

설비공학 분야의 최근 연구 동향 : 2014년 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 2014

이대영(Dae-Young Lee)^{1*}, 김사량(Sa Ryang Kim)², 김현정(Hyun-Jung Kim)³,
김동선(Dong-Seon Kim)⁴, 박준석(Jun-Seok Park)⁵, 임병찬(Pyeong Chan Ihm)⁶

¹한국과학기술연구원, ²강릉원주대학교 기계자동차공학부, ³아주대학교 기계공학과,

⁴한국교통대학교 기계공학과, ⁵한양대학교 건축공학과, ⁶동아대학교 건축공학과

¹*Korea Institute of Science and Technology, Seoul, 136-791, Korea*

²*School of Mechanical and Automotive Engineering, Gangneung-Wonju National University, Wonju, 210-711, Korea*

³*Department of Mechanical Engineering, Ajou University, Suwon, 443-749, Korea*

⁴*Department of Mechanical Engineering, Korea National University of Transportation, Chungju, 380-702, Korea*

⁵*Department of Architecture Engineering, Hanyang University, Seoul, 133-070, Korea*

⁶*Department of Architecture Engineering, Dong-A University, Busan, 604-714, Korea*

Abstract This article reviews the papers published in the Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering during 2014. 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. Conclusions are as follows.

- (1) The research works on the thermal and fluid engineering have been reviewed as groups of heat and mass transfer, cooling and heating, and air-conditioning, the flow inside building rooms, and smoke control on fire. Research issues dealing with duct and pipe were reduced, but flows inside building rooms, and smoke controls were newly added in thermal and fluid engineering research area.
- (2) Research works on 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 thermal contact resistance measurement of metal interface, a fan coil with an oval-type heat exchanger, fouling characteristics of plate heat exchangers, effect of rib pitch in a two wall divergent channel, semi-empirical analysis in vertical mesoscale tubes, an integrated drying machine, microscale surface wrinkles, brazed plate heat exchangers, numerical analysis in printed circuit heat exchanger. In the area of pool boiling and condensing, non-uniform air flow, PCM applied thermal storage wall system, a new wavy cylindrical shape capsule, and HFC32/HFC152a mixtures on enhanced tubes, were actively studied. In the area of industrial heat exchangers, researches on solar water storage tank, effective design on the inserting part of refrigerator door gasket, impact of different boundary conditions in generating g-function, various construction of SCW type ground heat exchanger and a heat pump for closed cooling water heat recovery were performed.
- (3) In the field of refrigeration, various studies were carried out in the categories of refrigeration cycle, alternative refrigeration and modelling and controls including energy recoveries from industrial boilers and vehicles, improvement of dehumidification systems, novel defrost systems, fault diagnosis and optimum controls for heat pump systems. It is particularly notable that a substantial number of studies were dedicated for the development of air-conditioning and power recovery systems for electric vehicles in this year.
- (4) In building mechanical system research fields, seventeen studies were reported for achieving effective design of the mechanical systems, and also for maximizing the energy efficiency of buildings. The topics of the studies included energy performance, HVAC system, ventilation, and renewable energies, piping in the buildings. Proposed designs, performance performance tests using numerical methods and experiments provide useful information and key data which can improve the energy efficiency of the buildings.

- (5) The field of architectural environment was mostly focused on indoor environment and building energy. The main researches of indoor environment were related to the evaluation of work noise in tunnel construction and the simulation and development of a light-shelf system. The subjects of building energy were worked on the energy saving of office building applied with window blind and phase change material(PCM), a method of existing building energy simulation using energy audit data, the estimation of thermal consumption unit of apartment building and its case studies, dynamic window performance, a writing method of energy consumption report and energy estimation of apartment building using district heating system. The remained studies were related to the improvement of architectural engineering education system for plant engineering industry, estimating cooling and heating degree days for variable base temperature, a prediction method of underground temperature, the comfort control algorithm of car air conditioner, the smoke control performance evaluation of high-rise building, evaluation of thermal energy systems of bio safety laboratory and a development of measuring device of solar heat gain coefficient of fenestration system.

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

† Corresponding author, E-mail: ldy@kist.re.kr

1. 서 론

이 논문은 2014년도 한 해 동안 설비공학 국문논문집에 발표된 논문을 분석하여 설비공학 분야의 최근 연구동향을 파악하기 위한 것이다. 주제에 따라 열유체분야, 열전달 및 열교환기분야, 냉동분야, 건축기계설비분야, 건축환경분야로 분류하여 고찰하였다. 논문집에 게재된 89편의 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 가습기 및 열교환기에서의 열 및 물질 전달관련 분야, 팽창기, 냉각탑, Heat Pump 등과 같은 공조 및 냉동기기 관련 분야, 수소생산, 태양광, 태양열, 지중열교환 등의 신재생에너지 분야, 화재시 제어 및 배연 분야, 실내 온도도 제어 및 실내기류 분야와 관련된 연구가 수행되었다.

2.2 열 및 물질전달

Kim et al.⁽⁸⁾은 기화식 가습기 모듈내의 유동에 대하여 Eulerian Wall Films 모델을 사용하여 수치해석 연구를

수행하였다. 높은 가습효율을 유지하기 위해서는 수막을 형성하는 가습모듈의 형태와 배열방법을 중요한 인자로 보고 가습모듈 사이를 흐르는 유동을 CFD 해석하여, 가습기 출구에서의 공기 상태로부터 모듈의 간격이 좁을수록 높은 가습효율을 나타낸다고 하였다. 간격이 동일할 경우에는 평판형, 물결형, 격자형의 형상 중에 출구공기의 상대습도는 격자형이 가장 높았고, 유입공기의 단위질량당 가습효율은 물결형이 가장 높았다고 하였다.

Sung and Ahn⁽²⁶⁾은 유기랭킨사이클(ORC)에 사용되는 응축기와 증발기의 체적을 줄이기 위해서, 마이크로 가스터어빈에 적용되는 주전열면 열교환기를 적용하는 경우에 해당하는 Prandtl 수와 Reynolds 수에 대하여 복합열전달 해석을 수행하여, 채널의 주름비와 Reynolds 수가 커질수록 Prandtl 수도 커짐을 관찰하였고 Nusselt 수와 마찰계수를 구하는 설계식을 Reynolds 수 및 주름비에 대한 식으로 제시하였다.

Hwang and Jeong⁽⁵⁷⁾은 밀집형 열교환기에서 사용하는 plate fin의 한 종류인 offset strip fin을 사용하는 경우, 열교환기의 성능을 높이기 위해서는 fin의 간격이 줄어들고 있으나, 이 경우 이물질이 유로를 막아서 생기는 성능저하를 줄이기 위하여 fin의 열과 열 사이에 간극을 가지는 새로운 형상을 제안하였으며, 실험과 CFD 해석을 통하여 성능을 검증하였다.

2.3 공조 및 냉동기기

Kim et al.⁽²¹⁾은 승용차 폐열회수를 위한 R134a 랭킨

사이클에 적합한 스크롤 팽창기 설계에 관한 연구를 수행하였다. 비대칭 대수나선을 이용하여 크기가 약 19% 작은 스크롤을 설계하였고, 3.5L 가솔린 엔진을 가진 차량에서 120 km/h의 속도로 달리는 경우 4.26 kW의 축동력을 회수할 수 있었다고 하였다.

Jung et al.⁽²²⁾은 발전소에서 발생하는 폐열을 냉각하는 기계식 강제통풍 냉각탑을 선정하는 기초를 마련하기 위하여, 미국 냉각탑공업협회(CTI)에서 제공하는 Toolkit를 이용하여 원자력발전소용 냉각탑의 성능을 예측하고 복수기의 성능 및 터빈 발전기의 전기출력을 계산하는 절차 및 방법을 제시하였다.

Moon et al.⁽²⁵⁾은 기존에 설계하였던 대수나선 스크롤 팽창기⁽²¹⁾를 제작하고 성능시험을 수행하여, 회전수 2,000 rpm에서 최대 체적효율 80%, 전효율은 38~45% 정도를 얻었다. 시뮬레이션과 비교해서 30% 정도 낮은 기계효율을 얻었는데 그 이유를 스크롤 간의 마찰손실이 예상보다 크기 때문이라고 추정하였다.

Park and Ha⁽⁸¹⁾은 인버터 히트펌프 시스템에 R410A 및 R32 냉매를 적용하여 다양한 냉방, 난방 운전조건에서 성능과 에너지 소비 효율에 대한 최적화 평가를 수행하였다. R410A 대비 냉매 충전량은 약 24% 감소하였고, 냉방 및 난방 효율, 제상 및 무제상 효율, 냉방 SEER, 난방 HSFP, APF 등이 모두 증가함을 보였으며, 전체 시스템으로 약 10%의 성능향상이 있다고 하였다.

2.4 신재생에너지

Han et al.⁽⁴²⁾은 수소를 생산하는 원통형 수증기 개질기(Reformer)의 반응기 경계온도 분포에 따른 개질 성능을 개질가스 조성비를 분석하여 비교하였다. 촉매층의 상류에서 대부분의 개질반응이 이루어짐을 관찰하였고, 촉매층으로 유입되는 공급가스를 최대한 높일 수 있도록 반응기 경계온도를 배치할 때 최대의 효율을 나타낸다고 하였다.

Son and Hong⁽⁴⁹⁾은 태양열 시스템의 성능을 높이기 위해 축열조내의 성층화를 촉진시키기 위한 분배기의 적용을 위한 형상 및 유량에 따른 영향을 실험 및 계산을 통하여 분석하였다. 소규모 태양열 시스템에서 온수매트의 사용을 전제로 하였을 때, 환수유량 0.3 lpm 인 경우 내경 8.5 mm, 96개의 구멍인 경우 최적의 반응값을 추정하였다.

Lee and Hong⁽⁵³⁾은 상단수 시스템이 옥외에 설치되어 있는 태양열 시스템의 특성상 고장이 발생하여도 사용자가 초기에 발견하기 어렵기 때문에, 고장을 진단하기 위하여 열매체의 전기저항을 측정하는 유체센서를 자체 제작하였다. 실험을 통하여 열매체의 농도와 온도에 따른 전기저항을 측정하여 동파위험 알람 및 배관 내 열매체의 누설 여부를 손쉽게 진단할 수 있음을

확인하였다.

Ryu et al.⁽⁶⁰⁾은 효율적인 개방형 지중열교환기 이용 방안을 제시하기 위하여 상용화되어 있는 세 가지 개방형 방식을 대상으로 천공 길이 및 심정펌프 위치에 따른 유효 열교환 길이와 내부 케이싱 유무 및 관경에 따른 천공홀 내 유속 차이를 분석하였으며, 시험 시공을 통하여 지하수 흐름방향에 따른 열교환 특성의 차이를 확인하고, 이를 LMTD 및 CFD 해석을 통하여 증명하였다. 지중 열교환기 설계시 냉방이 더 많이 요구되는 경우에는 Up Stream 방식이, 난방이 더 많이 요구되는 경우에는 Down Stream 방식이 유리하다고 판단하였다.

Lee et al.⁽⁸³⁾은 태양광 및 태양열을 동시에 이용하는 태양광열(PTV) 모듈을 제작하여, 공기와 물을 순환시켜서 열에너지를 얻는 두 가지 방법에 대하여 성능을 비교하였다. 기존의 전기만 생산하는 태양광패널 대비 공기순환방식은 2.2배, 물순환방식은 5.6배의 효율향상을 나타내었다고 하였다.

2.5 화재시 제연 및 배연

Ryu et al.⁽⁵¹⁾은 고층 건물의 화재안전을 위한 연기제어를 위하여 초고층 건축물 등에 적용이 확대되고 있는 아트리움 공간에 대해 성능기반 제연성능 개선방안으로 제연시스템을 계획한 경우와 일부 층에만 방화셔터를 적용하고 제연설비를 복합적으로 적용한 경우의 연기거동 평가를 수행하여 아트리움 공간의 연기제어 성능개선 방안을 도출하였다.

Kim et al.⁽⁷⁹⁾은 스페인 Murcia에서 수행한 화재실험 모델에 대하여 CFD 해석을 통하여 시간경과에 따른 열 및 연기 유동변화를 해석하였으며 이를 바탕으로 배기 장치의 성능을 나타낼 수 있는 연기층의 높이, 포집효율, 그리고 여명의 세 가지 개념을 이용하여 배연효율을 비교하였다. 연기층의 높이는 거주자의 대피를 위한 성능평가에 적합하다고 하였고, 포집효율은 양적인 측면에서의 배기 시스템의 배출성능을 표시하지만 결과의 변동이 크다고 하였다. 여명에 근거한 배연효율은 발생한 연기가 배기구까지 도달하는시간에 근거한 질적인 지표이지만 아직 더 많은 연구가 필요하다고 하였다.

2.6 실내기류

Chang and Kim⁽¹⁹⁾은 최근들어 많이 건설되고 있는 데이터 센터 내의 컴퓨터 서버룸에서 컴퓨터의 발열량의 변화에 따른 실내의 온도 분포에 대하여 공조시스템의 운영과 관련한 수치계산을 수행하여, 온도 분포 및 공기 유량, 그리고 공기분배 성능 등에 대하여 연

구하였다.

Park et al.⁽²⁸⁾은 공동주택 지하공간 엘리베이터 홀의 결로 발생을 감소시키기 위해서 설치하는 제습기의 위치에 따른 실내 기류분포에 대한 CFD 해석을 수행하였다. 다습한 공기가 유입되는 입구위치에 설치하는 것과 높이방향으로는 아래쪽에 설치하는 것이 유리하다고 하였으며, 높은 실내온도를 유지하고 평균 기류속도를 높이는 것이 결로 방지에 효과적이라고 하였다.

Hwang and Hong⁽⁸⁷⁾은 생물안전밀폐시설에 대한 기류해석을 멀티존 방식으로 하는 경우 실별 국부면화를 알 수 없는 단점을 피하기 위하여 CFD를 결합한 연동 해석을 통하여 실내기류분포와 오염원의 분포에 대하여 연구하여, 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있었다고 하였다.

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

Kim and Choi⁽⁶⁾는 극-저온에서 금속표면의 열 접촉 저항을 측정하였다. 본 연구에서 온도 변화에 따라 열 접촉 저항이 변한다는 결과를 보고하였다.

Yoon et al.⁽¹²⁾은 핀-타원관 열교환기가 사용된 팬코일 유닛을 개발하고, 기존의 핀-원형관 열교환기가 사용된 팬코일 유닛과 비교하여 성능실험을 수행하였다. 그 결과 효율과 열전달량이 높음을 확인하였고, 압력 강하는 낮다는 성능을 확인하였다.

Jeon et al.⁽²⁷⁾은 판형열교환기의 시간의 경과에 따른 탄산칼슘 파울링 실험을 통하여 판형열교환기에서의 형상 및 설계변수 따른 파울링 형성을 고찰하였고 이를 통해 다양한 조건에서 파울링 계수의 변화를 제시하였다.

Ahn et al.⁽²⁹⁾은 시험부 입구와 출구의 수력직경비가 1.16인 확대채널에서 리브가 한 벽면에 설치된 사각 확대채널에서 리브 리치와 높이의 비 변화에 따른 열전달과 마찰계수를 실험적으로 조사하였다.

Kim⁽⁵⁵⁾은 수직관을 흐르는 슬러그 유동에 대해 침투 이론모델과 비교하여 반경험적 해석을 수행하였다. 사용된 모델은 5 mm와 8 mm 수직관의 경우에 결과를 유사하게 예측하였다.

Kim et al.⁽⁶⁵⁾은 진공상태에서 운전되는 건조기에 있

어서 고주파를 공급하여 건조성능을 향상시키기 위한 건조장치를 제작하고, 건조 성능 특성을 파악하기 위하여 시스템의 온도 및 압력을 변화시키면서 감글시료의 건조량을 측정하였다.

Park and Park⁽⁶⁶⁾은 마이크로 표면 주름 형상에 따른 열전달 촉진 효과를 연구하였는데, 세 가지 주름형상을 이용한 열전달 특성연구 결과를 제시하였다.

Kim and Park⁽⁷⁷⁾도 판형열교환기에 대한 연구 결과를 보고하였다. 연구에서는 용접형 판형 열교환기를 사용하였고, Nu를 예측할 수 있는 상관식을 제시하였다.

Oh et al.⁽⁸⁹⁾은 극저온 환경에서 작동하는 인쇄기관형 열교환기의 열유동 성능 분석을 위하여 CFD 해석을 수행하였다. 하지만 결과에서는 Kroeger가 제시한 결과와 차이를 보였고, 자세한 원인분석을 위하여 추가적인 유로 형상 및 유동 조건에 대한 해석이 필요하다고 결론 내었다.

3.3 비등 및 응축

비등 및 응축에 관련된 연구는 4편이 출간되었다.

Lee and Jeong⁽³¹⁾은 공기유동이 불균일한 시 성능이 하락하는 원인 중 하나는 열저항들의 상관관계에서 풍속이 증가한 부분보다 감소한 부분의 영향이 더 크기 때문이라고 보고하였다. 또한 냉매측 열저항이 작아질수록 불균일한 풍속분포의 영향은 커지고, 풍속이 커질수록 불균일의 영향은 작아진다는 결과를 제시하였다.

Lee et al.⁽³⁹⁾은 축열별 시스템에 PCM 적용 가능성을 연구하였다. 연구에서는 4가지 타입의 국내 공동주택의 안방을 적정 단위 공간으로 설정하고 축열별 시스템에 PCM이 적용가능하다는 것을 검증하였다.

Hong et al.⁽⁴⁶⁾은 E사 캡슐을 대상으로 등체적 실린더, 등가직경 구 그리고 등체적 구에 대해 3차원 해석 모델을 사용하여 PCM의 상경계면의 거동 및 축열, 방열 성능에 대해 해석하였다.

Lee et al.⁽⁴⁸⁾은 열전달 촉진관에서 HFC32/HFC152a 혼합냉매의 외부 응축열전달계수에 대한 연구를 수행하였다. 연구에서는 벽면 과열도를 3에서 8 K로 변화시키면서 혼합냉매의 조성비에 따른 외부 응축열전달계수를 평균, 낮은 핀관 그리고 Turbo-C 촉진관을 사용하여 측정하였다.

3.4 산업용 열교환기

Lee et al.⁽²⁾은 나선유로에 의한 태양열 축열조 성층화 촉진에 대한 연구를 수행하였다. TRNSYS를 이용한 시뮬레이션의 적합성을 검증하고, 가열방식 및 유량변화에 따른 비교와 더불어 부하가 적용된 시스템의 시뮬레이션을 수행하였다.

Kim et al.⁽²³⁾은 냉장고 가스켓 삽입부 형상설계에 대해 부분해석법을 수행하였다. 결과에서는 설계 결과를 제시하였고, 부분해석법을 통해 해석을 했을 때 필요한 해석시간이 전체 해석법에 비해 약 64% 감소한다고 보고하였다.

Kim⁽⁴¹⁾은 서로 다른 경계 조건으로부터 얻어진 g-function의 차이가 지열 교환기의 최종 설계 길이에 미치는 영향을 살펴보았다. 이를 위해 서로 다른 경계 조건과 길이 산정 방법을 상세히 기술하였다.

Chang and Kim⁽⁶⁸⁾은 동일한 현장에 적용된 3가지 형상의 SCW형 지중 열교환기의 지중 열전도도 측정시험을 진행한 결과, 각각의 열교환기 타입이 적합한 환경 조건을 제시하였다.

Lee⁽⁸⁰⁾는 복합화력의 냉각수 배열회수를 위한 히트펌프의 성능평가 사례를 분석하였다. 복합화력발전소에 흡수식 히트펌프를 설치하여 기기 냉각수 폐열을 회수할 경우 폐열의 82% 수준이 실제 에너지 생산량 증가로 나타남을 이번 성능시험에서 확인할 수 있었다. 이는 히트펌프 설치 전 사전 경제성 분석 시, 적정 수준의 폐열 회수율을 반영해야 함이라고 결론지었다.

Hyun et al.⁽⁸⁴⁾은 검증된 Mock-up 모델을 이용하여 블라인드의 위치 및 슬랫 반사율에 따라 슬랫 각도를 90도 수평으로 고정 시켰을 때, 여름 및 겨울철 대표일에 실내로 유입되는 일사투과량 및 벽체를 통해 획득된 대류열량을 분석하였다. 이를 통해 기존의 연구에서 나타났던 블라인드의 슬랫 반사율 변화에 따른 상반된 냉난방부하 패턴의 원인을 보다 더 명확하게 입증하였다고 보고하였다.

4. 냉동

4.1 개관

냉동분야에서는 보일러 및 차량의 배열 회수 시스템, 제습 사이클의 성능개선, 신개념 제상 시스템, 습공기 냉동사이클, 열펌프의 고장진단 및 최적제어 등 냉동사이클, 대체냉동 및 에너지, 시스템 제어에 관한 다양한 연구가 진행되었는데 특히 전기자동차용 냉난방 및 에너지 회수 시스템에 관한 논문이 다수 발표된 것이 주목할 만하다.

4.2 냉동사이클

Lee et al.⁽¹⁾은 보일러 배가스 열회수 히트펌프 시스템의 에너지 절감효과를 검증하기 위해 320 RT 흡수식 냉온수기에 70 kW급 히트펌프를 결합하여 성능특성 측정, 최적운전 맵을 작성하고 경제성을 분석한 결과, 12월부터 3월 중순의 15주, 일일 난방 6시간의 조건에서

약 50%의 비용절감을 예측하였다.

Kim⁽⁹⁾은 열회수 냉각식 제습사이클을 모델링하여 열회수용 열교환기의 유용도가 에너지 효율에 미치는 영향을 분석한 결과 건구온도 27°C, 상대습도 40~60%의 범위에서 기존 냉각식 제습기 대비 최대 30~110%의 효율 개선효과를 기대할 수 있다고 하였다.

Ko et al.⁽¹⁰⁾은 지하공에서 토출되는 15~18°C의 지하공기를 제습한 후 시설원예나 건물공조용으로 활용하기 위한 지열히트펌프 시스템을 개발하고 그 성능 특성을 측정하여 시설원예의 제습과 난방용으로 활용성이 매우 높다고 결론 내렸다.

Park et al.⁽¹³⁾은 저온창고 내부 증발기의 제상을 위해 잠열축열체에 축열한 응축폐열을 사용하는 제상시스템을 개발하고 제상주기, 시간 및 과열방지 온도가 제상량, 고 내부 온도 및 소비전력에 미치는 영향을 분석한 결과 기존 전기히터 제상시스템의 대체 가능성을 확인하였다.

Nam and Chae⁽³⁴⁾는 2.5RT급의 공기-지열 복합열원 히트펌프 시스템을 제작하고 성능 실험을 실시한 결과 지열의 경우 냉방 COP 4.75와 난방 COP 4.03, 공기열의 경우 냉방 COP 2.6과 난방 COP 2.92를 보고하였으며 LCC 분석결과 복합열원 시스템의 투자회수기간을 약 9.2년으로 예측하였다.

Lee⁽⁴⁰⁾는 전기자동차용 R134a 히트펌프 시스템을 제작하고 각 구성부품과 운전조건을 변경 시험하여 난방 성능에 미치는 설계인자들의 영향을 분석한 결과 실내의 열교환기의 설계, 팽창밸브의 성능, 냉각수열원 조건이 난방성능에 큰 영향을 미친다고 보고하였다.

Kim et al.⁽⁴⁷⁾은 중간열교환기를 채용한 가스 인젝션 시스템을 전기자동차용 R134a 히트펌프에 적용하여 일반 히트펌프 대비 난방성능의 개선 효과를 분석한 결과 시스템의 안정성과 성능이 향상되었으며 중간열교환기 가스 인젝션이 전기자동차 난방에 효과적임을 보였다.

Shin et al.⁽⁷⁴⁾은 R404a와 R134a의 두 가지 냉매에 대해 냉동 탑차 냉장시스템의 성능특성을 측정하여 최적 냉매 충전량과 COP를 확인하였고 엑서지 분석을 수행하여 두 시스템 모두 압축기와 증발기에 의한 엑서지 파괴가 높음을 보고하였다.

Ko et al.⁽⁷⁸⁾은 Ko et al.⁽¹⁰⁾의 히트펌프 시스템의 제습량과 난방성능 개선을 목적으로 직렬증발 시스템을 제작 실험하여 병렬시스템 대비 29.4%, 3개 어큐뮬레이터 시스템 대비 20%의 제습량 증가를 확인하였으며 COP는 약 2.5로 보고하였다.

4.3 대체 냉동 및 에너지 시스템

Park and Seo⁽²⁴⁾은 국내의 데이터센터를 대상으로 중

양냉수 및 외기도입 냉방시스템의 적용에 따른 초기투자, 운전 및 보수 비용을 고려한 LCC 분석을 수행한 결과 외기도입 냉방시스템의 경우 초기 투자비용은 증가하나 운전비용이 크게 감소하여 2년 내에 손익분기점이 발생하는 것으로 보고하였다.

Lee⁽³⁶⁾는 저열원 차량의 보조난방장치로 사용되는 PTC 전기히터를 대체하기 위한 1 kW급 열전 냉난방시스템의 시제품을 제작, 시험한 결과 난방성능은 성적계수가 1.9로 PTC 히터 대비 우수하지만 냉방시스템으로서 경쟁력을 가지기 위해서는 열전모듈의 가격과 성능이 개선되어야 한다고 하였다.

Lee⁽⁴⁴⁾는 차량의 배기가스를 열원으로 하는 열전모듈 발전시스템을 제작 시험하여 배기가스와 냉각수의 온도 및 유량이 그 성능에 미치는 영향을 분석한 결과 열전 시스템의 양단온도차가 성능에 가장 큰 영향을 미치는 것을 확인하였고 발전 전류, 전압 및 효율 간의 관계를 분석하였다.

Lee⁽⁵⁰⁾는 차량의 라디에이터에서 버려지는 냉각수 폐열을 열원으로 하는 열전모듈 발전시스템을 제작하고 시험하여 냉각수 온도와 유량, 냉각수와 열전모듈 간 히트파이프의 운전조건 등이 성능에 미치는 영향을 분석하였다.

Lee⁽⁵⁶⁾는 차량용 국부 냉난방 시스템으로 독립형 열전 냉난방 시스템을 제작하고 실차에 장착 시험하여 그 적용 가능성을 평가한 결과 난방성능 개선효과는 긍정적이나 냉방성능 개선효과는 상대적으로 작은 것으로 보고하였다.

Won⁽⁷⁵⁾은 공기 냉동사이클을 모델링하여 압축기 압력비, 외기온도 및 상대습도의 변화가 공기 냉동사이클에 미치는 영향을 분석한 결과 상대습도가 제어변수로 중요하며 터빈과 열교환기의 효율이 성능에 가장 큰 영향을 미친다고 하였다.

4.4 시스템 모델링 및 제어

Shin⁽³⁸⁾은 열펌프와 보일러가 결합된 하이브리드 열펌프 시스템의 동적시뮬레이터를 제작, 시험하여 열교환기 오염 등으로 인한 고장 진단 시스템을 개발하였다.

Jeon and Kim⁽⁶⁴⁾은 공기열원 히트펌프의 제상제어 방법으로서 발광 및 수광 광센서를 열교환기의 전방에 나란히 설치하여 수광센서의 출력전압으로 제상주기를 결정하는 방법과 기존의 온도차 제상방법을 비교하여 광센서 제상방법이 제상제어 수단으로 적합함을 보고하였다.

Lee et al.⁽⁸⁶⁾은 다중 입출력 제어시스템인 가변속 냉동시스템의 효율적인 제어를 위해 사용되는 상태공간 모델을 통한 최적제어법의 보안을 위해 이론적으로 엄밀한 상태방정식을 유도하고 오일쿨러 시스템에 적용

하여 그 타당성을 검증하였다,

5. 건축기계설비

5.1 개괄

건축기계설비 분야에 관련된 논문은, 에너지성능, 공조설비, 환기설비, 신재생에너지, 급배수, 그리고 기타 설비로 분류할 수 있었으며, 시스템 설계에서 성능평가에 이르는 총 17개의 연구가 보고되었다. 우선 에너지성능 분야에서는 회귀모형을 이용한 리모델링 전후의 에너지 성능평가방법과 BEMS 데이터 기반 공조기 최적 운전 방안에 대한 연구가 진행되었다. 공조설비 분야에서는 사무소 건물에서의 공사비 예측방법, 초기투자비와 1차 에너지 소비량을 고려한 공조설비 최적 설계방법, 그리고 비례제어 조절밸브 성능향상에 관한 연구가 수행되었다. 환기설비와 관련해서는 벽체 매립형 환기방식에 있어 폐열회수 및 팬 성능개선에 관한 연구, 그리고 에어커튼을 이용한 주방 환기 방안에 대한 연구가 발표되었다. 가장 많은 연구가 진행된 신재생에너지 분야에서는 지열, 연료전지, 해수열원 등의 활용 방안에 관한 연구가 보고되었다. 급배수와 관련해서는 순간급수량 산정에 대한 연구가, 그리고 기타 설비로 진공고주파 건조기와 배관 가스 누설탐지를 위한 음향모델에 연구가 보고되었으며 각 분야에서 발표된 연구의 구체적 내용을 정리하면 아래와 같다.

5.2 에너지성능

정부에서는 최근 그린리모델링 관련 기관을 신설하고 시범사업을 추진하고 있으나 그린리모델 사업이 성공하기 위해서는 에너지 절감을 위한 요소기술 개발뿐만 아니라, 리모델링을 통한 에너지 절감효과에 대한 정량적으로 평가방법, 그리고 BEMS의 적극적 활용 방안에 대한 기술개발이 이루어져야 한다. Kwon et al.⁽⁵⁹⁾은 ASHRAE에서 개발된 Inverse Model을 이용하여 실제 건물에서 리모델링 전후의 에너지 성능의 변화를 평가하였고, 에너지 모니터링 시스템이나 BEMS가 보급되어 있는 많은 건물에서의 월별 에너지 소비량을 이용한 Change-Point Model이 리모델링 전후의 에너지 절감 효과를 평가에 유효함을 나타내었다. 또한 Choi et al.⁽⁶⁹⁾은 건물 운전자 활용의 용이성 측면에서 기존의 시뮬레이션이나 모델 기반이 아닌 BEMS에서 실시간으로 제공하는 데이터를 활용하여 최적 예냉운전 방안을 도출하는 방안을 제시하였다. 이를 통하여 각 설비의 설정값에 대해 직접적인 가이드 제공이 가능하게 될 것이며, BEMS가 다양한 설비에서 실질적인 에너지 절약에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

5.3 공조설비

공조설비는 건물의 시공에서 유지관리 단계에 이르기까지 초기투자비용뿐 아니라 에너지 성능과 밀접한 관계가 있다. Cho et al.⁽²⁰⁾은 공조설비의 구성과 조합에 초점을 두고 공조, 열원, 반송설비의 통합된 시스템의 공사비를 산출하고, 각 구성 시스템의 변경에 따른 공사비에의 영향을 정량적으로 분석하였다. 또한 Kong et al.⁽⁵⁴⁾은 기존의 건물 공조설비 열원시스템의 설계방식과 에너지 사용량 분석방법을 검토하여 설계과정의 제약사항과 문제점을 도출하고, 설계초기과정의 제약된 정보들을 바탕으로 수행될 수 있는 열원시스템 설계방법을 제안하였다. 이러한 연구 성과들은 향후 건물의 초기계획 단계에서 에너지 성능 대비 경제적인 공조설비 설계에 크게 기여할 수 있을 것으로 생각된다. Lee et al.⁽³⁵⁾은 지역난방 공급을 받고 있는 아파트단지에서 난방과 급탕용의 온수를 공급하는 입상관이 단일 배관으로 통합된 배관시스템에 적용 가능한 국내 고유 모델의 3방향 비례제어 밸브의 형상을 설계하고 성능 검증을 실시하였다.

5.4 환기설비

환기는 실내 공기질을 유지하는 중요한 도구이며 실내의 오염된 공기를 배출하고 신선한 외기를 공급함으로써 실내 오염물질을 적절한 수준이하 낮추는 역할을 한다. 따라서 실내 공간에서는 적정 환기량의 확보의 확보가 필요하나 환기량이 증가함에 따라 냉난방 부하가 늘어날 수 있다. 환기에 따른 냉난방 부하를 줄이기 위하여 열교환환기 환기장치의 설치가 늘어나고 있으나, 공동주택의 경우 설치공간의 제약에 있을 수 있고, Chung and Oh⁽¹¹⁾는 이러한 문제를 해결하고자 벽체매립형 폐열회수 환기시스템을 고안하였고 경량벽체에 매립할 수 있는 두께가 얇은 전열교환기를 제작하고 실험실 실험을 통하여 성능을 평가하였다. 또한 Kwon⁽³³⁾은 지하주차장에서의 급배기 효율의 향상을 위하여 외벽체 부착형 환기용 급, 배기팬 설치의 필요성을 제시하였고, 환기용 팬으로 사용되고 있는 축류형 팬의 성능을 개선하기 위해 날개 모양 및 회전수를 변화시켜 소음 및 환기효율 변화를 시뮬레이션 하였다. Sung⁽⁸⁸⁾은 공동주택의 주방에서 조리 시 발생하는 입상상 오염물질과 가스상 오염물질의 배출 효율을 높이고자 하양 에어커튼의 토출 조건과 배기효과에 관한 시뮬레이션을 실시하였고, 적정 에어커튼 공급량을 통하여 오염물질의 배기효율을 개선할 수 있음을 제시하였다.

5.5 신재생에너지

지열이용과 관련하여 Kim⁽⁶²⁾은 지열 시스템 설계와 운

용을 위해서는 최소 10년 이상의 장기간 운전에 따른 영향을 평가할 필요가 있음을 나타내고, 실제 지중에 보다 가까운 경계조건을 유도하고 얻어진 지열응답함수를 이용하여 직접 동적시뮬레이션이 가능한 트랜시스 모델을 제안하였다. 또한 Chang et al.⁽⁶⁷⁾은 SCW(Standing Column Well) 지중 열교환기의 현장 열응답시험에서 얻은 데이터에 평균 자승오차법을 적용하여 열교환기의 적절한 초기제외시간에 대하여 분석하였고, SCW형 지중열교환기의 초기제외시간으로 약 4시간이 적절함을 제시하였다. Sohn and Kwon⁽⁶¹⁾은 지열을 이용한 히트펌프의 에너지 소비량을 분석하고 기존 열원설비와의 성능을 비교분석 하였으며, Na et al.⁽³²⁾은 보일러와 칠러로 구성된 열원을 지열히트펌프 시스템 그리고 하이브리드 시스템으로 대체하였을 때의 에너지 절감효과를 시뮬레이션을 통하여 분석하였다. 지열원 이용은 지열을 직접 열원으로 이용하는 방법과 환기에 필요한 공기를 이용하는 방법으로 대별 할 수 있으며, Cho and Ihm⁽⁸²⁾은 외기를 냉각시켜 환기에 사용하는 지중열교환 시스템에 있어 환경, 관질이 그리고 유속을 변수하여 냉방설계 기준 온도 보다 낮은 출구온도를 예측할 수 있는 지중열교환 시스템(EAHES)의 매설지침을 제안하였다. 또한 Park et al.⁽¹⁵⁾은 지역난방 열원으로 해수열원 히트펌프 시스템의 적정 장비용량 산정을 위하여 건물용도별 부하를 산정하고, 건물용도별 조합비율을 통하여 해수열원 히트펌프 시스템을 적용하기 위한 최적 건물용도비율을 제시하였다.

5.6 급배수설비 및 기타설비

Lee⁽⁷⁾는 건물 내에서 급수관경과 펌프 설계에 사용되는 순간최대 급수량 산정방법과 관련하여 미국의 NPC, IPC, NSPC에서 제시하는 기구급수부하 단위와 순간최대 유량값을 실제 건물에 적용하여 비교평가 하였다. Ko et al.⁽⁴⁾은 진공상태로 유지되는 건조기에서 건조에 필요한 열량을 줄임과 동시에 감귤 폐기물의 내부에서도 열전달이 이루어질 수 있도록 고주파를 공급하는 실험 장치를 제작하고 건조성능을 실험을 통하여 평가하였다. Yang et al.⁽¹⁶⁾은 음향이론을 이용하여 배관계에 생기는 핀홀과 같은 결함을 추정할 수 있는 음향모델을 개발하였고, 실험을 통하여 개발된 음향탐지모델의 타당성을 검증하였다.

6. 건축환경

6.1 개관

건축환경분야 연구는 크게 실내환경, 건물에너지, 특수시설 및 기타 등으로 분류하여 연구동향을 분석하였다.

실내환경 분야에서는 터널 내의 작업소음 분석과 광선반의 성능평가 및 시스템 개발에 관한 연구 연구가 수행되었다. 건물에너지 분야는 효율적인 에너지 사용방안을 위하여 시뮬레이션과 실측을 통한 에너지 사용량 예측과 공동주택의 열사용량원 단위 산정 및 사례분석에 관한 연구를 수행하였다. 특수시설 및 기타 분야는 플랜트 엔지니어링산업 취업을 활성화하기 위한 대학교육개선, 간이도일법 산정 및 지중온도 예측, 자동차 에어컨의 제어알고리즘 평가, 초고층건물의 제연시스템 성능평가, 특수시설인 생활안전 밀폐시설의 에너지시스템 개선, 태양열 취득률(SHGC) 측정장치 개발 및 평가 등에 관한 연구가 수행되었다.

6.2 실내환경

실내환경 분야에서는 터널 내의 작업소음 평가 및 광선반의 성능평가와 이를 활용한 시스템 개발에 관한 연구가 수행되었다.

Yun⁽¹⁸⁾은 터널 내 무선통신 통합기술 적용 및 작업자 영향에 대한 기초 데이터 축적의 목적으로 철도 노반 신설 터널공사 현장에 설치된 장비에 대한 작업소음, 거리별 발생소음도 및 발파소음을 측정, 평가하였다.

Lee et al.⁽³⁰⁾은 다양한 공간의 형태에 따른 광선반의 최적화 도출 및 그에 따른 상관관계 분석을 목적으로 실내공간 형태에 따른 광선반의 성능평가를 통하여 광선반의 적정안 및 상관관계를 도출하였다.

Kim et al.⁽⁴³⁾은 재실자의 위치정보를 기반으로 하는 위치인식기술 적용 광선반 시스템을 제안하였다. 실내 주거환경을 고려한 테스트베드를 구축하여 제안된 위치인식기술을 적용한 광선반시스템과 미적용 광선반과의 에너지 저감성능을 비교 분석하여 제안한 시스템의 성능을 검증하였다. 그 결과 95% 이상의 조명에너지 저감이 가능하다고 보고하였다.

Chae et al.⁽⁶³⁾은 혼합형 광선반의 적용 기준을 개선할 목적으로 광선반의 내외부 각도 조절을 통하여 실내의 주광 유입 대한 혼합형 광선반의 채광성능을 평가하였다. 계절변화에 관계없이 혼합형, 외부형, 내부형 광선반 순으로 채광성능이 가장 우수하게 나타났다. 혼합형 광선반은 각도 조절을 통해 실내 깊숙이 주광의 유입이 가장 유리하며, 빛의 질적인 균제도 측면에서도 가장 높은 채광 성능을 보였다.

6.3 건물에너지

건물에너지 분야에서는 시뮬레이션 및 실측을 통하여 에너지사용량을 예측방안을 제시하였다. 또한 공동주택의 열사용량원 단위 산정 및 사례분석에 관한 연구가 있었다.

Song et al.⁽⁶⁵⁾은 사무소건물의 실물공간에 창호 블라인드를 설치하여 실험과 실측을 통해 블라인드의 각도 변화와 상변화물질(PCM, Phase Change Material)의 적용에 따른 건물에너지 절감효과를 분석하였다. 블라인드 각도와 PCM 적용에 대하여 약 20%, 야간복사냉방은 최대 43.6%의 에너지 절감이 있는 것으로 보고하였다.

Kong et al.⁽³⁷⁾은 기존 건축물의 실제 성능진단 데이터를 건물에너지 해석 시뮬레이션의 입력 데이터로 사용하여 시뮬레이션 모델의 정확성을 높이는 방법을 제안하였다. 사례분석을 통하여 시뮬레이션 모델의 오차를 줄인 결과를 보고하였다.

Lee et al.⁽⁶⁸⁾은 공동주택 에너지원 단위 산정 시 고려되는 문제점과 원단위 정립의 기초자료를 제시하기 위하여 지역난방을 사용하는 대전지역 공동주택 31개 단지 23,791세대의 열사용량 원단위를 분석하였다. 면적 기준에 따라 원단위 값이 약 20% 차이가 나타났으며 객관적인 원단위 비교·분석을 위해 열원형태 및 면적 기준에 대한 정립이 필요성을 제시하였다. 또한 Lee et al.⁽⁷⁰⁾은 발표한 연구결과를 보완하여 대전지역 공동주택 에너지원(열, 전기, 가스)별 사용량 및 원단위를 추가적으로 분석한 사례를 보고하였다.

Park and Park⁽⁷¹⁾은 사무소 건축물에 4가지 종류의 이중유리창과 일사량에 따라 일사차폐 성능이 변화하는 다이내믹 윈도우 중 2가지 종류의 일렉트로크로믹 유리창(electrochromic window)를 적용하여 건물에너지 시뮬레이션을 통한 에너지 성능을 분석하였다. 연구결과 이중창과 비교하여 최대 20%의 냉난방에너지 소비량이 감소하는 것으로 보고하였다.

Lee and Tho⁽⁷²⁾는 연구시설에 대한 온실가스 및 에너지 절감보고서 작성에 대한 분석사례를 통하여 표준화된 보고서 작성 틀을 제시하였다.

Lee et al.⁽⁸⁵⁾은 지역난방을 사용하는 아파트 세대에 대하여 일정한 유량을 공급하는 정유량 제어 방식과 부하에 비례하여 유량을 공급하는 메인유량조절 방식을 비교분석하기 위하여 난방에너지 시뮬레이션과 실측 실험을 수행하였다. 또한 일정온도 공급방식과 외기보상제어에 따른 공급수온도의 영향을 파악하였다. 메인유량조절방식은 정유량 제어방식에 비해 공급유량이 절반 정도로 줄일 수 있으며, 이는 펌프 소비 동력저감과 환수온도를 낮출 수가 있어 공동구에서의 에너지 손실량을 감소시킬 수가 있다고 보고하였다.

6.4 특수시설 및 기타

앞 절에서 언급한 실내환경, 건물에너지 분야의 연구 외에 플랜트 엔지니어링산업 취업을 활성화하기 위한 대학교육개선, 간이도일법 산정 및 지중온도 예측, 자동차 에어컨의 제어알고리즘 평가, 초고층건물의 제

연시스템 성능평가, 특수시설인 생물안전 밀폐시설의 에너지 시스템 개선, 태양열 취득률(SHGC) 측정장치 개발 및 평가 등에 관한 연구들이 진행되었다.

Shim et al.⁽³⁾은 국내 플랜트 엔지니어링 산업체에 취업을 희망하는 건축공학 전공자를 위하여 대학교육에 산업체 실무를 연계하여 졸업 후 바로 플랜트 산업체에서 업무를 수행할 수 있도록 산업체의 기술수준 파악, 인력수급 문제점 고찰, 산업체의 요구수준을 파악하여 대학교육을 개선방안을 제시하였다.

Ihm et al.⁽¹⁴⁾은 서울 및 부산의 기상자료를 사용하여 가변평형점온도에 대한 간이 냉난방도일 계산법에 대하여 연구하였다. 이를 바탕으로 냉난방도일의 계산에 필요한 서울 및 부산지역의 월별평균 외기온과 일평균 외기온의 월별 표준편차를 제공하여 간단하게 가변평형점온도에 따른 월별 냉난방도일 값을 계산할 수 있는 방안을 제시하였다

Cho and Ihm⁽¹⁷⁾은 수평형 지중열교환기 성능분석에 위하여 필요한 지중깊이 3 m 이상의 지점에 대한 지중온도를 파악하기 위하여 기상청에서 제공하고 있지 않은 지역의 지중온도 예측방법에 관한 연구를 하였다. Buggs의 실험식과 부산지역 지중 매설깊이에 따른 온도주기 곡선을 비교 검토하여 지중온도의 위상을 분석하였으며 그 결과를 창원지역에 적용하여 제안한 지중온도 예측방법의 타당성을 입증하였다.

Kim et al.⁽⁴⁵⁾은 자동차용 공조시스템의 쾌적 제어 알고리즘 개발을 위하여 여름철 승용차 탑승 초기 일사량에 의한 차량 내 실내온도 차이가 운전자의 에어컨 조작 방법에 미치는 영향을 실측 및 관찰하였다 에어컨 조작 방법, 차량 내 열환경 및 운전자 에어컨 조작 선호도를 바탕으로 자동차용 공조시스템의 쾌적모드 알고리즘을 제시하였다.

Bae et al.⁽⁵²⁾은 초고층 건물에서 동절기 실내외 온도차에 의한 연돌현상으로 층별 압력차가 크게 나타나며 이로 인하여 화재 시 수직연기확산을 효과적으로 제어하기 위한 설계방안에 관한 연구를 하였다. 연돌현상 등에 의한 초고층 건축물 수직유동특성 분석 및 수직적 연기확산 제어를 위해 네트워크 시뮬레이션 모델로 개발된 Contam 3.0을 활용하였다. 시뮬레이션을 통하여 수직연기 확산에 미치는 영향인자를 분석하여 피난대피층과 연계한 계단실 수직구획화를 통한 연기제어 효과를 검토하고 성능위주 설계를 위한 개선방안을 제시하였다.

Hwang et al.⁽⁷³⁾은 공조시스템을 연중 24시간 연속해서 가동하는 특수시설인 생물안전 밀폐시설(Biosafety Laboratory, BSL)을 에너지 플러스 프로그램(Energy Plus 8.0 Program)을 사용하여 시뮬레이션에 의한 에너지 소비에 대한 해석을 수행하였다. 현재 운영 중인 밀폐시설을 대상으로 슈퍼단열재와 하이브리드 신재생에너지

열원시스템(PV+Solar Geothermal Heat Pump Hybrid System, SGHS) 적용 시 연간 에너지 절감에 대해 비교 분석하여 에너지 절감을 위한 에너지 시스템의 개선방안을 도출하고자 하였다

Kim et al.⁽⁷⁶⁾은 국제적 표준화가 없는 SHGC의 평가 기술을 개발을 목적으로 KS L 9107의 시험방법에 따라 솔라 시뮬레이터를 이용한 SHGC 측정장치를 개발하였다. 복층유리를 대상으로 측정결과와 ISO 15099의 해석 알고리즘을 기반으로 하고 있는 미국의 LBNL에서 개발한 Window 7.2, Optic 6.0 프로그램을 사용한 시뮬레이션의 결과를 비교 검토하여 개발한 SHGC 측정장치의 타당성을 검증하였다.

7. 결 론

2014년 설비공학 논문집에 발표된 논문을 열유동, 열전달, 냉동, 건축설비, 건축환경 등 5개 분야로 분류하여 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 열유체 분야에서는 주로 유기랭킨사이클 관련 펌프기, 열교환기 관련연구가 계속되고, 유체기계, 배관 및 배관부품과 관련된 유동해석은 줄어들었으며, 수소, 태양열, 태양광, 지중열교환 관련 신재생에너지 분야에 대한 연구와, 건축물의 실내 기류 및 화재 시 제연 및 배연과 같은 건축분야의 CFD 해석 관련 연구가 많이 늘어나고 있는 것으로 보인다.
- (2) 열전달 일반분야에서는 극 저온에서 금속표면의 열접촉 저항측정, 핀-타원관 열교환기, 판형열교환기에서의 형상 및 설계변수 따른 파울링 형성 고찰, 리브가 한 벽면에 설치된 사각 확대채널에서 리브 리치와 높이의 비 변화에 따른 열전달과 마찰계수에 대한 실험, 수직관을 흐르는 슬러그 유동에 대해 침투이론 모델과 비교하여 반경험적 해석, 진공 상태에서 운전되는 건조 장치 제작 및 성능 특성 파악, 마이크로 표면 주름 형상에 따른 열전달 촉진 효과를 연구, 용접형 판형 열교환기에 대한 Nu를 예측할 수 있는 상관식 제시, 극저온 환경에서 작동하는 인쇄기관형 열교환기에 대한 CFD 해석이 수행되었다.

비등 및 응축열전달 분야에서는 공기유동의 불균일이 성능 하락에 미치는 영향에 대한 연구, 축열별 시스템에 PCM 적용 가능성 연구, PCM의 상경계면의 거동 및 축열, 방열 성능에 대해 해석, 열전달 촉진관에서 HFC32/HFC152a 혼합매체의 외부 응축열전달계수에 대한 연구가 수행되었다.

산업용 열교환기 분야에서는 나선유로에 의한 태양열 축열조 성층화 촉진, 냉장고 가스켓 삽입부 형상설계에 대해 부분해석법, 지열 교환기의 최종 설계 길이에 미치는 영향에 대한 고찰, 3가지 형상

의 SCW형 지중 열교환기, 복합화력의 냉각수 배열 회수를 위한 히트펌프의 성능평가 사례를 분석, 블라인드의 위치 및 슬랫 반사율에 따라 슬랫 각도를 90도 수평으로 고정 시켰을 때, 여름 및 겨울철 대표일에 실내로 유입되는 일사투과량 및 벽체를 통해 획득된 대류열량에 대한 분석이 진행되었다.

- (3) 냉동사이클 분야에서는 보일러 배열회수 열펌프 시스템, 열회수 제습사이클, 지하 공기열 제습 및 난방 사이클, 응축잠열을 이용한 저온창고 제상시스템, 이중열원 히트펌프 등 다양한 열원을 이용한 냉동사이클의 에너지 효율 및 성능 개선, 대체냉동 분야에서는 데이터 센터를 위한 외기 도입 냉방시스템, 전기자동차용 열전모듈 냉난방 시스템, 자동차 배열 발전시스템, 습공기 냉동사이클 등의 신개념 사이클, 모델링 및 제어 분야에서는 하이브리드 히트펌프의 고장진단, 신개념 제상제어법, 가변속 냉동시스템의 최적제어에 관한 연구가 진행되었다.
- (4) 건축기계설 분야에서는 공조설비, 환기설비, 신재생 에너지, 급배수 등의 에너지성능에 대한 연구가 진행되었다. 회귀모형을 이용한 리모델링 전후의 에너지 성능평가방법, 초기 투자비와 1차 에너지 소비량을 고려한 공조설비 최적 설계방법, 벽체 매립형 환기방식에 있어 폐열회수 및 팬 성능개선에 관한 연구, 에어커튼을 이용한 주방 환기 방안에 대한 연구 등이 발표되었으며, 지열, 연료전지, 해수열원 등의 활용 방안에 관한 연구 등 신재생에너지 관련 연구가 많이 증가하였다.
- (5) 건축환경분야 연구는 터널 내의 작업소음 분석, 광선반의 성능평가 및 시스템 개발, 건물에너지 시뮬레이션과 실측을 통한 에너지사용량 분석, 공동주택의 열사용량원 단위 산정 및 사례분석, 플랜트산업 취업을 위한 대학교육개선방안, 간이 냉난방도 일법 산정 및 지중온도 예측, 자동차 에어컨의 제어알고리즘 평가, 초고층건물의 제연시스템 성능평가, 생물안전 밀폐시설의 에너지 시스템, 태양열 취득률(SHGC) 측정장치 개발 등에 관한 다양한 연구가 수행되었다.

References

1. Lee, S.-H., Lee, G.-B., Lee, Y.-S., Park, S.-I., Ko, C.-B., Baik, Y.-J., and Lee, K.-S., 2014, Analysis of Performance of Heat Pump System with Flue Gas Heat Recovery through Field Test, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 1, pp. 1-7.
2. Lee, S. H., Son, H. S., and Hong, H. K., 2014, Enhancement of Stratification for Solar Water Storage Tank with Spiral Jacket and Coil(Part 2 Simulation), Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 1, pp. 8-14.
3. Shim, H.-S., Kim, Y.-I., and Chung, K.-S., 2014, Improvement of University Education for Supplying Technical Manpower for Plant Engineering Industry in the Architectural Engineering Field, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 1, pp. 15-20.
4. Ko, G.-S., Park, Y. C., and Yoon, H. K., 2014, A Study on a Drying Machine with Microwave at Vacuum Condition for Discarded Citrus Scrapes, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 1, pp. 21-25.
5. Song, Y.-H., Kim, K.-T., Koo, Bo.-K., and Lee, K.-H., 2014, Experimental Study of Cooling Energy Saving Verification Using Blinds and Phase Change Material(PCM), Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 1, pp. 26-31.
6. Kim, M. S. and Choi, Y. S., 2014, Thermal Contact Resistance Measurement of Metal Interface at Cryogenic Temperature, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 1, pp. 32-37.
7. Lee, Y.-H., 2014, A Comparison of the Design Loads of a Water Supply System, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 1, pp. 38-41.
8. Kim, H. K., Ohm, T. I., Moon, S. H., Yoon, H. K., and Bang, K. Y., 2014, Numerical Study on the Humidification Efficiency of Humidifying Module Shapes of the Evaporative Humidifier, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 1, pp. 42-47.
9. Kim, D.-S., 2014, Theoretical Analysis of a Recuperative Refrigeration Dehumidifier, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 1, pp. 48-54.
10. Ko, J.-W., Park, Y. C., and Ko, G.-S., 2014, An Experimental Study on a Heat Pump with Dehumidification Function that Utilizes Underground Air Heat, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 2, pp. 55-60.
11. Chung, M.-H. and Oh, B.-K., 2014, An Experimental Study on Performance Improvement for

- Exhaust Heat Recovery Ventilation System in a Lightweight Wall, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 2, pp. 61-66.
12. Yoon, J. D., Lee, S. H., Sung, J. Y., and Lee, M. H., 2014, Performance Test of a Fan Coil with an Oval-Type Heat Exchanger, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 2, pp. 67-71.
 13. Park, C. W., Lee, D. G., Im, K. B., and Kang, C. D., 2014, Performance Evaluation of a Defrosting System Using the Condensation Heat of a Refrigerator in Cold Storage, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 2, pp. 72-78.
 14. Ihm, P. C., Jung, S.-S., and Seo, D. H., 2014, Estimating Cooling and Heating Degree Days for Variable Base Temperature, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 2, pp. 79-85.
 15. Park, J.-Y., Park, J.-H., Kim, S.-U., and Chang, K.-C., 2014, Application of Load by Purpose of Buildings for Application of Seawater District Cooling and Heating System in Jeju Area, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 2, pp. 86-90.
 16. Yang, Y.-S., Lee, D.-H., and Koh, J.-P., 2014, A Study on an Acoustical Model for Gas Leak Detection in a Pipeline, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 2, pp. 91-96.
 17. Cho, S. W. and Ihm, P. C., 2014, The Study on the Prediction of Underground Temperature in Changwon District, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 3, pp. 97-102.
 18. Yun, C.-Y., 2014, The Evaluation of Work Noise in Tunnel under Construction, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 3, pp. 103-107.
 19. Chang, H.-J. and Kim, J.-Y., 2014, A Study on the Distribution of Airflow and Temperature in a Data center under the Various Conditions of Heat Generation Rates of Server Computers, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 3, pp. 108-114.
 20. Cho, J. K., Shin, S. H., and Kim, J. H., 2014, Cost Analysis Study : Development of HVAC&R System Cost Estimation and Prediction Methodology for Office Buildings, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 3, pp. 115-121.
 21. Kim, H.-J., Moon, J.-H., and Lee, Y.-S., 2014, A Study on the Design of an Asymmetric Algebraic Scroll Expander, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 3, pp. 122-129.
 22. Jung, J. H., Jung, J. H., and Choi, Y. K., 2014, Program Development for the Prediction of Cooling Tower Performance, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 3, pp. 130-136.
 23. Kim, P.-G., Ha, M.-Y., Son, C.-M., and Park, S.-H., 2014, Effective Design on the Inserting Part of Refrigerator Door Gasket Using Partial Analysis Method, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 3, pp. 137-143.
 24. Park, S. H. and Seo, J. H., 2014, Economic Evaluation of Air-side Economizer System for Data Center, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 4, pp. 145-150.
 25. Moon, J.-H., Park, K.-T., and Kim, H.-J., 2014, Effects of Channel Amplitude Ratio on Flow and Heat Transfer Characteristics of Primary Surface Heat Exchanger for ORC, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 4, pp. 151-157.
 26. Sung, M.-J. and Ahn, J., 2014, Experimental Investigation on the Performance of a Scroll Expander for an Organic Rankine Cycle, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 4, pp. 158-162.
 27. Jeon, J. M., Lee, E. C., Kang, H., and Kim, Y. C., 2014, The Fouling Characteristics of Plate Heat Exchangers with Geometric and Operating Parameters, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 4, pp. 163-168.
 28. Park, J.-J., Kim, Y.-I., Kim, J.-Y., and Kim, G.-T., 2014, Condensation Reduction Study of an Apartment Underground Elevator Hall with respect to Dehumidifier Locations, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 4, pp. 169-174.

29. Ahn, S. W., Lee, M. S., Jeong, S. S., and Bae, S. T., 2014, Effect of Rib Pitch on Heat Transfer and Friction Factor in a Two Wall Divergent Channel, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 4, pp. 175-180.
30. Lee, H. W., Kim, Y. S., Seo, J. H., and Kim, D.-S., 2014, Simulation Study on the Performance Evaluation of Light-shelf According to Geometric Shape of Ceiling, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 4, pp. 181-192.
31. Lee, W.-J. and Jeong, J. H., 2014, Heat Transfer Performance Variation of Condenser due to Non-uniform Air Flow, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 4, pp. 193-198.
32. Na, S.-I., Kang, E.-C., and Lee, E.-J., 2014, IEA ECBCS Annex 54 Economic Assessment Study of a Fuel Cell Integrated Ground Source Heat Pump Microgeneration System, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 5, pp. 199-205.
33. Kwon, Y.-I., 2014, Study on the Performance Improvement of Ventilation Fan Installed in Walls of Underground Parking Lots, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 5, pp. 206-211.
34. Nam, Y. J. and Chae, H.-B., 2014, The Performance Test and the Feasibility Study for a Dual-Source Heat Pump System Using the Air and Ground Heat Source, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 5, pp. 212-217.
35. Lee, J. H., Jung, T. S., Cho, C. D., and Kim, J. Y., 2014, Development of Three-Way Proportional Control Valve and Performance Study, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 5, pp. 218-223.
36. Lee, D.-W., 2014, An Experimental Study on the Supplemental Cooling and Heating Performance Using 1 kW Thermoelectric Module for Vehicle, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 5, pp. 224-230.
37. Kong, D.-S., Kim, D.-H., Chang, Y.-S., and Huh, J.-H., 2014, Existing Building Energy Simulation Method Using Calibrated Model by Energy Audit Data, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 5, pp. 231-239.
38. Shin, Y. G., 2014, A Study on Diagnosing Fouling of Heat Exchangers of a Hybrid Heat Pump, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 5, pp. 240-246.
39. Lee, K. Y., Ryu, R., Seo, J. H., and Kim, Y. S., 2014, Study on PCM Applied Thermal Storage Wall System to Reduce Cooling Energy, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 6, pp. 247-256.
40. Lee, D.-W., 2014, Experimental Study on the Heating Performance Improvement of R134a Heat Pump System for Zero Emission Vehicles, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 6, pp. 257-262.
41. Kim, E.-J., 2014, Impact of Different Boundary Conditions in Generating g-function on the Sizing of Ground Heat Exchangers, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 6, pp. 263-268.
42. Han, H. S., Kim, S. Y., and Karng, S. W., 2014, Performance Evaluation of a Cylindrical Steam Reformer with Various Thermal Conditions, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 6, pp. 269-274.
43. Kim, S. H., Kim, Y. S., Lee, H. W., and Seo, J. H., 2014, A Study on Light-Shelf System using Location-Awareness Technology for Energy Saving in Residential Space, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 6, pp. 275-286.
44. Lee, D.-W., 2014, Experimental Study on Thermoelectric Generator Performance for Waste Heat Recovery in Vehicles, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 6, pp. 287-293.
45. Kim, M.-S., Kim, D.-G., Lee, G.-D., and Kum, J.-S., 2014, Comfort Control Algorithm Development of Car Air Conditioner using Thermal Comfort Evaluation of Driver : Part I-Air-conditioning Operating Preference of Driver, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 6, pp. 294-300.
46. Hong, S. W., Lee, Y. T., and Chung, J. D., 2014, Analysis of the Charging and Discharging Performance of a New Wavy Cylindrical Shape Capsule, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 6, pp. 301-306.

- frigeration Engineering, Vol. 26, No. 7, pp. 301-307.
47. Kim, D. W., Jung, J. H., and Kim, Y. C., 2014, An Experimental Study on the Heating Performance Characteristics of a Vapor Injection Heat Pump for Electric Vehicles, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 7, pp. 308-314.
 48. Lee, Y. H., Kang, D. G., Kim, H. J., Lee, H. S., and Jung, D. S., 2014, External Condensation Heat Transfer Coefficients of HFC32/HFC152a Mixtures on Enhanced Tubes, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 7, pp. 315-321.
 49. Son, H. S. and Hong, H. K., 2014, The Effect of a Manifold in a Storage Tank Applied to a Solar Combisystem, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 7, pp. 322-328.
 50. Lee, D.-W., 2014, An Experimental Study on Thermoelectric Generator Performance for Waste Coolant Recovery Systems in Vehicles, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 7, pp. 329-334.
 51. Ryu, H. K., Bae, S. H., and Lee, B. S., 2014, Simulation Study of Smoke Control Accordance with Zoning in the Atrium Space of High-rise Buildings, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 7, pp. 335-342.
 52. Bae, S.-H., Ryu, H.-K., and Lee, B.-S., 2014, A Study on the Smoke Control Performance Evaluation of High-rise Buildings under Smokeproof Enclosure Design Scenarios, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 7, pp. 343-350.
 53. Lee, W.-C. and Hong, H. K., 2014, Fluid Sensor and Algorithm for Trouble Detection of Solar Thermal System, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 8, pp. 351-356.
 54. Kong, D.-S., Jang, Y.-S., and Huh, J.-H., 2014, A Multi-objective Optimization Method for Energy System Design Considering Initial Cost and Primary Energy Consumption, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 8, pp. 357-365.
 55. Kim, D.-S., 2014, Semi-Empirical Analysis of the Mass Transfer Characteristics of the Slug Flow in Vertical Mesoscale Tubes, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 8, pp. 366-374.
 56. Lee, D.-W., 2014, Experimental Study of Standalone Cooling and Heating System using Thermoelectric Element for Vehicles, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 8, pp. 375-380.
 57. Hwang, S. W. and Jeong, J. H., 2014, CFD Analysis of Offset Strip Fin with a Gap between Rows, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 8, pp. 381-387.
 58. Lee, W.-J., Kang, E.-C., Lee, E.-J., and Shin, U.-C., 2014, A Study on the Calculation of Thermal Consumption Unit of Apartment, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 8, pp. 388-393.
 59. Kwon, K.-W., Lee, S.-J., and Park, J.-S., 2014, A Case Study on Energy Performance Analysis of Retrofitted Building Using Inverse Model Toolkit, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 8, pp. 394-400.
 60. Ryu, H. K., Chung, M. H., Lee, B. S., Rhew, H. J., Choi, H. J., and Choi, H. S., 2014, A Study on Effective Energy Use of the Open Type Ground Heat Exchanger Using Underground Temperature Gradient, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 9, pp. 401-408.
 61. Sohn, B. H. and Kwon, H. S., 2014, Performance Prediction on the Application of a Ground-Source Heat Pump(GSHP) System in an Office Building, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 9, pp. 409-415.
 62. Kim, E.-J., 2014, Verification of the Boundary Conditions Used for Generating g-functions and Development of a TRNSYS Simulation Model Using g-functions, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 9, pp. 416-423.
 63. Chae, W. R., Lee, H. W., Seo, J. H., and Kim, Y. S., 2014, Evaluation of Lighting Performance of Mixed Type Light-shelf in Residential Space According to Angular Variations, Korean Journal

- of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 9, pp. 424-433.
64. Jeon, C.-D. and Kim, D.-S., 2014, Feasibility of the Defrost Control by Photoelectric Technology via Comparison with the Temperature Differential Defrosting Method, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 9, pp. 434-440.
 65. Kim, T. H., Ko, G.-S., and Park, Y. C., 2014, A Study on an Integrated Drying Machine with Microwave at Vacuum Conditions, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 9, pp. 441-446.
 66. Park, H.-J. and Park, S.-H., 2014, Fundamental Study on Heat Transfer Enhancement Effect of Microscale Surface Wrinkles, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 9, pp. 447-452.
 67. Chang, K.-S., Kim, M.-J., and Kim, Y.-J., 2014, A Study on the Determining Initial Ignoring Time for the Analysis of Ground Thermal Conductivity of SCW Type Ground Heat Exchanger, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 10, pp. 453-459.
 68. Chang, K.-S. and Kim, M.-J., 2014, A Study on the Heat Transfer Characteristics of Various Construction of SCW Type Ground Heat Exchanger, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 10, pp. 460-466.
 69. Choi, S.-K., Kwak, R.-Y., and Goo, S.-H., 2014, Developing Optimal Pre-Cooling Model Based on Statistical Analysis of BEMS Data in Air Handling Unit, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 10, pp. 467-473.
 70. Lee, W.-J., Kang, E.-C., Lee, E.-J., Oh, B.-C., and Shin, U.-C., 2014, Case Study on the Energy Consumption Unit of District Apartments, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 10, pp. 474-480.
 71. Park, Y. and Park, K.-S., 2014, Analysis of Energy Performance for Dynamic Windows on Office Buildings, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 10, pp. 481-485.
 72. Lee, J.-M. and Tho, H. S., 2014, A Study on the Writing Methods for Greenhouse Gas and Energy Consumption Report, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 10, pp. 486-490.
 73. Hwang, J. H., Do, B., and Hong, J. K., 2014, A Study on the Energy Improvement Plan of using Passive Design with Exterior Envelopes and Renewable Energy for Bio Safety Laboratory, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 10, pp. 491-496.
 74. Shin, Y. C., Kim, T. J., and Cho, H. H., 2014, Comparison of Exergy in a Refrigerating System using R404A and R134a for a Refrigeration Truck with Operating Conditions, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 11, pp. 497-503.
 75. Won, S. P., 2014, Performance Analysis of a Wet Air-Cycle Refrigeration System, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 11, pp. 504-511.
 76. Kim, T.-J., Choi, H.-J., Kang, J.-S., and Park, J.-S., 2014, Development and Evaluation of an Apparatus to Measure the Solar Heat Gain Coefficient of a Fenestration System According to KS L 9107, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 11, pp. 512-521.
 77. Kim, M. B. and Park, C. Y., 2014, Heat Transfer and Pressure Drop Characteristics of Brazed Plate Heat Exchangers with Single-Phase Flow, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 11, pp. 522-528.
 78. Ko, G.-S., Kim, T. H., and Park, Y. C., 2014, A Study on the Performance Improvement of a Heat Pump System with a Dehumidification Function, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 11, pp. 529-534.
 79. Kim, J.-Y., Jang, K. J., and Han, H. T., 2014, Numerical Study on the Definition of the Exhaust Effectiveness of Smoke under Fire in a Large Space, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 11, pp. 535-540.
 80. Lee, S.-H., 2014, Analysis of the Performance Test Results of a Heat Pump for Closed Cooling Water Heat Recovery on a Combined Thermal

- Power Plant, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 11, pp. 541-546.
81. Park, Y. K. and Ha, M. Y., 2014, An Experimental Study on the Performance Improvement of an R32 Inverter Heat Pump System, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 11, pp. 547-552.
 82. Cho, S.-W. and Ihm, P.-C., 2014, A Study on Burial Guideline of Horizontal Geothermal Heat Exchanger based on Exit Temperature, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 12, pp. 553-558.
 83. Lee, K.-S., Andrew, P. S., Kang, E.-C., and Lee, E.-J., 2014, An Experimental Comparison Study of PVT Water and PVT Air Modules for Heat and Power Co-Generation, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 12, pp. 559-564.
 84. Hyun, I.-T., Lee, J.-H., Yoon, Y.-B., and Lee, K. H., 2014, A Study on Change in Window Transmitted Solar and the Resultant Wall Surface Convective Heat Gain with Regard to Slat Reflectance of External and Internal Blinds, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 12, pp. 565-571.
 85. Lee, E. J., Lee, D. Y., Hong, H. K., and Kim, Y. K., 2014, Measurement and Simulation of Heating Energy for Apartments with District Heating, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 12, pp. 572-578.
 86. Lee, D.-B., Jeong, S.-K., and Jung, Y.-M., 2014, State Equation Modeling and the Optimum Control of a Variable-Speed Refrigeration System, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 12, pp. 579-587.
 87. Hwang, J. H. and Hong, J. K., 2014, Applications of a Coupled Multizone and CFD Simulation to Validate Airflow and Influenza A Contaminant Dispersion in Biosafety Laboratory, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 12, pp. 588-593.
 88. Sung, S.-K., 2014, Exhaust Characteristics of Kitchen Hood System with Inclined Air Curtain, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 12, pp. 594-599.
 89. Oh, D.-W., Kim, Y., Choi, J. S., and Yoon, S. H., 2014, Numerical Analysis on Longitudinal Heat Conduction in Printed Circuit Heat Exchanger, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 12, pp. 600-604.