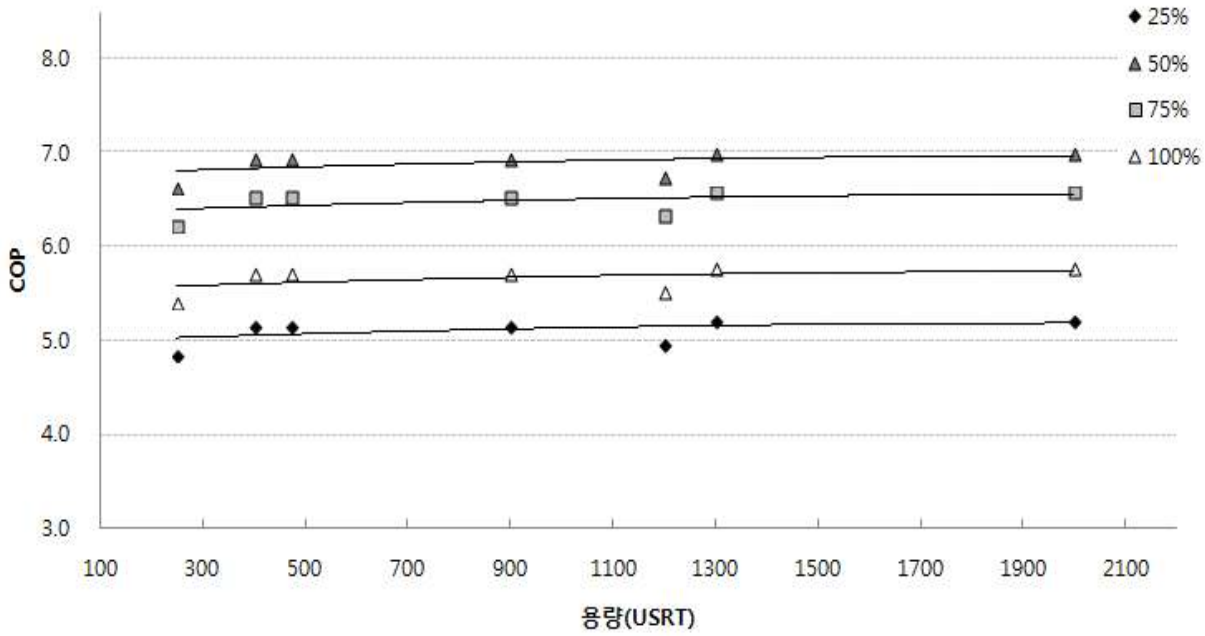
[그림 263] T사 터보냉동기 성능변화



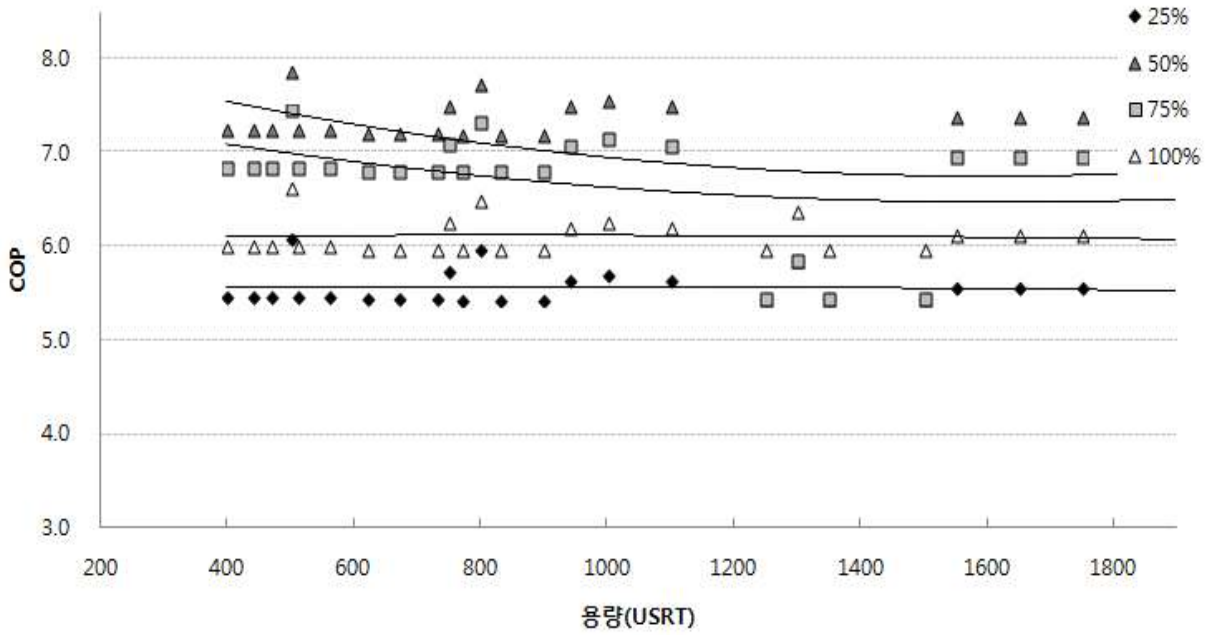
[그림 264] C사 터보냉동기 성능변화



[그림 265] Y사 터보냉동기 성능변화



[그림 266] L사 터보냉동기(1단) 성능변화



[그림 267] L사 터보냉동기(2단) 성능변화

냉동기의 COP는 용량별 성능변화와 마찬가지로 부분부하에 따라 COP가 다르게 나타났으며, 이는 전술한 보일러의 연소효율과 차이점을 보인다. 보일러는 단순히 버너에 의해 연료를 가열하고, 이를 통해 에너지를 얻는 것으로 연료의 양에 비례해 출력되는 에너지가 결정되는 형태이고, 냉동기는 압축기, 응축기, 팽창밸브 등으로 인한 압축 사이클에 의해 에너지를 생성하기에 나타나는 차이점이다.

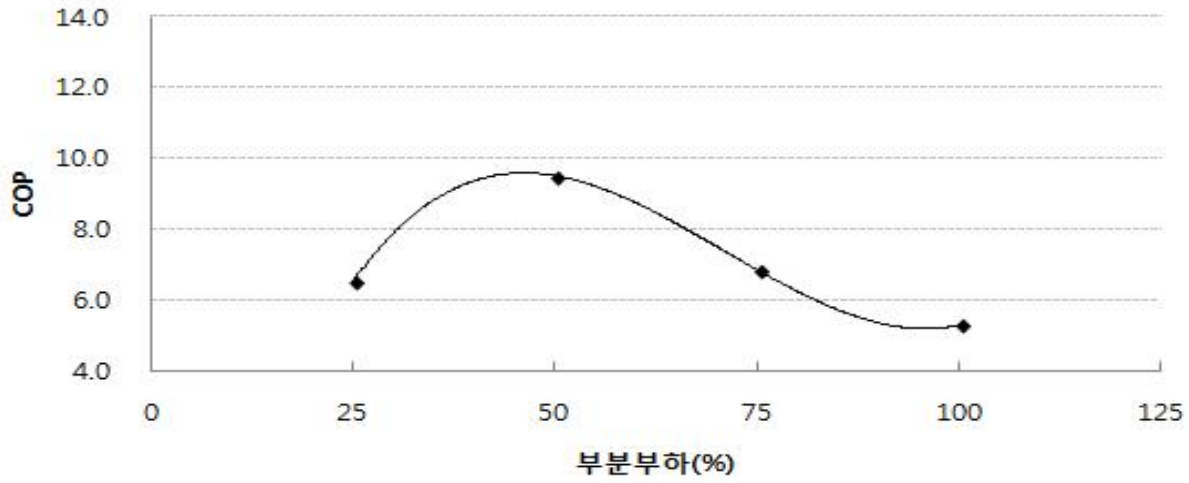
장비의 용량이 증가함에 따라 COP는 대체적으로 상승하는 경향이 나타났으나, 업체별로 일부 부분부하에서의 COP는 감소하는 경향도 나타났다.

터보냉동기는 부분부하가 상시 발생하는 건물(사무소건물, 공공건물 등)에 적용하여 지속적으로 운전하는 것이 에너지절약 및 경제성 부분에서 보다 유리할 것으로 판단된다. 높은 COP로 지속적인 운전이 행해지면 이에 따른 소비전력이 감소하고, 이에 따라 운영비가 절감되기 때문이다.

③ 터보냉동기(인버터) 성능분석

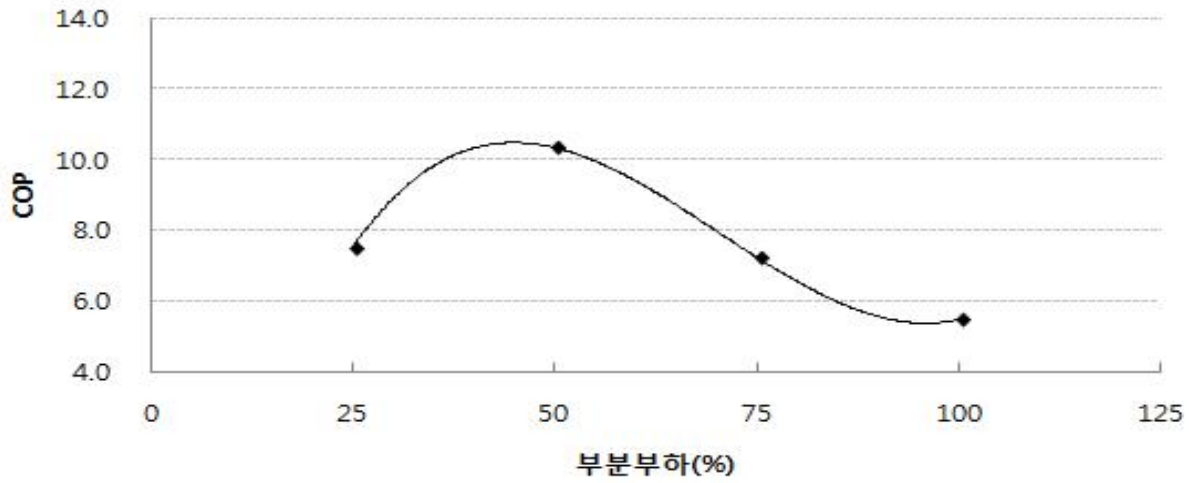
㉮ 냉동기 용량별 성능변화

- C사 터보냉동기 300 USRT



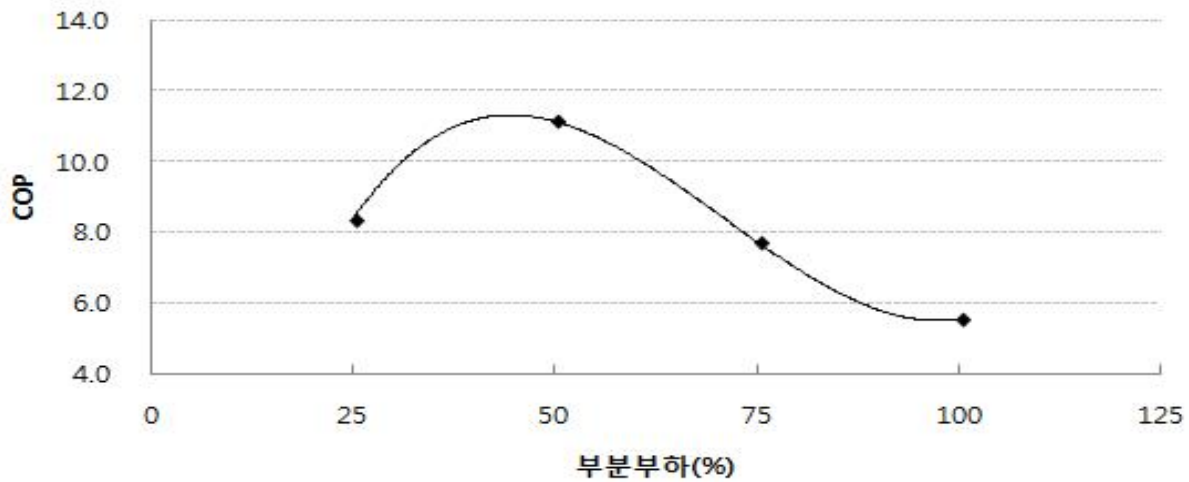
[그림 268] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 400 USRT



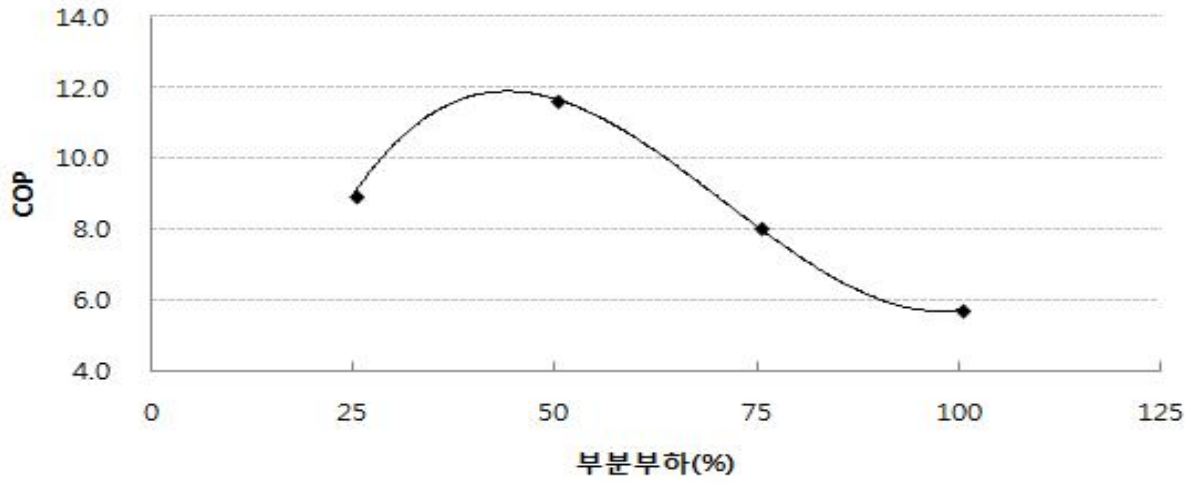
[그림 269] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 500 USRT



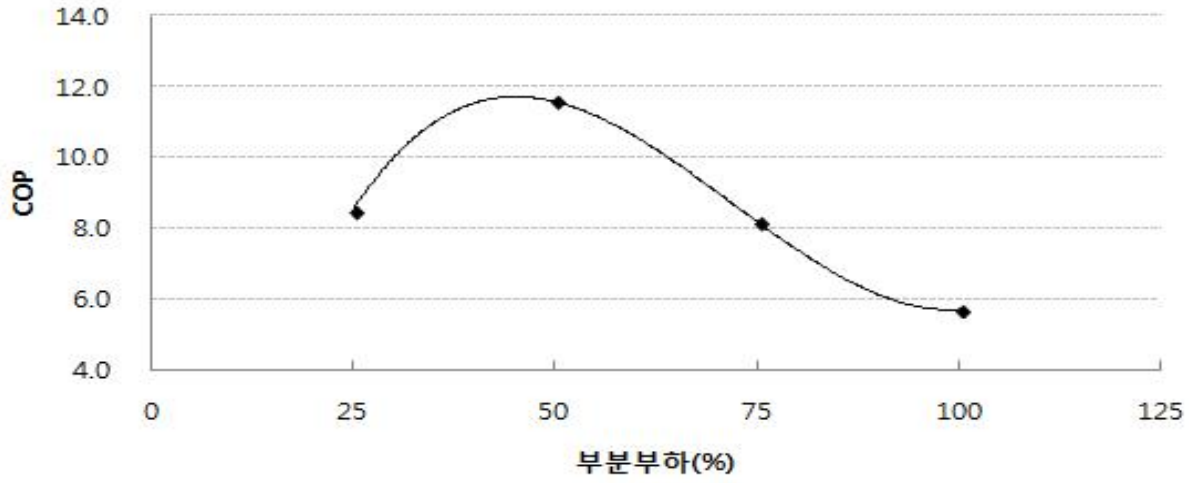
[그림 270] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 600 USRT



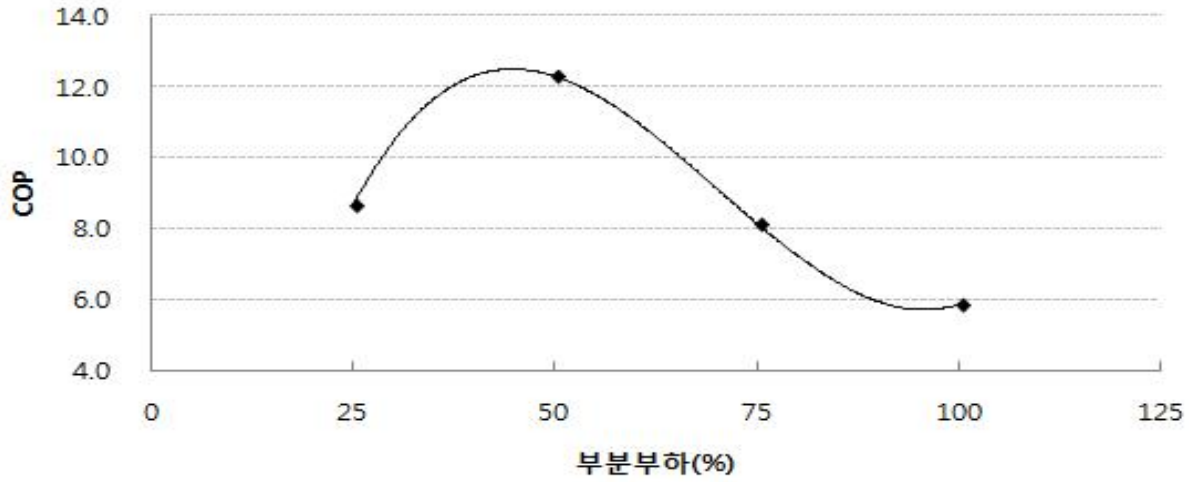
[그림 271] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 700 USRT



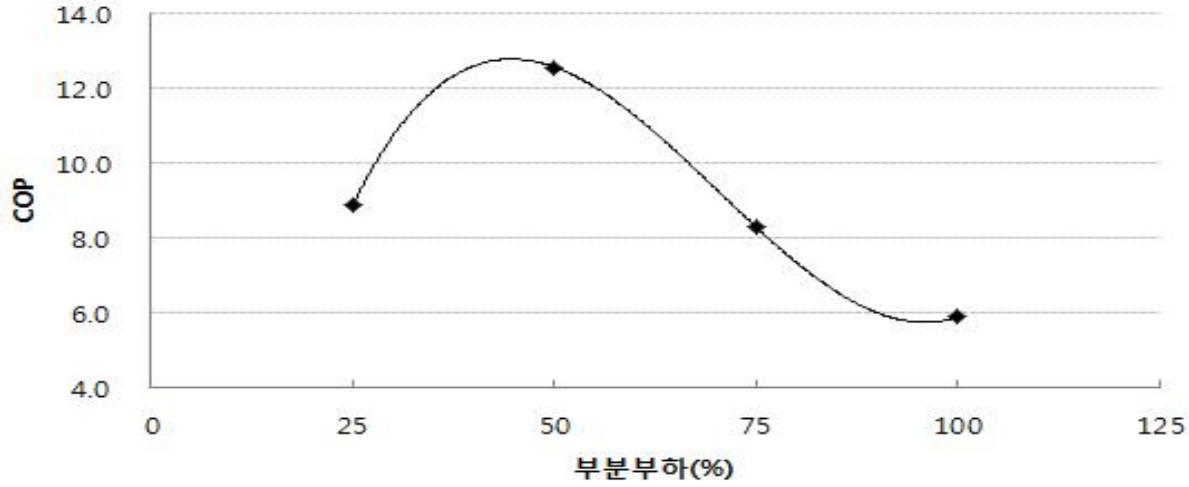
[그림 272] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 800 USRT



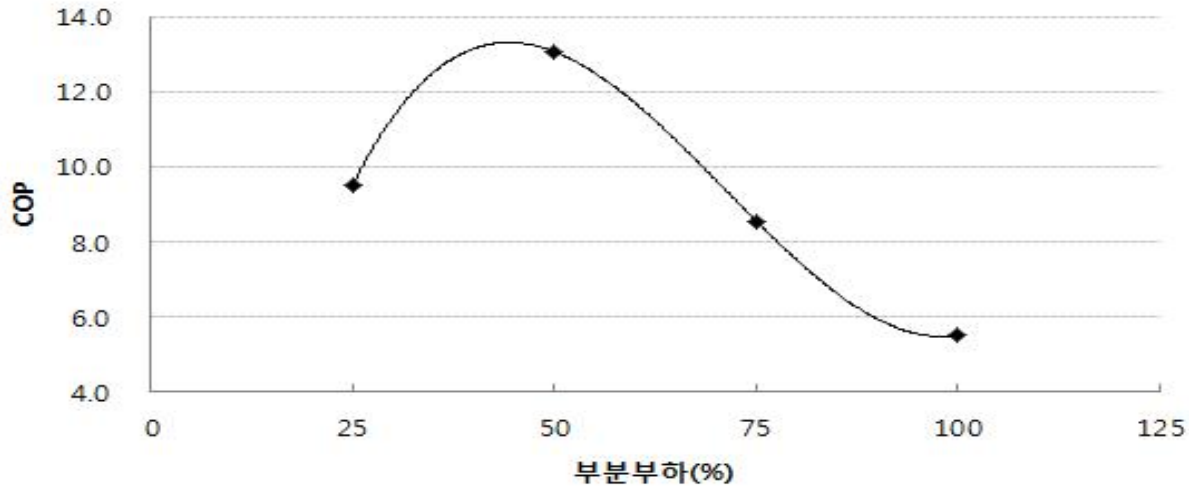
[그림 273] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 900 USRT



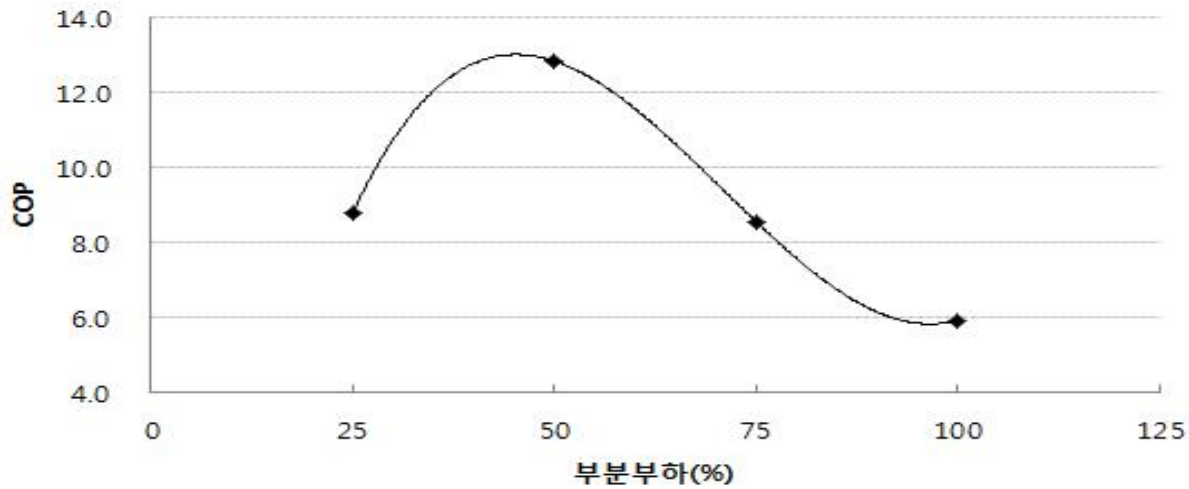
[그림 274] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 1,000 USRT



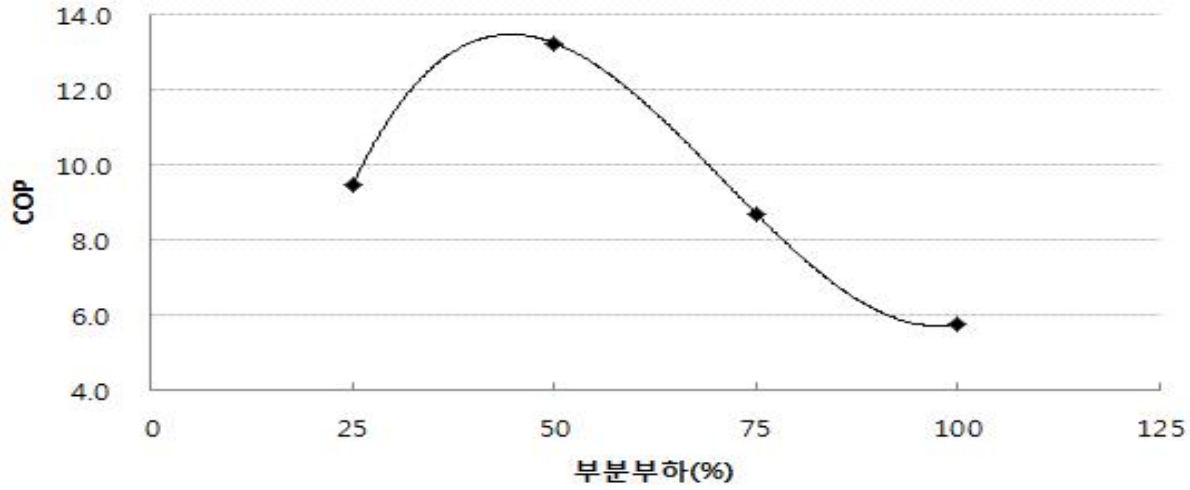
[그림 275] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 1,100 USRT



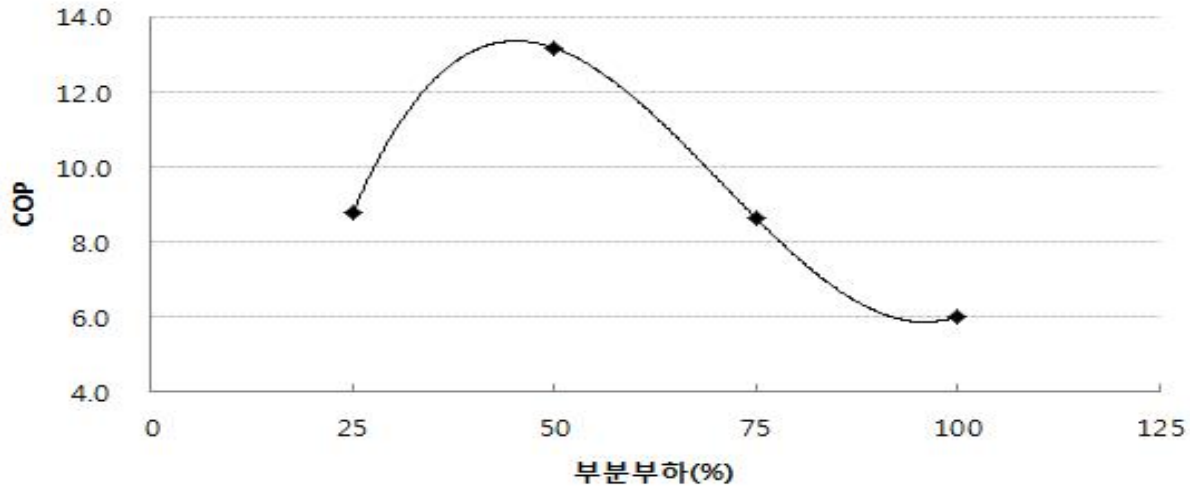
[그림 276] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 1,200 USRT



[그림 277] 부분부하별 COP

- C사 터보냉동기 1,300 USRT

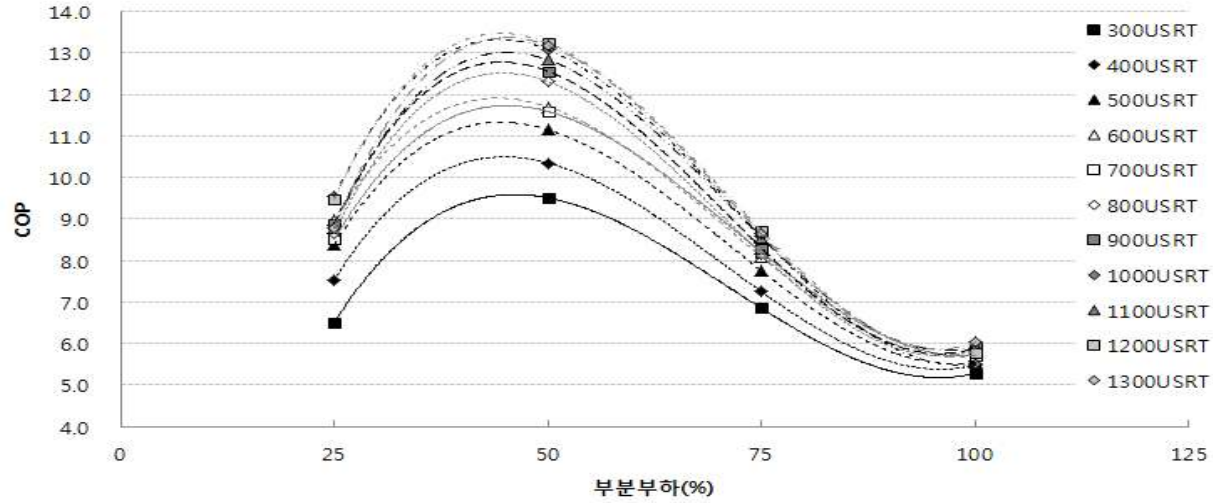


[그림 278] 부분부하별 COP

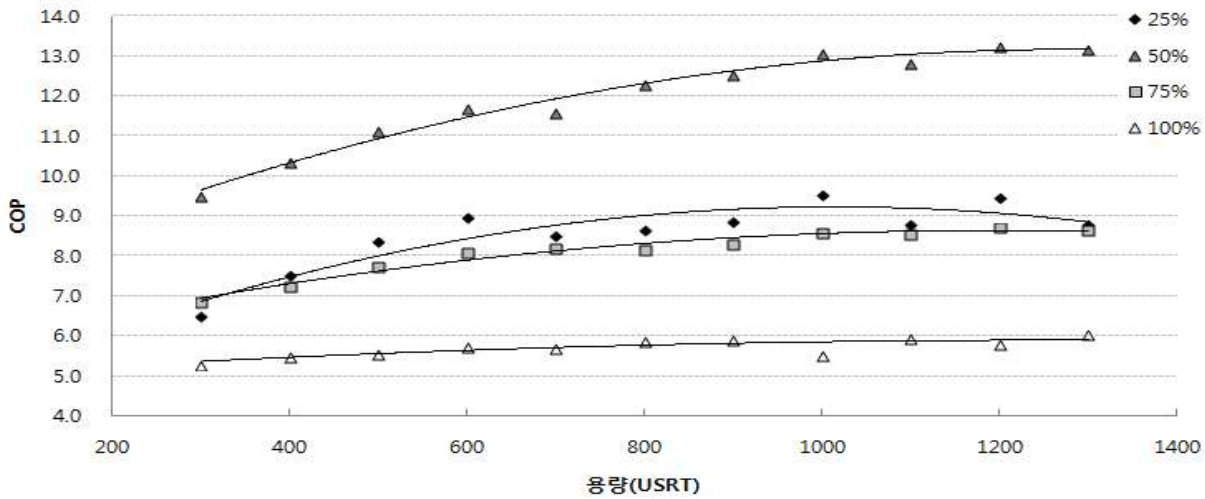
㈏ 터보냉동기(인버터) 성능분석

[그림279, 280]은 C사 냉동기의 부분부하에 따른 COP 변화와 냉동기의 용량변화에 따른 부분부하 COP 변화를 나타낸 것이다. 정속형 터보냉동기와 동일하게 냉동기의 COP는 용량별 성능변화와 마찬가지로 부분부하에 따라 COP가 다르게 나타났으며, 장비의 용량이 증가함에 따라 COP는 대체적으로 상승하는 경향이 나타났다. 다만, 정속형 터보냉동기와 다르게 효율 자체가 매우 높게 나타났으며, 이는 부분부하 운전에 따라 인버터제어를 통해 에너지절감, 효율 향상을 이루었기 때문이라 판단된다.

분석 결과, 인버터형 터보냉동기는 정속형과 동일하게 50%, 75% 부분부하가 상시 발생하는 건물(사무소건물, 공공건물 등)에 적용하여 지속적으로 운전하는 것이 에너지절약 및 경제성 부분에서 보다 유리할 것으로 판단된다. 또한, 50%, 75% 부분부하 운전이 상시 발생하는 경우 정속형보다 뛰어난 성능을 보일 것으로 기대할 수 있다.



[그림 279] C사 터보냉동기(인버터) 성능변화

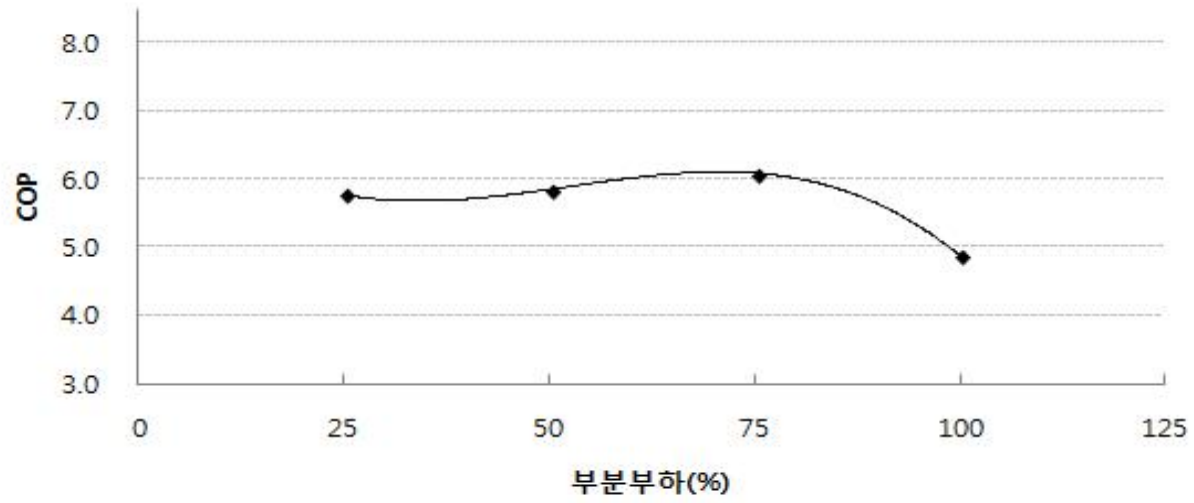


[그림 280] 터보냉동기(인버터) 성능변화

④ 스크류냉동기 성능분석

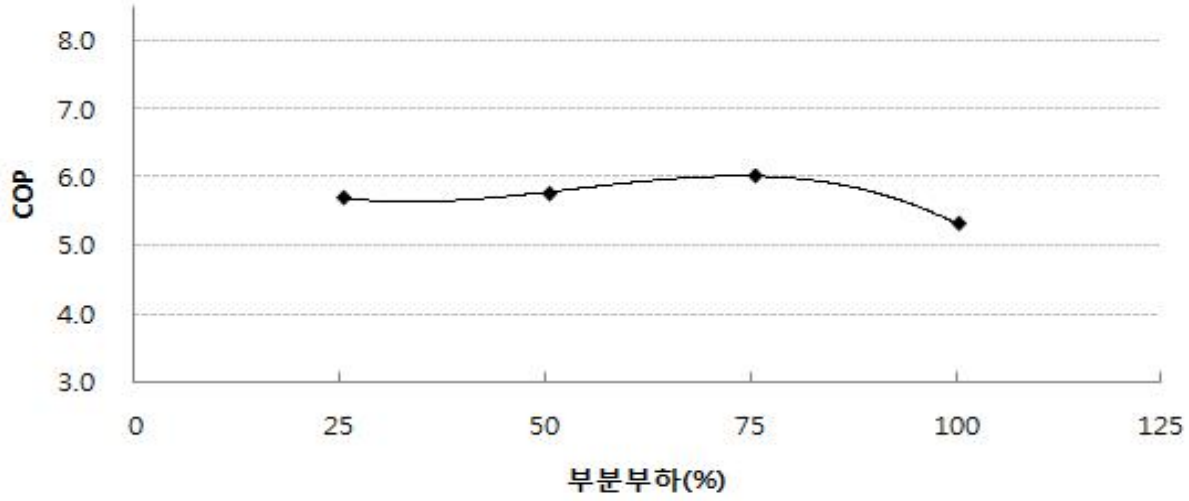
㉮ 냉동기 용량별 성능변화

- L사 스크류냉동기 79 USRT



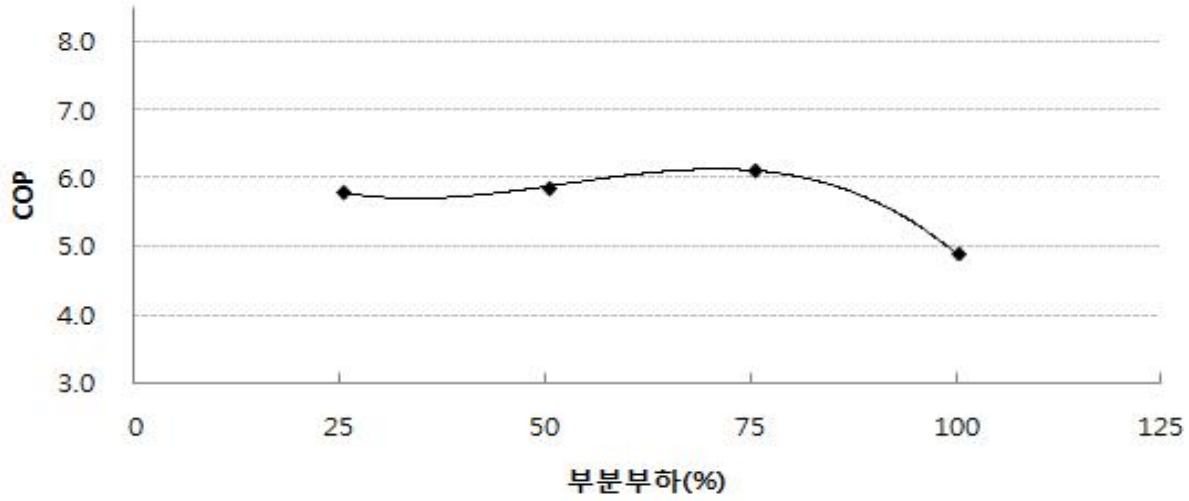
[그림 281] 부분부하별 COP

- L사 스크류냉동기 99 USRT



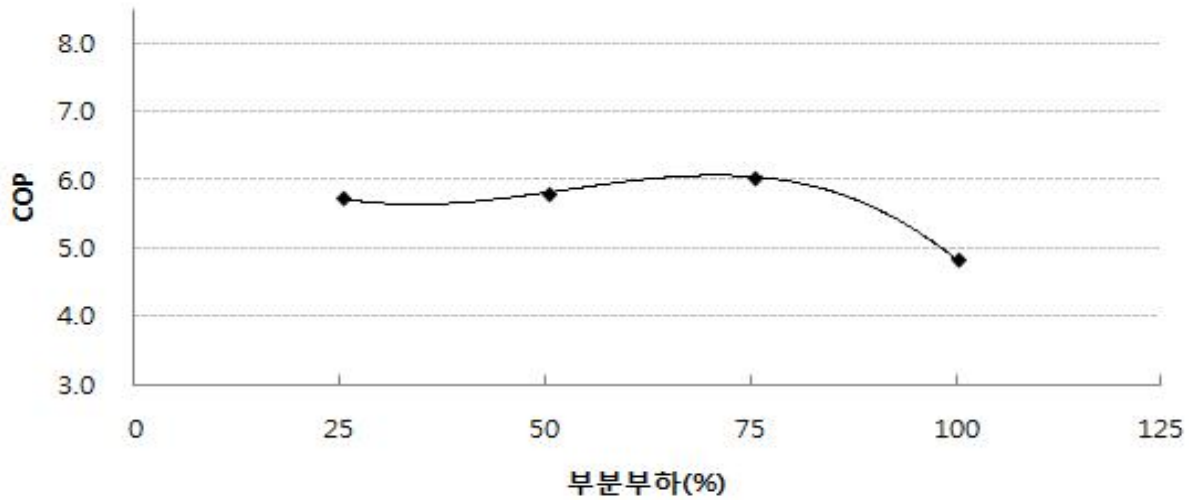
[그림 282] 부분부하별 COP

- L사 스크류냉동기 108 USRT



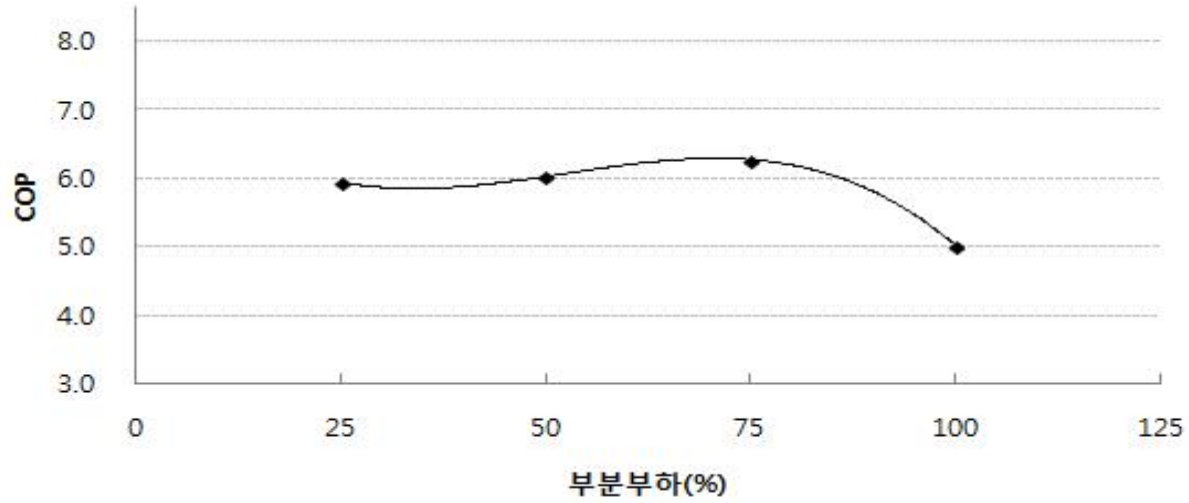
[그림 283] 부분부하별 COP

- L사 스크류냉동기 117 USRT



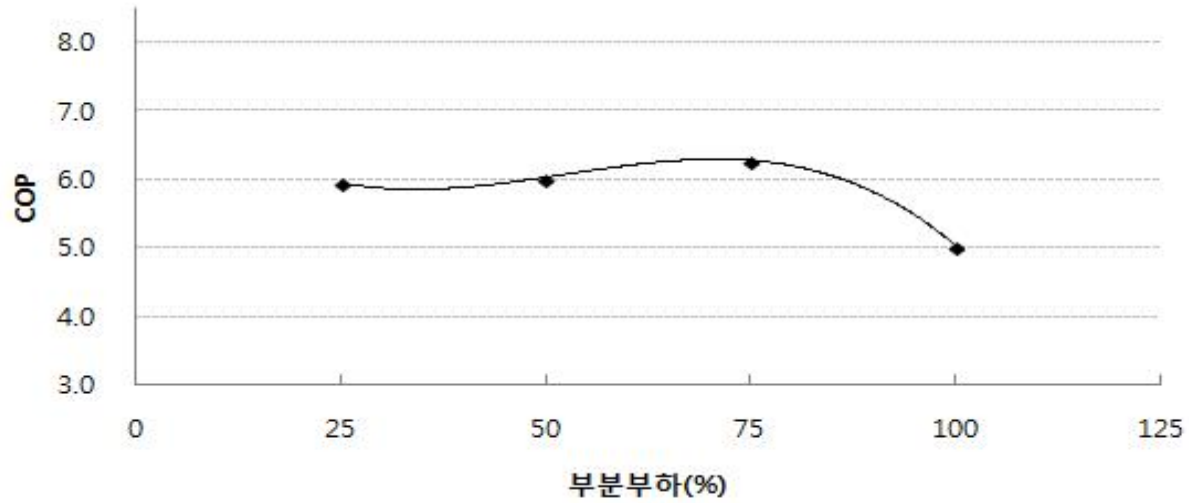
[그림 284] 부분부하별 COP

- L사 스크류냉동기 138 USRT



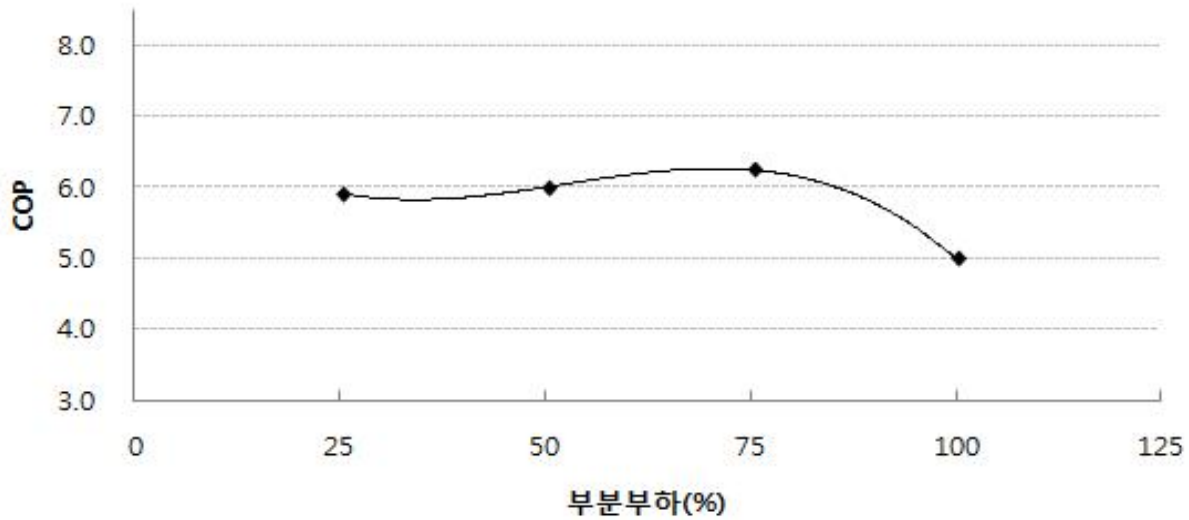
[그림 285] 부분부하별 COP

- L사 스크류냉동기 180 USRT



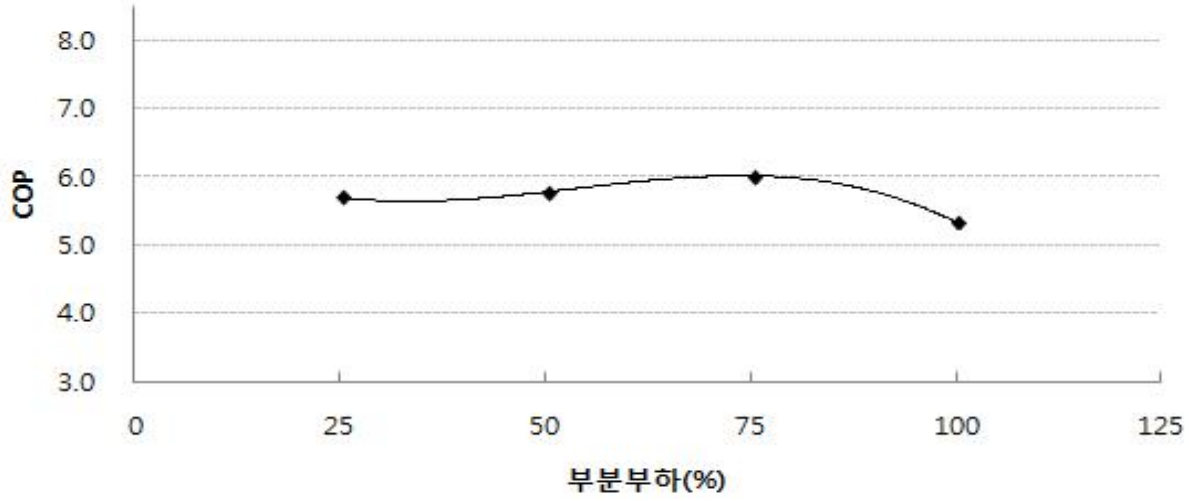
[그림 286] 부분부하별 COP

- L사 스크류냉동기 191 USRT



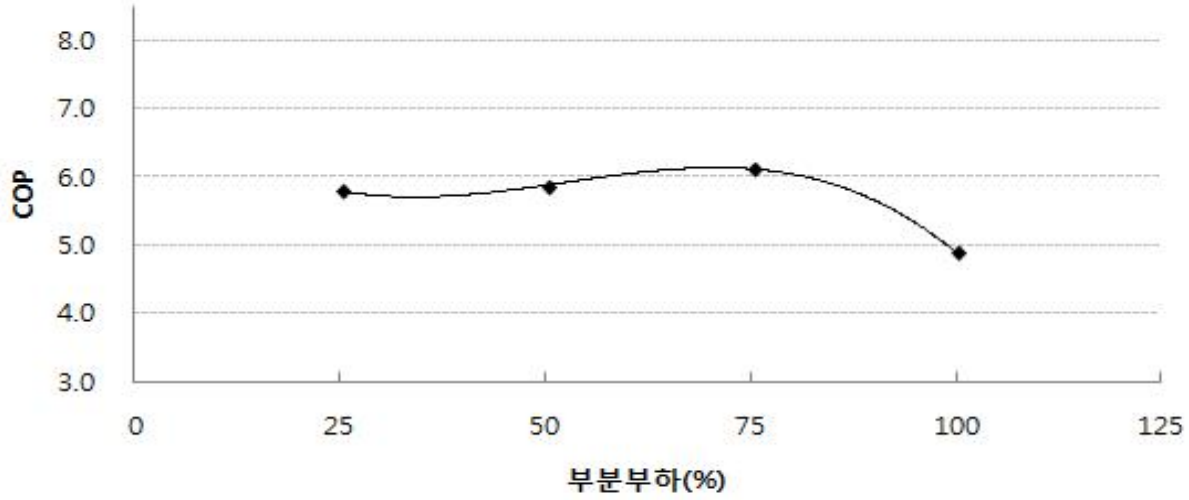
[그림 287] 부분부하별 COP

- L사 스크류냉동기 199 USRT



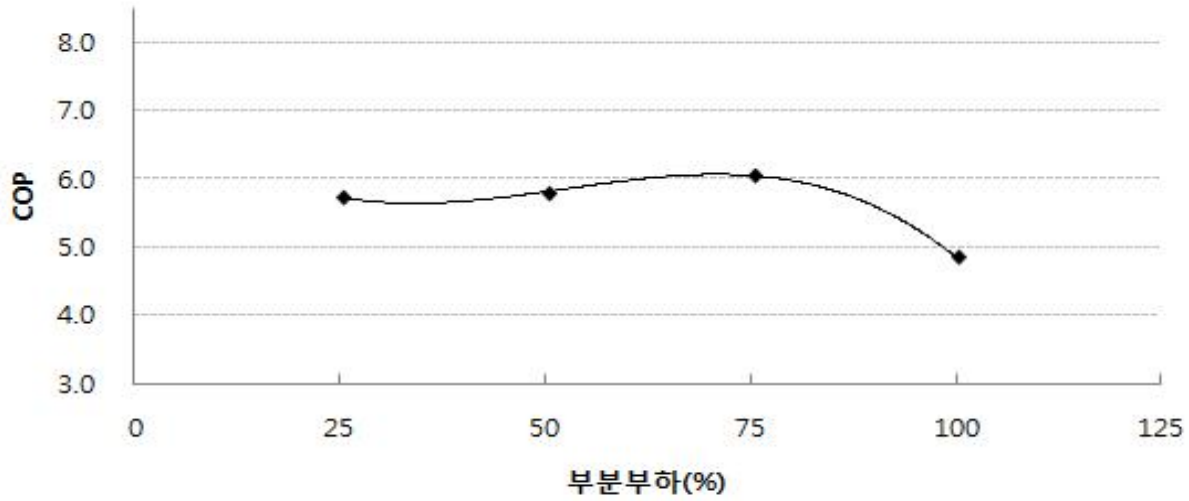
[그림 288] 부분부하별 COP

- L사 스크류냉동기 216 USRT



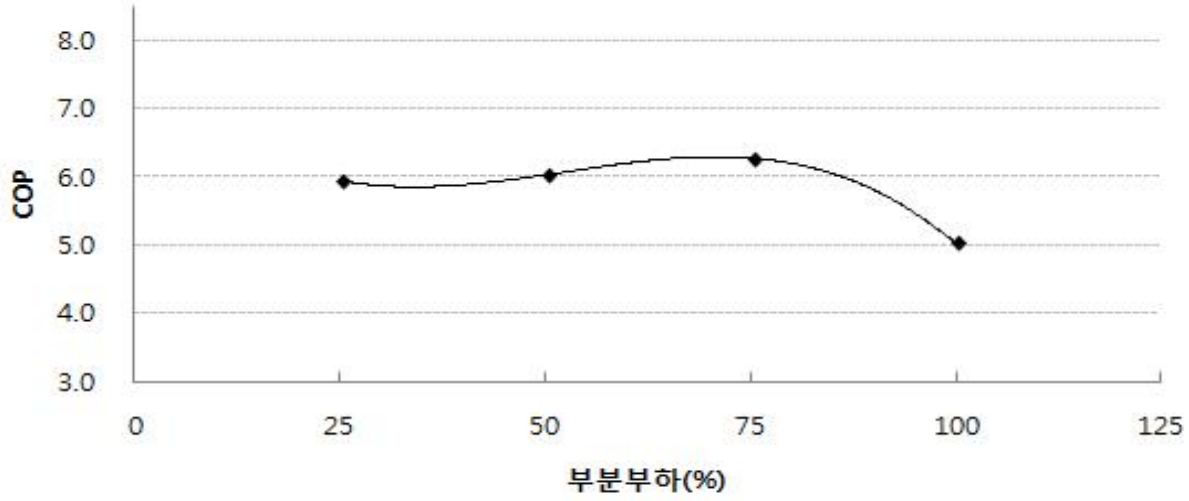
[그림 289] 부분부하별 COP

- L사 스크류냉동기 235 USRT



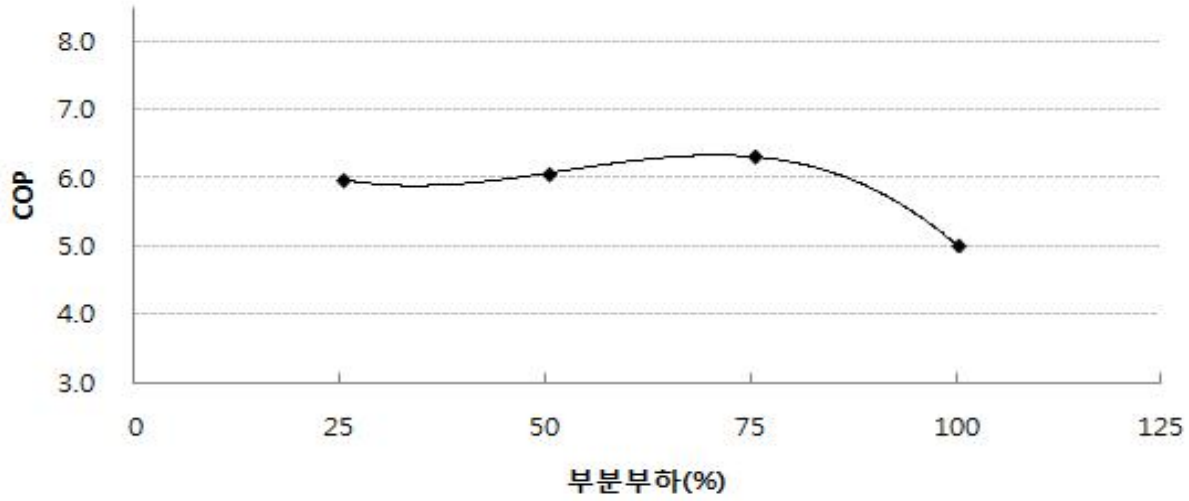
[그림 290] 부분부하별 COP

- L사 스크류냉동기 276 USRT



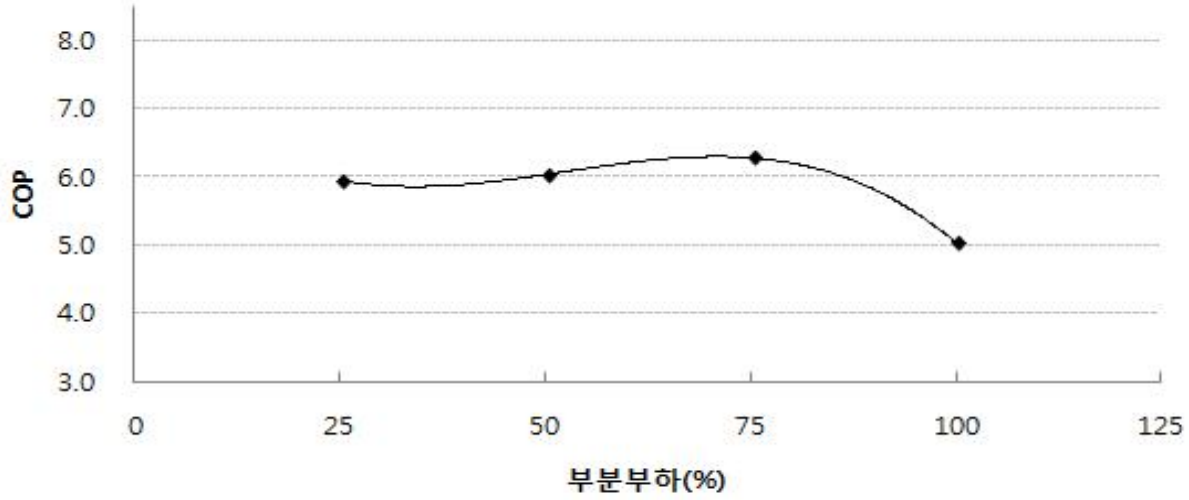
[그림 291] 부분부하별 COP

- L사 스크류냉동기 299 USRT



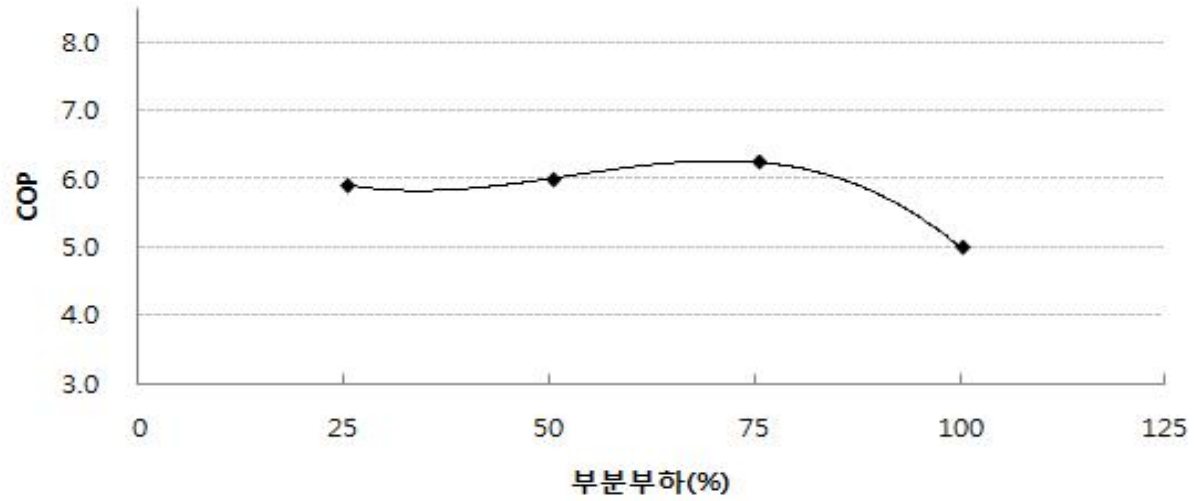
[그림 292] 부분부하별 COP

- L사 스크류냉동기 360 USRT



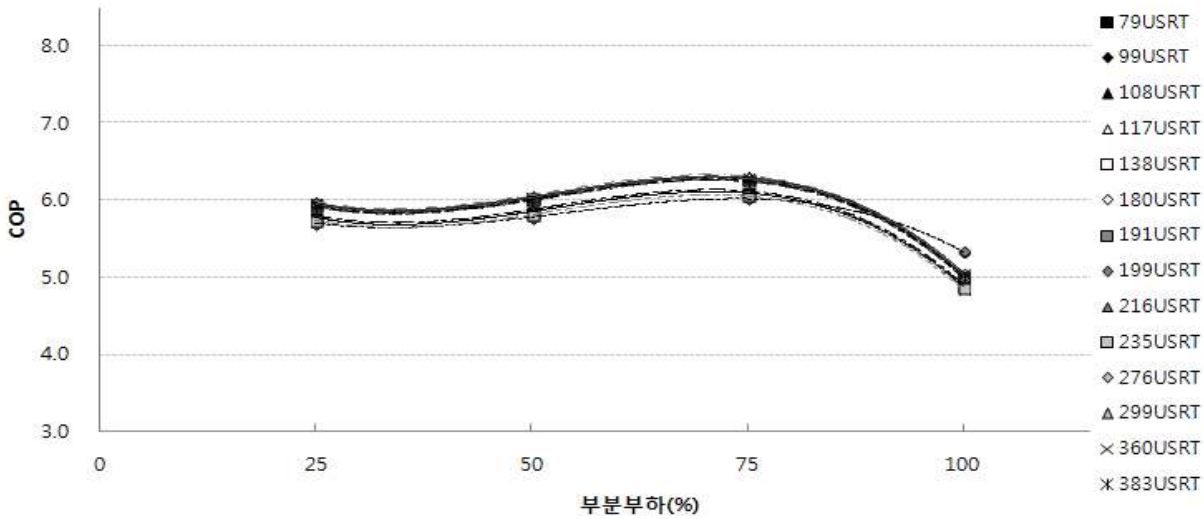
[그림 293] 부분부하별 COP

- L사 스크류냉동기 383 USRT

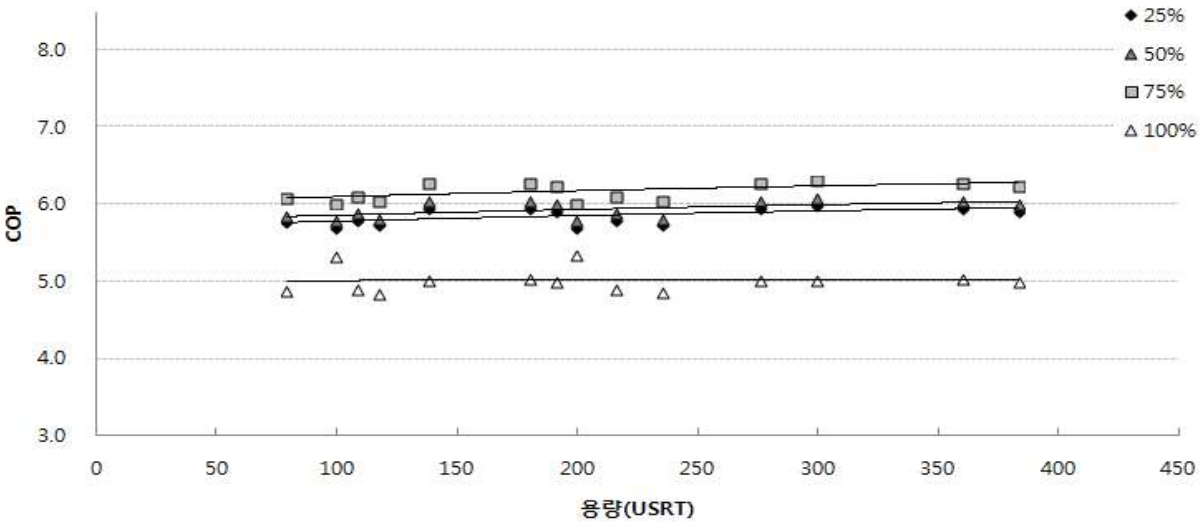


[그림 294] 부분부하별 COP

㉯ 스크류냉동기 성능분석



[그림 295] 스크류냉동기 성능변화



[그림 296] 스크류냉동기 성능변화

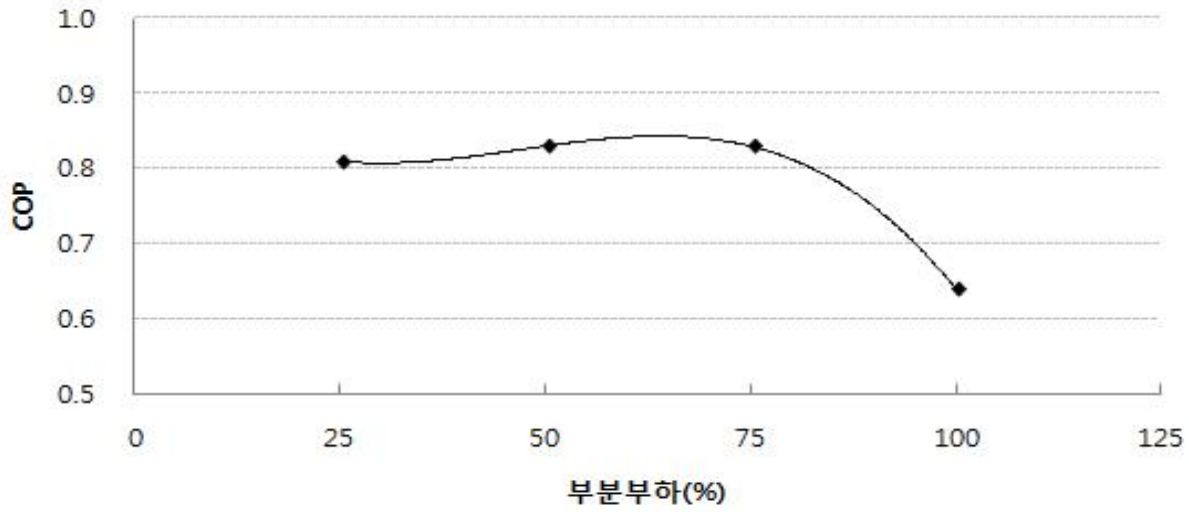
스크류냉동기는 터보냉동기에 비해 부분부하 운전시 COP의 변화폭은 적게 나타났으며, 터보냉동기가 25% 부분부하에서 COP가 낮게 나타난 것과 달리 25%, 50%, 75% 부분부하에서의 COP 차이가 크게 발생하지 않았다. COP의 변화폭이 크지 않아 지속적인 운전에서 유리할 것으로 판단되었으며, 100% 정격운전에서의 COP는 터보냉동기와 동일하게 낮아지는 경향으로 나타났다.

스크류냉동기는 25%, 50%, 75% 부분부하의 운전이 유동적으로 변화하는 건물(임대건물 등)에 유리할 것으로 판단되었다. 터보냉동기와 달리 25%, 50%, 75% 부분부하 운전에서의 COP가 큰 변화가 없는 것으로 나타났고, 이에 따라 냉동기가 부분부하에 따라 유동적으로 가동되어도 에너지절약 및 경제성이 유리할 것으로 판단되었다.

⑤ 흡수식냉동기 성능분석

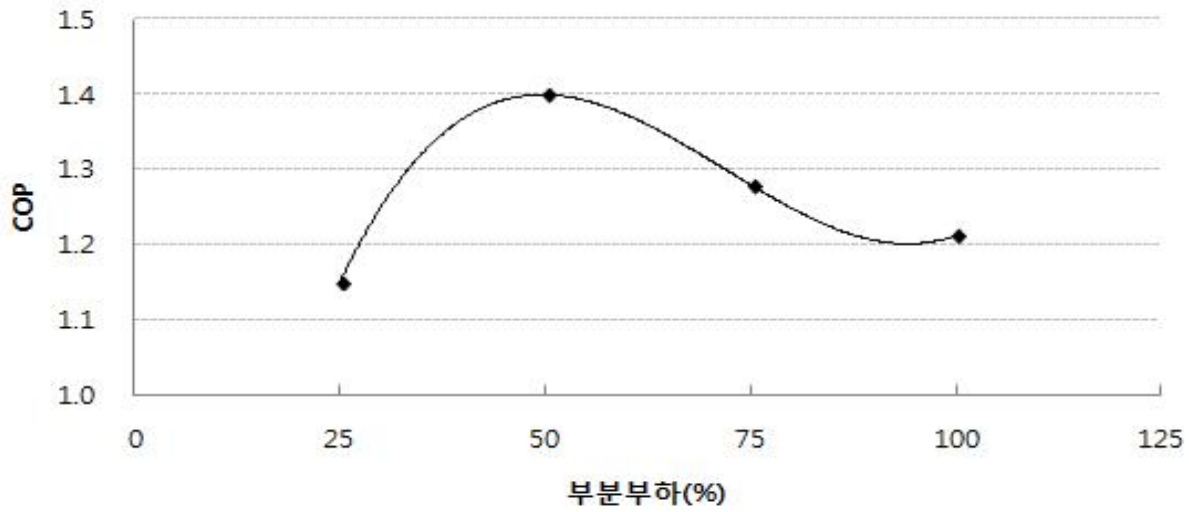
㉮ 냉동기 용량별 성능변화

- L사 흡수식냉동기(저온수2단) 75~825 USRT



[그림 297] 부분부하별 COP

- L사 흡수식냉동기(증기열원) 100~1,500 USRT



[그림 298] 부분부하별 COP

L사의 저온수2단 흡수식냉동기 19종, 증기열원 흡수식냉동기 23종은 각각 성능조사된 결과가 모두 동일한 내용으로 접수되었다. 흡수식냉동기의 경우 타 냉동기와 달리 대표적인 모델에 대한 실험을 수행하여 다양한 모델에 대한 실험결과가 없다는 업체측의 답변을 받았으며, 이로 인해 타 냉동기처럼 용량별 성능변화, 부분부하 변화에 따른 성능변화를 분석하기에 어려움이 있다.

저온수 2단 흡수식냉동기의 COP 변화는 스크류냉동기와 유사하게 나타났고, 증기열원 흡수식냉동기의 COP 변화는 터보냉동기와 유사하게 나타났다.

저온수2단 흡수식냉동기의 경우 전술한 스크류냉동기와 같이 25%, 50%, 75% 부분부하의 운전이 유동적으로 변화하는 건물(임대건물 등)에 유리할 것으로 판단되며, 증기열원 흡수식냉동기의 경우 50%, 75% 부분부하가 상시 발생하는 건물(사무소건물, 공공건물 등)에 적용하여 지속적으로 운전하는 것이 에너지절약 및 경제성 부분에서 보다 유리할 것으로 판단된다.

라. 종합 결과물의 활용성 증대를 위한 국내 유관 기관과의 협력

(1) 계절효율 산출 프로세스의 타당성 검증을 위한 국내 유관 기관과의 워크샵

'국내 설비시스템 계절효율 산출 프로세스'의 활용성 증대를 위해 지능형 건축물 인증 기관인 ibs korea 의 단체 표준으로 등록하였다. 연구결과의 효율적인 활용을 위하여 계절효율계수 산출프로세스를 IBS KOREA의 단체 표준등록 후 알고리즘 및 국내 설비시스템 부분부하 효율 DB를 공개할 계획이다.

2016년 7월 ibs korea의 정기이사회에서 계절효율 산출 프로세스 단체 표준 내용에 대해 발표하고 활용성 증대에 대한 세미나를 개최 하였다.

건물 에너지에 대한 전문위원 25명의 자문 수행, 프로세스 검증은 연구개발 완료 후 지능형 건축물 인증 기관인 ibs korea에 정식 의뢰 예정이다.



[그림 299] 국내 설비시스템 계절효율 산출 프로세스 관련 세미나 현장 사진

사단법인 IBS Korea
Intelligent Building Society

(우)135-701 / 서울 강남구 언주로 711 (논현동 71-2) 건설회관 4층 http://www.ibskorea.org
Tel (02)548-6456 / Fax (02)548-6495 사무국 담당자 박연아

문서번호: 지능2016-53호
시행일자: 2016. 07. 10.

접수	일자		결재·공람		
	시간				
	번호				
담당자					

수신: 단국대학교 산학협력단
참조:
제목: 「국내 설비시스템 계절효율 산출 프로세스 - 단체표준」 등록의 건

1. 귀 사의 무궁한 발전을 기원합니다.

2. 귀 사에서 제출 한 '국내 설비시스템 계절효율 산출 프로세스'의 단체 표준 등록 및 타당성 검증에 대한 세미나 개최 공문을 송부 드리오니 업무에 참고하여 주시기 바랍니다.

- 아 래 -

가. 단체표준명 : 국내 설비시스템 계절효율 산출 프로세스
나. 세미나 일시 : 2016.07.14.(목) 오후 4시30분
세미나 장소 : 건설회관 3층 중회의실

사단법인 IBS Korea 회장 최 경

[그림 300] 세미나 개최 관련 공문

제 4장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

제 1절 연구개발 최종 목표 달성도

구분	과제명 (연구기관)	연구목표	연구목표별 Activity	성과물 (산출물)	1차년도				2차년도				달성율	성과물 소유
					1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4		
주관	국내 기존 건축물 에너지성능평가 활용을 위한 냉난방 설비기기 계절효율계수 도출 TOOL-KIT 개발	국내 설비시스템 부분부하 효율 DB 구축 및 성능곡선 도출	▪AMY(ActualMeteorologicalYear)기상데이터분석을통한국내지역별기후특성및건축물냉난방부하의상관관계분석	보고서 작성건수									100%	단국대
			▪국내설비시스템DB구축프로세스정립및조사(부분부하효율등)											
			▪용량,타입별DB를이용한설비기기측정분석	국내 학술지 게재 논문 건수									100%	단국대
			▪기조사된용량,타입별설비기기의DB분석을통해특성곡선도출											
		계절효율계수 산출 알고리즘 및 TOOL-KIT 개발	▪국내 설비기기 DB 및 AMY(Actual Meteorological Year)를 활용해 계절효율계수를 도출하는 프로세스 제시	국내 학술지 게재 논문 건수 프로그램 출원 및 등록 건수									100%	단국대
			▪국내 특성이 고려된 계절효율계수(SEER, SCOP)의 적용을 통한 ISO 13790기반 건물 에너지성능평가 프로그램의 결과와 기존 건물의 에너지 사용량의 비교 검증 및 ASHRAE Guideline 14-2002 의 판단 기준을 활용하여, Cv(RMSE)가 15% 이하 기준 적용을 통한 검증.	국외 학술지 게재 논문 건수 보고서 작성 건수									100%	단국대

제 2절 관련 분야 기여도

- 국내 건축물 에너지 관련 성능등급 인증 프로그램의 국내 표준화에 필요한 기초 데이터를 제공하였다.

- 기존 건축물의 운영현황이 고려된 에너지 성능평가의 기초 연구 자료로 활용 가능하다.

- 설계 초기 단계의 건축물 에너지 절약을 위한 의사 결정 수단으로 활용 상세히 기술하고 이에 따른 기업화, 추가연구, 기술이전 계획 등을 서술

- 건축, 기계, 전기, 신재생에너지의 다양한 에너지 절약적 기법 제시를 통해 건물에너지 저감 효과 평가를 함으로서 ESCO 사업 지원 툴로 활용

- 국내실정에 부합하는 표준 에너지 소비량 산출 기준이 도입된 에너지 성능 평가 도구로 인한 국내 에너지 절감 건축물 계획을 위한 기준 프로세스 방향 제시

제 3절 연구개발 성과의 기술적 효과분석

- 계절효율계수 산출 프로세스는 정량적인 에너지 분석 데이터를 기반으로 친환경 건축 실현 방법론에서 보다 적극적 발전 가능성을 제시한다.

- 국내 실정에 부합하는 계절효율계수 산출 프로세스 및 TOOL-KIT 개발은 정량화된 에너지 시뮬레이션 결과로 인해 사회적 이해범위를 넓혀 건축 전반적으로 친환경 건축 제공에 대한 국내 친환경 건축의 전반적인 수준 향상을 기대한다.

- 계절효율계수 산출 프로세스 및 TOOL-KIT 개발은 에너지 평가의 사회적 의식수준 향상과 기존 건축물 에너지 성능평가의 전반적인 수준 향상을 이루어 국내 친환경 건축기술의 비약적 성장이 예상되며 범지구적 차원의 친환경 움직임에 앞서 나아갈 수 있는 사회적 기반을 마련한다.

- 건축물을 구성하는 설비기기 들의 국내 DB를 구축하여 건물에너지 성능평가를 위한 기초자료로 활용, 건물에너지 성능평가의 신뢰성을 확보한다.

- 국내 기후 및 운영 현황에 맞는 DB 활용을 통해, 국내 장비 적용으로 인한 정확성 확보 및 상세한 성능분석이 가능한 기초자료를 제공한다.

- 본 연구로 인해 기존에 비해 정량적이고 높은 신뢰성을 가진 성능평가 결과를 산출할 수 있을 것으로 기대되며, 국내 기존 건축물의 에너지 성능평가 분야의 전반적인 이해범위가 확장되고, 수준 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대 된다.

- 한국형 설비의 DB구축에 따라 국내 열원설비 분야 성능의 방향성을 확보할 수 있다.

- 기존 건축물의 성능 평가 시 건축물의 운영현황 및 설비별 특성을 반영 하여 정확하게 예측하게 함으로서 ESCO사업자등 건물 에너지 관련 산업의 불확실성을 최소화 함 으로서 에너지 효율 기기의 투자를 확대할 수 있도록 한다.

제 4절 연구개발 성과의 경제적 효과분석

- 계절효율계수 산출을 위한 TOOL-KIT은 이해범위 내의 현실적인 기존 건축물 에너지 성능평가 프로세스의 한 부분으로 적용되는 환경을 제공함으로서 신뢰성 있는 성능평가의 실질적 보급이 가능하다.

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

- 국내 실정의 기기에 대한 에너지평가를 수행하여 보다 정확한 운영·유지비를 예측할 수 있으며, 이를 통해 다양한 절감방안이 도출 가능하다.

- 대형 건축물의 운영비용을 절감 시킬 수 있으며, 교육, 공급, 유지보수를위한 인력들의 전문화와 고용이 증가한다.

- 계절효율계수 산출 프로세스 및 산출 TOOL-KIT은 실무자로 하여금 효율적으로 에너지를 관리할 수 있도록 도와주며, 에너지성능 개선을 위해 적극적인 성능개선을 유도할 수 있다.

제 5절 연구개발 성과의 정책적 효과분석

- 기존 건축물의 에너지 성능평가에 대한 계절효율계수 산출기술 개발 및 국내 설비기기 DB 구축으로 인하여 국가적으로 확대 진행되고 있는 Smart Grid 및 Micro Grid 연계를 통한 에너지효율 극대화 뿐만 아니라 추가적인 Business Model 확대 및 신규 Model의 제시가 가능하다. 또한, Smart Grid 및 Micro 구축에 필요한 기본 자료도 제공 가능하다.

- 국가 온실가스 감축 목표 달성을 위한 기존 건물에 대한 실효적 대안을 제시한다. 특히 효율화 의지가 약한 중소형 및 임차형 기존 건축물에 대한 대안 부재 극복 방안으로도 활용 가능하다.

- 녹색건축물 조성 지원법 관련 정책에 부합하는 신뢰성 있는 제품 및 서비스에 대한 정보를 효과적으로 보급하여 이해당사자가 쉽게 접근이 가능한 표준화된 설비 DB 등을 통해 추가적인 녹색건축 관련 정책 수립이 가능하다.

- 국가 온실가스 감축목표 달성을 위해 시행 중인 에너지효율등급인증제도, ESCO 사업, 그린리모델링, BRP 사업 등의 기존 건축물 성능개선을 목적으로 하는 각 정책에 적용 가능하다.

- 조사된 국내 설비기기 통합 DB를 활용하여 성능기준 강화 및 추가적인 인증 시스템제도에 적용 가능하다.

- 녹색 건축통합시스템에서 축적된 데이터의 분석 및 활용으로 국토교통부, 산업통상자원부, 환경부 등 유관부처의 기존 건축물 에너지 관련 정책수립 및 국가 인프라 기술 개발 방향 설정에 기여한다.

제 5장 연구개발성과의 활용 계획

본 연구를 통하여 기존 건축물의 운영현황 및 기후특성이 반영된 건물 에너지 성능평가 프로세스를 도출하고, 계절효율계수를 산출하는 Tool-kit을 제작하였다. 국내 냉난방 설비기기 실정을 반영하기 위한 국내 설비기기 DB를 구축·분석하였다. 본 연구의 성과들은 다음과 같은 분야에 적용하여 활용이 가능할 것으로 판단된다.

- 국내 설비기기 특성 파악 및 DB 구축을 통한 국내 설비 기기의 수준향상

- 건물에너지효율등급인증제도 등의 국내 관련 정책에 연계되어 기존 건물의 성능평가 가능

- 향후 업그레이드 된 한국형 건축물 에너지 성능 평가 Simulation의 기초자료로 활용 가능

제 6장 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

제 1절 국외 건축물 에너지 성능 평가법

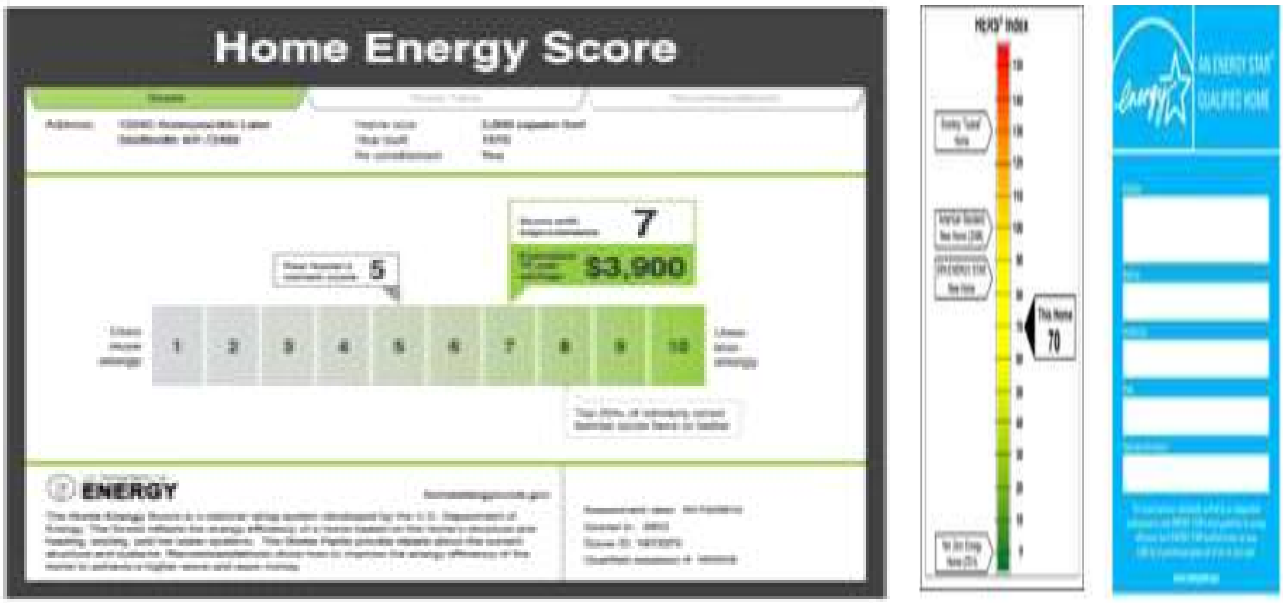
1. 미국

< Energy Star home/ building Program>

미국 환경청(EPA)과 에너지(DOE)부에서는 건물의 성능향상과 비용을 절약할수 있는 주택개발 목적으로 1997년부터 개발 운영하고 있으며, 연방정부차원에서 인증을 해주는 프로그램이다.

<HERS(주택에너지등급표시제도)>

HERS는 주거건축물의 에너지성능을 평가하는 인증제도로 3층 이하의 주거 건축물 또는 단독주택에 적용되며, RESNET(Residential Energy Service Network)에 의해 운용되는 National Tool이다. 건물의 성능을 정확하게 진단하여 이에 해당하는 금융 상품을 개발하고, 주택시장을 활성화 시키려는 목적으로 만들어졌으며, 건물 매매시 건물의 객관적인 정보를 제공하는 수단이 되고 있다.



[그림 301] 미국 HERS / Energy Star / HES

2. 영국

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.

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
- SAP(Standard Assenssment Procedure) 2005

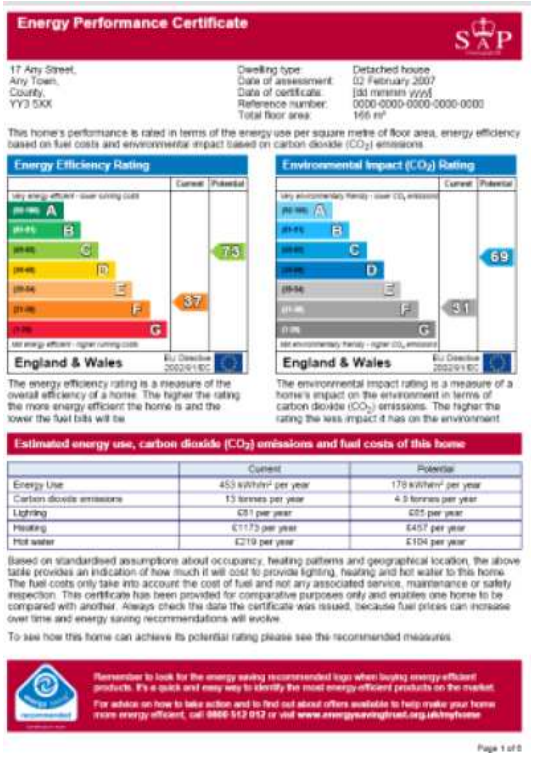
영국은 1992년부터 환경교통지역성(DETR)에서 신축 및 기존 건물에 대해 건물 에너지성능을 평가하고, 이에 대한 표시를 의무화하는 것으로, 건축법의 표준평가절차서(SAP)에 근거한 계산표에 의해 건물의 에너지성능을 평가하고 있다. SAP는 주택 및 업무용건물의 초기 에너지절약을 유도하기 위한 목적으로 시행되고 건축법규에서 요구하는 기준 이상의 에너지 절약 설계를 목표로 한다.

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

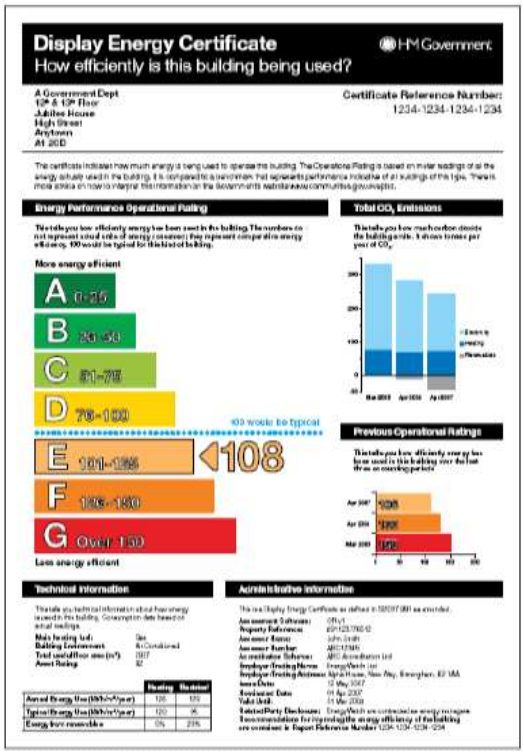
SAP은 주거용 건물을 위한 국가 공인 에너지성능 평가방법으로 영국의 건축법 Building Regulations 2000의 기술서인 Approved Document Part L1A(Conservation of Fuel and Power in New Dwellings)와 Approved Document Part L1B(Conversation of Fuel and Power in Existing Dwellings에 명시하고 있다. 1993년 DOE(현재의 DECC, Department of Energy and Climate Change)와 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 190> SAP2005 건물 에너지성능 평가지표

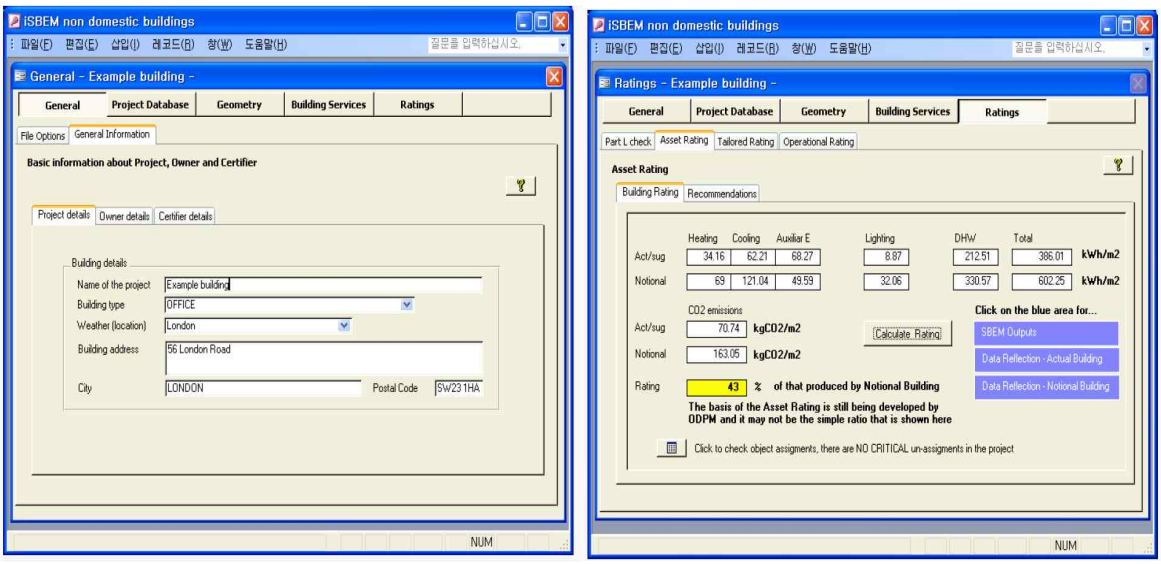
구분	평 가 지 표	평 가 내 용
1	SAP rating	신청주택의 에너지비용평가지표
2	EI rating (Environmental Impact)	건물 환경 성능지표
3	DER (Dwelling CO_2 Emission Rate)	신청주택의 CO_2 배출율
4	TER (Target CO_2 Emission Rate)	표준주택의 CO_2 배출율



[그림 302] 영국의 공공건물
에너지성능인증서



[그림 303]영국의 주거용 건물
에너지성능인증서



[그림 304] 비주거용 건물해석프로그램 iSBEM (Simplified Building Energy Model)

제 2절 국외 계절효율계수 도출 프로세스

국내 설비시스템의 부분부하 효율 DB를 활용한 계절효율계수 산출 방법은 설비기기 부분부하 효율과 건축물 용도 또는 기후에 따른 가중치계수를 활용하는 계절효율계수 산출 방식(SEER)을 근거로 한다. SEER에서의 가중치계수는 각 지역별 또는 건축물 용도별로 지정된 설비기기의 부분부하 효율별 사용비율계수로, 기존 건축물의 연간 운영현황을 반영시키는데 있어 중요한 역할을 하게 된다. 계절효율계수 산출시 사전조사를 통한 설비기기의 부분부하효율 DATA가 확보되어 있는 경우 25% 단위의 부하율에 따른 설비기기 효율 값과 건축물 용도와 기후에 따른 가중치계수를 곱

하여 계절효율계수를 산출한다.

설비기기 부분부하효율 DB를 활용한 기본 산출 식은 다음과 같다.

$$계절효율계수 = (가중계수_{25\%} \times 효율_{25\%}) + \cdots + (가중계수_{100\%} \times 효율_{100\%})$$

하지만 가중치계수 및 부분부하 효율 DB의 확보 조건에 따라 산출결과가 달라질 수 있으므로 본 연구에서는 Non-domestic Building Services Compliance Guide[29]에서 제시하는 4가지 산출방식을 제시하였다.

1, 100%부하(Full load)만 존재할 경우

- 100% 부하(Full load)에 대한 정격효율만 존재하게 될 경우 정격효율 값 자체가 계절효율계수가 된다. (기존 방식)

$$계절효율계수 = 효율_{100\%} \times 1.0$$

2. 부분부하 효율 DB가 100% 부하(Full load), 50% 부하(Half load)만 존재할 경우

- 두 부분부하 효율 데이터의 평균 값이 계절효율계수가 된다.

$$계절효율계수 = (효율_{100\%} \times 0.5) + (효율_{50\%} \times 0.5)$$

3. 각 부분부하 효율 Data는 존재하나 각 부분부하 효율별 가중치계수가 존재하지 않을 경우

- 각 부분부하 효율 데이터의 평균값이 계절효율계수가 된다.

$$계절효율계수 = (효율_{100\%} \times 0.25) + (효율_{75\%} \times 0.25) + (효율_{50\%} \times 0.25) + (효율_{25\%} \times 0.25)$$

4. 각 부분부하 효율 Data와 부분부하효율별 가중치계수가 존재할 경우

- 각 부분부하 효율 데이터에 가중치계수를 곱한 값의 합이 계절효율계수가 된다.

$$계절효율계수 = (효율_{100\%} \times 가중치계수_{100\%}) + (효율_{75\%} \times 가중치계수_{75\%}) + (효율_{50\%} \times 가중치계수_{50\%}) + (효율_{25\%} \times 가중치계수_{25\%})$$

<표 191> 국내 설비기기 DB를 활용한 계절효율계수 산출방법 예시

구분	산출프로세스
부분부하 효율이 100% 부하(Full load)와 50% 부하(Half load)만 존재할 경우	두 부분부하 효율 Data의 평균 값이 계절효율계수
각 부분부하 효율 Data는 존재하나 각 부분부하 효율별 가중계수가 존재하지 않을 경우	각 부분부하 효율 Date의 전체 평균 값이 계절효율계수
부분부하 효율 Data와 건축물 용도별 가중치 계수가 존재할 경우	각 부분부하 효율 Data에 가중치계수를 곱한 값이 계절효율계수
100% 부하(Full load)만 존재할 경우	100% 부하(Full load)자체가 계절효율계수 (기존 프로세스 방식)

29) Non-domestic Building Services Compliance Guide, — Section 9.5 Calculating the seasonal energy efficiency ratio, 2013

제 7장 연구개발성과의 보안등급

일반과제

제 8장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록 번호

제 9장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

1절 연구실 안전 점검 체계 및 실시

1. 실험실 안전 점검 체계
   가. 연구실 일상점검 실시 : 연구활동종사자가 육안으로 연구활동 시작전 매일 1회 실시
   나. 연구실 정기점검 실시 : 외부 전문기관에 의뢰하여 안전점검기기를 이용 매년 1회 실시

2. 연구실안전관리규정 작성 : 2007년 2월 작성하여 연구실안전관리규정 준수

2절 교육 훈련

1. 개요 : 연구(실험)실 안전 확보 및 사고예방을 위하여 연구실 법정안전교육

2. 연구활동종사자는 반기별 6시간 이상 정기안전교육 실시
   가. 정기안전교육은 이러닝교육시스템을 활용하여 온라인 교육 실시
   나. 평가를 실시하여 100점을 만점으로 하여 60점 이상을 득점한 사람에게 한정하여 이수 인정

3절 보험가입

1. 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행규칙 제6조에 의거 연구활동종사자의 보험가입

4절 추가 이행

1. 연구실환경개선공사 : 매년 연구실 정기점검결과를 근거로 하여 지적된 연구실의 문제점을 보안하기위하여 지속적인 연구실안전환경개선사업을 실시하여 연구실의 안전확보에 만전을 기하고 있음

제 10장 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/ 기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	논문	냉난방 설비시스템 운영스케줄 및 부분부하효율을 고려한 기존 건축물 에너지 성능평가 적용사례 연구	단국대	주관	한국건축친환경설비학회 논문집		2016.10.31	단독 사사	KCI

제 11장 참고 문헌

1. 김정석, 이훈, 오민석, 김회서 (2013) “대형 판매시설의 최적 에너지 절약을 위한 설비 운영시스템 개선 방안에 관한 연구”. 한국건축친환경설비학회 논문집, 7(2), pp. 168-177.
2. 이현우, 김회서, 오민석, 한민지 (2011.02) “BIM과 건물부재별 CO2 DB를 활용한 LCCO2산출과 환경성능평가에 관한 연구”. 대한건축학회 대한건축학회지, 27(2), pp. 203-210.
3. 이훈, 김정석, 오민석, 김회서 (2012.06) “커튼월 구조 오피스 건물의 에너지 절약을 위한 외피 시스템개선 방안에 관한 기초연구”. 한국건축친환경설비학회 논문집, 6(2), pp. 106-113.
4. 장희경, 정해권, 정영선, 유기형 (2014.01) “비주거용 건축물의 용도별 에너지성능지표검토서 특성 분석”. 대한건축학회 대한건축학회지, 30(1), pp. 199-207.
5. 최민석, 문현준 (2014.04) “건물 에너지 시뮬레이션 기반 실시간 건물시스템 성능평가”. 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집, 34(1), pp. 185-186.
6. 이득환, 유호경, 한세희, 최현웅, 김재민 (2013.12) “건물 구조체에 따른 히트펌프 시스템 계절별 에너지 효율 계수”. 한국건축친환경설비학회 논문집, 7(4), pp. 223-231.
7. 황장승, 김강수 (2009.10) “건물에너지 시뮬레이션을 활용한 사무소건물의 에너지성능평가”. 한국건축친환경설비학회 추계학술발표대회논문집, pp. 238-243.
8. 국토교통부 (2013) 녹색건축물 조성 지원법.
9. 서울시정개발연구원 (2011) 빌딩리트로핏을 위한 에너지성능평가 및 활용방안.
10. 서울특별시 주택본부 (2011.07)「2030 그린디자인 서울」건축부문 목표 실행을 위한 건축물 에너지소비총량제 확대 시행.
11. 지식경제부 (2009.09) 기후변화 대응을 위한 건물 에너지효율등급 표시제도 개발 연구(1차년도 보고서).
12. 한국표준협회 (2002) KS C 9306 : 에어컨디셔너 규격.
13. 강지은, 김영진, 안기언, 이서영, 박철수 (2012.10) “건물 에너지 시뮬레이션의 열적 조닝에 수반되는 불확실성”. 대한건축학회 추계학술발표대회논문집, 32(2), pp. 341-342.
14. 곽희정, 신현국, 조재훈, 서승직 (2012) “ISO 13790의 Monthly method 에너지 요구량 계산에서 열 획득 이용률 산정방법에 관한 연구”. 한국건축친환경설비학회 추계학술발표대회 논문집. pp. 141-144.
15. 권장혁, 장향인, 김민규, 박효순, 서승직 (2012) “건물에너지평가도구와 동적해석프로그램의 연간냉난방요구량 해석 및 비교”. 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, pp. 363-366.
16. 김강식, 임경업, 윤종호, 신우철 (2011.10) “대전지역 공동주택의 전력소비 실태 및 패턴분석 연구”. 한국생태환경건축학회논문집, 11(5), pp. 91-96.
17. 김기철, 김영진, 김동구, 박철수 (2013.10) “기존건축물의 동적 에너지 모델 보정과 검증”. 대한건축학회 추계학술발표대회논문집, 33(2), pp. 383-384.
18. 김기철, 김영진, 이정철, 박철수 (2013.10) “기존 건축물의 동적 에너지 시뮬레이션 수행시 어려움과 한계”. 대한건축학회 추계학술발표대회논문집, 33(2), pp. 389-390.
19. 김기철, 박철수, 김인한 (2013.07) “실내 환경 정보와 재실자의 반응”. 대한건축학회 대한건축학회지, 29(7). pp. 229-237.

20. 김기철, 윤성환, 김덕우, 박철수 (2013.04) “기존건축물의 에너지 성능평가 방법” 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집, 33(1), pp. 245-246.
21. 김덕우, 김기철, 박철수 (2013.10) “재실률의 취보 가설 검정”. 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집, 33(2), pp. 361-362.
22. 김영진, 박철수 (2014.07) “가우시안 프로세스 모델과 냉동기 실시간 최적 제어”. 대한건축학회 대한건축학회지, 30(7), pp. 211-220.
23. 김영진, 박철수, 김인한 (2012.06) “몬테카를로 빌딩 시뮬레이션의 샘플링 방법과 모집단 추정”. 대한건축학회 대한건축학회지, 28(6), pp. 227-236.
24. 김치훈, 안병립, 홍성희, 장철용 (2009.04) “공동주택에서의 창호성능에 따른 건물에너지 효율등급 평가 연구”. 한국태양에너지학회 춘계학술발표대회 논문집, pp. 291-295.
25. 김희강, 장향인, 박창영, 윤성훈, 최창호, 홍종필 (2013.12) “ISO 13790기반의 준정상해석툴과 동적해석툴의 기상데이터에 의한 해석 결과 비교”. 한국건축친환경설비학회논문집, 7(4), pp. 274-280.
26. 노재영, 황동곤 (2014.04) “냉동기 효율 조사 및 분석에 관한 연구”. 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집, 34(1), pp. 237-238.
27. 문현준, 최민석, 안경아 (2013.06) “BCVTB를 활용한 시뮬레이션 기반 BEMS 제어 방법 및 환기 시스템 적용”. 대한건축학회 대한건축학회지, 29(6), pp. 255-262.
28. 박소윤, 이윤재, 이현수 (2011.10) “공동주택 건축계획요소에 따른 전기 에너지 소비특성 분석 : 서울지역의 40평형(132㎡～165㎡)의 단위세대 전기에너지 사용량을 중심으로”. 한국생태환경건축학회논문집, 11(5), pp. 107-117.
29. 서원준, 박철수 (2012.01) “건물 에너지 진단을 위한 시뮬레이션 적용시 쟁점과 한계”. 대한건축학회 대한건축학회지, 28(1), pp. 273-283
30. 송수원, 양희문, 이진호, 문유정 (2011.11) “건물에너지 해석프로그램을 이용한 공공기관 업무용건물 에너지효율등급 개선에 관한 사례연구”. 대한건축학회 대한건축학회지, 27(11), pp. 381-391.
31. 송승영, 구보경, 임재한 (2010.07) “ISO 13790의 Monthly Calculation Method를 이용한 내단열 대비 외단열 공동주택의 열교 제거와 열용량 증가에 의한 난방 및 냉방 에너지절약 효과 분석”. 대한건축학회 대한건축학회지, 26(7), pp. 321-332.
32. 안기언, 김영진, 박철수 (2012.12) “설계단계에서 동적 건물 에너지 성능분석의 쟁점들”. 대한건축학회 대한건축학회지, 28(12), pp. 361-369.
33. 오세민, 박철수 (2011) “ISO 13790의 Monthly Calculation Method와 동적 에너지 해석 프로그램 비교”. 한국건축친환경설비학회 추계학술발표대회 논문집. pp. 139-142.
34. 윤성도, 박선효, 손장열 (2008.12) “사무소 건물의 에너지 성능개선안 평가 사례”. 한국생활환경학회 한국생활환경학회지, 15(4-1), pp. 447-453.
35. 윤성환, 김영진, 박철수 (2013.04) “기존 건축물 에너지 리트로핏을 위한 확률적 접근”. 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집, 33(1), pp. 293-294.
36. 윤성환, 김영진, 박철수 (2014.04) “에너지 리트로핏을 위한 에너지 모델의 확률적 보정”. 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집, 34(1), pp. 193-194.
37. 윤성환, 박철수 (2014.01) “기존 건축물을 위한 x-Ray 개념의 에너지 모델 작성과 평가”. 대한건축학회 대한건축학회지, 30(1), pp. 235-244.

38. 윤성환, 박철수 (201404) “자료포락분석 방법을 이용한 건물 에너지 성능 분석”. 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집, 34(1), pp. 191-192.
39. 윤종호, 김병수 (2007.09) “공동주택의 에너지 자립을 위한 핵심요소기술의 에너지 성능평가”. 한국태양에너지학회논문집, 27(3), pp. 161-167.
40. 이동현, 김영진, 박철수 (2012.04) “동적 시뮬레이션의 베이지안 보정”. 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집 계획계, 32(1), pp. 221-222.
41. 노재영, 황동곤 (2014) “국내 열원기기 부분부하 효율 조사 및 분석에 관한 연구.”. 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, pp. 823~829
42. 田中稔ほか (2003) “建物の實踐的省エネルギー/コスト削減戰略”, 日本OHM社
43. 池田浩一 (2006) “BEMSの範囲とエネルギー削減への役割”, 日本の電氣設備學會誌
44. 日本の新エネルギー·産業技術總合開發機構 (NEDO) (2005) “住宅·建物高効率エネルギーシステム導入促進事業”
45. 高橋隆夫 (2011) “空調自動制御と省エネルギー”, 日本OHM社
46. 關高爐 (2006) “空調·電氣·衛生設備の劣化診斷と對策”, 日本OHM社
47. Technical Manual for SBEM(Simplified building energy model), DCLG, London, UK.
48. ASHRAE GUIDLINE 14-2002 : Measurement of Energy and Demand Savings.
49. National Calculation Methodology (NCM) (2010) modelling guide (for buildings other than dwellings in England and Wales).
50. HM Government (2010) Non-Domestic Building Services Compliance Guide.
51. Roger Hitchin (2007) HVAC System Efficiencies for EPBD Calculation - Proceeding of Clima 2007 Well Being Indoors. FINVAC. UK.
52. Communities (2011) A Technical Manual for SBEM(Simplified Building Energy Model), UK.
53. Communities (2008) Improving the energy efficiency of our buildings - A guide to Display Energy Certificates and advisory reports for public buildings, UK.
54. U.S Gov: U.S. Department of Energy (2012) EnergyPlus Input/Output Reference : The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Input and Output.
55. U.S Gov: U.S. Department of Energy (2012) EnergyPlus Output Details and Examples : EnergyPlus Outputs, Example Inputs and Data Set Files.
56. Georgios Kokogiannakis (2008) Support for the Integration of Simulation in the European Energy Performance of Buildings Directive, A thesis of Doctor of Philosophy, Ph. D. Dissertation, University of Strathclyde, Scotland, UK.
57. BS EN Standard (2007) BS EN 15232 : Energy performance of buildings - Impact of Building Automation, Controls and Building Management.
58. BS EN Standard (2007) BS EN 15243 : Ventilation for buildings - Calculation of room temperatures and of load and energy for buildings with room conditioning systems.
59. BS EN Standard (2011) 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.
60. BS EN Standard (2011) 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.
61. BS EN Standard (2011) 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.
62. BS EN Standard (2011) BS EN 14511-4 : Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors for space heating and cooling, Part 2_Requirements.
63. BS EN ISO Standard (2007) BS EN ISO 6946 : Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method.
64. BS EN ISO Standard (1996) BS EN ISO 7345 : Thermal insulation - Physical quantities and definitions.
65. BS EN ISO Standard (2009) BS EN ISO 15927-2 : Hygrothermal performance of buildings - Calculation and presentation of climatic data, Part 2_Hourly data for design cooling.
66. BS EN ISO Standard (2009) 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.
67. BS EN ISO Standard (2005) 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.
68. BS EN ISO Standard (2004) 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.
69. BS EN ISO Standard (2007) BS EN ISO 15927-6 : Hygrothermal performance of buildings - Calculation and presentation of climatic data, Part 6_Accumulated temperature differences (degree-days).
70. BS EN ISO Standard (2006) BS EN ISO 10077-1 : Thermal performance of windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance, Part 1_General.
71. BS EN ISO Standard (2003) BS EN ISO 10077-2 : Thermal performance of windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance, Part 2_Numerical method for frames.
72. BS EN ISO Standard (2007) BS EN ISO 13370 : Thermal performance of buildings - Heat transfer via the ground - Calculation methods.
73. BS EN ISO Standard (2007) BS EN ISO 13786 : Thermal performance of building components - Dynamic thermal characteristics, Calculation methods.
74. BS EN ISO Standard (2007) BS EN ISO 13789 : Thermal performance of buildings - Transmission and ventilation heat transfer coefficients - Calculation method.
75. BS EN ISO Standard (2008) BS EN ISO 13790 : Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling.
76. BS ISO Standards (2000) BS ISO 15217 : Fluid power systems and components - 16mm square electrical connector with earth contact - Characteristics and requirements.
77. BS ISO Standards (2011) BS ISO 50011 : Energy management systems - Requirements with

guidance for use.

78. Corrado, V. and Fabrizio (2007) “Assessment of building cooling energy need through a quasi-steady state model: simplified correlation for gain-loss mismatch” Energy & Buildings, vol. 39(5), pp. 569-579.
79. Georgios Kokogiannakis, Paul Strachan and Joe clarke (2008.12) “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(4), pp. 209-219.
80. Juha Jokisalo, Jarek Kurnitski (2007) “Performance of EN ISO 13790 utilisation factor heat demand calculation method in cold climate”. Energy & Buildings, vol. 39(2), pp. 236-247.
81. Lee, Sang Hoon (2012.03) “Intermittent Heating and Cooling Load Calculation Method : Comparing with ISO 13790”. ARCHITECTURAL RESEARCH. 14(1), pp. 11-18.
82. Vincenzo Corrado, Houcem Eddine Mechri, Enrico Fabrizio (2007) “BUILDING ENERGY PERFORMANCE ASSESSMENT THROUGH SIMPLIFIED MODELS: APPLICATION OF THE ISO 13790 QUASI-STEADY STATE METHOD”. Building Simulation Proceeding

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서입니다.

2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.