

설비공학 분야의 최근 연구 동향 : 2012년 학회지 논문에 대한 종합적 고찰

Recent Progress in Air-Conditioning and Refrigeration Research : A Review of
Papers Published in the Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration
Engineering in 2012

한화택(Hwataik Han)^{1*}, 이대영(Dae-Young Lee)², 김사량(Sa Ryang Kim)³, 김현정(Hyun-Jung Kim)⁴,
최종민(Jong Min Choi)⁵, 박준석(Jun-Seok Park)⁶, 김수민(Sumin Kim)⁷

¹국민대학교 기계시스템공학부, ²한국과학기술연구원, ³강릉원주대학교 기계자동차공학부, ⁴아주대학교 기계공학과,

⁵국립한밭대학교 기계공학과, ⁶한양대학교 건축공학과, ⁷송실대학교 건축학부

¹*School of Mechanical System Engineering, Kookmin University, Seoul 136-702, Republic of Korea*

²*Korea Institute of Science and Technology, Seoul 136-791, Republic of Korea*

³*School of Mechanical and Automotive engineering, Gangneung-Wonju National University, Wonju 210-711, Republic of Korea*

⁴*Department of Mechanical Engineering, Ajou University, Suwon 443-749, Republic of Korea*

⁵*Department of Mechanical Engineering, Hanbat National University, Daejeon 305-719, Republic of Korea*

⁶*Department of Architecture, Hanyang University, Seoul 133-791, Republic of Korea*

⁷*School of Architecture, Soongsil University, Seoul 156-743, Republic of Korea*

Abstract This article reviews the papers published in the Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering during 2012. It is intended to understand the status of current research in the areas of heating, cooling, ventilation, sanitation, and indoor environments of buildings and plant facilities. The conclusions are as follows :

(1) The research works on thermal and fluid engineering have been reviewed as groups of fluid machinery, pipes and valves, fuel cells and power plants, ground-coupled heat pumps, and general heat and mass transfer systems. Research issues are mainly focused on new and renewable energy systems, such as fuel cells, ocean thermal energy conversion power plants, and ground-coupled heat pump systems.

(2) Research works on the heat transfer area have been reviewed in the categories of heat transfer characteristics, pool boiling and condensing heat transfer, and industrial heat exchangers. Researches on heat transfer characteristics included the results for natural convection in a square enclosure with two hot circular cylinders, non-uniform grooved tube considering tube expansion, single-tube annular baffle system, broadcasting LED light with ion wind generator, mechanical property and microstructure of SA213 P92 boiler pipe steel, and flat plate using multiple tripping wires. In the area of pool boiling and condensing heat transfer, researches on the design of a micro-channel heat exchanger for a heat pump, numerical simulation of a heat pump evaporator considering the pressure drop in the distributor and capillary tubes, critical heat flux on a thermoexcel-E enhanced surface, and the performance of a fin-and-tube condenser with non-uniform air distribution and different tube types were actively carried out. In the area of industrial heat exchangers, researches on a plate heat exchanger type dehumidifier, fin-tube heat exchanger, an electric circuit transient analogy model in a vertical closed loop ground heat exchanger, heat transfer characteristics of a double skin window for plant factory, a regenerative heat exchanger depending on its porous structure, and various types of plate heat exchangers were performed.

(3) In the field of refrigeration, various studies were executed to improve refrigeration system performance, and to evaluate the applicability of alternative refrigerants and new components. Various topics were presented in the area of refrigeration cycle. Research issues mainly focused on the enhancement of the system performance. In the alternative refrigerant area, studies on CO₂, R32/R152a mixture, and R1234yf were performed. Studies on the design and performance analysis of various compressors and evaporator were executed.

(4) In building mechanical system research fields, twenty-nine studies were conducted to achieve effective design of mechanical systems, and also to maximize the energy efficiency of buildings. The topics of the studies included heating and cooling, HVAC system, ventilation, renewable energy systems, and lighting systems in buildings. New designs and performance tests using numerical methods and experiments provide useful information and key data, which can improve the energy efficiency of buildings.

(5) In the fields of the architectural environment, studies for various purposes, such as indoor environment, building energy, and renewable energy were performed. In particular, building energy-related researches and renewable energy systems have been mainly studied, reflecting interests in global climate change, and efforts to reduce building energy consumption by government and architectural specialists. In addition, many researches have been conducted regarding indoor environments.

Key words Air conditioning(공기조화), Refrigeration(냉동), Fluid flow(유체유동), Heat transfer(열전달), Building facility(건축설비), Built environment(건축환경), Fluid machinery(유체기계), Piping(배관), New and renewable energy(신재생에너지), Heat exchanger(열교환기), Heat pump(히트펌프), Fuel cell(연료전지), Phase change(상변화), Alternative refrigerants(대체냉매), Cooling and heating(냉난방), Ventilation(환기), Indoor air quality(실내공기질), Thermal comfort(온열쾌적성), Load analysis(부하계산)

† Corresponding author, E-mail: hhan@kookmin.ac.kr

1. 서 론

본 논문은 2012년도 한 해 동안 설비공학 국문논문집에 발표된 논문을 분석하여 설비공학 분야의 최근 연구동향을 파악하기 위한 것이다. 주제에 따라 열유체분야, 열전달 및 열교환기분야, 냉동분야, 건축기계설비분야, 건축환경 및 에너지분야로 분류하고, 각 분야를 다시 세분류로 나누어 고찰하였다. 논문집에 게재된 113편의 논문에 대한 평가와 리뷰를 통하여 설비분야의 전반적인 연구 동향을 파악함으로써 앞으로의 연구 방향을 설정하는데 유익한 정보가 될 것으로 기대한다.

2. 열유체

2.1 개관

열유체 분야에서는 각종 유체기계, 밸브 및 배관, 연료전지를 포함한 발전 시스템, 지열을 이용한 열펌프 냉난방 시스템 및 기타 열전달 및 물질전달에 관련된 연구가 수행되었다.

2.2 유체기계

Kim⁽²⁾은 로터리 제습기의 근사해를 바탕으로 열과 물질전달을 고려하여 제습기의 성능지표의 하나인 유용도(Effectiveness) 모델을 새로 개발하고, 수치모델과 약 10%이내의 오차를 가진 것으로 확인하였다. 개발

한 유용도 모델은 로터리 제습기의 기의 설계 및 성능 시뮬레이션의 목적으로 사용할 수 있을 것이다.

Cho et al.⁽¹²⁾은 선박 설계에 기존의 유압 구동 대신 전동기 구동 카고 펌프의 적용 가능성에 대한 기술적, 경제적인 검토 및 적용사례를 조사하였으며, 전동기 구동 펌프 사용도 소음, 가격, 효율의 측면에서 상당히 유리한 점이 많음을 주장하였다.

Jang and Lee⁽⁹⁵⁾는 20 kW급 가정용 연료전지 시스템의 보조기기용 캐소드 공기 블로어의 운전조건에 따른 성능 및 내부 유동장 특성을 CFX 13을 사용하여 해석하였으며, 유량, 블로어 내부속도, 회전수 등과 효율의 관계에 대하여 고찰하였다.

Kim et al.⁽⁶⁸⁾은 발전소의 향상된 경제성 운전을 위해 필요한 터빈 사이클의 보정성능 계산을 위하여, 서포트 벡터 머신을 사용하여 주급수 유량 상태 판정 모델 및 유량값의 추정 모델을 개발하고 검증하였다.

Kim et al.⁽¹⁰³⁾은 고온 고압의 증기에 의해 작동되는 스팀 트랩 중에서, 온도가 조절되는 바이메탈 스팀트랩의 바이메탈 밸브와 하우징의 구조 및 열 해석을 SAMCEF Ver. 6.3을 이용하여 수행하였다.

2.3 배관 및 밸브

Ju et al.⁽⁴⁾은 차량용 공기조화 덕트 내부 유동장을 CFX 11.0을 이용하여 해석하였으며, 이를 통해 덕트 성능에 영향을 미치는 와류, 덕트 굴곡, 압력 손실 등의 요인을 분석하여 덕트 형상을 개선하였으며, 실험을 통해 개선된 덕트가 자동차 실내 냉방 성능에 미치

는 영향을 평가하였다.

Lee et al.⁽⁶⁾은 쓰레기 관로 이송 시스템에 놓여진 쓰레기 봉투를 모형화하여 봉투의 크기, 혼합비(Mixing ratio), 레이놀즈수의 변화에 따른 관마찰계수, 항력계수, 그로 인한 압력강하량을 계산하였으며, 그 값들을 기준으로 운전에 필요한 송풍기 동력을 구하였다.

Han and Park⁽¹⁹⁾은 지열발전 플랜트용 배관재로 쓰이는 SUS316에 대하여 전기화학적 부식민감도를 평가하여 부식속도를 측정하고, 부식피로강도를 평가하기 위하여 부식피로시험을 통하여 피로수명을 측정하는 등, 부식에 대한 환경 영향을 평가하였다.

Jung et al.⁽⁹⁶⁾은 바닥 복사난방 설비 시스템을 채택한 대규모 아파트 단지에서 발코니 확장시 난방관의 길이가 늘어남에 따라 유량이 부족할 때, 난방관 상부에 공기층이 생성될 수 있으며, 이에 의하여 PE재질의 배관에 경화현상이 발생하여 배관파열의 원인이 될 수 있음을 입증하였다.

2.4 연료전지 및 발전 시스템

Han et al.⁽¹³⁾은 공냉식 연료전지 스택모듈, 연료공급장치, 전력관리장치, 시스템 제어장치 등으로 구성된, 200W급 휴대용 고분자 전해질막 연료전지(PEMFC) 시스템을 개발하였으며, 시스템 성능평가를 통하여 산정된 시스템의 정격출력, 전압, 시스템 효율 등의 주요제원을 구하였다.

Kang et al.⁽⁷⁵⁾은 해양온도차 발전(OTEC) 시스템의 실효성을 높이고, 발전효율을 극대화하기 위하여 울진 원자력발전소로부터 실제 배출되는 온배수량과, 월별 온배수 데이터를 이용하여 OTEC 시스템에 적용할 수 있는 각 사이클 및 작동유체의 시스템 효율과 출력에 대하여 비교분석 하여, 약 181MW의 발전량을 얻을 수 있다고 하였다.

2.5 지열 열펌프 냉난방 시스템

Sohn and Choi⁽²¹⁾는 건물의 지열 열펌프 냉난방 시스템을 구성함에 있어서, 초기 투자비가 상대적으로 큰 수직 밀폐형 지중열교환기의 단점을 극복하기 위한 방법으로, 건물기초를 지중열교환기로 사용하는 에너지 파이프 적용 지중열교환기를 사용하였을 경우에 대하여 TRNVDSTP 모델을 이용한 시뮬레이션을 통하여 히트펌프 시스템의 성능분석을 수행하였다.

Choi⁽²⁶⁾는 골프장 클럽하우스에 설치된 에너지 슬래브 적용 지열원 열펌프 시스템 성능특성에 대한 실증연구를 수행하였다. 난방운전의 경우 외기온도가 감소하는 10월 이후에는 시스템 성능이 저하되었으나, 외기온도가 상승하는 1월 중순이후에는 성능이 향상되고, 냉

방운전의 경우는 6월초 부터 성능이 점차 감소하였으나 8월 이후에는 성능이 점차 향상되었음을 보였다. 또한, 에너지 슬래브의 설치위치가 시스템의 열교환 성능에 영향을 미치는 것으로 분석되었다. Choi and Sohn⁽⁶³⁾은 Choi⁽²⁶⁾의 후속 연구로서 에너지 슬래브 지열원 열펌프 시스템의 냉난방 성능을 1년에 걸친 데이터 취득 후, 열교환 성능에 초점을 맞추어 분석하였다. Sohn⁽³¹⁾은 IGSHPA가 제안한 방법을 적용하여 설계한 수평형 지중열 교환기를 사용한 지열 열펌프 시스템을 대상으로 성능분석에 필요한 열펌프 입출구 온도, 순환수 유량, 소비전력 등의 데이터를 측정후, 냉난방 성능을 분석하였다.

Oh and Choi⁽³⁸⁾는, 하절기에는 열펌프에서 생성된 온수를 대수층으로 주입시켜 지중축열체의 온도를 상승시키고, 동절기에는 열펌프에서 생성된 냉수를 대수층으로 주입시켜 축열체의 온도를 하강시켜 연간 지중열원의 안정성과 효율 증대가 가능한, 대수층 축열적용 지열원 열펌프(ATES) 시스템을 설계 및 시공하여 하절기와 동절기의 실증 성능 분석을 수행하였으며, 냉방의 경우 에어컨에 비하여 운전비가 22.6% 절감되었으며, 난방의 경우는 LNG 보일러와 비교하여 운전비가 83.8% 절감됨을 보였다.

2.6 열전달 및 물질전달

Lee and Kim⁽⁵²⁾은 이산화탄소 포집을 위한 수직관형 흡수기의 설계에 도움이 될 수 있는 이산화탄소-물 이상유동에 대한 기초연구를 하였다.

Choi et al.⁽¹¹²⁾은 자동차 도장 건조공정내의 유동 및 열전달 특성을 분석하고, 공정의 생산성 향상을 위한 수치해석을 수행하였으며, 최대 작동 조건에서 약 116%의 속도 개선 효과를 얻을 수 있음을 보였다.

3. 열전달 및 열교환기

3.1 개관

열전달 및 열교환기 분야에서는 일반적인 열전달 현상에 관한 연구를 비롯하여 열전달 촉진을 위한 비등 및 응축에 관한 열전달 해석, 그리고 각종 산업용 열교환기 효율 향상에 관한 연구가 수행되었다.

3.2 열전달 일반

Park et al.⁽³³⁾은 두 개의 뜨거운 원형 실린더가 존재하는 차가운 사각 밀폐계 내부의 자연대류 현상에 가상 경계 기법을 도입하여 수치해석을 수행하였다.

핀관형 열교환기의 조립시에 전열관과 핀구멍을 고

정시기기 위해서 실시하는 환관 가공에 대하여 전열관과 핀과의 밀착성을 조사하고 산의 높이가 다른 새로운 형태의 불균일 내면 가공관에 대한 수치해석이 Lee and Park⁽⁷⁾에 의해 수행되었다.

유선형 관의 직경비 변화에 따른 유체 유동 및 열전달 특성에 대한 수치적 해석이 Park et al.⁽⁷¹⁾에 의해 수행되었으며 직경비에 대한 최적 조건을 보고하였다.

오리피스 배플과 원형핀으로 구성된 환형배플이 설치된 헬-튜브 열교환기의 막음비와 배플 수를 변화시켜 열전달 및 압력강하에 미치는 영향에 대하여 Hong et al.⁽⁷⁹⁾은 수치적 해석을 수행하였다.

Park et al.⁽⁸⁸⁾은 LED 조명장치를 냉각시키기 위해 사용될 수 있는 이온풍 발생기의 열전달 성능에 대한 실험적 연구를 수행하였다. 속도 및 입구면적의 변화에 따른 냉각성능을 측정하였다.

Kim et al.⁽¹⁰⁰⁾은 석탄화력발전소에 적용되는 보일러 배관용 신 재료인 P92강의 제작 건전성을 확보하기 위하여 상온 기계적 특성과 냉각속도에 따른 미세조직의 변화를 관찰하였다. 이를 통해 ASME 코드에 규정된 항복강도와 인장강도를 만족하는 기준을 제시하였다.

복수 트리핑 와이어가 설치된 평판에서 발달된 유동과 발달하는 유동조건을 모사하여 와이어에 의한 경계층 교란이 국소 및 평균열전달계수의 분포와 열전달 촉진에 미치는 영향이 Yoo et al.⁽¹⁰⁸⁾에 의해 고찰되었다.

3.3 비등 및 응축

Seo et al.⁽³⁴⁾은 히트펌프용 마이크로채널 응축기에 적용할 수 있는 최적설계 방법을 제시하였다. 열교환기 최적설계에는 근사 최적화 기법을 적용하였으며 실험계획법과 Kriging법을 사용해 근사모델을 생성하였다. 또한 생성된 근사모델에 마이크로 유전알고리즘을 적용하여 열교환기의 형상을 최적화 하였다.

분배기와 모세관을 고려한 히트펌프용 증발기에 대한 성능 모사가 Park et al.⁽⁶²⁾은 의해 수행되었다. 분배기와 모세관내 압력강하를 고려한 경우를 고려하지 않은 경우와 비교하였을 때 4~6%의 열전달 성능 차이가 있음을 보였다.

Lee et al.⁽⁸⁷⁾은 Thermoexcel-E 촉진 표면을 사용하여 증기압이 상이한 5개의 냉매에 대해 임계 열유속 근방까지 핵 비등 열전달 실험을 수행하였다. 결과에서 모든 냉매의 임계 열유속이 평판에 비해 최대 100%까지 증가함을 보고하였다.

응축기 전면의 2차원 공기 유속분포를 고려할 수 있는 핀-관 응축기의 성능예측 모델이 Cho et al.⁽¹¹¹⁾에 의해 제시되었다. 또한 공기 속도가 균일하게 분포하는 경우와 관의 종류를 변경하는 경우 응축기의 성능에 대한 시뮬레이션을 수행하고 그 결과를 분석하였다.

3.4 산업용 열교환기

관형 열교환기식 제습기에서 액체 제습제인 LiCl 수용액의 열 및 물질전달 특성에 대한 실험적 연구가 Jeon et al.⁽³⁾에 의해 수행되었다. 실험결과를 통하여 LiCl 수용액의 Nusselt 수에 대한 상관식을 제시하였다.

Lee and Park⁽⁷⁰⁾은 핀관형 열교환기에서 전열관과 핀의 접촉부가 열교환기의 성능에 미치는 영향도에 대해 수치해석을 수행하였다. 또한 수치결과의 타당성을 검토하기 위하여 열교환기 단일핀에 대한 성능시험을 수행하였다.

Kim et al.⁽⁴⁰⁾은 지중열 교환기 설계 및 해석의 기본이 되는 지중열전달 과도해석 모델(ETAB)을 개발하고 DST 모델과의 비교결과를 보고하였다.

So and Kim⁽⁴⁶⁾은 식물공장에서 사용되는 이중창호의 열차단 성능에 영향을 미치는 인자들에 대한 수치해석을 수행하였다. 열차단 성능을 향상시키기 위해 이중매설관에서 공급되는 저온의 공기를 이용하고 저온공기의 유량, 유출구 배치 등에 따른 열차단 성능의 변화를 보고하였다.

스털링 엔진 재생기의 왕복 유동 조건에서 적층형 매트릭스, 자유형 와이어, 조합형 매트릭스의 세 가지 구조에 대하여 성능 실험이 Shin et al.⁽⁵⁴⁾에 의해 수행되었다.

Oh et al.⁽⁸¹⁾은 다양한 형상을 가지는 관형 열교환기에서 질량 유량비에 따른 성능 특성을 알아보기 위하여 웨브론의 각도, 딥플의 지름, 배치를 변화시켜 수치해석을 수행하였으며, 이를 통해 열교환기 효율이 최적화 되는 조건을 제시하였다.

4. 냉동

4.1 개관

냉동분야 연구는 크게 냉동사이클, 냉매와 물성치, 요소기기 및 기타 분야로 분류하여 연구동향을 분석하였다. 냉동사이클 분야에서는 열펌프와 냉동기의 성능에 관한 실험 및 해석적 연구가 수행되었다. 냉매와 물성치 분야에서는 대체냉매의 시스템 적용과 냉매의 증기압에 관한 연구가 진행되었다. 요소기기 및 기타 분야에서는 압축기와 증발기의 성능과 열전냉동에 관한 연구가 수행되었다.

4.2 냉동사이클

Jeong et al.⁽¹⁾은 핫가스 바이패스 방식과 가변속 압축기를 채용한 공작기계용 수냉각기에 대해 PI제어기를 적용하여 성능 시험을 수행한 결과 온도 제어 성능

은 두 시스템 모두 우수하였으나, 부분 부하 운전에 대해서는 가변속 압축기를 채용한 수냉각기가 우수한 성능을 나타낸다는 결과를 얻었다. Jeon et al.⁽⁶⁹⁾은 냉수조 설계 변수의 변화에 따른 순간 냉각식 정수기에 대한 시뮬레이션 프로그램을 개발하여 성능 분석을 수행하였다. 냉수조의 형상을 직육면체에서 정육면체로 변경 시와 냉수조의 부피 감소 및 증발기의 길이가 길어질수록 소비전력이 감소한다는 결과를 얻었다. Won⁽⁸⁵⁾은 공기사이클 냉동 시스템의 성능에 관한 해석적 연구를 수행하여 효율 향상방안을 제시하였다. Park⁽¹⁰²⁾은 냉동기와 열펌프 사이클에 대하여 열역학적 사이클의 제 2법칙에 관한 효율의 정의에 관한 연구를 수행하였다.

Ko et al.⁽⁴⁹⁾은 난방성능 향상을 위하여 과냉각기와 플래쉬탱크를 적용한 인젝션 열펌프 시스템에 대한 실험적 연구를 수행하여 플래쉬탱크를 적용한 시스템이 과냉각기 적용 시스템보다 우수한 성능을 나타낸다는 결과를 얻었다. Park et al.⁽⁷⁴⁾은 지역난방용 2단 압축 열펌프 시스템에 대한 실험적 연구를 수행하여, 중간압 제어에 의하여 성능을 향상시킬 수 있다는 결론을 얻었다.

Lee et al.⁽¹⁴⁾은 하이브리드 지열원 열펌프의 지중 및 보조루프의 2차 유체 유량 분배비 변화에 따른 실험적 연구를 수행하였으며, 유량 분배비 최적화를 통하여 최대부하 조건에서 하이브리드 지열원 열펌프 성능을 향상시킬 수 있다는 결과를 얻었다. Cha et al.⁽⁷⁷⁾은 지열원 열펌프의 운전모드 변환 방식에 대한 연구를 수행하였으며, 수절환 방식 시스템이 열전달 성능 향상으로 냉매 절환 방식에 비하여 우수한 성능을 나타냄을 밝혔다.

Hwang et al.⁽¹⁶⁾은 제습증발 냉방 시스템에 압축식 열펌프를 삽입한 하이브리드 제습냉방 시스템의 냉방 성능과 에너지 효율에 관한 시뮬레이션 연구를 수행하였다. Lee et al.⁽⁹¹⁾은 열펌프 건조기에 내·외부 증발기 사용에 따른 승온에 관한 연구를 수행하였으며, 건조 초기에 외부 증발기를 사용할 경우 내부 증발기의 승온 시간 단축이 가능하다는 연구 결과를 얻었다.

4.3 냉매

Kang and Cho⁽²⁰⁾는 이젝터를 적용한 CO₂ 냉동사이클의 내부열교환기 길이 변화에 따른 해석적 연구를 수행하였으며, 내부열교환기 길이 변화가 이젝터 내부의 유인비와 승압비 및 COP에 큰 영향을 미친다는 결과를 얻었다. Jung et al.⁽⁹⁹⁾은 가스인젝션을 적용한 CO₂ 열펌프의 난방성능에 관한 시뮬레이션 모델을 개발 및 검증하였다. 또한, 저온조건에서 인젝션 열펌프가 비인젝션 열펌프에 비하여 질량유량과 토출압력 및 난방

용량이 증가한다는 결과를 얻었으며, 압축기 주파수가 변화되어도 인젝션 열펌프의 성능이 우수하다는 결과를 얻었다.

Kang et al.⁽⁵¹⁾은 수열원 열펌프 실험장치를 제작하여 R32/R152a 혼합냉매의 조성비 변화에 따른 냉방 및 난방 성능을 측정하였다. R32/R152a 냉매 적용 열펌프 시스템은 기존의 R22 냉매 적용 시스템에 비하여 성능이 우수하였으며, 냉매 충전량이 감소하였다. 하지만, R32/R152a 냉매 적용 시스템의 압축기 토출온도는 R22 적용 시스템에 비하여 높게 나타났다. Cho et al.⁽¹⁰⁶⁾은 기존의 R134a 적용 차량용 에어컨 시스템에 R1234yf 냉매를 적용한 Drop-in 시험을 수행하여 냉매 변화에 따른 시스템 특성에 관한 연구를 수행하였다. R1234yf 적용 시스템은 R134a 적용 시스템에 비하여 냉매 충전량이 낮게 나타났으며, 시스템 용량과 성능계수도 낮게 나타났다.

Park⁽¹⁷⁾은 두 개의 가변 변수가 있는 기존의 14개 증기압 상관관계식을 43개 냉매에 적용하여 성능을 비교 평가하였다. 이때, 냉매 증기압 데이터는 임계점부터 삼중점 또는 최저온도까지 기-액 평형 전범위에서 데이터를 취득하여 활용하였으며, 가장 우수한 상관식을 도출하였다.

4.4 요소기기 및 기타 냉동기

Moon et al.⁽¹¹⁾은 스윙압축기의 거동을 분석하고 동일한 조건을 적용한 롤링 피스톤형 로터리 압축기와 비교하였다. 스윙압축기의 구조 상 가스 누설이 줄어들어서 토출유량이 로터리 압축기에 비해 증가하였으며, 냉방 능력과 COP가 증가한다는 결과를 얻었다. Kim et al.⁽²²⁾은 대수나선에 기초하여 설계된 스크롤 랩을 갖는 스크롤 압축기를 비교적 높은 압축비가 요구되는 가정용 냉장고에 적용하였을 때의 성능을 기존 왕복동식 압축기를 사용한 경우와 비교분석하였다. 연구결과로부터 스크롤 랩을 갖는 고압식 스크롤 압축기가 왕복동식 압축기에 비하여 소형화가 가능하고 냉동능력 및 COP 상승이 가능하다는 결과를 얻었다. Jang et al.⁽⁵⁰⁾은 휴대용 냉동시스템에 적용하기 위하여 DC 전원으로 작동되는 압축기를 설계 및 제작하여 압축성능과 냉동성능을 분석하고 휴대용 냉동 시스템으로 적용 가능성을 평가하였다.

Shin and Cho⁽⁹³⁾는 저온영역에서 루버핀을 적용한 마이크로채널 증발기의 서리성장에 관한 해석 모델을 개발하였으며, 이산화탄소를 적용한 저온영역 증발기의 서리성장에 따른 기초 성능 데이터를 제공하였다.

Jeong⁽⁵³⁾은 열전냉동기의 열전요소에 대한 새로운 1차원 해석모델을 제시하였고, 이 모델을 이용하여 성능계수를 최대로 하는 최적전류와 열전요소의 최적 길

이를 해석적으로 구하였다.

5. 건축기계설비

5.1 개관

건축기계설비 분야에 관련된 논문은, 냉난방, 공조설비, 환기설비, 조명설비, 에너지자원화 설비 그리고 기타설비로 분류할 수 있으며, 설계에서 성능평가에 이르는 총 29개의 다양한 연구가 진행되었다.

냉난방분야에서는 복사패널 난방 특성과 GRNN 제어, 그리고 거주자의 인체반응에 대한 연구가 진행되었으며, 공조설비 분야에서는 열교환기, 외기공조시스템, 축열조 그리고 소형열병합발전 시스템 분석에 이르기까지 현장 적용이 가능한 다양한 연구가 진행되었다. 조명설비와 관련해서는 제어, 인지도 그리고 인지 효과에 관한 연구가, 에너지자원화 분야에서는 저온열원에서의 ORC 성능해석, 지열 그리고 태양열 축열조에 대한 연구가 진행되었다.

5.2 냉난방

공동주택의 난방시스템과 관련하여 3편의 연구가 진행되었으며, Kim and Lee⁽²⁴⁾는 난방성능분석 시뮬레이터를 이용하여 히트파이프 이용 건식 온돌난방시스템의 난방 특성을 기존 가교화 폴리에틸렌(PE-X)관을 이용한 습식 난방시스템과 비교함으로써 히트파이프를 이용한 난방 시스템의 현장 적용 효과를 분석하였다. Song and Ahn⁽¹⁰⁷⁾은 공동주택에서 널리 사용되고 있는 바닥복사 난방시스템의 에너지 소비량 절감을 위하여 신경망 네트워크 모델을 이용한 GRNN을 적용한 효과적 제어방법을 제시 하였으며, GRNN 도입에 따른 실내열환경 및 에너지 소비량을 분석하였다. 바닥복사 난방에 있어 인체의 온열쾌적을 평가하기 위하여, Kim and Kim⁽¹⁰⁹⁾은 바닥표면에서의 열복사 조건과 인체 접촉부의 표면온도가 온열쾌적에 미치는 영향을 피험자 설문 통하여 분석하였고, 그 결과를 이용하여 거주자의 자세에 따른 발바닥과 둔부의 쾌적온도 범위를 제안하였다.

이중외피와 관련해서, Moon et al.⁽⁸⁰⁾은 이중 외피 건물의 실내 온도제어를 위하여 인공지능망을 적용한 이중외피의 실내 및 외측 개구부의 개방과 난방시스템의 작동을 제어하는 로직을 제안하였다.

5.3 공조설비

공조설비 관련 연구는 14편의 연구가 있으며, 크게 공조에너지 절약방안에 관한 연구, 외기도입 부하를

줄이기 위한 열교환기에 관한 연구, 그리고, 각종 공조기기의 성능평가에 관한 연구가 진행되었다.

공조에너지 절약 방안에 관한 연구에서, Kang et al.⁽⁵⁾은 실험을 통하여 제습풍량, 제습 및 재생측 공기 온도 및 상대 습도, 그리고 로터의 회전속도 등의 운전조건 변화에 따른 제습특성 변화를 분석하였고, 이를 바탕으로 제습로터 설계 시 고려 사항을 제시하였다. Kim et al.⁽³⁹⁾은 반도체 클린룸용 단순 에어와셔 외기공조시스템, 배기 열회수식 에어와셔 외기공조 시스템, 반환냉수 열회수식 에어와셔 외기공조 시스템을 제안하고 실험장치를 통하여 공조프로세스 및 에너지 소비량을 측정하였다. 또한 Kim and Lee⁽⁴⁵⁾은 지역냉난방을 도입한 중소형 사무용 건물에서 공조시설 개보수 및 운전개선을 통한 연간 에너지 절약효과를 정량적 분석하였으며, 실증결과 공조시설 및 운전 개선을 통하여 약 30% 정도의 에너지 사용량을 절감할 수 있는 것으로 나타났다. Song et al.⁽⁸³⁾은 대학교의 피크 전력을 낮추면서 공조에너지를 절감하기 위한 열병합발전 시스템을 제안하고 그 경제성 분석을 수행하였다. 경제성 분석결과, EHP에 비하여 흡수식냉동기가 초기 투자비 및 에너지 비용에서 불리한 것으로 나타났다. Hong and Park⁽¹⁰⁵⁾은 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 생물안전 3등급 시설에서의 실내 공기환경과 공조부하 절감을 위한 방안을 분석하였으며, 공조에너지 사용 절감을 위한 경제적 관점에서의 효율적 시설 운영 방향을 제시하였다.

외기 도입에 따른 부하를 절감하기 위하여 열교환기 관련 연구에서, Lim et al.⁽³⁰⁾은 일반 종이용 스페이서로 제작된 전열교환소자와 가공을 거쳐 라이너로 주로 사용되는 특수 종이용 스페이서로 제작된 전열교환소자를 실험을 통하여 비교 분석하여, 스페이서의 재질변화가 전열교환기의 효율에 미치는 영향을 정량적으로 제시하였다. Chung and Oh⁽³²⁾는 경량벽체에 매립할 수 있는 폐열회수 환기장치를 제작하고 실험을 통하여 성능을 분석하였다. 또한 Kim et al.⁽¹¹³⁾은 에너지를 대량으로 소비하는 공장 및 대규모 건물에서 사용되는 로터형 대용량 폐열회수 열교환기를 개발하기 위하여 열교환기 표면요철이 성능에 미치는 영향을 시뮬레이션을 통하여 분석하였다.

각종 공조기기의 성능평가에 관한 연구에서, Ahn et al.⁽³⁵⁾은 다중 버너 수관식 보일러에 있어 전열모듈에 대한 수치해석을 수행하였고, Kim and Min⁽³⁷⁾은 실험을 통하여 산화스케일이 보일러 튜브의 열전도율과 수명에 미치는 영향을 검토하였다. Nam and Bai⁽⁴³⁾는 열펌프 온수기의 성능 및 가동 시간에 영향을 미칠 수 있는 축열조의 특성을 시뮬레이션을 통하여 분석하였다. Kang et al.⁽⁴⁷⁾은 LNG 플랜트 공정계통의 실패율이 가용도에 미치는 영향을 분석할 수 있는 해석모델을

정립하고, 민감도 분석 및 평가를 통하여 적용 가능성을 분석하였다. Kwon⁽⁸⁹⁾은 원형 덕트용 VAV댐퍼로 활용되는 블레이드형 댐퍼, 벤츄리형 댐퍼 그리고 오리피스-블레이드형 댐퍼의 성능을 시험하고 그 특성을 비교, 평가하였다. Sung⁽¹⁰⁴⁾은 난방공간에 대한 수평도출형 에어커튼이 바람의 영향을 받는 경우 일어나는 성능변화를 수치해석을 통하여 분석하였다. 마지막으로 Kang et al.⁽⁴²⁾은 기계설비의 단열을 위하여 무차원수인 복사분율을 제시하고, 이를 통하여 단열설계에 대하여 정성적, 정량적 열전달 특성을 분석하였다. 또한 분석결과를 바탕으로 단열설계에 있어 복사효과에 대한 충분한 고려가 필요함을 제시하였다.

5.4 환기설비

환기설비 연구에서, Kwon et al.⁽¹⁸⁾은 최근 건설이 활발히 진행되고 있는 고층 공동주택에서 화장실과 주방의 오염물질을 상부로 배출하기 위한 최상부 루프팬의 성능을 향상시킬 수 있는 방법을 연구하였다. 연구에서는 루프팬에 설치된 블레이드의 개수, 형상 및 회전수가 국소배기성능에 미치는 영향을 비교, 분석하였다.

5.5 에너지자원화 설비

에너지자원화 설비 연구에서, Eom et al.⁽⁸⁾은 개방형과 순환형 지온열원을 이용한 대규모 유기랭킨사이클(ORC) 시스템의 사이클 최적화 방법의 차이를 수치해석을 통하여 비교, 분석하였다. 또한, Kwon and Hong⁽⁴⁴⁾은 중, 소형 태양열시스템의 성능향상을 위하여 디퓨저 대신 축열조 상부에 와선형의 열교환 코일을 설치하여 상부를 집중적으로 가열한 후, 측면 나선재킷을 통해 축열조 내의 물에 고르게 열을 전달하는 구조의 축열조를 제작하고, 실증실험을 통하여 성능을 분석하였다. 분석결과 상부 및 측면 가열 방식의 집열효율이 3% 증가하고 성층화가 촉진되는 것을 제시하였다. 마지막으로 Lee et al.⁽¹⁰¹⁾은 안전한 지열정의 시공 및 운용을 위해서 공벽안정화 기술인 케이싱 설계에 영향을 주는 인자들이 케이싱 강도에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 분석을 통하여 또한 케이싱의 고유강도 및 하중을 고려한 안전계수를 설계하고, 이를 통해 보다 쉽고 효율적인 케이싱 설계가 가능한 프로그램을 개발하였다.

5.6 조명설비

조명설비 연구에서 Yoon et al.⁽⁵⁷⁾은 조광제어 시스템이 적용되는 소규모 건물에서 포토센서에 영향을 주는 인자를 분석하고, 조도변화를 효율적으로 제어하기

위한 지표를 도출하였다. Kim et al.⁽⁵⁸⁾은 조명조건의 변화에 따른 시각적인 반응 및 공간만족도를 분석하기 위하여 대학교내 휴게실 공간을 대상으로 현장실험 및 설문조사를 실시하였다. 또한 Rim et al.⁽⁶⁴⁾은 현장실험 및 설문조사를 통하여 실내 디자인 요인으로 중요하게 작용하는 조명환경 변화에 따른 시각적인 감지, 심리적 반응 및 공간 만족도가 공간 사용자의 공간 인지도 변화에 영향을 주는 요인을 분석하였다.

5.7 기타설비

앞서 냉난방, 공조설비, 환기설비, 에너지자원화 설비, 그리고 조명설비 외에 공공도서관, 쓰레기 자동집하시설과 수처리 필터에 관한 연구가 진행되었다. Jeon et al.⁽⁷²⁾은 공공도서관 아동열람실에 있어 열부하에 영향을 미치는 공간과 가구의 특성에 대하여 조사하였고, 설문조사를 통하여 만족도 요인을 분석하였다. Sung et al.⁽⁵⁶⁾은 쓰레기 자동집하시설에서 합류관이 연이어 있는 경우와 곡관과 합류관이 이어서 구성되어 있을 경우에 대하여 수치시뮬레이션을 수행하여 입자의 거동을 분석하고 압력손실을 예측하여 막힘을 예방할 수 있고 압력손실이 최소가 되는 최적설계 자료를 제시하였다. 마지막으로 Jung et al.⁽⁵⁹⁾은 냉각탑과 열교환기의 파울링 방지 및 공조설비 효율과 신뢰성 향상을 위하여 수중에 존재하는 음으로 대전된 바이러스와 같은 미세오염입자를 제거하기 위한 방안으로 필터 표면에 양전하를 부가시키는 방안을 제안하고 실험을 통하여 수중 미세입자의 포집 및 제거 특성을 분석하였다.

6. 건축환경 및 에너지

6.1 개관

정부의 에너지저감 정책들이 부각되면서 건축환경 및 에너지 분야에서는 어느 때 보다 다양한 연구가 이루어졌다. 구체적인 건축물 에너지 저감을 위한 방안이 제시되기를 바라는 사회분위기에 따라 신재생에너지 연구 분야에 비하여, 건물 내 최적의 설비시설 설계 및 운영방안에 대한 연구들이 다수 수행되었다. 또한 실내환경 분야에서는 온열환경, 빛환경, 센서를 활용한 실내공기질 조절 등 실내환경에 대한 다양한 연구 또한 지속적으로 이루어지고 있다. 이외에도 특수분야에 최적화된 공조설비 연구 및 국내실정에 맞는 에너지 시뮬레이션 수행을 위한 기초연구가 진행되었다.

6.2 실내 환경(온열, 빛, 실내공기질)

실내환경 분야의 온열환경 연구에서는 탑상형 아파

트 만족부 저층 부분에서의 일조량과 통풍 성능이 검토되었으며, 계절에 따른 탑상형 구조체의 축열성능이 연구되었다. 또한 실내환경 개선의 노력으로 제안된 아트리움과 아케이드 공간에서의 자연광 유입 정도에 따른 실내 온열환경에 대한 연구가 이루어졌다. 빛환경 연구로서, 시뮬레이션 해석 프로그램을 활용하여 이중 블라인드 광파이프 채광 시스템의 적용 가능성이 평가되었다. 실내공기질 측면에서는 센서기반의 환기 장치를 고안하여 건축물내 환경개선과 에너지 절감에 대한 방안이 고찰되었다.

Chang et al.^(9,25)은 탑상형 아파트 만족부 저층 부분을 대상으로 비위생적인 환경을 개선하기 위해 일조량과 통풍 성능에 대해 검토하였으며, 겨울철 난방시의 탑상형 아파트 구조체의 축·방열 특성에 대한 현장측정 결과에 대해 연구하였다.

Choi et al.⁽⁹⁷⁾은 고성능 단열 성능을 가진 창이 설치된 아트리움과 아케이드 공간의 건물 형태별 자연광 유입 정도에 따른 실내 온열환경에 대한 연구를 진행하였다.

Kang et al.⁽⁶⁶⁾은 기존 채광 조명의 현안인 태양빛의 고유 특성을 보존하고, 실제 건물 적용에 가능한 채광 조명기술 도입을 목표로 광학 해석 프로그램인 Trace Pro를 이용하여 이중 블라인드 형식의 집광장치와 덕트형식의 광 전송장치, 그리고 전송된 빛을 실내로 뿌려주는 산광장치로 구성된 이중 블라인드 광파이프 채광 시스템을 설계하여 적용 가능성을 평가하였다.

Hong et al.⁽²³⁾은 센서 기반의 DCV(Demand controlled ventilation)를 환기장치에 적용하여 환경개선과 에너지 부담을 경감할 수 있는 방안을 찾고자 하였으며, 그 방법으로 주택에 다양하게 적용되고 있는 IR 센서를 이용한 전략에 대하여 시뮬레이션을 통해 적용성을 평가하였다.

Song et al.⁽³⁶⁾은 전시공간에 적용된 인터랙티브 미디어를 활용하여 조성된 인터랙션 디자인 체험조건에 따른 관람자의 공간 만족도 및 인지도의 변화를 분석하였다. 이를 위하여 서울시에 위치한 전시공간의 범주에 속하는 홍보관에서 현장 실험 및 설문조사가 실시되었다.

Choi et al.⁽⁴⁸⁾은 사용자 지향적인 실내디자인 전략수립을 위한 기초자료를 구축하기 위하여, 실내공간에 적용된 실내디자인 요소의 변화에 따른 공간 만족도 및 선호도 변화에 대한 분석이 실시되었다. 이를 위하여 상품매장의 한 분야에 속하는 대학가에 위치한 커피전문점을 대상으로 현장 조사 및 설문조사가 실시되었다.

6.3 건물에너지

건물에너지 분야에서는 상업 및 교육시설 등 다양한

건물을 대상으로 해당 건물에서 소비되는 에너지의 실측 및 시뮬레이션을 통하여 최적의 시설 설비 및 사용방법, 적용방안을 분석하였다. 또한 건물 내 최적 기계설비의 설계 및 운영을 넘어서, 건축물에서 패시브적인 개념으로 에너지 소비를 줄이기 위한 방안이 제시되었다.

Jeong et al.⁽⁸⁴⁾은 기존 에너지 개수 방법을 고찰하여 건물 전반적인 에너지 성능을 향상시킬 수 있도록 프로세스를 재정립하고, 건물에너지 성능에 영향을 미치는 모든 요소를 검토하며, 사업화 측면에서 경제성과 건물주의 요구에 부합되는 최적 개수안의 작성 방안에 대하여 연구하였다.

Lim et al.⁽²⁹⁾은 구체 축열시스템의 방열 특성을 평가하기 위해 유한차분법에 의한 동적 전열해석 프로그램을 활용하여 기존 사례 건물의 구체 축열시스템을 대상으로 운전조건에 따라 방열량을 산출하여 제어 및 운영의 기초자료를 제시하였다.

Choi et al.⁽⁷⁸⁾은 경기도 수원시 내에 위치한 사무소 공간을 대상으로 Energy Plus 소프트웨어를 이용하여 현재 적용되어 있는 시스템 에어컨 방식인 Electric heat pump and Energy recovery ventilator과 수냉식 중앙공조 방식을 동일한 공간에 적용하여, 에너지 소비량과 연간 운전비용을 비교함으로써 대상 건물에 에너지 성능 평가를 실시하였다.

Lee^(94,98)은 기존의 복잡한 시스템과는 차별화된 표준화를 통하여, 냉난방장치의 운전자가 현장에서 손쉽게 사용할 수 있도록 기상청에서 예보하는 환경조건과 냉방부하의 상관관계를 정립하였다. 더불어 에너지 다소비형의 건물의 여름철 냉방부하에 따른 축냉 시스템의 운전효율 및 운전비용에 대한 연구를 수행하여 축냉 시스템의 경제적인 운전제어를 위한 데이터를 도출하였다.

Park et al.^(10, 27)은 대학 건물에 설치되어 운용 중에 있는 냉난방 시스템의 조닝을 검토하여 적용된 조닝의 적합성과 경제적 효과를 분석하였다. 또한 새롭게 리모델링한 서울시 소재 대학교 도서관을 연구 대상으로 선정하여 냉난방 시설현황을 조사하였다. 적용 가능한 냉난방설비 간의 경제성 비교 분석을 통하여 최적의 냉난방 시스템 방안을 제시하였다. 건축물의 리모델링을 고려함에 있어 공간 활용 특성에 따라 냉난방 시스템을 선택함으로써 초기 투자비를 줄이고 냉난방으로 소모되는 건물 에너지를 절감할 수 있는 방안을 모색하였다.

Im et al.⁽¹⁵⁾은 전면형 이중외피를 대상으로 각 계절별 내부 열환경을 예측할 수 있는 데이터를 제시하는 것이다. 측정기간 동안의 데이터를 바탕으로 대표일을 선정한 후, 내부 열환경 요소인 이중외피의 부위별 온도 및 입·출구 개구부의 기류속도를 측정하여 분석을

실시하였다.

Choi and Cho.⁽⁵⁵⁾는 일반적으로 사용되는 알루미늄과 하이세시 재질에 따른 기밀정도를 파악하고, 중소규모 건축물을 대상으로 동일한 조건에서 창틀 재질에 따른 침기 현상으로 인하여 발생하는 냉방과 난방부하의 예측 및 이를 상쇄시키기 위한 방안으로 단열재 두께 조절을 통하여 이에 대한 관계를 파악하고자하는데 목적을 두고 있다.

Sung et al.⁽⁸²⁾은 무덕트 방식의 배열회수 환기시스템 통합창호에 대한 열성능 평가를 하였다. 또한, 건물에너지해석 시뮬레이션 프로그램인 TRNSYS를 통하여 주거형 건물을 대상으로 배열회수 환기시스템 통합창호의 연간 냉난방 부하 절감량을 분석하였다. 최종적으로, 배열회수 환기시스템 통합 창호의 에너지절감효과를 에너지절감 비용으로 환산하여 경제성 평가를 실시하였다.

Lee et al.^(86, 90)은 일본에서 개발된 다공 알루미늄 시트에 의한 다층 공기층 구조로 구성된 BW 개념을 바탕으로 국내 공동주택에 적용 가능한 패시브 환기외피를 개발하는 것을 최종목표로 연구 하였다. 6종류의 PVS를 대상으로 통기성능과 단열성능을 검토하기 위해 시뮬레이션을 실시하였다. 개발된 열·공기 동시이동 예측모델을 활용하여 한국의 기상조건을 고려하여 환기설계 된 유효개구면적이 상이한 여섯 타입의 PVS 코어부의 통기성능과 단열성능을 예측 평가하였다. 또한, 겨울철 난방조건에서 부재를 통하여 공기의 유출입이 있을 때 부재 내부 온도분포의 변화 및 열회수량 변화를 검토하였다.

6.4 신재생에너지

신재생에너지 분야에서는 태양광 발전 시스템의 설치 및 자연환경변수 등을 고려하여 그 성능을 시뮬레이션 또는 실측을 통하여 검토하였다. 또한 태양열과 지열이 통합된 하이브리드 히트펌프 시스템의 성능 및 적용가능성을 평가하였다.

Park and Seo⁽⁶⁰⁾는 TRNSYS 시뮬레이션을 이용하여 지역별 고정형 PV 모듈과 각도 조절이 가능한 가변형 PV 모듈의 변수별 일평균 일사량을 분석하고, 이에 따라 각 PV 모듈 설치에 대한 최적안을 제시하였다.

Park and Kim⁽⁷⁶⁾은 기후 요소가 태양광 발전과 시스템에 미치는 영향정도를 분석하는 연구를 진행 하였다. 태양광 발전은 외기에 노출되어 태양의 일사를 획득하여 발전하는 것으로 일기의 변화에 따라 발전량에도 차이가 있을 수 있다. 이에 따라 동절기 기후 변화에 따른 BIPV의 발전량 변화 정도를 조사 및 분석하여 기후 요소와의 상관관계를 확인하였다.

Nam⁽⁶⁵⁾은 공기열원 및 태양열, 지열을 동시에 이용

하는 히트펌프 시스템을 위해 시스템성능 해석모델을 구축하고 케이스 스터디를 통해 최적설계 및 운전수법을 검토하였다. 에너지 시뮬레이션 툴을 이용한 해석모델의 구축 및 태양열과 지열을 이용하여 건물의 냉난방을 담당하는 히트펌프 시스템의 성능을 연구하였다.

6.5 기타

앞서 본 논문에서 살펴본 실내환경, 건물에너지, 신재생에너지 분야 이외에 특수분야에서 사용되는 공조 시스템을 연구하거나 국내 실정에 맞는 에너지시뮬레이션을 수행하기 위한 베이스 프로그래밍 연구들이 진행되었다.

Cho and Shin⁽²⁸⁾은 데이터센터의 합리적인 공조시스템 계획을 위한 IT 장비의 발열량을 현실적으로 예측하고 제시하였다. 기본적으로 ASHRAE의 최대발열량을 기준으로 서버의 종류와 비율에 따른 조합을 조사하고 이를 기반으로 현실적인 발열밀도를 도출하고 제시하였다.

Park et al.⁽⁷³⁾은 실험동물 사육실의 급기구 및 배기구, 실내의 케이지랙 등의 배치에 따른 기류 및 온도분포의 유동특성 해석 및 급기구 및 배기구, 케이지 등의 배치계획, 급기온도 및 급기풍속의 인자들에 대한 최적설계방안을 제안하기 위해 CFD를 이용하여 연구를 수행하였다.

Chung et al.⁽⁶¹⁾은 국내에서는 건축자재를 이용한 오존제거 및 2차 오염물 생성에 대한 연구가 미비한 실정을 지적하고, 건축자재로 인한 오존제거와 각종 유해물질 생성에 관한 국외연구를 고찰하였다.

Seo⁽¹¹⁰⁾은 각종 건축자재의 함수율을 측정하여 건축자재가 함유하는 수분량이 건축자재에서 발생하는 곰팡이의 성장속도에 미치는 영향을 검토하였다.

Ki et al.⁽⁴¹⁾은 TRNSYS 시뮬레이션 툴을 기본으로 하여 멀티시스템 에어컨의 특성을 모사할 수 있는 시뮬레이션 모듈구성 방법론을 작성하였다. 멀티 시스템 에어컨 특성의 구현은 TESS 컴포넌트 모델을 사용하여 구현하였는데, TRNSYS와 TESS 프로그램을 사용하여 시스템 에어컨의 에너지 성능을 모사하기 위해 요구되는 시스템 컴포넌트/제어모듈 등을 작성하고, 실험실 조건에 실측한 결과와 시뮬레이션 결과와의 비교를 통해 시스템 에어컨 모듈의 타당성을 검증하였다.

Jang et al.⁽⁹²⁾은 모델링 방법에 따른 특징을 비교하기 위해 바닥공조 시스템을 해석할 수 있는 다양한 모델링 방법을 분석·고찰하여 모델링 방법을 선정하고, 다양한 실내 부하 조건에서 각 모델링 방법에 따른 실내 온열 환경과 에너지 성능을 비교해 보다 합리적인 바닥공조 시스템의 모델링 방법을 제시하였다.

7. 결 론

2012년 설비공학 논문집에 발표된 논문을 열유체, 열전달, 냉동, 건축설비, 건축환경 등 5개 분야로 분류하여 분석하였으며, 분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 열유체 분야에서는 주로 냉난방 관련되어 배관, 밸브, 유체기계 등의 부품과 관련된 연구와 연료전지, 발전소, 지열 냉난방과 관련된 시스템에 대한 연구가 주로 수행되었다. 특히 연료전지, 해양온도차 발전, 지열 열펌프 시스템과 같은 신재생에너지와 관련된 연구가 많이 수행되었다.

(2) 열전달 일반분야에서는 두 개의 뜨거운 원형 실린더가 존재하는 차가운 사각 밀폐계 내부의 자연대류, 핀관형 열교환기의 조립시에 전열관과 핀구멍을 고정시키기 위해서 실시하는 확관 가공에 대하여 전열관과 핀과의 밀착성, 유선형 관의 직경비 변화에 따른 유체 유동 및 열전달, 원형핀으로 구성된 환형배플이 설치된 헬-튜브 열교환기 특성, LED 조명장치 냉각, P92강의 제작 건전성, 복수 트리핑 와이어가 설치된 평판에서의 평균열전달계수에 대한 연구가 진행되었다. 비등 및 응축열전달 분야에서는 히트펌프용 마이크로 채널 응축기에 대한 최적설계 방법, 분배기와 모세관을 고려한 히트펌프용 증발기에 대한 성능 모사, Thermoexcel-E 축진 표면을 사용한 임계 열유속의 증가, 핀-관 응축기의 성능예측 모델에 대한 연구가 수행되었다. 산업용 열교환기 분야에서는 액체 제습제인 LiCl 수용액의 열 및 물질전달 특성, 핀관형 열교환기에서 전열관과 핀의 접촉부가 열교환기의 성능에 미치는 영향도, 지중열전달 과도해석 모델(ETAB)을 개발, 이중창호의 열차단 성능, 스틸링 엔진 재생기의 매트릭스 구조에 따른 성능, 관형 열교환기에서 질량 유량비에 따른 성능 특성에 대한 연구가 진행되었다.

(3) 냉동사이클 분야에서는 수냉각기, 순간냉각식 정수기 및 공기 냉동사이클 성능에 대한 연구가 진행되었으며, 열펌프의 성능 향상과 지열원 열펌프 시스템 및 하이브리드 냉동 시스템에 관한 연구가 수행되었다. 냉매 분야에서는 이산화탄소, R32/R152a 혼합냉매, R1234yf를 적용한 시스템의 성능 분석 및 최적화에 관한 연구와 냉매 증기압 상관식 성능 평가에 관한 연구가 수행되었다. 요소기기 및 기타 냉동기 분야에서는 스윙압축기, 냉장고용 스크롤 압축기, DC 압축기 적용 휴대용 냉동압축기에 관한 연구가 진행되었다. 또한, 마이크로 채널 증발기의 서리성장예 관한 해석적 연구와 열전냉동기용 열전요소 최적화에 관한 연구가 수행되었다.

(4) 건축기계설비 분야에서는 건축물에서의 효과적인 열소비 및 열효율의 극대화를 위한 냉난방, HVAC

시스템, 신재생에너지, 그리고 조명 시스템 등의 주제에 관한 다양한 연구가 이루어졌다. 수치해석적인 방법과 실험을 통해 새로운 설계와 성능시험 방법들이 제시되어 건물의 에너지 효율 향상에 기여할 수 있을 것이다.

(5) 건축환경 및 에너지 분야에서는 어느 때보다 정부 및 건축전문가들이 현실적인 에너지 저감 방안에 정책에 맞추어 저에너지 건축과 관련된 많은 연구가 진행되었다. 실내 환경 분야에서는 온열환경, 빛환경 및 실내 공기질의 연구가 이루어졌다. 탑상형 아파트의 일조량 및 축열 성능, 아트리움과 아케이드 공간에서의 자연광 유입 정도에 따른 실내 온열환경, 이중 블라인드 광과이프 채광 시스템을 활용한 빛환경 연구, 센서기반 환기장치를 이용한 건축물 내 환경개선 연구가 이루어졌다. 건물에너지 분야에서는 다양한 건물을 대상으로 해당 건물에서 소비되는 에너지의 실측 및 시뮬레이션 연구가 이루어졌고, 건축물에서 패시브 개념으로 에너지 소비를 줄이기 위한 방안이 제시되었다. 신재생에너지 분야에서는 태양광 발전 시스템과 태양열과 지열이 통합된 히트펌프 시스템 성능을 에너지시뮬레이션 또는 실측을 통하여 검토하였다. 실내환경, 건물에너지, 신재생에너지 분야 이외에 특수분야에서 사용되는 공조시스템을 연구하거나 국내 실정에 맞는 에너지 시뮬레이션을 수행하기 위한 베이스 프로그래밍 연구들이 진행되었다.

참고문헌

1. Jeong, S.-K., Lee, D.-B., and Yoon, J.-I., 2012, Comparison of system performances of hot-gas bypass and compressor variable speed control of water coolers for machine tools, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 1, pp. 1-8.
2. Kim, D.-S., 2012, Development of a simple analytical model for desiccant wheels-II. effectiveness correlations, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 1, pp. 9-15.
3. Jeon, D.-S., Lee, H. S., Kim, S.-C., and Kim, Y.-L., 2012, Heat and mass transfer characteristics of LiCl aqueous solution for a plate heat exchanger type dehumidifier, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 1, pp. 16-22.
4. Ju, J.-W., Lee, K.-D., Heo, M.-W., Kim, K.-Y., Park, J.-K., Yun, J.-H., and Kim, H.-B., 2012, Aerodynamic analysis of automotive hvac duct for enhancement of cooling/heating performance, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering,

- Vol. 24, No. 1, pp. 23-28.
5. Kang, B. H., Lee, J. J., and Kim, S., 2012, An experimental study on the dehumidification characteristics and the effectiveness for operating conditions of a desiccant rotor, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 1, pp. 29-36.
 6. Lee, J.-G., Byun, J.-K., Choi, Y.-D., Choi, Y., and Hong, K.-C., 2012, Computational study of energy loss in a pipe of refuse collecting system, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 1, pp. 37-44.
 7. Lee, S. and Park, B.-D., 2012, Effect of expansion ratio on contact heat transfer coefficient in fin-tube heat exchanger, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 1, pp. 45-50.
 8. Eom, H. S., Yoon, C. S., Kim, Y. M., Shin, D. G., and Kim, C. G., 2012, Optimization study on the performance analysis of organic Rankine cycle for characteristics of low temperature heat sources, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 1, pp. 51-60.
 9. Chang, H.-J. and Kim, H.-J., 2012, The improvement of the exterior air flow environment in the inner curved area of tower type apartment, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 1, pp. 61-69.
 10. Park, K.-H. and Kim, S. M., 2012, The economic effects and operating characteristics of the outdoor unit in accordance with zoning plan of gas engine driven heat pump installed in the university building, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 1, pp. 70-76.
 11. Moon, S. H., Noh, K. Y., Sa, B. D., Yang, J. S., Choi, G. H., and Kim, D. J., 2012, Numerical performance analysis of the swing compressor, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 1, pp. 77-84.
 12. Cho, D.-J., Kim, K.-B., and Park, M.-K., 2012, A study on the application and economical efficiency of electric driven cargo pumping system, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 1, pp. 85-90.
 13. Han, H. S., Kim, Y. H., Cho, C., Kim, S. Y., and Hyun, J. M., 2012, Development of a 200 W portable PEM fuel cell system, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 2, pp. 91-101.
 14. Lee, J., Park, H., Kim, W., and Kim, Y., 2012, Performance optimization of a hybrid ground source heat pump according to secondary flow distribution ratio between the ground and the supplemental loop, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 2, pp. 102-110.
 15. Im, H.-J., Cho, S., Sung, U.-J., Lim, S.-H., and Haan, C.-H., 2012, Analysis for seasonal operation performance of multistory facade, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 2, pp. 111-120.
 16. Hwang, W.-B., Kim, Y.-C., and Lee, D.-Y., 2012, A study on the performance evaluation of a hybrid desiccant cooling system, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 2, pp. 121-128.
 17. Park, K. K., 2012, Performance assessment of refrigerant vapor-pressure equations with two adjustable parameters, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 2, pp. 129-135.
 18. Kwon, Y.-I., Jeong, Y. W., and Ahn, J. H., 2012, Study on the performance improvement of roof fan used for local exhaust system installed in apartment, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 2, pp. 136-141.
 19. Won, H. J. and Su, P. Y., 2012, Evaluation of corrosion characteristics of pipeline material(SUS316) for the geothermal power plant, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 2, pp. 142-146.
 20. Kang, B. and Cho, H. H., 2012, Performance variation with length of internal heat exchanger in CO₂ cooling cycle using an ejector, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 2, pp. 147-154.
 21. Sohn, B. and Choi, J. M., 2012, Performance prediction of geothermal heat pump(GHP) system with energy piles using simulation approach, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 2, pp. 155-163.
 22. Kim, Y. C., Kim, W. Y., and Kim, H. J., 2012, A study on the applicability of a scroll type compressor to small capacity refrigerators, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 2, pp. 164-173.
 23. Hong, S.-M. and Yoon, D.-W., 2012, An evaluation

- on IR sensor based demand controlled ventilation strategies for multi-zone in the apartment house, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 2, pp. 174-182.
24. Kim, Y.-K. and Lee, T.-W., 2012, A study on the heating characteristics of radiant floor panel using heat pipes with the double wick, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 2, pp. 183-189.
 25. Chang, H.-J. and Cho, K.-J., 2012, A field measurement study on heat storage/emission characteristics of tower type apartment structures in winter season, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 2, pp. 190-195.
 26. Choi, J. M., 2012, Heating and cooling performance of a ground coupled heat pump system with energy-slab, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 2, pp. 196-204.
 27. Park, K.-H., Cha, J., Kim, S., and Park, K.-W., 2012, Energy efficiency evaluation of heating and cooling systems as space program in renovated library, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 3, pp. 205-211.
 28. Cho, J.-K. and Shin, S.-H., 2012, Power and heat load of IT equipment projections for new data centers HVAC system design, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 3, pp. 212-217.
 29. Lim, J.-H., Song, J.-H., Koo, B.-K., Song, S.-Y., and Senog, Y.-B., 2012, Characteristic of thermal output of thermally activated building system during the heating operation according to FDM analysis, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 3, pp. 218-223.
 30. Lim, T.-K., Jeon, B.-H., Kim, J.-W., Jung, S.-H., Lee, S.-K., and Ahn, Y.-C., 2012, A study on the performance of a heat recovery ventilator according to the properties of spacers, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 3, pp. 224-229.
 31. Sohn, B., 2012, Performance analysis of ground-coupled heat pump system with slinky-type horizontal ground heat exchanger, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 3, pp. 230-239.
 32. Chung, M.-H. and Oh, B.-K., 2012, An experimental study on performance of paper heat exchangers for exhaust heat recovery ventilation system, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 3, pp. 240-246.
 33. Park, S. H., Park, Y. G., Ha, M. Y., Yoon, H. S., and Son, S. M., 2012, A numerical study of natural convection in a square enclosure with two hot circular cylinders, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 3, pp. 247-255.
 34. Seo, S.-W., Ye, H.-Y., and Lee, K.-S., 2012, Design of a micro-channel heat exchanger for heat pump using approximate optimization method, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 3, pp. 256-264.
 35. Ahn, J., Kim, J. J., and Kang, S. B., 2012, Heat transfer characteristics of heat exchange module for a water tube type modular boiler, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 3, pp. 265-270.
 36. Song, Y., Lee, J.-H., and Kim, S., 2012, Analyses on satisfaction and perception for space according to experiencing interactive media in exhibition halls, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 3, pp. 271-280.
 37. Kim, B. S. and Min, T. K., 2012, A study on the oxide scale of the long term serviced 12%Cr boiler tube steel, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 3, pp. 281-288.
 38. Oh, M. S. and Choi, J. M., 2012, Study on the performance of an ATES geothermal heat pump system and economic analysis, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 4, pp. 289-296.
 39. Kim, K.-C., Kim, H.-T., Song, G.-S., Yoo, K.-H., Son, S.-W., Shin, D.-K., and Park, D.-J., 2012, An experimental study on energy consumption of air washer outdoor air conditioning systems for semiconductor manufacturing clean rooms, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 4, pp. 297-305.
 40. Kim, W., Park, H., and Kim, Y., 2012, Development of an electric circuit transient analogy model in a vertical closed loop ground heat exchanger, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 4, pp. 306-314.
 41. Ki, H.-S., Hong, I.-P., Park, J.-W., Kang, K.-N., and Song, D., 2012, Development of the TRNSYS simulation modules for system air-conditioner and its' verification, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 4, pp. 315-

- 322.
42. Kang, B. H., Pi, C. H., and Kim, S., 2012, Analysis on surface temperature control of an insulated vertical wall under thermal radiation environment, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 4, pp. 323-329.
 43. Nam, H.-K. and Bai, C.-H., 2012, A study on control method of thermal storage tank for varying thermal load in heat pump water heater, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 4, pp. 330-335.
 44. Kwon, J.-W. and Hong, H., 2012, Enhancement of stratification for solar water storage tank with spiral jacket and coil(part 1 : verification experiment), *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 4, pp. 336-342.
 45. Kim, Y.-K. and Lee, T.-W., 2012, An analysis of the energy saving effect through the retrofit and the optimal operation for HVAC systems, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 4, pp. 343-350.
 46. So, J. H. and Kim, W. T., 2012, Performance analysis of summertime heat transfer characteristics of the double skin window for plant factory, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 4, pp. 351-357.
 47. Kang, K.-W., Yoon, M.-O., Lee, H.-C., and Hwang, I.-J., 2012, A study on the availability with failure rate of process for LNG plant, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 4, pp. 358-363.
 48. Choi, Y., Lee, J.-H., and Kim, S., 2012, Influence of interior design elements on spatial satisfaction and preference for coffeeshop space, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 4, pp. 364-376.
 49. Ko, S. B., Heo, J., Cho, I. Y., and Kim, Y., 2012, Heating performance characteristics of a heat pump with a variable speed injection scroll compressor, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 5, pp. 377-384.
 50. Jang, J. Y., Kim, Y. J., and Nam, Y. W., 2012, Development of a compact refrigeration compressor and the study of basic performance for portable refrigerator, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 5, pp. 385-390.
 51. Kang, D.-G., Kim, W.-J., Lee, Y., and Jung, D., 2012, Performance of HFC32/HFC152a mixture for water-source heat pumps, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 5, pp. 391-400.
 52. Lee, K.-J. and Kim, D.-S., 2012, Mass transfer characteristics of the carbon dioxide-water slug flow in vertical small-bore tubes, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 5, pp. 401-408.
 53. Jeong, E. S., 2012, Optimization of thermoelectric elements for thermoelectric coolers, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 5, pp. 409-414.
 54. Shin, M. C., Ahn, J., and Kang, B. H., 2012, Performance characteristics of a regenerative heat exchanger depending on its porous structure, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 5, pp. 415-421.
 55. Choi, J.-M., and Cho, S.-W., 2012, A study on relationship insulation thickness and infiltration load by window, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 5, pp. 422-427.
 56. Sung, S.-K., Park, J.-G., and Suh, S.-H., 2012, A study on the optimal design of confluent pipe for waste collection piping system, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 5, pp. 428-432.
 57. Yoon, Y., Baik, Y.-K., and Kim, S., 2012, Analyses on daylight variations for optimum controls of daylight dimming systems in a small office, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 5, pp. 433-442.
 58. Kim, J.-S., Lee, J.-H., and Kim, S., 2012, Variation of spatial cognition according to visual perception and psychological responses for lighting environments in rest space, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 5, pp. 443-453.
 59. Jung, S.-H., Kim, J.-W., Kim, S.-H., Jeon, B.-H., Lee, S.-G., Lee, J.-K., and Ahn, Y.-C., 2012, A study on the positively charged filter for removing fine particles in water, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 5, pp. 454-460.
 60. Park, S. and Seo, J., 2012, A study on the photovoltaic module layout considering the azimuth and inclination in region, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 6, pp. 461-466.
 61. Chung, O. Y., Jeong, S.-G., Kim, J., and Kim, S.,

- 2012, Consideration of ozone removal and control in built environment by building materials, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 6, pp. 467-475.
62. Park, Y.-G., Ye, H.-Y., and Lee, K.-S., 2012, Numerical simulation of a heat pump evaporator considering the pressure drop in the distributor and capillary tubes, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 6, pp. 476-486.
 63. Choi, J. M. and Sohn, B., 2012, Performance analysis of energy-slab ground-coupled heat exchanger, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 6, pp. 487-496.
 64. Rim, M., Lee, J.-H., and Kim, S., 2012, Cognitive effects on lighting environment for improvement of spatial satisfaction and psychological comfort, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 6, pp. 497-508.
 65. Nam, Y., 2012, Study on the optimum design of a heat pump system using solar and ground heat, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 6, pp. 509-514.
 66. Kang, E.-C., Lee, E.-J., and Yoo, S.-Y., 2012, Tracepro simulation design and evaluation for the double blind light pipe daylighting system, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 6, pp. 515-520.
 67. Han, H., Lee, D.-Y., Kim, S. Y., Choi, J. M., Paik, Y.-K., and Kim, S., 2012, Recent progress in air-conditioning and refrigeration research : A review of papers published in the korean journal of air-conditioning and refrigeration engineering in 2011, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 6, pp. 521-537.
 68. Kim, S.-K., Yang, H.-J., Lee, K.-H., and Choi, K.-H., 2012, Verification model of the feedwater flow for the calculation of corrective performance of turbine cycle, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 6, pp. 538-544.
 69. Jeon, Y., Park, H., Lee, J., and Kim, Y., 2012, Analytical study on the performance characteristics of an instant cooling type water purifier with the design parameters of the cooling tank, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 7, pp. 545-552.
 70. Lee, S. and Park, B.-D., 2012, Heat transfer characteristics of the non-uniform grooved tube considering tube expansion, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 7, pp. 553-559.
 71. Park, H. C., Choi, H. S., and Kim, S. J., 2012, Numerical study for heat transfer characteristics varying cross-sectional shape of a tube, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 7, pp. 560-566.
 72. Jeon, S., Lee, J.-H., and Kim, S., 2012, Analyses on spatial compositions and furniture characteristics of children's reading rooms in public libraries, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 7, pp. 567-577.
 73. Park, D., Chung, K., Kim, Y., and Kim, S., 2012, A study on the variation of airflow velocity and temperature upon the design of bio clean room(BCR) for laboratory animal facilities by numerical simulation, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 7, pp. 578-584.
 74. Park, C., Cha, D. A., and Kwon, O. K., 2012, Performance evaluation of a two-stage compression heat pump system for district heating, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 7, pp. 585-590.
 75. Kang, Y.-Y., Park, S.-S., and Kim, N.-J., 2012, A study on regenerative OTEC system using the condenser effluent of Uljin nuclear power plant, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 7, pp. 591-598.
 76. Park, K.-H. and Kim, S., 2012, Comparative analysis of the change tendency between climatic elements and electricity generation of building integrated photo voltaic in winter, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 8, pp. 599-604.
 77. Cha, D. A., Kwon, O. K., and Park, C. S., 2012, A study on cooling characteristics of ground source heat pump with variation of water switching and refrigerant switching methods, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 8, pp. 605-611.
 78. Choi, J. D., Choi, D. S., and Yun, G. Y., 2012, A simulation appraisal of energy performance in office building by different types of air-conditioning, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 8, pp. 612-620.
 79. Hong, J.-A., Jun, Y.-D., and Lee, K., 2012, A nu-

- merical study on the heat transfer performance of single-tube annular baffle system, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 8, pp. 621-626.
80. Moon, J. W., Kim, S., and Kim, S., 2012, Application of artificial neural network for optimum controls of windows and heating systems of double-skinned buildings, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 8, pp. 627-635.
81. Oh, J., An, S. K., and Cho, H., 2012, Theoretical study on the heat transfer performance in the various type plate heat exchanger, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 8, pp. 636-645.
82. Sung, U.-J., Cho, S., and Song, K.-D., 2012, An analysis on thermal performance and economic of heat recovery ventilation system integrated with window, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 8, pp. 646-656.
83. Song, J.-D., Ku, B.-C., Kang, Y.-H., Park, J.-K., Lee, J.-K., and Ahn, Y.-C., 2012, Economic investigation of small scale cogeneration system in a school dormitory of busan region, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 9, pp. 657-662.
84. Jeong, H.-G., Park, J.-W., Lee, Y.-J., and Song, D., 2012, Proposal of the energy retrofit in a small sized office building and its application, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 9, pp. 663-670.
85. Won, S. P., 2012, Performance analysis of an air-cycle refrigeration system, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 9, pp. 671-678.
86. Lee, T.-C., Son, Y.-N., and Yoon, S.-H., 2012, A study on ventilation and heat transfer coefficient of passive ventilation skin, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 9, pp. 679-684.
87. Lee, Y., Kang, D.-G., Jang, C. H., and Jung, D., 2012, Pool boiling heat transfer coefficients up to critical heat flux on thermoexcel-E enhanced surface, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 9, pp. 685-692.
88. Park, C.-W., Lee, S., and Kim, D., 2012, Analysis of cooling characteristics of broadcasting LED light with wind generator, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 9, pp. 693-698.
89. Kwon, Y., 2012, Comparison of the performance of the VAV dampers for the circular duct, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 9, pp. 699-704.
90. Lee, T.-C., Son, Y.-N., and Yoon, S.-H., 2012, A numerical study on sectional temperature distribution and heat recovery amount of passive ventilation skin, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 10, pp. 705-710.
91. Lee, Y. L., Park, S. J., and Hwang, I. S., 2012, A study on performance improvement of a heat pump dryer with an extra evaporator outside, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 10, pp. 711-717.
92. Jang, H.-I., Yoon, S.-H., Lee, H.-S., and Suh, S.-J., 2012, Comparison on the energy performance of underfloor air distribution system according to modeling method using energyplus, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 10, pp. 718-723.
93. Shin, E. and Cho, H., 2012, Analysis study of performance of CO₂ microchannel evaporator according to frost growth, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 10, pp. 724-732.
94. Lee, J.-M., 2012, The study of economical efficiency for the ice storage system of more energy consumption building, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 10, pp. 733-738.
95. Jang, C.-M. and Lee, J.-S., 2012, Characteristics of design parameters on the regenerative blower used for building fuel cell system, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 10, pp. 739-744.
96. Jung, H., Shin, Y., Park, C., Jeong, H., and Chung, H., 2012, A case study on the plumbing pipe burst of floor radiant heating, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 10, pp. 745-750.
97. Choi, B., Jeon, H. S., Yoon, S., Kim, S., Lee, S.-J., and Kim, S., 2012, Effects of daylight and solar radiation on indoor thermal environment according to space structures in multi-complex cultural center, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 11, pp. 751-758.

98. Lee, J.-M., 2012, A study on correlation of outdoor environmental condition about cooling load, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 11, pp. 759-766.
99. Jung, J., Baek, C., Heo, J., and Kim, Y., 2012, Analytical study on the heating performance improvement of a CO₂ heat pump using vapor injection, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 11, pp. 767-776.
100. Kim, B. S., Son, T. H., and Min, T. K., 2012, A study on the mechanical property and microstructure of SA213 P92 boiler pipe steel, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 11, pp. 777-783.
101. Lee, E.-J., Jeon, Y. S., Kim, Y., and Jeon, J., 2012, An analytical study on casing design for stabilization of geothermal well, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 11, pp. 784-791.
102. Park, K. K., 2012, Basic study on the definition of the second law efficiencies of thermodynamic cycles, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 11, pp. 792-798.
103. Kim, D. H., Kim, D. H., and Ryu, G. J., 2012, Thermal structural analysis of steam trap bimetal valve, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 11, pp. 799-805.
104. Sung, S.-K., 2012, Isolation performance of the single-sided air curtain in air-conditioned space, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 11, pp. 806-812.
105. Hong, J. K. and Park, H. J., 2012, An analytical study on the prediction of indoor air quality and the reduction of air conditioning load in bio safety level 3 laboratory, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 11, pp. 813-822.
106. Cho, H., Lee, H., and Park, C., 2012, Performance characteristics of a drop-in system for a mobile air conditioner using refrigerant R1234yf, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 12, pp. 823-829.
107. Song, J.-Y. and Ahn, B.-C., 2012, A study on GRNN control strategies for floor radiant heating system in residential apartments, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 12, pp. 830-836.
108. Yoo, S.-Y., Cho, W.-S., and Ahn, J.-K., 2012, A study on heat transfer enhancement from flat plate using multiple tripping wires, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 12, pp. 837-845.
109. Kim, D.-G. and Kim, S.-H., 2012, The study of human response for floor surface temperature and resident's posture change, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 12, pp. 846-851.
110. Seo, J., 2012, Influence of moisture on mold growth in building materials, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 12, pp. 852-857.
111. Cho, D. Y., Hahm, H. C., and Park, C. Y., 2012, Numerical study on the performance of a fin-and-tube condenser with non-uniform air distribution and different tube types, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 12, pp. 858-866.
112. Choi, J., Hur, N., Kim, D., and Kim, H.-S., 2012, A numerical study on the improvement of the performance of a vehicle paint drying process, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 12, pp. 867-874.
113. Kim, D.-G., Ha, B.-Y., Kim, K.-O., Kum, J.-S., and Jeong, S.-K., 2012, Research on performance of large rotor-type heat recovery exchanger using CFD analysis on surface corrugation, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 12, pp. 875-880.